

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01F 6/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03801047. X

[45] 授权公告日 2007年3月28日

[11] 授权公告号 CN 1307659C

[22] 申请日 2003.7.28 [21] 申请号 03801047. X

[30] 优先权

[32] 2003. 1. 29 [33] JP [31] 20656/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2003/009550 2003. 7. 28

[87] 国际公布 WO2004/068514 日 2004. 8. 12

[85] 进入国家阶段日期 2004. 3. 15

[73] 专利权人 东海旅客铁道株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 根本薰 五十岚基仁

[56] 参考文献

JP846254A 1996. 2. 16

审查员 董 刚

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 王景刚 李瑞海

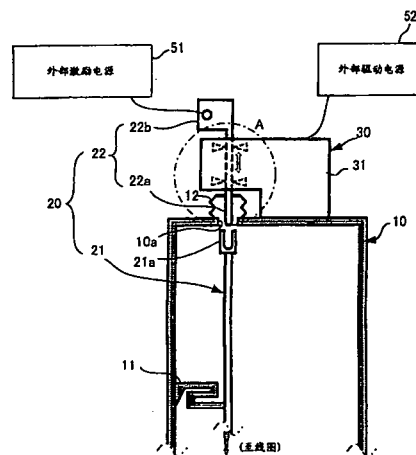
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 7 页

[54] 发明名称

超导磁铁装置

[57] 摘要

提供一种超导磁铁装置，使得可能有效、精确和牢靠地连接超导磁铁电流导线。在本发明的超导磁铁装置中，第一电流导线(21)和第二电流导线(22)，构成用于激磁电源的可脱解电流导线，是经由利用压电陶瓷的驱动机构(30)自动地彼此装接/脱解的。因此，为装接/脱解操作所需的操作和维护方面的专业技能就不是必需的，而装置是易于照管的。另外，即使一个接一个地激磁/脱磁许多超导磁铁，也不需要任何人力，而可能获得装置的高效运作。其次，压电陶瓷不大受到磁场作用。因而，可以确实地操作驱动机构，并可以精确地获得为在导线接触部分(21a)与装接/脱解部分(22a)之间的接触部位处每次装接/脱解所需的接触压力。



1. 一种超导磁铁装置, 包括:

在真空容器内被冷却的超导线圈;

固定在真空容器之内的第一电流导线, 第一电流导线的一端连接于超导线圈而另一端具有导线接触部分; 以及

第二电流导线, 以气密方式穿过设置在真空容器上的通孔, 第二电流导线的一端连接于引向外部激励电源的引线而另一端具有相对于所述导线接触部分以可脱解方式设置的装接/脱解部分;

此超导磁铁装置在装接/脱解部分接触于导线接触部分的条件下由从外部激励电源供给的电流使之切换到持续电流模态之中, 装接/脱解部分然后从导线接触部分分离开来而装置保持持续电流模态, 其中

超导磁铁装置还包括驱动机构, 由配置在真空容器中的非磁性绝缘装置制成, 用于响应由外部驱动电源施加的电压而相对于导线接触部分在装接/脱解方向上自动地来回移动装接/脱解部分。

2. 按照权利要求 1 所述的超导磁铁装置, 其中

第二电流导线的形状类似一根长轴, 由设置在真空容器外部端面上的驱动机构沿着装接/脱解方向可活动地予以支承, 并被保持部分地接触于配置在真空容器外部端面与驱动机构之间以覆盖通孔的可收缩的挠性构件。

3. 按照权利要求 2 所述的超导磁铁装置, 还包括具有管状的气密腔室, 该气密腔室的一端围绕所述通孔连续地制成并在真空容器内部向内延伸, 另一端在与超导线圈间隔开来的位置处可动地支承并固定第一电流导线; 一密封的空间经由通孔形成在气密腔室与挠性构件之间; 以及所述导线接触部分和装接/脱解部分容放在密封空间之内。

4. 按照权利要求 1 所述的超导磁铁装置, 其中所述驱动机构设置于真空容器的内部端面上, 以及

所述第二电流导线包括:

轴状终端部分, 固定住以穿入一刚性气密盖罩, 后者固定得覆盖真空容器的通孔并在露出到真空容器外部的一端连接于引线;

具有轴状的装接/脱解部分, 在真空容器内部沿着装接/脱解方向由驱动机构可滑动地支承; 以及

一挠性部分，由在真空容器内部连接轴状终端部分和可脱解部分的引线组成。

5. 按照权利要求 1-4 中任一项所述的超导磁铁装置，其中所述驱动机构包括：

设置在真空容器中的箱体；

纵向压电器件，作为非磁性绝缘装置，平行于第二电流导线的轴线延伸，压电器件的一个端部连接于箱体而另一端部直接或间接地连接于第二电流导线，其中

装接/脱解部分通过压电器件响应由外部驱动电源施加的电压的伸展/收缩而被来回移动。

6. 按照权利要求 1-4 中任一项所述的超导磁铁装置，其中所述驱动机构包括：

设置在真空容器之内的箱体；

超声马达，由固定于箱体的非磁性绝缘装置制成；以及

滑动机构，直接或间接地连接于第二电流导线并通过超声马达的转动平行于第二电流导线的轴线以滑动方式予以驱动，其中

驱动机构通过经由外部驱动电源来转动超声马达和以滑动方式驱动滑动机构而来回移动装接/脱解部分。

7. 按照权利要求 1-4 中任一项所述的超导磁铁装置，其中所述超导磁铁装置用在磁悬浮车辆之中。

8. 按照权利要求 5 所述的超导磁铁装置，其中所述超导磁铁装置用在磁悬浮车辆之中。

9. 按照权利要求 6 所述的超导磁铁装置，其中所述超导磁铁装置用在磁悬浮车辆之中。

超导磁铁装置

技术领域

本发明涉及一种超导磁铁装置，更为具体地涉及一种用于利用可脱解的电流导线使自身切换到持续电流模式之中的超导磁铁装置。

背景技术

随着在超导金属丝性能方面的改进和利用这种金属线的线圈制作技术方面的进展，以及在像绝热容器和制冷机这样的相关技术方面的技术进步，已经创制出多种类型的超导磁铁和采用各种磁铁的应用设备。其间一种是在持续电流模式中运作的。用于磁共振成像系统(MRI)和用于磁悬浮车辆(Maglev)的超导磁铁装置都是已经投入实际应用的这种类型的实例。这些超导磁铁装置从外部激励电源向冷却到极低温度的线圈供应电流。在生成必需的磁场的同时，线圈的起始和终了线绕部分借助于超导开关使之短路，而这样可使装置运行在持续电流模式之中，其中电流在无电源情况下继续流进线圈。在装置被切换到持续电流模式之中之后，来自外部激励电源的电力被切断而装置不依赖于电源而动作。超导磁铁装置在电流被供向此线圈时需要电流导线作为部件。电流导线是一种电流路径，它把连接于超导磁铁外面的外部激励电源终端联接于内部线圈。从热力的观点来看，电流导线也是从室温下的终端到极低温度下的线圈一条热泄漏路径，而尤其是在它不在导电时，导线只是一个热传导构件。重要的是尽量减少热量漏入超导磁铁以便降低线圈的冷冻成本。因此，一直考虑在运作在持续电流模式之中的超导磁铁装置中使用可脱解的电流导线，以致热泄漏量通过在电流导线不在导电时脱解电流导线来予以减少。

概略地说，有两类用于脱解可脱解电流导线的系统。一种系统是，其中电流导线的装接/脱解部分被拽离超导磁铁(比如见文件1和4)，而另一种系统是，在装接/脱解部分与固定部分(导线接触部分)之间的接触部位处形成一个间隙(比如见文件2)。图7A和7B分别表明拽离系统和间隙形成系统

