



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109791913 A

(43)申请公布日 2019.05.21

(21)申请号 201780059692.9

苏米特·辛格·罗伊 段子晴

(22)申请日 2017.09.28

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

(30)优先权数据

62/403,036 2016.09.30 US

代理人 徐金国 赵静

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.03.27

(51)Int.Cl.

H01L 21/768(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/053936 2017.09.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/064292 EN 2018.04.05

(71)申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 戴维·汤普森 本杰明·施密格

杰弗里·W·安西斯

阿布海杰特·巴苏·马利克

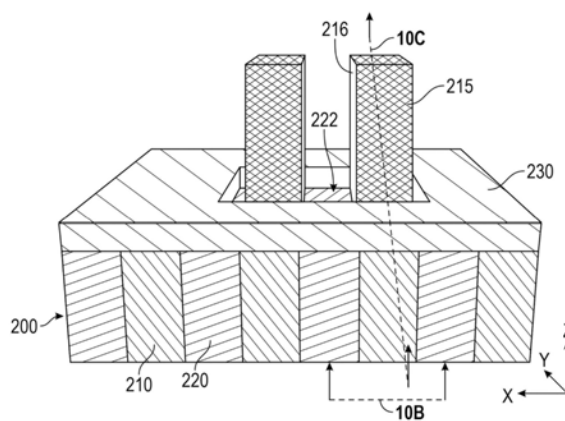
权利要求书1页 说明书11页 附图19页

(54)发明名称

形成自对准通孔的方法

(57)摘要

描述多种处理方法,所述方法包括:透过掩模选择性正交地生长第一材料,而提供扩展的第一材料。可移除该掩模,而留下从该第一材料的表面正交延伸的该扩展的第一材料。进一步的处理可产生自对准通孔。



1. 一种处理方法,包括下述步骤:

提供具有基板表面的基板,所述基板表面包括第一材料的第一表面以及第二材料的第二表面,所述第二材料与所述第一材料不同;

将掩模形成于所述基板上,所述掩模具有开口,所述开口暴露所述第一表面与所述第二表面的至少一部分;

使所述第一材料扩展而正交地生长扩展的第一材料达到比所述第二表面更大的高度;以及

从所述基板移除所述掩模,而留下从所述基板表面正交延伸的所述第一材料。

2. 如权利要求1所述的方法,其中使所述第一材料扩展引发所述扩展的第一材料从所述第一表面笔直向上扩展穿过所述掩模中的所述开口达到大于所述掩模的高度。

3. 如权利要求1所述的方法,其中使所述第一材料扩展的步骤包括下述一或多个步骤:氧化所述第一材料,或氮化所述第一材料。

4. 如权利要求3所述的方法,其中所述第一材料包括Co、Mo、W、Ta、Ti、Ru、Rh、Cu、Fe、Mn、V、Nb、Hf、Zr、Y、Al、Sn、Cr或La中的一或多种。

5. 如权利要求4所述的方法,其中氧化所述第一材料或氮化所述第一材料的步骤包括下述步骤:将所述第一材料暴露至氧化剂或氮化剂,所述氧化剂或氮化剂包括下述一或多种:O<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>/Ar、N<sub>2</sub>/He或N<sub>2</sub>/Ar/He。

6. 如权利要求1所述的方法,其中所述第一材料包括金属,且所述第二材料包括介电质。

7. 如权利要求1所述的方法,进一步包括下述步骤:在所述基板表面上沉积第三材料,所述第三材料环绕从所述基板表面延伸的正交生长的所述扩展的第一材料。

8. 如权利要求7所述的方法,其中所述第三材料包括介电质。

9. 如权利要求8所述的方法,其中所述第三材料与所述第一材料及所述第二材料不同。

10. 如权利要求9所述的方法,进一步包括下述步骤:穿过所述第三材料蚀刻从所述基板表面延伸的所述扩展的第一材料,而留下穿过所述第三材料的开口。

11. 如权利要求10所述的方法,其中蚀刻所述扩展的第一材料的步骤包括:将所述第一材料暴露于金属卤化物化合物。

12. 如权利要求11所述的方法,其中所述金属卤化物化合物具有与所述第一材料不同的金属。

13. 如权利要求10所述的方法,进一步包括下述步骤:在所述第三材料的表面上沉积缝隙填充金属,所述缝隙填充金属填充所述第三材料的所述开口且形成与所述第一材料的电接触。

14. 如权利要求13所述的方法,其中所述缝隙填充金属与所述第一材料不同。

15. 如权利要求13所述的方法,进一步包括下述步骤:从所述第三材料的所述表面移除所述缝隙填充金属,而留下位在所述第三材料的所述开口中的所述缝隙填充金属。

## 形成自对准通孔的方法

### 技术领域

[0001] 本公开内容一般地涉及沉积与蚀刻薄膜的方法。特定而言,本公开内容涉及用于选择性沉积膜的工艺。

### 背景技术

[0002] 半导体工业快速地开发愈来愈小的晶体管尺寸的芯片,以在每单位面积上获得更多功能性。随着器件尺寸持续缩小,器件之间的缝隙/空间亦缩小,这增加了将这些器件彼此实体隔离的困难度。以高质量介电材料填充器件之间经常不规则成形的高深宽比沟槽/空间/缝隙逐渐成为一项挑战,难以利用包括缝隙填充、硬掩模及间隔件应用的现有方法实施。

[0003] 通过在基板表面上产生错综复杂的图案化材料层的工艺而可能实现集成电路。在基板上产生图案化材料要求用于移除暴露材料的受控方法。化学蚀刻用于各种目的,包括将光刻胶中的图案移转到下面的层、使层变薄或使已存在于表面上的特征的侧向尺寸变薄。经常,期望有一种蚀刻一种材料的速度快于蚀刻另一种材料的蚀刻工艺,而有助于例如图案转移工艺。此种蚀刻工艺被称作是第一材料的选择性。材料、电路、及工艺多样化的结果是,已开发选择性移除广泛材料中的一或多种的蚀刻工艺。

[0004] 经常期望用于从半导体基板选择性移除材料的干蚀刻工艺。此种期望是源自从微型结构以极微的物理性干扰温和地移除材料的能力。干蚀刻工艺亦允许通过移除气相反应试剂而使蚀刻速率得以突然停止。一些干蚀刻工艺包括基板暴露于由一或多个先驱物形成的远程等离子体副产物。最近已开发许多干蚀刻工艺,以相对彼此选择性移除各式各样的介电质。然而,目前开发了相对极少数选择性移除含金属材料的干蚀刻工艺。需要多种方法以将工艺序列拓展到各种含金属材料。

[0005] 因此,此技术中需要新的方法以用于具有更小临界尺寸的芯片设计。此外,持续需要高质量的金属氧化物保形膜或缝隙填充膜以用于硬掩模及间隔件应用,以及需要选择性蚀刻这些膜的方法。

### 发明内容

[0006] 本公开内容的一或多个实施方式涉及处理方法。提供具基板表面的基板,该基板表面包括第一材料的第一表面以及第二材料的第二表面,该第二材料与该第一材料不同。掩模形成于该基板上,该掩模具有开口,该开口暴露该第一表面与该第二表面的至少一部分。该第一材料扩展而使扩展的第一材料正交地生长达到比该第二表面更大的高度。从该基板移除该掩模,而使该第一材料从该基板表面正交延伸。

[0007] 本公开内容的另外的实施方式涉及处理方法。提供具基板表面的基板,该基板表面包括第一材料的第一表面以及第二材料的第二表面,该第二材料与该第一材料不同。该第一材料包括金属,该金属选自由下述金属所组成的群组:Co、Mo、W、Ta、Ti、Ru、Rh、Cu、Fe、Mn、V、Nb、Hf、Zr、Y、Al、Sn、Cr、La及上述金属的组合。该第二材料包括介电质。掩模形成于该

基板上。该掩模具有开口，该开口暴露该第一表面与该第二表面的至少一部分。氧化该第一材料以从该第一表面笔直向上扩展该第一材料并通过该掩模中的该开口，而延伸至该掩模的顶表面上方，从而形成扩展的第一材料。氧化该第一材料的步骤包括：将该第一材料暴露至氧化剂，该氧化剂包括下述物质中的一或多种： $O_2$ 、 $O_3$ 、 $N_2O$ 、 $H_2O$ 、 $H_2O_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $N_2/Ar$ 、 $N_2/He$ 或 $N_2/Ar/He$ 。从该基板移除该掩模，而使该扩展的第一材料从该基板表面正交延伸。

[0008] 本公开内容的进一步实施方式涉及处理方法。提供具有基板表面的基板，该基板表面包括第一材料的第一表面以及第二材料的第二表面，该第二材料与该第一材料不同。该第一材料包括金属，该金属选自由下述金属所组成的群组： $Co$ 、 $Mo$ 、 $W$ 、 $Ta$ 、 $Ti$ 、 $Ru$ 、 $Rh$ 、 $Cu$ 、 $Fe$ 、 $Mn$ 、 $V$ 、 $Nb$ 、 $Hf$ 、 $Zr$ 、 $Y$ 、 $Al$ 、 $Sn$ 、 $Cr$ 、 $La$ 及上述金属的组合。该第二材料包括介电质。掩模形成于该基板上。该掩模具有开口，该开口暴露该第一表面与该第二表面的至少一部分。氧化该第一材料以从该第一表面笔直向上扩展该第一材料并通过该掩模中的该开口，而延伸至该掩模的顶表面上方，从而形成扩展的第一材料。氧化该第一材料的步骤包括：将该第一材料暴露至氧化剂，该氧化剂包括下述物质中的一或多种： $O_2$ 、 $O_3$ 、 $N_2O$ 、 $H_2O$ 、 $H_2O_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $N_2/Ar$ 、 $N_2/He$ 或 $N_2/Ar/He$ 。从该基板移除该掩模，而使该第一材料从该基板表面正交延伸。将包括介电质的第三材料沉积在该基板表面上。该第三材料环绕从该基板表面延伸且正交生长的该第一材料。通过将该第一材料暴露至金属卤化物，穿过该第三材料蚀刻从该基板表面延伸的该第一材料，而留下穿过该第三材料的开口。缝隙填充金属沉积在该第三材料上。该缝隙填充金属填充该第三材料的该开口，且形成与该第三材料下方的该第一材料的电接触。从该第三材料的该表面移除该缝隙填充金属，而在该第三材料的这些开口中留下该缝隙填充金属。

## 附图说明

[0009] 以上简要概述的本发明的上述详述特征可以被详细理解的方式，以及本发明的更特定描述可以通过参照实施方式来获得。然而，应注意，附图仅绘示本发明的典型实施方式，因而不应视为对本发明的范围的限制，因而本发明可允许其他等同有效的实施方式。

[0010] 图1示出根据本公开内容的一或多个实施方式的基板特征的截面图；

[0011] 图2A与图2B示出根据本公开内容的一或多个实施方式的缝隙填充工艺的截面示意图；

[0012] 图3示出根据本公开内容的一或多个实施方式的氧化膜的截面图；

[0013] 图4示出根据本公开内容的一或多个实施方式的氧化膜的截面图；

[0014] 图5A至图5C示出根据本公开内容的一或多个实施方式的工艺的截面示意图；

[0015] 图6A至图6C示出根据本公开内容的一或多个实施方式的工艺的截面示意图；

[0016] 图7A至图7D示出根据本公开内容的一或多个实施方式的工艺的截面示意图；以及

[0017] 图8A图至图15C示出根据本公开内容之一或多个实施方式而处理的基板的透视图及截面图。

[0018] 在附图中，类似部件和/或特征可具有相同的附图标号。再者，相同类型的各种部件可通过下述方式区分：在附图标号后附上连字符及区分类似部件的第二符号。若在说明书中仅使用第一附图标号，则该描述可应用至具有相同第一附图标号的类似部件的任一部件，无论第二附图标号为何。

