



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105556242 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 04

(21) 申请号 201480050415. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 09. 10

G01C 19/5712(2006. 01)

(30) 优先权数据

G01C 19/5755(2006. 01)

20135916 2013. 09. 11 FI

G01C 19/5776(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 03. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2014/064375 2014. 09. 10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/036923 EN 2015. 03. 19

(71) 申请人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府

(72) 发明人 马库斯·林基奥

安斯·布卢姆奎斯特 亚科·罗希奥

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

代理人 朱胜 陈炜

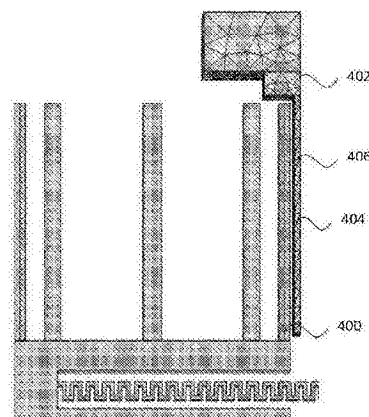
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

具有改进的正交补偿的陀螺仪结构和陀螺仪

(57) 摘要

提供了一种微机电陀螺仪结构,该微机电陀螺仪结构包括震动质量块、本体元件以及使震动质量块悬挂于本体元件的弹簧结构件。在主振荡中,震动质量块的至少一部分在平面外方向上振荡。第一导体被布置成与震动质量块一起移动,并且第二导体附接至本体元件。导体包括沿第一方向和第三方向延伸的相邻的表面。电压元件被布置成在第一表面与第二表面之间产生电势差并且由此在第二方向上引发静电力,该静电力是通过震动质量块的主振荡来调制的。



1. 一种微机电陀螺仪结构,包括:

震动质量块;

本体元件;

弹簧结构件,使所述震动质量块悬挂于所述本体元件以允许主振荡和副振荡,在所述主振荡中,所述震动质量块的至少一部分被激励以在第一方向上振荡,在所述副振荡中,所述震动质量块的至少一部分在与所述第一方向垂直的第二方向上移动,并且所述震动质量块包括沿所述第二方向并且沿第三方向以平面的方式延伸的表面平面,其中,所述第三方向与所述第一方向和所述第二方向垂直;

第一导体,被布置成与所述震动质量块一起移动,所述第一导体包括在所述震动质量块上沿所述第一方向和所述第三方向延伸的第一表面;

第二导体,附接至所述本体元件,并且包括沿所述第一方向和所述第三方向延伸且与所述第一表面相邻的第二表面;

电压元件,被布置成在所述第一表面与所述第二表面之间产生电势差,由此在所述第二方向上引发静电力,所述静电力是通过所述震动质量块的所述主振荡来调制的。

2. 根据权利要求1所述的微机电陀螺仪结构,其特征在于,

所述第一表面沿所述第一方向以平面的方式延伸至第一高度;

所述第二表面沿所述第一方向以平面的方式延伸至第二高度;

所述第一高度与所述第二高度彼此不同。

3. 根据权利要求1或2所述的微机电陀螺仪结构,其特征在于,所述电压元件包括连接至所述第二导体的直流偏压源。

4. 根据前述权利要求中的任一项所述的微机电陀螺仪结构,其特征在于,

所述弹簧结构被配置成允许所述震动质量块沿所述第一方向的所述主振荡的最大振幅;

所述第一高度与所述第二高度之间的差等于或大于所述最大振幅。

5. 根据前述权利要求1至4中的任一项所述的微机电陀螺仪结构,其特征在于,所述第二表面高于所述第一表面。

6. 根据前述权利要求1至4中的任一项所述的微机电陀螺仪结构,其特征在于,所述第一表面高于所述第二表面。

7. 根据前述权利要求1至6中的任一项所述的微机电陀螺仪结构,其特征在于,所述主振荡是所述震动质量块绕与所述表面平面平行的轴的旋转振荡。

8. 根据前述权利要求1至6中的任一项所述的微机电陀螺仪结构,其特征在于,所述主振荡是所述震动质量块离开本体部且朝向所述本体部的线性振荡。

9. 根据前述权利要求1至6中的任一项所述的微机电陀螺仪结构,其特征在于,所述主振荡是所述震动质量块在两个平行轴之间的屈曲振荡。

10. 根据权利要求1至9中的任一项所述的微机电陀螺仪结构,其特征在于,

所述表面平面沿所述第二方向并且沿所述第三方向直线地延伸;

所述震动质量块包括沿所述第一方向并且沿所述第三方向以平面的方式延伸的两个第一侧平面;

所述震动质量块包括沿所述第一方向并且沿所述第二方向以平面的方式延伸的两个

第二侧面；

所述主振荡是所述震动质量块绕与所述第二侧面平行并且将所述震动质量块划分为两个部分的旋转轴的旋转振荡；

所述第二导体与所述第一侧面相邻，并且从所述第二导体至所述旋转轴的距离大于所述第二导体至所述震动质量块的相同部分中的所述第一侧面的距离。

11. 根据前述权利要求中的任一项所述的微机电陀螺仪结构，其特征在于，所述第二导体包括至少一个长形梁，所述第二导体的长形梁的表面与所述震动质量块中的所述第一导体的所述第一表面对准。

12. 根据前述权利要求中的任一项所述的微机电陀螺仪结构，其特征在于，所述第一导体包括至少一个长形梁并且所述第二导体包括至少一个长形梁，所述第一导体的长形梁的表面与所述第二导体的长形梁的表面相对准。

13. 根据权利要求12所述的微机电陀螺仪结构，其特征在于，所述第二导体包括两个长形梁，所述两个长形梁彼此对准并且附接成彼此相距一定距离以在所述两个长形梁之间容置所述第一导体的长形梁。

