

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H03H 9/52 (2006.01)

G11C 8/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02125150.9

[45] 授权公告日 2007 年 5 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 1316737C

[22] 申请日 2002.6.28 [21] 申请号 02125150.9

[30] 优先权

[32] 2001. 6. 29 [33] US [31] 09/896472

[73] 专利权人 惠普公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 C·P·陶斯格

[56] 参考文献

US5640133A 1997. 6. 17

审查员 马 驰

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 王 岳 王 勇

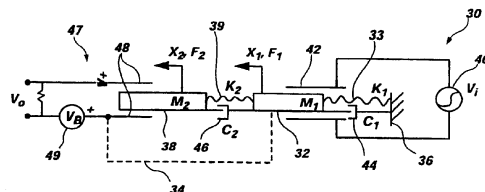
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 3 页

[54] 发明名称

电气耦合机械带通滤波器

[57] 摘要

本发明提供了用在 PIRM 存储器阵列中的电控机械带通滤波器，利用静电耦合的微谐振器作为滤波器，实现微电控机械系统技术，其中大量的微小的微动子构造在单个基片上。本发明的系统提供了一种窄带滤波器，具有急剧衰减的频率，典型地每十倍频衰减 40db，还有高阻抗，可以用简单、低温、不包括集成电路的便宜的工艺实现。



1、一个构造在基片上的电耦合的机械带通滤波器，包括：

第一和第二块（32，38），每一块在一个方向上可独立地相对于基片和另一块运动；

第一弹簧元件（33），一端连接在基片（36）上，另一端连接在第一块（32）上；

第二弹簧元件（36），一端连接在第一块（32）上，另一端连接在第二块（38）上；

输入转换器（40，42），用来接收输入频率和把输入力施加到第一块（32）上，输入力在第一块（32）运动的方向上有一个分力，输入力受输入频率的影响；

输出转换器（48，49）和第一和第二块（32，38）相连来提供受第一和第二块相对运动影响的输出频率；

其中输出转换器（48，49）和第一块机械连接在一起，并且和第二块（38）容性耦合在一起，以产生输出频率。

2、权利要求1的带通滤波器，其中第一和第二块（56，66）包括一个带有互相交错的齿的齿状驱动（64），其中第一和第二块之间的相互运动由齿状驱动（64）的电容的变化决定。

3、权利要求1的带通滤波器，其中输入转换器（40，42）包括一个振荡器（40）来产生输入频率，振荡器（40）和第一块（32）容性耦合来对应于输入频率移动第一块（32）。

4、权利要求1的带通滤波器，其中输入转换器（40，42）和输出转换器（48，49）电绝缘。

5、权利要求1的带通滤波器，其中输入频率的振幅用输入频率的平方根进行调整。

6、一种过滤基片（36）上的振荡器（40）的频率的方法，基片（36）通常具有第一和第二块，每一块都独立地在至少一个方向上可移动，还包括第一和第二弹簧元件（33，39）包括：

第一弹簧元件（33）的一端连接到第一块（32）上，第一弹簧元件（33）的另一端连接到基片（36）上；

第二弹簧元件（39）的一端连接到第一块（32）上，第二弹簧元件（39）的另一端连接到第二块（38）上；

向第一块(32)施加一个受输入转换器(40, 42)提供的输入频率影响的力, 这个输入的力在第一块(32)运动的方向上有一个分力;

通过和第一和第二块(32, 38)有关的输出转换器(48, 49)产生一个受第一和第二块相对运动影响的输出频率;

所述方法还包括将输出转换器(48, 49)和第一块(32)机械连接以及将输出转换器(48, 49)和第二块(38)容性耦合, 以产生输出频率。

7、权利要求6的方法, 其中输入频率由一个输入振荡器(40)产生, 并且所述方法还包括将振荡器(40)和第一块(32)容性耦合来相对于输入频率移动第一块(32)。

8、权利要求6的方法, 还包括根据输入频率的平方根来调整输入频率的振幅。

电气耦合机械带通滤波器

技术领域

本发明是属于带通滤波器领域。更具体而言，本发明涉及应用于存储器阵列中多元寻址系统的电气耦合机械带通滤波器。

背景技术

便携式装置变得越来越复杂，需要能产生和/或使用越来越大量的数字数据而体积越来越小的结构。数字式设备，例如数码相机，可能需要至少几百兆字节（MB）的数据存储器来安装在相机内或者能够外挂在相机上。为了提供这类数据存储器应用，将来的存储器应该相对便宜，极度压缩并具有大约 100MB 到 1G 字节（GB）的充足的容量。该存储器还应该功耗低，低于一瓦，并具有相对坚固的物理特性来和便携电池供电的工作环境配合。

