



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109839240 A
(43)申请公布日 2019.06.04

(21)申请号 201811384947.1

(22)申请日 2018.11.20

(30)优先权数据

2017-227878 2017.11.28 JP

(71)申请人 发那科株式会社

地址 日本山梨县

(72)发明人 坂野哲朗 尾高俊一

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 张敬强 李平

(51)Int.Cl.

G01L 5/16(2006.01)

G01L 3/04(2006.01)

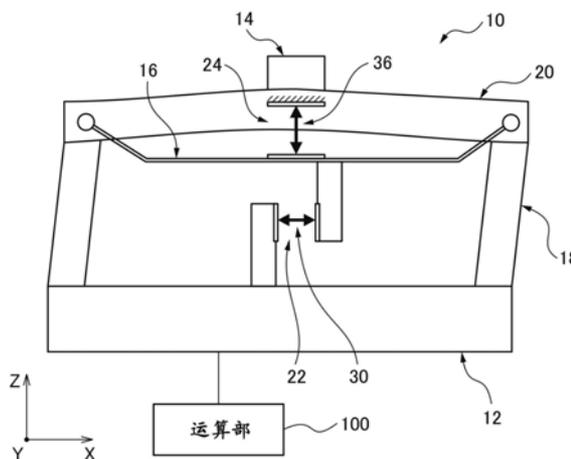
权利要求书2页 说明书14页 附图12页

(54)发明名称

位移检测方式的六轴力传感器

(57)摘要

本发明提供一种位移检测方式的六轴力传感器。六轴力传感器具备：第一端部；第二端部；中间部；将第一端部和中间部以第一三自由度弹性地连结的第一连结部；将第二端部和中间部以第二三自由度弹性地连结的第二连结部；检测伴随第一连结部的弹性变形的第一端部与中间部的相对位移的第一检测部；以及检测伴随第二连结部的弹性变形的第二端部与中间部的相对位移的第二检测部。中间部、第一连结部以及第二连结部配置为，使施加于第一端部或第二端部的力不沿中间部传播地施加于第一连结部及第二连结部双方。



1. 一种六轴力传感器,其特征在于,
具备:
第一端部;
第二端部;
上述第一端部与上述第二端部之间的中间部;
第一连结部,其将上述第一端部和上述中间部以第一三自由度弹性地连结;
第二连结部,其将上述第二端部和上述中间部以第二三自由度弹性地连结;
第一检测部,其对伴随上述第一连结部的弹性变形的上述第一端部与上述中间部的相对位移进行检测,且基于该相对位移输出第一检测值,该第一检测值用于取得施加于上述第一端部或上述第二端部的力的第一轴的方向的第一力成分、与该第一轴正交的第二轴的方向的第二力成分、以及绕与该第一轴和该第二轴双方正交的第三轴的第三力矩成分;以及

第二检测部,其对伴随上述第二连结部的弹性变形的上述第二端部与上述中间部的相对位移进行检测,且基于该相对位移输出第二检测值,该第二检测值用于取得上述力的绕上述第一轴的第一力矩成分、绕上述第二轴的第二力矩成分、以及上述第三轴的方向的第三力成分,

上述中间部、上述第一连结部以及上述第二连结部配置为,使上述力在上述第一连结部与上述第二连结部之间不沿上述中间部传播地施加于上述第一连结部及上述第二连结部双方。

2. 根据权利要求1所述的六轴力传感器,其特征在于,

还具备运算部,该运算部使用上述第一检测值及上述第二检测值,运算上述第一力成分、上述第二力成分、上述第三力成分、上述第一力矩成分、上述第二力矩成分以及上述第三力矩成分。

3. 根据权利要求1或2所述的六轴力传感器,其特征在于,

上述第一端部具有第一面,上述中间部具有与该第一面对置的第一中间面,在该第一面与该第一中间面之间形成具有静电电容的第一间隙,上述第一检测部通过检测该第一间隙的该静电电容的变化而输出上述第一检测值。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的六轴力传感器,其特征在于,

上述第二端部具有第二面,上述中间部具有与该第二面对置的第二中间面,在该第二面与该第二中间面之间形成具有静电电容的第二间隙,上述第二检测部通过检测该第二间隙的该静电电容的变化而输出上述第二检测值。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的六轴力传感器,其特征在于,

上述第一连结部具备在上述第一端部与上述中间部之间在沿着上述第三轴的方向上延伸的多个第一弹性梁,该多个第一弹性梁分别在受到上述力时以使上述第一端部和上述中间部相对性地产生在沿着包含上述第一轴及上述第二轴的假想平面的方向上的移动或绕沿着上述第三轴的中心轴线的旋转的方式弹性变形。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的六轴力传感器,其特征在于,

上述第二连结部具备在上述第二端部与上述中间部之间在沿着上述第一轴及上述第二轴的方向延伸的多个第二弹性梁,该多个第二弹性梁分别在受到上述力时以使上述第二

端部和上述中间部相对性地产生在沿着上述第三轴的方向上的移动或绕沿着包含上述第一轴及上述第二轴的假想平面的中心轴线的旋转的方式弹性变形。

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的六轴力传感器,其特征在於,

还具备配置于上述中间部与上述第一连结部之间的辅助连结部,该辅助连结部根据因上述力而产生的上述第二连结部的弹性变形而弹性变形。

位移检测方式的六轴力传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及位移检测方式的六轴力传感器。

背景技术

[0002] 位移检测方式的力传感器在传感器主体被施加力(负载)时,对由于该力而发生了变形的传感器主体的伴随变形的位移量进行检测,且基于检测出的位移量检测力。例如,日本国专利公开公报第2004-301731号(JP2004-301731A)公开一种力传感器,其根据形成于传感器主体的预定部位的静电电容的变化检测位移量。该力传感器具备外侧箱状结构体和内侧箱状结构体,使外侧箱状结构体的侧面及上表面和内侧箱状结构体的侧面及上表面分别对置,形成整体连通的间隙,在间隙的预定部位配置分别在正交三轴坐标系的任一轴向上对置的多组电极,在各个对置电极之间形成静电电容。当外侧箱状结构体由于力(负载)而变形时,与之相应地,间隙的形状及尺寸变化,各个对置电极间的静电电容变化。构成为,根据该静电电容的变化,计算外侧箱状结构体相对于内侧箱状结构体的位移量,基于算出的位移量,能够检测施加于外侧箱状结构体的力的各轴向的力成分及绕各轴的力矩成分。

[0003] 另外,日本国专利公开公报第2016-070824号(JP2016-070824A)公开如下结构,在对正交三轴坐标系中的各轴向的力成分及绕各轴的力矩成分进行检测的位移检测方式的六轴力传感器中,将力成分及力矩成分各通过三轴分担,并利用第一检测部和第二检测部检测。

发明内容

[0004] 在位移检测方式的六轴力传感器中,期望能够排除轴间的影响,分别准确地检测轴向的力成分及绕轴的力矩成分,从而能够高精度地检测施加于传感器的力的大小及方向。

[0005] 本公开的一方案为一种六轴力传感器,其具备:第一端部;第二端部;第一端部与第二端部之间的中间部;第一连结部,其将第一端部和中间部以第一三自由度弹性地连结;第二连结部,其将第二端部和中间部以第二三自由度弹性地连结;第一检测部,其对伴随第一连结部的弹性变形的第一端部与中间部的相对位移进行检测,且基于相对位移输出第一检测值,该第一检测值用于取得施加于第一端部或第二端部的力的第一轴的方向的第一力成分、与第一轴正交的第二轴的方向的第二力成分、以及绕与第一轴和第二轴双方正交的第三轴的第三力矩成分;以及第二检测部,其对伴随第二连结部的弹性变形的第二端部与中间部的相对位移进行检测,且基于相对位移输出第二检测值,该第二检测值用于取得上述力的绕上述第一轴的第一力矩成分、绕上述第二轴的第二力矩成分、以及上述第三轴的方向的第三力成分,中间部、第一连结部以及第二连结部配置为,使上述力在第一连结部与第二连结部之间不沿中间部传播地施加于第一连结部及第二连结部双方。

[0006] 根据一方案的六轴力传感器,第一检测部和第二检测部能够分别分担地输出基于第一端部与中间部的第一三自由度的相对位移的第一检测值和基于第二端部与中间部的

第二三自由度的相对位移的第二检测值,因此,能够提高用于取得六轴的力成分及力矩成分的第一检测值及第二检测值的准确性。特别地,构成为使施加于第一端部或第二端部的力在第一连结部与第二连结部之间不沿中间部传播地施加于第一连结部及第二连结部双方,因此,能够排除第一端部或第二端部的位移对中间部造成的负载的影响,输出高精度的第一检测值及第二检测值。

附图说明

[0007] 本公开的目的、特征以及优点通过与附图相关的以下的实施方式的说明将变得更加明朗。该附图中:

- [0008] 图1是概念性地表示六轴力传感器的结构的主视图。
- [0009] 图2A是表示六轴力传感器的第一检测部的动作的图。
- [0010] 图2B是表示六轴力传感器的第一检测部的动作的图。
- [0011] 图2C是表示六轴力传感器的第一检测部的动作的图。
- [0012] 图3A是表示六轴力传感器的第二检测部的动作的图。
- [0013] 图3B是表示六轴力传感器的第二检测部的动作的图。
- [0014] 图3C是表示六轴力传感器的第二检测部的动作的图。
- [0015] 图4是表示第一实施方式的六轴力传感器的整体结构的立体图。
- [0016] 图5是沿着图4的线V-V切割而得到的立体图。
- [0017] 图6是表示第二实施方式的六轴力传感器的整体结构的立体图。
- [0018] 图7A是沿着图6的线VIIa-VIIa切割而得到的立体图。
- [0019] 图7B是沿着图6的线VIIb-VIIb的剖视图。
- [0020] 图8是表示第三实施方式的六轴力传感器的整体结构的立体图。
- [0021] 图9是沿着图8的线IX-IX切割而得到的立体图。
- [0022] 图10是表示图8的六轴力传感器的动作的图。
- [0023] 图11是表示第四的实施方式的六轴力传感器的整体结构的立体图。
- [0024] 图12A是沿着图11的线XIIa-XIIa切割而得到的立体图。
- [0025] 图12B是沿着图11的线XIIb-XIIb切割而得到的立体图。

具体实施方式

[0026] 以下,参照附图,说明本公开的实施方式。在全部附图中,对对应的构成要素标注相同的参照符号。

[0027] 图1概念性地表示本公开的六轴力传感器10的结构。六轴力传感器10具备:第一端部12;第二端部14;第一端部12与第二端部14之间的中间部16;将第一端部12和中间部16以第一三自由度弹性地连结的第一连结部18;将第二端部14和中间部16以第二三自由度弹性地连结的第二连结部20;对伴随第一连结部18的弹性变形的第一端部12与中间部16的相对位移进行检测的第一检测部22;以及对伴随第二连结部20的弹性变形的第二端部14与中间部16的相对位移进行检测的第二检测部24。

[0028] 例如在向机械臂等机械、结构体(未图示。以下,称为机械装置。)安装力传感器10时,第一端部12及第二端部14能够作为直接或间接地固定于该机械装置的基础部分而构

成。另外,第一端部12及第二端部14能够安装于例如机械手等产生成为力传感器10的检测对象的力(负载)的物体(未图示。以下,称为力产生体。),作为承受该力的受力部分而构成。力传感器10能够将第一端部12及第二端部14的任一方作为基础部分,将另一方作为受力部分而使用。

[0029] 例如,在将第一端部12作为基础部分且将第二端部14作为受力部分而使用的情况下,从力产生体施加于第二端部14的力(负载)从第二端部14施加于第二连结部20,一边使第二连结部20弹性变形,一边使第二端部14相对于中间部16向作为第二三自由度定义的方向弹性地位移。另外,从第二端部14施加于第二连结部20的力(负载)从第二连结部20施加于第一连结部18,一边使第一连结部18弹性变形,一边使中间部16相对于第一端部12向作为第一三自由度定义的方向弹性地位移。于是,在六轴力传感器10中,中间部16、第一连结部18、以及第二连结部20配置为,使施加于第一端部12或第二端部14的力在第一连结部18与第二连结部20之间不沿中间部16传播地施加于第一连结部18及第二连结部20双方。

