



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102645302 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 18

(21) 申请号 201210033391. 8

US 5195382 A, 1993. 03. 23,

(22) 申请日 2012. 02. 15

审查员 董晶

(30) 优先权数据

2011-029738 2011. 02. 15 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 太田智市郎

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 李颖

(51) Int. Cl.

G01L 9/14 (2006. 01)

B25J 15/08 (2006. 01)

B25J 19/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101779110 A, 2010. 07. 14,

CN 101539463 A, 2009. 09. 23,

US 4254395 A, 1981. 03. 03,

JP H02251727 A, 1990. 10. 09,

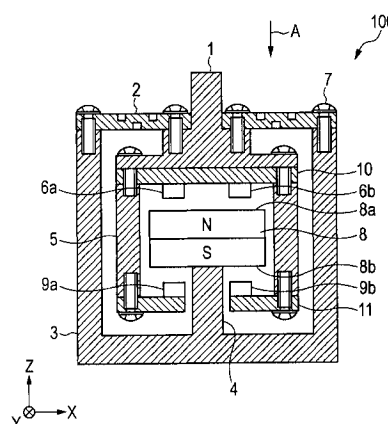
权利要求书2页 说明书14页 附图13页

(54) 发明名称

力传感器、机器人装置、机器人手和检测设备

(57) 摘要

本发明涉及力传感器、机器人装置、机器人手和检测设备。本发明的力传感器响应于磁体和霍尔元件的特性的变化,在不使用温度传感器的情况下校正霍尔元件的输出电压。



1. 一种力传感器,包括:

传感器主体 ;和

与传感器主体连接的检测设备,

其中,传感器主体包含:

框架;

被框架弹性地支撑并且当经受外力时相对于框架位移的操作部分;

被设置在框架中并被稳固于框架上的磁体;

第一磁电转换元件,以面向磁体的一个磁极面的方式被稳固于操作部分上,并且被设置为使得所述第一磁电转换元件能够与操作部分一起相对于所述一个磁极面位移;

第二磁电转换元件,以面向磁体的另一磁极面的方式被稳固于操作部分上,并且被设置为使得所述第二磁电转换元件能够与操作部分一起相对于所述另一磁极面位移;以及,

所述检测设备

基于由第一磁电转换元件和第二磁电转换元件输出的电压的电压值,确定作用于操作部分上的力和力矩中的至少一个,

确定由第一和第二磁电转换元件输出的电压值的绝对值的总电压值,并且,

调整供给到第一和第二磁电转换元件的电流的值,使得所述总电压值变为预定的基准电压值。

2. 一种力传感器,包括:

传感器主体 ;和

与传感器主体连接的检测设备,

其中,传感器主体包含:

框架;

被框架弹性地支撑并且当经受外力时相对于框架位移的操作部分;

被设置在框架中并被稳固于框架上的磁体;

n 个第一磁电转换元件,以面向磁体的一个磁极面的方式被稳固于操作部分上以使得在第一磁电转换元件和所述一个磁极面之间具有间隔,并且被设置为使得第一磁电转换元件能够与操作部分一起相对于所述一个磁极面位移,其中 n 表示 2 或更大的整数;以及

一个第二磁电转换元件,以面向磁体的另一磁极面的方式被稳固于操作部分上,并且被设置为使得所述第二磁电转换元件能够与操作部分一起相对于所述另一磁极面位移,并且,

所述检测设备

基于从所述 n 个第一磁电转换元件输出的电压的电压值和从第二磁电转换元件输出的电压的电压值,确定作用于操作部分上的力和力矩中的至少一个,

确定从第一磁电转换元件输出的电压值的绝对值与作为从第二磁电转换元件输出的电压值的 n 倍的电压值的绝对值的总电压值,并且,

调整供给到第一和第二磁电转换元件的电流的值,使得所述总电压值变为预定的基准电压值。

3. 一种机器人装置,包括:

多关节机器人臂 ;和

根据权利要求 1 ~ 2 中的任一项的力传感器，
其中，所述传感器主体被设置在机器人臂上。

4. 一种机器人手，包括：

手主体；

被手主体支撑的手指；和

根据权利要求 1 ~ 2 中的任一项的力传感器，
其中，所述传感器主体被设置在手指上。

力传感器、机器人装置、机器人手和检测设备

技术领域

[0001] 本发明涉及这样的力传感器：当外力作用于操作 (operating) 部分上从而导致诸如霍尔元件 (Hall element) 的磁电转换元件关于磁体相对地位移时，所述力传感器基于磁电转换元件的输出电压值来检测向操作部分施加的力和力矩中的至少一个。此外，本发明涉及这样的机器人装置：在该机器人装置中，连接多关节机器人 (robot) 臂的末端 (distal end) 与端部效应器 (end effector) 的部分被提供有力传感器的传感器主体，并且该机器人装置允许通过由力传感器检测的力控制机器人臂的姿势和驱动力，由此实现平稳的组装。

背景技术

[0002] 当通过由机器人装置形成的自动组装装置来组装构件或部件时，除非通过机器人装置的机器人手精确地定位各构件或部件，否则，不能平稳地实现组装作业。例如，在对于齿轮 (gear) 或销钉 (pin) 等的配合组装作业中，即使轴中心的最轻微的不对准也妨碍实现垂直插入，从而导致组装失败。

[0003] 为了解决上述的问题，存在这样的机器人装置：其中，连接机器人装置的机器人臂的末端与端部效应器的部分具备用于检测在机器人臂和端部效应器之间施加的沿 X 轴、Y 轴和 Z 轴中的每一个的方向的力以及关于每个所述轴的力矩的力传感器。基于由力传感器检测的力和力矩，控制机器人臂的姿势和驱动力，由此允许平稳的组装。

[0004] 主要的常规的力传感器是这样的类型：其中，在连接框架和操作部分的柔性梁 (flexible beam) 上设置应变计 (strain gauge)，并且基于应变计的电阻 (resistance) 变化来检测力和力矩。但是，在使用应变计的力传感器中，在同一梁上设置多个应变计。由此，当屈曲部分 (flexure portion) 受力时，存在其它轴干涉，其中，不仅沿施加力的轴的方向出现应变 (strain)，而且沿没有施加力的轴的方向出现应变。原则上 (in principle)，难以为了使其它轴干涉的影响最小化而实现不受沿任何其它轴的方向的力影响的梁构成。出于这种原因，需要基于检测的信号对于其它轴成分的干涉量实施后处理 (post-processing)，以由此例如通过设计后面的级 (stage) 中的信号处理等来消减 (subtract) 该影响。这不利于实现减小的尺寸和较低的成本。

[0005] 同时，已提出了适于机械地检测操作部分的位移的力传感器（参见日本专利申请公开 No. 2004-325328）。在该力传感器中，面向嵌入弹性部件中的永磁体的磁极面 (pole surface) 设置四个霍尔元件。当施加作用力时，永磁体位移。通过诸如霍尔元件的磁电转换元件检测可归因于 (attributable to) 位移的磁通量的变化。这允许检测沿三个轴的方向，即 X 轴方向、Y 轴方向和 Z 轴方向的力成分。作为永磁体的替代，可以使用电磁体。为了便于解释，在以下的描述中，可以使用霍尔元件来代表磁电转换元件。但是，这不应被视为磁电转换元件仅限于霍尔元件。

[0006] 永磁体和电磁体中的每一个（以下，在一些情况下被称为“磁体”）关于要被产生的磁场的强度具有预定的温度系数。因此，磁场的强度根据包括环境温度的变化、作为机器

人的驱动力源的马达的发热、或电路板中的信号处理器的发热的传感器的周围环境中的温度或发热的影响而改变。此外,关于诸如霍尔元件或MR(磁致电阻(magnetoresistive))元件的磁电转换元件,与磁通量成比例的其输出电压(在霍尔元件的情况下为霍尔电压)随着环境温度改变而改变。换句话说,随着环境温度改变,磁电转换元件的检测灵敏度改变。

[0007] 同时,已提出了用于通过具有温度传感器的温度补偿电路对于霍尔元件进行基于温度的校正的方法(参见日本专利申请公开No. 2005-321592)。根据该方法,由于温度传感器的负的温度特性,因此,如果霍尔元件的输出电压由于温度上升而下降,则供给到霍尔元件的电流与温度上升成比例地增大。输出到霍尔元件的增大的电流重新获得由于温度上升而降低的输出电压。

[0008] 由于当环境温度改变时,不仅磁电转换元件的特性改变而且磁体的磁通量也改变,因此,为了通过使用温度补偿电路校正磁电转换元件的温度,需要通过也在磁体附近设置温度传感器来补偿作为检测磁通量的输出电压的变化。

[0009] 但是,由于磁体和温度传感器之间的热容(heat capacity)的差异或者当发生局部温度上升时温度传感器和磁体之间的位置关系的差异,难以通过使用温度传感器精确地测量磁体的平均温度。此外,会要求对于磁体和磁电转换元件设置专用于校正温度特性的温度传感器,由此使电路复杂化。

发明内容

[0010] 因此,本发明的一个目的是,提供在不使用温度传感器的情况下响应于由环境温度的变化导致的磁体和磁电转换元件的特性的变化来校正诸如霍尔元件的磁电转换元件的输出电压的力传感器、加入了所述力传感器的机器人装置和机器人手、以及检测设备。

[0011] 根据本发明的力传感器包括:传感器主体;和与传感器主体连接的检测设备,其中,传感器主体具有:框架;被框架弹性地支撑并且当经受外力时相对于框架位移的操作部分;被设置在框架中并被稳固于(secured to)框架上的磁体;n个(n表示2或更大的整数)第一霍尔元件,以面向磁体的一个磁极面的方式被稳固于操作部分上以使得在第一霍尔元件与所述一个磁极面之间具有间隔,所述n个第一霍尔元件与操作部分一起关于所述一个磁极面位移并且输出具有与供给的电流和通过的磁通量成比例的值的电压;n个第二霍尔元件,以面向磁体的另一磁极面的方式被稳固于操作部分上以使得在第二霍尔元件与所述另一磁极面之间具有间隔,所述n个第二霍尔元件与操作部分一起关于所述另一磁极面位移并输出具有与供给的电流及通过的磁通量成比例的值的电压,并且,所述检测设备包括:数量与霍尔元件的数量对应的恒流源,这些恒流源向所述n个第一霍尔元件和所述n个第二霍尔元件供给设定电流值的电流;数量与霍尔元件的数量对应的电压检测器,这些电压检测器检测所述n个第一霍尔元件和所述n个第二霍尔元件中的每一个的霍尔电压的电压值;基于由电压检测器中的每一个检测的霍尔电压的电压值来确定作用于操作部分上的力和力矩中的至少一个的处理器;确定由电压检测器检测的霍尔电压的电压值的绝对值的总电压值的总和和计算部分;以及调整每一个恒流源的设定电流值使得所述总电压值变为预定的基准电压值的调整器。

[0012] 根据本发明,第一霍尔元件被设置为与磁体的一个磁极面相对,并且第二霍尔元件被设置为与磁体的另一磁极面相对,并且,第一和第二霍尔元件的相对位置是固定的。表

示由如上面描述的那样设置的所有霍尔元件检测的总磁通量的输出电压值的总电压值不因第一霍尔元件和第二霍尔元件关于磁体的相对位移而改变,但是当磁体和霍尔元件的特性改变时所述总电压值改变。向霍尔元件供给电流的恒流源的设定电流值被调整使得所述总电压值变为基准电压值,由此使所述总电压值维持在固定值。因此,从各霍尔元件输出的霍尔电压不受温度变化或长期变化(secular change)等影响,由此,即使磁体的磁通量和霍尔元件的检测灵敏度由于温度变化或长期变化等而改变,所述霍尔电压也保持稳定。通过该布置,即使磁体和霍尔元件的特性均由于温度变化或长期变化等而改变,也可在不使用温度传感器的情况下通过简单的构成来校正霍尔元件的霍尔电压。

