



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102804565 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 05

(21) 申请号 201080028467. 7

H02N 1/08 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 06. 10

H01L 41/113 (2006. 01)

(30) 优先权数据

0903020 2009. 06. 23 FR

(56) 对比文件

CN 1615400 A, 2005. 05. 11, 全文.

US 2007/0007770 A1, 2007. 01. 11, 全文.

EP 1819035 A2, 2007. 08. 15, 全文.

US 2008/0174059 A1, 2008. 07. 24, 全文.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 12. 23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/058185 2010. 06. 10

审查员 周大瑞

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/149503 FR 2010. 12. 29

(73) 专利权人 法国原子能源和替代能源委员会

地址 法国巴黎

(72) 发明人 吉斯朗·迪斯佩兹

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 梁挥 王颖

(51) Int. Cl.

H02K 35/02 (2006. 01)

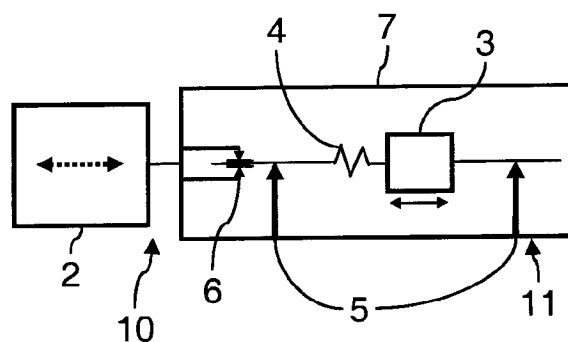
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

用于放大振动运动的微机械装置

(57) 摘要

本发明涉及一种用于放大振动运动的微机械装置 (11), 其包含: 接口 (7), 其用于将所述装置固定到振动元件上; 主体 (3), 安装该主体以相对于接口在至少一个自由度上移动; 弹簧 (4), 其适于在移动主体和接口之间施加回弹偏压; 用于根据所述自由度来检测接口的运动方向的元件; 用于将移动主体耦合至接口的元件 (6), 其被配置以当接口的运动方向与移动主体的运动方向相反时将移动主体 (3) 耦合至接口 (7), 并且被配置以在接口方向改变前当接口的运动方向与移动主体的运动方向相同时, 将移动主体从接口去耦合。



1. 一种用于放大振动运动的微机械装置 (11), 包含:
接口 (7), 用于将所述装置固定地结合至振动元件;
质量体 (3), 安装所述质量体以相对于所述接口在至少一个自由度上移动;
弹簧 (4), 其能在所述移动质量体和所述接口之间施加回弹力;
其特征在于, 所述微机械装置进一步包含:
用于根据所述自由度来检测所述接口运动方向的元件;
用于将所述移动质量体耦合至所述接口的耦合元件 (6), 其被配置为当所述接口的运动方向与所述移动质量体的运动方向相反时将所述移动质量体 (3) 耦合至所述接口 (7), 并且被配置为在所述接口方向改变前当所述接口的运动方向与所述移动质量体的运动方向相同时将所述移动质量体 (3) 从所述接口 (7) 去耦合。
2. 根据权利要求 1 所述的装置 (11), 其包含用于检测所述接口 (7) 的最大速度的元件, 并且其中所述耦合元件 (6) 被配置为当所述接口 (7) 达到其最大速度时将移动质量体 (3) 耦合至所述接口 (7)。
3. 根据权利要求 2 所述的装置 (11), 其中所述用于检测运动方向的元件及 / 或所述用于检测所述最大速度的元件包含加速计, 其中所述耦合元件包含电控制的致动器, 所述装置进一步包含根据由所述加速计提供的测量来用于控制所述致动器的处理装置。
4. 根据权利要求 3 所述的装置 (11), 其中所述最大速度是根据当穿过零值时所述加速计的增加或减少来检测的。
5. 根据权利要求 1 或 2 所述的装置 (11), 其中所述质量体 (3) 相对于接口 (7) 平移, 其中所述耦合元件包含平衡锤 (61), 安装所述平衡锤 (61) 以不平衡地绕着相对于垂直于质量体 (3) 平移轴的轴旋转, 安装所述平衡锤 (61) 以在两位置之间绕轴旋转, 在所述位置中, 所述质量体 (3) 以所述质量体 (3) 相对于所述接口 (7) 运动的各自方向上耦合至所述接口 (7)。
6. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的装置 (11), 其中所述接口 (7) 和所述移动质量体 (3) 具有彼此相对的带槽导电表面以形成电容器, 所述装置包含控制电路 (51), 其用于有选择性地所述带槽表面之间施加电压以耦合或去耦合所述接口与所述移动质量体。
7. 根据权利要求 6 所述的装置 (11), 其中所述控制电路 (1) 被配置为放电及有选择性地存储包含在所形成的所述电容器中的电荷。
8. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的装置 (11), 其中所述质量体 (3) 相对于所述接口 (7) 平移, 所述耦合元件包含压电元件 (75), 控制所述压电元件以在与质量体 (3) 运动方向相垂直的方向上延伸从而将所述质量体 (3) 耦合至所述接口 (7)。
9. 根据权利要求 8 所述的装置 (11), 其中所述压电元件 (75) 沿着与所述质量体 (3) 运动方向相垂直的方向延伸并且是弹性的, 从而在所述耦合期间形成所述弹簧 (4)。
10. 根据权利要求 1 所述的装置 (11), 其中所述接口 (7)、所述质量体 (3) 以及所述弹簧 (4) 包含在硅基板中作为单独单元形成的共同元件。
11. 根据权利要求 10 所述的装置 (11), 其中所述质量体 (3) 包含固定在所述单独单元上的附加元件 (13)。
12. 根据权利要求 10 或 11 所述的装置 (11), 其中所述弹簧 (4) 通过在所述单独元件中形成的弹性支柱而形成。

13. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述质量体 (3) 具有耦合部分 (14),所述耦合部分 (14) 带有交替的缺口和凸起,其中所述耦合元件包含致动器 (24),所述致动器 (24) 在耦合期间插入到所述耦合部分的一个缺口中。

14. 根据权利要求 1 所述的装置 (11),其包含用于将所述移动质量体的机械能量转换为电能的元件。

15. 一种包含根据上述任一权利要求所述的用于放大振动运动的微机械装置的系统,所述系统还包含固定地结合至所述微机械装置的所述接口上的振动支架 (2),所述振动元件的质量大于所述微机械放大装置质量至少 50 倍。

16. 一种通过根据上述任一权利要求所述的用于放大振动运动的微机械装置放大振动元件的运动的方法,所述方法包含以下步骤:

提供与质量体 (3) 一起安装的微机械装置 (11),所述质量体 (3) 在相对于所述振动元件的至少一个自由度上移动,所述微机械装置具有能在所述移动质量体与所述振动元件之间施加回弹力的弹簧 (4);

根据所述自由度检测所述接口的运动方向;

当所述接口的运动方向与所述移动质量体的运动方向相反时将所述移动质量体耦合至所述振动元件,并且在所述振动元件方向改变前当所述接口的运动方向与所述移动质量体的运动方向相同时将所述移动质量体从所述接口去耦合。

用于放大振动运动的微机械装置

[0001] 本发明关于对振动运动的放大,特别关于将振动能量转换为电能的观点。

[0002] 在某些环境中,例如在敌对环境 (hostile surrounding) 或在机械运转中,可能难于将电路与电源供应电缆相连接。为了缓解这一问题,已知存在一些用于将振动能量转换为电能的微机械装置。这些装置形成微系统,其通常附着在振动支架上,例如机器或交通工具。根据一种已知的技术,可使用一种共振系统来放大支架的机械振动并且将被放大的运动转换为电力。

[0003] 共振系统通常由通过具有刚度为 k 的弹簧而附着在支架上的移动质量体 m 组成。然后,共振系统在由下式所示的共振频率 f_r 处发生共振:

$$[0004] \quad f_r = \sqrt{k/m}$$

[0005] 当支架在此频率处经受振动时,移动质量体同样以一幅度在此频率处开始振动,所述幅度一直增大直到机械阻尼耗散掉每一周期所提供的机械能量的精确对等能量。实际上,被耗散的能量比在幅度增大期间所增加的能量增加得更快,并且被耗散的能量最终与所增加的能量相等。如果机械阻尼相对较弱(具有高机械质量因子),则机械放大可在几百倍的范围之内(相对于支架移动的幅度的移动部分移动的幅度)。机械放大倍数越大,则由振动支架传递给移动支架的能量就越大。通过电阻尼的突出使用,在共振频率处对质量体的激励最大化了相对于输入振动而提取的电能。