[0030] 例如,如图所示,在空间上定义正交三轴坐标系(X-Y-Z)的情况下,第一端部12和中间部16构成为,在第一连结部18的弹性变形下,能够在沿着第一轴(X轴)的方向上相对性地移动,能够在沿着第二轴(Y轴)的方向上相对性地移动,且能够绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线相对性地旋转。在该情况下,第一三自由度定义为在沿着第一轴(X轴)及第二轴(Y轴)的每一个的方向上的移动以及绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线的旋转。第一端部12和中间部16根据施加于第一端部12或第二端部14的力,能够在这三个方向中的任一个方向上或两个方向以上的组合方向上相对性地位移。

[0031] 同样,在空间上定义正交三轴坐标系(X-Y-Z)的情况下,第二端部14和中间部16构成为,在第二连结部20的弹性变形下,能够绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线相对性地旋转,能够绕沿着第二轴(Y轴)的中心轴线相对性地旋转,且能够在沿着第三轴(Z轴)的方向上相对性地移动。在该情况下,第二三自由度定义为绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线及沿着第二轴(Y轴)的中心轴线的每一个的旋转以及在沿着第三轴(Z轴)的方向上的移动。第二端部14和中间部16根据施加于第一端部12或第二端部14的力,能够正在这三个方向中的任一个方向上或两个方向以上的组合方向上相对性地位移。

[0032] 此外,在本公开中,“沿着……”是用于以坐标系的某一轴表达大致的方向性的术语,包括相对于该轴平行的形态、稍微偏离平行的(也就是大致平行的)形态、以及以例如45度以下交叉的形态。

[0033] 第一检测部22检测第一端部12与中间部16的上述的三个方向的相对位移(也就是相对的位移量)。第一检测部22基于检测出的三个方向的相对位移输出第一检测值D1,该第一检测值D1用于取得施加于第一端部12或第二端部14的力的第一轴(图中,X轴)的方向的第一力成分、与第一轴正交的第二轴(图中,Y轴)的方向的第二力成分、以及绕与第一轴和第二轴双方正交的第三轴(图中,Z轴)的第三力矩成分。

[0034] 第二检测部24检测第二端部14与中间部16的上述的三个方向的相对位移(也就是相对的位移量)。第二检测部24基于检测出的三个方向的相对位移输出第二检测值D2,该第二检测值D2用于取得施加于第一端部12或第二端部14的力的绕第一轴(图中,X轴)的第一力矩成分、绕与第一轴正交的第二轴(图中,Y轴)的第二力矩成分、以及与第一轴和第二轴双方正交的第三轴(图中,Z轴)的方向的第三力成分。

[0035] 图2A~图2C示意性地表示第一检测部22的结构及动作的一例。图示的例子中,第一端部12具有第一面26,中间部16具有与第一面26对置的第一中间面28,在第一面26与第一中间面28之间形成尺寸随着第一端部12与中间部16的相对位移而变化的第一间隙30。第一检测部22检测第一间隙30的尺寸的变化,并输出第一检测值D1。例如,如图2C所示,第一检测部22能够具备用于检测在沿着第一轴(X轴)的方向上的相对移动的两个第一间隙30(x)和用于检测在沿着第二轴(Y轴)的方向上的相对移动的一个第一间隙30(y)(图2A及图2B中,仅表示第一轴向的第一间隙30)。

[0036] 当第一端部12和中间部16在沿着第一轴(X轴)的方向上相对性地移动时,随着其移动距离,第一间隙30(x)的尺寸变化(图2A、图2B)。同样,当第一端部12和中间部16在沿着第二轴(Y轴)的方向上相对性地移动时,随着其移动距离,第一间隙30(y)的尺寸变化(未图示)。另外,当第一端部12和中间部16绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线(图示的例子中,俯视下,矩形的第一端部12的中心轴线121)相对性地旋转时,随着其旋转角度,第一间隙30(x)、30(y)的尺寸变化(图2C)。在这些相对性的移动及旋转的期间,第一端部12和中间部16不变形,仅第一连结部18弹性变形。

[0037] 第一间隙30能够作为用于以数量表示其本身的尺寸变化的构成要素的一例而具有静电电容。在该情况下,第一检测部22为了检测上述的三个方向的相对位移,能够在第一间隙30具有相互电学上独立的三个以上的静电电容形成部(也就是电极对)。图2C的例子中,三个第一间隙30分别具有一个静电电容形成部。第一检测部22通过检测各个静电电容形成部的静电电容的变化而输出第一检测值D1。

[0038] 图3A~图3C示意性地表示第二检测部24的结构及动作的一例。图示的例子中,第二端部14具有第二面32,中间部16具有与第二面32对置的第二中间面34,在第二面32与第二中间面34之间形成尺寸随着第二端部14与中间部16的相对位移而变化的第二间隙36。第二检测部24通过检测第二间隙36的尺寸的变化而输出第二检测值D2。

[0039] 当第二端部14和中间部16在沿着第三轴(Z轴)的方向上相对性地移动时,随着其移动距离,第二间隙36的尺寸变化(图3A、图3B)。另外,当第二端部14和中间部16绕沿着第二轴(Y轴)的中心轴线(图示的例子中,长方体形状的第二端部14的矩形截面的中心轴线141)相对性地旋转时,随着其旋转角度,第二间隙36的尺寸变化(图3C)。同样,当第二端部14和中间部16绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线相对性地旋转时,随着其旋转角度,第二间隙36的尺寸变化(未图示)。在这些相对性的移动及旋转的期间,第二端部14和中间部16不变形,仅第二连结部20弹性变形。

[0040] 第二间隙36能够作为用于以数量表示其本身的尺寸变化的构成要素的一例而具有静电电容。在该情况下,第二检测部24为了检测上述的三个方向的相对位移,能够在第二间隙36具有相互在电学上独立的三个以上的静电电容形成部(也就是电极对)。第二检测部24通过检测各个静电电容形成部的静电电容的变化而输出第二检测值D2。

[0041] 六轴力传感器10中,用于以数量表示第一间隙30及第二间隙36的尺寸变化的构成要素(位移检测要素)不限于静电电容。例如,能够通过第一间隙30或第二间隙36的电磁磁导、光量、空气流量等表示尺寸变化。第一检测部22能够具有相互独立的三个以上的检测要素形成部,通过检测各个检测要素形成部的位移检测要素的变化而输出第一检测值D1。同样,第二检测部24能够具有相互独立的三个以上的检测要素形成部,通过检测各个检测

要素形成部的位移检测要素的变化而输出第二检测值D2。

[0042] 图4及图5表示第一实施方式的六轴力传感器40。以下,参照图1~图5,更详细地说明本公开的六轴力传感器10、40的特征性的结构。此外,六轴力传感器40同样地具有上述的六轴力传感器10的基本结构,对于对应的构成要素,为了避免其说明的重复,标注相同的参照符号。另外,以下的说明中,对六轴力传感器10、40定义正交三轴坐标系(X-Y-Z),另一方面,为了帮助理解,使用附图上的“上”、“下”等表示方向性的语句,但这些语句不限定六轴力传感器10、40的使用时的方向性。

[0043] 六轴力传感器40具备第一端部12、第二端部14、中间部16、第一连结部18、第二连结部20、第一检测部22、以及第二检测部24。第一端部12具有俯视为大致正方形的平板形状。第一端部12具有沿着由第一轴(X轴)和第二轴(Y轴)形成的假想平面(XY平面)扩展的平坦的上表面12a,在沿着第三轴(Z轴)的方向上延伸的柱状的第一弹性梁42分别向上地突出设置于上表面12a的四角。第一连结部18由这四根第一弹性梁42构成。

[0044] 中间部16具有与第一端部12对应的俯视为大致正方形的平板形状。中间部16具有与第一端部12的上表面12a对置的平坦的下表面16a,第一连结部18的四根第一弹性梁42在各自的上端固定于下表面16a的四角。第一端部12及中间部16具有在第一端部12或第二端部14被施加力时,可抵抗该力,保持本身形状的刚性。

[0045] 该实施方式中,以在第一连结部18未弹性变形的平衡状态下,与大致正方形的上表面12a及下表面16a的四边平行地配置第一轴(X轴)及第二轴(Y轴),且与通过上表面12a及下表面16a的中心的轴线平行地配置第三轴(Z轴)的方式,定义正交坐标系。此外,第一端部12及中间部16的形状不限定于图示的矩形平板状,例如也能够设为圆板状、其它多边形状。

[0046] 四根第一弹性梁42分别构成为,受到与第三轴(Z轴)平行的方向的力不会容易地变形(也就是伸缩),另一方面,受到与第一轴(X轴)平行的方向的力、与第二轴(Y轴)平行的方向的力、或者绕第三轴(Z轴)的旋转方向的力,弹性地产生柱倾斜那样的挠曲。对第一端部12或第二端部14施加力时,由于第一端部12及中间部16具有的刚性,主要是四根第一弹性梁42呈现这样的弹性的变形。通过第一弹性梁42承受上述力而弹性变形,第一端部12和中间部16相对性地产生在沿着包含第一轴(X轴)及第二轴(Y轴)的假想平面(XY平面)的方向上的移动或绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线的旋转。

[0047] 各第一弹性梁42的形状也可以是图示的四棱柱状,也可以是圆柱、其它多棱柱状。另外,各第一弹性梁42也可以如图所示地全体具有同样的粗细,或者也可以是长边方向中央或长边方向一端较细或较粗的形状、组合了多个曲面的形状。四根第一弹性梁42也可以如图所示地具有相互相同的长度,或者也可以具有相互不同的长度。在四根第一弹性梁42的长度相同的情况下,第一端部12的上表面12a和中间部16的下表面16a相互平行地配置。

[0048] 第一弹性梁42的位置不限定于第一端部12的上表面12a的四角,例如也可以设置于上表面12a的沿着四边的位置。另外,第一弹性梁42的根数不限定于四根,也可以是三根、五根以上。第一连结部18只要可以进行第一端部12与中间部16的上述的三自由度的位移即可,在该前提下,能够在期望位置设置期望个数的第一弹性梁42。

[0049] 中间部16具有下表面16a的相反侧的平坦的上表面16b,在沿着第三轴(Z轴)的方向上延伸的刚性柱44分别竖立设置于上表面16b的四角。四根刚性柱44分别配置为,相对于

四根第一弹性梁42的每一个,在沿着第三轴(Z轴)的方向上排列成直线状。

[0050] 第二端部14具有俯视为大致正方形的长方体形状。第二端部14具有沿着由第一轴(X轴)和第三轴(Z轴)形成的假想平面(XZ平面)及由第二轴(Y轴)和第三轴(Z轴)形成的假想平面(YZ平面)扩展的四个平坦的侧面14a,在这些侧面14a的每一个的大致中央,横向地突出设置有在沿着第一轴(X轴)或第二轴(Y轴)的方向上延伸的杆状的第二弹性梁46。第二连结部20由这四根第二弹性梁46构成。此外,第二端部14的形状不限于图示的长方体形状,例如也能够设为圆板状、其它多边形状。

[0051] 四根第二弹性梁46在与第二端部14相反的侧的各个末端连接于刚性框架48。刚性框架48具有与中间部16对应的俯视为大致正方形的轮廓,在该轮廓的四边的相当于中央的部位固定第二弹性梁46的末端。另外,刚性框架48通过其四角固定于四根刚性柱44的上端。刚性框架48与刚性柱44的固定和中间部16与第一弹性梁42的固定,例如均能够使用两者共通的螺栓(未图示)以所谓的紧固式进行。另外,刚性框架48与第二弹性梁46之间也能够使用未图示的螺栓来固定。第二端部14、刚性柱44以及刚性框架48具有在第一端部12或第二端部14被施加力时,可以抵抗该力而保持自身形状的刚性。此外,刚性框架48的轮廓形状不限于图示的大致正方形,也能够根据中间部16的形状设为例如圆板状、其它多边形状。