[0013] 参照附图阅读示例性实施例的以下描述,本发明的其它特征将变得清晰。

附图说明

[0014] 图 1 是示出根据本发明的第一实施例的加入了力传感器的机器人装置的构成的示意图。

[0015] 图 2A 是沿力传感器的传感器主体的 X-Z 轴切取的截面的示意图。

[0016] 图 2B 是从图 2A 中的箭头 A 指示的方向观察的力传感器的传感器主体的第一传感器板的顶视平面图。

[0017] 图 2C 是从图 2A 中的箭头 A 指示的方向观察的力传感器的传感器主体的第二传感器板的顶视平面图。

[0018] 图 3 是在力传感器的传感器主体中被设置在外框架中的部件的透视图。

[0019] 图 4A 是在操作部分沿 X 轴的方向经受力 F_x 的情况下力传感器的传感器主体的示意性截面图。

[0020] 图 4B 是在操作部分沿 Z 轴的方向经受力 F_z 的情况下力传感器的传感器主体的示意性截面图。

[0021] 图 4C 是在操作部分关于 Y 轴经受力矩 M_y 的情况下力传感器的传感器主体的示意性截面图。

[0022] 图 5 是示出根据本发明的第一实施例的力传感器的检测设备的电路组件的电气电路图。

[0023] 图 6A 是用于解释在永磁体的特性由于永磁体的温度变化而发生了变化的情况下的电路组件的校正操作并且示出关于永磁体的磁通量密度变化的总电压值的变化示意图。

[0024] 图 6B 是用于解释在永磁体的特性由于永磁体的温度变化而发生了变化的情况下的电路组件的校正操作并且示出基于总电压值和基准电压值之间的差值而被校正的恒流源的电流示意图。

[0025] 图 7A 是用于解释在霍尔元件的灵敏度系数由于霍尔元件的温度变化而发生了变化的情况下的电路组件的校正操作并且示出关于磁通量密度的总电压值的变化示意图。

[0026] 图 7B 是用于解释在霍尔元件的灵敏度系数由于霍尔元件的温度变化而发生了变化的情况下的电路组件的校正操作并且示出基于总电压值和基准电压值之间的差值而被校正的恒流源的电流示意图。

[0027] 图 8 是示出根据本发明的第二实施例的力传感器的传感器主体的示意性截面图。

[0028] 图 9 是示出根据本发明的第三实施例的加入了力传感器的机器人装置的构成的

示意图。

[0029] 图 10 是示出根据本发明的第三实施例的力传感器的传感器主体的示意性截面图。

[0030] 图 11 是示出根据本发明的第三实施例的力传感器的检测设备的电路组件的电气电路图。

[0031] 图 12 是示出根据本发明的第四实施例的力传感器的传感器主体的示意性截面图。

[0032] 图 13 是示出根据本发明的第五实施例的加入了力传感器的具有机器人手的机器人装置的构成的示意图。

具体实施方式

[0033] 现在将参照附图详细描述本发明的优选实施例。

[0034] 第一实施例

[0035] 虽然在以下的描述中霍尔元件将代表磁电转换元件,但是,当然可以使用诸如 MR 元件的其它磁电转换元件。

[0036] 图 1 是示出根据本发明的第一实施例的具有力传感器的机器人装置的构成的示意图。图 1 所示的机器人装置 900 具有多关节(在第一实施例中,为 6 个关节 J1 ~ J6) 机器人臂 600 和设置在机器人臂 600 的末端的作用端部效应器的机器人手 800。此外,机器人装置 900 具有力传感器 500 和机器人控制器 700,机器人控制器 700 控制机器人臂 600 和机器人手 800 的操作。力传感器 500 具有传感器主体 100 和与传感器主体 100 连接的检测设备 400。传感器主体 100 被设置为介于机器人臂 600 的末端和机器人手 800 之间。换句话说,机器人臂 600 的末端直接被提供有传感器主体 100。此外,机器人臂 600 的末端通过传感器主体 100 的居间(intermediary)而被提供有机器人手 800。

[0037] 如图 2A 所示,传感器主体 100 具有用作框架的外框架 3 和包围在外框架 3 的上端处的开口的板状弹性部件 2,外框架 3 由刚性部件形成并且形状基本上类似于上端开放的箱子(box),板状弹性部件 2 可弹性地变形并且通过诸如螺钉的固定部件 7 稳固于外框架上。传感器主体 100 进一步被提供有操作部分 1,操作部分 1 被稳固于弹性部件 2 上并通过弹性部件 2 的居间而被外框架 3 弹性地支撑。操作部分 1 被设置为使得它通过弹性部件 2 中的通孔而延伸进出外框架 3。此外,当向操作部分 1 的伸出(jut out) 外框架 3 的部分施加外力时,操作部分 1 关于外框架 3 沿相互正交的三个轴(即,X 轴、Y 轴和 Z 轴) 的方向位移,并且还关于这些轴中的每一个位移。换句话说,操作部分 1 关于外框架 3 具有 6 个自由度。操作部分 1 可与弹性部件 2 一体化地被形成。

[0038] 如图 2A 和图 3 所示,传感器主体 100 还包括设置在外框架 3 中的用作磁体的永磁体 8。在外框架 3 内和在外框架 3 的底部,用于固定永磁体 8 的柱状支撑 4 与外框架 3 一体化地被形成。永磁体 8 被稳固于柱状支撑 4 上,以与外框架 3 一体化地被稳固。永磁体 8 由一般以 Nd-Fe-B 磁体、Sm-Co 磁体、Sm-Fe-N 磁体或铁氧体(ferrite) 磁体为代表的磁体形成。虽然在本实施例中使用磁体作为永磁体 8,但是,可以替代性地使用通过在磁性材料周围缠绕线圈而制成并且在通电时产生磁力的电磁体。

[0039] 传感器主体 100 具有第一传感器板 10,该第一传感器板 10 被稳固于操作部分 1 上

并被设置为与永磁体 8 的一个磁极面 8a 相对以使得在第一传感器板 10 和所述一个磁极面 8a 之间提供间隔。传感器主体 100 还具有第二传感器板 11, 该第二传感器板 11 通过板连接部件 5 的居间而被稳固于操作部分 1 上并被设置为与永磁体 8 的另一磁极面 8b 相对以使得在第二传感器板 11 和另一磁极面 8b 之间提供间隔。

[0040] 传感器主体 100 具有作为 n 个 (n 表示 2 或更大的整数, 本实施例中的 n 为 4) 磁电转换元件的第一霍尔元件 6a、6b、6c 和 6d (参见图 2B), 所述第一霍尔元件 6a、6b、6c 和 6d 被稳固于第一传感器板 10 上并被设置为面向永磁体 8 的一个磁极面 8a 以使得在第一霍尔元件和所述一个磁极面 8a 之间具有间隔。此外, 传感器主体 100 具有 n 个 (在本实施例中 n 为 4) 第二霍尔元件 9a、9b、9c 和 9d (参见图 2C), 所述第二霍尔元件 9a、9b、9c 和 9d 被稳固于第二传感器板 11 上并被设置为面向永磁体 8 的另一磁极面 8b 以使得在第二霍尔元件和所述另一磁极面 8b 之间具有间隔。换句话说, 第一霍尔元件和第二霍尔元件被设置在操作部分 1 上, 使得它们可关于永磁体 8 位移。

[0041] 四个第一霍尔元件 6a ~ 6d 和四个第二霍尔元件 9a ~ 9d 优选地被设置为确定沿相互正交的三个轴的方向的力成分和关于所述轴中的每一个的力矩成分。

[0042] 可根据要被检测的力和力矩的类型适当地确定磁电转换元件的数目。

[0043] 第一霍尔元件 6a、6b、6c 和 6d 以相等的间隔被布置于同一个圆上。类似地, 第二霍尔元件 9a、9b、9c 和 9d 以相等的间隔被布置于同一个圆上。关于以永磁体 8 为中心的对称平面, 对称地设置第一霍尔元件 6a、6b、6c 和 6d 以及第二霍尔元件 9a、9b、9c 和 9d。

[0044] 通过如上面描述的那样布置的霍尔元件 6a ~ 6d 和霍尔元件 9a ~ 9d, 当操作部分 1 关于外框架 3 位移时, 第一霍尔元件 6a ~ 6d 关于永磁体 8 的一个磁极面 8a 位移。第二霍尔元件 9a ~ 9d 也关于永磁体 8 的另一磁极面 8b 位移。换句话说, 当向操作部分 1 施加外力时, 第一霍尔元件 6a ~ 6d 和第二霍尔元件 9a ~ 9d 在通过板连接部件 5 的居间而维持它们的相对位置的同时关于永磁体 8 位移。

[0045] 霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 输出具有与供给到霍尔元件的电流和通过霍尔元件的磁通量成比例的值的霍尔电压 (输出电压)。霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 使用相同的规格并且共享基本上相同的特性。

[0046] 通过上述的构成, 使用根据本实施例的传感器主体 100 使得能够在向操作部分 1 施加力和力矩时确定沿相互正交的三个轴中的每一个的方向的力成分和关于每个轴的力矩成分。以下将参照图 4A ~ 4C 描述用于计算力成分和力矩成分的方法。图 4A ~ 4C 是传感器主体 100 的示意性截面图。图 4A 示出操作部分 1 沿 X 轴方向经受力 F_x 的情况, 图 4B 示出操作部分 1 沿 Z 轴方向经受力 F_z 的情况, 图 4C 示出操作部分 1 关于 Y 轴方向经受力矩 M_y 的情况。

[0047] 如果如图 4A 所示的那样由于沿 X 轴方向的力 F_x 而在霍尔元件 6a 中出现磁通量密度位移 $-\Delta B_x$, 则将分别在霍尔元件 6b、9a 和 9b 中出现磁通量密度位移 ΔB_x 、 $-\Delta B_x$ 和 ΔB_x 。

[0048] 如果如图 4B 所示的那样由于沿 Z 轴方向的力 F_z 而在霍尔元件 6a 中出现磁通量密度位移 $-\Delta B_z$, 则将分别在霍尔元件 6b、9a 和 9b 中出现磁通量密度位移 $-\Delta B_z$ 、 ΔB_z 和 ΔB_z 。

[0049] 并且, 如果如图 4C 所示的那样由于沿 Y 轴方向的力矩 M_y 而在霍尔元件 6a

中出现磁通量密度位移 ΔB_y , 则将分别在霍尔元件 6b、9a 和 9b 中出现磁通量密度位移 $-\Delta B_y$ 、 $-\Delta B_y$ 和 ΔB_y 。

[0050] 霍尔元件 6a 中的总磁通量密度位移由 ΔB_{6a} 表示, 霍尔元件 6b 中的总磁通量密度位移由 ΔB_{6b} 表示, 霍尔元件 9a 中的总磁通量密度位移由 ΔB_{9a} 表示, 并且, 霍尔元件 9b 中的总磁通量密度位移由 ΔB_{9b} 表示。

[0051] 根据下式确定总磁通量密度位移:

$$[0052] \quad \Delta B_{6a} = -\Delta B_x - \Delta B_z + \Delta B_y$$

$$[0053] \quad \Delta B_{6b} = \Delta B_x - \Delta B_z - \Delta B_y$$

$$[0054] \quad \Delta B_{9a} = -\Delta B_x + \Delta B_z - \Delta B_y$$

$$[0055] \quad \Delta B_{9b} = \Delta B_x + \Delta B_z + \Delta B_y。$$

[0056] 然后, 各轴上的彼此相关的霍尔元件成对, 并且, 其间的差异被确定。顺便说一句, k_x 、 k_z 和 k_y 表示用于根据磁通量密度位移来计算力和力矩的比例系数。

$$[0057] \quad F_x = (\Delta B_{6b} + \Delta B_{9b}) - (\Delta B_{6a} + \Delta B_{9a}) = k_x \times \Delta B_x$$

$$[0058] \quad F_z = (\Delta B_{9a} + \Delta B_{9b}) - (\Delta B_{6a} + \Delta B_{6b}) = k_z \times \Delta B_z$$

$$[0059] \quad M_y = (\Delta B_{6a} + \Delta B_{9b}) - (\Delta B_{9a} + \Delta B_{6b}) = k_y \times \Delta B_y$$

[0060] 以相同的方式, 可以计算沿 Y 轴方向的力 F_y 、沿 X 轴方向的力矩 M_x 和沿 Z 轴方向的力矩 M_z 。上述的过程只剩下当单独地向每个轴施加力时观察到的磁通量密度位移的项, 由此允许容易地计算沿每个轴的方向产生的力成分和关于每个轴产生的力矩成分。在本实施例中, 使用霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d, 使得可基于霍尔元件的霍尔电压确定力 F_y 、 F_z 以及力矩 M_x 、 M_y 和 M_z 。

