

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 26/10 (2006.01)

G02B 26/08 (2006.01)

B81B 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02829427.0

[45] 授权公告日 2007 年 5 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1318878C

[22] 申请日 2002.8.14 [21] 申请号 02829427.0

[86] 国际申请 PCT/JP2002/008281 2002.8.14

[87] 国际公布 WO2004/017119 日 2004.2.26

[85] 进入国家阶段日期 2005.2.5

[73] 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川县川崎市

[72] 发明人 宓晓宇 壶井修 上田知史

佐胁一平

[56] 参考文献

GB2391724S 2004.2.11

US6592380B2 2003.7.15

JP2002-131685A 2002.5.9

JP2002-214560A 2002.7.31

JP60-107017A 1985.6.12

JP4-243029A 1992.8.31

A ROTATIONAL COMB - DRIVE MICROMIRROR WITH A LARGE DEFLECTION ANGLE AND LOW DRIVE VOLTAGE, TSUBOI O. et al, Technical Digest in IEEE Micro Electronics Mechanical Systems 2002 the 15th international Conference, 2002

LVDS 技术研究 马彦, 冯勇, 电子计算机, 第 154 期 2002

审查员 兰霞

[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司

代理人 高龙鑫 王玉双

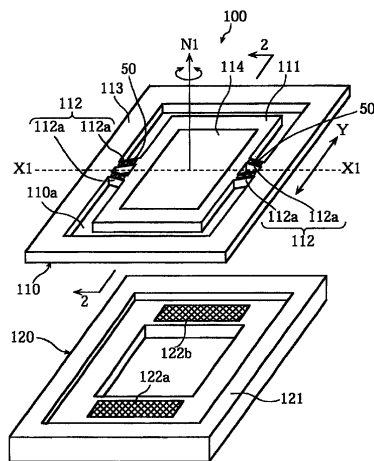
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 13 页

[54] 发明名称

具有扭杆的微型摇动元件

[57] 摘要

一种微型摇动元件，具有框架(113)和通过连结部(112)与该框架(113)连结的摇动部件(111)。各连结部(112)包含 2 个扭杆(112a)，各扭杆(112a)形成多个孔(112b)，由此，按照朝向框架(113)刚性相对高、且朝向摇动部件(111)刚性相对低的方式构成。



1. 一种微型摇动元件，具有：框架；通过连结部与该框架连结的摇动部件，上述各连结部，至少包含1个扭杆，该扭杆具有刚性调节机构，其特征在于，

上述刚性调节机构，按照上述各扭杆的刚性朝向上述框架而相对增高、且朝向上述摇动部件而相对降低的方式构成。

2. 如权利要求1所述的微型摇动元件，其特征在于，上述各连结部包含在宽度方向相隔的2个扭杆，该2个扭杆的间隔是：越接近于上述摇动部件越大，随着接近上述框架而减小。

3. 如权利要求1所述的微型摇动元件，其特征在于，上述刚性调节机构是形成在扭杆上的多个孔。

4. 如权利要求3所述的微型摇动元件，其特征在于，上述孔的尺寸按照越接近于上述框架越小、且越接近于上述摇动部件越大的方式变化。

5. 如权利要求3所述的微型摇动元件，其特征在于，上述孔的密度按照越接近于上述框架越小、且越接近于上述摇动部件越大的方式变化。

6. 如权利要求3所述的微型摇动元件，其特征在于，上述多个孔在厚度方向上贯通上述扭杆。

7. 如权利要求3所述的微型摇动元件，其特征在于，上述多个孔在宽度方向上贯通上述扭杆。

8. 如权利要求3所述的微型摇动元件，其特征在于，上述多个孔的一部分在厚度方向上贯通上述扭杆，上述多个孔的其余部分在宽度方向上贯通上述扭杆。

9. 如权利要求1所述的微型摇动元件，其特征在于，上述扭杆按照越接近于上述框架宽度越大、且越接近于上述摇动部件宽度越窄的方式变化。

10. 如权利要求1所述的微型摇动元件，其特征在于，上述刚性调节机构具有向上述扭杆的宽度方向突出的多个加强肋，该加强肋的间隔按照越接近于上述框架越小、且越接近于上述摇动部件越大的方式变化。

11. 如权利要求1所述的微型摇动元件，其特征在于，上述扭杆按照越接近上述框架厚度越大、且越接近于上述摇动部件厚度越窄的方式变化。

12. 如权利要求1所述的微型摇动元件，其特征在于，上述刚性调节机构

具有向上述扭杆的厚度方向突出的多个加强肋,该加强肋的间隔按照越接近于上述框架越小、且越接近于上述摇动部件越大的方式变化。

13. 如权利要求 12 所述的微型摇动元件,其特征在于,上述 2 个扭杆在厚度方向上位置相互错开。

14. 如权利要求 1 所述的微型摇动元件,其特征在于,上述框架构成内侧框架,上述连结部是将该内侧框架连结于上述摇动部件的内侧连结部,进而通过外侧连结部在上述内侧框架上连结有外侧框架,上述各外侧连结部至少包含 1 个外侧扭杆,该外侧扭杆具有刚性调节机构。

15. 如权利要求 14 所述的微型摇动元件,其特征在于,上述外侧扭杆的刚性调节机构按照该外侧扭杆的刚性朝向上述外侧框架而相对增高、且朝向上述内侧框架而相对降低的方式构成。

16. 如权利要求 14 所述的微型摇动元件,其特征在于,上述外侧连结部的摇动轴与上述内侧连结部的摇动轴直交。

17. 如权利要求 1 所述的微型摇动元件或微型反射镜元件,其特征在于,上述摇动部件具有反射镜部。

具有扭杆的微型摇动元件

技术领域

本发明涉及一种具有扭杆的微型摇动元件。特别是，本发明涉及一种装入到对光盘进行数据的记录·再现处理的光盘装置或进行多个光纤间的光路切换的光开关装置等光学装置内而用于变更光的路线方向的微型反射镜元件。

背景技术

微型反射镜元件，具有用于反射光的反射镜面，能够通过该反射镜面的摇动改变光的反射方向。在多种光学装置中，采用为了摇动反射镜面而利用静电力的静电驱动型的微型反射镜元件。作为静电驱动型微型反射镜元件，可大致分为两类，即利用表面微机械加工技术制造的微型反射镜元件、和利用体型微机械加工技术制造的微型反射镜元件。

在表面微机械加工技术中，在基板上，将与各构成部位对应的材料薄膜加工成所希望的图形，通过依次层叠这样的图形，来形成构成支承体、反射镜面及电极部等元件的各部位或以后去除的牺牲层。利用这样的表面微机械加工技术制造的静电驱动型微型反射镜元件，例如，已在日本专利特开平 7-287177 号公报中公开。

另外，在体型微机械加工技术中，通过对材料基板本体进行蚀刻，来将支承体或反射镜部等成形为所希望的形状，并根据需要薄膜形成反射镜面或电极。利用这样的体型微机械加工技术制造的静电驱动型微型反射镜元件，例如，已在日本专利特开平 9-146032 号公报、特开平 9-146034 号公报、特开平 10-62709 号公报、特开 2001-13443 号公报中公开。

作为微型反射镜元件所要求的技术事项之一，可列举担任光反射的反射镜面的平面度高。根据表面微机械加工技术，由于最终形成的反射镜面薄，因此反射镜面容易弯曲，可保证高平面度的局限于在反射镜面的尺寸中一边的长度在几十 μm 的反射镜。

相对于此，根据体型微机械加工技术，由于通过削去相对厚的材料基板自身而构成反射镜部，并在该反射镜部上设置反射镜面，因此即使是更大面积的

反射镜面，也能够确保其刚性。其结果，能够形成具有足够高的光学平面度的反射镜面。因此，特别是对于要求一边长度在几百 μm 或其以上的反射镜面的微型反射镜元件的制造中，广泛采用体型微机械加工技术。

图 20 表示利用体型微机械加工技术制作的以往的静电驱动型微型反射镜元件 400。微型反射镜元件 400，具有层叠反射镜基板 410 和基底基板 420 的结构。反射镜基板 410，如图 21 所示，包括反射镜部 411、框架 413、连结它们的一对扭杆 412。在反射镜部 411 的表面上，设置有反射镜面 411a。在反射镜部 411 的背面上，设置有一对电极 414a、414b。

另外，在基底基板 420 上，如图 20 所示，设置有与反射镜部 411 的电极 414a 对向的电极 421a、以及与电极 414b 对向的电极 421b。

根据这样的构成，例如在使反射镜部 411 的电极 414a、414b 带正电的状态下，如果将基底基板 420 的电极 421a 设为负极，则在电极 414a 和电极 421a 之间产生静电引力，反射镜部 411 一边扭转一对扭杆 412，一边向箭头 M3 方向摇动。反射镜部 411，摇动到电极之间的静电引力和各扭杆 412 的扭转阻力的总和达到平衡的角度。

