

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利说明书

G03F 7/00 (2006.01)  
H01L 21/30 (2006.01)  
H01L 21/82 (2006.01)

专利号 ZL 99121520.6

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100407052C

[22] 申请日 1999.10.14 [21] 申请号 99121520.6

[30] 优先权

[32] 1998.10.30 [33] US [31] 09/183926

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 古川俊治 M·C·哈利

S·J·霍尔梅斯 D·V·霍拉克

P·A·拉比多西

[56] 参考文献

US5610441A 1997.3.11

US4529686A 1985.7.16

US5129991A 1992.7.14

US4599790A 1986.7.15

US5173442A 1992.12.22

审查员 国红

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 邹光新 王忠忠

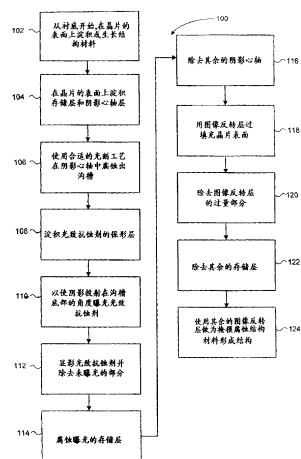
权利要求书 5 页 说明书 11 页 附图 12 页

[54] 发明名称

使用阴影心轴和偏轴曝光印制亚光刻图像

[57] 摘要

本发明克服了现有技术的局限，能形成逻辑电路中使用的较小部件。本发明提供了一种通过使用称做阴影心轴层的材料层产生阴影，在半导体衬底上限定和形成结构的新方法。在阴影心轴层中腐蚀出沟槽。沟槽的至少一侧用于在沟槽的底部投射阴影心轴层。保形淀积的光致抗蚀剂用于捕获阴影的图像。阴影的图像用于限定和形成结构。这能够在晶片的表面上形成图像，不会产生常规光刻中遇到的衍射效应。这样能够减小器件的尺寸并增加芯片的工作速度。



1. 一种在衬底上限定结构的方法，包括以下步骤：
  - a. 在衬底上淀积阴影心轴层；
  - b. 在阴影心轴层中腐蚀出沟槽，沟槽具有侧壁和底部；
  - c. 在阴影心轴层和沟槽上淀积光致抗蚀剂层；
  - d. 以一定角度曝光光致抗蚀剂层，使得沟槽底部第一部分的光致抗蚀剂被曝光，和沟槽底部第二部分的光致抗蚀剂由沟槽侧壁阻挡并且不被曝光；
  - e. 显影光致抗蚀剂层；以及
  - f. 使用显影的光致抗蚀剂层限定结构。
2. 根据权利要求1的方法，其中光致抗蚀剂层为正型光刻胶。
3. 根据权利要求1的方法，其中显影光致抗蚀剂层的步骤包括从沟槽底部的第一部分除去曝光的光致抗蚀剂，其中使用显影的光致抗蚀剂层限定结构的步骤还包括使用未曝光的第二部分的其余光致抗蚀剂限定结构。
4. 根据权利要求3的方法，其中使用未曝光的第二部分的其余光致抗蚀剂的步骤包括使用其余的光致抗蚀剂作为硬掩模，同时腐蚀下面的衬底，由此不腐蚀其余光致抗蚀剂下面的衬底。
5. 根据权利要求4的方法，其中衬底为栅导体。
6. 根据权利要求1的方法，其中光致抗蚀剂层为负型光刻胶。
7. 根据权利要求1的方法，其中显影光致抗蚀剂层的步骤包括除去沟槽底部的第二部分未曝光的光致抗蚀剂，使用显影的光致抗蚀剂限定结构的步骤包括使用除去的光致抗蚀剂的第一部分限定结构。
8. 根据权利要求7的方法，其中使用除去的光致抗蚀剂层的第一部分限定结构的步骤包括腐蚀衬底由此除去的光致抗蚀剂第一部分下面的衬底被腐蚀。
9. 根据权利要求8的方法，其中衬底包括存储层。
10. 根据权利要求1的方法，其中使用化学汽相淀积淀积光致抗蚀剂层。
11. 根据权利要求1的方法，其中光致抗蚀剂层包括硅烷光致抗蚀剂。
12. 根据权利要求11的方法，其中曝光光致抗蚀剂的步骤包括

将氧离子注入到光致抗蚀剂内。

13. 根据权利要求 12 的方法，其中显影光致抗蚀剂层的步骤包括使用氯显影剂将骤硅烷显影为负光致抗蚀剂。

14. 根据权利要求 12 的方法，其中显影光致抗蚀剂层的步骤包括使用氢氟酸显影剂将骤硅烷显影为正型光致抗蚀剂。

15. 根据权利要求 12 的方法，其中显影光致抗蚀剂层的步骤包括使用氟等离子体显影剂将骤硅烷显影为正型光致抗蚀剂，以显影光致抗蚀剂层。

16. 根据权利要求 1 的方法，其中淀积光致抗蚀剂层的步骤包括化学汽相淀积硅烷光致抗蚀剂。

17. 根据权利要求 1 的方法，其中光致抗蚀剂层包括多晶硅。

18. 根据权利要求 14 的方法，其中曝光光致抗蚀剂的步骤包括将硼离子注入到光致抗蚀剂内。

19. 根据权利要求 18 的方法，其中显影光致抗蚀剂层的步骤包括使用氢氧化钾显影剂将多晶硅显影为负型光致抗蚀剂。

20. 根据权利要求 1 的方法，其中沟槽沿两个轴延伸，其中曝光光致抗蚀剂的步骤还包括相对于沟槽的两个轴以不垂直的角度曝光光致抗蚀剂，由此沟槽底部未曝光的第二部分沿两个轴延伸。

21. 根据权利要求 20 的方法，其中曝光光致抗蚀剂层的步骤包括将离子注入到光致抗蚀剂内。

22. 根据权利要求 21 的方法，还包括采用阻挡掩模抗蚀剂图案防止沟槽底部的第三部分被曝光。

23. 根据权利要求 1 的方法，其中所限定的结构为栅。

24. 根据权利要求 1 的方法，其中结构限定为接触孔。

25. 一种在半导体晶片上形成结构的方法，包括以下步骤：

a. 在半导体晶片的表面上淀积结构材料层；

b. 在结构材料层上淀积阴影心轴层；

c. 在阴影心轴层中腐蚀出具有底部和侧面的沟槽；

d. 在阴影心轴层的表面和所述沟槽的底部和侧面上施加保形的正型光致抗蚀剂层；

e. 使用离子注入曝光光致抗蚀剂层，使至少沟槽的一侧在沟槽的底部投射出阴影，所述阴影部分作为所述沟槽的底部的第一部分，由

此第一部分中的光致抗蚀剂未曝光，同时沟槽底部其余的光致抗蚀剂被曝光；

f. 显影光致抗蚀剂，仅留下沟槽底部第一部分中未曝光的光致抗蚀剂，并除去曝光的光致抗蚀剂；

g. 除去阴影心轴层；以及

h. 除了与第一部分相关的结构材料以外，从晶片的表面除去其余结构材料。

26. 根据权利要求 25 的方法，其中在阴影心轴层中腐蚀出沟槽的步骤包括在阴影心轴层上施加光致抗蚀剂层，通过掩模曝光光致抗蚀剂构图沟槽，显影光致抗蚀剂露出部分阴影心轴层，并腐蚀阴影心轴层的曝光部分形成沟槽。

27. 根据权利要求 26 的方法，其中沟槽为常规光刻得到的最小光刻特征尺寸。

28. 根据权利要求 25 的方法，其中阴影心轴层包括四乙氧基硅烷 TEOS 的厚层。

29. 根据权利要求 25 的方法，其中结构材料包括栅导体。

30. 根据权利要求 25 的方法，其中结构材料还包括栅介质层。

31. 根据权利要求 25 的方法，其中使用化学汽相淀积淀积光致抗蚀剂。

32. 根据权利要求 25 的方法，其中光致抗蚀剂层包括聚硅烷光致抗蚀剂。

33. 根据权利要求 28 的方法，其中使用离子注入曝光光致抗蚀剂的步骤包括注入氧。

34. 根据权利要求 33 的方法，其中显影光致抗蚀剂的步骤包括使用氢氟酸显影剂显影聚硅烷。

35. 根据权利要求 33 的方法，其中显影光致抗蚀剂的步骤包括使用氟等离子体显影剂显影聚硅烷。

36. 根据权利要求 25 的方法，其中除了与第一部分相关的结构材料之外，从晶片的表面除去其余结构材料的步骤包括腐蚀结构材料，同时使用第一部分中的未曝光的光致抗蚀剂作为硬掩模防止光致抗蚀剂的第一部分下面的结构材料被腐蚀。

37. 根据权利要求 25 的方法，其中沟槽沿半导体晶片的表面上

的两个方向延伸，并具有多个角落，其中曝光光致抗蚀剂的步骤还包括曝光光致抗蚀剂，通过曝光使沟槽的至少一个角落二等分，并且沟槽的至少一个角落垂至于曝光。

38. 根据权利要求 37 的方法，还包括在曝光光致抗蚀剂层的步骤期间，用阻挡掩模抗蚀剂图案在所述垂至于曝光的至少一个角落阻挡沟槽的底部形成连续的阴影图像。

39. 一种在半导体晶片上形成结构的方法，包括以下步骤：

在半导体晶片的表面上淀积结构料层；

在结构材料层上淀积存储层；

在存储层上淀积阴影心轴层；

在阴影心轴层中腐蚀出具有底部和侧面的沟槽；

在阴影心轴层和沟槽上施加保形的负型光致抗蚀剂层；

使用离子注入曝光光致抗蚀剂层，使至少沟槽的一侧在光致抗蚀剂的第一部分上的沟槽的底部投射出阴影，由此第一部分光致抗蚀剂未曝光，同时沟槽底部被曝光的光致抗蚀剂作为第二部分；

