



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113258746 B

(45) 授权公告日 2024. 12. 31

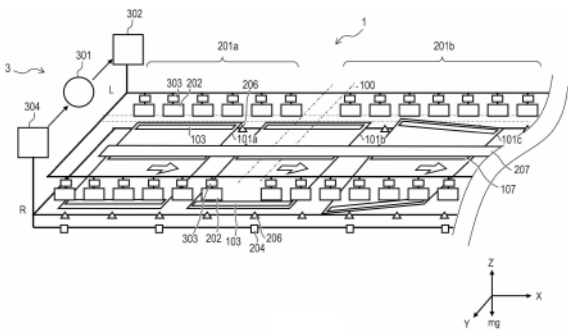
(21) 申请号 202110154441.7
(22) 申请日 2021.02.04
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 113258746 A
(43) 申请公布日 2021.08.13
(30) 优先权数据
 2020-019842 2020.02.07 JP
(73) 专利权人 佳能株式会社
 地址 日本东京
(72) 发明人 山本武
(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
 有限公司 11038
 专利代理师 罗闻

(51) Int.Cl.
 H02K 41/03 (2006.01)
(56) 对比文件
 JP H0917846 A, 1997.01.17
 US 2004126907 A1, 2004.07.01
 审查员 戴腾运

权利要求书3页 说明书30页 附图30页

(54) 发明名称
 输送系统

(57) 摘要
 一种输送系统包括：动子，所述动子能够在输送方向上移动；定子，所述定子具有沿所述输送方向布置的多个线圈，并利用施加有电流的所述多个线圈向所述动子施加力；获取单元，所述获取单元获取沿所述输送方向移动的所述动子的位置和姿态；以及控制单元，所述控制单元确定施加至所述多个线圈的电流值并基于所述动子的位置和姿态来控制所述力。



1. 一种输送系统,包括:

动子,所述动子能够在第一方向上移动;

定子,所述定子具有沿所述第一方向布置的多个线圈,并通过利用施加有电流的所述多个线圈向所述动子施加力;

获取单元,所述获取单元获取沿所述第一方向移动的所述动子的位置和姿态;以及

控制单元,所述控制单元基于所述动子的所获取的位置和所获取的姿态来控制施加至所述多个线圈的电流所产生的力,

其中,所述动子具有永磁体阵列,所述永磁体阵列包括沿着所述第一方向布置有多个永磁体的第一永磁体阵列以及沿着与所述第一方向和垂直方向相交的第三方向布置有多个永磁体的第二永磁体阵列,

其中,所述多个线圈与所述第一永磁体阵列和所述第二永磁体阵列面对,

其中,所述获取单元获取因所述第一方向或所述第三方向上的位移而引起的动子的扭转,并且

其中,所述控制单元通过控制施加至所述多个线圈的电流来控制所述动子的扭转,从而消除所述动子的扭转。

2. 根据权利要求1所述的输送系统,

其中,作为所述位置和所述姿态,所述获取单元获取:

所述第一方向上的位移,以及

在与所述第一方向交叉的所述垂直方向上的位移、在所述第三方向上的位移、在围绕沿着所述第一方向的轴线的第四方向上的位移、在围绕沿着所述垂直方向的轴线的第五方向上的位移、以及在围绕沿着所述第三方向的轴线的第六方向上的位移中的至少一个。

3. 根据权利要求2所述的输送系统,

其中,所述动子具有第一磁轭板,

其中,所述多个线圈包括与所述第一磁轭板面对的多个第一线圈,并且

其中,所述控制单元通过控制施加至所述第一线圈的电流来控制所述力在所述垂直方向上的分量、在所述第四方向上的分量以及在所述第六方向上的分量中的至少一个。

4. 根据权利要求3所述的输送系统,其中,所述多个第一线圈沿着所述垂直方向与所述第一磁轭板面对。

5. 根据权利要求2至4中任一项所述的输送系统,

其中,所述动子具有第二磁轭板,

其中,所述多个线圈包括与所述第二磁轭板面对的多个第二线圈,并且

其中,所述控制单元通过控制施加至所述多个第二线圈的电流来控制所述力在所述第三方向上的分量以及在所述第五方向上的分量中的至少一个。

6. 根据权利要求5所述的输送系统,其中,所述多个第二线圈沿着所述第三方向与所述第二磁轭板面对。

7. 根据权利要求4所述的输送系统,

其中,所述动子具有导电板,

其中,所述多个线圈包括与所述导电板面对的多个第三线圈,并且

其中,所述控制单元通过控制施加至所述多个第三线圈的电流来控制所述力在所述第

一方向上的分量。

8. 根据权利要求3或4所述的输送系统，

其中，所述动子具有永磁体阵列，在所述永磁体阵列中，多个永磁体沿着所述第一方向布置，

其中，所述多个线圈包括与所述永磁体阵列面对的多个第二线圈，并且

其中，所述控制单元通过控制施加至所述多个第二线圈的电流来控制所述力在所述第一方向上的分量、所述力在所述第三方向上的分量以及在所述第五方向上的分量中的至少任意一个。

9. 根据权利要求2至4中任一项所述的输送系统，

其中，所述动子具有永磁体阵列，在所述永磁体阵列中，多个永磁体沿着所述第一方向布置，

其中，所述多个线圈包括与所述永磁体阵列面对的多个第一线圈，并且

其中，所述控制单元通过控制施加至所述多个第一线圈的电流来控制所述力在所述第一方向上的分量、所述力在所述垂直方向上的分量、所述力在所述第四方向上的分量以及所述力在所述第六方向上的分量中的至少一个。

10. 根据权利要求9所述的输送系统，

其中，所述动子具有磁轭板，

其中，所述多个线圈包括与所述磁轭板面对的多个第二线圈，并且

其中，所述控制单元通过控制施加至所述多个第二线圈的电流来控制所述力在所述第三方向上的分量以及所述力在所述第五方向上的分量中的至少任意一个。

11. 根据权利要求10所述的输送系统，其中，所述多个第二线圈沿着所述第三方向与所述磁轭板面对。

12. 根据权利要求2至4中任一项所述的输送系统，

其中，所述控制单元通过控制施加至所述多个线圈的电流来控制所述第一方向至第六方向的相应分量中的至少一个。

13. 根据权利要求12所述的输送系统，其中，在所述第一永磁体阵列中还设置有沿所述第一方向安装的磁轭板。

14. 根据权利要求12所述的输送系统，

其中，所述动子在所述垂直方向上比在所述第三方向上大，并且

其中，所述永磁体阵列安装在从所述动子的侧表面和下表面中选择的至少一个上以及安装在所述动子的上表面上。

15. 根据权利要求12所述的输送系统，其中，所述永磁体阵列安装在所述动子的下表面上。

16. 根据权利要求12所述的输送系统，

其中，所述动子构造成被翻转，使得上表面和下表面调换，并且

其中，所述永磁体阵列被设置到所述动子上，使得所述多个线圈构造成在所述动子翻转前后与所述动子面对。

17. 根据权利要求1至4中任一项所述的输送系统，

其中，所述线圈具有芯和围绕所述芯卷绕的绕组，并且

其中,在所述芯的内部设置有永磁体。

18.一种处理系统,包括:

根据权利要求1至17中任一项所述的输送系统;以及
对由所述动子输送的工件进行处理的处理装置。

19.一种物品制造方法,所述物品制造方法用于通过使用根据权利要求18所述的处理系统来制造物品,所述物品制造方法包括以下步骤:

通过使用动子来输送工件;以及

通过使用所述处理装置,对由所述动子输送的所述工件进行处理。

输送系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种输送系统。

背景技术

[0002] 通常,在用于组装工业产品的生产线、半导体曝光装置等中使用输送系统。特别地,生产线中的输送系统在工厂自动化生产线中的多个工位之间或在工厂自动化生产线之间输送诸如部件的工件。此外,这样的输送系统可以用作处理装置内的输送装置。作为输送系统,已经提出了具有可移动磁体型线性马达的输送系统。

[0003] 在具有可移动磁体型线性马达的输送系统中,使用涉及机械接触的引导装置(例如线性引导件)来构造该输送系统。但是,在使用诸如线性引导件的引导装置的输送系统中,存在由于线性引导件的滑动部产生的污染物(例如轨道或轴承的磨损片或润滑油、其挥发物等)而导致生产率降低的问题。另外,存在由于高速输送时滑动部的摩擦增大而导致线性引导件的寿命缩短的问题。

[0004] 因此,日本专利No.6538710公开了一种能够以非接触方式输送动子的磁浮式输送装置。日本专利No.6538710中公开的磁浮式输送装置利用沿着动子的输送方向以恒定间隔布置在腔室上方的浮起用线圈和布置在腔室侧面上的定子线圈实现了非接触输送。

[0005] 然而,在日本专利No.6538710所公开的输送装置中,在动子和各个线圈之间以封闭方式执行对动子和浮起用线圈之间的距离的控制,因此难以进行动子的稳定输送。

发明内容

[0006] 根据本发明的一个方面,提供了一种输送系统,所述输送系统包括:动子,所述动子能够在输送方向上移动;定子,所述定子具有沿所述输送方向布置的多个线圈,并通过利用施加有电流的所述多个线圈向所述动子施加力;获取单元,所述获取单元获取沿所述输送方向移动的所述动子的位置和姿态;以及控制单元,所述控制单元基于所述动子的所获取的位置和所获取的姿态来控制施加至所述多个线圈的电流所产生的力。

[0007] 通过下文参考附图对示例性实施例的描述,本发明的其他特征将变得明显。

附图说明

[0008] 图1是示出了根据本发明第一实施例的输送系统的构造的示意图。

[0009] 图2是示出了根据本发明第一实施例的输送系统的构造的示意图。

[0010] 图3是示出了根据本发明第一实施例的输送系统中的线圈以及与线圈相关的构造的示意图。

[0011] 图4是示出了根据本发明第一实施例的控制输送系统的控制系统的示意图。

[0012] 图5是示出了根据本发明第一实施例的输送系统中的动子的姿态控制方法的示意图。

[0013] 图6是示出了用于在根据本发明第一实施例的输送系统中控制动子的位置和姿态

的控制块的示例的示意图。

[0014] 图7A是示出了在根据本发明第一实施例的输送系统中使用动子位置计算函数的处理的示意图。

[0015] 图7B是示出了在根据本发明第一实施例的输送系统中使用动子位置计算函数的处理的示意图。

[0016] 图8是示出了在根据本发明第一实施例的输送系统中使用动子姿态计算函数的处理的示意图。

[0017] 图9A是示出了在根据本发明第一实施例的输送系统中使用动子姿态计算函数的处理的示意图。

[0018] 图9B是示出了在根据本发明第一实施例的输送系统中使用动子姿态计算函数的处理的示意图。

[0019] 图10是示出了在根据本发明第一实施例的输送系统中作用在附接至动子的磁轭板上的力与作用在动子101上的力分量及转矩分量的关系的示意图。

[0020] 图11是示意性地示出了在根据本发明第一实施例的输送系统中Z方向上的推力常数曲线的曲线图。

[0021] 图12A是示出了根据本发明第一实施例的输送系统中的定子的线圈的示意图。

[0022] 图12B是示出了根据本发明第一实施例的输送系统中的定子的线圈的示意图。

[0023] 图13是示意性地示出了在根据本发明第一实施例的输送系统中施加至线圈的电流流量与作用在线圈和磁轭板之间的吸引力的大小之间的关系的曲线图。

[0024] 图14是沿Z方向从上往下观察时根据本发明第一实施例的输送系统中的动子的示意图。

[0025] 图15是示意性地示出了在根据本发明第一实施例的输送系统中Y方向上的吸引力曲线的曲线图。

[0026] 图16是示出了根据本发明第二实施例的输送系统的构造的示意图。

[0027] 图17A是示出了在根据本发明第二实施例的输送系统中通过使用线圈和永磁体阵列独立地向动子施加力分量 T_x 和 T_y 以及转矩分量 T_{wz} 的方法的示意图。

[0028] 图17B是示出了在根据本发明第二实施例的输送系统中通过使用线圈和永磁体阵列独立地向动子施加力分量 T_x 和 T_y 以及转矩分量 T_{wz} 的方法的示意图。

[0029] 图17C是示出了在根据本发明第二实施例的输送系统中通过使用线圈和永磁体阵列独立地向动子施加力分量 T_x 和 T_y 以及转矩分量 T_{wz} 的方法的示意图。

[0030] 图18是示出了根据本发明第三实施例的输送系统的构造的示意图。

[0031] 图19A是示出了在根据本发明第三实施例的输送系统中通过使用线圈和永磁体阵列独立地向动子101施加力分量 T_x 和 T_z 以及转矩分量 T_{wx} 、 T_{wy} 和 T_{wz} 的方法的示意图。

[0032] 图19B是示出了在根据本发明第三实施例的输送系统中通过使用线圈和永磁体阵列独立地向动子101施加力分量 T_x 和 T_z 以及转矩分量 T_{wx} 、 T_{wy} 和 T_{wz} 的方法的示意图。

[0033] 图20是示出了根据本发明第四实施例的输送系统的构造的示意图。

[0034] 图21A是示出了根据本发明第四实施例的输送系统的构造的示意图。

[0035] 图21B是示出了根据本发明第四实施例的输送系统中的q轴推力常数曲线、h轴常数曲线和d轴推力常数曲线的示意图。

[0036] 图22是示出了在根据本发明第四实施例的输送系统中在h轴方向(Y方向)上产生力的原理的示意图。

[0037] 图23A是示意性地示出了在根据本发明第五实施例的输送系统中动子在被扭转的同时沿X方向被输送的情况的示意图。

[0038] 图23B是示意性地示出了在根据本发明第五实施例的输送系统中动子在被扭转的同时沿X方向被输送的情况的示意图。

[0039] 图24A是示出了根据本发明第六实施例的输送系统的构造的示意图。

[0040] 图24B是示出了根据本发明第六实施例的输送系统中的q轴推力常数曲线、h轴常数曲线和d轴推力常数曲线的曲线图。

[0041] 图25A是示出了根据本发明第七实施例的输送系统的构造的示意图。

[0042] 图25B是示出了根据本发明第七实施例的输送系统的构造的示意图。

[0043] 图26是示出了根据本发明第八实施例的输送系统的构造的示意图。

[0044] 图27是示出了根据本发明第九实施例的输送系统的构造的示意图。

[0045] 图28A是示出了根据本发明第十实施例的输送系统的构造的示意图。

[0046] 图28B是示出了根据本发明第十一实施例的输送系统的构造的示意图。

[0047] 图29是示出了根据本发明第十二实施例的输送系统的构造的示意图。

具体实施方式

[0048] 第一实施例

[0049] 下面将参考图1至图15描述本发明的第一实施例。

[0050] 首先,将参考图1至图3描述根据本实施例的输送系统1的构造。图1和图2是示出了根据本实施例的包括动子101和定子201的输送系统1的构造的示意图。注意,图1和图2分别是每个动子101和每个定子201的提取的主要部分的视图。此外,图1是从斜上方观察时动子101的示图,图2是从稍后描述的X方向观察时动子101和定子201的示图。图3是示出了输送系统1中的线圈202、207和208以及与线圈202、207和208相关的构造的示意图。

[0051] 如图1和图2所示,根据本实施例的输送系统1具有形成载体、台车或滑块的动子101以及形成输送路径的定子201。此外,输送系统1具有综合控制器301、线圈控制器302、线圈单元控制器303和传感器控制器304。注意,图1示出了三个动子101a、101b和101c作为动子101以及两个定子201a和201b作为定子201。在以下描述中,在不需要特别区分可能以多个部件存在的部件(例如,动子101和定子201)时,使用仅包括其他部件共有的数字的附图标记,如果需要则在附图标记后面附加小写字母以区分各个部件。此外,在将动子101的R侧的部件和动子101的L侧的部件彼此区分时,在小写字母之后附加表示R侧的“R”或表示L侧的“L”。

[0052] 根据本实施例的输送系统1是具有感应式线性马达的输送系统,该感应式线性马达在定子201的线圈207与动子101的导电板107之间产生电磁力,并向动子101施加X方向的推力。进一步地,根据本实施例的输送系统1是使动子101浮起并以非接触方式输送动子101的磁浮式输送系统。根据本实施例的输送系统1形成处理系统的一部分,该处理系统还具有对由动子101输送的工件102进行处理的处理装置。

[0053] 例如,通过利用定子201输送动子101,输送系统1将由动子101保持的工件102输送

至对工件102进行处理作业的处理装置。该处理装置没有特别限制,其可以是例如在作为工件102的玻璃基板上形成膜的成膜装置(例如汽相沉积装置、溅射装置等)。注意,尽管图1对于两个定子201示出了三个动子101,但数量不限于此。在输送系统1中,可以在一个或多个定子201上输送一个或多个动子101。

[0054] 在此,定义在以下描述中所使用的坐标轴、方向等。首先,沿着作为动子101的输送方向的水平方向取X轴,并且将动子101的输送方向定义为X方向。另外,沿着垂直方向(与X方向正交的方向)取Z轴,并且将该垂直方向定义为Z方向。垂直方向对应于重力方向(mg方向)。另外,沿着与X方向和Z方向正交的方向取Y轴,并且将与X方向和Z方向正交的方向定义为Y方向。此外,将围绕X轴的旋转方向定义为W_x方向,将围绕Y轴的旋转方向定义为W_y方向,将围绕Z轴的旋转方向定义为W_z方向。此外,使用“*”作为乘法符号。此外,将动子101的中心定义为原点O_c,将Y+侧表示为R侧,将Y-侧表示为L侧。注意,尽管动子101的输送方向不一定要是水平方向,但是在将输送方向定义为X方向的这种情况下,也可以类似地定义Y方向和Z方向。注意,X方向、Y方向和Z方向不必局限于相互正交的方向,也可以定义为相互交叉的方向。

[0055] 此外,将输送方向上的位移定义为位置,将其他方向上的位移与稍后描述的扭转方向上的位移、姿态、位置和姿态一起定义为状态。另外,在以下描述中使用的q轴以及d轴的表示法分别与同步马达控制中通常使用的矢量控制中的q轴以及d轴的表示法相同。将沿着q轴的方向定义为q轴方向,将沿着d轴的方向定义为d轴方向。

[0056] 此外,在以下描述中使用的符号如下。注意,每个符号以重复的方式用于线圈202、207和208的各个情况。

[0057] O_c:动子101的原点

[0058] O_s:线性标尺104的原点

[0059] O_e:定子201的原点

[0060] j:用于识别线圈的指标

[0061] (注意,j是满足 $1 \leq j \leq N$ 的整数,其中N是大于或等于2的整数)

[0062] N:所安装的线圈的数量

[0063] I_j:施加至第j个线圈上的电流量

[0064] P:包括动子101的位置和姿态的状态(X、Y、Z、W_x、W_y、W_z)

[0065] X(j,P):从处于状态P的动子101的中心观察时第j个线圈的X坐标

[0066] Y(j,P):从处于状态P的动子101的中心观察时第j个线圈的Y坐标

[0067] Z(j,P):从处于状态P的动子101的中心观察时第j个线圈的Z坐标

[0068] T:施加至动子101的力

[0069] T_x:力T在X方向上的力分量

[0070] T_y:力T在Y方向上的力分量

[0071] T_z:力T在Z方向上的力分量

[0072] T_{wx}:力T在W_x方向上的转矩分量

[0073] T_{wy}:力T在W_y方向上的转矩分量

[0074] T_{wz}:力T在W_z方向上的转矩分量

[0075] E_z(j,P):在向第j个线圈施加单位电流时,作用在处于状态P的动子101上的Z方向

上的力

[0076] $E_x(j, P)$:在向第j个线圈施加单位电流时,作用在处于状态P的动子101上的X方向上的力

[0077] $E_y(j, P)$:在向第j个线圈施加单位电流时,作用在处于状态P的动子101上的Y方向上的力

[0078] $E_q(j, P)$:在向第j个线圈施加单位电流时,作用在处于状态P的动子101上的q轴方向上的力

[0079] $E_d(j, P)$:在向第j个线圈施加单位电流时,作用在处于状态P的动子101上的d轴方向上的力

[0080] $E_h(j, P)$:在向第j个线圈施加单位电流时,作用在处于状态P的动子101上的h轴方向上的力

[0081] Σ :指标j从1变化到N时的和

[0082] ΣL :L侧的线圈的指标变化时的和

[0083] ΣR :R侧的线圈的指标变化时的和

[0084] $*$:矩阵的积、矢量的积或矩阵与矢量的积

[0085] M :转矩贡献矩阵

[0086] K :伪电流矢量(列矢量)

[0087] T_q :转矩矢量(列矢量)

[0088] I_s :线圈电流矢量(列矢量)

[0089] F_s :线圈力矢量(列矢量)

[0090] $M(a, b)$:矩阵M的第a行第b列的元素

[0091] $Inv()$:逆矩阵

[0092] $Tr()$:转置矩阵

[0093] $Tr(\text{元素1、元素2、}\dots)$:以元素1、元素2、 \dots 为元素的列矢量

[0094] W_{yR} :动子101的R侧的 W_y 方向的位移

[0095] W_{yL} :动子101的L侧的 W_y 方向的位移

[0096] 如图1中的箭头所示,动子101构造成可以在X方向(即,输送方向)上移动。动子101具有磁轭板103和导电板107。此外,动子101具有线性标尺104、Y靶105和Z靶106。

[0097] 多个磁轭板103附接并安装在动子101的多个部分上。具体地,磁轭板103在动子101的上表面上沿X方向附接并安装在R侧和L侧的相应端部。此外,磁轭板103沿X方向附接并安装在动子101的R侧和L侧的相应侧表面上。每个磁轭板103是由具有大导磁率的物质(例如,铁)制成的板。

[0098] 导电板107在动子101的上表面上沿X方向附接并安装在中央部。导电板107没有特别限制,只要其具有导电性,例如导电金属板,优选是具有小电阻的铝板等。

[0099] 注意,磁轭板103和导电板107的安装位置及其数量并不限于上述示例,可以适当改变。

[0100] 线性标尺104、Y靶105和Z靶106在动子101中分别附接并安装在能够由安装在定子201上的线性编码器204、Y传感器205和Z传感器206读取的位置。

[0101] 定子201具有线圈202、207和208,线性编码器204,Y传感器205和Z传感器206。

[0102] 多个线圈202以能够沿Z方向与安装在动子101的上表面上的磁轭板103面对的方式沿X方向附接并安装在定子201上。具体地,多个线圈202以能够从顶部沿Z方向与安装在动子101上表面的R侧和L侧的相应端部处的两个磁轭板103面对的方式平行于X方向布置和安装成两排。

[0103] 多个线圈208以能够沿Y方向与安装在动子101的侧表面上的磁轭板103面对的方式沿X方向附接并安装在定子201上。具体地,多个线圈208以能够从侧面沿Y方向与安装在动子101的R侧及L侧的相应侧表面上的两个磁轭板103面对的方式平行于X方向布置和安装成两排。

[0104] 多个线圈207以能够沿Z方向与安装在动子101的上表面上的导电板107面对的方式沿X方向附接并安装在定子201上。具体地,多个线圈207以能够从顶部沿Z方向与安装在动子101的上表面的中央部处的导电板107面对的方式平行于X方向布置和安装成单排。

[0105] 定子201通过施加有电流的相应线圈202、207和208向能够在输送方向上移动的动子101施加力。由此,动子101在其位置和姿态受到控制的同时沿输送方向被输送。

[0106] 注意,线圈202、207和208的安装位置不限于上述示例,可以适当地改变。此外,可以适当地改变所安装的线圈202、207和208的数量。

[0107] 线性编码器204、Y传感器205和Z传感器206用作检测单元,该检测单元检测沿输送方向移动的动子101的位置和姿态。

[0108] 线性编码器204附接并安装在定子201上,以便能够读取安装在动子101上的线性标尺104。线性编码器204通过读取线性标尺104来检测动子101相对于线性编码器204的相对位置。

[0109] Y传感器205附接并安装在定子201上,以便能够检测在Y方向上与安装在动子101上的Y靶105的距离。

[0110] Z传感器206附接并安装在定子201上,以便能够检测在Z方向上与安装在动子101上的Z靶106的距离。

[0111] 例如,动子101构造成在工件102被附接或保持在动子101上方或下方的情况下被输送。注意,图2示出了工件102附接在动子101下方的状态。注意,用于将工件102附接或保持到动子101的机构没有特别限制,可以使用诸如机械钩、静电卡盘等的普通附接机构、普通保持机构等。

[0112] 注意,图2示出了动子101和定子201嵌入汽相沉积装置701的腔室内的情况,该汽相沉积装置是对工件102进行处理作业的处理装置的一个示例。汽相沉积装置701具有对附接至动子101的工件102进行沉积的汽相沉积源702。汽相沉积源702在汽相沉积装置701的腔室内安装在下部,以便汽相沉积源702能够与附接在动子101下方的工件102面对。通过使用汽相沉积源702的汽相沉积,在被附接到被输送至汽相沉积源702的安装位置的动子101下方的基板(即,工件102)上形成金属、氧化物等薄膜。这样,工件102与动子101一起被输送,通过处理装置对被输送的工件102进行处理,从而制造出物品。

[0113] 此外,图1示出了包括这样一个位置的区域,在该位置,诸如闸阀的结构100例如存在于定子201a和定子201b之间。结构100所在的位置是位于生产线内的多个工位之间或生产线之间、无法连续布置电磁体或线圈的位置。

