



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102576149 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201080040736. 1

G02B 5/28(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 09. 16

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

US 6379510 B1, 2002. 04. 30,

20093022 2009. 09. 18 NO

US 7359124 B1, 2008. 04. 15,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

审查员 卜冬泉

2012. 03. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/063628 2010. 09. 16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/033028 EN 2011. 03. 24

(73) 专利权人 挪威科技工业研究院

地址 挪威特隆赫姆

(72) 发明人 托尔·巴克 伊布鲁·约翰森

安德里斯·沃格 弗罗德·泰霍尔特

戴格·托斯坦因·王

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所

44237

代理人 张全文

(51) Int. Cl.

G02B 26/00(2006. 01)

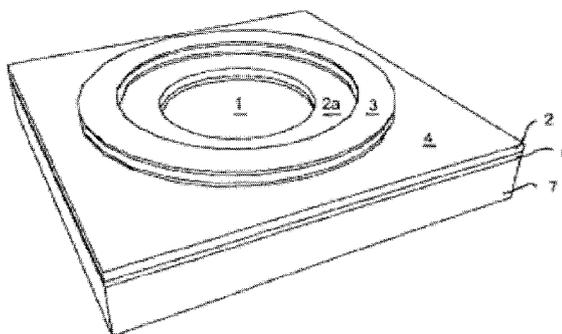
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

用于移动微型机械元件的致动器

(57) 摘要

本发明涉及一种用于移动刚性元件, 例如光学元件, 例如镜子 (1) 的致动器, 所述元件被机械地连接至具有可弯曲的结合件 (2A) 的框 (4), 其中致动器元件 (3A, 3B) 被安装在该框和刚性元件之间的所述结合件上, 所述结合件和致动器元件适用于在收到来自信号发生器的信号时移动所述元件。



1. 一种用于移动刚性元件的致动器单元,所述刚性元件被机械地连接至具有可弯曲的膜的框,所述膜围绕所述刚性元件,其中,至少一个致动器元件安装在所述框和刚性元件之间的所述膜上,所述膜和致动器元件适用于在接受来自信号发生器的信号时通过弯曲所述膜移动所述刚性元件,其特征在于,所述至少一个致动器元件通过安装于所述膜上的两个压电元件构成,所述致动器元件适用于在应用信号时弯曲所述膜,且其中所述压电元件的第一个压电元件被安装在邻近所述框的结合件上,第二个压电元件被安装在邻近所述刚性元件的膜上,因此能够向上和向下都牵拉所述刚性元件。

2. 根据权利要求 1 所述的致动器单元,其特征在于,所述膜由所述框的环状的部分构成,所述压电元件为沿着所述刚性元件周围的膜延伸的环状元件。

3. 根据权利要求 2 所述的致动器单元,其特征在于,所述环状的压电元件被分成多个单独控制的部分。

4. 根据权利要求 1 所述的致动器单元,其特征在于,所述膜设有多个沿着围绕所述刚性元件的膜分布的致动器元件。

5. 根据权利要求 1 所述的致动器单元,所述致动器单元包含监测所述刚性元件相对于所述框的位置的位置测量装置。

6. 根据权利要求 5 所述的致动器单元,其特征在于,所述位置测量装置包含压敏电阻器,所述压敏电阻器在某一位置应用于所述结合件上以指示所述结合件的弯曲并因此指示所述刚性元件相对于所述框的位置。

7. 根据权利要求 5 所述的致动器单元,其特征在于,所述位置测量装置包含适用于测量所述刚性元件相对于所述框的位置的电容传感器或光学传感器。

8. 根据权利要求 1 所述的致动器单元,其特征在于,所述至少一个致动器元件为锆钛酸铅致动器。

9. 一种包含根据权利要求 1 所述的致动器单元的反射器件,其特征在于,所述刚性元件包含镜子。

10. 一种包含光学元件的干涉仪,所述光学元件被机械地连接至具有可弯曲的膜的框,所述膜围绕所述光学元件,其中至少一个致动器元件安装在所述框和光学元件之间的所述膜上,所述膜和致动器元件适用于在接受来自信号发生器的信号时通过弯曲所述膜移动所述光学元件,其特征在于,所述光学元件有至少部分反射的表面,所述框被安装在包含第二反射表面的外罩中,至少一个所述反射表面被提供于一个至少部分透明的物体上并且所述两个反射表面彼此被设置于一定距离从而构成 Fabry-Perot 元件,通过由所述致动器元件引起的移动调节所述距离。

11. 根据权利要求 10 所述的干涉仪,其特征在于,所述致动器元件通过安装于所述膜上的至少一个压电元件构成,所述致动器适用于在应用信号时弯曲所述膜。

12. 根据权利要求 11 所述的干涉仪,其特征在于,每个致动器元件通过两个压电元件构成,所述第一个压电元件被安装在邻近所述框的结合件上,所述第二个压电元件被安装在邻近所述光学元件的膜上,因此能够向上和向下都牵拉所述刚性元件。

