



(10) 授权公告号 CN 112955401 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 02

(21) 申请号 201980071658.2

(22) 申请日 2019.08.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112955401 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(30) 优先权数据
62/724,206 2018.08.29 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.04.28

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/048836 2019.08.29

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/047272 EN 2020.03.05

(73) 专利权人 宽腾矽公司

地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 杰勒德·施密德 J·比奇

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

专利代理师 谭营营 胡彬

(51) Int.Cl.
B81C 1/00 (2006.01)
B01L 3/00 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2017350818 A1, 2017.12.07

审查员 代亚平

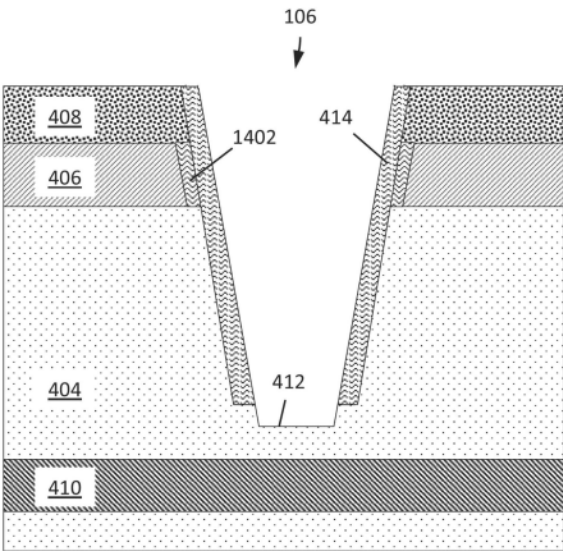
权利要求书3页 说明书19页 附图25页

(54) 发明名称

用于集成传感器器件的样本井制造技术及结构

(57) 摘要

本发明描述形成集成器件及特定言之形成集成器件中的一个或多个样本井的方法。这些方法可涉及：在包覆层上方形成金属堆叠；在该金属堆叠中形成孔隙；在所述孔隙内形成第一间隔材料；以及通过移除所述包覆层中的一些以将所述孔隙的深度延伸到所述包覆层中而形成样本井。在得到的样本井中，所述第一间隔材料的至少一部分与所述金属堆叠的至少一层接触。



1. 一种集成器件, 包括:
 包覆层;
 金属堆叠, 其形成在所述包覆层上方并且具有至少一个底切区;
 样品井, 其靠近所述至少一个底切区延伸穿过所述金属堆叠并进入所述包覆层; 以及
 第一间隔材料, 其填充所述至少一个底切区。
2. 根据权利要求1所述的集成器件, 其中, 所述第一间隔材料形成所述样品井的至少一个侧壁。
3. 根据权利要求1所述的集成器件, 其中, 所述第一间隔材料包括从以下群组选择的一个或多个层: 非晶硅(α -Si)、 SiO_2 、 SiON , 及 SiN 。
4. 根据权利要求1所述的集成器件, 其中, 所述第一间隔材料包括从以下群组选择的一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 TiN 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。
5. 根据权利要求1所述的集成器件, 其中, 所述金属堆叠包括至少一个含铝层和至少一个含钛层。
6. 根据权利要求1所述的集成器件, 其中, 所述包覆层包括 SiO_2 。
7. 根据权利要求1所述的集成器件, 其进一步包括第二间隔材料, 其与所述金属堆叠、所述第一间隔材料和所述包覆层中的一个或多个接触。
8. 根据权利要求7所述的集成器件, 其中, 所述第二间隔材料形成所述样品井的至少一个侧壁。
9. 根据权利要求7所述的集成器件, 其中, 所述第二间隔材料包括从以下群组选择的一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。
10. 根据权利要求1所述的集成器件, 其中, 所述金属堆叠包括在第二层上方形成的第一层, 并且所述底切区形成在所述第二层中。
11. 一种形成集成器件的方法, 所述方法包括:
 在包覆层上方形成金属堆叠;
 在所述金属堆叠中形成孔隙;
 在所述孔隙内形成第一间隔材料; 以及
 通过移除所述包覆层中的一些以将所述孔隙的深度延伸到所述包覆层中而形成样本井, 其中所述第一间隔材料的至少一部分设置在所述金属堆叠的底切区中。
12. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 形成所述金属堆叠进一步包括在所述包覆层上形成所述金属堆叠。
13. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 形成所述第一间隔材料进一步包括在所述金属堆叠上方和在所述孔隙的底表面形成所述第一间隔材料。
14. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 形成所述样品井进一步包括执行第一定向蚀刻, 以移除设置在所述金属堆叠的顶表面上和所述孔隙的底表面上的所述第一间隔材料的至少一些。
15. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述第一间隔材料包括被配置为在用于形成所述样品井的蚀刻过程中减少金属氟化物残留物的形成的至少一种材料。
16. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述第一间隔材料包括被配置为在用于形成所述样品井的蚀刻过程中减少在所述金属堆叠的至少一个金属层上金属氟化物残留物的形