14. 根据权利要求12或13所述的微机电陀螺仪结构，其特征在于，

所述第一导体和所述第二导体包括多个长形梁；

所述第一导体的长形梁彼此对准以形成第一梳状结构，并且所述第二导体的长形梁彼此对准以形成第二梳状结构；

所述第一梳状结构和所述第二梳状结构耦接以形成平行的平面内电极的周期图案。

15. 根据权利要求14所述的微机电陀螺仪结构，其特征在于，所述第一梳状结构的长形梁和所述第二梳状结构的长形梁平行于所述第三方向延伸。

16. 根据权利要求14所述的微机电陀螺仪结构，其特征在于，所述第一梳状结构的长形梁和所述第二梳状结构的长形梁平行于所述第二方向延伸。

17. 根据前述权利要求中的任一项所述的微机电陀螺仪结构，其特征在于，所述微机电陀螺仪结构包括：

第一震动质量块和第二震动质量块；

所述弹簧结构件，使所述震动质量块悬挂于所述本体元件并且允许所述第一震动质量块和所述第二震动质量块绕与所述第二方向平行的共同主轴的旋转振荡；

所述弹簧结构件还使得所述第一震动质量块能够绕与所述第一方向平行的第一检测轴旋转振荡；

所述第二弹簧组件还使得所述第二震动质量块能够绕与所述第一方向平行的第二检测轴旋转振荡；

所述第一检测轴与所述第二检测轴间隔了非零距离。

18. 根据权利要求17所述的微机电陀螺仪结构，其特征在于，所述第一震动质量块和所述第二震动质量块中的每一个均设置有至少一个补偿元件，所述至少一个补偿元件由第一导体、第二导体以及控制元件构成。

19. 一种陀螺仪，包括权利要求1至18中的任一项所述的微机电陀螺仪结构。

具有改进的正交补偿的陀螺仪结构和陀螺仪

技术领域

[0001] 本发明涉及微机电装置,尤其涉及由独立权利要求的前序部分限定的陀螺仪结构和陀螺仪。

背景技术

[0002] 微机电系统(Micro-Electro-Mechanical Systems)或MEMS可以被定义为其中至少一些元件具有机械功能的小型化机械和机电系统。由于利用用于创建集成电路的相同工具来创建MEMS装置,因此可以在相同的硅片上制造微机械元件和微电子元件以实现智能的机器。

[0003] MEMS结构可以应用于迅速地且精确地检测物理性能的非常小的变化。例如,微机电陀螺仪可以应用于迅速地且精确地检测非常小的角位移。运动具有六个自由度:三个正交方向上的平移和围绕三个正交轴的旋转。后三个可以由角速率传感器(也被称为陀螺仪)测量。MEMS陀螺仪使用科里奥利效应(Coriolis Effect)来测量角速率。当质量块(mass)沿一个方向移动并且施加了旋转角速度时,质量块由于科里奥利力(Coriolis force)而经受正交方向上的力。然后,可以从例如电容式、压电式或压阻式感测结构读取由科里奥利力引起的最后所得到的物理位移。

[0004] 由于缺少适当的支承,在MEMS陀螺仪中,主运动通常不像在常规陀螺仪中那样为连续旋转。替代地,机械振荡可以用作主运动。当振荡的陀螺仪经受与主运动的方向正交的角运动时,产生波动的科里奥利力。这产生了与主运动正交且与角运动的轴正交的、并且处于主振荡的频率下的副振荡(secondary oscillation)。这种耦合振荡的振幅可以用作角速率的度量。

[0005] 陀螺仪是非常复杂的惯性MEMS传感器。陀螺仪设计的基本挑战在于,科里奥利力非常小,因此,生成的信号与陀螺仪中存在的其他电信号相比往往是很小的。对振动的寄生谐振和敏感性困扰许多MEMS陀螺仪设计。

[0006] 陀螺仪设计中的一个挑战是正交误差运动。在理想的陀螺仪结构中,主振荡和副振荡是完全正交的。然而,在实际的装置中存在缺陷,从而导致震动质量块的主模式移位直接耦合至陀螺仪的副模式。这种直接耦合被称为正交误差。角运动信号与正交信号之间的相位差是90度,这意味着,基本上,可以用相敏解调消除正交误差。然而,与角运动信号相比,正交信号可以是非常大的,并且因此可能引起对于相位解调的读出电子装置或相位精度的不合理的动态范围需求。

[0007] 解决该误差源的一种已知方法是在生成正交信号之前除去传感器结构处的误差信号的静电式正交抵消。为此,可以对震动质量块施加与主振荡完全同相并且与副振荡平行的静电力。图1示出了美国专利公布5,992,233中介绍的用于静电式正交抑制的现有技术配置。图1示出了震动检验质量块(seismic proof mass),其中,两个指部从该震动检验质量块的相对侧突出。每个突出的指部被静止电极的左指部和右指部围绕,并且在每对指部中的左指部与右指部之间施加有小电压差。在右指部与对应的左指部之间可以施加相反的

电压电势以使得该电压差产生抵消正交误差的平衡力。

[0008] 然而,该原理不可应用于震动质量块的主模式振荡沿平面外方向的陀螺仪结构。MEMS装置通常是分层结构,在该分层结构中,陀螺仪结构被悬挂于底层本体元件或包覆本体元件。容易理解的是,制造相关技术的围绕静止电极配置来以温度稳健的方式提供必要的补偿电压差会具有挑战性,或者甚至是不可能的。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于设计下述陀螺仪结构,该陀螺仪结构允许对具有在平面外方向上被激励的一个或多个平面质量块的陀螺仪结构进行有效的正交补偿。本发明的目的是通过根据独立权利要求的特征部分所述的陀螺仪结构来实现的。

[0010] 权利要求限定了微机电陀螺仪结构,该微机电陀螺仪结构包括震动质量块、至少一个本体元件以及使震动质量块悬挂于本体元件的弹簧结构件。在主振荡中,震动质量块的至少一部分在第一方向上振荡,而在副振荡中,震动质量块的至少一部分在与第一方向垂直的第二方向上移动。震动质量块包括沿第二方向并且沿第三方向以平面的方式延伸的表面平面。第一导体被布置成与震动质量块一起移动,并且第一导体包括在震动质量块上沿第一方向和第三方向延伸的第一表面,其中,第三方向与第一方向和第二方向垂直。第二导体附接至本体元件并且包括沿第一方向和第三方向延伸并且与第一表面相邻的第二表面。电压元件被布置成在第一表面与第二表面之间产生电势差并且由此引发第二方向上的静电力,该静电力是通过震动质量块的主振荡来调制的。

[0011] 权利要求还限定了包括微机电陀螺仪结构的陀螺仪。在从属权利要求中公开本发明的优选实施例。

[0012] 本发明基于在振荡的震动质量块的侧面设置平面表面以及在静止电极的侧面设置对应的平行表面,并且将这些表面彼此相邻地放置。然后,在这些板之间产生静电力,以使得在主运动期间,两个表面的重叠面积改变,并且根据该改变来调制静电力。静电力消除了在主振荡期间的不希望的平面内运动,并且震动质量块的振荡变得与期望的平面外运动准确地一致。

[0013] 通过下述实施例更详细地讨论本发明的其他优点。

附图说明

[0014] 在下文中,将参照附图、结合优选实施例对本发明进行更详细地描述,在附图中

[0015] 图1图示了用于静电式正交抑制的现有技术配置;

