



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105452957 B

(45)授权公告日 2019.12.10

(21)申请号 201480044078.1

(22)申请日 2014.07.25

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105452957 A

(43)申请公布日 2016.03.30

(30)优先权数据  
13179420.8 2013.08.06 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.02.03

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2014/066081 2014.07.25

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/018672 EN 2015.02.12

(73)专利权人 ams有限公司  
地址 奥地利乌恩特普雷姆斯塔特恩

(72)发明人 格哈德·埃尔姆斯泰纳  
雷蒙德·霍夫曼

(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 杜诚 杨铁成

(51)Int.Cl.  
G03F 1/54(2006.01)  
G03F 7/16(2006.01)

(56)对比文件  
US 5654128 A, 1997.08.05, 说明书第11-44段、权利要求第1项和图7-17.  
JP S5542376 B2, 1980.10.30, 全文.

审查员 李悦

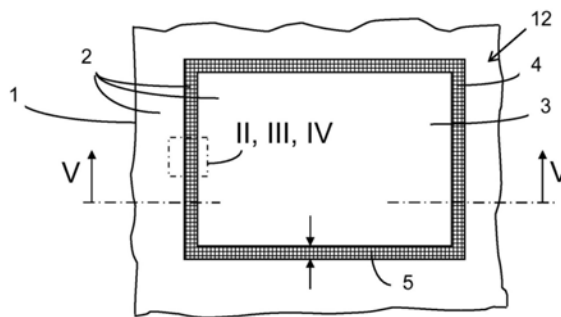
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

制作具有底切侧壁的抗蚀剂结构的方法

(57)摘要

方法包括以下步骤:将负性光致抗蚀剂层(2)施加在底层(1)上;为负性光致抗蚀剂层提供布置在要制作的抗蚀剂结构(3)的边界区(4)中的图案;根据要制作的抗蚀剂结构辐照负性光致抗蚀剂层的表面区域;以及去除受辐照表面区域外部的负性光致抗蚀剂层。以图案包括小于辐照的最小分辨率的尺寸的方式来制作该图案。该图案尤其可以被设计为次分辨率辅助图形。



1. 一种制作抗蚀剂结构的方法,包括:  
将负性光致抗蚀剂层(2)施加在底层(1)上;  
根据要制作的所述抗蚀剂结构(3)辐照所述负性光致抗蚀剂层(2)的表面区域(13);  
去除受辐照表面区域(13)外部的所述负性光致抗蚀剂层(2),从而形成所述抗蚀剂结构(3);  
所述方法的特征在于:  
在所述负性光致抗蚀剂层(2)被辐照之前,在所述抗蚀剂结构(3)的边界区(4)中为所述负性光致抗蚀剂层(2)提供所述负性光致抗蚀剂层(2)内形成的图案(5),所述图案(5)包括小于所述辐照的最小分辨率的尺寸或结构特征,并且  
其中,所述图案(5)包括具有相同尺寸的多个元素。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述图案(5)被提供为次分辨率辅助图形。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,还包括:  
表征所述图案(5)的至少一个尺寸,以及所述边界区(4)的宽度(14),所述图案(5)的尺寸小于所述边界区(4)的宽度(14)的十分之一。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述元素的尺寸小于所述边界区(4)的宽度(14)的十分之一。
5. 根据权利要求1或4所述的方法,其中,所述元素被布置成具有恒定间距的规则阵列。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述间距小于所述边界区(4)的宽度(14)的十分之一。
7. 根据权利要求1、2和4中任一项所述的方法,其中,所述图案(5)是网格状图案(5-1)。
8. 根据权利要求1、2和4中任一项所述的方法,其中,所述图案(5)是平行线图案(5-2)。
9. 根据权利要求1、2和4中任一项所述的方法,其中,所述图案(5)是接触孔图案(5-3)。
10. 根据权利要求1、2和4中任一项所述的方法,其中  
所述抗蚀剂结构(3)被制作为具有底切侧壁(6)。
11. 根据权利要求1、2和4中任一项所述的方法,其中  
所述抗蚀剂结构(3)被制作为剥离掩膜。