显影光致抗蚀剂，除去未曝光的第一部分光致抗蚀剂；

腐蚀光致抗蚀剂的第一部分下的存储层，由此在存储层中形成凹槽，对应与光致抗蚀剂的未曝光的第一部分；

除去阴影心轴层；

在存储层上淀积图像反转层，由此填充凹槽；

除去图像反转层的过量部分，由此仅在凹槽中留下图像反转层的第一部分；

除去存储层；以及

除了图像反转层的剩余的第一部分下面的层之外，除去结构材料层形成结构。

40. 根据权利要求 39 的方法，其中：

存储层包括氮化物层；

阴影心轴层包括四乙氧基硅烷 TEOS 的厚层；以及

图像反转层包括四乙氧基硅烷 TEOS 的薄层。

41. 根据权利要求 39 的方法，其中：

存储层包括氮化物层；

阴影心轴层包括多晶硅的厚层；以及

图像反转层包括四乙氧基硅烷 TEOS 的薄层。

42. 根据权利要求 39 的方法，其中结构材料包括多晶硅层和二氧化硅层。

43. 根据权利要求 39 的方法，其中光致抗蚀剂的保形层包括聚硅烷光致抗蚀剂。

44. 根据权利要求 39 的方法，其中使用离子注入曝光光致抗蚀剂层的步骤包括注入氧。

45. 根据权利要求 39 的方法，其中显影光致抗蚀剂层的步骤包括使用氯显影剂。

46. 根据权利要求 39 的方法，其中光致抗蚀剂层包括多晶硅。

47. 根据权利要求 46 的方法，其中使用离子注入曝光光致抗蚀剂层的步骤包括注入硼。

48. 根据权利要求 39、46、47 中任一权利要求的方法，其中显影光致抗蚀剂层的步骤包括使用氢氧化钾显影剂。

49. 根据权利要求 39 的方法，其中沟槽沿半导体晶片的表面上的两个方向延伸，并具有多个角落，其中曝光光致抗蚀剂的步骤还包括曝光光致抗蚀剂，通过曝光使沟槽的至少一个角落二等分，并且沟槽的至少一个角落垂至于曝光。

50. 根据权利要求 49 的方法，还包括在曝光光致抗蚀剂层的步骤期间，用阻挡掩模蚀剂图案在所述垂至于曝光的至少一个角落阻挡沟槽的底部形成连续的阴影图像。

## 使用阴影心轴和偏轴曝光印制亚光刻图像

本发明一般涉及半导体器件的制造，特别涉及在具有亚光刻尺寸的半导体器件上形成结构。

半导体微芯片已变为每日生活的一部分。半导体微芯片可用在任何地方，从玩具到车库开门器，特别是在计算机中。半导体工业不断地增加芯片的工作速度。增加芯片操作速度的一种方式减小逻辑芯片中电路元件的尺寸。减小逻辑元件的尺寸使每个元件更快地操作，电信号以更短的时间穿越电路元件。

芯片的元件使用称为光刻的工艺形成。通过将适当的材料和称为光致抗蚀剂或仅仅为“抗蚀剂”的光敏化学物质放置在半导体晶片的表面上，然后用波长仔细选择的光选择性地曝光半导体晶片的部分表面进行常规的光刻。各种化学工艺将材料添加在某处或从某处除去，取决于该处是否暴露到特定波长的光。通过在光源和晶片的表面之间放置掩模露出或不露出特定的区域。掩模使光穿过某点并在某点阻挡光，由此将图形印在晶片的表面上。

常规的光刻受到穿过掩模的光的衍射效应限制。由于光波长的性质，使用掩模制成的任何图像由于衍射效应多少有些模糊。对于大图像由衍射效应造成的所述模糊不明显。然而，随着图像尺寸的缩小，所述模糊变得越来越明显，直到图像自身由于模糊而消失。由此，使用掩模的常规光刻仅对某个下限以上适用。目前已接近了这些极限。由衍射造成的所述模糊是使微芯片上的电路进一步小型化的极大障碍。虽然已开发出的图像增强技术在某种程度上克服了使图像失真的衍射效应，但仍存在常规光刻不起作用的图像尺寸。要在某种程度上超越传统光刻的下限使逻辑电路元件的尺寸减小，由此增加所得半导体芯片的操作速度。

本发明克服了现有技术的局限，形成较小的元件用于半导体逻辑电路中。本发明提供一种在半导体衬底上限定和形成结构的新方法，通过使用称做阴影心轴 (shadow mandrel) 层的材料层投射出 (cast) 阴影。在阴影心轴层腐蚀出沟槽。至少沟槽的一侧用于在沟槽的底部投射出阴影。保形地淀积的光致抗蚀剂用于捕获阴影的图像。阴影的

图像用于限定和形成结构。由此在晶片的表面上产生图像，不会产生常规光刻遇到的衍射效应。这样可减小器件的尺寸和增加芯片的操作速度。

图 1 为根据优选实施例的方法；

图 2 示出了根据本发明的优选实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 3 示出了根据本发明的优选实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 4 示出了根据本发明的优选实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 5 示出了根据本发明的优选实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 6 示出了根据本发明的优选实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 7 示出了根据本发明的优选实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 8 示出了根据本发明的优选实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 9 示出了根据本发明的第二示例性实施例的方法；

图 10 示出了根据本发明的第二示例性实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 11 示出了根据本发明的第二示例性实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 12 示出了根据本发明的第二示例性实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 13 示出了根据本发明的第二示例性实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 14 示出了根据本发明的第二示例性实施例处理中的半导体晶片的剖面图；

图 15 示出了根据第三示例性实施例处理中的半导体晶片的俯视图；

图 16 示出了根据第三示例性实施例处理中的半导体晶片的透视



图；

图 17 示出了根据第三示例性实施例处理中的半导体晶片的俯视图；

图 18 示出了根据第三示例性实施例处理中的半导体晶片的俯视图。

根据本发明，称为阴影光刻的新工艺用于在半导体衬底上限定和形成结构。限定和形成的结构可以为形成半导体电路需要的任何结构。虽然在优选实施例中示出的例子为限定和形成栅，但应该明白本发明适用于形成半导体晶片上的任何结构。根据本发明的优选实施例，称做阴影心轴层的材料层投射出限定结构的阴影。要投射出阴影，要在阴影心轴中腐蚀出沟槽。在包括沟槽的晶片的表面上淀积保形淀积的光致抗蚀剂。然后以至少沟槽的一侧在沟槽的底部中投射出阴影的角度露出光致抗蚀剂。优选使用离子注入进行曝光，但也可以使用其它的方法，例如光学、紫外线、深紫外线、X射线、或电子束曝光。显影光致抗蚀剂，阴影的图像用于限定和形成结构。根据优选的实施例，限定的结构为栅。然而，本领域的技术人员能理解本发明可以限定半导体衬底上本发明需要的任何结构。

现在参考图 1，示出了优选实施例的方法 100。优选实施例中的示例性方法 100 特别适合形成逻辑栅。方法 100 介绍了根据优选实施例限定和形成结构需要的步骤。方法 100 的第一步 102 从衬底开始，通常为平面的晶片，在晶片的表面上淀积或生长合适的结构材料。由于根据优选实施例限定的结构为栅，因此结构材料包括栅导体和介质，例如二氧化硅和多晶硅。结构材料还包括适合于形成栅的任何其它材料。当然，如果限定的结构不是栅，应该使用适合该结构的结构材料。在一些条件下，衬底自身适当地包括结构材料。例如，可以使用阴影光刻限定和形成的一个结构是接触孔。可以根据这里介绍的本发明，例如通过应用图像增强技术印制狭长图像形成沟槽，然后使用阴影光刻减小形成接触孔的最终图像尺寸来完成。下一步 104 是在晶片的表面上淀积存储层和阴影心轴。存储层以后将作为硬掩模并保持限定结构中使用的阴影图像进行图像的反转。阴影心轴将用做阴影投射层投射出限定结构的阴影。根据优选实施例，存储层为氮化物的薄层，阴影心轴层为四乙氧基硅烷（“TEOS”）的厚层。阴影心轴的

厚度为确定根据本发明得到的特征尺寸的一个因素。本领域技术人员应理解可以使用其它的材料，并且可以根据本发明的具体应用和要限定和形成的结构改变存储层和阴影心轴的尺寸。

图 2 示出了方法 100 的步骤 104 之后的平面晶片 202。栅氧化层 204 已生长在晶片 202 的表面上。栅多晶硅 206 已淀积在栅氧化物 204 上。存储层包括已淀积在栅多晶硅 206 上的氮化物层 208。在氮化物层 208 上是阴影心轴层，包括 TEOS 210 的厚层。TEOS 层 210 以后将用于投射出限定栅的阴影。栅多晶硅 206 和栅氧化层 204 可以用任何适合的材料代替。如果要限定和形成的结构不是栅，那么可以使用适合该结构的材料代替栅多晶硅 206 和栅氧化层 204。类似地，任何适合的硬掩模材料可以代替氮化物 208。为了达到某些目的，例如结合第二实施例公开的，可以一起省略氮化层。TEOS 层 210 可以用任何合适的材料代替。

再参考图 1，方法 100 的下一步骤 106 是使用任何合适的光刻工艺在阴影心轴中腐蚀出沟槽。步骤 106 包括将光致抗蚀剂施加在阴影心轴的表面上，掩蔽和曝光光致抗蚀剂构图沟槽，显影光致抗蚀剂并腐蚀出沟槽。优选沟槽为使用光刻工艺可以得到的最小特征尺寸。所得沟槽的一侧用于在下面的存储层上投射出阴影来限定出结构。方法 100 的下一步骤 108 是在包括沟槽底部和侧壁的晶片表面上淀积保形的光致抗蚀剂层。使用的曝光类型在一定程度上将确定使用的光致抗蚀剂的类型，这是由于光致抗蚀剂必须响应于使用的曝光。在优选实施例中，使用化学汽相淀积（CVD）淀积光致抗蚀剂，使抗蚀剂粘附到沟槽的侧壁和底部。

合适的抗蚀剂的一个例子是 *Microelectronic Engineering*, 30 卷, 1996, 275-78 页中介绍的等离子体聚合聚硅烷抗蚀剂。所述抗蚀剂有几个独特的性质。第一，它可以显影为正和负型抗蚀剂。第二，可以使用化学汽相淀积工艺保形地淀积抗蚀剂。第三，它可以通过两种类型的曝光激活，氧离子注入或存在氧时用紫外线照射。在任何一种曝光中，硅-硅键断裂，氧与激活的硅原子反应。所述反应的结果是二氧化硅形成在曝光的区域中。所述抗蚀剂可以使用缓冲的氢氟酸（HF）或氟等离子体显影为正型抗蚀剂。所述抗蚀剂可以使用氟等离子体显影为负型抗蚀剂。

在本发明的优选实施例中，以负型和正型方式使用聚硅烷抗蚀剂。在第一实施例中，用氧离子注入抗蚀剂，然后用氟或溴显影剂显影，仅除去没有被氧注入的部分抗蚀剂。在第二实施例中，用氧注入抗蚀剂，然后用以氢氟酸为基础或氟等离子体显影剂显影，仅除去用氧注入的那部分抗蚀剂。

可以用做对注入敏感的抗蚀剂的另一材料是多晶硅。可以使用任何常规的技术保形地淀积多晶硅。用适当的硼注入的多晶硅在氢氧化钾/异丙醇显影剂中不可溶，同时未注入的区域对显影剂保持可溶。