对于档案存储，数据只需要向存储器中写一次。优选地存储器应该具有较短的毫秒级的存取时间和中等的传输速度，例如每秒 2MB。优选地，存储器应该能够和很多种工业级平台和模块接口。

满足这一需要的应用涉及使用一次写入式交叉点存储器。在交叉点存储器阵列中，形成一个存储元件矩阵，每个存储元件包括一个熔丝或反熔丝和一个串联二极管。存储元件由布置在正交的导线或电极之间的多个半导体和绝缘层组成。

在 2001 年 6 月 5 日提交的题为“一次写入存储器”的未决的美国专利申请 No. 09/875, 356 中描述了一种利用一次写入交叉点存储器阵列提供便携设备中高密度档案存储器的应用，该申请的内容在此引作参考。其中披露的存储系统称为便携式廉价耐用存储器（PIRM），为档案存储器提供了高容量低价位的一次写入存储器。通过取消硅基片，简化加工复杂性和降低面密度，部分达到了这一目标。存储系统包括一个存储模块，该存储模块由构造在薄膜塑料基片上的集成电路层叠加而成。每一层包括一个交叉点二极管存储阵列，读取阵列中存储的数据由远离存储模块的独立的集成电路来实现。

因为 PIRM 存储器相对比较便宜，用户可能会拥有大量存储不同内容的 PIRM 模块。重要的是能够以一种直接和相对便宜的工艺制造和装配存储模块，这一过程可以最小化对精度的要求，最大化信息存储密度和简化寻址以及读写功能。

PIRM 存储系统可能的最便宜的实现方法是这样的，其中，控制器和其它可重复使用的电子元件是嵌入用户的产品或者位于插入存储卡插槽的适配器上。PIRM 存储模块通过专有的接口和控制器连接。该系统的主要问题构成控制器和存储模块之间连接的设备可能包括大量连接，约 120 种或更多，这对压缩的高密度存储设备是难以克服的挑战。因此需要多元寻址方法来减少存储阵列的外部连接，例如时分多路和频分多路寻址方法。

在未决的美国专利申请（HP 概略数为 10007561）“减少与 PIRM 存储模块连接的方法”中描述了一种用频分多路方法充分减少存储设备间的连接的系统，该申请的内容在此引作参考。在该系统中，存储元件的地址分散在预定频谱中从而在单个输入/输出线上快速传递多重存储器寻址。为了使用这一系统，多重地址必须根据分配的频率通过把地址分离才能访问。

因此，需要一种带通滤波系统才能够根据 PIRM 存储设备地址的不同频率来访问其不同地址。该带通滤波器必须非常灵敏，才能确定频率的微小变化，从而在一个相对小的频谱内包括大量地址。而且，该带通滤波器必须很小（微米范围），很容易在薄膜状或卷进卷出（roll-to-roll）塑料基片上构造并能够和基片上其它小型 PIRM 类装置相互作用。

在 PIRM 环境中，简单的 RC 带通滤波器由于其不可接受的高功耗是不适用的。这类滤波器还具有 20db 每十倍的衰减率，这对于提供用来寻址 PIRM 阵列所需的在给定频谱上的必需的信号数来说太低了。使用晶体管元件的有源滤波器一般太贵。LCR 滤波器可以设计用于 PIRM，但是制作便宜且紧凑的电感很难，看起来也不可行。

以上问题的一种解决方法可以是采用机械驱动的带通滤波器。在美国专利 No. 3, 803, 521 (Hetzl) 中示出了一个电控机械带通滤波器的实例，其中用电磁转换器把电能转变成机械能或者相反，从而滤出所需的频率。在美国专利 No. 3, 686, 593 (Zakaria) 中示出另一种使用静电电控机械谐振器的应用，其中一个振动簧片被它本身和输出电极之间

的静电力驱动，输出由簧片和输出电极之间的电容变化来表示。Hetzel 和 Zarkaria 系统设计于 70 年代，由于现代科技例如 PIRM 的发展而变得过时了。而且，Zakarian 电路利用电容之间气隙的变化产生输出信号。这种方法导致力和位移之间的非线性关系，使得很难稳定运行。

发明内容

本发明提供了用于 PIRM 存储阵列的电控机械带通滤波器。本发明的系统利用电耦合的微谐振器作为滤波器来实现微电控机械系统 (MEMS) 技术，其中大量的微小的微动子构造在单个基片上。本发明的系统提供了具有陡峭的频率跌落的窄带通滤波器，典型地每十倍衰减 40db，系统还具有高阻抗，从而可以用简单，低温不包括集成电路的便宜的工艺实现。本发明具有很低的功耗，通频带外的高衰减，并利用和塑料基片兼容的简单制作技术，满足了 PIRM 技术的基本需要。

