



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109309459 B

(45) 授权公告日 2023. 05. 12

(21) 申请号 201810833525.1

(22) 申请日 2018.07.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109309459 A

(43) 申请公布日 2019.02.05

(30) 优先权数据  
2017-146029 2017.07.28 JP

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社  
地址 日本东京

(72) 发明人 梶野喜一

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限  
责任公司 11240  
专利代理师 张永明 玉昌峰

(51) Int. Cl.

H02N 2/06 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2008/0036333A1 2008.02.14

审查员 嵇恒

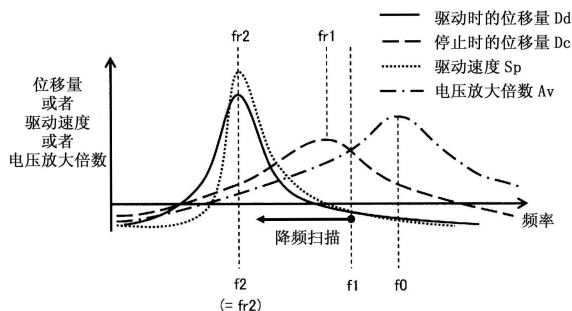
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

压电驱动装置、压电驱动装置的驱动方法以及机器人

(57) 摘要

本发明涉及压电驱动装置、压电驱动装置的驱动方法以及机器人。在起动时，若以驱动状态下的共振频率驱动，则为了使触头不易从被驱动部件分开而需要较高的驱动电压，另一方面，若以停止状态下的共振频率驱动，则成为被驱动部件的移动量较小的非有效的动作。压电驱动装置具备压电振动体和驱动电路。压电振动体包括接触于被驱动部件的触头和根据驱动电压产生振动的压电元件。驱动电路在从停止状态起动时，将驱动电压的驱动频率设定成第一频率，从而开始驱动，在起动后的驱动状态下，将驱动电压的驱动频率设定为比第一频率小的第二频率。



1. 一种压电驱动装置,其特征在于,驱动被驱动部件,  
所述压电驱动装置具备:  
压电振动体;以及  
驱动电路,电驱动所述压电振动体;  
所述压电振动体具备:  
触头,接触于所述被驱动部件;以及  
压电元件,根据从所述驱动电路供给的驱动电压产生振动,  
所述被驱动部件停止的状态的所述压电振动体的纵向振动的第一共振频率比所述被驱动部件驱动的状态的所述压电振动体的纵向振动的第二共振频率高,

在从所述停止的状态起动的时,所述驱动电路将所述驱动电压的驱动频率设定为第一频率,从而开始驱动,所述第一频率在所述第一共振频率和所述第二共振频率之中更接近所述第一共振频率,

在所述起动的驱动状态下,所述驱动电路将所述驱动电压的驱动频率设定为第二频率,所述第二频率在所述第一共振频率和所述第二共振频率之中更接近所述第二共振频率。

2. 根据权利要求1所述的压电驱动装置,其特征在于,  
所述压电振动体被弹簧部件按压于所述被驱动部件。

3. 根据权利要求1或2所述的压电驱动装置,其特征在于,  
所述驱动电路将所述驱动状态的所述驱动电压的值设定为比所述起动的所述驱动电压的值低。

4. 根据权利要求1或2所述的压电驱动装置,其特征在于,  
所述驱动电路将所述驱动频率从所述第一频率降频扫描到所述第二频率。

5. 根据权利要求4所述的压电驱动装置,其特征在于,  
所述驱动电路具有:  
电压波形生成电路,生成具有所述驱动电压的电压波形的电压波形信号;以及  
电压放大电路,放大所述电压波形信号的电压而生成所述驱动电压,  
所述电压放大电路构成为所述第一频率的电压放大倍数比所述第二频率的电压放大倍数高。

6. 根据权利要求5所述的压电驱动装置,其特征在于,  
所述电压放大电路具有共振频率,所述共振频率构成为比所述第一频率高。

7. 一种压电驱动装置的驱动方法,其特征在于,  
所述压电驱动装置具有压电振动体,  
所述压电振动体具备:  
触头,接触于被驱动部件;以及  
压电元件,根据驱动电压产生振动,  
所述压电振动体构成为所述被驱动部件停止的状态的所述压电振动体的纵向振动的第一共振频率比所述被驱动部件驱动的状态的所述压电振动体的纵向振动的第二共振频率高,

在从所述停止的状态起动的时,将所述驱动电压的驱动频率设定为在所述第一共振频率

和所述第二共振频率之中更接近所述第一共振频率的第一频率,从而开始驱动,

在所述起动后的驱动状态下,将所述驱动电压的驱动频率设定为在所述第一共振频率和所述第二共振频率之中更接近所述第二共振频率的第二频率。

8. 一种机器人,其特征在于,具备:

权利要求1至6中任一项所述的压电驱动装置。

## 压电驱动装置、压电驱动装置的驱动方法以及机器人

### 技术领域

[0001] 本发明涉及压电驱动装置、具备压电驱动装置的机器人等各种装置。

### 背景技术

[0002] 压电驱动装置是使用压电元件使振动体振动,利用其振动使被驱动部件移动的装置。在专利文件1中公开了利用纵向振动和弯曲振动使压电驱动装置的前端的触头产生椭圆运动,通过该触头的椭圆运动使被驱动部件移动。在这样驱动被驱动部件时,交替出现触头接触被驱动部件的状态和从被接触部件分开的状态。

[0003] 专利文件1:日本特开2016-040994号公报

[0004] 然而,本发明的发明者发现在开始被驱动部件的驱动时存在如下问题。即,在压电驱动装置的停止状态下,触头处于被被驱动部件按压的状态,该停止状态的压电驱动装置的共振频率是与在驱动状态下共振频率明显不同的值。通常,停止状态下的共振频率成为比驱动状态下的共振频率高的值。因此,在起动时,以驱动状态下的共振频率驱动压电驱动装置时,为了使触头不易从被驱动部件分开而需要较高的驱动电压,触头一旦分开,由于驱动电压升高,产生迅速加速的问题。另一方面,若以停止状态下的共振频率驱动压电驱动装置,则产生被驱动部件的移动量较小的非有效的动作的问题。

### 发明内容

[0005] 本发明是为了解决上述技术问题的至少一部分而提出的,能够作为以下的方式实现。

[0006] (1) 根据本发明的一方式,提供驱动被驱动部件的压电驱动装置。该压电驱动装置具备:压电振动体;以及驱动电路,电驱动所述压电振动体;所述压电振动体具备:触头,接触于所述被驱动部件;以及压电元件,根据从所述驱动电路供给的驱动电压产生振动,在从停止状态起动时,所述驱动电路将所述驱动电压的驱动频率设定为第一频率,从而开始驱动,在所述起动后的驱动状态下,所述驱动电路将所述驱动电压的驱动频率设定为比所述第一频率小的第二频率。

[0007] 根据该方式,在起动时和之后的驱动状态的双方以接近机械的共振频率的频率驱动压电振动体,因此能够以较大的力驱动被驱动部件。

[0008] (2) 在上述方式的压电驱动装置中,第一频率在所述第一共振频率和所述第二共振频率之中更接近所述第一共振频率,第二频率在所述第一共振频率和所述第二共振频率之中更接近所述第二共振频率。

