



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103675481 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201310491424. 8

(22) 申请日 2013. 10. 18

(73) 专利权人 中国科学院电子学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路 19 号

(72) 发明人 夏善红 冯可 佟建华 方东明

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 杨静

(51) Int. Cl.

G01R 29/12(2006. 01)

(56) 对比文件

- CN 1877349 A, 2006. 12. 13,
- CN 101685119 A, 2010. 03. 31,
- CN 102520032 A, 2012. 06. 27,
- CN 102445604 A, 2012. 05. 09,
- CN 101246192 A, 2008. 08. 20,

CN 1575419 A, 2005. 02. 02,

JP 特开平 6-118107 A, 1994. 04. 28,

US 7466146 B2, 2008. 12. 16,

CN 103235200 A, 2013. 08. 07,

陶虎等. 一种基于微加工技术的微型电场传感器的设计与制造. 《电子器件》. 2006, 第 29 卷 (第 3 期), 第 639-642 页.

审查员 周生凯

权利要求书1页 说明书4页 附图3页

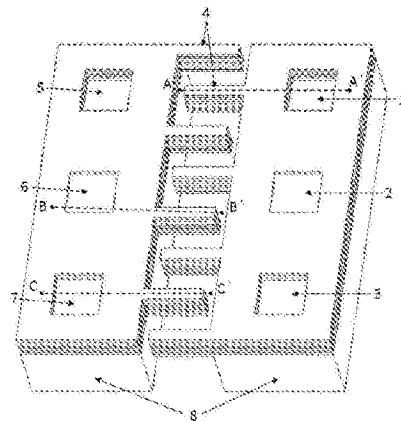
(54) 发明名称

压电悬臂梁式微型电场传感器

(57) 摘要

本发明提供了一种压电悬臂梁式微型电场传感器。该压电悬臂梁式微型电场传感器包括：基底；以及传感器敏感结构，包括在所述基底上依次形成的绝缘层、下驱动电极层、压电材料层、上驱动电极层和感应电极层，以形成具有叉指式结构的两组多个交错悬臂梁；其中，当向所述下驱动电极层和所述上驱动电极层之间施加驱动电压时，所述压电材料层使一组悬臂梁的自由端分别相对于另一组悬臂梁上下振动以产生与要检测的电场相对应的电流，并由感应电极层输出该电流。

本发明中，传感器的压电驱动层与其他结构层连接采用 MEMS 工艺，结构简单，体积小、功耗低、可批量制造。



1. 一种压电悬臂梁式微型电场传感器,包括:

基底;以及传感器敏感结构,形成在所述基底上,包括具有叉指式结构的两组多个交错悬臂梁;

所述传感器敏感结构包括在所述基底上依次形成的绝缘层、下驱动电极层、压电材料层、上驱动电极层和感应电极层,以形成所述多个悬臂梁;其中,当向所述下驱动电极层和所述上驱动电极层之间施加驱动电压时,所述压电材料层使一组悬臂梁的自由端分别相对于另一组悬臂梁上下振动以产生与要检测的电场相对应的电流,并由感应电极层输出该电流。

2. 根据权利要求1所述的压电悬臂梁式微型电场传感器,其特征在于,所述传感器敏感结构还包括形成于所述下驱动电极层之下的第一绝缘层以及形成于所述上驱动电极层之上的第二绝缘层。

3. 根据权利要求2所述的压电悬臂梁式微型电场传感器,所述传感器敏感结构还包括:

上驱动电极焊盘孔,由所述第一绝缘层向下刻蚀形成,其深度穿过所述第一绝缘层、感应电极层和第二绝缘层,而终止于所述上驱动电极层,用于容纳上驱动电极焊盘,以便将驱动电压施加到所述上驱动电极层;

下驱动电极焊盘孔,由所述第一绝缘层向下刻蚀形成,其深度穿过所述第一绝缘层、感应电极层、第二绝缘层、上驱动电极层和压电材料层,而终止于所述下驱动电极层,用于容纳下驱动电极焊盘,以便将驱动电压施加到所述下驱动电极层。

4. 根据权利要求1所述的压电悬臂梁式微型电场传感器,其特征在于,所述压电材料层的厚度介于10纳米至5厘米之间,其材料为以下材料中的一种或多种的组合:锆钛酸铅、改性钛酸铅、镧钛酸铅、锆钛酸铅镧、氧化锌氮化铝。