## 具体实施方式

[0019] 描述本发明的多个示例性实施方式之前,应了解本发明不限于下文的描述中所阐述的构造或工艺步骤的细节。本发明能有其他实施方式且能以各种方式实践或执行本发明。

[0020] 如本文所用的“基板”是指任何基板或在制造工艺期间执行膜处理于其上的基板上形成的材料表面。举例而言,取决于应用,可执行处理于其上的基板表面包括诸如下述材料:硅、氧化硅、应变硅、绝缘体上硅(SOI)、碳掺杂氧化硅、非晶硅、掺杂硅、锗、砷化镓、玻璃、蓝宝石及诸如金属、金属氮化物、金属合金的任何其他材料,及其他导电材料。基板包括但不限于半导体晶片。可将基板暴露至前处理制工艺,以抛光、蚀刻、还原、氧化、羟化、退火、UV固化、电子束固化、和/或烘烤基板表面。除了直接在基板本身表面上进行膜处理之外,在本发明中,所公开的任何膜处理步骤亦可在基板上形成的下层(underlayer)上执行,如下文更详细论述,且希望“基板表面”的用语包括此类下层,如上下文所指示。因此,举例而言,在膜/层或部分膜/层已沉积至基板表面上的情况中,新沉积的膜/层的暴露表面变成基板表面。

[0021] 一些整合方案中,氧化物膜(例如氧化钨)相对于介电质及金属膜(例如,非经氧化的钨)被选择性蚀刻。本公开内容的实施方式提供使用金属卤化物以完整蚀刻氧化物而对金属与介电膜具选择性的方法。一些实例中,受蚀刻的氧化物膜粘附于基板表面上方。一些实施方式中,受蚀刻的氧化物膜粘附于介电质表面上方。一或多个实施方式中,受蚀刻的氧化物被掩模所环绕。

[0022] 本公开内容的一或多个实施方式涉及沉积金属氧化物膜以用于任何保形和/或低至高深宽比缝隙/沟槽/空隙填充应用的方法。本公开内容的实施方式有利地提供在小尺寸的高深宽比(AR)结构中沉积膜(例如金属氧化物膜)的方法。本公开内容的一些实施方式有利地提供缝隙中无缝隙形成的填充缝隙的方法。本公开内容的一或多个实施方式有利地提供形成自对准通孔的方法。

[0023] 图1示出具有特征110的基板100的部分截面图。为了说明,这些图式示出具有单一特征的基板;然而,所属技术领域技术人员会了解,可具有超过一个的特征。特征110的形状可为任何适合的形状,这些形状包括但不限于沟槽及圆柱状通孔。如在此方面所用,用语“特征”意指任何刻意的表面不规则处。适合的特征的实例包括但不限于:具有顶部、两个侧壁、及底部的沟槽,具有顶部及从表面向上延伸的两个侧壁的峰,以及具有从表面向下延伸的侧壁且有开放底部的通孔。特征可具有任何适合的深宽比(特征的深度对特征的宽度的比例)。一些实施方式中,该深宽比大于或等于约5:1、10:1、15:1、20:1、25:1、30:1、35:1或40:1。

[0024] 基板100具有基板表面120,且至少一个特征110于基板表面120中形成开口。特征110从基板表面120延伸深度D至底表面112。特征110具有第一侧壁114及第二侧壁116,第一侧壁114与第二侧壁116界定特征110的宽度W。由这些侧壁及底部形成的开放区域亦称为缝隙或沟槽。

[0025] 参考图2A与图2B,提供基板100以用于处理。如在此方面所用,用语“提供”意味着该基板放入一位置或环境以进一步处理。

[0026] 膜130形成于基板表面120及特征110的壁与底部上。膜130可为由任何适合的工艺

形成的任何适合的膜,该工艺包括但不限于化学气相沉积、等离子体增强化学气相沉积、原子层沉积、等离子体增强原子层沉积和/或物理气相沉积。一些实施方式中,膜130是由原子层沉积或等离子体增强原子层沉积所形成。

[0027] 一些实施方式中,膜130是金属膜或含金属膜。适合的金属膜包括但不限于包含以下金属的膜:Co、Mo、W、Ta、Ti、Ru、Rh、Cu、Fe、Mn、V、Nb、Hf、Zr、Y、Al、Sn、Cr和/或La中的一或多种。一些实施方式中,该金属膜包括钨。适合的含金属膜包括金属膜的衍生物。适合的金属膜的衍生物包括但不限于:氮化物、硼化物、碳化物、氮氧化物、硼氧化物、碳氧化物、氮碳化物、碳硼化物、氮硼化物、氮碳硼化物、氮碳氧硼化物、氮碳氧化物、碳氧硼化物及氮氧硼化物。所属技术领域的技术人员将了解,所沉积的金属膜可在该金属膜内具有非化学当量的量的原子。例如,指定为WN的膜可具有与“WN”的使用所暗示的1:1的化学当量不同的钨和氮的量。WN膜可为例如90原子%的钨。使用WN描述氮化钨膜意味着该膜包含钨与氮原子,但不应视为将该膜限制在特定组成。一些实施方式中,该膜基本上由指定的原子组成。例如,基本上由WN组成的膜意味着该膜的组成大于或等于约95%、98%、或99%的钨与氮原子。一些实施方式中,膜130包括钨。一些实施方式中,膜130基本上由钨组成。一或多个实施方式中,该膜包括钛。一些实施方式中,该膜基本上由钛或氮化钛组成。

[0028] 一些实施方式中,膜130保形地形成在至少一个特征110上。如在本文所用,用语“保形”、“保形地”是指有一层以一厚度附着且均匀覆盖暴露表面,该厚度相对于该膜的平均厚度的差异小于1%。例如,1000 Å厚的膜会有厚度上小于10Å的差异。此厚度与差异包括凹部的边缘、转角、侧面、及底部。举例而言,本公开内容的各个实施方式中ALD沉积的保形层会提供复杂表面上厚度基本均匀的沉积区域的覆盖。

[0029] 一些实施方式中,膜130是连续的膜。如在本文所用,用语“连续(的)”是指一层覆盖整体暴露表面而没有露出在沉积层下面的材料的缝隙或裸露斑点。连续层可具有表面积小于该膜的总表面积的约1%的缝隙或裸露斑点。

[0030] 一些实施方式中,在特征110内实质上无缝地形成膜130。一些实施方式中,接缝115可形成在特征110的宽度W内。接缝115可为形成在壁114、116之间的任何缝隙、空间、或空隙。

[0031] 随后,通过将膜130暴露于氧化剂或氧化条件来氧化膜130,从而将该金属或含金属膜转变成金属氧化膜。如图2B所示,氧化转变引发原始膜130的体积扩展。膜130的扩展可在约10%至约1000%的范围内,或在约50%至约800%的范围内,或在约100%至约700%的范围内。一些实施方式中,膜130扩展大于或等于约150%、200%、250%、300%、或350%的量。一些实施方式中,膜130扩展的量是在约300%至约400%的范围内。如图2B所示,膜130的扩展引发接缝115变得受到填充。

[0032] 氧化剂可为任何适合的氧化剂,所述氧化剂包括但不限于: $O_2$ 、 $O_3$ 、 $N_2O$ 、 $H_2O$ 、 $H_2O_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $N_2/Ar$ 、 $N_2/He$ 、 $N_2/Ar/He$ 、及上述物质的组合。一些实施方式中,氧化条件包括热氧化、等离子体增强氧化、远程等离子体氧化、微波及射频(例如ICP、CCP)。

[0033] 视例如膜的组成及氧化剂而定,膜130的氧化可发生在任何适合的温度。一些实施方式中,氧化发生在约25°C至约1100°C的范围的温度。一些实施方式中,氧化发生在大于或等于约250°C、300°C、350°C、400°C、450°C、500°C、或550°C的温度。

[0034] 一些实施方式中,膜130沉积达约25Å至约200Å的范围或约50Å至约150Å的范

围的厚度。一或多个实施方式中,膜130沉积达约50Å的厚度,且实质上无接缝形成于该膜中。接缝的形成是发生在特征用膜填满之前在特征110的顶部上膜的厚度闭合的情况。一些实施方式中,基板表面具有膜,且在所述至少一个特征的侧壁之间有接缝。如在此方面所用,用语“之间”意味着在接缝与该特征的侧壁之间的该接缝的任意侧上有一些膜。该接缝不限于正好位在侧壁的中心。

[0035] 膜130由氧化而扩展的期间,缝隙140形成于基板表面120的顶部上。缝隙140的成分可匹配氧化环境或可具不同组成。例如,使用氮等离子体的氧化环境可形成有氮环境的缝隙140。

[0036] 如图3所示,扩展期间,特征顶部上维持住特征形状的保真度(fidelity),使得膜130从特征110笔直向上生长。如在此方面所用,“笔直向上”意味着该膜形成围绕缝隙140的表面144且表面144相邻特征侧壁114的部分实质上与侧壁114共平面。表面144与侧壁114共平面,在该处于侧壁114及表面144的接合处所形成的角度为 $\pm 10^\circ$ 。期望此类的扩展是各向同性地(isotropically)生长,而形成蘑菇状顶部。不预期膜130扩展而形成笔直区段142。

[0037] 一些实施方式中,膜130在氧化前掺杂有掺杂剂。该掺杂剂可在形成膜130的同时并入膜130中,或在顺序上与膜沉积分开的工艺中并入膜130中。例如,可发生沉积膜130,随后在相同处理腔室中或不同处理腔室中以分开的工艺用掺杂剂掺杂膜130。一些实施方式中,膜130的沉积是在单一工艺中利用掺杂而发生。例如,膜前驱物与掺杂剂可共同流入处理腔室而形成膜130。

[0038] 一些实施方式包括任意的处理工艺。处理工艺处理膜130而改善膜的一些参数。一些实施方式中,该处理工艺包括退火该膜。一些实施方式中,处理可在用于沉积和/或还原的同一处理腔室中以原位退火进行。适合的退火工艺包括但不限于:快速热处理(RTP)或快速热退火(RTA)、尖峰退火、或UV固化、或电子束固化和/或激光退火。退火温度可在约500°C至900°C的范围。退火期间环境的组成可包括H<sub>2</sub>、Ar、He、N<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、SiH<sub>4</sub>等中的一或多种。退火期间的压力可在约100毫托至约1大气压(760托)的范围。

[0039] 参考图4,一些实施方式中,在特征110的顶部部分(笔直区段142)比在特征110的底部部分131有更大量的氧化。一些实施方式中,在特征110的底部部分131没有或几乎没有膜130的氧化。图5A至图5C示出在特征110的底部中沉积膜的方法。膜130是由任何适合的技术沉积的。举例而言,在图5A中,钨膜可由原子层沉积而沉积在基板上。图5B中的膜130已经被氧化且扩展而填充特征110。膜130的顶部部分142包括沉积金属的氧化物(例如氧化钨)且膜130的底部部分131维持未被氧化(例如钨金属)。顶部部分142与底部部分131之间的差异可用于从基板选择性蚀刻材料。如图5C所示,若膜130经沉积而用以对氧化物具选择性的蚀刻工艺,则可移除在顶部部分142处的氧化物膜,而将金属膜留在底部部分131。

[0040] 图6A至图6C示出本公开内容的另一实施方式。图6A中,示出具有至少一个特征110的基板100。膜130沉积在特征110的底部中,如图6B所示。在图6C中,可氧化膜130,使得该膜扩展而填充特征110。

