



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102362334 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 16

(21) 申请号 201080013110. 1

代理人 宋献涛

(22) 申请日 2010. 02. 26

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01L 21/027(2006. 01)

12/409, 308 2009. 03. 23 US

审查员 张弓

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 09. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/025495 2010. 02. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/110987 EN 2010. 09. 30

(73) 专利权人 美光科技公司

地址 美国爱达荷州

(72) 发明人 斯科特·西里斯

古尔特杰·S·桑胡

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

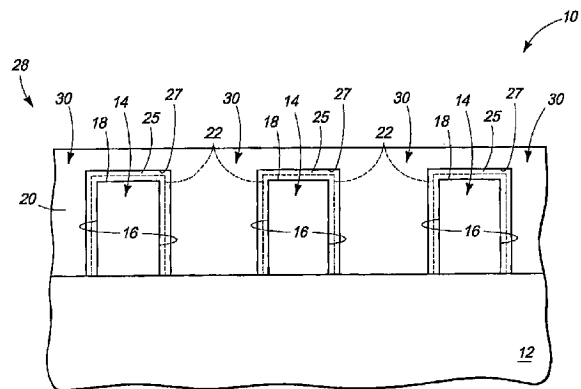
权利要求书3页 说明书8页 附图12页

(54) 发明名称

在衬底上形成图案的方法

(57) 摘要

本发明涉及在衬底上形成图案的方法,其包括在衬底上方形成间隔开的第一特征。所述间隔开的第一特征具有相对横向侧壁。将材料形成到所述间隔开的第一特征的所述相对横向侧壁上。所述材料的经接纳抵靠在所述相对横向侧壁中的每一者上的部分的组成不同于所述相对横向侧壁中的每一者的组成。使所述材料的此部分和所述间隔开的第一特征中的至少一者致密化以使所述至少一者横向移动远离所述至少一者的另一者,以在所述相对横向侧壁中的每一者与所述材料的此部分之间形成空隙空间。



1. 一种在衬底上形成图案的方法,其包含:

在衬底上方形成间隔开的第一特征,所述间隔开的第一特征包含相对横向侧壁;

将材料形成到所述间隔开的第一特征的所述相对横向侧壁上,所述材料的经接纳抵靠在所述相对横向侧壁中的每一者上的部分的组成不同于所述相对横向侧壁中的每一者的组成;和

使所述材料的所述部分和所述间隔开的第一特征中的至少一者致密化以使所述至少一者横向移动远离所述至少一者的另一者,以在所述相对横向侧壁中的每一者与所述材料的所述部分之间形成空隙空间。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述间隔开的第一特征和所述材料中的至少一者包含光致抗蚀剂。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述间隔开的第一特征和所述材料两者均包含光致抗蚀剂。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述间隔开的第一特征和所述材料中的任一者均不包含光致抗蚀剂。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述致密化和所述移动仅针对一者。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其中所述致密化和所述移动是针对所述间隔开的第一特征。

7. 根据权利要求 5 所述的方法,其中所述致密化和所述移动是针对所述材料。

8. 根据权利要求 5 所述的方法,其中所述另一者扩展以减小其密度并朝向所述一者移动。

9. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述致密化和所述移动是针对所述一者和所述另一者两者。

10. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述致密化包含加热。

11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中所述致密化是在不存在蚀刻的情况下进行。

12. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述致密化包含光化辐照。

13. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在剖面中所述材料沿立面向外密封所述空隙空间。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其包含移除所述材料中的一些材料以在所述空隙空间初始形成之后沿立面向外敞开所述空隙空间并形成分离的间隔开的第二特征,所述间隔开的第二特征与所述间隔开的第一特征间隔开且交替。

15. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述空隙空间在剖面中是沿立面向外敞开的。

16. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在所述致密化期间将所述材料接纳于所述间隔开的第一特征的沿立面最外的表面上方。

17. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在所述致密化期间没有所述材料被接纳于所述间隔开的第一特征的沿立面最外的表面上方。

18. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在所述致密化期间不将材料接纳于所述间隔开的第一特征的沿立面最外的表面上方。

19. 根据权利要求 1 所述的方法,其包含在所述致密化之后经由包含所述间隔开的第一特征和所述材料的掩模图案处理所述衬底。

20. 根据权利要求 1 所述的方法,其包含:

在所述致密化之后,在所述材料的横向侧壁上方和所述第一特征的所述相对横向侧壁上方形成间隔开的间隔件;

相对于所述间隔开的间隔件从所述衬底选择性地移除所述材料和所述第一特征;和  
在所述移除之后,经由包含所述间隔开的间隔件的掩模图案处理所述衬底。

21. 一种在衬底上形成图案的方法,其包含:

在衬底上方形成间隔开的第一特征,所述间隔开的第一特征包含相对横向侧壁和顶壁;

将材料形成到所述间隔开的第一特征的所述相对横向侧壁和所述顶壁上,所述材料的经接纳抵靠在所述相对横向侧壁中的每一者和所述顶壁上的部分的组成不同于所述相对横向侧壁中的每一者和所述顶壁的组成;和

处理所述衬底以在至少一个剖面中在所述间隔开的第一特征中的每一者周围形成倒置大体 U 形空隙空间。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,其包含移除所述倒置大体 U 形空隙空间的基底以形成分离的间隔开的第二特征,所述间隔开的第二特征与所述间隔开的第一特征间隔开且交替。

23. 根据权利要求 22 所述的方法,其包含横向修整所述分离的间隔开的第二特征以减小其相应宽度。

24. 根据权利要求 22 所述的方法,其包含在所述移除之后横向修整所述间隔开的第一特征以减小其相应宽度。

25. 一种在衬底上形成图案的方法,其包含:

在衬底上方形成间隔开的第一特征,所述间隔开的第一特征包含大体彼此平行的相对横向侧壁;

将材料形成到所述间隔开的第一特征的所述相对横向侧壁上,所述材料的经接纳抵靠在所述相对横向侧壁中的每一者上的部分的组成不同于所述相对横向侧壁中的每一者的组成;和

在所述衬底上方形成间隔开的第二特征,所述间隔开的第二特征包含所述材料且与所述间隔开的第一特征间隔开并接纳于所述间隔开的第一特征之间,所述间隔开的第二特征的所述形成包含使所述材料的所述部分和所述间隔开的第一特征中的至少一者致密化以使所述至少一者横向移动远离所述至少一者的另一者,以在所述相对横向侧壁中的每一者与所述材料的所述部分之间形成空隙空间。

26. 根据权利要求 25 所述的方法,其中所述间隔开的第一特征是同质特征。

27. 根据权利要求 25 所述的方法,其包含在所述间隔开的第一特征的沿立面最外的表面上方形成所述材料。

28. 根据权利要求 27 所述的方法,其中在所述致密化期间将所述材料接纳于所述间隔开的第一特征的沿立面最外的表面上方。

29. 根据权利要求 27 所述的方法,其包含在所述致密化之前移除所述材料而使其不接纳于所述间隔开的第一特征的沿立面最外的表面上方。

30. 根据权利要求 27 所述的方法,其包含在形成所述间隔开的第二特征之后横向修整

所述间隔开的第一特征以减小其相应宽度。

31. 根据权利要求 27 所述的方法,其包含在完成所述致密化之后横向修整所述间隔开的第二特征以减小其相应宽度。

32. 根据权利要求 27 所述的方法,其包含:

在形成所述间隔开的第二特征之后,横向修整所述间隔开的第一特征以减小其相应宽度;和

在完成所述致密化之后,横向修整所述间隔开的第二特征以减小其相应宽度。

33. 根据权利要求 32 所述的方法,其包含在横向修整所述间隔开的第一特征之后横向修整所述间隔开的第二特征。

34. 根据权利要求 32 所述的方法,其包含在横向修整所述间隔开的第一特征之前横向修整所述间隔开的第二特征。

35. 根据权利要求 32 所述的方法,其包含同时横向修整所述间隔开的第一特征和第二特征。

## 在衬底上形成图案的方法

### 技术领域

[0001] 本文中所揭示的实施例涉及在衬底上形成图案的方法。

### 背景技术

[0002] 集成电路通常形成于诸如硅晶片或其它半导体材料等半导体衬底上。通常,利用为半导体、导电或绝缘的各种材料层来形成集成电路。例如,使用各种工艺对所述各种材料进行掺杂、离子植入、沉积、蚀刻、生长等。半导体处理的持续目标是继续努力减小个别电子组件的大小,由此达成较小且较密集的集成电路。

[0003] 一种用于图案化及处理半导体衬底的技术是光学光刻。此技术包括沉积通常称作光致抗蚀剂的可图案化掩蔽层。所述材料可经处理以改良其在某些溶剂中的可溶性,且由此可容易地用于在衬底上形成图案。例如,可经由诸如掩模或光罩 (reticle) 等辐射图案化工具中的开口使光致抗蚀剂层的部分暴露至光化能,以与沉积后状态的可溶性相比改变所暴露区域对未暴露区域的溶剂可溶性。此后,视光致抗蚀剂类型而定,可移除所暴露区域或未暴露区域,由此在衬底上留下所述光致抗蚀剂的掩蔽图案。可(例如)通过蚀刻或离子植入来处理下伏衬底中紧邻被掩蔽部分的毗邻区,以实现毗邻所述掩蔽材料的衬底的所期望处理。在某些情况下,利用多个不同光致抗蚀剂层及/或光致抗蚀剂与非辐射敏感掩蔽材料的组合。另外,可在不使用光致抗蚀剂的情况下在衬底上形成图案。

[0004] 不断减小特征大小对用于形成所述特征的技术提出越来越高的要求。例如,通常使用光学光刻来形成图案化特征,例如导线。可使用通常称作“间距”的概念来描述重复特征连同紧邻其的空间的大小。间距可定义为在直线剖面中重复图案的两个相邻特征中的相同点之间的距离,由此包括特征及空间至下一紧邻特征的最大宽度。然而,由于诸如光学及光或辐射波长等因素,光学光刻技术往往具有最小间距,低于此最小间距,特定光学光刻技术便无法可靠地形成特征。因此,光学光刻技术的最小间距是使用光学光刻达成特征大小不断减小的障碍。

[0005] 间距加倍或间距倍增是一种用于使光学光刻技术的能力延伸超出其最小间距的建议方法。此方法通常通过沉积一个或一个以上间隔件形成层来形成窄于最小光学光刻分辨率的特征以具有小于最小可光学光刻特征大小的总体横向厚度。通常各向异性地蚀刻所述间隔件形成层以形成亚光刻特征,且然后从衬底蚀刻形成为最小光学光刻特征大小的所述特征。

