



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102356324 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201080012403. 8

(22) 申请日 2010. 02. 26

(30) 优先权数据

12/409, 920 2009. 03. 24 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 09. 16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/025579 2010. 02. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/110989 EN 2010. 09. 30

(73) 专利权人 飞思卡尔半导体公司

地址 美国得克萨斯

(72) 发明人 林毅桢 托德·F·米勒 朴宇泰

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

代理人 李宝泉 周亚荣

(51) Int. Cl.

G01P 15/125(2006. 01)

G01P 15/097(2006. 01)

G01P 15/08(2006. 01)

B81B 7/02(2006. 01)

B81B 7/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5176031 A, 1993. 01. 05,

EP 1879034 A1, 2008. 01. 16,

US 2006169043 A1, 2006. 08. 03,

US 5176031 A, 1993. 01. 05,

US 2005005698 A1, 2005. 01. 13,

EP 1677118 A1, 2006. 07. 05,

JP 11051959 A, 1999. 02. 26,

US 5576483 A, 1996. 11. 19,

EP 0877255 A1, 1998. 11. 11,

CN 101270988 A, 2008. 09. 24,

审查员 杨建坤

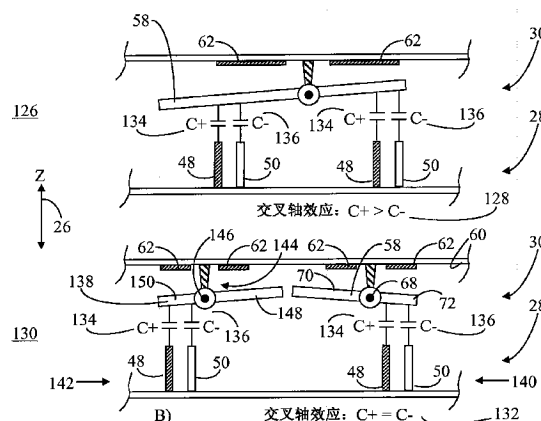
权利要求书4页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

垂直集成的 MEMS 加速度变换器

(57) 摘要

一种变换器 (20), 包括被结合的传感器 (28, 30), 以形成垂直集成的构造。传感器 (28) 包括检测质量块 (32), 可移动耦合至基板 (36) 的表面 (34) 并与基板 (36) 的表面 (34) 间隔开。传感器 (30) 包括检测质量块 (58), 可移动地耦合至基板 (56) 的表面 (60) 并与基板 (56) 的表面 (60) 间隔开。基板 (36, 56) 与面对基板 (36) 的表面 (34) 的基板 (56) 的表面 (60) 耦合。因此, 检测质量块 (58) 面对检测质量块 (32)。独立地制造传感器 (28, 30) 且可以利用不同微机械加工技术来形成。传感器 (28, 30) 利用晶片结合技术来顺序耦合 (90), 以形成变换器 (20)。变换器 (20) 的实施例可以包括沿一个、两个或三个正交轴感测且可以适用于检测在不同加速度感测范围的移动。



1. 一种适用于感测加速度的变换器,包括:

第一基板,所述第一基板具有第一表面;

第一检测质量块,所述第一检测质量块可移动地耦合至所述第一表面并与所述第一基板的所述第一表面间隔开;

第二基板,所述第二基板具有第二表面,所述第二基板耦合至所述第一基板,并且所述第二表面面对所述第一表面;

第二检测质量块,所述第二检测质量块可移动地耦合至所述第二表面并与所述第二基板的所述第二表面间隔开,所述第二检测质量块被设置成面对所述第一检测质量块;以及

其中,所述第二检测质量块与所述第一基板的所述第一表面上形成的固定感测指状物面对,所述第二检测质量块通过具有足以限制所述第二检测质量块与所述固定感测指状物之间的串扰电容的宽度的间隙与所述固定感测指状物间隔开。

2. 根据权利要求1所述的变换器,还包括:锚固系统,所述锚固系统形成在所述第一基板的所述第一表面上并与所述第一检测质量块耦合,所述锚固系统使得所述第一检测质量块能够响应于第一方向上的加速度而基本上平行于所述第一基板的所述第一表面移动。

3. 根据权利要求2所述的变换器,还包括:

可移动指状物,所述可移动指状物形成在所述第一检测质量块中并被布置成垂直于所述第一方向,

其中,所述固定感测指状物与所述第一基板非移动连接并被布置成基本平行于所述可移动指状物,所述可移动指状物中的每个设置在一对所述固定感测指状物之间,以形成差动电容结构。

4. 根据权利要求2所述的变换器,其中,所述锚固系统还使得所述第一检测质量块能够响应于第二方向上的加速度而基本上平行于所述第一基板的所述第一表面移动,所述第二方向与所述第一方向正交。

5. 根据权利要求2所述的变换器,其中,所述锚固系统是第一锚固系统,并且所述变换器还包括第二锚固系统,所述第二锚固系统形成在所述第二基板的所述第二表面上并与所述第二检测质量块耦合,以使得所述第二检测质量块能够响应于所述第一方向上的所述加速度而基本上平行于所述第二基板的所述第二表面移动。

6. 根据权利要求5所述的变换器,还包括:

第一传感器,所述第一传感器适用于在第一感测范围上检测所述第一方向上的所述加速度,所述第一检测质量块形成所述第一传感器的一部分;以及

第二传感器,所述第二传感器适用于在第二感测范围上检测所述第一方向上的所述加速度,所述第二检测质量块形成所述第二传感器的一部分,并且所述第二感测范围与所述第一感测范围不同。

7. 根据权利要求1所述的变换器,其中,所述第二检测质量块适于相对于旋转轴运动,并且所述变换器还包括锚固系统,所述锚固系统形成在所述第二基板的所述第二表面上并与所述第二检测质量块枢轴地耦合,所述锚固系统使得所述第二检测质量块能够响应于与所述第二基板的所述第二表面相垂直的方向上的加速度而围绕所述旋转轴旋转。

8. 根据权利要求7所述的变换器,其中:

所述第二检测质量块包括第一和第二端部,第一部分形成在所述旋转轴和所述第一端

部之间,第二部分形成在所述旋转轴和所述第二端部之间,所述第一部分呈现出比所述第二部分的质量大的质量;以及

所述变换器还包括在所述第二基板的所述第二表面上形成的第一和第二电极元件,所述第一电极元件面对所述第一部分,所述第二电极元件面对第二部分,并且所述第一和第二电极元件中的每个适于感测与所述第二表面相垂直的所述方向上的所述加速度。

9. 根据权利要求7所述的变换器,还包括:

第三检测质量块,所述第三检测质量块可移动耦合至所述第二表面并与所述第二基板的所述第二表面间隔开,所述第三检测质量块与第二组固定感测指状物面对;以及

第三锚固系统,所述第三锚固系统形成在所述第二基板的所述第二表面上并在第二旋转轴处与所述第三检测质量块枢轴地耦合,所述第三锚固系统使得所述第三检测质量块能够响应于与所述第二表面相垂直的所述方向上的加速度而围绕所述第二旋转轴旋转。

10. 根据权利要求1所述的变换器,还包括:

超越行程停止部,所述超越行程停止部位于所述第一检测质量块与所述第二检测质量块之间,所述超越行程停止部与所述第一和第二表面中的一个非移动连接,所述超越行程停止部适于限制所述第一和第二检测质量块中的至少一个在与所述第一和第二基板的所述第一和第二表面相垂直的方向上的移动。

11. 根据权利要求10所述的变换器,其中,所述超越行程停止部是第一超越行程停止部,其与所述第一表面非移动连接并适于限制所述第二检测质量块在所述方向上的移动,并且所述变换器还包括第二超越行程停止部,所述第二超越行程停止部位于所述第一检测质量块和所述第二检测质量块之间,所述第二超越行程停止部与所述第二表面非移动连接并适于限制所述第一检测质量块在所述方向上的移动。

12. 根据权利要求1所述的变换器,其中,所述第二基板耦合至所述第一基板以形成气密封腔室,在所述气密封腔室中设置所述第一检测质量块和所述第二检测质量块。

13. 一种制造适用于感测加速度的微机电系统(MEMS)变换器的方法,包括:

形成适用于检测所述加速度的第一传感器,所述第一传感器包括第一基板、第一检测质量块以及第一固定电极,所述第一基板具有第一表面,所述第一检测质量块可移动地耦合至所述第一表面并以间隔开的关系被设置在所述第一表面上方,所述第一固定电极形成在所述第一表面上;

形成适用于检测所述加速度的第二传感器,所述第二传感器包括第二基板、第二检测质量块以及第二固定电极,所述第二基板具有第二表面,所述第二检测质量块可移动地耦合至所述第二表面并以间隔开的关系被设置在所述第一表面上方,所述第二固定电极形成在所述第二表面上;以及

在形成所述第一和第二传感器之后,将所述第二基板与所述第一基板耦合,使得所述第二表面面对所述第一表面并且所述第二检测质量块被设置成面对所述第一检测质量块,

其中,所述第二检测质量块与所述第一基板的所述第一表面上形成的固定感测指状物面对,所述第二检测质量块通过具有足以限制所述第二检测质量块与所述固定感测指状物之间的串扰电容的宽度的间隙与所述固定感测指状物间隔开。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中:

所述形成所述第一传感器包括在所述第一基板的所述第一表面上形成第一锚固系统,

所述第一锚固系统与所述第一检测质量块耦合,所述第一锚固系统使得所述第一检测质量块能够响应于第一方向上的加速度而基本上平行于所述第一基板的所述第一表面移动;以及

所述形成所述第二传感器包括在所述第二基板的所述第二表面上形成第二锚固系统,所述第二锚固系统在旋转轴处与所述第二检测质量块枢轴地耦合,以使得所述第二检测质量块能够响应于第二方向上的加速度而围绕所述旋转轴转动,所述第二方向垂直于所述第二基板的所述第二表面。

