



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108120858 B

(45)授权公告日 2020.05.26

(21)申请号 201711383160.9

B81C 1/00(2006.01)

(22)申请日 2017.12.20

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108120858 A

CN 102735564 A,2012.10.17,

CN 101419227 A,2009.04.29,

CN 103235155 A,2013.08.07,

(43)申请公布日 2018.06.05

CN 105241369 A,2016.01.13,

CN 1866007 A,2006.11.22,

(73)专利权人 中国科学院半导体研究所

地址 100083 北京市海淀区清华东路甲35号

JP S6488255 A,1989.04.03,

CN 1536335 A,2004.10.13,

(72)发明人 杨晋玲 刘晓晨 朱银芳 张金英 杨富华

EP 0866340 A2,1998.09.23,

WO 2007109323 A2,2007.09.27,

CN 101657729 A,2010.02.24,

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

审查员 马丽

代理人 汤宝平

(51)Int.Cl.

G01R 1/067(2006.01)

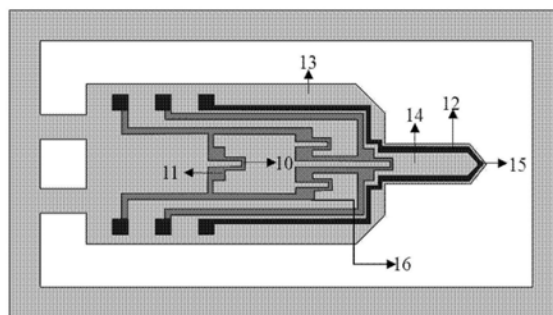
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

自激励自检测探针及其制作方法

(57)摘要

一种自激励自检测探针,包括:一探针基座;一微悬臂梁,用作探测的基本部件,该微悬臂梁与探针基座一端的中间连接,该探针基座对微悬臂梁提供支撑;一探针针尖,位于微悬臂梁的自由端;在探针基座及微悬臂梁表面边缘上有金属导电线,该金属导电线覆盖探针针尖,探针针尖导电性好,可用于检测材料的电学性能;一惠斯通电桥,包括四个U型压阻,其对称分布于探针基座的上表面,其中一个为可变压阻,该可变压阻位于微悬臂梁支撑端应变最大处,可实现高灵敏和高精度的压阻检测。本发明其可减小探测器的体积,实现探测设备的便携化,保证检测的精确度和灵敏度,工艺方法简单,适合批量生产。



1. 一种自激励自检测探针,包括:

一探针基座;

一微悬臂梁,用作探测的基本部件,该微悬臂梁与探针基座一端的中间连接,该探针基座对微悬臂梁提供支撑;

一探针针尖,位于微悬臂梁的自由端;在探针基座及微悬臂梁表面边缘上有金属导电线,该金属导电线覆盖探针针尖,探针针尖导电性好,可用于检测材料的电学性能;

一惠斯通电桥,包括四个U型压阻,其对称分布于探针基座的上表面,其中一个为可变压阻,该可变压阻位于微悬臂梁支撑端应变最大处,可实现高灵敏和高精度的压阻检测。

2. 根据权利要求1所述的自激励自检测探针,其中所述金属导电线的两端为电压源或电流源的输入端,其产生的电热作用使微悬臂梁产生弯曲变形,对待测样品施加作用力;其可通过控制输入电信号大小,精准控制梁的弯曲程度,对待测样品精确施加微小作用力。

3. 根据权利要求1所述的自激励自检测探针,其中当微悬臂梁在电热激励作用下发生弯曲形变时,位于微悬臂梁支撑端的可变压阻阻值发生变化,得到检测信号,该检测信号由惠斯通电桥的输出信号得出,该惠斯通电桥的制备过程中,四个U型压阻同时进行离子注入,该离子注入角度和注入量经过精确计算,来保证初始电阻值的一致性。

4. 根据权利要求1所述的自激励自检测探针,其中所述的探针基座的厚度大于微悬臂梁的厚度。

5. 一种如权利要求1-4中任一项所述的自激励自检测探针的制作方法,包括如下步骤:

