

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710149029.6

[51] Int. Cl.

G10C 3/00 (2006.01)

G10C 3/12 (2006.01)

G10B 3/12 (2006.01)

G10H 1/36 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年8月26日

[11] 授权公告号 CN 100533545C

[22] 申请日 2007.9.4

[21] 申请号 200710149029.6

[30] 优先权

[32] 2006.9.6 [33] JP [31] 241791/06

[73] 专利权人 雅马哈株式会社

地址 日本静冈县

[72] 发明人 林好典 铃木秀雄

[56] 参考文献

US4273017A 1981.6.16

US2003/0183066A1 2003.10.2

CN1750111A 2006.3.22

CN2085545U 1991.9.25

CN2036694U 1989.4.26

JP2004-117975A 2004.4.15

JP4-204697A 1992.7.27

审查员 张 陟

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 葛 青

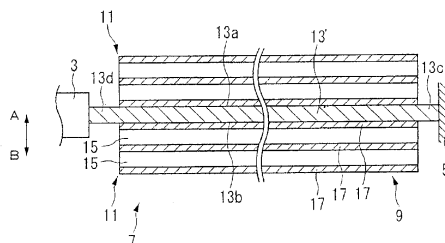
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 8 页

[54] 发明名称

琴键作动装置和琴键作动控制系统

[57] 摘要

为了实现小而且轻的用于作动琴键的琴键作动装置，该琴键是相对于框架被可转动地支承的，本发明提供一种琴键作动系统(7)，其包括聚合物换能器(9)，该换能器用于通过使用该换能器的变形来可转动地移动琴键(3)，其中被实质上形成为板状的所述换能器包括：聚合物膜(15)，其为绝缘体且由可弹性变形的聚合物材料制成；以及一对电极(17)，其被布置于聚合物膜的两侧表面，在电压的施加于所述一对电极上时，聚合物膜由于所述一对电极之间引起的静电吸引而弹性变形并沿着表面方向延伸；电压的施加被停止时，所述聚合物膜由于它本身的弹力而沿表面方向收缩。



1、一种琴键作动装置，其能使相对于框架被可转动地支承的琴键作动，该琴键作动装置包括聚合物换能器，用于通过使用聚合物换能器的变形来可转动地移动琴键，其中

聚合物换能器形成为平板状且包括：

聚合物膜，其是绝缘的并由可弹性变形的聚合物材料制成；及  
一对电极，布置在聚合物膜的两侧表面；及

在电压的施加于所述一对电极上时，聚合物膜由于所述一对电极之间引起的静电吸引而弹性变形并沿着表面方向延伸；电压的施加被停止时，所述聚合物膜由于它本身的弹力而沿表面方向收缩。

2、如权利要求1所述的琴键作动装置，进一步包括：

平板状构件，具有比聚合物膜的弹性更高的弹性，其中  
该聚合物换能器形成为层叠体，该层叠体包括聚合物膜和电极；及  
该层叠体被固定于所述平板状构件的前表面和后表面中的至少一个上。

3、一种琴键作动装置，其能使相对于框架被可转动地支承的琴键作动，该琴键作动装置包括聚合物换能器，用于通过使用聚合物换能器的变形来可转动地移动琴键，其中

该聚合物换能器被形成为圆柱状且包括：

聚合物膜，其是绝缘的并由可弹性变形的聚合物材料制成；及  
一对电极，在聚合物薄膜位于一对电极之间时，其中一个电极面向另一个电极，所述其中一个电极被布置在圆柱状地形成的聚合物膜的内表面上，及另一个电极被布置在圆柱状地形成的聚合物膜的外表面上且覆盖了外侧周边的一部分；及

在电压的施加于所述一对电极上时，聚合物膜由于所述一对电极之间引起的静电吸引而弹性变形并沿着表面方向延伸；电压的施加被停止时，所述聚合物膜由于它本身的弹力而沿表面方向收缩。

4、一种琴键作动控制系统，包括：

如权利要求1所述的琴键作动装置；  
位置检测单元，检测可转动地移动中的琴键的位置；  
控制单元，通过控制电极之间的施加电压来使琴键作动，以便当位置检

测单元检测到由于手动操作而产生的琴键的可转动移动时，在琴键的可转动移动操作的相反方向上造成换能器的反作用力。

5、如权利要求4所述的琴键作动控制系统，其中位置检测单元包括：

所述琴键作动装置的聚合物换能器；及  
测量电极之间的电容的电容测量部，且  
控制单元基于测得的电容控制电极之间的施加电压。

## 琴键作动装置和琴键作动控制系统

### 技术领域

本发明涉及一种琴键作动装置和琴键作动控制系统。

本申请要求 2006 年 9 月 6 日提交的日本专利申请 No.2006-241791 的优先权，其内容在此引入作为参考。

### 背景技术

通常，例如声学钢琴这样的自然键盘乐器具有这样一种结构，其中，例如，当推动琴键时，通过用可旋转移动的弦槌敲击琴弦而产生自然的声音。这样的自然键盘乐器具有在琴键和弦槌之间的击弦机。击弦机经由琴键对演奏者作用特殊的反作用力（琴键的制动力）。换句话说，说自然键盘乐器具有其自身的琴键触感。

另一方面，诸如能产生电声的电键盘（electric keyboard）这样的常规的电键盘乐器具有用于使琴键返回初始位置的弹簧。常规的电键盘乐器具有这样的结构，其中演奏者操作琴键，同时在推动琴键时要抵抗弹簧的反作用力。因此，电键盘乐器的琴键的阻力通过使用弹簧的简单返回力获得且与自然键盘乐器的琴键的阻力有很大不同。

现有技术（例如，专利文献 1（日本未审查专利申请，第一次公开号 No.H04-204697）和专利文献 2（日本已审查专利申请，第二次公开号 No.H07-111631））的目的是，即使使用电键盘乐器也可以获得与具有击弦机的自然键盘乐器相同的琴键阻力。在现有技术中，提出了一种琴键作动装置，其能够通过作动琴键而在琴键上施加抵抗推力的反作用力。在现有技术中，使用一种琴键作动装置，其是螺线管式的电磁作动器。除了施加反作用力的功能外，现有技术中的键盘乐器具有自动演奏功能，其中根据与构成音乐的一系列声音相应的操作信息、通过琴键作动装置来操作琴键。

在专利文献 1 和 2 中，琴键作动装置具有螺线管式的电磁作动器。因此，具有琴键作动装置大而且重的问题。这个问题特别的重要，因为如电键盘这样的电键盘乐器具有关于便携性的强烈要求。

## 发明内容

本发明的构思是为了解决上述问题，且具有的目的是提供一种小而且轻的琴键作动装置和包括琴键作动装置的琴键作动控制系统。

为了解决上述问题，例如，本发明具有以下方面。

第一方面是一种琴键作动装置，其能使相对于框架被可转动地支承的琴键作动，该琴键作动装置包括聚合物换能器，用于通过使用聚合物换能器的变形来可转动地移动琴键，其中聚合物换能器实质上形成为平板状且包括：聚合物膜，其是绝缘的并由可弹性变形的聚合物材料制成；及一对电极，布置在聚合物膜的两侧表面；及在电压的施加于所述一对电极上时，聚合物膜由于所述一对电极之间引起的静电吸引而弹性变形并沿着表面方向延伸；电压的施加被停止时，所述聚合物膜由于它本身的弹力而沿表面方向收缩。

通过使用上述的第一方面的琴键作动装置，如果电压被施加于起初没有施加电压的一对电极上，则聚合物换能器由于电极之间引起的静电吸引而弹性变形，而聚合物膜沿着表面方向延伸。另一方面，如果电压的施加被停止，则聚合物膜由于它本身的弹力而沿表面方向收缩。

聚合物换能器由于聚合物膜的延伸和收缩而变形或弯曲，而琴键由于这种聚合物换能器的变形和弯曲而被可转动地移动。就是说，通过使用上述琴键作动装置，可以相应于一对电极之间施加的电压的状态可转动地移动琴键。应该注意的是，用以可转动地移动琴键的作动力因一对电极之间引起的静电吸引、聚合物薄膜的弹力等而产生。

