



1. 一种物理量检测振动片, 其特征在于, 具有:

检测臂, 其包括压电体, 并沿着第一方向进行驱动振动, 且通过被施加物理量而沿着与所述第一方向正交的第二方向进行检测振动;

第一检测信号电极、第二检测信号电极以及基准电位电极, 其被配置在所述检测臂上,

所述第一检测信号电极具有第一电极部和第二电极部,

所述第二检测信号电极具有第三电极部和第四电极部,

所述基准电位电极具有:

相对于所述第一电极部而成为基准电位的第一基准电位电极部;

相对于所述第二电极部而成为基准电位的第二基准电位电极部;

相对于所述第三电极部而成为基准电位的第三基准电位电极部;

相对于所述第四电极部而成为基准电位的第四基准电位电极部,

所述第一电极部与所述第一基准电位电极部之间所产生的信号和所述第二电极部与所述第二基准电位电极部之间所产生的信号在所述驱动振动时为反相, 在所述检测振动时为同相,

所述第三电极部与所述第三基准电位电极部之间所产生的信号和所述第四电极部与所述第四基准电位电极部之间所产生的信号在所述驱动振动时为反相, 在所述检测振动时为同相,

所述检测臂具有:

检测臂第一主面, 其被配置在所述第一方向的一侧;

检测臂第二主面, 其被配置在所述第一方向的另一侧;

检测臂第一槽部, 其在所述检测臂第一主面上开放;

检测臂第二槽部, 其在所述检测臂第二主面上开放,

所述第一电极部被配置在所述检测臂第一槽部处,

所述第二电极部被配置在所述检测臂第二槽部处,

所述第三电极部以及所述第四电极部被配置在所述检测臂的所述第二方向的一侧的侧面处。

2. 如权利要求1所述的物理量检测振动片, 其中,

所述检测臂具有:

第一突出部, 其朝向所述第一方向的一侧而突出;

第二突出部, 其朝向所述第一方向的另一侧而突出;

第三突出部, 其相对于所述第一突出部而位于所述第二方向的一侧, 并朝向所述第一方向的所述一侧而突出;

第四突出部, 其相对于所述第二突出部而位于所述第二方向的所述一侧, 并朝向所述第一方向的所述另一侧而突出,

所述第一电极部以及所述第一基准电位电极部以将所述第一突出部夹在中间的方式被配置,

所述第二电极部以及所述第二基准电位电极部以将所述第二突出部夹在中间的方式被配置,

所述第三电极部以及所述第三基准电位电极部以将所述第三突出部夹在中间的方式

被配置，

所述第四电极部以及所述第四基准电位电极部以将所述第四突出部夹在中间的方式被配置。

3. 如权利要求1所述的物理量检测振动片，其中，

具有：

一对驱动臂，其以隔着所述检测臂的方式被配置；

基部，其与所述检测臂以及所述驱动臂连接。

4. 如权利要求3所述的物理量检测振动片，其中，

所述检测臂以隔着所述基部的方式至少被配置有两个。

5. 如权利要求1所述的物理量检测振动片，其中，

在将与所述第一方向以及所述第二方向正交的方向设为第三方向时，所述物理量检测振动片具有：

基部；

一对所述检测臂，其从所述基部起互相向所述第三方向的相反侧延伸；

一对连结臂，其从所述基部起互相向所述第二方向的相反侧延伸；

一对驱动臂，其从一个所述连结臂起互相向所述第三方向的相反侧延伸；

一对驱动臂，其从另一个所述连结臂起互相向所述第三方向的相反侧延伸。

6. 如权利要求5所述的物理量检测振动片，其中，

具有：

第一锤部，其被设置在一个所述检测臂的所述第一方向的一侧的面上；

第二锤部，其被设置在另一个所述检测臂的所述第一方向的另一侧的面上。

7. 如权利要求3所述的物理量检测振动片，其中，

所述驱动臂具有：

驱动臂第一主面，其被配置在所述第一方向的一侧；

驱动臂第二主面，其被配置在所述第一方向的另一侧；

驱动臂第一侧面，其被配置在所述第二方向的一侧；

驱动臂第二侧面，其被配置在所述第二方向的另一侧；

驱动臂第一槽部，其被设置在所述驱动臂第一主面上；

驱动臂第二槽部，其被设置在所述驱动臂第二主面上；

第一阶梯部，其位于所述驱动臂第一槽部的所述第二方向的一侧，并对所述驱动臂第一主面和所述驱动臂第一侧面进行连接；

第二阶梯部，其位于所述驱动臂第二槽部的所述第二方向的另一侧，并对所述驱动臂第二主面和所述驱动臂第二侧面进行连接，

在将与所述第一方向以及所述第二方向正交的方向设为第三方向时，

所述第一阶梯部的所述第三方向的顶端位于与所述驱动臂第一槽部的所述第三方向的顶端相比靠所述驱动臂的顶端侧处，

所述第二阶梯部的所述第三方向的顶端位于与所述驱动臂第二槽部的所述第三方向的顶端相比靠所述驱动臂的顶端侧处。

8. 一种物理量检测振动片，其特征在于，具有：

检测臂,其包括压电体,并沿着第一方向进行驱动振动,且通过被施加物理量而沿着与所述第一方向正交的第二方向进行检测振动;

第一检测信号电极以及第二检测信号电极,其被配置在所述检测臂上,

所述第一检测信号电极具有第一电极部和第二电极部,

所述第二检测信号电极具有第三电极部和第四电极部,

所述第一电极部与所述第三电极部之间所产生的信号和所述第二电极部与所述第三电极部之间所产生的信号在所述驱动振动时为反相,在所述检测振动时为同相,

所述第一电极部与所述第四电极部之间所产生的信号和所述第二电极部与所述第四电极部之间所产生的信号,在所述驱动振动时为反相,在所述检测振动时为同相,

所述检测臂具有:

检测臂第一主面,其被配置在所述第一方向的一侧;

检测臂第二主面,其被配置在所述第一方向的另一侧;

检测臂第一侧面,其被配置在所述第二方向的一侧;

检测臂第二侧面,其被配置在所述第二方向的另一侧;

检测臂第一槽部,其在所述检测臂第一主面上开放;

检测臂第二槽部,其在所述检测臂第二主面上开放,

所述第一电极部被配置在所述检测臂第一槽部处,

所述第二电极部被配置在所述检测臂第二槽部处,

所述第三电极部被配置在所述检测臂第一侧面处,

所述第四电极部被配置在所述检测臂第二侧面处。

9. 如权利要求8所述的物理量检测振动片,其中,

具有:

一对驱动臂,其以隔着所述检测臂的方式被配置;

基部,其与所述检测臂以及所述驱动臂连接。

10. 如权利要求9所述的物理量检测振动片,其中,

所述检测臂以隔着所述基部的方式至少被配置有两个。

11. 如权利要求8所述的物理量检测振动片,其中,

在将与所述第一方向以及所述第二方向正交的方向设为第三方向时,所述物理量检测振动片具有:

基部;

一对所述检测臂,其从所述基部起互相向所述第三方向的相反侧延伸;

一对连结臂,其从所述基部起互相向所述第二方向的相反侧延伸;

一对驱动臂,其从一个所述连结臂起互相向所述第三方向的相反侧延伸;

一对驱动臂,其从另一个所述连结臂起互相向所述第三方向的相反侧延伸。

12. 如权利要求11所述的物理量检测振动片,其中,

具有:

第一锤部,其被设置在一个所述检测臂的所述第一方向的一侧的面上;

第二锤部,其被设置在另一个所述检测臂的所述第一方向的另一侧的面上。

13. 如权利要求9所述的物理量检测振动片,其中,

所述驱动臂具有：

驱动臂第一主面，其被配置在所述第一方向的一侧；

驱动臂第二主面，其被配置在所述第一方向的另一侧；

驱动臂第一侧面，其被配置在所述第二方向的一侧；

驱动臂第二侧面，其被配置在所述第二方向的另一侧；

驱动臂第一槽部，其被设置在所述驱动臂第一主面上；

驱动臂第二槽部，其被设置在所述驱动臂第二主面上；

第一阶梯部，其位于所述驱动臂第一槽部的所述第二方向的一侧，并对所述驱动臂第一主面和所述驱动臂第一侧面进行连接；

第二阶梯部，其位于所述驱动臂第二槽部的所述第二方向的另一侧，并对所述驱动臂第二主面和所述驱动臂第二侧面进行连接，

所述第一阶梯部的第三方向的顶端位于与所述驱动臂第一槽部的所述第三方向的顶端相比靠所述驱动臂的顶端侧处，

所述第二阶梯部的所述第三方向的顶端位于与所述驱动臂第二槽部的所述第三方向的顶端相比靠所述驱动臂的顶端侧处。

14. 一种物理量检测装置，其特征在于，具有：

权利要求1至权利要求13中任一项所述的物理量检测振动片；

电路，其与所述物理量检测振动片电连接。

15. 一种电子设备，其特征在于，具有：

权利要求1至权利要求13中任一项所述的物理量检测振动片。

16. 一种移动体，其特征在于，具有：

权利要求1至权利要求13中任一项所述的物理量检测振动片。

## 物理量检测振动片、物理量检测装置、电子设备及移动体

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种物理量检测振动片、物理量检测装置、电子设备以及移动体。

### 背景技术

[0002] 一直以来,作为角速度检测振动片,而已知有专利文献1所记载的结构。专利文献1所记载的物理量检测振动片具有:基部;从基部起向Y轴方向两侧延伸的一对检测臂;从基部起向X轴方向两侧延伸的一对连结臂;从一个连结臂起向Y轴方向两侧延伸的一对驱动臂;从另一个连结臂起朝向Y轴方向两侧延伸的一对驱动臂。在这种角速度检测振动片中,各个驱动臂进行倾斜振动(包括X轴方向的振动成分和Z轴方向的振动成分在内的振动),并能够独立地对绕Z轴的角速度和绕Y轴的角速度进行检测。具体而言,在将从一个检测臂的检测电极而获取的检测信号设为“第一检测信号Sa”,将从另一个检测臂的检测电极而获取的检测信号设为“第二检测信号Sb”时,能够通过Sa-Sb而对绕Z轴的角速度进行检测,相反,能够通过Sa+Sb而对绕Y轴的角速度进行检测。

[0003] 但是,实际上,在第一检测信号Sa中,混入有例如因与驱动电极的电容耦合而引起的噪声Na,同样,在第二检测信号Sb中,也混入有例如因与驱动电极的电容耦合而引起的噪声Nb。因此,如前所述,为了对绕Z轴的角速度进行检测,只要实施Sa-Sb的运算处理,即,从Sa减去Sb的处理,就能够消除噪声Na、Nb,从而减小噪声,但是,相反,为了对绕Y轴的角速度进行检测,如果实施Sa+Sb的运算,则会使噪声Na、Nb相加,而导致噪声增大。如此,在专利文献1的角速度检测振动片中,存在有无法高精度地对绕Z轴的角速度以及绕Y轴的角速度一起进行检测的问题。

[0004] 专利文献1:日本号特开2013-190304公报

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于,提供一种能够发挥优异的物理量检测灵敏度的物理量检测振动片、物理量检测装置、电子设备以及移动体。

[0006] 本发明是为了解决上述课题中的至少一部分而做成的发明,并能够作为以下的方式或应用例来实现。

[0007] 本应用例所涉及的物理量检测振动片的特征在于,具有:检测臂,其包括压电体,并沿着第一方向进行驱动振动,且通过被施加物理量而沿着与所述第一方向正交的第二方向进行检测振动;第一检测信号电极、第二检测信号电极以及基准电位电极,其被配置在所述检测臂上,所述第一检测信号电极具有第一电极部和第二电极部,所述第二检测信号电极具有第三电极部和第四电极部,所述基准电位电极具有:相对于所述第一电极部而成为基准电位的第一基准电位电极部;相对于所述第二电极部而成为基准电位的第二基准电位电极部;相对于所述第三电极部而成为基准电位的第三基准电位电极部;相对于所述第四电极部而成为基准电位的第四基准电位电极部,所述第一电极部与所述第一基准电位电极部之间所产生的信号和所述第二电极部与所述第二基准电位电极部之间所产生的信号,在

所述驱动振动时为反相,在所述检测振动时为同相,所述第三电极部与所述第三基准电位电极部之间所产生的信号和所述第四电极部与所述第四基准电位电极部之间所产生的信号,在所述驱动振动时为反相,在所述检测振动时为同相。

[0008] 由此,成为能够有效地降低混入在检测信号中的噪声,并能够发挥优异的物理量检测灵敏度的物理量检测振动片。

[0009] 在上述的应用例中,优选为,所述检测臂具有:第一突出部,其朝向所述第一方向的一侧而突出;第二突出部,其朝向所述第一方向的另一侧而突出;第三突出部,其相对于所述第一突出部而位于所述第二方向的一侧,并朝向所述第一方向的所述一侧而突出;第四突出部,其相对于所述第二突出部而位于所述第二方向的所述一侧,并朝向所述第一方向的所述另一侧而突出,所述第一电极部以及所述第一基准电位电极部以将所述第一突出部夹在中间的方式被配置,所述第二电极部以及所述第二基准电位电极部以将所述第二突出部夹在中间的方式被配置,所述第三电极部以及所述第三基准电位电极部以将所述第三突出部夹在中间的方式被配置,所述第四电极部以及所述第四基准电位电极部以将所述第四突出部夹在中间的方式被配置。

[0010] 由此,各电极的配置变容易,并且能够高效地取出检测信号。

[0011] 本应用例所涉及的物理量检测振动片的特征在于,具有:检测臂,其包括压电体,并沿着第一方向进行驱动振动,且通过被施加物理量而沿着与所述第一方向正交的第二方向进行检测振动;第一检测信号电极以及第二检测信号电极,其被配置在所述检测臂上,所述第一检测信号电极具有第一电极部和第二电极部,所述第二检测信号电极具有第三电极部和第四电极部,所述第一电极部与所述第三电极部之间所产生的信号和所述第二电极部与所述第三电极部之间所产生的信号,在所述驱动振动时为反相,在所述检测振动时为同相,所述第一电极部与所述第四电极部之间所产生的信号和所述第二电极部与所述第四电极部之间所产生的信号,在所述驱动振动时为反相,在所述检测振动时为同相。

[0012] 由此,成为能够有效地降低混入在检测信号中的噪声,并能够发挥优异的物理量检测灵敏度的物理量检测振动片。

[0013] 在上述的应用例中,优选为,所述检测臂具有:检测臂第一主面,其被配置在所述第一方向的一侧;检测臂第二主面,其被配置在所述第一方向的另一侧;检测臂第一侧面,其被配置在所述第二方向的一侧;检测臂第二侧面,其被配置在所述第二方向的另一侧;检测臂第一槽部,其在所述检测臂第一主面上开放;检测臂第二槽部,其在所述检测臂第二主面上开放,所述第一电极部被配置在所述检测臂第一槽部处,所述第二电极部被配置在所述检测臂第二槽部处,所述第三电极部被配置在所述检测臂第一侧面处,所述第四电极部被配置在所述检测臂第二侧面处。

[0014] 由此,各电极的配置变容易,并且,能够高效地取出检测信号。

[0015] 在上述的应用例中,优选为,具有:一对驱动臂,其以隔着所述检测臂的方式被配置;基部,其与所述检测臂以及所述驱动臂连接。

[0016] 由此,能够使物理量检测振动片平衡良好地驱动。

[0017] 在本发明的物理量检测振动片中,优选为,所述检测臂以隔着所述基部的方式至少被配置有两个。

[0018] 由此,能够提高信号强度。此外,还能够利用检测臂的振动方向的不同而独立地对

不同的物理量进行检测。

[0019] 在上述的应用例中,优选为,在将与所述第一方向以及所述第二方向正交的方向设为第三方向时,具有:基部;一对所述检测臂,其从所述基部起互相向所述第三方向的相反侧延伸;一对连结臂,其从所述基部起互相向所述第二方向的相反侧延伸;一对驱动臂,其从一个所述连结臂起互相向所述第三方向的相反侧延伸;一对驱动臂,其从另一个所述连结臂起互相向所述第三方向的相反侧延伸。

[0020] 由此,能够使物理量检测振动片平衡地驱动。此外,由于检测臂为两个,因此,检测灵敏度提高。

[0021] 在上述的应用例中,优选为,具有:第一锤部,其被设置在一个所述检测臂的所述第一方向的一侧的面上;第二锤部,其被设置在另一个所述检测臂的所述第一方向的另一侧的面上。

[0022] 由此,向一对检测臂的第一方向的振动是对称的。

[0023] 在上述的应用例中,优选为,所述驱动臂具有:驱动臂第一主面,其被配置在所述第一方向的一侧;驱动臂第二主面,其被配置在所述第一方向的另一侧;驱动臂第一侧面,其被配置在所述第二方向的一侧;驱动臂第二侧面,其被配置在所述第二方向的另一侧;驱动臂第一槽部,其被设置在所述驱动臂第一主面上;驱动臂第二槽部,其被设置在所述驱动臂第二主面上;第一阶梯部,其位于所述驱动臂第一槽部的所述第二方向的一侧,并对所述驱动臂第一主面和所述驱动臂第一侧面进行连接;第二阶梯部,其位于所述驱动臂第二槽部的所述第二方向的另一侧,并对所述驱动臂第二主面和所述驱动臂第二侧面进行连接,所述第一阶梯部的所述第三方向的顶端位于与所述驱动臂第一槽部的所述第三方向的顶端相比靠所述驱动臂的顶端侧处,所述第二阶梯部的所述第三方向的顶端位于与所述驱动臂第二槽部的所述第三方向的顶端相比靠所述驱动臂的顶端侧处。

