



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101796383 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 20

(21) 申请号 200880106110. 9

(22) 申请日 2008. 11. 28

(30) 优先权数据

2008-127261 2008. 05. 14 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 03. 08

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/071735 2008. 11. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02009/139089 JA 2009. 11. 19

(73) 专利权人 国际计测器株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 松本繁 宫下博至 村内一宏

长谷川正伸

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

代理人 龙淳

(51) Int. Cl.

G01M 7/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1910702 A, 2007. 02. 07,

JP 特开 2001-141599 A, 2001. 05. 25,

JP 特开平 11-153205 A, 1999. 06. 08,

CN 1280048 A, 2001. 01. 17,

审查员 杨延春

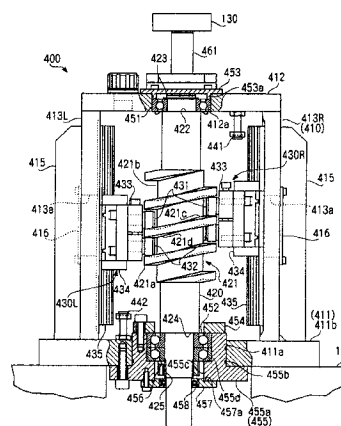
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 7 页

(54) 发明名称

振动试验装置

(57) 摘要

本发明提供可进行以长轴期且大加速度振幅使工件振动的振动试验的振动试验装置。在本发明的振动试验装置中, 直动变换器包括: 直动变换器框架, 其固定在振动试验装置框架上; 输入轴, 其相对于直动变换器框架被旋转自如地轴支承, 并与伺服电动机的旋转轴连结; 方螺纹, 其形成于输入轴的外周面的至少一部分; 滚筒, 其具有与方螺纹的螺纹侧面抵接的圆筒面; 滚简单元, 其植设有旋转轴, 旋转轴通过大致整体被收纳在方螺纹的螺纹槽之间的圆筒滚子轴承, 旋转自如地轴支承滚筒; 轨道, 其固定在直动变换器框架上, 使滚简单元沿着方螺纹的轴方向滑动自如地直进滑动; 和输出轴, 其与滚简单元直接或间接地连结, 以其上端支承可动工作台, 伴随着输入轴的旋转, 与方螺纹螺合的滚筒沿着方螺纹的螺纹槽移动, 与滚简单元沿着轨道直进运动联动, 输出轴也进行直进运动, 使可动工作台上下移动。



1. 一种振动试验装置,其具备直动变换器,该直动变换器将伺服电动机的旋转轴的旋转运动变换成直进运动,使保持被检测物的可动工作台振动,该振动试验装置的特征在于:

所述直动变换器包括:

直动变换器框架,其固定在所述振动试验装置框架上;

输入轴,其相对于所述直动变换器框架被旋转自如地轴支承,并与所述伺服电动机的旋转轴连结,且在外周面的至少一部分形成有方螺纹;

滚简单元,其包括具有与所述方螺纹的螺纹侧面抵接的圆筒面的滚筒,并植设有旋转轴,所述旋转轴通过大致整体被收纳在所述方螺纹的螺纹槽之间的圆筒滚子轴承,旋转自如地轴支承所述滚筒;

轨道,其固定在所述直动变换器框架上,使所述滚简单元沿着所述方螺纹的轴方向滑动自如地直进滑动;和

输出轴,其与所述滚简单元直接或间接地连结,以其上端支承所述可动工作台,

伴随着所述输入轴的旋转,与所述方螺纹螺合的所述滚筒沿着该方螺纹的螺纹槽移动,与所述滚简单元沿着所述轨道直进运动联动,所述输出轴也进行直进运动,使所述可动工作台振动。

2. 如权利要求 1 所述的振动试验装置,其特征在于:

具有多个所述滚筒,

所述多个滚筒中的一对滚筒被配置成夹着所述方螺纹的螺纹牙。

3. 如权利要求 1 所述的振动试验装置,其特征在于:

所述方螺纹是多线螺纹。

4. 如权利要求 2 所述的振动试验装置,其特征在于:

具有施力机构,该施力机构朝向所述方螺纹的螺纹牙对所述一对滚筒施力。

5. 如权利要求 4 所述的振动试验装置,其特征在于:

所述滚简单元具有形成在所述一对滚筒之间的开槽沟,

所述施力机构通过调整所述开槽沟的间隔,调整所述一对滚筒的间隔和朝向所述方螺纹的螺纹牙对该一对滚筒施力的负载。

6. 如权利要求 5 所述的振动试验装置,其特征在于:

所述施力机构包括:

从所述滚简单元的一端向所述开槽沟穿孔的第一贯通孔;

从所述滚简单元的一端向所述开槽沟穿孔,并在内周形成有阴螺纹的第二贯通孔;

隔着所述开槽沟与所述第一贯通孔相对,并向所述滚简单元所具有的滚筒支承板的另一端延伸的阴螺纹孔;

通过所述第一贯通孔拧入所述阴螺纹孔的第一螺栓;和

拧入所述第二贯通孔的第二螺栓,

所述第一螺栓的头部压迫所述滚简单元的一端,将使所述开槽沟的宽度变窄方向的负载施加在该滚简单元上,并且所述第二螺栓的顶端部通过所述开槽沟压迫与所述第二贯通孔相对的所述滚简单元,将扩展所述开槽沟的宽度的方向的负载施加在该滚简单元上。

7. 如权利要求 1 所述的振动试验装置,其特征在于:

所述直动变换器框架具有容纳所述方螺纹、所述滚简单元和所述轨道的壳体主体，所述壳体主体内充满润滑油。

8. 如权利要求 7 所述的振动试验装置，其特征在于：

所述壳体主体具有：形成有开口的底板，该开口安装有用于能够旋转地支承所述输入轴的轴承；和形成有开口的顶板，该开口安装有用于能够滑动地支承所述输出轴的轴承，

在所述底板的开口与所述输入轴之间、以及所述顶板的开口均设有用于防止润滑油泄露的油封。

9. 一种直动变换器，其将旋转运动变换成直进运动，该直动变换器的特征在于，包括：直动变换器框架；

输入轴，其旋转自如地轴支承在所述直动变换器框架上，在外周面的至少一部分形成有方螺纹；

滚简单元，其包括具有与所述方螺纹的螺纹侧面抵接的圆筒面的滚筒，且旋转自如地轴支承所述滚筒；

轨道，其固定在所述直动变换器框架上，与所述滚简单元接合，将该滚简单元的移动方向限定为所述方螺纹的轴方向；和

输出轴，其与所述滚简单元连结，

伴随着所述输入轴的旋转，与所述方螺纹螺合的所述滚筒沿着该方螺纹的螺纹槽移动，与所述滚简单元沿着所述轨道直进运动联动，所述输出轴也进行直进运动。

10. 如权利要求 9 所述的直动变换器，其特征在于：

具有多个所述滚筒，

所述多个滚筒中的一对滚筒被配置成夹着所述方螺纹的螺纹牙。

11. 如权利要求 10 所述的直动变换器，其特征在于：

具有施力机构，该施力机构朝向所述方螺纹的螺纹牙对所述一对滚筒施力。

12. 如权利要求 11 所述的直动变换器，其特征在于：

所述滚简单元具有形成在所述一对滚筒之间的开槽沟，

所述施力机构通过调整所述开槽沟的间隔，调整所述一对滚筒的间隔和朝向所述方螺纹的螺纹牙对该一对滚筒施力的负载。

13. 如权利要求 12 所述的直动变换器，其特征在于：

所述施力机构包括：

从所述滚简单元的一端向所述开槽沟穿孔的第一贯通孔；

从所述滚简单元的一端向所述开槽沟穿孔，并在内周形成有阴螺纹的第二贯通孔；

隔着所述开槽沟与所述第一贯通孔相对，并向所述滚简单元所具有的滚筒支承板的另一端延伸的阴螺纹孔；

通过所述第一贯通孔拧入所述阴螺纹孔的第一螺栓；和

拧入所述第二贯通孔的第二螺栓，

所述第一螺栓的头部压迫所述滚简单元的一端，将使所述开槽沟的宽度变窄方向的负载施加在该滚简单元上，并且所述第二螺栓的顶端部压迫所述滚简单元的另一端，将扩展所述开槽沟的宽度的方向的负载施加在该滚简单元上。

14. 如权利要求 9 所述的直动变换器，其特征在于：

所述直动变换器框架具有容纳所述方螺纹、所述滚简单元和所述轨道的壳体主体，所述壳体主体内充满润滑油。

15. 如权利要求 9 所述的直动变换器，其特征在于：

所述滚简单元还包括轴承和经由该轴承旋转自如地轴支承所述滚筒的支承轴，所述滚筒和所述轴承的大致整体被容纳在所述方螺纹的螺纹槽之间。

16. 一种直动致动器，其特征在于，包括：

如权利要求 9 ～ 15 中任一项所述的直动变换器；和
能够使所述直动变换器的输入轴反转驱动的旋转电动机。

17. 如权利要求 16 所述的直动致动器，其特征在于，包括：

所述旋转电动机为电动伺服马达。

18. 一种施加振动装置，其特征在于，包括：

如权利要求 16 或权利要求 17 所述的直动致动器；和
与所述直动致动器的输出轴连结的可动工作台，
通过所述直动致动器驱动所述可动工作台，使保持在该可动工作台上的工件振动。

