



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103840704 B

(45)授权公告日 2016.09.14

(21)申请号 201410083527.5

(22)申请日 2010.04.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103840704 A

(43)申请公布日 2014.06.04

(30)优先权数据

2009-114317 2009.05.11 JP

2009-205316 2009.09.04 JP

(62)分案原申请数据

201080020675.2 2010.04.21

(73)专利权人 三美电机株式会社

地址 日本国东京都

(72)发明人 山田 司 江原正人

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

代理人 宋晓宝 郭晓东

(51)Int.Cl.

H02N 2/10(2006.01)

G02B 26/08(2006.01)

G02B 26/10(2006.01)

G02B 7/182(2006.01)

(56)对比文件

JP 4092283 B2, 2008.05.28, 全文.

US 2007/0268554 A1, 2007.12.22, 全文.

WO 2009028152 A1, 2009.03.05, 全文.

US 2005253055 A1, 2005.11.17, 说明书第
1、3-4栏及附图1和5.

审查员 段佳

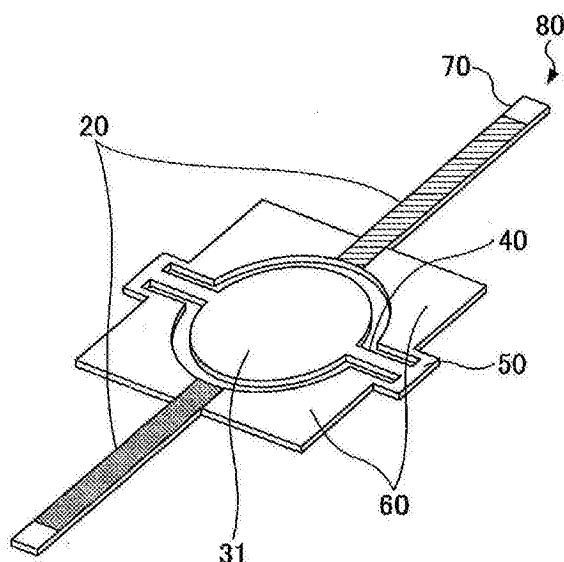
权利要求书1页 说明书18页 附图25页

(54)发明名称

致动器及使用致动器的光扫描装置

(57)摘要

一种驱动驱动对象物使其围绕转动轴倾斜运动的致动器,其特征在于,包括:一对支撑梁,沿所述转动轴从两侧支撑所述驱动对象物;一对可动框,以从与所述转动轴正交的方向的两侧夹住所述驱动对象物及所述一对支撑梁的方式配置;驱动源,对所述可动框付与弯曲振动;以及一对连接部,用包括多个梁的梁结构将所述一对可动框与所述支撑梁的尖端部连接,并将所述弯曲振动转换为扭曲振动向所述支撑梁传递。



1. 一种驱动驱动对象物使其围绕转动轴倾斜运动的致动器,其特征在于,包括:
 - 一对支撑梁,沿所述转动轴从两侧支撑所述驱动对象物;
 - 一对可动框,以从与所述转动轴正交的方向的两侧夹住所述驱动对象物及所述一对支撑梁的方式配置;
 - 多个梁,以从与所述转动轴正交的方向的两侧夹住所述可动框的方式配置,支撑所述驱动对象物;
 - 共振驱动源,进行共振驱动,对所述一对可动框付与弯曲振动,驱动所述驱动对象物使其围绕所述转动轴运动;
 - 一对连接部,将所述一对可动框与所述支撑梁的尖端部连接,并将所述可动框的弯曲振动转换为扭曲振动向所述支撑梁传递;
 - 非共振驱动源,进行非共振驱动,对所述多个梁付与弯曲振动,驱动所述驱动对象物使其围绕与所述转动轴正交的轴倾斜运动。
2. 根据权利要求1所述的致动器,其特征在于,
 - 所述一对连接部用梁结构将所述一对可动框与所述支撑梁的尖端部连接,
 - 将在所述驱动对象物与所述支撑梁的连接部位产生的角、在所述支撑梁与所述连接部的连接部位产生的角、及在所述连接部与所述可动框的连接部位产生的角圆角化。
3. 根据权利要求1或2所述的致动器,其特征在于,
 - 所述驱动对象物是反射镜。
4. 根据权利要求3所述的致动器,其特征在于,
 - 所述一对可动框以夹住并包围所述一对支撑梁和所述反射镜的方式进行支撑。
5. 一种光扫描装置,其特征在于,包括:
 - 根据权利要求3或4所述的致动器;以及
 - 向所述致动器反射光的光源,其中,
 - 通过驱动所述致动器的反射镜使其倾斜运动,从而使由所述反射镜反射的光进行扫描。

致动器及使用致动器的光扫描装置

技术领域

[0001] 本申请是申请日为2010年4月21日、申请号为201080020675.2、发明名称为“致动器及使用致动器的光扫描装置”的申请的分案申请。

[0002] 本发明是关于致动器及光扫描装置,特别是关于驱动驱动对象物使其围绕转动轴倾斜运动的致动器及使用致动器的光扫描装置。

背景技术

[0003] 过去,知道一种通过使具有在硅板(silicon plate)上形成反射镜部的振动体的至少一部分振动,而使入射到反射镜部的光的反射方向变换进行光扫描的光扫描装置,其中振动体具有与反射镜部连接的产生扭曲振动的第1弹力部及与第1弹力部连接产生弯曲振动和扭曲振动的多个第2弹力部,将第2弹力部的另一端全部与固定框部连接固定,并在第2弹力部上安装使自身振动的驱动源(例如参见专利文献1)。

[0004] 在专利文献1中记载的光扫描装置中,各第2弹力部具有与第1弹力部相同的弹性系数,但具有比第1弹力部更容易弹性变形的剖面形状。另外,驱动源的位移为相对构成第2弹力部的板材的板厚方向的弯曲振动,在第2弹力部的与第1弹力部连接的部分该弯曲振动作为扭曲振动向第1弹力部传递,用于使反射镜部振动的所需的负荷分散到第1弹力部和第2弹力部。

[0005] 现有技术文献如下:

[0006] 专利文献1:(日本)特开2004-191953号公报

发明内容

[0007] 本发明想要解决的课题如下:

[0008] 然而,在专利文献1所记载的结构中,由于第2弹力部与固定框体连接,因此存在当反射镜部倾斜时,在第1弹力部和第2弹力部上集中全部的扭曲和弯曲的应力的问题。例如当以小型致动器为前提,当假定反射镜以在30kHz的情况下 $\pm 12\text{deg.}$ 倾斜时,在第1弹力部及第2弹力部产生的内部应力估计可达1.3~1.5GPa。

[0009] 另一方面,硅的由扭曲模式的动态断裂应力大约为2GPa。如果考虑由于深挖反应离子蚀刻(D-RIE:deep reactive ion etching)的加工变质层的影响及反复应力的施加,则可想到产品化后的硅的实质断裂应力大约为1.5GPa。因此,在专利文献1中记载的结构中,存在由于加工条件或形状以及其偏差等的影响,由连续动作而断裂的可能性大的问题。

[0010] 另外,在专利文献1中记载的结构中,如果要回避断裂,只有通过将第1弹力部及第2弹力部在转动轴方向上延长,而减小单位长度的扭曲量的对策。在专利文献1中记载的结构中,由于需要将应力过于集中的第1弹力部制作的更长更粗,因此存在难以小型化的问题。

[0011] 因此,有鉴于此,本发明的目的在于提供一种能够应对小型化的要求,并防止倾斜运动驱动时的应力集中从而进行稳定动作的致动器及使用致动器的光扫描装置。

[0012] 用于解决上述课题的手段如下：

[0013] 为解决上述课题，本发明的制动器是一种驱动驱动对象物使其围绕转动轴倾斜运动的致动器，其特征在于，包括：一对支撑梁，沿所述转动轴从两侧支撑所述驱动对象物；一对可动框，以从与所述转动轴正交的方向的两侧夹住所述驱动对象物及所述一对支撑梁的方式配置；驱动源，对所述可动框付与弯曲振动；以及一对连接部，用包括多个梁的梁结构将所述一对可动框与所述支撑梁的尖端部连接，并将所述弯曲振动转换为扭曲振动向所述支撑梁传递。

[0014] 另外，为解决上述课题，本发明的致动器是一种驱动驱动对象物使其围绕转动轴倾斜运动的致动器，其特征在于，包括：一对支撑梁，沿所述转动轴从两侧支撑所述驱动对象物；连接部，包括与所述支撑梁连接并沿与所述转动轴垂直的方向延伸的支撑梁侧连接部、及与所述支撑梁侧连接部连接并沿与所述转动轴平行向所述驱动对象物侧延伸的驱动梁侧连接部；以及驱动梁，与所述驱动梁侧连接部连接，以从与所述转动轴垂直的方向的两侧夹住所述驱动对象物的方式配置，通过在所述转动轴的两侧在上下反方向翘曲变形而对所述驱动梁侧连接部付与倾斜运动力。

[0015] 本发明的效果如下：

[0016] 根据本发明，能够适当地分散驱动时产生的内部应力，不向特定的部位施加应力负担，并稳定地驱动驱动对象物。

附图说明

[0017] 图1是表示本发明实施例1的致动器的剖面结构的图。

[0018] 图2A是用于说明驱动实施例1的致动器的方法的图。

[0019] 图2B是用于说明驱动实施例1的致动器的方法的图。

[0020] 图2C是用于说明驱动实施例1的致动器的方法的图。

[0021] 图3是表示实施例1的致动器的表面的立体图。

[0022] 图4是表示驱动实施例1的致动器的状态的立体图。

[0023] 图5是表示两轴驱动实施例1的致动器时的驱动源的立体图。

[0024] 图6是表示实施例1的致动器的非共振驱动状态的立体图。

[0025] 图7是表示实施例1的致动器的共振驱动部的立体图。

[0026] 图8是以实施例1的致动器的连接部为中心的部分放大图。

[0027] 图9是表示实施例1的致动器的共振振动时的状态的立体图。

[0028] 图10是实施例1的致动器的共振驱动时的反射镜的周边放大图。

[0029] 图11是将实施例1的致动器的反射镜与支撑梁连接部的部分进一步放大表示的图。

[0030] 图12A是用于对将连接部位的角圆角化的致动器的结构进行说明的图。

[0031] 图12B是用于对将连接部位的角圆角化的致动器的结构进行说明的图。

[0032] 图13A是用于对将连接部位的角圆角化的致动器的结构进行说明的图。

[0033] 图13B是用于对将连接部位的角圆角化的致动器的结构进行说明的图。

[0034] 图14A是用于对将连接部位的角圆角化的致动器的结构进行说明的图。

[0035] 图14B是用于对将连接部位的角圆角化的致动器的结构进行说明的图。

- [0036] 图15A是表示实施例1的致动器的共振驱动部的驱动源的电极配置的例子图。
- [0037] 图15B是表示实施例1的致动器的共振驱动部的驱动源的电极配置的例子图。
- [0038] 图15C是表示实施例1的致动器的共振驱动部的驱动源的电极配置的例子图。
- [0039] 图16是图15A、图15B、图15C的各电极配置中的共振驱动部的倾角灵敏度及最大内部应力的比较图。
- [0040] 图17是表示本发明的实施例2的致动器的结构的立体图。
- [0041] 图18是表示实施例2的致动器的放大立体图。
- [0042] 图19是表示实施例2的致动器的共振驱动时的状态的图。
- [0043] 图20是表示实施例2的致动器的共振驱动时的状态的放大立体图。
- [0044] 图21A是表示实施例2的致动器的电极配置的例子图。
- [0045] 图21B是表示实施例2的致动器的电极配置的例子图。
- [0046] 图21C是表示实施例2的致动器的电极配置的例子图。
- [0047] 图22是表示图21A、图21B、图21C的各电极配置中的倾角灵敏度及最大内部应力的图。
- [0048] 图23A是表示实施例1的致动器的共振驱动时的状态的侧面图。
- [0049] 图23B是表示实施例2的致动器的共振驱动时的状态的侧面图。
- [0050] 图24A是表示实施例3的致动器的表面的结构的立体图。
- [0051] 图24B是表示实施例3的致动器的里面的结构的立体图。
- [0052] 图25A是用于说明实施例3的致动器的参数设定的图。
- [0053] 图25B是用于说明实施例3的致动器的参数设定的图。
- [0054] 图25C是用于说明实施例3的致动器的参数设定的图。
- [0055] 图26A是表示实施例4的致动器的表面的结构的立体图。
- [0056] 图26B是表示实施例4的致动器的里面的结构的立体图。
- [0057] 图27A是用于说明进行实施例4的致动器的最佳设计的方法的图。
- [0058] 图27B是用于说明进行实施例4的致动器的最佳设计的方法的图。
- [0059] 图27C是用于说明进行实施例4的致动器的最佳设计的方法的图。
- [0060] 图28A是用于说明支撑梁侧连接部的长度B持有最小值的理由的图。
- [0061] 图28B是用于说明支撑梁侧连接部的长度B持有最小值的理由的图。
- [0062] 图28C是用于说明支撑梁侧连接部的长度B持有最小值的理由的图。
- [0063] 图29是表示实施例4的致动器的倾角灵敏度的特性的图。
- [0064] 图30是表示实施例5的投影仪的全体结构的图。

具体实施方式

[0065] 对于本发明的实施方式,参见附图进行说明。

[0066] 实施例1

[0067] 图1是表示本发明实施例1的致动器的剖面结构的图。在图1中,实施例1的致动器具有半导体晶片10及驱动源20。实施例1的致动器例如可利用MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技术,通过对半导体晶片进行加工制作出。在图1中,对使用该半导体晶片10构成致动器的例子进行说明。

[0068] 半导体晶片10具有硅基板11、SiO₂12、14及Si活性层13。半导体晶片10可使用例如SOI(Silicon On Insulator)基板。SOI基板是在硅基板11之间形成有绝缘膜的SiO₂12的基板,当利用深挖反应离子蚀刻等对硅基板11进行削切时,由于在削切终点的底面上形成有SiO₂,因此能够容易地进行深挖蚀刻加工。

[0069] 用SiO₂12、Si活性层13及SiO₂14形成梁15。用梁15的一部分支撑驱动对象物,传递驱动力进行动作。硅基板11的一部分例如被用作外侧的固定框。

[0070] 在此需要说明的是,半导体晶片10可使用例如全体厚度为300~500[μm]的半导体晶片10。例如当半导体晶片10为350[μm]时,Si活性层13可为30[μm],SiO₂12、14可为0.5[μm],梁15可为总计大约31[μm],可构成成为半导体晶片10的大约1/10的厚度。

[0071] 在本实施例的致动器中,驱动源20是产生驱动力的动力源。在本实施例中的致动器中,作为驱动源20可使用各种各样的方式,但在实施例1中以使用压电元件21作为驱动源20的情况为例进行说明。压电元件21是将在压电体22上施加的电压转换成力的被动元件。在本实施例的致动器中,压电元件21通过施加电压其长度进行伸缩而驱动被安装的梁15。压电体22可适用各种压电体22,但可使用例如PZT薄膜(锆钛酸铅)。当梁15为大约30[μm]时,压电元件21例如可以大约为2[μm]的厚度形成。

[0072] 压电元件21具有上部电极23及下部电极24。上部电极23及下部电极24是用于对压电体22施加电压的电极,通过在上部电极23及下部电极24上施加电压,压电体22伸缩并驱动梁15。

[0073] 图2A-图2C是用于对压电元件21使梁15产生弯曲振动并对实施例1的致动器进行驱动的方法进行说明的图。图2A是模式地表示由硅构成的梁结构15及压电元件21的部分的侧面图。如图2A所示,在由Si活性层13等构成的梁15上,薄膜装地安装有压电元件21。

[0074] 图2B是表示压电元件21收缩变形状态的图。如图2B所示,当压电元件21收缩时,梁结构15为向下凸向上方翘曲样子的形状。

[0075] 图2C是表示压电元件21伸长变形状态的图。如图2C所示,当压电元件21伸长时,梁结构15为向上凸向下方翘曲样子的形状。

[0076] 如图2B及图2C所示,压电元件21由极化的方向或者施加电压的极性 or 位相,向上翘曲或向下翘曲。本实施例的致动器中,例如可利用这种压电元件21的性质,将压电元件21作为驱动源20驱动驱动对象。

[0077] 图3是表示实施例1的致动器的表面的立体图。在图3中,本实施例的致动器,其外侧的固定框由硅基板11构成,较之硅基板11还内侧的部分全部由与梁15为相同厚度的薄的部分构成。在致动器的中央配置有驱动对象物30。另外,以从左右两侧夹住驱动对象物30的方式,形成作为梁15之上的一对驱动源20的压电元件21,构成驱动梁70。通过这样,在从两侧支撑驱动对象物30的梁15上安装驱动源20,成为驱动梁70而驱动驱动对象物30。另外,在驱动对象物30的两侧配置的一对驱动梁70的压电元件21上,施加在左右反方向位移的电压。通过施加这样的在反方向位移的电压,从而产生图2B及图2C中说明的向不同方向的位移,产生振动而驱动驱动对象物30。

[0078] 在此需要说的是,由作为驱动源20的压电元件21产生的振动可为共振振动。通过利用共振,能够使驱动梁70产生大的弯曲振动,并能够高速且更大的驱动驱动对象物30。

[0079] 图4是表示驱动实施例1的致动器的状态的立体图。在图4中,表示出通过使驱动梁

70产生振动,驱动对象物30以围绕转动轴X倾斜的方式振动的状态。在图4中,以跟前的左侧下降、里头的右侧上升的方式倾斜运动。通过这样,在本实施例的致动器中,驱动驱动对象物30使其围绕转动轴倾斜运动。

[0080] 在此需要说明的是,驱动对象物30可使用各种各样的驱动对象物30,也可用于例如微型投影仪或微型扫描仪。例如,在微型投影仪中,通过对反射镜照射激光,使来自反射镜的反射光进行扫描,从而进行绘画。这时,例如当被要求XGA(1024×768像素)的屏幕分辨率时,要求在水平方向以大约30[kHz]的高速在±12[deg]的角度范围内进行扫描,在垂直方向以大约60[Hz]的低速在±18[deg]的角度范围内进行扫描。在图4所示的围绕转动轴X的轴转动中,进行高速的大约30[kHz]的倾斜运动驱动。如上所述,在驱动对象物30的围绕转动轴X的倾斜运动中,由于使用共振驱动,因此能够实现如此高速的倾斜运动驱动。

[0081] 图5是表示两轴驱动实施例1的致动器时的,进行围绕与X转动轴不同的轴转动的倾斜运动驱动的驱动源的立体图。由于进行两轴驱动的致动器大多是由于上述的微型投影仪或微型扫描仪的情况,因此举驱动对象物30为反射镜31的例子进行说明。

[0082] 在图5中,在反射镜31的周围,示出了作为用于进行大约60[Hz]的低速驱动的驱动源的非共振驱动源90。非共振驱动源90被构成为各个梁15沿与驱动梁70的延伸方向正交的方向延伸,在梁15的表面上形成作为驱动源20的压电元件21。在非共振驱动源90中,进行如图4所示的向与转动轴X正交的围绕轴的倾斜运动驱动。非共振驱动源90其邻接的梁的端部以在两端互相连接的方式连接,作为整体构成之字形的蜿蜒型梁。由此结构,通过在邻接的梁的驱动源20上施加在正负方向位移的电压,从而进行在梁的延伸方向上积蓄倾斜的动作,在非共振驱动源90的梁15的延伸方向上驱动反射镜31使其倾斜运动。

[0083] 图6是表示在实施例1的致动器中通过非共振驱动源90进行非共振驱动的状态的立体图。如图6所示,对非共振驱动源90的各个梁15逐渐积蓄倾斜角,反射镜31被驱动而围绕转动轴Y倾斜运动。在图6中,示出了跟前的右侧下降、里头的左侧上升的倾斜运动动作的状态。