与以上相反地，在使反射镜部 411 的电极 414a、414b 带正电的状态下，如果将电极 421b 设为负极，则在电极 414b 和电极 421b 的之间产生静电引力，反射镜部 411 向与箭头 M3 相反的方向摇动。通过这样的反射镜部 411 的摇动驱动，可切换由反射镜面 411a 反射的光的反射方向。

如上所述，在静电驱动型微型反射镜元件 400 中，反射镜部 411，摇动到电极间的静电力和各扭杆 412 的扭转阻力的总和达到平衡的角度。此时，由各扭杆 412 的扭转引起的应力的程度，在其长度方向上不均匀。即，各扭杆 412 的两端，连结于可动的反射镜部 411 和固定的框架 413，如果反射镜部 411 摇动，则由扭杆 412 的扭转引起的应力就集中在扭杆 412 两端的连结部。

但是，从图 21 也可以看出，均匀地构成各扭杆 412 的宽度及厚度。而且，为了减小各扭杆 412 的扭转阻力并减小驱动电力，宽度及厚度设定得小些。其结果，如果应力集中在各扭杆 412 的两端，则扭杆 412 在此处破坏的可能性就大。特别是，在扭杆 412 的扭转角度（反射镜部 411 的摇动角度）大、且反射镜部 411 的扭转弹簧常数大（即，微型反射镜元件的谐振频率高）的情况下，该倾向更明显。此外，如果扭杆 412 的刚性在长度方向相同，就不能与微型反

射镜元件 400 所要求的种种特性必要条件相对应。

发明内容

在此，本发明的目的在于，提供一种即使与低扭转阻力、大扭转角度及高谐振频率等种种必要条件对应地构成扭杆，破坏的可能性低的微型摇动元件，特别是微型反射镜元件。

为了达到该目的，根据本发明，能够提供一种微型摇动元件，其具有框架和通过连结部与该框架连结的摇动部件，上述各连结部至少包含 1 个扭杆，该扭杆具有刚性调节机构。

根据以上的构成，扭杆的刚性，能够通过刚性调节机构相应于微型摇动部件所要求的工作特性而进行调节。例如，能够提高扭杆的一端或两端的刚性，提高扭转弹簧常数。相反地，也可以设定为降低扭杆的一端或两端的刚性，减小扭转阻力，加大扭转角度。此外，如果按照扭转变形的扭杆的应力分布在长度方向上变得均匀的方式调节刚性的分布，则也能够降低因应力集中引起的破坏扭杆的可能性。

根据本发明的优选实施方式，各连结部包含在宽度方向相隔的 2 个扭杆，该 2 个扭杆的间隔按照越接近于摇动部件越大、且随着接近于框架减小的方式构成。如果这样构成，摇动部件摇动时，各扭杆在框架侧扭转变形成为主体，但在摇动部件侧由于远离摇动轴心，扭转变形的程度小，而弯曲变形成为主体。因此，在各扭杆的摇动部件侧的端部，成为不易产生应力集中的状态。

在如上的前提下，刚性调节机构，优选地按照各扭杆的刚性朝向上述框架而相对增高、且朝向上述摇动部件而相对降低的方式构成。根据这样的构成，在摇动部件摇动时，扭杆因高刚性，在框架附近的扭转相对小，由扭转引起的应力集中也小。而且，在摇动部件的附近，由于追随摇动部件的摇动的扭杆的弯曲成为主体（扭杆的扭转小），因此在摇动部件的附近的由扭转引起的应力集中也小。其结果，不易在与扭杆的摇动部件及框架的连接点上引起应力集中，作为扭杆整体，可在其长度方向上均匀地分散应力。因此，即使以大的摇动角度使摇动部件摇动，或即使为提高摇动部件的谐振频率加大设定扭杆的扭转弹簧常数，扭杆也不容易破坏。

用于调节扭杆的刚性的第 1 方法，是在扭杆上形成多个孔，对该孔的尺寸

或排列图形上附加变化。孔具有使扭杆的刚性降低的作用，孔的所占比率越大，其作用越强。因此，如果使孔的尺寸按照越接近于框架越小、且越接近于摇动部件越大的方式变化，则扭杆的刚性朝向框架成相对增高、朝向摇动部件而相对降低。另外，在使多个孔的尺寸设成均匀的情况下，如果使孔的密度按照越接近于框架越小、且越接近于摇动部件越大的方式变化，则可得到相同的作用。

多个孔可以在厚度方向上贯通扭杆，或者也可以在宽度方向上贯通扭杆。进而，多个孔的一部分可以在厚度方向上贯通扭杆，多个孔的其余部分也可以在宽度方向上贯通扭杆。

用于调节扭杆的刚性的第2方法，是对扭杆的宽度及/或厚度上附加变化。即，如果使扭杆的宽度及/或厚度按照越接近于框架越大、且越接近于摇动部件越小的方式变化，则扭杆的刚性朝向框架而增高，朝向摇动部件而减小。

用于调节扭杆的刚性的第3方法，是设置多个向扭杆的宽度方向及/或厚度方向突出的多个加强肋，并在这些加强肋的间隔上附加变化。即，如果使多个加强肋的间隔按照越接近于框架越小、且越接近于上述摇动部件越大的方式变化，则扭杆的刚性朝向框架而增高，朝向摇动部件而减小。

根据各连结部包含2个扭杆的上述实施方式，假设在与包含该2个扭杆的平面直交的轴（所谓的z轴）周围转动摇动部件，则这些扭杆发挥挺杆作用，并能够防止摇动部件的z轴周围的转动。因此，在摇动部件是微型反射镜元件的反射镜部的情况下，能够避免由反射镜部向意料之外的方向反射光。

上述2个扭杆也可以在厚度方向上相互错开位置。通过这样的构成，能够在框架或摇动部件中的电分离的2个部分上，分别连接2个扭杆。

根据本发明的其它优选实施方式，上述框架构成内侧框架，上述连结部是将该内侧框架连结在上述摇动部件上的内侧连结部。进而在内侧框架上，通过外侧连结部连结有外侧框架，各外侧连结部至少包含1个外侧扭杆。外侧扭杆按照朝向外侧框架刚性相对增高、且朝向内侧框架刚性相对降低的方式构成。此外，外侧连结部的摇动轴与内侧连结部的摇动轴直交。具体的是，内侧连结部的摇动轴向x方向延伸，外侧连结部的摇动轴向y方向延伸。

根据本实施方式，能够构成2轴摇动型的微型摇动元件，在摇动部件具有反射镜部的情况下，能够提高光的反射方向的控制自由度。

本发明的其它目的、特征及优点，可从以下参照附图说明的优选实施方式

而变得更清楚。

附图说明

图 1 是与本发明的第 1 实施方式相关的微型反射镜元件的分解立体图。

图 2 是图 1 所示的微型反射镜元件的组装状态中的沿线 2-2 的剖视图。

图 3 是与本发明的第 2 实施方式相关的微型反射镜元件的立体图。

图 4 是沿图 3 中的线 4-4 的剖视图。

图 5 是表示图 3 所示的微型反射镜元件中的基底基板的立体图。

图 6 是与本发明的第 3 实施方式相关的微型反射镜元件的立体图。

图 7a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构的第一例的局部放大平面图。

图 7b 是沿图 7a 中的线 7B-7B 的剖视图。

图 8a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构第二例的局部放大平面图。

图 8b 是沿图 8a 中的线 8B-8B 的剖视图。

图 9a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构第三例的局部放大平面图。

图 9b 是沿图 9a 中的线 9B-9B 的剖视图。

图 10a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构第四例的局部放大平面图。

图 10b 是沿图 10a 中的线 10B-10B 的剖视图。

图 11a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构第五例的局部放大平面图。

图 11b 是沿图 11a 中的线 11B-11B 的剖视图。

图 12a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构第六例的局部放大平面图。

图 12b 是沿图 12a 中的线 12B-12B 的剖视图。

图 12c 是在图 12a 中的箭头 12C 方向看的立视图。

图 13a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构第七例的局部放大平面图。

图 13b 是沿图 13a 中的线 13B—13B 的剖视图。

图 14a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构的第 8 例的局部放大平面图。

图 14b 是沿图 14a 中的线 14B—14B 的剖视图。

图 15a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构的第 9 例的局部放大平面图。

图 15b 是沿图 15a 中的线 15B—15B 的剖视图。

图 15c 是在图 15a 的箭头 15C 方向看的立视图。

图 16a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构的第 10 例的局部放大平面图。

图 16b 是沿图 16a 中的线 16B—16B 的剖视图。

图 16c 是在图 16a 的箭头 16C 方向看的立视图。

图 17a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构的第 11 例的局部放大平面图。

图 17b 是沿图 17a 中的线 17B—17B 的剖视图。

图 18a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构的第 12 例的局部放大平面图。

图 18b 是沿图 18a 中的线 18B—18B 的剖视图。

图 19a 是表示对于上述任何一个实施方式都能够采用的扭杆的结构的第 13 例的局部放大平面图。

图 19b 是沿图 19a 中的线 19B—19B 的剖视图。

图 20 是以往的微型反射镜元件的剖视图。

图 21 是表示图 20 所示的微型反射镜元件中的反射镜基板的立体图。

具体实施方式

以下，参照附图具体说明本发明的优选的实施方式。

图 1 及图 2 表示与本发明的第 1 实施方式相关的微型反射镜元件 100。本实施方式的微型反射镜元件 100 具有层叠反射镜基板 110 和基底基板 120 的结构。

