



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103713203 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201310706890. 3

CN 101246258 A, 2008. 08. 20,

(22) 申请日 2013. 12. 19

CN 1769913 A, 2006. 05. 10,

(73) 专利权人 清华大学

CN 102879655 A, 2013. 01. 16,

地址 100084 北京市海淀区清华园北京  
100084-82 信箱

WO 2013/073207 A1, 2013. 05. 23,

审查员 林婷

(72) 发明人 叶天翔 王喆垚

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限  
公司 11002

代理人 李迪

(51) Int. Cl.

G01R 29/12(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1831545 A, 2006. 09. 13,

CN 102445604 A, 2012. 05. 09,

CN 101685119 A, 2010. 03. 31,

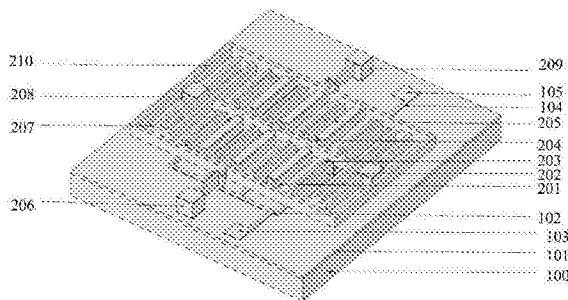
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种微型电场传感器结构

(57) 摘要

本发明公开了一种微型电场传感器结构,包括:可动感应电极阵列和固定感应电极阵列,可动感应电极阵列可周期性往复运动,包括至少一个可动感应电极单元,可动感应电极单元包括正极性可动感应电极和负极性可动感应电极,二者通过绝缘结构连接;固定感应电极阵列包括至少一个固定感应电极单元,固定感应电极单元包括正极性固定感应电极和负极性固定感应电极。可动感应电极单元与固定感应电极单元分别外接电路实现电位钳制,当可动感应电极周期性往复运动时,产生与电场强度相关的电信号,实现电场强度测量。这种传感器结构能够避免直接接地结构的电场浪费问题,获得更大的电场感应面积,在相同检测周期内能够产生更多的感应电荷,提高测量的分辨率。



1. 一种微型电场传感器结构,包括周期性地往复运动的可动感应电极阵列和固定不动的固定感应电极阵列,其特征在于:

可动感应电极阵列包括至少一个可动感应电极单元,通过弹性结构支撑在衬底表面,所述可动感应电极单元包括一个正极性电极和一个负极性电极组成的电极对,分别为正极性可动感应电极和负极性可动感应电极;

固定感应电极阵列包括至少一个固定感应电极单元,通过支撑点固定在衬底表面,所述固定感应电极单元包括一个正极性电极和一个负极性电极组成的电极对,分别为正极性固定感应电极和负极性固定感应电极。

2. 如权利要求1所述的微型电场传感器结构,其特征在于,所述固定感应电极单元和可动感应电极单元以梳齿状交叉排布。

3. 如权利要求1所述的微型电场传感器结构,其特征在于,所述固定感应电极单元中电极的极性与相邻的所述可动感应电极单元中电极的极性相同。

4. 如权利要求1所述的微型电场传感器结构,其特征在于,所述可动感应电极单元中构成电极对的正极性可动感应电极和负极性可动感应电极通过绝缘结构进行机械连接,使正极性可动感应电极和负极性可动感应电极在驱动结构的驱动下能够同步运动,且保持电绝缘。

5. 如权利要求1所述的微型电场传感器结构,其特征在于,所述固定感应电极单元中的正极性固定感应电极和负极性固定感应电极的位置固定,并保持电绝缘。

6. 如权利要求4所述的微型电场传感器结构,其特征在于,所述绝缘结构位于所述可动感应电极单元中正极性可动感应电极与负极性可动感应电极的上表面,或者位于正极性可动感应电极与负极性可动感应电极之间的侧面。

7. 如权利要求1所述的微型电场传感器结构,其特征在于,通过信号处理电路对所述可动感应电极单元中正极性可动感应电极和负极性可动感应电极进行电位钳制,使二者的电位分别保持在固定值;通过信号处理电路对所述固定感应电极单元中正极性固定感应电极和负极性感应电极进行电位钳制,使二者的电位分别保持在固定值。