[0024] 由此,能够使驱动臂在包括第一方向以及第二方向的倾斜方向上高效地振动。

[0025] 本应用例所涉及的物理量检测装置的特征在于,具有:上述的物理量检测振动片;电路,其与所述物理量检测振动片电连接。

[0026] 由此,能够得到可靠性较高的物理量检测装置。

[0027] 本应用例所涉及的电子设备的特征在于,具有上述的物理量检测振动片。由此,能够得到可靠性较高的电子设备。

[0028] 本应用例所涉及的移动体的特征在于,具有上述的物理量检测振动片。由此,能够得到可靠性较高的移动体。

## 附图说明

[0029] 图1为本发明的第一实施方式所涉及的物理量检测振动片的立体图。

[0030] 图2为图1中的A-A线剖视图。

[0031] 图3为图1中的B-B线剖视图。

[0032] 图4为表示通过弯曲振动而在检测臂所产生的电场的朝向的剖视图。

[0033] 图5为表示通过弯曲振动而在检测臂所产生的电场的朝向的剖视图。

[0034] 图6为表示物理量检测振动片的驱动振动模式的示意图。

[0035] 图7为表示物理量检测振动片的Y轴检测振动模式的示意图。

- [0036] 图8为表示物理量检测振动片的Z轴检测振动模式的示意图。
- [0037] 图9为本发明的第二实施方式所涉及的物理量检测振动片的立体图。
- [0038] 图10为图9中的C-C线剖视图。
- [0039] 图11为本发明的第三实施方式所涉及的物理量检测振动片的剖视图。
- [0040] 图12为本发明的第三实施方式所涉及的物理量检测振动片的剖视图。
- [0041] 图13为表示通过弯曲振动而在检测臂所产生的电场的朝向的剖视图。
- [0042] 图14为表示通过弯曲振动而在检测臂所产生的电场的朝向的剖视图。
- [0043] 图15为本发明的第四实施方式所涉及的物理量检测振动片的俯视图以及仰视图。
- [0044] 图16为表示臂的重心的剖视图。
- [0045] 图17为表示图15所示的物理量检测振动片的改变例的俯视图以及仰视图。
- [0046] 图18为表示图15所示的物理量检测振动片的改变例的俯视图以及仰视图。
- [0047] 图19为本发明的第五实施方式所涉及的物理量检测振动片的俯视图以及仰视图。
- [0048] 图20为表示本发明的物理量检测装置的框图。
- [0049] 图21为表示应用了本发明的电子设备的移动型(或笔记本型)的个人计算机的结构的立体图。
- [0050] 图22为表示应用了本发明的电子设备的移动电话(也包括PHS)的结构的立体图。
- [0051] 图23为表示应用了本发明的电子设备的数字照相机的结构的立体图。
- [0052] 图24为表示应用了本发明的移动体的汽车的立体图。

## 具体实施方式

[0053] 以下,基于附图所示的实施方式对本发明的物理量检测振动片、物理量检测装置、电子设备以及移动体详细地进行说明。

### [0054] 第一实施方式

[0055] 首先,对本发明的第一实施方式所涉及的物理量检测振动片进行说明。

[0056] 图1为本发明的第一实施方式所涉及的物理量检测振动片的立体图。图2为图1中的A-A线剖视图。图3为图1中的B-B线剖视图。图4以及图5分别为表示通过弯曲振动而在检测臂上产生的电场的朝向的剖视图。图6为表示物理量检测振动片的驱动振动模式的示意图。图7为表示物理量检测振动片的Y轴检测振动模式的示意图。图8为表示物理量检测振动片的Z轴检测振动模式的示意图。另外,为了便于说明,而在图2以及图3的剖视图中省略了梁部的图示。

[0057] 另外,在下文中,为了便于说明,将水晶的结晶轴设为X轴(电气轴)、Y轴(机械轴)以及Z轴(光轴),也将沿着X轴的方向称作“X轴方向(第二方向)”,也将沿着Y轴的方向称作“Y轴方向(第三方向)”,也将沿着Z轴的方向称作“Z轴方向(第一方向)”。此外,也将+Z轴侧称作“上”,也将-Z轴侧称作“下”。

[0058] 图1所示的振动片1为,能够独立地对绕Z轴的角速度 $\omega_z$ 、绕Y轴的角速度 $\omega_y$ 进行检测的物理量检测振动片。这种振动片1具有振动体2和被配置于振动体2上的电极。

[0059] 振动体2由水晶构成。但是,作为振动体2的结构材料,并不限定于水晶,例如,也可以使用钽酸锂、铌酸锂、硼酸锂、钛酸钡等水晶以外的压电体材料。此外,振动体2形成为在由作为水晶的结晶轴的X轴以及Y轴限定的XY平面上具有宽度、并在Z轴方向上具有厚度的

板状。即,振动体2通过使Z切割水晶板图案化而被形成。但是,对于水晶的切割角而言,只要能够达到目的则不限定于此,例如,Z轴也可以相对于振动体2的厚度方向而稍微偏移。

[0060] 这种振动体2具有:位于大致中央部的基部21;从基部21起朝向Y轴方向两侧而延伸的检测臂221、222;从基部21起朝向X轴方向两侧而延伸的连结臂231、232;从连结臂231的顶端部起朝向Y轴方向两侧而延伸的驱动臂241、242;从连结臂232的顶端部起朝向Y轴方向两侧而延伸的驱动臂243、244;以将基部21夹在中间且在Y轴方向上分离的方式被配置的支承部251、252;对基部21和支承部251进行连结的梁部261、262;对基部21和支承部252进行连结的梁部263、264。并且,经由支承部251、252而被安装在封装等其他部件中。

[0061] 根据这种结构,由于能够平衡良好地对臂221、222、241、242、243、244进行配置,因此,能够使振动体2平衡良好地振动。

[0062] 如图2所示,检测臂221具有:在上表面(检测臂第一主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(检测臂第一槽部)2211;在下表面(检测臂第二主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(检测臂第二槽部)2212。因此,检测臂221具有H型的横截面形状。此外,检测臂221具有:突出部(第一突出部)2213,其位于槽部2211与-X轴侧的侧面(检测臂第一侧面)之间,并在+Z轴方向上突出;突出部(第二突出部)2214,其位于槽部2212与-X轴侧的侧面之间并在-Z轴方向上突出;突出部(第三突出部)2215,其位于槽部2211与+X轴侧的侧面(检测臂第二侧面)之间,并在+Z轴方向上突出;突出部(第四突出部)2216,其位于槽部2212与+X轴侧的侧面之间,并在-Z轴方向上突出。

[0063] 如图3所示,检测臂222具有:在上表面(检测臂第一主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(检测臂第一槽部)2221;在下表面(检测臂第二主面)上开放,并在Y轴方向上延伸的槽部(检测臂第二槽部)2222。因此,检测臂222具有H型的横截面形状。此外,检测臂222具有:突出部(第一突出部)2223,其位于槽部2221与-X轴侧的侧面(检测臂第一侧面)之间,并在+Z轴方向上突出;突出部(第二突出部)2224,其位于槽部2222与-X轴侧的侧面之间,并在-Z轴方向上突出;突出部(第三突出部)2225,其位于槽部2221与+X轴侧的侧面(检测臂第二侧面)之间,并在+Z轴方向上突出;突出部(第四突出部)2226,其位于槽部2222与+X轴侧的侧面之间,并在-Z轴方向上突出。

[0064] 上述检测臂221、222夹着基部21而被设置在两侧,且相对于穿过基部21的重心并沿着X轴的轴J<sub>x</sub>而对称地配置。通过这种配置,从而如后述那样,能够利用检测臂221、222的振动方向的组合的不同,而独立地对角速度 $\omega_y$ 以及角速度 $\omega_z$ 进行检测。

[0065] 如图2所示,驱动臂241具有:在上表面(驱动臂第一主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(驱动臂第一槽部)2411;在下表面(驱动臂第二主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(驱动臂第二槽部)2412。此外,驱动臂241具有:位于槽部2411的-X轴侧并对上表面和-X轴侧的侧面(驱动臂第一侧面)进行连接的阶梯部2413;位于槽部2412的+X轴侧并对下表面和+X轴侧的侧面(驱动臂第二侧面)进行连接的阶梯部2414。

[0066] 如图3所示,驱动臂242具有:在上表面(驱动臂第一主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(驱动臂第一槽部)2421;在下表面(驱动臂第二主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(驱动臂第二槽部)2422。此外,驱动臂242具有:位于槽部2421的-X轴侧并对上表面的-X轴侧的侧面(驱动臂第一侧面)进行连接的阶梯部2423;位于槽部2422的+X轴侧并对下表面和+X轴侧的侧面(驱动臂第二侧面)进行连接的阶梯部2424。

[0067] 如图2所示,驱动臂243具有:在上表面(驱动臂第一主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(驱动臂第一槽部)2431;在下表面(驱动臂第二主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(驱动臂第二槽部)2432。此外,驱动臂243具有:位于槽部2431的+X轴侧并对上表面和+X轴侧的侧面(驱动臂第一侧面)进行连接的阶梯部2433;位于槽部2432的-X轴侧并对下表面和-X轴侧的侧面(驱动臂第二侧面)进行连接的阶梯部2434。

[0068] 如图3所示,驱动臂244具有:在上表面(驱动臂第一主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(驱动臂第一槽部)2441;在下表面(驱动臂第二主面)上开放并在Y轴方向上延伸的槽部(驱动臂第二槽部)2442。此外,驱动臂244具有:位于槽部2441的+X轴侧并对上表面和+X轴侧的侧面(驱动臂第一侧面)进行连接的阶梯部2443;位于槽部2442的-X轴侧并对下表面和-X轴侧的侧面(驱动臂第二侧面)进行连接的阶梯部2444。

[0069] 上述驱动臂241~244中的、驱动臂241、243和驱动臂242、244以相对于轴J<sub>x</sub>而对称的方式被配置,驱动臂241、242和驱动臂243、244以相对于穿过重心并沿着Y轴的轴J<sub>y</sub>而对称的方式被配置。此外,驱动臂241~244具有相对于X轴方向的臂的中心线L<sub>x</sub>以及Z轴方向的中心线L<sub>z</sub>这两条线而非对称的横截面形状。通过设为这种形状,从而如后述那样,在驱动振动模式中,能够使驱动臂241~244在包括X轴成分和Z轴成分的倾斜方向上振动。

[0070] 梁部261穿过检测臂221与驱动臂241之间而对基部21和支承部251进行连结,梁部262穿过检测臂221与驱动臂243之间而对基部21和支承部251进行连结。此外,梁部263穿过检测臂222与驱动臂242之间而对基部21和支承部252进行连结,梁部264穿过检测臂222和驱动臂244之间而对基部21和支承部252进行连结。

[0071] 接下来,对振动体2所配置的电极进行说明。如图1至图3所示,振动体2所配置的电极具有:驱动信号电极31、驱动接地电极32、第一检测信号电极33、第二检测信号电极34、第一检测接地电极35、第三检测信号电极36、第四检测信号电极37、第二检测接地电极38。

[0072] 驱动信号电极31被配置在驱动臂241的上表面以及下表面(槽部2411、2412内)、驱动臂242的上表面以及下表面(槽部2421、2422内)、驱动臂243的两侧面、驱动臂244的两侧面处。并且,驱动信号电极31通过梁部264而与被配置于支承部252的驱动信号端子41电连接。这种驱动信号电极31为,用于施加用于使驱动臂241~244驱动振动的驱动信号(电压)的电极。

[0073] 驱动接地电极32被配置在驱动臂241的两侧面、驱动臂242的两侧面、驱动臂243的上表面以及下表面(槽部2431、2432内)、驱动臂244的上表面以及下表面(槽部2441、2442内)处。并且,驱动接地电极32通过梁部262而与被配置于支承部251的驱动接地端子42电连接。这种驱动接地电极32为,相对于驱动信号电极31而成为接地(基准电位)的电极。

[0074] 第一检测信号电极33被配置在检测臂221的槽部2211的-X轴侧的侧面、槽部2212的-X轴侧的侧面。并且,第一检测信号电极33通过梁部261而与被配置于支承部251的第一检测信号端子43电连接。这种第一检测信号电极33为,用于取得基于科氏力的第一检测信号S1的电极,所述科氏力通过施加有角速度而产生。另外,在下文中,也将被配置于槽部2211处的第一检测信号电极33称作“第一电极部331”,也将被配置于槽部2212处的第一检测信号电极33称作“第二电极部332”。

[0075] 第二检测信号电极34被配置在检测臂221的+X轴侧的侧面处。并且,第二检测信号电极34通过梁部261而与被配置于支承部251的第二检测信号端子44电连接。这种第二检测

信号电极34为用于取得基于科氏力的第二检测信号S2的电极,所述科氏力为通过施加有角速度而产生。另外,在下文中,也将被配置在第二检测信号电极34的侧面上方(第三突出部2215)处的部分称作“第三电极部341”,也将被配置在侧面下方(第四突出部2216)处的部分称作“第四电极部342”。在本实施方式中,上述电极部341、342形成为一体,但是,上述电极部341、342也可以被分割。

[0076] 第一检测接地电极35被配置在检测臂221的-X轴侧的侧面、槽部2211的+X轴侧的侧面、槽部2212的+X轴侧的侧面处。并且,第一检测接地电极35通过梁部262而与被配置于支承部251的第一检测接地端子45电连接。这种第一检测接地电极35为,相对于第一检测信号电极33、第二检测信号电极34而成为接地(基准电位)的电极。另外,在下文中,也将被配置在第一检测接地电极35的侧面上方(第一突出部2213)的部分称作“第一接地电极部(第一基准电位电极部)351”,也将被配置在侧面下方(第二突出部2214)的部分称作“第二接地电极部(第二基准电位电极部)352”,也将被配置在槽部2211处的部分称作“第三接地电极部(第三基准电位电极部)353”,也将被配置在槽部2212处的部分称作“第四接地电极部(第四基准电位电极部)354”。

[0077] 以上,对被配置于检测臂221的第一检测信号电极33、第二检测信号电极34以及第一检测接地电极35进行了说明。若归纳上述电极的配置,则为,第一电极部331和第一接地电极部351以将第一突出部2213夹在中间的方式对置配置,第二电极部332和第二接地电极部352以将第二突出部2214夹在中间的方式对置配置,第三电极部341和第三接地电极部353以将第三突出部2215夹在中间的方式对置配置,第四电极部342和第四接地电极部354以将第四突出部2216夹在中间的方式对置配置。通过采取这种配置,从而使电场效率提高,并能够从第一检测信号电极33以及第二检测信号电极34取出更大的信号(电压)。

[0078] 另外,如图4所示,在检测臂221于Z轴方向(箭头a方向)上进行弯曲振动的情况下,第一电极部331与第一接地电极部351之间所产生的信号(电场)Sz1和第二电极部332与第二接地电极部352之间所产生的信号(电场)Sz2为反相,第三电极部341与第三接地电极部353之间所产生的信号(电场)Sz3和第四电极部342与第四接地电极部354之间所产生的信号(电场)Sz4为反相。另一方面,在检测臂221于X轴方向(箭头b方向)上进行弯曲振动的情况下,第一电极部331与第一接地电极部351之间所产生的信号Sz1和第二电极部332与第二接地电极部352之间所产生的信号Sz2为同相,第三电极部341与第三接地电极部353之间所产生的信号Sz3和第四电极部342与第四接地电极部354之间所产生的信号Sz4为同相。

[0079] 第三检测信号电极36被配置在检测臂222的槽部2221的-X轴侧的侧面、槽部2222的-X轴侧的侧面处。并且,第三检测信号电极36通过梁部263而与被配置于支承部252的第三检测信号端子46电连接。这种第三检测信号电极36为用于取得基于科氏力的第三检测信号S3的电极,所述科氏力通过施加有角速度而产生。另外,在下文中,也将被配置在槽部2221处的第三检测信号电极36称作“第一电极部361”,也将被配置在槽部2222处的第三检测信号电极36称作“第二电极部362”。

[0080] 第四检测信号电极37被配置在检测臂222的+X轴侧的侧面处。并且,第四检测信号电极37通过梁部263而与被配置于支承部252处的第四检测信号端子47电连接。这种第四检测信号电极37为用于取得基于科氏力的第四检测信号S4的电极,所述科氏力为通过施加有角速度而产生的。另外,在下文中,也将被配置在第四检测信号电极37的侧面上方(第三突

出部2225)的部分称作“第三电极部371”，也将被配置在侧面下方(第四突出部2226)的部分称作“第四电极部372”。在本实施方式中，上述电极部371、372形成为一体，但是，上述电极部371、372也可以被分割。

[0081] 第二检测接地电极38被配置在检测臂222的-X轴侧的侧面、槽部2221的+X轴侧的侧面、槽部2222的+X轴侧的侧面处。并且，第二检测接地电极38通过梁部264而与被配置于支承部252的第二检测接地端子48电连接。这种第二检测接地电极38为相对于第三检测信号电极36、第四检测信号电极37而成为接地(基准电位)的电极。另外，在下文中，也将被配置在第二检测接地电极38的侧面上方(第一突出部2223)的部分称作“第一接地电极部(第一基准电位电极部)381”，也将被配置在侧面下方(第二突出部2224)的部分称作“第二接地电极部(第二基准电位电极部)382”，也将被配置在槽部2221处的部分称作“第三接地电极部(第三基准电位电极部)383”，也将被配置在槽部2222处的部分称作“第四接地电极部(第四基准电位电极部)384”。

[0082] 以上，对被配置于检测臂222的第三检测信号电极36、第四检测信号电极37以及第二检测接地电极38进行了说明。若对上述电极的配置进行归纳，则为，第一电极部361和第一接地电极部381以将第一突出部2223夹在中间的方式对置配置，第二电极部362和第二接地电极部382以将第二突出部2224夹在中间的方式对置配置，第三电极部371和第三接地电极部383以将第三突出部2225夹在中间的方式对置配置，第四电极部372和第四接地电极部384以将第四突出部2226夹在中间的方式对置配置。通过设为这种配置，从而电场效率提高，并能够从第三检测信号电极36以及第四检测信号电极37取出更大的信号(电压)。

[0083] 另外，如图5所示，在检测臂222于Z轴方向上进行弯曲振动的情况下，第一电极部361与第一接地电极部381之间所产生的信号Sz1和第二电极部362与第二接地电极部382之间所产生的信号Sz2为反相，第三电极部371与第三接地电极部383之间所产生的信号Sz3和第四电极部372与第四接地电极部384之间所产生的信号Sz4为反相。另一方面，在检测臂222于X轴方向上进行弯曲振动的情况下，第一电极部361与第一接地电极部381之间所产生的信号Sx1和第二电极部362与第二接地电极部382之间所产生的信号Sx2为同相，第三电极部371与第三接地电极部383之间所产生的信号Sx3和第四电极部372与第四接地电极部384之间所产生的信号Sx4为同相。

[0084] 以上，对振动片1的结构详细地进行了说明。这种振动片1能够以如下方式对绕Y轴的角速度 $\omega_y$ 以及绕Z轴的角速度 $\omega_z$ 进行检测。

[0085] 首先，当向驱动信号电极31以及驱动接地电极32间施加驱动信号时，驱动臂241～244以图6所示的驱动振动模式进行振动。具体而言，驱动臂241～244分别以包括X轴方向成分以及Z轴方向成分的方式进行倾斜振动。这是因为，当施加驱动信号时，通过逆压电效应而使驱动臂241～244分别在X轴方向上进行弯曲振动，但是，因所述的驱动臂241～244的横截面形状(相对于中心线Lx、Lz非对称的形状)而会产生Z轴方向的振动成分，其结果为，以包括X轴方向成分以及Z轴方向成分的方式在倾斜方向上进行振动。

[0086] 在这种驱动振动模式中，由于驱动臂241、242和驱动臂243、244相对于穿过重心的YZ平面而实施面对称的弯曲振动，因此，驱动臂241～244的X轴方向的振动被抵消。因此，检测臂221、222在X轴方向上几乎不会振动。另一方面，由于驱动臂241～244互相朝向Z轴方向的相同的一侧进行振动，因此，驱动臂241～244向Z轴方向的振动未被抵消。因此，检测臂

