

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610096537.8

[51] Int. Cl.

G01N 3/00 (2006.01)
G01M 19/00 (2006.01)
G01B 7/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年5月6日

[11] 授权公告号 CN 100485352C

[22] 申请日 2006.9.30

[21] 申请号 200610096537.8

[73] 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼2号

[72] 发明人 唐洁影 余存江 黄庆安

[56] 参考文献

CN1800815A 2006.7.12

DE19919030A1 2000.11.16

US3424165B1 2002.7.23

Strength Reliability for Surfaces micro - machined Polycrystalline silicon Micro - Cantilevers. JIANG Li. li et al. IEEE. 2005 6th International Conference on Electronic Packaging Technology. 2005

电容传感器法测量钢丝的杨氏模量的应用研究. 毛勇. 湘潭师范学院学报(自然科学版), 第27卷第1期. 2005

一种微悬臂梁疲劳特性的检测方法. 余存江等. 传感器技术学报, 第20卷第9期. 2007

审查员 刘文颖

[74] 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司

代理人 叶连生

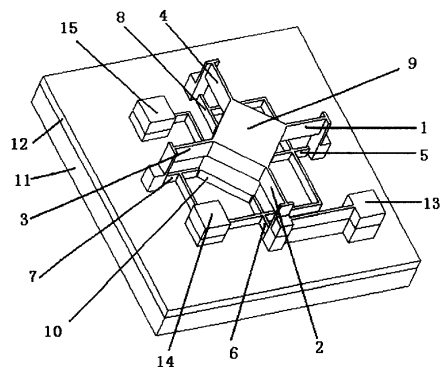
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

[54] 发明名称

微悬臂梁疲劳特性的电容检测结构与方法

[57] 摘要

微悬臂梁疲劳特性的电容检测结构与方法是一种专门用于检测微悬臂梁疲劳特性的装置和方法, 该结构是在硅衬底(11)上设置一层氮化层(12), 在氮化层(12)的上方悬空设有一组测试结构, 在氮化层(12)的上表面设有一组与测试结构相对应的下电极, 在测试结构与下电极间施加交变的压差, 实现悬臂梁的往复振动, 对于不同的振动阶段, 因悬臂梁的刚度变化将造成下拉位移的变化, 通过检测测试结构与下电极间电容的变化, 反映出悬臂梁结构的疲劳过程直至寿命终止。该结构和方法具有简单直观、可靠性好、精度高的优点。



1. 一种微悬臂梁疲劳特性的电容检测结构，其特征在于该结构是在硅衬底（11）上设置一层氮化层（12），在氮化层（12）的上方悬空设有一组测试结构，该测试结构的中央为膜（9），在膜（9）的四个角上分别连接有第一悬臂梁（1）、第二悬臂梁（2）、第三悬臂梁（3）、第四悬臂梁（4），该四根梁的外端分别通过固定块固定在氮化层（12）的上方，在氮化层（12）的上表面设有一组与测试结构相对应的下电极，即第一下电极（5）、第二下电极（6）、第三下电极（7）、第四下电极（8）、第五下电极（10），第一压焊块（13）、第二压焊块（14）、第三压焊块（15）分别设置在氮化层（12）上，其中，第一压焊块（13）与膜（9）相连通，第二压焊块（14）分别与第一下电极（5）、第二下电极（6）、第三下电极（7）、第四下电极（8）相连通，第三压焊块（15）与第五下电极（10）相连通。

2. 一种如权利要求1所述微悬臂梁疲劳特性的电容检测结构的检测方法，其特征在于该方法是在由膜（9）及第一悬臂梁（1）、第二悬臂梁（2）、第三悬臂梁（3）、第四悬臂梁（4）组成的测试结构与第一下电极（5）、第二下电极（6）、第三下电极（7）、第四下电极（8）间施加交变压差，即在第一压焊块（13）、第二压焊块（14）之间加电压，膜（9）会随着悬臂梁一起具有向下的位移，这样由于膜（9）和对应的第五下电极（10）之间的间隙的缩小，而带来二者之间的电容值变大，通过检测这二者之间的电容值，达到测量悬臂梁在固定压差作用下的位移情况；在测试结构与下电极间施加交变压差，悬臂梁必将作周期性的往复振动，经过一定的载荷循环次数，悬臂梁的刚度会因为疲劳而发生变化，这样每间隔一定的载荷循环次数，测量一次电容值，进而可推导出疲劳过程中的悬臂梁的弹性模量 E 的变化情况。

微悬臂梁疲劳特性的电容检测结构与方法

技术领域

本发明是一种通过 MEMS（微机械系统）加工技术制造的基于电容检测疲劳“蠕变”的测试结构与方法，属于微电子机械系统制造、性能及其可靠性测试的技术领域。

背景技术

可靠性是工业化过程中一个不可缺少的环节。当前微电子的研究已经进入了一个白热化的阶段，可靠性的很多方面也已经得到了很好的研究，然而，关于 MEMS 器件中微结构的疲劳可靠性分析基本采用类似金属材料的疲劳研究方法，主要用观察裂纹的方法研究疲劳，得出 S-N 曲线。这样的方法对于检测 MEMS 微梁结构的疲劳可靠性来说存在较大的局限性，它只能给出微梁的疲劳寿命，而无法反映疲劳所引起的微结构性能参数的衰变过程。但是，了解这个变化过程对 MEMS 器件长期使用可靠性的研究是至关重要的。

