



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113023372 A

(43) 申请公布日 2021.06.25

(21) 申请号 202011545704.9

(22) 申请日 2020.12.24

(30) 优先权数据

2019-233231 2019.12.24 JP

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 山本武

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

代理人 朱巧博

(51) Int.Cl.

B65G 54/02 (2006.01)

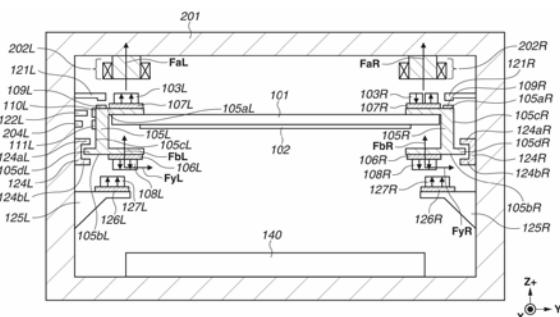
权利要求书2页 说明书19页 附图17页

(54) 发明名称

传送设备和物品的制造方法

(57) 摘要

本发明涉及传送设备和物品的制造方法。传送设备包括其中沿着第一方向布置有多个线圈的定子和沿着所述多个线圈移动的可动元件。定子包括第一磁体组，第一磁体组包括沿着第一方向布置并且沿一个方向被磁化的多个第一磁体。可动元件包括第二磁体组和第三磁体组，第二磁体组包括被布置成面对所述多个线圈的多个第二磁体，第三磁体组包括被布置成面对第一磁体组并且在排斥第一磁体组的方向上被磁化的多个第三磁体。



1. 一种传送设备,包括:

定子,其中沿着第一方向布置有多个线圈;和

可动元件,其构造成沿着所述多个线圈移动,

其中,定子包括第一磁体组,第一磁体组包括沿着第一方向布置并且沿一个方向被磁化的多个第一磁体,以及

其中,可动元件包括第二磁体组和第三磁体组,第二磁体组包括被布置成面对所述多个线圈的多个第二磁体,第三磁体组包括被布置成面对第一磁体组并且在排斥第一磁体组的方向上被磁化的多个第三磁体。

2. 根据权利要求1所述的传送设备,其中,第一磁体组和第三磁体组在重力方向上在第一磁体组和第三磁体组之间产生相互排斥的力。

3. 根据权利要求1所述的传送设备,其中,第三磁体组布置在可动元件的底表面上。

4. 根据权利要求1所述的传送设备,其中,第三磁体组布置在可动元件的顶表面上。

5. 根据权利要求1所述的传送设备,其中,第三磁体组布置在面对可动元件的顶表面的位置处。

6. 根据权利要求1所述的传送设备,其中,第一磁体组在与第一方向交叉的第二方向上的中心与第三磁体组在第二方向上的中心布置成在第二方向上相互偏移。

7. 根据权利要求1所述的传送设备,其中,所述多个第三磁体中的至少一个具有弯曲形状。

8. 根据权利要求1所述的传送设备,其中,所述多个第三磁体中的至少两个以V状布置。

9. 根据权利要求1所述的传送设备,

其中,可动元件在侧表面上还包括第四磁体组,第四磁体组包括沿着第一方向布置并且沿一个方向被磁化的多个第四磁体,以及

其中,定子在面对第四磁体组的位置处包括第五磁体组,第五磁体组包括在排斥第四磁体组的方向上被磁化的多个第五磁体。

10. 一种传送设备,包括:

定子;和

可动元件,其能够相对于定子在预定的传送方向上相对地移动;

其中,定子包括沿着预定的传送方向布置的多个线圈、和包括沿着预定的传送方向布置的多个第一磁体的第一磁体组,以及

其中,可动元件包括

第二磁体组,其面对定子的所述多个线圈并且包括多个第二磁体,用于通过在所述多个线圈和所述多个第二磁体之间产生的力使可动元件沿预定的传送方向移动,以及

第三磁体组,其面对第一磁体组并且包括在相对于定子使可动元件相对地悬浮的方向上产生力的多个第三磁体。

11. 根据权利要求10所述的传送设备,

其中,第二磁体组布置在可动元件的顶表面侧,

其中,第三磁体组布置在可动元件的底表面侧,并且

其中,第三磁体组在定子的第一磁体组和第三磁体组之间产生在与重力方向相斥的方向上的力。

12. 根据权利要求10所述的传送设备,其中,第一磁体组在与预定的传送方向交叉的第二方向上的中心与第三磁体组在第二方向上的中心布置成在第二方向上彼此偏移。

13. 根据权利要求12所述的传送设备,

其中,第三磁体组以沿着第一方向延伸的各行布置,使得可动元件的中心在第二方向上位于其间,以及

其中,第一磁体组以沿着第一方向延伸的各行布置,使得可动元件的中心在第二方向上位于其间。

14. 根据权利要求12所述的传送设备,其中,通过将第一磁体组在与预定的传送方向交叉的第二方向上的中心和第三磁体组在第二方向上的中心布置成在第二方向上相互偏移,可动元件在第二方向上的位置得以控制。

15. 一种物品的制造方法,所述制造方法包括:

通过处理由根据权利要求1至14中的任一项所述的传送设备传送的工件来制造物品。

## 传送设备和物品的制造方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及传送设备和物品的制造方法。

### 背景技术

[0002] 传送设备通常用于组装工业产品的生产线或半导体曝光设备中。特别地，生产线中的传送设备在工厂自动化生产线上或在各生产线之间的多个站之间传送例如构件的工件。在某些情况下，在处理设备中使用传送设备。作为传送设备，已经提出了其中采用移动磁体型线性马达的传送设备。

[0003] 具有移动磁体型线性马达的传送设备包括涉及机械接触的引导设备，例如线性引导器。在采用诸如线性引导器之类的引导设备的这种传送设备中，存在由于例如在线性引导器的滑动单元处产生的污染材料(例如，来自轨道或轴承的磨损碎片、润滑油或挥发的润滑油)而导致的生产率下降的问题。另外，在高速传送期间滑动单元的摩擦变大，这缩短了线性引导器的使用寿命。

[0004] 在解决问题的传送设备中，日本专利特开No.2016-532308讨论了一种能够以非接触方式传送传送托盘的磁悬浮传送设备。如日本专利特开No.2016-532308中所讨论的磁悬浮传送设备通过使用布置在腔室的上部部分中的用于悬浮的电磁体和沿着传送托盘的传送方向以规则的间隔布置在腔室的侧表面上的定子线圈来实现非接触式传送。

[0005] 然而，尚未解决更稳定地传送可动元件的需求。

### 发明内容

[0006] 根据本公开的第一方面，传送设备包括：定子，其中沿着第一方向布置有多个线圈；和可动元件，其构造成沿着所述多个线圈移动，其中，定子包括第一磁体组，第一磁体组包括沿着第一方向布置并且沿一个方向被磁化的多个第一磁体，并且其中，可动元件包括第二磁体组和第三磁体组，第二磁体组包括被布置成面对所述多个线圈的多个第二磁体，第三磁体组包括被布置成面对第一磁体组并且在排斥第一磁体组的方向上被磁化的多个第三磁体。

[0007] 根据本公开的第二方面，传送设备包括：定子；和可动元件，其能够相对于定子在预定的传送方向上相对地移动；其中，定子包括沿着预定的传送方向布置的多个线圈、和包括沿着预定的传送方向布置的多个第一磁体的第一磁体组，并且其中，可动元件包括：第二磁体组，其面对定子的所述多个线圈并且包括多个第二磁体，用于通过在所述多个线圈和所述多个第二磁体之间产生的力使可动元件沿预定的传送方向移动；以及第三磁体组，其面对第一磁体组并且包括在相对于定子使可动元件相对地悬浮的方向上产生力的多个第三磁体。

[0008] 根据本公开的第三方面，物品的制造方法包括：通过处理由如第一方面所限定的传送设备传送的工件来制造物品。

[0009] 通过以下参考附图对示例性实施例的描述，本公开的其他特征将变得显而易见。

## 附图说明

- [0010] 图1是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0011] 图2A是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0012] 图2B是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0013] 图3是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0014] 图4是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0015] 图5是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0016] 图6是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0017] 图7是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0018] 图8A是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0019] 图8B是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0020] 图9A是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0021] 图9B是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0022] 图9C是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0023] 图10是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0024] 图11A是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0025] 图11B是示出了本公开的第二示例性实施例的示意图。
- [0026] 图12是示出了本公开的第一示例性实施例的示意图。
- [0027] 图13是示出了本公开的第二示例性实施例的示意图。
- [0028] 图14是示出了本公开的第三示例性实施例的示意图。
- [0029] 图15是示出了定子和可动元件的状态的图。
- [0030] 图16是示出了本公开的第四示例性实施例的示意图。
- [0031] 图17是示出了本公开的第五示例性实施例的示意图。
- [0032] 图18是示出了本公开的第六示例性实施例的示意图。
- [0033] 图19是示出了本公开的第七示例性实施例的示意图。

## 具体实施方式

- [0034] [第一示例性实施例]
  - [0035] 在下文中,将参考图1至图9C描述本公开的第一示例性实施例。
  - [0036] 首先,将参考图1描述根据本示例性实施例的传送设备1的整体构造。
  - [0037] 图1是示出了根据本示例性实施例的包括可动元件101和定子201的传送设备1的整体构造的示意图。
  - [0038] 如图1所示,根据本示例性实施例的传送设备1包括可动元件101和形成传送路径的定子201,可动元件101包括台车、滑块或滑架。传送设备1被形成为磁悬浮型传送设备,其相对于定子201以非接触方式传送可动元件101。在本示例性实施例中,其中采用移动磁体型线性马达(移动永磁体型线性马达、移动场磁体型线性马达)的传送设备被示例为传送设备1的示例,但传送设备1也可以是具有移动线圈的传送设备。
  - [0039] 例如,通过相对于定子201相对地传送可动元件101,传送设备1将要移动的工件102与可动元件101一起传送至执行处理作业的处理设备。然后,传送设备1对工件102进行

处理作业,然后物品得以制造。在本示例性实施例中,沉积设备被示例为处理设备的示例。在图1中,沉积设备包括沉积源140,并且定子201形成腔室。换句话说,沉积设备设置有相对于沉积源与可动元件101一起相对地传送工件102的传送设备1。图1示出了要相对于定子201传送的一个可动元件101,但是可动元件101的数量不限于此。在传送设备1中,可以相对于定子201相对地传送多个可动元件101。

[0040] 现在将定义在以下描述中使用的坐标轴和方向。首先,X轴沿着作为可动元件101的传送方向的水平方向延伸,并且将可动元件101的传送方向设为X方向。另外,Z轴沿着竖直方向(即,与X方向正交的方向)延伸,并且将竖直方向设为Z方向。另外,Y轴沿着与X方向和Z方向正交的方向延伸,并且将与X方向和Z方向正交的方向设为Y方向。此外,围绕X轴的旋转用“ $W_x$ ”表示,围绕Y轴的旋转用“ $W_y$ ”表示,并且围绕Z轴的旋转用“ $W_z$ ”表示。另外,星号(“\*”)用作乘法符号。另外,将可动元件101的中心设为原点0,将Y+侧描述为R侧,将Y-侧描述为L侧。可动元件101的传送方向不必设为水平方向。即使在将传送方向设为除水平方向以外的其他方向的情况下,也可以将传送方向设为X方向,并且可以基于X方向类似地定义Y方向和Z方向。

[0041] 接下来,将参考图1、2A和2B描述根据本示例性实施例的要由传送设备1传送的可动元件101。

[0042] 图1是示出了从X方向观察的可动元件101和定子201的图。图1的左半部分示出了沿图2A中的(B)-(B)线截取的截面。另外,图1的右半部分示出了沿图2A中的(A)-(A)线截取的截面。

[0043] 永磁体103L和103R布置并附接至沿X方向延伸的可动元件101的顶表面的L侧和R侧处的相应端部。具体地,永磁体103aR、103bR、103cR和103dR附接至可动元件101的顶表面的R侧。此外,永磁体103aL、103bL、103cL和103dL附接至可动元件101的顶表面的L侧。在以下描述中,除非另外需要特别地区分前述各永磁体,否则将位于可动元件101的顶表面上的永磁体描述为“永磁体103”。另外,在需要识别各个永磁体103而不需要在R侧和L侧之间进行区分的情况下,使用之后带有小写字母作为标识符而在表示相应永磁体103的附图标记末尾处不带有字母“R”或“L”的附图标记来分别标识各个永磁体103。在这种情况下,通过将相应的永磁体103描述为“永磁体103a”、“永磁体103b”、“永磁体103c”或“永磁体103d”来分别标识各个永磁体103。

[0044] 永磁体103aR和103dR分别在沿着X方向延伸的可动元件101的顶表面的R侧处附接至X方向上的一端和另一端。永磁体103bR和103cR在永磁体103aR和103dR之间附接在可动元件101的顶表面的R侧处。永磁体103aR、103bR、103cR和103dR例如在X方向上以相等的间隔布置。另外,永磁体103aR、103bR、103cR和103dR布置成使得它们各自的中心在沿着X方向延伸的直线上对准,所述直线例如与可动元件101的顶表面的中心向右相距预定距离 $r_{x3}$ 。

[0045] 永磁体103aL和103dL在沿着X方向延伸的可动元件101的顶表面的L侧处分别附接至X方向上的一端和另一端。永磁体103bL和103cL在永磁体103aL和103dL之间附接在可动元件101的顶表面的L侧处。永磁体103aL、103bL、103cL和103dL例如在X方向上以相等的间隔布置。另外,永磁体103aL、103bL、103cL和103dL布置成使得它们各自的中心在沿着X方向延伸的直线上对准,所述直线例如与可动元件101的顶表面的中心向左相距预定距离 $r_{x3}$ 。此外,永磁体103aL、103bL、103cL和103dL沿X方向布置在与永磁体103aR、103bR、103cR和

103dR相同的相应位置处。

[0046] 永磁体103a和103d附接至朝X方向上的一端和另一端与原点0(其为可动元件101的中心)相距距离rz3的相应位置。永磁体103a、103b、103c和103d附接至在Y方向上与原点0相距距离rx3的相应位置。永磁体103c、103b附接至朝X方向上的一端和另一端与原点0相距距离ry3的相应位置。

[0047] 永磁体103aR、103dR、103aL和103dL中的每一个均是沿Y方向布置的两个永磁体的集合。永磁体103a和103d分别包括两个永磁体,所述两个永磁体沿Y方向布置,使得面对定子201侧的外磁极的极性交替地改变。在每个永磁体103a和103d中沿Y方向布置的永磁体的数量不限于两个。永磁体的数量仅需要是多个。另外,各个永磁体103a、103d中包括的永磁体所布置的方向不必须是与作为传送方向的X方向正交的Y方向,仅需要是与X方向交叉的方向即可。换句话说,每个永磁体103a和103d仅需要是包括以使各个磁极的极性交替的方式沿与X方向交叉的方向布置的多个永磁体的磁体组。

[0048] 另一方面,每个永磁体103bR、103cR、103bL和103cL均是沿X方向布置的三个永磁体的集合。永磁体103b和103c各自均包括三个永磁体,所述三个永磁体沿X方向布置,使得面对定子201侧的外磁极的极性交替改变。在每个永磁体103b和103c中沿X方向布置的永磁体的数量不限于三个,而仅需要是多个。换句话说,每个永磁体103b和103c仅需要是包括以使各个磁极的极性交替不同的方式沿X方向布置的多个永磁体的磁体组。