13. 根据权利要求 10 所述的干涉仪,其特征在于,所述膜由所述框的环状的部分构成,所述至少一个环状的压电元件沿着所述刚性元件周围的膜延伸。

14. 根据权利要求 13 所述的干涉仪,其特征在于,所述环状的压电元件被分成多个单

独控制的部分。

15. 根据权利要求 10 所述的干涉仪,其特征在于,所述膜设有多个沿着围绕所述光学元件的膜分布的致动器元件。

16. 根据权利要求 10 所述的干涉仪,所述干涉仪包含监测所述光学元件相对于所述框的位置的位置测量装置。

17. 根据权利要求 12 所述的干涉仪,其特征在于,所述位置测量装置包含压敏电阻器,所述压敏电阻器在某一位置应用于所述结合件上以指示所述结合件的弯曲并因此指示所述光学元件相对于所述框的位置。

18. 根据权利要求 16 所述的干涉仪,其特征在于,所述位置测量装置包含适用于测量所述光学元件相对于所述框的位置的电容传感器或光学传感器。

19. 根据权利要求 10 所述的干涉仪,其特征在于,所述至少一个致动器元件为锆钛酸铅致动器。

用于移动微型机械元件的致动器

[0001] 本发明涉及用于移动刚性元件,优选光学元件,例如镜子的致动器单元。它尤其涉及以 20V 时行程大于 $9\ \mu\text{m}$ 移动微型镜子的致动器,该致动器由具有集成压电致动器的绝缘体上硅晶片 (wafer) 制成。其主要应用是用于红外气体光谱学的 Fabry-Perot 干涉仪。

[0002] 在可调节的 Fabry-Perot 干涉仪和其他器件中,充分提供刚性光学元件例如镜子在微机械器件中的大的且可靠的位移具有挑战性。压电致动器已经被尝试过,但由于它们被局限于在一个方向移动因此有效的移动不是足够的。

[0003] 集成有 MEMS 的压电薄膜使得能在低电压下获得长行程致动 (actuation) [1]。一另外的优点是压电膜产生大的力,因此该致动器可被制得比通常使用的静电致动器可能的情况更硬并更稳定。此种元件的用途在 W02006/110908 和 JP2007-206480 中已经公开,它们都显示压电致动器移动刚性元件的用途。然而,它们都依赖于使用可弯曲的梁 (beam) 来控制元件的位置和方位,其代价是该单元的生产复杂性和长时间的可靠性。因此本发明的目的是在生产中使用 MEMS 工艺提供一种便宜的紧凑的致动器单元,并提供一种稳定和可靠的单元,该单元在对于例如干涉仪的光学用途必要的精确度内可控。

[0004] 本发明的目的是通过提供上述的致动器单元获得。

[0005] 在此,依照本发明的优选的实施方式,提供了新的微型镜子,其通过使用双环推-拉致动器被垂直地偏移 (deflected)。该微型镜子在光学和微光学中有广泛的应用,但其首要目的是用于红外气体光谱学的 Fabry-Perot 干涉仪 [2, 3]。

[0006] 该致动器单元与标准的 MEMS 生产是兼容的并提供用于足够精确地移动微型镜子或类似的刚性器件的稳定的装置。

[0007] 以下参考通过实施例来阐明本发明的附图描述本发明,其中

[0008] 图 1a, b 描述了依照本发明的可移动的微型镜子。

[0009] 图 2a, b 描述了在图 1a, b 中描述的実施方式的优选实施方式。

[0010] 图 3 描述了用于 Fabry-Perot 干涉仪的本发明的优选实施方式。

[0011] 图 4 显示了图 2a, b 中描述的實施方式的得到的偏移 (deflection)。

[0012] 图 5a-c 描述了基于基本呈环形的膜和压电致动器的本发明的另一实施方式。

[0013] 图 6a-b 描述了本发明的另一实施方式。

[0014] 图 7a-g 描述了图 6a, b 中描述的實施方式的生产工艺。

[0015] 图 1a 和 b 描述了例如微型镜子的刚性元件 1 的 3D 模型,该刚性元件由包含薄硅器件层 2,埋植氧化层 6 和厚硅处理层 7 的绝缘体上硅晶片 (SOI wafer) 制成。该器件设有环状的压电致动器 3,其定位于定义框 4 和刚性元件 1 之间的结合区域 2a 的膜上。该致动器 3 用中心的开口孔 (open aperture) 使盘偏移 (图 1a)。刚性元件盘 1 具有硅处理晶片 7 的全部厚度并由构成在盘 1 边缘周围的膜 2a 的薄硅器件层 2 固定住。膜 2a 显示为围绕刚性元件的连续的膜,但可在合适的位置具有开口,例如用于该元件之下的腔和周围之间的压力均衡。光学元件 1 是刚性的,以使其在被致动器元件 3 移动时基本保持相同的形状,且致动器元件 3 优选位于邻近框 4 或刚性元件 1 的位置,以使当压电材料收缩时致动器位于膜上的部分向上弯曲并因此沿该方向拉动该膜。

