



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113795675 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 09

(21) 申请号 201980096218.2

(22) 申请日 2019.05.24

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113795675 A

(43) 申请公布日 2021.12.14

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2021.11.09

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2019/020688 2019.05.24

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02020/240621 JA 2020.12.03

(73) 专利权人 株式会社岛津制作所  
地址 日本京都府京都市中京区西之京桑原  
町1番地

(72) 发明人 森隆弘 井上统宏 太田知男  
竹本真绍 付裕

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有  
限公司 11270

专利代理师 薛恒 徐川

(51) Int.Cl.  
F04D 19/04 (2006.01)  
F16C 32/04 (2006.01)  
H02K 1/278 (2022.01)  
H02K 7/09 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 101076936 A, 2007.11.21  
US 6350109 B1, 2002.02.26  
CN 204597667 U, 2015.08.26  
JP 2004336968 A, 2004.11.25  
JP 2016192877 A, 2016.11.10  
EP 0413851 A1, 1991.02.27  
JP 2000205183 A, 2000.07.25  
US 2010231076 A1, 2010.09.16

审查员 杨必韵

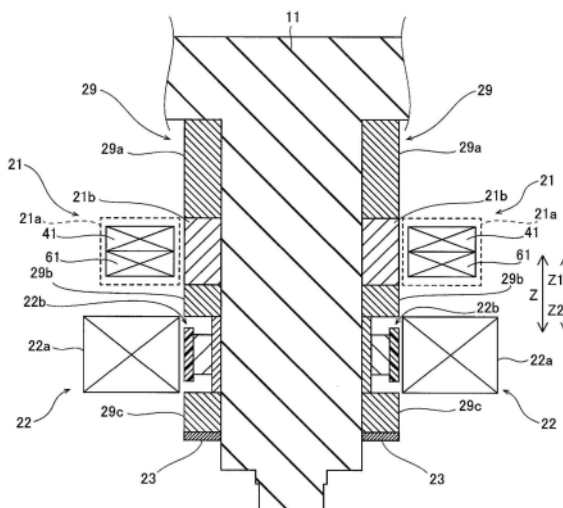
权利要求书2页 说明书13页 附图11页

## (54) 发明名称

真空泵及磁轴承一体型马达

## (57) 摘要

所述真空泵 (100) 包括: 转子 (22b)、旋转翼 (13) 以及包括线圈的磁轴承一体型定子 (22a)。转子包括: 一对间隔构件 (29)、支撑构件 (27)、永磁石 (26) 以及保护环 (28), 支撑构件在旋转轴 (11) 的轴向上的机械强度大于保护环在轴向上的机械强度。



1. 一种真空泵,包括:  
转子,包括具有轴向的旋转轴;  
旋转翼,设置于所述旋转轴;以及  
磁轴承一体型定子,包括赋予将所述转子旋转驱动力的旋转力、及利用磁性支撑所述转子的轴承力的线圈,  
所述转子包括:  
一对间隔构件;  
支撑构件,设置于所述旋转轴的径向上的外侧的外周,用于经由所述一对间隔构件承接在组装时沿所述轴向施加的压力;  
永磁石,以包围所述支撑构件的所述径向上的外侧的外周的方式设置;以及  
非导电性的保护环,在所述永磁石的所述径向上的外侧的外周,具有与所述一对间隔构件在所述轴向上非接触地设置的圆环形状,  
所述支撑构件在所述旋转轴的所述轴向上的机械强度大于所述保护环在所述轴向上的机械强度,  
所述永磁石的至少一部分在所述轴向上与所述一对间隔构件保有间隙地设置在所述一对间隔构件之间。
2. 根据权利要求1所述的真空泵,其中,所述支撑构件在所述轴向上的第一长度大于所述保护环在所述轴向上的第二长度。
3. 根据权利要求2所述的真空泵,其中,所述保护环配置成所述保护环的所述轴向上的其中一侧的端部成为所述永磁石的其中一侧的端部与所述支撑构件的其中一侧的端部之间的位置、且所述保护环的所述轴向上的另一侧的端部成为所述永磁石的另一侧的端部与所述支撑构件的另一侧的端部之间的位置。
4. 根据权利要求1所述的真空泵,其中,所述一对间隔构件以夹着所述支撑构件的方式配置,  
所述支撑构件的所述轴向上的两端面分别与所述一对间隔构件接触,所述保护环的所述轴向上的至少其中一个端面与所述一对间隔构件的至少其中一者非接触。
5. 根据权利要求4所述的真空泵,其中,所述保护环构成为:所述旋转轴的所述径向上的所述保护环的外表面的位置为与所述一对间隔构件的外表面大致相同的位置,或者成为比所述一对间隔构件的外表面更靠内侧的位置。
6. 根据权利要求1所述的真空泵,其中,所述支撑构件具有圆环形状。
7. 根据权利要求1所述的真空泵,其中,所述保护环包含非导电性的树脂。
8. 根据权利要求7所述的真空泵,其中,所述保护环包含纤维强化塑料。
9. 一种磁轴承一体型马达,包括:  
转子,包括具有轴向的旋转轴;以及  
磁轴承一体型定子,包括赋予将所述转子旋转驱动力的旋转力、及利用磁性支撑所述转子的轴承力的线圈,  
所述转子包括:  
一对间隔构件;  
支撑构件,设置于所述旋转轴的径向上的外侧的外周,用于经由所述一对间隔构件承

接在组装时沿所述轴向施加的压力；

永磁石,以包围所述支撑构件的所述径向上的外侧的外周的方式设置;以及

非导电性的保护环,在所述永磁石的所述径向上的外侧的外周,具有与所述一对间隔构件在所述轴向上非接触地设置的圆环形状,

所述支撑构件在所述旋转轴的所述轴向上的机械强度大于所述保护环在所述轴向上的机械强度,

所述永磁石的至少一部分在所述轴向上与所述一对间隔构件保有间隙地设置在所述一对间隔构件之间。

10. 根据权利要求9所述的磁轴承一体型马达,其中,所述支撑构件在所述轴向上的第一长度大于所述保护环在所述轴向上的第二长度。

## 真空泵及磁轴承一体型马达

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种真空泵及磁轴承一体型马达。

### 背景技术

[0002] 以往,已知一种真空泵及磁轴承一体型马达。此种真空泵例如公开在日本专利第3854998号公报中。

[0003] 在所述日本专利第3854998号公报中,公开了一种用于涡轮分子泵等真空泵的无轴承马达。所述日本专利第3854998号公报中公开的无轴承马达包括转子、定子以及永磁石。关于所述日本专利第3854998号公报中公开的无轴承马达,以磁极的极性方向朝向转子的半径方向成为彼此相反方向的方式配置有永磁石。另外,所述日本专利第3854998号公报中公开的无轴承马达构成为:通过在设置于定子的支撑绕组流动的电流所产生的支撑磁通贯穿配置于永磁石之间的突极。通过如此构成,定子生成用于非接触地磁支撑转子的支撑力。

[0004] 另外,所述日本专利第3854998号公报中公开的无轴承马达为了防止永磁石因转子旋转所产生的离心力而飞散,在永磁石的外周设置有固定构件。虽然在所述日本专利第3854998号公报中未公开,但是认为,为了不会因在转子的组装时所施加的压力而破损,用于防止永磁石飞散的固定构件例如可包含不锈钢材。

[0005] [现有技术文献]

[0006] [专利文献]

[0007] 专利文献1:日本专利第3854998号公报

### 发明内容

[0008] [发明所要解决的问题]

[0009] 然而,例如,在用于防止永磁石的飞散的具有圆环形状的固定构件包含不锈钢材的情况下,由于用于生成用以磁支撑的支撑力的磁通,在固定构件中产生涡电流。在固定构件中产生了涡电流的情况下,存在消耗电力变得过大,用于驱动马达的电力及用于生成用以磁支撑的支撑力的电力损失等不良状况。因此,可考虑通过由树脂等非导电性的材料构成固定构件,来抑制固定构件产生涡电流。但是,在由树脂等构成了固定构件的情况下,存在有可能因转子的组装时的压力而破损的问题。

[0010] 本发明是为了解决所述那样的课题而成,本发明的一个目的在于提供一种真空泵及磁轴承一体型马达,其能够抑制在组装时固定构件破损,并且能够降低固定构件中产生涡电流所引起的损失。

[0011] [解决问题的技术手段]

[0012] 为了实现所述目的,本发明的第一方面的真空泵包括:转子,包括具有轴向的旋转轴;旋转翼,设置于旋转轴;以及磁轴承一体型定子,包括赋予将转子旋转驱动的旋转力、及利用磁性支撑转子的轴承力的线圈,转子包括:一对间隔构件;支撑构件,设置于旋转轴的

外周,用于经由一对间隔构件承接在组装时沿轴向施加的压力;永磁石,以包围支撑构件的外周的方式设置;以及非导电性的保护环,在永磁石的外周,具有与一对间隔构件在轴向上非接触地设置的圆环形状,支撑构件在旋转轴的轴向上的机械强度大于保护环在轴向上的机械强度。再者,非导电性的保护环包括绝缘体或半导体。另外,所谓轴向上的机械强度,是指针对轴向的压缩载荷的强度(刚性)。

[0013] 本发明的第二方面的磁轴承一体型马达包括:转子,包括具有轴向的旋转轴;以及磁轴承一体型定子,包括赋予将转子旋转驱动力的旋转力、及利用磁性支撑转子的轴承力的线圈,转子包括:一对间隔构件;支撑构件,设置于旋转轴的外周,用于经由一对间隔构件承接在组装时沿轴向施加的压力;永磁石,以包围支撑构件的外周的方式设置;以及非导电性的保护环,在永磁石的外周,具有与一对间隔构件在轴向上非接触地设置的圆环形状,支撑构件在旋转轴的轴向上的机械强度大于保护环在轴向上的机械强度。

[0014] [发明的效果]

[0015] 在本发明的第一方面中,如上所述,包括:一对间隔构件;支撑构件,用于经由一对间隔构件承接在组装时沿轴向施加的压力;永磁石,设置于支撑构件的外周;以及非导电性的保护环,具有设置于永磁石的外周的圆环形状,支撑构件在旋转轴的轴向上的机械强度大于保护环在轴向上的机械强度。通过包括所述支撑构件,可抑制在组装时保护环破损。另外,通过包括所述非导电性的保护环,可降低保护环中产生涡电流所引起的损失。由此,能够抑制在组装时保护环破损,并且能够降低保护环中产生涡电流所引起的损失。

[0016] 另外,在本发明的第二方面中,提供一种磁轴承一体型马达,通过如上所述那样构成,与第一方面中的真空泵同样地,能够抑制在组装时保护环破损,并且能够降低保护环中产生涡电流所引起的损失。

