



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102365815 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 23

(21) 申请号 201080015449. 5

(22) 申请日 2010. 03. 31

(30) 优先权数据

2009-084113 2009. 03. 31 JP

2009-084114 2009. 03. 31 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 09. 28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/002376 2010. 03. 31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/113505 JA 2010. 10. 07

(73) 专利权人 株式会社尼康

地址 日本东京

(72) 发明人 桑野邦宏 金满容大

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 谢丽娜 关兆辉

(51) Int. Cl.

G02B 7/04(2006. 01)

H02N 2/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 平 2-87981 A, 1990. 03. 28,

JP 平 2-87981 A, 1990. 03. 28,

CN 1721993 A, 2006. 01. 18,

JP 昭 59-230473 A, 1984. 12. 25,

JP 昭 59-230473 A, 1984. 12. 25,

JP 平 2-159982 A, 1990. 06. 20,

CN 101206297 A, 2008. 06. 25,

审查员 韩伟

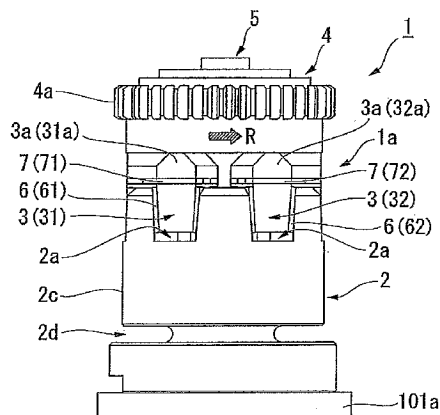
权利要求书2页 说明书23页 附图19页

(54) 发明名称

压电致动器以及透镜镜筒

(57) 摘要

本发明的压电致动器具备:多个第一压电元件;第一部件,被上述多个第一压电元件的相互相向的面夹住,由上述多个第一压电元件向第一方向驱动;第二压电元件,设置于上述第一部件;第二部件,与上述第二压电元件接触设置,由上述第二压电元件向与上述第一方向交叉的第二方向驱动;以及第三部件,与上述第二部件抵接,通过上述第二部件被驱动,而相对于上述第一部件相对移动。



1. 一种压电致动器,其特征在于,具备:

多个第一压电元件;

第一部件,被上述多个第一压电元件的相互相向的面夹住,由上述多个第一压电元件向第一方向驱动;

第二压电元件,设置于上述第一部件;

第二部件,与上述第二压电元件接触设置,由上述第二压电元件向与上述第一方向交叉的第二方向驱动;以及

第三部件,与上述第二部件抵接,通过上述第二部件被驱动,而相对于上述第一部件相对移动,

上述第三部件设置成能够以与上述第一方向平行的旋转轴为中心旋转,

上述第二方向为沿着上述第三部件的旋转方向的方向。

2. 根据权利要求 1 所述的压电致动器,其特征在于,

还具备第四部件,该第四部件具有与上述多个第一压电元件各自的上述相互相向的面的相反侧的面抵接的两个面,经由上述多个第一压电元件支撑上述第一部件。

3. 根据权利要求 2 所述的压电致动器,其特征在于,

上述第四部件具备弹性体。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的压电致动器,其特征在于,

具备多组具有上述多个第一压电元件、上述第二压电元件、上述第一部件和上述第二部件的组。

5. 根据权利要求 4 所述的压电致动器,其特征在于,

还具备对上述第一压电元件以及上述第二压电元件供给电压的电源部,

上述电源部对各个上述组供给具有相位差的上述电压。

6. 根据权利要求 5 所述的压电致动器,其特征在于,

上述电源部供给上述电压,使得各个上述组的上述第二部件重复与上述第三部件的接触、上述第二方向的进给、从上述第三部件的分离、上述第二方向的返回。

7. 根据权利要求 5 所述的压电致动器,其特征在于,

具备第四部件,该第四部件具有与上述多个第一压电元件各自的上述相互相向的面的相反侧的面抵接的两个面,经由上述多个第一压电元件支撑上述第一部件,

上述电压的频率与由上述第四部件、上述第一部件、上述第二部件、上述第一压电元件以及上述第二压电元件构成的构造体的共振频率相等。

8. 根据权利要求 5 所述的压电致动器,其特征在于,

上述相位差为 $360^\circ / N$, 其中, N 为上述组的组数。

9. 根据权利要求 4 所述的压电致动器,其特征在于,

各个上述组具备三对上述第一压电元件、三个上述第二压电元件、三个上述第一部件和三个上述第二部件。

10. 根据权利要求 1 所述的压电致动器,其特征在于,

具备多组具有上述多个第一压电元件、上述第二压电元件、上述第一部件和上述第二部件的组,

各个上述组的上述第一部件均等地配置在上述旋转方向上,

不同的上述组的上述第一部件依次配置在上述旋转方向上。

11. 根据权利要求 1 所述的压电致动器,其特征在于,上述第二部件设置成前端狭窄状以使沿着上述第二方向的截面积越靠近上述第三部件就越小。

12. 根据权利要求 1 所述的压电致动器,其特征在于,上述多个第一压电元件的各自的形状以及尺寸相同。

13. 根据权利要求 1 所述的压电致动器,其特征在于,
上述第一压电元件的纵弹性模量大于上述第一压电元件的横弹性模量,
上述第二压电元件的纵弹性模量大于上述第二压电元件的横弹性模量。

14. 一种透镜镜筒,具备权利要求 1 至 13 中任一项所述的压电致动器。

压电致动器以及透镜镜筒

技术领域

[0001] 本发明涉及压电致动器以及透镜镜筒。

[0002] 本申请基于 2009 年 3 月 31 日在日本申请的特愿 2009-084113 号以及特愿 2009-084114 号主张优先权,在此援引其内容。

背景技术

[0003] 以往,使用了压电元件压电致动器(驱动装置)已广为人知。作为这种压电致动器,例如,下面的专利文献 1 公开了通过驱动多个压电元件来使与被驱动体接触的芯片部件进行椭圆运动,由此驱动被驱动体的压电致动器。下面专利文献 1 中记载的压电致动器在设定了 XYZ 直角坐标系的情况下,通过与芯片部件的 XZ 平面平行的椭圆运动来向 X 轴方向驱动被驱动体。

[0004] 【现有技术文献】

[0005] 【专利文献】

[0006] 专利文献 1:日本特开 2007-236138 号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 但是,在上述以往的压电致动器中存在无法将不同的两个方向的振动作为各自独立的振动来取出的问题。在上述专利文献 1 中,由于无法将芯片部件的 X 轴方向和 Z 轴方向的振动作为各自独立的振动来取出,因此存在多个压电元件妨碍相互运动的可能性。如果被驱动成多个压电元件妨碍相互的运动,则驱动被驱动体的压电致动器的输出下降。

[0009] 本发明的方式的目的在于提供能够将不同的两个方向的振动作为各自独立的振动来取出的压电致动器以及使用该压电致动器的透镜镜筒。

[0010] 用于解决问题的手段

[0011] 本发明的一种方式涉及的压电致动器具备:多个第一压电元件;第一部件,被上述多个第一压电元件的相互相向的面夹住,由上述多个第一压电元件向第一方向驱动;第二压电元件,设置于上述第一部件;第二部件,与上述第二压电元件接触设置,由上述第二压电元件向与上述第一方向交叉的第二方向驱动;以及第三部件,与上述第二部件抵接,通过上述第二部件被驱动,而相对于上述第一部件相对移动。

[0012] 本发明的其他方式涉及的透镜镜筒具备上述压电致动器。

[0013] 发明效果

[0014] 根据本发明的方式涉及的压电致动器,能够将不同的两个方向的振动作为各自独立的振动来取出。

附图说明

[0015] 图 1 是本发明的一实施方式涉及的压电致动器的主视图。

- [0016] 图 2 是上述压电致动器的截面图。
- [0017] 图 3 是图 1 所示的压电致动器的支撑驱动部的立体图。
- [0018] 图 4 是上述支撑驱动部的俯视图。
- [0019] 图 5A 是上述压电致动器的保持部以及驱动挡块的组装主视图。
- [0020] 图 5B 是上述保持部以及上述驱动挡块的主视图。
- [0021] 图 6A 是上述压电致动器的电路图。
- [0022] 图 6B 是上述压电致动器的电路图。
- [0023] 图 7 是上述压电致动器的电源部供给电压的时序图。
- [0024] 图 8 是表示上述压电致动器的驱动挡块的动作的主视图。
- [0025] 图 9 是表示上述驱动挡块的动作的主视图。
- [0026] 图 10 是表示上述驱动挡块的动作的主视图。
- [0027] 图 11 是表示图 1 所示的压电致动器的驱动挡块的前端部的位移的时间变化的图表。
- [0028] 图 12 是具备上述压电致动器的透镜镜筒的分解立体图。
- [0029] 图 13A 是表示上述压电致动器的变形例的保持部以及驱动挡块的主视图。
- [0030] 图 13B 是表示上述压电致动器的其他变形例的保持部以及驱动挡块的主视图。
- [0031] 图 14 是表示上述压电致动器的驱动挡块的前端部的位移的时间变化的图表。
- [0032] 图 15 是表示上述驱动挡块的前端部的位移的时间变化的图表。
- [0033] 图 16 是表示上述压电致动器的驱动挡块的前端部、支撑部以及压电元件的位移的时间变化的图表。
- [0034] 图 17A 是表示上述压电致动器的驱动挡块以及底部的凸部的动作的主视图。
- [0035] 图 17B 是表示上述压电致动器的驱动挡块以及底部的凸部的动作的主视图。
- [0036] 图 17C 是表示上述压电致动器的驱动挡块以及底部的凸部的动作的主视图。
- [0037] 图 17D 是表示上述压电致动器以及驱动挡块以及底部的凸部的动作的主视图。
- [0038] 附图标记说明
- [0039] 1 : 压电致动器 ;
- [0040] 1a : 支撑驱动部 (构造体) ;
- [0041] 2 : 底部 (第四部件) ;
- [0042] 3 : 驱动挡块 ;
- [0043] 3a : 前端部 (第二部件) ;
- [0044] 3b : 基部 (第一部件) ;
- [0045] 4 : 转动体 (第三部件) ;
- [0046] 5 : 支撑轴 (旋转轴) ;
- [0047] 6 : 第一压电元件 ;
- [0048] 7 : 第二压电元件 ;
- [0049] 10 : 电源部 ;
- [0050] 31 : 驱动挡块 (第一组) ;
- [0051] 31a : 前端部 (第一组) ;
- [0052] 31b : 基部 (第一组) ;

- [0053] 32 :驱动挡块 (第二组);
- [0054] 32a :前端部 (第二组);
- [0055] 32b :基部 (第二组);
- [0056] 61 :第一压电元件 (第一组);
- [0057] 62 :第一压电元件 (第二组);
- [0058] 71 :第二压电元件 (第一组);
- [0059] 72 :第二压电元件 (第二组);
- [0060] 100 :可换透镜 (透镜镜筒);
- [0061] R :旋转方向。

具体实施方式

[0062] 下面,参照附图说明本发明的一实施方式涉及的压电致动器。本实施方式的压电致动器(驱动装置)1用于例如通过进行使转动体等第一部分和驱动挡块等第二部分相对位移的相对驱动来驱动相机的透镜镜筒等光学设备、电子设备。

[0063] 图1是本实施方式的压电致动器1的主视图,图2是其截面图。

[0064] 如图1以及图2所示,压电致动器1具备:设置有多个保持部2a的底部(第四部件)2、被保持部2a保持的驱动挡块3、与驱动挡块3相邻配置的转动体(第三部件)4、和插通于底部2的支撑轴5。

[0065] 底部2例如由不锈钢等金属材料形成为中空圆筒状,并通过插通支撑轴5而设置成围绕支撑轴5。

[0066] 转动体4经由轴承5a被支撑轴5所支撑(轴支撑),并以支撑轴5为旋转轴而自由旋转地设置。在转动体4的外周面例如形成有用于驱动相机的透镜镜筒等的齿轮4a。转动体4的底部2侧的面被多个驱动挡块3所支撑。

[0067] 底部2的一端部例如通过未图示的螺栓等固定在安装部101a上。在底部2的与安装部101a相向的面的中央部形成有凹部2b。在凹部2b插入(嵌入)有在支撑轴5的基端所形成的扩径部5a。通过在该状态下将底部2固定到安装部101a,支撑轴5被固定到底部2以及安装部101a。

[0068] 在底部2的另一端部、在底部2的圆周方向即转动体4的旋转方向R上设置有多个凹状的保持部2a。保持部2a从垂直于支撑轴5且沿着转动体4的旋转方向R的方向(第二方向)的两侧支撑驱动挡块3,并且将驱动挡块3保持成可在与支撑轴5平行的方向(第一方向)上述驱动。

[0069] 如图2所示,底部2的侧面2c与支撑轴5大致平行地设置。在侧面2c的保持部2a和安装部101a侧的端部之间形成有作为抑制从安装部101a到保持部2a的振动传递的振动抑制部的、槽部2d。即,槽部2d设置在与大致垂直于支撑轴5且沿转动体4的旋转方向R的方向(第二方向)交叉的底部2的侧面2c上。槽部2d连续设置于底部2的轴方向,并设置在与保持部2a和安装部101a侧的端部的中间相比靠近安装部101a侧的端部的位置。

[0070] 槽部2d的深度d1例如为底部2的半径r1的40%以上且80%以下的范围。上述数值只不过是一例,不限于于此。槽部2d的深度例如可以为底部2的半径r1的10%、20%、

30%、40%、50%、60%、70%、80%、或者 90%。另外，与支撑轴 5 平行方向（第一方向）的槽部 2d 的宽度 w_1 形成为大于底部 2 的振动振幅、且大于由后述的第一压电元件 6、第二压电元件 7、驱动挡块 3 以及底部 2 构成的支撑驱动部（构造部）1a 的共振振动振幅。在一例中，槽部 2d 的宽度 w_1 可以小于底部 2 的半径。

[0071] 如图 2 所示，在底部 2 和支撑轴 5 之间设置有助于抑制从安装部 101a 到保持部 2a 的振动的间隙（振动抑制部）2e。间隙 2e 设置在与支撑轴 5 平行方向上、从底部 2 的保持部 2a 侧的端部到与槽部 2d 的安装部 101a 侧的边缘相同的位置。另外，间隙 2e 的宽度 w_2 与槽部 2d 的宽度 w_1 相同地形成大于底部 2 的振动振幅、且大于后述的支撑驱动部 1a 的共振振动振幅。

[0072] 图 3 是图 1 所示的压电致动器 1 的支撑驱动部 1a 的立体图，图 4 是其俯视图。

[0073] 如图 3 以及图 4 所示，驱动挡块 3 具有：截面具有山形的六角柱形状的前端部（第二部件）3a、和具有大致长方体形状的基部（第一部件）3b。前端部 3a 例如由不锈钢等形成。基部 3b 例如由轻金属合金等形成。基部 3b 通过保持部 2a 支撑为可在与支撑轴 5 平行的方向上驱动。前端部 3a 支撑从支撑部 2a 突出的转动体 4。

[0074] 前端部 3a 设置有相对于接触面 S1 倾斜的倾斜面 S2、S3。倾斜面 S2、S3 沿着与转动体 4 被旋转驱动的方向交叉的方向设置。倾斜面 S2、S3 与前端部 3a 的接触面 S1 连续地被设置，以便前端部 3a 的平行于与转动体 4 接触的接触面 S1 的截面积成为越接近转动体 4 越小的前端狭窄状的形状。即，前端部 3a 成为与转动体 4 接触的接触面 S1 的面积小于基部 3b 侧的底面的面积的、前端狭窄状的形状。倾斜面 S2、S3 也可以为凹状或凸状的曲面。

[0075] 如图 4 所示，在驱动挡块 3 的宽度 w_3 方向（第二方向）设置有两对从宽度 w_3 方向的两侧夹住驱动挡块 3 的基部 3b 的一对第一压电元件 6、6。驱动挡块 3 的宽度方向 w_3 是垂直于支撑轴 5 且沿着转动体 4 的旋转方向 R 的方向，并且在底部 2 的俯视中为与中心线 CL 大致垂直的方向。第一压电元件 6 形成为沿着保持部 2a 的深度 d_2 方向延伸的细长的长方形的形状，夹持于基部 3b 和保持部 2a 之间。由此，第一压电元件 6 配置在设置于底部 2 的槽部 2d（参照图 1 以及图 2）和转动体 4 之间。

[0076] 第一压电元件 6 例如通过导电型的粘接剂粘接在驱动挡块 3 的基部 3b 和保持部 2a 上。另外，配置在与通过底部 2 的中心的中心线 CL 大致平行的驱动挡块 3 的进深 p_1 方向上的两个第一压电元件 6、6 相互大致平行。各第一压电元件 6 的形状以及尺寸均大致相同。

[0077] 如图 3 所示，在驱动挡块 3 的基部 3b 和前端部 3a 之间相互大致平行地设置有一对第二压电元件 7、7。第二压电元件 7 形成为与驱动挡块 3 的宽度 w_3 方向大致平行地延伸的细长的长方形状。第二压电元件 7 夹持于前端部 3a 的底面和基部 3b 的上表面之间，例如通过导电性粘接剂与前端部 3a 的底面和基部 3b 的上表面粘接。各第二压电元件 7 的形状以及尺寸均大致相同。

[0078] 第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 例如由锆钛酸铅（PZT）形成，其振动模式为厚度切变振动（thickness-shear vibration）。即，第一压电元件 6 将驱动挡块 3 向与支撑轴 5 大致平行的保持部 2a 的深度 d_2 方向对于底部 2 相对驱动。第二压电元件 7 将驱动挡块 3 的前端部 3a 向驱动挡块 3 的宽度 w_3 方向（第三方向）对于基部 3b 以及底部 2 相对驱动。即，在本实施方式中，第一压电元件 6 夹住驱动挡块 3 的方向（第二方向）和第二压