[0016] 如图 1a, b 所示的器件由绝缘体上硅 (SOI) 晶片制成, 如以上所述, 通过蚀刻除去该器件的中心部分的硅器件 2 以及埋植氧化物层 6, 如图 1a 的俯视图所示。形成的底侧如图 1b 的仰视图所示, 其中 SOI 的硅处理层 7 已被蚀刻穿透至埋植氧化物层 6, 留下刚性元件, 如组成硬的盘状镜板 1 的刚性元件, 其被通过硅器件层 2a 固定住, 该硅器件层 2a 在刚性元件 1 顶侧构成刚性元件 1 周围的膜。环状的 (即环体) 压电膜 3 位于固定中心盘的薄器件硅的顶部, 该压电膜优选由锆钛酸铅 (PZT) 制成。致动时, 该压电膜沿半径方向收缩, 通过双压电晶片效应引起硅器件膜 2a 弯曲。由于该结构的圆对称, 这种弯曲引起光盘 1 的平面外 (out-of-plane) 偏移。可依照本发明的优选实施方式生产致动器单元的方法, 该致动器单元由一个单一的有 PZT 致动器元件应用于其表面上的 SOI 元件构建, 因此其适用于简单和节约成本的生产。

[0017] 优选的设计包含两个环状的致动器 3a, 3b, 如图 2a 和 2b 所示。这使得能进行中心盘的推拉致动, 如图 2b 所示, 当外部的致动器 3b 收缩时膜 2a 向上弯曲, 而当内部的驱动器 3a 收缩时该膜向下弯曲。由于框和刚性元件都是刚性的, 因此外部致动器 (最大直径) 将牵拉该膜, 因此是光学向上的, 而内部盘的致动 (最小直径) 将牵拉该膜因此刚性元件向下。这一方案扩展了刚性元件 1 的可能移动范围。

[0018] 该刚性元件作为盘状的微镜的主要应用是作为如图 3 所示的 Fabry-Perot 干涉仪的一部分。在该应用中, 盘 1 的顶表面涂有防反射 (AR) 层 11, 而底表面作为镜子用于光 13 穿过该单元, 但也可进行其他的选择, 这取决于例如镜子 16, 17 之间需要的距离 15, 镜子 16, 17 通过腔以上和以下的表面形成。镜子 16, 17 可设有反射涂层, 或例如硅的材料本身的反射指数可提供必要的反射率。通过将镜子粘合 (在晶片尺寸上) 至第二非结构化的硅晶片 10 上, 该第二非结构化的硅晶片 10 也在另一侧 12 上被 AR- 涂覆, 形成腔 15, 该腔 15 中光可经历多次反射。可以任何合适的方式在谐振器腔中提供 AR 涂层 11, 12 和可能的反射涂层, 例如使用合适的厚度的电介质层或光子晶体。

[0019] 缝隙 15 的高度决定哪种波长会积极地干涉并因而通过干涉仪被完全传输。对于将应用于波长范围 3-10 μm 的红外光谱的 FP 干涉仪, 几微米的行程对于足够的可调谐性是需要的。Fabry-Perot 干涉仪是通过盘状的微镜形成的, 使用具有例如 BCB9 的聚合物的粘结剂将该微镜粘合至第二硅晶片。

[0020] 如图 3 所示, Fabry-Perot 可在 BCB 层 9 中包含用于压力平衡的渗漏通道, 以及端止件 (end stops) 14。端止件 14 可用于校准, 因为刚性元件可被置于该端止件且其位置可与此相对进行控制。如以下将论述的, 可使用不同类型的位置测量装置, 如使用光学的, 电容的或压敏电阻的测量装置。在例如封装干扰仪的外罩中也可设有用于向上运动的端止件。

[0021] 将微镜装配为如 [1] 中描述的用于工业用途开发和标准化的多项目晶片 (MPW) 工艺的一部分, 其在此通过引用结合至此, 并不会在这里详细描述。该工艺中压电元件被安装在膜上, 并且用于形成致动器的压电膜为锆钛酸铅 (PZT), 其被夹在底部铂电极和顶部黄金制成的电极之间。对于微镜的制造, 背面腔的湿蚀刻被深反应离子蚀刻 (DRIE) 取代, 以便进行更好的尺寸控制。

[0022] 其他用于在膜区域 2a 上安装压电元件 3 的方法也可考虑, 这取决于可用的技术和该元件的预期用途。

[0023] 依照本发明的优选实施方式使用的初始 SOI 晶片具有 380 μm 硅处理层 7, 300nm 埋植氧化层 6, 和 8 μm 的硅器件层 2。对于微镜的制造, 使用深反应离子蚀刻 (DRIE) 进行背面蚀刻。

[0024] 注意到微镜被设计为使得固定中间镜子盘的硅器件层部分不被构建于桥连蚀刻至处理硅中的背面间隙, 而构建于形成连续膜的区域。这显著增加了该结构的稳定性, 并保持单晶硅无任何缺陷, 如果制造工艺中被拉紧 (strained) 则这些缺陷可容易地形成裂缝。

[0025] 在切割 (dicing) 后, 在 150°C 的温度下采用 20V 电压极化该成品器件的压电致动器 10 分钟。

[0026] 已经使用图 2 所示类型的成品微镜进行测量, 其中中间的区域是明显的孔, 其对于显示的器件具有 3mm 的直径, 对于双环致动器 3a, 3b 具有顶部黄金电极 3c, 3d。

[0027] 用 ZYGO 白光干涉仪测量镜子的致动特征。通过对内部致动器应用 20V 电压将镜子向下推, 并且对外部环应用 20V 电压将其向上推。注意到在这两种情况下镜盘仍然保持为完全平的。这是由于具有处理硅晶片的全部厚度的硅盘的高硬度。