[0114] 输送系统1设置有控制输送系统1的控制系统3。注意,控制系统3可以形成输送系

统1的一部分。控制系统3具有综合控制器301、线圈控制器302、线圈单元控制器303和传感器控制器304。线圈控制器302和传感器控制器304以可通信的方式连接到综合控制器301。多个线圈单元控制器303以可通信的方式连接到线圈控制器302。多个线性编码器204、多个Y传感器205和多个Z传感器206以可通信的方式连接到传感器控制器304。线圈202、207和208连接到各个线圈单元控制器303(参见图3)。

[0115] 综合控制器301基于从传感器控制器304发送的来自线性编码器204、Y传感器205和Z传感器206的输出来确定待施加至多个线圈202、207和208的电流指令值。综合控制器301将所确定的电流指令值发送到线圈控制器302。线圈控制器302将从综合控制器301接收到的电流指令值发送到相应的线圈单元控制器303。线圈单元控制器303基于从线圈控制器302接收到的电流指令值来控制所连接的线圈202、207和208的电流量。

[0116] 如图3所示,一个或多个线圈202、207和208连接到每个线圈单元控制器303。

[0117] 电流传感器312和电流控制器313连接到线圈202、207和208中的每一个。电流传感器312检测在所连接的线圈202、207和208中流动的电流值。电流控制器313控制在连接的线圈202、207和208中流动的电流量。

[0118] 线圈单元控制器303基于从线圈控制器302接收到的电流指令值向电流控制器313指示所期望的电流量。电流控制器313检测由电流传感器312检测到的电流值,并控制电流量,使得期望电流量的电流在各个线圈202、207和208中流动。

[0119] 接下来,将参考图4进一步描述根据本实施例的控制输送系统1的控制系统3。图4是示出了根据本实施例的控制输送系统1的控制系统3的示意图。

[0120] 如图4所示,控制系统3具有综合控制器301、线圈控制器302、线圈单元控制器303和传感器控制器304。控制系统3用作控制包括动子101和定子201的输送系统1的控制装置。线圈控制器302和传感器控制器304以可通信的方式连接到综合控制器301。

[0121] 多个线圈单元控制器303以可通信的方式连接到线圈控制器302。线圈控制器302和与其连接的多个线圈单元控制器303与线圈202、207和208的各列相关联地设置。线圈202、207和208连接到每个线圈单元控制器303。线圈单元控制器303可以控制所连接的线圈202、207和208的电流的水平。

[0122] 线圈控制器302向所连接的每一个线圈单元控制器303指示目标电流值。线圈单元控制器303控制所连接的线圈202、207和208的电流量。

[0123] 多个线性编码器204、多个Y传感器205和多个Z传感器206以可通信的方式连接到传感器控制器304。

[0124] 多个线性编码器204以一定间隔附接至定子201,使得即使在动子101的输送过程中,其中一个线性编码器204也总是能够测量一个动子101的位置。此外,多个Y传感器205以一定间隔附接至定子201,使得其中的两个Y传感器205总是能够测量一个动子101的Y靶105。此外,多个Z传感器206以一定间隔附接至定子201,使得两排Z传感器206中的三个总是可以测量一个动子101的Z靶106,并且形成一个平面。

[0125] 综合控制器301基于来自线性编码器204、Y传感器205和Z传感器206的输出确定待施加到多个线圈202的电流指令值,并将该电流指令值发送到线圈控制器302。如上所述,线圈控制器302基于来自综合控制器301的电流指令值向线圈单元控制器303指示电流值。因此,综合控制器301用作控制单元,以沿着定子201以非接触方式输送动子101,并在六个轴

上控制所输送的动子101的姿态。

[0126] 下面将参考图5描述由综合控制器301执行的动子101的姿态控制方法。图5是示出了根据本实施例的输送系统1中的动子101的姿态控制方法的示意图。图5通过主要着眼于数据流而示出了动子101的姿态控制方法的概观。综合控制器301如以下所描述的那样用作使用动子位置计算函数401、动子姿态计算函数402、动子姿态控制函数403和线圈电流计算函数404进行处理的控制单元。因此,综合控制器301在六个轴上控制动子101的姿态的同时控制动子101的输送。注意,线圈控制器302可以代替综合控制器301执行与综合控制器301相同的处理。

[0127] 首先,使用动子位置计算函数401根据来自多个线性编码器204的测量值以及与其附接位置有关的信息来计算位于形成输送路径的定子201上的动子101的数量和位置。由此,动子位置计算函数401更新动子信息406(即,关于动子101的信息)中的动子位置信息(X)和数量信息。动子位置信息(X)表示定子201上的动子101在X方向(即,输送方向)上的位置。为定子201上的每个动子101准备动子信息406,例如,图5中表示为POS-1、POS-2、...

[0128] 接下来,使用动子姿态计算函数402根据由动子位置计算函数401更新的动子信息406中的动子位置信息(X)来确定能够测量相应动子101的Y传感器205和Z传感器206。接下来,动子姿态计算函数402基于从所确定的Y传感器205和所确定的Z传感器206输出的值来计算姿态信息(Y、Z、W_x、W_y、W_z)(即,关于每个动子101的姿态的信息),并更新动子信息406。由动子姿态计算函数402更新的动子信息406包括动子位置信息(X)和姿态信息(Y、Z、W_x、W_y、W_z)。

[0129] 接下来,使用动子姿态控制函数403根据包括动子位置信息(X)和姿态信息(Y、Z、W_x、W_y、W_z)的当前动子信息406以及姿态目标值来计算每个动子101的施加力信息408。施加力信息408是与待施加至每个动子101的力的大小相关的信息。施加力信息408包括与待施加的力T的三轴分量(T_x、T_y、T_z)和转矩的三轴分量(T_{wx}、T_{wy}、T_{wz})相关的信息。为定子201上的每个动子101准备施加力信息408,例如,图5中表示为TRQ-1、TRQ-2、...

[0130] 这里,作为力的三轴分量的T_x、T_y和T_z分别是力的X方向分量、Y方向分量和Z方向分量。此外,作为转矩的三轴分量的T_{wx}、T_{wy}和T_{wz}分别是转矩的围绕X轴的分量、围绕Y轴的分量和围绕Z轴的分量。根据本实施例的输送系统1在通过控制力T的这些六轴分量(T_x、T_y、T_z、T_{wx}、T_{wy}、T_{wz})而在六个轴上控制动子101的姿态的同时控制动子101的输送。

[0131] 接下来,使用线圈电流计算函数404基于施加力信息408和动子信息406来确定施加至相应线圈202、207、208的电流指令值409。

[0132] 这样,综合控制器301通过使用动子位置计算函数401、动子姿态计算函数402、动子姿态控制函数403以及线圈电流计算函数404进行处理来确定电流指令值409。综合控制器301将所确定的电流指令值409发送到线圈控制器302。

[0133] 下面将参考图6进一步详细描述对动子101的位置和姿态的控制。图6是示出了用于控制动子101的位置和姿态的控制块的示例的示意图。

[0134] 在图6中,符号P表示动子101的位置和姿态(也称为位置与姿态或状态),其具有分量(X、Y、Z、W_x、W_y、W_z)。符号ref表示(X、Y、Z、W_x、W_y、W_z)的目标值。符号err表示目标值ref与位置和姿态P之间的偏差。

[0135] 动子姿态控制函数403用于基于偏差err的水平、偏差err的变化、偏差err的累计

值等计算出为实现目标值ref而待施加到动子101的力T。线圈电流计算函数404用于基于待施加的力T以及位置和姿态P计算出待施加至线圈202、207和208以向动子101施加力T的线圈电流I。以这种方式计算出来的线圈电流I被施加到线圈202、207和208,由此,力T作用在动子101上,位置和姿态P变为目标值ref。

[0136] 通过以这种方式构造控制块,可以将动子101的位置和姿态P控制为所期望的目标值ref。

[0137] 现在将参考图7A和图7B描述根据动子位置计算函数401的处理。图7A和图7B是示出了根据动子位置计算函数的处理的示意图。

[0138] 在图7A中,基准点0e对应于附接有线性编码器204的定子201的位置基准。此外,基准点0s对应于附接至动子101的线性标尺104的位置基准。图7A示出了两个动子101a、101b作为动子101被输送并且布置有三个线性编码器204a、204b、204c作为线性编码器204的情况。注意,线性标尺104沿X方向附接至各个动子101a和101b的相同位置。

[0139] 例如,单个线性编码器204c与图7A中所示的动子101b的线性标尺104面对。线性编码器204c读取动子101b的线性标尺104,并输出距离Pc。此外,线性编码器204c在以基准点0e为原点的X轴上的位置为Sc。因此,可以通过下面的等式(1)来计算动子101b的位置Pos(101b)。

[0140] $Pos(101b) = Sc - Pc \cdots$ 等式(1)

[0141] 例如,两个线性编码器204a和204b与图7A所示的动子101a的线性标尺104面对。线性编码器204a读取动子101a的线性标尺104并输出距离Pa。此外,线性编码器204a在以基准点0e为原点的X轴上的位置为Sa。因此,可以通过下面的等式(2)来计算基于线性编码器204a的输出的动子101a在X轴上的位置Pos(101a)。

[0142] $Pos(101a) = Sa - Pa \cdots$ 等式(2)

[0143] 此外,线性编码器204b读取动子101a的线性标尺104并输出距离Pb。此外,线性编码器204b在以基准点0e为原点的X轴上的位置为Sb。因此,可以通过下面的等式(3)来计算基于线性编码器204b的输出的动子101a在X轴上的位置Pos(101a)'。

[0144] $Pos(101a)' = Sb - Pb \cdots$ 等式(3)

[0145] 这里,由于预先准确地测量了线性编码器204a、204b的各自的位置,因此两个值Pos(101a)与Pos(101a)'之差足够小。当基于两个线性编码器204的输出的动子101在X轴上的位置差以这种方式足够小时,可以确定这两个线性编码器204正在观察同一动子101的线性标尺104。

[0146] 注意,在多个线性编码器204与同一动子101面对的情况下,通过计算出基于多个线性编码器204的输出的位置的平均值等,可以唯一地确定所观察的动子101的位置。

[0147] 此外,动子101可以围绕Z轴旋转一旋转量Wz。将参考图7B描述需要利用该旋转量Wz的位移来校正动子101的位置的情况。

[0148] 图7B示出了线性标尺104附接至动子101b'在Y方向上的一个侧表面的情况。位置0s是线性标尺104的原点,位置0c是动子101b'的原点。当从动子101的中心0c到线性标尺104的距离为Lx时,通过使用下面的等式(1b)来计算动子101b'的位置Pos(101b')可以得到更准确的动子101b'的位置。

[0149] $Pos(101b') = Sc - Pc - Wz * Lx + Wy * Lz \cdots$ 等式(1b)

[0150] 如上所述,动子位置计算函数401用于基于线性编码器204的输出来计算并确定动子101在X方向上的位置X作为动子位置信息。

[0151] 接下来,将参考图8、图9A和图9B描述通过使用动子姿态计算函数402所进行的处理。

[0152] 图8示出了动子101c作为动子101被输送、并且布置有Y传感器205a和205b作为Y传感器205的情况。两个Y传感器205a和205b与图8所示的动子101c的Y靶105面对。通过下面的等式(4)计算动子101c围绕Z轴的旋转量 W_z ,其中,两个Y传感器205a、205b输出的相对距离的值分别是 Y_a 和 Y_b ,Y传感器205a和205b之间的间隔是 L_y 。

[0153] $W_z = (Y_a - Y_b) / L_y \cdots$ 等式(4)

[0154] 注意,对于动子101的特定位置,可能有三个以上的Y传感器205与Y靶105面对。在这种情况下,Y靶105的倾斜度(即,围绕Z轴的旋转量 W_z)可以通过使用最小二乘法等来计算。

[0155] 此外,图9A和图9B示出了动子101d作为动子101被输送,并且布置有Z传感器206a、206b和206c作为Z传感器206的情况。三个Z传感器206a、206b和206c与图9A和图9B所示的动子101d的Z靶106面对。这里,三个Z传感器206a、206b和206c输出的相对距离的值分别是 Z_a 、 Z_b 和 Z_c 。此外,在X方向上传感器之间的距离(即,Z传感器206a和206b之间的距离)是 L_{z1} 。此外,在Y方向上传感器之间的距离(即,Z传感器206a和206c之间的距离)是 L_{z2} 。然后,可以分别通过下面的等式(5a)和(5b)来计算围绕Y轴的旋转量 W_y 和围绕X轴的旋转量 W_x 。

[0156] $W_y = (Z_b - Z_a) / L_{z1} \cdots$ 等式(5a)

[0157] $W_x = (Z_c - Z_a) / L_{z2} \cdots$ 等式(5b)

[0158] 如上所述,利用动子姿态计算函数402可以计算出围绕各轴的旋转量 W_x 、 W_y 和 W_z 作为动子101的姿态信息。

[0159] 另外,利用动子姿态计算函数402可以如下所述地计算出动子101在Y方向上的位置Y以及在Z方向上的位置Z作为动子101的姿态信息。

[0160] 首先,将参考图8描述对动子101在Y方向上的位置Y的计算。在图8中,动子101c所面对的两个Y传感器205分别是Y传感器205a和205b。此外,Y传感器205a和205b的测量值分别为 Y_a 和 Y_b 。此外,Y传感器205a的位置和Y传感器205b的位置的中点被表示为 $0e'$ 。此外,将通过等式(1)至(3)得到的动子101c的位置表示为 $0s'$,并将从 $0e'$ 到 $0s'$ 的距离表示为 dX' 。此时,动子101c在Y方向上的位置Y可以通过利用下面的等式(6)进行近似计算算出来。

[0161] $Y = (Y_a + Y_b) / 2 - W_z * dX' \cdots$ 等式(6)

[0162] 接下来,将参考图9A和图9B描述对动子101在Z方向上的位置Z的计算。动子101d所面对三个Z传感器206分别是Z传感器206a、206b和206c。此外,Z传感器206a、206b和206c的测量值分别是 Z_a 、 Z_b 和 Z_c 。此外,Z传感器206a的X坐标和Z传感器206c的X坐标相同。此外,将Z传感器206a和Z传感器206c的位置X表示为 $0e''$ 。此外,将从 $0e''$ 到动子101的中心 $0s''$ 的距离表示为 dX'' 。此时,动子101在Z方向上的位置Z可以通过利用下面的等式(7)进行近似计算算出来。

[0163] $Z = (Z_a + Z_b) / 2 + W_y * dX'' \cdots$ 等式(7)

[0164] 注意,当对于位置Y和位置Z来说 W_z 和 W_y 的旋转量都大时,可以以更高的近似准确度进行计算。

[0165] 这样,综合控制器301用作通过利用动子位置计算函数401和动子姿态计算函数402进行处理来获取动子101的位置和姿态(X、Y、Z、 W_x 、 W_y 、 W_z)的获取单元。

[0166] 接下来,将描述确定用于向动子101施加期望的力T而待施加至线圈202、207和208的电流值的方法。如上所述,施加至动子101的力T包括作为力的三轴分量的 T_x 、 T_y 和 T_z ,以及作为转矩的三轴分量的 T_{wx} 、 T_{wy} 和 T_{wz} 。使用线圈电流计算函数404进行处理的综合控制器301可以根据下述的确定电流值的方法来确定待施加至线圈202、207和208的电流值。

[0167] 注意,对于有些情况,在由线圈202、207和208施加的力分量和转矩分量中,由一个力分量或转矩分量引起的对其它力分量或转矩分量的影响可以充分忽略。具体地,由线圈202、207和208施加的力和转矩是由线圈207施加的X方向上的力、由线圈208施加的Y方向上的力和 W_z 方向上的转矩、以及由线圈202施加的Z方向上的力、 W_x 方向上的转矩和 W_y 方向上的转矩形成的。由线圈208施加的Y方向上的力和 W_z 方向上的转矩在水平方向上起作用。由线圈202施加的Z方向上的力、 W_x 方向上的转矩和 W_y 方向上的转矩在浮起方向上起作用。当可以充分忽略影响时,可以仅考虑线圈207的X方向上的力、线圈208的Y方向上的力和 W_z 方向上的转矩、以及线圈202的Z方向上的力、 W_x 方向上的转矩和 W_y 方向上的转矩来计算电流值。下面将描述可以充分忽略影响的情况。

[0168] 首先,将参考图10至图13描述为了将Z方向上的力分量 T_z 、 W_x 方向上的转矩分量 T_{wx} 和 W_y 方向上的转矩分量 T_{wy} 施加至动子101而施加至每个线圈202的电流。

[0169] 图10是示出了作用在附接至动子101的磁轭板103上的力与作用在动子101上的力分量 T_z 和转矩分量 T_{wx} 、 T_{wy} 之间的关系的示意图。

[0170] 在图10中, F_{zj} 表示由第j个线圈202施加至磁轭板103的力。注意,j是满足 $1 \leq j \leq N$ 的整数,其中,所安装的线圈202的数量N是大于或等于2的整数。每个力 F_{zj} 施加的转矩有助于转矩分量 T_{wx} 和 T_{wy} 。每个力 F_{zj} 施加的转矩根据该力 F_{zj} 以及作用点与动子101的中心 O_c 之间的距离来确定。

[0171] 图11是示意性地示出了沿Z方向的推力常数曲线601的曲线图。推力常数曲线601示意性地示出了在向与磁轭板103面对的浮起用线圈202施加单位电流时作用在磁轭板103上的吸引力。所述吸引力的大小相对于X方向上的移动连续地变化。

[0172] 现在将参考图12A和图12B描述线圈202的构造的示例。图12A和图12B是示出了线圈202的示意图。图12A是从Z轴方向观察的线圈202的示图,图12B是从X轴方向观察的线圈202的示图。

[0173] 如图12A和图12B所示,线圈202具有绕组210和芯211。由电流控制器313向绕组210施加电流。响应于向绕组210施加电流,形成作为磁通路径的磁路212。由于以这种方式形成的磁路212中的磁通,在线圈202和磁轭板103之间产生吸引力。

[0174] 将参考图12A至图13更详细地描述在施加至线圈202的电流与作用在线圈202和磁轭板103之间的吸引力的大小之间的关系。图13是示意性地示出了施加至线圈202的电流与作用在线圈202和磁轭板103之间的吸引力的大小之间的关系的曲线图。在图13所示的曲线图中,横轴表示施加至线圈202的电流量I,纵轴表示作用在线圈202和磁轭板103之间的吸引力 F_z 的大小。图13中所示的曲线图示出了表示吸引力 F_z 的大小相对于电流量I的吸引力曲线604。

[0175] 当线圈202和磁轭板103之间在Z方向上的间距恒定时,吸引力 F_z 大致与电流量I的

平方成比例。这里,在图13所示的曲线图中, F_0 表示为了补偿作用在动子101上的重力 mg 而需要的作用在每个线圈202上的力的平均大小。

[0176] 这里,数值和符号设置如下。

[0177] 一个线圈202的芯211的底面积: $S=0.01[m^2]$

[0178] 由一个线圈202补偿的动子101的质量的一部分: $F_0=100[N]$ (约10[kg])

[0179] 真空导磁率: $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}$

[0180] 气隙: $gap[m]$

[0181] 线圈202的绕组210的匝数: $n[匝]$

[0182] 线圈电流: $I[A]$

[0183] 芯211与磁轭板103之间的磁通密度: $B[T]$

[0184] 如果芯211和磁轭板103的导磁率相对于真空导磁率足够大,那么可以分别通过下面的等式(8a)和(8b)近似地算出 F_z 和 B 。

[0185] $F_z=S*B^2/(2*\mu_0)\cdots$ 等式(8a)

[0186] $B=N*I*\mu_0/(2*gap)\cdots$ 等式(8b)

[0187] 这里,当匝数为500[匝]且线圈电流 I_0 为1.0[A]时,气隙“gap”可以通过等式(8a)和等式(8b)计算为0.006266[m]。

[0188] 这里,在吸引力曲线604中, $I=I_0$ 导致 $F_z=F_0$ 的点是Q。将描述该点Q周围的部分。

[0189] 如果“gap”从0.006266[m]沿扩大方向改变0.25[mm],则为了补偿扩大的“gap”,需要在线圈202中产生更大的磁动势。如果“gap”为0.006516m,并且等式(8a)和(8b)被计算为产生相同的 F_z ,则线圈电流 I 被计算为1.0399[A]。由于这种水平的电流值,输送动子101过程中的线圈电流的电流值的变化与作为基准的线圈电流 I_0 相比足够小。

[0190] 因此,在点Q周围,除了电流 I_0 之外施加的电流 dI 与通过施加电流 dI 而在Z轴方向上额外产生的力 dF 的大小之间满足以下等式(8c)中所表达的关系。注意,在点Q周围不满足等式(8c)所表达的关系。

[0191] $dF\propto dI\cdots$ 等式(8c)

[0192] 这里, dF 与 dI 之比由以下等式(8d)定义。

[0193] $dF/dI=E_z\cdots$ 等式(8d)

[0194] 在图11所示的推力常数曲线601中,示出了 $E_z(j,P)$ 。 $E_z(j,P)$ 具有由等式(8d)表示的比率。即, $E_z(j,P)$ 表示当动子101处于位置和姿态P时,在向平均地施加至第j个线圈202的电流 I_0 施加附加电流 dI 时,在Z轴方向上额外产生的力 dF 的大小与电流 dI 之比。

[0195] 按照上述表示法参考图10进行描述,其中j是识别线圈202的指标。在下文中,为了简单说明,将Z方向上的附加力 dF_zj 简单地表示为 F_zj ,并将附加电流 dI_j 表示为 I_j 。

[0196] 由第j个线圈202在Z方向上产生的附加力 F_zj 由下面的等式(9a)表示,其中, I_j 表示施加到第j个线圈202的附加电流。

[0197] $F_zj=E_z(j,P)*I_j\cdots$ 等式(9a)

[0198] 此外, $X(j,P)$ 被定义为在从动子101的原点 O_c 观察时第j个线圈202在X方向上的相对位置,而 $Y(j,P)$ 被定义为在从动子101的原点 O_c 观察时第j个线圈202在Y方向上的相对位置。然后,Z方向上的力分量 T_z 、Wx方向上的转矩分量 T_{wx} 以及Wy方向上的转矩分量 T_{wy} 分别由下面的等式(9b)、(9c)和(9d)表示。

[0199] $T_z = \sum (E_z(j, P) * I_j) \cdots$ 等式 (9b)

[0200] $T_{wx} = \sum (-E_z(j, P) * Y(j, P) * I_j) \cdots$ 等式 (9c)

[0201] $T_{wy} = \sum (E_z(j, P) * X(j, P) * I_j) \cdots$ 等式 (9d)

[0202] 如果满足上述等式 (9b)、(9c) 和 (9d) 的电流 I_j 施加到每个线圈 202, 则可以获得期望的力分量和转矩分量 (T_z 、 T_{wx} 、 T_{wy})。

[0203] 这里定义了转矩贡献矩阵 M 。转矩贡献矩阵 M 是表示在动子处于位置和姿态 P 时, 当单位电流被施加到第一至第 j 线圈 202 中的每一个时, 对每个力分量和转矩分量 (T_z 、 T_{wx} 、 T_{wy}) 的贡献的大小的矩阵。这样, 使用转矩贡献矩阵 M , 并且使用与施加至每个线圈 202 的单位电流引起的对力分量和转矩分量 (T_z 、 T_{wx} 、 T_{wy}) 中的每个分量的贡献有关的信息来确定施加至每个线圈 202 的电流值。

[0204] 在转矩贡献矩阵 M 中, 第一行与 Z 方向相关联, 第二行与 W_x 方向相关联, 第三行与 W_y 方向相关联。然后, 转矩贡献矩阵 M 的第 j 列第一行、第 j 列第二行和第 j 列第三行的相应元素 $M(1, j)$ 、 $M(2, j)$ 和 $M(3, j)$ 分别由下面的等式 (10a)、(10b) 和 (10c) 表示。转矩贡献矩阵 M 是三行乘 N 列的矩阵。注意, 转矩贡献矩阵 M 的各行相互线性独立。

[0205] $M(2, j) = -E_z(j, P) * Y(j, P) \cdots$ 等式 (10b)

[0206] $M(3, j) = E_z(j, P) * X(j, P) \cdots$ 等式 (10c)

[0207] 另一方面, 引入以待施加到第一至第 N 线圈 202 的电流 I_1 至 I_N 为元素的列矢量作为线圈电流矢量 I_s 。线圈电流矢量 I_s 是由下面的等式 (10d) 表示的第 N 行第一列的列矢量。

[0208] $I_s = \text{Tr}(I_1, I_2, \cdots, I_j, \cdots, I_N) \cdots$ 等式 (10d)

[0209] 这里, 转矩矢量 T_q 由下面的等式 (11) 定义。

[0210] $T_q = \text{Tr}(T_z, T_{wx}, T_{wy}) \cdots$ 等式 (11)

[0211] 然后, 从等式 (9b) 至 (9d)、(10a) 至 (10d) 和 (11) 得出下面的等式 (12)。

[0212] $T_q = M * I_s \cdots$ 等式 (12)

[0213] 这里引入伪电流矢量 K 。伪电流矢量 K 是三行乘一列的列矢量, 并且在 $\text{Tr}(M)$ 是转矩贡献矩阵 M 的转置矩阵时, 该伪电流矢量是满足以下等式 (13) 的矢量。

[0214] $\text{Tr}(M) * K = I_s \cdots$ 等式 (13)