[0084] 通过这样,本实施例的致动器通过组合共振驱动与非共振驱动,从而能够作为两轴驱动用的致动器使用。

[0085] 图7是将实施例1的致动器的共振驱动部80抽出表示的立体图。在图7中,共振驱动部80包括反射镜31、支撑梁40、连接部50、可动框60、驱动梁70及驱动源20,这些部件全部成一体被连接。

[0086] 反射镜31是由本实施例的致动器而被倾斜运动驱动的驱动对象物30。驱动对象物30虽然也可适用于其他驱动对象物,但以下为便于说明,举将反射镜31作为驱动对象物30使用的例子进行说明。

[0087] 支撑梁40是从两侧支撑反射镜31的一对梁。支撑梁40与反射镜31连接,相对反射镜31对称地沿着转动轴X在左右呈一对设置。如图1所说明的,支撑梁40由于是由例如大约30[μm]的薄的Si活性层13所构成,因此作为具有弹性的弹性部件起作用。

[0088] 可动框60是传递弯曲振动的媒介,同时也是通过支撑梁40对反光镜31以能够可动的方式进行支撑的可动支撑部件。可动框60以从两侧夹住反射镜31及支撑梁40,相对转动轴X呈线对称的一对的方式设置。在图7中,将反射镜31及支撑梁40以从跟前侧与里头侧的两侧夹住的方式包围。在图7中,尽管可动框60作为其整体为四边形形状,但只要能够传递

弯曲振动且能够以夹住包围支撑梁40及反射镜31的方式支撑,其外形不限于此。

[0089] 可动框60以从两侧被夹住的方式与作为共振振动驱动源的一对驱动梁70连接。可动框60从驱动梁70被传递来弯曲振动,可动框60成为传递该弯曲振动的媒介。驱动梁70可如图2A-图4所示产生弯曲振动,由于可动框60同样由薄的Si活性层13所构成,因此可起到具有弹性的弹性部件的作用,并传递由驱动梁70产生的弯曲振动。

[0090] 可动框60通过连接部50与支撑梁40连接。由此,可动框60支撑支撑梁40并能够向支撑梁40传递振动。另外,虽然可动框60与驱动梁70连接,但其未像固定框那样固定在固定体上,由于其处于可动状态,因此在可动状态下传递振动。

[0091] 连接部50将支撑梁40的尖端部与可动框60连接,是将可动框60的弯曲振动转换为扭曲振动并向支撑梁40传递的部分。连接部50以从转动轴X方向的两侧夹住支撑梁40的方式呈一对构成。由于可动框60为以从与转动轴X正交的方向的两侧夹住支撑梁40的方式成对构成,因此一个连接部50将支撑梁40及在支撑梁40的两侧存在的可动框60的三个部件连接。

[0092] 图8是以实施例1的致动器的共振驱动部80的连接部50为中心的部分放大图。在图8中,示出了以连接部50为中心,反射镜31、支撑梁40、可动框60及驱动梁70之间的关系。

[0093] 连接部50可由与支撑梁40及可动框60为相同部件而一体构成。由此,能够提高共振驱动部80的耐性,相比连接多个部件的情况可提高机械强度。另外,通过将支撑梁40及可动框60一体构成,能够消除振动传递的方式的不自然的不均匀等,还能够顺利地传递振动。由此,当支撑梁40及可动框60如上所述由图1所示的半导体晶片10的SiO₂12、14及Si活性层13构成时、连接部50也可由SiO₂12、14及Si活性层13构成。

[0094] 连接部50可被构成为作为包括沿水平细长延伸的多个梁的梁结构。通过将连接部50构成为梁结构,连接部50成为相比宽度宽的形状更具弹性的形状,能够将传递自可动框60的弯曲振动,并不将应力负担集中于特定部位而转换成扭曲振动。在图8中,支撑梁40的与反射镜31相反侧的尖端部与连接部50连接,此部位当进行反射镜31的倾斜运动驱动时施加扭曲应力的,施加最大应力负担的部位。在本实施例的致动器中,由于与支撑梁40的尖端部连接,因此不只是支撑梁40,连接部50也能够根据支撑梁40的扭曲应力而产生扭曲变形,能够使施加在支撑梁40的扭曲应力分散。另外,关于此点后面将详细说明。

[0095] 连接部50可为向外侧突出的形状。通过将连接部50构成为梁结构,从而能够提高弹性并促进应力分散,通过加长支撑梁40,从而能够减低在支撑梁40上施加的扭曲应力。其次,当支撑梁40被构成为比可动框60的转动轴X方向的宽度还长时,如果连接部50为也与支撑梁40一起向可动框60的外侧突出的梁构造的形状,则能够取得更长的构成连接部50的梁的长度,提高应力的吸收力。在图7中,连接部50在支撑梁40的两侧在与转动轴X正交的方向上拓宽并延伸,为与转动轴X平行的在可动框60的方向延长的锚形形状。由该结构,延长了连接部50的梁部分并提高了应力分散效率。

[0096] 对由连接部50与支撑梁40之间的连接而产生的角55可进行圆角化加工处理。由此,能够使支撑梁40与连接部50之间的连接部位的应力进一步分散。同样,对在反射镜31与支撑梁40之间的连接部分产生的角45、在连接部50与可动框60之间的连接部分产生的角65以及在可动框60与驱动梁70之间的连接部分产生的角75也可进行圆角化加工处理,使得这

些的应力也分散。另外,对于角45、55、65、75的圆角化处理后面将详细说明。

[0097] 回到图7。驱动梁70是对可动框60付与弯曲振动的驱动力产生源。驱动梁70沿与转动轴X正交的方向延伸,以从两侧夹住可动框60的方式与可动框60连接呈一对设置。驱动梁70在其表面安装有驱动源20,其自身由驱动源20被变形而产生弯曲振动。驱动源20例如可使用压电元件21,但只要是能够产生弯曲振动的元件也可使用其他元件。当使用压电元件21时,在一对驱动梁70的压电元件21上,在两侧施加在互相不同的方向上位移的电压。电压的施加如图1中所说明的,可从在压电体22上设置的上电极23及下电极24进行。

[0098] 驱动梁70也可与可动框60一体形成。由此,当可动框60由构成如图1所示的半导体晶片10的梁15的厚度的薄的部分构成时,驱动梁70也可作为梁15构成。

[0099] 通过这样,由于共振驱动部80是由半导体晶片10的大约30[μm]的厚度的薄的部分构成,因此由具有弹性的部件构成。由于共振驱动部80的厚度为一定,因此该弹性可通过宽度、长度、形状等进行调整。在本实施例的致动器中,通过利用形状对半导体晶片10的弹性进行调整,从而提供分散应力、无因应力而产生断裂的忧虑的致动器。

[0100] 图9是表示在实施例1的致动器的共振驱动部80的共振振动时的变形状态的立体图。在图9中,一对驱动源20包括里头侧的压电元件25及跟前侧的压电元件26,各自施加不同极性或位相的电压。由此,一对驱动梁70中,里头侧的驱动梁71向上方翘曲,跟前侧的驱动梁72向下翘曲变形,向可动框60付与弯曲振动。可动框60的弯曲振动在连接部50上向支撑部40传递,这时,弯曲振动被转换成扭曲振动,一对支撑梁40在左侧及右侧进行扭曲振动。接着,通过此扭曲振动,从两侧被支撑梁40支撑的反射镜31在里头侧及跟前侧进行倾斜运动振动,围绕转动轴X被进行倾斜运动驱动。由此动作,反射镜31围绕转动轴X被进行倾斜运动驱动。

[0101] 图10是表示实施例1的致动器的共振驱动部80的共振驱动时的变形状态的反射镜31的周边放大图。在图10中,反射镜31以右侧上升、左侧下降的方式倾斜运动,可动框60也与反射镜31一样向相同方向倾斜运动,反射镜31侧为比可动框60倾斜运动的倾角更大的状态。在图10中的动作为当通过对在一对驱动梁70上装设的一对驱动源20上施加极性或位相不同的电位而产生共振时,驱动梁70与可动框60的连接部附近上下大幅振动。由此动作,通过可动框60倾斜,另外可动框60自身弯曲,从而进行使连接部50附近进一步倾斜,连接部50扭曲并使反射镜31进一步倾斜的动作。

[0102] 在共振模式中具有多个模式,除了如图10所示的反射镜31与可动框60向相同方向倾斜的共振模式以外,还存在反射镜31与可动框60向反方向倾斜运动的共振模式。

[0103] 然而,在本实施例的致动器中,如图10所示,优选为反射镜31与可动框60向相同方向倾斜运动的共振模式。由此,能够在可动框60的位移上加上反射镜31的位移,提高相对于施加电压的反射镜31的倾角灵敏度。另外,由于相对于反射镜31的倾角梁连接部50的扭曲量更小,因此能够减小内部应力,使断裂更难产生。

[0104] 图11是将在图10的状态中的反射镜31与支撑梁40的连接部50的部分进一步放大的图。在图11中,即便与连接部50的连接部位附近的支撑梁40未大幅扭曲,通过连接部50的扭曲,从而能够确保反射镜31的倾角。通过这样,本实施例的致动器的共振驱动部80,通过在由于从弯曲应力到扭曲应力的转换而被施加大的应力负担的可动框60与支撑梁40之间设置梁结构的连接部50,从而能够减小连接部50与支撑梁40之间的扭曲角,并且能够

充分确保反射镜31的倾角。

[0105] 在此需要说明的是,在进行图8所示的对角45、55、65、75的圆角化加工处理的情况下,当对本实施例的致动器以30[kHz]的频率、 ± 12 [deg]的倾角幅度进行驱动时,连接部50的最大内部应力为0.4[GPa]以下。这意味着在使反射镜倾斜运动时产生的应力,被主要分散到连接部50、可动框60及驱动梁70上。

[0106] 另外,由于可通过改变本实施例的致动器其连接部50的宽度、厚度、剖面形状或长度而改变共振频率,因此还能够在不改变结构的情况下对应30[kHz]以上的高速化。但是,当进行连接部50的形状改变时,随之支撑梁40及驱动梁70的尺寸有可能会改变。

[0107] 接着,使用图12A-图14B,对于对本实施例的致动器进行圆角化加工处理的例子进行说明。

[0108] 图12A及图12B是用于对在将反射镜31与支撑梁40之间的连接部位45产生的角进行圆角化的情况进行说明的图。图12A是对在将反射镜31与支撑梁40之间的连接部位45产生的角形成圆角(角R)时的致动器的立体图,图12B是表示形成圆角时的倾角灵敏度、及以 ± 12 [deg]倾斜时的连接部位45的最大应力变化的图。

[0109] 如图12A所示,由于反射镜31为圆形,支撑梁40为长方形的平面结构,因此当保持现有的连接状态时,反射镜31与支撑梁40之间的连接部位45的外侧产生有棱角的角,内部应力容易集中在该角上。但是,通过形成圆角,能够使内部应力分散。圆角半径可在例如0.01~0.2[mm]的范围内形成。

[0110] 在图12B中,当在0~0.25[mm]的范围内使形成的圆角变化时,倾角灵敏度没怎么变化,当圆角在0.1[mm]以上时稍微有些劣化。另一方面,在图12B中,圆角部(连接部位45)的最大内部应力为0.3[GPa]以下,在断裂应力乘上安全系数的值0.05[GPa]以下,表示圆角的耐久性没有问题。

[0111] 图13A及图13B是用于对在将反射镜31与支撑梁40之间的连接部位45、支撑梁40与连接部50之间的连接部位55及连接部50与可动框60之间的连接部位65产生的角进行圆角化的情况进行说明的图。图13A是对在连接部位45、55、65产生的角形成圆角(角R)时的致动器的立体图,图13B是表示形成圆角时的倾角灵敏度、及以 ± 12 [deg]倾斜时的连接部位45、55、65的最大应力变化的图。

[0112] 如图13A所示,不只是对反射镜31与支撑梁40之间的连接部位45、对支撑梁40与连接部50之间的连接部位55及连接部50与可动框60之间的连接部位65也形成圆角。连接部位55、65的圆角可在例如0.005~0.04[mm]的范围内形成。

[0113] 图13B表示在形成图13A样子的圆角的结构中,倾角灵敏度及最大应力的变化。在图13B中,倾角灵敏度没怎么变化,当圆角在0.02[mm]以上时稍微有些劣化。内部应力在产生扭曲的连接部50为最大。当圆角半径=0.005~0.02[mm]时,最大内部应力为0.5[GPa],由于深挖反应离子蚀刻的加工变质层的影响及反复应力的施加,出现了断裂的可能性。当圆角半径=0.03[mm]时,最大应力为0.49[GPa],应力分散到了不会产生断裂的值。由此,如果圆角为0.03[mm]以上,则可知没有产生断裂的危险,并无特别的问题。

[0114] 图14A及图14B是用于对除了在将反射镜31与支撑梁40之间的连接部位45、支撑梁40与连接部50之间的连接部位55及连接部50与可动框60之间的连接部位65,再加上在将可动框60与驱动梁70之间的连接部位75产生的角进行圆角化的情况进行说明的图。图14A是

对在连接部位45、55、65、75产生的角形成为圆角(角R)时的致动器的立体图,图14B是表示形成圆角时的倾角灵敏度、及以 $\pm 12[\text{deg}]$ 倾斜时的连接部位45、55、65、75的最大应力变化的图。

[0115] 如图14A所示,由于对可动框60与驱动梁70之间的连接部位75也形成圆角,通过将角形成为圆角进行圆角化加工处理,从而使连接部位75的内部应力也能分散。连接部位75的圆角可在例如 $0.005\sim 0.06[\text{mm}]$ 的范围内形成。

[0116] 在图14B中,在对如图14A所示的连接部位45、55、65、75形成圆角的情况下,圆角半径 $=0.005\sim 0.01[\text{mm}]$ 时的最大内部应力为 $0.5[\text{GPa}]$ 以上。换言之,在此情况下,本实施例的致动器由于深挖反应离子蚀刻的加工变质层的影响及反复应力的施加,有断裂的可能性。另一方面,当圆角半径 $=0.02[\text{mm}]$ 时,连接部位45、55、65、75的最大应力为 $0.49[\text{GPa}]$,应力分散到了不会产生断裂的值。由此,如果圆角为 $0.02[\text{mm}]$ 以上,则可知并无特别的问题。

[0117] 接着,使用图15A-图15C及图16,对实施例1的致动器的共振驱动部80的驱动源20的电极配置的例子进行说明。

[0118] 图15A-图15C是表示共振驱动部80中的驱动源20的电极配置的例子图。

[0119] 图15A是表示只在驱动梁70中设置驱动源20的共振驱动部80的结构的例子图。在图15A中,示出了只在驱动梁70中设置驱动源20的共振驱动部80。这时,如图7-图11所示,由一对驱动梁71、72构成的驱动梁70的上下运动作为弯曲振动付与到由一对可动框61、62构成的可动框60。接着,在由可动框60向一对连接部50传递弯曲振动时,弯曲振动被转换为扭曲振动,通过扭曲振动一对支撑梁40及反射镜31被倾斜运动驱动。

[0120] 图15B是表示在驱动梁70及可动框60中设置驱动源20a的共振驱动部80a的结构的例子图。在图15B中,不只在驱动梁70中,在可动框60中也设有驱动源20a。换言之,对于驱动源20a,在一对驱动梁71、72中设置一对驱动源25、26,并在一对可动框61、62中设置一对驱动源27、28。在图15B中,以转动轴X为中心,在互相连接的里头侧的驱动梁71及可动框61上,设置施加同极性电压的驱动源25、27,同样,在互相连接的跟前侧的驱动梁72及可动框62上,设置施加同极性电压的驱动源26、28,该极性与驱动源25、27不相同。换言之,在图15B中,在同侧的驱动梁70和可动框60上,配置施加同极性电压的驱动源20a。

[0121] 图15C是表示在与图15B不相同的驱动梁70及可动框60上设置驱动源20b的共振驱动部80b的结构的例子图。在图15C中,在驱动梁70上设置驱动源20的配置与图15A及图15B相同,但在可动框60上设置的驱动源27、28与连接的驱动梁70的驱动源26和驱动源25被构成为反极性。换言之,以转动轴X为中心,里头侧的驱动梁71的驱动源25和与驱动源72连接的可动框61的驱动源28互为反极性。同样,跟前侧的驱动梁72的驱动源26和与驱动梁72连接的可动框62的驱动源27为反极性。而且,一对驱动梁71、72的驱动源25、26互为反极性,一对可动框61、62的驱动源28、27也互为反极性。

[0122] 图16是图15A-图15C表示的三种电极配置结构的各个共振驱动部80、80a、80b的比较每单位电压的倾角灵敏度及最大内部应力的图。在图16中,如果比较每单位电压的倾角灵敏度,与作为基准的图15A所示的只在驱动梁70中设置驱动源20的情况比较,同侧的驱动梁70与可动框60的驱动源20a为同极性的图15B的情况下倾角灵敏度减小,同侧驱动梁70与可动框60的为反极性的图15C的情况下倾角灵敏度增加。换言之,相对于在图15A的结构中

倾角灵敏度为 $0.535[\text{deg/V}]$,在图15B的结构中下降为 $0.131[\text{deg/V}]$,在图15C的结构中上升为 $0.975[\text{deg/V}]$ 。

[0123] 另一方面,在图16中,如果比较图15A、图15B、图15C的各个最大内部应力,相对于基准的图15A的 $0.39[\text{GPa}]$,图15C的情况下为大致相同的 $0.40[\text{GPa}]$,断裂的危险性小,为没有问题的值。但是在图15B的情况下,增加到 $0.59[\text{GPa}]$,由于最大内部应力超过 $0.5[\text{GPa}]$,有断裂的危险性。

[0124] 由此结果,可知图15C的致动器的情况下,倾角灵敏度最高,且最大内部应力为没有问题的值。由此,如图15C所示的以在互相连接的驱动梁70和可动框60的驱动源20b上施加的电压为反极性的方式,在驱动梁70及可动框60双方上设置驱动源20b的配置结构为效率最好,断裂危险性也最小的结构。

[0125] 通过这样,通过设置为如图15C所示的电极配置,从而能够不改变外形尺寸而提高倾角灵敏度。另外,例如若考虑图16的例子,通过使倾角灵敏度上升到1.8倍,能够设施加电压为 $1/1.8$ 。由此,对于使反射镜31倾斜 $\pm 12[\text{deg}]$ 需要的驱动电压,相对于在图15A的结构的情况下为 $0\sim 22.5[\text{V}]$,在图15C的结构的情况下能够设为 $0\sim 12.5[\text{V}]$,能够大大地减低所需的驱动电压。这时,由于耗电量与施加电压的平方成比例,因此图15C的情况下的耗电量与图15A的结构比较,能够减低到 $(1/1.8)^2 \times 100 = 30[\%]$ 。

[0126] 在此需要说明的是,对于将连接的驱动梁70与可动框60设为反极性的情况能够增大倾角灵敏度,考虑其原因为:由于通过将连接的驱动梁70与可动框60设为反极性,从而翘曲方向互为相反,因此能够加大产生更大的弯曲振动。

[0127] 通过这样,由实施例1的致动器,通过设置将与具有驱动源20的驱动梁70连接的可动框60,与连接到反射镜31的支撑梁40相连接,从而能够在不使内部应力增加的情况下将弯曲振动转换为扭曲振动,并且能够驱动反射镜31使其倾斜运动。另外,通过对连接部位45、55、65、75形成圆角对角进行圆角化处理,并在可动框60上也设置驱动源20b,并以在驱动梁70和可动框60上设置的驱动源20b的施加电压为相反的方式构成,从而能够取得更好的倾角灵敏度及内部应力的分散效果。

