



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116147600 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 23

(21) 申请号 202111254140.8

(22) 申请日 2021.10.27

(71) 申请人 苏州明皊传感科技股份有限公司
地址 215123 江苏省苏州市苏州工业园区
若水路388号E0804室

(72) 发明人 曾立天

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100
专利代理师 胡林岭

(51) Int. Cl.
G01C 19/5712 (2012.01)

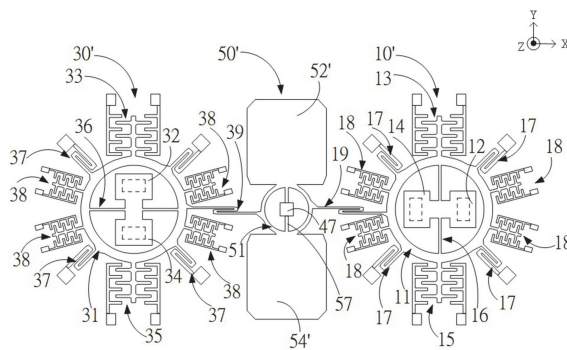
权利要求书3页 说明书11页 附图9页

(54) 发明名称

微机电多轴角速度感测器

(57) 摘要

一种微机电多轴角速度感测器,包括一基板和一微机电晶圆层平行相对设置,以及多个固定锚将该微机电晶圆层连接以固定至该基板上。该微机电晶圆层包括至少二驱动及感测结构、一第三驱动环以及二个摆动质量块。每一驱动及感测结构包括一驱动环、多个驱动电梳对结构及多个感测验证质量块,该多个驱动电梳对结构和该多个感测验证质量块分别连接该对应的驱动环。第三驱动环设置于该二驱动环之间并连接该二驱动环,其中,在一驱动模态时,该多个驱动电梳对结构驱动对应的该驱动环进行周期性旋转运动,并且该二驱动环带动该第三驱动环进行周期性旋转运动。二个摆动质量块分别连接该第三驱动环并位于该第三驱动环外相对二侧。



1. 一种微机电多轴角速度感测器,包括一基板和一微机电晶圆层平行相对设置,以及多个固定锚将该微机电晶圆层连接以固定至该基板上,其特征在于,该微机电晶圆层包括:

一第一驱动及感测结构,其包括一第一驱动环、多个第一驱动电梳对结构及多个第一感测验证质量块,该多个第一驱动电梳对结构和该多个第一感测验证质量块分别连接该第一驱动环;

一第二驱动及感测结构,其包括一第二驱动环、多个第二驱动电梳对结构及多个第二感测验证质量块,该多个第二驱动电梳对结构和该多个第二感测验证质量块分别连接该第二驱动环;

一第三驱动环设置于该第一驱动环和该第二驱动环之间并连接该第一驱动环和该第二驱动环,其中,在一驱动模式时,该多个第一驱动电梳对结构驱动该第一驱动环进行周期性旋转运动,该多个第二驱动电梳对结构驱动该第二驱动环进行周期性旋转运动,并且该第一驱动环和该第二驱动环带动该第三驱动环进行周期性旋转运动;以及

二个摆动质量块分别连接该第三驱动环并位于该第三驱动环外相对二侧。

2. 如权利要求1所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,更包括一第一耦合结构设置于该第一驱动及感测结构、该第二驱动及感测结构和该二摆动质量块的周边,其中,每一该摆动质量块连接该第三驱动环和该第一耦合结构,该第一耦合结构藉由该多个固定锚连接以固定至该基板上。

3. 如权利要求2所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,该第一耦合结构包括多个连接弹簧和至少二轭型结构,该多个连接弹簧连接每一该摆动质量块和该二轭型结构,并且该二轭型结构藉由该多个固定锚连接以固定至该基板上。

4. 如权利要求1或2所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,更包括一第一感测弹簧结构和一第二感测弹簧结构,其中,该多个第一感测验证质量块设置于该第一驱动环内并藉由该第一感测弹簧结构连接该第一驱动环,以及该多个第二感测验证质量块设置于该第二驱动环内并藉由该第二感测弹簧结构连接该第二驱动环。

5. 如权利要求4所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,该第二感测弹簧结构平行一第一轴且该多个第二感测验证质量块对称于该第一轴,以及该第一感测弹簧结构平行一第二轴且该多个第一感测验证质量块对称于该第二轴,该第一轴垂直于该第二轴。

6. 如权利要求5所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,该多个第一驱动电梳对结构两两对称于该第一轴和该第二轴,并且该多个第二驱动电梳对结构两两对称于该第一轴、该第二轴、或该第一轴和该第二轴。

7. 如权利要求1或2所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,每一该摆动质量块包括一第三驱动框连接该第三驱动环、一第三感测验证质量块设置在该第三驱动框内、以及一第三感测弹簧结构连接该第三感测验证质量块至该第三驱动框。

8. 如权利要求7所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,更包括一第三驱动弹簧设置于该第三驱动环内,其中,该第三驱动弹簧连接该第三驱动环并藉由该多个固定锚之一固定至该基板上。

9. 如权利要求1或2所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,更包括一第一驱动感测电梳对结构以及一第二驱动感测电梳对结构,其中,该第一驱动感测电梳对结构连接至该第一驱动环,并且该第二驱动感测电梳对结构连接至该第二驱动环。

10. 如权利要求1、2或3所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,该第一驱动环、该第二驱动环和该第三驱动环的几何中心成一直线关系,以及在该驱动模态时,该第一驱动环和该第二驱动环的周期性旋转运动的方向异于该第三驱动环周期性旋转运动的方向。

11. 如权利要求1、2或3所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,基板包括多个第一感测垫和多个第二感测垫,该多个第一感测垫分别对应该多个第一感测验证质量块,该多个第二感测垫分别对应该多个第二感测验证质量块。

12. 一种微机电多轴角速度感测器,其特征在于,包括:

一基板包括多个第一感测垫和多个第二感测垫,该基板平行一第一轴和一第二轴所定义的一平面;

一第一驱动及感测结构设置于该基板上,该第一驱动及感测结构包括一第一驱动环连接多个第一驱动电梳对结构和二个第一感测验证质量块,其中,该多个第一感测验证质量块分别对应该多个第一感测垫以构成侦测一第三轴方向科氏力的一第一差分电容对,该多个第一感测验证质量块对称于该第二轴地设置,该第三轴方向垂直该第一轴和该第二轴;

一第二驱动及感测结构设置于该基板上,该第二驱动及感测结构包括一第二驱动环连接多个第二驱动电梳对结构和二个第二感测验证质量块,其中,该多个第二感测验证质量块分别对应该多个第二感测垫以构成侦测一第三轴方向科氏力的一第二差分电容对,该多个第二感测验证质量块对称于该第一轴地设置;

一第三驱动环设置于该第一驱动环和该第二驱动环之间并连接该第一驱动环和该第二驱动环,其中,在一驱动模态时,该多个第一驱动电梳对结构驱动该第一驱动环进行周期性旋转运动,该多个第二驱动电梳对结构驱动该第二驱动环进行周期性旋转运动,并且该第一驱动环和该第二驱动环带动该第三驱动环进行周期性旋转运动,在一感测模态时,该第一驱动及感测结构作为该第一轴的感测结构,该第二驱动及感测结构作为该第二轴的感测结构;

二个摆动质量块分别连接该第三驱动环并位于该第三驱动环外相对二侧;以及

一第一耦合结构设置于该第一驱动及感测结构、该第二驱动及感测结构和该二摆动质量块的周边,其中,每一该摆动质量块连接该第三驱动环和该第一耦合结构。

13. 如权利要求12所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,在该驱动模态时,该第一驱动环和该第二驱动环的周期性旋转运动的方向异于该第三驱动环周期性旋转运动的方向。

14. 如权利要求12或13所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,更包括多个第一驱动弹簧、多个第二驱动弹簧、一第三驱动弹簧和多个固定锚,其中,该第一驱动环藉由该多个第一驱动弹簧连接该多个固定锚之一些至该基板上,该第二驱动环藉由该多个第二驱动弹簧连接该多个固定锚之一些至该基板上,以及该第三驱动弹簧设置于该第三驱动环内,该第三驱动环藉由该第三驱动弹簧连接该多个固定锚之一至该基板上。

15. 如权利要求12或13所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,每一该摆动质量块包括一第三驱动框连接该第三驱动环、一第三感测验证质量块设置在该第三驱动框内、以及一第三感测弹簧结构连接该第三感测验证质量块至该第三驱动框,在一感测模态时,该多个第三感测验证质量块作为一第三轴的感测结构,该第三轴分别垂直该第一轴和该第二轴。

16. 如权利要求15所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,该第一驱动及感测结构更包括一第一感测弹簧结构连接该第一驱动环和该多个第一感测验证质量块,其中,该第一感测弹簧结构和该多个第一感测验证质量块设置于该第一驱动环内,且该多个第一感测验证质量块对称于该第二轴。

17. 如权利要求15所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,该第二驱动及感测结构更包括一第二感测弹簧结构连接该第二驱动环和该多个第二感测验证质量块,其中,该第二感测弹簧结构和该多个第二感测验证质量块设置于该第二驱动环内,且该多个第二感测验证质量块对称于该第一轴。

18. 如权利要求12所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,该多个第一驱动电梳对结构两两对称于该第一轴和该第二轴,并且该多个第二驱动电梳对结构两两对称于该第一轴、该第二轴、或该第一轴和该第二轴。

19. 如权利要求15所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,更包括多个第一驱动感测电梳对结构以及多个第二驱动感测电梳对结构,其中,该多个第一驱动感测电梳对结构连接至该第一驱动环,并且该多个第二驱动感测电梳对结构连接至该第二驱动环。

20. 如权利要求19所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,更包括多个框结构,其中每一该框结构内设置至少一该多个第一驱动感测电梳对结构或一该多个第二驱动感测电梳对结构,并且该多个框结构连接该第一驱动环与该多个第一驱动电梳对结构、以及该第二驱动环与该多个第二驱动电梳对结构。

21. 如权利要求20所述的微机电多轴角速度感测器,其特征在于,该多个框结构两两对称于该第一轴或该第二轴。

微机电多轴角速度感测器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种侦测角速的微机电领域,特别是一种微机电多轴角速度感测器领域。

背景技术

[0002] 微机电系统(MEMS)是指有些元件具备机械功能性的机械和机电系统,可应用于快速且准确侦测物理性质的微小改变。例如,微机电角速度感测器可应用于侦测微小的角位移。运动的六个自由度中,围绕三正交轴线的旋转可被称为角速度感测器的角速率感测器量测。MEMS角速度感测器系使用科氏效应来量测角速率。若一质量块在一方向上移动且被施加旋转角度时,质量块因科氏力的作用而在正交方向上承受一力,藉由科氏力所引起的位移可由电容式、压电式或压阻式感测结构读取。在MEMS角速度感测器中,机械振荡被用作主要运动,当一振荡角速度感测器承受一角运动,且此角运动垂直于主要运动的方向时,在垂直主要运动和角运动的第三垂直方向上产生次级振荡(或被称为侦测运动),侦测运动的振幅可被用作角速率的量测值。