[0049] 永磁体103附接至设置在可动元件101的顶表面的R侧和L侧处的磁轭107。磁轭107由具有高磁导率的材料(例如,铁)制成。

[0050] 以这种方式,多个永磁体103关于与沿X轴延伸的可动元件101的中心轴线相对应的对称轴线对称地布置在可动元件101的顶表面的R侧和L侧。如下所述,其上布置有永磁体103的可动元件101构造成在电流施加至定子201的多个线圈202时是可移动的,同时通过由永磁体103接收的力(电磁力)来沿六个轴控制取向。另外,永磁体103也将被称为第二磁体组。第二磁体组中包括的多个永磁体103a、103b、103c和103d也将被称为第二磁体。第二磁体不限于永磁体,而是可以是电磁体。

[0051] 另外,永磁体108在可动元件101的底表面的L侧和R侧处的端部处沿X方向以两行布置。具体地,永磁体108R附接至可动元件101的底表面的R侧。另外,永磁体108L附接至可动元件101的底表面的L侧。在以下描述中,除非另外需要特别地区分各永磁体,否则可动元件101的底表面上的永磁体将被描述为“永磁体108”。

[0052] 各个永磁体108附接至设置在可动元件101的底表面的R侧和L侧处的磁轭106R和106L。磁轭106R和106L由具有高磁导率的材料(例如铁)制成。

[0053] 即使在不使用电磁力进行控制的情况下,例如在关闭电源的情况下,也可以通过在永磁体108和设置于定子201上的永磁体127之间产生的排斥力来维持可动元件101的位置,这将在下面描述。换句话说,可以在永磁体108和设置于定子201上的永磁体127之间产生在与重力方向平行的方向上的排斥力。更具体地,可以通过使多个永磁体127沿一个方向磁化、并且使面对所述多个永磁体127的多个永磁体108沿排斥被沿所述一个方向磁化的多个永磁体127的方向磁化来产生彼此排斥的力。另外,永磁体108也将被称为第三磁体组。第三磁体组中包括的多个永磁体108R和108L也将被称为第三磁体。第三磁体不限于永磁体,而是可以是电磁体。

[0054] 在要被传送的工件102放置在或附接至可动元件101的顶表面或底表面上的状态下传送可动元件101。可动元件101可以包括保持机构,诸如将工件102保持在可动元件101上的工件保持器。

[0055] 另外,可动元件101可以附接至可动元件适配器105 (105L和105R)。在这种情况下,永磁体103L和108L附接至可动元件适配器105L,永磁体103R和108R附接至可动元件适配器105R。

[0056] 在包括可动元件适配器105的可动元件101的情况下,如果即使可动元件101的形状改变可动元件101也可以附接至可动元件适配器105,则可以在不改变可动元件101的设计的情况下传送可动元件101。在本说明书中,可动元件101可以包括保持机构、或者可以包括可动元件适配器105。

[0057] 可动元件适配器105L和105R分别具有顶表面 (105aL和105aR)、底表面 (105bL和105bR) 和侧表面 (105cL和105cR)。在本示例性实施例中,侧表面 (105cL和105cR) 分别具有从侧表面 (105cL和105cR) 突出的突出部 (105dL和105dR)。另外,突出部105d在附接至定子201的止挡件124的上突出部124a与下突出部124b之间突出。利用这种构造,即使可动元件101的悬浮状态变化,可动元件101的可动范围 (介于上突出部124a和下突出部124b之间) 也可以由止挡件124限制。

[0058] 接下来,将参考图1、3和10描述根据本示例性实施例的传送设备1的定子201。

[0059] 图3是示出了定子201的线圈202的示意图。图3是示出了沿Z方向从下向上观察的线圈202的图。

[0060] 图3示出了其中多个线圈202沿X方向 (其为可动元件101的传送方向) 布置的定子201的示例。所述多个线圈202附接至定子201,以面对布置在可动元件101的顶表面的L侧和R侧处的永磁体103L和103R。线圈202L布置成面对位于L侧的永磁体103L,线圈202R布置成面对位于R侧的永磁体103R。在以下描述中,除非另外需要特别地区分各线圈,否则线圈将被描述为“线圈202”。定子201通过在作为传送方向的X方向上延伸而形成可动元件101的传送路径。

[0061] 如图1所示,沿着定子201传送的可动元件101在L侧包括线性标尺111L、Y标靶110L和Z标靶109L。类似地,可动元件101在R侧包括Z标靶109R。在以下描述中,除非另外需要特别的区分,否则将线性标尺描述为线性标尺111,将Y标靶描述为Y标靶110,将Z标靶描述为Z标靶109。线性标尺111、Y标靶110和Z标靶109例如沿着X方向附接至可动元件101的侧表面。在本说明书中,Y标靶是要由Y传感器检测的突出部。通过检测Y传感器和Y标靶之间的距离,可以获得Y方向上的位置。以类似的方式,Z标靶是要由Z传感器检测的突出部。通过检测Z传感器与Z标靶之间的距离,可以获得Z方向上的位置。

[0062] 如图1所示,定子201在L侧包括多个线圈202L、多个线性编码器204L、多个Y传感器122L和多个Z传感器121L。以类似的方式,定子201在R侧包括多个线圈202R和多个Z传感器121R。在以下描述中,除非另外需要在各线圈之间进行特别的区分,否则将线圈描述为线圈202,将线性编码器描述为线性编码器204,将Y传感器描述为Y传感器122,以及将Z传感器描述为Z传感器121。

[0063] 多个线圈202沿X方向以两行布置并且附接至定子201,以面对位于可动元件101的顶表面的R侧和L侧处的永磁体103。多个线圈202R沿X方向成行地布置在R侧,以面对位于可

动元件101的R侧处的永磁体103aR、103bR、103cR和103dR。此外,在L侧成行地布置的多个线圈202L的面对可动元件101的表面沿X方向布置,以面对位于可动元件101的L侧处的永磁体103aL、103bL、103cL、103dL。

[0064] 在本示例性实施例中,可动元件101的R侧和L侧处的各行线圈202布置成面对所包括的多个永磁体的布置方向不同的永磁体103a和103d、以及永磁体103b和103c。因此,如下所述,可以使用较少行数的线圈202沿传送方向和与传送方向不同的方向将力施加至可动元件101,并且因此可以实现可动元件101的传送控制和取向控制。

[0065] 以这种方式,多个线圈202沿着传送可动元件101的方向附接。多个线圈202在X方向上以预定的间隔布置。另外,每个线圈202以其中心轴线面向Z方向的方式附接。线圈202是指围绕芯部缠绕的线圈。在本示例性实施例中,线圈的位置指示芯部的位置。

[0066] 例如,以三个线圈为单元控制多个线圈202中的电流。将要进行供电控制的线圈202的单元描述为“线圈单元203”。通过被供应电力,线圈202可以通过在线圈202与可动元件101的永磁体103之间产生电磁力来向可动元件101施加力。

[0067] 在图1至3中,永磁体103a和103d各自均包括其中沿Y方向布置有两个永磁体的磁体组。另一方面,线圈202布置成使得每个永磁体103a和103d中的两个永磁体在Y方向上的中心对应于线圈202在Y方向上的中心。通过向面对永磁体103a和103d的线圈202供应电力,在永磁体103a和103d中产生了沿Y方向作用的力。

[0068] 另外,永磁体103b和103c各自均包括其中沿X方向布置有三个永磁体的磁体组。通过向面对永磁体103b和103c的线圈202供应电力,在永磁体103b和103c中产生了沿X方向和Z方向作用的力。

[0069] 多个线性编码器204沿着X方向附接至定子201,以面对可动元件101的相应线性标尺111。每个线性编码器204可以通过读取附接至可动元件101的线性标尺111而检测并输出可动元件101相对于线性编码器204的相对位置。

[0070] 多个Y传感器122沿着X方向附接至定子201,以面对可动元件101的各个Y标靶110。每个Y传感器122可以检测并输出Y传感器122与附接至可动元件101的Y标靶110之间在Y方向上的相对距离。

[0071] 多个Z传感器121沿着X方向以两行附接至定子201,以面对可动元件101的相应Z标靶109。每个Z传感器121可以检测并输出Z传感器121与附接至可动元件101的Z标靶109之间在Z方向上的相对距离。

[0072] 图10是示出了定子201的永磁体127L和127R的示意图。图10是示出了沿Z方向从上向下观察的永磁体127L和127R的图。

[0073] 多个永磁体127附接至图10所示的定子201,以面对布置在可动元件101的底表面的L侧和R侧处的永磁体108L和108R。永磁体127L布置成面对位于L侧的永磁体108L,永磁体127R布置成面对位于R侧的永磁体108R。永磁体127L可以附接至设置在定子201上的磁轭126L。永磁体127R可以附接至设置在定子201上的磁轭126R。磁轭126由具有高磁导率的材料(例如铁)制成。永磁体127L可以经由支架125L附接至定子201,并且永磁体127R可以经由支架125R附接至定子201。

[0074] 在以下描述中,除非另外需要特别地区分各永磁体,否则永磁体也将被描述为“永磁体127”。

[0075] 在图1中,永磁体108L和108R以及永磁体127L和127R中的箭头分别指示对应永磁体的磁化方向。例如,箭头的尖端指示北极,而箭头的根部指示南极。如图1所示,永磁体108L和永磁体127L的磁化方向在Z方向上是相反的方向。因此,如果永磁体108L和永磁体127L彼此靠近,则力沿彼此排斥的方向增大。以类似的方式,永磁体108R和永磁体127R的磁化方向在Z方向上是相反的方向。因此,如果永磁体108R和永磁体127R彼此靠近,则力沿彼此排斥的方向增大。另外,永磁体127也将被称为第一磁体组。第一磁体组中所包括的多个永磁体127R和127L也将被称为第一磁体。第一磁体不限于永磁体,而是可以是电磁体。

[0076] 永磁体127L在面对永磁体108L且远离Z方向上的由止动件124限制的可动范围的位置处附接至定子201。以类似的方式,永磁体127R在面对永磁体108R且远离由止动件124限制的可动范围的位置处附接至定子201。

[0077] 此外,永磁体108L和永磁体127L以及永磁体108R和永磁体127R以其中心位置在Y方向上预先偏移的方式布置。在图1中,永磁体127L相对于永磁体108L布置在外侧。以类似的方式,永磁体127R相对于永磁体108R布置在外侧。通过以这种方式布置永磁体,如下所述,即使在Y方向上的其中势能变得最小的位置附近没有向线圈202供应电力的状态下,可动元件101的位置在Y方向上也可以保持在稳定的位置处。

[0078] 将参考图15描述可动元件101和定子201的状态。

[0079] 图15示出了作用在永磁体之间的力的大小的实验结果的示例。

[0080] 在图15中所示的曲线图上,在横轴上绘制Z方向上的位置,在纵轴上绘制沿Z方向作用的力的大小。

[0081] 吸引力1501作用于线圈202和永磁体103之间,排斥力1502作用于永磁体108和永磁体127之间。吸引力1501和排斥力1502都向上作用。例如,如果可动元件101的重量是1500kg,则当合力1503是15000N时,力在Z=Zt和Z=Zb附近平衡。

[0082] 特别是在Z=Zb附近,如果Z变得小于Zb,则合力1503变得大于可动元件101受到的重力,从而在向上方向上产生加速度。相反,如果Z变得大于Zb,则由于合力1503变得小于可动元件101受到的重力,所以在向下方向上产生加速度。因此,在Z=Zb附近,可动元件101的位置变得稳定。

[0083] 基于实验结果,已经确定,随着Z方向上的位置朝Z+方向移动,吸引力1501的曲线图的倾斜度变大。还已经确定,相比之下,随着Z方向上的位置朝Z-方向移动,永磁体之间的排斥力1502的曲线图的倾斜度变大。

[0084] 根据这些发现可以看出,通过适当地选择线圈202和面对线圈202的永磁体103以及永磁体108和面对永磁体108的永磁体127的位置和尺寸,即使在不向线圈202供应电力的状态下,也可以使其位置稳定。

[0085] 将基于势能的概念参考图11A详细描述上述点。

[0086] 图11A是示意性地示出了由可动元件101受到的力的大小的图。

[0087] 在图11A中,横轴表示Z+方向上的位置,纵轴表示Z方向上的由可动元件101受到的力的大小Fz、以及可动元件101的势能ΦZ。

[0088] 在下文中,将描述在没有向线圈202供应电力的状态下受到的力。

[0089] 可动元件101受到的力的大小(Fz)包括将永磁体103吸引至线圈202的力(Fa)、通过永磁体127向上推动永磁体108的力(Fb)、和重力(-mg)。因为线圈202具有芯部,所以即使

在没有电流施加至线圈202的状态下,吸引力也起作用。

[0090]  $F_z = F_a + F_b - mg$

[0091] 为简单起见,在图11A中,力 $F_b$ 以使符号反向的方式绘制。

[0092] 在设定 $F_a - mg : 1101a$ 和 $-F_b : 1102a$ 时,获得 $F_z = F_a + F_b - mg = (F_a - mg) - (-F_b)$ 。因此, $F_z$ 的大小变为由图11A中的箭头1106a指示的大小。换句话说,在从 $Z = Z_b$ 到 $Z = Z_t$ 的区间中,受到向下的力,而在其他区间中,受到向上的力。

[0093] 将基于势能 $\Phi_z$ 描述这一点。

[0094] 因为可动元件101的势能 $\Phi_z$ 是通过对使可动元件101抵抗可动元件101所受到的力( $F$ )移动的力进行积分来定义的,所以使用“ $\int$ ”作为积分符号,势能 $\Phi_z$ 定义为 $\Phi_z = - \int (F_a + F_b - mg) dz + \text{常数}$ 。

[0095] 如果设定适当的常数,则势能 $\Phi_z$ (1103a)变为如图11A中所示的势能,并且在 $Z = Z_b$ 时具有最小值,而在 $Z = Z_t$ 时具有最大值。因为物体在势能变为最小的位置处稳定,所以物体在 $Z = Z_b$ 处稳定。

[0096] 此时,如果通过调节止动件124的位置将可动元件101的可动范围限制在从1107a到1108a的范围,则即使在线圈202执行的电气控制停止时,可动元件101也稳定在 $Z = Z_b$ 的位置处。

[0097] 以类似的方式,将参考图12描述由可动元件101受到的Y方向上的力的大小。

[0098] 此时,可动元件101的势能 $\Phi_y$ 定义为 $\Phi_y = - \int (F_{yL} + F_{yR}) dy + \text{常数}$ 。

[0099] 在该公式中,“ $F_{yL}$ ”表示从L侧处的永磁体(永磁体127L和永磁体108L)接收的Y方向上的力的大小,“ $F_{yR}$ ”表示从R侧处的永磁体(永磁体127R和永磁体108R)接收的Y方向上的力的大小。

[0100] 此时,如果将力 $F_{yL}$ (1201)设为沿正方向作用,并且以使符号反向的方式描述力 $F_{yR}$ (1202),则得到 $\Phi_y = - \int (F_{yL} - (-F_{yR})) dy + \text{常数}$ 。因此,势能 $\Phi_y$ 变为通过对箭头1122表示的力的大小进行积分而获得的值,并且获得了 $\Phi_y$ (1203)所表示的形状。

[0101] 因为 $\Phi_y$ (1203)在 $Y = Y_c$ 处变为最小值,所以类似于Z方向,可动元件101在 $Y = Y_c$ 的位置处稳定。

[0102] 利用上述构造,即使在不向线圈202供应电力的状态下,可动元件101也在 $Z = Z_b$ 和 $Y = Y_c$ 的位置处稳定。

[0103] 在本示例性实施例中,通过布置成使永磁体127的中心的位置和永磁体108的中心的位置在与传送方向(X方向)交叉的方向(Y方向)上偏移,可以在Y方向上控制并稳定永磁体127的中心和永磁体108的中心。更具体地,通过在与传送方向(X方向)交叉的方向(Y方向)上将各位置布置成以预定的距离偏移,可以在Y方向上控制并稳定各中心。然而,该构造不限于前述内容。例如,可以通过在Y方向上额外地安装永磁体以使永磁体彼此排斥来稳定各位置。