8. 如权利要求4或6所述的微型电场传感器结构,其特征在于,所述绝缘结构为无机材料,以下任意一种:二氧化硅、氮化硅或氮氧化硅;

或者是有机材料,以下任意一种:聚酰亚胺或苯并环丁烯。

9. 如权利要求1所述的微型电场传感器结构,其特征在于,所述可动感应电极单元中的正极性可动感应电极和负极性可动感应电极之间或者固定感应电极单元中的正极性固定感应电极和负极性固定感应电极之间的缝隙全部或部分填充绝缘材料。

## 一种微型电场传感器结构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及传感器技术领域,特别涉及一种微型电场传感器结构。

### 背景技术

[0002] 电场传感器是测量电场强度的装置,它广泛应用于电力、国防、航空航天、工业生产等重要领域,利用传感器对设备运行过程中产生的电场进行实时监测。随着微电子机械系统(Micro-Electro-Mechanical Systems,简称为MEMS)技术的发展使得越来越多的传感器微型化成为可能,例如微加速度计在汽车电子的刹车及其附属系统中已经应用得非常成熟,也广泛应用于便携式消费电子领域。微型传感器具有传统传感器所无法比拟的性能特点。微型传感器体积小,其特征尺寸在微米甚至更小,在一些空间有限的应用背景下,微型传感器的特点尤为明显;同时微型传感器价格低廉,易于批量生产,此外还具有易于集成等优点。

[0003] 目前基于MEMS技术的电场传感器基本都是依靠可动电极阵列的运动产生感应电荷进行电场测量的。电场传感器的感应电极与屏蔽电极之间通过运动产生交变电场,但是无论是选择水平振动电场传感器,还是选择垂直振动电场传感器,都存在一个共同的问题,即落到屏蔽电极上的电场没有被利用。

[0004] 由于基于电荷感应的电场传感器的灵敏度与电荷的感应面积相关,所以上述电场传感器都未能充分利用电荷的感应面积,电场传感器的性能很低。

### 发明内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 本发明要解决的技术问题是如何避免落在屏蔽电极上的电场被浪费,提高电场的利用效率和电场测量的分辨率。

[0007] (二)技术方案

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种微型电场传感器结构,具体包括:周期性地往复运动的可动感应电极阵列和固定不动的固定感应电极阵列;

[0009] 可动感应电极阵列包括至少一个可动感应电极单元,通过弹性结构支撑在衬底表面,所述可动感应电极单元包括一个正极性电极和一个负极性电极组成的电极对,分别为正极性可动感应电极和负极性可动感应电极;

[0010] 固定感应电极阵列包括至少一个固定感应电极单元,通过支撑点固定在衬底表面,所述固定感应电极单元包括一个正极性电极和一个负极性电极组成的电极对,分别为正极性固定感应电极和负极性固定感应电极。

[0011] 进一步地,所述固定感应电极单元和可动感应电极单元以梳齿状交叉排布。

[0012] 进一步地,所述固定感应电极单元中电极的极性与相邻的所述可动感应电极单元中电极的极性相同。

[0013] 进一步地,所述可动感应电极单元中构成电极对的正极性可动感应电极和负极性

可动感应电极通过绝缘结构进行机械连接,使正极性可动感应电极和负极性可动感应电极在驱动结构的驱动下能够同步运动,且保持电绝缘。

[0014] 进一步地,所述固定感应电极单元中的正极性固定感应电极和负极性固定感应电极的位置固定,并保持电绝缘。

[0015] 进一步地,所述绝缘结构位于所述可动感应电极单元中正极性可动感应电极与负极性可动感应电极的上表面,或者位于正极性可动感应电极与负极性可动感应电极之间的侧面。

[0016] 进一步地,通过信号处理电路对所述可动感应电极单元中正极性可动感应电极和负极性可动感应电极进行电位钳制,使二者的电位分别保持在固定值;通过信号处理电路对所述固定感应电极单元中正极性固定感应电极和负极性固定感应电极进行电位钳制,使二者的电位分别保持在固定值。

[0017] 进一步地,所述绝缘结构为无机材料,以下任意一种:二氧化硅、氮化硅或氮氧化硅;