根据优选的实施例，光致抗蚀剂显影为负型抗蚀剂。本领域的技术人员应理解根据本发明可以使用其它类型的抗蚀剂。

方法 100 的下一步骤 110 是以不垂直的角度曝光晶片，由此在沟槽中投射出阴影。在优选实施例中，所述曝光包括使用适当的注入装置注入氧离子。这些装置通常使用电场将离子朝晶片的表面加速，使它们注入到晶片内。然而如前所述，曝光可以包括除离子注入之外的其它方法，例如光学、紫外线、深紫外线、X射线、或电子束曝光。

根据优选实施例的步骤 110 的曝光显示在图 3 中。沟槽 312 已在 TEOS 210 中腐蚀出。沟槽 312 有底部 313、第一侧壁 315 和第二侧壁 317。沟槽 312 有宽度 325 和深度 327。聚硅烷光致抗蚀剂的保形层 314 已淀积在晶片 202 的表面上。然后以不垂直的角度 318 进行氧离子注入 316 曝光晶片 202。因此沟槽 312 的第一侧壁 315 在沟槽 312 的底部 313 投射出阴影 319。这导致在沟槽 312 的底部存在部分未曝光的光致抗蚀剂。在优选实施例中使用的聚硅烷光致抗蚀剂层 314 将显影为负型光致抗蚀剂，所以显影时将除去未曝光的部分。仅由曝光的角度 318 和沟槽 312 的深度 327 决定所述阴影 319 的尺寸。如果阴影 319 的尺寸表示为“s”，沟槽 312 的深度 327 表示为“d”，曝光角度 318 表示为“ $\phi$ ”，那么阴影 319 的尺寸由以下方程给出：

$$s = d \tan(90 - \phi)$$

适当的曝光角度 318 约 70°。当然，也可以使用其它的角度。适当的深度 327 约 3,000 埃。可以很精确地控制 TEOS 210 的厚度和沟槽 312 的对应深度 327，仅约百分之一到二的偏差。类似地，可以很精确地确定曝光的角度 318。由此，可以精确地控制阴影 319 的尺寸。

由于使用离子注入, 阴影 319 的图像不会受到传统光刻的衍射效应影响。阴影 319 在它的第一边缘 321 与边缘 312 的第一侧壁 315 自对准。如上所述, 由曝光角度 318 和沟槽 312 的深度 327 确定阴影 319 的第二边缘 323。

当使用多晶硅抗蚀剂时, 优选注入硼使曝光的多晶硅在显影剂中不可溶。优选使用离子注入装置, 将硼朝晶片的表面加速, 使它注入到多晶硅抗蚀剂内, 进行所述注入。通常优选 10KeV 下的  $1 \times 10^{15}$ - $1 \times 10^{18}$  离子/cm<sup>3</sup> 的 BF<sub>2</sub> 注入使多晶硅抗蚀剂在显影液中不可溶。

再参考图 1, 方法 100 的下一步骤 112 是显影光致抗蚀剂。除去未曝光的部分光致抗蚀剂。在优选的实施例中, 可以使用如氟腐蚀等的任何适当的腐蚀进行所述步骤 112。在下一步骤 114 中, 腐蚀未显影的光致抗蚀剂和下面的存储层, 在投射出阴影的存储层中形成凹槽。在优选的实施例中, 用第二干法腐蚀完成步骤 114。所述凹槽用于形成结构。

步骤 114 的结果显示在图 4 中。将投射出阴影 319 的未曝光的光致抗蚀剂部分 314 和氮化物层 208 已除去, 产生与阴影心轴的边缘自对准的凹槽 418。由此, 氮化物层 208 作为存储层, 保留阴影 319 限定的结构, 用于使图像反转的目的。

再参考图 1, 方法 100 的下一步骤 116 是从晶片的表面除去剩余的阴影心轴部分。在优选实施例中, 使用氢氟酸 (HF) 浸泡。方法的下一步骤 118 是在晶片的表面上淀积图像反转层, 完全地填充存储层中腐蚀出的凹槽。在优选实施例中, 图像反转层为 TEOS 的薄层。当然, 除 TEOS 以外的材料也可以用做图像反转层。相对于掩模层图像反转层使用的材料优选有良好的抛光比例和良好的腐蚀比例。例如, 三或四对一的腐蚀比例是可接受的。图像反转层也可以选择为在除去存储层期间不被腐蚀的材料和对于结构材料的随后腐蚀为良好的硬掩模。填充凹槽的部分图像反转层以后将用做形成结构的硬掩模。

完成步骤 118 之后过填充的晶片显示在图 5 中。TEOS 520 的薄层已淀积在晶片的表面上, 填充了小凹槽 418。

再参考图 1, 方法 100 的下一步骤 120 是除去图像反转层的过量部分。通过平面化图像反转层仅留下凹槽中的部分图像反转层来完成。由此凹槽中的图像反转层保留的阴影图像用于限定以后腐蚀步骤

中的结构，图像反转层的其余部分作为硬掩模。

步骤 120 的结果显示在图 6 中。TEOS 520 的薄层已平面化，仅在凹槽 418 中留下小部分的 TEOS 622。氮化层 208 在凹槽 418 的每一侧上延伸。小部分的 TEOS 622 紧接在栅多晶硅 206 上。所述小部分的 TEOS 622 用于掩蔽在腐蚀步骤中将形成栅的部分下栅多晶硅 206 和栅氧化物 204。

再参考图 1，方法 100 的下一步骤 122 是从晶片的表面上除去存储层的剩余部分。使用对剩余的存储层有选择性的合适腐蚀完成。步骤 122 曝光除图像反转层的其余部分覆盖的部分以外的结构材料。

步骤 122 的结果显示在图 7 中。小部分的 TEOS 622 覆盖在部分栅多晶硅 206 上。栅多晶硅 206 的其余部分现在位于晶片 202 的表面上。

再参考图 1，方法 100 的下一步骤 124 是使用图像反转层的其余部分作为掩模并腐蚀结构材料形成结构。

步骤 124 的结果显示在图 8 中。已形成了多晶硅叠层 823，包括覆盖多晶硅栅 826 的小部分 TEOS 622 和栅氧化物 824。TEOS 622 已除去。

由于使用阴影光刻代替常规的光刻限定栅，所以它的尺寸显著小于使用常规光刻得到的尺寸。例如，如果使用的沟槽为最小特征尺寸，并且曝光的角度不垂直于晶片的表面，那么在沟槽的底部投射出并用于限定结构的阴影将小于用常规的光刻工艺得到的最小特征尺寸。由于较小的栅有较快的开关时间，根据本发明形成的逻辑电路比使用常规光刻形成的栅操作更快。

现在参考图 9，示出了根据第二示例性实施例的方法。第二示例性实施例使用与优选实施例相同的硅烷化学汽相淀积光致抗蚀剂。然而，在第二示例性实施例中，光致抗蚀剂显影为正型抗蚀剂。方法 900 的第一步骤 902 包括提供衬底，通常为平面的晶片，在晶片的表面上淀积或生长结构材料。结构材料包括适合于形成栅使用的任何材料。当然，如果要限定的结构不是栅，那么应使用适合该结构的材料。由于第二示例性实施例限定的结构为栅，因此结构材料包括栅氧化层和多晶硅栅层。在一些情况中，衬底自身适当地包括结构材料。方法 900 的下一步骤 904 是淀积阴影心轴层。根据第二示例性实施例，阴

影心轴包括多晶硅的厚层。对于优选的实施例，本领域技术人员应理解可以使用多种材料。第二示例性实施例与优选实施例的不同之处还在于不使用存储层。在第二示例性实施例中，不需要存储层，是由于将光致抗蚀剂显影为正型抗蚀剂消除了使限定结构使用的阴影图像反转的需要。

图 10 示出了步骤 904 的结果。栅氧化物 1004 已生长在晶片 1002 的表面上。栅多晶硅 1006 已淀积在栅氧化物 1004 上。由多晶硅 1010 厚层组成的阴影心轴已淀积在栅多晶硅 1006 上。

再参考图 9，方法 900 的下一步骤 906 是使用任何适当的光刻工艺在阴影心轴中产生沟槽。步骤 906 包括将光致抗蚀剂施加在阴影心轴的表面上，掩蔽和曝光光致抗蚀剂以构图沟槽，显影光致抗蚀剂以及腐蚀沟槽。优选沟槽为使用的光刻工艺可以得到的最小特征尺寸。方法 900 的下一步骤 908 是在包括沟槽底部和侧壁的晶片表面上淀积光致抗蚀剂的保形层。对于优选实施例，使用硅烷 CVD 光致抗蚀剂，是由于它可以满意地粘附到沟槽的侧壁上。与优选的实施例不同，根据第二示例性实施例方法的 900 显影为正型抗蚀剂。可以使用以氢氟酸为基础的显影剂或氟等离子体完成所述显影。本领域的技术人员应理解根据本发明可以使用其它的光致抗蚀剂。方法 900 的下一步骤 910 是以不垂直的角度离子注入晶片，由此在沟槽中投射出阴影。对于优选实施例，优选通过将氧离子注入到抗蚀剂内进行工艺。然而，可以使用其它类型的曝光。

图 11 示出了曝光的步骤 910。已在多晶硅 1010 的厚层中腐蚀出沟槽 1112。沟槽 1112 有底部 1113、第一侧壁 1115 以及第二侧壁 1117。沟槽 1112 有宽度 1125 和深度 1127。硅烷光致抗蚀剂 1114 的保形层已淀积在晶片 1002 的表面上。然后使用氧的离子注入 1116 以角度 1118 曝光晶片 1002。沟槽 1112 的第一侧壁 1115 由此在沟槽 1112 的底部 1113 投射出阴影 1119。由于在第二示例性实施例中硅烷光致抗蚀剂显影为正型抗蚀剂，显影之后，光致抗蚀剂 1114 从投射出阴影 1119 之外的部分除去。阴影 1119 的尺寸仅由曝光的角度 1118 和沟槽 1112 的深度 1127 确定。对于优选的实施例，如果阴影 1119 的尺寸表示为“s”，沟槽 1112 的深度 1127 表示为“d”，曝光角度 1118 表示为“ $\phi$ ”，那么阴影 1119 的尺寸由以下方程给出：

$$S=d \tan (90-\phi)$$

可以很精确地控制多晶硅 1010 的厚度和沟槽 1112 的对应深度 1127, 仅约百分之一到二的偏差。类似地, 可以很精确地确定曝光的角度 1118。由此, 可以精确地控制阴影 1119 的尺寸。由于使用离子注入, 阴影 1119 的图像不会受到传统光刻的衍射效应的影响。阴影 1119 在它的第一边缘 1121 与沟槽 1112 的第一侧壁 1115 自对准。如上所述, 仅由曝光角度 1119 和沟槽 1112 的深度 1127 确定阴影 1119 的第二边缘 1123。

