



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102498543 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 21

(21) 申请号 201080040495. 0

(22) 申请日 2010. 08. 20

(30) 优先权数据

61/235, 383 2009. 08. 20 US

12/859, 606 2010. 08. 19 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 03. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/046146 2010. 08. 20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/022635 EN 2011. 02. 24

(73) 专利权人 瓦里安半导体设备公司

地址 美国麻萨诸塞州格洛斯特郡都利路 35 号

(72) 发明人 派崔克·M·马汀

史蒂芬·D·卡尔森 丹尼尔·吴

朴正旭

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理

有限公司 11205

代理人 臧建明

(51) Int. Cl.

G03C 5/00 (2006. 01)

H01L 21/027 (2006. 01)

H01L 21/033 (2006. 01)

H01L 21/3213 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6423475 B1, 2002. 07. 23,

US 6423475 B1, 2002. 07. 23,

US 5876903 A, 1999. 03. 02,

US 2003/0222345 A1, 2003. 12. 04, 全文.

US 2008/0305443 A1, 2008. 12. 11, 全文.

US 2008/0286954 A1, 2008. 11. 20, 全文.

审查员 罗慧晶

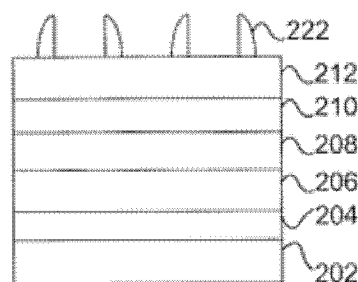
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

图案化基底的方法

(57) 摘要

一种图案化基底的方法, 包括: 提供抗蚀剂特征阵列, 抗蚀剂特征阵列由相邻抗蚀剂特征之间的第一间距及第一间隙宽度界定。将粒子引入至抗蚀剂特征阵列中, 其中抗蚀剂特征阵列变得硬化。引入粒子可引起抗蚀剂特征的关键尺寸减小。在硬化的抗蚀剂特征的侧部部分上提供侧壁。在形成侧壁之后, 移除硬化的抗蚀剂特征, 从而留下配置于基底上的分离的侧壁阵列。所述侧壁阵列提供遮罩, 以对配置于侧壁下方的基底层中的特征进行双图案化, 其中形成于基底中的特征阵列具有第二间距, 第二间距等于第一间距的一半。



1. 一种图案化基底的方法,包括:

提供由相邻抗蚀剂特征之间的第一间距及第一间隙宽度界定的抗蚀剂特征阵列,其中每一抗蚀剂特征包括顶部部分以及侧部部分;

将粒子引入至所述抗蚀剂特征阵列中,其中所述抗蚀剂特征阵列变得硬化;

在硬化的所述抗蚀剂特征阵列的所述侧部部分上提供侧壁;以及

移除硬化的所述抗蚀剂特征阵列,其中形成配置于所述基底上的分离的侧壁阵列,

其中相对于所述基底以倾斜角引入所述粒子,且

其中所述粒子的动能以及所述倾斜角经配置以引起所述抗蚀剂特征的关键尺寸的实质降低,其中在将所述粒子引入至所述抗蚀剂特征阵列中之后,所述相邻抗蚀剂特征以第二间隙宽度隔开,所述第二间隙宽度大于所述第一间隙宽度。

2. 根据权利要求1所述的图案化基底的方法,其中所述提供所述侧壁包括:

在所述顶部部分以及所述侧部部分上提供间隙壁层;以及

移除部分所述间隙壁层,其中暴露所述顶部部分以及所述基底。

3. 根据权利要求2所述的图案化基底的方法,还包括:

蚀刻所述基底的暴露部分;以及

移除所述侧壁,其中经蚀刻所述基底包括基底特征阵列,所述基底特征阵列具有等于所述第一间距的一半的第二间距。

4. 根据权利要求3所述的图案化基底的方法,其中所述基底包括:

上层,其包括氮氧化硅材料;

中间层,其包括碳材料,且配置于所述上层下方;

硬质遮罩层,其配置于所述中间层下方;

所述基底的下部部分,其配置于所述硬质遮罩层下方;以及

所述基底的底板部分,其配置于所述基底的所述下部部分下方。

5. 根据权利要求4所述的图案化基底的方法,其中所述基底包括硅晶圆,所述下部部分包括以下各者其中之一或多个:多晶硅层、金属层以及绝缘层,且所述基底特征阵列包括以下各者其中之一或多个:多晶硅、金属以及绝缘体。

6. 根据权利要求1所述的图案化基底的方法,其中所述粒子包括以下各者其中之一:带电粒子以及中性粒子,且其中所述粒子包括以下各者其中之一:次原子粒子、原子粒子以及分子粒子。

7. 根据权利要求6所述的图案化基底的方法,其中藉由以下各者其中之一将所述粒子引入至所述抗蚀剂特征阵列:束线离子植入系统、电浆辅助掺杂系统、电浆浸入离子植入系统、熔炉、化学气相沉积系统、电浆增强型化学气相沉积系统、原子层沉积系统以及分子束外延系统。

8. 根据权利要求6所述的图案化基底的方法,其中所述粒子在被引入至所述抗蚀剂特征阵列中时包括在100电子伏至100千电子伏的范围内的动能。

9. 根据权利要求6所述的图案化基底的方法,其中所述粒子为以下各者其中之一:氢、氦、氩、氪、氙、氟、氯、溴、碘、氧、硅、硼、氢、碳、铁、锂、铬、镍、砷以及碳硼烷。

10. 根据权利要求1所述的图案化基底的方法,其中所述基底包括硅,且其中所述粒子为以下各者其中之一:氢、氦、氩、氪、氙、氟、氯、溴、碘以及氧。

11. 根据权利要求 1 所述的图案化基底的方法,其中所述粒子的动能以及所述倾斜角经配置以使得形成硬化的抗蚀剂特征,所述硬化的抗蚀剂特征包括沿所述侧部部分以及所述顶部部分配置的硬化外部部分以及配置于由所述外部部分以及所述基底界定的区域内的实质上未硬化内部部分。

12. 根据权利要求 1 所述的图案化基底的方法,其中在第一周期期间,相对于所述基底以第一扭转角引入所述粒子。

13. 根据权利要求 12 所述的图案化基底的方法,其中在所述第一周期之后,在一或多个随后周期中的每一周期中,旋转所述基底以形成第二扭转角,所述第二扭转角与所述第一扭转角形成大于 0° 至 90° 的角度。

14. 根据权利要求 3 所述的图案化基底的方法,其中所述基底包括:

抗反射层;

上层,其包括氮氧化硅材料,且配置于所述抗反射层下方;

中间层,其包括碳材料,且配置于所述上层下方;

硬质遮罩层,其配置于所述中间层下方;

所述基底的下部部分,其配置于所述硬质遮罩层下方;以及

所述基底的底板部分,其配置于所述基底的所述下部部分下方。

15. 一种图案化基底的方法,包括:

提供由相邻抗蚀剂特征之间的第一间距及至少一第一间隙宽度界定的抗蚀剂特征阵列,其中每一抗蚀剂特征包括顶部部分以及侧部部分;

