



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510067674.4

[43] 公开日 2005年11月2日

[11] 公开号 CN 1690764A

[22] 申请日 2005.4.25

[21] 申请号 200510067674.4

[30] 优先权

[32] 2004.4.26 [33] JP [31] 2004-129281

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 黑塚章 虫鹿由浩 梶野修

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

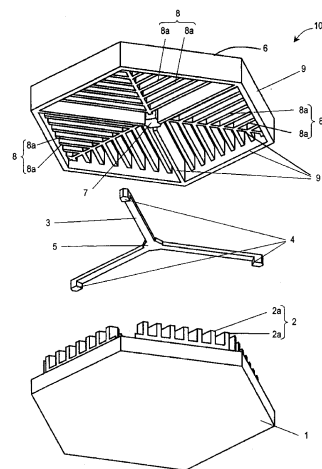
代理人 汪惠民

权利要求书2页 说明书15页 附图13页

[54] 发明名称 微驱动器

[57] 摘要

一种微驱动器，在可动部的刚性和重量之间、以及可动部的刚性和静电力之间的双方综合调整。该微驱动器(100)，具备基台(1)、由基台(1)支撑着的第1梳型电极(2)、具有与第1梳型电极(2)相对的第2梳型电极(8)和向基台(1)的方向突出的至少1个加强筋(9)的可动部(6)、以及以能够进行可动部(6)相对于基台(1)的变位的方式支撑可动部(6)的弹性支撑部(3)。第2梳型电极(8)的高度和至少1个加强筋(9)的高度相互不同。



1. 一种微驱动器，其具备基台、由前述基台支撑着第 1 梳型电极、
5 具有与前述第 1 梳型电极相对的第 2 梳型电极和向前述基台的方向突出的
至少 1 个加强筋的可动部、以及以前述可动部相对于前述基台能够变位的方式支撑前述可动部的弹性支撑部；

前述第 2 梳型电极的高度和前述至少 1 个加强筋的高度相互不同。

2. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述至少 1 个加强筋的高
10 度比前述第 2 梳型电极的高度高。

3. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述至少 1 个加强筋的厚度比前述多个梳齿部中的每个厚度都厚。

4. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部沿着从前述可动部的内侧向外侧的方向延伸。
15

5. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部具有同心圆状的形状。

6. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述至少 1 个加强筋被设置在前述可动部的外周部。

7. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部和前述至少 1 个加强筋沿相同方向延伸。
20

8. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部和前述至少 1 个加强筋沿相互垂直的方向延伸。

9. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述第 2 梳型电极的高度，沿着从前述可动部的内侧向外侧的方向变低。
25

10. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部的每一个的厚度，沿着从前述可动部的内侧向外侧的方向变薄。

11. 如权利要求 1 所述的微驱动器，其中，前述弹性支撑部，以前述
30

可动部相对于前述基台能够 2 轴倾动的方式支撑前述可动部。

12. 如权利要求 1 所述的微驱动器, 其中, 前述弹性支撑部, 以前述可动部相对于前述基台能够垂直方向变位、以及相对于前述基台能够 2 轴倾动的方式支撑前述可动部。

5 13. 如权利要求 1 所述的微驱动器, 其中, 前述可动部具备光反射面。

微驱动器

5

技术领域

本发明涉及具有梳型电极，利用静电力使可动部变位的微驱动器。本发明的微驱动器，例如可作为在可动部上具有光反射面的微镜设备使用。

10 背景技术

应用了微细加工技术的微驱动器，例如，使用作为激光打印机、扫描仪、显示器等中的光扫描装置、或切换对光纤输入输出的光的光开关设备。

专利文献 1 公开了具有梳型电极、作为光偏转器而发挥功能的微驱动器。该光偏转器的可动部具有作为光反射面而发挥功能的镜面。可动部由
15 设置在同一直线上的 2 根梁支撑，利用在设于可动部上的梳型电极和设于基台上的梳型电极之间产生的静电力，使 2 根梁作为扭转旋转轴而倾斜动作。该光偏转器，与利用马达使多面反射镜旋转的光偏转器相比，构造更简捷，另外，因为能够在半导体工艺中统一形成，所以可期待易于小型化且制造成本低等效果。

20 该光偏转器的梳型电极所具备的梳型电极，具有作为沿着相对于倾动轴正交的方向延伸的梳齿部发挥功能的突起部，在突起部间形成有槽。基台所具备的梳型电极，也具有作为沿着相对于倾动轴正交的方向延伸的梳齿部的突起部，在突起部间形成有槽。可动部的梳齿部和基台的梳齿部，
25 以相互间隔有间隙地相啮合的状态相对向。通过使可动部的梳齿部向基台的方向突出，从而使可动部得到加强。

该光偏转器为 1 轴倾斜反射镜，这些梳齿部仅沿与旋转轴垂直的方向延伸，使得在可动部倾斜的时候可动部的梳齿部与基台的梳齿部之间的间隙不会变化。

特开 2000-147419 号公报

30 但是，在前述的光偏转器中，存在如下的问题。

在前述的光偏转器中，可动部的梳齿部，因为仅沿着与倾动轴垂直的1个方向延伸，在其它的方向上可动部没有得到加强，所以存在有可动部的刚性较低的问题。当可动部的刚性低时，在为了提高光的反射率而在可动部表面形成 Au 膜或电介质多层膜的情况下，由于这些膜的材料和可动部的材料之间的热膨胀系数的差，就有会在可动部上产生弯曲，使得光反射面的平面度变差的问题。

为了提高可动部的刚性可以考虑提高梳齿部的高度。但是，当为了在可动部上获得必要的刚性而将梳齿部提高到必要的高度时，因为可动部的重量增加，所以为了驱动可动部就需要更大的驱动力。另外，当可动部的重量增加时，因为可动部的共振频率变低，所以就存在有不能高速地驱动可动部的问题。

另外，虽然前述的微驱动器的可动部只是进行1轴的倾动，但是作为其它种类微驱动器，有使梳齿部沿着多个方向遍布，使可动部进行多轴的倾动的微驱动器。在这样的微驱动器中，当为了提高可动部的刚性而提高梳齿部的高度时，在使可动部倾动时，就存在有设在可动部上的梳齿部和设在基台上的梳齿部会接触的问题。当为了避免这样的接触而扩大梳齿部间的间隙时，就存在产生的静电力降低的问题。另外，因为当提高梳齿部的高度时可动部的重量就增加，所以就存在有前述那样的必须有较大的驱动力的问题，和不能使可动部高速地驱动的问题。这样，就只好在可动部的刚性和重量之间、以及可动部的刚性和静电力之间折衷处理（综合调整）。

发明内容

本发明就是鉴于前述问题而完成的，其目的在于提供一种具备可进行多轴的倾动且轻量、高刚性的可动部，能够以低电压高速动作的微驱动器。

本发明的微驱动器，其特征在于，具备基台、由前述基台支撑着的第1梳型电极、具有与前述第1梳型电极相对的第2梳型电极和向前述基台的方向突出的至少1个加强筋的可动部、以及以能够进行前述可动部的相对于前述基台的变位的方式支撑前述可动部的弹性支撑部；前述第2梳型电极的高度和前述至少1个加强筋的高度相互不同。

在某个实施形态中，前述至少 1 个加强筋的高度比前述第 2 梳型电极的高度高。

在某个实施形态中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述至少 1 个加强筋的厚度比前述多个梳齿部的每个的厚度都厚。

5 在某个实施形态中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部沿着从前述可动部的内侧向外侧的方向延伸。

在某个实施形态中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部具有同心圆状的形状。

10 在某个实施形态中，前述至少 1 个加强筋，被设置在前述可动部的外周部上。

在某个实施形态中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部和前述至少 1 个加强筋沿相同方向延伸。

在某个实施形态中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部和前述至少 1 个加强筋沿相互垂直的方向延伸。

15 在某个实施形态中，前述第 2 梳型电极的高度，沿着从前述可动部的内侧向外侧的方向变低。

在某个实施形态中，前述第 2 梳型电极具有多个梳齿部；前述多个梳齿部的每一个的厚度，沿着从前述可动部的内侧向外侧的方向变薄。

20 在某个实施形态中，前述弹性支撑部，以能够进行前述可动部的相对于前述基台的 2 轴倾动的方式支撑前述可动部。

在某个实施形态中，前述弹性支撑部，以能够进行前述可动部的相对于前述基台的垂直方向的变位、以及相对于前述基台的 2 轴的倾动的方式支撑前述可动部。

在某个实施形态中，前述可动部具备光反射面。

25 根据本发明的微驱动器，因可动部具备加强筋，故可提高可动部的刚性。另外，因使加强筋的高度高于梳型电极，因此可进一步提高可动部的刚性。由于没必要为了提高刚性而增加梳齿部的高度，因此可缩小彼此啮合的梳齿部之间的水平方向的间隙，另外，可将可动部轻量化。由此，可用低电压高速地驱动可动部。另外，由于可动部的刚性较高，因此在可动部具备光反射面的情况下，可极度提高光反射面的平面度。

30

附图说明

图 1 是示意性地展示本发明的实施形态 1 的微驱动器的分解立体图。

图 2 是示意性地展示本发明的实施形态 1 的微驱动器的分解立体图。

5 图 3 是沿着图 1 所示的 3A-3A 线的微驱动器的剖视图。

图 4 (a) 以及 (b) 是沿着图 1 所示的 3A-3A 线的微驱动器的部分剖视图，展示了可动部变位之后的状态。

图 5 是沿着图 1 所示的 5A-5A 线的微驱动器的剖视图。

10 图 6 (a) 以及 (b) 是沿着图 1 所示的 5A-5A 线的微驱动器的剖视图，展示了可动部变位之后的状态。

图 7 是示意性地展示了本发明的实施形态 2 的微驱动器的可动部的俯视图。

图 8 是示意性地展示了本发明的实施形态 3 的微驱动器的可动部的俯视图。

15 图 9 是示意性地展示了本发明的实施形态 4 的微驱动器的可动部的俯视图。

图 10 是示意性地展示了本发明的实施形态 4 的微驱动器的梳齿部的部分剖视图。

20 图 11 (a) 以及 (b) 是示意性地展示了本发明的实施形态 5 的微驱动器的制造方法的剖视图。

图 12 (a) 以及 (b) 是示意性地展示了本发明的实施形态 5 的微驱动器的制造方法的剖视图。

图 13 (a) 以及 (b) 是示意性地展示了本发明的实施形态 5 的微驱动器的制造方法的剖视图。

25 图 14 (a) 以及 (b) 是示意性地展示了本发明的实施形态 5 的微驱动器的制造方法的剖视图。

图 15 (a) 以及 (b) 是示意性地展示了本发明的实施形态 5 的微驱动器的制造方法的剖视图。

30 图 16 (a) 以及 (b) 是示意性地展示了本发明的实施形态 5 的微驱动器的制造方法的剖视图。

图 17 (a) 以及 (b) 是示意性地展示了本发明的实施形态 5 的微驱动器的制造方法的剖视图。

图中：1—基台，2—第 1 梳型电极，2a—梳齿部，3—弹性支撑部，4—支撑支柱，5—固定部，6、16、26、36—可动部，7—中央支柱，8、28、38—第 2 梳型电极，8a、8b、8c—梳齿部，9、11—加强筋，10—旋转中心，20—可动部，100—微驱动器。

