



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101208787 B

(45) 授权公告日 2010. 09. 08

(21) 申请号 200680023375. 3

(22) 申请日 2006. 05. 10

(30) 优先权数据

11/170, 273 2005. 06. 28 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007. 12. 27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/018144 2006. 05. 10

(87) PCT申请的公布数据

W02007/001647 EN 2007. 01. 04

(73) 专利权人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 S·M·列扎·萨贾迪

(74) 专利代理机构 上海华晖信康知识产权代理

事务所(普通合伙) 31244

代理人 樊英如

(51) Int. Cl.

H01L 21/461 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6699792 B1, 2004. 03. 02, 全文.

US 4707218 A, 1987. 11. 17, 说明书第 2 栏第 53 行-低 5 栏第 61 行, 图 1-5.

CN 1090815 C, 2002. 09. 11, 全文.

审查员 智月

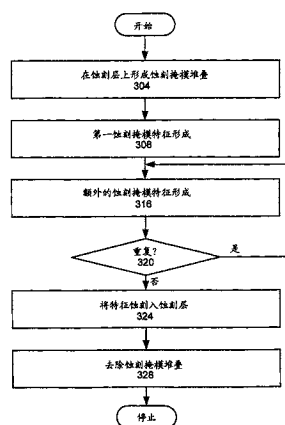
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 15 页

(54) 发明名称

使用蚀刻掩模堆叠的多掩模处理

(57) 摘要

提供一种用于在基片上的蚀刻层中形成蚀刻特征的方法。在该蚀刻层上形成蚀刻掩模堆叠。在该蚀刻掩模堆叠上形成第一掩模。在该第一掩模上形成侧壁层,其减小由该第一掩模限定的间距的宽度。穿过该侧壁层将第一特征组蚀刻入该蚀刻掩模堆叠。去除该掩模和该侧壁层。执行额外的特征步骤,包括在该蚀刻掩模堆叠上形成额外掩模,在该额外掩模上形成侧壁层,将第二特征组至少部分蚀刻入该蚀刻掩模堆叠。穿过该蚀刻掩模堆叠中的第一特征组和第二特征组将多个特征蚀刻入该蚀刻层。



1. 一种用于在基片上的蚀刻层中形成蚀刻特征的方法,包括:
在所述蚀刻层上形成由至少一层形成的蚀刻掩模堆叠;
在所述蚀刻掩模堆叠上形成第一掩模,其中,所述第一掩模限定具有宽度的多个间距;
在所述第一掩模上形成侧壁层,其中,所述侧壁层减小由所述第一掩模限定的所述间距的宽度,其中在所述第一掩模上形成侧壁层包括至少两个循环,其中每个循环包括:
沉积阶段,使用第一气体化学成分形成沉积等离子体,以在所述第一掩模的侧壁上形成沉积;以及
形貌成形阶段,使用第二气体化学成分在所述第一掩模的侧壁上成形所述沉积的形貌,其中,所述第一气体化学成分不同于所述第二气体化学成分;
穿过所述侧壁层将第一特征组至少部分地蚀刻入所述蚀刻掩模堆叠,其中,所述第一特征组中的所述特征具有小于由所述第一掩模限定的所述间距的宽度的宽度;
去除所述掩模和所述侧壁层;
执行额外的特征步骤,包括:
在所述蚀刻掩模堆叠上形成额外掩模,其中,所述额外掩模限定具有宽度的多个间距;
在所述额外掩模上形成侧壁层,其中,所述侧壁层减小由所述额外掩模限定的所述间距的宽度;
穿过所述侧壁层将第二特征组至少部分地蚀刻入所述蚀刻掩模堆叠,其中,所述特征具有小于由所述额外掩模限定的所述间距的宽度的宽度;以及
去除所述掩模和所述侧壁层;以及
穿过所述蚀刻掩模堆叠中的所述第一特征组和所述第二特征组将多个特征蚀刻入所述蚀刻层。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述蚀刻掩模堆叠包括抗剥除层,所述抗剥除层由比所述第一掩模和所述第二掩模更抗剥除的材料制成。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述抗剥除层包括无定形碳、碳氢化合物、氟代烃、和聚合物材料中的至少一种。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述蚀刻掩模堆叠进一步包括在所述抗剥除层上的剥除保护层。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述蚀刻掩模堆叠进一步包括在所述剥除保护层和所述抗剥除层之间的蚀刻终止层。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的方法,进一步包括重复所述额外的特征步骤至少一次。
7. 根据权利要求1至5中任一项所述的方法,其中,
所述在所述额外掩模上形成侧壁层是至少一个循环,包括:
沉积阶段,使用第三气体化学成分形成沉积等离子体,以在所述额外掩模的侧壁上形成沉积;以及
形貌成形阶段,使用第四气体化学成分在所述额外掩模的侧壁上成形所述沉积的形貌,其中,所述第三气体化学成分不同于所述第四气体化学成分。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中,所述在所述额外掩模上形成所述侧壁层被执行至少两个循环。

9. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法,其中,所述形成所述侧壁层形成基本上垂直的侧壁。

10. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法,其中,所述第一掩模和所述额外掩模是光刻胶掩模,以及其中,所述侧壁层由聚合物材料构成。

11. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法,其中,所述去除所述掩模和侧壁层包括灰化所述掩模和侧壁层。

12. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法,其中,所述第一特征组的所述特征的宽度比由所述第一掩模限定的所述间距的宽度小至少 50%。

13. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法,其中,在所述第一掩模中的所述间距具有节距长度,以及其中,在所述蚀刻层中形成的所述特征具有比由所述第一掩模限定的所述间距的所述节距长度小至少 50%的节距长度。

14. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法,其中,所述蚀刻所述第一特征组不蚀刻所述蚀刻层。

15. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法,进一步包括去除所述蚀刻掩模堆叠。

16. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法,其中,所述额外掩模填充所述第一特征组。

17. 一种用于在蚀刻层中形成特征的方法,包括:

在所述蚀刻层上形成由至少一层形成的蚀刻掩模堆叠;

在所述蚀刻掩模堆叠上形成第一掩模,其中,所述第一掩模限定具有宽度的多个间距,以及其中,所述多个间距具有临界尺寸和节距;

在所述第一掩模上形成侧壁层,其中,所述侧壁层减小由所述第一掩模限定的所述间距的宽度,其中在所述第一掩模上形成侧壁层包括至少两个循环,其中每个循环包括:

沉积阶段,使用第一气体化学成分形成沉积等离子体,以在所述第一掩模的侧壁上形成沉积;以及

形貌成形阶段,使用第二气体化学成分在所述第一掩模的侧壁上成形所述沉积的形貌,其中,所述第一气体化学成分不同于所述第二气体化学成分;

使用第一蚀刻化学成分,穿过所述侧壁层将第一特征组部分地蚀刻入所述蚀刻掩模堆叠,其中,所述特征具有宽度和临界尺寸,其中,所述特征宽度比所述第一掩模中的所述间距的宽度小至少 50%,以及所述特征的所述临界尺寸比所述第一掩模中的所述间距的所述临界尺寸小至少 50%,以及其中,所述蚀刻层没有被蚀刻;

去除所述掩模和所述侧壁层;

执行额外的特征步骤,包括:

在所述蚀刻掩模堆叠上形成额外掩模,其中,所述额外掩模限定多个具有宽度的间距,以及其中,所述多个间距具有临界尺寸和节距;

在所述额外掩模上形成侧壁层,其中,所述侧壁层减小由所述额外掩模限定的所述间距的宽度;

穿过所述侧壁层将额外的特征部分地蚀刻入所述蚀刻掩模堆叠,其中,所述额外的特

征具有宽度和临界尺寸,其中,所述额外的特征的所述宽度比所述额外掩模中的所述间距的宽度小至少 50%,以及所述额外的特征的所述临界尺寸比所述额外掩模中的所述间距的临界尺寸小至少 50%,以及其中,所述特征和额外的特征具有比在所述第一掩模中的间距的节距和所述额外掩模中的间距的节距小至少 50%的节距,以及其中,所述蚀刻层没有被蚀刻;以及

去除所述掩模和所述侧壁层;以及

使用不同于所述第一蚀刻化学成分的所述第二蚀刻化学成分,穿过所述蚀刻掩模堆叠的第一特征组和额外的特征将多个特征蚀刻入所述蚀刻层。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,所述在所述额外掩模上形成侧壁层包括至少两个循环,其中每个循环包括:

沉积阶段,使用第三气体化学成分形成沉积等离子体以在所述额外掩模的侧壁层上形成沉积;以及

形貌成形阶段,使用第四气体化学成分在所述额外掩模的侧壁上成形所述沉积的形貌,其中,所述第三气体化学成分不同于所述第四气体化学成分。

19. 根据权利要求 17 至 18 中任一项所述的方法,其中,所述第一掩模是光刻胶掩模,以及其中,所述侧壁层由聚合物材料构成。

20. 根据权利要求 17 至 18 中任一项所述的方法,其中,所述蚀刻掩模堆叠包括抗剥除层,所述抗剥除层由比所述第一掩模和所述第二掩模更抗剥除的材料制成,并且进一步包括去除所述蚀刻掩模堆叠。

21. 根据权利要求 17 至 18 中任一项所述的方法,其中,所述额外掩模填充所述第一特征组。

使用蚀刻掩模堆叠的多掩模处理

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件的形成。

背景技术

[0002] 在半导体晶片处理过程中,在该晶片上使用公知的图案化和蚀刻处理形成该半导体器件的特征。在这些过程中,光刻胶 (PR) 材料沉积在该晶片上,然后暴露于由中间掩模过滤的光线。该中间掩模通常为玻璃平板,其上图案化有示范性特征几何形状,该几何形状阻止光线穿过该中间掩模传播。

[0003] 在穿过该中间掩模后,光线接触该光刻胶材料的表面。该光线改变该光刻胶材料的化学成分,这样显影剂可去除该光刻胶材料的一部分。在正光刻胶材料的情况下,暴露区域被去除,而在负光刻胶材料的情况下,没有暴露的区域被去除。其后,蚀刻该晶片以从不再受到该光刻胶材料保护的区域去除下层材料,并由此在该晶片中限定所需要的特征。

[0004] 各代光刻胶是已知的。深紫外 (DUV) 光刻胶由 248nm 光线曝光。为了便于理解,图 1A 是在基片 104 上的层 108 的示意性横截面视图,其中在待蚀刻的层 108 上的 ARL(抗反射层)110 上的图案化的光刻胶层 112 形成堆叠 100。该光刻胶图案具有临界尺寸 (CD),其可以是最小特征的宽度 116。由于依赖于波长的光学性质,被较长波长光线曝光的光刻胶具有较大的理论最小临界尺寸。

[0005] 然后可穿过该光刻胶图案蚀刻特征 120,如图 1B 所示。理想地,该特征的 CD(该特征的宽度)等于光刻胶 112 中特征的 CD 116。在实践中,该特征 116 的 CD 会由于光刻胶的端面化 (faceting)、侵蚀或钻蚀而大于光刻胶 112 的 CD。该特征也可能被锥化,其中该特征的 CD 至少与该光刻胶的 CD 一样大,但是其中该特征逐渐变小而在接近该特征底部具有较小的宽度。这种锥化可提供不可靠的特征。

[0006] 为提供具有更小 CD 的特征,正寻求使用较短波长形成的特征。193nm 光刻胶由 193nm 光线曝光。使用相移中间掩模和其他技术,可使用 193nm 光刻胶形成 90-100nm 光刻胶图案。这可提供具有 90-100nmCD 的特征。157nm 光刻胶由 157nm 光线曝光。使用相移中间掩模和其他技术,可形成低于 90nmCD 的光刻胶图案。这可提供具有低于 90nmCD 的特征。

[0007] 较短波长光刻胶的使用会出现使用较长波长的光刻胶之外的额外问题。为了获得接近理论极限的 CD,该光刻装置应当更加精密,其要求更贵的光刻设备。目前,193nm 和 157nm 光刻胶可能不具有与长波长光刻胶一样高的选择性,并且在等离子体蚀刻条件下更容易变形。