步骤1:采用SOI硅片作为衬底,该衬底由顶层硅、埋氧层和体硅组成;

步骤2:对衬底进行热氧化,在衬底的顶层硅上形成二氧化硅层,用作刻蚀针尖时的掩膜;

步骤3:采用等离子体增强化学气相淀积的方法在衬底的体硅上淀积一层二氧化硅层,用作体硅深刻蚀的掩膜;

步骤4:对二氧化硅层进行光刻,采用各向异性干法刻蚀,在二氧化硅层上刻蚀出针尖的掩膜图形;

步骤5:对顶层硅进行刻蚀,采用各向同性干法刻蚀方法,在针尖掩膜图形下方形成硅针尖原胚;

步骤6:对上述衬底上的顶层硅进行光刻,并采用干法刻蚀工艺刻蚀顶层硅形成微悬臂梁图形;

步骤7:采用低温氧化锐化技术,在950℃的温度下对针尖原胚及微悬臂梁图形进行热氧化,得到二氧化硅氧化层和氧化后的针尖;

步骤8:在二氧化硅氧化层上进行光刻,形成离子注入掩膜,分别以 $E+14/cm^2$ 的量级和 $E+15/cm^2$ 的量级向顶层硅中注入B离子,形成U型压阻和电学传输线;

步骤9:对顶层硅上进行光刻、刻蚀,形成金属导电线结构,然后采用蒸发、剥离金属工艺形成金属导电线;

步骤10:采用双面对准光刻技术,通过各向异性干法刻蚀二氧化硅层,得到背面体硅深刻蚀的掩膜图形,在此掩膜下,采用深反应离子刻蚀技术,对体硅进行深刻蚀至埋氧层,得到探针基座;

步骤11:采用HF缓冲液湿法腐蚀二氧化硅和埋氧层,得到微悬臂梁和探针针尖。

6. 根据权利要求5所述的自激励自检测探针的制作方法,其中所述金属导电线的两端为电压源或电流源的输入端,其产生的电热作用使微悬臂梁产生弯曲变形,对待测样品施加作用力;其可通过控制输入电信号大小,精准控制梁的弯曲程度,对待测样品精确施加微小作用力。

7. 根据权利要求5所述的自激励自检测探针的制作方法,其中当微悬臂梁在电热激励作用下发生弯曲形变时,位于微悬臂梁支撑端的可变压阻阻值发生变化,得到检测信号,该检测信号由惠斯通电桥的输出信号得出,该惠斯通电桥的制备过程中,四个U型压阻同时进行离子注入,该离子注入角度和注入量经过精确计算,来保证初始电阻值的一致性。

8. 根据权利要求5所述的自激励自检测探针的制作方法,其中所述的探针基座的厚度大于微悬臂梁的厚度。

自激励自检测探针及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及MEMS制造及工程领域,尤其涉及一种自激励自检测探针及其制作方法。

背景技术

[0002] 自上世纪80年代MEMS技术蓬勃发展以来,纳米科技成为飞速发展的前沿学科领域之一。随着纳米科学技术的不断发展,人们对微观世界的研究不断向小尺度延伸,对微观世界的探索需要借助先进的观测仪器及表征工具。对微纳材料的力学性能表征成为了纳米技术的研究瓶颈。传统的微纳力学性能表征方法如纳米压痕法,拉伸法等存在如固定和调整困难、理论模型复杂等种种弊端,很难应用到纳米结构的力学性能测试。因此,迫切需要一种操作简单方便、检测精度高的纳米结构力学性能表征方法。