[0041] 图7A至图7D显出本公开内容的另一实施方式,其中形成自对准通孔。在图7A中,提供有氧化膜130的基板。可执行抛光或蚀刻工艺以从基板100的表面120移除膜130的顶部,如图7B所示。膜130维持在特征110内且填充特征110。如图7C所示,膜130随后可经氧化而引发膜130向上生长。膜130的侧面维持实质上与特征110的侧面共平面,使得有多个柱状体从

特征110延伸。材料层160沉积在基板100的表面120上。如图7D所示,可(例如,通过蚀刻)移除膜130,而留下特征110,且在特征110的顶部上有对准的材料层160。

[0042] 图8A至图15C示出图解了包含金属层的体积扩展的对准工艺的本公开内容的另一实施方式。提供有基板表面202的基板200。基板表面202包括有第一表面212的第一材料210以及有第二表面222的第二材料220。所述图式中所示的实施方式中,基板表面202是由第一表面212与第二表面222的组合表面所形成的整个面(对于所示的平面表面而言)。所示的实施方式使用实质上平面的材料,该材料包括第一材料210与第二材料220的图案。

[0043] 第一材料210与第二材料220是不同的材料。例如,一些实施方式中,第一材料210是金属且第二材料是介电质。第一材料210与第二材料220可共有同样的元素,但可具有不同的表面反应性。一些实施方式中,第一材料210的金属实质上未出现于第二材料220中。如在此方面所用,用语“实质上未出现于”意味着第二材料220的主体组成包括在原子的基础上少于约1%的金属。

[0044] 第一材料210可为包括但不限于以下材料中的任何适合的材料:Co、Mo、W、Ta、Ti、Ru、Rh、Cu、Fe、Mn、V、Nb、Hf、Zr、Y、Al、Sn、Cr、或La。一些实施方式中,第一材料210包括Co、Mo、W、Ta、Ti、Ru、Rh、Cu、Fe、Mn、V、Nb、Hf、Zr、Y、Al、Sn、Cr、和/或La中的一或多种。一些实施方式中,第一材料210选自由以下材料所组成的的群组:Co、Mo、W、Ta、Ti、Ru、Rh、Cu、Fe、Mn、V、Nb、Hf、Zr、Y、Al、Sn、Cr、La及上述材料的组合。多个实施方式中,适合的金属可包括钛、钪、锆、钒、铌、钽、铬、钼、钨、锰、镍、钨、铁、铝和镓中的一或多种。多个实施方式中,该金属层可包括金属元素或由金属元素组成。根据一或多个实施方式,该金属元素可具有22、23、24、40、41、42、72、73、或74的原子数。多个实施方式中,该金属元素可为周期表的四族、五族、或六族之中的一种元素,或可为过渡金属。一或多个实施方式中,第一材料210包括钨。

[0045] 图8B示出沿着x-z平面观看的图8A的基板200的部分视图。于相同位置示出图8B、9B、10B、11B、12B、13B、14B及15B的每一个。图8C示出沿着y-z平面穿过第一材料210观看的图8A的基板200的部分视图。于相同位置示出图8C、9C、10C、11C、12C、13C、14C及15C的每一个。然而,为了说明性目的,截面视图的线仅示出于图8A上。

[0046] 如图9A至9C所示,掩模230形成于基板表面202上。掩模230具有开口232,开口232形成于掩模230中,且暴露第一表面212与第二表面222的至少一部分。所示的掩模230具有矩形开口232;然而,所属技术领域的技术人员将了解,此仅是一个可能的构造的代表例,且其他形状的开口亦落在本公开内容的范围中。

[0047] 掩模230可由任何适合的材料制成,该材料要能够阻止合金添加剂(alloying agent)、氧化剂、或其他反应试剂扩散至掩模230下方的表面。举例而言,所示的掩模230可使氧化剂得以接触掩模230的开口232内的第一表面212与第二表面222,但会防止与表面的这些相互作用不在开口232内。所属技术领域的技术人员将了解,掩模230的一些侧向扩散及底切可能会在处理期间发生。

[0048] 掩模可通过所属技术领域的技术人员已知的任何适合技术形成。例如,掩模230可由原子层沉积、化学气相沉积、等离子体增强原子层沉积、等离子体增强化学气相沉积、物理气相沉积、或光刻技术中的一或多种沉积或形成于表面202上。

[0049] 如图10A至图10C所示,第一材料210扩展。第一材料210的体积扩展可通过适合的手段完成,例如参考图1至图7D所述的工艺。例如,第一材料210可暴露至氧化剂,该氧化剂



相对于第二材料220而对第一材料210有选择性。该氧化剂的暴露可造成第一材料210从第一表面212正交生长。扩展的第一材料215的高度从第一材料210的初始高度增加至大于第二材料220的高度。一些实施方式中,扩展的第一材料215的高度大于掩模230的高度。

[0050] 一些实施方式中,扩展第一材料210使第一材料210得以从第一表面212笔直向上扩展,而穿过掩模230中的开口232,达到大于掩模230的高度。如在此方面所用,用语“笔直向上”意味着,扩展的第一材料215的侧面形成具有侧壁216的表面,侧壁216对基板表面202的角度在约85°至约95°的范围内。

[0051] 一些实施方式中,扩展第一材料210的步骤包括下述一个或多个步骤:氧化第一材料210,或氮化第一材料210。一或多个实施方式中,氧化或氮化第一材料210以形成扩展的第一材料215包括:将该第一材料暴露至氧化剂或氮化剂,该氧化剂或氮化剂包括: $O_2$ 、 $O_3$ 、 $N_2O$ 、 $H_2O$ 、 $H_2O_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $NH_3$ 、 $N_2H_4$ 、 $NO_2$ 、 $N_2$ 、 $N_2/Ar$ 、 $N_2/He$ 或 $N_2/Ar/He$ 中的一种或多种。一些实施方式中,氧化条件包括:热氧化、等离子体增强氧化、远程等离子体氧化、微波及射频(例如ICP、CCP)。

[0052] 举例而言,一些实施方式中,通过暴露于氧化剂或氧化条件来氧化第一材料210,以将金属或含金属膜转变成金属氧化物膜。如图10A中所示,氧化转变引发原始第一材料210的体积扩展。第一材料210的扩展可在原始(即,扩展前)厚度的约10%至约1000%的范围内。一些实施方式中,第一材料210扩展在该原始厚度的约50%至约800%的范围内,或在约100%至约700%的范围内。一些实施方式中,第一材料210扩展大于或等于原始厚度的约150%、200%、250%、300%、或350%的量。

[0053] 扩展的第一材料215的高度可为由第一表面212测量的任何适合高度。

[0054] 视例如第一材料的组成和氧化剂而定,第一材料210的扩展(例如,通过氧化)可发生在任何适合的温度。一些实施方式中,氧化发生在约25°C至约1100°C的范围的温度。一些实施方式中,氧化发生在大于或等于约250°C、300°C、350°C、400°C、450°C、500°C、或550°C的温度。

[0055] 扩展的第一材料215从表面正交生长,而没有或几乎没有侧向生长。将开口232定位于掩模230中的公差(tolerance)小于无正交生长的工艺的公差。此示出于图10A中,其中掩模230中开口232延伸至开口232所包围的第一表面212任意侧上的第二表面222上。

[0056] 图10B和图10C的截面图示出第一表面210与扩展第一表面215之间的界面217。所示的界面217是分离的边界;然而,所属技术领域的技术人员将了解,该界面大体上是更多扩散的区域,其中第一材料210转变成扩展的第一材料215。

[0057] 如图10C所示的第一材料210的扩展可包括一定量的侧向生长。此可见于扩展的第一材料215的颠倒蘑菇形状中。该侧向生长可为对称或非对称。

[0058] 参考图11A至图11C,从基板200移除掩模230,而留下从基板表面202与第一表面212正交延伸的扩展的第一材料215。

[0059] 一些实施方式中,如图12A至图12C所示,该方法进一步包括在基板表面202上沉积第三材料240。第三材料240环绕正交生长扩展的第一材料215,第一材料215从基板表面202与第一表面212延伸。第三材料240所具有的高度可实质上等同于或小于扩展的第一材料215的高度。一些实施方式中,第三材料240的高度小于扩展的第一材料215的高度,如图所示,使得扩展的第一材料215的顶部并未被第三材料240所覆盖。



[0069] 一些实施方式的蚀刻工艺所具有的选择性大于或等于约10:1、大于或等于约15:1、大于或等于约20:1、或大于或等于约25:1。

[0070] 一些实施方式中,在蚀刻工艺中没有或几乎没有原位等离子体,以使蚀刻工艺更为选择性、细致、且各向同性。本文中将使用用语“无等离子体”以描述没有施加或基本上没有施加等离子体功率至基板处理区域期间的基板处理区域。所描述的蚀刻剂(含金属与卤素的前驱物)拥有在能量上有利的蚀刻反应路径,而使基板处理区域能够在基板处理区域中进行蚀刻含金属材料的操作期间无等离子体。换言之,根据一或多个实施方式,基板处理区域中的电子温度可小于0.5eV、小于0.45eV、小于0.4eV、或小于0.35eV。再者,多个实施方式中,含金属与卤素前驱物可能在进入基板处理区域前并未在任何远程等离子体中激发。例如,若存在远程等离子体区域或分开的腔室区域且用于将含卤素前驱物导向基板处理区域,则该分开的腔室区域或远程等离子体区域可为无等离子体,如本文所限定。

[0071] 根据一或多个实施方式,含金属与卤素前驱物所通过的基板处理区域及任何远程区域可为“无氢”。多个实施方式中,氢及-OH基可添加材料给金属及金属氮化物,使得蚀刻工艺受阻。金属膜或金属氮化物膜可能变得更厚而非更薄。基板处理区域中氢的存在可减少有效蚀刻选择性。

[0072] 一些实施方式中,以载气于范围为约5sccm至500sccm、范围为约10sccm至300sccm、范围为约25sccm至200sccm、范围为约50sccm至150sccm、或范围为约75sccm至125sccm的流速供应含金属与卤素的前驱物(例如 $WC1_6$ )。

[0073] 根据一或多个实施方式,这些反应可以加热方式进行,仅由基板本身的温度而激发。在使用基板温度引起蚀刻反应的实施方式中,可在本文中使用用语“无等离子体”以描述不使用等离子体功率或基本上不使用等离子体功率的施加期间的基板处理区域。这些离子体功率亦可维持在低于使适当反应进行的小阈值的量。多种实施方式中,施加至基板处理区域的等离子体功率可小于100瓦、小于50瓦、小于30瓦、小于10瓦,且可为0瓦。多个实施方式中,基板处理区域内的压力可在约0.1托至50托的范围、约0.2托至30托的范围、约0.5托至20托的范围、约1托至10托的范围。

[0074] 参考图14A至图14C,一些实施方式进一步包括在第三材料240的表面247上沉积缝隙填充金属250。缝隙填充金属250填充第三材料240中的开口254,且如图14B与图14C的截面图所示,缝隙填充金属250形成与第一材料210的电接触。

[0075] 缝隙填充金属250可为与第一材料210相同或与第一材料210不同的适当金属。一些实施方式中,缝隙填充金属250包括下述金属中的一或多种:钛、钪、锆、钒、铌、钽、铬、钼、钨、锰、镓、锗、铁、铝和镓。

[0076] 参考图15A图至图15C,一些实施方式进一步包括:从第三材料240的表面247移除缝隙填充金属250。从表面247移除缝隙填充金属250,留下位在第三材料240的开口245中的缝隙填充金属250。此工艺可产生自对准通孔,这样提供第一材料210与由另一工艺形成在表面247的顶部上的材料之间的电接触。