[0008] 在导电层蚀刻中,如在存储器件的形成中,期望增加器件密度而同时不降低性能。

[0009] 图 2A 是根据现有技术当这些线条之间的间距太近时,用于生产导线的图案化光刻胶的横截面视图。在基片 204(如晶片)上,可设置阻挡层 206。在该阻挡层 206 上,形成介电层 208,如金属层或多晶硅层。在该介电层 208 上,形成抗反射层 (ARL) 210,如 DARC 层。在该 ARL 210 上形成图案化光刻胶层 212a。在这个例子中,该图案化光刻胶线 214a 具有定义为线宽“L”的宽度,如所示。间距 222 具有宽度“S”,如所示。节距长度“P”定义为

线宽与间距宽度的和, $P = L + S$, 如所示。期望减小该节距长度。

[0010] 一种减小节距宽度的方法是通过减小间距宽度。图 2B 是根据现有技术当线条之间的间距太近时, 用于制造导电或介电沟槽线条的图案化光刻胶层的横截面视图。在基片 204 (如晶片) 上, 可设置阻挡层 206。在该阻挡层 206 上, 可形成导电或介电层 208, 如金属层, 多晶硅层或介电层。在该层 208 上, 形成抗反射层 (ARL) 210, 如 DARC 层。图案化光刻胶层 212 在该 ARL 210 上形成。在这个例子中, 该图案化光刻胶层 212b 形成图案化线条 214b, 并且在该图案化线条 214b 之间的间距内形成有光刻胶剩余物 218。该光刻胶剩余物 218 的存在是由提供了过小的在图案化线条 214b 之间的间距导致的, 因为很难从小的间距中除去剩余物。这会限制可提供的导线的密度。

发明内容

[0011] 为了实现前述的以及根据本发明的目的, 提供一种用于在基片上的蚀刻层中形成特征的方法。由至少一层形成的蚀刻掩模堆叠形成在该蚀刻层上。第一掩模在该蚀刻掩模堆叠上形成, 其中该第一掩模限定多个具有宽度的间距。侧壁层形成在该第一掩模上, 其中该侧壁层减小由该第一掩模限定的间距的宽度。第一组特征至少部分地穿过该侧壁层蚀刻入该蚀刻掩模堆叠, 其中该第一组特征中的特征具有的宽度小于由该第一掩模限定的间距的宽度。去除该掩模和侧壁层。执行额外的特征步骤, 包括在该蚀刻掩模堆叠上形成额外掩模, 其中该额外掩模限定多个具有宽度的间距, 在该额外掩模上形成侧壁层, 其中该侧壁层减小由该额外掩模所限定的间距的宽度, 穿过该侧壁层将第二特征组至少部分地蚀刻入该蚀刻掩模堆叠, 其中该特征所具有的宽度小于由该额外掩模所限定的间距的宽度, 以及去除该掩模和该侧壁层。穿过该蚀刻掩模堆叠中的第一特征组和第二特征组将多个特征蚀刻入该蚀刻层。

[0012] 在本发明的另一个表现形式中, 提供一种用于在蚀刻层中形成特征的方法。由至少一层形成的蚀刻掩模堆叠形成在该蚀刻层上。第一掩模形成在该蚀刻掩模堆叠上, 其中该第一掩模限定多个具有宽度的间距, 并且该多个间距具有临界尺寸和节距。侧壁层形成在该第一掩模上, 其中该侧壁层减小由该第一掩模所限定的间距的宽度。使用第一蚀刻化学成分穿过该侧壁层将第一组特征部分地蚀刻入该蚀刻掩模堆叠, 其中, 这些特征具有宽度和临界尺寸, 其中该特征宽度比该第一掩模中的间距的宽度小至少 50%, 并且这些特征的临界尺寸比该第一掩模中的间距的临界尺寸小至少 50%, 并且其中该蚀刻层没有被蚀刻。去除该掩模和侧壁层。执行额外的特征步骤, 包括在该蚀刻掩模堆叠上形成额外掩模, 其中该额外掩模限定多个具有宽度的间距并且其中该多个间距具有临界尺寸和节距, 在该额外掩模上形成侧壁层, 其中该侧壁层减小由该额外掩模所限定的间距的宽度, 穿过该侧壁层将额外的特征部分蚀刻入该蚀刻堆叠掩模, 其中该额外的特征具有宽度和临界尺寸, 其中该额外特征的宽度比该额外掩模中的间距的宽度小至少 50%, 以及该额外特征的临界尺寸比该额外掩模中的间距的临界尺寸小至少 50%, 并且其中该特征和额外的特征所具有的节距比该第一掩模中的间距的节距和该额外掩模中的间距的节距小至少 50%, 并且其中该蚀刻层没有被蚀刻, 以及去除该掩模和侧壁层。使用不同于该第一蚀刻化学成分的第二蚀刻化学成分穿过该蚀刻掩模堆叠的第一特征组和额外的特征将多个特征蚀刻入该蚀刻层。

[0013] 将在下面的详细描述中结合附图更详细地描述本发明的这些和其他特征。

附图说明

[0014] 在附图中通过例子而不是通过限定来说明本发明，其中相同的参考标号表示相同的元件，并且其中：

[0015] 图 1A-B 是根据现有技术，被蚀刻的堆叠的示意性横截面视图；

[0016] 图 2A-B 是根据现有技术形成的图案化光刻胶层的示意性横截面视图；

[0017] 图 3 是可用在本发明一个实施例中的处理的高层流程图；

[0018] 图 4A-J 是根据本发明一个实施例处理的蚀刻层的示意性横截面视图；

[0019] 图 5 是形成第一特征到该蚀刻掩模步骤中的步骤的更详细的流程图；

[0020] 图 6 是在图案化的光刻胶层上形成侧壁层的流程图；

[0021] 图 7 是形成额外特征到蚀刻掩模步骤中的步骤的更详细的流程图；

[0022] 图 8A-F 是根据本发明另一个实施例处理的蚀刻层的示意性横截面视图；

[0023] 图 9A-F 是根据本发明另一实施例处理的蚀刻层的示意性横截面视图。

具体实施方式

[0024] 现在将参照几个如附图中所示出的优选实施例详细描述本发明。在下面的描述中，为了提供对本发明彻底地理解而阐述了许多具体的细节。然而，对本领域的技术人员来说，显然本发明可不使用这些具体细节中的一些或全部而实现。在其他情况下，为了避免不必要地混淆本发明，公知的工序步骤和 / 或结构没有详细描述。

[0025] 为了使用较旧工艺光刻胶处理来提供具有小临界尺寸 (CD) 的特征，开发出了下一代光刻胶掩模处理，其使用多掩模和蚀刻处理。

[0026] 为了便于理解下一代掩模处理，图 3 是处理的高层流程图，该处理可用于本发明的一个实施例中。在蚀刻层上形成蚀刻掩模堆叠 (步骤 304)。图 4A 是基片 404 (如晶片) 的横截面视图，该基片上设有阻挡层 406。在该阻挡层 406 上，形成蚀刻层 408，如导电金属层或多晶硅层或介电层。在该蚀刻层 408 上，形成蚀刻掩模堆叠 410。该蚀刻掩模堆叠 410 可以是一层或多层。

[0027] 然后，第一特征被形成到该蚀刻掩模堆叠内 (步骤 308)。图 5 是形成该第一特征到该蚀刻掩模步骤中的步骤的更详细的流程图。在该蚀刻掩模堆叠 410 上形成第一图案化光刻胶层 412 (步骤 504)。在这个例子中，该图案化线条 414 具有定义为线宽“ L_p ”的宽度，如图所示。在该光刻胶层中的间距 422 具有宽度“ S_p ”，如图所示。该图案化光刻胶层的节距长度“ P_p ”定义为该线宽和该间距宽度的和 $P_p = L_p + S_p$ ，如图所示。这些宽度由用于形成该图案化光刻胶层的光刻技术的分辨率确定。期望减小该节距长度。侧壁层形成在该图案化光刻胶层上以减小 CD (步骤 508)。图 6 是在该图案化光刻胶层上形成侧壁层以减小 CD (步骤 508) 的更详细的流程图，其使用气体调制。在这个实施例中，在该图案化光刻胶层上形成该侧壁层以减小 CD (步骤 508) 包括沉积阶段 604 和形貌成形阶段 608。该沉积阶段使用第一气体化学成分以形成等离子体，其在该图案化光刻胶层的侧壁上沉积侧壁层。该形貌成形阶段 608 使用与该第一气体化学成分不同的第二气体化学成分形成等离子体，其成形该沉积的形貌以形成基本上垂直的侧壁。

[0028] 图 4B 是该图案化的第一图案化光刻胶层 412 的示意性横截面视图, 该光刻胶层 412 具有沉积在该第一图案化光刻胶层的侧壁上的侧壁层 420。该侧壁层 420 在该图案化光刻胶层间距内形成侧壁层特征 424, 其中该侧壁层特征 424 具有减小的间距 CD, 其比该第一图案化光刻胶层的间距 CD 小。优选地, 该沉积的第一图案化光刻胶层的减小的间距 CD 比该第一图案化光刻胶层特征的间距 CD 小至少 50%。还期望该侧壁层具有基本上垂直的侧壁 428, 如所示其为高度共形 (conformal) 的。基本上垂直的侧壁的例子是从底部到顶部与该特征底部形成的角度在 88° 到 90° 之间的侧壁。共形侧壁具有沉积层, 其从该特征底部到顶部的厚度基本上相同。非共形侧壁会形成端面化或方包化 (bread-loafing) 构成, 其产生非基本垂直的侧壁。锥化侧壁 (从端面化构成) 或方包化侧壁会增加沉积层 CD 并提供不良的蚀刻图案化光刻胶层。优选地, 在该侧壁上的沉积比在该第一图案化光刻胶层特征的底部上的沉积厚。更优选地, 在该第一图案化光刻胶层特征的底部没有沉积层。

[0029] 然后第一特征组穿过该侧壁层间距蚀刻入该蚀刻堆叠掩模 410 (步骤 512)。图 4C 示出被蚀刻入蚀刻堆叠掩模 410 的第一特征组 432。在这个例子中, 被蚀刻入蚀刻掩模堆叠 410 的第一特征组 432 具有 CD 宽度, 其等于该沉积层特征的间距 CD。实践中, 第一特征组 432 的特征的 CD 可稍大于沉积层 420 特征的 CD。然而, 由于该沉积层特征的 CD 明显小于光刻胶 412 的 CD, 蚀刻掩模堆叠 410 中的特征的 CD 仍小于光刻胶 412 的 CD。如果该沉积层的 CD 仅稍小于该光刻胶的 CD, 或如果该沉积层被端面化或方包化, 那么该蚀刻掩模堆叠的 CD 不小于该光刻胶的 CD。另外, 端面化或方包化的沉积层会导致在待蚀刻的层中端面化的或者不规则形状的特征。还期望使在该光刻胶特征底部上的沉积最小。在这个例子中, 在待蚀刻层 408 中蚀刻的特征的 CD 比该光刻胶特征的 CD 小至少 50%。另外, 在这个例子中, 特征 432 被部分蚀刻穿过掩模堆叠 410。在其他实施例中, 特征 432 可被完全蚀刻穿过蚀刻掩模堆叠 410。

[0030] 然后, 剥除该图案化光刻胶层和沉积层 (步骤 516)。这可作为单一步骤完成或者两个分开的步骤, 即分开的沉积层去除步骤和光刻胶剥除步骤。灰化可用于该剥除过程。图 4D 显示出在该沉积层和光刻胶层被去除之后的基片 400。