再参考图 9, 方法 900 的下一步骤 912 是显影光致抗蚀剂。根据第二示例性实施例, 如上所述, 光致抗蚀剂显影为正型抗蚀剂。显影除去曝光的光致抗蚀剂, 仅在要投射出阴影的部分留下光致抗蚀剂。步骤 912 的结果显示在图 12 中。由阴影 1119 覆盖的光致抗蚀剂的其余部分 1218 保留在晶片的表面上。

再参考图 9, 方法 900 的下一步骤 914 是使用 HF 除去阴影心轴的其余部分。沿沟槽侧壁向上延伸的光致抗蚀剂的其余部分很坚硬足以在除去阴影心轴之后保持垂直。所述光致抗蚀剂的向上部分将在随后的步骤中除去。下一步骤 915 是将其余的光致抗蚀剂转变为二氧化硅, 由此在随后的腐蚀步骤中与下面的多晶硅区分开。转变其余的光致抗蚀剂的一种方式是使用二次离子注入或其它合适的曝光方法进行曝光。如果暴露到氧的气氛时间足够长, 其余的光致抗蚀剂也将转变为二氧化硅。可以通过升高气氛温度来减少使用氧气氛进行所述转变需要的时间。方法 900 的下一步骤 916 是使用显影的光致抗蚀剂作为掩模腐蚀结构的材料。合适的腐蚀包括氯或溴干法腐蚀。

步骤 916 的结果显示在图 13 中。其余的光致抗蚀剂 1218 在栅多晶硅 1006 和栅氧化物 1004 的腐蚀中作为掩模。因此, 仅留下栅多晶硅 1006 的一小部分 1322。类似地, 仅留下栅氧化物 1004 的一小部分 1320。其余的栅多晶硅 1322 和栅氧化物 1320 形成多晶硅层 1323。由于使用阴影光刻代替传统的光刻确定多晶硅叠层 1323 的尺寸, 因此多晶硅叠层 1323 的尺寸显著小于使用常规光刻方法得到的尺寸。

再参考图 9, 方法 900 的下一步骤 918 是可选地除去其余的光致抗蚀剂。使用稀释的 HF 或 HF 蒸汽除去其余的光致抗蚀剂。如果要限定

和形成的结构是栅，那么使用 HF 对栅材料的损伤最小。还可以使用反应离子腐蚀（RIE）。如果存在损伤，那么 RIE 对源和漏注入的损伤最小。其余的光致抗蚀剂仍留在原位。

步骤 920 的完成显示在图 14 中。在图 14 中，包括栅多晶硅 1322 和栅氧化物 1320 的多晶硅叠层 1323 留在晶片 1002 的表面上。

到此为止，现已使用长度仅在一个方向延伸的沟槽介绍了本发明。然而，本发明也可以使用在多于一个方向内延伸的沟槽。如图 15 和 16 所示。沟槽 1506 沿两个轴延伸，包括“L”形。当然，沟槽的实际形状可以根据用户的要求改变。保形淀积光致抗蚀剂之后，使用离子注入 1510 或任何适当的曝光装置以阴影 1508 在沟槽 1506 底部投射出角度曝光晶片 1504 的表面 1520。应该注意在介绍的前一实施例中，以不垂直的角度对晶片的表面进行曝光，同时仍垂直于沟槽的长度。在所述第三示例性实施例中，与晶片的表面和沟槽的两个轴都不垂直的角度曝光。阴影 1508 沿沟槽 1506 的每一个臂延伸。阴影的长度为离子注入角度 1512 的函数。以此方式，本发明可用于限定在多于一个方向内延伸的结构。

使用阴影光刻的另一种方式是选择性仅变窄具体段的现有布线级。在栅导体级，例如，选择性地使用阴影光刻技术使亚光刻器件制造的芯片的某些部分中，同时较大的器件可以用做其它的结构，例如延伸的布线图形，当以较大的尺寸构图它们时，提供了较高的电导率。此时，亚光刻器件提供了高性能的晶体管，同时较大的结构提供了低电阻布线以及宽栅极。通过使用阻挡掩模保护一些形状免受离子注入束影响可以选择性的使用阴影技术。在所述阻挡掩模步骤中由抗蚀剂覆盖的这些衬底图形不会因离子注入操作改变。

如果角度使部分结构不希望地被离子注入束曝光，也需要将所述阻挡掩模技术应用在连接它们倾斜的位置处的亚光刻器件。从图 17 可以看出，在具有 X 和 Y 结构方向的芯片设计中，相对于离子注入束，可能发生两种可能类型的角度。角落（corner）1600 和 1602 被离子注入束二等分，同时角落 1605 和 1606 显示为与离子注入正交。这两种类型的角落与投射出阴影很不同。二等分的角落显示出连续的阴影光刻图像，不需要任何附加的处理来保持所述连续的形状。然而，正



交的角落投射出不连续地环绕角落的阴影光刻图像。它们由空隙 1620 和 1622 分离。如果芯片设计要求连续的布线环绕这些角落，那么可以使用阻挡掩模抗蚀剂形状 1630 和 1632 保护这些角落免受离子注入束影响。所述掩模和所得连续的阴影图像 1708 显示在图 18 中。

根据以上介绍的本发明，称为阴影光刻的新工艺用于在半导体衬底上限定和形成结构。根据本发明，阴影心轴层淀积在晶片的表面上。在阴影心轴层中至少腐蚀出一个沟槽。光致抗蚀剂淀积在包括沟槽底部和侧壁的晶片表面上。然后以沟槽的至少一个侧壁在沟槽的底部投射出阴影的角度曝光晶片。所述阴影用于限定结构。

这里借助优选实施例、第二示例性实施例和第三示例性实施例公开了本发明。本领域的技术人员应理解可以对这里公开的实施例进行多种改变而不脱离本发明的范围。例如，用于光致抗蚀剂或阴影心轴、存储层、图像反转层、或结构材料的实际材料和物质可以改变。类似地，选择层、沟槽的尺寸、和这里公开的曝光的角度都可以改变，而不脱离本发明的范围。使用的曝光的类型也不一定是这里介绍的离子注入曝光，但可以包括光学、紫外线、深紫外线、X 射线、或电子束曝光。