振动试验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通过直动变换器将来自电动机的往返旋转运动变换成直线往返运动，并通过该直线往返运动使被检测物振动的振动试验装置。

背景技术

[0002] 作为在被检测物（工件）上施加拉伸、压缩、弯曲负载等的试验装置，如日本特开平 6-129969 号公报所记载的通过伺服电动机驱动作为直动变换器的一种的滚珠丝杠的试验装置已为众所周知。该试验装置在伺服电动机的旋转轴上连接滚珠丝杠，在与滚珠丝杠卡合的滚珠螺母上安装十字头（cross head）（可动工作台），通过伺服电动机的驱动使滚珠丝杠旋转，对安装于十字头和固定端的工件施加负载。

[0003] 在这样的试验装置中，如果一边周期性地切换伺服电动机的旋转方向一边进行驱动，则能够使十字头在沿着滚珠丝杠的方向上振动，因而，将工件固定在十字头上，通过如上述那样使十字头振动，能够进行使工件振动的振动试验。

发明内容

[0004] 但是，如上所述，使用滚珠丝杠机构作为直动变换器时，特别是以几 Hz 左右的比较长的周期且以较大的加速度振幅使工件振动时，由于滚珠丝杠机构的滚珠彼此冲突等，使钉状的冲击负载施加在工件上。如果这种冲击施加在工件上，可能会使工件呈现非预期的举动（例如由于冲击负载在工件内部产生缺陷）。因而，使用滚珠丝杠机构作为直动变换器的振动试验装置在进行以长轴期且以大加速度振幅使工件振动那样的振动试验时不能使用。

[0005] 本发明是为了解决上述目的而完成的。即，本发明的目的在于提供一种振动试验装置，其能够进行以长轴期且以大加速度振幅使工件振动那样的振动试验。

[0006] 为了达成上述目的，根据本发明的实施方式的振动试验装置的直动变换器包括：直动变换器框架，其固定在所述振动试验装置框架上；输入轴，其相对于所述直动变换器框架被轴支承为自由旋转，并与所述伺服电动机的旋转轴连结；方螺纹，其形成在该输入轴的外周面的至少一部分上；滚筒（roller），其具有抵接在该方螺纹的侧面上的圆筒面；滚筒单元，其设置有旋转轴，该旋转轴经由大致整体被收纳在所述方螺纹的螺纹牙之间的圆筒滚子轴承，旋转自如地轴支承该滚筒；轨道，其固定在所述直动变换器框架上，使该滚筒单元沿着所述方螺纹的轴方向自由滑动地直线滑动；和输出轴，其直接或间接地与所述滚筒单元连结，以其上端支承所述可动工作台，伴随着所述输入轴的旋转，与方螺纹螺合的滚筒沿着方螺纹的螺纹槽移动，与滚筒单元沿着所述轨道的直进运动连动，所述输出轴也进行直进运动，使所述可动工作台上下移动。

[0007] 根据本发明实施方式的振动试验装置如上所述具有为方螺纹的进给螺杆、和与该方螺纹的螺纹牙的侧面抵接的滚筒，使该方螺纹旋转时，滚筒沿着方螺纹的槽转动，使滑块上下移动。这样，经由被轴支承的滚筒驱动输出轴，因此即使变换方螺纹的旋转方向进行振

动试验时,也不会向滑块和输出轴输入峰值状噪音。因此,能够进行以长轴期且大加速度振幅使工件振动那样的振动试验。另外,由于相对与该滚筒的轴可旋转地支承滚筒的圆周面的轴承的大致整体被收纳在方螺纹地槽中,所以在轴承上主要施加径向方向的负载,几乎不施加弯曲负载。因此,根据本发明实施方式的结构,通过能充分承受径向方向大负载的圆筒滚子轴承,能够使滚筒平滑旋转,这样根据本发明实施方式,可实现能够进行以长轴期且大加速度振幅使工件振动那样的振动试验的振动试验装置。

[0008] 另外,优选具有多个滚筒,多个滚筒中包括的一对滚筒被配置成夹着所述方螺纹的螺纹牙。

[0009] 优选方螺纹为多线螺纹。为了以高速使工件振动,希望加大螺纹线导程,并加大相对于伺服电动机的旋转角度的行程。而且,为了使工作台被更牢固地支承,希望使用在方螺纹的周方向大致等角度(例如 180 度放置)的多条轨道和对应各轨道的多个滚筒,但是这种情况下,如果方螺纹的螺距较小,则能够减小一个轨道与另外的轨道的滚筒的方螺纹的轴方向的位置的差。该位置的差越小越能够使方螺纹的长度缩短,因此,能够使得振动试验装置小型化。在本发明的实施方式中,如上所述,方螺纹为多线螺纹。相对于螺纹线导程减小螺距。因此能够以高速使工件振动,牢固支承工作台,且实现小型的振动试验装置。

[0010] 另外,如果采用具有对以夹着方螺纹的螺纹牙的方式配置的一对滚筒向该螺纹牙施力的施力机构的结构,则方螺纹被从上下两方施力,防止螺纹牙的弹性变形,因此,通过防止弹性变形而不会在滚筒与输出轴上施加意外的负载。

[0011] 优选滚简单元具有在意对滚筒之间形成的开槽沟,施力机构调整开槽沟的间隔,由此,能够调整一对滚筒的间隔以及朝向所述螺纹牙对该一对滚筒施力的负载。例如,施力机构具有从滚简单元的一端向开槽沟穿孔的第一贯通孔、从滚简单元的一端向开槽沟穿孔并在内轴形成有阴螺纹的第二贯通孔、经由第一贯通孔和开槽沟相对并朝向滚筒支承板的另一端延伸的阴螺纹孔、通过第一贯通孔拧入阴螺纹孔的第一螺栓、拧入第二贯通孔的第二螺栓,第一螺栓的头部压迫滚简单元的一端,对该滚简单元施加使开槽沟的宽度变窄的方向的负载,并且第二螺栓的顶端部压迫开槽沟对滚简单元施加使开槽沟的宽度扩展的方向的负载。

[0012] 另外,优选将方螺纹、滚简单元和轨道收纳在充满润滑油的壳体主体中的结构。如果采用这样的结构,则,能够使滚筒与方螺纹之间的摩擦力降低,因此,能够使滚筒更平滑的旋转。例如,壳体主体包括形成有安装用于能旋转地支承输入轴的轴承的开口的底板、和形成有安装用于可滑动地支承输出轴的轴承的开口的顶板,在地板的开口与输入轴之间、以及在顶板的开口中设置有助于防止润滑油泄露的油封。

[0013] 另外,优选采用如下结构,即,滚筒块具有与轨道卡合能沿着轨道移动的滑块,滑块包括包围轨道的凹部、在凹部沿着滑块的移动方向形成的槽、以与形成在滑块的内部的槽形成闭合回路的方式连接槽的移动方向两端的退避路径、和在闭合回路中循环并在位于槽中时与轨道抵接的多个滚珠。如果采用这种结构,则滑块就不会颠簸,且能够平滑地沿着轨道移动。

[0014] 特别地,优选采用如下结构,即,在滑块上形成有 4 条所述闭合回路,分别配置在 4 条闭合回路中的两条闭合回路的槽中的滚珠相对于滑块的径向方向具有大致 ± 45 度的接触角,分别配置在其它两条闭合回路的槽中的滚珠相对于该滑块逆径向方向具有大致 ± 45

度的接触角。如果采用这种结构,则滑块分别对于径向方向、逆径向方向以及横向能够承受大负载,即使从方螺纹经由滚筒施加上述方向的大负载,滑块也不会破损,并能沿着轨道平滑移动。

附图说明

- [0015] 图 1 是本发明的实施方式的振动试验装置的主视图。
- [0016] 图 2 是本发明的实施方式的振动试验装置的直动变换器的主视图。
- [0017] 图 3 是本发明的实施方式的振动试验装置的直动变换器的右视图。
- [0018] 图 4 是本发明的实施方式的振动试验装置的直动变换器的俯视图。
- [0019] 图 5 是图 4 的 I-I 截面图。
- [0020] 图 6 是在本发明的实施方式中,利用与轨道的长轴方向垂直的一面说明滑块和轨道的截面图。
- [0021] 图 7 是图 6 的 II-II 截面图。
- [0022] 图 8 是表示利用本发明的实施方式的振动试验装置的试验结果的图表。
- [0023] 图 9 是表示利用比较例的振动试验装置的试验结果的图表。

具体实施方式

[0024] 以下,利用附图对本发明的实施方式进行详细说明。图 1 是本发明的实施方式的振动试验装置的主视图。本实施方式的振动试验装置能够在被检测物(工件)上反复施加拉伸、压缩、或弯曲负载,或者使工件振动。另外,在以下的说明中,只要没有特别指定,所谓的“上”、“下”、“左”、“右”“前”、“后”的方向均以附图 1 的主视图为基准。