[0031] 形成额外的蚀刻掩模堆叠特征 (步骤 316)。图 7 是形成该额外特征到该蚀刻掩模步骤中的更详细的流程图。图案化的额外光刻胶层 442 在该蚀刻掩模堆叠 410 上形成 (步骤 704)。图案化额外光刻胶层 442 会具有与该第一图案化光刻胶层相同的节距和 CD。侧壁层形成在该额外的图案化光刻胶层上以减小该 CD (步骤 708)。该侧壁层可使用与形成在该第一图案化光刻胶层上的侧壁层相同的处理来形成。图 4F 是额外图案化光刻胶层 442 的示意性横截面视图, 该图案化光刻胶层 442 具有沉积在额外图案化光刻胶层 442 的侧壁上的侧壁层 450。侧壁层 450 在该图案化光刻胶层间距内形成侧壁层特征 454, 其中侧壁层特征 454 具有减小的间距 CD, 其小于该额外图案化光刻胶层的间距 CD。优选地, 该侧壁层特征的减小的间距比该第二图案化光刻胶层特征的间距 CD 小至少 50%。还期望侧壁层 450 具有基本上垂直的侧壁, 如图所示该侧壁层为高度共形的。基本上垂直的侧壁的例子是从底部到顶部与该特征底部形成角度在 88° 到 90° 之间的侧壁。优选地, 在该侧壁上的沉积比在该光刻胶层特征的底部上的沉积厚。更优选地, 在该光刻胶层特征的底部上不沉积层。

[0032] 特征被蚀刻入该蚀刻掩模堆叠 (步骤 712), 形成在该第一蚀刻特征组 432 之间的第二蚀刻特征组 452, 如图 4G 所示。然后剥除该图案化光刻胶层和沉积层 (步骤 716), 如

图 4H 所示。完成该额外蚀刻掩模特征的形成（步骤 316）。

[0033] 检查是否还要形成任何额外特征（步骤 320）。在这个例子中，仅形成两组特征，所以该过程进行至将特征蚀刻入该蚀刻层的步骤（步骤 324）。通过使用蚀刻掩模堆叠 410 作为蚀刻掩模来完成。

[0034] 然后将蚀刻掩模堆叠 410 用作蚀刻掩模以蚀刻该蚀刻层 408，使用蚀刻堆叠掩模 410 作为蚀刻掩模（步骤 324），如图 4I 所示。优选地，这个处理使用的蚀刻化学成分不同于用来在该蚀刻堆叠掩模中蚀刻特征的蚀刻化学成分。另外，优选地，该蚀刻化学成分关于蚀刻堆叠掩模 410 有选择地蚀刻该蚀刻层 408。

[0035] 然后，去除该蚀刻掩模堆叠（步骤 328），如图 4J 所示。在一个实施例中，在该蚀刻层的蚀刻过程中去除该蚀刻掩模堆叠。在另一个实施例中，该蚀刻掩模堆叠在彻底蚀刻该蚀刻层之后在单独的步骤中去除。该蚀刻层的线宽如所示为 L_f 。该蚀刻层中特征的间距宽度如所示为 S_f 。该特征的节距长度如所示为 P_f ，其中 $P_f = L_f + S_f$ 。为了对比，图 4A 的图案化光刻胶层节距 P_p 、光刻胶线宽 L_p 、和光刻胶间距 S_p ，在图 4J 中示出，以与特征节距 P_f 、特征线宽 L_f 和特征间距宽度 S_f 对比。在这个实施例中，该特征的节距的长度 P_f 是该图案化光刻胶层节距的长度 P_p 的一半，因为特征之间的线宽 L_f 是图案化光刻胶层线宽 L_p 的一半，并且特征间距宽度 S_f 是该图案化光刻胶层中间距 S_p 的一半。因此，通过将节距长度、线宽、和特征宽度减半，而使用相同的光刻胶光刻处理，这个处理可使用两个掩模步骤以使蚀刻特征分辨率加倍。在这个例子中，来自该第一图案化光刻胶层的第一蚀刻特征组被蚀刻至与来自该第二图案化光刻胶层的第二蚀刻特征组相同或大约相同的深度，如图所示。通过提供交替的从该第一蚀刻掩模堆叠特征蚀刻的特征 462 和来自该第二蚀刻掩模堆叠特征的特征 466，而提供减小的节距。

[0036] 单层蚀刻掩模堆叠

[0037] 在本发明的一个实施例中，该蚀刻掩模堆叠是单层。在这个实施例中，该单层是抗剥除层 (strip resistant layer)。该抗剥除层优选地为无定形碳和抗剥除聚合物中至少一个。更优选地，该抗剥除层为无定形碳。在该说明书和权利要求中，无定形碳定义为不含卤素的聚合物。抗剥除聚合物或其他用于单层蚀刻掩模堆叠的材料应当与该光刻胶明显不同，从而可使用湿或干处理来图案化和剥除该光刻胶而不去除该单层。在一个实施例中，形成该单层的材料对用来剥除该光刻胶的氧剥除有抵抗力。在另一个实施例中，该单层对在该光刻胶处理中使用的含氢气体或液体有抵抗力。在又一个实施例中，该单层是硬化的，如通过使用 UV 辐射，从而该单层抗剥除处理。在备选方案中，该单层可以是固有地抵抗所使用的剥除处理并且不需要硬化的材料。在这种情况下，对于氢剥除处理，该单层材料抗含氢等离子体，如 H_2 或 NH_3 ，或者对于氧剥除处理，该单层材料抗含氧等离子体。

[0038] 多层蚀刻掩模堆叠

[0039] 在本发明的另一个实施例中，该蚀刻掩模堆叠包括两层。图 8A 是蚀刻掩模堆叠的横截面视图，该蚀刻掩模堆叠具有第一层 810 和第二层 811，并设在基片 804 上的阻挡层 806 上的蚀刻层 808 上。光刻胶掩模 814 设在该第二层 811 上。侧壁层 820 设在该光刻胶掩模侧壁上以减小 CD。第一掩模特征 832 使用第一蚀刻化学成分部分地蚀刻入第二层 811，从而在这个实施例中，该第一掩模特征不到达第一层 810，如图所示。

[0040] 光刻胶掩模 814 和侧壁层 820 被去除，并且在第二层 811 上形成第二光刻胶掩模

842,如图 8B 所示。在第二光刻胶掩模 842 上形成侧壁层 850 以减小 CD。第二掩模特征 852 部分地蚀刻入该第二层 811,从而在这个实施例中,该第二掩模特征不到达第一层 810,如图所示。该蚀刻可使用第一蚀刻化学成分,因为第二层 811 在两个蚀刻中都被蚀刻。

[0041] 该光刻胶掩模和侧壁层从该第二层 811 上被去除,如图 8C 所示。第二蚀刻化学成分使用第二层 811 作为用于蚀刻该蚀刻掩模堆叠的第一层 810 的蚀刻掩模,如图 8D 所示。由于该蚀刻关于第二层 811 有选择地蚀刻第一层 810,优选地,该第二蚀刻化学成分不同于该第一蚀刻化学成分。在一个实施例中,该第一层 810 仅部分被蚀刻穿。在另一个实施例中,该第一层 810 被完全蚀刻穿,如图所示。

[0042] 在一个实施例中,去除该第二层。在这个实施例中,在使用第三蚀刻化学成分将该特征蚀刻入蚀刻层 808 之前,该第二层不会被去除,如图 8E 所示。优选地,该第三蚀刻化学成分不同于该第二蚀刻化学成分,因为蚀刻层 808 关于该蚀刻掩模堆叠的第一层 810 被有选择地蚀刻。从第一层 810 和第二层 811 形成的剩余的蚀刻掩模堆叠随后被去除,如图 8F 所示。在另一个实施例中,该蚀刻掩模堆叠的第二层 811 在该蚀刻层蚀刻过程中被去除。在另一个实施例中,在蚀刻层 808 的蚀刻过程中,第一层 810 和第二层 811 均被去除。

[0043] 在这个实施例中,第二层 811 作为剥除保护掩模,其作为在第一层的光刻胶剥除过程中的保护掩模,该第一层作为下一代图案化掩模。剥除保护掩模 811 保护下一代图案化掩模 810 在该光刻胶掩模的剥除过程中免于损坏。

[0044] 尽管在某些实施例中,单层剥除保护掩模可提供需要的目的,但是控制该蚀刻均一性会成为问题。除非该剥除保护掩模的均一性较好,否则,有可能某些特征会击破该蚀刻掩模堆叠的第一层并且将其暴露于该剥除处理,这会损伤该第一层。为了避免这个问题,可使用双层剥除保护掩模。图 9A 是基片 904 的横截面视图,基片 904 在阻挡层 906 下,阻挡层 906 在蚀刻层 908 下,蚀刻层 908 在蚀刻堆叠掩模下,蚀刻堆叠掩模包括第一层 910、第二层 911、和第三层 913。光刻胶掩模 914 已在第三层 913 上形成。侧壁层 920 在光刻胶掩模 914 的侧壁上形成。使用第一蚀刻化学成分的蚀刻处理用于穿过第三层 913 蚀刻至第二层 911。第二层 911 用作蚀刻终止(stop)层,如图 9B 所示。因此,该第一蚀刻化学成分关于该第二层有选择地蚀刻该第三层。通过提供蚀刻终止层,该蚀刻掩模堆叠的第一层 910 受到保护以免于在该剥除处理期间暴露。在这个例子中,第三层 913 作为剥除保护掩模。

[0045] 去除光刻胶掩模 914 和侧壁层 920 并且在第三层 913 上形成第二光刻胶掩模 942。在第二光刻胶掩模 942 上形成侧壁层 950,如图 9C 所示。使用第一蚀刻化学成分将第三层 913 的暴露部分蚀刻至蚀刻终止层 911,以形成第二特征组 952。

[0046] 去除光刻胶掩模 942 和侧壁层 950。与第一蚀刻化学成分不同的第二化学成分用于关于第三层 913 有选择地蚀刻第二层 911,如图 9D 所示。第三蚀刻化学成分用于蚀刻该蚀刻掩模堆叠的第一层 910。在本发明的一个实施例中,该第三蚀刻化学成分与该第二化学成分相同。在本发明的另一个实施例中,该第三化学成分与该第二化学成分不同。

[0047] 第四蚀刻化学成分用来穿过该蚀刻掩模堆叠的第一层 910 将特征蚀刻入该蚀刻层 908,如图 9E 所示。在该优选实施例中,该第四蚀刻化学成分与该第三蚀刻化学成分不同,以允许该蚀刻层 908 关于该第一层 910 被有选择地蚀刻。然后该蚀刻掩模堆叠被剥除,如图 9F 所示。在一个实施例中,该蚀刻掩模堆叠的第三层 913 以及可能的第二层 911 在蚀刻该蚀刻层 908 之前被去除。

[0048] 在这个三层蚀刻掩模堆叠中,可使用很多的材料组合。在一个实施例中,剥除保护掩模 913 是 SiO_2 , 并且蚀刻终止掩模 911 是 SiC 、 Si_2N_3 、 SiOC 、 SiON 、 Ta 、 TaN 、 Ti 、 TiN 中的至少一种,或者是可关于 SiO_2 被有选择地蚀刻的任何其他材料。在另一个实施例中,剥除保护掩模 913 为 SiC , 并且蚀刻终止掩模 911 是 SiO_2 、 Si_2N_3 、 SiOC 、 SiON 、 Ta 、 TaN 、 Ti 和 TiN 中的至少一种。在另一个实施例中,剥除保护掩模 913 为 Si_2N_3 , 并且蚀刻终止掩模 911 是 SiO_2 、 SiC 、 SiOC 、 SiON 、 Ta 、 TaN 、 Ti 和 TiN 中的至少一种。在另一个实施例中,剥除保护掩模 913 是 SiON , 并且蚀刻终止掩模 911 是 SiO_2 、 SiC 、 SiOC 、 Si_2N_3 、 Ta 、 TaN 、 Ti 和 TiN 中的至少一种。在另一个实施例中,剥除保护掩模 913 是 SiOC , 并且蚀刻终止掩模 911 是 SiO_2 、 SiC 、 SiON 、 Si_2N_3 、 Ta 、 TaN 、 Ti 和 TiN 中的至少一种。在另一个实施例中,剥除保护掩模 913 是 TiN 、 Ta 、 TaN 和 Ti 中的至少一种,并且蚀刻终止掩模 911 是 SiO_2 、 SiC 、 SiON 和 Si_2N_3 中的至少一种。最优选地,该剥除保护掩模是 SiO_2 , 因为 SiO_2 在光刻胶剥除处理过程中非常抗损伤。