[0128] 实施例2

[0129] 图17是表示本发明的实施例2的致动器的共振驱动部81的结构的立体图。在图17中,实施例2的致动器的共振驱动部81具有反射镜31、支撑梁40a、连接部50a、可动框60、驱动梁70及驱动源20。由于实施例2的致动器除了剖面结构及非共振驱动部等共振驱动部81的构成以外,其他构成与实施例1的致动器相同,因此对于其他构成省略其说明。另外,对于与实施例相同的构成要素付与相同的符号并对其说明省略或简化。

[0130] 在图17中,实施例2的致动器的一对的支撑梁40a从两侧支撑反射镜31,连接部50a将由可动框61、62构成的可动框60与支撑梁40a连接。可动框60的与转动轴X正交方向的两侧上连接有由驱动梁71、72构成的一对驱动梁70,在驱动梁71、72上具有由驱动源25、26构成一对驱动源20的基本构成,与实施例1的致动器相同。另外,实施例2的致动器的动作,由驱动源20从驱动梁70产生弯曲振动,在连接部50a转换成扭曲振动,通过支撑梁40a驱动反射镜31使其倾斜运动的各点,也与实施例1的致动器相同。

[0131] 实施例2的致动器的在转动轴X的方向上成对设置的支撑梁40a为在一侧上分成里头侧与跟前侧的两条,并且成对设置的构成与实施例1的致动器不同。另外,实施例2中,随

着致动器的支撑梁40a在一侧上分别成为两条,连接部50a将各条支撑梁40a与近侧的可动框61、62连接的构成与实施例1的致动器不同。

[0132] 图18是表示实施例2的致动器的支撑梁40a、连接部50a及可动框60的放大立体图。在图18中,相对于在实施例1的致动器中支撑梁40在一侧为一条,实施例2的致动器中,支撑梁40a的中心部为沿转动轴X被打穿的形状。随之支撑梁40a的宽度变细,构成为比实施例1的支撑梁40还细的两条支撑梁41、42。

[0133] 另外,如果将两条支撑梁40a看作一条大的支撑梁40,则连接部50a沿与转动轴X正交的方向向两侧展开延伸,沿转动轴X与可动框60连接,呈锚形的形状,作为连接部50a的形状其并无本质变化。但是,随着支撑梁40a由两条支撑梁41、42构成,构成为对应支撑梁41设有连接部51,对应支撑梁42设有连接部52,对每条支撑梁41、42分别对应设置连接部51、52。

[0134] 通过这样的构成,实施例2的致动器能够使连接部50a的梁结构部分比实施例1的致动器变得更长,并且能够在连接部51和连接部52上进行不同的动作。由此,能够更大提高连接部50a的变形自由度,以及对从可动框60传递来的弯曲振动以更高的效率转换为扭曲振动。

[0135] 图19是表示实施例2的致动器的共振驱动部81的共振驱动时的变形状态的图。在图19中,对驱动源25和驱动源26施加不同极性的电压,驱动梁71向上翘曲,驱动梁72向下翘曲,向一对可动框61、62付与弯曲振动。对可动框61、62付与的弯曲振动被传递到连接部50a,被转换成扭曲振动传递到支撑梁40a。这时,可动框61的弯曲振动被传递到连接部51,可动框62的弯曲振动被传递到连接部52的构成与实施例1的致动器不同。来自连接部51的扭曲振动被传递到支撑梁41,来自连接部52的扭曲振动被传递到支撑梁42。不只是右侧的支撑梁40a,左侧的支撑梁40a也进行同样的动作,反射镜31被驱动而倾斜运动。

[0136] 图20是表示实施例2的致动器的共振驱动部81的共振驱动时的变形状态的放大立体图。在图20中,由从驱动梁71、72传递来的可动框61、62的弯曲振动的弯曲虽被传递到连接部50a,但在连接部50a上产生在上侧的连接部51与下侧的连接部52上的等级差异。而且,随着在连接部50a上的等级差异,在支撑梁40a上也产生在上侧的支撑梁41与下侧的支撑梁42上的等级差异。由此,由于能够通过加大等级差异使反射镜31更大倾斜,因此能够更直接的驱动反射镜31使其倾斜运动。换言之,通过将支撑梁40a设为两条,从而能够在支撑梁41、42扭曲产生倾角时,在支撑梁41、42之间产生等级差异,并增大倾角。

[0137] 另外,在图20中,可动框60与反射镜31向相同方向倾斜。在实施例2的致动器中,通过使用反射镜31与可动框60向相同方向倾斜的共振模式,从而能够将可动框60与反射镜31的位移加在一起,提高反射镜31的倾角灵敏度。另外,尽管驱动使支撑梁40a与连接部50a同时扭曲,驱动梁70与可动框60同时弯曲,但由于相对于倾角量的扭曲量很小,因此为内部应力小、很难断裂的结构。

[0138] 例如,在本实施例的致动器中,以30[kHz]的频率、倾角幅度 $\pm 12[\text{deg}]$ 驱动的情况下,如果形成圆角,最大内部应力为0.5[GPa]。这意味着将在反射镜31的倾斜运动时产生的应力主要分散到了支撑梁40a、连接部50a、可动框60及驱动梁70上。具体而言,本实施例的致动器能够将反射镜倾角灵敏度设为0.56[deg/V]、最大内部应力设为0.48[GPa]。

[0139] 在此需要说明的是,由于实施例2的致动器通过改变支撑梁40a及连接部50a两者或其中一者的宽度、厚度、剖面形状及长度等、能够改变共振频率,因此不改变构造也可对

应30[kHz]以上更大的高速化。但是,如果进行支撑梁40a和/或连接部50a的形状改变,随之可动框60及驱动梁70的尺寸可能会被改变。

[0140] 接着,使用图21A-图21C及图22,对实施例2的致动器的共振驱动部81的电极配置的例子进行说明。

[0141] 图21A-图21C是表示实施例2的致动器的共振驱动部81的电极配置的例子图。图21A是表示只在图17-图20所示的驱动梁70中设置驱动源20的共振驱动部81的立体图。图21B是表示在驱动梁70及可动框60中设置同极性的驱动源20a的共振驱动部81的立体图。图21C是表示在驱动梁70及可动框60中设置异极性的驱动源20a的共振驱动部81的立体图。

[0142] 由于图21A中的结构与图17-图20所示的结构相同,因此对相同的构成要素付与相同的符号并省略其说明。

[0143] 图15B是不只在驱动梁70上,在可动框60中也具有驱动源27、28,此点与图21A不相同。另外,驱动源27、28的施加电压的极性被构成为,对与驱动梁71连接的可动框61,施加与驱动梁71相同的极性的电压,对与驱动梁72连接的可动框62,施加与驱动梁72相同的极性的电压。换言之,对驱动源25和驱动源27施加相同极性的电压,对驱动源26和驱动源28施加相同极性的电压。而且,对驱动源25、27施加的电压与对驱动源26、28施加的电压为反极性。这是与实施例1中的图15B相同的电压施加方法。

[0144] 图21C的不只在驱动梁70上,在可动框60中也设有驱动源27、28,此点与图21B相同。但是,图21C的,向与驱动梁71连接的可动框61的驱动源28施加电压的极性与向驱动梁71的驱动源25的施加电压极性相反,向与驱动梁72连接的可动框62的驱动源27施加电压的极性与向驱动梁72的驱动源26的施加电压极性相反的结构,与图21B的电极配置不相同。这是与实施例1中的图15C相同的电压施加方法。

[0145] 图22是表示图21A、图21B、图21C的各个电极配置中的相对于施加电压的倾角灵敏度及最大内部应力的图。

[0146] 在图22中,倾角灵敏度最大的是具有图21B的结构的共振驱动部81a的致动器。另外,关于最大内部应力,图21A的结构的共振驱动部81与图21B的结构的共振驱动部81a同为最小值。换言之,在实施例2的致动器中,对与驱动梁70连接的可动框60施加同极性的电压进行共振驱动的图21B所示的电极配置为最佳。这是与实施例1的致动器不同的结构。换言之,在实施例1中,对连接的驱动梁70和可动框60的驱动源20b施加异极性的电压进行共振驱动时为最佳的电极配置,但在实施例2中,对连接的驱动梁70和可动框60的驱动源20a施加同极性的电压进行共振驱动时为最佳结构。

[0147] 图23A及图23B是用于对实施例1的致动器的最佳电极配置与实施例2的致动器的最佳电极配置不同的理由进行说明的图。图23A是表示实施例1的致动器的共振驱动时的变形状态的侧面图,图23B是表示实施例2的致动器的共振驱动时的变形状态的侧面图。

[0148] 如图23A所示,在实施例1的致动器中,可动框60越在与驱动梁70向反的方向上下位移,中心梁40及连接部50越倾斜,反射镜31的转动角度变得越大。换言之,可动框61及驱动梁71的翘曲状态和可动框62及驱动梁72的翘曲状态越大,中心梁40及连接部50越倾斜,反射镜31的倾角变得越大。

[0149] 另一方面,如图23B所示,在实施例2的致动器中,可动框60及驱动梁70像一个弹簧一样位移,中心梁40越上下位移,反射镜31的转动角度变得越大。换言之,可动框61及驱动

梁71上升位移与可动框62及驱动梁72的下降位移的差越大,支撑梁41与支撑梁42越向纵向打开等级差异变得越大,反射镜31的倾角变得越大。

[0150] 通过这样,可知由于支撑梁40、40a为一条或两条,即便是相同频率、相同共振模式,倾斜机械装置也完全不同。

[0151] 在此,在实施例2中,尽管对形成圆角对角进行圆角化加工处理未做特别说明,但在实施例2中也可使用。另外,对于该细节的结构也可将实施例1与实施例2组合。

[0152] 实施例3

[0153] 图24A及图24B是表示是实施例3的致动器的全体结构的立体图。图24A是表示实施例3的致动器的表面侧的结构的立体图,图24B是表示实施例3的致动器的里面侧的结构的立体图。

[0154] 在图24A中,实施例3的致动器具有可动部100及固定框110。固定框110是在驱动中也处于固定状态的外侧的框,可动部100由固定框110连接支撑。另外,可动部100具有驱动对象物30、一对支撑梁40b、一对连接部50b及一对驱动梁73。连接部50b具有与驱动梁73连接的驱动梁侧连接部53、及将驱动梁侧连接部53与支撑梁40b连接的支撑梁侧连接部54。实施例3的致动器的表面侧全部由Si活性层13构成。

[0155] 在实施例3的致动器中,在驱动对象物30上连接有沿转动轴方向延伸的支撑梁40的结构,与实施例1的致动器相同。但是,实施例3的致动器未设有可动框60的结构与实施例1及实施例2的致动器不同。

[0156] 在实施例3的致动器中,连接部50b的支撑梁侧连接部54被构成为沿与转动轴X正交的方向长长地延伸,与驱动对象物30的宽度大约相同或比其还长。而且,驱动梁侧连接部53以沿从支撑梁侧连接部54垂直与转动轴X平行回到驱动梁73侧的方式延伸,与驱动梁73直接连接。由此,连接部50b被构成为包括代替可动框60的与驱动梁73直接连接的驱动梁侧连接部53、及将驱动梁侧连接部53与支撑梁40b连接的支撑梁侧连接部54。在此,支撑梁侧连接部54与驱动梁侧连接部53的连接位置可被构成为在与转动轴X垂直的方向上,与驱动对象物30的端部相同或比其还在外侧。由此,能够充分确保沿与转动轴X平行向驱动对象物30侧延伸的驱动梁侧连接部53的长度足够长,并能够充分进行应力的吸收减低。

[0157] 通过这样,可作为加大沿与转动轴X垂直延伸的支撑梁侧连接部54的长度,用驱动梁侧连接部53将支撑梁侧连接部54与驱动梁73连接,省去可动框60的结构。这时,使在驱动梁73产生的倾斜运动力被直接传递到连接部50b的驱动梁侧连接部53。由于驱动梁侧连接部53能够将驱动梁73的倾斜运动力传递到支撑梁侧连接部54,并能成为减低应力的梁结构,因此能够适当地进行应力分散。另外,通过省去可动框60,能够构成更小型且省空间的致动器。

[0158] 另外,比起实施例1及实施例2的致动器的驱动源20,驱动梁73加大了与转动轴X平行的宽度,并加大了作为驱动源20的压电元件21的成膜面积。换言之,尽管是小型的致动器,但仍能够作为具有充分的倾角灵敏度的致动器。在此需要说明的是,施加使驱动梁73在转动轴X的两侧向不同的方向位移的电压的结构,与实施例1及实施例2的致动器相同。

[0159] 再者,作为实施例3的致动器,示出了围绕转动轴X进行倾斜运动的一轴型的致动器。这样,实施例3的致动器能够构成为一轴型致动器。另一方面,如图3至图6中所说明的,在固定框110的区域也可组合与转动轴不同轴旋转而驱动进行倾斜运动的致动器从而作为

两轴型的致动器。实施例3的致动器能够适用于一轴型的致动器,也能适用于两轴型的致动器。

[0160] 在图24B中,表示出实施例3的致动器的里面结构,如图24A所示的可动部100全部作为梁15薄薄地构成,固定框110由厚度厚的硅基板11构成。

[0161] 图25A-图25C是用于对实施例3的致动器的提高倾角灵敏度和降低最大应力的参数设定进行说明的图。图25A是表示实施例3的致动器的可动部100的平面结构的图。在图25A中,表示出与转动轴X垂直且通过驱动对象物30的中心的转动轴Y。

[0162] 在图25A中,将支撑梁40b的宽度设定为A、将驱动梁侧连接部53的宽度设定为支撑梁40b的宽度A的1/2的A/2。另外,将支撑梁侧连接部54的长度设定为B、将从支撑梁40b及驱动梁侧连接部53的外侧的端部到转动轴Y的距离设定为C。而且,通过将从支撑梁40b及驱动梁侧连接部53的外侧的端部到转动轴Y的距离C设为可变,从而设定共振频率在一定的30kHz。在此需要说明的是,驱动梁侧连接部53在4个部位存在,全部设定为共同的值。另外,将连接部位45a的圆角半径设定为 $R1=0.15\text{mm}$,将连接部位55a的圆角半径设定为 $R2=B/2$ 。接着,将支撑梁40b的宽度A及支撑梁侧连接部54的长度B作为参数变化,研究倾角灵敏度及最大应力的最佳值。

[0163] 图25B是表示使驱动对象物30以 $\pm 12\text{deg}$ 的倾角倾斜运动时的,相对于支撑梁40b的宽度A及支撑梁侧连接部54的长度B的变化的倾角灵敏度 $[\text{deg/V}]$ 的变化特性的图。在图25B中表示出,在 $A=0.12\text{mm}$ 时倾角灵敏度最高,另外在 $0.4\text{mm}<B<0.6\text{mm}$ 的 $B=0.5\text{mm}$ 附近的值上倾角灵敏度为最大。

[0164] 图25C是表示相对于支撑梁40b的宽度A及支撑梁侧连接部54的长度B的变化的最大主应力的变化特性的图。最大主应力如果为0.5GPa以下,则作为致动器的耐性为没有问题的值。在图25C中,在 $A>0.1\text{mm}$ 时,最大应力为0.5GPa以下。另外,作为表示出的特性,当 $A=0.14\text{mm}$ 或 $A=0.12\text{mm}$ 时, $0.4\text{mm}<B<0.6\text{mm}$ 的 $B=0.5\text{mm}$ 附近的最大主应力为最小。

[0165] 因此,作为倾角灵敏度高、最大应力小的形状,比较小型的致动器,例如可采用 $A=0.12\text{mm}$ 、 $B=0.5\text{mm}$ 、 $C=1.4\text{mm}$ 、 $R1=0.15\text{mm}$ 、 $R2=0.25\text{mm}$ 的形状。这时,能够使电压为0-5.3V、最大应力为0.38GPa从而使致动器以倾角灵敏度为 4.50deg/V 、 $\pm 12\text{deg}$ 的倾角倾斜振动,并能够减小最大应力,倾角灵敏度为非常优秀的特性。

[0166] 实施例4

[0167] 图26A及图26B是表示实施例4的致动器的全体构成的立体图。图26A是表示实施例4的致动器的表面侧的结构的立体图。图26B是表示实施例4的致动器的里面侧的结构的立体图。

[0168] 在图26A中,实施例4的致动器具有可动部101及固定框111。固定框111是在驱动中也处于固定状态的外侧的框,可动部101由固定框111连接支撑的结构与实施例3的致动器相同。另外,可动部101具有驱动对象物30、一对支撑梁40c及一对连接部50c,连接部50c包括驱动梁侧连接部53及支撑梁侧连接部54的结构也与实施例3的致动器相同。

[0169] 实施例4的致动器的支撑梁40c沿转动轴分开,成为两条的结构与实施例3的致动器不同。该支撑梁40c的结构与实施例2的致动器的支撑梁40a为类似结构。随之,连接部50c也沿转动轴X分开,包括两条连接部50c。两条连接部50c分别沿相对转动轴X垂直向着外侧延长,成为分别与支撑梁40c一起形成U字形的形状。由此结构,支撑梁40c及连接部50c能够

在转动轴X的两侧进行独立的运动。由此,实施例4的致动器与实施例2的致动器同样通过加大两条支撑梁40c的高低差进行驱动,从而成为能够取得大的倾角的结构。

[0170] 在此需要说明的是,连接部50c的沿与转动轴X垂直的方向延伸的支撑梁侧连接部54的长度为与驱动对象物30的宽度大于相同或在其以上,且不需要可动框60的结构,与实施例3的致动器相同。由此,不需要可动框60便能够构成小型且省空间的致动器。

[0171] 另外,连接部50c与实施例3的致动器同样,由于具有驱动梁侧连接部53及支撑梁侧连接部54的同时,还具有具有弹力的梁结构,因此能够吸收而减低被施加的应力,稳定地使驱动对象物30倾斜运动。

[0172] 另外,能够加大成膜有驱动源20的驱动梁73的面积,并实现充分的倾角灵敏度和高速驱动,该点与实施例3的致动器相同。

[0173] 在图26B中,表示出从实施例4的致动器的里面侧的立体图,外侧的固定框111由厚度厚的硅基板11构成,可动部101作为梁15由薄的弹性体构成,该点与实施例3的致动器相同。

[0174] 图27A-图27C是用于说明进行实施例4的致动器的可动部101的形状的最佳设计的方法的图。图27A是表示实施例4的致动器的平面结构的图。如图27A所示,实施例4的致动器的支撑梁40c沿转动轴X分开,具有两条支撑梁41a、42a。另外,随之,连接部50c也以转动轴X为界线分开成两个,具有两个连接部51a、52a。在支撑梁41a上连接有连接部51a,在支撑梁42a上连接有连接部52a。连接部51a、52a的支撑梁侧连接部54为,在与转动轴X垂直的方向上共同在向着远离转动轴X延长,并在驱动源侧连接部53再次沿着转动轴X回到中心的形状。

[0175] 在此,在图27A中,如下设定各个参数。将支撑梁40c的每一条41a、42a的宽度设定为0.06mm,同样将连接部50c的驱动梁侧连接部53的宽度设定为0.06mm。另外,通过改变弹性支撑驱动对象物30的支撑梁40c、驱动梁侧连接部53的宽度,从而能够大幅改变共振频率。在本实施例中,将支撑梁40c及驱动梁侧连接部53的宽度设为一定,变动其他的参数。

[0176] 另外,将两条支撑梁41a、42a之间的距离设为A,将支撑梁侧连接部54的长度设为B。再者,将从驱动梁侧连接部53的外侧端部包括驱动梁73的部分的到转动轴Y的距离设为C。这时,通过将C设为可变,从而能够将共振频率调整为一定的30kHz。换言之,能够对共振频率进行微调。