成的至少一种材料。

17. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述金属堆叠包括至少一个含铝层和至少一个含钛层。

18. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述第一间隔材料是由等离子增强型化学气相沉积 (PECVD) 形成的。

19. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述第一间隔材料包括至少一种硅材料。

20. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述第一间隔材料包括从以下群组中选择一个或多个层: 非晶硅 (α -Si)、 SiO_2 、 SiON 、 SiN 及硅合金。

21. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述第一间隔材料是由原子层沉积 (ALD) 形成的。

22. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述第一间隔材料包括从以下群组中选择一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 HfO_2 、 TiN 、 Ta_2O_5 以及 ZrO_2 。

23. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述包覆层包括 SiO_2 。

24. 根据权利要求11所述的方法, 其进一步包括:

将第二间隔材料形成在所述样本井中; 以及

移除位于所述样品井的底表面的所述第二间隔材料的至少一些以暴露所述包覆层的一部分, 其中所述第二间隔材料的至少一部分与所述金属堆叠、所述第一间隔材料的至少一部分以及所述包覆层中的一个或多个接触。

25. 根据权利要求24所述的方法, 其中, 形成所述第二间隔材料进一步包括在所述金属堆叠上方形成所述第二间隔材料。

26. 根据权利要求24所述的方法, 其中, 移除所述第二间隔材料的至少一些进一步包括执行定向蚀刻, 以移除设置在所述金属堆叠的顶表面上和所述样品井的底表面上的所述第二间隔材料。

27. 根据权利要求26所述的方法, 其中, 所述定向蚀刻包括基于氟碳化合物的蚀刻。

28. 根据权利要求24所述的方法, 其中, 所述第二间隔材料是由原子层沉积 (ALD) 形成的。

29. 根据权利要求28所述的方法, 其中, 所述第二间隔材料包括从以下群组选择一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。

30. 一种形成集成器件的方法, 所述方法包括:

在包覆层上方形成金属堆叠;

在所述金属堆叠上方形成介电层;

通过在所述介电层中形成开口, 并使用所述介电层作为掩模来移除所述金属堆叠的一部分, 从而在所述金属堆叠中形成孔隙;

通过移除所述包覆层的一部分形成样品井, 其中在形成所述样品井时移除所述介电层的至少一部分; 以及

在所述孔隙内形成第一间隔材料, 其中所述第一间隔材料的至少一部分设置在所述金属堆叠的底切区中。

31. 根据权利要求30所述的方法, 其中, 形成所述金属堆叠进一步包括在所述包覆层上形成所述金属堆叠。

32. 根据权利要求30所述的方法, 其中, 形成所述介电层进一步包括在所述金属堆叠上形成所述介电层。

33. 根据权利要求30所述的方法, 其中, 形成所述孔隙进一步包括在所述介电层中刻蚀所述开口, 并使用所述介电层作为刻蚀掩模以在所述金属堆叠上形成所述孔隙。

34. 根据权利要求30所述的方法, 其中, 形成所述样品井进一步包括同时蚀刻所述包覆层和所述介电层。

35. 根据权利要求30所述的方法, 其中, 所述金属堆叠包括至少一个含铝层和至少一个含钛层。

36. 根据权利要求30所述的方法, 其中, 所述包覆层包括 SiO_2 。

37. 根据权利要求30所述的方法, 其进一步包括:

将间隔层形成在所述金属堆叠上方并形成在所述样本井中; 以及
执行定向蚀刻, 以移除设置在所述金属堆叠的顶表面上和所述样品井的底表面上的所述间隔层的部分, 从而暴露所述包覆层的一部分;