[0003] 悬臂梁作为MEMS器件中一种重要的结构近年来已经成为研究热点,原子力显微镜(AFM)诞生于1986年,其核心部件探针就是由微悬臂梁和在悬臂梁自由端的纳米针尖组成,通过控制探针针尖和样品之间相互作用力来表征样品形貌。AFM因具有极高的分辨率,在微纳结构的形貌表征方面发挥着重大作用。本发明通过将电热自激励和压阻自检测集成于一体,可以将悬臂梁应用于表征微纳结构的力学性能。该方法具有检测简单、操作方便、精确度高的优点。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于,提出一种自激励自检测探针及制作方法,其可减小探测器的体积,实现探测设备的便携化,保证检测的精确度和灵敏度,工艺方法简单,适合批量生产。

[0005] 本发明提出了一种自激励自检测探针,包括:

[0006] 一探针基座;

[0007] 一微悬臂梁,用作探测的基本部件,该微悬臂梁与探针基座一端的中间连接,该探针基座对微悬臂梁提供支撑;

[0008] 一探针针尖,位于微悬臂梁的自由端;在探针基座及微悬臂梁表面边缘上有金属导电线,该金属导电线覆盖探针针尖,探针针尖导电性好,可用于检测材料的电学性能;

[0009] 一惠斯通电桥,包括四个U型压阻,其对称分布于探针基座的上表面,其中一个为可变压阻,该可变压阻位于微悬臂梁支撑端应变最大处,可实现高灵敏和高精度的压阻检测。

[0010] 本发明还提供一种自激励自检测探针的制作方法,包括如下步骤:

[0011] 步骤1:采用SOI硅片作为衬底,该衬底由顶层硅、埋氧层和体硅组成;

[0012] 步骤2:对衬底进行热氧化,在衬底的顶层硅上形成二氧化硅层,用作刻蚀针尖时的掩膜;

[0013] 步骤3:采用等离子体增强化学气相淀积的方法在衬底的体硅上淀积一层二氧化硅层,用作体硅深刻蚀的掩膜;

[0014] 步骤4:对二氧化硅层进行光刻,采用各向异性干法刻蚀,在二氧化硅层上刻蚀出针尖的掩膜图形;

[0015] 步骤5:对顶层硅进行刻蚀,采用各向同性干法刻蚀方法,在针尖掩膜图形下方形成硅针尖原胚;

[0016] 步骤6:对上述衬底上的顶层硅进行光刻,并采用干法刻蚀工艺刻蚀顶层硅形成微悬臂梁图形;

[0017] 步骤7:采用低温氧化钝化技术,在950℃的温度下对针尖原胚及微悬臂梁图形进行热氧化,得到二氧化硅氧化层和氧化后的针尖;

[0018] 步骤8:在二氧化硅氧化层上进行光刻,形成离子注入掩膜,分别以 $E+14/cm^2$ 的量级和 $E+15/cm^2$ 的量级向顶层硅中注入B离子,形成U型压阻和电学传输线;

[0019] 步骤9:对顶层硅上进行光刻、刻蚀,形成金属导电线结构,然后采用蒸发、剥离金属工艺形成金属导电线;

[0020] 步骤10:采用双面对准光刻技术,通过各向异性干法刻蚀二氧化硅层,得到背面体硅深刻蚀的掩膜图形,在此掩膜下,采用深反应离子刻蚀技术,对体硅进行深刻蚀至埋氧层,得到探针基座;

[0021] 步骤11:采用HF缓冲液湿法腐蚀二氧化硅和埋氧层,得到微悬臂梁和探针针尖。

[0022] 从上述技术方案可以看出,本发明的有益效果是:

[0023] 1、本发明提出在悬臂梁表面蒸发金属,实现了探针电热自激励,在基座上制作检测电路,使得该探针可以进行压阻自检测,探针器件高度集成,进而可以舍弃庞大的激励系统和光学检测设备,减小了探测器的体积,实现了探测设备的便携化,这也是本发明的优势所在。

[0024] 2、本发明提出的压阻检测是基于惠斯特桥式电路,采用“U”型压阻条能较好的束缚电流,统一对四个压阻条进行离子注入确保四个压阻条初始电阻值尽可能完全相同,且四个U形电阻条对称分布,可变电阻位于悬臂梁支撑端应变最大处,保证了检测的精确度和灵敏度。

