



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104242858 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201410270270. 4

(22) 申请日 2014. 06. 17

(30) 优先权数据

2013-127980 2013. 06. 18 JP

(71) 申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 山田明法 岩本修

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 黄纶伟

(51) Int. Cl.

H03H 9/02 (2006. 01)

H03H 9/19 (2006. 01)

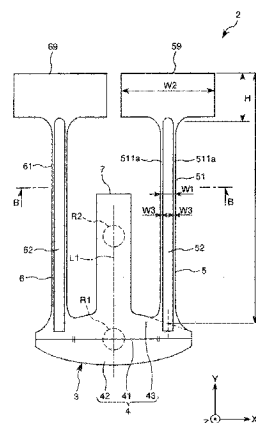
权利要求书2页 说明书15页 附图20页

(54) 发明名称

振动元件、振子、振荡器、电子设备以及移动体

(57) 摘要

本发明提供振动元件、振子、振荡器、电子设备以及移动体,能够降低安装到对象物的状态下的固定部件彼此间的接触。振动元件(2)包含:基部(4);一对振动臂(5、6),它们与基部(4)设置为一体,从基部(4)的前端沿Y轴方向延伸;以及保持臂(7),其与基部(4)设置为一体,位于振动臂(5、6)之间,从基部(4)的前端沿Y轴方向延伸,在基部(4)的一个主面上设置有第1固定部(R1),在保持臂(7)的一个主面上设置有第2固定部(R2),第1固定部(R1)以及第2固定部(R2)借助于固定部件固定在对象物上。



1. 一种振动元件,其特征在于,该振动元件包含:
基部;
一对振动臂,它们从所述基部的一个端部沿第1方向延伸,在与所述第1方向正交的第2方向上排列;以及
保持臂,其从所述基部延伸,
在所述基部的一个主面上设置有第1固定部,
在所述保持臂的一个主面上设置有第2固定部,
所述第1固定部以及所述第2固定部借助于固定部件安装在对象物上。
2. 根据权利要求1所述的振动元件,其特征在于,
所述保持臂从所述基部的所述一个端部沿所述第1方向延伸,配置在所述一对振动臂之间。
3. 根据权利要求2所述的振动元件,其特征在于,
所述保持臂在俯视时从所述基部的与所述一个端部相反的一侧的另一个端部延伸。
4. 根据权利要求3所述的振动元件,其特征在于,
所述保持臂包含:
从所述另一个端部沿所述第1方向延伸的第1部分;以及
从所述第1部分沿所述第2方向延伸的第2部分,
所述第2固定部被设置在所述第2部分。
5. 根据权利要求1~4中的任意一项所述的振动元件,其特征在于,
所述第1固定部在俯视时与通过所述一对振动臂之间的在所述第2方向上的中心的、沿着所述第1方向的假想直线相交。
6. 根据权利要求1~4中的任意一项所述的振动元件,其特征在于,
所述基部包含宽度缩小部,在俯视时,该宽度缩小部的沿着所述第2方向的长度随着沿所述第1方向远离所述第1固定部而连续或阶段性地减小。
7. 一种振动元件,其特征在于,该振动元件包含:
基部;
一对振动臂,它们从所述基部的一个端部沿第1方向延伸,在与所述第1方向正交的第2方向上排列;
第1保持臂,其从所述基部的所述一个端部沿所述第1方向延伸,配置在所述一对振动臂之间;以及
第2保持臂,其在俯视时从所述基部的与所述一个端部相反的一侧的另一个端部延伸,
在所述第1保持臂的一个主面上设置有第1固定部,
在所述第2保持臂的一个主面上设置有第2固定部,
所述第1固定部以及所述第2固定部借助于固定部件安装在对象物上。
8. 根据权利要求7所述的振动元件,其特征在于,
所述基部包含宽度缩小部,在俯视时,该宽度缩小部的沿着所述第2方向的长度随着沿所述第1方向远离所述第1固定部而连续或阶段性地减小。
9. 一种振子,其特征在于,该振子包含:

权利要求 1 至 4 中的任意一项所述的振动元件 ; 以及
收纳有所述振动元件的封装。

10. 一种振荡器, 其特征在于, 该振荡器具备 :

权利要求 1 至 4 中的任意一项所述的振动元件 ; 以及
振荡电路。

11. 一种电子设备, 其特征在于, 该电子设备具备权利要求 1 至 4 中的任意一项所述的
振动元件。

12. 一种移动体, 其特征在于, 该移动体具备权利要求 1 至 4 中的任意一项所述的振动
元件。

振动元件、振子、振荡器、电子设备以及移动体

技术领域

[0001] 本发明涉及振动元件、振子、振荡器、电子设备以及移动体。

背景技术

[0002] 一直以来,公知有使用了石英的振动元件。这样的振动元件由于频率温度特性优异,因此被广泛用作各种电子设备的基准频率源和振荡源等。

[0003] 专利文献 1 的图 1 记载的振动元件具有基部和从基部并排延伸的 1 对振动臂,通过设置在基部上的两个固定部经由导电性粘接材料固定到封装上。但是,在这样的结构中,伴随着振动元件的小型化,基部也随之小型化,所以,为了实现电气导通和固定而配置在基部上的两个固定部彼此接近,因而可能接触而发生短路。

[0004] 专利文献 2 记载的振动元件具有基部和从基部并排延伸的 1 对振动臂、从基部向 1 对振动臂之间延伸的保持臂,通过设置在保持臂上的两个固定部经由导电性粘接材料固定到封装上。但是,在这样的结构中,因为两个固定部的相隔距离短,所以导电性粘接材料可能彼此接触而发生短路。

[0005] 【专利文献 1】日本特开 2011-19159 号

[0006] 【专利文献 2】日本特开 2002-141770 号

[0007] 本发明提供能够降低安装到对象物的状态下的固定部件彼此间的接触的振动元件和具备该振动元件的振子、振荡器、电子设备以及移动体。

发明内容

[0008] 本发明正是为了解决上述课题中的至少一部分而完成的,可作为以下应用例来实现。

[0009] [应用例 1]

[0010] 本发明的振动元件的特征在于,该振动元件包含:基部;一对振动臂,它们从所述基部的一个端部沿第 1 方向延伸,在与所述第 1 方向正交的第 2 方向上排列;以及保持臂,其从所述基部延伸,在所述基部的一个主面上设置有第 1 固定部,在所述保持臂的一个主面上设置有第 2 固定部,所述第 1 固定部以及所述第 2 固定部借助于固定部件安装在对象物上。

[0011] 由此,成为能够降低安装到对象物的状态下的固定部件彼此间的接触的振动元件。此外,还成为也能够降低振动泄漏的振动元件。

[0012] [应用例 2]

[0013] 本发明的振动元件的特征是,所述保持臂从所述基部的所述一个端部沿所述第 1 方向延伸,配置在所述一对振动臂之间。

[0014] 由此,成为能够降低安装到对象物的状态下的固定部件彼此间的接触的振动元件。此外,还成为也能够降低振动泄漏的振动元件。

[0015] [应用例 3]

[0016] 本发明的振动元件的特征是,所述保持臂在俯视时从所述基部的与所述一个端部相反的一侧的另一个端部延伸。

[0017] 由此,成为能够降低安装到对象物的状态下的固定部件彼此间的接触的振动元件。此外,还成为也能够降低振动泄漏的振动元件。

[0018] [应用例 4]

[0019] 本发明的振动元件的特征是,所述保持臂包含从所述另一个端部沿所述第 1 方向延伸的第 1 部分;以及从所述第 1 部分沿所述第 2 方向延伸的第 2 部分,所述第 2 固定部被设置在所述第 2 部分。

[0020] 由此,成为能够降低安装到对象物的状态下的固定部件彼此间的接触的振动元件。此外,还成为也能够降低振动泄漏的振动元件。

[0021] [应用例 5]

[0022] 本发明的振动元件的特征是,所述第 1 固定部在俯视时与通过所述一对振动臂之间的在所述第 2 方向上的中心的、沿着所述第 1 方向的假想直线相交。

[0023] 这样的位置是基部中的振动小的位置。因此,通过在这样的位置上设置第 1 固定部,可成为进一步降低振动泄漏的振动元件。

[0024] [应用例 6]

[0025] 本发明的振动元件的特征是,所述基部包含宽度缩小部,在俯视时,该宽度缩小部的沿着所述第 2 方向的长度随着沿所述第 1 方向远离所述第 1 固定部而连续或阶段性地减小。

[0026] 由此,降低振动泄漏。

[0027] [应用例 7]

[0028] 本发明的振动元件的特征在于,该振动元件包含:基部;一对振动臂,它们从所述基部的一个端部沿第 1 方向延伸,在与所述第 1 方向正交的第 2 方向上排列;第 1 保持臂,其从所述基部的所述一个端部沿所述第 1 方向延伸,配置在所述一对振动臂之间;以及第 2 保持臂,其在俯视时从所述基部的与所述一个端部相反的一侧的另一个端部延伸,在所述第 1 保持臂的一个主面上设置有第 1 固定部,在所述第 2 保持臂的一个主面上设置有第 2 固定部,所述第 1 固定部以及所述第 2 固定部借助于固定部件安装在对象物上。

[0029] 由此,成为能够降低安装到对象物的状态下的固定部件彼此间的接触的振动元件。此外,还成为也能够降低振动泄漏的振动元件。

[0030] [应用例 8]

[0031] 本发明的振动元件的特征是,所述基部包含宽度缩小部,在俯视时,该宽度缩小部的沿着所述第 2 方向的长度随着沿所述第 1 方向远离所述第 1 固定部而连续或阶段性地减小。

[0032] 由此,降低振动泄漏。

[0033] [应用例 9]

[0034] 本发明的振子的特征是包含本发明的振动元件以及收纳有上述振动元件的封装。

[0035] 由此,能够获得具有高可靠性的振子。

[0036] [应用例 10]

[0037] 本发明的振荡器的特征是具备本发明的振动元件和振荡电路。

- [0038] 由此,能够获得具有高可靠性的振荡器。
- [0039] [应用例 11]
- [0040] 本发明的电子设备的特征是具备本发明的振动元件。
- [0041] 由此,能够获得具有高可靠性的电子设备。
- [0042] [应用例 12]
- [0043] 本发明的移动体的特征是具备本发明的振动元件。
- [0044] 由此,能够获得具有高可靠性的移动体。

附图说明

- [0045] 图 1 是本发明第 1 实施方式的振子的俯视图。
- [0046] 图 2 是图 1 中的 A-A 线剖视图。
- [0047] 图 3 是图 1 所示的振子具有的振动元件的俯视图。
- [0048] 图 4 是用于说明图 3 所示的振子的功能的俯视图。
- [0049] 图 5 是图 3 中的 B-B 线剖视图。
- [0050] 图 6 是图 3 所示的振动元件的背面图。
- [0051] 图 7 是对弯曲振动时的热传导进行说明的振动臂剖视图。
- [0052] 图 8 是示出弯曲振动模式的振动元件的 Q 值与 f/f_m 的关系的曲线图。
- [0053] 图 9 是本发明第 2 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。
- [0054] 图 10 是本发明第 3 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。
- [0055] 图 11 是本发明第 4 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。
- [0056] 图 12 是本发明第 5 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。
- [0057] 图 13 是本发明第 6 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。
- [0058] 图 14 是本发明第 7 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。
- [0059] 图 15 是本发明第 8 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。
- [0060] 图 16 是本发明第 9 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。
- [0061] 图 17 是示出本发明的振荡器的优选实施方式的剖视图。
- [0062] 图 18 是示出应用了具有本发明的振动元件的电子设备的移动型(或笔记本型)的个人计算机的结构立体图。
- [0063] 图 19 是示出应用了具有本发明的振动元件的电子设备的移动电话机(也包括 PHS)的结构立体图。
- [0064] 图 20 是示出应用了具有本发明的振动元件的电子设备的数字照相机的结构立体图。
- [0065] 图 21 是概略地示出作为本发明的移动体的一例的汽车的立体图。
- [0066] 标号说明
- [0067] 1 振子;11 第 1 导电性粘接材料;12 第 2 导电性粘接材料;2、2A、2B、2C、2D、2E、2F、2G、2H 振动元件;3 石英基板;4、4A 基部;41 主体部;42、43 宽度缩小部;5 振动臂(第 1 振动臂);51 臂部;511、512 主面;511a、512a 堤部;513、514 侧面;52、53 槽;59、69 锤头;6 振动臂(第 2 振动臂);61 臂部;613、614 侧面;62、63 槽;7、7B、7C、7D、7E 保持臂;70、70G、70H 保持臂(第 2 保持臂);71 宽度狭窄部;72 第 1 部分;73 第 2 部分;75 宽度狭窄部;76 第 1

部分 ;77 第 2 部分 ;781 分支部 ;782、783 连结臂 ;784、785 臂部 ;8 电极 ;81 第 1 连接电极 ;82 第 2 连接电极 ;84 第 1 驱动用电极 ;85 第 2 驱动用电极 ;9 封装 ;91 底座 ;911 凹部 ;92 盖 ;951、961 连接端子 ;953、963 外部端子 ;100 振荡器 ;110IC 芯片 ;120 内部端子 ;1100 个人计算机 ;1102 键盘 ;1104 主体部 ;1106 显示单元 ;1200 移动电话机 ;1202 操作按钮 ;1204 接听口 ;1206 通话口 ;1300 数字静态照相机 ;1302 壳体 ;1304 受光单元 ;1306 快门按钮 ;1308 存储器 ;1312 视频信号输出端子 ;1314 输入输出端子 ;1430 电视监视器 ;1440 个人计算机 ;1500 汽车 ;2000 显示部 ;L 全长 ;L1 直线 ;O 中心 ;R1 第 1 固定部 ;R2 第 2 固定部 ;S 收容空间 ;W1、W2、W3、W4、W5 宽度。

具体实施方式

[0068] 下面,根据附图所示的优选实施方式,对本发明的振动元件、振子、振荡器、电子设备以及移动体进行详细说明。

[0069] 1. 振子

[0070] 首先对本发明的振子进行说明。

[0071] < 第 1 实施方式 >

[0072] 图 1 是本发明第 1 实施方式的振子的俯视图。图 2 是图 1 中的 A-A 线剖视图。图 3 是图 1 所示的振子具有的振动元件的俯视图。图 4 是用于说明图 3 所示的振子的功能的俯视图。图 5 是图 3 中的 B-B 线剖视图。图 6 是图 3 所示的振动元件的背面图。图 7 是对弯曲振动时的热传导进行说明的振动臂剖视图。图 8 是示出 Q 值与 f/f_m 的关系的曲线图。另外,以下为了便于说明,如图 1 所示,设相互垂直的 3 个轴为 X 轴(石英的电气轴)、Y 轴(石英的机械轴)和 Z 轴(石英的光学轴)。另外,设图 2 中的上侧为“上(正)”,设下侧为“下(反)”。另外,设图 3 中的上侧为“前端”,设下侧为“基端”。

[0073] 如图 1 所示,振子 1 具有振动元件(本发明的振动元件)2 和收纳振动元件 2 的封装 9。

[0074] (封装)

[0075] 如图 1 以及图 2 所示,封装 9 具有:箱状的底座 91,其具有朝上表面敞开的凹部 911;以及以塞住凹部 911 的开口的方式与底座 91 接合的板状的盖 92。封装 9 具有通过由盖 92 塞住凹部 911 而形成的收容空间 S,在该收容空间 S 中气密地收容有振动元件 2。收容空间 S 内可以成为减压(优选为真空)状态,也可以封入氮、氦、氩等惰性气体。

[0076] 底座 91 的构成材料没有特别限定,可使用氧化铝等各种陶瓷。此外,盖 92 的构成材料没有特别限定,只要是线膨胀系数与底座 91 的构成材料近似的部件即可。例如,在底座 91 的构成材料采用上述的陶瓷的情况下,优选采用铁镍钴合金等合金。此外,对底座 91 与盖 92 的接合没有特别限定,例如,可借助于金属化层进行接合。

[0077] 另外,在底座 91 的凹部 911 的底面形成有连接端子 951、961。并且,在连接端子 951 上设置有第 1 导电性粘接材料(固定部件)11,在连接端子 961 上设置有第 2 导电性粘接材料(固定部件)12。并且,借助于第 1 导电性粘接材料 11、第 2 导电性粘接材料 12 将振动元件 2 固定到底座 91 上。此外,第 1 导电性粘接材料 11、第 2 导电性粘接材料 12 只要具有导电性以及粘接性/接合性,则没有特别限定,例如,可采用在硅类、环氧类、丙烯酸类、聚酰亚胺类、双马来酰亚胺类、聚酯类、聚氨酯类等树脂中混合银粒子等导电性填充剂