发明内容

技术内容：本发明的目的是提供一种微悬臂梁疲劳特性的电容检测结构与方法，即通过 MEMS 加工技术制造的基于电容检测疲劳“蠕变”的测试结构，该结构和方法具有精度高，可观性好，以及性能可靠等优点。

技术方案：本发明是一种用于检测微悬臂梁疲劳特性的电容检测结构与方法，该结构是在硅衬底上设置一层氮化层，在氮化层的上方悬空设有一组测试结构，该测试结构的中央为膜，在膜的四个角上分别连接有第一悬臂梁、第二悬臂梁、第三悬臂梁、第四悬臂梁，该四根梁的外端分别通过固定块固定在氮化层的上方，在氮化层的上表面设有一组与测试结构相对应的下电极，即第一下电极、第二下电极、第三下电极、第四下电极、第五下电极，第一压焊块、第二压焊块、第三压焊块分别设置在氮化层上，其中，第一压焊块与膜相连通，第二压焊块分别与第一下电极、第二下电极、第三下电极、第四下电极相连通，第三压焊块与

第五下电极相连通。

该方法是在由膜及第一悬臂梁、第二悬臂梁、第三悬臂梁、第四悬臂梁组成的测试结构与下电极间施加压差，即在第一压焊块、第二压焊块之间加电压，膜会随着悬臂梁一起具有向下的位移，这样由于膜和对应的下电极之间的间隙的缩小，而带来二者之间的电容值变大，通过检测这二者之间的电容值（第一压焊块和第三压焊块为该电容的检测端口），达到测量悬臂梁在固定压差作用下的位移情况；在测试结构与下电极间施加交变压差，悬臂梁必将作周期性的往复振动，经过一定的载荷循环次数，梁的刚度会因为疲劳而发生变化，这样每间隔一定的载荷循环次数，测量一次电容值，进而可推导出疲劳过程中的梁的一些参数如弹性模量 E 的变化情况。

因此，通过在测试结构与下电极间施加交变的压差，实现悬臂梁的往复振动，测量一系列循环后的电容值，以此反映悬臂梁结构的疲劳过程直至寿命终止。

该测试结构基于 MEMS 加工技术，具有四根对称的悬臂梁以及由其支撑连接的膜结构。梁在循环往复的振动载荷下将发生疲劳，这样的过程可以考虑成一个疲劳渐变的发展过程，通过检测出各个阶段梁的一些性能参量的变化来描述梁的疲劳状态。测试结构的具体工作原理是：四个悬臂梁支撑着一块膜，梁和下电极间施加一个压差。在静电激励下，梁会受到向下的吸合作用。据此原理，加上交变的压差，梁将产生往复的振动。一定的振动次数后，梁会产生裂纹并扩展，同时梁的刚度发生变化，梁的刚度可以通过测量梁的静电力下拉位移而获取。这样，对于不同的振动阶段，保持梁上所加的测试电压固定，但由于梁的刚度变化将造成下拉位移的变化，致使膜与对应的下电极之间形成的电容大小出现差异。从而可以通过外接检测模块对膜的电容进行检测，达到对梁的疲劳特性的微变的检测。

有益效果：本发明的结构基于 MEMS 加工技术，比较简单直观，可靠性好，精度高。传统的构件疲劳检测方式，都是采用不同的循环应力水平下的构件直至断裂的次数来描述结构的疲劳，而对疲劳的发生的过程不能知晓。本发明首先提出了一种直接监测疲劳发生阶段中的一些参量的微变过程，如杨氏模量 E 的变化。因为结构在使用过程中，由于这些参量的微变，很多的性能参数会发生偏移，这样对整个结构的运行以及集成的系统具有很恶劣的影响，所以提出的检测疲劳过程的发生直至最后的构件的断裂是非常具有意义的。通过相同电压作用下，梁

发生下拉后带动膜的发生位移的情况下，膜和下电极之间的电容的检测，可以高精度的测控梁的杨氏模量，达到对微梁的疲劳特性的检测。

附图说明

图1是本发明的结构示意图。图中有：第一悬臂梁1，第二悬臂梁2，第三悬臂梁3，第四悬臂梁4；第一下电极5，第二下电极6，第三下电极7，第四下电极8；膜9，第五下电极10；Si衬底11，氮化层12；第一压焊块13，第二压焊块14，第三压焊块15。