221、222为了取得驱动臂241～244的平衡,而以与驱动臂241～244反相的方式沿着Z轴方向进行弯曲振动。

[0087] 在以驱动振动模式进行驱动的状态下,当在振动片1上施加有绕Y轴的角速度 $\omega_y$ 时,图7所示的Y轴检测振动模式重新被激励。在该Y轴检测振动模式中,在驱动臂241～244作用有科氏力从而箭头A所示的方向的振动被激励,并且以与该振动相呼应的方式,检测臂221、222在箭头B所示的方向上(沿着X轴方向)进行弯曲振动。从检测信号电极33、34、36、37将通过这种振动而在检测臂221、222所产生的电荷作为检测信号S1、S2、S3、S4来取出,并能够基于该信号而对角速度 $\omega_y$ 进行检测。

[0088] 另一方面,在以驱动振动模式进行驱动的状态下,当在振动片1上施加有绕Z轴的角速度 $\omega_z$ 时,图8所示的Z轴检测振动模式重新被激励。在该Z轴检测振动模式中,在驱动臂241～244上作用有科氏力从而箭头C所示的方向的振动被激励,并且以与该振动相呼应的方式,检测臂221、222在箭头D所示的方向上(沿着X轴方向)进行弯曲振动。从检测信号电极33、34、36、37将通过这种振动而在检测臂221、222所产生的电荷作为检测信号S1、S2、S3、S4来取出,并能够基于该信号而对角速度 $\omega_z$ 进行检测。

[0089] 在此,如图7所示,在施加有角速度 $\omega_y$ 时,检测臂221、222在X轴方向上以同相的方式进行弯曲振动。与此相对,如图8所示,在施加有角速度 $\omega_z$ 时,检测臂221、222在X轴方向上以反相的方式进行弯曲振动。振动片1利用这种检测臂221、222的振动方向的组合的不同,而能够分别独立地对角速度 $\omega_y$ 以及角速度 $\omega_z$ 进行检测。以下,对此详细地进行说明。

[0090] 当在振动片1施加有角速度 $\omega_y$ 时,如上所述,检测臂221、222在X轴方向上以同相的方式进行弯曲振动。根据图4以及图5可知,此时所产生的第二检测信号S2为,与第一检测信号S1反相的信号,第三检测信号S3与第一检测信号S1同相,第四检测信号S4与第一检测信号S1反相。因此,如果假设检测信号S1～S4的强度相等,则当设为通过施加有角速度 $\omega_y$ 而产生的第一检测信号S1=+Sy时,第二检测信号S2=-Sy,第三检测信号S3=+Sy,第四检测信号S4=-Sy。

[0091] 另一方面,当在振动片1上施加有角速度 $\omega_z$ 时,如上所述,检测臂221、222在X轴方向上以反相的方式进行弯曲振动。此时所产生的第二检测信号S2为与第一检测信号S1反相的信号,第三检测信号S3与第一检测信号S1反相,第四检测信号S4与第一检测信号S1同相。因此,如果假设检测信号S1～S4的强度相等,则当设定通过施加有角速度 $\omega_z$ 而产生的第一检测信号S1=+Sz时,第二检测信号S2=-Sz,第三检测信号S3=-Sz,第四检测信号S4=+Sz。

[0092] 因此,当设为通过在振动片1上施加有绕具有Y轴方向以及Z轴方向的两个方向成分的轴(即,相对于Y轴以及Z轴的两个轴而倾斜的轴)的角速度 $\omega_{yz}$ 而产生的第一检测信号S1=+Sy+Sz时,第二检测信号S2=-Sy-Sz,第三检测信号S3=+Sy-Sz,第四检测信号S4=-Sy+Sz。

[0093] 通过对这种检测信号S1、S2、S3、S4进行互相加减,从而能够从角速度 $\omega_{yz}$ 中将角速度 $\omega_y$ 和角速度 $\omega_z$ 分离,进而能够独立地对角速度 $\omega_y$ 和角速度 $\omega_z$ 进行检测。

[0094] 具体而言,对于检测臂221,通过实施(S1-S2)的运算从而 $(+Sy+Sz) - (-Sy-Sz) = 2(Sy+Sz)$ ,进而从检测臂221得到的检测信号倍增。同样,对于检测臂222,通过实施(S3-S4)的运算从而成为 $(+Sy-Sz) - (-Sy+Sz) = 2(Sy-Sz)$ ,由此使从检测臂222得到的检测信号倍

增。

[0095] 并且,通过实施  $(S1-S2)+(S3-S4)$  的运算,从而  $2(Sy+Sz)+2(Sy-Sz)=4Sy$ ,进而能够将因角速度  $\omega_y$  而产生的信号  $Sy$  分离。由此,求取角速度  $\omega_y$ 。相反,通过实施  $(S1-S2)-(S3-S4)$  的运算,从而  $2(Sy+Sz)-2(Sy-Sz)=4Sz$ ,进而能够将因角速度  $\omega_z$  而产生的信号  $Sz$  分离。由此,求取角速度  $\omega_z$ 。如此,根据振动片1,能够分别独立地对角速度  $\omega_y$  以及角速度  $\omega_z$  进行检测。尤其是,由于使用第一检测信号  $S1$ 、第二检测信号  $S2$  来使从检测臂221得到的信号倍增,并使用第三检测信号  $S3$ 、第四检测信号  $S4$  来使从检测臂222得到的信号倍增,因此,角速度  $\omega_y$  以及角速度  $\omega_z$  的检测灵敏度提高。

[0096] 根据振动片1,除了上述的效果以外,还能够一并发挥如下的效果。在振动片1中,由于驱动信号电极31(驱动信号端子41或配线等被施加有驱动信号的导体)以与检测信号电极33、34、36、37接近的方式被配置,因此,因驱动信号电极31与检测信号电极33、34、36、37的静电耦合,而使在驱动信号中产生的噪声被混入检测信号  $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 、 $S4$  中。这种噪声可能会招致检测灵敏度的下降。但是,根据振动片1,能够充分地消除(减小)混入在检测信号  $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 、 $S4$  中的噪声,从而能够精度良好地对角速度进行检测。

[0097] 以下,列举在将驱动信号电极31与第一检测信号电极33之间的静电电容  $C1$  设为  $1.7[fF]$ ,将驱动信号电极31与第二检测信号电极34之间的静电电容  $C2$  设为  $0.9[fF]$ ,将驱动信号电极31与第三检测信号电极36之间的静电电容  $C3$  设为  $1.8[fF]$ ,将驱动信号电极31与第四检测信号电极37之间的静电电容  $C4$  设为  $1.1[fF]$  时为一个示例而具体地进行说明。另外,静电电容  $C1 \sim C4$  互相不同是因检测信号电极33、34、36、37与驱动信号电极31的相对位置关系互相不同而引起的。具体而言,由于驱动信号电极31经由梁部264而被引出至支承部252,因此,接近梁部264的静电电容  $C3$ 、 $C4$  与远离梁部264的静电电容  $C1$ 、 $C2$  相比而稍微变大。此外,为了便于说明,视为静电电容  $C1$  与混入在第一检测信号  $S1$  中的噪声成比例,视为静电电容  $C2$  与混入在第二检测信号  $S2$  中的噪声成比例,视为静电电容  $C3$  与混入在第三检测信号  $S3$  中的噪声成比例,视为静电电容  $C4$  与混入在第四检测信号  $S4$  中的噪声成比例。

[0098] 如上所述,在振动片1中,为了求取角速度  $\omega_y$  而实施对于  $(S1-S2)+(S3-S4)$  的运算。此时,由于噪声也一起被实施加减,因此,  $(S1-S2)+(S3-S4)$  的运算结果所包括的噪声与  $(1.7-0.9)+(1.8-1.1)=1.5[fF]$  成比例。在这种情况下,虽然检测臂221侧的噪声与检测臂222侧的噪声相加,但是,由于在检测臂221内一部分噪声被抵消,在检测臂222内也有一部分噪声被抵消,因此,作为整体的噪声的增加得到抑制。因此,能够进一步精度良好地对角速度  $\omega_y$  进行检测。

[0099] 此外,如上所述,在振动片1中,为了求取角速度  $\omega_z$  而实施与  $(S1-S2)-(S3-S4)$  对应的运算。此时,由于噪声也一起被实施加减,因此,  $(S1-S2)-(S3-S4)$  的运算结果所包括的噪声与  $(1.7-0.9)-(1.8-1.1)=0.1[fF]$  成比例。在这种情况下,由于在检测臂221内一部分噪声被抵消,在检测臂222内也有一部分噪声被抵消,并且剩余的噪声彼此相抵消,因此,作为整体的噪声被抑制得充分低。因此,能够进一步精度良好地对角速度  $\omega_z$  进行检测。

[0100] 如此,根据振子,能够有效地降低噪声,能够高灵敏度地一起对角速度  $\omega_y$  以及角速度  $\omega_z$  进行检测。

[0101] 此外,根据振动片1,还能够降低驱动振动模式时的来自检测臂221、222的泄漏信号(输出)。因此,能够降低角速度  $\omega_z$  以及角速度  $\omega_y$  的误检测。

[0102] 如果具体地进行说明,如上所述,在驱动振动模式时检测臂221、222也向Z轴方向进行振动,因此,即使在未施加有角速度的状态下,也会在检测臂221、222中产生电荷。但是,根据图4可知,由于从第一电极部331得到的信号与从第二电极部332得到的信号为反相,因此,在第一检测信号电极33内泄漏信号被消除,并且由于从第三电极部341得到的信号与从第四电极部342得到的信号为反相,因此,在第二检测信号电极34内泄漏信号被消除。因此,能够降低来自检测臂221的泄漏信号。同样,根据图5可知,由于从第一电极部361得到的信号与从第二电极部362得到的信号为反相,因此,在第三检测信号电极36内泄漏信号被消除,并且由于从第三电极部371得到的信号与从第四电极部372得到的信号为反相,因此,在第四检测信号电极37内泄漏信号被消除。因此,能够降低来自检测臂222的泄漏信号。

### [0103] 第二实施方式

[0104] 图9为本发明的第二实施方式所涉及的物理量检测振动片的立体图。图10为图9中的C-C线剖视图。

[0105] 以下,以第二实施方式的物理量检测振动片与所述的实施方式的不同点为中心进行说明,并对于同样的事项省略其说明。

[0106] 第二实施方式的物理量检测振动片主要是电极的引出不同,除此以外,与所述的第一实施方式的物理量检测振动片相同。另外,在图9以及图10中,对与所述的实施方式相同的结构标注相同的符号。

[0107] 如图9所示,在本实施方式的振动片1中,驱动信号电极31通过梁部262而与被配置于支承部251处的驱动信号端子411电连接,并且,驱动信号电极31通过梁部264而与被配置于支承部252处的驱动信号端子412电连接。另一方面,驱动接地电极32通过梁部262而与被配置于支承部251处的驱动接地端子421电连接,并且,驱动接地电极32通过梁部264而与被配置于支承部252处的驱动接地端子422电连接。此外,如图10所示,在梁部262、264中,分为侧面的上侧和下侧,并布设有驱动信号电极31的配线310和驱动接地电极32的配线320。

[0108] 通过设为这种配置,能够相对于轴Jx而对称地配置配线310以及驱动信号端子411、412。因此,能够消除(更接近0)所述第一实施方式中所叙述的静电电容C1与静电电容C3的差异以及静电电容C2与静电电容C4的差异。由此,能够进一步有效地降低因上述静电电容C1~C4的差异而产生的噪声。

[0109] 根据这样的第二实施方式,也能够发挥与所述的第一实施方式同样的效果。

### [0110] 第三实施方式

[0111] 图11以及图12分别为本发明的第三实施方式所涉及的物理量检测振动片的剖视图。图13以及图14分别为表示因弯曲振动而在检测臂上产生的电场的朝向的剖视图。

[0112] 以下,以第三实施方式的物理量检测振动片与所述的实施方式的不同点为中心进行说明,并对于同样的事项省略其说明。

[0113] 第三实施方式的物理量检测振动片主要是电极的结构不同,除此以外,与所述的第一实施方式的物理量检测振动片相同。另外,在图11至图14中,对与所述的实施方式相同的结构标注相同的符号。此外,图11对应于图2,图12对应于图3。

[0114] 如图11以及图12所示,在本实施方式的振动片1中,电极具有:驱动信号电极31、驱动接地电极32、第一检测信号电极33、第二检测信号电极34、第三检测信号电极36、第四检

测信号电极37。即,成为从所述的第一实施方式省略了第一检测接地电极35、第二检测接地电极38的结构。另外,对于驱动信号电极31以及驱动接地电极32的配置,由于与所述的第一实施方式相同,因此,在下文中,对检测信号电极33、34、36、37的配置进行说明。

[0115] 第一检测信号电极33被配置在检测臂221的槽部2211、2212的内表面上。另一方面,第二检测信号电极34被配置在检测臂221的两侧面上。另外,在下文中,为了便于说明,也将被配置在槽部2211处的第一检测信号电极33称作“第一电极部333”,也将被配置在槽部2212处的第一检测信号电极33称作“第二电极部334”。此外,也将被配置于-X轴侧的侧面上的第二检测信号电极34称作“第三电极部343”,也将被配置于+X轴侧的侧面上的第二检测信号电极34称作“第四电极部344”。

[0116] 若对上述电极的配置进行归纳,则为,第一电极部333和第三电极部343以将第一突出部2213夹在中间的方式对置配置,第二电极部334和第三电极部343以将第二突出部2214夹在中间的方式对置配置,第一电极部333和第四电极部344以将第三突出部2215夹在中间的方式对置配置,第二电极部334和第四电极部344以将第四突出部2216夹在中间的方式对置配置。通过设为这种配置,电场效率提高,并能够从第一检测信号电极33以及第二检测信号电极34取出更大的信号(电压)。

[0117] 另外,如图13所示,在检测臂221于Z轴方向上进行弯曲振动的情况下,第一电极部333与第三电极部343之间所产生的信号Sz1和第二电极部334与第三电极部343之间所产生的信号Sz2为反相,第一电极部333与第四电极部344之间所产生的信号Sz3和第二电极部334与第四电极部344之间所产生的信号Sz4为反相。另一方面,在检测臂221于X轴方向上进行弯曲振动的情况下,第一电极部333与第三电极部343之间所产生的信号Sx1和第二电极部334与第三电极部343之间所产生的信号Sx2为同相,第一电极部333与第四电极部344之间所产生的信号Sx3和第二电极部334与第四电极部344之间所产生的信号Sx4为同相。

[0118] 第三检测信号电极36被配置在检测臂222的槽部2221、2222的内表面上。另一方面,第四检测信号电极37被配置在检测臂222的两侧面上。另外,在下文中,为了便于说明,也将被配置在槽部2221处的第三检测信号电极36称作“第一电极部363”,也将被配置在槽部2222处的第三检测信号电极36称作“第二电极部364”。此外,也将被配置于-X轴侧的侧面上的第四检测信号电极37称作“第三电极部373”,也将被配置于+X轴侧的侧面上的第四检测信号电极37称作“第四电极部374”。

[0119] 归纳一下上述电极的配置,第一电极部363和第三电极部373以将第一突出部2223夹在中间的方式对置配置,第二电极部364和第三电极部373以将第二突出部2224夹在中间的方式对置配置,第一电极部363和第四电极部374以将第三突出部2225夹在中间的方式对置配置,第二电极部364和第四电极部374以将第四突出部2226夹在中间的方式对置配置。通过设为这种配置,电场效率提高,并能够从第三检测信号电极36以及第四检测信号电极37取出更大的信号(电压)。

[0120] 另外,如图14所示,在检测臂222于Z轴方向上进行弯曲振动的情况下,第一电极部363与第三电极部373之间所产生的信号Sz1和第二电极部364与第三电极部373之间所产生的信号Sz2为反相,第一电极部363与第四电极部374之间所产生的信号Sz3和第二电极部364与第四电极部374之间所产生的信号Sz4为反相。另一方面,在检测臂222于X轴方向上进行弯曲振动的情况下,第一电极部363与第三电极部373之间所产生的信号Sx1和第二电极

部364与第三电极部373之间所产生的信号Sx2为同相,第一电极部363与第四电极部374之间所产生的信号Sx3和第二电极部364与第四电极部374之间所产生的信号Sx4为同相。

[0121] 根据这样的结构,通过与所述第一实施方式同样地对检测信号S1、S2、S3、S4进行运算,从而能够独立地对角速度 $\omega_y$ 以及角速度 $\omega_z$ 进行检测。此外,与所述第一实施方式同样,能够通过第一检测信号S1、第二检测信号S2而使从检测臂221得到的信号倍增,能够通过第三检测信号S3、第四检测信号S4而使从检测臂222得到的信号倍增。此外,与所述的第一实施方式同样,能够消除驱动信号电极31之间所产生的静电电容(噪声)。此外,与所述的第一实施方式同样,能够在各检测信号电极33、34、36、37内消除驱动振动模式时的泄漏信号。

[0122] 根据这样的第三实施方式,也能够发挥与所述的第一实施方式同样的效果。

#### [0123] 第四实施方式

[0124] 图15为本发明的第四实施方式所涉及的物理量检测振动片的俯视图以及仰视图。图16为表示臂的重心的剖视图。图17以及图18分别为表示图15所示的物理量检测振动片的改变例的俯视图以及仰视图。另外,在图15、图17以及图18中,为了便于说明,省略了电极、配线、端子、槽部、阶梯部的图示。

[0125] 以下,以第四实施方式的物理量检测振动片与所述的实施方式的不同点为中心进行说明,并对于同样的事项省略其说明。

[0126] 第四实施方式的物理量检测振动片主要除了具有锤部以外,与所述的第一实施方式的物理量检测振动片相同。另外,在图15至图18中,对与所述的实施方式相同的结构标注相同的符号。

[0127] 在本实施方式的振动片1中,于检测臂221、222的顶端部设置有宽度扩宽的宽幅部(锤头)2210、2220,于驱动臂241、242、243、244的顶端部设置有宽度扩宽的宽幅部(锤头)2410、2420、2430、2440。另外,上述宽幅部也被设置在所述的第一实施方式中,但是,在第一实施方式中并未特别进行说明。

[0128] 此外,在宽幅部2210、2220设置有用于对检测振动模式的共振频率进行调节的锤部51,在宽幅部2410、2420、2430、2440设置有用于对驱动振动模式的共振频率进行调节的锤部52。例如,通过激光照射等去除锤部51的一部分,而使检测臂221、222的质量发生变化,从而能够对检测振动模式的共振频率或振动平衡进行调节,同样地,通过激光照射等去除锤部52的一部分,而使驱动臂241、242、243、244的质量发生变化,从而能够对驱动振动模式的共振频率或振动平衡进行调节。另外,锤部51、52例如能够由金属膜构成。