[0003] 习知的MEMS三轴角速度感测器结构由三个独立的X,Y,Z单轴角速度感测器构成,使得相应的ASIC电路需具备三套独立的驱动电路设计,导致MEMS三轴角速度感测器的体积较大。为了解决体积过大的问题,共用质量块的设计应运而生,然共用质量块存在运动干扰,从而造成MEMS三轴角速度感测器的轴间信号串扰。因此,解决MEMS三轴角速度感测器结构体积过大但兼顾感测品质的方案仍在为业界追求中。

发明内容

[0004] 本发明于此提供一种MEMS多轴角速度感测器,至少有二轴具有各自独立的驱动结构和质量块,并透过一第三驱动结构连动二个驱动结构使之同步运动(synchronize),减少二轴振荡时序不同步和振幅差异的产生。

[0005] 本发明于此提供一种MEMS多轴角速度感测器,至少有二轴具有各自独立的驱动结构和质量块,透过一第三驱动结构连动结构上的摆动质量块使之同步运动的设计,储存侦测质量块的机械振荡能,并透过一耦合结构的连接稳定结构以减少不必要的方向上的振动,以及使摆动质量块受科氏力产生的运动倾向同步反相运动。

[0006] 一种微机电多轴角速度感测器,包括一基板和一微机电晶圆层平行相对设置,以及多个固定锚将该微机电晶圆层连接以固定至该基板上,其特征在于该微机电晶圆层包括:一第一驱动及感测结构,其包括一第一驱动环、多个第一驱动电梳对结构及多个第一感测验证质量块,该多个第一驱动电梳对结构和该多个第一感测验证质量块分别连接该第一驱动环;一第二驱动及感测结构,其包括一第二驱动环、多个第二驱动电梳对结构及多个第二感测验证质量块,该多个第二驱动电梳对结构和该多个第二感测验证质量块分别连接该第二驱动环;一第三驱动环设置于该第一驱动环和该第二驱动环之间并连接该第一驱动环和该第二驱动环,其中,在一驱动模态时,该多个第一驱动电梳对结构驱动该第一驱动环进

行周期性旋转运动,该多个第二驱动电梳对结构驱动该第二驱动环进行周期性旋转运动,并且该第一驱动环和该第二驱动环带动该第三驱动环进行周期性旋转运动;以及二个摆动质量块分别连接该第三驱动环并位于该第三驱动环外相对二侧。

[0007] 一种微机电多轴角速度感测器,包括:一基板包括多个第一感测垫和多个第二感测垫,该基板平行一第一轴和一第二轴所定义的一平面;一第一驱动及感测结构设置于该基板上,该第一驱动及感测结构包括一第一驱动环连接多个第一驱动电梳对结构和二个第一感测验证质量块,其中,该多个第一感测验证质量块分别对应该多个第一感测垫以构成侦测一第三轴方向科氏力的一第一差分电容对,该多个第一感测验证质量块对称于该第二轴地设置,该第三轴方向垂直该第一轴和该第二轴;一第二驱动及感测结构设置于该基板上,该第二驱动及感测结构包括一第二驱动环连接多个第二驱动电梳对结构和二个第二感测验证质量块,其中,该多个第二感测验证质量块分别对应该多个第二感测垫以构成侦测一第三轴方向科氏力的一第二差分电容对,该多个第二感测验证质量块对称于该第一轴地设置;一第三驱动环设置于该第一驱动环和该第二驱动环之间并连接该第一驱动环和该第二驱动环,其中,在一驱动模态时,该多个第一驱动电梳对结构驱动该第一驱动环进行周期性旋转运动,该多个第二驱动电梳对结构驱动该第二驱动环进行周期性旋转运动,并且该第一驱动环和该第二驱动环带动该第三驱动环进行周期性旋转运动,在一感测模态时,该第一驱动及感测结构作为该第一轴的感测结构,该第二驱动及感测结构作为该第二轴的感测结构;二个摆动质量块分别连接该第三驱动环并位于该第三驱动环外相对二侧;以及一第一耦合结构设置于该第一驱动及感测结构、该第二驱动及感测结构和该二摆动质量块的周边,其中,每一该摆动质量块连接该第三驱动环和该第一耦合结构。

[0008] 因此,一种微机电多轴角速度感测器,包括一基板和一微机电晶圆层平行相对设置,以及多个固定锚将该微机电晶圆层连接以固定至该基板上。该微机电晶圆层包括至少二驱动及感测结构、一第三驱动环以及二个摆动质量块。每一驱动及感测结构包括一驱动环、多个驱动电梳对结构及多个感测验证质量块,该多个驱动电梳对结构和该多个感测验证质量块分别连接该对应的驱动环。第三驱动环设置于该二驱动环之间并连接该二驱动环,其中,在一驱动模态时,该多个驱动电梳对结构驱动对应的该驱动环进行周期性旋转运动,并且该二驱动环带动该第三驱动环进行周期性旋转运动。二个摆动质量块分别连接该第三驱动环并位于该第三驱动环外相对二侧。

附图说明

- [0009] 图1为本发明的多轴角速度感测器的第一二轴型实施例的正面示意图。
- [0010] 图2为本发明的第一二轴型实施例的第一驱动及感测结构正面示意图。
- [0011] 图3为本发明的第一二轴型实施例的第二驱动及感测结构正面示意图。
- [0012] 图4为本发明的多轴角速度感测器的第二二轴型实施例的正面示意图。
- [0013] 图5为本发明的多轴角速度感测器的第三二轴型实施例的正面示意图。
- [0014] 图6为本发明的多轴角速度感测器的第一三轴型实施例的正面示意图。
- [0015] 图7为本发明的第一三轴型实施例的第三驱动及感测结构正面示意图。
- [0016] 图8为本发明的多轴角速度感测器的第一三轴型实施例的部分结构正面示意图。
- [0017] 图9为本发明的第一三轴型实施例的第二驱动及感测结构正面示意图。

- [0018] 图10为依据图9沿着AA' 剖开第二驱动及感测结构的剖面示意图。
- [0019] 图11为依据图9沿着AA' 剖开第二驱动及感测结构的另一剖面示意图。
- [0020] 图12为本发明的第一三轴型实施例的第一驱动及感测结构正面示意图。
- [0021] 图13为依据图12沿着BB' 剖开第一驱动及感测结构的剖面示意图。
- [0022] 图14为依据图12沿着BB' 剖开第一驱动及感测结构的剖面示意图。
- [0023] 图15为本发明的第一三轴型实施例的第三驱动及感测结构受到科氏力而运动时的正面示意图。
- [0024] 图16为本发明的第一三轴型实施例的部分结构正面示意图。
- [0025] 图17为本发明的多轴角速度感测器的第二三轴型实施例的正面示意图。
- [0026] 图18为本发明的多轴角速度感测器的第三三轴型实施例的正面示意图。
- [0027] 附图标记说明
- [0028] 10', 10, 40, 40' 第一驱动及感测结构
- [0029] 11, 41第一驱动环
- [0030] 12, 12', 14, 14' 第一感测验证质量块
- [0031] 13, 15第一驱动电梳对结构
- [0032] 13a, 13b, 15a, 15b, 33a, 33b, 35a, 35b电梳
- [0033] 131, 151, 181, 331, 351, 381, 581, 981可动电极板
- [0034] 133, 153, 183, 333, 353, 383, 583, 983固定电极板
- [0035] 16第一感测弹簧结构
- [0036] 17, 17' 第一驱动弹簧
- [0037] 18第一驱动感测电梳对结构
- [0038] 18a, 18b差分电容对
- [0039] 19, 19' 第一连接弹簧
- [0040] 20基板
- [0041] 22', 24' 第一感测垫
- [0042] 22, 24第二感测垫
- [0043] 30', 30, 60, 60' 第二驱动及感测结构
- [0044] 31, 61第二驱动环
- [0045] 32, 32', 34, 34' 第二感测验证质量块
- [0046] 33, 35第二驱动电梳对结构
- [0047] 36第二感测弹簧结构
- [0048] 37, 37' 第二驱动弹簧
- [0049] 38第二驱动感测电梳对结构
- [0050] 39, 39' 第二连接弹簧
- [0051] 43, 45, 63, 65框结构
- [0052] 47第一固定锚
- [0053] 49, 59第二固定锚
- [0054] 50' 第三驱动结构
- [0055] 50, 90第三驱动及感测结构

- [0056] 51第三驱动环
- [0057] 52,54,92,94第三感测验证质量块
- [0058] 52',54'第三摆动质量块
- [0059] 52a,54a第一质量件
- [0060] 52b,54b第二质量件
- [0061] 53,55,93,95第三驱动框
- [0062] 56,96第三感测弹簧结构
- [0063] 57第三驱动弹簧
- [0064] 58,58'第三感测电梳对结构
- [0065] 70',70第一耦合结构
- [0066] 71,73连接弹簧
- [0067] 72轭型结构
- [0068] 79第三固定锚
- [0069] Fc科氏力
- [0070] Ca,Cb电容
- [0071] X,Y,Z轴

具体实施方式

[0072] 以下实施例为例示,虽然以下叙述中涉及一、一个或一些实施方式,但并未意味每一如此的参考是同一(相同)实施方式,或未意味如此的特征仅适用于单一实施方式。不同实施例的单一特征可组合以提供其他实施方式。在下文中将藉由可实施本发明的各种实施装置架构的简单实例描述本发明的特征,并仅详细描述针对实例的相关元件。但熟悉此技术者大多已知的角速度感测器的实施元件可能并未特定地描述于本文中。

[0073] 图1为本发明的多轴角速度感测器的第一二轴型实施例的正面示意图。请参考图1,微机电晶圆层(MEMS晶圆层)包括第一驱动及感测结构10'、第二驱动及感测结构30'和第三驱动结构50'。于本实施例中,驱动及感测结构可包括感测验证质量块(sensing proof mass,PM)、感测弹簧结构(sensing spring structure)、驱动环(driving ring)、驱动弹簧(driving spring)、驱动电梳对结构(driving comb structure)、驱动感测电梳对结构(driving sensing comb structure)以及连接弹簧(connector spring)。要说明的是,驱动验证质量块(driving proof mass)(未标于图面上)则包含所有以驱动方式运动的质量块,举例但不限于地,包括驱动环、感测验证质量块、所有可动梳结构、带动结构和驱动结构。其次,第一驱动及感测结构10'包括第一感测验证质量块12、第一感测验证质量块14、第一驱动环11、第一驱动电梳对结构13、第一驱动电梳对结构15、第一感测弹簧结构16、第一驱动弹簧17、第一驱动感测电梳对结构18和第一连接弹簧19。第二驱动及感测结构30'包括第二感测验证质量块32、第二感测验证质量块34、第二驱动环31、第二驱动电梳对结构33、第二驱动电梳对结构35、第二感测弹簧结构36、第二驱动弹簧37、第二驱动感测电梳对结构38和第二连接弹簧39。第三驱动结构50'则至少包括一第三驱动环51、第三摆动质量块(pendulum mass)52'和第三摆动质量块54',其中第一驱动环11、第二驱动环和第三驱动环51成连动关系并且三环成一直线关系,或可谓三环的几何中心成一直线关系。