[0104] 在本示例性实施例中,如图11A所示,势能 $\Phi_z$ 变为最大值的位置( $Z_t$ )和势能 $\Phi_z$ 变为最小值的位置( $Z_b$ )处于 $Z_b < Z_t$ 的关系。在这种情况下,可动元件101位于与没有设置用于排斥的永磁体(永磁体127、108)时获得 $F_z - mg = 0$ 的位置、即比其中作用在线圈202和永磁体103之间的吸引力与可动元件101的重力平衡的位置( $Z_0$ )相比更远离线圈202的位置处。

[0105] 通过这种构造,由于作用在线圈202与永磁体103之间的推力常数变得比在位置 $Z$

=Z0处的推力常数更小,因此由于该量,在传送可动元件101时流过的电流有时变得比在位置Z=Z0处的电流更大。

[0106] 接下来,将参考图4进一步描述控制根据本示例性实施例的传送设备1的控制系统。图4是示出了控制根据本示例性实施例的传送设备1的控制系统的示意图。

[0107] 如图4所示,控制系统包括集成控制器301、线圈控制器302和传感器控制器304,并且用作控制包括可动元件101和定子201的传送设备1的控制设备。线圈控制器302以可以执行通信的方式连接至集成控制器301。传感器控制器304也以可以执行通信的方式连接至集成控制器301。

[0108] 多个电流控制器303以可以执行通信的方式连接至线圈控制器302。线圈控制器302和连接至线圈控制器302的多个电流控制器303与两行线圈202中的每行线圈(参考图1)相对应地设置。包括多个线圈202(参考图1)的线圈单元203连接至每个电流控制器303。电流控制器303可以控制在连接的线圈单元203中的每个线圈202中流动的电流的大小。

[0109] 线圈控制器302向每个连接的电流控制器303发出目标电流指令值。电流控制器303控制连接的线圈202的电流量。

[0110] 线圈202附接至沿X方向(沿其传送可动元件101)延伸的可动元件101的顶表面的两侧。

[0111] 多个线性编码器204、多个Y传感器122和多个Z传感器121以可以执行通信的方式连接至传感器控制器304。

[0112] 多个线性编码器204以使得在传送可动元件101的同时所述多个线性编码器204中的一个可以测量一个可动元件101的位置的间隔附接至定子201。此外,多个Y传感器122以使得所述多个Y传感器122中的两个可以测量一个可动元件101的Y标靶110的间隔附接至定子201。此外,多个Z传感器121以使得成两行的所述多个Z传感器121中的三个可以测量一个可动元件101的Z标靶109的间隔附接至定子201。

[0113] 集成控制器301基于来自线性编码器204、Y传感器122和Z传感器121的输出确定要施加至多个线圈202的电流的电流指令值,并且向线圈控制器302发出电流指令值。如上所述,线圈控制器302基于来自集成控制器301的电流指令值向电流控制器303发出电流指令值。集成控制器301由此用作控制设备,并且以非接触方式沿着定子201传送可动元件101,并且沿着六个轴控制所传送的可动元件101的取向。

[0114] 在下文中,将参考图5描述要由集成控制器301执行的控制可动元件101的取向的方法。图5是示出了控制根据本示例性实施例的传送设备1的可动元件101的取向的取向控制方法的示意图。图5示意性地示出了可动元件101的取向控制方法,同时主要关注数据流。如下所述,集成控制器301(参考图4)使用可动元件位置计算函数401、可动元件取向计算函数402、可动元件取向控制函数403和线圈电流计算函数404执行处理。集成控制器301由此在沿六个轴控制可动元件101的取向的同时控制可动元件101的传送。代替集成控制器301的是,线圈控制器302可以构造成执行与由集成控制器301执行的处理类似的处理。

[0115] 首先,可动元件位置计算函数401基于来自多个线性编码器204的测量值以及关于多个线性编码器204的附接位置的信息计算在形成传送路径的定子201上存在的可动元件101的数量以及可动元件101的位置。可动元件位置计算函数401由此更新关于可动元件101的信息,特别是可动元件信息406的可动元件位置信息(X)和数量信息。可动元件位置信息

(X) 表示定子201上的可动元件101在X方向(即传送方向)上的位置。为定子201上的每个可动元件101准备可动元件信息406,如例如图5中的POS-1、POS-2等所指示的。

[0116] 随后,可动元件取向计算函数402基于已经由可动元件位置计算函数401更新的可动元件信息406中的可动元件位置信息(X)识别能够测量每个可动元件101的Y传感器122和Z传感器121。然后,可动元件取向计算函数402通过基于从所识别出的Y传感器122和Z传感器121输出的值计算作为与每个可动元件101的取向有关的信息的取向信息(Y、Z、W<sub>x</sub>、W<sub>y</sub>、W<sub>z</sub>)来更新可动元件信息406。由可动元件取向计算函数402更新的可动元件信息406包括可动元件位置信息(X)和取向信息(Y、Z、W<sub>x</sub>、W<sub>y</sub>、W<sub>z</sub>)。

[0117] 随后,可动元件取向控制函数403基于包括可动元件位置信息(X)和取向信息(Y、Z、W<sub>x</sub>、W<sub>y</sub>、W<sub>z</sub>)的当前可动元件信息406和目标取向值来计算各个可动元件101的施加力信息408。施加力信息408是与要施加至各个可动元件101的力的大小有关的信息。施加力信息408包括与要施加的力T的三轴分量(T<sub>x</sub>、T<sub>y</sub>、T<sub>z</sub>)有关以及与力T的转矩的三轴分量(T<sub>wx</sub>、T<sub>wy</sub>、T<sub>wz</sub>)有关的信息,这将在下面描述。为定子201上的每个可动元件101准备施加力信息408,如例如图5中的TRQ-1、TRQ-2等所指示的。

[0118] 随后,线圈电流计算函数404基于施加力信息408和可动元件信息406确定要施加至每个线圈202的电流的电流指令值409。

[0119] 以这种方式,集成控制器301通过使用可动元件位置计算函数401、可动元件取向计算函数402、可动元件取向控制函数403和线圈电流计算函数404执行处理来确定电流指令值409。集成控制器301将确定的电流指令值409发送到线圈控制器302。

[0120] 现在将参考图6描述基于可动元件位置计算函数401执行的处理。图6是示出了基于可动元件位置计算函数401执行的处理的示意图。

[0121] 在图6中,第一基准点0e是附接有线性编码器204的定子201的位置基准。另外,第二基准点0s是附接至可动元件101的线性标尺111的位置基准。图6示出了传送两个可动元件101(即,可动元件101a、101b)和布置三个线性编码器204(即,线性编码器204a、204b和204c)的情况。线性标尺111在X方向上附接至可动元件101a和101b上的相同位置。

[0122] 例如,一个线性编码器204c面向图6中所示的可动元件101b的线性标尺111。线性编码器204c读取可动元件101b的线性标尺111并输出距离P<sub>c</sub>。另外,在将第一基准点0e设为原点时,线性编码器204c在X轴上的位置由“S<sub>c</sub>”表示。因此,可动元件101b的位置Pos(101b)可以通过以下公式(1)计算。

$$\text{Pos}(101b) = S_c - P_c \quad \text{公式 (1)}$$

[0124] 例如,两个线性编码器204a和204b面向图6中所示的可动元件101a的线性标尺111。线性编码器204a读取可动元件101a的线性标尺111并输出距离P<sub>a</sub>。此外,在将第一基准点0e设为原点的情况下,线性编码器204a在X轴上的位置由“S<sub>a</sub>”表示。因此,可动元件101a在X轴上的位置Pos(101a)(其基于线性编码器204a的输出)可以通过以下公式(2)计算。

$$\text{Pos}(101a) = S_a + P_a \quad \text{公式 (2)}$$

[0126] 另外,线性编码器204b读取可动元件101a的线性标尺111并输出距离P<sub>b</sub>。另外,在将第一基准点0e设为原点时,线性编码器204b在X轴上的位置由“S<sub>b</sub>”表示。因此,可动元件101a在X轴上的位置Pos(101a)'(其基于线性编码器204b的输出)可以通过以下公式(3)计算。

[0127]  $Pos(101a)' = Sb-Pb$  公式 (3)

[0128] 因为线性编码器204a和204b的相应位置被预先精确地测量,所以两个值Pos(101a)和Pos(101a)'之间的差足够小。如果以这种方式可动元件101在X轴上的位置(其基于两个线性编码器204的输出)之间的差足够小,则可以确定这两个线性编码器204观察了同一可动元件101的线性标尺111。

[0129] 如果多个线性编码器204面对同一可动元件101,则可以通过计算基于所述多个线性编码器204的输出的位置的平均值来唯一地确定所观察的可动元件101的位置。

[0130] 以上述方式,可动元件位置计算函数401基于来自线性编码器204的输出计算并确定可动元件101在X方向上的位置X,作为可动元件位置信息。

[0131] 接下来,将参考图7、8A和8B描述基于可动元件取向计算函数402执行的处理。

[0132] 图7示出了传送作为可动元件101的可动元件101c并作为Y传感器122布置Y传感器122a和122b的情况。两个Y传感器122a和122b面对图7中所示的可动元件101c的Y标靶110。当由两个Y传感器122a和122b输出的相对距离值分别用“Ya”和“Yb”表示、并且Y传感器122a和122b之间的间隔用“Ly”表示时,通过以下公式(4)计算可动元件101c围绕Z轴的旋转量Wz。

[0133]  $Wz = (Ya - Yb) / Ly$  公式 (4)

[0134] 根据可动元件101的位置,在某些情况下,三个或更多个Y传感器122可以面对Y标靶110。在这种情况下,可以使用最小二乘法来计算Y标靶110的倾斜度,即围绕Z轴的旋转量Wz。

[0135] 另外,图8A和图8B示出了其中正被传送作为可动元件101的可动元件101d并且作为Z传感器121布置Z传感器121a、121b和121c的情况。这三个Z传感器121a、121b和121c面向图8A和8B中所示的可动元件101d的Z标靶109。由三个Z传感器121a、121b和121c输出的相对距离值分别用“Za”、“Zb”和“Zc”表示。另外,传感器之间、即Z传感器121a和121b之间在X方向上的距离用“Lz1”表示。另外,传感器之间、即Z传感器121a和121c之间在Y方向上的距离用“Lz2”表示。此时,可以通过以下公式(5a)和(5b)分别计算围绕Y轴的旋转量Wy和围绕X轴的旋转量Wx。

[0136]  $Wy = (Zb - Za) / Lz1$  公式 (5a)

[0137]  $Wx = (Zc - Za) / Lz2$  公式 (5b)

[0138] 以上述方式,可动元件取向计算函数402可以计算围绕各个轴的旋转量Wx、Wy和Wz作为可动元件101的取向信息。

[0139] 另外,如下所述,可动元件取向计算函数402可以计算可动元件101在Y方向上的位置Y和在Z方向上的位置Z作为可动元件101的取向信息。

[0140] 首先,将参考图7描述对可动元件101在Y方向上的位置Y的计算。在图7中,面对可动元件101c的两个Y传感器122是Y传感器122a和122b。另外,Y传感器122a和122b的测量值分别用“Ya”和“Yb”表示。另外,Y传感器122a的位置与Y传感器122b的位置之间的中点用“0e”表示。另外,已经通过公式(1)至(3)计算的可动元件101c的位置用“0s”表示,从中点0e'到位置0s'的距离用“dX”表示。此时,可动元件101c在Y方向上的位置Y可以通过利用以下公式进行近似计算来算出。

[0141]  $Y = (Ya + Yb) / 2 - Wz * dX'$

[0142] 接下来,将参考图8A和8B描述对可动元件101在Z方向上的位置Z的计算。面对可动元件101d的三个Z传感器121是Z传感器121a、121b和121c。Z传感器121a、121b和121c的测量值分别用“Za”、“Zb”和“Zc”表示。Z传感器121a的X坐标和Z传感器121c的X坐标相同。另外,假定线性编码器204存在于Z传感器121a和Z传感器121c之间的中间位置处。Z传感器121a和Z传感器121c的位置X用“0e”表示。此外,从位置0e到可动元件101的中心0s”的距离用“dX”表示。此时,可动元件101在Z方向上的位置Z可以通过使用以下公式进行近似计算来算出。

$$[0143] Z = (Za + Zb) / 2 + Wy * dX$$

[0144] 如果旋转量Wz和Wy大,则可以以更高的近似精度来计算位置Y和位置Z。

[0145] 接下来,将参考图1描述由线圈电流计算函数404执行的处理。在力的以下描述中,沿X方向、Y方向和Z方向作用的力的方向分别用“x”、“y”和“z”表示。图1中的R侧、即Y+侧由“R”表示,L侧、即Y-侧由“L”表示,X+侧由“f”表示,X-侧由“b”表示。

[0146] 作用在图2A中的R侧和L侧处的永磁体103上的力描述如下。作用在永磁体103上的力是由永磁体103从施加有电流的多个线圈202接收的电磁力。除了X方向、即可动元件101的传送方向上的电磁力之外,永磁体103还从施加有电流的多个线圈202接收沿Y方向和Z方向(它们是与X方向不同的方向)的电磁力。

[0147] 作用在R侧处的永磁体103上的力如下表示。

[0148] FzfR:沿Z方向作用在R侧的永磁体103bR上的力

[0149] FxfR:沿X方向作用在R侧的永磁体103bR上的力

[0150] FyfR:沿Y方向作用在R侧的永磁体103aR上的力

[0151] FxbR:沿X方向作用在R侧的永磁体103cR上的力

[0152] FybR:沿Y方向作用在R侧的永磁体103dR上的力

[0153] FzbR:沿Z方向作用在R侧的永磁体103cR上的力

[0154] 作用在L侧的永磁体103上的力表示如下。

[0155] FzfL:沿Z方向作用在L侧的永磁体103bL上的力

[0156] FxfL:沿X方向作用在L侧的永磁体103bL上的力

[0157] FyfL:沿Y方向作用在L侧的永磁体103aL上的力

[0158] FxbL:沿X方向作用在L侧的永磁体103cL上的力

[0159] FybL:沿Y方向作用在L侧的永磁体103dL上的力

[0160] FzbL:沿Z方向作用在L侧的永磁体103cL上的力

[0161] 另外,施加至可动元件101上的力T由下面的公式(6)表示。在该公式中,“Tx”、“Ty”和“Tz”表示力的三轴分量,并且分别表示力的X方向分量、Y方向分量和Z方向分量。另外,“Twx”、“Twy”和“Twz”表示力矩的三轴分量,并且分别表示围绕X轴的力矩分量、围绕Y轴的力矩分量和围绕Z轴的力矩分量。根据本示例性实施例的传送设备1通过控制力T的六轴分量(Tx、Ty、Tz、Twx、Twy、Twz)而在沿六个轴控制可动元件101的取向的同时控制可动元件101的传送。

$$[0162] T = (Tx, Ty, Tz, Twx, Twy, Twz) \quad \text{公式 (6)}$$

[0163] 相应地,分别通过以下公式(7a)、(7b)、(7c)、(7d)、(7e)和(7f)计算“Tx”、“Ty”、“Tz”、“Twx”、“Twy”和“Twz”。

[0164]  $T_x = F_{xfR} + F_{xbR} + F_{xfL} + F_{xbL}$  公式 (7a)

[0165]  $T_y = F_{yfL} + F_{yfR} + F_{ybL} + F_{ybR}$  公式 (7b)

[0166]  $T_z = F_{zbR} + F_{zbL} + F_{zfR} + F_{zfL}$  公式 (7c)

