



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102602875 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201210017188. 1

US 2010/0326188 A1, 2010. 12. 30,

(22) 申请日 2012. 01. 19

US 2002/0114053 A1, 2002. 08. 22,

(30) 优先权数据

审查员 杨靖

13/012, 643 2011. 01. 24 US

(73) 专利权人 飞思卡尔半导体公司

地址 美国得克萨斯

(72) 发明人 A·C·迈克奈尔 G·G·李

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 金晓

(51) Int. Cl.

G01P 15/125(2006. 01)

B81B 3/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2010/0186508 A1, 2010. 07. 29,

CN 101881785 A, 2010. 11. 10,

US 2009/0293617 A1, 2009. 12. 03,

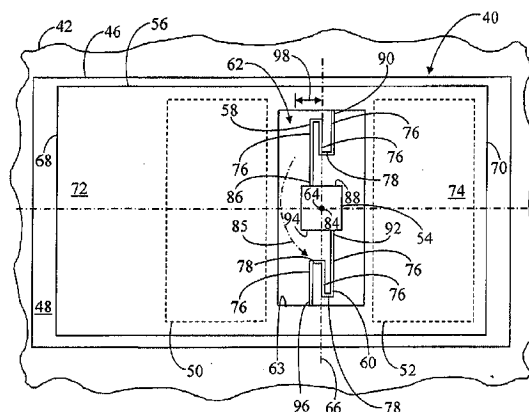
权利要求书3页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

具有折叠扭力弹簧的 MEMS 传感器

(57) 摘要

本发明公开了具有折叠扭力弹簧的 MEMS 传感器。一种微机电系统 (MEMS) 传感器 (40) 包括基底 (46) 和形成在基底 (46) 的平坦表面 (48) 上的悬置锚 (54)。第一折叠扭力弹簧 (58) 和第二折叠扭力弹簧 (60) 使可动部件 (56) 与悬置到基底 (46) 之上的可动部件 (56) 的悬置锚 (54) 相互连接。折叠扭力弹簧 (58, 60) 每个都由多段 (76) 形成, 该多段由条部件 (78) 以蛇形连接到一起。折叠扭力弹簧 (58, 60) 具有相同的形状并且在相对于彼此绕悬置锚 (54) 的重心质心 (84) 旋转对称的方向上。



1. 一种微机电系统 MEMS 传感器,包括:

基底;

可动部件,在所述基底的表面之上以间隔开的关系布置,所述可动部件适于相对于位于所述可动部件的第一和第二端部之间的旋转轴运动;

悬置锚,形成在所述基底的所述表面上,悬置锚的质心位于所述旋转轴上;

第一折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接,所述第一折叠扭力弹簧具有耦合到所述悬置锚的第一端部;以及

第二折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接,所述第二折叠扭力弹簧具有耦合到所述悬置锚的第二端部,所述第一和第二折叠扭力弹簧具有基本相同的形状,所述第二折叠扭力弹簧基本上被取向为相对于所述第一折叠扭力弹簧绕所述悬置锚的所述质心旋转对称,以及所述第一折叠扭力弹簧和所述第二折叠扭力弹簧中的所述第一和第二端部中的每一个离开所述旋转轴并且位于所述旋转轴的相对侧上基本相同的距离。

2. 如权利要求 1 所述的 MEMS 传感器,其中所述第二折叠扭力弹簧位于相对于所述第一折叠扭力弹簧绕所述悬置锚的所述质心旋转大约 180 度的取向上。

3. 如权利要求 1 所述的 MEMS 传感器,其中所述第一和第二折叠扭力弹簧中的每一个基本上平行于所述旋转轴配置。

4. 如权利要求 1 所述的 MEMS 传感器,其中所述第一和第二折叠扭力弹簧中的每一个包括基本上平行于所述旋转轴排列的多个段,所述段通过条部件以蛇形链接在一起。

5. 如权利要求 4 所述的 MEMS 传感器,其中所述条部件中的每一个表现出第一长度,所述第一长度小于所述段的第二长度。

6. 如权利要求 4 所述的 MEMS 传感器,其中所述第一和第二折叠扭力弹簧中的所述每一个包括至少三段。

7. 如权利要求 1 所述的 MEMS 传感器,其中:

所述可动部件包括延伸穿过所述可动部件的开口,所述开口由所述可动部件的内边缘部分界定;

所述悬置锚在所述开口中居中;

所述第一折叠扭力弹簧的所述第一端部耦合到所述悬置锚的第一侧面;