其中, 所述间隔层的至少一部分形成所述样品井的至少一个侧壁。

38. 根据权利要求37所述的方法, 其中, 所述间隔层是由原子层沉积 (ALD) 形成的。

39. 根据权利要求37所述的方法, 其中, 所述间隔层包括从以下群组选择的一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。

40. 根据权利要求30所述的方法, 其中, 形成所述样品井进一步包括实质性地移除所述介电层。

41. 根据权利要求30所述的方法, 其中, 在形成所述样品井之后所述集成器件不包括所述介电层。

42. 根据权利要求30所述的方法, 其中, 所述介电层包括从以下群组选择的一个或多个层: 非晶硅 ($\alpha\text{-Si}$)、 SiO_2 、 SiON 、 SiN 以及硅合金。

用于集成传感器器件的样本井制造技术及结构

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请根据35U.S.C. §119(e)规定主张主题为“SAMPLE WELL FABRICATION TECHNIQUES AND STRUCTURES FOR INTEGRATED SENSOR DEVICES”且在2018年8月29日申请的美国临时专利申请序号62/724,206的权利,该申请的全文以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本申请大体上涉及生物定序,且更明确言之涉及用于可结合定序机使用的集成传感器器件的样本井制造技术及相关联结构。

背景技术

[0004] 核酸(例如,脱氧核糖核酸(DNA)、核糖核酸(RNA))的定序包含识别目标核酸中的个别核苷酸。一些核酸定序方法包含在将个别核苷酸并入至与目标核酸互补的核酸股中时识别这些个别核苷酸。接着,在定序处理期间识别的互补股的核苷酸系列可容许识别目标核酸股的核苷酸序列。

[0005] 可使用生物检定(biological assay) (“生物检定(bioassay)”)执行对生物样本的检测及分析。生物检定公知地涉及大型昂贵实验室设备,从而需要经训练以操作该设备且执行生物检定的研究科学家。此外,公知地批量执行生物检定使得大量特定类型的样本对于检测及定量是必要的。

[0006] 一些生物检定是通过用发射特定波长的光的发光标记给样本加卷标而执行。用光源照明标记以引起发光,且用光检测器检测发光光(luminescence light)以量化由标记发射的发光光量。使用发光标记的生物检定公知地涉及用于照明样本的昂贵激光光源及用于收集来自被照明样本的发光的复杂发光检测光学器件及电子器件。

发明内容

[0007] 一些实施例涉及一种形成集成器件的方法。该方法包括:在包覆层上方形成金属堆叠;在所述金属堆叠中形成孔隙;在所述孔隙内形成第一间隔材料;以及通过移除所述包覆层中的一些以将所述孔隙的深度延伸到所述包覆层中而形成样本井,其中所述第一间隔材料的至少一部分与所述金属堆叠的至少一层接触。

[0008] 在一些实施例中,形成所述金属堆叠进一步包括在所述包覆层上形成所述金属堆叠。在一些实施例中,形成所述第一间隔材料进一步包括在所述金属堆叠上方和在所述孔隙的底表面形成所述第一间隔材料。在一些实施例中,形成所述样品井进一步包括执行第一定向蚀刻,以移除设置在所述金属堆叠的顶表面上和所述孔隙的底表面上的所述第一间隔材料的至少一些。在一些实施例中,所述第一间隔材料包括被配置为在用于形成所述样品井的蚀刻过程中减少金属氟化物残留物的形成的至少一种材料。在一些实施例中,所述第一间隔材料包括被配置为在用于形成所述样品井的蚀刻过程中减少在所述金属堆叠的至少一个金属层上金属氟化物残留物的形成的至少一种材料。在一些实施例中,所述第一

间隔材料的至少一部分设置在所述金属堆叠的底切区。在一些实施例中,所述金属堆叠包括至少一个含铝层和至少一个含钛层。被配置为

[0009] 在一些实施例中,所述第一间隔材料是由等离子增强型化学气相沉积(PECVD)形成的。在一些实施例中,所述第一间隔材料包括至少一种硅材料。在一些实施例中,所述第一间隔材料包括从以下群组中选择一个或多个层:非晶硅(α -Si)、 SiO_2 、 SiON 、 SiN 及硅合金。在一些实施例中,所述第一间隔材料是由原子层沉积(ALD)形成的。在一些实施例中,所述第一间隔材料包括从以下群组中选择一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 HfO_2 、 TiN 、 Ta_2O_5 以及 ZrO_2 。在一些实施例中,所述包覆层包括 SiO_2 。一个或多个

