



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108002339 B

(45)授权公告日 2019.12.31

(21)申请号 201610949826.1

B81C 1/00(2006.01)

(22)申请日 2016.11.02

B81B 3/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108002339 A

(56)对比文件

CN 105329845 A,2016.02.17,

CN 102616731 A,2012.08.01,

CN 101573861 A,2009.11.04,

CN 101936937 A,2011.01.05,

US 2009102006 A1,2009.04.23,

CN 105836697 A,2016.08.10,

CN 105523519 A,2016.04.27,

CN 102292279 A,2011.12.21,

US 2003058069 A1,2003.03.27,

CN 101581601 A,2009.11.18,

CN 105439081 A,2016.03.30,

(43)申请公布日 2018.05.08

(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

审查员 郭研岐

(74)专利代理机构 北京市磐华律师事务所
11336

代理人 董巍 高伟

(51)Int.Cl.

B81B 7/02(2006.01)

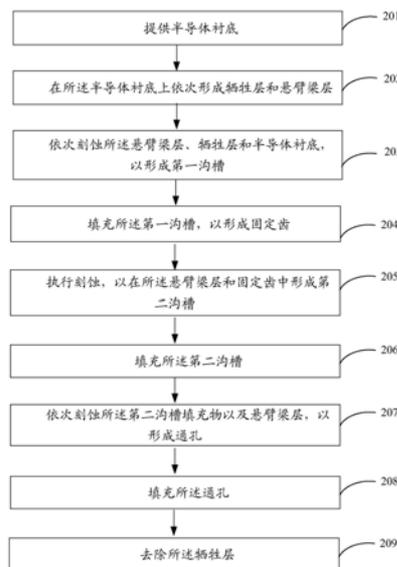
权利要求书2页 说明书10页 附图15页

(54)发明名称

一种MEMS器件及其制造方法

(57)摘要

本发明提供一种MEMS器件及其制造方法,包括:提供半导体衬底;在所述半导体衬底上依次形成牺牲层和悬臂梁层;依次刻蚀所述悬臂梁层、牺牲层和半导体衬底,以形成第一沟槽;填充所述第一沟槽,以形成固定齿;执行刻蚀,以在所述悬臂梁层和固定齿中形成第二沟槽;填充所述第二沟槽;去除所述牺牲层。与现有工艺相比,本发明提出的MEMS器件的制造方法,可降低悬臂梁的根部发生断裂的风险,并使悬臂梁结构更加稳固。



1. 一种MEMS器件的制造方法,其特征在于,包括:
提供半导体衬底;
在所述半导体衬底上依次形成牺牲层和悬臂梁层;
依次刻蚀所述悬臂梁层、牺牲层和半导体衬底,以形成第一沟槽;
填充所述第一沟槽,以形成固定齿;
执行刻蚀,以在所述悬臂梁层和固定齿中形成第二沟槽;
填充所述第二沟槽;
去除所述牺牲层。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二沟槽为环形结构。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,还包括:
依次刻蚀所述第二沟槽中的填充物以及悬臂梁层,以形成通孔,以及
填充所述通孔。
4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述通孔的填充物为锗硅。
5. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述第二沟槽的填充物为SiN。
6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二沟槽为鳍式结构。
7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述鳍式结构包括沿悬臂梁方向设置的第一鳍片,以及与所述第一鳍片交叉的第二鳍片。
8. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述第二沟槽的填充物为锗硅。
9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述固定齿的材料为锗硅。
10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述悬臂梁层的材料为锗硅。
11. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述牺牲层的材料为锗。
12. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述悬臂梁层上还形成有停止层。
13. 一种MEMS器件,其特征在于,包括:
半导体衬底;
位于所述半导体衬底上方的悬臂梁层,所述悬臂梁层通过嵌于所述半导体衬底中的固定齿固定在所述半导体衬底中,所述悬臂梁层和所述半导体衬底之间具有空槽,且所述空槽暴露出所述固定齿的部分侧壁;
形成于所述悬臂梁层和固定齿中的第二沟槽,所述第二沟槽中填充有第二沟槽填充物。
14. 根据权利要求13所述的器件,其特征在于,所述第二沟槽为环形结构。
15. 根据权利要求14所述的器件,其特征在于,所述悬臂梁层中还形成有贯穿所述第二沟槽的通孔,所述通孔中填充有通孔填充物。
16. 根据权利要求14所述的器件,其特征在于,所述第二沟槽填充物为SiN。
17. 根据权利要求15所述的器件,其特征在于,所述通孔填充物为锗硅。
18. 根据权利要求13所述的器件,其特征在于,所述第二沟槽为鳍式结构。
19. 根据权利要求18所述的器件,其特征在于,所述鳍式结构包括沿悬臂梁方向设置的第一鳍片,以及与所述第一鳍片交叉的第二鳍片。
20. 根据权利要求18所述的器件,其特征在于,所述第二沟槽填充物为锗硅。
21. 根据权利要求13所述的器件,其特征在于,所述固定齿的材料为锗硅。

22. 根据权利要求13所述的器件,其特征在于,所述悬臂梁层的材料为锗硅。

一种MEMS器件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造工艺,具体而言涉及一种MEMS器件及其制造方法。

背景技术

[0002] 随着半导体技术的不断发展,在传感器(motion sensor)类产品的市场上,智能手机、集成CMOS和微机电系统(MEMS)器件日益成为最主流、最先进的技术,并且随着技术的更新,这类传动传感器产品的发展方向是规模更小的尺寸,高质量的电学性能和更低的损耗。其中,微电子机械系统(MEMS)在体积、功耗、重量以及价格方面具有十分明显的优势,至今已经开发出多种不同的传感器,例如压力传感器、加速度传感器、惯性传感器以及其他的传感器。

[0003] 在MEMS微机械结构中,悬臂梁结构是应用相当广泛的一种结构,依靠悬臂梁上下振动,导致空间电容的变化,从而引起信号的变化,达到结构设计的目的。现有悬臂梁的制作工艺通常包括以下步骤:首先,通过沉积工艺在半导体基体上形成牺牲材料,然后在牺牲材料上采用沉积工艺形成悬臂梁材料,最后采用腐蚀或刻蚀等方法去除悬臂梁材料下方的牺牲材料。然而,由于悬臂梁长度要远大于梁的高和宽,长度较长的微悬臂梁结构在受到振动冲击载荷容易引起共振而导致梁的应力水平和位移变化较大,特别是在简谐振动载荷作用下,振动强度越大,悬臂梁根部弯曲转矩越大,使得悬臂梁存在根部断裂的风险。

[0004] 因此,有必要提出一种MEMS器件及其制造方法,以解决上述问题。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明提供一种MEMS器件的制作方法,包括:

[0006] 提供半导体衬底;

[0007] 在所述半导体衬底上依次形成牺牲层和悬臂梁层;

[0008] 依次刻蚀所述悬臂梁层、牺牲层和半导体衬底,以形成第一沟槽;

[0009] 填充所述第一沟槽,以形成固定齿;

[0010] 执行刻蚀,以在所述悬臂梁层和固定齿中形成第二沟槽;

[0011] 填充所述第二沟槽;

[0012] 去除所述牺牲层。

[0013] 示例性地,所述第二沟槽为环形结构。

[0014] 示例性地,还包括:

[0015] 依次刻蚀所述第二沟槽填充物以及悬臂梁层,以形成通孔,以及

[0016] 填充所述通孔。

[0017] 示例性地,所述通孔的填充物为锗硅。

[0018] 示例性地,所述第二沟槽的填充物为SiN。

[0019] 示例性地,所述第二沟槽为鳍式结构。

[0020] 示例性地,所述鳍式结构包括沿悬臂梁方向设置的第一鳍片,以及与所述第一鳍

片交叉的第二鳍片。

[0021] 示例性地,所述第二沟槽的填充物为锗硅。

[0022] 示例性地,所述固定齿的材料为锗硅。

[0023] 示例性地,所述悬臂梁层的材料为锗硅。

[0024] 示例性地,所述牺牲层的材料为锗。

[0025] 示例性地,所述悬臂梁层上还形成有停止层。

[0026] 本发明还提供一种MEMS器件,其特征在于,包括:

[0027] 半导体衬底;

[0028] 位于所述半导体衬底上方的悬臂梁层,所述悬臂梁层通过嵌于所述半导体衬底中的固定齿固定在所述半导体衬底中;

[0029] 形成于所述悬臂梁层和固定齿中的第二沟槽,所述第二沟槽中填充有第二沟槽填充物。

[0030] 示例性地,所述第二沟槽为环形结构。

[0031] 示例性地,所述悬臂梁层中还形成有贯穿所述第二沟槽的通孔,所述通孔中填充有通孔填充物。

[0032] 示例性地,所述第二沟槽填充物为SiN。

[0033] 示例性地,所述通孔填充物为锗硅。

[0034] 示例性地,所述第二沟槽为鳍式结构。

[0035] 示例性地,所述鳍式结构包括沿悬臂梁方向设置的第一鳍片,以及与所述第一鳍片交叉的第二鳍片。

[0036] 示例性地,所述第二沟槽填充物为锗硅。

[0037] 示例性地,所述固定齿的材料为锗硅。

[0038] 示例性地,所述悬臂梁层的材料为锗硅。

[0039] 与现有工艺相比,本发明提出的MEMS器件的制造方法,可降低悬臂梁的根部发生断裂的风险,并使悬臂梁结构更加稳固。

附图说明

[0040] 本发明的下列附图在此作为本发明的一部分用于理解本发明。附图中示出了本发明的实施例及其描述,用来解释本发明的原理。

[0041] 附图中:

[0042] 图1a-1c为现有技术中一种MEMS器件的制造方法的相关步骤形成的结构的剖视图;

[0043] 图2为本发明的一个实施例的一种MEMS器件的制造方法的示意性流程图;

[0044] 图3a-3p为本发明的一实施例中的一种MEMS器件的制造方法的相关步骤形成的结构的剖视图;

[0045] 图4为本发明的另一个实施例的一种MEMS器件的制造方法的示意性流程图;

[0046] 图5a-5l为本发明的另一实施例中的一种MEMS器件的制造方法的相关步骤形成的结构的剖视图。

具体实施方式

[0047] 在下文的描述中,给出了大量具体的细节以便提供对本发明更为彻底的理解。然而,对于本领域技术人员而言显而易见的是,本发明可以无需一个或多个这些细节而得以实施。在其他的例子中,为了避免与本发明发生混淆,对于本领域公知的一些技术特征未进行描述。