而得到的导电性粘接材料、Au 等金属材料。

[0078] 此外,连接端子 951 经由贯通底座 91 的贯通电极(未图示)与设置于底座 91 的下表面的外部端子 953 电连接,同样连接端子 961 经由贯通底座 91 的贯通电极(未图示)与设置于底座 91 的下表面的外部端子 963 电连接。连接端子 951、961、贯通电极 953、963 和上述贯通电极的结构只要分别具有导电性,则没有特别限定,例如能够由金属覆膜构成,该金属覆膜是在 Cr(铬)、Ni(镍)、W(钨)等的基底层上层叠 Au(金)、Ag(银)、Cu(铜)等的覆膜而形成的。

[0079] (振动元件)

[0080] 如图 3 至图 5 所示,振动元件 2 具有石英基板 3 和形成在石英基板 3 上的电极 8。

[0081] 石英基板 3 由 Z 切石英板构成。Z 切石英板是以 Z 轴为厚度方向的石英基板。另外,优选 Z 轴与石英基板 3 的厚度方向一致,但是,从减小常温附近的频率温度变化的观点出发,可以相对于厚度方向稍微(例如,小于 15° 的程度)倾斜。

[0082] 即,在设由所述石英的作为电气轴的 X 轴、作为机械轴的 Y 轴和作为光学轴的 Z 轴构成的正交坐标系的所述 X 轴为旋转轴、设使所述 Z 轴以 +Z 侧朝所述 Y 轴的 -Y 方向旋转的方式倾斜后的轴为 Z' 轴、使所述 Y 轴以 +Y 侧朝所述 Z 轴的 +Z 方向旋转的方式倾斜后的轴为 Y' 轴时,沿着 Z' 轴的方向为石英基板 3 的厚度方向,包含 X 轴和 Y' 轴的面积为石英基板 3 的主面。

[0083] 另外,石英基板 3 的厚度 D 没有特别限定,优选小于 $70\mu\text{m}$ 。通过设为这样的数值范围,例如在通过湿蚀刻形成(构图)石英基板 3 的情况下,能够有效地防止在振动臂 5 与基部 4 的边界部以及后述的臂部 51 与作为施重部的锤头 59 的边界部等残留不需要部分(本来应去除的部分)。因此,能够实现可有效地减少振动泄漏的振动元件 2。从不同的观点出发,厚度 D 优选为 $70\mu\text{m}$ 以上、 $300\mu\text{m}$ 以下左右,更优选为 $100\mu\text{m}$ 以上、 $150\mu\text{m}$ 以下。通过设为这样的数值范围,能够在振动臂 5、6 的侧面较宽地形成下述的第 1 驱动用电极 84、第 2 驱动用电极 85,因此能够降低 CI 值。

[0084] 如图 3 所示,石英基板 3 具备基部 4、从基部 4 的前端(一个端部)向 +Y 轴方向(第 1 方向)延伸的一对振动臂(第 1、第 2 振动臂)5、6 和从基部 4 的前端向 +Y 轴方向延伸的保持臂 7。从石英基板 3 上一体地形成这些基部 4、振动臂 5、6 以及保持臂 7。

[0085] 基部 4 呈大致板状,在 XY 平面上扩展,在 Z 轴方向上具有厚度。基部 4 具有:支承/连结振动臂 5、6 的部分(主体部 41);以及减少振动泄漏的宽度缩小部 42、43。

[0086] 宽度缩小部 42 设置于主体部 41 的基端侧(振动臂 5、6 延伸的一侧的相反侧)。此外,宽度缩小部 42 的宽度(沿着 X 轴方向的长度)随着从振动臂 5、6 远离而逐渐减小。通过具有这样的宽度缩小部 42,能够有效地抑制振动元件 2 的振动泄漏。

[0087] 具体说明如下。为了简单说明,将振动元件 2 的形状设为关于与 Y 轴平行的规定的轴对称。

[0088] 首先,如图 4(a) 所示,说明未设置宽度缩小部 42 的情况。如下所述,在振动臂 5、6 以相互远离的方式进行弯曲变形的情况下,在连接有振动臂 5 的附近的主体部 41 中,如箭头所示,产生接近顺时针方向的旋转运动的位移,在连接有振动臂 6 的附近的主体部 41 中,如箭头所示,产生接近逆时针方向的旋转运动的位移(严格地说,不是能够称作旋转运动的运动,因此方便地称为“接近旋转运动”)。这些位移的 X 轴方向分量相互朝向相反方向,

因此在主体部 41 的 X 轴方向中央部抵消,+Y 轴方向的位移残留(严格地说,还残留 Z 轴方向的位移,此处进行省略)。即,主体部 41 进行 X 轴方向中央部朝 +Y 轴方向位移那样的弯曲变形。如果在具有该 +Y 轴方向的位移的主体部 41 的 Y 轴方向中央部形成粘接材料并借助于粘接材料固定到封装,则伴随 +Y 轴方向位移的弹性能量经由粘接材料泄漏到外部。其是被称作振动泄漏的损耗,是 Q 值劣化的原因,结果导致 CI 值劣化。

[0089] 与此相对,如图 4(b) 所示,在设置有宽度缩小部 42 的情况下,宽度缩小部 42 具有弓形(曲线状)的轮廓,因此上述接近旋转运动的位移在宽度缩小部 42 中相互阻挡。即,在宽度缩小部 42 的 X 轴方向中央部,与主体部 41 的 X 轴方向中央部同样,X 轴方向的位移被抵消,并且抑制了 Y 轴方向的位移。而且,由于宽度缩小部 42 的轮廓是弓形,因此还抑制要在主体部 41 中产生的 +Y 轴方向的位移。其结果,设置有宽度缩小部 42 的情况下的基部 4 的 X 轴方向中央部的 +Y 轴方向的位移远远小于未设置宽度缩小部 42 的情况。即,能够得到振动泄漏小的振动元件。

[0090] 另一方面,宽度缩小部 43 设置于主体部 41 的前端侧(振动臂 5、6 延伸的一侧)。此外,宽度缩小部 43 的宽度(沿着 X 轴方向的长度)向 +Y 轴方向逐渐减小。通过具有这样的宽度缩小部 43,能够有效地抑制振动元件 2 的振动泄漏。宽度缩小部 43 位于主体部 41 与保持臂 7 之间,由此,振动臂 5、6 的振动不易经由基部 4 传递至保持臂 7,能够有效地抑制振动泄漏。具体地说,如上所述,振动臂 5、6 的振动主要通过宽度缩小部 42 进行抵消(缓和/吸收),但存在宽度缩小部 43 未完全抵消的振动向保持臂 7 传递的情况(参照图 4(b))。在这样的情况下,可利用宽度缩小部 43 缓和并吸收该振动,所以能够更有效地降低振动泄漏。

[0091] 另外,在本实施方式中,宽度缩小部 42、43 的轮廓呈弓形,但只要呈现上述那样的作用,则不限于此。例如,也可以是轮廓通过多个直线形成为阶梯状的宽度缩小部。即,可以是宽度缩小部的沿着 X 轴方向(第 2 方向)的宽度阶段性地减小的构造。

[0092] 振动臂 5、6 以在 X 轴方向(第 2 方向)上排列且相互平行的方式从基部 4 的前端起朝 +Y 轴方向(第 1 方向)延伸。振动臂 5、6 分别呈长条形状,它们的基端为固定端,前端为自由端。

[0093] 此外,振动臂 5、6 分别具有臂部 51、61、以及设置于臂部 51、61 的前端的作为施重部的锤头 59、69。此外,振动臂 5、6 为彼此相同的结构,因此,以下,以振动臂 5 为代表进行说明,省略振动臂 6 的说明。

[0094] 如图 5 所示,臂部 51 具有:由 XY 平面构成的一对主面 511、512;以及由 YZ 平面构成且连接一对主面 511、512 的一对侧面 513、514。此外,臂部 51 具有朝主面 511 敞开的有底的槽 52、和朝主面 512 敞开的有底的槽 53。各槽 52、53 在 Y 轴方向上延伸,前端延伸至锤头 59,基端延伸至基部 4。这样,当各个槽 52、53 的前端延伸到锤头 59 时,各槽 52、53 的前端周边的应力集中得到缓和,降低在施加冲击时产生的弯折和缺损的可能性。此外,当各槽 52、53 的基端延伸至基部 4 时,振动臂 5 与基部 4 的边界部周边的应力集中得到缓和。因此,例如,降低在施加冲击时产生的弯折和缺损的可能性。

[0095] 槽 52、53 的深度没有特别限定,但在设槽 52 的深度为 D1、槽 53 的深度为 D2(在本实施方式中,D1 = D2) 时,优选满足 $60\% \leq (D1+D2)/D \leq 95\%$ 的关系。通过满足这样的关系,热移动路径变长,因此在绝热的区域(之后将详细叙述)中能够更有效地实现热弹性损

耗的减少。

[0096] 另外,优选以振动臂 5 的截面重心与振动臂 5 的截面形状的中心一致的方式,相对于振动臂 5 的位置在 X 轴方向上调整槽 52、53 的位置而形成槽 52、53。由此,减少振动臂 5 的不必要振动(具体而言,是具有面外方向分量的倾斜振动),因此能够减少振动泄漏。此外,该情况下,能够减少还驱动出多余振动的情况,因此驱动区域相对增大且能够减小 CI 值。

[0097] 此外,在设主面 511 的位于槽 52 的 X 轴方向两侧的堤部(沿着与振动臂的长度方向垂直的宽度方向夹着槽 52 而排列的主面)511a 和主面 512 的位于槽 53 的 X 轴方向两侧的堤部 512a 的宽度(X 轴方向的长度)为 $W3$ 时,优选满足 $0\mu\text{m} < W3 \leq 20\mu\text{m}$ 的关系。由此,振动元件 2 的 CI 值足够低。在上述数值范围中,还优选满足 $5\mu\text{m} < W3 \leq 9\mu\text{m}$ 的关系。由此,能够实现上述效果,并且减少热弹性损耗。此外,还优选满足 $0\mu\text{m} < W3 \leq 5\mu\text{m}$ 的关系。由此,能够进一步降低振动元件 2 的 CI 值。

[0098] 锤头 59 在俯视时是以 X 轴方向为长边的大致矩形。锤头 59 的宽度(X 轴方向的长度)比臂部 51 宽,从臂部 51 向 X 轴方向的两侧突出。通过将锤头 59 设为这样的结构,能够抑制振动臂 5 的全长 L 并且提高锤头 59 的质量。换言之,在振动臂 5 的全长 L 恒定的情况下,能够在不损坏锤头 59 的质量效应的情况下尽量确保较长的臂部 51。因此,为了得到期望的谐振频率(例如 32.768kHz),能够增大振动臂 5 的宽度。其结果,后述的热移动路径变长且热弹性损耗减少,从而 Q 值提高。

[0099] 此外,也可以使锤头 59 的 X 轴方向中心稍微偏离振动臂 5 的 X 轴方向中心。由此,能够减少在弯曲振动时由于振动臂 5 扭转而产生的基部 4 的 Z 轴方向的振动,因此能够抑制振动泄漏。

[0100] 另外,在设振动臂 5 的全长(Y 轴方向的长度)为 L 、锤头 59 的长度(Y 轴方向的长度)为 H 时,振动臂 5 优选满足 $1.2\% < H/L < 30.0\%$ 的关系,更优选满足 $4.6\% < H/L < 22.3\%$ 的关系。通过满足这样的数值范围,能够将振动元件 2 的 CI 值抑制得较低,因此成为振动损耗少、且具有优异的振动特性的振动元件 2。此处,在本实施方式中,将振动臂 5 的基端设定在如下线段的位于振动臂 5 的宽度(X 轴方向的长度)中心的部位,该线段连结侧面 514 与基部 4 连接的部位、和侧面 513 与基部 4 连接的部位。另外,将锤头 59 的基端设定在设置于臂部 51 的前端部的锥形部中的、宽度为臂部 51 的宽度的 1.5 倍的位置。

[0101] 此外,在设臂部 51 的宽度(X 轴方向的长度)为 $W1$ 、锤头 59 的宽度(X 轴方向的长度)为 $W2$ 时,优选满足 $1.5 \leq W2/W1 \leq 10.0$ 的关系,更优选满足 $1.6 \leq W2/W1 \leq 7.0$ 的关系。能够通过满足这种数值范围,确保锤头 59 的较宽的宽度。因此,即使锤头 59 的长度 H 如上述那样较短,也能够充分发挥锤头 59 的质量效应。

[0102] 另外,通过设为 $L \leq 2\text{mm}$ 、优选设为 $L \leq 1\text{mm}$,能够得到在安装于便携型音乐设备或 IC 卡那样的设备中的振荡器所使用的小型振动元件。此外,通过设为 $W1 \leq 100\mu\text{m}$ 、优选设为 $W1 \leq 50\mu\text{m}$,在上述 L 的范围中,也能够得到在实现低功耗的振荡电路中使用的、低频地进行谐振的振动元件。此外,如果是绝热的区域,则如本实施方式那样在振动臂 5、6 在石英 Z 板中沿 Y 方向延伸、且在 X 方向上进行弯曲振动的情况下,优选 $W1 \geq 12.8\mu\text{m}$,在振动臂 5、6 在石英 Z 板中沿 X 方向延伸、且在 Y 方向上进行弯曲振动的情况下,优选 $W1 \geq 14.4\mu\text{m}$,在振动臂 5、6 在石英 X 板中沿 Y 方向延伸、且在 Z 方向上进行弯曲振动的情况下,优选

$W1 \geq 15.9 \mu m$ 。由此,能够可靠地设为绝热的区域,因此通过形成槽 52、53、62、63,热弹性损耗减少且 Q 值提高,并且在形成有槽 52、53、62、63 的区域中进行驱动,由此(电场效率高、且获得驱动面积的)CI 值降低。

[0103] 另外,作为施重部的锤头 59、69 是沿着 X 轴方向的长度比臂部 51、61 大的宽幅部,但不限于此,只要每个单位长度的质量密度比臂部 51、61 大即可。例如,施重部也可以是如下结构:与臂部 51、61 的沿着 X 轴方向的长度相同,并且沿着 Z 轴方向的厚度比臂部厚。此外,施重部还可以通过与施重部相应的臂部 51、61 的表面较厚地设置 Au 等金属而构成。而且,施重部还可以由质量密度比臂部 51、61 高的物质构成。

[0104] 保持臂 7 位于振动臂 5、6 之间,从基部 4 的前端向 +Y 轴方向延伸。另外,保持臂 7 的前端相对于锤头 59、69 的基端位于基部 4 侧。由此,能够使振动臂 5、6 相互接近,所以可实现振动元件 2 的小型化。

[0105] 以上,说明了石英基板 3 的外形。如图 2、图 3 以及图 6 所示,这样的石英基板 3 具有第 1 固定部 R1 和第 2 固定部 R2,利用这些第 1 固定部 R1、第 2 固定部 R2 借助于作为固定部件的导电性粘接材料 11、12 安装到对象物即底座 91(封装 9)上。

[0106] 第 1 固定部 R1 在基部 4 的一个主面(-Z 轴侧的面),设置在主体部 41 的 X 轴方向中央部。换言之,第 1 固定部 R1(尤其第 1 固定部 R1 的中心)在俯视时与基部 4 的宽度方向的中心 O(换言之,振动臂 5、6 间的中央点)相交并位于与 Y 轴平行的直线 L1 上。如上所述,该位置是振动臂 5、6 的振动相互抵消而振动较小的位置。因此,可通过在该位置设置第 1 固定部 R1,有效降低经由导电性粘接材料 11 的振动泄漏。特别优选的是,第 1 固定部 R1 在基部 4 中位于主体部 41 上。

[0107] 第 2 固定部 R2 设置在保持臂 7 的一个主面(-Z 轴侧的面)上。如上所述,由于基部 4 的宽度缩小部 42、43,使得振动臂 5、6 的振动不易传到保持臂 7。因此,可通过在这样的保持臂 7 上设置第 2 固定部 R2 来有效降低经由导电性粘接材料 12 的振动泄漏。特别优选的是,第 2 固定部 R2 与第 1 固定部 R1 在 Y 轴方向上排列地设置。即,优选在直线 L1 上设置第 2 固定部 R2(尤其第 2 固定部 R2 的中心)。这样,可通过沿着直线 L1 排列地设置第 1 固定部 R1、第 2 固定部 R2,将振动元件 2 平衡地固定在底座 91 上。此外,连结第 1 固定部 R1 的中心和第 2 固定部 R2 的中心的线段与振动元件 2 的重心在俯视时的距离优选是,通过振动臂 5 的宽度(X 轴方向长度)中心而平行于 Y 轴的中心线与通过振动臂 6 的宽度中心而平行于 Y 轴的中心线的距离的一半以下。由此,能够更平衡地将振动元件 2 固定在底座 91 上。