电元件 7 驱动驱动挡块 3 的前端部 3a 的方向（第三方向）大致相同。

[0079] 通过这些多个第一压电元件 6、第二压电元件 7、驱动挡块 3 以及底部 2 构成支撑驱动部 1a, 该支撑驱动部 1a 支撑转动体 4 且与驱动挡块 3 以及底部 2 相对地驱动转动体 4。

[0080] 如图 3 所示, 保持部 2a 设置在底部 2 的端部。在底部 2 形成有王冠状的凹凸。如图 4 所示, 保持部 2a 大致每隔 60° 均等地形成在底部 2 的圆周方向上。保持部 2a 具备在俯视中与通过底部 2 的中心的中心线 CL 大致平行地设置的一对支撑面 2f、2f。支撑面 2f 以从与底部 2 的中心线 CL 大致垂直的保持部 2a 的宽度 w4 方向（第二方向）的两侧经由一对第一压电元件 6、6 夹住驱动挡块 3 的基部 3b 的方式保持驱动挡块 3 的基部 3b。换言之, 底部 2 具有设置在轴方向的一端侧的圆周壁。圆周壁具有在圆周方向上隔开间隔而配置的多个槽（保持部 2a）、和分别配置在相邻的槽之间的多个凸起（凸部 2h、2i、第四部件）。在本实施方式中, 圆周壁具有实质上等间隔（约 60° 间距）配置的六个槽（保持部 2a）、和实质上等间隔（约 60° 间距）配置的六个凸起（凸部 2h、2i）。各槽（保持部 2a）包括沿着放射方向的中心线 CL、和实质上平行于中心线 CL 的两个支撑面（凸起 2h、2i 的圆周方向的壁面 2f）。凸起的内侧面窄于外侧面。在本实施方式中, 凸起具有宽度沿着径方向内侧逐渐变窄的横截面。在各槽（保持部 2a）中配置有驱动挡块 3。驱动挡块 3 经由第一压电元件 6 夹持于相邻的凸起（凸部 2h、2i）之间并被支撑。在其他实施方式中, 圆周壁可以具有以约 60° 以外的间距配置的多个槽, 另外, 可以具有以约 60° 以外的间距配置的多个凸起。

[0081] 图 5A 是放大了保持部 2a 以及驱动挡块 3 的组装主视图, 图 5B 是放大了保持部 2a 以及驱动挡块 3 的主视图。

[0082] 如图 5A 以及图 5B 所示, 设置于底部 2 的凹状的保持部 2a 的支撑面 2f 设置成相对于与图 2 所示支撑轴 5 大致平行的保持部 2a 的深度 d2 方向（第一方向）倾斜。

[0083] 支撑面 2f 倾斜成自被图 1 所示的驱动挡块 3 的前端部 3a 所支撑的转动体 4 的距离越远, 相向的支撑面 2f、2f 彼此的间隔逐渐变窄。换言之, 保持部 2a 越靠近底面 2g, 宽度 w4 越窄。根据各部件的尺寸、公差等的关系, 支撑面 2f 相对于保持部 2a 的深度 d2 方向的倾斜角 α 优选为 2° 以上 6° 以下。在本实施方式中, 支撑面的倾斜角 α 为 4° 。

[0084] 另外, 如图 5A 以及图 5B 所示, 与支撑面 2f 相向的驱动挡块 3 的基部 3b 的侧面与支撑面 2f 相同地设置成相对于与支撑轴 5 大致平行的驱动挡块 3 的高度 h1 方向（第一方向）倾斜。由此, 驱动挡块 3 的基部 3b 的侧面设置成大致平行于支撑面 2f。在此, 基部 3b 的保持部 2a 的底面 2g 侧的端部中的基部 3b 以及一对第一压电元件 6、6 的宽度 w5, 小于保持部 2a 的开口部的宽度 w4、且大于保持部 2a 的深度 d2 方向途中的宽度 w4'。

[0085] 因此, 如果将驱动挡块 3 的基部 3b 以及一对第一压电元件 6、6 保持于保持部 2a, 则如图 5B 所示, 在驱动挡块 3 的底面 3d 和保持部 2a 的底面 2g 相分离的状态下, 基部 3b 从保持部 2a 的宽度 w4 方向的两侧经由一对第一压电元件 6、6 被支撑面 2f 所支撑。即, 支撑面 2f 设置成从保持部 2a 的宽度 w4 方向（第二方向）的两侧支撑驱动挡块 3, 并且相对于深度 d2 方向倾斜, 以便能够在与支撑轴 5 大致平行的保持部 2a 的深度 d2 方向（第一方向）上进行定位。

[0086] 如图 3 以及图 4 所示, 本实施方式的驱动挡块 3 在前端部 3a 和基部 3b 之间具备一对第二压电元件 7、7, 在基部 3b 的侧面具备两对成对的第一压电元件 6、6。压电致动器 1

具备第一组以及第二组这两组驱动挡块 3 的组,该驱动挡块 3 的组中驱动挡块 3 以及两对第一压电元件 6、6 分别具备三份。第一组驱动挡块 31 和第二组驱动挡块 32 配置在相同的圆周上。另外,各组驱动挡块 31、32 各自均等地配置在转动体 4 的旋转方向 R 上。不同组的驱动挡块 31、32 交替(依次)地配置在旋转方向 R 上。

[0087] 另外,为了使各组的驱动挡块 31、32 在初始状态下所有的接触面 S11、S12 与转动体 4 接触,而设置成从底部 2 到接触面 S11、S12 的高度均等。

[0088] 在以下的说明中,在不区分不同组的驱动挡块 31、32 的情况下,将这些的附图标记为驱动挡块 3,合并两者而进行说明。对于前端部 31a、32a、基部 31b、32b、接触面 S11、S12 等也相同,说明为前端部 3a、基部 3b、接触面 S1 等。

[0089] 图 6A 是第一压电元件 6 的示意性的配线图,图 6B 是第二压电元件 7 的示意性的配线图。

[0090] 如图 6A 以及图 6B 所示,本实施方式的压电致动器 1 具备向第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 的各自供给电压的电源部 10。电源部 10 向第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 供给电压,使得图 3 以及图 4 所示的第一组以及第二组各自的驱动挡块 31、32 的前端部 31a、32a 依次重复与图 1 以及图 2 所示的转动体 4 的接触、向转动体 4 的旋转方向 R 的进给、从转动体 4 的分离、与转动体 4 的旋转方向 R 相反方向的返回。

[0091] 如图 6A 所示,第一组的驱动挡块 31 的各个所具备的第一压电元件 61 经由第一配线 11 与电源部 10 的第一端子 T1 连接。第二组的驱动挡块 32 的各个所具备的第一压电元件 62 经由第二配线 12 与电源部 10 的第二端子 T2 连接。

[0092] 如图 6B 所示,第一组的驱动挡块 31 的各个所具备的第二压电元件 71 经由第三配线 13 与电源部 10 的第三端子 T3 连接。第二组的驱动挡块 32 的各个所具备的第二压电元件 72 经由第四配线 14 与电源部 10 的第四端子 T4 连接。

[0093] 另外,虽然在图 6A 以及图 6B 中省略图示,但驱动挡块 31、32 的基部 31b、32b 被接地。

[0094] 图 7 是电源部 10 在各端子 T1、T2、T3、T4 产生的电压的时序图的一例。

[0095] 如图 7 所示,电源部 10 对第一端子 T1,在第一相位至第二相位之间产生 -1.0V 的电压,在第三相位至第七相位的五个相位中产生 1.0V 的电压,在第八相位至第十相位的三个相位中产生 -1.0V 的电压。在以后的相位中重复:在五个相位期间产生 1.0V 的电压,且在三个相位期间产生 -1.0V 的电压。即,电源部 10 对第一端子产生八个相位为一个周期的电压。

[0096] 电源部 10 对第二端子 T2 产生与对第一端子 T1 产生的电压具有 180° 的相位差且与产生于第一端子 T1 的电压相同的以八个相位为一个周期的电压。即,产生于第一端子的电压和产生于第二端子的电压具有半个周期量的四个相位的相位差。

[0097] 电源部 10 对第三端子 T3,在第一相位中产生的电压维持在 0V,在第二相位中产生 -3.0V 的电压,在第三相位至第八相位中的各相位中将电压各增加 1.0V。在以后的相位中,重复该第一相位至第八相位的电压产生图案。即,电源部 10 对第三端子 T3 产生以八个相位为一个周期的电压。

[0098] 电源部 10 对第四端子 T4 产生与对第三端子 T3 产生的电压具有 180° 的相位差且与产生于第三端子 T3 的电压相同的以八个相位为一个周期的电压。即,产生于第三端子的

电压和产生于第四端子的电压具有半个周期量的四个相位的相位差。

[0099] 在本实施方式中,电源部 10 向第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 供给的电压频率与由第一压电元件 6、第二压电元件 7、驱动挡块 3 以及底部 2 构成的支撑驱动部(构造部)1a 的共振振动的振动频率大致相同。

[0100] 接着,下面使用图 8 至图 11 说明本实施方式的压电致动器 1 的作用。

[0101] 图 8 至图 10 是表示第一组和第二组的驱动挡块 31、32 的动作、和转动体 4 的动作的放大主视图。

[0102] 图 11 是表示第一组以及第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 的各轴方向的位移、和时间 t 的关系的图表。在图 11 的 (a) 以及图 11 的 (b) 中,用虚线表示在 Y 轴方向上的与转动体 4 的接触位置 y_1 。

[0103] 图 8 的 (a) 至图 10 的 (a) 中,使用将沿着转动体 4 的旋转方向 R 的第一组驱动挡块 3 的宽度 w_{31} 方向(第二方向)作为 X1 方向、且将平行于支撑轴 5 的方向(第一方向)作为 Y 方向直角坐标系进行说明。在图 8 的 (b) 至图 10 的 (b) 中,使用将沿着转动体 4 的旋转方向 R 的第二组驱动挡块 32 的宽度 w_{32} 方向(第二方向)作为 X2 方向、且将平行于支撑轴 5 的方向(第一方向)作为 Y 方向的直角坐标系进行说明。

[0104] (第零相位)

[0105] 如图 7 所示,电源部 10 在第零相位中对各端子 T1、T2、T3、T4 不产生电压 (0V),为对图 6A 以及图 6B 所示的第一压电元件 6 以及第二压电元件供给 0V 的电压(即,不供给电压)的状态。

[0106] 如图 8 的 (a) 以及图 8 的 (b) 所示,在第零相位中,第一组的驱动挡块 31 和第二组的驱动挡块 32 分别以其前端部 31a、32a 的上表面与转动体 4 接触的状态静止。转动体 4 以被驱动挡块 31、32 的前端部 31a、32b 所支撑的状态静止。

[0107] (第一相位)

[0108] 如图 7 所示,在第一相位中,电源部 10 对第一端子 T1 产生 -1.0V 的电压,并经由第一配线向图 6A 所示的第一组驱动挡块 31 的第一压电元件 61 供给电压。另外,如图 7 所示,电源部 10 在第一相位中,将第三端子 T3 的电压维持于 0V,并经由第二配线 12 向图 6B 所示的第一组驱动挡块 31 的第二压电元件 71 供给 0V 的电压。

[0109] 如果这样,则如图 8 的 (a) 所示,在第一相位中,驱动第一组驱动挡块 31 的第一压电元件 61 厚度切变变形,而使驱动挡块 31 的基部 31b 相对于保持部 2a 的支撑面 2f 向 Y 方向的底部 2 侧(Y 轴负方向侧)移动(参照图 11 的 (a)、第一相位)。另外,如图 8 的 (a) 所示,在第一相位中第二压电元件 71 不变形。因此,前端部 31a 不向 X1 方向移动(参照图 11 的 (c)、第一相位)。由此,驱动挡块 31 的前端部 31a 向 Y 轴负方向侧移动而从转动体 4 分离。

[0110] 如图 7 所示,在第一相位中,电源部 10 对第二端子 T2 产生 1.0V 的电压,并经由第二配线对图 6A 所示的第二组驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给电压。另外,如图 7 所示,在第一相位中,电源部 10 将第四端子 T4 的电压维持在 0V,并经由第四配线对图 6B 所示的第二组驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给 0V 的电压。

[0111] 如果这样,则如图 8 的 (b) 所示,在第一相位中,驱动第二组驱动挡块 32 的第一压电元件 62 厚度切变变形,从而使驱动挡块 32 的基部 32b 相对于保持部 2a 的支撑面 2f 向 Y

方向的转动体 4 侧 (Y 轴正方向侧) 移动 (参照图 11 的 (b)、第一相位)。另外,如图 8 的 (b) 所示,在第一相位中,第二压电元件 72 不变形。因此,前端部 32a 不向 X2 方向移动 (参照图 11 的 (d)、第一相位)。由此,通过驱动挡块 32 向 Y 轴正方向侧移动,前端部 32a 将转动体 4 向 Y 轴正方向侧顶起。

[0112] 即,在第一相位中,如图 8 的 (a) 所示,第一组驱动挡块 31 的前端部 31a 向 Y 轴负方向侧移动而从转动体 4 分离。与此同时,如图 8 的 (b) 所示,第二组驱动挡块 32 的前端部 32a 与转动体 4 抵接而支撑转动体 4,并且将转动体 4 向 Y 轴正方向侧顶起。

[0113] (第二相位)

[0114] 如图 7 所示,在第二相位中,电源部 10 将第一端子 T1 的电压维持在 $-1.0V$,并且维持经由第一配线 11 对图 6A 所示的第一组驱动挡块 31 的第一压电元件 61 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第二相位中,电源部 10 对第三端子 T3 产生 $-3.0V$ 的电压,并经由第三配线 13 对图 6B 所示的第一组驱动挡块 31 的第二压电元件 71 供给电压。

[0115] 如果这样,则如图 8 的 (a) 所示,在第二相位中,维持将第一组的驱动挡块 31 向 Y 方向驱动的第一压电元件 61 的变形而维持前端部 31a 从转动体 4 分离的状态 (参照图 11 的 (a)、第二相位)。在此状态下,如图 8 的 (a) 所示,在第二相位中,第二压电元件 71 厚度切变变形。因此,前端部 31a 相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴负方向侧移动 (参照图 11 的 (c))。此时的前端部 31a 的移动量与供给到第二压电元件 71 的电压的绝对值成比例。

[0116] 如图 7 所示,在第二相位中,电源部 10 将第二端子 T2 的电压维持在 $1.0V$,并维持经由第二配线 12 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第二相位中,第二电源部 10 对第四端子 T4 产生 $1.0V$ 的电压,并经由第四配线 14 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给电压。

[0117] 如果这样,则如图 8 的 (b) 所示,在第二相位中,维持将第二组的驱动挡块 32 向 Y 方向驱动的第一压电元件 62 的变形,从而维持前端部 3a 与转动体 4 接触的状态 (参照图 11 的 (b),第二相位)。在此状态下,如图 8 的 (b) 所示,在第二相位中,第二压电元件 72 厚度切变变形。因此,前端部 32a 相对于基部 32b 以及底部 2 向 X2 轴正方向侧移动 (参照图 11 的 (d)、第二相位)。此时的前端部 32a 的移动量与电压的绝对值成比例,因此小于第一组的前端部 31a 的向 X 轴负方向侧的移动量。

[0118] 即,在第二相位中,如图 8 的 (b) 所示,通过第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 向 X2 轴正方向侧移动,摩擦力作用于前端部 32a 的上表面和转动体 4 的下表面之间。在此,如图 3 以及图 4 所示,第二组的驱动挡块 32 沿着转动体 4 的旋转方向 R 配置在底部 2 的圆周方向上。另外,前端部 32a 向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的、驱动挡块 32 的宽度 w_{32} 方向 (X2 方向) 位移。因此,转动体 4 由驱动挡块 32 的前端部 32a 向旋转方向 R 驱动而开始以图 1 以及图 2 所示的支撑轴 5 为中心的旋转。

[0119] (第三相位)

[0120] 如图 7 所示,在第三相位中,电源部 10 对第一端子 T1 产生正负翻转的 $1.0V$ 的电压,并经由第一配线 11 对图 6A 所示的第一组的驱动挡块 31 的第一压电元件 61 供给电压。另外,如图 7 所示,在第三相位中,电源部 10 对第三端子 T3 产生 $-2.0V$ 的电压,并经由第三配线 13 对图 6B 所示的第一组的驱动挡块 31 的第二压电元件 71 供给电压。

[0121] 如果这样,则如图 8 的 (a) 所示,在第三相位中,驱动第一组的驱动挡块 31 的第

一压电元件 61 向反方向厚度切变变形,从而使驱动挡块 31 的基部 31b 向 Y 轴正方向侧移动(参照图 11(a)、第三相位)。与此同时,如图 8 的 (a) 所示,在第三相位中,第二压电元件 71 的向 X1 轴负方向侧的变形量减少。因此,前端部 31a 相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴正方向侧移动(参照图 11 的 (c)、第三相位)。此时的移动量与在第三相位中新供给的 -2.0V 和在第二相位中供给的 -3.0V 的电压差成比例。

[0122] 如图 7 所示,在第三相位中,电源部 10 维持第二端子 T2 的电压,并维持经由第二配线 12 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第三相位中,电源部 10 对第四端子 T4 产生 2.0V 的电压,并经由第四配线 14 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给电压。

[0123] 如果这样,则如图 8 的 (b) 所示,在第三相位中,维持驱动第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 的变形而维持前端部 32a 与转动体 4 接触的状态(参照图 11 的 (b)、第三相位)。在此状态下,如图 8 的 (b) 所示,在第三相位中,第二压电元件 72 厚度切变变形。因此,前端部 32a 相对于基部 32b 以及底部 2 向 X2 轴正方向侧移动(参照图 11 的 (d)、第三相位)。此时的移动量与在第三相位中新供给的 2.0V 和在第二相位中供给的 1.0V 的电压差的绝对值成比例。