的构成原则的实例。

在示于图 7A 之中的拽离系统中,第一电流导线 111 设置在真空容器 110 之中,而第二电流导线 112 设计得以致它可以从第一电流导线被脱解开来。第一电流导线 111 在一端上连接于真空容器 110 内部未画出的线圈,并在露出在真空容器 110 外面的另一端上具有导线接触部分 111a。第二电流导线 112 在一端上具有装接/脱解部分 112a,用于可脱解地使自身连接于导线接触部分 111a,并在另一端上具有电极终端 112b,用于连接引向外部激励电源的引线。

当外部激励电源向线圈供应电流时,第二电流导线 112 被插进第一电流导线 111 用于连接,而当电力供应完成时,第二电流导线 112 被拽离第一电流导线 111。

拽离系统简单,因而类似的构成一直用在用于 MRI 的超导磁铁装置之中。不过,采用拽离系统的装置需要操作和维护超导磁铁的专业技能,诸如在确保在激磁/脱磁磁铁时为每一装接/脱解线圈所需的接触部位处接触压力、去除冰霜、去除由于氧化和损伤造成的绝缘敷层,或者采取措施以防止以上现象等方面。符合拽离系统的超导磁铁装置是不易照管的。因此,这样一种系统可以应用的超导磁铁装置局限于诸如用于 MRI 的那些超导磁铁装置,其中激磁/脱磁大约一年只出现一次,而且此时电流导线的处理可以依靠为此目的而派送的一名专业人员。因此,在存在许多超导磁铁装置而其激磁/脱磁在需要时或每隔几天就予以进行的情况下,亦即,一如在用于 Maglev 的超导磁铁装置的情况下那样,如果激磁/脱磁在从每天到每两周的范围内加以重复而许多装设在一列火车中的超导磁铁一个接一个地被连续激磁/脱磁,则各可脱解的电流导线的手动操作会产生很大的工作量。其次,还存在安全风险。强大的磁力就像铁器一般作用在磁体上。在操作者经常工作在超导磁铁的强大磁场附近的情况下,会担心操作者由于偶然携带的磁体而可能被吸引。

另一方面,在示于图 2B 之中的间隙形成系统中,第一电流导线 121 设置在真空容器 120 内部,而第二电流导线 122 设计得可装接于第一电流导线 121 并与其脱解。第一电流导线 121 在一端上连接于真空容器 120 内部未画出的线圈,而在另一端上具有导线连接部分 121a。第二电流导线 122 在一端上具有装接/脱解部分 122a,可在真空容器 120 内部来回移动以可脱接地

使自身连接于导线接触部分 121a, 而在另一端上具有电极终端 122b 用于连接引向真空容器 120 外面外部激励电源的引线。真空容器 120 内部的气密性由设置得紧密接触装接/脱接部分 122a 的波纹管等构成的气密盖罩 125 予以保持以覆盖第二电流导线 122 所穿过的通孔 120。

在从外部激励电源向线圈供应电流时, 第二电流导线 122 的装接/脱解部分 122a 连接于第一电流导线 121 的导线接触部分 121a。在完成电流的供应之后, 第二电流导线 122 被推离第一电流导线 121, 在装接/脱解部分 122a 与导线接触部分 121a 之间形成间隙以造成无接触状态。

这种间隙形成系统通过在超导磁铁内部气密空间之中装接/脱解部分 122a 与导线接触部分 121a 之间提供接触部位而可以防止生成冰霜和绝缘敷层。因此, 超导磁铁的操作和维护变得容易了。在应用了脱解的电流导线于磁铁的激磁/脱磁比较频繁的超导磁铁的情况下, 采用这种间隙形成系统是不可或缺的。

在间隙形成系统中, 重要的是, 真空容器被穿入所在的那一部分处的气密性是高度可靠的。具体地说, 在用在经受振动的动力环境中超导磁铁的情况下, 必需一种用于确保气密盖罩高度振动阻抗的支承装置。通常, 只是已经实施了符合设计简单的拽离系统的可脱解电流导线。至于间隙形成系统, 已经提出了不予考虑这样一种振动环境的人力操作的可脱解电流导线(比如见文件 3)。

不过, 这样一种人力操作的导线具有与上面提及的符合拽离系统的导线同样的工作和安全风险。另外, 绝对需要施加所需的推压力量以便设定在接触部位处等于或低于设定值的接触电阻。不过, 如果操作者非常频繁地用手来处理许多可脱解的电流导线, 则可能由于人为失误而造成推压力量的短缺。

因此, 当可脱解电流导线用在超导磁铁装置的超导磁铁之中时, 不仅采用在装接/脱解部分与导线接触部分之间的接触部位处形成间隙的系统, 而且还需要操作者操作的自动化。此前, 一直存在由电气马达生成用于自动化的驱动力量。另外, 作为只有单一的可脱解电流导线部分的样本, 具有采用气压驱动系统以便实现自动化的披露文章(比如见文件 5)。

文件 1

未经审定的日本专利出版物第 61-222209 号

文件 2

未经审定的日本专利出版物第 60-32374 号

文件 3

未经审定的日本专利出版物第 3-232205 号

文件 4

Shunji YAMAMOTO 等人, “可脱解电力导线可靠性的改进”, 1989 年秋季深冷工程与超导性 42 届会议上的报告提要, C1-4, P44(1989 年 11 月) (“Improvement in reliability of a detachable power lead”, Lecture briefs at the 42nd meeting on cryogenic engineering and superconductivity for 1989 Autumn, C1-4, P44(November, 1989))。

文件 5

Tsukasa WADA, Akio SATO, “低热泄漏的可脱解电力导线”, 深冷工程会议简介, B3-7, P136(1987 年 5 月) (“Low heat-leaking detachable power lead”, Resumes for the meeting on cryogenic engineering B3-7, P138(May, 1987))。

不过, 如果在真空容器中设置一部驱动装置, 诸如上述的电气马达, 直接通过电流与磁场之间的相互作用生成驱动力量, 则由于由超导磁铁生成的强大磁场而会造成失去控制或降低驱动力量。在此情况下, 通过设置磁屏蔽, 原则上是可能生成驱动力量的。不过, 这样一种对抗强大磁场的磁屏蔽可能增大装置的重量并需要很大的空间。取决于设计, 此驱动装置还可能设置在真空之中。此时, 空气不能予以冷却, 而且为了限制热量生成, 电流不能供应充分的数量。因而, 驱动力量变小而不能向装接/脱解部分施加充分大小的接触压力。换句话说, 一般用途的电气马达, 流过很大电流用于动力生成, 会放出大量的热, 从而导致温度升高问题。

在以上气压驱动系统中, 必需与各管线和各阀门连接一部压缩和真空(解压)泵机、一缓冲罐、一用于驱动的伸展/收缩部分(波纹管), 等等, 以便装接/脱解部分往复运动。所需的众多部件使得装置的设计复杂了并且也会增大尺寸和数量。此外, 如果气压驱动系统用在用于 Maglev 的超声磁铁装置之中, 在各管线等等中会出现气体泄漏, 这些管线等易受振动影响, 因为在车辆行进时会有行车振动。

发明内容

本发明一项目的，鉴于以上各种问题而制定，是提供一种超导磁铁装置，使得超导磁铁电流导线的有效、精确和牢靠的连接成为可能。

为了达到以上目的，权利要求 1 中所述的一种超导磁铁装置包括超导线圈，在真空容器内被冷却；第一电流导线，固定在真空容器之内，第一电流导线的一端连接于超导线圈而另一端具有导线接触部分；以及第二电流导线，以气密方式穿过设置于真空容器上的通孔，第二电流导线的一端连接于引向外部激励电源的引线而其另一端具有以可脱解方式配置在导线接触部分上的装接/脱解部分。此超导磁铁装置在以上可脱解部分接触于导线接触部分的情况下由从外部激励电源供给的电流使之切换到持续电流模式之中。然后，装接/脱解部分从导线接触部分分离开来，并保持持续状态。