[0009] 根据该方式,在起动时能够以较大的力使被驱动部件开始动作,另外,在起动后的驱动状态下,能够不以过大的力驱动被驱动部件。

[0010] (3) 在上述方式的压电驱动装置中,所述压电振动体可以被弹簧部件按压于所述被驱动部件。

[0011] 根据该方式,能够容易地得到如下结构:停止状态的压电振动体的第一共振频率

比驱动状态的压电振动体的第二共振频率高。

[0012] (4) 在上述方式的压电驱动装置中,所述驱动电路可以将所述驱动状态的所述驱动电压的值设定为比所述起动时的所述驱动电压的值低。根据该方式,在起动时能够以较大的力使被驱动部件起动,另外,在起动后的驱动状态下,能够不以过大的力驱动被驱动部件。

[0013] (5) 在上述方式的压电驱动装置中,可以将所述驱动频率从所述第一频率降频扫描到所述第二频率。

[0014] 根据该方式,降频扫描驱动频率,能够顺畅地从起动时移动到驱动状态的动作。

[0015] (6) 在上述方式的压电驱动装置中,所述驱动电路具有:电压波形生成电路,生成具有所述驱动电压的电压波形的电压波形信号;以及电压放大电路,放大所述电压波形信号的电压而生成所述驱动电压,所述电压放大电路构成为所述第一频率的电压放大倍数比所述第二频率的电压放大倍数高。

[0016] 根据该方式,第一频率的电压放大倍数比第二频率的电压放大倍数高,因此在将驱动频率从第一频率降频扫描到第二频率时,能够平滑地降低驱动电压。

[0017] (7) 在上述方式的压电驱动装置中,所述电压放大电路具有共振频率,所述共振频率可以构成为比所述第一频率高。

[0018] 根据该方式,电压放大电路的共振频率比第一频率高,因此能够容易地得到第一频率的电压放大倍数比第二频率的电压放大倍数高的特性。

[0019] 本发明能够以各种方式实现,例如除压电驱动装置之外,能够以压电驱动装置的驱动方法,具备压电驱动装置的机器人等的各种方式实现。

## 附图说明

[0020] 图1是示出具备第一实施方式的压电驱动装置的驱动机构的立体图。

[0021] 图2是压电振动模块的俯视图。

[0022] 图3是示出压电振动模块的振动的形态的俯视图。

[0023] 图4是示出压电振动模块的驱动电压波形的例子的图。

[0024] 图5是驱动电压生成部的构成的一个例子的框图。

[0025] 图6是示出实施方式的动作特性的图表。

[0026] 图7是示出具备第二实施方式的压电驱动装置的驱动机构的立体图。

[0027] 图8是第二实施方式的第二压电振动模块的俯视图。

[0028] 图9是示出其他实施方式的机器人的立体图。

[0029] 附图标记说明

[0030] 100、100a . . . 压电振动体;110 . . . 振动部;120 . . . 支持部;130 . . . 连接部;140 . . . 压电振动模块;147、147A~147E . . . 压电元件;150 . . . 压电振动模块;157 . . . 压电元件;160 . . . 触头;180 . . . 拾取电极;200 . . . 台;210 . . . 弹簧部件;220 . . . 被驱动部件;222 . . . 表面;300 . . . 驱动电路;310 . . . 驱动电压生成部;320 . . . 振动检测部;330 . . . 电压波形生成电路;340 . . . 电压放大电路;400、400a . . . 压电驱动装置;1000 . . . 机器人;1010 . . . 基座;1020 . . . 臂;1030 . . . 臂;1040 . . . 臂;1050 . . . 臂;1060 . . . 臂;1070 . . . 臂;1080 . . . 机

器人控制部;1090...末端执行器。

## 具体实施方式

[0031] <第一实施方式>

[0032] 图1是示出具备第一实施方式的压电驱动装置400的驱动机构的立体图。压电驱动装置400具备驱动被驱动部件220的压电振动体100、电驱动压电振动体100的驱动电路300。在该例子中,被驱动部件220是能够绕旋转轴O旋转的转子。但是,作为被驱动部件220,能够使用能够直线移动的部件等其他种类的部件。此外,针对一个被驱动部件220可以设置多个压电振动体100。

[0033] 压电振动体100具有能够振动的振动部110、支持振动部110的支持部120、连接振动部110和支持部120的一对连接部130。振动部110具有大致长方形的板状的形状。在振动部110的前端,设置有从振动部110向X方向延伸接触于被驱动部件220的触头160。在此,“从振动部110向X方向延伸”的语句表示设置在振动部110的X方向侧。触头160例如通过耐磨性高的陶瓷形成,粘着于振动部110。

[0034] 压电振动体100的支持部120具有围着振动部110的基端侧(在图1中上端侧)的U字形的形状。另外,支持部120固定在作为支持部件的台200。通过弹簧部件210向被驱动部件220侧(在图1中下方侧)按压台200。此外,省略固定弹簧部件210的结构件的图示。

[0035] 触头160的前端接触于被驱动部件220的表面222。压电振动体100通过弹簧部件210被向被驱动部件220侧按压,由此,触头160以充分的摩擦力与被驱动部件220的表面222接触。因此,抑制滑动,经由触头160能够有效地将振动部110的振动传递给被驱动部件220。

[0036] 作为压电振动体100的结构,能够采用图1示出的构成之外的各种构成,例如可以省略支持部120和连接部130。此外,在下文中,为了说明方便,将振动部110和被驱动部件220的排列方向(即振动部110的长度方向)称为“第一方向X”,将与第一方向X交叉的压电振动体100的厚度方向(振动面的法线方向)称为“第二方向Y”,将在第一方向X和第二方向Y交叉的振动部110的宽度方向称为“第三方向Z”。并且,将通过第一方向X和第三方向Z规定的面积称为“XZ面”。XZ面平行于压电振动体100的表面。优选地,三个方向X、Y、Z彼此正交。

[0037] 压电振动体100具有在第二方向Y上层叠的多个压电振动模块140。在图1的例子中,压电振动模块140的个数为三个。多个压电振动模块140通过粘着剂等的电绝缘性的接合部件接合。但是,压电振动体100可以由一个压电振动模块140构成。

[0038] 多个压电振动模块140连接于驱动电路300。驱动电路300具有驱动电压生成部310、振动检测部320。驱动电压生成部310具有向压电振动体100的压电元件(后述)供给驱动电压的功能。振动检测部320连接于压电振动体100的拾取电极(后述),具有检测压电振动体100的振动的功能。驱动电压生成部310根据从拾取电极供给到振动检测部320的振动检测信号 $S_v$ ,调整驱动电压的频率,将该驱动电压供给到压电元件。关于驱动电路300的动作将在后文叙述。

[0039] 图2是示出压电振动模块140的一个例子的俯视图。压电振动模块140的振动部110包括五个压电元件147A~147E。位于矩形的振动部110的一个对角线上的一对压电元件147A、147E同时在X方向上伸缩,使振动部110产生弯曲振动。位于振动部110的另一个对角线上的另一对压电元件147B、147D也同时在X方向上伸缩,使振动部110产生弯曲振动。但

是,一对压电元件147A、147E的伸缩和另一对压电元件147B、147D的伸缩优选相位相差180度。位于振动部110的宽度方向的中央的压电元件147C在X方向上伸缩,使振动部110产生沿着X方向的纵向振动。