[0167]  $T_{xz} = \{ (F_{zfL} + F_{zbL}) - (F_{zfR} + F_{zbR}) \} * r_{x3}$  公式 (7d)

[0168]  $T_{yz} = \{ (F_{zfL} + F_{zfR}) - (F_{zbL} + F_{zbR}) \} * r_{y3}$  公式 (7e)

[0169]  $T_{xz} = \{ - (F_{yfL} + F_{yfR}) + (F_{ybL} + F_{ybR}) \} * r_{z3}$  公式 (7f)

[0170] 此时,可以将下面的公式 (7g)、(7h)、(7i) 和 (7j) 表示的限制引入作用在永磁体 103 上的力。通过引入这些限制,可以唯一地确定作用在永磁体 103 上的各力的合力以获得具有预定六轴分量的力 T。

[0171]  $F_{xfR} = F_{xbR} = F_{xfL} = F_{xbL}$  公式 (7g)

[0172]  $F_{yfL} = F_{yfR}$  公式 (7h)

[0173]  $F_{ybL} = F_{ybR}$  公式 (7i)

[0174]  $F_{zbR} = F_{zbL}$  公式 (7j)

[0175] 接下来,将描述如下方法,通过该方法,线圈电流计算函数 404 基于作用在每个永磁体 103 上的力来确定要施加至每个线圈 202 的电流量。

[0176] 首先,将描述沿 Z 方向的力施加至其中北极和南极的极性在 Z 方向上交替地布置的永磁体 103a 和 103d 的情况。线圈 202 以其在 Z 方向上的中心位于永磁体 103a、103d 在 Y 方向上的中心处的方式布置。通过这种构造,在永磁体 103a 和 103d 中几乎不产生沿 X 方向和 Y 方向作用的力。

[0177] 可动元件 101 的位置用“X”表示。当用“j”表示成行地布置的线圈 202 的数量时,用“ $F_z(j, X)$ ”表示每单位电流沿 Z 方向作用在线圈 202(j) 上的力的大小,施加至线圈 202(j) 的电流用“ $i(j)$ ”表示。此时,线圈 202(j) 是第 j 个线圈 202。在这种情况下,可以以满足以下公式 (8) 的方式确定电流  $i(j)$ 。公式 (8) 是与永磁体 103dR 有关的公式。至于其他永磁体 103aR、103aL 和 103dL,可以类似地确定施加至线圈 202 的电流。

[0178] 将描述要施加至每个线圈 202 的电流与作用在线圈 202 上的力之间的线性度。在图 9A 至 9C 中,永磁体 103 面对线圈 202,并且从永磁体 103 输出的大量磁通量穿过线圈 202 的内部并再次返回至永磁体 103。

[0179] 如果永磁体 103 的起磁力为 900kA/m 并且厚度为 0.01m,则永磁体的起磁力可以表示为  $900\text{kA/m} * 0.01\text{m} = 9000\text{A}$ 。

[0180] 另一方面,当线圈 202 的绕组数为 900 并且施加 1A 的电流时获得的起磁力可以表示为  $900 * 1\text{A} = 900\text{A}$ 。因此,通过永磁体 103 产生的起磁力足够大。在这种情况下,要施加至线圈 202 的电流量和新产生的力之间的关系是足够线性的。因此,满足以下公式。

[0181]  $\sum F_z(j, X) * i(j) = F_{zbR}$  公式 (8)

[0182] 以上述方式,线圈电流计算函数 404 可以确定要施加至线圈 202(j) 的电流的指令值。通过基于以上述方式确定的电流指令值而施加至可动元件 101 上的沿 Z 方向的力,可动元件 101 获得用于在 Z 方向上悬浮的悬浮力,并且可动元件的取向得以控制。

[0183] 如果多个线圈 202 在永磁体 103 上施加力,则可以通过根据由每个线圈 202 施加的力将电流除以每单位电流产生的力的大小来唯一地确定作用在永磁体 103 上的力。

[0184] 另外,如图 1 所示,永磁体 103 对称地布置在可动元件 101 的 L 侧和 R 侧。利用永磁体

103的这种对称布置,通过L侧和R侧的力可以抵消作用在永磁体103上的多分量力,例如作用在永磁体103a和103d上的旋转力 $W_x$ ,即围绕X轴的力矩分量。因此,可以更精确地控制可动元件101的取向。

[0185] 接下来,将描述沿X方向和Y方向的力独立地施加至其中北极、南极和北极的极性沿X方向交替地布置的永磁体103b的方法。图9A至9C是示出了将沿X方向和Y方向的力独立地施加至永磁体103b的方法的示意图。根据以下过程,线圈电流计算函数404确定要施加至线圈202的电流的电流指令值,以使得力沿X方向和Y方向独立地施加至永磁体103b。类似于永磁体103b,X方向和Y方向上的力也可以独立地施加至永磁体103c。

[0186] 当用“X”表示可动元件101的位置并且用“j”表示成行地布置的线圈202的数量时,每单位电流沿X方向和Y方向作用在线圈202(j)上的力的大小分别表示为“ $F_x(j, X)$ ”和“ $F_y(j, X)$ ”。另外,线圈202(j)的电流的大小表示为“ $i(j)$ ”。线圈202(j)是第j个线圈202。

[0187] 图9A是示出了其中该行线圈202中的六个线圈202面对永磁体103bR的状态的图。在图9A中,水平方向对应于X轴,竖直方向对应于Y轴。图9B是示出了从Y方向观察的图9A所示的状态的图。从1到6的编号j以沿X方向布置的顺序分配给线圈202。在以下描述中,通过将对应的线圈202表示为例如线圈202(1)来标识每个线圈202。

[0188] 如图9A和9B所示,线圈202以距离L的间隔布置。另一方面,可动元件101的永磁体103以距离 $3/2*L$ 的间隔布置。

[0189] 图9C中的曲线图是示意性地示出了在向图9A和9B所示的线圈202施加单位电流时产生的沿X方向的力 $F_x$ 的大小和沿Z方向的力 $F_z$ 的大小的曲线图。

[0190] 为简单起见,在图9A、9B和9C中,线圈202在X方向上的位置的原点 $0_c$ 对应于线圈202(3)和线圈202(4)之间的中间点,并且将永磁体103bR在X方向上的中心 $0_m$ 设为原点。因此,图9A、9B和9C示出了原点 $0_c$ 和中心 $0_m$ 匹配的情况,即 $X=0$ 的情况。

[0191] 此时,例如,每单位电流作用在线圈202(4)上的力的大小在X方向上为 $F_x(4, 0)$ ,而在Z方向上为 $F_z(4, 0)$ 。另外,每单位电流作用在线圈202(5)上的力的大小在X方向上为 $F_x(5, 0)$ ,而在Z方向上为 $F_z(5, 0)$ 。

[0192] 要施加至线圈202(1)至202(6)的电流的电流值分别用“ $i(1)$ ”至“ $i(6)$ ”表示。此时,通常,沿X方向作用在永磁体103bR上的力的大小 $F_x f R$ 和沿Y方向作用在永磁体103bR上的力的大小 $F_z f R$ 分别由以下公式(9)和(10)表示。

[0193] 
$$F_x f R = F_x(1, X) * i(1) + F_x(2, X) * i(2) + F_x(3, X) * i(3) + F_x(4, X) * i(4) + F_x(5, X) * i(5) + F_x(6, X) * i(6) \quad \text{公式 (9)}$$

[0194] 
$$F_z f R = F_z(1, X) * i(1) + F_z(2, X) * i(2) + F_z(3, X) * i(3) + F_z(4, X) * i(4) + F_z(5, X) * i(5) + F_z(6, X) * i(6) \quad \text{公式 (10)}$$

[0195] 通过以这样的方式确定电流指令值而使得与满足上述公式(9)和(10)的电流值 $i(1)$ 至*i(6)*相对应的电流分别施加至线圈202(1)至202(6),可以将沿X方向和Z方向的力独立地施加至永磁体103bR。以上述方式中,线圈电流计算函数404可以确定要施加至线圈202(j)的电流的电流指令值,以使得沿X方向和Z方向上的力独立地施加至永磁体103。

[0196] 为更加简单起见,在图9A、9B和9C所示的情况下,将考虑这样的示例情况:执行控制以使得线圈202(1)至202(6)中的仅仅线圈202(3)、202(4)和202(5)用于永磁体103bR,此外这三个线圈的电流值之和变为0。在该示例情况下,沿X方向作用在永磁体103bR上的力

F<sub>xfR</sub>和沿Z方向作用在永磁体103bR上的力F<sub>zfR</sub>分别由以下公式(11)和(12)表示。

[0197]  $F_{xfR} = F_x(3, X) * i(3) + F_x(4, X) * i(4) + F_x(5, X) * i(5)$  公式(11)

[0198]  $F_{zfR} = F_z(3, X) * i(3) + F_z(4, X) * i(4) + F_z(5, X) * i(5)$  公式(12)

[0199] 另外,可以将线圈202(1)至202(6)的电流值设定为满足以下公式(13)和(14)。

[0200]  $i(3) + i(4) + i(5) = 0$  公式(13)

[0201]  $i(1) = i(2) = i(6) = 0$  公式(14)

[0202] 因此,如果确定了永磁体103bR所需的力(F<sub>xfR</sub>、F<sub>zfR</sub>)的大小,则可以唯一地确定电流值i(1)、i(2)、i(3)、i(4)、i(5)和i(6)。基于以此方式确定的电流指令值,沿X方向和Z方向的力被施加至可动元件101。通过被施加至可动元件101的沿X方向的力,可动元件101获得了用于沿X方向移动的推力,并且沿X方向移动。另外,通过基于以这种方式确定的电流指令值而施加至可动元件101的沿X方向和Z方向的力,可动元件101的取向得以控制。

[0203] 以这种方式,集成控制器301通过控制要施加至多个线圈202的电流来控制施加至可动元件101的力的六轴分量中的每一个。

[0204] 如果通过可动元件101的传送使线圈202的中心0c相对于永磁体103bR的中心0m相对地移动,即在X≠0的情况下,则可以选择与所移动位置相对应的线圈202。此外,可以基于每单位电流在线圈202中产生的力来执行与以上计算类似的计算。

[0205] 以上述方式,通过在确定要施加至多个线圈202的电流的电流指令值之后执行控制,集成控制器301在控制定子201上的可动元件101沿六个轴的取向的同时控制定子201上的可动元件101的非接触传送。换句话说,集成控制器301用作传送控制单元,其控制可动元件101的传送,并且通过控制由永磁体103从多个线圈202接收的电磁力来控制定子201上的可动元件101的非接触传送。另外,集成控制器301用作取向控制单元,其控制可动元件101的取向,并且控制定子201上的可动元件101沿六个轴的取向。作为控制设备的集成控制器301的全部或部分功能可以代替地由线圈控制器302和其他控制设备执行。

[0206] 以这种方式,根据本示例性实施例,可以通过以两行布置的多个线圈202将包括三轴力分量(T<sub>x</sub>、T<sub>y</sub>、T<sub>z</sub>)和三轴力矩分量(T<sub>wx</sub>、T<sub>wy</sub>、T<sub>wz</sub>)的六轴力施加至可动元件101。利用这种构造,在控制可动元件101沿六个轴的取向的同时,可以控制可动元件101的传送。根据本示例性实施例,使用以两行布置的线圈202(其数量小于作为要被控制变量的力的六轴分量的数量),可以在沿六个轴控制可动元件101的取向的同时控制可动元件101的传送。

[0207] 因此,根据本示例性实施例,在由于能够减少线圈202行数的构造而不会使系统尺寸增大或系统复杂的情况下,能够基于可动元件101的取向的控制以非接触方式传送可动元件101。此外,根据本示例性实施例,因为可以减少线圈202的行数,所以可以便宜地形成紧凑的磁悬浮式传送设备。

[0208] [第二示例性实施例]

[0209] 将参考图13描述第二示例性实施例。

[0210] 在第一示例性实施例中,已经描述了其中两行永磁体108沿X方向布置并附接至可动元件101的底表面的L侧和R侧处的端部的示例。相比之下,在本示例性实施例中,将描述其中永磁体1301L附接至可动元件101的顶表面的示例。由于R侧的图示和描述与L侧相似,因此将省略对R侧的图示和描述。另外,与第一示例性实施例中的构件相比未改变的构件被分配相同的附图标记,并且将省略描述。在图13中,永磁体1301L附接至可动元件101的顶表

面,并且永磁体1303L附接至定子201。然后,可动元件侧的永磁体1301L和定子130侧的永磁体1303L被沿相互排斥的方向磁化。更具体地,可动元件侧的永磁体1301L和定子侧的永磁体1303L彼此排斥。永磁体1301L和1303L分别附接至磁轭1302L和1304L,并且支架1305L设置在定子201和磁轭1304L之间。

[0211] 利用这种构造,如果可动元件101向上移动,则从附接至定子201的永磁体1303L接收排斥力。

[0212] 将参考图11B进一步描述细节。

[0213] 图11B是与图11A类似的示意性地示出了由可动元件101接收的力的图。

[0214] 与图11A不同,在图11B中,随着Z方向上的位置朝Z+方向移动,F<sub>b</sub>的绝对值变大。另外,因为排斥力是向下的力,所以与图11A不同,F<sub>b</sub>位于第二象限( $F_z > 0$ )中。

[0215] 在这种情况下,如果线圈202和永磁体103之间的关系保持不变,则F<sub>a-mg</sub>(1101b)的曲线保持与图11A中的F<sub>a-mg</sub>(1101a)的曲线相同。另一方面,F<sub>b</sub>的大小在倾斜度(1102b)方面比F<sub>a-mg</sub>(1101b)变化更大。

[0216] 通过如上所述地提供排斥型永磁体(1301、1303),如图11B所示,势能Φ<sub>Z</sub>在Z=Z<sub>b</sub>处具有最小值,而在Z=Z<sub>t</sub>处具有最大值。因此,可动元件101的位置在Z=Z<sub>b</sub>附近稳定。

[0217] 在第二示例性实施例的情况下,由于需要在与第一示例性实施例相比F<sub>a-mg</sub>的倾斜度更大的区域中稳定可动元件101的位置,因此需要进一步增大F<sub>b</sub>的倾斜度。因此,与第一示例性实施例相比,排斥型永磁体(1301、1303)的尺寸很可能较大。

[0218] 然而,在本示例性实施例中,可动元件101的位置在与Z=Z<sub>0</sub>的位置相比更靠近线圈202的位置处稳定,使得推力常数在某些情况下与Z=Z<sub>0</sub>或第一示例性实施例相比变大。因此,可以以较小的电流产生相同的推力。

[0219] 另一方面,与第一示例性实施例相比,势能的深度(1105b)趋于小于第一示例性实施例中的势能的深度(1105a)。因此,稳定度小。

[0220] 在第二示例性实施例的情况下,因为可以将线圈202和排斥型永磁体(1301、1303)设计成彼此靠近地布置,所以可以获得更紧凑的设备构造。在用于处理的处理设备是设置在可动元件101下方的沉积源140(参见图1)的情况下,如果排斥型永磁体(1301、1303)位于可动元件101下方,则排斥型永磁体(1301、1303)会干扰沉积源140。即使在这种情况下,根据本示例性实施例,也可以将永磁体(1301、1303)定位在诸如沉积源140(参考图1)的处理设备的相对侧,这有益且有利。

[0221] [第三示例性实施例]