[0025] 如图 1 所示,本实施方式的试验装置 1 包括:在工件 W 上施加负载或者使工件 W 振动的装置主体 100;用于驱动装置主体 100 的伺服电动机 120 的伺服放大器 200;和控制伺服放大器 200 的控制部 300。装置主体 100 具有框架 110、伺服电动机 120、直动变换器 400、负载传感器 140、位移传感器 150、以及适配器 181 和 182。

[0026] 直动变换器 400 用于将伺服电动机 120 的旋转轴的旋转运动变换成直线前进方向的运动。直动变换器 400 固定在框架 110 的工作台部 111 的上表面,并且与伺服电动机 120 的旋转轴连结。如果驱动伺服电动机 120,则设置在直动变换器 400 的上部的可动工作台 130 相对于工作台部 111 上下移动。在该可动工作台 130 上安装有用于从下方保持工件 W 的下部适配器 181。

[0027] 从框架 110 的顶部 112 的下表面垂吊上部载台 160。另外,在工作台部 111 的上表面设置有向图中上方向延伸的一对导杆 171。上部载台 160 在左右方向端部沿上下方向穿孔而形成贯通孔 161,导杆 171 分别通过该贯通孔 161。因此,上部载台 160 能够沿着导杆 171 在上下方向上移动。另外,通过紧固设置在上部载台 160 上的未图示的螺栓,可以堵塞贯通孔 161 的内径,由此,能够相对于导杆 171 将上部载台 160 固定。

[0028] 在上部载台 160 的下表面,安装有用于从上方保持工件 W 的上部适配器 182。在本实施方式中,通过以在上部适配器 182 和下部适配器 181 之间保持有工件 W 的状态使可动工作台 130 上下移动,能够在工件 W 上施加负载。另外,上部适配器 182 和下部适配器 181 分别构成为相对于上部载台 160、可动工作台 130 能够装卸,能够根据施加在工件 W 上的负

载的种类选择适当的适配器。图 1 由于是对工件 W 施加拉伸负载的结构,所以上部适配器 182 和下部适配器 181 用于把持工件 W 的卡盘。当在工件 W 上施加压缩负载时,可以使用上部适配器 182 的下表面和下部适配器 181 的上表面为平面状那样的适配器,以能够从上下方向按压工件 W 而进行压缩。当在进行三点弯曲试验时,将压缩试验用的适配器与三点弯曲用夹具结合使用。

[0029] 在进行使工件 W 振动的振动试验的情况下,使用具有将工件 W 固定在可动工作台 130 上的功能的下部适配器 181,不使用上部适配器 182。这些适配器的分别使用是一个例子,也可以使用其它种类的适配器,也可以通过其它的组合方式进行使用。

[0030] 另外,上部载台 160 通过进给螺杆 175 从框架 110 的顶部 112 吊下。在顶部 112 中埋设有与进给螺杆 175 卡合的可旋转的螺母 173。螺母 173 通过无接头带与配置在顶部 112 的电动机 172 连结,并通过电动机 172 围绕进给螺杆 175 的轴旋转驱动。另外,进给螺杆 175 的下端与固定在上部载台 160 上的链节(link)174 连结,进给螺杆 175 围绕上部载台 160 的轴不旋转。因而,在使上部载台 160 的螺栓松动而使上部载台 160 可以移动的状态下,通过电动机 172 使螺母 173 转动,由此,能够沿上下方向驱动进给螺杆 175 以及与进给螺杆 175 连结的上部载台 160。该功能在配合工件 W 的尺寸调整适配器 181 和适配器 182 的间隔时使用。在调整适配器 181 和适配器 182 的间隔之后,在进行试验之前紧固螺栓将上部载台 160 固定在导杆 171 上。

[0031] 在以上说明的结构中,当利用适配器 181、182 保持工件 W 并驱动伺服电动机 120 时,在工件 W 上施加拉伸、压缩或弯曲负载,其大小可通过负载传感器 140 计测。另外,位移传感器 150 是检测下部适配器 181 的位移即工件 W 的变形量的传感器(例如,组装有回转式编码器的千分表)。

[0032] 控制部 300 随时对伺服放大器 200 输入目标角度和目标角速度等。伺服放大器 200 根据从控制部 300 输入的目标角度和目标角速度等,对伺服电动机 120 的驱动电流进行控制。负载传感器 140 和位移传感器 150 的输出被输入控制部 300,控制部 300 基于负载传感器 140 计测出的负载和位移传感器 150 计测出的可动工作台 130 的位移量,可以设定输入伺服放大器 200 的目标角度和目标角速度等。例如,在以一定的负载振幅使工件 W 振动的情况下,负载传感器 140 检测出的负载越接近最大负载给予伺服放大器 200 的目标角速度越小,在最大负载时,控制可动工作台 132 的速度为零(即给予伺服放大器 200 的目标角速度为零)。同样地,根据位移传感器 150 的检测结果,控制部 300 可以将可动工作台 132 的位移振幅、速度振幅或加速度振幅为大致一定值的那样的目标值给予伺服放大器 200。

[0033] 以下对本实施方式的振动试验装置 1 的直动变换器 400 的构造进行详细说明。直动变换器 400 其整体包括大致长方体形状的壳体 410、和贯通该壳体的上表面向上方突出的线性连杆 461。可动工作台 130 固定在该线性连杆 461 的上端。另外,伺服电动机 120 的旋转轴经由耦合器 123 与直动变换器 400 的输入轴 420 连结。该输入轴 420 的大部分被收纳在壳体 410 内,输入轴 420 与将其旋转运动变换成上下方向的直进运动的直动机构连结。作为该直动机构的输出的上下方向的运动被传递给线性连杆 461。因而,如果驱动伺服电动机 120,则线性连杆 461 上下移动。

[0034] 下面,利用附图对收纳在壳体 410 中的直动机构进行详细说明。图 2 是直动变换器 400 的主视图,是切断壳体 410 的前面侧板 414F(后述)使壳体 410 的内部露出的视图。

图 3 是从右侧观看直动变换器 400 的侧视图,是切断壳体 410 的右侧板 413R(后述) 使壳体 410 的内部露出的视图。图 4 是直动变换器 400 的俯视图,是切断壳体 410 的顶板 412(后述) 使壳体 410 的内部露出的视图。

[0035] 另外,在图 2 中,作为截面图表示可旋转地支承输入轴 420 的上部和下部轴承 451、452 的周围。此外,在图 3 中,作为截面图表示上部和下部轴承 451、452 的周围、和线性连杆 461 的油封部分。在图 4 中,以虚线表示输入轴 420。

[0036] 首先,对壳体 410 的构造进行说明。壳体 410 通过螺栓固定、焊接等将底板 411、顶板 412、左侧板 413L(图 2、图 4)、右侧板 413R(图 2、图 4)、前面侧板 414F(图 3、图 4) 以及后侧板 414B(图 3、图 4) 连结成长方体形状。

[0037] 底板 411 通过螺栓固定在框架 110 的工作台部 111。另外,在底板 411 上设置有用使输入轴 420 通过的开口 411a。此外,在顶板 412 上设置有用安装上部轴承 451 的开口部 412a、和用于使线性连杆 461 通过的开口部 412b(图 3)。

[0038] 如图 2 所示,底板 411 的左右方向的尺寸比右侧板 413R 和左侧板 413L 之间的间隔长,底板 411 的左右方向的两端成为从右侧板 413R 和左侧板 413L 呈凸缘状左右露出的凸缘部 411b。底板 411 利用该凸缘部 411b 借助未图示的螺栓固定在框架 110 的工作台部 111 上。

[0039] 在右侧板 413R 和左侧板 413L 的外表面,分别安装有从纵深方向的大致中央部垂直突出的肋 415。肋 415 通过填角焊接 (fillet weld) 被牢固地固定在右侧板 413R、左侧板 413L 和底板 411 上。

[0040] 在右侧板 413R 和左侧板 413L 的大致中央部分别形成有开口部 413a。该开口部 413a 在进行直动变换器 400 的组装或维修时为了能进入壳体 410 中而使用。在使用振动试验装置 1 的情况下,通过利用螺栓将罩 416 固定在右侧板 413R 和左侧板 413L 上,将该开口部 413a 堵塞。

[0041] 下面,参照图 2 至图 5 对用于将输入轴 420 的旋转运动变换成线性连杆 461 的上下移动的机构进行说明。另外,图 5 是图 4 的 I-I 截面图。如图 2 所示,在输入轴 420 的大致中央部形成有阳螺纹部 421。在该阳螺纹部 421 的左右方向两侧设置有与阳螺纹部 421 卡合的一对滚简单元 430L、430R。滚简单元 430L、430R 分别具有上部滚筒 431、下部滚筒 432、连结板 433 以及滑块 434。上部滚筒 431 和下部滚筒 432 通过螺栓被固定在连结板 433 上。并且,连结板 433 通过螺栓被固定在滑块 434 上。因此,滑块 434、连结板 433、上部滚筒 431 以及下部滚筒 432 成为一体。

[0042] 一对滑块 434 分别与通过螺栓被固定在右侧板 413R 和左侧板 413L 的内壁上的轨道 435 卡合(图 4)。轨道 435 沿上下方向延伸(图 2、图 3),包括滑块 434 的滚简单元 430L、430R 的移动方向仅被限定在上下方向。