15. 根据权利要求 13 所述的方法,其中:

所述形成所述第一传感器包括在所述第一基板的所述第一表面上形成第一锚固系统,所述第一锚固系统与所述第一检测质量块耦合,所述第一锚固系统使得所述第一检测质量块能够响应于第一方向上的加速度而基本上平行于所述第一基板的所述第一表面移动,其中所述第一传感器适用于在第一感测范围上检测所述第一方向上的所述加速度;以及

所述形成所述第二传感器包括在所述第二基板的所述第二表面上形成第二锚固系统,所述第二锚固系统与所述第二检测质量块耦合,所述第二锚固系统使得所述第二检测质量块能够响应于所述第一方向上的所述加速度而基本上平行于所述第二基板的所述第二表面移动,其中所述第二传感器适用于在与所述第一感测范围不同的第二感测范围上检测所述第一方向上的所述加速度。

16. 根据权利要求 13 所述的方法,其中,所述耦合操作将所述第二基板耦合到所述第一基板,以形成气密密封腔室,在所述气密密封腔室中设置所述第一检测质量块和所述第二检测质量块。

17. 一种适用于感测加速度的变换器,包括:

第一基板,所述第一基板具有第一表面;

第一检测质量块,所述第一检测质量块与所述第一基板的所述第一表面间隔开;

第一锚固系统,所述第一锚固系统形成在所述第一基板的所述第一表面上并与所述第一检测质量块耦合,以使得所述第一检测质量块能够响应于第一方向上的加速度而基本上平行于所述第一基板的所述第一表面移动;

第二基板,所述第二基板具有第二表面,所述第二基板耦合至所述第一基板,并且所述第二表面面对所述第一表面;

第二检测质量块,所述第二检测质量块与所述第二基板的所述第二表面间隔开,所述第二检测质量块被设置成面对所述第一检测质量块;

第二锚固系统,所述第二锚固系统形成在所述第二基板的所述第二表面上并与所述第二检测质量块枢轴地耦合,以使得所述第二检测质量块能够响应于第二方向上的加速度而围绕旋转轴转动,所述第二方向垂直于所述第二基板的所述第二表面;以及

其中,所述第二检测质量块与所述第一基板的所述第一表面上形成的固定感测指状物面对,所述第二检测质量块通过具有足以限制所述第二检测质量块与所述固定感测指状物之间的串扰电容的宽度的间隙与所述固定感测指状物间隔开。

18. 根据权利要求 17 所述的变换器,其中,所述第一锚固系统还使得所述第一检测质量块能够响应于第三方向上的加速度而基本上平行于所述第一基板的所述第一表面移动,所述第三方向与所述第一和第二方向正交。

19. 根据权利要求 18 所述的变换器,还包括:

超越行程停止部,所述超越行程停止部位于所述第一检测质量块和所述第二检测质量块之间,所述超越行程停止部与所述第一和第二表面中的一个非移动连接,所述超越行程停止部适用于限制所述第一和第二检测质量块中的至少一个在所述第二方向上的移动。

垂直集成的 MEMS 加速度变换器

技术领域

[0001] 本发明一般涉及加速度变换器。更具体而言,本发明涉及垂直集成的微机电系统(MEMS)加速度变换器。

背景技术

[0002] 加速度变换器或加速度计是一种通常用于测量加速力的传感器。这些力可以是静态力,例如重力的恒力,或者通过移动或振动加速度计而导致它们可以是动态的。加速度计可以感测沿一个、两个或三个轴或方向的加速度或其他现象。从这种信息可以确定其中安装了加速度计的装置的移动或方向。加速度计用于惯性制导系统、车辆的安全气囊展开系统、用于各种装置的保护系统以及多种其他科学和工程系统中。

[0003] 电容感测式 MEMS 加速度计的设计非常适用于在高重力环境和小型化装置中操作,因为它们的成本相对低。电容式加速度计相对于加速度感测电气电容的变化,以改变带电电路的输出。一种类型的电容式加速度变换器能够检测沿着通常平行于变换器封装的平面的一个或两个轴的移动。这种类型的加速度变换器使用可移动元件,该可移动元件在 x 轴和 / 或 y 轴加速度下基本上平行于安装有该移动元件的衬底表面移动。另一种类型的电容式加速度变换器具有“跷跷板”或“压翘板”形式的可移动元件构造,其能够检测沿着通常与变换器封装的平面相垂直的轴的移动。这种类型的加速度变换器使用在垂直于基板表面的 z 轴加速度下旋转的可移动元件或板。这两种类型的加速度计结构能够测量至少两种不同的电容以确定差动电容或相对电容。

[0004] 现有技术中的多轴加速度变换器通常具有单片设计。在单片设计中,感测结构以平面方式制造在相同基板或装置晶片上。虽然可以通过更有效率的管芯面积设计工艺、更进取的制造工艺等来实现管芯尺寸的降低,但是在不增加制造成本或牺牲部分性能的前提下,这些工艺的效率会受到限制。

[0005] 因此,需要一种改进的 MEMS 加速度变换器以及制造方法,以克服上述现有技术中出现的問題。

附图说明

[0006] 当结合附图考虑时,通过参考详细的说明和权利要求,来获得对本发明的更全面的理解,其中在整个附图中,类似的附图标记表示类似的项目,以及:

[0007] 图 1 示出根据本发明实施例的微机电系统(MEMS)加速度变换器的分解透视图;

[0008] 图 2 示出根据一个示例性实施例的用于制造图 1 中所示的加速度变换器的制造工艺的流程图;

[0009] 图 3 示出图 1 中的加速度变换器的双轴传感器的俯视图;

[0010] 图 4 示出沿图 3 的截线 4-4 的双轴传感器的侧视图;

[0011] 图 5 示出图 1 中的加速度变换器的单轴传感器的俯视图;

[0012] 图 6 示出沿图 5 的截线 6-6 的单轴传感器的侧视图;

[0013] 图 7 示出与用于形成图 1 中的加速度变换器的单轴传感器耦合的双轴传感器的侧视图；

[0014] 图 8 示出根据本发明实施例的说明串扰电容效应的第一图示和说明串扰电容消除的第二图示；

[0015] 图 9 示出根据可替选实施例的图 1 中的变换器的侧视图；以及

[0016] 图 10 示出根据另一可替选实施例的 MEMS 加速度变换器的侧视图。

具体实施方式

[0017] 根据本文教导，出于说明性目的而提供一种紧凑型加速度变换器或加速度计作为示例，加速度变换器的实施例可以包括沿一个、两个或三个轴的感测。多轴感测可以适用于检测与变换器平面表面相平行的两个正交轴上的加速度，以及适用于检测与变换器平面表面相垂直的轴上的加速度。此外，加速度变换器可以适用于检测不同加速度感测范围的加速度，即 g 级别。本发明的实施例还包括垂直集成或堆叠的加速度变换器的制造方法。这种加速度变换器通过以下步骤制造：独立地制造两个变换器晶片，且随后将两个变换器晶片结合到一起，以创建能够在相同或不同加速度感测范围、沿一个、两个或三个轴进行感测的加速度变换器。

[0018] 图 1 示出根据本发明实施例的微机电系统 (MEMS) 加速度变换器 20 的分解透视图。在所述实施例中，变换器 20 是多轴电容感测式加速度计，其适用于感测三个相互正交的方向上的加速度。更具体来说，变换器 20 在对应于 X 轴的方向 22、对应于 Y 轴的方向 24 以及对应于 Z 轴的方向 26 上感测加速度。为清楚起见，以下将方向 22 称为 X 方向 22、方向 24 称为 Y 方向 24 且方向 26 称为 Z 方向 26。虽然本文中描述的变换器 20 在三个相互正交的方向上感测加速度，但应理解的是，变换器 20 可以适用于仅在一个方向或在两个相互正交的方向上感测加速度，如将在下文更详细讨论的那样。为示出清楚，变换器 20 的层在图中示出为分开的。但应当理解的是，实际上变换器的层在实现时将安装在一起。

[0019] 在实施例中，变换器 20 包括双轴传感器 28 和单轴传感器 30。双轴传感器 28 可以适用于感测 X 方向 22 和 Y 方向 24 上的加速度，且单轴传感器 30 可以适用于感测 Z 轴 26 上的加速度。独立地制造传感器 28 和 30，随后将它们结合在一起以形成 MEMS 变换器 20，并且传感器 30 位于传感器 28 之上。这种分开或独立的制造方式能够利用用于两个传感器 28 和 30 的不同变换器制造技术，以便实现用于特定变换器应用的最有利的制造方案。

[0020] 双轴传感器 28 包括检测质量块 32 (proof mass)，其经由锚固系统 38 与基板 36 的表面 34 间隔开，即悬挂在基板 36 的表面 34 上方或以相互间隔开的关系设置在基板 36 的表面 34 上方。锚固系统 38 可移动地将检测质量块 32 耦合至基板 36。在实施例中，锚固系统 38 包括多个锚固器 40，该多个锚固器 40 形成在基板 36 的表面 34 上或耦合至基板 36 的表面 34。检测质量块 32 通过弹簧 42 附接至锚固器 40，该弹簧 42 优选顺应于两个相互正交的方向，即 X 方向 22 和 Y 方向 24。因此，锚固系统 38 能够使检测质量块 32 分别响应于 X 方向 22 或 Y 方向 24 而基本上平行于基板 36 的表面 34 移动。