反射镜基板 110，如图 1 所示，具有反射镜部 111、和包围该反射镜部 111

的框架 113、以及连接该框架 113 及反射镜部 111 的一对扭转连结部 112。反射镜基板 110，例如，是从通过掺杂 P 或 As 等 n 型杂质或 B 等 p 型杂质而付与导电性的硅制基板，利用体型微机械加工技术成形的。具体是，对板状的导电性硅基板，采用覆盖与反射镜部 111、框架 113 及一对扭转连结部 112 对应的地方的蚀刻掩模，利用 Deep RIE (Deep Reactive Ion Etching) 等干式蚀刻或采用 KOH 溶液等的湿式蚀刻，设置空隙部 110a。其结果，通过空隙部 110a 能够成型反射镜部 111、框架 113 及一对扭转连结部 112。在本实施方式中，反射镜部 111 和框架 113 之间的各空隙部 110a 的宽度，例如为 10~200 μm ，反射镜部 111 及框架 113 的厚度，例如为 10~200 μm 。

如图 2 清楚地表示，在反射镜部 111 的表面上，设置反射镜面 114，并且，在其背面上设置有一对电极 115a、115b。这些反射镜面 114 及电极 115a、115b，通过蒸镀金属膜等而形成。但是，在通过掺杂杂质足够高地构成反射镜基板 110 的导电性的情况下，也可以不设置电极 115a、115b。

如图 1 清楚地表示，各扭转连结部 112，一体地连接在反射镜部 111 的长度方向延伸的侧面的中央附近和框架 113 的长度方向延伸的内侧面的中央附近。由此，本实施方式的微型反射镜元件 100，构成为通过一对扭转连结部 112 摇动轴 X1 规定的 1 轴型。在本实施方式中，各扭转连结部 112，由 2 个扭杆 112a 构成。利用这 2 个扭杆 112a，规定扭转连结部 112 的宽度（图 1 的 Y 方向的尺寸）。扭转连结部 112 的宽度，例如在连接于反射镜部 111 的地方为 30~300 μm ，从反射镜部 111 到框架 113 逐渐变窄，在连接于框架 113 的地方为 1~30 μm 。

微型反射镜元件 100，在组装状态下，如图 2 所示，反射镜部 111 的框架 113 的下面接合在基底基板 120 的凸状台阶部 121 的上面。基底基板 120，具有与反射镜部 111 的一对电极 115a、115b 相隔适当间隔地对向的一对电极 122a、122b。即，与本实施方式相关的微型反射镜元件 100，构成为所谓的平板电极型。

根据这样的构成，例如在使反射镜部 111 的电极 115a、115b 正极带电的状态下，如果将基底基板 120 的电极 122a 设为负极，则在它们之间产生静电力，反射镜部 111 一边扭转一对扭转连结部 112，一边以摇动轴 X1 为中心，向箭头 N1 方向摇动。此外，代之，如果将电极 122b 设为负极，则反射镜部

111 向与上述相反的方向摇动。这样地，通过使反射镜部 111 摇动，能够将朝向反射镜面 114 前进的、被该反射镜面 114 反射的光的反射方向切换到规定的方向。在这样的反射镜部 111 的摇动时，由于扭转连结部 112 具有相对宽度窄的部位，因此扭转连结部 112 的扭转阻力减小。同时，由于扭转连结部 112 在相对宽度宽的部位，连接在反射镜部 114 上，因此能够良好地抑制反射镜部 111 在其法线 N1 周围旋转。

向反射镜部 111 的电极 115a、115b 的电位付与，通过由导电材料构成的框架 113、扭转连结部 112 及反射镜部 111 来进行。向基底基板 120 的电极 122a、122b 的电位付与，通过适宜设置在由绝缘材料构成的基底基板 120 上的布线（图示略）来进行。在本实施方式的微型反射镜元件 100 的反射镜基板 110 上，利用导电性材料一体地构成反射镜部 111、扭转连结部 112、框架 113，能够通过扭转连结部 112 对反射镜部 111 的电极 115a、115b 适当地付与电位，因此与以往的微型反射镜元件不同，不需要在扭转连结部 112 上，另外形成用于向反射镜基板 110 的电极 115a、115b 付与电位的布线。

为了驱动微型反射镜元件 100 的反射镜部 111，也可以代替平板电极而设置梳齿电极。此外，也能够代替由平板电极或梳齿电极等引起的静电力，利用由电磁线圈或永久磁铁等引起的电磁力。具体是，将反射镜部 111 的电极 115a、115b 置换成电磁线圈，将基底基板 120 的电极 122a、122b 置换成电磁线圈或永久磁铁。或者，将反射镜部 111 的电极 115a、115b 置换成永久磁铁，将基底基板 120 的电极 122a、122b 置换成电磁线圈。在这样的构成中，通过调节对电磁线圈的通电状态，能够驱动反射镜部 111。

在本实施方式中，在构成扭转连结部 112 的各扭杆 112a 上，形成有多个贯通其厚度方向的刚性调节孔 50。这些刚性调节孔 50 的形成图形，例如能够设定成图 7a 及 7b 所示的形状。具体是，图 7a 及 7b 所示的刚性调节孔 50，具有平行四边形的断面形状，其尺寸是：越接近于反射镜部 111 越大，朝向框架 113 尺寸减小。刚性调节孔 50 具有使扭杆 112a 的刚性降低的功能，其刚性降低功能的程度是，孔 50 的尺寸越大程度越大。因此，各扭杆 112a，在具有均匀的宽度及厚度的情况下，越接近反射镜部 111 刚性越低，越接近框架 113 刚性越高。

在以上的构成中，即使以摇动轴 X1 为中心摇动反射镜部 111，由于相对

刚性高，因此扭杆 112a 在框架 113 附近的扭转也减小。因此，不易在扭杆 112a 和框架 113 的连接点上集中由扭转产生的应力。而且，通过在框架 113 的附近提高扭杆 112a 的刚性，能够提高扭转弹簧常数，可将微型反射镜元件的谐振频率设定得高些。

另外，扭杆 112a 上的反射镜部 111 侧的端部，由于远离于摇动轴 X1，因此追随反射镜部 111 的摇动，向与反射镜面 114 垂直的方向的变位成为主体。因此，扭杆 112a 几乎不在反射镜部 111 侧扭转，弯曲变形成为主体。其结果，即使对于扭杆 112a 上的反射镜部 111 侧的端部，由扭转产生的应力集中也小，在作为扭杆 112a 的整体看的情况下，能在其长度方向上均匀分散应力。而且，由于在反射镜部 111 的附近降低扭杆 112a 的刚性，因此扭杆 112a 容易弯曲，能够减小摇动反射镜部 111 所需的驱动电力，同时能够增大反射镜部 111 的摇动角度。

基于以上的理由，即使以大的摇动角度使摇动部件摇动，或者即使为提高反射镜部 111 的谐振频率，以大的值设计扭杆 112a 的扭转弹簧常数，也难破坏扭杆 112a。

刚性调节孔 50，例如当在反射镜基板 100 上形成空隙 110a 时，同时用 Deep RIE 法形成是合理的。但是，也可以另外用激光照射或湿式蚀刻法形成。

图 3~5 表示与本发明的第 2 实施方式相关的微型反射镜元件 200。本实施方式中的微型反射镜元件 200，具有通过绝缘层 230 层叠反射镜基板 210 和基底基板 220 的结构。