## 制作具有底切侧壁的抗蚀剂结构的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种制作抗蚀剂结构的方法,特别地,涉及制作具有底切侧壁的抗蚀剂结构的方法。

### 背景技术

[0002] 在半导体技术中,光刻用于构造要用作掩膜的光致抗蚀剂层。用通过不透光掩膜中的开口的光源辐照光致抗蚀剂层,其中,根据要转印到光致抗蚀剂层的图案来成形开口。然后,用显影液处理光致抗蚀剂。当使用正性光致抗蚀剂时,显影剂溶解并去除光致抗蚀剂的已被曝光的区域。当使用负性光致抗蚀剂时,显影剂溶解并去除光致抗蚀剂的未被曝光的区域。

[0003] 入射光被负性光致抗蚀剂层的吸收随着距层表面的距离呈指数减小,并且在照射期间几乎不变。由于负性光致抗蚀剂的溶解度随吸收的辐照量而减小,所以照射产生溶解度的垂直廓线,溶解度的垂直廓线随着距层表面的距离而增大。随后施加的显影剂溶解负性光致抗蚀剂的未被照射的整个区域以及受照射区域的下层部分,然而受照射区域的表面处的光致抗蚀剂不被溶解。从而在余下的光致抗蚀剂结构的侧壁中产生底切(undercut)。因此,负性光致抗蚀剂尤其适合于产生具有外伸的上边缘的结构以及具有凹状侧壁轮廓的结构。

[0004] 底切的形状取决于显影过程的参数,尤其取决于在该过程期间能够控制的显影过程的持续时间和温度以及显影剂的量。需要最小显影时间以从未被照射的区域彻底去除光致抗蚀剂,这是侧壁底切的最小尺寸的原因。此外,对于致密结构和隔离结构来说该显影过程是不同的,并且各底切的尺寸将相应地不同。不可溶解的上层部分置于光致抗蚀剂的相对柔软且热不稳定的下层部分上的事实会导致另一问题,除非通过整片曝光使整个光致抗蚀剂层稳定,否则该问题稍后可能会导致高温下预期图案的退化。

[0005] 剥离法用于制作结构化层,尤其在半导体装置的表面上制作结构化金属层。用牺牲层覆盖表面的不被结构化层占据的区域。整个金属层被施加在表面的裸露区域上以及牺牲层上,随后牺牲层与金属的重叠部分一起被去除。在该剥离之后,余下的金属形成结构化层。为了使该方法可行,金属重叠牺牲层的部分必须能够与其余的金属层分离开。这通过牺牲层的具有尖锐上边缘的外伸侧部促成,使得牺牲层的底切侧壁具有负斜率的凹状轮廓。通过尖锐边缘来防止金属的保形沉积,其中金属层在尖锐边缘处被中断。

[0006] US 4,024,293 A公开了用于剥离金属化的高灵敏度电子抗蚀系统。抗蚀膜由至少两层不同的辐照降解有机聚合物形成,不同的辐照降解有机聚合物能够通过不同的溶剂显影。其中一层包括聚甲基丙烯酸甲脂(PMMA)和甲基丙烯酸(MAA)的共聚物。另一层是纯聚甲基丙烯酸甲脂。用于其中一层的显影剂即使在已经被曝光于高能量辐照的区域中也不侵蚀另一层,反之亦然。

[0007] US 4,104,070 A公开了一种制造负性光致抗蚀剂图像的方法。根据要制作的图案将包括1羟乙基2烷基咪唑季铵盐的光致抗蚀剂层暴露于光化辐射。光致抗蚀剂被加热并经