[0061] 传感器主体 100 的操作部分 1 和外框架 3 中的一个 (即, 在第一实施例中为外框架 3) 被稳固于机器人臂 600 的末端, 并且, 另一个 (即, 在第一实施例中为操作部分 1) 被稳固于机器人手 800 上。作为替代方案, 外框架 3 可被稳固于机器人手 800 上并且操作部分 1 可被稳固于机器人臂 600 的末端。图 1 所示的检测设备 400 包含电路组件 200 和处理器 300, 电路组件 200 检测来自传感器主体 100 的霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的霍尔电压并且输出检测结果, 处理器 300 确定作用于操作部分 1 上的力和力矩。处理器 300 将力成分输出发送到机器人控制器 700。机器人控制器 700 基于力成分来控制机器人臂 600 的姿势。

[0062] 图 5 示出力传感器 500 的电路组件 200 的电气电路图。如图 5 所示, 电路组件 200 与四个第一霍尔元件 6a ~ 6d 连接, 并且被提供有向霍尔元件 6a ~ 6d 供给设定电流值的电流的、数量 (4 个) 与霍尔元件 6a ~ 6d 的数量对应的第一恒流源 CC1 ~ CC4。电路组件 200 还与四个第二霍尔元件 9a ~ 9d 连接, 并且被提供有向霍尔元件 9a ~ 9d 供给设定电流值的电流的、数量 (4 个) 与霍尔元件 9a ~ 9d 的数量对应的第二恒流源 CC5 ~ CC8。

[0063] 电路组件 200 进一步包含数量为与霍尔元件 6a ~ 6d 的数量对应的 4 个的第一电压检测器 AMP1 ~ AMP4。检测器 AMP1 ~ AMP4 与四个第一霍尔元件 6a ~ 6d 连接, 以检测霍尔元件 6a ~ 6d 的霍尔电压的电压值。电路组件 200 还包含数量为与霍尔元件 9a ~ 9d 的数量对应的 4 个的第二电压检测器 AMP5 ~ AMP8。检测器 AMP5 ~ AMP8 与四个第二霍尔元件 9a ~ 9d 连接, 以检测霍尔元件 9a ~ 9d 的霍尔电压的电压值。

[0064] 对于霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 设置恒流源 CC1 ~ CC8, 使得其数量为与霍尔

元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的数量相同的 8 个。类似地,设置匹配霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的电压检测器 AMP1 ~ AMP8,使得其数量为 8 个,这是与霍尔元件 6a ~ 6d 的数量相同的数量。

[0065] 恒流源 CC1 ~ CC8 操作以向霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 供给设定电流值的恒定电流。在本实施例中,恒流源 CC1 ~ CC8 被配置为向霍尔元件供给相同电流值的电流。

[0066] 电压检测器 AMP1 ~ AMP8 是差分放大器,其放大所检测的霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的霍尔电压,并且从输出端子 OUT1A ~ OUT2D 向图 1 所示的后级中的处理器 300 输出大小与霍尔电压的电压值成比例的电压信号。

[0067] 处理器 300 基于由电压检测器 AMP1 ~ AMP8 检测的霍尔电压的电压值实施上述的计算,以确定操作部分 1 所经受的沿相互正交的三个轴中的每一个的方向的力成分和关于各轴的力矩成分。

[0068] 如上所述,已通过基于因外力而产生的霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的霍尔电压的计算而确定了力和力矩。同时,在永磁体 8 中产生的磁通量一般根据其温度而改变。更具体而言,永磁体 8 具有其磁通量随着其温度上升而减小的负的温度特性。

[0069] 在本实施例中,电路组件 200 具有第一加法器 ADD1、第二加法器 ADD2 和差分放大器 DIF-AMP 以及用作调整器的差分放大器 ERR-AMP,第一加法器 ADD1、第二加法器 ADD2 和差分放大器 DIF-AMP 构成总和计算器。第一加法器 ADD1 将从第一电压检测器 AMP1 ~ AMP4 输出的电压信号相加,而第二加法器 ADD2 将从第二电压检测器 AMP5 ~ AMP8 输出的电压信号相加。

[0070] 在本实施例中,霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 中的每一个的一个表面被设置为与永磁体 8 相对。第一霍尔元件 6a ~ 6d 的霍尔电压和第二霍尔元件 9a ~ 9d 的霍尔电压具有相反的极性。更具体而言,第一霍尔元件 6a ~ 6d 的霍尔电压取正值,而第二霍尔元件 9a ~ 9d 的霍尔电压取负值。由此,差分放大器 DIF-AMP 从第一加法器 ADD1 的输出结果减去第二加法器 ADD2 的输出结果,以确定由电压检测器 AMP1 ~ AMP8 检测的霍尔电压的电压值的绝对值的总和的电压值 V_s 。

[0071] 设定第二霍尔元件 9a ~ 9d 中的每一个的另一个表面使得它与永磁体 8 相对导致第二霍尔元件 9a ~ 9d 的霍尔电压取正值,从而使得能够使用加法器替代差分放大器 DIF-AMP 作为总和计算器。作为替代方案,作为加法器 ADD1 和 ADD2 及差分放大器 DIF-AMP 的替代,可以使用接收所有电压检测器 AMP1 ~ AMP8 的电压信号并将这些电压信号相加的加法器作为总和计算器。

[0072] 上述的加法器 ADD1 和 ADD2 及差分放大器 DIF-AMP 操作以确定霍尔电压的电压值的绝对值的总和的电压值 V_s 。电压值 V_s 表示指示由第一霍尔元件 6a ~ 6d 和第二霍尔元件 9a ~ 9d 检测的磁通量的总和的值。电压值 V_s 不响应于第一霍尔元件 6a ~ 6d 和第二霍尔元件 9a ~ 9d 相对于永磁体 8 的相对位移而改变,但是当永磁体 8 和霍尔元件 6a ~ 6d 及 9a ~ 9d 的特性改变时,电压值 V_s 改变。

[0073] 例如,如果向操作部分 1 施加沿 X 轴方向的力 F_x ,从而导致霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 沿 X 轴方向位移,则通过霍尔元件 6a、6c、9a 和 9c 的磁通量随着导致的霍尔电压的增加而增加。与此相对照地,通过霍尔元件 6b、6d、9b 和 9d 的磁通量减小,并且,霍尔电压减小的量与上述的增加的量相同。这意味着所有的霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的总电压

值 V_s 保持不变。如果永磁体 8 的温度上升并且在永磁体 8 中产生的磁通量减小,则从霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 输出的霍尔电压的电压值减小并且因此总电压值 V_s 减小。

[0074] 因此,差分放大器 ERP-AMP 基于输入的总电压值 V_s 和预设的基准电压值 REF-V 之间的差值而向恒流源 CC1 ~ CC8 输出指示用于将总电压值 V_s 设为预设的基准电压值 REF-V 的设定电流值的电流命令信号 (I.FB 信号)。

[0075] 基准电压值 REF-V 是固定值。使总电压值 V_s 维持在固定电压值导致霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 输出与在永磁体 8 中不出现磁通量的变化的情况下的霍尔电压相同的霍尔电压。

[0076] 恒流源 CC1 ~ CC8 向霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 供给基于输入的 I.FB 信号的设定电流值的电流。输出到恒流源 CC1 ~ CC8 的 I.FB 信号共享同一个值,从而使得向霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 供给相同值的电流。

[0077] 以下,将参照图 6A 和图 6B 以及图 7A 和图 7B 具体描述用于通过反馈操作校正恒流源 CC1 ~ CC8 的设定电流值的操作。

[0078] 1. 基于永磁体 8 的温度特性的校正

[0079] 将参照图 6A 和图 6B 描述用于基于永磁体 8 的温度特性进行校正的操作。在图 6A 和图 6B 中,以开始时的永磁体 8 的磁通量密度 B 由于温度上升而变为 B' 的情况为例子。

[0080] 典型的霍尔元件的输出电压 (霍尔电压) V_h 被表达如下。

$$[0081] \quad V_h = K \cdot I_h \cdot B$$

[0082] 这里, V_h : 霍尔电压; K : 灵敏度系数; I_h : 操作电流; B : 磁通量密度。

[0083] 如图 6A 所示,指示开始时的操作点的磁通量密度 B 处的所有霍尔元件的霍尔电压的总电压值 V_o 被表达如下。

$$[0084] \quad V_o = K \cdot I_1 \cdot B \quad \dots (1)$$

[0085] 这里, I_1 是霍尔元件的电流。

[0086] 此外,当磁体的操作点由于温度上升而移动到 B' 时的总电压值 V_o' 被表达如下。

$$[0087] \quad V_o' = K \cdot I_1 \cdot B' \quad \dots (2)$$

[0088] 换句话说,根据图 5 所示的电路构成,差分放大器 DIF-AMP 的输出电压 V_s 将为 V_o 和 V_o' 。

[0089] 如果作为总磁通量检测结果的 V_s 为 V_o ,则它等于基准电压值 REF-V,使得差分放大器 ERR-AMP 不产生校正电压。但是,如果作为当由于热退磁 (demagnetization) 而使得总磁通量减小时获得的总磁通量检测结果的 V_s 为 V_o' ,则差分放大器 ERR-AMP 输出用于产生通过将电压值 V_o' 和基准电压值 REF-V 之间的差值与 V_o' 相加而获得的误差控制电压 V_o'' 的 I.FB 信号。与误差电压成反比地产生误差控制电压 V_o'' 。由此,差分放大器 ERR-AMP 输出用于进行调整以增加霍尔元件的电流 (I_2) 的 I.FB 信号。

$$[0090] \quad I_2 = \frac{V_o''}{K \cdot B'} \quad \dots (3)$$

[0091] 图 6B 示出当磁通量密度 B 减小了时在向恒流源 CC1 ~ CC8 输出 I.FB 信号之后恒流源 CC1 ~ CC8 的电流值增加到 I_2 的过程。

[0092] 此时,根据图 5 所示的电路构成,恒流源 CC1 ~ CC8 的电流被控制为使得通过差分放大器 ERR-AMP 的操作减小总电压值 V_s 和基准电压值 REF-V 之间的误差电压。因此,误差

控制电压 V_o'' 变得等于基准电压值 $REF-V$ 。

[0093]

$$V_o'' \cong REF-V \cong V_o \dots (4)$$

[0094] 因此,根据下式 (5) 确定 I_2 。

$$I_2 = \frac{V_o}{K \cdot B'} \dots (5)$$

[0096] 并且,根据以下给出的式 (6) 确定当永磁体 8 的操作点变为点 B' 时获得的霍尔电压 V_{h2} 。

$$V_{h2} = K \cdot I_2 \cdot B' \dots (6)$$

[0098] 式 (5) 的代入导致以下给出的式 (7)。

[0099]

$$V_{h2} \cong K \cdot \frac{V_o}{K \cdot B'} \cdot B' \cong V_o \dots (7)$$

[0100] 换句话说,当磁通量从 B 减小到 B' 时,要被检测的总电压值 V_s 从等于基准电压值 $REF-V$ 的电压值 V_o 减小到电压值 V_o' 。因此,差分放大器 $ERR-AMP$ 输出用于将恒流源 $CC1 \sim CC8$ 的电流值从 I_1 增加到 I_2 使得总电压值 V_s 变为基准电压值 $REF-V$ 的 $I \cdot FB$ 信号。这导致总电压值 V_s 从 V_o' 增加到 $V_o'' (\cong REF-V \cong V_o)$ 并被控制为恒定地保持在基准电压值 $REF-V$ 。

[0101] 因此,恒流源 $CC1 \sim CC8$ 的设定电流值被调整,使得总电压值 V_s 通过差分放大器 $ERR-AMP$ 的反馈操作变为基准电压值 $REF-V$ 。进一步地,通过差分放大器 $ERR-AMP$ 调整向霍尔元件 $6a \sim 6d$ 和 $9a \sim 9d$ 供给电流的恒流源 $CC1 \sim CC8$ 的设定电流值,使得总电压值 V_s 变为基准电压值 $REF-V$,由此使总电压值 V_s 维持在恒定值。

