



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109791874 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 29

(21) 申请号 201780058139.3

赛门·罗芙尔

(22) 申请日 2017.09.11

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109791874 A

专利代理师 杨贝贝 臧建明

(43) 申请公布日 2019.05.21

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据

H01L 21/027 (2006.01)

62/398,032 2016.09.22 US

G03F 1/36 (2006.01)

15/384,496 2016.12.20 US

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/3065 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.03.21

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 103003914 A, 2013.03.27

PCT/US2017/050958 2017.09.11

CN 104155846 A, 2014.11.19

(87) PCT国际申请的公布数据

US 4307179 A, 1981.12.22

W02018/057327 EN 2018.03.29

KR 20070122050 A, 2007.12.28

(73) 专利权人 瓦里安半导体设备公司

US 6083665 A, 2000.07.04

地址 美国麻萨诸塞州格洛斯特郡都利路35
号(邮递区号:01930)

JP H04124809 A, 1992.04.24

US 2003190536 A1, 2003.10.09

审查员 祝凤娟

(72) 发明人 丝特芬·R·舍曼 约翰·哈塔拉

权利要求书2页 说明书9页 附图7页

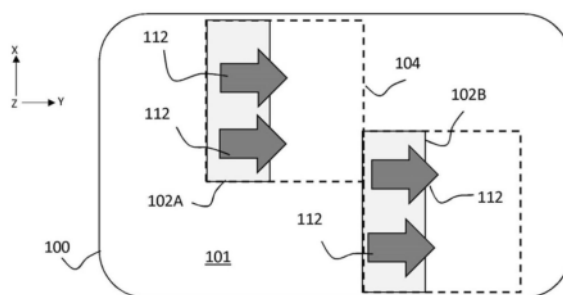
(54) 发明名称

将衬底及设置在其上的层图案化以及形成器件结构的方法

衬底层内形成复杂二维形状的能力,从而能够忠实地产生目标形状结构。

(57) 摘要

本发明提供一种将衬底及设置在其上的层图案化的方法以及一种形成器件结构的方法。所述方法可包括:在层内以交错配置形式提供第一表面特征及第二表面特征,所述层设置在所述衬底上;以及在含有反应性物质的反应性气氛的存在下,在第一曝光中将第一离子引导至所述第一表面特征的第一侧及所述第二表面特征的第一侧,其中所述第一曝光蚀刻所述第一表面特征的所述第一侧及所述第二表面特征的所述第一侧,其中在所述引导之后,所述第一表面特征与所述第二表面特征合并形成第三表面特征。本发明提供优点在于在不增大多个凹陷特征的长度的同时增大所述多个凹陷特征的宽度的能力以及在



1. 一种将衬底图案化的方法,包括:

在层内以交错配置形式提供第一表面特征及第二表面特征,所述层设置在所述衬底上;以及

在含有反应性物质的反应性气氛的存在下,在第一曝光中将第一离子引导至所述第一表面特征的第一侧及所述第二表面特征的第一侧,

其中所述第一曝光蚀刻所述第一表面特征的所述第一侧及所述第二表面特征的所述第一侧,其中在所述引导之后,所述第一表面特征与所述第二表面特征合并形成第三表面特征。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第三表面特征具有由以下中的一者表征的形状:L形状、大写字母T形状、小写字母t形状、之字形、及阶梯形状。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第三表面特征是所述层内的凹陷部。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述衬底包括衬底平面,其中相对于所述第二表面特征的至少一个端部,所述第一表面特征的至少一个端部沿第一轴线偏置。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述衬底包括衬底平面,其中所述第一表面特征的所述第一侧及所述第二表面特征的所述第一侧平行于所述第一轴线延伸。

6. 根据权利要求4所述的方法,其中所述第一离子包括离子轨迹,其中所述离子轨迹在所述衬底平面内的投影平行于所述衬底平面内的第二轴线,所述第二轴线垂直于所述第一轴线。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述衬底包含第一材料,且其中所述层包含第二材料,其中所述离子及所述反应性物质相对于所述衬底的所述第一材料而言选择性地蚀刻所述层的所述第二材料,其中所述第一材料的第一蚀刻速率大于所述第二材料的第二蚀刻速率。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述衬底包括衬底平面,所述方法进一步包括:

以所述衬底平面的垂线为中心将所述衬底旋转180度;以及

在含有所述反应性物质的所述反应性气氛的存在下,在第二曝光中将第二离子引导至所述第一表面特征的第二侧及所述第二表面特征的第二侧,

其中所述第一曝光与所述第二曝光的组合形成所述第三表面特征。

9. 一种将设置在衬底上的层图案化的方法,包括:

以交错配置形式在所述层内提供第一表面特征及第二表面特征;以及

使所述第一表面特征及所述第二表面特征经历曝光,所述曝光包括:

在含有反应性物质的反应性气氛的存在下,将第一离子引导至所述第一表面特征的第一侧及所述第二表面特征的第一侧;以及

同时将第二离子引导至所述第一表面特征的第二侧及所述第二表面特征的第二侧,

其中所述曝光蚀刻所述第一表面特征的所述第一侧及所述第二表面特征的所述第一侧,并蚀刻所述第一表面特征的所述第二侧及所述第二表面特征的所述第二侧,

其中在所述引导之后,所述第一表面特征与所述第二表面特征合并形成第三表面特征。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述衬底包括衬底平面,其中相对于所述第二表面特征的至少一个端部,所述第一表面特征的至少一个端部沿第一轴线偏置。

11. 根据权利要求10所述的方法, 其中所述衬底包括衬底平面, 其中所述第一表面特征的所述第一侧及所述第二侧以及所述第二表面特征的所述第一侧及所述第二侧平行于所述第一轴线延伸。

12. 根据权利要求10所述的方法, 其中所述第一离子形成第一带状束且所述第二离子形成第二带状束, 所述第一离子及所述第二离子具有与所述第一轴线平行的长轴。

13. 根据权利要求12所述的方法, 其中进一步包括在所述曝光期间沿第二轴线扫描所述衬底, 所述第二轴线垂直于所述第一轴线延伸。

14. 一种形成器件结构的方法, 包括:

在第一层内以交错配置形式提供第一表面特征及第二表面特征, 所述第一层设置在衬底上;

在含有反应性物质的反应性气氛的存在下, 在曝光中将第一离子引导至所述第一表面特征的第一侧及所述第二表面特征的第一侧,

其中所述曝光蚀刻所述第一表面特征的所述第一侧及所述第二表面特征的所述第一侧, 其中在所述引导之后, 所述第一表面特征与所述第二表面特征合并形成第三表面特征, 所述第三表面特征包括凹陷部; 以及

使用导电材料填充所述第三表面特征。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中所述衬底包括衬底平面, 其中相对于所述第二表面特征的至少一个端部, 所述第一表面特征的至少一个端部沿第一轴线偏置。

将衬底及设置在其上的层图案化以及形成器件结构的方法

[0001] 相关申请

[0002] 本申请主张在2016年9月22日提出申请且名称为“使用方向性离子形成图案化特征的技术 (TECHNIQUES FOR FORMING PATTERNED FEATURES USING DIRECTIONAL IONS)”的美国临时专利申请第62/398,032号的优先权,所述美国临时专利申请全文并入本申请供参考。