## 附图说明

[0017] 图1是表示真空泵的整体结构的示意性剖视图。

[0018] 图2是表示旋转体、磁轴承单元及马达单元的配置的示意图。

[0019] 图3是用于说明真空泵的控制结构的框图。

[0020] 图4是从半径方向观看磁轴承单元及马达单元的示意性剖视图。

[0021] 图5是从轴向观看马达单元的示意性剖视图。

[0022] 图6是从轴向观看马达转子的示意性剖视图。

[0023] 图7是从半径方向观看马达转子的示意性剖视图。

[0024] 图8是从半径方向观看基于第一变形例的马达转子的示意性剖视图。

[0025] 图9是从半径方向观看基于第二变形例的马达转子的示意性剖视图。

[0026] 图10是从半径方向观看基于第三变形例的马达转子的示意性剖视图。

[0027] 图11是从半径方向观看基于第四变形例的马达转子的示意性剖视图。

[0028] 图12是从轴向观看基于第五变形例的马达转子的示意性剖视图。

[0029] 附图标号说明:

[0030] 11:旋转轴;

[0031] 13:旋转翼;

[0032] 22:磁轴承一体型马达;

- [0033] 22a: 马达定子 (磁轴承一体型定子);
- [0034] 22b: 马达转子 (转子);
- [0035] 24: 马达线圈 (线圈);
- [0036] 26: 永磁石;
- [0037] 26a: 端部 (永磁石的其中一侧的端部);
- [0038] 26b: 端部 (永磁石的另一侧的端部);
- [0039] 27: 支撑构件;
- [0040] 27a: 端部 (支撑构件的其中一侧的端部);
- [0041] 27b: 端部 (支撑构件的另一侧的端部);
- [0042] 27c: 端面 (支撑构件的其中一侧的端面);
- [0043] 27d: 端面 (支撑构件的另一侧的端面);
- [0044] 28: 保护环;
- [0045] 28a: 端部 (保护环的其中一侧的端部);
- [0046] 28b: 端部 (保护环的另一侧的端部);
- [0047] 28c: 端面 (保护环的其中一侧的端面);
- [0048] 28d: 端面 (保护环的另一侧的端面);
- [0049] 29: 一对间隔构件;
- [0050] 29d: 端面 (间隔构件的其中一侧的端面);
- [0051] 29e: 端面 (间隔构件的另一侧的端面);
- [0052] 51: 第二线圈 (线圈);
- [0053] 92: 长度 (第二长度);
- [0054] 93: 长度 (第一长度);
- [0055] 100: 真空泵。

### 具体实施方式

[0056] 以下, 基于附图对将本发明具体化的实施形态进行说明。

[0057] 参照图1~图7, 对基于本发明一实施形态的磁轴承一体型马达22的结构、及包括磁轴承一体型马达22的真空泵100的结构进行说明。

[0058] (真空泵的结构)

[0059] 如图1所示, 真空泵100为用以从容器内排出气体而使容器内为真空 (减压) 的泵。再者, 所谓真空, 设为比真空泵100的周围的大气压更低的压力状态。

[0060] 真空泵100包括至少一个吸气口1、至少一个排气口2以及至少一个泵部3。真空泵100通过泵部3的动作而从吸气口1向泵部3的内部吸入气体, 并将吸入的气体从排气口2排出。真空泵100包括收容泵部3的壳体4。图1的例子中, 在壳体4形成有一个吸气口1, 收容有一个泵部3。在壳体4, 连接有形成了排气口2的排气管2a。排气口2经由排气管2a、泵部3而与吸气口1连通。

[0061] 另外, 图1的例子中, 在真空泵100设置有用以控制泵部3的动作的控制单元5。控制单元5安装于壳体4的底部。控制单元5也可为与真空泵100分别设置, 通过有线或无线而与真空泵100可通信地连接的结构。

[0062] (泵部)

[0063] 泵部3包括旋转体10以及旋转机构20。旋转体10及旋转机构20收容于壳体4内。通过旋转体10由旋转机构20旋转驱动,从而在旋转体10与壳体4之间产生气体的吸引力。

[0064] 图1的结构例中,泵部3包括第一泵结构3a以及第二泵结构3b。图1的例子中,真空泵100为第一泵结构3a与第二泵结构3b串联连接的复合型的真空泵。从吸气口1导入至泵部3的气体依序穿过第一泵结构3a、第二泵结构3b,从排气口2排出。

[0065] 旋转体10包括旋转轴11、翼支撑部12以及旋转翼13。旋转体10是以旋转轴11、翼支撑部12以及旋转翼13一体旋转的方式设置。第一泵结构3a通过旋转体10的旋转翼13以及壳体4的固定翼71构成涡轮分子泵(turbomolecular pump)。旋转体10包括圆筒部14,所述圆筒部14从翼支撑部12向旋转轴11的另一端11b侧延伸,与壳体4之间构成第二泵结构3b。在旋转体10,以一体地旋转的方式设置有构成第一泵结构3a的旋转翼13、与构成第二泵结构3b的圆筒部14。第二泵结构3b通过旋转体10的后述的圆筒部14、及壳体4的泵定子73构成分子牵引泵(molecular drag pump)。

[0066] 以下,将旋转轴11的中心轴线延伸的方向称为轴向或推力方向。将旋转轴11的半径方向简称为半径方向或径向方向。各图中,将轴向设为Z方向,将Z方向中的Z1方向称为一端11a侧,将Z2方向称为另一端11b侧。

[0067] 如图1所示,旋转机构20包括磁轴承一体型马达22,所述磁轴承一体型马达22将旋转体10旋转驱动,并且利用磁性支撑旋转体10。旋转机构20是以将旋转轴11作为中心包围旋转轴11的周围的方式设置。

[0068] 磁轴承一体型马达22包括马达定子22a(参照图4)以及马达转子22b(参照图4)。马达转子22b包括具有轴向的旋转轴11。马达定子22a构成为赋予将马达转子22b旋转驱动的旋转力、及利用磁性支撑马达转子22b的轴承力。再者,马达定子22a及马达转子22b分别为权利要求书的“磁轴承一体型定子”及“转子”的一例。

[0069] 磁轴承是包括两组径向磁轴承以及一组推力磁轴承的五轴磁轴承。所谓五轴,是指能够在旋转体10的平移方向的三个方向及倾斜方向的两个方向此五个方向上进行位置控制及姿势控制。

[0070] 即,旋转机构20包括分别设置于旋转轴11的周围的第一径向磁轴承40、以及作为第二径向磁轴承发挥功能的磁轴承一体型马达22。旋转机构20包括设置于旋转轴11的周围的推力磁轴承60。磁轴承通过使旋转体10磁悬浮,从而以与旋转体10非接触的状态可旋转地支撑旋转体10。

[0071] 通过一组径向磁轴承,可进行彼此正交的两个径向方向(设为X方向、Y方向)的位置控制(双轴)。通过在轴向上排列配置的两组径向磁轴承,可进行绕X方向及绕Y方向的倾斜的姿势控制。通过推力磁轴承,可进行推力方向(Z方向)的位置控制(单轴)。

[0072] 本实施形态中,旋转机构20至少包括磁轴承单元21以及磁轴承一体型马达22。磁轴承单元21至少包括第一径向磁轴承40。本实施形态中,图1的结构例中,磁轴承单元21为一体地包括第一径向磁轴承40与推力磁轴承60的单一的单元。磁轴承一体型马达22是作为使旋转轴11旋转的马达及磁支撑旋转轴11的第二径向磁轴承的两者而运行的单元。如此作为使旋转轴11旋转的马达与第二径向磁轴承的两者而运行的结构不需要与通常马达独立地设置的一组径向磁轴承,因此被称为无轴承马达、或自轴承马达等。即,所谓“磁轴承一体

型马达”,是指在轴向的同一位置使旋转轴11旋转,并且作为旋转轴11的磁轴承发挥功能的马达。磁轴承单元21及磁轴承一体型马达22的详细结构将在后面叙述。

[0073] 壳体4包括基部4a及箱部4b。在基部4a设置有旋转机构20,插入有旋转体10的旋转轴11。在基部4a连接有排气管2a。箱部4b安装于基部4a的上表面。箱部4b以包围设置于基部4a的旋转体10的周围的方式形成为圆筒状,在上表面形成有吸气口1。

[0074] 另外,真空泵100具有多个机械轴承6、多个位移传感器7a、7b、7c、7d及7e以及旋转传感器8。多个机械轴承6在基部4a设置于旋转轴11的一端11a的附近、以及另一端11b的附近。机械轴承6可与旋转轴11接触而在径向方向及推力方向上支撑旋转轴11。机械轴承6为在磁轴承未工作时(未磁悬浮时)或产生扰乱时,代替磁轴承支撑旋转体10的保护轴承(touch-down bearing)。在磁轴承的工作时,机械轴承6与旋转轴11(旋转体10)成为非接触。

[0075] 如图3所示,位移传感器7a~位移传感器7d分别检测旋转轴11的径向方向(X1方向、Y1方向、X2方向、Y2方向)的位移。位移传感器7e检测旋转轴11的推力方向(Z方向)的位移。旋转传感器8检测旋转轴11的旋转角度。

[0076] 控制单元5包括控制部81、电源部82、单元驱动部83以及传感器电路部84。

[0077] 电源部82从外部电源获取电力,向控制部81、单元驱动部83及传感器电路部84进行电力供给。电源部82进行将来自外部的交流电力变换为直流电力的电力变换。

[0078] 单元驱动部83基于来自控制部81的控制信号,控制向旋转机构20的驱动电流的供给。通过单元驱动部83的电流控制,旋转机构20的磁轴承一体型马达22产生旋转方向的驱动力(扭矩),磁轴承分别产生各方向的支撑力。单元驱动部83包括用以控制向磁轴承单元21的电流供给的反相器85a及反相器85b。单元驱动部83包括用以控制向磁轴承一体型马达22的电流供给的反相器85c及反相器85d。反相器85a~反相器85d分别包括多个切换元件。

[0079] 传感器电路部84包括位移传感器7a~位移传感器7e及旋转传感器8,且包括进行用于将各传感器信号输入至控制部81的变换处理的电路等。从传感器电路部84将位移传感器7a~位移传感器7e及旋转传感器8的各传感器信号输入至控制部81。

[0080] 控制部81包括计算机,所述计算机包括中央处理器(Central Processing Unit, CPU)或现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array, FPGA)等处理器、与挥发性和/或非挥发性存储器。