换句话说，以上构成对应于前述的“间隙形成系统”。当电流被供向超导线圈时，第二电流导线的装接/脱解部分开始接触于第一电流导线的导线接触部分以使来自外部激励电源的电流通过。在装置被切换到持续电流模式之中以后，来自外部激励电源的电流供应被终止而电源被切断。装接/脱解部分从引线接触部分分离开来以在其间形成间隙，而装置自我运行。第二电流导线以气密方式穿入真空容器。因此，可以防止真空容器外面的空气漏入其内部。

具体地说，超导磁铁装置包括驱动机构，设置在以上真空容器之内。此驱动机构由非磁性绝缘装置制成，用于回应于由外部驱动电源施加的电压而相对于导线接触部分在装接/脱解方向上自动地来回移动装接/脱解部分。

在如上的“间隙形成系统”中，装接/脱解部分不是手动而是自动地被来回驱动到预定位置。因此，不需要操作和维护的专业技能，而且易于照管。这样也消除了对于操作者的通常的安全风险。其次，即使必须一个接一个地激励/脱磁许多超导磁铁，也不需要人力并因而有效操作是可能的。此外，为在导线接触部分与装接/脱解部分之间的接触部位处设定接触电阻的所需接触压力—为每次装接/脱解所必需、等于或低于某一设定值，可以精确地获得而无人为差误。

另外，由非磁性绝缘装置制成的驱动机构可以防止或限制驱动机构的运作不会受到超导磁铁强大磁力的影响。因此，精确控制装接/脱解部分的来回移动是可能的。

具体地说，一如权利要求 2 之中所述，以上第二电流导线可以类似一根长轴，由沿着装接/脱解方向设置在真空容器外部端面上的驱动机构可移动地予以支承，并部分地保持接触于可收缩的挠性构件，后者配备起来以覆盖真空容器外部端面与驱动机构之间的以上通孔。

在这样一种构成中，第二电流导线和挠性构件(诸如波纹管)总是部分地彼此接触。因此，即使移动第二电流导线，也可以确保真空容器内部的气密性。

在这方面，尤其担心真空容器内部的气体漏向外面，一如在超导磁铁装置设置在振动环境之中的情况下那样，则最好是，在真空容器中设置气密腔室，用于构成双重泄漏防止装置，一如权利要求 3 之中所述。

这一气密腔室由管状装置构成，其一端围绕以上通孔连续地制成并伸进真空容器，而其另一端在与超导线圈间隔开来的位置处可移动地支承并固定第一电流导线。经由管状装置与挠性构件之间的通孔形成密封空间，而导线接触部分和装接/脱解部分都容放在密封空间内部。

按照以上构成，通过设置在真空容器内部的气密腔室的外壁和挠性构件，至少双重地防止了气体向真空容器内部的泄漏，因此，可以保持超导磁铁装置的性能。

或者，驱动机构可以设置在真空容器内部，而不是一如上述设置在外面。

具体地说，一如权利要求 4 中所述，第二电流导线可以包括轴状终端部分，配装得穿入刚性的气密盖罩，后者配装得盖住真空容器的以上通孔并在露出在真空容器外面的一端上连接于以上引线；轴状可脱解部分，由真空容器内部的驱动机构沿着装接/脱解方向可滑动地予以支承；以及挠性部分，由引线构成，后者连接轴状终端部分和真空容器内部的可脱解部分。

采用这样一种构成时，由于第二电流导线在轴状终端部分处固定于刚性的气密盖罩，即使超导磁铁装置设置在振动环境中，气密盖罩的变形也得以防止或限制。因而，可以提高装置的振动阻抗。因此，轴状终端部分与气密盖罩之间的气密性变高了，而这就有效地防止了空气的泄漏。第二电流导线的装接/脱解部分可以通过在真空容器内部的滑动装置而装接于导线接触部分和从中脱解。由于第二电流导线和轴状终端部分经由挠性部分而处在导电状态之中，所以第二电流导线可以适合地起到第二电流导线

的作用。

一如权利要求 5 中所述, 以上驱动机构的一项实例具体地包括箱体, 设置在真空容器之中; 以及纵向压电器件, 作为以上非磁性绝缘装置, 平行于第二电流导线的轴线而伸展。压电器件的一个端部连接于箱体, 其另一端部直接或间接地连接于以上第二电流导线。压电器件回应于由外部驱动电源施加的电压而伸展/收缩, 而装接/脱解部分按照这种伸展/收缩而来回移动。

在以上构成中, 压电器件经由中间装置直接或间接地连接于第二电流导线。压电器件按照施加的电压平行于第二电流导线(可脱解部分)而伸展/收缩。这种压电器件不受磁场影响。因此, 它可以使装接/脱解部分来回移动到恰当位置, 而热负荷很小。其次, 驱动机构只需要基本上确保一个用于压电器件的空间, 因而可以获得简单而又轻便的构成。

或者, 一如权利要求 6 中所述, 驱动机构可以包括箱体, 设置在真空容器之内; 超声马达, 由固定在箱体上的以上非磁性绝缘装置制成; 以及滑动机构, 直接或间接地连接于第二电流导线并通过超声马达的转动平行于第二电流导线的轴线以滑动方式予以驱动。装接/脱解部分通过经由外部驱动电源转动超声马达和以滑动方式驱动滑动机构而被来回移动。

这样一种构成可以采用滚转丝杠作为滑动机构而予以实现, 流转丝杠将在比如稍后的实施例中予以说明。同样在此情况下, 由于超声马达不受磁场影响, 装接/脱解部分可以来回移动到恰当位置, 而热负荷很小。其次, 与利用前述压电器件的伸展/收缩相比, 在装接/脱解部分的移动距离方面存在很大的灵活性。由于移动距离可以作得长一些, 所以可能比如加长第一电流导线与第二电流导线之间的接触部位以减少连接电阻。

前述超导磁铁装置可以用于多种目的, 诸如用于 MRI 和用于 Maglev 的超声磁铁装置。尤其是, 这种超导磁铁装置在用于 Maglev 列车时可以显示出显著的效果, 一如权利要求 7 之中所示。Maglev 列车配有許多超导磁铁装置, 其激磁/脱磁可以随需要或每隔几天予以进行。因此, 在运作中, 提高前述自动化的效率、维持精度和操作者安全, 等等, 是极其重要的。

附图说明

图 1 是解说图, 表明符合本发明第一实施例的超导磁铁装置的概要构

成;

图 2 是解说图, 表明组成第一实施例超导磁铁装置的驱动机构的概要构成;

图 3 是解说图, 表明第一实施例驱动机构中支承结构的改型;

图 4 是解说图, 表明组成第二实施例超导磁铁装置的驱动机构的概要构成;

图 5 是解说图, 表明符合本发明第三实施例的超导磁铁装置的概要构成;

图 6 是解说图, 表明符合本发明第四实施例的超导磁铁装置的概要构成;

图 7A 和 7B 是解说图, 分别表明通常的超导磁铁装置的概要构成。

具体实施方式

本发明的各项优先实施例现在将参照附图为本发明的进一步明晰而予以说明。

第一实施例

本实施例说明按照本发明用于 Maglev 的超导磁铁装置。图 1 是解说图(局部剖视图), 表明超导磁铁装置的概要构成。图 2 是解说图, 表明在图 1 一部分 A(点划线)之内指出的驱动机构的具体构成。