[0028] 镜盘的高硬度也使得能制造比此处的 3mm 直径大得多的镜子。据发现形成的结构为令人难以置信的稳定, 所以 5-10mm 的孔应当是可行的。

[0029] 具有两个致动器的微镜的完全特征显示于图 4 中。当顺序对这两个致动器的每一个应用 20V 的致动电压时镜板的总行程达到为 9.3 μm 。迟滞性是基于 PZT 的致动器的典型特征。对于精确定位反馈是需要的。这可以通过使用参考激光在光学上实现。然而, 在未来的设计中, 压敏电阻器将被添加到作为致动器的一部分的硅器件以使得能闭环操作和对镜子高度精确定位。微镜的致动特征因此提供了以下致动器: 其中对外部致动器环应用 0 到 20V 的电压扫描产生较高的曲线, 而对内部环应用相同的扫描产生较低的曲线。总行程是 9 μm 。

[0030] 因此提供了以下微镜: 其通过使用双环、推拉致动器实现了在 20V 的 9 μm 的行程。该镜子由 SOI 晶片的处理硅制成。高硬度确保了经过致动的高可平面性。成功地制备具有超过 3mm 的孔的大镜子。该镜子非常适用于其主要应用, 其为用于气体光谱的 Fabry-Perot 干涉仪。

[0031] 图 5a-5c 描述了基于环状膜 2a 的本发明的实施方式, 所述膜 2a 设有刚性元件 1 和框 4 之间的连接装置。在图 5a 中压敏电阻器 5 被置于压电致动器 3 之下, 从而测量在提供弯曲的位置的膜中的弯曲。

[0032] 图 5b 描述了在刚性元件边缘为刚性时, 该刚性元件可具有刚性框, 该刚性框围绕具有薄的中心膜的孔或穴区域。

[0033] 图 5c 描述了另一环状膜 2a, 但其中致动器沿圆周被分裂为四个部分 3a₁, 3a₂, 3a₃, 3a₄。依照本发明优选的实施方式相应的内部致动器部分将被提供。图 5c 中被提供为压敏电阻器 5 的位置测量装置被置于这些致动器部分之间的间隙 (gap) 中。分裂的致动器部分的一个优点是, 它们除了提供平移移动还可提供倾斜移动, 因此提供了刚性元件的位置和定向的调整或校准。

[0034] 图 6a 和 6b 描述了本发明的另一种实施方式, 其中刚性元件 1 有中央开口和固定在中央开口上的由玻璃或石英制成的光学元件 17a, 如图 6b 中显示的单元的截面所示。因此, 如果用于光学测量例如 Fabry-Perot 滤波器, 则刚性元件 1 可包含有合适的传输光谱

的元件 17a, 所述传输光谱适合用于有关的波长。可于可见的, 近红外的或紫外范围内使用该单元的方式, 取决于所选择的材料, 由硅制成的刚性元件 1 将适合于约 1100nm 以上的波长。

[0035] 图 7a-7g 描述用于制造图 6b 中显示的单元的生产工艺, 其中这些附图显示了不同的生产阶段中该单元的截面。

[0036] 如图 7a 和 7b 所示, 该单元与以上论述的其他实施方式共用相同的起点, 其起始自有压电致动器环的 SOI 结构, 如参考图 1a, 3 和 5a 论述的, 且其中器件层自将用作刚性元件 1 的区域被蚀刻。

[0037] 然后运载压电致动器的单元的顶部被暂时地结合至运载晶片 20, 如图 7c 所示。这可以使用例如来自 Brewer Science 的 WaferBOND 的聚合物 21 进行。然后蚀刻掉中心区域以及膜区域, 如图 7d 所示, 在器件层被去除的中心区域和器件层完整的膜中产生开口。

[0038] 然后玻璃或石英层从下面被粘合至该单元, 例如使用 BCB 粘结, 如图 7e 中所示。该粘合必须足够强以保持该晶片和玻璃永久连接, 且 BCB 粘结是合适的, 由于相对低的温度和高强度的组合。

[0039] 然后光学元件的有效部分 17a, 其构成刚性元件的一部分, 其通过例如粉末爆破 (blasting) 自玻璃或石英层的其余部分被分离, 产生图 7f 中所示的结构。

[0040] 在除去临时的运载晶片后该单元被处理完 (finished), 并可被安装在类似于图 3 中描述的单元的光学单元中, 但其中非结构化的硅层 10 可为玻璃或石英层, 所述玻璃或石英层在与刚性元件 1 的透明部分 17a 相同的波长范围内为透明的。合适的防反射层和反射层可以任何已知的合适方式被应用至这些表面。

[0041] 为了概述, 本发明因此涉及用于移动刚性元件, 如光学元件, 如透镜, 镜子或至少部分透明的和部分反射的窗口的致动器, 其中所述元件被机械结合至具有结合件的可弯曲的膜的框。将致动器元件安装在该框和元件之间的结合膜上, 该膜和致动器元件适用于当接受来自信号发生器的信号时使元件移动。优选的, 致动器元件通过至少安装于所述结合膜上的压电元件组成, 所述结合膜适用于在应用电压时弯曲所述结合件, 因为压电元件适用于沿框和刚性元件之间的结合件的方向收缩。

[0042] 在特别优选的实施方式中, 每个致动器元件被通过两个 PZT 元件构成, 第一个被安装在邻近于框的结合件上, 第二个被安装在邻近于刚性元件的结合件上, 并以能彼此独立地被操作的方式被连接至信号发生器, 或优选以可选的方式连接至信号发生器以使它们之一沿第一方向移动刚性元件而另一个沿第一方向相反的方向移动刚性元件。