[0021] 传感器 28 的检测质量块 32 包括第一组可移动电极，本文中称为可移动指状物 44，以及第二组可移动电极，本文中称为可移动指状物 46。每个可移动指状物 44 由一对固定电极围绕，本文中称为固定指状物 48 和 50，其形成在基板 36 的表面 34 上或以其他方式附接

至基板 36 的表面 34。固定指状物 48 和 50 与基板 36 非移动连接。也就是说,固定指状物 48 和 50 不移动离开基板 36。指状物 44、48 和 50 垂直于 X 方向 22 设置并形成用于确定 X 方向 22 上的加速度的差动电容结构。类似地,每个可移动指状物 46 由一对固定电极围绕,本文中称为固定指状物 52 和 54,其形成在基板 36 的表面 34 上或以其他方式附接至基板 36 的表面 34,使得它们与基板 36 非移动连接。指状物 46、52 和 54 垂直于 Y 方向 24 设置并形成用于确定 Y 方向 24 上的加速度的差动电容结构。

[0022] 当双轴传感器 28 经历 X 方向 22 上的加速度时,检测质量块 32 在 X 方向 22 上移动,使得可移动指状物 44 和相邻的固定指状物 48 和 50 之间的距离变化,因此改变这些指状物之间的电容。这种电容的变化通过感测电路(未示出)来记录并转换为表示 X 方向 22 上的加速度的输出信号。在检测质量块 32 在 Y 方向 24 上移动时,通过记录可移动指状物 46 和相应的固定指状物 52 和 54 之间的电容变化,以类似方式感测 Y 方向 24 上的加速度。因此,传感器 28 检测正交方向上的加速度,所述正交方向基本上平行于基板 36 的表面 34,即 X 方向 22 和 Y 方向 24。

[0023] 出于说明性目的,提供传感器 38 中的各种结构,例如检测质量块 32、可移动指状物 44 和 46、固定指状物 48、50、52 和 54、弹簧 42 以及锚固器 40。本领域技术人员应当理解的是,可以根据特定设计约束对这些不同元件采用不同形式。例如,检测质量块 32 可以具有不同的形状且能够变化可移动指状物 44 和 46 以及固定指状物 48、50、52 和 54 的数量和布置。在本示例性实施例中,一共具有四个锚固器 40 和四个弹簧 42,且每个弹簧 42 通过检测质量块 32 与每个锚固器 40 互连。但是,能够改变锚固器 40 和/或弹簧 42 的数量和位置。

[0024] 单轴传感器 30 包括基板 56 和检测质量块 58,其可移动地耦合至基板 56 的表面 60 并与其间隔开。基板 56 具有在表面 60 上沉积的预定构造的多个导电电极元件 62,以形成电容器电极元件或“板”。在示例性情形中,电极元件 62 可以操作为激励或感测电极,以接收激发信号。电极元件 62 可以附加地在反馈信号叠加在感测信号上时操作为反馈电极。在可替换的实施例中,分开的感测和激励电极可以根据公知的构造被形成在基板 56 的表面 60 上。

[0025] 检测质量块 58 通过锚固系统 64 从基板 56 可旋转地悬挂,该锚固系统 64 形成在基板 56 的表面 60 上或以其他方式附接至该基板 56 的表面 60。例如,检测质量块 58 通过锚固系统 64 的旋转弯曲部 66 柔性地悬挂在基板 56 的表面 60 上方,该旋转弯曲部 66 能够使检测质量块 58 围绕旋转轴 68 枢转或旋转。当意图操作为跷跷板型加速度计时,旋转轴 68 的一侧上的检测质量块 58 的部分 70 的质量形成相对大于旋转轴 68 的另一侧上的检测质量块 58 的部分 72 的质量。部分 70 的较大质量通常通过偏移旋转轴 68 而创建。即,旋转轴 68 和部分 70 的端部 76 之间的长度 74 大于旋转轴 68 和部分 72 的端部 80 之间的长度 78。此外,相对于旋转轴 68 和检测质量块 58 的纵轴 82 对称地确定电极元件 62 的尺寸并间隔开电极元件 62。

[0026] 在可替换的实施例中,旋转轴 68 可以位于检测质量块 58 的端部 76 和 80 的中点。在这种构造中,可以在例如部分 72 中制作穿过检测质量块 58 的孔以相对于部分 70 减小部分 72 的质量,而在部分 70 和部分 72 之间实现不同质量。可替换地,例如可以将附加的质量添加到例如部分 70 上的检测质量块 58,以相对于部分 72 增加部分 70 的质量。

[0027] 由于部分 70 和部分 72 之间存在质量差,所以检测质量块 58 响应于 Z 方向 26 上的加速度而围绕旋转轴 68 枢转,因此相对于固定电极元件 62 改变其位置。这种位置变化导致电容器组,所述电容器组的电容差(即差动电容)表示垂直于基板 56 的表面 60 的 Z 方向 26 上的加速度。

[0028] 如将在下文详细讨论的,基板 56 机械地耦合至基板 36,使得表面 60 面对表面 34,且检测质量块 58 被设置成面对检测质量块 32。基板 56 与基板 36 之间的机械耦合形成腔室,该腔室中设置检测质量块 32 和检测质量块 58 这两者。在实施例,这种机械耦合产生气密封的腔室。因此,形成多轴垂直集成或堆叠的加速度变换器。由两个传感器 28 和 30 形成的变换器 20 的堆叠构造与现有技术的单片装置相比可以降低变换器的管芯尺寸,产生更具吸引力的形状因素,且能够排除对分离帽晶片的需要,该分离帽晶片通常用于气密封 MEMS 装置的组件。

[0029] MEMS 传感器应用要求低温度系数偏移(TCO)的规范。术语“偏移”是指在 MEMS 传感器的非激励状态下的从其标称值偏移的输出。因此,TCO 是热应力影响诸如 MEMS 装置的半导体装置性能的程度的尺度。MEMS 装置应用的封装通常使用具有不同热膨胀系数的材料。因此,在制造或操作期间能够产生不希望的高 TCO。本文中称为封装应力的、这些热应力以及由湿气和组装工艺造成的应力会致使下层基板变形,更容易使 MEMS 传感器出现测量错误。检测质量块 32 和 58 相对于彼此几何地居中。传感器 28 和 30 的检测质量块 32 和 58 的几何居中的构造能够降低不想要的热感应偏移,由此获得更好的 TCO 性能。

[0030] 图 2 示出根据示例性实施例的用于生产加速度变换器 20 的加速度变换器制造工艺 84 的流程图。工艺 84 通常为用于形成独立的传感器 28 和 30 以及随后将它们结合以形成加速度变换器 20 的方法。传感器 28 和 30 的独立形成能够利用用于两个传感器 28 和 30 的不同变换器制造技术,以便为特定变换器应用实现最有利的制造方案。此外, MEMS 装置通常需要具有盖的空穴式封装。制造工艺 84 说明了一种封装技术,其中传感器 30 与传感器 28 堆叠,由此消除了对气密封加速度变换器 20 的组件的分离帽晶片的需要。以下结合单个加速度变换器 20 的制造描述制造工艺 84。但是,本领域技术人员应当理解的是,后续工艺允许与多个变换器 20 的晶片级制造同时进行。随后可以以常规方式切割、划片各个变换器 20,以提供气密封的各个加速度变换器。

[0031] 加速度变换器制造工艺 84 包括任务 86,在该任务处形成双轴传感器 28(图 1)。双轴传感器 28 的形成可以包括各种构图、沉积以及蚀刻操作,以形成检测质量块 32、锚固系统 38、固定指状物 48、50、52、54 等。例如,诸如检测质量块 32 的可移动部件的制造能够需要释放层的实现,释放层也称为牺牲层。即,可移动部件能够通过沉积牺牲层(未示出)而建立,在例如锚固系统 38 的未来的梁将附接至下层基板的位置处选择性地去除该牺牲层。结构化层随后沉积在牺牲层顶部上并被结构化。随后利用不会改变结构化层的选择性蚀刻工艺来去除牺牲层以释放可移动部件。在实施例,可以利用高纵横比的微机械加工工艺来形成双轴传感器 28,以产生具有坚硬、垂直侧壁的相对高的微结构,即相对厚的检测质量块 32。高纵横比的微机械加工工艺可以用于形成例如具有大于 5 : 1 的纵横比的三维结构。

[0032] 加速度变换器制造工艺 84 还包括任务 88,在任务 88 处形成单轴传感器 30。单轴传感器 30 的形成可以包括牺牲层和结构化层的各种构图、沉积以及蚀刻操作,以形成悬挂

在基板 56 的表面 60 上方并以间隔开的关系被设置在基板 56 的表面 60 上方,以及形成电极元件 62 和锚固系统 64。在实施例中,单轴传感器 30 可以利用表面微机械加工工艺来形成。表面微机械加工工艺能够对多晶硅和其他材料的薄膜进行构图,以形成基本上二维的平面结构,因为该结构的厚度受所沉积薄膜厚度的限制。

[0033] 应当注意到,任务 86 适于双轴传感器 28 的制造,且任务 88 适于单轴传感器 30 的制造。因此,虽然它们在本文中描述为系列操作,以用于简化说明,但是这些不同操作可以在单一制造设备的分离区域中并行进行,或者这些不同的操作可以在不同制造设备中进行。

[0034] 还应注意到,在实施例中,结合双轴传感器 28 和单轴传感器 30 的形成来描述加速度变换器制造工艺 84。但是,在可替代的实施例中,传感器 28 和 30 可以根据特定设计需要而是单或双轴传感器的任意组合。例如,传感器 28 可以适合于感测 X 方向 22、Y 方向 24 或 Z 方向 26 之一。类似地,传感器 30 可以适合于感测 X 方向 22、Y 方向 24 或 Z 方向之一。因此,加速度变换器 20 可以仅感测 X 方向 22、Y 方向 24 或 Z 方向 26 上的加速度或 X、Y 和 Z 方向 22、24、26 的任意组合的方向上的加速度。

