



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610087676.4

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100576015C

[22] 申请日 2006.5.31

[21] 申请号 200610087676.4

[30] 优先权

[32] 2005.5.31 [33] JP [31] 2005-160530

[73] 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

共同专利权人 国立大学法人东京大学

[72] 发明人 与田光宏 谱本圭史 年吉洋

[56] 参考文献

US6781279B2 2004.8.24

JP2004-219839A 2004.8.5

CN1439906A 2003.9.3

CN1417615A 2003.5.14

CN1490240A 2004.4.21

审查员 张瑜

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 王玮

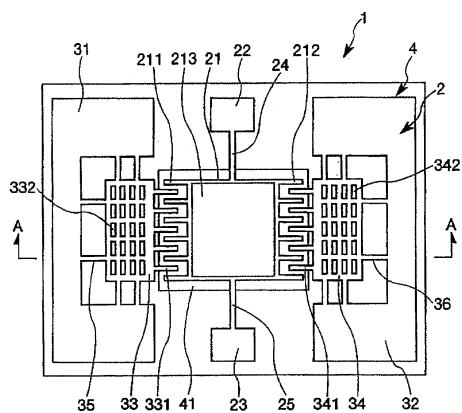
权利要求书 3 页 说明书 25 页 附图 7 页

[54] 发明名称

致动器及其制造方法

[57] 摘要

本发明提供一种可以在降低的电压下驱动并且容易制造的致动器及其制造方法。致动器包括：通过隔离器固定到支撑衬底 4 上的第二支撑部分 31 和 32；在隔离器没有干涉的条件下固定到支撑衬底 4 上的固定部分 33 和 34；固定式梳状电极 331 和 341，其是与固定部分 33 和 34 整体形成的或与其连接的，并且以彼此间隔开的关系与活动式梳状电极 211 和 212 咬合；和用于将固定部分 33 和 34 连接到第二支撑部分 31 和 32 上的桥接部分 35 和 36。固定部分 33 和 34 以它们相对于第二支撑部分 31 和 32 向支撑衬底 4 偏转、同时使桥接部分 35 和 36 弯曲的状态被固定于支撑衬底 4 上，由此初始偏移固定式梳状电极 331 和 341，以使其在支撑衬底 4 的厚度方向上与活动式梳状电极 211 和 212 不成直线。



1. 一种致动器，其包含：

支撑衬底；

隔离器，其设置在支撑衬底上；

第一支撑部分，每个第一支撑部分通过隔离器被固定在支撑衬底上；

主体部分，其具有活动式梳状电极和旋转轴，并且相对于第一支撑部分是可旋转的；

弹性连接部分，分别用于以主体部分能够相对于第一支撑部分旋转的方式使主体部分和第一支撑部分互连；

至少一个第二支撑部分，其通过隔离器被固定在支撑衬底上；

至少一个固定部分，其在隔离器没有干涉的条件下直接固定于支撑衬底上，使得固定部分在厚度方向上但是在比主体部分和第二支撑部分的位置低的位置上平行于主体部分和第二支撑部分，并且固定部分被安置在主体部分和第二支撑部分之间；

固定式梳状电极，其是与固定部分作为一个整体形成的或是连接到固定部分，并且以彼此间隔开的关系与活动式梳状电极啮合，其中在固定式梳状电极的厚度方向上，在没有在固定式梳状电极和活动式梳状电极之间施加交流电压的状态下，至少部分固定式梳状电极与部分活动式梳状电极重叠；和

桥接部分，用于直接或间接地连接固定部分到第二支撑部分，

其中固定部分以固定部分相对于第二支撑部分向支撑衬底偏转、同时使桥接部分弯曲的状态被固定于支撑衬底，由此初始偏移固定式梳状电极，以使其在支撑衬底的厚度方向上与活动式梳状电极不成一直线，

其中通过向活动式梳状电极和固定式梳状电极施加交流电压而使主体部分旋转。

2. 如权利要求 1 所述的致动器，其中第一支撑部分、主体部分、弹性连接部分、第二支撑部分、固定部分、固定式梳状电极和桥接部分是通过对设置在支撑衬底上的一层形成图案而形成的。

3. 如权利要求 1 所述的致动器，其中活动式梳状电极是相对于主体部分绕其旋转的旋转轴而在主体部分的相反两侧处以一对的形式被设置的。

4. 如权利要求 1 所述的致动器，其中主体部分是具有主表面的板状，并且具有设置在主体部分的主表面上的反光部分。

5. 如权利要求 3 所述的致动器，其中固定式梳状电极是以与主体部分的活动式梳状电极对相对应的关系至少以一对的形式设置的，并且固定式梳状电极对的至少一个是相对于第二支撑部分向支撑衬底而被初始偏移的。

6. 如权利要求 1 所述的致动器，其中支撑衬底具有主表面，并且初始偏移固定式梳状电极，以使其相对于支撑衬底的主表面倾斜。

7. 如权利要求 6 所述的致动器，其中固定式梳状电极通过连接构件被连接到固定部分，并且桥接部分将固定式梳状电极连接到第二支撑部分，其中初始偏移是通过将固定式梳状电极绕桥接部分与固定式梳状电极的连接点旋转而产生的。

8. 如权利要求 1 所述的致动器，其中每个固定部分为板状，并且具有多个沿其厚度方向形成的狭缝。

9. 一种制造如权利要求 1 所述的致动器的方法，该方法包括：制备包括第一层、第二层和第三层的衬底的第一步骤，其中所述第一层、第二层和第三层是以所述的次序以一层在另一层之上而被沉

积的；

将第一层形成图案以成为对应于第一支撑部分、主体部分、弹性连接部分、第二支撑部分、固定部分、固定式梳状电极和桥接部分的形状的第二步骤；

穿过第三层形成开口的中间步骤；

将第二层形成图案以成为对应于隔离器的形状的第三步骤； 和将第一层对应于固定部分的部分固定于第三层上的第四步骤。

10. 如权利要求 9 所述的方法，该方法还包括在第四步骤之前用清洗流体清洗衬底的步骤，其中通过干燥和去除在第一层对应于固定部分的部分和第三层之间存在的清洗流体，而使第一层对应于固定部分的部分在第四步骤与第三层接触并且固定于其上。

致动器及其制造方法

技术领域

本发明涉及致动器及其制造方法。

相关申请的交叉引用

本申请要求于2005年5月31日提交的日本专利申请No. 2005-160530的优先权，该专利申请通过引用其全部内容而因此明确地结合在此。

背景技术

例如，已知多角镜(旋转多面体)是例如设置在激光打印机中的致动器。在这种打印机中，为了达到更高的分辨率和更高的打印输出以及更高速的打印，必须以更高的速度旋转多角镜。目前，将空气轴承用来在高速下具有稳定性地旋转多角镜。但是，使用空气轴承的方法包括的问题在于，难以在比目前可能的速度高得多的速度下旋转多角镜。此外，尽管需要更大的电动机以在更高的速度下旋转多角镜，但使用这种更大的电动机产生的一个问题在于难以使其中使用多角镜的装置的尺寸小型化。此外，使用这种多角镜产生的另一个问题在于必须使用装置的结构变得复杂，从而导致制造成本增加。

考虑到这些问题，已经提出了相对简单结构的致动器，其采用扭转振动器(例如，参见JP-A No. 2004-13099)。在此参考文献中公开的致动器包括固定式梳状电极和活动式梳状电极，它们两个是以彼此间隔开的关系彼此啮合的。在这种类型的致动器中，向固定式梳状电极和活动式梳状电极之间施加交流电压，从而产生静电吸引力，以旋转活动式电极。在上面所涉及的致动器中，使用在两层硅层之间夹有SiO₂层的SOI衬底。活动式梳状电极是在SOI衬底的一层硅层上形成图案的，而固定式梳状电极是在SOI衬底的另一层硅层上形成图案的。因此，固定式梳状电极和活动式梳

状电极保持在 SOI 衬底的厚度方向上彼此不成一直线。这可以使致动器以更加容易的方式开始其操作。

但是，根据上述的致动器，必须在形成固定式梳状电极和活动式梳状电极时，通过使用光刻胶，然后蚀刻两层硅层，而在 SOI 衬底相反的两个表面上形成掩模。为此，固定式梳状电极和活动式梳状电极之间的间隙根据在 SOI 衬底相反的两个表面上形成的掩模的对准精度而变化，从而使得难以设置具有提高的精密度的间隙。结果，固定式梳状电极和活动式梳状电极之间的间隙变得更大，这导致的问题在于需要增大的驱动电压。

发明内容

考虑到上述问题，本发明的一个目的在于本发明提供一种可以在降低的驱动电压下驱动并且容易制造的致动器及其制造方法。

为了达到上述目的，本发明的一个方面涉及一种致动器，其包含：

支撑衬底；

隔离器，其设置在支撑衬底上；

第一支撑部分，每一个通过隔离器被固定在支撑衬底上；

主体部分，其具有活动式梳状电极并且相对于第一支撑部分旋转；

弹性连接部分，用于以主体部分相对于第一支撑部分是可以旋转的方式使主体部分与第一支撑部分分别互连；

至少一个第二支撑部分，其通过隔离器被固定在支撑衬底上；

至少一个固定部分，其在隔离器没有干涉的条件下固定于支撑衬底上；

固定式梳状电极，其是与固定部分作为一个整体形成的或是连接到固定部分，并且以彼此间隔开的方式与活动式梳状电极啮合；和

桥接部分，用于直接或间接地连接固定部分到第二支撑部分，

其中固定部分以固定部分相对于第二支撑部分向支撑衬底偏转、同时使桥接部分弯曲的状态被固定于支撑衬底，由此初始偏移固定式梳状电极，以使其在支撑衬底的厚度方向上与活动式梳状电极不成一直线，

其中通过向活动式梳状电极和固定式梳状电极施加交流电压而使主体部分旋转。

在此致动器中，由于初始偏移固定式梳状电极，以使其在支撑衬底的厚度方向上与活动式梳状电极不成一直线的事实，可以使致动器平稳地开始其操作。此外，由于在制造致动器的方法中，通过使用相同的掩模，可以同时在同一层上将固定式梳状电极和活动式梳状电极形成图案的事实，不仅可以相当精确地形成固定式梳状电极和活动式梳状电极之间的间隙，而且可以简化制造致动器的方法。这有助于减小间隙的尺寸，从而使致动器可以在更低的驱动电压下操作。另外，在对固定式梳状电极和活动式梳状电极进行形成图案过程之后，可以仅仅通过将固定部分固定于支撑衬底上而实现初始偏移。这也有助于简化制造致动器的方法。