[0108] 如本实施方式那样,通过在基部 4 的直线 L1 上设置第 1 固定部 R1 并在保持臂 7 上设置第 2 固定部 R2,第 1 固定部 R1、第 2 固定部 R2 都被设置在振动小的区域,结果,成为振动泄漏少的振子 1。另外,能够使第 1 固定部 R1 与第 2 固定部 R2 充分分离地配置,所以能够防止导电性粘接材料 11、12 的接触(短路)。此外,第 1 固定部 R1、第 2 固定部 R2 的相隔距离没有特别限定,例如优选是 $50 \mu m$ 以上,更优选是 $100 \mu m$ 以上。由此,能够更有效地防止导电性粘接材料 11、12 的接触。

[0109] 另外,第 1 固定部 R1 的杨氏模量优选小于第 2 固定部 R2 的杨氏模量。由此,能够使 X 同相模式(不需要振动模式)的共振频率远离 X 反相模式(主模式)的共振频率。

[0110] 电极 8 具有第 1 驱动用电极 84、第 2 驱动用电极 85、与第 1 驱动用电极 84 连接的

第 1 连接电极 81、与第 2 驱动用电极 85 连接的第 2 连接电极 82。

[0111] 如图 5 所示,在振动臂 5 上形成有一对第 1 驱动用电极 84 和一对第 2 驱动用电极 85。此外,第 1 驱动用电极 84 的一方形形成于槽 52 的侧面,另一方形形成于槽 53 的侧面。此外,第 2 驱动用电极 85 的一方形形成于侧面 513,另一方形形成于侧面 514。同样,在振动臂 6 上也形成有一对第 1 驱动用电极 84 和一对第 2 驱动用电极 85。第 1 驱动用电极 84 的一方形形成于侧面 613,另一方形形成于侧面 614。此外,第 2 驱动用电极 85 的一方形形成于槽 62 的侧面,另一方形形成于槽 63 的侧面。

[0112] 另外,如图 6 所示,第 1 连接电极 81 设置于第 1 固定部 R1,借助于未图示的布线与各第 1 驱动用电极 84 电连接。另外,第 2 连接电极 82 设置于第 2 固定部 R2,借助于未图示的布线与各第 2 驱动用电极 85 电连接。因此,第 1 连接电极 81 借助于导电性粘接材料 11 与连接端子 951 电连接,第 2 连接电极 82 借助于导电性粘接材料 12 与连接端子 961 电连接。当在第 1 连接电极 81、第 2 连接电极 82 之间施加交变电压时,振动臂 5、6 以在大致面内相互交替地反复接近和分离的方式在面内方向(X 轴方向)上以规定的频率进行振动。即,振动臂 5、6 以所谓 X 反相模式进行振动。

[0113] 第 1 驱动用电极 84、第 2 驱动用电极 85 以及第 1 连接电极 81、第 2 连接电极 82 的结构没有特别限定,但能够由金(Au)、金合金、铂(Pt)、铝(Al)、铝合金、银(Ag)、银合金、铬(Cr)、铬合金、镍(Ni)、镍合金、铜(Cu)、钼(Mo)、铌(Nb)、钨(W)、铁(Fe)、钛(Ti)、钴(Co)、锌(Zn)、锆(Zr)等金属材料以及氧化铟锡(ITO)等导电材料形成。

[0114] 作为第 1 驱动用电极 84、第 2 驱动用电极 85 以及第 1 连接电极 81、第 2 连接电极 82 的具体结构,例如可以是在 $700\text{\AA}$ 以下的 Cr 层上形成 $700\text{\AA}$ 以下的 Au 层而成的结构。特别是 Cr 和 Au 的热弹性损耗较大,因此 Cr 层、Au 层优选设为 $200\text{\AA}$ 以下。此外,在提高绝缘损坏耐性的情况下,Cr 层、Au 层优选为 $1000\text{\AA}$ 以上。并且,Ni 与石英的热膨胀系数接近,因此通过替代 Cr 层而将 Ni 层设为基底,能够得到减少由于电极引起的热应力、且长期可靠性(老化特性)良好的振动元件。

[0115] 以上,对振动元件 2 进行了说明。如上所述,在振动元件 2 中,通过在振动臂 5、6 上设置槽 52、53、62、63,实现了热弹性损耗的减少。以下关于该情况,以振动臂 5 为例具体进行说明。

[0116] 如上所述,振动臂 5 通过在第 1 驱动用电极 84、第 2 驱动用电极 85 之间施加交变电压而在大致面内方向进行弯曲振动。如图 7 所示,在该弯曲振动时,当臂部 51 的侧面 513 收缩时,侧面 514 拉伸,相反,当臂部 51 的侧面 513 拉伸时,侧面 514 收缩。在振动臂 5 不产生 Gough-Joule 效应的(能量弹性相对于熵弹性是支配性的)情况下,侧面 513、514 中的进行收缩的面侧的温度上升,进行拉伸的面侧的温度下降。因此在侧面 513 与侧面 514 之间、即臂部 51 的内部产生温度差。由于基于该温度差产生的热传导,产生振动能量的损耗,由此振动元件 2 的 Q 值降低。把这样的 Q 值降低也称作热弹性效应,把热弹性效应造成的能量损耗也称作热弹性损耗。

[0117] 在振动元件 2 这种结构的以弯曲振动模式进行振动的振动元件中,在振动臂 5 的弯曲振动频率(机械的弯曲振动频率)f发生变化的情况下,当振动臂 5 的弯曲振动频率与热弛豫频率 f_m 一致时,Q 值最小。该热弛豫频率 f_m 能够用 $f_m = 1/(2\pi\tau)$ 求出(其中,

式中的 π 是圆周率, 如果将 e 设为纳皮尔数, 则 τ 是温度差由于热传导而成为 e^{-1} 倍所需的弛豫时间)。

[0118] 此外, 如果将平板构造 (截面形状是矩形的构造) 的热弛豫频率设为 f_{m0} , 则 f_{m0} 能够用下式求出。

$$[0119] \quad f_m() = \pi k / (2 \rho C_p a^2) \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

[0120] 另外, π 是圆周率、 k 是振动臂 5 的振动方向 (X 轴方向) 的导热率、 ρ 是振动臂 5 的质量密度、 C_p 是振动臂 5 的热容、 a 是振动臂 5 的振动方向的宽度。在式 (1) 的导热率 k 、质量密度 ρ 、热容 C_p 中输入了振动臂 5 的材料自身 (即石英) 的常数的情况下, 求出的热弛豫频率 f_{m0} 成为在振动臂 5 中未设置槽 52、53 的情况下的值。

[0121] 在振动臂 5 中, 以位于侧面 513、514 之间的方式形成有槽 52、53。因此, 以在槽 52、53 中迂回的方式形成热移动路径, 热移动路径比侧面 513、514 间的直线距离 (最短距离) 长, 该热移动路径用于使在振动臂 5 的弯曲振动时产生的侧面 513、514 的温度差通过热传导而达到温度平衡。因此, 与在振动臂 5 上未设置槽 52、53 的情况相比, 弛豫时间 τ 变长, 热弛豫频率 f_m 降低。

[0122] 图 8 是表示弯曲振动模式的振动元件的 Q 值的 f/f_m 依存性的曲线图。在该图中, 虚线表示的曲线 F1 示出了如振动元件 2 那样在振动臂上形成有槽的情况, 实线表示的曲线 F2 示出了在振动臂上未形成槽的情况。如该图所示, 曲线 F1、F2 的形状不变, 但伴随上述那样的热弛豫频率 f_m 的降低, 曲线 F1 相对于曲线 F2 向频率降低方向移动。因此, 如果设如振动元件 2 那样在振动臂上形成有槽的情况下的热弛豫频率为 f_{m1} , 则通过满足下式 (2), 在振动臂上形成有槽的振动元件的 Q 值始终高于在振动臂上未形成槽的振动元件的 Q 值。

$$[0123] \quad f > \sqrt{f_{m0} f_{m1}} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

[0124] 而且, 如果限定为 $f/f_{m0} > 1$ 的关系, 则能够得到更高的 Q 值。

[0125] 另外, 在图 8 中, 将 $f/f_m < 1$ 的区域也称作等温的区域, 在该等温的区域中, 随着 f/f_m 减小, Q 值增高。这是因为随着振动臂的机械的频率降低 (振动臂的振动变慢), 难以产生上述那样的振动臂内的温度差。因此, 在使 f/f_m 无限接近 0 (零) 时的极限下, 成为等温准静态操作, 热弹性损耗无限地接近 0 (零)。另一方面, 将 $f/f_m > 1$ 的区域也称作绝热的区域, 在该绝热的区域中, 随着 f/f_m 增大, Q 值增高。这是因为, 随着振动臂的机械的频率增高, 各侧面的温度上升 / 温度效应的切换速度变快, 不存在产生上述那样的热传导的时间。因此, 在使 f/f_m 无限增大时的极限下, 成为绝热操作, 热弹性损耗无限地接近 0 (零)。因此, 满足 $f/f_m > 1$ 的关系也可以说是 f/f_m 处于绝热的区域。

[0126] 这里, 第 1 驱动用电极 84、第 2 驱动用电极 85 的构成材料 (金属材料) 的导热率比作为振动臂 5、6 的构成材料的石英高, 因此, 在振动臂 5 中, 积极地进行经由第 1 驱动用电极 84 的热传导, 在振动臂 6 中, 积极地进行经由第 2 驱动用电极 85 的热传导。在积极地进行这样的经由第 1 驱动用电极 84、第 2 驱动用电极 85 的热传导时, 弛豫时间 τ 缩短。因此, 如图 5 所示, 在振动臂 5 中, 在槽 52、53 的底面将第 1 驱动用电极 84 分割为侧面 513 侧和侧面 514 侧, 在振动臂 6 中, 在槽 62、63 的底面将第 2 驱动用电极 85 分割为侧面 613 侧和侧面 614 侧, 减少上述的热传导。其结果, 能够得到防止弛豫时间 τ 缩短、且具有更高的 Q 值的振动元件 2。

[0127] < 第 2 实施方式 >

[0128] 接着,说明本发明的振子的第 2 实施方式。

[0129] 图 9 是本发明第 2 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。

[0130] 以下,关于第 2 实施方式的振子,以与上述第 1 实施方式的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0131] 本发明第 2 实施方式的振子除了振动元件的结构不同以外,其他与上述第 1 实施方式相同。另外,对与上述第 1 实施方式相同的结构标注相同标号。

[0132] 如图 9 所示,振动元件 2A 的基部 4A 从上述第 1 实施方式的基部 4 中省略了宽度缩小部 42、43,仅由主体部 41 构成。通过采用这样的结构,例如与上述第 1 实施方式的振动元件 2 相比,能够缩短振动元件的全长。

[0133] 通过这种第 2 实施方式,也能够起到与上述第 1 实施方式同样的效果。

[0134] < 第 3 实施方式 >

[0135] 接着,说明本发明的振子的第 3 实施方式。

[0136] 图 10 是本发明第 3 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。

[0137] 以下,关于第 3 实施方式的振子,以与上述第 1 实施方式的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0138] 本发明第 3 实施方式的振子除了振动元件的结构不同以外,其他与上述第 1 实施方式相同。另外,对与上述第 1 实施方式相同的结构标注相同标号。

[0139] 如图 10 所示,振动元件 2B 的保持臂 7B 在其基端部具有宽度(X 轴方向的长度)比前端侧窄的宽度狭窄部 71。并且,第 2 固定部 R2 设置在保持臂 7B 的相对于宽度狭窄部 71 位于前端侧的区域内。通过具有宽度狭窄部 71,能够使 X 同相模式(不需要振动模式)的共振频率远离 X 反相模式(主模式)的共振频率。因此,能够降低在主模式的振动中混合不需要振动,振动元件 2B 能够发挥良好的振动特性。宽度狭窄部 71 的宽度 W5 虽然没有特别限定,但更优选是前端侧部分的宽度 W4 的 20% 以上、50% 以下。由此,使上述的效果进一步提高,并且基部 4 的振动更不易传到保持臂 7B。

[0140] 另外,第 1 固定部 R1 的杨氏模量优选小于第 2 固定部 R2 的杨氏模量。由此,能够使 X 同相模式(不需要振动模式)的共振频率远离 X 反相模式(主模式)的共振频率。

[0141] 通过这种第 3 实施方式,也能够起到与上述第 1 实施方式同样的效果。

[0142] < 第 4 实施方式 >

[0143] 接着,说明本发明的振子的第 4 实施方式。

[0144] 图 11 是本发明第 4 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。

[0145] 以下,关于第 4 实施方式的振子,以与上述第 1 实施方式的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0146] 本发明第 4 实施方式的振子除了振动元件的结构不同以外,其他与上述第 1 实施方式相同。另外,对与上述第 1 实施方式相同的结构标注相同标号。

[0147] 如图 11 所示,振动元件 2C 的保持臂 7C 从基部 4 的基端(另一个端部)向 -Y 轴方向延伸。第 2 固定部 R2 设置在该保持臂 7 的一个主面(-Z 轴侧的面)上。

[0148] 此处,第 1 固定部 R1 的杨氏模量优选小于第 2 固定部 R2 的杨氏模量。由此,能够使 X 同相模式(不需要振动模式)的共振频率远离 X 反相模式(主模式)的共振频率。

[0149] 通过这种第 4 实施方式,也能够起到与上述第 1 实施方式同样的效果。

[0150] < 第 5 实施方式 >

[0151] 接着,说明本发明的振子的第 5 实施方式。

[0152] 图 12 是本发明第 5 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。

[0153] 以下,关于第 5 实施方式的振子,以与上述第 1 实施方式的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0154] 本发明第 5 实施方式的振子除了振动元件的结构不同以外,其他与上述第 1 实施方式相同。另外,对与上述第 1 实施方式相同的结构标注相同标号。

[0155] 如图 12 所示,振动元件 2D 的保持臂 7D 从基部 4 的基端(另一个端部)向 -Y 轴方向延伸。另外,保持臂 7D 在基部 4 侧的端部具有宽度(X 轴方向的长度)比基端侧窄的宽度狭窄部 75。并且,第 2 固定部 R2 设置在保持臂 7D 的相对于宽度狭窄部 75 位于基端侧的区域。通过具有宽度狭窄部 75,使 X 同相模式(不需要振动模式)的共振频率远离 X 反相模式(主模式)的共振频率。因此,能够减少在主模式的振动中混合不需要振动的情况,振动元件 2D 能够发挥良好的振动特性。

[0156] 另外,第 1 固定部 R1 的杨氏模量优选小于第 2 固定部 R2 的杨氏模量。由此,能够使 X 同相模式(不需要振动模式)的共振频率远离 X 反相模式(主模式)的共振频率。

[0157] 通过这种第 5 实施方式,也能够起到与上述第 1 实施方式同样的效果。

[0158] < 第 6 实施方式 >

[0159] 接着,说明本发明的振子的第 6 实施方式。

[0160] 图 13 是本发明第 6 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。

[0161] 以下,关于第 6 实施方式的振子,以与上述第 1 实施方式的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0162] 本发明第 6 实施方式的振子除了振动元件的结构不同以外,其他与上述第 1 实施方式相同。另外,对与上述第 1 实施方式相同的结构标注相同标号。

[0163] 如图 13 所示,振动元件 2E 的保持臂 7E 具有从基部 4 的基端朝 -Y 轴方向延伸的第 1 部分 72 和从第 1 部分 72 朝 X 轴方向延伸的第 2 部分 73。并且,第 2 固定部 R2 设置在第 2 部分 73 的一个主面(-Z 轴侧的主面)上。通过使保持臂 7E 成为这样的结构,例如与上述第 4、第 5 实施方式相比,能够在振动元件 2E 的 Y 轴方向的全长不变长的情况下增大基部 4(第 1 固定部 R1)与第 2 固定部 R2 的相隔距离。因此,能够使第 1 固定部 R1、第 2 固定部 R2 进一步分离,并且能够进一步减少从基部 4 向第 2 固定部 R2 传递振动。

[0164] 另外,第 1 固定部 R1 的杨氏模量优选小于第 2 固定部 R2 的杨氏模量。由此,能够使 X 同相模式(不需要振动模式)的共振频率远离 X 反相模式(主模式)的共振频率。