5. 根据权利要求1所述的压电悬臂梁式微型电场传感器,其特征在于,所述下驱动电极层和上驱动电极层的厚度介于1纳米至5毫米之间,其材料选自于以下材料之一:Ir、Pt、Al、Cu和Au。

6. 根据权利要求1所述的压电悬臂梁式微型电场传感器,所述传感器敏感结构还包括:感应电极焊盘孔,由第一绝缘层向下刻蚀形成,其深度穿过所述第一绝缘层,而终止于感应电极层,用于容纳感应电极焊盘以便将输出所述与要检测的电场相对应的电流。

7. 根据权利要求1所述的压电悬臂梁式微型电场传感器,其特征在于:所述感应电极层的厚度介于1纳米至5毫米之间,其材料选自于以下材料之一:Ir、Pt、Al、Cu和Au。

8. 根据权利要求2所述的压电悬臂梁式微型电场传感器,其特征在于,所述第一绝缘层和第二绝缘层的厚度介于1纳米至1厘米之间,并且是由二氧化硅层和氮化硅层、或由二氧化硅和氮化硅组成的复合绝缘层制作。

9. 根据权利要求1所述的压电悬臂梁式微型电场传感器,其特征在于,所述悬臂梁的下方至基底的距离介于1微米至10厘米之间;所述悬臂梁的长度介于1微米至10厘米之间,宽度介于1微米至10厘米之间,厚度介于1微米至10厘米之间;对应两个悬臂梁之间的距离介于1微米至5毫米之间。

压电悬臂梁式微型电场传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及传感器领域和微机电系统(MEMS)领域,尤其涉及一种压电悬臂梁式微型电场传感器。

背景技术

[0002] 电场测量在气象研究、航空航天、电力系统等领域有着广泛的应用。利用电场传感器对电场进行测量,得到有效信息,保障火箭、卫星等飞行器的升空安全,也可以避免在气象、航空航天、电网、工业生产等领域造成人身伤害和财产损失。

[0003] 基于微加工技术的微型电场传感器具有明显的优势:质量小,更有利于对高空或外太空进行测量;体积微小,能用于测量电场分布的细节;另外将微型电场传感器与其他传感器,如温度传感器、压力传感器、湿度传感器等集成在一起也相对容易。因此基于微加工技术的微型电场传感器有着广阔的应用前景。

[0004] 目前微型MEMS电场传感器驱动方式主要有静电驱动、压电驱动、电磁驱动以及热驱动。静电驱动的微型电场传感器,所加驱动电压较高,使得功耗和温漂较大。热驱动微型静电场传感器,传感器所加驱动电压高,如果长时间工作,驱动结构材料温度特性发生变化,导致驱动位移不稳定。电磁驱动方式会带来强电磁干扰,影响感应结构测量电场,并增大检测电路噪声。

[0005] 陶虎等人提供了一种采用压电陶瓷条作为驱动结构的MEMS电场传感器(“一种基于微加工技术的微型电场传感器的设计与制造”,639-642,2006,29(3),电子器件。该MEMS电场传感器结构中相对的两组梳齿电极采用胶粘剂与压电陶瓷条连接,当在两组压电陶瓷上施加一对幅值相同、极性相反的同频驱动电压时,两组电极在压电陶瓷的驱动下振动,一组电极向上运动时,另一组电极则向下运动,运动到上方的梳齿电极感应电荷较多,运动到下方的梳齿电极感应电荷较少。因此当两组梳齿电极交错振动时,其表面电荷数会发生周期性改变,从而形成与施加到感应电极的电场强度成正比的交变差分电流信号。

[0006] 然而,上述该MEMS电场传感器中,压电陶瓷条采用胶粘剂连接结构,制造精度不准确,导致输出信号弱且不稳定。

发明内容

[0007] (一)要解决的技术问题

[0008] 鉴于上述技术问题,本发明提供了一种压电悬臂梁式微型电场传感器,以提高输出信号的强度和稳定性。

[0009] (二)技术方案

[0010] 根据本发明的一个方面,提供了一种压电悬臂梁式微型电场传感器。该压电悬臂梁式微型电场传感器包括:基底;以及传感器敏感结构,包括在所述基底上依次形成的绝缘层、下驱动电极层、压电材料层、上驱动电极层和感应电极层,以形成具有叉指式结构的两组多个交错悬臂梁;其中,当向所述下驱动电极层和所述上驱动电极层之间施加驱动电压

时,所述压电材料层使一组悬臂梁的自由端分别相对于另一组悬臂梁上下振动以产生与要检测的电场相对应的电流,并由感应电极层输出该电流。

[0011] (三)有益效果

[0012] 从上述技术方案可以看出,本发明压电悬臂梁式微型电场传感器具有以下有益效果:

[0013] (1)由于传感器的压电驱动层与其他结构层连接采用MEMS工艺,非胶粘剂连接,因此传感器结构简单,体积小、功耗低、容易批量生产;

[0014] (2)传感器的每根压电悬臂梁是独立结构,因此其中任何一根悬臂梁损坏都不会影响其他悬臂梁正常工作。

附图说明

[0015] 图1示出了本发明实施例压电悬臂梁式微型电场传感器的立体图;

[0016] 图2示出了图1所示压电悬臂梁式微型电场传感器结构层次的示意图;

[0017] 图3a是图1所示压电悬臂梁式微型电场传感器沿A-A'方向的剖视图;

[0018] 图3b是图1所示压电悬臂梁式微型电场传感器沿B-B'方向的剖视图;

[0019] 图3c是图1所示压电悬臂梁式微型电场传感器沿C-C'方向的剖视图。

[0020] 【本发明主要元件符号说明】

[0021] 1-第一上驱动电极焊盘; 2-第一感应电极焊盘;

[0022] 3-第一下驱动电极焊盘; 4-悬臂梁;

[0023] 5-第二上驱动电极焊盘; 6-第二感应电极焊盘;

[0024] 7-第二下驱动电极焊盘; 8-基底;

[0025] 9-第一绝缘层; 10-感应电极层;

[0026] 11-第二绝缘层; 12-上驱动电极层;

[0027] 13-压电材料层; 14-下驱动电极层;

[0028] 15-第三绝缘层; 16-感应电极焊盘孔;

[0029] 17-上驱动电极焊盘孔; 18-下驱动电极焊盘孔。

具体实施方式

[0030] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0031] 需要说明的是,在附图或说明书描述中,相似或相同的部分都使用相同的图号。附图中未绘示或描述的实现方式,为所属技术领域中普通技术人员所知的形式。另外,虽然本文可提供包含特定值的参数的示范,但应了解,参数无需确切等于相应的值,而是可在可接受的误差容限或设计约束内近似于相应的值。此外,以下实施例中提到的方向用语,例如“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”等,仅是参考附图的方向。因此,使用的方向用语是用来说明并非用来限制本发明。

[0032] 在本发明的一个示例性实施例中,提供了一种压电悬臂梁式微型电场传感器。图1为本发明实施例压电悬臂梁式微型电场传感器的立体图。图2为图1所示压电悬臂梁式微型电场传感器结构层次的示意图。图3a为图1所示压电悬臂梁式微型电场传感器沿A-A'方向

的剖视图。图3b为图1所示压电悬臂梁式微型电场传感器沿B-B'方向的剖视图。3c为图1所示压电悬臂梁式微型电场传感器沿C-C'方向的剖视图。

[0033] 参照图1,本实施例压电悬臂梁式微型电场传感器主要结构包括:第一上驱动电极焊盘1、第一感应电极焊盘2、第一下驱动电极焊盘3、悬臂梁4、第二上驱动电极焊盘5、第二感应电极焊盘6、第二下驱动电极焊盘7和基底8。

[0034] 如图1所示,在基底8上形成根据本发明实施例的压电悬臂梁式微型电场传感器的结构和结构层。在压电悬臂梁式微型电场传感器中间部位是多根向内侧延伸的悬臂梁4,悬臂梁4交错设置构成叉指式结构,悬臂梁4的下方悬空,因此其悬臂梁4的自由端可以在压电材料层的驱动下上下振动。

[0035] 如图1和图3a-3c所示,在压电悬臂梁式微型电场传感器无悬臂梁区域设置有对称排列在悬臂梁4两侧的焊盘和焊盘孔,依次可以是上驱动电极焊盘孔17、感应电极焊盘孔16和下驱动电极焊盘孔18。其中,第一上驱动电极焊盘1和第二上驱动电极焊盘5分别位于悬臂梁两侧的上驱动电极焊盘孔17内;第一感应电极焊盘2和第二感应电极焊盘6分别位于悬臂梁两侧的感应电极焊盘孔16内;第一下驱动电极焊盘3和第二下驱动电极焊盘7分别位于悬臂梁两侧的下驱动电极焊盘孔18内。

[0036] 参照图2,本实施例压电悬臂梁式微型电场传感器为多层复合结构,从上至下的结构层可以为:第一绝缘层9、感应电极层10、第二绝缘层11、上驱动电极层12、压电材料层13、下驱动电极层14、第三绝缘层15、基底8。感应电极层10、上驱动电极层12和下驱动电极层14都分为相对的两部分,两部分相互绝缘,不出现短路现象。