根据本发明，提供了一个构造在基片上的电耦合的机械带通滤波器，包括：第一和第二块 (mass)，每一块在一个方向上可独立地相对于基片和另一块运动；第一弹簧元件，一端连接在基片上，另一端连接在第一块上；第二弹簧元件，一端连接在第一块上，另一端连接在第二块上；输入转换器，用来接收输入频率和把输入力施加到第一块上，输入力在第一块运动的方向上有一个分力，输入力受输入频率的影响；输出转换器和第一和第二块相连来提供受第一和第二块相对运动影响的输出频率；其中输出转换器和第一块机械连接在一起、并且和第二块容性耦合在一起，以产生输出频率。

第二弹簧元件有一端连接在第一块上，另一端连接在第二块上。提供一个输入转换器来接收输入频率并向第一块施加一个输入力，输入力在第一块运动的方向上有一个分量，输入力受输入频率影响。一个输出转换器与第一和第二块相连来提供输出频率，该频率受第一块和第二块之间的相对运动影响。

本发明的另一个实施方案包括带通滤波基片上的振荡器频率的方法，该基片通常具有第一和第二块以及第一和第二弹簧元件，每一块至少可沿着一个方向独立移动。第一弹簧元件的一端和第一块相连，另一端和基片相连。第二弹簧元件的一端和第一块相连，另一端和第二块相连。输入力加在第一块上，输入力在第一块运动的方向上有一个分量；

所述方法还包括将输出转换器和第一块机械连接以及将输出转换器和第二块容性耦合，以产生输出频率。

输入力受输入转换器提供的输入频率的影响。输出频率通过与第一和第二块相连的输出转换器产生并受第一和第二块之间相对运动的影响。

下面的详细描述将结合附图，通过举例来阐明本发明的其他方面以及优点。

附图说明

图 1 是一个概要的草图，说明依照本发明优选实施方案的电控机械带通滤波器元件之间的关系；

图 2 是一个简化的电路图，描述图 1 中概要示出的本发明优选实施方案；

图 3 是图 1 中概要示出的本发明另一个优选实施方案的简化示意图；

图 4 是一个依照本发明优选实施方案的带通滤波器响应的图形表示；

图 5 是一个依照本发明优选实施方案的带通滤波器响应的图形表示；

图 6 是一个依照本发明优选实施方案的带通滤波器响应的图形表示；

具体实施方式

参考图 1，简略说明本发明优选实施方案的电控机械带通滤波器 10 的元件之间的关系。

带通滤波器由一个二阶机械系统实现，包括第一块 14，如图所示通过第一弹簧元件 16 和基片 12 连接起来。第二块 18 通过第二弹簧元件 20 和第一块 14 连接起来。块 14 和 18 可以自由地沿着至少一个共同的方向 21 相对于基片 12 运动。

机械滤波器系统 10 的输入是沿着共同的方向 21 施加到第一块 14 上的周期的力 22。力 22 优选地通过一个传统的静电转换器（没有示出）来施加，转换器接收一个变化的输入频率并把它转换成对应于输入频率

的变化的输出力 22。

机械式滤波器系统 10 的输出基于块 14 和块 18 之间的距离 26 的变化。这个输出被一个传统的静电转换器（没有示出）感知并把距离的变化 x 转换成电子输出信号。

在运行中，在很低的频率，块 14 在 x 方向上缓慢运动。块 18 与块 14 一致运动，使块之间的距离 26 不变，输出信号为零。在频谱的另一端，频率很高时，块 14 的惯性超过了力 22，块 14 不会运动，块 18 也不运动。因而在高频时输出信号也是零。在中间的频率，块 18 有滞后于块 14 的趋势，导致了块之间的相对运动，这样距离 26 就改变了。因此就产生了输出信号。在其中产生显著输出信号的范围就定义了通频带，在通频带两侧输出信号衰减的程度被不同因素控制，这里将讨论这些因素并定义通频带频率窗口的形状。

在一个优选实施方案中，电信号静电耦合到通频带系统。有很多种可能的电极配置提供必要的耦合。输入通过导体和绝缘体任意装置耦合到系统，这种装置在第一块运动时能导致电容变化而机械带通滤波器系统的其他运动不会引起电容变化。相似地，输出信号通过绝缘体和导体装置提供，这种装置只响应两块之间的相对运动而使电容发生变化。

可选地，除了静电耦合，其他电子耦合机制也可以在本发明范围内实现。例如，压电转换器可以用在输入或输出或者输入输出都用，这样在输入施加一个信号和/或在输出产生一个信号，所述信号与加在压电转换器上的压力成比例。另一个可选的实施方案可以使用驻极体作为转换器，从而当电场加在驻极体时，电荷被限制在影响输入输出信号的材料上。