特别是，根据该致动器，上述的初始偏移是通过偏转固定式梳状电极而产生的，这表明可以在没有增大构成振动系统的构件的尺寸的情况下达到上述的有益效果。而且，由于上述的初始偏移是通过偏转固定式梳状电极而产生的事实，可以依照生产商的需要选择构成振动系统的构件的形状和尺寸，从而允许致动器显示所需要的特性以及实现上述的有益效果。

在根据本发明的致动器中，优选的是第一支撑部分、主体部分、弹性连接部分、第二支撑部分、固定部分、固定式梳状电极和桥接部分是通过对设置在支撑衬底上的一层形成图案而形成的。

这使得可以以更简单的方式制造致动器。

此外，在根据本发明的致动器中，优选的是活动式梳状电极是相对于主体部分绕其旋转的旋转轴而在主体部分的相反两侧处以一对的形式设置的。

这确保致动器平稳地开始其操作并且继续以无故障方式驱动。

此外，在根据本发明的致动器中，优选的是主体部分是具有主表面的板状，并且具有设置在主体部分的主表面上的反光部分。

这允许本发明的致动器得到其在光学器件如光学扫描器、光学衰减器、光学开关等中的应用。

此外，在根据本发明的致动器中，还优选的是固定式梳状电极是与主体部分的活动式梳状电极对相对应的关系至少以一对的形式设置的，并且固定式梳状电极对的至少一个是相对于第二支撑部分向支撑衬底而被初始偏移的。

这确保致动器平稳地开始其操作并且致动器以无故障方式驱动。

在上述的致动器中，优选的是固定式梳状电极对的一个是相对于第二支撑部分向支撑衬底被初始偏移的。

这也确保致动器更加平稳地开始其操作并且致动器以无故障方式驱动。

此外，在上述的致动器中，还优选的是固定式梳状电极对的另一个是相对于第二支撑部分远离支撑衬底而被初始偏移的。

这也确保致动器还更加平稳地开始其操作并且致动器以再更无故障方式驱动。

而且，在根据本发明的致动器中，还优选的是支撑衬底具有主表面，并且初始偏移固定式梳状电极，以使其相对于支撑衬底的主表面倾斜。

这也确保致动器更加平稳地开始其操作并且致动器以无故障方式驱动。

而且，在根据本发明的致动器中，还优选的是固定式梳状电极通过连接构件被连接到固定部分，并且桥接部分将固定式梳状电极连接到第二支撑部分，其中初始偏移是通过固定式梳状电极关于桥接部分与固定式梳状电极的连接点旋转而产生的。

这使得可以以相对简单的方式相对支撑衬底的主表面倾斜固定式梳状电极。

而且，在根据本发明的致动器中，还优选的是每个固定部分为板状，并且具有多个沿其厚度方向形成的狭缝。

这使得可以在制造致动器时容易地将固定部分固定于支撑衬底上。

本发明的另一方面涉及一种致动器，其包含：

支撑衬底；

隔离器，其设置在支撑衬底上；

第一支撑部分，每个第一支撑部分通过隔离器被固定在支撑衬底上；

第一主体部分，其相对于第一支撑部分是可旋转的，每个第一主体部分具有可移动的电极；

第二主体部分，其相对于第一主体部分是可旋转的；

第一弹性连接部分，用于以第一主体部分相对于第一支撑部分是可以

旋转的方式分别使第一支撑部分和第一主体部分互连；

第二弹性连接部分，用于以第二主体部分相对于第一主体部分是可以旋转的方式使第一主体部分和第二主体部分互连；

至少一个第二支撑部分，其通过隔离器被固定在支撑衬底上；

固定部分，其在隔离器没有干涉的条件下固定于支撑衬底上；

固定式梳状电极，其是与固定部分作为一个整体形成的或是分别连接到固定部分，并且以彼此间隔开的关系与相应的活动式梳状电极啮合；和

桥接部分，用于直接或间接地连接固定部分到第二支撑部分，

其中固定部分以固定部分相对于第二支撑部分向支撑衬底偏转、同时使桥接部分弯曲的状态被固定于支撑衬底，由此初始偏移固定式梳状电极，以使其在支撑衬底的厚度方向上与活动式梳状电极不成直线，

其中通过将交流电压施加至活动式梳状电极和固定式梳状电极之间而使第一主体部分旋转，并且第二主体部分响应第一主体部分的旋转而旋转。

在此致动器中，由于初始偏移固定式梳状电极，以使其在支撑衬底的厚度方向上与活动式梳状电极不成直线的事实，可以使致动器平稳地开始其操作。此外，由于在制造致动器的方法中，通过使用相同的掩模，可以同时在同一层上将固定式梳状电极和活动式梳状电极形成图案的事实，不仅可以相当精确地形成固定式梳状电极和活动式梳状电极之间的间隙，而且可以简化制造致动器的方法。这有助于减小间隙的尺寸，从而使致动器可以在更低的驱动电压下操作。另外，在对固定式梳状电极和活动式梳状电极进行形成图案过程之后，可以仅仅通过将固定部分固定于支撑衬底上而产生初始偏移。这也有助于简化制造致动器的方法。

此外，此致动器可以增大第二主体部分的振动幅度，同时减小第一主体部分的振动幅度。即，对于致动器可以使第二主体部分的振动幅度更大，同时降低驱动电压。

特别是，根据该致动器，上述的初始偏移是通过偏转固定式梳状电极而产生的，这表明可以在没有增大构成振动系统的构件的尺寸的情况下达到上述的有益效果。而且，由于上述的初始偏移是通过偏转固定式梳状电极而产生的事实，可以依照生产商的需要选择构成振动系统的构件的形状

和尺寸，从而允许致动器显示所需要的特性以及实现上述的有益效果。

在根据本发明的致动器中，优选的第一支撑部分、第一主体部、第二主体部分、第一弹性连接部分、第二弹性连接部分、第二支撑部分、固定部分、固定式梳状电极和桥接部分是通过对设置在支撑衬底上的一层形成图案而形成的。

这使得可以以更简单的方式制造致动器。

在根据本发明的致动器中，优选的是活动式梳状电极是相对于第一主体部分绕其旋转的旋转轴而在每个第一主体部分的相反两侧处以一对的形式设置的。

这确保致动器平稳地开始其操作并且继续以无故障方式驱动。

在根据本发明的致动器中，优选的是第二主体部分是具有主表面的板状，并且具有设置在第二主体部分的主表面上的反光部分。

这允许本发明的致动器得到其在光学器件如光学扫描器、光学衰减器、光学开关等中的应用。

在根据本发明的致动器中，优选的是固定式梳状电极是以与每个第一主体部分的活动式梳状电极相对应的关系至少以一对的形式设置的，并且固定式梳状电极对的至少一个是相对于第二支撑部分向支撑衬底而被初始偏移的。

这确保致动器平稳地开始其操作并且致动器以无故障方式驱动。

在上述的致动器中，优选的是固定式梳状电极对的一个是相对于第二支撑部分向支撑衬底而被初始偏移的。

这也确保致动器更加平稳地开始其操作并且致动器以无故障方式驱动。

此外，在上述的致动器中，优选的是固定式梳状电极对的另一个是相对于第二支撑部分远离支撑衬底而被初始偏移的。

这也确保致动器还更加平稳地开始其操作并且致动器以更加无故障的方式驱动。

此外，在根据本发明的致动器中，优选的是初始偏移固定式梳状电极，以使其相对于支撑衬底的主表面倾斜。

这也确保致动器更加平稳地开始其操作并且致动器以无故障方式驱

动。

而且，在根据本发明的致动器中，优选的是其中将每个固定式梳状电极通过连接构件连接到相应的固定部分，并且桥接部分将固定式梳状电极连接到第二支撑部分，其中初始偏移是通过将固定式梳状电极绕桥接部分与固定式梳状电极的连接点旋转而产生的。

这使得可以以相对简单的方式使固定式梳状电极相对支撑衬底的主要表面倾斜。

而且，在根据本发明的致动器中，还优选的是固定部分为板状，并且具有多个沿其厚度方向形成的狭缝。

这使得可以在制造致动器时容易地将固定部分固定于支撑衬底上。

本发明的再一方面涉及一种制造根据上述“一方面”所述的致动器的方法，该方法包括：

制备包括第一层、第二层和第三层的衬底的第一步骤，其中所述第一层、第二层和第三层是以所述的次序以一层在另一层之上而被沉积的；

将第一层形成图案以成为对应于第一支撑部分、主体部分、弹性连接部分、第二支撑部分、固定部分、固定式梳状电极和桥接部分的形状的第二步骤；

将第二层形成图案以成为对应于隔离器的形状的第三步骤；和

将第一层对应于固定部分的部分固定于第三层上的第四步骤。

这使得可以容易地制备可以在降低的电压下操作的单自由度振动系统的致动器。

在此制造方法，优选的是该方法还包括：在第四步骤之前用清洗流体清洗衬底的步骤，其中通过干燥和去除在第一层对应于固定部分的部分和第三层之间存在的清洗流体，而使第一层对应于固定部分的部分在第四步骤与第三层接触并且固定于其上。

这使得可以在制造致动器时容易将固定部分固定于支撑衬底上。

本发明的另一方面涉及一种制造根据上述“另一方面”所述的致动器的方法，该方法包括：

制备包括第一层、第二层和第三层的衬底的第一步骤，其中所述第一层、第二层和第三层是以所述的次序以一层在另一层之上而被沉积的；

将第一层形成图案以成为对应于第一支撑部分、第一主体部分、第二主体部分、第一弹性连接部分、第二弹性连接部分、第二支撑部分、固定部分、固定式梳状电极和桥接部分的形状的第二步骤；

将第二层形成图案以成为对应于隔离器的形状的第三步骤；和

将第一层对应于固定部分的部分固定于第三层上的第四步骤。

这使得可以容易地制备可以在降低的电压下操作的单自由度振动系统的致动器。

在此制造方法，优选的是该方法还包括：在第四步骤之前用清洗流体清洗衬底的步骤，其中通过干燥和去除在第一层对应于固定部分的部分和第三层之间存在的清洗流体，而使第一层对应于固定部分的部分在第四步骤与第三层接触并且固定其上。