第二方面优选地是上述的琴键作动装置，进一步包括：层叠体，包括聚合物膜和电极；及平板状构件，具有比聚合物膜的弹性更高的弹性，其中层叠体被固定于平板状构件的前表面和后表面中的至少一个上。

通过使用上述的第二方面的琴键作动装置，即使聚合物薄膜具有低的弹性模量也可以保持聚合物换能器的形状，因为层叠体被固定到具有比聚合物膜的弹性模量更高的弹性模量的板状构件上。

而且，如果层叠体的电极之间施加的电压的状态被改变，其中层叠体被布置于板状构件的前侧和后侧中的一个上，则只有板状构件的前表面沿表面方向随着聚合物膜的延伸和收缩而一起延伸和收缩。换句话说，板状构件变形。因此，可以可靠地引起聚合物换能器的变形。

第三方面优选地是上述的琴键作动装置，其中聚合物膜被形成为圆柱

状，在聚合物薄膜位于一对电极之间时，其中一个电极面向另一个电极，所述其中一个电极被布置在圆柱状地形成的聚合物膜的内表面上，及另一个电极被布置在圆柱状地形成的聚合物膜的外表面上且覆盖了外侧周边的一部分。

通过使用上述的第三方面的琴键作动装置，如果一对相对电极之间施加的电压的状态改变，其中这对相对电极被布置为覆盖聚合物膜的圆形边缘的一部分（例如，如图8所示，一个电极沿长度方向覆盖圆柱状聚合物膜的一部分外表面，以便覆盖该聚合物膜的圆形截面的一部分外侧边缘，而另一电极被布置于圆柱状膜的中心孔），则只有聚合物膜的一部分圆形边缘（例如，图8中沿着箭头C方向的曲线）变形。因此，可以可靠地在形成为圆柱状的聚合物换能器上引起变形。

第四方面优选地是一种琴键作动控制系统，包括：上述的琴键作动装置；位置检测单元，检测可转动地移动中的琴键的位置；控制单元，通过控制电极之间的施加电压来使琴键作动，以便当位置检测单元检测到由于手动操作而产生的琴键的可转动移动时，在琴键的可转动移动操作的相反方向上造成换能器的反作用力。

通过使用上述的第四方面的琴键作动控制系统，如果检测到通过演奏者手指（琴键上的推动操作）作用于琴键的可转动移动操作，则琴键被作动以便通过换能器沿与琴键推动方向相反的方向可转动地移动琴键，施加逆着琴键的推动操作的反作用力。因此，甚至通过使用电子键盘乐器，也可以获得与配备有击弦机的自然键盘乐器相同的阻力。

而且，依照施加于一对电极之间的电压来控制反作用力。因此，可以精确地控制反作用力。

第五方面优选地是上述的琴键作动控制系统，其中位置检测单元包括：聚合物换能器；及测量电极之间电容的电容测量部，且控制单元基于测得的电容控制电极之间的施加电压。

在上述的琴键作动控制系统中，当琴键可转动地移动时，聚合物换能器变形且一对电极之间的间隔改变，因为聚合物膜沿表面方向的延伸或收缩。正作可转动移动的琴键的位置和电极间的间隔之间具有一定的关系。因此，可以检测可转动地移动的琴键的位置。

依照上述第一方面，可以通过使用具有简单结构的聚合物换能器可以使

琴键作动，在该换能器中一对电极布置于聚合物膜的两个表面。因此，可以提供具有琴键作动装置的小而且轻的电子键盘乐器。

而且，与常规的产品相比，因为琴键作动装置由具有简单结构的聚合物换能器构成，所以用以作动琴键的琴键作动装置的结构是简单的且可以容易地降低生产琴键作动装置的成本。

依照上述的第二方面和第三方面，可以可靠地引起聚合物换能器的变形。

依照上述的第四方面，可以依照施加于一对电极之间的电压来控制逆着琴键推动操作的反作用力。因此可以精确地控制反作用力，且甚至在演奏电子键盘乐器时也可以获得与自然键盘乐器相同的阻力。

依照上述的第五方面，同一个聚合物换能器即具有琴键作动装置的功能又具有位置检测单元的功能。因此，可以减少琴键作动控制系统的构成元件的数量，且进一步降低生产琴键作动控制系统的成本。

#### 附图说明

图 1 是示出本发明一实施例的琴键作动控制系统结构的结构简图。

图 2 是构成图 1 所示的琴键作动系统的聚合物换能器的截面简图。

图 3 是构成图 2 所示的聚合物换能器的聚合物膜截面图、作动控制电路和电容测量部分视图。

图 4 是图 3 所示聚合物膜的截面简图，电压施加于该聚合物膜。

图 5 是示出构成图 1 所示的琴键作动控制系统的电容测量部分的具体例子的结构简图。

图 6 是通过使用图 1 所示的琴键作动控制系统的琴键作动控制的流程图。

图 7 是示出本发明另一实施例的琴键作动系统的聚合物膜的结构简图。

图 8 是示出本发明另一实施例的琴键作动系统的聚合物换能器的结构简图。

图 9 是示出本发明另一实施例的琴键作动控制系统的电容测量部分的具体例子的结构简图。

图 10 是示出本发明另一实施例的琴键作动控制系统结构的结构简图。

图 11 是示出本发明另一实施例的琴键作动控制系统结构的结构简图。

图 12 是示出本发明另一实施例的琴键作动控制系统结构的结构简图。

图 13 是示出本发明另一实施例的琴键作动控制系统结构的结构简图。

### 具体实施例

以下,参考图 1-6,对本发明的一实施例的琴键予以说明。如图 1 所示,琴键作动控制系统 1 具有当演奏者手动演奏键盘乐器时施加反作用力的功能。键盘作动控制系统 1 分别连接到键盘乐器的琴键 3 上。

键盘乐器的琴键 3 的后侧 3b 经由聚合物换能器 9 连接到框架 5 并在特定角度范围内绕一轴线可转动地移动。琴键 3 连接到框架 5 以便通过使聚合物换能器 9 变形、使琴键 3 靠着框架 5 沿方向 A 和 B 可转动地移动或枢转。而且,弹簧连接到琴键 3 以通过沿箭头 A 方向对琴键 3 施加力而使琴键 3 返回初始位置。应该注意的是,可以通过使用聚合物换能器 9 的返回力使琴键 3 返回初始位置。

换句话说,键盘乐器具有这样的结构:根据演奏者而在其中产生声音,演奏者推动琴键 3 的前侧 3a 的表面以使琴键 3 沿与方向 A 相反的方向(即,方向 B)可转动地移动。

琴键作动控制系统 1 具有琴键作动装置 7,用于沿可转动移动的方向作动琴键 3。如图 2 所示,琴键作动装置 7 由聚合物换能器 9 构成,通过将聚合物膜(层叠体)11 固定于板状构件 13 的前侧表面 13a 和后侧表面 13b 两者上而制成该换能器 9。

板状构件 13 例如由不锈钢板制成且被构成为可以被弹性变形弯曲。板状构件 13 具有沿表面方向的两个端部 13c 和 13d。端部 13c 被固定到键盘乐器的框架 5,而端部 13d 被固定到琴键 3。应该注意的是,板状构件 13 的弹性模量高于后文所述的弹性体膜(聚合物膜)15 的弹性模量,该弹性体膜 15 构成聚合物膜 11。

聚合物膜 11 通过交替层叠电极 17 和弹性体膜 15 形成为大致板状形状,其形成方式为:一对电极 17 布置于弹性体膜(聚合物膜)15 的两表面上,该弹性体膜(聚合物膜)15 为绝缘体,经弹性变形(可弹性变形)且由聚合物材料制成。

弹性体膜 15 例如由诸如硅树脂和丙烯酸聚合物这样的聚合物材料成形而获得,通过使用旋转涂覆机(spin-coater)其具有大体为 50 μm 的厚度。

而且,电极 17 例如由通过在弹性体膜 15 的两表面上喷射包括碳微粒的溶剂而形成。

如图 3 所示,作动控制电路 19 连接到聚合物膜 11,该作动控制电路 19 在与弹性体膜 15 结合的一对电极 17 之间施加电压。作动控制电路 19 操作,以便在一对电极 17 之间实现施加电压和不施加电压两种状态之间的切换。