具体实施方式

以下，参照附图说明本发明的实施形态。

10 (实施形态 1)

参照图 1~图 6，说明本发明的微驱动器的第 1 实施形态。

首先，参照图 1 以及图 2。图 1 以及图 2 是示意性地展示本实施形态的微驱动器 100 的分解立体图。图 1 是从斜上方看微驱动器 100 时的分解立体图；图 2 是从斜下方看微驱动器 100 时的分解立体图。在图 1 中，切
15 除可动部的一部分，也展示了可动部背面的剖面。微驱动器 100，通过采用了半导体工艺的微细加工技术和 MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技术制作。

微驱动器 100，具备基台 1、被基台 1 支撑的多个第 1 梳型电极 2、可动部 6、和以可实现可动部 6 相对于基台 1 的变位的方式支撑可动部 6
20 的弹性支撑部 3。基台 1，具备给第 1 梳型电极 2 附加电压的驱动电路 (图未示)，和设在驱动电路上的绝缘层 (图未示)。在基台 1 的绝缘层上的正六边形的区域内，设有多个 (在本实施形态中是 3 个) 第 1 梳型电极 2 和弹性支撑部 3。第 1 梳型电极 2 作为固定电极起作用。第 1 梳型电极 2 分别具备多个第 1 梳齿部 2a。多个第 1 梳齿部 2a 沿着从正六边形的区域的内侧向外侧的方向延伸。
25

弹性支撑部 3，具备位于基台 1 的正六边形的区域的外周侧的 3 个支撑支柱 4、和位于正六边形的区域的中心的固定部 5。固定部 5 固定弹性支撑部 3 和可动部 6。梁部从各个支撑支柱 4 向固定部 5 延伸，该梁部以及固定部 5，从基台 1 悬空规定量。通过固定部 5 和可动部 6 的中央支柱
30 7 结合，弹性支撑部 3 和可动部 6 被固定。弹性支撑部 3，以可实现可动

部 6 的相对于基台 1 的垂直方向的变位, 以及相对于基台 1 的 2 轴的倾动的方式支撑可动部 6。

可动部 6 的平面形状是六边形。可动部 6 的平面形状以及尺寸, 根据微驱动器 100 的用途和所要求的性能等被设计成多种多样。在本实施形态中, 可动部 6 的宽设为大约 100 (μm)。可动部 6, 具备光反射面 6a、和多个 (在本实施形态中是 3 个) 第 2 梳型电极 8。光反射面 6a, 位于可动部 6 中的与基台 1 相对的面相反一侧的面上, 第 2 梳型电极 8, 被设在可动部 6 中的与基台 1 相对的面上, 并作为可动电极起作用。第 2 梳型电极 8 的每一个都和第 1 梳型电极 2 中的相对应的 1 个相对。第 2 梳型电极 8 各个都具备多个第 2 梳齿部 8a。多个第 2 梳齿部 8a 沿着从可动部 6 的内侧向外侧的方向延伸。第 1 梳齿部 2a 和第 2 梳齿部 8a 在彼此间隔着间隙而啮合的状态下相对。

可动部 6, 具备至少 1 个从可动部 6 中的与基台 1 相对的面向基台 1 的方向突出的加强筋 9。加强筋 9 加强可动部 6, 并提高可动部 6 的刚性。在本实施形态中, 可动部 6 具备多个加强筋 9。加强筋 9, 被设在可动部 6 的外周部, 同时从可动部 6 的中心部向六边形的各顶点放射状地延伸。该放射状地延伸的加强筋 9 中的 3 个, 分别通过第 2 梳型电极 8 中的相对应的 1 个, 并和该相对应的第 2 梳型电极 8 所具备的多个第 2 梳齿部 8a 沿着相同方向延伸。

加强筋 9 中, 位于弹性支撑部 3 的上部的 3 个加强筋 9, 和第 2 梳型电极 8 同一高度, 并从弹性支撑部 3 空开规定量的空隙。除此之外的加强筋 9 和第 2 梳型电极 8 的高度彼此不同。具体地说, 通过第 2 梳型电极 8, 沿着与相对应的第 2 梳齿部 8a 同一方向延伸的加强筋 9 的高度, 比第 2 梳型电极 8 的高度 (即第 2 梳齿部 8a 的高度) 高。另外, 设在可动部 6 的外周部的加强筋 9 的高度, 比第 2 梳型电极 8 的高度高。这些加强筋 9 的高度比第 2 梳型电极 8 的高度高例如 1.5~2 倍。第 1 以及第 2 梳齿部 2a 以及 8a 的高度, 例如大约是 10~20 (μm), 加强筋 9 的高度, 例如大约是 15~40 (μm)。通过这些加强筋 9 的高度比第 2 梳型电极 8 的高度高, 可进一步提高可动部 6 的刚性。

在 3 个第 1 梳型电极 2 上分别独立地从驱动电路附加驱动电压。弹性

支撑部 3 经由驱动电路连接在地线上, 可动部 6 经由弹性支撑部 3 连接在地线上。当在第 1 梳型电极 2 上附加驱动电压时, 可动部 6 被在第 1 梳型电极 2 和第 2 梳型电极 8 之间作用的静电力向基台 1 的方向牵引。与可动部 6 的相对于基台 1 的变位相对应地在弹性支撑部 3 上产生复原力以及复原力矩。可动部 6 以该复原力以及复原力矩和静电力相均衡的方式进行相对于基台 1 的垂直方向的变位、以及相对于基台 1 的 2 轴的倾动。

图 3 是沿着图 1 所示的 3A-3A 线的微驱动器 100 的剖视图, 展示了通过微驱动器 100 的中心并沿着弹性支撑部 3 的剖面。

在基台 1 和弹性支撑部 3 之间, 空开了可确保可动部 6 的所希望的变位范围 10 的空隙。另外同样地, 在弹性支撑部 3 和位于弹性支撑部 3 的上部的加强筋 9 之间, 空开了可确保可动部 6 的所希望的变位范围的空隙。可动部 6, 在围绕位于弹性支撑部 3 和中央支柱 7 的结合部的旋转中心 10 倾动。

图 4 (a) 以及图 4 (b) 是沿着图 1 所示的 3A-3A 线的微驱动器 100 15 的部分剖视图, 展示了可动部 6 变位之后的状态。

图 4 (a) 的状态, 是在全部第 1 梳型电极 2 上附加同一电压, 而可动部 6 向下方只并移动最大距离 s 后的状态, 是可动部 6 被作用在电极间的静电力向下方吸引, 弹性支撑部 3 弯曲后的状态。

图 4 (b) 所示的状态, 展示了通过使给第 1 梳型电极 2 的附加电压彼此不同而可动部 6 只倾斜最大角度 θ 后的状态。为了在因倾斜而向最下方变位的部分上残存空隙而设定各构成元件之间的空隙。

理所当然, 当停止驱动电压的附加时, 可动部 6 通过弹性支撑部 3 的弹性复原力以及复原力矩而恢复到原来的位置以及姿势。

在形成第 1 以及第 2 梳型电极 2 以及 8 和加强筋 9 时, 采用例如被称为 DRIE (Deep Reactive Ion Etching) 的等离子蚀刻。通过 DRIE 在基台 1 25 上形成槽, 并通过在该槽内进一步堆积替化层 (牺牲层) 和构造体, 形成这样构成元件。在由 DRIE 形成的槽上具有宽度依存性, 槽的宽度越宽, 槽的深度变得越深。因而, 通过以加强筋 9 的宽度变得比第 2 梳型电极 8 宽的方式进行图案形成, 可使加强筋 9 的高度高于第 2 梳型电极 8 的高度。另外, 通过加强筋 9 的厚度变得比第 2 梳齿部 8a 的每一个的厚度都大, 30

可进一步提高可动部 6 的刚性。第 1 以及第 2 梳齿部 2a 以及 8a 的厚度，例如大约是 $1.0\sim 3.0(\mu\text{m})$ ，加强筋 9 的厚度例如大约是 $2.0\sim 5.0(\mu\text{m})$ 。

图 5 是沿着图 1 所示的 5A—5A 线的微驱动器 100 的剖视图，展示了第 1 梳型电极 2 和第 2 梳型电极 8 啮合的样子。

5 第 1 梳齿部 2a 的前端部的高度和第 2 梳齿部 8a 的根部的高度之间的距离 G_s ，比可动部 6 的行程的长度长。同样地，第 2 梳齿部 8a 的前端部的高度和第 1 梳齿部 2a 的根部的高度之间的距离 G_s ，比可动部 6 的行程的长度长。距离 G_s 和第 1 以及第 2 梳齿部 2a 以及 8a 的每一个的前端部周边的空隙的高度相对应。距离 G_s ，例如大约是 $3.0\sim 10(\mu\text{m})$ 。第 1
10 梳齿部 2a 和第 2 梳齿部 8a，彼此只重叠长度 L 而啮合。长度 L 例如大约是 $10\sim 20(\mu\text{m})$ 。第 1 以及第 2 梳齿部 2a 以及 8a 的高度 (G_s+L)，与可动部 6 的行程的长度和必要的静电力相对应地设定为必要最小限的高度。与此相对，加强筋 9，比第 1 以及第 2 梳齿部 2a 以及 8a 高地设定高度，并提高可动部 6 的刚性。通过加强筋 9 提高可动部 6 的刚性，可将第
15 1 以及第 2 梳齿部 2a 以及 8a 的高度设为必要最小限的高度，同时可将可动部 6 的光反射面 6a 区域的厚度变薄。由此，可确保必要的可动部 6 的刚性，并可大幅度减轻可动部 6 的重量。具备加强筋 9 的可动部 6 的重量，可比不具备加强筋 9 而具有相同的刚性的可动部（即光反射面 6a 区域的厚度大以及/或第 2 梳齿部 8a 的高度高的可动部）的重量例如轻大约 2~5
20 倍左右。另外，在为了提高光反射面 6a 的反射率而在光反射面 6a 上形成了 Au 膜或电介质多层膜的情况下，由于即便可动部 6 的刚性只在第 2 梳型电极 8 上不足，也可以由加强筋 9 增强可动部 6 的刚性，因此可得到平面度良好的光反射面 6a。通过与加强筋 9 的高度相对应地较深地形成第 1 梳型电极 2 中的和加强筋 9 相对的部分的槽的深度，使加强筋 9 的前端部
25 周边的空隙的高度和第 2 梳齿部 8a 的前端部周边的空隙的高度相等。