[0124] 即,在第三相位中,如图 8 的 (a) 所示,第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的 X1 轴正方向侧移动的同时,向 Y 轴正方向侧移动而靠近转动体 4。同时,如图 8 的 (b) 所示,第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 与转动体 4 抵接而支撑转动体 4 的同时,与第一组的驱动挡块 31 相同地向旋转方向 R 驱动转动体 4。

[0125] (第四相位)

[0126] 如图 7 所示,在第四相位中,电源部 10 将第一端子 T1 的电压维持在 1.0V ,并维持经由第一配线 11 对图 6A 所示的第一组的驱动挡块 31 的第一压电元件 61 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第四相位中,电源部 10 对第三端子 T3 产生 -1.0V 的电压,并经由第三配线 13 对图 6B 所示的第一组的驱动挡块 31 的第二压电元件 71 供给电压。

[0127] 如图这样,则如图 9 的 (a) 所示,在第四相位中,将第一组的驱动挡块 31 向 Y 轴正方向侧驱动的第一压电元件 61 的变形继续,而前端部 31a 与转动体 4 抵接(参照图 11(a)、第四相位)。与此同时,如图 9 的 (a) 所示,在第四相位中,第二压电元件 71 的向 X 轴负方向侧的变形量减少。因此,前端部 31a 相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴正方向侧移动(参照图 11 的 (c)、第四相位)。此时的移动量与在第四相位中新供给的 -1.0V 和在第三相位中供给的 -2.0V 的电压差的绝对值成比例。

[0128] 如图 7 所示,在第四相位中,电源部 10 对第二端子 T2 产生正负翻转的 -1.0V 的电压,经由第二配线 12 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给电源。另外,如图 7 所示,在第四相位中,电源部 10 对第四端子 T4 产生 3.0V 的电压,并经由第四配线 14 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给电压。

[0129] 如果这样,则如图 9 的 (b) 所示,在第四相位中,驱动第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 向反方向厚度切变变形,而使驱动挡块 32 的基部 32b 向 Y 轴负方向侧移动(参照图 11 的 (b),第四相位)。与此同时,如图 9 的 (b) 所示,在第四相位中,第二压电元件 72 的向 X2 轴正方向侧的变形量增加。因此,前端部 32a 相对于基部 32b 以及底部 2 向 X2 轴正方向侧移动(参照图 11 的 (d)、第四相位)。此时的移动量与在第四相位中新供给

的 3.0V 和第二相位中供给的 2.0V 的电压差的绝对值成比例。

[0130] 即,在第四相位中,如图 9 的 (a) 所示,第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的 X1 轴正方向侧移动的同时与转动体 4 抵接,从而支撑转动体 4 而使其向旋转方向 R 驱动。与此同时,如图 9 的 (b) 所示,第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的 X2 轴正方向侧移动的同时,向 Y 轴负方向侧移动而从转动体 4 分离。由此,转动体 4 由第一组以及第二组的驱动挡块 31、32 的前端部 31a、32a 向旋转方向 R 驱动。与此同时,转动体 4 从第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 传递至第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a。

[0131] 此时,如图 11 的 (a) 以及图 11 的 (b) 所示,在第四相位中存在双方的驱动挡块 31、32 从转动体 4 分离极短的时间的情况。即使在这种情况下,转动体 4 也由于其惯性而几乎不向 Y 轴方向位移而停留在被第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 所支撑的位置。因此,转动体 4 维持 Y 方向的大致一定的位置,在向旋转方向 R 被驱动的状态下,由第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 在 Y 方向上支撑,并向旋转方向 R 驱动。由此,转动体 4 在 Y 方向的大致一定的位置以支撑轴 5 为中心继续旋转。

[0132] (第五相位)

[0133] 如图 7 所示,在第五相位中,电源部 10 将第一端子 T1 的电压维持在 1.0V,并且维持经由第一配线 11 对图 6A 所示的第一组的驱动挡块 31 的第一压电元件 61 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第五相位中,电源部 10 将产生于第三端子 T3 的电压设为 0V,并将经由第三配线 13 对图 6B 所示的第一组的驱动挡块 31 的第二压电元件 71 供给的电压设为 0V。

[0134] 如果这样,则如图 9 的 (a) 所示,在第五相位中,维持将第一组的驱动挡块 31 向 Y 方向驱动的第一压电元件 61 的变形而维持前端部 31a 与转动体 4 接触的状态(参照图 11 的 (a)、第五相位)。在此状态下,如图 9 的 (a) 所示,在第五相位中,第二压电元件 71 恢复到原来的形状。因此,前端部 31a 相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴正方向侧移动(参照图 11 的 (c)、第五相位)。此时的前端部 31a 的移动量与在第四相位中供给至第二压电元件 71 的电压的绝对值成比例。

[0135] 如图 7 所示,在第五相位中,电源部 10 将第二端子 T2 的电压维持在 -1.0V,并且维持经由第二配线 12 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第五相位中,电源部 10 将产生于第四端子 T4 的电压设为 0V,并将经由第四配线 14 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给的电压设为 0V。

[0136] 如果这样,则如图 9 的 (b) 所示,在第五相位中,将第二组的驱动挡块 32 向 Y 方向驱动的第一压电元件 62 的变形继续,而前端部 32a 进一步从转动体 4 分离(参照图 11 (b)、第五相位)。与此同时,如图 9 的 (b) 所示,在第五相位中第二压电元件 72 恢复到原来形状。因此,前端部 32a 相对于基部 32b 以及底部 2 向 X2 轴负方向侧移动(参照图 11 (d)、第五相位)。此时的前端部 32a 的移动量与在第四相位中供给至第二压电元件 72 的电压的绝对值成比例。

[0137] 即,在第五相位中,如图 9 的 9(a) 所示,第一组的驱动挡块 31 的前端部 31 维持与转动体 4 抵接的状态,支撑转动体 4 的同时向 X1 轴正方向侧移动,向旋转方向 R 驱动转动体 4。与此同时,如图 9 的 (b) 所示,第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 向 Y 轴负方向侧移动,维持从转动体 4 分离的状态的同时,相对于基部 32b 以及底部 2 向与转动体 4 的旋转方

向 R 相反的 X2 轴负方向侧移动。

[0138] (第六相位)

[0139] 如图 7 所示,在第六相位中,电源部 10 将第一端子 T1 的电压维持在 1.0V,并维持经由第一配线 11 对图 6A 所示的第一组的驱动挡块 31 的第一压电元件 61 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第六相位中,电源部 10 对第三端子 T3 产生 1.0V 的电压,经由第三配线 13 对图 6B 所示的第一组的驱动挡块 31 的第二压电元件 71 供给电压。

[0140] 如果这样,则如图 9 的 (a) 所示,在第六相位中,维持将第一组的驱动挡块 31 向 Y 方向驱动的第一压电元件 61 的变形,并且维持前端部 31a 与转动体 4 接触的状态(参照图 11 的 (a)、第六相位)。在此状态下,如图 9 的 (a) 所示,在第六相位中,第二压电元件 71 厚度切变变形。因此,前端部 31a 相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴正方向侧移动(参照图 11 的 (c)、第六相位)。此时的移动量与在第六相位中新供给的电压的绝对值成比例。

[0141] 如图 7 所示,在第六相位中,电源部 10 将第二端子 T2 的电压维持在 -1.0V,维持经由第二配线 12 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第六相位中,电源部 10 对第四端子 T4 产生 -3.0V 的电压,经由第四配线 14 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给电压。

[0142] 如果这样,则如图 9 的 (b) 所示,在第六相位中,维持将第二组的驱动挡块 32 向 Y 方向驱动的第一压电元件 62 的变形,从而维持前端部 32a 从转动体 4 分离的状态(参照图 11 的 (b)、第六相位)。在此状态下,如图 9 的 (b) 所示,在第六相位中,第二压电元件 72 厚度切变变形。因此,前端部 32a 相对于基部 32b 以及底部 2 向 X2 轴负方向侧移动(参照图 11 的 (d)、第六相位)。此时的前端部 32a 的移动量与供给至第二压电元件 72 的电压的绝对值成比例。

[0143] 即,如图 9 的 (a) 所示,在第六相位中,第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 维持与转动体 4 抵接的状态,支撑转动体 4 的同时向 X1 轴正方向侧移动,而向旋转方向 R 驱动转动体 4。与此同时,如图 9 的 (b) 所示,第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 维持从转动体 4 分离的状态的同时,相对于基部 32b 以及底部 2 进一步向与转动体 4 的旋转方向 R 相反的 X2 轴负方向侧移动。

[0144] (第七相位)

[0145] 如图 7 所示,在第七相位中,电源部 10 将第一端子 T1 的电压维持在 1.0V,维持经由第一配线 11 对图 6A 所示的第一组的驱动挡块 31 的第一压电元件 61 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第七相位中,电源部 10 对第三端子 T3 产生 2.0V 的电压,经由第三配线 13 对图 6B 所示的第一组的驱动挡块 31 的第二压电元件 71 供给电压。

[0146] 如果这样,则如图 9 的 (a) 所示,在第七相位中,维持驱动第一组的驱动挡块 31 的第一压电元件 61 的变形而维持前端部 31a 与转动体 4 接触的状态(参照图 11(a)、第七相位)。在此状态下,如图 9 的 (a) 所示,在第七相位中,第二压电元件 71 厚度切变变形。因此,前端部 31a 相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴正方向侧移动(参照图 11 的 (c)、第七相位)。此时的移动量与在第七相位中新供给的 2.0V 和在第六相位中供给的 1.0V 的电压差的绝对值成比例。

[0147] 如图 7 所示,在第七相位中,电源部 10 对第二端子 T2 产生正负翻转的 1.0V 的电压,经由第二配线 12 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给电压。另

外,如图 7 所示,在第七相位中,电源部 10 对第四端子 T4 产生 -2.0V 的电压,经由第四配线 14 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给电压。

[0148] 如果这样,则如图 9 的 (b) 所示,在第七相位中,驱动第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 向反方向厚度切变变形而向 Y 轴正方向侧移动驱动挡块 32 的基部 32b (参照图 11 的 (b)、第七相位)。与此同时,如图 9 的 (b) 所示,在第七相位中,第二压电元件 72 的向 X2 轴负方向侧的变形量减少。因此,前端部 32a 相对于基部 32b 以及底部 2 向 X2 轴正方向侧移动 (参照图 11 的 (d)、第七相位)。此时的移动量与在第七相位中新供给的 -2.0V 和在第六相位中供给的 -3.0V 的电压差的绝对值成比例。

[0149] 即,在第七相位中,如图 9 的 (a) 所示,第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 维持与转动体 4 抵接的状态,支撑转动体 4 的同时向旋转方向 R 驱动转动体 4。与此同时,如图 9 的 (b) 所示,第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的 X2 轴正方向侧移动的同时,向 Y 轴正方向侧移动而靠近转动体 4。

[0150] (第八相位)

[0151] 如图 7 所示,在第八相位中,电源部 10 对第一端子 T1 产生正负翻转的 -1.0V 的电压,并经由第一配线 11 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给电压。另外,如图 7 所示,在第八相位中,电源部 10 对第三端子 T3 产生 3.0V 的电压,经由第三配线 13 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给电压。

[0152] 如果这样,则如图 10 的 (a) 所示,在第八相位中,驱动第一组驱动挡块 31 的第一压电元件 61 向反方向厚度切变变形,向 Y 轴负方向侧移动驱动部 3 的基部 3b (参照图 11 的 (a)、第八相位)。与此同时,如图 10 的 (a) 所示,在第八相位中,第二压电元件 71 的向 X1 轴正方向侧的变形量增加。因此,前端部 31a 相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴正方向侧移动 (参照图 11 的 (c)、第八相位)。此时的移动量与在第八相位中新供给的 3.0V 和在第七相位中供给的 2.0V 的电压差的绝对值成比例。

[0153] 如图 7 所示,在第八相位中,电源部 10 将第二端子 T2 的电压维持在 1.0V ,并维持经由第二配线 12 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第八相位中,电源部 10 对第四端子 T4 产生 -1.0V 的电压,经由第四配线 14 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给电压。

[0154] 如果这样,则如图 10 的 (b) 所示,在第八相位中,将第二组的驱动挡块 32 向 Y 方向驱动的第一压电元件 62 的变形继续,而前端部 32a 与转动体 4 抵接 (参照图 11 的 (b)、第八相位)。与此同时,如图 10 的 (b) 所示,在第八相位中,第二压电元件 72 的向 X2 轴负方向侧的变形量减少。因此,前端部 32a 相对于基部 32b 以及底部 2 向 X2 轴正方向侧移动 (参照图 11 的 (d)、第八相位)。此时的移动量与在第八相位中新供给的 -1.0V 和在第七相位中供给的 -2.0V 的电压差的绝对值成比例。

[0155] 即,在第八相位中,如图 10 的 (a) 所示,第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的 X1 轴正方向侧移动的同时,向 Y 轴负方向侧移动而从转动体 4 分离。与此同时,如图 10 的 (b) 所示,第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的 X2 轴正方向侧移动的同时,与转动体 4 抵接,支撑转动体 4 而向旋转方向 R 驱动。由此,转动体 4 由第一组以及第二组的驱动挡块 31、32 的前端部 31a、32a 向旋转方向 R 驱动。与此同时,转动体 4 从第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 传递至第二组的驱动

挡块 32 的前端部 32a。

[0156] 此时,如图 11 的 (a) 以及图 11 的 (b) 所示,在第八相位中,存在双方的驱动挡块 31、32 从转动体 4 分离极短的时间的情况。即使在这种情况下,转动体 4 也由于其惯性而几乎不向 Y 轴方向位移,而停留在被第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 所支撑的位置。因此,转动体 4 维持 Y 方向的大致一定的位置,在向旋转方向 R 被驱动的状态下,由第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 在 Y 方向上支撑,并向旋转方向 R 驱动。由此,转动体 4 在 Y 方向的大致一定的位置以支撑轴 5 为中心继续旋转。

[0157] (第九相位)

[0158] 如图 7 所示,在第九相位中,电源部 10 将第一端子 T1 的电压维持在 $-1.0V$,维持经由第一配线 11 对图 6A 所示的第一组的驱动挡块 31 的第一压电元件 61 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第九相位中,电源部 10 将产生于第三端子 T3 的电压设为 $0V$,并将经由第三配线 13 对图 6B 所示的第一组的驱动挡块 31 的第二压电元件 71 供给的电压设为 $0V$ 。

[0159] 如果这样,则如图 10 的 (a) 所示,在第九相位中,将第一组的驱动挡块 31 向 Y 方向驱动的第一压电元件 61 的变形继续,而前端部 31a 从转动体 4 进一步分离(参照图 11 的 (a)、第九相位)。与此同时,如图 10 的 (a) 所示,在第九相位中,第二压电元件 71 恢复到原来形状。因此,前端部 31a 相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴负方向侧移动(参照图 11 的 (c)、第九相位)。此时的前端部 31a 的移动量与在第八相位中供给至第二压电元件 7 的电压的绝对值成比例。

[0160] 如图 7 所示,在第九相位中,电源部 10 将第二端子 T2 的电压维持在 $1.0V$,并维持经由第二配线 12 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第九相位中,电源部 10 将产生于第四端子 T4 的电压设为 $0V$,并将经由第四配线 14 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给的电压设为 $0V$ 。

[0161] 如果这样,则如图 10 的 (b) 所示,在第九相位中,维持将第二组的驱动挡块 32 向 Y 方向驱动的第一压电元件 62 的变形而维持前端部 32a 与转动体 4 接触的状态(参照图 11 的 (b)、第九相位)。在此状态下,如图 10 的 (b) 所示,在第九相位中,第二压电元件 72 恢复到原来的形状。因此,前端部 32a 相对于基部 32b 以及底部 2 向 X2 轴正方向侧移动(参照图 11 的 (d)、第九相位)。此时的前端部 32a 的移动量与在第八相位中供给至第二压电元件 72 的电压的绝对值成比例。

[0162] 即,在第九相位中,如图 10 的 (a) 所示,第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 向 Y 轴负方向侧移动而维持从转动体 4 分离的状态的同时,向与转动体 4 的旋转方向 R 相反的 X1 轴负方向侧移动。与此同时,如图 10 的 (b) 所示,第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 维持与转动体 4 抵接的状态而支撑转动体 4 的同时,向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的 X1 轴正方向侧移动而将转动体 4 向旋转方向 R 驱动。

[0163] (第十相位)

[0164] 如图 7 所示,在第十相位中,电源部 10 将第一端子 T1 的电压维持在 $-1.0V$,并维持经由第一配线 11 对图 6A 所示的第一组的驱动挡块 31 的第一压电元件 61 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第十相位中,电源部对第三端子 T3 产生 $-3.0V$ 的电压,经由配线 13 对图 6B 所示的第一组的驱动挡块 31 的第二压电元件 71 供给电压。

[0165] 如果这样,则如图 10 的 (a) 所示,在第十相位中,维持将第一组的驱动挡块 31 向

Y 方向驱动的第一压电元件 61 的变形,维持前端部 31a 从转动体 4 分离的状态(参照图 11 的 (a)、第十相位)。在此状态下,如图 10 的 (a) 所示,在第十相位中,第二压电元件 71 厚度切变变形。由此,前端部 31a 相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴负方向侧移动(参照图 11 的 (c)、第十相位)。此时的前端部 31a 的移动量与供给至第二压电元件 71 的电压的绝对值成比例。

[0166] 如图 7 所示,在第十相位中,电源部 10 将第二端子 T2 的电压维持在 1.0V,并维持经由第二配线 12 对图 6A 所示的第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 供给的电压。另外,如图 7 所示,在第十相位中,电源部 10 对第四端子 T4 产生 1.0V 的电压,并经由第四配线 14 对图 6B 所示的第二组的驱动挡块 32 的第二压电元件 72 供给电压。

[0167] 如果这样,则如图 10 的 (b) 所示,在第十相位中,维持将第二组的驱动挡块 32 向 Y 方向驱动的第一压电元件 62 的变形而维持前端部 32a 与转动体 4 接触的状态(参照图 11 的 (b)、第十相位)。在此状态下,如图 10 的 (b) 所示,在第十相位中,第二压电元件 72 厚度切变变形。因此,前端部 32a 相对于基部 32b 以及底部 2 向 X2 轴正方向侧移动(参照图 11 的 (d)、第十相位)。此时的移动量与在第十相位中新供给的电压的绝对值成比例。