[0035] 传感器 28 和 30 的独立制造方法还能够根据特定设计需要而在单一加速度变换器封装内形成检测不同感测范围的加速度的传感器 28 和 30。例如,传感器 28 可以用于检测例如十至一百 g 的中 -g 感测范围的加速度。传感器 30 可以检测与传感器 28 相同的感测方向或多个方向上的加速度,但可以用于检测不同感测范围中的加速度,例如大于一百 g 的高 -g 感测范围或小于十 g 的低 -g 感测范围。因此,传感器形成任务 86 和 88 利用相同或不同的制造工艺以使能用于期望应用的最优变换器设计的构造。

[0036] 任务 86 和 88 之后,加速度变换器制造工艺 84 进行至任务 90。在任务 90 处,利用常规晶片结合工艺,将传感器 30 与传感器 28 机械地耦合,以形成加速度变换器 20。可以通过在相应基板 36 和 56 中的每个的结合周边上施加结合层来实现传感器 28 和 30 的耦合。这种结合层可以是金属结合环,该结合环彼此耦合以形成围绕检测质量块 32 和 58 的气密密封接合。结合层能够是通常用于形成气密密封接合的多种不同材料。这些材料例如包括铝、铜、银、金、钨、其合金、其化合物、玻璃粉等。但应当理解的是,如果不期望气密密封,则结合层可以可替代地由填充的环氧树脂或填充的硅树脂来形成。

[0037] 耦合任务 90 之后,可以执行任务 92。在任务 92 处,根据诸如晶片减薄、封装、引线结合以形成外部连接、测试等的常规工艺对加速度变换器 20 进行进一步操作。任务 92 之后,结束加速度变换器制造工艺 84 且加速度变换器 20 可以用于加速度测量。

[0038] 现在参考图 3-4,图 3 示出加速度变换器 20(图 1)的双轴传感器 28 的俯视图,且图 4 示出沿图 3 的截线 4-4 的双轴传感器 28 的侧视图。利用例如已知和开发的高纵横比微机械加工工艺,通过加速度变换器制造工艺 84(图 2)的任务 86(图 2)来形成双轴传感器 28。

[0039] 在实施例中,传感器 28 包括覆盖基板 36 的表面 34 的隔离层 94。随后执行构图、蚀刻和 / 或沉积工艺以形成覆盖隔离层 94 的导电层 96,且另一隔离层 98 可以形成在导电层 96 上方。根据需要,形成并构图导电层 96,以在固定指状物 48、50、52 和 54 之间提供适当的电连接。检测质量块 32、固定指状物 48、50、52 和 54、锚固器 40 和弹簧 42 顺序形成在隔离层 98 上方。选择性牺牲层沉积和蚀刻致使检测质量块 32 从基板 36 的表面 34 释放,

以使其响应于 X 方向 22 和 / 或 Y 方向 24 上感测的加速度而基本上平行于表面 34 移动。

[0040] 传感器 28 还可以包括与传感器 28 的其他组件同时形成的密封环 100、一个或多个内部连接地点 102 (仅示出其中一个以简化附图) 以及一个或多个外部连接地点 104 (仅示出其中一个以简化附图)。密封环 100 环绕检测质量块 32 并限定传感器 28 将与传感器 30 耦合的位置 (图 1)。内部连接地点 102 被实现为根据需要来形成传感器 28 和传感器 30 之间的电连接。外部连接地点 104 被实现为根据需要来形成传感器 28 和传感器 30 之间和 / 或传感器 28 和外部电路 (未示出) 之间的电连接。

[0041] 在去除下层牺牲层 (未示出) 以及释放检测质量块 32 之前, 可以将顶层 106 沉积在下层结构之上。可构图并蚀刻顶层 106, 使得顶层 106 保留在密封环 100 上, 以用作用于在传感器 28 和传感器 30 (图 1) 之间创建气密密封接合的结合介质。在实施例中, 顶层 106 可以为导电材料, 例如铝、铜、银、金、钨、其合金和其化合物。因此, 顶层 106 还可以被适当地构图和蚀刻, 使得其保留在内部连接地点 102 和外部连接地点 104 上, 以便形成以下讨论的后续电连接。

[0042] 根据本发明实施例, 可以附加适当地构图和蚀刻顶层 106, 使得其保留在传感器 28 的下层固定结构的至少一部分上, 以形成一个或多个超越行程停止部 108 (为了简化只示出两个)。如上所述, 超越行程停止部 108 形成在一对固定指状物 52 和 54 上并应在该对固定指状物 52 和 54 上方延伸。因此, 超越行程停止部 108 经由固定指状物 52 和 54 与基板 36 的表面 34 非移动连接。一旦耦合传感器 28 和 30, 超越行程停止部 108 就用于限制检测质量块 58 (图 1) 的移动, 使得检测质量块 58 在传感器 30 遭受 Z 方向 26 (图 1) 上的剧烈的加速度时不会与检测质量块 32 接触。

[0043] 现在参考图 5-6, 图 5 示出加速度变换器 20 (图 1) 的单轴传感器 30 的俯视图, 且图 6 示出沿图 4 的截线 6-6 的单轴传感器 30 的侧视图。利用例如已知的和开发的表面微机械加工工艺, 通过执行加速度变换器制造工艺 84 (图 2) 的任务 88 (图 2) 来形成单轴传感器 30。

[0044] 在实施例中, 传感器 30 包括覆盖基板 56 的表面 60 的隔离层 110。随后执行构图、蚀刻和 / 或沉积工艺以形成覆盖隔离层 110 的电极元件 62。检测质量块 58 和锚固系统 64 随后形成在隔离层 110 上方。选择性牺牲层沉积和蚀刻致使检测质量块 58 从基板 56 的表面 60 释放, 以使其响应于 Z 方向 26 上感测的加速度而围绕旋转轴 68 枢轴移动。

[0045] 传感器 30 还可以包括密封环 112, 以及如果需要的话, 还可以包括一个或多个内部连接地点 114 (为简化目的仅示出一个), 以及如果需要的话, 还可以包括一个或多个外部连接地点 (未示出), 所述一个或多个外部连接地点与传感器 30 的其他组件同时形成。密封环 112 环绕检测质量块 58 并限定传感器 30 将与传感器 28 (图 3) 耦合的位置。内部连接地点 114 可以被实现为根据需要来形成传感器 28 和传感器 30 之间的电连接。如果存在的话, 外部连接地点可以被实现为根据需要来形成传感器 28 和传感器 30 之间和 / 或传感器 30 和外部电路 (未示出) 之间的电连接。

[0046] 在去除下层牺牲层 (未示出) 以及释放检测质量块 58 之前, 将顶层 116 沉积在下层结构之上。可以构图并蚀刻顶层 116, 使得顶层 116 保留在密封环 112 上, 以用作用于在传感器 28 (图 3) 和传感器 30 之间创建气密密封接合的结合介质。与顶层 106 (图 3) 一样, 顶层 116 可以是导电材料, 例如铝、铜、银、金、钨、其合金和其化合物。因此, 顶层 116 还可

以被适当构图和蚀刻,使得其保留在内部连接地点 114 和外部连接地点(如果存在的话)上,以便形成以下讨论的后续电连接。

[0047] 根据本发明实施例,还可以附加适当地构图和蚀刻顶层 116,使得其保留在传感器 30 的下层固定结构的至少一部分上,以形成一个或多个超越行程停止部 118(为了简化只示出一个)。如上所述,超越行程停止部 118 形成在锚固系统 64 的固定部分上并在该锚固系统 64 的固定部分上方延伸。因此,超越行程停止部 118 经由锚固系统 64 与基板 56 的表面 60 非移动连接。一旦传感器 28 和 30 耦合,超越行程停止部 118 用于限制检测质量块 32(图 3)的移动,使得检测质量块 32 不能在传感器 28 遭受 Z 方向 26 上的剧烈的加速度时与检测质量块 58 接触。即,检测质量块 32 被设计为在遭受 X 方向 22 或 Y 方向 24 中的任一个上的加速度时在 X 方向 22(图 1)和 / 或 Y 方向 24(图 1)上移动。然而,锚固系统 38(图 1)的顺应性可以使检测质量块 32 能够在过度加速度下在 Z 方向 26 上进行某些移动。因此,超越行程停止部 118 限制这种不期望的移动。

[0048] 图 7 示出与单轴传感器 30 耦合以形成加速度变换器 20 的双轴传感器 28。传感器 30 的密封环 112 上的顶层 116 与传感器 28 的密封环 100 上的顶层 106 结合,以形成内部容积或腔室 120,其中设置传感器 28 和 30 中的每个的功能组件。此外,基板 56 的一部分被锯切以暴露外部连接地点 104。

[0049] 在实施例中,顶层 106 和 116 可以由铝形成,并利用热压结合技术来发生结合,但并不限于这种结合技术。热压结合涉及将传感器 28 和 / 或 30 加热至约四百五十摄氏度,然后以预定压力(例如 200 至 400lb/sq inch)将传感器 30 的密封环 112 上的顶层 116 按压至传感器 28 的密封环 100 上的相应的顶层 106。随后形成具有优良物理和电学性质的气密密封结合。在结合之前,根据惯例,会需要例如通过超声波擦洗、湿法蚀刻或等离子体清洗进行氧化物分解的附加操作。