技术领域

[0003] 本发明实施例涉及器件加工技术,且更具体来说涉及在器件制作期间在层中形成复杂形状,尤其涉及一种将衬底及设置在其上的层图案化的方法以及形成器件结构的方法。

背景技术

[0004] 随着半导体器件继续按比例缩放至更小的尺寸,将特征图案化的能力变得愈发难以实现。现今的光刻工具 (photolithography tools) 可利用193nm (纳米) 波长的光来将半导体器件图案化,其中器件的尺寸可小至10nm至30nm。

[0005] 除了对于将相对较简单的形状 (例如,线、矩形接垫、圆形等) 图案化的挑战以外,将复杂结构图案化的能力面临更多挑战。由于光学限制 (例如衍射等),难以将具有轮廓清晰的 (well-defined) 边缘以及尤其是角的特征图案化。因此,在现今的技术中许多最小图案被局限于一维形式,即线及空间,这种特征仅沿一个方向伸展。这些特征可如所设计的那样利用位于第一层上方的额外的层来连接,所述额外的层可具有沿不同方向伸展的线及空间。尽管这种方法能够实现较小的图案,然而所述方法也限制了电路设计的灵活性。

[0006] 在其他例子中,已知的用于在单个器件层内的两个偏置区之间形成电连接的特征包括“L”形状、或交错形状、或者其他二维形状。利用传统光刻技术 (lithographic techniques) 来印刷这种形状的能力是有限的。即使用于光学光刻 (optical lithography) 的先进的光学邻近校正 (optical proximity correction, OPC) 技术仍可能无法充分地印刷这种形状。在一种情形中,被设计成具有笔直边缘的交错结构在光刻加工 (lithographic processing) 之后可能反而具有被修圆的形状。这种修圆可导致所产生的用来置放其他特征的区域比原始设计小,且可另外造成覆盖边沿错误 (overlay margin error),在覆盖边沿错误情况下,随后沉积的材料 (例如金属特征) 会与另一金属特征发生不期望的重叠。在图案的尺寸近似为20nm或小于20nm时,这种修圆尤为普遍。

[0007] 因此,尽管产生小的二维图案的能力会提供更大的设计灵活性,然而用于实现这种图案化的工艺尚不存在,尤其是对于界定50nm大小以下的图案化特征来说。

[0008] 有鉴于这些及其他考虑,提供本公开内容。

发明内容

[0009] 在一个实施例中,一种将衬底图案化的方法可包括:在层内以交错配置形式提供

第一表面特征及第二表面特征,所述层设置在所述衬底上。所述方法还可包括:在含有反应性物质的反应性气氛的存在下,在第一曝光中将第一离子引导至所述第一表面特征的第一侧及所述第二表面特征的第一侧,其中所述第一曝光蚀刻所述第一表面特征的所述第一侧及所述第二表面特征的所述第一侧。在所述引导之后,所述第一表面特征与所述第二表面特征可合并形成第三表面特征。

[0010] 在另一实施例中,一种将设置在衬底上的层图案化的方法可包括:以交错配置形式在所述层内提供第一表面特征及第二表面特征。所述方法可进一步包括:使所述第一表面特征及所述第二表面特征经历曝光。所述曝光可包括:在含有反应性物质的反应性气氛的存在下,将第一离子引导至所述第一表面特征的第一侧及所述第二表面特征的第一侧;以及同时将第二离子引导至所述第一表面特征的第二侧及所述第二表面特征的第二侧。所述曝光可蚀刻所述第一表面特征的所述第一侧及所述第二表面特征的所述第一侧,并蚀刻所述第一表面特征的所述第二侧及所述第二表面特征的所述第二侧。在所述引导之后,所述第一表面特征与所述第二表面特征可合并形成第三表面特征。

[0011] 在又一实施例中,一种形成器件结构的方法可包括:在第一层内以交错配置形式提供第一表面特征及第二表面特征,所述第一层设置在衬底上。所述方法还可包括:在含有反应性物质的反应性气氛的存在下,在曝光中将第一离子引导至所述第一表面特征的第一侧及所述第二表面特征的第一侧。所述曝光可蚀刻所述第一表面特征的所述第一侧及所述第二表面特征的所述第一侧,其中在所述引导之后,所述第一表面特征与所述第二表面特征合并形成第三表面特征,其中所述第三表面特征包括凹陷部。所述方法可进一步包括:使用导电材料填充所述第三表面特征。

附图说明

[0012] 图1A至图1C示出根据本发明各种实施例的在形成表面特征时所涉及的各种操作的俯视平面图。

[0013] 图1D至图1E示出图1B至图1C的操作的侧视图。

[0014] 图1F示出根据本发明实施例的提取总成的俯视平面图。

[0015] 图1G示出根据本发明实施例形成的器件结构的俯视平面图。

[0016] 图1H示出根据本发明实施例形成的另一器件结构的俯视平面图。

[0017] 图2A-2C示出根据本发明各种额外实施例的在形成表面特征时所涉及的各种操作的俯视平面图。

[0018] 图2D示出图2B的操作的侧视图。

[0019] 图2E示出根据本发明其他实施例的提取总成的俯视平面图。

[0020] 图3A至图3B示出根据本发明其他实施例的用于加工器件结构的各种操作的俯视平面图。

[0021] 图4说明根据本发明附加实施例的用于产生复杂表面特征的例子。

[0022] 图5说明根据本发明附加实施例的工艺流程。

具体实施方式

[0023] 在下文中,现在将参考其中示出一些实施例的附图来更充分地阐述本发明实施

例。本发明的主题可实施为许多不同的形式而不应被视为仅限于本文所述的实施例。提供这些实施例是为了使本揭示内容将透彻及完整,且将向所属领域中的技术人员充分传达所述主题的范围。在各附图中,相同的编号自始至终指代相同的元件。

[0024] 本发明实施例提供将衬底图案化的新颖技术,且具体来说,提供形成设置在衬底上的特征(例如表面特征)的新颖技术。本文所使用的用语“衬底”可指例如半导体晶片、绝缘晶片、陶瓷及设置在其上的任意层或结构等实体。因此,表面特征、层、一系列层或其他实体可被视为设置在衬底上,其中所述衬底可表示例如硅晶片、氧化物层等结构的组合。另外,用语“将衬底图案化”可被理解为包括将设置在衬底上的一个层或多个层图案化,包括将设置在衬底上的层内的表面特征图案化。

[0025] 在各种实施例中,表面特征可用于任何目的,包括提供其他特征之间的连接、将设置在表面特征下面的层图案化、或其他目的。表面特征的例子包括在本文中所称的复杂二维特征或“复杂2-D(二维)特征”。在各种实施例中,复杂2-D特征可具有下文所阐述的复杂2-D形状,其中复杂2-D特征的最小尺寸小于100nm,且在一些情况下小于30nm。在各种实施例中,复杂2-D特征可为在衬底内形成的凹陷部或在设置在衬底内的其他层上的层内形成的凹陷部。复杂2-D特征的形状的例子包括L形状、大写T形状、小写t形状、之字形、或其他形状(例如参照附图所公开的形状)。简单形状的例子包括线形状、圆形状、正方形形状、矩形形状、或其他简单形状。在各种实施例中,提供技术及设备来产生所具有的复杂2-D形状具有轮廓清楚的角的凹陷部等特征。