[0129] 在此,在六个臂221、222、241、242、243、244中的、相对于轴Jx而位于+Y轴侧的三个臂221、241、243中,锤部(第一锤部)51、52被设置在宽幅部2210、2410、2430的上表面(一个面上),在相对于轴Jx而位于-Y轴侧的三个臂222、242、244中,锤部(第二锤部)51、52被设置在宽幅部2220、2420、2440的下表面(另一个面上)。因此,如图16所示,在臂221、241、243中,包括电极以及锤部的臂的重心Ga与臂的轴(中心线Lx)相比而偏向于+Z轴侧,在臂222、242、244中,包括电极以及锤部的臂的重心Gb与臂的轴(中心线Lx)相比而偏向于-Z轴侧。通过如此对锤部51、52进行配置,从而振动片1相对于XY平面的对称性提高,并能够缩小横向灵敏度。因此,角速度的检测灵敏度提高。

[0130] 根据这样的第四实施方式,也能够发挥与所述的第一实施方式同样的效果。

[0131] 另外,作为本实施方式的改变例,例如,如图17所示,对于检测臂221、222,也可以将锤部51的配置设为与本实施方式相反的结构。即,将锤部51配置在宽幅部2210的下表面和宽幅部2220的上表面。

[0132] 此外,作为其他的改变例,例如,如图18所示,也可以在宽幅部2210、2220的上表面以及下表面配置有锤部51,在宽幅部2410、2420、2430、2440的上表面以及下表面配置有锤部52。由此,能够使包括电极以及锤部的臂221、222、241、242、243、244的重心与臂的轴(中心线Lx)对齐。因此,振动片1相对于XY平面的对称性提高,并能够缩小横向灵敏度。

### [0133] 第五实施方式

[0134] 图19为本发明的第五实施方式所涉及的物理量检测振动片的俯视图以及仰视图。

[0135] 以下,以第五实施方式的物理量检测振动片与所述的实施方式的不同点为中心进行说明,并对于同样的事项省略其说明。

[0136] 第五实施方式的物理量检测振动片主要是驱动臂的结构不同,除此以外,与所述的第一实施方式的物理量检测振动片相同。另外,在图19中,对与所述的实施方式相同的结构标注相同的符号。

[0137] 如图19所示,在本实施方式的驱动臂241中,阶梯部2413、2414的顶端与槽部2411、2412的顶端相比而位于驱动臂241的顶端侧。虽未图示,但其他的驱动臂242、243、244也同样。通过设为这种结构,从而由于进一步使各驱动臂241、242、243、244的非对称性的部分变长,因此,在驱动振动模式中,能够使驱动臂241~244更顺畅地进行倾斜振动。另外,在将槽部2411、2412的长度设为L1,将阶梯部2413、2414的长度设为L2时,优选为L1、L2满足 $L1 < L2 \leq 1.5L1$ 的关系。

[0138] 在这样的第五实施方式中,也能够发挥与所述的第一实施方式同样的效果。

### [0139] 物理量检测装置

[0140] 接下来,对具备本发明的物理量检测振动片的物理量检测装置进行说明。图20为表示本发明的物理量检测装置的框图。

[0141] 如图20所示,物理量检测装置10具有:振动片1;用于使振动片1驱动振动的驱动电路9;在施加有角速度时用于对振动片1的检测振动进行检测的检测电路6。另外,驱动电路9以及检测电路6既可以由一个芯片的IC来实现,也可以分别由独立的IC芯片来实现。

[0142] 驱动电路9具有I/V转换电路(电流电压转换电路)91、AC放大电路92、振幅调节电路93。驱动电路9为,向振动片1的驱动信号电极31输出使驱动臂241~244驱动的信号且输入有从振动片1的驱动接地电极32输出的信号的电路。

[0143] 当振动片1的驱动臂241~244进行振动时,基于压电效应的交流电流从驱动接地电极32被输出,并被输入至I/V转换电路91。I/V转换电路91将被输入的交流电流转换为与驱动臂241~244的振动频率相同的频率的交流电压信号并进行输出。从I/V转换电路91输出的交流电压信号被输入至AC放大电路92。AC放大电路92对被输入的交流电压信号进行放大并输出。

[0144] 从AC放大电路92输出的交流电压信号被输入至振幅调节电路93。振幅调节电路93以将被输入的交流电压信号的振幅保持为稳定值的方式对增益进行控制,并将增益控制后的交流电压信号输出至振动片1的驱动信号电极31。通过输入至该驱动信号电极31的交流电压信号(驱动信号)从而驱动臂241~244以驱动振动模式进行振动。

[0145] 检测电路6具有:电荷放大器61、62、63、64、减法处理电路65、66、Y轴角速度检测部7、Z轴角速度检测部8。检测电路6为,基于分别从振动片1的检测信号电极33、34、36、37输出的信号,而对角速度 $\omega_y$ 以及角速度 $\omega_z$ 进行检测的电路。

[0146] 电荷放大器61(第一电流和电压转换部)的构成具备运算放大器、反馈电阻、反馈电容,在运算放大器的反转输入端子(-端子)中输入有从检测臂221的第二检测信号电极34输出的检测信号(从第三电极部341输出的检测信号以及从第四电极部342输出的检测信号)S<sub>b</sub>,该运算放大器的非反转输入端子(+端子)被固定为基准电位。电荷放大器61将输入至运算放大器的检测信号转换为交流电压信号。

[0147] 电荷放大器62(第二电流和电压转换部)的结构具备运算放大器、反馈电阻、反馈电容,在运算放大器的反转输入端子(-端子)中输入有从检测臂221的第一检测信号电极33输出的检测信号(从第一电极部331输出的检测信号以及从第二电极部332输出的检测信号)S<sub>a</sub>,该运算放大器的非反转输入端子(+端子)被固定为基准电位。电荷放大器62将输入至运算放大器的检测信号转换为交流电压信号。

[0148] 另外,检测信号S<sub>a</sub>和检测信号S<sub>b</sub>的电气特性是相反的。

[0149] 电荷放大器61的输出信号和电荷放大器62的输出信号被输入至减法处理电路(差动放大电路)65。减法处理电路65作为对振动片1的输出信号进行差动放大的差动放大部而发挥功能,对将电荷放大器61的输出信号与电荷放大器62的输出信号的电位差放大(差动放大)后的信号进行输出。减法处理电路65的输出信号S'被输入至Y轴角速度检测部7以及Z轴角速度检测部8。

[0150] 电荷放大器63(第三电流和电压转换部)的结构具备运算放大器、反馈电阻、反馈电容,在运算放大器的反转输入端子(-端子)中输入有从检测臂222的第三检测信号电极36输出的检测信号(从第一电极部361输出的检测信号以及从第二电极部362输出的检测信号)S<sub>c</sub>,该运算放大器的非反转输入端子(+端子)被固定为基准电位。电荷放大器63将被输入至运算放大器的检测信号转换为交流电压信号。

[0151] 电荷放大器64(第四电流和电压转换部)的结构具备运算放大器、反馈电阻、反馈电容,在运算放大器的反转输入端子(-端子)中输入有从检测臂222的第四检测信号电极37输出的检测信号(从第三电极部371输出的检测信号以及从第四电极部372输出的检测信号)S<sub>d</sub>,该运算放大器的非反转输入端子(+端子)被固定为基准电位。电荷放大器64将被输入至运算放大器的检测信号转换为交流电压信号。

[0152] 另外,检测信号S<sub>c</sub>和检测信号S<sub>d</sub>的电气特性是相反的。

[0153] 电荷放大器63的输出信号和电荷放大器64的输出信号被输入至减法处理电路(差动放大电路)66。减法处理电路66作为对振动片1的输出信号进行差动放大的差动放大部而发挥功能,对将电荷放大器63的输出信号与电荷放大器64的输出信号的电位差放大(差动放大)后的信号进行输出。减法处理电路66的输出信号S"被输入至Y轴角速度检测部7以及Z轴角速度检测部8。

[0154] Y轴角速度检测部7具有:加法处理电路71、AC放大电路72、同步检波电路73、平滑电路74、可变放大电路75、滤波器电路76。

[0155] 减法处理电路65的输出信号S'和减法处理电路66的输出信号S"被输入至加法处理电路71。加法处理电路71作为将振动片1的输出信号相加并放大的加法放大部而发挥功

能,将减法处理电路65的输出信号S' 和减法处理电路66的输出信号S"的电位相加,并对放大后的信号进行输出。加法处理电路71的输出信号被输入至AC放大电路72。

[0156] AC放大电路72作为对AC信号进行放大的AC放大部而发挥功能,并对将加法处理电路71的输出信号放大后的信号进行输出。AC放大电路72的输出信号被输入至同步检波电路73。同步检波电路73基于驱动电路9的AC放大电路92所输出的交流电压信号,通过对AC放大电路72的输出信号进行同步检波从而提取绕Y轴的角速度成分。

[0157] 通过同步检波电路73而被提取的绕Y轴的角速度成分的信号,通过平滑电路74而被平滑化为直流电压信号,并被输入至可变放大电路75。可变放大电路75以所设定的放大率(或衰减率)对平滑电路74的输出信号(直流电压信号)进行放大(或衰减)而使角速度灵敏度发生变化。通过可变放大电路75而被放大(或衰减)的信号被输入至滤波器电路76。

[0158] 滤波器电路76从可变放大电路75的输出信号使传感器频带外的高频的噪声成分衰减(准确而言衰减为预定电平以下),并对与绕Y轴的角速度的方向以及大小相对应的极性以及电压电平的检测信号进行输出。并且,该检测信号从外部输出端子(未图示)向外部输出。

[0159] Z轴角速度检测部8具有:减法处理电路81、AC放大电路82、同步检波电路83、平滑电路84、可变放大电路85、滤波器电路86。

[0160] 减法处理电路65的输出信号S' 和减法处理电路66的输出信号S"被输入至减法处理电路81。减法处理电路81作为对振动片1的输出信号进行差动放大的差动放大部而发挥功能,对将减法处理电路65的输出信号S' 与减法处理电路66的输出信号S"的电位差放大(差动放大)后的信号进行输出。减法处理电路81的输出信号被输入至AC放大电路82。

[0161] AC放大电路82作为对AC信号进行放大的AC放大部而发挥功能,对将减法处理电路81的输出信号放大后的信号进行输出。AC放大电路82的输出信号被输入至同步检波电路83。同步检波电路83基于驱动电路9的AC放大电路92所输出的交流电压信号,通过对AC放大电路82的输出信号进行同步检波从而提取绕Z轴的角速度成分。

[0162] 通过同步检波电路83而被提取的绕Z轴的角速度成分的信号,通过平滑电路84而被平滑化为直流电压信号,并被输入至可变放大电路85。可变放大电路85以被设定的放大率(或衰减率)而对平滑电路84的输出信号(直流电压信号)进行放大(或衰减)以使角速度灵敏度发生变化。通过可变放大电路85而被放大(或衰减)的信号被输入至滤波器电路86。

[0163] 滤波器电路86从可变放大电路85的输出信号使传感器频带外的高频的噪声成分衰减(准确而言衰减为预定电平以下),并对与绕Z轴的角速度的方向以及大小相对应的极性以及电压电平的检测信号进行输出。并且,该检测信号从外部输出端子(未图示)向外部输出。

[0164] 电子设备

[0165] 接下来,对具备本发明的物理量检测振动片的电子设备进行说明。

[0166] 图21为表示应用了本发明的电子设备的移动型(或笔记本型)的个人计算机的结构的立体图。

[0167] 在该图中,个人计算机1100的构成包括具备键盘1102的主体部1104和具备显示部1108的显示单元1106,显示单元1106以经由铰链结构部而能够相对于主体部1104转动的方式被支承。在这种个人计算机1100中内置有振动片1。

[0168] 图22为表示应用了本发明的电子设备的移动电话(也包括PHS)的结构的立体图。

[0169] 在该图中,移动电话1200具备天线(未图示)、多个操作按钮1202、听筒1204以及话筒1206,在操作按钮1202与听筒1204之间配置有显示部1208。在这种移动电话1200中内置有振动片1。

[0170] 图23为表示应用了本发明的电子设备的数字照相机的结构的立体图。

[0171] 在数字照相机1300的外壳(主体)1302的背面设置有显示部1310,并且是基于由CCD产生摄像信号而实施显示的结构,显示部1310作为将被摄体作为电子画像而进行显示的取景器而发挥功能。此外,在外壳1302的正面侧(图中背面侧)设置有包括光学透镜(摄像光学系)或CCD等的受光单元1304。并且,当摄影者对显示部1310所显示的被摄体图像进行确认,并按下快门按钮1306时,该时间点的CCD的摄像信号被传输和存储至存储器1308。在这种数字照相机1300中,例如,内置有用于抖动校正的振动片1。由于这种电子设备具备振动片1,因此,具有优异的可靠性。

[0172] 另外,本发明的电子设备除了图21的个人计算机、图22的移动电话、图23的数字照相机以外,例如,还能够应用于智能手机、平板电脑终端、时钟(包括智能手表)、喷墨式喷出装置(例如喷墨式打印机)、膝上型个人计算机、电视机、HMD(头戴式显示器)等可佩带终端、照相机、摄像机、车辆导航装置、寻呼机、电子记事本(也包括附带有通信功能的产品)、电子词典、台式电子计算器、电子游戏设备、文字处理器、工作站、可视电话、防盗用视频监视器、电子双筒望远镜、POS(Point of Sale:销售点)终端、医疗设备(例如电子体温计、血压计、血糖仪、心电图测量装置、超声波诊断装置、电子内窥镜)、鱼群探测器、各种测量设备、计量仪器类(例如,车辆、航空器、船舶的计量仪器类)、飞行模拟器等。

[0173] 移动体

[0174] 接下来,对具备本发明的物理量检测振动片的移动体进行说明。

[0175] 图24为表示应用了本发明的移动体的汽车的立体图。如图24所示,在汽车1500中内置有振动片1,例如,能够通过振动片1而对车身1501的姿态进行检测。振动片1的检测信号被供给至车身姿态控制装置1502,车身姿态控制装置1502基于该信号而能够对车身1501的姿态进行检测,并根据检测结果而对悬架的软硬进行控制或对各个车轮1503的制动器进行控制。除此以外,也能够在双足行走机器人或无线电控制直升飞机(包括无人驾驶飞机)中利用这样的姿态控制。如上文所述,在各种移动体的姿态控制的实现时,安装有振动片1。

[0176] 以上,基于图示的实施方式对本发明的物理量检测振动片、物理量检测装置、电子设备以及移动体进行了说明,但是,本发明并不限定于此,各部的结构能够置换为具有相同功能的任意的结构。此外,在本发明中也可以附加其他任意的结构物。

[0177] 另外,在所述的实施方式中,物理量检测振动片具有对基部进行支承的支承部以及梁部,但是,也可以省略上述支承部以及梁部。在这种情况下,各端子只要配置在基部即可。

[0178] 符号说明

[0179] 1…振动片;10…物理量检测装置;2…振动体;21…基部;221…检测臂;2210…宽幅部;2211、2212…槽部;2213…第一突出部;2214…第二突出部;2215…第三突出部;2216…第四突出部;222…检测臂;2220…宽幅部;2221、2222…槽部;2223…第一突出部;2224…第二突出部;2225…第三突出部;2226…第四突出部;231、232…连结臂;241…驱动

臂;2410…宽幅部;2411、2412…槽部;2413、2414…阶梯部;242…驱动臂;2420…宽幅部;2421、2422…槽部;2423、2424…阶梯部;243…驱动臂;2430…宽幅部;2431、2432…槽部;2433、2434…宽幅部;244…驱动臂;2440…宽幅部;2441、2442…槽部;2443、2444…阶梯部;251、252…支承部;261、262、263、264…梁部;31…驱动信号电极;310…配线;32…驱动接地电极;320…配线;33…第一检测信号电极;331…第一电极部;332…第二电极部;333…第一电极部;334…第二电极部;34…第二检测信号电极;341…第三电极部;342…第四电极部;343…第三电极部;344…第四电极部;35…第一检测接地电极;351…第一接地电极部;352…第二接地电极部;353…第三接地电极部;354…第四接地电极部;36…第三检测信号电极;361…第一电极部;362…第二电极部;363…第一电极部;364…第二电极部;37…第四检测信号电极;371…第三电极部;372…第四电极部;373…第三电极部;374…第四电极部;38…第二检测接地电极;381…第一接地电极部;382…第二接地电极部;383…第三接地电极部;384…第四接地电极部;41、411、412…驱动信号端子;42、421、422…驱动接地端子;43…第一检测信号端子;44…第二检测信号端子;45…第一检测接地端子;46…第三检测信号端子;47…第四检测信号端子;48…第二检测接地端子;51、52…锤部;6…检测电路;61、62、63、64…电荷放大器;65、66…减法处理电路;7…Y轴角速度检测部;71…加法处理电路;72…AC放大电路;73…同步检波电路;74…平滑电路;75…可变放大电路;76…滤波器电路;8…Z轴角速度检测部;81…减法处理电路;82…AC放大电路;83…同步检波电路;84…平滑电路;85…可变放大电路;86…滤波器电路;9…驱动电路;91…I/V转换电路;92…AC放大电路;93…振幅调节电路;1100…个人计算机;1102…键盘;1104…主体部;1106…显示单元;1108…显示部;1200…移动电话;1202…操作按钮;1204…听筒;1206…话筒;1208…显示部;1300…数字照相机;1302…外壳;1304…受光单元;1306…快门按钮;1308…存储器;1310…显示部;1500…汽车;1501…车身;1502…车身姿态控制装置;1503…车轮;A、B、C、D…箭头;Ga、Gb…重心;Jx、Jy…轴;Lx、Lz…中心线;L1、L2…长度;Sa、Sb、Sc、Sd…检测信号;Sx1、Sx2、Sx3、Sx4、Sz1、Sz2、Sz3、Sz4…信号;a、b…箭头;ωy、ωz…角速度。