一如图 1 之中所示, 本发明的超导磁铁装置包括真空容器 10、在真空容器 10 中被冷却的超导线圈(未画出)、可脱解的电流导线 20—用于从外部激励电源 51 向超导线圈供给电流, 以及驱动机构 30—用于可脱解的电流导线 20 的装接/脱解。在真空容器 10 内部, 具有一内罐, 容放液氦和液氮, 用于在极低温度下冷却超导线圈; 一辐射屏蔽, 作为覆盖内罐的绝缘层, 等等。不过, 略去了这些部件的说明和图示, 由于本实施例的超导磁铁装置的特色在于可脱解电流导线 20 的装接/脱解机构。

可脱解的电流导线 20 包括第一电流导线 21, 设置在真空容器 20 内部, 以及第二电流导线 22, 可脱解地连接于第一电流导线 21。

第一电流导线 21 具有细长形状。第一电流导线 21 在其一端上连接于超导线圈(图中下方)和在另一端上具有凹下的导线接触部分 21a。第一电流导线 21 固定在绝热支承件 11 上并由它支承, 支承件 11 在与超导线圈间隔

开来的位置处设置在真空容器 10 内部。

第二电流导线 22 的形状类似一根长轴。第二电流导线 22 在其一端上具有装接/脱解部分 22a, 后者穿过设置在真空容器上的通孔 10a 并可脱解地连接于导线接触部分 21a; 以及在另一端上具有终端连接部分 22b, 露出在真空容器 10 的外部以连接于引向外部激磁电源 51 的引线。第二电流导线 22 由沿着相对于第一电流导线 21 的装接/脱解方向设置在真空容器 10 外部端面上的驱动机构 30 可活动地予以支承。第二电流导线 22 与设置在真空容器 10 外部端面与驱动机构 30 之间以覆盖以上通孔 10a 的各可缩进的波纹管 12(挠性构件)部分地保持紧密接触。

驱动机构 30 通过从外部驱动电源 52 施加预定电压而使容放在箱体 31 内部的压电器件(稍后予以说明)伸长/缩短。驱动机构 30 自动地在装接/脱解方向上来回移动装接/脱解部分 22a。

换句话说, 一如图 2 之中所示 - 此图是不带箱体 31 的驱动机构 30 的概要构成, 第二电流导线 22 由设置在箱体 31 内部的支承机构 40 予以支承, 以致它可以在轴向被来回移动。支承机构 40 包括一对上和下支承件 41、41, 从箱体 31 的内壁伸向第二电流导线 22。每一支承件 41 包括轴状部分 42, 从箱体 31 内壁伸出, 以及正方形环状支承部分 43, 由轴状部分 42 的端头连续地制成并围绕第二电流导线 22。支承部分 43 的每一边配有滚轮件 45, 可以在这一边上转动。滚轮件 45 支承着第二电流导线 22, 以致第二电流导线可以以无磨蚀的方式来来回移动。

向外伸出的电力传输件 22c 设置在第二电流导线 22 的轴向中部上。另外, 纵向压电陶瓷 50(压电器件)的一端连接于并支承在以突出方式设置在箱体 31 内壁上的支承件 32 上, 而其另一端连接于电力传输体 22c 的端头部分。压电陶瓷 50 的配置方式是, 它可以平行地伸向第二电流导线 21 的轴向。因此, 它通过施加预定电压而伸长/缩短并在移向上(装接/脱解方向)移动第二电流导线。此时施加的电压, 考虑到压电陶瓷 50 伸长多少, 是事先确定的, 以致可以使装接/脱解部分 22a 以必需的接触压力接触于导线接触部分 21a。

一当把本实施例的超导磁铁装置切换到持续电流模态, 首先, 从外部驱动电源 52 向驱动机构 30 施加电压, 而压电陶瓷 50 由于所施加的电压而伸长。作为响应, 第二电流导线 22 朝向第一电流导线 21 移动而装接/脱解部分 22a 开始接触导线接触部分 21a。接着, 电流经由第二电流导线 22 和第

一电流导线 21 从外部激励电源 51 被供向超导线圈。

在完成切换到持续电流模态之后,则停止从外部激磁电源 51 供应电流,然后停止来自外部驱动电源 52 的电压供给。由于以上原因,压电陶瓷 50 收缩而使装接/脱解部分 22a 与导线接触部分 21a 分离并在第一电流导线 21 与第二电流导线 22 之间形成间隙。来自以上外部激磁电源 51 和外部驱动电源 52 的电力供应大小和定时之间由一未画出的供应电力控制装置予以控制。

一如以上所说明的那样,在符合“间隙生成系统”的本实施例的超导磁铁装置之中,组成可脱解电流导线 20 的第一电流导线 22 不是依靠手动而是自动地被来回驱动到预定位置以形成与第一电流导线 21 的接触。因此,不需要专业技能用于操作和维护而容易照管装置。还可能消除对于操作者的通常的安全隐患。其次,即使一个接着一个地激磁/消磁许多超导磁铁,也不需要人力而能实现装置的有效操作。此外,接触压力,为在导线接触部分 21a 与装接/脱解部分 22a 之间的接触部位处把每次装接/脱解必需的接触电阻设定为等于或低于设定值,可以精确地获得而不带人为差误。

另外,由于驱动机构由非磁性绝缘物体的压电陶瓷 50 构成,所以可能防止驱动机构 30 的操作受到超导磁铁强烈磁力的影响。还有,装接/脱解部分 22a 的往复和装接/脱解动作可以得以精确控制。此外,由于采用纵向的压电陶瓷 50,不仅驱动机构 30,而且超导磁铁装置,都可以做得简单而又轻便。

改型

以上实施例表明以一对上和下支承件 41、41 支承着第二电流导线 22 的支承机构 40,一如图 2 之中所示。不过,支承机构的其他一些模式也是可能的。

比方,一如表明符合一种改型的驱动机构 30'的图 3 之中所示,也可能采用一种支承结构,包括伸出部分 61,从盒体的内壁伸出,以及一支承部分 62,为在第二电流导线 22 轴向上具有预定长度的管状以使第二电流导线插入其中,而且从伸出部分 61 的端头连续制成。或者,相反,支承机构可以设计得以致第二电流导线 22 由至少三个支承件沿着轴向予以支承,以及/或者许多支承件可以分别以不同方式予以设计。

第二实施例

在以上第一实施例中，压电陶瓷本身被用作驱动机构。本实施例表明一种超导磁铁装置，作为驱动机构，采取包括使用压电陶瓷的超声马达在内的滑动机构。图4是相关部分的示意图，对应于第一实施例中的图2。本超导磁铁装置的基本构成、供应电力的方式，等等，原则上都基本上等同于第一实施例之中者。因此，等同的各部件可以编号相同而不再重复说明。

一如图4之中所示，第二电流导线22由设置在驱动机构L30盒体内部的滑动机构240予以支承，并在轴向上被来回驱动。

这一滑动机构240包括板状件241，沿着轴向粘合于第二电流导线22；超声马达242，设置在装在盒体内壁上的底座件232上；滚转丝杠243，连接于超声马达242的转动轴线并在轴向伸展；以及导引件244，用于平行于第二电流导线导引板状件241。

板状件241配有导引孔眼241a和丝杠孔眼241b。导引孔眼241a和丝杠孔眼241b都是通孔，配置得平行于第二电流导线22的轴向。导引孔眼241a基本上具有等同于导引件244的截面。啮合滚转丝杠243螺纹的螺母制成在丝杠孔眼241b之中。导引件244穿过导引孔眼241a并在其两端上固定于底座件232或固定于盒体(导引件244的固定状态为方便起见在图上未作表示)。滚转丝杠243拧进丝杠孔眼241b并因而以可滑动的方式支承板状件241。

在把本实施例的超导磁铁装置切换到持续电流模态时，首先从外部驱动电源52向驱动机构230供给电压而驱动超声马达242以转动滚转丝杠243。结果，板状件241受导引件244的导引而滑动，并因此，第二电流导线22移向第一电流导线21而装接/脱解部分22a开始接触于导线接触部分21a，停止从外部驱动电源52供给电压并停止第二电流导线22的移动。接着，电流从外部激励电源51经由第二电流导线22和第一电流导线21被供向超导线圈。