[0049] 本发明的其他实施例可使用超过两组蚀刻掩模堆叠特征。例如,可使用三组蚀刻掩模堆叠特征,从而该特征布图所具有的节距是每个中间掩模节距的三分之一。在另一个例子中,可使用四组蚀刻掩模堆叠特征,从而该特征布图所具有的节距是每个中间掩模的四分之一。这种多掩模处理描述在美国专利申请第 11/050,985 号中,由 Jeffrey Marks 和 Reza Sadjadi 于 2005 年 2 月 3 日递交,主题为“Reduction of Feature Critical Dimensions Using Multiple Masks”,其通过引用被整体合并于此。

[0050] 如没有蚀刻掩模堆叠,不同的光刻胶材料或不同的工具将导致处理移位。该蚀刻掩模堆叠减小不同光刻胶材料和不同工具的处理移位。该多掩模处理使一层经受多次光刻胶沉积和多次剥除。蚀刻掩模堆叠减小了可由多次光刻胶沉积和多次剥除导致的对蚀刻层的损伤。

[0051] 尽管根据多个优选实施例描述了本发明,但是存在改变、置换和各种替代等同方式,其落入本发明的范围内。还应当注意,有很多实现本发明的方法和装置的可选方式。因此,其意味着所附的权利要求解释为包括落入本发明的主旨和范围内的所有这些变型、置换和各种替代等同方式。

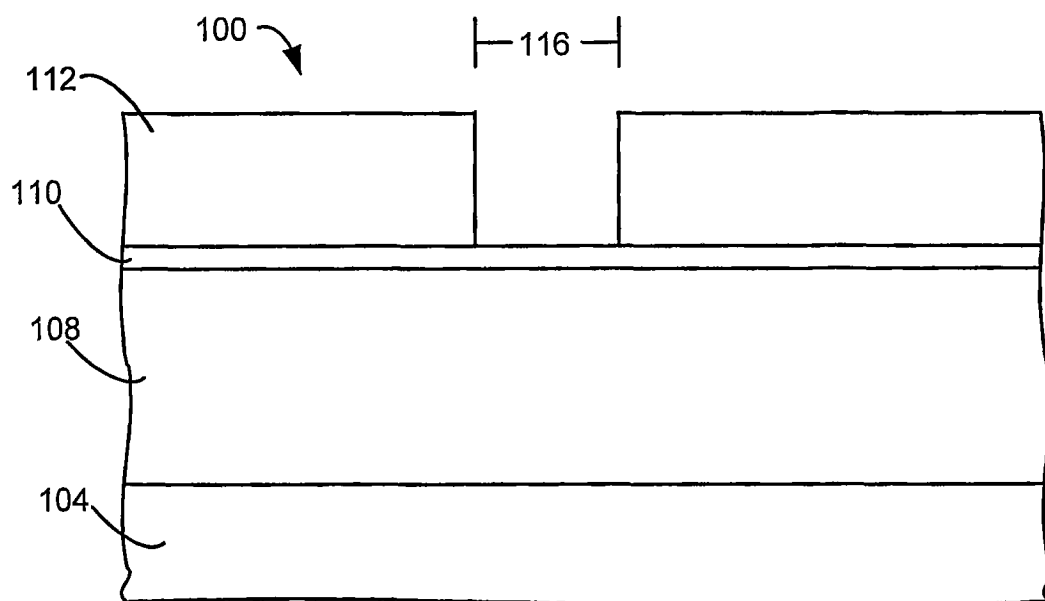


图 1A
(现有技术)

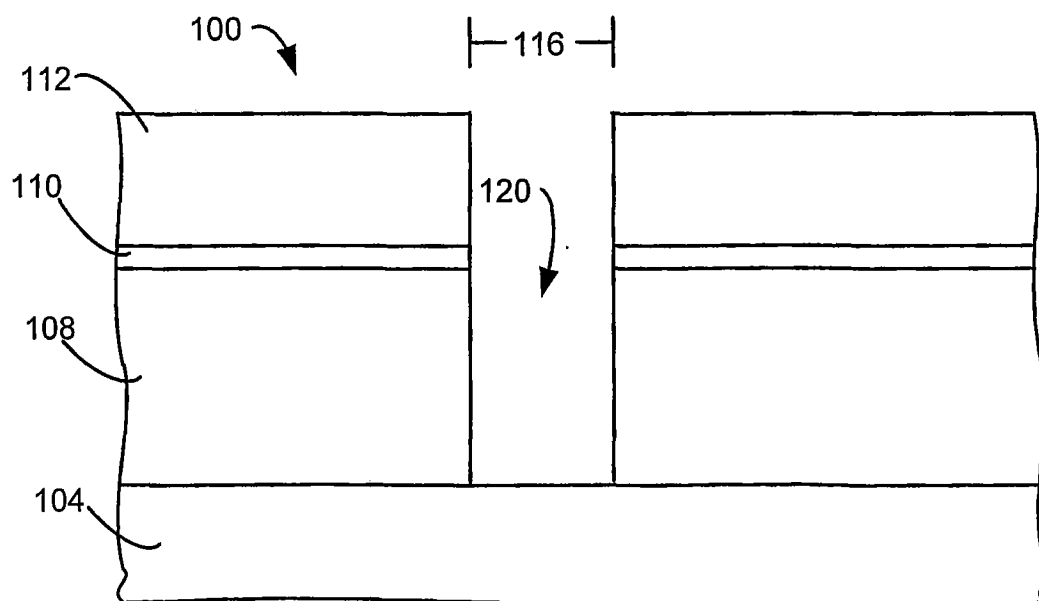


图 1B
(现有技术)

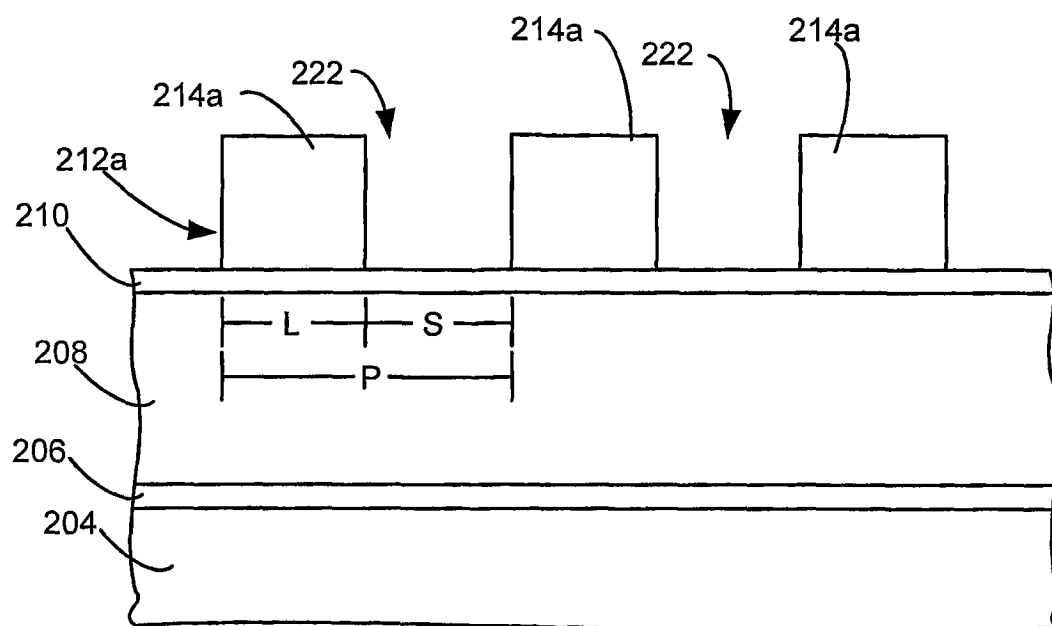


图 2A
(现有技术)

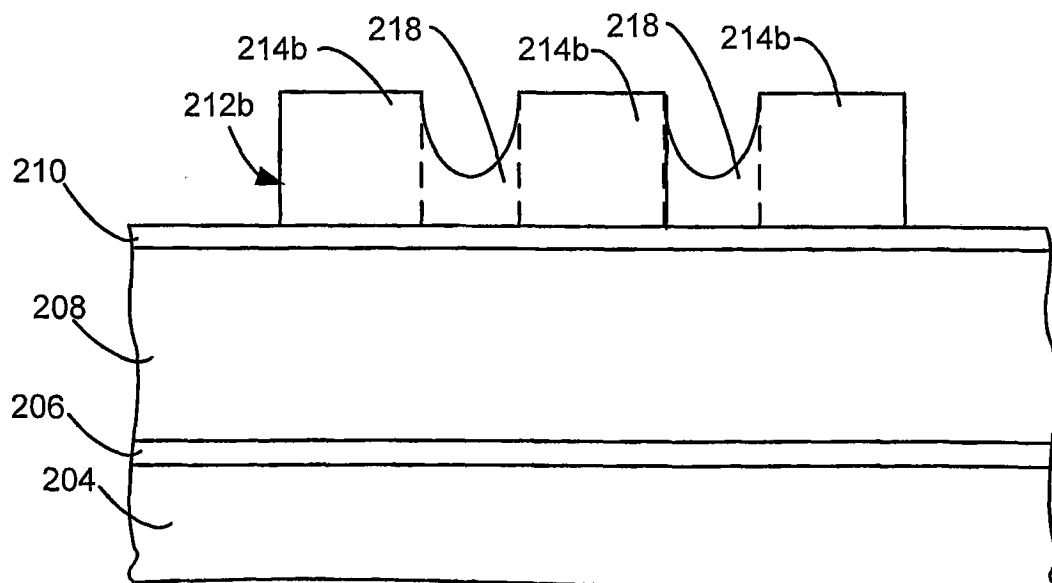


图 2B
(现有技术)