[0081] 控制部81经由单元驱动部83进行旋转机构20的动作控制。控制部81获取来自传感器电路部84的各方向的传感器信号,基于所获取的传感器信号,输出用以对设置于反相器85a、反相器85b及反相器85d的多个切换元件进行开关控制的控制信号。由此,控制部81以在真空泵100的动作中,旋转体10不与真空泵100的任何固定元件接触的方式,控制各磁轴承。

[0082] 控制部81基于旋转传感器8的传感器信号,输出用以对设置于反相器85c的多个切换元件进行开关控制的控制信号。由此,控制部81基于旋转体10的旋转位置进行磁轴承一体型马达22的控制。

[0083] (旋转体的结构)

[0084] 如图2所示,旋转轴11为具有一端11a及另一端11b的圆柱状构件。图1的例子中,一端11a为旋转轴11的上端,另一端11b为旋转轴11的下端。旋转轴11由旋转机构20绕中心轴

线可旋转地轴承支撑。另外,旋转轴11由旋转机构20绕中心轴线旋转驱动。图1的例子中,表示以旋转轴11沿着上下方向(铅垂方向)延伸的方式设置的立式的真空泵100的例子,但旋转轴11的方向并无特别限定。旋转轴11也可朝向水平方向或倾斜方向而配置。

[0085] 翼支撑部12为旋转体10中将旋转翼13与旋转轴11机械连接的部分。翼支撑部12连接于旋转轴11的一端11a侧。翼支撑部12以内径向旋转轴11的另一端11b侧扩大的方式延伸。即,翼支撑部12概略形成为朝向旋转轴11的一端11a的圆锥状。翼支撑部12具有从旋转轴11的另一端11b侧向一端11a侧倾斜的锥形状部12a。翼支撑部12具有从旋转轴11的一端11a在半径方向上延伸的凸缘部12b。锥形状部12a机械连接于凸缘部12b的外周端部。

[0086] 旋转体10具有多个旋转翼13。旋转翼13设置于翼支撑部12的外周面。旋转翼13从翼支撑部12的外周面在半径方向上延伸至壳体4的内周面附近为止。

[0087] 如上文所述,旋转翼13与壳体4之间构成第一泵结构3a。多个旋转翼13在轴向上空开间隔而设置有多段。多个旋转翼13以沿着锥形状部12a的外周面及凸缘部12b的外周面排列的方式设置。

[0088] 另外,如图1所示,在壳体4的内周面设置有多固定翼71。各固定翼71从壳体4的内周面向半径方向内侧(旋转轴11侧)延伸。多个固定翼71以与多个旋转翼13以一段为单位在轴向上交替排列的方式设置。各固定翼71经由在轴向上层叠的间隔环72而载置于基部4a上。通过将层叠的间隔环72夹持于基部4a与箱部4b之间,从而对各固定翼71进行定位。由此,泵部3包含包括旋转体10的旋转翼13(动翼)以及壳体4的固定翼71(静翼)的第一泵结构3a。

[0089] 圆筒部14具有与旋转轴11同轴的圆筒形状。圆筒部14具有连接于翼支撑部12的第一端部14a、以及旋转轴11的轴向的与翼支撑部12为相反侧的第二端部14b。圆筒部14从连接于锥形状部12a的第一端部14a沿着轴向直线状地延伸至第二端部14b为止。

[0090] 另外,在壳体4的内周面设置有圆筒状的泵定子73。泵定子73的内周面与圆筒部14的外周面空开小的间隔而在半径方向上相向。在泵定子73的内周面形成有螺纹槽(未图示)。由此,泵部3包含包括旋转体10的圆筒部14以及壳体4的泵定子73的第二泵结构3b。再者,螺纹槽(未图示)只要形成于圆筒部14的外周面或泵定子73的内周面的任一个即可。

[0091] (旋转机构的结构)

[0092] 图1的例子中,旋转机构20包括磁轴承单元21以及磁轴承一体型马达22两个单元。

[0093] 磁轴承单元21在旋转轴11与翼支撑部12之间设置于旋转轴11的周围。磁轴承一体型马达22在比磁轴承单元21更靠旋转轴11的另一端11b侧的位置设置于旋转轴11的周围。

[0094] 如图4所示,磁轴承单元21包括磁轴承定子21a以及磁轴承转子21b。在磁轴承定子21a设置构成第一径向磁轴承40的第一线圈41、及构成推力磁轴承60的推力线圈61。另外,磁轴承转子21b是通过沿轴向层叠多个电磁钢板而构成。

[0095] (磁轴承一体型马达)

[0096] 如图5所示,磁轴承一体型马达22(马达定子22a)在与旋转轴11的轴向正交的平面内,具有构成磁轴承一体型马达22的马达线圈24、构成第二径向磁轴承的第二线圈51、以及分别安装有马达线圈24及第二线圈51的定子芯25。

[0097] 换言之,图5所例示的磁轴承一体型马达22中,相对包括马达线圈24及定子芯25的马达定子22a,进一步组装有第二径向磁轴承的第二线圈51。

[0098] 定子芯25包括多个齿25a以及定子轭25b。定子轭25b以包围旋转轴11的周围的方式形成圆环状。多个齿25a从定子轭25b的内周面向旋转轴11的中心在半径方向上延伸。多个齿25a在周向上以等角度间隔配置,在相邻的齿25a之间形成有收容线圈的狭槽25c。

[0099] 马达线圈24及第二线圈51卷绕于各齿25a。图5中,马达线圈24及第二线圈51在与旋转轴11的轴向正交的面内,在半径方向上排列配置。即,在同一狭槽25c内配置有马达线圈24及第二线圈51的两者。图5的例子中,马达线圈24配置于半径方向内侧,第二线圈51配置于半径方向外侧。

[0100] 马达线圈24及第二线圈51彼此为不同的线圈,且电性绝缘。马达线圈24电连接于反相器85c(参照图3),第二线圈51电连接于反相器85d(参照图3)。反相器85c例如向磁轴承一体型马达22供给三相电流(U相、V相、W相)。磁轴承一体型马达22包括分别供给U相、V相、W相三相电流的三组马达线圈24( $M_u$ 、 $M_v$ 、 $M_w$ )。反相器85d例如向磁轴承一体型马达22供给三相电流(U相、V相、W相)。磁轴承一体型马达22包括分别供给U相、V相、W相三相电流的三组第二线圈51( $S_u$ 、 $S_v$ 、 $S_w$ )。

[0101] 另外,马达转子22b以与旋转轴11一体地旋转的方式设置于旋转轴11。即,在旋转轴11,在与定子芯25空开间隙在半径方向上相向的位置(轴向的同一位置),设置有永磁石26。图5的例子中,遍及旋转轴11的周向的一半设置有经磁化为N极的永磁石26,遍及旋转轴11的周向的另一半设置有经磁化为S极的永磁石26。

[0102] 图5中,示出了两极、六狭槽结构的例子,但极数、狭槽数并无特别限定。另外,图5中,马达线圈24及第二线圈51的各绕组方式不限于集中卷绕,也可为分布卷绕等其他绕组方式。

[0103] 控制部81(参照图3)经由反相器85c(参照图3)对各马达线圈24供给电流,使马达线圈24的磁通与永磁石26的磁通相互作用。即,磁轴承一体型马达22通过马达线圈24的磁通而对永磁石26的磁极赋予吸引、排斥的作用力。控制部81根据旋转体10的旋转角度位置而切换供给电流的马达线圈24,由此生成旋转的磁通,使旋转体10以所期望的旋转速度旋转。由磁轴承一体型马达22所得的旋转体10的旋转速度例如为1万rpm以上且10万rpm以下。

[0104] 另外,控制部81(参照图3)经由反相器85d(参照图3)对第二线圈51供给电流,通过第二线圈51的磁通与永磁石26的磁通的相互作用,在旋转轴11(马达转子22b)与定子芯25(马达定子22a)之间的间隙形成合成磁通的疏密。其结果为,磁轴承一体型马达22对旋转轴11赋予支撑力,所述支撑力朝向第二线圈51的磁通与永磁石26的磁通彼此相长的方向。

[0105] 例如图5中,通过两个第二线圈51( $S_u$ )的磁通与永磁石26的磁通,在马达转子22b的N极侧的间隙磁通相长,在S极侧的间隙磁通相消,因此朝向磁通量多的N极侧(图中右侧)的支撑力发挥作用。图5中对U相的第二线圈51( $S_u$ )进行了例示,但通过控制对各第二线圈51供给的电流的强度、方向,从而可在任意的径向方向产生任意强度的支撑力。控制部81基于位移传感器7c、位移传感器7d及旋转传感器8(参照图3)的传感器信号,控制各个向第二线圈51的电流供给,从而以旋转体10在半径方向上维持非接触状态的方式控制磁轴承一体型马达22的支撑力。

[0106] 此处,再次参照图4对将磁轴承单元21及磁轴承一体型马达22安装于旋转轴11的作业进行说明。在将磁轴承单元21及磁轴承一体型马达22安装于旋转轴11时,以分别夹着磁轴承单元21及磁轴承一体型马达22的方式设置间隔构件29。具体而言,在将磁轴承单元

21及磁轴承一体型马达22安装于旋转轴11时,第一间隔构件29a、磁轴承单元21、第二间隔构件29b、磁轴承一体型马达22、第三间隔构件29c依序嵌入至旋转轴11。在将磁轴承单元21、磁轴承一体型马达22及各间隔构件29嵌入至旋转轴11之后,通过对环23施加朝向Z2方向的压力,将旋转机构20安装于旋转轴11。即,支撑构件27与间隔构件29一起由对旋转轴11的一端11a的端部与环23沿轴向施加了压缩载荷的状态夹持。另外,间隔构件29是作为旋转机构20的定位构件而设置。

[0107] 如图6所示,马达转子22b包括永磁石26、支撑构件27以及保护环28。支撑构件27设置于旋转轴11的外周。永磁石26是以包围支撑构件27的外周的方式设置。保护环28在永磁石26的外周,与一对间隔构件29在轴向上非接触地设置。再者,在图6所示的例子中,永磁石26以直接接触的状态设置于支撑构件27。

[0108] 支撑构件27是为了经由一对间隔构件29承接在将马达转子22b安装于旋转轴11时(组装时)向轴向施加的压力而设置。支撑构件27具有圆环形状。另外,支撑构件27包括沿旋转轴11的轴向延伸的金属制的圆筒。具体而言,支撑构件27包含不锈钢材。

[0109] 保护环28是为了抑制永磁石26因使马达转子22b旋转时产生的离心力而飞散从而设置。保护环28具有圆环形状。此处,磁轴承一体型马达22具有马达的功能与磁轴承的功能。磁轴承在规定的方向上产生用于赋予针对规定方向的轴承力的磁场。因此,若马达转子22b旋转,则有时会产生涡电流。若产生涡电流,则消耗电力变得过大,用于驱动马达的电力及用于生成用以磁支撑的支撑力的电力损失。