[0043] 在本发明的一个实施方式中, 该结合件被通过框的薄的、环状部分构成, 所述至少一个压电元件沿着该结合件延伸。在优选的情况下, 两个压电元件被如上所述用于增加移动的长度。

[0044] 在任一实施方式中, 致动器可设有位置测量装置以提供关于刚性元件相对于框的位置的反馈, 并且在使用压电元件 3 的实施方式中位置测量装置还优选为在结合件上提供的压敏电阻元件 5 以监测该结合件的弯曲。压敏电阻元件 5 可置于压电致动器 3 下方或结合件被弯曲的其他位置。

[0045] 压敏电阻器可通过离子注入和随后的退火在绝缘体上硅层中制成。用该掺杂工艺可产生 pn 结, 其定义该电阻器的几何形状。电阻器可与其他的, 较高的掺杂区域接触, 所述

区域在以后的处理步骤中与金属化层在表面连接。制造压敏电阻器的处理步骤可在沉积 (depositing) 用于压电层的底部电极之前进行。这种掺杂的压敏电阻器被用作压力传感器,且通常在惠斯顿 (Wheatstone) 电桥构型中用四个可弯曲的电阻器装配。其他构型如半电桥也是可能的,取决于在机械结构和工艺公差中的可用空间。

[0046] 除了压敏电阻器,光学的或电容的方式可用于测量刚性元件的位置。

[0047] 如图 3 所示,本发明还涉及包括如以上所述的致动器的干涉仪,尤其是 Fabry-Perot 干涉仪。刚性元件具有至少部分反射表面,被安装在包含第二反射表面的外罩中的框,被提供于至少部分透明的物体 (body) 上的反射表面的至少一个和被置于彼此有一定距离的两个反射面,构成 Fabry-Perot 元件,通过所述致动器元件引起的移动调节该距离。

[0048] 本发明还涉及反射装置,所述反射装置包含致动器,其中刚性元件构成镜子,或在选择的波长范围内为至少部分透明的,且压电致动器被分成单独控制的圆部分,它们能够倾斜该刚性元件以对于偏差进行调节或将光引向选定的方向。

[0049] 参考文献

[0050] [1] "Taking piezoelectric microsystems from the laboratory to production", H. Ræder, F. Tyholdt, W. Booij, F. Calame, N. P. Østbø, R. Bredesen, K. Prume, G. Rijnders, and P. Mural, J Electroceram(2007) 19:357 - 362

[0051] [2] "Infrared detection of carbon monoxide with a micromechanically tunable silicon Fabry-Perot filter", Håkon Sagberg, Alain Ferber, Karl Henrik Haugholt, and Ib-Rune Johansen, IEEE Conf. on Optical MEMS(2005)

[0052] [3] "Tunable infrared detector with integrated micromachined Fabry-Perot filter", Norbert Neumann, Martin Ebermann, Steffen Kurth, and Karla Hiller, J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS 7, 021004(2008)