[0006] 为了更好的辨识在每一周期处所增加的能量吸收,当产生周期时,我们以如图 1 所示的共振系统 1 为例,其中没有阻尼,且假定支架的运动几乎对质量体和弹簧的存在不敏感,在共振系统 1 中:

[0007] ΔV 是移动质量体 3 的速度增益,以每半个周期移动部分速度增益的绝对值而言;

[0008] m 是移动质量体 3 的质量;

[0009] f 是在支架 2 上的振动频率;

[0010] f_r 是质量体结构 3+ 弹簧 4 的共振频率,其等于 f ;

[0011] V_{m0} 是质量体 3 的初始速度;

[0012] 因此,质量体 3 的初始动能为:

$$[0013] \quad \frac{1}{2} m V_{m0}^2$$

[0014] 在半个周期后,质量体的动能为:

$$[0015] \quad \frac{1}{2} m (V_{m0} + \Delta V)^2$$

[0016] 在一个完整周期后,质量体的动能为:

$$[0017] \quad \frac{1}{2} m (V_{m0} + 2\Delta V)^2$$

[0018] 质量体的动能增益为:

$$[0019] \quad \Delta E = \frac{1}{2} m (\Delta V^2 + 2V_{m0}\Delta V)$$

[0020] 然而,一旦从共振频率中移除振动频率,质量体和支架的相对运动在大多数时间

是相位偏移的 (phase-shifted)。机械质量因子下降,因而会引起可产生的电能大小的下降。

[0021] 为了克服这一问题,已知一些方法,其使用具有不同共振频率的一系列共振系统。因而可产生足够的能量以用于很大程度扩展的振动频率的范围。但是,仅能同时激励一种共振系统,这样的系统结构相对于其可产生的能量大小而言体积较大。

[0022] 还有一种已知的如文件 FR20055181 中所述的方法,其使用的共振系统具有非线性行为的弹簧。所述系统的共振频率随着质量体与支架之间偏移的幅度而增大。但是,所述系统的共振频率在偏移,且总是相对于振动的激励频率而偏移。因此,关于共振的放大总是相对地受到限制。

[0023] 本发明旨在解决一个或多个这些缺点。因此,本发明关于一种用于放大振动运动的微机械装置,包括:

[0024] 接口,用于将所述装置固定地结合至振动元件;

[0025] 质量体,安装所述质量体以相对于所述接口在至少一个自由度上移动;

[0026] 弹簧,其能在所述移动质量体和所述接口之间施加回弹力;

[0027] 用于根据所述自由度来检测所述接口运动方向的元件;

[0028] 用于将所述移动质量体耦合至所述接口的元件,其被配置以当所述接口的运动方向与所述移动质量体的运动方向相反时将所述移动质量体耦合至所述接口,并且被配置以在所述接口方向改变前当所述接口的运动方向与所述移动质量体的运动方向相同时将所述移动质量体从所述接口去耦合。

[0029] 根据一种变型,所述装置包含用于检测所述接口的最大速度的元件,并且其中所述耦合元件被配置以当所述接口达到其最大速度时将移动质量体耦合至所述接口。

[0030] 根据另一种变型,所述用于检测运动方向的元件及/或所述用于检测所述最大速度的元件包含加速计,其中所述耦合元件包含电控制的致动器,所述装置进一步包含根据由所述加速计提供的测量来用于控制所述致动器的处理装置。

[0031] 根据另一种变型,所述最大速度是根据当穿过零值时所述加速计的增加或减少来检测的。

[0032] 根据另一种变型,其中所述质量体相对于接口平移,其中所述耦合元件包含平衡锤,安装所述平衡锤以不平衡地绕着相对于垂直于质量体平移轴的轴旋转,安装所述平衡锤以在两位置之间绕轴旋转,在所述位置中,所述质量体以所述质量体相对于所述接口运动的各自方向上耦合至所述接口。

[0033] 根据另一种变型,其中所述接口和所述移动质量体具有彼此相对的带槽导电表面以形成电容器,所述装置包含控制电路,其用于有选择性地在此所述带槽表面之间施加电压以耦合或去耦合所述接口与所述移动质量体。

[0034] 根据另一种变型,其中所述控制电路被配置为放电及有选择性地存储包含在所形成的所述电容器中的电荷。

[0035] 根据另一种变型,所述质量体相对于所述接口平移,所述耦合元件包含压电元件,控制所述压电元件以在与质量体运动方向相垂直的方向上延伸从而将所述质量体耦合至所述接口。

[0036] 根据另一种变型,其中所述压电元件沿着与所述质量体运动方向相垂直的方向延

伸并且是弹性的,从而在所述耦合期间形成所述弹簧。

[0037] 根据另一种变型,其中所述接口、所述质量体以及所述弹簧包含在硅基板中作为单独单元形成的共同元件。

[0038] 根据另一种变型,其中所述质量体包含固定在所述单独单元上的附加元件。

[0039] 根据另一种变型,其中所述弹簧通过在所述单独元件中形成的弹性支柱而形成。

[0040] 根据另一种变型,所述质量体具有耦合部分,所述耦合部分带有交替的缺口和凸起,其中所述耦合元件包含致动器,所述致动器在耦合期间插入到所述耦合部分的一个缺口中。

[0041] 根据另一种变型,所述装置包含用于将所述移动质量体的机械能量转换为电能的元件。

[0042] 本发明还关于一种系统,包含如上所描述的微机械放大装置以及固定地结合至所述微机械装置的所述接口上的振动支架,所述振动元件的质量大于所述微机械放大装置质量至少 50 倍。

[0043] 本发明还关于一种方法,用于通过机械装置来放大振动元件的运动,所述方法包含以下步骤:

[0044] 提供与质量体一起安装的微机械装置,所述质量体在相对于所述振动元件的至少一个自由度上移动,所述微机械装置具有能在所述移动质量体与所述振动元件之间施加回弹力的弹簧;

[0045] 根据所述自由度检测所述接口的运动方向;

[0046] 当所述接口的运动方向与所述移动质量体的运动方向相反时将所述移动质量体耦合至所述振动元件,并且在所述振动元件方向改变前当所述接口的运动方向与所述移动质量体的运动方向相同时将所述移动质量体从所述接口去耦合。

[0047] 其它的优点和特性将从以下描述,通过非详尽的指示,参考以下附图得以清楚的呈现,其中:

[0048] 图 1 是共振系统的示意表示;

[0049] 图 2 是根据一个实施例的用于放大振动的装置;

[0050] 图 3 是根据第一变型的用于放大振动的装置;

[0051] 图 4 是根据第二变型的用于放大振动的装置;

[0052] 图 5a 到 5d 表示惯性耦合装置在其运作期间不同的位置;

[0053] 图 6 是惯性耦合装置的一种变型的示意表示;

[0054] 图 7 表示图 6 中机构的片的不同位置;

[0055] 图 8 是根据第三变型用于放大振动的装置的侧视图;

[0056] 图 9a 到图 9e 示意性地表示根据第四变型用于放大振动的装置在其运作中的不同步骤。

[0057] 图 10 和 11 表示压电双带控制电路的替代实施例;

[0058] 图 12a 到图 12e 示意性地表示根据第五变型用于放大振动的装置在其运作中的不同步骤;

[0059] 图 13 是根据第六变型用于放大振动的装置的截面图;

[0060] 图 14 是根据第七变型用于放大振动的装置的俯视图;

[0061] 图 15 是根据第八变型用于放大振动的装置的俯视图；

[0062] 图 16 到图 20 示意性地表示不同的耦合机构。

[0063] 本发明在于提供一种用于放大振动运动的伪-共振微机械装置。所述装置包括相对于振动元件移动的质量体。弹簧在移动质量体与振动元件之间施加回弹力。振动元件移动的方向得以确定。当振动元件沿着与质量体移动相反的方向移动时，振动元件与移动质量体相耦合。当振动元件沿着与移动质量体相同的方向移动时，在振动元件的方向发生任何改变之前，振动元件与移动质量体不相耦合。

[0064] 因此，即便当振动频率远差于质量体与弹簧的共振频率时，振动元件仍能增加移动质量体的动能。因此，在维持微机械装置的精小性的同时，所述微机械装置能在非常大的振动频率范围内为质量体带来更大的动能。

[0065] 图 2 示意性地展示了用来执行本发明的共振系统 10。所述共振系统 10 包括振动支架 2 以及用来放大振动运动 11 的微机械装置。振动支架 2 要么具有远大于放大装置 11 的质量，要么固定地结合到振动源上。在所述振动源上，由放大装置 11 所吸收的能量可以忽略不计。支架 2 具有沿虚线箭头方向上的至少一个振动部件。未图示的加速计测量支架 2 的加速度。从这些加速度的测量中，确定了支架 2 沿着其振动方向上的瞬间移动方向。加速度导数的符号特别地可用来确定支架 2 瞬间移动的方向。加速度符号的改变使得能够通过最大或最小速度确定瞬间通路。在符号变化后，加速度的新符号可确定是否为最小或最大速度 (z 代表支架 2 的位置, $z'' = 0 \Rightarrow z'$ 的极限值, z'' 从 0^- 变到 $0^+ \Rightarrow z'$ 的最小值, z'' 从 0^+ 变化到 $0^- \Rightarrow z'$ 的最大值)。