[0110] 因此,在本实施形态中,保护环28包含非导电性的材料。构成保护环28的非导电性的材料相较于构成支撑构件27的金属,电导率低。具体而言,保护环28包含非导电性的树脂。更具体而言,保护环28包含纤维强化塑料。保护环28例如包含碳纤维强化塑料(Carbon Fiber Reinforced Plastics,CFRP)。CFRP在内部的碳纤维延伸的方向上的强度大,在碳纤维排列的方向上的强度小。因此,以CFRP的内部的碳纤维沿着绕旋转轴11的轴向的旋转方向延伸的方式将保护环28设置于永磁石26。由此,可抑制永磁石26因由旋转轴11的旋转所产生的离心力而飞散。

[0111] 本实施形态中,将永磁石26嵌入至支撑构件27,并利用粘接剂等进行固定。另外,将保护环28嵌入至已嵌入至支撑构件27的永磁石26,并利用粘接剂等进行固定。然后,将固定有永磁石26及保护环28的支撑构件27嵌入至旋转轴11。

[0112] 〈马达转子〉

[0113] 图7所示的一对间隔构件29(第二间隔构件29b及第三间隔构件29c)是在轴向上以夹着支撑构件27的方式配置。在本实施形态中,通过经由间隔构件29(第三间隔构件29c)对支撑构件27施加朝向Z2方向的压力,将马达转子22b安装于旋转轴11。磁轴承一体型马达22是高速旋转用的马达。因此,为了使得在高速旋转时使马达转子22b等的轴向上的位置不发生变动,在将马达转子22b安装于旋转轴11时,施加大的压力。因此,支撑构件27在旋转轴11的轴向上的机械强度必须大。具体而言,支撑构件27在旋转轴11的轴向上的机械强度必须大于保护环28在轴向上的机械强度。

[0114] 如图7所示,永磁石26在轴向上具有长度91。另外,保护环28在轴向上具有长度92。另外,支撑构件27在轴向上具有长度93。支撑构件27在轴向上的长度93大于保护环28在轴向上的长度92。再者,长度93及长度92分别为权利要求书的“第一长度”及“第二长度”的一

例。

[0115] 另外,保护环28配置成保护环28在轴向上的其中一侧的端部28a成为永磁石26的其中一侧的端部26a与支撑构件27的其中一侧的端部27a之间的位置。另外,保护环28配置成保护环28在轴向上的另一侧的端部28b成为永磁石26的另一侧的端部26b与支撑构件27的另一侧的端部27b之间的位置。即,本实施形态中,保护环28在轴向上的长度92大于永磁石26的长度91且小于支撑构件27的长度93。

[0116] 另外,本实施形态中,支撑构件27的轴向上的两端面(端面27c及端面27d)分别与一对间隔构件29接触。具体而言,支撑构件27的端面27c与间隔构件29的端面29d接触。另外,支撑构件27的端面27d与间隔构件29的端面29e接触。即,支撑构件27被一对间隔构件29从轴向上的两侧夹住,在向轴向施加了压缩载荷的状态下被固定。再者,图7所示的例子是间隔构件29的端面(端面29d及端面29e)与支撑构件27的轴向上的两端面(端面27c及端面27d)的接触面彼此为平坦面的情况的例子。

[0117] 另外,本实施形态中,保护环28的轴向上的至少其中一个端面(端面28c或端面28d)与一对间隔构件29的至少其中一者非接触。在图7的例子中,保护环28的两端面(保护环28的端面28c及保护环28的端面28d)与一对间隔构件29分别非接触。因此,保护环28从一对间隔构件29的任一个均不承受轴向的压缩载荷,而是经由永磁石26被支撑构件27支撑。

[0118] 另外,本实施形态中,保护环28构成为:旋转轴11的径向上的保护环28的外表面28e的位置为与一对间隔构件29的外表面29f大致相同的位置,或者成为比一对间隔构件29的外表面29f更靠内侧的位置。图7的例子是旋转轴11的径向上的保护环28的外表面28e的位置成为与一对间隔构件29的外表面29f大致相同的位置的情况的例子。具体而言,保护环28及间隔构件29构成为:从旋转轴11的旋转中心11d至间隔构件29的外表面29f的距离94、与从旋转轴11的旋转中心11d至保护环28的外表面28e的距离95大致相等。

[0119] [本实施形态的效果]

[0120] 本实施形态中,可获得如下效果。

[0121] 本实施形态中,通过如上所述那样构成,可抑制在组装时保护环28破损。另外,可降低保护环28中产生涡电流所引起的损失。由此,能够抑制在组装时保护环28破损,并且能够降低保护环28中产生涡电流所引起的损失。

[0122] 另外,本实施形态中,如上所述,支撑构件27在轴向上的长度93大于保护环28在轴向上的长度92。由此,可将在组装时所施加的压力仅施加至支撑构件27。其结果,在组装时,可抑制保护环28破损。

[0123] 另外,本实施形态中,如上所述,保护环28配置成保护环28的轴向上的其中一侧的端部28a成为永磁石26的其中一侧的端部26a与支撑构件27的其中一侧的端部27a之间的位置、且保护环28的轴向上的另一侧的端部28b成为永磁石26的另一侧的端部26b与支撑构件27的另一侧的端部27b之间的位置。由此,可抑制在马达转子22b的轴向上永磁石26的两端部(端部26a及端部26b)从保护环28的两端部(端部28a及端部28b)突出。其结果,在马达转子22b的旋转时,可抑制永磁石26因离心力而飞散。

[0124] 另外,本实施形态中,如上所述,一对间隔构件29以夹着支撑构件27的方式配置,支撑构件27的轴向上的两端面(端面27c及端面27d)分别与一对间隔构件29接触,保护环28的轴向上的至少其中一个端面(端面28c或端面28d)与一对间隔构件29的至少其中一者非

接触。由此,在通过经由间隔构件29对支撑构件27施加压力进行组装时,可不将来自间隔构件29的压力施加至保护环28,而仅施加至支撑构件27。其结果,能够进一步抑制在组装时所施加的压力被施加至保护环28,因此可进一步抑制保护环28破损。

[0125] 另外,本实施形态中,如上所述,保护环28构成为:旋转轴11的径向上的保护环28的外表面28e的位置为与一对间隔构件29的外表面29f大致相同的位置,或者成为比一对间隔构件29的外表面29f更靠内侧的位置。由此,可抑制在旋转轴11的半径方向上马达转子22b比间隔构件29突出。因此,即便在将马达转子22b及间隔构件29安装于旋转轴11的情况下,也可使旋转轴11在半径方向上的突出量与间隔构件29的突出量一致。其结果,安装了马达定子22a及磁轴承单元21等时与旋转轴11的间隙的大小大致一定,因此可使旋转轴11稳定地旋转。

[0126] 另外,本实施形态中,如上所述,支撑构件27具有圆环形状。由此,与例如通过组合多个构件来形成支撑构件27的结构相比较,可抑制零件个数增加。

[0127] 另外,本实施形态中,如上所述,保护环28包含非导电性的树脂。由此,与例如由陶瓷等形成保护环的结构相比较,可抑制保护环28的重量变大。其结果,可抑制保护环28产生涡电流,同时实现马达转子22b的轻量化。

[0128] 另外,本实施形态中,如上所述,保护环28包含纤维强化塑料。由此,与例如由不含纤维的树脂构成保护环28的情况相比较,可增大保护环28的机械强度。其结果,可实现保护环28的轻量化,同时抑制永磁石26飞散。

[0129] 另外,本实施形态中,如上所述,磁轴承一体型马达22包括:马达转子22b,包括具有轴向的旋转轴11;以及马达定子22a,赋予将马达转子22b旋转驱动的旋转力、及利用磁性支撑马达转子22b的轴承力,马达转子22b包括:一对间隔构件29;支撑构件27,设置于旋转轴11的外周,用于经由一对间隔构件29承接在组装时沿轴向施加的压力;永磁石26,以包围支撑构件27的外周的方式设置;以及保护环28,在永磁石26的外周,具有与一对间隔构件29在轴向上非接触地设置的圆环形状,支撑构件27在旋转轴11的轴向上的机械强度大于保护环28在轴向上的机械强度。由此,可提供一种与所述实施形态中的真空泵100同样地,能够降低保护环28中产生涡电流所引起的损失的磁轴承一体型马达22。

[0130] [变形例]

[0131] 再者,应认为本次公开的实施例形态在所有方面为例示而非限制性。本发明的范围是由权利要求书而非所述实施形态的说明来表示,还包含与权利要求书均等的含意及范围内的所有变更(变形例)。

[0132] (第一变形例)

[0133] 例如,所述实施形态中,示出了保护环28的端部28a及端部28b成为与间隔构件29非接触的结构例子,但本发明不限于此。例如,若保护环28的两端部(端部28a及端部28b)的任一个与间隔构件29非接触,则任一个端部(端部28a或端部28b)也可与间隔构件29接触。具体而言,如图8所示,通过保护环28的端面28d与第三间隔构件29c的端面29e接触,保护环28与间隔构件29也可接触。另外,虽然未图示,但保护环28的端面28c与第二间隔构件29b的端面29d也可接触。

[0134] (第二变形例)

[0135] 另外,所述实施形态中,示出了保护环28的外表面28e与间隔构件29的外表面29f

成为大致相同的位置的例子,但本发明不限于此。例如,保护环28的外表面28e也能够以成为比一对间隔构件29的外表面29f更靠内侧的位置的方式构成。具体而言,如图9所示,也可构成为从旋转轴11的旋转中心11d至保护环28的外表面28e的距离95小于从旋转轴11的旋转中心11d至间隔构件29的外表面29f的距离94。

[0136] (第三变形例)

[0137] 另外,所述实施形态中,示出了保护环28在轴向上的长度92短于支撑构件27的长度93的结构例子,但本发明不限于此。例如,如图10所示,也可构成为保护环28在轴向上的长度92大于支撑构件27的长度93。具体而言,如图10所示,在构成为从旋转轴11的旋转中心11d至保护环28的外表面28e的距离95大于从旋转轴11的旋转中心11d至间隔构件29的外表面29f的距离94的情况下,也可构成为保护环28在轴向上的长度92大于支撑构件27的长度93。

[0138] (第四变形例)

[0139] 另外,所述实施形态中,示出了马达转子22b包括一对间隔构件29的结构例子,但本发明不限于此。例如,如图11所示,旋转轴11也可构成为在旋转轴11的一端11a侧具有肋部11e,支撑构件27的端面27c与肋部11e的端面11f抵接。另外,即便在无间隔构件29的情况下,嵌入至旋转轴11的各构件的列的两端也以与肋部11e的端面11f及环23在轴向上接触的方式被夹住,在对整体施加了轴向的压缩载荷的状态下进行固定即可。