[0016] 图2A和图2B示出了示例性微机电陀螺仪结构;

[0017] 图3A和图3B图示了在与图2B的结构一起使用期间的电力调制;

[0018] 图4提供了示例性正交补偿元件的俯视图;

[0019] 图5A和图5B图示了不同梳状结构的两个示例;

[0020] 图6图示了用于陀螺仪结构的另一梳状配置;

[0021] 图7图示了图4的补偿元件的立体侧视图;

[0022] 图8示出了陀螺仪结构具有两个震动质量块的实施例。

具体实施方式

[0023] 下面的实施例是示例性的。虽然说明书可能参考“一个”(“an”或“one”)或“一些”实施例,但是这并不一定意味着每个这样的提及针对相同的(一个或多个)实施例,或者特征仅适用于单个实施例。可以组合不同实施例的单一特征以提供另外的实施例。

[0024] 在下文中,将以装置架构为简单示例来描述本发明的特征,在该装置架构中可以实现本发明的各种实施例。仅详细描述了与说明实施例相关的元件。可以在本文中不具体描述本领域的技术人员通常已知的陀螺仪结构的各种实现方式。

[0025] 本发明可应用于包括被配置成经受平面外主运动的至少一个震动质量块的任何陀螺仪结构。图2A和图2B图示了在本发明的说明书中应用的基本概念和方向。图2A和图2B示出了包括震动质量块200和本体元件202的示例性微机电陀螺仪结构。术语“震动质量块”在这里指的是下述质量体,该质量体可以悬挂于另一结构以响应于作用于质量体的力而提供惯性运动。陀螺仪结构还包括弹簧结构件204,该弹簧结构件204用于将震动质量块200悬挂在陀螺仪的本体元件202上。本体元件可以例如由陀螺仪芯片(die)的底层处理晶片(handle wafer)或包覆盖晶片(cap wafer)来提供。应当注意的是,对结构晶片、处理晶片以及盖晶片的划分是概念上的。对于本领域技术人员而言显而易见的是,例如,处理晶片和结构晶片可以分离地或与分层的硅-绝缘体-硅衬底组合而以图案的形式形成。震动质量块可以悬挂于一个或多个本体元件。

[0026] 弹簧结构件204被配置成以其使得震动质量块200能够经受平面外主振荡的方式悬挂震动质量块200,在该平面外主振荡中,震动质量块200的至少一部分沿第一方向1移动离开本体元件。平面外运动可以包括震动质量块的旋转振荡,在该旋转振荡中,平面式震动质量块的相对端以跷板式运动的方式离开本体部且朝向该本体部扭转。另一方面,平面外运动可以包括震动质量块的线性振荡,在该线性振荡中,平面式震动质量块离开本体部且朝向该本体部线性地振动。平面外运动还可以包括震动质量块的屈曲(buckling),其中,平面式震动质量块在两个平行轴之间弯曲以使得震动质量块的远端向一个方向移动,同时在平行轴之间震动质量块的近端部分向另一方向移动。

[0027] 在震动质量块的平面外振荡中,震动质量块的至少一部分移动离开本体部中的悬挂平面206。本体元件202的层可以被认为悬挂平面206,并且在主振荡中,震动质量块的至少某一部分的速度 \underline{v} (在本文中使用下划线作为矢量符号)具有与悬挂平面206垂直的分量。图2A图示了弹簧结构使震动质量块悬挂成进行与悬挂平面206垂直的线性平面外振荡的配置。在这种情况下,震动质量块的任何部分的速度 \underline{v} 具有与悬挂平面206垂直的分量。图2B图示了弹簧结构件使震动质量块悬挂成进行绕与悬挂平面206平行的旋转轴208的平面外旋转振荡的配置。在这种情况下,震动质量块的与旋转轴208重合的点的速度 \underline{v} 为零,但是在主运动中震动质量块的任何其他部分的速度具有与悬挂平面206垂直的分量 v_1 。也可以应用平面外运动的其他形式,其中,震动质量块的一部分具有与悬挂平面垂直的分量。

[0028] 应当注意的是,为了简单起见,在图2的示例中,本体元件202被示为底层衬底并且悬挂平面被认为与衬底的平面外表面对齐。这种配置易于制造,但就本发明而言,本体部不必是平面的,并且悬挂平面不必为衬底的外表面。在震动质量块的平面内或者在底层本体部或包覆本体部内的任何平面层或纹理层可应用为悬挂平面206,其中主振荡可垂直于该

任何平面层或纹理层发生。

[0029] 当震动质量块被激励而沿第一方向进行平面外主振荡时,震动质量块绕与第一方向垂直的轴的角运动引起科里奥利力,该科里奥利力使震动质量块沿与第一方向和角运动轴垂直的方向移位。在图2A和图2B的示例性配置中,由于科里奥利力而引起的移位在第一方向2上发生。在图2A中,科里奥利力促使震动质量块在第一方向2上线性地振动。在图2B中,科里奥利力促使震动质量块绕第一方向1上的旋转轴210振荡以使得震动质量块的至少一部分的速度具有在第一方向2上的分量。因此,角运动可以通过检测震动质量块在第一方向2上的运动来测量。

[0030] 陀螺仪结构通常包括被配置成驱动震动质量块200进行平面外主运动的激励装置(未示出)。激励装置可以包括导体、质量块电极,该质量块电极被配置成与震动质量块200一起移动并且与附接至本体元件202的一个或多个静止电极以电气的方式相互作用。由于受控的电气相互作用,激励装置可以促使震动质量块200进入相对于本体元件202的平面外振荡。应当理解的是,在范围之内可以应用能够对震动质量块产生指定的平面外定向的电激励力的各种激励结构。例如,激励装置可以包括以图案的形式形成在震动质量块的表面上的电极层区域。替选地,震动质量块自身可以由导电材料形成。另外,可以通过例如沉积在形成使震动质量块悬挂的弹簧的层之上的压电膜来施加压电激励。

[0031] 为了减少或消除由主振荡中的无意的偏差所引起的误差,可以借助于至少两个导体来将经调制的电力引至震动质量块。第一导体被布置成随着震动质量块的移动而移动,并且第二导体被布置成相对于本体元件为静止的并且与第一导体相邻。在第一导体与第二导体之间可以提供电势差,由此在这些导体之间产生电场,并且产生抵抗震动质量块在第一方向上的运动的平衡力。