[0215] 由于通过将线圈电流矢量 I_s 定义为由等式 (13) 表示的矢量可以将更大的电流值施加到对 T_z 、 T_{wx} 和 T_{wy} 贡献更大的线圈 202, 因此可以高效地施加电流。

[0216] 等式 (12) 可以通过使用等式 (13) 变形为下面的等式 (14)。

[0217] $T_q = M * \text{Tr}(M) * K \cdots$ 等式 (14)

[0218] 在等式 (14) 中, $M * \text{Tr}(M)$ 是三行乘 N 列的矩阵与 N 行乘三列的矩阵的乘积, 因此是三行乘三列的方阵。此外, 转矩贡献矩阵 M 的各行相互线性独立。因此, 无论如何都能够从 $M * \text{Tr}(M)$ 获得逆矩阵。因此, 可以将等式 (14) 变形为下面的等式 (15)。

[0219] $K = \text{Inv}(M * \text{Tr}(M)) * T_q \cdots$ 等式 (15)

[0220] 从等式 (13) 和等式 (15) 最终得出由下面的等式 (16) 表示的线圈电流矢量 I_s 。这样, 能够唯一地求出线圈电流矢量 I_s 。

[0221] $\text{Tr}(M) * \text{Inv}(M * \text{Tr}(M)) * T_q = I_s \cdots$ 等式 (16)

[0222] 通过如上所述地计算线圈电流矢量 I_s , 可以确定待施加到每个线圈 202 的电流。因此, 由于可以独立地向动子 101 施加 Z 方向上的力分量 T_z 、 W_x 方向上的转矩分量 T_{wx} 和 W_y 方向

上的转矩分量 T_{wy} ,所以可以在Z方向、 W_x 方向和 W_y 方向上使动子101的姿态稳定。

[0223] 接下来,将参考图14和图15描述为了向动子101施加Y方向上的力分量 T_y 和 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 而施加至线圈208的电流。力分量 T_y 和转矩分量 T_{wz} 分别在水平方向上起作用。图14是沿Z方向从上往下观察时动子101的示意图。图15是示意性地示出了Y方向上的吸引力曲线605的曲线图。在图15中所示的曲线图中,横轴表示施加至线圈208的电流,纵轴表示作用在动子101上的力。

[0224] 注意,为了简化说明,图14示出了四个线圈208aR、208bR、208aL和208bL作为安装在定子201上的线圈208与动子101面对的情况。此外,线圈208aL和线圈208aR成对而作为一个线圈208a进行操作。此外,线圈208bL和线圈208bR成对而作为一个线圈208b进行操作。这样,第j对线圈208jR和线圈208jL成对而作为一个线圈208j进行操作。

[0225] 图15中所示的吸引力曲线605表示施加到第j对线圈208j的电流 I_L 和 I_R 的水平与作用在动子101上的力 F_y 的大小之间的关系。在线圈208和磁轭板103之间没有排斥力起作用,而仅有吸引力起作用。因此,当沿Y+方向向动子101施加力时,在吸引力曲线605的范围605a内向R侧的线圈208jR施加电流。此外,当沿Y-方向向动子101施加力时,在吸引力曲线605的范围605b内向L侧的线圈208jL施加电流。

[0226] 例如,当施加Y+方向的力 F_a 时,可以向R侧的线圈208jR施加电流 I_a 。此外,例如,当施加Y-方向的力 F_b 时,可以向L侧的线圈208jL施加电流 I_b 。

[0227] 指标j被定义为识别一对线圈208的指标。此外, $X(j,P)$ 被定义为在从动子101的原点 O_c 观察时第j对线圈208在X方向上的相对位置。此外,由第j对线圈208施加的Y方向上的力被表示为 $F_{y,j}$ 。然后,分别用下面的等式(17a)和(17b)表示与水平方向对应的Y方向上的力分量 T_y 和 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 。

[0228] $T_y = \sum F_{y,j} \dots$ 等式(17a)

[0229] $T_{wz} = \sum (-F_{y,j} * X(j,P)) \dots$ 等式(17b)

[0230] 这里,以第一至第N个线圈208施加的Y方向上的力 F_{y1} 、 F_{y2} 、 \dots 、 F_{yN} 为元素的Y方向力矢量 F_{ys} 由以下等式(17c)定义。

[0231] $F_{ys} = \text{Tr}(F_{y1}, F_{y2}, \dots, F_{y,j}, \dots, F_{yN}) \dots$ 等式(17c)

[0232] 此外,转矩矢量 T_q 由下面的等式(17d)定义。

[0233] $T_q = \text{Tr}(T_y, T_{wz}) \dots$ 等式(17d)

[0234] 在转矩贡献矩阵M中,第一行与Y方向相关联,第二行与 W_z 方向相关联。然后,转矩贡献矩阵M的第一行第j列和第二行第j列的相应元素 $M(1,j)$ 和 $M(2,j)$ 分别由下面的等式(17e)和(17f)表示。

[0235] $M(1,j) = 1 \dots$ 等式(17e)

[0236] $M(2,j) = X(j,P) \dots$ 等式(17f)

[0237] 为了计算待施加至线圈208的电流,首先,确定满足以下等式(17g)的Y方向力矢量 F_{ys} 。

[0238] $T_q = M * F_{ys} \dots$ 等式(17g)

[0239] 由于 T_q 是两行乘一列的矢量,M是两行乘N列的矩阵,所以有无数个满足等式(17g)的Y方向力矢量 F_{ys} 的元素的组合,但是可以根据以下方法唯一地计算该组合。

[0240] 这里,引入两行乘1列的伪电流矢量K。伪电流矢量K是满足以下等式(17h)的矢量,

其中 $\text{Tr}(M)$ 是转矩贡献矩阵 M 的转置矩阵。

[0241] $\text{Tr}(M) * K = F_{ys} \cdots$ 等式(17h)

[0242] 等式(17g)可以通过使用等式(17h)变形为下面的等式(17i)。

[0243] $T_q = M * \text{Tr}(M) * K \cdots$ 等式(17i)

[0244] 项 $M * \text{Tr}(M)$ 是两行乘 N 列的矩阵与 N 行乘两列的矩阵的乘积,因此是两行乘两列的方阵。此外,转矩贡献矩阵 M 的各行相互线性独立。因此,无论如何都能够从 $M * \text{Tr}(M)$ 获得逆矩阵。因此,可以将等式(17i)变形为下面的等式(17j)。

[0245] $K = \text{Inv}(M * \text{Tr}(M)) * T_q \cdots$ 等式(17j)

[0246] 从等式(17h)和(17j)最终得出由下面的等式(17k)表示的 Y 方向力矢量 F_{ys} 。因此,可以唯一地计算出 Y 方向力矢量 F_{ys} 。

[0247] $\text{Tr}(M) * \text{Inv}(M * \text{Tr}(M)) * T_q = F_{ys} \cdots$ 等式(17k)

[0248] 在得出 Y 方向力矢量 F_{ys} 之后,通过从预先计算或测量的吸引力曲线605进行逆运算可以计算出待施加至每个线圈208的电流。

[0249] 如上所述,可以确定待施加至每个线圈208的电流。因此,由于可以独立向动子101施加 Y 方向上的力分量 T_y 和 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} ,所以可以在 Y 方向和 W_z 方向上使动子101的姿态稳定。例如,可以向线圈208施加电流,使得 W_z 方向上的转矩总是0。

[0250] 接下来,将描述向动子101施加 X 方向(即,输送方向)上的推力的线圈207的控制方法。根据本实施例的输送系统1是具有感应式线性马达的输送系统。线圈207在线圈207和动子101的导电板107之间产生电磁力,并向动子101施加 X 方向上的推力(即, X 方向上的力分量 T_x)。导电板107没有特别限制,使用电阻相对较小的板,例如铝板。

[0251] 当施加电流时,每个线圈207产生 X 方向(即,输送方向)上的移动磁场,以在线圈207和导电板107之间产生电磁力。由此,每个线圈207使动子101产生力分量 T_x ,作为 X 方向(即,输送方向)上的推力。当动子101的速度不足时,可以增加待施加至每个线圈207的电流,或者改变每个线圈207的电流施加定时,使得移动磁场移动的速度变快。

[0252] 如上所述,综合控制器301确定并控制待施加至各线圈202、207和208的电流指令值。因此,综合控制器301在六个轴上控制正在由定子201输送的动子101的姿态的同时以非接触方式控制动子101在定子201上的输送。注意,作为控制装置的综合控制器301的功能的全部或一部分可以用线圈控制器302以及其它控制装置来代替。

[0253] 注意,尽管在本实施例中已经描述了线圈207的电流以与线圈202和线圈208的电流相同的方式被控制的情况,但是本实施例不限于此。例如,在更简单的构造中,感应马达控制器可以连接到综合控制器301,并且每个线圈207的电流可以由该感应马达控制器控制,从而产生恒定的移动磁场。

[0254] 在日本专利No.6538710中公开的传统的输送装置中,例如,难以改变整体姿态,例如使动子倾斜。此外,在传统的输送装置中,由于不能整体控制动子的姿态,所以例如在动子变形时,可能会发出相互矛盾的指令,其中一个指令指示特定的线圈施加向上的力,另一个指令指示另一个线圈施加向下的力。这种相互矛盾的指令导致动子的输送不稳定。

[0255] 另外,在传统的输送装置中,由于不是考虑动子整体来控制姿态,因此随着动子的移动,动子的高度或变形导致干扰,使得动子的姿态不稳定。另外,特别是在动子的浮起用线圈被离散地布置时,传统的输送装置存在如下问题:对于动子的特定位置,由于控制中涉

及的线圈的数量发生变化,控制的有效增益发生变化,导致动子的输送不稳定。此外,在传统的输送装置中,由于施加了大于控制所需的电流,导致能量损失大,并且线圈被超过需求地加热,因此存在需要冷却系统等问题。

[0256] 相比之下,在本实施例中,由于可以向动子101施加六个轴上的力分量和转矩分量(T_x 、 T_y 、 T_z 、 T_{wx} 、 T_{wy} 、 T_{wz}),所以可以整体控制动子101的姿态。因此,在本实施例中,可以使动子101的姿态稳定,并且可以在所需范围内向各线圈202、207和208施加电流。

[0257] 如上所述,根据本实施例可以独立地向动子101施加六个轴上的力分量和转矩分量(T_x 、 T_y 、 T_z 、 T_{wx} 、 T_{wy} 、 T_{wz})。因此,根据本实施例可以在使动子101的姿态在Y方向、Z方向、 W_x 方向、 W_y 方向、 W_z 方向上稳定的同时在X方向上以非接触方式稳定地输送动子101。

[0258] 第二实施例

[0259] 下面将参考图16至图17C描述本发明的第二实施例。注意,与上述第一实施例中的部件相同的部件标有相同的标记,并且将省略或简化其描述。

[0260] 首先,将参考图16描述根据本实施例的输送系统1的构造。图16是示出了根据本实施例的包括动子101和定子201的输送系统1的构造的示意图。图16是从X方向观察时动子101和定子201的示图。

[0261] 根据本实施例的输送系统1与第一实施例的构造的不同之处在于用于将X方向上的力分量 T_x 、Y方向上的力分量 T_y 和 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 施加到动子101的构造。

[0262] 如图16所示,根据本实施例的动子101具有包括多个永磁体的永磁体阵列109,代替第一实施例中所使用的动子101的侧表面上的磁轭板103和动子101的上表面上的导电板107。此外,根据本实施例的定子201具有线圈209,代替第一实施例中所使用的线圈207和208。

[0263] 永磁体阵列109被安装成使得在动子101的R侧和L侧的侧表面中的其中一个侧表面上,多个永磁体沿X方向排列。图16示出了永磁体阵列109安装在动子101的L侧的侧表面上的情况作为示例。永磁体阵列109所包含的多个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向侧面的外侧磁极的极性交替地不同,并且S极极性和N极极性沿X方向在外侧交替地布置。

[0264] 多个线圈209以能够沿Y方向与安装在动子101的侧表面上的永磁体阵列109面对的方式沿X方向附接并安装在定子201上。具体地,多个线圈209以能够沿Y方向从侧面与安装在动子101的R侧和L侧中的一侧的侧表面上的永磁体阵列109面对的方式沿X方向排列和安装。

[0265] 以与第一实施例中描述的线圈202、207和208的情况相同的方式,通过包括综合控制器301、线圈控制器302等的控制系统3向每个线圈209施加电流。

[0266] 在本实施例中,通过线圈209向永磁体阵列109施加力,由此,独立地向动子101施加X方向上的力分量 T_x 、Y方向上的力分量 T_y 、以及 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 。根据本实施例的输送系统1是具有同步式线性马达的输送系统,该同步式线性马达在定子201的线圈209与动子101的永磁体阵列109之间产生电磁力,并向动子101施加X方向的推力。进一步地,根据本实施例的输送系统1是使动子101浮起、以非接触方式输送动子101的磁浮式输送系统。

[0267] 下面将参考图17A至图17C描述独立地向动子101施加X方向上的力分量 T_x 、Y方向上的力分量 T_y 和 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 的方法。

[0268] 图17A至图17C是示出了通过使用线圈209和永磁体阵列109独立地向动子101施加

力分量 T_x 和 T_y 以及 W_z 方向上的转矩分量 Tw_z 的方法的示意图。线圈电流计算函数404用于根据以下方法确定为了独立地向动子101的永磁体阵列109施加力分量 T_x 和 T_y 以及转矩分量 Tw_z 而待施加到线圈209的电流指令值。注意,为了简化说明,在图17A到图17C中,永磁体阵列109包括五个永磁体。注意,在图17A到图17C中侧向布置的虚线表示X方向上的对应位置。

[0269] 此外,在以下描述中,适当地将q轴和d轴用作坐标轴。q轴和d轴是在同步马达的矢量控制理论中通常使用的表述。q轴是沿着永磁体阵列109延伸的方向的轴。d轴是与q轴正交并且沿着包括在永磁体阵列109中的永磁体的表面所朝向的方向的轴。在本实施例中,q轴对应于X轴,d轴对应于Y轴。

[0270] 这里,将每单位电流在q轴方向(X方向)和d轴方向(Y方向)上作用在第j个线圈209上的力的大小分别表示为 $E_q(j,P)$ 和 $E_d(j,P)$,其中,P被定义为动子101的位置和姿态,j被定义为排列成一排的线圈209中的其中一个线圈的编号。此外,将第j个线圈209中的电流的水平表示为 $I(j)$ 。

[0271] 图17A是水平取q轴(X轴)、竖直取Z轴、并且为了说明而挑出与永磁体阵列109面对的九个线圈209的示图,并且是从Y+方向观察的示图。图17B是从Z方向观察图17A的示图。为线圈209按照在X方向排列的顺序设置1至9的编号j,以在以下描述中通过诸如线圈209(1)的表示来识别各线圈209。

[0272] 如图17A和图17B所示,线圈209以距离L的间距布置。另一方面,包含在动子101的永磁体阵列109中的永磁体以距离 $3/2*L$ 的间距布置。

[0273] 图17C是示意性地示出了在将单位电流施加到图17A和图17B中所示的每个线圈209时所产生的q轴方向(X方向)上的力 E_q 和d轴方向(Y方向)上的力 E_d 的大小的曲线图。

[0274] 为了简化说明,在图17A至图17C中,线圈209在X方向上的位置的原点 0_m 被定义为线圈209(5)的中点,并且永磁体阵列109在X方向上的中心被定义为动子101的原点 0_c 。因此,图17C示出了 0_s 和 0_m 一致的情况,即, $X=0$ 的情况。

[0275] 此时,例如,每单位电流作用在线圈209(4)上的力的大小在q轴方向(X方向)上为 $E_q(4,0)$,在d轴方向(Y方向)上为 $E_d(4,0)$ 。

[0276] 作用在动子101的永磁体阵列109上的X方向上的力分量 T_x 、Y方向上的力分量 T_y 和 W_z 方向上的转矩分量 Tw_z 分别由下面的等式(20a)、(20b)和(20c)表示。

[0277] $T_x = \sum E_q(j,P) * I_j \cdots$ 等式(20a)

[0278] $T_y = \sum E_d(j,P) * I_j \cdots$ 等式(20b)

[0279] $Tw_z = \sum \{-E_d(j,P) * X(j,P) * I_j\} \cdots$ 等式(20c)

[0280] 在该计算之后,以与第一实施例相同的方式,通过定义和计算转矩贡献矩阵M,可以得出线圈电流矢量 I_s ,该线圈电流矢量表示为了向动子101施加期望的 T_x 、 T_y 和 Tw_z 而待施加至每个线圈209的电流。

[0281] 在本实施例中定义的转矩贡献矩阵M中,第一行与X方向相关联,第二行与Y方向相关联,第三行与 W_z 方向相关联。然后,本实施例中所定义的转矩贡献矩阵M的第一行第j列、第二行第j列和第三行第j列的相应元素 $M(1,j)$ 至 $M(3,j)$ 分别由下面的等式(20d)至(20f)表示。该转矩贡献矩阵M是三行乘N列的矩阵。注意,转矩贡献矩阵M的各行相互线性独立。

[0282] $M(1,j) = E_q(j,P) \cdots$ 等式(20d)

[0283] $M(2,j) = E_d(j,P) \cdots$ 等式(20e)

[0284] $M(3, j) = -E_d(j, P) * X(j, P) \cdots$ 等式 (20f)

[0285] 此外,在本实施例中,引入以待施加到第一至第N线圈209的电流 I_1 至 I_N 为元素的列矢量作为线圈电流矢量 I_s 。线圈电流矢量 I_s 是由下面的等式 (20g) 表示的N行乘一列的列矢量。

[0286] $I_s = Tr(I_1, I_2, \cdots, I_j, \cdots, I_N) \cdots$ 等式 (20g)

[0287] 此外,在本实施例中,转矩矢量 T_q 由下面的等式 (20h) 定义。

[0288] $T_q = Tr(T_x, T_y, T_{wz}) \cdots$ 等式 (20h)

[0289] 于是,得到下面的等式 (20i)。

[0290] $T_q = M * I_s \cdots$ 等式 (20i)

[0291] 在本实施例中,也以与第一实施例相同的方式使用伪电流矢量 K 进行计算。在本实施例中,引入了三行乘一列的伪电流矢量 K 。在本实施例中引入的伪电流矢量 K 满足下面的等式 (20j)。

[0292] $Tr(M) * K = I_s \cdots$ 等式 (20j)

[0293] 等式 (20i) 可以通过使用等式 (20j) 变形为下面的等式 (20k)。

[0294] $T_q = M * Tr(M) * K \cdots$ 等式 (20k)

[0295] 在等式 (20k) 中, $M * Tr(M)$ 是三行乘N列的矩阵与N行乘三列的矩阵的乘积,因此是三行乘三列的方阵。此外,转矩贡献矩阵 M 的各行相互线性独立。因此,无论如何都能够从 $M * Tr(M)$ 获得逆矩阵。因此,可以将等式 (20k) 变形为下面的等式 (20l)。

[0296] $K = Inv(M * Tr(M)) * T_q \cdots$ 等式 (20l)

[0297] 从等式 (20j) 和等式 (20l) 最终得出由下面的等式 (20m) 表示的线圈电流矢量。这样,能够唯一地求出线圈电流矢量 I_s 。

[0298] $Tr(M) * Inv(M * Tr(M)) * T_q = I_s \cdots$ 等式 (20m)

[0299] 通过如上所述地计算出线圈电流矢量 I_s ,可以确定待施加至每个线圈209的电流。因此,由于可以独立地向动子101施加X方向上的力分量 T_x 、Y方向上的力分量 T_y 和Wz方向上的转矩分量 T_{wz} ,所以可以在使动子101的姿态在Y方向和Wz方向上稳定的同时沿X方向输送动子101。

[0300] 注意,在本实施例中,通过以与第一实施例相同的方式向每个线圈202施加电流,也可以独立地向动子101施加Z方向上的力分量 T_z 、Wx方向上的转矩分量 T_{wx} 和Wy方向上的转矩分量 T_{wy} 。因此,在本实施例中,通过组合使用线圈202和线圈209,也可以向动子101施加力 T 的六轴分量(T_x 、 T_y 、 T_z 、 T_{wx} 、 T_{wy} 、 T_{wz})。

[0301] 第三实施例

[0302] 下面将参考图18至图19B描述本发明的第三实施例。注意,与上述第一和第二实施例中的部件相同的部件标有相同标记,并且将省略或简化其描述。

[0303] 首先,将参考图18描述根据本实施例的输送系统1的构造。图18是示出了根据本实施例的包括动子101和定子201的输送系统1的构造的示意图。图18是从X方向观察时动子101和定子201的示图。

[0304] 根据本实施例的输送系统1与第一实施例的构造的不同之处在于用于向动子101施加X方向上的力分量 T_x 、Z方向上的力分量 T_z 、Wx方向上的转矩分量 T_{wx} 、Wy方向上的转矩分量 T_{wy} 和Wz方向上的转矩分量 T_{wz} 的构造。

[0305] 如图18所示,根据本实施例的动子101具有包括多个永磁体的永磁体阵列109,代替第一实施例中所使用的动子101的上表面上的磁轭板103和动子101的上表面上的导电板107。此外,根据本实施例的定子201具有线圈209,代替第一实施例中所使用的线圈202和207。

[0306] 永磁体阵列109被安装成两排,使得多个永磁体沿X方向布置在动子101的上表面上的R侧和L侧的相应端部处。永磁体阵列109所包含的多个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向顶部的外侧磁极的极性交替地不同,并且S极极性和N极极性沿X方向在外侧交替地布置。

[0307] 多个线圈209以能够沿Z方向与安装在动子101的上表面上的两排永磁体阵列109面对的方式沿X方向附接并安装在定子201上。具体地,多个线圈209以能够从顶部沿Z方向与安装在动子101的上表面上的两排永磁体阵列109面对的方式平行于X方向布置和安装成两排。

[0308] 以与第一实施例中描述的线圈202、207和208的情况相同的方式,通过包括综合控制器301、线圈控制器302等的控制系统3向每个线圈209施加电流。

[0309] 线圈209用作用于动子101的浮起和输送的线圈。作为这样的线圈209,可以使用带芯的线圈。通过使用带芯的线圈作为线圈209,由于在不向线圈209施加电流的情况下大的吸引力作用于线圈209和永磁体阵列109之间,所以可以显著地减小施加至线圈209的电流。

[0310] 注意,除了各自的安装位置之外,本实施例中的线圈209和永磁体阵列109之间的关系与第二实施例中描述的线圈209和永磁体阵列109之间的关系相同。注意,在图16至图17B中示出的第二实施例中q轴对应于X轴并且d轴对应于Y轴,而在图18和图19A中示出的本实施例中q轴对应于X轴并且d轴对应于Z轴。

[0311] 在本实施例中,通过线圈209向永磁体阵列109施加力,由此,独立地向动子101施加X方向上的力分量 T_x 、Z方向上的力分量 T_z 、 W_x 方向上的转矩分量 T_{wx} 、 W_y 方向上的转矩分量 T_{wy} 、 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 。按照与第二实施例相同的方式,本实施例的输送系统1是具有同步式线性马达的输送系统,该同步式线性马达在定子201的线圈209与动子101的永磁体阵列109之间产生电磁力,并向动子101施加X方向上的推力。

[0312] 下面将参考图19A和图19B描述独立地向动子101施加X方向上的力分量 T_x 、Z方向上的力分量 T_z 、 W_x 方向上的转矩分量 T_{wx} 、 W_y 方向上的转矩分量 T_{wy} 和 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 的方法。图19A和图19B是示出了通过使用线圈209和永磁体阵列109独立地向动子101施加力分量 T_x 和 T_z 以及转矩分量 T_{wx} 、 T_{wy} 和 T_{wz} 的方法的示意图。注意,在图19A和图19B中侧向布置的点划线表示X方向上的对应位置。线圈电流计算函数404用于根据以下方法确定为了独立地向动子101的永磁体阵列109施加力分量 T_x 和 T_z 以及转矩分量 T_{wx} 、 T_{wy} 、和 T_{wz} 而待施加到线圈209的电流指令值。

[0313] 这里,将每单位电流在q轴方向(X方向)和d轴方向(Z方向)上作用在第j个线圈209上的力的大小分别表示为 $E_q(j, P)$ 和 $E_d(j, P)$,其中,P被定义为动子101的位置和姿态,j被定义为排列成一排的线圈209中的其中一个线圈的编号。此外,将第j个线圈209中的电流的水平表示为 $I(j)$ 。

[0314] 图19A是沿Z方向从上往下观察时定子201和动子101的示图。注意,为了更好的可

见性,图19A示出了相对于永磁体阵列109向外偏移的线圈209。在本实施例中,如上所述,q轴对应于X轴,d轴对应于Z轴。

[0315] 图19B示出了表示 $E_q(j, P)$ 的q轴推力常数曲线601和表示 $E_d(j, P)$ 的d轴推力常数曲线603。 $E_q(j, P)$ 可以从q轴推力常数曲线601得出, $E_d(j, P)$ 可以从d轴推力常数曲线603得出。

[0316] 根据以下方法,可以通过使用两排线圈209在五个轴上施加力和旋转方向转矩(T_x 、 T_z 、 T_{wx} 、 T_{wy} 、 T_{wz})。