[0048] 应当理解的是,本发明能够以不同形式实施,而不应当解释为局限于这里提出的实施例。相反地,提供这些实施例将使公开彻底和完全,并且将本发明的范围完全地传递给本领域技术人员。在附图中,为了清楚,层和区的尺寸以及相对尺寸可能被夸大。自始至终相同附图标记表示相同的元件。

[0049] 应当明白,当元件或层被称为“在...上”、“与...相邻”、“连接到”或“耦合到”其它元件或层时,其可以直接地在其它元件或层上、与之相邻、连接或耦合到其它元件或层,或者可以存在居间的元件或层。相反,当元件被称为“直接在...上”、“与...直接相邻”、“直接连接到”或“直接耦合到”其它元件或层时,则不存在居间的元件或层。应当明白,尽管可使用术语第一、第二、第三等描述各种元件、部件、区、层和/或部分,这些元件、部件、区、层和/或部分不应被这些术语限制。这些术语仅仅用来区分一个元件、部件、区、层或部分与另一个元件、部件、区、层或部分。因此,在不脱离本发明教导之下,下面讨论的第一元件、部件、区、层或部分可表示为第二元件、部件、区、层或部分。

[0050] 空间关系术语例如“在...下”、“在...下面”、“下面的”、“在...之下”、“在...之上”、“上面的”等,在这里可为了方便描述而被使用从而描述图中所示的一个元件或特征与其它元件或特征的关系。应当明白,除了图中所示的取向以外,空间关系术语意图还包括使用和操作中的器件的不同取向。例如,如果附图中的器件翻转,然后,描述为“在其它元件下面”或“在其之下”或“在其下”元件或特征将取向为在其它元件或特征“上”。因此,示例性术语“在...下面”和“在...下”可包括上和两个取向。器件可以另外地取向(旋转90度或其它取向)并且在此使用的空间描述语相应地被解释。

[0051] 在此使用的术语的目的仅在于描述具体实施例并且不作为本发明的限制。在此使用时,单数形式的“一”、“一个”和“所述/该”也意图包括复数形式,除非上下文清楚指出另外的方式。还应明白术语“组成”和/或“包括”,当在该说明书中使用,确定所述特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件的存在,但不排除一个或更多其它的特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或组的存在或添加。在此使用时,术语“和/或”包括相关所列项目的任何及所有组合。

[0052] 如图1a~1c所示,现有技术中一种悬臂梁结构的制作方法包括:在半导体衬底101上依次沉积牺牲层102,悬臂梁层103,停止层104,并依次刻蚀所述停止层104,悬臂梁层103,牺牲层102以及半导体衬底101以形成沟槽,如图1a所示;在所述沟槽中填充锗硅材料层;执行全面刻蚀,去除停止层104上方的锗硅材料层,如图1b所示;接着,去除牺牲层102,释放悬臂梁,如图1c所示。在所述沟槽中填充锗硅材料层时,容易出现缺口106,而执行全面刻蚀的过程中,所述缺口106进一步扩大,从而增大悬臂梁在上下振动的过程中发生根部断裂的风险。

[0053] 针对现有技术的不足,本发明提供一种MEMS器件的制作方法,包括:

[0054] 提供半导体衬底;

- [0055] 在所述半导体衬底上依次形成牺牲层和悬臂梁层；
- [0056] 依次刻蚀所述悬臂梁层、牺牲层和半导体衬底，以形成第一沟槽；
- [0057] 填充所述第一沟槽，以形成固定齿；
- [0058] 执行刻蚀，以在所述悬臂梁层和固定齿中形成第二沟槽；
- [0059] 填充所述第二沟槽；
- [0060] 去除所述牺牲层。
- [0061] 所述第二沟槽为环形结构。
- [0062] 还包括：
- [0063] 依次刻蚀所述第二沟槽填充物以及悬臂梁层，以形成通孔，以及填充所述通孔。所述通孔的填充物为锗硅。所述第二沟槽的填充物为 SiN。
- [0064] 所述第二沟槽为鳍式结构。所述鳍式结构包括沿悬臂梁方向设置的第一鳍片，以及与所述第一鳍片交叉的第二鳍片。所述第二沟槽的填充物为锗硅。
- [0065] 所述固定齿的材料为锗硅。所述悬臂梁层的材料为锗硅。所述牺牲层的材料为锗。所述悬臂梁层上还形成有停止层。
- [0066] 与现有工艺相比，本发明提出的MEMS器件的制造方法，可降低悬臂梁的根部发生断裂的风险，并使悬臂梁结构更加稳固。
- [0067] 为了彻底理解本发明，将在下列的描述中提出详细的结构及/或步骤，以便阐释本发明提出的技术方案。本发明的较佳实施例详细描述如下，然而除了这些详细描述外，本发明还可以具有其他实施方式。[示例性实施例一]
- [0068] 下面将参照图2以及图3a~图3p对本发明一实施方式的MEMS 器件的制作方法做详细描述。
- [0069] 首先，执行步骤201，如图3a所示，提供半导体衬底301。具体地，所述半导体衬底301可以为以下所提到的材料中的至少一种：硅、绝缘体上硅(SOI)、绝缘体上层叠硅(SSOI)、绝缘体上层叠锗化硅(S-SiGeOI)、绝缘体上锗化硅(SiGeOI)以及绝缘体上锗(GeOI)等。在本实施例中半导体衬底选用硅衬底。在所述半导体衬底301上可以形成CMOS器件以及各种MEMS元件，其中MEMS元件是指所述MEMS传感器中必要的各种元器件。
- [0070] 接着，执行步骤202，参考图3b，在所述半导体衬底301上依次形成牺牲层302和悬臂梁层303。
- [0071] 首先，形成覆盖所述半导体衬底301的牺牲层302。其中，所述牺牲层302可以选用半导体材料层或者氧化物、氮化物等，并不局限于某一种。为了与CMOS的制造工艺相兼容，牺牲层302的构成材料优选锗。所述牺牲层的形成方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术，例如化学气相沉积(CVD)法、物理气相沉积(PVD)法、原子层沉积(ALD)法、低压化学气相沉积(LPCVD)、激光烧蚀沉积(LAD)以及选择外延生长(SEG)等中的一种。本实施例中所述牺牲层302的厚度并不局限于某一数值范围，可以根据悬梁臂的尺寸进行选择。
- [0072] 接着，在所述牺牲层302上形成悬臂梁层303。其中，悬梁臂层303可以选用半导体材料层或各种金属材料层，本实施例中，所述悬臂梁层303为锗硅层。所述悬梁臂层的的形成方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术，例如化学气相沉积(CVD)法、物理气相沉积(PVD)法、原子层沉积(ALD)法、低压化学气相沉积(LPCVD)、激光烧蚀沉

积 (LAD) 以及选择外延生长 (SEG) 等中的一种。

[0073] 接着,如图3c所示,在所述悬臂梁层303上形成停止层304。所述停止层304为氧化层,其作用为后续全面刻蚀工艺或化学机械研磨工艺等平坦化工艺的刻蚀停止层。示例性地,所述停止层的材料为氧化硅,其形成工艺为化学气相沉积 (CVD)。当然除氧化硅外,本发明还可诸如氮化硅等材料作为所述停止层材料,本发明对所述停止层 304的材料,以及形成工艺和具体厚度并不做限定。

[0074] 接着,执行步骤203,依次刻蚀所述悬臂梁层303、牺牲层302 及半导体衬底301,以形成第一沟槽306。具体地,首先如图3d所示,在所述停止层304上形成图案化的第一掩膜层305,所述图案化的第一掩膜层305的窗口定义悬臂梁与半导体衬底的连接部分。所述图案化的第一掩膜层305可以为本领域技术人员熟知的任何适合的掩膜材料,包括但不限于光刻胶材料或者硬掩膜材料,本实施例中,所述第一掩膜层305为光刻胶。示例性地,在所述停止层上旋涂一层覆盖所述停止层表面的光刻胶层,并经过曝光、显影等光刻工艺图案化所述光刻胶,使其窗口定义出悬臂梁与半导体衬底的连接部分。接着,如图3e所示,以所述光刻胶层为掩膜,依次刻蚀所述停止层304、悬臂梁层303、牺牲层302及半导体衬底301,以形成第一沟槽306。所述第一沟槽贯穿停止层304、悬臂梁层303、以及牺牲层302,并在半导体衬底301内达到一定的深度。刻蚀方法为各向异性的干法刻蚀,例如等离子干法刻蚀或者反应离子刻蚀。之后,如图3f所示,可利用氧气等离子灰化等常规工艺去除所述光刻胶层。

[0075] 接着,执行步骤204,如图3g所示,填充所述第一沟槽306,以形成固定齿306'。所述固定齿306' 为悬臂梁303与衬底301的连接部位,起到支撑悬臂梁的作用。填充所述第一沟槽306的材料为锆硅材料。所述填充方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术,例如,化学气相沉积 (CVD) 法、物理气相沉积 (PVD) 法、原子层沉积 (ALD) 法、低压化学气相沉积 (LPCVD)、激光烧蚀沉积 (LAD) 以及选择外延生长 (SEG) 中的一种。进一步地,形成锆硅材料层的步骤包括:在所述第一沟槽306中和停止层304表面上沉积形成锆硅材料层,之后,如图3h所示,采用全面刻蚀 (blanket etch) 等平坦化工艺,去除所述停止层304上过多的牺牲层,使得所述第一沟槽 306内的锆硅材料层表面与所述停止层304的表面齐平,从而形成填充所述第一沟槽306的锆硅材料层。示例性的,所述锆硅材料层中可能形成有缺口 (gap) 307。

[0076] 接着,执行步骤205,执行刻蚀,以在所述悬臂梁层303和固定齿 306' 中形成第二沟槽309。首先,在所述停止层304及第一沟槽填充物上形成图案化的第二掩膜层308,如图3i所示。所述图案化的第二掩膜层308的窗口定义第二沟槽的位置。示例性的,所述第二沟槽为环形,且占据固定齿306与悬臂梁303连接处。所述图案化的掩膜层308 可以为本领域技术人员熟知的任何适合的掩膜材料,包括但不限于光刻胶材料或者硬掩膜材料,本实施例中,所述掩膜层308为光刻胶。示例性地,在所述停止层304及第一沟槽填充物上旋涂一层光刻胶层,并经过曝光、显影等光刻工艺图案化所述光刻胶,使其窗口定义出第二沟槽的位置。在本实施例中,所述第二沟槽为环形,且占据固定齿 306与悬臂梁303连接处。接着,如图3j所示,以所述光刻胶层为掩膜执行刻蚀,以在所述固定齿306与悬臂梁层303中形成第二沟槽309。刻蚀方法为各向异性的干法刻蚀,例如等离子干法刻蚀或者反应离子刻蚀。之后,可利用氧气等离子灰化等常规工艺去除所述光刻胶层。