所述第二折叠扭力弹簧的所述第二端部耦合到所述悬置锚的第二侧面,所述悬置锚的第二侧面与所述第一侧面相对;

所述第一折叠扭力弹簧具有耦合到所述可动部件的所述内边缘部分的第三端部;以及
所述第二折叠扭力弹簧具有耦合到所述可动部件的所述内边缘部分的第四端部。

8. 如权利要求 1 所述的 MEMS 传感器,其中所述传感器进一步包括配置在所述可动部件下方位于所述基底上的感测部件,所述感测部件适于检测所述可动部件绕所述旋转轴沿垂直于所述基底的平面的轴从第一位置到第二位置的运动。

9. 一种包括微机电系统 MEMS 传感器的设备,所述 MEMS 传感器包括:

基底;

可动部件,在所述基底的表面之上以间隔开的关系布置,所述可动部件适于相对于位于所述可动部件的第一和第二端部之间的旋转轴运动;

悬置锚,形成在所述基底的所述表面上,所述悬置锚具有位于所述旋转轴上的质心;

第一折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接,所述第一折叠扭力弹簧具有耦合到所述悬置锚的第一端部;以及

第二折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接,所述第二折叠扭力弹簧具有耦合到所述悬置锚的第二端部,所述第一和第二折叠扭力弹簧具有基本相同的形状,所述第二折叠扭力弹簧基本上被取向为相对于所述第一折叠扭力弹簧绕所述悬置锚的所述质心旋转对称,所述第一和第二端部中的每一个离开所述旋转轴并且位于所述旋转轴的相对侧上基本相同的距离,并且所述第一和第二折叠扭力弹簧中的每一个包括基本上平行于所述旋转轴排列的多个段,所述段通过条部件以蛇形链接在一起。

10. 如权利要求 9 所述的设备,其中所述第二折叠扭力弹簧位于相对于所述第一折叠扭力弹簧绕所述悬置锚的所述质心旋转大约 180 度的取向上。

11. 如权利要求 9 所述的设备,其中每个所述条部件表现出第一长度,所述第一长度小于所述段的第二长度。

12. 如权利要求 9 所述的设备,其中所述第一和第二折叠扭力弹簧中的所述每一个包括至少三段。

13. 如权利要求 9 所述的设备,其中:

所述可动部件包括延伸穿过所述可动部件的开口,所述开口由所述可动部件的内边缘部分界定;

所述悬置锚在开口中居中;

所述第一折叠扭力弹簧的所述第一端部耦合到所述悬置锚的第一侧面;

所述第二折叠扭力弹簧的所述第二端部耦合到所述悬置锚的第二侧面,所述悬置锚的第二侧面与所述第一侧面相对;

所述第一折叠扭力弹簧具有耦合到所述可动部件的所述内边缘部分的第三端部;并且

所述第二折叠扭力弹簧具有耦合到所述可动部件的所述内边缘部分的第四端部。

14. 如权利要求 9 所述的设备,其中所述 MEMS 传感器进一步包括配置在所述可动部件下方位于所述基底上的感测部件,所述感测部件适于检测所述可动部件绕所述旋转轴沿垂直于所述基底的平面的轴从第一位置到第二位置的运动。

15. 一种微机电系统 MEMS 传感器,包括:

基底;

可动部件,在所述基底的表面之上以间隔开的关系布置,所述可动部件包括延伸穿过所述可动部件的开口,所述开口由所述可动部件的内边缘部分界定,并且所述可动部件适于相对于位于所述可动部件的第一和第二端部之间的旋转轴运动;

悬置锚,形成在所述基底的所述表面上并且在所述开口中居中;

第一折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接并且配置为基本上平行于所述旋转轴,所述第一折叠扭力弹簧具有耦合到所述悬置锚第一侧面的第一端部和耦合到所述可动部件的所述内边缘部分的第二端部;以及

第二折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接并且配置为基本上平行于所述旋转轴,所述第二折叠扭力弹簧具有耦合到所述悬置锚第二侧面的第三端部和耦合到所述可动部件的所述内边缘部分的第四端部,所述悬置锚的第二侧面与所述第一侧面相对,所述第一和第二折叠扭力弹簧具有基本相同的形状,所述第二折叠扭力弹簧基本上被

取向为相对于所述第一折叠扭力弹簧绕所述悬置锚的质心旋转对称,并且相应的第一和第二折叠扭力弹簧的所述第一和第三端部中的每一个离开所述旋转轴并且位于所述旋转轴的相对侧上基本相同的距离。