反射镜基板 110，如图 3 所示，具有反射镜部 211、和包围该反射镜部 211 的框架 213、以及连接该框架 213 及反射镜部 211 的一对扭转连结部 212。反射镜基板 210，例如，是从通过掺杂 P 或 As 等 n 型杂质或 B 等 p 型杂质而付与导电性的硅制基板，利用体型微机械加工技术成形的。具体是，对板状的导电性硅基板，采用覆盖与反射镜部 211、框架 213 及一对扭转连结部 212 对应的地方的蚀刻掩模，利用 Deep RIE 等干式蚀刻或采用 KOH 溶液等的湿式蚀刻，来设置空隙部 210a。其结果，通过空隙部 210a，能够成型反射镜部 211、框架 213 及一对扭转连结部 212。在本实施方式中，反射镜部 111 和框架 113 之间的各空隙部 110a 的宽度，例如为 10~200 μm ，反射镜部 111 及框架 113 的厚度，例如为 10~200 μm 。

反射镜部 211 的表面作为反射镜面 214 而起作用。此外，在反射镜部 211 的相对向的 2 个侧面，延伸成形有第 1 梳齿电极 215a、215b。这些第 1 梳齿电极 215a、215b，与利用 Deep RIE 法形成空隙 210a 同时形成。

各扭转连结部 212 的构成，基本上与第 1 实施方式中所述的构成相同。即，各扭转连结部 112 由 2 个扭杆 212a 构成，在各扭杆 212a 上形成有多个刚性调节孔 50。此外，刚性调节孔 50 的形成图形，例如如图 7a 及 7b 所示。

在本实施方式中，与反射镜基板 210 同样，基底基板 120，例如，也是从通过掺杂 P 或 As 等 n 型杂质或 B 等 p 型杂质而付与导电性的硅制基板，利用体微型机械加工技术形成的。具体的是，对板状的导电性硅基板，利用 Deep RIE 等干式蚀刻或采用 KOH 溶液等的湿式蚀刻，与使中央部凹陷的同时，形成第 2 梳齿电极 222a、222b（参照图 5）。第 2 梳齿电极 222a、222b 是与第 1 梳齿电极 215a、215b 相对应的，但在位置上相互不同。因此，第 1 梳齿电极的各电极齿，能够进入到第 2 梳齿电极的电极齿之间的间隙中。

微型反射镜元件 200，在组装状态下，如图 4 所示，反射镜基板 210 的框架 213，通过绝缘层 230 接合在基底基板 220 的凸状台阶部 221 的上面。夹设绝缘层 230 是因为，从一体形成第 2 梳齿电极 222a、222b 的需要出发，由于用导电性材料构成了第 2 基底基板 220，因此必须使第 2 基底基板 220 从反射镜基板 210 电分离。

此外，如图 5 所示，基底基板 220 具有：用绝缘层 223 电分离包含一个第 2 梳齿电极 222a 的第 1 导电部 220a 和包含另一个第 2 梳齿电极 222b 的第 2 导电部 220b 的结构。这样的构成，是向 2 个第 2 梳齿电极 222a、222b 附加不同的电位所必需的。

在如上的构成中，例如在使反射镜部 211 的第 1 梳齿电极 215a、215b 正极带电的状态下，通过有选择性地使基底基板 220 的第 2 梳齿电极 222a、222b 的任意一个设为负极，能够正反向摇动反射镜部 211。此外，关于各扭转连结部 212，从反射镜部 211 到框架 213 逐渐减小其宽度，而且在各扭杆 212a 上，按图 7a 及图 7b 所示的图形形成多个刚性调节孔 50，在这一点上，第 2 实施方式与第 1 实施方式相同。因此，第 2 实施方式的微型反射镜元件 200 享有与第 1 实施方式的微型反射镜元件 100 相同的优点。

图 6 只表示与本发明的第 3 实施方式相关的微型反射镜元件中的反射镜基

板 310 的构成。本实施方式中的反射镜基板 310 具有：反射镜部 311；包围其的内侧框架 313；包围内侧框架 313 的外侧框架 317；连结反射镜部 311 和内侧框架 313 的一对第 1 扭转连结部 312；连结内侧框架 313 和外侧框架 317 的一对第 2 扭转连结部 316。第 1 扭转连结部 312 规定相对于内侧框架 313 的反射镜部 311 的第 1 摇动轴 X1。第 2 扭转连结部 316 规定相对于外侧框架 317 的内侧框架 313 的摇动轴 X2。在本实施方式中，摇动轴 X1 和第 2 摇动轴 X2 直交。关于反射镜基板 310 的材料及制造方法，与第 2 实施方式所述的相同。

在本实施方式中，反射镜部 311，隔着第 1 摇动轴 X1 而在两侧形成有第 1 梳齿电极 315a、315b，内侧框架 313 隔着第 2 摇动轴 X2 而在两侧形成有第 3 梳齿电极 318a、318b。此外，虽未图示，但反射镜基板 310 通过绝缘层接合在基底基板上，在该基底基板上，形成有与第 1 梳齿电极 315a、315b 对应的第 3 梳齿电极、和与第 3 梳齿电极 318a、318b 对应的第 4 梳齿电极。因此，通过对未图示的第 2 梳齿电极及第 4 梳齿电极，选择性地附加电位，由此能够以第 1 摇动轴 X1 及 / 或第 2 摇动轴 X2 为中心，使反射镜部 311 摇动，因此能够提高控制光的反射方向上的自由度。

图 6 所示的第 3 实施方式，对于各第 1 扭转连结部 312，从反射镜部 311 到内侧框架 313 逐渐减小其宽度，而且按图 7a 及图 7b 所示的图形，在各扭杆 312a 上形成多个刚性调节孔 50，在这一点上与第 1 实施方式相同。此外，各第 2 扭转连结部 316 的构成也与各第 1 扭转连结部 312 的构成相同。因此，第 1 实施方式中已叙述过的优点，也照样适合于第 3 实施方式。

在以上说明的任意一个实施方式中，作为扭杆 112a (212a、312a、316a)，按图 7a 及图 7b 所示的图形形成有刚性调节孔 50 (第 1 例)。在该第 1 例中，刚性调节孔 50 为断面平行四边形，其尺寸只在扭杆的长度方向上变化。但是，作为扭杆，即使采用图 8a~图 19b 所示的各种构成的扭杆，也能够得到同样优点。

即，在图 8a 及图 8b 所示的第 2 例中，各扭杆具有一列排列的断面四角形的多个刚性调节孔 50a，其尺寸是：越接近于反射镜部 (或内侧框架) 越大，朝向框架 (或外侧框架) 方向，不仅在长度方向，还在宽度方向上也逐渐减小。

在图 9a 及图 9b 所示的第 3 例中，各扭杆具有一列排列的断面圆形的多个刚性调节孔 50b，其直径是：越接近于反射镜部 (或内侧框架) 越大，朝向框

架（或外侧框架）方向逐渐减小。

在图 10a 及图 10b 所示的第 4 例中，各扭杆具有一列排列的断面椭圆形的多个刚性调节孔 50c，其尺寸是：越接近于反射镜部（或内侧框架）越大，朝向框架（或外侧框架）方向，不仅在长度方向，还在宽度方向上逐渐减小。

在图 11a 及图 11b 所示的第 5 例中，各扭杆具有同一直径的断面圆形的多个刚性调节孔 50d，其密度分布是：越接近于反射镜部（或内侧框架）越大，朝向框架（或外侧框架）逐渐减小。

在图 12a~12c 所示的第 6 例中，各扭杆，具有在其厚度方向上贯通的断面圆形的一系列刚性调节孔 50b，同时具有在其宽度方向上也贯通的断面圆形的一系列刚性调节孔 50e。无论是在其厚度方向上贯通的刚性调节孔 50b，还是在其宽度方向上贯通的刚性调节孔 50e，其直径都是：越接近于反射镜部（或内侧框架）越大，朝向框架（或外侧框架）逐渐减小。

在图 13a 及 13b 所示的第 7 例中，各扭杆 12a，其宽度是：越接近于反射镜部（或内侧框架）越小，朝向框架（或外侧框架）逐渐增大。

在图 14a 及图 14b 所示的第 8 例中，各扭杆 12a 具有在其宽度方向上突出的多个加强肋 50f，这些加强肋 50f 之间的间隔是：越接近于反射镜部（或内侧框架）越大，朝向框架（或外侧框架）逐渐减小。

在图 15a~15c 所示的第 9 例中，各扭杆 12a'，其厚度是：越接近于反射镜部（或内侧框架）越薄，朝向框架（或外侧框架）逐渐增加。

在图 16a~图 16 所示的第 10 例中，各扭杆具有在其宽度方向上突出的多个加强肋 50g，这些加强肋 50g 之间的间隔是：越接近于反射镜部（或内侧框架）越大，朝向框架（或外侧框架）逐渐减小。