[0040] 各个压电元件147A~147E具有压电体(省略图示)和夹着压电体的两面的两个电极(省略图示)。作为压电体的构成材料,例如能够使用锆钛酸铅(PZT)、钛酸钡、钛酸铅、铌酸钾、铌酸锂、钽酸锂、钨酸钠、氧化锌、钛酸锶钡(BST)、钽酸锶铋(SBT)、偏铌酸铅、铈铌酸铅等压电陶瓷。由压电陶瓷构成的压电体例如可以由块材料形成,也可以使用溶胶-凝胶法或溅射法形成。此外,作为压电体的构成材料,除上述的压电陶瓷之外,可以使用聚偏二氟乙烯、水晶等。

[0041] 压电振动模块140还具有两个拾取电极180。拾取电极180是用于检测压电振动体100的振动向驱动电路300供给振动检测信号 $S_V$ (图1)的电极。在图2的例子中,拾取电极180分别设置在位于振动部110的中央的压电元件147C的上侧和下侧。但是,可以仅设置一个拾取电极180,也可以省略拾取电极180。

[0042] 图3是示出压电振动模块140的振动的形态的示意图。压电振动模块140能够以使触头160椭圆运动的方式振动。这种椭圆运动通过如下动作而实现:一对压电元件147A、147E的伸缩和另一对压电元件147B、147D的伸缩产生弯曲振动,或者通过中央的压电元件147C的伸缩产生纵向振动“弯曲振动”是在压电振动模块140的平面内,压电振动模块140如图3所示呈S字状弯曲的振动。“纵向振动”是沿着压电振动模块140的长度方向(第一方向X)伸缩的振动。压电振动体100整体也与压电振动模块140同样地振动。四个压电元件147A、147B、147D、147E产生弯曲振动,称为“第一压电元件”。压电元件147C产生纵向振动,称为“第二压电元件”。第一压电元件147A、147B、147D、147E或第二压电元件147C的个数是一个例子,第一压电元件和第二压电元件的个数能够适当设定为其以外的值。例如,可以省略一对第一压电元件147A、147B,通过另一对第一压电元件147D、147E产生弯曲。

[0043] 图4示出对压电元件147A~147E供给的驱动电压的波形的例子。驱动电压 $V_1$ 施加在一对压电元件147A、147E,驱动电压 $V_2$ 施加在压电元件147C,驱动电压 $V_3$ 施加在另一对压电元件147B、147D。此外,驱动电压 $V_3$ 从驱动电压 $V_1$ 将相位改变 $\pi$ (=180度),实质上与驱动电压 $V_1$ 等价。这些驱动电压 $V_1$ 、 $V_3$ 是用于使压电振动模块140产生弯曲振动的驱动电压,称为“第一驱动电压”。驱动电压 $V_2$ 是用于使压电振动模块140产生纵向振动的驱动电压,称为“第二驱动电压”。此外,第一驱动电压 $V_1$ 、 $V_3$ 的频率、第二驱动电压 $V_2$ 的频率通常设定为相等的值。

[0044] 压电振动模块140通过弯曲振动和纵向振动的合成,以触头160进行椭圆运动的方式振动(图3)。这样,通过使一对压电元件147A、147E、另一对压电元件147B、147D、压电元件147C以不同的相位伸缩,能够沿着椭圆轨道使触头160振动。但是,如果能够使触头160沿着椭圆轨道振动,那么压电振动模块140的驱动电压的波形能够使用图4示出的波形之外的各种波形。例如,驱动电压也可以在交流成分之外包含直流成分。在这种情况下,“驱动电压的频率”表示其交流成分的频率。

[0045] 如图2所示,优选地,拾取电极180在俯视下配置在沿着第一方向X延伸的压电振动体100的中心轴CX上的位置。该中心轴CX在俯视下位于与振动部110的中心轴一致的位置。如果将拾取电极180配置在压电振动体100的中心轴CX上的位置,则弯曲振动的影响减少,

具有能够正确地容易地检测纵向振动的优点。拾取电极180还优选配置在弯曲振动的节 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 的任一位置。在图2的例子中,弯曲振动的节 $n_1$ 存在于振动部110的中央,另外两个节 $n_2$ 、 $n_3$ 在中心轴CX上存在于振动部110的端部附近的位置。如果在这些弯曲振动的节 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 的任一位置配置拾取电极180,那么能够进一步减少弯曲振动的影响,因此具有能够更容易地检测到压电振动体100的纵向振动的优点。但是,也可以将拾取电极180配置在这些之外的位置。

[0046] 图5是驱动电压生成部310的结构的一个例子的框图。驱动电压生成部310具有:电压波形生成电路330,生成具有驱动电压 $V_d$ 的电压波形的电压波形信号 $S_d$ ;以及电压放大电路340,放大电压波形信号 $S_d$ 的电压,而生成驱动电压 $V_d$ 。驱动电压 $V_d$ 被供给到压电元件147,而驱动压电元件147。在图5的例子中,电压放大电路340由共振电路(更具体而言LC串联共振电路)构成。但是,电压放大电路340只要是能够放大电压波形信号 $S_d$ 的电压的电路即可,能够采用具有其他各种结构的电路。例如,可以利用运算放大器构成电压放大电路340。

[0047] 由驱动电压生成部310生成的驱动电压 $V_d$ 相当于图4示出的三个驱动电压 $V_1 \sim V_3$ 的任一个。驱动电路300为了生成驱动电压 $V_1 \sim V_3$ ,可以具有三个图5示出的驱动电压生成部310。或者,驱动电路300也可以是利用调整在图5示出的驱动电压生成部310生成的驱动电压 $V_d$ 的相位的相位调整电路,生成图4示出的驱动电压 $V_1 \sim V_3$ 。在下文中,在驱动电压生成部310生成的驱动电压 $V_d$ 作为代表图4的驱动电压 $V_1 \sim V_3$ 而进行压电驱动装置400的动作说明。

[0048] 图6是示出第一实施方式的动作特性的图表。横轴是驱动电压 $V_d$ (图5)的频率。虚线示出停止状态下的压电振动体100的移位量 $D_c$ 。停止状态的移位量 $D_c$ 在停止状态下的压电振动体100的共振频率 $f_{r1}$ (第一共振频率)最大。实线示出驱动状态下的压电振动体100的位移量 $D_d$ 。驱动状态的位移量 $D_d$ 在驱动状态下的压电振动体100的共振频率 $f_{r2}$ (第二共振频率)最大。虚线示出驱动速度 $S_p$ 。驱动速度 $S_p$ 表示驱动被驱动部件220的速度。驱动速度 $S_p$ 在驱动状态下的共振频率 $f_{r2}$ 最大。

[0049] 如图6所示,压电振动体100构成为停止状态的共振频率 $f_{r1}$ 比驱动状态的共振频率 $f_{r2}$ 高。如在图1的说明,压电振动体100通过弹簧部件210被按压于被驱动部件220,因此,在停止状态下,触头160处在被按压向被驱动部件220的状态。在这种情况下,停止状态的共振频率 $f_{r1}$ 通常比驱动状态的共振频率 $f_{r2}$ 高。但是,可以使用弹簧部件210之外的方法得到同样的效果。此外,在本实施方式中,假定压电振动体100的纵向振动的共振频率和弯曲振动的共振频率相等。在两者不同的情况下,通过纵向振动的共振频率来定义图6示出的共振频率 $f_{r1}$ 、 $f_{r2}$ 。