[0222] 将参考图14描述第三示例性实施例。

[0223] 在第一示例性实施例中,已经描述了其中两行永磁体108沿X方向布置并附接至可动元件101的底表面的L侧和R侧处的端部的示例。另外,在第二示例性实施例中,已经描述了这样的示例:其中,通过将永磁体1301L和永磁体1303L以使得附接至可动元件的永磁体1301L位于下侧、而附接至定子的永磁体1303L位于上侧的方式附接至可动元件和定子,如果可动元件向上方移动,则可动元件受到排斥力。在本示例性实施例中,将描述这样的示例:其中,通过将永磁体1401L和永磁体1403L以使得附接至可动元件的永磁体1401L位于上侧、而附接至定子的永磁体1403L位于下侧的方式附接至可动元件和定子,如果可动元件向下移动,则可动元件受到排斥力。在图14中,仅示出了L侧,并且将省略对R侧的图示和描述,

因为R侧的图示和描述与L侧的相似。另外,相对于第一或第二示例性实施例中的那些构件未改变的构件被分配相同的附图标记,并且将省略其描述。在图14中,永磁体1401L附接至被附接到可动元件的顶表面的可动元件适配器105,永磁体1403L附接至被附接到定子201的支架1405L。然后,位于可动元件侧的永磁体1401L和位于定子侧的永磁体1403L被沿相互排斥的方向磁化。永磁体1401L和1403L分别附接至磁轭1402L和1404L,并且支架1305L设置在定子201和磁轭1404L之间。

[0224] 通过这种构造,如果可动元件101向下移动,则可动元件101构造成从附接至定子201的永磁体1403L接收排斥力。

[0225] 可动元件适配器105和定子的支架1305L的形状变为S形,并且容易发生大型化。然而,如果可动元件101向下移动,则可动元件101受到来自定子侧的永磁体1403L的排斥力,从而如在第一示例性实施例中那样容易使势能 $F_Z$ 变深。因此可以容易地执行稳定化。

[0226] 由于势能 $\Phi_Z$ 的定义与第一示例性实施例中的相似,因此将省略其描述。

[0227] [第四示例性实施例]

[0228] 将参考图16描述第四示例性实施例。

[0229] 在第一示例性实施例中,已经描述了其中两行永磁体108沿X方向布置并附接至可动元件101的底表面的L侧和R侧处的端部的示例。

[0230] 在本示例性实施例中,将描述其中除了第一示例性实施例中的构件外还在Y方向上布置一组永磁体1601L和1602L的示例。在图16中,仅仅示出了L侧,并且将省略R侧的图示和描述,因为R侧的图示和描述与L侧的相似。图16示出了仅仅一个永磁体1601L和仅仅一个永磁体1602L,但是沿X方向布置有多个永磁体1601L和多个永磁体1602L。另外,相对于第一或第二示例性实施例中的那些构件未改变的构件被分配相同的附图标记,并且将省略其描述。

[0231] 通过沿Y方向布置该组永磁体1601L和1602L,也可以在Y方向上稳定可动元件101的位置。

[0232] 永磁体1601L和1602L可以单独地设置,或者磁轭可以附接至永磁体的后侧。另外,永磁体1601L也将被称为第五磁体组。第五磁体组中包括的多个永磁体也将被称为第五磁体。第五磁体不限于永磁体,而是可以是电磁体。另外,永磁体1602L也将被称为第四磁体组。第四磁体组中包括的多个永磁体也将被称为第四磁体。第四磁体不限于永磁体,而是可以是电磁体。

[0233] [第五示例性实施例]

[0234] 将参考图17描述第五示例性实施例。

[0235] 在第一示例性实施例中,已经描述了其中两行永磁体108沿X方向布置并附接至可动元件101的底表面的L侧和R侧处的端部的示例。在图1中,也已经描述了其中永磁体108L和127L的形状是平板形状的示例。

[0236] 在本示例性实施例中,将描述以下示例:其中,以C形弯曲的永磁体1701L和1702L彼此面对地布置,以代替图1中所示的具有平板形状的永磁体108L和127L。在图17中,仅仅示出了L侧,并且将省略对R侧的图示和描述,因为R侧的图示和描述与L侧的相似。另外,相对于第一或第二示例性实施例中的那些构件未改变的构件被分配相同的附图标记,并且将省略其描述。

[0237] 通过布置如图17所示的以C形弯曲的永磁体1701L和1702L,也可以在Y方向上稳定可动元件101的位置。

[0238] 永磁体1701L和1702L可以单独地设置,或者磁轭可以附接至永磁体的后侧。

[0239] 在图17中,永磁体1701L和永磁体1702L具有使得永磁体1701L被永磁体1702L包围的相应形状,但是该关系可以相反以使得永磁体1702L被永磁体1701L包围。

[0240] [第六示例性实施例]

[0241] 将参考图18描述第六示例性实施例。

[0242] 在第一示例性实施例中,已经描述了其中两行永磁体108沿X方向布置并附接至可动元件101的底表面的L侧和R侧处的端部的示例。另外,已经描述了其中在图1中永磁体108L和127L的形状是平板形状的示例。

[0243] 在本示例性实施例中,将描述这样的示例:其中,代替具有图1所示的平板形状的永磁体108L,具有平板形状的永磁体1801aL和1802aL、以及也具有平板形状的永磁体1801bL和1802bL以使永磁体1801aL和1802aL面对永磁体1801bL和1802bL的方式以V形布置。在图18中,仅仅示出了L侧,并且将省略R侧的图示和描述,因为R侧的图示和描述与L侧的相似。另外,相对于第一或第二示例性实施例中的那些构件未改变的构件被分配相同的附图标记,并且将省略其描述。

[0244] 通过如图18所示以V形布置具有平板形状的永磁体1801aL和1802aL,也可以在Y方向上稳定可动元件101的位置。

[0245] 永磁体1801aL、1802aL、1801bL和1802bL可以单独地设置,或者可以将磁轭附接至永磁体的后侧。

[0246] 在图18中,永磁体1801aL和1801bL各自具有使得永磁体1801aL和1801bL被永磁体1802aL和1802bL包围的形状,但是关系可以相反以使得永磁体1802aL和1802bL被永磁体1801aL和1801bL包围。

[0247] [第七示例性实施例]

[0248] 将参考图19描述第七示例性实施例。

[0249] 在第一示例性实施例中,已经描述了其中两行永磁体108沿X方向布置并附接至可动元件101的底表面的L侧和R侧处的端部的示例。另外,已经描述了其中在图1中永磁体108L和127L的形状是平板形状的示例。

[0250] 在本示例性实施例中,将描述这样的示例:其中,以两行布置在L侧的永磁体1902aL和1902bL设置成面对永磁体108L,以代替图1中的以一行布置在L侧的永磁体127L。在图19中,仅仅示出了L侧,并且将省略R侧的图示和描述,因为R侧的图示和描述与L侧的相似。另外,相对于第一或第二示例性实施例中的那些构件未改变的构件被分配相同的附图标记,并且将省略其描述。

[0251] 通过如图19所示在L侧以两行布置永磁体1902aL和1902bL,也可以在Y方向上稳定可动元件101的位置。

[0252] 永磁体1902aL和1902bL可以单独地设置,或者可以将磁轭附接至永磁体的后侧。

[0253] 在图19中,分割的永磁体1902aL和1902bL附接在定子侧,但是可动元件侧的永磁体108L与定子侧的永磁体1902aL和1902bL之间的布置关系可以相反。

[0254] 在第一至第七示例性实施例中,线圈202和永磁体103的组合设置在可动元件101

的顶表面侧,但是该组合可以设置在可动元件101的底表面侧。在这种情况下,期望的是使用无芯线圈202。在使用无芯线圈202的情况下,当不向线圈202供应电力时,在线圈202与永磁体103之间未施加吸引力。因此,例如在图15中未施加吸引力1501。

[0255] 如上所述,根据本公开的示例性实施例,可动元件可以以非接触方式稳定地传送。

[0256] 其他实施例

[0257] 本公开的实施例还可以通过系统或设备的计算机来实现,该计算机读出并执行记录在存储介质(该存储介质还可以被更完整地称为“非暂时性的计算机可读存储介质”)上的计算机可执行指令(例如,一个或多个程序)以执行一个或多个上述实施例的功能、和/或该计算机包括用于执行一个或多个上述实施例的功能的一个或多个电路(例如,专用集成电路(ASIC)),并且本公开的实施例还可以借助该系统或设备的计算机通过例如从存储介质读出并执行计算机可执行指令以执行一个或多个上述实施例的功能和/或通过控制所述一个或多个电路以执行一个或多个上述实施例的功能而实施的方法来实现。计算机可以包括一个或多个处理器(例如,中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU))并且可以包括独立计算机或独立处理器的网络,以读出并执行计算机可执行指令。计算机可执行指令可以例如从网络或存储介质提供至计算机。存储介质可以包括例如硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、分布式计算系统的存储器、光盘(例如光碟(CD)、数字化通用碟(DVD)、或蓝光盘(BD)<sup>TM</sup>)、闪存装置、存储卡等中的一个或多个。

[0258] 其他实施例

[0259] 本发明的实施例还可以通过如下的方法来实现,即,通过网络或者各种存储介质将执行上述实施例的功能的软件(程序)提供给系统或装置,该系统或装置的计算机或是中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU)读出并执行程序的方法。

[0260] 尽管已经参考示例性实施例描述了本公开,但是应当理解,本公开不限于所公开的示例性实施例。所附权利要求的范围应被赋予最宽泛的解释,以涵盖所有这样的修改以及等同的结构和功能。