[0032] 平衡力不会破坏感测到的震动质量块的移动,所以该平衡力恰好与补偿的偏差同时发生,并且仅与这些偏差成比例。为了达到此目的,在具有平面外主运动的结构中,导体的表面可以被布置成沿第一方向和第三方向以平面的方式延伸,并且彼此相邻但间隔了非零距离。如果在各表面之间产生电势差,则这些表面形成电容器,在该电容器中,两个带电表面之间的静电力与各表面之间的重叠面积成比例。在没有现有技术的位于震动质量块上方以及下方的相对的导体对的情况下,表面的定位使得重叠面积的范围能够随着震动质量块的平面外主运动而改变,并且准确地引导平衡力。容易理解的是,这样的元件配置将会是非常困难的,或者对于这些主振荡模式和副振荡模式而言至少制造成本很昂贵,并且这些元件配置的操作将会非常容易受到温度变化的影响。

[0033] 图3A和图3B图示了在与图2B的主运动为平面外旋转振荡的结构一起使用期间的电力调制。在该示例中,震动质量块在两个表面(顶表面和底表面)之间沿着第二方向和第三方向以平面的方式直线地延伸,并且震动质量块具有沿着第一方向和第三方向以平面的方式延伸的侧表面。第一表面300可以由位于震动质量块的侧表面(即,震动质量块的沿着第一方向和第三方向以平面的方式延伸的表面)上的电极层区域形成。另一方面,震动质量块自身可以由导电材料构成,或者震动质量块可以包覆有导电材料层以使得震动质量块的整个侧表面用作第一表面。第二导体可以被包括至本体元件或者固定地附接至本体元件(这里是底层衬底),并且第二导体包括与第一表面相邻地延伸的第二表面。图3A和图3B图示了在主振荡的这个阶段中第一表面300和第二表面302的位置。图3A是当重叠处于最大时

位于主振荡的零点处的图2B的陀螺仪结构的侧视图,而图3B示出了在主振荡的一些其他阶段期间的相同表面。

[0034] 如图3A所示,在零点处,第一表面300与第二表面302彼此完全相对,并且这些表面的重叠面积304等于较小表面(此处是第二表面302)的面积。如稍后将讨论的那样,第一表面300的面积可以小于、大于或等于第二表面302的面积。当震动质量块沿平面外方向移动时,如图3B所示,第一表面300与第二表面302之间的重叠面积304减小,并且对它们之间的平衡静电力进行调制。这些表面之间的电压差可以通过校准而被调整至适当水平。校准方法对于本领域的技术人员而言是众所周知的,并且将不在本文中进行更详细地讨论。

[0035] 容易理解的是,由这些表面定向产生的平衡力可以小于现有技术的平面内振荡配置中的平衡力。然而,已经注意到的是,对于适用于微机电陀螺仪结构中的尺寸而言,可以采用更加容易制造并且温度稳健的该配置来实现适当的正交信号补偿。

[0036] 图4提供了可应用于图2B的陀螺仪结构中的示例性正交补偿元件的俯视图。正交补偿元件包括被布置成与震动质量块一起移动的第一导体400。第一导体400可以用沉积在第一震动质量块上的导电材料层来实现,或者第一震动质量块或其相关部分可以具有足够高的导电性以用作电极。在该示例中,第一导体400是从震动质量块突出的梁形元件。

[0037] 正交补偿元件还包括第二导体402,该第二导体402可以附接至底层本体元件并且因此在第一震动质量块的主运动期间保持稳定。第二导体402也可以具有梁形结构。为了在第二方向2上产生适当定向的静电力,第一导体400包括第一表面404以及第二导体包括第二表面406,并且表面404、406被布置到相邻位置中。术语“相邻”在这里指的是第一导体400和第二导体402的初始相互位置,即,当第一震动质量块仅悬挂(没有主运动或副运动)于本体元件时。当第一导体400与第二导体402之间存在电压差时,在表面404与表面406之间形成第二方向2上的电场。

[0038] 正交补偿元件还可以包括至少连接至第二导体402的直流偏压源(未示出)。第一导体400、第二导体402以及直流偏压源因而可以连接以共同产生静电力,该静电力与副振荡的方向平行并且通过震动质量块的主振荡而被调制。可以认为第一导体400的第一表面404和第二导体402的第二表面406形成产生与电场相关联的电容的平行板。

[0039] 陀螺仪结构最少可以被配置有一对导体,一个导体固定至震动质量块以在其中提供沿平面外方向延伸的表面,而一个导体锚定至本体元件以在其中提供相邻的平行表面。然而,平衡力可以通过对布置成交叉指状梳的两个或更多个电极对应用指状周期图案的细长梁形元件来增大。图5A和图5B图示了不同的梳状结构的两个示例。震动质量块500可以包括第一多个长形梁504,所述第一多个长形梁504由震动质量块支撑并且从该震动质量块向第三方向3延伸。该结构还可以包括第二电极502,该第二电极502锚定至本体元件,例如,衬底或盖层。第二电极502可以包括第二多个长形梁506,所述第二多个长形梁506被制造成与震动质量块的第一多个长形梁504平行。在操作期间,在第一多个长形梁504与第二多个长形梁506之间可以产生共同的电压电势。这使处于最小空间内的配置中的可用平衡力倍增。还以震动质量块的长形梁或第二导体的形式使潜在的制造误差平均化。

[0040] 如图5A和图5B所示,陀螺仪结构可以包括另一第二电极510,该另一第二电极510可以包括第三多个长形梁512,所述第三多个长形梁512被制造成与震动质量块的第一多个长形梁504平行,但是被布置成产生与震动质量块的第一多个长形梁504与第二多个长形梁

508之间产生的静电力相反的静电力。

[0041] 应当注意的是,即使结合图2B的陀螺仪结构公开了图5A和图5B的梳状结构,梳状结构相应地可应用于图2A的主运动是线性平面外振荡的陀螺仪结构。

[0042] 图6图示了用于陀螺仪结构的另一梳状配置。图6示出了图5A和图5B中介绍的第一导体600、第二导体602、第一导体的多个长形梁604以及第二导体的多个长形梁606。微机电结构通常应用近距离间隙梳(平行板电容器)或线性梳(纵向电容器)。在近距离间隙梳中(参照图5A和图5B),梳指部的平面内电容性能可以通过具有变化指部间隙和恒定面积的平行板电容器来近似模拟。在线性梳中(参照图6),梳指部在平面内彼此平行地移动,并且电容性能可以通过具有变化面积和恒定指部间隙的平行板电容器来模拟。在电容式转换器系统中,平行板电容器的刚性表征系统围绕平衡点如何运转以及如何对该系统提供有效的弹簧常数。偏压平行板电容器可以通过有效地减小复位弹簧力来降低系统刚性。在线性梳中,电容随着移位而线性地改变,使得作用于电容器的力并不取决于移位,并且梳状驱动电容没有引入弹簧力。采用图6的线性梳状配置,可以从正交补偿元件有效地消除静电弹簧影响。