[0025] 3、本发明提出一种硅基的自激励自检测探针及其制作方法,该制作方法采用常规微纳加工工艺,工艺方法简单,适合批量生产。

附图说明

[0026] 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如后,其中:

[0027] 图1为本发明制作工艺的结构示意图;

[0028] 图2a至图2j为本发明提供的自激励自检测探针的制作工艺流程。

具体实施方式

[0029] 请参阅图1所示,本发明提供一种自激励自检测探针,包括:

[0030] 一探针基座13;所述的探针基座13的厚度大于后续的微悬臂梁14的厚度,微悬臂梁14的厚度由于SOI片的埋氧层的存在,可以通过刻蚀时间和速率加以控制,得到不同厚度的微悬臂梁14,具有不同的机械性能,可以满足不同的应用需求;

[0031] 一微悬臂梁14,用作探测的基本部件,该微悬臂梁14与探针基座13一端的中间连接,该探针基座13对微悬臂梁14提供支撑,当微悬臂梁14在电热激励作用下发生弯曲变形时,此弯曲变形主要体现在微悬臂梁自由端,即后续的探针针尖15为变形位移最大处,可对待测样品施加微小作用力,此时位于微悬臂梁14支撑端的可变电阻阻值发生变化,得到检测信号。这是因为压阻在受到应力作用后,其阻值会发生相应变化,这一应用被广泛用于力信号和位移信号的相互转换中。该检测信号由后续的惠斯通电桥16的输出信号得出。

[0032] 一探针针尖15,位于微悬臂梁14的自由端;在探针基座13及微悬臂梁14表面边缘上有金属导电线12,该金属导电线12覆盖探针针尖15,金属导电层包括Cr/Pt/Au三层结构,Cr保证了金属导电线与硅之间的粘附性,Pt作为隔离层,具有防止Cr和Au层发生互扩散的作用,Au使探针针尖15导电性好,可用于检测材料的电学性能,所述金属导电线12的两端为电压源或电流源的输入端,其阻值和微悬臂梁14的长度及蒸发金属层厚度相关,可根据具体应用进行调整,具有广泛的适用性,其产生的电热作用使微悬臂梁14产生弯曲变形,在加激励前使待测样品和微悬臂梁14的探针针尖15接触,施加激励后,弯曲的微悬臂梁14对对待测样品施加作用力;可通过控制输入电信号大小,精准控制梁的弯曲程度,以调节对待测样品精确施加微小作用力的大小;

[0033] 一惠斯通电桥16,包括四个U型压阻10,四个U型压阻10同时进行离子注入,该离子注入角度和注入量经过精确计算,来保证初始电阻值的一致性,其对称分布于探针基座13的上表面,其中一个为可变电阻,该可变电阻位于微悬臂梁14支撑端应变最大处,在微悬臂梁14发生弯曲时,该可变电阻的阻值发生变化,破坏了惠斯通电桥的平衡,输出信号发生变化,实现高灵敏和高精度的压阻检测。

[0034] 请参阅图2及图1所示,本发明还提供一种自激励自检测探针的制作方法,包括如下步骤:

[0035] 步骤1:采用SOI硅片作为衬底20,该衬底20由顶层硅1、埋氧层2和体硅3组成,SOI作为衬底尤其独特的优势,使刻蚀有了截止层,并且可通过控制顶层硅1和体硅3来定义器件的厚度,如图2a所示;

[0036] 步骤2:对衬底20进行热氧化,在衬底20的顶层硅1上形成二氧化硅层4,用作刻蚀针尖时的掩膜,如图2b所示;

[0037] 步骤3:采用等离子体增强化学气相淀积的方法在衬底20的体硅3上淀积一层二氧化硅层5,用作体硅3深刻蚀的掩膜,在此时对背面进行化学气相沉积保证了后续结构化过程中对顶层硅1的损伤小,污染少,提高了器件的洁净程度,如图2b所示。