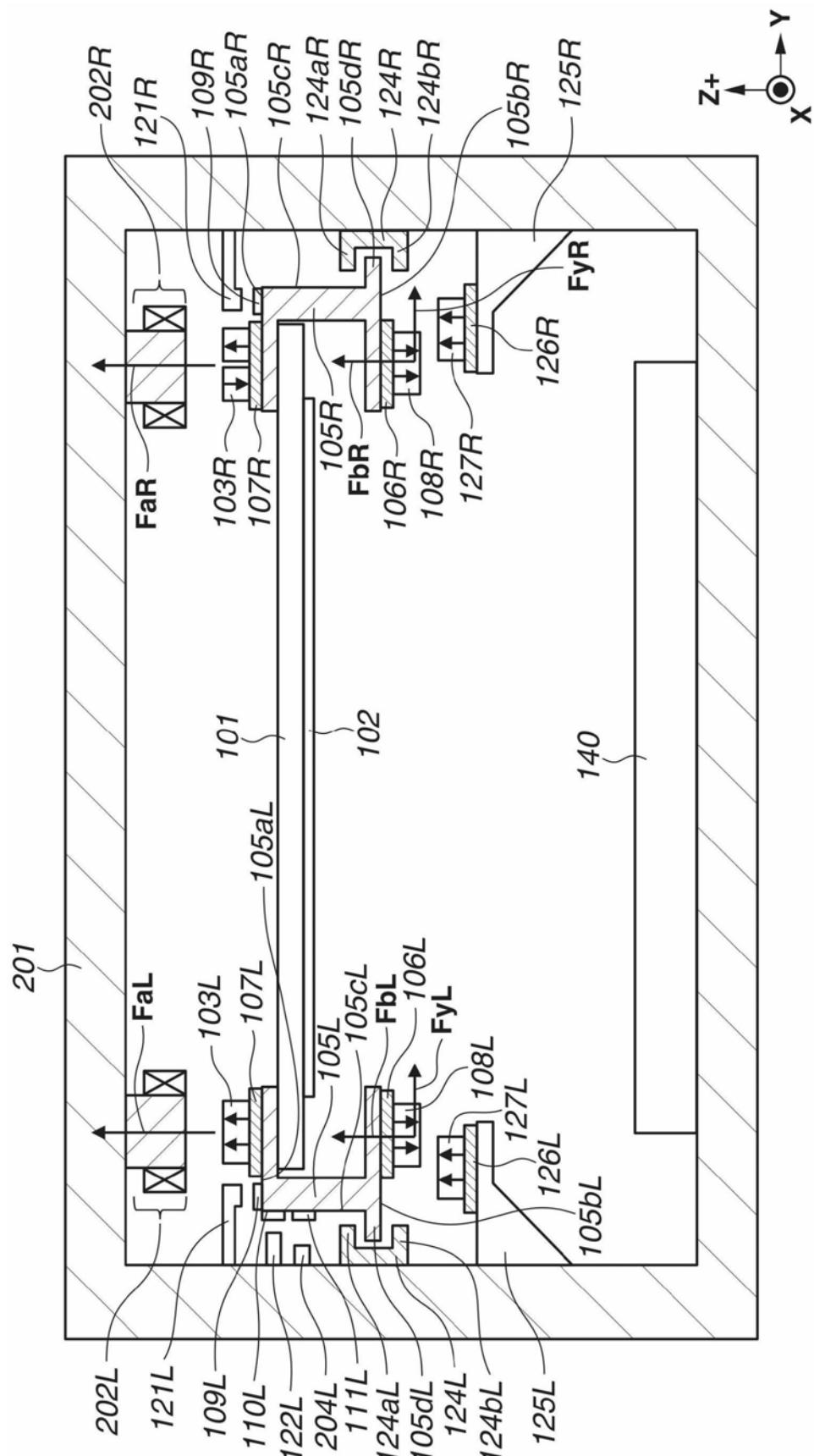


图1

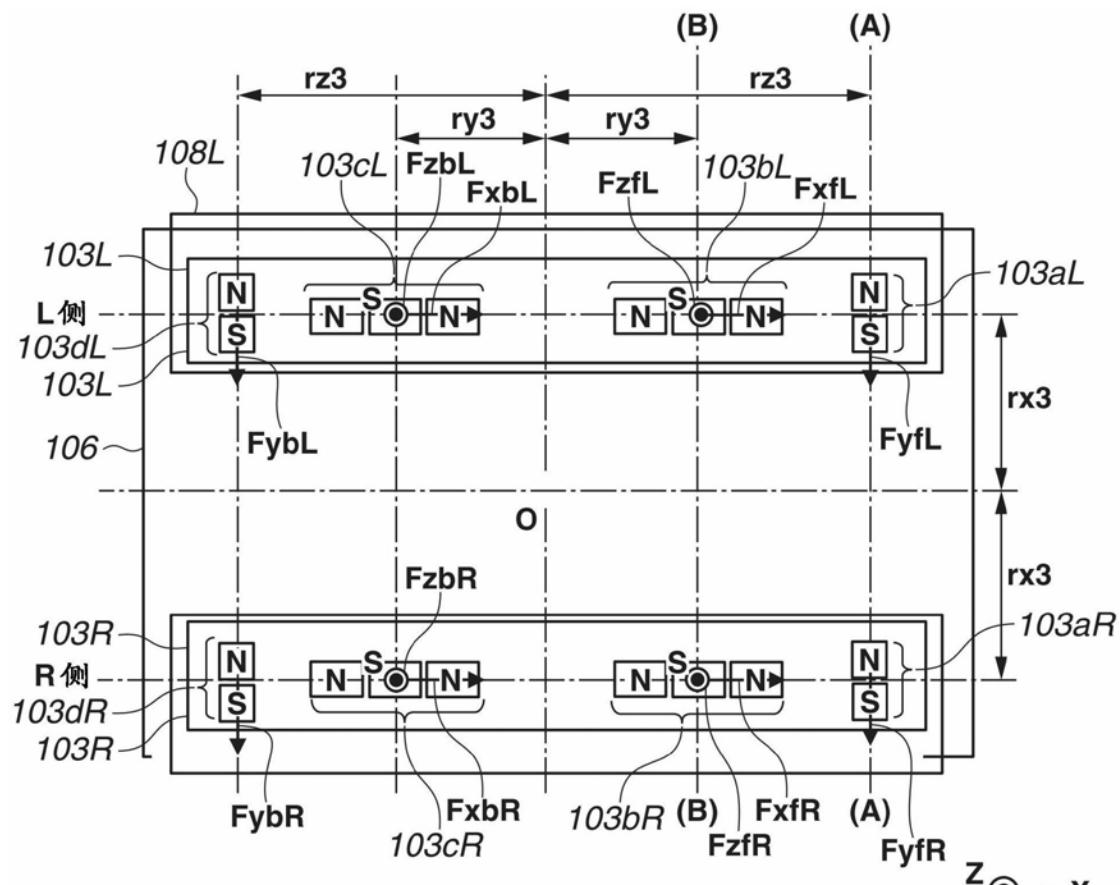


图 2A



图 2B

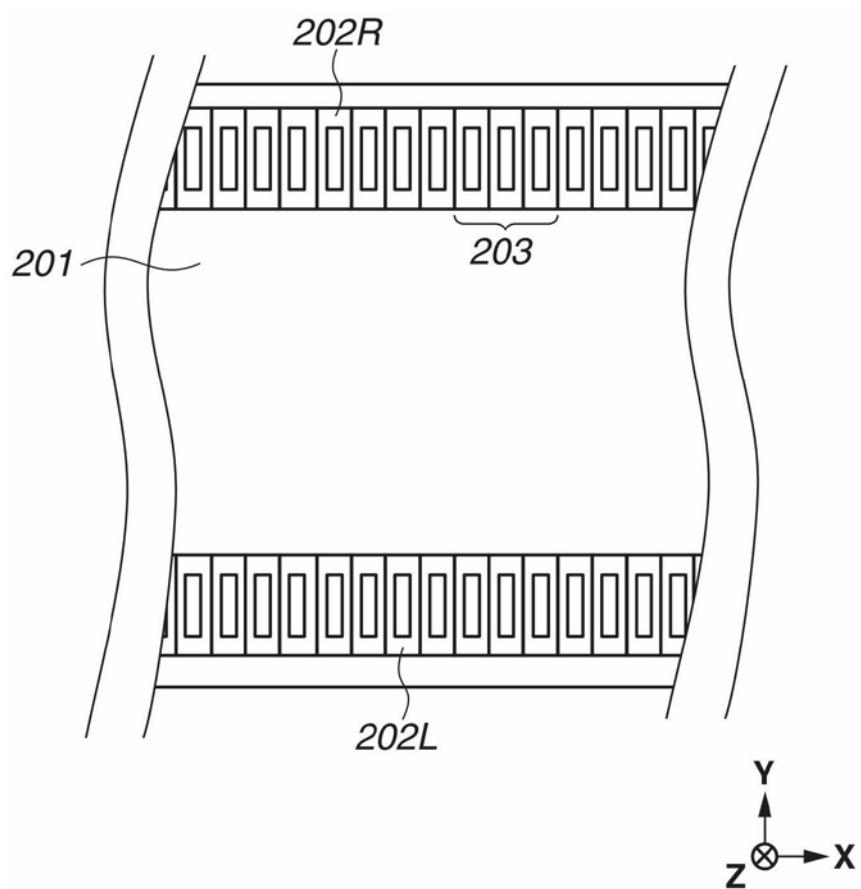


图3

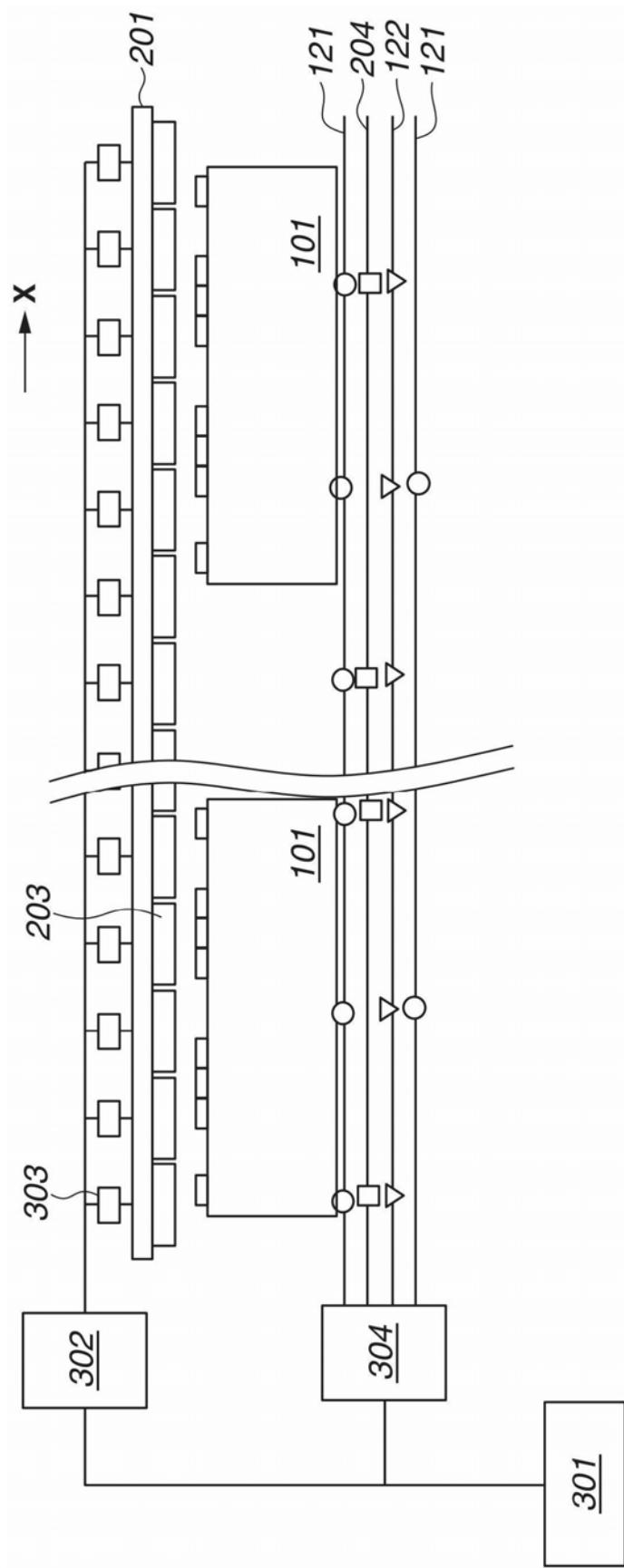


图4

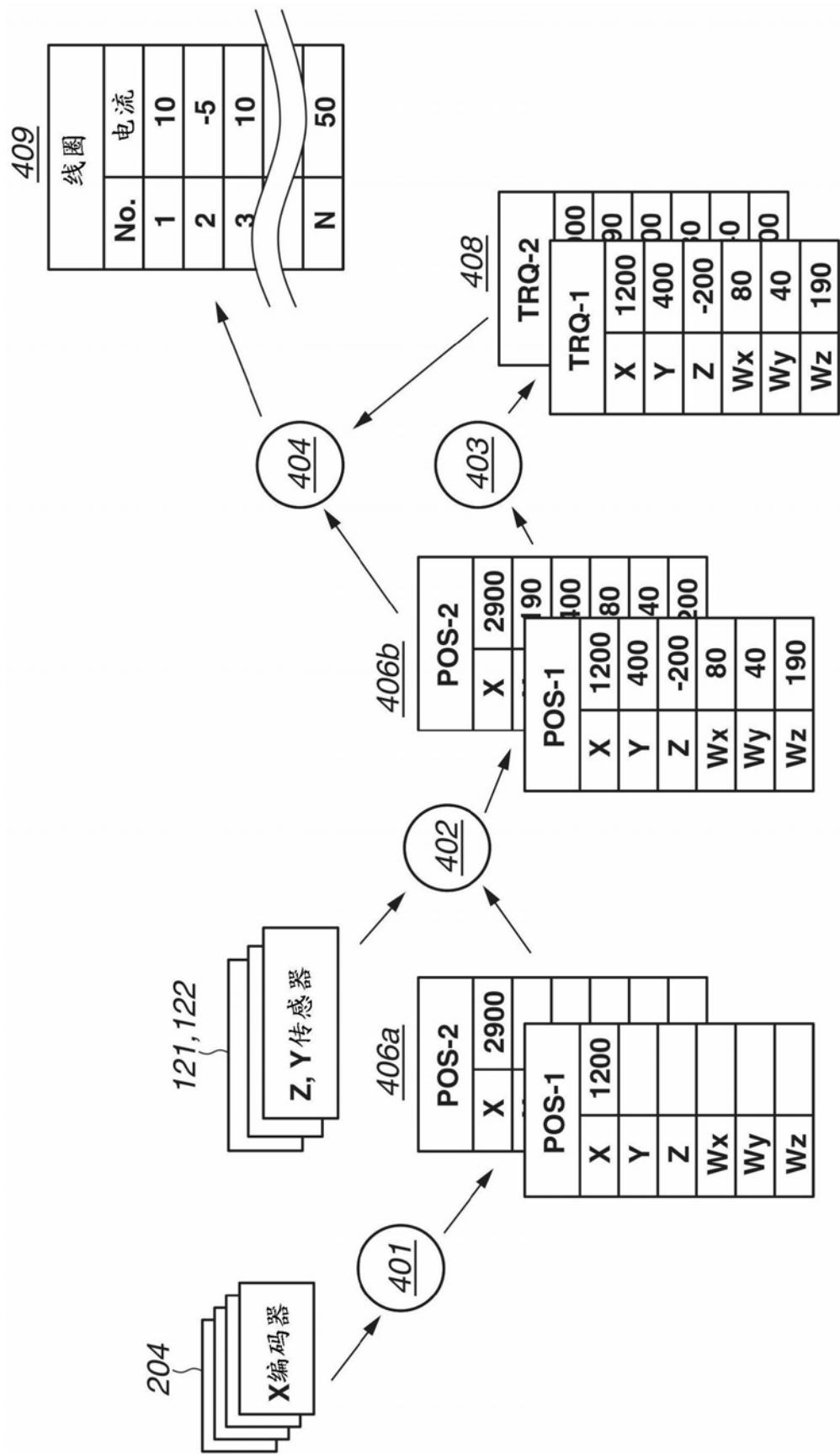


图5

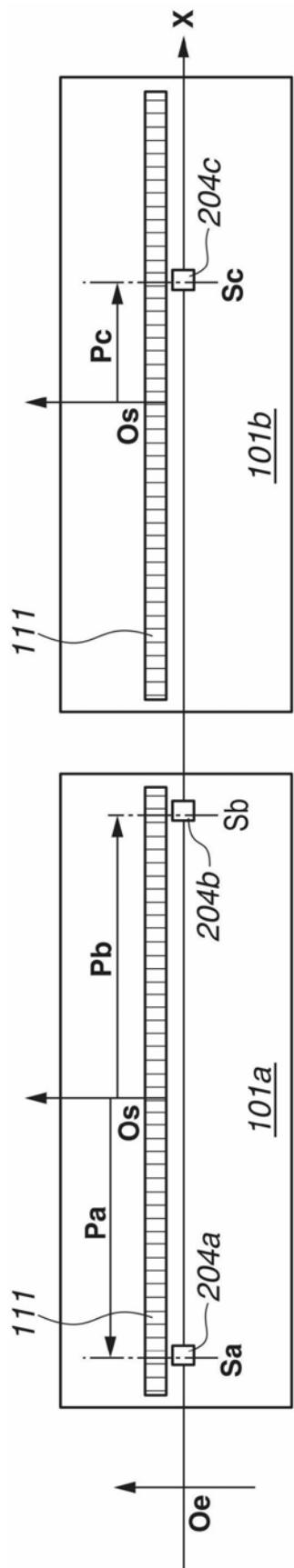


图6

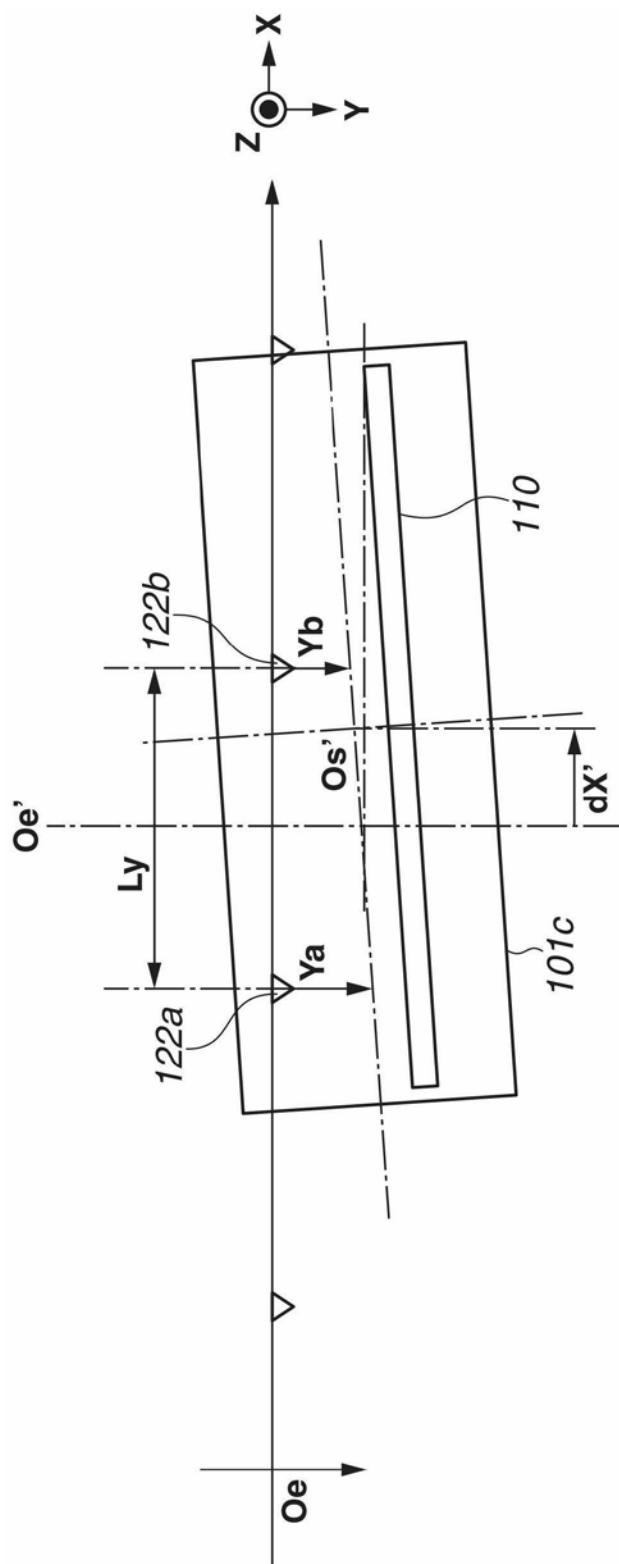


图7

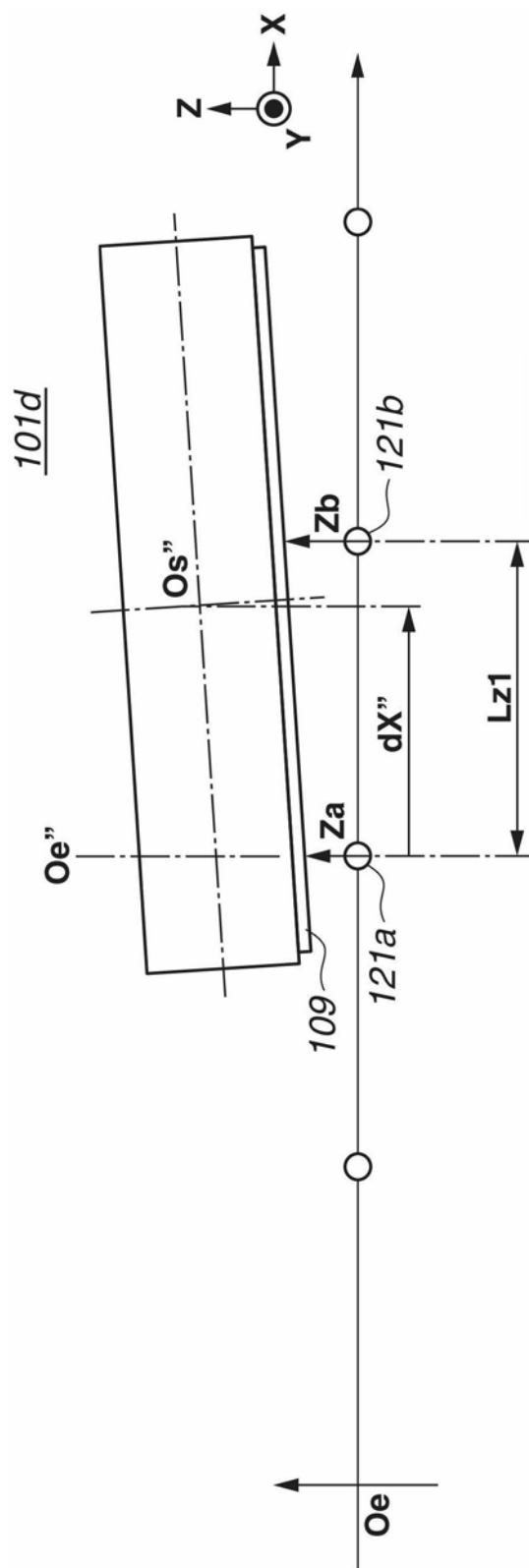