[0043] 下面,对上部滚筒 431 和下部滚筒 432 的支承构造进行说明。如图 5 所示,上部滚筒 431 和下部滚筒 432 分别具有轴部 431a、432a 和可绕该轴部旋转的滚筒部 431b、432b。另外,如图 3 至 5 所示,轴部 431a、431b 通过定位螺钉 436 被固定在连结板 433 上。在滚筒部 431b、432b 和轴部 431a、432a 之间设置有圆筒滚子轴承 431c、432c,由此,滚筒部 431b、432b 能够绕轴部 431a、432a 旋转。

[0044] 下面,对阳螺纹部 421 与滚简单元 430L、430R 的卡合状态进行说明。如图 2 和图 5

所示,阳螺纹部 421 是螺纹槽 421b 的截面形状大致为长方形形状的所谓的方螺纹。另外,滚筒部 431b、432b 是圆筒形状,上部滚筒 431 的滚筒部分 431a 对阳螺纹部 421 的上侧(即螺纹牙 421a 的上表面侧)的螺纹侧面(flank)421c 以紧贴的方式施力,下部滚筒 432 的滚筒部分 432a 对阳螺纹部 421 的下侧(即螺纹牙 421a 的下表面侧)的侧面 421d 以紧贴的方式施力。即,滚简单元 430L、430R 各自的滚筒部 431b、432b 插入阳螺纹部 421 的螺纹牙 421a 中。

[0045] 如上所述,滚简单元 430L、430R 的移动方向只被限制在上下方向上,并且上部滚筒 431 和下部滚筒 432 的滚筒部 431b、432b 分别紧贴在输入轴 420 的阳螺纹部 421 的侧面 421c、421d 上。因此,如果驱动伺服电动机 120(图 1)使输入轴 420 旋转,则滚筒部 431b、432b 分别沿着阳螺纹部 421 的侧面 421c、421d 转动,滚简单元 430L、430R 根据输入轴 420 的旋转方向向上或向下移动。

[0046] 以下对用于将滚简单元 430L、430R 的滚筒部 431b、432b 按压在阳螺纹部 421 的螺纹侧面 421c、421d 上的施力机构进行说明。如图 3 所示,在滚简单元 430R 的连结板 433 的大致中央部形成有开口 433a,从该开口 433a 向连结板 433 的前面侧(朝向前面侧板 414F 的方向)形成有开槽沟 433b。上部滚筒 431 的轴部 431a 在开槽沟 433b 的上侧固定在连结板 433 上,下部滚筒 432 的轴部 432a 在开槽沟 433b 的下侧固定在连结板 433 上。

[0047] 从连结板 433 的上表面向开槽沟 433b 的上表面 433b1,设置有贯通孔 433c 和 433d。贯通孔 433c 和 433d 都配置在上部滚筒 431 的轴部 431a 的前面侧,并且贯通孔 433c 配置在贯通孔 433d 的前面侧。在开槽沟 433b 的下表面 433b2 上,在与贯通孔 433c 相对的位置形成有朝向下方的孔 433e。

[0048] 在孔 433e 中形成有阴螺纹,第一螺栓 437a 通过贯通孔 433c 拧入孔 433e 中。因此,如果拧紧第一螺栓 437a,则连结板 433 被向开槽沟 433b 的宽度变窄的方向施力。另外,在贯通孔 433d 中也形成有阴螺纹,第二螺栓 437b 拧入贯通孔 433d 中。第二螺栓 437b 的顶端通过开槽沟 433b 的上表面 433b1,抵接在下表面 433b2 上。因此,如果拧紧第二螺栓 437b,则连结板 433 被向开槽沟 433b 的宽度变宽的方向施力。

[0049] 在这种状态下,如图 3 所示,通过连结板 433 的上表面与第一螺栓 437a 的头部抵接,限制开槽沟 433b 的宽度不变宽,并且通过开槽沟的下表面 433b2 与第二螺栓 437b 抵接限制开槽沟 433b 的宽度不变窄。这样,通过调整第一、第二螺栓 437a、437b 的拧紧程度,可以调整开槽沟 433b 的宽度,从而调整上部滚筒 431 和下部滚筒 432 的间隔。在此,如果使上部滚筒 431 的滚筒部 431b 和下部滚筒 432 的滚筒部 432b 的间隔比输入轴 420 的阳螺纹部 421 的螺纹牙 421a 的宽度稍小,则能够具有较大的施加力使滚筒部 431b、432b 紧贴在螺纹侧面 421c、421d 上。由于像这样使滚筒部 431b、432b 紧贴在阳螺纹部 421 的螺纹侧面 421c、421d 上,所以当使输入轴 420 旋转时,滚筒部 431b、432b 就不会摇晃而平滑地旋转。

[0050] 滚简单元 430L 的滚筒部 431b、432b 也通过与滚简单元 430R 同样的结构以紧贴输入轴 420 的阳螺纹部 421 的螺纹侧面 421c、421d 上的方式施力。

[0051] 在本实施方式中,阳螺纹部 421 的螺纹牙 421a 被一对滚筒 431、432 夹着,因此即使从一个滚筒施加负载,通过另一个滚筒可以阻止阳螺纹部 421 的螺纹牙 421a 变形,其结果螺纹牙 421a 不易挠曲。因此,即使使输入轴 420 以大的角速度进行旋转也不会因螺纹牙 421a 的挠曲而产生滚简单元 430R 的位置偏移。

[0052] 如上所述,滚筒部 431b、432b 通过圆筒滚子轴承 431c、432c 相对于轴部 431a、432a 可旋转地支承。圆筒滚子轴承的滚子可以充分承受在径向方向施加的大的压缩负载,另一方面,对于在径向方向施加的剪切负载,具有通过比较小的负载使其变形或破损的特性。因此,在本实施方式中,对滚筒不施加剪切方向的负载。

[0053] 具体而言,如图 5 所示,作为圆筒滚子轴承 431c、432c 的几乎大部分进入阳螺纹部 421 的螺纹槽 421b 中的结构,圆筒滚子轴承 431c、432c 上几乎不施加剪切负载。在仅圆筒滚子轴承 431c、432c 的顶端部进入阳螺纹部 421 的螺纹槽 421b 中的结构,在与螺纹牙 421a 的顶端部抵接的部分,剪切负载施加在圆筒滚子轴承 431c、432c 上,在滚子上施加剪切方向的大负载。另一方面,在本实施方式中,由于圆筒滚子轴承 431c、432c 遍及其轴方向的大致整个区域与阳螺纹部 421 的螺纹牙 421a 卡合,所以圆筒滚子轴承 431c、432c 从阳螺纹部 421 的螺纹牙 421a 承受的负载全部是径向方向的压缩负载,几乎不会在滚子上施加剪切方向的负载。因此,即使在滚筒部 431b、432b 与阳螺纹部 421 的螺纹牙 421a 之间作用大负载的状态下,圆筒滚子轴承 431c、432c 也能充分承受该大负载,因此滚筒部 431b、432b 能够平滑地旋转。

[0054] 在连结板 433 上固定有杆连结块 438(图 3、图 4),线性连杆 461 的下端 461a 被把持在该杆连结块 438 上。以下对线性连杆 461 的把持构造进行说明。

[0055] 如图 3 和图 4 所示,在杆连结块 438 上设置有沿上下方向贯通的圆形截面的贯通孔 438a。该贯通孔 438a 的直径为比线性连杆 461 的下端 461a 的直径稍大的程度。此外,设置有从该贯通孔 438a 的内周面朝向杆连结块 438 的顶端(在滚简单元 430L 中是右端,在滚简单元 430R 中是左端)的开槽沟 438b。进一步,在杆连结块 438 上形成有与开槽沟 438b 正交的贯通孔 438c 和 438d。贯通孔 438c 和 438d 形成在隔着开槽沟 438b 相对的位置,并且离输入轴 420 较近的贯通孔 438d 中形成有阴螺纹。因此,如果将线性连杆 461 穿进贯通孔 438a 中,接着穿过贯通孔 438c 再拧进贯通孔 438d 中,则杆连结块 438 变形而使贯通孔 438a 的直径变小,线性连杆 461 的下端 461a 被紧固在杆连结块 438 上。由此,线性连杆 461 被固定在杆连结块 438 上。因此,通过伺服电动机 120(图 1)使输入轴 420 旋转,由此能够使线性连杆 461 上下移动。此外,通过以使输入轴 420 的旋转方向周期性地切换的方式进行控制,能够使线性连杆 461 和固定在线性连杆 461 的上端的可动工作台 130 沿上下方向振动。

[0056] 如图 2 所示,在壳体 410 的顶板 412 的下表面设置有上限检测传感器 441,在底板 411 的上表面设置有限检测传感器 442。上限检测传感器 441、下限检测传感器 442 都是接近传感器。上限检测传感器 441 检测右侧的滚简单元 430R 的上端接近的情况,下限检测传感器 442 检测左侧的滚简单元 430L 的下端接近的情况。在本实施方式中,如果上限检测传感器 441 或下限检测传感器 442 检测到滚简单元 430R、430L 的接近,则使伺服电动机紧急停止。