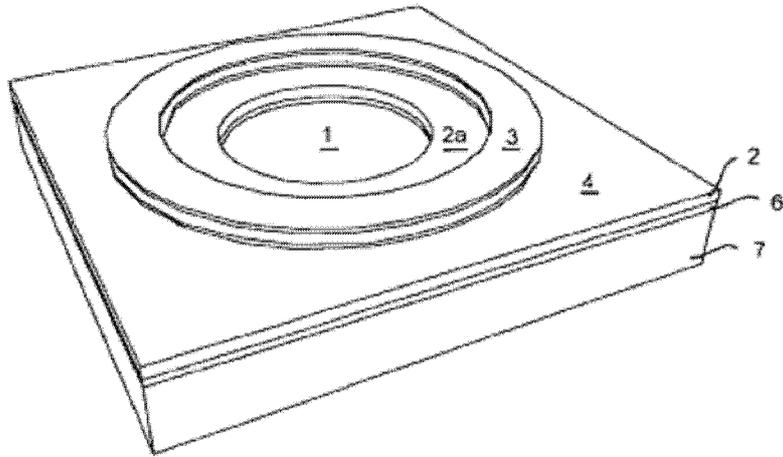


图 1a

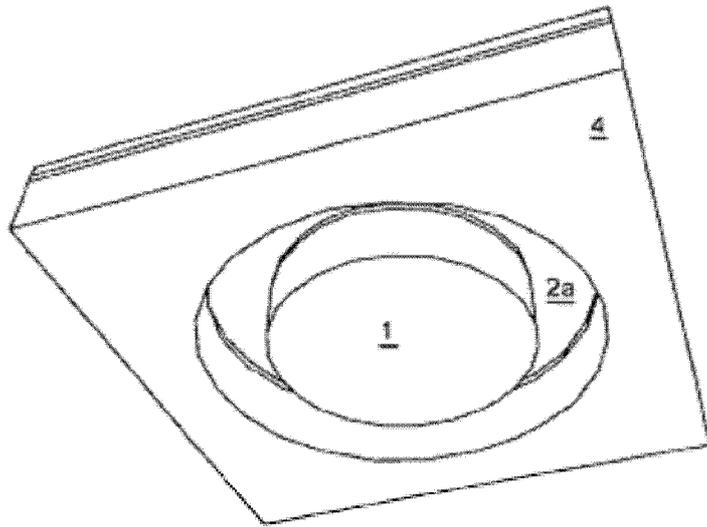


图 1b

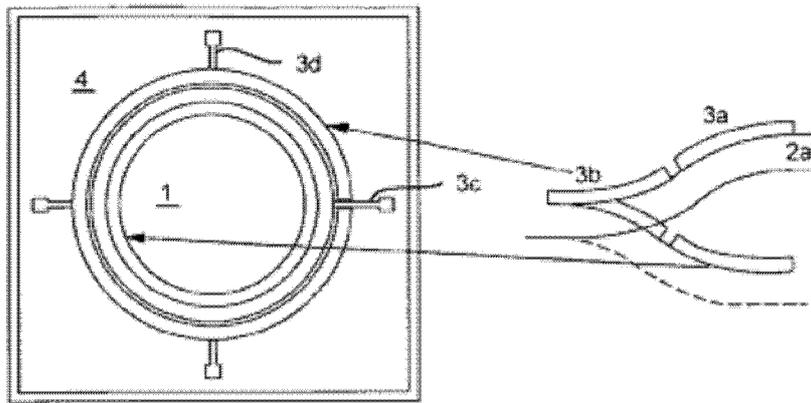


图 2a

图 2b

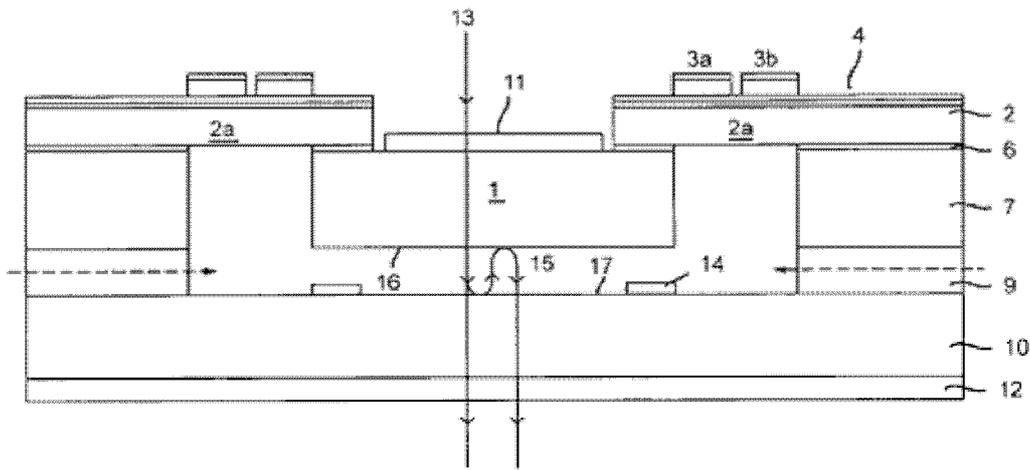


图 3

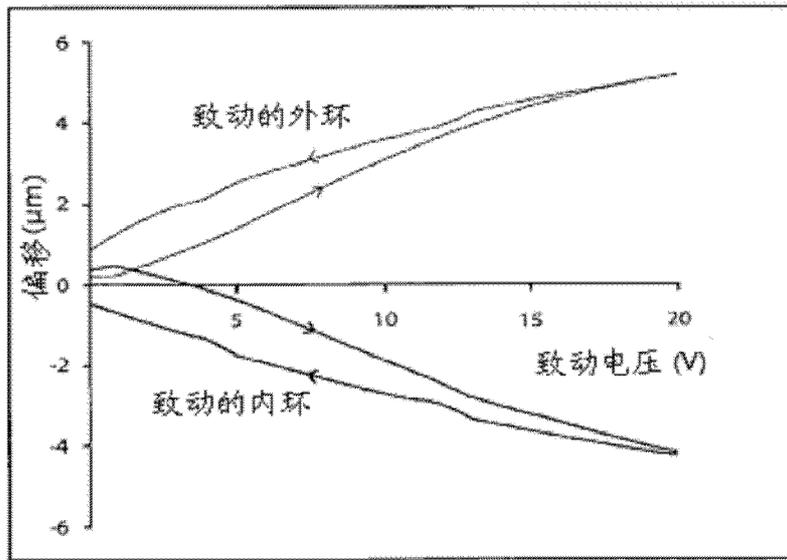


图 4

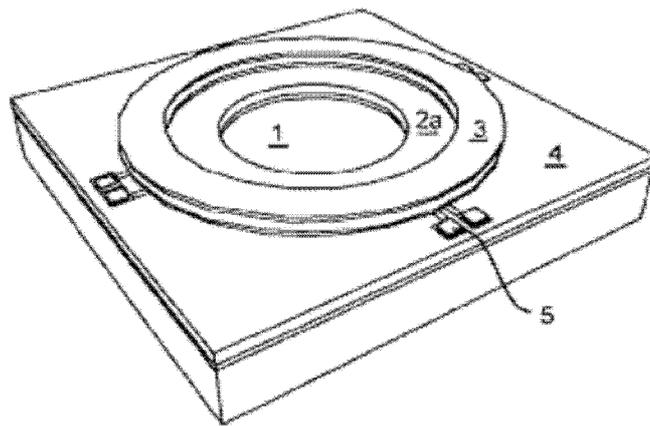