[0077] 移除缝隙填充金属250可由任何适合的技术完成。例如,蚀刻工艺或平坦化工艺。一些实施方式中,缝隙填充金属250是通过抛光材料移除,而留下实质平滑的表面。化学机械抛光(CMP)技术可用于抛光及平滑化表面247。缝隙填充金属250的移除期间,可移除一定量的第三材料240。第三材料240的移除量可为第三材料240的原始厚度的约0%至多达约

95%。

[0078] 根据一或多个实施方式,在形成层之前和/或之后,基板经受处理。此处理可在相同腔室中或在一或多个分开的处理腔室中执行。一些实施方式中,从第一腔室移动基板至分开的第二腔室以进行进一步处理。该基板可直接从第一腔室移动到分开的处理腔室,或者该基板可由第一腔室移动到一或多个传送腔室,之后移动到分开的处理腔室。因此,处理设备可包括与传送站相通的多个腔室。此类的设备可称为“群集工具”或“群集系统”,及诸如此类。

[0079] 大致上,群集工具是包括多个腔室的模块系统,这些腔室执行各种功能,包括基板定心及定向、脱气、退火、沉积和/或蚀刻。根据一或多个实施方式,群集工具包括至少第一腔室与中心传送腔室。该中心移送腔室可容纳机器人,该机器人能够在处理腔室与装载锁定腔室之间来回递送基板。该传送腔室一般是维持在真空条件,且提供中间阶段以供基板从一个腔室递送到另一个和/或到定位在群集工具前端的装载锁定腔室。两种可适于本发明的已知群集工具是 **Centura®** 及 **Endura®**, 这两者都可购自美国加州 Santa Clara 的应用材料公司。然而,为了执行本文所述的工艺的特定步骤可改变腔室的实际布置及组合。可使用的其他处理腔室包括但不限于:循环层沉积 (CLD)、原子层沉积 (ALD)、化学气相沉积 (CVD)、物理气相沉积 (PVD)、蚀刻、预清洁、化学清洁、热处理 (诸如 RTP)、等离子体氮化、脱气、定向、羟化、及其他基板工艺。通过在群集工具上的腔室中执行工艺,可避免带有大气杂质的基板表面污染,而无须在沉积后续层之前先氧化。

[0080] 根据一或多个实施方式,基板连续地处于真空或“装载锁定”条件下,且在从一个腔室移动到下一个时不暴露至周围空气。传送腔室因而处于真空下,且在真空压力下“泵抽降压 (pump down)”。惰性气体可存在于处理腔室或传送腔室中。一些实施方式中,惰性气体用作净化气体,以移除一些或所有的反应物。根据一或多个实施方式,净化气体是在沉积腔室的出口处注入,以防止反应物从沉积腔室移动到移送腔室和/或另外的处理腔室。因此,惰性气体的流动形成在腔室出口处的帘幕。

[0081] 基板可在单一基板沉积腔室中处理,其中装载、处理、及卸载单一基板,之后再处理另一基板。该基板亦可以连续方式处理,类似输送带系统,其中多个基板分别装载至该腔室的第一部分,移动通过该腔室,及从该腔室的第二部分卸载。腔室及相关联的输送带系统的形状可形成笔直路径或弯曲路径。因此,处理腔室可为旋转料架,其中多个基板绕中心轴移动且在整个旋转料架路径中暴露于沉积、蚀刻、退火、清洁等工艺。

[0082] 处理期间,基板可加热或冷却。此加热或冷却可由任何适合的手段完成,该手段包括但不限于:改变基板支撑件温度及使加热或冷却的气体流至基板表面。一些实施方式中,基板支撑件包括加热器/冷却器,可控制该加热器/冷却器以传导式改变基板温度。一或多个实施方式中,运用的气体(反应性气体或惰性气体)经加热或冷却以局部改变基板温度。一些实施方式中,加热器/冷却器定位在腔室内邻近基板表面,而传导式改变基板温度。

[0083] 该基板亦可在处理期间维持静态或旋转。旋转的基板可为连续旋转或以分离的步骤旋转。例如,基板可在整个工艺中旋转,或该基板可在暴露于不同的反应性或净化气体之间旋转少量。处理期间旋转基板(无论是连续或分步骤)可助于产生更为均匀的沉积或蚀刻,例如,通过将气流几何形状的局部变化的效应减至最低而达成。

[0084] 在说明书全文中对于“一个实施方式”、“某些实施方式”、“一或多个实施方式”、或

“一实施方式”的参照意味着在本发明的至少一个实施方式中包含与该实施方式相关描述的特定特征、结构、材料、或特性。因此,在此说明书全文各处出现诸如“一或多个实施方式中”、“某些实施方式中”、“一或多个实施方式中”、或“一实施方式中”之类的词汇非必然指本发明的相同实施方式。再者,这些特定特征、结构、材料、或特性可在一或多个实施方式中以任何适合方式组合。

[0085] 尽管已参考特定实施方式描述本发明,应了解这些实施方式只是对本发明的原理及应用的说明。对所属技术领域的技术人员显而易见的是:在不背离本发明的精神与范围的情况下可对本发明的方法及设备做出各种修改和变型。因此,本发明旨在包括在所附的权利要求及其等效形式范围内的修改与变型。