这使得可以在制造致动器时容易将固定部分固定于支撑衬底上。

本发明的这些和其它目的、结构和结果在将优选实施方案的下列详述结合附图进行考虑时将变得更加清楚地明白。

附图说明

图 1 是显示根据本发明的致动器的第一实施方案的平面图；

图 2A 和 2B 是沿图 1 中的 A-A 线取的致动器的横截面图；

图 3A 至 3E 是图示制造图 1 中所示的致动器的方法的视图；

图 4 是显示根据本发明的致动器的第二实施方案的平面图；

图 5 是沿图 4 中的 B-B 线取的致动器的横截面图；

图 6 是显示根据本发明的致动器的第三实施方案的平面图；和

图 7 是显示根据本发明的致动器的第四实施方案的平面图。

具体实施方式

以下，将参考附图描述根据本发明的致动器的优选实施方案。

<第一实施方案>

首先，将描述根据本发明的致动器的第一实施方案。图 1 是显示根据本发明的致动器的第一实施方案的平面图。图 2A 和 2B 是沿图 1 中的 A-A

线取的致动器的横截面图。图 3A 至 3E 是图示制造图 1 中所示的致动器的方法的视图。为了描述的方便，应当注意的是在下面的描述中，将相对于图 1 中的纸平面观看时的前面、后面、右面和左面分别称作“上”、“下”、“右”和“左”，或它们的等价物。此外，将相对于图 2A 和图 2B 中的纸平面观看时的右侧、左侧、上侧和下侧分别称作“右”、“左”、“上”和“下”，或它们的等价物。

图 1 中所示的致动器 1 包括具有单自由度振动系统的结构体 2。如图 2A 和图 2B 中最佳示意的，结构体 2 通过隔离器 5 支撑在支撑衬底 4 上。结构体 2 设置有：主体部分 21，第一支撑部分 22 和 23、用于连接第一支撑部分 22 和 23 相应的一个到主体部分 21 上的弹性连接部分 24 和 25、第二支撑部分 31 和 32、固定部分 33 和 34 和用于将固定部分 33 和 34 相应的一个结合到第二支撑部分 31 和 32 上的桥接部分 35 和 36。

如后面所述，结构体 2 是通过例如相对于一层硅层进行形成图案作业而得到的。换言之，第一支撑部分 22 和 23、主体部分 21、弹性连接部分 24 和 25、第二支撑部分 31 和 32、固定部分 33 和 34 (包括后面所述的固定式梳状电极 331 和 341) 和桥接部分 35 和 36 是通过对设置在支撑衬底 4 上的一层形成图案而形成的。如下面所述，这可以以更容易的方式制造致动器 1。

主体部分 21 为板状，并且在如图 1 和 2 中观看的横向相对两端的一端(左侧端)的栉状活动式梳状电极 211 和横向相对两端的另一端(右侧端)的栉状活动式梳状电极 212。

即，活动式梳状电极 211 和 212 是在主体部分 21 的相反两侧处成对设置的，其中主体部分 21 的旋转轴位于它们之间。这确保致动器 1 平稳地开始其操作，并且致动器以无故障方式驱动。

此外，主体部分 21 在其上表面上设置有反光部分 213。这允许本发明的致动器 1 得到其在光学器件如光学扫描器、光学衰减器、光学开关等中的应用。

用于支撑主体部分 21 的第一支撑部分 22 和 23 是通过后面描述的隔离器 5 而结合至支撑衬底 4 上的。

弹性连接部分 24 和 25 是在主体部分 21 和位于主体部分 21 相对的两

端的第一支撑部分 22 和 23 每个之间成对设置的。彼此同轴地安置弹性连接部分 24 和 25，并且主体部分 21 能够相对于第一支撑部分 22 和 23 绕起旋转中心轴(旋转轴)作用的弹性连接部分 24 和 25 旋转。

弹性连接部分 24 和 25 每个的弹簧常数 k_1 优选为 1×10^{-4} 至 1×10^4 Nm/rad, 更优选为 1×10^{-2} 至 1×10^3 Nm/rad, 并且再更优选为 1×10^{-1} 至 1×10^2 Nm/rad。这使得可以增大主体部分 21 的旋转角(振动角), 同时降低其驱动电压。如此, 主体部分 21、第一支撑部分 22 和 23 和弹性连接部分 24 和 25 合作构成单自由度的振动系统。

为了驱动上述的单自由度振动系统, 与固定部分 33 和 34 整体形成的是固定式梳状电极 331 和 341, 其反过来以彼此间隔开的关系分别与主体部分 22 的活动式梳状电极 211 和 212 喷合。即, 结构体 2 设置有分别与主体部分 2 的活动式梳状电极 211 和 212 相对应的固定式梳状电极 331 和 341。

此外, 固定部分 33 和 34 为板状并且在隔离器 5 没有干涉的条件下直接固定于(附于)支撑衬底 4 上。如图 2A 中所示, 这确保初始偏移固定式梳状电极 331 和 341, 以使其在支撑衬底 4 的厚度方向上与活动式梳状电极 211 和 212 不成直线, 即向支撑衬底 4 偏转与隔离器 5 厚度相同的距离。

如图 2A 中所图示的, 在本实施方案中, 将固定式梳状电极 331 和 341 都相对于第二支撑部分 31 和 32 向支撑衬底 4 初始偏移。这确保致动器 1 平稳地开始其操作, 并且继续以无故障方式驱动。

此外, 如图 2B 中所图示的, 固定式梳状电极 331 和 341 只有一个可以相对于第二支撑部分 31 和 32 向支撑衬底 4 被初始偏移。这也确保致动器 1 平稳地开始其操作, 并且继续以更加无故障方式驱动。在这种情况下, 隔离器可以任选地插入在最初没有偏转侧的固定部分 34 和支撑衬底 4 之间。换言之, 在最初没有偏转侧的固定部分 34 可以构成第二支撑部分 32 的一部分。

此外, 固定部分 33 和 34 各自具有多个沿其厚度方向形成的狭缝 332 和 342。这保证当以下述方式制造致动器 1 时, 固定部分 33 和 34 容易地固定于支撑衬底 4 上。应当注意的是, 固定部分 33 和 34 的狭缝不限于上述的狭缝, 而可以为任意形状、位置和数量, 只要它们可以提供上述的有

益效果即可。

固定部分 33 和 34 通过桥接部分 35 和 36 连接到第二支撑部分 31 和 32。即，桥接部分 35 和 36 起直接将固定部分 33 和 34 连接到第二支撑部分 31 和 32 的作用。

桥接部分 35 和 36 每个包含六个杆状构件。此外，桥接部分 35 和 36 不限于上述的桥接部分，而例如，可以具有任意形状、位置和数量的组成构件，只要可以设置下述的初始位置即可。

第二支撑部分 31 和 32 通过隔离器 5 被牢固地固定于支撑衬底 4 上。因而，固定部分 33 和 34 以它们相对于第二支撑部分 31 和 32 向支撑衬底 4 偏转、同时使桥接部分 35 和 36 弯曲的状态被固定于支撑衬底 4 上。如上面所述，这允许固定式梳状电极 331 和 341 以它们在支撑衬底 4 的厚度方向上与活动式梳状电极 211 和 212 不成直线的方式设置初始位置。

支撑衬底 4 主要由例如各种玻璃、硅等组成。如图 1 和 2 中所绘，穿过支撑衬底 4 形成开口 41，以准许主体部分 21 旋转。

开口 41 的角色是作为在旋转或振动时防止主体部分 21 与支撑衬底 4 接触的回避部分。通过设置开口(回避部分)41，可以增大主体部分 21 的振动角(幅度)，同时避免致动器 1 的整体尺寸增大。上述回避部分可以形成凹部代替开口 41，条件是凹部允许主体部分 21 旋转。

隔离器 5 被设置在支撑衬底 4 上，并且包括：用于支撑第二支撑部分 31 和 32 的第一隔离器部分 51 和 52，和用于支撑第一支撑部分 22 和 23 的第二隔离器部分(未示出)。换言之，第一支撑部分 22 和 23 通过隔离器 5 的第二隔离器部分(未示出)被固定到支撑衬底 4 上，而第二支撑部分 31 和 32 通过第一隔离器部分 51 和 52 被固定到支撑衬底 4 上。

下面，将给出对操作根据本实施方案的致动器 1 的方法的描述。

将电压(例如，相位差为 180°的交流电压)交替地施加到活动式梳状电极 211 和固定式梳状电极 331 之间以及活动式梳状电极 212 和固定式梳状电极 341 之间。这在活动式梳状电极 211 和固定式梳状电极 331 之间以及活动式梳状电极 212 和固定式梳状电极 341 之间交替地产生静电力(库仑力)。静电力可以使主体部分 21 以主体部分 21 相对于支撑衬底 4 的主表面(平行于图 1 中的纸平面的表面)倾斜的方式围绕旋转中心轴，即围绕弹性

连接部分 24 和 25 振动或旋转。

如此，通过将交流电压施加于活动式梳状电极 211 和 212 和固定式梳状电极 331 和 341 之间，致动器 1 引起主体部分 21 旋转。

在此致动器 1 中，由于固定式梳状电极 331 和 341 被初始偏移，以使其在支撑衬底 4 的厚度方向上与活动式梳状电极 211 和 212 不成直线的事实，可以使致动器 1 平稳地开始其操作。此外，由于在上述制造致动器 1 的方法中，通过使用相同的掩模，可以同时在同一层上将固定式梳状电极 331 和 341 和活动式梳状电极 211 和 212 形成图案的事实，不仅可以相当精确地形成固定式梳状电极 331 和 341 和活动式梳状电极 211 和 212 之间的间隙，而且可以简化制造致动器 1 的方法。这有助于减小间隙的尺寸，从而使致动器 1 可以在更低的驱动电压下操作。另外，在对固定式梳状电极 331 和 341 和活动式梳状电极 211 和 212 进行形成图案过程之后，通过将固定部分 33 和 34 固定于支撑衬底 4 上，可以产生上述初始偏移。这也有助于简化制造致动器 1 的方法。

特别是，根据本发明，上述的初始偏移是通过偏转固定式梳状电极 331 和 341 而产生的，这表明可以在没有增大构成振动系统的构件的尺寸的情况下达到上述的有益效果。而且，由于上述的初始偏移是通过偏转固定式梳状电极 331 和 341 而产生的事实，可以依照生产商的需要选择构成振动系统的构件的形状和尺寸，从而允许致动器 1 显示所需要的特性以及实现上述的有益效果。

接着，将参考图 3A 至图 3E 描述制造图 1 和 2 中所示的致动器 1 的一种示例方法，图 3A 至图 3E 是图示制造致动器 1 的方法图。图 3A 至图 3E 中的每个图对应于沿图 1 中的 A-A 线取的横截面。

制造致动器 1 的方法包括以下步骤：[1]制备包括第一层、第二层和第三层的三层衬底，所述的第一层、第二层和第三层是以所述的次序以一层在另一层之上而被沉积的，[2]蚀刻第一层，[3]蚀刻第三层，[4]蚀刻第二层，和[5]将第一层的一部分固定于第三层上。现在将一个接一个地描述相应的步骤。