[0168] 即,在第十相位中,如图 10 的 (a) 所示,第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 维持从转动体 4 分离的状态的同时,相对于基部 31b 以及底部 2 向 X1 轴负方向侧进一步移动。与此同时,如图 10 的 (b) 所示,第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 维持与转动体 4 抵接的状态而支撑转动体 4 的同时,向沿着转动体 4 的旋转方向的 X2 轴正方向侧移动而将转动体 4 向旋转方向驱动。

[0169] 第十一相位以后,重复进行与从上述的第三相位至第十相位为止的动作相同的动作,从而转动体 4 继续旋转。由此,通过第一组驱动挡块 31 的前端部 31a 和前端部 3a 和第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a,交替(依次)进行转动体 4 的 Y 轴方向的支撑以及旋转防线 R 的驱动,转动体 4 继续围绕支撑轴 5 旋转。

[0170] 本实施方式的压电致动器 1 分别独立地设置有:将各驱动挡块 3 向与支撑轴 5 平行的方向(第一方向)驱动的第一压电体 6、和将驱动挡块 3 的前端部 3a 向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的驱动挡块 3 的宽度 w3 方向(第二方向)驱动的第二压电元件 7。因此,能够将各个方向的振动作为独立的振动来取出。

[0171] 因此,通过驱动挡块 3 旋转转动体 4 而相对驱动转动体 4 和驱动挡块 3 时,与现有技术相比能够稳定地旋转转动体 4。另外,与夹住基部 3b 的第一压电元件 6 向相互不同的方向驱动基部 3b 的情况相比,不容易产生损失,能够提高能量效率,从而能够加大压电致动器 1 的输出。

[0172] 另外,第一压电元件 6 从宽度 w3 方向夹住驱动挡块 3 的基部 3b,第一压电元件 6 向与宽度 w3 方向不同的与支撑轴 5 平行的方向驱动驱动挡块 3。另外,夹住基部 3b 的一对第一压电元件 6、6 的尺寸以及形状大致相等。由此,能够使驱动挡块 3 的宽度 w3 方向的刚性变得均等。因此,能够抑制驱动挡块 3 的基部 3b 的宽度 w3 方向振动。另外,通过将所有的第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 设为相同的形状以及尺寸,使制造变得容易,从而能够提高生产率。

[0173] 此外,在底部 2 设置有以能够向与支撑轴 5 平行的方向驱动的方式保持驱动挡块 3 的保持部 2a。在保持部 2a 设置有从驱动挡块 3 的宽度 w3 方向支撑驱动挡块 3 的基部 3b

的支撑面 2f。因此,可通过支撑面 2f 支撑第一压电元件 6,并经由第一压电元件 6 从宽度 w3 方向支撑驱动挡块 3 的基部 3b。由此,能够进一步提高驱动挡块 3 的宽度 w3 方向的刚性,能够抑制驱动挡块 3 的基部 3b 的宽度 w3 方向的振动。

[0174] 在此,第一压电元件 6 的厚度方向的弹性模量(纵弹性模量)大于变形方向的弹性模量(横弹性模量)。另外,第二压电元件 7 的厚度方向的弹性模量(纵弹性模量)也大于变形方向的弹性模量(横弹性模量)。因此,能够提高驱动挡块 3 的宽度 w3 方向的刚性,并降低基部 3b 的驱动方向的刚性。由此,能够防止基部 3b 的宽度 w3 方向的移动而抑制振动。另外,能够使基部 3b 的驱动方向的位移变得容易。

[0175] 在此,本实施方式的驱动挡块 3 在各前端部 3a 设置有倾斜面 S2、S3,并设置成与前端部 3a 的接触面 S1 平行的截面积越靠近转动体 4 就越小的前端狭窄状。因此,即使在研磨接触面 S1 的情况下、接触面 S1 经时间而被磨损的情况下,与未设置倾斜面 S2、S3 的情况相比,也能够抑制驱动挡块 3 的体积的减少。因此,能够使驱动挡块 3 的质量减少变得最小,能够将支撑驱动部 1a 的固有振动频率的变动降低到能够忽视的程度。由此,能够将支撑驱动部 1a 继续在共振状态下驱动,从而能够长时间维持压电致动器 1 的高输出。

[0176] 另外,如图 5A 以及图 5B 所示,保持部 2a 的支撑面 2f 相对于与驱动轴 3 的支撑轴 5 平行的方向倾斜设置,从转动体 4 分离而越靠近保持部 2a 的底面 2g,支撑面 2f、2f 彼此的宽度 w4 越窄。另外,支撑面 2f、2f 彼此的宽度 w4' 与底面 2g 相比在转动体 4 侧窄于驱动挡块 3 的基部 3b 和一对第一压电元件 6 的宽度 w5。

[0177] 因此,如果将驱动挡块 3 的基部 3b 和夹住其的第一压电元件 6、6 从转动体 4 侧沿着与支撑轴 5 平行的方向插入到保持部 2a 的底面 2g 侧,则在支撑面 2f 的途中,基部 3b 和第一压电元件 6 从宽度 w4 方向被支撑面 2f 夹住并支撑。由此,能够将驱动挡块 3 定位到与支撑轴 5 平行的方向。另外,支撑面 2f 不限制驱动挡块 3 的向转动体 4 侧的驱动,因此能够保持成可将驱动挡块 3 向转动体 4 侧驱动。

[0178] 另外,与支撑面 2f 相向的驱动挡块 3 的基部 3b 的侧面 3c 与支撑面 2f 相同地倾斜而与支撑面 2f 大致平行地设置。因此,在将驱动挡块 3 的基部 3b 和夹住该基部 3b 的第一压电元件 6、6 从转动体 4 侧沿着与支撑轴 5 平行的方向插入到保持部 2a 的底面 2g 侧时,使第一压电元件 6 和保持部 2a 的支撑面 2f 无间隙地接触,而能够将第一压电元件 6 压接到支撑面 2f。由此,能够抑制驱动挡块 3 的基部 3b 的宽度 w3 方向的振动。

[0179] 另外,支撑面 2f 相对于与支撑轴 5 平行的方向的倾斜角 α 为 2° 以上 6° 以下,因此能够将与驱动挡块 3 的支撑轴 5 平行的方向上的定位误差纳入到容许误差的范围。在此,如果倾斜角 α 小于 2° ,则不仅定位精度下降而且制作困难。另外,如果倾斜角 α 大于 6° ,则对与驱动挡块 3 的支撑轴 5 平行的方向上的驱动产生坏影响。在本实施方式中,通过将倾斜角 α 设为 4° ,能够使定位精度、制作性以及驱动性变得良好。

[0180] 另外,在驱动挡块 3 被保持部 2a 的支撑面 2f 定位的中立位置上,驱动挡块 3 的基部 3b 的底面 3d 和保持部 2a 的底面 2g 在驱动挡块 3 的基部 3b 的驱动方向即与支撑轴 5 平行的方向上分离。因此,能够将驱动挡块 3 从中立位置向底部 2 侧驱动。再有,在本实施方式中,在将驱动挡块 3 从中立位置向底部 2 侧驱动时,基部 3b 的底面 3d 和保持部 2a 的底面 2g 分离。因此,防止在将驱动挡块 3 向底部 2 侧驱动时基部 3b 的底面 3d 和保持部 2a 的底面 2g 碰撞,能够防止在驱动挡块 3 的驱动中因碰撞产生坏影响。

[0181] 另外,驱动挡块 3 具备支撑转动体 4 而使其向旋转方向 R 驱动的前端部 3a、和以被一对第一压电元件 6 所夹住的状态被底部 2 的保持部 2a 所保持的基部 3b。再有,驱动挡块 3 在前端部 3a 和基部 3b 之间具备第二压电元件 7,其将前端部 3a 向沿着转动体 4 的旋转方向 R 的保持部 2a 以及驱动挡块 3 的宽度 w_3 方向驱动。

[0182] 因此,通过将驱动挡块 3 向宽度 w_3 方向驱动,旋转方向 R 的切线方向的摩擦力作用于转动体 4 的下面和驱动挡块 3 的前端部 3a 之间,从而能够将转动体 4 向旋转方向 R 驱动。另外,能够将第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 分别独立地控制。由此,能够独立地控制驱动挡块 3 的前端部 3a 的沿着支撑轴 5 的方向的驱动、和沿着转动体 4 的旋转方向 R 的方向的驱动。

[0183] 另外,使第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 同时动作,从而能够同时进行驱动挡块 3 的前端部 3a 的沿着支撑轴 5 的方向的驱动、和沿着转动体 4 的旋转方向 R 的方向的驱动。

[0184] 因此,如图 8 至图 10 所示,转动体 4 和前端部 3a 接触时以及分离时,使驱动挡块 3 的前端部 3a 沿着转动体 4 的旋转方向 R 移动,从而不妨碍转动体 4 的旋转而能够进行转动体 4 的从第一组的驱动挡块 31 向第二组的驱动挡块 32 的传递。

[0185] 另外,构成了第一组和第二组的两组驱动挡块 3 的组,该驱动挡块 3 的组中驱动挡块 3 以及夹住其基部 3b 的两对的第一压电元件 6、6 各具备三个。因此,能够以不同的时序驱动各组。另外,能够通过各组的驱动挡块 31、32 的前端部 31a、32a 三点支撑转动体 4。因此,与两点支撑、四点以上的支撑的情况相比能够稳定地进行转动体 4 的支撑。

[0186] 另外,各组的驱动挡块 31、32 均等地配置在转动体 4 的旋转方向 R,第一组和第二组的驱动挡块 31、32 交替地依次配置在旋转方向 R。因此,通过各组的驱动挡块 31、32 高平衡地支撑转动体 4,能够高效地向旋转方向 R 驱动。

[0187] 另外,驱动挡块 3 的前端部 3a 驱动的方向为与驱动挡块 3 的基部 3b 被第一压电元件 6 以及保持部 2a 的支撑面 2f 夹住的方向相同的方向。因此,驱动挡块 3 的前端部 3a 进行进给驱动以及返回驱动的情况下,能够从驱动方向的前后支撑驱动挡块 3 的基部 3b。因此,能够抑制驱动挡块 3 从与支撑轴 5 平行的方向偏离,防止对转动体 4 的驱动产生坏影响。

[0188] 另外,电源部 10 通过对第一组以及第二组的驱动挡块 31、32 供给具有相位差的电压,能够由各组的驱动挡块分别驱动转动体 4。

[0189] 另外,通过将电源部 10 供给至各组的第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 的电压的相位差设为 180° ,能够通过第一组的驱动挡块 31 以及第二组的驱动挡块 32 交替地依次驱动转动体 4。

[0190] 另外,通过电源部 10 对各组的第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 供给电压,使得驱动挡块 3 的前端部 3a 依次重复与转动体 4 的接触、向驱动挡块 3 的宽度 w_3 方向的进给、从转动体 4 的分离、驱动挡块 3 的宽度 w_3 方向的返回,从而能够连续进行转动体 4 的旋转驱动。

[0191] 另外,如图 7 的第三相位、第七相位、第十四相位所示,电源部 10 使向第一端子 T1 供给的电压和向第二端子 T2 供给的电压交叠。由此,能够连续且流畅地进行转动体 4 从第一组的驱动挡块 31 到第二组的驱动挡块 32 的传递。

[0192] 另外,如图 7 所示,电源部 10 在使驱动挡块 3 的前端部 3a 进行宽度 w_3 方向的进给驱动时,使供给至第三端子 T3 以及第四端子 T4 的电压的增加率(倾斜度)和进行返回驱动时的电压的减少率(倾斜度)不同。例如,在第三端子 T3 中,在进给驱动前端部 3a 的第二相位至第八相位为止的各相位中将电压各提高 1.0V,在返回驱动前端部 3a 的第九相位至第十相位为止的各相位中将电压各减少 3.0V。由此,能够使驱动挡块 3 的前端部 3a 的进给驱动时间长于返回驱动的时间,从而能够使驱动挡块 3 的前端部 3a 和转动体 4 的接触时间变长。因此,能够将驱动挡块 3 的动力更加高效地传递至转动体 4。

[0193] 另外,电源部 10 供给至第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 的电压的频率与由第一压电元件 6、第二压电元件 7、驱动挡块 3 以及底部 2 构成的支撑驱动部 1a 的共振振动的振动频率大致相等。因此,能够进一步加大由驱动挡块 3 的前端部 3a 进行的转动体 4 的进给驱动以及返回驱动的振幅。通过适当地选择底部 2、压电元件、驱动挡块 3 的前端部 3a 以及基部 3b 的材质,能够调节支撑驱动部 1a 的共振振动的频率。

[0194] 另外,在本实施方式中,如图 7 所示,从第一端子 T1 以及第二端子 T2 供给至各组的驱动挡块 31、32 的第一压电元件 61、62 的电压的周期,与从第三端子 T3 以及第四端子 T4 供给至各组的第二压电元件 71、72 的电压的周期相等。因此,平行于驱动挡块 31、32 的支撑轴 5 的方向的驱动的振动频率与驱动挡块 31、32 的宽度 w_{31} 、 w_{32} 方向的前端部 31a、32a 的驱动的振动频率相等。由此,能够将平行于支撑轴 5 的方向的驱动挡块 31、32 的振幅、和驱动挡块 31、32 的宽度 w_{31} 、 w_{32} 方向的前端部 31a、32a 的振幅设为最大振幅。

[0195] 另外,驱动挡块 3 前端部 3a 设置成沿着转动体 4 的旋转方向 R 的截面积越靠近转动体 4 就越小的前端狭窄状。因此,与将前端部 3a 形成为长方体形状的情况相比,能够减小前端部 3a 和转动体 4 的接触面积,能够使因前端部 3a 的磨损而产生的前端部 3a 的体积变化率变小。由此,能够使因前端部 3a 的磨损而产生的前端部 3a 的重量变化变小,能够使驱动挡块 3 的共振频率的变化变小。另外,通过将前端部 3a 设为六角柱形状,与其他形状相比能够提高前端部 3a 的刚性。

[0196] 另外,在与支撑轴 5 大致平行地设置且与驱动挡块 3 的宽度 w_3 方向大致垂直地交叉的底部 2 的侧面 2c 上形成有槽部 2d。即,槽部 2d 设置成相对于经由底部 2 传播的与支撑轴 5 大致平行方向的振动大致垂直地交叉。因此,能够通过槽部 2d 吸收振动,减少因底部 2 产生振动的传播。

[0197] 另外,第一压电元件 6 设置在转动体 4 和槽部 2d 之间。因此,能够减少从底部 2 的与转动体 4 的相反侧越过槽部 2d 而传播的振动。

[0198] 另外,底部 2 的与保持驱动挡块 3 的保持部 2a 相反侧的端部固定在安装部 101a 上,槽部 2d 设置在与驱动挡块 3 相比靠近安装部 101a 的位置。因此,即使在安装部 101a 的振动传播到底部 2 的情况下,在离驱动挡块 3 比较远的位置减少振动,能够防止安装部 101a 的振动对驱动挡块 3 的驱动产生坏影响。

[0199] 另外,槽部 2d 的与支撑轴 5 平行的方向的宽度 w_1 大于底部 2 的振动的振幅。因此,能够防止槽部 2 的两侧的底部 2 彼此碰撞。

[0200] 另外,槽部 2d 的与支撑轴 5 平行方向的宽度 w_1 大于由底部 2、驱动挡块 3、第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 构成的支撑驱动部 1a 的共振振动的振幅。因此,即使支撑驱动部 1a 在共振状态下振动时,也能够防止槽部 2d 的两侧的底部 2 彼此碰撞。

[0201] 另外,通过将槽部 2d 的深度 d1 设为底部 2 的半径的 40%以上且 80%以下,而在充分确保底部 2 的强度的同时,能够获得充分的抑制振动传播的效果。

[0202] 另外,在底部 2 和支撑轴 5 之间形成有间隙 2e,因此能够减少从底部 2 传播到支撑轴 5 的振动。另外,能够减少从支撑轴 5 传播到底部 2 的振动。因此,能够防止对驱动挡块 3 以及转动体 4 的驱动产生坏影响。

[0203] 接着,作为具备本实施方式的压电致动器 1 的透镜镜筒的一例说明可换透镜。本实施方式的可换透镜与未图示的相机主体一起形成相机系统,可装卸地安装在相机主体上。可换透镜可切换为根据公知的 AF(自动对焦)控制进行对焦动作的 AF 模式、和根据来自拍摄者的手动输入而进行对焦动作的 MF(手动对焦)模式。

[0204] 图 12 是表示本实施方式的可换透镜 100 的分解立体图。

[0205] 如图 12 所示,可换透镜 100 具备固定筒 101、外筒 102、对焦操作筒 103、驱动部 104。虽然在图 12 中省略图示,但在固定筒 101 的内侧设置有透镜组室以及被保持筒保持的三组构成的透镜组。各透镜组配置在光轴方向,由用于变焦动作时的一对透镜组、和设置在其之间而用于对焦动作的透镜组构成。

[0206] 驱动部 104 是在 AF 控制时根据来自未图示的 AF 控制部的信号使对焦操作筒 103 围绕光轴旋转的部分。

[0207] 驱动部 104 具备支撑部 105、压电致动器 1、对焦操作筒侧齿轮 103a 以及罩体 108。

[0208] 支撑部 105 是用于将压电致动器 1 支撑到固定筒 101 的部分。支撑部 105 具备安装部 101a 以及轴承部 101b。

[0209] 安装部 101a 支撑压电致动器 1 的一端侧。安装部 101a 是从固定筒 101 的外周面的一部分向其外径侧以凸缘状突出而形成的部分,与固定筒 101 一体形成。