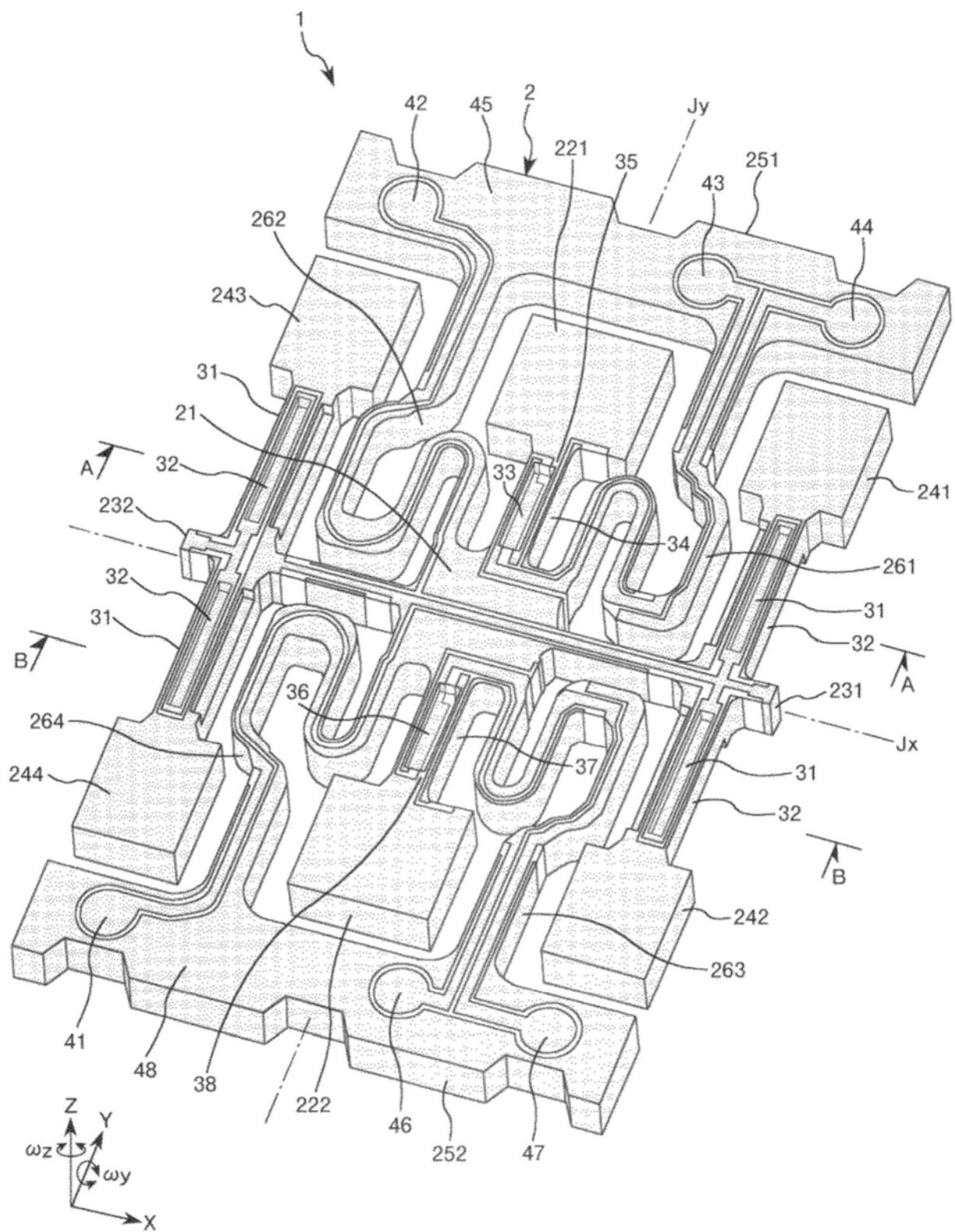


图1

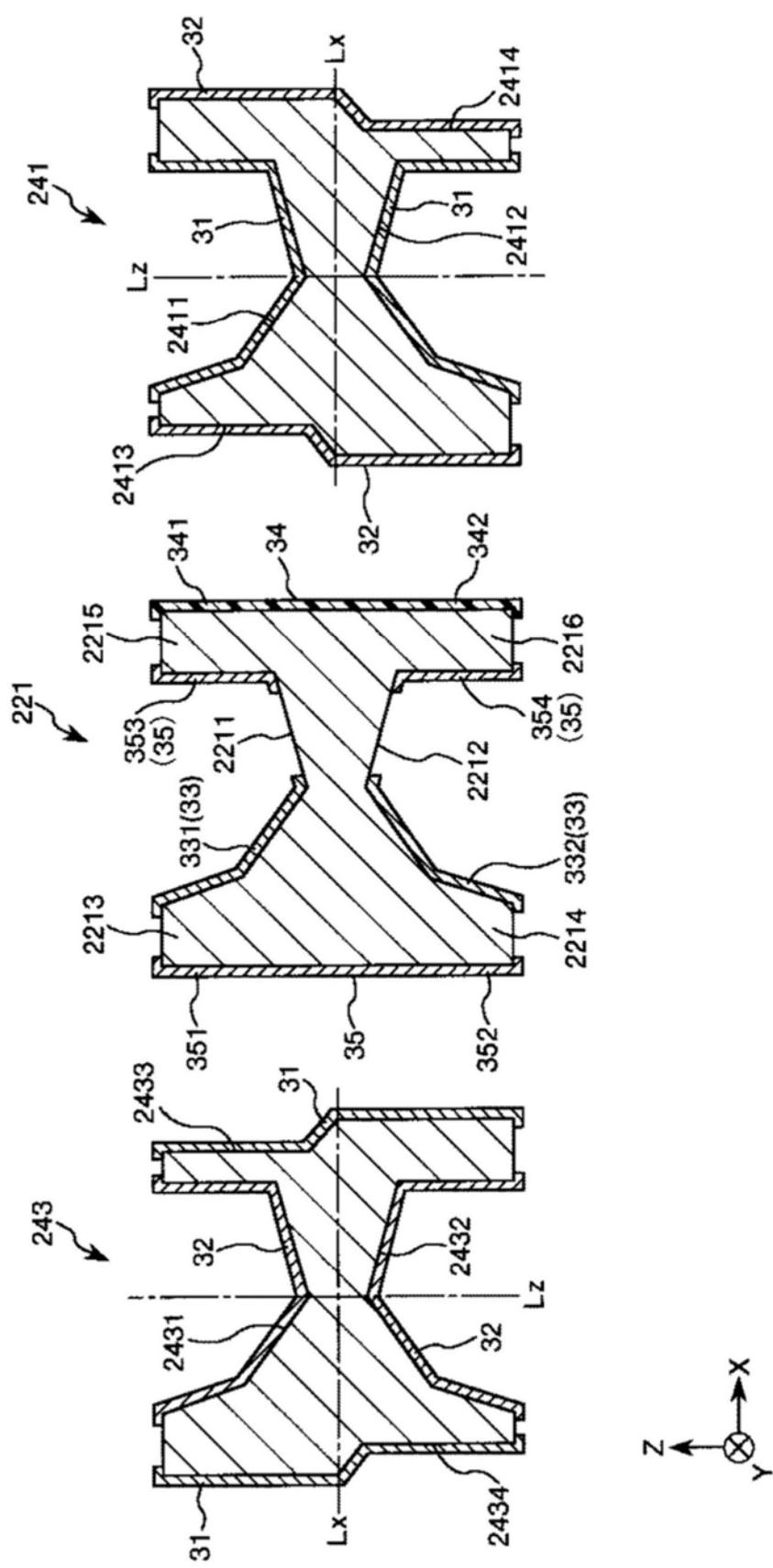


图2

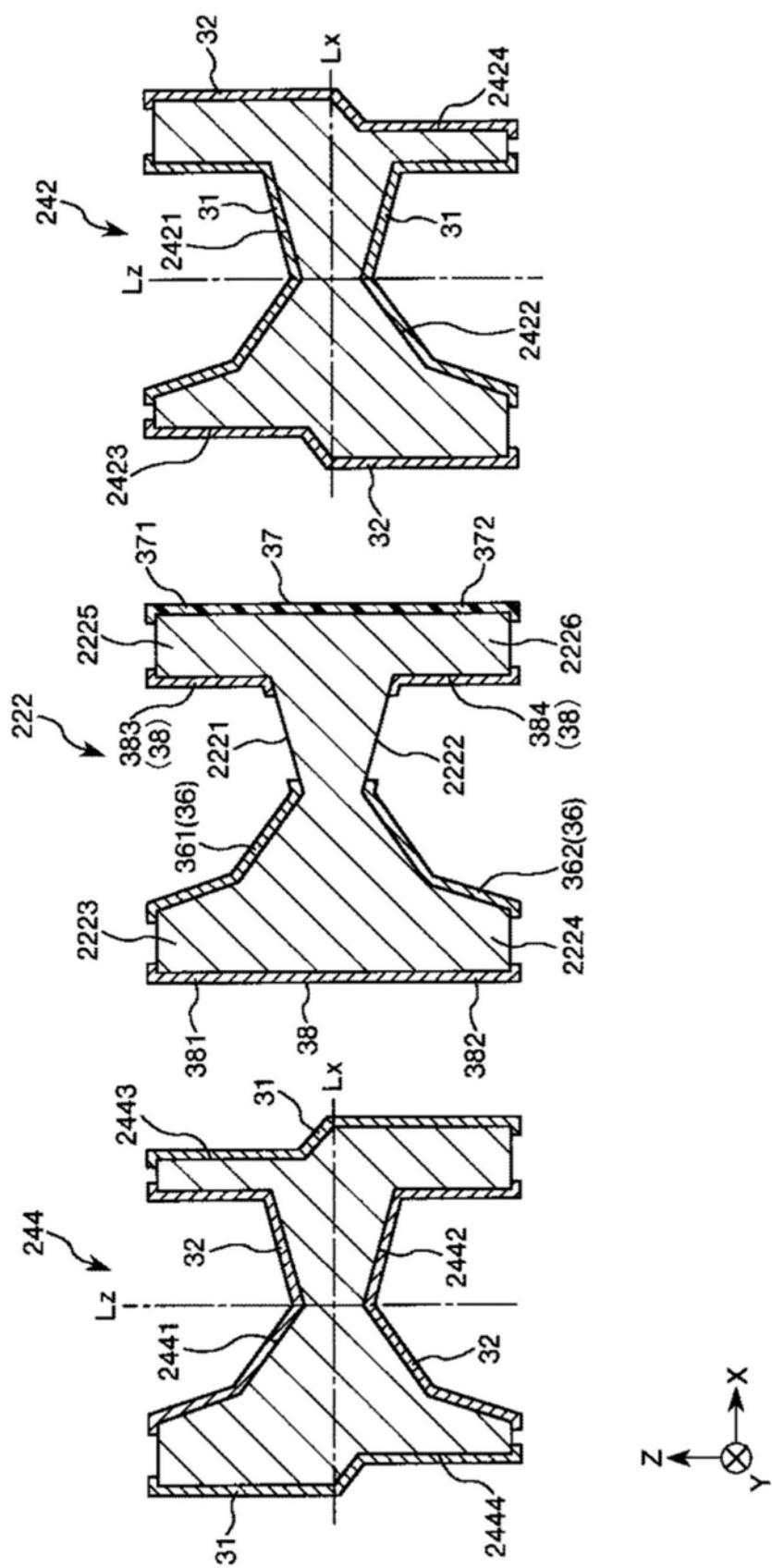


图3

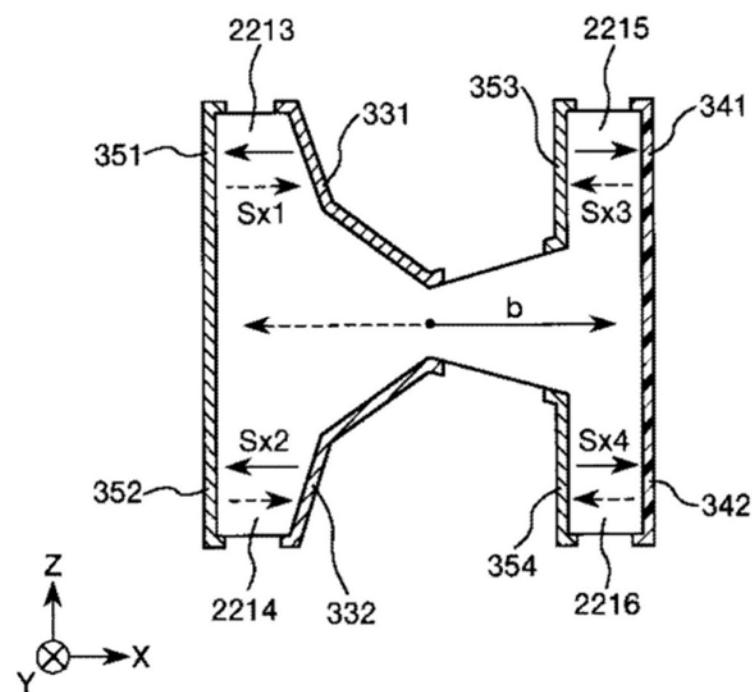
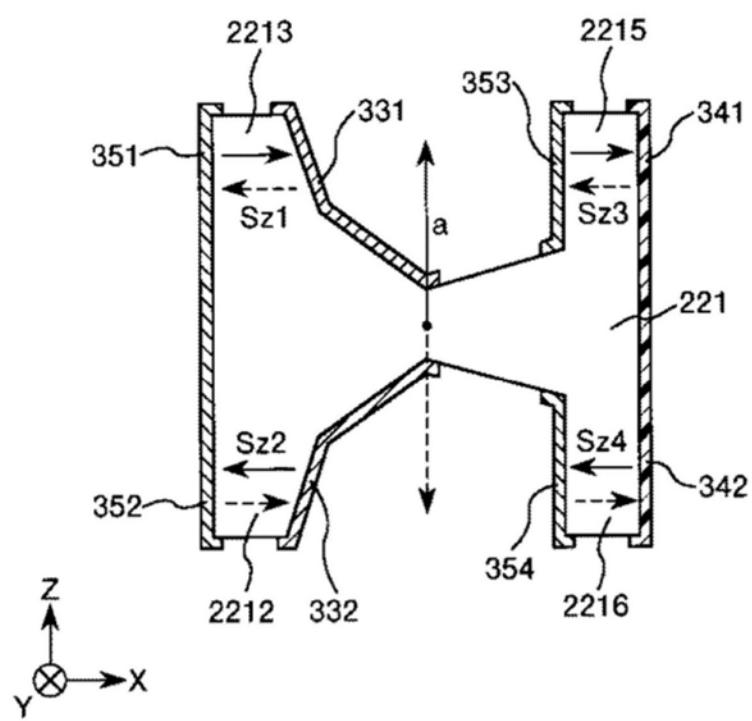


图4

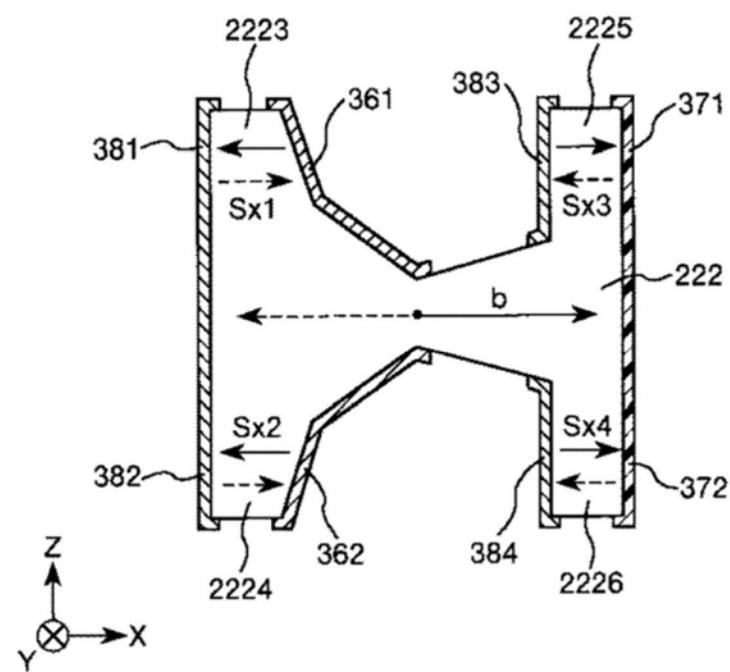
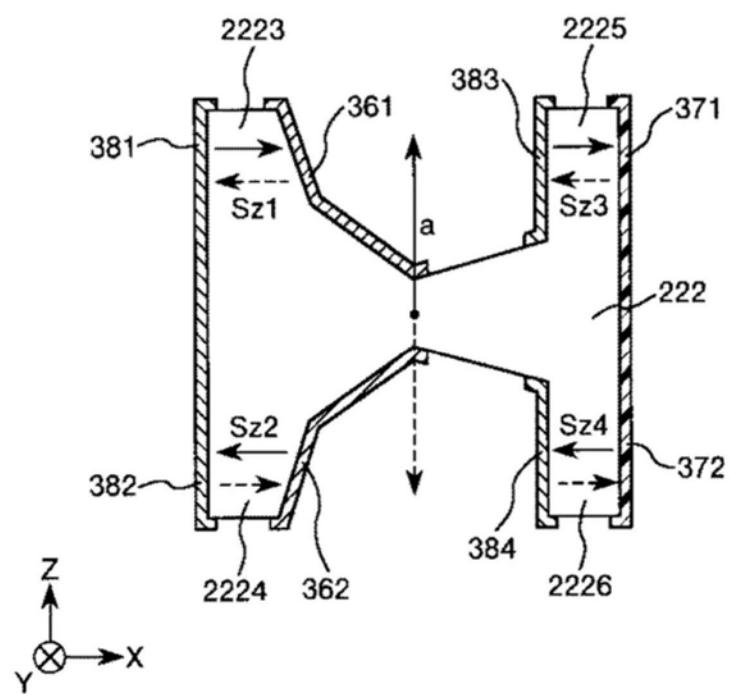