[0165] 通过这种第 6 实施方式,也能够起到与上述第 1 实施方式同样的效果。

[0166] < 第 7 实施方式 >

[0167] 接着,说明本发明的振子的第 7 实施方式。

[0168] 图 14 是本发明第 7 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。

[0169] 以下,关于第 7 实施方式的振子,以与上述第 1 实施方式的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0170] 本发明第 7 实施方式的振子除了振动元件的结构不同以外,其他与上述第 1 实施

方式相同。另外,对与上述第 1 实施方式相同的结构标注相同标号。

[0171] 如图 14 所示,振动元件 2F 具备基部 4、从基部 4 的前端朝 +Y 轴方向延伸的一对振动臂 5、6、从基部 4 的前端朝 +Y 轴方向延伸的保持臂(第 1 保持臂)7 和从基部 4 的基端朝 -Y 轴方向延伸的保持臂(第 2 保持臂)70。从石英基板 3 上一体地形成这些基部 4、振动臂 5、6、保持臂 7、70。

[0172] 并且,第 1 固定部 R1 设置在保持臂 7 的一个主面(-Z 轴侧的主面)上,第 2 固定部 R2 设置在保持臂 70 的一个主面(-Z 轴侧的主面)上。根据这样的结构,例如与上述第 1 实施方式相比,能够延长第 1 固定部 R1、第 2 固定部 R2 的相隔距离,能够更可靠地防止导电性粘接材料 11、12 的接触。

[0173] 通过这种第 7 实施方式,也能够起到与上述第 1 实施方式同样的效果。

[0174] <第 8 实施方式>

[0175] 接着,说明本发明的振子的第 8 实施方式。

[0176] 图 15 是本发明第 8 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。

[0177] 以下,关于第 8 实施方式的振子,以与上述第 1 实施方式的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0178] 本发明第 8 实施方式的振子除了振动元件的结构不同以外,其他与上述第 1 实施方式相同。另外,对与上述第 1 实施方式相同的结构标注相同标号。

[0179] 如图 15 所示,振动元件 2G 具备基部 4、从基部 4 的前端朝 +Y 轴方向延伸的一对振动臂 5、6、从基部 4 的前端朝 +Y 轴方向延伸的保持臂(第 1 保持臂)7 和从基部 4 的基端朝 -Y 轴方向延伸的保持臂(第 2 保持臂)70G。从石英基板 3 上一体地形成这些基部 4、振动臂 5、6、保持臂 7、70G。另外,保持臂 70G 具有从基部 4 的基端朝 -Y 轴方向延伸的第 1 部分 76 和从第 1 部分 76 朝 X 轴方向延伸的第 2 部分 77。并且,第 1 固定部 R1 设置在保持臂 7 的一个主面(-Z 轴侧的主面)上,第 2 固定部 R2 设置在第 2 部分 77 的一个主面(-Z 轴侧的主面)上。通过使保持臂 70G 成为这样的结构,例如与上述第 6 实施方式相比,能够在振动元件 2G 的 Y 轴方向的全长不变长的情况下增大第 1 固定部 R1、第 2 固定部 R2 的相隔距离。

[0180] 通过这种第 8 实施方式,也能够起到与上述第 1 实施方式同样的效果。

[0181] <第 9 实施方式>

[0182] 接着,说明本发明的振子的第 9 实施方式。

[0183] 图 16 是本发明第 9 实施方式的振子具有的振动元件的俯视图。

[0184] 以下,关于第 9 实施方式的振子,以与上述第 1 实施方式的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0185] 本发明第 9 实施方式的振子除了振动元件的结构不同以外,其他与上述第 1 实施方式相同。另外,对与上述第 1 实施方式相同的结构标注相同标号。

[0186] 如图 16 所示,振动元件 2H 具备基部 4、从基部 4 的前端朝 +Y 轴方向延伸的一对振动臂 5、6、从基部 4 的前端朝 +Y 轴方向延伸的保持臂(第 1 保持臂)7 和从基部 4 的基端朝 -Y 轴方向延伸的保持臂(第 2 保持臂)70H。从石英基板 3 上一体地形成这些基部 4、振动臂 5、6、保持臂 7、70H。另外,支承部 70H 具有:从基部 4 的基端延伸并在 X 轴方向分支的分支部 781;从分支部 781 朝 X 轴方向两侧延伸的连结臂 782、783;以及从连结臂 782、

783 的前端部朝 Y 轴方向的振动臂 5、6 侧延伸的臂部 784、785。并且,第 1 固定部 R1 设置在保持臂 7 的一个主面(-Z 轴侧的主面)上,第 2 固定部 R2 设置在臂部 784、785 的一个主面(-Z 轴侧的主面)上。此外,在本实施方式的情况下,只要在两个第 2 固定部 R2 中的任意一个上设置有第 2 连接电极 82 即可。

[0187] 通过这种第 9 实施方式,也能够起到与上述第 1 实施方式同样的效果。

[0188] 此外,在上述实施方式或变形例中采用石英作为振动元件的构成材料,但振动元件的构成材料不限于此,例如可以使用氮化铝(AlN)、铌酸锂(LiNbO₃)、钽酸锂(LiTaO₃)、锆钛酸铅(PZT)、四硼酸锂(Li₂B₄O₇)、硅酸镓镧(La₃Ga₅SiO₁₄)等的氧化物基板、在玻璃基板上层叠氮化铝或五氧化二钽(Ta₂O₅)等压电体材料而构成的层叠压电基板、或者压电陶瓷等。

[0189] 此外,能够使用压电体材料以外的材料形成振动元件。例如,还能够使用硅半导体材料等形成振动元件。此外,振动元件的振动(驱动)方式不限于压电驱动。除了使用压电基板的压电驱动型以外,在使用静电力的静电驱动型和利用磁力的洛伦兹驱动型等的振动元件中,也能够发挥本发明的结构及其效果。另外,在说明书或附图中与更广义或同义的不同用语一起被记载了至少一次的用语在说明书或附图的任意位置都能替换成该不同的用语。

[0190] 2. 振荡器

[0191] 接着,对应用了本发明的振动元件的振荡器(本发明的振荡器)进行说明。

[0192] 图 17 是示出本发明的振荡器的优选实施方式的剖视图。

[0193] 图 17 所示的振荡器 100 具有振子 1、和用于驱动振动元件 2 的 IC 芯片 110。以下,关于振荡器 100,以与上述振子的不同之处为中心进行说明,省略相同事项的说明。

[0194] 如图 17 所示,振荡器 100 在底座 91 的凹部 911 上固定 IC 芯片 110。IC 芯片 110 与形成于凹部 911 的底面的多个内部端子 120 电连接。多个内部端子 120 包括与连接端子 951、961 连接的端子和与外部端子 953、963 连接的端子。IC 芯片 110 具有用于控制振动元件 2 的驱动的振荡电路。当通过 IC 芯片 110 驱动振动元件 2 时,可取出预定频率的信号。

[0195] 3. 电子设备

[0196] 接着,对应用了本发明的振动元件的电子设备(本发明的电子设备)进行说明。

[0197] 图 18 是示出应用了具有本发明的振动元件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。在该图中,个人计算机 1100 由具有键盘 1102 的主体部 1104 和具有显示部 2000 的显示单元 1106 构成,显示单元 1106 通过铰链构造部可转动地支承在主体部 1104 上。在这种个人计算机 1100 中内置有作为滤波器、谐振器、基准时钟等发挥功能的振动元件 2。

[0198] 图 19 是示出应用了具有本发明的振动元件的电子设备的移动电话机(也包括 PHS)的结构的立体图。在该图中,移动电话机 1200 具有多个操作按钮 1202、接听口 1204 以及通话口 1206,在操作按钮 1202 与接听口 1204 之间配置有显示部 2000。在这种移动电话机 1200 中内置有作为滤波器、谐振器等发挥功能的振动元件 2。

[0199] 图 20 是示出应用了具有本发明的振动元件的电子设备的数字照相机的结构的立体图。在该图中,还简单地示出与外部设备之间的连接。这里,通常的照相机通过被摄体的光像使银盐胶片感光,与此相对,数字照相机 1300 通过 CCD(Charge Coupled Device)等摄像元件对被摄体的光像进行光电转换,生成摄像信号(图像信号)。

[0200] 在数字照相机 1300 中的壳体（机身）1302 的背面设置有显示部，构成为根据 CCD 的摄像信号进行显示，显示部作为取景器发挥功能，将被摄体显示为电子图像。并且，在壳体 1302 的正面侧（图中背面侧）设有包含光学镜头（摄像光学系统）和 CCD 等的受光单元 1304。

[0201] 当摄影者确认显示部中显示的被摄体像并按下快门按钮 1306 时，该时点的 CCD 的摄像信号被转送 / 存储在存储器 1308 中。并且，在该数字照相机 1300 中，在壳体 1302 的侧面设有视频信号输出端子 1312 和数据通信用的输入输出端子 1314。而且，如图所示，根据需要，使视频信号输出端子 1312 连接电视监视器 1430，使数据通信用的输入输出端子 1314 连接个人计算机 1440。进而，成为通过规定的操作将存储器 1308 中存储的摄像信号输出到电视监视器 1430 或个人计算机 1440 的结构。在这种数字照相机 1300 中内置有作为滤波器、谐振器等发挥功能的振动元件 2。

[0202] 另外，除了图 18 的个人计算机（移动型个人计算机）、图 19 的移动电话机、图 20 的数字照相机以外，具有本发明的振动元件的电子设备例如还能够应用于喷墨式排出装置（例如喷墨打印机）、膝上型个人计算机、电视机、摄像机、录像机、车载导航装置、寻呼机、电子记事本（也包含通信功能）、电子辞典、计算器、电子游戏设备、文字处理器、工作站、视频电话、防盗用电视监视器、电子双筒镜、POS 终端、医疗设备（例如电子体温计、血压计、血糖计、心电图计测装置、超声波诊断装置、电子内窥镜）、鱼群探测器、各种测定设备、计量仪器类（例如车辆、飞机、船舶的计量仪器类）、飞行模拟器等。

[0203] 4. 移动体

[0204] 接着，对应用了本发明的振动元件的移动体（本发明的移动体）进行说明。

[0205] 图 21 是概略地示出作为本发明的移动体一例的汽车的立体图。在汽车 1500 上安装有振动元件 2。振动元件 2 可以广泛应用于无钥匙门禁、防盗器、汽车导航系统、汽车空调、防抱死制动系统（ABS）、安全气囊、轮胎压力监测系统（TPMS：Tire Pressure Monitoring System）、发动机控制器、混合动力汽车及电动汽车的电池监视器、以及车体姿势控制系统等的电子控制单元（ECU：electronic control unit）。

[0206] 以上，根据图示的实施方式对本发明的振动元件、振子、振荡器、电子设备以及移动体进行了说明，但是，本发明不限于此，各个部分的结构可置换为具有相同功能的任意结构。并且，可以在本发明中附加其它任意的结构物。并且，可以适当组合各实施方式。

[0207] 此外，在上述实施方式或变形例中采用石英作为振动片的构成材料，但振动片的构成材料不限于此，例如可以使用氮化铝（AlN）、铌酸锂（LiNbO₃）、钽酸锂（LiTaO₃）、锆钛酸铅（PZT）、四硼酸锂（Li₂B₄O₇）、硅酸镓钽（La₃Ga₅SiO₁₄）等的氧化物基板、在玻璃基板上层叠氮化铝或五氧化二钽（Ta₂O₅）等压电体材料而构成的层叠压电基板、或者压电陶瓷等。

[0208] 此外，可以使用压电体材料以外的材料形成振动片。例如，还可以使用硅半导体材料等形成振动片。此外，振动片的振动（驱动）方式不限于压电驱动。除了使用压电基板的压电驱动型以外，在使用了静电力的静电驱动型和利用了磁力的洛伦兹驱动型等的振动片中，也能够发挥本发明的结构及其效果。另外，在说明书或附图中与更广义或同义的不同用语一起被记载了至少一次的用语在说明书或附图的任意位置都能替换成该不同的用语。