[0010] 在一些实施例中,该方法进一步包括:将第二间隔材料形成在所述样本井中;以及移除位于所述样品井的底表面的所述第二间隔材料的至少一些以暴露所述包覆层的一部分,其中所述第二间隔材料的至少一部分与所述金属堆叠、所述第一间隔材料的至少一部分以及所述包覆层中的一个或多个接触。在一些实施例中,形成所述第二间隔材料进一步包括在所述金属堆叠上方形成所述第二间隔材料。在一些实施例中,移除所述第二间隔材料的至少一些进一步包括执行定向蚀刻,以移除设置在所述金属堆叠的顶表面上和所述样品井的底表面上的所述第二间隔材料。在一些实施例中,所述定向蚀刻包括基于基于氟碳化合物的蚀刻。在一些实施例中,所述第二间隔材料是由原子层沉积(ALD)形成的。在一些实施例中,所述第二间隔材料包括从以下群组选择一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。

[0011] 一个或多个一个或多个一个或多个一个或多个一个或多个一些实施例旨在一种形成集成器件的方法。所述方法包括:在包覆层上方形成金属堆叠;在所述金属堆叠上方形成介电层;通过在所述介电层中形成开口,并使用所述介电层作为掩模来移除所述金属堆叠的一部分,从而在所述金属堆叠中形成孔隙;通过移除所述包覆层的一部分形成样品井,其中在形成所述样品井时移除所述介电层的至少一部分。

[0012] 在一些实施例中,形成所述金属堆叠进一步包括在所述包覆层上形成所述金属堆叠。在一些实施例中,形成所述介电材料进一步包括在所述金属堆叠上形成所述介电层。在一些实施例中,形成所述孔隙进一步包括在所述介电层中刻蚀所述开口,并使用所述介电层作为刻蚀掩模以在所述金属堆叠上形成所述孔隙。在一些实施例中,形成所述样品井进一步包括同时蚀刻所述包覆层和所述介电层。在一些实施例中,所述金属堆叠包括至少一个含铝层和至少一个含钛层。在一些实施例中,所述包覆层包括 SiO_2 。

[0013] 在一些实施例中,所述的方法进一步包括:将间隔层形成在所述金属堆叠上方并形成在所述样本井中;以及执行定向蚀刻,以移除设置在所述金属堆叠的顶表面上和所述样品井的底表面上的所述间隔层的部分,从而暴露所述包覆层的一部分;其中,所述间隔层的至少一部分形成所述样品井的至少一个侧壁。

[0014] 在一些实施例中,所述间隔层是由原子层沉积(ALD)形成的。在一些实施例中,所述间隔层包括从以下群组选择一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。在一些实施例中,形成所述样品井进一步包括实质性地移除所述介电层。在一些实施例中,在形成所述样品井之后所述集成器件不包括所述介电层。在一些实施例中,所述介电层包括从以下群组选择一个或多个层:非晶硅(α -Si)、 SiO_2 、 SiON 、 SiN 以及硅合金。

[0015] 一些实施例旨在一种集成器件,包括:包覆层;金属堆叠,其形成在所述包覆层上

方并且具有至少一个底切区;样品井,其靠近所述至少一个底切区延伸穿过所述金属堆叠并进入所述包覆层;以及第一间隔材料,其填充所述至少一个底切区。

[0016] 在一些实施例中,所述第一间隔材料形成所述样品井的至少一个侧壁。

[0017] 在一些实施例中,所述第一间隔材料包括从以下群组选择的一个或多个层:非晶硅(α -Si)、 SiO_2 、 SiON ,及 SiN 。在一些实施例中,所述第一间隔材料包括从以下群组选择的一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 TiN 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。在一些实施例中,所述金属堆叠包括至少一个含铝层和至少一个含钛层。在一些实施例中,所述包覆层包括 SiO_2 。

[0018] 在一些实施例中,所述集成器件进一步包括第二间隔材料,其与所述金属堆叠、所述第一间隔材料和所述包覆层中的一个或多个接触。在一些实施例中,所述第二间隔材料形成所述样品井的至少一个侧壁。在一些实施例中,所述第二间隔材料包括从以下群组选择的一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。在一些实施例中,所述金属堆叠包括在第二层上方形成的第一层,并且所述底切区形成在所述第二层中。