16. 如权利要求 15 所述的 MEMS 传感器,其中所述第二折叠扭力弹簧位于相对于所述第一折叠扭力弹簧绕所述悬置锚的所述质心旋转大约 180 度的取向上。

17. 如权利要求 15 所述的 MEMS 传感器,其中所述悬置锚的质心位于所述旋转轴上。

18. 如权利要求 15 所述的 MEMS 传感器,其中所述第一和第二折叠扭力弹簧中的每一个包括平行于所述旋转轴排列的至少三段,所述段通过条部件以蛇形链接在一起,每个所述条部件表现出第一长度,所述第一长度小于所述段的第二长度。

19. 如权利要求 15 所述的 MEMS 传感器,进一步包括配置在所述可动部件下方位于所述基底上的感测部件,所述感测部件适于检测所述可动部件绕所述旋转轴沿垂直于所述基底的平面的轴从第一位置到第二位置的运动。

具有折叠扭力弹簧的 MEMS 传感器

技术领域

[0001] 本发明一般地涉及一种微机电系统 (MEMS) 传感器。更具体地, 本发明涉及一种具有折叠扭力弹簧的 MEMS 传感器, 用于减小尺寸并且减少对温度引起的误差的敏感性。

背景技术

[0002] 微机电系统 (MEMS) 传感器广泛使用在例如汽车、惯性制导系统、家用电器、各种设备的保护系统以及许多其它工业、科学和工程系统的应用中。这种 MEMS 传感器用于感测例如加速度、压力、转角或温度等物理状态, 并且提供所感测物理状态的电信号表示。

[0003] 由于成本相对较低, 容性传感 MEMS 的设计对于在加速度和转角环境中以及在小型设备中的操作是特别期望的。容性加速计感测相对于加速度的电容的改变, 从而改变带电电路的输出。加速计的一种普通形式是具有“跷跷板”或“秋千”结构的两层容性传感器。这种通常利用的传感器类型使用基板上在 z 轴加速度下转动的可动部件或板。加速计结构能够测量两个不同的电容值, 从而确定差分或相对电容值。

[0004] 图 1 示出了现有技术的适于感测 z 轴加速度的 MEMS 容性加速计 20 的顶视图。加速计 20 配置成传统的铰链和“跷跷板”类型的传感器。容性加速计 20 包括具有基本平坦表面的基底 22。电极部件 24 和 26 (以虚线形式示出) 形成在基底 22 的平坦表面上。此外, 悬置锚 28 形成在基底 22 的平坦表面上。可动部件 30, 通常称为“检验块”, 通过一个或多个旋转弯曲部分柔性地悬置在基底 22 之上, 该旋转弯曲部分通常称为扭力弹簧 32, 其将可动部件 30 与悬置锚 28 相互连接。如图所示, 开口 34 延伸通过可动部件 30, 悬置锚 28 沿可动部件 30 的旋转轴 36 位于开口 34 的基本中心位置。

[0005] 可动部件 30 适于响应于加速度绕旋转轴 36 旋转, 从而相对于下面的电极部件 24 和 26 改变其位置。更具体地, 响应于施加到可动部件 30 的 z 轴加速度, 扭力弹簧 32 受到绕它们的轴的扭转 (即, 剪切应力)。这种位置的改变导致了一系列的电容, 这些电容的差, 即差分电容值, 指示了加速度。典型地, 扭力弹簧 32 是具有适当弹簧常数的直条, 其允许可动部件 30 绕旋转轴 36 旋转并且返回到其中性位置。

发明内容

[0006] 根据以上以及其他方面, 本发明的一方面提供了一种微机电系统 MEMS 传感器, 包括: 基底; 可动部件, 在所述基底的表面之上以间隔开的关系布置; 悬置锚, 形成在所述基底的所述表面上; 第一折叠扭力弹簧, 使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接; 以及第二折叠扭力弹簧, 使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接, 所述第一和第二折叠扭力弹簧具有基本相同的形状, 并且所述第二折叠扭力弹簧基本上被取向为相对于所述第一折叠扭力弹簧绕所述悬置锚的质心旋转对称。

[0007] 本发明的另一方面提供了一种包括微机电系统 MEMS 传感器的设备, 所述 MEMS 传感器包括: 基底; 可动部件, 在所述基底的表面之上以间隔开的关系布置, 所述可动部件适于相对于位于所述可动部件的第一和第二端部之间的旋转轴运动; 悬置锚, 形成在所述基