[0210] 轴承部 101b 与安装部 101a 相同地从固定筒 101 的外周面的一部分向其外径侧突出而与固定筒 101 形成为一体,并设置成支撑一端侧固定在压电致动器 1 的转动体 4 上的旋转轴 106 的另一端侧。

[0211] 压电致动器 1 的底部 2 的端部固定在安装部 101a 上。

[0212] 在旋转轴 106 的一端侧设置有输出侧齿轮 107,另一端侧与转动体 4 固定为一体。旋转轴 106 独立地设置在压电致动器 1 的与支撑轴 5(参照图 2)相同轴上。输出侧齿轮 107 与设置在对焦操作筒 103 的对焦操作筒侧的齿轮 103a 啮合。

[0213] 罩体 108 用于保护上述的压电致动器 1,通过未图示的螺丝等固定在固定筒 101。

[0214] 可换透镜 100 经由外筒 102 装卸自如地设置在相机主体上。

[0215] 可换透镜 100 在 AF 模式下,例如根据来自设置在相机主体上的 AF 控制部的信号,使压电致动器 1 的电源部 10 动作,而使压电致动器 1 的转动体 4 旋转。通过转动体 4 的旋转,旋转轴 106 旋转,通过此旋转使对焦操作筒 103 围绕光轴旋转。对焦操作筒 103 通过此旋转经由未图示的对焦用凸轮机构,使得用于对焦动作的透镜组向光轴方向进退动作。如上在可换透镜 100 中进行 AF 动作。

[0216] 另一方面,在 MF 模式下,对焦操作筒 103 通过拍摄者手动地围绕光轴旋转操作。对焦操作筒 103 与 AF 模式相同地,通过此旋转使得用于对焦动作的透镜组向光轴方向进退动作。如上在可换透镜 100 中进行 MF 动作。

[0217] 如上所说明,根据本实施方式的可换透镜 100,由于具备能够将不同的两个方向振

动作为各自独立的振动取出而能够增大输出的压电致动器 1, 因此, 能够降低在 AF 模式下的电消耗量。

[0218] 另外, 不需要使用中间齿轮、最终齿轮等, 能够将压电致动器 1 的动力直接传递至对焦操作筒 103。因此, 能量损失较小, 能够获得节能的效果。另外, 可削减部件个数。

[0219] 此外, 本实施方式可以进行多种变形。例如, 底部只要是设置成围绕支撑轴, 可分割为多个, 也可以不完全围绕支撑轴。例如, 也可以偏向围绕支撑轴的圆周上的一半而配置, 也可以以从两侧夹住支撑轴的方式配置。

[0220] 另外, 在上述的实施方式中, 说明了以夹住驱动挡块的方式设置有一对第一压电元件的情况, 其中, 该第一压电元件将驱动挡块向与支撑轴平行的方向驱动。替代此方式, 第一压电元件也可以仅设置于驱动挡块的一个侧面上。另外, 也可以使用向厚度方向位移的压电元件作为第一压电元件, 将第一压电元件配置在底部的保持部的底面和驱动挡块的基部的底面之间。在此情况下, 通过设置在底部的保持部的支撑面不经由压电元件而从沿着转动体的旋转方向的保持部的宽度方向的两侧直接支撑基部。另外, 也可以使支撑面起到导向部的作用, 其中, 该导向部将基部保持成能够向与支撑轴平行的方向滑动。

[0221] 另外, 在上述实施方式中, 说明了具备两组、包括第一压电元件以及第二压电元件的驱动挡块的组的情况, 但驱动挡块组也可以为三组以上。另外, 驱动挡块组所具备的驱动挡块的个数也可以为一个、两个或四个以上。例如, 在上述的实施方式中, 也可以将配置在底部的对角上的两个驱动挡块作为一组, 构成三组的驱动挡块组。在此情况下, 各组的电压的相位差例如可以为 120 度。由此, 可以始终通过两组的驱动挡块支撑、旋转转动体。驱动挡块的各组的电压相位差可以为将 360 度除以组数的值 (即两组的情况为 180 度、三组的情况为 120 度)。

[0222] 另外, 在上述实施方式中, 说明了第一压电元件夹住驱动挡块的基部的方向 (第二方向)、和第二压电元件驱动驱动挡块的前端部的方向 (第三方向) 相同的情况, 但这些方向也可以不同。例如, 通过将第三方向设为与驱动挡块的宽度 w_3 方向交叉且沿着转动体的旋转方向的方向, 也可以使转动体容易旋转。

[0223] 另外, 底部的支撑面也可以不与平行于支撑轴的方向 (第一方向) 倾斜。例如, 如图 13A 所示, 也可以在保持部设置凸起状的卡止部, 其用于卡止第一压电元件的保持部的底面侧的端部。另外, 如图 13B 所示, 也可以通过使第一压电元件的保持部的底面侧的端部突出于基部的底面而使其起到定位部的作用, 并通过使定位部碰到保持部的底面来进行定位。

[0224] 另外, 从确保底部的强度的观点, 也可以将底部和支撑轴之间的间隙形成至槽部的保持部侧的边缘。

[0225] 另外, 也可以将从电源部的各端子向第一压电元件以及第二压电元件供给的电压设为正弦波、正弦波状的电压波形。

[0226] 首先, 使用图 14 以以下情况为例进行说明, 即, 与上述实施方式相同地, 驱动挡块的组为第一组和第二组的两组构成, 产生于电源部的第一端子和第二端子的正弦波的电压波形的相位差为 180° , 产生于第三端子和第四端子的正弦波的电压波形的相位差为 180° 的情况。

[0227] 与图 11 的 (a) 至图 11 的 (d) 相同地, 图 14 的 (a) 表示第一组的驱动挡块的前端

部的 Y 方向的位移,图 14 的 (b) 表示第二组的驱动挡块的 Y 方向的位移。另外。图 14 的 (c) 表示第一组的驱动挡块的 X1 方向的位移,图 14 的 (d) 表示第二组的 X2 方向的位移 (参照图 8 至图 10)。

[0228] 在产生于电源部的第一端子和第二端子的正弦波的电压波形的相位差为 180° 的情况下,如图 14 的 (a) 以及图 14 的 (b) 所示,向 Y 轴方向驱动的第一组以及第二组的驱动挡块的前端部描画具有 180° 的相位差的正弦波状的轨迹。此时,如图 14(a) 中的粗线所示,如果 Y 轴方向的位移超过接触位置 y_1 ,则第一组的驱动挡块的前端部与转动体接触 (参照图 8 至图 10)。另外,如图 14 的 (b) 中的粗线所示,第二组的驱动挡块的前端部也同样与转动体接触。

[0229] 在此,图 14 的 (a) 所示的第一组的驱动挡块的轨迹与图 14 的 (b) 所示的第二组的驱动挡块的轨迹具有 180° 的相位差。因此,第一组的驱动挡块的前端部和第二组的驱动挡块的前端部交替地与转动体接触而支撑转动体 (参照图 8 至图 10)。此时,与上述实施方式相同地,存在双方的驱动挡块的前端部从转动体分离的期间。但是,与上述的实施方式相同地,在此期间,转动体因其惯性而几乎不向 Y 方向位移。

[0230] 相同地,在产生于电源部的第二端子和第三端子的正弦波的电压波形的相位差为 180° 的情况下,如图 14 的 (c) 以及图 14 的 (d) 所示,向 X1 轴方向以及 X2 轴方向驱动的第一组以及第二组的驱动挡块的前端部描画正弦波状的轨迹 (参照图 8 至图 10)。

[0231] 在此,如图 14 的 (c) 中粗线所示,第一组的驱动挡块的前端部在与转动体接触期间 (图 14 的 (a) 所示的粗线部分的期间),向沿着转动体的旋转方向的 X1 轴正方向移动 (参照图 8 至图 10)。另外,如在图 14 的 (d) 中用粗线所示,第二组的驱动挡块的前端部也相同地,在与转动体接触期间 (图 14 的 (b) 所示的粗线部分的期间),向沿着转动体的旋转方向的 X2 轴正方向移动。

[0232] 因此,与上述的实施方式相同地,转动体通过第一组的驱动挡块和第二组的驱动挡块交替地向旋转方向驱动 (参照图 8 至图 10)。

[0233] 接着,使用图 15 说明以下情况,即,驱动挡块组为第一组至第三组的三组构成,在电源部的各端子产生具有 120° 相位差的正弦波或正弦波状的电压波形的情况。在此情况下,作为电源部使用如下结构:除了具备上述第一端子至第四端子之外,还具备对第三组的驱动挡块的第一压电元件和第二压电元件分别供给电压的第五端子和第六端子。另外,与第一组的驱动挡块的 X1 方向以及第二组的驱动挡块的 X2 方向 (参照图 8 至图 10) 相同地,将垂直于支撑轴且沿着转动体的旋转方向的第三组驱动挡块的宽度方向 (保持部的宽度方向) 设为 X3 方向。

[0234] 图 15 的 (a) 表示第一组至第三组的驱动挡块的前端部的 Y 方向的位移,图 15 的 (b) 表示第一组至第三组的驱动挡块的前端部的 X1 至 X3 方向的位移。在图 15 的 (a) 以及图 15 的 (b) 中,用实线表示第一组的驱动挡块的前端部的轨迹,用虚线表示第二组的驱动挡块的前端部的轨迹,用点划线表示第三组的驱动挡块的轨迹。

[0235] 在电源部供给至各组的第一压电元件的电压波形具有 120° 相位差的情况下,如图 15 的 (a) 所示,向 Y 轴方向驱动的各组的驱动挡块的前端部描画具有 120° 相位差的正弦波状的轨迹。此时,如在图 15 的 (a) 中用粗线所示,如果 Y 轴方向的位移超过接触位置 y_1 ,则各组的驱动挡块的前端部与转动体接触 (参照图 8 至图 10)。

[0236] 在此,如 15 的 (a) 所示的各组的驱动挡块的轨迹具有 120° 的相位差。因此,各组的驱动挡块的前端部依次与转动体接触而支撑转动体(参照图 8 至图 10)。此时,与上述的实施方式相同地,存在各组的驱动挡块的前端部从转动体分离的期间。但是,与上述的实施方式相同地,在此期间,转动体因其惯性而几乎不向 Y 方向位移。

[0237] 相同地,在电源部供给至各组的第二压电元件的电压波形具有 120° 的相位差的情况下,如图 14 的 (b) 所示,向 X1 ~ X3 轴方向驱动的各组的驱动挡块的前端部描画正弦波状的轨道(参照图 8 至图 10)。

[0238] 在此,如在图 15 的 (b) 中用粗线所示,各组的驱动挡块的前端部在与转动体接触期间(图 15 的 (a) 所示的粗线部分的期间)向沿着转动体的旋转方向的 X1 ~ X3 轴正方向移动(参照图 8 至图 10)。

[0239] 因此,与上述的实施方式相同地,转动体通过各组的驱动挡块依次向旋转方向驱动(参照图 8 至图 10)。

[0240] 在上述的实施方式中,例如,设为底部 2 通过不锈钢等金属材料成为中空圆筒状。在其他实施方式中,底部 2 的全部或一部分可以由具有弹性的弹性体形成。即,底部 2 的至少一部分可以具有弹性。在该实施方式中,例如底部 2 的实质上的全部或至少凸部 2h、2i(图 4)可以为弹性体。在此,底部以外的压电致动器 1 的构成可以与上述的实施方式相同。

[0241] 在该实施方式中,电源部 10 供给至第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 的电压的频率可以与由第一压电元件 6、第二压电元件 7、驱动挡块 3 以及底部 2 构成的支撑驱动部 1a 的共振频率大致相等。另外,从电源部 10 的各端子向第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 供给的电压波形可以为正弦波。代替此,如果供给电压的频率与支撑驱动部 1a 的共振频率大致相等,则可以为矩形波等其他波形。

[0242] 在此,使用图 16 以及图 17A 至图 17D 说明底部 2 的至少一部分由弹性体形成且供给的电压的波形为正弦波的情况的作用。

[0243] 在图 16 以及图 17A 至图 17D 中,使用将沿着转动体 4 的旋转方向 R 的方向作为 X4 方向且将平行于支撑轴 5 的方向作为 Y 方向的坐标系。

[0244] 在图 16 以及图 17A 至图 17D 中,与上述的实施方式相同地,驱动挡块的组由第一组的驱动挡块 31 以及第二组的驱动挡块 32 的两组构成,产生于电源部 10 的第一端子和第二端子的正弦波的电压波形的相位差为 180° ,产生于第三端子和第四端子的正弦波的电压波形的相位差为 180° 。

[0245] 此外,如图 4 所示,将形成于底部 2 的六个凸部(凸起)中的、第二组的驱动挡块 32 位于其旋转方向的前进侧的三个凸部作为第一凸部 2h,将第一组的驱动挡块 31 位于其旋转方向的前进侧的三个凸部作为第二凸部 2i。第一凸部 2h 以及第二凸部 2i 具有弹性。

[0246] 在图 16 的 (a) 中,用粗线表示第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 的 Y 方向的位移,用实线表示夹住第一组的驱动挡块 31 的第一压电元件 61 的 Y 方向的厚度切变变形量,用虚线表示支撑第一组的驱动挡块 31 的支撑面 2f 的 Y 方向的位移。

[0247] 在图 16 的 (b) 中,用粗线表示第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 的 Y 方向的位移,用实线表示夹住第二组的驱动挡块 32 的第一压电元件 62 的 Y 方向的厚度切变变形量,用虚线表示支撑第二组的驱动挡块 32 的支撑面 2f 的 Y 方向的位移。

[0248] 在图 16 的 (c) 中,用粗线表示第一组的驱动挡块 31 的前端部 31a 的 X4 方向的位移,用实线表示设置在第一组的驱动挡块 31 上的第二压电元件 71 的 X4 方向的厚度切变变形量,用虚线表示支撑第一组的驱动挡块 31 的支撑面 2f 的 X4 方向的位移。

[0249] 在图 16 的 (d) 中,用粗线表示第二组的驱动挡块 32 的前端部 32a 的 X4 方向的位移,用实线表示设置在第二组的驱动挡块 32 上的第二压电元件 72 的 X4 方向的厚度切变变形量,用虚线表示支撑第二组的驱动挡块 32 的支撑面 2f 的 X4 方向的位移。

[0250] 在产生于电源部 10 的第一端子和第二端子的正弦波的电压波形的相位差为 180° 的情况下,如图 16 的 (a) 以及图 16 的 (b) 所示,向 Y 轴方向驱动的第一组以及第二组的驱动挡块 3 的前端部 3a 描画具有 180° 相位差的正弦波状的轨迹。另外,在产生于电源部 10 的第三端子和第四端子的正弦波的电压波形的相位差为 180° 的情况下,如图 16 的 (c) 以及图 16 的 (d) 所示,向 X4 轴方向驱动的第一组以及第二组的驱动挡块 3 的前端部 3a 描画具有 180° 相位差的正弦波状的轨迹。此时,通过该驱动挡块 3 的振动,底部 2 发生共振,并且底部 2 的至少一部分弹性变形。在本实施方式中,设置在底部 2 且支撑驱动挡块 3 的支撑部 2f 位移。

[0251] 在图 16 的 A 点上,第一组的驱动挡块 31 向 Y 方向产生正的位移,与此相对地,第二组的驱动挡块 32 向 Y 方向产生负的位移。对第一凸部 2h 产生剪切力的结果,如图 17A 所示,第一凸部 2h 通过该剪切力向 Y 方向剪切变形。支撑第一组的驱动挡块 31 的支撑部 2f 向 Y 方向产生正的位移,支撑第二组的驱动挡块 32 的支撑部 2f 向 Y 方向产生负的位移。

[0252] 在图 16 的 B 点上,第一组的驱动挡块 31 向 Y 方向产生负的位移,与此相对地,第二组的驱动挡块 32 向 Y 方向产生正的位移。对第一凸部 2h 产生剪切力的结果,如图 17B 所示,第一凸部 2h 通过该剪切力向 Y 方向剪切变形。支撑第一组的驱动挡块 31 的支撑部 2f 向 Y 方向产生负的位移,支撑第二组的驱动挡块 32 的支撑部 2f 向 Y 方向产生正的位移。

[0253] 在图 16 的 C 点上,第一组的驱动挡块 31 向 X4 方向产生正的位移,与此相对地,第二组的驱动挡块 32 向 X4 方向产生负的位移。对第一凸部 2h 产生压缩力的结果,如图 17C 所示,第一凸部 2h 通过该压缩力向转动体的旋转方向压缩变形。支撑第一组的驱动挡块 31 的支撑部 2f 向 X4 方向产生正的位移,支撑第二组的驱动挡块 32 的支撑部 2f 向 X4 方向产生负的位移。

[0254] 在图 16 的 D 点上,第一组的驱动挡块 31 向 X4 方向产生负的位移,与此相对地,第二组的驱动挡块 32 向 X4 方向产生正的位移。对第一凸部 2h 产生张力的结果,如图 17D 所示,第一凸部 2h 通过该张力向转动体的旋转方向拉伸变形。支撑第一组的驱动挡块 31 的支撑部 2f 向 X4 方向产生负的位移,支撑第二组的驱动挡块 32 的支撑部 2f 向 X4 方向产生正的位移。

[0255] 在此说明了因第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 的驱动而产生的第一凸部 2h 的弹性变形、和由此产生的支撑部 2f 的位移,但也可以使第二凸部 2i 的相位与第一凸部 2h 的相位相差 180° 而相同地进行变形。

[0256] 在本实施方式中,通过第一凸部 2h 以及第二凸部 2i 的弹性变形,支撑部 2f 以与驱动挡块的位移相同的周期进行位移。驱动挡块 3 的前端部 3a 的位移是因第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 的厚度切变变形而产生的位移和支撑部 2f 的位移的相加。

[0257] 在本实施方式中,除了利用因第一压电元件 6 以及第二压电元件 7 的厚度切变而

产生的位移之外,还利用因底部 2 的弹性变形而产生的位移,由此使驱动挡块以更大的振幅驱动。由此,能够加大压电致动器的输出,能够将驱动所需的电压进行低电压化。再有,通过使包括底部 2 的支撑驱动部 1a 共振,利用因设置在底部的凸面的面内的弯曲以及面外的弯曲而产生的振动,能够最大限度地发挥其效果。