受被全面暴露于光化辐射。随后用溶剂去除光致抗蚀剂的先前未被暴露的部分,以产生负像(negative image)。

[0008] US 4,564,584 A公开了用于制造半导体装置中的自对准结构的光致抗蚀剂剥离过程。负性光致抗蚀剂层被施加在构造的正性光致抗蚀剂层上。整个结构被曝光,从而负性光致抗蚀剂变得不可溶。因为上光致抗蚀剂层至少是透光的,所以正性光致抗蚀剂的其余部分变得可溶。与负性光致抗蚀剂的重叠部分一起去掉正性光致抗蚀剂层的其余部分。负性光致抗蚀剂的其余部分形成结构化光致抗蚀剂掩膜。该方法提供了第一光致抗蚀剂层和第二光致抗蚀剂层的图案的完全的、相互自对准的图像逆转。

[0009] US 5,654,128 A公开了用于在衬底上形成图案化层的单抗蚀剂层剥离过程。通过后浸泡烘烤来控制氯苯渗透到抗蚀剂层中的程度。利用后金属化烘烤来改善剥离。抗蚀剂轮廓具备增大的外伸长度和侧壁的负坡度,以防止抗蚀剂的侧壁被金属化,并且有利于通过剥离去除抗蚀剂。

[0010] US 7,141,338 B2公开了次分辨率辅助图形(SRAF)。在印刷在衬底上的图像中,通过照射光刻掩膜并且使用光学投影系统将透射过该掩膜的光投影到衬底上来减小圆角和图像收缩。掩膜具有以下图案,该图案包括具有至少一个角(corner)的至少一个可印刷特征。线特征与可印刷特征的相应角十分接近地合并到掩膜图案中,并且线宽小于光学投影系统的最小分辨率。

[0011] US 7,694,269B2公开了一种用于将次分辨率辅助图形(SRAF)选择性地定位在用于互连的光掩模图案中。该方法包括确定第一互连图案选项是否产生比第二互连图案选项更好的电路性能,其中第一互连图案选项被设计成形成有SRAF,第二互连图案选项被设计成不形成有SRAF。如果第一选项是优选的,则一个或多个SRAF图案被定位成有利于图案化。否则,第二选项被选择为目标图案并且不提供SRAF。

## 发明内容

[0012] 本发明的一个目的是提供一种用于制作具有底切侧壁的抗蚀剂结构的方法,使得该方法消除上面提到的问题,并且该方法对制作剥离掩膜尤其有用。

[0013] 通过根据权利要求1的制作抗蚀剂结构的方法来实现该目的。从各从属权利要求得到各变型。

[0014] 用于制作抗蚀剂结构的方法允许通过使布局特征实现为低于成像系统的分辨率极限来形成负性光致抗蚀剂的三维结构,其中该成像系统用于光致抗蚀剂的辐照。

[0015] 方法包括以下步骤:将负性光致抗蚀剂层施加到底层上;为负性光致抗蚀剂层提供布置在要制作的抗蚀剂结构的边界区中的图案;根据要制作的抗蚀剂结构辐照负性光致抗蚀剂层的表面区域;以及去除受辐照表面区域外部的负性光致抗蚀剂层。以以下方式制作该图案:该图案包括小于辐照的最小分辨率的尺寸或结构特征。该图案尤其可以被提供为次分辨率辅助图形。该图案被形成在负性光致抗蚀剂层内。

[0016] 在方法的一个变型中,表征图案的至少一个尺寸小于边界区的宽度的十分之一。

[0017] 在方法的另一变型中,制作图案,使其包括具有相同尺寸的多个元素。

[0018] 在方法的另一变型中,制作图案,使其包括具有小于边界区的宽度的十分之一的相同尺寸的多个元素。

- [0019] 在方法的另一变型中,图案的元素被布置成具有恒定间距的规则阵列。
- [0020] 在方法的另一变型中,图案的元素被布置成具有小于边界区的宽度的十分之一的恒定间距的规则阵列。
- [0021] 在方法的另一变型中,图案是网格状图案、平行线图案或接触孔图案。
- [0022] 该方法尤其能够用来制作具有在边界区的区域中形成的底切侧壁的抗蚀剂结构,尤其是被提供为剥离掩膜的抗蚀剂结构。