[0052] 四根第二弹性梁46中的在沿着第一轴(X轴)的方向上延伸的两根第二弹性梁46分别构成为,受到与第一轴(X轴)平行的方向的力不会容易地变形(也就是伸缩),另一方面,受到与第三轴(Z轴)平行的方向的力、绕第一轴(X轴)的旋转方向的力、或者绕第二轴(Y轴)的旋转方向的力,弹性地产生梁倾斜那样的挠曲。同样,在沿着第二轴(Y轴)的方向上延伸的两根第二弹性梁46的每一个受到与第二轴(Y轴)平行的方向的力不会容易地变形(也就是伸缩),另一方面,受到与第三轴(Z轴)平行的方向的力、绕第一轴(X轴)的旋转方向的力、或者绕第二轴(Y轴)的旋转方向的力,弹性地产生梁倾斜那样的挠曲。在对第一端部12或第二端部14施加力时,由于第二端部14、刚性柱44、刚性框架48以及中间部16具有的刚性,只要是四根第二弹性梁46呈现这种弹性的变形。通过第二弹性梁46承受上述力而弹性变形,第二端部14和中间部16相对性地产生在沿着第三轴(Z轴)的方向上的移动或绕沿着包含第一轴(X轴)及第二轴(Y轴)的假想平面(XY平面)的中心轴线的旋转。

[0053] 各第二弹性梁46的形状也可以是图示的四棱柱状,也可以是圆柱、其它多棱柱状。另外,各第二弹性梁46也可以如图示那样全体具有一样的粗细,或者也可以是长边方向中央或长边方向一端较细或较粗的形状、组合了多个曲面的形状。四根第二弹性梁46也可以如图示那样具有相互相同的长度,或者也可以具有相互不同的长度。另外,四根第二弹性梁46也可以如图示那样在相互正交的方向上延伸,或者也可以在相互以直角以外交叉的方向上延伸。

[0054] 第二弹性梁46的位置不限于第二端部14的各侧面14a的大致中央,也可以设置于各侧面14a的适当的位置。另外,第二弹性梁46的根数不限于四根,也可以是三根、五根以上。例如,也可以在第二端部14的四个侧面14a中的三个侧面设置第二弹性梁46。第二连结部20只要可以进行第二端部14与中间部16的上述的三自由度的位移即可,在该前提下,能够在期望位置设置期望个数的第二弹性梁46。

[0055] 六轴力传感器40中,通过上述的第一端部12、第二端部14、中间部16、第一连结部18(第一弹性梁42)、刚性柱44、第二连结部20(第二弹性梁46)以及刚性框架48的结构,施加

于第一端部12或第二端部14的力在第一连结部18与第二连结部20之间不沿中间部16传播地施加于第一连结部18及第二连结部20双方。例如,在将第一端部12作为基础部分且将第二端部14作为受力部分使用的情况下,从力产生体施加于第二端部14的力(负载)从第二端部14施加于第二连结部20,根据力的方向使第二连结部20在上述的第二三自由度的方向上弹性变形。施加于第二连结部20的力沿刚性框架48及刚性柱44传递,未使刚性框架48及刚性柱44变形且不沿中间部16传播地施加于第一连结部18,根据力的方向,使第一连结部18在上述的第一三自由度的方向上弹性变形。

[0056] 六轴力传感器40中,在第一端部12与中间部16之间形成具有静电电容的第一间隙30。第一检测部22通过检测第一间隙30的静电电容的变化而检测第一端部12与中间部16的相对位移。另外,六轴力传感器40中,在第二端部14与中间部16之间形成具有静电电容的第二间隙36。第二检测部24通过检测第二间隙36的静电电容的变化而检测第二端部14与中间部16的相对位移。

[0057] 参照图4及图5和图2A~图2C,说明六轴力传感器40的第一检测部22的结构。在第一端部12设置从上表面12a向沿着第三轴(Z轴)的方向分别突出的三个第一块体50。各第一块体50具有长方体形状,且配置于上表面12a的预定位置。一个第一块体50具有沿着由第一轴(X轴)和第三轴(Z轴)形成的假想平面(XZ平面)扩展的第一面26。其它两个第一块体50具有沿着由第二轴(Y轴)和第三轴(Z轴)形成的假想平面(YZ平面)扩展的第一面26。

[0058] 在中间部16设置从下表面16a向沿着第三轴(Z轴)的方向分别突出的三个第一中间块体52。各第一中间块体52具有长方体形状,且配置于与各第一块体50的位置对应的下表面16a的预定位置。一个第一中间块体52具有沿着由第一轴(X轴)和第三轴(Z轴)形成的假想平面(XZ平面)扩展的第一中间面28。其它两个第一中间块体52具有沿着由第二轴(Y轴)和第三轴(Z轴)形成的假想平面(YZ平面)扩展的第一中间面28。

[0059] 在对应的位置沿着相同的假想平面扩展的第一面26和第一中间面28配置为在第一连结部18未弹性变形的状态下相互大致平行地对置。在这三组相互对置的第一面26与第一中间面28之间分别形成第一间隙30。在第一连结部18未弹性变形的状态下,三个第一间隙30能够具有相互相同的形状及尺寸。

[0060] 第一检测部22具有设置于三个第一间隙30的在电学上相互独立的三个以上的静电电容形成部。各静电电容形成部包括形成于一个第一块体50的第一面26的电极54(图2C)和形成于对置的一个第一中间块体52的第一中间面28的电极56(图2C)。第一间隙30将相互对置的电极54、56(也就是电极对)之间电绝缘,通过这些电极54、56,在第一间隙30形成预定的静电电容。

[0061] 六轴力传感器40中,当第一端部12和中间部16在沿着第一轴(X轴)的方向上相对移动时,在第一轴(X轴)方向上对置的第一面26和第一中间面28向相互接近或远离的方向相对性地并进,将第一间隙30同样地缩小或扩大(图2A及图2B)。由此,在第一轴(X轴)方向上对置的两组电极54、56之间的静电电容以相互相同的方式变化。第一检测部22检测这些静电电容的同一方式的变化,并作为第一端部12与中间部16的在沿着第一轴(X轴)的方向上的相对移动的检测值(第一检测值D1)而输出。同样,当第一端部12和中间部16在沿着第二轴(Y轴)的方向上相对移动时,在第二轴(Y轴)方向上对置的第一面26和第一中间面28向相互接近或远离的方向相对性地并进,将第一间隙30同样地缩小或扩大(未图示)。由此,在

第二轴(Y轴)方向上对置的一组电极54、56之间的静电电容变化。第一检测部22检测该静电电容的变化,并作为第一端部12与中间部16的在沿着第二轴(Y轴)的方向上的相对移动的检测值(第一检测值D1)而输出。

[0062] 当第一端部12和中间部16绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线121(图2C)相对旋转时,在第一轴(X轴)方向上对置的第一面26和第一中间面28相对性地倾斜,并且在第二轴(Y轴)方向上对置的第一面26和第一中间面28相对性地倾斜,将各个第一间隙30在电极对的一端侧缩小且在另一端侧扩大(图2C)。由此,在第一轴(X轴)方向上对置的两组电极54、56之间的静电电容以相互相同的方式变化,另一方面,在第二轴(Y轴)方向上对置的一组电极54、56之间的静电电容以与X轴方向不同的方式变化。第一检测部22检测这些静电电容的相互不同的方式的变化,并作为第一端部12与中间部16的绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线121的相对旋转的检测值(第一检测值D1)输出。

[0063] 在第一端部12和中间部16产生合成了沿着第一轴(X轴)的方向、沿着第二轴(Y轴)的方向、以及绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线的方向的任意两个以上的方向的位移时,第一检测部22也能够也能够基于在第一轴(X轴)方向上对置的两组电极54、56之间的静电电容的变化、及在第二轴(Y轴)方向上对置的一组电极54、56之间的静电电容的变化,将第一端部12与中间部16的相对位移的在沿着第一轴(X轴)的方向上的成分、在沿着第二轴(Y轴)的方向上的成分、以及在绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线的方向上的成分作为第一检测值D1而输出。

[0064] 接着,参照图4及图5和图3A~图3C说明六轴力传感器40的第二检测部24的结构。第二端部14在与中间部16对置的下表面14b具有沿着由第一轴(X轴)和第二轴(Y轴)形成的假想平面(XY平面)扩展的第二面32。在中间部16设置有从上表面16b向沿着第三轴(Z轴)的方向突出的一个第二块体58。第二块体58具有长方体形状,且配置于与第二端部14的位置对应的上表面16b的预定位置。第二块体58具有沿着由第一轴(X轴)和第二轴(Y轴)形成的假想平面(XY平面)扩展的第二中间面34。第二面32和第二中间面34配置成在第二连结部20未弹性变形的状态下,相互大致平行地对置。在相互对置的第二中间面34与第二面32之间形成第二间隙36。

[0065] 第二检测部24具有设置于第二间隙36的在电学上相互独立的三个以上的静电电容形成部。各静电电容形成部由形成于第二面32的电极60(图3C)和形成于第二中间面34的电极62(图3C)构成。第二间隙36将相互对置的电极60、62(也就是电极对)之间电绝缘,通过这些电极60、62,在第二间隙36形成预定的静电电容。此外,虽然未图示,但该实施方式中,在第二面32形成有在周向上相互相邻的扇形轮廓的三个电极60,在第二中间面34形成有在周向上相互相邻的扇形轮廓的三个电极62。在第三轴(Z轴)方向上相互对置的三组电极60、62配置于沿第三轴方向观察时使各个轮廓对准的位置,通过这三组电极60、62,在第二间隙36形成三个静电电容。

[0066] 六轴力传感器40中,当第二端部14和中间部16在沿着第三轴(Z轴)的方向上相对移动时,在第三轴(Z轴)方向上对置的第二面32和第二中间面34向相互接近或远离的方向相对性地并进,将第二间隙36同样地缩小或扩大(图3A及图3B)。由此,在第三轴(Z轴)方向对置的三组电极60、62之间的静电电容以相互相同的方式变化。第二检测部24检测这些静电电容的同一方式的变化,并作为第二端部14与中间部16的在沿着第三轴(Z轴)的方向上

的相对移动的检测值(第二检测值D2)而输出。

[0067] 当第二端部14和中间部16绕沿着第二轴(Y轴)的中心轴线141(图3C)相对旋转时,第二面32和第二中间面34相对性地倾斜,将第二间隙36在电极对的一端侧缩小且在另一端侧扩大(图3C)。由此,在第三轴(Z轴)方向上对置的三组电极60、62之间的静电电容以相互不同的方式变化。第二检测部24检测这些静电电容的相互不同的方式的变化,并作为第二端部14与中间部16的绕沿着第二轴(Y轴)的中心轴线141的相对旋转的检测值(第二检测值D2)而输出。同样,当第二端部14和中间部16绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线(未图示)相对旋转时,第二面32和第二中间面34相对性地倾斜,将第二间隙36在电极对的一端侧缩小且在另一端侧扩大(未图示)。由此,在第三轴(Z轴)方向上对置的三组电极60、62之间的静电电容以相互不同的方式变化。第二检测部24检测这些静电电容的相互不同的方式的变化,并作为第二端部14与中间部16的绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线的相对旋转的检测值(第二检测值D2)而输出。

[0068] 在第二端部14和中间部16产生合成了绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线的方向、绕沿着第二轴(Y轴)的中心轴线的方向、以及沿着第三轴(Z轴)的方向的任意两个以上的方向的位移时,基于向第三轴(Z轴)方向对置的三组电极60、62之间的静电电容的变化,第二检测部24也能够将第二端部14与中间部16的相对位移的在绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线的方向上的成分、在绕沿着第二轴(Y轴)的中心轴线的方向上的成分、以及在沿着第三轴(Z轴)的方向上的成分作为第二检测值D2而输出。

[0069] 如上所述,六轴力传感器10、40构成为,第一端部12和中间部16利用第一连结部18以第一三自由度相互连结,并且第二端部14和中间部16利用第二连结部20以与第一三自由度不同的第二三自由度相互连结,第一检测部22检测第一端部12与中间部16的第一三自由度的相对位移,另一方面,与第一检测部22不同的第二检测部24检测第二端部14与中间部16的第二三自由度的相对位移。因此,能够将第一端部12与第二端部14之间的六自由度的相对位移各通过三自由度分担,并利用第一检测部22和第二检测部24检测。第一检测部22和第二检测部24能够分别分担并输出基于第一三自由度的相对位移的第一检测值D1和基于第二三自由度的相对位移的第二检测值D2,因此,用于取得三轴的力成分及三轴的力矩成分的第一检测值D1及第二检测值D2的准确性提高。

