



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106918397 B

(45)授权公告日 2019.09.27

(21)申请号 201511005347.6

B81C 1/00(2006.01)

(22)申请日 2015.12.28

B81B 3/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106918397 A

(56)对比文件

CN 102741958 A, 2012.10.17,

CN 1898814 A, 2007.01.17,

CN 103985814 A, 2014.08.13,

CN 1442686 A, 2003.09.17,

CN 1389749 A, 2003.01.08,

CN 102667432 A, 2012.09.12,

WO 2014093304 A2, 2014.06.19,

CN 102007559 A, 2011.04.06,

CN 101195472 A, 2008.06.11,

EP 1630416 A1, 2006.03.01,

CN 102853926 A, 2013.01.02,

(43)申请公布日 2017.07.04

审查员 陈雪妮

(73)专利权人 中芯国际集成电路制造(上海)有限公司

地址 201203 上海市浦东新区张江路18号

专利权人 中芯国际集成电路制造(北京)有限公司

(72)发明人 阮炯明 张冬平

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 吴敏

(51)Int.Cl.

G01K 5/48(2006.01)

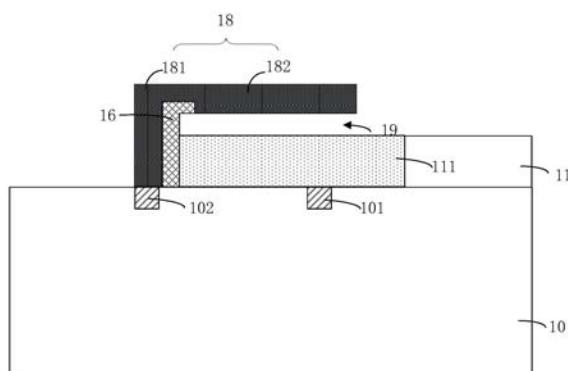
权利要求书2页 说明书10页 附图10页

(54)发明名称

MEMS器件、MEMS温度传感器及各自的制作方法

(57)摘要

一种改进现有MEMS器件悬臂梁可靠性的MEMS器件及其制作方法,以及改进现有MEMS温度传感器工艺及结构的MEMS温度传感器及其制作方法。其中,对于MEMS器件,在悬臂梁的可动部与固定部的连接处增加折形结构,对该连接处进行加强,避免其折断。对于MEMS温度传感器,在悬臂梁可动部下表面或上表面设置与其热膨胀系数不同的应变片,使得测量过程中,悬臂梁可动部由于热膨胀系数与应变片不同而发生翘曲形变,悬臂梁可动部与固定电极之间电容发生变化,从而对温度进行探测。



1. 一种MEMS器件的制作方法,其特征在于,包括:

提供基底,所述基底具有分别适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域;

在所述基底表面形成第一材料层,所述第一材料层的部分区域用于形成固定电极,用于形成固定电极的该部分区域的第一材料层覆盖所述基底表面适于与固定电极连接的目标电连接区域;

在所述第一材料层的上表面形成牺牲层;

对所述牺牲层以及第一材料层进行图形化,以至少暴露出所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域;

在所述牺牲层上表面、牺牲层与第一材料层侧壁表面以及暴露出的基底上表面形成第二材料层;

对所述第二材料层进行图形化以形成折形结构,所述折形结构包括位于所述牺牲层上表面的水平部分以及位于所述第一材料层与牺牲层侧壁表面的竖直部分,所述水平部分暴露出部分区域的牺牲层上表面,所述竖直部分暴露出所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域;

在所述暴露出的基底上表面、折形结构表面以及牺牲层上表面形成第三材料层,包覆所述折形结构竖直部分的第三材料层形成悬臂梁的固定部,所述固定部落于所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域;

对包覆所述折形结构水平部分以及位于牺牲层上表面的第三材料层进行图形化,以形成悬臂梁的可动部;

去除所述牺牲层,以释放悬臂梁的可动部。

2. 根据权利要求1所述的制作方法,其特征在于,所述第二材料层的断裂韧性强于所述第三材料层的断裂韧性。

3. 根据权利要求1或2所述的制作方法,其特征在于,所述第一材料层的材质为掺杂硅、所述第二材料层的材质为二氧化硅或未掺杂的多晶硅、所述第三材料层的材质为掺杂硅锗。

4. 根据权利要求3所述的制作方法,其特征在于,所述牺牲层的材质为锗。

5. 根据权利要求4所述的制作方法,其特征在于,形成牺牲层、第三材料层的方法为在炉管中外延生长。

6. 根据权利要求1所述的制作方法,其特征在于,对所述第二材料层进行图形化以形成折形结构前,还包括:

对形成的第二材料层图形化以去除基底表面的第二材料层;

以及对牺牲层上表面的第二材料层进行减薄。

7. 一种MEMS器件,其特征在于,包括:

基底,所述基底具有分别适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域;

位于所述基底表面的固定电极,所述固定电极连接于所述基底表面适于与固定电极连接的目标电连接区域;

折形结构,包括相互连接的水平部分与竖直部分,所述竖直部分的上部部分区段、水平部分与所述固定电极之间形成了空腔,所述竖直部分除上部部分区段外的其余部分覆盖所述固定电极的侧壁表面;

悬臂梁，包括固定部与可动部，所述固定部以及固定部与可动部的连接处包覆所述折形结构，所述固定部连接于所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域，所述可动部悬浮于所述空腔的顶部。

8. 根据权利要求7所述的MEMS器件，其特征在于，所述折形结构的断裂韧性强于所述悬臂梁的断裂韧性。

9. 根据权利要求7或8所述的MEMS器件，其特征在于，所述固定电极的材质为掺杂硅、所述折形结构的材质为二氧化硅或未掺杂的多晶硅、所悬臂梁的材质为掺杂硅锗。

10. 根据权利要求7所述的MEMS器件，其特征在于，适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域为MOS晶体管的源漏区、栅极、金属互连结构的金属图案、或导电插塞。

## MEMS器件、MEMS温度传感器及各自的制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域，尤其涉及一种MEMS器件、MEMS温度传感器及各自的制作方法。

### 背景技术

[0002] 从二十世纪八十年代末开始，随着微机电系统 (Micro-Electro-Mechanical-System, MEMS) 技术的发展，各种传感器，例如加速度传感器、温度传感器实现了微小型化，以MEMS技术为基础的MEMS传感器由于采用MEMS加工工艺，实现了批量生产，克服了原有传感器体积大、成本高等缺点，成为未来发展的主要方向。

[0003] 然而现有的MEMS器件也存在一些问题。

[0004] 其一：目前的MEMS传感器通常采用电容式传感，所述电容式传感器一般包括固定电极、以及与固定电极之间发生电容变化的可移动敏感元素(一般称可动电极)。在MEMS传感器中，可动电极一般也充当质量块以减少整个器件体积重量，就质量块本身来说，质量越大，惯性越大。悬臂梁以其结构简单，是一种常见的可动电极。

[0005] 对于悬臂梁结构，由于其长度远大于梁截面高、宽尺寸，若增加质量块，会导致悬臂梁扰度较大、存在根部断裂的风险。此外，现有的悬臂梁为一体式结构，这也增大了悬臂梁根部断裂的风险。

[0006] 其二：现有的MEMS温度传感器结构复杂，成本较高、传感灵敏度低。

[0007] 有鉴于此，本发明提供一种MEMS器件、MEMS温度传感器及各自的制作方法，以分别改进现有的MEMS器件、MEMS温度传感器。

### 发明内容

[0008] 本发明解决的问题是如何提高MEMS器件、MEMS温度传感器的性能、简化结构。

[0009] 为解决上述问题，本发明的一方面提供一种MEMS器件的制作方法，包括：

[0010] 提供基底，所述基底具有分别适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0011] 在所述基底表面形成第一材料层，所述第一材料层的部分区域用于形成固定电极，用于形成固定电极的该部分区域的第一材料层覆盖所述基底表面适于与固定电极连接的目标电连接区域；

[0012] 在所述第一材料层的上表面形成牺牲层；

[0013] 对所述牺牲层以及第一材料层进行图形化，以至少暴露出所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0014] 在所述牺牲层上表面、牺牲层与第一材料层侧壁表面以及暴露出的基底上表面形成第二材料层；

[0015] 对所述第二材料层进行图形化以形成折形结构，所述折形结构包括位于所述牺牲层上表面的水平部分以及位于所述第一材料层与牺牲层侧壁表面的竖直部分，所述水平部分暴露出部分区域的牺牲层上表面，所述竖直部分暴露出所述基底表面适于与悬臂梁连接

的目标电连接区域；

[0016] 在所述暴露出的基底上表面、折形结构表面以及牺牲层上表面形成第三材料层，包覆所述折形结构竖直部分的第三材料层形成悬臂梁的固定部，所述固定部位于所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0017] 对包覆所述折形结构水平部分以及位于牺牲层上表面的第三材料层进行图形化，以形成悬臂梁的可动部；

[0018] 去除所述牺牲层，以释放悬臂梁的可动部。

[0019] 可选地，所述第二材料层的断裂韧性强于所述第三材料层的断裂韧性。

[0020] 可选地，所述第一材料层的材质为掺杂硅、所述第二材料层的材质为二氧化硅或未掺杂的多晶硅、所述第三材料层的材质为掺杂硅锗。

[0021] 可选地，所述牺牲层的材质为锗。

[0022] 可选地，形成牺牲层、第三材料层的方法为在炉管中外延生长。

[0023] 可选地，对所述第二材料层进行图形化以形成折形结构前，还包括：

[0024] 对形成的第二材料层图形化以去除基底表面的第二材料层；

[0025] 以及对牺牲层上表面的第二材料层进行减薄。

[0026] 基于上述的制作方法，本发明还提供一种MEMS器件，包括：

[0027] 基底，所述基底具有分别适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0028] 位于所述基底表面的固定电极，所述固定电极连接于所述基底表面适于与固定电极连接的目标电连接区域；

[0029] 折形结构，包括相互连接的水平部分与竖直部分，所述竖直部分的上部部分区段、水平部分与所述固定电极之间形成了空腔，所述竖直部分除上部部分区段外的其余部分覆盖所述固定电极的侧壁表面；

[0030] 悬臂梁，包括固定部与可动部，所述固定部以及固定部与可动部的连接处包覆所述折形结构，所述固定部连接于所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域，所述可动部悬浮于所述空腔的顶部。

[0031] 可选地，所述折形结构的断裂韧性强于所述悬臂梁的断裂韧性。

[0032] 可选地，所述固定电极的材质为掺杂硅、所述折形结构的材质为二氧化硅或未掺杂的多晶硅、所悬臂梁的材质为掺杂硅锗。

[0033] 可选地，适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域为MOS晶体管的源漏区、栅极、金属互连结构的金属图案、或导电插塞。

[0034] 此外，本发明的另一方面还提供一种MEMS温度传感器的制作方法，包括：

[0035] 提供基底，所述基底具有分别适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0036] 在所述基底表面形成第一材料层，所述第一材料层的部分区域用于形成固定电极，用于形成固定电极的该部分区域的第一材料层覆盖所述基底表面适于与固定电极连接的目标电连接区域；