[0050] 密封环 100 和 112 中的每个的高度与它们相应的传感器 28 和 30 的结构化组件的高度相当。因此,顶层 106 和 116 中的每个的适当厚度 122 在传感器 30 的检测质量块 58 和传感器 28 的检测质量块 32 和固定指状物 48、50、52 和 54 之间产生空隙或间隙 124。间隙 124 被构造成足够宽,以使传感器 30 和传感器 28 之间的串扰电容最小化。在示例性构造中,顶层 106 和 116 中的每个的厚度 122 可以约为四微米,以产生约为八微米的间隙 124 的宽度,以便使串扰电容最小化。执行铝-铝热压结合技术提供对间隙 124 的宽度的良好精度控制。

[0051] 超越行程停止部 108 和 118 位于检测质量块 32 和检测质量块 58 之间的腔室内。超越行程停止部 108 限制检测质量块 58 在 Z 方向 26 上的移动。类似地,超越行程停止部 118 限制检测质量块 32 在 Z 方向 26 上的移动。因此,因为在示例性构造中,顶层 106 和 116 中的每个的厚度 122 约为四微米,且相应的超越行程停止部 108 和 118 与顶层 106 和 116 一起形成,所以超越行程停止部 108 和 118 也约为四微米厚。因此,超越行程停止部 108 和 118 在 Z 方向 26 上的移动限制到四微米的最大行程。

[0052] 图 8 示出根据本发明实施例的说明串扰电容效应 128 的第一图示 126 和说明串扰电容消除 132 的第二图示 130。如上所述,检测质量块朝向感测电极的移动改变检测质量块和感测电极之间的电容。更具体来说,电容随检测质量块移动靠近感测电极而增大。如第一图示 126 中所示,在其中传感器 28 包括多个固定指状物 48 和 50 的情况下,传感器 30 的

固定指状物 48 和检测质量块 58 之间标记为 C+ 的第一电容 134 可以大于传感器 30 的固定指状物 50 和检测质量块 58 之间标记为 C- 的第二电容 136。标记为 C+ 的电容 134 和标记为 C- 的电容 136 之间的电容不均衡表示串扰电容效应 128。这会导致传感器 28 的测量错误。

[0053] 为了减少由串扰电容效应 128 导致的传感器 28 的测量错误,在可替选的实施例中,传感器 30 可以包括附加的检测质量块 138。这种构造示于第二图示 130 中。作为示例,检测质量块 58 与固定指状物 48 和 50 的部分 140 或子集之间是相反的关系。检测质量块 138 与基板 56 的表面 60 间隔开,并与固定指状物 48 和 50 的另一部分 142 或子集之间是相反的关系。锚固系统 144 形成在基板 56 的表面 60 上,并在另一旋转轴 146 处与检测质量块 138 枢轴地耦合。锚固系统 144 使检测质量块 138 能够响应于 Z 方向 26 上的加速度而围绕旋转轴 146 旋转。

[0054] 应当注意到,旋转轴 146 从检测质量块 138 的中线偏移。这致使检测质量块 138 的部分 148 的质量相对大于检测质量块 138 的部分 150 的质量。此外,旋转轴 146 的偏移通常等于从检测质量块 58 的中线的旋转轴 68 的偏移并在与从检测质量块 58 的中线的旋转轴 68 偏移方向相反的方向上。因此,检测质量块 138 的部分 148 的质量基本上等于检测质量块 58 的部分 70 的质量。类似地,检测质量块 138 的部分 150 的质量基本上等于检测质量块 58 的部分 72 的质量。因此, Z 方向 26 上的加速度将使检测质量块 58 和 138 围绕它们相应的轴 68 和 146 相等但在相反的方向上枢转。

[0055] 在这种构造中,固定指状物 48 和检测质量块 58 和 138 之间标记为 C+ 的第一电容 134 的总和约等于固定指状物 50 和检测质量块 58 和 138 之间标记为 C- 的第二电容 136 的总和。因此,在第二图示 130 的构造中,平衡了串扰电容,即 $C+ = C-$,因此产生串扰电容消除 132。

[0056] 图 9 示出根据可替选实施例的封装后的变换器 20 的侧视图。虽然铝-铝热压结合(如上所述)由于其具有对间隙 124 宽度的优良的精确控制而成为一种优选的结合技术,但是也可以采用其他结合技术。其他结合技术包括但不限于共晶结合、硅熔融结合、玻璃粉结合等。在本示例性实施例中,利用玻璃粉结合技术,在传感器 28 和 30 的密封环 100 和 112 之间形成结合 152。玻璃粉结合使得能够结合在 MEMS 技术中常用的表面材料,且可以用于晶片级包封和封装。其允许气密密封和高工艺产率。

[0057] 在本实施例中,对于非导电玻璃粉结合来说,传感器 28 和传感器 30 之间的电连接可以通过引线结合来实现。例如,变换器 20 还包括至少一个贯通硅通孔 154,其延伸穿过传感器 30 的基板 56 并在基板 56 的外表面 158 上具有接触 156。引线结合 160 形成在接触 156 和外部连接地点 104 之间。

[0058] 图 10 示出根据另一可替选实施例的 MEMS 加速度变换器 162 的侧视图。如上所述,加速度变换器的实施例可以包括沿一个、两个或三个轴的感测。多轴感测可以适合于检测两个正交轴上的移动,该两个正交轴平行于变换器的平面表面。此外,加速度变换器可以适合于检测处于不同加速度感测范围的移动,即 g 级别。

[0059] 在所说明的实施例中,变换器 162 是多轴电容感测式加速度计,其适于感测两个互相正交方向上并处于不同加速度感测范围的加速度。根据上述方法,变换器 162 包括传感器 28 和与传感器 28 耦合的另一传感器 164,在本实施例中,传感器 28 感测 X 方向 22(图

1) 和 Y 方向 24(图 1) 上的加速度。类似地, 传感器 164 感测 X 方向 22(图 1) 和 Y 方向 24(图 1) 上的加速度。

[0060] 传感器 164 可以包括与结合传感器 28 所讨论的结构相类似的结构。例如, 传感器 164 包括锚固系统, 例如锚固系统 38(图 1 中所示), 其形成在基板 168 的表面 166 上。锚固系统(例如, 锚固系统 38) 与具有可移动指状物的检测质量块 170 耦合, 统称为可移动指状物 172。统称为固定指状物 174 的固定指状物与基板 169 的表面 166 非移动连接, 且可移动指状物 172 中的每个设置在一对固定指状物 174 之间, 以形成差动电容结构。因此, 锚固系统(例如, 锚固系统 38) 能使检测质量块 170 响应于 X 方向 22(图 1) 和 / 或 Y 方向 24(图 1) 上的加速度而基本平行于基板 168 的表面 166 移动。

[0061] 传感器 164 的构造类似于传感器 28 和传感器 164 的构造, 其检测与传感器 28 的感测方向相同的方向, 即 X 方向 22 和 Y 方向 24 上的加速度。但是, 传感器 164 适于检测与传感器 28 的感测范围不同的感测范围上的加速度。通过示例, 传感器 28 可以为适用于检测例如小于十 g 的低 g 级别处的、X 方向 22 和 Y 方向上的加速度的低 g 加速度传感器。传感器 164 可以为中 g 加速度传感器, 其适用于检测处于例如十至一百 g 之间的中 g 级别处的加速度。因此, 传感器 28 感测在与传感器 164 的第二感测范围(中 g) 不同的第一感测范围(低 g) 上的加速度。可以通过具有不同弹簧顺应性的锚固系统的实现来获得不同感测范围, 使得相应的检测质量块 32 和 170 在经受特定 g 时适当地移动。但是, 本领域技术人员将认识到, 传感器 28 和 164 中可以实现其他结构特征, 以获得所期望的感测范围。

[0062] 虽然本文提及低 g 和中 g 加速度计, 但还应理解的是, 在其他实施例中, 变换器封装可以包括特定用于特殊应用的低 g、中 g 和高 g 加速度计的任意组合。此外, 虽然本文提及特定感测范围, 但应当理解的是, 可以建立各种感测范围。此外, 虽然结合 X 方向 22 和 / 或 Y 方向 24 上的感测讨论了不同感测范围上的加速度感测, 但在可替选的实施例中, 变换器可以包括两个传感器, 其中每一个都感测 Z 方向 26(图 1) 上的加速度, 且每一个都在不同感测范围上感测。

[0063] 在实施例中, 变换器 162 还包括贯通硅通孔 176, 以创建用于变换器 162 的芯片级封装构造。芯片级封装是一种表面安装集成电路封装类型, 其中总封装尺寸通常不大于其内的管芯尺寸的百分之二十。贯通硅通孔是一种完全穿过硅晶片或管芯的垂直电连接。在这种构造中, 芯片级封装变换器 162 包括与外部接触 178 电耦合的多个贯通硅通孔 176, 其能够用于创建空间节省的垂直构造的表面安装电连接。本领域技术人员将认识到, 电连接并不限于本文所讨论的那些技术, 而是可以可替选地实现现有和开发的技术, 其包括但不限于各种类型的引脚和引线、平坦接触、焊球矩阵(球栅阵列)、组件的主体上的端部等。

[0064] 本文所描述的实施例包括一种紧凑型 MEMS 加速度变换器, 其包括垂直集成或堆叠构造的两个传感器。加速度变换器的实施例可以包括沿一个、两个或三个相互正交的轴的感测。多轴感测可以适于检测在与变换器的平面表面相平行的两个正交轴上的移动, 以及适于检测在与变换器的平面表面相垂直的轴上的移动。此外, 加速度变换器可以适于检测处于不同加速度感测范围处的移动, 例如低 g、中 g、高 g 或其任意组合。本发明的另一实施例还包括用于垂直集成或堆叠的加速度变换器的制造方法。这种加速度变换器通过以下步骤形成: 独立地制造两个传感器并随后结合两个传感器以创建能够在相同或不同加速度感测范围、沿一个、两个或三个轴感测的加速度变换器。