[0177] 另外,将驱动对象物30与支撑梁40c之间的连接部位46的圆角半径设为 $R1=A/2$,将支撑梁40c与连接部55b之间的连接部位55b的圆角半径设为 $R2=B/2$ 。

[0178] 图27B是表示在图27A的条件下,当使驱动对象物30 $\pm 12\text{deg}$ 倾斜运动的情况下,将两条支撑梁41a、42a间的距离A、和支撑梁40c与驱动梁侧连接部53之间的距离(支撑梁侧连接部54的长度)B作为参数时的,最大应力的变化特性的图。在图27B中,横轴表示支撑梁侧连接部54的长度B[mm],纵轴表示最大应力[GPa]。

[0179] 在图27B中,表示出A的值越小,最大应力越小。另外,如果将应力 σ 为最小的支撑梁40c与驱动梁侧连接部53之间的距离B设为 $B_{\min}$,则 $B_{\min}$ 满足以下式(1)的条件。

[0180] $B_{\min} = -0.2 \times A + 0.28 \quad (1)$

[0181] 上述式(1)式是总结各个特性曲线的最小值而得到得关系式。

[0182] 图28A-图28C是用于说明支撑梁侧连接部54的长度B持有最小值的理由的图。由式

(1), 在 $A=0.3\text{mm}$ 的曲线中的最小值为 $B_{\min}=(-0.2)\times 0.3+0.28=0.22\approx 0.2$ 。在图28A-图28C中表示, 当 $A=0.3\text{mm}$ 时, 使 B 的值变化的应力分布图。

[0183] 图28A是表示 $B=0.1\text{mm}$ 时的致动器的应力分布的图。图28A表示 $B<B_{\min}=0.2\text{mm}$ 时的应力分布, 此时如图28A的箭头 Sc 所示应力集中在驱动梁侧连接部53。

[0184] 图28B是表示 $B=0.3\text{mm}$ 时的致动器的应力分布的图。图28B表示 $B>B_{\min}=0.2\text{mm}$ 时的应力分布, 此时如图28b的箭头 Sc 所示应力集中在支撑梁40c。

[0185] 图28C是表示 $B=0.2\text{mm}$ 时的致动器的应力分布的图。图28C表示 $B=B_{\min}=0.2\text{mm}$ 时的应力分布, 此时如图28C的箭头 Sc 所示应力集中在支撑梁40c与驱动梁侧连接部53的中间附近的连接部50c的位置。

[0186] 在图27A所示的结构中, 支撑梁40c及驱动梁侧连接部53的宽度为 0.06mm , 比将其连接的支撑梁侧连接部50c的宽度还窄, 为包括扭曲部。由此, 如果缩短支撑梁侧连接部54的长度, 则应力集中于驱动梁侧连接部53的扭曲部, 如果加长支撑梁侧连接部54的长度, 则应力集中于支撑梁40c的扭曲部, 通过将支撑梁侧连接部54的长度设为中间长度, 从而能够使应力集中部移动到支撑梁侧连接部54。通过使应力集中部移动到宽度宽、并且不包括大的扭曲部的支撑梁侧连接部54, 从而能够减低使驱动对象物30进行 $\pm 12\text{deg}$ 倾斜运动时的应力, 使其具有最小值。

[0187] 回到图27B。在图27B的变化特性中, 表示应力在极限值的 0.5GPa 以下的是, $A=0.1\text{mm}$ 、 $A=0.03\text{mm}$ 及 $A=0.005\text{mm}$ 的曲线的一部分范围。换言之, 在图27B表示的特性曲线中, 是 $A<0.2\text{mm}$ 、且 B 在预定范围内的区域时。另一方面, 在 $A\geq 0.2\text{mm}$ 的特性曲线中, 不论 B 的值为何值, 表示出最大应力为 0.5GPa 。

[0188] 在此, 在 $A<0.2\text{mm}$ 的特性曲线中, 应力为极限值的 0.5GPa 与 B 的值为最小的关系式如下述式(2)所示。

$$[0189] \quad B=0.4\times A+0.16 \quad (2)$$

[0190] 另外, 各特性曲线的, 应力为 0.5GPa 与 B 的值为最大的关系式如下述式(3)所示。

$$[0191] \quad B=-0.9\times A+0.4 \quad (3)$$

[0192] 由此, 表示应力为极限值的 0.5GPa 以下的距离 B , 不只是满足上述的式(1)的 $B_{\min}$, 还要满足下式(4)的条件。

$$[0193] \quad 0.4\times A+0.16\leq B\leq -0.9\times A+0.4 \quad (4)$$

[0194] 图27C是表示满足上述(1)~(4)的关系式的区域的图。在图27C中, 横轴表示支撑梁41a、42a之间的距离 $A[\text{mm}]$, 纵轴表示支撑梁侧连接部54的长度 $B[\text{mm}]$ 。在图27C中, 式(4)满足的范围由斜线表示, 在区域的界线式(2)与式(3)之间, 表示出式(1)。从减低应力的观点来看, 满足式(1)的 A 、 B 的组合为最佳, 但只要进入式(4)的范围, 可说在设计上就基本没有问题。由此可知, 可在满足式(4)的斜线的范围内设定支撑梁41a、42a之间的距离 A 及支撑梁侧连接部54的长度 B 。

[0195] 图29是表示以支撑梁41a、42a之间的距离 A 及支撑梁侧连接部54的长度 B 为参数时的倾角灵敏度的特性的图。在图29中, 横轴表示支撑梁侧连接部54的长度 $B[\text{mm}]$, 纵轴表示倾角敏感度 $[\text{deg/V}]$ 。

[0196] 在图29中表示出, A 、 B 的值同时越大, 则倾角灵敏度变得越大。因此, 在图27C中算出的最大应力在 0.5GPa 以下的范围中, 倾角灵敏度为最大的 A 、 B 的值为最佳的参数设定。

[0197] 如果以此范围考虑,则 $A=0.03\text{mm}$ 、 $B=0.35\text{mm}$ 为最佳的值。这时,其他的值为支撑梁41a、42a各自与驱动梁侧连接部54共同为 0.06mm 、 $C=1.2\text{mm}$ 、 $R1=0.015\text{mm}$ 、 $R2=0.175\text{mm}$ 。这时的特性为,倾角灵敏度为 3.58deg/V ,用于以 $\pm 12\text{deg}$ 的倾角进行倾斜运动的电压为 $0-6.5\text{V}$,最大应力为 0.49GPa 。

[0198] 实施例4的致动器与实施例3的致动器相比,其倾角灵敏度低、最大应力为大的数值,但实施例4的致动器能够形成比实施例3的致动器还小型的致动器。由此,当需要适用倾角灵敏度更高的致动器时,可使用实施例3的致动器,当需要使用更小型的致动器时,可使用实施例4的致动器。通过这样,能够按照用途分别使用实施例3的致动器和实施例4的致动器。

[0199] 在此需要说明的是,实施例3及实施例4的驱动对象物,如实施例1及实施例2中说明的,可以是例如反射镜31。另外,在实施例3及实施例4中,尽管是以一轴的致动器的结构为例子进行说明,但如图3至图6中所说明的,也可是两轴的致动器结构。

[0200] 实施例5

[0201] 图30是表示实施例5的投影仪200的全体结构的图。在实施例5中,对于将实施例1-4的致动器用于例如投影仪200的光扫描装置中的例子进行说明。

[0202] 在图30中,实施例5的投影仪200具有第1压电反射镜120、第2压电反射镜121、激光二极管130、准直透镜140、CPU(Central Processing Unit:中央处理装置)150、激光二极管驱动器IC(Integrated Circuit:集成电路)160、第1压电反射镜驱动器IC170、及第2压电反射镜驱动器IC171。另外,在图30中,作为关联构成要素表示出屏幕210。

[0203] 投影仪200是在屏幕210上将影像投影显示的装置。第1压电反射镜120作为驱动反射镜31使其围绕转动轴X倾斜运动的一轴驱动的致动器被构成,用于投影仪200。同样,第2压电反射镜121作为驱动反射镜31使其围绕转动轴Y倾斜运动的一轴驱动的致动器被构成,用于投影仪200。

[0204] 激光二极管130是发射激光的光源。从激光二极管130发射的激光可为发散光。

[0205] 准直透镜140是将发散光转换为平行光的单元。在平行光中例如可包括在光的入射面内振动的P偏光、及垂直于光的入射面振动的S偏光。

[0206] 来自准直透镜140的平行光照射第1压电反射镜120,由反射镜31被反射。第1压电反射镜120驱动反射镜31使其围绕转动轴X倾斜运动,给予像反射的激光垂直于转动轴X振动一样的运动。第1压电反射镜120可使用实施例1~4中说明的全部的致动器。由第1压电反射镜120的反射光照射到第2压电反射镜121上。

[0207] 第2压电反射镜121驱动反射镜31使其围绕转动轴Y倾斜运动,反射来自第1压电反射镜120的激光。由此,给予反射光垂直于转动轴Y振动的运动。第2压电反射镜121与第1压电反射镜120同样,可使用实施例1~4中说明的全部的致动器。

[0208] 由第2压电反射镜121反射的激光照射到屏幕210上。屏幕210上的激光通过组合一轴的第1压电反射镜120及第2压电反射镜121,从而能够在垂直方向进行两轴的扫描,形成影像。

[0209] CPU是控制激光二极管驱动器IC160、第1压电反射镜驱动器IC170及第2压电反射镜驱动器171的单元。激光二极管驱动器IC160是驱动激光二极管130的单元。第1压电反射镜驱动器IC170是驱动第1压电反射镜120的单元,第2压电反射镜驱动器IC171是驱动第2压

电反射镜121的单元。

[0210] CPU150控制激光驱动器IC160,驱动激光二极管130。另外,CPU150控制第1压电反射镜驱动器IC170,控制第1压电反射镜120的围绕转动轴X的倾斜运动动作,并控制第2压电反射镜驱动器IC171,控制第2压电反射镜121的围绕转动轴Y的倾斜运动动作。通过第1压电反射镜120及第2压电反射镜121的倾斜运动动作,给予激光围绕转动轴X、Y双方的运动,使由第2压电反射镜121的反射镜31反射的光在屏幕210上进行扫描,在屏幕210上形成影像。

[0211] 通过这样,本实施例的致动器能够很好的用作投影仪200用的压电反射镜120、121,能够以应力负担少的稳定状态来驱动反射镜31而显示出影像。

[0212] 在此需要说明的是,在实施例5中,尽管是举进行第1压电反射镜120围绕转动轴X倾斜运动驱动,再进行第2压电反射镜121围绕转动轴Y倾斜运动驱动,但也可交换两者的顺序。另外使第1压电反射镜120进行倾斜运动驱动的第1转动轴、与使第2压电反射镜121进行倾斜运动驱动的第2转动轴的两者的方向也可不同,还可根据用途进行各种各样方向的转动轴的组合。

[0213] 以上对本发明的具体实施例进行了说明,但是,本发明并不限于上述具体实施例,只要不脱离权利要求书的范围,亦可采用其他变化形式代替,但那些变化形式仍属于本发明所涉及的范围。

[0214] 本国际申请以2009年5月11日申请的日本专利申请2009-114317号、及2009年9月4日申请的日本专利申请2009-205316号作为主张优先权的基础,本国际申请援引该日本专利申请2009-114317号及2009-205316号的全部内容。