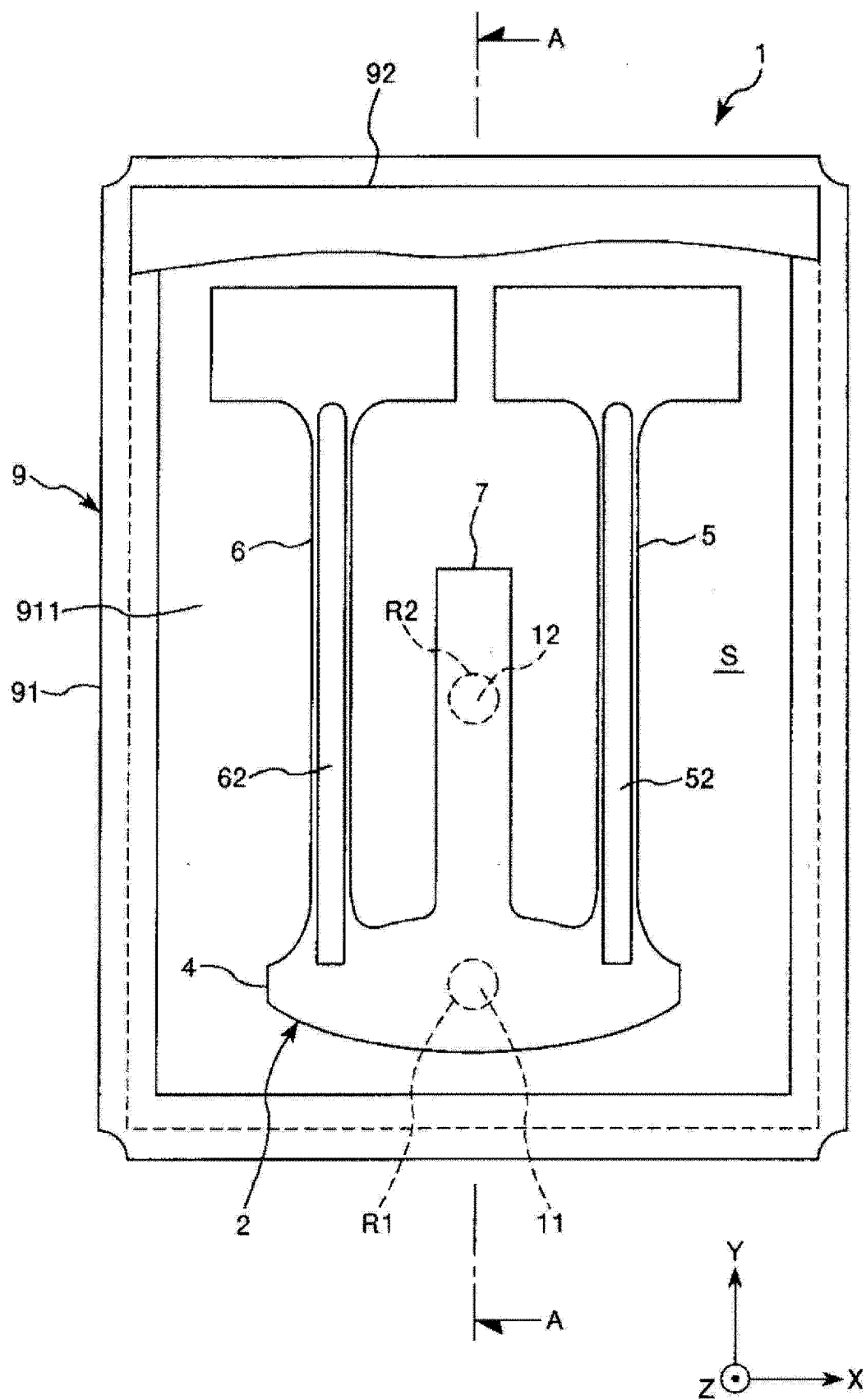


图 1

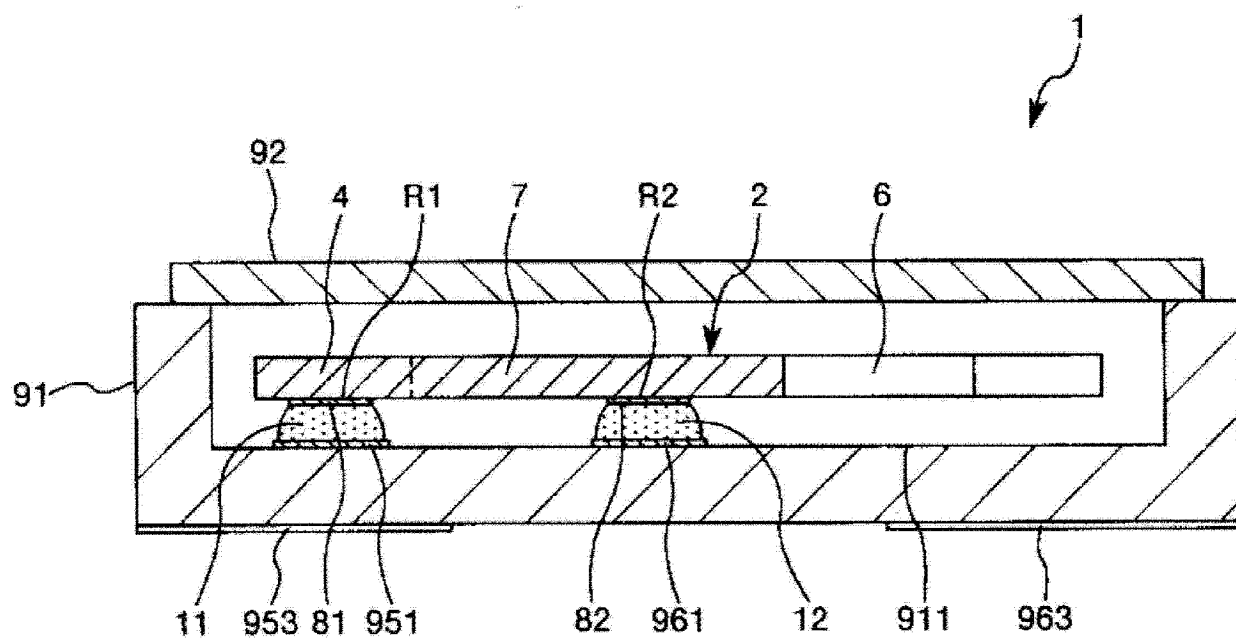


图 2

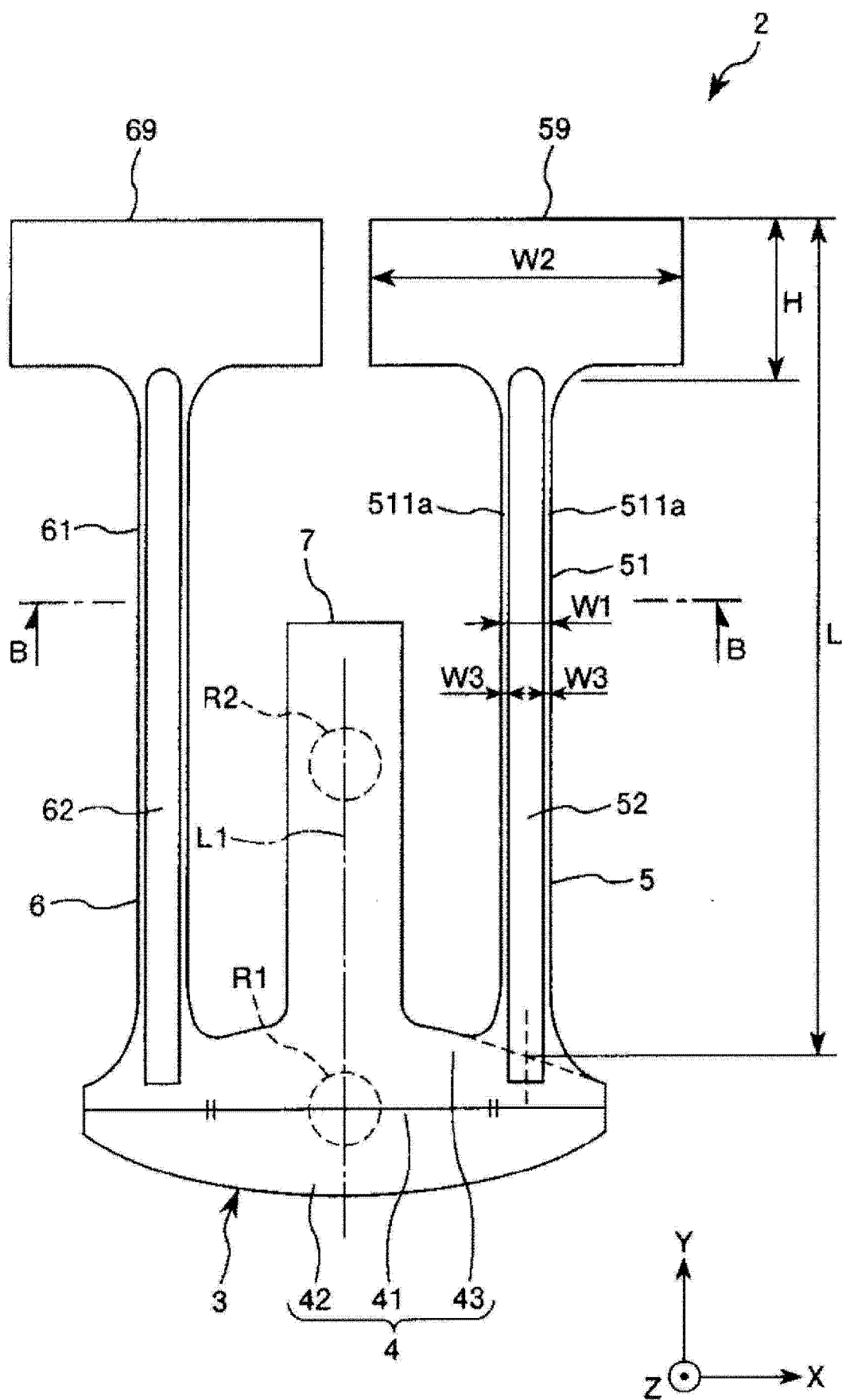


图 3

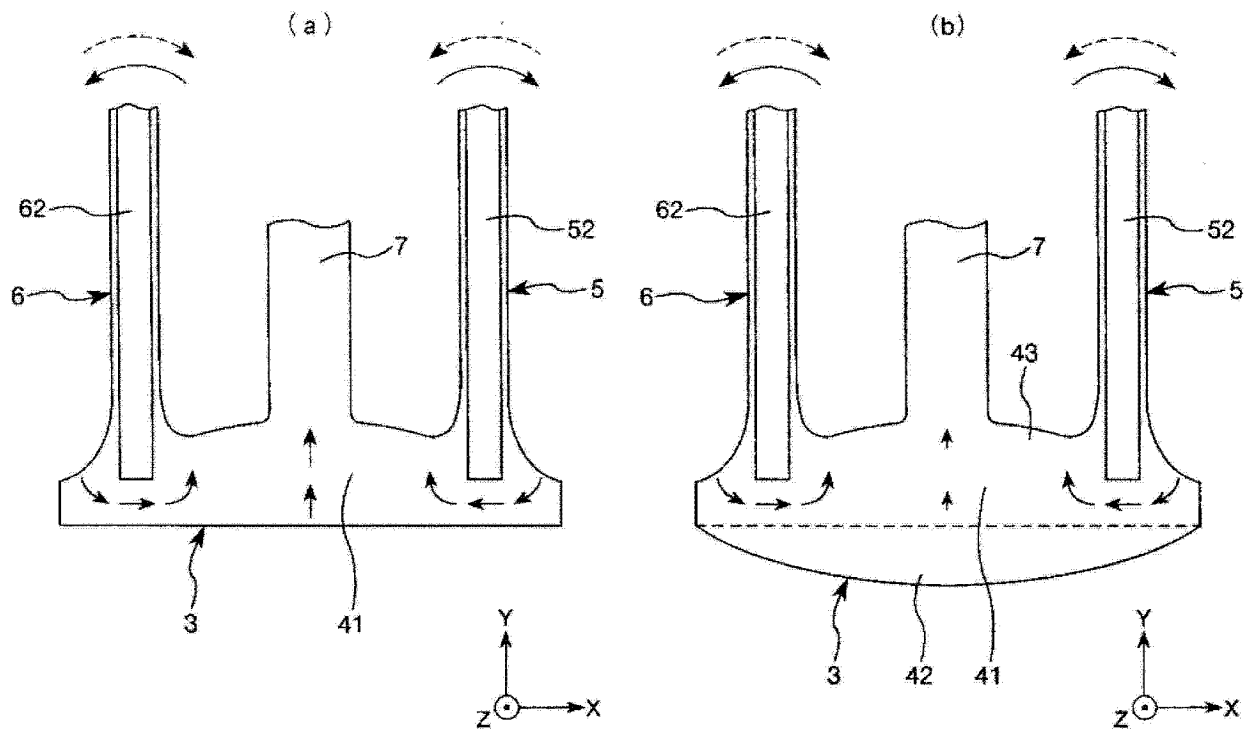


图 4

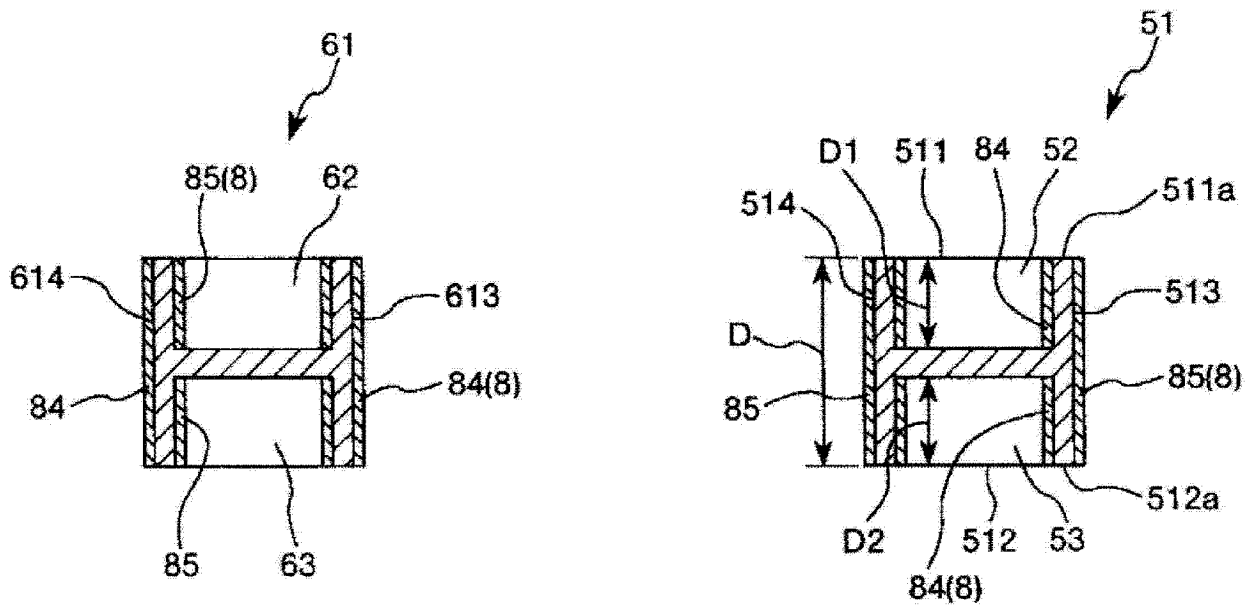


图 5