图 2 表示依照本发明的带通滤波器 30 的元件的示意方案。如上所述，块 32 通过弹簧 33 耦合到基片 36，并至少在 x 方向上有运动范围。块 38 通过弹簧 39 和块 32 连接起来，也至少在 x 方向上有运动的范围。块 32 和 38 是由具有具体磁导率（ ϵ ）的绝缘材料制成的。输入信号 V_i 由振荡器 40 产生，从而施加一个可以克服块 32 和弹簧 33 的惯性的力，导致 32 沿着 x 方向的运动，振荡器 40 通过电极板 42 和块 32 的内在电容耦合。单元 44（ C_1 ）代表系统加在块 32 上的阻尼。

块 32 的运动通过弹簧 39 传递到块 38，导致块 38 沿着 x 方向运动。输出装置 47 包括和块 38 的电容相互作用的电极板 48。块 38 相对于输

出装置 47 的运动导致了电池 49 产生的电池电压 V_B 的变化,从而产生在电极板 48 上周期性输出电压 V_O 。块 32 通过机械连接 34 和输出装置 47 固定在一起,这样块 32 的运动导致输出装置 47 的可比运动。单元 46 (C_2) 代表系统加在块 38 上的阻尼。

因此,输出信号 V_O 只有在块 38 相对于块 32 运动,从而相对于输出装置 47 运动时才会变化。

图 2 中所示的系统运动的机械系统公式如下:

$$(1) \quad M_1 \ddot{X}_1 = -K_1 X_1 - K_2 (X_1 - X_2) - C_1 \dot{X}_1 - C_2 (\dot{X}_1 - \dot{X}_2) + F_1$$

$$(2) \quad M_2 \ddot{X}_2 = -K_2 X_2 - C_2 (\dot{X}_1 - \dot{X}_2) + F_2 + K_2 X_1$$

然后作用在块 32 (M_1) 上的力 F_1 可以从简单的静电理论导出如下:

$$F_1 \frac{dU_1}{dx} \approx \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{2} C V_i^2 \right)$$

$$(3) \quad F_1 \approx \frac{V_i^2}{2} \left(\frac{\epsilon - \epsilon_0}{d} \right) w$$

其中 ϵ 是间隙中的材料的磁导率, ϵ_0 是自由空间的磁导率, w 是电极板的宽度, d 是电极板 42 和 48 之间的间隙。

F_2 和 V_O 的计算通过电极板 48 的电容结合在一起。

对于守恒系统:

$$dU = Vdq - fd\xi$$

$$(4) \quad \xi = X_2 - X_1 \text{ (块的相对位移)}$$

假设 V 有很小的变化,把等式表示成时间的函数:

$$V^2/2 \frac{dc}{d\xi} \frac{d\xi}{dt} = Vdq/dt - fd\xi/dt$$

$$V^2/2 \frac{dc}{d\xi} \frac{d\xi}{dt} = Vdq/dt - fd\xi/dt$$

$$dc/d\xi^2 = (\epsilon - \epsilon_0) w_2/d_2$$

$$dq/dt = -i$$

$$F_2 \cong V^2/2 (\epsilon - \epsilon_0) w_2/d_2$$

$$V_i = V^2 (\epsilon - \epsilon_0) w_2/d_2 d\xi/dt$$

$$i=V(\epsilon-\epsilon_0)w_2/d_2d\xi/dt$$

由于 $V=V_O-V_B$ 以及 $V_O=iR$, 所以

$$(5) V_O=V_B(R(\epsilon-\epsilon_0)w_2/d_2d\xi/dt)/(1-R(\epsilon-\epsilon_0)w_2/d_2d\xi/dt)$$

$$(6) F_2 \cong V_B^2(\epsilon-\epsilon_0)w_2/2d_2(1-R(\epsilon-\epsilon_0)w_2/d_2d\xi/dt)$$

等式 (1), (2), (3), 和 (6) 表示的电控机械系统可以结合起来提供系统运动, 作为关于外加输入电压 V_i 和稳定的电池电压 V_B 的时间函数。

那么, 输出电压 V_O 可以通过将 $\xi=X_2-X_1$ (等式 4) 代入等式 5 得出。

如等式 (3) 所示加到块 32 上的力 F_1 和加到输入电容 44 上的电压 V_i 的平方对应。这样块 38 就以两倍于振荡器输入频率的频率被驱动。如上所述, 电压输出 V_O 和块 32 和 38 之间的相对速度成比例, 因此输出电压也以两倍于输入频率的频率响应。这会向带通滤波器提供一个倍乘因子, 影响通频带的形状, 下文将讨论此点。

滤波器的通频带决定于系统的机械谐振。对于一个系统, 其中块 32 和 38 相等, 弹簧元件 33 和 39 的倔强系数相同, 阻尼作用很小, 通带由下式决定:

$$(7) F_0 = \frac{3 \pm \sqrt{5}}{2} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