配置所述基底以使其以 5 度至 85 度的倾斜角以及 5 度至 85 度的扭转角接收粒子通量;

为所述粒子提供足以在所述抗蚀剂特征中形成能够耐受高温处理的硬化外层的动能以及剂量;以及

提供足够粒子通量以引起所述抗蚀剂特征的关键尺寸的实质降低,其中在所述抗蚀剂特征暴露至所述粒子通量之后,所述相邻抗蚀剂特征以第二间隙宽度隔开,所述第二间隙宽度大于所述第一间隙宽度。

16. 根据权利要求 15 所述的图案化基底的方法,还包括以下步骤其中之一或多个者:

配置所述倾斜角以及所述扭转角以引起所述抗蚀剂特征的优先横向收缩;以及

配置所述倾斜角以及所述扭转角以在所述抗蚀剂特征中引起不对称硬度。

图案化基底的方法

技术领域

[0001] 本发明的实施例是有关于元件制造的领域。更特定言之,本发明是有关于将基底(substrate)图案化以供制造元件用的方法、系统及结构。

背景技术

[0002] 在形成电子元件时,广泛地使用图案化制程。如此项技艺中所已知,存在各种类型的图案化制程。所述制程的一实例为微影图案化制程,藉由所述微影图案化制程,具有所要解析度的图案以光学方式自光罩(optical mask)转移至沉积于基底上的光阻层(photoresist layer),且最终转移至所述基底。在一实例中,已对基底使用图案化以形成场效晶体管(field effect transistor)的栅极(gate)。

[0003] 随着电子元件持续小型化,愈发需要能够达成更精细解析度的图案化制程。然而,在形成具有所要解析度且与图案化制程中所用辐射的特性(例如,波长)相容的遮罩时存在限制,所述限制已导致难于达成具有所要解析度的图案。为克服该等困难,已提出若干技术。该等技术其中之一提出使用电子束来将图案直接写入至光阻上,而不使用遮罩。尽管所述技术能够形成具有精细解析度的图案,但所述制程非常耗时且成本高。其他技术提出使用软 x 射线(soft x-ray)或极短紫外辐射(extreme UV radiation)(这两个辐射实例皆具有比当前使用的 UV 波长短的波长),以便形成具有所要图案解析度的遮罩和/或将图案自遮罩转移至光阻层。然而,软 x 射线或极短紫外辐射难以使用反射镜(mirror)和/或光学透镜(optical lens)来操纵。此外,使用软 x 射线或极短紫外辐射来将基底图案化可能会具有不理想的光学效应(例如,自干扰),且可能会影响光阻层的图案的界定,因而不利于影响经图案化基底的解析度。

[0004] 被提出用来满足改良图案化制程的需要的其他技术包括自对准双图案化微影(self-aligned double patterning lithographic,SADPL)制程。参看图 1A 至图 1K,显示对基底 101 执行的用于形成晶体管的栅极的现有 SADPL 制程。图 1A 至图 1K 中的每一者皆为基底的示意性剖面,所述基底具有被设计用于自对准双图案化的已知图案化层堆叠。如图 1A 中所说明,基底 101 可包括硅晶圆(silicon wafer)102、氧化层(oxide layer)104 以及多晶硅或金属层 106。

[0005] 可在基底 101 上沉积一层硬质遮罩膜 108。在硬质遮罩膜 108 的顶上,可沉积第一非晶形碳层(amorphous carbon layer,ACL)膜 110。此后,可沉积第一氮氧化硅(SiON)膜 112。可在第一 SiON 膜 112 上沉积第二 ACL 膜 114。在第二 ACL 膜 114 上,可沉积第二 SiON 膜 116。此后,可沉积一层光阻膜 118。在沉积光阻膜 118 之后,可执行主要微影制程以将光阻膜 118 图案化。如图 1A 中所说明,主要微影制程可产生经图案化的光阻结构,所述经图案化的光阻结构包括彼此隔开具有第一宽度 120a 的间隙的岛区(island)的阵列。岛区 118 描绘经图案化抗蚀剂特征(resist feature)的理想化剖面,其在平面图中可具有狭长“线”、矩形、正方形形状或其他形状。此外,岛区 118 通常配置成阵列,所述阵列具有许多与图 1A 中描绘的岛区类似地配置的此种岛区。

[0006] 参看图 1B, 可经由蚀刻削减制程 (etch trim process) 来削减经图案化光阻岛区。结果, 可将间隙的宽度放大至第二宽度 120b, 且可将经图案化光阻岛区的特征大小调整至所要特征大小。参看图 1C, 可接着蚀刻第二 SiON 膜 116, 以便将经图案化光阻岛区 118 的图案转移至第二 SiON 膜 116。此后, 可如图 1C 中所说明, 自第二 SiON 膜 116 移除经图案化光阻岛区 118。

[0007] 在自第二 SiON 膜 116 移除经图案化光阻岛区 118 之后, 可蚀刻第二 ACL 膜 114, 且可将第二 SiON 膜 116 的图案转移至第二 ACL 膜 114 (图 1E)。参看图 1F, 可移除第二 SiON 膜 116。在自经图案化第二 ACL 膜 114 移除第二 SiON 膜 116 之后, 可将一层间隙壁膜 (spacer film) 122 沉积至经图案化第二 ACL 膜 114 及第一 SiON 膜 112 上 (图 1G)。可对该层间隙壁膜 122 执行毯覆回蚀制程 (blanket etchback process), 从而使间隙壁 122 沿着经图案化第二 ACL 膜 114 的侧壁而配置 (图 1H)。

[0008] 可接着移除经图案化第二 ACL 膜 114 (图 1I), 且可蚀刻第一 SiON 膜 112 及第一 ACL 膜 110 (图 1J), 以形成彼此隔开具有第三宽度 120c 的间隙的柱体 (column)。此后, 可蚀刻基底 101 的硬质遮罩层 108 及多晶或金属栅极层 106, 以便转移图 1J 中所示的柱体的图案。随后自多晶或金属栅极层 106 移除硬质遮罩层 108, 且可形成具有多晶或金属栅极层 106 的经图案化基底 101, 所述多晶或金属栅极层 106 具有所要特征大小, 如图 1K 中所描绘。

[0009] 尽管现有 SADPL 方法能满足需要, 但其具有若干缺点。举例而言, 于现有 SADPL 制程中用以削减经图案化光阻 118 的蚀刻削减制程可能不精确, 且可能难以控制。此外, 现有 SADPL 制程需要多个沉积步骤来沉积多层 ACL 及 SiON 膜, 且需要多个蚀刻步骤来蚀刻所述膜。因此, 所述技术成本高且效率低。此种低效的制程可能会给元件的制造商, 且最终给消费者带来过大的经济负担。因此, 需要用于将基底图案化的新技术。