图5

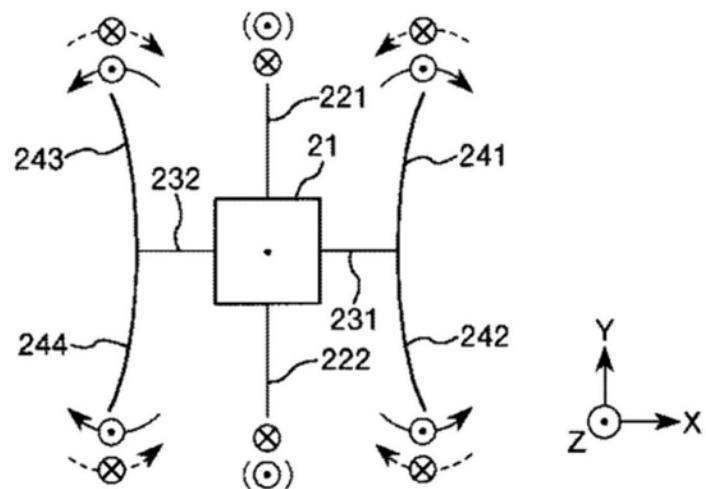


图6

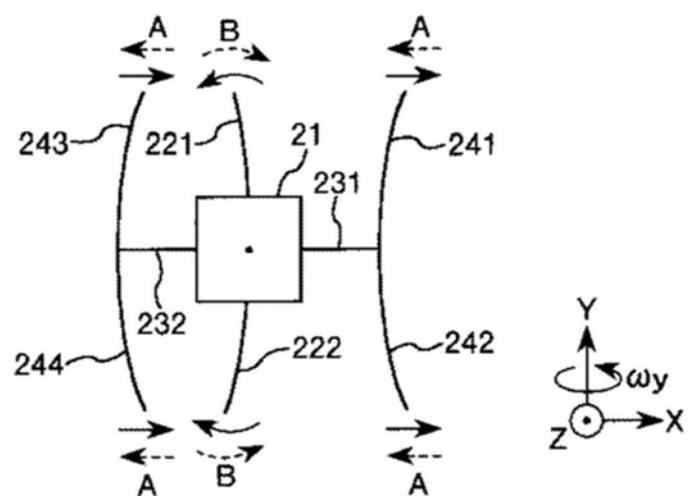


图7

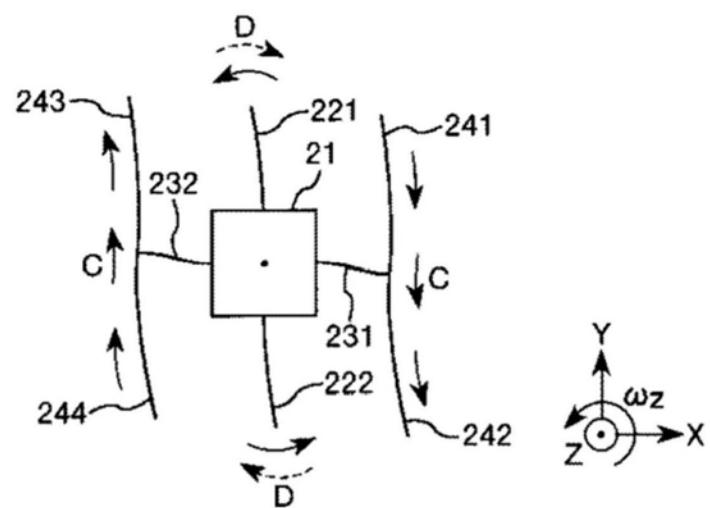


图8

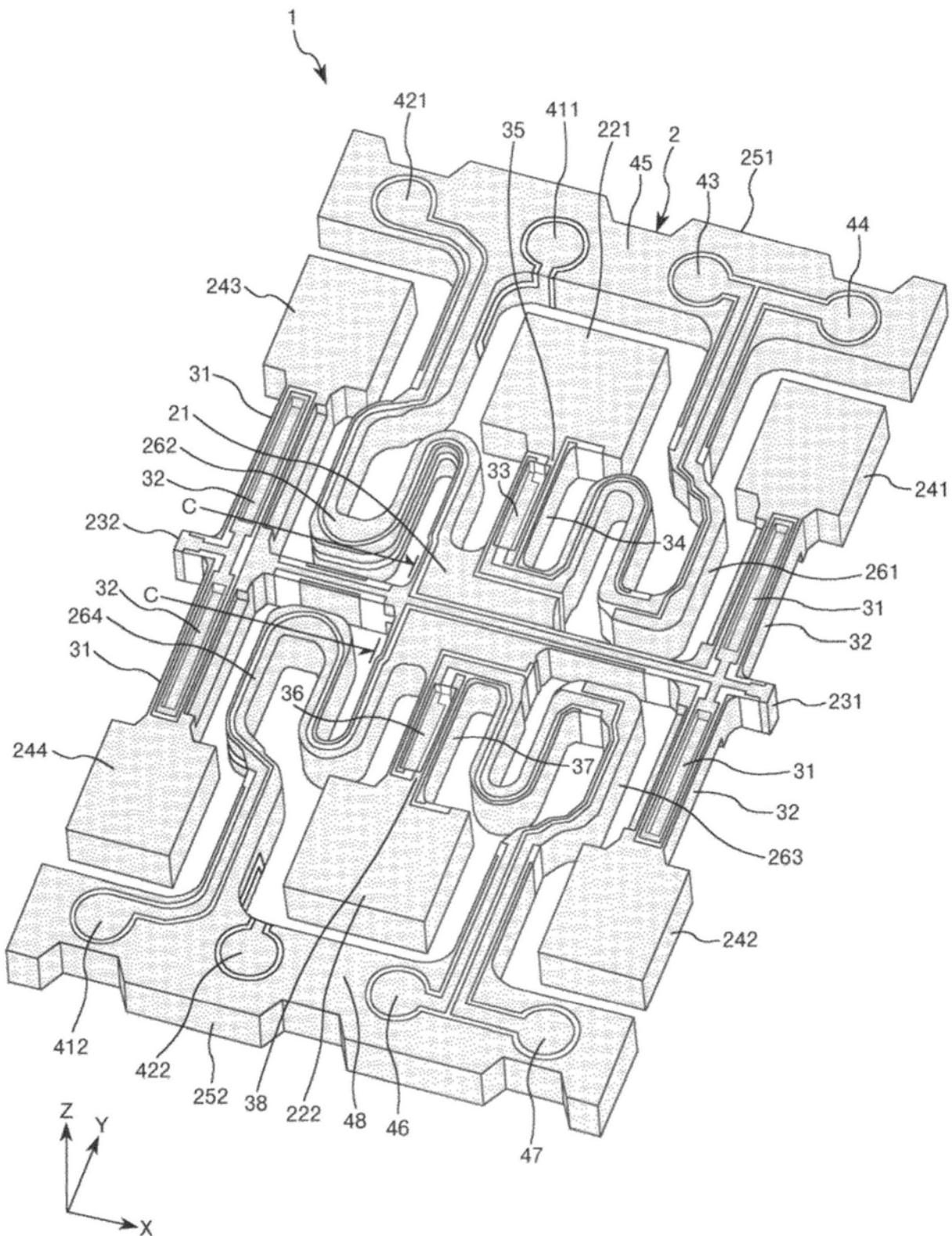


图9

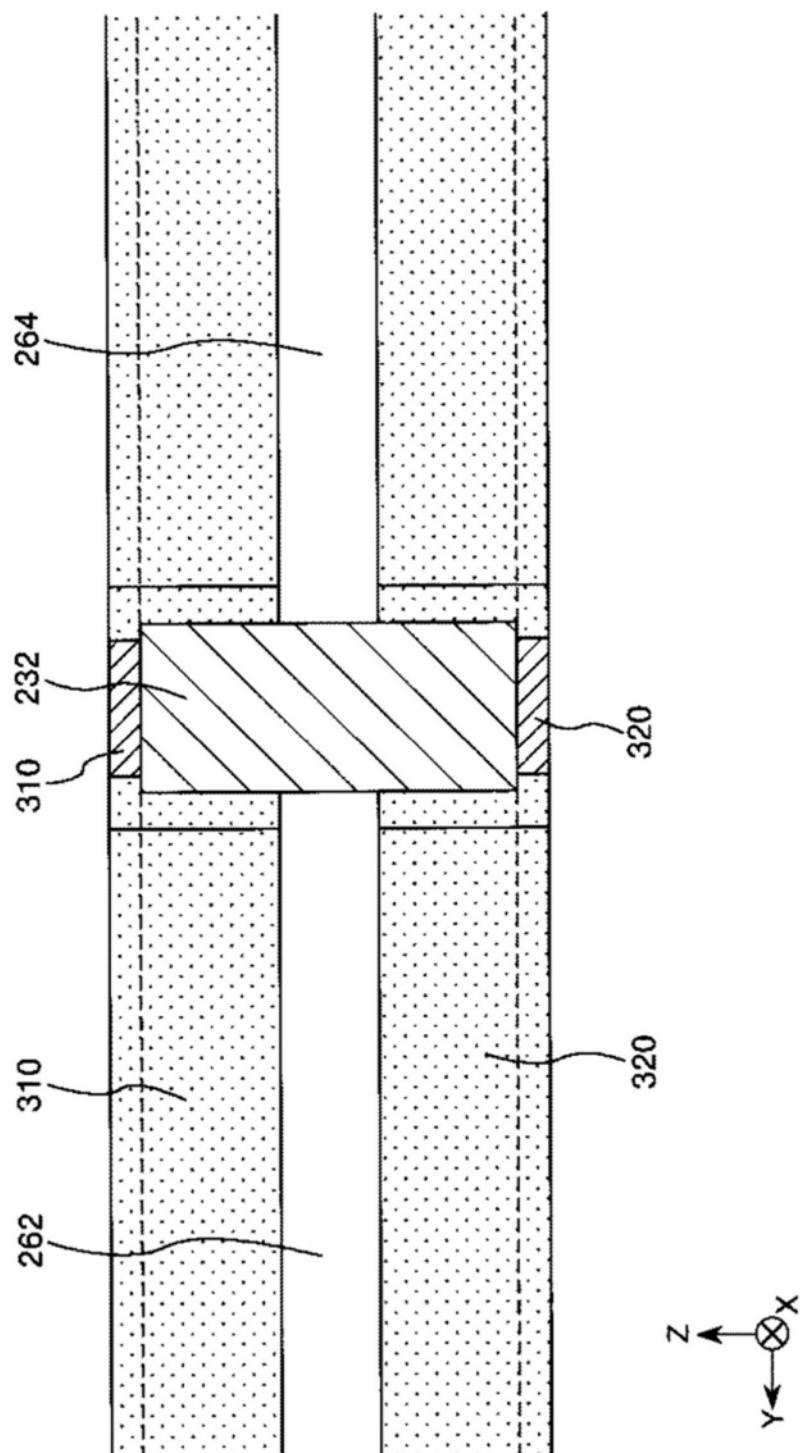


图10

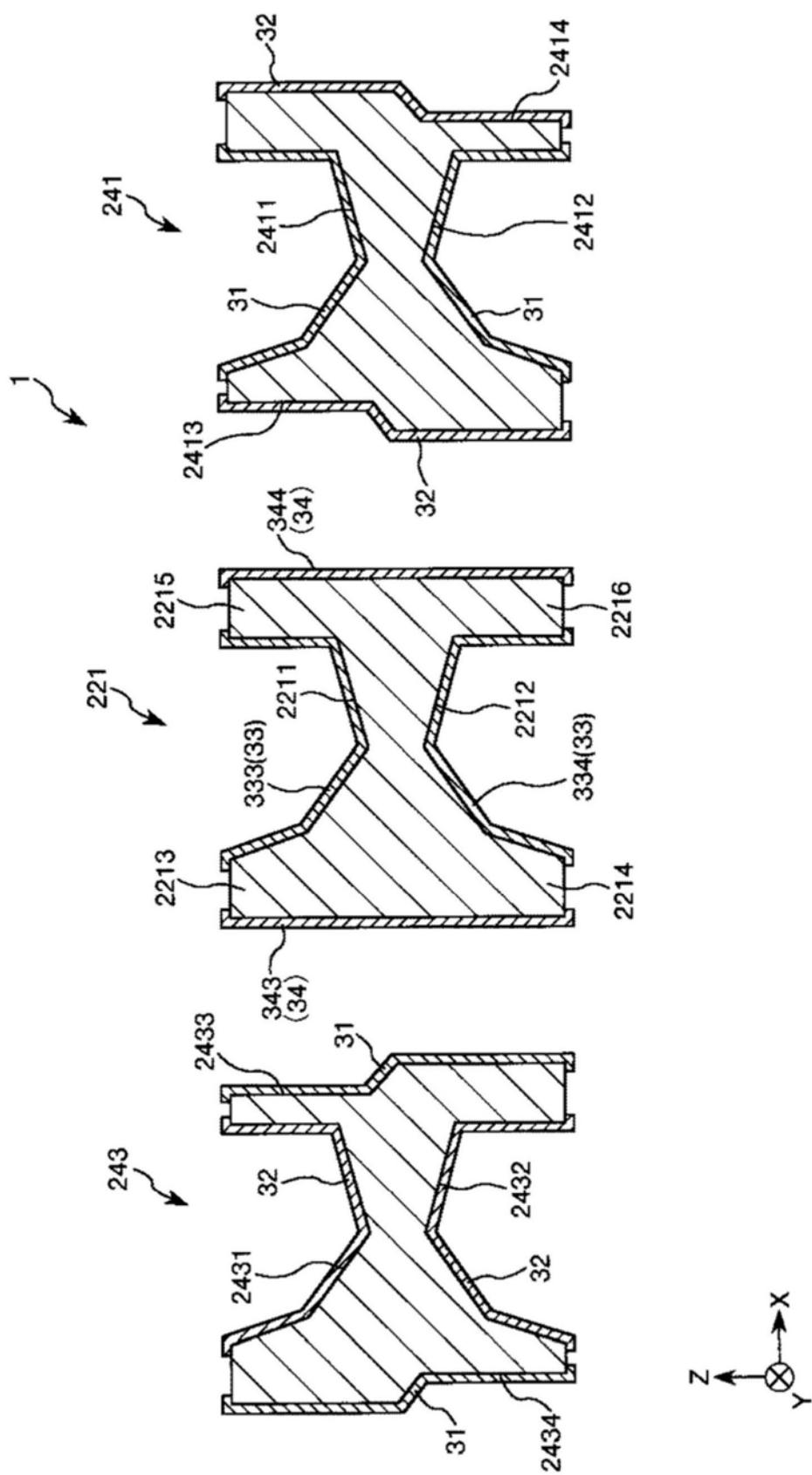


图11