[0102] 2. 灵敏度系数的校正

[0103] 一般地,霍尔元件的灵敏度系数(霍尔系数) K 表现对于温度的相关性(dependence),并且,即使当磁通量密度 B 维持不变时,输出电压(霍尔电压)也根据环境温度或元件的发热而改变。霍尔元件以外的磁电转换元件的灵敏度系数 K 通常具有对于温度的依赖性。以下,为了避免重复的解释,将描述霍尔元件作为代表性的例子。

[0104] 将参照图 7A 和图 7B 描述随温度变化的霍尔元件 $6a \sim 6d$ 和 $9a \sim 9d$ 的灵敏度系数 K 的校正操作。图 7A 和图 7B 示出开始时的灵敏度系数 K_1 随着温度上升而变为灵敏度系数 K_2 的例子。

[0105] 根据以下给出的式 (8),确定作为图 7A 中的初始操作点的磁通量密度点 B 处的霍尔元件的霍尔电压的电压值的总电压值。

$$V_{o1} = K_1 \cdot I_1 \cdot B \dots (8)$$

[0107] 并且,根据以下给出的式 (9),确定当霍尔元件的灵敏度系数由于温度上升而变为 K_2 时的霍尔电压的电压值的总电压值。

$$V_{o2} = K_2 \cdot I_1 \cdot B \dots (9)$$

[0109] 这意味着,根据图 5 所示的电路配置,差分放大器 $DIF-AMP$ 的输出电压 V_s 将为 V_{o1} 和 V_{o2} 。

[0110] 如果作为总磁通量检测结果的 V_s 为 V_{o1} ,则 V_s 等于基准电压值 $REF-V$,从而差分放大器 $ERR-AMP$ 不产生校正电压。同时,如果 V_s 变为 V_{o2} ,这表示当霍尔元件的灵敏度系数

变为 K2 并且检测的霍尔电压减小时的总磁通量检测结果,那么,差分放大器 ERR-AMP 操作如下。差分放大器 ERR-AMP 输出用于产生通过将电压值 Vo2 和基准电压值 REF-V 之间的差值与 Vo2 相加而获得的误差控制电压 Vo3 的 I • FB 信号。与误差电压成反比地产生误差控制电压 Vo3。由此,差分放大器 ERR-AMP 输出用于进行调整以增大霍尔元件的电流 (I3) 的 I • FB 信号。

$$[0111] \quad I_3 = \frac{V_{o3}}{K_2 \cdot B} \cdots (10)$$

[0112] 图 7B 示出当霍尔元件的灵敏度系数变为 K2 并且检测的霍尔电压减小时在 I • FB 信号被输出到恒流源 CC1 ~ CC8 之后恒流源 CC1 ~ CC8 的电流值增加到 I3 的过程。

[0113] 此时,根据图 5 所示的电路配置,恒流源 CC1 ~ CC8 的电流被控制,使得总电压值 Vs 和基准电压值 REF-V 之间的误差电压通过差分放大器 ERR-AMP 的操作而减小。因此,误差控制电压 Vo3 变得等于基准电压值 REF-V。

[0114]

$$V_{o3} \cong \text{REF-V} \cong V_o \cdots (11)$$

[0115] 因此,根据下式 (12) 确定 I3。

$$[0116] \quad I_3 = \frac{V_o}{K_2 \cdot B} \cdots (12)$$

[0117] 此外,根据以下给出的式 (13) 确定当霍尔元件的灵敏度系数变为点 K2 时获得的霍尔电压 Vh3。

$$[0118] \quad V_{h3} = K_2 \cdot I_3 \cdot B \cdots (13)$$

[0119] 式 (12) 的代入导致以下给出的式 (14)。

[0120]

$$V_{h3} \cong K_2 \cdot \frac{V_o}{K_2 \cdot B} \cdot B \cong V_o \cdots (14)$$

[0121] 换句话说,当霍尔元件的灵敏度系数从 K1 减小到 K2 时,要被检测的总电压值 Vs 从等于基准电压值 REF-V 的电压值 Vo1 减小到电压值 Vo2。因此,差分放大器 ERR-AMP 输出用于将恒流源 CC1 ~ CC8 的电流值从 I1 增加到 I3 使得总电压值 Vs 变为基准电压值 REF-V 的 I • FB 信号。这导致总电压值 Vs 从 Vo2 增加到 **V_{o3} (≅ REF-V ≅ V_o)** 并且被控制以恒定地保持在基准电压值 REF-V。

[0122] 因此,恒流源 CC1 ~ CC8 的设定电流值被调整,使得总电压值 Vs 通过差分放大器 ERR-AMP 的反馈操作而变为基准电压值 REF-V。进一步地,通过差分放大器 ERR-AMP 调整向霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 供给电流的恒流源 CC1 ~ CC8 的设定电流值,使得总电压值 Vs 变为基准电压值 REF-V,由此使总电压值 Vs 维持在恒定值。

[0123] 通过上述的操作,即使永磁体 8 的磁通量以及霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的检测灵敏度由于温度变化或长期变化等而变化,霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的输出电压也保持稳定,不受温度变化或长期变化等的影响。因此,即使永磁体 8 以及霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的特性均由于温度变化或长期变化等而变化,也可通过不使用温度传感器的简单的配置来校正霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的输出电压。这使得能够实现力和力矩的检测精度更高的机器人装置。

[0124] 第二实施例

[0125] 现在将描述根据本发明的第二实施例的力传感器。图 8 是根据本发明的第二实施例的力传感器的传感器主体的示意性截面图。在第二实施例中,与上述的第一实施例中的构件相同的构件由相同的附图标记表示,并且,将省略它们的描述。

[0126] 关于根据上述的第一实施例的力传感器 500,已描述了霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 与操作部分 1 一起关于永磁体 8 位移的情况。在图 8 所示的根据第二实施例的力传感器 500A 中,永磁体 8 与操作部分 1 一起关于霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 位移。

[0127] 具体地,上面固定了霍尔元件 6a ~ 6d 的第一传感器板 10 通过板连接部件 5 的居间而被稳固于外框架 3 上,并且,上面固定了霍尔元件 9a ~ 9d 的第二传感器板 11 被稳固于外框架 3 上。此外,永磁体 8 通过柱状支撑 4A 的居间而被稳固于操作部分 1 上。因此,永磁体 8 被一体化地稳固于操作部分 1 上,使得当操作部分 1 位移时,永磁体 8 关于霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 位移。

[0128] 通过该布置,第一霍尔元件 6a ~ 6d 随着操作部分 1 位移而关于一个磁极面 8a 相对地位移,而第二霍尔元件 9a ~ 9d 随着操作部分 1 位移而关于另一磁极面 8b 相对地位移。

[0129] 如上所述,根据第二实施例,即使永磁体 8 的磁通量以及霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的检测灵敏度由于温度变化或长期变化等而变化,霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的输出电压也保持稳定,不受温度变化或长期变化的影响。因此,即使永磁体 8 以及霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的特性由于温度变化或长期变化等而改变,也可通过没有温度传感器的简单的配置来校正霍尔元件 6a ~ 6d 和 9a ~ 9d 的输出电压。这允许实现更高精度的力和力矩的检测。

[0130] 此外,传感器板 10 和 11 被稳固于外框架 3 上,从而允许更容易的组装。换句话说,仅需要设置被稳固于外框架 3 上的第一磁电转换元件并设置被稳固于外框架 3 上使得维持它们的相对位置的第二磁电转换元件。

[0131] 此外,通过使外框架 3 具备台阶 (step),使得能够实现不需要用于保留 (retain) 板的板连接部件 5 的构成。

[0132] 第三实施例

[0133] 现在将描述根据本发明的第三实施例的力传感器。图 9 是根据本发明的第三实施例的加入了力传感器的机器人装置的构成的示意图。在第三实施例中,与上述第一实施例中的构件相同的构件由相同的附图标记表示,并且,将省略它们的描述。

[0134] 图 9 所示的机器人装置 900B 具有多关节 (在第三实施例中为 6 个关节 J1 ~ J6) 机器人臂 600 和设置在机器人臂 600 的末端处的用作端部效应器的机器人手 800。机器人装置 900B 还包括力传感器 500B 以及控制机器人臂 600 和机器人手 800 的操作的机器人控制器 700。力传感器 500B 具有传感器主体 100B 和与传感器主体 100B 连接的检测器 400B。传感器主体 100B 介于机器人臂 600 的末端和机器人手 800 之间。换句话说,传感器主体 100B 直接被设置在机器人臂 600 的末端。并且,机器人手 800 通过传感器主体 100B 的居间而被设置在机器人臂 600 的末端。

[0135] 在上述的第一实施例中,已描述了第一霍尔元件的数量与第二霍尔元件的数量相同的情况。根据第三实施例,如图 10 所示,传感器主体 100B 具有 n 个 (在第三实施例中, $n = 4$, 即,四个) 第一霍尔元件 6a ~ 6d 和 1 个第二霍尔元件 12。

[0136] 此外,关于上述第一实施例中的传感器主体 100,已描述了霍尔元件 6a ~ 6d 和

9a ~ 9d 与操作部分 1 一起关于永磁体 8 位移的情况。在图 9 和图 10 所示的根据第三实施例的力传感器 500B 的传感器主体 100B 中,永磁体 8 与操作部分 1 一起关于霍尔元件 6a ~ 6d 和 12 位移。

[0137] 具体地,固定了第一霍尔元件 6a ~ 6d 的第一传感器板 10 通过板连接部件 5 的居间而被稳固于外框架 3 上,使得它们与永磁体 8 的一个磁极面 8a 相对。固定了第二霍尔元件 12 的第二传感器板 13 被稳固于外框架 3,使得第二霍尔元件 12 与永磁体 8 的另一磁极面 8b 相对。此外,永磁体 8 通过柱状支撑 4A 的居间而被稳固于操作部分 1 上。因此,永磁体 8 被一体化地稳固于操作部分 1 上,使得当操作部分 1 位移时,永磁体 8 关于霍尔元件 6a ~ 6d 和 12 位移。

[0138] 通过该布置,第一霍尔元件 6a ~ 6d 随着操作部分 1 位移而关于一个磁极面 8a 相对地位移,而第二霍尔元件 12 随着操作部分 1 位移而关于另一磁极面 8b 相对地位移。

[0139] 如图 9 所示,传感器主体 100B 的操作部分 1 和外框架 3 中的一个(即,在第三实施例中为外框架 3)被稳固于机器人臂 600 的末端,并且,另一个(即,在第三实施例中为操作部分 1)被稳固于机器人手 800 上。作为替代方案,外框架 3 可被稳固于机器人手 800 上并且操作部分 1 可被稳固于机器人臂 600 的末端。图 9 所示的检测设备 400B 包含电路组件 200B 和处理器 300B,电路组件 200B 检测来自传感器主体 100B 的霍尔元件 6a ~ 6d 和 12 的霍尔电压并且输出检测结果,处理器 300B 确定作用于操作部分 1 上的力和力矩。处理器 300B 将力成分输出发送到机器人控制器 700。机器人控制器 700 基于力成分而控制机器人臂 600 的姿势。

[0140] 图 11 是根据第三实施例的力传感器 500B 的电路组件 200B 的电气电路图。电路组件 200B 与四个第一霍尔元件 6a ~ 6d 连接,并且具备第一恒流源 CC1 ~ CC4,第一恒流源 CC1 ~ CC4 向第一霍尔元件 6a ~ 6d 供给设定电流值的电流,第一恒流源 CC1 ~ CC4 的数量(4 个)与霍尔元件 6a ~ 6d 的数量对应。电路组件 200B 与第二霍尔元件 12 连接,并且具备向第二霍尔元件 12 供给设定电流值的电流的第二恒流源 CC5。

[0141] 电路组件 200B 进一步包含数量为与霍尔元件 6a ~ 6d 的数量对应的 4 个的第一电压检测器 AMP1 ~ AMP4。检测器 AMP1 ~ AMP4 与四个第一霍尔元件 6a ~ 6d 连接,以检测第一霍尔元件 6a ~ 6d 的霍尔电压的电压值。电路组件 200B 还包含与第二霍尔元件 12 连接以检测第二霍尔元件 12 的霍尔电压的电压值的第二电压检测器 AMP5。