其中 F_0 是输出频率, 单位为周每秒, K 是第一和第二弹簧的倔强系数, 单位牛顿每米, m 是第一和第二块的质量, 单位千克。

可以理解块和弹簧系数是可以改变的, 两块可以有不同的质量, 两个弹簧可以有不同的倔强系数, 这取决于滤波器的规格要求。而且, 通过增加其他静电元件来响应外加电压改变元件的倔强系数或质量, 可以使带通滤波器电可编程。当两块质量和两个弹簧不同时, 本领域普通技术人员可以导出更一般化的等式来确定输出频率。

一种选择可以向定向 (beam) 弹簧施加张力, 使倔强系数随着张力负荷的立方而增加。另一种选择是提供一个具有有效长度的悬臂弹簧, 有效长度随着静电压力而改变。这种情况下, 弹簧的倔强系数和有效长度的立方成比例。通频带的平滑度决定于系统固有频率的间隔和机械系统的阻尼。典型地, 水平振荡器的静电谐振 Q 大约是 30。

在图 2 所示系统中块 32 和 38 假设是用绝缘材料制成的。在这种情况下，等式 3 表明产生的力是下列各量的函数：块的磁导率（ ϵ ），空气的磁导率（ ϵ_0 ），电容器极板的宽度（ w ），电极板之间的距离（ d ）。换句话说，忽略因数（ $V_i^2/2$ ）：

$$(8) \quad F_x \approx \frac{(\epsilon - \epsilon_0)w}{d}$$

作为可选，如果块是导体，临界气隙变成了电极板 32 或 48（ d ）之间的空间，只有空气的导磁率被考虑。这样产生的力的等式变成：

$$(9) \quad F_x \approx \frac{\epsilon_0 w}{d}$$

现在看图 3，示出本发明带通滤波器的另一个优选实施系统 50。系统 50 有一个输入级 52 和一个输出级 54。在输入级，块 56（M1）被弹簧元件 60（K1）固定在基片 58 上。一个表面驱动振荡器 62 通过电容极板 53 向输入级 52 提供输入频率，电容极板在块 56 两侧各一块，图中只示出一块。输出级 54 包括齿状驱动 64，64 由块 56 和块 66（M2）的交错的齿构成。块 66 通过弹簧元件 68（K2）和块 56 连接。优选地，弹簧元件 60 和 68 是弹簧片，和块 56 和 66 在同一个制作过程中一起制成。

在这个系统中，块 56 和 66 假设是导体，因此公式（9）适用，其中输入力的关键间隙（ d ）是输入电极之间的空间。对于利用公式（9）计算输出力来说，关键间隙（ d ）是齿状驱动 64 的齿间气隙或交错的齿间间隙乘以交错的齿数， w 是各交错的齿宽度。

输出电压 V_O 取自和一个电池电压 V_B 串联连接在块 56 和 66 之间的电阻 72 上。齿状驱动 64 作为块 56 和 66 之间的可变电容，在两块沿着 70 方向相对运动时改变电容。齿状驱动 64 电容的改变使电阻 72 上的输出电压 V_O 改变。这样，就产生了具有在期望的频率带宽范围内的频率的输出电压。

如上所述，输出电压 V_O 的频率和输入频率的两倍成比例。从而，选择合适的输入频率以使输入频率的两倍是所需的输出频率。

现在参看图 4，通频带以外的衰减对于两块的相对位置来说渐进达到每十倍 40db。系统的电气输出和两块的相对速度成比例。因此，如图中所示，从输入电压到输出电压的传递函数在进入侧 80 以 60db 每十倍

的斜率进入通频带，而在离开侧 82 以 20db 每十倍的斜率离开通频带。类似地，从输入电流到输出电流的传递函数以 20db 每十倍的斜率进入通频带，以 60db 每十倍的斜率离开通频带。因此，通频带图形是不对称的，而一些应用中需要对称的图形。

有几种方法改善传递函数的对称性。一种方法是在滤波器前增加一个在通频带内具有截止频率的无源 RC 低通或高通滤波器。因为输入电压作为机械式振荡器的输入时被平方，这种方法可以用来提供对称通频带的滤波器，在通频带的进入侧 84 和离开侧 86 两侧都以 60db 每十倍离开，如图 5 所示。虽然这种通带图形很理想，但是增加的 RC 滤波器给系统增加了不允许的功耗。

在本申请中，滤波器用来从信号被混合的公用线上提取信号。因为信号是已知的可控制输入信号，它们的振幅可以调节使得输出信号具有期望的形状。如果输入振幅用频率的平方根调整，假设公用线上没有其他干扰源，信号就可以对称地被辨别出来，这样滤波器就有了对称的 40db 每十倍的衰减，在通频带输入 90 处上升，在通频带输出 92 处下降。在这种情况下，任何白噪声会不对称地被过滤。但是，功耗比增加无源滤波器要小得多。