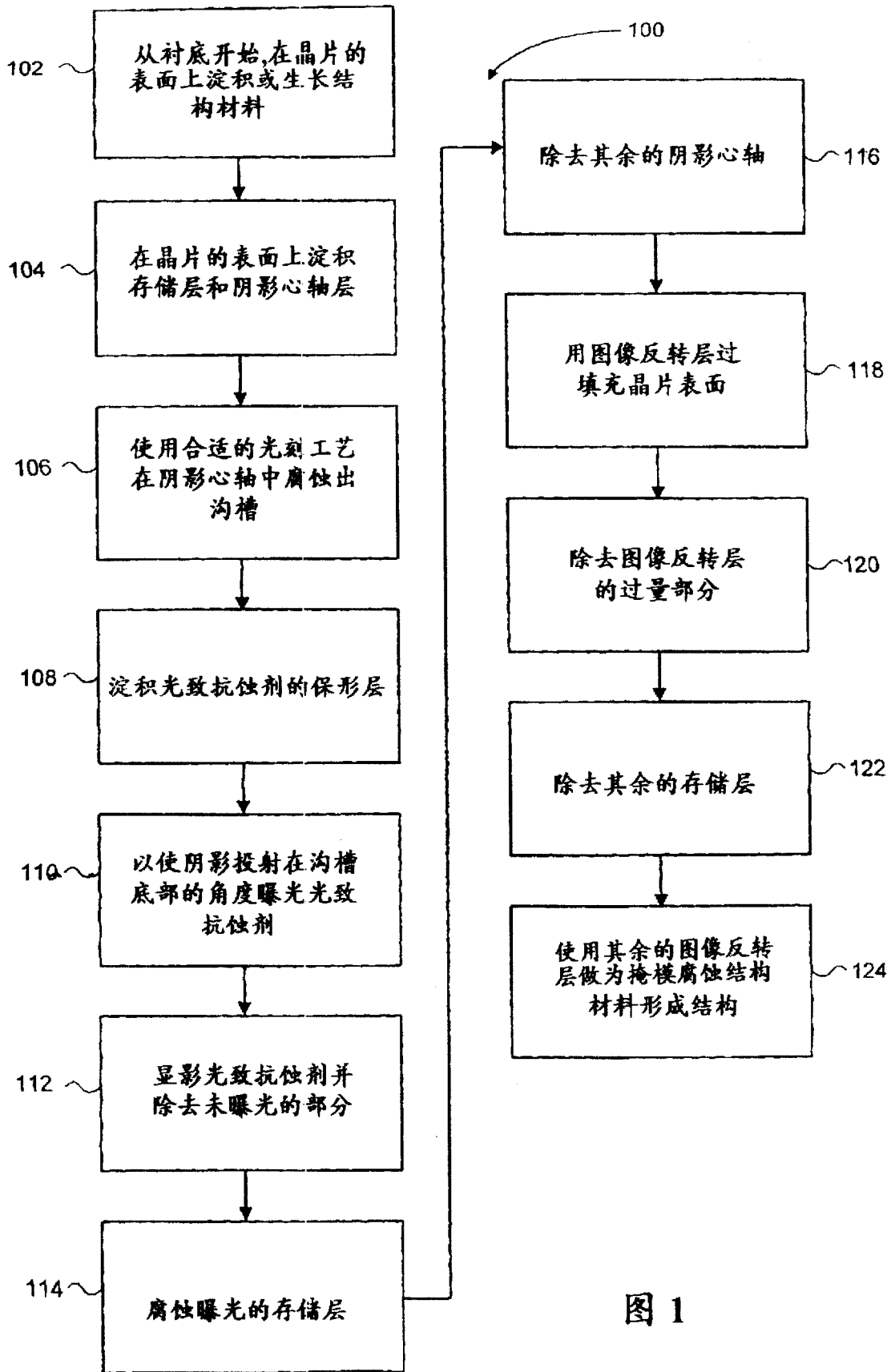


图 1

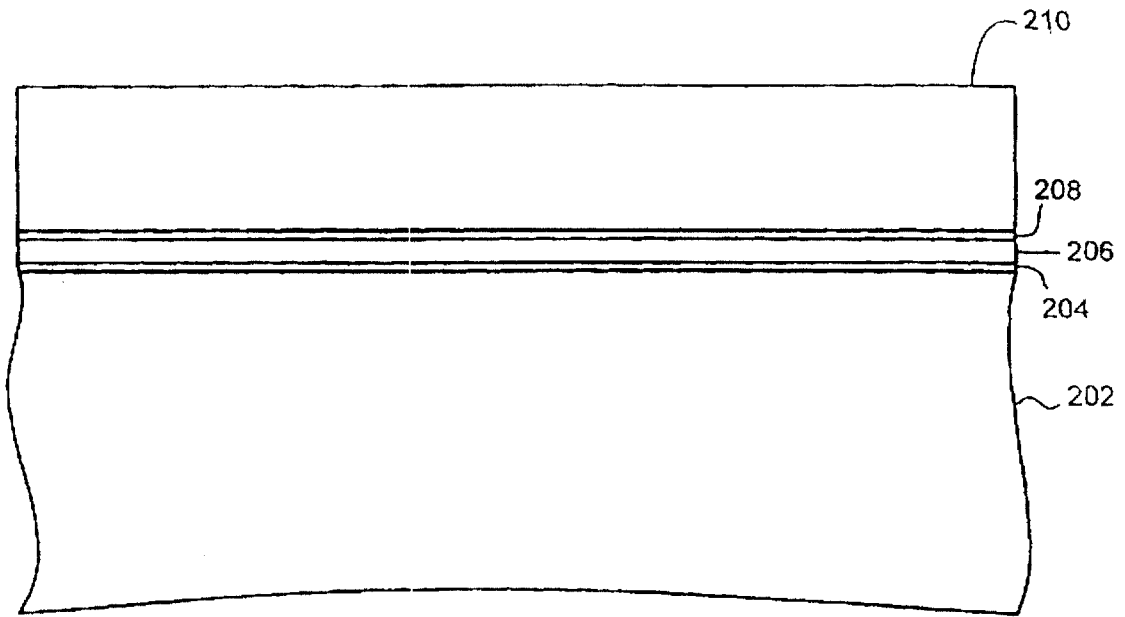


图 2

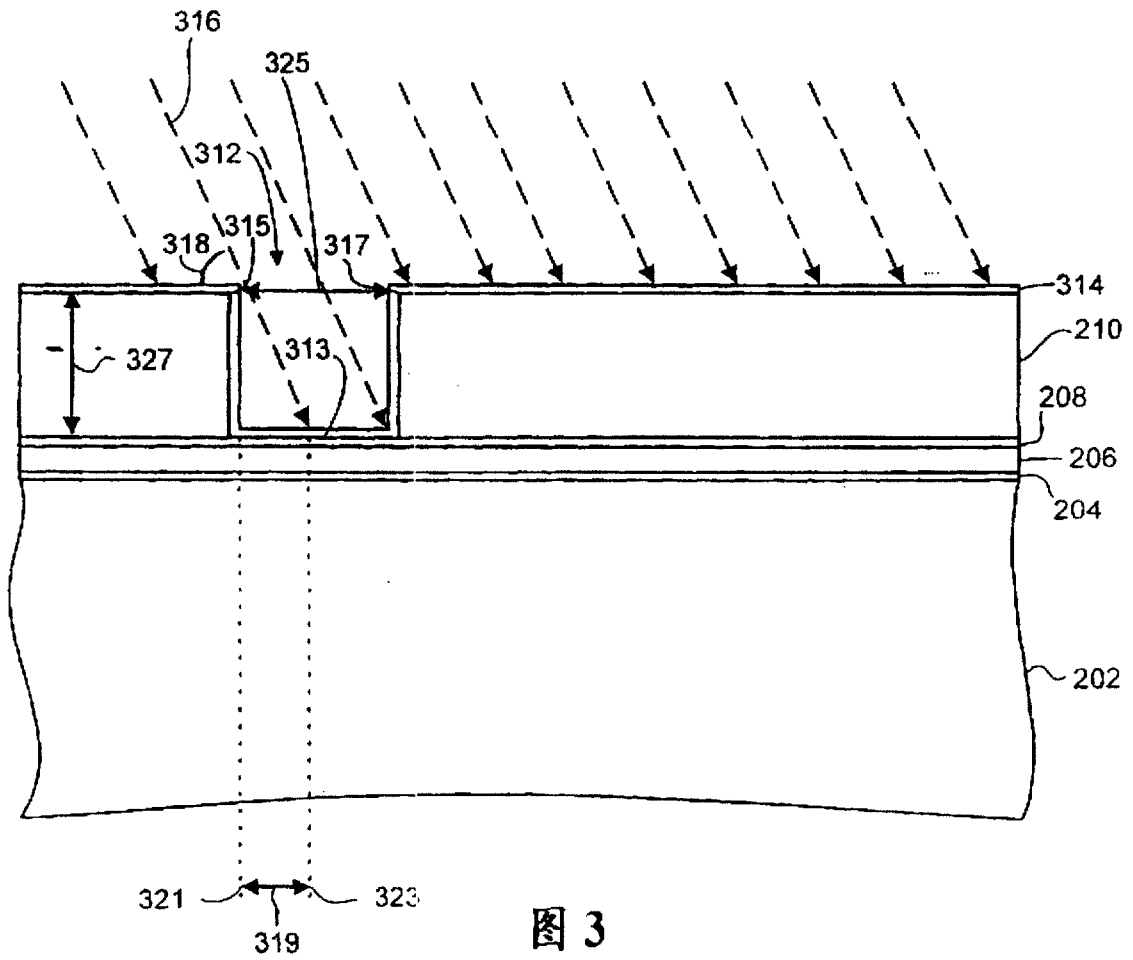


图 3

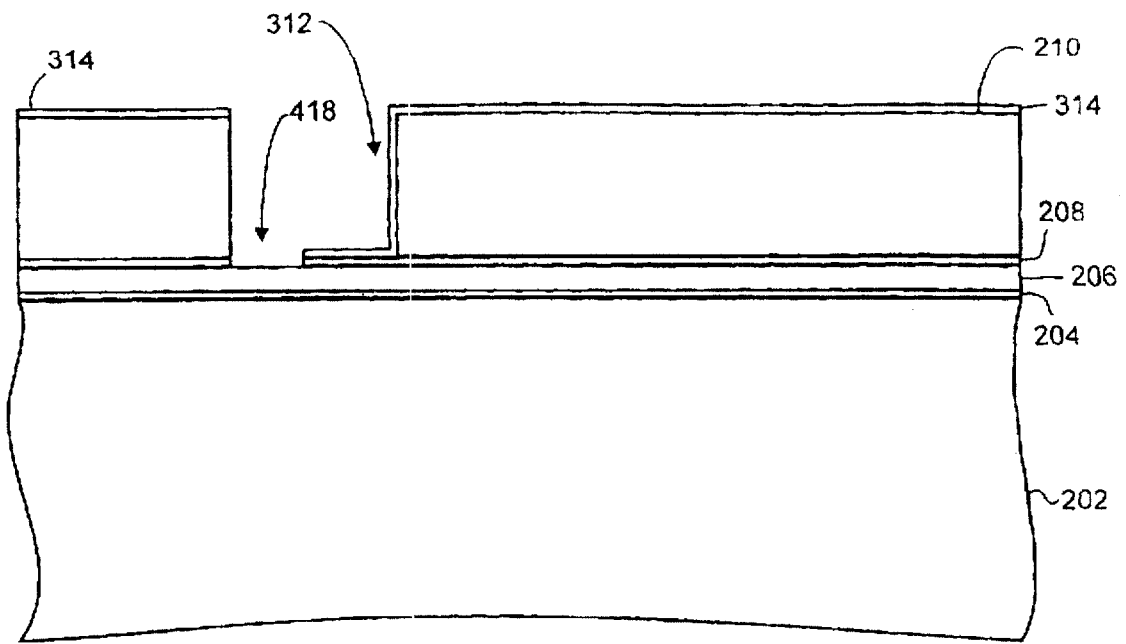


图 4

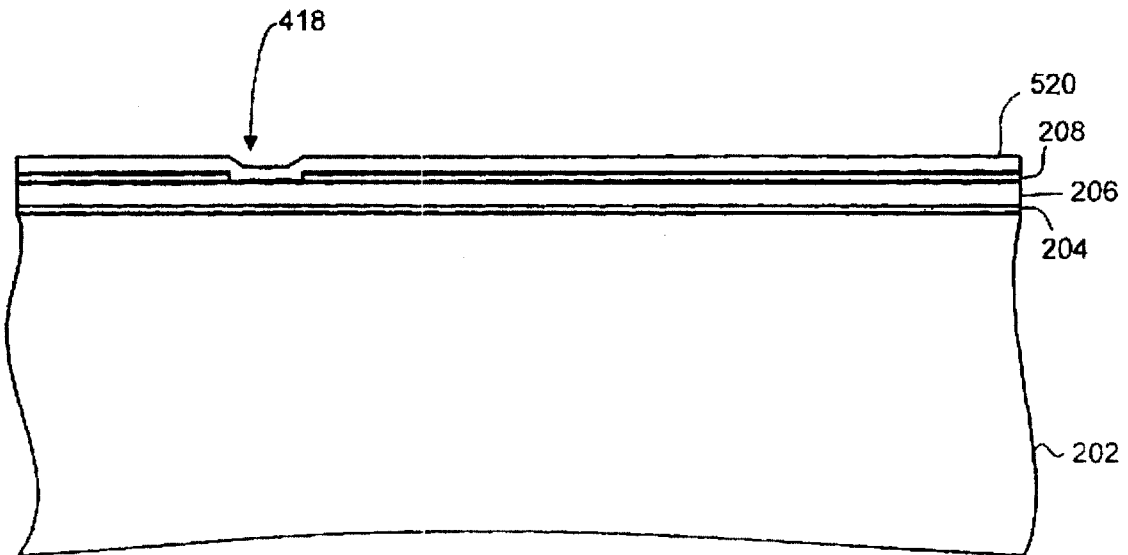