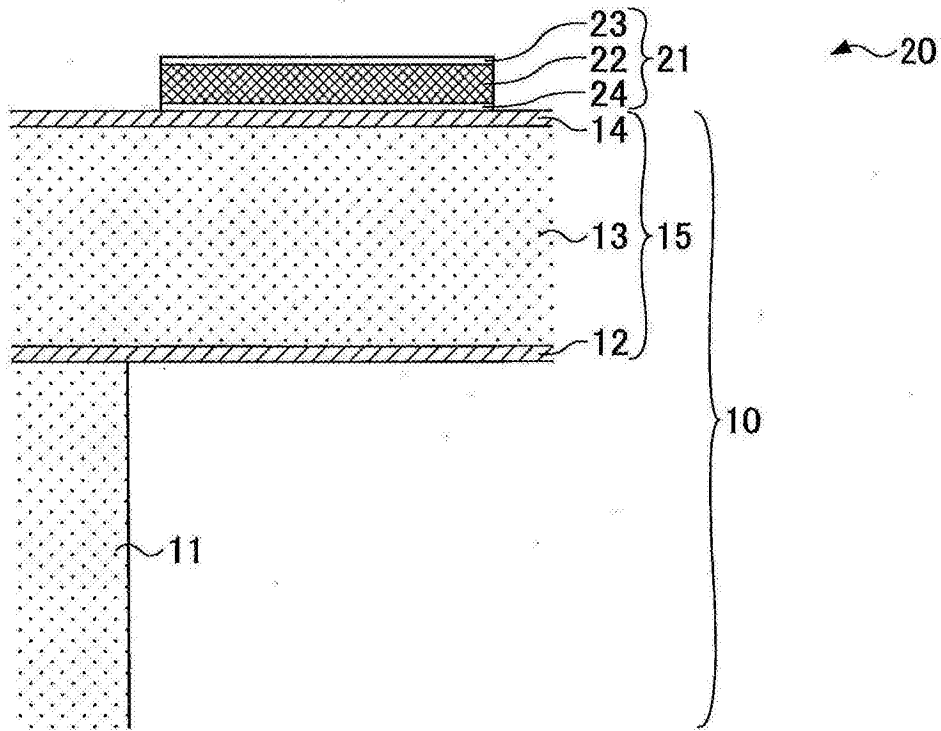


图1

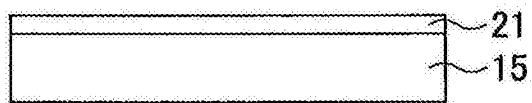


图2A

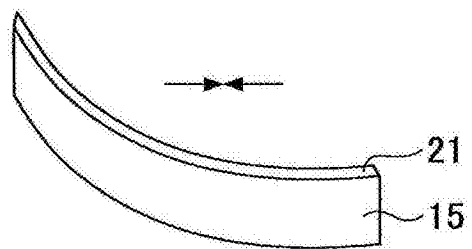


图2B

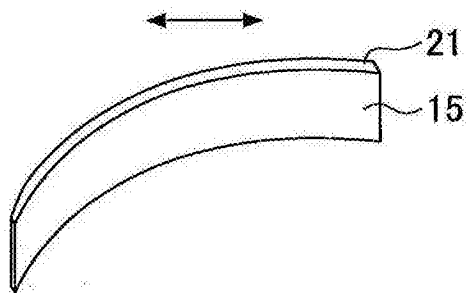


图2C

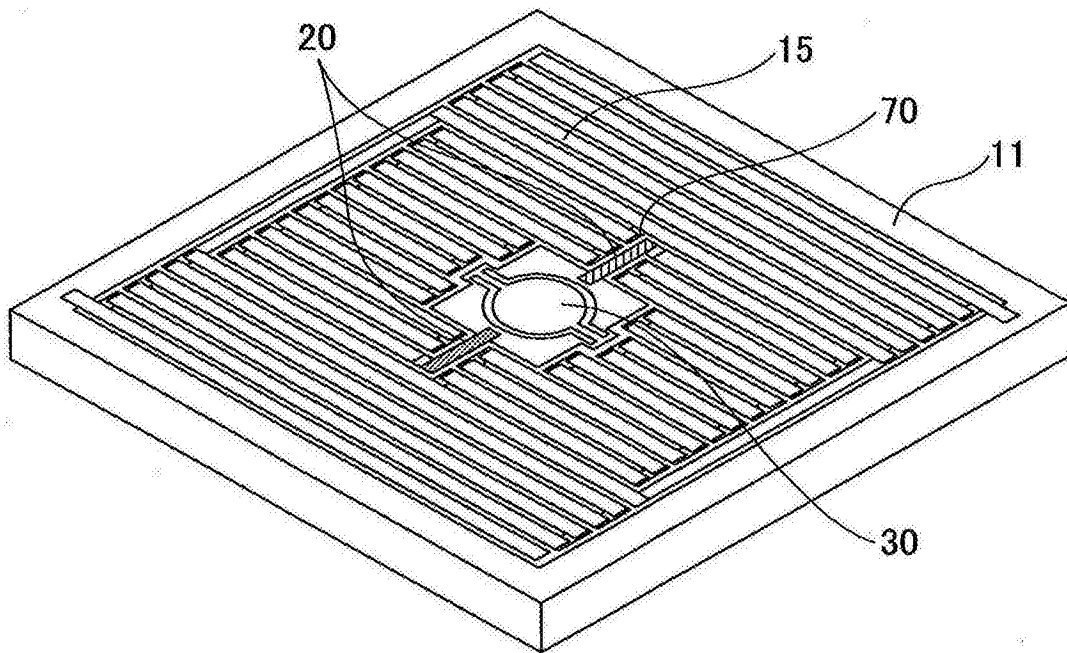


图3

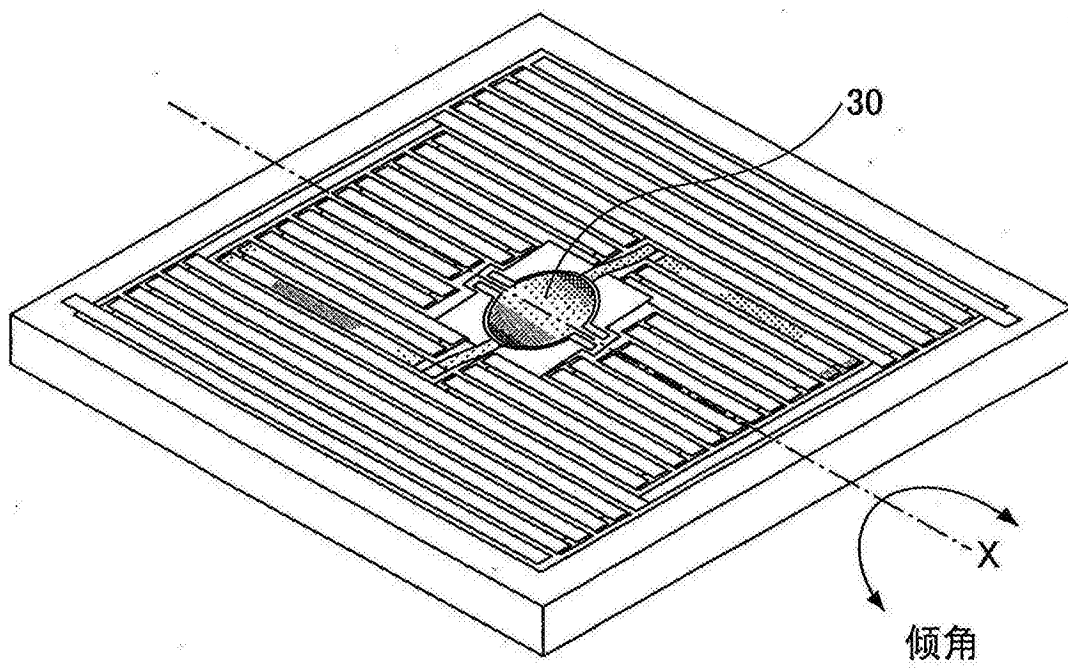


图4

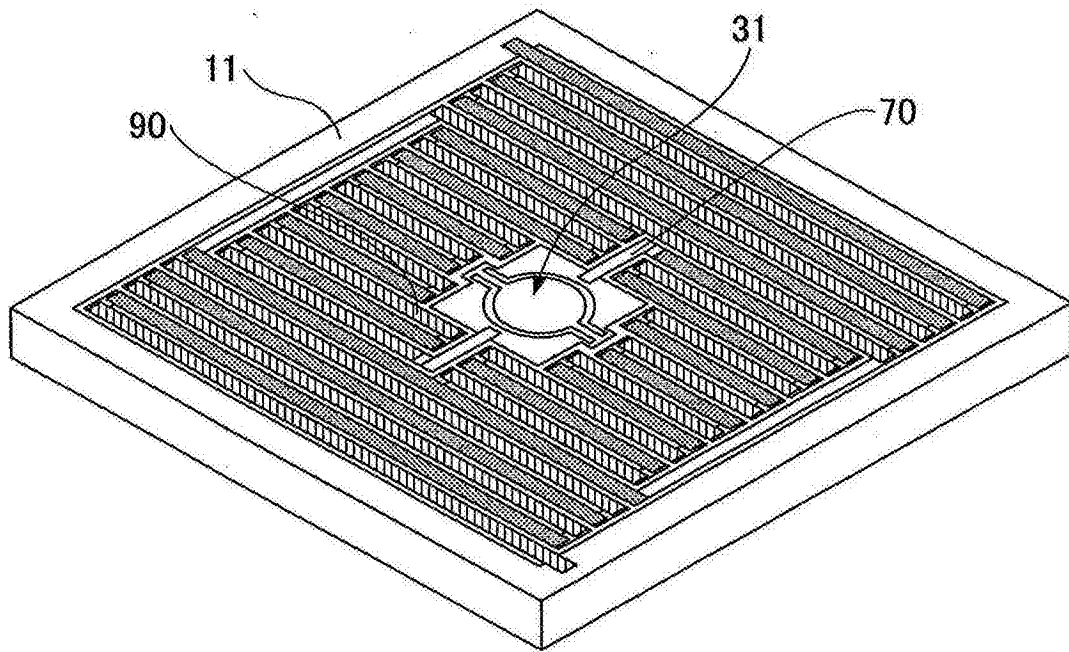


图5

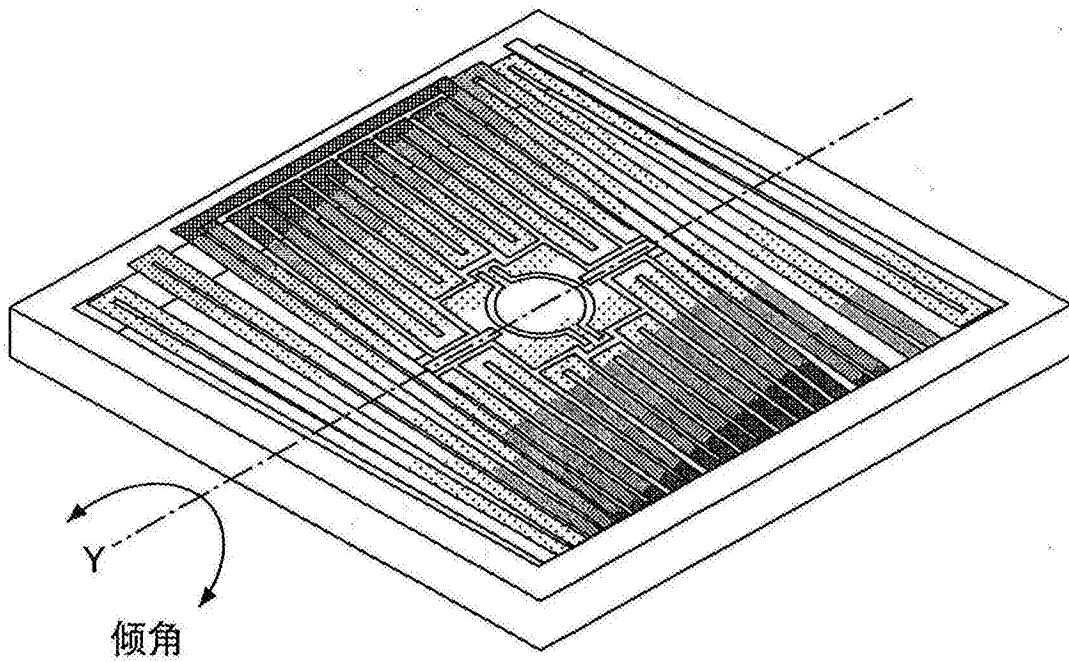


图6

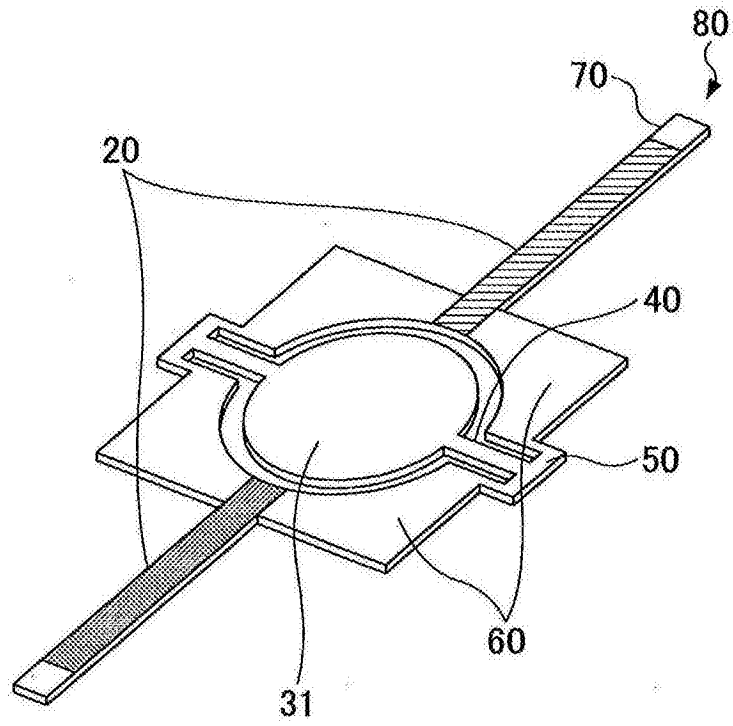


图7

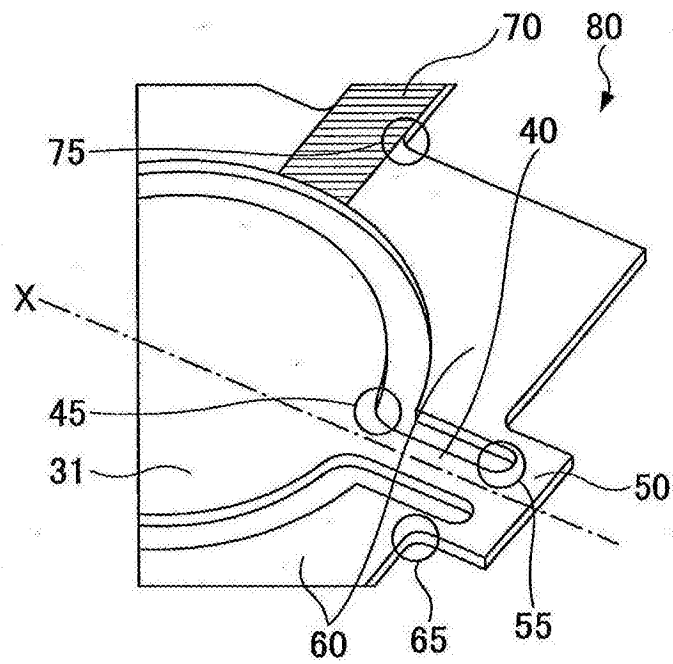


图8

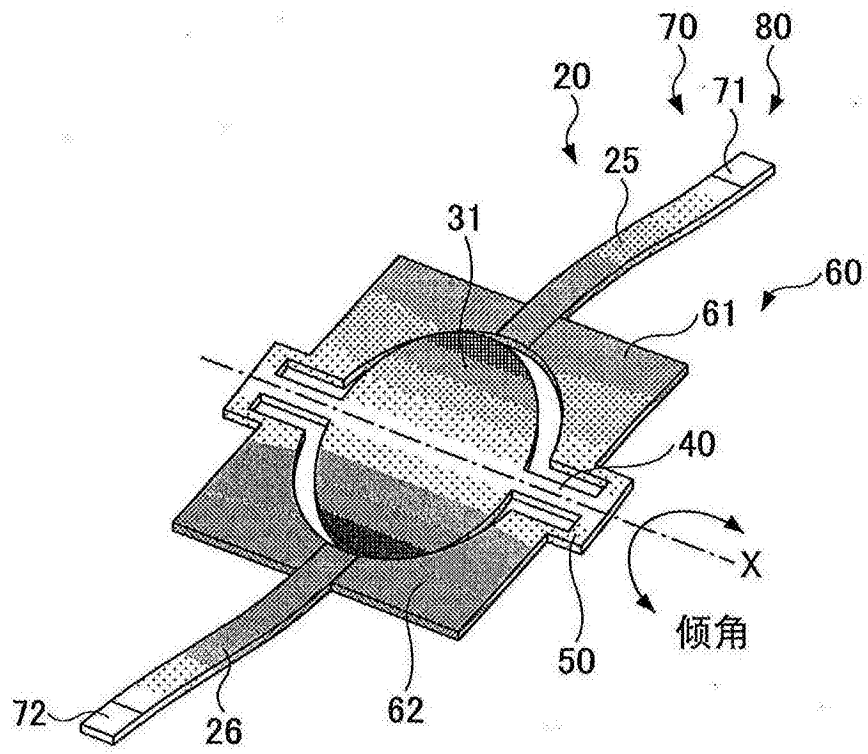


图9

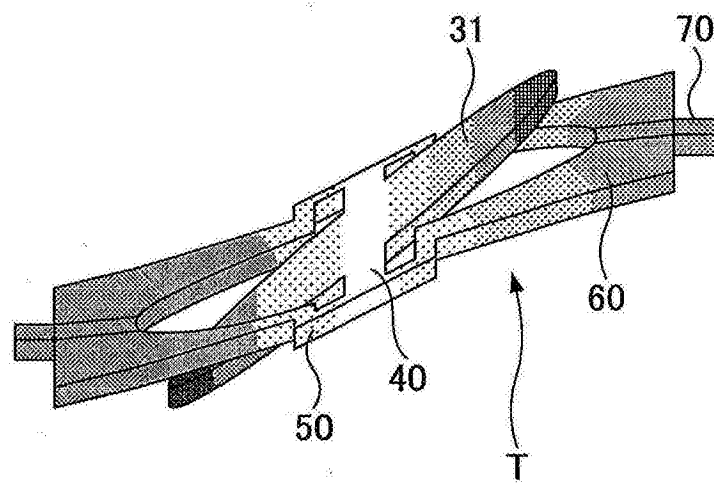


图10