[0074] 图2为本发明的第一二轴型实施例的第一驱动及感测结构正面示意图。请参考图1和图2,第一感测验证质量块12和第一感测验证质量块14设置于第一驱动环11内,并藉由第一感测弹簧结构16连接至第一驱动环11,在第一感测验证质量块12和第一感测验证质量块14的下方CMOS基板(CMOS substrate)(图上未绘)分别设有相对应的感测垫(sensing pad)(虚线范围)。其次,第一感测验证质量块12和第一感测验证质量块14的大小和形状相同,且互为镜像,而第一感测弹簧结构16则基本上平行Y轴方向且设置于第一感测验证质量块12和第一感测验证质量块14的镜像中心。第一驱动环11藉由第一连接弹簧19与第三驱动结构50'相连接,并且藉由四个第一驱动弹簧17连接多个第一固定锚47(fix anchor)以固定至相对MEMS晶圆层平行设置的下方一CMOS基板(图上未绘)并和CMOS基板的电路做电性连接。其次,驱动电梳对结构或驱动感测电梳对结构各自皆包括多个可动电极板(movable electrode)和对应的固定电极板(stator electrode)排列成梳状结构。驱动电梳对由二个固定电梳结构对称可动电梳结构配置,藉以施加不同相位电压来达到振荡驱动的效果。因此,第一驱动电梳对结构13包括多个可动电极板131和静止电极板133相对地间隔设置,其中可动电极板131连接至第一驱动环11,固定电极板133则连接至第二固定锚49并与下方CMOS基板(图上未绘)的驱动电路做电性连接。第一驱动电梳对结构15包括多个可动电极板151和固定电极板153相对地间隔设置,其中可动电极板151连接至第一驱动环11,固定电极板153则连接至第二固定锚49并与下方CMOS基板(图上未绘)的驱动电路做电性连接。每个第一驱动感测电梳对结构18则包括多个可动电极板181和固定电极板183相对地间隔设置,其中可动电极板181连接至第一驱动环11,固定电极板183则连接至第二固定锚49。另外,于此实施例中,第一驱动电梳对结构13和第一驱动电梳对结构15相应地设置于X轴的上下侧,但本发明不限于一对,可以是多对(图上未绘)。四个第一驱动感测电梳对结构18则两两对称于X轴和Y轴。第一感测验证质量块12和第一感测验证质量块14具有相同的大小与形状并对称配置于Y轴两侧。

[0075] 图3为本发明的第一二轴型实施例的第二驱动及感测结构正面示意图。请参考图1和图3,第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34设置于第二驱动环31内,并藉由第二感测弹簧结构36连接至第二驱动环31,在第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34的下方CMOS基板(图上未绘)分别设有相对应的感测垫(虚线范围)。其次,第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34的大小和形状相同,且互为镜像,而第二感测弹簧结构36则基本上平行X轴方向且设置于第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34的镜像中心。第二驱动环31藉由第二连接弹簧39与第三驱动结构50'相连接,并且藉由四个第二驱动弹簧37连接第一固定锚47以固定至相对MEMS晶圆层平行设置的下方CMOS基板(图上未绘)并和CMOS基板的电路做电性连接。其次,驱动电梳对结构或驱动感测电梳对结构各自皆包括多个可动电极板和对应的固定电极板排列成梳状结构。因此,第二驱动电梳对结构33包括多个可动电极板331和固定电极板333相对地间隔设置,其中可动电极板331连接至第二驱动环31,固定电极板333则连接至第二固定锚49并与下方CMOS基板(图上未绘)的驱动电路做电性连接。再者,第二驱动电梳对结构35包括多个可动电极板351和固定电极板353相对地间隔设置,其中可动电极板351连接至第二驱动环31,固定电极板353则连接至第二固定锚49并与下方CMOS基板(图上未绘)的驱动电路做电性连接。又,每个第二驱动感测电梳对结构38则包括多个可动电极板381和固定电极板383相对地间隔设置,其中可动电极板

381连接至第二驱动环31,固定电极板383则连接至第二固定锚49并与下方CMOS基板(图上未绘)的驱动感测电路做电性连接。另外,于此实施例中,第二驱动电梳对结构33和第二驱动电梳对结构35相应地设置于X轴的上下侧,但本发明不限于一对,可以是多对(图上未绘)。四个第二驱动感测电梳对结构38则两两对称于X轴和Y轴。第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34具有相同的大小与形状并对称配置于X轴两侧。

[0076] 续参考图1~图3,第三驱动结构50'包括一第三驱动环51藉由第二连接弹簧39连接至第二驱动环31,并且藉由第一连接弹簧19连接至第一驱动环11,其中,第三驱动环51藉由一个第三驱动弹簧57连接第一固定锚47以固定至基板(图上未绘)。第三驱动弹簧57和第一固定锚47设置于第三驱动环51的环内,第一固定锚47约位于第三驱动环51的几何中心。其次,二个第三摆动质量块52'和第三摆动质量块54'对称地设置于第三驱动环51的上下侧并连接至第三驱动环51,其中第三摆动质量块52'和第三摆动质量块54'对称于X轴。在一驱动模态时,当第一驱动电梳对结构和第二驱动电梳对结构中的各自的二个固定电梳分别给予大小相等、相位相反的周期性电压讯号,将产生周期性的静电力,藉以拉动(pull)可动电梳结构,而对连接第一驱动电梳对结构的第一驱动环和第二驱动电梳对结构的第二驱动环产生旋转力矩,进而使得第一驱动环11和第二驱动环31进行周期性旋转运动。其次,透过第一连接弹簧19和第二连接弹簧39的带动,第三驱动环51也可进行周期性的旋转运动,此时第三驱动环51的周期性旋转方向会相反于第一驱动环和第二驱动环周期性旋转方向,例如在周期性运动中,当第一驱动环和第二驱动环为顺时针旋转(大致平行XY平面)时,第三驱动环为逆时针旋转。再者,第三驱动环的周期性旋转可带动二个第三摆动质量块52'和第三摆动质量块54'在平行X-Z平面上也进行周期性的摆动,藉以将部分动能储存于摆荡结构中,达到稳定振荡的效果,减少振幅及相位的变异。在一般角速度感测器中,两个各自独立的第一驱动及感测结构和第二驱动及感测结构可能因制程变异,导致各自独立的第一驱动及感测结构和第二驱动及感测结构的运动行为落差,例如两个各自独立的第一电梳对结构及第二驱动电梳对结构虽然同时以相同的电压信号加以驱动,但由于两个驱动结构中的电容对、弹性结构、质量块的尺寸必定存在制程差异,其最终结果将导致两个驱动结构的振荡频率出现振幅和相位的差异,使得后续的讯号处理更加困难。因此,在此实施例中,第三驱动结构50'的设计能够使得第一驱动及感测结构和第二驱动及感测结构连动、减少或消除第一驱动及感测结构和第二驱动及感测结构于周期性的旋转过程中振幅大小差异、振荡时序不同步的问题,也具备储存振荡能量及稳定振荡的优点。

[0077] 图4为本发明的多轴角速度感测器的第二二轴型实施例的正面示意图。同时参考图1和图4,和图1的第一实施例相较,第二二轴型实施例进一步包括二个第一耦合结构70'分别连接至第三摆动质量块52'和54',其中每一第一耦合结构70'包括连接弹簧71、连接弹簧73和二个轭型结构(yoke structure)72。与本实施例中,二个第一耦合结构70'大致上对称于X轴的上下侧并在第一驱动及感测结构10'、第二驱动及感测结构30'和第三驱动结构50'的外围或周边。其次,连接弹簧71大致呈长条状,其二端分别连接一个轭型结构72,第三摆动质量块52'或第三摆动质量块54'则大致藉由连接弹簧73连接于连接弹簧71的中段处,其中二连接弹簧73分别在对称于X轴的两侧与第三摆动质量块52'和第三摆动质量块54'相接。每一轭型结构72透过第三固定锚79固定至CMOS基板(图上未绘)。在二轴型设计的多轴角速度感测器中,第一耦合结构70'连接第三摆动质量块,其可以提供第三摆动质量块的摆

动(swing)在X-Y平面上具有高弹性而在Z方向上则为低弹性以避免产生翘翘板式振荡,可避免第三摆动质量块在Z方向上的不必要的运动产生。

[0078] 图5为本发明的多轴角速度感测器的第三二轴型实施例的正面示意图。同时参考图1、图4和图5,和图4的第二二轴型实施例相较,第三二轴型实施例包括的第一耦合结构70是利用二个连接弹簧71将上下二个第一耦合结构70'连接在一起,并框围了第一驱动及感测结构10'、第二驱动及感测结构30'和第三驱动结构50'。在二轴型设计的多轴角速度感测器中,第一耦合结构70连接第三摆动质量块,其可以提供第三摆动质量块的摆动(swing)在X-Y平面上具有高弹性而在Z方向上则为低弹性以避免产生翘翘板式振荡,可避免第三摆动质量块在Z方向上的不必要的运动产生。

[0079] 图6为本发明的多轴角速度感测器的第一三轴型实施例的正面示意图。请同时参考图1~图6,第一三轴型的MEMS晶圆层包括第一驱动及感测结构10、第二驱动及感测结构30、第三驱动及感测结构50以及第一耦合结构70。于本实施例中,第三驱动及感测结构50不同于驱动结构50',待后再述。第一驱动及感测结构10与图1的第一驱动及感测结构10'相似,第一驱动及感测结构10的第一驱动环11藉由第一连接弹簧19与第三驱动及感测结构50的第三驱动环51相连接。另,第一驱动及感测结构10包括单个第一驱动感测电梳对结构18,即本发明的驱动感测电梳对结构的个数可以是一或多个。其次,第二驱动及感测结构30的第二驱动环31藉由第二连接弹簧39与第三驱动及感测结构50的第三驱动环51相连接,如此形成一三环连动驱动结构,其中,第一驱动环11、第二驱动环31和第三驱动环51成一直线关系,或可谓三环的几何中心成一直线关系。