在图 17a 及 17b 所示的第 11 例中，各扭转连结部通过单一的扭杆 22 构成，该扭杆 22 具有一列排列的断面矩形的多个刚性调节孔 50h，其尺寸是：越接近于反射镜部（或内侧框架）越大，朝向框架（或外侧框架）逐渐减小。

在图 18a 及 18b 所示的第 12 例中，各扭转连结部是将具有与图 17a 及 17b 所示的构成相同的 2 个扭杆 22 平行地排列而构成的。

图 19a 及 19b 所示的第 13 例，是与图 7a 及 7b 所示的第 1 例类似的，但 2 个扭杆 12a'' 在厚度方向相互错开，在这一点上与第 1 例不同。

以上，说明了本发明的各种实施方式，但本发明并不限于这些实施方式，只要不脱离所附的权利要求范围记载的思想和范围，可进行各种变形。

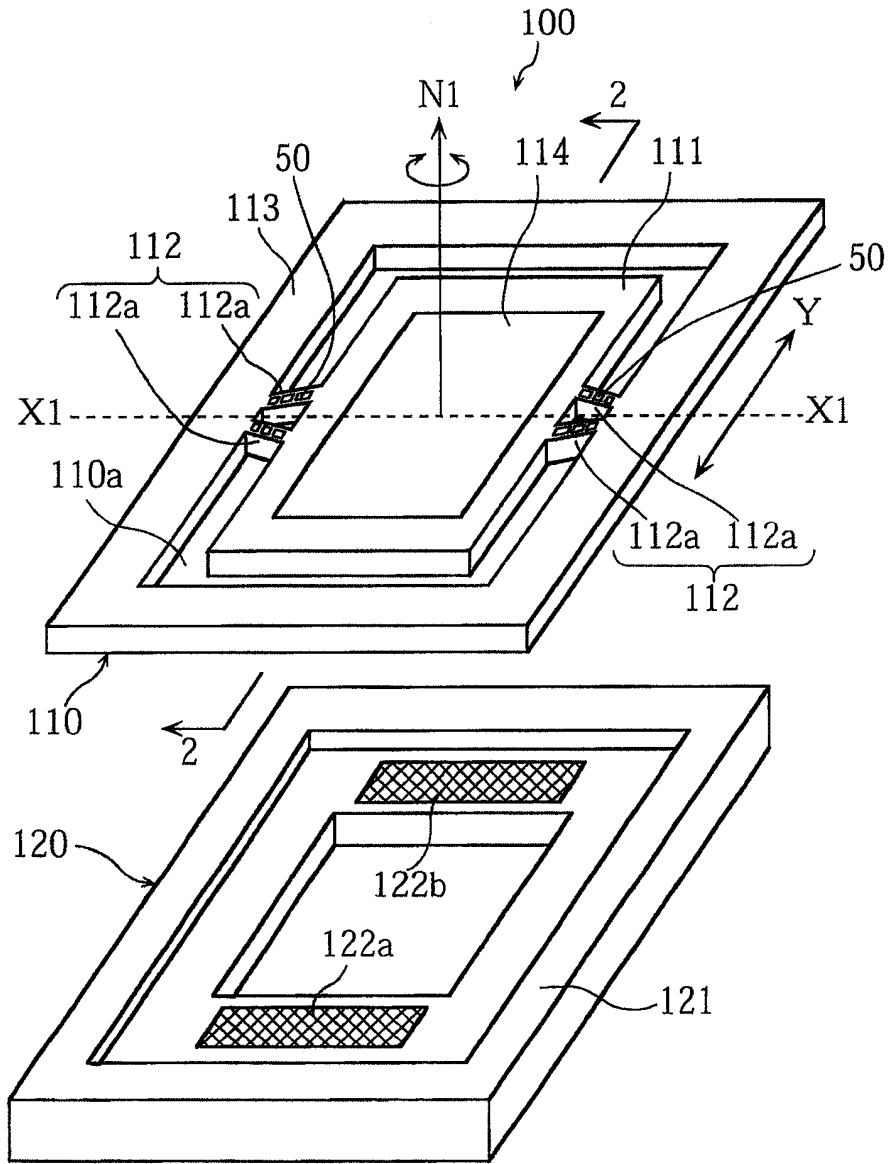


图 1

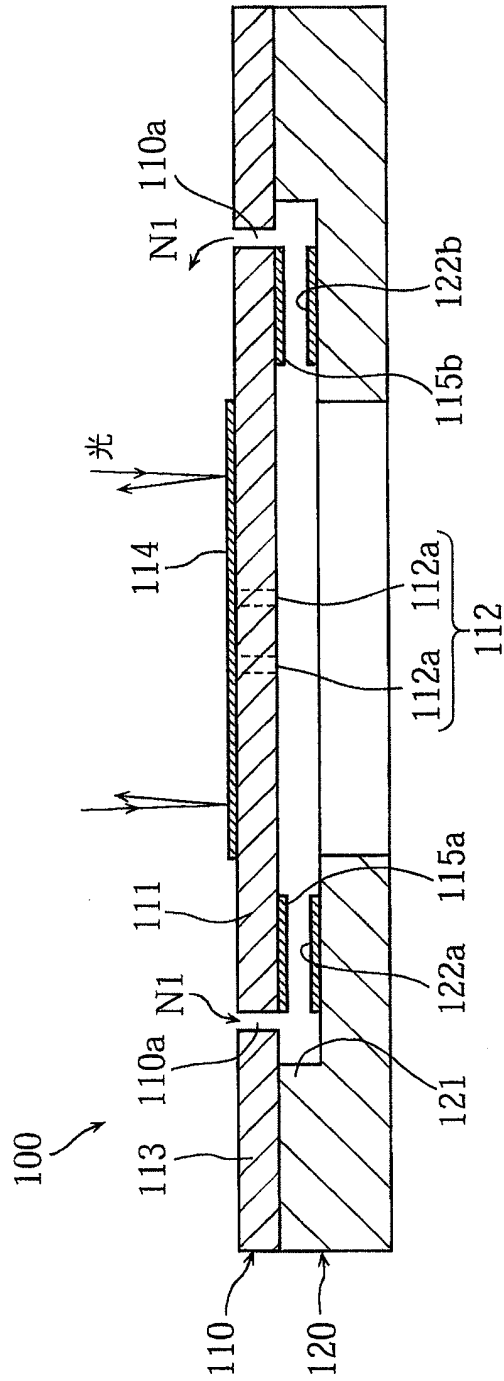


图 2

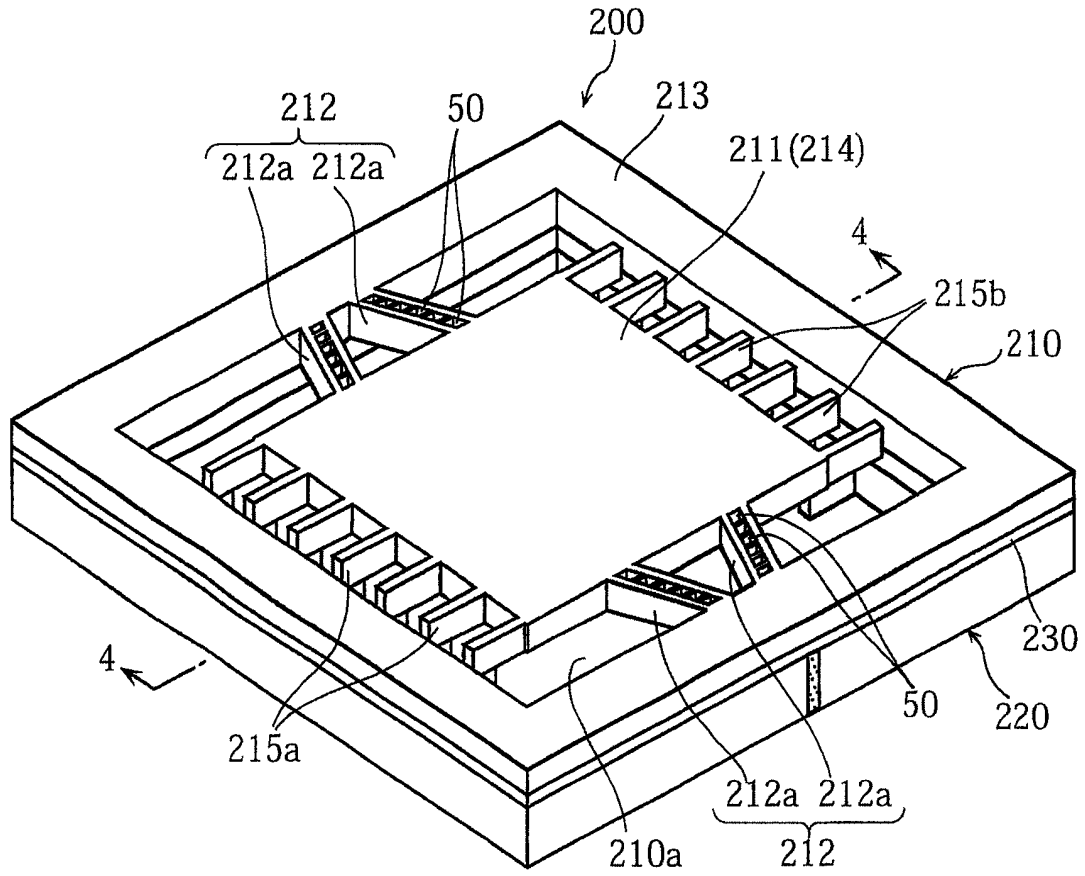


图 3