### 附图说明

- [0023] 以下内容是结合附图的该方法的示例的详细描述。
- [0024] 图1是指示要制作的抗蚀剂结构的位置的负性光致抗蚀剂层的顶视图;
- [0025] 图2是针对使用被布置在抗蚀剂结构的边界区中的网格状图案的变型的、图1中所示的部分的放大视图;
- [0026] 图3是针对使用平行线图案的另一变型的、根据图2的放大视图;
- [0027] 图4是针对使用接触孔图案的另一变型的、根据图2的放大视图;
- [0028] 图5是示出底层上的负性光致抗蚀剂层的截面;
- [0029] 图6是形成抗蚀剂结构之后的、根据图5的截面;
- [0030] 图7是示出光致抗蚀剂层的辐照的、根据图5的截面;
- [0031] 图8是针对另一示例的、根据图6的截面。
- [0032] 图9是施加功能层之后的、根据图8的截面;
- [0033] 图10是通过剥离部分地去除功能层之后的、根据图9的截面。

### 具体实施方式

- [0034] 图1是被施加在底层1上的负性光致抗蚀剂层2的表面12的顶视图。在图1中用矩形区域指示要由负性光致抗蚀剂制作的抗蚀剂结构3。根据各个要求,抗蚀剂结构3的区域也可以包括任何其它形状或图案,具体地,三角形、具有多于四个角的多角形、圆形或椭圆形。抗蚀剂结构3可以包括具有这样的形状的多个区域,这些形状可以彼此相似或彼此不同,并且可以以彼此相等或彼此不等的距离来布置。特别地,可以意图将抗蚀剂结构3作为剥离掩膜,该剥离掩膜将用于构造被沉积在该剥离掩膜上的层。底层1可以是例如半导体衬底或晶片,或者是布置在衬底上或衬底上方的层。要由负性光致抗蚀剂制作的抗蚀剂结构3在负性光致抗蚀剂层2内被边界区4包围。在图1中由箭头指示该边界区4的宽度14。
- [0035] 使边界区4设置有包括小于辐照的最小分辨率的尺寸的图案5,其中辐照意图产生负性光致抗蚀剂的局部选择性不溶性。提供图案5以更改到达表面12下方的不同水平面的辐照的强度,从而与抗蚀剂结构3的中心的溶解度的垂直廓线相比,更改边界区4内的负性光致抗蚀剂的溶解度的垂直廓线。图案5被形成在负性光致抗蚀剂层2内。
- [0036] 图2是图1中由虚线轮廓指示的部分的放大视图。根据图2的部分示出了负性光致抗蚀剂层2的相邻区域之间的边界区4的区域,包括要制作的抗蚀剂结构3的区域。边界区4设置有图案5。在图2示出的示例中,图案5是由两组多个平行线构成的网格状图案5-1,其中,属于其中一组多个平行线的线被布置成横截属于另一组多个平行线的线。平行线之间的距离通常可以在从100nm到700nm的范围内,并且特别可以是恒定的,从而形成具有恒定

间距的网格。适当间距的典型示例是在两个方向上均为400nm。

[0037] 图3是在图1中由虚线轮廓指示的部分的进一步放大视图,用相同的附图标记来标示相应区域。在图3示出的示例中,图案5是平行线图案5-2。平行线之间的距离通常可以在从100nm到700nm的范围内,并且特别地可以是恒定的,从而形成具有恒定间距的阵列。适当间距的典型示例是400nm。