[0057] 在本实施方式中,用润滑油充满壳体 410 的内部。因此,可减轻上部和下部滚筒 431、432 与输入轴 420 的阳螺纹部 421 之间摩擦、以及滑块 434 与轨道 435 之间的摩擦。

[0058] 以下对输入轴 420 的支承机构进行说明。如图 2 所示,输入轴 420 在其上端通过作为滚珠轴承的上部轴承 451 支承为可旋转,并且在底板 411 的开口 411a 的位置,通过作为组合式角接触滚珠轴承的下部轴承 452 被支承为可旋转。

[0059] 如图 2 所示,在输入轴 420 的上端,形成有其直径变小的台阶部 422,上部轴承 451 安装成其内圈搭载在台阶部 422 上。另外,在输入轴 420 的上端嵌入挡环 423,滚珠轴承 451 的内圈通过被台阶部 422 和挡环 423 夹着固定而无法在上下方向上移动。另一方面,顶板 412 的开口 412a 紧嵌在上部轴承 451 的外圈上,上部轴承 451 的外圈嵌入顶板 412 的开口 412a 中。

[0060] 在本实施方式中,如上所述利用润滑油充满壳体 410 的内部,因此,为了使润滑油不泄漏,而通过罩 453 覆盖顶板 412 的开口 412a。罩 453 通过螺栓固定在顶板 412 上。另外,在罩 453 中,在与开口 412a 的内周面抵接的表面上设置有圆周槽 453a,通过安装在此处的未图示的 O 形环,防止润滑油从罩 453 和开口 412a 的间隙泄漏。

[0061] 下面,对下部轴承 452 的安装构造进行说明。在输入轴 420 中,在比底板 411 的上表面稍高的位置,形成有直径向方向下变小的台阶部 424。下部轴承 452 的内圈的上表面配置成与该台阶部抵接。另外,在比输入轴 420 的台阶部 424 靠下的外周面形成有阳螺纹部 425。通过将套环 456 拧入该阳螺纹部 425,从下方支承下部轴承 452 的内圈。这样,下部轴承 452 的内圈通过被台阶部 424 和套环 456 夹着而被固定成无法沿上下方向移动。

[0062] 如上所述,下部轴承 452 是组合式角接触滚珠轴承,在止推(thrust)方向也承受负载。因此,与上部轴承 451 不同,必须将内圈、外圈双方固定成无法在上下方向上移动。如图 2 所示,在底板 411 的开口 411a 中安装有用于从下方支承下部轴承 452 的外圈的轴承支承部件 455。轴承支承部件 455 是在中央形成有用于通过输入轴 420 的贯通孔 455c 的筒状部件,在其下端设置有凸缘部 455a。通过利用螺栓将该凸缘部 455a 固定在底板 411 的下表面,轴承支承部件 455 被固定在底板 411 上。另外在轴承支承部件 455 的外周面,在与开口 411a 的内周相对的位置设置有圆周槽 455b,通过安装在此处的未图示的 O 形环防止润滑油从轴承支承部件 455 与开口 411a 的间隙泄漏。

[0063] 另外,在轴承支承部件 455 的贯通孔 455c 中,形成有其内径向方向上变大那样的台阶部 455d。比贯通孔 455c 的台阶部 455d 靠上方的部分紧嵌在下部轴承 452 的外圈上,在此处嵌入下部轴承 452 的外圈。此外,在比贯通孔 455c 的台阶部 455d 靠下方部分的直径与下部轴承 452 的外圈的内径大致相等,通过台阶部 455d 从下方支承下部轴承 452 的外圈。

[0064] 在轴承支承部件 455 的上端螺丝固定有轴承止动件 454。轴承止动件 454 是开孔圆盘状部件,孔的内径与下部轴承 452 的外圈的内径大致相等。此外,从台阶部 455d 至轴承支承部件 455 上端的高度与下部轴承 452 的高度相等或稍小,将轴承止动件 454 螺丝固定在轴承支承部件 455 上,由此,下部轴承 452 的外圈通过被轴承止动件 454 和轴承支承部件 455 的台阶部 455d 夹着固定而无法在上下方向上移动。

[0065] 如上所述,利用润滑油充满壳体 410 的内部,为了使润滑油不从输入轴 420 与轴承支承部件 455 的贯通孔 455c 之间的间隙泄漏,而设置油封 458。油封 458 嵌入作为开孔圆盘状部件的油封安装部件 457 的孔的部分。而且,油封安装部件 457 通过螺栓被固定在轴承支承部件 455 的下表面。另外,在与轴承支承部件 455 的下表面相对的油封安装部件 457 的上表面形成有圆环状的槽 457a,在此处安装有未图示的 O 形环,由此防止润滑油从轴承支承部件 455 的下表面和油封安装部件 457 的上表面之间的间隙泄漏。油封 458 构成为其内周与输入轴 420 的外周滑动,以低摩擦使输入轴 420 旋转,并且防止润滑油从油封 458 的

内周与输入轴 420 的外周之间泄漏。

[0066] 如上所述,线性连杆 461 从壳体 410 的顶板 412 向上方突出(图 3)。因此,在本实施方式中,为了防止润滑油从线性连杆 461 与顶板 412 的间隙泄漏,而设置有带油封的罩 464,以下对罩 464 的结构进行说明。

[0067] 如图 3 所示,线性连杆 461 在顶板 412 的稍微下方的位置被衬套 462 支承。衬套 462 的内周构成为可与线性连杆 461 的外周滑动。衬套 462 通过衬套安装部件 463 和罩 464 被固定在顶板 412 上。衬套安装部件 463 与罩 464 一起通过未图示的螺栓固定在顶板 412 上。衬套安装部件 463 为其中嵌入衬套 462 的圆筒形状部件,在其下端设置有向半径方向的内侧扩展的台阶部 463a。该台阶部 463a 的上表面与衬套 462 的下表面抵接,衬套 462 从下方被支承。另外,罩 464 为其中通过线性连杆 461 那样的圆筒状部件,其内径比衬套 462 的外形小。因此,如果通过螺栓将罩 464 和衬套安装部件 463 一体化,则在罩 464 的下表面与衬套安装部件 463 的台阶差 463a 的上表面之间夹着固定衬套 462。

[0068] 在衬套 462 的外周设置有圆环状的槽 462a,在此处安装有未图示的 O 形环,由此防止润滑油从衬套 462 的外周和衬套安装部件 463 的内周之间的间隙泄漏。同样地,在与衬套安装部件 463 的内周相对的罩 464 的外周上形成有圆环状的槽 464b,在此处安装有未图示的 O 形环,由此防止润滑油从衬套安装部件 463 的内周和罩 464 的外周之间的间隙泄漏。

[0069] 此外,在罩 464 的内周也形成有圆环状的槽 464a,在该槽 464a 上安装有油封。线性连杆 461 的外周一边与该油封滑动一边上下移动,利用油封防止润滑油从滑动面露出。

[0070] 下面,利用附图对本实施方式的滑块 434 和轨道 435 的结构进行说明。图 6 是在与轨道 435 的长轴方向垂直的一面切断滑块 434 和轨道 435 的截面图,图 7 是图 6 的 II-II 截面图。如图 6 和图 7 所示,在滑块 434 上以包围轨道 435 的方式形成有凹部,在该凹部中形成有沿轨道 435 的轴方向延伸的 4 条槽 434a、434a'。在该槽 434a、434a' 中收纳有多个不锈钢制的滚珠 434b。在轨道 435 上在与滑块 434 的槽 434a、434a' 相对的位置分别设置有槽 435a、435a',滚珠 434b 被夹着在槽 434a 和 435a 之间或 434a' 和 435a' 之间。槽 434a、434a'、435a、435a' 的截面形状是圆弧形,其曲率半径与滚珠 434b 的半径大致相等。因此,滚珠 434b 以几乎没有游隙的状态紧贴于槽 434a、434a'、435a、435a'。

[0071] 在滑块 434 的内部设置有 4 条与各个槽 434a 大致平行的滚珠退避路径 434c。如图 7 所示,槽 434a 与退避路径 434c 分别在两端经由 U 字形路径 434d 连接,槽 434a、槽 435a、退避路径 434c、U 字形路径 434d 形成用于使滚珠 434b 循环的循环路径。退避路径 434c 与槽 434a' 以及槽 435a' 也形成同样的循环路径。

[0072] 因此,如果滑块 434 相对于轨道 435 进行移动,则多个滚珠 434b 一边在槽 434a、434a'、435a、435a' 中滚动一边在循环路径中进行循环。因此,即使在轨道轴方向以外的方向施加较大的负载,由于能够通过多个滚珠支承滑块并且滚珠 434b 滚动而将轨道轴方向的阻力保持在较小,因此能够使滑块 434 相对于轨道 435 平滑地移动。另外,退避路径 434c 与 U 字形路径 434d 的内径比滚珠 434b 的直径稍大,退避路径 434c 及 U 字形路径 434d 与滚珠 434b 之间产生的摩擦极小,因此不会妨碍滚珠 434b 的循环。