[0050] 驱动电路300在从停止状态起动的时,将驱动电压 $V_d$ 的驱动频率设定为比驱动时的共振频率 $f_{r2}$ 更接近停止状态的共振频率 $f_{r1}$ 的第一频率 $f_1$ ,而开始驱动。驱动电路300在起动的后的驱动状态下,将驱动电压 $V_d$ 的驱动频率设定为比第一频率 $f_1$ 小的频率,相比于停止状态的共振频率 $f_{r1}$ 更接近驱动状态的共振频率 $f_{r2}$ 的第二频率 $f_2$ 。通过这样的方式,在起动的时和驱动状态的双方以接近机械的共振频率的频率驱动压电振动体100,因此能够以较大的力驱动被驱动部件220。

[0051] 此外,适用于压电元件147的驱动的驱动频率对应于被驱动部件220的形态或者环

境温度等的状况而变化。为了使压电驱动装置400产生较高的驱动力,期待进行驱动控制以便于追随适应这种状况的驱动频率。因此,优选地,将驱动频率从起动时的频率 $f_1$ 降频扫描到驱动状态的频率 $f_2$ 。通过这样的方式,能够顺畅地对应于各种情况设定适当的驱动频率。另外,能够顺畅地转移到从起动时到驱动状态的动作。

[0052] 图6的点划线示出电压放大电路340(图5)的电压放大倍数 $A_v$ 。电压放大倍数 $A_v$ 在频率 $f_0$ 具有最大峰值,随着从频率 $f_0$ 离开而降低。在电压放大电路340作为共振电路构成的情况下,该频率 $f_0$ 等于电压放大电路340的共振频率。例如,在电压放大电路340以LC共振电路构成的情况下,共振频率 $f_0$ 为 $1/\{2\pi\sqrt{LC}\}$ 。

[0053] 如前所述,在起动时,以第一频率 $f_1$ 驱动压电元件147,在之后的驱动状态下以第二频率 $f_2$ 驱动。驱动状态的第二频率 $f_2$ 的电压放大倍数 $A_v$ 被设定成比起动时的第一频率 $f_1$ 的电压放大倍数 $A_v$ 低。换言之,相比于第二频率 $f_2$ 的电压放大倍数 $A_v$ ,第一频率 $f_1$ 的电压放大倍数 $A_v$ 高。利用这种特性,在起动时能够以较大的力使被驱动部件220。另外,在起动后的驱动状态下,能够不以过大的力驱动被驱动部件220。

[0054] 此外,在本实施方式中,电压放大电路340作为具有比第一频率 $f_1$ 高的共振频率 $f_0$ 的电路而构成,通过这种电路构成,实现驱动状态的第二频率 $f_2$ 的电压放大倍数 $A_v$ 比起动时的第一频率 $f_1$ 的电压放大倍数 $A_v$ 低的特性。但是,也可以利用其以外的电路构成,实现两个频率 $f_1$ 、 $f_2$ 的电压放大倍数 $A_v$ 的优选的特性。另一方面,如果构成为电压放大电路340具有比起动时的驱动频率 $f_1$ 高的共振频率 $f_0$ ,则具有如下优点:在将驱动频率从第一频率 $f_1$ 降频扫描到第二频率 $f_2$ 时,能够平滑地降低驱动电压 $V_d$ 。

[0055] 此外,优选地,根据从拾取电极180供给到驱动电路300的振动检测信号 $S_v$ (图1)确定驱动状态的优选的驱动频率的值。例如,在起动后的驱动状态下,能够调整驱动电压 $V_d$ 的频率,以使供给到压电元件147的驱动电压 $V_d$ 和通过拾取电极180检测到的振动检测信号 $S_v$ 的相位差成为预定的优选的值。或者,可以调整驱动电压 $V_d$ 的频率,以使振动检测信号 $S_v$ 的振幅足够大。

[0056] 如以上,在第一实施方式的压电驱动装置400中,以停止状态的共振频率 $f_{r1}$ 比驱动状态的第二共振频率高的方式构成压电振动体100。另外,驱动电路300在从停止状态起动时,将驱动电压 $V_d$ 的驱动频率设定成比驱动状态的共振频率 $f_{r2}$ 更接近停止状态的共振频率 $f_{r1}$ 的第一频率 $f_1$ ,而开始驱动,在起动后的驱动状态下,将驱动电压 $V_d$ 的驱动频率设定成比停止状态的共振频率 $f_{r1}$ 更接近驱动状态的共振频率 $f_{r2}$ 的第二频率 $f_2$ 。其结果,在起动时和驱动状态的双方以接近机械的共振频率 $f_{r1}$ 、 $f_{r2}$ 的频率驱动压电振动体100,因此能够以较大的力驱动被驱动部件220。

[0057] <其他实施方式>

[0058] 图7是示出具备第二实施方式的压电驱动装置400a的驱动机构的立体图。压电驱动装置400a在多个压电振动模块140之间配置第二压电振动模块150的点与第一实施方式不同,其他结构与第一实施方式相同。即,在上述的图1中,三个压电振动模块140层叠在第二方向Y上,但在图7示出的第二实施方式中,两个第一压电振动模块140之间配置有具有与其不同的结构的第二压电振动模块150。

[0059] 图8是第二实施方式的第二压电振动模块150的俯视图。第二压电振动模块150具有在其振动部110的大致整个区域扩展配置的一个压电元件157。该压电元件157与配置在

第一压电振动模块140的中央的压电元件147C(图2)同样地,产生纵向振动,相当于“第二压电元件”。因此,该压电元件157可以被供给与供给到压电元件147C的驱动电压V2(图4)相同的驱动电压。此外,在第二实施方式中,第二压电振动模块150发生纵向振动,可以省略第一压电振动模块140(图2)的压电元件147C。该第二实施方式的压电驱动装置400a也具有与第一实施方式的压电驱动装置400同样的效果。

[0060] 图9是示出其他实施方式的机器人的立体图。机器人1000是六轴机器人,具有固定在地面或者顶棚的基座1010、旋转自如地连结于基座1010的臂1020、1030、1040、1050、1060、1070、控制这些臂1020、1030、1040、1050、1060、1070的驱动的机器人控制部1080。另外,在臂1070设置有手连接部,在手连接部安装有对应于机器人1000执行的作业的末端执行器1090。另外,在各关节部中的全部或者部分搭载压电驱动装置400,通过该压电驱动装置400的驱动,各臂1020、1030、1040、1050、1060、1070转动。此外,通过机器人控制部1080控制各压电驱动装置400的驱动。另外,压电驱动装置400搭载于末端执行器1090,可以用于末端执行器1090的驱动。该机器人1000具备压电驱动装置400,因此能够享受上述的压电驱动装置400的效果。