[0006] 使用间距实际上减半的此技术,此间距减小通常称作间距“加倍”。更通常地,“间距倍增”囊括将间距增加两倍或两倍以上,而且还囊括将间距增加不为整数的分数值。因此,传统上,将间距“倍增”某一因数实际上涉及使间距减小所述因数。

### 发明内容

[0007] 本发明的一个实施例提供了一种在衬底上形成图案的方法,其包含:在衬底上方形成间隔开的第一特征,所述间隔开的第一特征包含相对横向侧壁;将材料形成到所述间

隔开的所述第一特征的所述相对横向侧壁上,所述材料的经接纳抵靠在所述相对横向侧壁中的每一者上的部分的组成不同于所述相对横向侧壁中的每一者的组成;和使所述材料的所述部分和所述间隔开的第一特征中的至少一者致密化以使所述至少一者横向移动远离所述至少一者的另一者,以在所述相对横向侧壁中的每一者与所述材料的所述部分之间形成空隙空间。

[0008] 本发明的一个实施例提供了一种在衬底上形成图案的方法,其包含:在衬底上方形成间隔开的第一特征,所述间隔开的第一特征包含相对横向侧壁和顶壁;将材料形成到所述间隔开的第一特征的所述相对横向侧壁和所述顶壁上,所述材料的经接纳抵靠在所述相对横向侧壁中的每一者和所述顶壁上的部分的组成不同于所述相对横向侧壁中的每一者和所述顶壁的组成;和处理所述衬底以在至少一个剖面中在所述间隔开的第一特征中的每一者周围形成倒置大体 U 形空隙空间。

[0009] 本发明的一个实施例提供了一种在衬底上形成图案的方法,其包含:在衬底上方形成间隔开的第一特征,所述间隔开的第一特征包含大体彼此平行的相对横向侧壁;将材料形成到所述间隔开的第一特征的所述相对横向侧壁上,所述材料的经接纳抵靠在所述相对横向侧壁中的每一者上的部分的组成不同于所述相对横向侧壁中的每一者的组成;和在所述衬底上方形成间隔开的第二特征,所述间隔开的第二特征包含所述材料且与所述间隔开的第一特征间隔开并接纳于所述间隔开的第一特征之间,所述间隔开的第二特征的所述形成包含使所述材料的所述部分和所述间隔开的第一特征中的至少一者致密化以使所述至少一者横向移动远离所述至少一者的另一者,以在所述相对横向侧壁中的每一者与所述材料的所述部分之间形成空隙空间。

## 附图说明

- [0010] 图 1 是本发明一实施例的工艺中的衬底的示意性剖视图。
- [0011] 图 2 是继图 1 所显示步骤之后的处理步骤处的图 1 衬底的视图。
- [0012] 图 3 是继图 2 所显示步骤之后的处理步骤处的图 2 衬底的视图。
- [0013] 图 4 是图 3 衬底的一部分的放大视图。
- [0014] 图 5 是一替代实施例衬底的视图,且对应于图 4 衬底的比例及位置。
- [0015] 图 6 是一替代实施例衬底的视图,且对应于图 4 衬底的比例及位置。
- [0016] 图 7 是一替代实施例衬底的视图,且对应于图 4 衬底的比例及位置。
- [0017] 图 8 是继图 3 所显示步骤之后的处理步骤处的图 3 衬底的视图。
- [0018] 图 9 是一替代实施例衬底的视图。
- [0019] 图 10 是继图 8 所显示步骤之后的处理步骤处的图 8 衬底的视图。
- [0020] 图 11 是继图 10 所显示步骤之后的处理步骤处的图 10 衬底的视图。
- [0021] 图 12 是一替代实施例衬底的视图。
- [0022] 图 13 是继图 12 所显示步骤之后的处理步骤处的图 12 衬底的视图。
- [0023] 图 14 是继图 13 所显示步骤之后的处理步骤处的图 13 衬底的视图。
- [0024] 图 15 是继图 14 所显示步骤之后的处理步骤处的图 14 衬底的视图。
- [0025] 图 16 是一替代实施例衬底的视图。
- [0026] 图 17 是继图 16 所显示步骤之后的处理步骤处的图 16 衬底的视图。

- [0027] 图 18 是继图 17 所显示步骤之后的处理步骤处的图 17 衬底的视图。
- [0028] 图 19 是继图 18 所显示步骤之后的处理步骤处的图 18 衬底的视图。
- [0029] 图 20 是继图 19 所显示步骤之后的处理步骤处的图 19 衬底的视图。
- [0030] 图 21 是继图 20 所显示步骤之后的处理步骤处的图 20 衬底的视图。
- [0031] 图 22 是继图 21 所显示步骤之后的处理步骤处的图 21 衬底的视图。
- [0032] 图 23 是继图 22 所显示步骤之后的处理步骤处的图 22 衬底的视图。
- [0033] 图 24 是继图 23 所显示步骤之后的处理步骤处的图 23 衬底的视图。

### 具体实施方式

[0034] 参照图 1 至 24 描述本发明一些实施例的在衬底上形成图案的实例性方法。参照图 1, 通常使用参考编号 10 指示衬底片段。此可包含半导体衬底或其它衬底。在本文件的上下文中, 术语“半导体衬底”或“导电衬底”定义为意指包含导电材料的任一构造, 所述导电材料包括但不限于诸如半导体晶片等体导电材料(单独或在上面包含其它材料的组合件中)及导电材料层(单独或在包含其它材料的组合件中)。术语“衬底”是指任一支撑结构, 其包括但不限于上述导电衬底。

[0035] 衬底片段 10 包含衬底材料 12, 例如, 其可以是同质或非同质材料且包括导电、半导体及绝缘材料中的任一者。例如, 此可用于制造集成电路。间隔开的第一特征 14 已形成于衬底 12 上方, 且也可以是同质或非同质特征。间隔开的第一特征 14 可部分地或完全地为牺牲特征, 且因此可包含或不包含其中制造有电路的成品电路构造的一部分。可通过任一现有或尚待开发技术来制造间隔开的第一特征 14。实例包括光刻, 例如光学光刻。可将间隔开的第一特征 14 图案化为制造衬底 10 的最小光学光刻分辨率、大于所述最小光学光刻分辨率或小于所述最小光学光刻分辨率。间隔开的第一特征 14 显示为具有相同的形状及相对于另一者的间隔且剖面为大体矩形。可使用所述特征形状当中的其它形状、不同形状及两个或两个以上不同间隔。间隔开的第一特征 14 中的个别特征可视为包含相对横向侧壁 16 及沿立面最外的顶壁或表面 18。在一个实施例中, 侧壁 16 大体彼此平行。在一个实施例中, 侧壁 16 大体彼此平行且相对于衬底 12 大体垂直延伸。

[0036] 参照图 2, 已将材料 20 形成到间隔开的第一特征 14 的相对横向侧壁 16 上及间隔开的第一特征 14 的沿立面最外的表面 / 顶壁 18 上方。材料 20 可以是同质材料或可以不是同质材料, 而无论可否形成其中制造有集成电路的成品集成电路构造的一部分。无论如何, 材料 20 的经接纳抵靠在相对横向侧壁 16 中的每一者上的所述部分的组成不同于相对横向侧壁 16 中的每一者的组成。另外, 在材料 20 被接纳于最高处表面 / 顶壁 18 上方且抵靠其的情况下, 材料 20 的经接纳抵靠在表面 / 壁 18 上的所述部分的组成可不同于表面 / 壁 18 的组成。出于继续论述的目的, 材料 20 及间隔开的第一特征 14 可视为在相应界面 22 处彼此接触。在所述界面 22 处接触的材料 20 的所述部分及间隔开的第一特征 14 的实例性组成在下文中更详细地予以描述。

[0037] 参照图 3 及 4, 使材料 20 的经接纳抵靠在横向侧壁 16 上的部分及间隔开的第一特征 14 中的至少一者致密化, 以使材料 20 的所述部分或间隔开的第一特征 14 中的至少一者移动远离另一者以在相对横向侧壁 16 中的每一者与材料 20 的先前经接纳抵靠在其上的部分之间形成空隙空间 25。图 3 及 4 绘示其中已致密化材料 20 及间隔开的第一特征 14 二者

以使得每一者的材料均横向移动远离界面 22 的实例性实施例。图 3 还绘示使材料 20 的抵靠在顶壁 18 上的部分或间隔开的特征 14 中的至少一者致密化以使得空隙空间 25 延伸跨越每一间隔开的第一特征 14 的顶壁 18 且在其上方延伸。在一个实施例中,例如,如图 3 中所示,衬底 10 已经处理以在实例性绘示的剖面中将空隙空间 25 形成为倒置大体 U 形(具有基底 27),且接纳于间隔开的第一特征 14 中的每一者周围。致密化后材料 20 的组成及 / 或间隔开的第一特征 14 的材料的组成可与任一者在致密化前的所述组成相同或不同。无论如何,视各种材料的组成而定,所形成的空隙空间可仅接纳于一个横向侧壁 16 或两个横向侧壁 16 与材料 20 的先前经接纳抵靠在其上的部分之间而并不形成于特征 14 的顶部上。

[0038] 无论如何,图 3 绘示在衬底 12 上方形成的实例性图案 28。图案 28 可视为包含互连的间隔开的第二特征 30(其包含材料 20),其中间隔开的第二特征 30 与间隔开的第一特征 14 间隔开且接纳于间隔开的第一特征 14 之间。

[0039] 图 5 及 6 绘示替代实例性实施例衬底片段 10a 及 10b。在适当处使用来自第一所述实施例的相同编号,其中某些构造差别分别以后缀“a”及“b”指示。图 5 绘示其中仅材料 20 的先前接纳在界面 22 处的所述部分已横向移动远离间隔开的第一特征材料 14a 的另一者以形成空隙空间 25a 的实例。图 6 绘示其中仅先前接纳在界面 22 处的间隔开的第一特征材料 14 已横向移动远离界面 22 的实例。因此,致密化及移动以形成空隙空间 25a 或 25b 的动作是由仅一种材料相对于另一者的致密化及移动而产生,此与图 3 及 4 的实施例中所示的两者相反。

[0040] 图 7 绘示另一实例性实施例衬底片段 10c。在适当处使用来自上述实施例的相同编号,其中某些构造差别以后缀“c”指示。在图 7 中,间隔开的第一特征材料 14c 实际上已扩展(由此减小其密度),且朝向材料 20 的先前接纳在界面 22 处的部分移动。材料 20 的致密化已大于特征 14c 的材料的扩展以便形成空隙空间 25c。此当然可以颠倒,例如,其中致使材料 20 扩展且致使材料 14 以大于材料 20 扩展的速率致密化(未显示)以形成空隙空间。