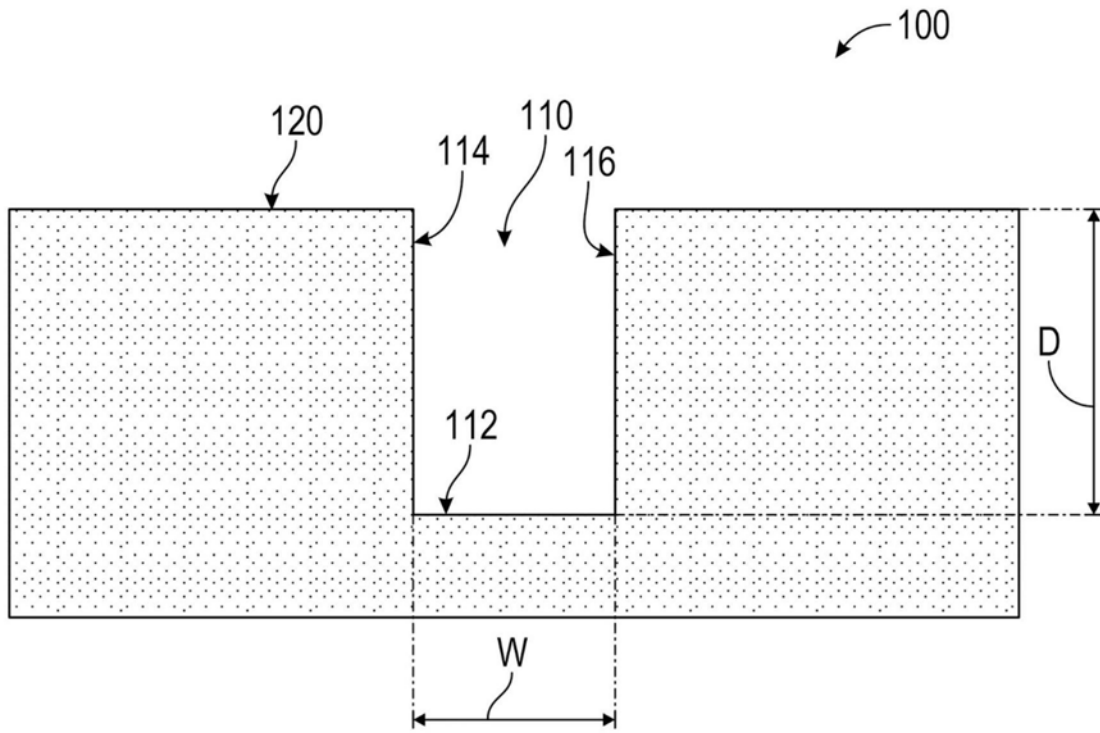


图1

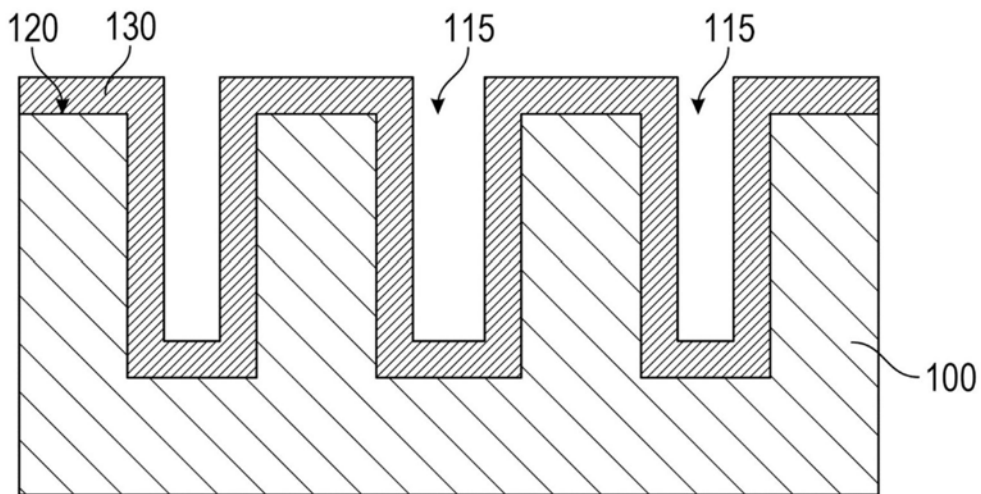


图2A

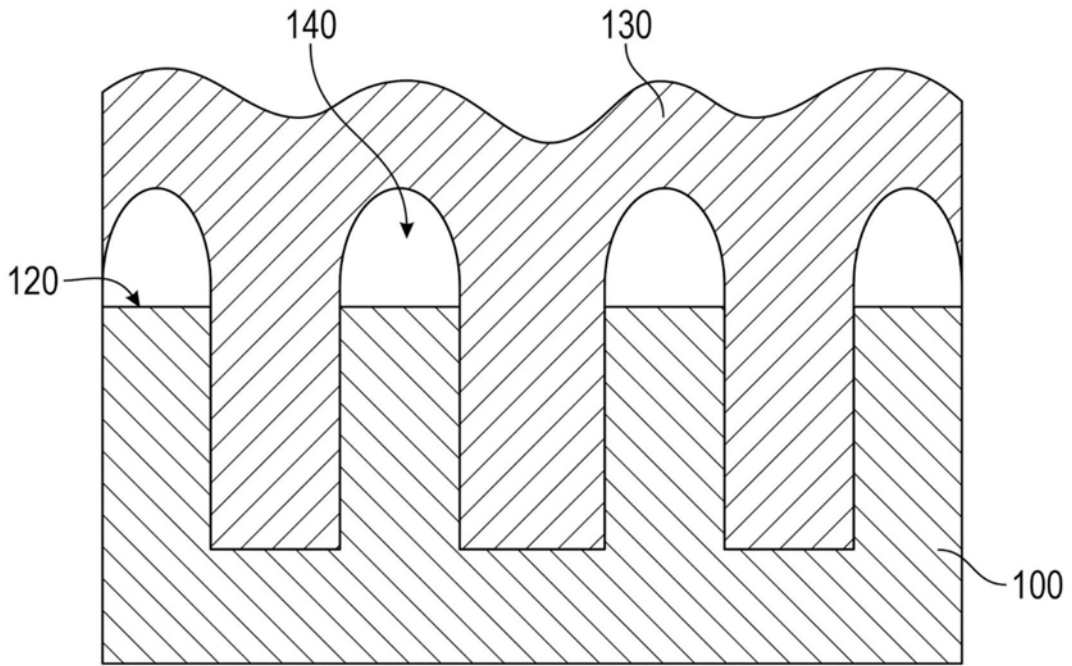


图2B

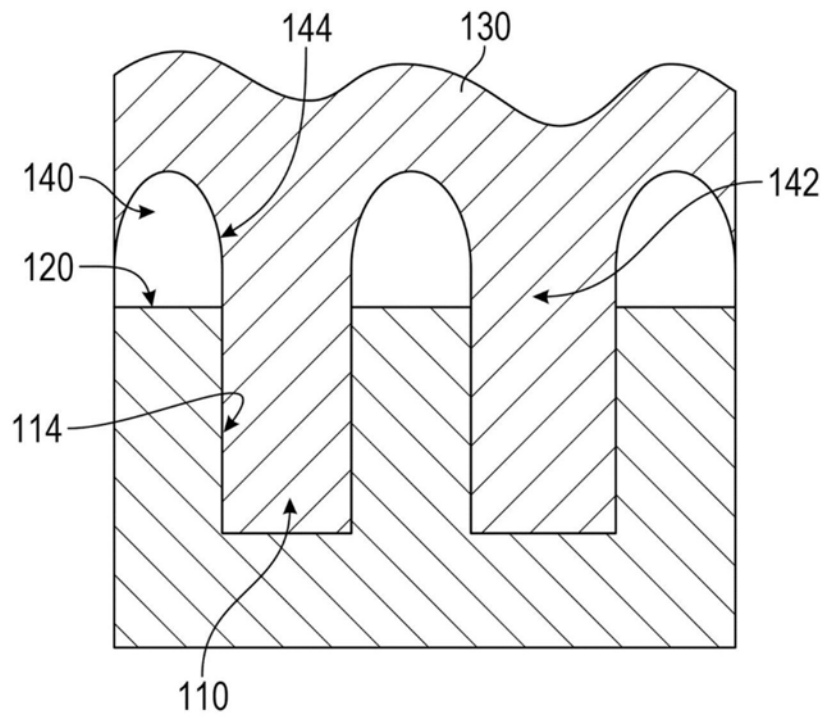


图3

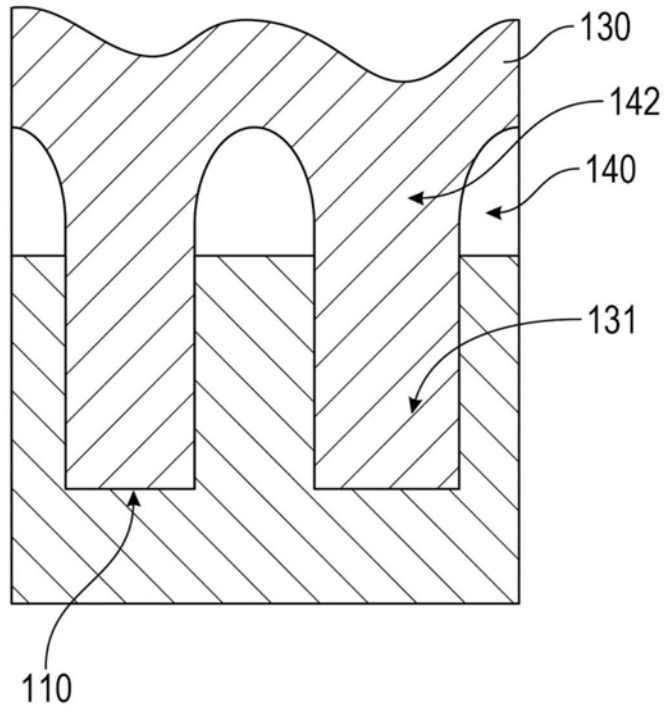


图4

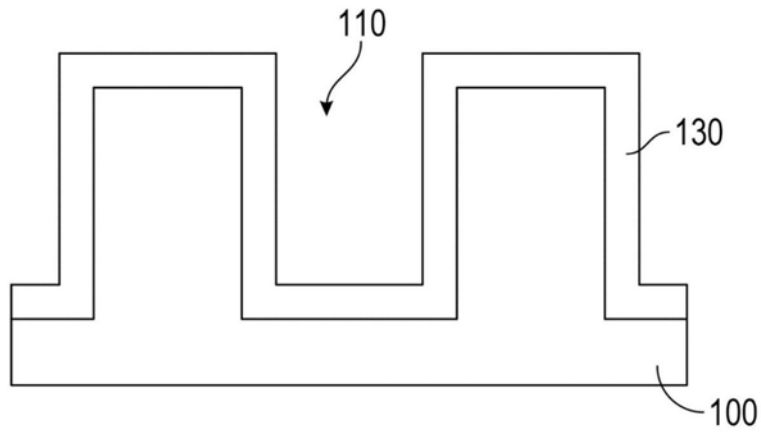


图5A



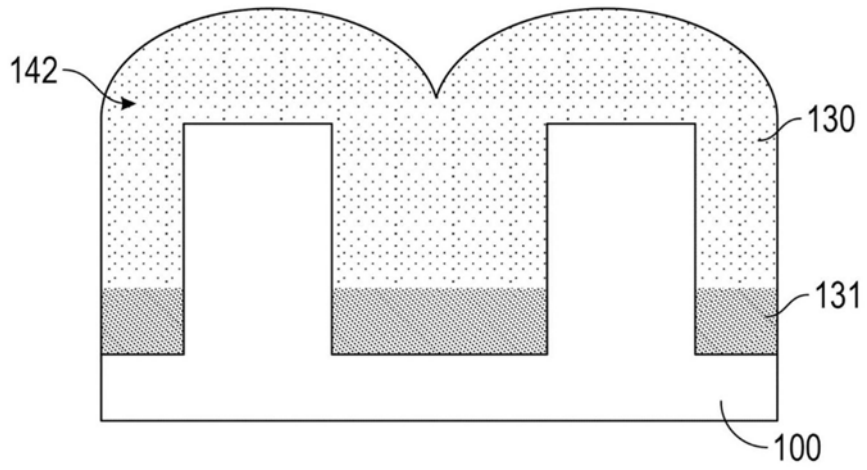


图5B

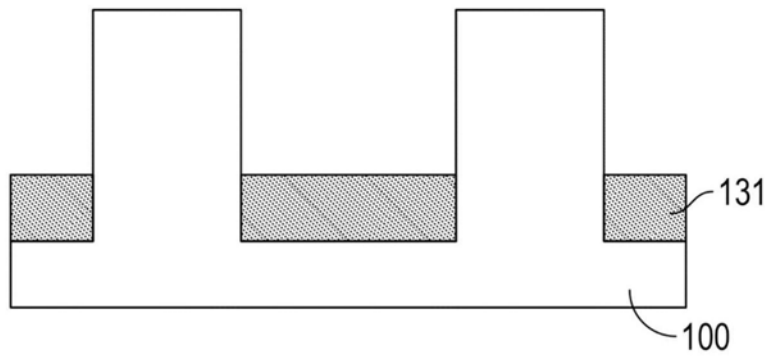


图5C

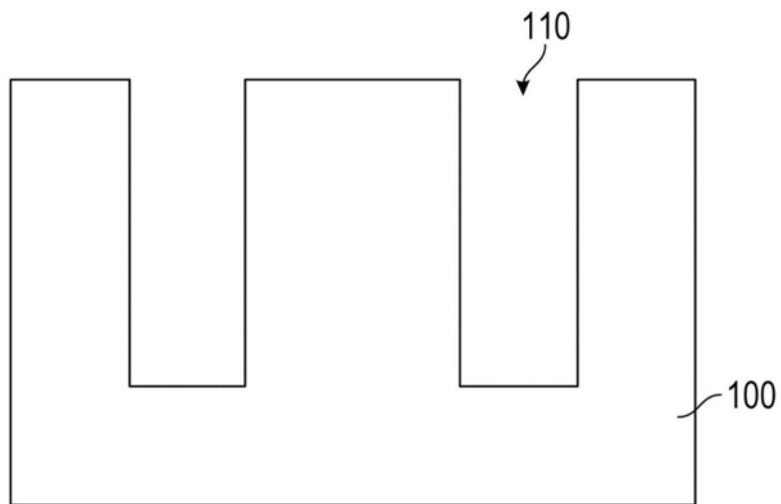


图6A

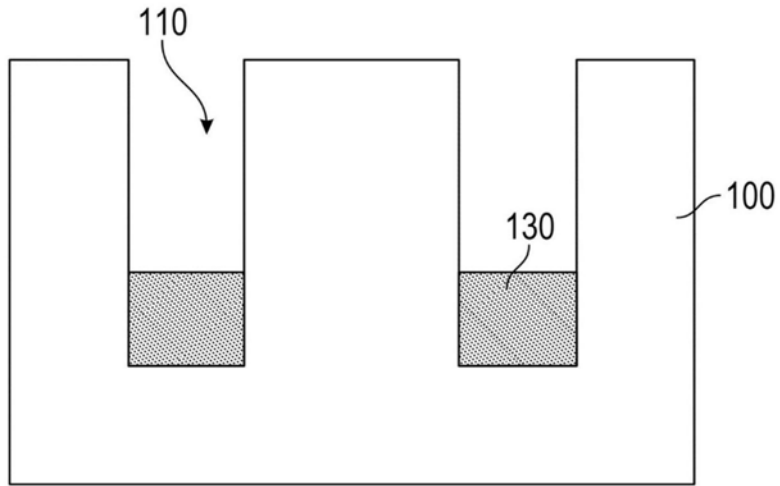