图 5a

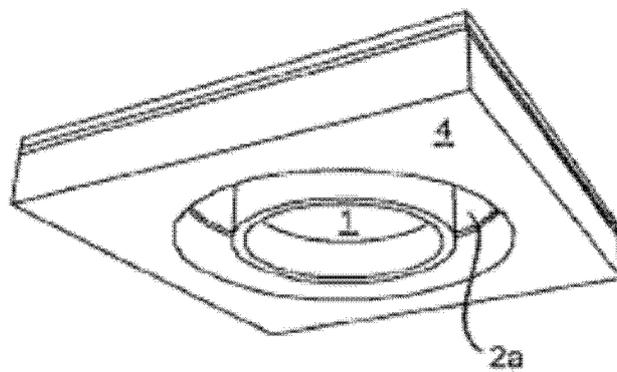


图 5b

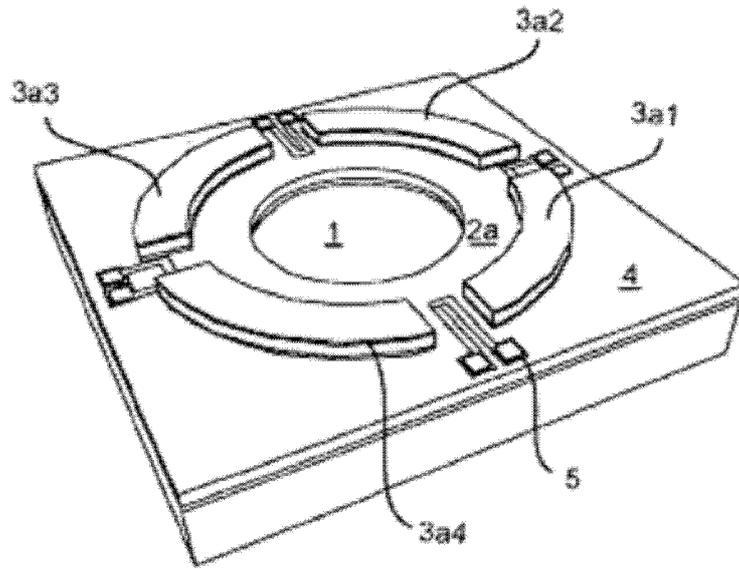


图 5c

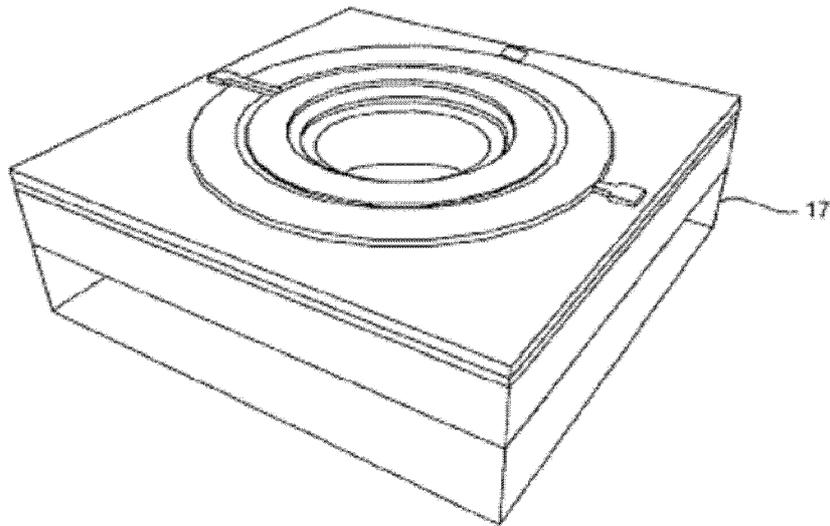


图 6a

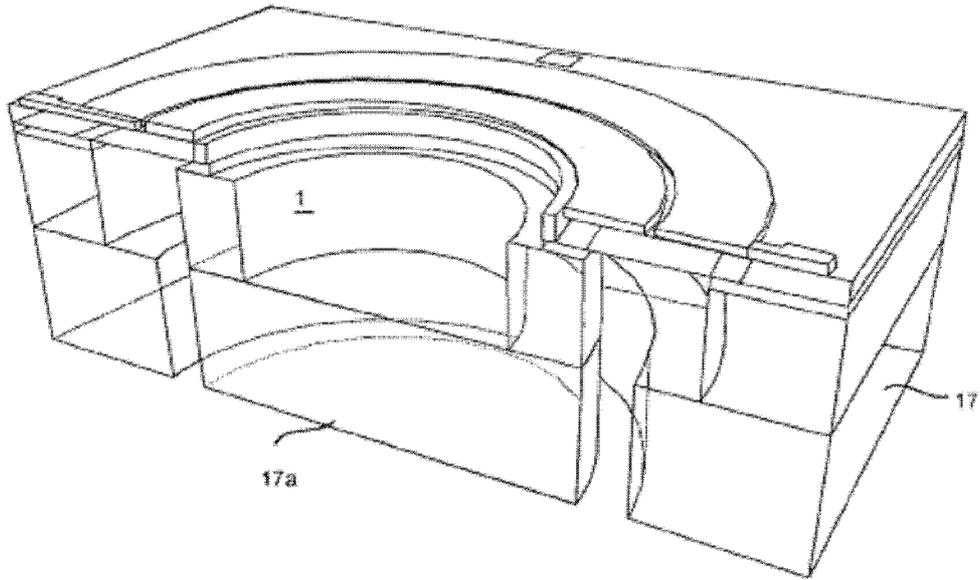


图 6b

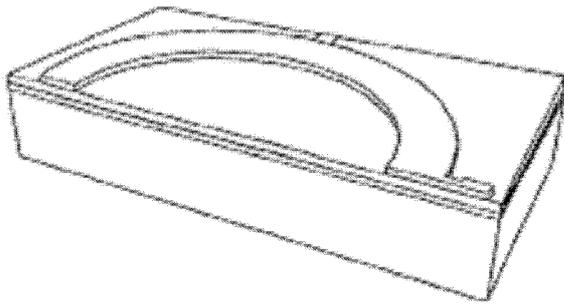


图 7a