[0317] 在本实施例中,考虑到存在两排线圈209,扩展了第二实施例中的等式(20a)、(20b)和(20c)。

[0318] 当将j作为L侧和R侧两侧的线圈209的指标时,作用在动子101的永磁体阵列109上的X方向上的力分量 T_x 和Z方向上的力分量 T_z 分别由下面的等式(21a)和(21b)表示。进一步地,作用在动子101的永磁体阵列109上的 W_x 方向上的转矩分量 T_{wx} 、 W_y 方向上的转矩分量 T_{wy} 和 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 分别由下面的等式(21c)、(21d)和(21e)表示。

[0319] $T_x = \sum E_q(j, P) * I_j \cdots$ 等式(21a)

[0320] $T_z = \sum E_d(j, P) * I_j \cdots$ 等式(21b)

[0321] $T_{wx} = \sum \{-E_d(j, P) * Y(j, P) * I_j\} \cdots$ 等式(21c)

[0322] $T_{wy} = \sum E_d(j, P) * X(j, P) * I_j \cdots$ 等式(21d)

[0323] $T_{wz} = \sum E_q(j, P) * Y(j, P) * I_j \cdots$ 等式(21e)

[0324] 在该计算之后,以与第一实施例相同的方式,通过定义和计算转矩贡献矩阵M,可以得出线圈电流矢量 I_s ,该线圈电流矢量表示为了向动子101施加期望的 T_x 、 T_z 、 T_{wx} 、 T_{wy} 和 T_{wz} 而待施加至每个线圈209的电流。

[0325] 在本实施例中所定义的转矩贡献矩阵M中,第一行与X方向相关联,第二行与Z方向相关联,第三行与 W_x 方向相关联,第四行与 W_y 方向相关联,第五行与 W_z 方向相关联。

[0326] 然后,本实施例中所定义的转矩贡献矩阵M的第一行第j列、第二行第j列、第三行第j列、第四行第j列和第五行第j列的相应元素 $M(1, j)$ 至 $M(5, j)$ 分别由下面的等式(21f)至(21j)表示。

[0327] 该转矩贡献矩阵M是五行乘N列的矩阵。注意,转矩贡献矩阵M的各行相互线性独立。

[0328] $M(1, j) = E_q(j, P) \cdots$ 等式(21f)

[0329] $M(2, j) = E_d(j, P) \cdots$ 等式(21g)

[0330] $M(3, j) = -E_d(j, P) * Y(j, P) \cdots$ 等式(21h)

[0331] $M(4, j) = E_d(j, P) * X(j, P) \cdots$ 等式(21i)

[0332] $M(5, j) = E_q(j, P) * Y(j, P) \cdots$ 等式(21j)

[0333] 此外,在本实施例中,引入以待施加到第一至第N线圈209的电流 I_1 至 I_N 为元素的列矢量作为线圈电流矢量 I_s 。线圈电流矢量 I_s 是由下面的等式(21k)表示的N行乘一列的列矢量。

[0334] $I_s = \text{Tr}(I_1, I_2, \cdots, I_j, \cdots, I_N) \cdots$ 等式(21k)

[0335] 此外,在本实施例中,转矩矢量 T_q 由下面的等式(21l)定义。

[0336] $T_q = \text{Tr}(T_x, T_z, T_{wx}, T_{wy}, T_{wz}) \cdots$ 等式(21l)

[0337] 于是,得到下面的等式 (21m)。

[0338] $T_q = M * I_s \cdots$ 等式 (21m)

[0339] 在本实施例中,也以与第一实施例相同的方式使用伪电流矢量 K 进行计算。在本实施例中,引入了五行乘一列的伪电流矢量 K 。在本实施例中引入的伪电流矢量 K 满足下面的等式 (21n)。

[0340] $Tr(M) * K = I_s \cdots$ 等式 (21n)

[0341] 等式 (21m) 可以通过使用等式 (21n) 变形为下面的等式 (21o)。

[0342] $T_q = M * Tr(M) * K \cdots$ 等式 (21o)

[0343] 在等式 (21o) 中, $M * Tr(M)$ 是五行乘 N 列的矩阵与 N 行乘五列的矩阵的乘积,因此是五行乘五列的方阵。此外,转矩贡献矩阵 M 的各行相互线性独立。因此,无论如何都能够从 $M * Tr(M)$ 获得逆矩阵。因此,可以将等式 (21o) 变形为下面的等式 (21p)。

[0344] $K = Inv(M * Tr(M)) * T_q \cdots$ 等式 (21p)

[0345] 从等式 (21n) 至等式 (21p) 最终得出由下面的等式 (21q) 表示的线圈电流矢量 I_s 。这样,能够唯一地求出线圈电流矢量 I_s 。

[0346] $Tr(M) * Inv(M * Tr(M)) * T_q = I_s \cdots$ 等式 (21q)

[0347] 通过如上所述地计算线圈电流矢量 I_s ,可以确定待施加至每个线圈209的电流。因此,可以独立地向动子101施加 X 方向上的力分量 T_x 、 Z 方向上的力分量 T_z 、 W_x 方向上的转矩分量 T_{wx} 、 W_y 方向上的转矩分量 T_{wy} 和 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 。也就是说,可以独立地向动子101施加五个轴的力分量和转矩分量。因此,可以在使动子101的姿态在 Z 方向、 W_x 方向、 W_y 方向和 W_z 方向上稳定的同时沿 X 方向输送动子101。

[0348] 注意,在本实施例中,也可以通过以与第一实施例相同的方式向每个线圈208施加电流而独立地向动子101施加 Y 方向上的力分量 T_y 和 W_z 方向上的转矩分量 T_{wz} 。因此,在本实施例中通过组合使用线圈208和线圈209,也可以向动子101施加力 T 的六轴分量 (T_x 、 T_y 、 T_z 、 T_{wx} 、 T_{wy} 、 T_{wz})。

[0349] 第四实施例

[0350] 下面将参考图20至图22描述本发明的第四实施例。注意,与上述第一至第三实施例中的部件相同的部件标有相同的标记,并且将省略或简化其描述。

[0351] 首先,将参考图20和图21A描述根据本实施例的输送系统1的构造。图20和图21A是示出了根据本实施例的包括动子101和定子201的输送系统1的构造的示意图。图20是从 X 方向观察时动子101和定子201的示图。图21A是沿 Z 方向上从上往下观察图20时的示图。注意,图20的右边部分表示沿图21A中的线(A)-(A)截取的横截面(A)。此外,图20的左边部分表示沿图21A中的线(B)-(B)截取的横截面(B)。此外,为了更好的可见性,图21A示出了相对于永磁体阵列110(110a、110b)向外偏移的线圈209。

[0352] 根据本实施例的输送系统1与根据第三实施例的构造的不同之处在于用于向动子101施加 Y 方向上的力的构造。

[0353] 如图20和图21A所示,根据本实施例的动子101具有包括多个永磁体的永磁体阵列110,代替第三实施例中所使用的永磁体阵列109。注意,在本实施例的动子101中,不同于第三实施例,在动子101的 L 侧和 R 侧的两个侧面上没有安装磁轭板103。此外,与第三实施例相同,根据本实施例的定子201具有线圈209。注意,不同于第三实施例,根据本实施例的定子

201中没有安装线圈208。

[0354] 永磁体阵列110被安装成两排,使得多个永磁体沿X方向布置在动子101的上表面上的R侧和L侧的相应端部处。但是,在两排永磁体阵列110的每个阵列的一部分(即,在永磁体阵列110的两端中的每一端)处,以沿Y方向布置的方式安装有两个永磁体。这两排永磁体阵列110的每个阵列具有在输送动子101的X方向上交替磁化为N极和S极的永磁体阵列110b以及在与X方向正交的Y方向上交替磁化为N极和S极的永磁体阵列110a。在永磁体阵列110b中,多个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向顶部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿X方向在外侧交替地布置。在永磁体阵列110a中,两个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向顶部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿Y方向在外侧交替地布置。注意,永磁体阵列110a可以包括两个或更多个永磁体。这里,Y轴被定义为h轴,Y方向被定义为h轴方向。

[0355] 多个线圈209以能够沿Z方向与安装在动子101的上表面上的两排永磁体阵列110面对的方式沿X方向附接并安装在定子201上。具体地,多个线圈209以能够从顶部沿Z方向与安装在动子101的上表面上的两排永磁体阵列110面对的方式平行于X方向排列和安装成两排。

[0356] 与第一实施例中描述的线圈202、207和208的情况相同地,通过包括综合控制器301、线圈控制器302等的控制系统3向每个线圈209施加电流。

[0357] 图21B示意性地示出了在每个线圈209中产生的每单位电流的q轴方向(X方向)、h轴方向(Y方向)和d轴(Z轴)的力 $E_q(j, P)$ 、 $E_h(j, P)$ 和 $E_d(j, P)$ 的相应大小。注意,在图21A和图21B中侧向布置的点划线表示X方向上的对应位置。q轴推力常数曲线601表示 $E_q(j, P)$,h轴常数曲线602表示 $E_h(j, P)$,d轴推力常数曲线603表示 $E_d(j, P)$ 。

[0358] 在本实施例中,将参考图22描述在h轴方向(Y方向)上产生力的原理。图22是示出了在h轴方向(Y方向)上产生力的原理的示意图。图22示出了图21A中的永磁体阵列110的沿线(A)-(A)截取的横截面中包括R侧和L侧的永磁体阵列110a中的其中一个的部分。

[0359] 如图22所示,线圈209具有芯211和绕组210。线圈209被安装成从顶部沿Z方向与永磁体阵列110a面对。芯211中的箭头214表示线圈209的磁化方向,箭头214的头部表示N极。在永磁体阵列110a中,永磁体110aR和110aL在h轴方向(Y方向)上排列。永磁体110aR和110aL中的箭头表示永磁体的磁化方向,并且每个箭头的头部表示N极。

[0360] 如图22所示,当施加电流以使N极出现在线圈209的芯211的永磁体阵列110a侧的表面上时,在线圈209和永磁体110aR之间产生排斥力,在线圈209和永磁体110aL之间产生吸引力。因此,力在h轴方向的+方向(Y+方向)上作用于动子101。

[0361] 在更定量的表述中,穿过芯211的绕组210的交链磁通 Φ 相对于动子101的h轴方向上的位置h具有由以下表达式(22a)表示的关系。

[0362] $\Phi = \Phi(h) \dots$ 等式(22a)

[0363] 在这种情况下,在h轴方向(Y方向)上起作用的力 F_h 的大小一般由下面的等式(22b)表示,其中i表示在线圈209中流动的电流的水平。

[0364] $F_h = i * \partial \Phi / \partial h \dots$ 等式(22b)

[0365] 如上所述,在本实施例中,可以通过作用在线圈209和永磁体阵列110a之间的力沿h轴方向(Y方向)向动子101施加力。

[0366] 而且在本实施例中,按照与第一至第三实施例相同的方式,由下面的等式(23a)、(23b)、(23c)、(23d)、(23e)和(23f)分别表示沿各个轴线方向施加的力分量和转矩分量。

[0367] $T_x = \sum (E_q(j, P) * I_j) \cdots$ 等式(23a)

[0368] $T_y = \sum (E_h(j, P) * I_j) \cdots$ 等式(23b)

[0369] $T_z = \sum (E_d(j, P) * I_j) \cdots$ 等式(23c)

[0370] $T_{wx} = \sum \{ (E_h(j, P) * Z(j, P) - E_d(j, P) * Y(j, P)) * I_j \} \cdots$ 等式(23d)

[0371] $T_{wy} = \sum \{ (E_d(j, P) * X(j, P) - E_q(j, P) * Z(j, P)) * I_j \} \cdots$ 等式(23e)

[0372] $T_{wz} = \sum \{ (E_q(j, P) * Y(j, P) - E_h(j, P) * X(j, P)) * I_j \} \cdots$ 等式(23f)

[0373] 这里,在本实施例中,按照与第一至第三实施例类似的方式,也可以通过进行引入了转矩贡献矩阵M和六行乘一列的伪电流矢量K的计算,通过使用下面的等式(21q)得出表示待施加到线圈209的电流的线圈电流矢量Is。

[0374] $Tr(M) * Inv(M * Tr(M)) * T_q = I_s \cdots$ 等式(21q)

[0375] 第五实施例

[0376] 下面将参考图23A至图23B描述本发明的第五实施例。注意,与上述第一至第四实施例中的部件相同的部件标有相同的标记,并且将省略或简化其描述。

[0377] 在本实施例中,将参考图23A和图23B描述在第四实施例中所需要施加的Wy转矩在动子101的L侧和R侧之间不同的情况。

[0378] 图23A和图23B是示意性地示出了动子101在被扭转的同时沿X方向被输送的情况的示意图。图23A是从Y方向观察时动子101的示图,图23B是从斜上方观察时动子101的示图。

[0379] 如图23A和图23B所示,动子101可以在沿扭转方向变形或振动的同时被输送。动子101扭转的情况可以包括动子101的R侧的Wy方向的旋转角WyR与动子101的L侧的Wy方向的旋转角WyL互不相同的情况,如图23A所示。这样的扭转是动子101的位置和姿态P的姿态成分之一。

[0380] 在本实施例中,Z传感器206被布置成能够在L侧和R侧分别独立地测量动子101在Wy方向上的位移。也就是说,Z传感器206分别安装在L侧和R侧,并且以一定间隔安装,使得无论动子101存在于何处,每一侧的两个以上的Z传感器206可以在每一侧测量动子101在Wy方向上的位移。例如,如图23A所示,动子101在Wy方向上的位移由L侧的Z传感器206La和206Lb以及R侧的Z传感器206Ra和206Rb来测量。通常,如果安装有四个以上的Z传感器206并且它们中的任意三个没有安装在一条直线上,则理论上可以分别计算WyR和WyL。在本实施例中,安装有多个Z传感器206,使得可以分别计算WyR和WyL。

[0381] 在本实施例中,通过分别安装在L侧和R侧的Z传感器206测量Wy方向上的位移,以测量WyR和WyL。然后,以与其它轴相同的方式使用目标值和当前值来计算待施加到动子101的L侧和R侧各侧的期望的Wy方向上的转矩分量TwyL和TwyR。

[0382] 更详细地,在本实施例中,使用以下等式(23e1)和(23e2)代替第四实施例中的等式(23e)。

[0383] $T_{wyL} = \sum L \{ (E_d(j, P) * X(j, P) - E_q(j, P) * Z(j, P)) * I_j \} \cdots$ 等式(23e1)

[0384] $T_{wyR} = \sum R \{ (E_d(j, P) * X(j, P) - E_q(j, P) * Z(j, P)) * I_j \} \cdots$ 等式(23e2)

[0385] 在以下计算中,按照与第四实施例相同的方式,可以通过进行引入了转矩贡献矩

阵M和伪电流矢量K的计算得出表示待施加到线圈209的电流的线圈电流矢量 I_s 。注意,在本实施例中,转矩贡献矩阵M是七行乘N列的矩阵,并且伪电流矢量K是七行乘一列的矢量。

[0386] 这样,在本实施例中,当出现由于 W_y 方向上的位移而引起的动子101的扭转时,可以通过施加 W_y 方向上的转矩分量 Tw_yL 、 Tw_yR 来控制动子101的扭转。例如,在本实施例中,可以向动子101施加 W_y 方向上的转矩分量 Tw_yL 、 Tw_yR ,以消除由于 W_y 方向上的位移而引起的动子101的扭转。

[0387] 如上所述,根据本实施例,即使在动子101发生扭转时也可以在扭转方向上积极地施加转矩分量。因此,可以控制动子101的扭转。

[0388] 因此,根据本实施例,由于不是等待扭转或振动自然停止而是积极施加转矩,因此可以在更短的时间内使动子101的位移收敛。因此,根据本实施例可以更稳定地输送动子101。特别是,根据本实施例的构造在动子101较薄并且 W_y 方向上的刚性较低时是有效的。

[0389] 注意,尽管上面已经描述了由于动子101在 W_y 方向上的位移而出现动子101的扭转的情况,但是情况不限于此。另外,与 W_y 方向的情况相同,当由于动子101在 W_x 方向上的位移而出现动子101的扭转时,也可以以与 W_y 方向的情况相同的方式控制动子101的扭转。

[0390] 第六实施例

[0391] 下面将参考图24A至图24B描述本发明的第六实施例。注意,与上述第一至第五实施例中的部件相同的部件标有相同的标记,并且将省略或简化其描述。

[0392] 将参考图24A描述根据本实施例的输送系统1的构造。图24A是示出了根据本实施例的包括动子101和定子201的输送系统1的构造的示意图。图24A是示出了沿Z方向从上往下观察时的动子101的示图。注意,为了更好的可见性,图24A示出了相对于永磁体磁轭复合阵列111向外偏移的线圈209。

[0393] 根据本实施例的输送系统1与根据第四实施例的构造的不同之处在于安装有永磁体磁轭复合阵列111代替永磁体阵列110。

[0394] 如图24A所示,根据本实施例的动子101具有永磁体磁轭复合阵列111,代替第四实施例中使用的永磁体阵列110。

[0395] 在动子101的上表面上,永磁体磁轭复合阵列111在R侧和L侧的相应端部平行于X方向安装成两排。两排永磁体磁轭复合阵列111的每个阵列具有与第四实施例相同的永磁体阵列110a、110b和磁轭板110c。磁轭板110c平行于X方向安装在永磁体阵列110b中。磁轭板110c是由具有大导磁率的物质(例如,铁)制成的板。

[0396] 在本实施例中,由于安装有磁轭板110c,q轴推力常数曲线601、h轴常数曲线602和d轴推力常数曲线603的形状与第四实施例不同,如图24B所示。注意,在图24A和图24B中侧向布置的点划线表示X方向上的对应位置。

[0397] 注意,在本实施例中,也可以通过与第四实施例中相同的方法得出表示待施加至线圈209的电流的线圈电流矢量 I_s 。

[0398] 在本实施例中,由于安装有磁轭板110c而不是永磁体,所以容易冷却线圈209。特别是,当X方向和Y方向上所需的转矩较小时,根据本实施例的构造是优选的。此外,在本实施例中,由于能够减少昂贵的永磁体的使用,因此能够构成低成本的输送系统1。

[0399] 第七实施例

[0400] 下面将参考图25A至图25B描述本发明的第七实施例。注意,与上述第一至第六实

施例中的部件相同的部件标有相同的标记,并且将省略或简化其描述。

[0401] 在本实施例中,将参考图25A和图25B描述动子101在垂直方向上比在水平方向上大的情况。图25A是示出了当动子101在垂直方向上比在水平方向上大时输送系统1的构造的示例的示意图。图25B是示出了当动子101在垂直方向上在水平方向上大时输送系统1的构造的另一个示例的示意图。图25A和图25B是从X方向观察时动子101和定子201的示图。在本实施例中,如下所述,改变了第四或第五实施例中描述的永磁体阵列110和线圈209的安装位置。

[0402] 如图25A所示,动子101在垂直方向上比在水平方向上大。也就是说,动子101在Z方向上比在Y方向上大。注意,动子101可以在Z方向上在X方向上大,或者可以在Z方向上比在X方向上小。

[0403] 在图25A的情况下,永磁体阵列110安装在动子101的上表面上。安装在动子101的上表面上的每个永磁体阵列110包括永磁体阵列110a和110b。在动子101的上表面上的永磁体阵列110a中,两个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向顶部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿Y方向在外侧交替地布置。在动子101的上表面上的永磁体阵列110b中,多个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向顶部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿Y方向在外侧交替地布置。

[0404] 线圈209以能够从顶部沿Z方向与动子101的上表面上的永磁体阵列110面对的方式安装在定子201的上表面上。这样,在安装在动子101的上表面上的永磁体阵列110与线圈209之间产生大的吸引力。注意,可以在动子101的上表面上安装磁轭板103来代替永磁体阵列110或者除了永磁体阵列110之外再在动子101的上表面上安装磁轭板103,使得线圈209与磁轭板103相对。此外,为了在即使没有电流施加到线圈时也在动子101的上表面上的永磁体阵列110与线圈209之间产生吸引力,可以使用带芯的磁体作为线圈209。

[0405] 此外,如图25A所示,永磁体阵列110安装在动子101的下表面上。安装在动子101的下表面上的永磁体阵列110包括永磁体阵列110a和110b。在动子101的下表面上的永磁体阵列110a中,两个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向底部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿Y方向在外侧交替地布置。在动子101的下表面上的永磁体阵列110b中,多个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向底部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿X方向在外侧交替地布置。

[0406] 线圈209以能够从底部沿Z方向与动子101的下表面上的永磁体阵列110面对的方式安装在定子201的底部上。

[0407] 在垂直方向上较大的动子101可以构造成在动子101的侧表面上保持工件102(例如,基板)。在工件102上进行沉积的汽相沉积源702在定子201上安装成与保持在动子101的侧表面上的工件102相对。

[0408] 此外,定子201上设置有助于取出动子101的开口802。开口802设置在定子201的顶部。在诸如停电或故障等异常情况发生时,可以从定子201的上侧利用起重机等通过开口802将动子101升起,以将其撤离。这有助于包括输送系统1的生产线的稳定运转。

[0409] 另外,由于开口802可以容易地设置在定子201中,因此,在异常情况下适于通过使用起重机等将动子101升起并回收。

[0410] 注意,如图25B所示,可以将永磁体阵列110安装在动子101的侧表面上,而不是将

永磁体阵列110安装在动子101的下表面上。利用这样的构造,可以更稳定地输送竖直方向较长的动子101。

[0411] 注意,尽管以上已经描述了改变第四或第五实施例中描述的永磁体阵列110和线圈209的安装位置的情况,也可以以与上述永磁体阵列110的情况相同的方式改变第六实施例中描述的永磁体磁轭复合阵列111的安装位置。

[0412] 第八实施例

[0413] 下面将参考图26描述本发明的第八实施例。注意,与上述第一至第七实施例中的部件相同的部件标有相同标记,并且将省略或简化其描述。

[0414] 在本实施例中,将参考图26描述永磁体阵列110安装在动子101的下表面上的情况。图26是示出了当永磁体阵列110安装在动子101的下表面上时输送系统1的构造的示例的示意图。图26是从X方向观察时动子101和定子201的示图。在本实施例中,如下所述,改变了第四或第五实施例中描述的永磁体阵列110和线圈209的安装位置。

[0415] 如图26所示,永磁体阵列110在动子101的下表面上安装在L侧和R侧的相应端部。安装在L侧和R侧的相应端部处的每个永磁体阵列110包括永磁体阵列110a和110b。在永磁体阵列110a中,两个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向底部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿Y方向在外侧交替地布置。在永磁体阵列110b中,多个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向底部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿X方向在外侧交替地布置。

[0416] 线圈209以能够从底部沿Z方向与分别设置在动子101的下表面的L侧和R侧的相应端部处的永磁体阵列110面对的方式安装在定子201上。

[0417] 在图26所示的永磁体阵列110和线圈209的布置的情况下,永磁体阵列110和线圈209之间的力具有正方向上的弹簧模量,即,当线圈209的电流量保持恒定时,在动子101降低时,由线圈209产生的排斥力增大。因此,动子101的位置在Z方向上稳定。因此,可以在使动子101的姿态更加稳定的同时输送动子101。

[0418] 注意,尽管以上已经描述了改变第四或第五实施例中描述的永磁体阵列110和线圈209的安装位置的情况,但是,也可以以与上述永磁体阵列110的情况相同的方式改变第六实施例中描述的永磁体磁轭复合阵列111的安装位置。

[0419] 第九实施例

[0420] 下面将参考图27描述本发明的第九实施例。注意,与上述第一至第八实施例中的部件相同的部件标有相同的标记,并且将省略或简化其描述。

[0421] 在本实施例中,将参考图27描述在上述实施例中使用的线圈202具有永磁体213的情况。图27是示出了从X方向观察时根据本实施例的线圈202的横截面的示图。

[0422] 如图27所示,线圈202具有绕组210以及绕组210围绕其卷绕的芯211,并且在芯211的内部还具有永磁体213。永磁体213设置在卷绕有绕组210的芯211的内部,使得N极和S极如图27中箭头所示沿Z方向布置。

[0423] 例如,当线圈中绕组的匝数为500并且施加到该绕组的电流值为1A时,磁动势为500A,如果使用磁动势为950kA/m的钕磁体代替它,则该磁体的厚度为约1.05mm。这样,永磁体213表现出与向绕组210连续施加恒定电流相同的效果。因此,可以考虑作为参考的动子101的输送高度,以使得施加到绕组210的电流减小的方式来设计永磁体213的厚度等。通过

这样使用永磁体213,在动子101的输送过程中施加至绕组210的电流可以仅为用于校正动子101的姿态变化的量,可以显著降低施加至线圈202的电流值。

[0424] 注意,除了上述线圈202之外,上述实施例中所使用的线圈207、208和209也可以构造成具有永磁体213。

[0425] 第十实施例

[0426] 下面将参考图28A描述本发明的第十实施例。注意,与上述第一至第九实施例中的部件相同的部件标有相同的标记,并且将省略或简化其描述。

[0427] 在本实施例中,将参考图28A描述在根据第四实施例的构造中改变了线圈209的芯211的形状的情况。图28A是示出了从X方向观察时根据本实施例的线圈209和永磁体阵列110a的横截面的示图。

[0428] 根据本实施例的线圈209以与图22所示的第四实施例的情况相同的方式安装成沿Z方向与包括永磁体110aR和110aL的永磁体阵列110a面对。线圈209具有绕组210以及绕组210围绕其卷绕的芯211。在永磁体阵列110a中,永磁体110aR和110aL被安装成沿Y方向布置。