[1]衬底制备步骤(第一步骤)

首先参考图 3A，制备三层衬底 10，其具有第一层 6、第二层 7 和第三层 8，所述的三层是以所述的次序以一层在另一层之上而沉积的。在这点上，第一层 6 将在下面所述的蚀刻步骤[2]被蚀刻，第二层 7 将在下面所述的蚀刻步骤[4]被蚀刻，而其在下面的蚀刻步骤[2]和[3]基本上未被蚀刻，并且第三层 8 将在下面所述的蚀刻步骤[3]被蚀刻。

在构成衬底 10 的相应层中，第一层 6、第二层 7 和第三层 8 分别变为结构体 2、隔离器 5 和支撑衬底 4。

尽管可以将以不同的组合包含层 6、7 和 8 的各种衬底采用为上述的衬底 10，但是特别优选使用 SOI 衬底，其具有主要由 Si 组成的第一层 6，主要由 SiO_2 组成的第二层 7 和主要由 Si 组成的第三层 8，这些层各自是以所述的次序以一层在另一层之上而沉积的。SOI 衬底作为衬底 10 的使用使得可以以相对简单的方式制造致动器 1。通过采用其中将 SOI 衬底用作衬底 10 的情形，进行下面的描述。

[2]第一蚀刻步骤(第二步骤)

再参考图 3B，由此制备的形成衬底 10 形成有结构体 2 的图案，即主体部分 21、第一支撑部分 22 和 23、弹性连接部分 24 和 25、第二支撑部分 31 和 32、固定部分 33 和 34 和桥接部分 35 和 36 的图案。

具体地，通过例如光刻法或其它类似的方法，在衬底 10 的第一层 6(第二层 7 的反面)的蚀刻区域上首先形成其形状对应于结构体 2 的图案的掩模。

然后，使用由此形成的掩模蚀刻第一层 6。这导致第一层 6 形成图案成为对应于掩模的形状，即结构体 2 的形状。此时，第二层 7 基本上未被第一蚀刻操作所蚀刻，并且其角色是在第一蚀刻步骤的过程中阻止蚀刻的任何进一步传播的停止器层。

在第一蚀刻方法中，例如，可以独立或组合地使用一种或两种或多种干式蚀刻方法，如活性离子蚀刻方法、等离子体蚀刻方法、光束蚀刻方法和光辅助蚀刻方法，湿式蚀刻方法等。在这些方法中，优选使用干式蚀刻方法，特别是活性离子蚀刻方法。

干式蚀刻方法(特别是活性离子蚀刻方法)在第一蚀刻步骤中的使用使

得可以在提高的各向异性下蚀刻第一层 6，并且进一步在具有更高的尺寸精度下对第一层 6 进行形成图案的作业。

然后去除掩膜。如果在后面描述的步骤[4]中使用湿式蚀刻方法，则在步骤[4]的第三蚀刻之前去除掩模防止或抑制了蚀刻溶液的任何污染，否则由于掩模材料(例如，光刻胶材料或金属材料)的溶解将发生污染。

掩模可以通过例如在掩模由光刻胶材料组成的情况下，由光刻胶剥离溶液，并且在掩模由金属材料组成的情况下，由金属剥离溶液如磷酸溶液来去除。

可以在没有去除掩模的条件下进行下面所述的步骤[3]，在此情况下在步骤[3]或[4]之后去除掩模。

如上所述，在步骤[2]中对第一层 6 形成图案或加工成为对应于结构体 2 的形状。

[3]第二蚀刻步骤

转到图 3C，穿过经过上述步骤的衬底 10 的第三层 8，形成开口 41。

具体地，通过例如光刻法或其它类似的方法，在衬底 10 的第三层 8 的蚀刻区域上首先形成具有对应于开口 41 的孔的掩模。

然后，使用由此形成的掩模，蚀刻第三层 8。这导致第三层 8 形成图案成为对应于掩模的形状，即支撑衬底 4 的形状。此时，第二层 7 基本上未被第二蚀刻操作所蚀刻，并且其角色是在第二蚀刻步骤的过程中阻止蚀刻的任何进一步传播的停止器层。

可以使用与第一蚀刻步骤中相同的方法进行第二蚀刻步骤。例如，可以独立或组合地使用一种或两种或多种干式蚀刻方法，如活性离子蚀刻方法、等离子体蚀刻方法、光束蚀刻方法和光辅助蚀刻方法，湿式蚀刻方法等。在这些方法中，优选使用干式蚀刻方法，特别是活性离子蚀刻方法。

干式蚀刻方法(特别是活性离子蚀刻方法)在第二蚀刻步骤中的使用使得可以在提高的各向异性下蚀刻第三层 8，并且进一步在具有更高的尺寸精度下对第三层 8 进行形成图案的作业。

然后去除掩膜。如果在后面描述的步骤[4]中使用湿式蚀刻方法，则在步骤[4]的第三蚀刻之前去除掩模防止或抑制了蚀刻溶液的任何污染，否则

由于掩模材料(例如，光刻胶材料或金属材料)的溶解将发生污染。

掩模可以通过例如在掩模由光刻胶材料组成的情况下，由光刻胶剥离溶液，并且在掩模由金属材料组成的情况下，由金属剥离溶液如磷酸溶液来去除。

可以在没有去除掩模的条件下进行下面所述的步骤[4]，在此情况下在步骤[4]之后去除掩模。

如上所述，在步骤[3]中对第三层 8 形成图案或加工，以由此形成开口 41。

[3]第三蚀刻步骤(第三步骤)

接着，对于第二层 7 进行第三蚀刻步骤，在该方法中，单独蚀刻第二层 7，而第一层 6 和第三层 8 保持基本上未被蚀刻。该步去除第二层 7 的部分。

在第三蚀刻步骤中，可以独立或组合地使用一种或两种或多种干式蚀刻方法，如活性离子蚀刻方法、等离子体蚀刻方法、光束蚀刻方法和光辅助蚀刻方法，湿式蚀刻方法等。在这些方法中，优选使用湿式蚀刻方法。

湿式蚀刻方法在第三蚀刻步骤中的使用使得可以各向同性地蚀刻第二层 7。因此，可以有效在去除刚好位于第一层 6 之下的第二层 7，所述的第二层 7 在上述的步骤[2]幸免于加工。

在湿式蚀刻方法中使用的蚀刻溶液的实例包括氢氟酸。

如果将衬底 10 浸渍在这种蚀刻溶液中，第二层 7 未被残存的第一层 6(结构体 2)覆盖的部分从其上表面开始被蚀刻，该蚀刻方法各向同性地进行。此外，第二层 7 未被残存的第三层 8 覆盖的部分(对应于开口 41 的部分)从其下表面开始被蚀刻，该蚀刻方法各向同性地进行。

随着继续进行蚀刻，第二层 7 被第一层 6 和第三层 8 覆盖的部分也从其暴露的侧表面开始被蚀刻，并且被渐渐地去除。当以这种方式去除第二层 7 时，在第三层 8 和第一层 6 之间产生间隙。

在这方面，当从结构体 2 之上观看时，第一支撑部分 22 和 23 和第二支撑部分 31 和 32 具有比结构体 2 不包括第一支撑部分 22 和 23 和第二支撑部分 31 和 32 的部分更大的面积。因此，第二层 7 刚好在不包括第一支

撑部分 22 和 23 和第二支撑部分 31 和 32 的部分结构体 2 下面安置的部分基本上被全部去除时，第二层 7 刚好位于第一支撑部分 22 和 23 和第二支撑部分 31 和 32 下面的部分仍然还在。

此时，第二层 7 对应于固定部分 33 和 34 的部分具有沿其厚度方向形成的狭缝，因此，通过由侧表面开始的蚀刻，可以基本上完全地被除去。

如果此时终止第三蚀刻方法(在这种状况下)，第一支撑部分 22 和 23 和第二支撑部分 31 和 32 通过残存的第二层 7 而分别被固定到第三层 8 (支撑衬底 4)上。另一方面，如从图 3D 中可见，不包括第一支撑部分 22 和 23 和第二支撑部分 31 和 32 的部分结构体 2 保持浮动在第三层 8 上。

[5]固定步骤(第四步骤)

接着参考图 3E，将第一层 6 对应于固定部分 33 和 34 的部分固定于第三层 8 (即，支撑衬底 4)上。

对固定方法的种类没有特别限制，只要是可以将第一层 6 对应于固定部分 33 和 34 的部分直接固定于第三层 8 (即，支撑衬底 4)上的方法即可。但是，优选的是应当通过如下方法进行固定步骤：在步骤[4]形成图案的操作之后，用清洗流体清洗衬底 10，干燥由此清洗的衬底 10，然后通过使用在从第一层 6 和第二层 7 之间驱逐清洗流体时产生的吸收力，使第一层 6 对应于固定部分 33 和 34 的部分与第三层 8 接触。换言之，适宜的是，应当在固定步骤(第四步骤)之前进行清洗衬底 10 的步骤，并且还适宜的是，在固定步骤(第四步骤)中，应当通过干燥和去除第一层 6 在对应于固定部分 33 和 34 的部分与第三层 8 之间存在的清洗流体，使第一层 6 对应于固定部分 33 和 34 的部分与第三层 8 接触并且固定其上。这使得可以在制造致动器 1 的方法过程中以简化方式将固定部分 33 和 34 固定于支撑衬底 4 上。

通过上述步骤，可以容易地制造单自由度振动系统的低压驱动致动器 1。

特别是，由于在制造致动器 1 的方法中，通过使用相同的掩模，可以同时在同一层上将固定式梳状电极 331 和 341 和活动式梳状电极 211 和 212 形成图案的事实，不仅可以相当精确地形成固定式梳状电极 331 和 341 和

活动式梳状电极 211 和 212 之间的间隙，而且可以简化制造致动器 1 的方法。这有助于减小间隙的尺寸，从而使致动器 1 可以在更低的驱动电压下操作。另外，在对固定式梳状电极 331 和 341 和活动式梳状电极 211 和 212 进行形成图案过程之后，仅仅通过将固定部分 33 和 34 固定于支撑衬底 4 上，可以产生上述初始偏移。这也有助于简化制造致动器 1 的方法。