[0065] 虽然已经详细示出并说明了本发明的优选实施例,但对于本领域技术人员显而易见的是,在不脱离本发明的精神或权利要求的范围的情况下,可以对本发明进行各种修改。

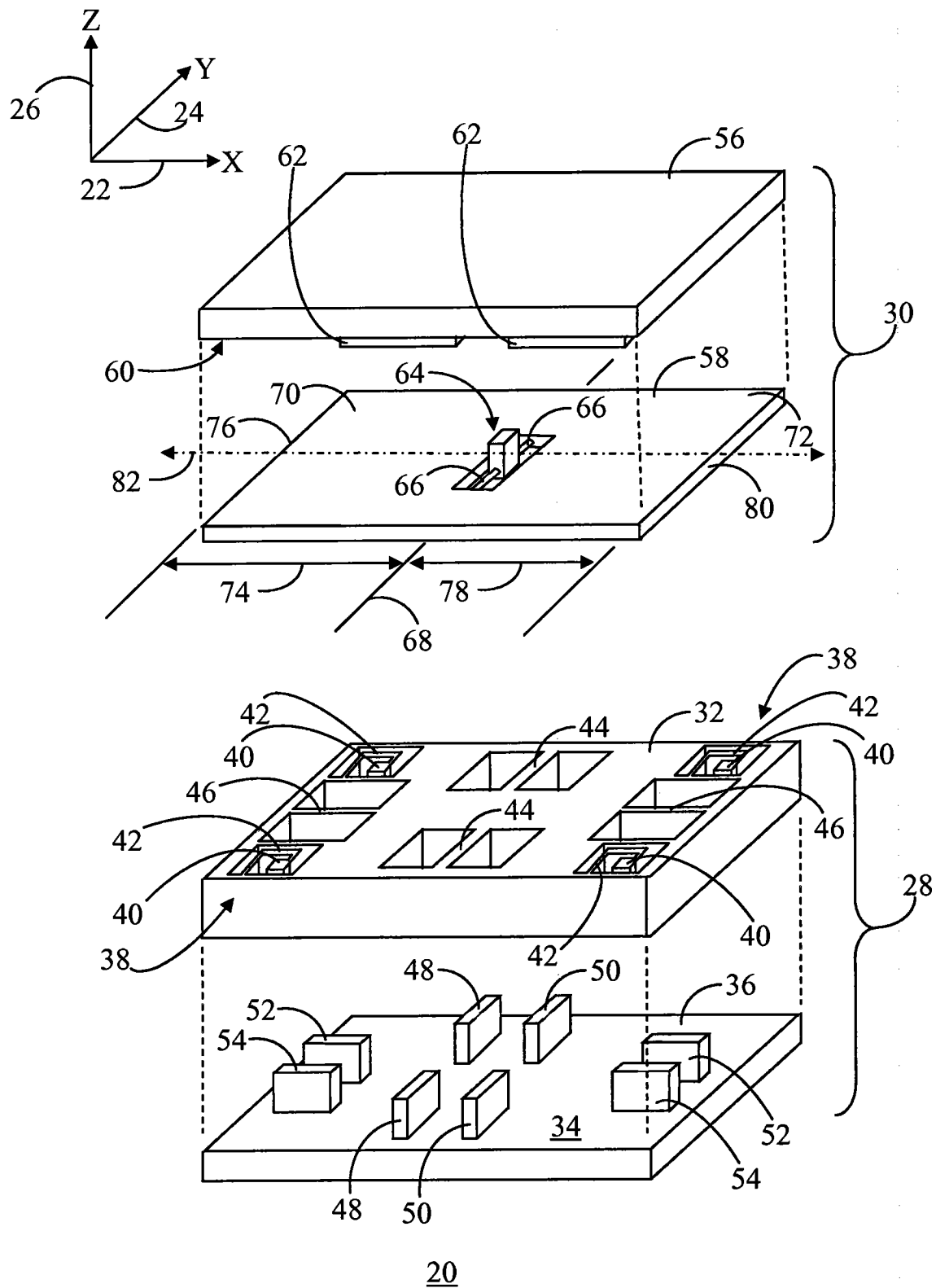


图 1

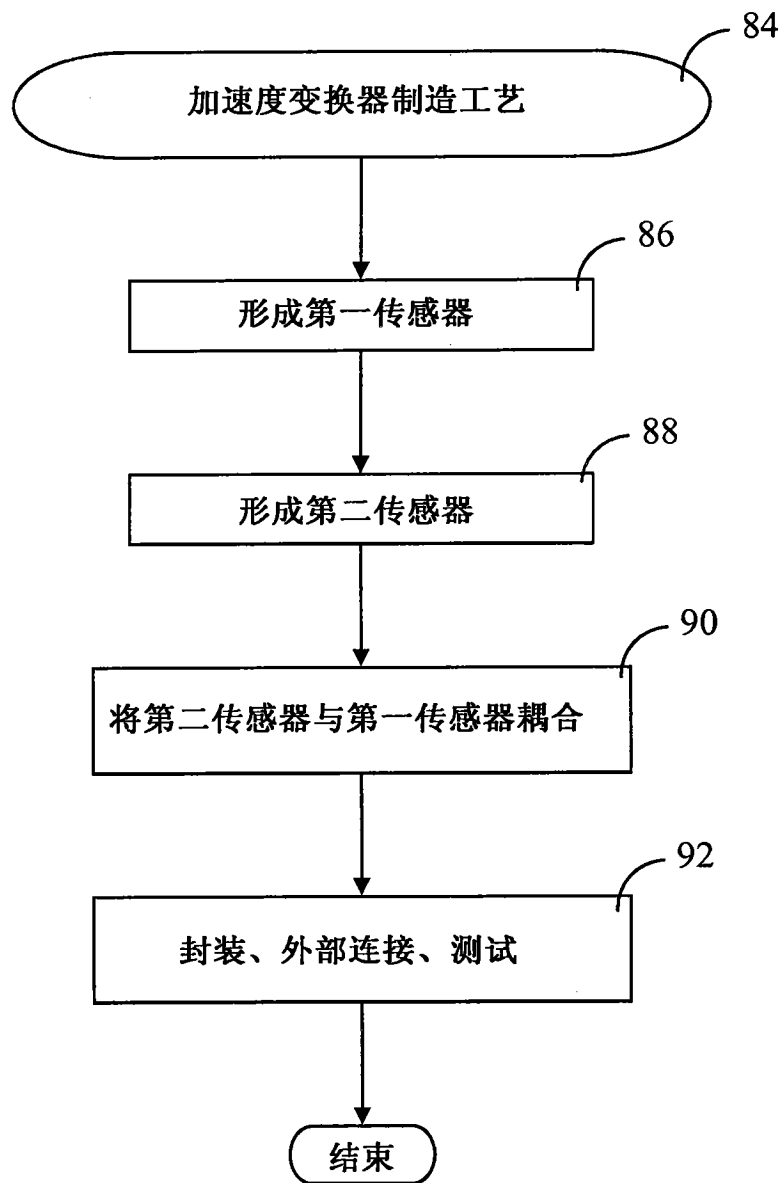


图 2