[0061] 在上述各种实施方式中,说明了将压电驱动装置应用在机器人中的结构,但压电驱动装置能够应用在其之外的各种装置中。

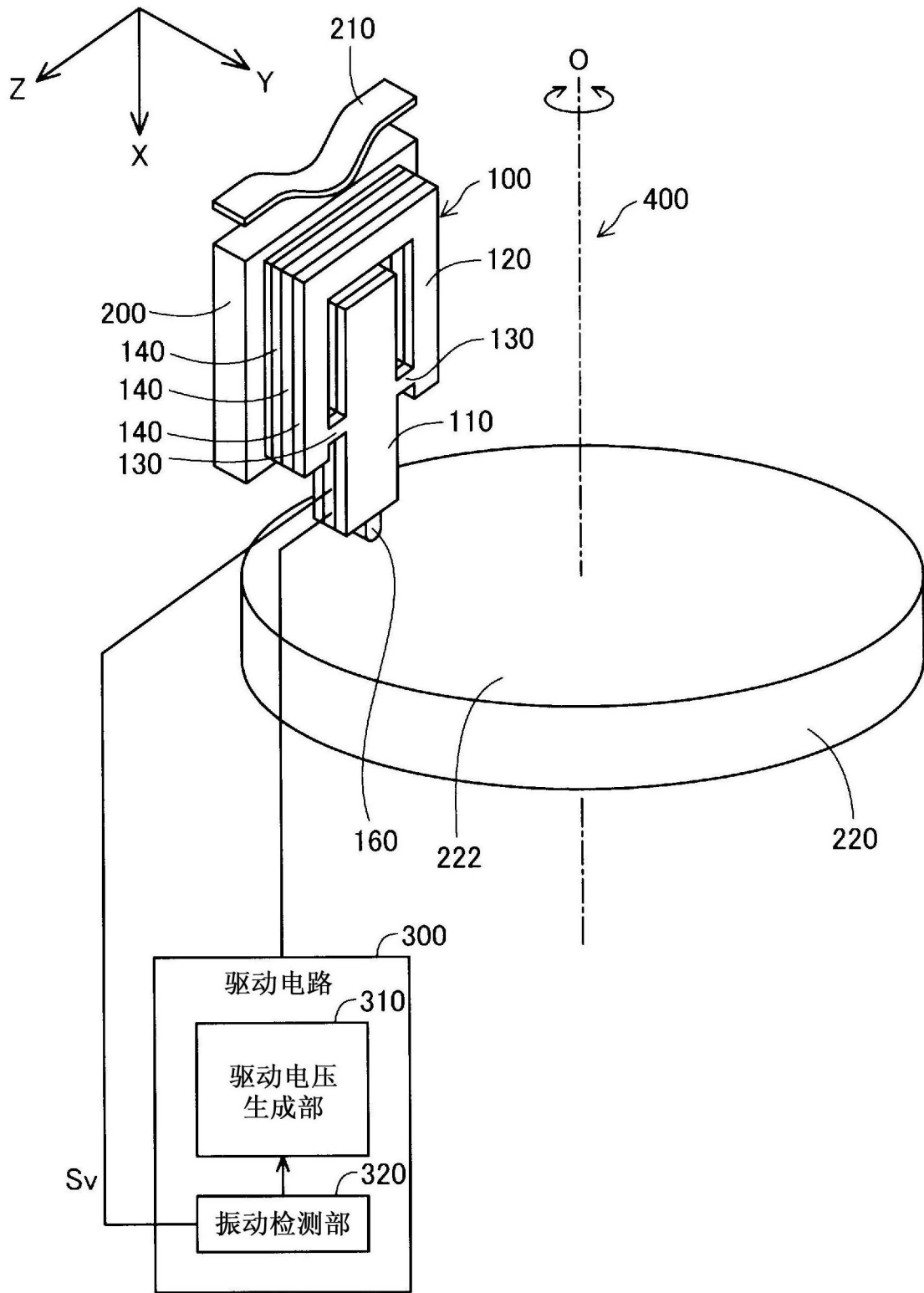


图1