图6B

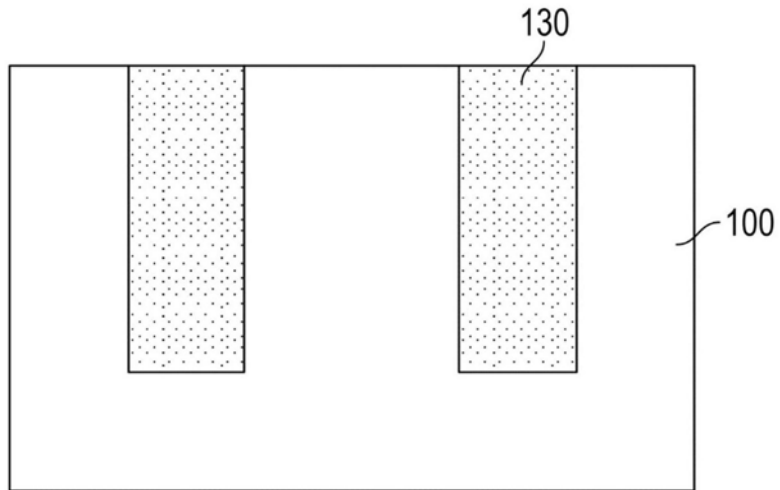


图6C

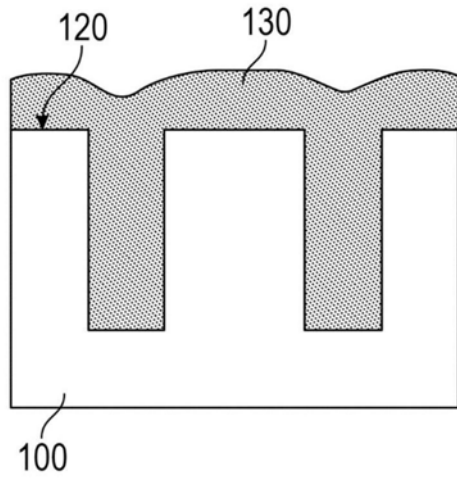


图7A

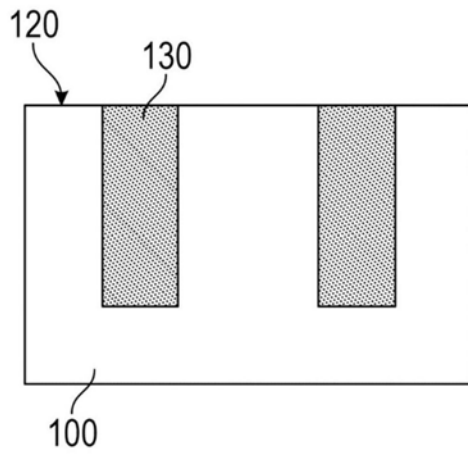


图7B

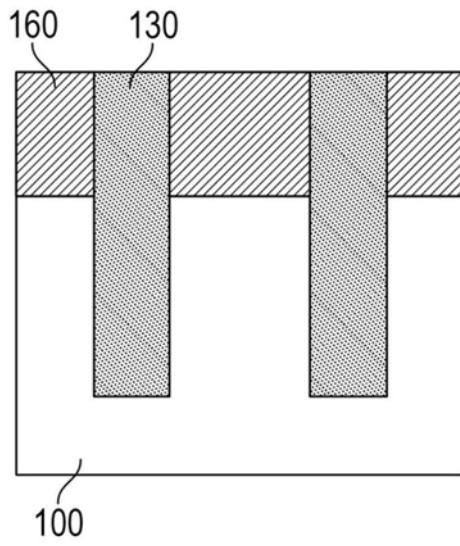


图7C

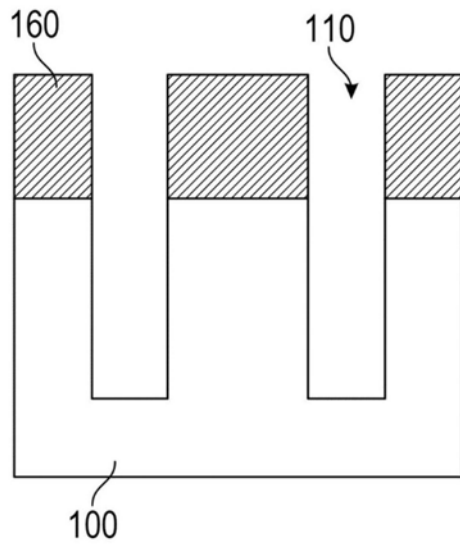


图7D

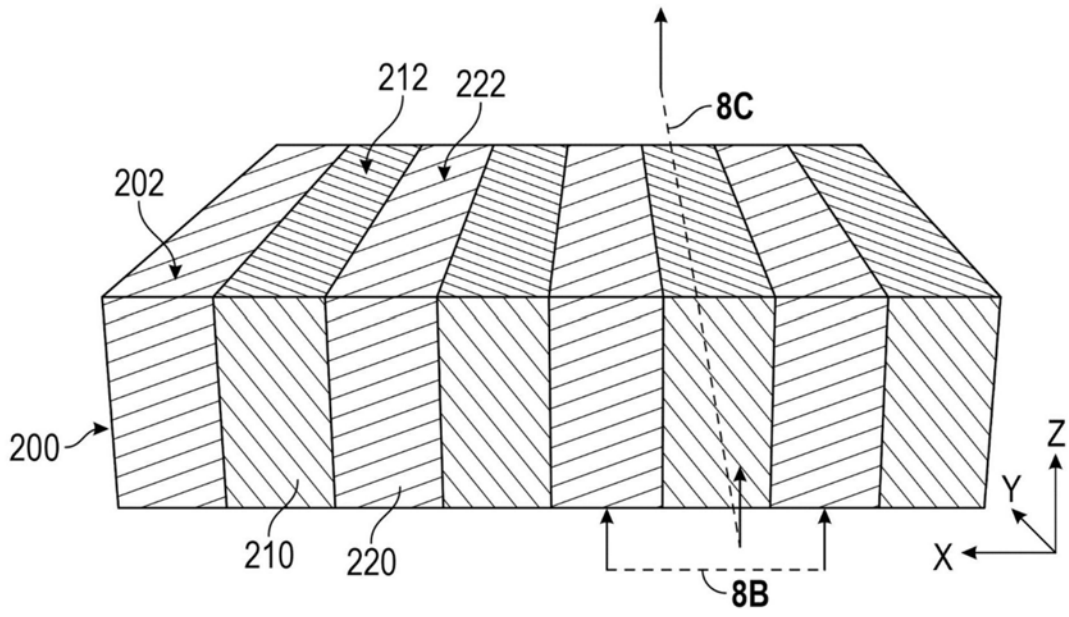


图8A

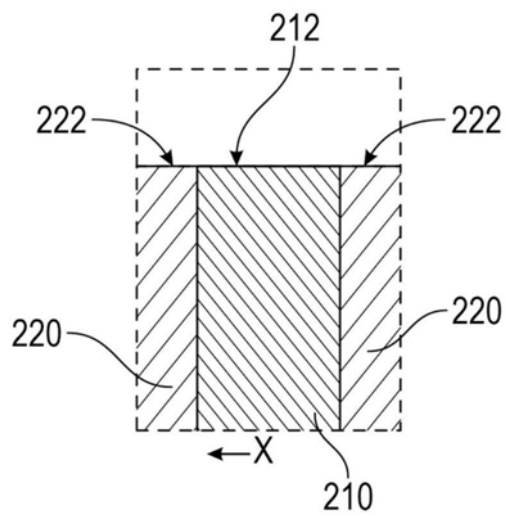


图8B

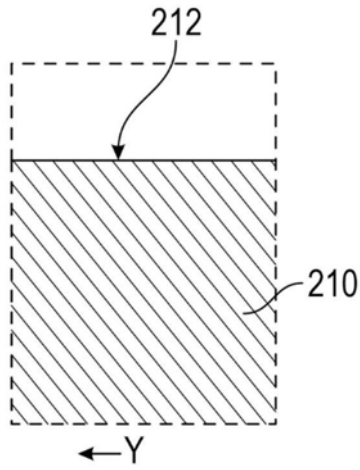


图8C

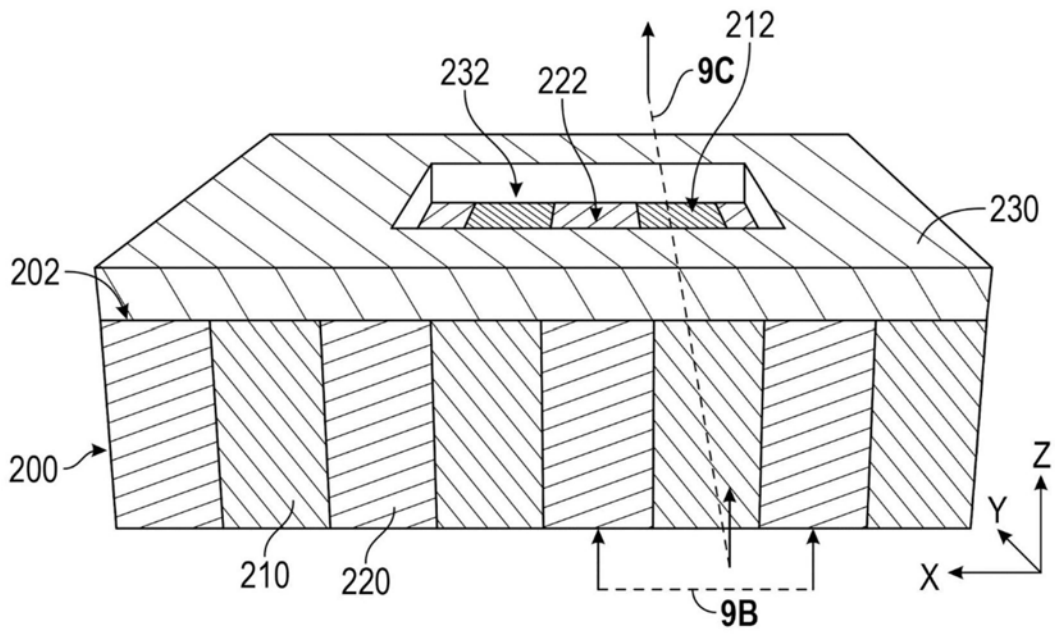


图9A

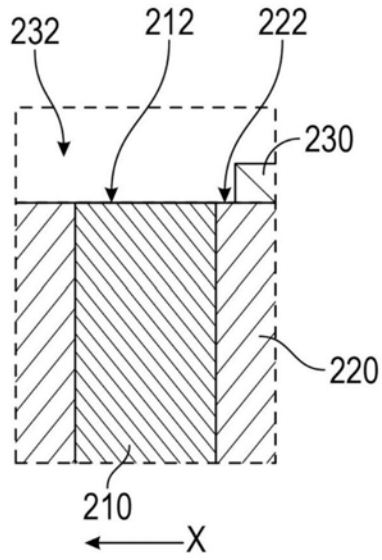