[0038] 步骤4:对二氧化硅层4进行光刻,采用各向异性干法刻蚀,在二氧化硅层4上刻蚀出针尖的掩膜图形6,对针尖的掩膜尺寸进行了补偿,这是为克服后续的各向同性刻蚀针尖过程中出现的片内不均匀性而做出的补偿,保证了针尖尺寸的准确性和的一致性,如图2c所示;

[0039] 步骤5:对顶层硅1进行刻蚀,采用各向同性干法刻蚀方法,在针尖掩膜图形6下方形成硅针尖原胚7,通过调节干法刻蚀参数,如刻蚀功率、气压、时间等,结合版图补偿方案,可以精确控制针尖的尺寸,如图2d所示;

[0040] 步骤6:对上述衬底20上的顶层硅1进行光刻,并采用干法刻蚀工艺刻蚀顶层硅1形成微悬臂梁图形8,悬臂梁的厚度与步骤5中的刻蚀时间相关,在选定一定厚度的顶层硅的

前提下,步骤5刻蚀深度越大,后续的微悬臂梁14厚度越薄,如图2e所示;

[0041] 步骤7:采用低温氧化钝化技术,在950℃的温度下对针尖原胚7及微悬臂梁图形8进行热氧化,得到二氧化硅氧化层1'和氧化后的针尖9,该氧化层1'不仅做为后续离子注入掩膜,还起到对顶层硅1结构层保护作用,同时可以起到使注入离子散射的效果,在进行热氧化的过程中,对升温速度、氧化温度和氧化时间需要严格控制以得到光滑的针尖形貌,如图2f所示;

[0042] 步骤8:在二氧化硅氧化层1'上进行光刻,形成离子注入掩膜,分别以 $E+14/cm^2$ 的量级和 $E+15/cm^2$ 的量级向顶层硅1中注入B离子,形成U型压阻10和电学传输线结构11,注入计量的不同得到的压阻阻值不同,该注入计量可根据不同需求进行计算得出,该处注入计量只作列举,离子注入技术形成的U型电阻图形化,可提高对电流的束缚能力,四个U型压阻10同时进行离子注入,该离子注入角度和注入量经过精确计算,来保证初始电阻值的一致性,如图2g所示;

[0043] 步骤9:对顶层硅1上进行光刻、刻蚀,形成金属导电线结构,金属导电结构包括后续的微悬臂梁14表面上边缘及探针针尖15,同时还有欧姆接触单元,该接触单元和离子注入形成的电学传输线11相交以保证良好的接触性。然后采用光刻、蒸发、剥离金属工艺形成Cr/Pt/Au金属层结构,得到金属导电线12,金属导电层包括Cr/Pt/Au三层结构,Cr保证了金属导电线与硅之间的粘附性,Pt作为隔离层,防止Cr、Au层互扩散,Au使探针针尖15具有导电性好的特点,可用于电学检测,其阻值和微悬臂梁14的长度及蒸发金属层厚度相关,可根据具体应用进行调整,具有广泛的适用性,所述金属导电线12的两端为电压源或电流源的输入端,其产生的电热作用使后续的微悬臂梁14产生弯曲变形,对待测样品施加作用力;可通过控制输入电信号大小,精准控制梁的弯曲程度,对待测样品精确施加微小作用力,如图2h所示;

[0044] 步骤10:采用双面对准光刻技术,通过各向异性干法刻蚀二氧化硅层5,得到背面体硅深刻蚀的掩膜图形,在此掩膜下,采用深反应离子刻蚀技术,对体硅进行深刻蚀至埋氧层,得到探针基座13,体硅3刻蚀侧壁形貌将影响悬臂梁的长度,通过调节刻蚀参数,如刻蚀功率、气压、气流等,结合适当的掩膜补偿设计,实现悬臂梁尺寸的精确控制。由于刻蚀不均匀,需采用适当的检测手段,如台阶仪或3D显微镜,监测刻蚀深度,以保证高的制作成品率,如图2i所示;