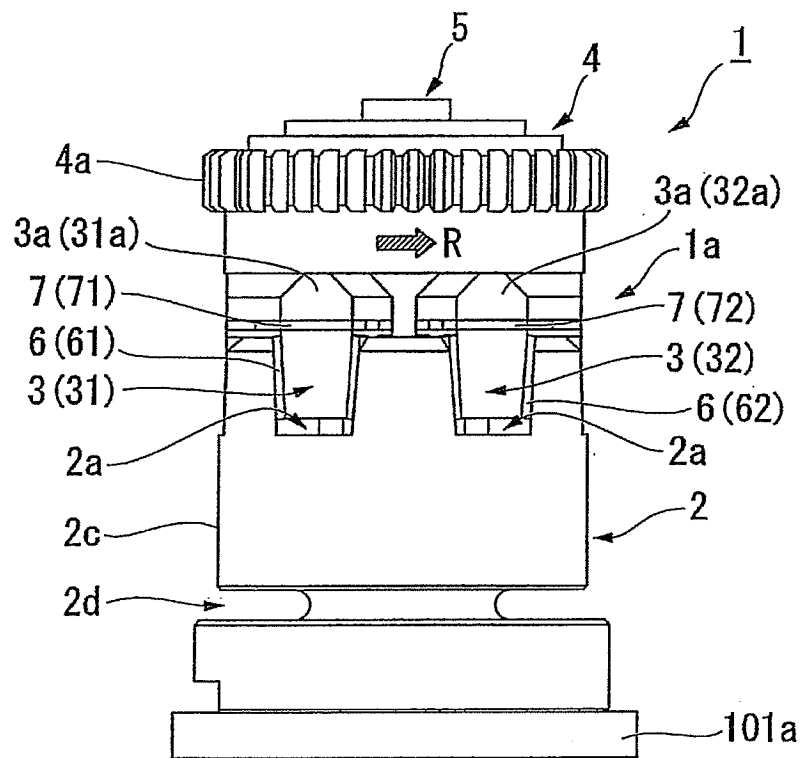


图 1

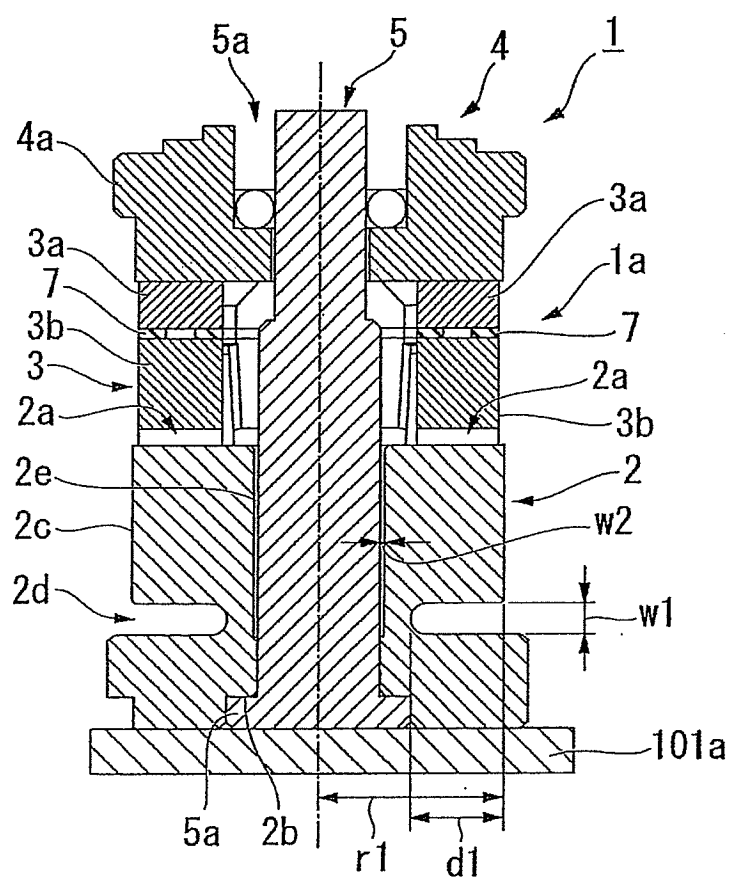


图 2

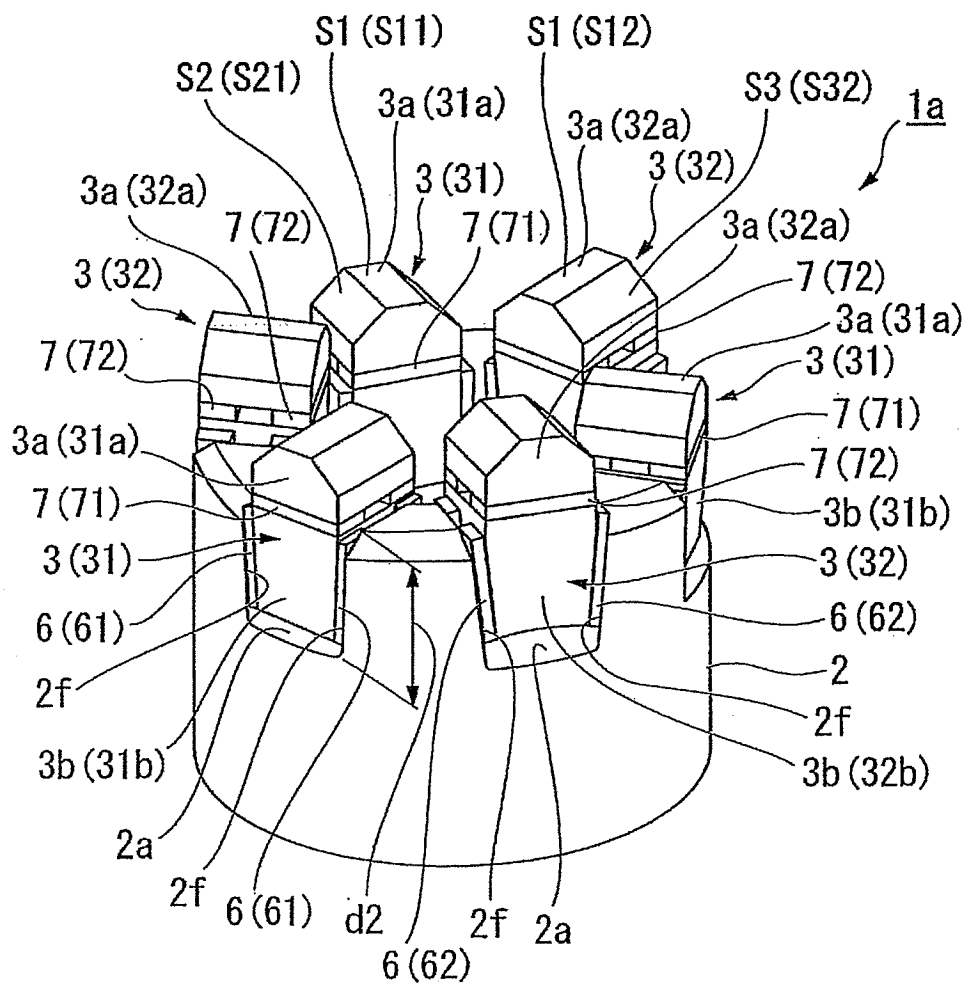


图 3

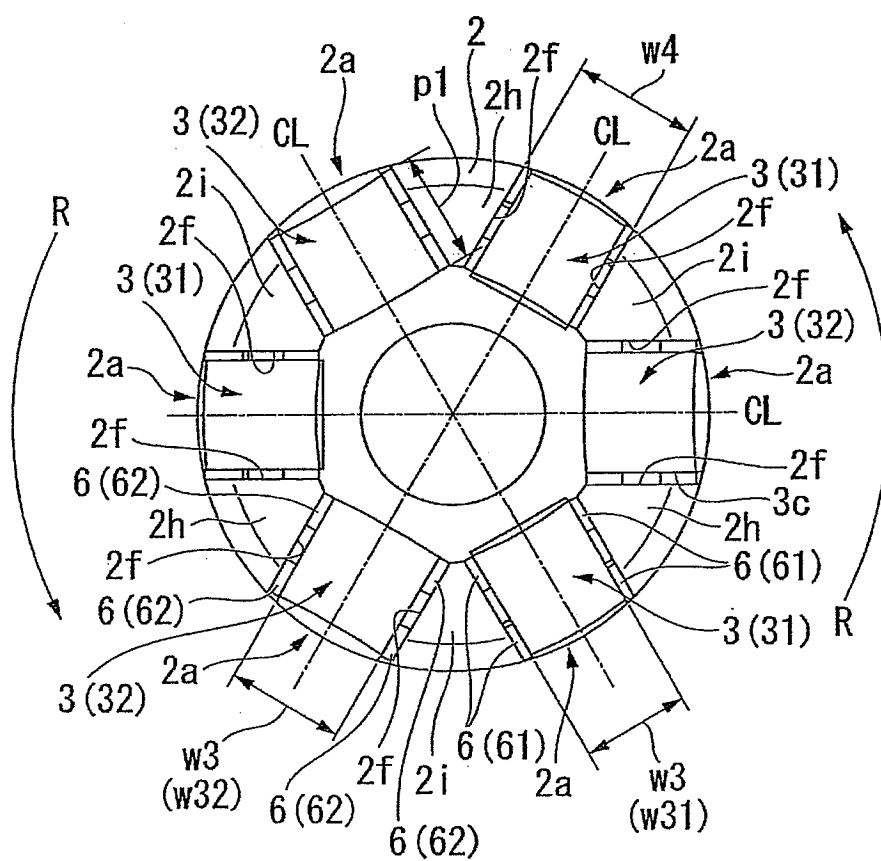


图 4

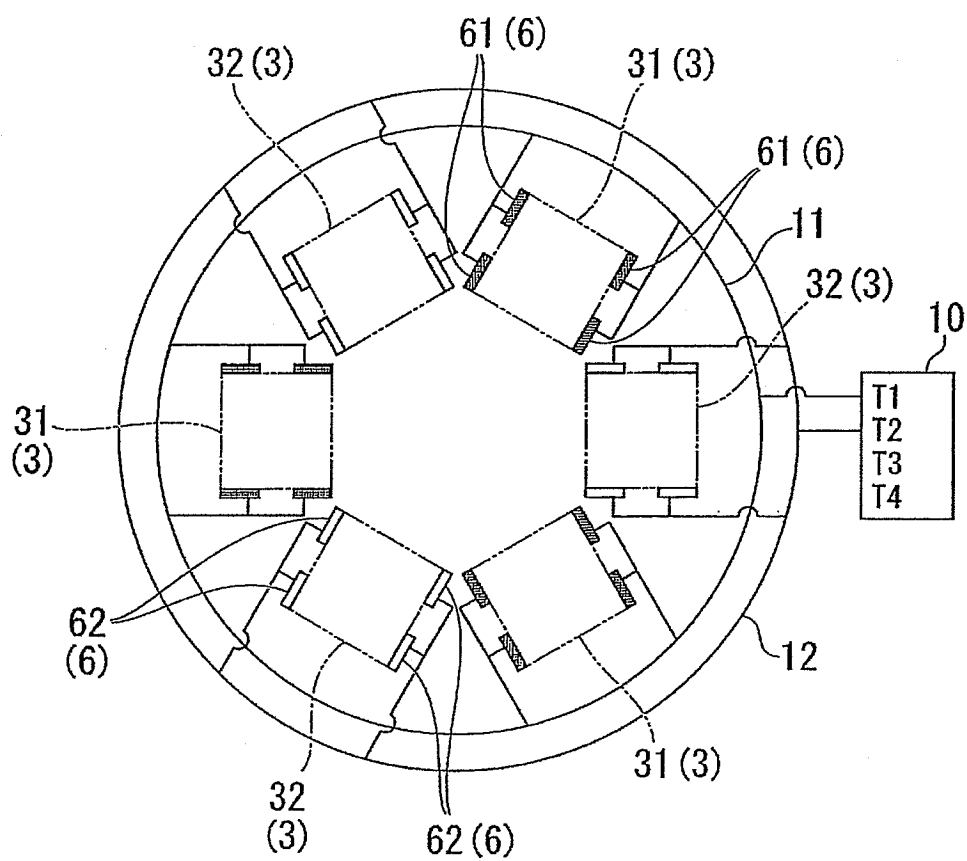


图 6A

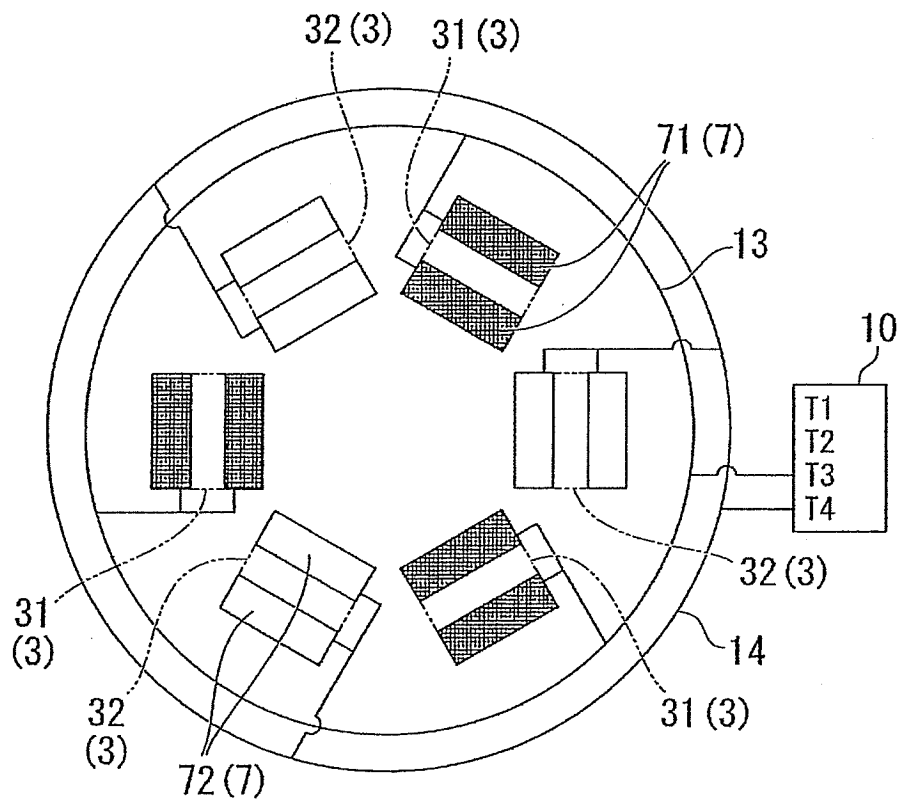


图 6B

		相位																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T1		0	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1
T2		0	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1
T3		0	0	-3	-2	-1	0	1	2	3	0	-3	-2	-1	0	1	2	3	0	-3
T4		0	0	1	2	3	0	-3	-2	-1	0	1	2	3	0	-3	-2	-1	0	1