[0080] 图7为本发明的第一三轴型实施例的第三驱动及感测结构正面示意图。请参考图1到图7,第三驱动及感测结构50包括第三驱动环51藉由第二连接弹簧39连接至第二驱动环31,并且藉由第一连接弹簧19连接至第一驱动环11。其次,二个第三驱动框53、第三驱动框55(driving frame)对应地设置于第三驱动环51的上下侧,并且第三驱动框53、第三驱动框55连接至第三驱动环51。第三感测验证质量块52和第三感测验证质量块54分别设置于第三驱动框53、第三驱动框55所框起的范围内,并且第三感测验证质量块52和第三感测验证质量块54分别藉由第三感测弹簧结构56连接至第三驱动框53、第三驱动框55。其次,第三感测验证质量块52包括第一质量件52a和第二质量件52b,第三感测验证质量块54则包括第一质量件54a和第二质量件54b。再者,第三驱动及感测结构50还包括第三感测电梳对结构58'和第三感测电梳对结构58分别设置于第三驱动框53、第三驱动框55所框起的范围内并分别对应第二质量件52b和第二质量件54b,其中第三感测电梳对结构58'和第三感测电梳对结构58在电性功能上分别为差分电容Ca和差分电容Cb。第三感测电梳对结构58'和第三感测电梳对结构58各自包括多个可动电极板581和固定电极板583相对地间隔设置,其中可动电极板581连接至对应的第二质量件52b、第二质量件54b,固定电极板583则连接至第二固定锚59并与下方CMOS基板(图上未绘)的感测电路做电性连接。另,分别设置在第三驱动框53、第三驱动框55范围内的第三感测电梳对结构58'和第三感测电梳对结构58中的可动电极板581和固定电极板583的间距大小可以不同,使得其验证质量块在远离或接近第二固定锚59的运动方向时二个感测电梳的电容变化为相反,如此可使得电容变化相反,能形成一差分电容对。因此,相较于二轴型实施例,第三驱动及感测结构50可以是第三驱动结构50'的一变形态样,利用第三摆动质量块52'和第三摆动质量块54'做出第三驱动框和第三感测验证

质量块,用以进行第三驱动及感测。其次,在此实施例中,第三驱动环51起连动和驱动的作用。

[0081] 图8为本发明的多轴角速度感测器的第一三轴型实施例的部分结构正面示意图。请同时参考图6和图8,类似前述,第一驱动电梳对结构和第二驱动电梳对结构中的两个固定电梳分别加以大小相等、相位相反的周期性电压信号,其对可动电梳结构施加周期性静电力,使得连接第一驱动电梳对结构的第一驱动环和第二驱动电梳对结构的第二驱动环产生旋转力矩,进而使得第一驱动环和第二驱动环进行周期性旋转振荡(rotational vibration)。举例来说,各驱动电梳对结构中的电梳13a、33a、15a、35a的驱动电压相位(phase)相同,而电梳13b、33b、15b、35b的驱动电压相位(phase)相同,但电梳13a和对应的电梳13b的驱动电压相位不同,一般而言,具有180度的相位差。另外,第一驱动感测电梳对结构18则藉由二侧的一对差分电容对感测驱动振幅大小及频率,从而判断第一驱动电梳对结构13和第一驱动电梳对结构15的驱动电压是否正确。第一驱动感测电梳对结构18藉由两侧的一对差分电容对18a,18b的电容变化来感测驱动环11的转动位移,此感测结构将驱动环11的振幅及频率转换为电容讯号,并藉以调整驱动电压及频率而达到回馈控制的过程(feedback control),而第二驱动感测电梳对结构38则感测第二驱动电梳对结构33和第二驱动电梳对结构35的驱动电压是否正确。举例来说,当驱动感测电梳对结构侦测到的电容变化不足时,可提高驱动电压来增加施加在驱动环的力矩来提高振幅。当驱动感测电梳对结构侦测到的电容变化频率较低时,可提高驱动电压的频率来提升增加施加在驱动环的力矩的频率来提高振荡频率。透过第一连接弹簧和第二连接弹簧的带动,第三驱动环51也同时进行旋转振荡,此时第三驱动环51的旋转振荡方向会相反于第一驱动环11和第二驱动环31的旋转振荡,如图8中的第一驱动环11和第二驱动环31为逆时针旋转振荡(黑箭号表示)时,第三驱动环为顺时针旋转振荡(黑箭号表示)。再者,第三驱动环的旋转振荡带动二个第三驱动框53、第三驱动框55也进行旋转振荡。一较佳实施例的配置为,相较第一驱动环及第二驱动环的尺寸而言,第三驱动环的尺寸较小,并置于第一驱动环及第二驱动环的中间对称位置,此时第三驱动环的振荡幅度将为大小环半径比的倍数,有助于提升第三感测结构的灵敏度,因此而能达到缩小晶片面积并提升性能的功效。要说明的是,本案中的驱动感测功能是由第一驱动感测电梳对结构18和第二驱动感测电梳对结构38的二个差分电容对一起完成,并且由于本案的三个驱动环是连动的,故只有一组驱动频率和振幅要被侦测。因此,当第一驱动环11、第二驱动环31和第三驱动环51一起运动时,由第一驱动感测电梳对结构18和第二驱动感测电梳对结构38侦测三个驱动环运动时的整体振幅和频率。

[0082] 图9为第一三轴型实施例的第二驱动及感测结构正面示意图,图10和图11则分别是沿AA'剖开的剖面示意图,其中图10表示尚未受到科氏力,图11表示受到Z方向科氏力时的结构状态。同时参考图6、图8~图11,在一感测模态时,第二驱动及感测结构30做为Y轴感测结构,第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34的下方基板20(CMOS基板)分别设有相对应的第二感测垫22、第二感测垫24,其中基板20以平行XY平面设置并与驱动和感测结构(MEMS层)相对。当MEMS三轴角速度感测器内如图8进行驱动振荡的同时、使MEMS三轴角速度感测器整体绕Y轴旋转时,将产生Z方向科氏力 F_c ,使得第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34在Z方向上上下运动。第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34在Z方向上的上下运动,与各自相对应的第二感测垫22、第二感测垫24产生电容的变化并

形成一差分电容对(第二差分电容对)。举例来说,如图11所示,当第二感测验证质量块32受科氏力 F_c 而向上运动而远离第二感测垫22,则电容 C_b 减少;同时第二感测验证质量块34受科氏力 F_c 而向下运动而接近第二感测垫24,则电容 C_a 增加。透过量测由电容 C_a 和电容 C_b 所组成的差分电容对的电容变化,即可得量测出科氏力 F_c 的大小。要说明的是,若MEMS三轴角速度感测器整体没有旋转而仅内部的驱动振荡时,第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34并未感受到科氏力 F_c ,仅随着第二驱动环31运动,此时第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34则仅在第二驱动环31的运动平面(XY平面)进行周期性旋转振荡运动,此时第二感测验证质量块32和第二感测验证质量块34下方电极板不产生电容变化。

[0083] 图12为第一三轴型实施例的第一驱动及感测结构正面示意图,图13和图14则分别是沿BB'剖开的剖面示意图,其中图13表示尚未受到科氏力,图14表示受到Z方向科氏力时的结构状态。同时参考图6、图8、图12~图14,在一感测模态时,第一驱动及感测结构10做为-X轴感测结构,第一感测验证质量块12和第一感测验证质量块14的下方基板20分别设有相对应的第一感测垫22'、第一感测垫24'。当MEMS三轴角速度感测器内如图8进行驱动振荡的同时、使MEMS三轴角速度感测器整体绕X轴旋转时(在一感测模态时),产生Z方向科氏力 F_c ,使得第一感测验证质量块12和第一感测验证质量块14在Z方向上上下下运动。第一感测验证质量块12和第一感测验证质量块14在Z方向上的上下运动,与各自相对应的第一感测垫22'、第一感测垫24'产生电容的变化并形成一差分电容对(第一差分电容对),故第一驱动及感测结构10可做为-X轴感测结构。举例来说,如图14所示,当第一感测验证质量块12受科氏力 F_c 而向上运动而远离第一感测垫22',则电容 C_b 减少;同时第一感测验证质量块14受科氏力 F_c 而向下运动而接近第一感测垫24',则电容 C_a 增加。透过量测电容 C_a 和电容 C_b 的差分电容变化,即可得量测出科氏力 F_c 的大小。要说明的是,若MEMS三轴角速度感测器整体没有旋转而仅内部的驱动振荡时,第一感测验证质量块12和第一感测验证质量块14并未感受到科氏力 F_c ,仅随着第一驱动环11运动,此时第一感测验证质量块32和第一感测验证质量块34则仅在第一驱动环11的运动平面(XY平面)随在第一驱动环11做旋转振荡运动,此时第一感测验证质量块32和第一感测验证质量块34下方电极板不产生电容变化。

[0084] 图15为本发明的第一三轴型实施例的第三驱动及感测结构受到科氏力而运动时的正面示意图,图16则为第一三轴型实施例仅显示第三驱动及感测结构和第一耦合结构70。请参考图6~图8和图15~图16,在一感测模态时,第三驱动及感测结构50是一Z轴感测结构,当MEMS三轴角速度感测器内如图8进行驱动振荡的同时、使MEMS三轴角速度感测器整体绕Z轴旋转时,将产生Y方向的科氏力 F_c ,使得第三感测验证质量块52和第三感测验证质量块54在XY平面上沿Y方向周期性运动。其次,第三感测验证质量块52和第三感测验证质量块54分别藉由连接弹簧73连接至第一耦合结构70的连接弹簧71。框形封闭的第一耦合结构70可以强迫并保证第三感测验证质量块52和第三感测验证质量块54同时运动,并使同相运动与反相运动的共振频率分离开来,使得结构倾向于反相(anti-phase)振荡运动。一般在无第一耦合结构70的情况下,同相运动与反相运动的共振频率会十分接近,因此由柯氏力引发的感测振动有可能不同步甚至进入同相运动,造成感测信号失真或失效。当第三感测验证质量块52和第三感测验证质量块54进行反相运动(同时远离中心的第一固定锚47)时,第三感测验证质量块52往上运动的同时(电容增加),第三感测验证质量块54是往下运动(电容减少);当第三感测验证质量块52往下运动的同时,第三感测验证质量块54是往上运

动,如此藉由量测由第三感测电梳对结构58'和第三感测电梳对结构58所形成的差分电容对的电容变化,即可得量测出科氏力 F_c 的大小。因此,如果第三感测验证质量块52和第三感测验证质量块54的振动出现不同步(相位差)甚至同向(in-phase)运动时,两个侦测电容将会得到不同步甚至同向变化的电容,使得差分电容对的电容变化减小或是抵销。因此,第一耦合结构70的结构设计,使得在耦合结构中的弹簧在反相运动时产生弯曲变形(bending deformation)时的弹簧常数小于在耦合结构中的弹簧在同相运动时产生扭曲变形(twist deformation)时的弹簧常数,使得第三感测验证质量块52和第三感测验证质量块54的反相(anti-phase)共振频率(resonant frequency)和同相(in-phase)共振频率可以分开(separated)。

[0085] 图17为本发明的多轴角速度感测器的第二三轴型实施例的正面示意图。请同时参考图6和图17,相较于图6的第一三轴型,第二三轴型角速度感测器的MEMS晶圆层的第一驱动及感测结构40的第一驱动环41为矩形环状,第二驱动及感测结构60的第二驱动环61为矩形环状。其次,第一驱动及感测结构40的第一驱动电梳对结构13和第一驱动电梳对结构15分别各有二个,其中每一第一驱动电梳对结构13和第一驱动电梳对结构15相对地设置在第一驱动环41对称于X轴的相对二边上;同理,第二驱动及感测结构60的第二驱动电梳对结构33和第二驱动电梳对结构35分别各有二个,其中每一第二驱动电梳对结构33和第一第二驱动电梳对结构35相对地设置在第二驱动环61对称于X轴的相对二边上。再者,第一驱动及感测结构40包括四个第一驱动感测电梳对结构18彼此相对设置于第一驱动环41的另一相对二边上;同理,第二驱动及感测结构60包括四个第二驱动感测电梳对结构38彼此相对设置于第二驱动环61的另一相对二边上。其余的结构与图6相同或类似,于此不赘述。因此,驱动电梳对结构或驱动感测电梳对结构的数量在本发明的实施例中可以是一或多,其中多个驱动电梳对结构的情况下,以相对地设置为优选,驱动感测电梳对结构也是。相对设置是以驱动环为参考,主要是使任一轴的驱动及感测结构本身具有对称性,而第一驱动及感测结构和第二驱动及感测结构二者也以具有对称性为优选,但并不限于结构要完全相同。