图9B

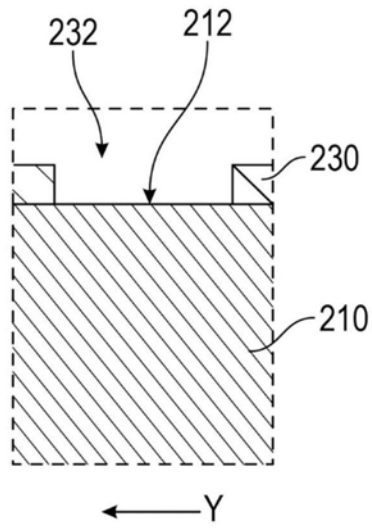


图9C

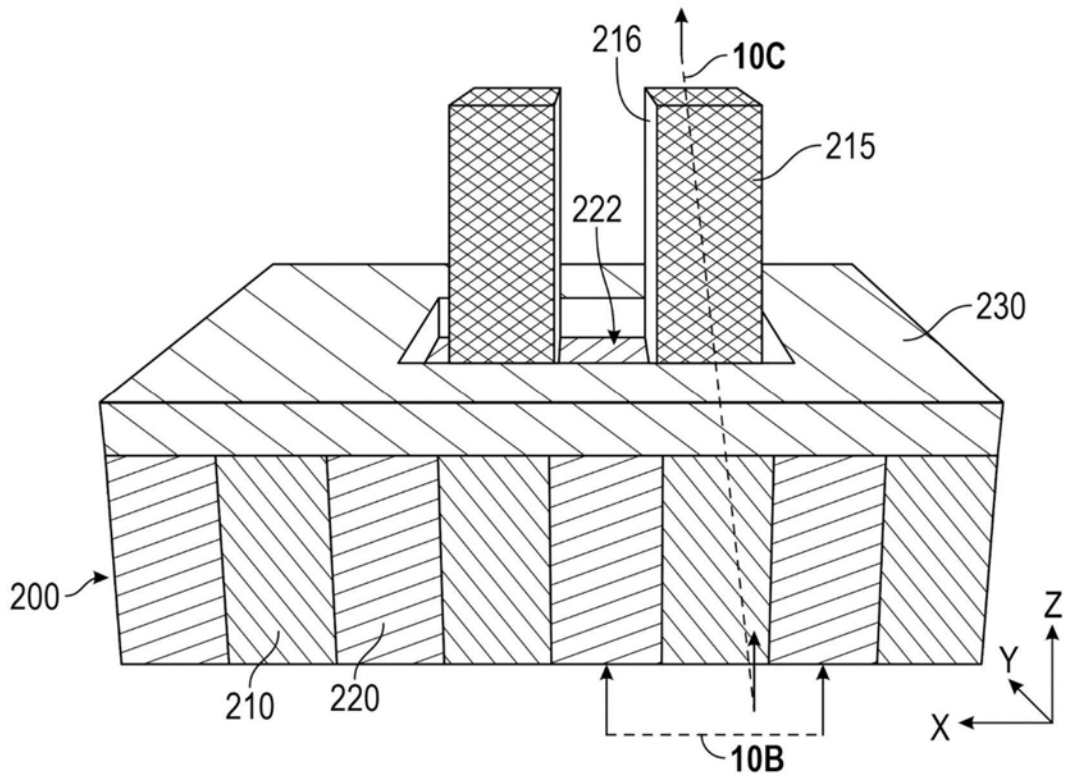


图10A

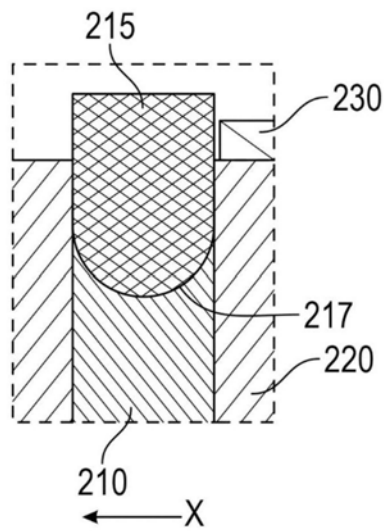


图10B



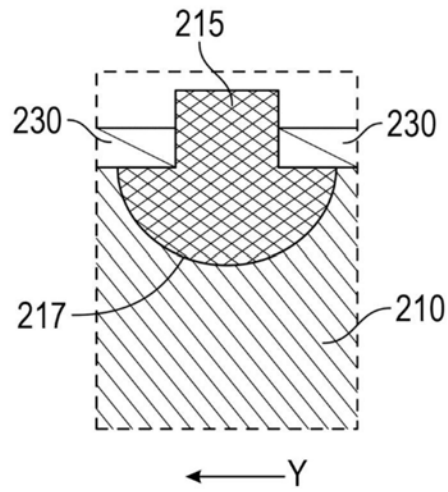


图10C

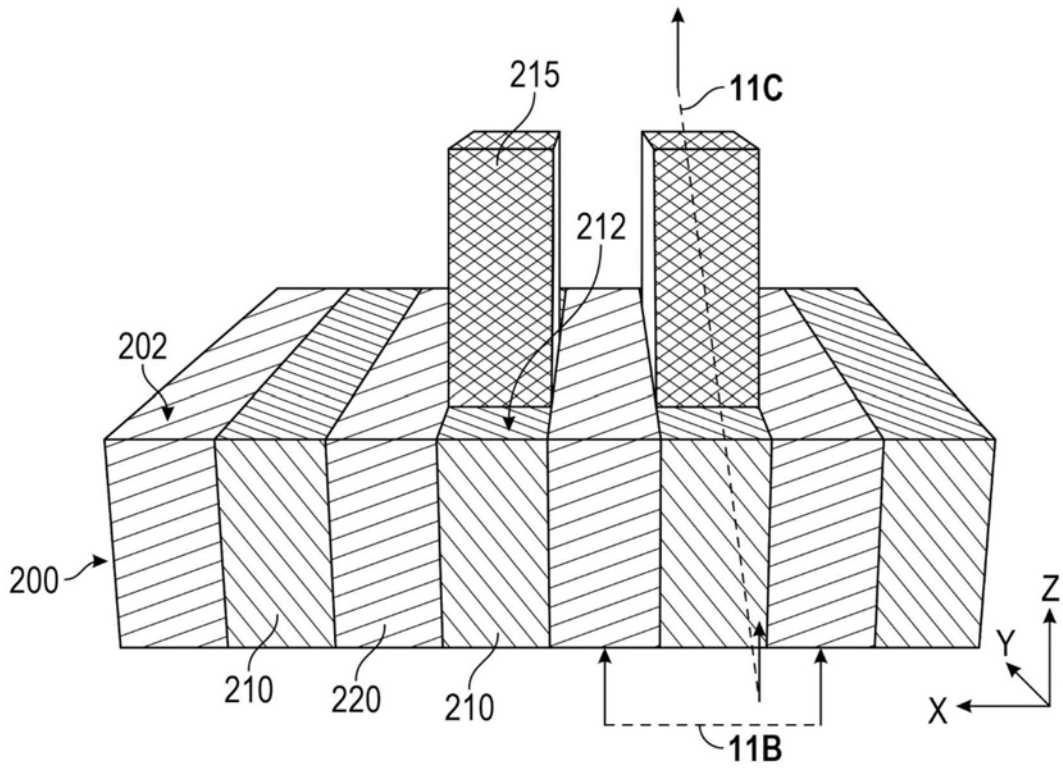


图11A

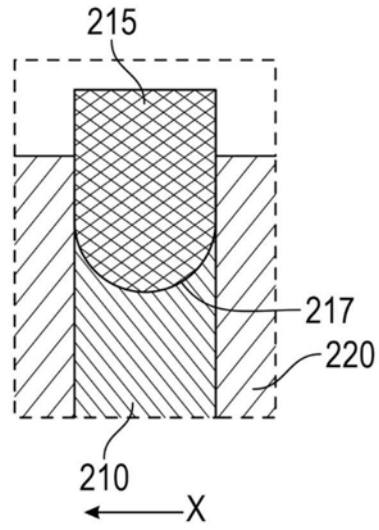


图11B

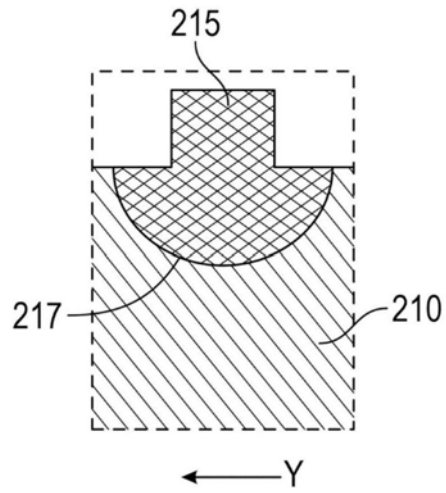


图11C

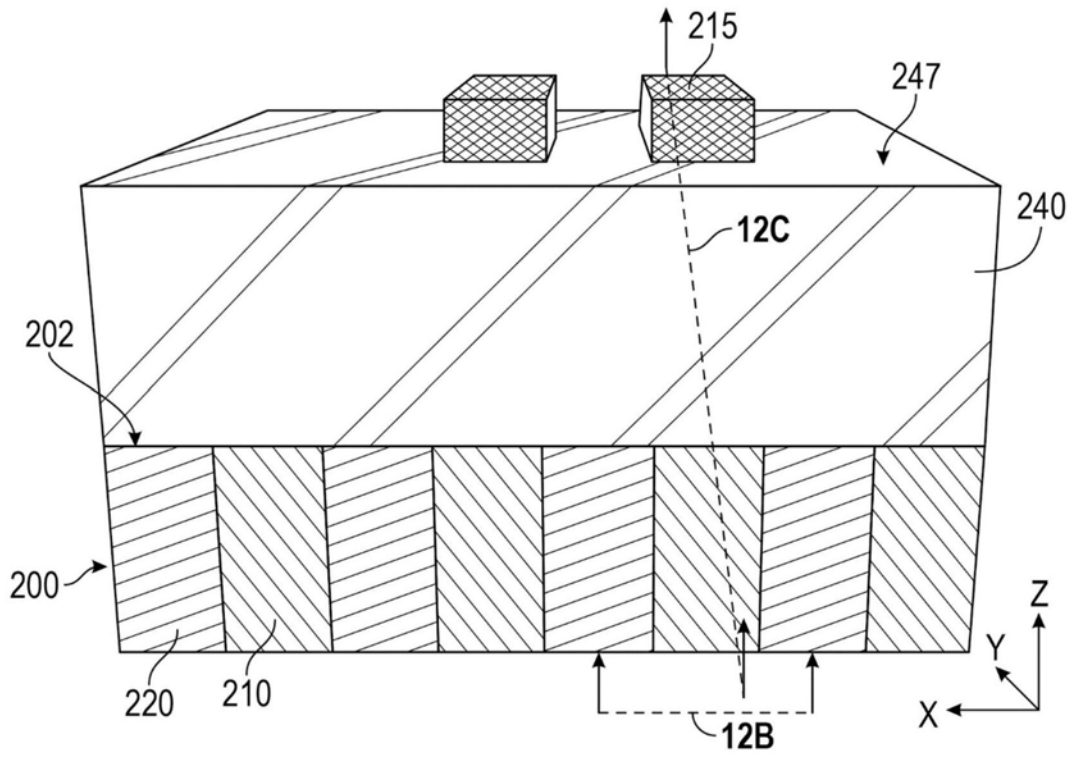


图12A

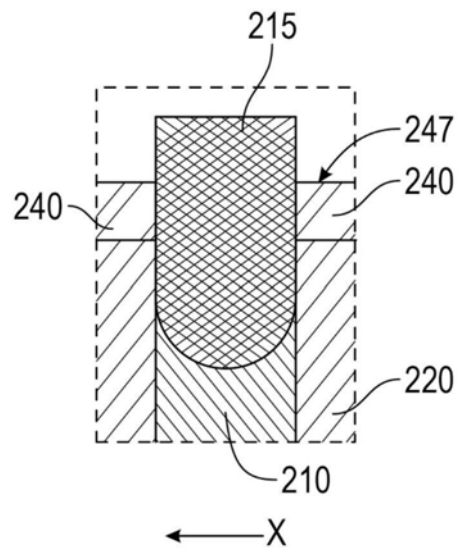


图12B