底的所述表面上,所述悬置锚具有位于所述旋转轴上的质心;第一折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接;以及第二折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接,所述第一和第二折叠扭力弹簧具有基本相同的形状,所述第二折叠扭力弹簧基本上被取向为相对于所述第一折叠扭力弹簧绕所述悬置锚的所述质心旋转对称,并且所述第一和第二折叠扭力弹簧中的每一个包括基本上平行于所述旋转轴排列的多个段,所述段通过条部件以蛇形链接在一起。

[0008] 本发明的另一方面提供了一种微机电系统 MEMS 传感器,包括:基底;可动部件,在所述基底的表面之上以间隔开的关系布置,所述可动部件包括延伸穿过所述可动部件的开口,所述开口由所述可动部件的内边缘部分界定,并且所述可动部件适于相对于位于所述可动部件的第一和第二端部之间的旋转轴运动;悬置锚,形成在所述基底的所述表面上并且在所述开口中居中;第一折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接并且配置为基本上平行于所述旋转轴,所述第一折叠扭力弹簧具有耦合到所述悬置锚第一侧面的第一端部和耦合到所述可动部件的所述内边缘部分的第二端部;以及第二折叠扭力弹簧,使得所述可动部件与所述悬置锚相互连接并且配置为基本上平行于所述旋转轴,所述第二折叠扭力弹簧具有耦合到所述悬置锚第二侧面的第三端部和耦合到所述可动部件的所述内边缘部分的第四端部,所述悬置锚的第二侧面与所述第一侧面相对,所述第一和第二折叠扭力弹簧具有基本相同的形状,并且所述第二折叠扭力弹簧基本上被取向为相对于所述第一折叠扭力弹簧绕所述悬置锚的质心旋转对称。

附图说明

[0009] 当结合附图考虑时,参考具体实施方式和权利要求可以得到本发明的更完全的理解,其中整个附图部分中同样的参考标记代表类似的部件,并且:

[0010] 图 1 示出了现有技术中适于感测 z 轴加速度的 MEMS 容性加速计的顶视图;

[0011] 图 2 示出了包括在根据实施例的设备中的 MEMS 传感器的顶视图;

[0012] 图 3 示出了图 2 的 MEMS 传感器的侧视图;以及

[0013] 图 4 示出了图 2 的 MEMS 传感器的部分顶部放大图。

具体实施方式

[0014] 在一个方面,微机电系统 (MEMS) 传感器包括使可动部件,即检验块悬置在下面的基底之上的多段折叠扭力弹簧。在另一方面,多段折叠扭力弹簧的目的在于最小化由于热诱发的应力而导致的测量误差。可以使用现有的 MEMS 制造工艺制造这种具有折叠扭力弹簧的 MEMS 传感器。从而,包含在 MEMS 传感器中的扭力弹簧实现了精确、尺寸紧凑以及成本有效制造的设计目标。

[0015] 参考附图 2-4,图 2 示出了根据实施例的包含在设备 42 中的 MEMS 传感器 40 的顶视图。图 3 示出了 MEMS 传感器 40 的侧面剖视图,图 4 示出了 MEMS 传感器 40 的部分放大的顶视图。加速计形式的 MEMS 传感器 40 适于感测箭头 44 表示的 z 轴加速度,并且构造成“跷跷板”型传感器。设备 42 可以包括多个其中可能需要加速度测量的设备中的任意一个。这些设备包括,例如汽车系统、惯性制导系统、家用电器、各种设备的保护系统、手提计算和电信设备、手持式游戏控制器,以及许多其它工业、科学和工程系统中。

[0016] MEMS 传感器 40 包括具有基本平坦的表面 48 的基底 26。电极部件 50 和 52 以及悬置锚 54 形成在基底 46 的平坦表面 48 上。可动部件 56 以间隔开的关系位于在基底 46 的平坦表面 48 上方。更具体地, MEMS 传感器 40 包括第一折叠扭力弹簧 58 和第二折叠扭力弹簧 60, 其使可动部件 56 和悬置锚 54 相互连接, 从而可动部件 56 悬置在基底 46 之上。可以使用现有的和将有的 MEMS 制造设计规则和工艺形成 MEMS 传感器 40 的组件, 该工艺包括例如沉积、图案化以及蚀刻。

[0017] 如图所示, 开口 62 延伸通过可动部件 56 并且由可动部件 56 的内边缘部分 63 界定。悬置锚 54 沿可动部件 56 的第一端部 68 和第二端部 70 之间的可动部件 56 的旋转轴 66 位于开口 58 的大约中心位置 64。