[0086] 图18为本发明的多轴角速度感测器的第三三轴型实施例的正面示意图。请同时参考图6和图18,第三三轴型的MEMS晶圆层包括第一驱动及感测结构40'、第二驱动及感测结构60'、第三驱动及感测结构90以及第一耦合结构70。于本实施例中,第一感测验证质量块12'和第一感测验证质量块14'设置于第一驱动环11内,并藉由第一感测弹簧结构16连接至第一驱动环11,其中,第一感测验证质量块12'和图6的第一感测验证质量块12的几何形状不同,是为一扇型平板,第一感测验证质量块14'和图6的第一感测验证质量块14的几何形状不同,也是为一扇型平板,其中,第一感测验证质量块12'和第一感测验证质量块14'的大小和形状相同,并且互为镜像。另外,第一感测弹簧结构16则基本上平行Y轴方向且设置于第一感测验证质量块12'和第一感测验证质量块14'的镜像中心上。第一驱动环11藉由第一连接弹簧19'与第三驱动及感测结构90的第三驱动环51相连接,并且第一驱动环11藉由四个第一驱动弹簧17'连接第一固定锚47以固定至基板(图上未绘)。第一连接弹簧19'的几何形状和第一连接弹簧19不同,第一驱动弹簧17'的几何形状和第一驱动弹簧17不同。其次,多个第一驱动电梳对结构13彼此间隔设置并且藉由框结构43连接至第一驱动环11,单一或多个第一驱动感测电梳对结构18则设置于框结构43框围的范围内。多个第一驱动电梳对结构15彼此间隔设置并且藉由框结构45连接至第一驱动环11,单一第一驱动感测电梳对结构

18则设置于框结构45框围的范围内,框结构43和框结构45则对称配置于X轴的上下二侧。故在此实施例中,驱动感测电梳对结构设置在驱动环和驱动电梳对结构之间。

[0087] 续参考图6和图18,第二感测验证质量块32'和第二感测验证质量块34'设置于第二驱动环31内,并藉由第二感测弹簧结构36连接至第二驱动环31,其中,第二感测验证质量块32'和图6的第二感测验证质量块32的几何形状不同,第二感测验证质量块34'和图6的第二感测验证质量块34的几何形状不同,其中,第二感测验证质量块32'和第二感测验证质量块34'的大小和形状相同,并且互为镜像,而第二感测弹簧结构36则基本上平行X轴方向且设置于第二感测验证质量块32'和第二感测验证质量块34'的镜像中心上。第二驱动环31藉由第二连接弹簧39'与第三驱动及感测结构90的第三驱动环51相连接,并且第二驱动环31藉由四个第二驱动弹簧37'连接第一固定锚47以固定至基板(图上未绘)。第二连接弹簧39'的几何形状和第二连接弹簧39不同,第二驱动弹簧37'的几何形状和第二驱动弹簧37不同其次,多个第二驱动电梳对结构33彼此间隔设置并且藉由框结构63连接至第二驱动环31,单一或多个第二驱动感测电梳对结构38则设置于框结构63框围的范围内。多个第二驱动电梳对结构35彼此间隔设置并且藉由框结构65连接至第二驱动环31,单一第二驱动感测电梳对结构38则设置于框结构65框围的范围内,框结构63和框结构65则对称配置于X轴的上下二侧。故在此实施例中,驱动感测电梳对结构设置在驱动环和驱动电梳对结构之间。

[0088] 续参考图6和图18,第三驱动及感测结构90包括第三驱动环51藉由第二连接弹簧39'连接至第二驱动环31,并且藉由第一连接弹簧19'连接至第一驱动环11。其次,二个第三驱动框93、第三驱动框95对称于X轴而对应地设置于第三驱动环51的上下侧,并且连接至第三驱动环51。第三感测验证质量块92和第三感测验证质量块94分别设置于第三驱动框93、第三驱动框95所框起的范围内,并且第三感测验证质量块92和第三感测验证质量块94分别藉由多个第三轴感测弹簧结构96连接至第三驱动框93、第三驱动框95。再者,第三驱动及感测结构90还包括二个第三感测电梳对结构分别设置于第三驱动框93、第三驱动框95所框起的范围内。每一第三感测电梳对结构包括多个可动电极板981和固定电极板983相对地间隔设置,其中可动电极板981连接至对应的第三感测验证质量块,固定电极板983则连接至第二固定锚。可动电极板981和固定电极板983的几何形状呈弧形板状,和可动电极板581和固定电极板583的平板状不同。

[0089] 以上所述之实施例仅是为说明本发明的技术思想及特点,其目的在使熟习此项技艺的人士能够了解本发明的内容并据以实施,当不能以之限定本发明的专利保护范围,即大凡依本发明所揭示的精神所作的均等变化或修饰,仍应涵盖在本发明的专利保护范围内。