[0073] 如图所示,被槽 434a 和槽 435a 夹着的两列滚珠 434b 的行列形成有接触角大约为 45 度的正面组合型的角接触滚珠轴承。这种情况下的接触角为将槽 434a 及槽 435a 与滚珠 434b 接触的接触点彼此连结的线与直线导轨的径向方向(从滑块向轨道的方向)所成

的角度。这样形成的角接触滚珠轴承能够支承逆径向方向（从轨道向滑块的方向）以及横向（与径向方向和滑块的进退方向双方垂直的方向，图中的左右方向）的负载。

[0074] 同样地，被槽 434a' 和槽 435a' 夹着的两列滚珠 434b 的行列形成有接触角（为将槽 434a' 及槽 435a' 与滚珠 434b 接触的接触点彼此连结的线与直线导轨的逆径向方向所成的角度）大约为 45 度的正面组合型的角接触滚珠轴承。该角接触滚珠轴承能够支承径向方向和横向方向的负载。

[0075] 另外，槽 434a 和槽 435a 的一方（图中左侧）与槽 434a' 和槽 435a' 的一方（图中左侧）分别夹着的两列滚珠 434b 的行列也形成有正面组合型的角接触滚珠轴承。同样地，槽 434a 和槽 435a 的另一方（图中右侧）与槽 434a' 和槽 435a' 的另一方（图中右侧）分别夹着的两列滚珠 434b 的行列也形成有正面组合型的角接触滚珠轴承。

[0076] 这样，在本实施方式中，相对于分别作用于径向方向、逆径向方向、横方向的负载，被正面组合型的角接触滚珠轴承支承，从而能够充分支承施加在轨道轴方向以外的方向上的较大负载。

实施例

[0077] 以下表示利用本实施方式的振动试验装置 1 的试验结果。图 8 是以加速度振幅 0.7G、频率 5Hz 驱动本实施方式的振动试验装置 1 时，通过安装在可动工作台 130 上的振动拾波器计测出的振动波形。如图所示，在本实施方式的振动试验装置中，能够以没有噪音（接近正弦波）的加速度波形对可动工作台 130 施加振动。

[0078] 作为比较例，表示利用取代本实施方式的直动变换器 400 而将进给螺杆机构用作直动式变换机构的振动试验装置的实验结果。图 9 是以加速度振幅 0.7G、频率 5Hz 驱动比较例的振动试验装置时，通过安装在可动工作台上的振动拾波器计测出的振动波形。如图所示，在比较例的振动试验装置中，会产生因滚珠螺杆机构的滚珠彼此的冲突等而产生的峰值噪音，不能以接近正弦波的加速度波形对可动工作台施加振动。