[0018] 当为了操作为跷跷板型加速计时, 在旋转轴 66 一侧上的可动部件 56 的第一部分 72 被形成具有比旋转轴 66 的另一侧上的可动部件 56 的第二部分 74 相对更大的质量。在示例性实施例中, 第一部分 72 的更大质量可以通过偏置旋转轴 66 而产生, 使得第一部分 72 比第二部分 74 长。虽然, 第一部分 72 和第二部分 74 之间的质量差是通过旋转轴 66 的偏置而形成的, 在可选实施例中, 这种质量差可以通过由另外的材料层增加第一部分 72 的质量、通过相对于第一部分 72 从第二部分 74 去除质量等方式来实现。可动部件 56 适于响应于加速度 44 绕旋转轴 66 旋转, 从而相对于下面的感测电极部件 50 和 52 改变其位置。这种位置的改变导致一系列的电容值, 这些电容值的不同, 即差分电容值, 指示了加速度 44。

[0019] 第一和第二折叠扭力弹簧 58 和 60 中的每一个分别具有基本相同的形状和相似的尺寸, 其包括基本上平行于旋转轴 66 排列的多个段 76。弹簧 58 和 60 中每一个的各段 76 通过条部件 78 以蛇形链接在一起。在图示的示例中, 第一和第二扭力弹簧 58 和 60 中的每一个包括三段 76。然而, 另一折叠结构可以包括多于三段 76。

[0020] 在实施例中, 条部件 78 基本垂直于旋转轴 66, 但平行于基底 46 的平坦表面 48。具体地如在图 4 的放大顶视图中示出的, 每个条部件 78 表现出长度 80, 其明显地小于每个段 76 的长度 82。因此, 条部件 78 的材料特性并不对第一和第二折叠扭力弹簧 58 和 60 的扭转能力起很大贡献。而是, 平行于旋转轴 66 配置的每个段 76 的共同组合产生了使得可动部件 56 响应于加速度 44 绕旋转轴 66 旋转的期望效果。并且, 每个段 76 的长度 82 的和确实产生了与同样总长度的 (例如扭力弹簧 32 (图 1)) 的直条扭力弹簧基本相同的扭力弹簧常数。然而, 由于三段 76 的“折叠”结构, 第一和第二扭力弹簧 58 和 60 中的任一个所占的物理空间基本是表现出同样扭力弹簧常数的传统直条扭力弹簧的三分之一。

[0021] MEMS 传感器的应用需要较低的偏移温度系数 (TCO) 规格。TCO 是热应力影响半导体设备 (例如 MEMS 传感器) 性能多少的度量。高的 TCO 指示了相应高的热诱发应力, 或表明 MEMS 设备对这种应力非常敏感。MEMS 传感器应用的封装经常使用具有不同热膨胀系数的材料。从而, 可能在制造或操作过程中发展出不期望的高 TCO。另外, 应力可能是由于在终端应用中焊接封装的半导体设备到印刷电路板上引起的。MEMS 设备的应力和材料特性的组合可能会导致基底 46 的应变, 即变形。悬置锚 54 也可能通过下面的基底 46 经历这种应变或变形。悬置锚 54 的应变可能会导致可动部件 56 绕旋转轴 56 的一些旋转, 导致测量的不精确, 从而不利于影响了容性加速计 40 的输出。

[0022] 根据现有技术, MEMS 传感器中的部件典型地根据反射对称原理配置, 其中相对于对称轴配置部件。对称轴是在几何图形中的线, 该线将图形分割成两部分, 从而当沿对称轴

折叠时一部分与另一部分重合。现有技术的 MEMS 传感器 20 (附图 1) 的组件是按照反射对称布置的。不幸地,反射对称的假设布置由于 TCO 的影响可能会导致不期望的高应变和测量不准确。

[0023] 因此,第一和第二折叠扭力弹簧并不根据反射对称配置。相反,如图 2 所示,第二折叠扭力弹簧 60 基本上被取向为相对于第一折叠扭力弹簧 58 绕悬置锚 54 的质心 84 旋转对称,从而抵消导致测量不精确的悬置锚 54 处的应变问题。这里使用的术语“旋转对称”是指第二折叠扭力弹簧 60 相对于第一折叠扭力弹簧 58 绕质心 84 旋转的配置,但是和第一折叠扭力弹簧 58 “看起来仍然是一样的”。也就是说,第一折叠扭力弹簧 58 上的每个点都具有在第二折叠扭力弹簧 60 上距质心 84 的距离相同的匹配点,但是在相反的方向上。这种旋转对称在图 2 中由箭头 85 表示。在实施例中,第二折叠扭力弹簧 60 位于相对于第一折叠扭力弹簧 58 绕悬置锚 54 的质心 84 旋转大约 180 度的取向上。这种配置有时被成为“二度旋转对称”。