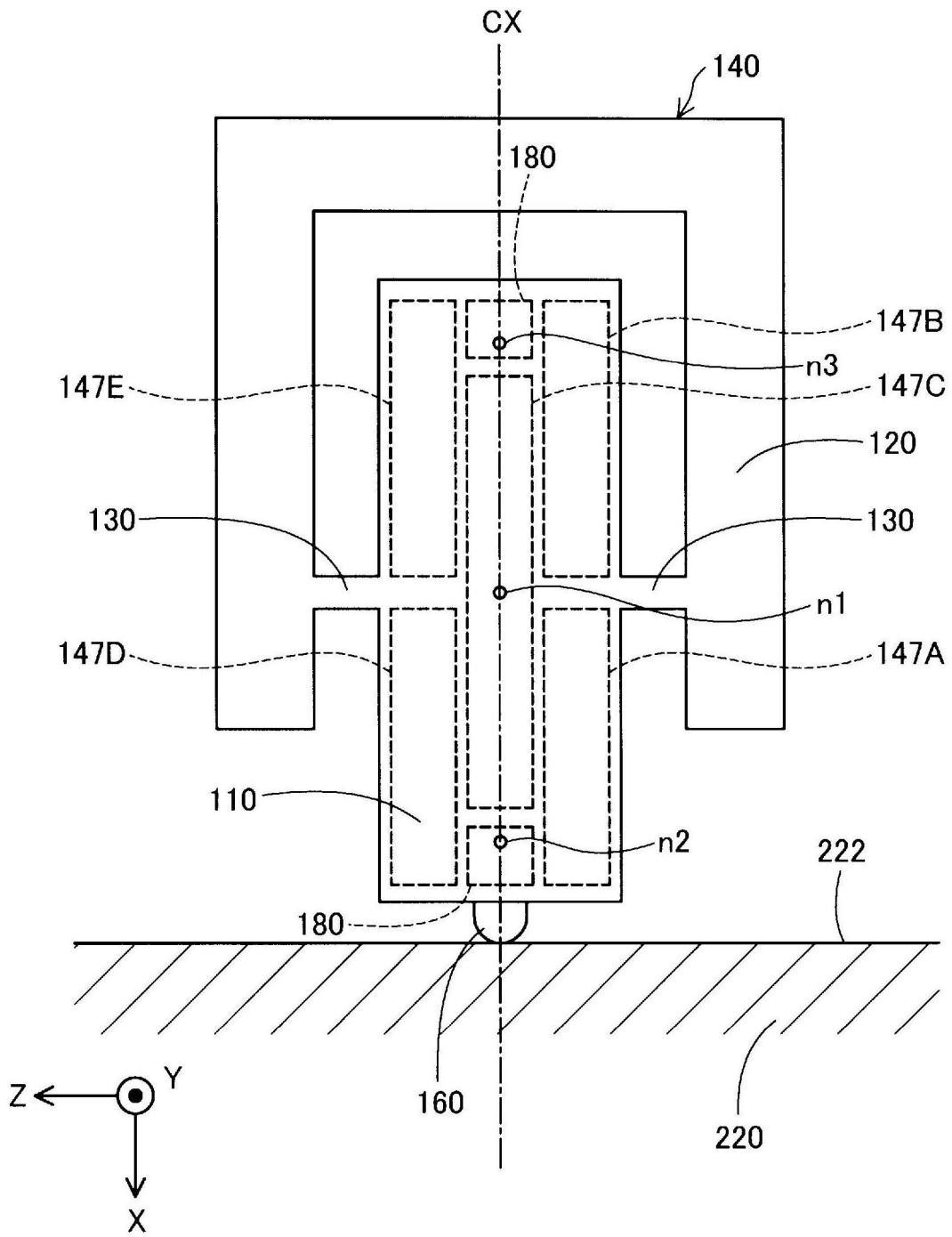


图2

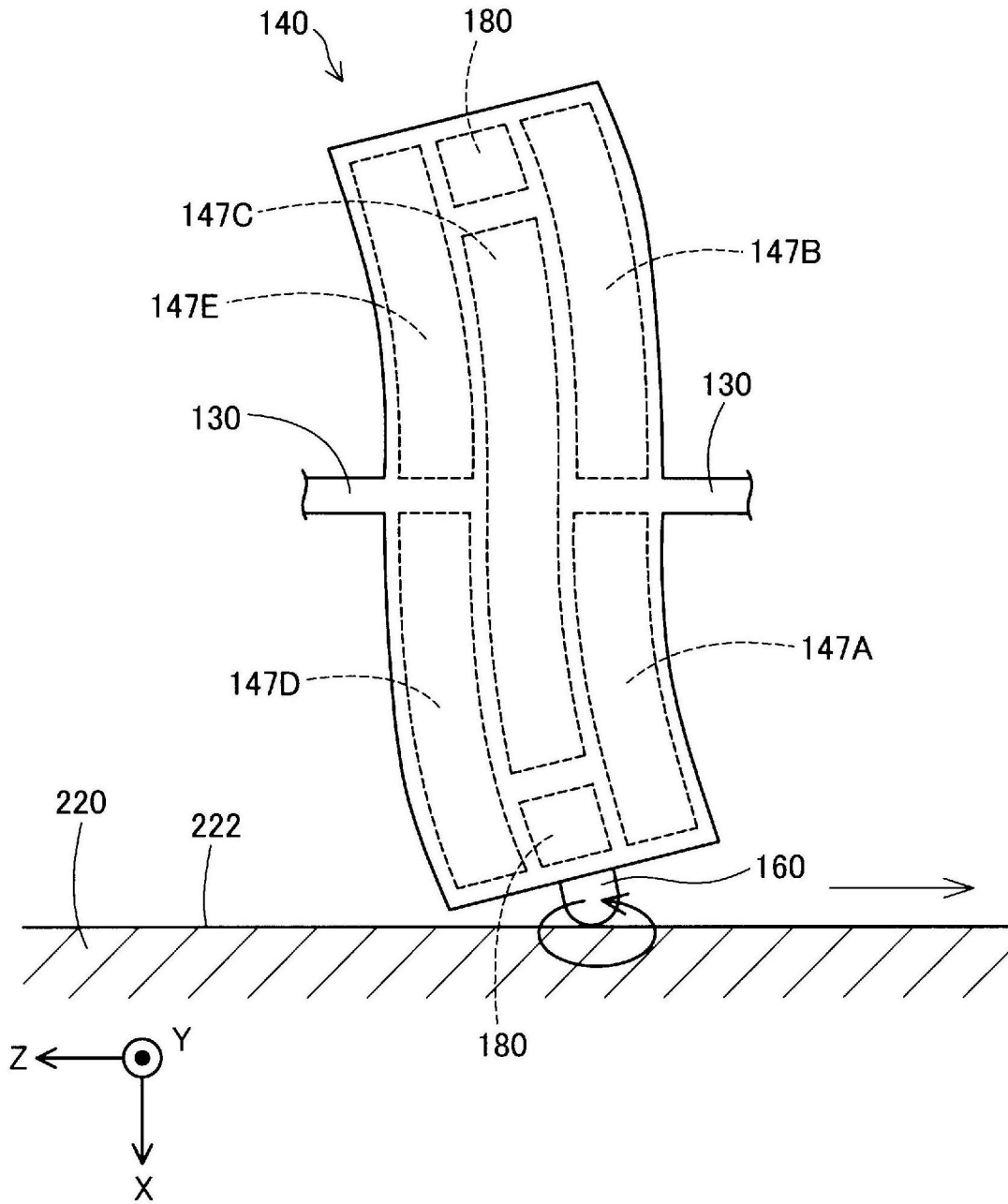


图3

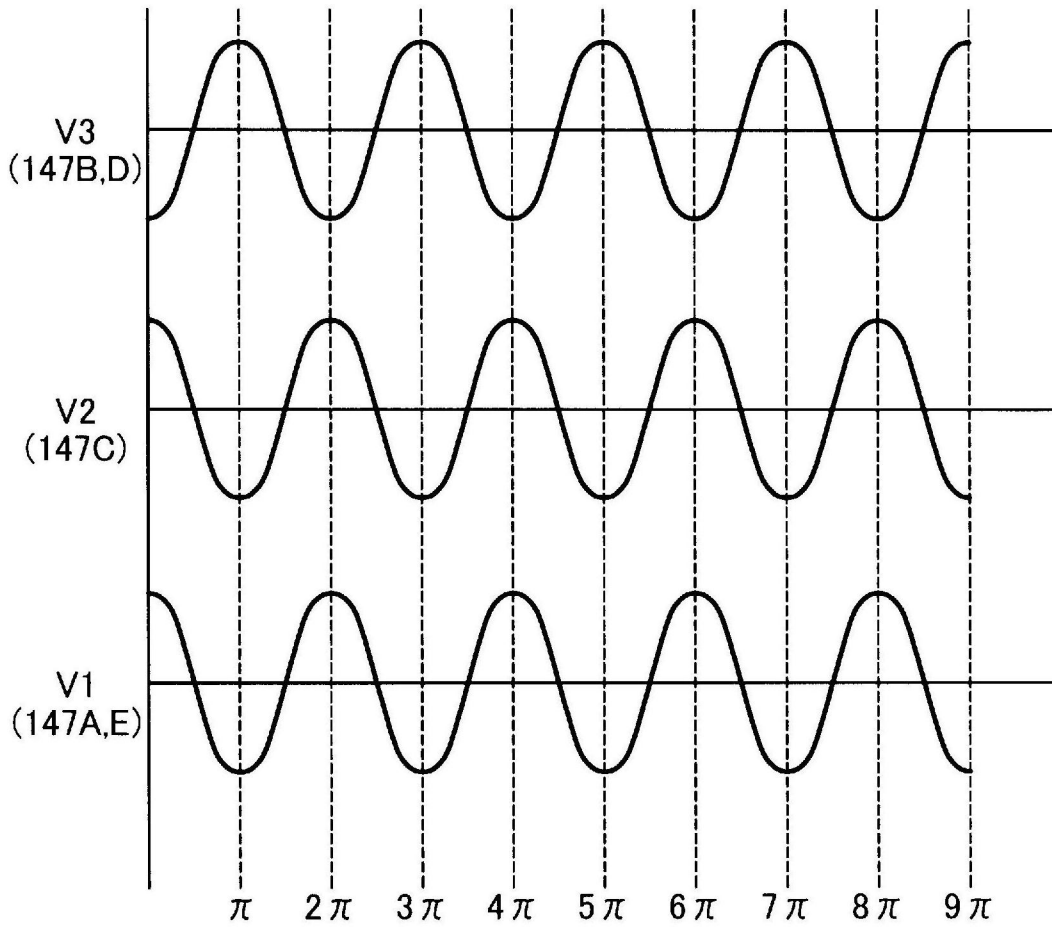