<第二实施方案>

接着，将描述根据本发明的致动器的第二实施方案。图 4 是显示根据本发明的致动器的第二实施方案的平面图。图 5 是沿图 4 中的 B-B 线取的致动器的横截面图。为了描述的方便，应当注意的是在下面的描述中，将相对于图 4 中的纸平面观看时的前面、后面、右面和左面分别称作“上”、“下”、“右”和“左”，或它们的等价物。此外，将相对于图 5 中的纸平面观看时的上侧、下侧、右侧和左侧分别称作“上”、“下”、“右”和“左”，或它们的等价物。

以下，将通过将焦点放在第一和第二实施方案之间的区别上来描述根据第二实施方案的致动器，并且对相同的部分或要素将不给出描述。

除了固定部分、固定式梳状电极和桥接部分的构造外，第二实施方案的致动器 1A 与第一实施方案的致动器 1 基本上相同。

更具体而言，图 4 和 5 中所示的致动器 1A 包括单自由度振动系统的结构体 2A。结构体 2A 通过隔离器 5 支撑在支撑衬底 4 上。

结构体 2A 包括固定部分 33A 和 34A、固定式梳状电极 331A 和 341A 和桥接部分 35A 和 36A。固定式梳状电极 331A 和 341A 通过连接构件 333 和 343 以它们可以彼此隔开的关系与活动式梳状电极 211 和 212 喷合的方式被连接到固定部分 33A 和 34A 上。连接构件 333 和 343 每个包含一对 L 型构件。

另一方面，桥接部分 35A 起通过固定式梳状电极 331A 将固定部分 33A 间接连接到第二支撑部分 31 上的作用。更具体而言，桥接部分 35A 包含一对曲柄形构件，其一端连接到固定式梳状电极 331A，并且其另一端在相对于连接构件 333 的固定部分 33A 同一侧连接到第二支撑部分 31。因此，通过将固定部分 33A 固定于支撑衬底 4 上，使固定式梳状电极 331A

围绕旋转轴旋转，即围绕桥接部分 35A 与固定式梳状电极 331A 的连接点(桥接部分 35A 的一端)旋转，并且以可以将固定式梳状电极 331A 向支撑衬底 4 初始偏移的方向使其相对于支撑衬底 4 的主表面倾斜。

另一方面，桥接部分 36A 起通过固定式梳状电极 341A 将固定部分 34A 间接连接到第二支撑部分 32 上的作用。更具体而言，桥接部分 36A 包含一对直线构件，其一端连接到固定式梳状电极 341A，并且其另一端在相对于连接构件 343 的固定部分 34A 相反侧连接到第二支撑部分 32。因此，通过将固定部分 34A 固定于支撑衬底 4 上，使固定式梳状电极 341A 围绕旋转轴旋转，即围绕桥接部分 36A 与固定式梳状电极 341A 的连接点(桥接部分 36A 的一端)旋转，并且以可以将固定式梳状电极 341A 远离支撑衬底 4 初始偏移的方向使其相对于支撑衬底 4 的主表面倾斜。

通过初始偏移固定式梳状电极 331A 和 341A 以使其相对于支撑衬底 4 相反地倾斜，可以确保致动器 1A 平稳地开始其操作，并且继续以无故障方式驱动。

特别是，在本实施方案中，上述的初始偏移是通过使固定式梳状电极 331A 围绕旋转轴，即围绕桥接部分 35A 与固定式梳状电极 331A 的连接点(桥接部分 35A 的一端)旋转，而且通过使固定式梳状电极 341A 围绕旋转轴，即围绕桥接部分 36A 与固定式梳状电极 341A 的连接点(桥接部分 36A 的一端)旋转而进行的。这使得可以用相对简单的方式使固定式梳状电极 331A 和 341A 相对于支撑衬底 4 的主表面倾斜。

而且，使固定式梳状电极 331A 相对于第二支撑部分 31 向支撑衬底 4 初始偏移，而使固定式梳状电极 341A 相对于第二支撑部分 32 远离支撑衬底 4 初始偏移。这确保致动器 1A 更加平稳地开始其操作，并且继续以更加继续无故障方式驱动。

<第三实施方案>

接着，将描述根据本发明的致动器的第三实施方案。图 6 是显示根据本发明的致动器的第三实施方案的平面图。为了描述的方便，应当注意的是在下面的描述中，将相对于图 6 中的纸平面观看时的前面、后面、右面和左面分别称作“上”、“下”、“右”和“左”，或它们的等价物。

以下，将通过将焦点放在第一和第三实施方案之间区别上来描述根据第三实施方案的致动器，并且对相同的部分或要素将不给出描述。

第三实施方案的致动器 1B 除了它采用双自由度振动系统外与第一实施方案的致动器 1 基本上相同。

即，图 6 中所示的致动器 1B 包括：由两个第一实施方案的致动器 1 的组合而制造的第一振动系统，和响应第一振动系统的振动而振动的第二振动系统。

更具体地，图 6 中所示的致动器 1B 包括具有双自由度振动系统的结构体 2B。结构体 2B 通过隔离器(未示出)而支撑在支撑衬底 4 上。结构体 2B 设置有：第一主体部分 21A 和 21B、第二主体部分 26、第一支撑部分 22 和 23、用于使第一主体部分 21A 和 21B 和第一支撑部分 22 和 23 互连的第一弹性连接部分 24A 和 25A、用于使第二主体部分 26 和第一主体部分 21A 和 21B 互连的第二弹性连接部分 24B 和 25B、第二支撑部分 31A 和 32A、固定部分 33B, 33C, 34B 和 34C，以及用于将固定部分 33B, 33C, 34B 和 34C 连接到第二支撑部分 31A 和 32A 的桥接部分 35B, 35C, 36B 和 36C。

正如上述结构体 2A 一样，结构体 2B 是通过例如对单一的硅层形成图案而得到的。基本上位于结构体 2B 中心的是第二主体部分 26，在其一端面(右侧)设置第一主体部分 21A，并且在其另一端面(左侧)设置第一主体部分 21B。

第一主体部分 21A 和 21B 和第二主体部分 26 每个通常为板状。此外，在本实施方案中，第一主体部分 21A 和 21B 具有基本上相同的形状和尺寸，并且通常是以彼此对称的关系设置的，其中将第二主体部分 26 放置于它们之间。此外，如图 6 中所观看的，将第一支撑部分 22 安置在第一主体部分 21A 的右侧，而将第一支撑部分 23 安置在第一主体部分 21B 的左侧。

第二主体部分 26 在其上表面(与支撑衬底 4 相反的表面)上设置有反光部分 261。这允许本发明的致动器 1B 得到其在光学器件如光学扫描器、光学衰减器、光学开关等中的应用。

此外，如图 6 中所示，结构体 2B 设置有一对第一弹性连接部分 24A

和 25A，用于以可以相对于第一支撑部分 22 和 23 之一旋转第一主体部分 21A 和 21B 的方式使第一主体部分 21A 和 21B 和第一支撑部分 22 和 23 互连。结构体 2B 还设置有一对第二弹性连接部分 24B 和 25B，用于以可以相对于第一主体部分 21A 和 21B 旋转第二主体部分 26 的方式使相应的第一主体部分 21A 和 21B 和第二主体部分 26 互连。

即，第二主体部分 26 通过第二弹性连接部分 24B 和 25B 分别被连接到第一主体部分 21A 和 21B，而第一主体部分 21A 和 21B 通过第一弹性连接部分 24A 和 25A 分别被连接到第一支撑部分 22 和 23。而且，将第一弹性连接部分 24A 和 25A 与第二弹性连接部分 24B 和 25B 共轴地对准，使得它们可以起旋转中心轴(旋转的轴)的作用。

第一主体部分 21A 在其相对于刚才所述的旋转中心轴的相反侧设置有一对活动式梳状电极 211A 和 212A。类似地，第一主体部分 21B 在其相对于旋转中心轴的相反侧设置有一对活动式梳状电极 211B 和 212B。

如从上述明显的是，结构体 2B 包括：包含第一主体部分 21A 和 21B 和第一弹性连接部分 24A 和 25A 的第一振动系统，和包含第二主体部分 26 和第二弹性连接部分 24B 和 25B 的第二振动系统。换言之，结构体 2B 是由第一振动系统和第二振动系统组成的双自由度振动系统。

为了驱动上述的双自由度振动系统，以这样一种方式将固定式梳状电极 331B 和 341B 与固定部分 33B 和 34B 整体地形成，所述形式方式使得它们以彼此间隔开的关系与第一主体部分 21A 的活动式梳状电极 211A 和 212A 咬合。类似地，以这样一种方式将固定式梳状电极 331C 和 341C 与固定部分 33C 和 34C 整体地形成，所述形式方式使得它们以彼此间隔开的关系与第一主体部分 21B 的活动式梳状电极 211B 和 212B 咬合。

即，以与活动式梳状电极 211A 和 212A 对应的方式设置一对固定式梳状电极 331B 和 341B，而以与活动式梳状电极 211B 和 212B 对应的方式设置一对固定式梳状电极 331C 和 341C。

此外，固定部分 33B、33C、34B 和 34C 中的每个是板状并且是以在隔离器 5 没有干涉的条件下直接固定到支撑衬底 4 上的。这确保，正如上述的固定式梳状电极 331 和 341 一样，以对应于隔离器 5 的厚度的量将固定式梳状电极 331B、331C、341B 和 341C 中的每个向支撑衬底 4 初始偏

移。

此外，固定部分 33B、33C、34B 和 34C 每个具有多个沿其厚度方向形成的狭缝 332B、332C、342B 和 342C。这使得可以，在制造致动器 1B 的方法中，将固定部分 33B、33C、34B 和 34C 容易地固定于支撑衬底 4。应当理解的是，固定部分 33B、33C、34B 和 34C 的狭缝不限于上述狭缝，而可以具有任意的形状、位置和数量，只要它们可以得到如上所述的初始偏移并且提供上述的有益效果即可。

将固定部分 33B 和 33C 通过桥接部分 35B 和 35C 连接到第二支撑部分 31A，而固定部分 34B 和 34C 通过桥接部分 36B 和 36C 连接到第二支撑部分 32A。换言之，桥接部分 35B 和 35C 起直接将固定部分 33B 和 33C 连接到第二支撑部分 31A 的作用，而桥接部分 36B 和 36C 起直接将固定部分 34B 和 34C 连接到第二支撑部分 32A 的作用。

将第二支撑部分 31A 和 32A 通过隔离器(未示出)牢固地固定到支撑衬底 4 上。因而，固定部分 33B 和 33C 以它们相对于第二支撑部分 31A 向支撑衬底 4 偏转、同时使桥接部分 35B 和 35C 弯曲的状态被固定于支撑衬底 4 上。此外，固定部分 34B 和 34C 以它们相对于第二支撑部分 32A 向支撑衬底 4 偏转、同时使桥接部分 36B 和 36C 弯曲的状态被固定于支撑衬底 4 上。如上面所述，这允许固定式梳状电极 331B、331C、341B 和 341C 以将它们在支撑衬底 4 的厚度方向上偏转的方式设置初始位置。