[0026] 现在转向附图,图1A至图1C示出根据本发明各种实施例的在形成表面特征时所涉及的各种操作的俯视平面图。图1D至图1E示出图1B至图1C的操作沿图1A的截面A-A所示的侧视剖视图。可在衬底100中形成器件结构(图中未明确示出),其中衬底100可表示任何数目的层及其他特征。器件结构可由将在衬底100的层(在这种情况下,被示出为层101)中形成的表面特征形成。举例来说,根据本发明实施例且如图1C所示,可在层101中形成被示出为表面特征120的凹陷结构。表面特征120可被表征为具有由沿公共边缘的一部分彼此相邻的两个矩形形成的之字形,其中矩形还相对于彼此沿一个方向偏置。可通过使用导电材料填充在表面特征120中而将这种表面特征例如用作复杂的电互连体。

[0027] 图1G示出根据本发明实施例形成的器件结构150的俯视平面图。在这一例子中,可使用导电性材料(示出为材料127)来填充表面特征120,从而形成互连体126,其中互连体126具有表面特征120的复杂2-D形状。如图所示,互连体126可用于将金属线130A电连接到另一金属线130D,其中金属线130A与金属线130D可形成于器件结构150的不同层中或不同水平面中,如在所属领域中所知。具体来说,可沿如图所示的笛卡尔坐标系的Z轴形成导通孔140A及导通孔140B,以分别将互连体126的不同部分接合到金属线130A及金属线130D。同时,通过形成具有锐角的轮廓清晰的形状,可以没有导电材料与金属线130C或金属线130B重叠的方式来放置互连体126。当金属线形成于与互连体126相同的水平面中时,或当互连体126的水平面与含有金属线的水平面之间的分隔微小时,这种放置可为有利的。通过避免重叠,可避免出现穿过层的潜在短路路径、或不期望的电场、或者其他所不期望的效应。

[0028] 返回图1A,其示出其中在层101中形成表面特征102A及表面特征102B的第一实例。所述表面特征102A及表面特征102B可为在层101内形成的凹陷特征,也如图1D所示。举例来说,可根据已知光刻(lithography)技术及蚀刻(etching)技术来形成表面特征102A及表面

特征102B。表面特征102A及表面特征102B可具有简单矩形形状,其中所述简单矩形形状可印刷在合适的光刻介质中,且在一些情况下被转移另一层(例如层101)中。尽管并无限制,然而在各种实施例中,层101可为已知的SiOC(硅氧碳(silicon-oxygen-carbon))材料或已知的SiON(硅氧氮(silicon-oxygen-nitrogen))材料、硅材料(包括非晶硅)、已知的氧化物(例如TEOS(原硅酸四乙酯(tetraethyl orthosilicate))氧化物)或其他材料。此外,衬底100的下伏层(例如层106)的第一材料可为与层101的第二材料不同的材料。举例来说,层106可为已知的氧化硅、氮化硅、氮化钛、硅、或其他材料。实施例并不仅限于此上下文。

[0029] 由于表面特征102A及表面特征102B具有简单形状,因此可根据所设计的形状利用已知光刻技术忠实地形成这些特征。这种简单形状包括简单矩形,在这种情况下,即使在最小尺寸的方向上(例如沿Y轴)尺寸小至10nm至30nm,仍可忠实地形成所述矩形。

[0030] 如图1A所示,第一表面特征(表面特征102A)与第二表面特征(表面特征102B)形成下文更详细阐述的交错配置形式。简单地说,交错配置形式是指相对于第二表面特征的至少一个端部,第一表面特征的至少一个端部沿第一轴线偏置的情形。这种情形被具体示出为相对于表面特征102B的顶端162,表面特征102A的顶端160沿X轴偏置。另外,在图1A所示具体例子中,表面特征102A的底端164相对于表面特征102B的底端166偏置。可利用新颖蚀刻工艺来利用不同表面特征的这种交错配置形式,以形成如下详述的复杂二维特征。其中两个不同表面特征的两个相对的端部沿着给定轴线彼此相互对齐的配置形式并不构成本文所述的“交错配置形式”。举例来说,当顶端160沿X轴与顶端162对齐且底端164沿X轴与底端166对齐时,所得配置形式不是交错配置形式。应注意,在其中表面特征102B比表面特征102A短、且其中顶端160不与顶端162对齐的实施例中,尽管底端164与底端166A对齐,然而后面的这种配置形式也可被视为交错配置形式。

[0031] 如图1A进一步示出,第二表面特征(表面特征102B)在衬底平面(X-Y平面)内相对于第一表面特征(表面特征102A)沿由Y轴表示的第二轴线偏置。具体来说,表面特征102A相对于表面特征102B的偏置可以下列方式进行解释。第一表面特征(表面特征102A)可沿第一轴线(示出为X轴)从第一位置P1延伸至第二位置P2。根据各种实施例,在完成加工而形成表面特征120之后,至少在所得表面特征的一部分中,可保留第一位置P1与第二位置P2之间的距离,如图1C所示。如图1A进一步示出,第二表面特征(表面特征102B)可沿第一轴线(示出为X轴)从第三位置P3延伸至第四位置P4。根据各种实施例,在完成加工而形成表面特征120之后,至少在所得表面特征的一部分中,也可保留第三位置P3与第四位置P4之间的距离,如图1C所示。另外,至少一个位置(第一位置P1或第二位置P2)(表示表面特征102A的沿X轴的相对的端部)可相对于表面特征102B中的对应位置(第三位置P3或第四位置P4)偏置。由此,沿X轴在表面特征102A的至少一个端部与表面特征102B的至少一个端部之间提供偏置。如下所详述,可利用本发明实施例的新颖技术来利用这种偏置,以制作如上所述的复杂二维形状。

[0032] 应注意,表面特征102A与表面特征102B彼此隔离,这意味着在表面特征102A与表面特征102B之间设置有层101的材料。具体来说,表面特征102A也相对于表面特征102B沿Y轴移位或偏置。举例来说,表面特征102A及表面特征102B可被印刷为线段,其中所述线段之间沿Y轴的间距等于所述线段沿Y轴的宽度。实施例并不仅限于此上下文。对于介于降至10nm至30nm范围的尺寸来说,形成这种线/间距图案很好地处于利用已知光刻技术进行制

作的能力范围内。

[0033] 现在转向图1B及图1D,其示出其中使表面特征102A及表面特征102B经历第一曝光的后续操作,其中第一曝光对层101的材料产生蚀刻。具体来说,参考图1B及图1D,第一曝光涉及将第一离子(示出为离子112)作为方向性离子(且具体来说,以单向方式)引导至表面特征102A及表面特征102B,其中几何特征的细节在下文进行阐述。简单来说,通过在反应性气氛(示出为反应性物质122)的存在下提供离子112作为单向离子,第一曝光具有对表面特征102A及表面特征102B进行蚀刻以合并形成第三表面特征的效果。在这种情况下,第三表面特征的目标形状或设计形状为具有复杂形状的复杂2-D特征,其在图1B中被示出为设计形状104且在图1C中由最终经加工特征(表面特征120)表示。具体来说,将离子112引导至表面特征102A的第一表面(由侧114表示),同时还将离子112引导至表面特征102B的第一表面(也被示出为侧114)。