发明内容

[0010] 本发明的实施例是针对用于将基底图案化的方法及结构。在例示性实施例中, 图案化基底的方法包括: 提供由第一间距及第一间隙宽度界定的抗蚀剂特征阵列。将粒子引入至所述抗蚀剂特征阵列中, 其中所述抗蚀剂特征阵列变得硬化。所述粒子可以是高能带电物种或中性物种, 且可以是原子或分子或次原子物种。于硬化的抗蚀剂特征的侧部部分上提供侧壁, 且随后移除硬化的抗蚀剂特征, 从而留下配置于基底上的分离的 (isolated) 侧壁阵列。使用侧壁阵列来形成基底中的特征阵列, 使得基底阵列具有为抗蚀剂特征阵列的间距的一半的间距。在本发明的一些实施例中, 抗蚀剂特征的关键尺寸亦可藉由控制诸如粒子剂量、粒子能量、基底倾斜及基底扭转的参数而加以调整。

附图说明

[0011] 图 1A 为基底的示意性剖面, 所述基底具有被设计用于自对准双图案化的已知图案化层堆叠。

[0012] 图 1B 为图 1A 的基底在抗蚀剂削减之后的示意性剖面。

[0013] 图 1C 为图 1B 的基底在将顶部 SiON 层图案化之后的示意性剖面。

[0014] 图 1D 为图 1C 的基底在移除光阻之后的示意性剖面。

- [0015] 图 1E 为图 1D 的基底在将顶部 ACL 层图案化之后的示意性剖面。
- [0016] 图 1F 为图 1E 的基底在移除顶部 SiON 层之后的示意性剖面。
- [0017] 图 1G 为图 1F 的基底在沉积侧壁形成层之后的示意性剖面。
- [0018] 图 1H 为图 1G 的基底在形成侧壁之后的示意性剖面。
- [0019] 图 1I 为图 1H 的基底在移除顶部 ACL 经图案化部分之后的示意性剖面。
- [0020] 图 1J 为图 1H 的基底在将配置于侧壁下方的第二 SiON 层及 ACL 层图案化之后的示意性剖面。
- [0021] 图 1K 为图 1J 的基底在将硬质遮罩层及下部基底层图案化且移除经图案化的第二 SiON 层、第二 ACL 层及硬质遮罩层之后的示意性剖面。
- [0022] 图 2A 为根据本发明的实施例的基底的示意性剖面,所述基底具有图案化层的堆叠,所述图案化层包括顶部经图案化光阻层。
- [0023] 图 2A1 为根据本发明的实施例的基底的示意性剖面,所述基底具有图案化层的堆叠,所述图案化层包括顶部经图案化光阻层以及底部抗反射涂层。
- [0024] 图 2B 为根据本发明的实施例的图 2A 的基底在经受粒子轰击时的示意性剖面。
- [0025] 图 2C 为根据本发明的实施例的图 2B 的基底在沉积侧壁形成层之后的示意性剖面。
- [0026] 图 2D 为根据本发明的实施例的图 2C 的基底在侧壁形成之后的示意性剖面。
- [0027] 图 2E 为根据本发明的实施例的图 2D 的基底在移除经图案化光阻之后的示意性剖面。
- [0028] 图 2F 为根据本发明的实施例的图 2E 的基底在将配置于侧壁下方的 SiON 层及 ACL 层图案化之后的示意性剖面。
- [0029] 图 2G 为根据本发明的实施例的图 2F 的基底在将硬质遮罩层及下部基底层图案化之后且在移除经图案化的 SiON 层、ACL 层及硬质遮罩层之后的示意性剖面。
- [0030] 图 3A 为根据本发明的实施例的基底的示意性剖面,其说明使用大体说明于图 2B 中的制程形成的例示性抗蚀剂岛区结构。
- [0031] 图 3B 为根据本发明的另一实施例的基底的示意性剖面,其说明使用大体说明于图 2B 中的制程形成的替代例示性抗蚀剂岛区结构。

具体实施方式

[0032] 现将下文参考附图更完整地描述本发明,在附图中显示较佳实施例。然而,本发明可实施为许多不同形式,而不应被视为仅限于本文所述的实施例。而是,提供此等实施例是为了使本发明详尽且完整,且将向熟习此技艺者传达本发明的范畴。在附图中,相同数字贯穿全文指代相同元件。

[0033] 为解决与上述方法相关联的缺陷,引入用于将基底图案化的新颖的发明性技术。为清晰及简明起见,本发明着重于将基底图案化以形成晶体管的技术。

[0034] 特定而言,本发明着重于涉及用于形成晶体管的栅极的 SADPL 制程的技术。然而,一般熟习此技艺者将认识到,本文中所揭示的技术并不限于 SADPL 制程。而是,本发明可同等地应用于其他类型的图案化制程。

[0035] 特定而言,本文中揭示用于使用经硬化且视情况经削减的光阻特征来对基底执行

自对准双图案化的新颖方法、系统及结构。然而,本发明涵盖可使用经硬化和 / 或经削减光阻的其他图案化制程。

[0036] 此外,一般熟习此技艺者亦应认识到,本发明并不限于将基底图案化以形成晶体管的栅极。而是,本发明可同等地应用于用于将基底图案化以形成晶体管的其他部分和 / 或其他类型元件的技术。举例而言,所述技术可同等地应用于用于将基底图案化以形成经图案化磁性位元数据储存媒体的技术。因此,本文中使用的术语“基底”并不限于半导体晶圆。本文中,所述术语可应用于导热和 / 或导电、热绝缘和 / 或电绝缘、半导热和 / 或半导电的基底。所述基底亦可为经掺杂或未掺杂的基底。此外,基底可为单元素基底,和 / 或基于化合物或合金的基底。基底亦可应用于可表现出或可不表现出外部磁性的基底。另外,基底可为单层或多层基底。若基底为多层基底,则每一层皆可导热和 / 或导电、热绝缘和 / 或电绝缘、半导热和 / 或半导电、经掺杂或未经掺杂、包括单一元素和 / 或化合物或合金,和 / 或可表现出或可不表现出外部磁性。

[0037] 为简明及清晰起见,本发明亦可使用术语“粒子”来描述所述技术。于本文中使用时,术语“粒子”是指可带电或可为中性,且可为次原子、原子或分子的物种。另外,可在束线离子植入系统 (beam-line ion implantation system) 的背景下描述本发明的技术。然而,一般熟习此技艺者将认识到,亦可应用能够将粒子或材料添加至基底的其他系统。举例而言,亦可使用包括,但不限于,电浆辅助掺杂 (plasma assisted doping, PLAD) 或电浆浸入离子植入 (plasma immersion ion implantation, PIII) 系统的掺杂系统或其他类型的掺杂系统。亦可使用能够添加粒子的其他类型的处理系统。此等系统的实例可包括熔炉、化学气相沉积 (chemical vapor deposition, CVD) 系统、电浆增强型化学气相沉积 (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD) 系统、原子层沉积 (atomic layer deposition, ALD) 系统、分子束外延 (molecular beam epitaxy, MBE) 系统等。

[0038] 参看图 2A 至图 2G, 显示根据本发明的一实施例的用于将基底图案化的技术中所涉及的一系列例示性步骤。图 2A 至图 2F 中的每一者皆描绘用以将基底 201 图案化的图案化层 208 至 218 的堆叠在特定处理阶段的示意性剖面。图 2G 说明在移除图案化层堆叠之后转移至基底 201 的最终自对准双图案化结构的剖面。诸图可能未按比例绘制。此外,诸图仅显示整个基底的一部分。