接着，将对操作根据本实施方案的致动器 1B 的方法给出描述。

将电压(例如，相位差为 180°的交流电压)交替地施加到活动式梳状电极 211A 和固定式梳状电极 331B 之间以及活动式梳状电极 212A 和固定式梳状电极 341B 之间。与此同步的是，将电压(例如，相位差为 180°的交流电压)交替地施加到活动式梳状电极 211B 和固定式梳状电极 331C 之间以及活动式梳状电极 212B 和固定式梳状电极 341C 之间。这在活动式梳状电极 211A 和固定式梳状电极 331B 之间以及活动式梳状电极 212A 和固定式梳状电极 341B 之间交替地产生静电力(库仑力)。此外，与此同步的是，在活动式梳状电极 211B 和固定式梳状电极 331C 之间以及活动式梳状电极 212B 和固定式梳状电极 341C 之间交替地产生静电力(库仑力)。

静电力可以使主体部分 21A 和 21B 以第一主体部分 21A 和 21B 相对

于支撑衬底 4 的主表面(平行于图 6 中的纸平面的表面)倾斜的方式围绕旋转中心轴，即围绕第一弹性连接部分 24A 和 25A 振动或旋转。

与此相一致的是，第二主体部分 26 以第二主体部分 26 相对于支撑衬底 4 的主表面(平行于图 6 中的纸平面的表面)倾斜的方式围绕旋转中心轴，即围绕第二弹性连接部分 24B 和 25B 振动或旋转。

上面所述的致动器 1B 能够提供与第一实施方案的致动器 1 可以达到的相同的有利效果。除此之外，本实施方案的致动器 1B 能够增大第二主体部分 26 的振动幅度，同时减少第一主体部分 21A 和 21B 的振动幅度。即，对于致动器 1B 可以使第二主体部分 26 的振动幅度更大，同时降低驱动电压。

<第四实施方案>

接着，将描述根据本发明的致动器的第四实施方案。图 7 是显示根据本发明的致动器的第四实施方案的平面图。为了描述的方便，应当注意的是在下面的描述中，将相对于图 7 中的纸平面观看时的前面、后面、右面和左面分别称作“上”、“下”、“右”和“左”，或它们的等价物。

以下，将通过将焦点放在第三和第四实施方案之间区别上来描述根据第四实施方案的致动器，并且对相同的部分或要素将不给出描述。

第四实施方案的致动器 1C 除了它采用上述第二实施方案的致动器中使用的相同的固定部分、固定式梳状电极和桥接部分外，与第三实施方案的致动器 1B 基本上相同。

即，图 7 中所示的致动器 1C 是通过将第二实施方案的致动器与第三实施方案的致动器组合而构成的。

更具体地，图 7 中所示的致动器 1C 包括具有双自由度振动系统的结构体 2C。结构体 2C 通过隔离器 5 支撑在支撑衬底 4 上。

结构体 2C 包括：固定部分 33D、33E、34D 和 34E，固定式梳状电极 331D、331E、341D 和 341E 和桥接部分 35A 和 36A。固定式梳状电极 331D 和 341D 通过连接构件 333A 和 343A 被连接到固定部分 33D 和 34D 上，连接方式是它们可以以彼此间隔开的关系分别与活动式梳状电极 211A 和 212A 咬合。此外，固定式梳状电极 331E 和 341E 通过连接构件 333B 和

343B 被连接到固定部分 33E 和 34E 上，连接方式是它们可以以彼此间隔开的关系分别与活动式梳状电极 211B 和 212B 喷合。连接构件 333A、333B、343A 和 343B 每个包含一对 L 型构件。

另一方面，桥接部分 35D 和 35E 起通过固定式梳状电极 331D 和 331E 将固定部分 33D 和 33E 分别间接连接到第二支撑部分 31A 的作用。更具体而言，桥接部分 35D 和 35E 每个包括一对曲柄型构件，其一端连接到固定式梳状电极 331D 和 331E 每个上，并且其另一端在固定部分 33D 和 33E 相对于连接构件 333A 和 333B 的同一侧连接到第二支撑部分 31A 上。因此，通过使固定部分 33D 和 33E 固定于支撑衬底 4 上，固定式梳状电极 331D 和 331E 围绕旋转轴旋转，即围绕桥接部分 35D 和 35E 与固定式梳状电极 331D 和 331E 的连接点(桥接部分 35D 和 35E 的一端)旋转，并且在可以将固定式梳状电极 331D 和 331E 向支撑衬底 4 偏转的方向上相对于支撑衬底 4 的主表面倾斜。

此外，桥接部分 36D 和 36E 起通过固定式梳状电极 341D 和 341E 将固定部分 34D 和 34E 分别间接连接到第二支撑部分 32A 的作用。更具体而言，桥接部分 36D 和 36E 每个包括一对直线型构件，其一端连接到固定式梳状电极 341D 和 341E 每个上，并且其另一端在固定部分 34D 和 34E 相对于连接构件 343A 和 343B 的相反侧连接到第二支撑部分 32A 上。因此，通过使固定部分 34D 和 34E 固定于支撑衬底 4 上，固定式梳状电极 341D 和 341E 围绕旋转轴旋转，即围绕桥接部分 36D 和 36E 与固定式梳状电极 341D 和 341E 的连接点(桥接部分 36D 和 36E 的一端)旋转，并且在可以将固定式梳状电极 341D 和 341E 远离支撑衬底 4 偏转的方向上相对于支撑衬底 4 的主表面倾斜。

通过初始偏移固定式梳状电极 331D、331E、341D 和 341E 以使其相对于支撑衬底 4 相反地倾斜，可以确保致动器 1C 平稳地开始其操作并且以继续无故障方式驱动。

特别是在实施方案中，上述的初始偏移是通过使固定式梳状电极 331D 围绕旋转轴，即围绕桥接部分 35D 与固定式梳状电极 331D 的连接点(桥接部分 35D 的一端)旋转，而且通过使固定式梳状电极 341D 围绕旋转轴，即围绕桥接部分 36D 与固定式梳状电极 341D 的连接点(桥接部分 36D 的一

端)旋转而进行的。以类似的方式，上述的初始偏移是通过使固定式梳状电极 331E 围绕旋转轴，即围绕桥接部分 35E 与固定式梳状电极 331E 的连接点(桥接部分 35E 的一端)旋转，而且通过使固定式梳状电极 341E 围绕旋转轴，即围绕桥接部分 36E 与固定式梳状电极 341E 的连接点(桥接部分 36E 的一端)旋转而进行的。这使得可以用相对简单的方式使固定式梳状电极 331D、331E、341D 和 341E 相对于支撑衬底 4 的主表面倾斜。

而且，使固定式梳状电极 341D 相对于第二支撑部分 32A 向支撑衬底 4 初始偏移，而使固定式梳状电极 331D 相对于第二支撑部分 31A 远离支撑衬底 4 初始偏移。同样地，使固定式梳状电极 341E 相对于第二支撑部分 32A 向支撑衬底 4 初始偏移，而使固定式梳状电极 331E 相对于第二支撑部分 31A 远离支撑衬底 4 初始偏移。这确保致动器 1C 更加平稳地开始其操作，并且继续以再更继续无故障方式驱动。

上述的致动器 1、1A、1B 和 1C 可以得到它们在各种电子设备中的应用，从而使电子设备高度可靠的。

例如，可以优选将上述致动器 1、1A、1B 和 1C 应用于光学扫描器，用于激光打印机、条形码读入器、激光扫描共焦显微镜等，或用于成影像的显示器。

尽管通过参考附图中显示的许多实施方案描述了根据本发明的致动器，应当理解的是，本发明不限于特定的实施方案。例如，只要达到相同或类似的功能，可以对本发明的相应部件进行各种改变和添加。

此外，尽管在第一至第四实施方案中描述的本发明的致动器具有相对于通过主体部分(或第一和第二主体部分)的旋转轴的平面通常是对称的形状的结构，并且与支撑衬底主表面正交，但是，本发明中可以采用非对称结构。此外，尽管描述本发明的致动器具有相对于通过致动器中心的平面通常是对称的形状的结构，并且与主体部分(或第一和第二主体部分)旋转轴正交，但是致动器可以具有非对称结构。

此外，尽管在第一和第二实施方案中描述的本发明的致动器具有单对的弹性连接部分，但本发明不限于此，而可以具有两对或多对的弹性连接部分。尽管在第三和第四实施方案中描述的本发明的致动器具有单对的第一弹性连接部分，但本发明不限于此，而可以具有两对或多对的第一弹性

连接部分。尽管在第三和第四实施方案中描述的本发明的致动器具有单对的第二弹性连接部分，但本发明不限于此，而可以具有两对或多对的第二弹性连接部分。

再有，尽管在上面的描述中，将反光部分设置在主体部分或第二主体部分的上表面(与支撑衬底相反的表面)上，但还可以将它设置在下表面上，或同时设置在上表面和下表面上。

还有，尽管在上述实施方案中描述的弹性连接部分、第一弹性连接部分和第二弹性连接部分具有图中所示的形状，但弹性连接部分的形状不限此，并且可以为例如曲柄形状或分枝形状。