图8A

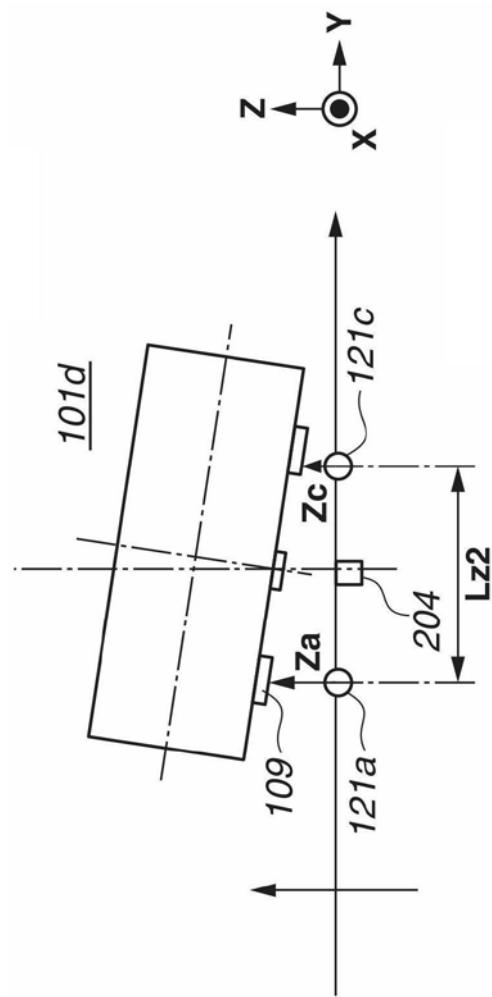


图8B

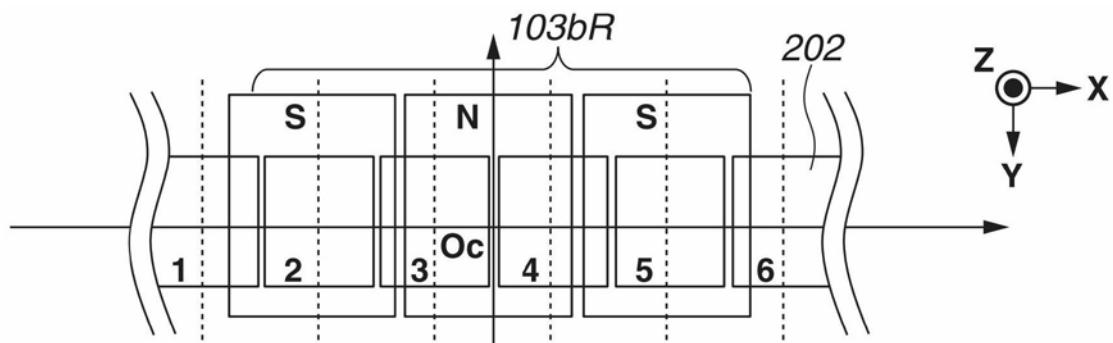


图9A

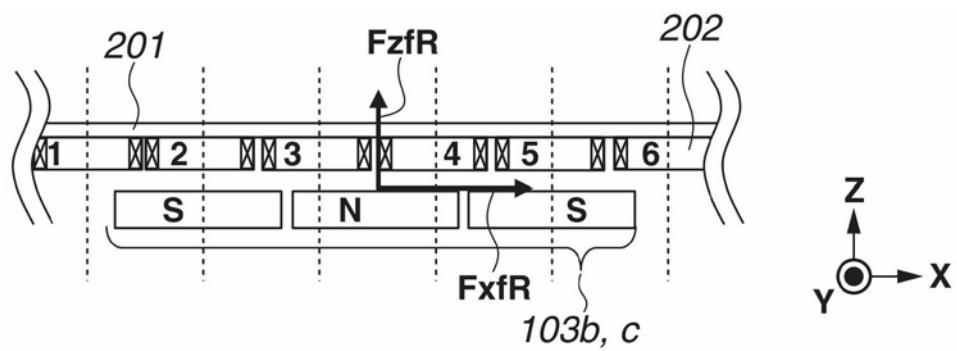


图9B

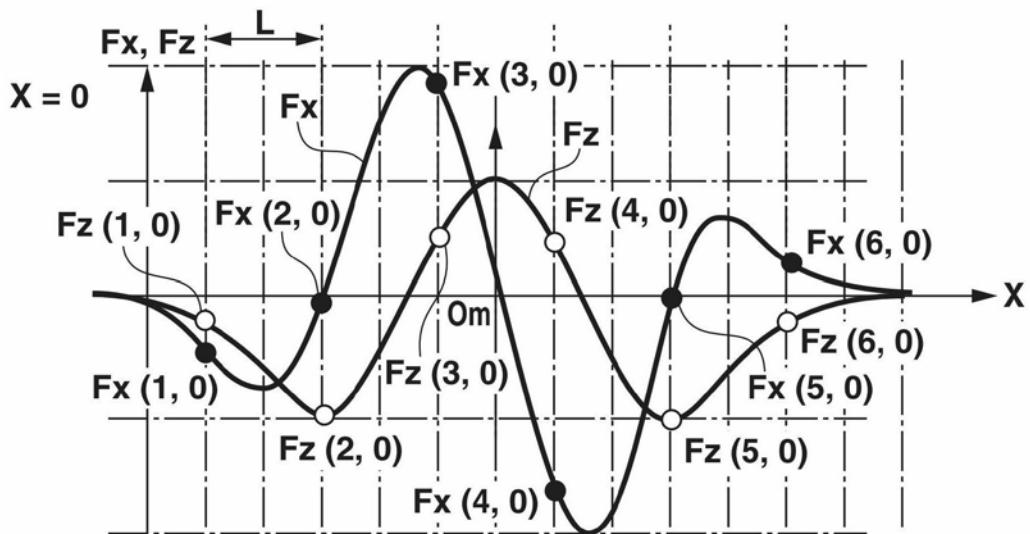


图9C

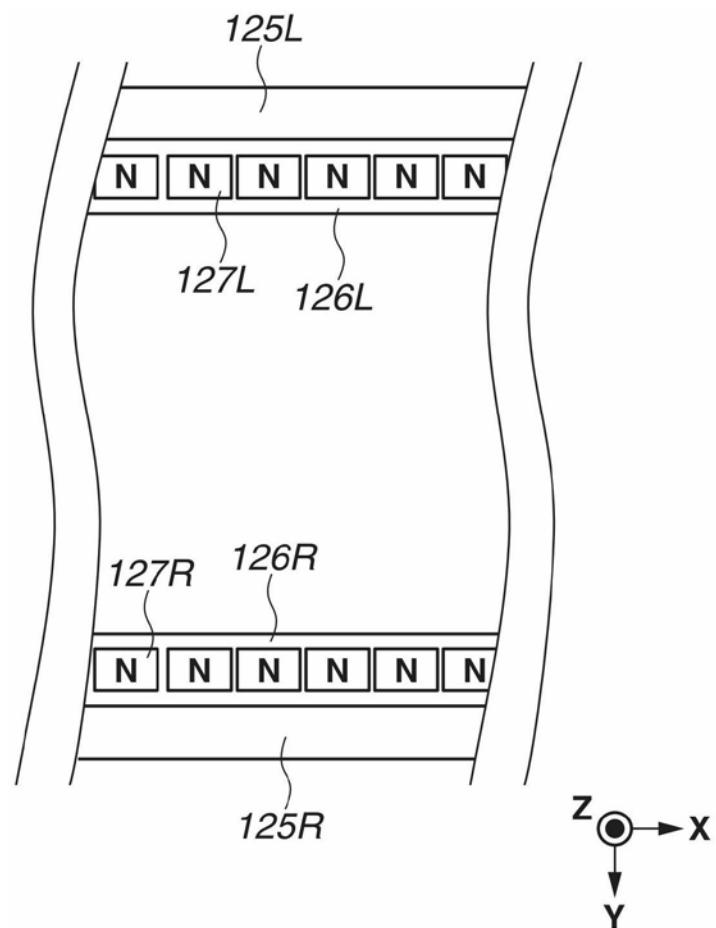


图10

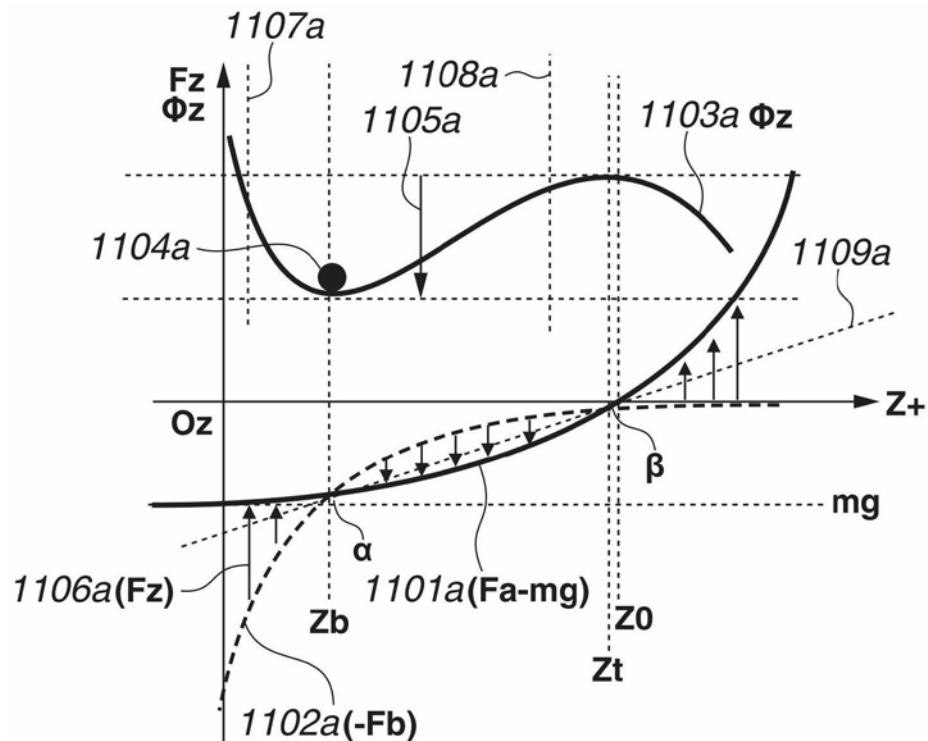


图11A

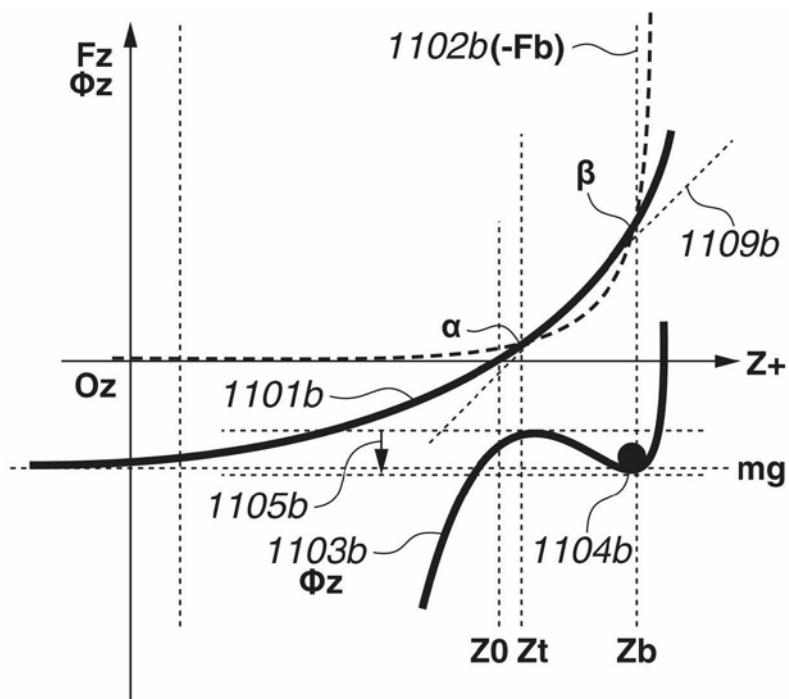


图11B