[0043] 为了实现静电场的正确调制频率,第一表面和第二表面的面积范围可以彼此不同。图7图示了图4的补偿元件的立体侧视图。可以看到,第一表面404可以被构造成在第一方向1上延伸至第一高度 h_1 。相应地,第二表面406可以被构造成在第一方向1上延伸至第二高度 h_2 。有利地,高度 h_1 和高度 h_2 不同(差值为非零),使得两个表面中的任一表面高于另一表面。在图7的示例性配置中,第一导体400已被向下蚀刻成大大低于第二导体402。

[0044] 在陀螺仪结构中,弹簧结构件被配置成将主振荡的范围限制在震动质量块的在与质量块平面垂直的方向上的主振荡的特定的最大振幅以下。有利地,在一个方向上提供平衡力的第一导体和第二导体被配置成使得当平面外运动的振幅处于最小时表面的重叠面积处于最大,而当平面外运动的振幅处于最大时表面的重叠面积处于最小。这通过图7的配置来实现以使得第一导体和第二导体从相同平面向第一方向延伸,并且第一高度 h_1 与第二高度 h_2 之间的差等于或大于该设计的最大振幅。这保证了在操作期间,第一表面404的边缘700不超过第二表面406的边缘702。在震动质量块的周期主运动期间,第一表面与第二表面之间的重叠面积仅在半周期内改变,从而利用主运动而仅在适当的相位调制平衡力。替选地,可以通过根据震动质量块的主运动的频率使第一导体与第二导体之间的电势差电反向来实现期望的调相,但图7中图示的机械构造更加稳健并且更易于实现。

[0045] 当第一表面404低于第二表面406时,如图7所示,静电力在主运动的半周期内被调制。还可以使第二导体406向下蚀刻以使得第一表面404高于第二表面406。在这种情况下,静电力在主运动的另一个半周期内被调制。

[0046] 陀螺仪结构可以包括本文中公开的至少一个正交补偿元件。有利地,在震动质量块的主运动是绕旋转轴的旋转振荡的陀螺仪结构中,至少一个正交补偿元件可以被布置于旋转轴的两侧。位于旋转轴的相对侧的正交补偿元件作为一对来应用,在主运动的一个半周期期间该对中的一个正交补偿元件在第二正方向上调制静电力,而在主运动的另一个半周期期间该对中的另一正交补偿元件在第二负方向上调制静电力。相对的正交补偿元件可以用于共同产生在主运动的整个周期期间提供经调制的平面内补偿的旋转静电力。

[0047] 在包括两个或更多个震动质量块的陀螺仪结构中,该原理也是有利的。图8示出了

陀螺仪结构包括第一震动质量块800和第二震动质量块802的实施例。陀螺仪结构还包括第一弹簧结构件804,该第一弹簧结构件804用于使第一震动质量块800和第二震动质量块802悬挂在陀螺仪的本体元件上。第一弹簧结构件804可以被配置成使第一震动质量块800和第二震动质量块802悬挂在平行位置,以使得第一震动质量块800的平面和第二震动质量块802的平面形成质量块悬挂平面806(在下文中:质量块平面)。当没有额外的外力作用于震动质量块800、802时,质量块平面806是由悬挂于其初始设计的位置处的震动质量块800、802形成的参考平面。应当理解的是,在变化的条件下并且在陀螺仪的操作期间,震动质量块同样可以稍后分别移动并且变形到质量块平面806之外。

[0048] 如图8所示,第一弹簧结构件804的元件有利地位于第一震动质量块800和第二震动质量块802的平面形状内。第一弹簧结构件804可以包括第一震动质量块800的平面内的第一锚定点808。第一锚定点808指的是适用于将第一震动质量块800附接至陀螺仪的另一本体元件(例如,附接至底层衬底和/或包覆盖)的元件。第一锚定点808可以是例如通过从区域的周界去除震动质量块的材料而以图案的形式形成在第一震动质量块800的体积平面中的区域。第一弹簧结构件804还可以包括附接至第一锚定点808和第一震动质量块800的第一弹簧组件810。第一弹簧组件810可以被配置成使得第一震动质量块800能够绕在质量块平面806内的第一激励轴812旋转振荡。第一弹簧组件810可以包括例如第一梁形弹簧,该第一梁形弹簧以图案的形式形成在第一震动质量块800的平面中以在第一锚定点808与第一震动质量块800之间延伸。当第一震动质量块800在操作期间绕第一激励轴812振荡时,梁形弹簧可以在第一锚定点808与第一震动质量块800之间扭转地扭曲。

[0049] 相应地,第一弹簧结构件804可以包括第二震动质量块802的平面内的第二锚定点814。第二锚定点814指的是适用于将第二震动质量块802附接至另一本体元件(例如,附接至底层衬底和/或包覆盖)的元件。第二锚定点814也可以是例如通过从区域的周界去除震动质量块的材料而以图案的形式形成在第二震动质量块802的体积平面中的区域。第一弹簧结构件804还可以包括附接至第二锚定点814和第二震动质量块802的第二弹簧组件816。第二弹簧组件816可以被配置成使得第二震动质量块802能够绕在质量块平面806内的第二激励轴818旋转振荡。第二弹簧组件816可以包括例如第二梁形弹簧,该第二梁形弹簧以图案的形式形成在第二震动质量块802的平面中以在第二锚定点814与第二震动质量块802之间延伸。当第二震动质量块802在操作期间绕第二激励轴818振荡时,梁形弹簧可以在第二锚定点814与第二震动质量块802之间扭转地扭曲。应当注意的是,梁形弹簧仅为用于第一弹簧组件和第二弹簧组件的示例性结构。在范围之内,可以应用其他形式。例如,为此也可以应用围绕相应的锚定点的周向弹簧结构。

[0050] 如图8所示,第一激励轴812与第二激励轴818对准以形成共同主轴820。共同主轴820可以横穿第一锚定点808和第二锚定点814,以使得主运动包括震动质量块的相对端相对于共同主轴820的跷板式运动。