[0429] 另一方面,与图22中所示的第四实施例的情况不同,线圈209的芯211具有绕组210围绕其卷绕的中心部分以及沿Y方向从该中心部分延伸到绕组210外部的延伸部分,如本实施例中的图28A中所示。注意,芯211的延伸部分可以部分地沿Y方向延伸到绕组210外部,或者可以在绕组210的整个圆周上延伸到外部。

[0430] 在本实施例中,利用芯211具有延伸部分的构造,永磁体阵列110a在h轴方向(Y方向)移动时的交链磁通 Φ 的变化增加。因此,本实施例是有利的,因为每单位电流对h轴方向(Y方向)的力增大。因此,在本实施例中,可以更稳定地输送动子101。

[0431] 注意,尽管上面已经描述了在根据第四实施例的构造中改变了线圈209的芯211的形状的情况,但是在第五和第六实施例的构造中也可以以与上述方式相同的方式改变芯211的形状。

[0432] 第十一实施例

[0433] 下面将参考图28B描述本发明的第十一实施例。注意,与上述第一至第十实施例中的部件相同的部件标有相同标记,并且将省略或简化其描述。

[0434] 在本实施例中,将参考图28B描述在根据第十实施例的构造中改变了永磁体阵列110a的构造的情况。图28B是示出了从X方向观察时根据本实施例的线圈209和永磁体阵列110a的横截面的示图。

[0435] 在本实施例中,如图28B所示,去除了永磁体阵列110a中的永磁体110aR和110aL中的其中一个永磁体110aL。在这种情况下,由于在永磁体阵列110a沿h轴方向(Y方向)移动时交链磁通 Φ 发生变化,因此也可以向动子101施加h轴方向(Y方向)上的力。在本实施例中,尽管在Y方向上施加的力的大小较小,但是由于能够减少永磁体的数量,因此其对于需要减轻动子101的重量等情况是优选的。

[0436] 第十二实施例

[0437] 下面将参考图29描述本发明的第十二实施例。注意,与上述第一至第十一实施例中的部件相同的部件标有相同的标记,并且将省略或简化其描述。

[0438] 在本实施例中,将参考图29描述在根据第四实施例的构造中将动子101构造成能

够翻转从而调换上表面和下表面的情况。图29是示出了根据本实施例的输送系统1的构造的示意图。图29是从X方向观察时根据本实施例的动子101和定子201的示图。在本实施例中,即使在第四实施例的构造中由于上下表面调换的动子101的翻转导致永磁体阵列110a、110b翻转的状态下,永磁体阵列110a、110b也能够用于动子101的浮起输送。

[0439] 在与输送系统1一起形成处理系统的处理装置是汽相沉积装置的情况下,附接至动子101的工件102通常是诸如玻璃基板的基板。在作为工件102的基板附接至动子101时,如果可以使通过吸附等保持工件102的动子101的工件保持面朝向上方,则能够提高作业效率,因此是优选的。当工件102被保持时,动子101处于工件保持面(即其上表面或下表面,即沉积面D)朝向上方的状态。在工件102被动子101保持在该状态下之后,在工件102被动子101保持的情况下动子101沿Wy方向旋转和翻转180度,然后可以开始动子101的输送。

[0440] 在本实施例中,在如上所述那样输送动子101时,对于将动子101从其初始位置输送到工件102被保持的位置的情况以及在工件102被保持并翻转后输送动子101的情况,均使用相同的线圈209输送动子101。

[0441] 在本实施例中,如图29所示,永磁体阵列110安装在动子101的侧表面上。即,包括永磁体阵列110a、110b的永磁体阵列110分别安装在动子101的L侧和R侧的每个侧表面上。在永磁体阵列110a中,两个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向顶部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿Y方向在外侧交替地布置。在永磁体阵列110b中,多个永磁体被安装成使得定子201侧的朝向顶部的外侧磁极的极性交替不同,并且S极极性和N极极性沿X方向在外侧交替地布置。

[0442] 在本实施例中,动子101的上表面侧的永磁体阵列110a、110b的上表面上没有安装磁轭。此外,类似地,动子101的下表面侧的永磁体阵列110a和110b的下表面上没有安装磁轭。由于没有安装磁轭,因此永磁体阵列110a、110b的上表面和下表面均敞开。因此,对于动子101使沉积面D朝上以及使沉积面D朝下的两种情况,永磁体阵列110a和110b都能够允许磁极的一个或另一个与安装在定子201上的线圈209相对。

[0443] 如上所述,其上安装有永磁体阵列110的动子101可以被翻转,使得上表面和下表面调换。通过安装在动子101待翻转的位置的翻转机构来执行永磁体阵列110的翻转。

[0444] 在L侧和R侧的每一侧,线圈209通过支架215和轨道216以沿Z方向与永磁体阵列110面对的方式安装在定子201上。与永磁体阵列110面对的线圈209分别在L侧和R侧的每一侧附接并安装在支架215上。每个支架215安装在轨道216上,以便可以在轨道216上沿Y方向移动。当动子101翻转时,每个支架215可以在轨道216上移动并撤出到外部。在每个支架215已经撤出时,翻转装置(未示出)可以执行调换动子101的上表面和下表面的操作。

[0445] 这样,在本实施例中,包括永磁体阵列110a、110b的永磁体阵列110设置在动子101上,使得多个线圈209能够在动子101翻转前后与永磁体阵列110面对。

[0446] 此外,在本实施例中,线性标尺104、Y靶105和Z靶106分别安装在动子101的上部和下部。安装在动子101的上部和下部的线性标尺104、Y靶105和Z靶106例如分别围绕动子101绕其旋转和翻转的翻转轴作为对称轴以轴对称的方式布置。

[0447] 线性编码器204安装在定子201上,以便能够在动子101的沉积面D朝上和朝下的两种情况下测量安装在动子101的上部和下部上的线性标尺104的其中一个。此外,Y传感器205安装在定子201上,以便能够在动子101的沉积面D朝上和朝下的两种情况下测量安装在

动子101的上部和下部上的Y靶105的其中一个。此外,Z传感器206安装在定子201上,以便能够在动子101的沉积面D朝上和朝下的两种情况下测量安装在动子101的上部和下部上的Z靶106的其中一个。这样,在本实施例中,线性标尺104、Y传感器205和Z传感器206也可以用于测量可以翻转后的动子101的位置和姿态(X、Y、Z、W_x、W_y、W_z)。

[0448] 根据本实施例,即使在动子101可以翻转的情况下也可以在使动子101的姿态在Y方向、Z方向、W_x方向、W_y方向、W_z方向上稳定的同时沿X方向以非接触方式稳定地输送动子101。

[0449] 注意,尽管上面已经描述了在第四实施例的构造中可以翻转动子101以调换上表面和下表面的情况,但是也可以在第五和第六实施例的构造中以与上述方式相同的方式翻转动子101。

[0450] 变型实施例

[0451] 本发明并不限于上述实施例,可以做出各种变型。

[0452] 例如,尽管在上述实施例中描述了在X方向、Y方向、Z方向、W_x方向、W_y方向、W_z方向上控制动子101的位置和姿态的情况作为示例,但是实施例不限于此。可以在X方向、Y方向、Z方向、W_x方向、W_y方向和W_z方向中的至少任意一个方向上获取位移来控制位置和姿态。

[0453] 此外,尽管在上述实施例中描述了使用磁轭板103或永磁体阵列109、110从线圈202、209接收的电磁力作为使动子101浮起的浮起力的情况作为示例,但是实施例不限于此。例如,当动子101的质量或放置在动子101上的工件102的质量较大并且待沿垂直方向施加的浮起力较大时,可以使用来自流体(例如,空气)的单独的静压用于浮起,以辅助所述浮起力。

[0454] 另外,尽管在上述实施例中描述了使动子101浮起、以非接触方式输送动子101的磁浮式输送系统1,但实施例不限于此。例如,输送系统1可以是构造成可以沿着沿输送方向安装的导轨可移动并与该导轨接触的、输送动子101的系统。

[0455] 此外,尽管在上述实施例中描述了布置有预定排数的多个线圈202、207、208或209的情况作为示例,但是实施例不限于此。可以根据布置在动子101中的磁轭板103、导电板107、或永磁体阵列109或110来设置预定排数的各线圈。

[0456] 另外,根据本发明的输送系统可以用作在制造物品(例如,电子设备)的制造系统中将工件与动子一起输送到对作为物品的工件进行各种作业处理的每个处理装置(例如,机床)的作业区域的输送系统。进行作业处理的处理装置可以是任何装置,例如,对工件进行部件组装的装置、进行涂装的装置等。此外,待制造的物品不限于特定物品,可以是任何部件。

[0457] 如上所述,根据本发明的输送系统可用于将工件输送到作业区域,对输送至作业区域中的工件执行作业处理,以及制造物品。根据上述实施例,可以在控制动子的姿态的同时以非接触状态稳定地输送动子。

[0458] 其他实施例

[0459] 还可以利用系统或设备的读出并执行记录在存储介质(也可以更完整地称为“非暂时性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)以执行上述一个或多个实施例的功能和/或包括用于执行上述一个或多个实施例的功能的一个或多个电路(例如,专用集成电路(ASIC))的计算机,采用由系统或设备的计算机执行的方法(例

如, 通过从存储介质读出并执行计算机可执行指令以执行上述一个或多个实施例的功能和/或控制所述一个或多个电路以执行上述一个或多个实施例的功能) 来实现本发明的实施例。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)), 并且可以包括单独的计算机或单独的处理器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给计算机。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(例如压缩盘(CD)、数字通用光盘(DVD)或蓝光光盘(BD)TM)、闪存设备、存储卡等中的一个或多个。

[0460] 其它实施例

[0461] 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。

[0462] 尽管已经参考示例性实施例描述了本发明, 但是应该理解, 本发明不限于所公开的示例性实施例。对下列权利要求的范围应作最广义的解释, 从而涵盖所有变型以及等同的结构和功能。