[0041] 所属领域的技术人员可选择材料 20 及间隔开的第一特征 14 的不同组成以使一种材料或两种材料能够相对于另一者致密化以便形成空隙空间。另外,视所选材料而定,可以不同方式来达成致密化。例如,间隔开的第一特征 14 及材料 20 中的一者或两者可包含不同组成光致抗蚀剂。可(例如)通过对图 2 的实例性衬底进行光化辐照而发生一者或两者相对于另一者致密化以形成空隙空间,及 / 或可通过加热图 2 的衬底而发生致密化。理想地,致密化是在不存在对衬底 10 的材料的任一蚀刻下发生以便仅通过致密化发生空隙形成。

[0042] 作为额外实例,某些浇注聚合物可收缩且由此通过可自其驱走溶剂的退火来加以致密化。例如,第一特征 14 可包含任一适合光致抗蚀剂,其中其上方所形成的材料 20 包含聚甲基丙烯酸甲酯。例如,将图 2 中由聚甲基丙烯酸甲酯 20 及光致抗蚀剂 14 构成的衬底在至少 50°C 的温度下(理想地为从 100°C 至 130°C)加热达约 60 秒至 90 秒将导致对任一者的致密化以及空隙空间 25 的相称形成。另外,作为实例,如果第一特征 14 是抗蚀剂或任一聚合物,则在其上方形成材料 20 之前可或可不对其进行处理以致所述处理使得第一特征 14 不溶于从其溶剂(旋转)浇注出材料 20(如果材料 20 是来自溶剂浇注)的溶剂中。实例性处理包括用于双重图案化中的习用抗蚀剂“冷冻”技术,例如热交联、光交联、热生成酸随后光诱导酸催化聚合或在第一特征 14 上方形成保护囊封层,例如,通过(例如)氧化



物原子层沉积来形成不溶性化学涂层或形成不溶性薄涂层。

[0043] 也可通过使某些材料反应来发生致密化与相称体积变化,例如,通过材料的热裂解或酸水解,例如将聚丙烯酸叔丁基酯转化成聚丙烯酸。在反应时发生致密化及体积变化的其它实例性材料包括热可固化的环氧树脂,例如乙烯基酯、不饱和聚酯及其掺合物。所述材料可(例如)使用 100°C 或低于 100°C 的适合高温加以固化。其它环氧树脂及其掺合物可在(例如)从 120°C 至 500°C 的更高温度下加以固化。在所述材料用于所有或某些材料 20 的情况下,第一特征 14 可不包含光致抗蚀剂或不能够在所述温度下经受处理而不熔化的其它材料。因此,在所述情况下,间隔开的第一特征 14 可由任一适合的现有或尚待开发的硬掩模材料制造而成,所述硬掩模材料本身先前已利用光学光刻及/或以其它方式进行图案化。

[0044] 也可通过光化辐照来发生致密化及相称体积变化,例如通过在存在光激活自由基或阳离子起始剂的情况下使丙烯酸酯或环氧单体或预聚物光聚合。例如,使用可见光将氨基甲酸酯二甲基丙烯酸酯光聚合以赋予致密化及 5.3% 的体积收缩。类似地,单体或预聚物本身可以是光敏性的且可不存在单独起始剂物质。实例包括完全酰亚胺化、可溶、自身具有光敏性的聚酰亚胺。无论如何,所述实例性光致抗蚀剂可以是正性光致抗蚀剂或负性光致抗蚀剂。

[0045] 作为其它实例,因为将光化学过程的副产物脱气,所以可致使某些正性光致抗蚀剂收缩,所述光化学过程包括从抗蚀剂分子移除保护基团。实例是叔丁氧基羰基、乙缩醛或丙烯酸叔丁基酯基团(包括其共聚物,例如,包含羟基苯乙烯单体)的去保护。光裂解或酸裂解的保护基团在暴露及/或暴露后烘烤期间可从抗蚀剂膜脱气。通过脱气使正性光致抗蚀剂致密化的额外实例包括在光酸生成过程中于化学增幅抗蚀剂中形成副产物。实例包括其中光酸产生剂分子是鎓盐(例如全氟磺酸鎓)、及其中在光解期间生成的阴离子及反应阳离子的残余物可在暴露及/或暴露后烘烤期间从抗蚀剂膜脱气的情况。

[0046] 在适合处理时能够发生致密化及相称体积变化的其它实例性材料包括热敏聚合物凝胶,例如水凝胶,例如聚(N-异丙基丙烯酰胺)。热敏水凝胶在低于其低临界溶解温度时膨胀且在高于其低临界溶解温度时收缩。对于聚(N-异丙基丙烯酰胺)来说,此情况因随着温度改变而可逆地形成及裂解 NH 或 C=O 基团与周围水分子之间的氢键而发生。某些热敏水凝胶的其它水凝胶触发刺激(除温度外)包括电场、pH 及/或第三体溶质浓度。

[0047] 其它实例性材料包括可热收缩者,例如收缩缠绕材料。可使用在膜浇注期间经由剪切稀化提供的拉伸来沉积所述材料。实例性材料包括线性分子,例如聚氯乙烯或聚烯烃(例如聚乙烯)。其它实例包括分段嵌段共聚物及弹性体-塑胶掺合物,例如,乙烯与乙酸乙烯酯的共聚物,包括其掺合物。可在涂覆后热烘烤期间发生致密化及相称体积变化以形成空隙,其中(例如)向经拉伸的聚合物分子赋予流动性且其收缩至平衡卷曲配置。

[0048] 可经处理赋予致密化且由此赋予体积变化以形成空隙空间的额外实例性材料包括可逆掺杂的共轭聚合物,例如聚吡咯。所述材料在其掺杂及未掺杂期间发生可逆的体积变化。例如,可将导电可逆掺杂共轭聚合物(例如聚吡咯)浸于电解质溶液中。在向聚合物施加适合电压(电场)时,离子在聚合物与电解质之间进行交换。因为在此发生电荷及质量传输,所以聚合物通过致密化而产生多达几个百分比的体积变化。例如,在聚吡咯中,体积变化主要是由于链因掺杂剂插入或提取而发生物理分离所致。如果从聚合物排除离子,

则聚合物发生收缩且密度增加。

[0049] 仅作为实例,可选择各种上述材料及技术来至少用于间隔开的第一特征 14 及材料 20 中在界面 22 处相对于另一者接触的所述部分以形成期望的适合空隙空间 25 / 25a / 25b / 25c。无论如何,为空隙形成提供核心的界面 22 理想地可在收缩过程期间促进去湿润或分离,或至少不涉及一种材料相对于另一者的牢固粘着。在一个实例中,为空隙形成提供核心的界面理想地是化学上特定界面以促进不同组成材料在致密化过程期间的去湿润或分离。例如,相对横向侧壁 16 及 / 或顶壁 18 可在其上沉积材料 20 之前或期间进行处理。表面 16 / 18 的化学剪裁可包括经由氟电浆蚀刻来选择性形成氟碳聚合物。另外,诸多光致抗蚀剂材料的氟化组份的扩散及表面迁移可固有地促进去湿润或分离。此外或另一选择是,可将官能化自组装单体选择性地沉积于间隔开的第一特征 14 的表面上,然后沉积材料 20。理想地,收缩材料与下伏衬底间的界面应使得所述收缩材料与所述下伏衬底间的接触角为约  $90^\circ$ ,此可经由或可不经由对将要致密化的材料实施单独化学官能化来达成。

[0050] 图 3 绘示其中在所绘示剖面中用材料 20 沿立面向外密封初始形成之后的空隙空间 25 的实例。参照图 8,已移除材料 20 中的一些材料以在空隙空间 25 初始形成之后沿立面向外敞开所述空隙空间。此形成图案 32,其中间隔开的第二特征 30 与间隔开的第一特征 14 分离且间隔开并交替。因此,图 8 绘示对图 3 的图案 28 的改良以在衬底 12 上形成图案 32。无论如何,可发生交替处理。

[0051] 例如,图 2 至 4 绘示其中在致密化动作期间将材料 20 沿立面接纳于间隔开的第一特征 14 的最外表面 18 上方以形成空隙空间 25 的实施例。另一选择是,可在致密化期间移除材料 20 而使其不接纳于间隔开的第一特征 14 的沿立面最外的表面上方。例如,图 9 绘示衬底片段 10d。在适当处使用来自第一所述实施例的相同编号,其中某些构造差别以后缀“d”指示。此绘示对由图 2 所绘示者的后续处理,其中已对材料 20 进行化学蚀刻、抛光或以其它方式向内移除以至少到达间隔开的第一特征 14 的沿立面最外的表面 18。此后可对图 9 衬底的致密化进行处理以直接产生图 8 的衬底。因此,在此实例性实施例中,所形成的空隙空间 25 在初始形成之后在剖面是沿立面向外敞开的,例如,此将在致密化期间不将材料接纳于间隔开的第一特征 14 的沿立面最外的表面 18 上方时发生。

[0052] 在衬底 10 上方形成的图案 32 可包含或不包含衬底 10 的成品构造的一部分。另外,无论如何,可随后改良图案 32。例如,可横向修整图 8 的间隔开的第一特征 14 及间隔开的第二特征 30 中的一者或两者以减小其相应宽度。图 10 绘示其中已横向修整间隔开的第二特征 30 及间隔开的第一特征 14 中的每一者的相应宽度(例如,通过适合的湿式及 / 或干式化学蚀刻)以减小其相应宽度的实例性实施例图案 34。视图 8 中间隔开的第一特征 14 及间隔开的第二特征 30 的组成而定,可使用单一化学物质同时发生图 10 的横向修整。另一选择是或此外,可使用不同蚀刻化学物质在不同时间发生间隔开的第一特征 14 及间隔开的第二特征 30 的横向修整,其中所述横向修整动作是相对于任一者在另一者之前发生。另外,可仅修整所述间隔开的特征中的一者或二者均不修整。另外,图 1 的间隔开的第一特征 14 可在形成之后且在其上方沉积材料 20 之前进行横向修整。

[0053] 本发明实施例还可包含经由包含间隔开的第一特征及形成间隔开的第二特征的材料掩模图案来处理衬底。图 11 绘示一个此种实例,其中已通过经由由图案 34 构成的掩模图案进行蚀刻以蚀刻至材料 12 中来处理衬底 10。此外或另一选择是,可实施任一替代

现有或尚待开发的处理,例如,掺杂、离子植入、选择性沉积等。

[0054] 接下来针对图 12 至 15 中的衬底 10e 来描述替代或额外处理。在适当处使用来自第一所述实施例的相同编号,其中某些构造差别以后缀“e”或不同编号指示。参照图 12,已形成包含间隔开的第一特征 14e 及间隔开的第二特征 30e 的图案 34e。可根据针对间隔开的第一特征 14 及间隔开的第二特征 30 的任一上述技术来制造此图案。