在完成切换到持续电流模态之后，则停止从外部激励电源51供应电流，而后，与以上相反，来自外部驱动电源52的电压供给再次开始以驱动超声马达242。由于这一原因，滚转丝杠被转动到相反于以上的方向。这样使装接/脱解部分22a与导线接触部分21a分离并在第一电流导线21与第二电流导线22之间形成间隙。来自以上外部激励电源51和外部驱动电源52的电力供应大小和定时时间、电力供应方向，等等，都由一未画出的供应电力控制装置予以控制。

一如上述，在符合“间隙生成系统”的本发明的超导磁铁装置之中也是，装接/脱解部分 22a 不依靠手动而是自动地被来回驱动到预定位置。因此，可以获得与上述第一实施例中基本上同样的效果。其次，采用了利用超声马达 242 的滑动机构 240，与以上第一实施例中利用压电陶瓷的伸长/缩短的情况相比，在装接/脱离部分的移动距离方面具有很大的灵活性。由于移动距离可以做得长一些而使得第一电流导线 21 与第二电流导线 22 之间的接触部位较长，会使得可能减小接触电阻。

第三实施例

本实施例具有的构成基本上等同于以上第一实施例或第二实施例的构成，并且进而表现出防止空气漏入真空容器的优良性能。图 5 是符合本发明的一种超导磁铁构成的示意图(局部剖面视图)。由于在以上第一实施例或第二实施例中采用了驱动机构，所以就不再重复说明驱动机构了。类似地，本超导磁铁装置的基本构成、供应电力的方式，等等，原则上都基本上等同于第一实施例中的那些。因此，各等同的部件可以编号相同而其说明不予重复。

一如图 5 之中所示，本实施例的超导磁铁装置气密腔室 310，由设置得从通孔 10a 周边向内伸进(图中下方)真空容器 10 的管状装置 312 构成并具有插入其中的第一电流导线 21。

管状装置 312 包括管件 313，具有在真空容器 10 内端面上围绕通孔 10a 连续制成的自由端并沿着真空容器 10 内部第一电流导线 21 轴向伸展，以及盖头 314，设置在管件 313 的另一端上。管状装置 312 固定于在管件 313 另一端部处真空容器 10 内部的绝热支承装置 311 并由其支承。通孔 314a 设置在盖头 314 的中央，而第一电流导线 21 以气密方式穿过通孔 314a。管状装置 312 和波纹管 12 构成气密腔室 310，后者经由通孔 10a 形成密封空间。导线接触部分 21a 和装接/脱解部分 22a 容放在气密腔室 310 内部。

一如上述，本实施例的超导磁铁装置，除了第一实施例或第二实施例的构成之外，还在真空容器 10 中配有气密腔室 310 并包括双重逸漏防止装置。因此，不仅可以获得与第一实施例或第二实施例之中同样的效果，而且还可以通过设置在真空容器 10 和波纹管 12 内部的管状装置的外壁来达到双重防止空气逸漏。结果，可以避免特别是设置在振动环境中用于 Maglev 的超导磁铁装置内部由于空气逸漏造成的温度升高，等等，以及可以维持

超导磁铁装置的功能。

在本实施例中，设置一个气密腔室 310 以形成双重逸漏防止结构。不过，可以设置多于一个的气密腔室以形成三重或更多重的逸漏防止结构。

第四实施例

本实施例包括等同于以上第一实施例或第二实施例的驱动机构，但此驱动机构不是设置在真空容器 10 的外部而是内部。图 6 是本实施例驱动机构的示意图(局部剖视图)。于是，驱动机构的详细说明不予重复。本超导磁铁装置的基本构成、供应电力的方式，等等，都原则上基本上等同于第一实施例的。因此，等同的各部件可以编号相同而其说明不予重复。

一如图 6 之中所示，本实施例的超导磁铁装置在真空容器 10 内部具有类似于前述第一实施例或第二实施例之中的驱动机构 430。经由连接于驱动机构 430 的引线从外部驱动电源 52 供给电压，此引线穿过在驱动机构 430 设置所在处真空容器 10 上的一部分处钻出的微小孔眼(未画出)。

第二电流导线 420 包括轴状终端部分 421，以气密方式固定和穿入刚性的气密盖罩 412，后者则固定得盖住真空容器 10 外部端面上的通孔 10a；轴状可脱解部分 422，朝向第一电流导线 21 沿着装接/脱解方向以可滑动方式由驱动机构 430 予以支承；以及挠性部分 423，由电气连接于轴状终端部分 421 和装接/脱解部分 422 的引线制成。

第二电流导线 420 的装接/脱解部分 422 和轴状终端部分 421 经由挠性部分 423 而处在导电状态。装接/脱解部分 422 由驱动机构 430 可动地予以支承并来回予以驱动，以致它可以在真空容器 10 内部移动并装接于导线接触部分 21a 和从此部分脱解。

这样一种结构使第二电流导线 420 在轴状终端部分 421 处固定于刚性的气密盖罩 412。因此，即使超导磁铁装置本身设置在振动环境之中，气密盖罩 412 的变形也可得到防止或抑制，而振动阻抗可以提高。换句话说，基本上难以控制挠性气密盖罩的自然频率，而如果自然频率包含在振动环境之中，挠性气密盖罩就会共振而具有很大变形。不过，刚性气密盖罩 412 的自然频率可以由于材料的刚性而设定得基本上高于在用于 Maglev 的超导磁铁装置的操作时期中所接受的频率。因此，易于避免共振和使变形最小。如果由于振动造成的变形小，则盖罩的扭曲也变小，而作为空气泄漏原因的疲劳破坏也可得到防止和抑制。于是，轴状终端部分 421 与气密盖罩 412 之

间的高度气密得以实现，而空气泄漏可以有效地予以防止。因此，可以获得超导磁铁装置的高度可靠性，并可以有效地减少由于故障和维修损失所造成的磁悬浮车辆(Maglev)的撤消。

本发明的各实施例上面已经作了说明。不过，本发明的各实施例不应局限于以上各实施例，而可能具有其他一些改型而不偏离本发明的技术范畴。

在以上各实施例中，比方，压电陶瓷用作压电器件。不过，与压电器件以外，可以采用压电单晶和压电有机物质。

本发明使得超导磁铁电流导线的有效、准确和牢靠的连接成为可能。它可以用于多种用途的超导磁铁装置，诸如用于MRI和用于Maglev的超导磁铁装置。具体地说，如果采用在Maglev火车之中，本发明能够显著地通过自动化而提高效率、保持精确性和改进操作安全性，等等。