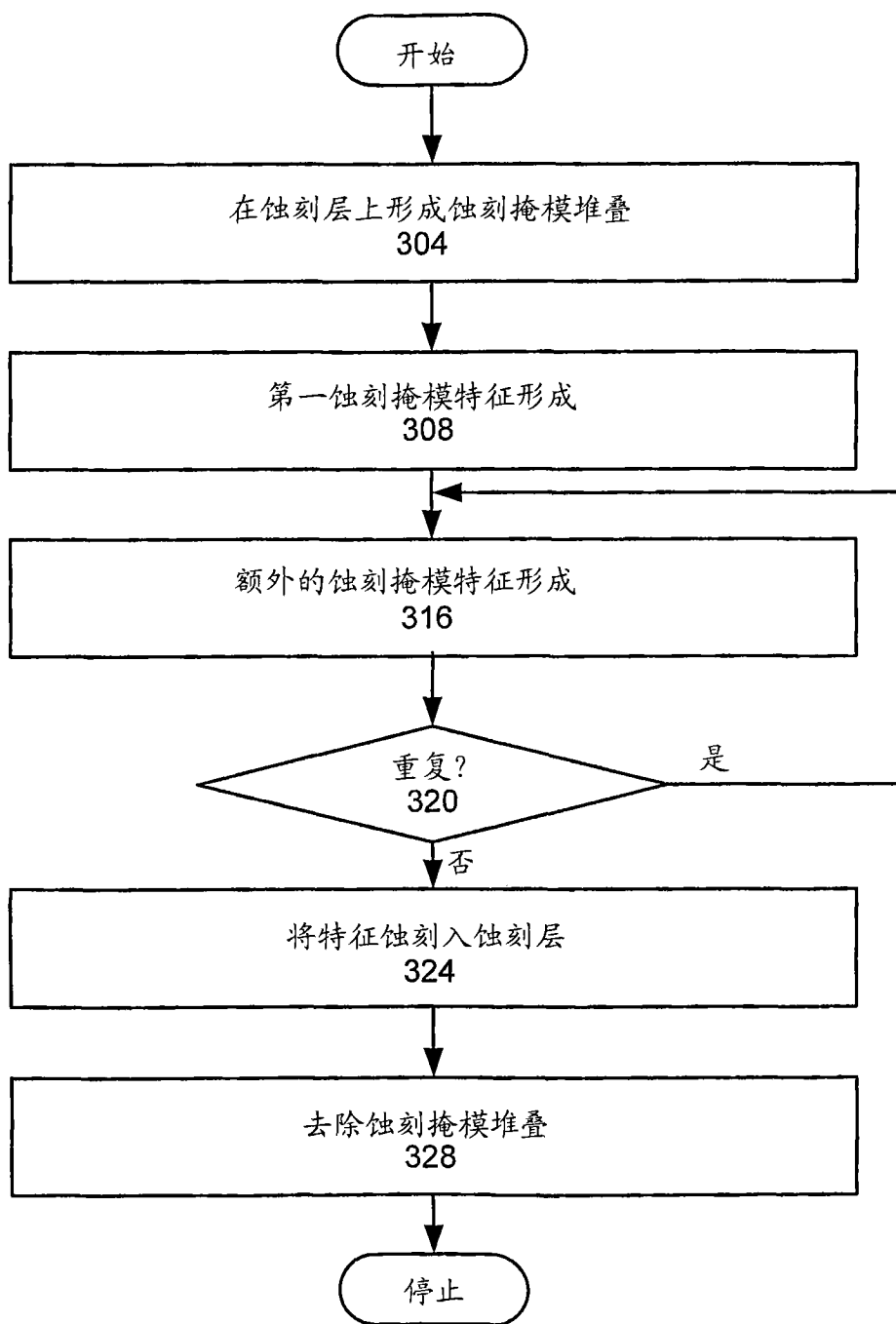


图 3

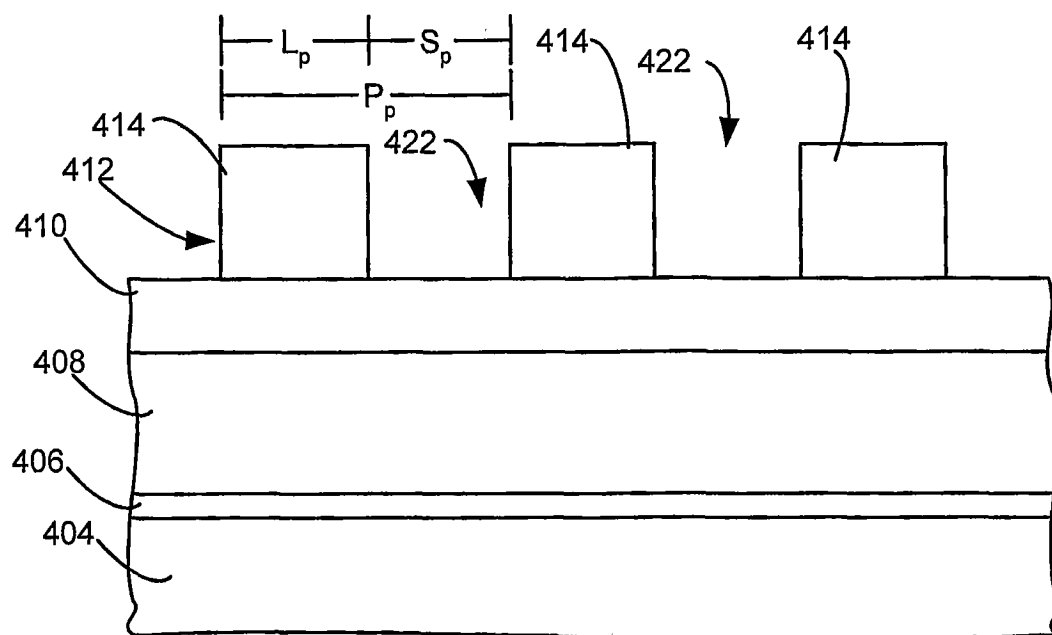


图 4A

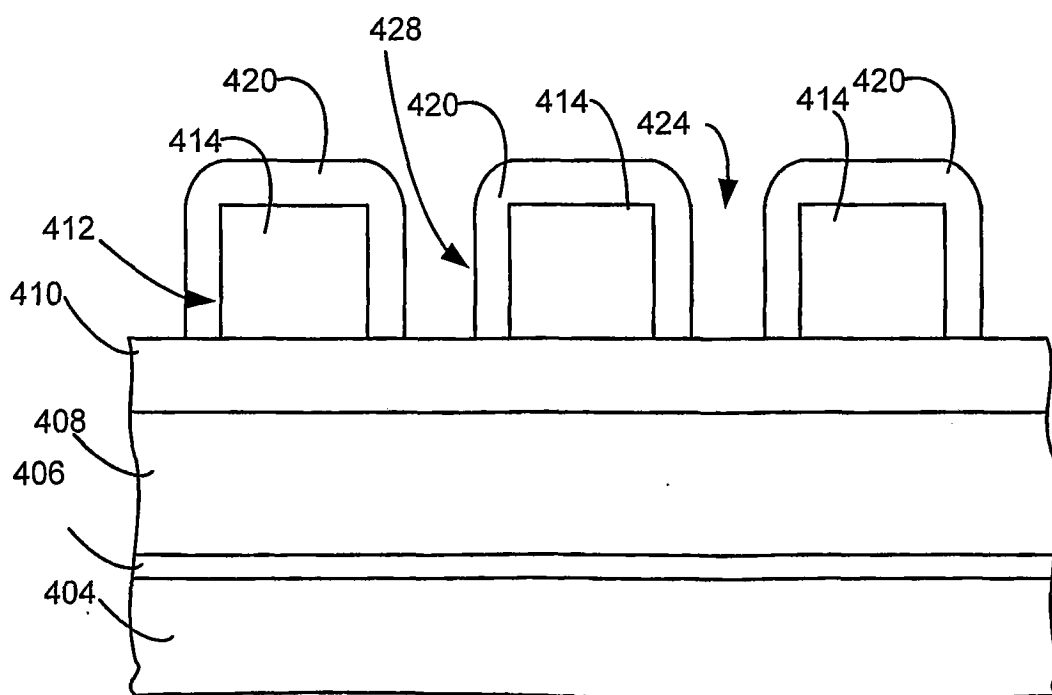


图 4B

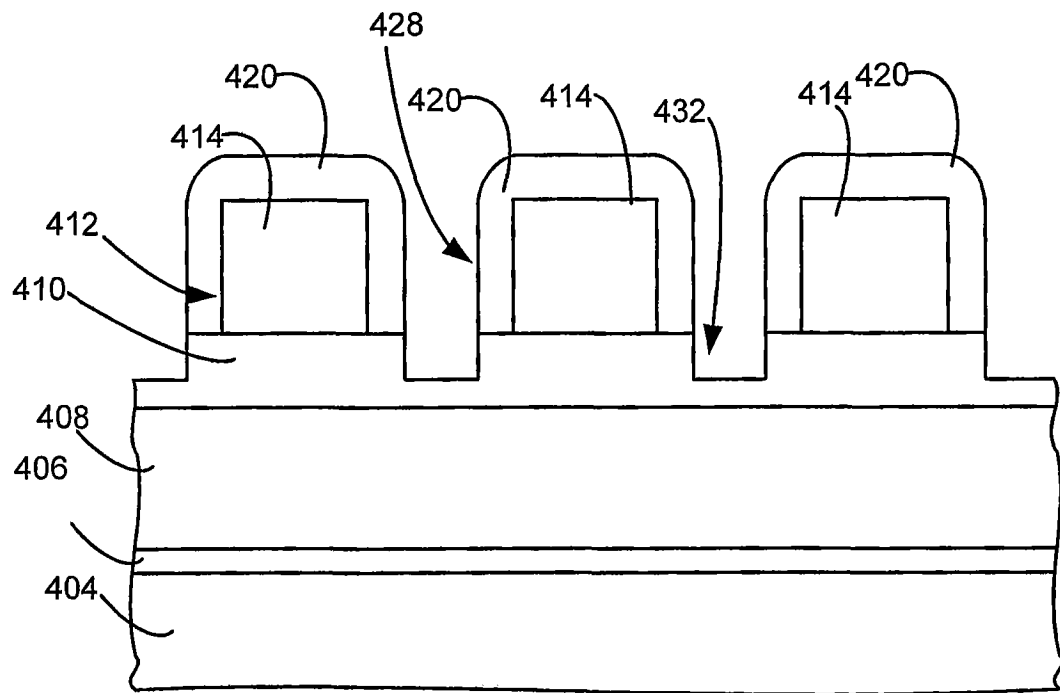


图 4C

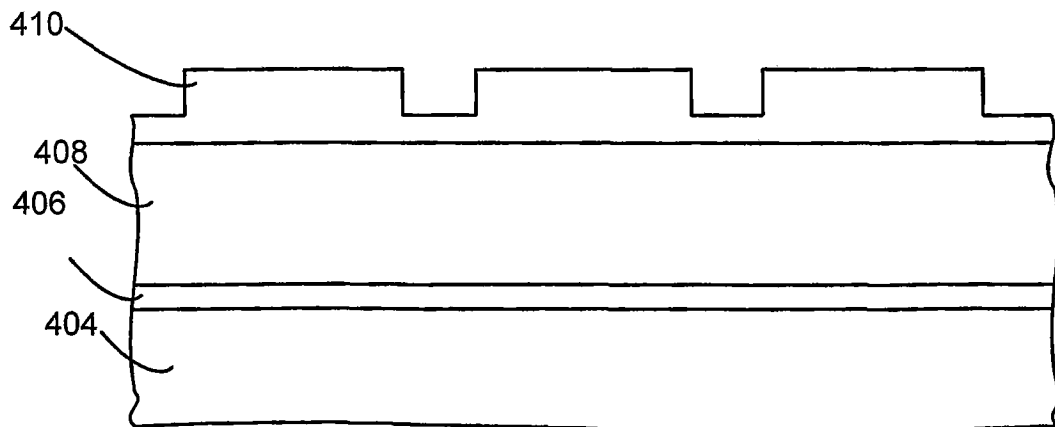


图 4D

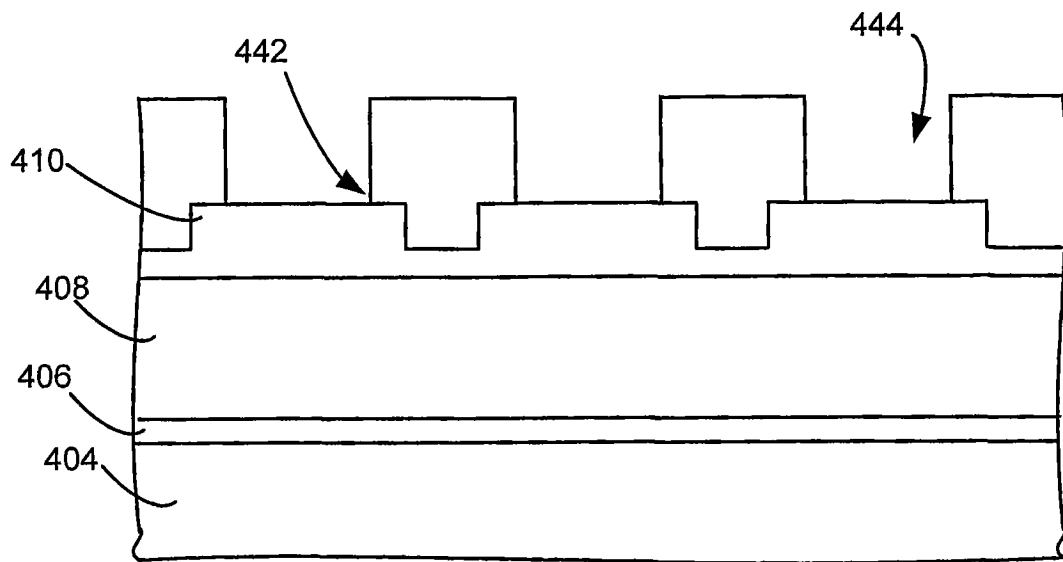


图 4E

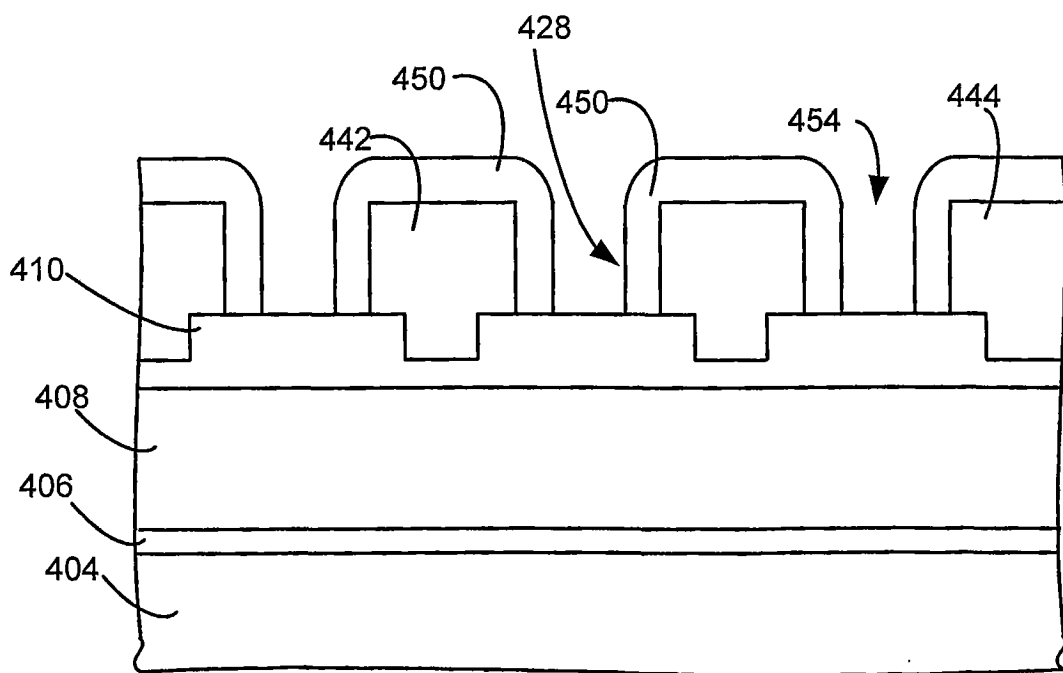