[0055] 参照图 13,已在特征 14e 及 30e 上方沉积间隔件形成层 40。其可包含可选择性地蚀刻出特征 14e 及特征 30e 的材料。在本文件的上下文中,选择性蚀刻需要将一种材料相对于另一者以至少 2 : 1 的比率移除。已将间隔件形成层 40 沉积至不足以填充紧邻间隔件 14e 与 30e 之间的空间的厚度。

[0056] 参照图 14,已各向异性地蚀刻间隔件形成层 40 以在第一特征 14e 及第二特征 30e 的材料的横向侧壁上方形成间隔开的间隔件 42。

[0057] 参照图 15,已视材料 14e、30e 及 42 的组成而使用(例如)任一适合蚀刻化学物质相对于间隔开的间隔件 42 从衬底选择性地移除间隔开的第一特征 14e(未显示)及间隔开的第二特征 30e(未显示)。由此,已在衬底 12 上形成图案 44。此图案可或可不在随后经由其处理衬底 12 中用作掩模图案。

[0058] 参照图 16 至 24 中的衬底 10f 描述另一实例性实施例。在适当处使用来自第一所述实施例的相同编号,其中某些构造差别以后缀“f”或不同编号指示。图 16 绘示间隔开的掩模特征 50 的形成,例如,所述间隔开的掩模特征包含光致抗蚀剂、基本上由其组成或由其组成。已在衬底 12 上方以间距“P”的重复图案制造掩模特征 50。掩模特征 50 可包含除光致抗蚀剂以外的材料。无论如何,间距 P 可等于、大于或小于制造衬底 10f 的最小光学光刻分辨率。

[0059] 参照图 17,已横向修整掩模特征 50 以减小其相应宽度。

[0060] 参照图 18,已在衬底 12 上方(包括在间隔开的特征 50 上方)沉积间隔件形成层 52。

[0061] 参照图 19,已各向异性地蚀刻间隔件形成层 52 以在间隔开的特征 50 的侧壁周围形成间隔开的第一特征 14f。

[0062] 参照图 20,已相对于间隔开的第一特征 14f 从衬底选择性地移除间隔开的特征 50(未显示)。

[0063] 参照图 21,已形成材料 20f。间隔开的第一特征 14f 的材料 52 及材料 20f 的组成对应于如上所述的材料 14 及 20 的组成。

[0064] 参照图 22,已使材料 20f 的毗邻材料 52 的部分及间隔开的第一特征 14f 中的至少一者致密化以横向移动远离其界面。此形成空隙空间 25f,其至少接纳于间隔开的第一特征 14f 的相对横向侧壁中的每一者与材料 20f 之间,且形成图案 28f。

[0065] 参照图 23,已移除材料 20f 的最外部分以向外敞开空隙空间 25f。此形成分离的间隔件 30f 及图案 32f。

[0066] 参照图 24,已横向修整材料 20f 以减小其相应宽度。间隔开的第一特征 14f 显示为尚未进行横向修整。无论如何,绘示在衬底 12 上方形成图案 60。图案 60 绘示为具有为图 16 中间隔开的掩模特征 50 的间距“P”的  $1/4$ (4 的整数倍)的间距。

[0067] 上述实施例中的任一实施例中的任一程度的间距减小(包括非整数的分数减小)