[0142] 此外,电路组件 200B 具有加法器 ADD1、放大器 REF-AMP 和差分放大器 DIF-AMP、以及作为调整器的差分放大器 ERR-AMP,加法器 ADD1、放大器 REF-AMP 和差分放大器 DIF-AMP 构成总和计算器。

[0143] 加法器 ADD1 将从第一电压检测器 AMP1 ~ AMP4 输出的电压信号相加。放大器 REF-AMP 输出表示由第二电压检测器 AMP5 检测的霍尔电压的电压值的 n 倍(四倍)的电压值的电压信号。因此,第二电压检测器 AMP5 的输出电平基本上与加法器 ADD1 的输出电平匹配。

[0144] 差分放大器 DIF-AMP 从加法器 ADD1 的输出结果减去放大器 REF-AMP 的输出结果。因此,差分放大器 DIF-AMP 确定由第一电压检测器 AMP1 ~ AMP4 检测的霍尔电压的电压值的绝对值与作为由第二电压检测器 AMP5 检测的霍尔电压的电压值的四倍的电压值的绝对值的总电压值 V_s 。

[0145] 如上述的第一实施例那样,差分放大器 ERR-AMP 比较总电压值 V_s 与基准电压值 $REF-V$,并且调整恒流源 $CC1 \sim CC5$ 的电流值,使得总电压值 V_s 变为基准电压值 $REF-V$ 。

[0146] 如上所述,根据第三实施例,即使永磁体 8 的磁通量以及霍尔元件 $6a \sim 6d$ 和 12 的检测灵敏度由于温度变化或长期变化等而变化,霍尔元件 $6a \sim 6d$ 和 12 的输出电压也保持稳定,不受温度变化或长期变化等的影响。因此,即使永磁体 8 以及霍尔元件 $6a \sim 6d$ 和 12 的特性均由于温度变化或长期变化等而变化,也可通过没有温度传感器的简单的配置来校正霍尔元件 $6a \sim 6d$ 和 12 的输出电压。这允许实现更高精度的力和力矩的检测。此外,只设置一个第二霍尔元件 12,从而只需要一个第二恒流源 $CC5$ 和只需要一个第二电压检测器 AMP5。由此,与上述的第一实施例的力传感器相比,可以降低成本。另外,传感器板 10 和 13 被稳固于外框架 3 上,从而允许更容易的组装。此外,通过使外框架 3 具备台阶,使得能够实现加入了具有不需要用于保留板的板连接部件 5 的构成的力传感器的机器人装置。

[0147] 第四实施例

[0148] 现在将描述根据本发明的第四实施例的力传感器。图 12 是根据本发明的第四实施例的力传感器的传感器主体的示意截面图。在第四实施例中,与上述的第一到第三实施例中的构件相同的构件将由相同的附图标记表示,并且,将省略它们的描述。

[0149] 图 12 所示的力传感器的传感器主体 100C 具有 n 个(在第四实施例中, $n = 4$,即,四个)第一霍尔元件 $6a \sim 6d$ 和 1 个第二霍尔元件 12。固定了第一霍尔元件 $6a \sim 6d$ 的第一传感器板 10 通过板连接部件 5 的居间而被稳固于操作部分 1 上,使得第一霍尔元件 $6a \sim 6d$ 与永磁体 8 的一个磁极面 $8a$ 相对。固定了第二霍尔元件 12 的第二传感器板 13 被稳固于操作部分 1 上,使得第二霍尔元件 12 与永磁体 8 的另一磁极面 $8b$ 相对。由此,当操作部分 1 位移时,霍尔元件 $6a \sim 6d$ 和 12 相对于被一体化稳固于外框架 3 上的永磁体 8 位移。具有上述的构成的第四实施例提供与上述的第三实施例的优点相同的优点。

[0150] 第五实施例

[0151] 现在将描述根据本发明的第五实施例的加入了力传感器的机器人手。图 13 是示出具有根据本发明的第五实施例的加入了力传感器的机器人手的机器人装置的构成的示意图。在第五实施例中,与第一到第四实施例中的构件相同的构件将由相同的附图标记表示,并且将省略它们的描述。

[0152] 图 13 所示的机器人手 800D 具有手主体 801 和多个(在本实施例中为 2 个)由手主体 801 支撑的可开合的(spreadable)手指 802 和 803。手指 803 具有被手主体 801 支撑的基端部分(proximal portion)803a 和从基端部分 803a 延伸的末端部分 803b。

[0153] 机器人手 800D 可具备上述的第一到第四实施例中的力传感器中的任一个。在第五实施例中,机器人手 800D 具备与上述的第三实施例中的力传感器相同的力传感器。力传感器的传感器主体 100B 介于基端部分 803a 和末端部分 803b 之间。外框架 3 和操作部分 1 中的一个(在第五实施例中为外框架 3)被稳固于基端部分 803a 上。此外,外框架 3 和操作部分 1 中的另一个(在第五实施例中为操作部分 1)被稳固于末端部分 803b 上。

[0154] 作为替代方案,外框架 3 可被稳固于末端部分 803b 上,而操作部分 1 可被稳固于基端部分 803a 上。此外,手指 802 可被提供有传感器主体 100B。

[0155] 第五实施例提供与上述的第三实施例的优点相同的优点。此外,通过使外框架 3 具备台阶,使得能够实现具有这样的机器人手的机器人装置;该机器人手具有不需要用于

保留板的板连接部件 5 的构成。

[0156] 虽然已基于第一到第五实施例描述了本发明,但是,本发明不限于此。在第一和第二实施例中,描述了力传感器具有四个第一霍尔元件和四个第二霍尔元件以确定沿三个轴中的每一个的方向的力成分和关于三个轴中的每一个的力矩成分的情况;但是,本发明不限于此。第一及第二霍尔元件的最少需要量为两个。此外,至少力或力矩可被确定,并且,例如,可仅确定力或仅确定力矩,以控制机器人装置。

[0157] 在第三和第四实施例中,描述了力传感器具有四个第一霍尔元件以确定沿三个轴中的每一个的方向的力成分和关于三个轴中的每一个的力矩成分的情况;但是,本发明不限于此。第一霍尔元件的最少需要量为两个。此外,至少力或力矩可被确定,并且,例如,可仅确定力或仅确定力矩,以控制机器人装置。

[0158] 在第五实施例的机器人手中,两个手指中只有一个手指被提供有力传感器的传感器主体。但是,作为替代方案,多个手指中的每一个可被提供有传感器主体,并且,可基于力的总值控制机器人的操作。手指的数目可以为两个或更多个,并且,力传感器的安装位置可以是手指的末端。

[0159] 在第一到第四实施例中,力传感器的安装位置不限于端部效应器,而是可根据需要被加入到每个关节中。

[0160] 虽然已参照示例性实施例说明了本发明,但应理解,本发明不限于公开的示例性实施例。以下的权利要求的范围应被赋予最宽的解释以包含所有这样的变更方式以及等同的结构和功能。

