



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103995148 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 20

(21) 申请号 201410205290. 3

(22) 申请日 2014. 05. 15

(71) 申请人 中北大学

地址 030051 山西省太原市尖草坪区学院路
3 号

(72) 发明人 刘俊 石云波 唐军 马宗敏
郭涛 李祥 李策 陈艳香
杨志才

(74) 专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通
合伙) 14100

代理人 朱源 张宏

(51) Int. Cl.

G01P 15/12(2006. 01)

G01P 15/18(2013. 01)

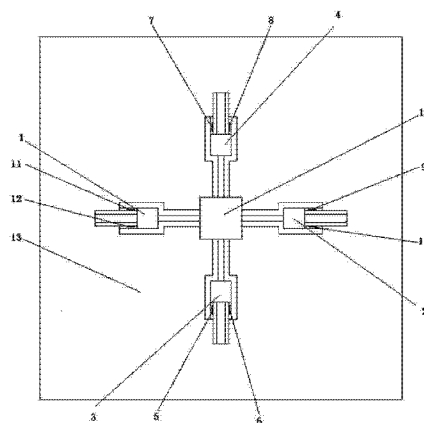
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

基于微梁检测结构的双轴 MEMS 面内高 g 传感器

(57) 摘要

本发明涉及一种能够实现水平向加速度测量的基于微梁检测结构的双轴 MEMS 面内高 g 传感器,包括硅基支撑框架和四个敏感结构,硅基支撑框架包括硅基边框和固连于硅基边框表面的中心处锚块;四个敏感结构均匀分布在中心处锚块四周,同一轴向的四个压敏电阻构成一个惠斯通全桥。本发明通过 2 个不同的单元,即 X, Y 两个方向相互独立的检测单元,可以分别检测 X, Y 两个方向,从而实现水平面内高 g 值加速度信号的测量。结构合理、简单,且加工工艺简单,横向灵敏度小,易于集成,具有良好的灵敏度和抗高过载能力,适用于测量高 g 值的冲击加速度。



1. 一种基于微梁检测结构的双轴 MEMS 面内高 g 传感器,其特征在于:包括硅基支撑框架和四个敏感结构,硅基支撑框架包括硅基边框(13)和固连于硅基边框(13)表面的中心处锚块(14);四个敏感结构是 X-1 敏感结构(1)、X-2 敏感结构(2)、Y-1 敏感结构(3)、Y-2 敏感结构(4),均匀分布在中心处锚块四周,X-1 敏感结构(1)和 X-2 敏感结构(2)在 X 轴方向上,Y-1 敏感结构(3)、Y-2 敏感结构(4)在 Y 轴方向上;任意一个敏感结构包括一个质量块(18)和四个悬臂梁,这四个悬臂梁分别是质量块一侧的独立支撑梁(15)以及另一侧的中间主梁和两个与中间主梁平行的检测微梁(17);质量块(18)一侧通过独立支撑梁(15)与中心处锚块(14)固定,另一侧通过中间主梁(16)和两个检测微梁(17)与硅基边框(13)固定;独立支撑梁(15)与中间主梁(16)沿质量块中心线设置,两个检测微梁(17)以质量块中心线为对称轴设置;两个检测微梁(17)内侧分别设有压敏电阻;

X-1 敏感结构(1)上的第一压敏电阻(11)和第二压敏电阻(12)以及 X-2 敏感结构(2)上的第三压敏电阻(9)和第四压敏电阻(10),构成第一惠斯通全桥;Y-1 敏感结构(3)上的第五压敏电阻(5)和第六压敏电阻(6)以及 Y-2 敏感结构(4)上的第七压敏电阻(7)和第八压敏电阻(8),构成第二惠斯通全桥。

2. 根据权利要求 1 所述的基于微梁检测结构的双轴 MEMS 面内高 g 传感器,其特征在于:检测微梁(17)宽度小于中间主梁(16)和独立支撑梁(15);独立支撑梁(15)、质量块(18)、中间主梁(16)、检测微梁(17)、硅基边框(13)和中心处锚块(14)为等厚设置。