[0034] 详细来说,离子112的离子轨迹大体由图中的单向箭头的方向表示。如在图1A的俯视平面图中所观察,离子112的离子轨迹可沿第一方向延伸,其中离子112的离子轨迹在衬底平面(X-Y平面)内的投影平行于Y轴。因此,离子112在俯视平面图中表现为平行于Y轴行进。如图1D所示,离子112的离子轨迹可相对于衬底平面(X-Y平面)的垂线121形成非零入射角(示出为 θ),其中垂线121在这种情况下沿Z轴延伸。应注意, θ 的值可大于零且小于90度。在具体实施例中,非零入射角可依据表面特征120的沿Y轴的宽度及表面特征120的沿Z轴的高度而介于15度与75度之间。

[0035] 如在图1A中进一步示出,离子112的轨迹在平面图中平行于侧115延伸,其中侧115形成表面特征102A沿X轴的端部及表面特征102B沿X轴的端部。因此,离子112可不撞击侧115。由此,这种单向工艺可引起对侧114的选择性蚀刻而不会蚀刻侧115。这种选择性蚀刻可产生最终结构(表面特征120),其中沿X轴保留了表面特征102A及表面特征102B的尺寸及位置,同时表面特征102A与表面特征102B合并成如图所示的一个复杂特征。本发明人已成功地在平面内在第一方向上对初始尺寸介于20nm至100nm之间的表面特征执行了单向蚀刻。具体来说,对于这种特征,实现了沿第一方向对材料进行蚀刻以使表面特征的尺寸沿第一方向增大1nm至40nm,而沿与第一方向垂直的第二方向未观察到明显的材料。因此,再次参考图1C,由于避免了沿X轴的蚀刻,因此仅沿Y轴进行蚀刻以形成表面特征120会使得沿X轴保留表面特征102A及表面特征102B的边缘的位置(第一位置P1、第二位置P2、第三位置P3、及第四位置P4)。换句话说,当对第一表面特征及第二表面特征进行蚀刻来形成第三表面特征时,第三表面特征可保留第一表面特征及第二表面特征的某些边缘的位置。具体来说,复杂二维特征(表面特征120)具有沿X轴位于与形成表面特征120时所使用的表面特征相同的位置(第一位置P1、第二位置P2、第三位置P3、及第四位置P4)处的一组边缘。

[0036] 转向图1G及图1H,其示出根据本发明实施例形成的另一器件结构(器件结构180)的俯视平面图。当不存在金属线130B及130C时,这种几何特征大体反映于图1H所示的配置中。在图1H所示几何特征中以及在用于形成器件结构的各种额外的实施例中,在第一表面特征及第二表面特征得到蚀刻而在第一层中形成第三表面特征之后,可形成第二层。第二层可设置在第一层上方且可包括至少两条导电线。在一个具体实施例中,可以其中第三表面特征与第一金属线及第二金属线重叠的方式在第二层中形成第一金属线(例如金属线130A)及第二金属线(例如金属线130B),如图1H所示。因此,这些实施例可对设置在第一层

中的复杂2-D特征与设置在第二层中的多条线提供精确的对齐,其中第二层中的线彼此交错。

[0037] 如图1D所示且根据各种实施例,在反应性物质(示出为反应性物质122且由黑点示出)的存在下,可将离子112引导至表面特征102A及表面特征102B。可通过能够向衬底提供反应性物质并同时提供离子束的合适设备来提供离子112及反应性物质122。这种设备的例子包括具有提取系统的等离子体式设备,所述提取系统通过提取开孔(extraction aperture)来提取离子并将所述离子引导至衬底。图1D及图1F说明提取总成133的例子,提取总成133包括用于从等离子体134提取离子112的提取开孔132。可在与提取总成133相邻的等离子体室中形成等离子体134,其中等离子体134是通过任何已知技术来形成。

[0038] 可通过控制已知等离子体系统的参数来控制离子112相对于垂线121的非零入射角 θ ,所述参数包括等离子体功率、气体压力、开孔大小及提取板的不同部分之间的位移等因素。在一些例子中,可提取轨迹彼此平行或相互间偏差 $\pm 5^\circ$ 的离子。这种几何特征使得能够将离子112作为平行的离子束沿目标方向引导。在图1A所示例子中,提取总成可包括板130及板131,其中板130与板131相对于彼此沿Z轴偏置。这种几何特征可趋于形成以产生离子112的方式进行取向的等离子体弯月面(meniscus),其中离子112在离开等离子体134时被沿箭头所示的轨迹引导。板130与板131可彼此接合,且可界定提取开孔132,如在图1F的平面图中所示。在其他实施例中,单个板可包括大体如图所示将离子112引导至衬底100的开孔。

[0039] 图1F具体说明提取总成133的变型。在这一变型中,提取开孔132沿平行于X轴的第二方向伸长,这意味着提取开孔132的沿X轴的尺寸大于提取开孔132的沿Y轴的尺寸。在一些例子中,提取开孔132的沿X轴的尺寸可大于100mm(毫米),而提取开孔132的沿Y轴的尺寸小于30mm,且可窄至1mm至3mm。实施例并不仅限于此上下文。离子112可相应地形成沿X轴具有高的均匀度的带状束(ribbon beam),其中离子112的轨迹如图所示沿Y轴具有高的对齐度(degree of alignment)。换句话说,离子112可形成带状束,所述带状束具有平行于第一轴线(X轴)的长轴117及平行于第二轴线(Y轴)的短轴,其中第二轴线垂直于第一轴线。通过相对于提取开孔132沿方向140扫描衬底100,可将衬底100的大部分或全部曝光至带状束(换句话说,曝光至离子112)。

[0040] 另外,可将反应性物质122以中性粒子(neutrals)、离子(ions)、自由基(radicals)、或者中性粒子、离子及自由基的组合形式直接地或经由提取开孔132提供至衬底100。离子112自身可为惰性离子(例如氩、氦、氖等),或可包括反应性物质。离子112与反应性物质122的组合可包含用于对材料执行反应性离子蚀刻的已知配方(recipe),所述材料包括氧化硅层、SiON层、SiOC层、氮化硅层、硅层、碳层、及其他材料体系。实施例并不仅限于此上下文。

[0041] 当与反应性物质122相结合地使用离子112(其中所述反应性物质被设计成促进反应性离子蚀刻)时,这种配置形式能够实现新颖的“一维反应性离子蚀刻”工艺。所述一维反应性离子蚀刻工艺涉及将反应性离子蚀刻限制至衬底表面上的目标特征而不影响其他特征。一维反应性离子蚀刻可不同于传统反应性离子蚀刻,在传统反应性离子蚀刻中,所引导的离子可沿垂直方向及沿衬底的与所述垂直方向垂直的平面内的多于一个方向来蚀刻材料。举例来说,在对形成于层内的通孔结构进行的传统反应性离子蚀刻(例如灰化)中,通孔