[0039] 如图 2A 中所说明,基底 201 可包括底板 (base) 202 以及下部部分 214, 下部部分 214 又包括氧化层 204 以及多晶或金属层 206。在一实施例中,底板 202 可为诸如硅晶圆的半导体层。在其他实施例中,底板 202 可由另一材料制成。此外,在一实施例中,多晶或金属层 206 可以是多晶硅或多堆叠金属层。

[0040] 如图 2A 中所说明,可在基底 201 上配置一层硬质遮罩膜 208。在硬质遮罩膜 208 的顶上,可配置一层 ACL 膜 210。在 ACL 膜 210 上,可配置一层 SiON 膜 212。在 SiON 膜 212 顶上,可沉积一层抗蚀剂膜 218。举例而言,可沉积一层光阻膜 218。本文中,术语“光阻”与“抗蚀剂”大体可互换使用。然而,本发明涵盖其中抗蚀剂可不同于用于微影系统的抗蚀剂 (诸如为电子束抗蚀剂) 的系统及方法。视情况,如图 2A1 中所说明,在沉积抗蚀剂膜 218 之前,可在膜 212 上沉积诸如底部抗反射 (bottom antireflection, BARC) 涂层 216 的抗反射涂层。层 216 可为 (例如) 介电抗反射涂层。BARC 层 216 经受高能粒子植入,且在植入前可或可不进行干式蚀刻 (RIE)。在沉积抗蚀剂膜 218 之后,可执行主要微影制程,以将抗

蚀剂膜 218 图案化。如图 2A 中所说明,主要微影制程可产生经图案化的抗蚀剂岛区 218。

[0041] 如同图 1A 中所描绘的岛区 118,岛区 218 描绘经图案化抗蚀剂特征的理想剖面,其在平面图中可显现为狭长“线”、矩形、正方形或其他形状。此外,岛区 218 可包括阵列,所述阵列具有许多与图 2A 中所描绘的岛区类似地配置的此种岛区。诸岛区 218 以第一间隙宽度 220a-i 隔开。此外,岛区 218 由阵列间距(或简称为“间距”)223 来特征化。于本文中使用时,术语“间距”是指为相邻岛区之间的间隙(或空间)值与岛区的宽度的总和的距离。因此,在图 2A 中,间距 223 包括间隙宽度 220a-i 加上岛区宽度 226a,且被绘制为自一个岛区 218 的左侧至紧邻的岛区 218 的左侧。一般熟习此技艺者将易了解,间距 223 亦可被示为相邻岛区 218 的中心之间的距离。在规则岛区阵列中,间距在连续岛区之间是恒定的。因此,在具有(例如)数百、数千或数百万岛区的规则阵列中,标称(nominal)距离 223 在相邻岛区的各别中心之间是恒定的。

[0042] 如图 2A 中所描绘,岛区 218 由分别具有第一宽度 220a-i 至第三宽度 220a-iii 的间隙特征化。第二宽度 220a-ii 意欲描绘左侧岛区 218 与其左边的紧邻对应物(未显示)之间的间隙。类似地,第三宽度 220a-iii 意欲描绘右侧岛区 218 与其右边的紧邻对应物(未显示)之间的间隙。在本实施例中,第一宽度 220a-i 至第三宽度 220a-iii 的值可相同或不同,或为其组合。此乃因,尽管中心至中心距离(间距)223 在连续各组相邻岛区 218 之间可能是恒定的,但个别岛区 118 的实际宽度(例如,226a 及 226b)可能不同,从而导致相邻岛区之间的连续间隙 220a 的变化。

[0043] 根据本发明的实施例,将图 2A 中所描绘的结构暴露于粒子,以便改变抗蚀剂岛区 218 的特性。如在以下论述中将更详细描述,与粒子相关联的参数可经裁制(tailor),以便在抗蚀剂岛区 218 中产生所要的一组特性。此等特性的实例为目标岛区宽度(亦称“关键尺寸(critical dimension)”,或“CD”)、增强的抗蚀剂硬化、及抗蚀剂的轮廓。除非另有说明,否则于本文中使用时,术语“硬化”是指当将抗蚀剂暴露于处理条件时,对抗蚀剂劣化的抗性的增加,所述处理条件包括,但不限于,高温、湿式化学溶液、和/或见于反应性离子蚀刻(reactive ion etching, RIE)腔室中的高能物种。抗蚀剂劣化可能伴有抗蚀剂的软化或熔化、抗蚀剂的蚀刻、或抗蚀剂的分解,及其他情况。可改变的粒子参数的实例包括粒子剂量、粒子能量及基底(意即,抗蚀剂特征)相对于入射粒子方向的定向。

[0044] 参看图 2B,可将包括所要物种的粒子 224 引入至经图案化抗蚀剂岛区 218 中,且可改变经图案化抗蚀剂岛区 218 的特性。举例而言,经图案化抗蚀剂岛区 218 可藉由引入粒子 224 而变得硬化且对极端条件较不敏感。在另一实例中,可改变经图案化抗蚀剂岛区 218 的大小。在本实施例中,经图案化抗蚀剂岛区 218 可收缩,使得诸岛区 218 彼此隔开具有第四宽度 220b-i 至第六宽度 220b-iii 的间隙,其中第四宽度 220b-i 至第六宽度 220b-iii 至少其中之一大于第一宽度 220a-i 至第三宽度 220a-iii 至少其中之一。间隙的第四宽度 220b-i 至第六宽度 220b-iii 可相同或不同,或为其组合。此外,经图案化抗蚀剂岛区 218 可不对称地收缩,以在横向方向比在垂直方向达成更大收缩。在另一实施例中,引入粒子 224 以放大经图案化抗蚀剂岛区 218,使得各别第四宽度 220b-i 至第六宽度 220b-iii 至少其中之一小于各别第一宽度 220a-i 至第三宽度 220a-iii 至少其中之一。因此,藉由控制粒子特性,可形成具有所要特性及所要特征大小的抗蚀剂岛区 218。

[0045] 在一实施例中,较佳以离子束或带电粒子束的形式引入粒子 224。在其他实施例

中,可以其他形式(例如,经由沉积,继之以热扩散)引入粒子 224。若以离子或带电粒子束的形式引入粒子 224,则可裁制粒子的剂量及能量以控制岛区 218 的特性。举例而言,可能需要硬化抗蚀剂岛区 218,以便提供可耐受高温而不会实质变形、熔化或化学分解的抗蚀剂。另一选择为或另外,可能需要提供对可能发生于 RIE 腔室中的湿式化学蚀刻或电浆诱发蚀刻或分解具有增加的抗性的抗蚀剂。