图 6 (a) 以及图 6 (b) 是沿着图 1 所示的 5A—5A 的微驱动器 100 的剖视图，展示了可动部 6 变位之后的状态。

图 6 (a) 所示的状态，是在全部第 1 梳型电极 2 上附加同一电压，而可动部 6 只向下方并进移动最大距离 s 后的状态。由于没有可动部 6 的
30 向横向的移动，因此第 1 梳齿部 2a 和第 2 梳齿部 8a 不干扰。将第 1 梳齿

部 2a 和第 2 梳齿部 8a 之间的水平方向的间隙设为 g_1 ，将加强筋 9 和第 1 梳齿部 2a 之间的间隙设为 g_2 。

图 6 (b) 所示的状态，展示了通过使给第 1 梳型电极 2 的附加电压彼此不同，可动部只倾斜最大角度 θ 后的状态。这时，可动部 6 绕旋转中心 10 倾动。在距旋转中心 10 距离 H 的位置（即第 1 梳齿部 2a 的前端部的高度的位置）上，第 2 梳型电极 8 向水平方向移动最大 $H\theta$ 。距离 H ，和前述第 1 以及第 2 梳齿部 2a 以及 8a 的高度 (G_s+L) 大致相等。在微驱动器 100 中，由于将高度 (G_s+L) 设定为必要最小限的高度，因此 $H\theta$ 只要是最小限即可。虽然当为了避免梳齿部彼此的干扰而加大梳齿部之间的水平方向的间隙 g_1 时产生的静电力降低，但由于将高度 (G_s+L) 抑制在最小限，因此可缩小 g_1 。加强筋 9 和第 1 梳齿部 2a 之间的间隙 g_2 最好和 g_1 相等，加强筋 9 也不会和第 1 梳型电极 2 干扰。

这样，通过使产生静电力的第 2 梳型电极 8 的高度，和提高可动部 6 的刚性的加强筋 9 的高度彼此不同，可以不使驱动力降低，而必要充分地提高可动部 6 的刚性。由此，可得到轻量且刚性高，光反射面的平面度良好的可动部 6。

（实施形态 2）

参照图 7，说明本发明的微驱动器的第 2 实施形态。

图 7 是示意性地展示本实施形态的可动部 16 的俯视图。在本实施形态中，微驱动器 100 代替可动部 6 具备可动部 16。

可动部 16，除了可动部 6 的构成元件，进而具备至少 1 个（在本实施形态中是多个）加强筋 11。加强筋 11 的每一个通过第 2 梳型电极 8 中的相对应的 1 个，并沿着和该相对应的第 2 梳型电极 8 所具备的第 2 梳齿部 8a 延伸的方向垂直的方向延伸。加强筋 11，具有和比第 2 梳齿部 8a 的高度高的加强筋 9 相同的高度。在本实施形态中，在第 1 梳型电极 2 上形成有和加强筋 11 相对应的槽部（图未示）。加强筋 11 和第 1 梳型电极 2 之间的距离的关系，被设定为和加强筋 9 与第 1 梳型电极 2 之间的距离的关系相同。可动部 16 通过具备加强筋 11，与可动部 6 相比较，可进一步提高可动部 16 的刚性。

(实施形态3)

参照图8,说明本发明的微驱动器的第3实施形态。

图8是示意性地展示本实施形态的可动部26的俯视图。在本实施形态中,微驱动器100代替可动部6具备可动部26。

可动部26,代替可动部6的多个第2梳型电极8具备多个第2梳型电极28。第2梳型电极28的每一个都具备具有同心圆状的形状的多个第2梳齿部8b。在本实施形态中,第1梳齿部2a也呈和第2梳齿部8b相对应的同心圆状的形状(图未示)。由于第2梳齿部8b相对于放射状延伸的加强筋9交叉成直角,因此可提高可动部的刚性。另外,由于不管可动部26的倾动的方向如何,第1梳型电极2和第2梳型电极28的位置关系都相同,因此能够较平衡地得到驱动力。

进而,因第1梳齿部2a和第2梳齿部8b之间的水平方向的间隙的参差不一而产生的水平方向的吸引力始终成为半径方向。由于支撑可动部26的弹性支撑部3放射状地延伸,并且半径方向的刚性较高,因此可得到第2梳型电极28被向水平方向吸引而不和第1梳型电极2接触的效果。

(实施形态4)

参照图9以及图10,说明本发明的微驱动器的第4实施形态。

首先,参照图9。图9是示意性地展示本实施形态的可动部36的俯视图。在本实施形态中,微驱动器100代替可动部6具备可动部36。

可动部36,代替可动部6的多个第2梳型电极8具备多个第2梳型电极38。第2梳型电极38的每一个都具备多个第2梳齿部8c。多个第2梳齿部8c的每一个的厚度,沿着从可动部36的内侧向外侧的方向变薄。即,在第2梳齿部8c中,使可动部外周侧的宽度 w_2 比可动部36的中心侧的宽度 w_1 小。在本实施形态中,第1梳齿部2a的厚度,与第2梳齿部8c的形状相对应地沿着从可动部36的内侧向外侧的方向变厚(图未示),第1梳齿部2a和第2梳齿部8c之间的水平方向的间隙被保持为一定。由此,不会使可动部36的刚性降低,与可动部6相比较,可使可动部36进一步轻量化。

在图 10 中，展示了第 2 梳齿部 8c 的剖面形状。第 2 梳齿部 8c 的高度，沿着从可动部 36 的内侧向外侧的方向变低。当通过 DRIE 形成第 1 梳型电极 2 和第 2 梳型电极 38 时，由于 DRIE 的宽度依存性，第 2 梳齿部 8c 的宽度越窄的地方，高度变得越低。在这样的形状的第 2 梳齿部 8c 中，相对于内周侧的高度 L1，外周侧的高度 L2 变低。由于通过这样的形状在第 2 梳齿部 8c 的外周侧的区域周边的空隙里出现了富余，因此即便在第 2 梳齿部 8c 由于可动部 36 的倾动而下降的情况下，也可防止第 2 梳齿部 8c 和弹性支撑部 3 的接触，可得到信赖性更高的微驱动器。

10 (实施形态 5)

参照图 11~图 17，说明本发明的微驱动器 100 的制造方法的实施形态。图 11~图 17 是示意性地展示本发明的微驱动器的制造方法的实施形态的剖视图。图 11~图 17 的 (a) 与沿着图 1 所示的 5A-5A 线的微驱动器 100 的剖面相对应，图 11~图 17 的 (b) 与沿着图 1 所示的 3A-3A 线的微驱动器 100 的剖面相对应。为了便于说明，在本实施形态中，使图中所示的第 1 以及第 2 梳齿部 2a 以及 8a 的个数少于图 1 所示的个数。第 1 以及第 2 梳齿部 2a 以及 8a 的个数是任意的。全部制造工序在比作为基台 1 所具备的驱动电路 (CMOS 电路等) 的一般的耐热温度的 450°C 低的温度下被实施。

20 首先，参照图 11 (a) 以及图 11 (b)。在基台 1 上形成第 1 导电层 301。第 1 导电层 301，采用溅射法、光刻法、蚀刻技术等而被形成为所希望的形状。第 1 导电层 301 的材料，例如是铝。第 1 导电层 301 的厚度，例如大约是 0.5~1.0 (μm)。再者，第 1 导电层 301 的材料，也可是聚硅，这时用 LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) 法形成第 1 导电层 301。第 1 导电层 301，是成为第 1 梳型电极 2 的基座部以及弹性支撑部 3 的支撑支柱 4 的部分。

30 其次，采用光刻法在基台 1 上形成第 1 替化层 201。第 1 替化层 201 的材料，例如，是感光胶以及感光性聚酰亚胺等感光性有机材料。最好第 1 替化层 201 的材料是能够得到高 (平面) 形状的高粘度类型的材料 (例如，MicroChem 社制的 SU-8 以及 SU-10 (都是商品名))。第 1 替化层

201, 在后述的制造工序中, 为了形成弹性支撑部 3 下部的空隙而设置。

其次, 参照图 12 (a) 以及图 12 (b)。采用低温溅射法, 在第 1 导电层 301 以及第 1 替化层 201 的上形成第 2 导电层 302。第 2 导电层 302 的材料, 和第 1 导电层 301 是相同的材料 (铝)。第 2 导电层 302 的厚度, 例如大约是 0.5~2.0 (μm)。第 2 导电层 302, 是成为第 1 梳型电极 2 的基座部、弹性支撑部 3 的支撑支柱 4 以及梁部的部分。

其次, 采用光刻法, 在基台 1 以及第 1 导电层 301 上形成第 2 替化层 202。第 2 替化层 202 的材料, 和第 1 替化层 201 的材料相同。第 2 替化层 202, 在后述的制造工序中, 为了形成加强筋 9 下部的空隙而设置。

其次, 参照图 13 (a) 以及图 13 (b)。在图 12 (a) 以及图 12 (b) 所示的构造物上形成第 3 替化层 203。第 3 替化层 203 的材料, 例如, 是感光胶以及感光性聚酰亚胺等感光性有机材料。最好第 3 替化层 203 的材料是能够得到高平面形状的高粘度类型的材料 (例如, MicroChem 社制的 SU-8 以及 SU-10 (都是商品名))。但是, 作为第 3 替化层 203 的材料, 采用和第 2 替化层 202 不同的材料, 防止在后述制造工序中除去第 3 替化层 203 的一部分时除去第 2 替化层 202 的情况。

其次, 将第 3 替化层 203 曝光以及显影, 从而形成贯通孔 501~503。贯通孔 501 被用于形成第 1 梳齿部 2a。贯通孔 502 被用于形成加强筋 9。贯通孔 503 被用于形成中央支柱 7。

其次, 参照图 14 (a) 以及图 14 (b)。在第 3 替化层 203 上形成第 3 导电层 303。第 3 导电层 303 被埋入贯通孔 501~503 中并形成突起形状。被埋入贯通孔 501 的第 3 导电层 303, 和第 2 导电层 302 被一体化而形成梳齿部 2a。被埋入贯通孔 502 的第 3 导电层 303, 形成加强筋 9。被埋入贯通孔 503 的第 3 导电层 303, 和第 2 导电层 302 被一体化而形成中央支柱 7。

第 3 导电层 303 的材料和第 2 导电层 302 是相同的材料 (铝), 第 3 导电层 303 通过低温溅射法被形成。溅射法条件, 选择为了在贯通孔 501~503 整体上埋入前述材料而能够在贯通孔 501~503 的侧面上用均匀的厚度成膜的条件。这样的条件, 例如在以下的专利中被公开。

K. A. Shaw et al., "SCREAM I: a single mask, single-crystal

silicon,reactive ion etching process for microelectromechanical structures”,Sensors & Actuators A,40,pp.63-70 (1994)