(如果发生)当然将在很大程度上取决于任一横向修整的程度,所述任一横向修整可针对相应间隔开的特征与沉积层厚度的组合发生以产生特征及位于各特征之间的空间。

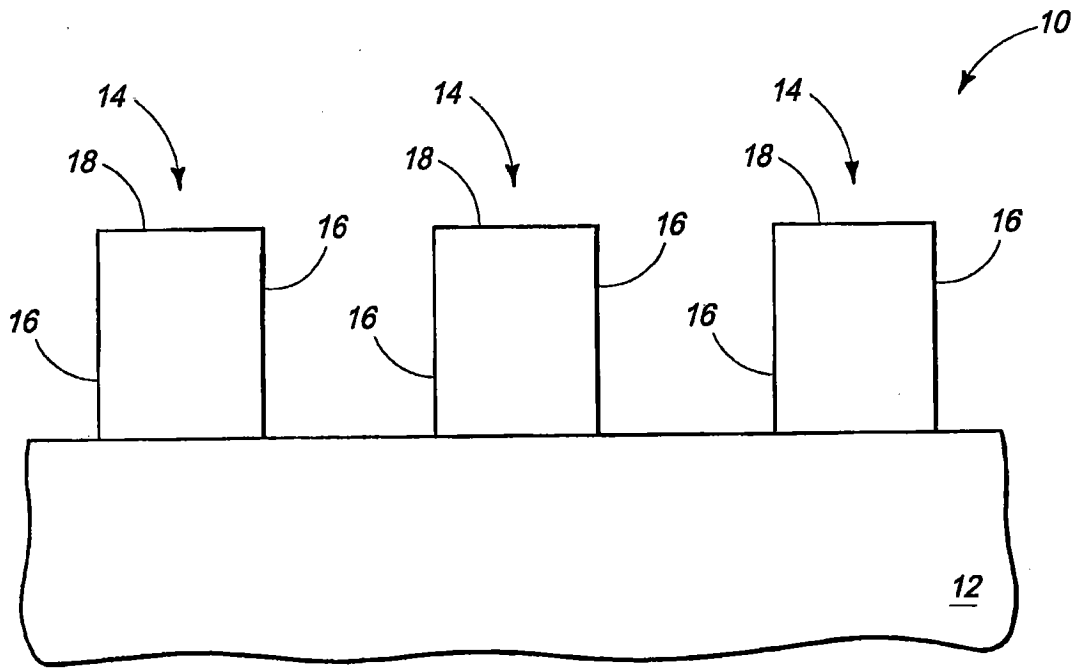


图 1

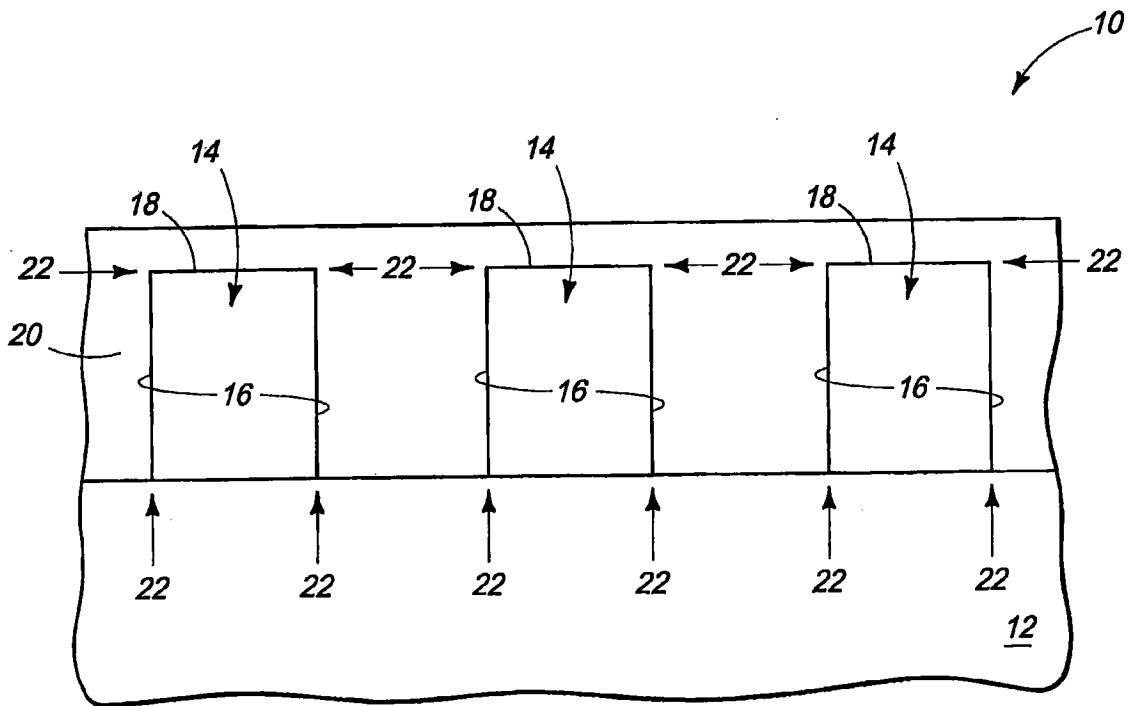


图 2

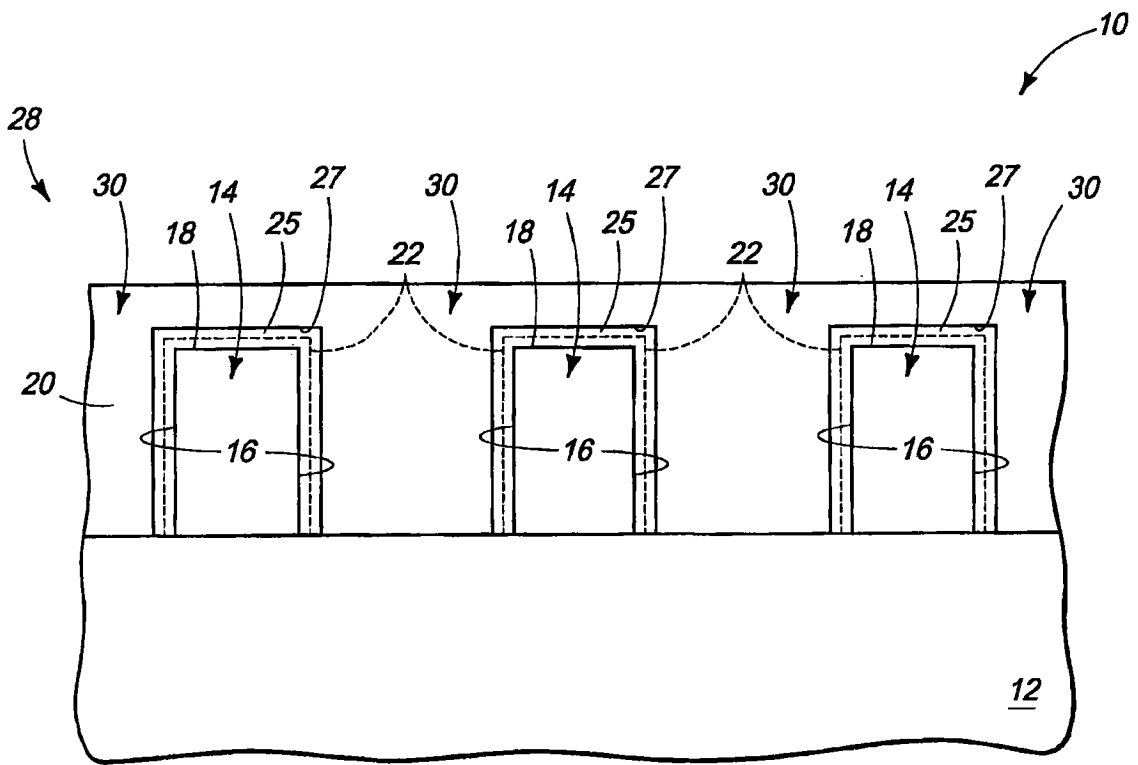


图 3

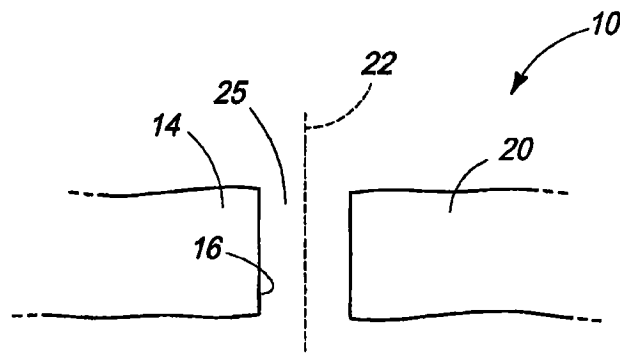


图 4

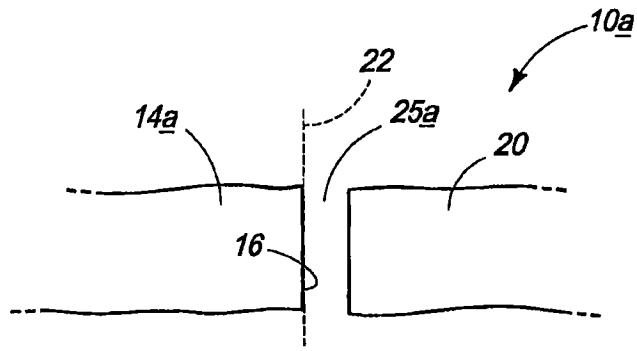