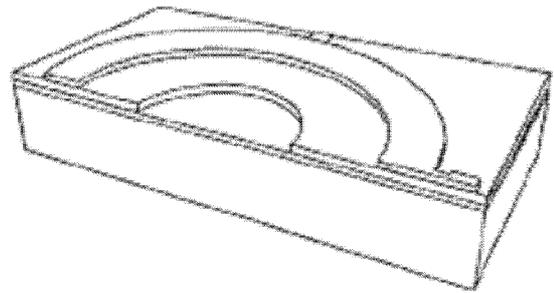


图 7b

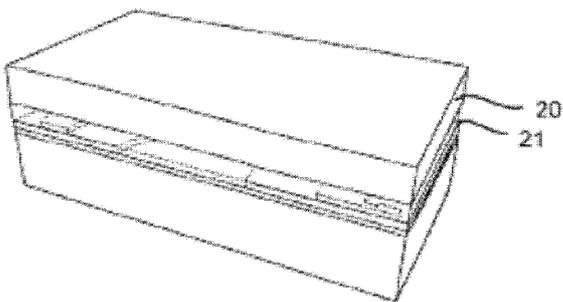


图 7c

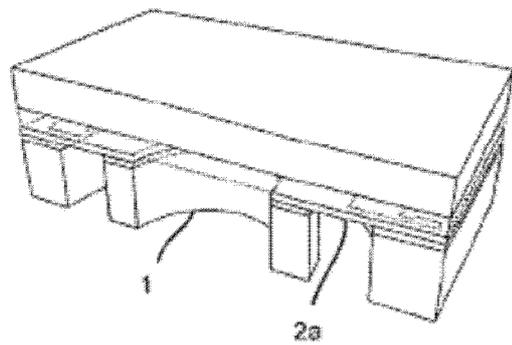


图 7d

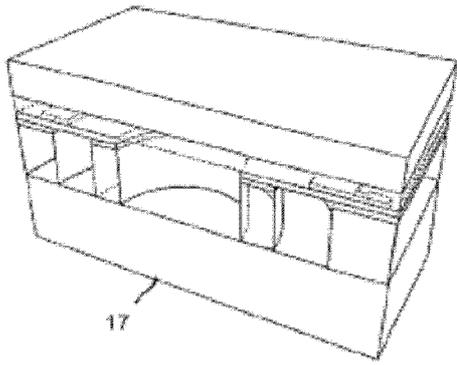


图 7e

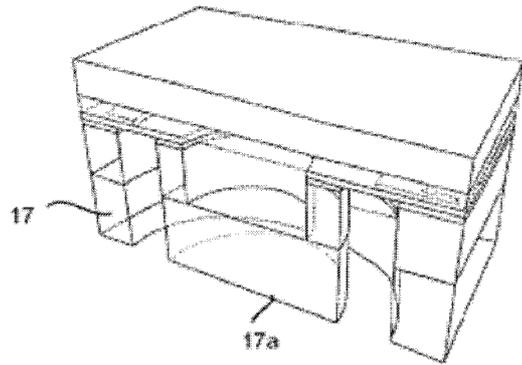


图 7f

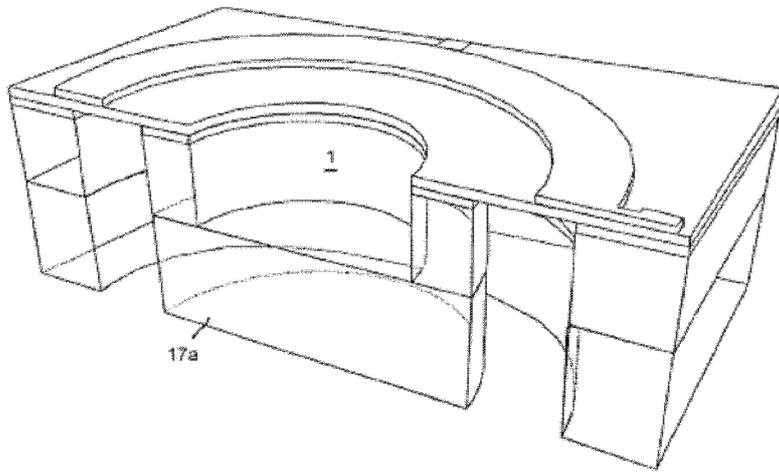


图 7g