[0046] 在下文更详细论述的实例中,岛区 218 可经受粒子轰击,所述粒子轰击具有足够能量及剂量以提供具有硬化部分的岛区 218,所述硬化部分能有效地耐受高温和 / 或耐受反应性离子或其他类似机制的化学侵袭和 / 或蚀刻。图 3A 及图 3B 说明使用大体说明于图 2B 中的制程形成的例示性抗蚀剂岛区结构。图 3A 中形成的抗蚀剂岛区 218a 的结构包括延伸于整个抗蚀剂岛区 218a 的硬化部分 218b。形成于图 3B 中的抗蚀剂岛区 218c 的结构包括硬化部分 218d 及未硬化部分 218e。硬化部分 218d 配置于岛区 218c 的侧部部分的外部区域中及上部部分中。未硬化部分 218e 配置于岛区 218c 的内部区域中,且可延伸至岛区 218c 的底面。

[0047] 在例示性方法中,藉由选择粒子的适当能量及剂量以硬化整个岛区来形成抗蚀剂岛区 218a。举例而言,若抗蚀剂岛区 218a 的宽度 228a、228b 及高度(未指示)为约 100 纳米,则使用者可选择粒子物种的适当粒子能量来用以硬化抗蚀剂岛区,使得粒子 224 渗入整个抗蚀剂岛区 218a 中。可根据模拟程序来量测或计算粒子范围。类似地,可选择粒子的适当剂量,以提供遍及每一抗蚀剂岛区 218a 的实质硬化。或者,可能需要仅在抗蚀剂岛区的外部部分 218d 中提供硬化,如图 3B 中所说明。举例而言,若已知外部硬化层 218d 的存在提供对来自随后对抗蚀剂岛区的热处理的熔化或变形的足够抗性,则结构 218c 可为抗蚀剂岛区 218 的适当选择。对于具有给定高度及给定宽度 228a、228b 的抗蚀剂岛区,此提供另一优势,即与形成区域 218b 所需的能量相比可使用较低能量的粒子形成层 218d,乃因形成外部区域 218d 所需的粒子渗透深度减小。藉由降低用以硬化抗蚀剂的粒子能量,可减少在粒子暴露期间对抗蚀剂岛区 218c 的加热,藉此降低粒子本身诱发熔化或其他机械变形的可能性。

[0048] 在本发明中,例示性粒子剂量在约 1×10^{10} 至约 5×10^{17} 个粒子 / 平方公分,较佳自约 7.5×10^{14} 至约 1.0×10^{16} 个粒子 / 平方公分的范围内。此外,粒子剂量可为均一的,或可变化。可根据粒子 224 的粒子质量、粒子电荷、能量以及其他参数来改变用于硬化抗蚀剂岛区的最佳粒子剂量。然而,在一些实施例中,例示性粒子能量在约 700 电子伏与 8 千电子伏之间的范围内。亦可根据光阻的类型以及光阻的确切组成来改变最佳剂量、能量以及粒子物种。

[0049] 亦可根据岛区宽度和 / 或高度来裁制用于硬化抗蚀剂特征的最佳粒子暴露。抗蚀剂岛区高度可为(例如)约 90 纳米至 120 纳米。如以下实例中所说明,对于给定最终目标 CD(例如,25 纳米),可端视抗蚀剂岛区的起始 CD 来调整粒子能量和 / 或剂量。因此,在 50 纳米起始 CD 的情况下可以比在 30 纳米起始 CD 的情况下选择更高的能量 / 剂量组合。在使用相同物种(Ar)及 E15 个离子 / 平方公分的低范围固定剂量的一实例中,对于具有约 100 纳米的高度及约 50 纳米的起始 CD 值的抗蚀剂岛区,在约 5 千电子伏至 8 千电子伏的范围内的粒子能量可有效地达成 25 纳米的最终 CD,而对于约 30 纳米的起始 CD 值,在约 1 千电子伏至 3 千电子伏的范围中的粒子能量对于相同起始抗蚀剂材料可有效地达成 25 纳米的

最终 CD。在其他实例中,可使用较低质量或较高质量的粒子物种,从而分别导致相对较高的粒子剂量或相对较低的粒子剂量,以对于给定粒子能量引起抗蚀剂岛区 CD 的相同减小。

[0050] 如大体于图 2B、图 3A 以及图 3B 中所说明,亦可控制将粒子 224 引入至经图案化抗蚀剂岛区 218 的轨迹。为了能够达成有效的侧壁间隙壁转移制程,确保抗蚀剂岛区 218 在暴露至用以硬化和 / 或削减抗蚀剂 CD 的粒子期间不会损失过量的高度是有用的。根据本发明,实现此目的的一有效方式是在粒子暴露期间使用带有轻微扭转的高的基底倾斜。举例而言,可控制基底的扭转角与倾斜角其中之一或两者,以便裁制抗蚀剂岛区 218 的特性。于本文中使用时,术语“倾斜角”是指粒子束与基底表面法线之间的角度;术语“扭转角”是指包括粒子束以及晶圆法线两者的平面与垂直于基底表面的另一平面之间的角度。在硅晶圆(其具有主平边或凹口)的情况下,扭转角通常定义为包括粒子束以及晶圆法线两者的平面与垂直于晶圆的主平边或凹口的平面之间的角度。

[0051] 举例而言,可以在约 0° (垂直于基底 201 的顶面) 至约 90° (平行于基底 201 的顶面),较佳约 45° 至约 70° 的范围内的一或多个倾斜角来引入粒子 224。在引入粒子 224 的同时,入射角可保持均一,或可变化。若使用束线离子植入器来引入粒子 224,则可相对于粒子束倾斜基底 201,或相对于基底 201 倾斜粒子束,以控制入射角。除倾斜之外,可相对于粒子束旋转基底,或相对于基底旋转粒子束。举例而言,可自第一方向引入粒子。此后,可以大于 0° 至约 90° 的范围内的扭转角相对于第一方向旋转基底,以自第二方向引入粒子。在自第二方向引入粒子之后,可以大于 0° 至约 90° 的范围内的扭转角相对于第一方向旋转基底,以自第三方向引入粒子。可重复所述过程直至完成基底的 360° 旋转。

[0052] 如图 3A 以及图 3B 中所说明,可使用非法向粒子倾斜角来形成岛区 218a 或 218c。此可适用于沿抗蚀剂岛区的侧壁提供硬化区域而不必使用过大粒子能量。举例而言,以相对较低的能量使用法向入射的粒子可提供抗蚀剂岛区的所要的硬化顶部区域,但可能不能提供沿侧壁一直延伸至抗蚀剂岛区底部的硬化层。此外,使用相对较高的粒子能量以法向入射来产生图 3A 的均一硬质结构可能并非所欲的。此乃因对于法向入射轰击,自抗蚀剂岛区 218 的顶部渗透至底部所需的较高粒子能量可能会引起过度加热、压缩或其他不良副作用。

[0053] 再次参看图 3A 以及图 3B,可裁制诸如粒子能量、粒子剂量、基底倾斜角和 / 或基底扭转角的参数,以在将岛区 218 暴露至粒子 224 之后同时产生对岛区 218 的所要抗蚀剂硬化以及所要抗蚀剂削减。在一实例中,如图 3A 中所说明,抗蚀剂岛区 218a 在暴露至粒子 224 之后的宽度 228a、228b 小于岛区 218a 在暴露至粒子之前的各别宽度 226a、226b,且抗蚀剂岛区 218 完全硬化。在图 3B 中所说明的替代实例中,岛区在暴露至粒子之后的宽度 228a、228b 相对于未暴露岛区的各别宽度 226a、226b 减小,但仅抗蚀剂岛区 218c 的外部部分 218d 变得硬化。