基于微梁检测结构的双轴 MEMS 面内高 g 传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及 MEMS 传感器,具体是一种基于微梁检测结构的双轴 MEMS 面内高 g 传感器。

背景技术

[0002] 现有的 MEMS 高 g 加速度传感器已经广泛应用于工业自动控制、汽车、航空航天、军事系统、医学及生物工程等领域。传感器的各项技术性能指标也是很重要的,如量程范围、谐振频率、静态灵敏度、线性度、横向百分比等十几项性能指标,一般都容易达到设计的技术要求,但是横向灵敏度很难达到要求。由于压阻式硅微加速度传感器的设计和加工工艺方面的原因,总会产生较高的横向灵敏度,对于面内的加速度计来说,横向灵敏度更是一个较为突出的问题。基于此,有必要设计一种全新的加速度传感器,以解决现有加速度传感器结构复杂、集成度低、横向效应较大、不易实现水平向加速度测量、量程低或者灵敏度不高等问题。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是提供一种能够实现水平向加速度测量的基于微梁检测结构的双轴 MEMS 面内高 g 传感器。

[0004] 为解决以上技术问题,本发明的采用的技术方案是:一种基于微梁检测结构的双轴 MEMS 面内高 g 传感器,包括硅基支撑框架和四个敏感结构,硅基支撑框架包括硅基边框和固连于硅基边框表面的中心处锚块;四个敏感结构是 X-1 敏感结构、X-2 敏感结构、Y-1 敏感结构、Y-2 敏感结构,均匀分布在中心处锚块四周,X-1 敏感结构和 X-2 敏感结构在 X 轴方向上,Y-1 敏感结构、Y-2 敏感结构在 Y 轴方向上;任意一个敏感结构包括一个质量块和四个悬臂梁,这四个悬臂梁分别是质量块一侧的独立支撑梁以及另一侧的中间主梁和两个与中间主梁平行的检测微梁;质量块一侧通过独立支撑梁与中心处锚块固定,另一侧通过中间主梁和两个检测微梁与硅基边框固定;独立支撑梁与中间主梁沿质量块中心线设置,两个检测微梁以质量块中心线为对称轴设置;两个检测微梁内侧分别设有压敏电阻;

X-1 敏感结构上的第一压敏电阻和第二压敏电阻以及 X-2 敏感结构上的第三压敏电阻和第四压敏电阻,构成第一惠斯通全桥;Y-1 敏感结构上的第五压敏电阻和第六压敏电阻以及 Y-2 敏感结构上的第七压敏电阻和第八压敏电阻,构成第二惠斯通全桥。

[0005] 当传感器受到与传感器所在平面平行的 X 方向的加速度时,X-1 敏感结构和 X-2 敏感结构上的质量块将在加速度方向上产生与加速度大小对应的位移,中间主梁、检测微梁与独立支撑梁上应力发生变化,应力导致检测微梁上应变压敏电阻发生参数变化,通过 X-1 敏感结构和 X-2 敏感结构检测微梁上的四个压敏电阻构成的惠斯通全桥可以测得 X 方向加速度的情况。同理,当传感器受到与传感器所在平面平行的 Y 方向的加速度时,Y-1 敏感结构和 Y-2 敏感结构上的质量块将在加速度方向上产生与加速度大小对应的位移,中间主梁、检测微梁与独立支撑梁上应力变化,应力导致检测微梁上压敏电阻发生参数变化,通过

Y-1 敏感结构和 Y-2 敏感结构检测微梁上的四个压敏电阻构成的惠斯通全桥可以测得 Y 方向加速度的情况。

[0006] 作为优选的方案,检测微梁宽度小于中间主梁和独立支撑梁,因此应力变化在检测微梁上的体现更明显。独立支撑梁、质量块、中间主梁、检测微梁、硅基边框和中心处锚块为等厚设置。