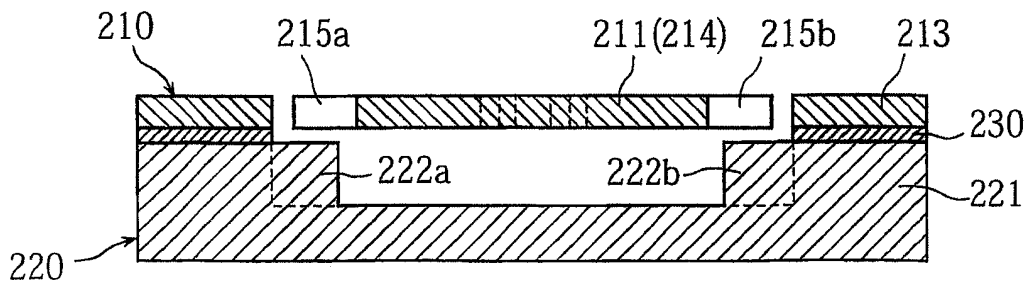


图 4

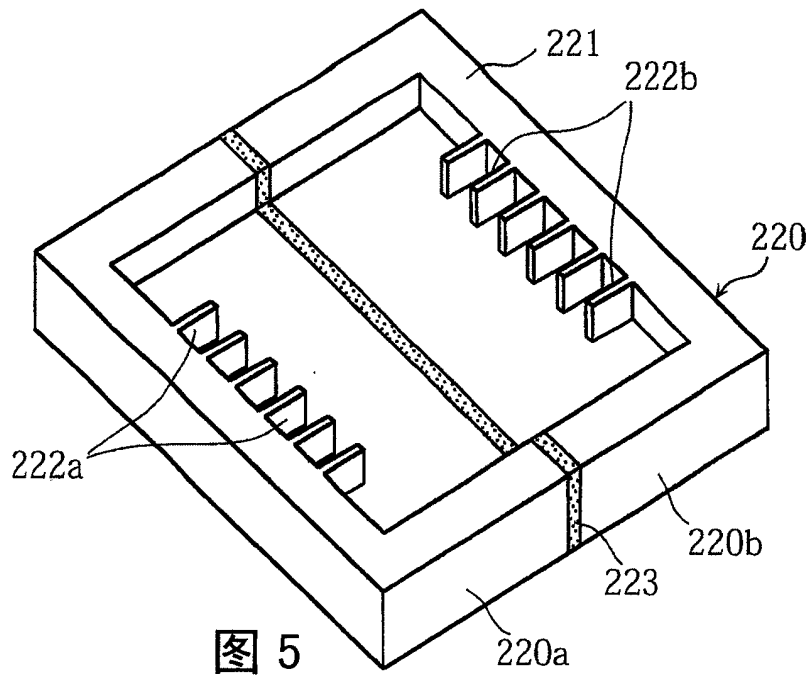


图 5

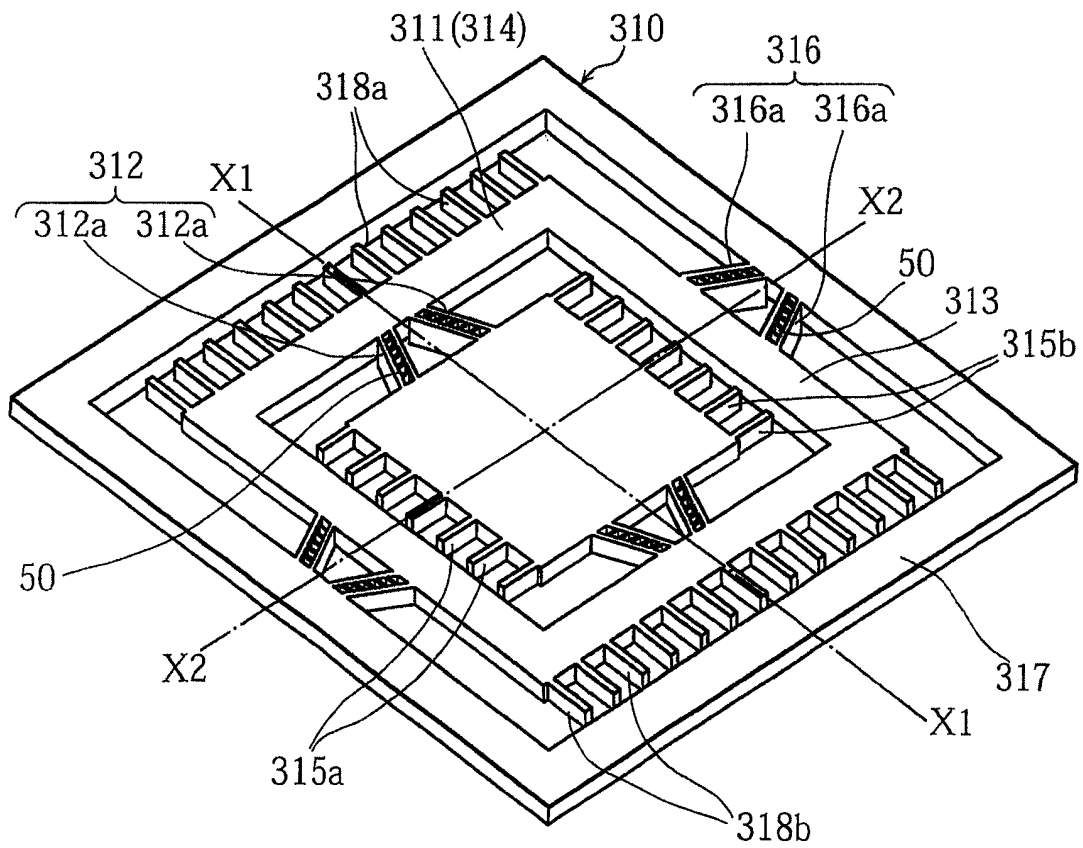


图 6

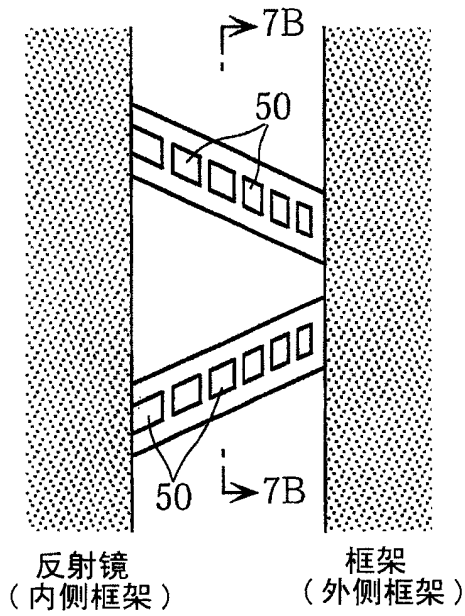


图 7a

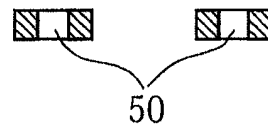


图 7b

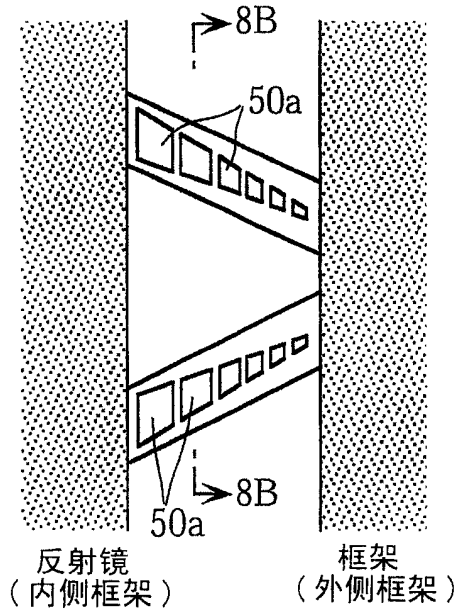


图 8a

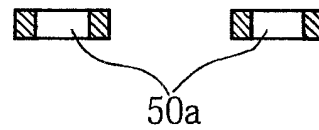


图 8b

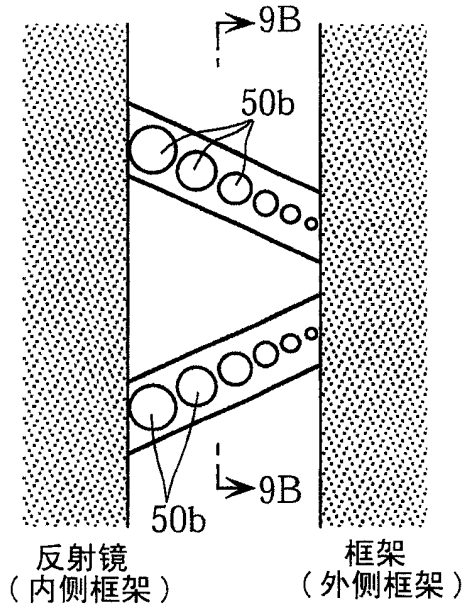


图 9a

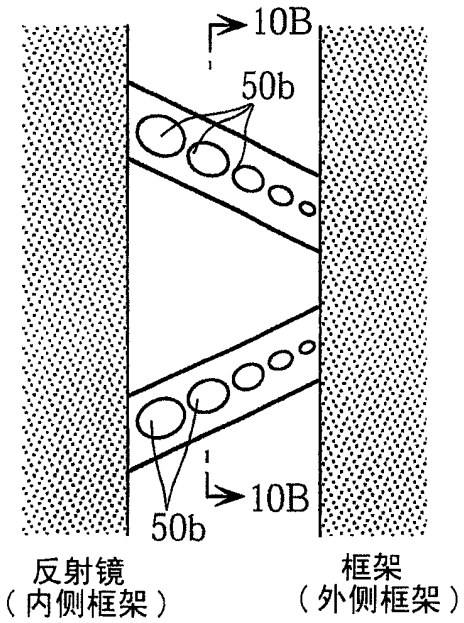
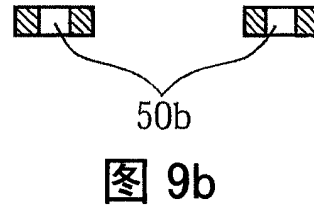
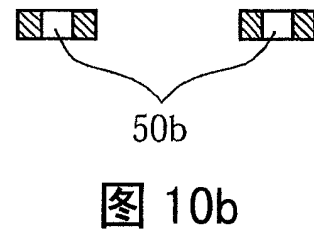