进而为了在贯通孔 501~503 整体中埋入前述材料，也可以采用准直法 (collimated sputtering) 和长贯穿法 (long through sputtering)，将从 Al 中间电极向基台 1 入射的溅射粒子的方向统一在垂直于基台 1 的方向。

其次，在第 3 导电层 303 上形成第 1 掩模层 401。第 1 掩模层 401 的材料，例如是氧化硅。第 1 掩模层 401，作为蚀刻第 3 导电层 303 之际的掩模被使用。也可以用湿蚀刻法蚀刻第 3 导电层 303，但在此用采用了氯系的气体的等离子蚀刻法蚀刻第 3 导电层 303。蚀刻条件，以第 3 导电层 303 和第 3 替化层 203 的选择比变大的方式设定，并抑制第 3 替化层 203 的蚀刻。

图 14 (a) 以及图 14 (b) 展示了蚀刻后剩下的第 3 导电层 303。由于在从贯通孔 501 的上部除去了第 1 掩模层 401 的状态下进行 Al 蚀刻，因此埋入贯通孔 501 内的第 3 导电层 303 的上部被除去。即，第 1 梳齿部 2a 的上端被蚀刻直到低于第 3 替化层 203 的上面的位置。剩下的第 1 梳齿部 2a 的高度，例如大约是 10~20 (μm)。由于当在贯通孔 502 以及 503 的上部剩下第 1 掩模层 401 的状态下进行 Al 蚀刻，因此贯通孔 502 以及 503 (图 13 (a) 以及图 13 (b)) 的上部的第 3 导电层 303 没有被除去而剩下了。

在 Al 蚀刻后，第 1 掩模层 401 被除去。

其次，参照图 15 (a) 以及图 15 (b)。在图 14 (a) 以及图 14 (b) 所示的构造物上形成第 2 掩模层 402。第 2 掩模层 402，为了作为蚀刻第 3 替化层 203 之际的掩模使用，和为了在后述的制造工序中形成第 1 梳齿部 2a 上部的空隙而被设置。第 2 掩模层 402 的材料，例如是氧化硅，但也可以是 BCB (Benzo Cyclo Butene)、PAE (Poly Arylene Ether)、Aromatic hydrocarbon、Parylene、PTFE (Poly Tetra Fluoro Ethylene) 等有机材料。

第 2 掩模层 402，被埋入贯通孔 501 内的第 3 导电层 303 上的空隙。在后述的制造工序中通过除去该被埋入的第 2 掩模层 402，形成第 1 梳齿部 2a 上部的空隙。

其次，涂布感光胶 (图未示)，曝光以及显影，然后从成为加强筋以

及支撑支柱4的第3导电层303上部(即贯通孔502以及503上部)以外的区域除去该感光胶。剩下的感光胶作为掩模层(图未示)使用。在该状态下,用规定时间蚀刻第2掩模层402。由于位于第1梳齿部2a上的第2掩模层402的厚度较厚,因此这些部分的第2掩模层402以规定的厚度(例如大约2.0~10(μm))残留。将除去被这些部分以及感光胶(图未示)覆盖的部分的第2掩模层402的其他的部分除去。

接着,进行第3替化层203的蚀刻。在第2掩模层402为氧化硅的情况下,优选为利用了氧等离子体的干蚀刻。在第2掩模层402为与第3替化层203的材料不同的有机材料的情况下,可以是利用了有机溶剂等的湿蚀刻。不受第2掩模层402所包含的第3替化层203,其上部被除去,而下部残留。残留的第3替化层203下部的厚度约为2.0~10(μm)。

接着,参照图16(a)及图16(b)。在图15(a)及图15(b)所示的构造物上大体均匀地形成第4替化层204。第4替化层204的材料为感光胶或感光性聚酰亚胺。为了以均匀的厚度形成第4替化层204,优选使用脉冲喷涂法(注册商标,诺信(Nordson)公司)、或蒸镀聚合法。第4替化层204的厚度例如为约0.5~1.0(μm)。

将第4替化层204曝光以及显影,从成为加强筋9及支撑支柱4的第3导电层303上部(即贯通孔502及503上部)的区域除去第4替化层204。继而,从这些相同区域通过蚀刻除去第2掩模层402,露出第3导电层303。

接着,在第4替化层204及露出的第3导电303之上利用低温溅射形成第4导电层304。第4导电层304的材料为与第3导电层303相同的材料(铝)。第4导电层304是成为可动部6的部分。

通过CMP(化学机械研磨)处理使第4导电层304平滑化。第4导电层304上面具有作为可动部6的光反射面6a的功能。接着,利用光刻法将在可动部6外周部的加强筋9的周围(即,相互邻近的微驱动器100间的区域)堆积的层除去。各个可动部6的水平方向的长度例如约为100~200(μm)。

接着,进行可动部6(第4导电层304)的释放。释放以2步骤的工序实施。首先通过氧等离子体蚀刻,除去第1~第4替化层201~204。因为第3替化层203的厚度较厚,所以容易确保腐蚀剂的流路。因此,即便在

微驱动器 100 的外形面积成为大到 $1600 \mu m^2$ 或其以上的面积的情况下，也不会在上部形成蚀刻用的孔，能够除去这些替化层。接着，利用氟化氢气体除去第 2 掩模层 402。由此，就如图 17 (a) 及图 17 (b) 所示的那样，就完成了可动部 6 的释放，形成了微处理器 100。

5 加强筋 9 成为在贯通孔内沿着垂直方向成膜而成的薄膜的三明治构造，所以残余应力很小，通过使光反射面 6a 的平面度非常高。因为能够使可动部 6 的梳齿部 8a 的高度和加强筋 9 的高度相互不同，所以能够根据静电的或刚性的要求以适当的高度将它们分别形成。

10 第 1 梳齿部 2a，与第 1 梳齿部 2 的基座部沿着垂直的方向以最短的距离连接，可动部 6 的梳齿部 8a 与可动部的下面沿着垂直的方向以最短的距离连接。因此，梳齿部本身不易变形，即使梳齿部彼此间的间隔变窄，也能够防止因梳齿部的不必要的变形引起的拉入。

15 另外，通过将第 3 及第 4 替化层 203 及 204、以及第 2 掩模层 402 的厚度设定成所期望的厚度，能够将梳齿部彼此之间的水平方向的间隙和垂直方向的间隙设定成所期望的长度，因此，能够使通过减小水平方向的间隙而实现的静电力的增大、和通过增大垂直方向的间隙而实现的可动部的可动行程的扩大两者兼而有之。

20 另外，虽然在前述实施方式中可动部的形状为正六边形，但可动部的形状不限于此。例如，可动部的形状也可以是矩形（正方形等）。即便是纵横比不为 1:1 的纵长方形的可动部，也可以获得前述的效果。

25 本发明的微驱动器，可以较好地使用在进行像差修正、光扫描、分光等的光器件以及光盘装置的领域。另外，即便在可谐调电容器等高频电路、可变流路等的流体控制装置、生物科技等领域中也可以很好地应用。另外，本发明的微驱动器，作为高速地改变光的方向的驱动器很有效果，特别是作为光反射面要求高精度的平面度的像差修正微反射镜阵列用的微反射镜设备可以很好的使用。