[0070] 特别地,如上所述,六轴力传感器10、40构成为,使施加于第一端部12或第二端部14的力在第一连结部18与第二连结部20之间不沿中间部16传播地施加于第一连结部18及第二连结部20双方。因此,例如在将第一端部12作为基础部分且将第二端部14作为受力部分使用的情况下,从力产生体施加于第二端部14的力(负载)使第二连结部20在第二三自由度(绕沿着第一轴的中心轴线的旋转、绕沿着第二轴的中心轴线的旋转、以及沿着第三轴的并进)的方向上弹性变形的期间,该力的在其它方向上的成分不沿中间部16传播地施加于第一连结部18,使第一连结部18在第一三自由度(沿着第一轴的并进、沿着第二轴的并进、以及绕沿着第三轴的中心轴线的旋转)的方向上弹性变形。施加于第二连结部20的力中的未使第二连结部20变形的成分(也就是第一三自由度的方向的力成分及力矩成分)不沿中间部16传播地使第一连结部18变形,因此,假设即使在第二端部14相对于中间部16位移的期间产生超过中间部16的刚性那样的负载,也能够防止因该负载而引起的中间部16的以外的变形。其结果,第二端部14与中间部16的相对位移、及第一端部12与中间部16的相对位移

与施加于第二端部14的力的被各三自由度分担的力成分及力矩成分准确地对应。这样,在六轴力传感器10、40中,排除第一端部12或第二端部14的位移对中间部16造成的负载的影响,从而输出高精度的第一检测值D1及第二检测值D2。

[0071] 图6~图7B表示第二实施方式的六轴力传感器70。六轴力传感器70除了中间部16、第一连结部18、以及第二连结部20的结构上的关系性之外,具有与上述的六轴力传感器40同样的结构。因此,对于对应的构成要素,为了避免其说明的重复,标注相同的参照符号。此外,图6~图7B中省略第一检测部22及第二检测部24的图示。

[0072] 六轴力传感器70具备第一端部12、第二端部14、中间部16、第一连结部18、第二连结部20、第一检测部22(图4)、以及第二检测部24(图4)。第一端部12具有俯视为大致正方形的平板形状,在其上表面12a的四角分别向上突出设置有构成第一连结部18的柱状的第一弹性梁42。这些第一弹性梁42分别在其上端固定于刚性框架48的四角。六轴力传感器70中,省略了上述的六轴力传感器40的刚性柱44。

[0073] 中间部16具有比第一端部12小且与第一端部12对应的俯视为大致正方形的平板形状。与上述的六轴力传感器40不同,中间部16与第一连结部18的四根第一弹性梁42未直接连接。取而代之,中间部16在各个第一弹性梁42的附近使用例如螺栓72固定于刚性框架48的四角。

[0074] 第二端部14具有俯视为大致正方形的长方体形状,在其四个侧面14a分别横向地突出设置有构成第二连结部20的杆状的第二弹性梁46。这些第二弹性梁46分别在第二端部14相反的侧的末端连接于刚性框架48。第一端部12、第二端部14、中间部16以及刚性框架48具有在第一端部12或第二端部14被施加力时,可以抵抗该力而保持自身形状的刚性。

[0075] 六轴力传感器70中,与六轴力传感器40同样,施加于第一端部12或第二端部14的力在第一连结部18与第二连结部20之间不沿中间部16传播地施加于第一连结部18(第一弹性梁42)及第二连结部20(第二弹性梁46)双方。例如,在将第一端部12作为基础部分且将第二端部14作为受力部分使用的情况下,从力产生体施加于第二端部14的力(负载)从第二端部14施加于第二连结部20,根据力的方向,使第二连结部20在第二三自由度(绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线的旋转、绕沿着第二轴(Y轴)的中心轴线的旋转、以及沿着第三轴(Z轴)的并进)的方向上弹性变形。施加于第二连结部20的力沿刚性框架48传播,未使刚性框架48变形且不沿中间部16传播地施加于第一连结部18,根据力的方向,使第一连结部18在第一三自由度(沿着第一轴(X轴)的并进,沿着第二轴(Y轴)的进行、以及绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线的旋转)的方向上弹性变形。

[0076] 六轴力传感器70的第一检测部22及第二检测部24虽然未图示,但具有与上述的六轴力传感器40的第一检测部22及第二检测部24同样的结构。但是,六轴力传感器70中,省略了设置于中间部16的上表面16b的第二块体58,在第二端部14的下表面14b(即,第二面32)与中间部16的上表面16b(即,第二中间面34)之间形成第二间隙36(图7B)。在中间部16与刚性框架48的固定部(例如螺栓72)能够设置介于中间部16与刚性框架48之间的垫片74(图7B)。第二间隙36的尺寸能够通过垫片74调整。

[0077] 六轴力传感器70与六轴力传感器10、40同样,第一检测部22和第二检测部24能够分别分担地输出基于第一三自由度的相对位移的第一检测值D1和基于第二三自由度的相对位移的第二检测值D2,因此,能够提高用于取得三轴的力成分及力矩成分的第一检测值

D1及第二检测值D2的准确性。另外,六轴力传感器70中,与六轴力传感器10、40同样,构成成为,使施加于第一端部12或第二端部14的力在第一连结部18与第二连结部20之间不沿中间部16传播地施加于第一连结部18及第二连结部20双方,因此,排除第一端部12或第二端部14的位移对中间部16造成的负载的影响,由此输出高精度的第一检测值D1及第二检测值D2。

[0078] 图8~图10表示第三实施方式的六轴力传感器80。六轴力传感器80除了中间部16、第一连结部18、以及第二连结部20的结构上的关系性之外,具有与上述的六轴力传感器40、70同样的结构。因此,对于对应的构成要素,为了避免其说明的重复,标注相同的参照符号。

[0079] 六轴力传感器80具备第一端部12、第二端部14、中间部16、第一连结部18、第二连结部20、第一检测部22、以及第二检测部24。第一端部12具有俯视为大致正方形的平板形状,在其上表面12a的四角分别向上突出设置有构成第一连结部18的柱状的第一弹性梁42。这些第一弹性梁42分别在其上端固定于刚性框架48的四角。六轴力传感器80中,省略了上述的六轴力传感器40的刚性柱44。

[0080] 中间部16具有比第一端部12小且与第一端部12对应的俯视为大致正方形的平板形状。与上述的六轴力传感器40不同,中间部16与第一连结部18的四根第一弹性梁42未直接连接。取而代之,中间部16在各个第一弹性梁42的附近经由辅助连结部82连结于刚性框架48的四角。

[0081] 辅助连结部82配置于中间部16与第一连结部18之间,且在第二连结部20由于施加于第一端部12或第二端部14的力而弹性变形时,根据第二连结部20的弹性变形而弹性变形。图示实施方式中,在中间部16的上表面16b的四角分别向上突出设置有在沿着第三轴(Z轴)的方向上延伸的柱状的第三弹性梁84,由这些第三弹性梁84构成辅助连结部82。各第三弹性梁84在其上端与第一弹性梁42分离地固定于刚性框架48的四角。

[0082] 第二端部14具有俯视为大致正方形的长方体形状,在其四个侧面14a分别横向地突出设置构成第二连结部20的杆状的第二弹性梁46。这些第二弹性梁46分别在第二端部14相反的侧的末端连接于刚性框架48。第一端部12、第二端部14、中间部16以及刚性框架48具有在第一端部12或第二端部14被施加力时,可以抵抗该力而保持自身形状的刚性。

[0083] 六轴力传感器80中,与六轴力传感器40、70同样,施加于第一端部12或第二端部14的力在第一连结部18与第二连结部20之间不沿中间部16传播地施加于第一连结部18(第一弹性梁42)及第二连结部20(第二弹性梁46)双方。例如,在将第一端部12作为基础部分且将第二端部14作为受力部分使用的情况下,从力产生体施加于第二端部14的力(负载)从第二端部14施加于第二连结部20,根据力的方向,使第二连结部20在第二三自由度(绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线的旋转、绕沿着第二轴(Y轴)的中心轴线的旋转、以及沿着第三轴(Z轴)的并进)的方向上弹性变形。施加于第二连结部20的力沿刚性框架48传播,未使刚性框架48变形且不沿中间部16传播地施加于第一连结部18,根据力的方向,使第一连结部18在第一三自由度(沿着第一轴(X轴)的并进、沿着第二轴(Y轴)的并进、以及绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线的旋转)的方向上弹性变形。

[0084] 上述的例子中,在施加于第二连结部20的力沿刚性框架48传播时,根据力的大小不同,有时刚性框架48稍微变形。若刚性框架48产生变形,则负载从刚性框架48作用于中间部16,存在中间部16产生意外的变形的变形的问题。若中间部16产生变形,则存在第一检测部22的

第一检测值D1及第二检测部24的第二检测值D2的准确性降低的问题。六轴力传感器80中,在随着第二连结部20的弹性变形产生这种意外的负载时,辅助连结部82(第三弹性梁84)根据该负载而弹性变形,防止负载从刚性框架48作用于中间部16(图10)。

[0085] 六轴力传感器80的第一检测部22及第二检测部24具有与上述的六轴力传感器40的第一检测部22及第二检测部24同样的结构。若进行概述,则在设置于第一端部12的上表面12a的三个第一块体50与设置于中间部16的下表面16a的三个第一中间块体52之间分别形成第一间隙30。第一检测部22通过静电电容等检测各个第一间隙30的尺寸变化,从而输出第一检测值D1。另外,在第二端部14的下表面14b与设置于中间部16的上表面16b的第二块体58之间形成第二间隙36。第二检测部24通过静电电容等检测第二间隙36的尺寸变化,从而输出第二检测值D2。

[0086] 六轴力传感器80与六轴力传感器10、40、70同样,第一检测部22和第二检测部24能够分别分担地输出基于第一三自由度的相对位移的第一检测值D1和基于第二三自由度的相对位移的第二检测值D2,因此,能够提高用于取得三轴的力成分及三轴的力矩成分的第一检测值D1及第二检测值D2的准确性。另外,六轴力传感器80中,与六轴力传感器10、40、70同样,构成为,使施加于第一端部12或第二端部14的力在第一连结部18与第二连结部20之间不沿中间部16传播地施加于第一连结部18及第二连结部20双方,因此,排除第一端部12或第二端部14的位移对中间部16造成的负载的影响,由此输出高精度的第一检测值D1及第二检测值D2。

[0087] 图11~图12B表示第四的实施方式的六轴力传感器90。六轴力传感器90除了中间部16、第一连结部18、以及第二连结部20的结构上的关系性之外,具有与上述的六轴力传感器40、70、80同样的结构。因此,对于对应的构成要素,为了避免其说明的重复,标注相同的参照符号。

[0088] 六轴力传感器90具备第一端部12、第二端部14、中间部16、第一连结部18、第二连结部20、第一检测部22、以及第二检测部24。第一端部12具有俯视为大致正方形的平板形状,在其上表面12a的四角分别向上突出设置有构成第一连结部18的柱状的第一弹性梁42。这些第一弹性梁42分别在其上端固定于刚性框架48的四角。六轴力传感器90中,省略了上述的六轴力传感器40的刚性柱44。

[0089] 中间部16具有比第一端部12小且与第一端部12对应的俯视为大致正方形的平板形状。与上述的六轴力传感器40不同,中间部16与第一连结部18的四根第一弹性梁42未直接连接。取而代之,中间部16在各个第一弹性梁42的附近经由辅助连结部92连结于刚性框架48的四角。

[0090] 辅助连结部92配置于中间部16与第一连结部18之间,且在第二连结部20由于施加于第一端部12或第二端部14的力而弹性变形时,根据第二连结部20的弹性变形而弹性变形。图示实施方式中,中间部16的四角分别横向地突出设置在沿着包含第一轴(X轴)和第二轴(Y轴)的假想平面(XY平面)的方向上蜿蜒延伸的弹簧状的第四弹性梁94,由这些第四弹性梁94构成辅助连结部92。各第四弹性梁94在与中间部16相反的侧的末端与第一弹性梁42分离地固定于刚性框架48的四角。

[0091] 第二端部14具有俯视为大致正方形的长方体形状,在其四个侧面14a分别横向地突出设置有构成第二连结部20的杆状的第二弹性梁46。这些第二弹性梁46分别在第二端

部14相反的侧的末端连接于刚性框架48。第一端部12、第二端部14、中间部16以及刚性框架48具有在第一端部12或第二端部14被施加力时,可以抵抗该力而保持自身形状的刚性。