图 10a



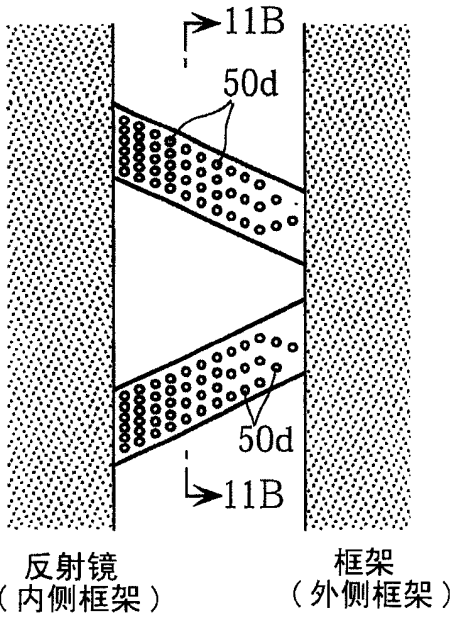


图 11a



图 11b

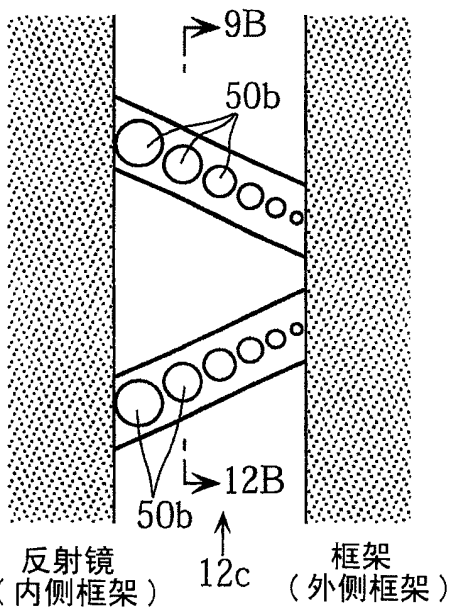


图 12a

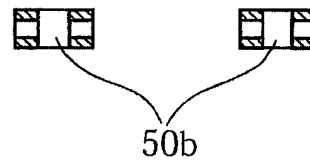


图 12b

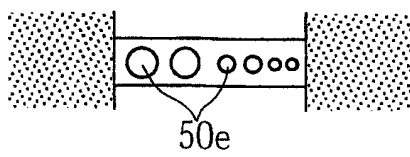


图 12c

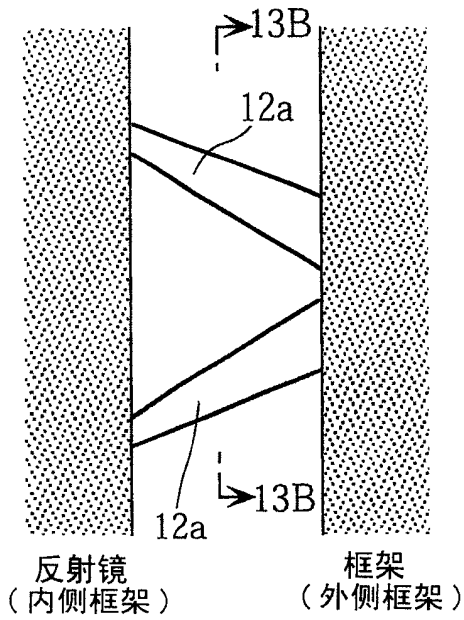


图 13a

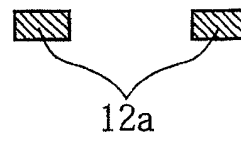


图 13b

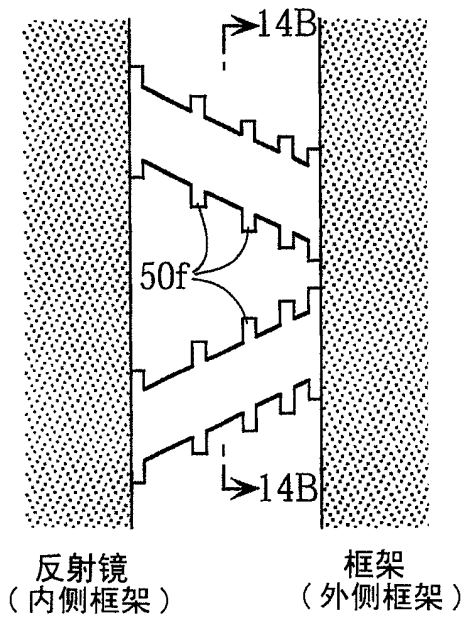


图 14a



图 14b

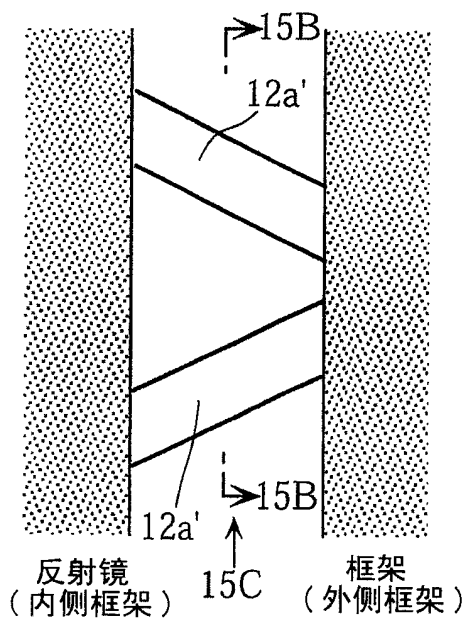


图 15a

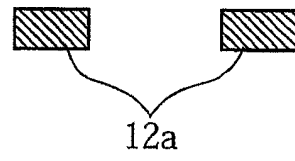


图 15b

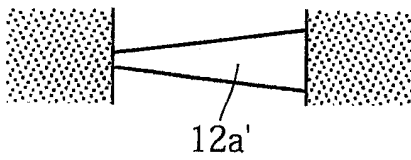


图 15c