[0140] (第五变形例)

[0141] 另外,所述实施形态中,示出了支撑构件27具有圆环形状的结构例子,但本发明不限于此。例如,如图12所示,支撑构件27也可包括具有圆弧形的第一支撑构件27e及第二支撑构件27f。具体而言,也可通过在旋转轴11的外周配置第一支撑构件27e及第二支撑构件27f,在外周配置永磁石26及保护环28,构成为支撑构件27。

[0142] (其他变形例)

[0143] 另外,所述实施形态中,示出了保护环28包含CFRP的例子,但本发明不限于此。例如,保护环28也可包含玻璃纤维强化塑料(Glass Fiber Reinforced Plastics,GFRP)或芳纶纤维强化塑料(Aramid Fiber Reinforced Plastics,AFRP)等纤维强化塑料。另外,只要能够抑制永磁石26因马达转子22b的旋转所产生的离心力而飞散,则保护环28也可包含陶瓷等纤维强化塑料以外的材料。但是,在由陶瓷等构成保护环28的情况下,与由纤维强化塑料构成保护环28的情况相比较,保护环28的重量变大,因此保护环28优选为包含纤维强化塑料。

[0144] 另外,所述实施形态中,示出了将磁轴承单元21设置于旋转轴11的结构例子,但本发明不限于此。例如,也可为不设置磁轴承单元21的结构。在不设置磁轴承单元21的情况下,也可设置机械轴承来代替磁轴承单元21。

[0145] 另外,所述实施形态中,示出了磁轴承单元21包括第一径向磁轴承40以及推力磁轴承60的结构例子,但本发明不限于此。例如,第一径向磁轴承40与推力磁轴承60也可分别设置。

[0146] 另外,所述实施形态中,示出了永磁石26以直接接触的状态设置于支撑构件27的结构例子,但本发明不限于此。例如,也可为永磁石26利用粘接剂等以间接接触的状态设置于支撑构件27的结构。

[0147] [形态]

[0148] 本领域技术人员理解,所述例示的实施形态为以下形态的具体例。

[0149] (项目1)

[0150] 一种真空泵,包括:

[0151] 转子,包括具有轴向的旋转轴;

[0152] 旋转翼,设置于所述旋转轴;以及

[0153] 磁轴承一体型定子,包括赋予将所述转子旋转驱动的旋转力、及利用磁性支撑所述转子的轴承力的线圈,

[0154] 所述转子包括:

[0155] 一对间隔构件;

[0156] 支撑构件,设置于所述旋转轴的外周,用于经由所述一对间隔构件承接在组装时沿所述轴向施加的压力;

[0157] 永磁石,以包围所述支撑构件的外周的方式设置;以及

[0158] 非导电性的保护环,在所述永磁石的外周,具有与所述一对间隔构件在所述轴向上非接触地设置的圆环形状,

[0159] 所述支撑构件在所述旋转轴的所述轴向上的机械强度大于所述保护环在所述轴向上的机械强度。

[0160] (项目2)

[0161] 根据项目1所述的真空泵,其中,所述支撑构件在所述轴向上的第一长度大于所述保护环在所述轴向上的第二长度。

[0162] (项目3)

[0163] 根据项目2所述的真空泵,其中,所述保护环配置成所述保护环的所述轴向上的其中一侧的端部成为所述永磁石的其中一侧的端部与所述支撑构件的其中一侧的端部之间的位置、且所述保护环的所述轴向上的另一侧的端部成为所述永磁石的另一侧的端部与所述支撑构件的另一侧的端部之间的位置。

[0164] (项目4)

[0165] 根据项目1所述的真空泵,其中,所述一对间隔构件以夹着所述支撑构件的方式配置,

[0166] 所述支撑构件的所述轴向上的两端面分别与所述一对间隔构件接触,所述保护环的所述轴向上的至少其中一个端面与所述一对间隔构件的至少其中一者非接触。

[0167] (项目5)

[0168] 根据项目4所述的真空泵,其中,所述保护环构成为:所述旋转轴的径向上的所述保护环的外表面的位置为与所述一对间隔构件的外表面大致相同的位置,或者成为比所述一对间隔构件的外表面更靠内侧的位置。

[0169] (项目6)

[0170] 根据项目1所述的真空泵,其中,所述支撑构件具有圆环形状。

[0171] (项目7)

[0172] 根据项目1所述的真空泵,其中,所述保护环包含非导电性的树脂。

[0173] (项目8)

- [0174] 根据项目7所述的真空泵,其中,所述保护环包含纤维强化塑料。
- [0175] (项目9)
- [0176] 一种磁轴承一体型马达,包括:
- [0177] 转子,包括具有轴向的旋转轴;以及
- [0178] 磁轴承一体型定子,包括赋予将所述转子旋转驱动的旋转力及利用磁性支撑所述转子的轴承力的线圈,
- [0179] 所述转子包括:
- [0180] 一对间隔构件;
- [0181] 支撑构件,设置于所述旋转轴的外周,用于经由所述一对间隔构件承接在组装时沿所述轴向施加的压力;
- [0182] 永磁石,以包围所述支撑构件的外周的方式设置;以及
- [0183] 非导电性的保护环,具有在所述永磁石的外周,与所述一对间隔构件在所述轴向上非接触地设置的圆环形状,
- [0184] 所述支撑构件在所述旋转轴的所述轴向上的机械强度大于所述保护环在所述轴向上的机械强度。
- [0185] (项目10)
- [0186] 根据项目9所述的磁轴承一体型马达,其中,所述支撑构件在所述轴向上的第一长度大于所述保护环在所述轴向上的第二长度。