[0066] 放大装置 11 具有包装 7, 其用来形成对振动支架 2 进行固定连接的接口。可通过任何适当的方法将包装 7 固定到支架 2 上。包装 7 包括固定地结合到回弹弹簧 4 第一端上的移动质量体 3。没有标记的棒杆 Rod) 分别固定地结合到回弹弹簧 4 的第二端以及移动质量体 3 上。这些棒杆由底座 5 引导在由连续线中箭头所示的方向上平移, 此方向与支架 2 的运动方向共线。耦合元件 6 使得由质量体 3 和弹簧 4 形成的组件可有选择性地耦合到包装 7 上。

[0067] 在此原则下, 当支架 2 的速度方向与质量体 3 的速度方向相反时, 令耦合元件 6 将由质量体 3 与弹簧 4 形成的组件耦合至包装 7。因而使质量体 3 改变其方向。在耦合期间, 因而增加了质量体 3 的动能。然后, 当质量体 3 和支架 2 沿着相同的方向移动时, 控制耦合元件 6 以去除由质量体 3 和弹簧 4 形成的组件与包装 7 的耦合。该去耦合必须特别地在支架 2 或质量体 3 的移动方向改变前发生。因此, 防止了支架 2 通过吸收质量体 3 的动能而阻碍质量体 3 的运动。因此, 耦合持续时间小于支架 2 的半个振动周期, 且有利地关联于由质量体 3 和弹簧 4 形成的组件的最后一个共振周期。实际上, 选择一个共振频率使得共振的半个周期小于支架 2 振动的最大半个周期。这意味着选择一个共振频率用于由质量体 3 和弹簧 4 形成的组件, 所选择的共振频率大于支架 2 的最大频率。有利地, 为了将最大的动能传递给质量体 3, 耦合将在支架 2 达到其最大速度 (速度的绝对值) 时发生。去耦合在晚于由质量体 3 和弹簧 4 形成的组件的半个共振周期后执行。这半个周期有利地相对于支架 2 的半个振动周期短。当在支架 2 上检测到零加速度时, 速度达到极值 (最大速度或最小速度)。

[0068] 可以推导出质量体 3 用于耦合的移动方向如下: 既然能从移动质量体 3 和弹簧 4

的刚度确定出共振频率,则能容易地确定出质量体 3 的移动方向将要改变的瞬时。实际上,在每一耦合后,质量体 3 移动的方向发生改变。如果已知初始方向且如果对耦合的次数进行计数(例如通过在每一耦合时改变偶数校验/奇数校验奇数器的状态),则可以从推动出正在进行的移动方向,还可以给质量体 3 提供加速计(未图示)以确定其移动方向。

[0069] 耦合元件 6 能通过绷紧固定连接于弹簧 4 的棒杆来实施耦合。同样,所述耦合还可以用任何合适的方法来实施,例如使用电磁致动器、静电激发器、热能致动器或者压电致动器。耦合元件 6 可由连接至包装 7 的加速计的电子控制装置(未图示)来控制。

[0070] 图 3 提供了根据本发明的伪-共振系统 10 的一种变型的示意图。在此示例中,由质量体 3 和弹簧 4 形成的组件通过第二弹簧 8 引导而相对于支架 2 平移。棒杆将弹簧 4 连接到第二弹簧 8 的一端,而第二弹簧 8 的另一端固定在支架 2 上。当它的轴垂直时,弹簧 8 引导质量体 3 平移。第二弹簧 8 的另一功能是让质量体 3 在运动之间恢复到平均值并且限制运动的幅度。耦合元件 6 相对于连接至弹簧 4 和 8 的棒杆有选择性地耦合至支架 2 或从支架 2 去耦合。

[0071] 第二弹簧 8 具有远小于弹簧 4 刚度 k_1 的刚度 k_2 。包括质量体 3 和弹簧 4 的系统具有在耦合期间的第一共振频率 f_{r1} 以及在去耦合期间的第二共振频率 f_{r2} 。所述第一共振频率和所述第二共振频率满足以下关系:

$$[0072] \quad f_r = f_{r1} = \sqrt{k_1/m}$$

$$[0073] \quad f_r = f_{r2} = \sqrt{\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} / m} \cong \sqrt{k_2 / m}$$

[0074] 因此,如果支架 2 的振动频率大于共振频率 f_{r2} ,则质量体 3 将不会在去耦合期间改变其方向。而且,实际上第二弹簧 8 的存在不会改变第一共振频率以及质量体 3 能耦合至支架 2 的持续时间。

[0075] 图 4 展示了共振系统 10 的另一种变型的俯视图,此变型特别适合用在硅结构中。用于放大振动运动 11 的装置包括固定地结合至支架 2 的框架 7。安装质量体 3 以沿着与支架 2 的移动方向对应的方向在框架 7 中移动。回弹弹簧 4a 及 4b 以支柱的形式安装在质量体 3 的相反两端。固定弹簧 4a 和 4b 以在其端处嵌入到质量体 3 中。棒杆 9a 和 9b 通过其一端固定地分别连接至弹簧 4a 和 4b 上。固定棒杆 9a 和 9b,以将其嵌入到弹簧 4a 和 4b 的中量部分。质量体 3 与棒杆 9a 或 9b 之间的相对运动引起形成弹簧 4a 和 4b 的支柱(strut)的偏转。放大装置还包括第二弹簧 8a 和 8b,它们的中心部分分别嵌入到棒杆 9a 和 9b 的另一端上。第二弹簧 8a 和 8b 的两端都嵌入到框架 7 中。第二弹簧 8a 和 8b 的刚度远小于回弹弹簧 4a 和 4b 的刚度。第二弹簧 8a 和 8b 互为副本且安置在质量体 3 的两侧以引导其相对于框架 7 平移。

[0076] 两个耦合元件 6a 和 6b 安置在质量体 3 的两侧。耦合元件 6a 和 6b 具有受控片(tab)使其可插入到棒杆 9a 和 9b 的缺口中。当所述片插入缺口中时,棒杆 9a 和 9b 相对于框架 7 固定。片固定地结合至框架 7 中的支架上。所述片的移动最好通过电控驱动器来实现。

[0077] 根据本发明的一种变型,能去除支柱 4a 和 4b 形式的弹簧,并且直接将棒杆 9a 和 9b 嵌入到质量体 3 中。当片与棒杆 9a 和 9b 耦合时,可削薄用来支撑耦合元件 6a 和 6b 的片的支柱以使支柱可变型并且形成回弹弹簧。

[0078] 图 4 中放大装置的结构可通过蚀刻硅晶片来制作。实际上,装置 11 的不同机械元件可透过蚀刻硅晶片的厚度而作为整片来制作。每个弹簧的刚度特别地由具有可变宽度的支柱来界定。

[0079] 放大装置可通过蚀刻其中有加速计的硅衬底来制作,因此可以降低装置所占的空间并能提高其质量因子。质量因子越大,需用来产生给定量的能量的移动质量体将受到更多的限制。

[0080] 耦合元件 6 可以惯性地作用而无需电子控制电路。图 5a 至图 5d 说明处于相对于固定地结合至质量体的棒杆 9 的不同位置的耦合元件 6。耦合元件 6 包括平衡锤 61、旋转引导棒杆 62 以及锁定片 (locking tab) 63。锁定片 63 固定在平衡锤 61 上。棒杆 62 引导耦合元件 6 绕着与质量体运动方向垂直的轴旋转。棒杆 62 位于平衡锤 61 与片 63 的连接处附近,使得主要的不平衡来自棒杆 62。

[0081] 框架 7 具有一个外壳 (housing) 71,平衡锤 61 的末梢以某一空隙安置于此外壳中。此外,棒杆 9 具有一系列的缺口 91,使得当片 63 插入到一个缺口 91 中时棒杆 9 与耦合元件 6 之间耦合并且还能通过棒杆 9 的一定运动来释放片 63。

[0082] 在图 5a 中,假定支架和框架 7 向上运动,而棒杆 9 和质量体向下运动。当框架 7 的运动速度达到最大水平后,框架 7 开始减速。由于耦合元件 6 的动能因素,其易于在加速期间保持比框架 7 更大的速度。由于不平衡性,平衡锤 61 以图示箭头方向绕着棒杆 62 旋转。在此旋转期间,片 63 的一端插入到一个缺口 91 中。运动的相反方向易于将片 63 推入到该缺口 91 中。于是,棒杆 9 与框架 7 耦合并且沿着与框架运动相同的方向运动,即向上运动。框架 7 的侧壁限制平衡锤 61 旋转的轨迹。