结构的直径可沿X方向及Y方向以非选择性方式增大。

[0042] 在图1B及图1D所示例子中,如上所述,可对在层101中所提供的表面特征的选择表面进行蚀刻。另外,由于离子112及反应性物质122形成用于反应性离子蚀刻的气氛,因此图1B及图1D所示蚀刻并非仅对表面特征102A及表面特征102B的不同表面具有选择性,而是也对其他材料的表面具有选择性。具体来说,反应性物质122中的至少一些可为中性粒子。如此一来,反应性物质可穿过提取开孔132而不具有特定方向性,且可射在层101的各个表面以及表面特征102A及表面特征102B内的层106的被暴露表面125上。如上所述且根据各种实施例,离子112可被限制成射在侧114上,而不射在侧115上。另外,离子112可射在层101的顶表面124上。至于被暴露表面125,离子112及反应性物质122可被设计成相对于层106的材料来选择性地蚀刻层101的材料,这意味着层101的材料的蚀刻速率大于层106的蚀刻速率。在一个具体例子中,层106可为氧化硅且层101可为氮化硅。因此,尽管离子112及反应性物质122可射在被暴露表面125上,然而在图1B及图1D所示情景中可在表面特征102A或表面特征102B内发生很少的或不发生对层106的蚀刻。因此,在如图1B及图1D所示向离子112进行第一曝光之后,层101的材料被蚀刻而产生表面特征120,同时被暴露表面125保持不被蚀刻。应注意,由于层101的顶表面124被离子112及反应性物质122撞击,因此层101的厚度也可减小,这是因为离子112与反应性物质122的组合被设计成对层101的材料进行选择性地蚀刻。举例来说,可通过调整 θ 的值来控制层101的相对于沿Y轴的蚀刻速率的平行于Z轴的相对蚀刻速率。另外,层101可被提供成沿Z轴具有足够的初始厚度,以使得在用于形成表面特征120的蚀刻工艺完成之后,层101的材料仍有剩余,如图1E所示。因此,在暴露至离子112期间层101的厚度损失可为可接受的,只要保持足以在后续加工中根据具体情况在表面特征120内形成结构或者将下伏层(例如层106)图案化的厚度即可。另外,由于层101的材料是通过反应性离子蚀刻工艺来移除,因此层101的材料一旦被蚀刻便可保持挥发,且可不重新沉积在器件结构150的其他表面上,从而使器件结构150具有清洁及准确的形状,如图1G所示。

[0043] 图2A至图2C示出根据本发明各种附加实施例在形成表面特征时所涉及的各种操作的俯视平面图。图2D示出图2B的操作沿图2A的截面A-A所示的侧视图。图2D及图2E还分别示出根据本发明其他实施例的提取总成的剖视图及俯视平面图。转向图2A,可如以上针对图1A所述在衬底100中提供表面特征的初始配置形式。转向图2B及图2D,其示出后续一个或一组加工操作,其中将离子202及离子204引导至表面特征102A及表面特征102B的侧114及侧116。同时,可将离子202及离子204的轨迹配置成不撞击侧115,如图所示。由此,可大体如以上针对图1B及图1D所述进行表面特征102A及表面特征102B的蚀刻,不同之处在于沿Y轴(在这种情况下是朝右及朝左)出现蚀刻的几何特征。

[0044] 如图2D具体所示,提取总成220可用于执行图2B的操作,其中提取总成220包括平的提取板(示出为提取板222),且包括平的开孔(示出为提取开孔224)。提取总成220可进一步包括束阻挡器206,其中束阻挡器206设置在提取开孔224上方的区内,且可具有细长形状,如图2E所示。由此,束阻挡器206及提取开孔224可产生一对等离子体弯月面(示出为弯月面232及弯月面234),所述弯月面继而分别产生离子202及离子204作为一对带状离子束。应注意,离子202与离子204是同时产生,因而衬底100同时被离子202及离子204蚀刻。

[0045] 由此,利用一对并发离子束来执行一维反应性离子蚀刻,所述并发离子束所具有的离子轨迹在X-Y平面内的投影平行于公共轴线(例如Y轴)。如图2D进一步示出,第一离子

束及第二离子束(如由离子202及离子204所表示)可关于X-Z平面形成镜像(mirror image),因而离子202及离子204同时冲撞相对的侧(侧114及侧116)。

[0046] 具体来说,尽管离子202可具有以上针对离子112所述沿第一方向延伸的性质及轨迹,然而第二离子(离子204)可具有第二离子轨迹。在这种情况下,第二离子轨迹沿由图2B及图2D中的箭头所示的第二方向延伸。第二离子轨迹在衬底平面(X-Y平面)内的第二方向的投影也可平行于Y轴,如图2B所示。离子204的第二离子轨迹也可相对于垂线121形成非零入射角(示出为 $-\theta$)。离子204的第二方向可被视为与离子202的第一方向相反,这意味着例如离子204的轨迹在X-Y平面内的投影与离子202的轨迹在X-Y平面内的投影相反,如图2B所示。根据一些实施例, θ 的值可等于 $-\theta$ 的值。

[0047] 根据图2B及图2D的操作形成的最终结构可相似于或相同于图1C所示结构,在这种情况下,也被示出为表面特征120。尽管在图2D具体示出的实施例中,离子202及离子204在单次曝光中被同时引导至衬底100处,然而在其他实施例中,离子202及离子204可在单独的操作中被连续地引导至衬底100。在各种实施例中,可在第一曝光中将第一离子引导至第一表面特征的第一侧及第二表面特征的第一侧处,而在第一曝光之后以衬底平面的垂线为中心对衬底进行旋转。随后,在第二曝光中,在含有反应性物质的反应性气氛的存在下,可将第二离子引导至所述第一表面特征的第二侧及第二表面特征的第二侧。由此,可使用第一曝光与第二曝光的组合来形成如由表面特征120表示的第三表面特征。举例来说,可在第一曝光中使用提取总成133将离子202引导至第一侧(衬底100的侧114)。随后,通过在第一曝光与第二曝光之间在X-Y平面内将衬底旋转180度,可在第二曝光中使用提取总成133将离子204引导至第二侧(侧116)。

[0048] 尽管以上实施例说明了形成具有交错形状或之字形状的最终二维表面特征,然而本发明实施例可用于形成具有许多其他类型的形状的表面特征。图3A至图3B示出根据本发明其他实施例的用于加工器件结构的各种操作的俯视平面图,其中示出设计形状302。为了产生这种二维设计形状,以交错配置形式提供呈正方形形状的表面特征304及呈矩形形状的表面特征306。在这一例子中,表面特征304的顶端与表面特征306的顶端可沿X轴在点P5处对齐。可根据以上大体阐述的技术在反应性气氛中使用离子112来加工表面特征,以形成形状为设计形状302的最终表面特征310。

[0049] 在再一些实施例中,可根据上述技术来加工三个或更多个隔离的表面特征,以产生最终的复杂二维结构。图4说明其中在衬底100中产生三个隔离的表面特征(示出为表面特征102A、表面特征102B、及表面特征102C)的例子,所述三个隔离的表面特征相对于彼此沿X轴偏置,且被使用离子112沿Y轴进行蚀刻以产生阶梯形状(示出为表面特征402)。

[0050] 图5说明根据本发明附加实施例的工艺流程500。在方块502处,在衬底上提供层。在一些实施例中,所述层可为已知的SiOC(硅氧碳)材料或已知的SiON(硅氧氮)材料、硅材料(包括非晶硅)、已知的氧化物(例如TEOS(原硅酸四乙酯)氧化物)、或其他材料。此外,衬底的下伏层的第一材料可为与所述层的第二材料不同的材料。在非限制性例子中,衬底的材料可为已知氧化硅、氮化硅、氮化钛、硅、或其他材料。