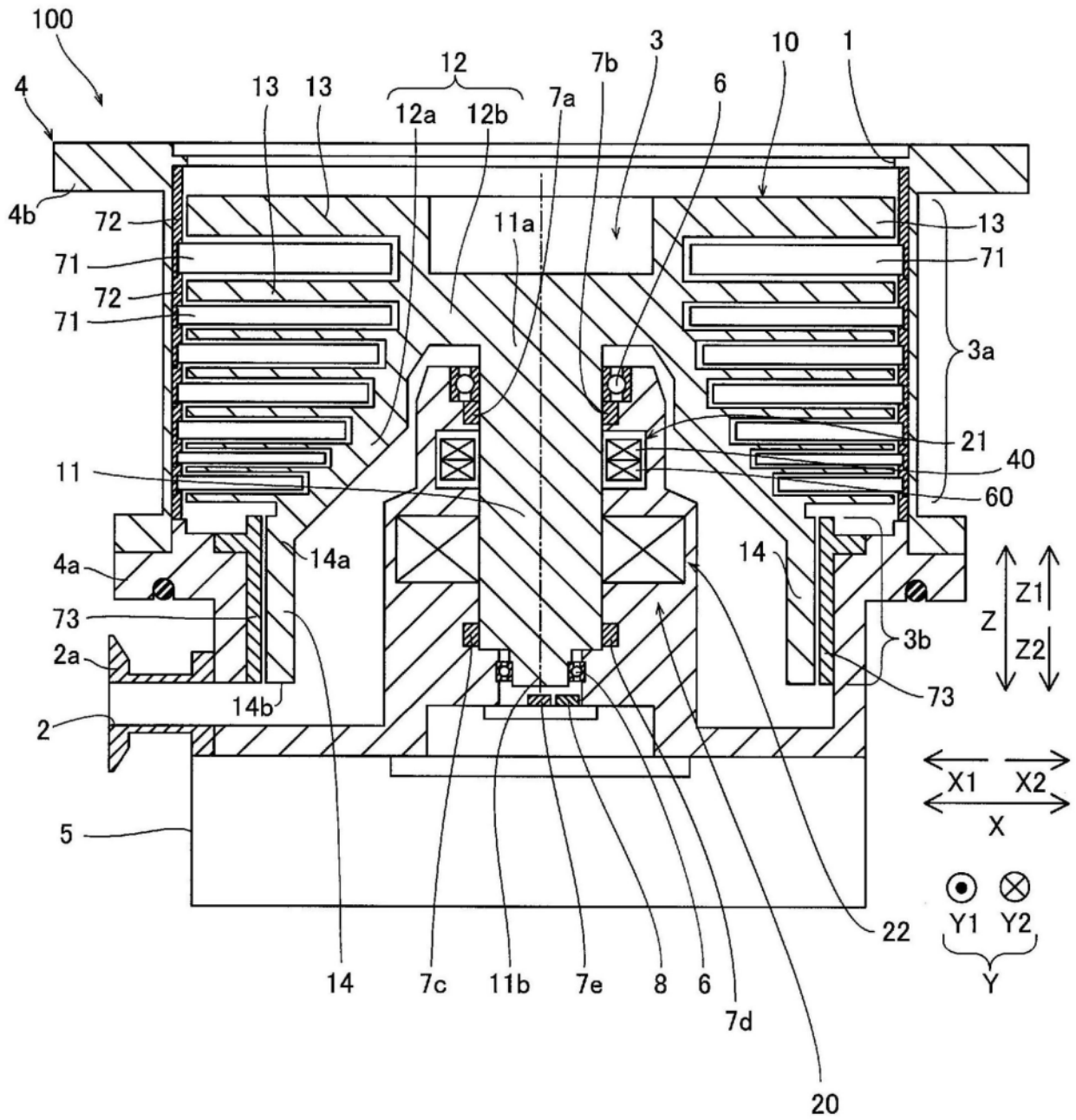


图1

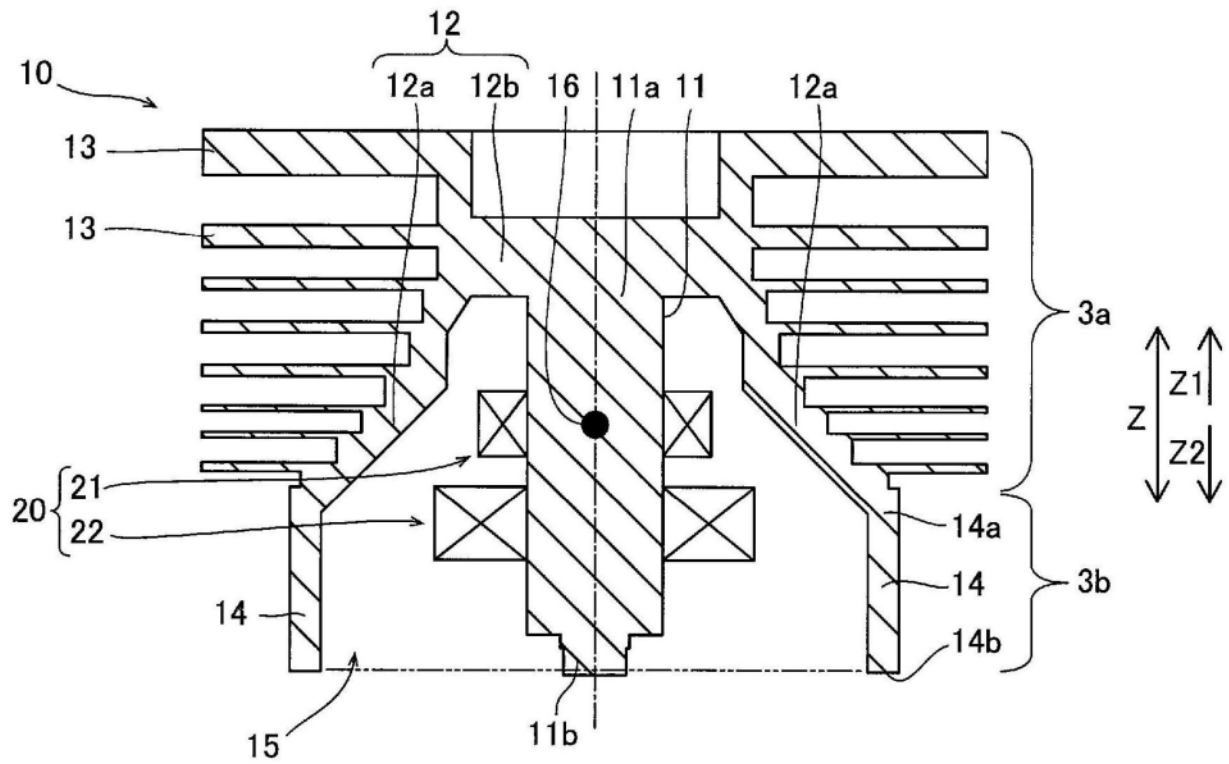


图2

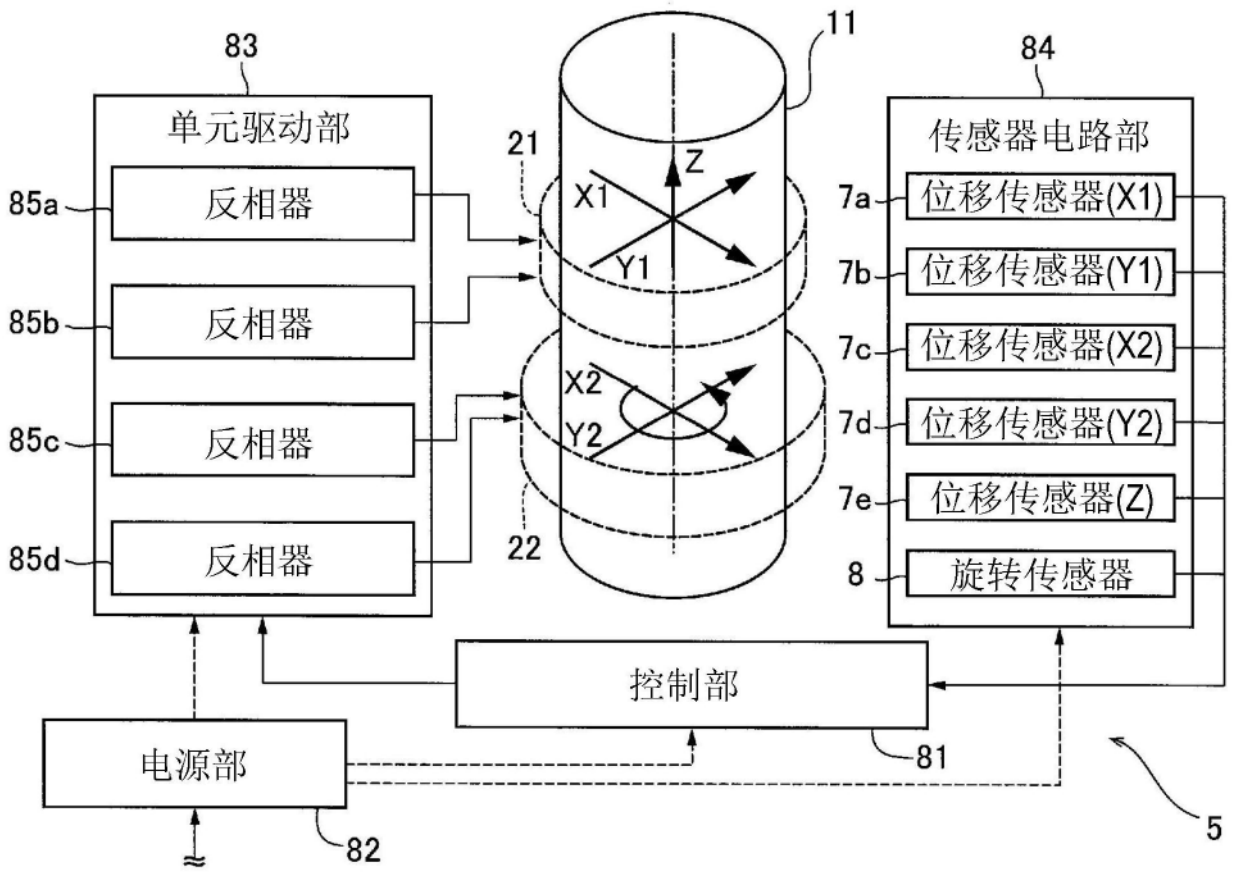


图3

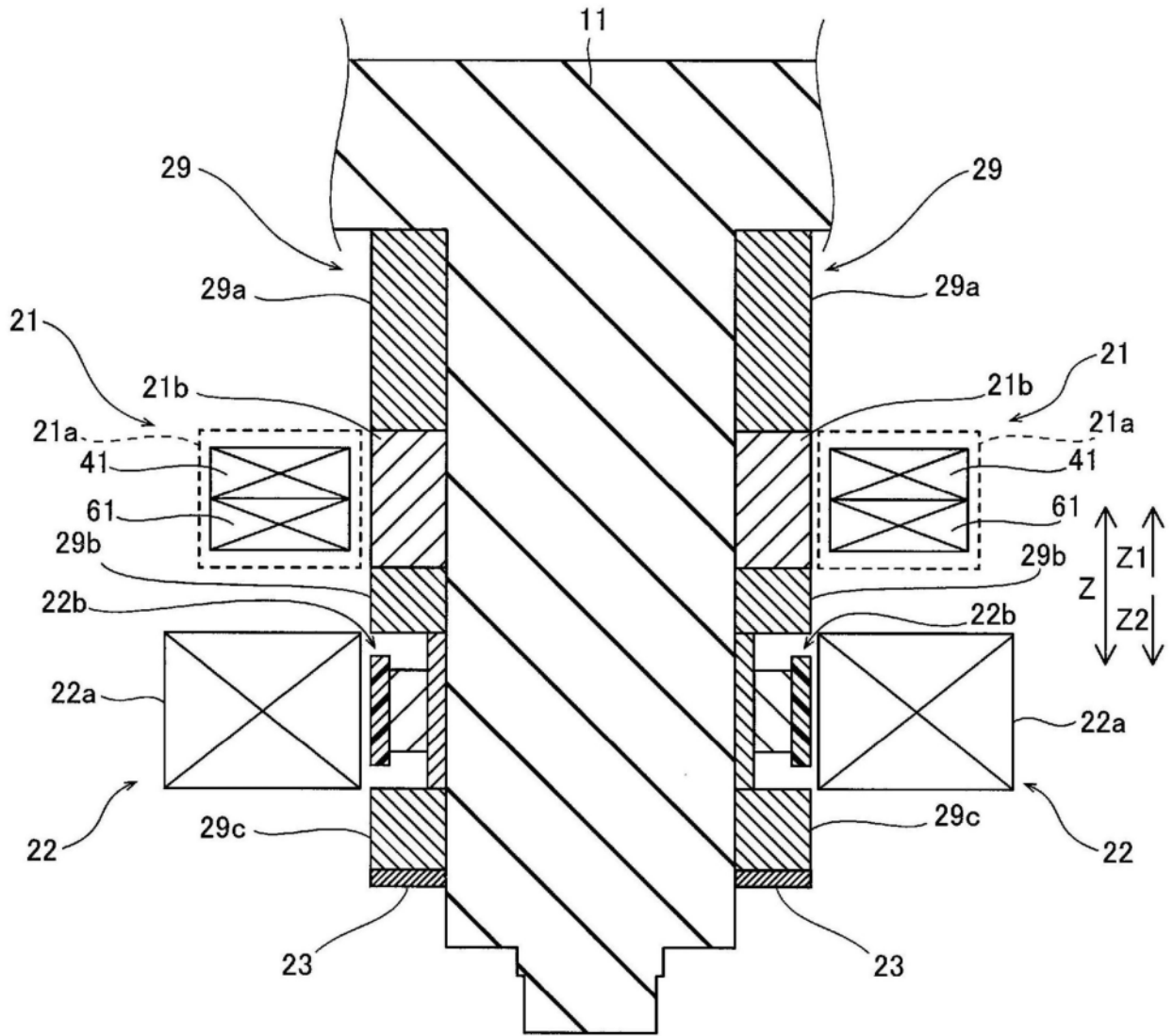


图4