图 5

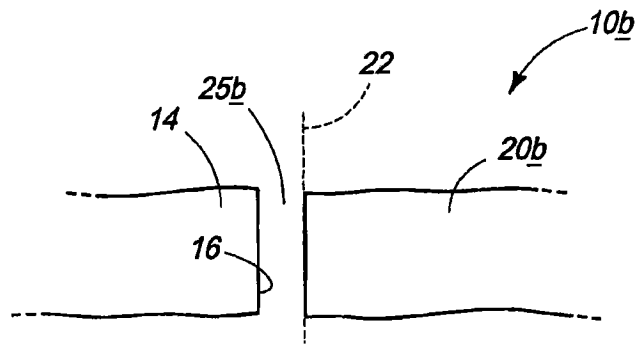


图 6

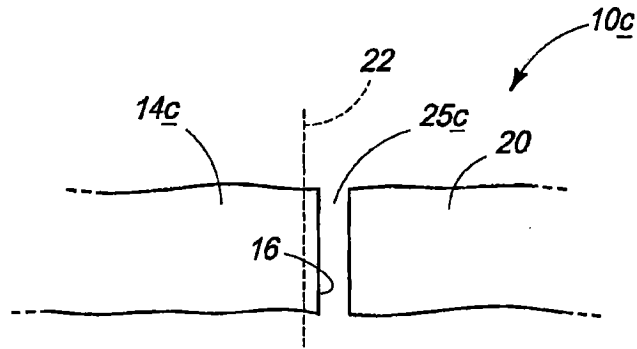


图 7

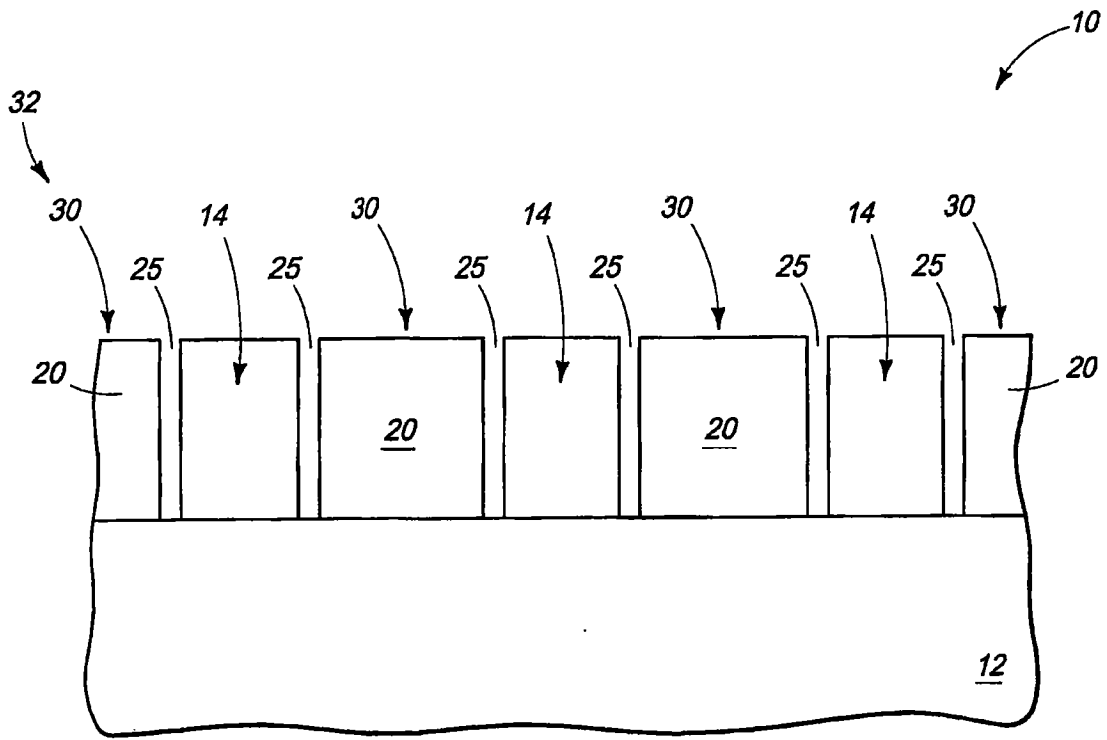


图 8

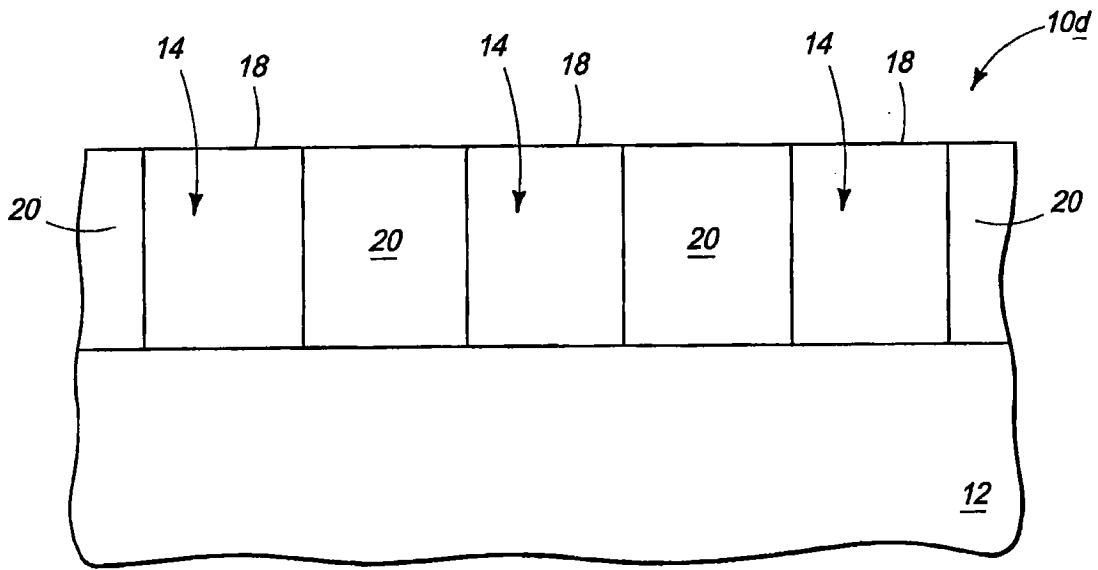


图 9



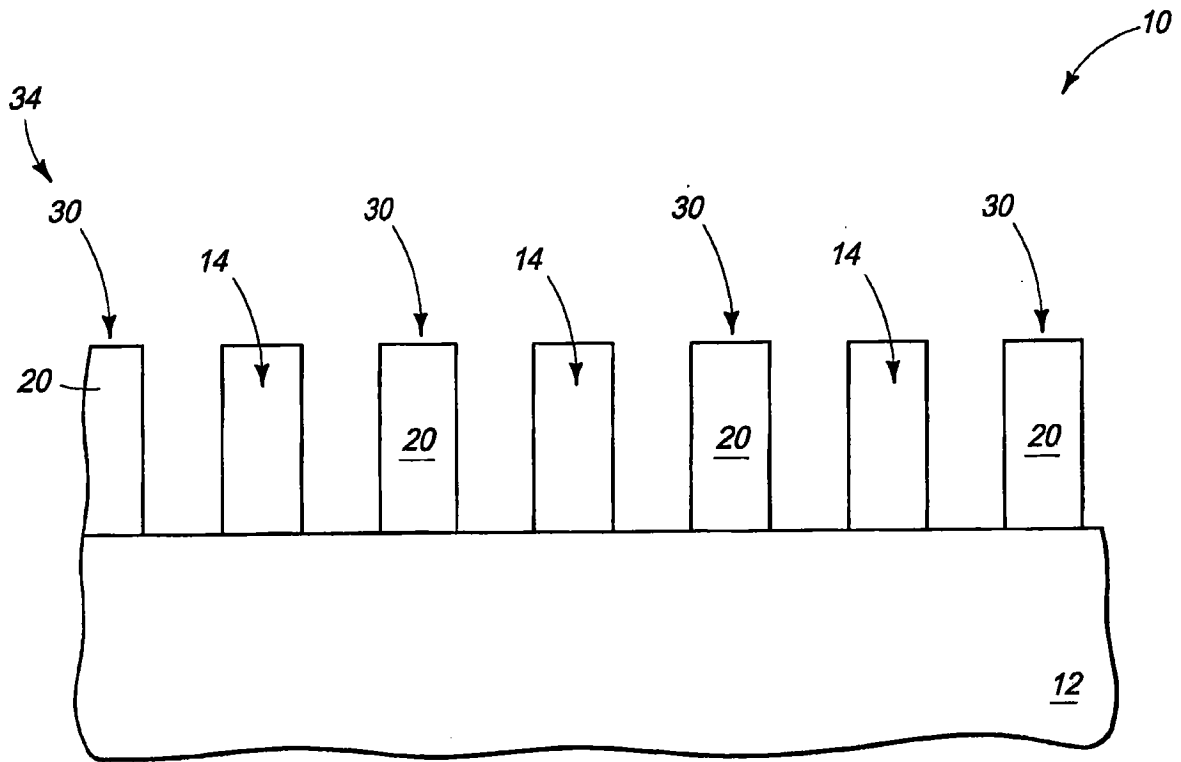


图 10

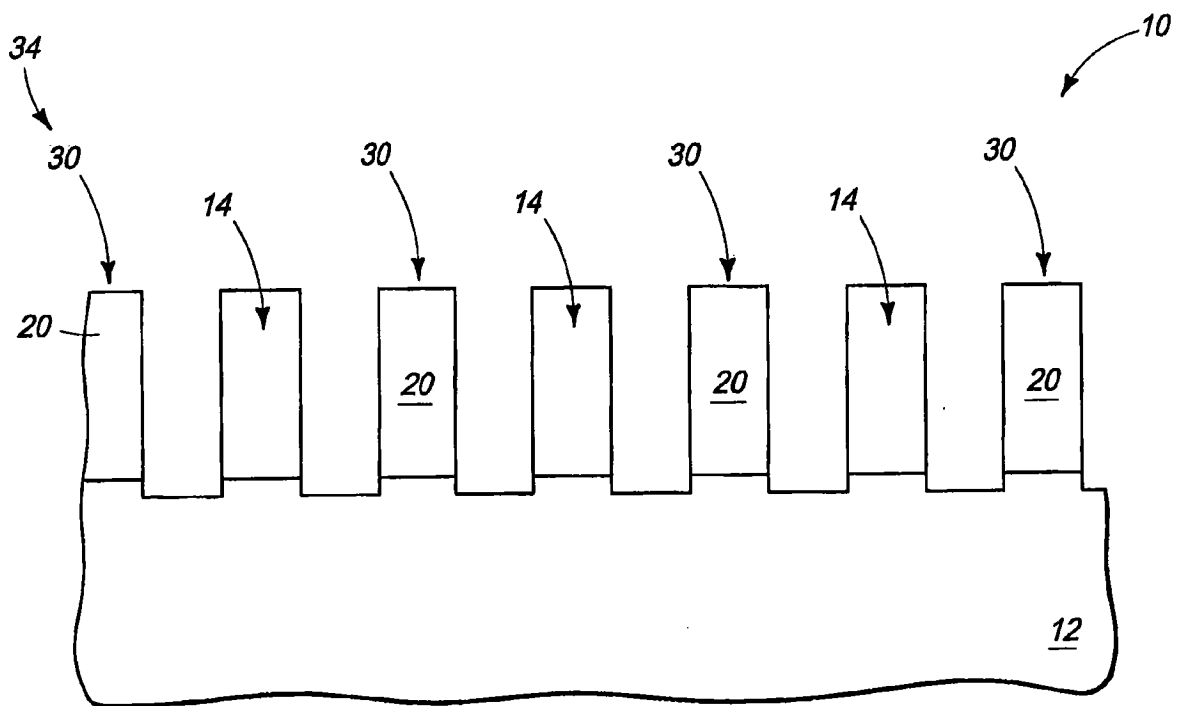


图 11