[0018] 或者是有机材料,以下任意一种:聚酰亚胺或苯并环丁烯。

[0019] 进一步地,所述可动感应电极单元中的正极性可动感应电极和负极性可动感应电极之间或者固定感应电极单元中的正极性固定感应电极和负极性固定感应电极之间的缝隙全部或部分填充绝缘材料。

[0020] (三)有益效果

[0021] 本发明实施例提供了一种微型电场传感器结构,包括:可动感应电极阵列和固定感应电极阵列,可动感应电极阵列可周期性地往复运动,包括至少一个可动感应电极单元,可动感应电极单元包括正极性可动感应电极和负极性可动感应电极,二者通过绝缘结构连接;固定感应电极阵列包括至少一个固定感应电极单元,固定感应电极阵列定感应电极单元包括正极性固定感应电极和负极性固定感应电极。本发明提供的微型电场传感器结构利用绝缘结构和电位钳制技术,将可动感应电极单元与固定感应电极单元分别外接电路实现电位钳制,当可动感应电极周期性往复运动时,产生与电场强度相关的电信号,实现电场强度测量。这种传感器结构能够避免直接接地结构的电场浪费问题,获得更大的电场感应面积,在相同检测周期内能够产生更多的感应电荷,提高测量的分辨率。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明实施例中提供的一种微型电场传感器结构的立体结构示意图;

[0023] 图2为本发明实施例中提供的电场传感器中可动感应电极单元运动到左边时的剖面示意图;

[0024] 图3为本发明实施例中提供的电场传感器中可动感应电极单元运动到右边时的剖面示意图;

[0025] 图4为本发明实施例中提供的信号处理电路的示意图。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0027] 对于可动感应电极按照可动电极的运动方向可以分为两大类,即水平振动电场传感器和垂直振动电场传感器,而水平振动电场传感器又包括水平振动的水平电场传感器和水平振动的垂直电场传感器,垂直振动电场传感器又包括垂直振动板状电场传感器和垂直振动梳齿状电场传感器。其中水平振动的水平电场传感器的感应电极与屏蔽电极在同一个平面,两者以梳齿状交叉排布,感应电极通过侧壁来进行电场感应,直接接地的屏蔽电极在感应电极间来回运动,调制感应电极与屏蔽电极间的电场,从而在感应电极上得到与被测电场强度相关的信号。水平振动的垂直电场传感器的感应电极和屏蔽电极不在一个平面,屏蔽电极在感应电极的上方,呈梳齿状,主要通过感应电极上表面来感应电场。直接接地的屏蔽电极通过在水平方向来回运动,调制落到感应电极上的电场,通过后续电路的处理,得到与被测电场强度相关的信号;垂直振动的板状电场传感器的感应电极和屏蔽电极不在一个平面,屏蔽电极为带孔的平板,在感应电极上方。直接接地的屏蔽电极通过在垂直方向周期性来回运动,调制落到感应电极上的电场,通过电路处理,得到与被测电场强度相关的信号。

[0028] 而垂直振动的梳齿状电场传感器的感应电极和屏蔽电极不在一个平面,屏蔽电极和感应电极为错开的梳齿结构。直接接地的屏蔽电极通过在感应电极平面上下振动,调制落到感应电极上的电场,通过后续电路的处理,得到与被测电场强度相关的信号。以上四种电场传感器都存在一个共同的问题,即落到屏蔽电极上的电场没有被利用。由于基于电荷感应的电场传感器的灵敏度与电荷的感应面积相关,所以以上四种电场传感器都未能充分利用电荷的感应面积。

[0029] 因此,本发明实施例中提供了一种微型电场传感器结构,将传统接地用屏蔽电极替换成非直接接地、而是通过信号处理电路实现电位钳制的结构,并利用其上所感应的电荷,具体包括:

[0030] 周期性地往复运动的可动感应电极阵列和固定不动的固定感应电极阵列,可动感应电极阵列包括至少一个可动感应电极单元,通过弹性结构支撑在衬底表面,可动感应电极单元包括一个正极性电极和一个负极性电极组成的电极对,分别为正极性可动感应电极和负极性可动感应电极;

[0031] 固定感应电极阵列包括至少一个固定感应电极单元,通过支撑点固定在衬底表面,固定感应电极单元包括一个正极性电极和一个负极性电极组成的电极对,分别为正极性固定感应电极和负极性固定感应电极。