下文解释为什么根据输入频率的平方根($\sqrt{\omega}$)调节输入使有效的带通频率响应对称。没有调整的滤波器的传递函数以 +60dB/dec 的斜率进入通频带，以 -20dB/dec 的斜率离开通频带。如果传递函数乘以 $1/\omega$ ，它将在整个频谱范围内把振幅减少 20dB/dec，因而使得带通滤波器响应以 +40dB/dec 的斜率进入通频带，以 -40dB/dec 的频率离开通频带。这正是所需的使得通带图形对称的频率响应。因为输入信号是已知的和可控制的，它们的振幅可以根据和 $1/\sqrt{\omega}$ 成比例的因数调节来达到所需效果。如前文所述，输出电压的振幅依赖于输入电压振幅的平方，也就是： $V_O \propto V_i^2 F(\omega)$ ，其中 V_O 是输出振幅， V_i 是输入振幅， $F(\omega)$ 是传递函数中依赖于频率的部分。用 $1/\sqrt{\omega}$ 调整输入具有将输入函数除以因数 ω 同样的效果：

$$V_0 \propto \left(\frac{V_i}{\sqrt{\omega}} \right)^2 F(\omega) = V_i \frac{F(\omega)}{\omega}$$

图6示出上述系统的仿真频率响应。假设没有增加无源元件以形成输入预-滤波器，输入阻抗将由用来使机械系统更精确的齿状或表面驱动结构的电容决定。这些结构将具有一个皮法或更少的电容。

本发明的带通滤波器的另一个有用的特点是它能提供输入和输出电路之间完全的电绝缘。输入和输出电路是完全分离的。滤波器的实际实现可能如图3所示，当用共同的导体基片构成输入和输出电容器的一部分时，输入和输出就电气耦合在一起了。但是，这是一种设计选择而不是本发明概念的限制。

虽然以上实施方案代表本发明，对于本领域的技术人员来说，根据本说明书和所附权利要求或者本发明公开实施方案的实践，其他实施方案也是显然的。该说明书和实施方案目的只在于举例说明，本发明将由权利要求及其等效方案确定。