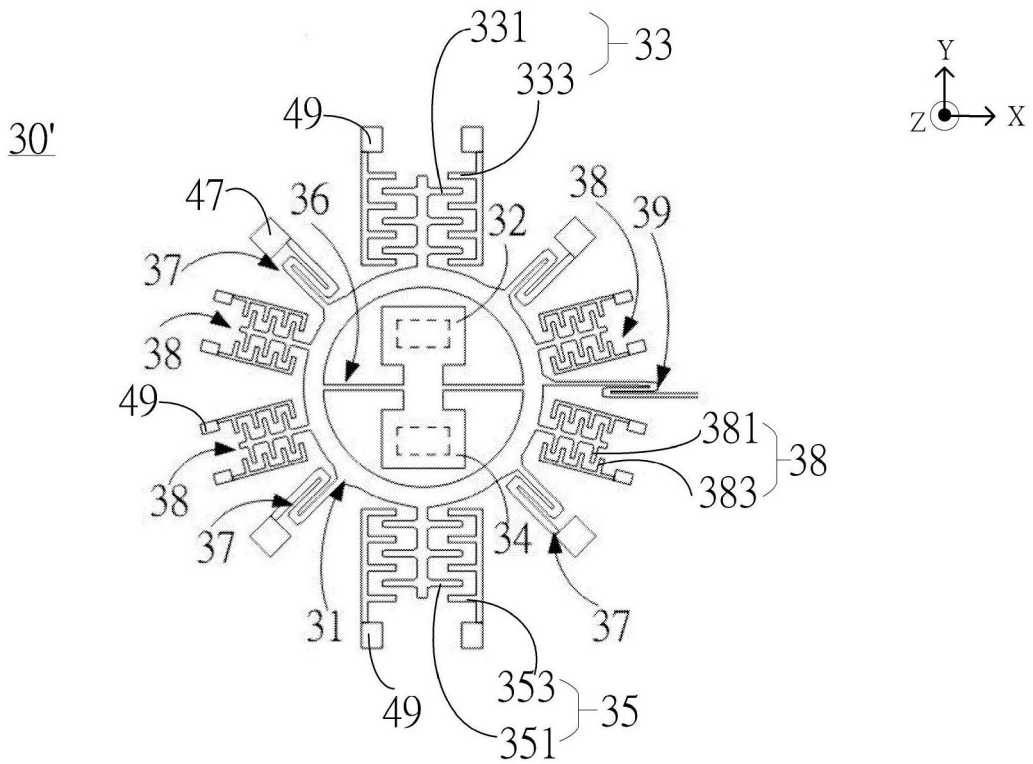


图3

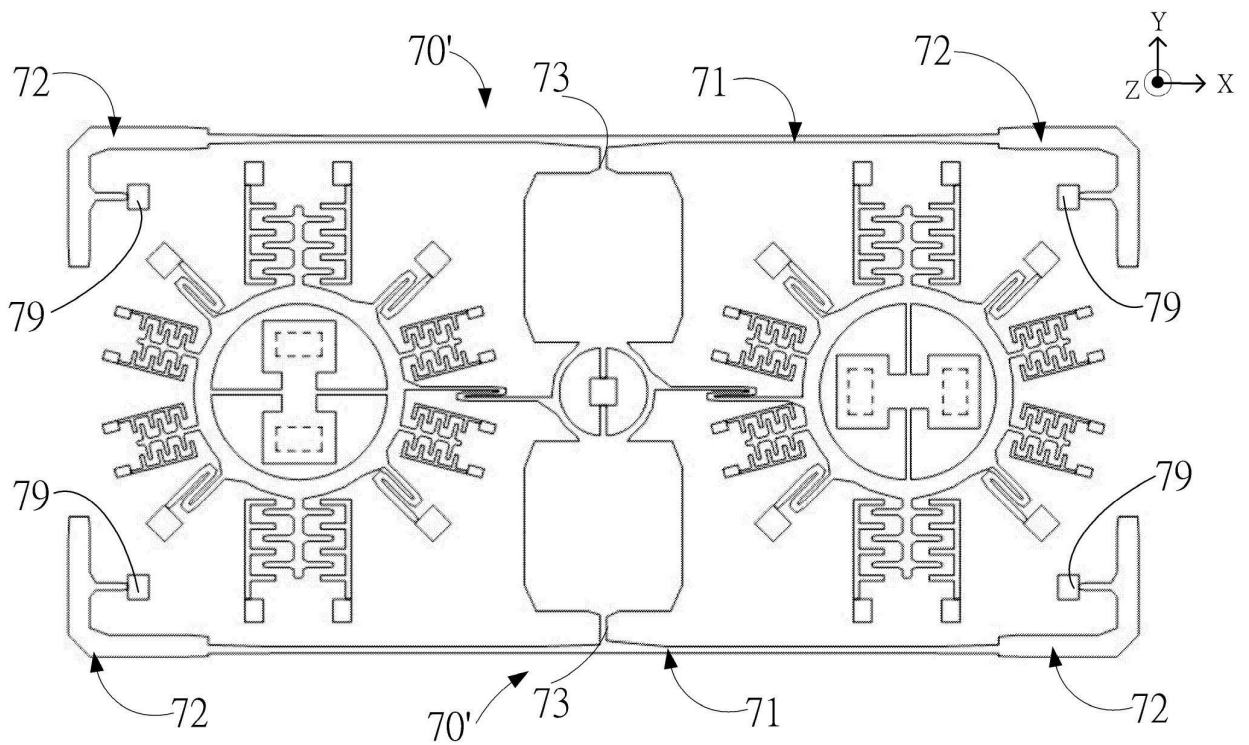


图4

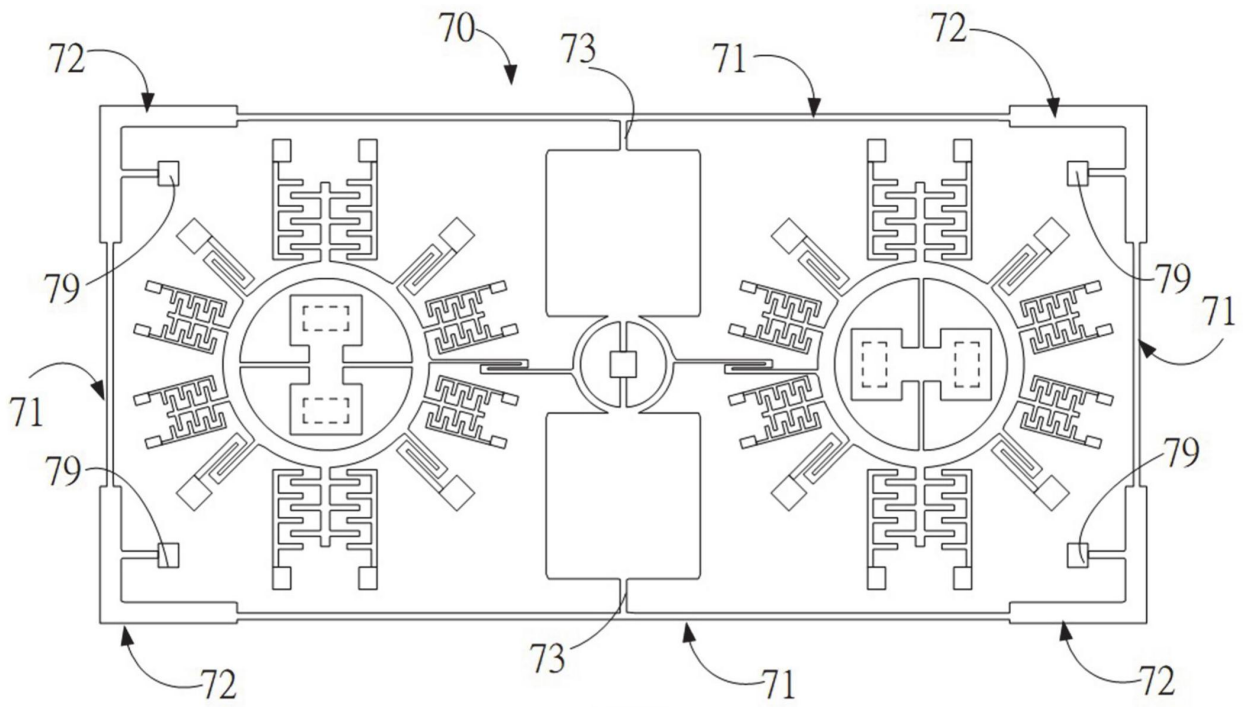


图5

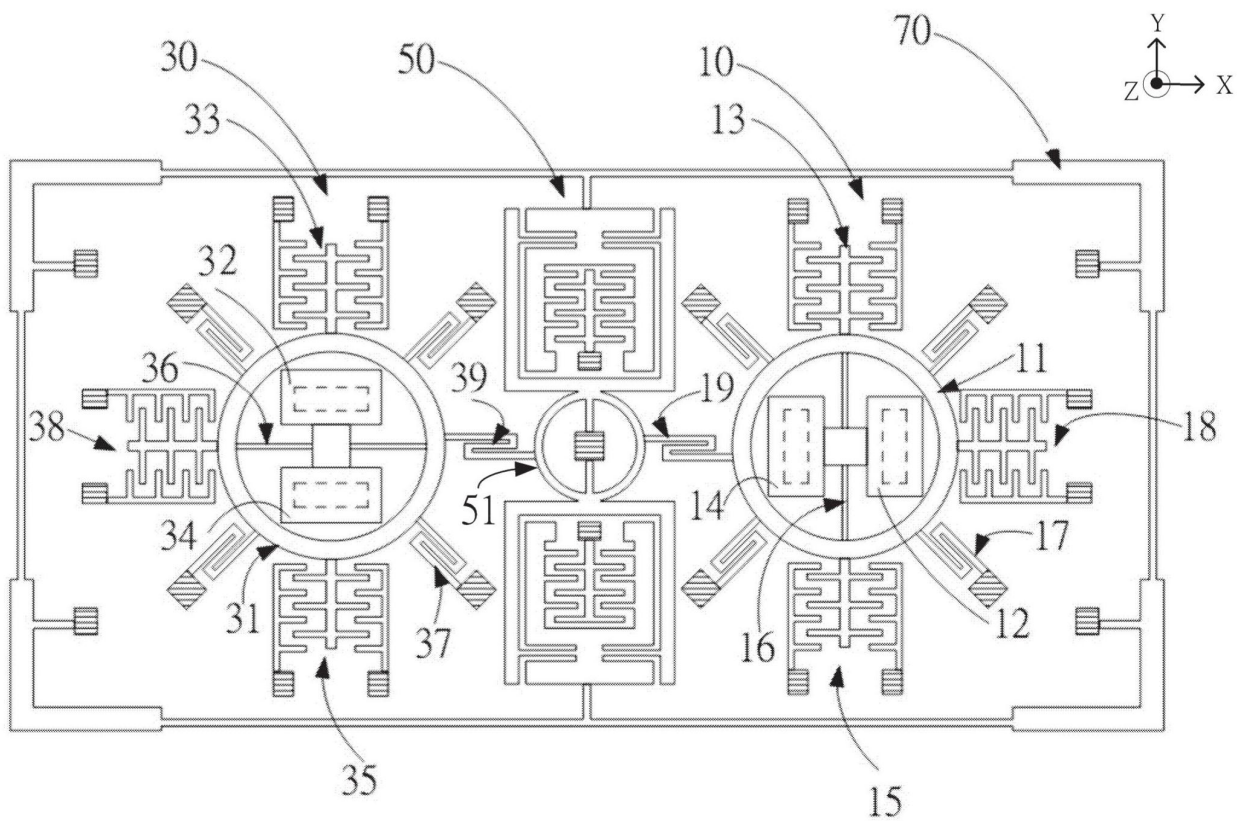


图6

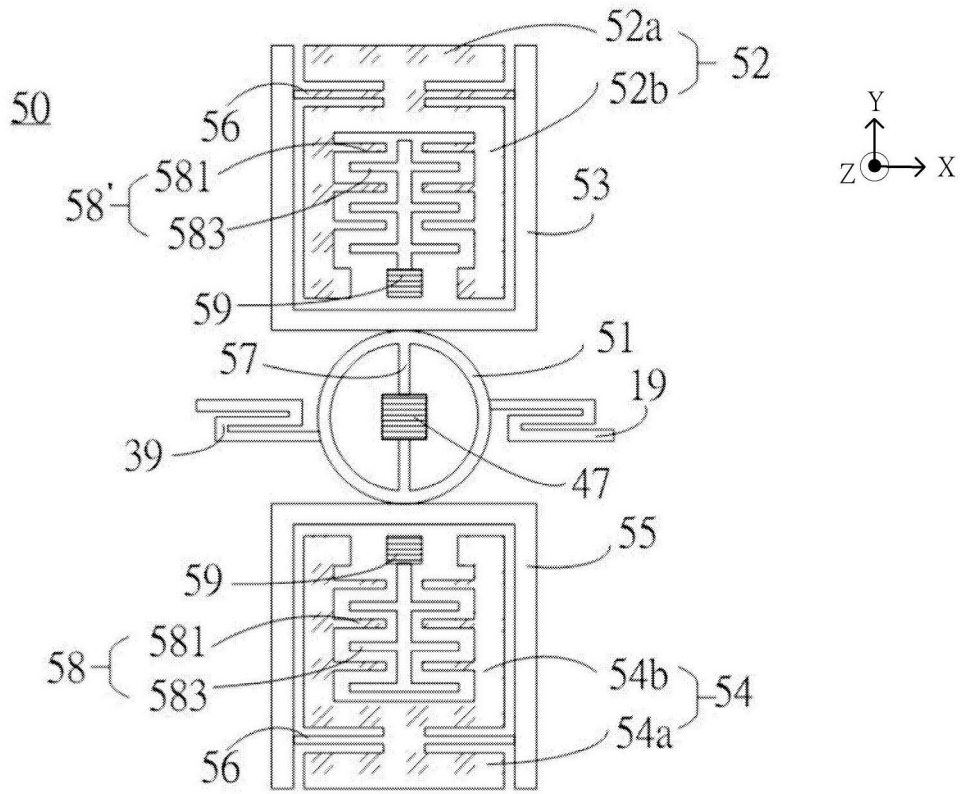


图7