[0051] 在第一弹簧结构件804中,第一弹簧组件810还使得第一震动质量块800能够绕穿过第一震动质量块800的平面并且与质量块平面806垂直的第一检测轴822旋转振荡。相应地,第二弹簧组件816还使得第二震动质量块802能够绕与质量块平面806垂直的第二检测轴824旋转振荡。在梁形弹簧的示例性情况中,梁形弹簧经历平面内弯曲并且由此有助于相应的震动质量块的平面内旋转振荡。第一检测轴822与第二检测轴824彼此间隔了非零距

离。有利地,检测轴822、824关于震动质量块800、802之间的中心线826对称地定位。

[0052] 传感器结构还包括激励装置,该激励装置被配置成驱动第一震动质量块800和第二震动质量块802绕共同主轴820振荡。第一激励装置可以包括被配置成与第一震动质量块800一起移动的第一质量块电极830以及被配置成与第二震动质量块802一起移动的第二质量块电极832。电极830、832可以与盖或衬底中的一个或多个电极以电气的方式相互作用,并且作为该电气相互作用的结果,引起其相应的震动质量块800、802绕共同主轴820旋转振荡。

[0053] 在图1中,示出示例性第一激励装置,其中,震动质量块自身由导电材料构成并且与盖内部的定子电极830、832(图8中所示的导体的突出部)相互作用。应当理解的是,在该范围内,可以应用能够对震动质量块产生指定的平面外定向激励力的其他位置和其他激励结构。例如,第一质量块电极可以被配置成与第一震动质量块800一起移动,并且第二质量块电极可以被配置成与第二震动质量块802一起移动。电极可以被配置成与附接至盖或衬底的一个或多个电极以电气的方式相互作用,并且作为这种电气相互作用的结果,引起其相应的震动质量块800、802绕共同主轴820旋转振荡。另外,可以应用压电激励。其他相应的结构为本领域技术人员所已知的,并且将不在本文中进行详细讨论。

[0054] 为了实现双重差分检测,第一震动质量块800的旋转振荡和第二震动质量块802的旋转振荡可以耦合成交反运动。反相运动在这里指的是两个震动质量块的振荡运动,其中,震动质量块以相同频率但以不同相位振荡。有利地,震动质量块以相反的相位振荡。震动质量块800、802可以通过耦接弹簧880彼此连接。耦接弹簧880有利地被配置成在主运动中在震动质量块800、802的旋转振荡下沿着共同主轴820扭曲,而在副运动中在震动质量块800、802的旋转振荡下在质量块平面806内弯曲。耦接弹簧880由此将检测到的震动质量块的运动耦合成交差分模式,该反相差分模式抑制了由外部角冲击引起的质量块的共模偏转。因此,即使在机械严苛的环境中,该耦合确保了格外稳定的操作。

[0055] 如前面所讨论的,与检测到的角运动相对应的副运动在第二方向上(即,质量块平面806的方向)上发生。该方向上的运动的检测可以用下述梳状结构来实现,所述梳状结构本就十分稳定并且提供处理由于封装引入的应力所导致的机械变形的各种方式。陀螺仪结构可以包括检测装置870、871、872、873,这些检测装置870、871、872、873被配置成检测第一震动质量块800绕第一检测轴812的旋转振荡以及第二震动质量块802绕第二检测轴818的旋转振荡。

[0056] 如图8所示,陀螺仪结构可以包括一个或多个正交补偿元件890,如以上通过图1至图7所公开的那样。在图8的示例性陀螺仪结构中,震动质量块800、802中的每一个具有沿质量块平面的方向直线地延伸的平面形状,并且主振荡是震动质量块绕共同主轴820的旋转振荡。共同主轴820与震动质量块800、802中的每一个的两个相对侧平行,并且将震动质量块800、802划分为两个部分。为了使对震动质量块800、802的补偿力最大,补偿元件890可以被布置于震动质量块800、802的端部。在震动质量块的一端中,至主轴的距离最大,这相应地产生了主运动的最大振幅并且由此导致对补偿力的最大控制。当平面外主运动不是旋转振荡时,补偿元件的位置在这方面是不相关的。

[0057] 本发明的实施例还包括包含要求保护的陀螺仪结构的微机电陀螺仪。图9图示了包括第一部件900和第二部件902的陀螺仪的元件。第一部件900可以包括图1至图8中的任

一附图中的陀螺仪结构,并且第二部件902可以包括被连接以与陀螺仪结构交换电信号s1、s2、s3、s4的电路902。

[0058] 对本领域技术人员而言明显的是,随着技术进步,本发明的基本思想可以以各种方式实现。因此,本发明及其实施例不限于上述示例,并且它们可以在权利要求的范围内变化。