[0051] 在方块504处,可在层内以交错配置形式提供第一表面特征及第二表面特征。交错配置形式的例子为第一表面特征的至少一个端部相对于第二表面特征的至少一个端部沿第一轴线偏置的情形。在方块506处,在含有反应性物质的气氛的存在下,在曝光中将第一

离子引导至第一表面特征的第一侧及第二表面特征的第一侧。所述曝光可具有适当的持续时间,其中所述曝光蚀刻第一表面特征的第一侧及第二表面特征的第一侧,以将第一表面特征与第二表面特征合并形成第三表面特征。

[0052] 本发明实施例提供优于传统加工的各种优点以在衬底中界定复杂二维特征。一个优点在于在不增大多个凹陷特征的长度的同时增大所述多个凹陷特征的宽度的能力。这一优点引出以下相关优点:能够通过利用方向性蚀刻工艺将两个原本隔离的特征合并以选择性地仅沿一个方向增大特征的大小来形成复杂的特征。另一优点在于在衬底层内形成复杂二维形状的能力,从而能够忠实地产生结构的目标形状,例如亚50nm尺寸的复杂互连结构。

[0053] 本发明的范围不受本文所述具体实施例限制。实际上,通过阅读以上说明及附图,除本文所述实施例及润饰以外的本公开内容的其他各种实施例及对本公开内容的各种润饰也将对所属领域中的普通技术人员显而易见。因此,这些其他实施例及润饰旨在落于本发明的范围内。此外,尽管本文已出于特定目的而在特定环境中在特定实施方式上下文中阐述了本发明,然而所属领域的普通技术人员将认识到,其适用性并非仅限于此,且可出于任何数目的目的在任何数目的环境中有益地实作本发明。因此,应根据本文所述的本发明的完整范围及精神来解释以上所述的权利要求。