图 5

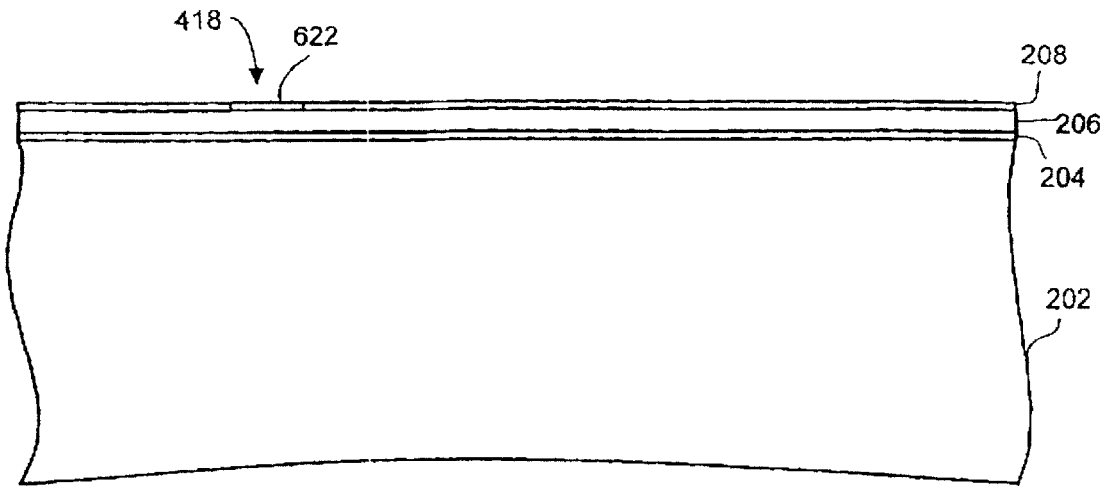


图 6

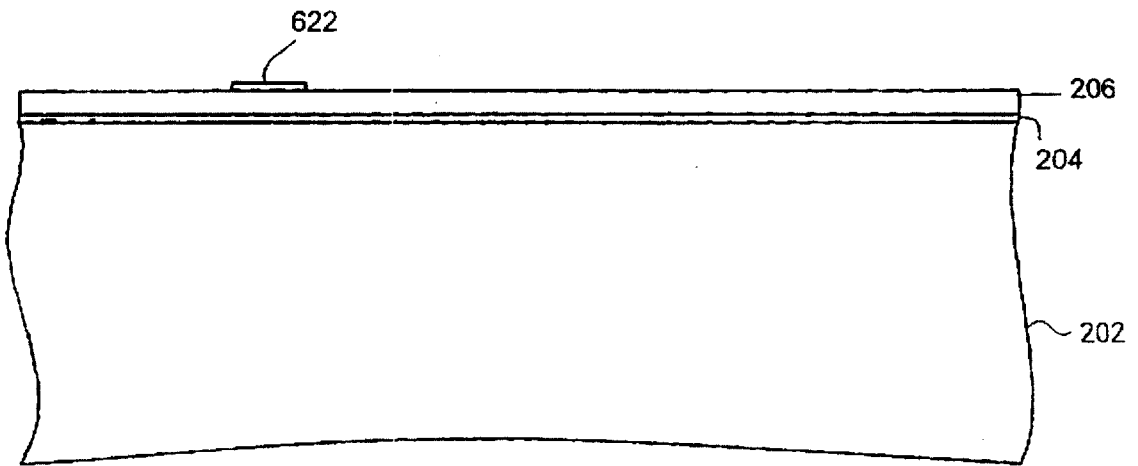


图 7

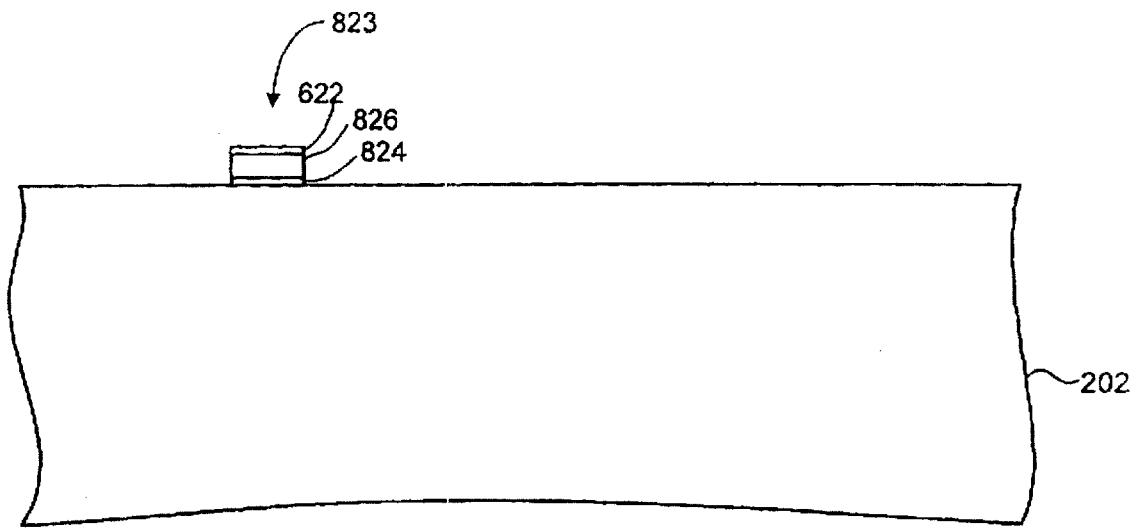


图 8

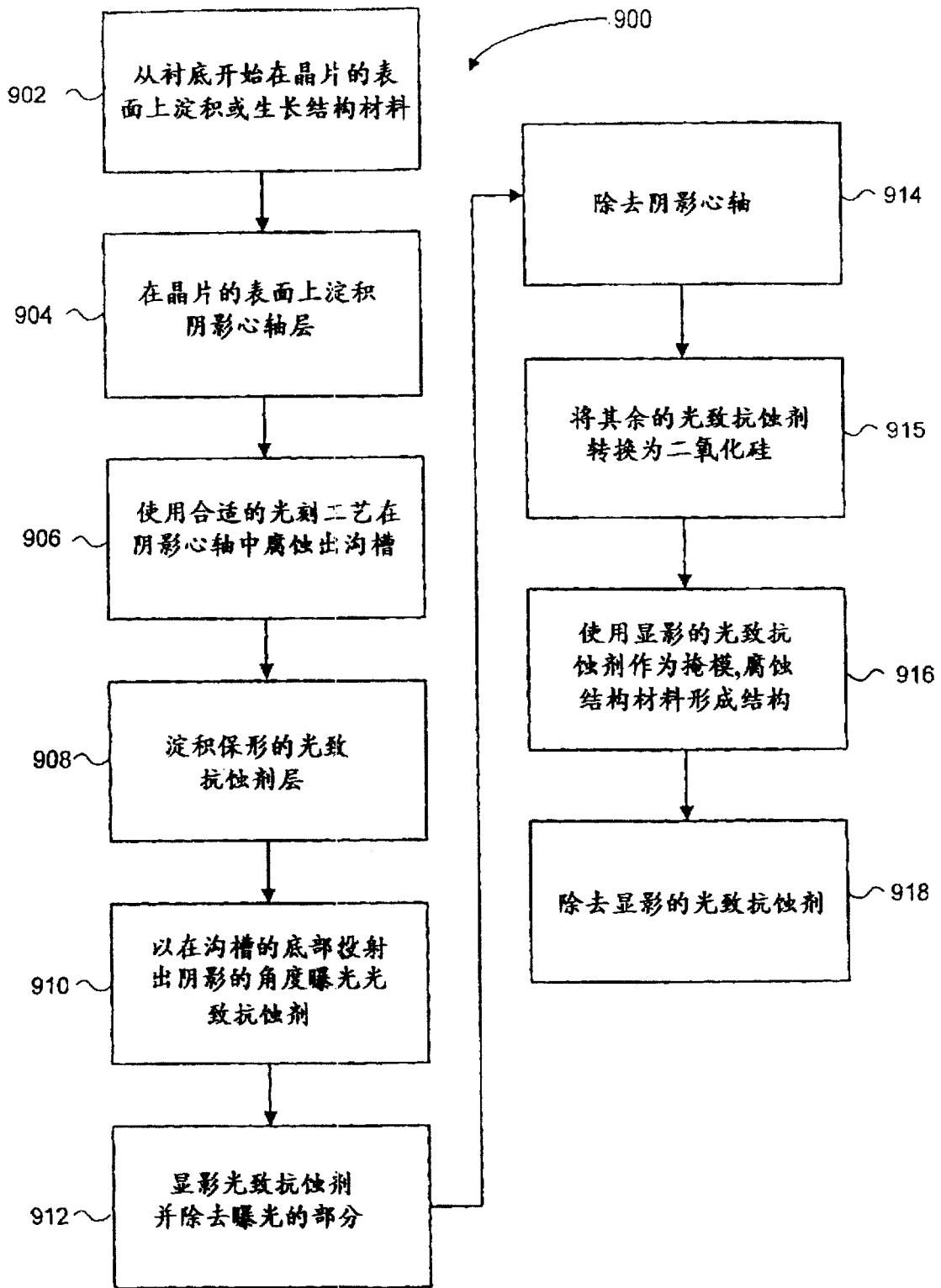


图 9