附图说明

[0019] 将参考下图描述本申请的各种方面及实施例。应了解,这些图不一定按比例绘制。在多个图中出现的项目在他们出现的全部图中由相同参考标号指示。

[0020] 图1是根据本文中描述的技术的一些实施例的示例性定序系统的示意图。

[0021] 图2是展示图1中示出的示例性定序系统的进一步细节的示意图。

[0022] 图3A及图3B是示出根据本文中描述的技术的一些实施例的集成器件的横截面视图。

[0023] 图4是示出根据本文中描述的技术的一些实施例的样本井的横截面视图。

[0024] 图5是示出根据本文中描述的技术的一些实施例的用于形成样本井的示例性处理的流程图。

[0025] 图6、图7、图8、图9、图10及图11是示出图5的用于形成样本井的示例性处理的顺序横截面视图。

[0026] 图12是示出根据本文中描述的技术的一些实施例的用于形成样本井的示例性处理的流程图。

[0027] 图13、图14、图15及图16是示出图12的用于形成样本井的示例性处理的顺序横截面视图。

[0028] 图17是示出根据本文中描述的技术的一些实施例的用于形成样本井的示例性处理的流程图。

[0029] 图18、图19、图20、图21、图22、图23、图24及图25是示出图17的用于形成样本井的示例性处理的顺序横截面视图。

具体实施方式

[0030] 本文中描述的技术涉及核酸(诸如DNA及RNA)的定序,且特定言之涉及用于基于自传感器获取的数据自动识别核苷酸的技术。核酸定序容许判定目标核酸中的核苷酸的顺序及位置。一些核酸定序方法是基于合成定序(sequencing by synthesis),其中在核苷酸并入至与目标核酸互补的新合成的核酸股中时判定该核苷酸的同一性(identity)。在定序期

间,聚合酶(polymerizing enzyme)(例如,DNA聚合酶(polymerase))可耦合(例如,附着)至目标核酸分子的引发位置(priming location)且经由聚合酶的作用将核苷酸添加或并入至引子(primer),此一般可被称为引子延伸反应。

[0031] 各核苷酸可与响应于激发而发射光且用于标识(label)各类型的核苷酸以区别不同类型的核苷酸的发光分子(例如,荧光团)相关联。例如,一组四个标识可用于标识DNA中存在的核碱基,使得该组的各标记与不同核碱基相关联,例如,第一标识与腺嘌呤(A)相关联,第二标识与胞嘧啶(C)相关联,第三标识与鸟嘌呤(G)相关联,且第四标识与胸腺嘧啶(T)相关联。可通过将标识直接或经由连接分子(linker molecule)间接接合至核苷酸而将标识耦合至核苷酸。

[0032] 在引子延伸反应发生时,在将核苷酸并入至合成互补核酸中期间通过聚合酶保留核苷酸及其各自发光标识。发光标识可在将核苷酸并入至合成核酸中的时期期间通过光脉冲激发且发射该标识的光特性。在一些实施例中,标识直接或通过连接分子间接附着至核苷酸的末端磷酸,使得标识在核苷酸的并入期间经由聚合酶的作用从核苷酸脱离或释离(例如,磷酸键的断裂)。感测及分析通过发光标识响应于激发而发射的光可容许识别所并入的核苷酸。在引子延伸反应发生时,针对添加至合成核酸的各后续核苷酸执行激发、感测及分析。可自合成核酸的互补序列判定目标核酸的序列。

[0033] 由发光标识发射的光可具有若干特性,这些特性可用于区分该标识与其他标识且因此识别核苷酸。这些特性包含强度(例如,发射光的概率)、时间特性(例如,激发的后光子发射概率的衰减速率、用于并入的脉冲持续时间和/或并入之前和/或之后的中介脉冲持续时间)、光谱特性(例如,所发射的光的波长)或他们的任何组合。可通过可检测这些特性的一个或多个的光检测器来检测由发光标识发射的光。适合光检测器的实例描述于标题为“INTEGRATED DEVICE FOR TEMPORAL BINNING OF RECEIVED PHOTONS”的美国专利申请14/821,656中,该案的全文特此以引用的方式并入。如其中描述,光检测器可具有检测光子的到达时间的能力,此可容许判定由标识发射的光的时间特性。检测所发射光的时间特性继而可容许区别发射具有不同时间特性的光的标识。时间特性的一个实例是发光寿命。诸如荧光团的发光分子可响应于激发而发射光子。发光分子发射光子的概率在发生激发的后随时间减小。概率的衰减速率可为指数式的。“寿命”是概率随时间衰减的速度的特性。快速衰减被视为具有短寿命,而缓慢衰减被视为具有长寿命。检测由发光分子发射的光的时间特性可容许区分具有不同寿命的发光分子。用具有不同寿命的发光分子标识不同核苷酸可容许基于所检测的光的时间特性来区分核苷酸。