[0077] 接着,执行步骤206,填充所述第二沟槽309,如图3k所示。若所述第一沟槽的填充

物中形成有缺口307,则填充材料同时可对所述缺口307进行填充。所述填充材料可以是SiN。所述填充方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术,例如,化学气相沉积(CVD)法、物理气相沉积(PVD)法、原子层沉积(ALD)法、低压化学气相沉积(LPCVD)、激光烧蚀沉积(LAD)以及选择外延生长(SEG)中的一种。进一步地,填充所述第二沟槽的步骤包括:在所述第二沟槽中和停止层表面上沉积SiN层309',之后,采用化学机械研磨(CMP)等平坦化工艺,去除所述停止层304上过多的SiN层,使得所述第二沟槽309内的SiN层表面与所述停止层304的表面齐平。

[0078] 接着,执行步骤207,依次刻蚀所述第二沟槽填充物以及悬臂梁层,以形成通孔311。具体地,首先在所述停止层、第一沟槽填充物及第二沟槽填充物上形成图案化的第三掩膜层310,如图31所示。所述图案化的第三掩膜层310的窗口定义通孔的位置,所述通孔的贯穿所述第二沟槽。所述通孔311可沿悬臂梁的中轴线对称设置。所述图案化的第三掩膜层310可以为本领域技术人员熟知的任何适合的掩膜材料,包括但不限于光刻胶材料或者硬掩膜材料,本实施例中,所述第三掩膜层310为光刻胶。接着,如图3m所示,以所述光刻胶层为掩膜执行刻蚀,以形成贯穿所述第二沟槽的通孔311,所述通孔的底部位于悬臂梁层303内部。刻蚀方法为各向异性的干法刻蚀,例如等离子干法刻蚀或者反应离子刻蚀。之后,可利用氧气等离子灰化等常规工艺去除所述光刻胶层。

[0079] 接着,执行步骤208,如图3n所示。填充所述通孔。所述填充材料可以是锗硅材料。所述填充方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术,例如,化学气相沉积(CVD)法、物理气相沉积(PVD)法、原子层沉积(ALD)法、低压化学气相沉积(LPCVD)、激光烧蚀沉积(LAD)以及选择外延生长(SEG)中的一种。进一步地,填充所述通孔的步骤包括:在所述通孔中和停止层表面上沉积锗硅层,之后,采用化学机械研磨(CMP)等平坦化工艺,去除所述停止层304上过多的锗硅层,使得所述通孔内的锗硅层表面与所述停止层304的表面齐平。

[0080] 接着,执行步骤209,如图3o所示,去除所述牺牲层。即释放所述牺牲层302,以获得悬臂梁结构。本实施例中,牺牲层302的材料为锗时,采用包含双氧水(H₂O₂)的溶液腐蚀所述牺牲层,直到完全去除悬臂梁层303下方的牺牲层302,使悬臂梁层303悬空。最终形成的悬臂梁结构的俯视图如图3p所示。需要说明的是,上述去除牺牲层的方法仅仅是示例性的,并不局限于该方法,本领域技术人员还可以选用其他常用的方法。

[0081] 至此,完成了根据本发明示例性实施例一的方法实施的工艺步骤。可以理解的是,本实施例半导体器件制作方法不仅包括上述步骤,在上述步骤之前、之中或之后还可包括其他需要的步骤,其都包括在本实施制作方法的范围内。

[0082] 与现有工艺相比,本发明提出的MEMS器件的制造方法,可降低悬臂梁的根部发生断裂的风险,并使悬臂梁结构更加稳固。

[0083] [示例性实施例二]

[0084] 参照图3o、3p,其中示出了根据本发明提供的制造方法获得的半导体器件的示意性剖面图。所述半导体器件包括:半导体衬底301、悬臂梁303、固定齿306、填充有第二沟槽填充物309'的第二沟槽309、填充有通孔填充物311'的通孔311。

[0085] 其中,所述半导体衬底301可以为以下所提到的材料中的至少一种:硅、绝缘体上硅(SOI)、绝缘体上层叠硅(SSOI)、绝缘体上层叠锗化硅(S-SiGeOI)、绝缘体上锗化硅

(SiGeOI) 以及绝缘体上锗 (GeOI) 等。在本实施例中半导体衬底选用硅衬底。在所述半导体衬底301上可以形成CMOS器件以及各种MEMS元件,其中MEMS 元件是指所述MEMS传感器中必要的各种元器件。

[0086] 位于所述半导体衬底上方的悬臂梁,所述悬臂梁通过嵌于所述半导体衬底中的固定齿固定在所述半导体基底中。其中,悬梁臂层303 可以选用半导体材料层或各种金属材料层,本实施例中,所述悬臂梁层303为锗硅层。所述悬梁臂层的的形成方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术。所述固定齿306' 为悬臂梁303与衬底301的连接部位,起到支撑悬臂梁的作用。所述固定齿的材料为锗硅材料。

[0087] 所述第二沟槽309为环形,且占据固定齿306与悬臂梁303连接处。所述第二沟槽的填充材料309' 可以是SiN。所述填充方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术。示例性地,所述固定齿中形成有缺口,所述第二沟槽的填充物还填充了所述缺口。

[0088] 在所述第二沟槽中形成有通孔311。所述通孔的贯穿所述第二沟槽,其底部位于悬臂梁层303内部。所述通孔311可沿悬臂梁的中轴线对称设置。所述通孔的填充材料311' 可以是锗硅材料。所述填充方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术。

[0089] 与现有工艺相比,本发明提出的MEMS器件,其悬臂梁的根部发生断裂的风险较低,且悬臂梁结构更加稳固。

[0090] [示例性实施例三]

[0091] 下面将参照图4以及图5a~图5i对本发明一实施方式的MEMS 器件的制作方法做详细描述。

[0092] 首先,执行步骤401,如图5a所示,提供半导体衬底501。具体地,所述半导体衬底501可以为以下所提到的材料中的至少一种:硅、绝缘体上硅(SOI)、绝缘体上层叠硅(SSOI)、绝缘体上层叠锗化硅(S-SiGeOI)、绝缘体上锗化硅(SiGeOI)以及绝缘体上锗(GeOI) 等。在本实施例中半导体衬底选用硅衬底。在所述半导体衬底501上可以形成CMOS器件以及各种MEMS元件,其中MEMS元件是指所述MEMS传感器中必要的各种元器件。

[0093] 接着,执行步骤402,参考图5b,在所述半导体衬底501上依次形成牺牲层502和悬臂梁层503。

[0094] 首先,形成覆盖所述半导体衬底501的牺牲层502。其中,所述牺牲层502可以选用半导体材料层或者氧化物、氮化物等,并不局限于某一种。为了与CMOS的制造工艺相兼容,牺牲层502的构成材料优选锗。所述牺牲层的形成方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术,例如化学气相沉积(CVD)法、物理气相沉积(PVD)法、原子层沉积(ALD)法、低压化学气相沉积(LPCVD)、激光烧蚀沉积(LAD)以及选择外延生长(SEG)等中的一种。本实施例中所述牺牲层502的厚度并不局限于某一数值范围,可以根据悬梁臂的尺寸进行选择。

[0095] 接着,在所述牺牲层502上形成悬臂梁层503。其中,悬梁臂层 503可以选用半导体材料层或各种金属材料层,本实施例中,所述悬臂梁层503为锗硅层。所述悬梁臂层的的形成方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术,例如化学气相沉积(CVD)法、物理气相沉积(PVD)法、原子层沉积(ALD)法、低压化学气相沉积(LPCVD)、激光烧蚀沉积(LAD)以及选择外延生长(SEG)等中的一种。

[0096] 接着,如图5c所示,在所述悬臂梁层503上形成停止层504。所述停止层504为氧化

层,其作用为后续全面刻蚀工艺或化学机械研磨工艺等平坦化工艺的刻蚀停止层。示例性地,所述停止层的材料为氧化硅,其形成工艺为化学气相沉积(CVD)。当然除氧化硅外,本发明还可诸如氮化硅等材料作为所述停止层材料,本发明对所述停止层504的材料,以及形成工艺和具体厚度并不做限定。

[0097] 接着,执行步骤403,依次刻蚀所述悬臂梁层、牺牲层和半导体衬底,以形成第一沟槽506。首先,如图5d所示,在所述停止层504上形成图案化的第一掩膜层505,所述图案化的第一掩膜层505的窗口定义悬臂梁与半导体衬底的连接部分。所述图案化的第一掩膜层505可以为本领域技术人员熟知的任何适合的掩膜材料,包括但不限于光刻胶材料或者硬掩膜材料,本实施例中,所述第一掩膜层505为光刻胶。示例性地,在所述停止层上旋涂一层覆盖所述停止层表面的光刻胶层,并经过曝光、显影等光刻工艺图案化所述光刻胶,使其窗口定义出悬臂梁与半导体衬底的连接部分。接着,如图5e所示,以所述光刻胶层为掩膜,依次刻蚀所述停止层504、悬臂梁层503、牺牲层502及半导体衬底,以形成第一沟槽506。所述第一沟槽贯穿停止层504、悬臂梁层503、以及牺牲层502,并在半导体衬底501内达到一定的深度。刻蚀方法为各向异性的干法刻蚀,例如等离子干法刻蚀或者反应离子刻蚀。之后,可利用氧气等离子灰化等常规工艺去除所述光刻胶层。

[0098] 接着,执行步骤404,填充所述第一沟槽,以形成固定齿506'。所述固定齿506'为悬臂梁503与衬底501的连接部位,起到支撑悬臂梁的作用。填充所述第一沟槽的材料为锗硅材料。所述填充方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术,例如,化学气相沉积(CVD)法、物理气相沉积(PVD)法、原子层沉积(ALD)法、低压化学气相沉积(LPCVD)、激光烧蚀沉积(LAD)以及选择外延生长(SEG)中的一种。进一步地,形成锗硅材料层的步骤包括:首先,如图5f所示,在所述第一沟槽506中和停止层504表面上沉积形成锗硅材料层,之后,如图5g所示,采用全面刻蚀(blanket etch)等平坦化工艺,去除所述停止层504上过多的牺牲层,使得所述第一沟槽506内的锗硅材料层表面与所述停止层504的表面齐平,从而形成填充所述第一沟槽506的锗硅材料层。示例性的,所述锗硅材料层中可能形成有缺口(gap)507。