图 7

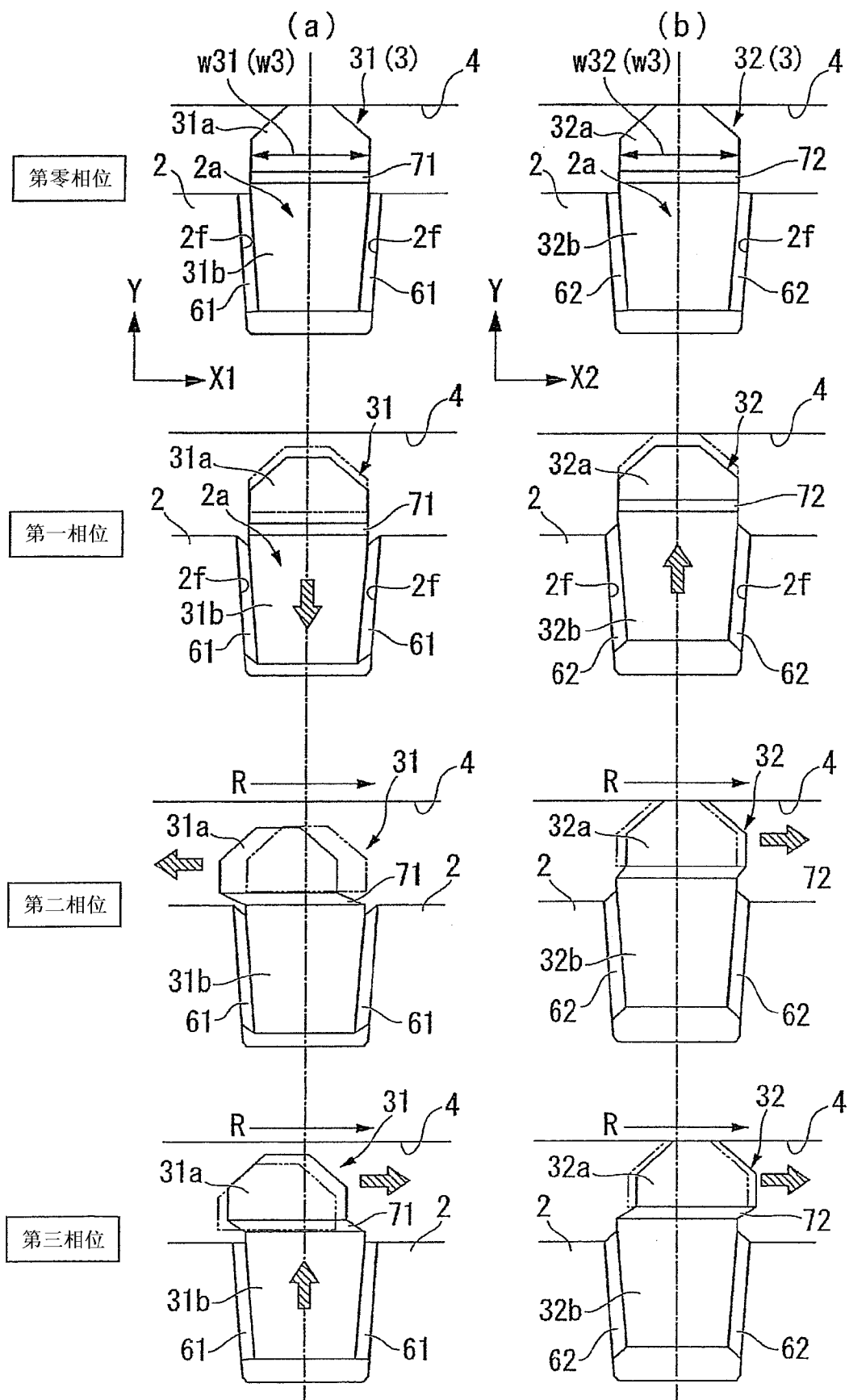


图 8

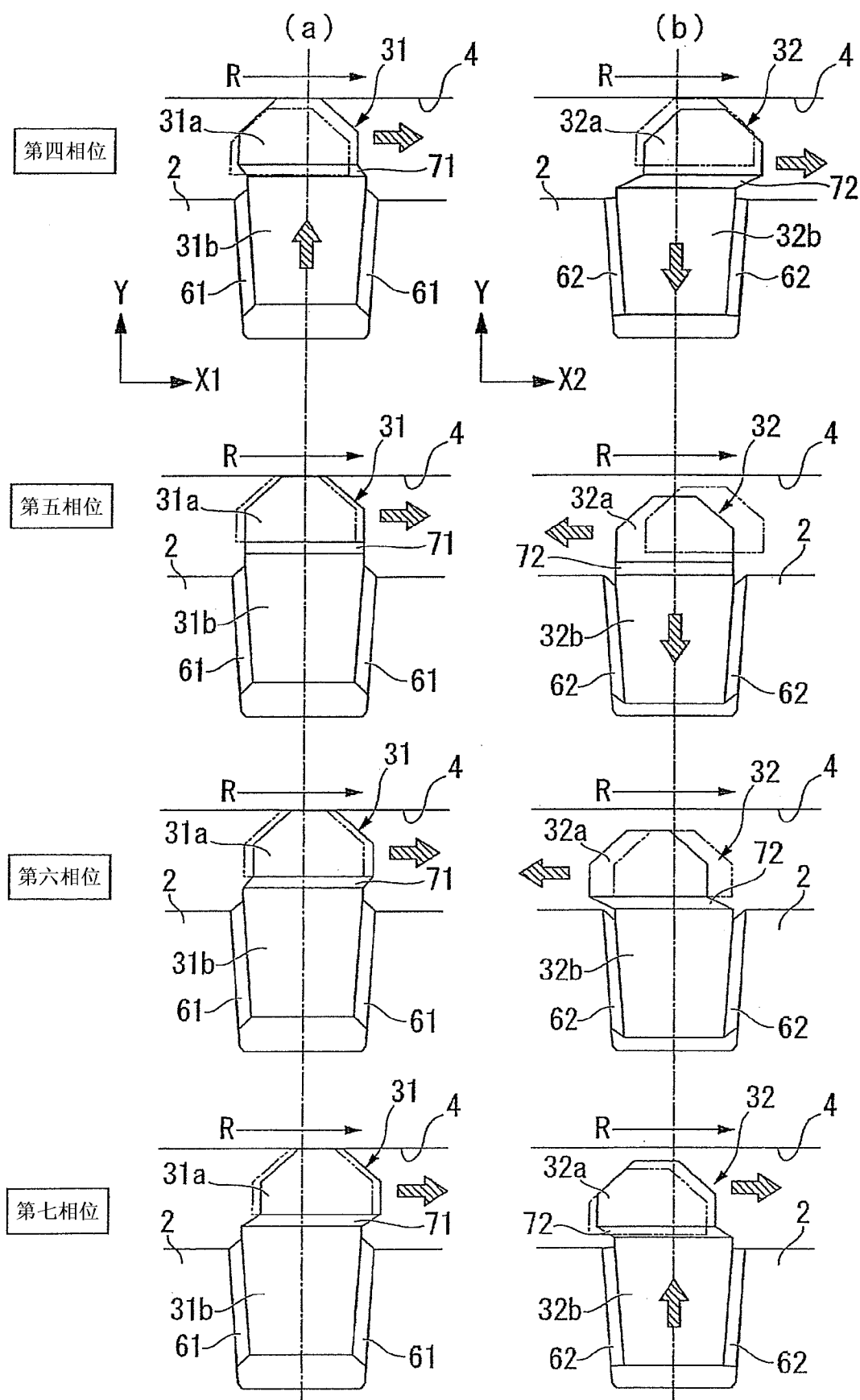


图 9

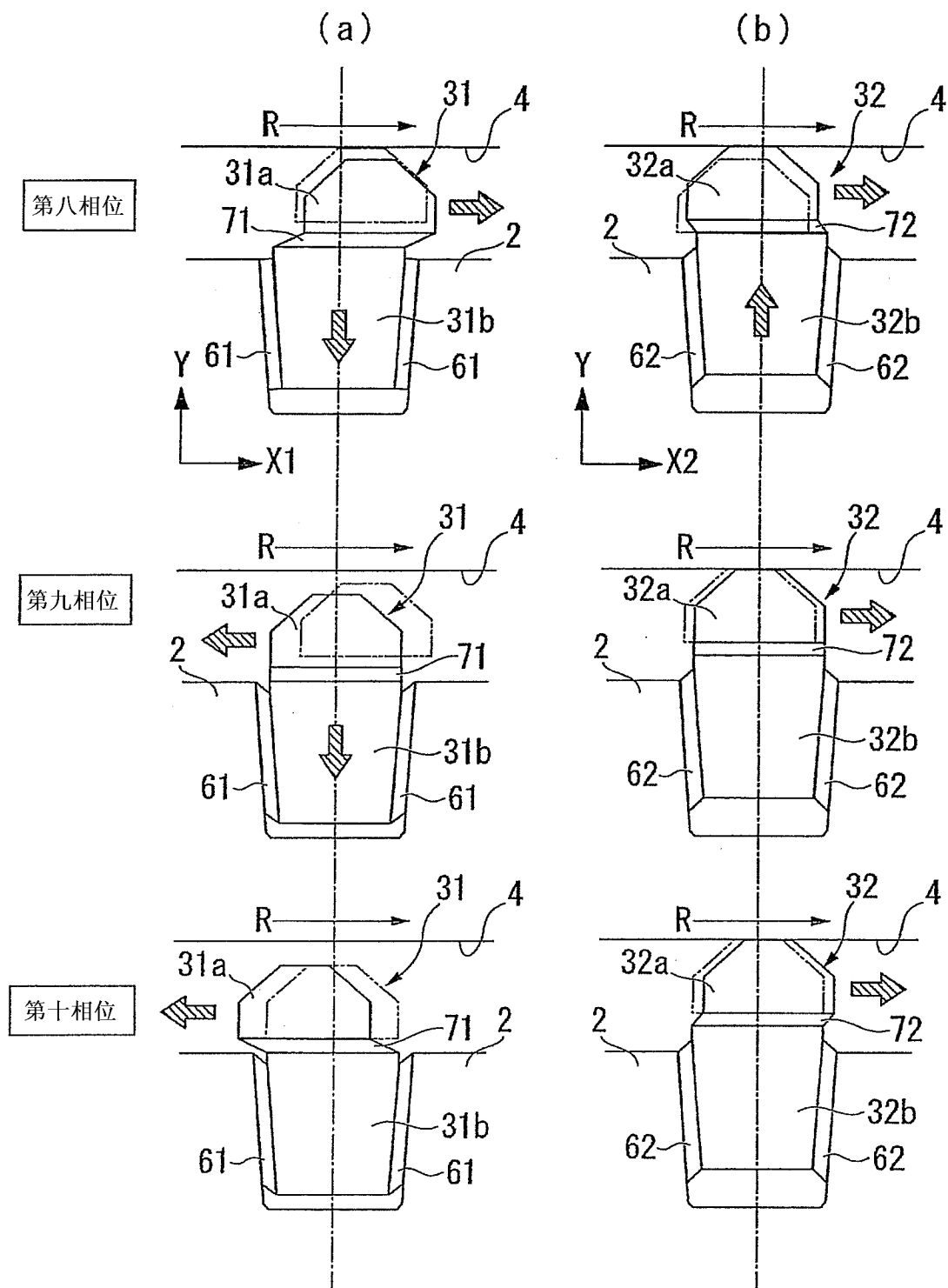


图 10

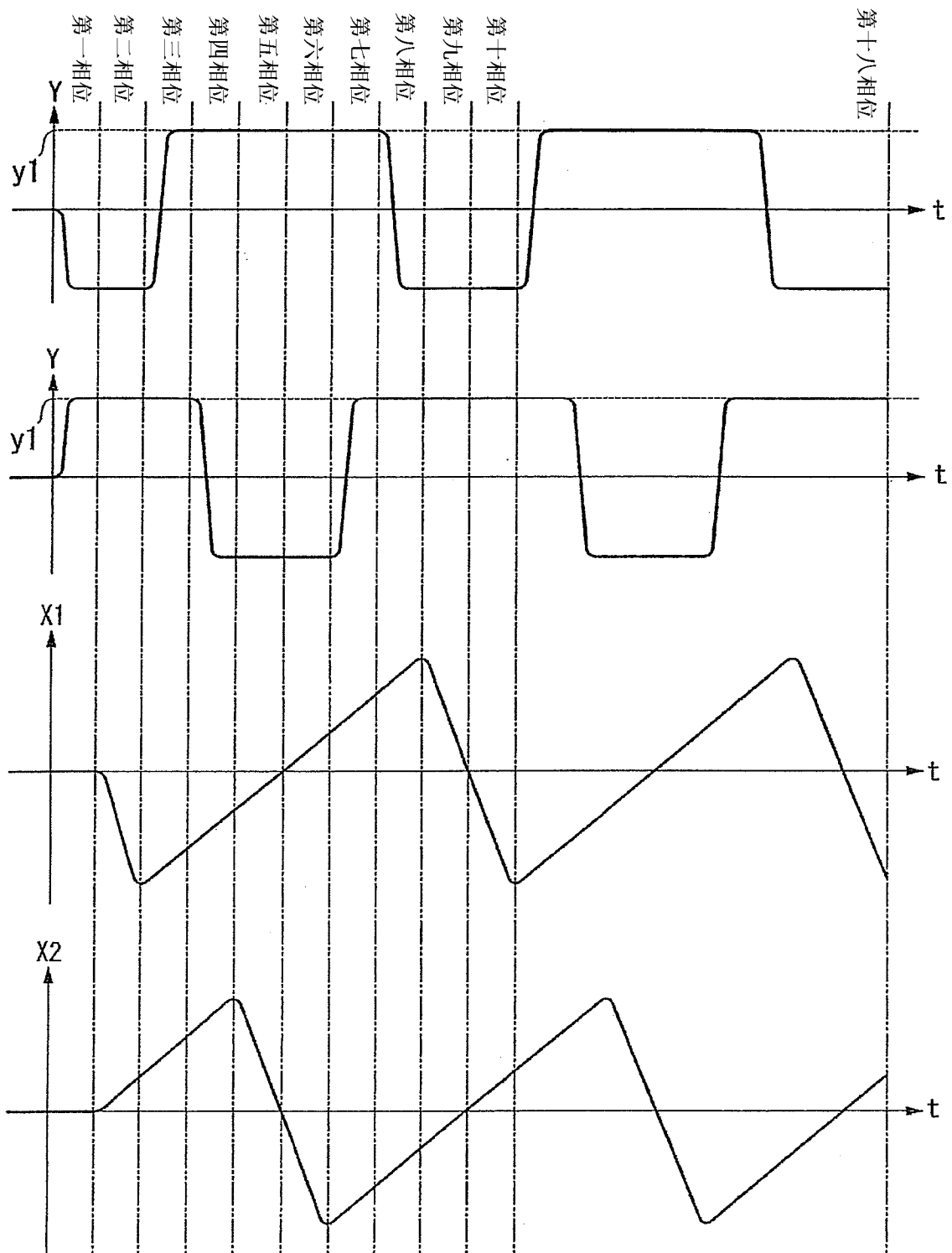


图 11

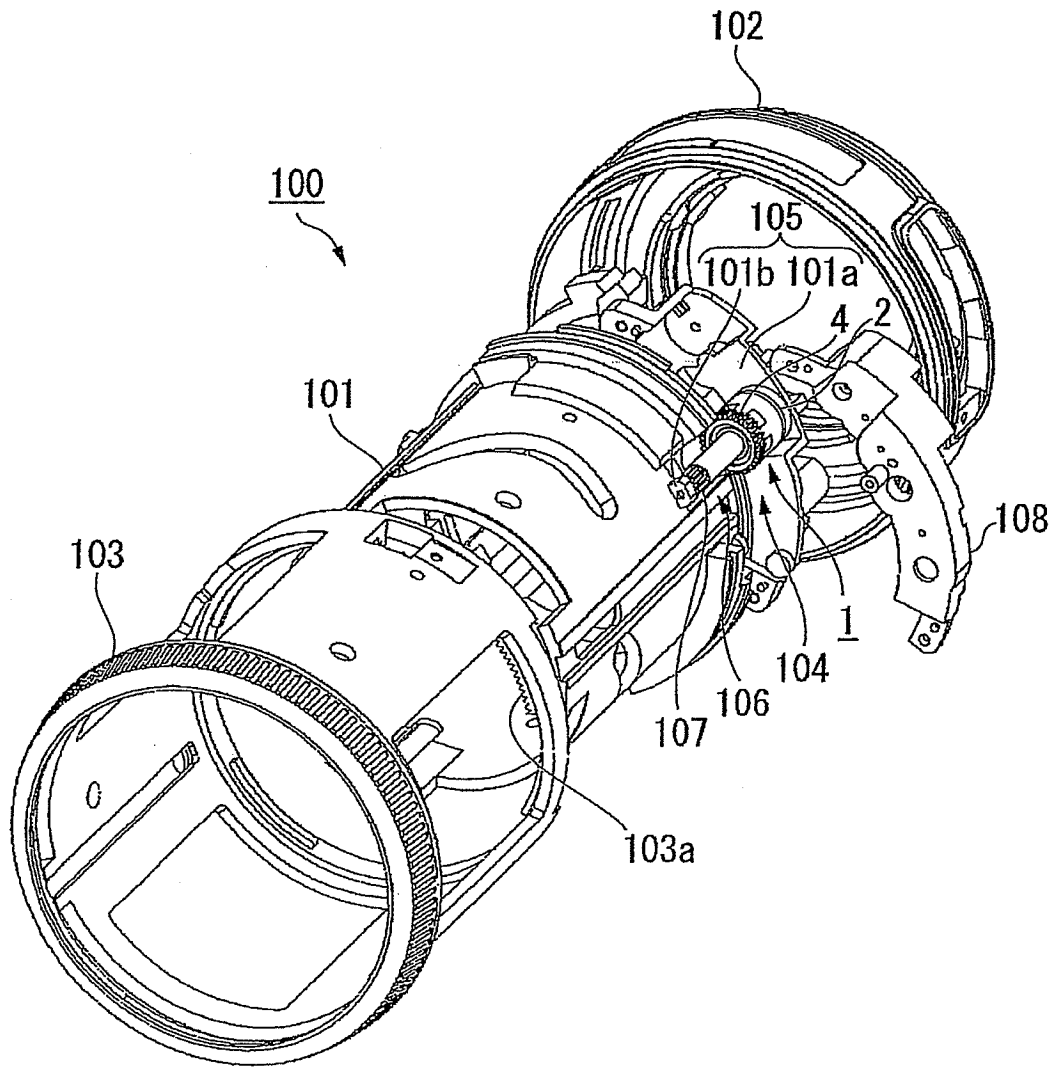


图 12

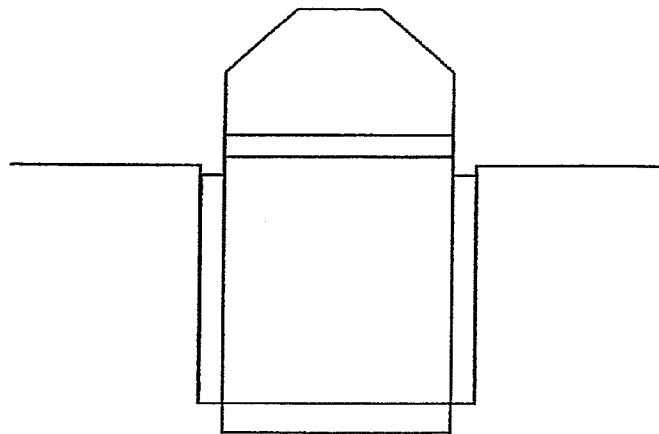


图 13A

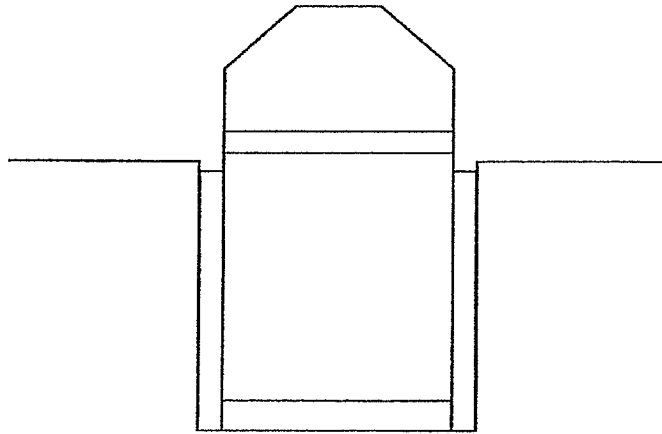


图 13B