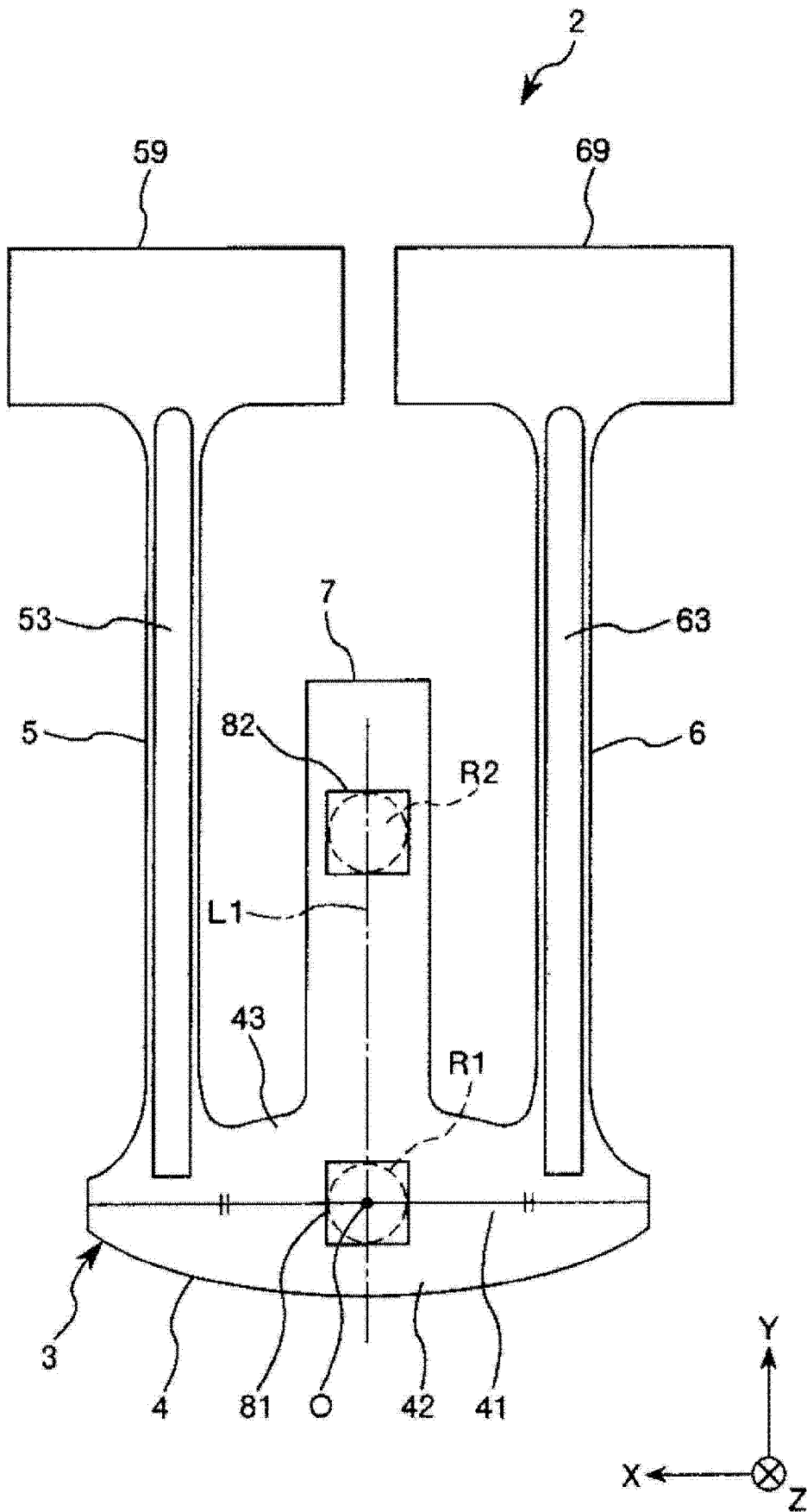


图 6

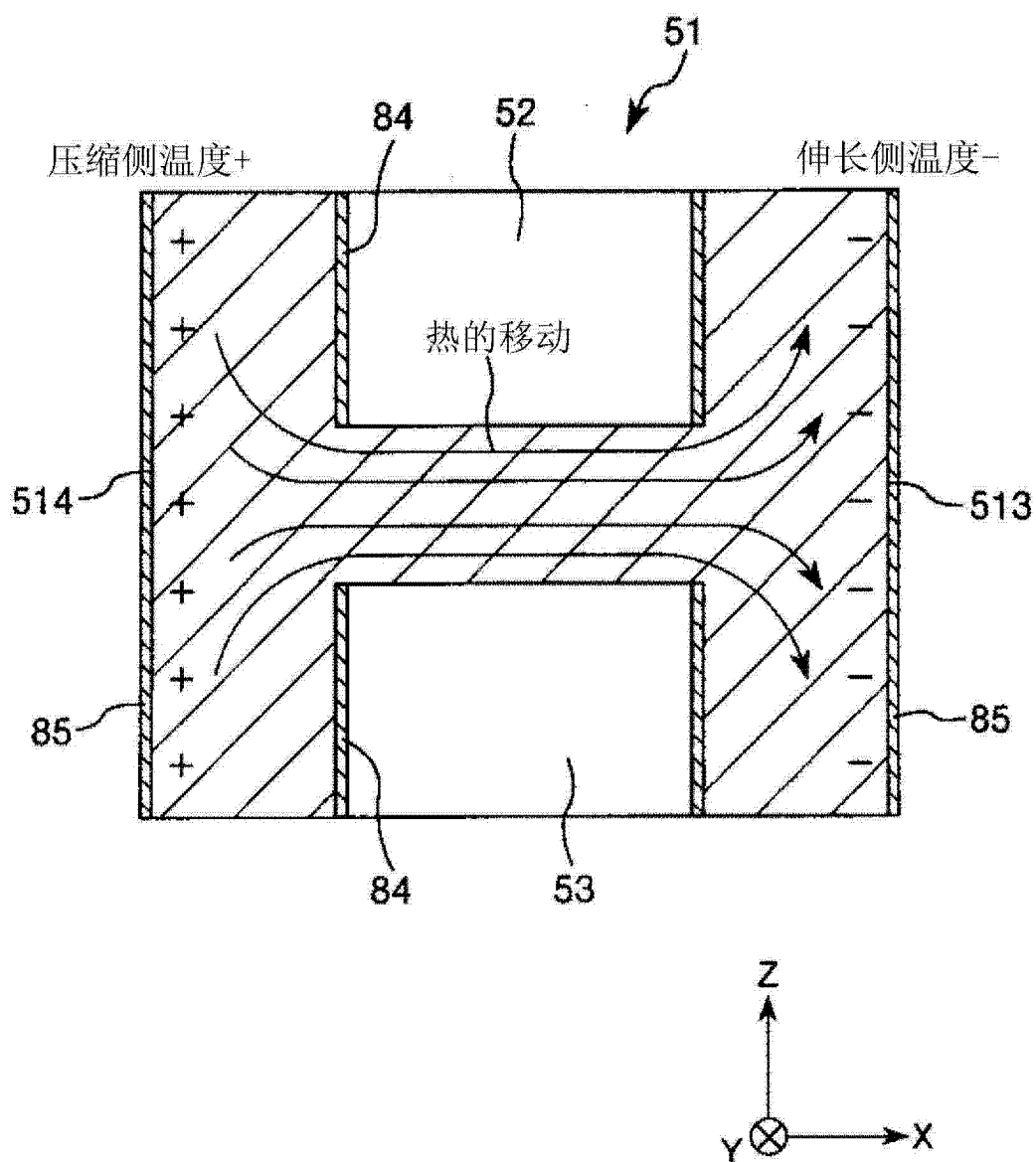


图 7

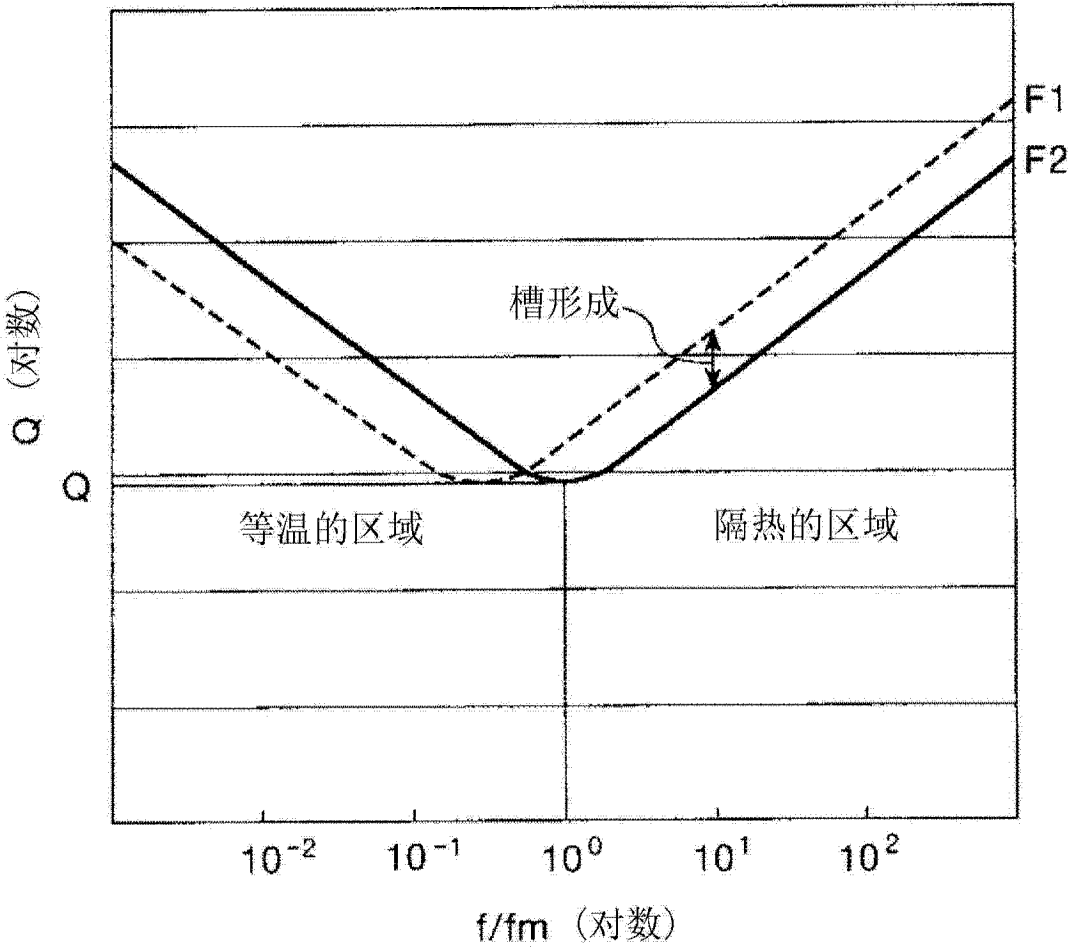


图 8

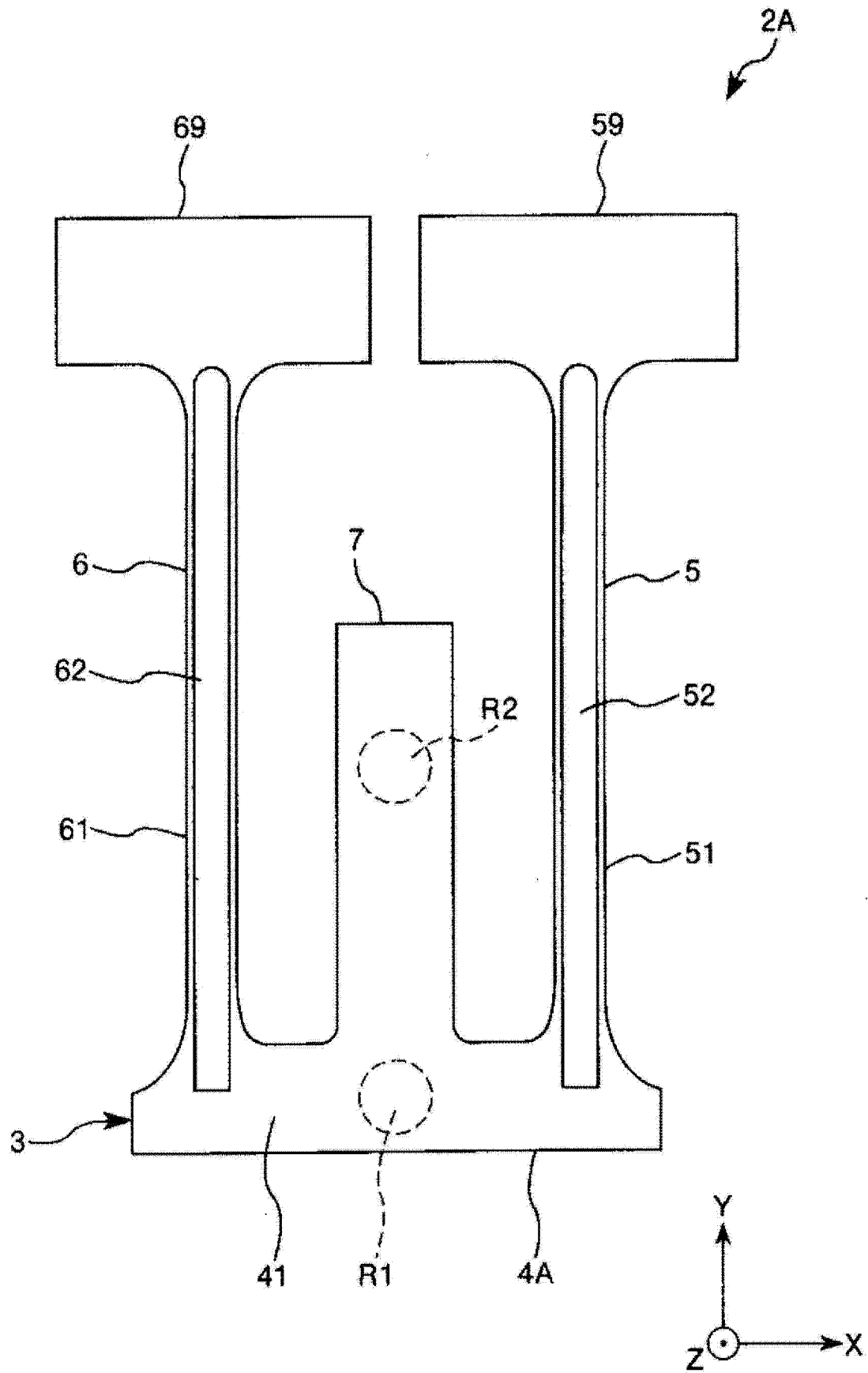


图 9

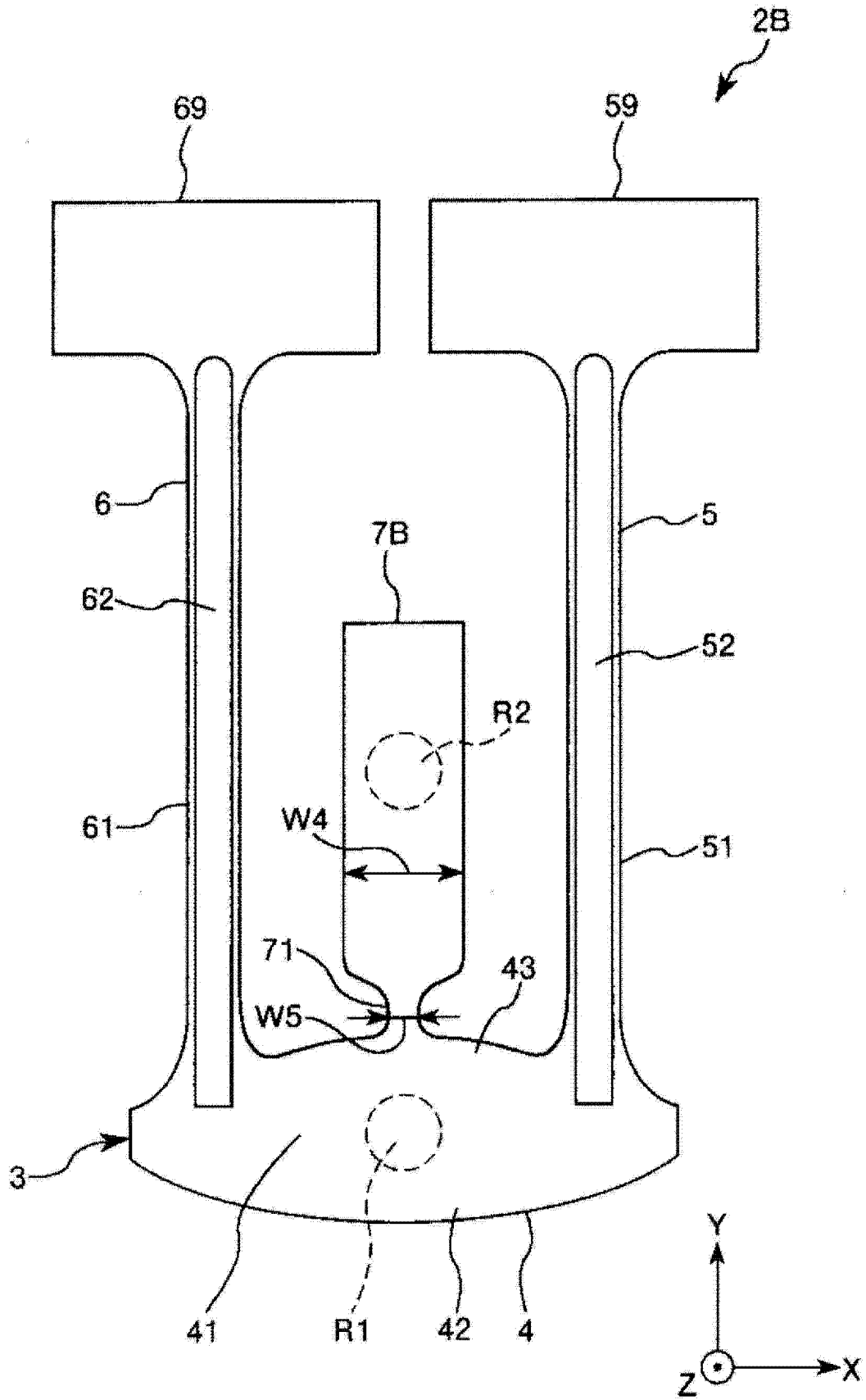


图 10

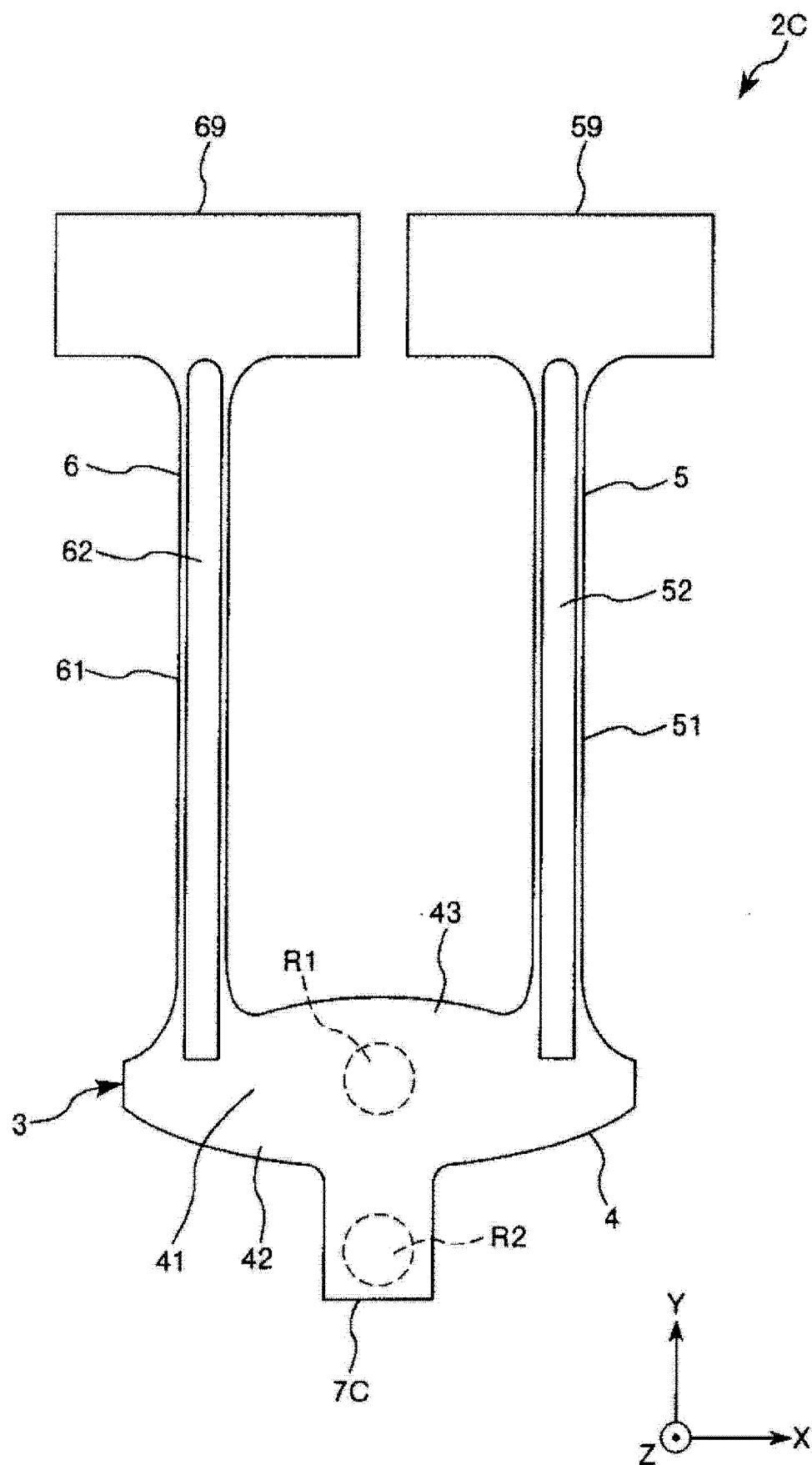