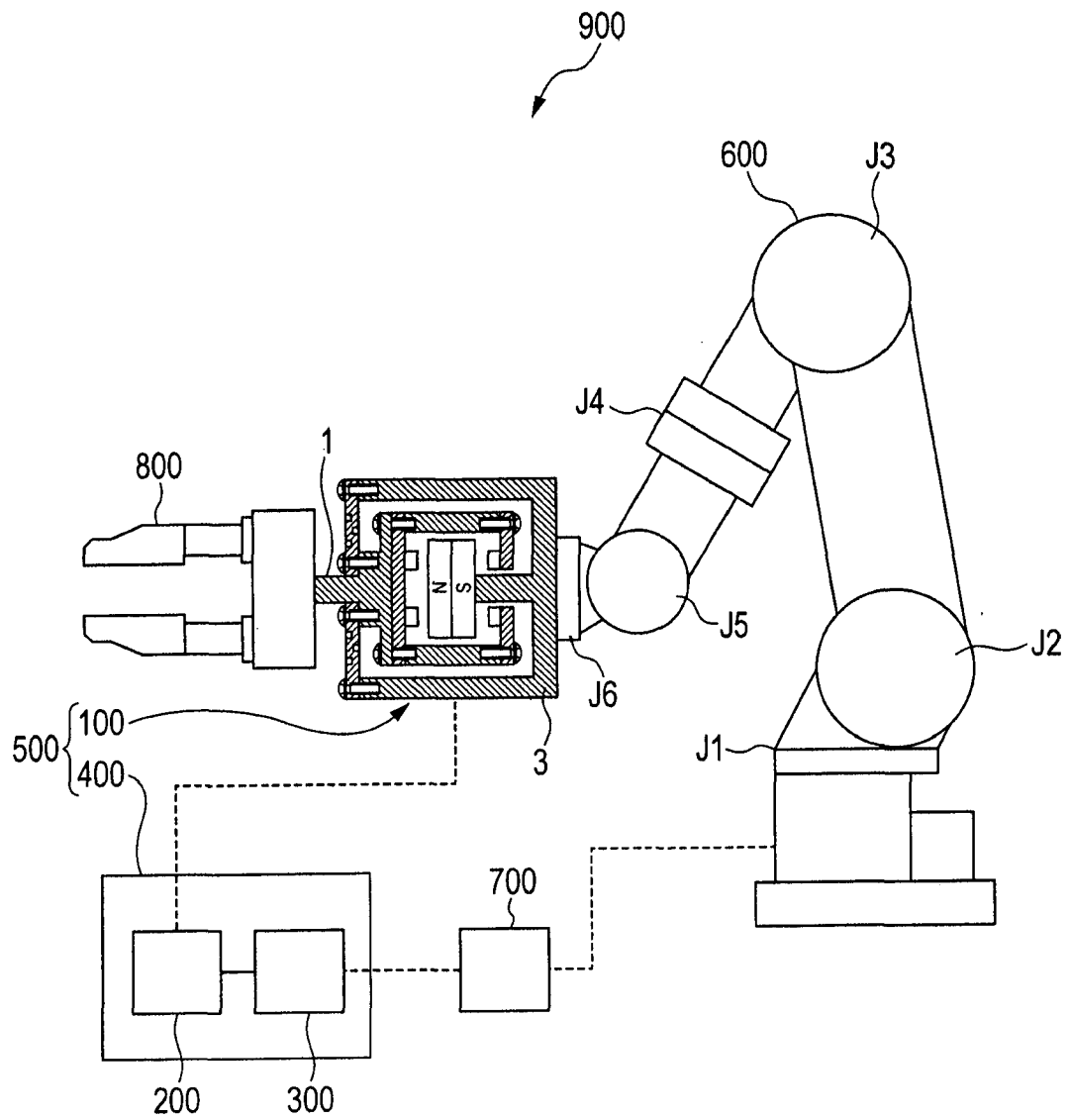


图 1

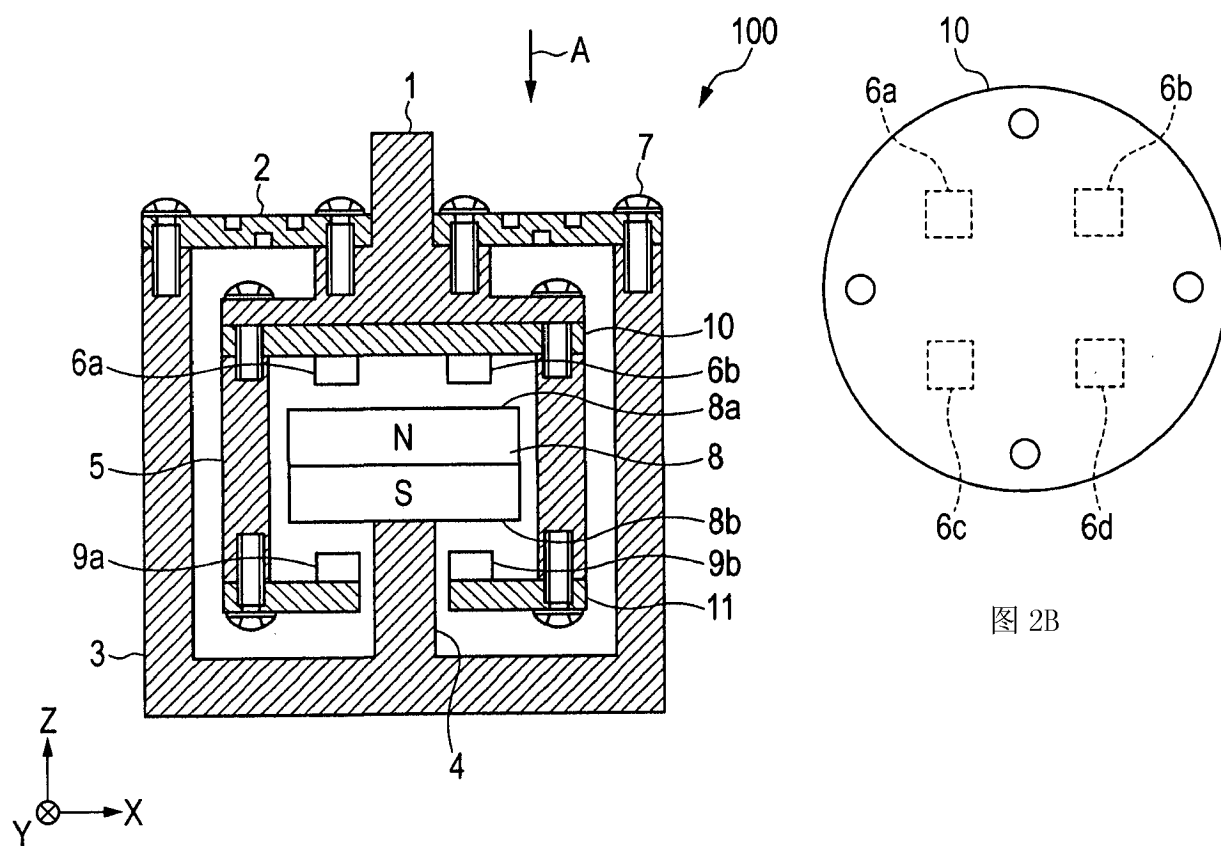


图 2A

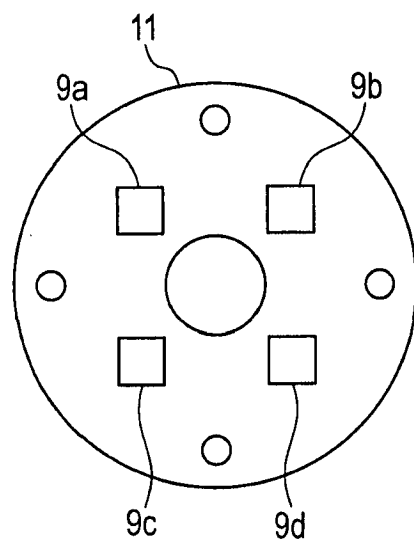


图 2C

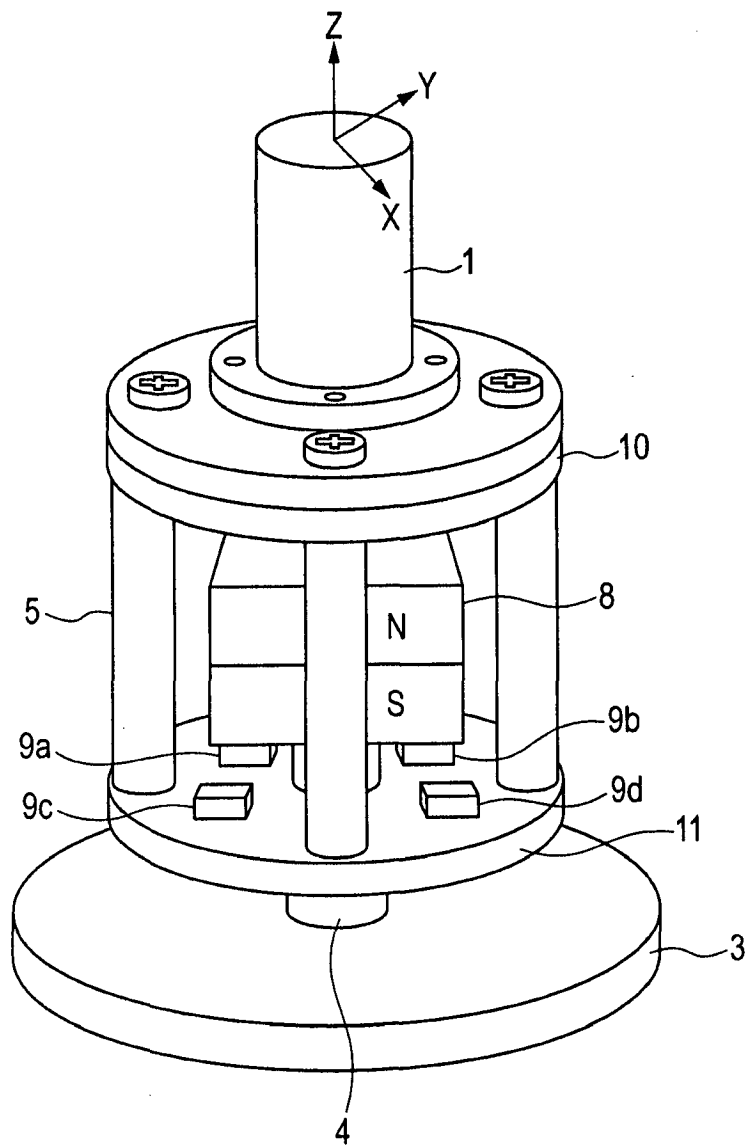


图 3

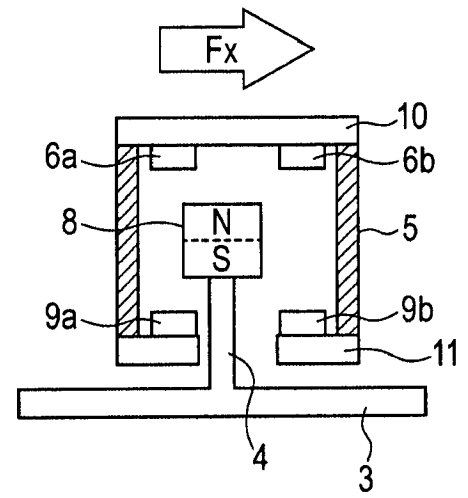


图 4A

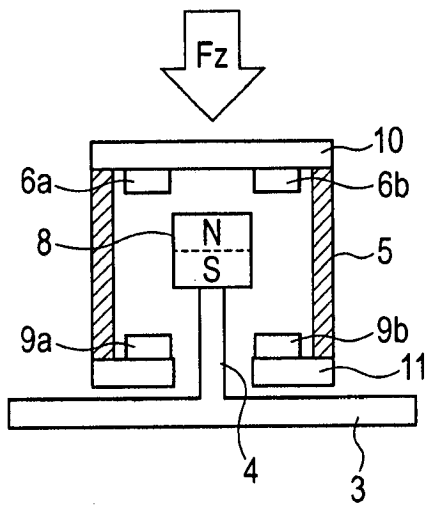


图 4B