[0037] 对所述第一材料层进行图形化，以至少暴露出所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0038] 在所述第一材料层上表面、侧壁表面以及暴露出的基底上表面沉积隔离材料层；去除所述第一材料层上表面、基底上表面的隔离材料层，保留位于第一材料层侧壁表面的

隔离材料层；

[0039] 在所述第一材料层上表面、保留的隔离材料层的顶表面、侧壁表面以及暴露出的基底上表面形成牺牲层；去除所述隔离材料层侧壁表面、基底上表面的牺牲层，保留位于第一材料层上表面、隔离材料层的顶表面的牺牲层；

[0040] 在所述暴露出的基底上表面、牺牲层上表面、侧壁表面以及隔离材料层侧壁表面形成第二材料层，化学机械研磨去除所述牺牲层上表面的第二材料层，包覆所述隔离材料层的所述第二材料层的底部落于所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0041] 在暴露出的牺牲层以及第二材料层顶部表面形成第三材料层，所述第三材料层用于形成应变片，所述第三材料层的热膨胀系数与所述第二材料层的热膨胀系数不同；

[0042] 对所述第三材料层进行图形化，以暴露出所述第二材料层顶部表面的部分区域；

[0043] 在所述第二材料层表面、以及第三材料层上表面再次形成第二材料层，所述第二材料层用于形成悬臂梁；

[0044] 图形化所述第二材料层与第三材料层，图形化的第三材料层形成应变片，图形化的第二材料层形成悬臂梁；

[0045] 去除所述牺牲层，以释放应变片与悬臂梁。

[0046] 可选地，所述第一材料层的材质为掺杂硅、所述第二材料层的材质为掺杂多晶硅、所述第三材料层的材质为二氧化硅。

[0047] 可选地，所述牺牲层的材质为锗。

[0048] 可选地，形成牺牲层的方法为在炉管中外延生长。

[0049] 区别于上述制作方法，本发明的再一方面还提供一种MEMS温度传感器的制作方法，包括：

[0050] 提供基底，所述基底具有分别适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0051] 在所述基底表面形成第一材料层，所述第一材料层的部分区域用于形成固定电极，用于形成固定电极的该部分区域的第一材料层覆盖所述基底表面适于与固定电极连接的目标电连接区域；

[0052] 对所述第一材料层进行图形化，以至少暴露出所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0053] 在所述第一材料层上表面、侧壁表面以及暴露出的基底上表面沉积隔离材料层；去除所述第一材料层上表面、基底上表面的隔离材料层，保留位于第一材料层侧壁表面的隔离材料层；

[0054] 在所述第一材料层上表面、保留的隔离材料层的顶表面、侧壁表面以及暴露出的基底上表面形成牺牲层；去除所述隔离材料层侧壁表面、基底上表面的牺牲层，保留位于第一材料层上表面、隔离材料层的顶表面的牺牲层；

[0055] 在所述暴露出的基底上表面、牺牲层上表面、侧壁表面以及隔离材料层侧壁表面形成第二材料层，包覆所述隔离材料层的所述第二材料层的底部落于所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域；

[0056] 在所述第二材料层上表面形成第三材料层，所述第三材料层用于形成应变片，所述第三材料层的热膨胀系数与所述第二材料层的热膨胀系数不同；

[0057] 图形化所述第三材料层、第二材料层以及牺牲层，图形化的第三材料层形成应变

片,图形化的第二材料层形成悬臂梁;

[0058] 去除所述牺牲层,以释放应变片与悬臂梁。

[0059] 可选地,所述第一材料层的材质为掺杂硅、所述第二材料层的材质为掺杂多晶硅、所述第三材料层的材质为二氧化硅。

[0060] 可选地,所述牺牲层的材质为锗。

[0061] 基于上述两种制作方法,本发明还提供一种MEMS温度传感器,包括:

[0062] 基底,所述基底具有分别适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域;

[0063] 位于所述基底表面的固定电极,所述固定电极连接于所述基底表面适于与固定电极连接的目标电连接区域;

[0064] 应变片,悬浮于所述固定电极顶部;

[0065] 悬臂梁,包括固定部与可动部,所述固定部包覆所述固定电极的侧壁,所述固定部与所述固定电极的侧壁表面之间具有隔离材料层,所述固定部连接于所述基底表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域;所述可动部与应变片热膨胀系数不同,构成双层可动结构;所述固定部、双层可动结构与所述固定电极之间形成了空腔,所述双层可动结构悬浮于所述空腔的顶部。

[0066] 可选地,所述双层可动结构中,所述可动部位于应变片上表面,所述悬臂梁的固定部包覆所述应变片的一端,所述固定部、应变片与所述固定电极之间形成空腔。

[0067] 可选地,所述双层可动结构中,所述应变片位于可动部上表面,所述固定部、可动部与所述固定电极之间形成空腔。

[0068] 可选地,所述固定电极的材质为掺杂硅、所述悬臂梁的材质为掺杂多晶硅、所述应变片的材质为二氧化硅。

[0069] 可选地,所述隔离材料层的材质为氮化钛。

[0070] 可选地,适于与固定电极、悬臂梁连接的目标电连接区域为MOS晶体管的源漏区、栅极、金属互连结构的金属图案、或导电插塞。

[0071] 与现有技术相比,本发明的技术方案具有以下优点:对于MEMS器件,1)在悬臂梁的可动部与固定部的连接处增加折形结构,对可动部与固定部的连接处进行加强,避免其折断。

[0072] 2)可选方案中,折形结构的断裂韧性强于悬臂梁的断裂韧性,进一步对该连接处进行了加强。

[0073] 对于MEMS温度传感器,1)在悬臂梁可动部上表面或下表面设置与其热膨胀系数不同的应变片,使得测量过程中,悬臂梁可动部由于热膨胀系数与应变片不同而发生翘曲形变,悬臂梁可动部与固定电极之间电容发生变化,从而对温度进行探测。

[0074] 2)可选方案中,悬臂梁的材质为掺杂多晶硅(热膨胀系数 $2.5 \times 10^{-6} \text{m/k}$ )、应变片的材质为二氧化硅(热膨胀系数 $0.5 \times 10^{-6} \text{m/k}$ ),两者热膨胀系数差异较大,悬臂梁可动部翘曲明显,检测灵敏度较高。

## 附图说明

[0075] 图1至图8是本发明一实施例的MEMS器件在不同制作阶段的结构示意图;

[0076] 图9至图18是本发明一实施例的MEMS温度传感器在不同制作阶段的结构示意图;

[0077] 图19至图20是本发明再一实施例的MEMS温度传感器在不同制作阶段的结构示意图。

### 具体实施方式

[0078] 如背景技术中所述,现有技术中的MEMS器件、MEMS温度传感器的性能有待提高、结构有待简化。为了解决上述技术问题,本发明分别提供了MEMS器件及其制作方法、MEMS温度传感器及其制作方法加以解决。

[0079] 具体地,对于MEMS器件,在悬臂梁的固定部与可动部的连接处增加折形结构,对悬臂梁的可动部连接处进行加强,避免其折断。

[0080] 对于MEMS温度传感器,在悬臂梁可动部下表面设置与其热膨胀系数不同的应变片,使得测量过程中,悬臂梁可动部由于热膨胀系数与应变片不同而发生翘曲形变,悬臂梁可动部与固定电极之间电容发生变化,从而对温度进行探测。

[0081] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施例做详细的说明。

[0082] 图1至图8是本发明一实施例的MEMS器件在不同制作阶段的结构示意图。以下参照图1至图8所示,详细介绍MEMS器件的制作方法及制作的MEMS器件。

[0083] 首先参照图1所示,提供基底10,该基底具有分别适于与固定电极111、悬臂梁18(参见图8所示)连接的目标电连接区域101、102。

[0084] 基底10可以为半导体衬底,例如硅、锗、绝缘体上硅等,也可以为半导体衬底及其上的金属互连结构。目标电连接区域101、102可以为MOS晶体管的源漏区、栅极、金属互连结构的金属图案、或导电插塞,其上表面与对其电绝缘的绝缘材质上表面齐平。

[0085] 接着,仍参照图1所示,在基底10表面形成第一材料层11,该第一材料层11的部分区域用于形成固定电极111。

[0086] 第一材料层11的材质可以为半导体材质,用于形成固定电极的该部分区域为导电材质,覆盖基底10表面适于与固定电极111连接的目标电连接区域101。本实施例中第一材料层11为单晶硅,通过对单晶硅的部分区域进行重离子掺杂,形成类似N阱或P阱的重掺杂区以形成导电的固定电极111。其中的掺杂元素可以为硼等P型杂质,也可以为磷等N型杂质。其它实施例中,第一材料层11也可以为锗等其它半导体材质。

[0087] 之后,仍参照图1所示,在第一材料层11的上表面形成牺牲层12。

[0088] 牺牲层12的材质可以为易在第一材料层11表面生长、且与第一材料层11去除选择比较大的材质,本实施例中为锗,形成方法例如为炉管中进行的外延生长。其它实施例中,也可以采用聚酰亚胺等有机材质。

[0089] 参照图2所示,对牺牲层12以及第一材料层11进行图形化,以至少暴露出基底10表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域102。

[0090] 本步骤的图形化可以以图案化的光刻胶13为掩膜,干法刻蚀实现。

[0091] 之后,参照图3所示,在牺牲层12上表面、牺牲层12与第一材料层11侧壁表面以及暴露出的基底10表面形成第二材料层14;接着,对第二材料层14进行图形化,去除基底10表面的第二材料层14。

[0092] 在具体实施过程中,第二材料层14的材质可以为二氧化硅、未掺杂多晶硅等绝缘

材质,其断裂韧性强于后续形成第三材料层的断裂韧性,以对后续第三材料层形成的悬臂梁的弯折部进行加强,防止其在摆动过程中断裂。

[0093] 本步骤的图形化也可以采用光刻,干法刻蚀实现。

[0094] 接着,参照图4所示,对牺牲层12上表面的第二材料层14进行化学机械研磨,以减薄该第二材料层14。经减薄所保留的第二材料层记为14'。本步骤为可选步骤。

[0095] 再接着,参照图4与图5所示,对减薄后的第二材料层14'进行图形化以形成折形结构16,该折形结构16包括位于牺牲层12上表面的水平部分162以及位于第一材料层11与牺牲层12侧壁表面的竖直部分161,水平部分161暴露出部分区域的牺牲层12上表面,竖直部分161暴露出基底10表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域102。

[0096] 参照图4所示,本步骤的图形化可以以图案化的光刻胶15为掩膜,干法刻蚀实现。图形化过程中,也可以对位于第一材料层11与牺牲层12侧壁表面的第二材料层14'进行部分去除,以调节适于与悬臂梁连接的目标电连接区域102的暴露区域。

[0097] 接着参照图6所示,在暴露出的基底10上表面、折形结构16表面以及牺牲层12上表面形成第三材料层17,包覆折形结构竖直部分161的第三材料层17形成悬臂梁18的固定部181(参照图8所示),该固定部181落于基底10表面适于与悬臂梁18连接的目标电连接区域102。