[0054] 藉由选择粒子能量、粒子通量、基底倾斜以及基底扭转的正确组合,最终的抗蚀剂结构可在岛区 218a 的结构与岛区 218c 的结构之间变化。举例而言,为形成岛区 218c,可使图 2A 的岛区 218 在适当基底倾斜下经受适当粒子通量,使得发生对岛区 218 的侧壁的充分溅镀。因此,图 2A 中所示的初始岛区宽度 226 可减小至宽度 228。此外,为了确保岛区保持未硬化的内部 218e,可选择用以溅镀侧壁的粒子能量,使得进入抗蚀剂岛区中的渗透深度相对低。在另一实例中,可对抗蚀剂硬化与抗蚀剂削减分别使用单独的步骤。举例而言,与

执行抗蚀剂硬化相比,执行抗蚀剂削减可能需要使用不同的粒子能量和 / 或剂量和 / 或入射角。因此,使用两个单独的步骤能提供以下选项:可针对每一步骤选择经过恰当裁制的单独的粒子暴露参数组。

[0055] 在本发明中,亦可在引入粒子 224 的同时控制抗蚀剂 218 的温度。在一实施例中,抗蚀剂 218 的温度可保持均一的温度或为变化的温度,其低于室温,较佳低于 273°K 。在另一实施例中,抗蚀剂 218 的温度可保持均一的温度或为变化的温度,其高于室温,但低于抗蚀剂 218 开始崩解或流动的温度。一般熟习此技艺者将认识到,可藉由控制(尤其)底板 202 的温度来控制抗蚀剂 218 的温度。

[0056] 较佳地,引入至抗蚀剂 218 的粒子 224 为含有惰性物种的粒子,所述惰性物种例如为氦(He)、氖(Ne)、氩(Ar)、氪(Kr)、氙(Xe)、氡(Rn)、氮(N)、碳(C)以及氧(O)。然而,在其他实施例中,亦可使用含有其他物种的粒子。含有其他物种的粒子可包括含有硅(Si)、硼(B)、碳(C)、氢(H)、铁(Fe)、锂(Li)、铬(Cr)、镍(Ni)等的粒子。除了元素型物种,粒子可为分子型物种,诸如碳硼烷。

[0057] 在引入粒子 224 以形成具有所要特性及特征大小的抗蚀剂岛区 218 之后,可将间隙壁材料 222 沉积至抗蚀剂岛区 218 以及 SiON 膜 212 上(图 2C)。在本发明的实施例中,间隙壁材料 222 可为 SiO_2 、 Si_3N_4 、SiON,或基于 $\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ 的材料。在其他实施例中,亦可使用包括低温间隙壁材料的其他材料作为间隙壁材料 222。

[0058] 在沉积间隙壁材料 222 之后,可回蚀基底 201,使得间隙壁材料 222 沿抗蚀剂 218 的侧壁而配置(图 2D)。藉由执行回蚀制程,可暴露部分抗蚀剂 218 以及部分 SiON 膜 212(或对于参考图 2A1 描述的实施例,部分 BARC 层 216)。因为抗蚀剂特征 218 在图 2B 描绘的步骤中得到硬化,故抗蚀剂岛区 218 的形状在图 2C 以及图 2D 所说明的沉积以及移除制程期间可保持完好无损。因此,可产生具有均一大小、间隔以及形状的图 2D 中的侧壁 222。

[0059] 为确保产生图 2D 的最佳侧壁结构,在例示性方法中,可以配对方式来裁制大体分别描绘于图 2B 与图 2C 中的粒子暴露与侧壁沉积制程。因为形成图 2D 的形状均一且间隔恰当的侧壁需要岛区 218 的形状以及大小在沉积间隙壁材料 222 期间不变形,因此需要岛区 218 充分硬化以耐受在图 2C 的步骤中施加于岛区上的热预算(间隙壁沉积温度与沉积持续时间的组合)。因此,若间隙壁沉积制程为热预算相对较高的制程,则用于图 2B 中所说明的步骤的粒子暴露参数可被选择成诱发相对较高程度的岛区硬化。相反,若间隙壁沉积制程为热预算相对较低的制程,则粒子暴露参数可被选择成诱发仍足以耐受间隙壁沉积制程的相对较低程度的岛区硬化。

[0060] 此后,移除抗蚀剂 218(图 2E),且将 SiON 膜 212 以及 ACL 膜 210 蚀刻至硬质遮罩层 208,以形成彼此隔开具有第七宽度 220c-1 至第十一宽度 220c-5 的间隙的柱体(图 2F)。一般熟习此技艺者将认识到,第七宽度 220c-1 至第十一宽度 220c-5 可相同或不同,或为两者的组合。在该制程中,可将间隙壁 222 的图案转移至 SiON 膜 212 以及 ACL 膜 210。如图中所说明,在给定距离内,间隙壁的数目为抗蚀剂岛区数目的两倍,且因此达成间距加倍。

[0061] 此后,可蚀刻基底 201 的硬质遮罩层 208 以及多晶或金属栅极层 206,以便将侧壁的双倍间距图案转移至层 206 中,如图 2G 中所示。随后自多晶或金属栅极层 206 移除硬质遮罩层 208,且留下具有所要特征大小的多晶或金属栅极层 206 的经图案化基底 201。

[0062] 可使用基于计算机的系统或类似数据处理系统(未显示)来实施诸如大体说明

于图 2A 至图 3B 中的例示性结构以及处理步骤。举例而言,选单驱动型界面 (menu-driven interface) 可设于计算机屏幕、智能型元件或经组态以接受使用者输入的类似元件中。选单可提供“关键尺寸”栏位,其允许使用者根据所要 CD 而键入一值。所键入的值可由处理器接收,所述处理器调用程序,所述程序经组态以输出用于图 2B 中所示步骤的粒子处理参数。在一实例中,使用者键入抗蚀剂岛区的标称 CD (在图 2A 所示步骤中) 以及目标 CD,所述目标 CD 表示抗蚀剂削减后的所要 CD。所调用的程序接着输出待用于图 2B 的粒子暴露步骤中的参数的适当组合,诸如粒子剂量、粒子能量、倾斜角和 / 或其他相关参数。接着将输出参数手动或自动地馈入至经组态以执行粒子暴露步骤的工具中,诸如离子植入工具。

[0063] 在另一实例中,使用者可在粒子暴露之前键入抗蚀剂岛区的实际 CD。举例而言,在执行微影步骤以将光阻图案化至岛区中之后,实际 CD 可能会因微影制程中的误差而大于或小于标称 CD。使用者可使用线上 (in-line) CD 量测工具来量测实际岛区 CD。所调用的程序接着基于实际 CD (而非标称 CD) 而输出待用于粒子暴露步骤中的参数的适当组合,其与使用标称 CD 的情况相比可导致稍有不同的粒子剂量、粒子能量等。本发明因此能够对粒子暴露“配方”进行即时调整,以使得可执行更准确的抗蚀剂削减制程,该更准确的抗蚀剂削减制程将用以界定抗蚀剂岛区的微影制程的可变性考量在内。