[0092] 六轴力传感器90中,与六轴力传感器40、70、80同样,施加于第一端部12或第二端部14的力在第一连结部18与第二连结部20之间不沿中间部16传播地施加于第一连结部18(第一弹性梁42)及第二连结部20(第二弹性梁46)双方。例如,在将第一端部12作为基础部分且将第二端部14作为受力部分而使用的情况下,从力产生体施加于第二端部14的力(负载)从第二端部14施加于第二连结部20,根据力的方向,使第二连结部20在第二三自由度(绕沿着第一轴(X轴)的中心轴线的旋转、绕沿着第二轴(Y轴)的中心轴线的旋转、以及沿着第三轴(Z轴)的并进)的方向上弹性变形。施加于第二连结部20的力沿刚性框架48传播,未使刚性框架48变形且不沿中间部16传播地施加于第一连结部18,根据力的方向,使第一连结部18在第一三自由度(沿着第一轴(X轴)的并进、沿着第二轴(Y轴)的并进、以及绕沿着第三轴(Z轴)的中心轴线的旋转)的方向上弹性变形。

[0093] 上述的例子中,在施加于第二连结部20的力沿刚性框架48传播时,根据力的大小不同,存在刚性框架48稍微变形的情况。若刚性框架48产生变形,则负载从刚性框架48作用于中间部16,存在中间部16产生意外的变形的的问题。若中间部16产生变形,则存在第一检测部22的第一检测值D1及第二检测部24的第二检测值D2的准确性降低的问题。六轴力传感器90中,在随着第二连结部20的弹性变形产生这种意外的负载时,与六轴力传感器80同样,辅助连结部92(第四弹性梁94)根据该负载而弹性变形,防止负载从刚性框架48作用于中间部16。

[0094] 六轴力传感器90的第一检测部22及第二检测部24具有与上述的六轴力传感器40的第一检测部22及第二检测部24同样的结构。若进行概述,则在设置于第一端部12的上表面12a的三个第一块体50与设置于中间部16的下表面16a的三个第一中间块体52之间分别形成第一间隙30。第一检测部22通过静电电容等检测各个第一间隙30的尺寸变化,从而输出第一检测值D1。另外,在第二端部14的下表面14b与中间部16的上表面16b之间形成第二间隙36。第二检测部24通过静电电容等检测第二间隙36的尺寸变化,从而输出第二检测值D2。

[0095] 六轴力传感器90与六轴力传感器10、40、70、80同样,第一检测部22和第二检测部24能够分别分担地输出基于第一三自由度的相对位移的第一检测值D1和基于第二三自由度的相对位移的第二检测值D2,因此,能够提高用于取得三轴的力成分及三轴的力矩成分的第一检测值D1及第二检测值D2的准确性。另外,六轴力传感器90中,与六轴力传感器10、40、70、80同样,构成为,使施加于第一端部12或第二端部14的力在第一连结部18与第二连结部20之间不沿中间部16传播地施加于第一连结部18及第二连结部20双方,因此,排除第一端部12或第二端部14的位移对中间部16造成的负载的影响,由此输出高精度的第一检测值D1及第二检测值D2。

[0096] 六轴力传感器10、40、70、80、90能够根据第一检测部22的第一检测值D1及第二检测部24的第二检测值D2检测施加于第一端部12或第二端部14的力的上述的第一力成分、第二力成分、第三力成分、第一力矩成分、第二力矩成分以及第三力矩成分。这些力成分及力矩成分的检测能够通过六轴力传感器10、40、70、80、90之外的运算装置来实施。或者如图1所示,六轴力传感器10、40、70、80、90本身能够具备运算部100,该运算部100使用第一检测

部22检测出的第一检测值D1及第二检测部24检测出的第二检测值D2,对施加于第一端部12或第二端部14的力的第一力成分、第二力成分、第三力成分、第一力矩成分、第二力矩成分以及第三力矩成分进行运算。

[0097] 根据第一检测值D1及第二检测值D2求出力成分、力矩成分的运算例如能够通过检测值D1、D2和预先求出的转换系数矩阵进行矩阵运算的方法来执行。对六轴力传感器10、40、70、80、90在各个方向上施加已知的负载,并收集与该负载的力及力矩的六轴方向成分对应的位移数据,根据这些位移数据,通过公知的数学方法能够求出转换系数矩阵。在位移的检测使用静电电容的情况下,静电电容与第一间隙30及第二间隙36的尺寸成反比例,因此,第一检测部22及第二检测部24能够根据检测出的静电电容的变化量的倒数求出位移量,并作为第一检测值D1及第二检测值D2而输出。或者,例如,通过使用公知的数学方法,基于第一检测部22及第二检测部24检测出的静电电容的变化量的原始数据(也就是静电电容的检测值),运算部100也能够直接求出力成分及力矩成分。在该情况下,第一检测部22及第二检测部24将检测出的静电电容的变化量作为第一检测值D1及第二检测值D2而输出。

[0098] 六轴力传感器10、40、70、80、90中,第一连结部18实现的第一三自由度的方向及第二连结部20实现的第二三自由度的方向并非必须与正交坐标系的X轴、Y轴、Z轴准确地对应。例如,在规定第一端部12与中间部16的相对位移的第一三自由度中,在沿着第一轴(X轴)的移动方向和沿着第二轴(Y轴)的移动方向不正交的情况下,数据运算中产生串扰项,但是,例如运算部100能够使用这些移动方向形成的角度相互独立地检测沿着第一轴(X轴)的位移量和沿着第二轴(Y轴)的位移量。另外,在沿着第三轴(Z轴)的中心轴线相对于包含第一轴(X轴)及第二轴(Y轴)的假想平面(XY平面)不正交的情况下,第一检测值D1和第二检测值D2比相互独立,但是,例如运算部100能够使用假想平面和中心轴线形成的角度对这些检测值D1、D2进行补正。

[0099] 另外,在如对于六轴力传感器80、90所说明的那样,由于例如刚性框架48的变形而负载作用于中间部16的情况下,也能够代替辅助连结部82、92那样的结构上的对策,而通过例如运算部100的运算来维持第一检测值D1及第二检测值D2的准确性。该结构中,运算部100例如对第一检测部22输出的第一检测值D1应用使用第二检测部24输出的第二检测值D2所算出的补正值,并根据补正后的第一检测值D1计算力成分及力矩成分。作为求出该补正值的方法,例如能够举出在对第二检测值D2进行A/D转换之后进行数字运算的方法。