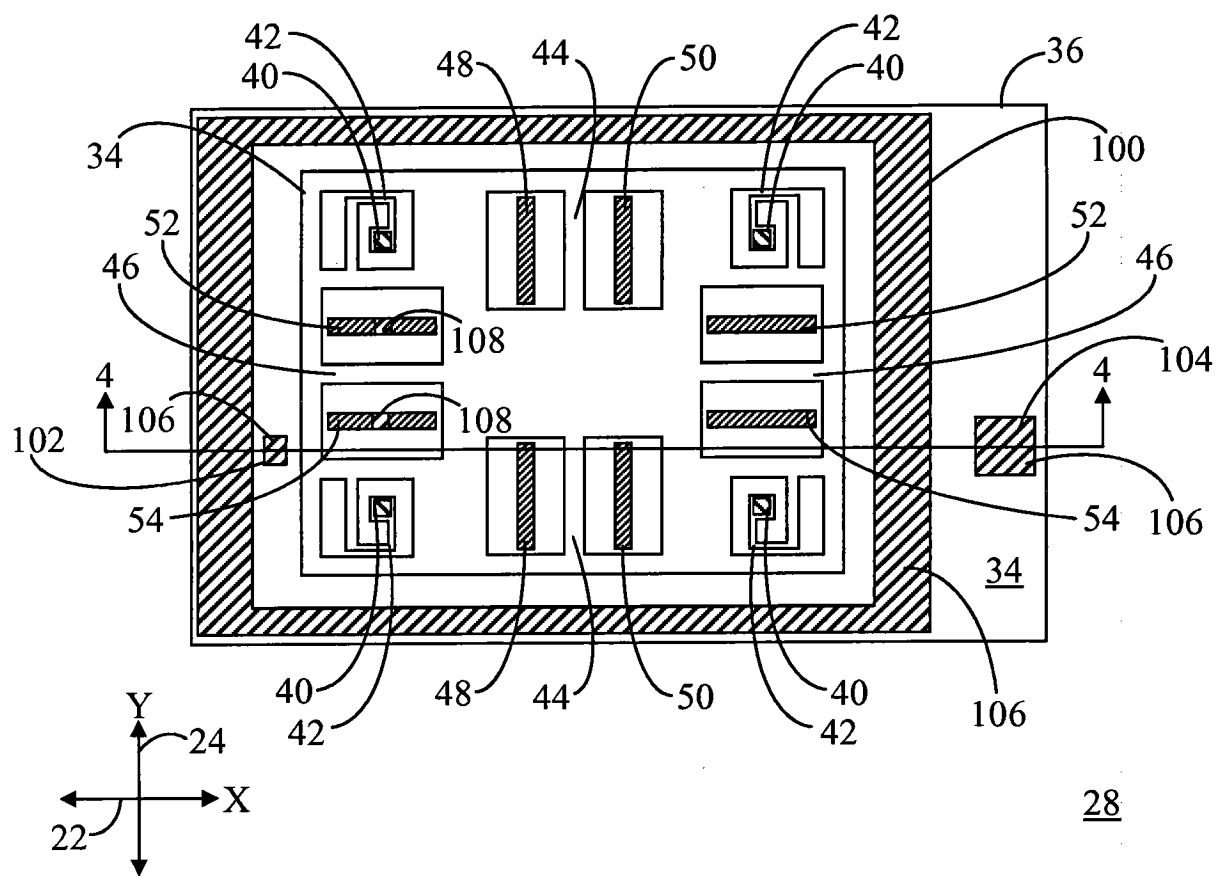


图 3

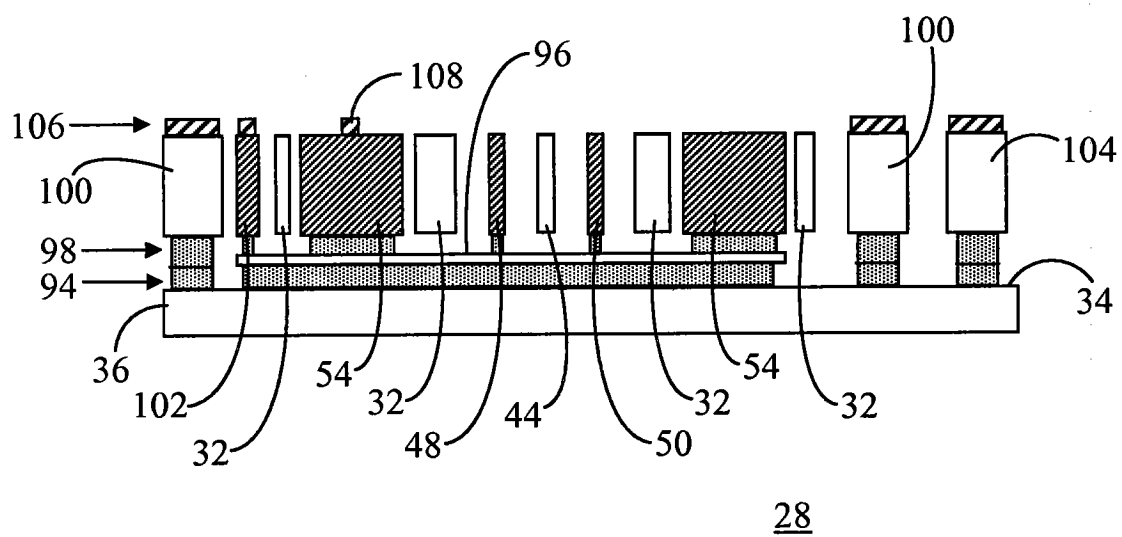


图 4

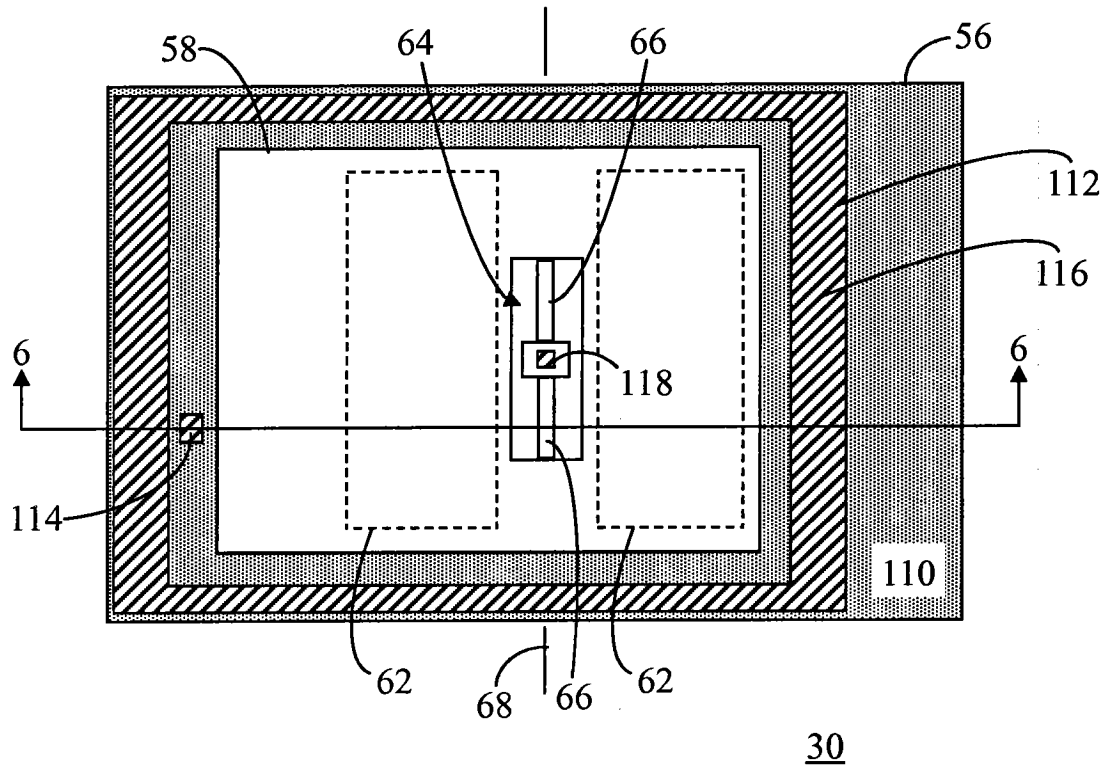


图 5

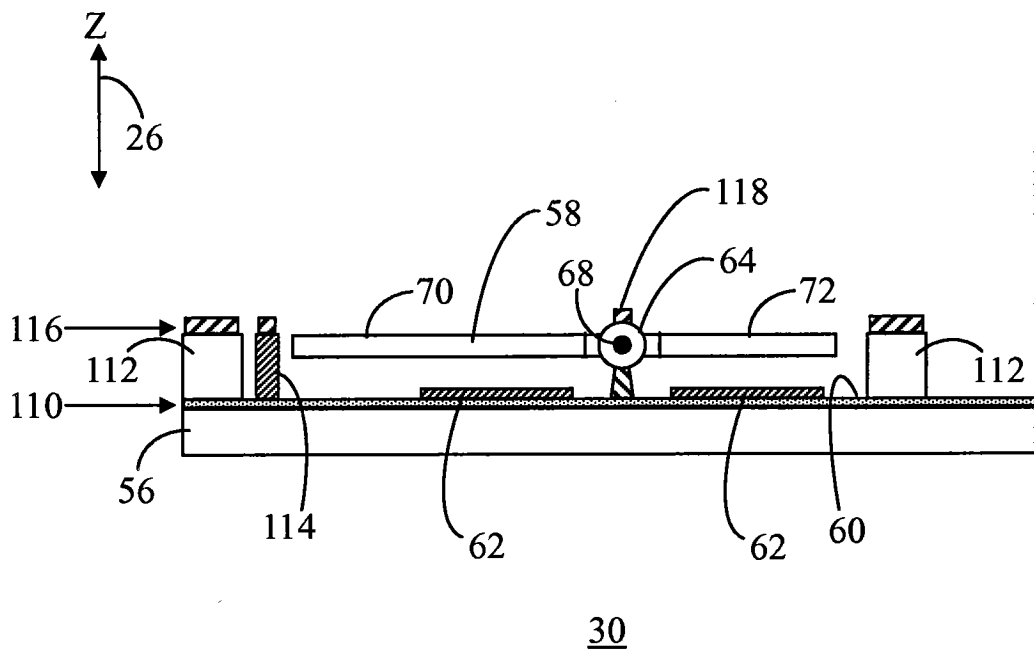


图 6