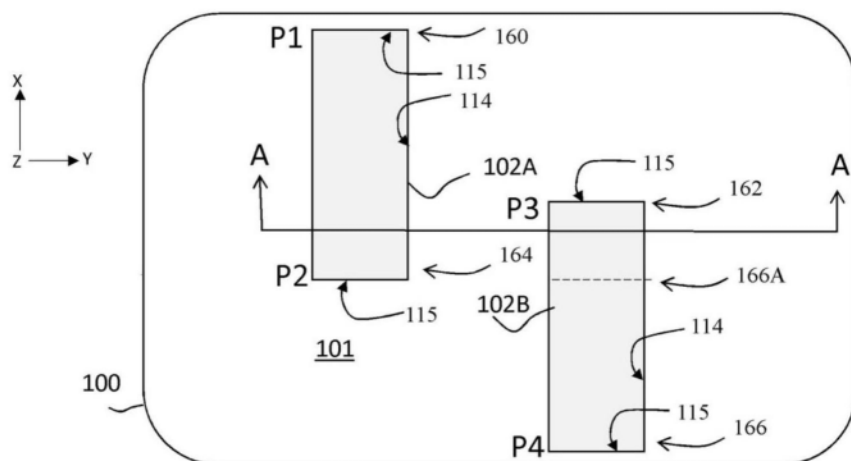


图1A

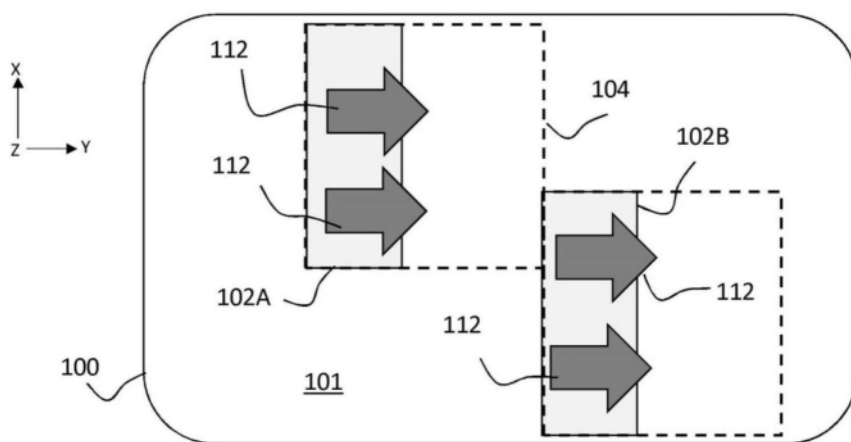


图1B

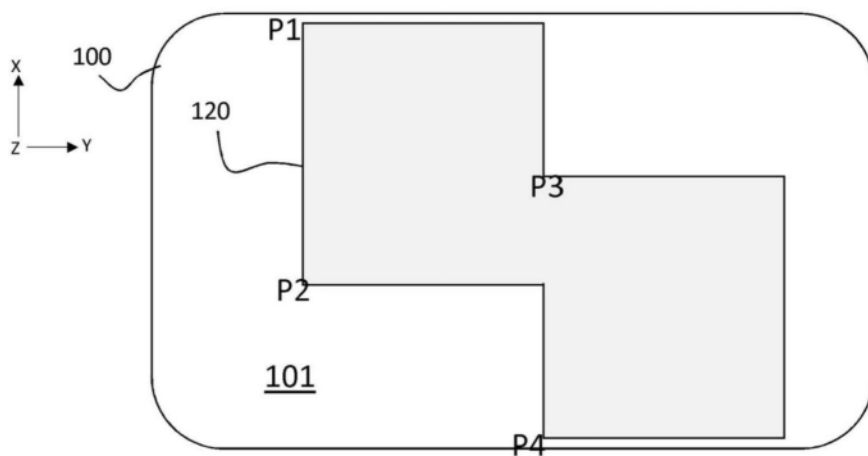


图1C

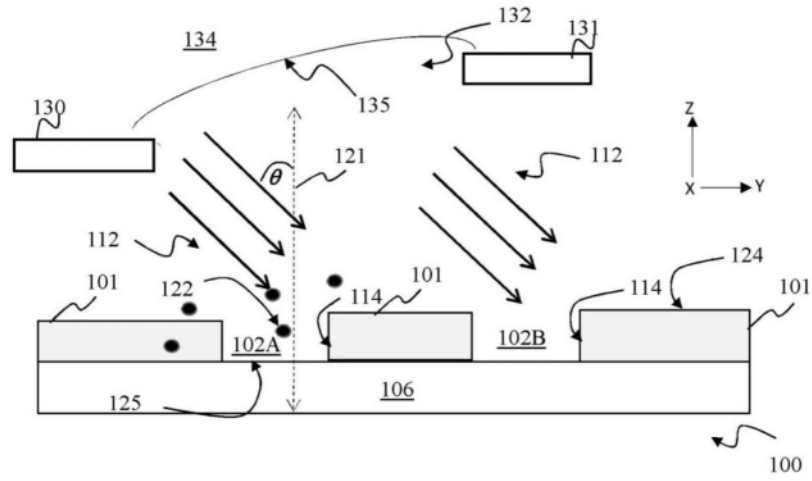


图1D

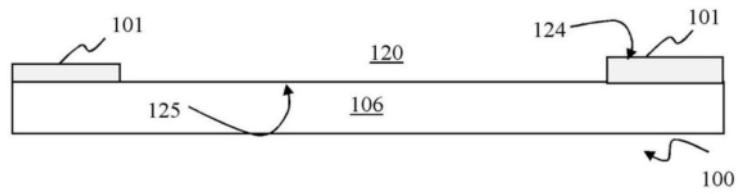


图1E

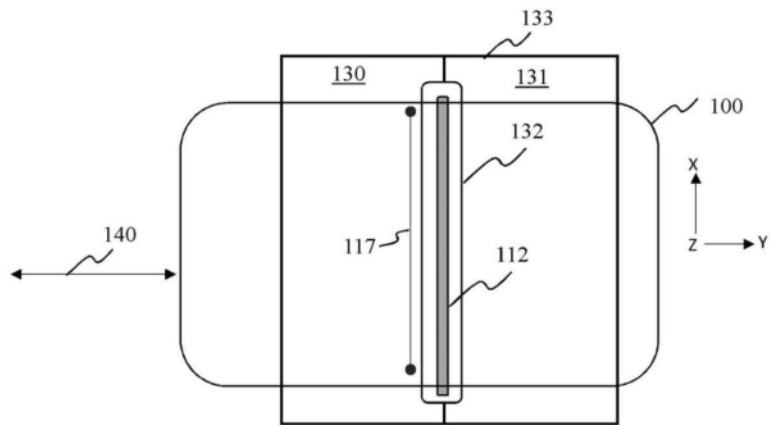


图1F

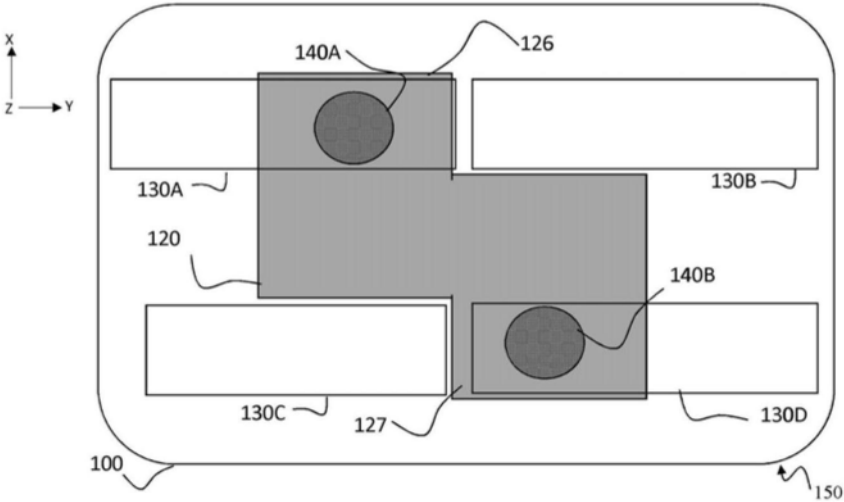


图1G

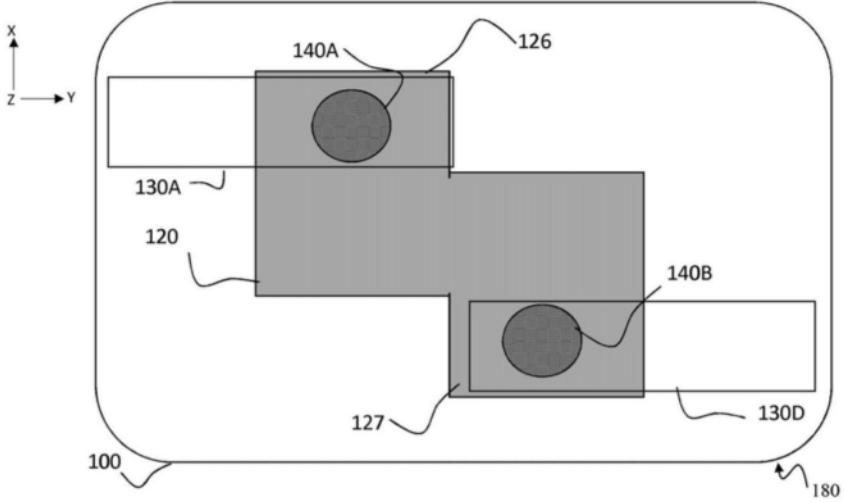


图1H

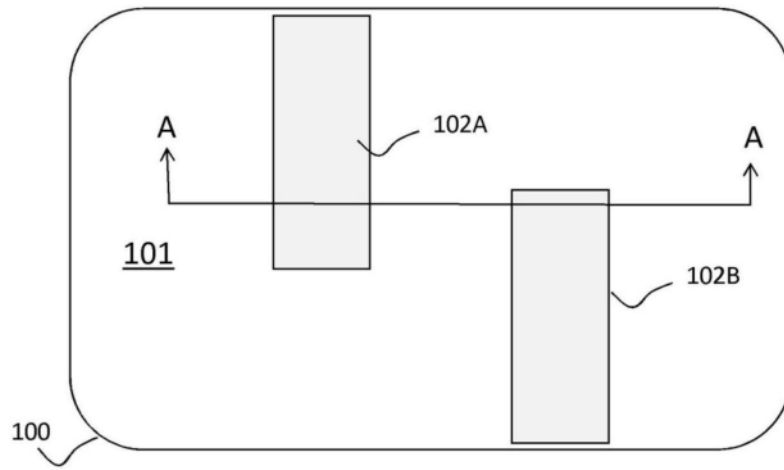