当没有电压施加于一对电极 17 之间时,由上述方式构成的聚合物膜 11 处于初始状态,在这种状态下弹性体膜 15 沿它的表面方向收缩。在该初始状态下,如图 4 所示,如果电压施加于一对电极 17 之间,则因为弹性体膜 15 由于一对电极 17 之间的静电吸引而沿厚度方向受到挤压,所以弹性体膜 15 弹性地变形并沿表面方向延伸。而且,在这种延伸状态下,如图 3 所示,如果施加在一对电极 17 之间的电压停止,则弹性体膜 15 沿表面方向收缩,也就是说,弹性体膜 15 回到了初始状态。

应该注意的是,如果施加于一对电极 17 之间的电压较大,则上述弹性体膜 15 沿表面方向的延伸量也较大。而且,聚合物膜 11 具有这样的特性:聚合物膜 11 对于一对电极 17 之间电压的施加和停止之间的切换相应的延伸和收缩具有快响应速度。

如图 2 所示,具有上述结构的聚合物膜 11 被固定于板状构件 13 的前侧表面 13a 和/或后侧表面 13b 上同时是电绝缘的。应该注意的是,如图中所述的例子,可以将聚合物膜 11 固定到被形成为平板状的板状构件 13 上。而且,可以预先将板状构件 13 形成为弯曲形状并将聚合物膜 11 固定到板状构件 13 上。此外,可以以弹性体膜 15 沿从边缘 13c 到端部 13d 的方向弹性延伸的方式将聚合物膜 11 固定到前侧表面 13a 和后侧表面 13b 两者之一上。

关于具有上述结构的聚合物换能器 9,例如,如果电压只施加于布置在板状构件 13 后侧表面 13b 上的一对电极 17 之间,则只有板状构件 13 的后侧表面 13b 随着弹性体膜 15 的延伸而沿着表面方向延伸。因此,在板状构件 13 上产生弹性变形,且端部 13d 相对于板状构件 13 的端部 13c 沿方向 A 可转动地移动。当施加于电极 17 之间的电压停止时,板状构件 13 的端部 13d 由于弹性体膜 15 和板状构件 13 的弹力而沿方向 B 可转动地移动。

而且,例如,如果电压只施加于布置在板状构件 13 前侧表面 13a 的一对电极 17 之间,则只有板状构件 13 的前侧表面 13a 随着弹性体膜 15 的延伸而沿着表面方向延伸。因此,板状构件 13 上产生变形,且端部 13d 相对

于板状构件 13 的端部 13c 沿方向 B 可转动地移动。当施加于电极 17 之间的电压停止时，板状构件 13 的端部 13d 由于弹性体膜 15 和板状构件 13 的弹力而沿方向 A 可转动地移动。

换句话说，聚合物换能器 9 具有这样的结构：聚合物换能器 9 根据弹性体膜 15 的延伸和收缩而变形，所述延伸和收缩是响应一对电极 17 之间施加的电压的切换而引起的。这种变形可以使琴键 3 沿方向 A 和方向 B 可转动地移动。应该注意的是，如果施加于电极 17 之间的电压较大，则用于可转动移动琴键 3 的作动力也较大。而且，如果施加于电极 17 之间的电压较小，则用于可转动移动琴键 3 的作动力也较小。

而且，如图 1 和 3 所示，琴键作动控制系统具有电容测量部分 21，用以测量一对电极 17 之间的电容。

例如，如图 5 所示，电容测量部分 21 这样构成，其包括：产生 100kHz 交流电流的振荡器 23；只能通过 100kHz 电流的带通滤波器 25；串联到一对电极 17 上的电抗 27；以及电压测量部分 29，其当交流电流施加于电抗 27 时测量电抗 27 的电压。应该注意的是，一对上述电极 17 连接到用于施加电压的作动控制电路 19。为了防止由于振荡器 23 的交流电流而对作动控制电路 19 的操作造成的负面影响，在作动控制电路 19 和一对电极 17 之间设置能消除 100kHz 交流电流的线圈 31。而且，通过使用带通滤波器 25，可防止作动控制电路 19 的电流施加到电容测量部分 21 内部的电路。

换句话说，电容测量部分 21 被构成为测量一对电极 17 之间的电容作为电压。

如上所述，聚合物换能器 9 响应琴键 3 的可转动移动而变形。当聚合物换能器 9 变形时，由于弹性体膜 15 沿表面方向延伸或收缩，所以一对电极 17 之间的间隙被改变。因此，正作可转动移动的琴键 3 的位置与一对电极 17 间的间隙之间存在一定关系，且可以根据使用电容测量部分 21 得到的电极 17 之间的电容测量结果来检测正作可转动移动的琴键 3 的位置。也就是说，用于检测可转动移动琴键 3 的位置的位置检测单元 33 由聚合物换能器 9 和电容测量部分 21 构成。

而且，如图 1 所示，琴键作动系统 1 包括：存储器 35，用以记录位置检测单元 33 的检测结果和存储通过使琴键 3 的阻力模式化而获得的多个阻力表；及阻力选择器 37，用于选择存储在存储器 35 中的阻力表。

在每一个阻力表中，琴键3的可转动移动操作与施加到琴键3的反作用力对应。存储在阻力表中的反作用力相关于聚合物换能器9和弹簧的弹力来确定和设置。在这里，由作动控制电路19基于琴键3的位置来计算出琴键3的速度、琴键3的加速度等表示琴键3的可转动移动操作。

反作用力被设置在阻力表中，以便获得诸如声学钢琴和管风琴这样的自然键盘乐器的阻力，除了上述阻力表，应该注意的是可以提供各种类型的阻力表，如设置施加到琴键的较小的反作用力的表。

应该注意的是，阻力选择器37选择对应于琴键3的阻力表。换句话说，例如，如果两个或者更多的演奏者同时演奏同一个键盘乐器，就是说，例如，四只手，则可以通过使用阻力选择器37、根据每一个演奏者的喜好选择适当的阻力表。

而且，上述作动控制电路19以这样的方式构成：当位置检测单元33检测到琴键3被手动地且可转动地移动时，作动控制电路19计算琴键3的可转动地移动操作，基于记录在预先确定的阻力表中与琴键3的可转动移动操作相对应的反作用力在聚合物换能器9中的电极17之间施加电压，以及控制所施加的电压以调整作动力至上述反作用力。

换句话说，上述作动电路19和存储器构成控制单元39，当位置检测单元33检测到琴键3的可转动移动时，该控制单元39基于正作可转动移动的琴键3的位置控制施加于电极17之间的电压，以便产生与琴键3的可转动移动操作方向相反的聚合物换能器的反作用力。应该注意的是，在本实施例中，控制单元39基于电容测量部分21测量的电容控制上述被施加的电压。

接下来，对如上述构成的琴键作动控制系统的操作进行说明。

首先，演奏者通过操作阻力选择器37选择表示优选阻力模式的阻力表。在这种状态下，如图6所示，控制单元39基于位置检测单元33的检测结果来检测琴键3是否手动地且可转动地沿方向B移动（琴键的推动操作）（步骤S1）。

如果在步骤S1检测到琴键被推动，则控制单元39基于正作可转动移动的琴键3的位置计算琴键3的可转动地移动操作，如速度和加速度（步骤S2）。接下来，控制单元39参考阻力表并计算适于琴键3的可转动移动操作的反作用力（步骤S3）。此后，控制单元39控制施加于聚合物换能器9的电极17之间的电压，以便调整依照作动控制电路19引起的琴键3的作动力，