图 4F

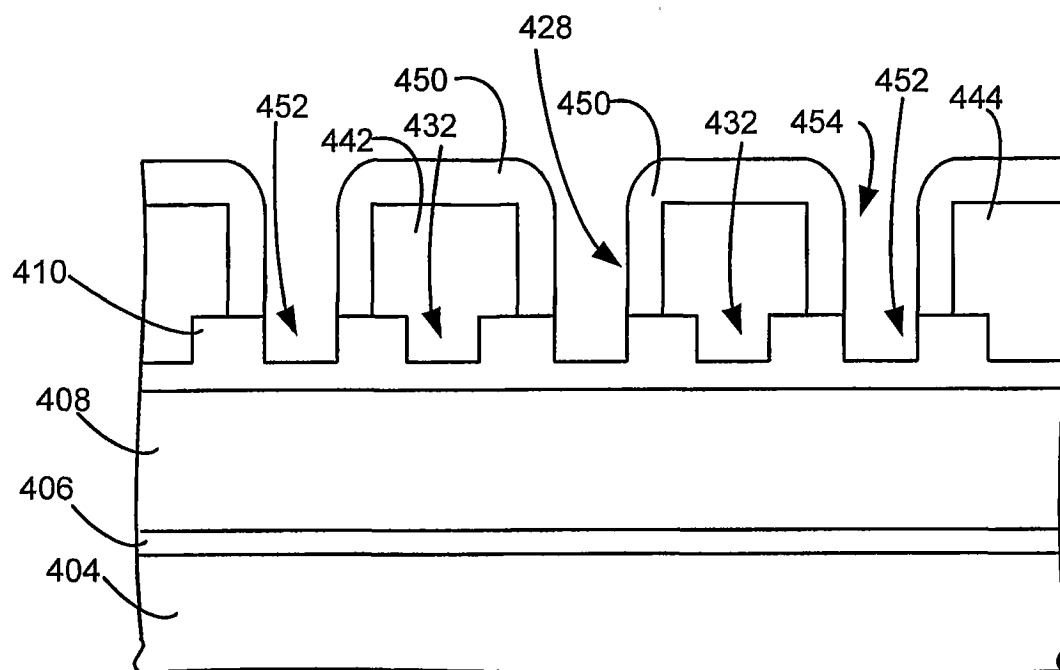


图 4G

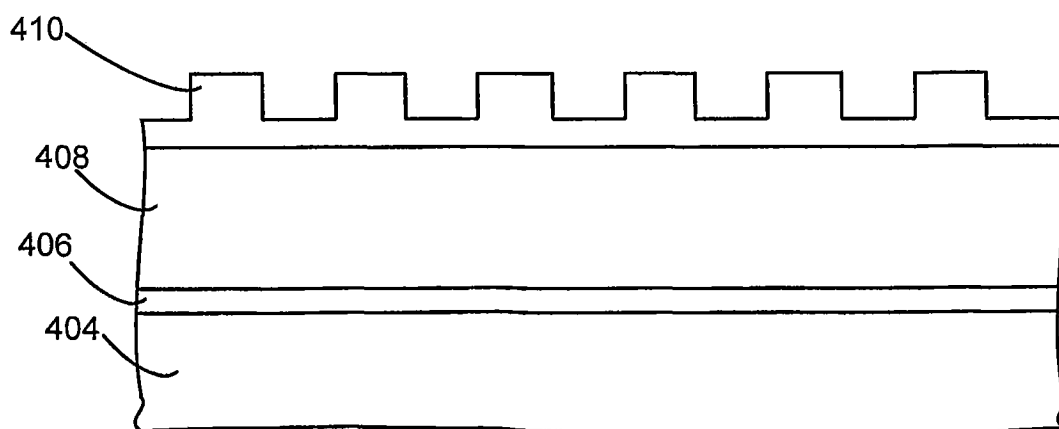


图 4H

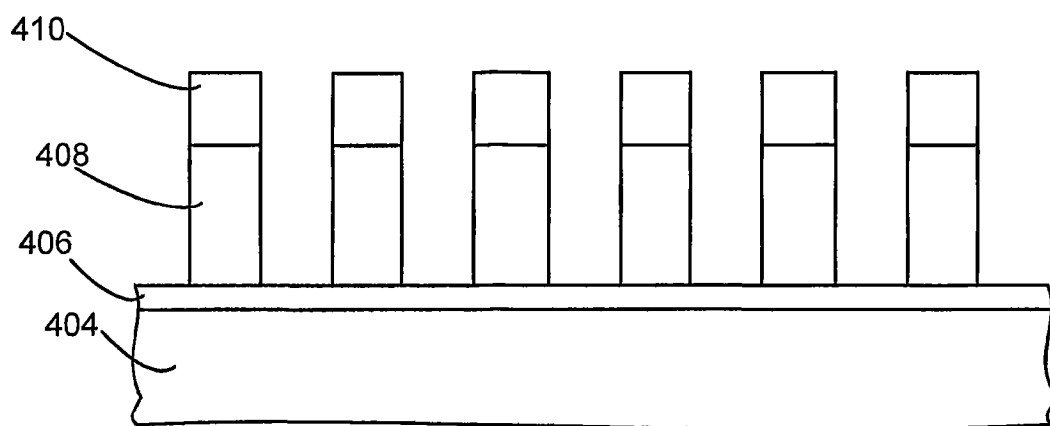


图 4I

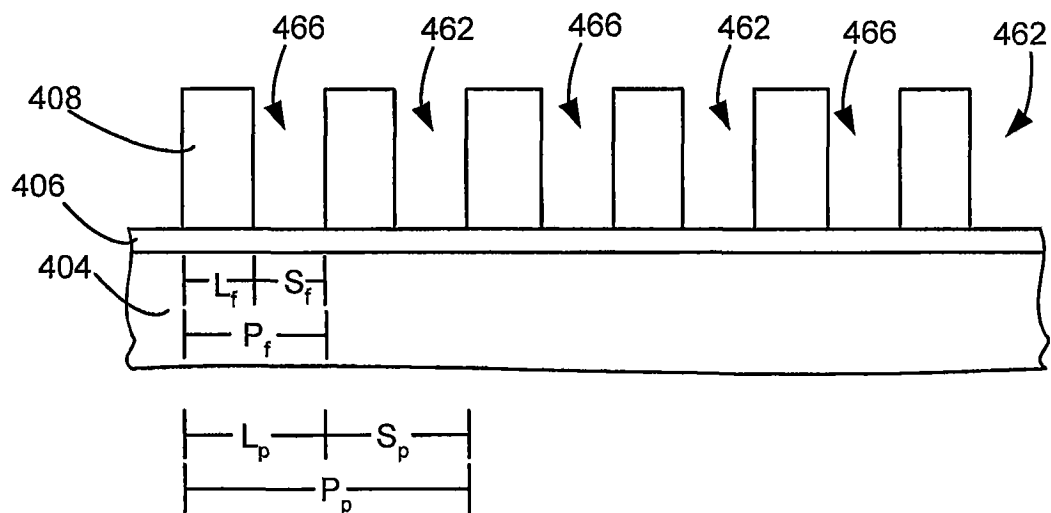


图 4J

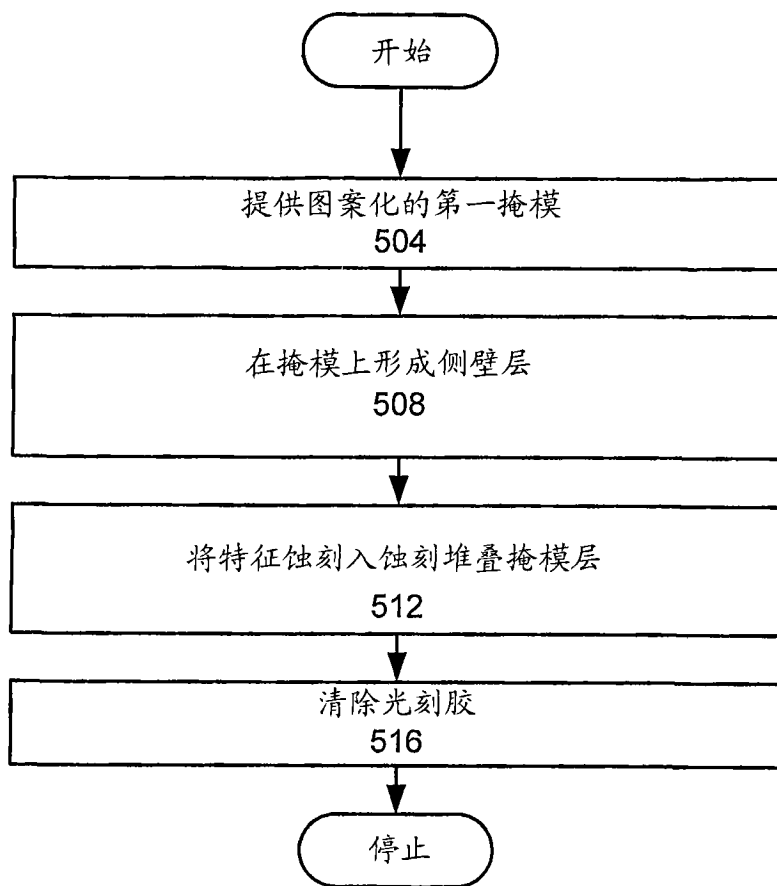


图 5

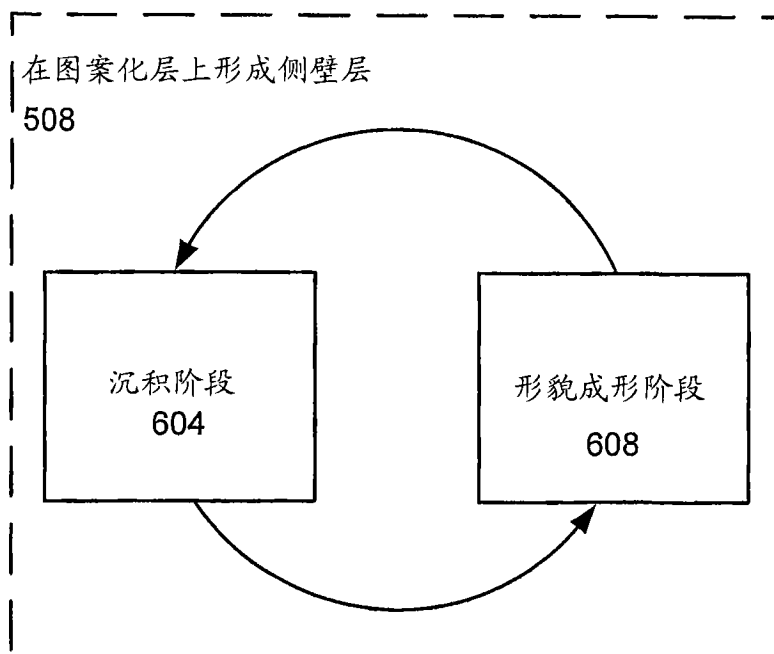


图 6