[0099] 接着,执行步骤405,执行刻蚀,以在所述悬臂梁层和固定齿中形成第二沟槽。首先,在所述停止层504及第一沟槽填充物上形成图案化的第二掩膜层508,如图5h所示。所述图案化的第二掩膜层508的窗口定义第二沟槽的位置。示例性的,所述第二沟槽为鳍式结构,且包括沿悬臂梁方向设置的第一鳍片,以及与所述第一鳍片交叉的多个第二鳍片。所述图案化的掩膜层508可以为本领域技术人员熟知的任何适合的掩膜材料,包括但不限于光刻胶材料或者硬掩膜材料,本实施例中,所述掩膜层508为光刻胶。示例性地,在所述停止层504及第一沟槽填充物上旋涂一层光刻胶层,并经过曝光、显影等光刻工艺图案化所述光刻胶,使其窗口定义出第二沟槽的位置。接着,如图5i所示,以所述光刻胶层为掩膜执行刻蚀,以在所述固定齿506与悬臂梁层503中形成第二沟槽509。在本实施例中,所述第二沟槽为鳍式结构,且包括沿悬臂梁方向设置的第一鳍片,以及与所述第一鳍片交叉的多个第二鳍片。所述刻蚀方法为各向异性的干法刻蚀,例如等离子干法刻蚀或者反应离子刻蚀。之后,可利用氧气等离子灰化等常规工艺去除所述光刻胶层。

[0100] 接着,执行步骤406,如图5j所示,填充所述第二沟槽509。若所述第一沟槽的填充物中形成有缺口507,则填充材料同时可对所述缺口507进行填充。所述填充材料可以是锗

硅材料。所述填充方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术,例如,化学气相沉积(CVD)法、物理气相沉积(PVD)法、原子层沉积(ALD)法、低压化学气相沉积(LPCVD)、激光烧蚀沉积(LAD)以及选择外延生长(SEG)中的一种。进一步地,填充所述第二沟槽的步骤包括:在所述第二沟槽中和停止层表面上沉积锗硅层509',之后,采用化学机械研磨(CMP)等平坦化工艺,去除所述停止层504上过多的锗硅层,使得所述第二沟槽509内的锗硅层表面与所述停止层504的表面齐平。

[0101] 接着,执行步骤407,去除所述牺牲层。如图5k所示,释放所述牺牲层502,以获得悬臂梁结构。本实施例中,牺牲层502的材料为锗时,采用包含双氧水(H_2O_2)的溶液腐蚀所述牺牲层,直到完全去除悬臂梁层503下方的牺牲层502,使悬臂梁层503悬空。最终形成的悬臂梁结构的俯视图如图5l所示。需要说明的是,上述去除牺牲层的方法仅仅是示例性的,并不局限于该方法,本领域技术人员还可以选用其他常用的方法。

[0102] 至此,完成了根据本发明示例性实施例一的方法实施的工艺步骤。可以理解的是,本实施例半导体器件制作方法不仅包括上述步骤,在上述步骤之前、之中或之后还可包括其他需要的步骤,其都包括在本实施制作方法的范围内。

[0103] 与现有工艺相比,本发明提出的MEMS器件的制造方法,可降低悬臂梁的根部发生断裂的风险,并使悬臂梁结构更加稳固。

[0104] [示例性实施例四]

[0105] 参照图5k、5l,其中示出了根据本发明提供的制造方法获得的半导体器件的示意性剖面图。所述半导体器件包括:半导体衬底501、悬臂梁503、固定齿506、填充有第二沟槽填充物509'的第二沟槽509、填充有通孔填充物511'的通孔511。

[0106] 其中,所述半导体衬底501可以为以下所提到的材料中的至少一种:硅、绝缘体上硅(SOI)、绝缘体上层叠硅(SSOI)、绝缘体上层叠锗化硅(S-SiGeOI)、绝缘体上锗化硅(SiGeOI)以及绝缘体上锗(GeOI)等。在本实施例中半导体衬底选用硅衬底。在所述半导体衬底501上可以形成CMOS器件以及各种MEMS元件,其中MEMS元件是指所述MEMS传感器中必要的各种元器件。

[0107] 位于所述半导体衬底上方的悬臂梁,所述悬臂梁通过嵌于所述半导体衬底中的固定齿固定在所述半导体基底中。其中,悬臂梁层503 可以选用半导体材料层或各种金属材料层,本实施例中,所述悬臂梁层503为锗硅层。所述悬臂梁层的形成方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术。所述固定齿506'为悬臂梁503与衬底501的连接部位,起到支撑悬臂梁的作用。所述固定齿的材料为锗硅材料。

[0108] 所述第二沟槽509为鳍式结构,且包括沿悬臂梁方向设置的第一鳍片,以及与所述第一鳍片交叉的多个第二鳍片。所述第二沟槽的填充材料509'可以是锗硅材料。所述填充方法可以采用本领域技术人员所熟习的各种适宜的工艺技术。示例性地,所述固定齿中形成有缺口,所述第二沟槽的填充物还填充了所述缺口。

[0109] 与现有工艺相比,本发明提出的MEMS器件,其悬臂梁的根部发生断裂的风险较低,且悬臂梁结构更加稳固。

[0110] 本发明已经通过上述实施例进行了说明,但应当理解的是,上述实施例只是用于举例和说明的目的,而非意在将本发明限制于所描述的实施例范围内。此外本领域技术人员可以理解的是,本发明并不局限于上述实施例,根据本发明的教导还可以做出更多种的