以使其与上述的反作用力相同（步骤 S4）。琴键 3 因所施加的电压而沿方向 A 被作动。

步骤 S4 之后，基于位置检测单元 33 的检测结果，判断琴键上的手动推动操作是否结束（步骤 5）。这里，琴键上的推动操作的结束是通过检查琴键 3 是否已经回到初始位置来判断的，在推动操作之前琴键 3 处于该初始位置。如果在步骤 S5 确定琴键上的推动操作没有结束，则重复步骤 S2 的操作且继续琴键 3 的作动控制。如果在步骤 5 判断琴键上的推动操作已经结束，则通过琴键作动控制系统 1 的琴键 3 的作动控制完成。

应该注意的是，根据上述实施例可以获得较优的效果。

通过使用上述琴键作动控制系统 1 所包括的琴键作动装置 7，琴键 3 被聚合物换能器 9 作动，该聚合物换能器 9 具有一种简单的结构，其中一对电极 17 布置于弹性体膜 15 的两面。因此，可以使琴键作动装置 7 轻而小。

而且，琴键作动装置 7 由具有简单结构的聚合物换能器 9 构成。因此，与现有的琴键作动装置相比，可以将更简单的结构应用于琴键作动装置 7，且可以降低生产琴键作动装置 7 的生产成本。

而且，聚合物换能器 9 通过将聚合物膜 11 固定于板状构件 13 上而构成，其中板状构件 13 的弹性模量高于弹性体膜 15 的弹性模量。因此，即使弹性体膜 15 的弹性模量较低，也可以保持聚合物换能器 9 的形状。

而且，聚合物换能器 9 由聚合物膜 11 和板状构件 13 构成。因此，可以可靠地引起聚合物换能器 9 的变形。

而且，通过使用上述的琴键作动控制系统 1，当检测到琴键上的推动操作时，琴键 3 被聚合物换能器 9 作动，以便沿与推动方向（方向 B）相反的方向（方向 A）可转动地移动，以及施加与在琴键上的推动操作相反的反作用力。因此，甚至通过使用电子键盘乐器，也可以获得与设置有击弦机的自然键盘乐器相同的触感。

而且，依照电极 17 之间施加的电压，对与琴键上的推动操作相反的反作用力进行控制。因此，可以准确地控制反作用力，甚至当演奏电子键盘乐器时也可以获得与自然键盘乐器相同的触感。

而且，同一个聚合物换能器 9 具有琴键作动装置 7 和位置检测单元 33 两种功能。因此，可以减少琴键作动控制系统 1 的构成元件的数量和进一步降低生产琴键作动控制系统 1 的成本。

而且，依照上述琴键作动控制系统 1，可以通过使用阻力选择器 37 选择各种类型的阻力表。因此，例如，从不能以足够的力量操作琴键的儿童到熟练的演奏者，对于每个演奏者来说都可以在应用优选阻力的同时来演奏电子键盘乐器。

应该注意的是，上述实施例并非是一种限制而可以进行如下修改和改变。

应该注意的是，除了在手动操作时施加反作用之外，例如，还可以将上述实施例的琴键作动控制系统 1 用于自动操作。在该情况下，例如，可以将用于自动操作的音乐数据存储于储存器 35 中。这里，表示演奏信息的上述音乐数据包括构成音乐的一系列音乐声音。当进行自动演奏时，音乐数据被读取并输出到作动控制电路 19，且通过琴键作动装置 7、依照音乐来作动琴键。在该情况下，琴键作动装置 7 引起的琴键 3 的作动方向与琴键的推动方向（方向 B）相同。

在上面的描述中，构成聚合物换能器 9 的聚合物膜 11 被固定到板状构件 13 的前侧表面 13a 和后侧表面 13b。然而，不局限于此。根据被琴键作动装置 7 所作动的琴键 3 的方向，可以将聚合物膜 11 固定到板状构件 13 的前侧表面 13a 和后侧表面 13b 中的至少一个之上。

而且，在上述描述中，固定到板状构件 13 的前侧表面 13a 和/或后侧表面 13b 上的聚合物膜 11 可通过交替层叠多个弹性体膜 15 和多个电极 17 来构成。然而，并不局限于此。例如，如图 7 所示，聚合物膜（层叠体）41 可以通过在单元 43 之间布置由绝缘材料制成的绝缘膜 45 而构成，其中单元 43 是通过在一个弹性体膜 15 的两侧布置一对电极 17 而制成的。

而且，聚合物膜 11 和 41 的构成不局限于包括多个弹性体膜 15 和多个电极 17 的结构。聚合物膜 11 和 41 可以最少由一个两侧设置有一对电极 17 的弹性体膜 15 构成。应该注意的是，为了获得足够的力量用于使板状构件 13 变形和用于可转动地移动琴键 3，优选的是应用如上述实施例和构成所示的、包含多个弹性体膜 15 和电极 17 的结构。举具体例子来说，优选的是层叠 30-40 层弹性体膜 15。

而且，在上述实施例中，聚合物换能器 9 由聚合物膜 11 和板状构件 13 两者构成。然而，不局限于此。例如，如图 8 所示，聚合物换能器 51 可以只由聚合物膜 53 构成。至于聚合物膜 53，弹性体膜（聚合物膜）55 形成为

圆柱形，而作为阳极或阴极之一的电极 57 布置于弹性体膜 55 的整个内表面 55a 上。而且，作为电极 57 的相反端的多个（如图所示例子中为 3 个）电极 59A-59C 布置在外表面 55b 上。换句话说，作为阳极/阴极的电极 57 和作为电极 57 的相反端的电极 59A-59C 是对面的，同时弹性体膜 55 在宽度方向上处于两种电极之间。应该注意的是，作为电极 57 的相反端的电极 59A-59C 布置于外表面 55b 上以便获得沿弹性体膜 55 周缘方向的间隙。

至于具有上述构成的聚合物换能器 51，例如，如果在作为阳极/阴极的电极 57 和相反电极 59A 之间切换电压（在施加电压和停止施加电压之间的切换），则只有沿着弹性体膜 55 周缘的一部分延伸或收缩，其中该相反电极 59A 布置于沿弹性体膜 55 周缘的一部分上以便与电极 57 面对。因此，可以在形成为圆柱状的聚合物换能器 51 上引起沿方向 C 的变形。

至于具有上述结构的聚合物换能器 51，作为电极 57 的相反端的三个电极 59A-59C 被布置于外表面 55b 的周缘上，且三个电极 59A-59C 之间具有间隙。然而，应该注意的是并不局限于此。例如，可以设置作为电极 57 的相反端的两个电极，以将弹性体膜 55 置于电极 57 和所述两个电极之间，或可以只在弹性体膜 55 的周缘的一部分上设置作为电极 57 的相反端的一个电极。

而且，在上述结构中，电容测量部分 21 提供振荡器 23、带通滤波器 25、电抗 27 和电压测量部分 29。然而，不局限于此。可以应用任何其他结构，只要可以测量构成聚合物换能器 9 的一对电极 17 之间的电容即可。

例如，如图 9 所示，电容测量部分 61 可以具有这样的结构，包括：连接到一对电极 17 上的 LC 振荡器 63；和用于测量由 LC 振荡器 63 产生的频率的频率计数器 65。这里，LC 振荡器 63 被构成为产生谐振频率，其中该谐振频率是依照 LC 振荡器 63 内部设置的线圈的电感和一对电极 17 之间的电容而确定。在应用这个结构的情况下，一对电极 17 之间的电容根据正作可转动移动的琴键 3 的位置而改变。因此，可以基于通过使用频率计数器 65 测得的上述谐振频率来检测正作可转动移动的琴键 3 的位置。

而且，聚合物换能器 9 设置于琴键 3 和框架 5 之间，以便连接琴键 3 和框架 5。然而，不局限于此。可以将聚合物换能器 9 设置于任何一个位置，只要琴键 3 依照聚合物换能器 9 的变形而被可转动地移动即可。因此，例如，如图 10 所示，可以将聚合物换能器 71 设置为具有固定于框架 5 的一个端部

71a 和与琴键 3 的后侧接触的另一个端部 71b。在上述结构中，如图中的例子所示，可以相对于框架 5 可转动地连接琴键 3，同时具有作为支轴 F1 的后端 3b。另一方面，可以将琴键 3 的后端 3b 直接连接到框架 5，以便根据琴键 3 的后端 3b 的变形可转动地移动琴键 3。