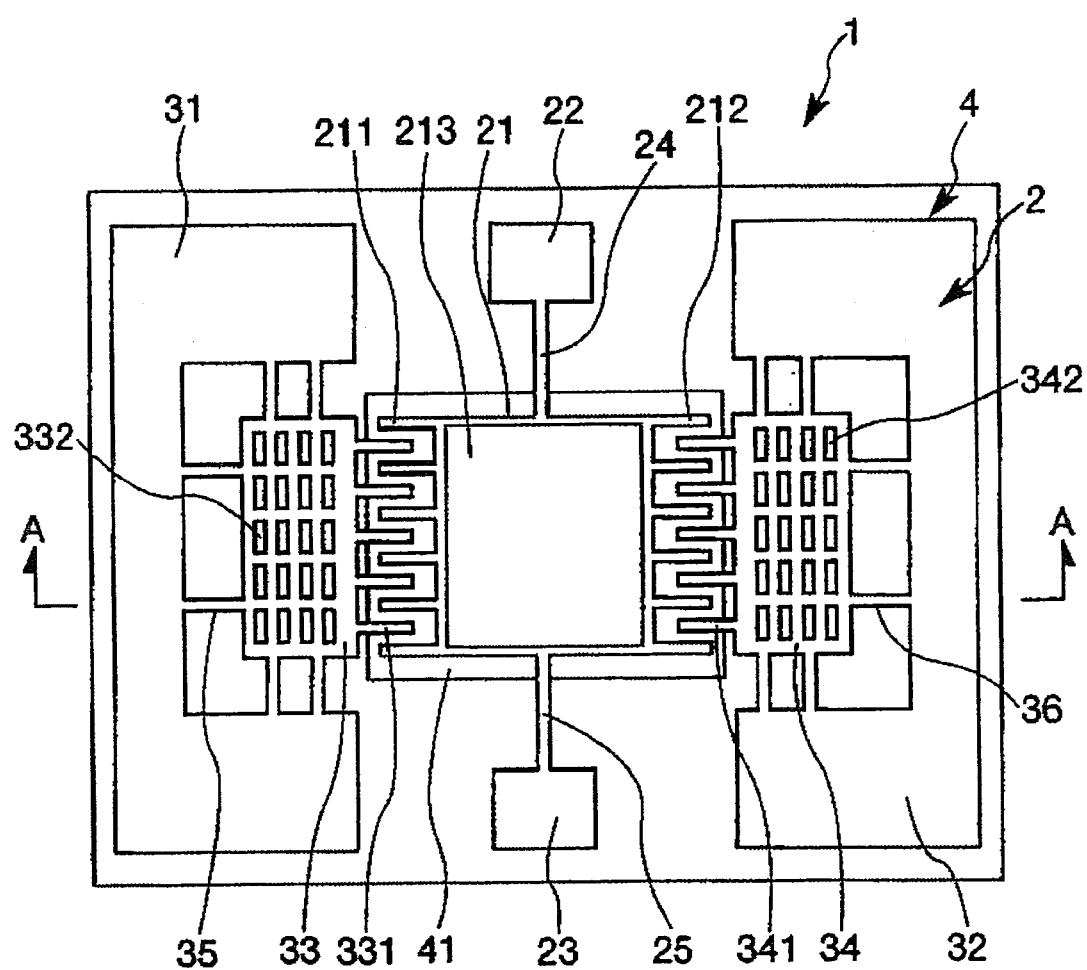


图 1

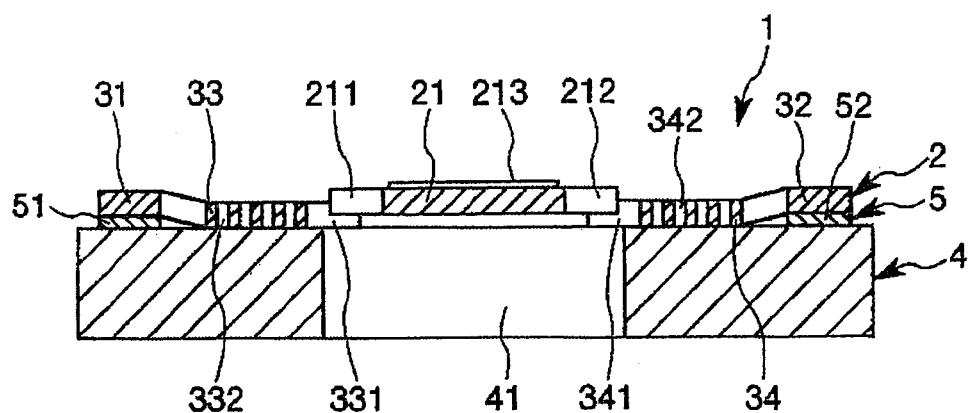


图 2A

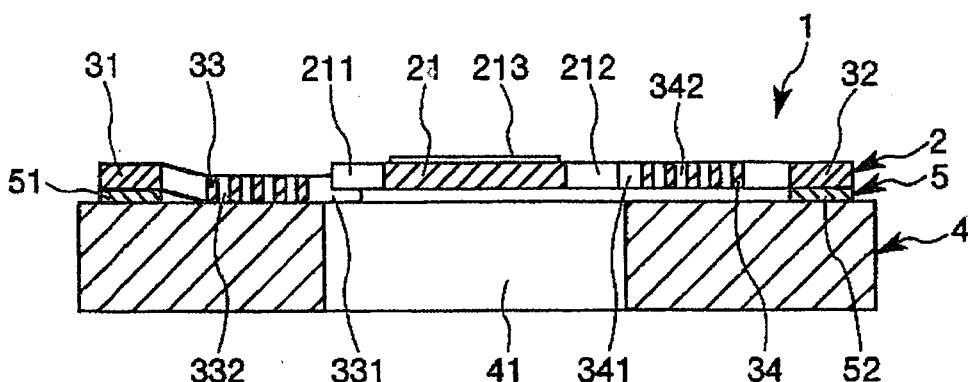


图 2B

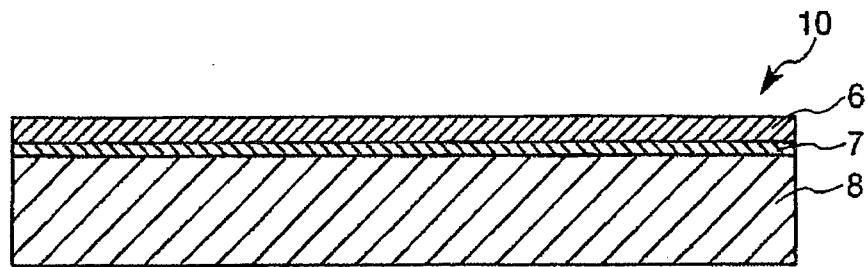


图 3A

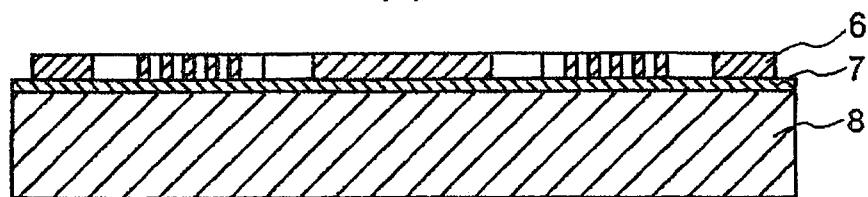
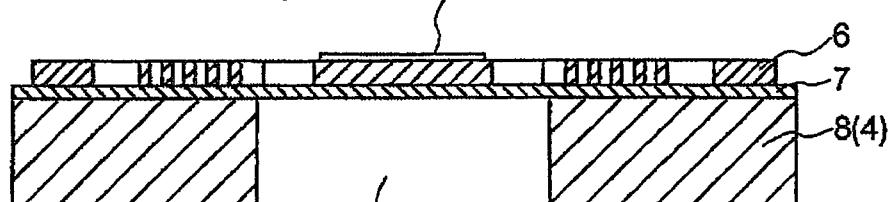
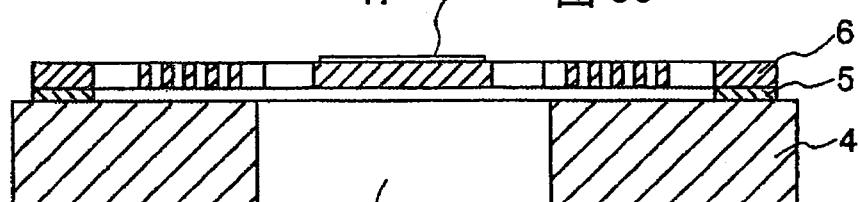