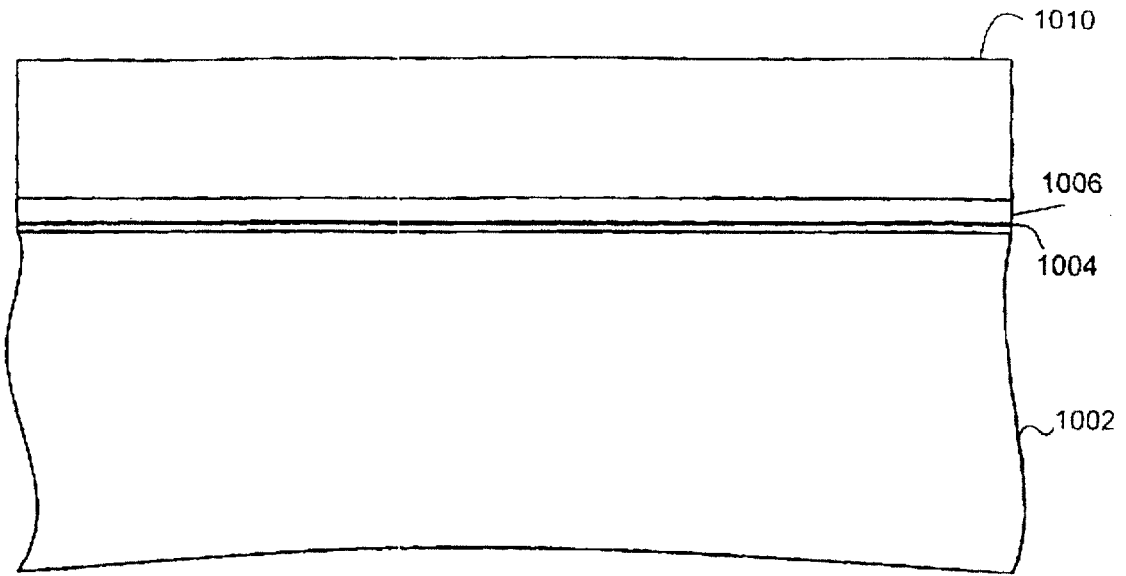


图 10

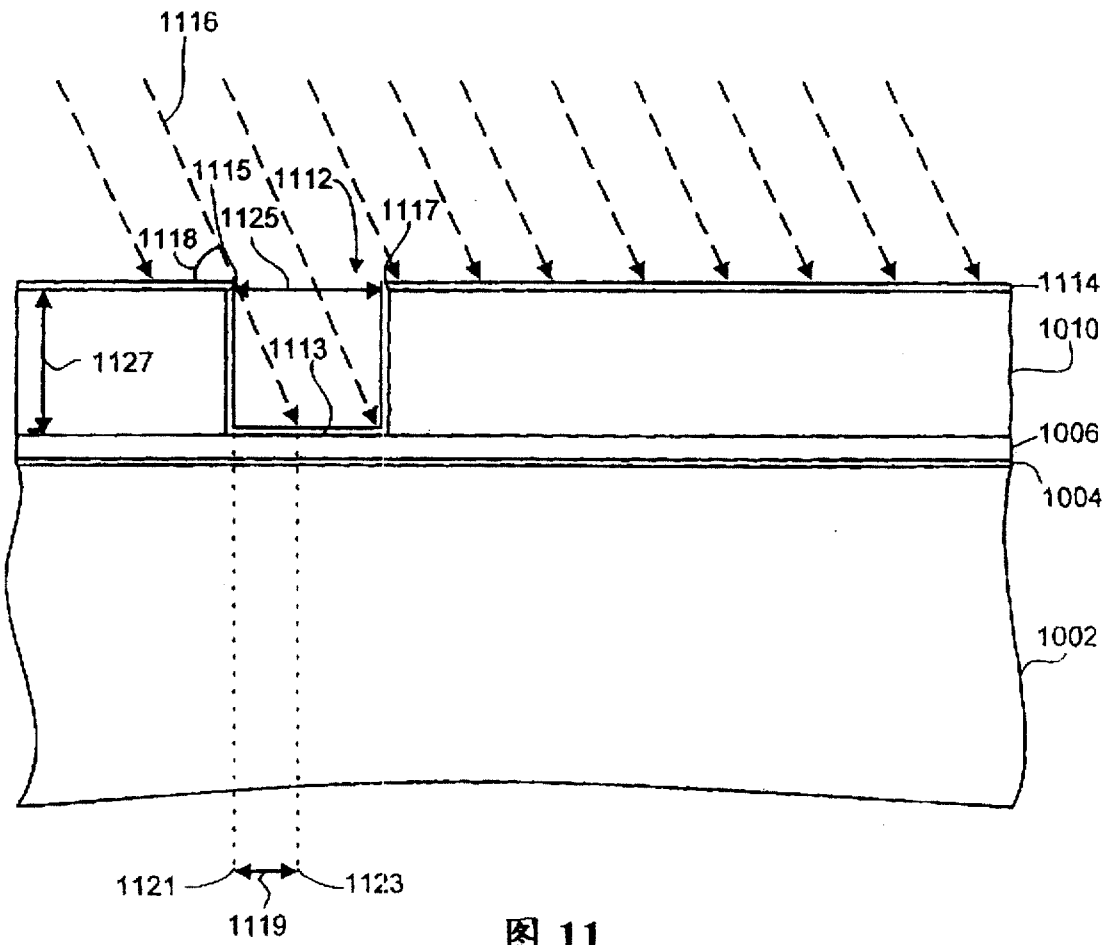


图 11



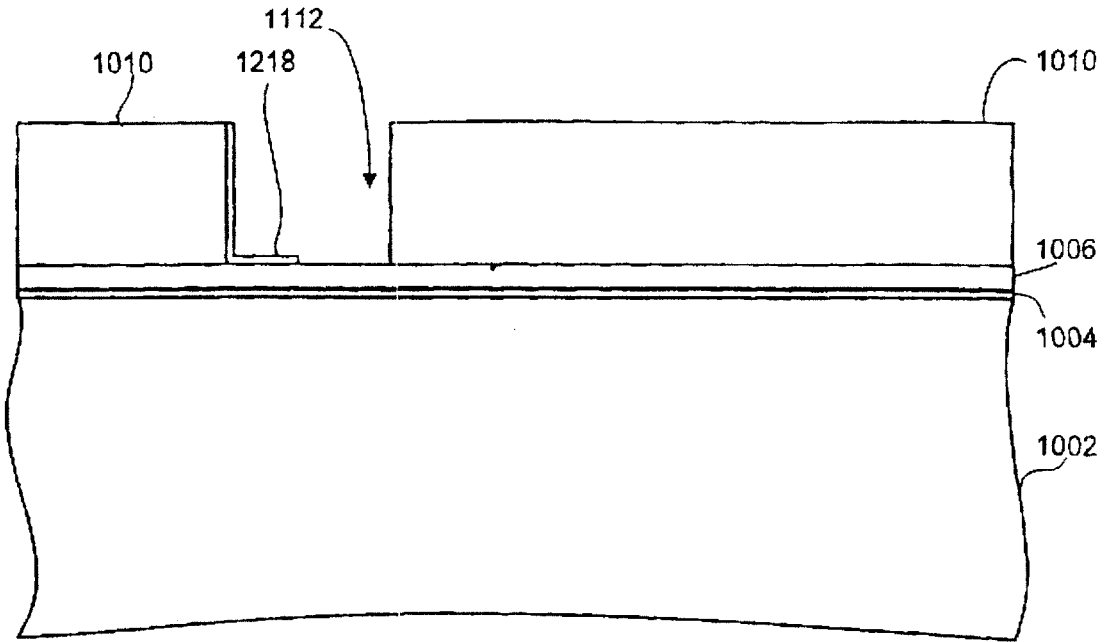


图 12

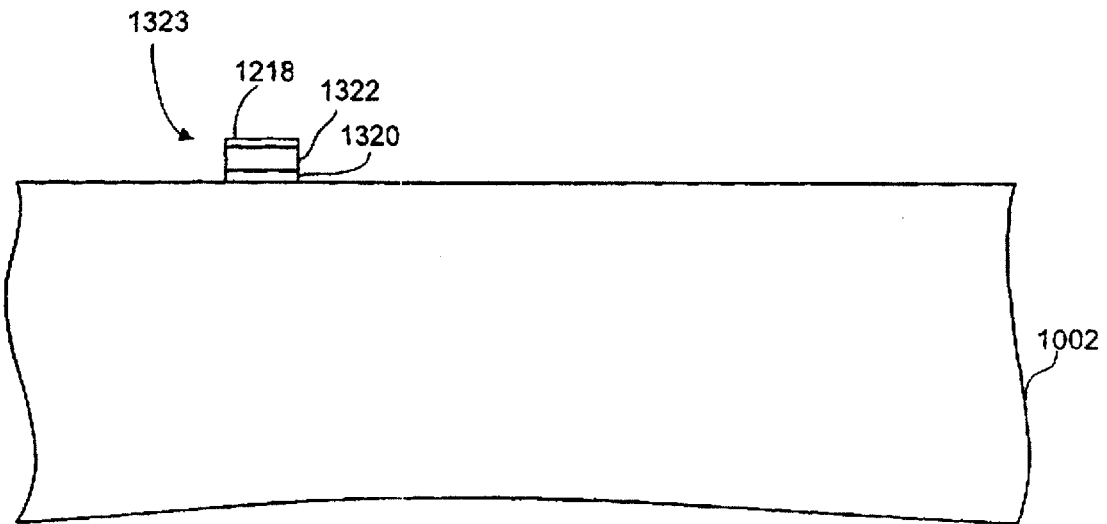


图 13

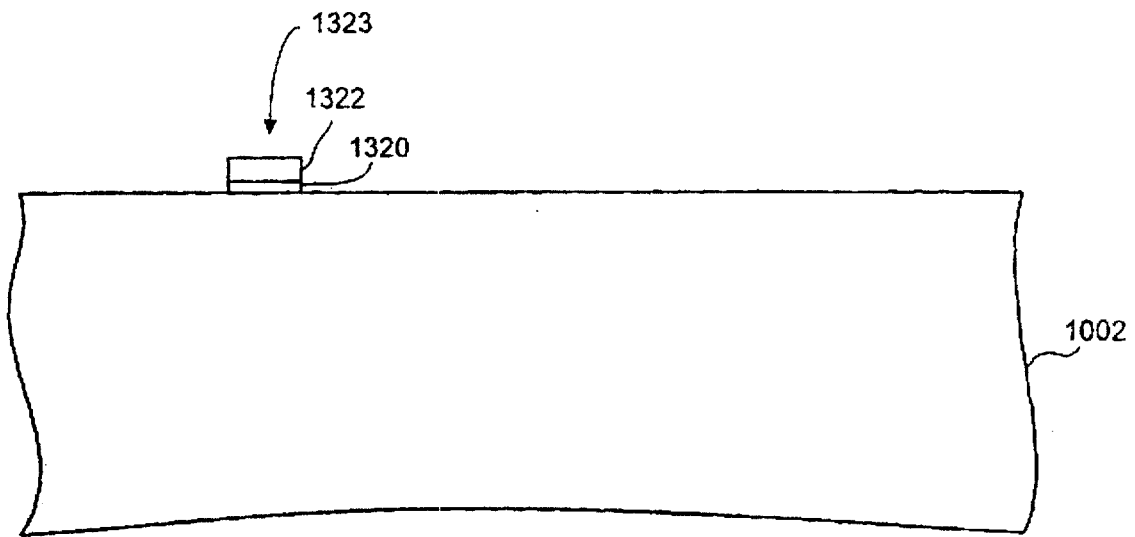