应该注意的是，在应用这种结构的情况下，如果键盘乐器自动地操作，优选的是将聚合物换能器 71 的端部 71b 固定到琴键 3 的后侧表面上，因为需要通过使用聚合物换能器 71 沿方向 B 拉动琴键 3。

而且，在上述实施例中，琴键作动装置 7 和位置检测单元 33 两者都由同一聚合物换能器 9 构成。然而，并不局限于此。例如，如图 11 所示，可以通过应用聚合物换能器 9 和聚合物换能器 71 分别构成琴键作动装置 7 和位置检测单元 33。

换句话说，如图中的例子所示，可以在通过接触琴键 3 后侧表面的聚合物换能器 71 使琴键 3 可转动地移动的同时，通过使用将琴键 3 连接于框架 5 的聚合物换能器 9 来检测可转动移动的琴键 3 的位置。相反地，可以在通过使用聚合物换能器 71 来检测可转动地移动的琴键 3 的位置的同时，通过使用聚合物换能器 9 来作动琴键 3。

而且，在上述实施例中，位置检测单元 33 由聚合物换能器 9 和电容测量部分 21 构成。然而，并不局限于此，可以应用任何一种结构，只要可以测量正作可转动移动的琴键 3 的位置即可。因此，可以由诸如光学传感器、磁性 (magneto-metric) 传感器和应变计构成位置检测单元 33。

如果使用应变计，例如，如图 12 所示，则可以将应变计 (位置检测单元) 81 固定于将琴键 3 连接到框架 5 的聚合物换能器 9 上。而且，例如，如图 13 所示，在琴键 3 的后端 3b 被直接固定到框架 5 以便根据琴键 3 的后端 3b 的变形使琴键 3 可转动地移动的情况下，可以将应变计 81 固定于琴键 3 的后端 3b。

虽然上文描述和说明了本发明的优选实施例，应该理解的是这些实施例是本发明的示范而不应视为限制。在不背离本发明的精神和范围内，可以进行增加、省略和代替等修改。据此，本发明不应视为受限于前面的描述，而仅由所附的权利要求的范围限制。