[0032] 上述传感器结构基于电荷感应的电场传感器的基本原理为直接接地的屏蔽电极通过驱动结构的作用,周期性调制落到感应电极上的电场。其中被调制的电场会在感应电极上感应出周期变化的电荷量。通过信号处理电路测量周期变化的电荷量,可以得到与被测电场强度相关的信息,从而获得被测电场的强度。其中的可动感应电极对的作用相当于屏蔽电极,但可动感应电极通过信号处理电路实现电位钳制,而不是直接接地,电位钳制是通过同相端接地、带有反馈回路的运算放大器实现的,将可动感应电极单元中的正负极性感应电极分别接到具有上述功能的运算放大器的反向端,可以实现对电极的电位钳制。同时,采用这种方法可以利用可动感应电极单元上的电场,提高电场利用效率,并获得更大的电场分辨率。

[0033] 对于本实施例中的微型电场传感器结构的立体结构示意图如图1所示,主要包括

衬底和感应电极阵列,其中100是衬底,101是绝缘层,102是固定感应电极阵列的金属引线,103是正极性固定感应电极阵列的金属引线,104是负极性固定感应电极阵列的金属引线,105是负极性固定感应电极阵列的金属引线,106是正极性固定感应电极阵列的金属引线,107是正极性固定感应电极阵列的金属引线与信号处理电路连接的压焊块,108是负极性固定感应电极阵列的金属引线与信号处理电路连接的压焊块,201是正极性可动感应电极,202是负极性固定感应电极,203是正极性固定感应电极,204是负极性可动感应电极,205是用于连接正极性可动感应电极和负极性可动感应电极的绝缘结构,206和209是正极性可动感应电极的固定锚,207是连接负极性可动感应电极的微弹性结构,208是负极性可动感应电极的固定锚,210是连接正极性可动感应电极的驱动结构。

[0034] 其中上述结构中作为衬底100的材料可以是单晶硅圆片、玻璃圆片、金属圆片或其它复合材料。绝缘层101可以使用二氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、氮化铝或有机聚合物中的一种或多种。金属引线102可以采用铜、铝、镍、金、银、锡、铂等中的一种或多种。

[0035] 优选地,本实施例中的固定感应电极单元和可动感应电极单元以梳齿状交叉排布。其中可动感应电极单元包括一个正极性和一个负极性的电极,分别为正极性可动感应电极201和负极性可动感应电极204;固定感应电极单元包括一个正极性和一个负极性的电极,分别为正极性固定感应电极203和负极性固定感应电极202。可动感应电极单元中构成电极对的正极性可动感应电极201和负极性可动感应电极204通过绝缘结构205进行机械连接,使正极性可动感应电极201和负极性可动感应电极204在驱动结构210的驱动下能够同步运动,且保持电绝缘;驱动结构210可以采用电热、压电、电磁等方式驱动往复振动;固定感应电极单元中的正极性固定感应电极203和负极性固定感应电极202的位置固定,并保持电绝缘。

[0036] 具体的,感应电极阵列中,负极性固定感应电极202和正极性固定感应电极203、正极性固定感应电极的金属引线102以及负极性固定感应电极阵列的金属引线104位于衬底100上表面的绝缘层101的上方,固定感应电极单元中的两个电极所感应到的电荷能够从绝缘层101表面的金属引线102和104引出。正极性可动感应电极201和负极性可动感应电极204是本发明的关键,相邻的正极性可动感应电极201、负极性可动感应电极204通过绝缘结构205实现机械连接,组成可动感应电极对,但是二者之间电绝缘。通过结构上的连接,使得正极性可动感应电极201和负极性可动感应电极204能够在驱动结构210的驱动下同步运动。其中的感应电极可以做成多种形状,例如图1中的直梁结构,也可以做成梳齿结构,或者它们的变形或组合。同时,本例中感应电极的尺寸是一致的,但是在本发明的其他实施例中感应电极的尺寸可以不一致。

[0037] 其中的绝缘结构205为无机材料,以下任意一种:二氧化硅、氮化硅或氮氧化硅;或者是有机材料,以下任意一种:聚酰亚胺或苯并环丁烯。绝缘结构205位于可动感应电极单元中正极性可动感应电极与负极性可动感应电极的上表面,或者位于正极性可动感应电极与负极性可动感应电极之间的侧面