图 14

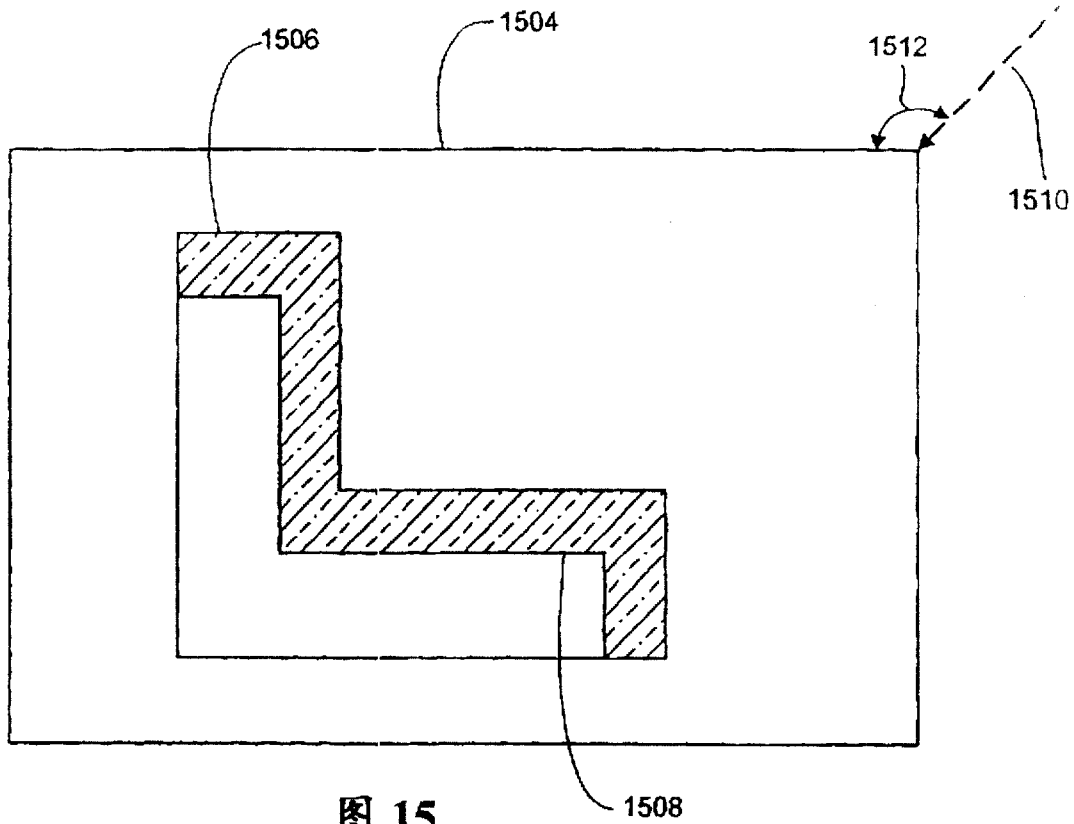


图 15

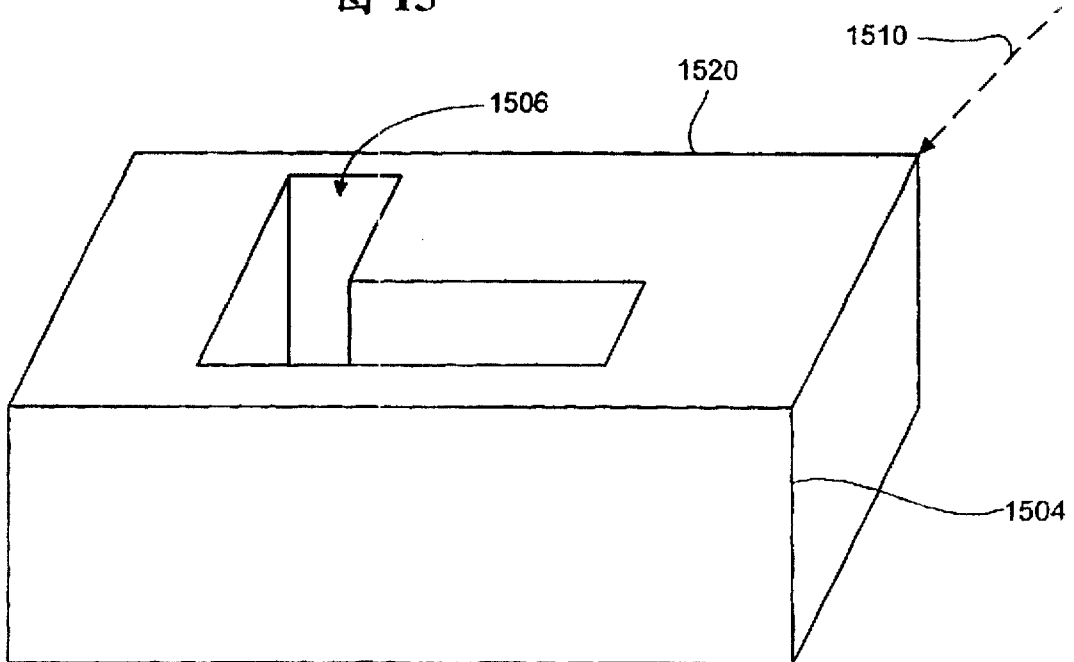


图 16

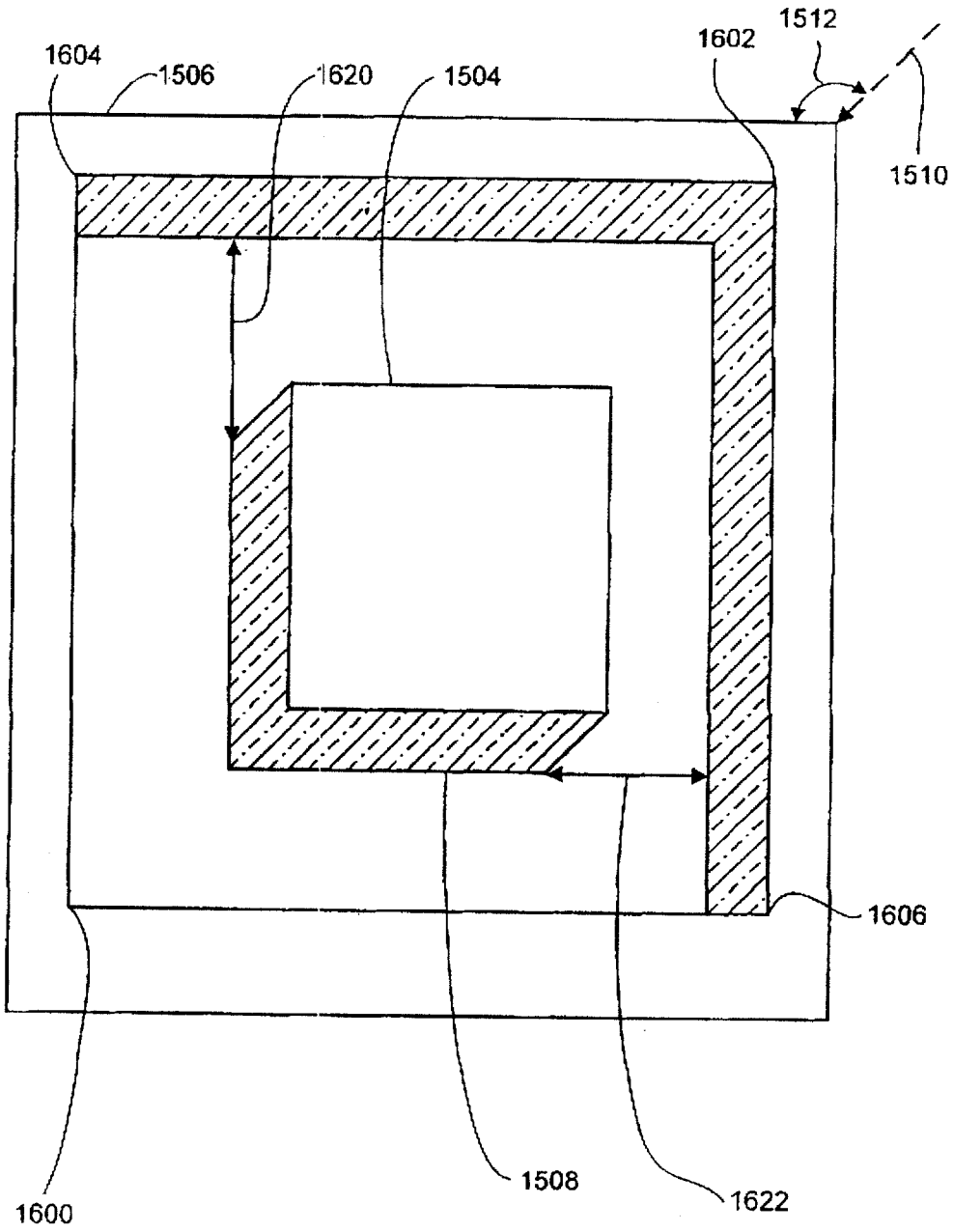


图 17

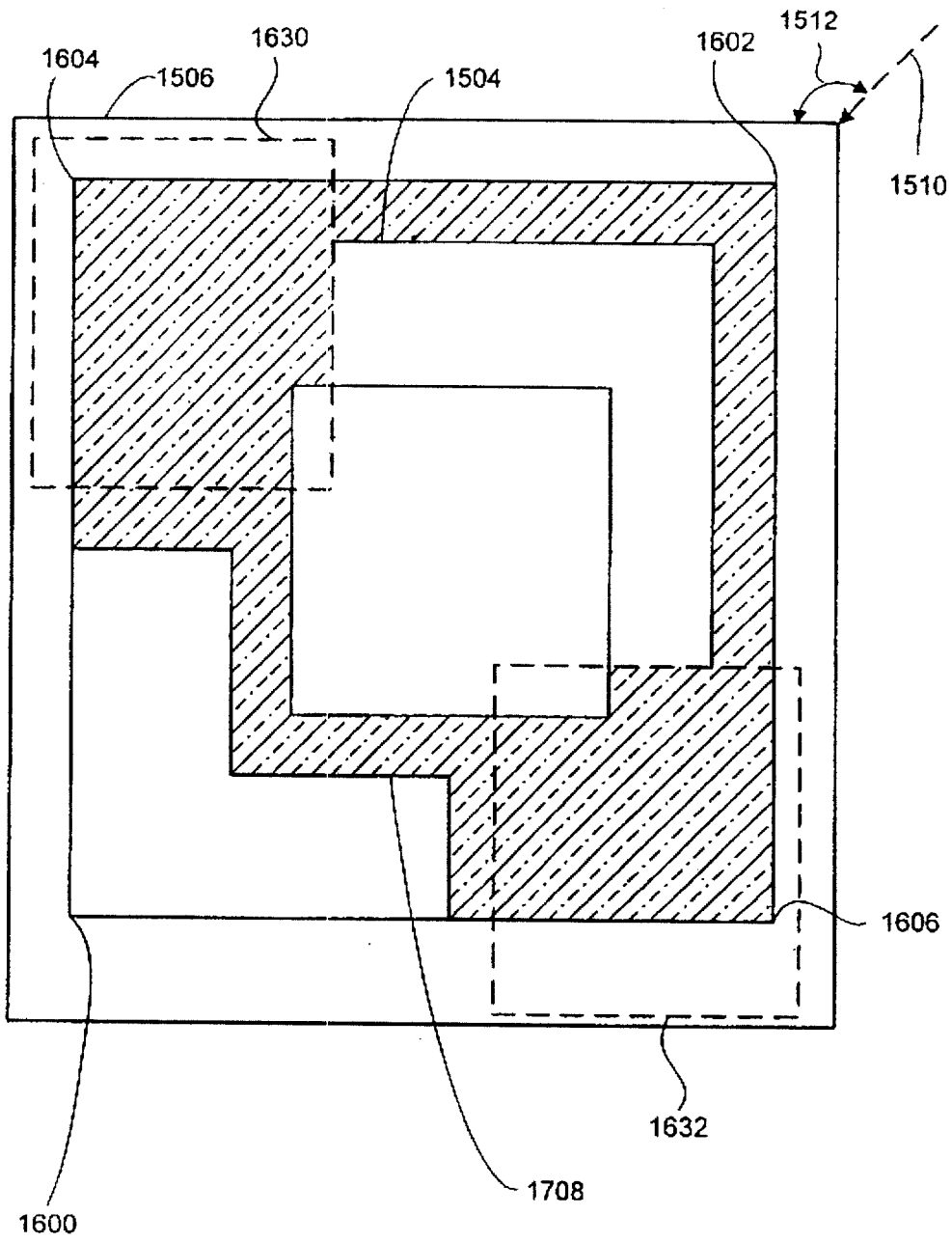


图 18