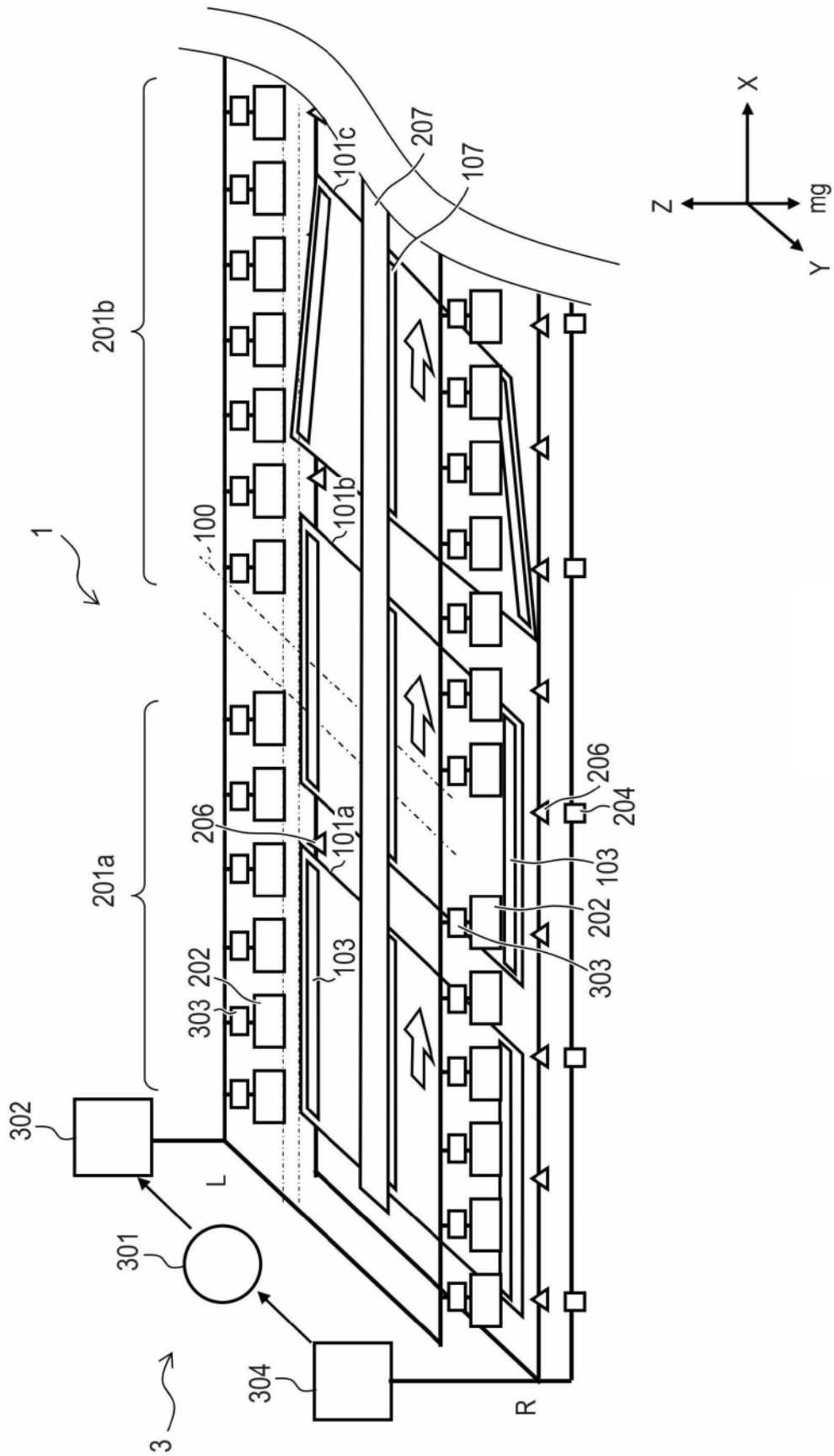


图1

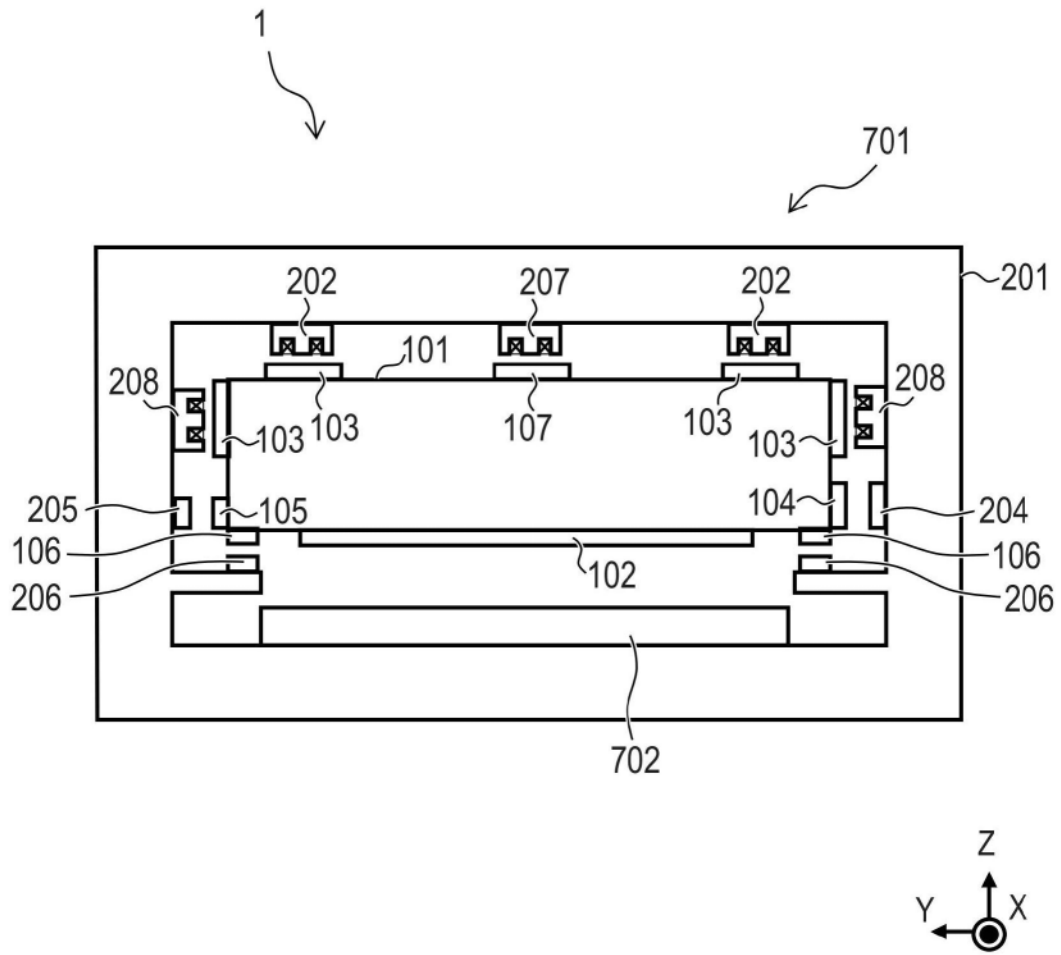


图2

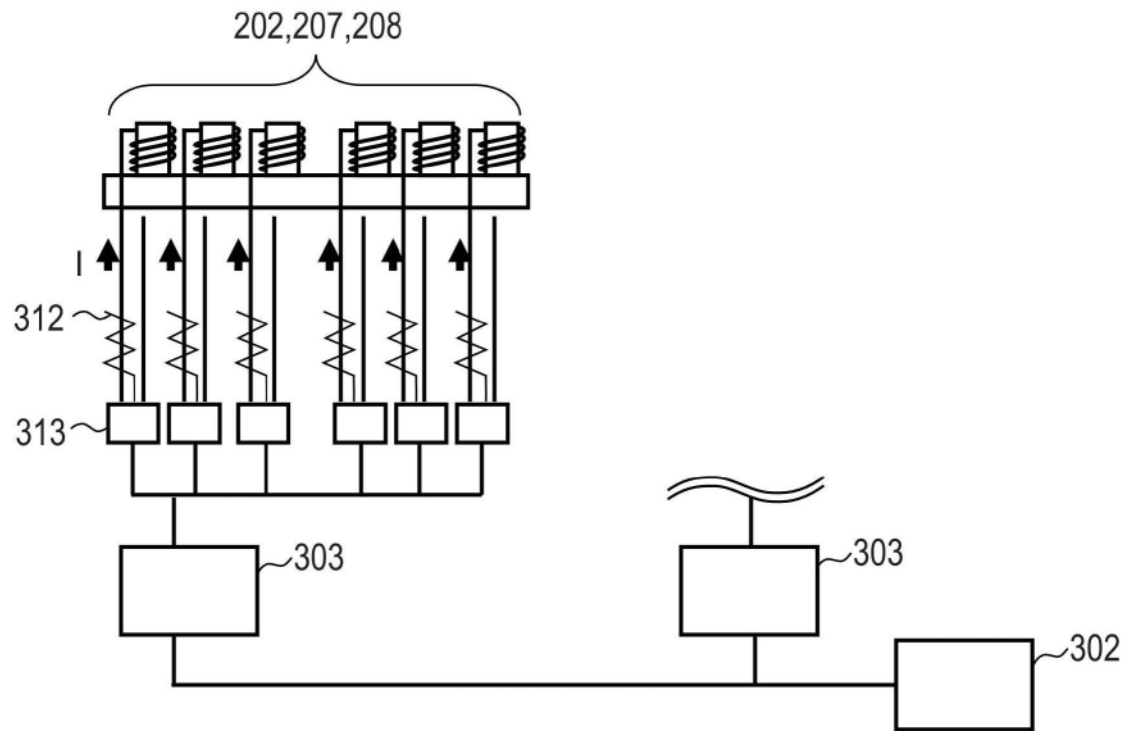


图3

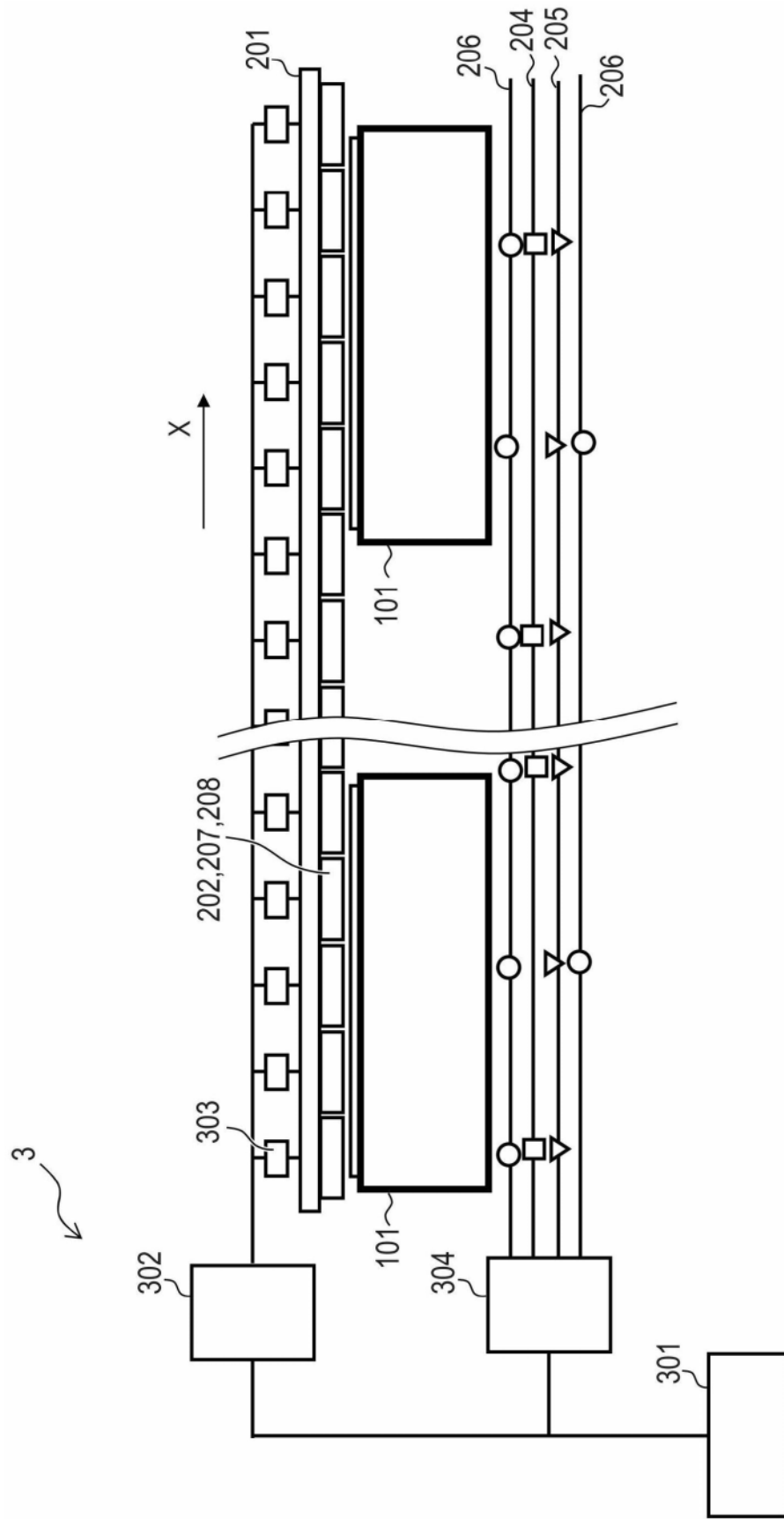


图4

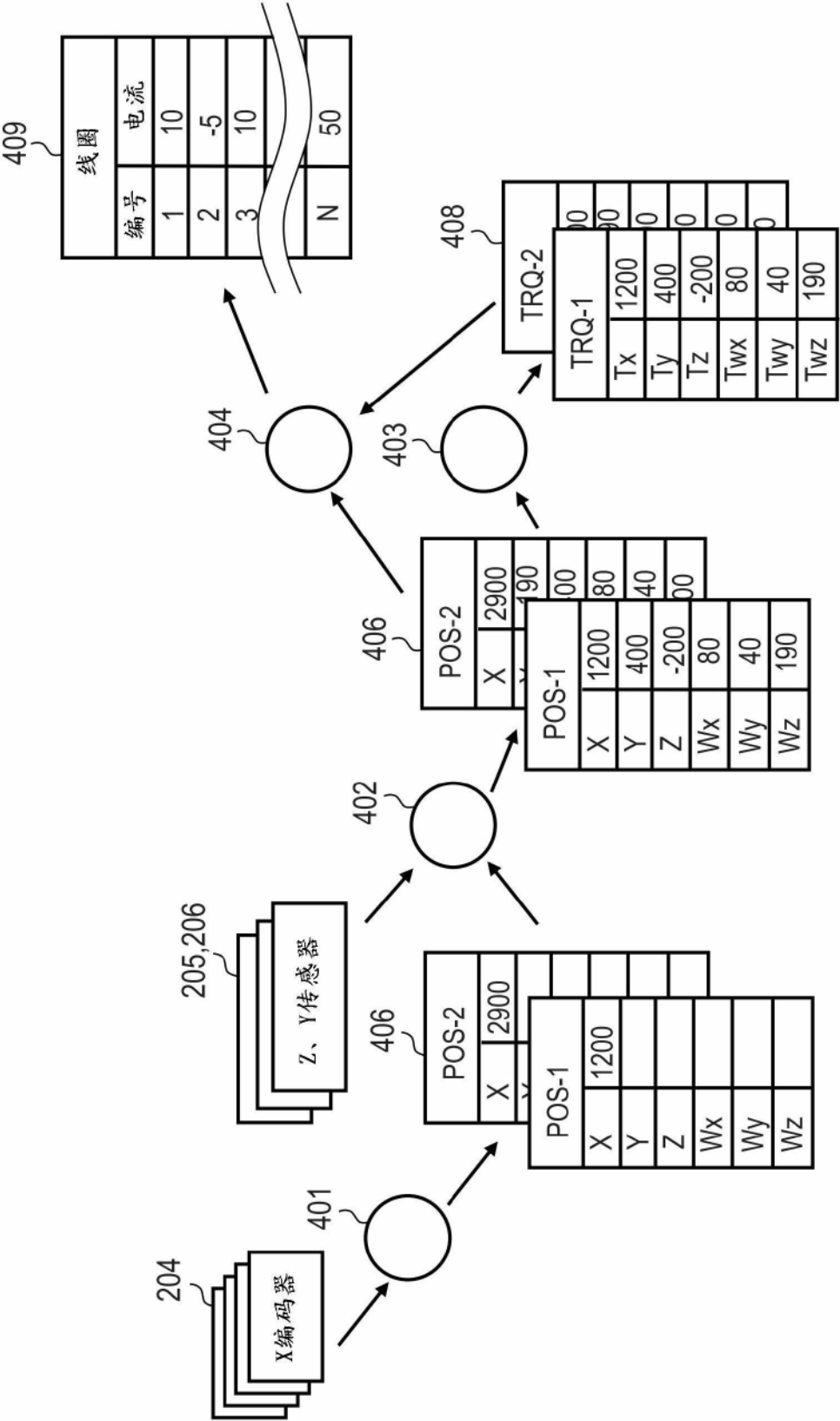


图5

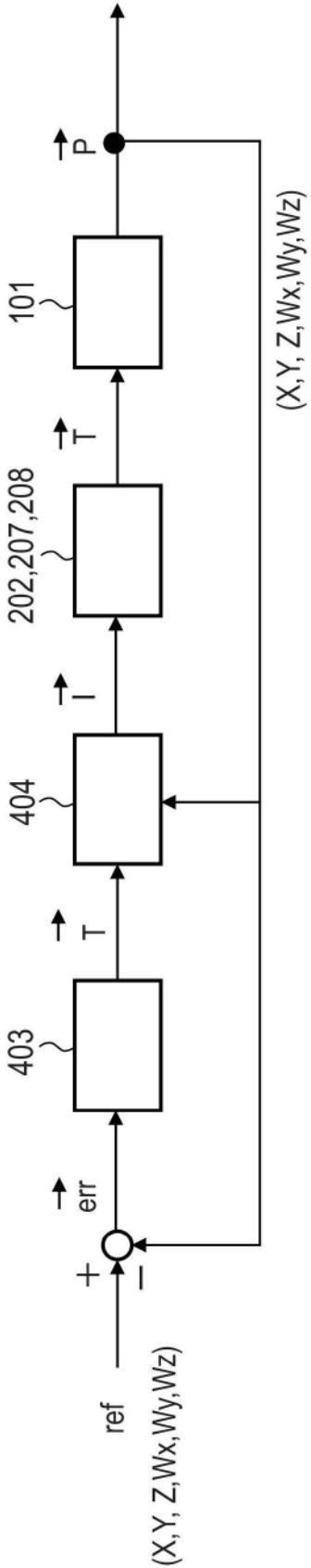


图6

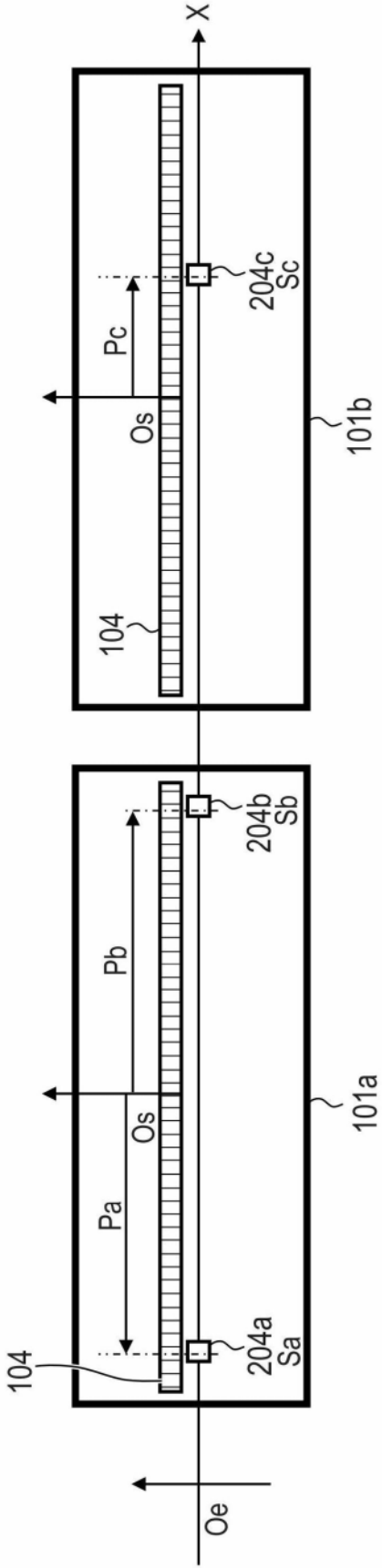


图7A

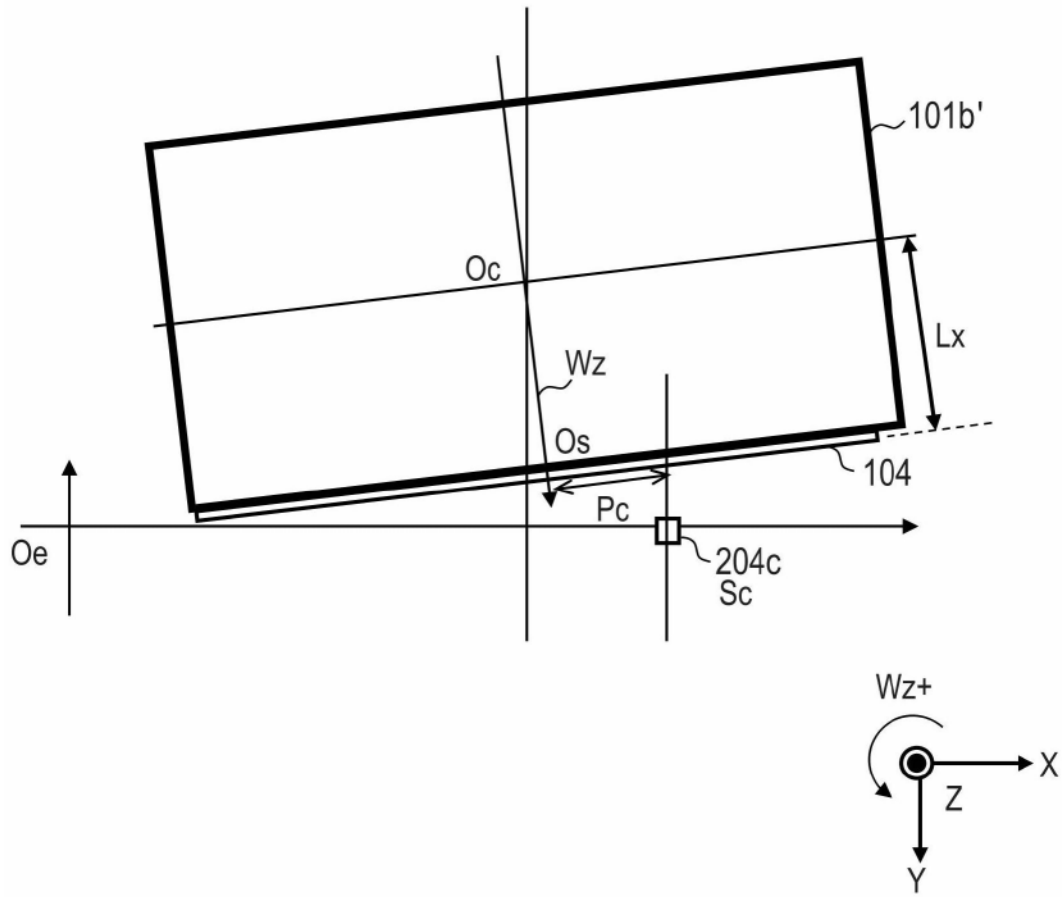


图7B

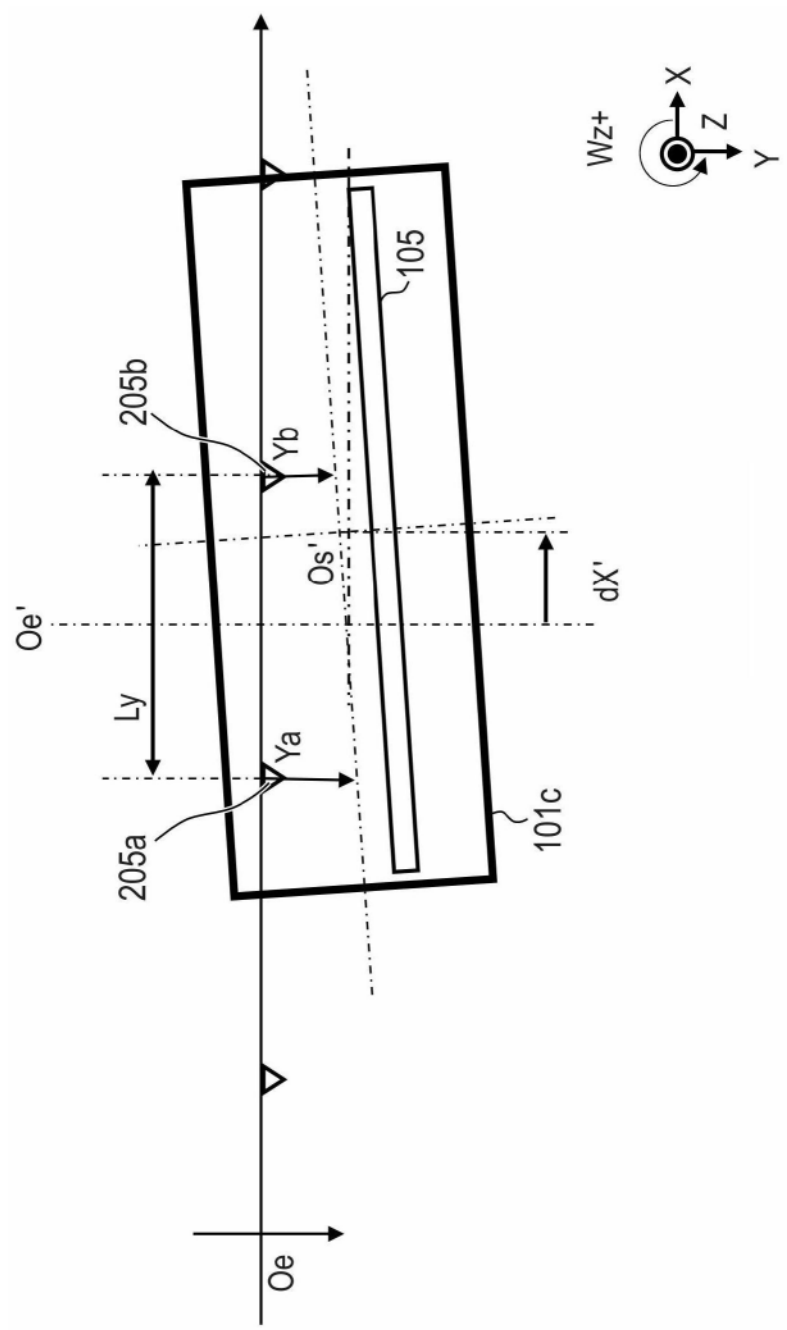


图8

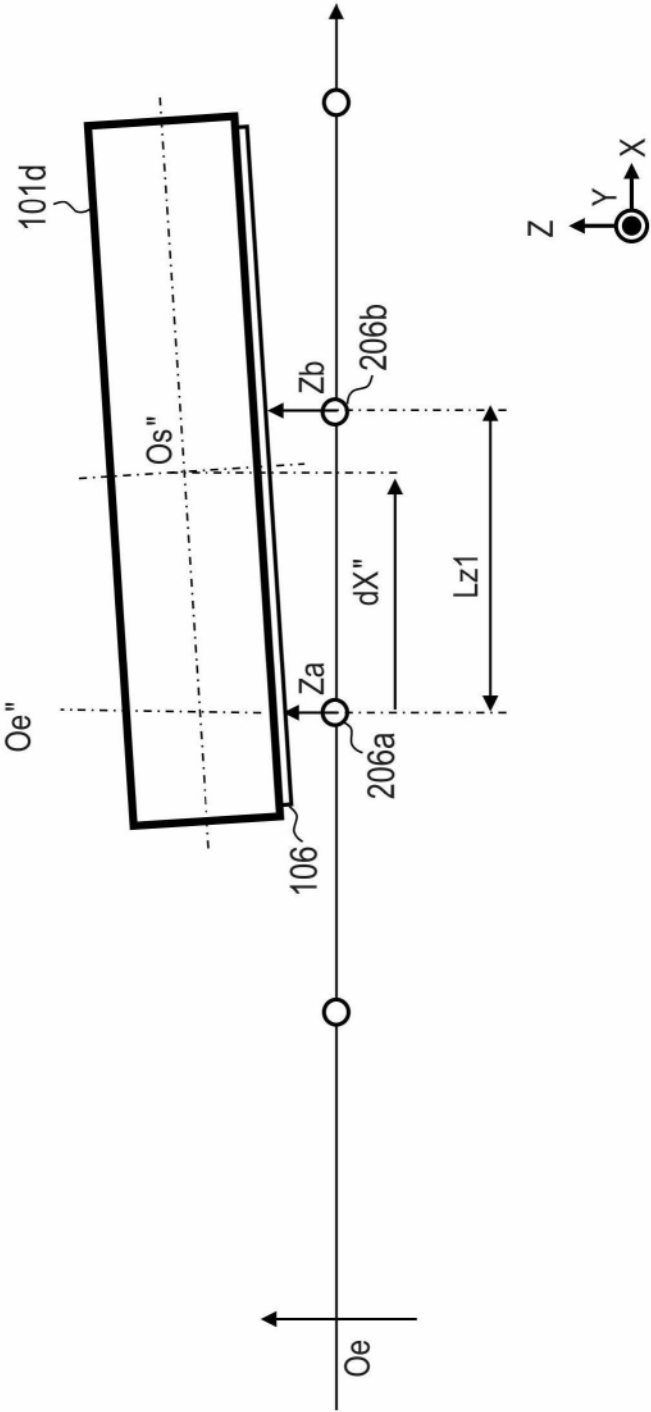


图9A

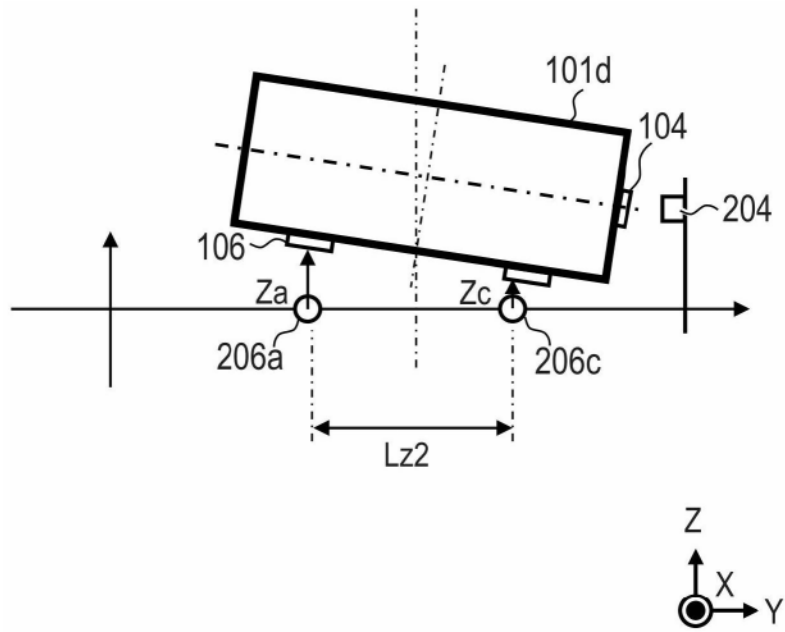


图9B

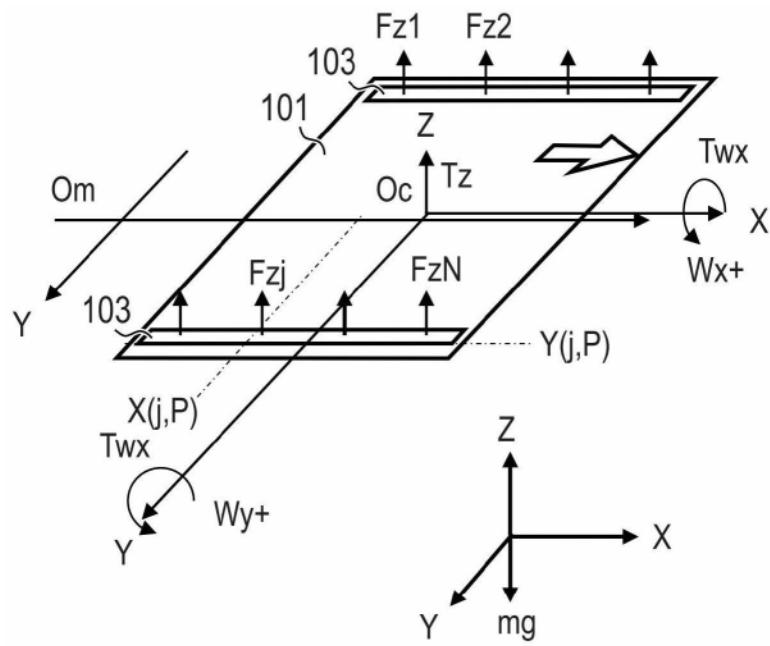


图10

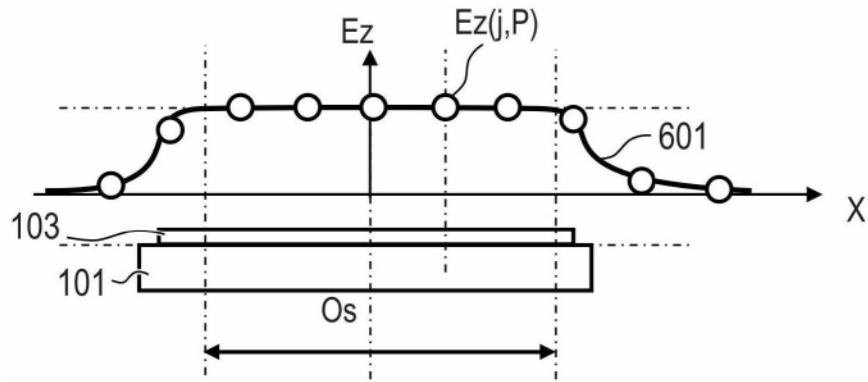