[0064] 在另一实例中,可能需要抗蚀剂硬化而无需任何抗蚀剂削减。因此,对于对应于粒子暴露前的 CD 以及粒子暴露后的 CD 的栏位,输入相同 CD 值。程序接着输出可包括粒子剂量、粒子能量、倾斜角等的配方,所述配方经组态以提供抗蚀剂硬化,而不会实质降低抗蚀剂岛区的 CD。在此实例中,如上文所述,CD 的暴露前以及暴露后的值可以是基于标称 CD 值或实际量测的 CD 值。

[0065] 在另一实例中,计算机系统可经组态以基于抗蚀剂热预算而输出一组粒子暴露参数。举例而言,提供选单以接受在粒子暴露后将执行的侧壁沉积制程的侧壁沉积温度及持续时间的值,如上文参看图 2C 所述。对于较高温度 / 持续时间侧壁制程,使用者键入指示抗蚀剂必须耐受高热预算的参数,且程序输出经组态以产生图 3A 中所说明的“完全硬化”抗蚀剂结构的粒子暴露参数。对于较低温度 / 持续时间侧壁制程,程序输出经组态以产生图 3B 中所说明的“部分硬化”抗蚀剂结构的粒子暴露参数。

[0066] 本发明的用于将基底图案化的技术可提供若干优点。举例而言,藉由控制将粒子 224 引入至抗蚀剂 218 的方式,可精确地控制抗蚀剂 218 的特性。藉由引入粒子 224,本发明的技术可硬化抗蚀剂 218,且使得抗蚀剂 218 能够耐受与制造元件时所涉及的蚀刻以及沉积制程相关联的极端条件。此外,藉由控制将粒子 224 引入至抗蚀剂岛区 218 时的角度,可对称地或不对称地改变经图案化抗蚀剂岛区 218 的特性。举例而言,可控制粒子 224 的入射角,使得抗蚀剂 218 可优先横向收缩,意即,使得抗蚀剂在宽度上比在高度上展现出更大减小。举例而言,若使用顶面成像抗蚀剂 (top surface imaging resist) 或顶涂抗蚀剂 (top coated resist),则抗蚀剂的侧面可不同,此又可以使横向收缩大于垂直收缩的方式来植入。在一些实施例中,藉由使用一系列四次粒子暴露,抗蚀剂的顶部有效地“经历”四次暴露,而侧壁仅经历两次暴露。在利用基底扭转的情况下,可使用两次暴露来暴露抗蚀剂岛区 218 的所有四个侧边 (未显示抗蚀剂岛区 218 的后侧)。在使用两次粒子暴露来暴露抗蚀剂岛区 218 的所有侧边的情况下,顶部经历两次暴露,而每一抗蚀剂侧壁仅经历一次暴露。若倾斜角足够大,则顶面的相对蚀刻速率可实质上不同于侧壁蚀刻速率,从而导致上

文指出的岛区 218 的不同横向收缩。若需要,亦可控制入射角以诱发不对称的硬度。

[0067] 此外,若引入非电活性或惰性粒子,则可改变抗蚀剂岛区 218 的特性,而不会不利地影响抗蚀剂 218 下方的电性层。此外,藉由审慎地管理抗蚀剂 218 中的聚合物与粒子 224 之间的相互作用,可替代传统上使用的一或多个蚀刻削减步骤而将抗蚀剂 218 用于关键尺寸收缩制程。另外,可避免与 EUV 或软 x 射线微影制程相关联的不利光学影响。在上文所述的制程中,可形成均一得多的抗蚀剂岛区 218 结构。另外,可藉由本发明的技术来避免与现有 SADPL 制程相关联的大量沉积以及蚀刻制程。因而,本发明提供更为简单的整合流程,且实施成本亦较低。

[0068] 本文中揭示用于图案化制程的新颖的发明性技术。本发明的范畴不受本文所述特定实施例的限制。实际上,除了本文中描述的实施例之外,一般熟习此技艺者根据前文描述以及附图将易知本发明的其他各种实施例及修改。举例而言,尽管上文描述的本发明实施例大体上是针对包括 ACL 层及 SiON 层的处理层堆叠,但本发明可在无所述层或在具有额外层的情况下加以实施。因此,此等其他实施例以及修改意欲属于本发明的范畴内。虽然本发明已以较佳实施例揭示如上,然其并非用以限定本发明,任何熟习此技艺者,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作些许的更动与润饰,因此本发明的保护范围当视后附的权利要求所界定者为准。