[0098] 第三材料层17的材质可以为导电材质,本实施例中为掺杂的硅锗,形成方法例如为在炉管中外延生长。其中的掺杂元素可以为硼等P型杂质,也可以为磷等N型杂质,可以为生长硅锗工艺中原位掺杂,也可以对生长的硅锗进行离子注入形成。其它实施例中,也可以为掺杂多晶硅、掺杂硅等导电材质。

[0099] 可以看出,折形结构16的竖直部分161起到了电绝缘悬臂梁18与固定电极111的作用。

[0100] 之后参照图7所示,对包覆折形结构16水平部分161以及位于牺牲层12上表面的第三材料层17进行图形化,以形成悬臂梁18的可动部182。

[0101] 本步骤中,对第三材料层17进行图形化可以采用光刻、干法刻蚀实现。参照图7所示,可以看出,固定电极111的区域大于悬臂梁18的区域,更精确探测两者之间电容变化。

[0102] 可动部182的图形化过程中,也可以同时去除基底10上表面的第三材料层17,仅保留折形结构竖直部分161侧壁表面的第三材料层17,或去除基底10上表面部分区域的第三材料层17,使得该第三材料层17形成的悬臂梁18可以与基底10表面的适于与悬臂梁连接的目标电连接区域102电连接即可。

[0103] 接着参照图8所示,去除牺牲层12,以释放悬臂梁18。

[0104] 本步骤中,牺牲层12的材质为锗,采用H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液去除。其他实施例中,牺牲层12若为聚酰亚胺等有机材质,可以采用灰化法去除。

[0105] 经释放的悬臂梁18包括固定部181与可动部182,可动部182悬浮于空腔19的上部。

[0106] 基于上述的制作方法,形成了一种MEMS器件,参照图8所示,该MEMS器件包括:

[0107] 基底10,该基底具有分别适于与固定电极111、悬臂梁18连接的目标电连接区域101、102;

[0108] 位于基底10表面的固定电极111,固定电极111连接于基底表面适于与固定电极111连接的目标电连接区域101;

[0109] 折形结构16,包括相互连接的水平部分162与竖直部分161,竖直部分161的上部部分区段、水平部分162与固定电极111之间形成了空腔,竖直部分161除上部部分区段外的其余部分覆盖固定电极111的侧壁表面;

[0110] 悬臂梁18,包括固定部181与可动部182,固定部181以及固定部181与可动部182的连接处包覆折形结构16,固定部181连接于基底10表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域102,可动部182悬浮于空腔19的顶部。

[0111] 可以理解的是,可动部182的上下摆动,改变了可动部182与固定电极111之间的间距,进而改变了两者之间的电容,通过目标电连接区域101、102的电信号即可获得上述变化。

[0112] 可动部182在摆动过程中,可动部182与固定部181的连接处由于有折形结构16的加强,因而不易断裂。优选地,该折形结构16的材质的断裂韧性强于可动部182与固定部181构成的悬臂梁18的断裂韧性,以进一步提高上述MEMS器件悬臂梁的可靠性。

[0113] 图9至图18是本发明一实施例的MEMS温度传感器在不同制作阶段的结构示意图。以下参照图9至图18所示,详细介绍MEMS温度传感器的制作方法及制作的MEMS温度传感器。

[0114] 首先参照图9所示,提供基底20,基底20具有分别适于与固定电极211、悬臂梁29(参照图18所示)连接的目标电连接区域201、202。

[0115] 基底20可以为半导体衬底,例如硅、锗、绝缘体上硅等,也可以为半导体衬底及其上的金属互连结构。目标电连接区域201、202可以为MOS晶体管的源漏区、栅极、金属互连结构的金属图案、或导电插塞,其上表面与对其电绝缘的绝缘材质上表面齐平。

[0116] 接着,仍参照图9所示,在基底20表面形成第一材料层21,该第一材料层21的部分区域用于形成固定电极211。

[0117] 第一材料层21的材质可以为半导体材质,用于形成固定电极的该部分区域为导电材质,覆盖基底20表面适于与固定电极211连接的目标电连接区域201。本实施例中第一材料层21为单晶硅,通过对单晶硅的部分区域进行重离子掺杂,形成类似N阱或P阱的重掺杂区以形成导电的固定电极211。其中的掺杂元素可以为硼等P型杂质,也可以为磷等N型杂质。其它实施例中,第一材料层21也可以为锗等其它半导体材质。

[0118] 参照图10所示,对第一材料层21进行图形化,以至少暴露出基底20表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域202。

[0119] 本步骤的图形化可以以图案化的光刻胶22为掩膜,干法刻蚀实现。

[0120] 参照图11所示,在第一材料层21上表面、侧壁表面以及暴露出的基底20上表面沉积隔离材料层24。之后,去除第一材料层21上表面、基底20上表面的隔离材料层24,保留位于第一材料层21侧壁表面的隔离材料层24。

[0121] 隔离材料层24的材质为绝缘材质,本实施例中为氮化钛,形成方法例如为化学气相沉积法。隔离材料层24的厚度例如为400Å~700 Å。

[0122] 本步骤中,去除基底20上表面的隔离材料层24可以采用光刻、干法刻蚀实现。去除第一材料层21上表面的隔离材料层24可以采用化学机械研磨实现。保留位于第一材料层21侧壁表面的隔离材料层24作用是隔离后续形成的固定电极211与悬臂梁29(参见图17所示)。

[0123] 参照图12所示,在第一材料层21上表面、保留的隔离材料层24的顶表面、侧壁表面

以及暴露出的基底20上表面形成牺牲层25；去除隔离材料层24侧壁表面、基底20上表面的牺牲层25，保留位于第一材料层21上表面、隔离材料层24的顶表面的牺牲层25。

[0124] 牺牲层25的材质可以为易在第一材料层21表面生长、且与第一材料层21去除选择比较大的材质，本实施例中为锗，形成方法例如为炉管中外延生长。其它实施例中，也可以采用聚酰亚胺等有机材质。

[0125] 本步骤中，可以通过光刻、干法刻蚀去除基底20的上表面、隔离材料层24侧壁表面的牺牲层25，也可以通过在第一材料层21上表面、隔离材料层24的顶表面的牺牲层25上形成保护层，后通过H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液湿法腐蚀去除暴露的牺牲层25。

[0126] 之后，参照图13所示，在暴露出的基底20上表面、牺牲层25上表面、侧壁表面以及隔离材料层24侧壁表面形成第二材料层26，参照图14所示，化学机械研磨去除牺牲层25上表面的第二材料层26，包覆隔离材料层24的第二材料层26的底部落于基底20表面适于与悬臂梁连接的目标电连接区域202。

[0127] 本步骤中，第二材料层26的材质可以为导电材质，本实施例中为掺杂多晶硅，形成方法例如为炉管中外延生长。其中的掺杂元素可以为硼等P型杂质，也可以为P等N型杂质，可以为生长多晶硅工艺中原位掺杂，也可以对生长的多晶硅进行离子注入形成。其它实施例中，也可以为掺杂锗、掺杂硅等导电材质。

[0128] 在具体实施过程中，参照图14所示，可以通过光刻、干法刻蚀去除基底20上表面的掺杂多晶硅层。

[0129] 参照图15所示，在暴露出的牺牲层25以及第二材料层26顶部表面形成第三材料层27，第三材料层27用于形成应变片，第三材料层27的热膨胀系数与第二材料层26的热膨胀系数不同。

[0130] 第三材料层27优选与第二材料层26热膨胀系数差异较大的材质，在具体实施过程中，第三材料层27的热膨胀系数可以小于第二材料层26的热膨胀系数，本实施例中为二氧化硅。

[0131] 本步骤中，可以先在牺牲层25上表面、第二材料层26顶部表面、侧壁表面以及暴露出的基底20上表面化学气相沉积一层第三材料层27、后通过光刻、干法刻蚀去除基底20上表面、第二材料层26侧壁表面的第三材料层27。

[0132] 之后仍参照图15所示，对第三材料层27进行图形化，以暴露出所述第二材料层26顶部表面的部分区域。

[0133] 本步骤中，第三材料层27的图形化可以以图案化的光刻胶28为掩膜，干法刻蚀实现。

[0134] 接着参照图16所示，在暴露出的基底20上表面、第二材料层26侧壁、顶部表面以及第三材料层27上表面再次形成第二材料层26，第二材料层26用于形成悬臂梁29（参照图17所示）。

[0135] 本步骤中，可以通过光刻、干法刻蚀去除基底20上表面的第二材料层26，并对第二材料层26侧壁表面再次形成的第二材料层26进行完全或部分去除，以调节落于适于与悬臂梁连接的目标电连接区域202的尺寸。

[0136] 之后参照图17所示，图形化第二材料层26与第三材料层27，图形化的第三材料层27形成应变片27'，图形化的第二材料层26形成悬臂梁29。

- [0137] 本步骤的图形化可以采用光刻、干法刻蚀实现。
- [0138] 接着参照图18所示,去除牺牲层25,以释放应变片27'与悬臂梁29。
- [0139] 本步骤中,牺牲层25的材质为锗,例如采用H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液去除。其他实施例中,牺牲层25若为聚酰亚胺等有机材质,可以采用灰化法去除。
- [0140] 经释放的悬臂梁29包括固定部291与可动部292,可动部292悬浮于空腔30的上部。
- [0141] 基于上述的制作方法,形成了一种MEMS温度传感器,参照图18所示,该MEMS温度传感器包括:
- [0142] 基底20,基底具有分别适于与固定电极211、悬臂梁29连接的目标电连接区域201、202;
- [0143] 位于基底20表面的固定电极211,固定电极211连接于基底20表面适于与固定电极211连接的目标电连接区域201;
- [0144] 应变片27',悬浮于固定电极211顶部;
- [0145] 悬臂梁29,包括固定部291与可动部292,固定部291包覆应变片27'的一端以及固定电极211的侧壁,固定部291与固定电极211的侧壁表面之间具有隔离材料层24,固定部291连接于基底20表面适于与悬臂梁29连接的目标电连接区域202;固定部291、应变片27'与固定电极211之间形成了空腔30;可动部292与应变片27'的热膨胀系数不同,构成双层可动结构,该双层可动结构悬浮于空腔30的顶部。
- [0146] 可以理解的是,可动部292与应变片27'构成的双层可动结构中,由于可动部292、应变片27'的热膨胀系数不同,因而温度传感器测量过程中,悬臂梁可动部292由于与应变片27'的热膨胀不同而发生翘曲形变,这造成悬臂梁可动部292与固定电极211之间电容发生变化,从而通过两目标电连接区域201、202的电信号即可对温度进行探测。
- [0147] 可以理解的是,图18所示的MEMS温度传感器的双层可动结构中,可动部292位于应变片27'上表面,空腔30由固定部291、应变片27'与固定电极211之间围合而成。上述结构的好处在于:应变片27'的一端被悬臂梁29的固定部291包覆,因而双层可动结构在上下偏移中结构牢固。
- [0148] 不同于上述的双层可动结构,本发明再一实施例还提供一种制作简单的双层可动结构,具体制作方法及制作的具有该双层可动结构的MEMS温度传感器参见图19至20所示。
- [0149] 需要说明的是,以下仅描述与图9至图18实施例中的MEMS温度传感器制作方法的不同之处,相同之处请参见前述描述部分。
- [0150] 本实施例的MEMS温度传感器在图13所示结构基础上,具体地,参照图19所示,在暴露出的基底20上表面、牺牲层25上表面、侧壁表面以及隔离材料层24侧壁表面形成第二材料层26后,并未对牺牲层25上表面的第二材料层26进行去除,而是在第二材料层26上表面形成第三材料层27,第三材料层27用于形成应变片27'。
- [0151] 牺牲层25上表面的第二材料层26后续用于形成悬臂梁29的可动部292,为提高灵敏度,可以对牺牲层25上表面的第二材料层26进行减薄工序,例如采用化学机械研磨实现。
- [0152] 第三材料层27的热膨胀系数与第二材料层26的热膨胀系数不同,两者优选热膨胀系数差异较大的材质,例如第三材料层27为二氧化硅,第二材料层26材质为掺杂多晶硅。
- [0153] 在具体实施过程中,可以先在第二材料层26顶部表面、侧壁表面以及暴露出的基底20上表面化学气相沉积一层第三材料层27、后通过光刻、干法刻蚀去除基底20上表面、第