[0083] 在图 5b 中,棒杆 9 继续其向上运动的轨迹。框架 7 达到速度零且然后改变运动方向开始向下运动。在棒杆 9 向上运动期间,限定缺口 91 的突块 92 位于片 63 上。因此,片 63 从缺口 91 中出来从而使棒杆 9 与框架 7 去耦合。

[0084] 在图 5c 中,框架 7 开始向下运动而棒杆 9 开始向上运动。框架 7 的运动速度达到最大值并开始减速。由于耦合元件 6 的动能因素,在减速期间,耦合元件 6 易于保持比框架 7 更大的速度。由于不平衡性,平衡锤 61 以图示箭头方向绕着棒杆 62 旋转。在此旋转期间,片 63 的一端插入到一个缺口 91 中。这意味着棒杆 9 与框架 7 耦合并且沿着与框架运动相同的方向运动,即向下运动。

[0085] 在图 5d 中,棒杆 9 继续其向下运动的轨迹。框架 7 达到速度零且然后改变运动方向开始向上运动。在棒杆 9 向下运动期间,限定缺口 91 的突块 92 架在片 63 上。因此,片 63 从缺 91 中出来从而使棒杆 9 与框架 7 去耦合。

[0086] 这种机构能有利地使棒杆 9 在框架 7 达到最大速度时与框架 7 耦合。而且,这种机构能在反向期间是棒杆 9 与框架 7 去耦合。这种机构还可以消除电子耦合命令的复杂性。

[0087] 为了优化耦合机构 6 的运作,期望地,缺口 91 之间的节距应该比支架振动的平均幅度小很多(例如小于此幅度的 10%)。而且,平衡锤 61 的旋转轨迹有利地比支架的振动幅度小很多,使得基本上用平衡锤 61 就可以检测出支架移动的方向以及支架的减速。在耦合期间有利地使片 63 限制机械阻尼。而且,有利地制作片 63 以限制棒杆 9 上的摩擦,从而提高放大装置 11 的质量因子。

[0088] 图 6 说明惯性耦合装置的一个替代实施例。在此变型中,框架 7 具有安置在弹性

片 63 一端上的突出物 (protrusion) 72。这些突出物 72 被设计用来在平衡锤 61 旋转运动期间与片 63 互连。图 7 说明了在平衡锤 61 旋转期间片 63 相对于一个突出物 72 的不同位置。在所示位置 a 时,平衡锤 61 起始使片 63 的一端靠近突出物 72 的旋转。在所示位置 b 时,平衡锤 61 使片 63 与突出物 72 接触。当平衡锤 61 继续其旋转运动时,片 63 由突出物 72 保持住,且在存储弹性能量过程中发生偏转。在所示位置 c 时,当平衡锤 61 已旋转至足够的程度,片 63 穿过由突出物 72 形成的障碍物。由于预先存储的弹性能量,片 63 朝向具有缺口的棒杆的运动能极大地加速。因而保证了片 63 的一端快速的插入到一个缺口 91 中。而且,突出物 72 能使片 63 以去耦合的方向远离凸起以防止摩擦。在穿过突出物 72 之前仅仅通过预先存储在片 63 中的偏转弹性能量可到达锁定位置 c。当棒杆 9 最终回到包装 7 的方向时,片 63 用很小的动能 / 电势能从缺口 91 中脱离出,并且到达离棒杆某一距离的均衡位置 d,从而防止了产生任何摩擦的危险。

[0089] 虽然未图示于图 2 至图 7 中,但振动放大装置还可以包含用于将移动质量体的机械能量转换为电能的元件。为此,可通过移动质量体与支架的相对运动来使用静电、电磁以及压电转换(参见专利申请 FR2896635 A1 中的详细描述)。以下将详细地描述转换器的示例。

[0090] 图 8 说明放大装置 11 的另一实施例。支架 2 具有在水平方向的振动元件。垫 (pad) 74 于移动质量体 3 的两侧安装在支架 2 上。移动质量体 3 相对于支架 2 平移。移动质量体 3 分别通过弹簧 4 连接至垫 74。支架 2、弹簧 4 和移动质量体 3 是导电的或者具有连接以形成电路。所形成的电路包括串联的以下元件:弹簧 4、质量体 3 的导电部分、另一个弹簧 4 以及支架 2 的导电部分。控制装置 51 连接至所述电路的终端。控制电路 51 具有开关 52 和 53、变压器 54 以及电池 55。

[0091] 移动质量体 3 和支架 2 具有带槽的导电表面以面向彼此。所述表面在移动质量体 3 运动的方向上具有交替的缺口和凸起。这些带槽的表面具有相同的节距。有一个电容器形成在移动质量体 3 和支架 2 之间,电容器的电容可根据质量体与支架之间的相对位置而变化。

[0092] 当需要将移动质量体 3 耦合到支架 2 时,用通过短暂并顺序地关闭开关 53 和 52 而由电池 55 提供的电荷向带槽的表面充电。当检测到支架 2 的最大速度时并且带那个带槽的表面上缺口彼此相对时,关闭开关 52 和 53。当形成于电容器两端的电压达到最小值或回落到第一极限以下或再次超过第二极限时,为了从电容器中取出电荷,再次以相反的顺序短暂地关闭开关 52 和 53(先关闭 52 再关闭 53)。在最小放电电压 V_{min} 的情况下,电容在此放电的瞬间具有最大值 C_{max} 。这种情况相当于有效的耦合,移动质量体 3 被有效地分配到横穿最大电容值的其它方向中(由将电荷传入到电容器而引起的静电力已足够阻挡并改变移动质量体 3 的方向)。在电容回到其最大值前,还可以通过稍微地去除电荷而完成不完全的耦合,即:一旦电压回到门限值以下就撤回电荷而不必等到电压达到最小值。该操作能在每一耦合时提取小量的电荷(具有低于电荷注入的电容值的电荷被除去,或者与该电荷有关的能量 $E = 1/2Q^2/C$ 随着电容的减少而增加)。

[0093] 在取得移动质量体 3 与支架 2 之间的耦合之前,移动质量体 3 在其动能的影响下继续其与支架 2 运动方向相反的运动方向。当移动质量体 3 的一个缺口穿过带槽表面的一个节距的一半时,就意味着存在电容器中的电荷不足以实现耦合。在这个中间位置,电容具

有最小值 $C_{\min}$ 而电路终端的电压具有最大值 $V_{\max}$ 。接着,短暂地关闭开关 52 以通过初级线圈将存储在电容器中的电能放电至变压器 54。然后再短暂地关闭开关 53 以通过变电器的第二线圈将存储在磁路中的能量传递到电池。由于引入到电容器中的电荷完成在最大电容值处,即:用等同于 $1/2Q^2/C_{\max}$ 的能量,且由于撤回的电荷完成在最小电容值处,即:恢复等同于 $1/2Q^2/C_{\min}$ 的能量,以产生大于 $1/2Q^2(1/C_{\min}-1/C_{\max})$ 的能量。

[0094] 然后,移动质量体 3 损失少许动能。因而,当带槽表面的缺口再次彼此相对时,前后短暂地关闭开关 53 和 52 以获得质量体 3 与支架 2 之间的耦合。

[0095] 当移动质量体 3 和支架 2 耦合并因此以相同方向运动时,在次短暂地关闭开关 52 以清空包含在电容器中的电荷,并且接着保持开关 52 开启以维持移动质量体 3 从支架 2 去耦合。接着再短暂地关闭开关 53 以将来自电容器的电荷传递至电池 55,其中所述电荷是在关闭开关 52 期间由变压器 54 的磁路所短暂地存储的。

[0096] 因此,控制电路 51 可以实现耦合/去耦合以及恢复由移动质量体 3 运动所产生的能量。

[0097] 通过使用节距足够小的带槽表面,可在移动质量体 3 的整个运动过程中实现移动质量体 3 和支架 2 之间的耦合。

[0098] 图 9a 是放大装置 11 的另一个实施例的示意图。安装移动质量体 3 以在相对于框架 7 的移动方向上滑动。彼此面对设置的压电双带 (piezoelectric dual strip) 75 的一端嵌入在框架 7 中且大概以与质量体 3 移动方向垂直的方向延伸。控制双带 75,使得通过对它们施加合适的电压来使它们在质量体 3 的方向上延伸,直到双带的自由端抓住质量体 3,从而保证了框架 7 与质量体 3 之间的耦合。由于双带 75 的延伸配置以及其与质量体运动方向垂直的位置,如果该在框架 7 与移动质量体 3 之间存在相对运动,则在耦合期间双带 75 会产生偏离。