[0024] 第一折叠扭力弹簧 58 具有耦合到悬置锚 54 的第一侧面 88 的端部 86 和耦合到可动部件 56 的内边缘部分 63 的另一端部 90。类似的,第二折叠扭力弹簧 60 具有耦合到悬置锚 54 的第二侧面 94 的端部 92,悬置锚 54 的第二侧面 94 与悬置锚 54 的第一侧面 88 相对。第二折叠扭力弹簧 60 的另一端部 96 也耦合到可动部件的内边缘部分 63。在图示的实施例中,第一折叠扭力弹簧 58 的端部 86 和 90 并不相互对齐。相反,它们相对于对称轴 66 彼此横向偏移。类似地,第二折叠扭力弹簧 60 的端部 92 和 96 相对于对称轴 66 彼此横向偏移。

[0025] 由于第一和第二扭力弹簧 58 和 60 的旋转对称配置,第一折叠扭力弹簧 58 的端部 86 和第二折叠扭力弹簧 60 的端部 92 中的每一个都耦合到悬置锚 54,第一折叠扭力弹簧 58 的端部 86 和第二折叠扭力弹簧 60 的端部 92 离开对称轴 66 并且位于对称轴 66 的相对侧上相等的距离 98。从而,通过悬置锚 54 经历的第一折叠扭力弹簧 58 的端部 86 处的任何应变被通过悬置锚 54 经历的第二折叠扭力弹簧 60 的端部 92 处的基本相等和相反的应变平衡了。因此,这种旋转对称配置有效地消除了由于 TCO 影响而导致的测量误差。

[0026] 在实施例中,第一和第二折叠扭力弹簧 58 和 60 分别具有相应的端部 86 和 92,其从旋转轴 66 偏移并且位于旋转轴 66 的相对侧。然而,应该可以理解,在可选实施例中,两个折叠扭力弹簧连接到悬置锚 54 的点可以位于旋转轴 66 上,而折叠弹簧连接到可动部件 56 的点可以离开旋转轴 66 并且位于旋转轴 66 的相对侧上相等的距离。在又一可选实施例中,只要折叠扭力弹簧被取向为相对于彼此旋转对称,那么每个折叠扭力弹簧的任意端部都不需要位于旋转轴 66 上。

[0027] 这里描述的实施例包括微机电系统 (MEMS) 传感器,其包括使可动部件 (即校验块) 悬置在下面的基底之上的多段折叠扭力弹簧。多段折叠扭力弹簧实现了相对于具有相同扭力弹簧常数的直条扭力弹簧减小的尺寸。另外,多段折叠扭力弹簧相对于旋转轴取向以最小化由于热诱发应力引起的测量误差。弹簧取向是基于旋转对称的,其中一个折叠扭力弹簧相对于另一折叠扭力弹簧取向使得一个折叠扭力弹簧上的每个点在另一折叠扭力弹簧上都具有距悬置锚的质心距离相同的匹配点,但方向相反。从而,多段折叠扭力弹簧可以被实现在具有更小总面积同时符合严格的 TCO 规格的 MEMS 传感器设计中。此外,这种 MEMS 传感器可以很容易地被实现为使用现有制造工艺的低成本、紧凑、单管芯传感器。

[0028] 虽然已经详细描述了本发明的优选实施例,在不脱离本发明精神和如下权利要求的范围下做出各种变形对本领域技术人员是很明显。例如,折叠扭力弹簧可以被形成为与所描述的不同的段的数量和 / 或段的形状,只要它们是相对于彼此旋转对称配置的。