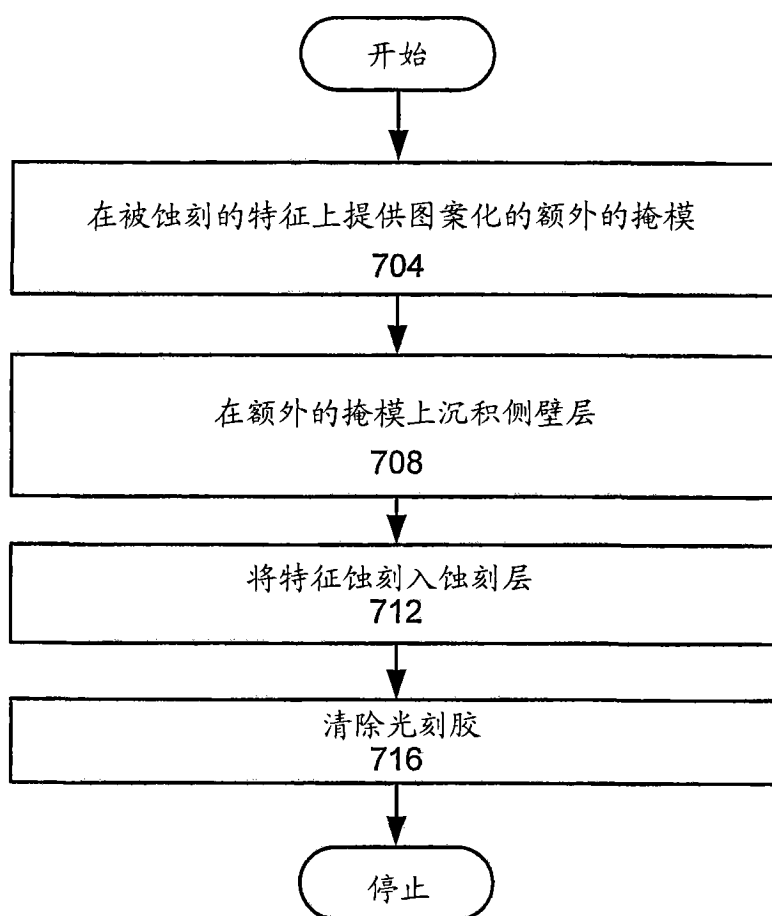


图 7

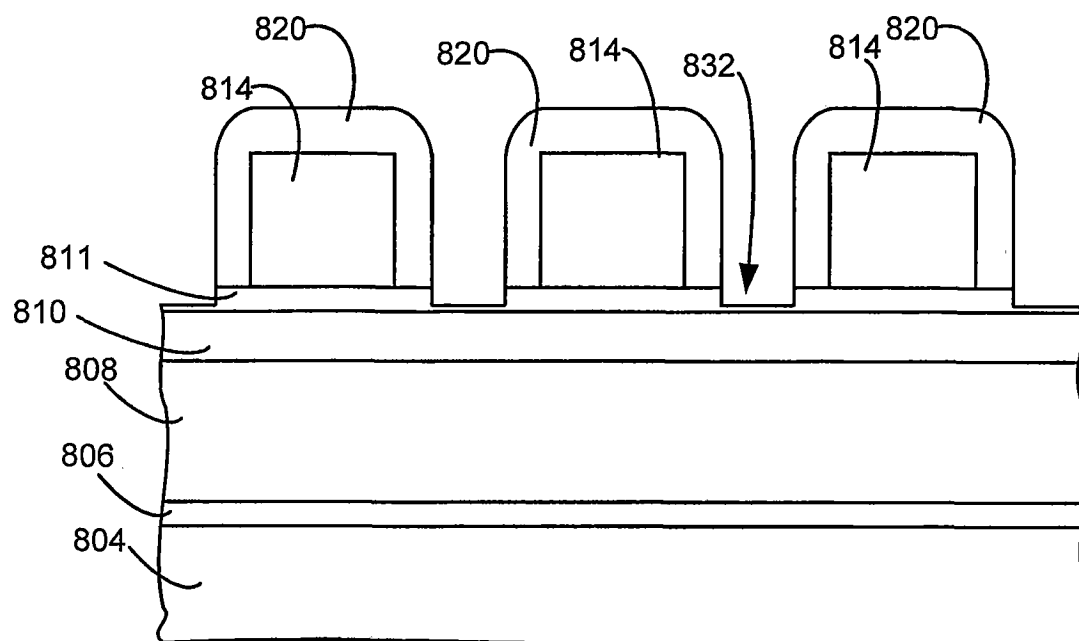


图 8A

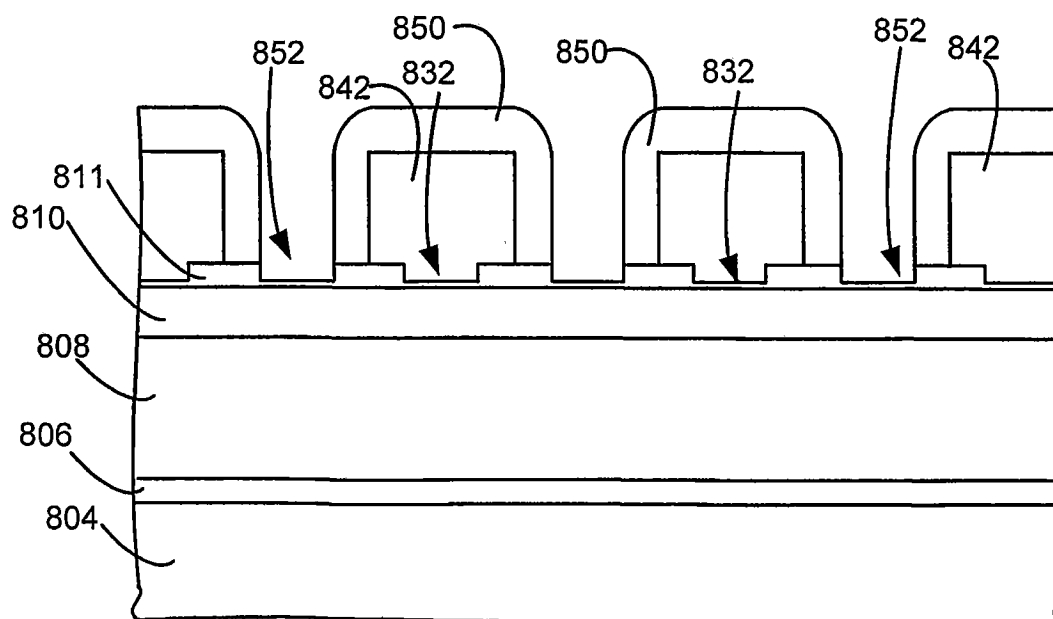


图 8B

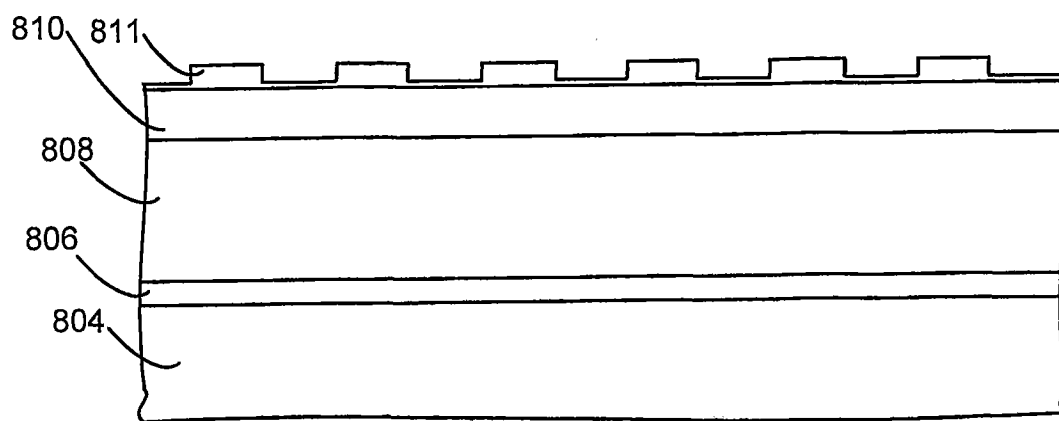


图 8C

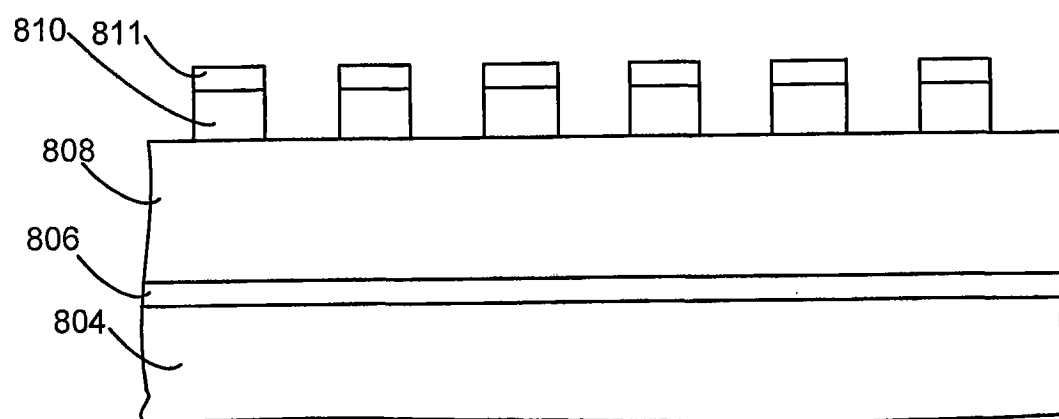


图 8D

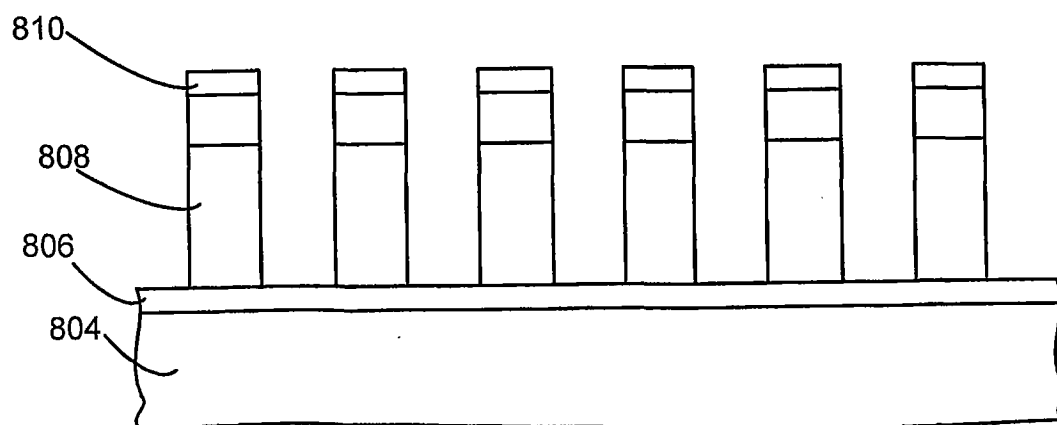


图 8E

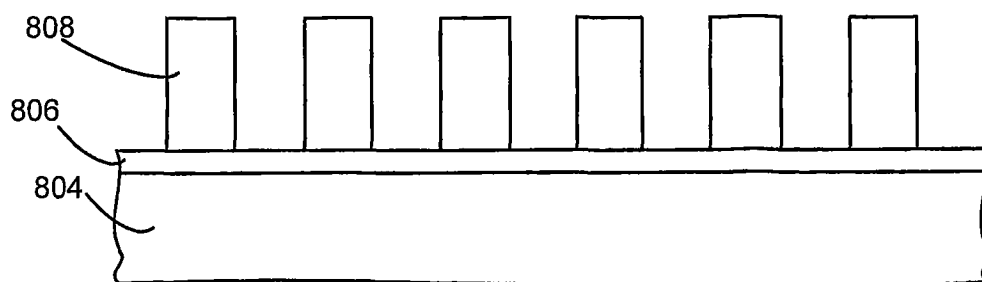