[0099] 图 9b 至图 9e 说明装置 11 在不同阶段的工作情况。在图 9b 中,移动质量体向下运动而框架 7 向上运动。在这样的相反运动期间,引起了双带 75 的延伸。接着双带 79 实现了框架 7 与移动质量体 3 之间的耦合。质量体 3 继续向下运动,引起双带 75 的短暂弯曲。当双带 75 的偏离达到最大时(图 9c),质量体 3 最终具有相对于框架 7 的零相对速度。在图 9d 中,在框架 11 的驱动效果以及双带 75 的弹簧回弹力效果下,质量体 3 沿着与框架 7 运动相同的方向运动。在图 9e 中,使双带 75 从质量体 3 去耦合。

[0100] 由于双带能对质量体 3 施加极大的耦合力,因此证明对双带 75 的使用是有利的。而且,由于压电双带具有低结构阻尼,因此具有合适的尺寸的双带能形成具有高质量因子的弹簧。而且,使用合适的控制系统,可使得通过在偏离期间增加双带的差分电压来恢复存储在双带中的能量(在压电材料中将机械变型转换为电压),从而将质量体 3 的动能转换为电能。压电材料由于其牵引性和压缩性可产生电荷。当快速地对它们施加变型时,它们的机械/电转换效率都较高。

[0101] 图 10 是压电双带以及设计用来控制该双带的电路的示意图。电路 77 包括电压源 E、开关 K_c 和 K_d 、以及用来分别向带 751 和 752 施加电位 V_1 和 V_2 的终端。通过关闭开关 K_c 并开启开关 K_d 可获得双带 75 的延伸。通过开启开关 K_c 并关闭开关 K_d 可获得双带的回缩。

[0102] 图 11 是根据设计用来控制压电双带的电路的第二实施例的压电双带 75 的示意

图。而且,电路 78 能使存储在双带 75 中的电能传递至电压源 E。

[0103] 短暂地关闭 Kp 然后关闭 K1 和 K2 可使能量从电压源 E 传递至带 751 和 752。短暂地关闭 K1 和 K2 然后关闭 Kp 可使能量从所述带传递至电压源 E。

[0104] 为了保证耦合,将能量从电压源 E 传递至所述带上。紧随耦合之后的如图 9c 所示的双带 75 的偏离引起带 751 的延伸以及第二带 752 的回缩,因而导致电位 V1 的升高以及电位 V2 的降低。当偏离最大时,通过短暂地关闭 K1 然后关闭 Kp,存储在压电带 751 中的一部分电荷(在带延伸期间已经增加的电压)被传递至电压源 E。同时,电荷从电压源 E 传递至第二带 752,并且第二带的电压在其回缩时降低。由于在带 751 处收集的电荷具有比被传递至带 752 电荷高的电位,因此,如果收集的电荷与传递的电荷相同,则电压源收集比其提供更多的能量,且因此能量增加($\text{Gain} = 1/2Q \Delta V$)。实际上,由于带 751 和带 752 的相反变形,形成了在这两带之间的差分电压,并且通过将此电位差变为零,能恢复被称作差分电压的能量。

[0105] 最后,当双带 75 回到不伸不缩的位置时(图 9d 至图 9e),通过短暂地关闭 K1 然后关闭 Kp 和 K2 再关闭 Kp,在每个带 751 和 752 处的能量被传递至电压源 E。接着,起初消耗以产生双带 75 延伸的能量,然后在双带 75 回到不伸不缩位置期间产生的差分能量并恢复到电压源 E。必须注意的是,能量自 / 至磁路传递的时间且因此关闭开关 K1、K2 以及 Kp 的时间(几微妙)相对于机械运动(几毫秒)或耦合持续时间(几百微妙)而言非常的短。

[0106] 图 12a 示意性地展示放大装置 11 的另一个实施例。彼此面对设置的压电带 76 的一端嵌入到框架 7 中并且沿与质量体 3 移动方向稍微倾斜的垂直方向延伸。控制带 76 使得通过对其施加适当的电压,带 76 能沿质量体 3 的方向延伸直到带 76 通过其自由端抓住质量体,还能保证框架 7 与质量体 3 之间的耦合。

[0107] 设计带 76 以当质量体 3 向下时获得与质量体 3 的耦合。其它未显示的带具有相反的运动方向,以当质量体 3 向上时获得与质量体 3 的耦合。

[0108] 图 12b 至图 12e 说明装置 11 在不同阶段的工作情况。在图 12b 中,移动质量体 3 向下运动而框架 7 向上运动。在这样的相反运动期间,引起了带 76 的延伸。接着带 76 实现了框架 7 与移动质量体 3 之间的耦合。在图 12c 中,质量体 3 继续向下短暂地运动,由于带 76 相对于质量体 3 运动方向轻微的偏离而引起带 76 的回缩。质量体 3 最终具有相对于框架 7 的零相对速度。由于此回缩,带 76 引起回弹弹簧效力。在图 12b 中,在框架 11 的驱动效果以及带 76 的回弹弹簧效力下,质量体 3 沿着与框架 7 运动相同的方向运动。质量体 3 沿着与框架 7 运动相同的方向运动。在图 12e 中,控制带 76 以在支架 7 的运动方向改变前使带 76 从质量体 3 去耦合。

[0109] 通过对带 76 实行合适的控制,可以在耦合期间恢复在带 76 回缩期间存储的电能。

[0110] 图 13 展示振动放大装置 11 的另一个实施例。该装置 11 被证明特别适合于使用蚀刻和加工硅基板技术的实施例。移动质量体 3 的两面固定地结合至弹性薄膜 31 和 32。该弹性薄膜 31 和 32 形成质量体 3 的回弹弹簧还引导质量体 3 沿着垂直于其平面的方向平移。弹性薄膜可由例如尼龙构成。弹性薄膜 31 和 33 通过蚀刻在其中间部分的硅层 34 和 35 而彼此隔开从而可容纳质量体 3。层 34 和 35 分别固定地结合至薄膜 31 和 33。由硅形成的凹空(hollow)36 固定地结合至固定于薄膜 33 下的振动支架。在基底 36 的中间部分蚀刻一个斜坡以使得移动质量体 3 运动。附加质量体 13 固定于薄膜 31 的上部。此质量体

13 可由金属制成（例如钨）以增加共振系统运作中的质量。装置 11 包括位于硅层 34 和硅层 35 之间的堆叠层 32。此堆叠层适当地成形以在质量体 3 的两侧形成压电双带。对于合适的控制，这些双带延伸直到其将质量体 3 耦合至基底 36。双带还可以用于将质量体 3 的动能转换为电能。

[0111] 在图 14 所示的示例中，质量体 3、框架 7、第二弹簧 8a 和 8b 作为一个单独的单元而形成。此单独的单元元件例如可被模塑或通过蚀刻硅层来制作。在此示例中，第二弹簧 8a 和 8b 通过首先嵌入到质量体 3 然后嵌入到框架 7 的弹性支柱而形成。这些支柱沿着与质量体 3 运动方向垂直的方向延伸。质量体 3 包括附加元件 13，其用来增加共振系统的质量。该附加质量体 13 可连接至质量体 3 的硅部分。两条压电双带 12 将其一端嵌入到框架 7 中并沿与质量体 3 移动方向垂直的方向延伸。双带 12 位于质量体 3 的两侧从而补偿施加到质量体 3 的力。双带 12 的另一端被设计用来选择性地与质量体 3 接触并使其用框架 7 耦合。如同在先前的示例中一样，框架 7 与质量体 3 在当其以相反方向运动时产生耦合。在当框架 7 与质量体 3 的运动方向相同时，优选地在当框架 7 达到其最大速度时，产生去耦合。此耦合与去耦合被电控制。通过对双带 12 施加电压使其延伸直到与质量体 3 接触可实现此耦合。在支架 7 与质量体 3 耦合期间，压电双带能在质量体 3 的动能效力下如弹簧一样弯曲。在双带 12 弯曲期间，压电元件存储电能。通过选择性地将双带 12 连接至合适的电路，因此可将质量体 3 的动能转换为电能。