[0100] 以上说明了本公开的实施方式,但本领域技术人员应当理解,能够不脱离后述的权利要求的公开范围地进行各种修正及变更。

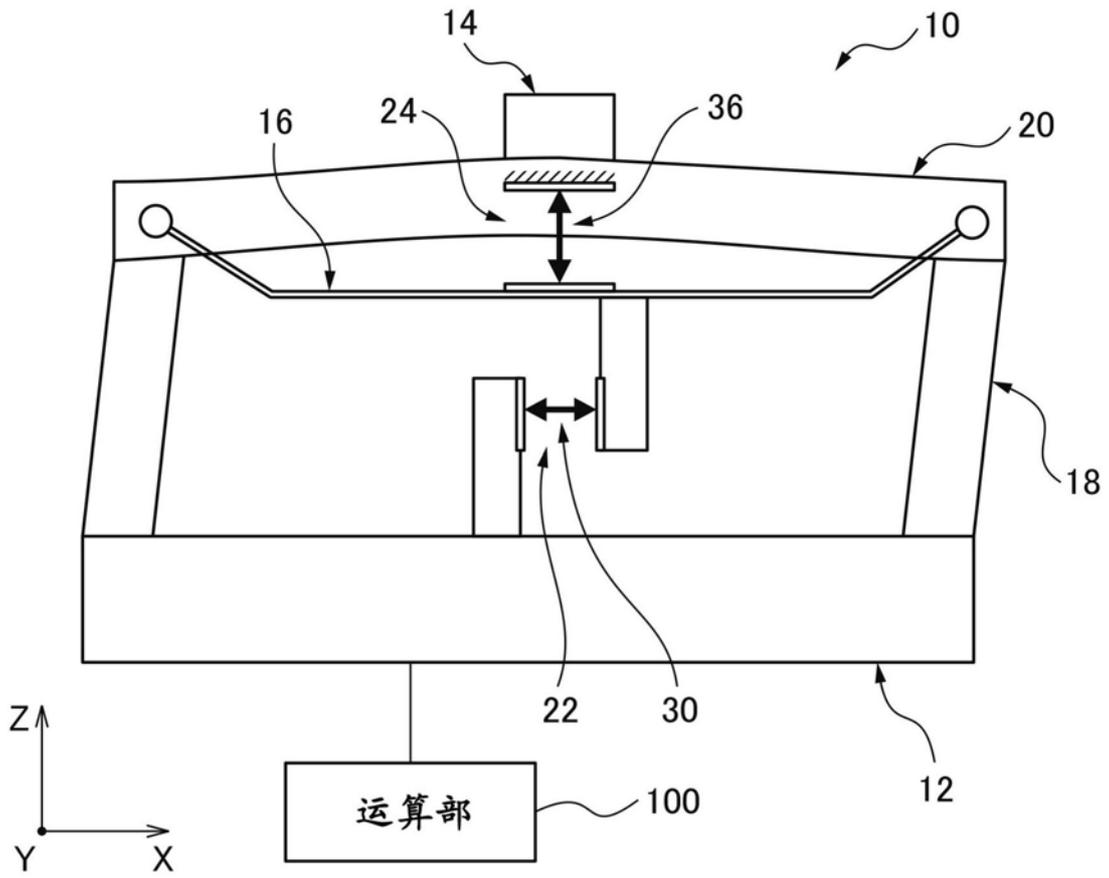


图1

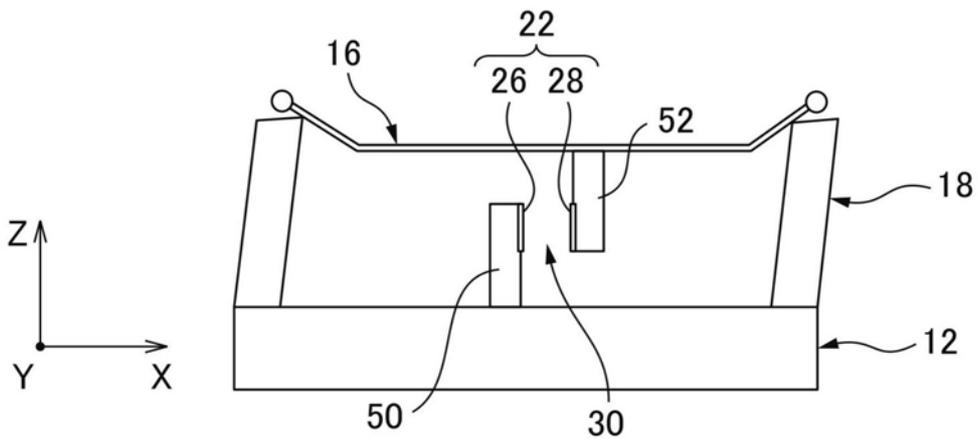


图2A

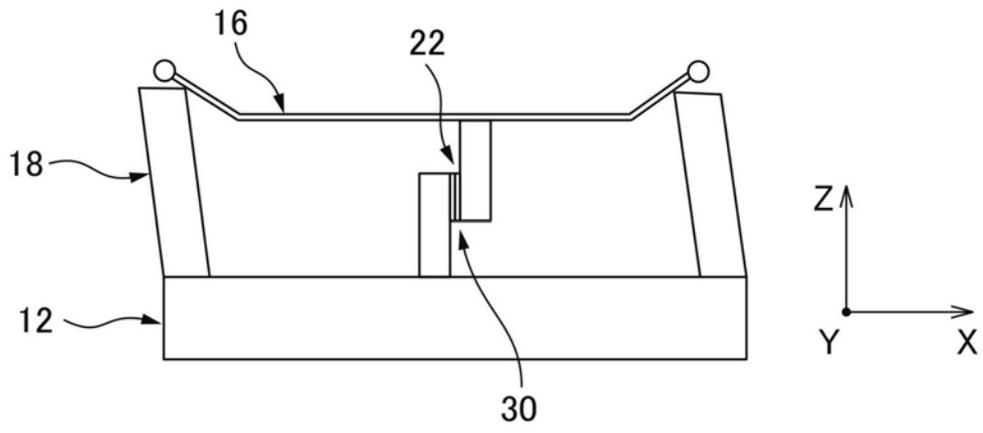


图2B

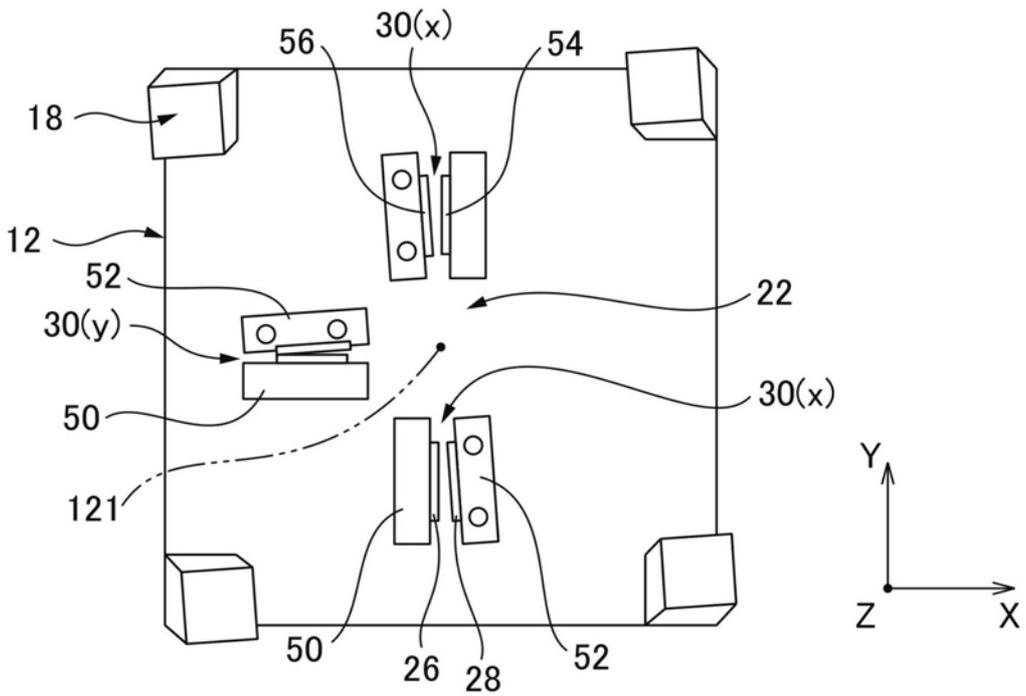


图2C

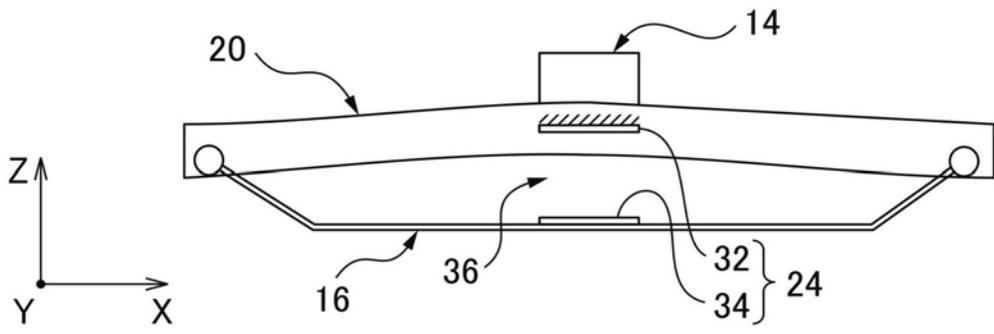


图3A