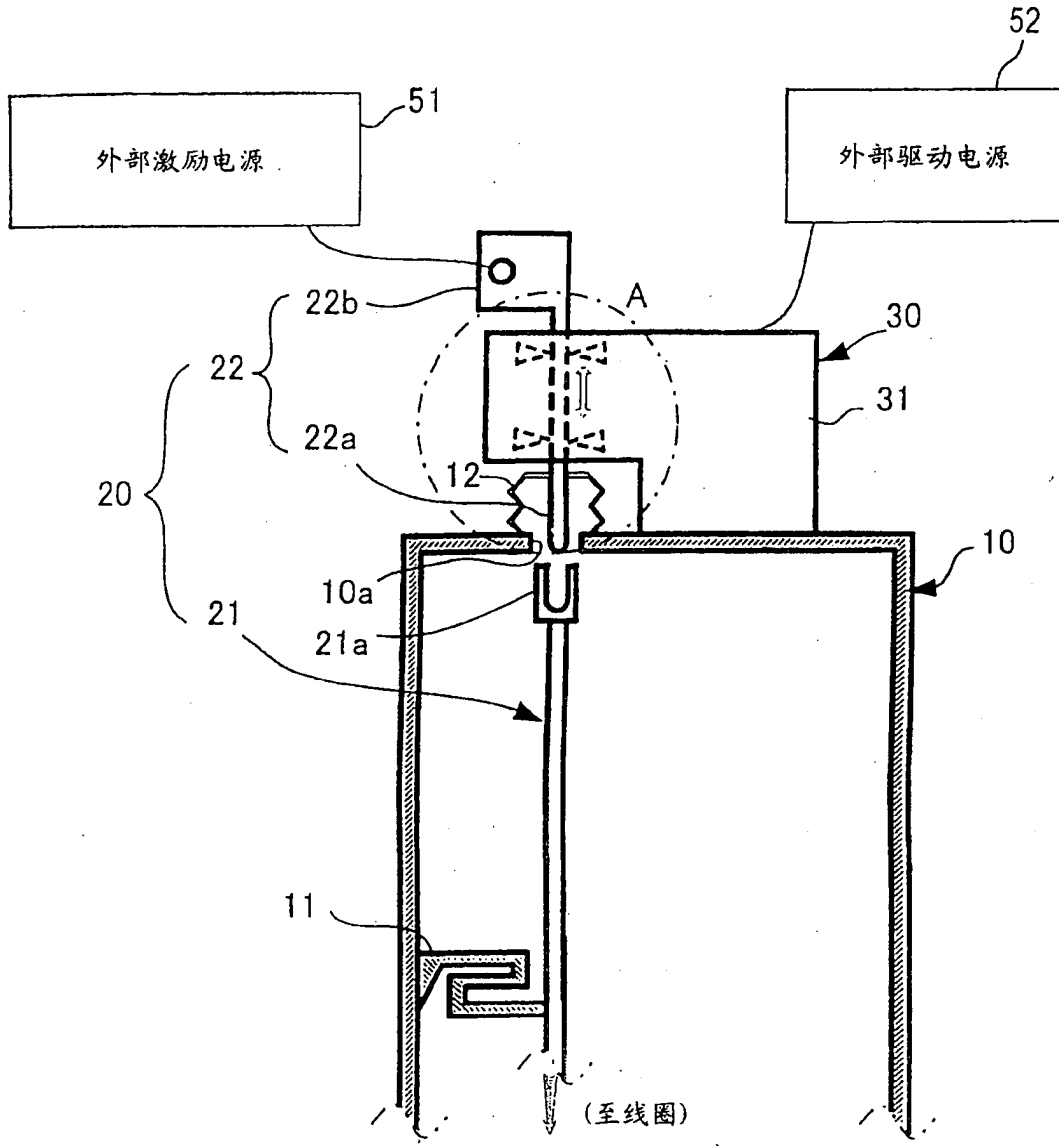


图 1

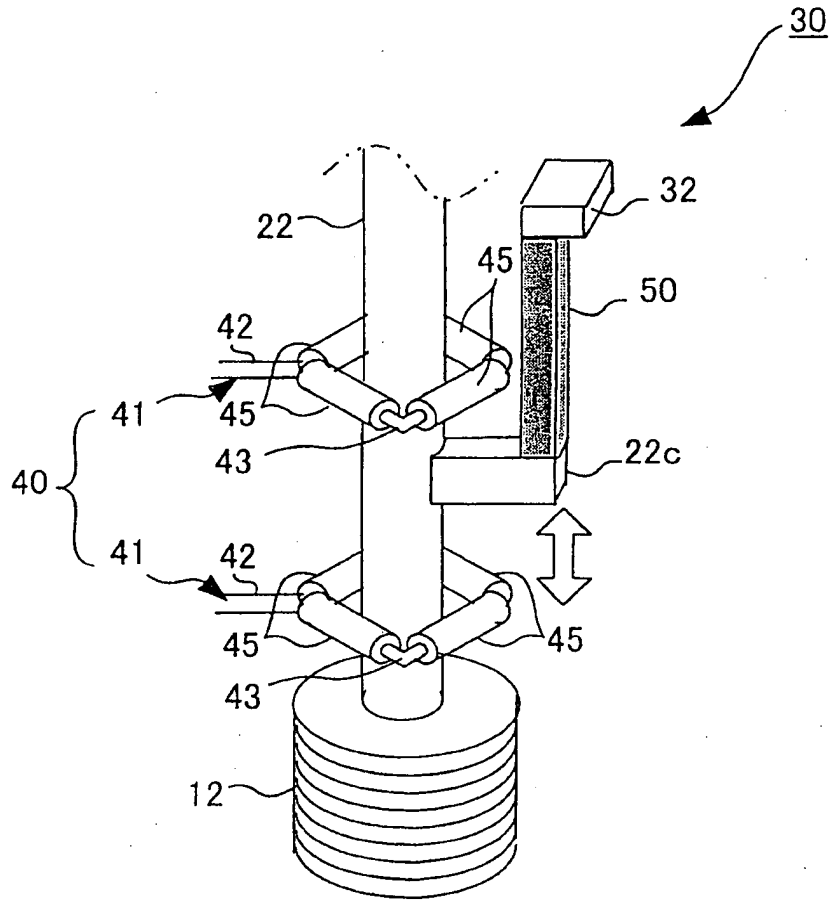


图 2

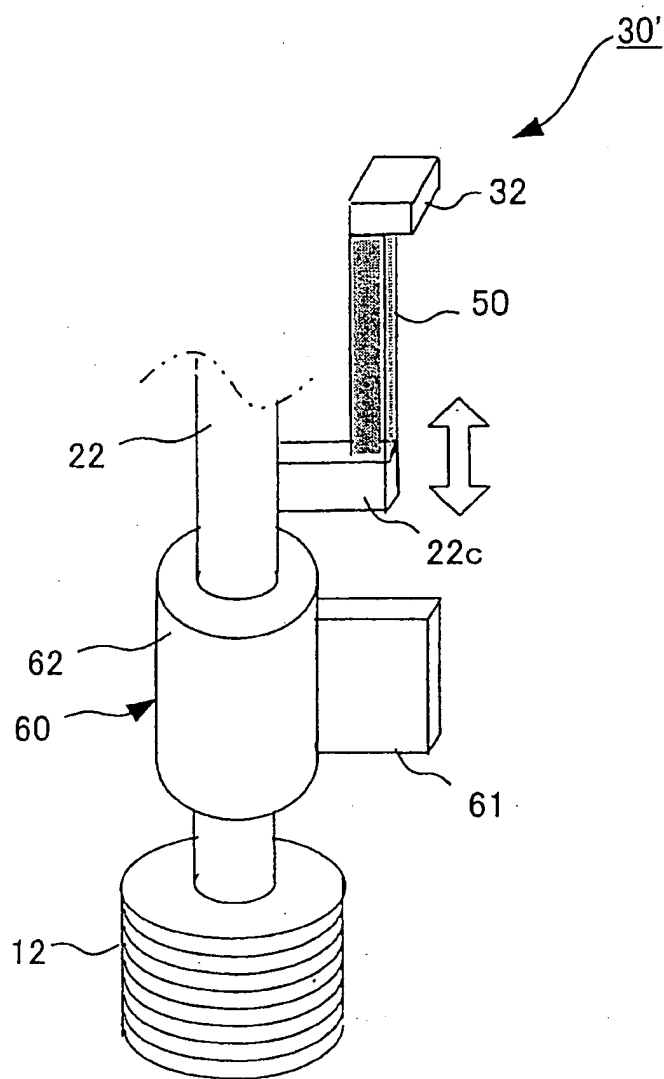