[0037] 参照图3a、图3b和图3c,本发明实施例的压电悬臂梁式微型电场传感器的绝缘层的面积均大于上下相邻的电极层,以保证在制作电极层时,上下电极不会出现短路现象。具体地,第一绝缘层9的面积大于下覆的感应电极层10;第二绝缘层11的面积大于上覆的感应电极层和下覆的上驱动电极层12。压电材料是优良的绝缘材料,因此压电材料层也可以当做绝缘材料层使用,压电材料层13的面积大于上覆的上驱动电极层12和下覆的下驱动电极层14。

[0038] 结合图1、图2、图3a、图3b和图3c,本发明实施例的压电悬臂梁式微型电场传感器上,驱动电极焊盘孔17由第一绝缘层9向下刻蚀形成,其深度穿过第一绝缘层9、感应电极层10和第二绝缘层11,而终止于上驱动电极层12。第一上驱动电极焊盘1和第二上驱动电极焊盘5位于该上驱动电极焊盘孔17内,以便分别将上驱动电极层通过导线与驱动电路的第一端相连接。

[0039] 下驱动电极焊盘孔是由第一绝缘层9向下刻蚀形成,其深度穿过第一绝缘层9、感应电极10层、第二绝缘层11、上驱动电极层12和压电材料层13,而终止于下驱动电极层14。第一下驱动电极焊盘3和第二下驱动电极焊盘7位于该下驱动电极焊盘孔18内,以便通过分别通过导线将下驱动电极层14与驱动电路的另一端相连接。

[0040] 感应电极焊盘孔16由第一绝缘层9向下刻蚀形成,其深度穿过所述第一绝缘层9,而终止于感应电极层10。第一感应电极焊盘2位于该感应电极焊盘孔16内,以便通过导线将感应电极层与测量电路的第一端相连接。第二感应电极焊盘6位于该感应电极焊盘孔16内,以便通过导线将感应电极层10与测量电路的另一端相连接。

[0041] 本发明实施例的压电悬臂梁式微型电场传感器由MEMS工艺制备而成。该制备过程

和方法可以包括：由溅射、PLVCD、PEVCD或氧化的方法制作第一绝缘层、第二绝缘层和第三绝缘层；采用溅射或蒸镀的方法制作上驱动电极层、下驱动电极层和感应电极层；通过溶胶-凝胶、蒸发、键合或溅射工艺制备压电材料层；并通过深刻蚀干法释放传感器悬臂梁之间及悬臂梁下方悬空。

[0042] 基底8可以由硅片或SOI片制作。在本实施例中，悬臂梁4下方至基底的距离为1微米至10厘米。悬臂梁的长度为1微米至10厘米，宽度为1微米至10厘米，厚度为1微米至10厘米。两悬臂梁之间的距离为1微米至5毫米。压电材料层13的厚度介于10纳米至5厘米之间，其材料为锆钛酸铅、改性钛酸铅、镧钛酸铅、锆钛酸铅镧、氧化锌或氮化铝中之一，也可以由以上压电材料组合成复合压电材料层。

[0043] 第一绝缘层9、第二绝缘层11和第三绝缘层15的厚度应当保证位于其上下的两层材料之间绝缘，通常介于1纳米至1厘米之间，一般为：二氧化硅层、氮化硅层或由二氧化硅和氮化硅两种材料组成的复合绝缘层；或由其他绝缘性材料制作。

[0044] 下驱动电极层14、上驱动电极层12和感应电极层10的厚度可以介于1纳米至5毫米之间，其材料选自于以下材料之一：Ir、Pt、Al、Cu和Au；或由其他金属材料制成。

[0045] 下面来说明根据本发明实施例的压电悬臂梁式微型电场传感器的工作。当处于工作状态时，将本发明实施例的压电悬臂梁式微型电场传感器置于待测电场中，并由驱动电路（未示出）分别通过第一上驱动电极焊盘和第一下驱动电极焊盘以及第二上驱动电极焊盘与第二下驱动电极焊盘，分别向第一上电极层和第一下电极层以及第二上电极层和第二下电极层之间施加两组一定频率、幅度周期变化的电压，且两组电压相位差为180度。在该驱动电压的驱动下，压电材料层带动所处位置的悬臂梁自由端（由第三绝缘层15、下驱动电极层14、压电材料层13、上驱动电极层12、第二绝缘层11、感应电极层10和第一绝缘层9的一部分构成）垂直方向上下振动，该振动可以是谐振振动或受迫振动。