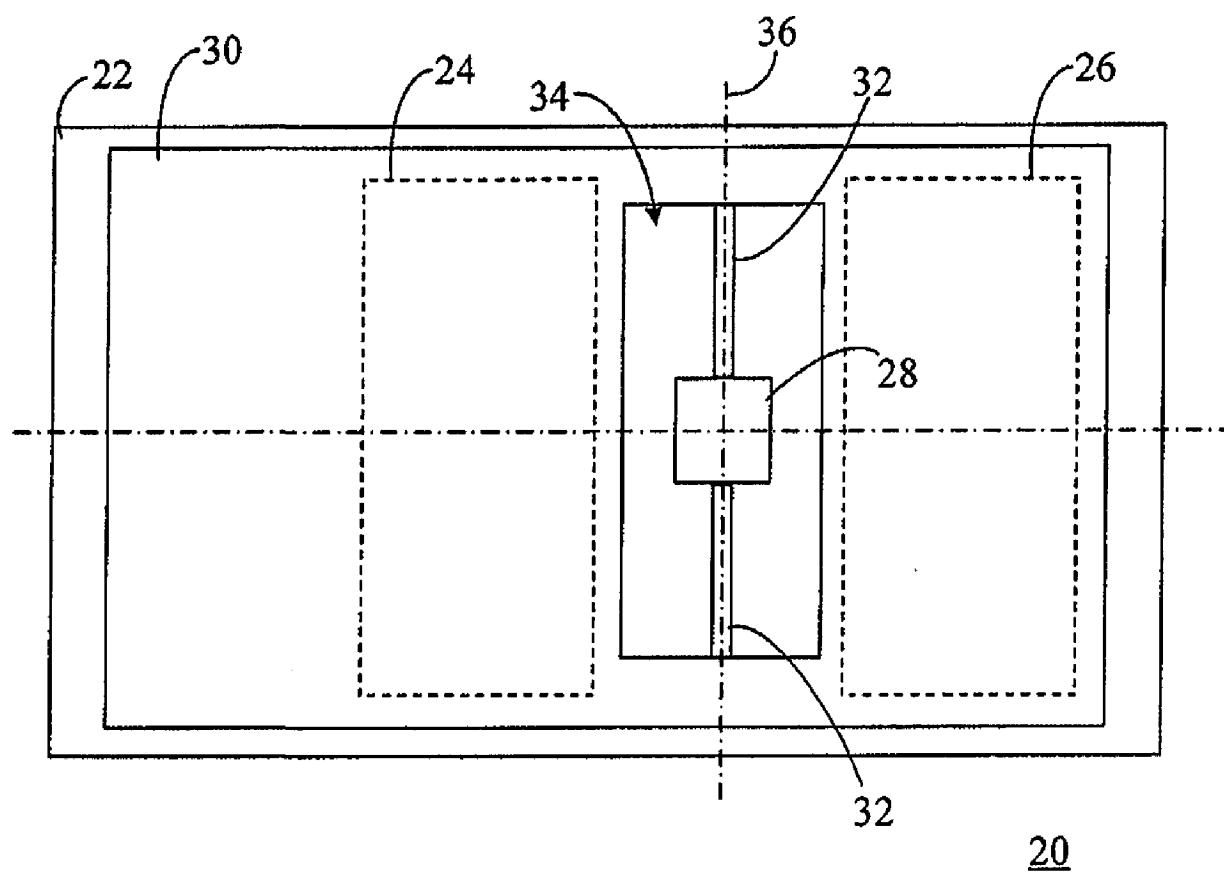


图 1

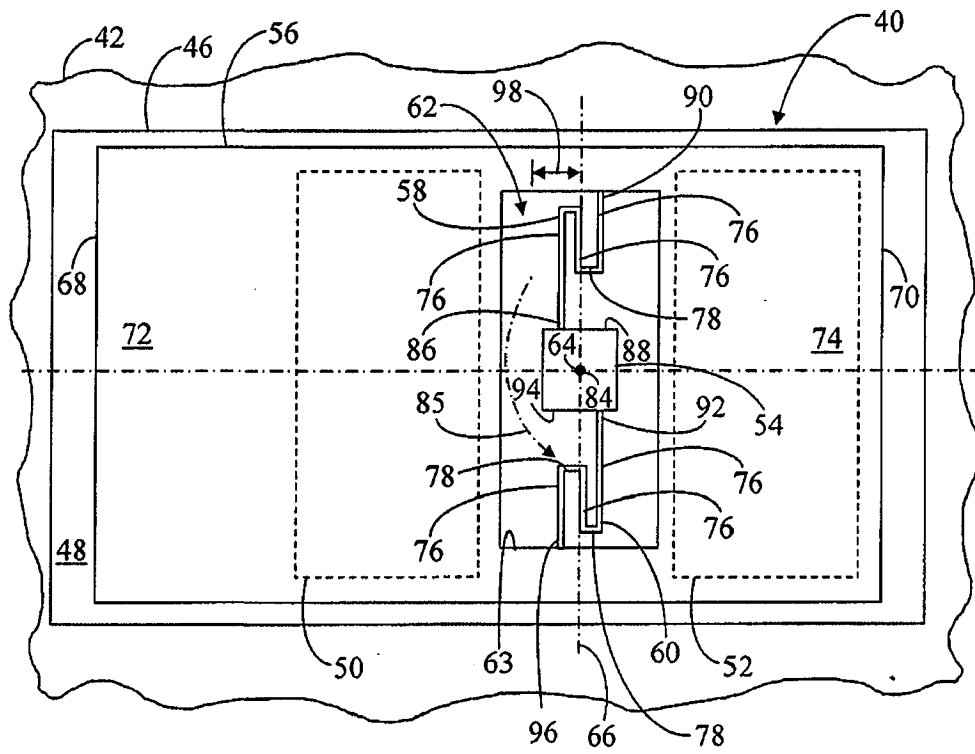


图 2