[0038] 需要说明的是,固定感应电极单元中电极的极性与相邻的可动感应电极单元中电极的极性相同。所述可动感应电极单元中的正极性可动感应电极201和负极性可动感应电极204之间或者固定感应电极单元中的正极性固定感应电极202和负极性固定感应电极203之间的缝隙全部或部分填充绝缘材料。

[0039] 优选地,本实施例中,固定锚206及209设置在正极性可动感应电极201上,微弹性

结构207连接负极性可动感应电极阵列单元204,固定锚208设置在负极性可动感应电极204上,可动感应电极阵列通过微弹性结构207和固定锚208构成悬空结构。

[0040] 其中正极性可动感应电极201上设置的固定锚206及209的作用有两个,一是支撑整个正极性可动感应电极201悬空,二是作为正极性可动感应电极201感应电荷的引出端。正极性可动感应电极201可以直接采用固定锚206及209悬空,也可以使用弹性结构加固定锚的组合来实现悬空。而负极性可动感应电极204的悬空结构为负极性可动感应电极204的微弹性结构207和负极性可动感应电极204的固定锚208。该结构相对于固定梁结构,微弹性结构207可以保障负极性可动感应电极204能够在水平面内朝固定方向运动。

[0041] 需要说明的是,负极性固定感应电极203和正极性固定感应电极202被外围的连接可动感应电极的驱动结构210所包围,所以必须将负极性固定感应电极204和正极性固定感应电极201的感应电荷,从衬底100上表面绝缘层101上的金属引线102和104电学引出。

[0042] 还需要说明的是,本实施例中的绝缘结构为无机材料,以下任意一种:二氧化硅、氮化硅或氮氧化硅;

[0043] 或者是有机材料,以下任意一种:聚酰亚胺或苯并环丁烯。

[0044] 优选地,当上述传感器结构工作时,本实施例中通过信号处理电路对可动感应电极单元中正极性可动感应电极201和负极性可动感应电极204进行电位钳制,使二者的电位分别保持在固定值;通过信号处理电路对固定感应电极单元中正极性固定感应电极202和负极性感应电极203进行电位钳制,使二者的电位分别保持在固定值。如图2所示,当中间的可动感应电极对运动到左边时,较多的电场会落到正极性可动感应电极201和正极性固定感应电极203的侧壁。此时正极性感应电极会感应出较多的电荷,负极性感应电极会感应出较少电荷。如图3所示,当中间的可动感应电极对运动到右边时,较多的电场会落到负极性可动感应电极204和负极性固定感应电极202的侧壁,这时负极性感应电极会感应出较多电荷,正极性感应电极会感应出较少电荷。在驱动结构的作用下,使可动感应电极对周期性地左右运动,正负极性感应电极会感应出周期变化的电荷,而此周期变化的电荷是一个与被测电场强度相关的量,所以通过测量周期变化的电荷,可以测量电场强度。

[0045] 另外,图4示出了本发明实施例采用的信号处理电路示意图,以及连接方法,其中301是正极性固定感应电极203的信号处理电路引出端,302是负极性固定感应电极202的信号处理电路引出端,303是负极性可动感应电极204的信号处理电路引出端,304是正极性可动感应电极201的信号处理电路引出端。信号处理电路的作用为感应电极的电位钳制和感应电流的跨阻放大。

[0046] 综上所述,本实施例中提供的微型传感器结构,相比于已有的电场传感器,充分利用了原来被屏蔽电极浪费掉的电场,可动感应电极阵列可周期性地往复运动。该运动调制可动感应电极对与固定感应电极对之间的电场,产生感应电荷。本发明提供的微型电场传感器结构利用绝缘结构和电位钳制技术,将可动感应电极单元和固定感应电极单元同时实现电场感应,当可动感应电极单元与固定感应电极单元分别外接电路实现电位钳制时,可产生与电场强度相关的电信号,实现电场强度的测量,能够避免直接接地的屏蔽结构,不会产生电场浪费的问题,获得更大的电场感应面积,在相同检测周期内能够产生更多的感应电荷,因此提高了电场的利用效率,增大了器件分辨率,从而提高电场传感器的性能。