变型和修改,这些变型和修改均落在本发明所要求保护的范围内。本发明的保护范围由附属的权利要求书及其等效范围所界定。

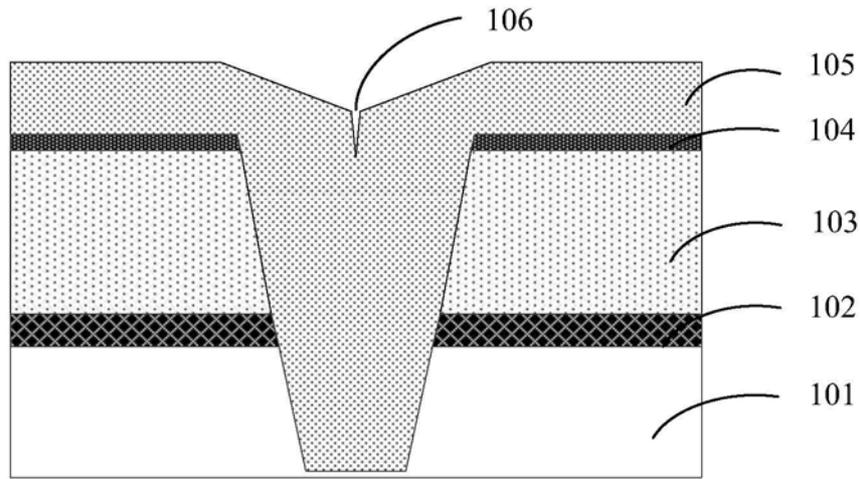


图1a

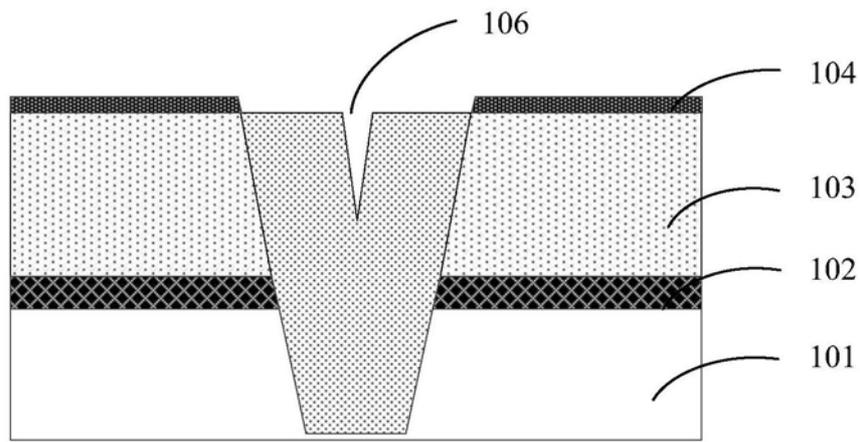


图1b

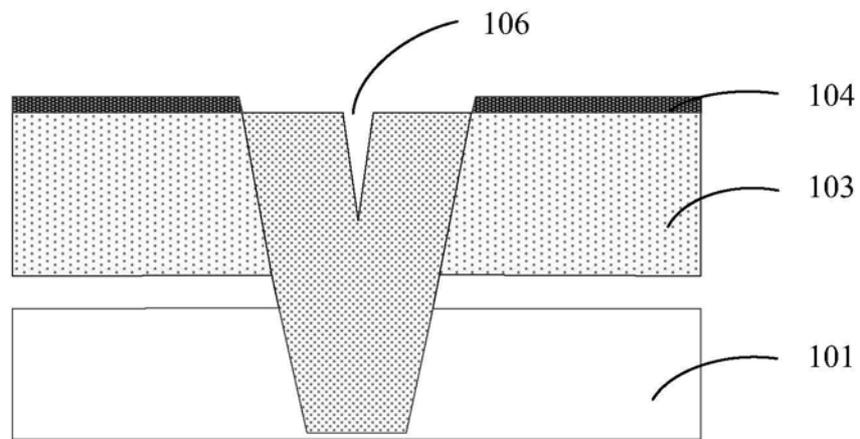


图1c

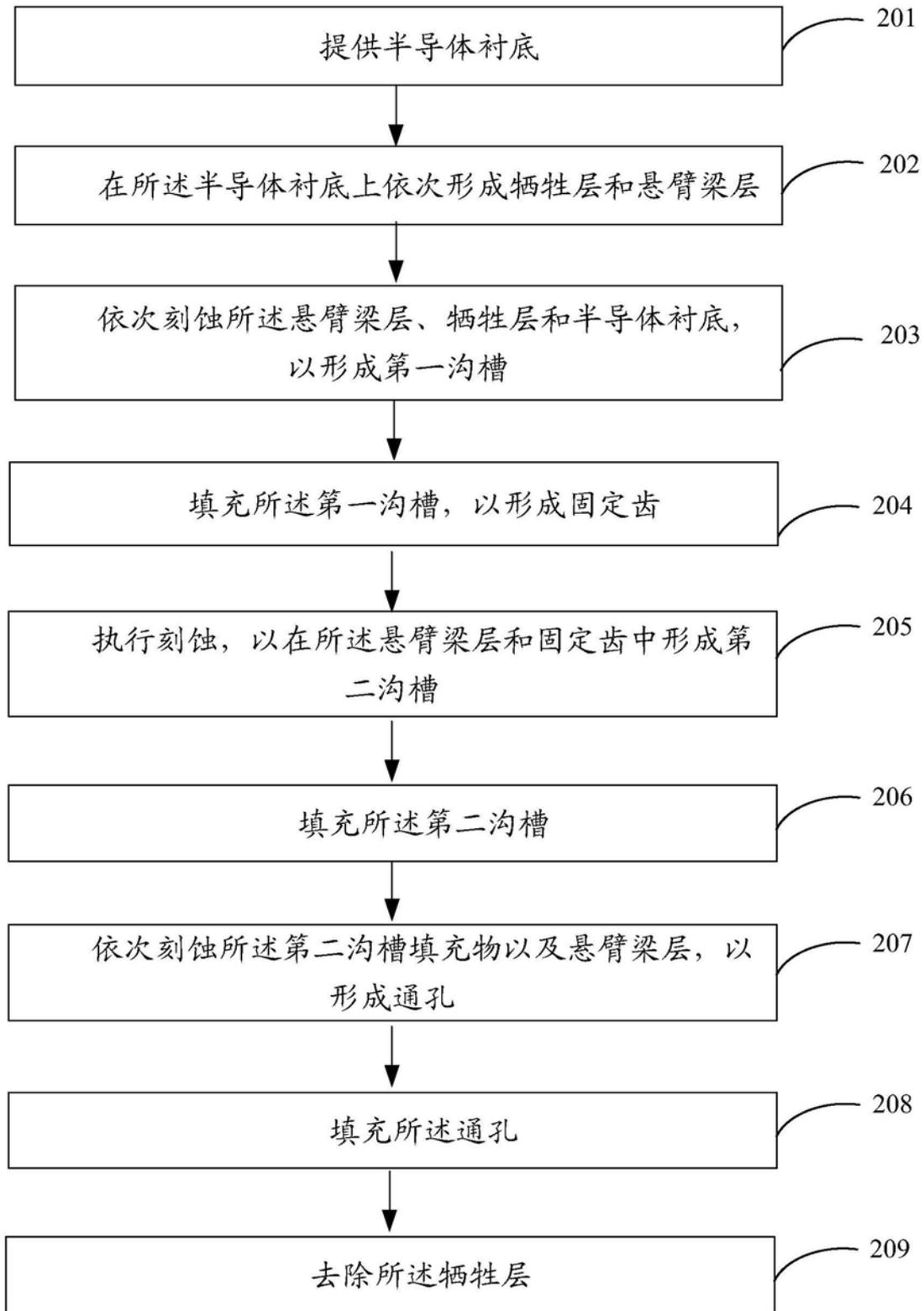


图2



图3a

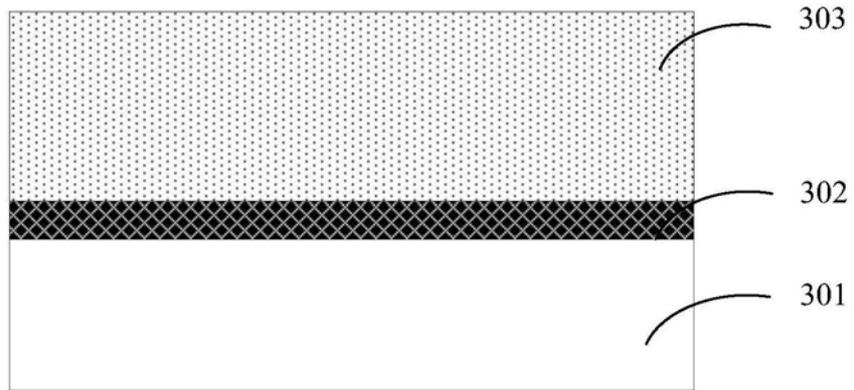


图3b

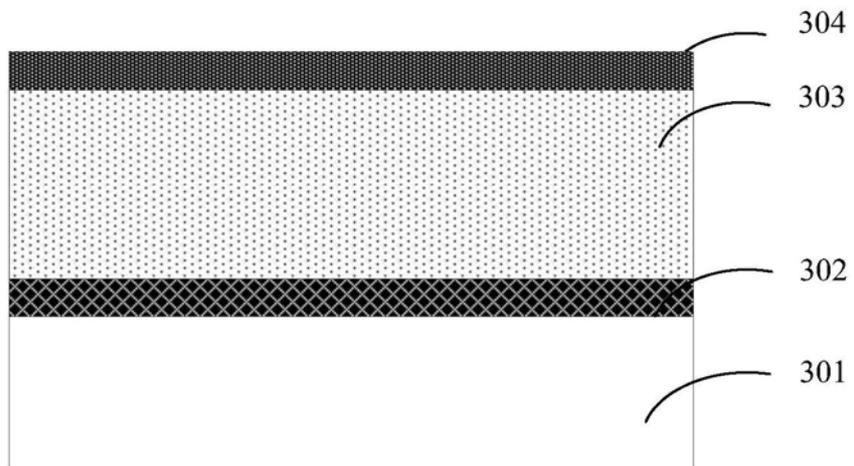


图3c

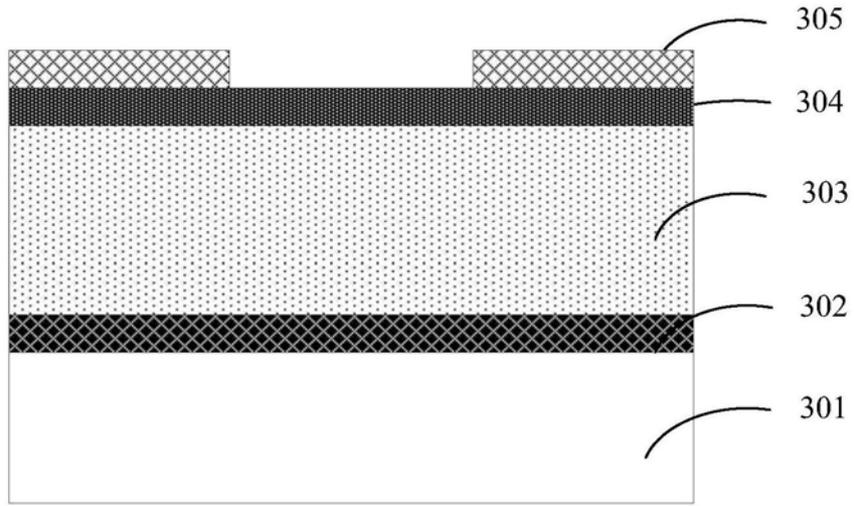