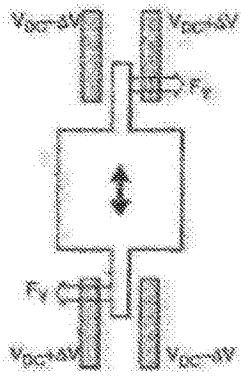


图1

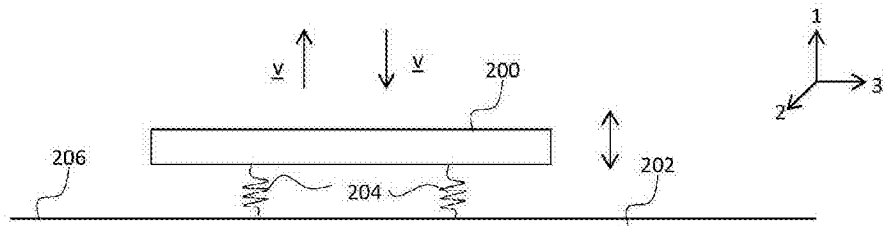


图2A

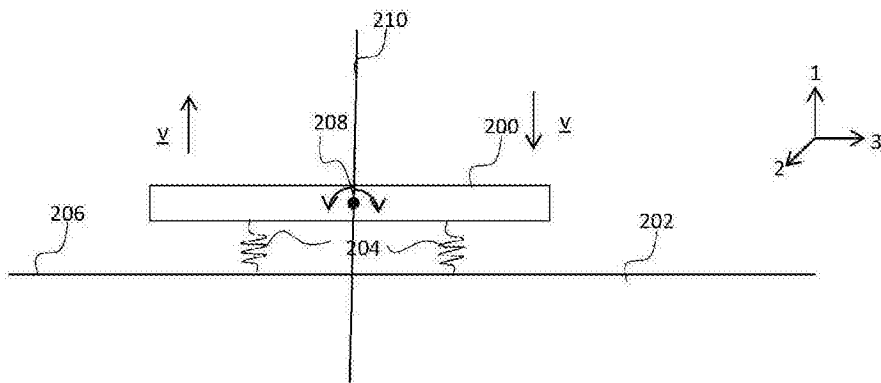


图2B

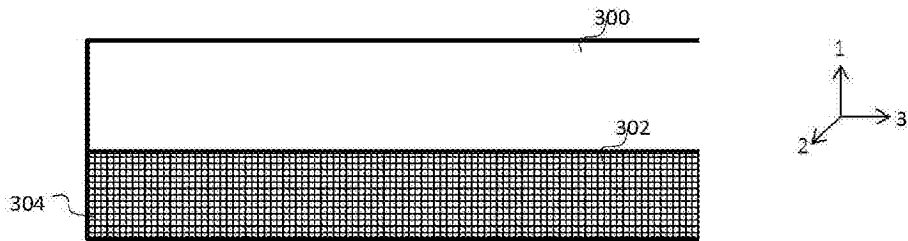


图3A

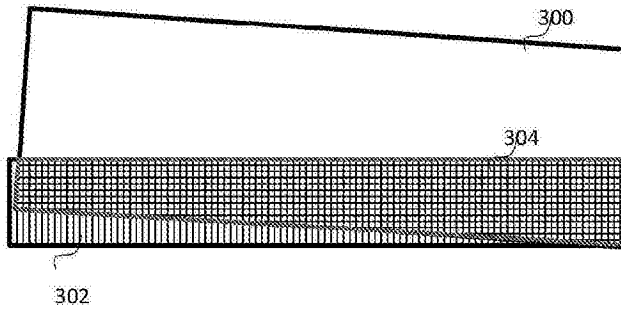


图3B

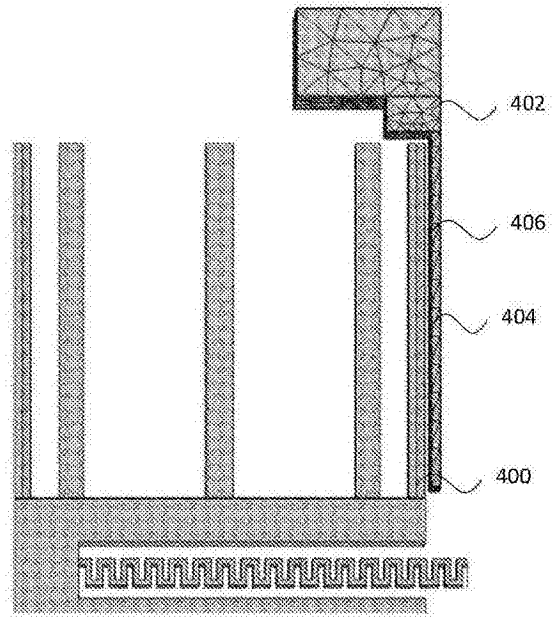