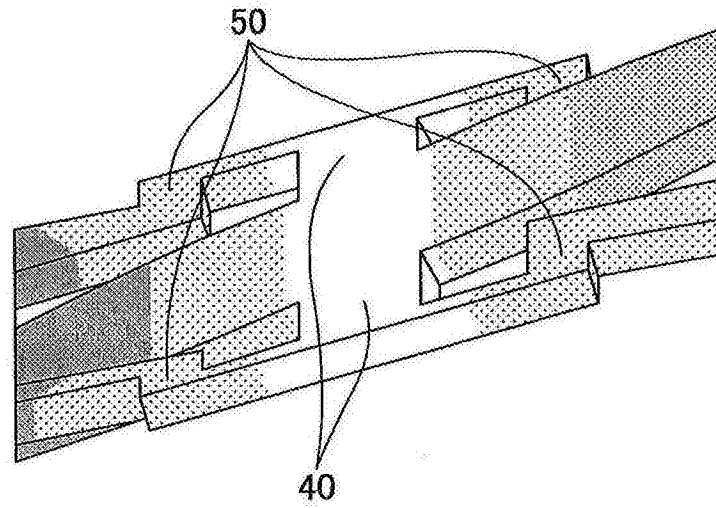


图11

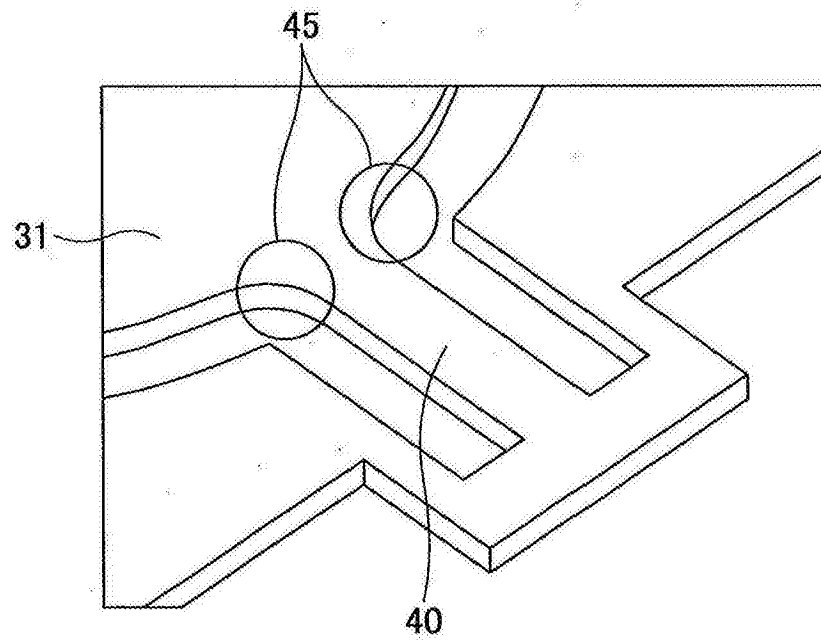


图12A

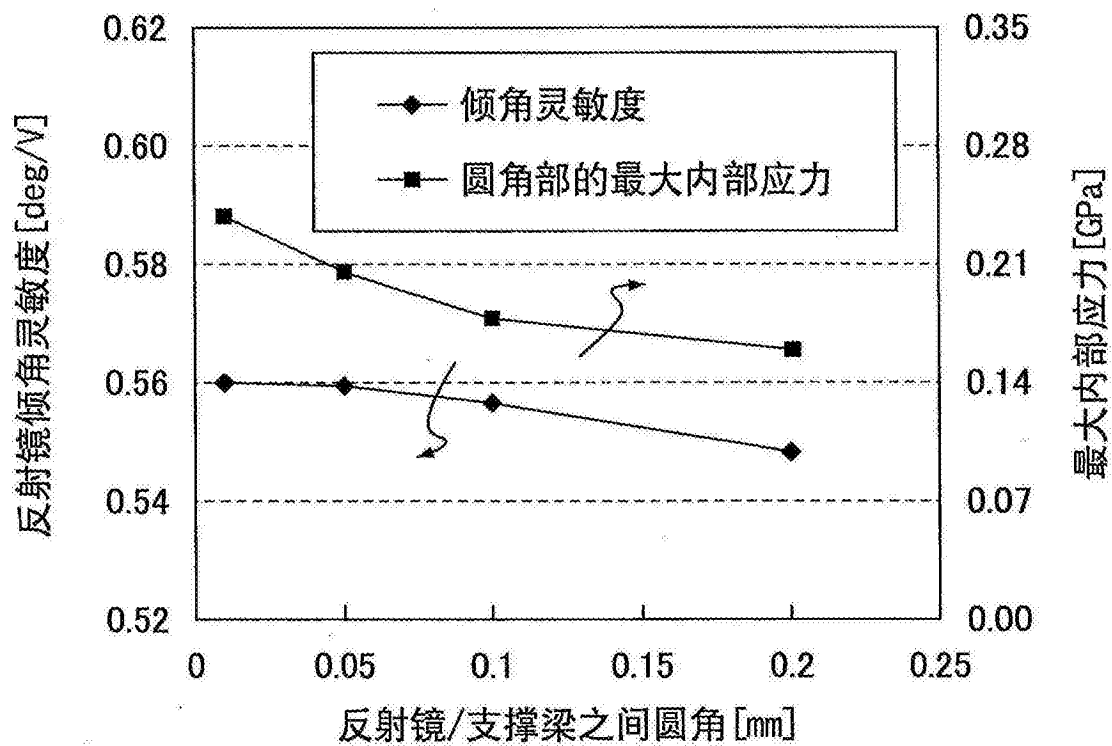


图12B

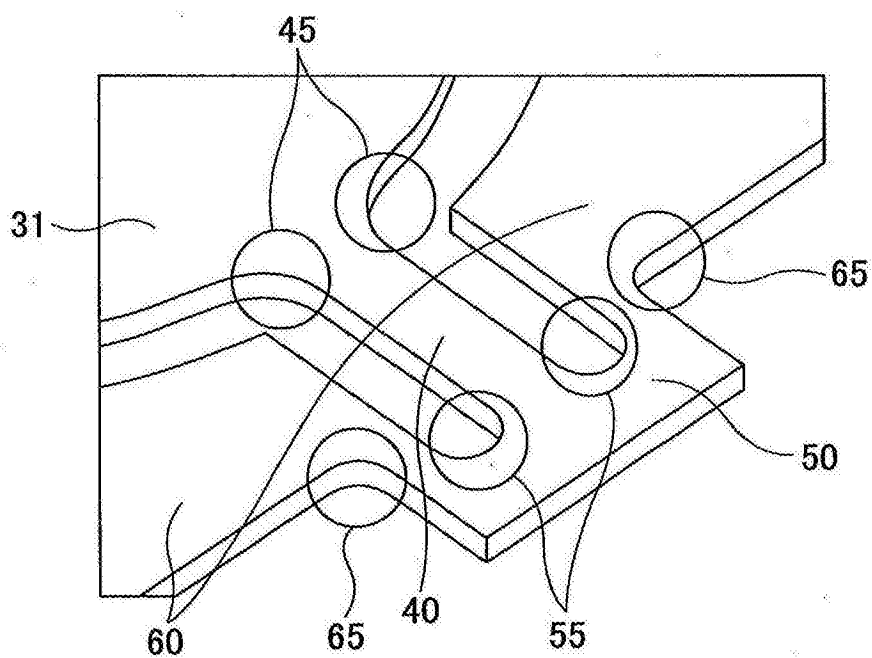


图13A

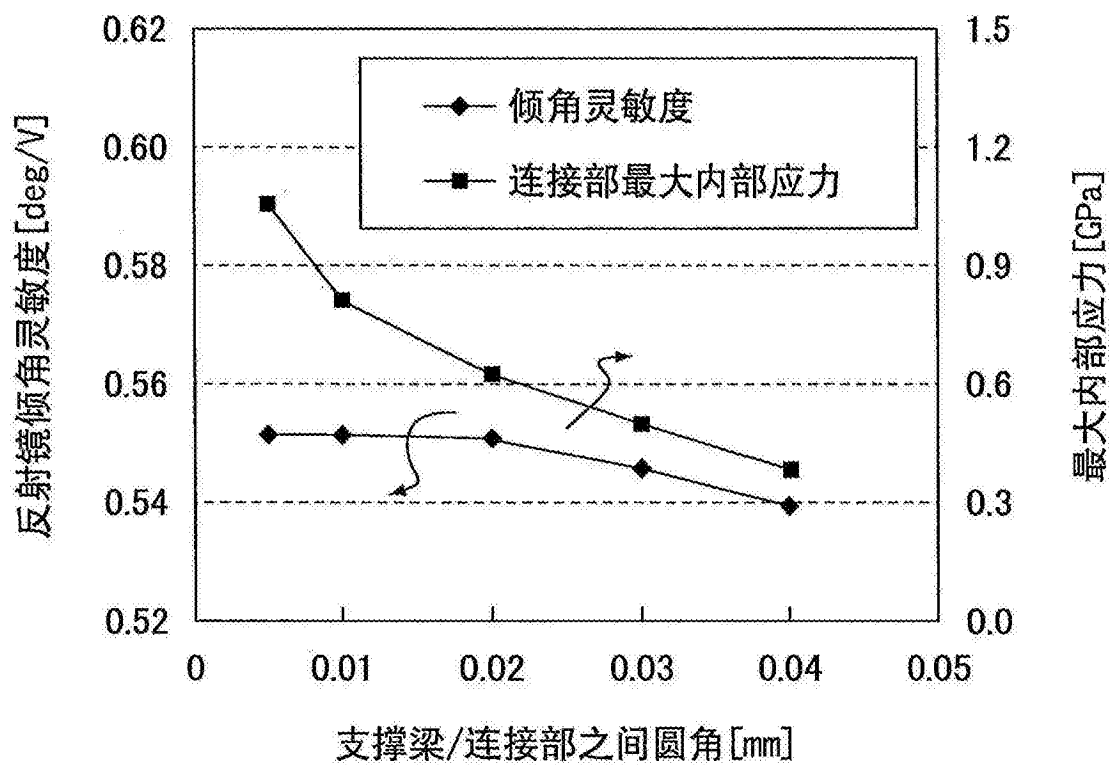


图13B

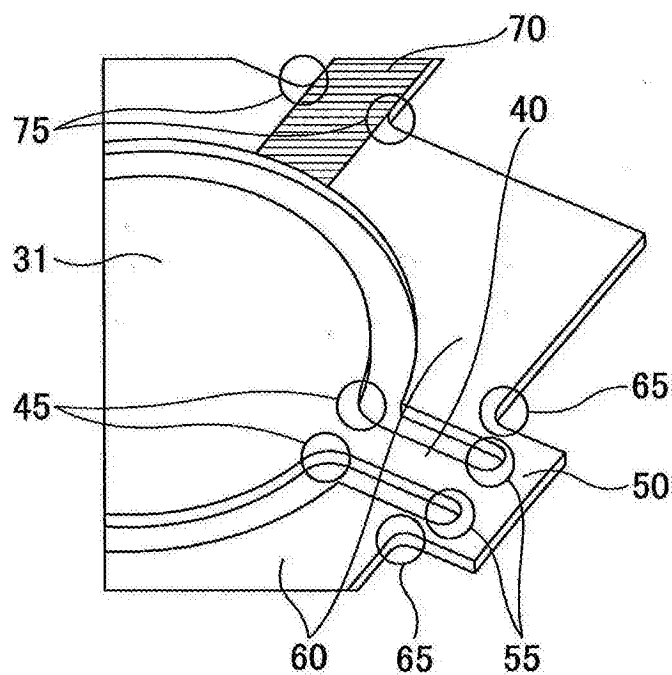


图14A

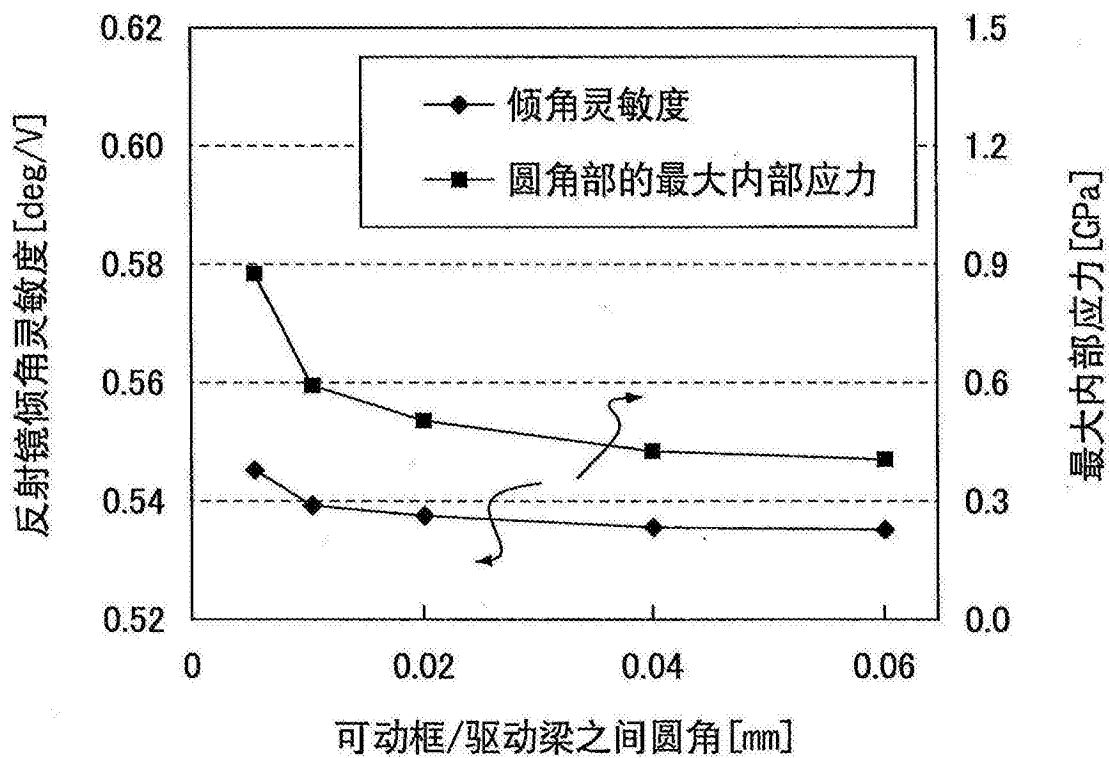


图14B

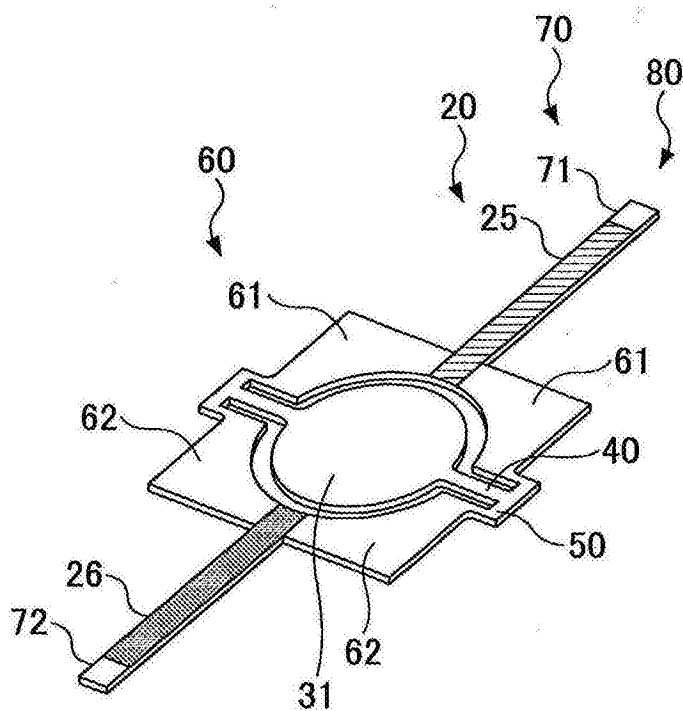


图15A

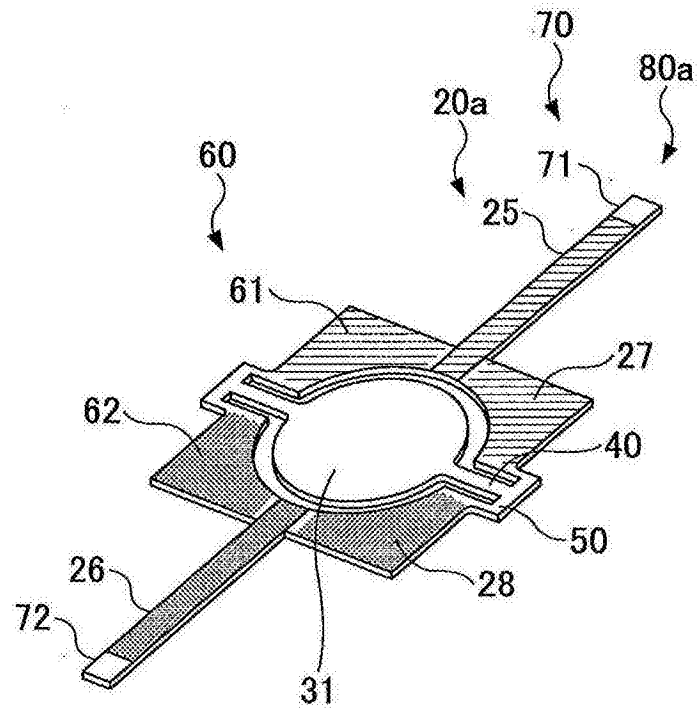


图15B

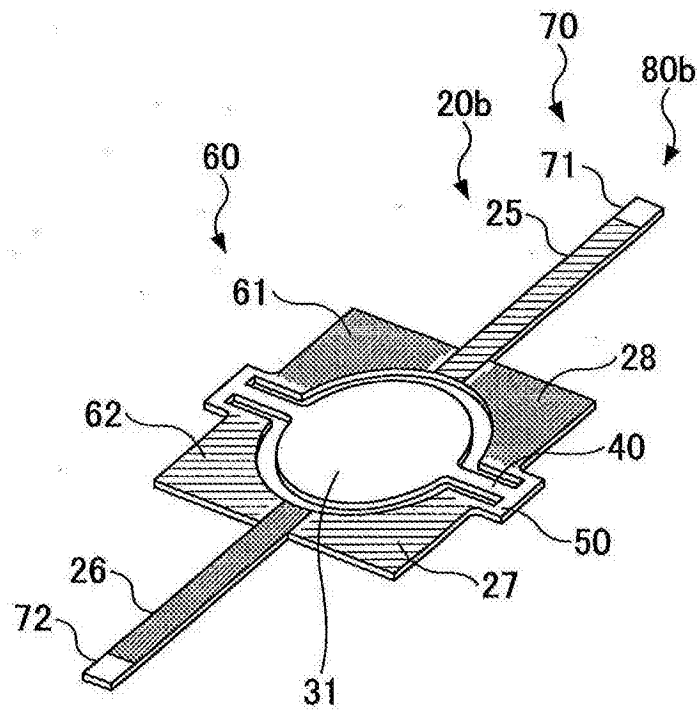


图15C

		A	B	C
倾角灵敏度	deg/V	0.535	0.131	0.975
最大内部应力	GPa	0.39	0.59	0.40

图16