图3d

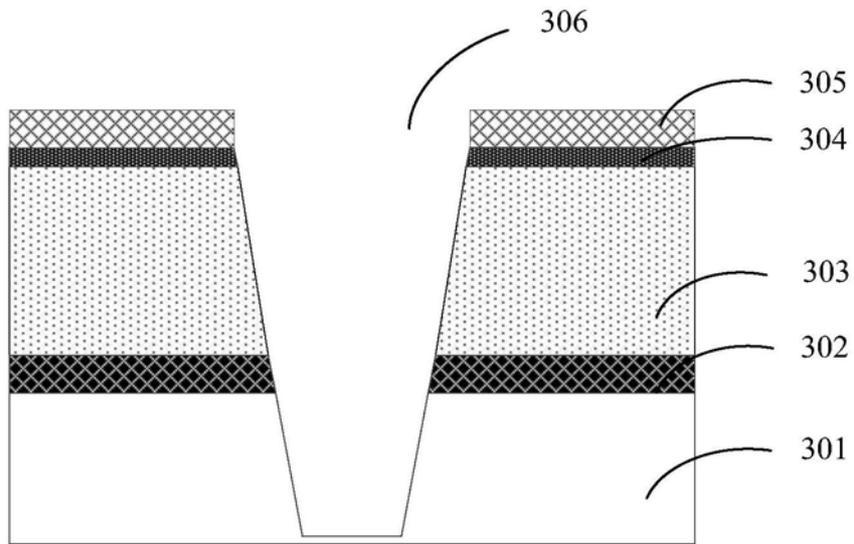


图3e

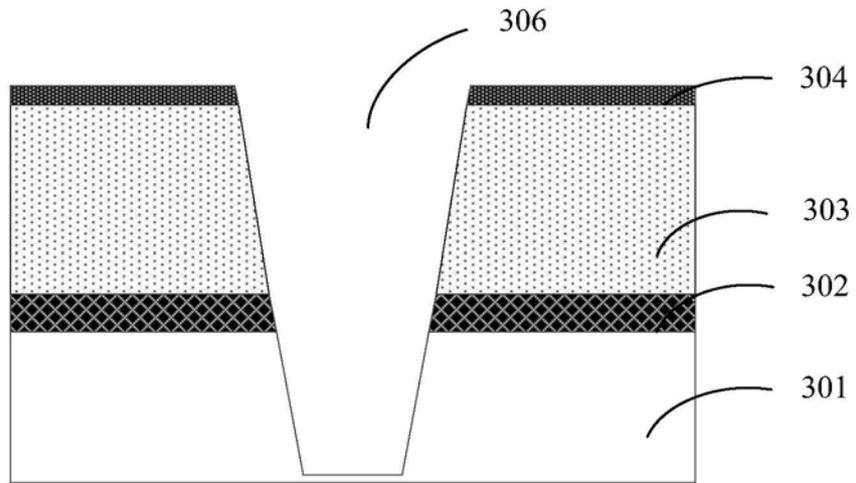


图3f

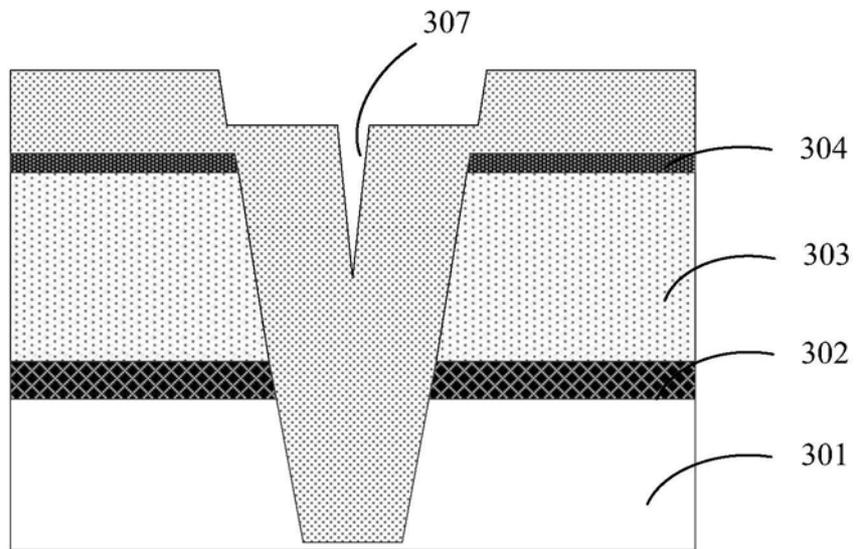


图3g

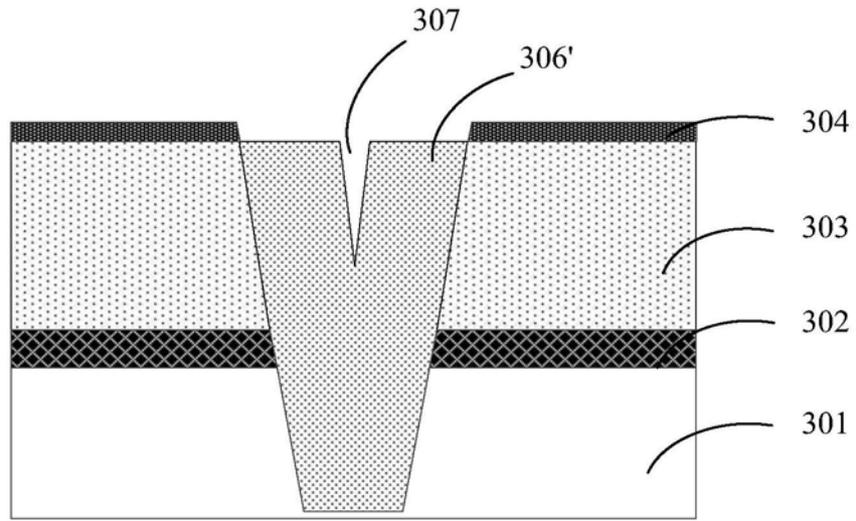


图3h

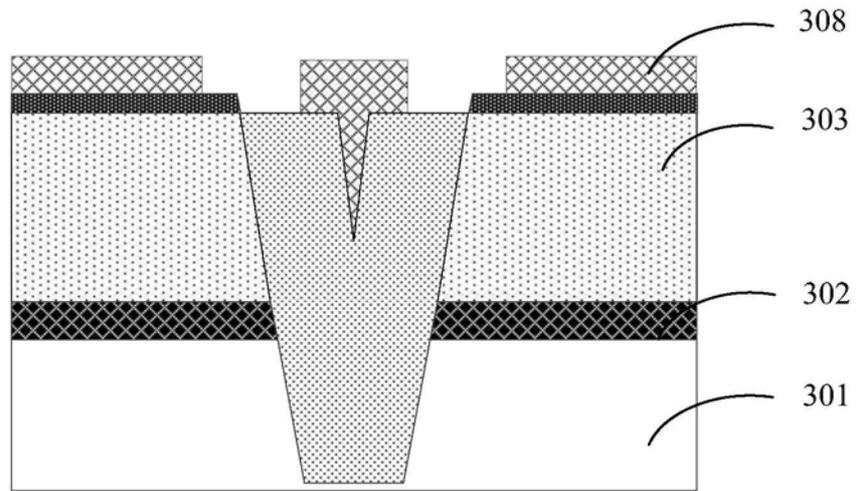


图3i

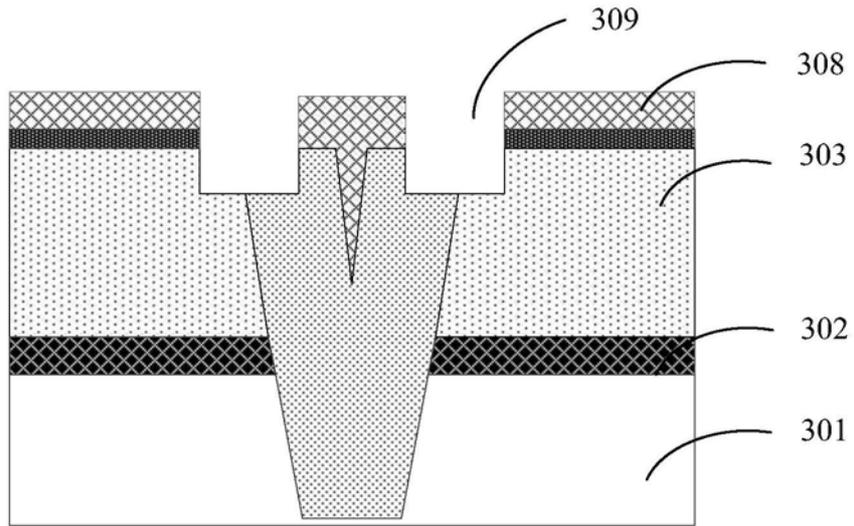


图3j

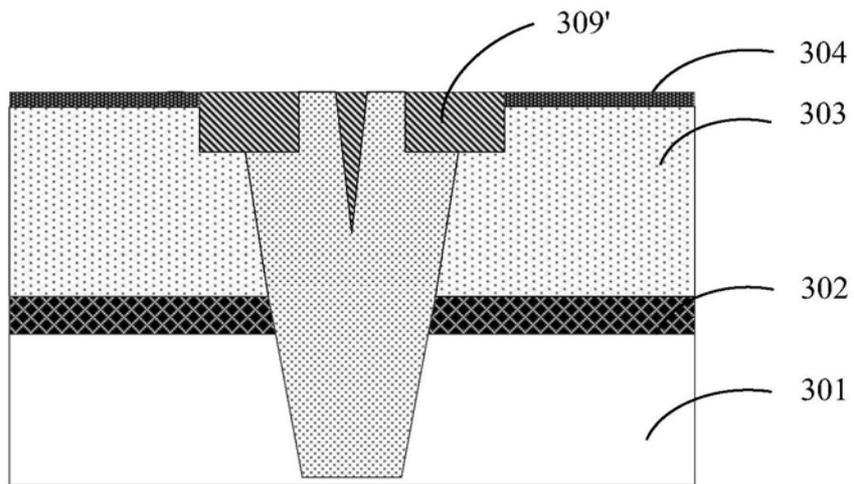


图3k

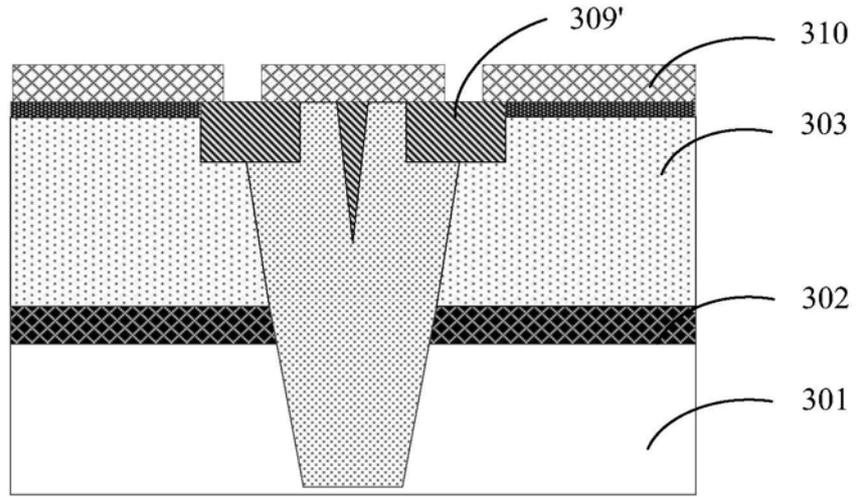