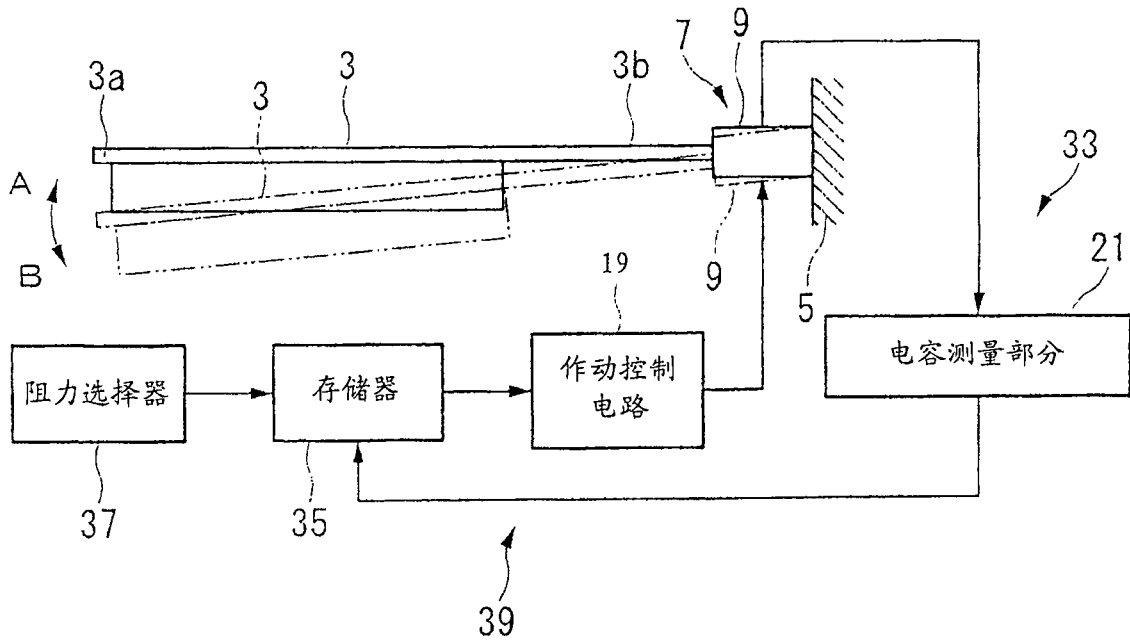


图 1

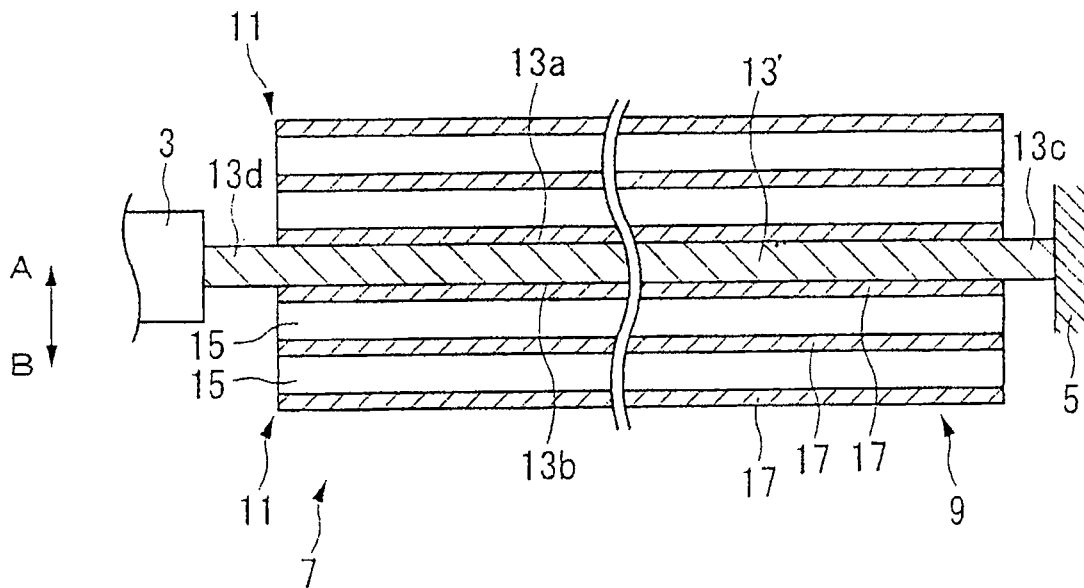


图 2

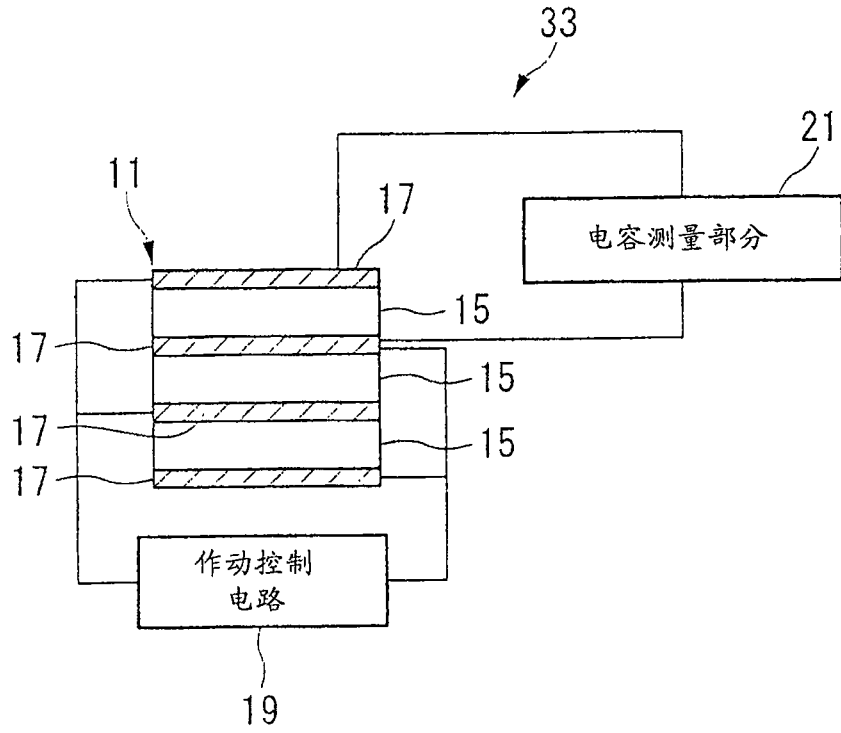


图 3

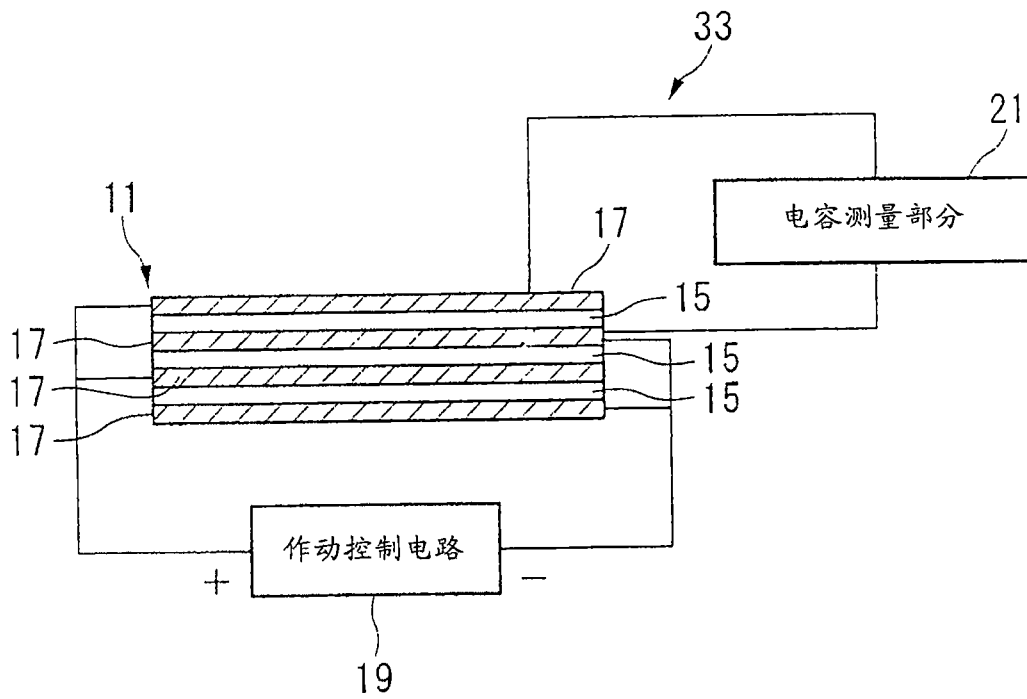


图 4