[0007] 其中当质量块敏感到加速度时,检测微梁上应力变化分为:1、传感器所在平面内沿检测微梁方向上的应力变化;2、传感器所在平面内沿与检测微梁垂直方向的应力变化;3、沿与传感器所在平面垂直方向的应力变化;应力变化 1、2 由加速度水平方向分量引起,应力变化 3 由加速度垂直于水平面方向的分量引起。检测微梁上应变敏感元件的参数变化受到上述应力变化共同影响,为避免上述应力变化对应变敏感元件的影响相互抵消,导致惠斯通桥无效,因此,在应用本发明所属结构时,应在独立支撑梁、质量块、检测微梁等尺寸确定的情况下,通过改变检测微梁上压敏电阻的连接方式,使应力变化 3 对应变敏感元件的影响相互抵消或最小化,同时当应力变化 1、2 作用时,电路都有很好的输出,即使检测微梁上的应变敏感元件的参数变化仅与检测微梁所在的轴向上的应力变化有关;这样,惠斯通全桥的输出就直接反映了水平面内的加速度的大小及其变化情况,且能有效的抑制传感器横向效应。

[0008] 通过对本发明结构进行仿真实验,在理论上验证了本结构一阶振型和加速度检测水平向的方向相同,且具有较高的一阶固有频率,同时本结构还有效地拉开了传感器一阶振型固有频率与二阶振型固有频率的差距,避免检测时发生交叉耦合(即横向灵敏度过大),有利于减小加速度传感器的测试误差,提高了传感器的敏感轴方向上输出的精度,满足高 g 值加速度传感器的应用要求。

[0009] 与检测微梁、中间主梁共同支撑质量块的独立支撑梁,能避免质量块由于自身的重力或者所受到过大冲击载荷作用时结构发生破坏性失效;同时,独立支撑梁的存在使结构的水平向刚度要远小于垂直向刚度,有利于降低传感器的交叉耦合和调节振动频率。

[0010] 本发明的基本结构采用现有经典的悬臂梁-质量块结构,其敏感机理则采用超晶格薄膜压阻效应的敏感原理。但是与现有加速度传感器相比,本发明的主要特点是用于测量水平方向上的高 g 值加速度信号。本发明通过 2 个不同的单元,即 X、Y 两个方向相互独立的检测单元,可以分别检测 X、Y 两个方向,从而实现水平面内高 g 值加速度信号的测量。

本发明结构合理、简单,能实现水平面内加速度测量,且加工工艺简单,横向灵敏度小,易于集成,具有良好的灵敏度和抗高过载能力,适用于测量高 g 值的冲击加速度。

附图说明

[0011] 图 1 为本发明的结构示意图。

[0012] 图 2 为 X-2 敏感结构的结构示意图。

[0013] 图中:1-X-1 敏感结构;2-X-2 敏感结构;3-Y-1 敏感结构;4-Y-2 敏感结构;5- 第五压敏电阻;6- 第六压敏电阻;7- 第七压敏电阻;8- 第八压敏电阻;9- 第一压敏电阻;10- 第二压敏电阻;11- 第三压敏电阻;12- 第四压敏电阻;13- 硅基框架;14- 中心处锚块;15- 独立支撑梁;16- 中间主梁;17- 检测微量;18- 质量块。

具体实施方式

[0014] 如图 1 所示,本发明提供的一种基于微梁检测结构的双轴 MEMS 面内高 g 传感器,包括硅基支撑框架和四个敏感结构,硅基支撑框架包括硅基边框 13 和固连于硅基边框 13 表面的中心处锚块 14;四个敏感结构是 X-1 敏感结构 1、X-2 敏感结构 2、Y-1 敏感结构 3、Y-2 敏感结构 4,均匀分布在中心处锚块四周,X-1 敏感结构 1 和 X-2 敏感结构 2 在 X 轴方向上,Y-1 敏感结构 3、Y-2 敏感结构 4 在 Y 轴方向上。

[0015] 图 2 为 X-2 敏感结构示意图,与其它敏感结构的结构相同,任意一个敏感结构包括一个质量块 18 和四个悬臂梁,这四个悬臂梁分别是质量块一侧的独立支撑梁 15 以及另一侧的中间主梁和两个与中间主梁平行的检测微梁 17;质量块 18 一侧通过独立支撑梁 15 与中心处锚块 14 固定,另一侧通过中间主梁 16 和两个检测微梁 17 与硅基边框 13 固定;独立支撑梁 15 与中间主梁 16 沿质量块中心线设置,两个检测微梁 17 以质量块中心线为对称轴设置;两个检测微梁 17 内侧分别设有压敏电阻。