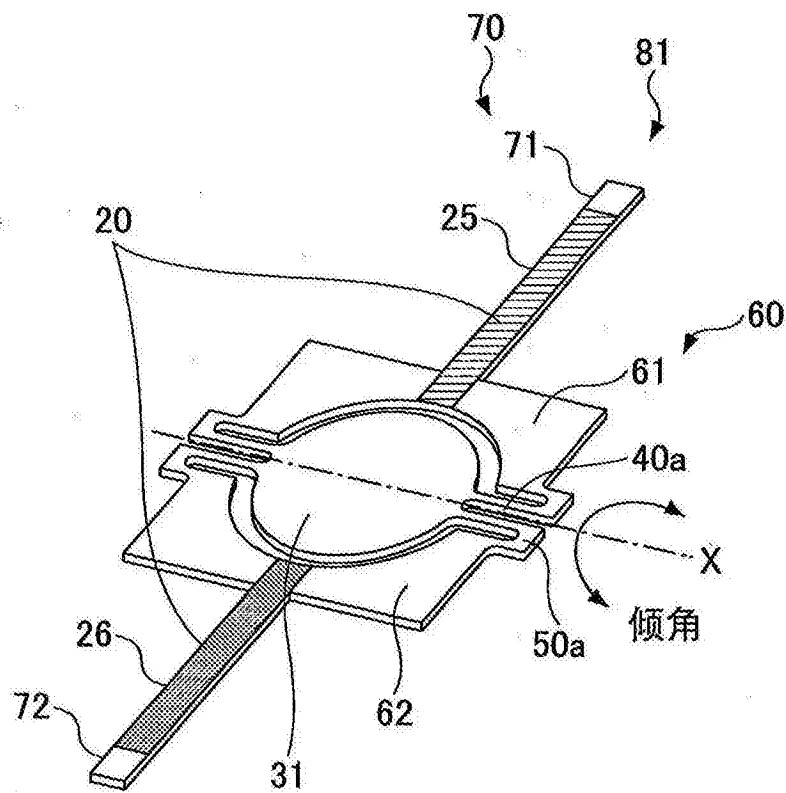


图17

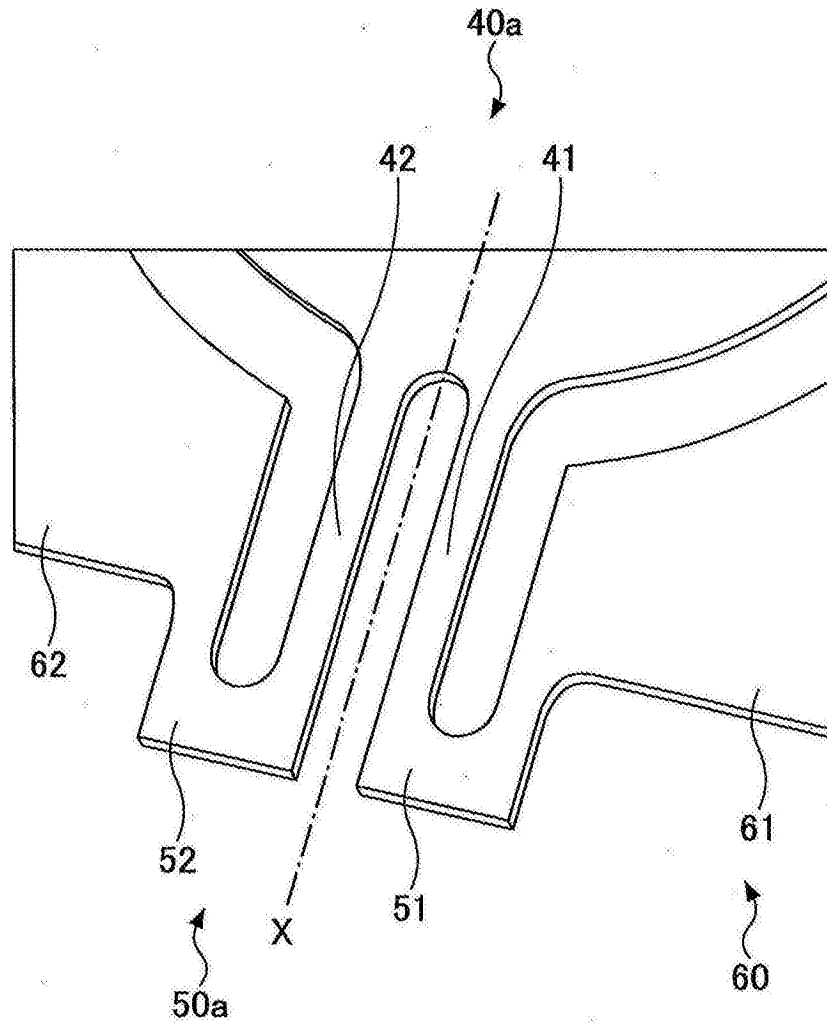


图18

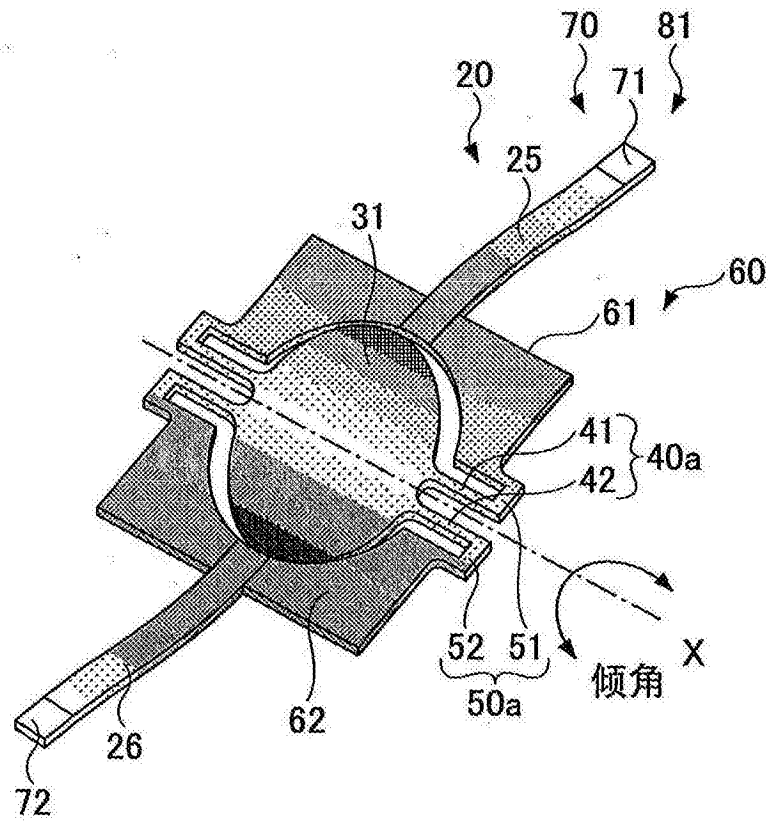


图19

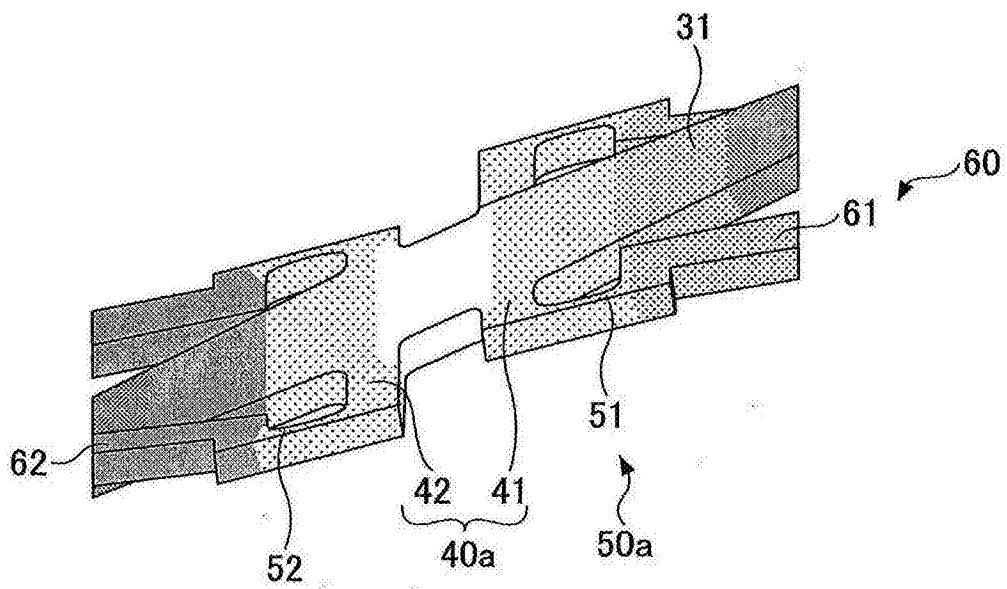


图20

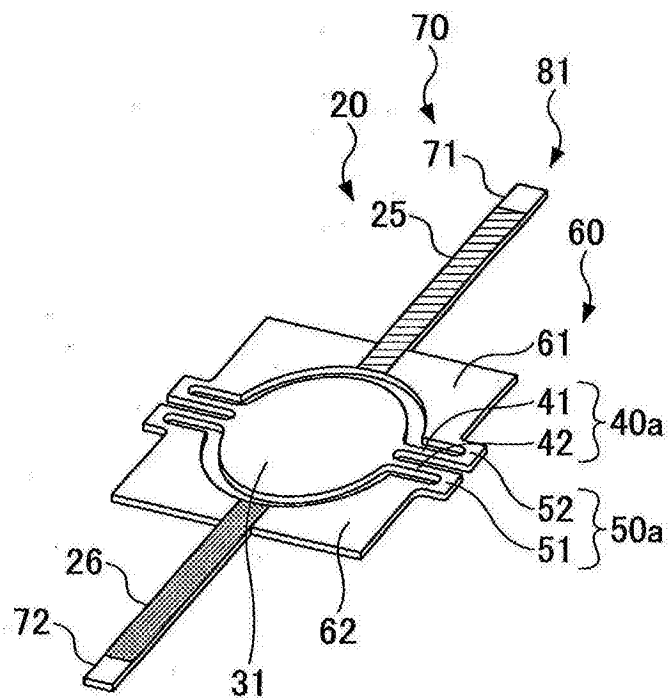


图21A

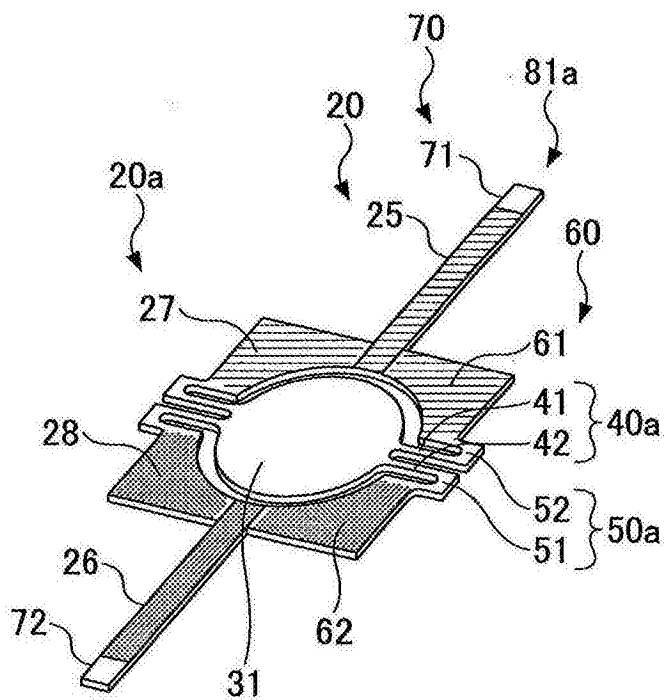


图21B

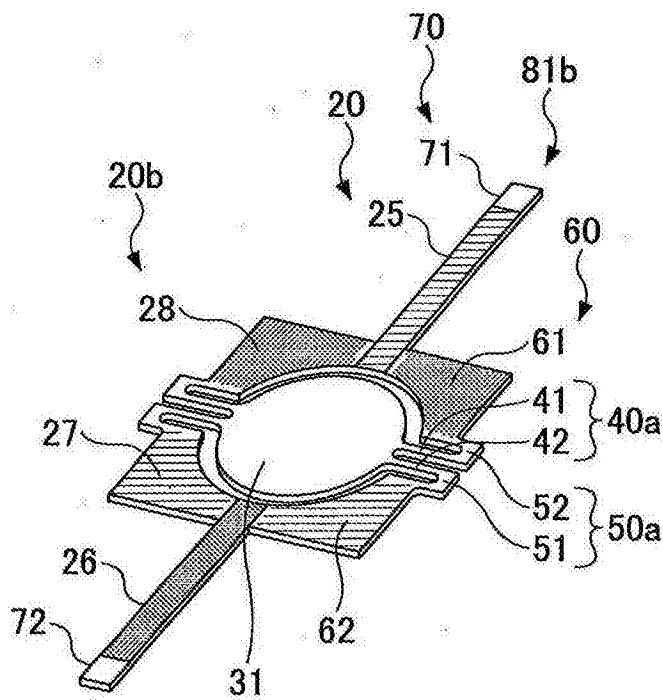


图21C

		A	B	C
倾角灵敏度	deg/V	0.559	1.193	0.275
最大内部应力	GPa	0.48	0.48	0.52

图22

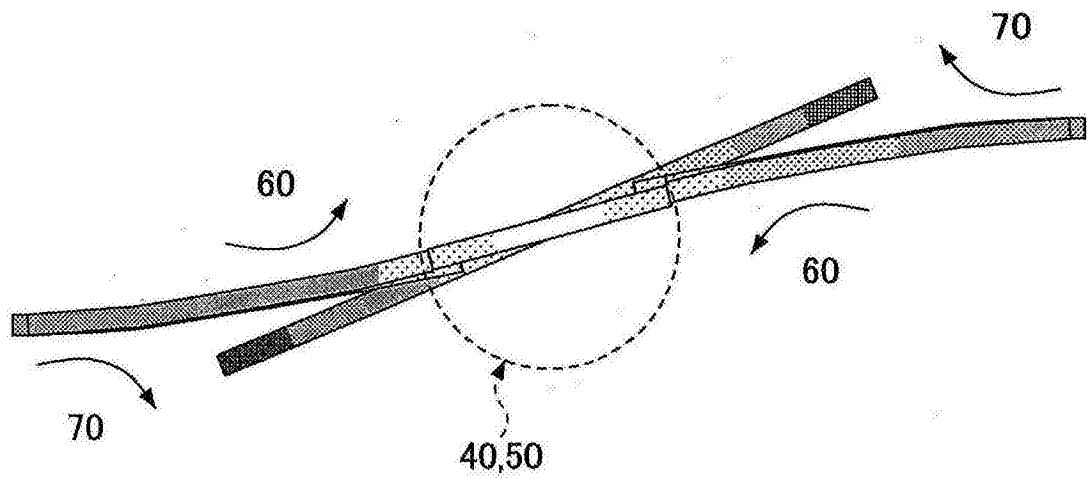


图23A

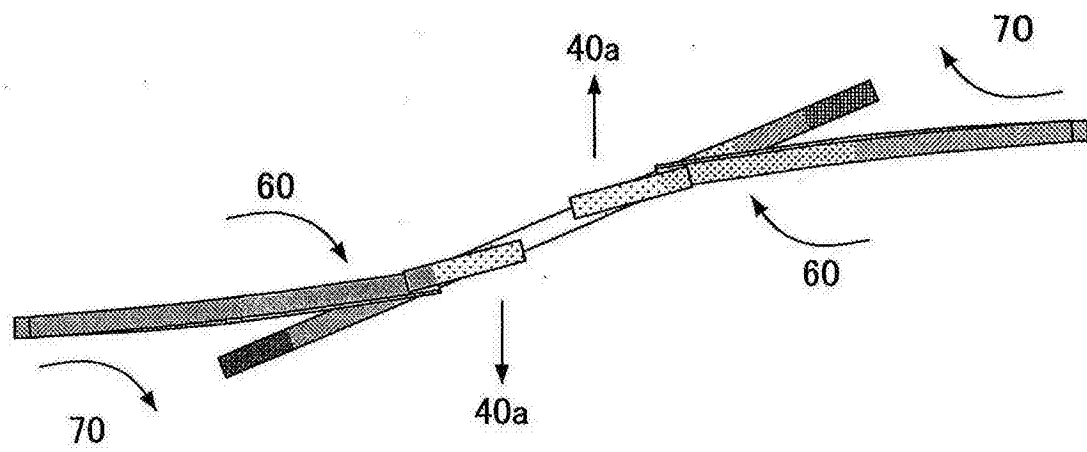


图23B

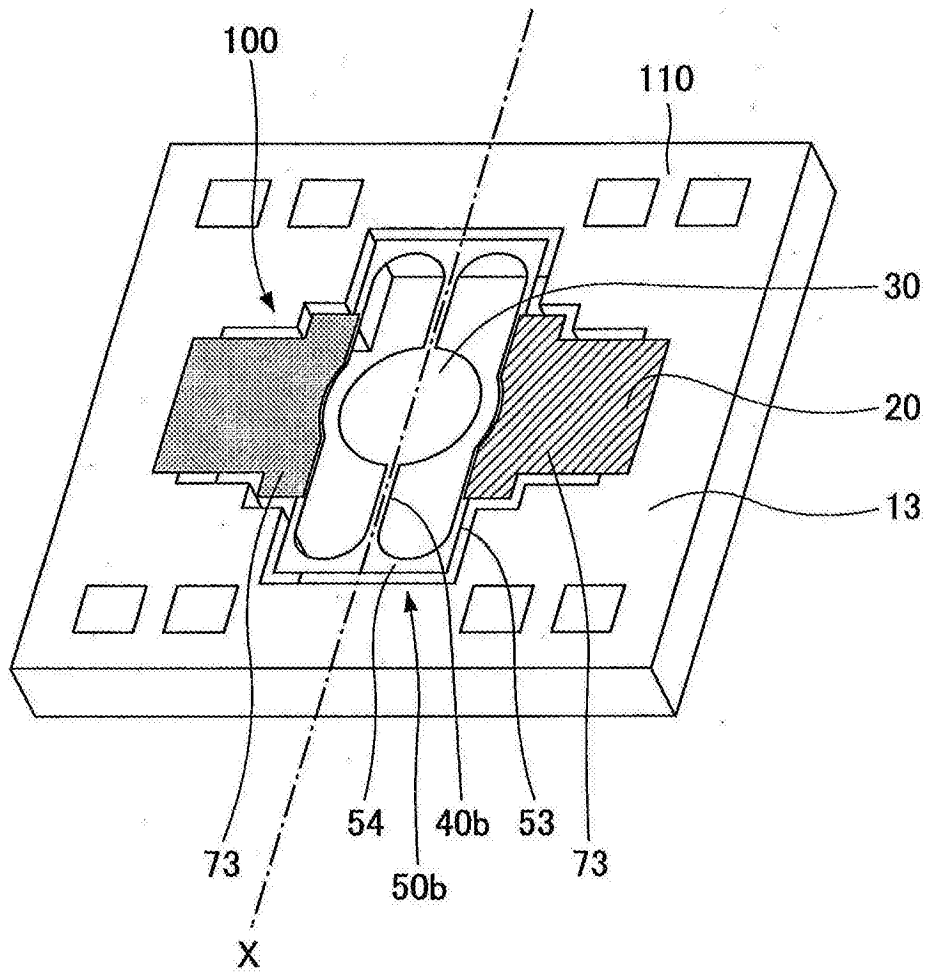


图24A