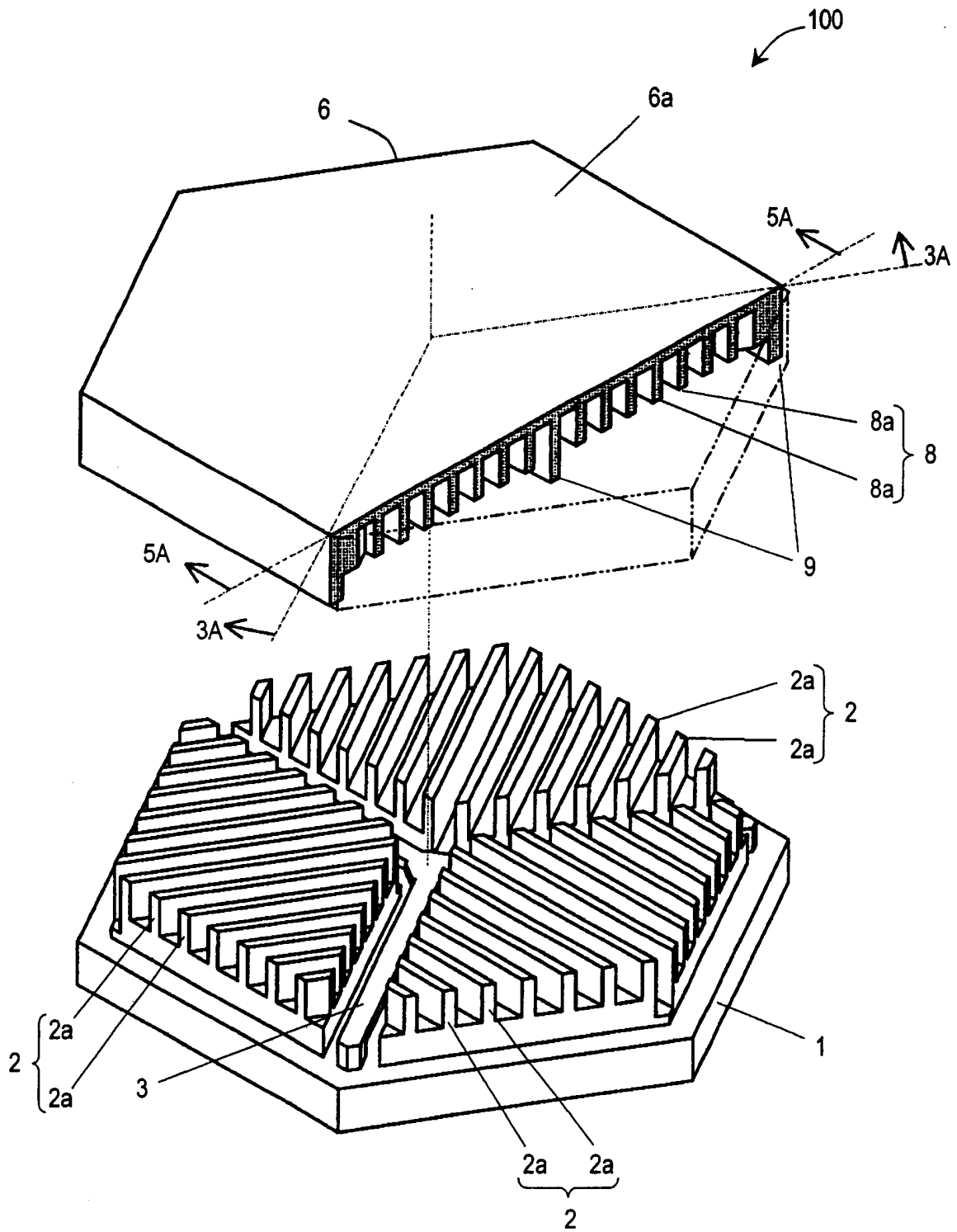


图 1

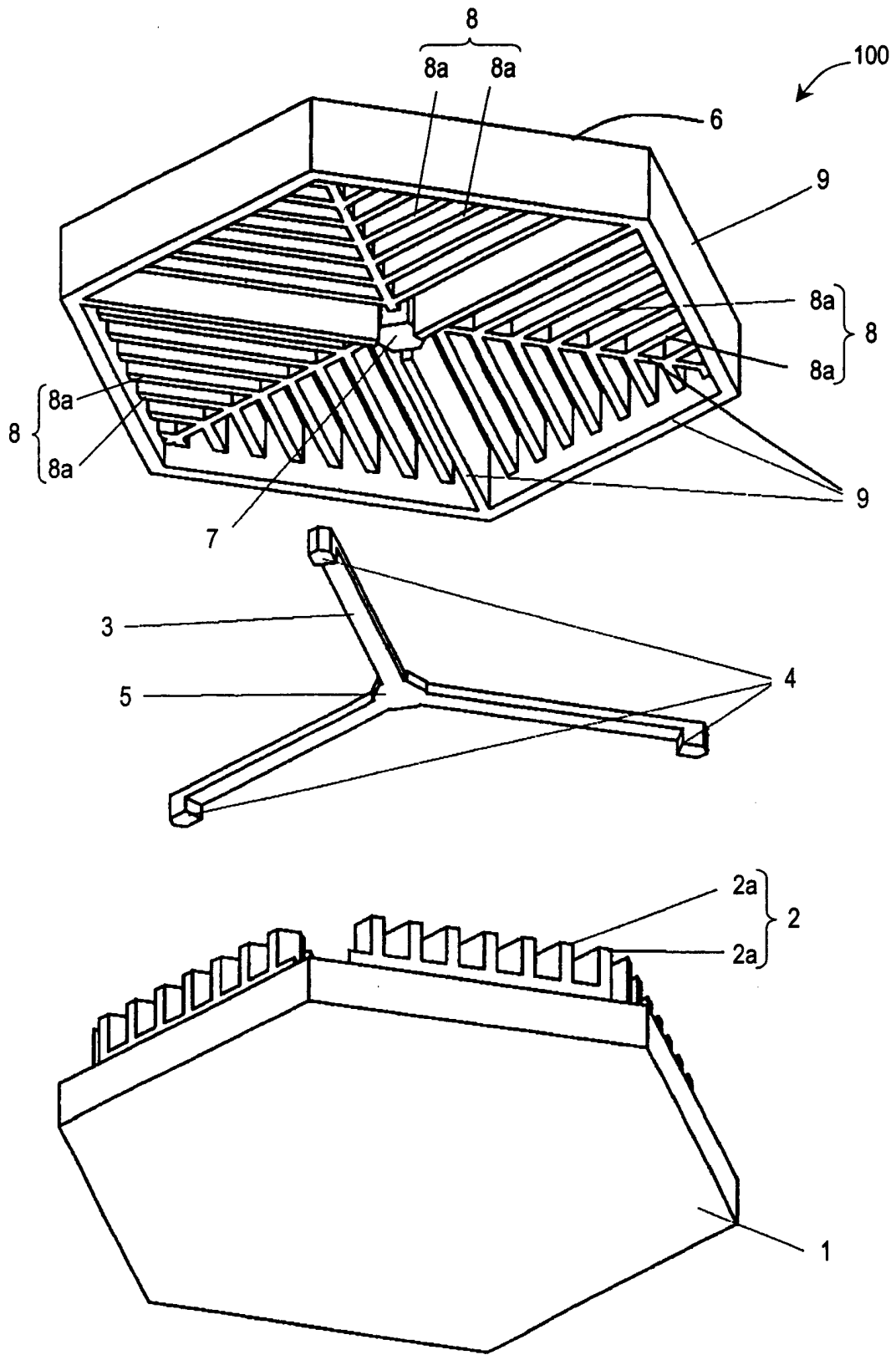


图 2

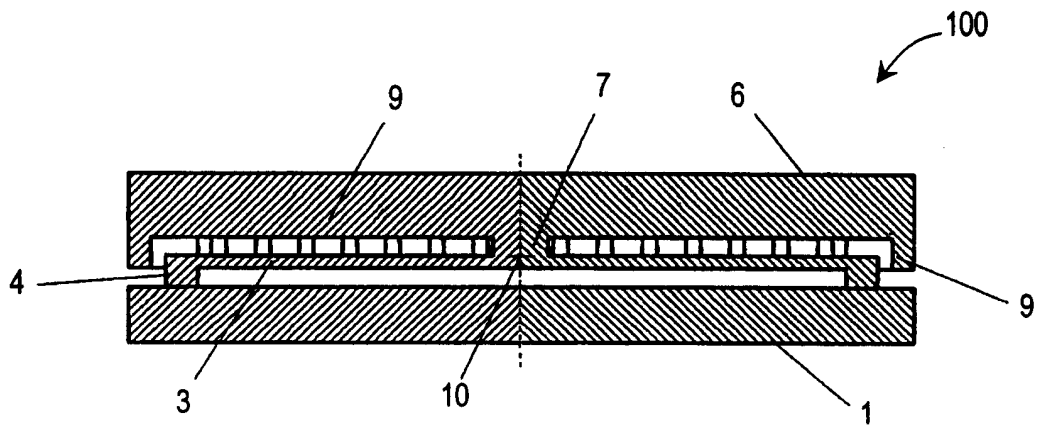


图 3

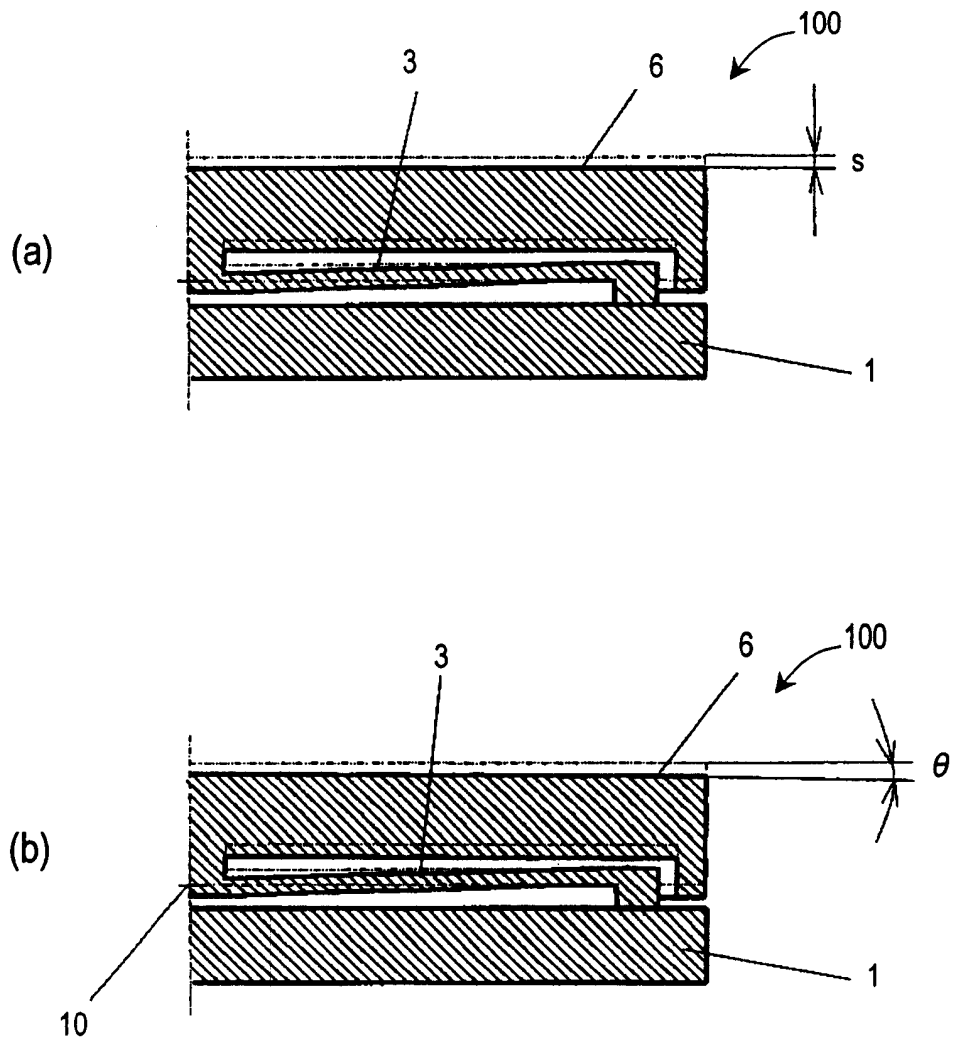


图 4