[0038] 图4依然是在图1中由虚线轮廓指示的部分的进一步放大视图,用相同的附图标记来标示相应区域。在图4示出的示例中,图案5是接触孔图案5-3。并非为了接触的目的而提供接触孔,但是可以通过与形成小通孔类似的方法来成形和制作这些孔。可以以随机分布的方式布置这些孔,或者可以以相等的间隔在规则图案上布置这些孔。这样的规则图案通常可以包括从100nm到700nm的范围内的间距,该间距特别地可以是恒定的。孔的直径通常可以在从200nm到400nm的范围内,并且可以是不同的或相等的。

[0039] 图5是示出底层1的上表面11上的负性光致抗蚀剂层2的截面。在图1中由虚直线指示该截面的位置。图5示出了要制作的抗蚀剂结构3的区域以及边界区4,边界区4包围抗蚀剂结构3,因此边界区4存在于抗蚀剂结构3的两个侧边界处。边界区4的宽度14也由箭头指示。负性光致抗蚀剂层2被辐照,具体被入射到上表面12上的光辐照。

[0040] 边界区4的图案5优选地被设计成与次分辨率辅助图形(SRAF)相似。与常规的次分辨率辅助图形相反,对于抗蚀剂结构3的形成,以完全不同的方法使用图案5,具体地通过用常规成像系统例如步进机进行照射来使用图案5。抗蚀剂结构3的尺寸大于成像系统的分辨率极限。图案5包括小于成像系统的分辨率极限的尺寸或结构特征。因为不同的尺寸,不详细地复制图案5的结构,而是仅抗蚀剂结构3的大体轮廓被传递至负性光致抗蚀剂层2。图案5的多孔性或空洞使得更大的辐照量能够到达表面12下方的特定水平面,从而下至表面12下方的比被边界区4包围的中央区域中更深的水平面地交联或硬化边界区4中的负性光致抗蚀剂。从而更改抗蚀剂结构3的侧壁将要位于的区域。

[0041] 在边界区4中通过将图案5的相关尺寸设置成适当值来控制通过负性光致抗蚀剂层2的垂直方向上的辐照强度。在接触孔图案5-3的示例中,例如,孔的直径以及孔的阵列的间距是能够被改动的相关参数。在负性光致抗蚀剂的辐照期间,辐照量应当被设置成高到足以保证边界区4下至底层1中的负性光致抗蚀剂的全交联。如果因此在边界区4中实现了全交联,则随后的显影过程将准确停止在下至底层1的负性光致抗蚀剂彻底交联的位置处,而与所用显影剂的量无关。因此,通过设置相关参数,尤其是边界区4的宽度14,侧壁底切的形状和尺寸能够适应于各个应用的要求。

[0042] 图6是形成具有外伸侧壁6的抗蚀剂结构3之后的、根据图5的截面。也可以通过改动边界区4的宽度14以及图案5的结构来制作像图8中示出的侧壁6的轮廓那样的其它轮廓。抗蚀剂结构3的上边缘伸出底层1的上表面11,并且侧壁6的凹形适合于抗蚀剂结构3作为剥离掩膜的应用。

[0043] 图7是示出对负性光致抗蚀剂层2的辐照的、根据图5的截面。负性光致抗蚀剂层2被掩膜7遮挡辐照,掩膜7覆盖要制作的抗蚀剂结构3的表面区域13外部的区域。在图7中用指向下的箭头指示辐照。在未覆盖的表面区域13下方,辐照穿透到负性光致抗蚀剂中。辐照强度是距表面12的距离D的函数,并且随增大的距离D而减小。优选地以使得负性光致抗蚀剂在下至底层1的边界区4中不能溶解的方式执行辐照。

[0044] 图8是根据图6的截面,其出了在显影过程之后并且去除负性光致抗蚀剂层2的未被辐照的部分之后的所制作的抗蚀剂结构3。在图8示出的示例中,侧壁6的负坡度基本上与表面11的平面处于恒定角度。根据图8的抗蚀剂结构3也适合于作为剥离掩膜的应用。