[0112] 图 15 说明放大装置 11 的另一个变型。在此示例中，质量体 3、框架 7、回弹弹簧 4、第二弹簧 8a 和 8b 作为一个整体的单独单元而形成。此单独的单元元件可有利地通过蚀刻硅层来制作。在此示例中，第二弹簧 8a 和 8b 通过首先嵌入到质量体 3 然后嵌入到框架 7 的弹性支柱而形成。这些支柱沿着与质量体 3 运动方向垂直的方向延伸。回弹弹簧 4 以嵌入到支架 3 的两端的支柱形式而制作，并且以与质量体 3 运动方向垂直的方向延伸。回弹弹簧 4 的刚度远大于第二弹簧 8a 和 8b 的刚度。质量体 3 包括设计用来增加共振系统质量的附加元件 13。突出部分 14 嵌入在回弹弹簧 4 的支柱的中间部分并且沿质量体 3 运动的方向延伸。耦合元件包括固定地结合至框架 7 的钳口 (jaw) 15。钳口 15 有选择性地将突出物 14 耦合至框架 7。

[0113] 如同在先前的示例中一样，框架 7 与质量体 3 在当其以相反方向运动时产生耦合。在当框架 7 与质量体 3 的运动方向相同时，在质量体 3 改变方向期间产生去耦合。此耦合与去耦合被电控制。

[0114] 图 15 至 20 表示质量体 3 与框架或支架之间耦合元件的不同实施例。在这些示例中，耦合元件抓住固定地结合至质量体 3 的突出物 14，但此耦合当然还能由固定地结合至质量体 3 的另一元件来实现。

[0115] 图 16 展示伴随有具有高热膨胀系数抓住元件 (gripping element) 17 的钳口 15。加热电阻 16 嵌入在抓住元件 17 中。当需要将框架 7 耦合至突出物 24 时，对加热电阻 16 施加控制电压。于是，抓住元件 17 延伸直至其抓住并固定突出物 14。还可设想使用由形状记忆型 (shape-memory) 材料制成的抓住元件。在硅衬底上制作钳口 15 相对容易。对钳口的激励需要相对小的能量和相对低的电源供应电压以引起膨胀使得突出物 14 被抓住。

[0116] 但是这样的钳口 15 不可能获得从动能到电能的转换。因此，图 17 的变型将具有高热膨胀系数的元件 28 与压电双带 29 结合。元件 28 嵌入到框架 7 中并且其膨胀由电阻

来控制。双带 29 通过其一端嵌入到元件 28 中。在元件 28 膨胀期间,双带 29 的自由端与突出物 14 接触以产生耦合。根据本文上述详细描述的原则,在耦合期间通过质量体 3 的动能在双带 29 变形期间所存储的电能量可由电路来恢复。

[0117] 图 18 表示另一种替代的耦合元件。在此替代实施例中,导电元件 20 固定地结合至框架。钳口 15 制作在导电穴(socket)19 中。钳口设置于突出物 14 的两侧。突出物 14 本身是导电的并且连接至于导电元件 20。导电穴 19 通过绝缘层 18 与导电元件 20 隔离。当在导电穴 19 和导电元件 20 之间施加电压差时,由于静电力钳口 15 变弯曲并且依靠着突出物 14。

[0118] 图 19 表示耦合元件的另一种变型。在此变型中,耦合元件包括导电元件 21。此导电元件 21 固定地结合至振动支架。此导电元件 21 固定地结合至导电板 25。设置导电板 23 以面向导电板 25。这些导电板 23 由锁定棒杆(locking rod)24 横穿其中间部分。安装锁定棒杆 24 以通过弹性的绝缘壁 22 相对于导电元件 21 平移。绝缘壁 22 的弯曲使其在垂直于突出物 14 运动方向的方向上运动。当横穿导电板 23 和导电板 25 施加电压差时,静电力使导电板 23 相对于导电板 25 运动。然后锁定棒杆 24 运动直到其插入突出物 14 中由凸起界定的缺口中。有利地,制作在突出物 14 两侧的缺口沿着突出物 14 运动的方向位移,因此,由于如果相对的锁定棒杆 14 邻近一个凸起而本侧的锁定棒杆 14 插入到一个缺口中,缺口的分辨率会增加。同样可能沿着突出物 14 或在其它突出物上增加耦合元件的数量。相对于缺口移动不同地移动每个元件会增加如下的可能性,即:该机构中的至少一个锁定棒杆 14 将在耦合控制时满足一个缺口。还可削薄锁定棒杆 14 的一端以有利于插入缺口。

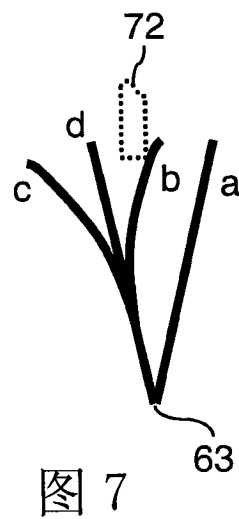
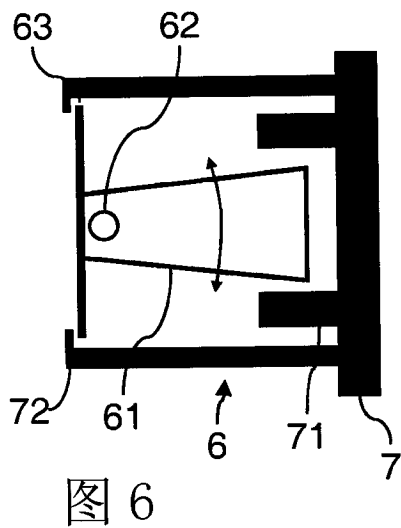
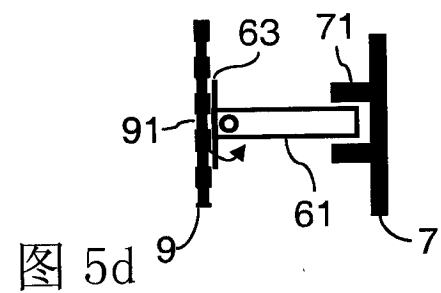
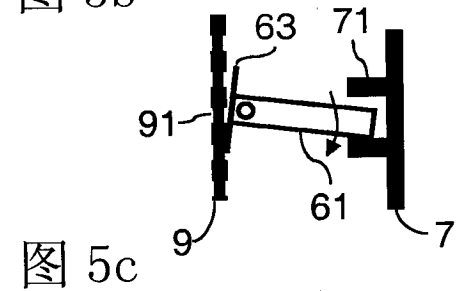
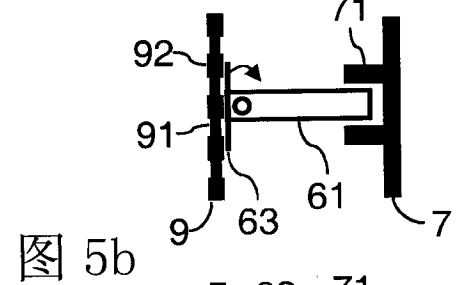
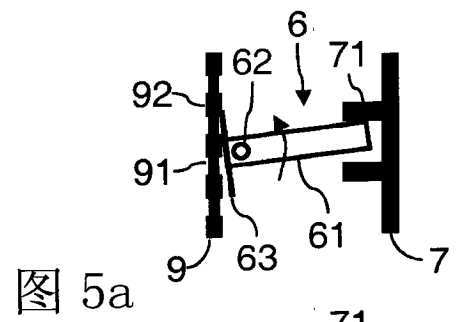
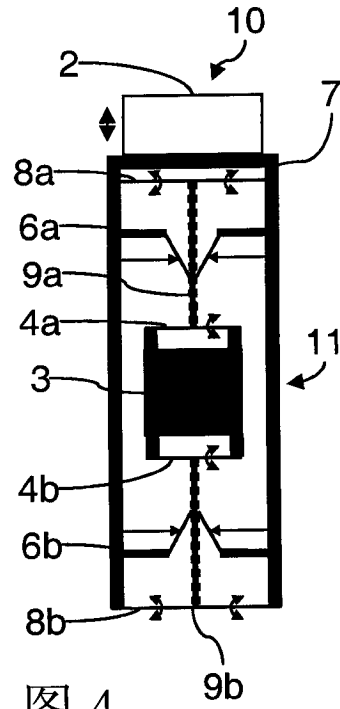
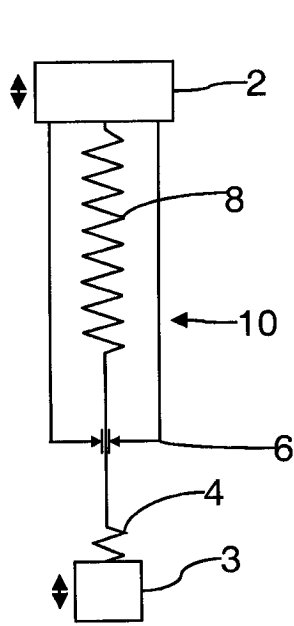
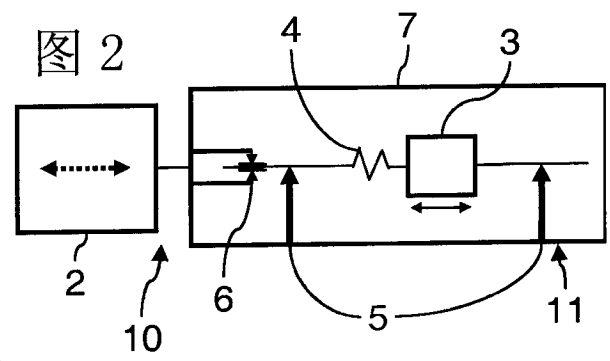
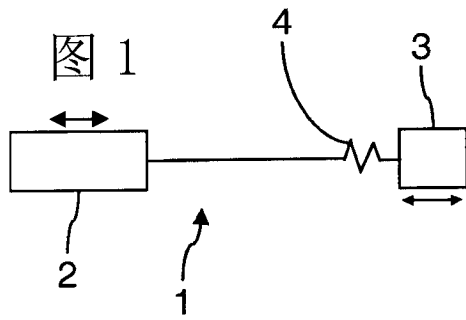
[0119] 虽然已展示了绝缘壁 22,但它们同样能通过移除电绝缘而为导电性的。绝缘壁 22 和导电板 25 固定于绝缘支架上。然后,绝缘壁 22 和导电板 25 将藉由该支架而为电绝缘的。