二材料层26侧壁表面的第三材料层27。

[0154] 之后,参照图20所示,图形化第三材料层27与第二材料层26,图形化的第三材料层27形成应变片27',图形化的第二材料层26形成悬臂梁29。该悬臂梁29包括固定部291与可动部292。图形化过程中,可以去除基底20表面的第二材料层26,并对隔离材料层24侧壁表面的第二材料层26部分去除,以调节落于适于与悬臂梁连接的目标电连接区域202的尺寸。

[0155] 本步骤的图形化可以采用光刻、干法刻蚀实现。

[0156] 再接着,仍参照图20所示,去除牺牲层25,以释放应变片27'与悬臂梁29。

[0157] 本步骤中,若牺牲层25的材质为锗,则采用H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液去除;若为聚酰亚胺等有机材质,则可以采用灰化法去除。

[0158] 参照图20可以看出,上述方法形成的MEMS温度传感器的双层可动结构中,应变片27'位于可动部292上表面。此外,空腔30由固定部291、可动部292与固定电极211之间形成。

[0159] 双层可动结构中,不论应变片27'位于可动部292上表面还是下表面,其受热后由于两者热膨胀系数不同,因而会发生翘曲形变,造成悬臂梁可动部292与固定电极211之间电容发生变化,借此可以对温度进行测量。