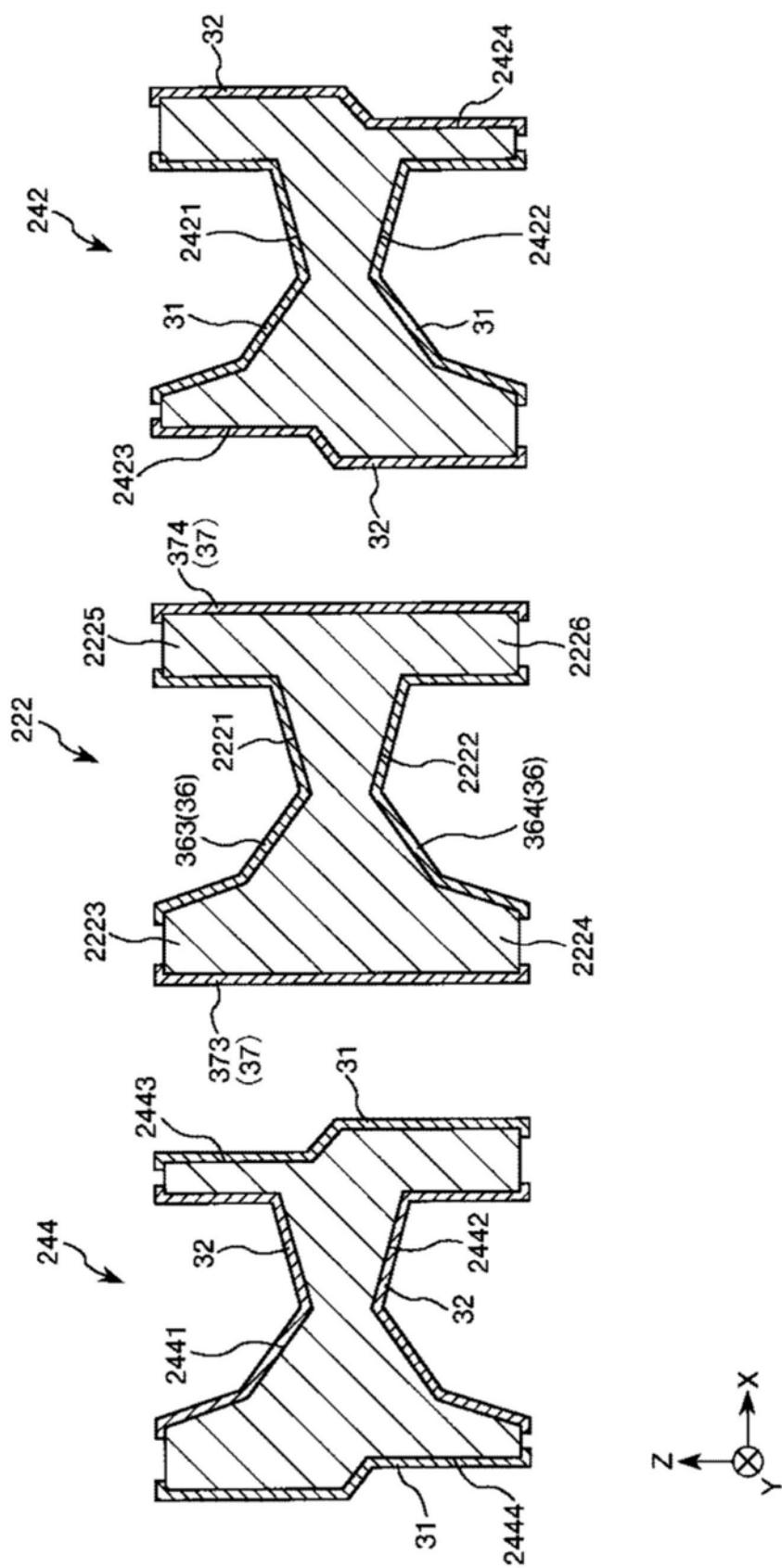


图12

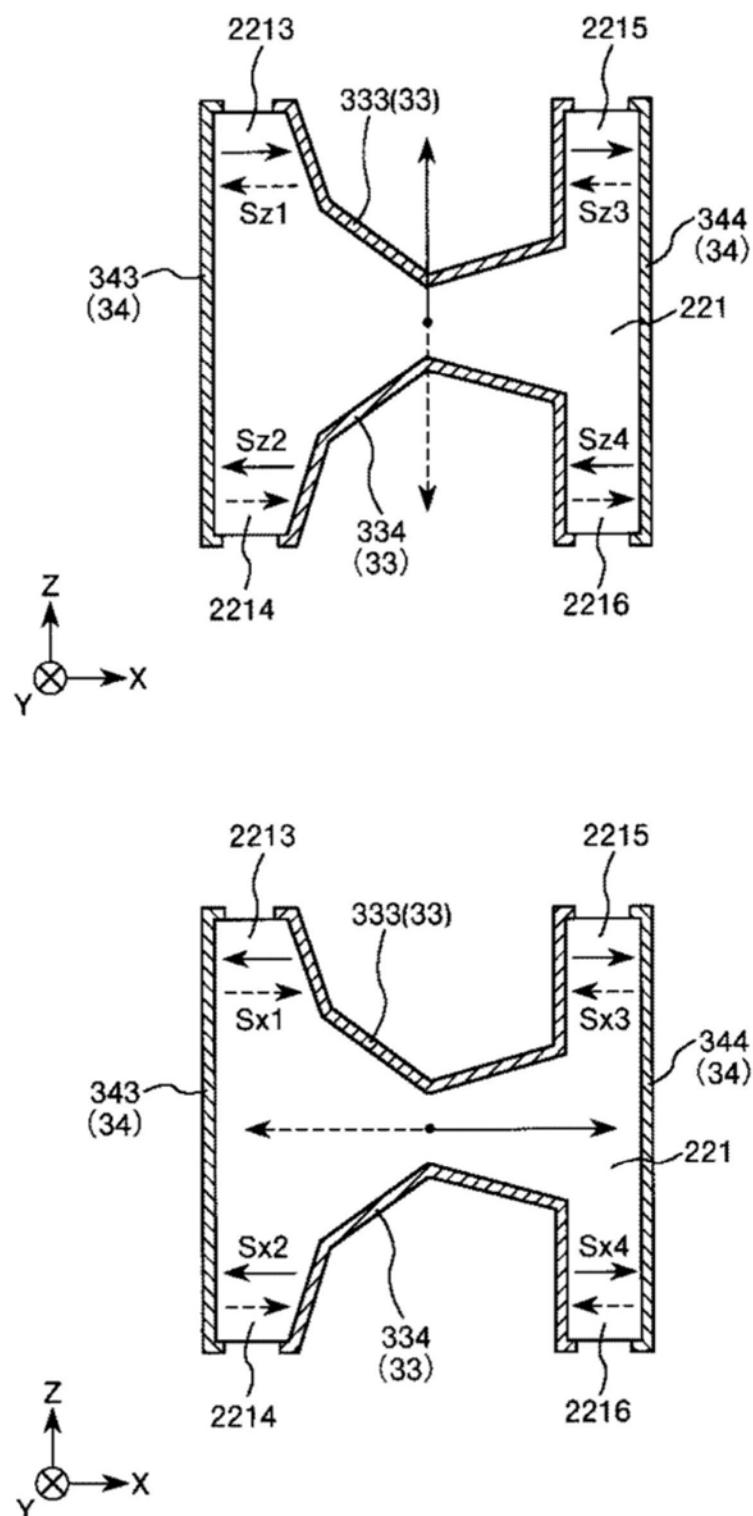


图13

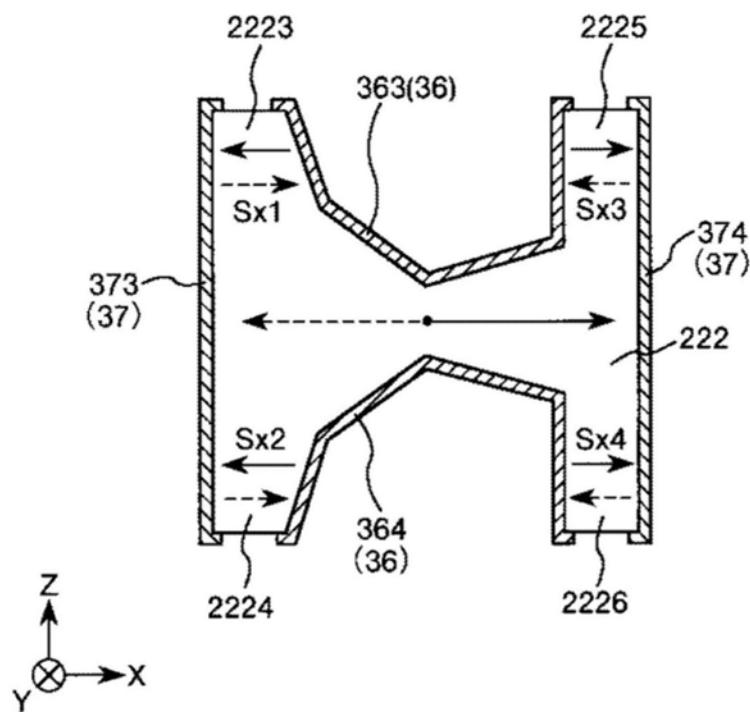
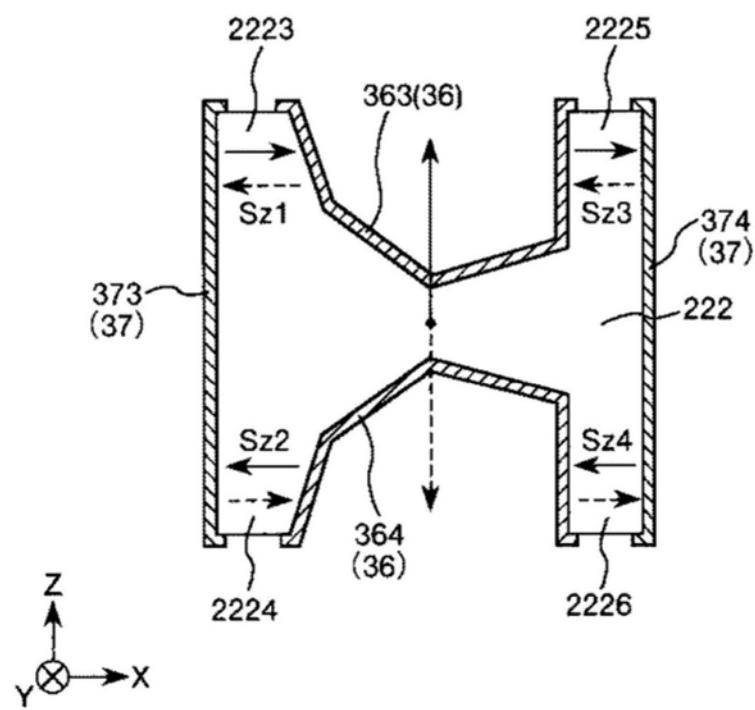


图14

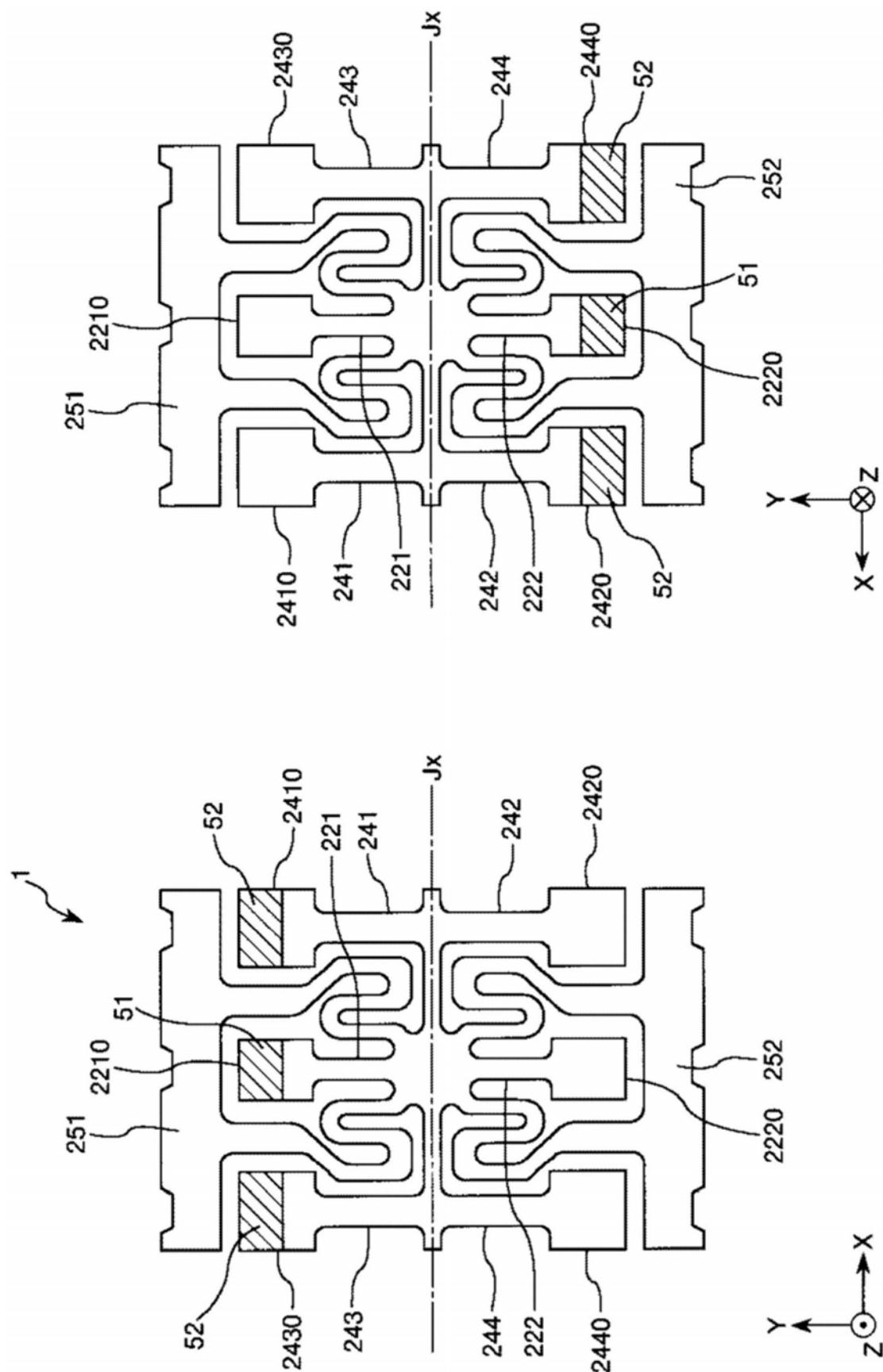


图15

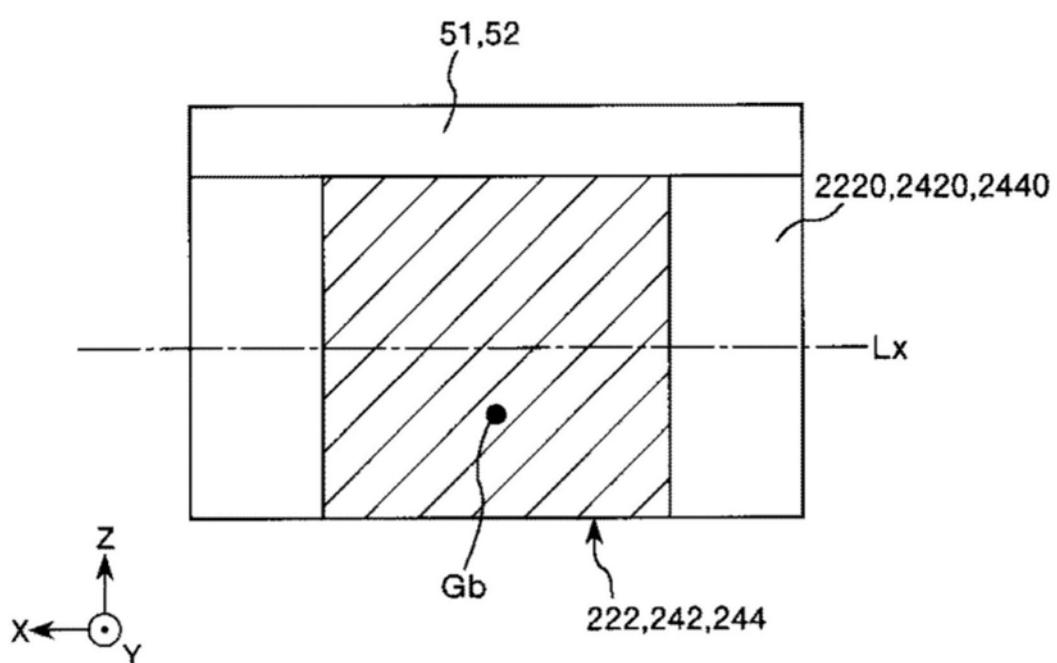
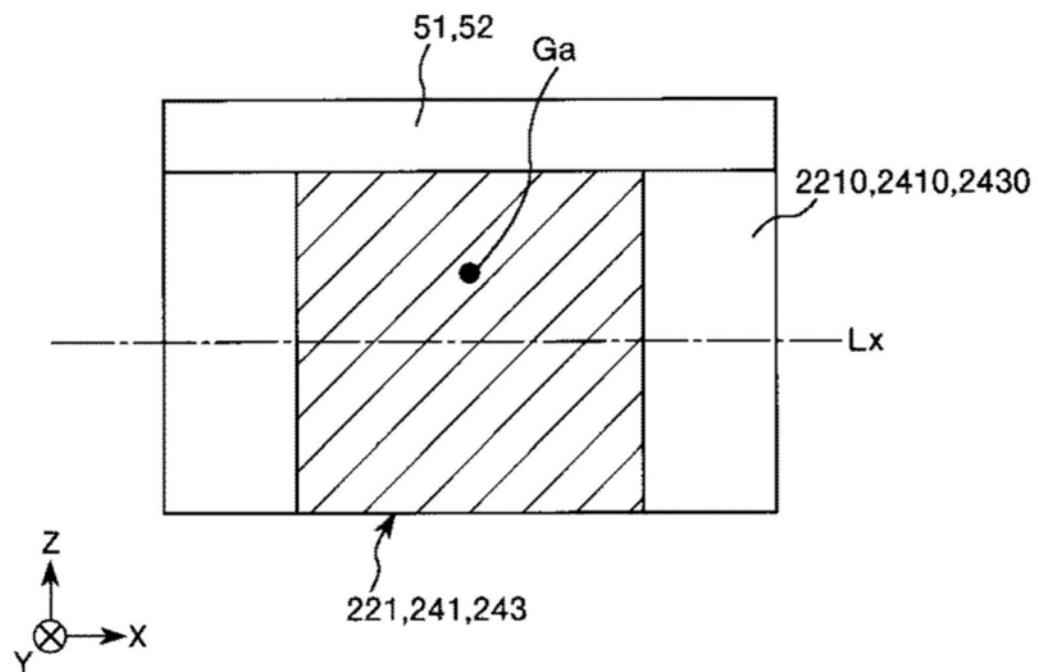