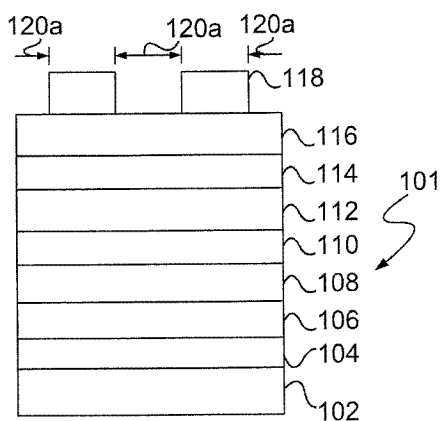


图 1A 现有技术

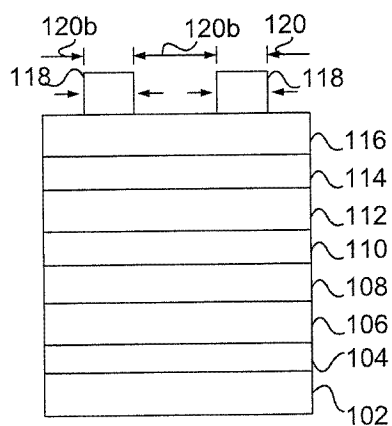


图 1B 现有技术

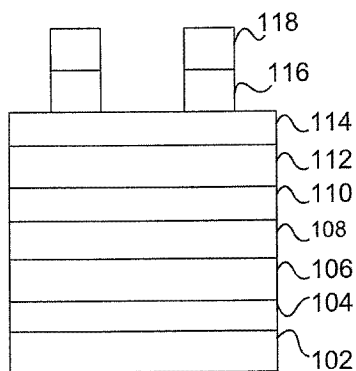


图 1C 现有技术

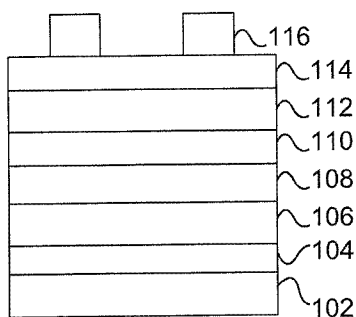


图 1D 现有技术

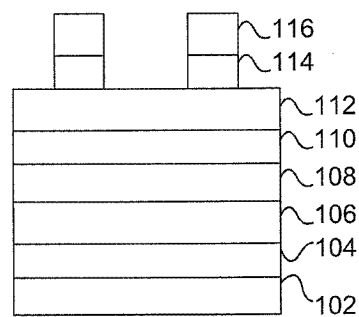


图 1E 现有技术

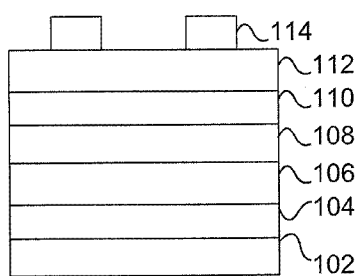


图 1F 现有技术

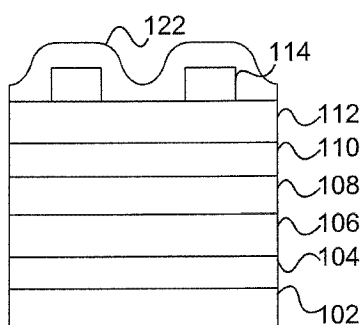


图 1G 现有技术

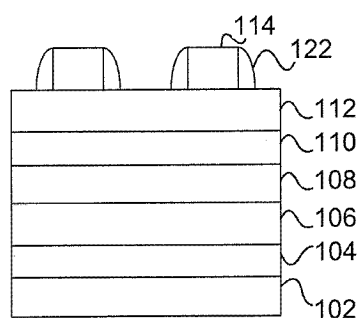


图 1H 现有技术

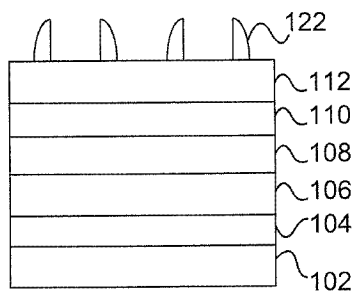


图 1I 现有技术

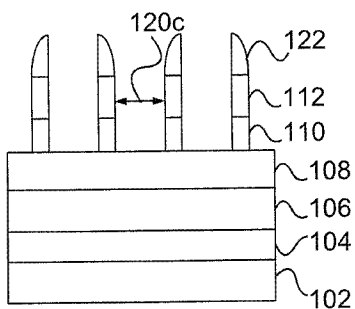


图 1J 现有技术

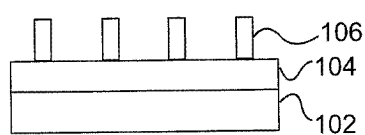


图 1K 现有技术

图 2D

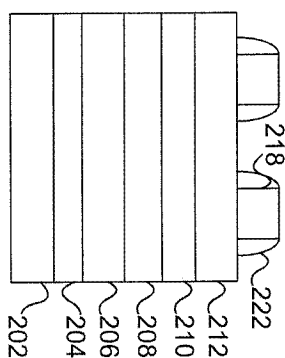


图 2E

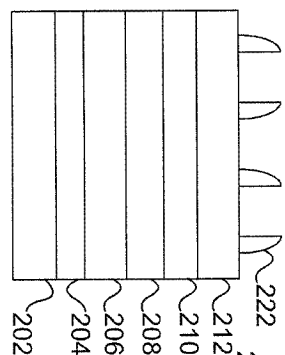


图 2F

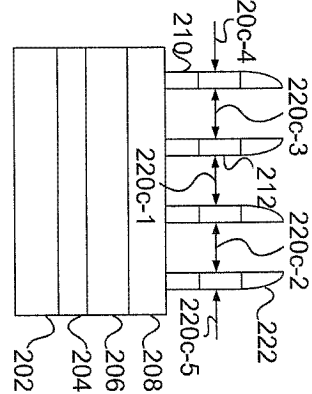


图 2A

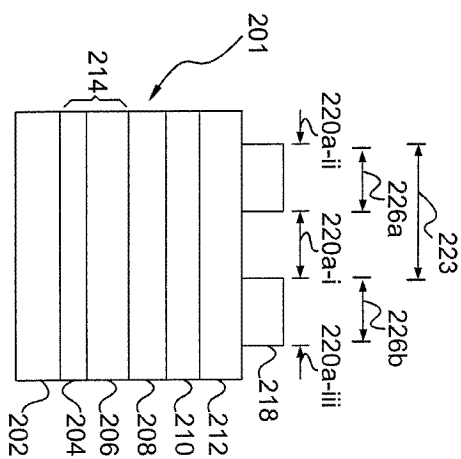


图 2B

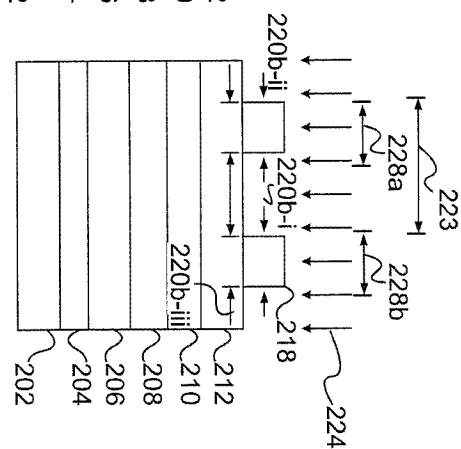
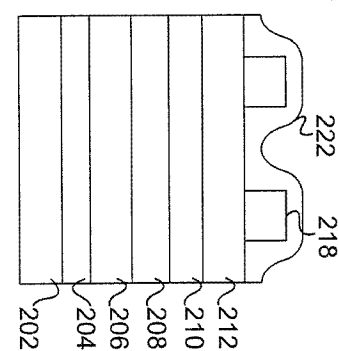


图 2C



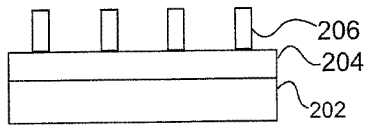


图 2G

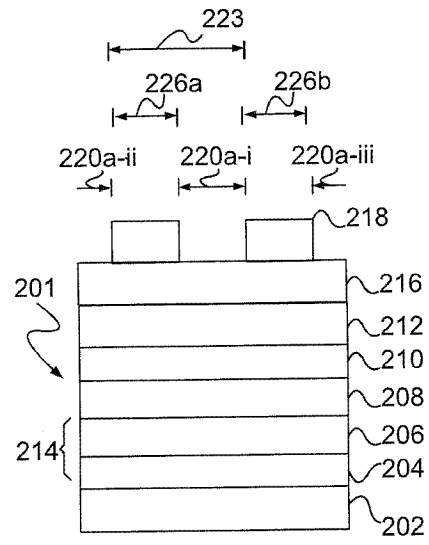


图 2A1

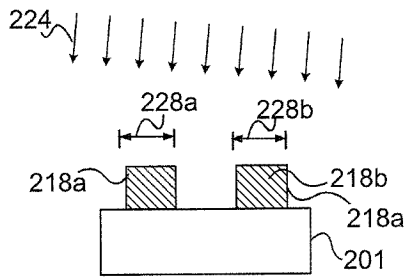


图 3A

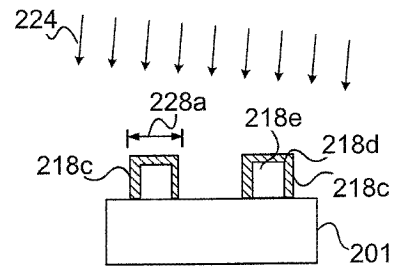


图 3B