[0160] 虽然本发明披露如上,但本发明并非限定于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

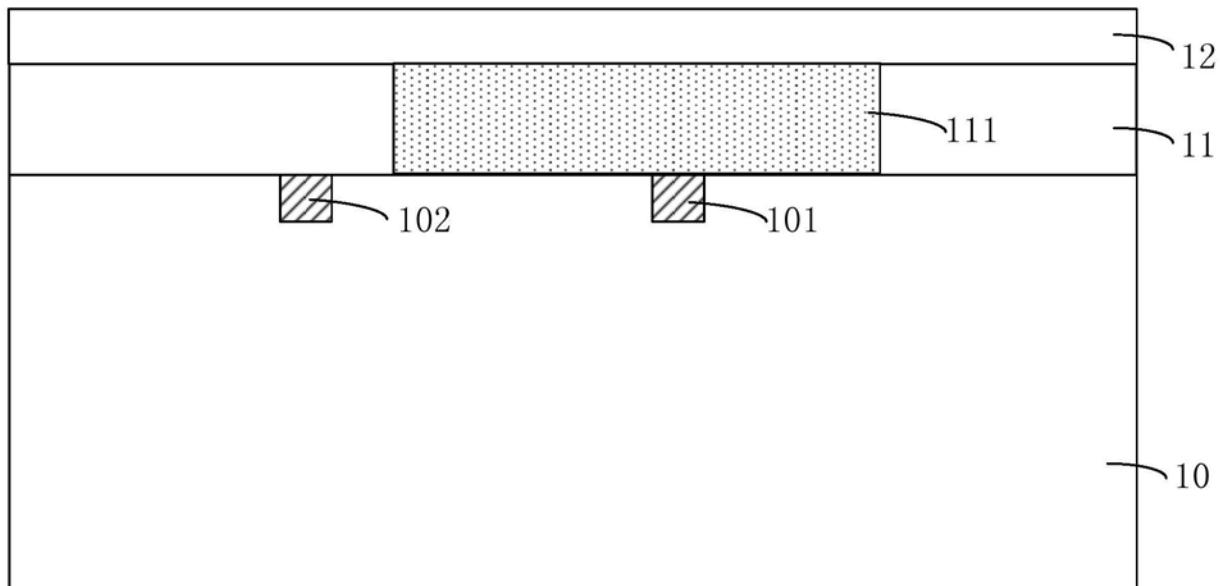


图1

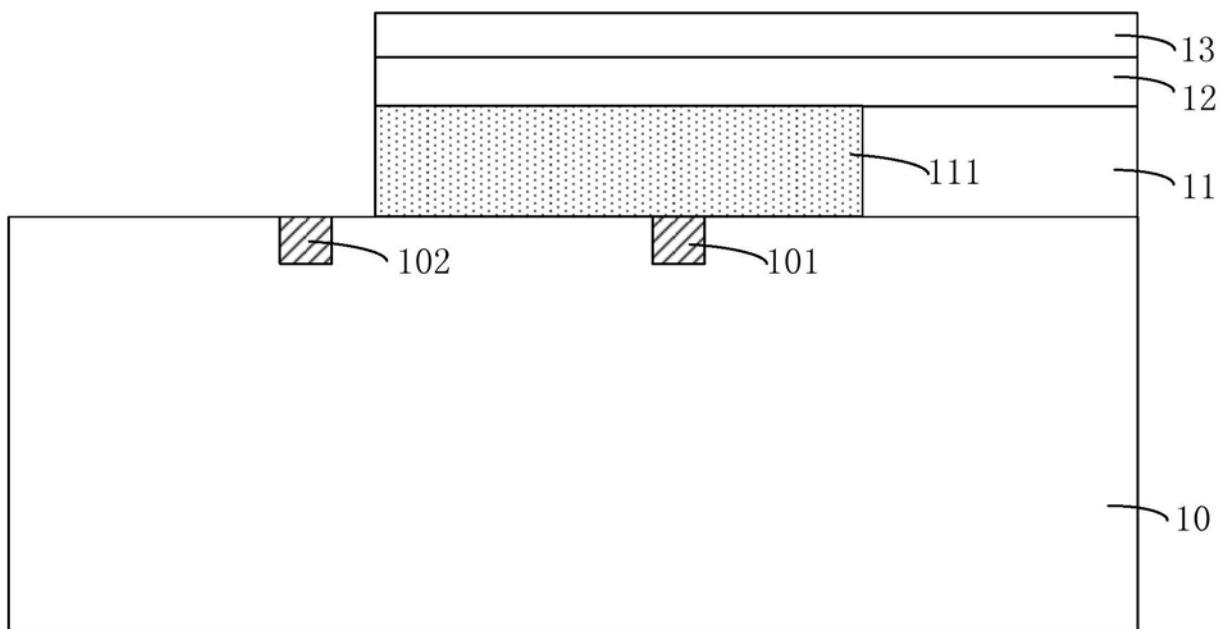


图2

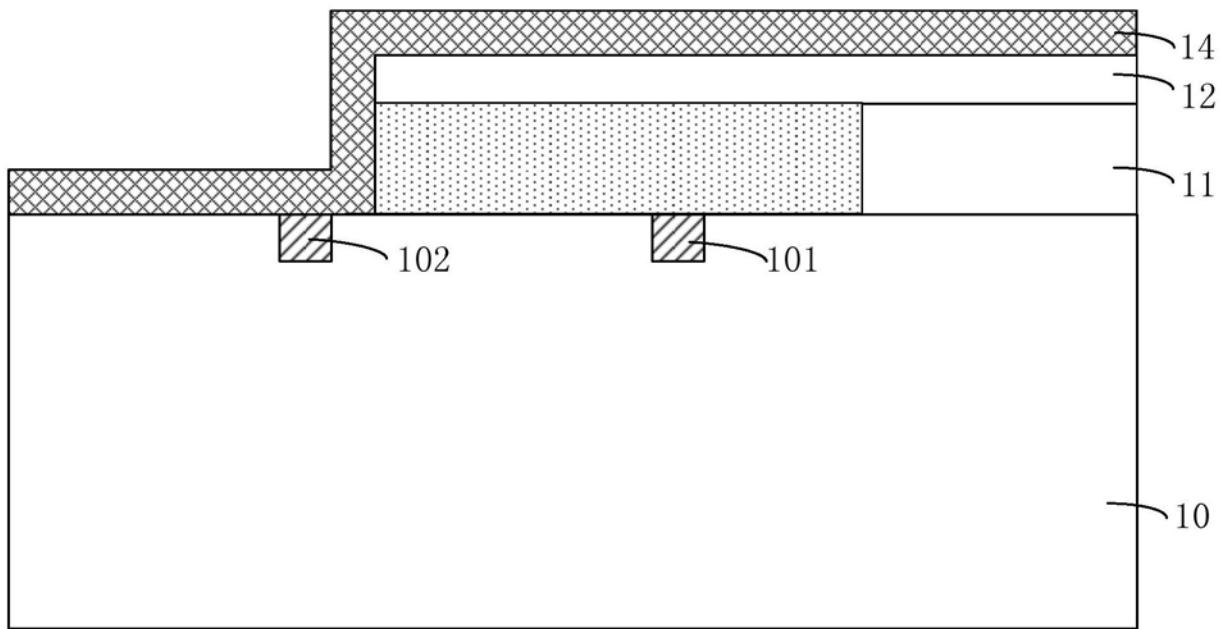


图3

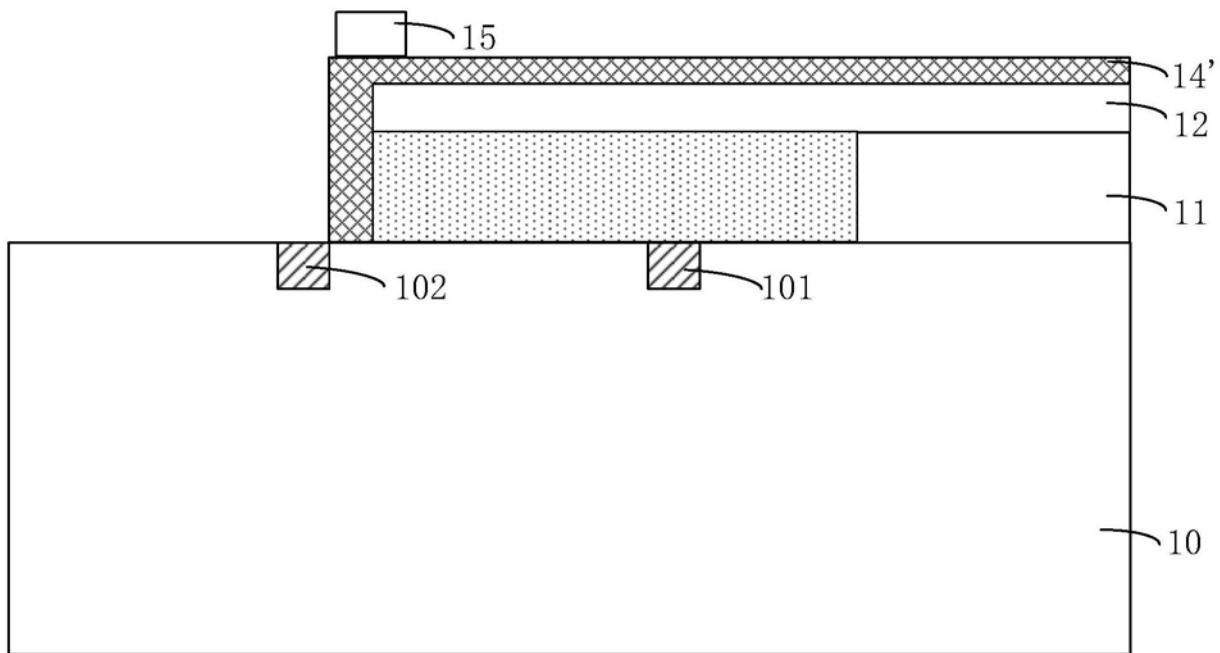