图31

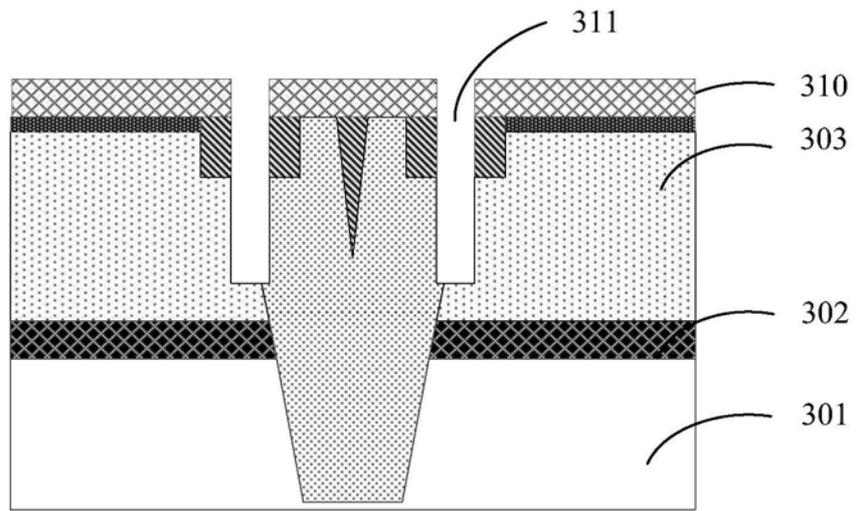


图3m

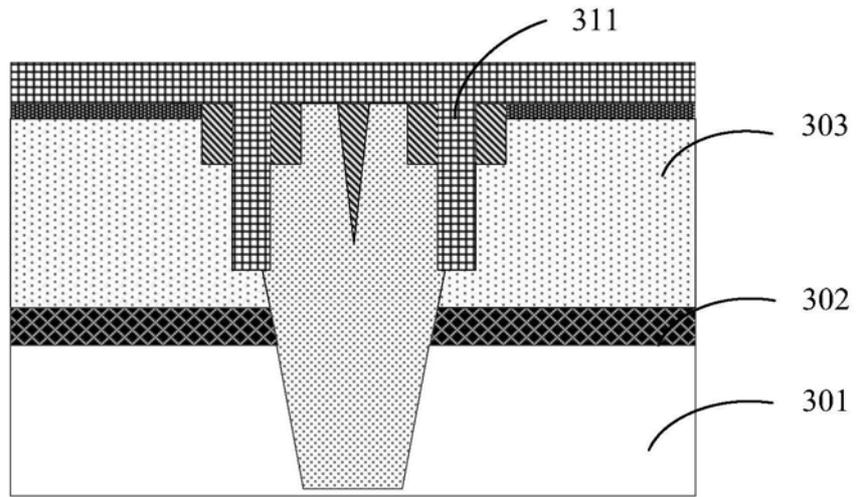


图3n

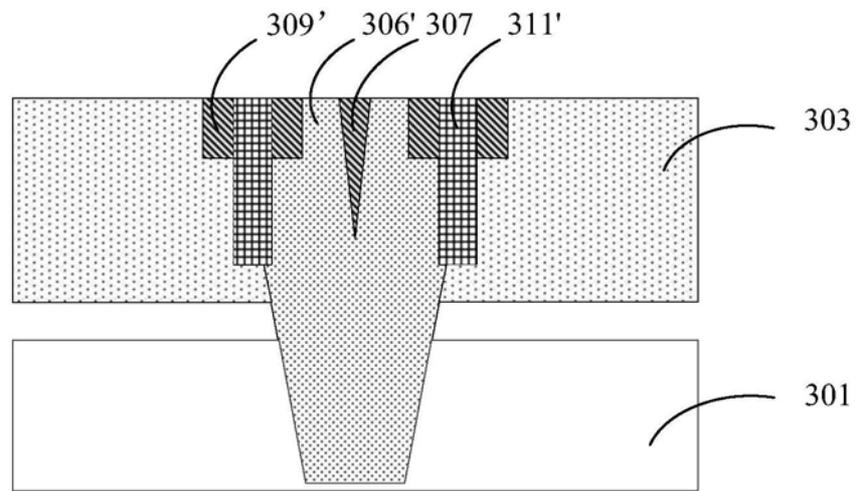


图3o

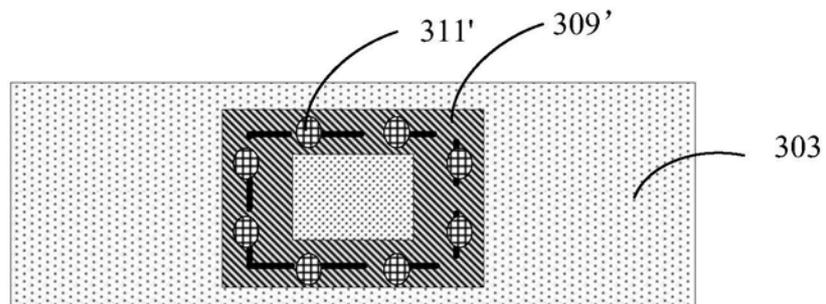


图3p

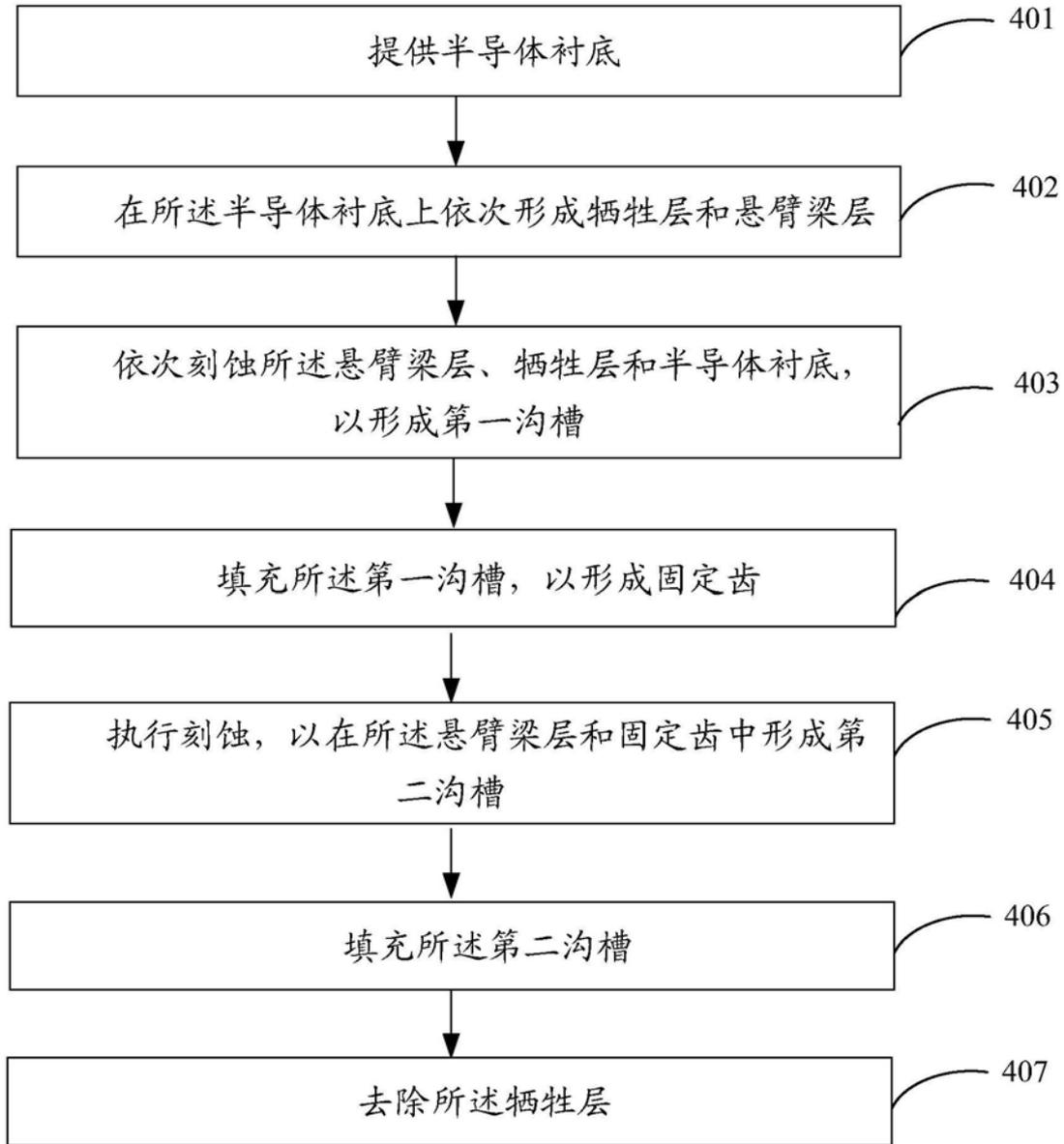


图4



图5a

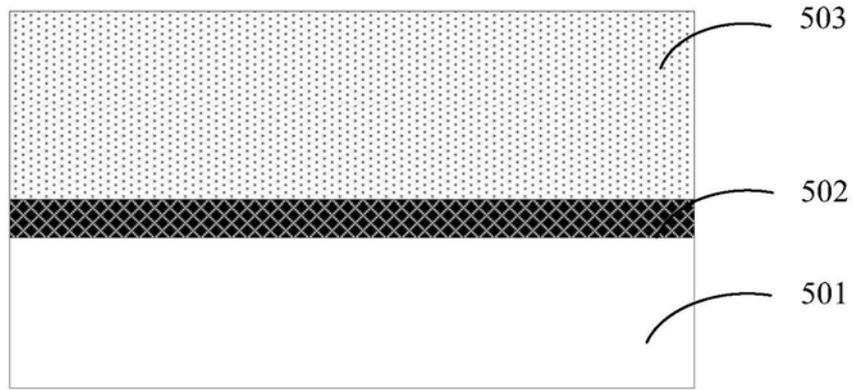


图5b

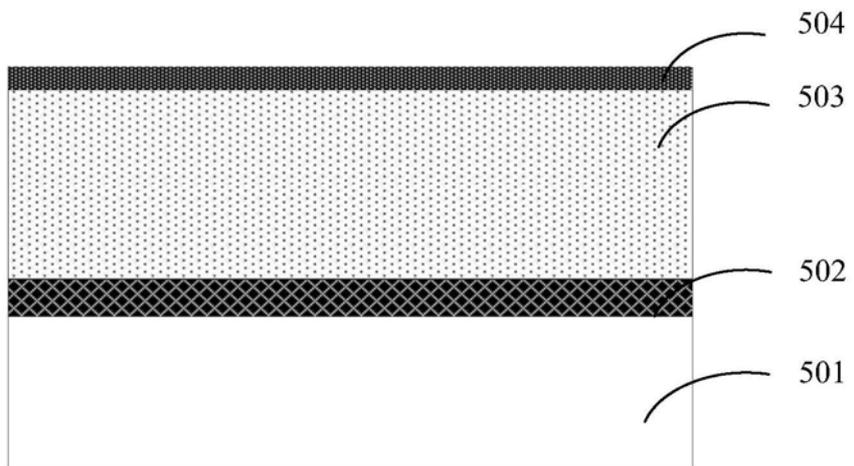


图5c

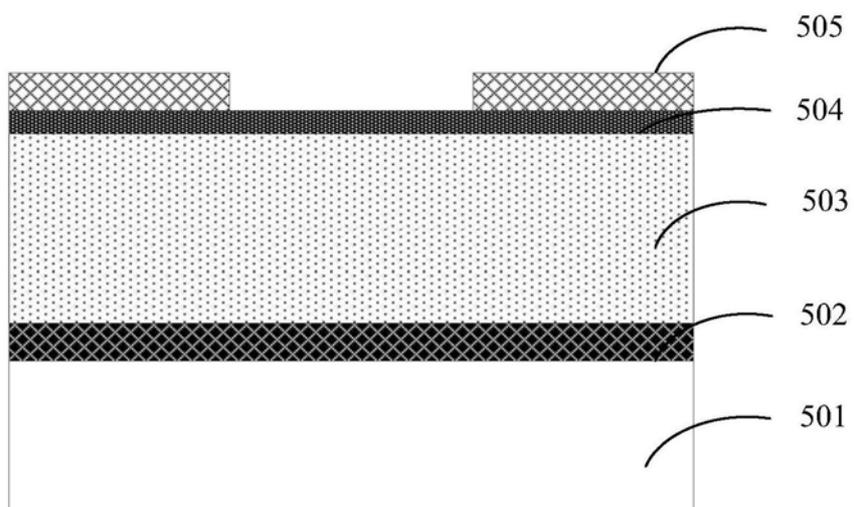