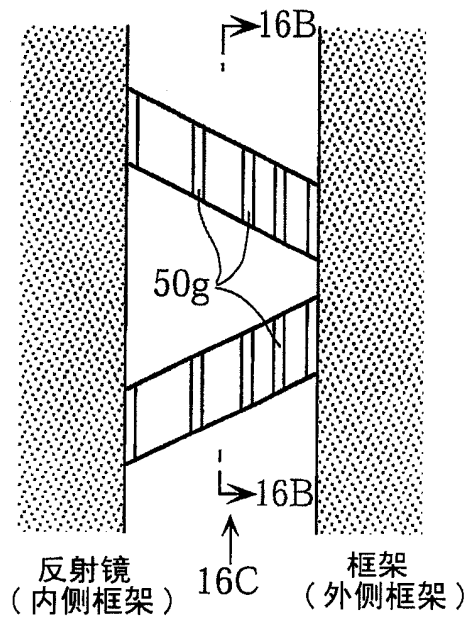


图 16a

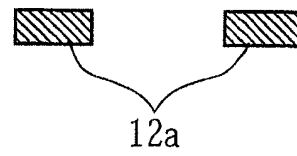


图 16b

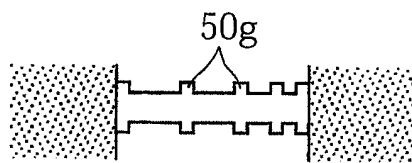


图 16c

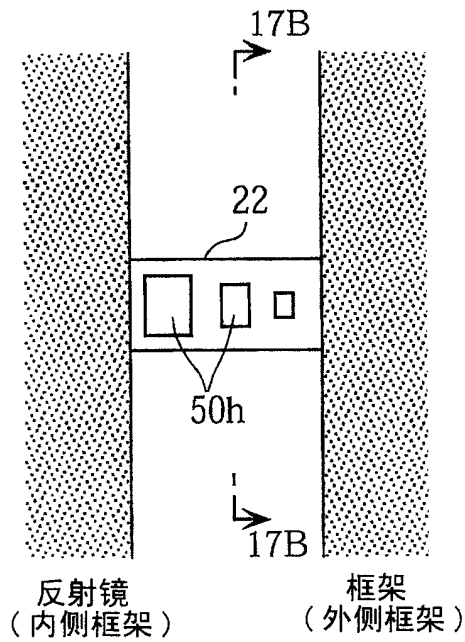


图 17a

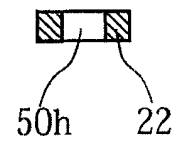


图 17b

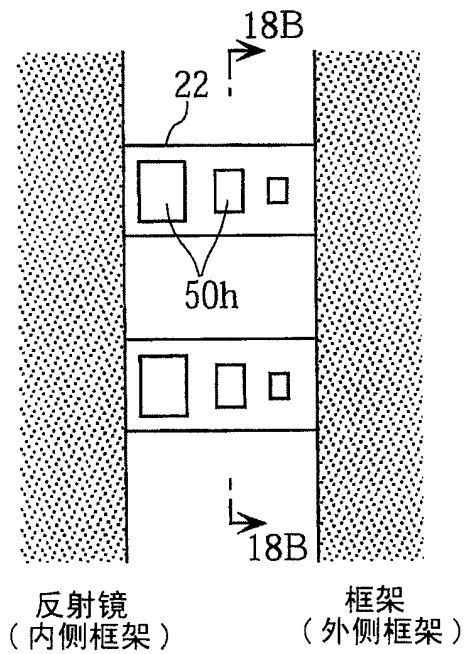


图 18a

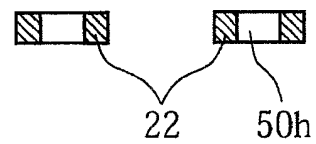


图 18b

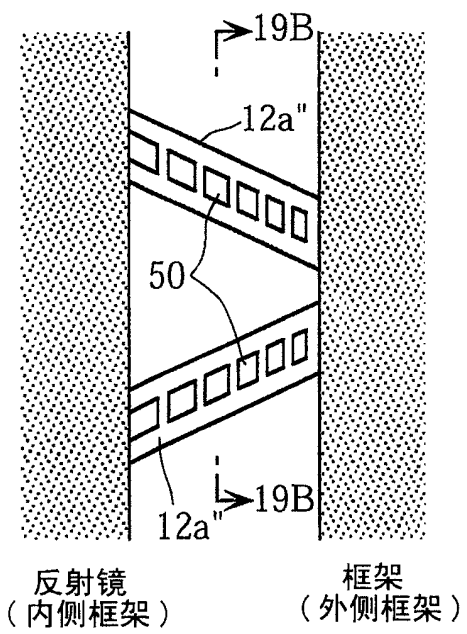


图 19a

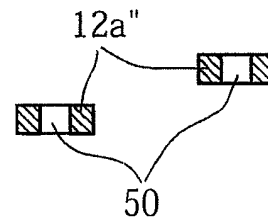


图 19b

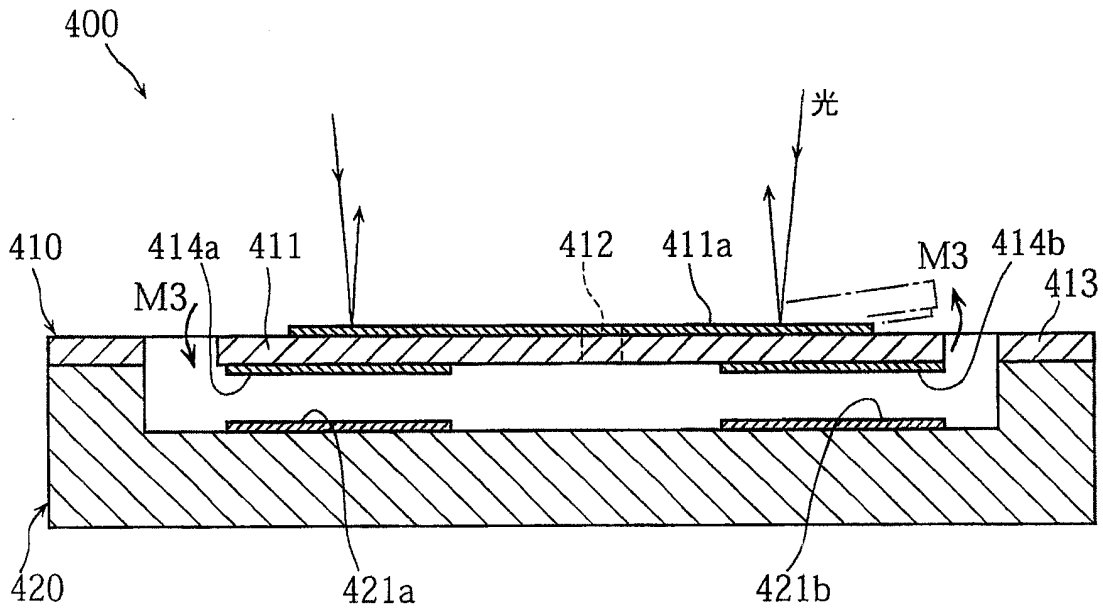


图 20

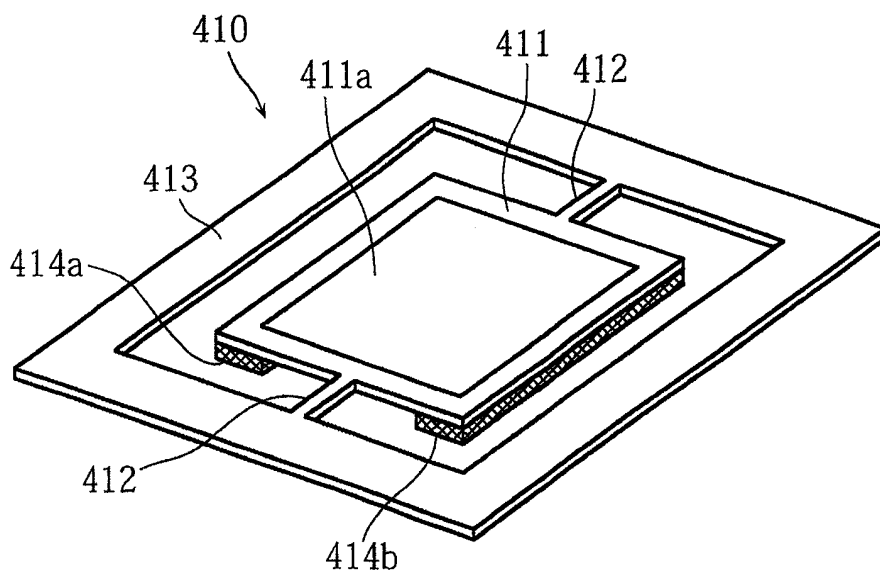


图 21