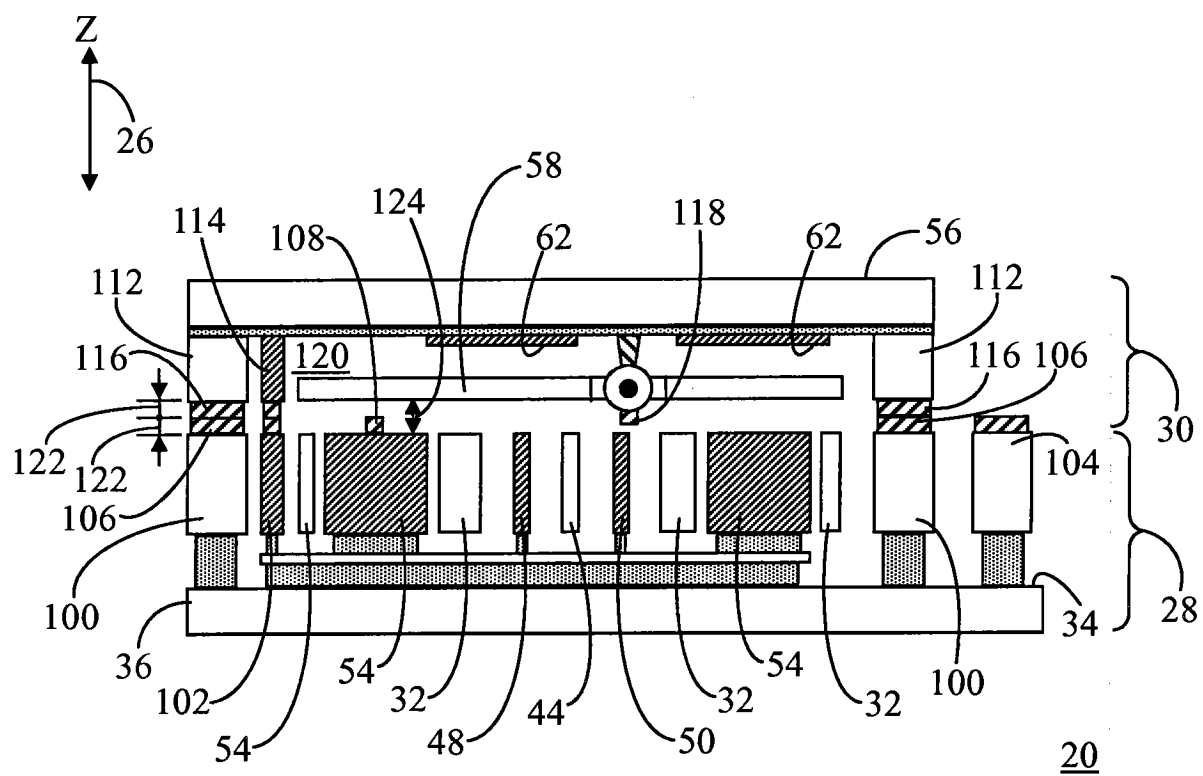


图 7

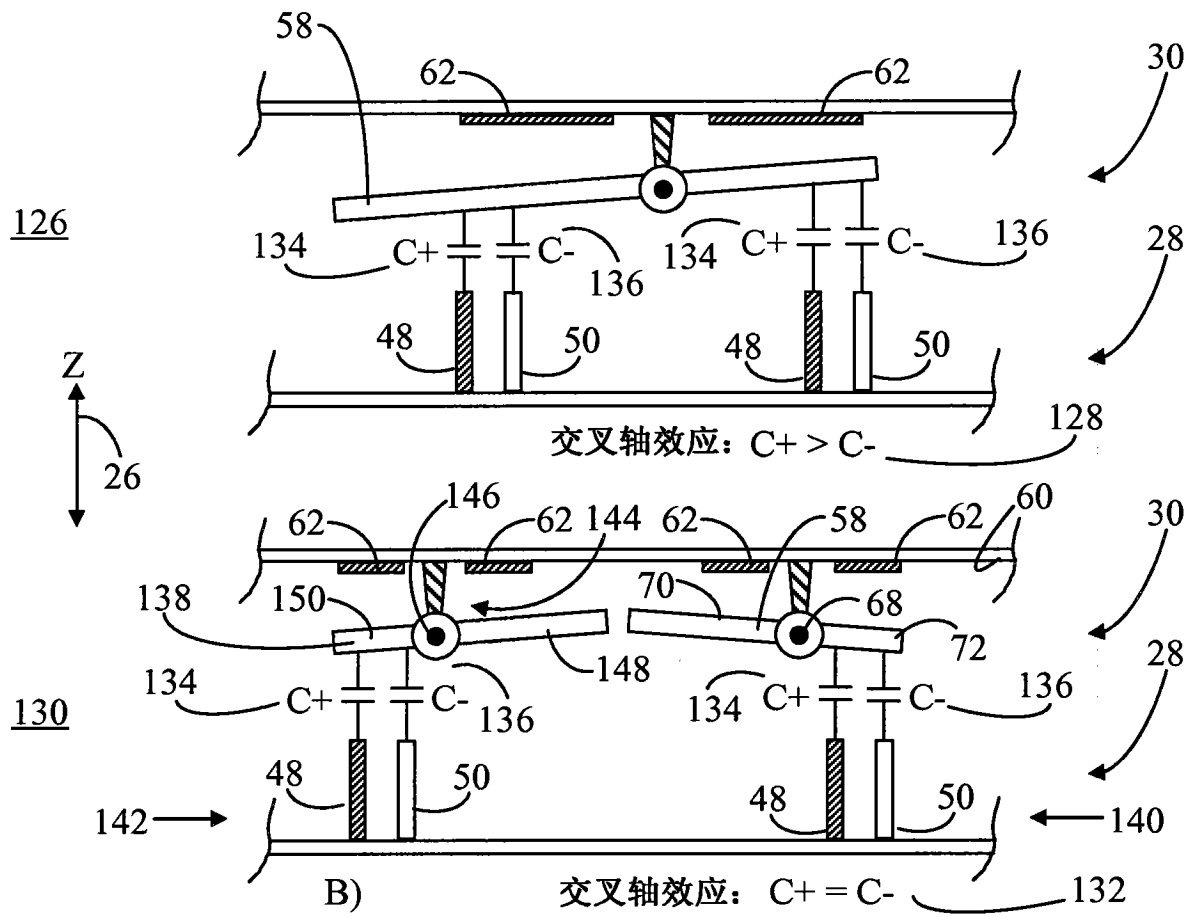


图 8

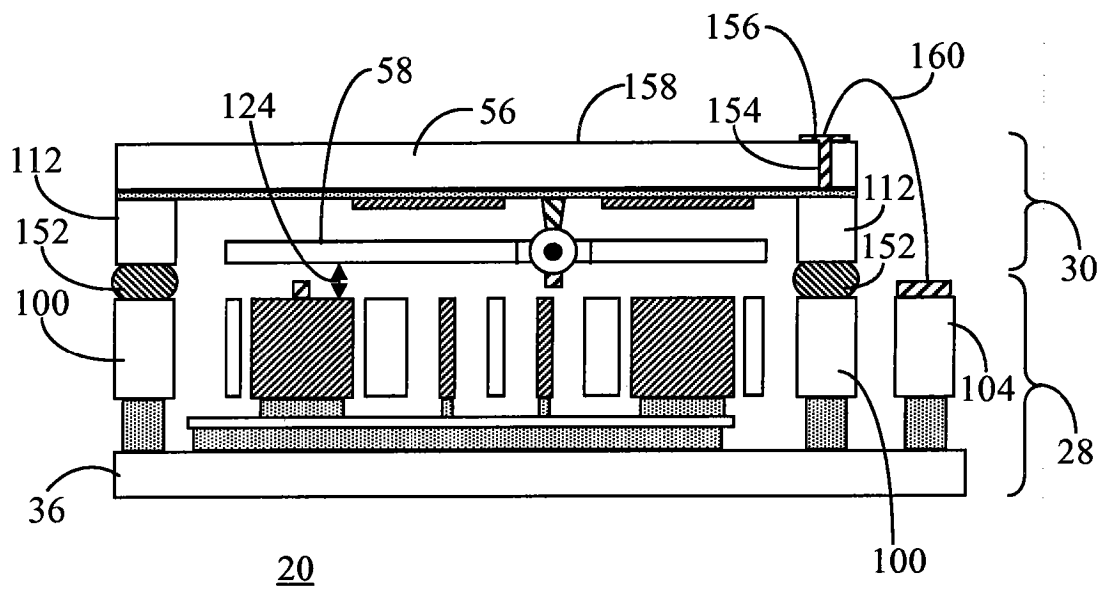


图 9

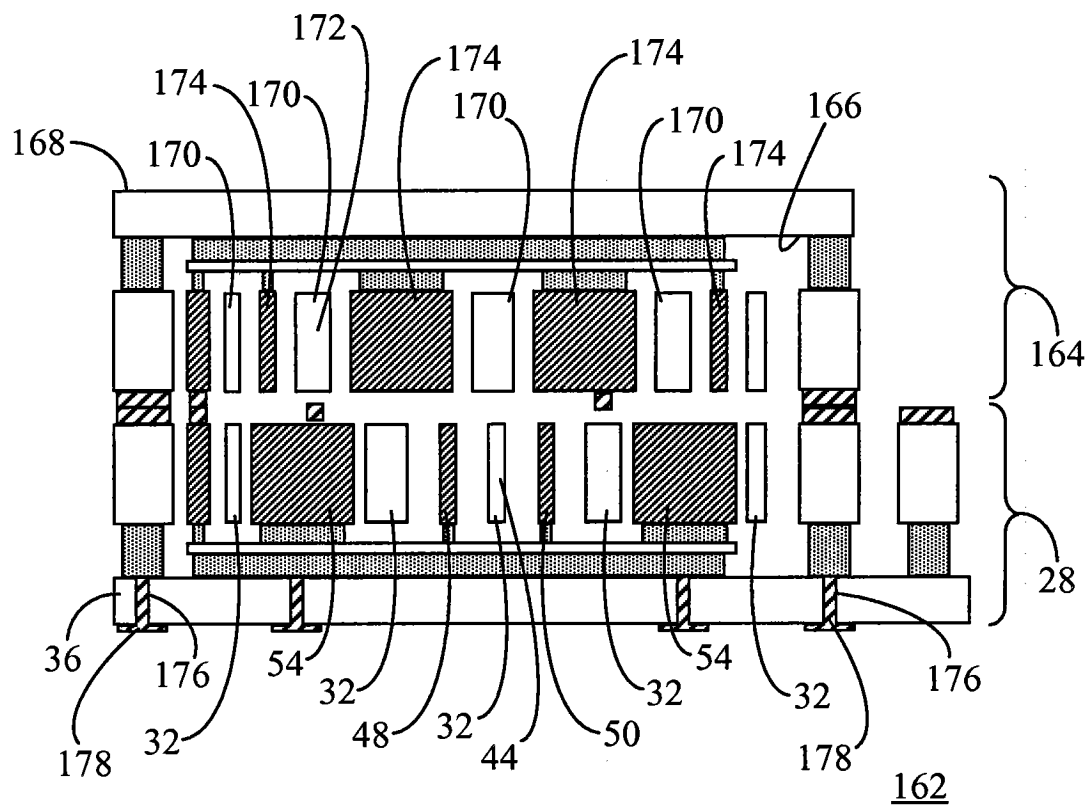


图 10