图 11

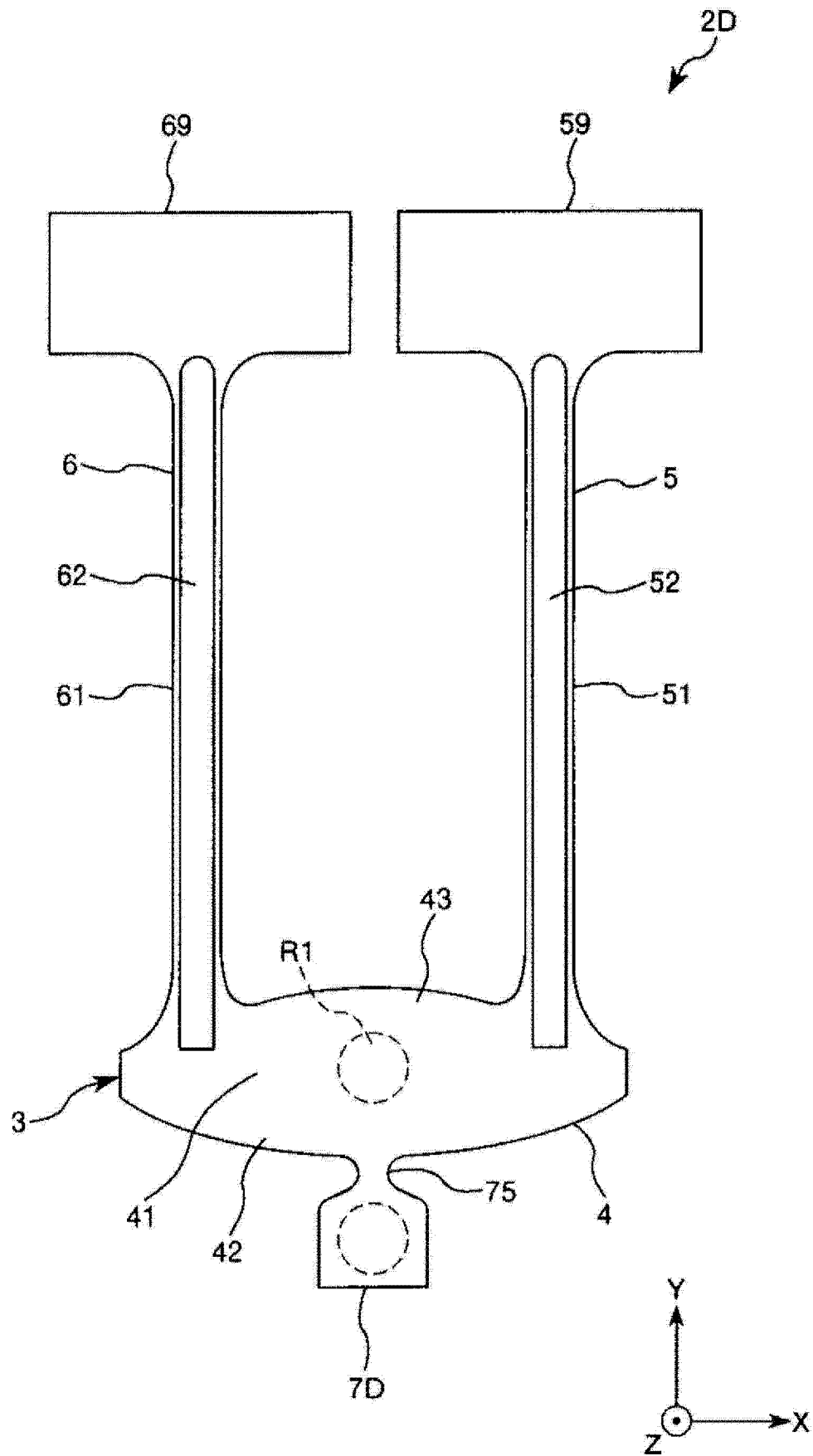


图 12

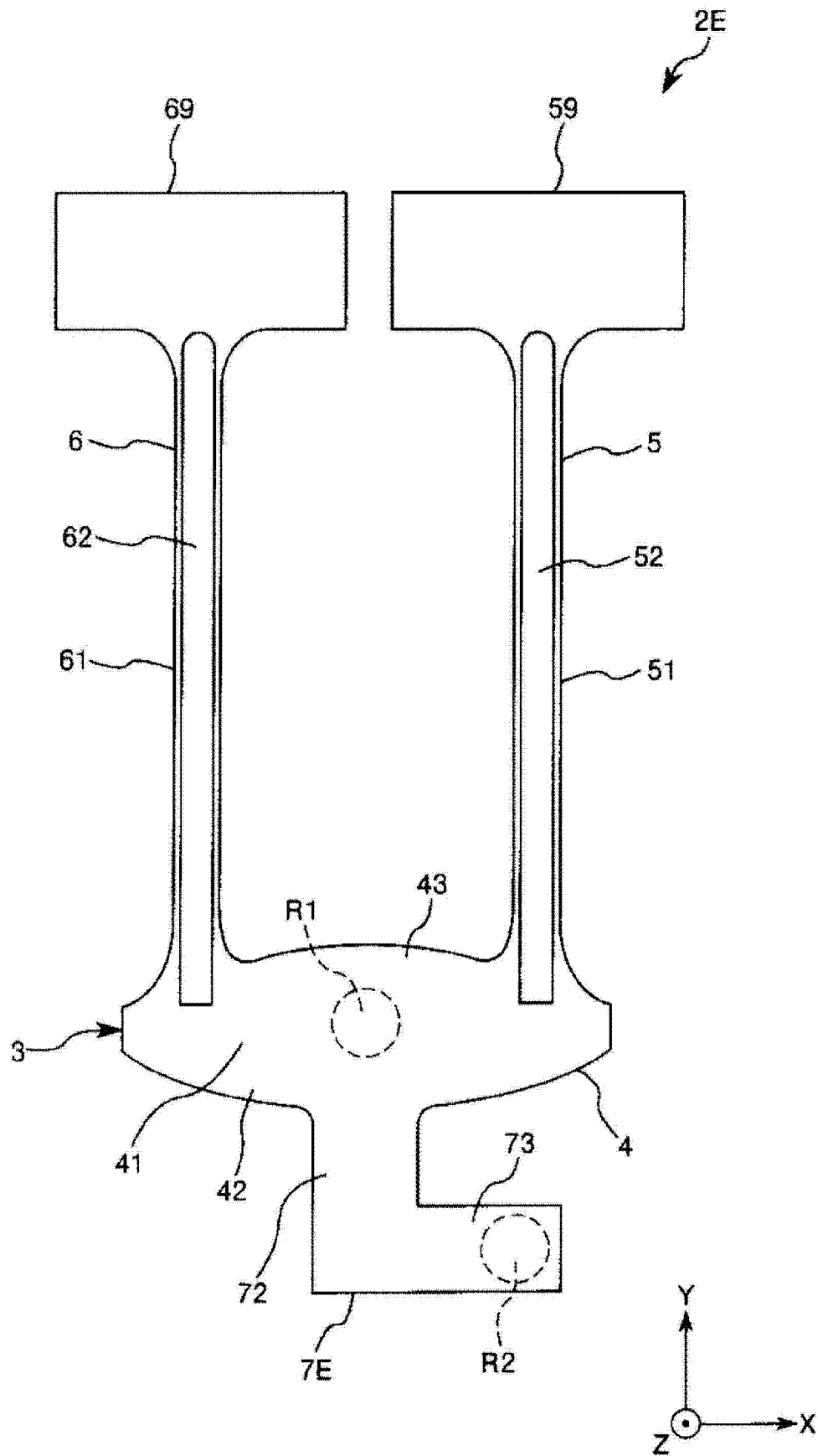


图 13

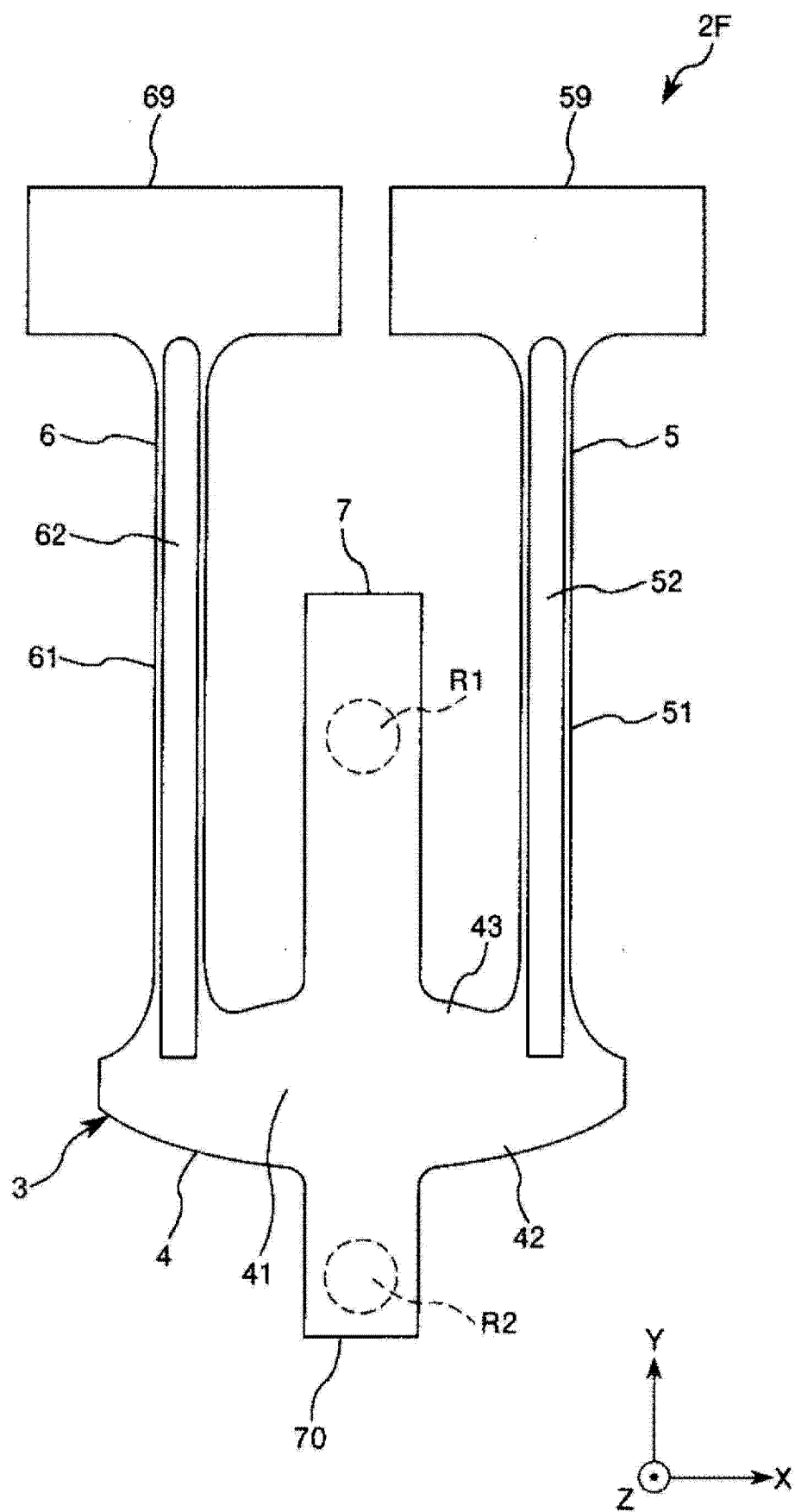


图 14

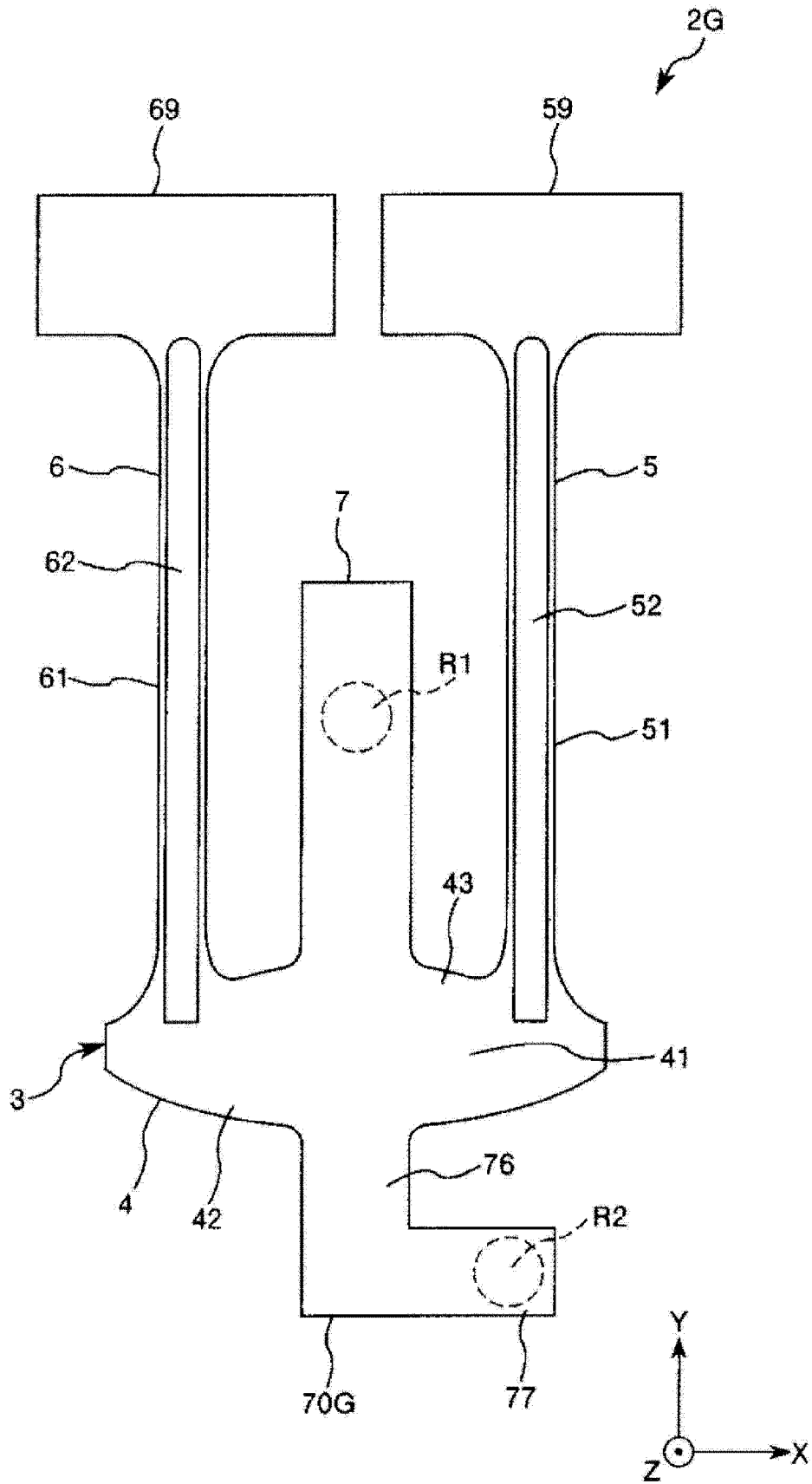


图 15

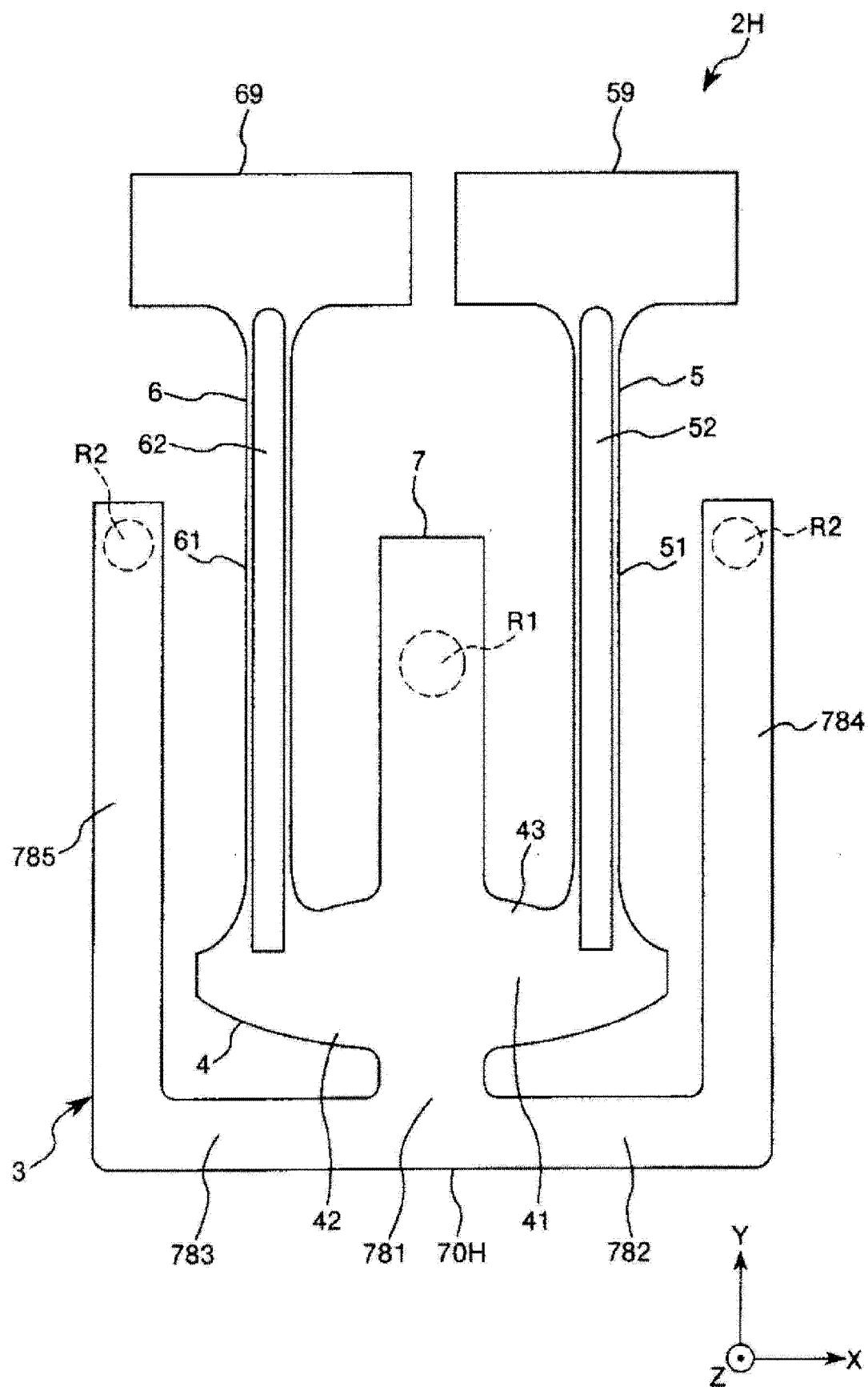