图 3B 213



41 213 图 3C



41 213 图 3D

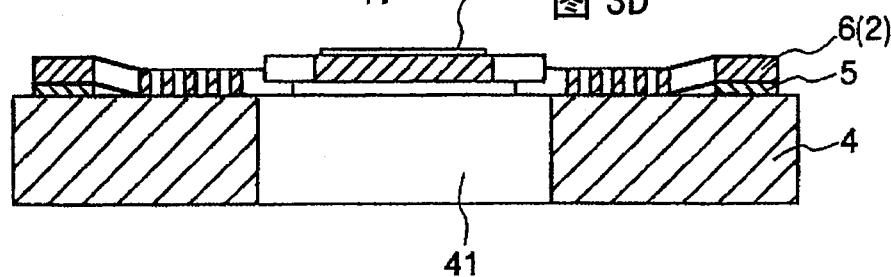


图 3E

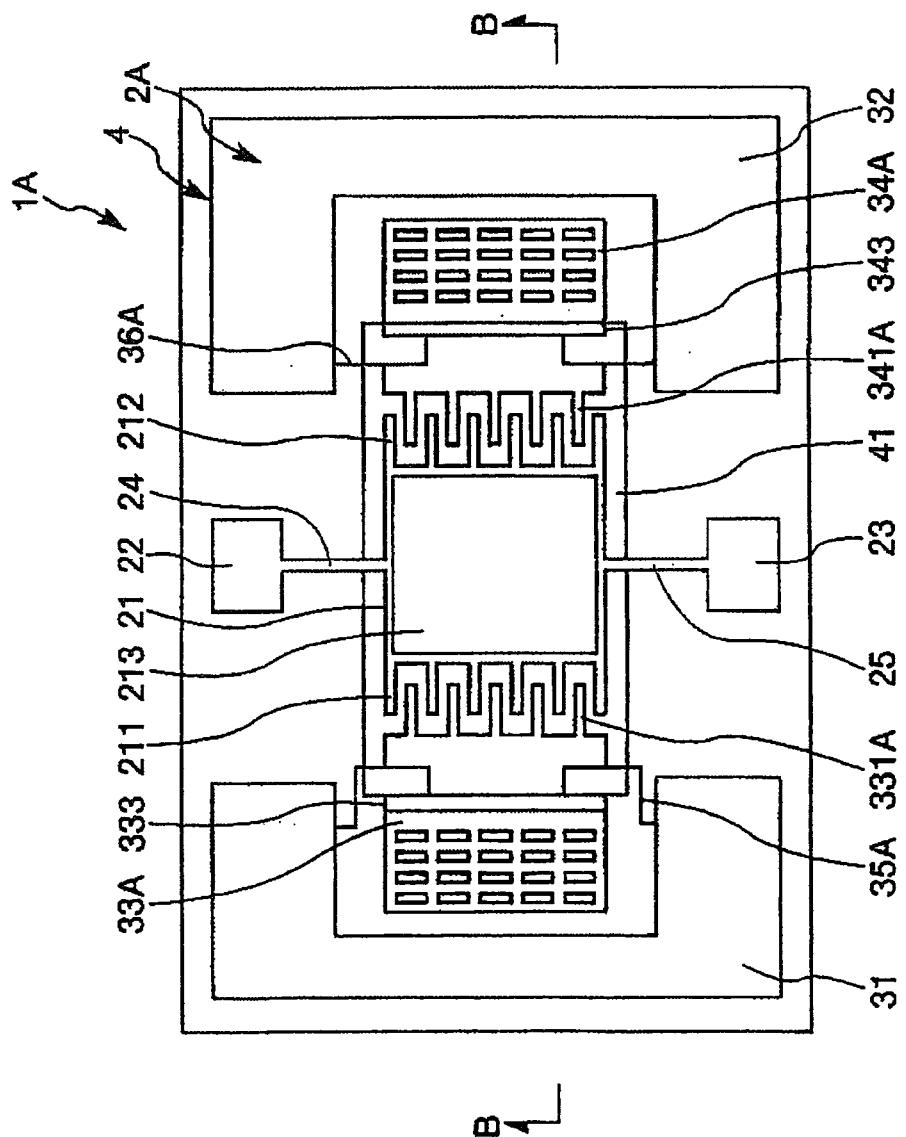


图 4

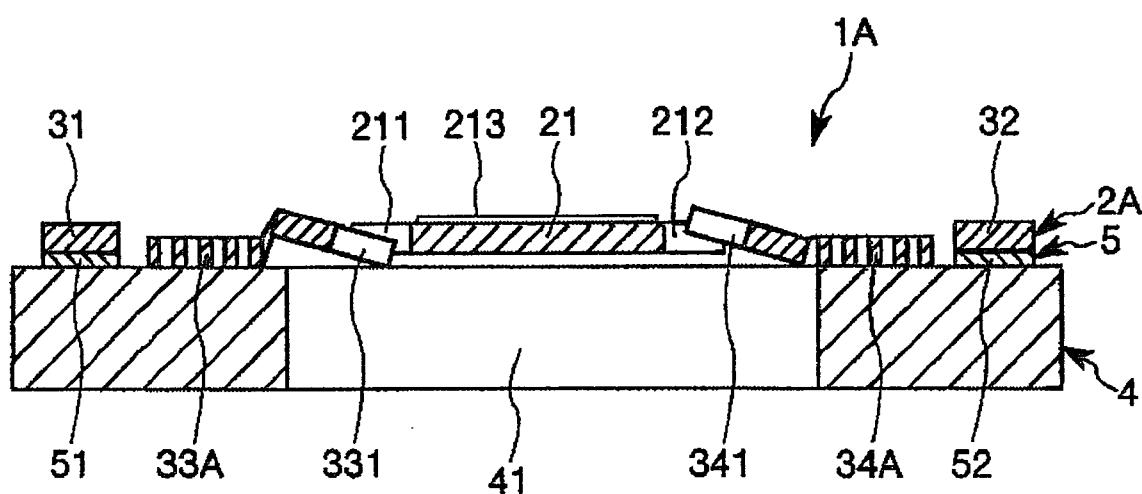


图 5

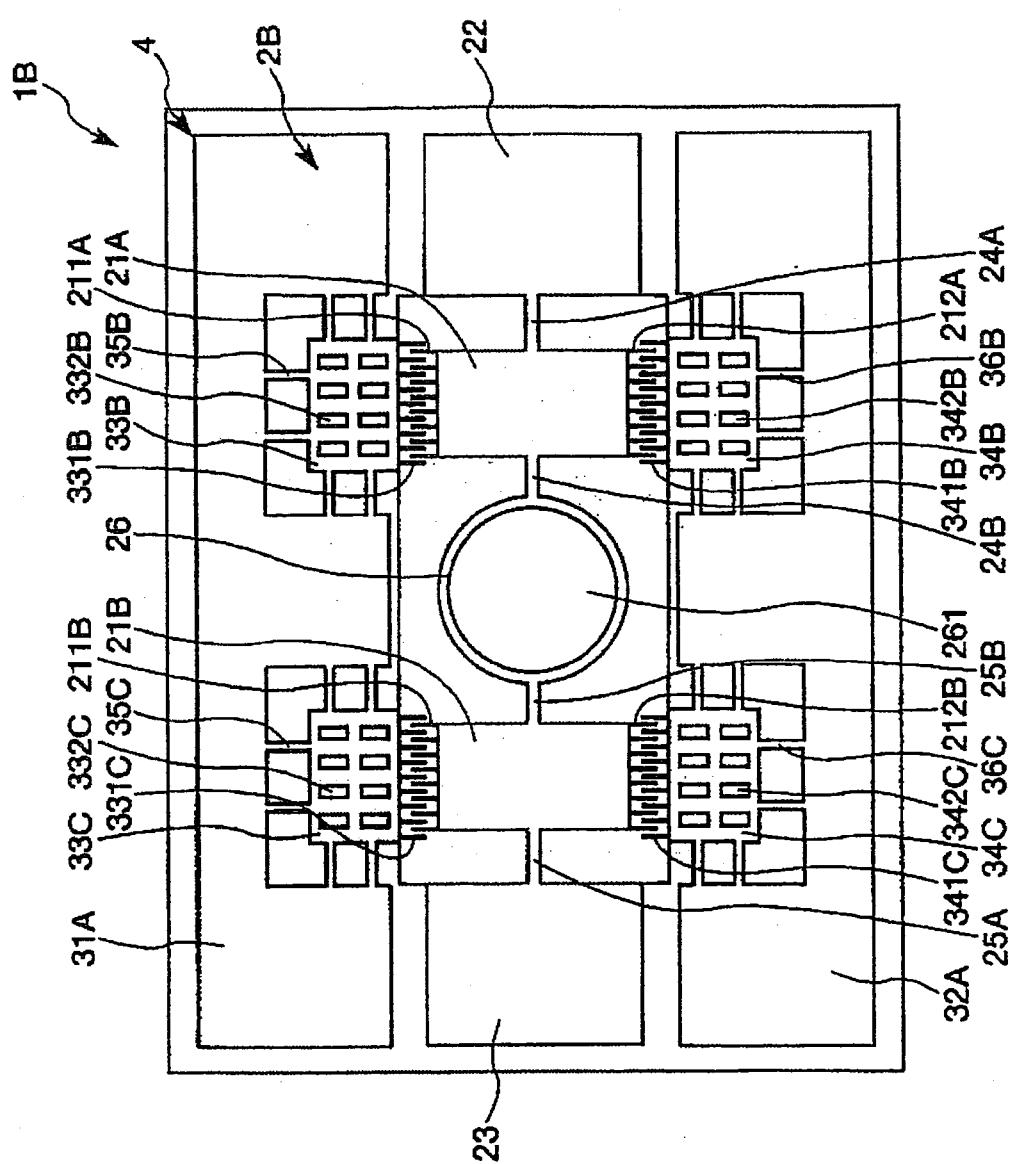


图 6

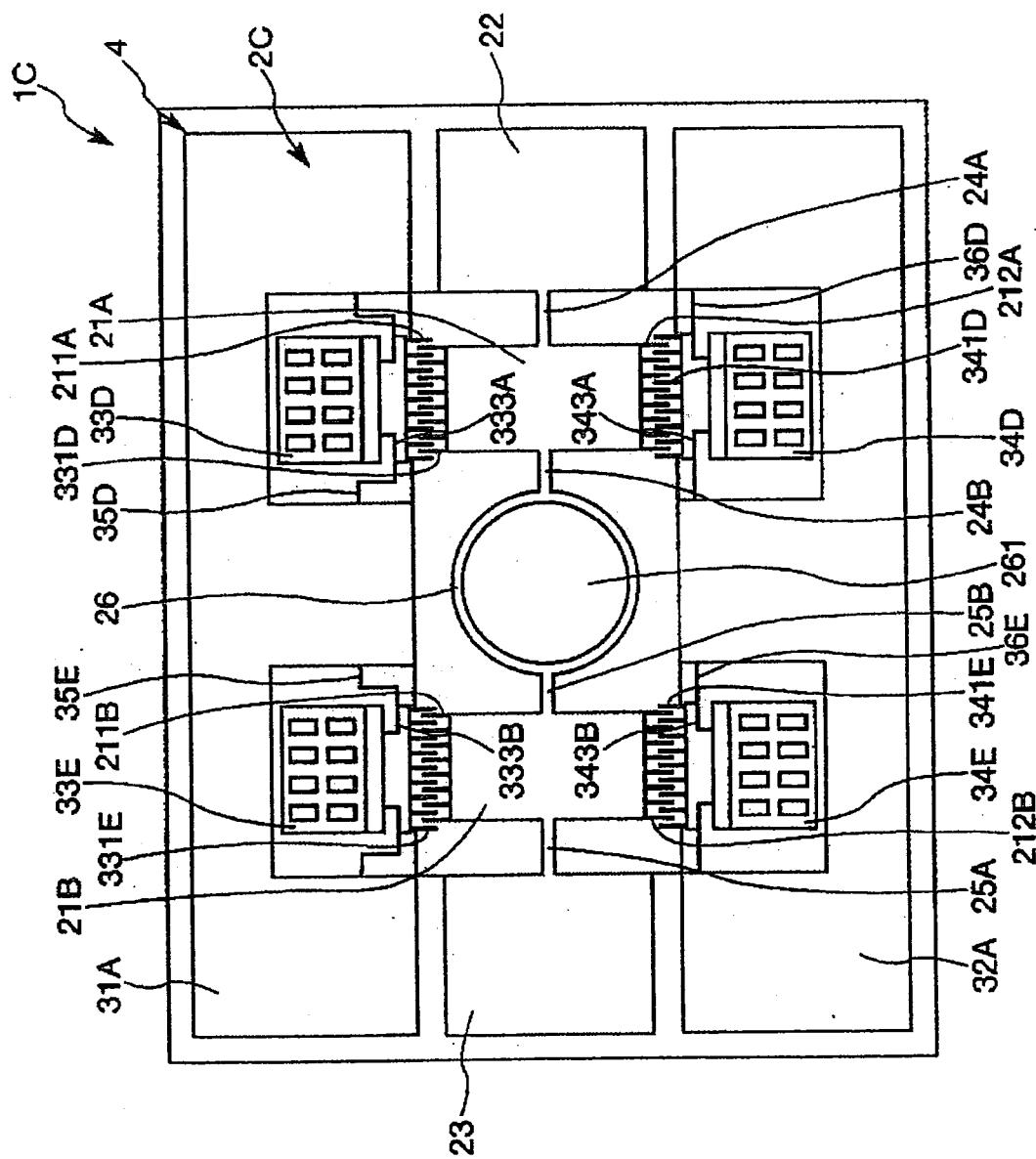


图 7