[0016] 每个检测梁上设有一个压敏电阻,同一轴向的四个压敏电阻构成一个惠斯通全桥,总共有八个压敏电阻,X-1 敏感结构 1 上的第一压敏电阻 11 和第二压敏电阻 12 以及 X-2 敏感结构 2 上的第三压敏电阻 9 和第四压敏电阻 10,构成第一惠斯通全桥;Y-1 敏感结构 3 上的第五压敏电阻 5 和第六压敏电阻 6 以及 Y-2 敏感结构 4 上的第七压敏电阻 7 和第八压敏电阻 8,构成第二惠斯通全桥。

[0017] 检测微梁 17 宽度小于中间主梁 16 和独立支撑梁 15;独立支撑梁 15、质量块 18、中间主梁 16、检测微梁 17、硅基边框 13 和中心处锚块 14 为等厚设置,且略小于硅基边框的厚度。

[0018] X-1 敏感结构(1)与 X-2 敏感结构(2 构成 X 轴加速度传感器;Y-1 敏感结构(3)与 Y-2 敏感结构(4)构成 Y 轴加速度传感器;四个敏感结构构成测量水平面内加速度传感器结构。

[0019] 应用 ANSYS 有限元分析软件对本发明所述传感器结构按如下表表 1 尺寸参数进行模态仿真分析,其仿真的结果如下:1、一阶模态的固有频率为 416KHz,质量块的振动沿水平向 X 轴或 Y 轴振动;2、二阶模态的固有频率为 919KHz,质量块绕沿 Z 轴振动;3、三阶模态的固有频率为 1135KHz,质量块绕 X 或 Y 轴转动。由此可知,本发明所述传感器结构的一阶固有频率为 416KHz,且一阶振型为沿水平向 X 或 Y 轴振动,与加速度检测方向相同,且频响大于 10KHz。其次,对结构加载 10 万 g 载荷进行静力学分析,计算出满量程输出时的最大等效应力最大能达到 68.8MPa 左右,小于弹性极限 80MPa,完全满足设计要求。

[0020] 表 1

	硅基框架	独立支撑梁	质量块	中间主梁	微梁	中心处锚块
长度	4500	600	300	600	250	600
宽度	*	80	300	120	35	600
厚度	380	350	350	350	350	380