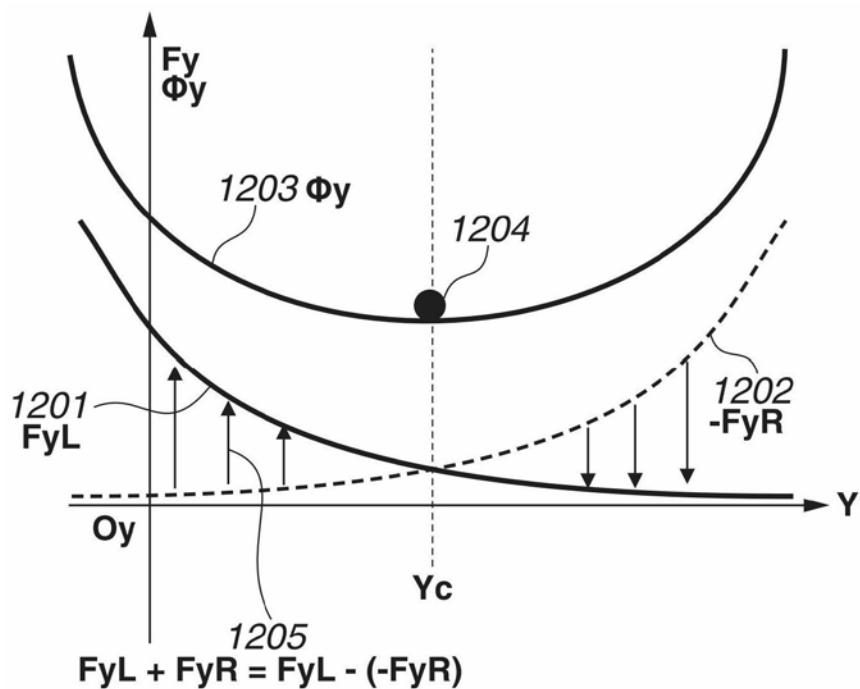


图12

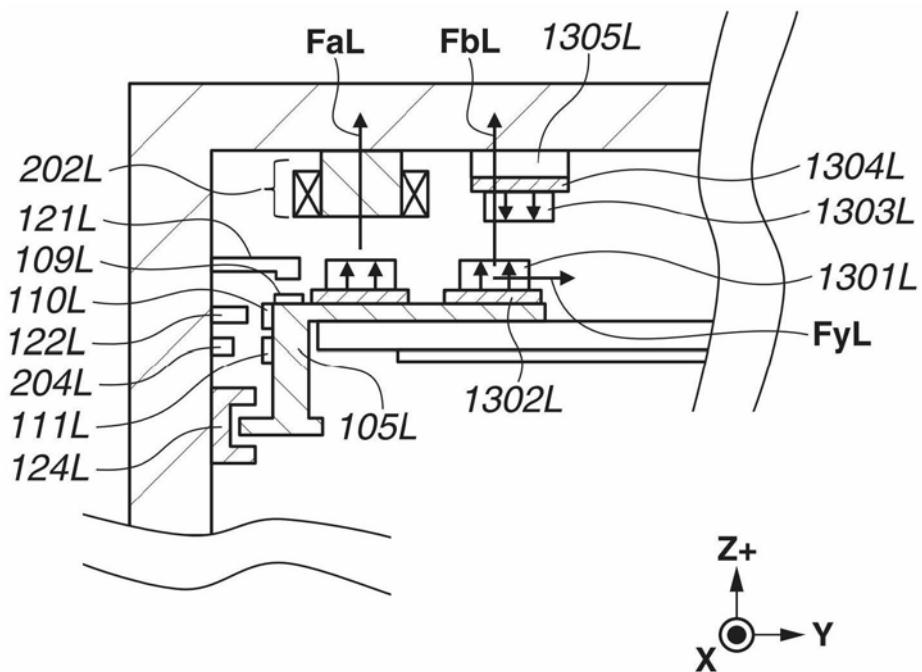


图13

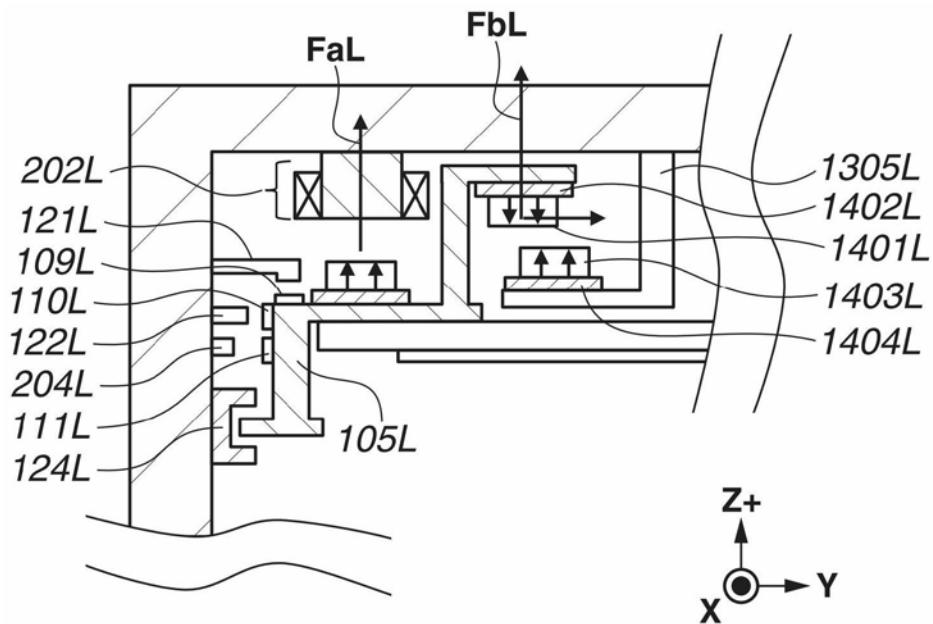


图14

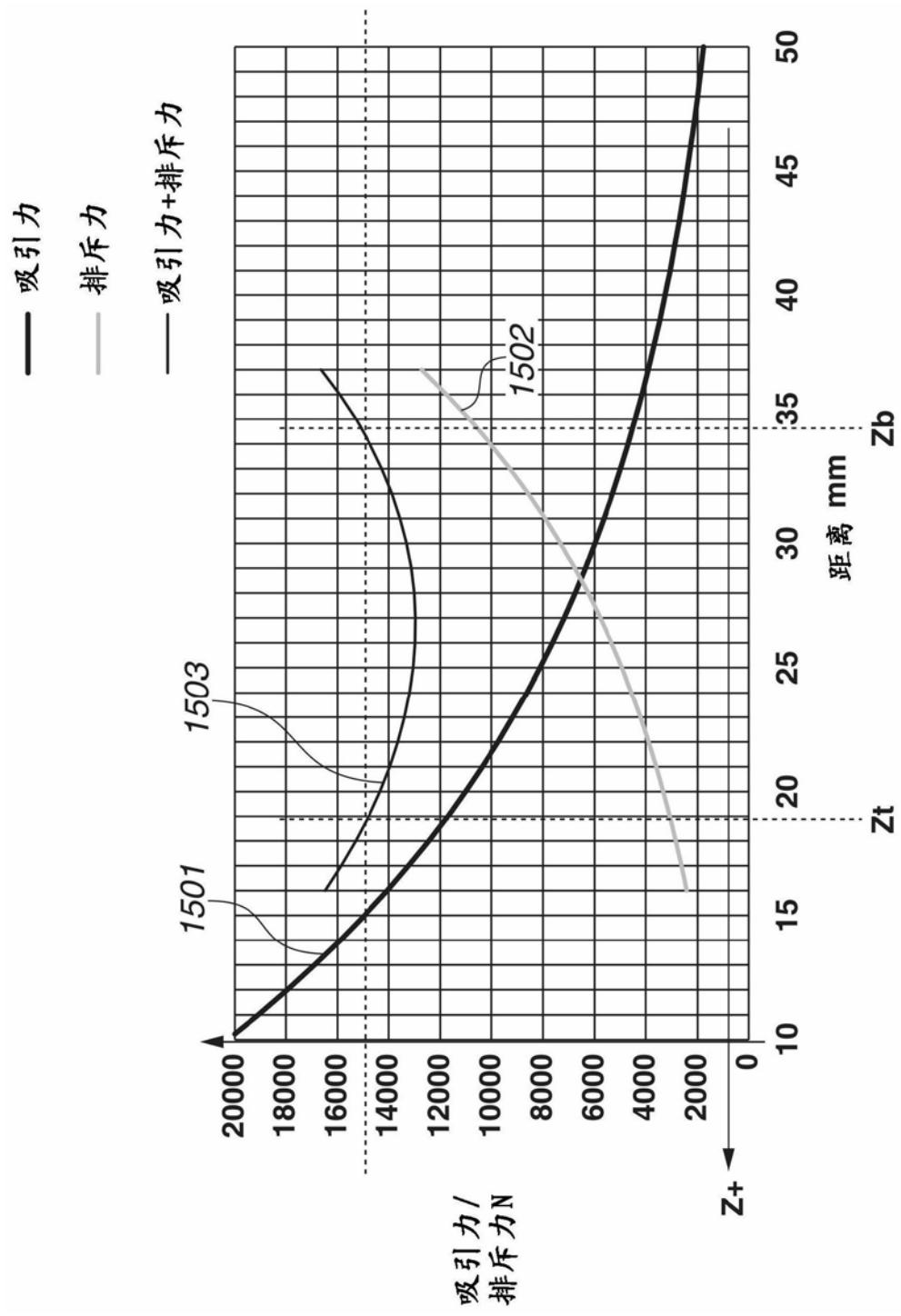


图15

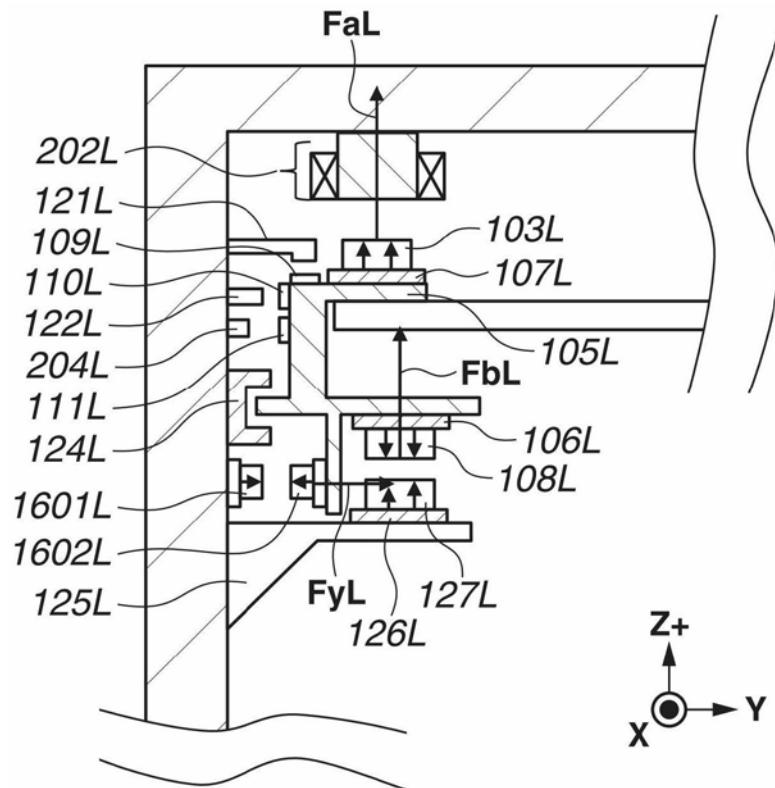


图16

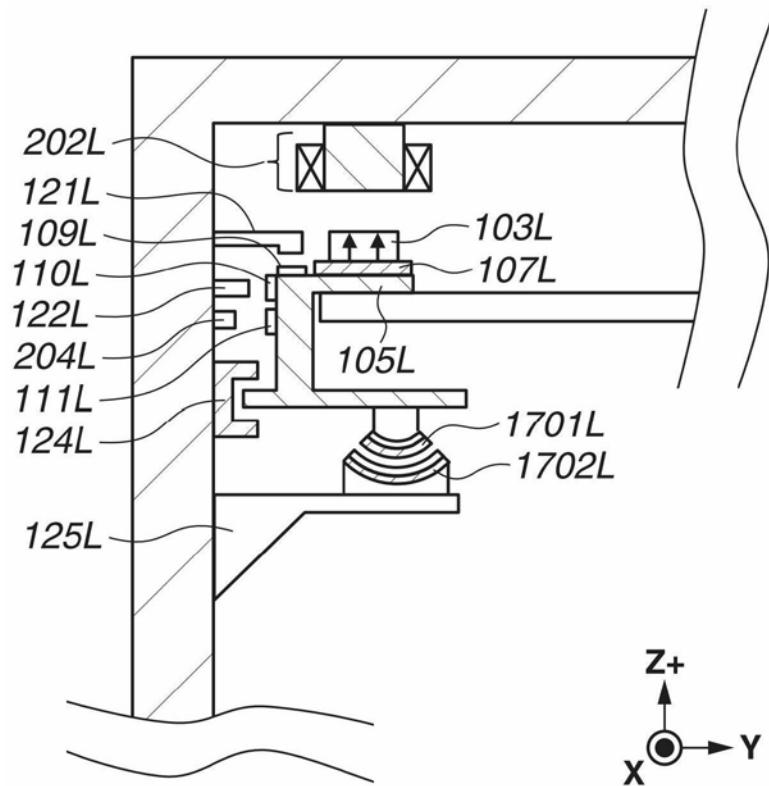


图17

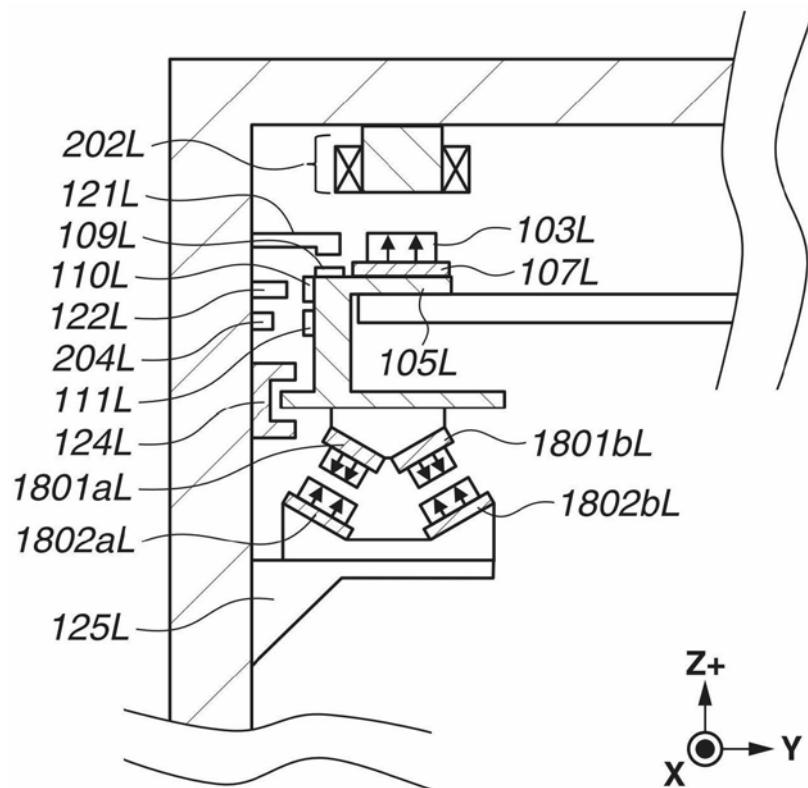


图18

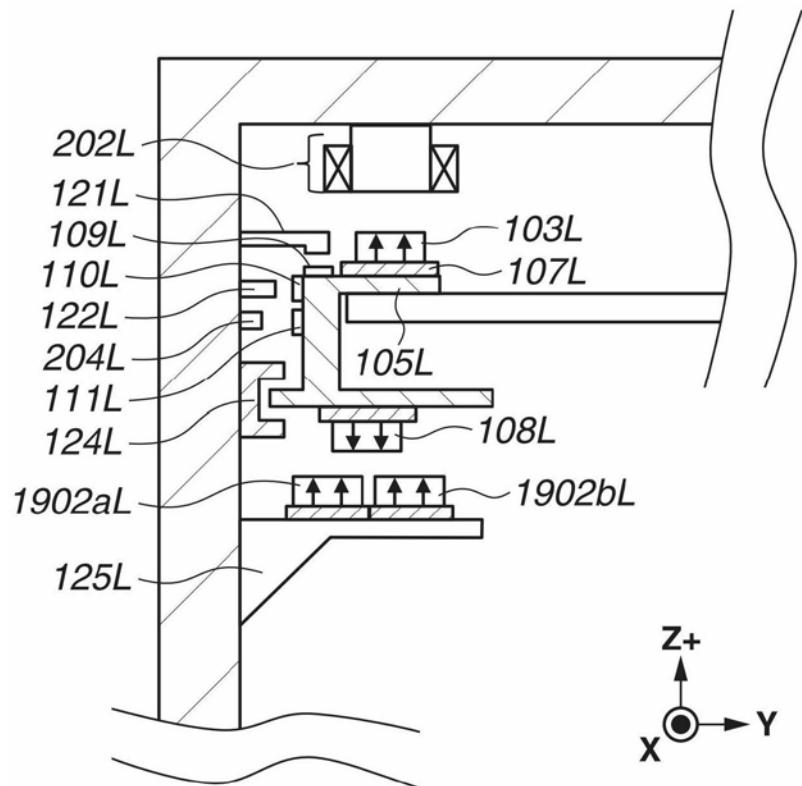


图19