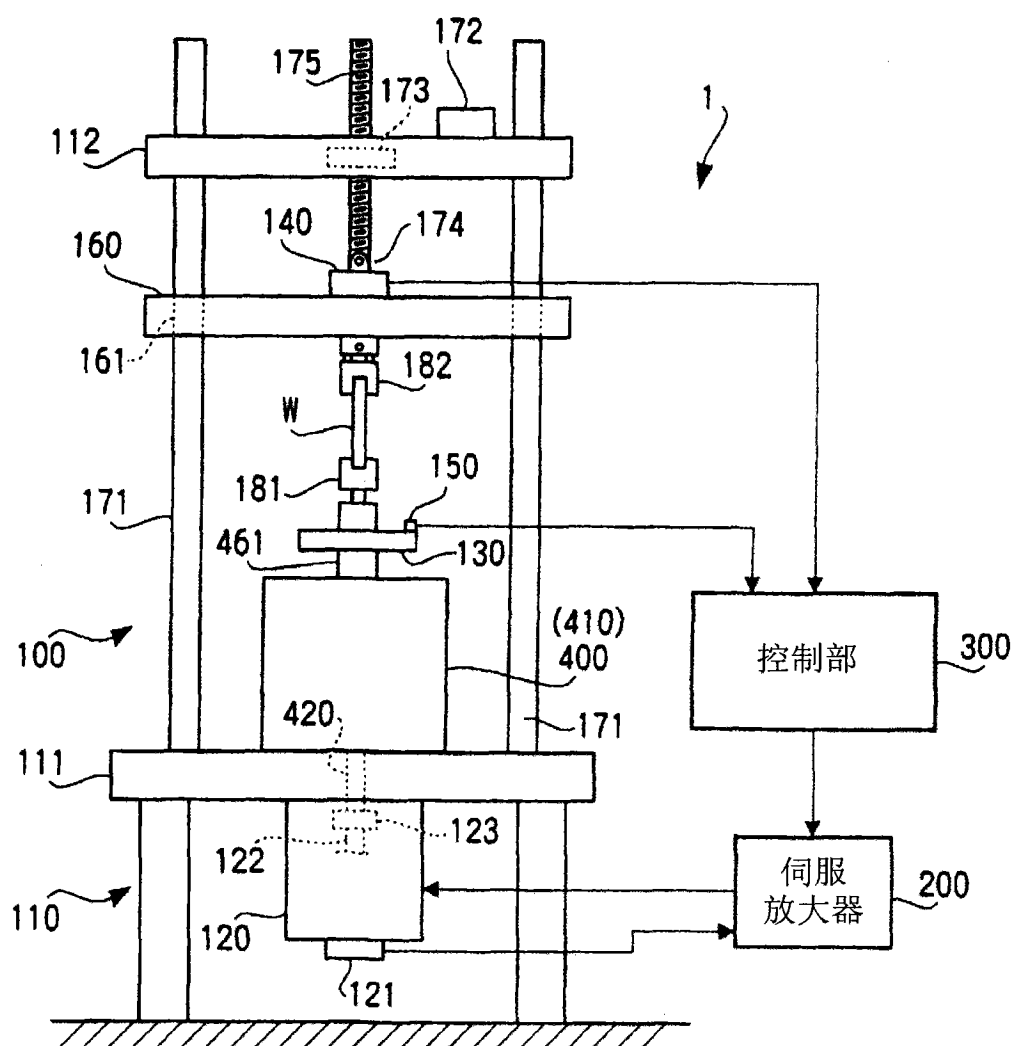


图 1

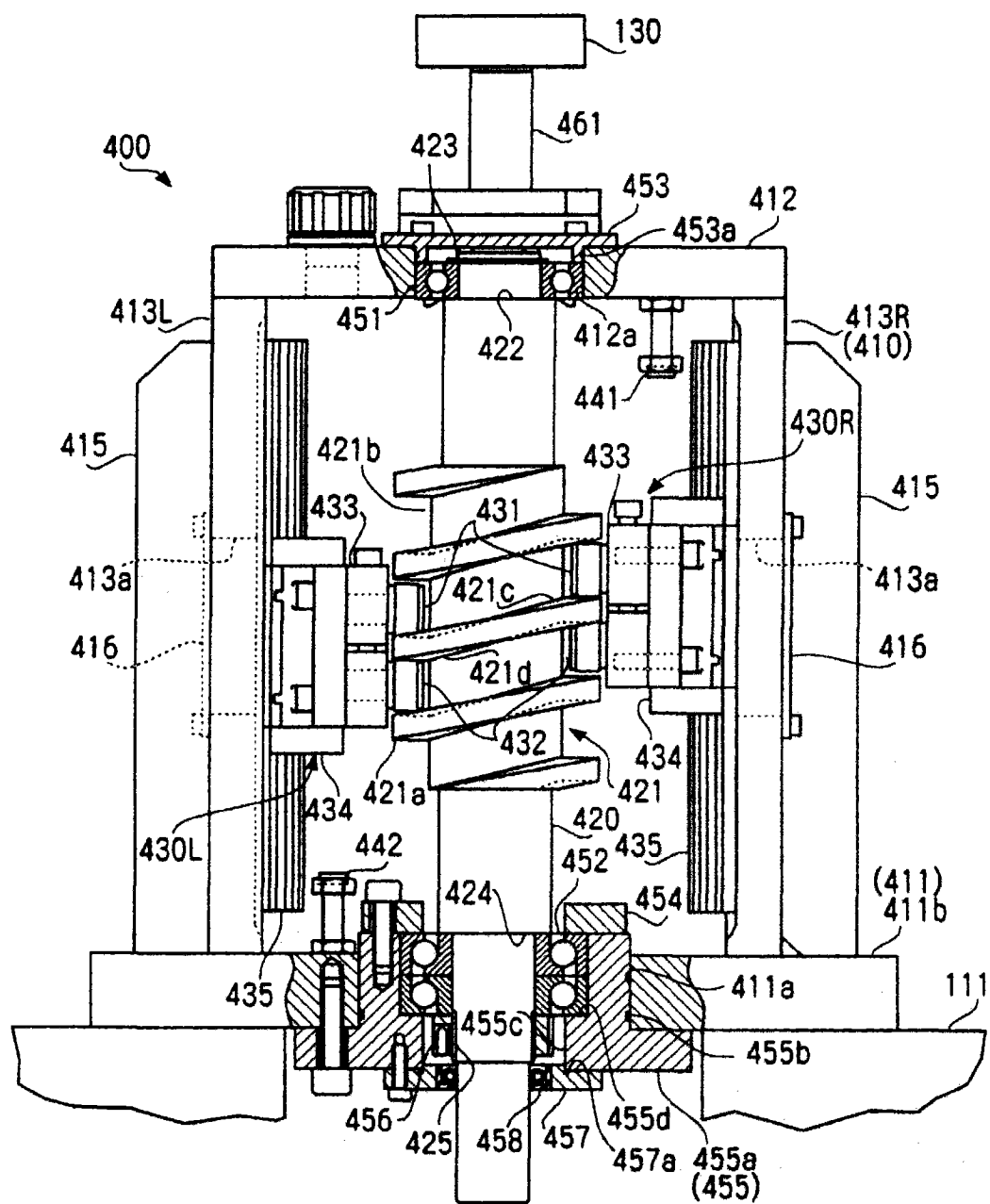


图 2

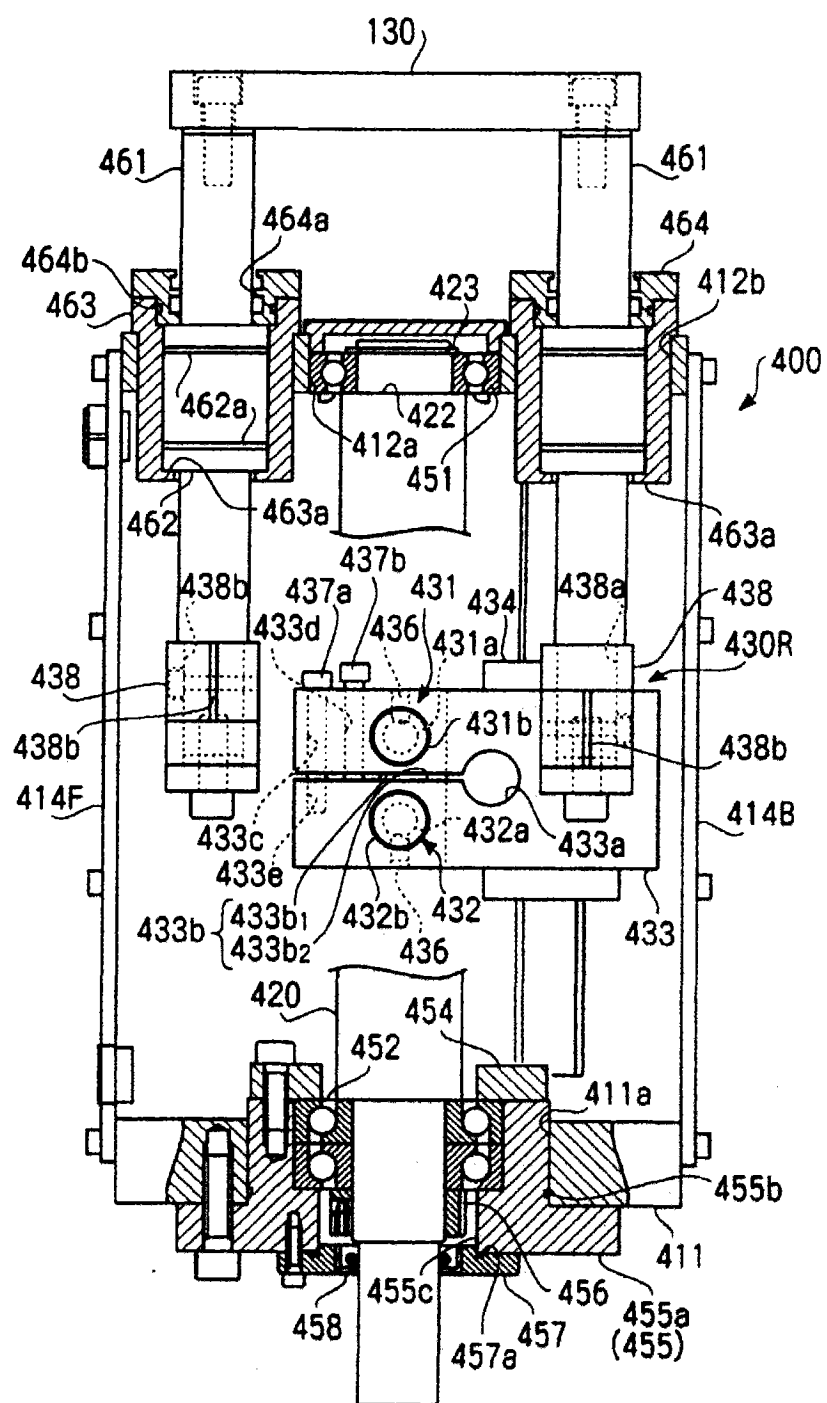


图 3

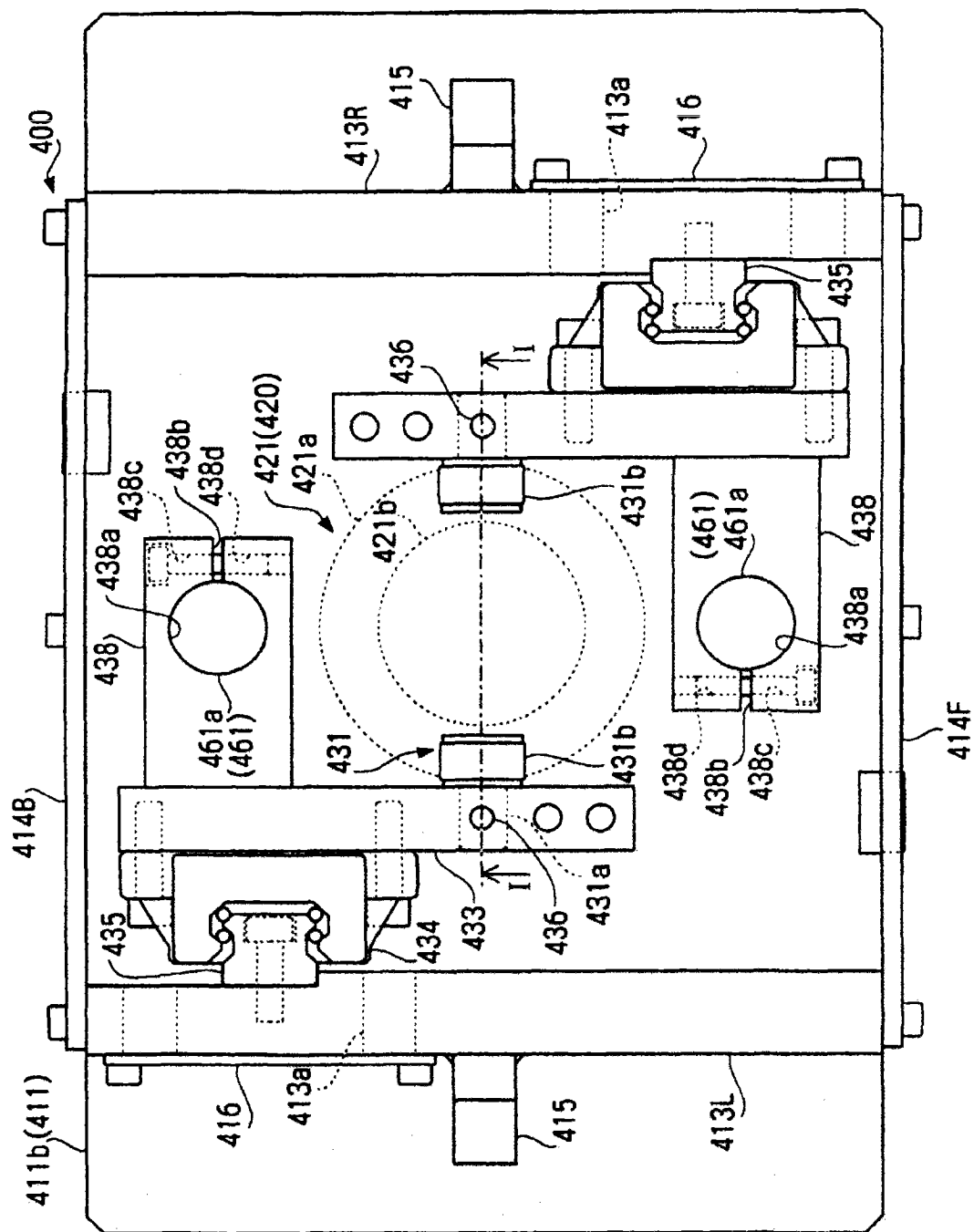


图 4

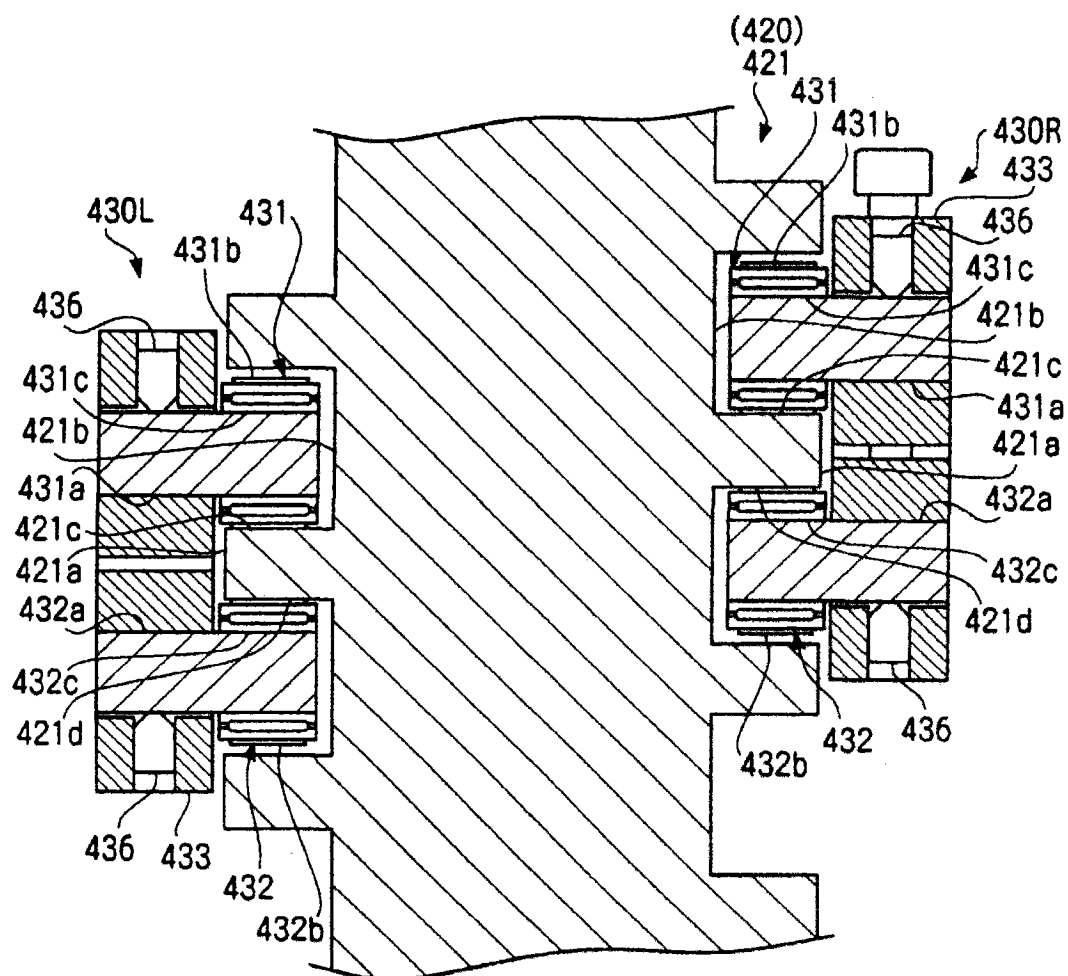