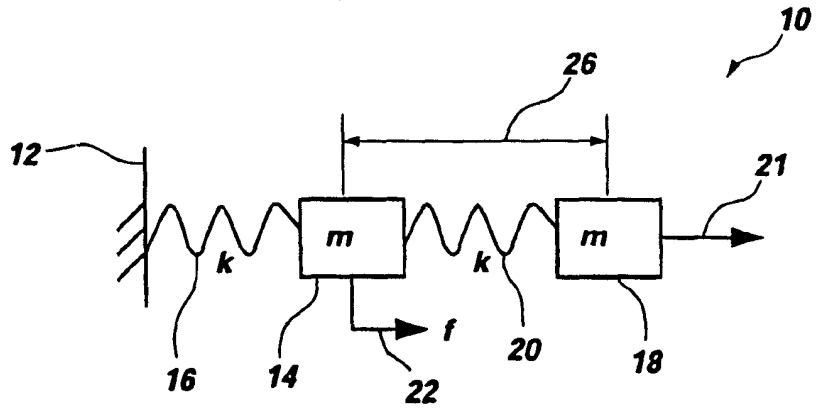


图 1

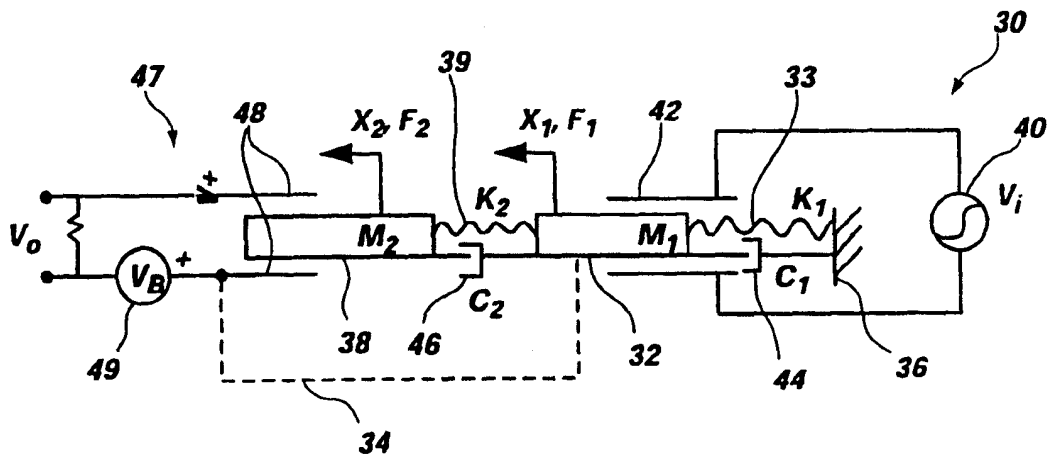


图 2

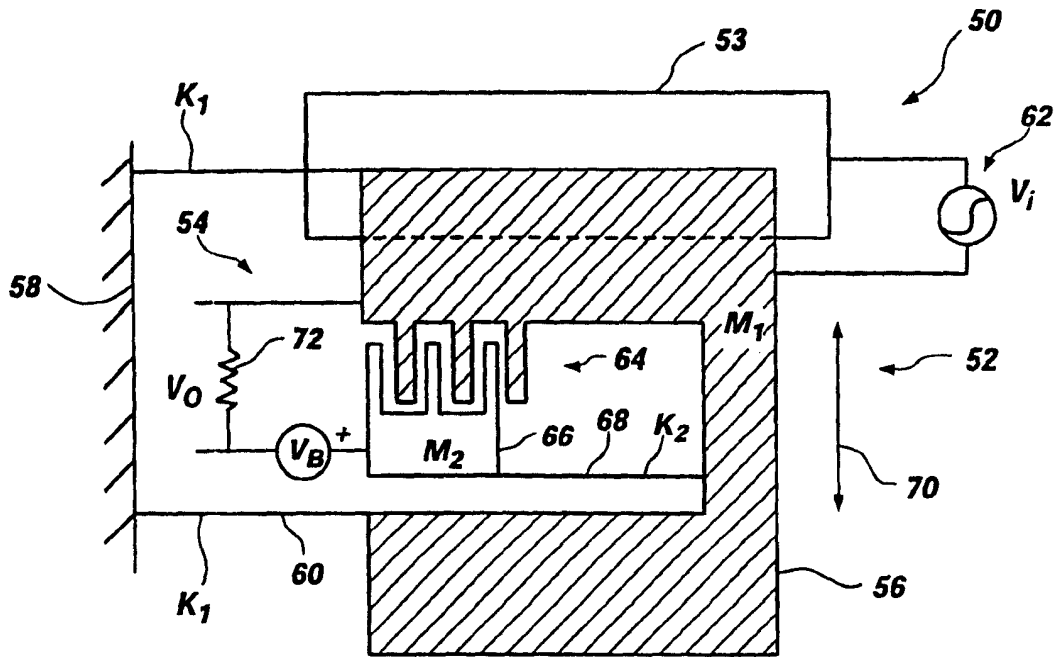


图 3