图4

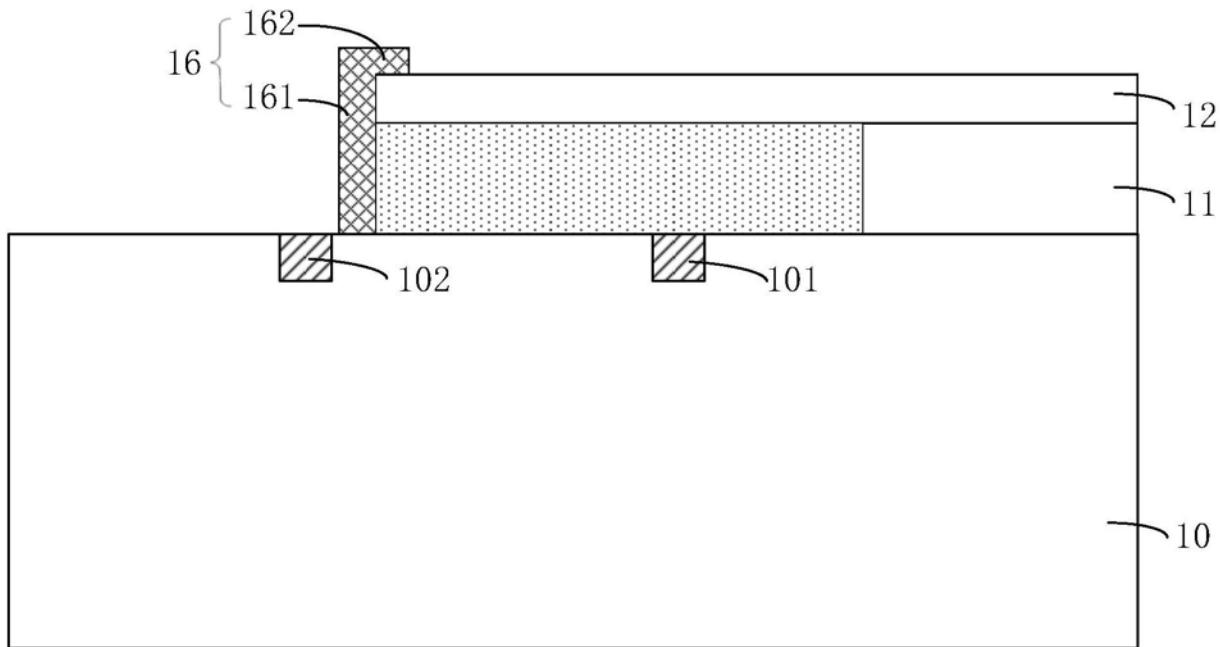


图5

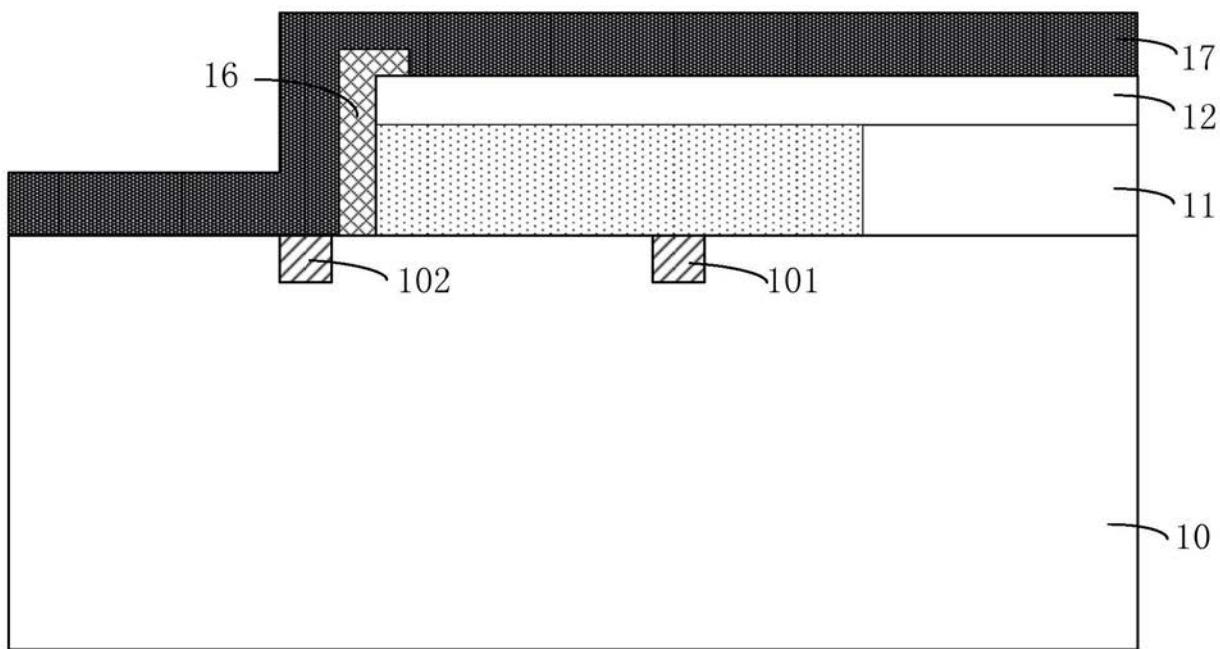


图6

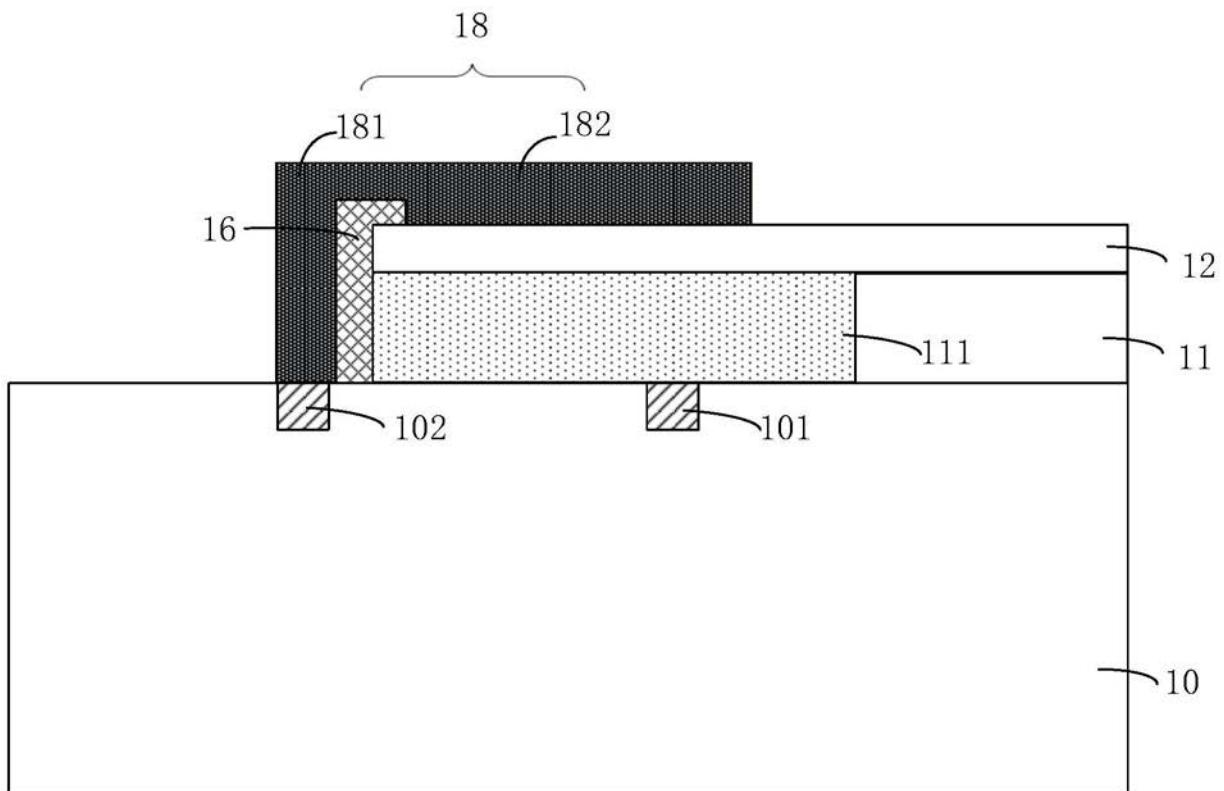


图7

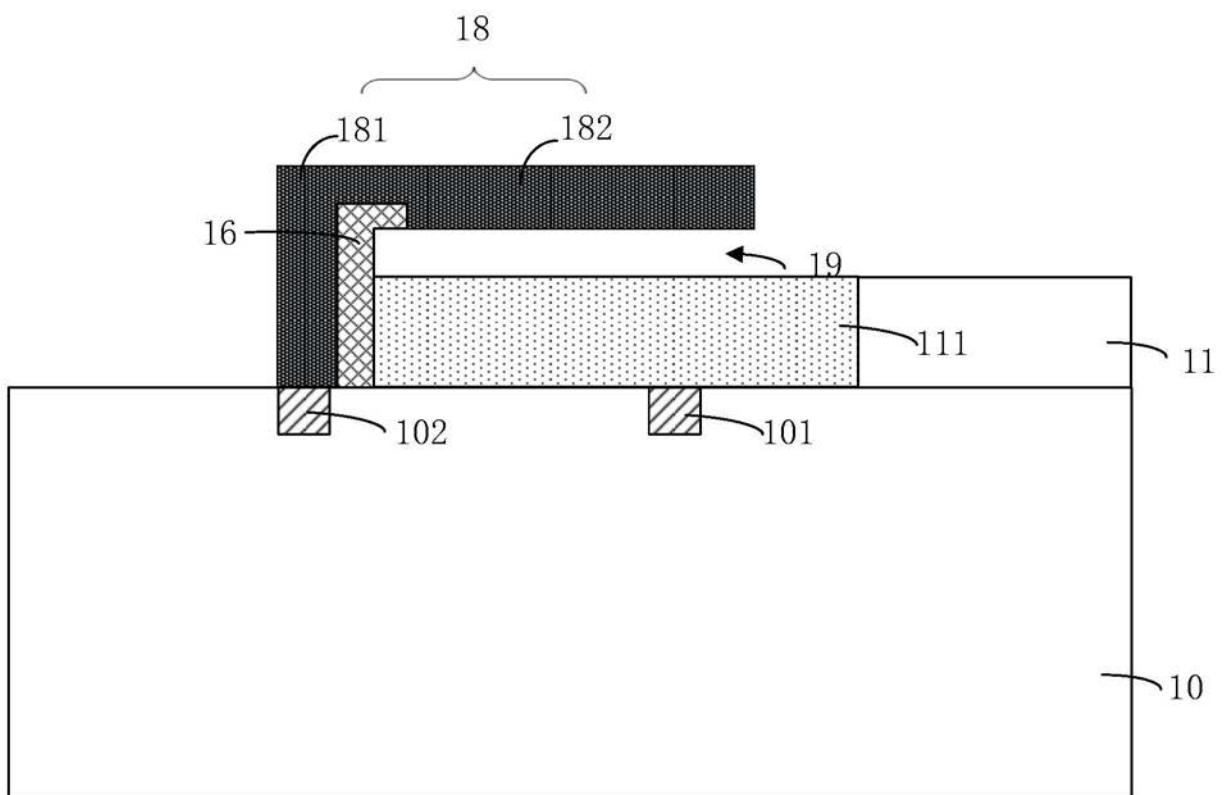


图8

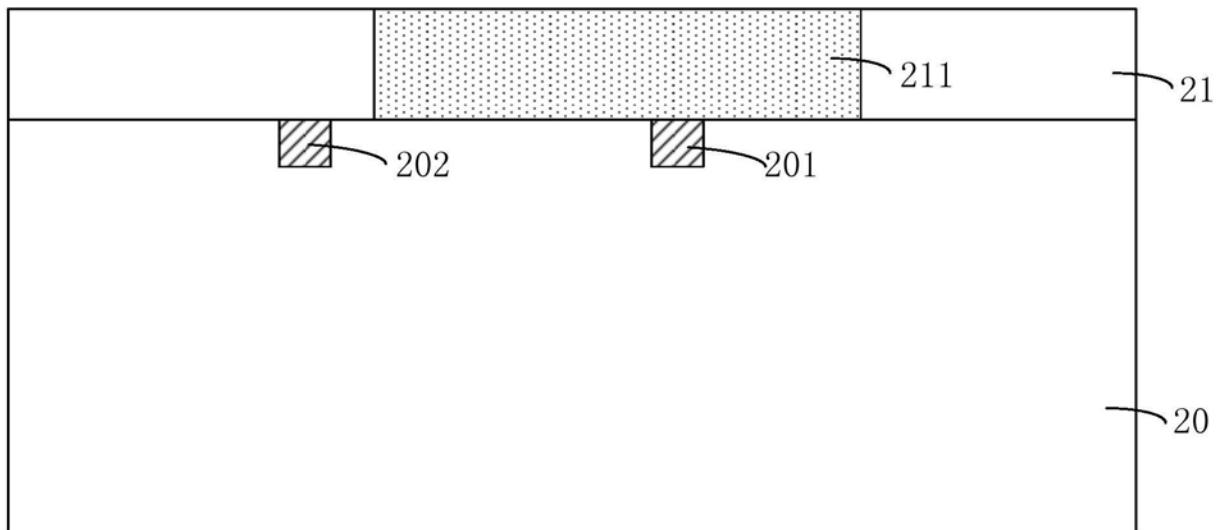


图9