[0045] 通过采用适当的图案5能够产生侧壁6的恒定坡度。在图4的示例中,使用接触孔图案5-3,接触孔的直径能够在跨边界区4的方向上,即在沿图1中嵌入的小箭头之一的方向上变化,使得图案5的透明度包括该方向上的梯度。在图案5包括平行于边界区4的边界线的多个线的其它示例中,线之间的距离能够相应地变化。

[0046] 图9和图10图示出使用抗蚀剂结构3的剥离过程。施加层8来覆盖整个表面11,其中可以为实现半导体装置的功能而提供层8并因此将其指定为下文中的功能层8。由于抗蚀剂结构3的侧壁6被底切,所以在侧壁6处不能保形地沉积功能层8,而是在锐利的上边缘处中断,从而形成缝隙。因此,如图10中所示,能够通过去除抗蚀剂结构3来容易地去除功能层8的施加在抗蚀剂结构3上的部分,而不影响剩余部分9。

[0047] 所描述的方法仅使用具有出色的温度稳定性的负性光致抗蚀剂,并且避免制作双抗蚀剂层的缺点。在该方法中,底切侧壁的形状不像常规光刻方法那么依赖显影过程。侧壁区域中的全交联有利于对底切的控制,并且允许比迄今为止的设计规则更精细的设计规则。因为在下至底层的抗蚀剂被交联的位置处阻止显影剂的侵蚀,所以可以执行显影过程直到从抗蚀剂结构外部的表面区域彻底去除抗蚀剂而不影响底切。此外,对于底切的最小尺寸没有限制。这些特性使得抗蚀剂结构的侧壁能够容易地适应任何现有的形貌。最小化了图案效应,并且可以延长显影过程以避免开放表面区域中的浮渣以及随后的沉积层的粘附。

[0048] 该方法不限于T型侧壁轮廓。通过改变边界区中的图案,能够更改区域图像强度以满足具体应用的要求,并且能够制作不能用常规方法实现的垂直凹状结构。因为在显影之后只剩下光致抗蚀剂的交联部分,所以由热处理引起的特征退化较低,并且不需要稳定整片曝光。