[0034] 在前述美国专利申请14/821,656中描述的光检测器可以奈秒或皮秒分辨率检测光子的到达时间且可对入射光子的到达进行时间分格(time-bin)。由于光子的发射是概率性的,所以标识可激发多次且可对任何所得光子发射进行时间分格。执行此测量多次容许填入(populating)在激发事件的后光子到达的时间的直方图。可分析此信息以计算所发射光的时间特性,此可容许基于时间特性区分该标识与另一标识。

[0035] 用于执行单分子或粒子的检测及定量的紧凑高速装置可降低执行生物和/或化学样本的复杂定量测量的成本且快速提高生化技术发现的速率。此外,可容易运输的具成本效率的器件不仅可转变在发达国家执行生物检定的方式,而且首次为发展中地区的人们提供可大大改善他们健康及福祉的必要诊断测试。例如,本文中描述的实施例可用于血液、尿

液和/或唾液的诊断测试,这些诊断测试可供个人在家中使用或在发展中国家供偏远诊所中的医生使用。

[0036] 具有大量像素(例如,数百、数千、数百万或更多)的像素化传感器器件容许并行检测多个个别分子或粒子。通过实例且非限制地,分子可为蛋白质和/或DNA。此外,可以每秒一百个以上帧获取数据的高速器件容许检测及分析所分析的样本内随时间发生的动态处理或变化。

[0037] 防止生物检定设备变得更紧凑的一个障碍是需要过滤激发光以免在传感器处引起非所要检测事件。用于传输所要信号光(发光)且充分阻挡激发光的光学滤光片可为厚的、庞大的、昂贵的且不能容忍光的入射角的变动,从而防止小型化。然而,本文中已认知且了解,使用脉冲激发源可减少对此过滤的需求或在一些情况中完全无需这些滤光片。通过使用能够判定相对于激发光脉冲检测到光子的时间的传感器,可基于接收到光子的时间而非所接收的光的光谱将信号光与激发光分离。因此,在一些实施例,减少和/或移除对庞大光学滤光片的需求。

[0038] 发光寿命测量也可用于识别样本中存在的分子。能够检测何时检测到光子的光学传感器能够使用自许多事件收集的统计量来测量由激发光激发的分子的发光寿命。在一些实施例,除发光的光谱测量以外,也可进行发光寿命测量。替代地,在识别样本分子时可完全省略发光的光谱测量。可用脉冲激发源进行发光寿命测量。另外,可使用包含传感器的集成器件或其中光源定位于与集成器件分离的系统中的器件进行发光寿命测量。

[0039] 已认知及了解,将样本井(其可包含奈米孔)及传感器整合于能够测量自生物样本发射的发光光的单一集成器件中降低生产此器件的成本,使得可形成一次性生物分析集成器件。与基础仪器对接的一次性、单次使用的集成器件可在世界上的任何地方使用,而没有需要用于样本分析的高成本生物实验室的约束。因此,可将自动化生物分析带到先前无法执行生物样本的定量分析的世界各地。例如,可通过以下方法执行婴儿血液测试:将血液样本放置于一次性集成器件上;将一次性集成器件放置至小型可携式基础仪器中以进行分析;及通过计算机处理结果以供用户立即查看。也可经由数据网络将数据传输至远程位置以进行分析和/或存盘用于后续临床分析。

[0040] 还已认知及了解,一次性、单次使用器件可通过在集成器件上不包含光源而变得更简单且成本更低。代替性地,光源可包含并入至与一次性集成器件对接以分析样本的系统中的可重用组件。