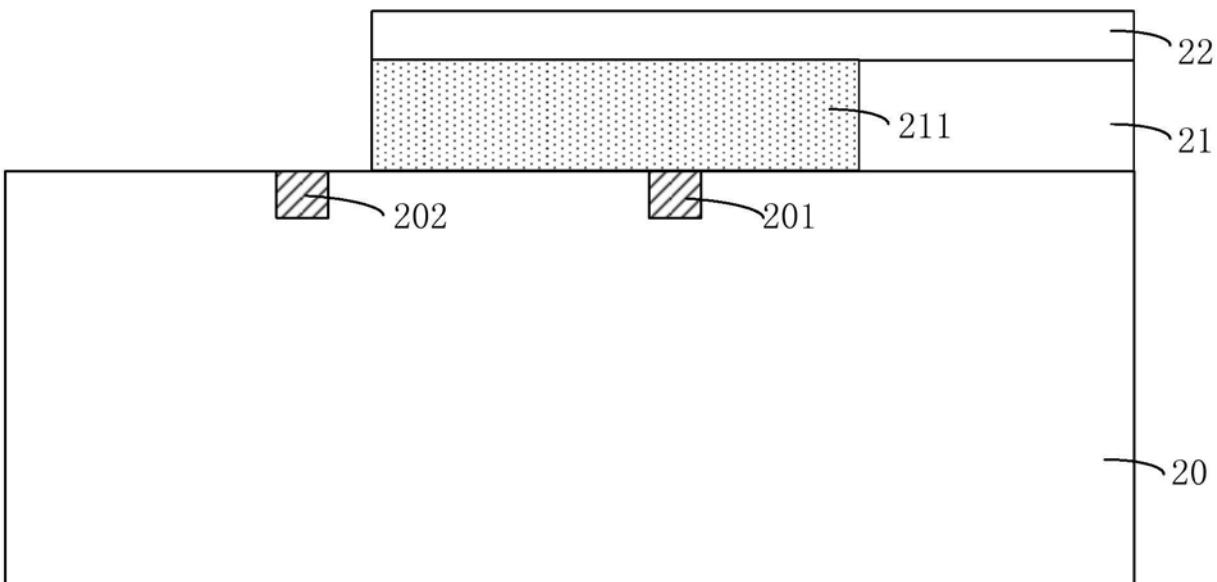


图10

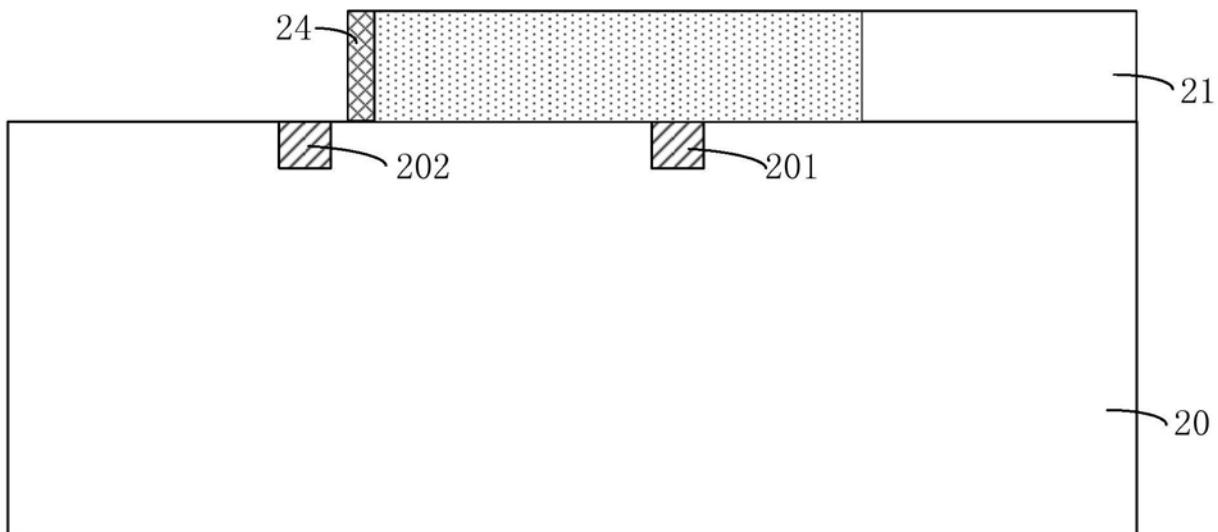


图11

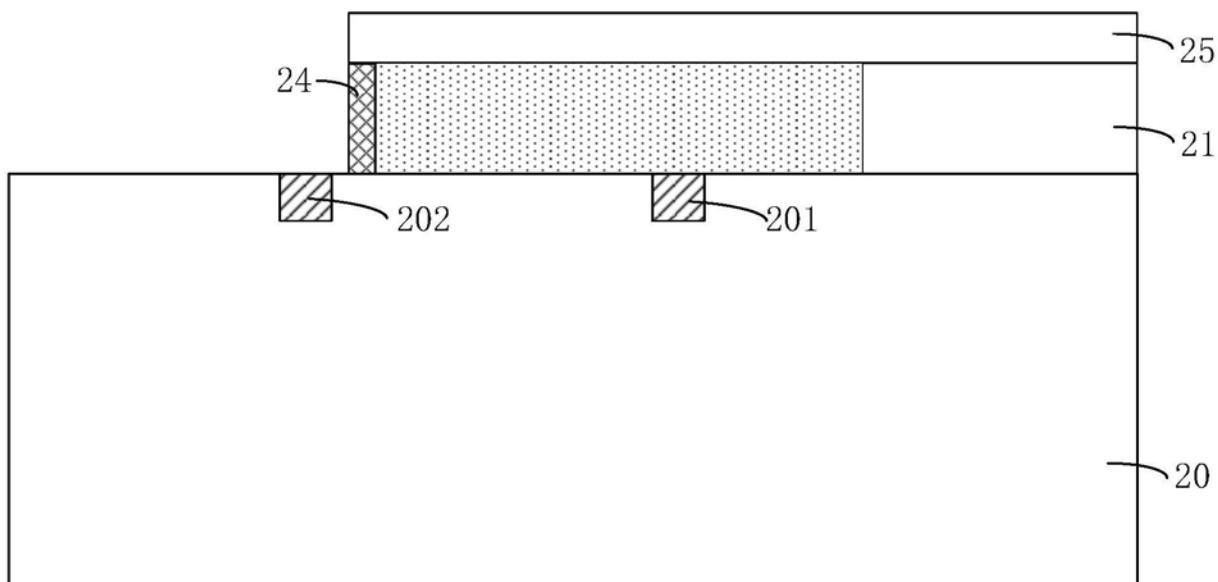


图12

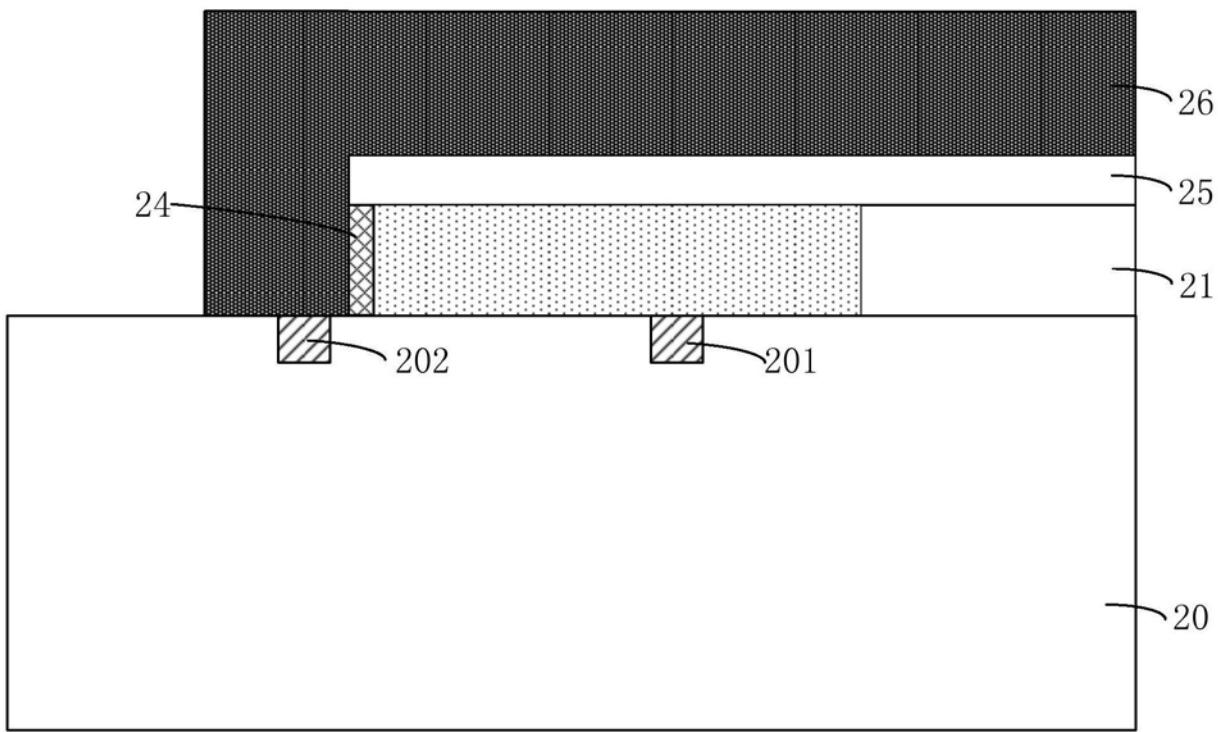


图13

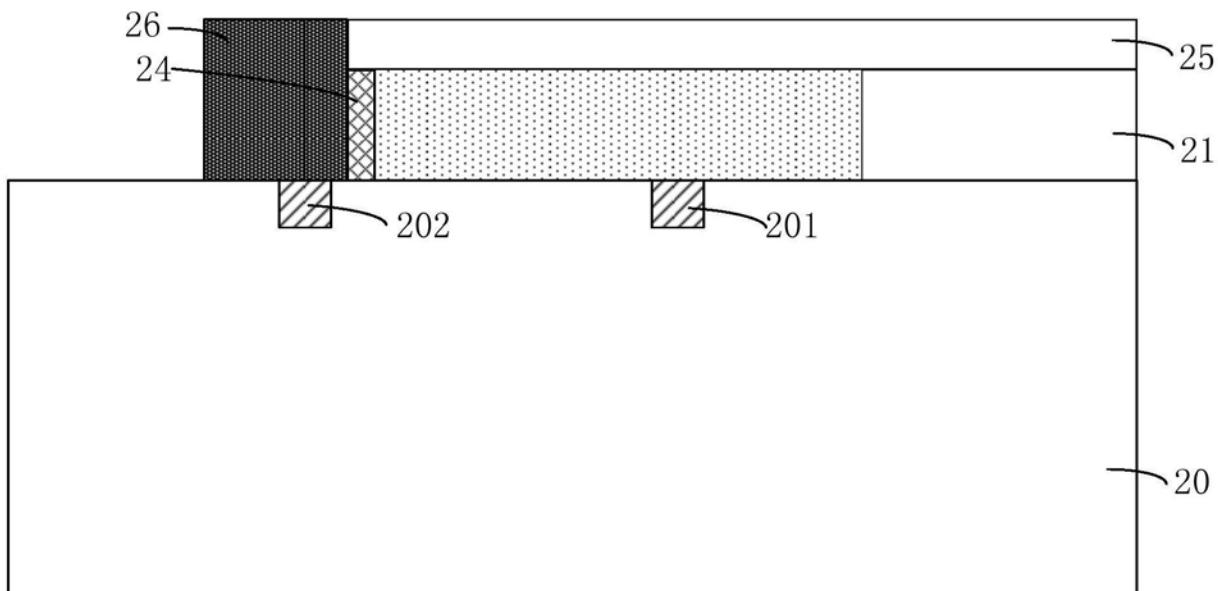


图14

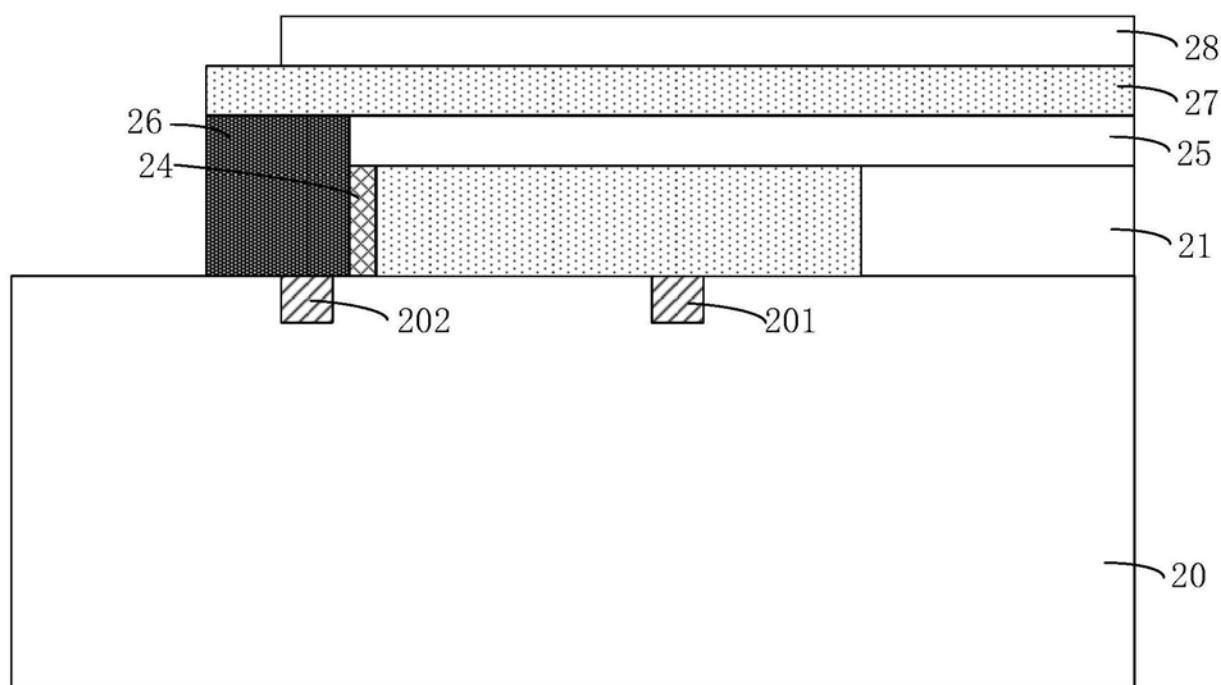