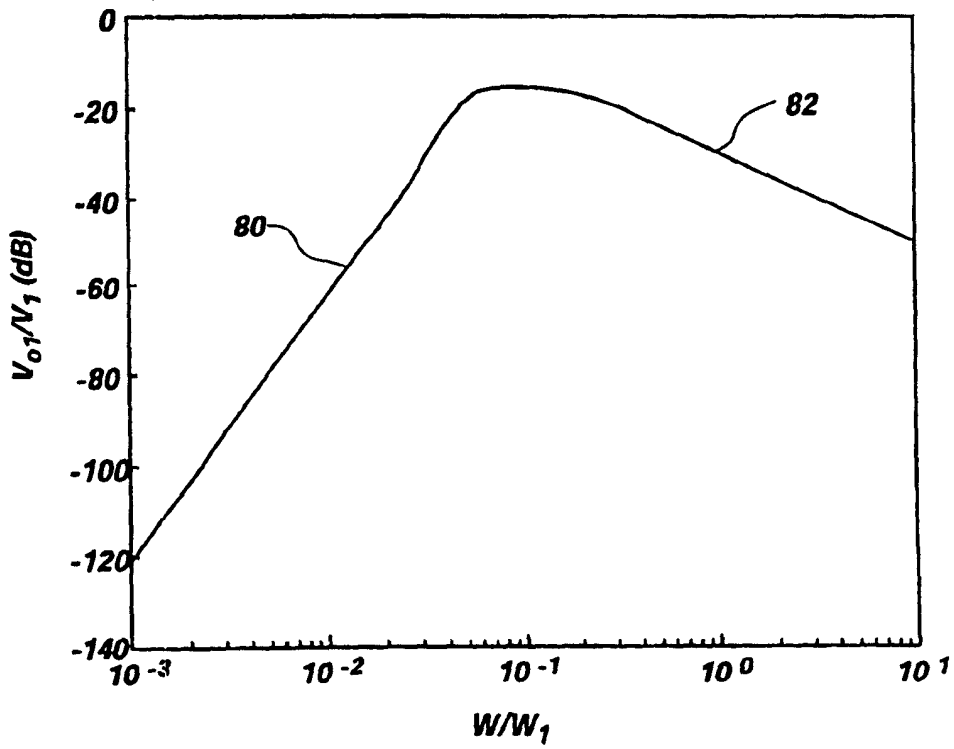


图 4

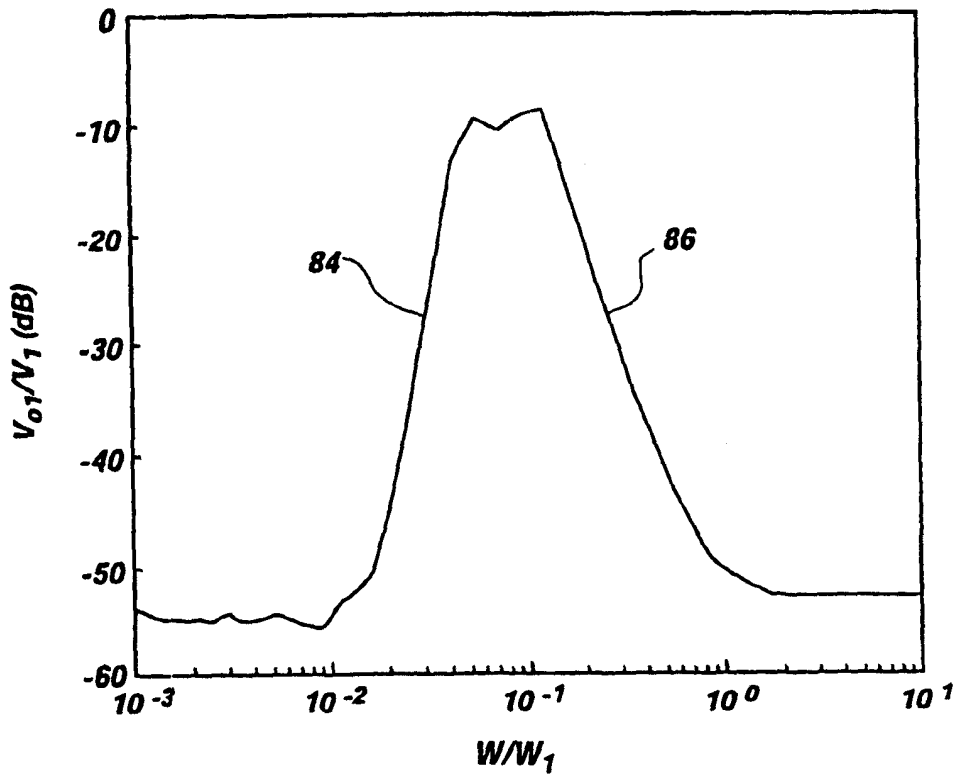


图 5

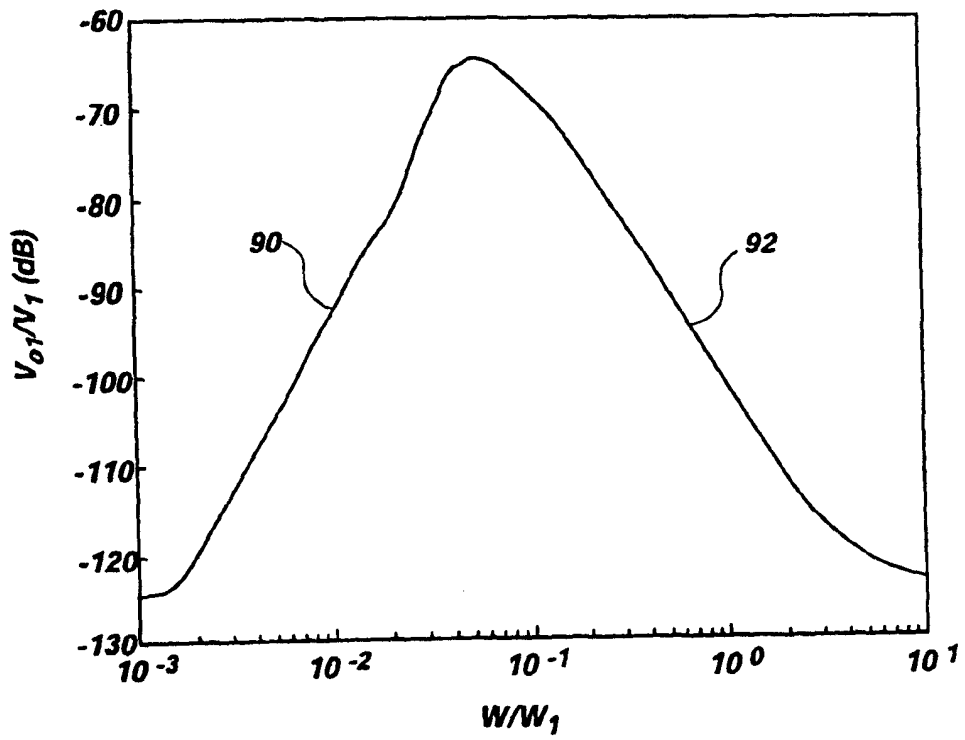


图 6