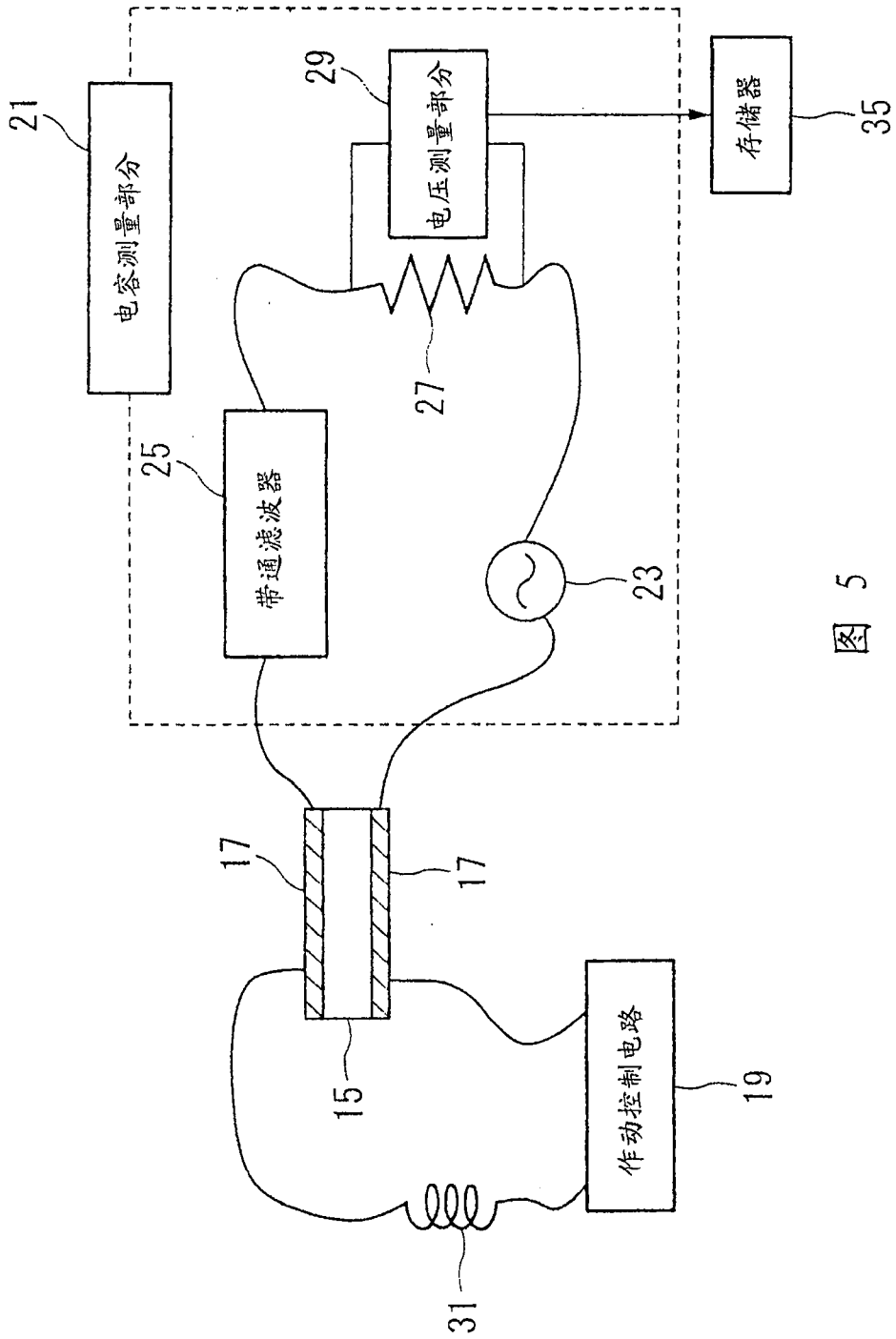


图 5

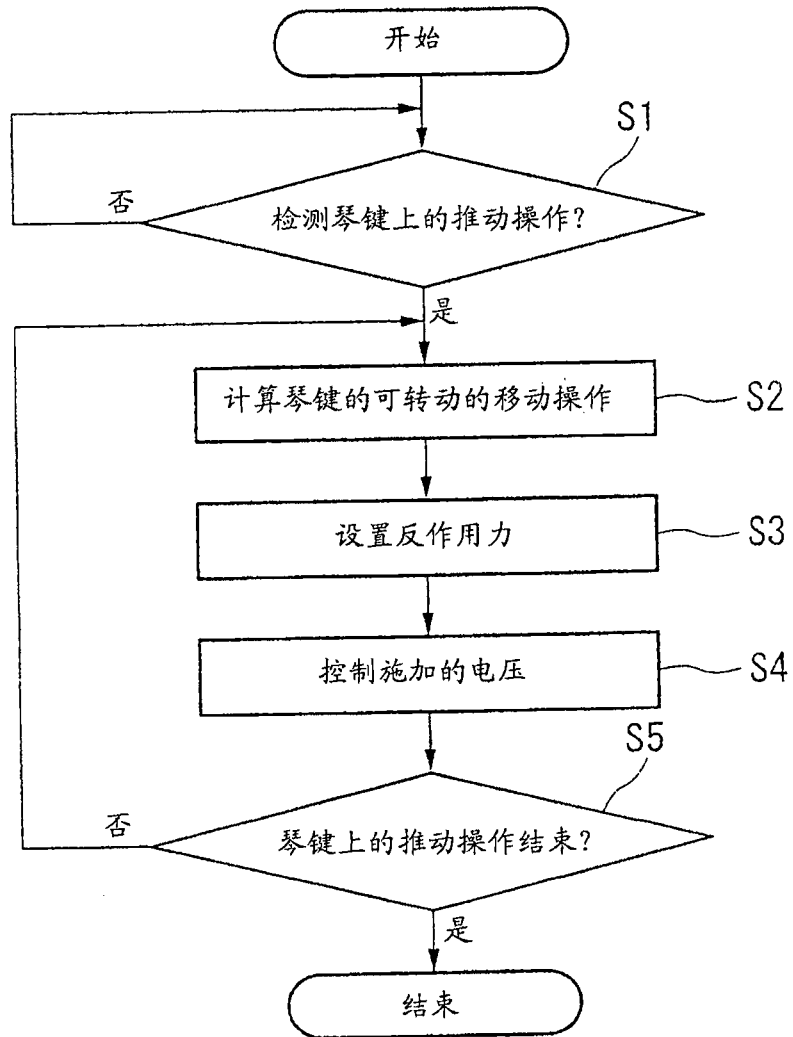


图 6

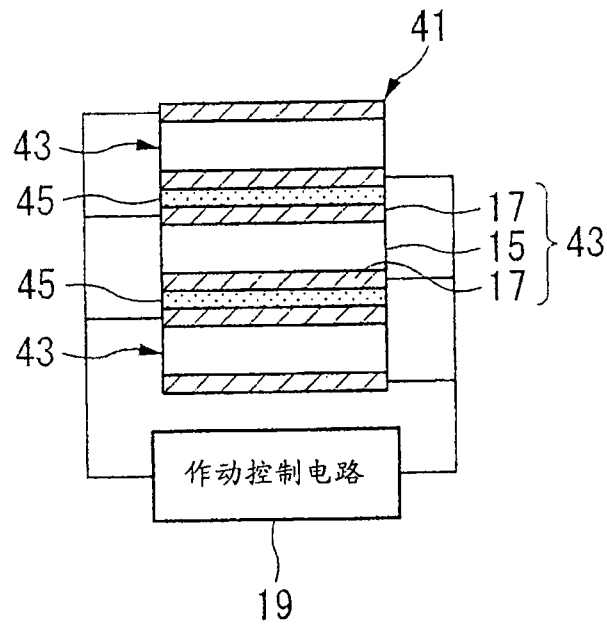


图 7

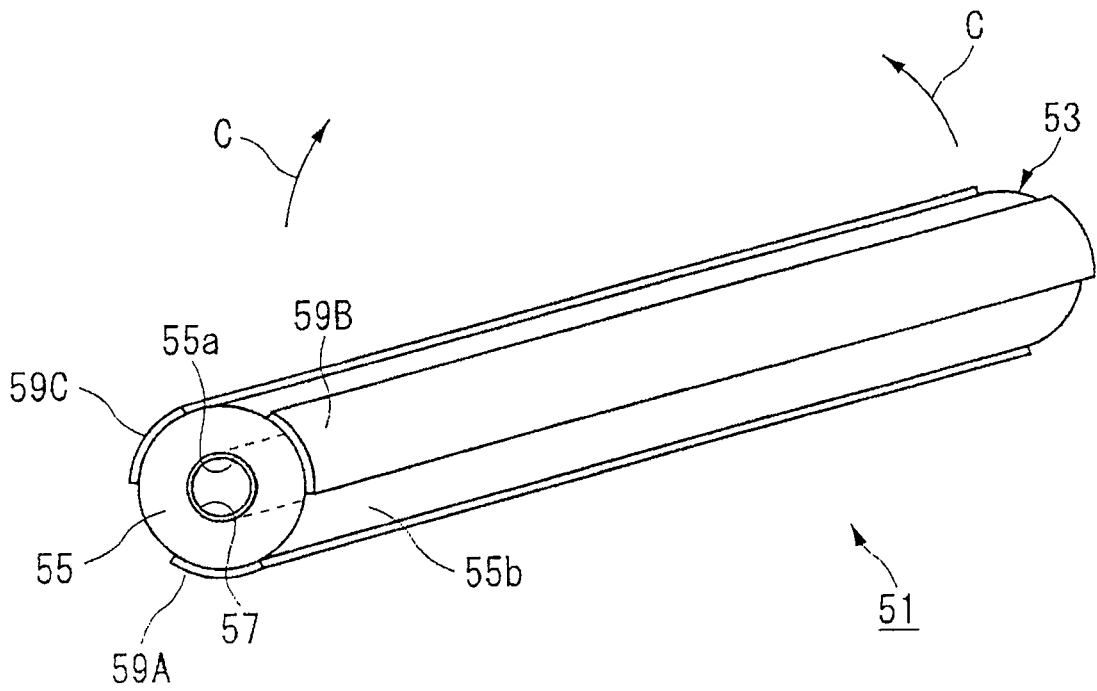


图 8

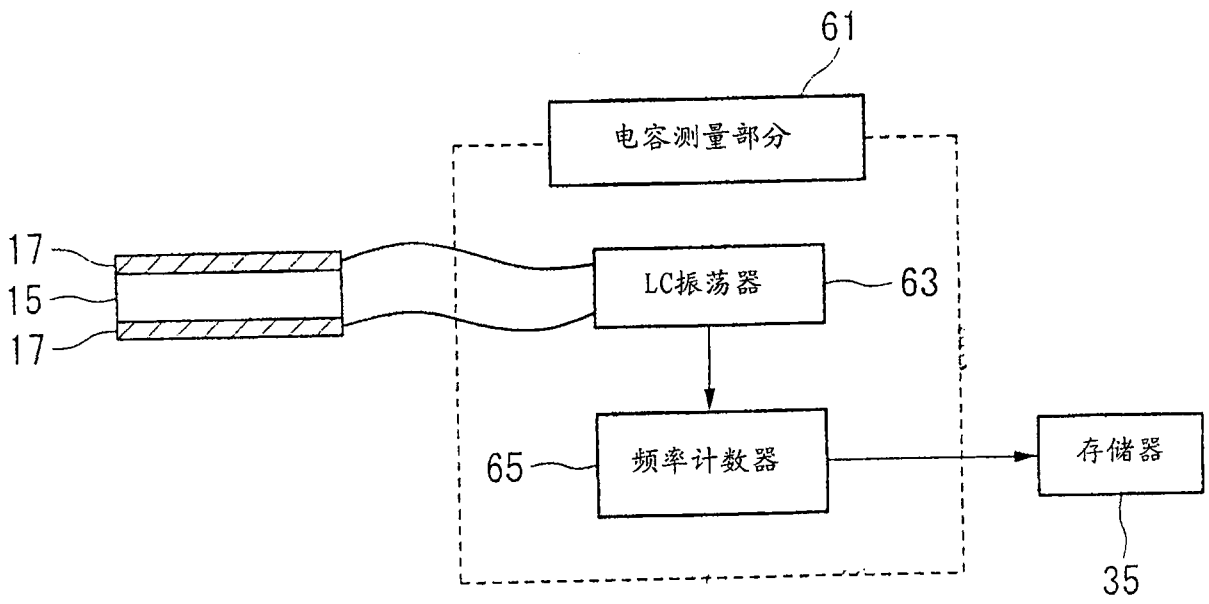