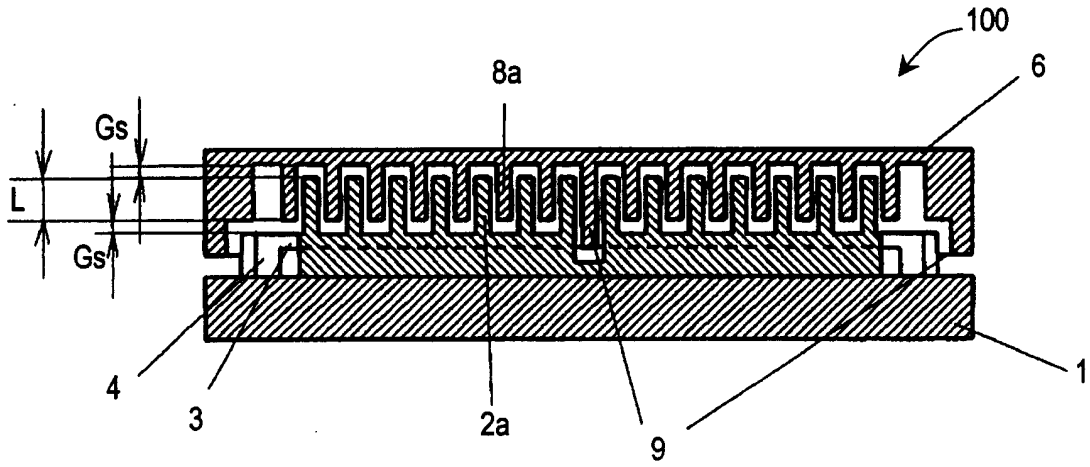


图 5

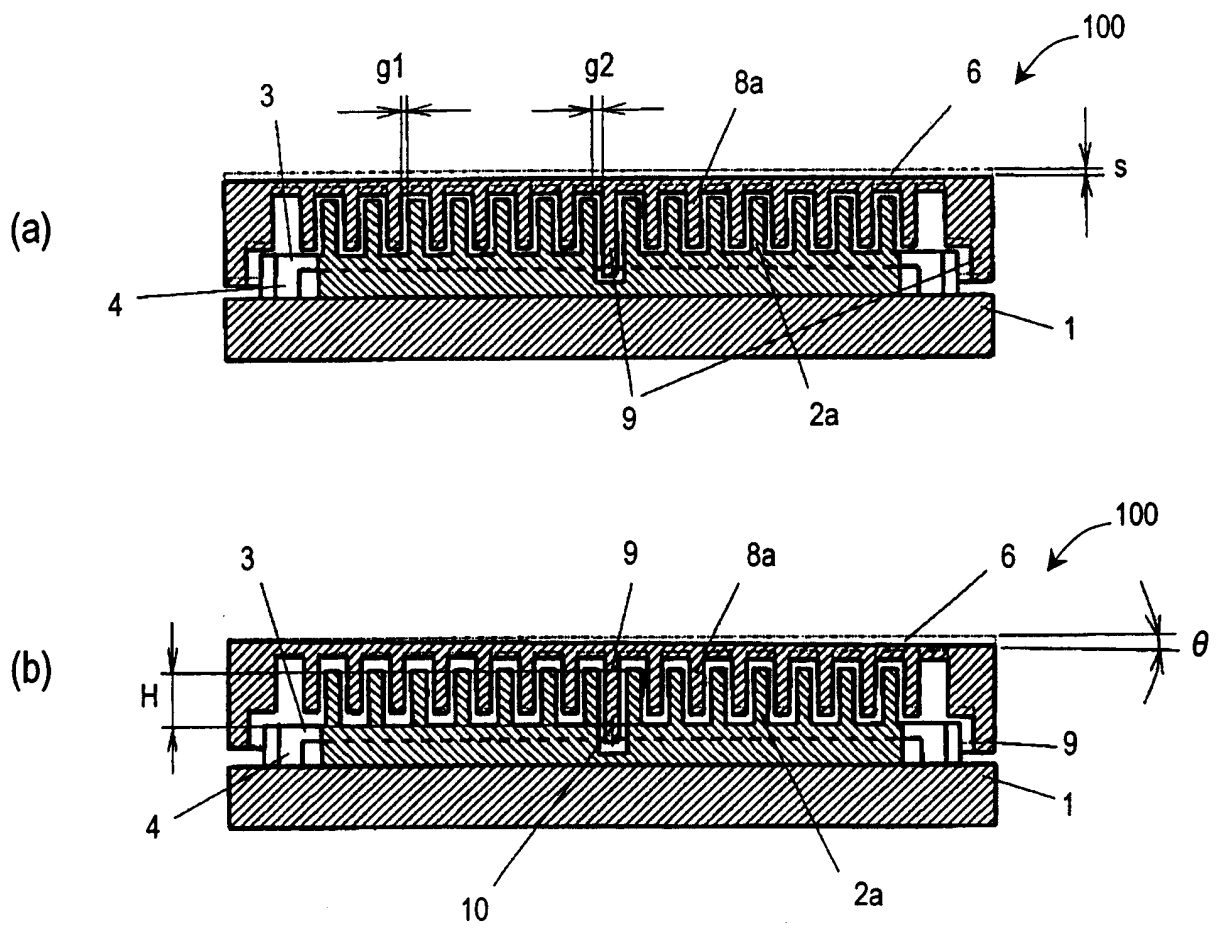


图 6

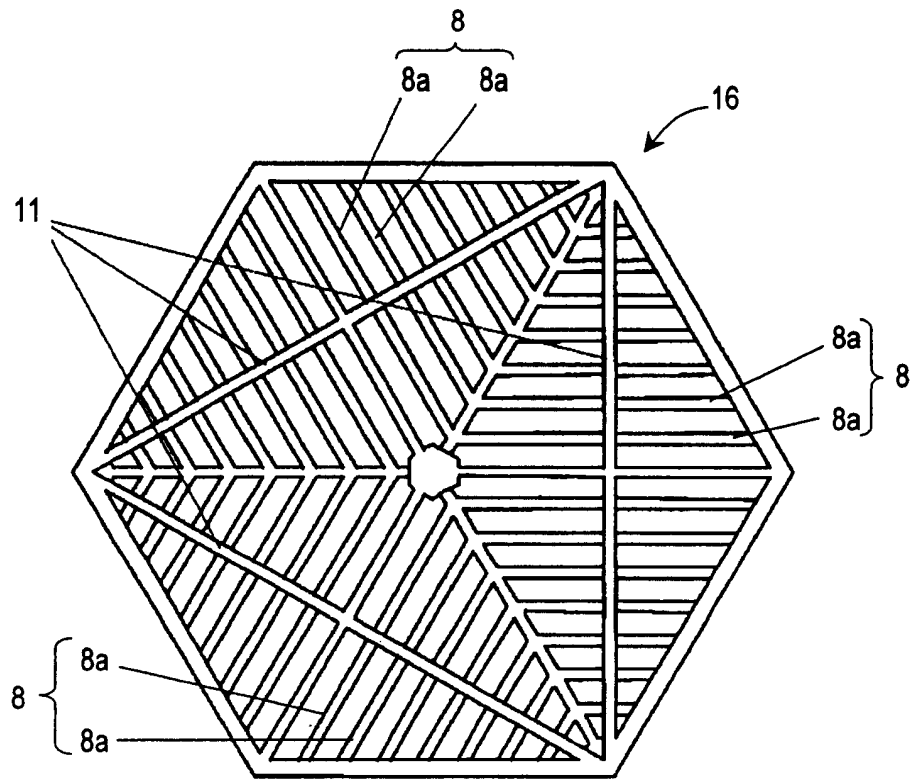


图 7

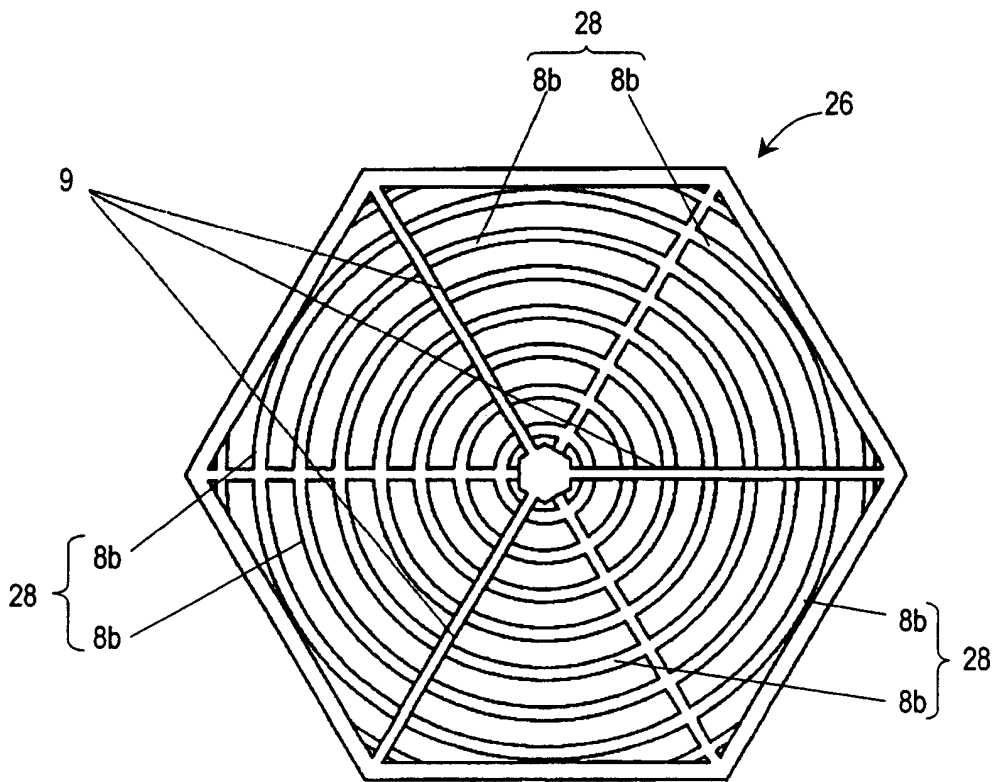


图 8

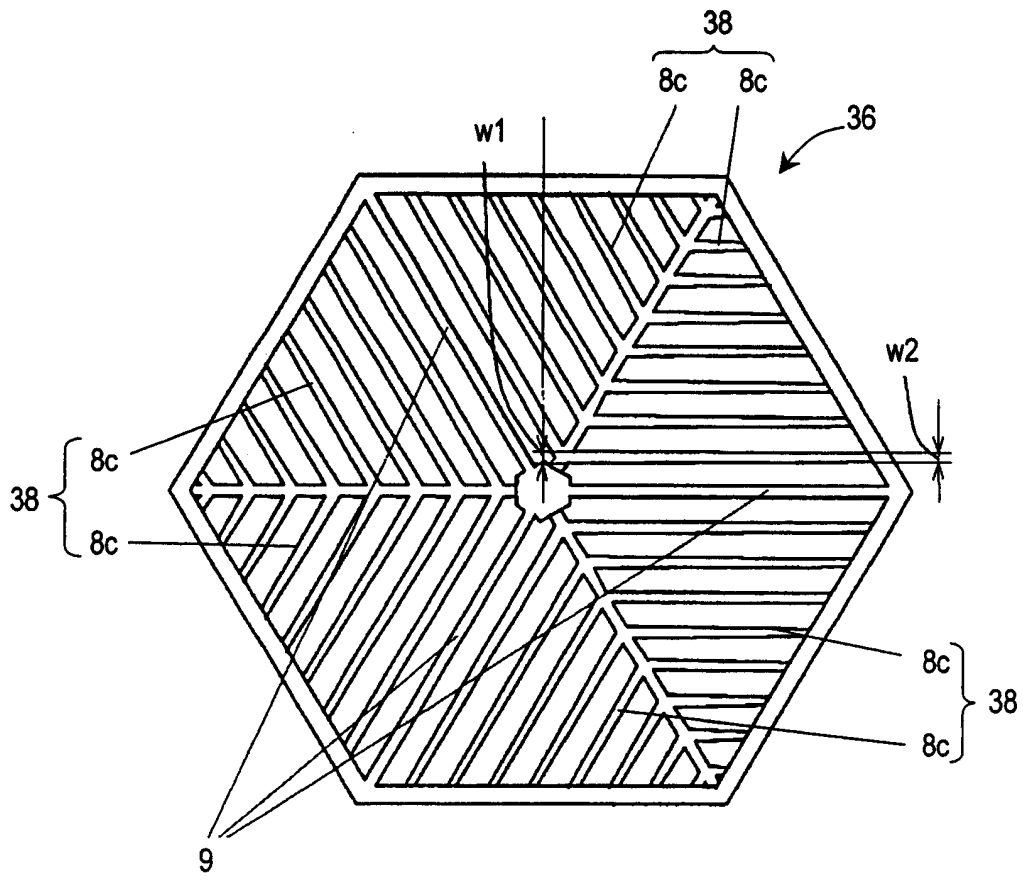