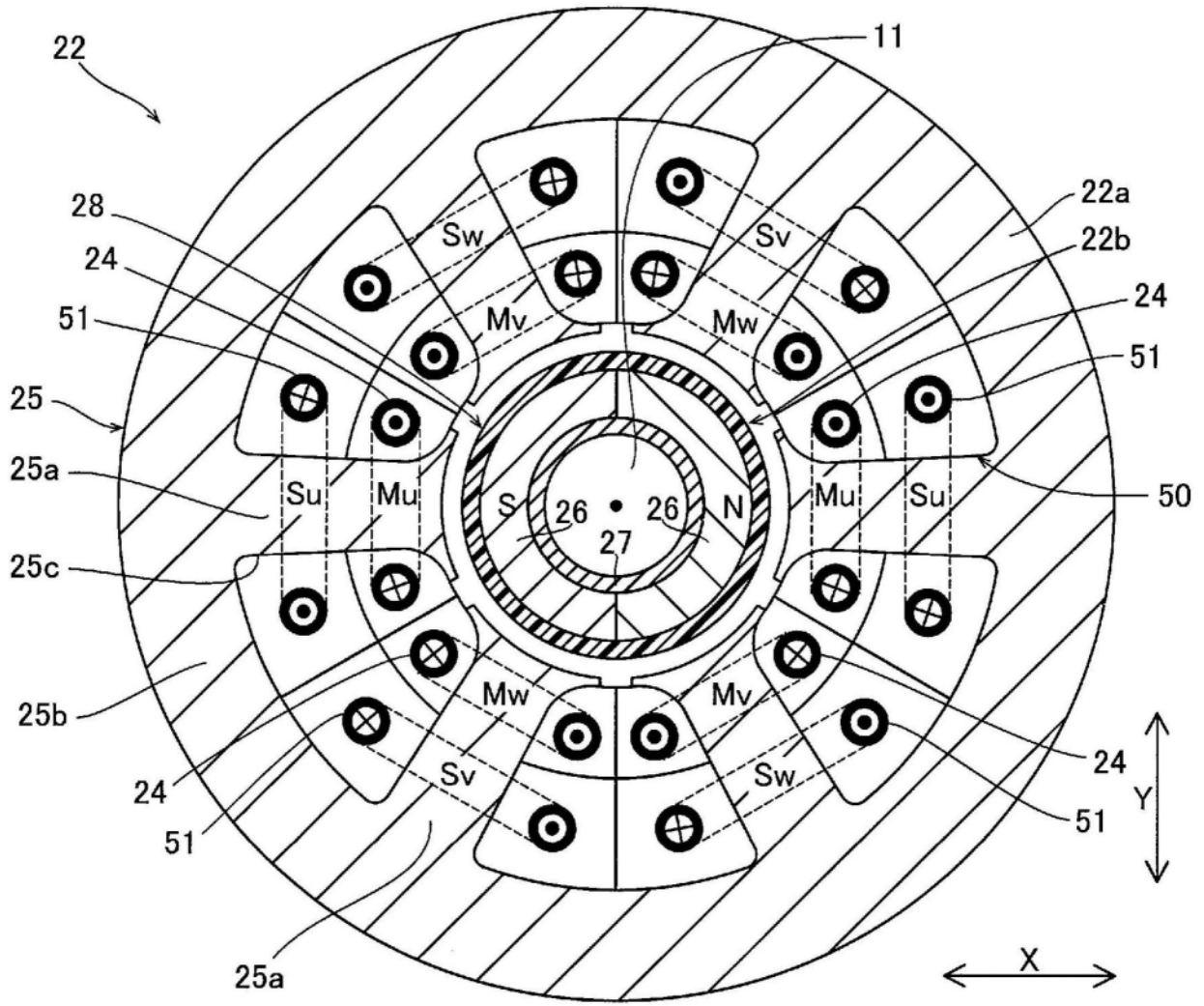


图5

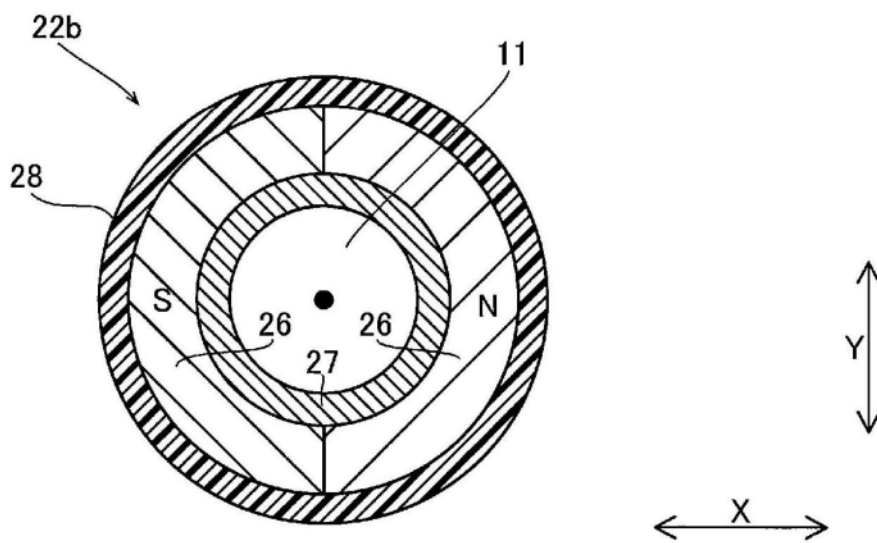


图6

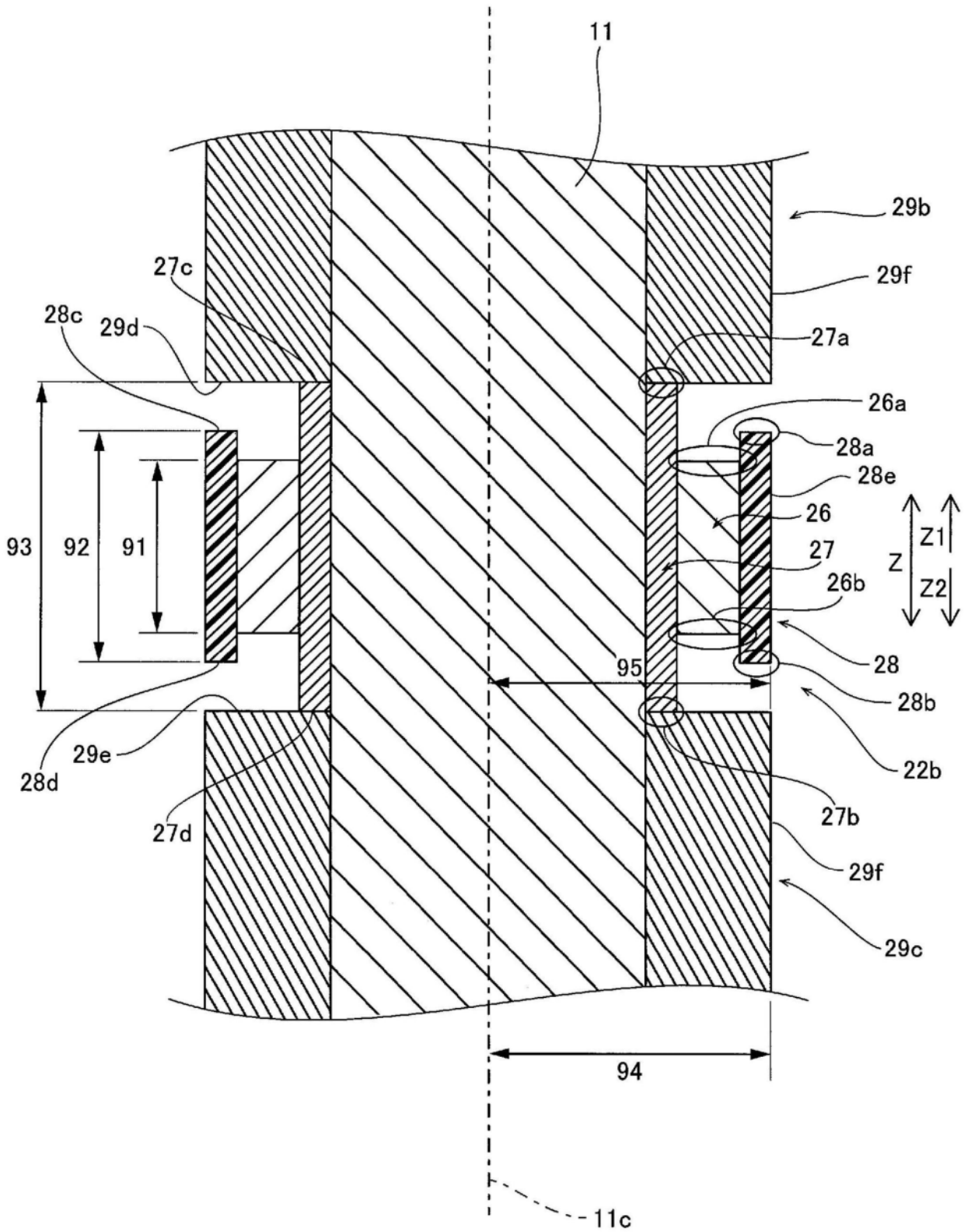


图7

(第一变形例)

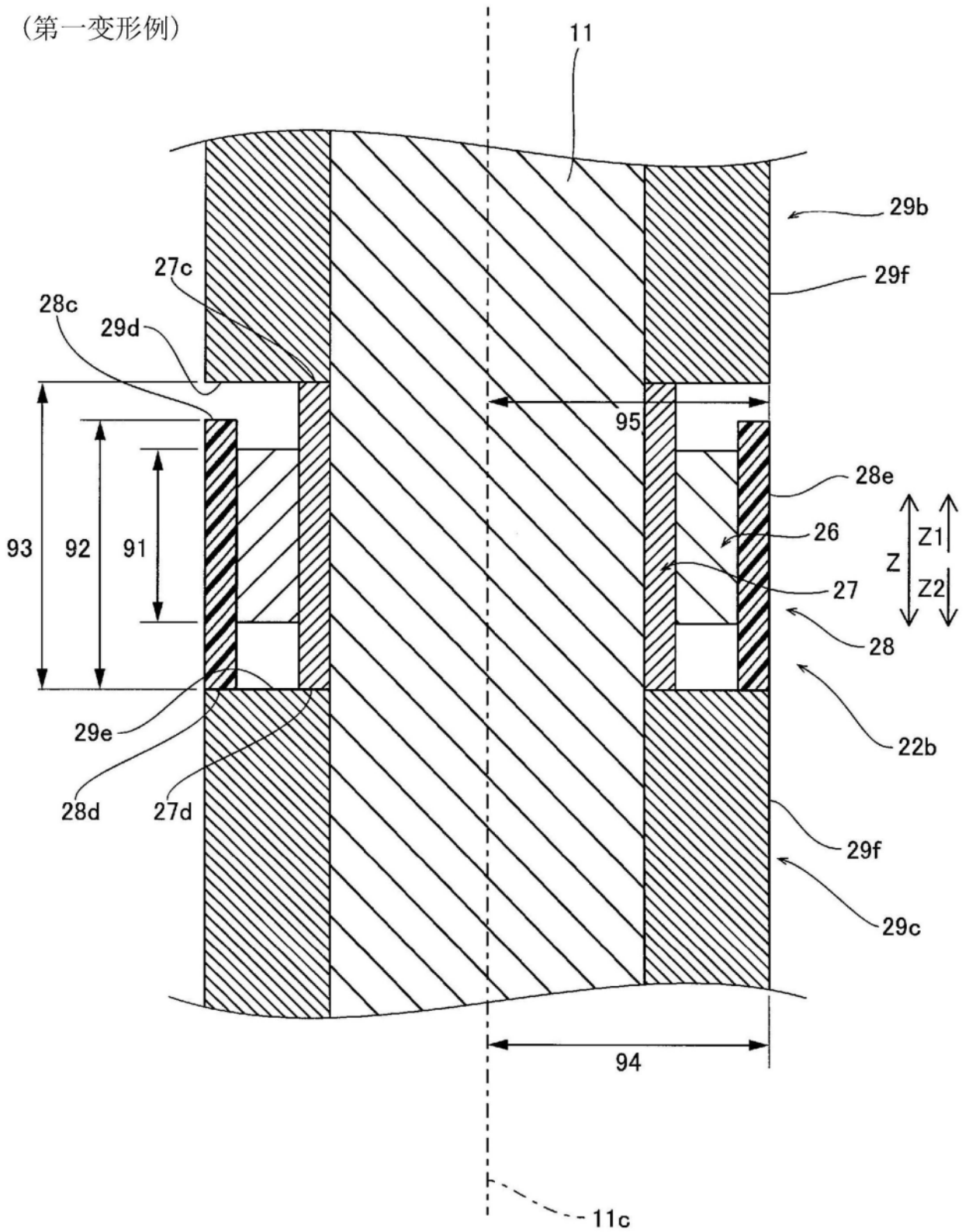


图8

(第二变形例)