图 8F

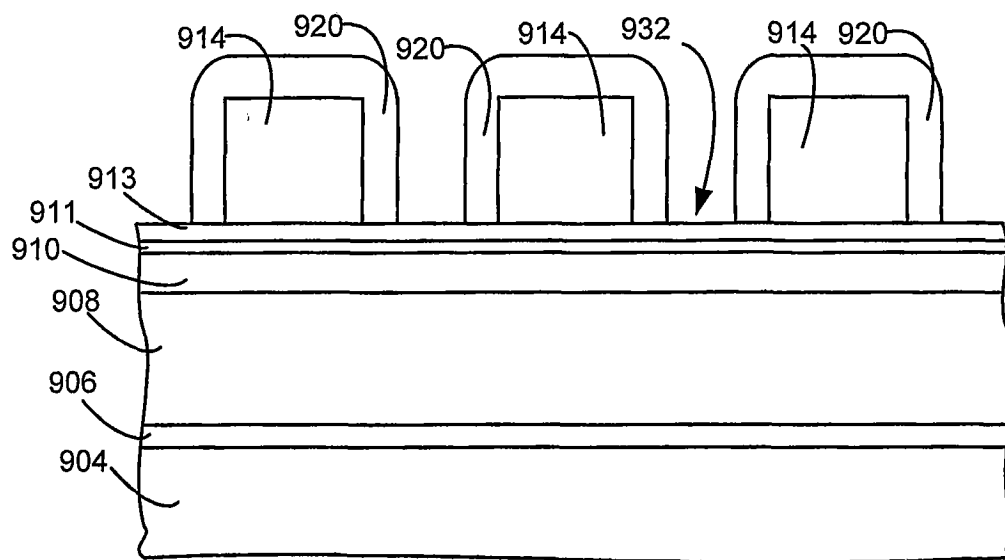


图 9A

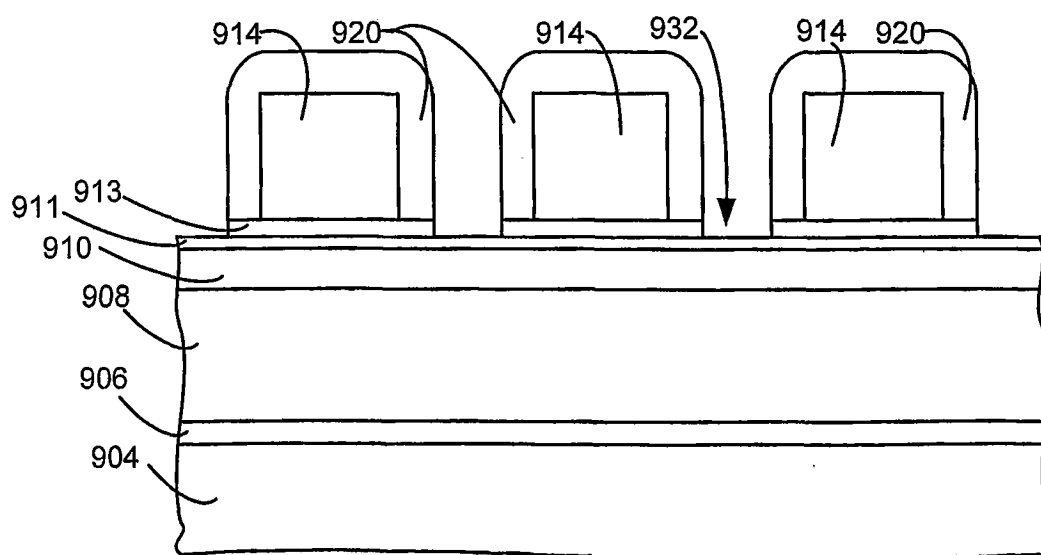


图 9B

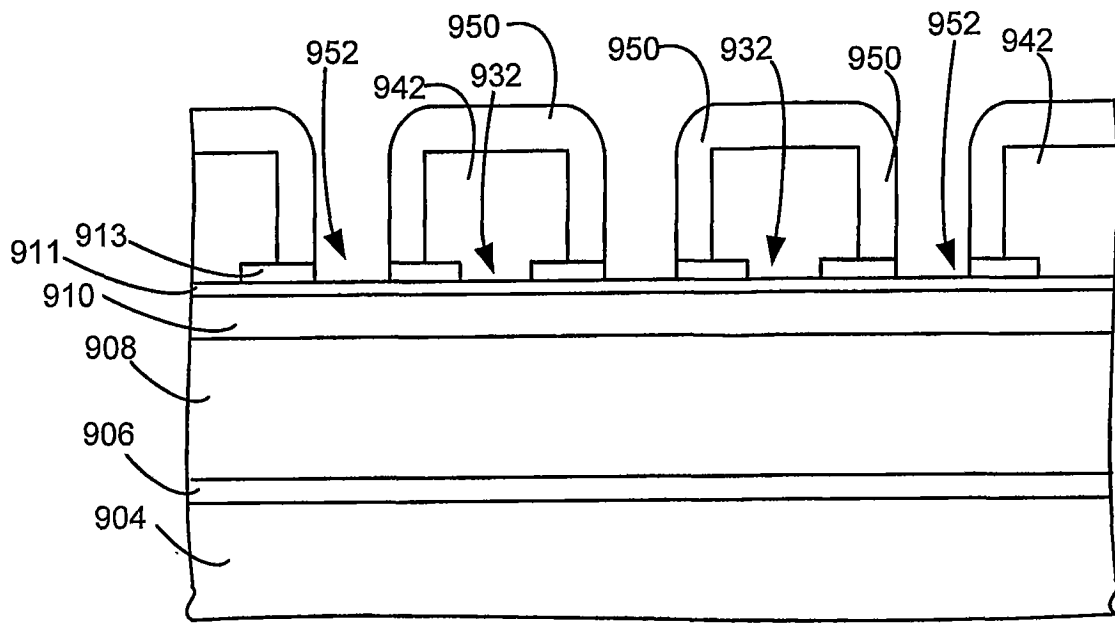


图 9C

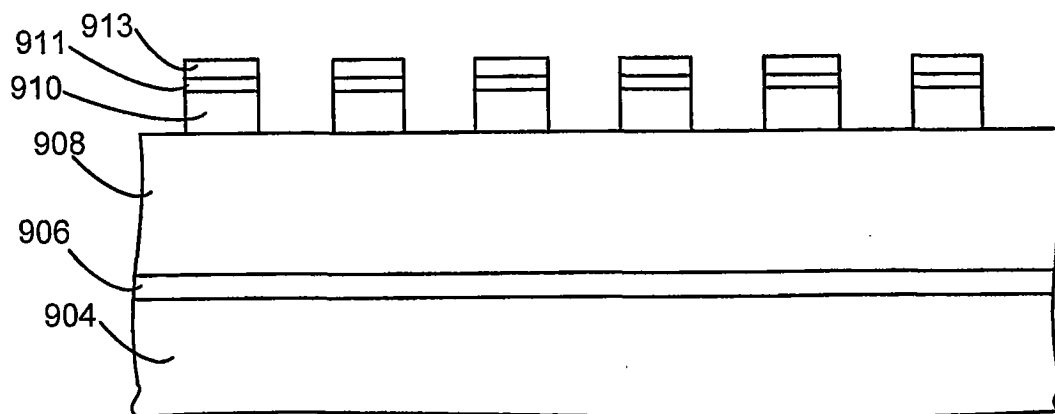


图 9D

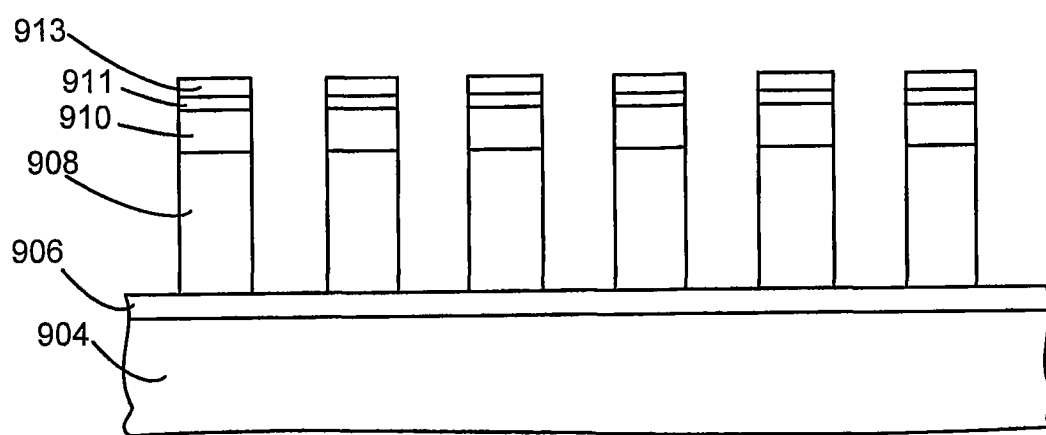


图 9E

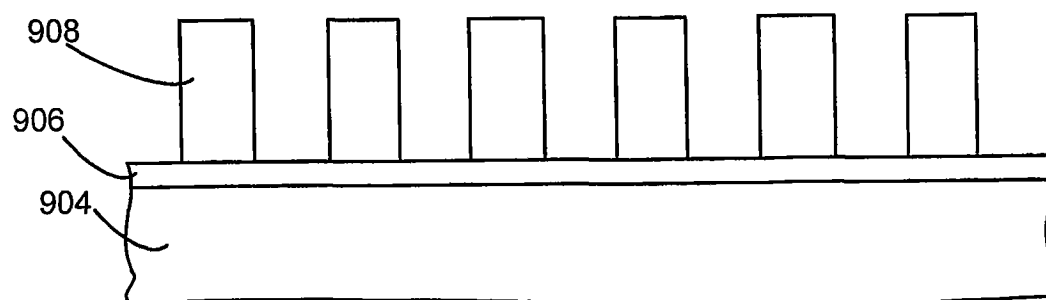


图 9F