[0045] 步骤11:采用HF缓冲液湿法腐蚀二氧化硅1',得到微悬臂梁14和探针针尖15,所述的微悬臂梁14在电热激励作用下发生弯曲形变时,位于微悬臂梁14支撑端的可变压阻阻值发生变化,得到检测信号,该检测信号由惠斯通电桥16的输出信号得出,微悬臂梁探针实现了高精度的电热自激励和压阻自检测功能,如图2j所示。

[0046] 所述的探针基座13的厚度大于微悬臂梁14的厚度。

[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。

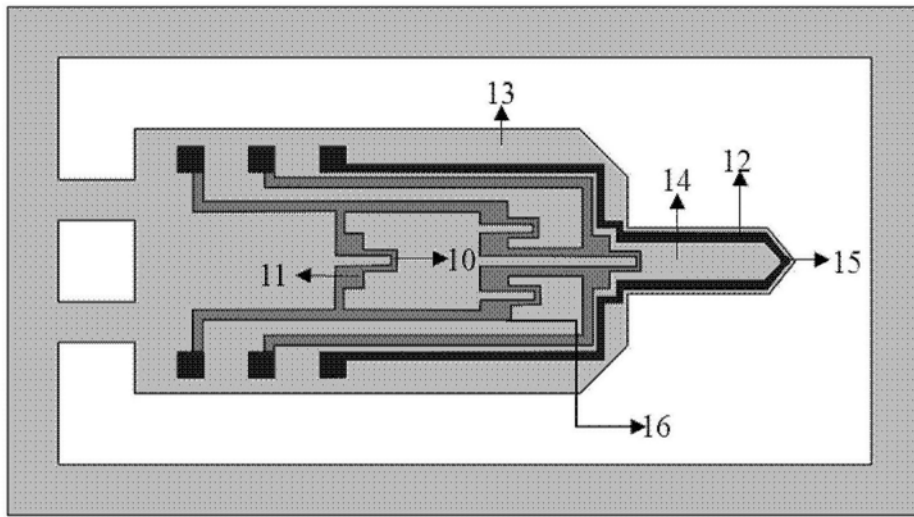


图1

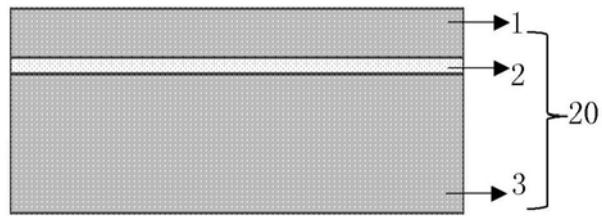


图2a

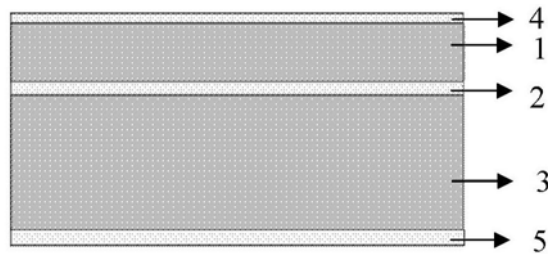