图4

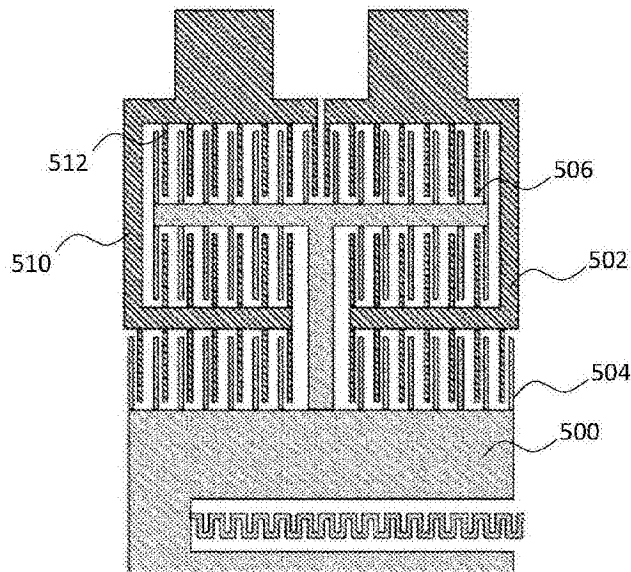


图5A

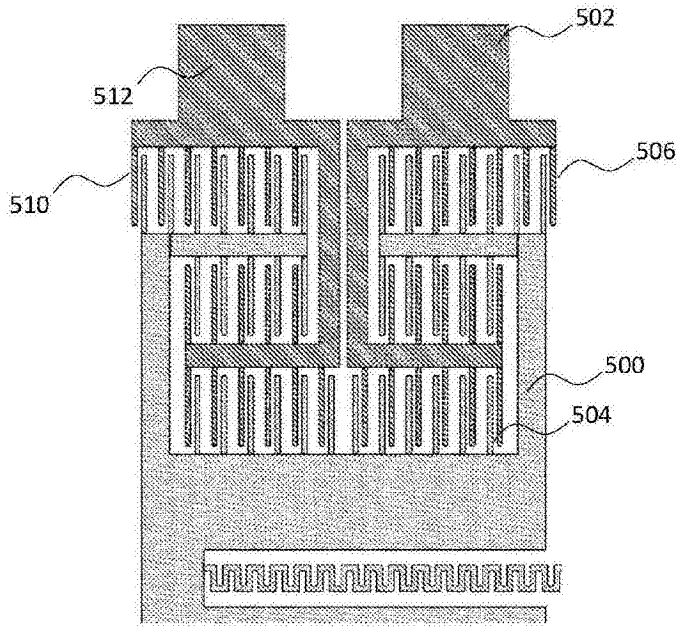


图5B

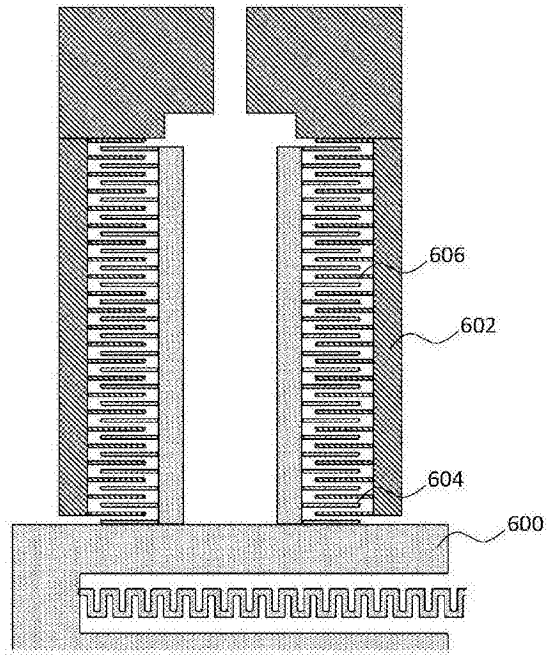


图6

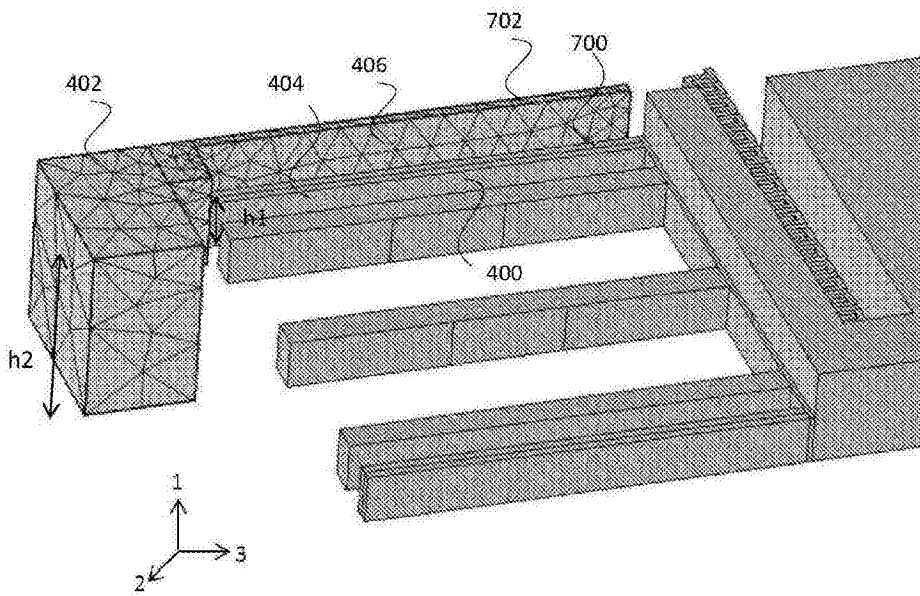


图7

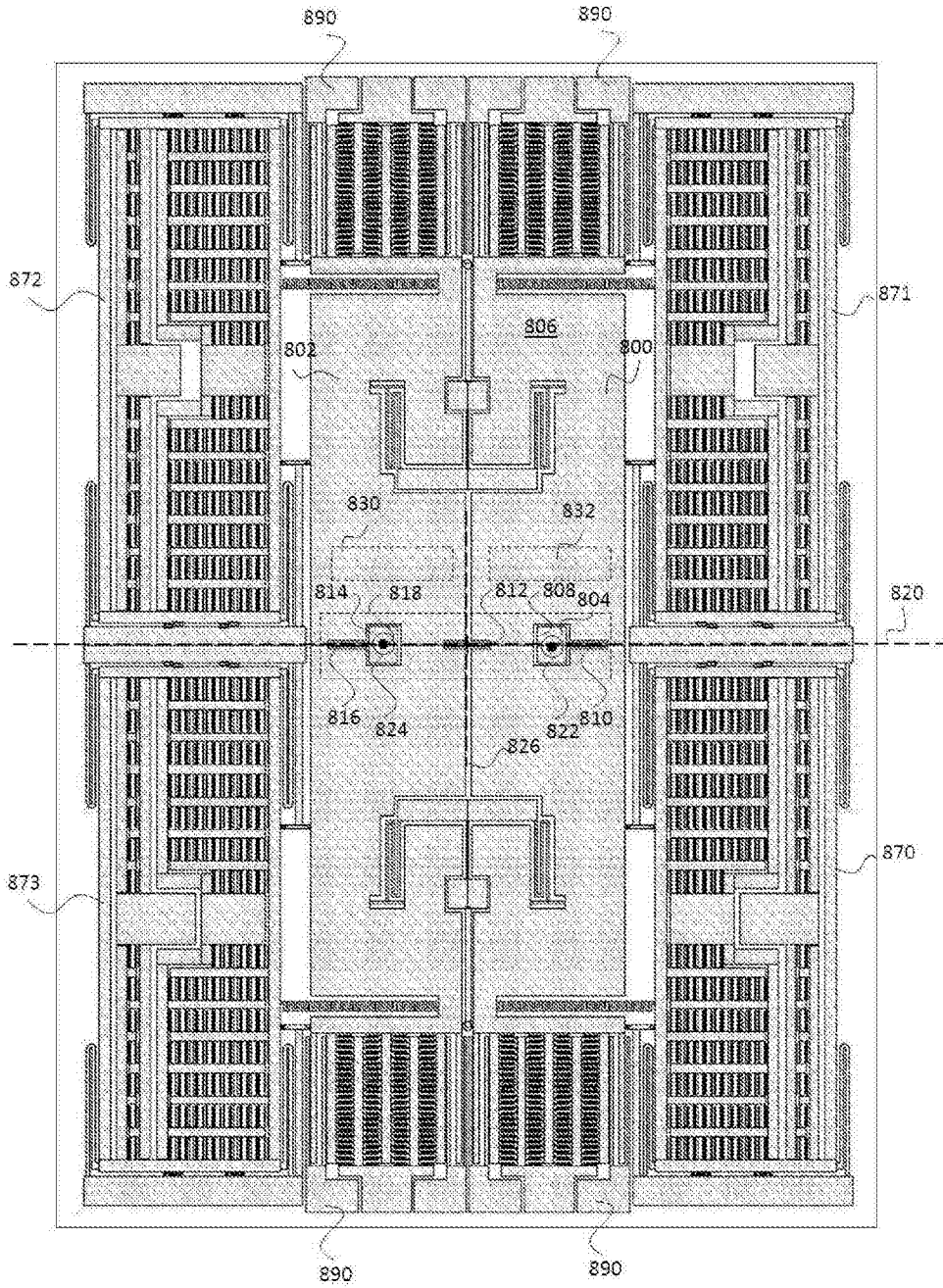


图8

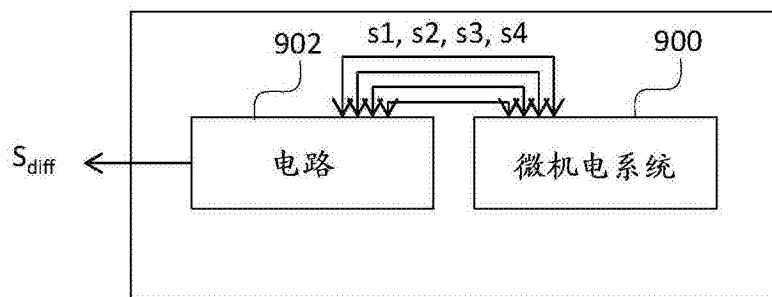


图9