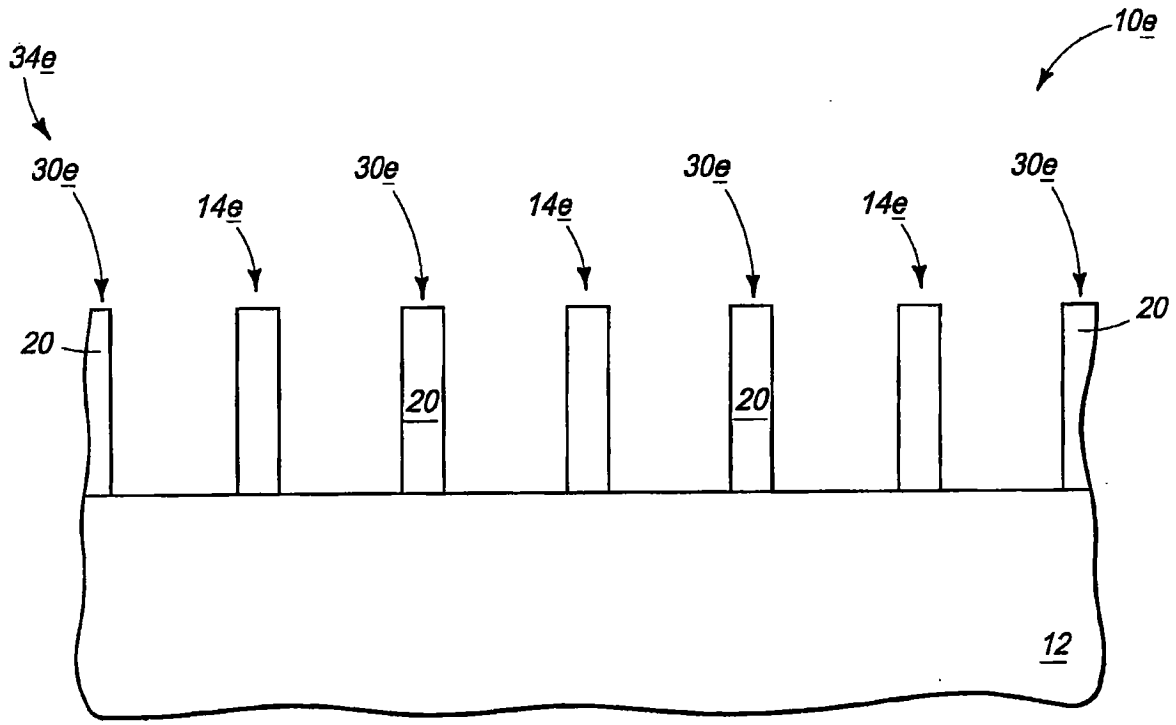


图 12

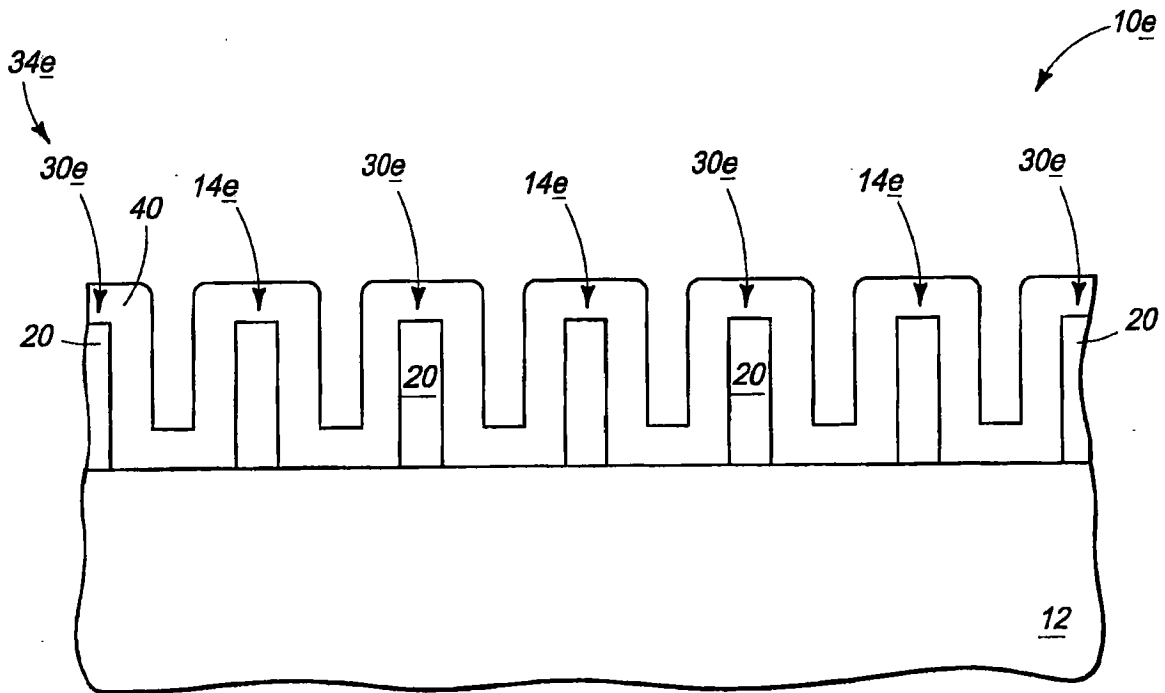


图 13

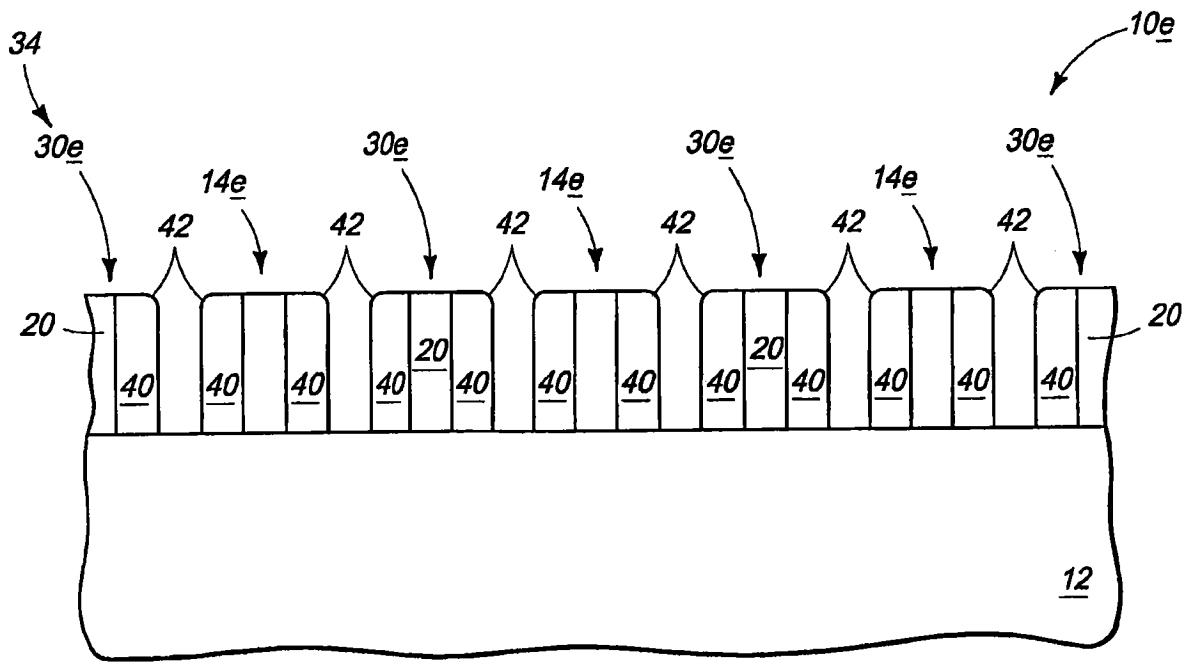


图 14

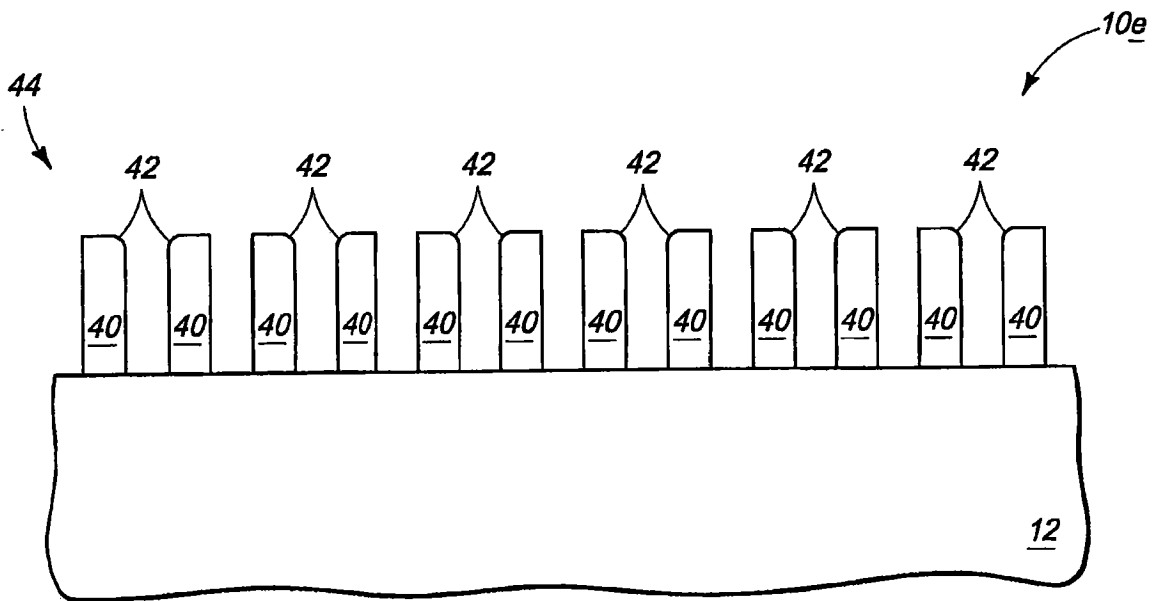


图 15

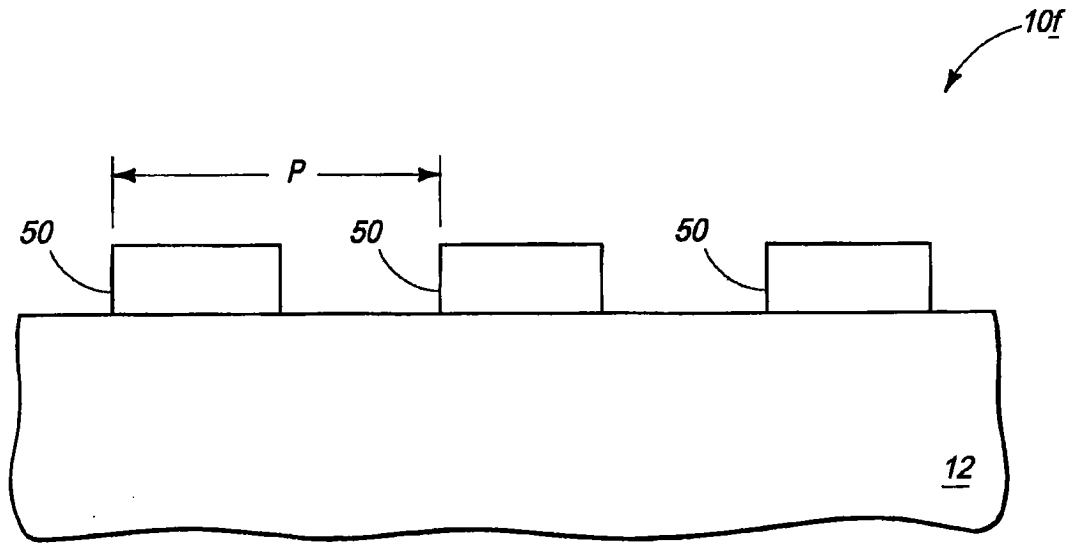


图 16

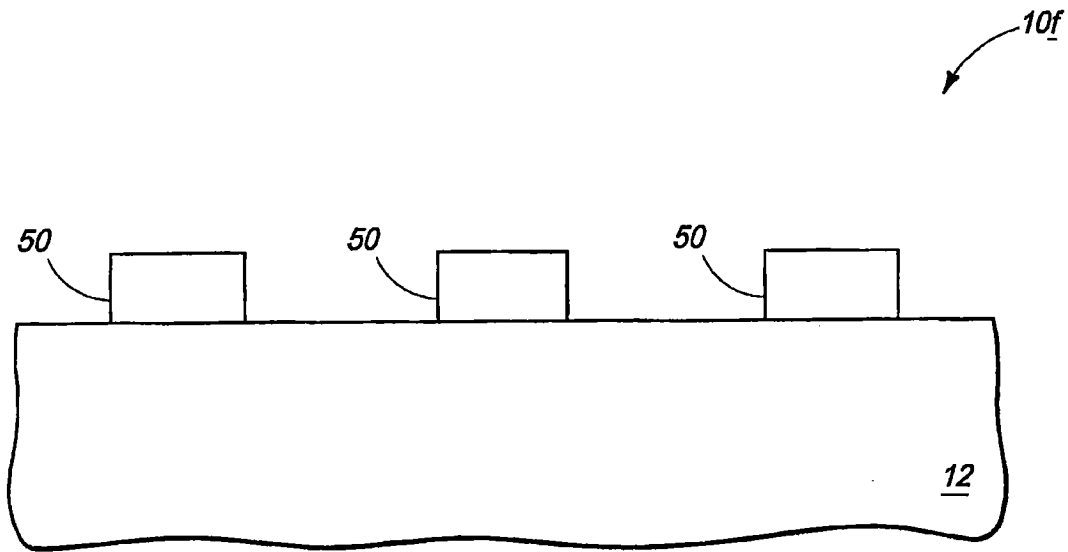


图 17

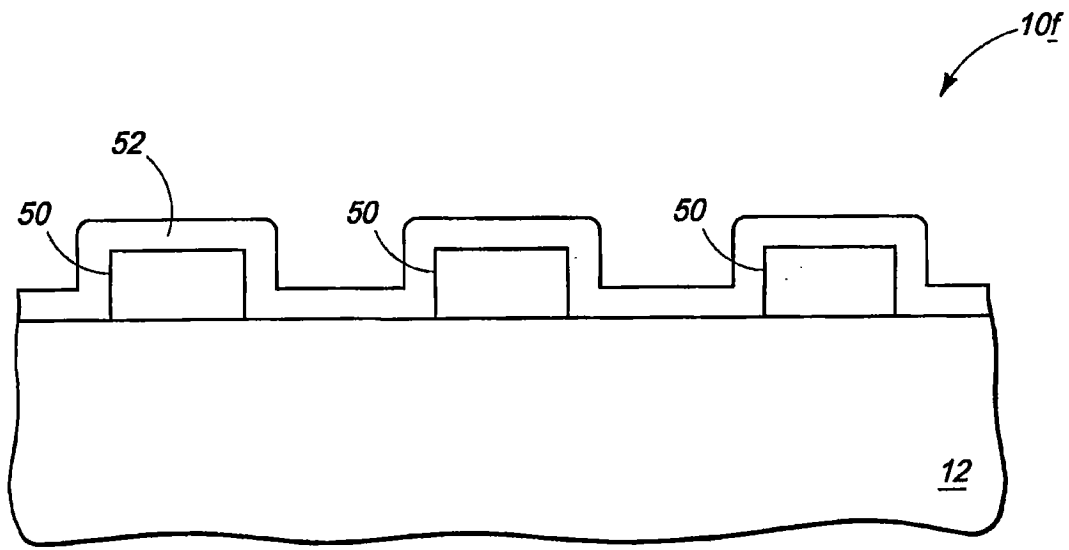