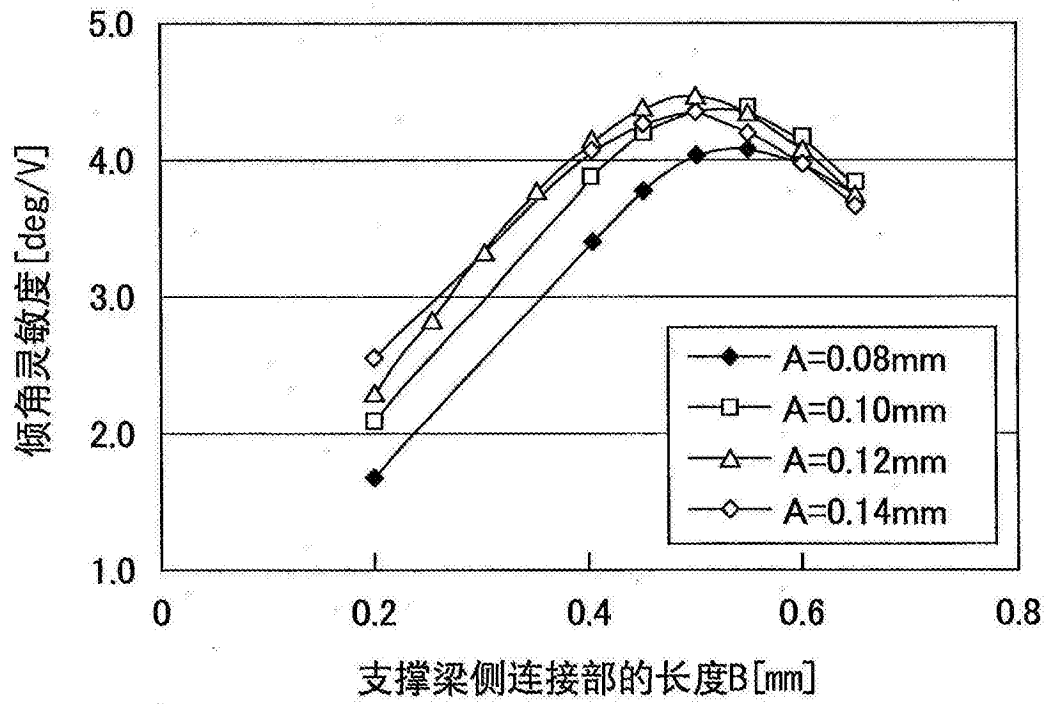


图25B

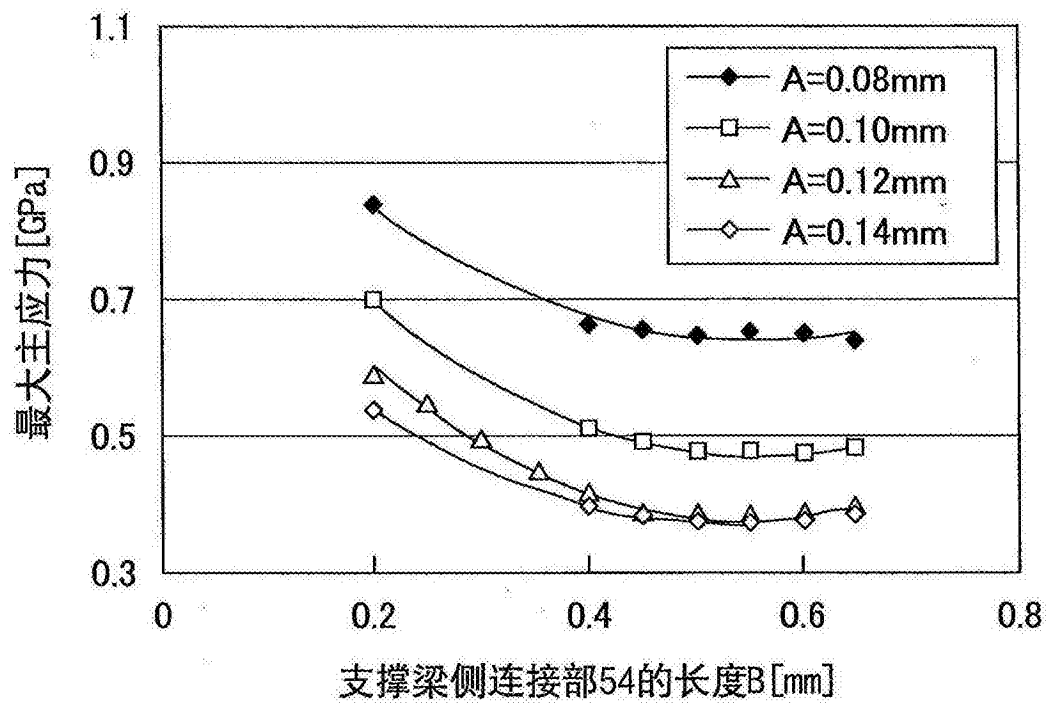


图25C

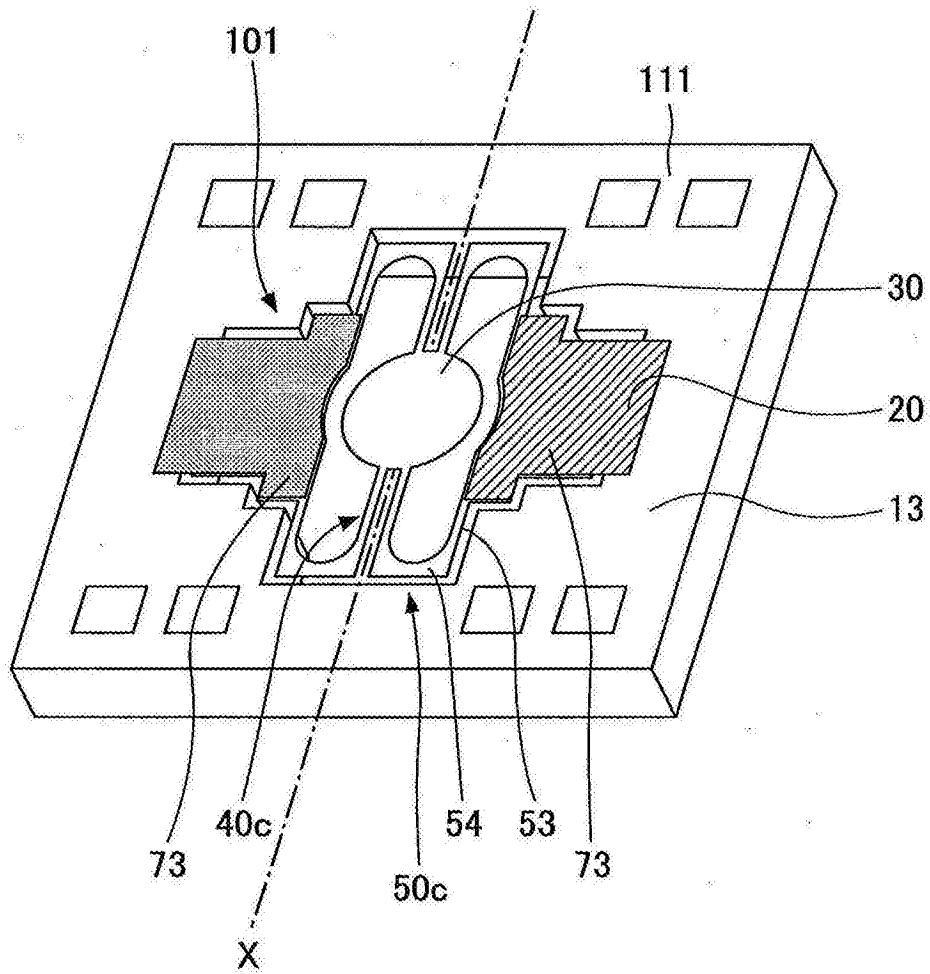


图26A

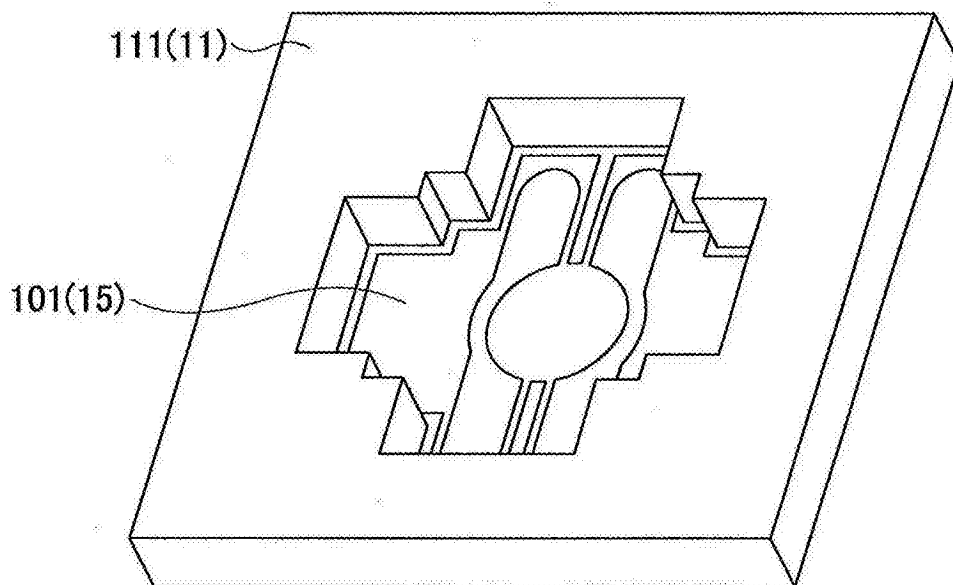


图26B

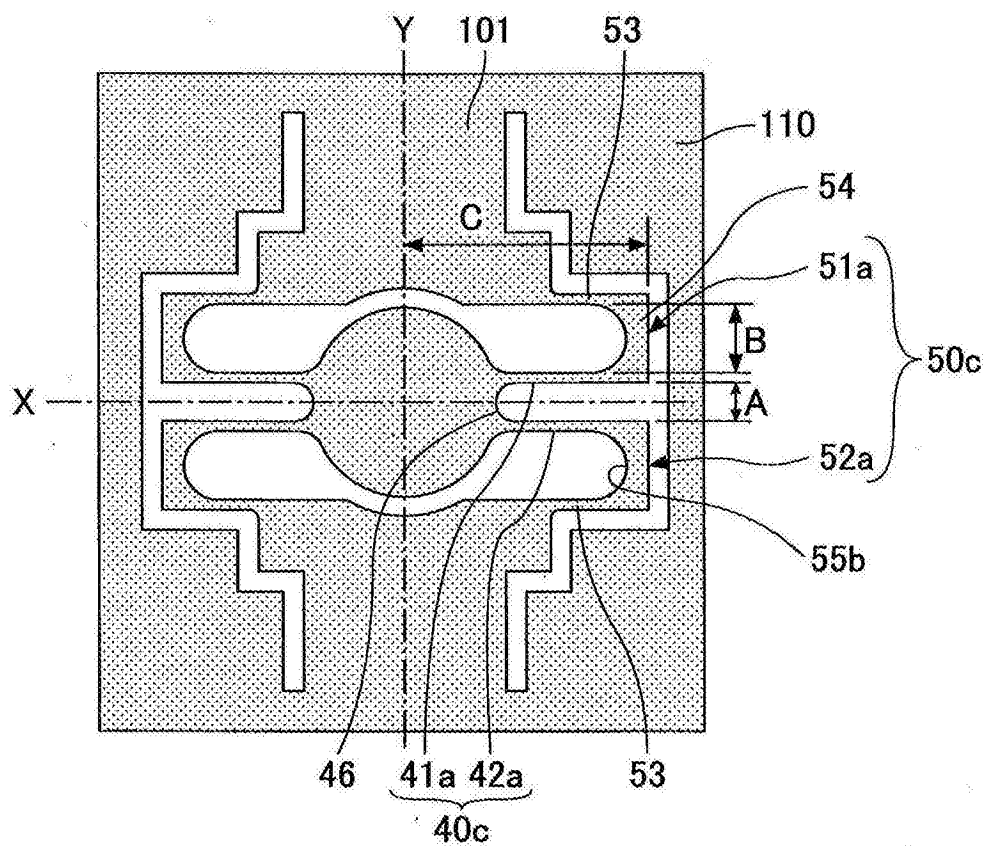


图27A

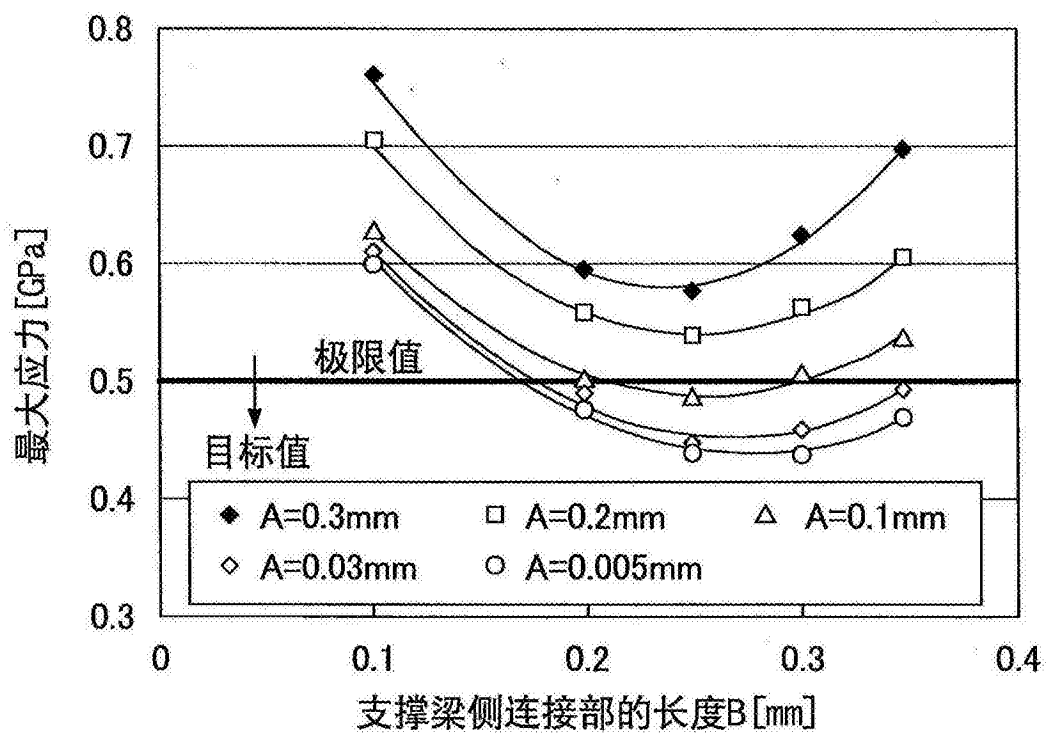


图27B

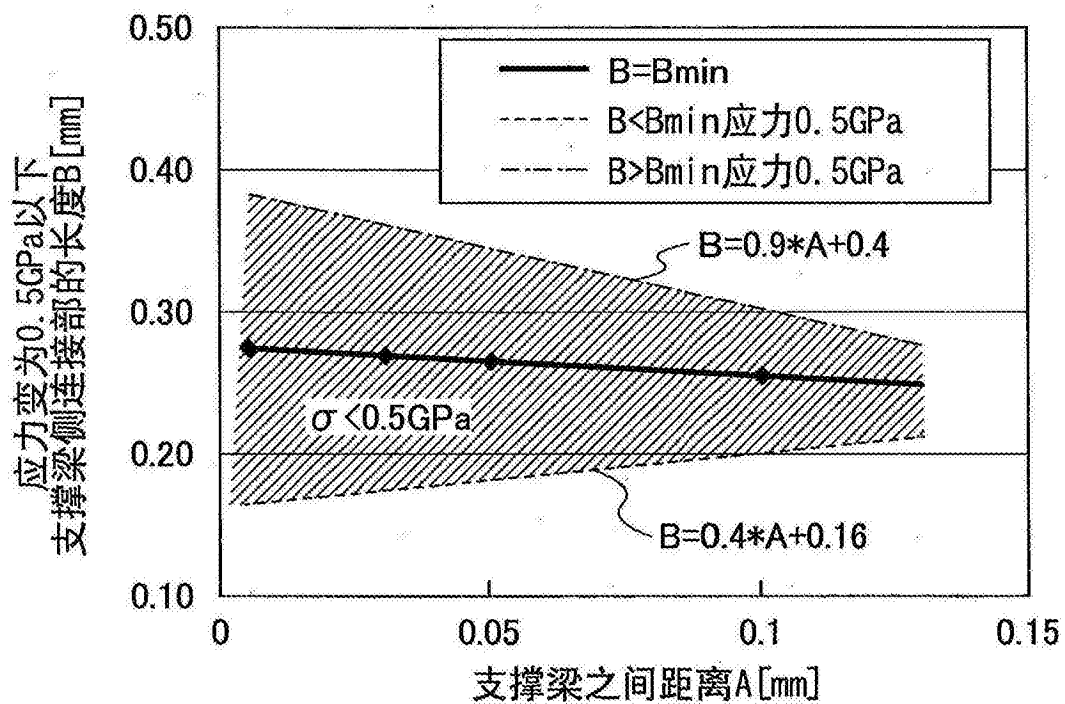


图27C

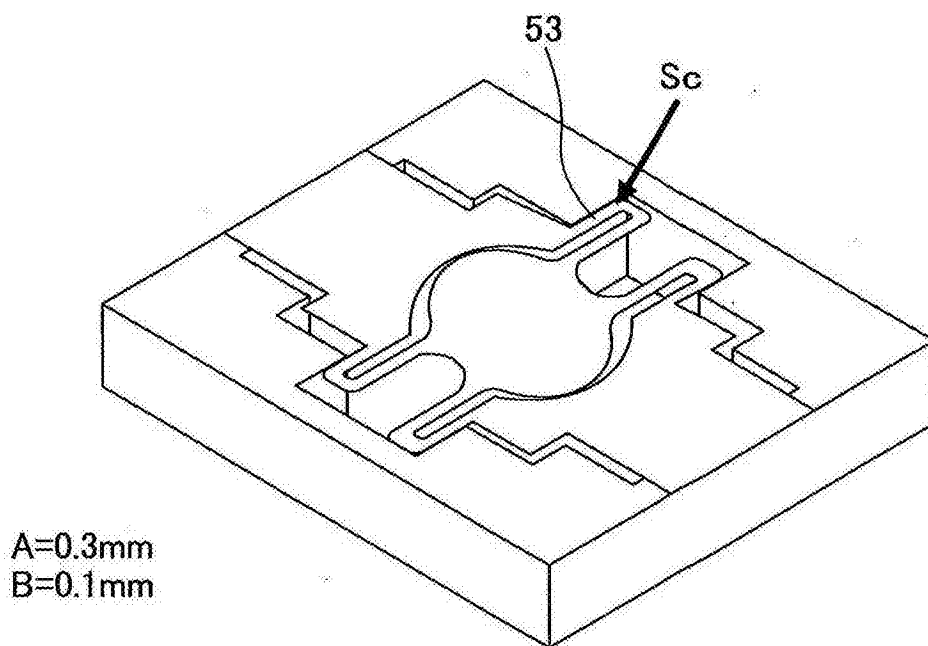


图28A

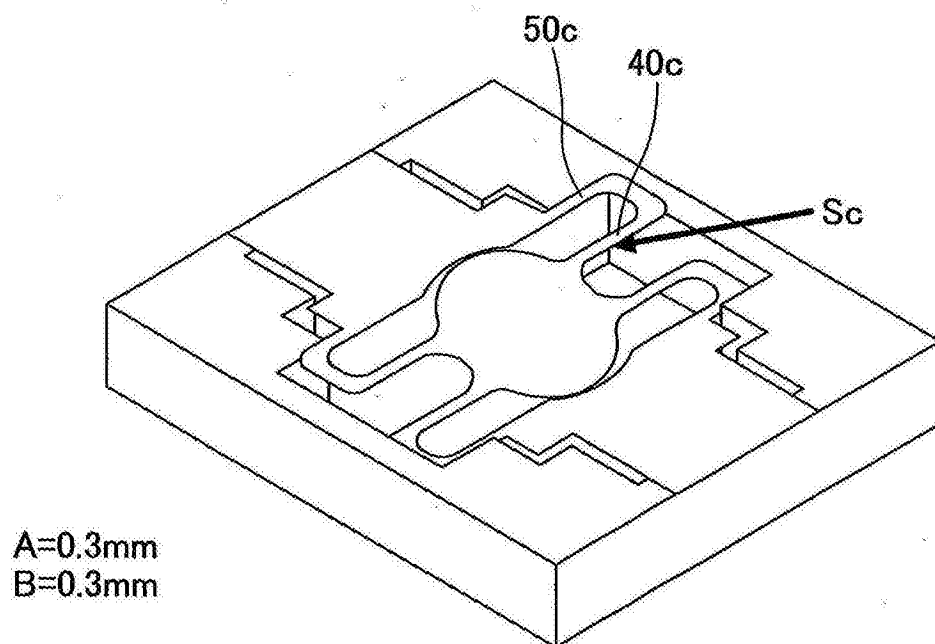


图28B

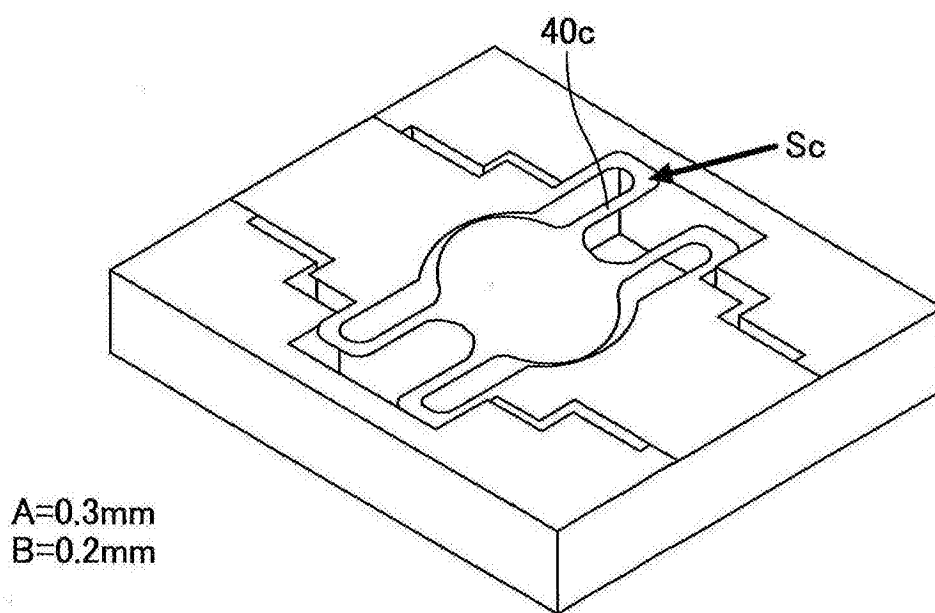


图28C

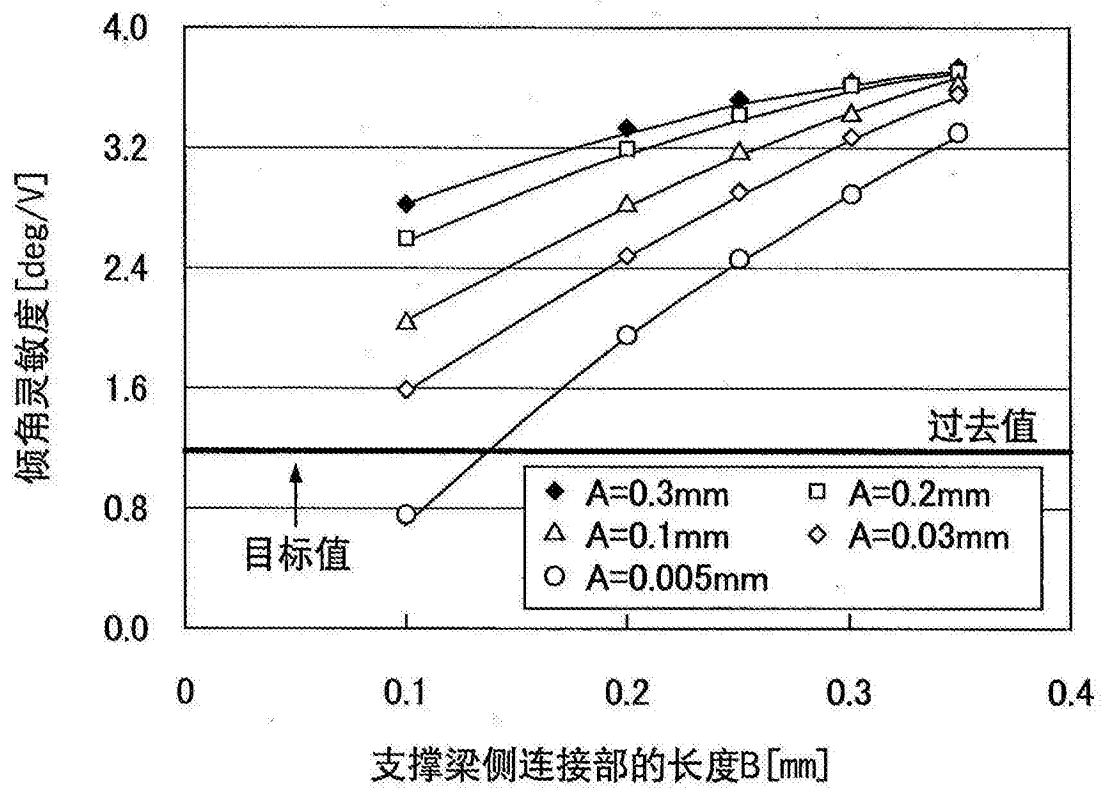


图29

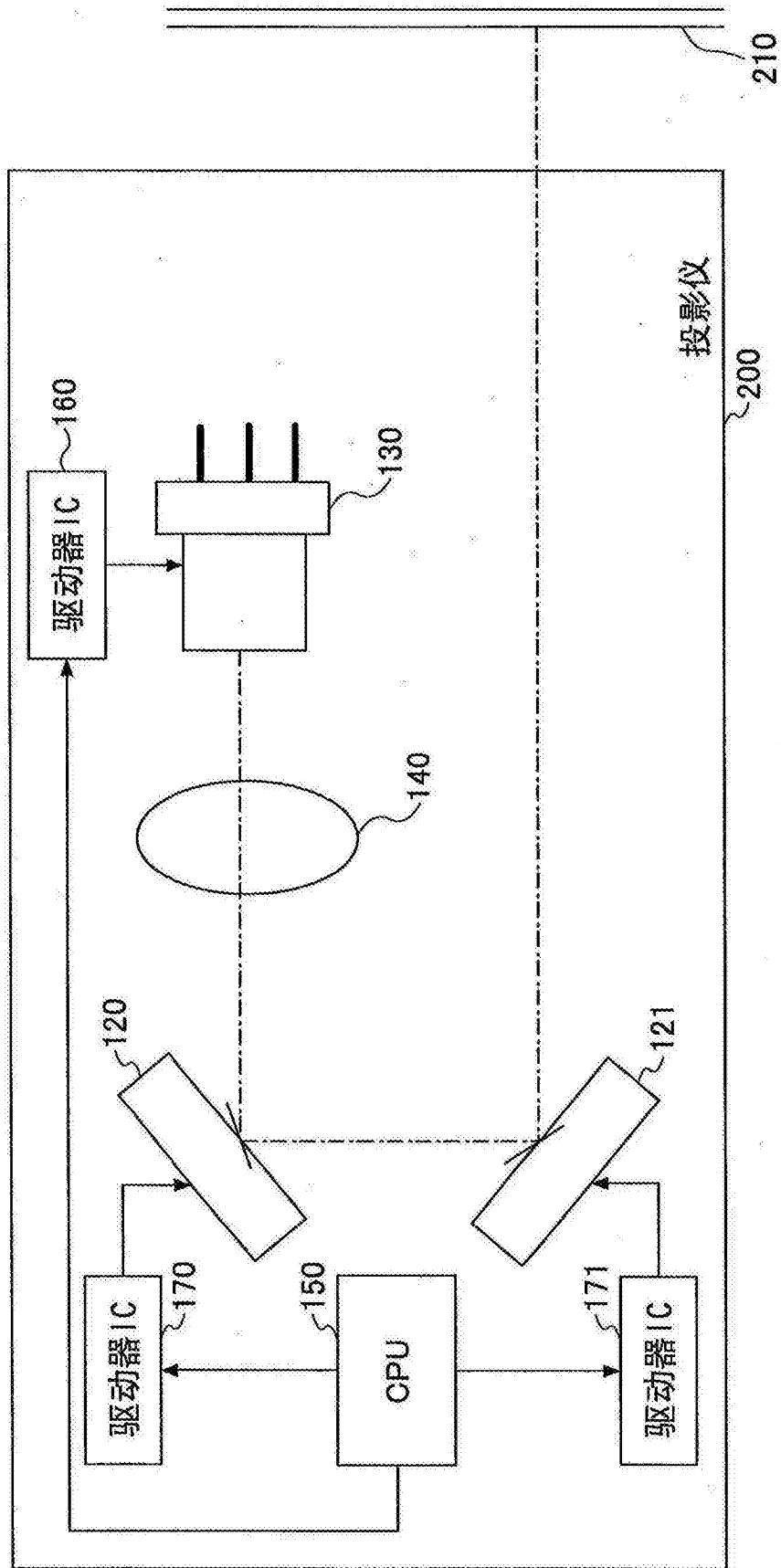


图30