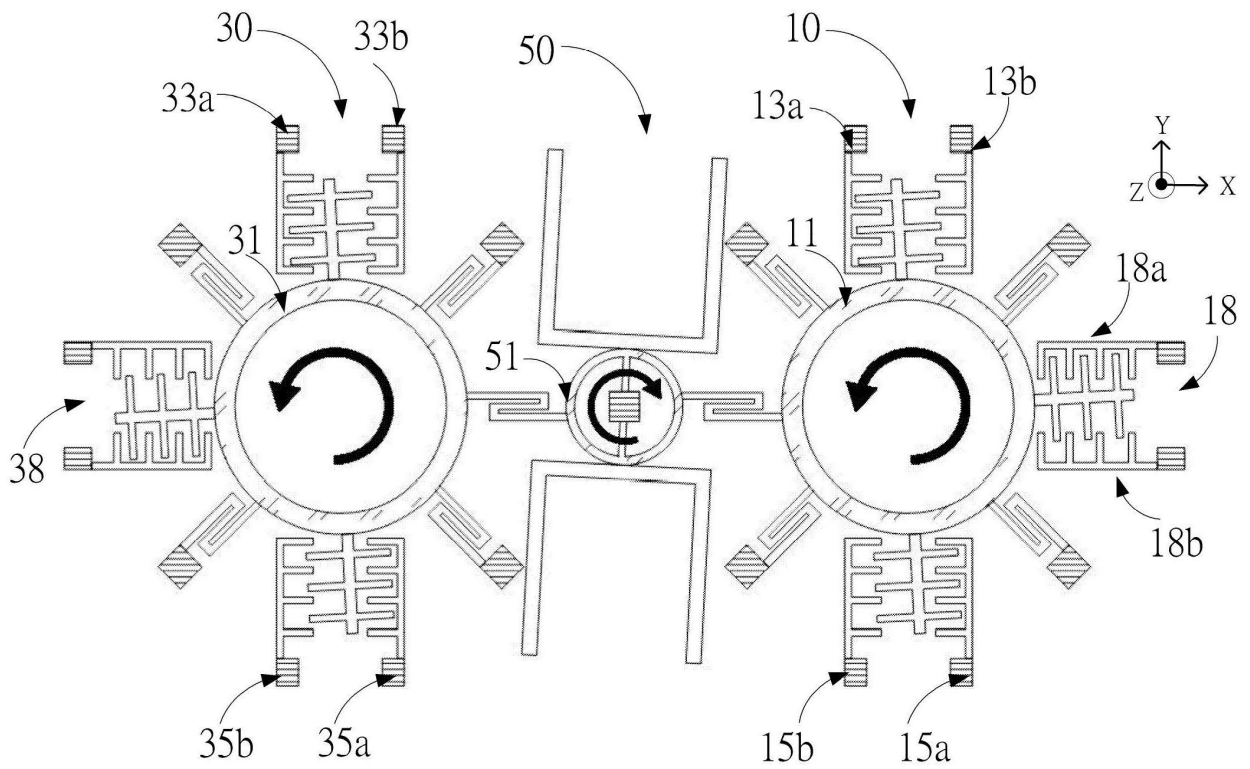


图8

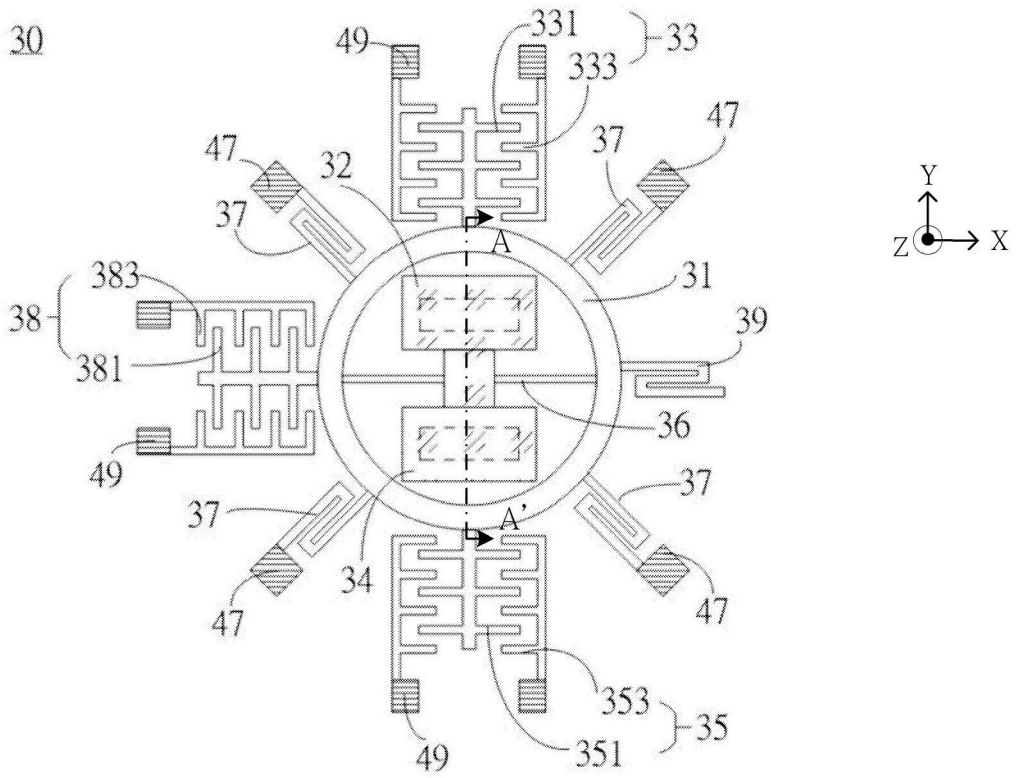


图9

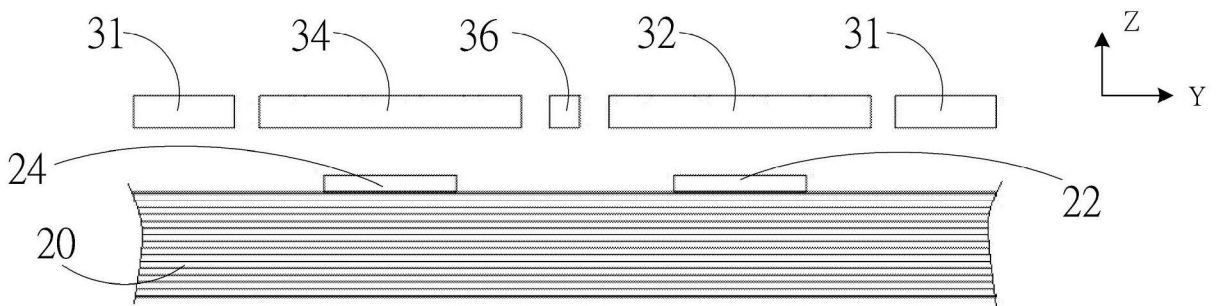


图10

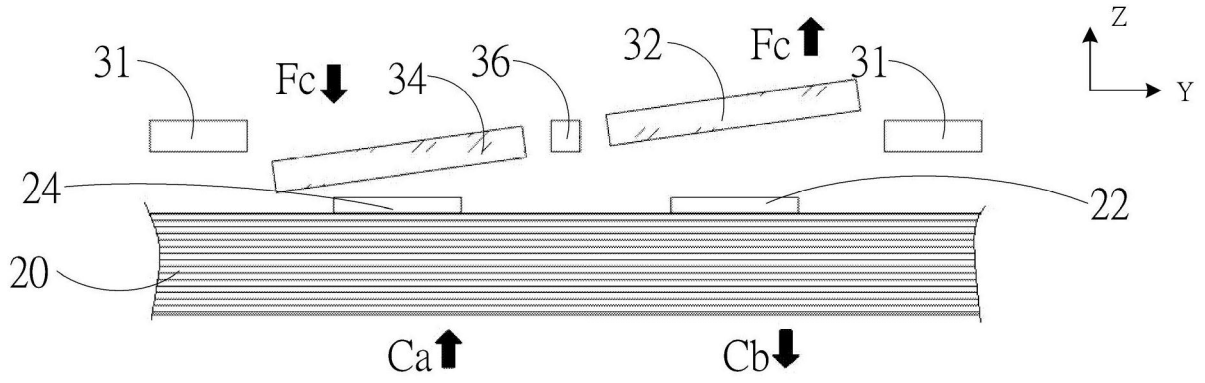


图11

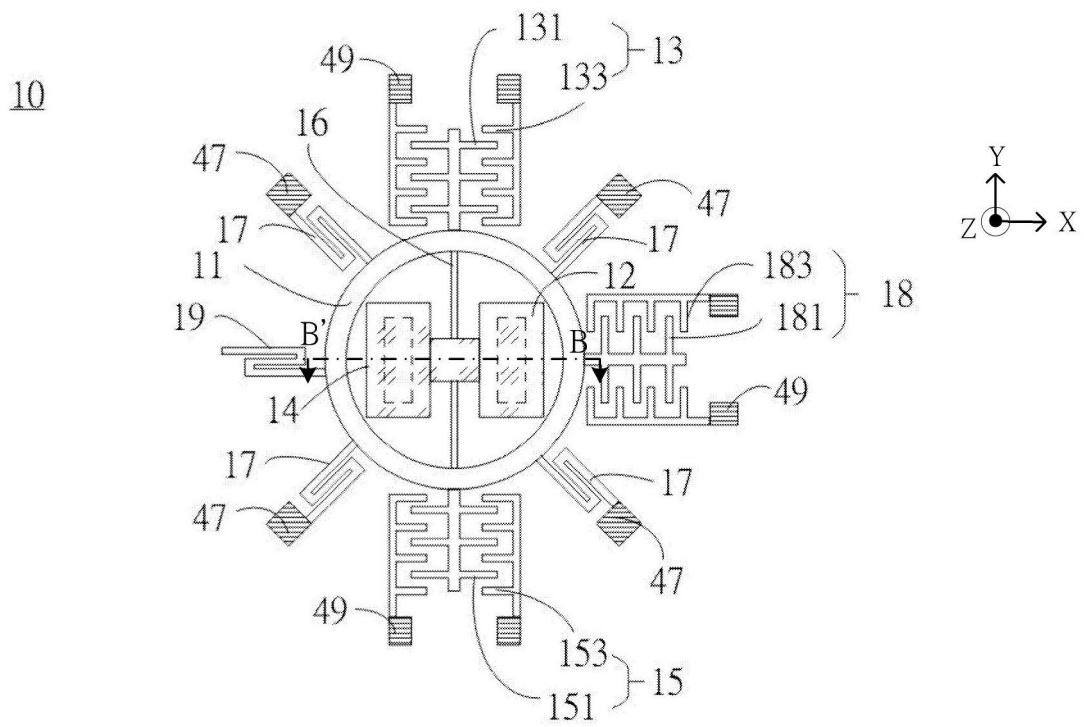


图12

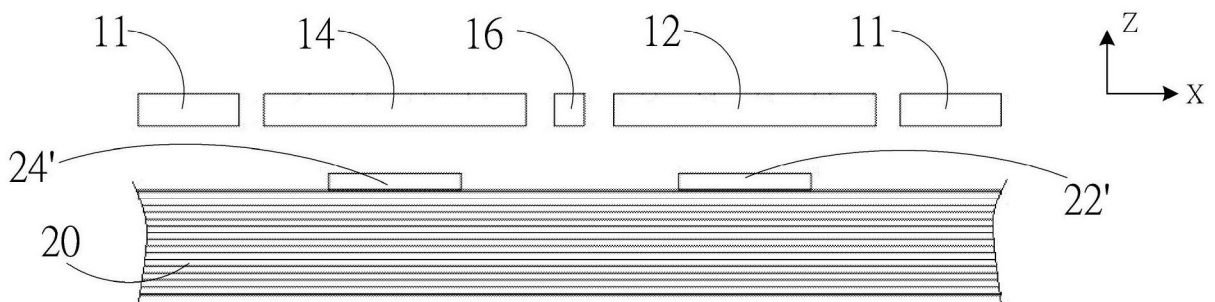