[0049] 附图标记列表

[0050] 1 底层

[0051] 2 负性光致抗蚀剂层

[0052] 3 抗蚀剂结构

[0053] 4 边界区

[0054] 5 图案

[0055] 5-1 网格状图案

[0056] 5-2 平行线图案

[0057] 5-3 接触孔图案

[0058] 6 侧壁

[0059] 7 掩膜

[0060] 8 功能层

[0061] 9 功能层的剩余部分

[0062] 10 底层的表面区域

[0063] 11 底层的表面

- [0064] 12 负性光致抗蚀剂层的表面
- [0065] 13 负性光致抗蚀剂层的表面区域
- [0066] D 距表面的距离

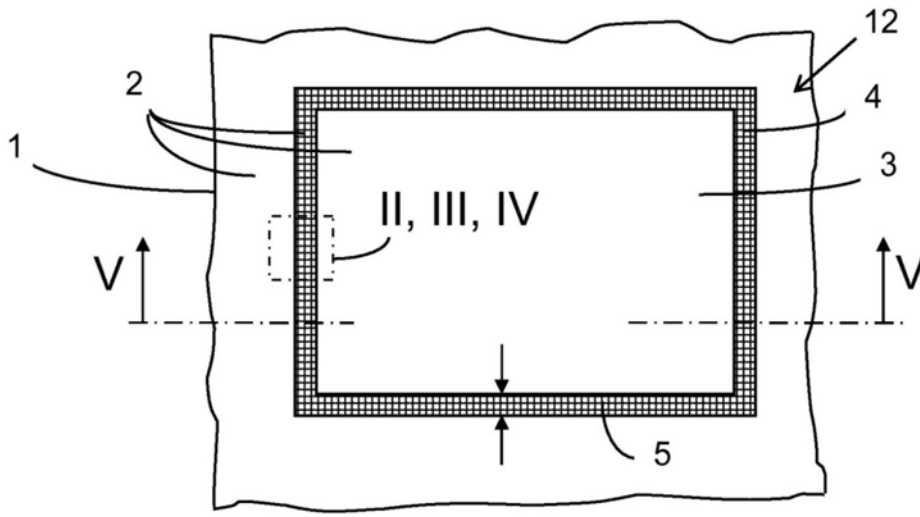


图1

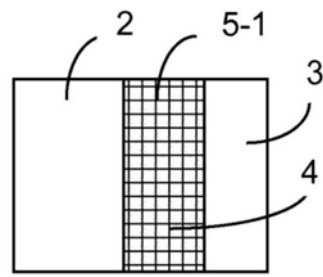