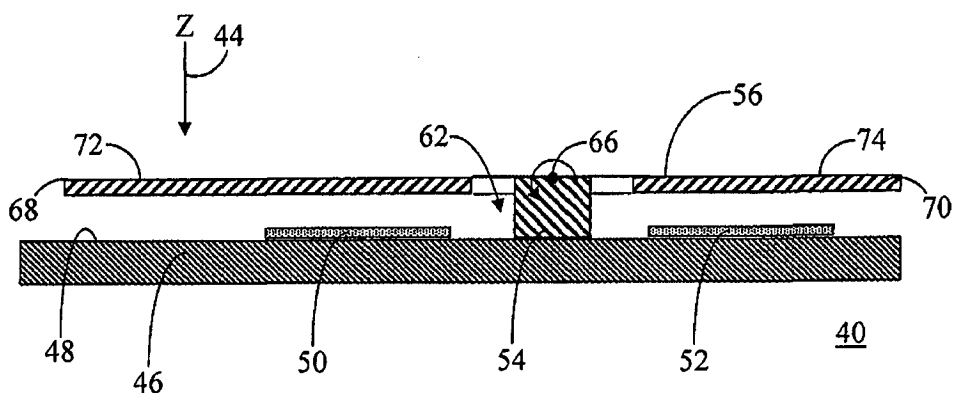


图 3

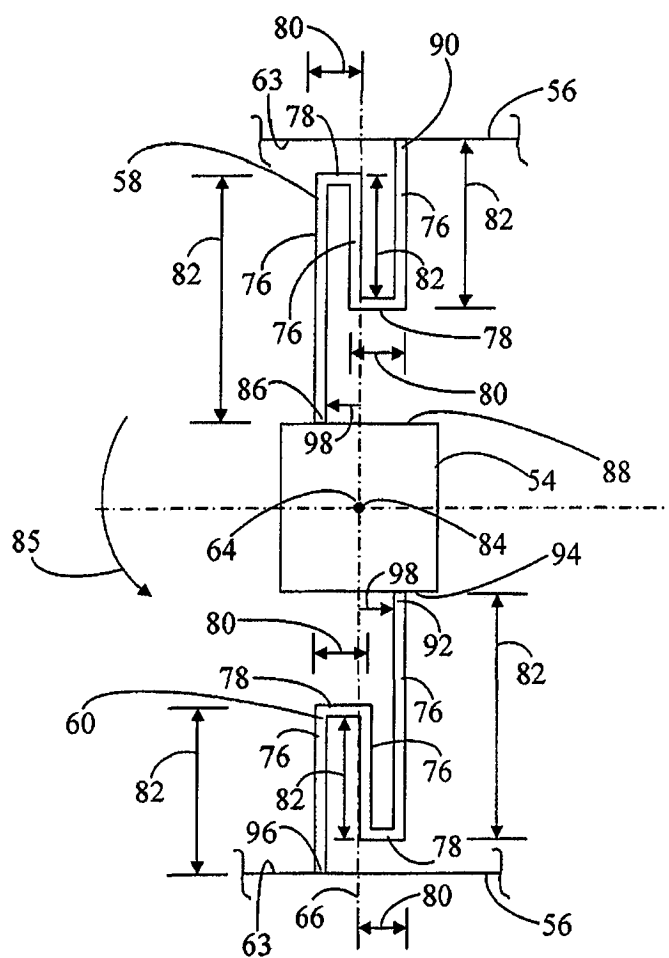


图 4