图13

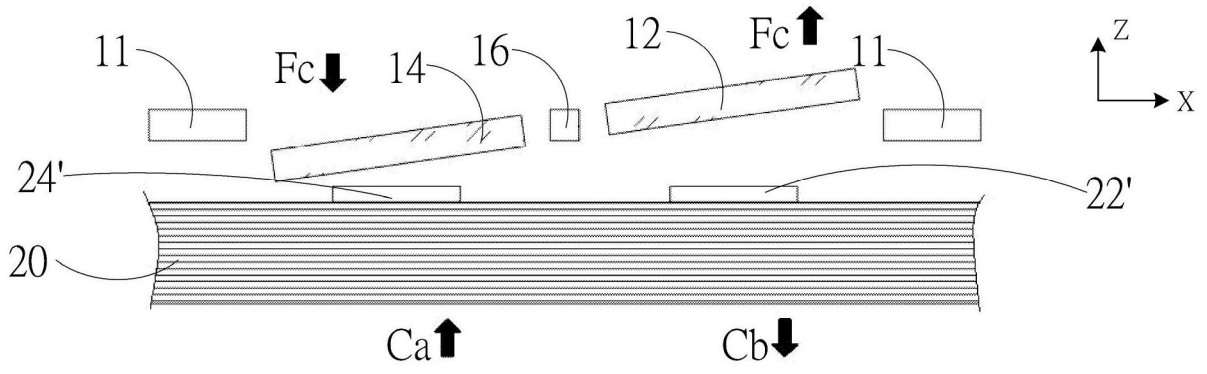


图14

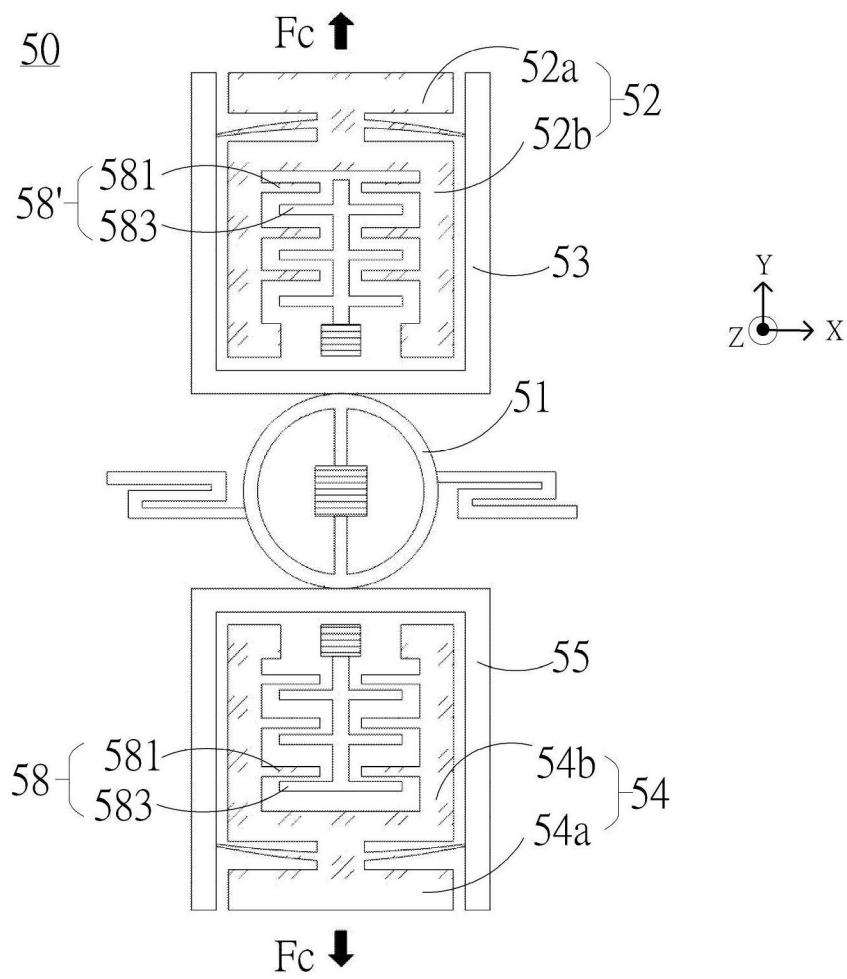


图15

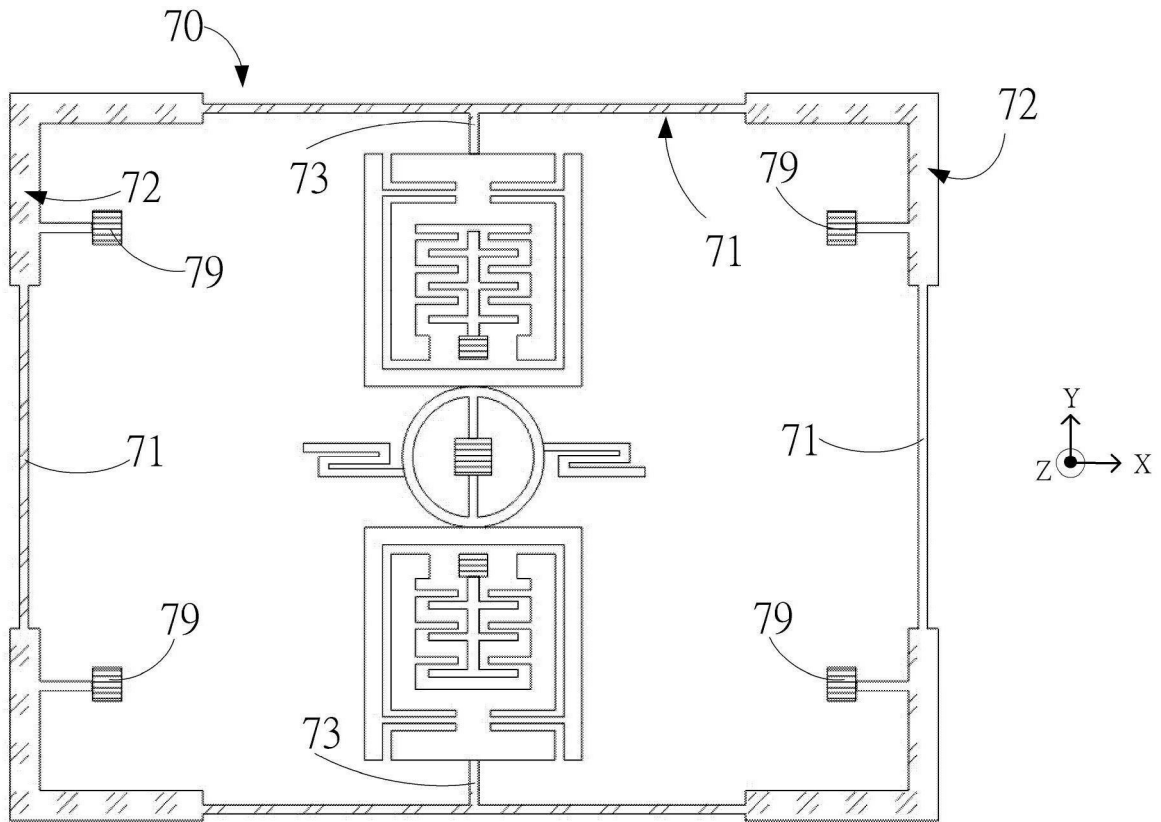


图16

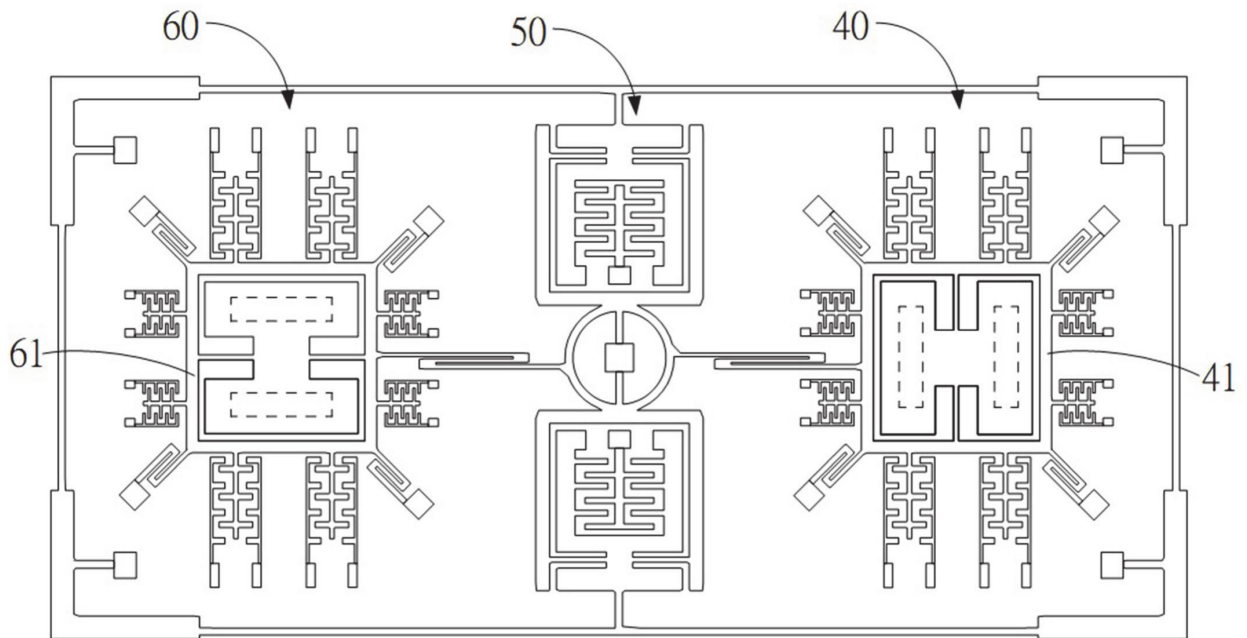


图17

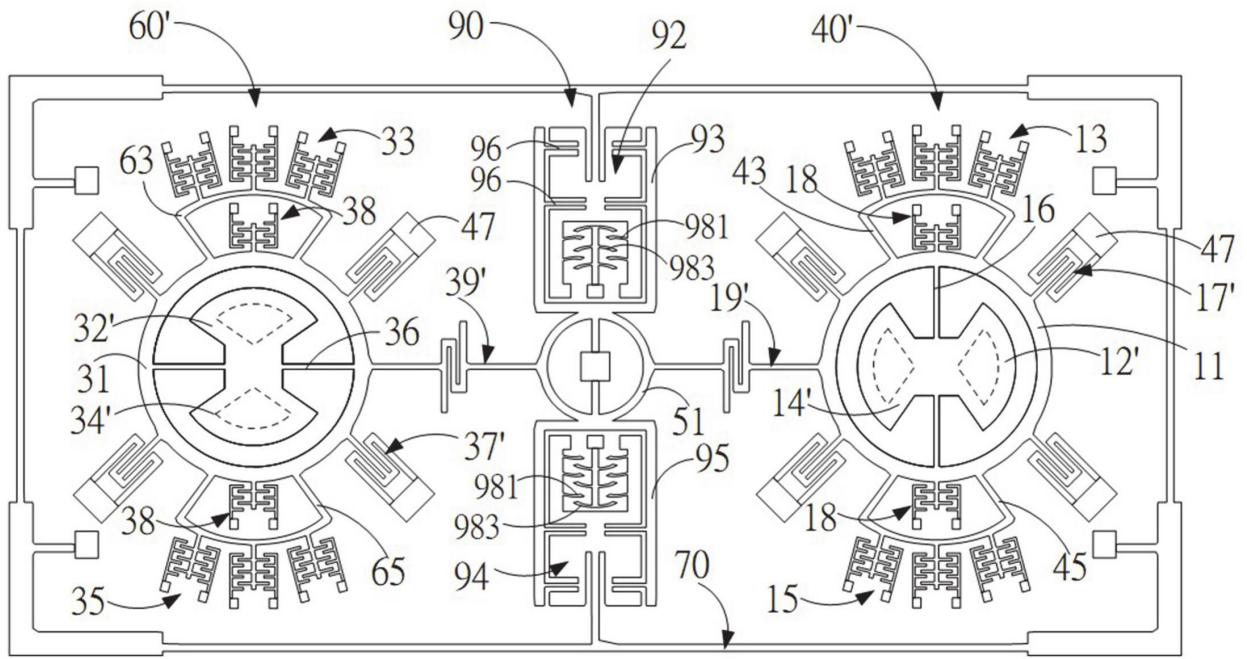


图18