[0041] 图1是示例性定序系统100的示意图,其可结合本文中描述的样本井制造技术及相关联样本井结构使用。尽管在定序系统(诸如定序系统100)的内容背景中描述这些样本井制造技术及样本井结构,然应了解,本文中描述的技术可在制造其他类型的集成器件、定序系统或其中期望样本井或其他类似结构的其他器件时实施。

[0042] 如图1中展示,定序系统100可包含仪器102,仪器102可被配置为与具有多个样本井的集成器件104对接,其中个别样本井106被配置为从放置于集成器件104的表面上的样品(未展示)接收样本。样品可含有多个样本及(在一些实施例中)不同类型的样本。样本井可具有适合大小及形状,使得样本井的至少一部分从样品接收一个样本。在一些实施例中,由个别样本井接收的样本的数目可分布于多个样本井中,使得一些样本井含有一个样本,而其他样本井含有零个、或两个或更多个样本。

[0043] 在一些实施例中,样品可包含多个单股DNA模板,且集成器件(诸如集成器件104)的表面上个别样本井可被确定大小且被定形以接收单股DNA模板。单股DNA模板可分布于集成器件的样本井中,使得集成器件的样本井的至少一部分含有单股DNA模板。样品也可含有带标签(tagged) dNTP,他们接着进入样本井中且可容许在核苷酸并入至与样本井中的单股DNA模板互补的一DNA股中时识别核苷酸。在这些实例中,“样本”可指单股DNA及当前正通过聚合酶并入的带标签dNTP两者。在一些实施例中,样品可包含单股DNA模板,且随后可在核苷酸并入至样本井内的互补DNA股中时将带卷标dNTP引入至样本井。以此方式,核苷酸并入的时序可通过何时将带标签dNTP引入至集成器件的样本井而控制。

[0044] 仪器102可包含激发源108,激发源108可被配置为将激发能提供至集成器件104。可至少部分通过集成器件的组件将激发能引导朝向一个或多个像素(图1中未展示)以照明样本井106内的照明区。接着,标识可在定位于照明区内时且响应于被激发能照明而对发射能进行发射。在一些实施例中,仪器102的光学组件及集成器件104的光子学可被配置为将激发能引导朝向一个或多个样本井。

[0045] 接着,可通过集成器件104的像素内的一个或多个传感器110检测由样本发射的发射能。所检测发射能的特性可提供用于识别与发射能相关联的标识的指示。这些特性可包含任何适合类型的特性,包含由传感器检测的光子的到达时间、通过传感器随时间累积的光子量和/或跨两个或更多个传感器的光子分布。在一些实施例中,传感器110可具有容许检测与样本的发射能相关联的一个或多个时序特性(例如,荧光寿命)的配置。传感器110可检测在激发能的脉冲传播通过集成器件之后的光子到达时间的分布,且到达时间的分布可提供样本的发射能的时序特性的指示(例如,荧光寿命的代理)。在一些实施例中,一个或多个传感器提供通过标识对发射能进行发射的概率的指示(例如,荧光强度)。在一些实施例中,多个传感器可被确定大小且被配置以获取发射能的空间分布。接着,来自一个或多个传感器的输出信号可用于区分来自多个标识中的标识,其中所述多个标识可用于识别样品内的样本。

[0046] 通过进一步示出,图2是展示图1的示例性定序系统100的进一步细节的示意图。再一次,系统100包含与仪器102对接的集成器件104。在一些实施例中,仪器102可包含整合为仪器102的部分的一个或多个激发源108。在一些实施例中,激发源108可在仪器102及集成器件104两者外部,使得仪器102可被配置为从激发源108接收激发能且将激发能引导至集成器件104。集成器件104可使用用于接纳集成器件104且保持集成器件104与激发源108精确光学对准的任何适合插座(socket)与仪器102对接。激发源108也可定位于仪器内且被配置为将激发能提供至集成器件104。如也在图2中示意性地示出,集成器件104具有多个个别像素,其中像素112的至少一部分可执行样本的独立分析。这些像素112可被称为“被动源像素”,这是因为像素自与像素分离的激发源108接收激发能,其中该源激发多个像素。像素112具有被配置为接收样本的样本井106及用于检测响应于用由激发源108提供的激发能照明样本而通过样本发射的发射能的传感器110两者。样本井106可使样本保持靠近集成器件104的表面以易于将激发能传递至样本且检测来自样本的发射能。