图 3

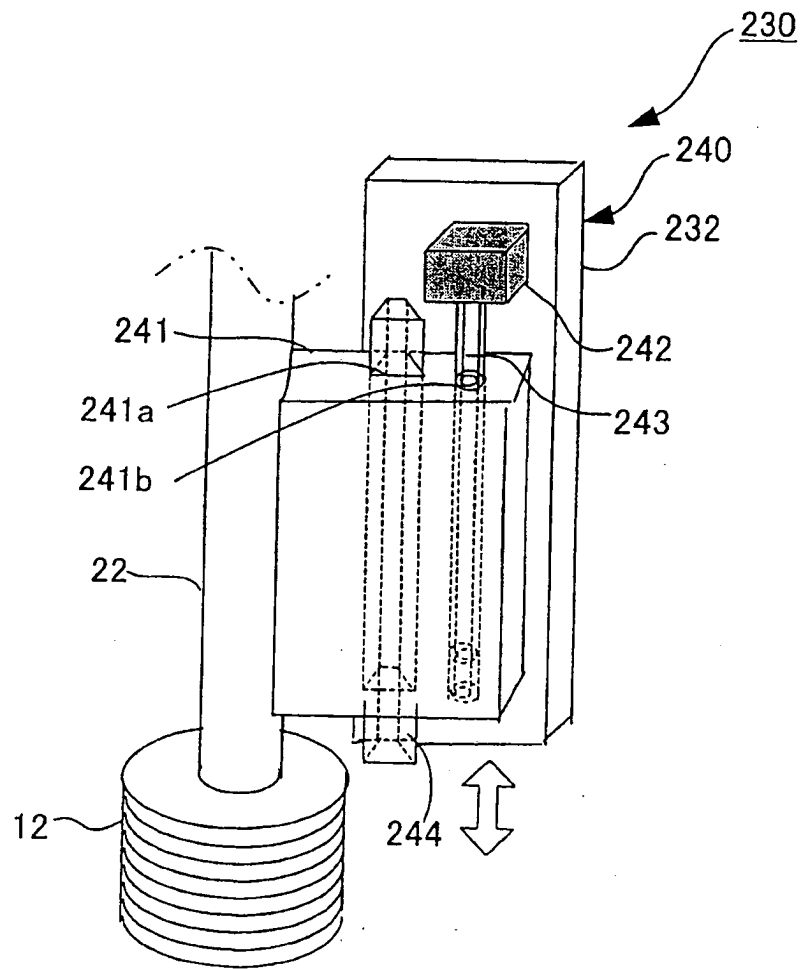


图 4

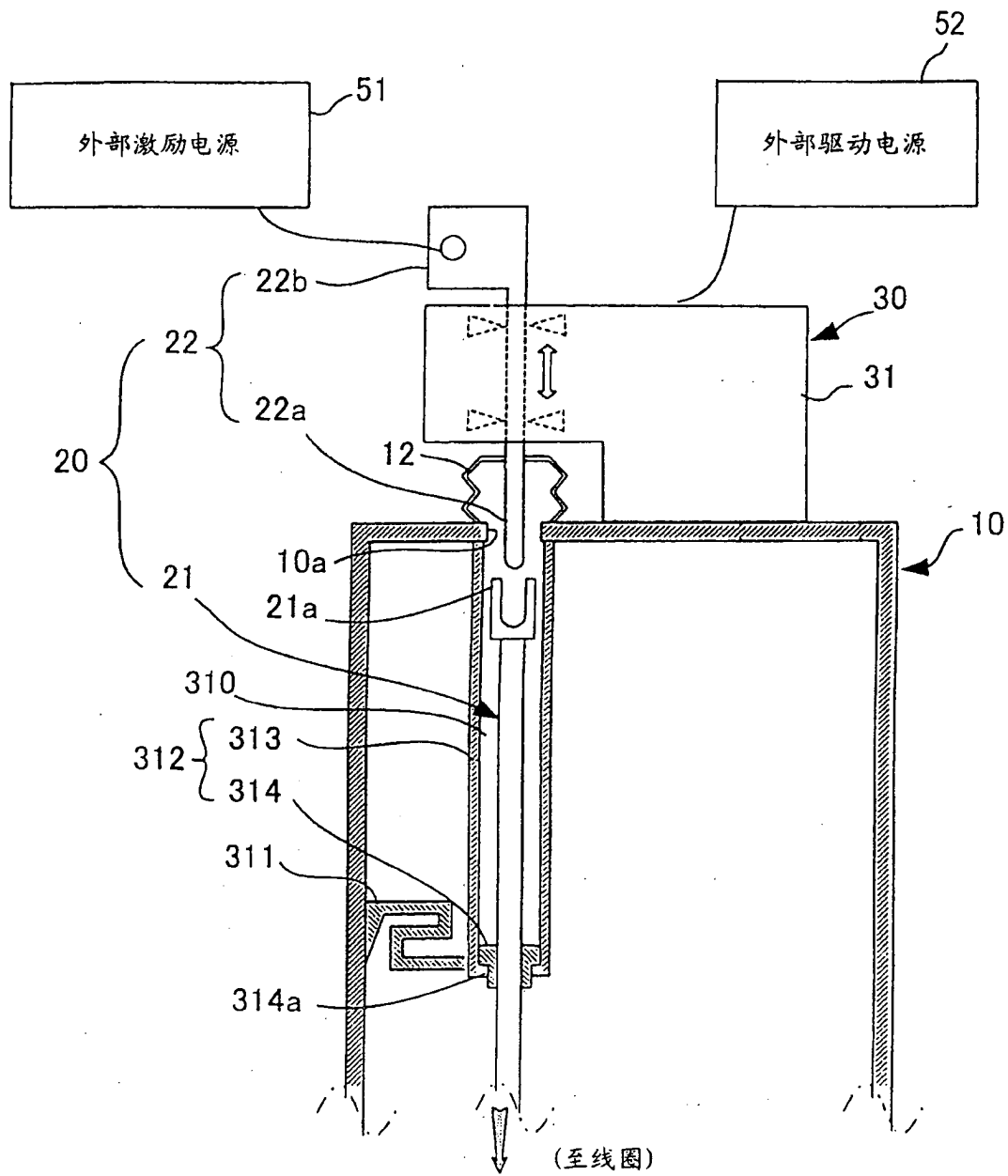


图 5