[0120] 图 20 表示耦合元件的另一种变型。在该变型中,带有抓住元件 27 的钳口 15 由磁致伸缩材料制成。抓住元件 27 由线圈 26 所包围。延伸抓住元件 27 可抓住并固定住突出物 14。

[0121] 对于每个耦合装置而言,在所述一个致动器或一些致动器与移动部分之间提供小的间隙(例如几微米的间隙)是很有利的,从而可限制致动器的位移以及需要用来产生耦合的能量。

[0122] 除此之外,当用于固定放大装置的支架或其接口带有加速计时,将有利地测量所经历的加速运动的幅度。实际上,如果支架的振动能量不足以向移动质量体传递足够的能量时,耦合元件的运作将失效,使得该放大装置不会消耗比起产生的电能更多的电能。

[0123] 尽管本文所表述的实施例是基于移动质量体的平移运动而言的,但是同样可以将本发明应用至基于移动质量体的旋转运动或类似运动的机械放大装置上。



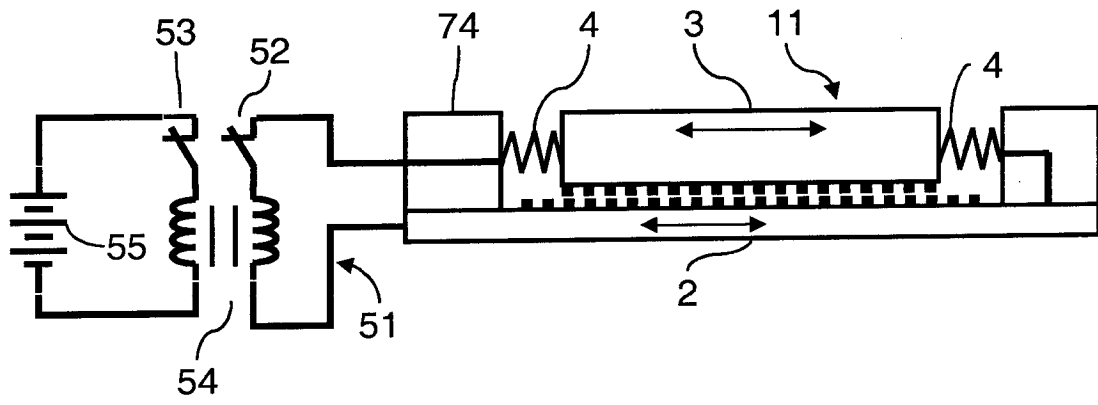


图 8

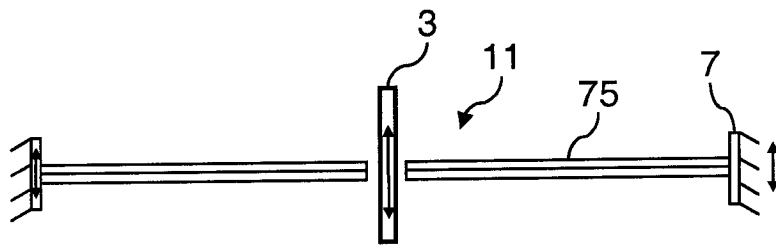


图 9a

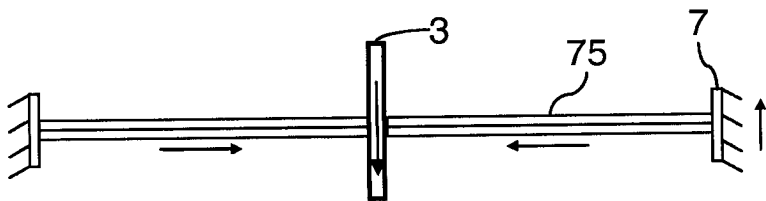


图 9b

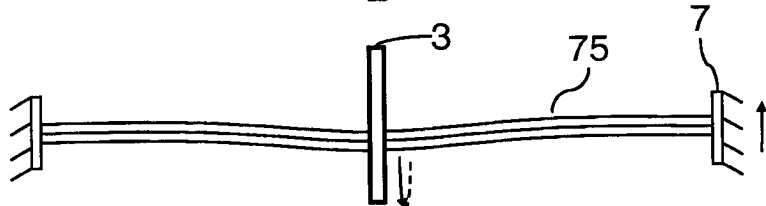


图 9c

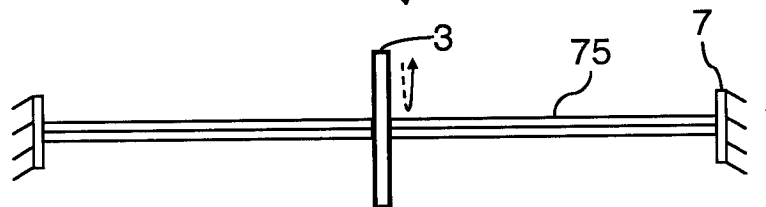