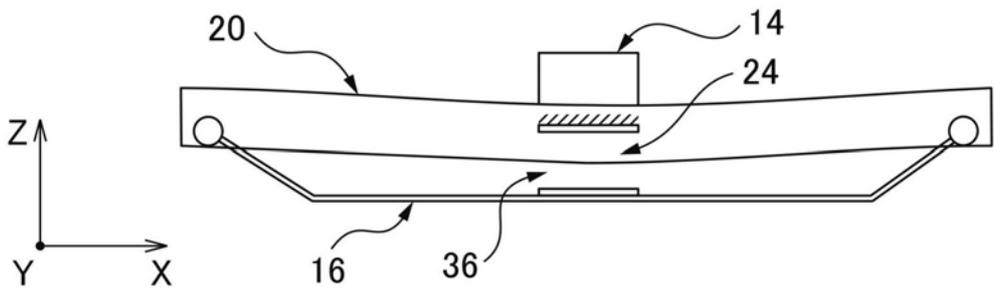


图3B

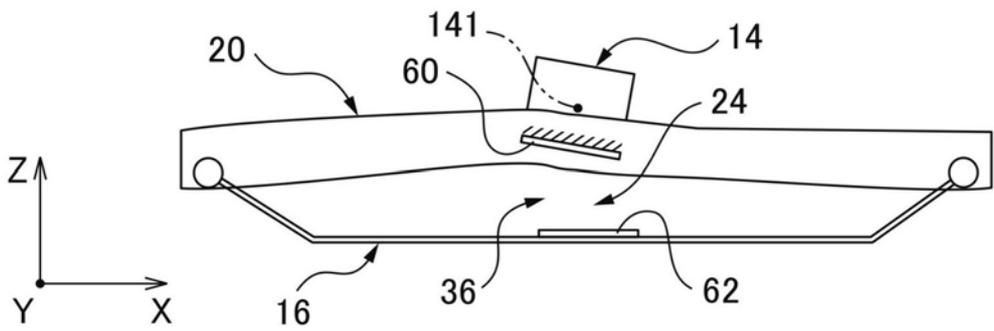


图3C

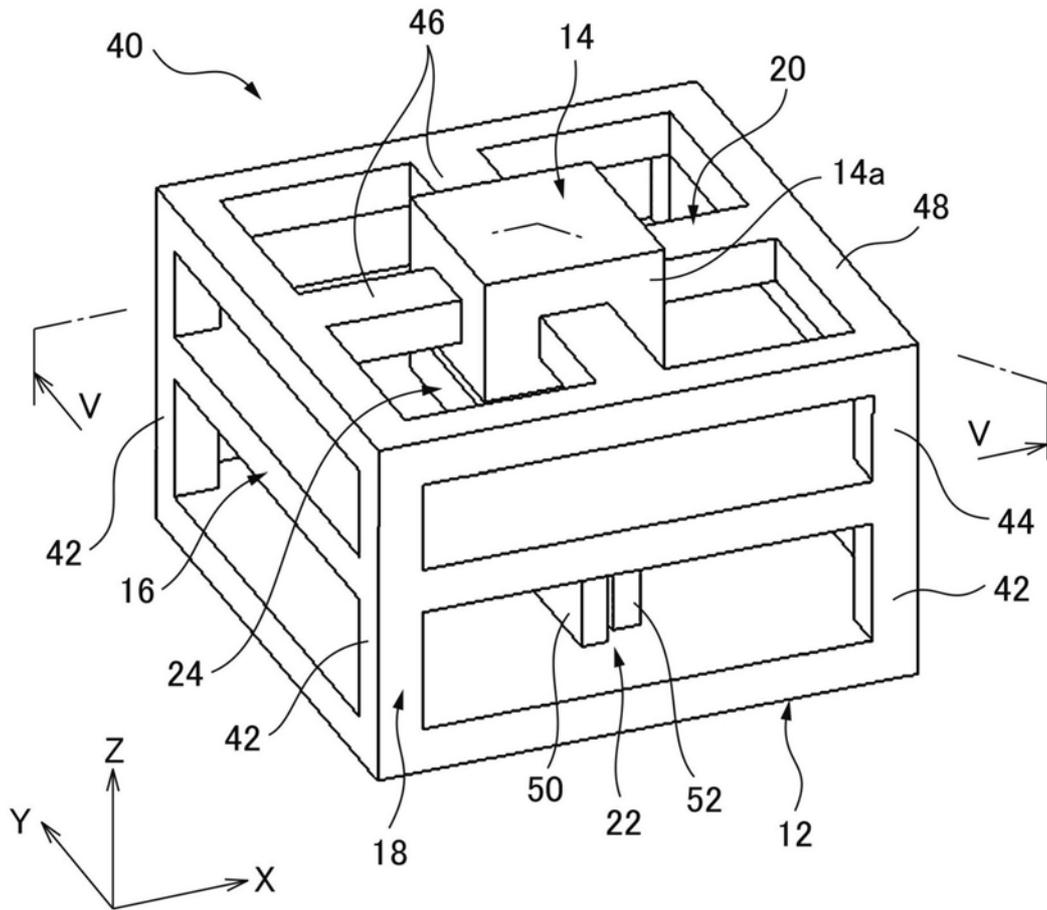


图4

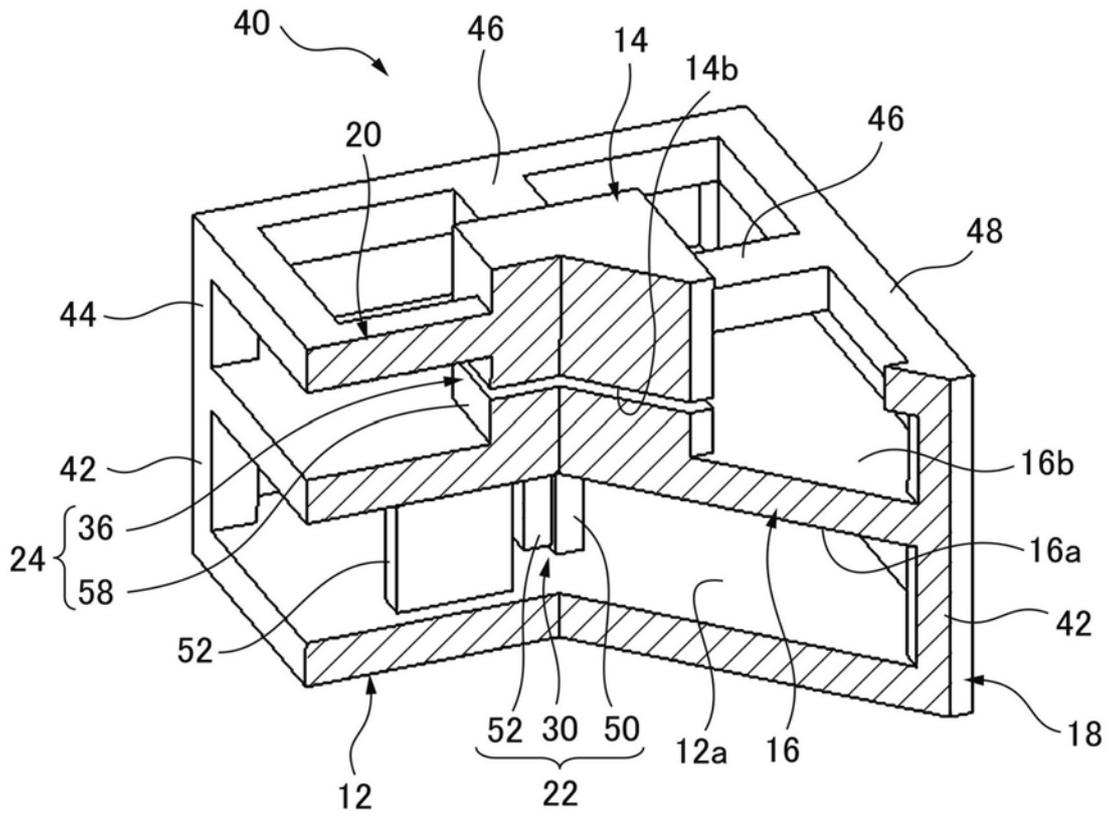


图5

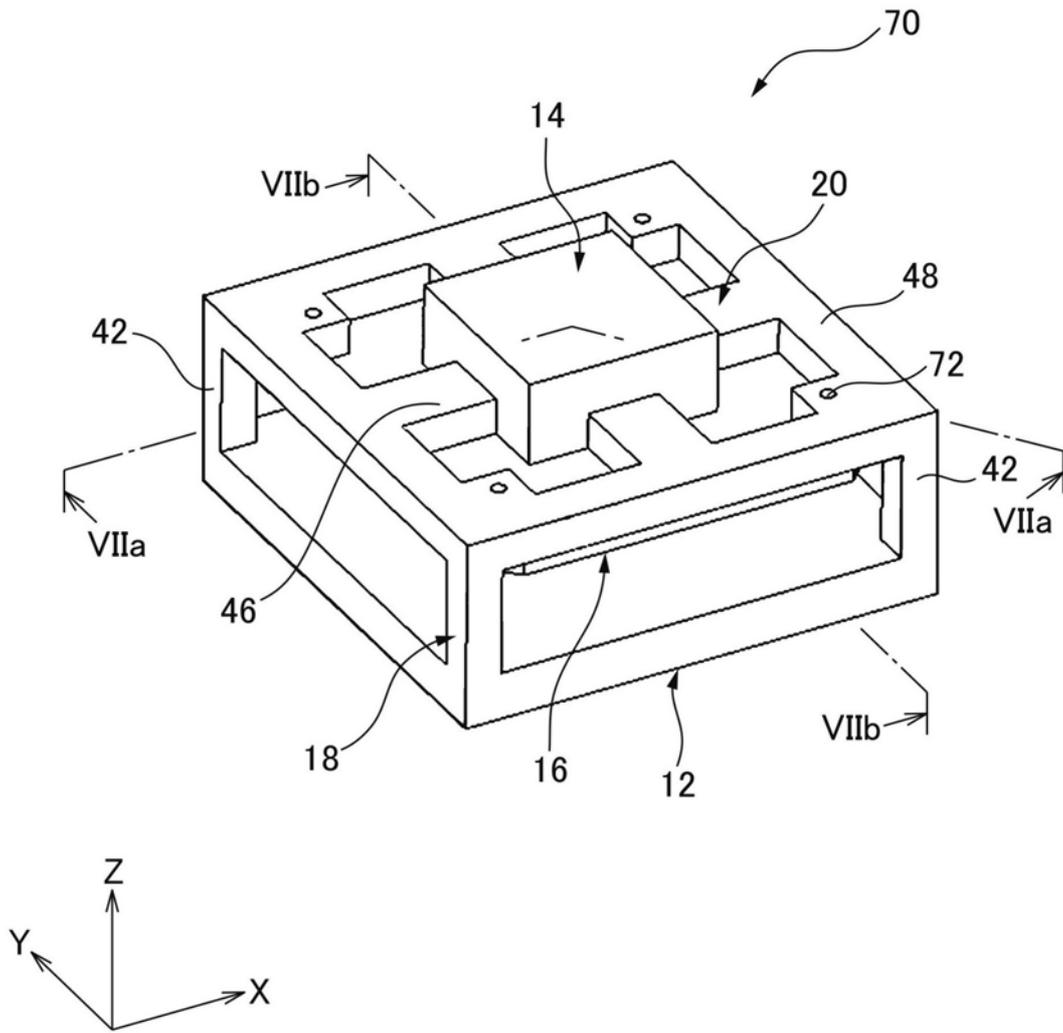


图6

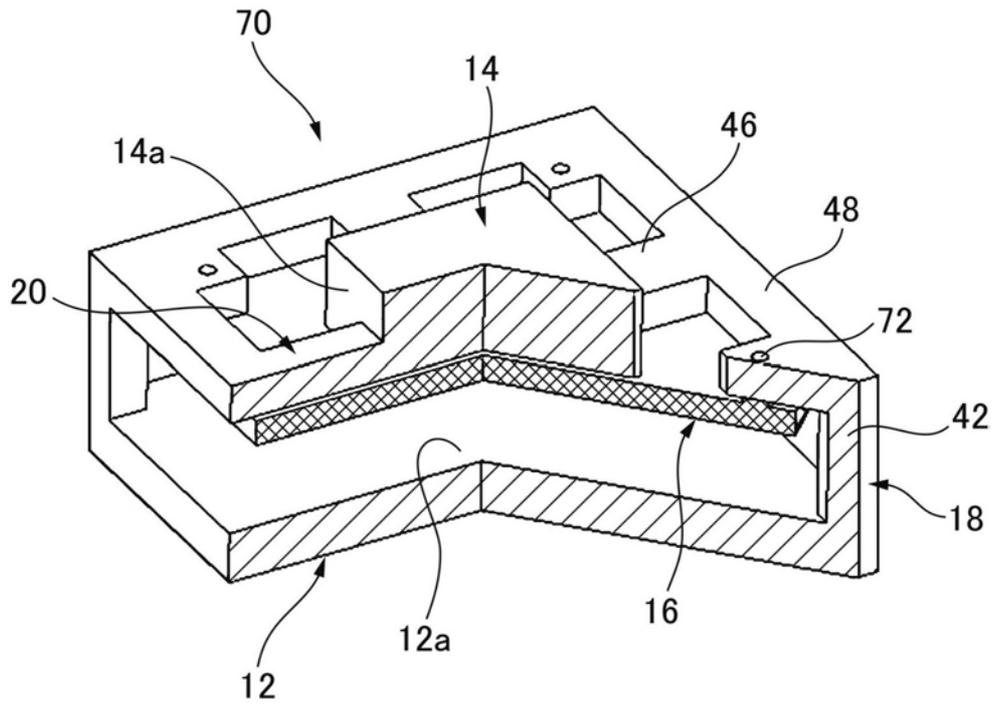


图7A

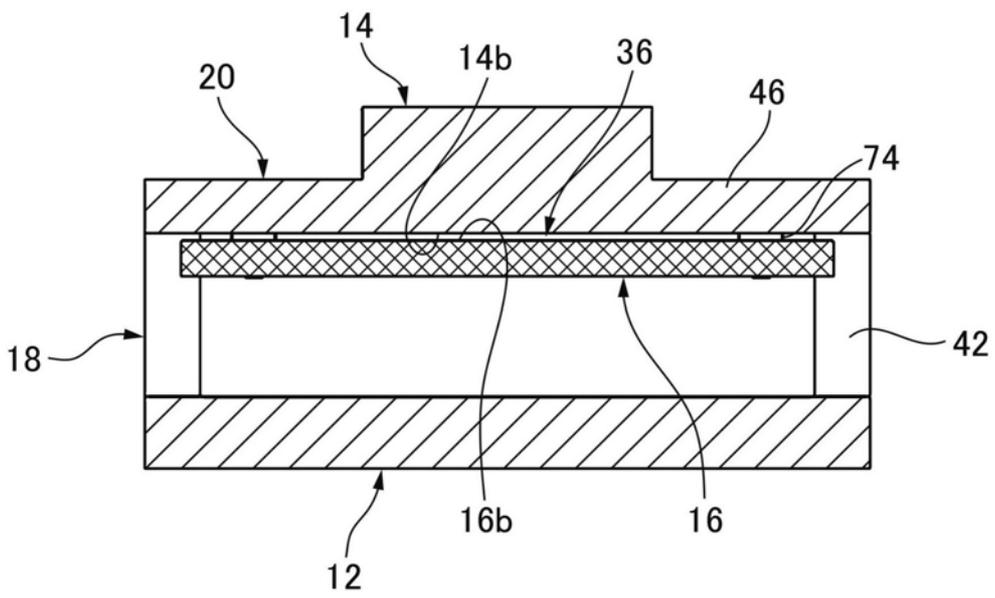