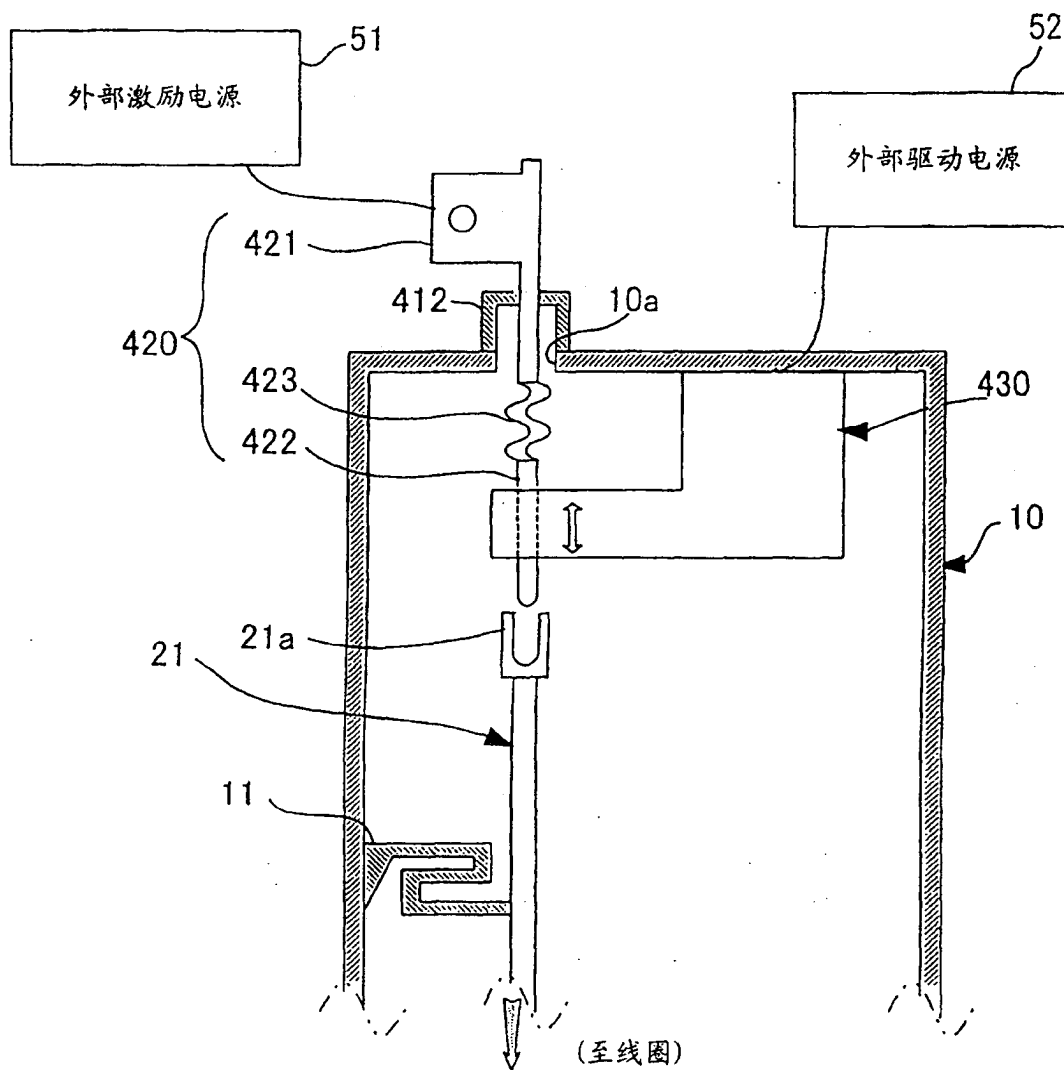


图 6

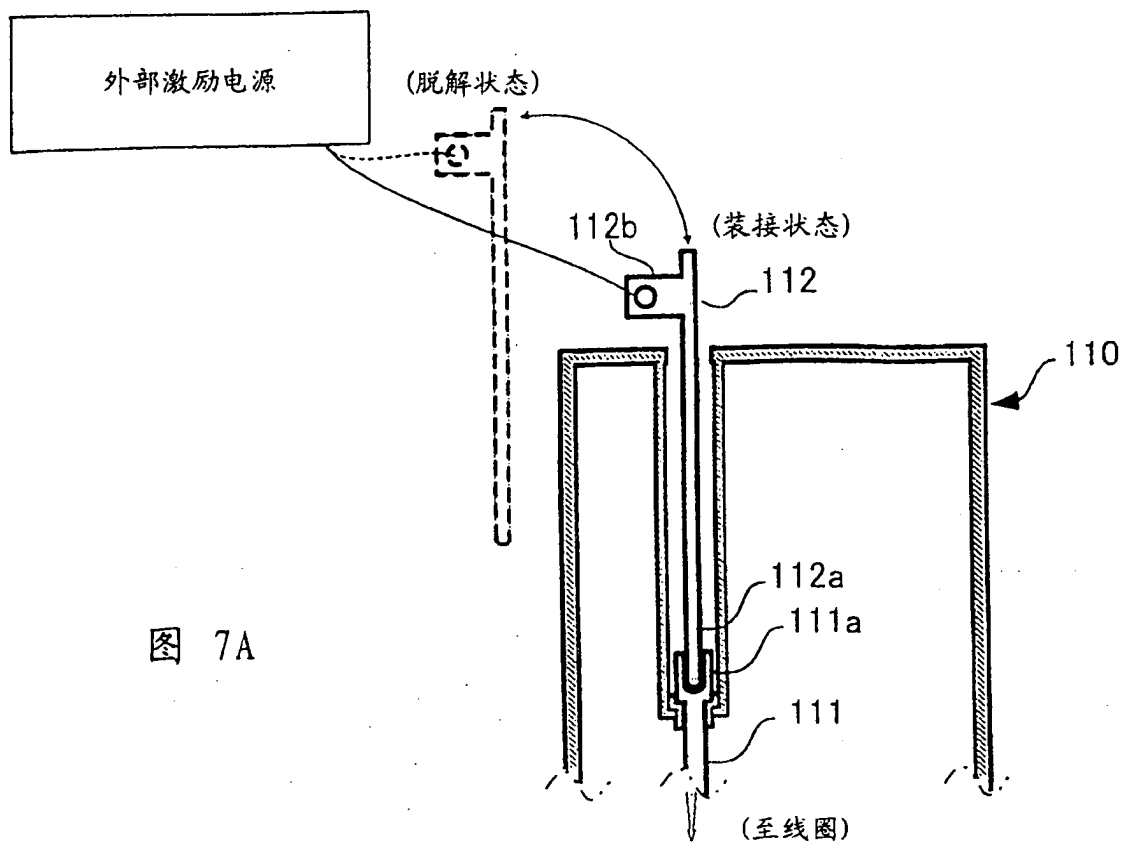


图 7A

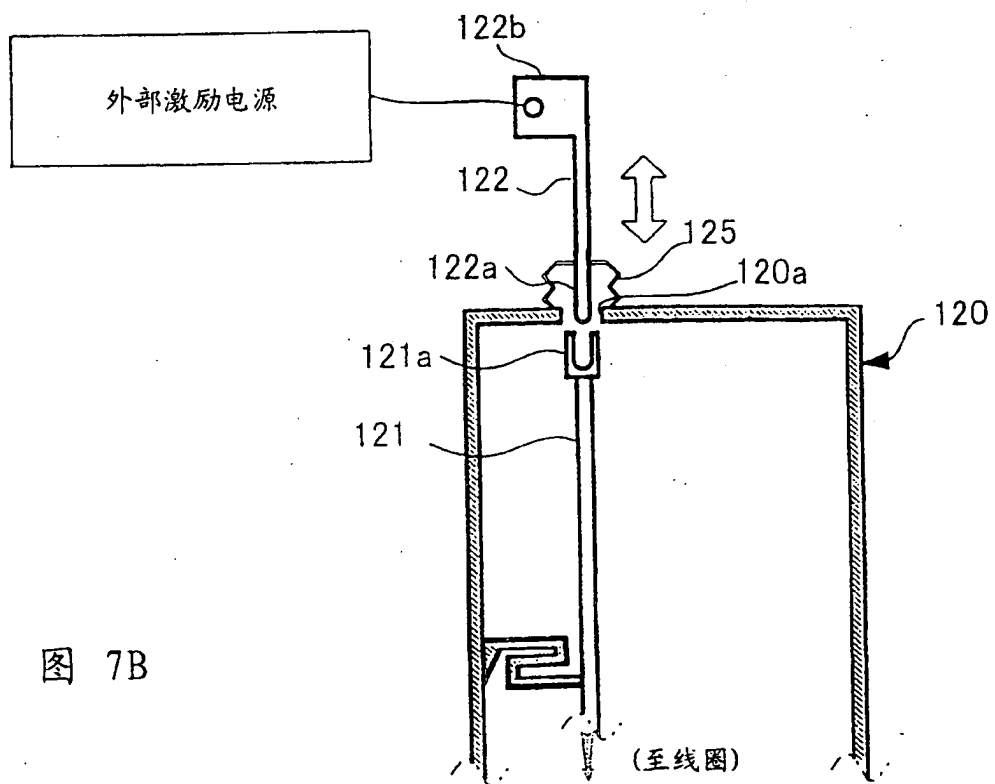


图 7B