图 9

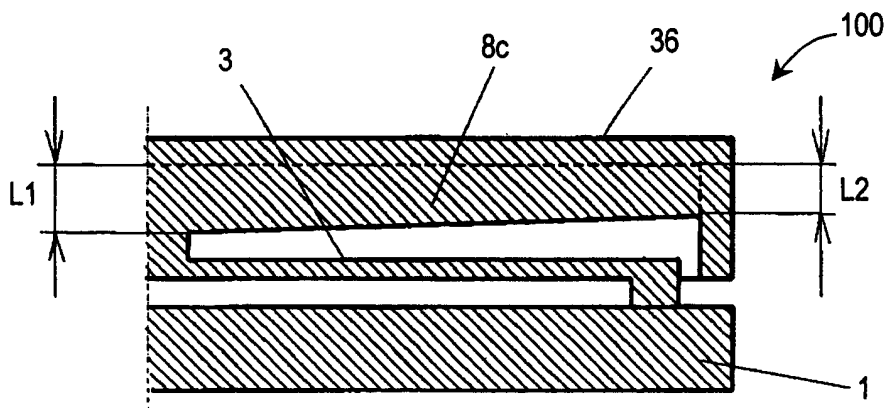


图 10

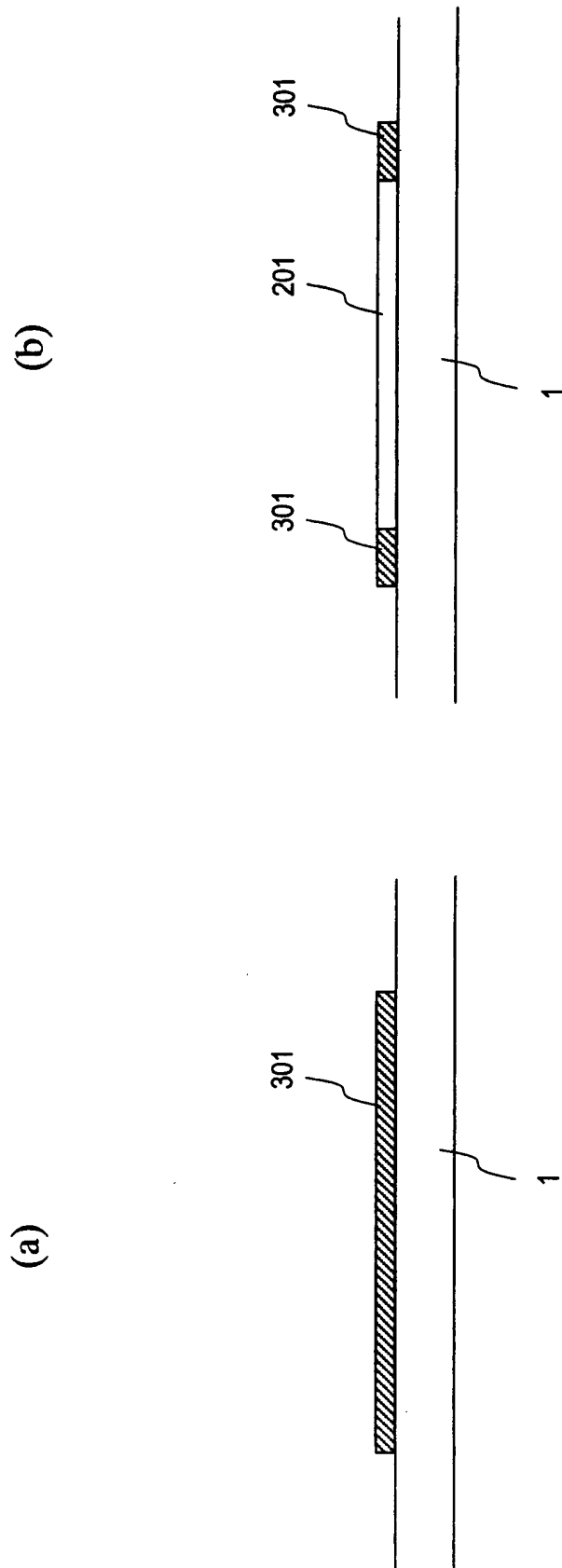


图 11

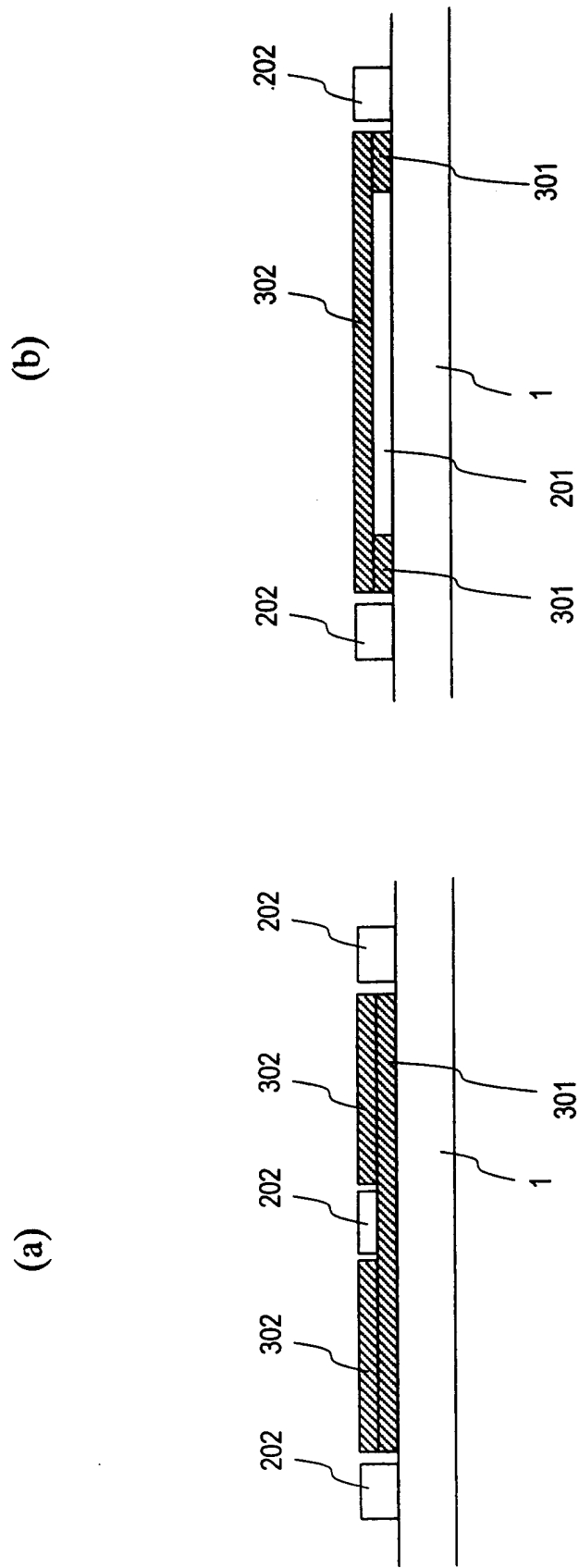


图 12

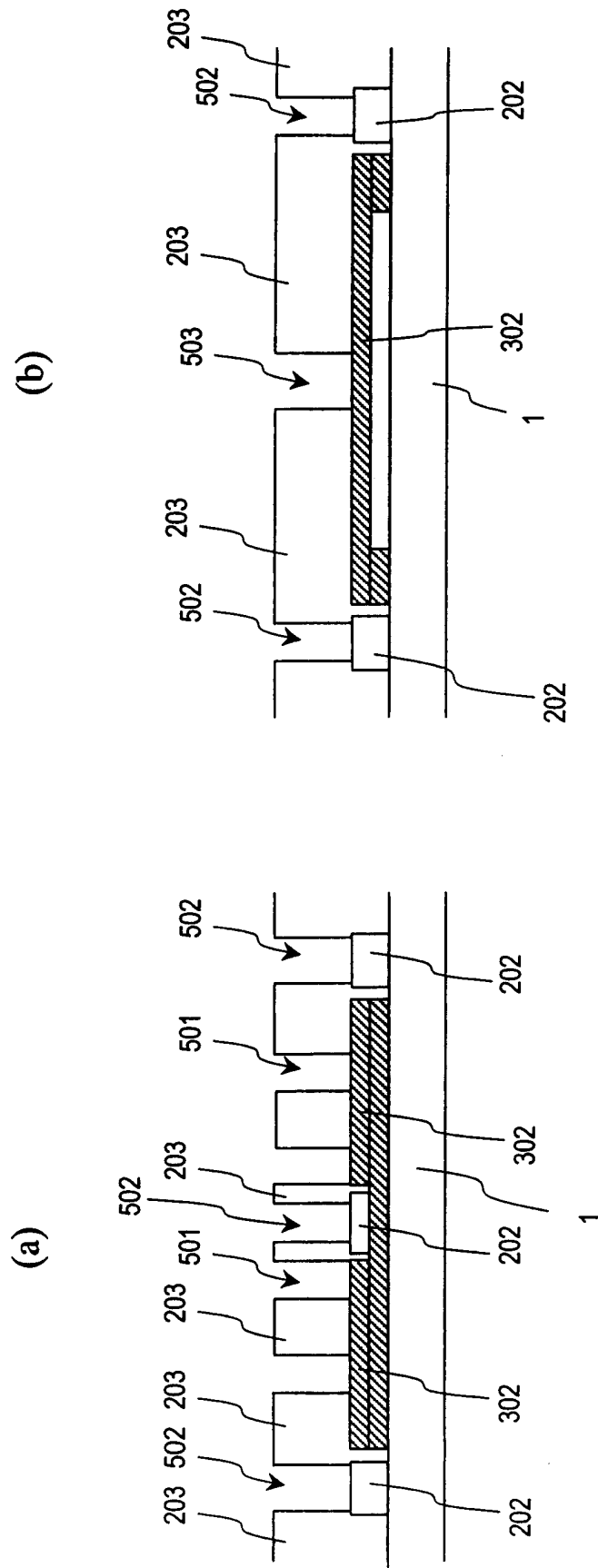