图 5

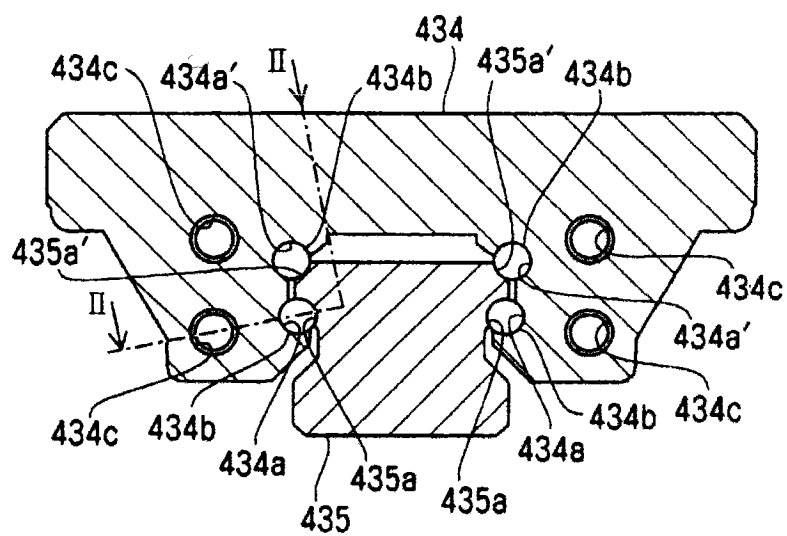


图 6

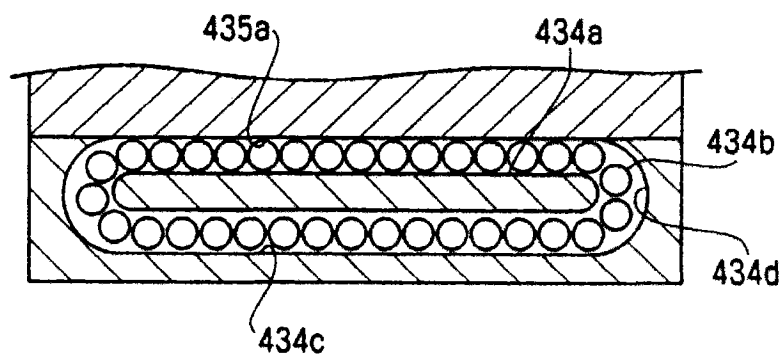


图 7

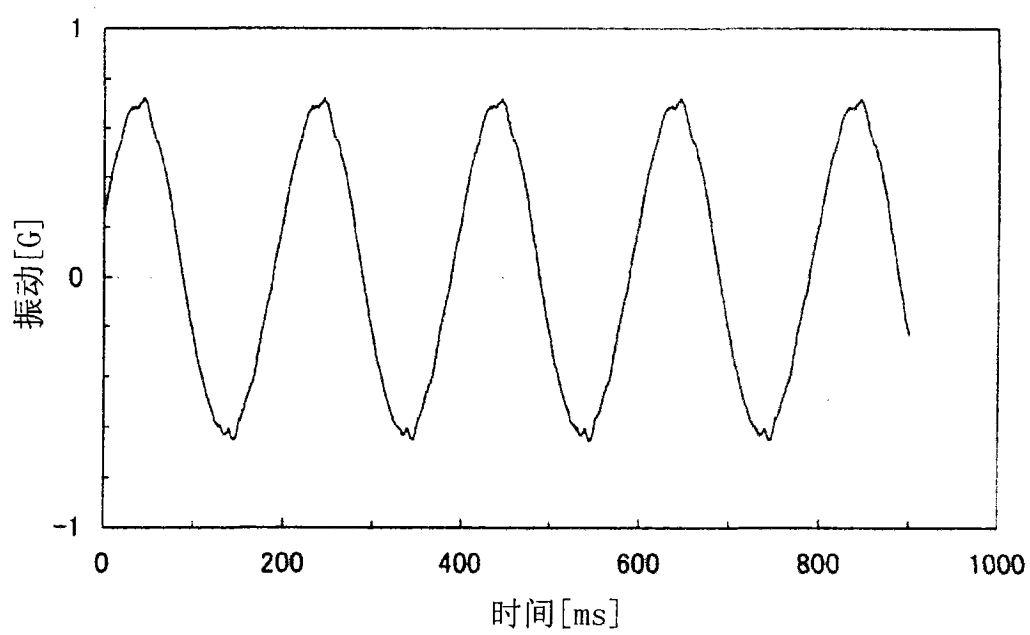


图 8

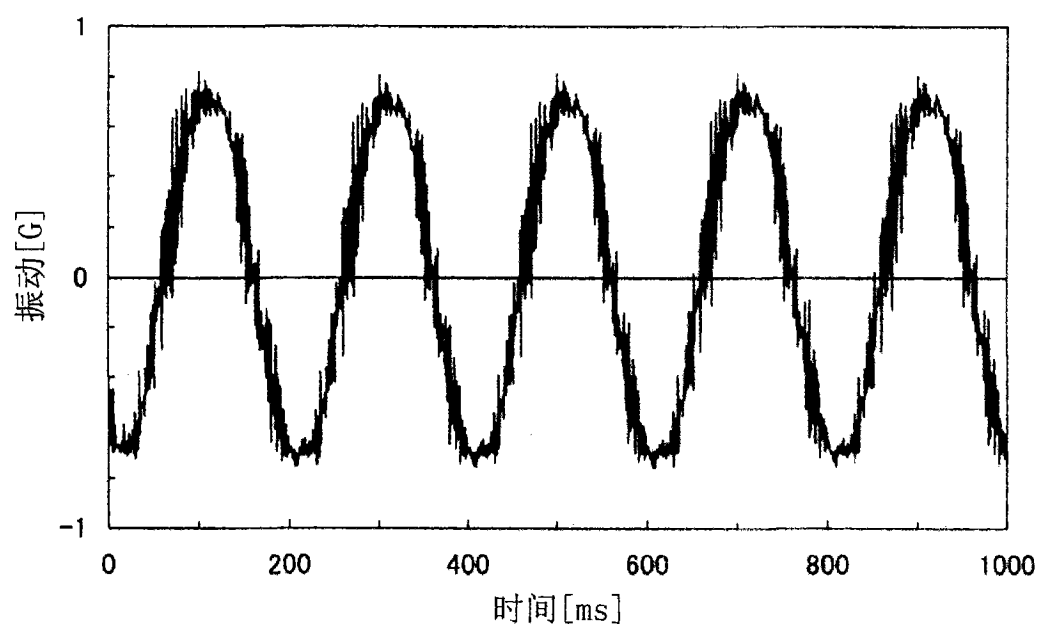


图 9