[0046] 悬臂梁可以分为垂直振动的两部分（例如如图1的左侧部分和图1的右侧部分），左右两部分悬臂梁震动方向相反，即当左部分悬臂梁向上运动时，右部分悬臂梁向下运动。没有驱动电压时的初始状态是所有悬臂梁在同一水平面上，当施加驱动电压时，一侧悬臂梁的自由端向上翘起，另外一侧悬臂梁自由端下弯。也就是说，当左部分悬臂梁向上运动时，右部分悬臂梁向下运动，翘起并高于初始状态水平面的悬臂梁自由端暴露于待测电场中，感应电极表面感应电荷增加，此时向上翘起的悬臂梁作为感应电极，同时起到屏蔽电场的作用，下弯低于初始水平面的悬臂梁，被起到屏蔽作用的悬臂梁屏蔽，使其电极表面的感应电荷减少。由于驱动电压的幅度周期变化，上述悬臂梁的翘起和下弯两种状态交替出现，感应电极表面感应电荷量发生周期性变化，从而形成交变电流，由第一感应电极焊盘2和第二感应电极焊盘6以差分形式输出该交变感应电流，其中输出电流的幅度正比于待测电场强度的大小。

[0047] 以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

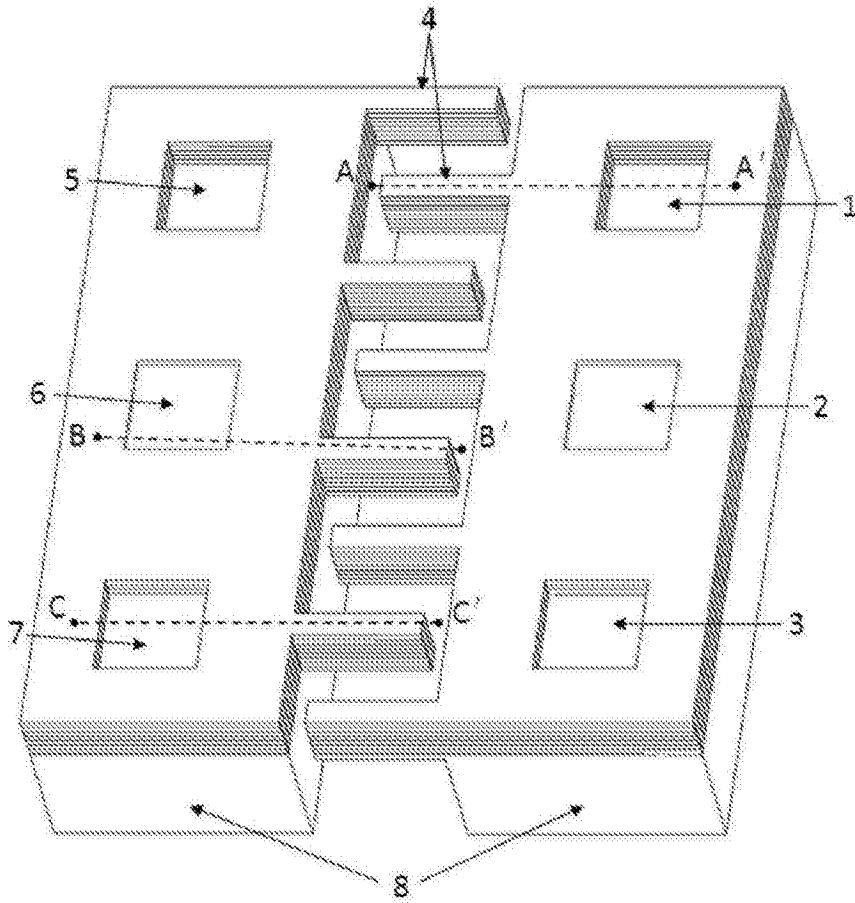


图1

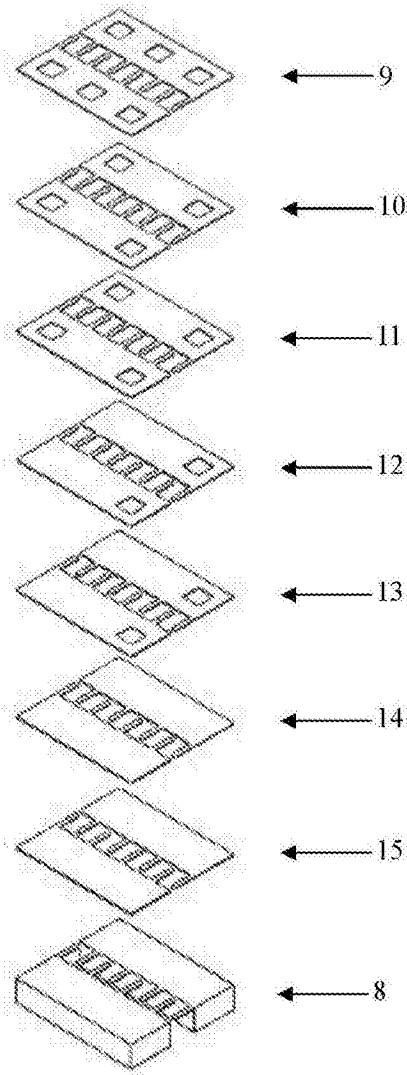


图2

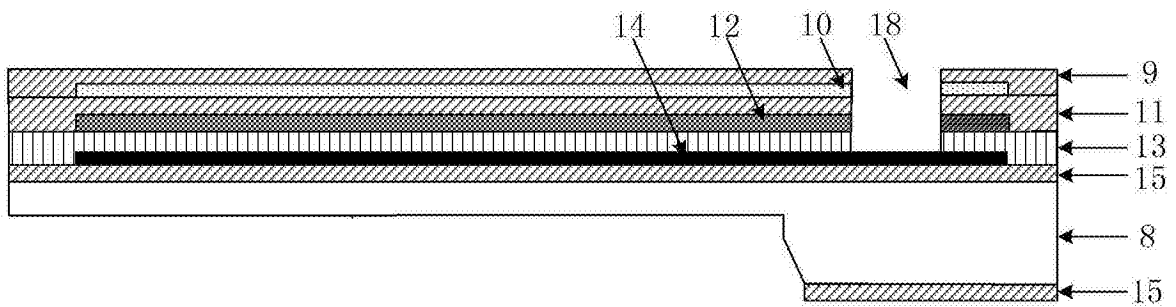


图3a

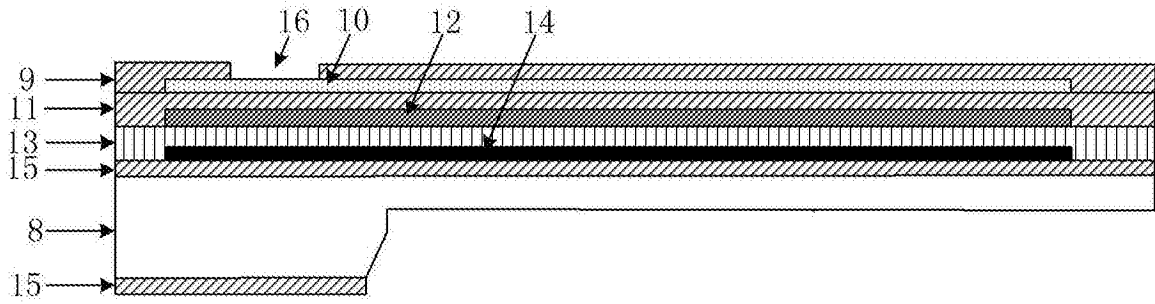


图3b

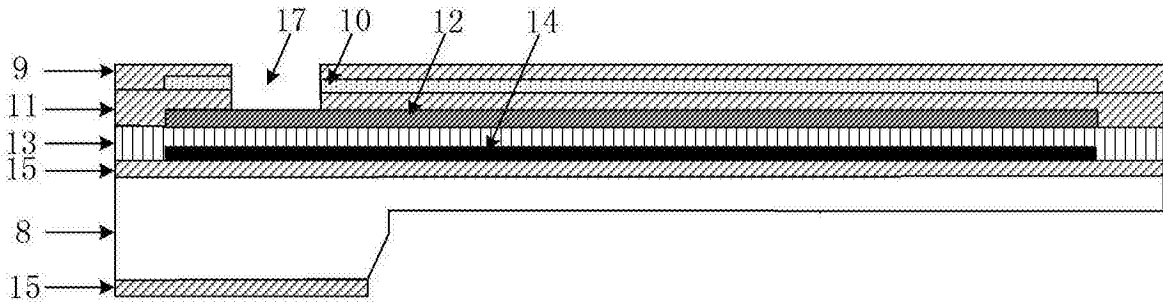


图3c