图11

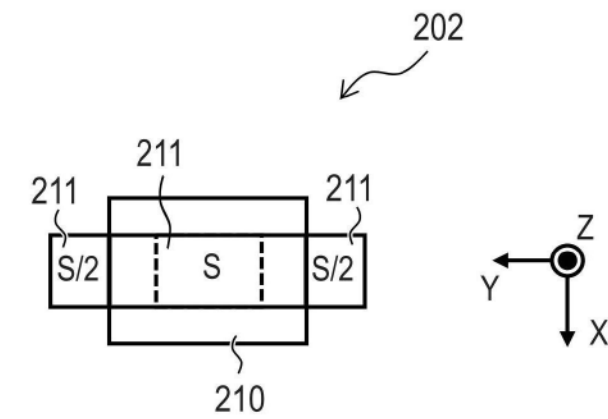


图12A

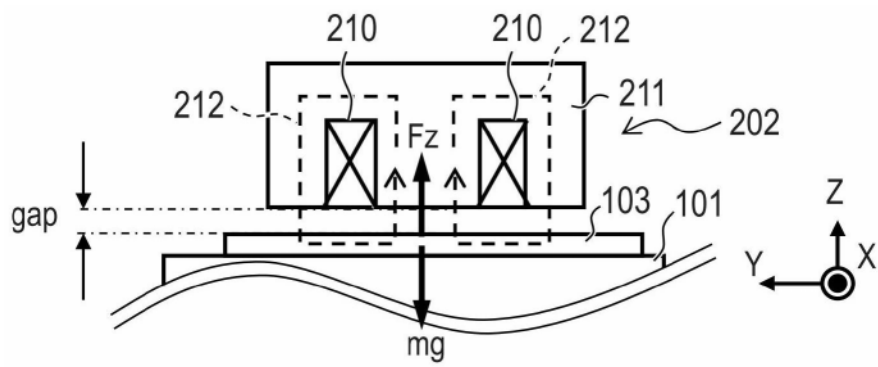


图12B

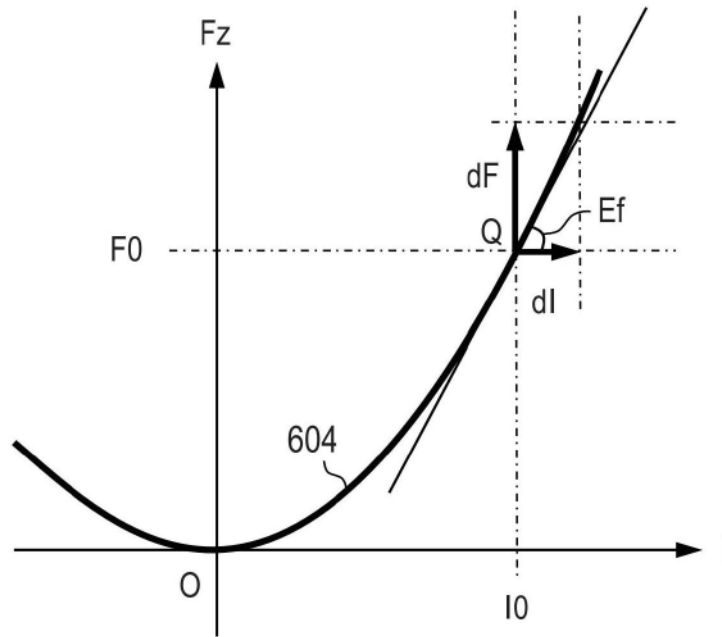


图13

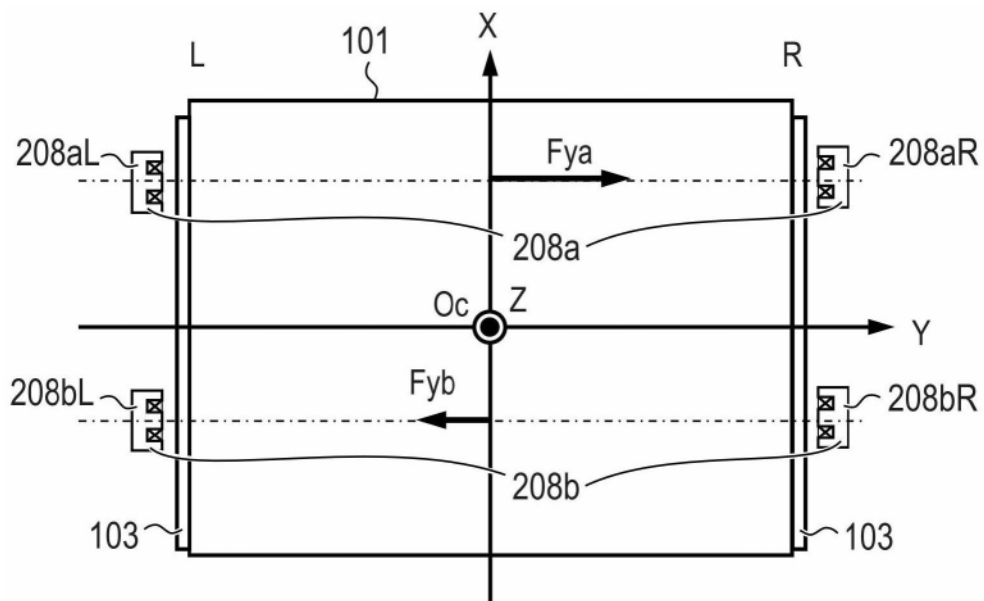


图14

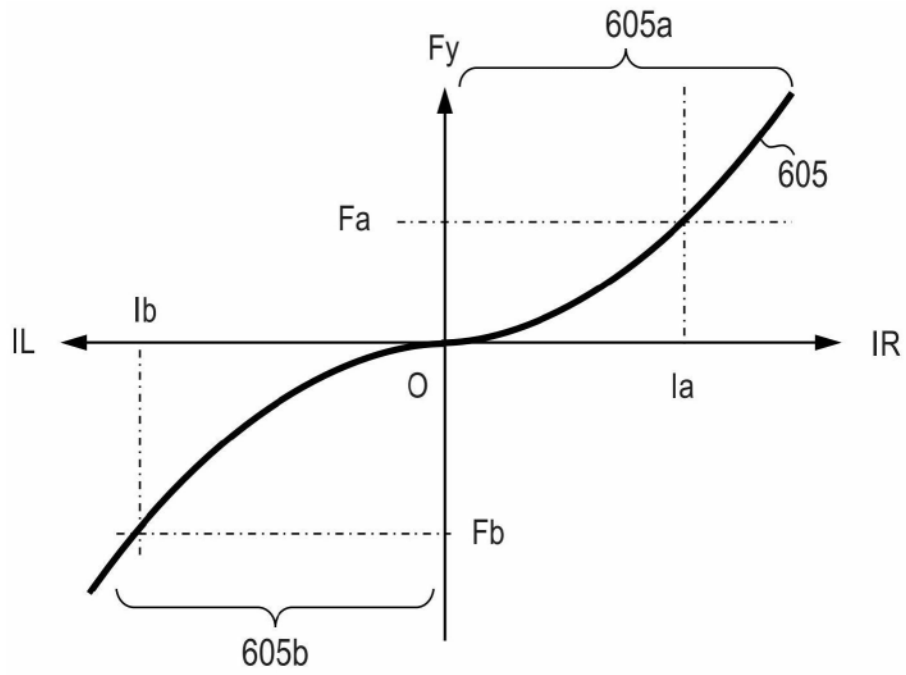


图15

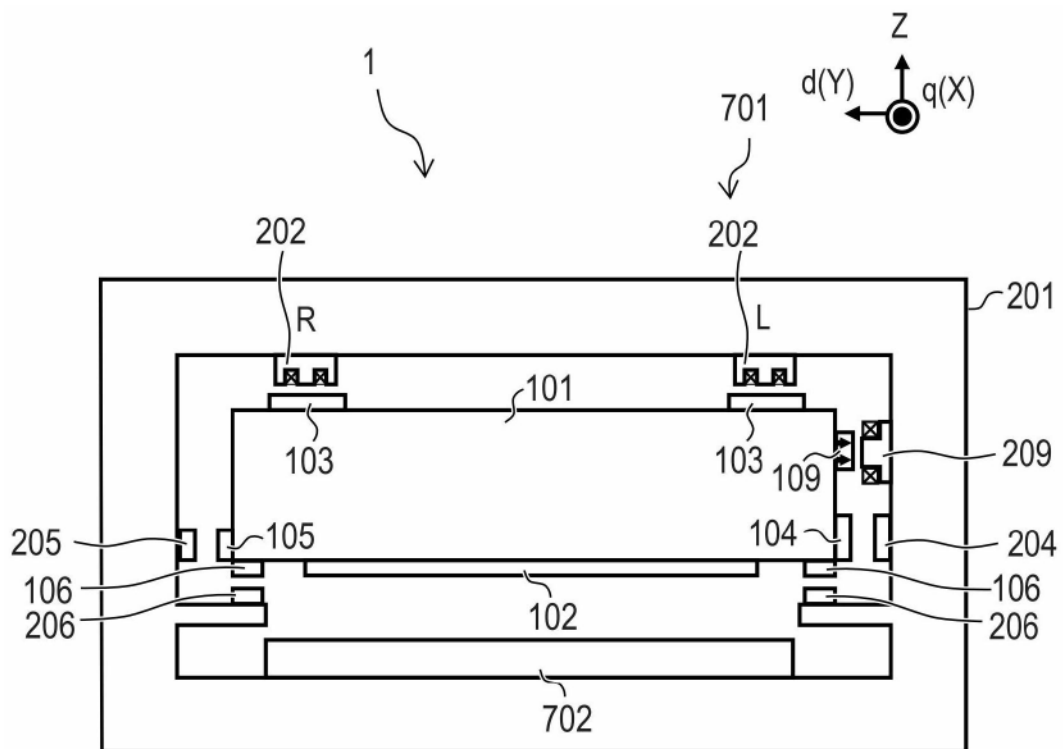


图16

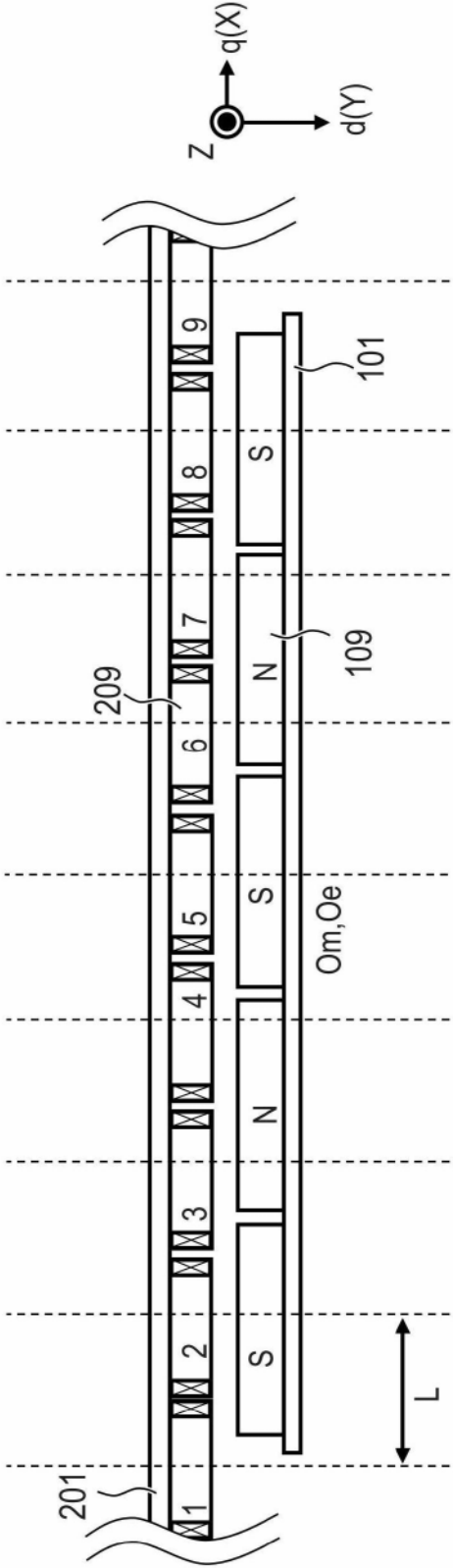


图17B

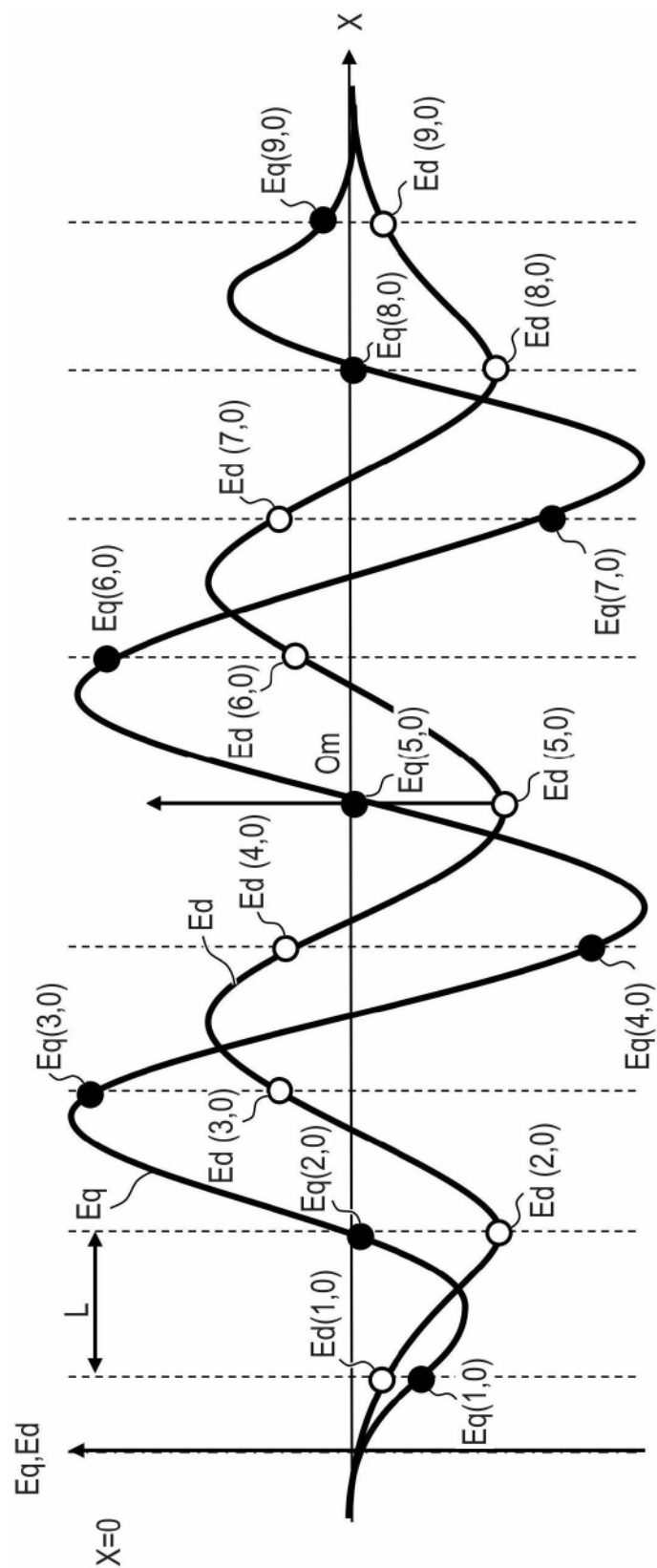


图17C

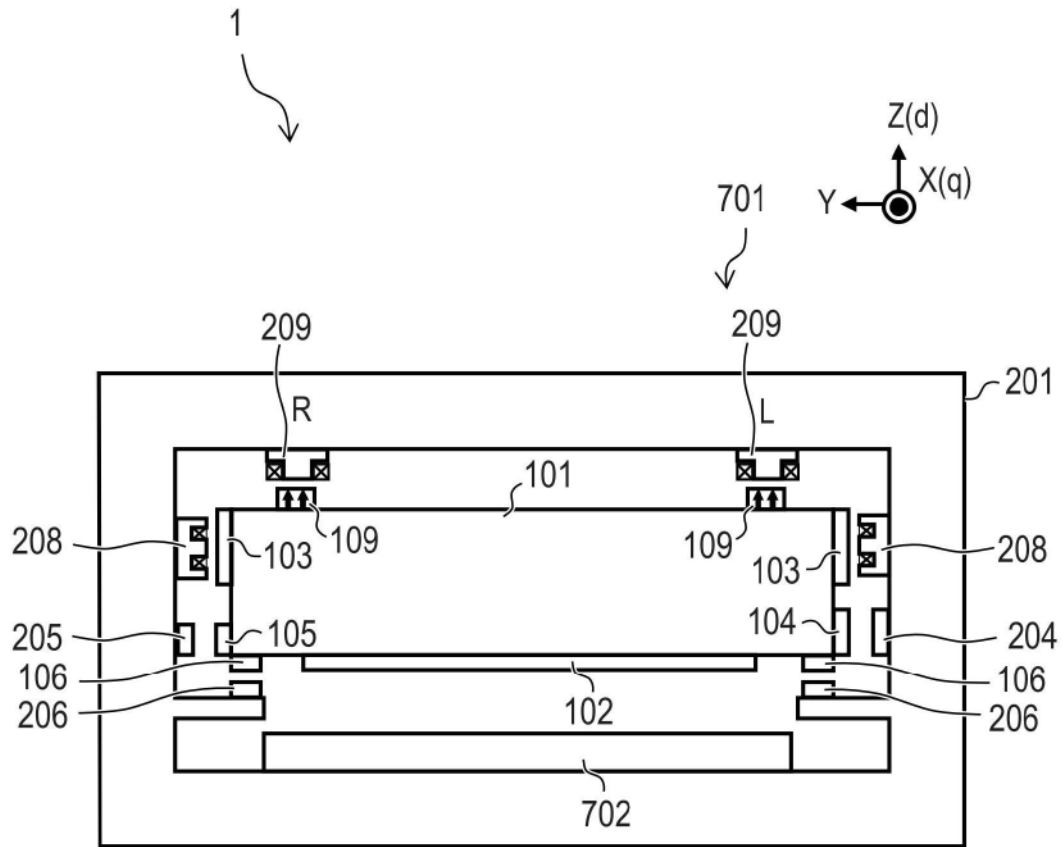


图18

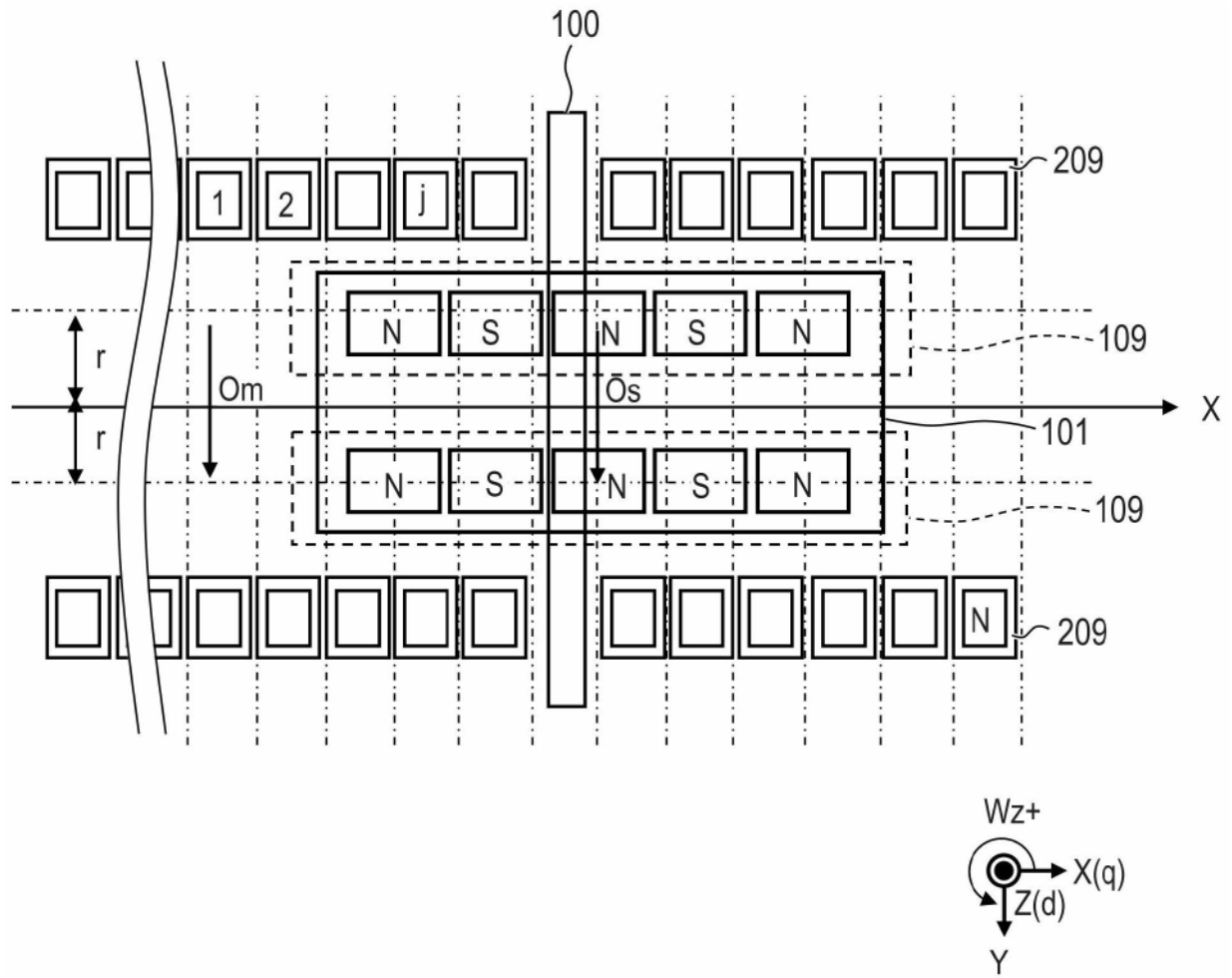


图19A

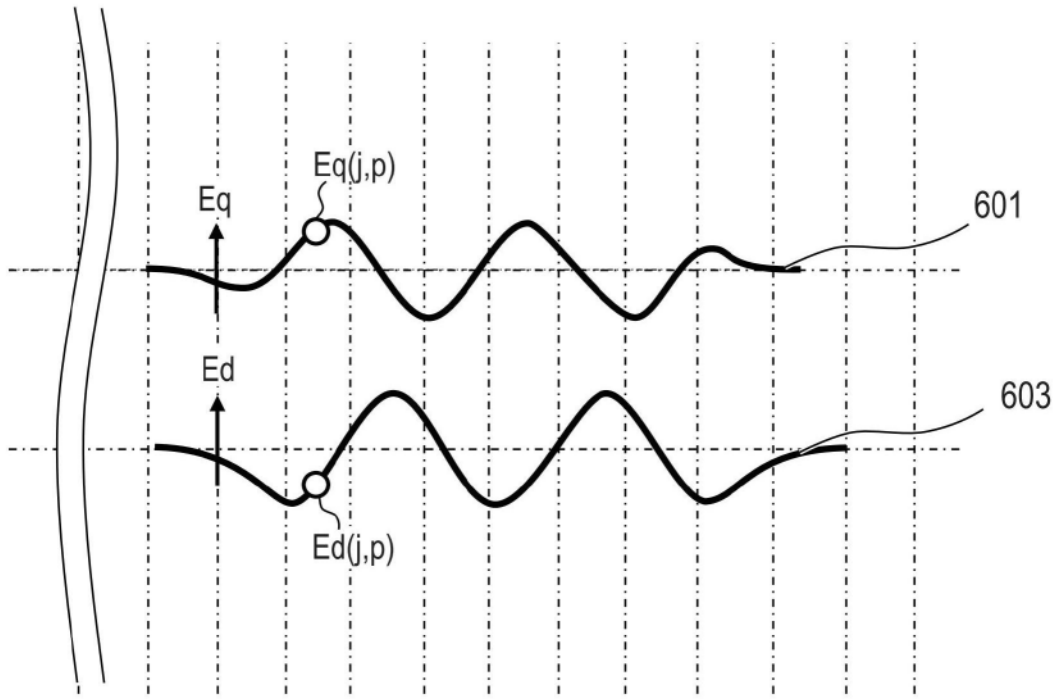


图19B

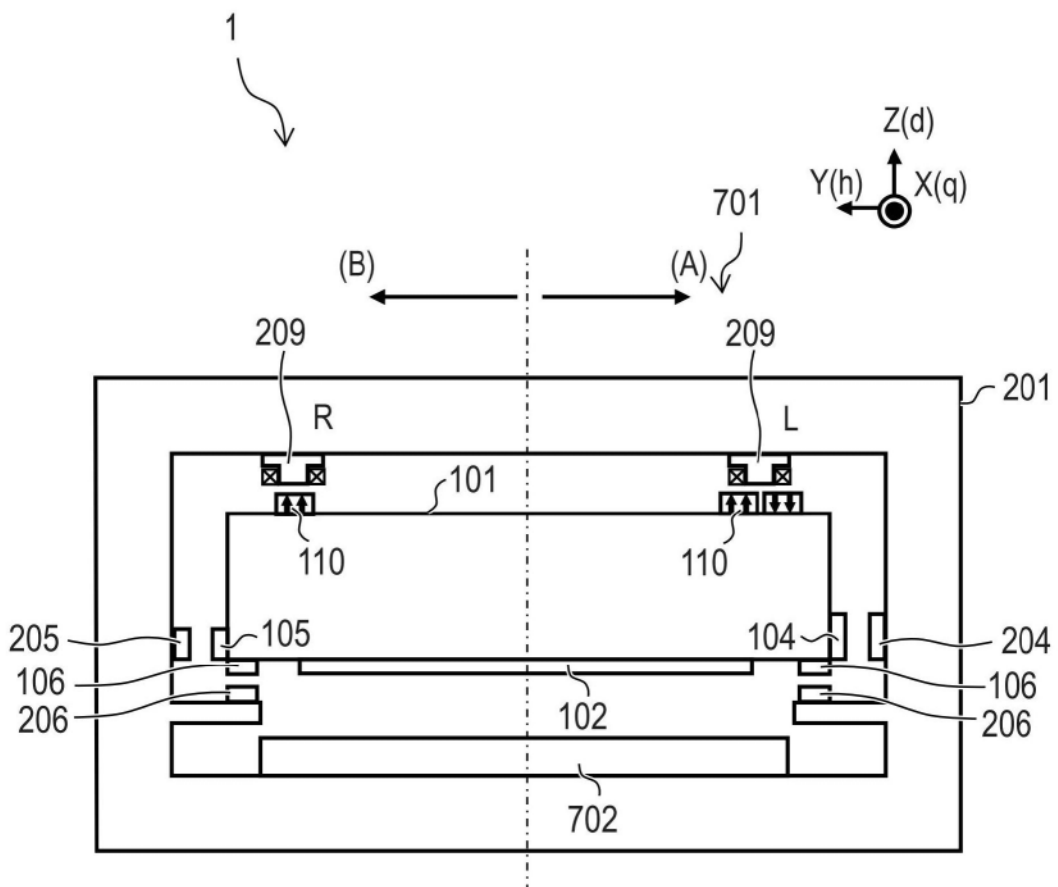


图20