图2

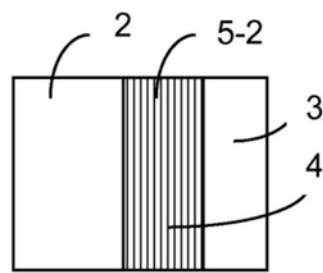


图3

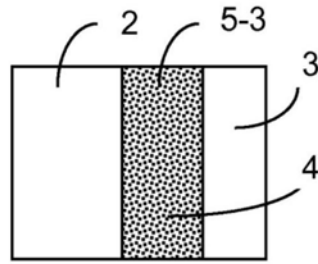


图4

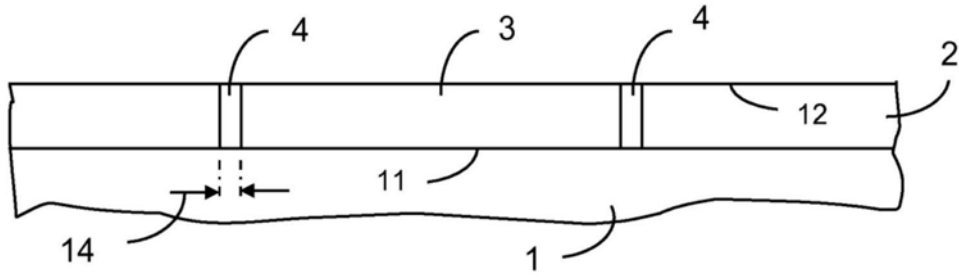


图5

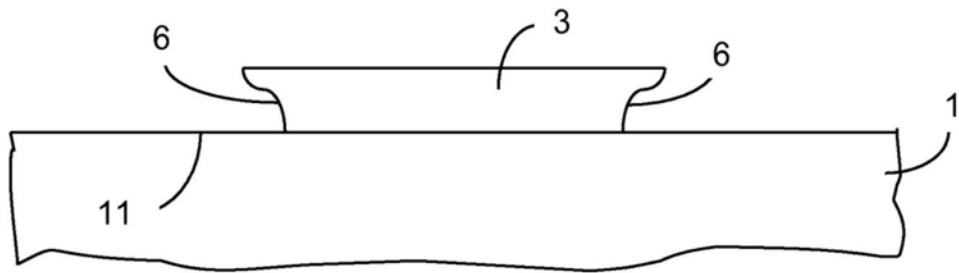


图6

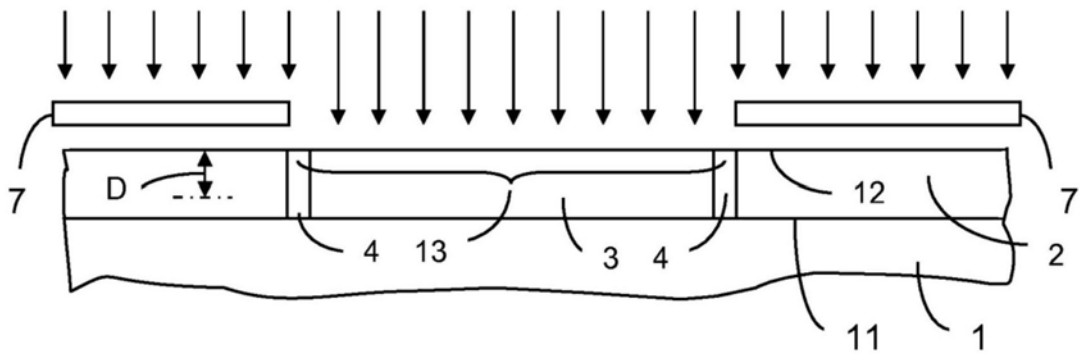


图7

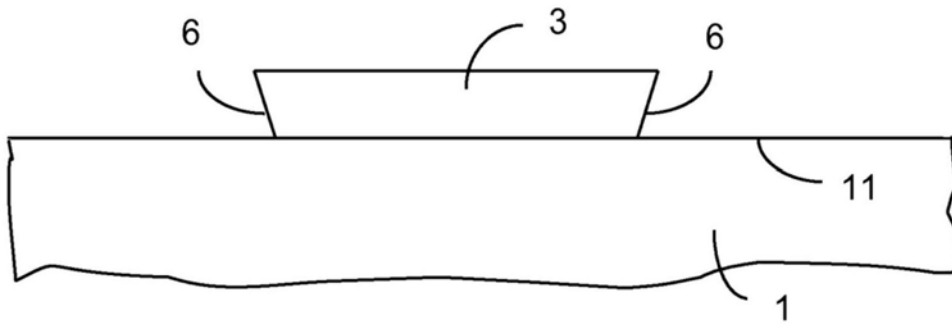


图8

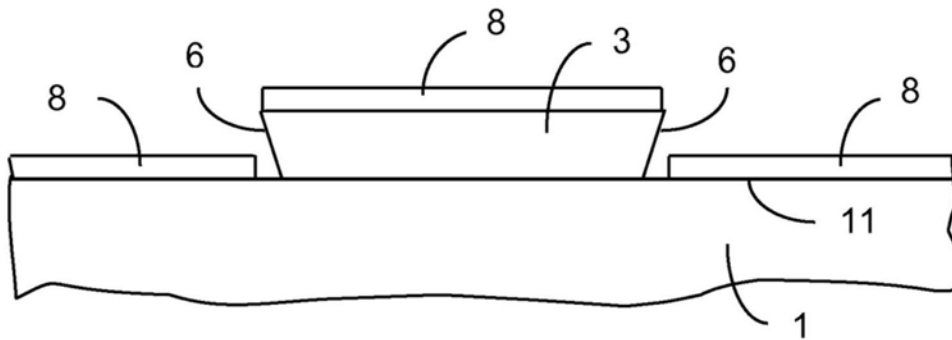


图9

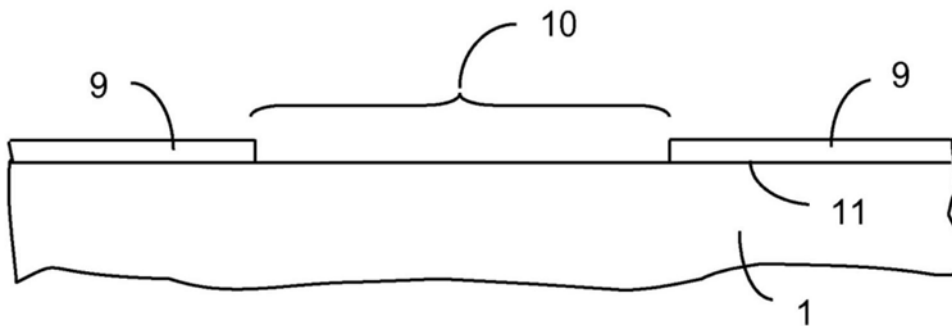


图10