图16

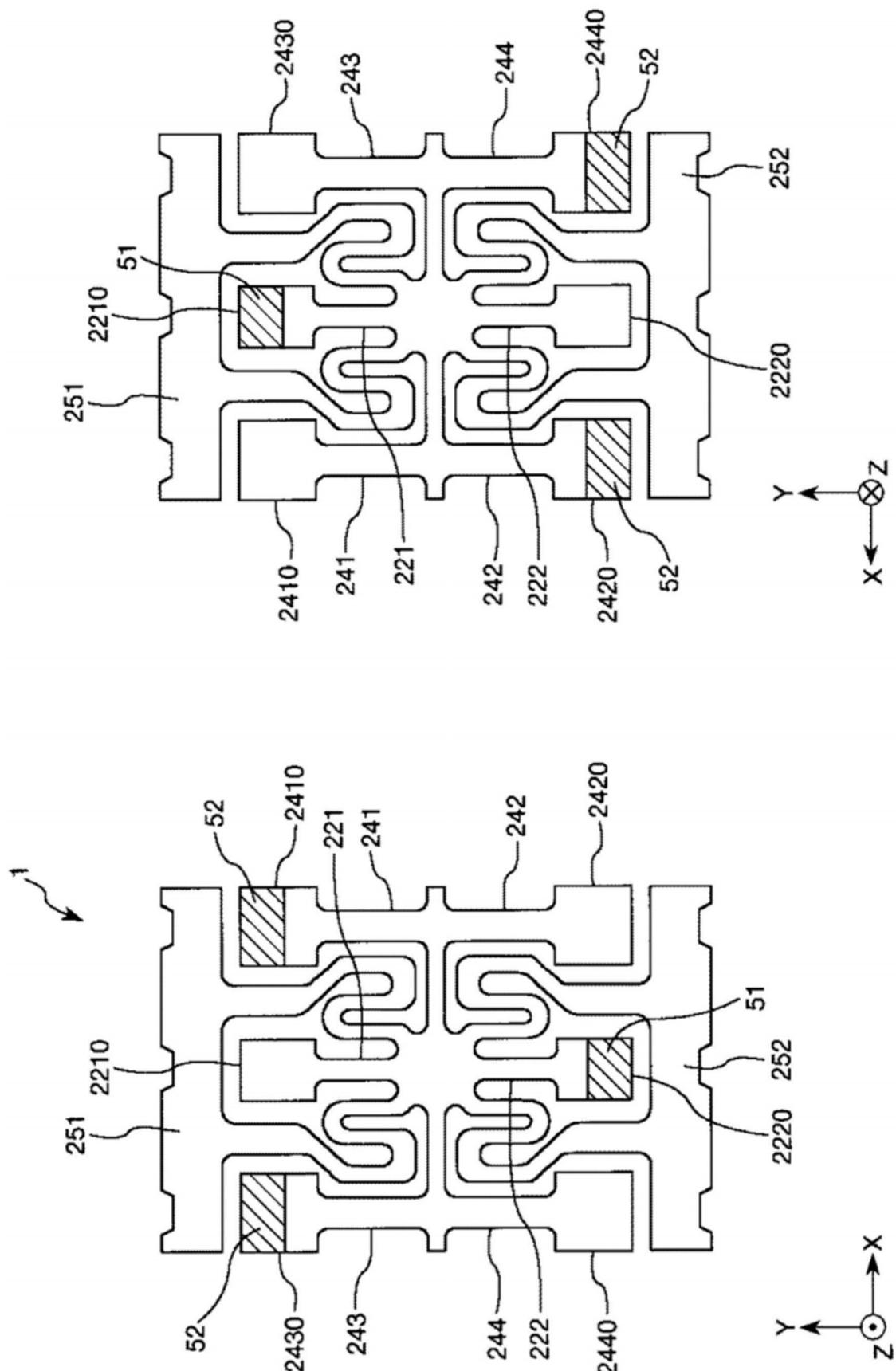


图 17

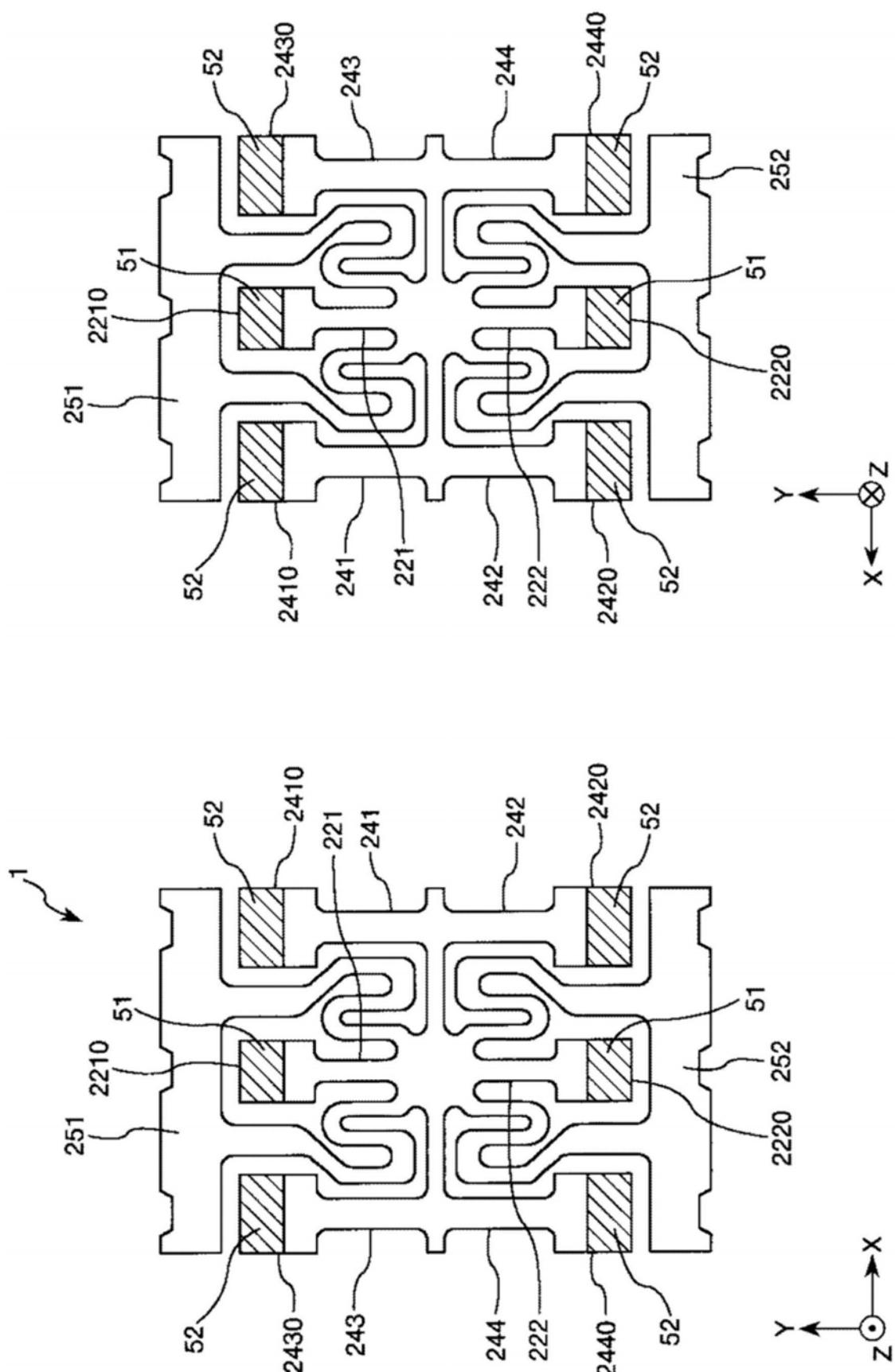


图18

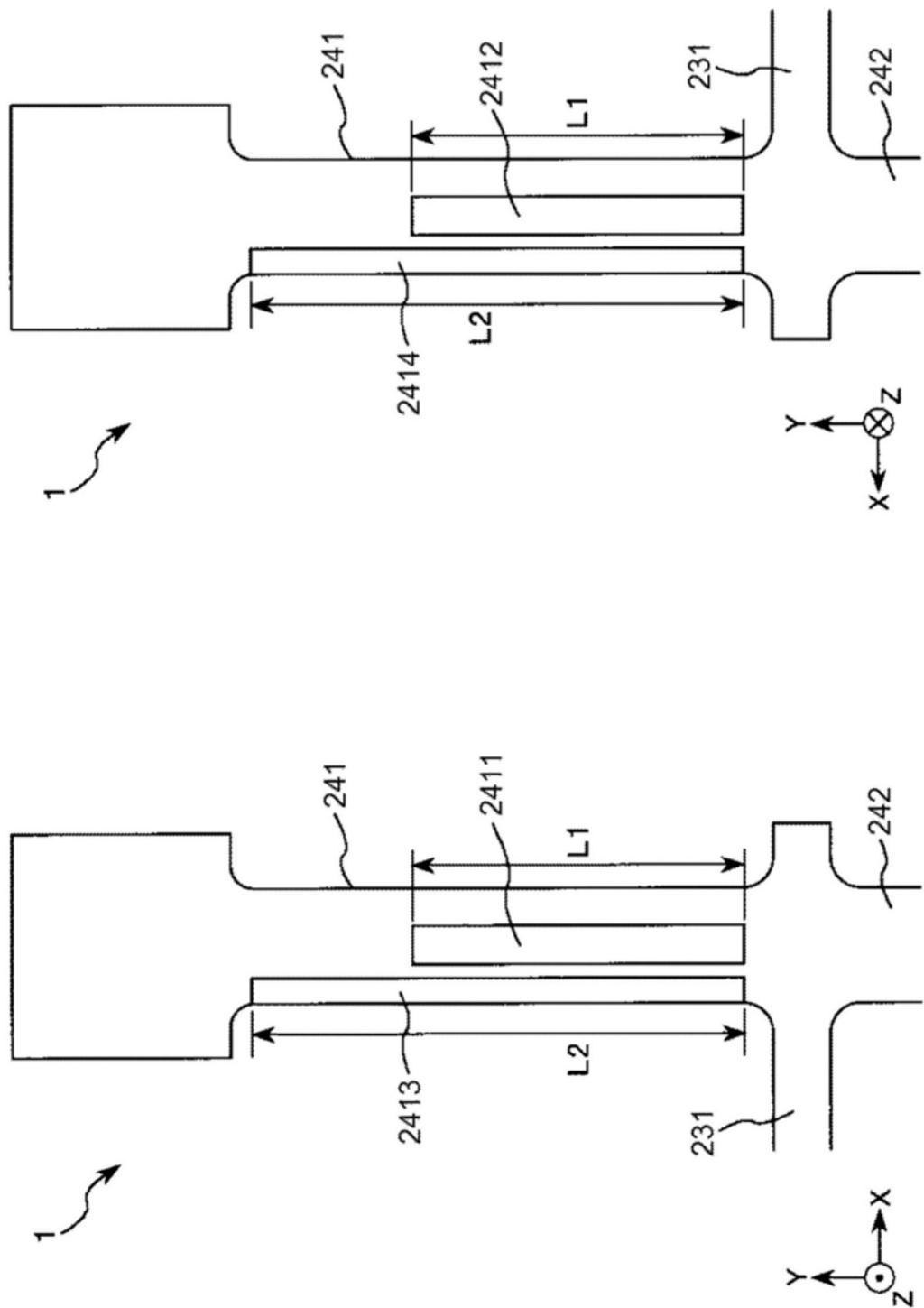
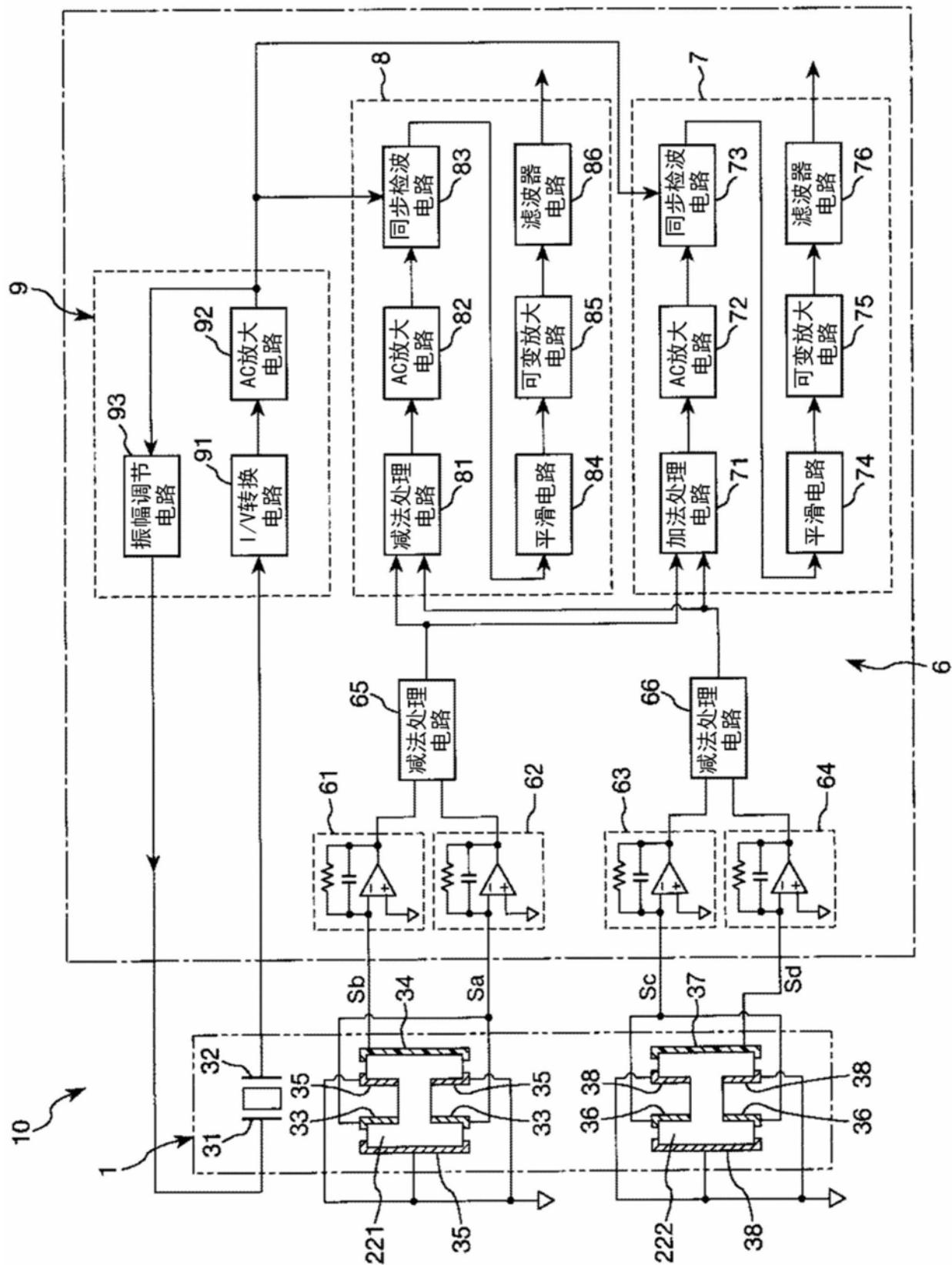


图19



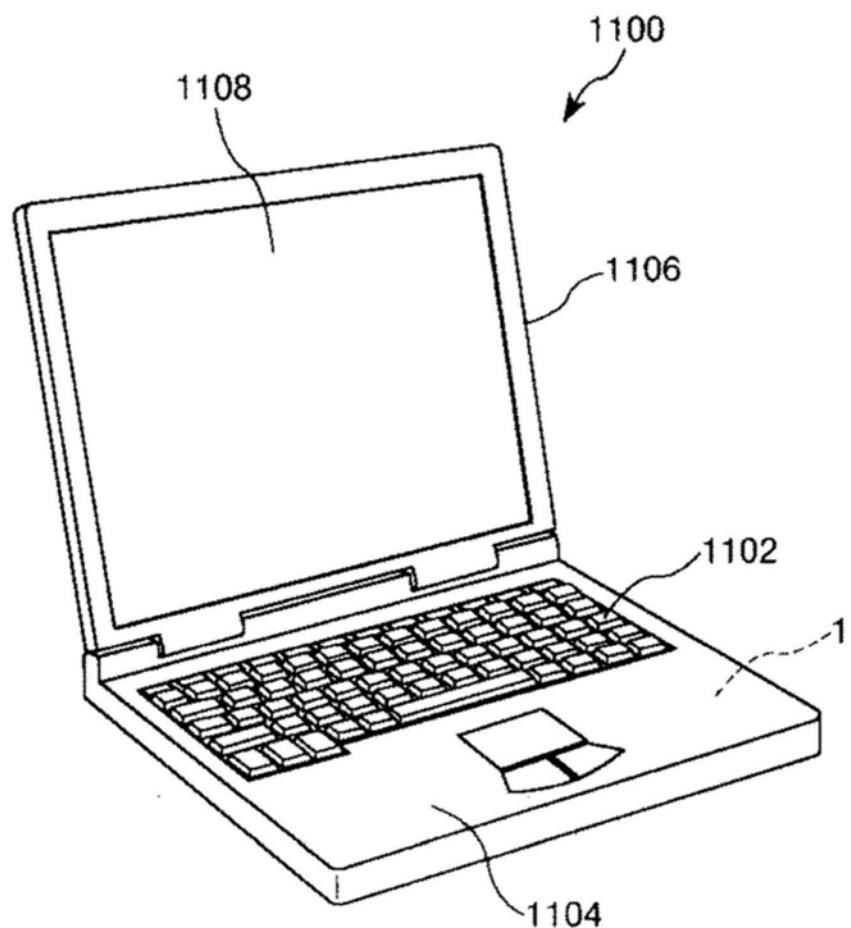


图21

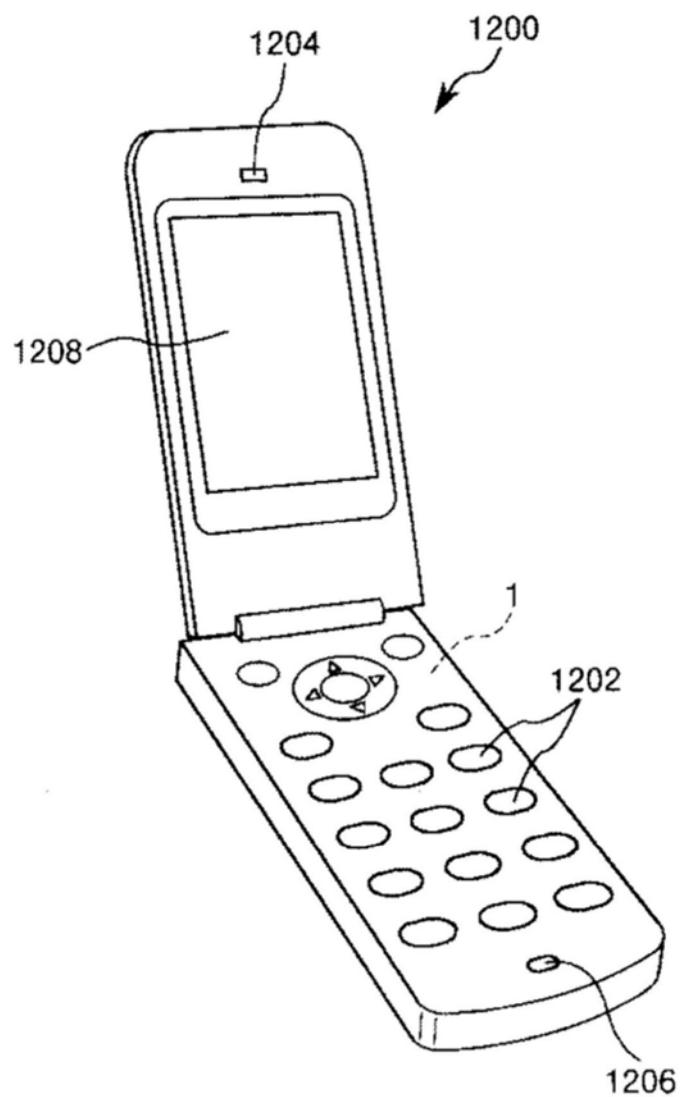


图22

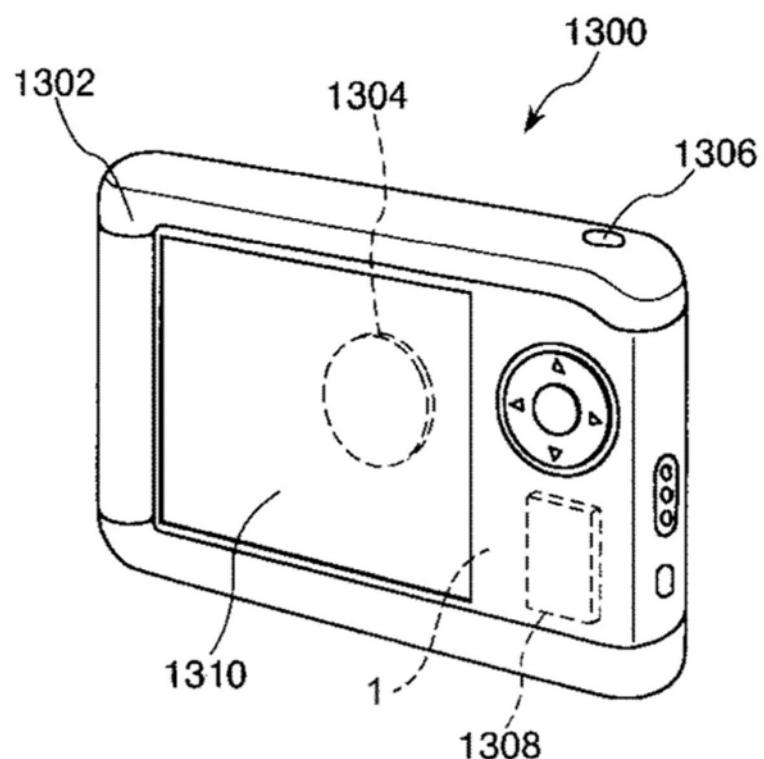


图23

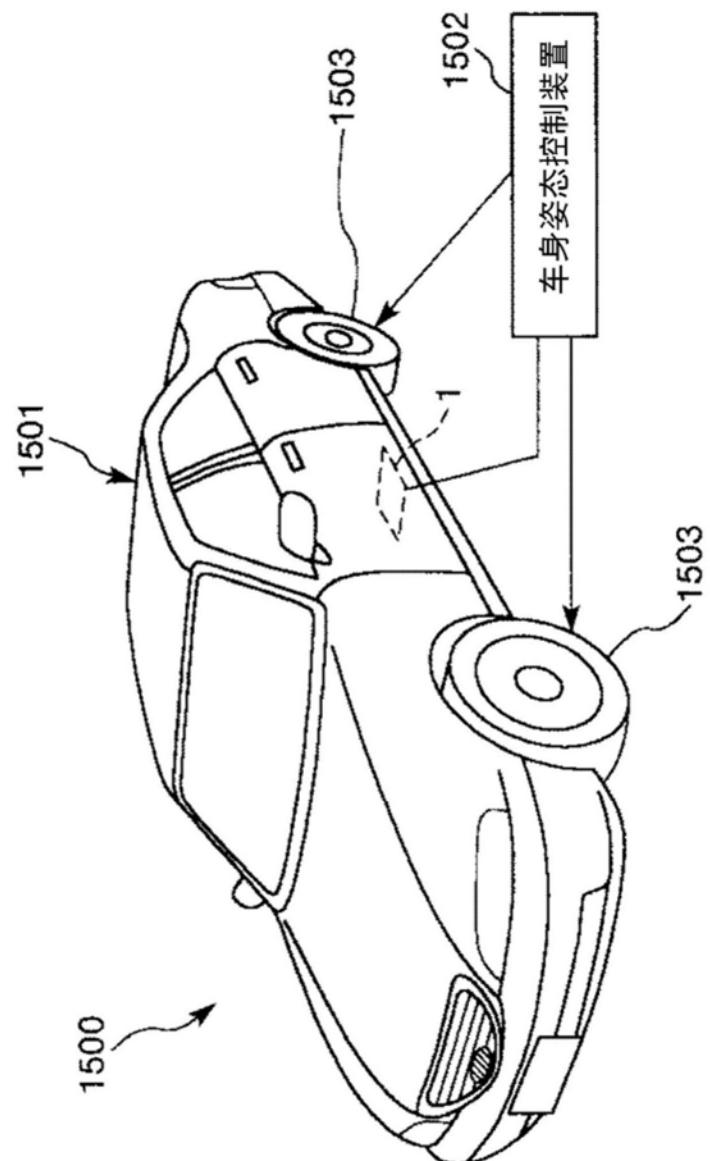


图24