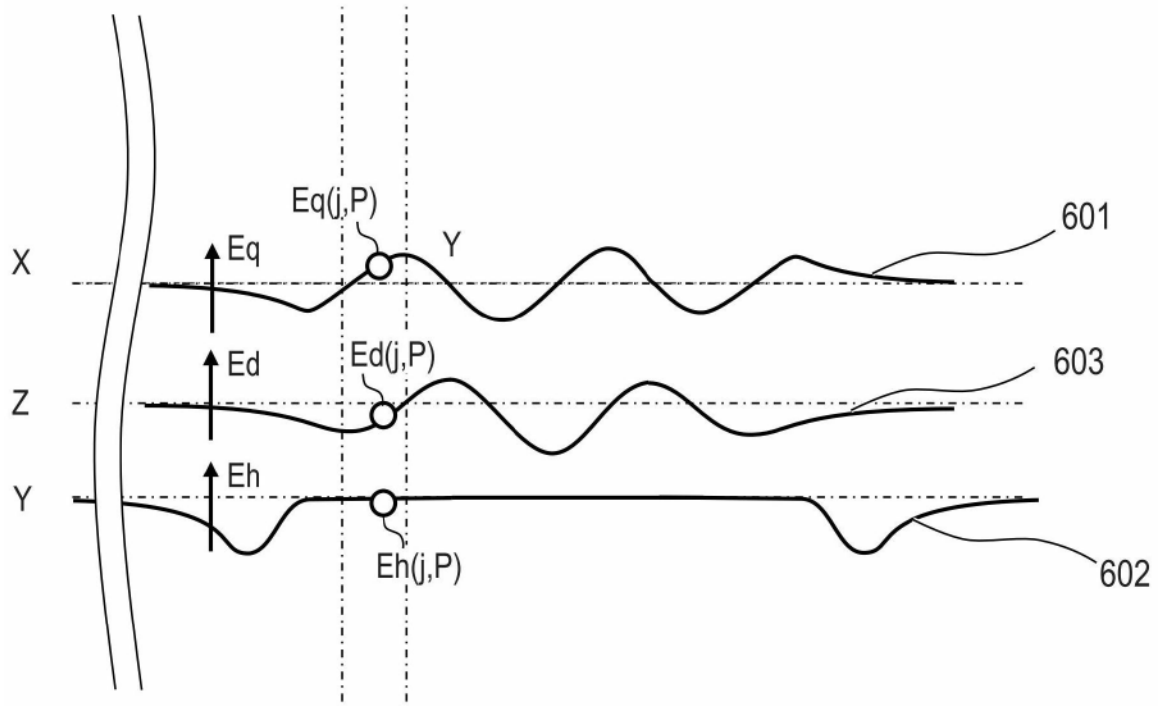


图21B

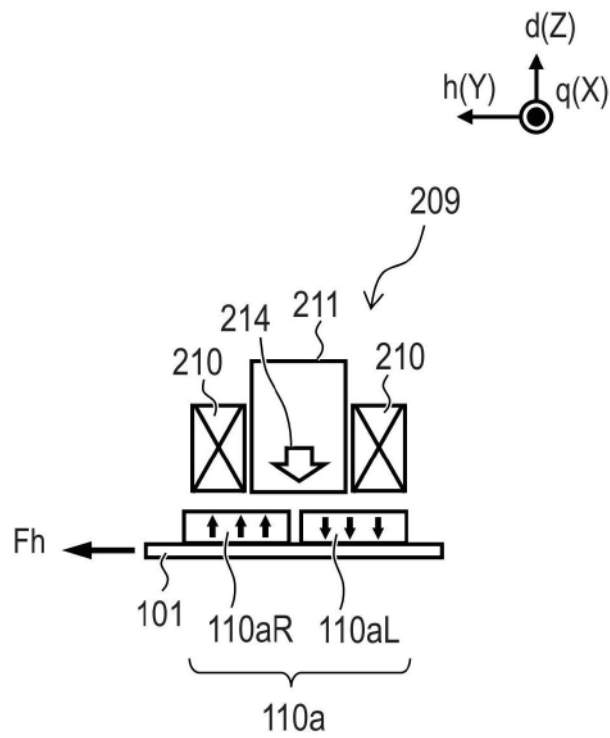


图22

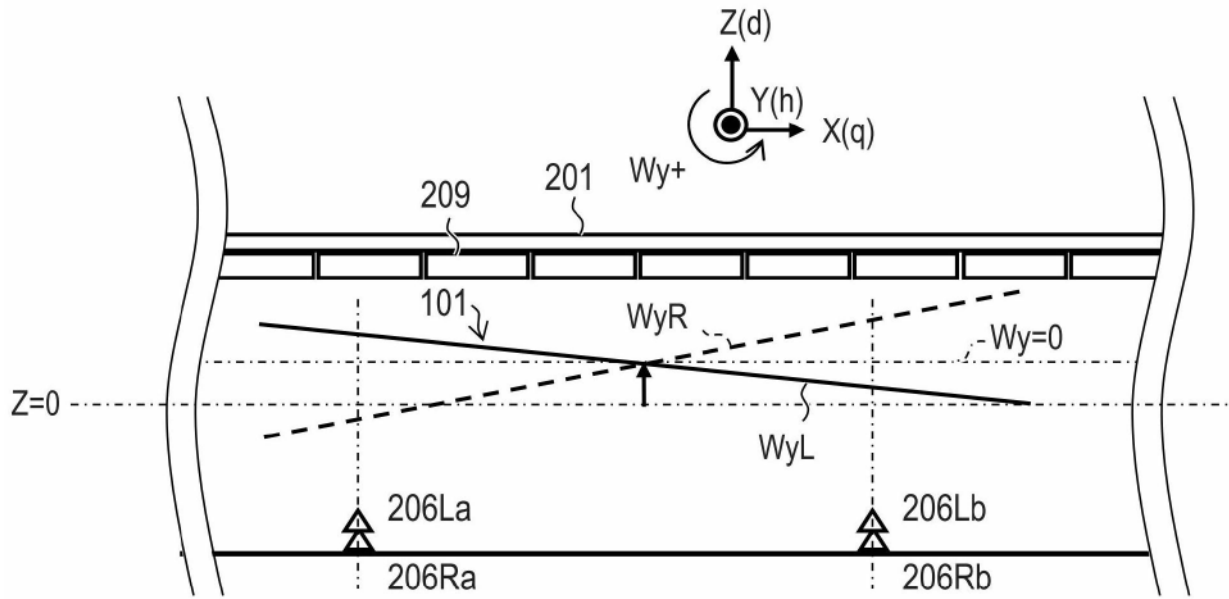


图23A

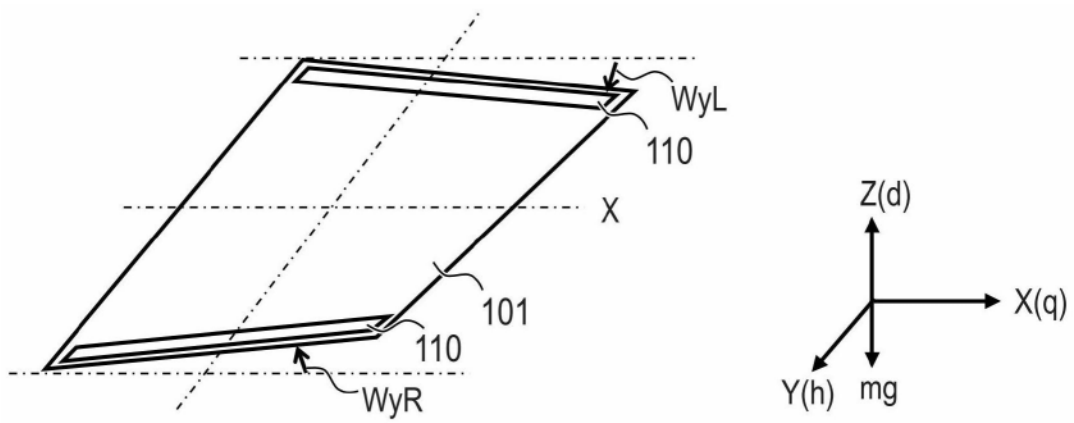


图23B

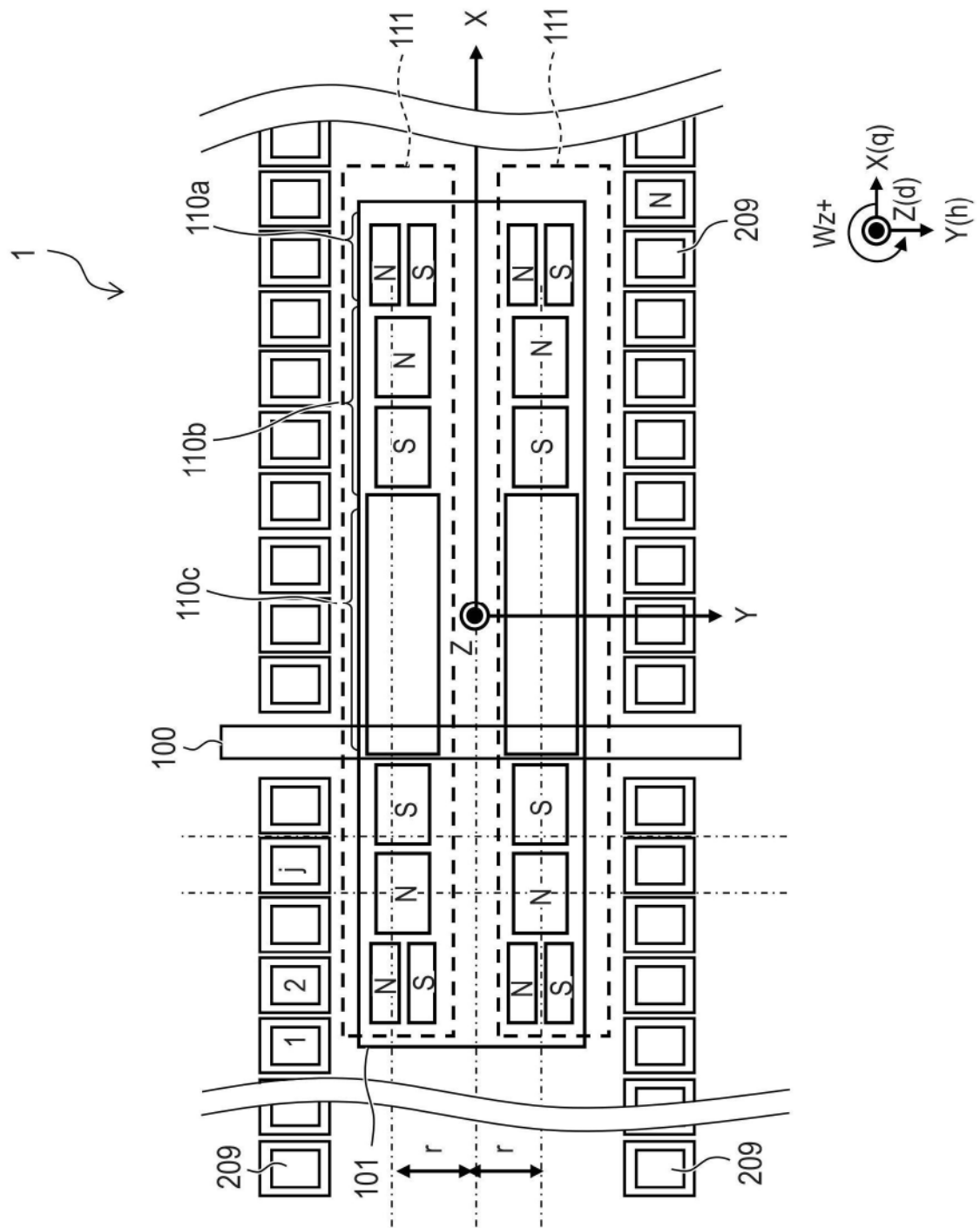


图24A

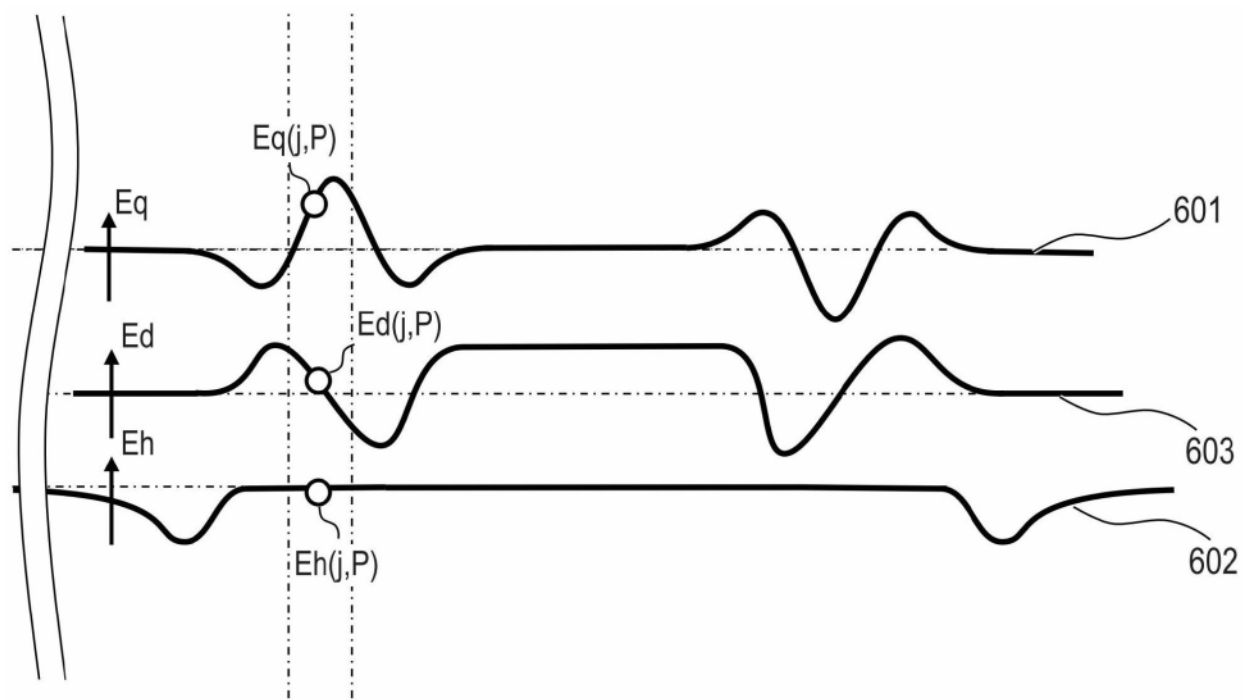


图24B

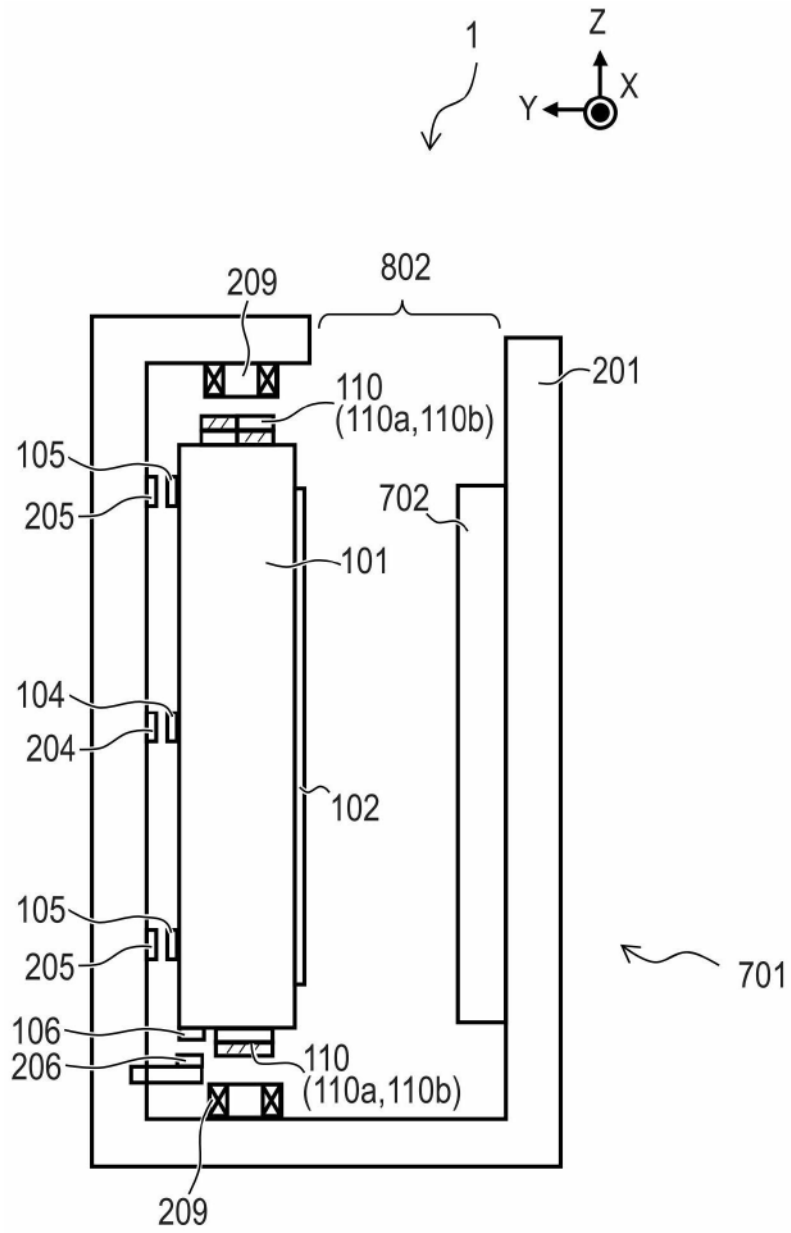


图25A

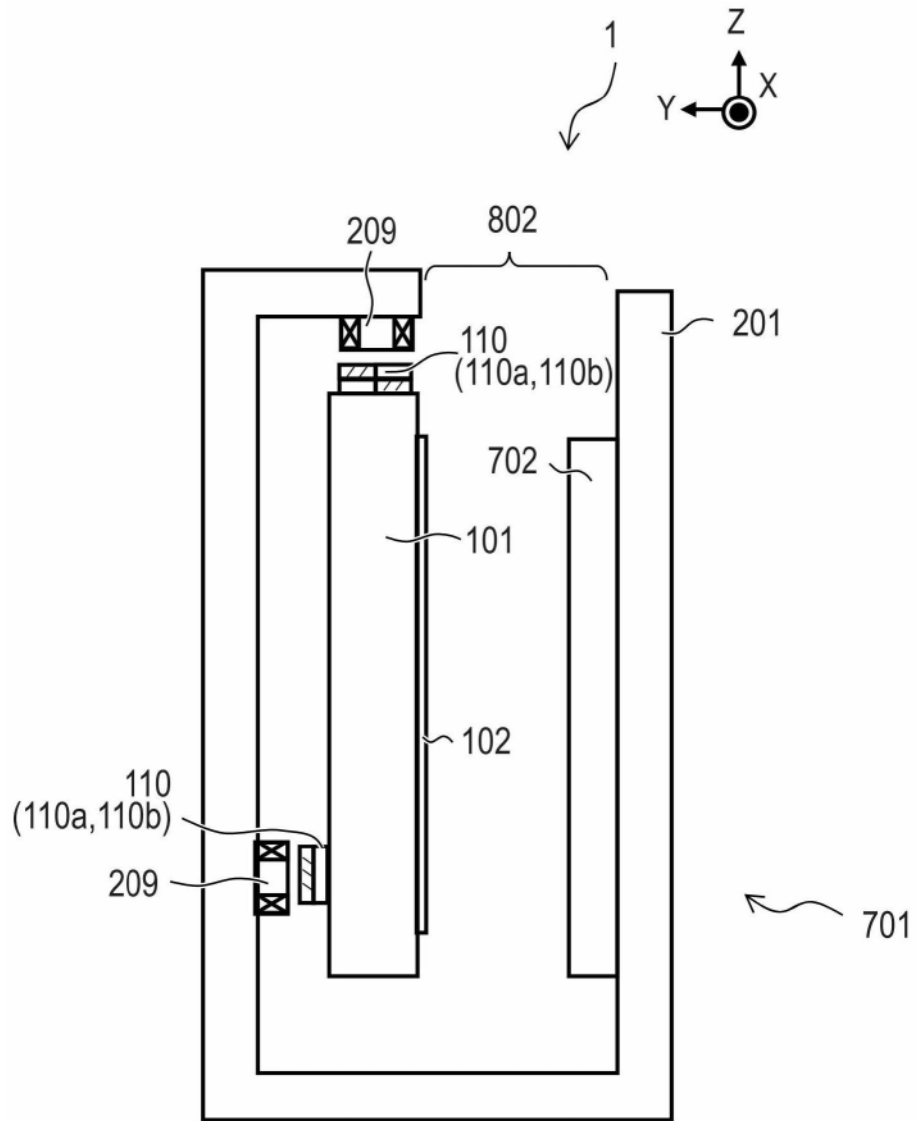


图25B

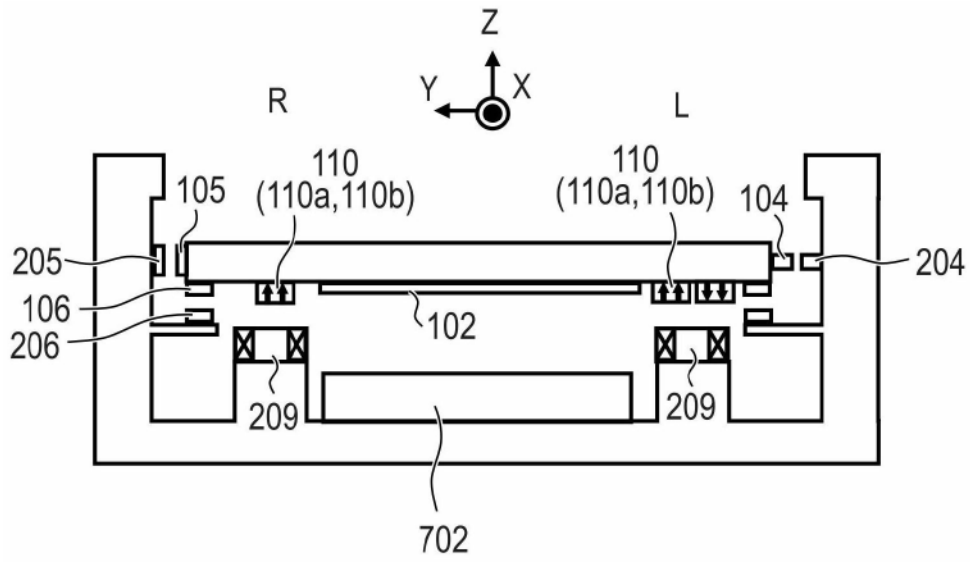


图26

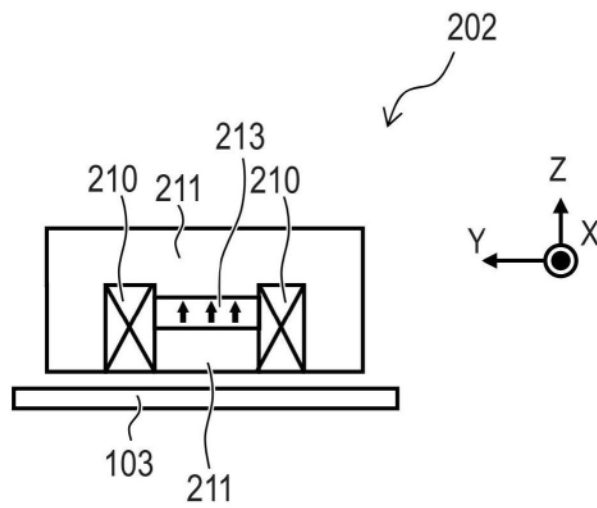


图27

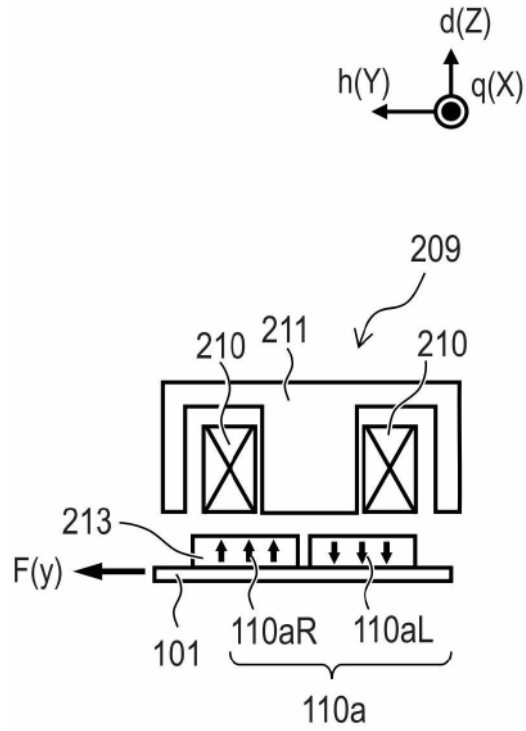


图28A

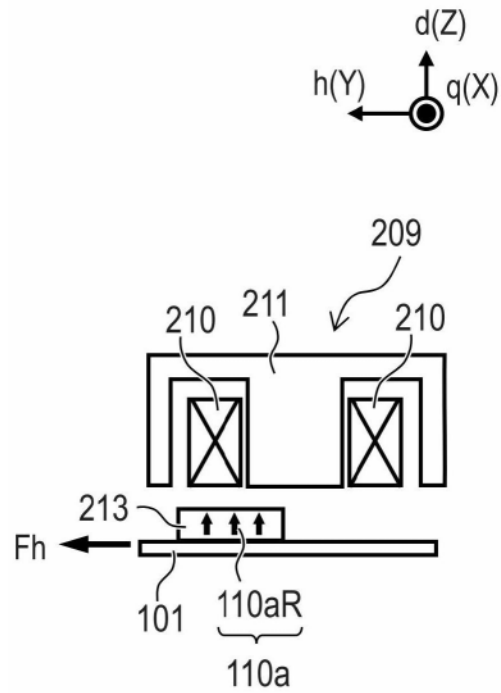


图28B

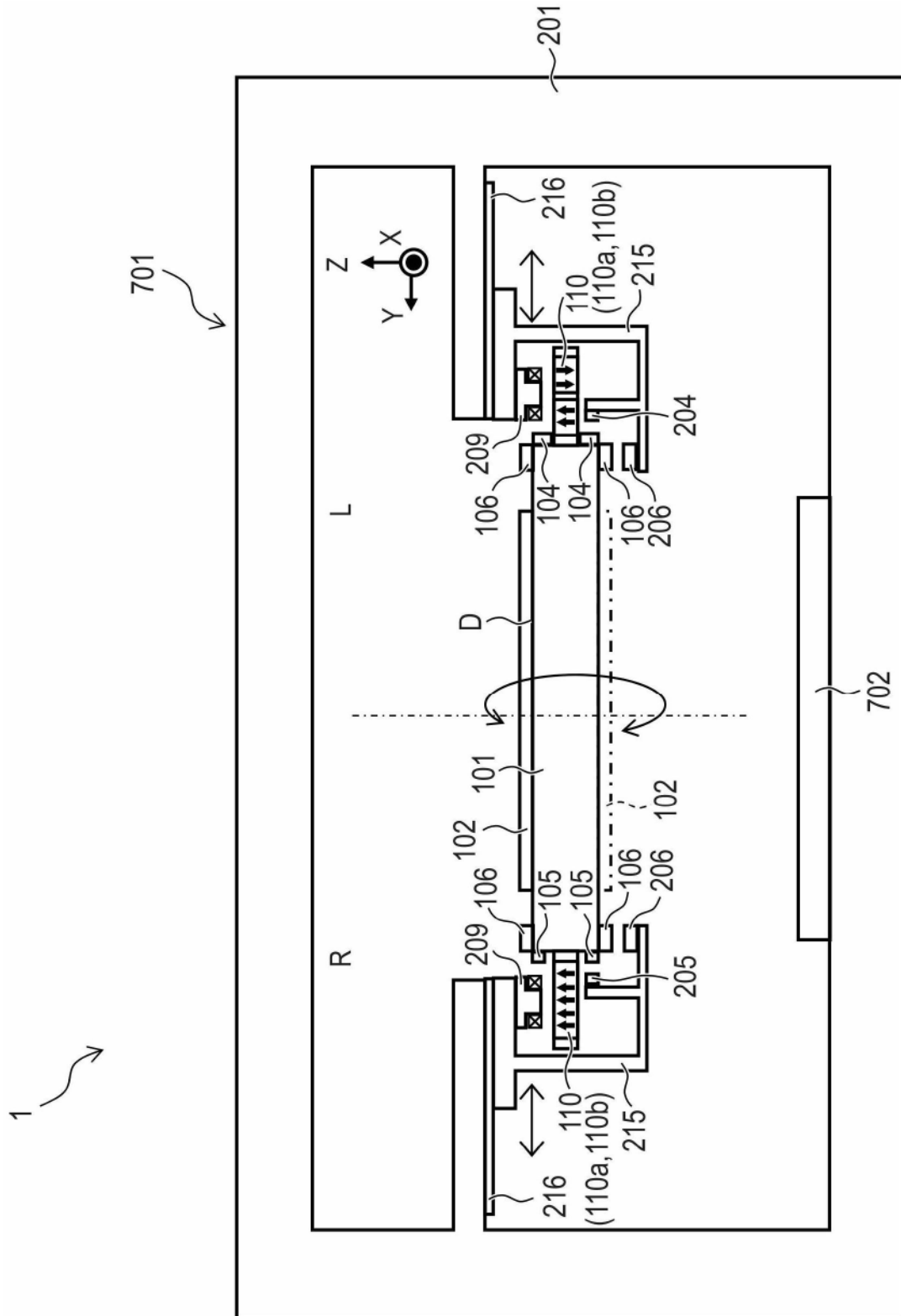


图29