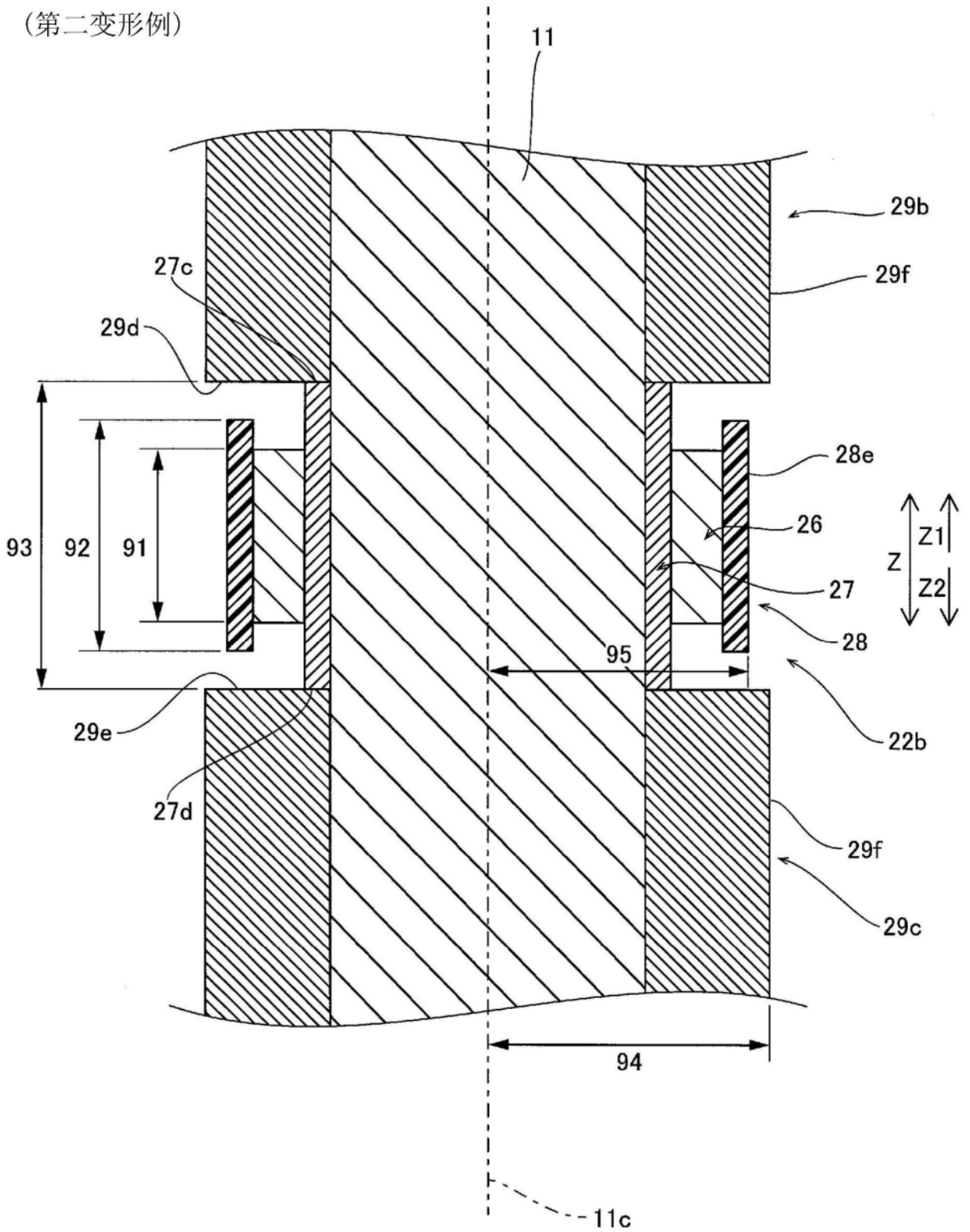


图9

(第三变形例)

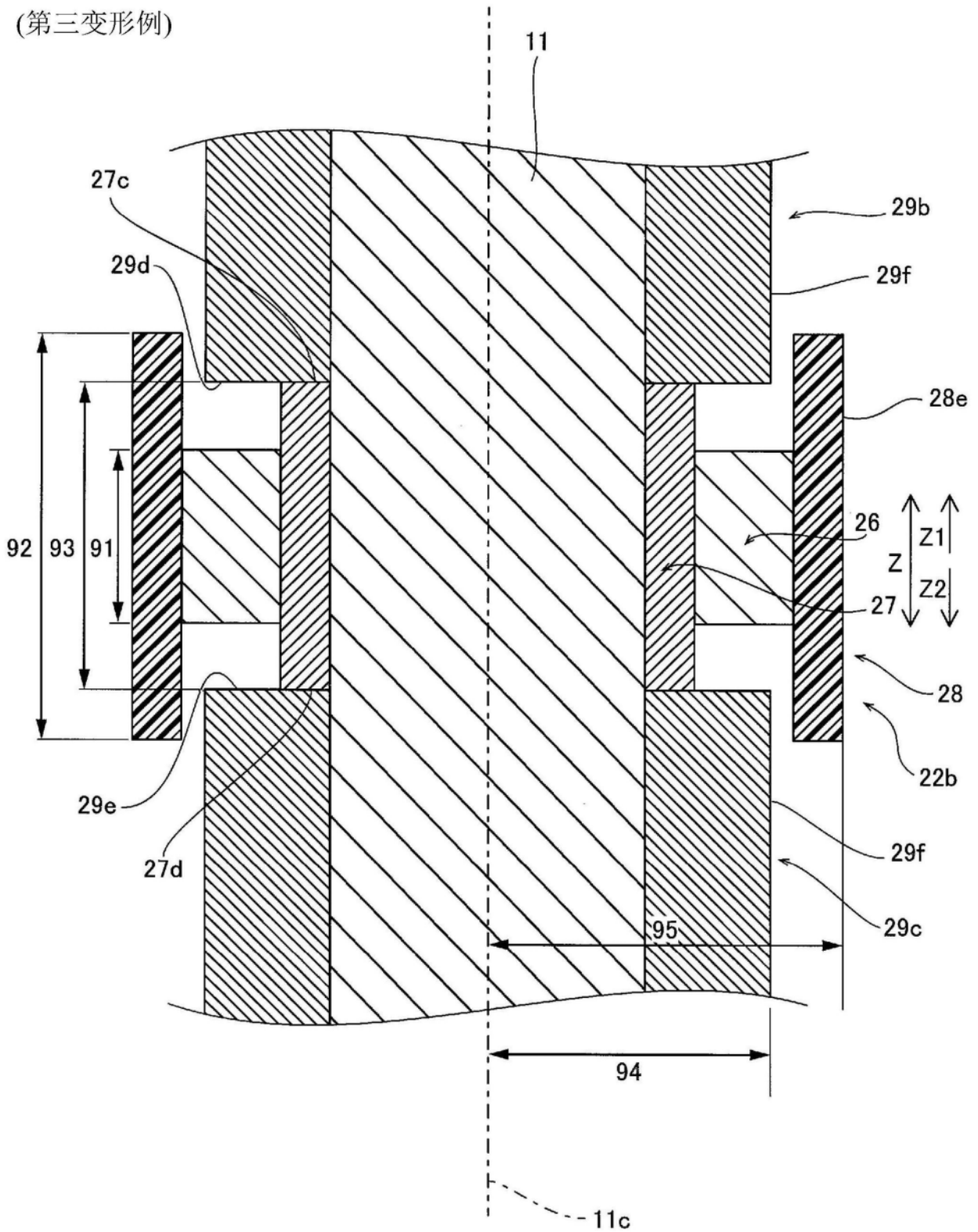


图10



(第五变形例)

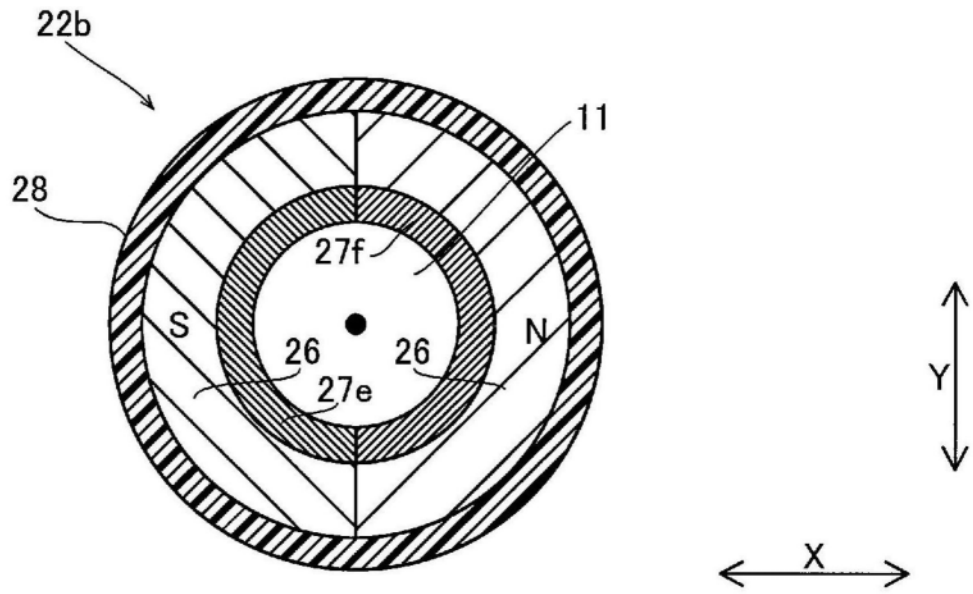


图12