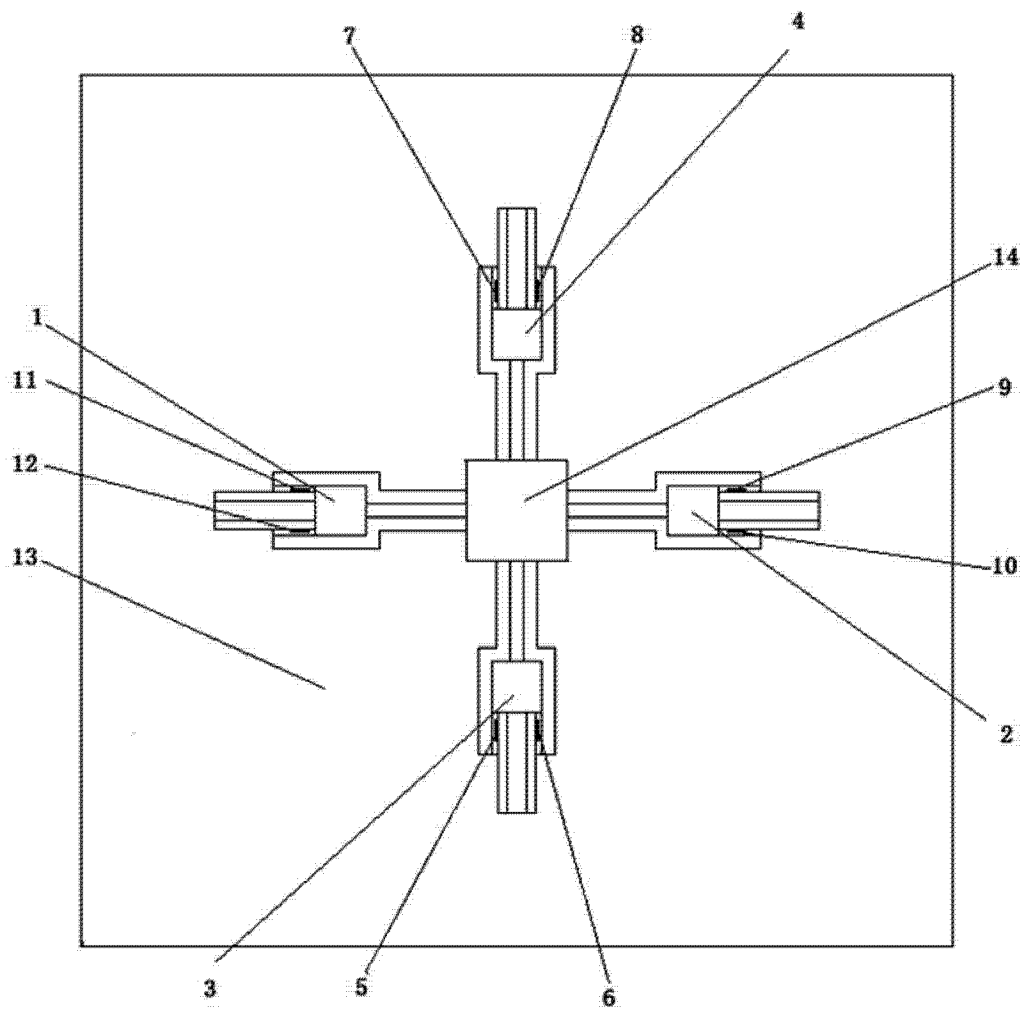


图 1

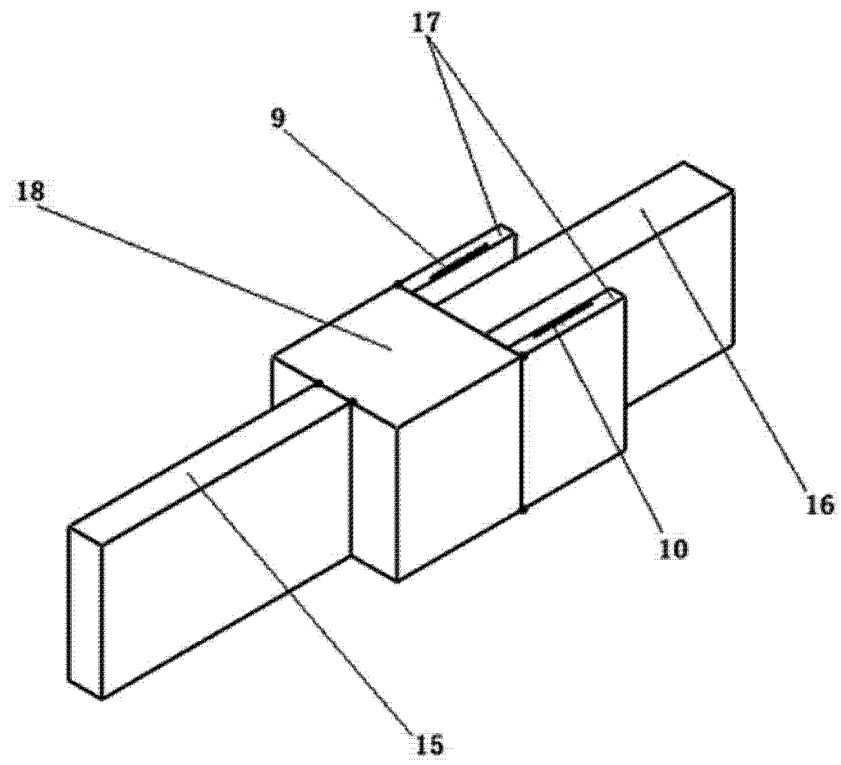


图 2