图 18

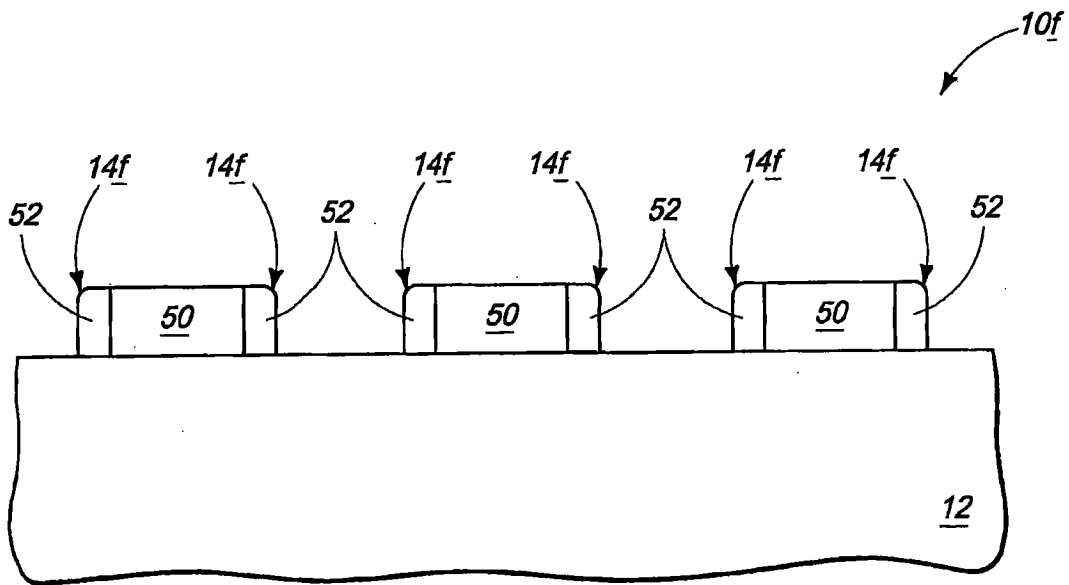


图 19

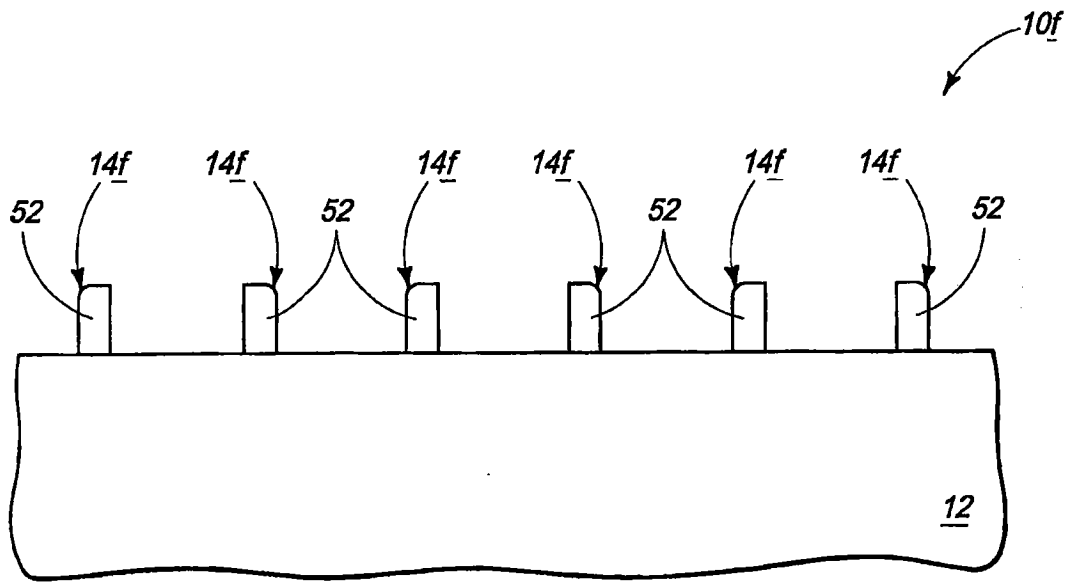


图 20

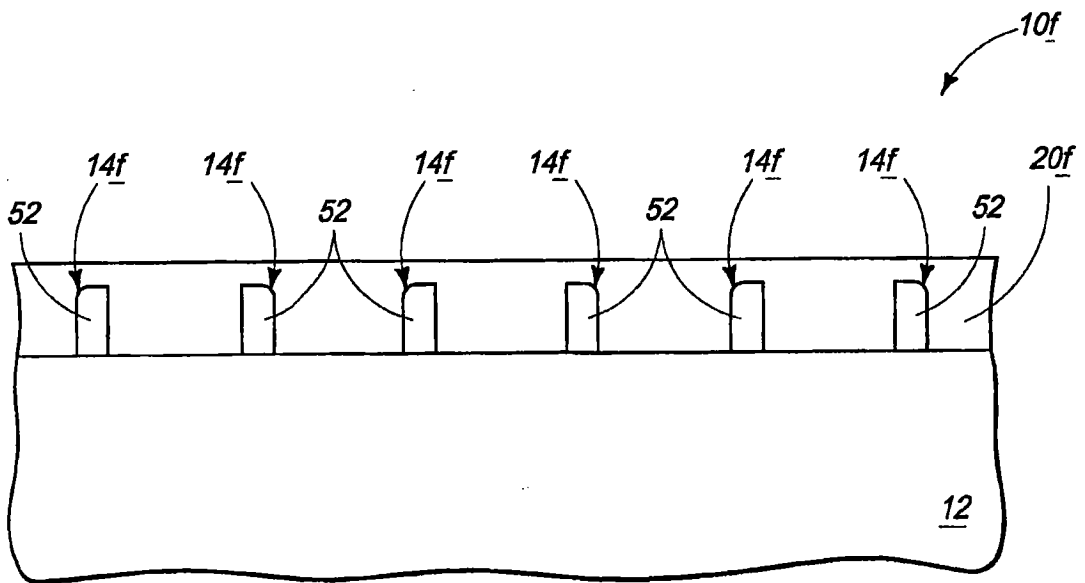


图 21

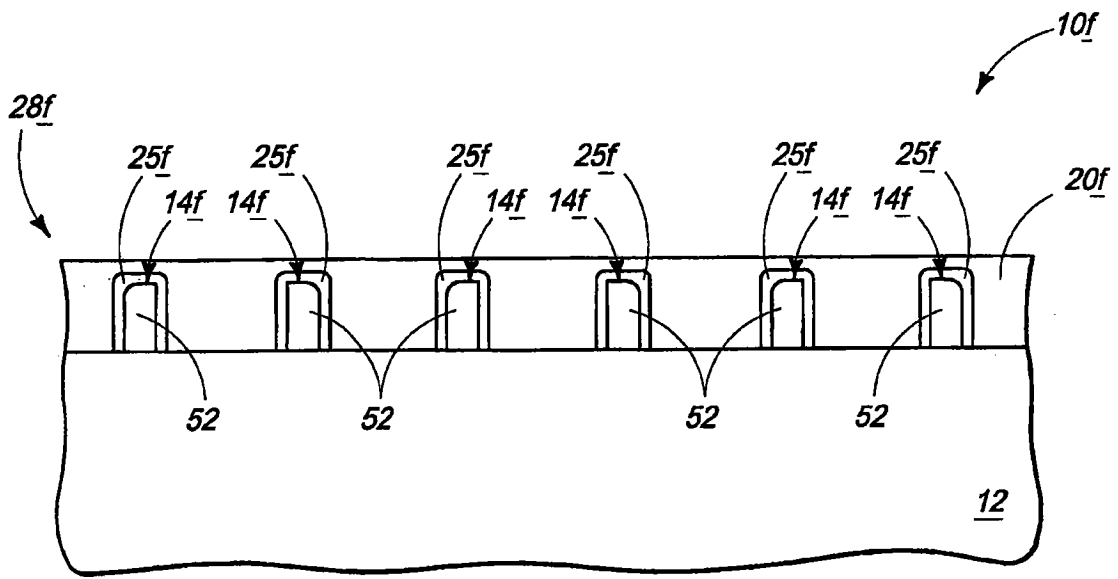


图 22

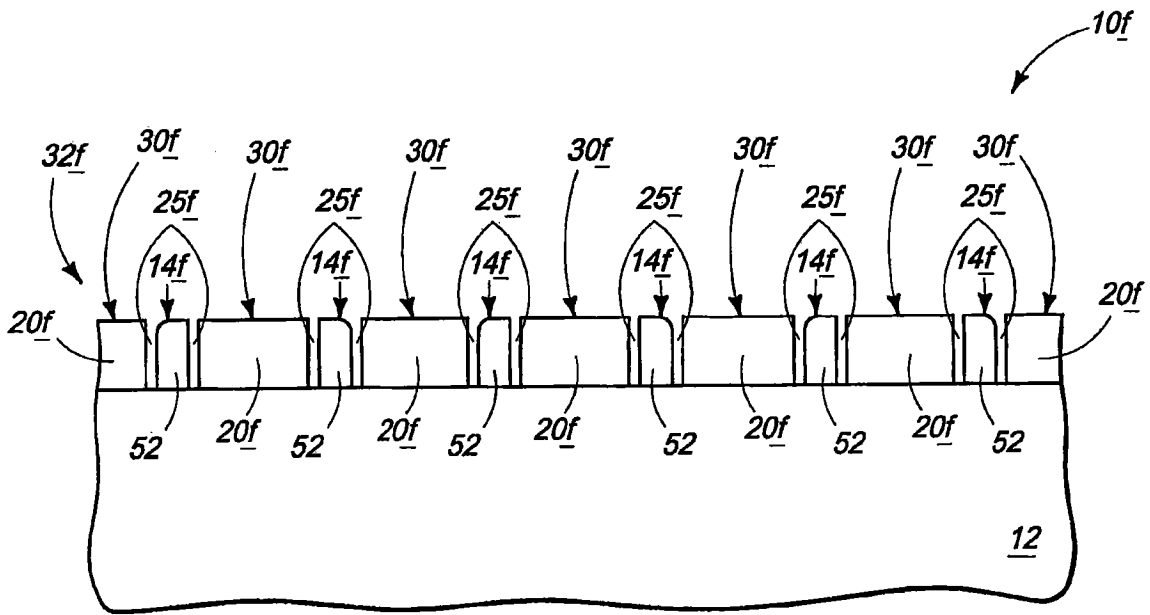


图 23

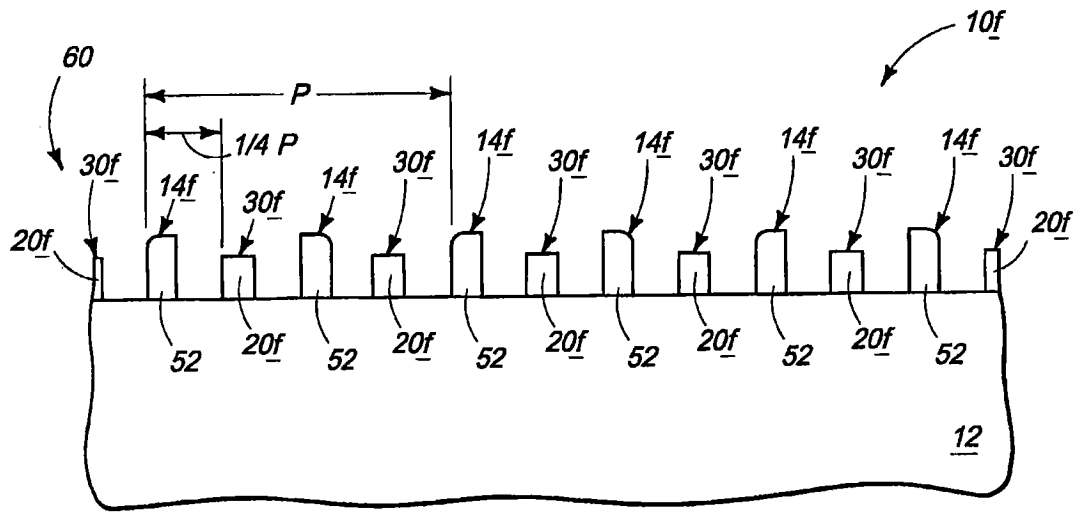


图 24