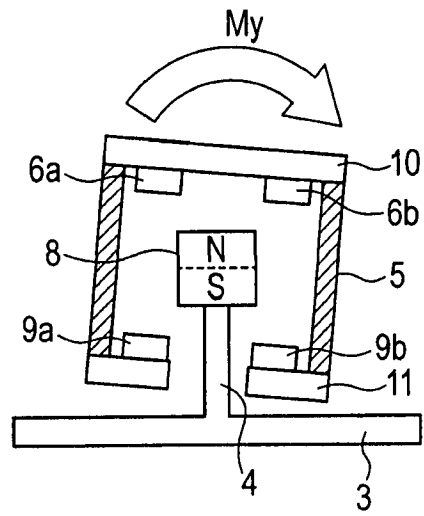


图 4C

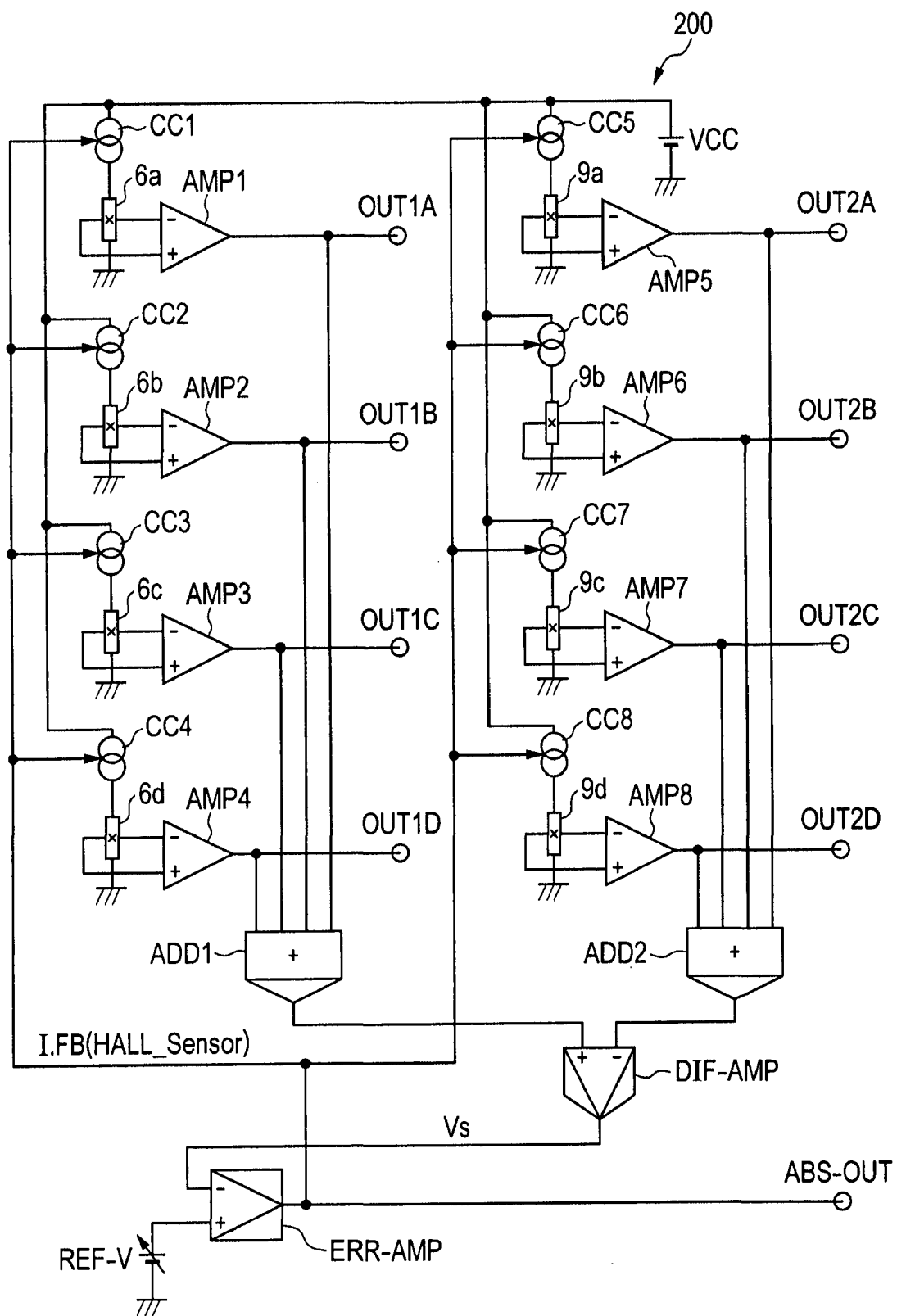


图 5

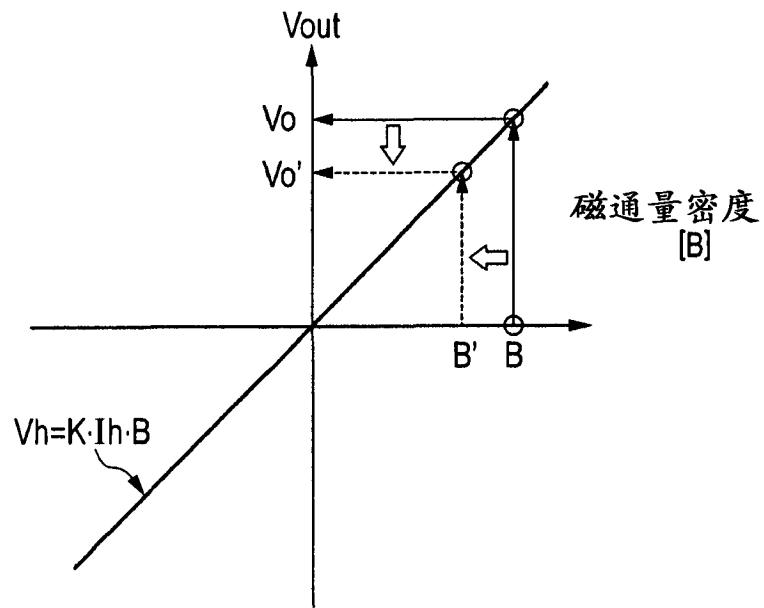


图 6A

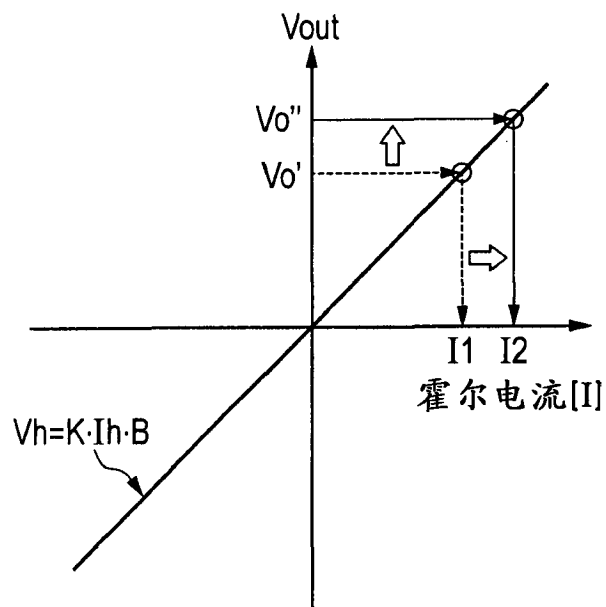


图 6B

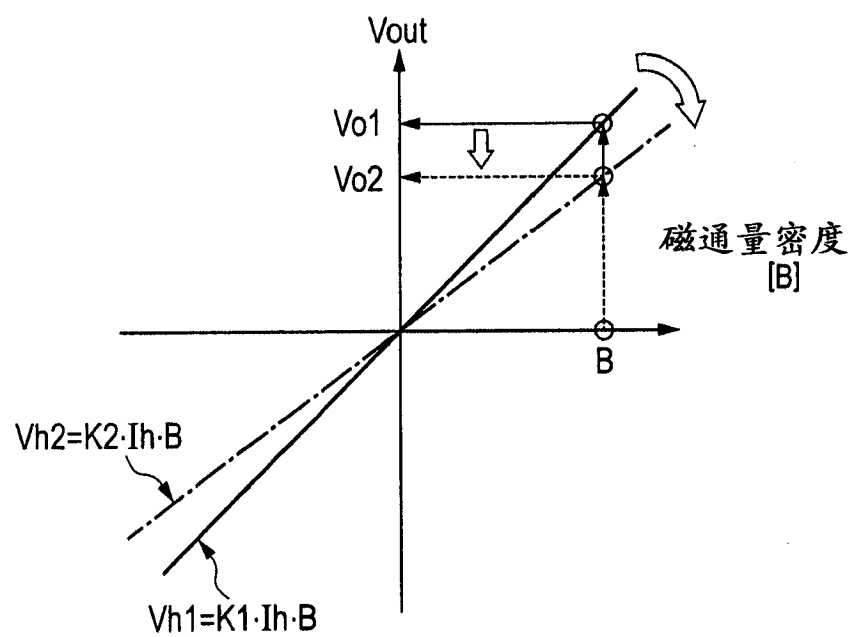


图 7A

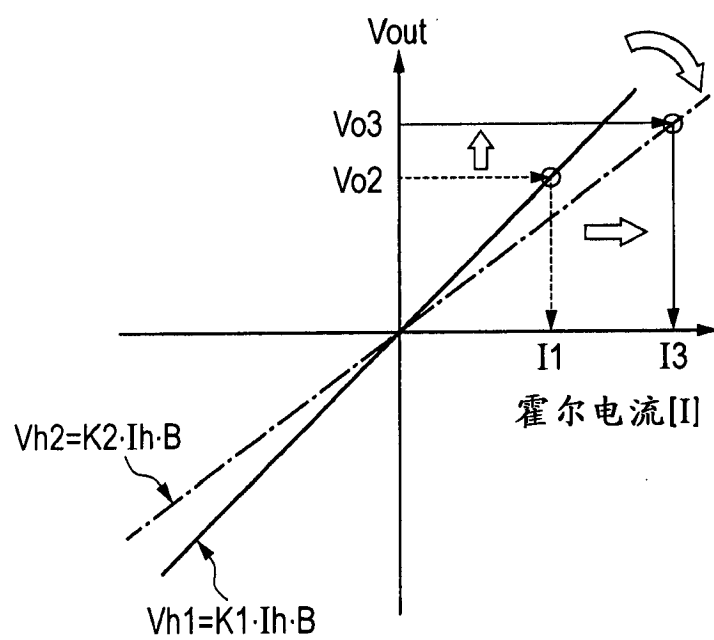


图 7B