[0047] 以上实施方式仅用于说明本发明,而并非对本发明的限制,有关技术领域的普通

技术人员,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,还可以做出各种变化和变型,因此所有等同的技术方案也属于本发明的范畴,本发明的专利保护范围应由权利要求限定。



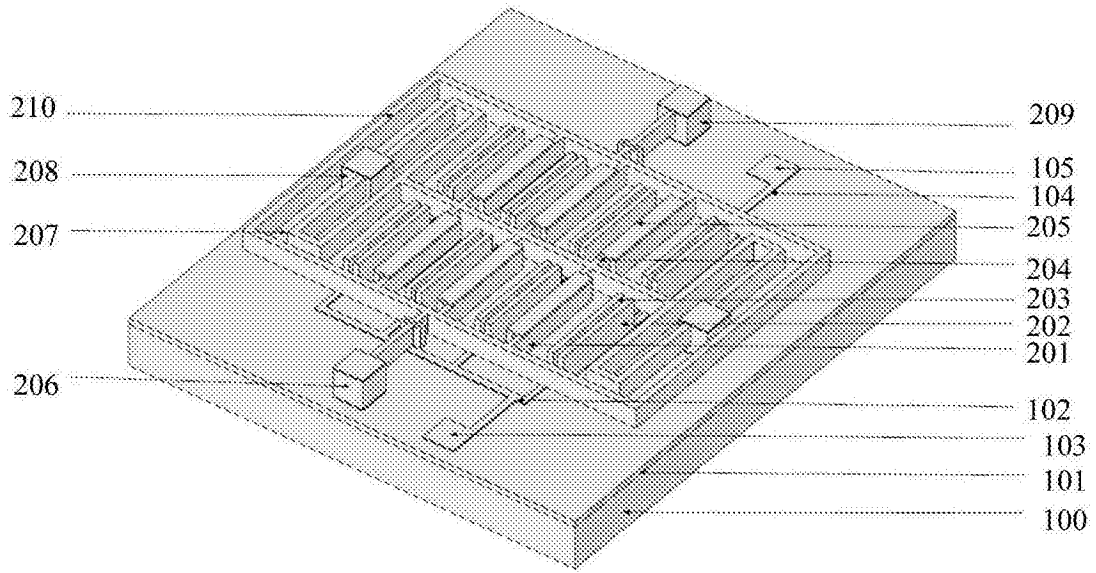


图1

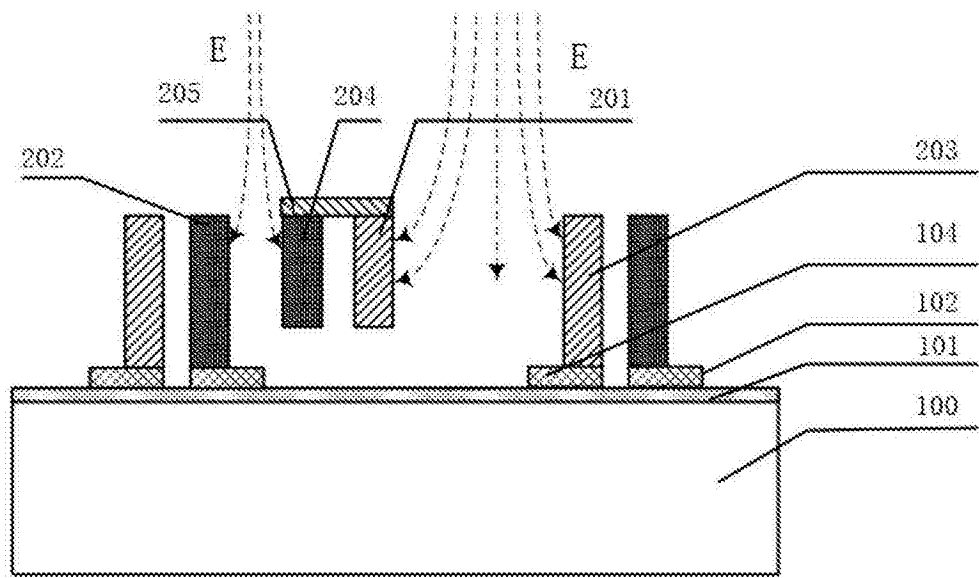


图2

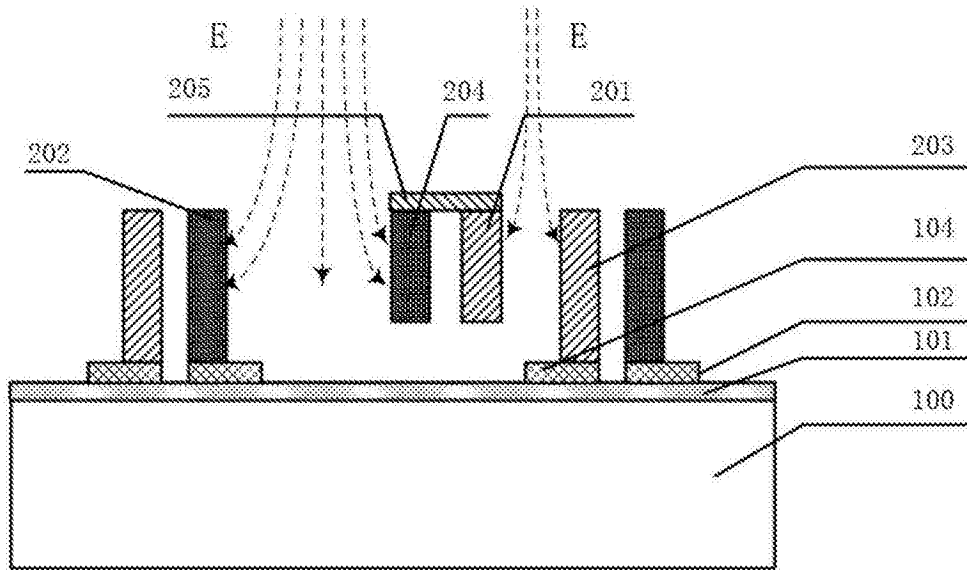


图3

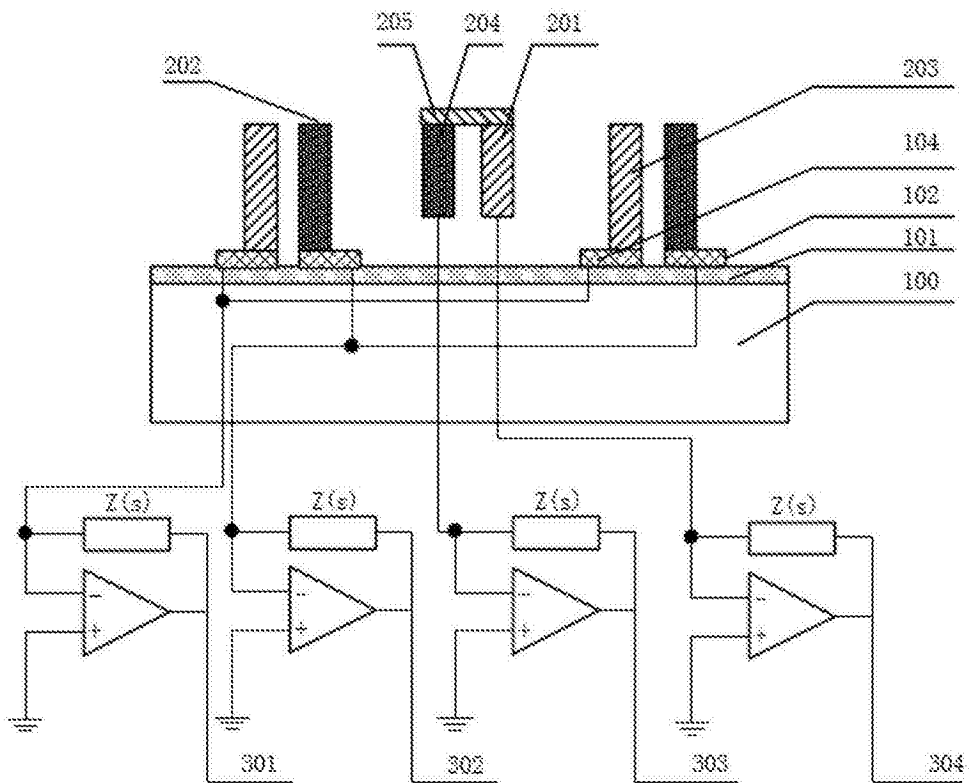


图4