图5d

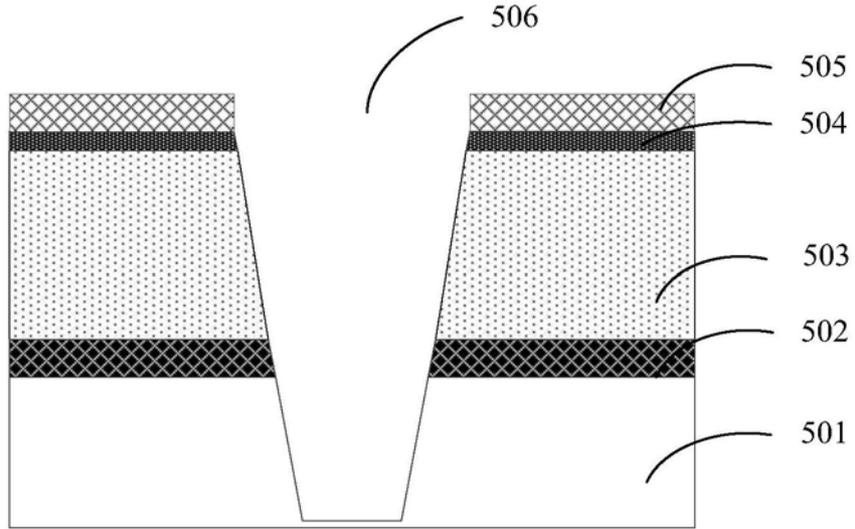


图5e

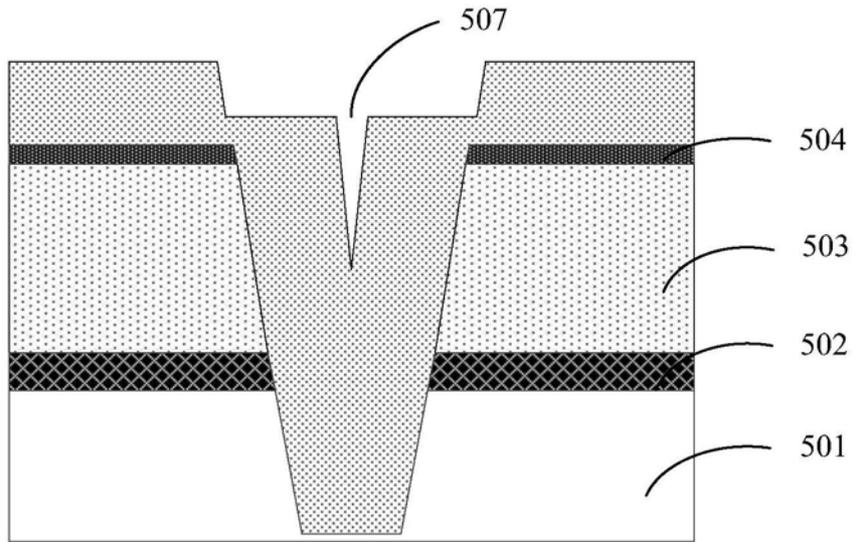


图5f

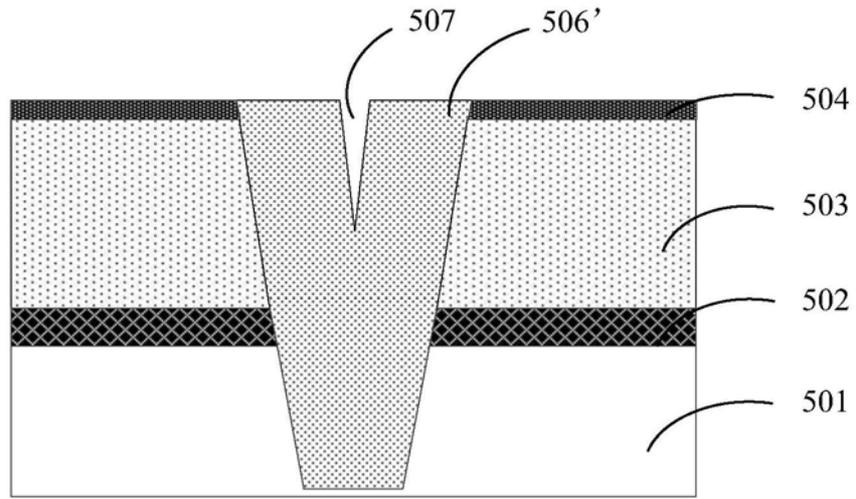


图5g

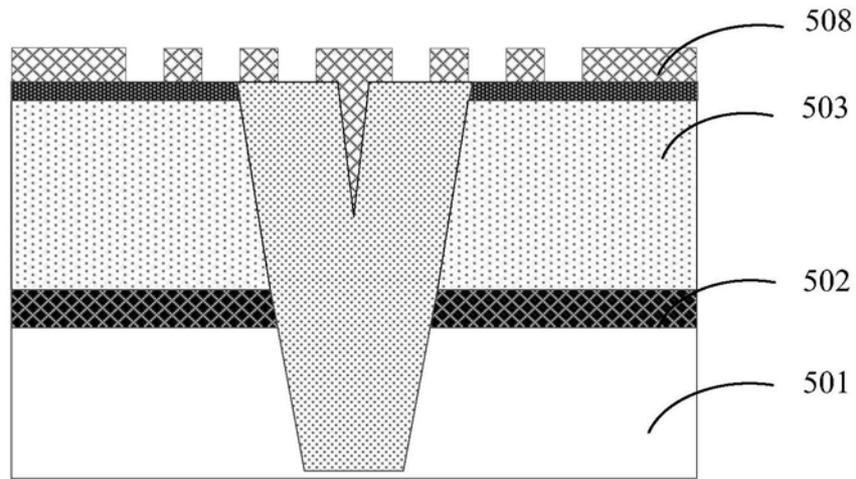


图5h

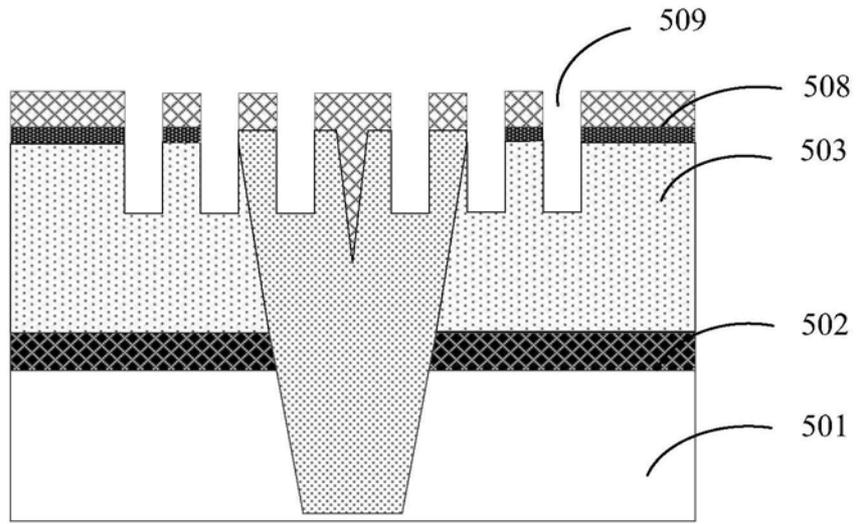


图5i

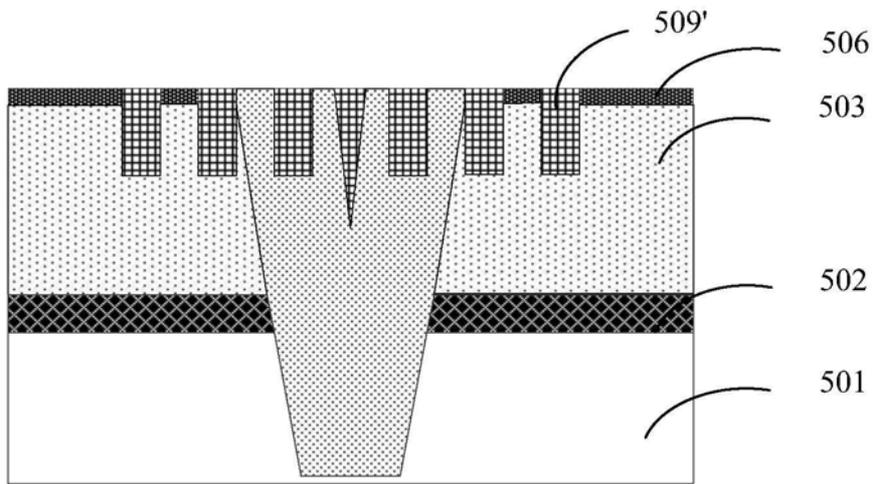


图5j

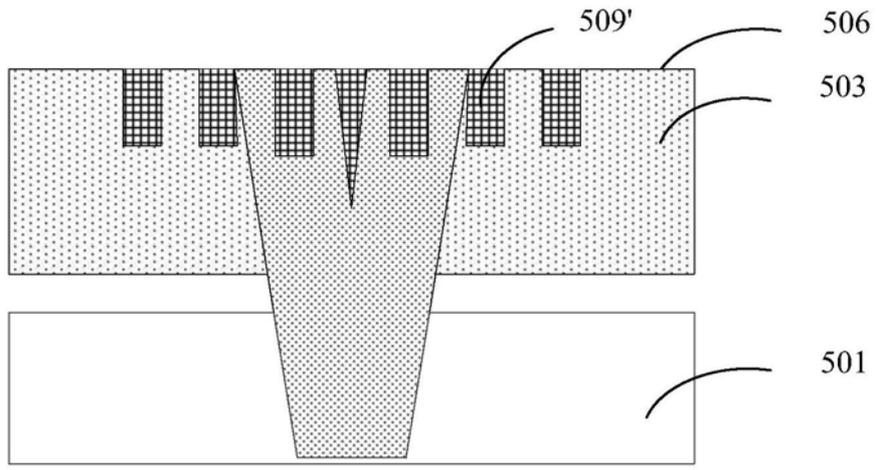


图5k

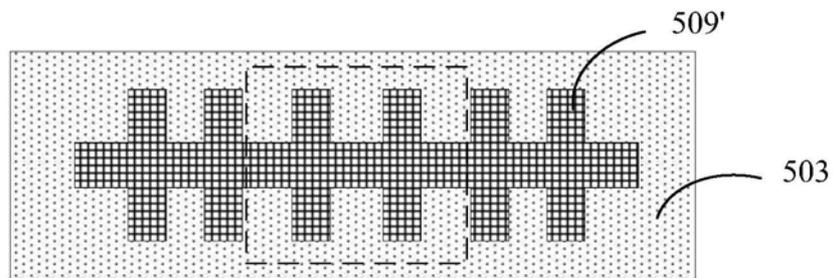


图5l