图4

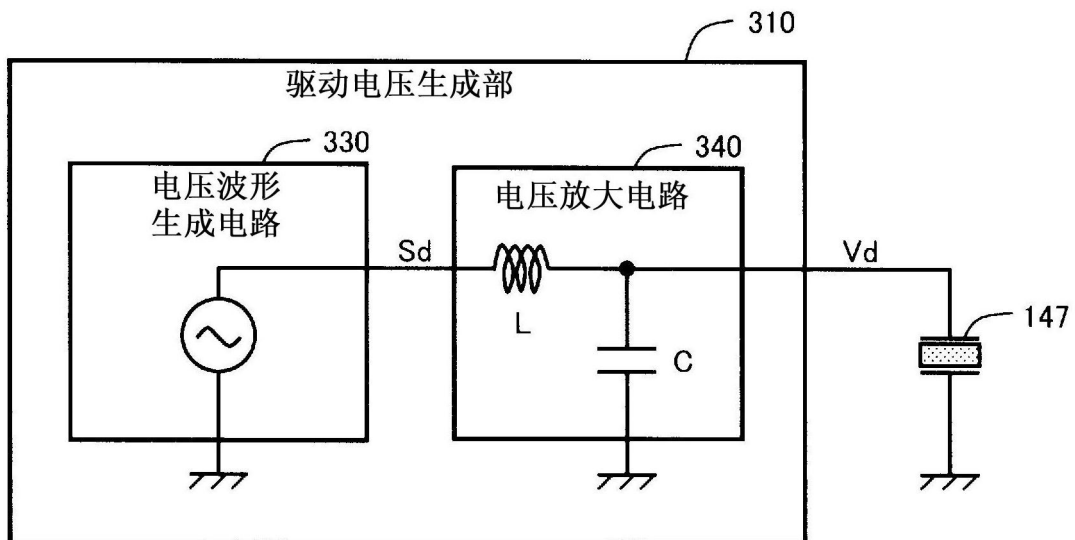


图5

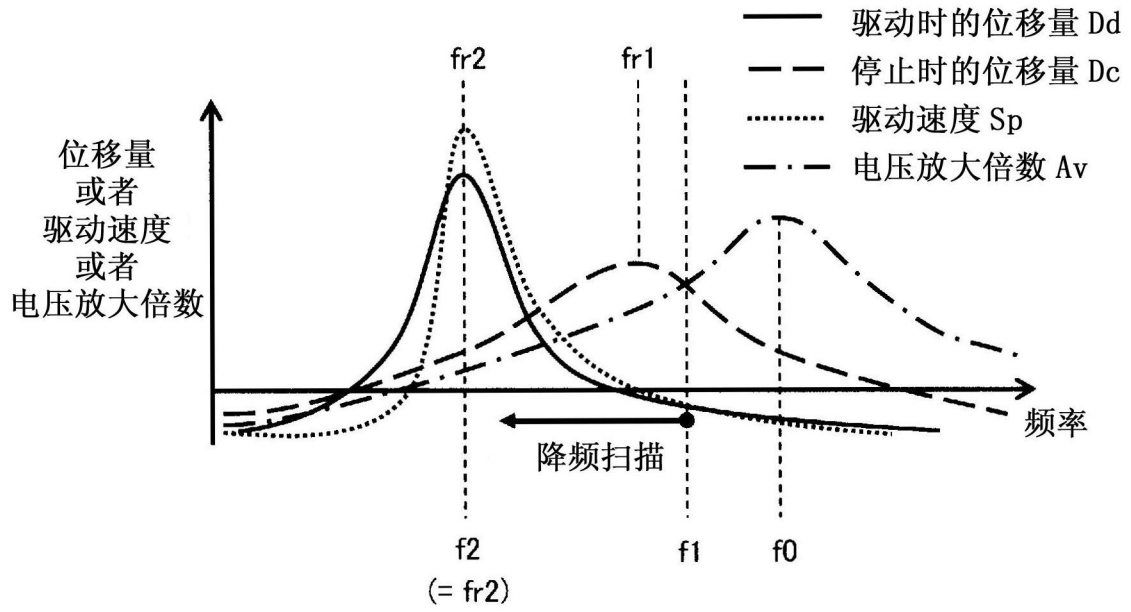


图6