图 16

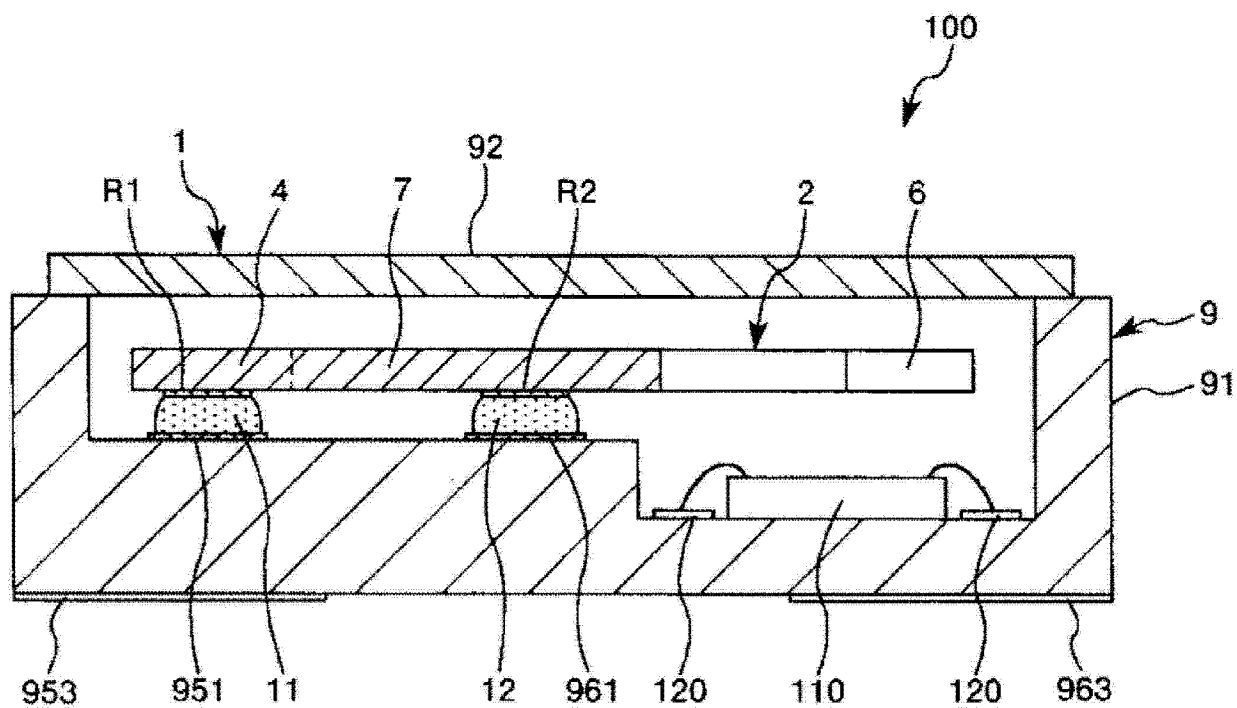


图 17

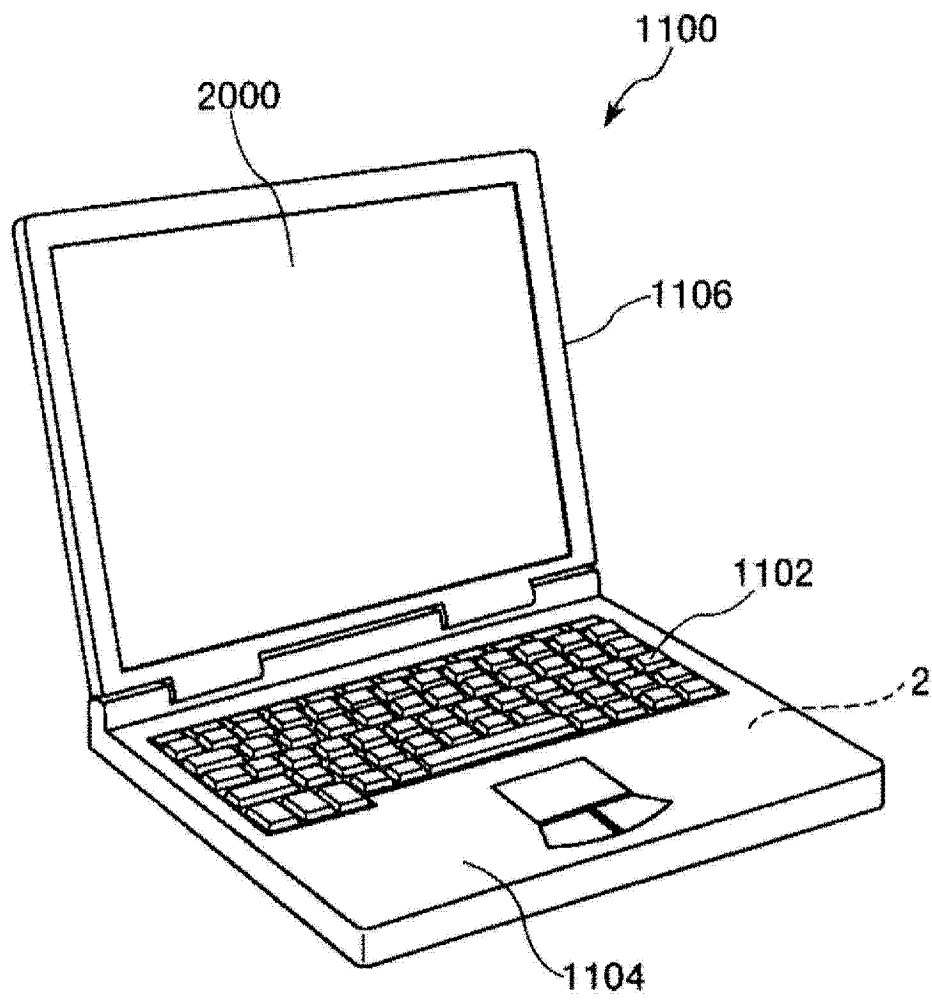


图 18

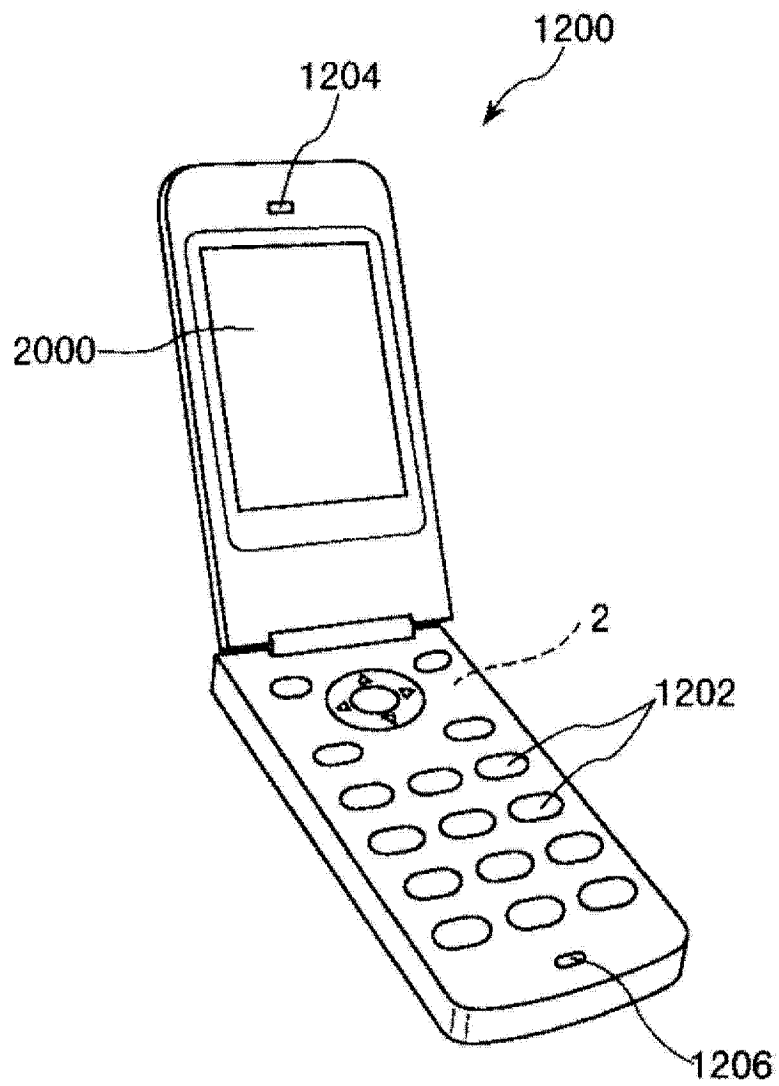


图 19

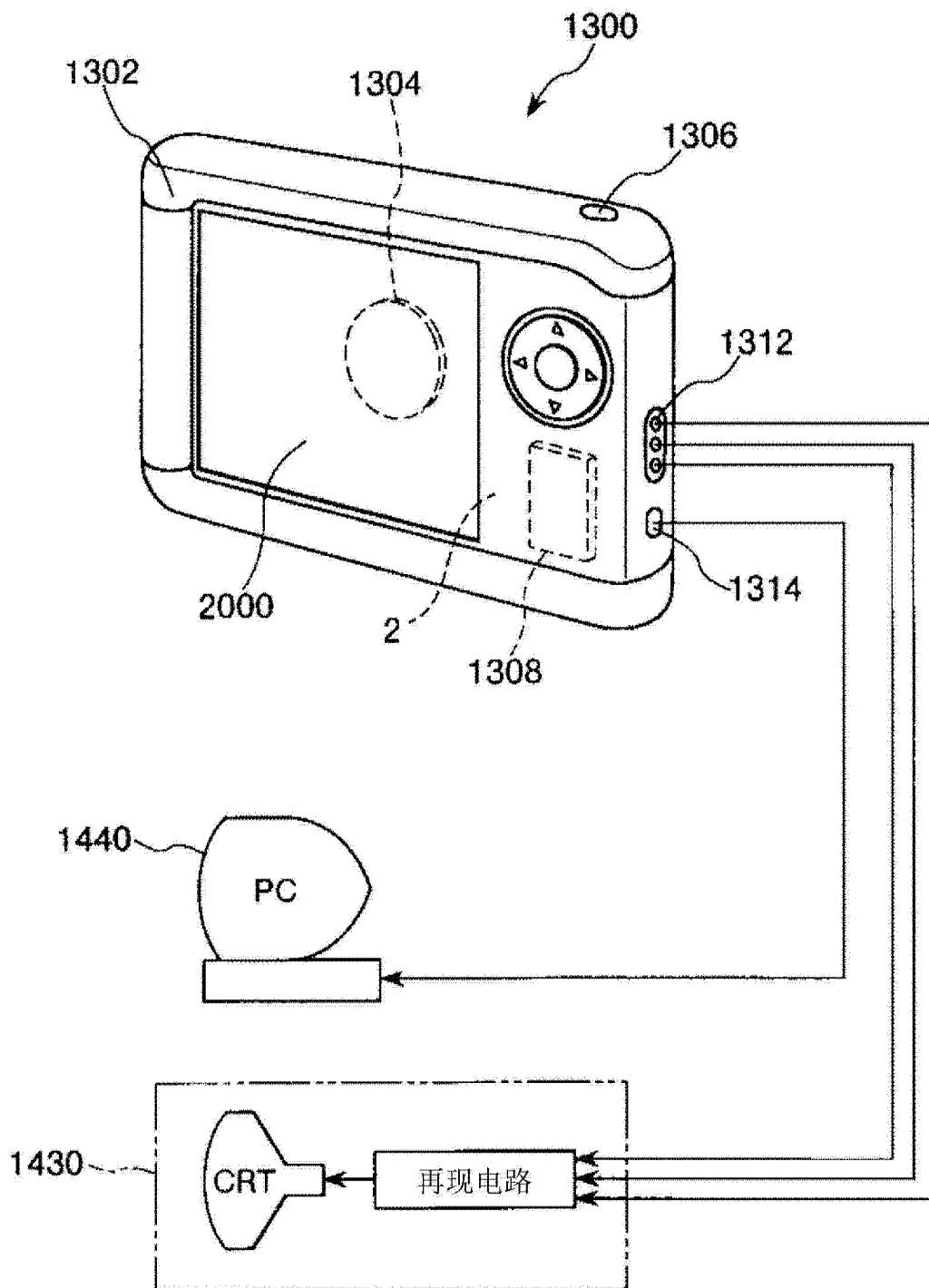


图 20

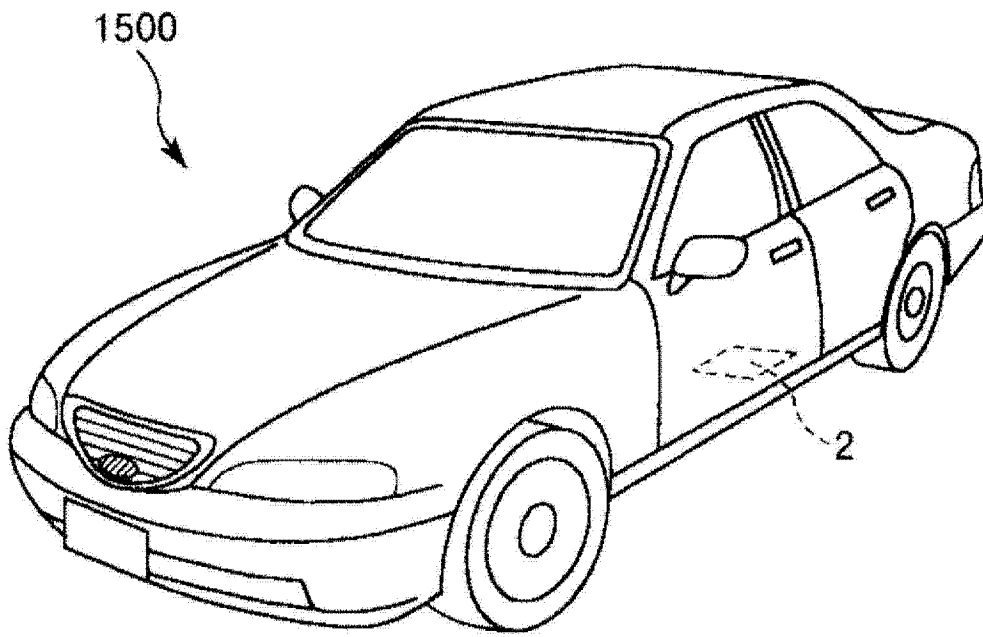


图 21