图2A

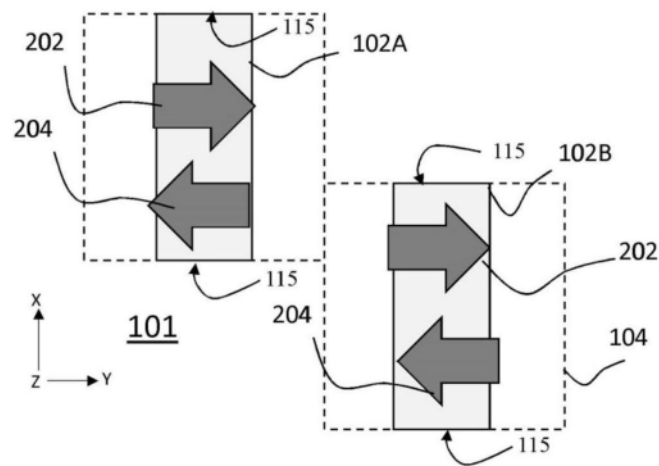


图2B

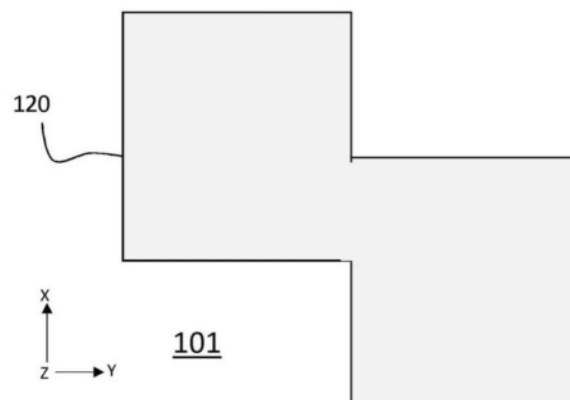


图2C

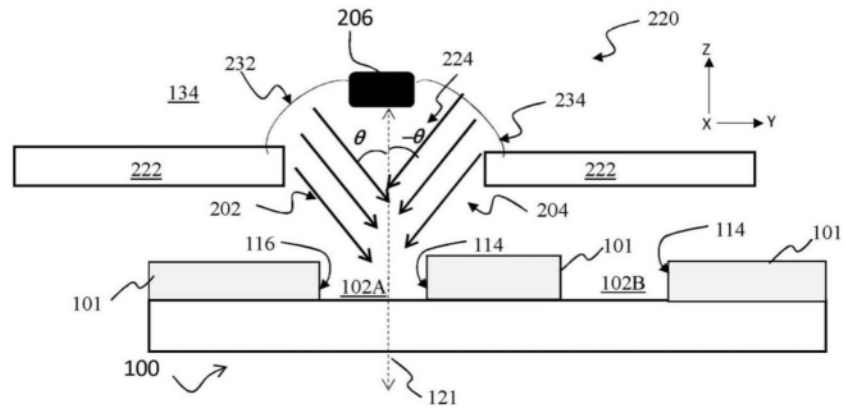


图2D

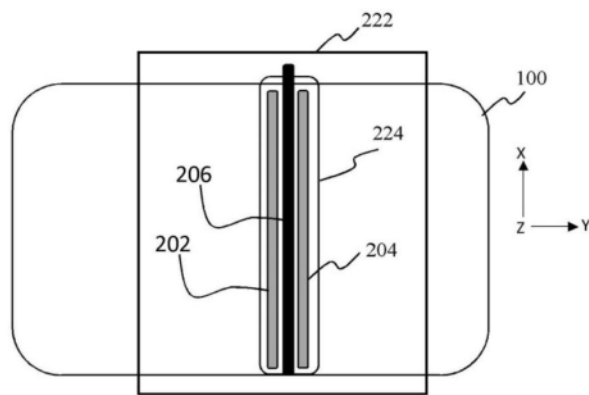


图2E

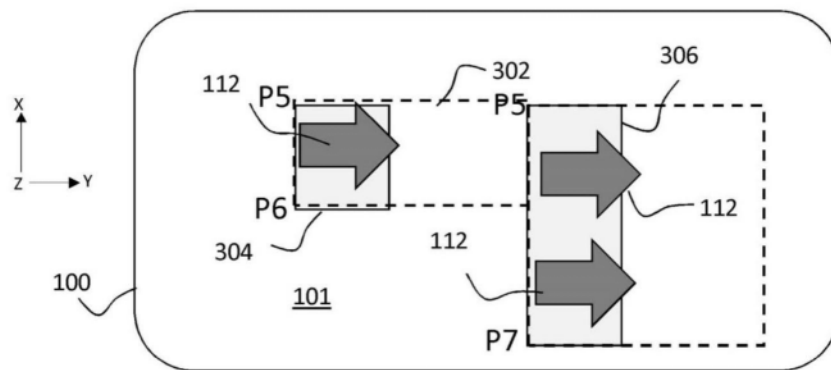


图3A

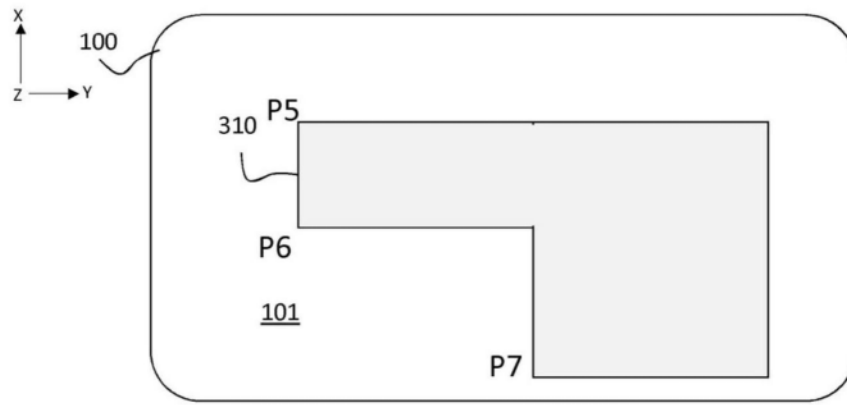


图3B

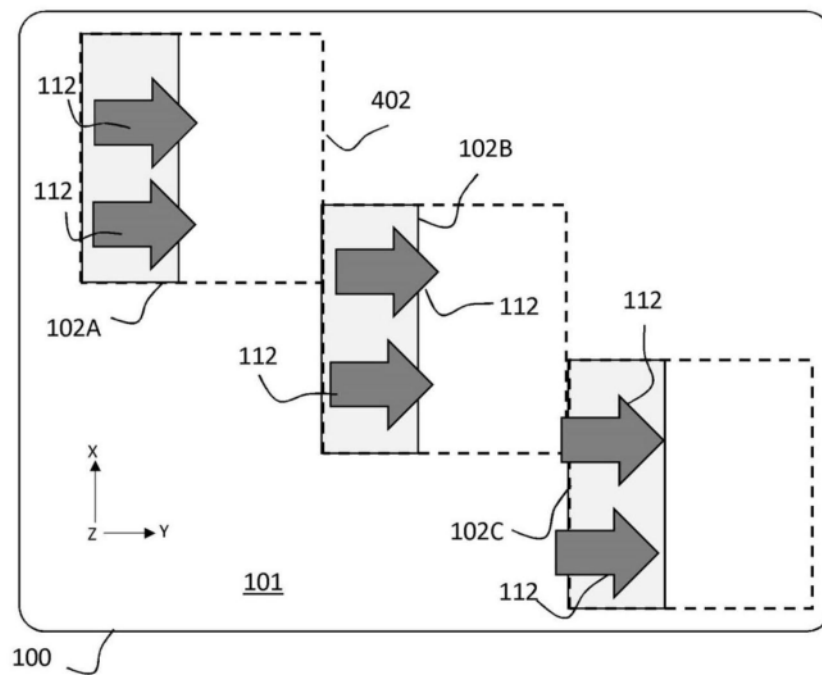


图4

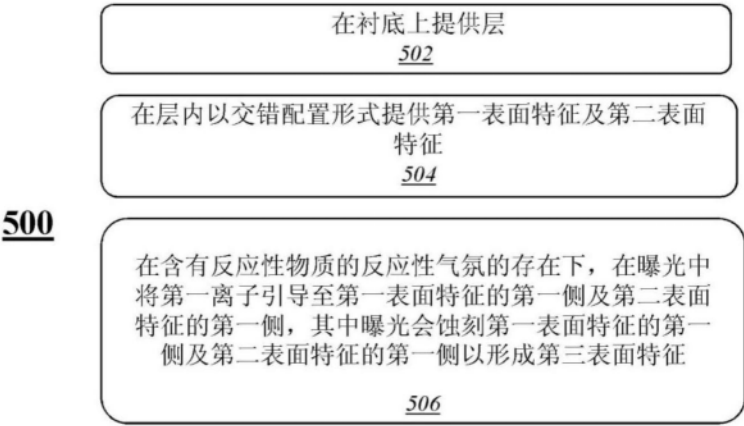


图5