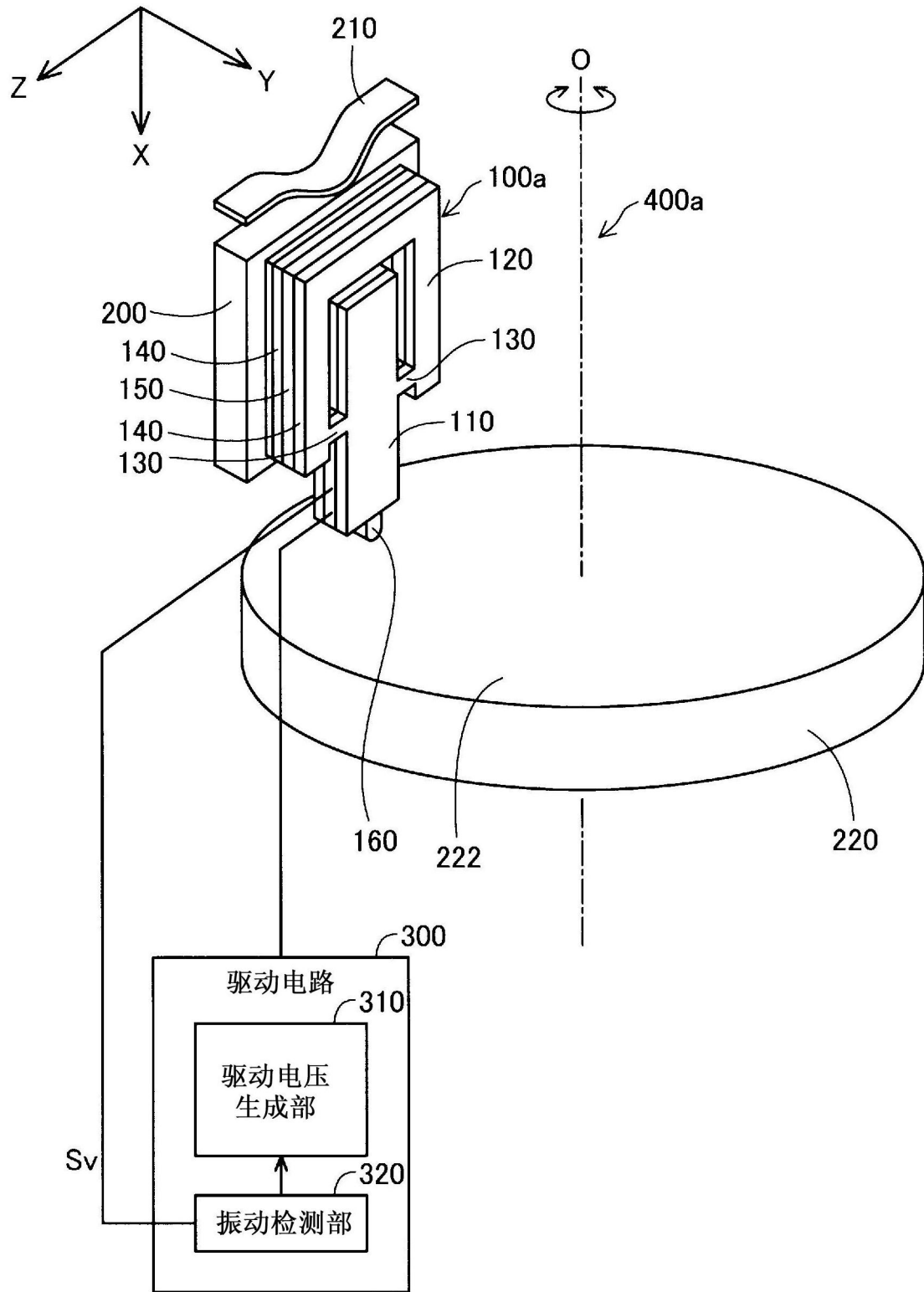


图7

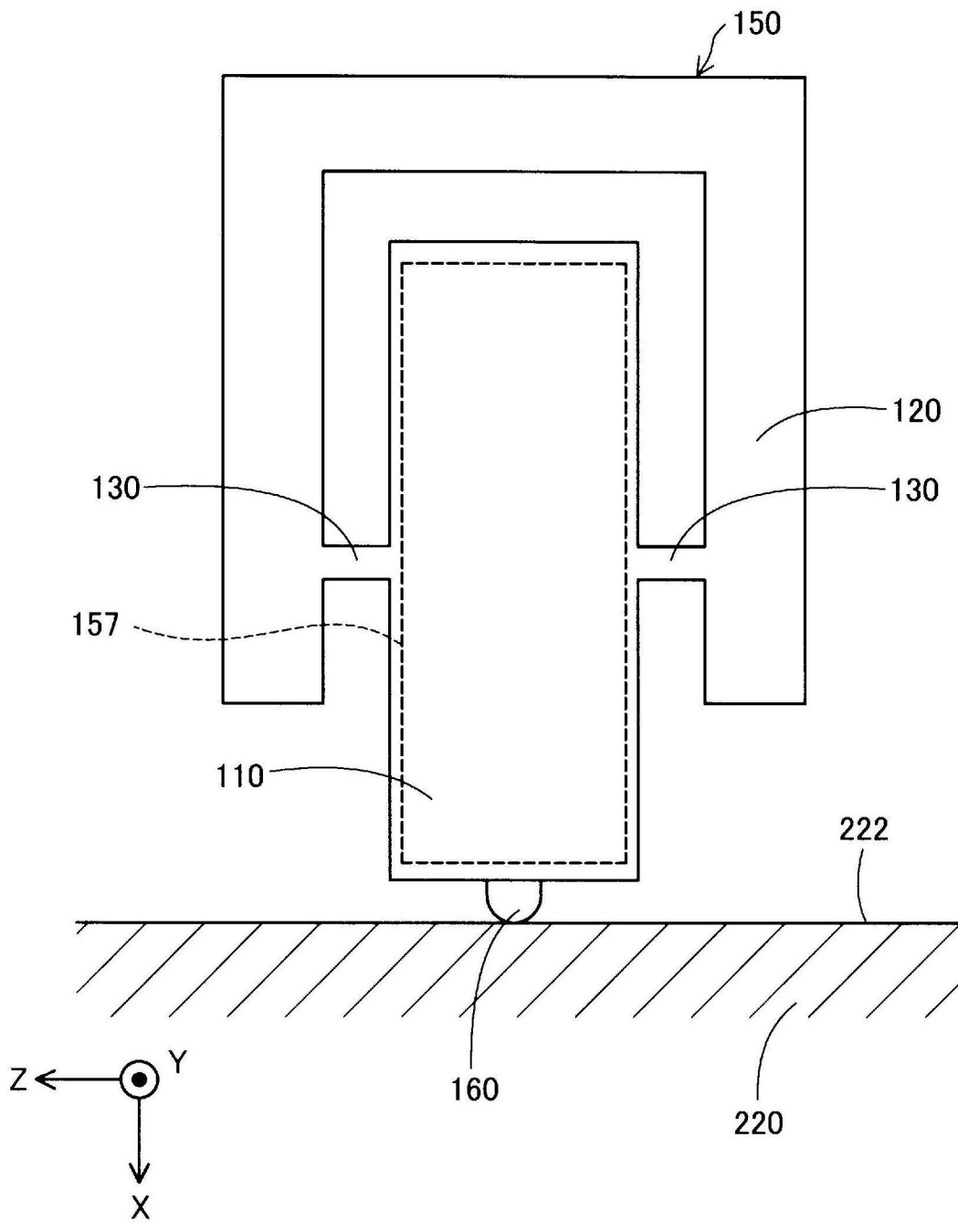


图8

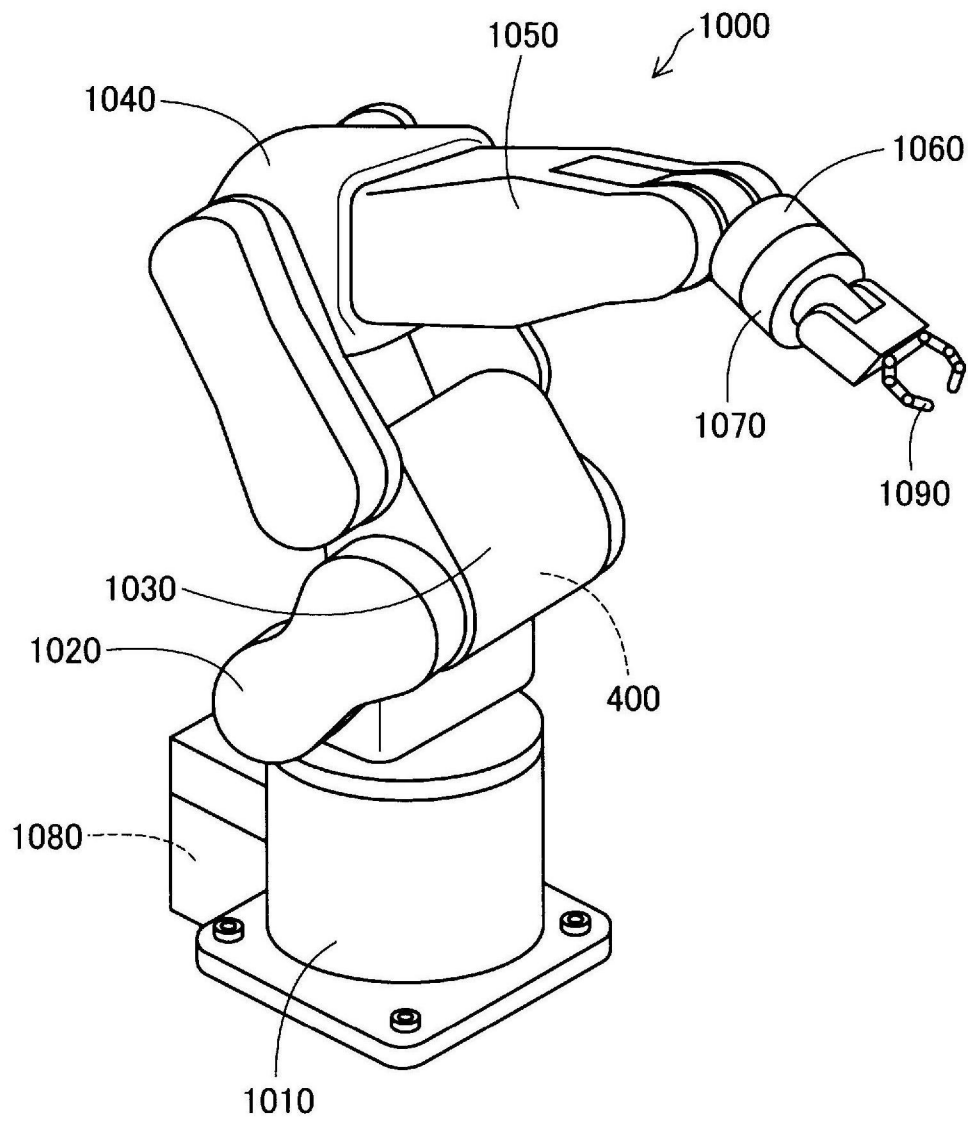


图9