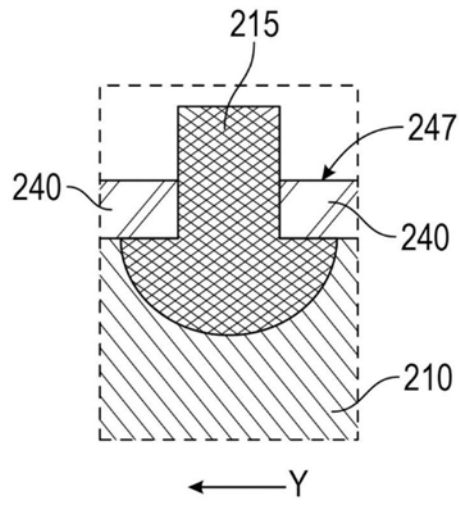


图12C

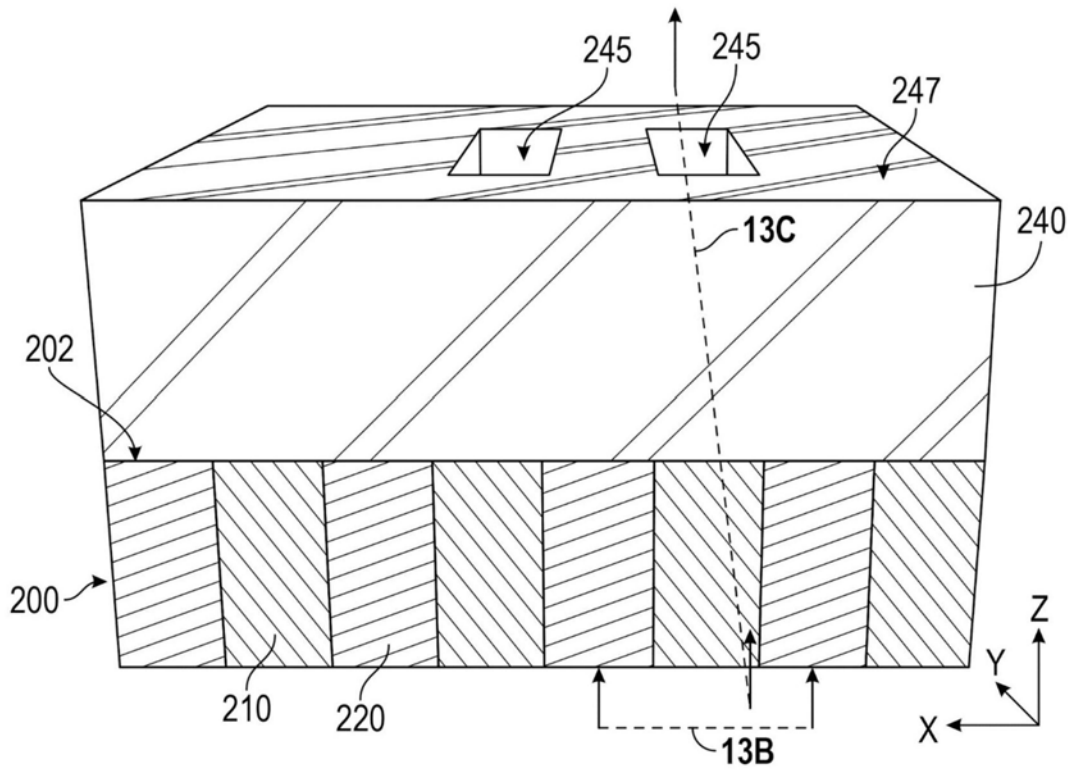


图13A

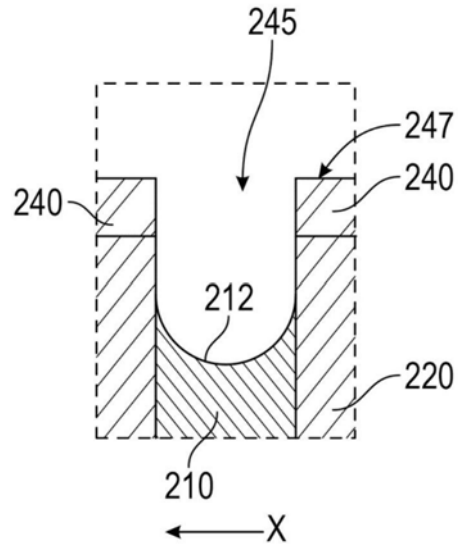


图13B

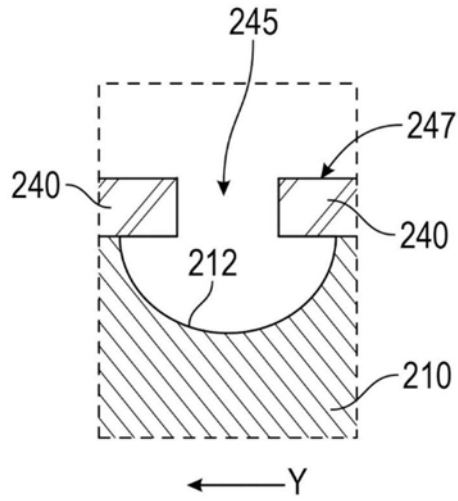


图13C

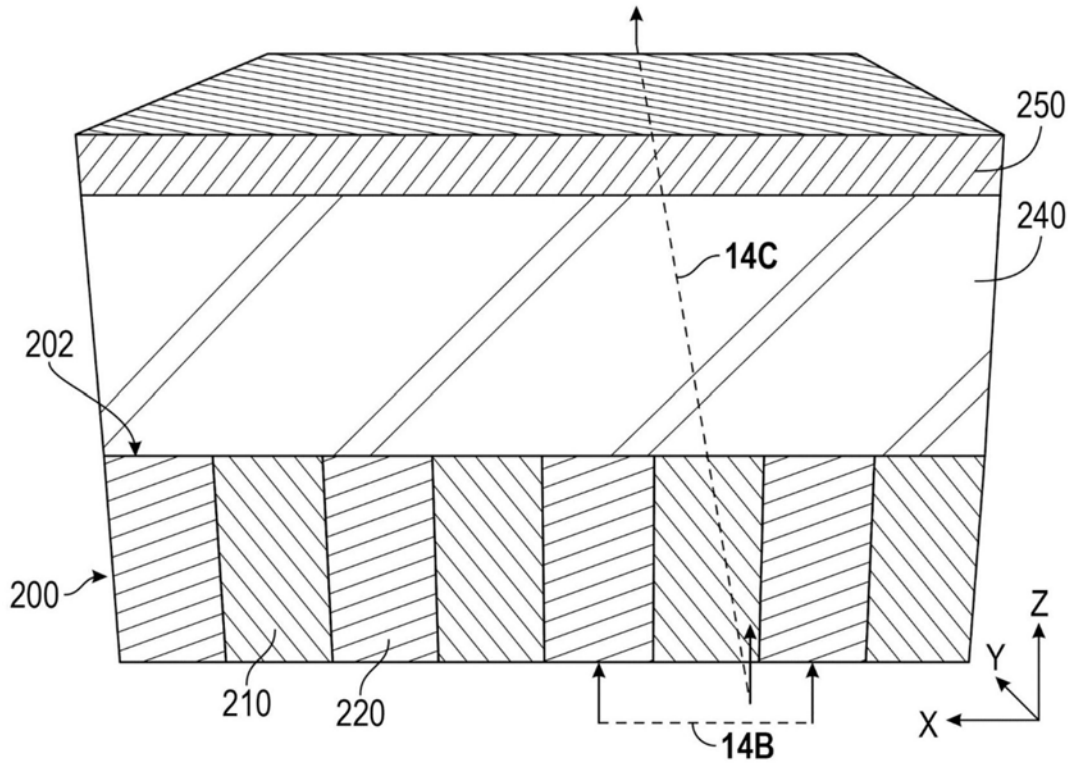


图14A

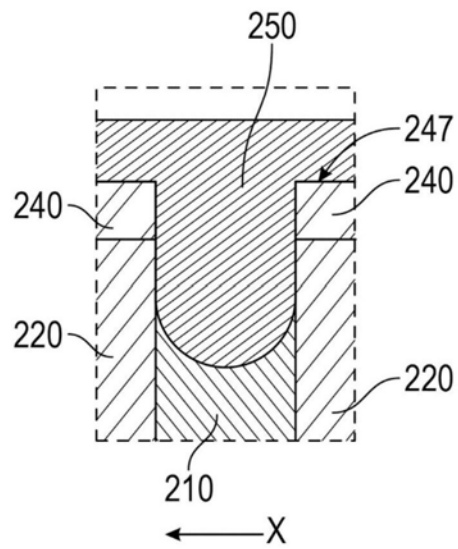


图14B

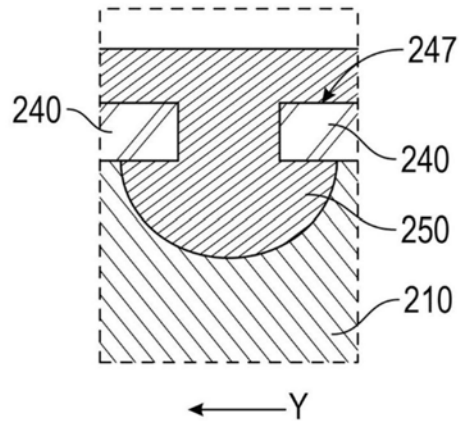


图14C

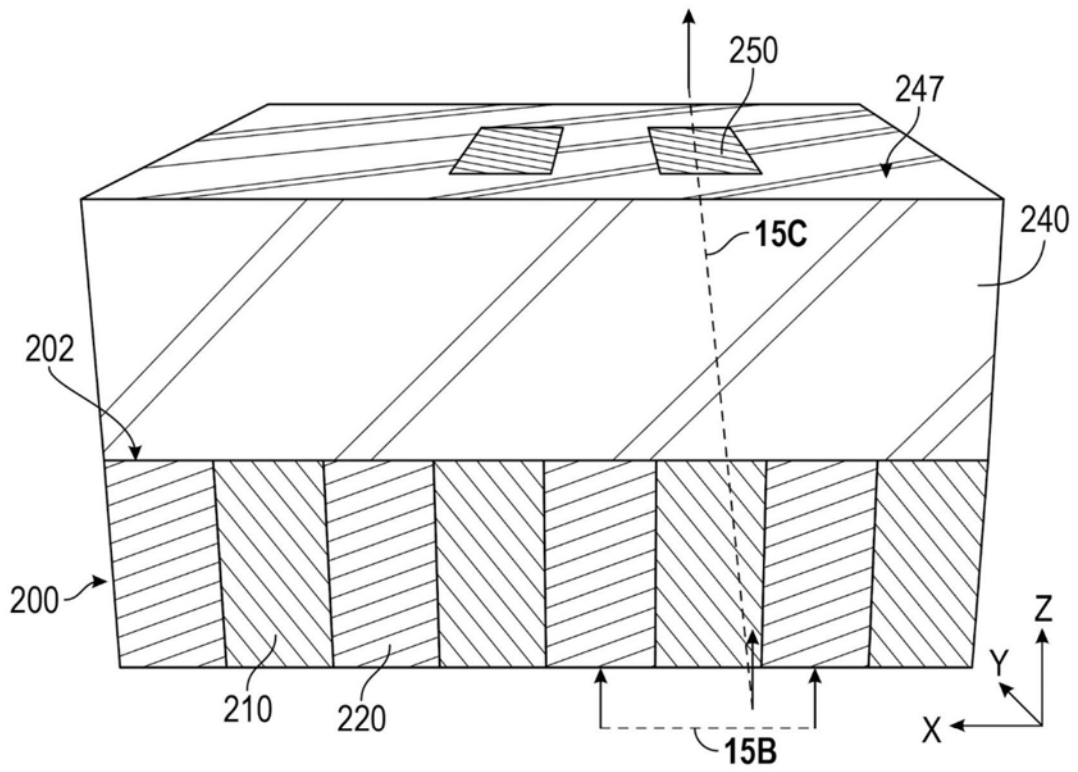


图15A

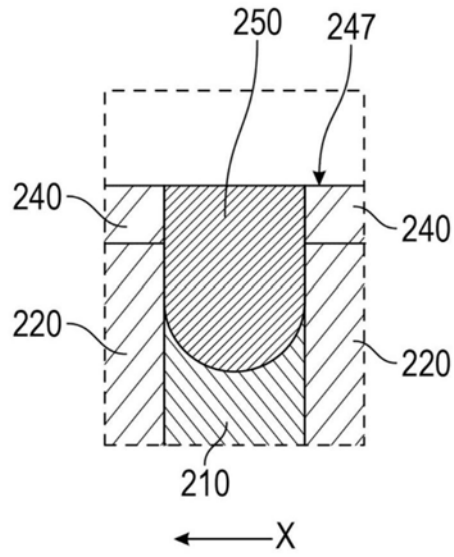


图15B

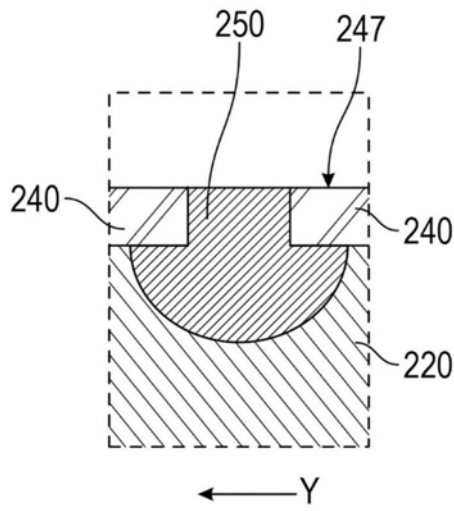


图15C