图7B

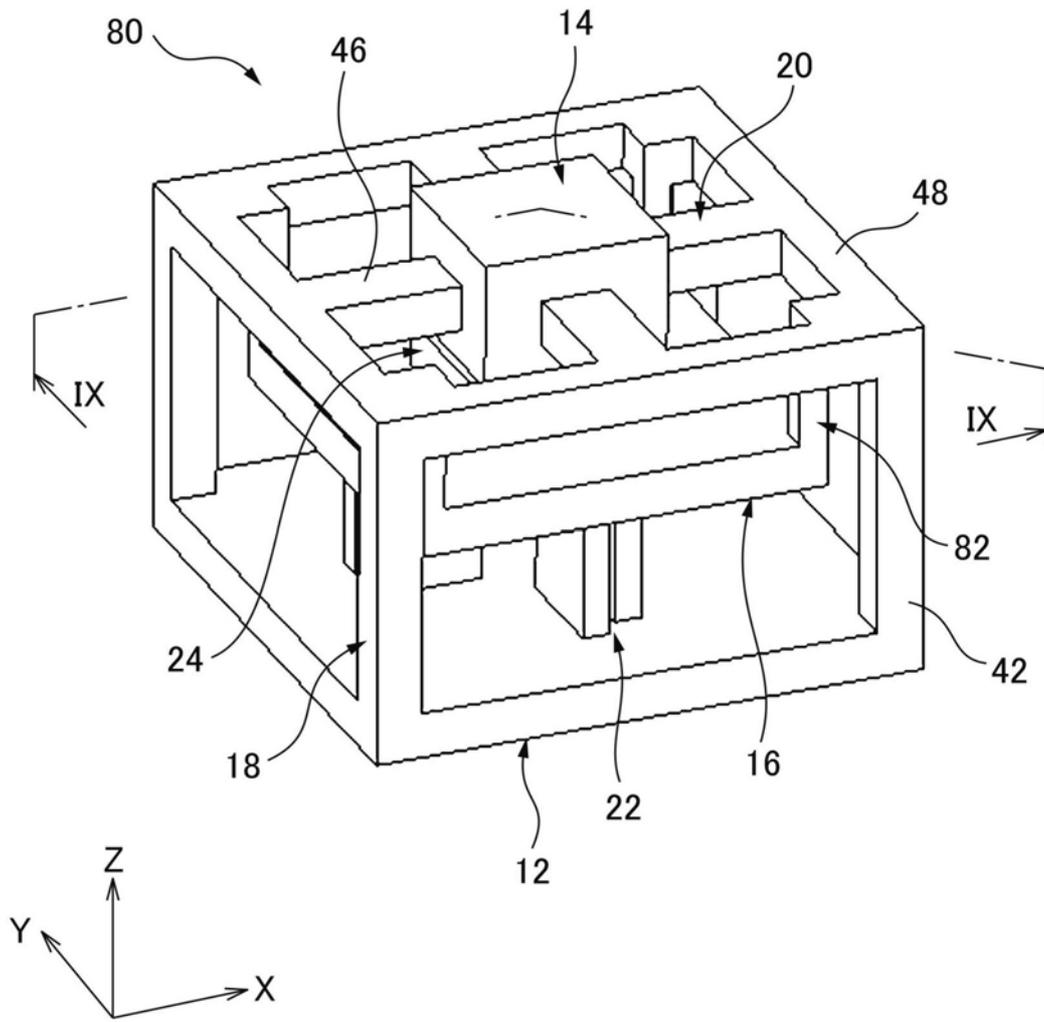


图8

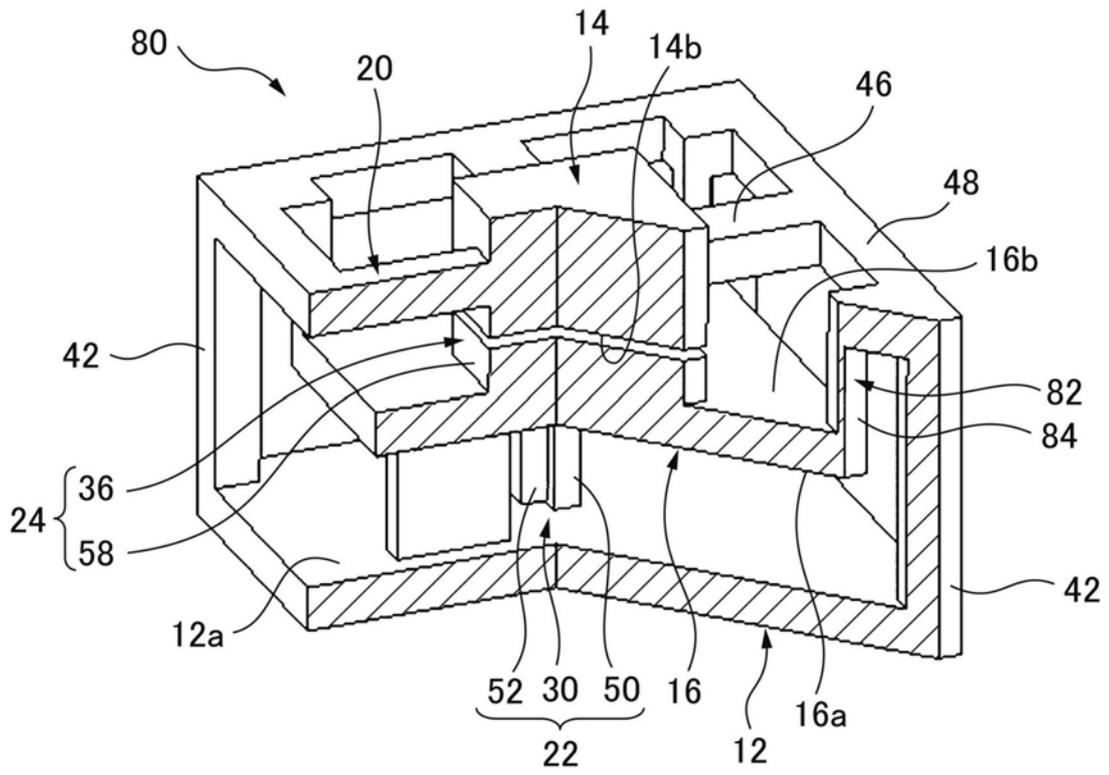


图9

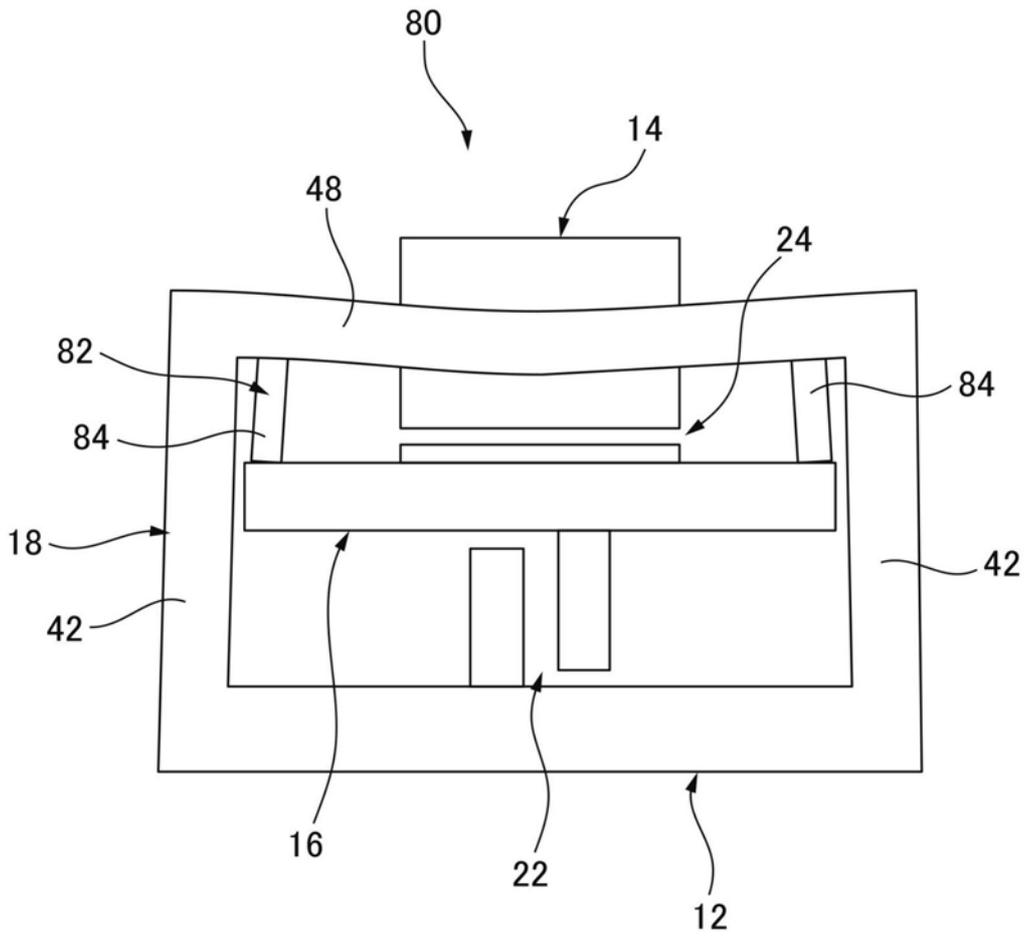


图10

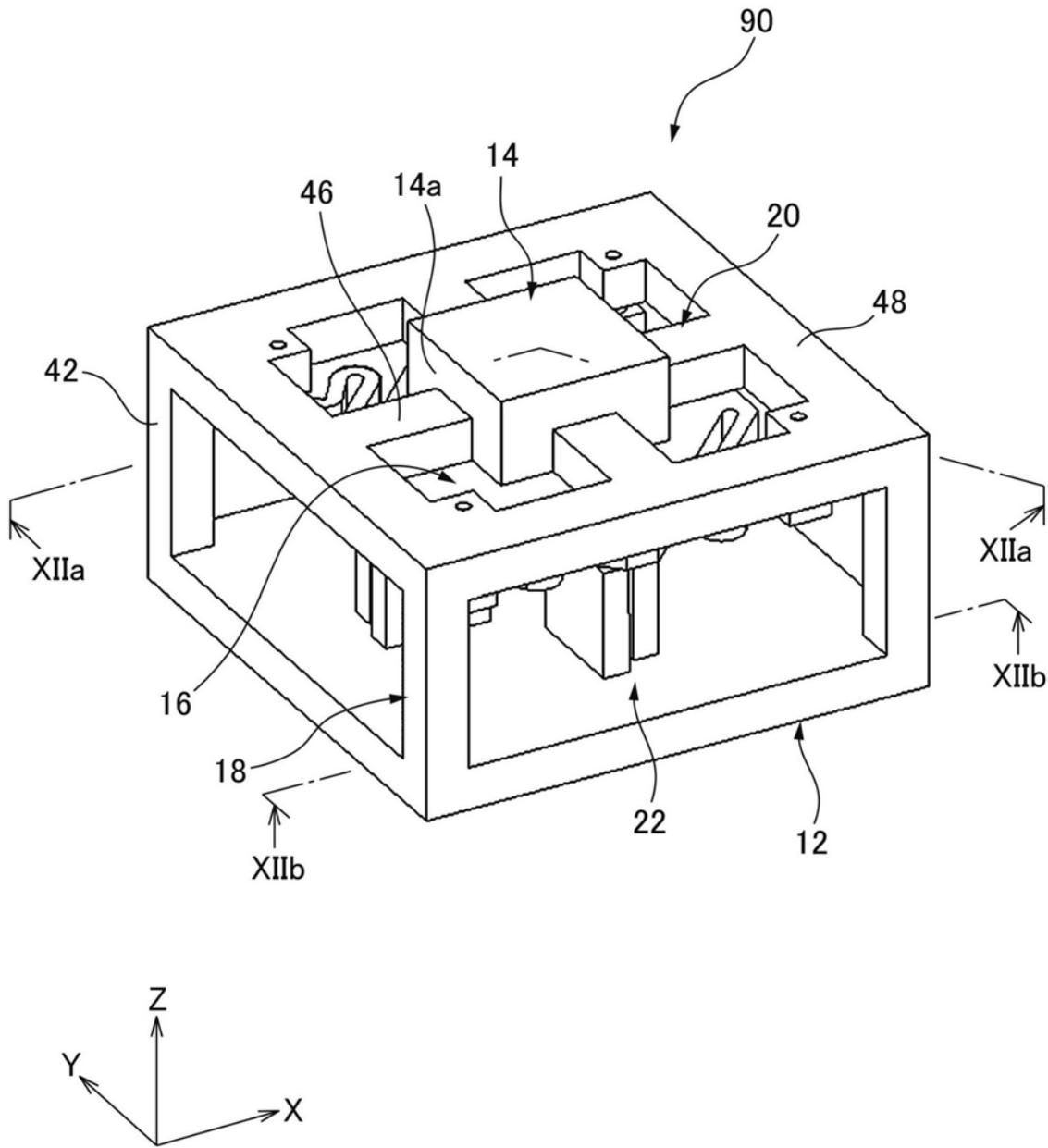


图11

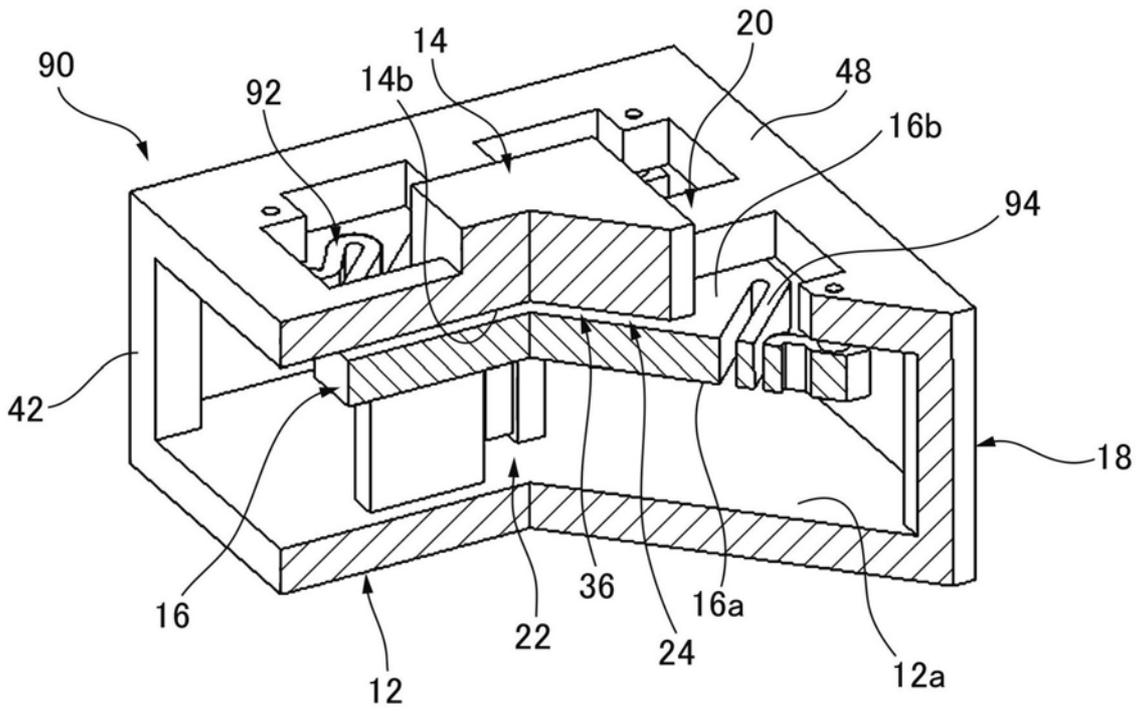


图12A

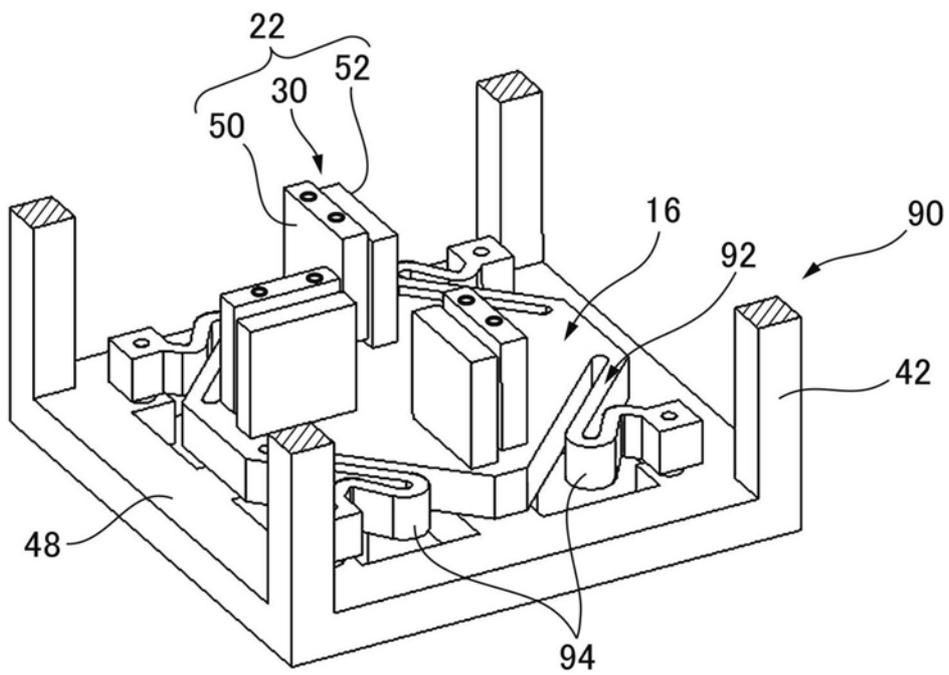


图12B