图15

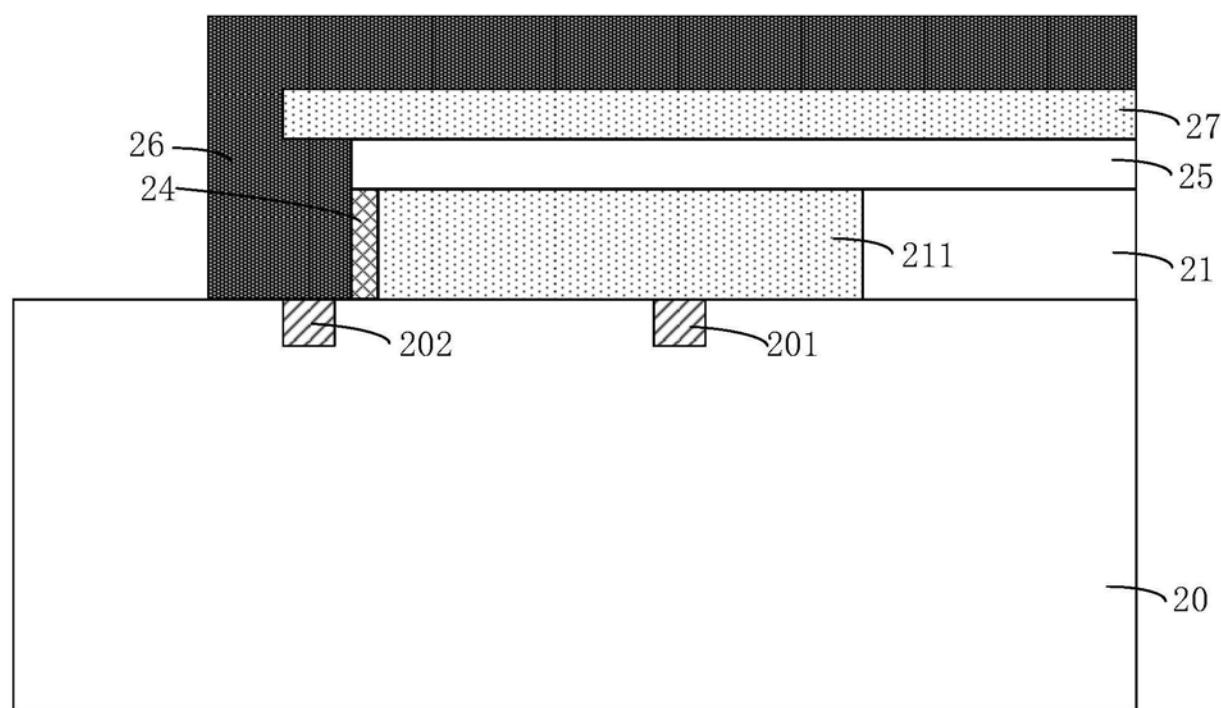


图16

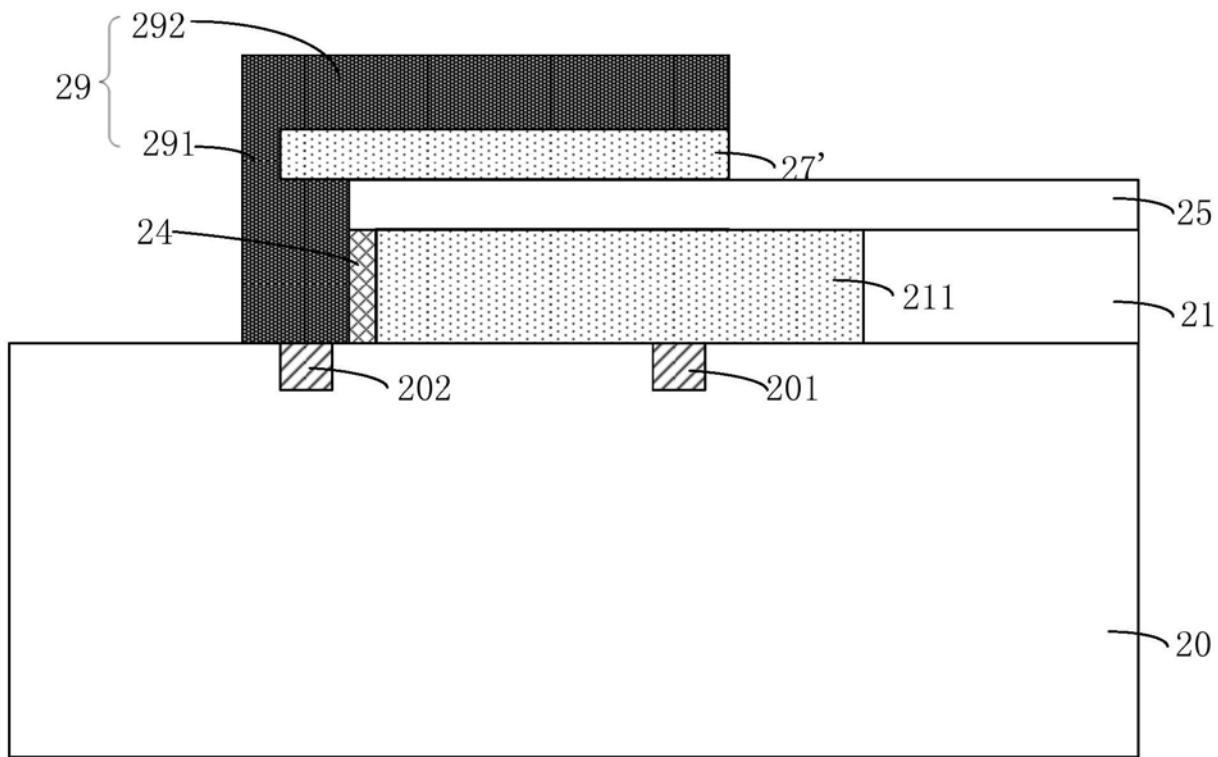


图17

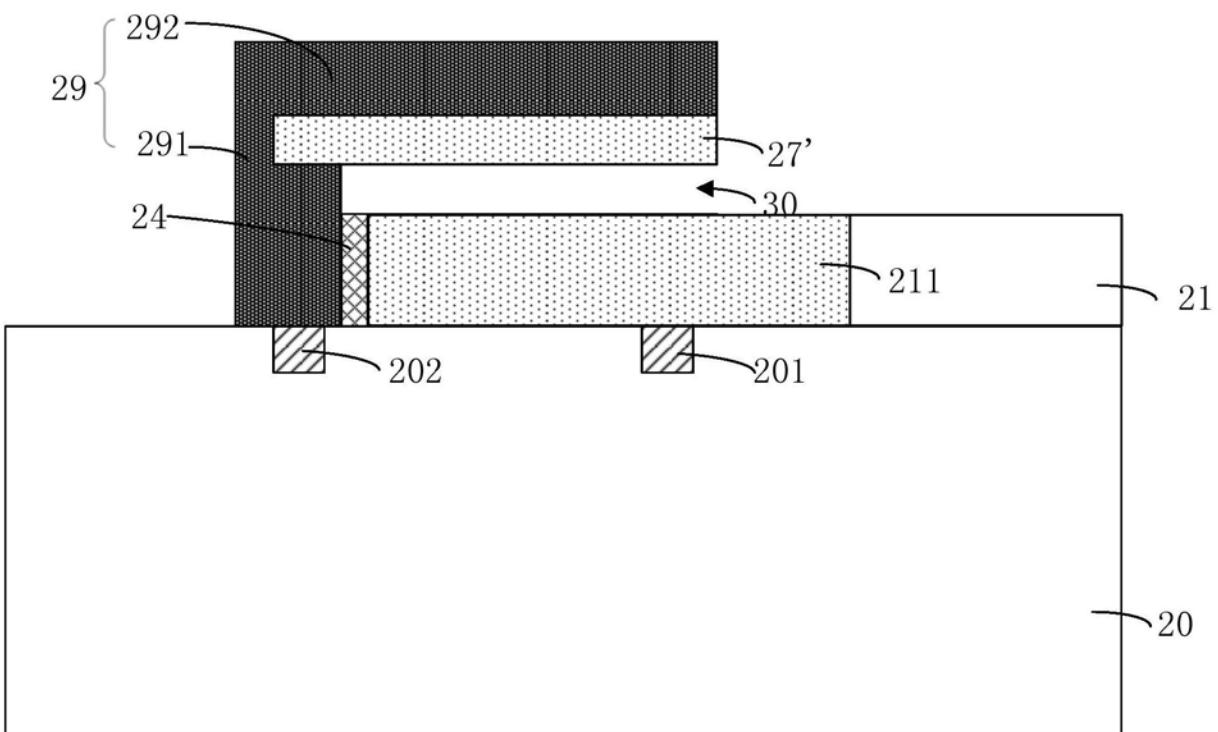


图18

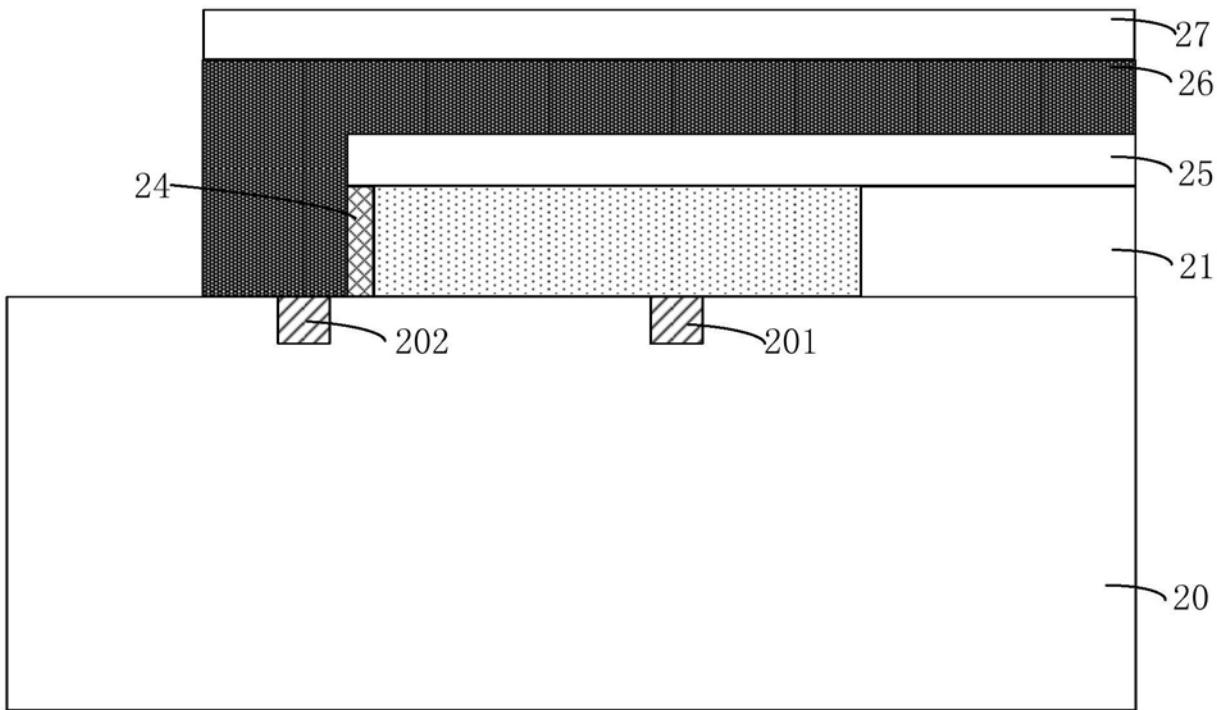


图19

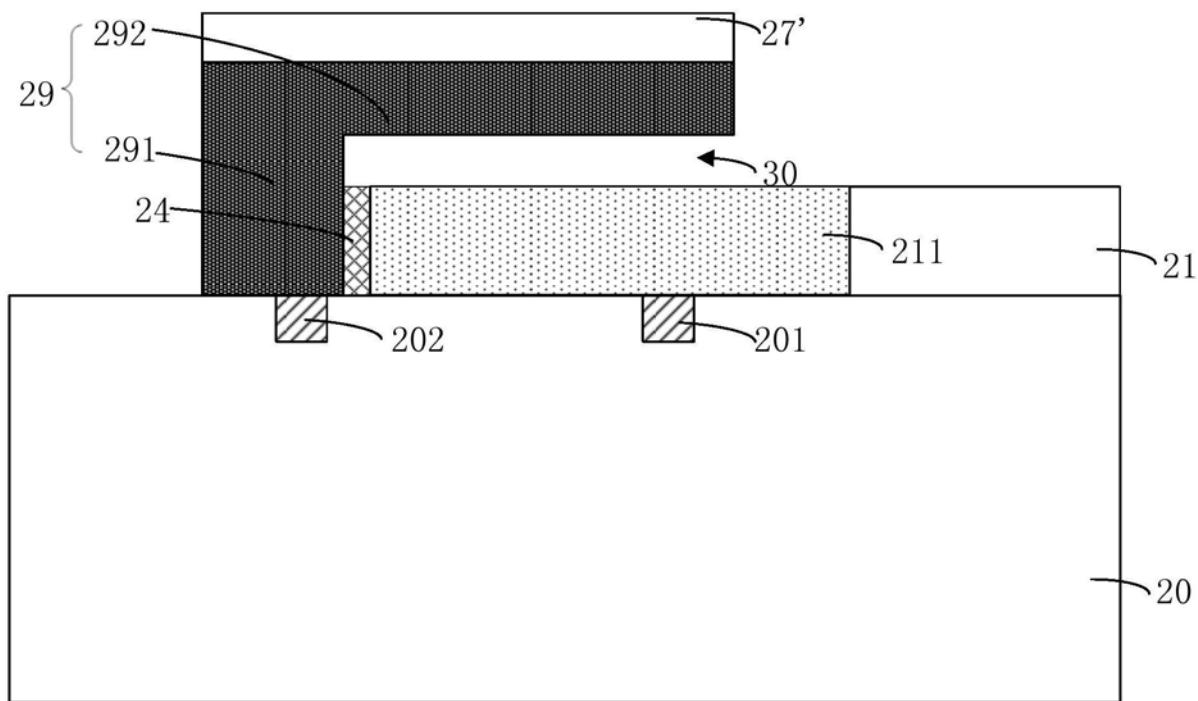


图20