具体实施方案

本发明采用附图所示的方案实现。该测试结构主要由以下几部分组成：该结构是在硅衬底11上设置一层氮化层12，在氮化层12的上方悬空设有一组测试结构，该测试结构的中央为膜9，在膜9的四个角上分别连接有第一悬臂梁1、第二悬臂梁2、第三悬臂梁3、第四悬臂梁4，该四根梁的外端分别通过固定块固定在氮化层12的上方，在氮化层12的上表面设有一组与测试结构相对应的下电极，即第一下电极5、第二下电极6、第三下电极7、第四下电极8、第五下电极10，第一压焊块13、第二压焊块14、第三压焊块15分别设置在氮化层12上，其中，第一压焊块13与膜9相连通，第二压焊块14分别与第一下电极5、第二下电极6、第三下电极7、第四下电极8相连通，第三压焊块15与第五下电极10相连通。

该方法是在测试结构与下电极间施加交变的压差，实现悬臂梁的往复振动，对于不同的振动阶段，因悬臂梁的刚度变化将造成下拉位移的变化，通过检测测试结构与下电极间电容的变化，反映出悬臂梁结构的疲劳过程直至寿命终止。

氮化层12是在Si材料的衬底11上生长的一层薄膜，所有的下电极都是掺杂多晶硅材料，悬臂梁和膜也是淀积的多晶硅并且对其掺杂。当悬臂梁和对应的下电极上施加了压差后，膜9会随着梁一起具有向下的位移，这样由于膜9和对应的下电极之间的间隙的缩小，而带来二者之间的电容值变大，通过检测这二者之间的电容值，达到测量悬臂梁在固定压差作用下的位移情况，基于这种测试方法下，在让悬臂梁受到一定疲劳载荷的作用后，如间隔一定的载荷循环次数，测量一系列循环后的电容值，进而推导出疲劳过程中的梁的一些参数，如E的变

化情况。

本结构的制作过程为：在衬底硅片上先淀积一层薄的氧化层 SiO_2 ，然后淀积一层 Si_3N_4 ，生长下电极，刻出需要的图形，长 PSG，然后刻出锚区的图形，再生长一层厚的多晶悬臂梁和膜，刻出相应的结构图形，然后淀积一层金属层，主要当作压焊引出的 PAD 压焊块用，刻完金属图形后，最后就是牺牲层释放。

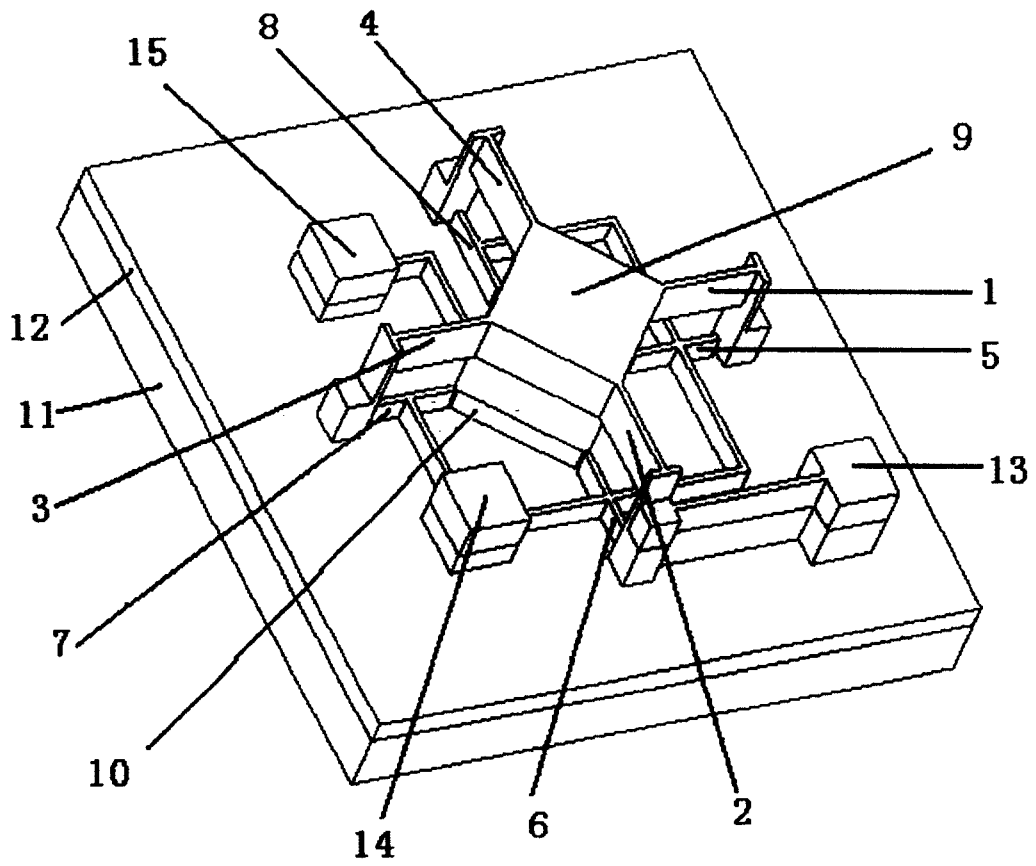


图 1