图 9d

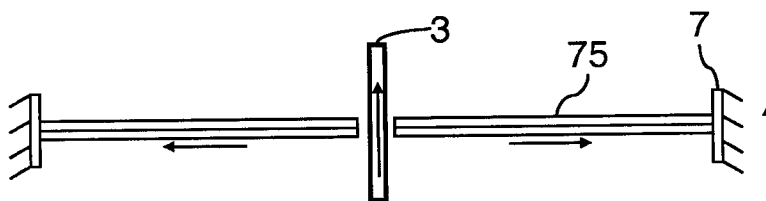


图 9e

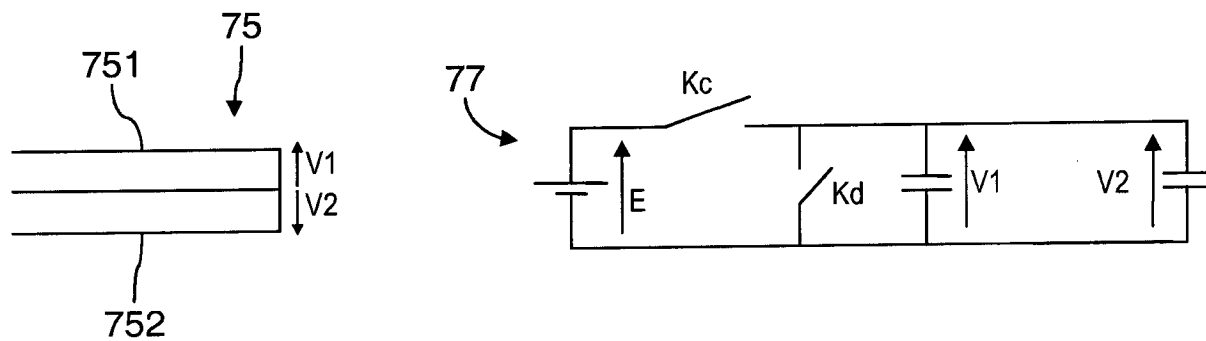


图 10

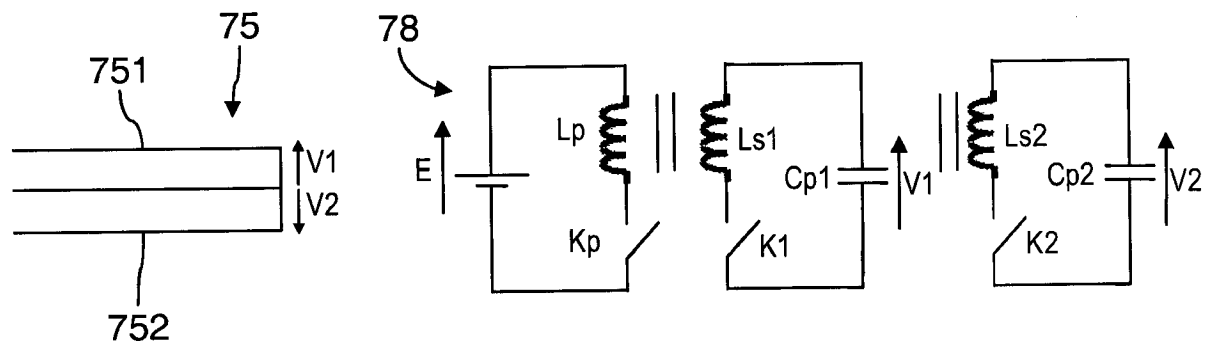


图 11

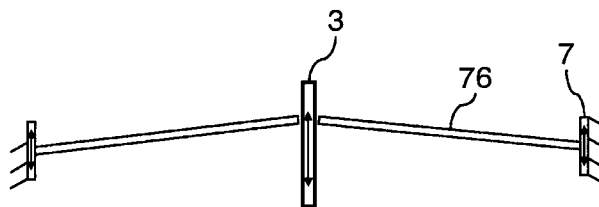


图 12a

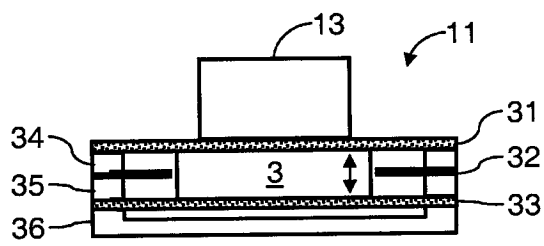
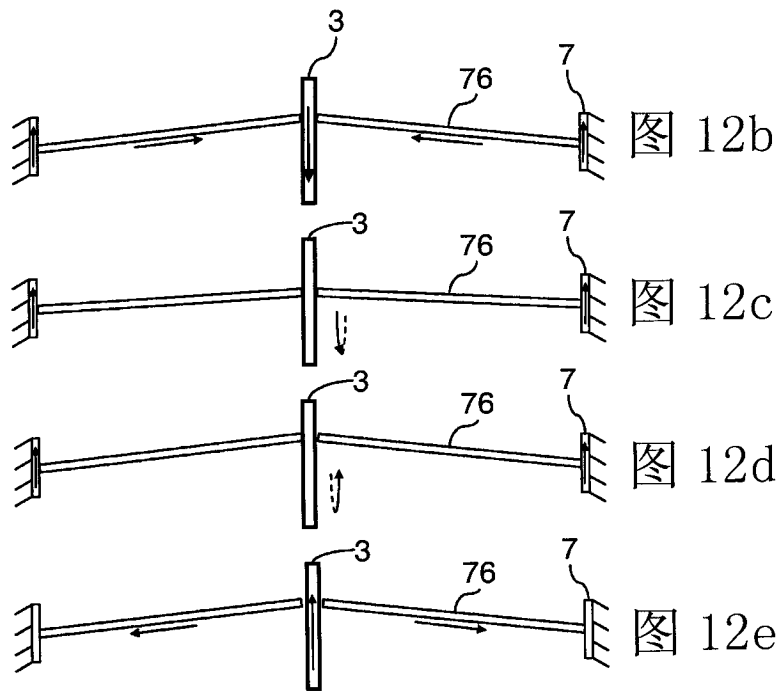


图 13

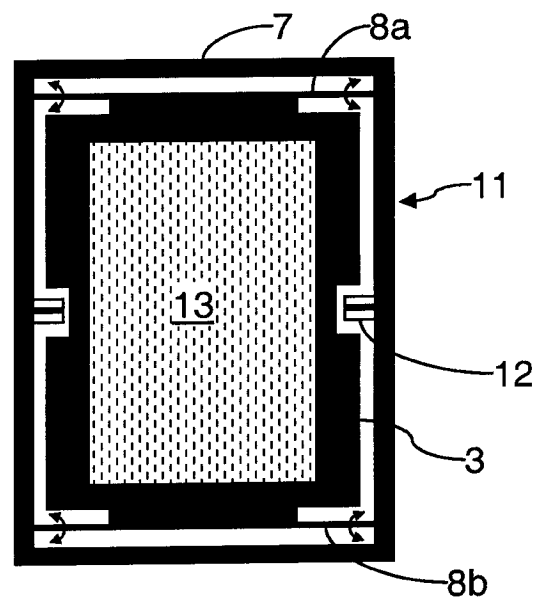


图 14

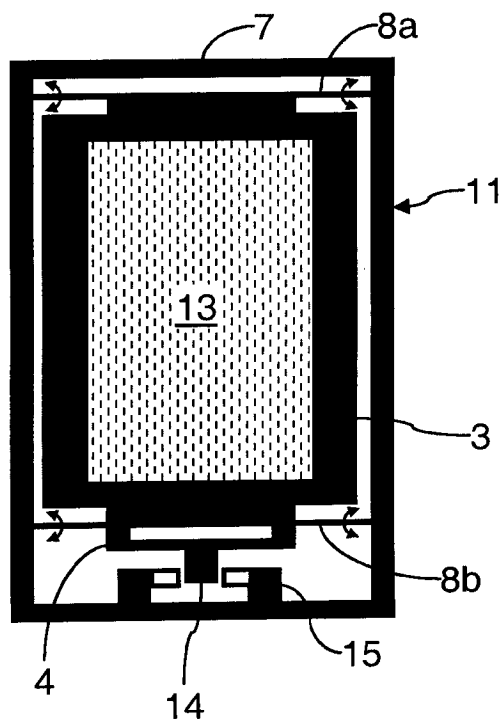


图 15

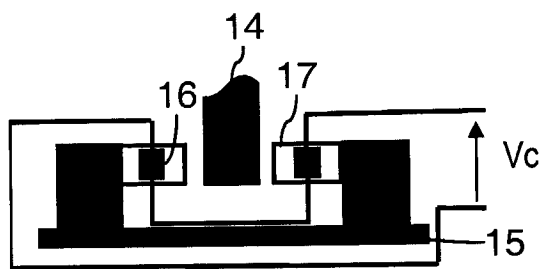


图 16

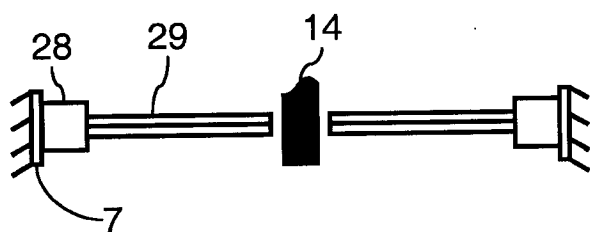


图 17

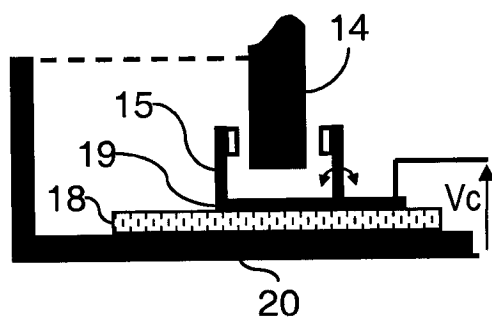


图 18

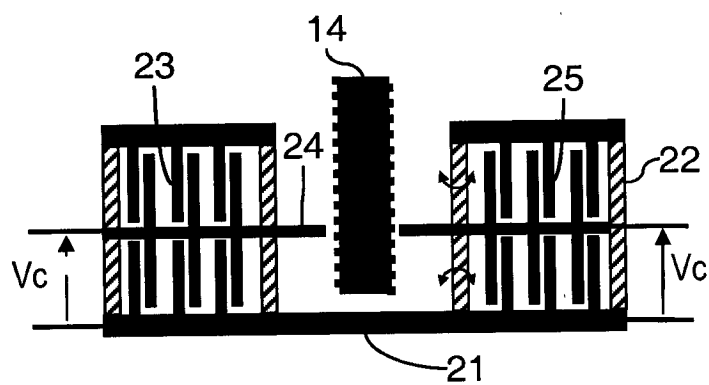


图 19

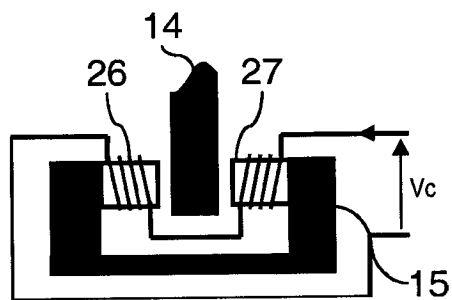


图 20