图 9

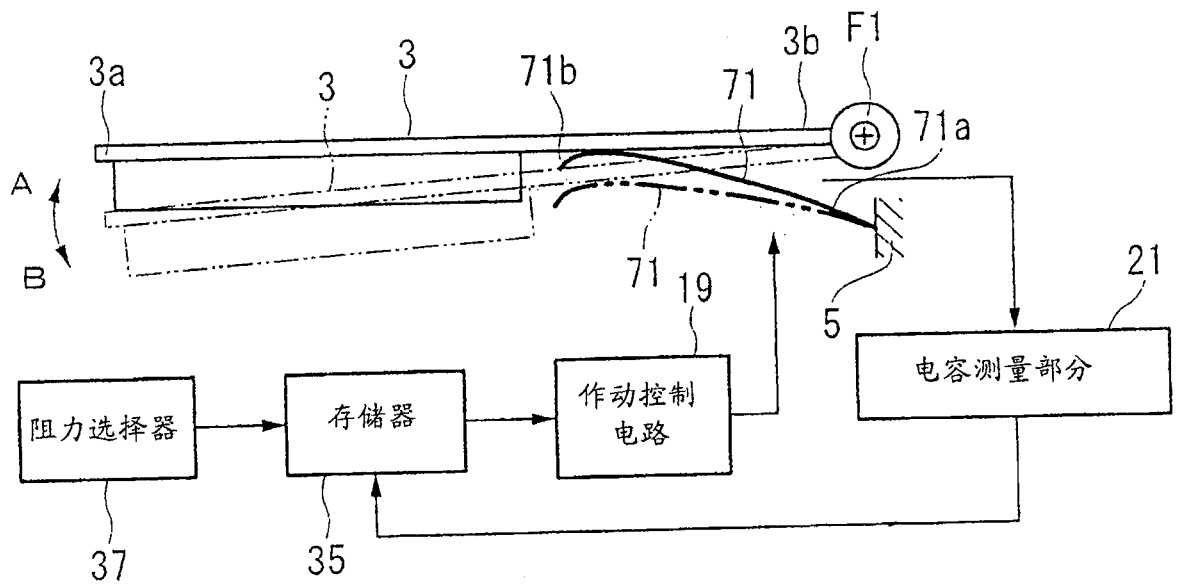


图 10

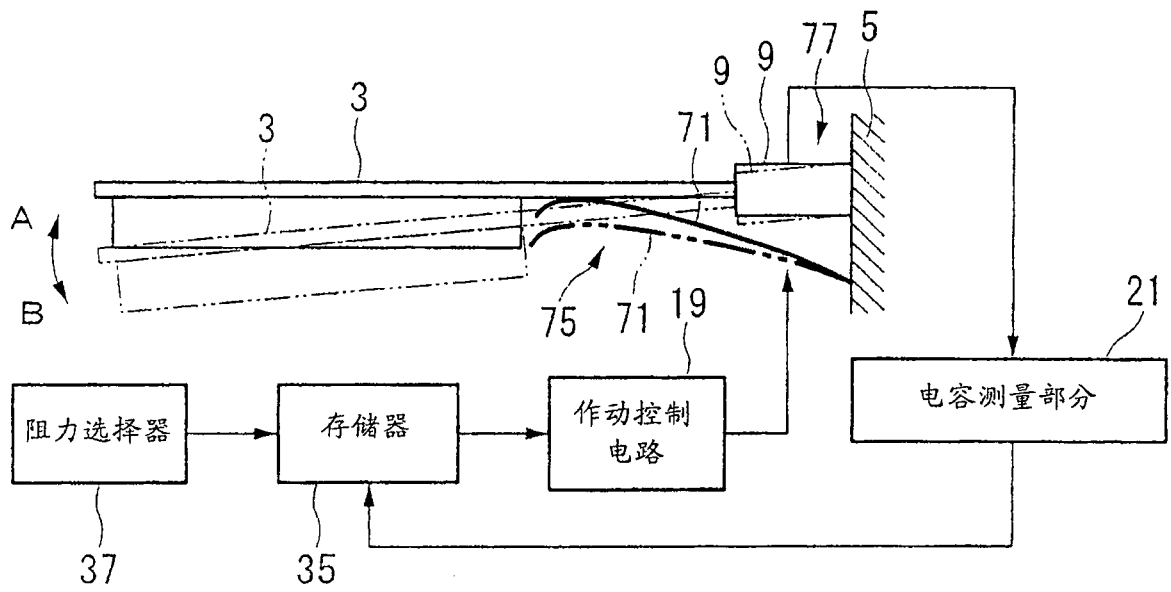


图 11

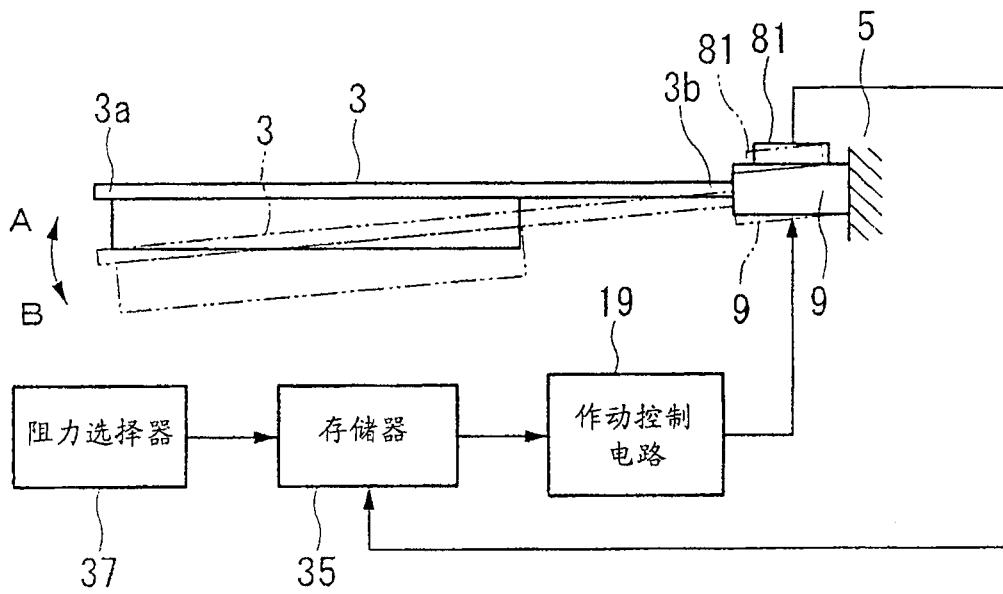


图 12

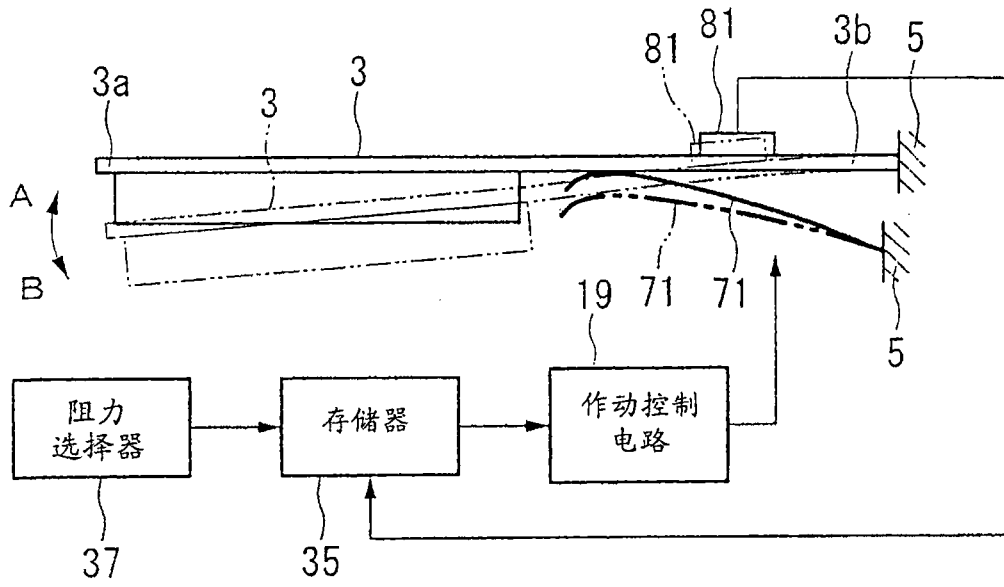


图 13