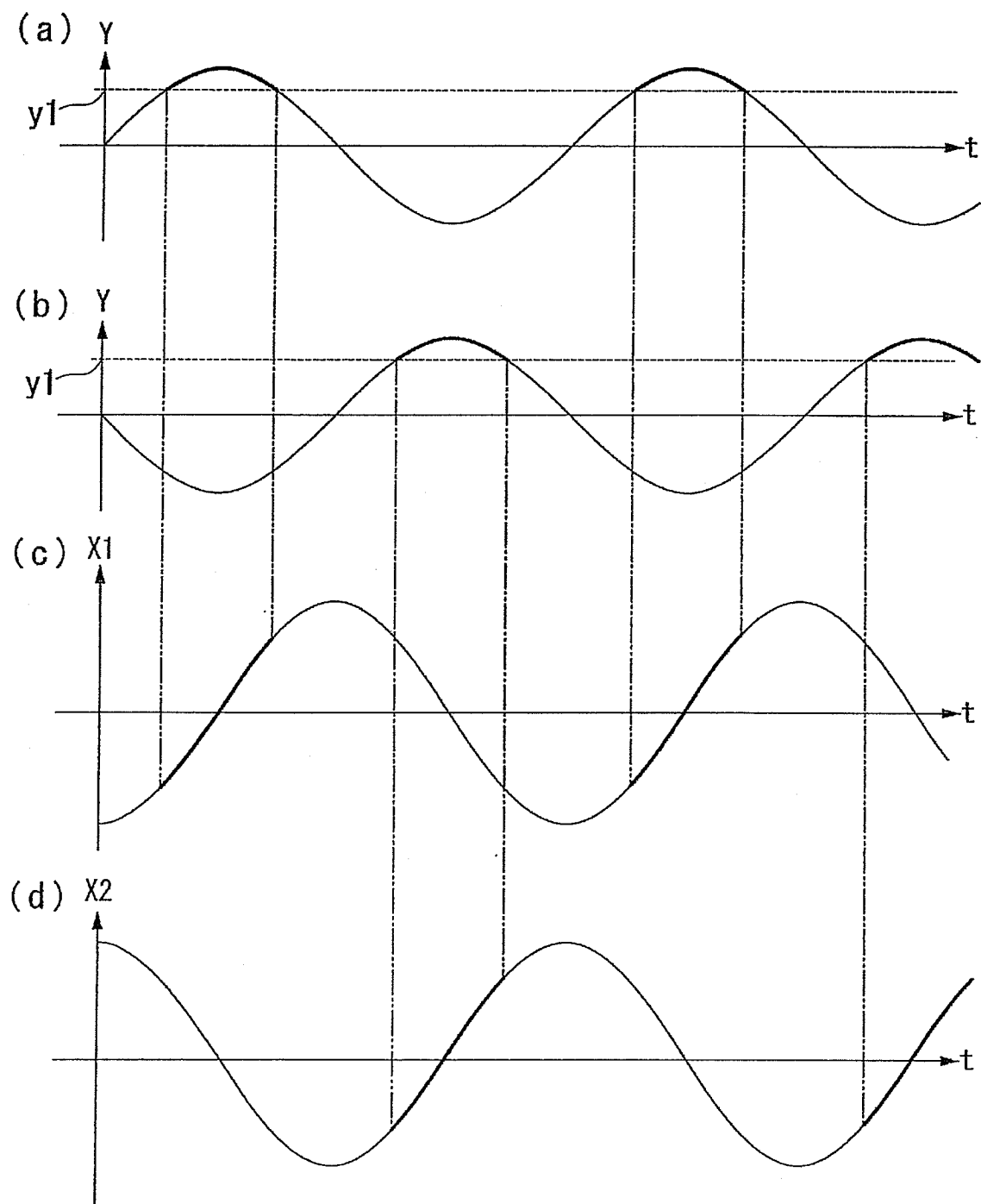


图 14

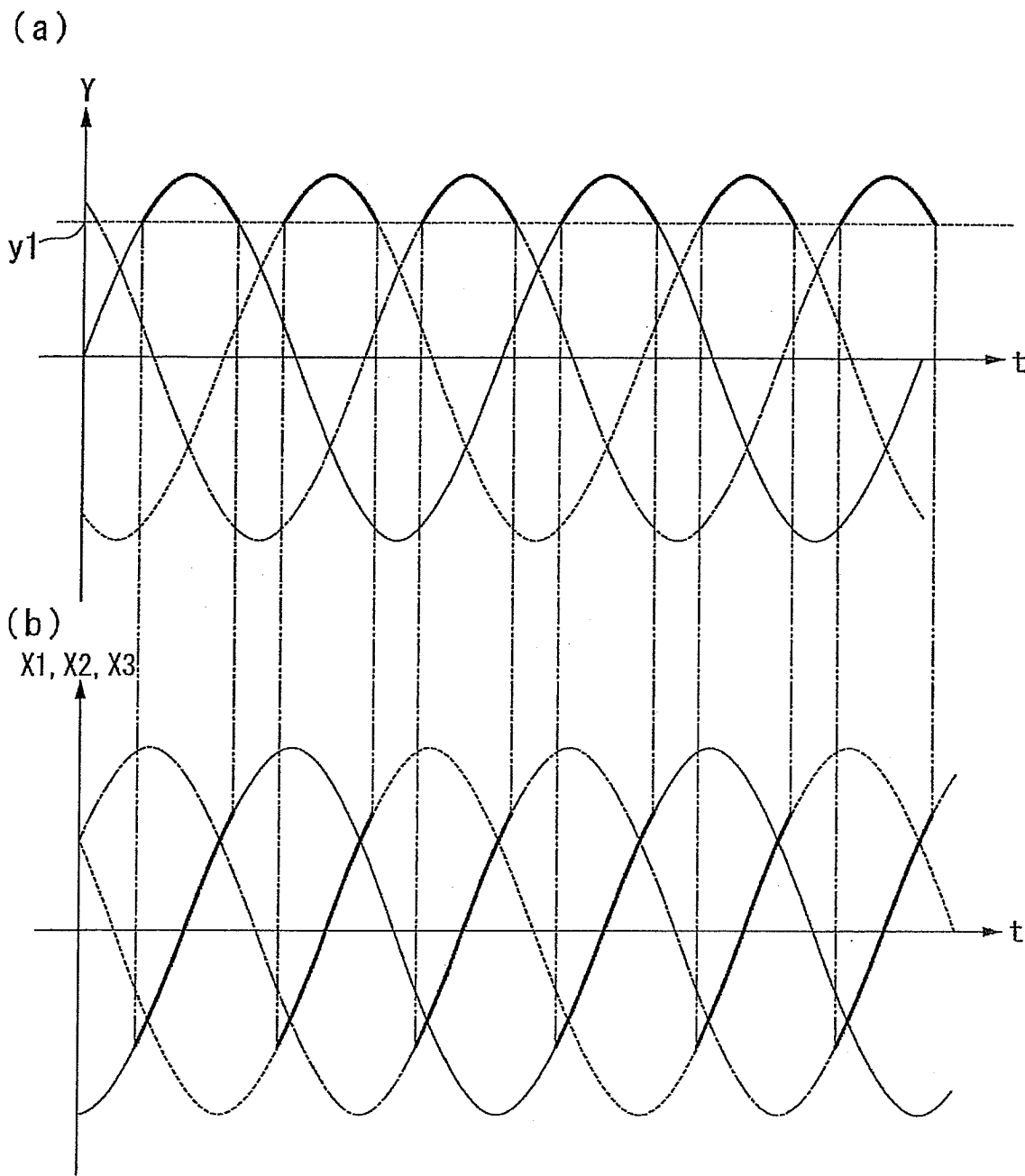


图 15

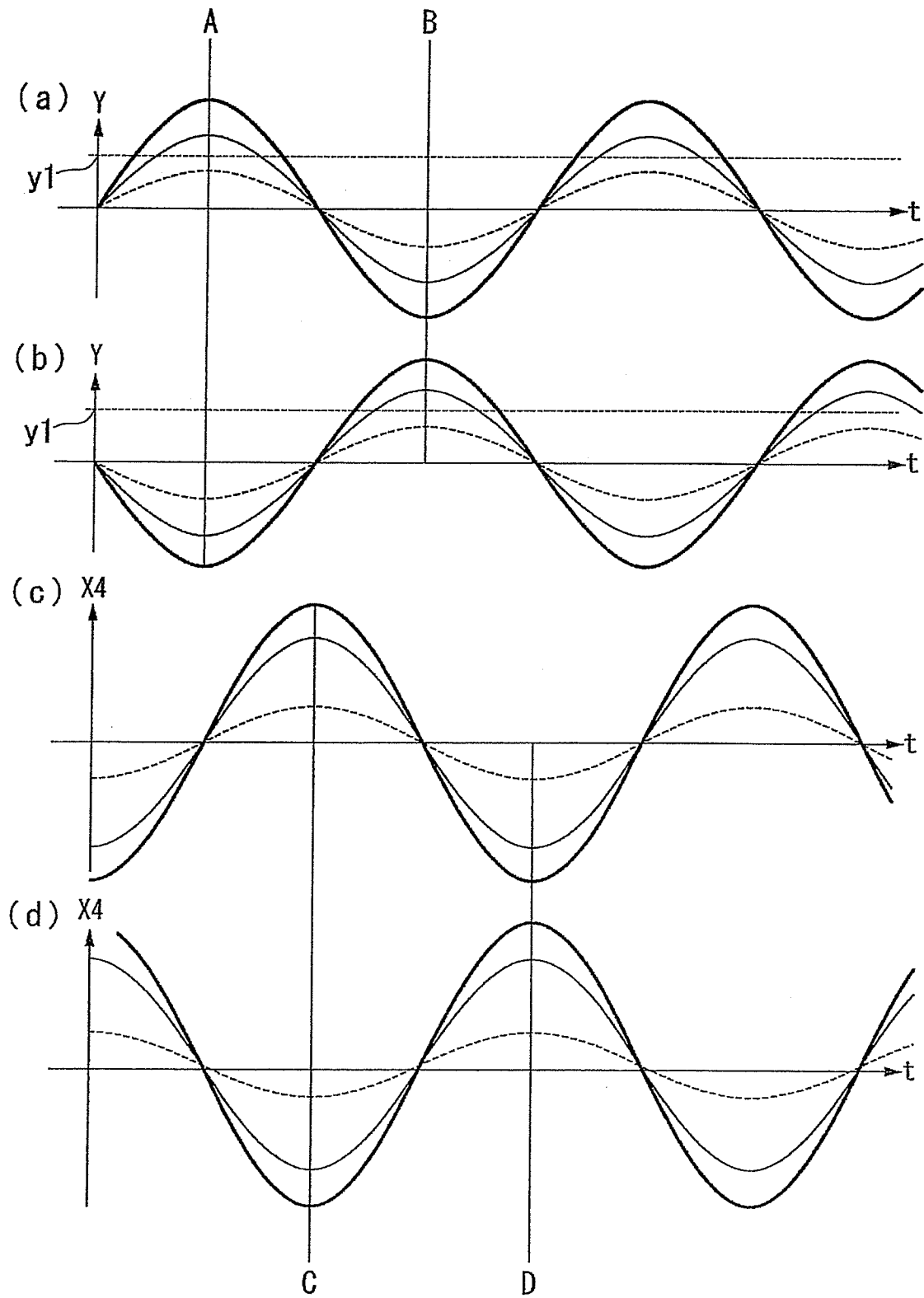


图 16

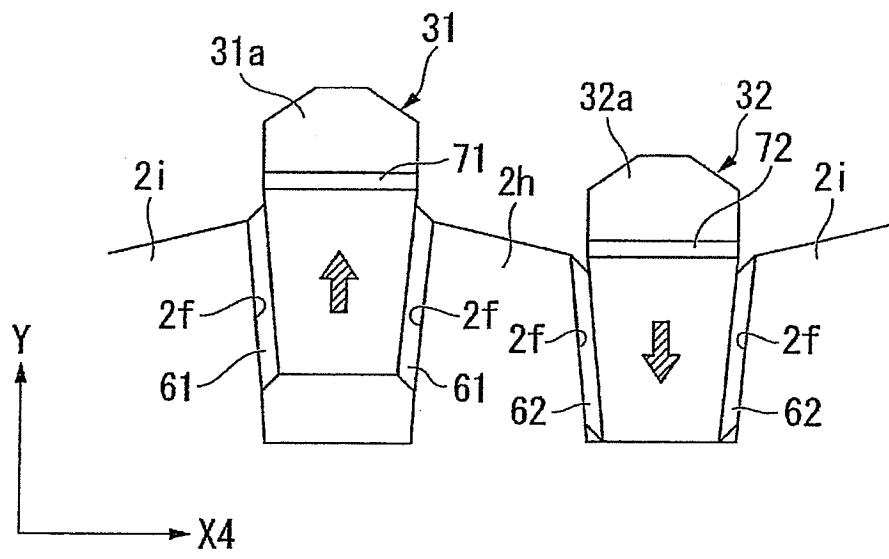


图 17A

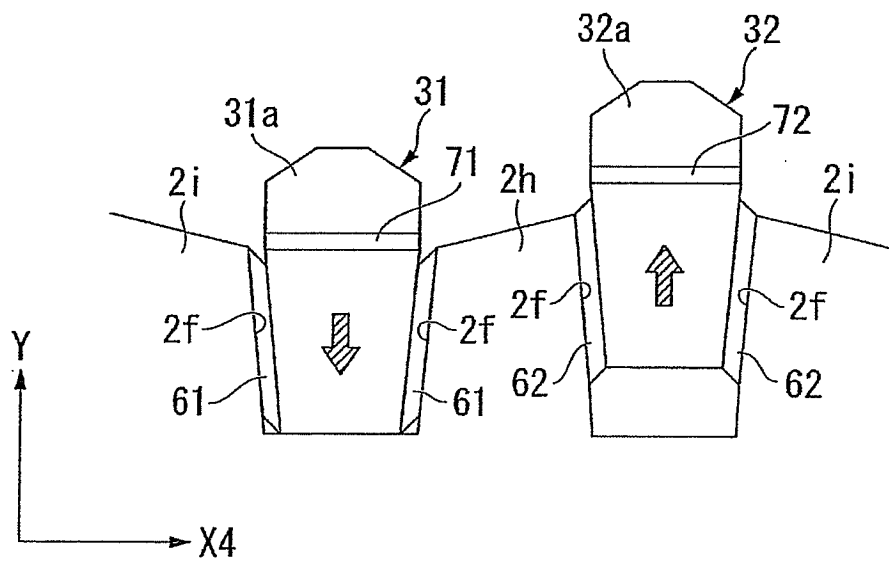


图 17B

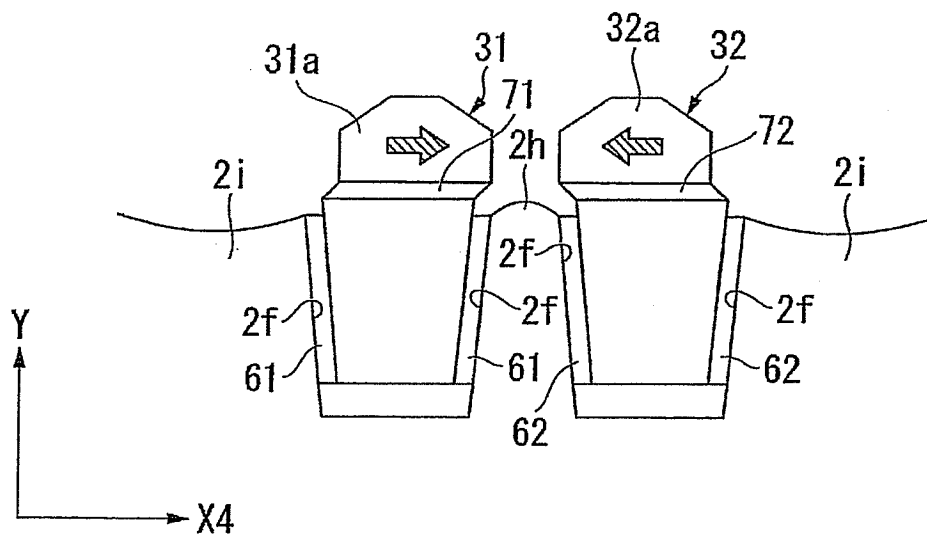


图 17C

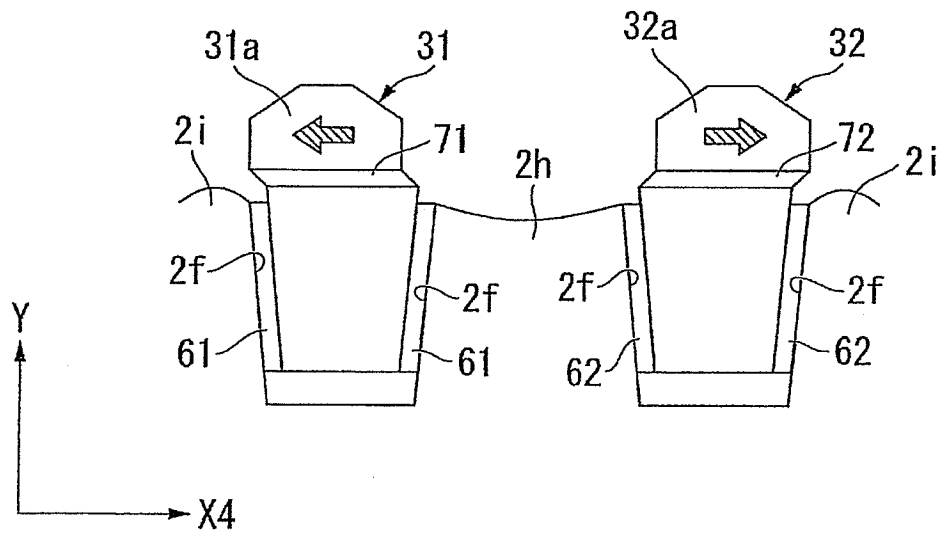


图 17D