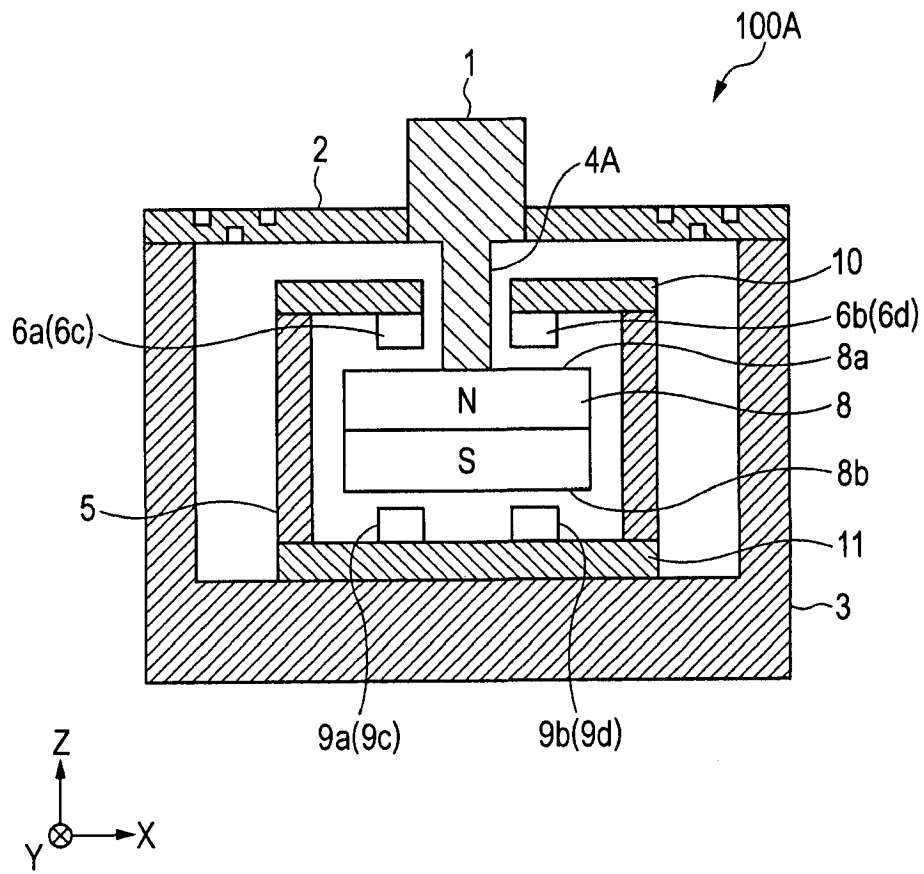


图 8

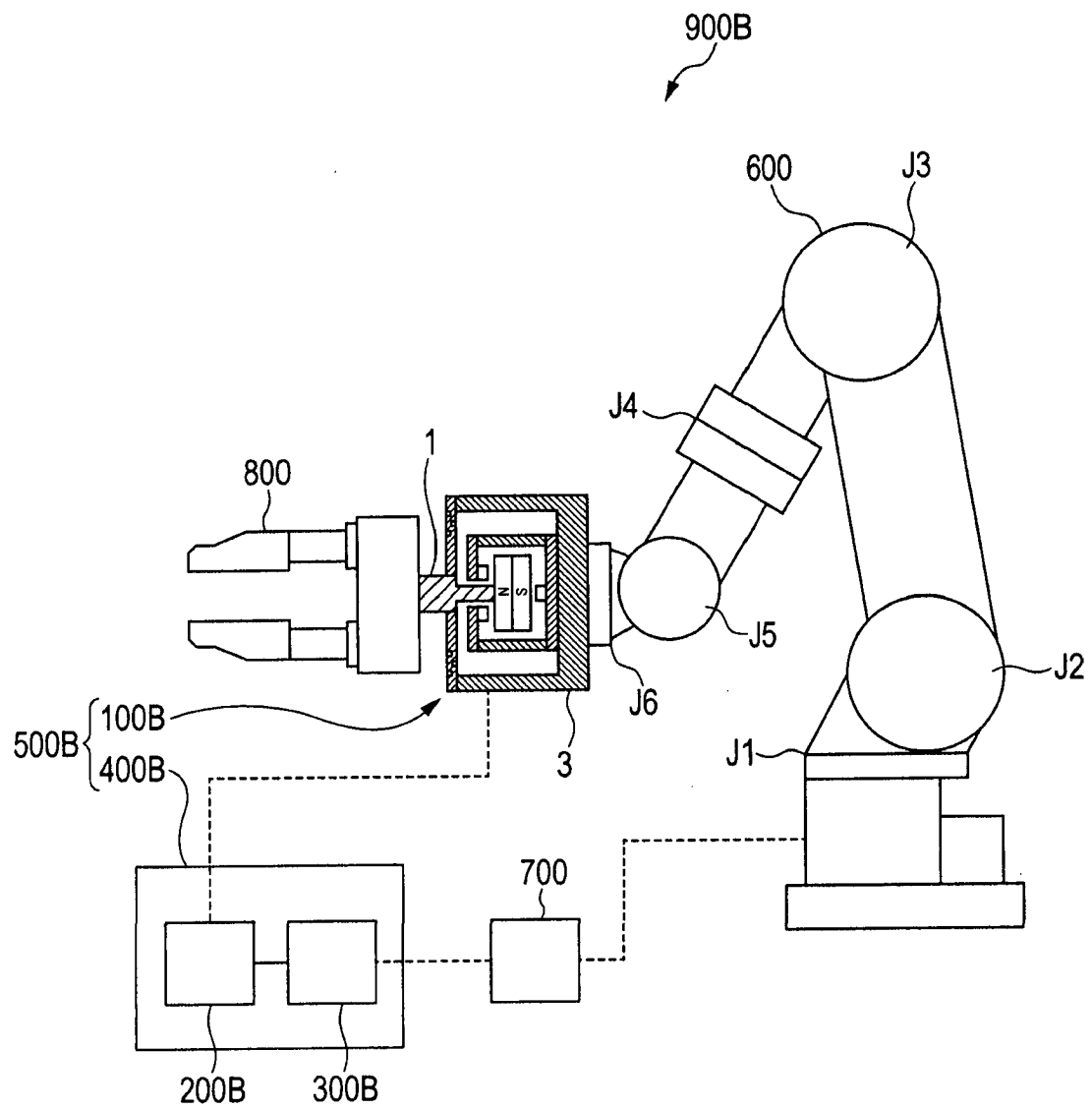


图 9

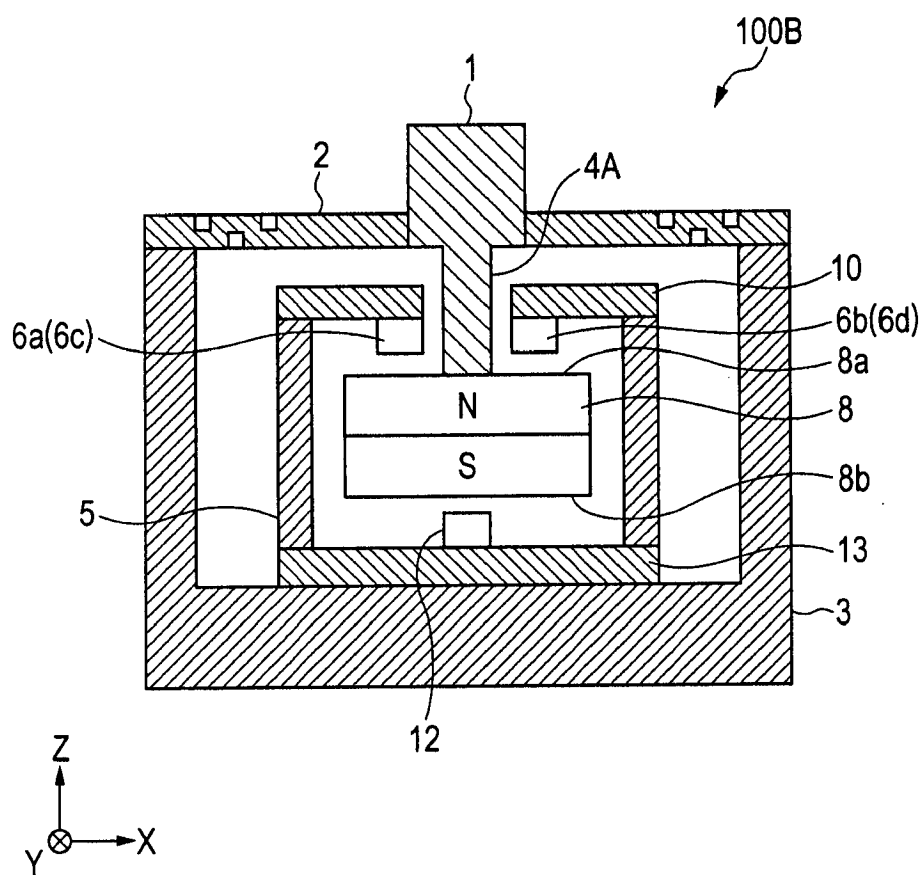


图 10

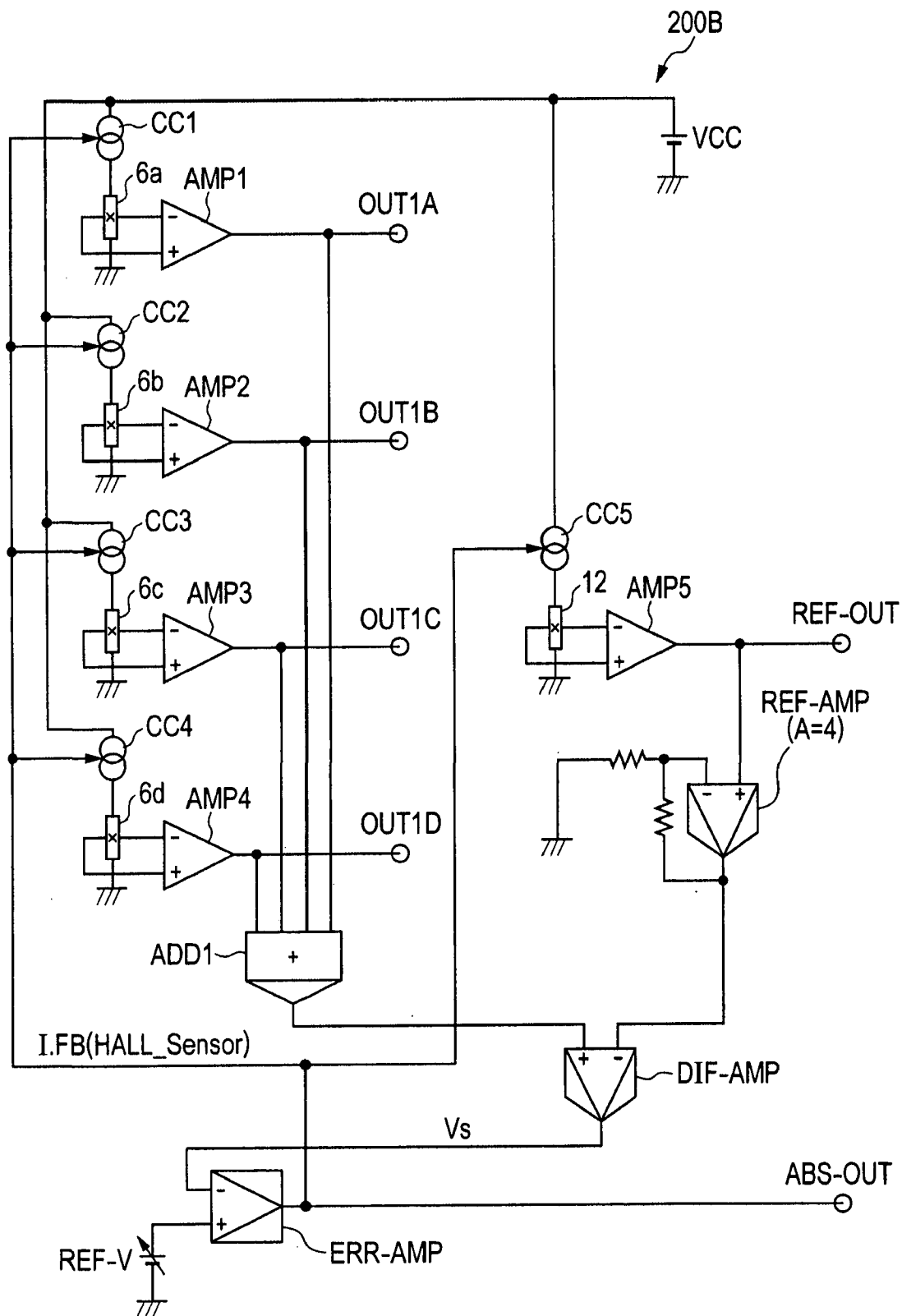


图 11

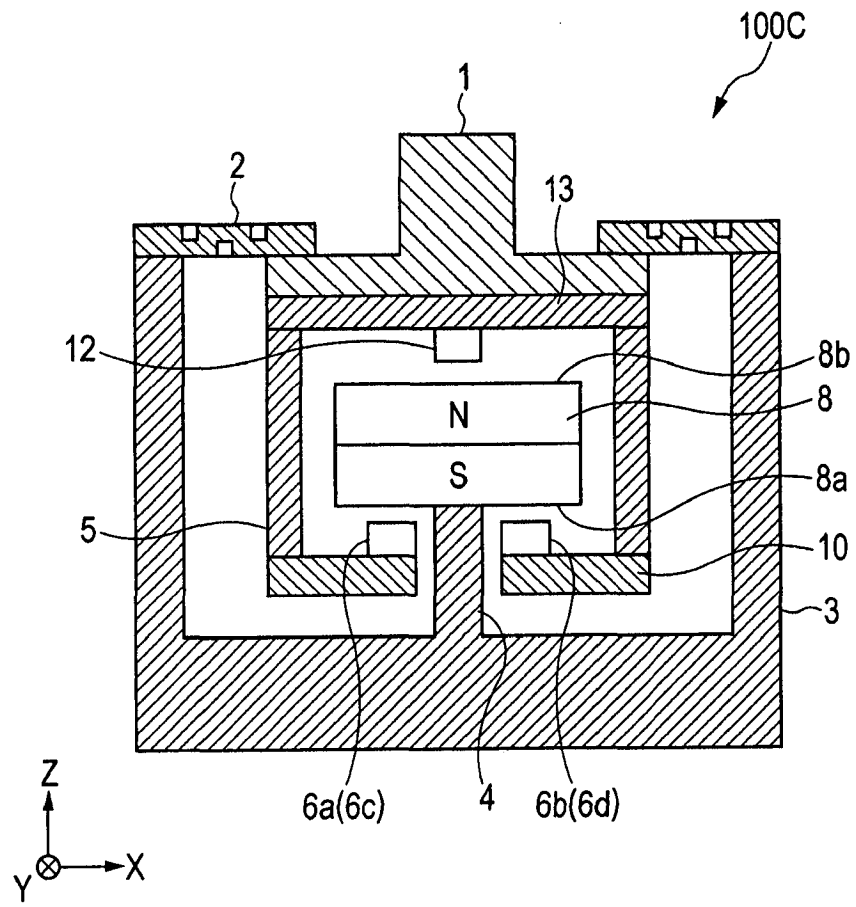


图 12

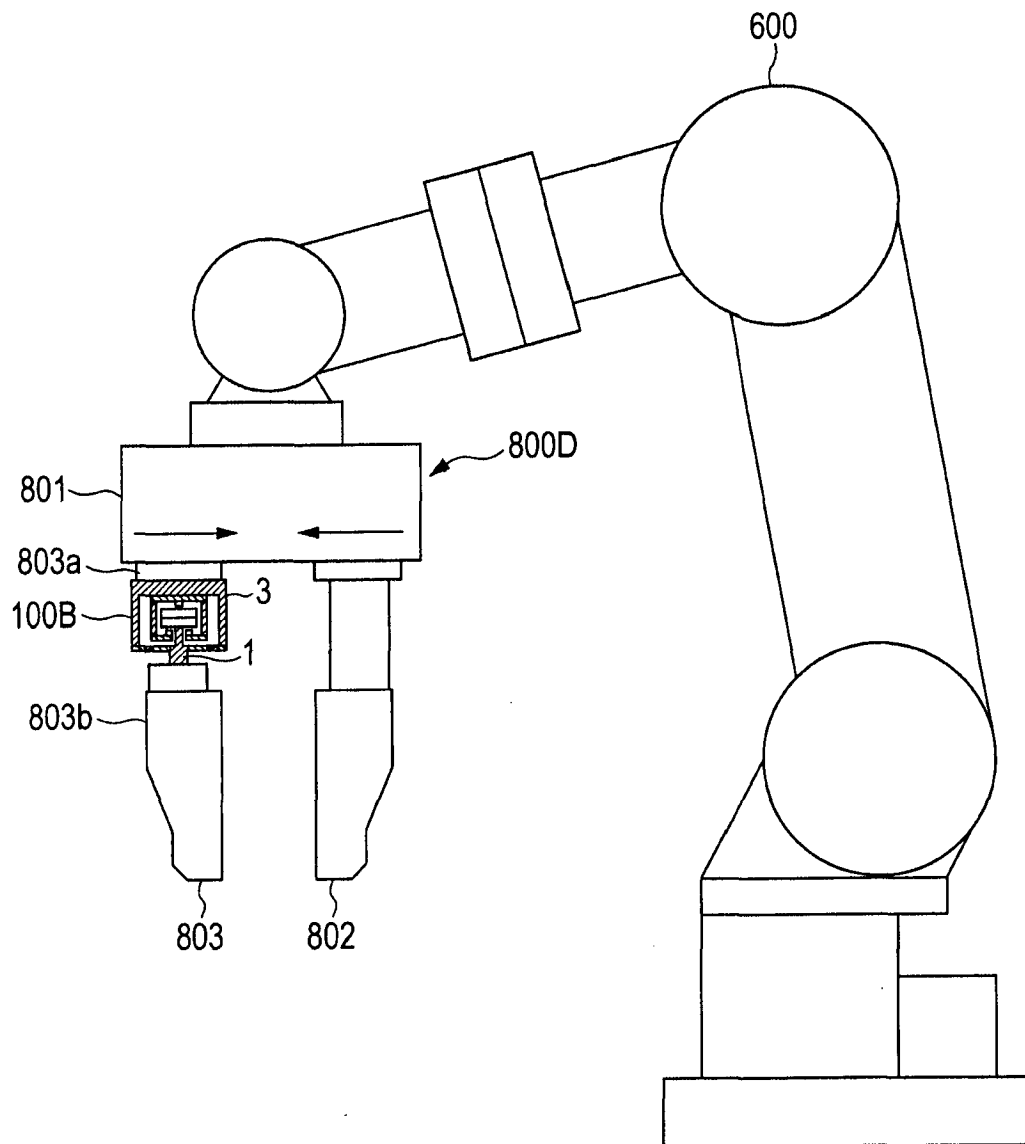


图 13