图 13

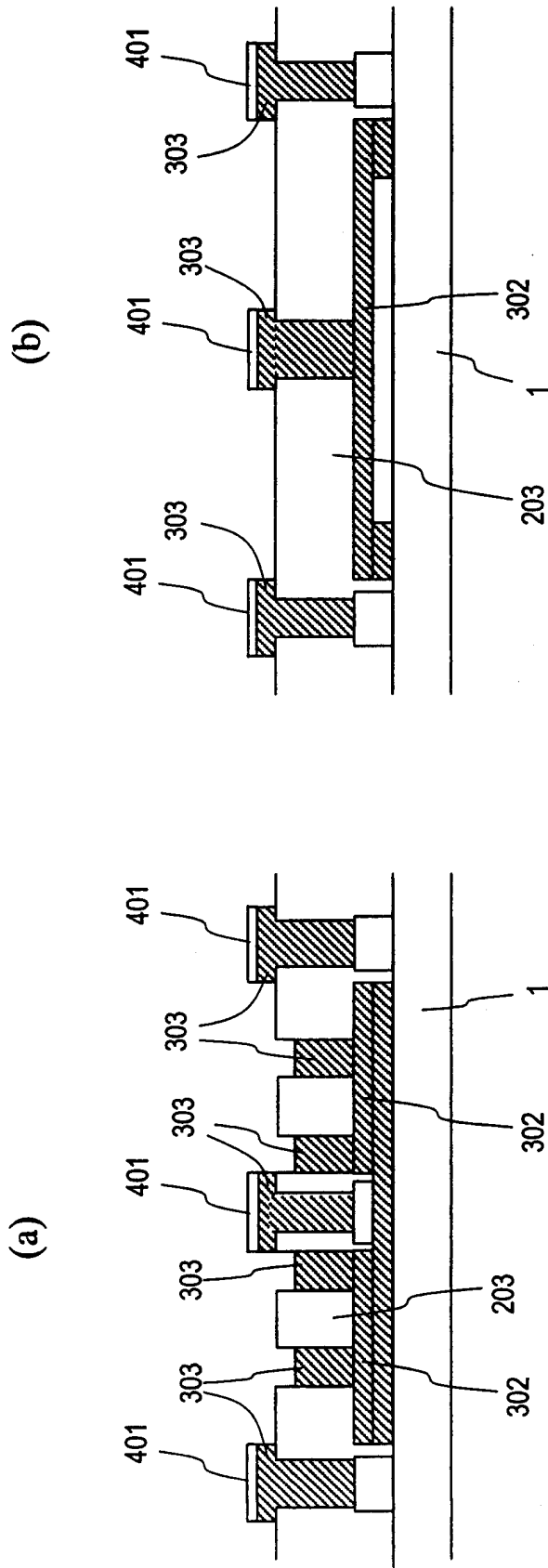


图 14

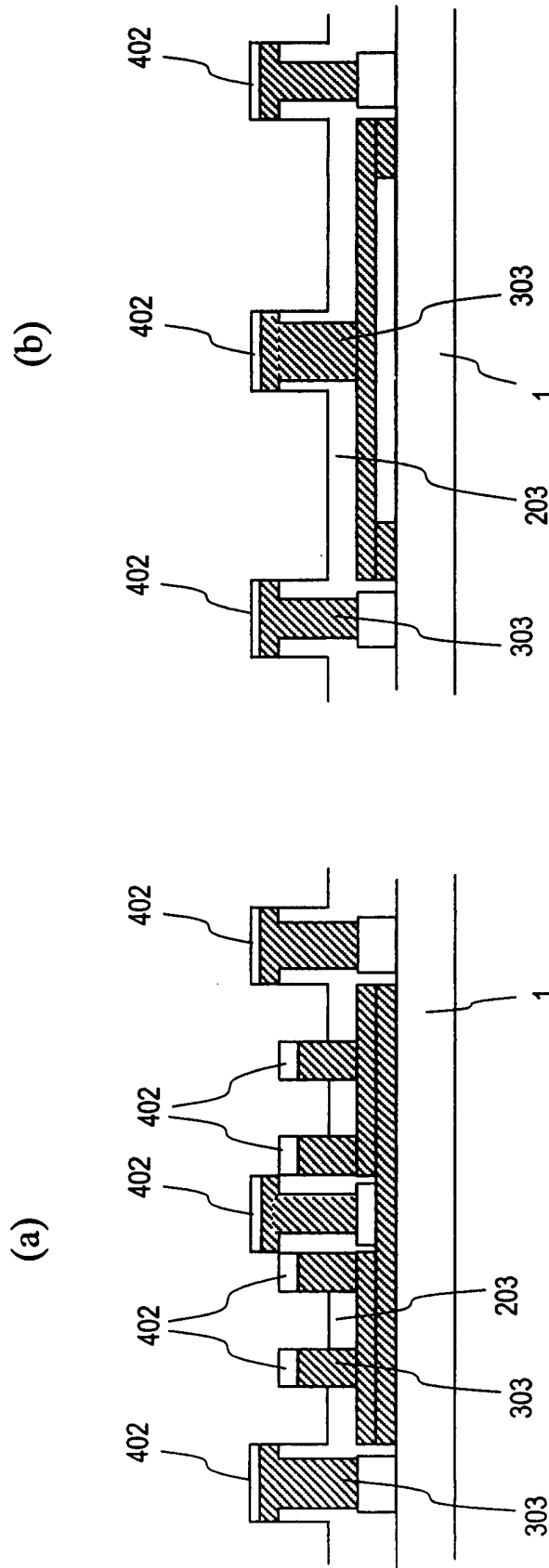


图 15

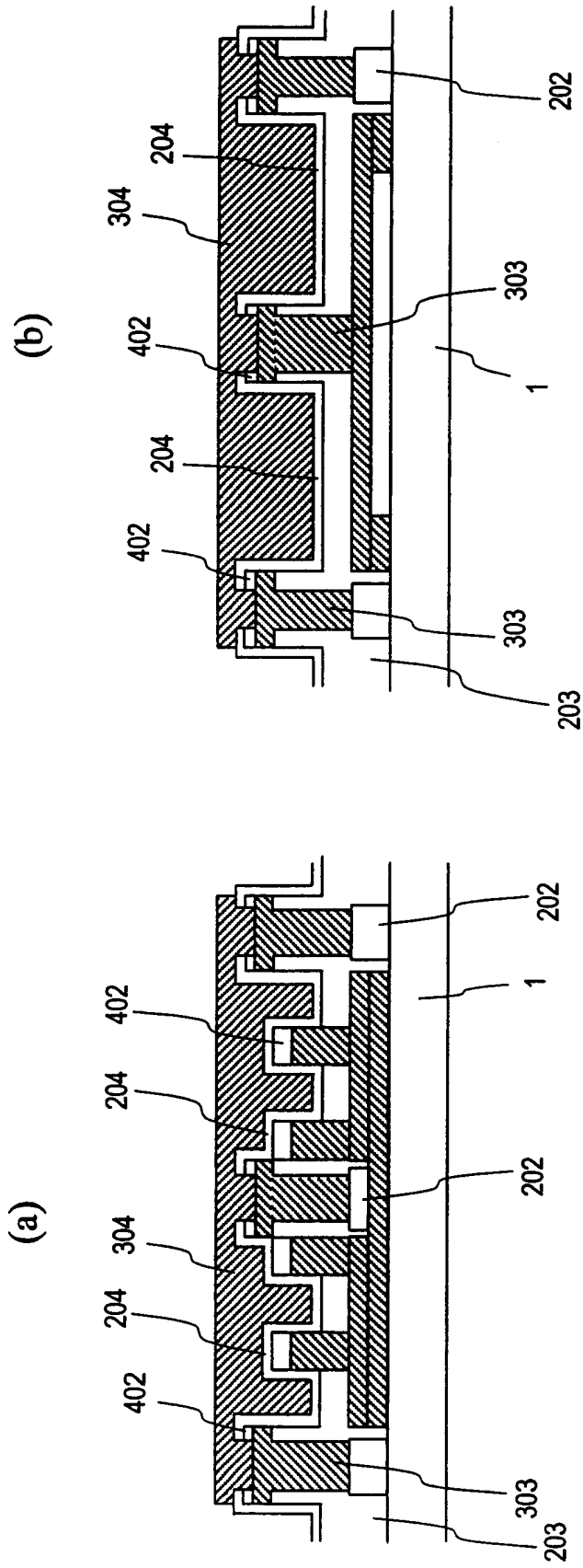


图 16

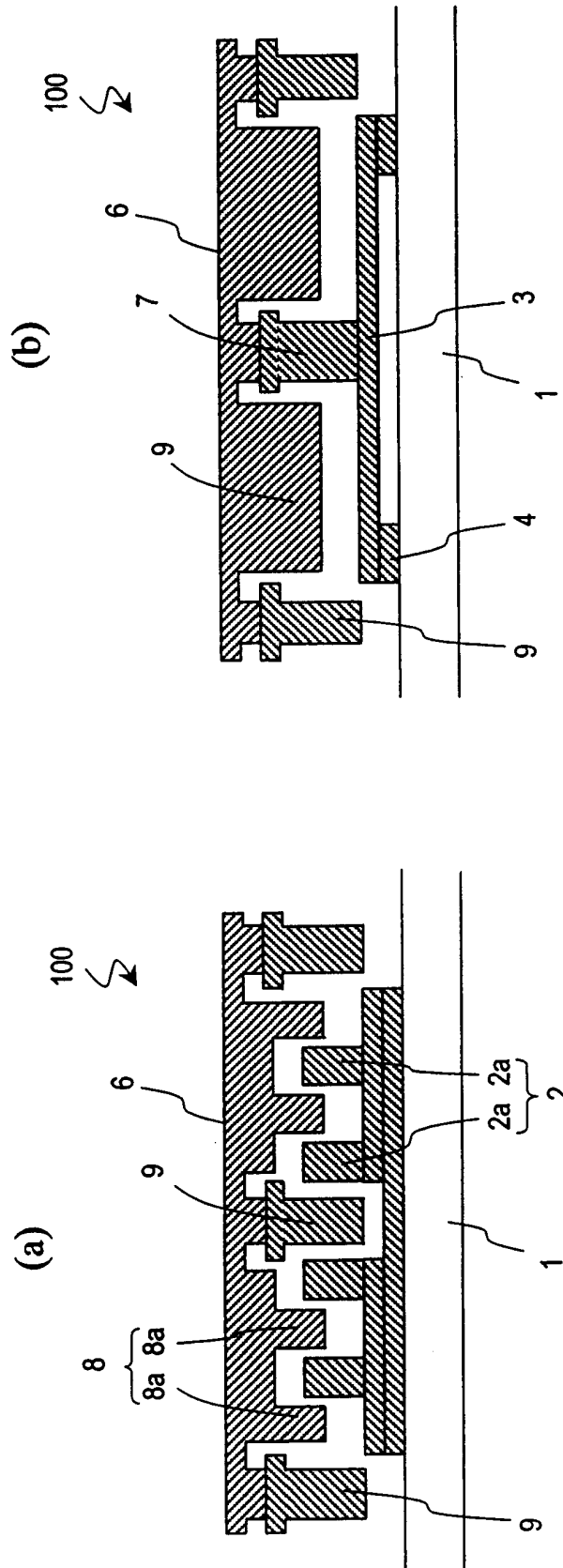


图 17