图2b

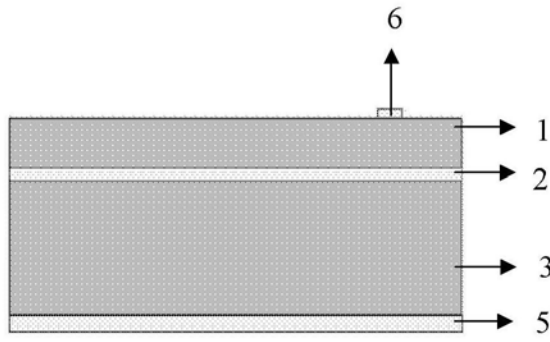


图2c

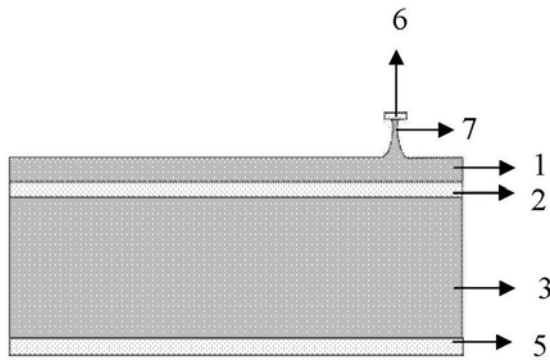


图2d

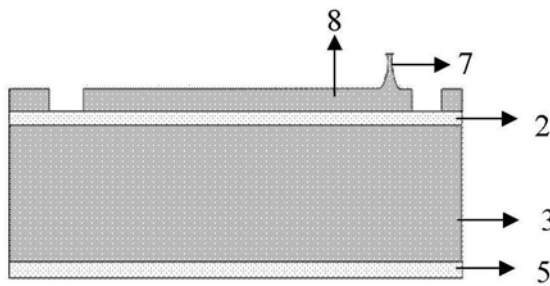


图2e

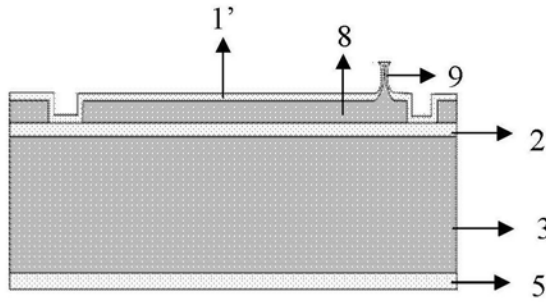


图2f

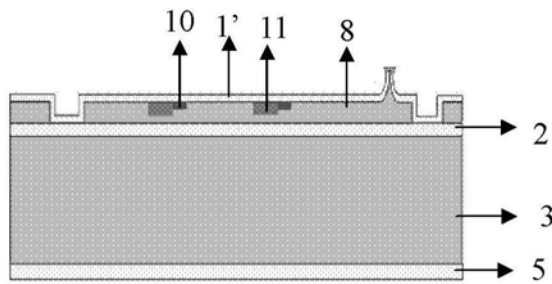


图2g

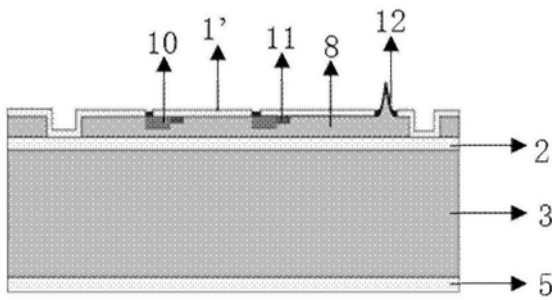


图2h

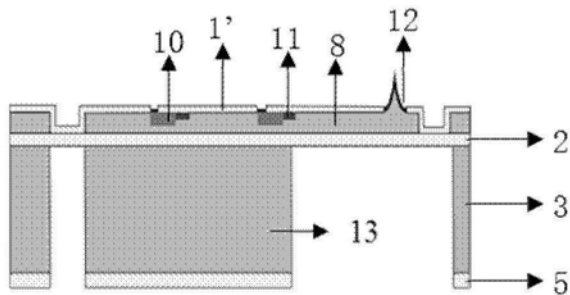


图2i

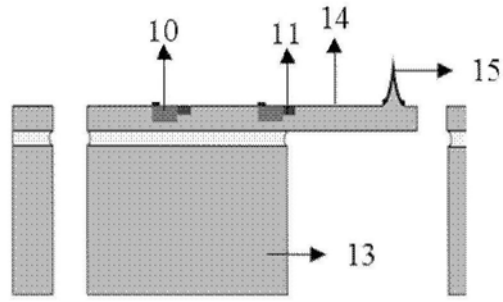


图2j