[0047] 用于将来自激发源108的激发能导引及耦合至集成器件104的样本井106的光学组件可并入于集成器件104及仪器102两者中。这些源至井组件可包含例如定位于集成器件104上的用于将激发能耦合至集成器件104的一个或多个光栅耦合器及用于将激发能从仪

器102传递至像素112中的样本井106的波导。在一些实施例中,定位于集成器件104上的组件可用于将来自样本井106的发射能引导朝向传感器110。根据一些实施例,样本井106、激发源至井光学器件的部分及样本井至传感器光学器件定位于集成器件104上,且激发源108及源至井组件的部分定位于仪器102中。在一些实施例中,单一组件可在将激发能耦合至样本井106及将来自样本井106的发射能传递至传感器110两者时发挥作用。包含于集成器件中的用于将激发能耦合至样本井和/或将发射能引导至传感器的适合组件的实例描述于标题为“INTEGRATED DEVICE FOR PROBING, DETECTING AND ANALYZING MOLECULES”的美国专利申请14/821,688及标题为“INTEGRATED DEVICE WITH EXTERNAL LIGHT SOURCE FOR PROBING, DETECTING, AND ANALYZING MOLECULES”的美国专利申请14/543,865中,这两者的全文以引用的方式并入。

[0048] 关于图2的实施例中的像素112,个别像素112可与其自身的个别样本井106及至少一个传感器110相关联。像素112可配置成阵列,且阵列中可存在任何适合数目个像素。集成器件104中的像素数目可在大约10,000个像素至1,000,000个像素或该范围内的任何值或值范围的范围内。在一些实施例中,像素可配置成512个像素乘以512个像素的阵列。集成器件104及仪器102可包含用于处置与大像素阵列(例如,超过10,000个像素)相关联的数据的多信道、高速通信链路(未展示)。

[0049] 如图2中进一步示出,仪器102可通过集成器件接口114与集成器件104对接。集成器件接口114可包含例如用于将集成器件104定位和/或对准至仪器102以促进或改良来自激发源108的激发能至集成器件104的耦合的组件。激发源108可为经配置以将激发能传递至至少一个样本井的任何适合光源。适合激发源的实例描述于美国专利申请14/821,688中,该案的全文以引用的方式并入。在一些实施例中,激发源108包含组合将激发能传递至集成器件104的多个激发源。此多个激发源可被配置为产生多个激发能或波长。集成器件接口114可从集成器件104的像素112中的传感器110接收读出信号。集成器件接口114可被设计使得集成器件104通过将集成器件104固定至集成器件接口114而附接至仪器102。

[0050] 仍参考图2,仪器102可包含用于控制仪器102的操作的用户接口116。用户接口116被配置为容许用户将信息输入至仪器中,诸如(举例而言)用于控制仪器的运作的命令和/或设定。在一些实施例中,用户接口116可包含按钮、开关、仪表盘及用于语音命令的麦克风。另外,用户接口116可容许用户接收关于仪器和/或集成器件的效能的反馈,诸如通过来自集成器件上的传感器的读出信号获得的适当对准和/或信息。在一些实施例中,用户接口116可使用用于提供可听反馈的扬声器及用于提供视觉反馈的指示灯和/或显示屏幕来提供反馈。在一些实施例中,仪器102包含用于与外部运算器件120连接的计算机接口118。可使用任何适合计算机接口118及运算器件120。例如,计算机接口118可为USB接口或火线(FireWire)接口。运算器件120可为任何通用计算机,诸如膝上型计算机或桌面计算机。计算机接口118促进仪器102与运算器件120的间的信息通信。可通过与仪器102的计算机接口118通信的运算器件120提供用于控制和/或配置仪器102的输入信息。另外,可通过运算器件120通过计算机接口118接收输出信息。此输出信息可包含例如关于仪器102和/或集成器件112的效能的反馈及来自传感器110的读出信号的信息。仪器102也可包含用于分析自传感器110接收的数据和/或将控制信号发送至激发源108的处理器件122。在一些实施例中,处理器件122可包括通用处理器、特别调适的处理器(例如,中央处理单元(CPU)),诸如一个

或多个微处理器或微控制器核心、现场可编程门阵列 (FPGA)、特定应用集成电路 (ASIC)、定制集成电路、数字信号处理器 (DSP) 或他们的组合)。在一些实施例中,可通过处理器件122及外部运算器件120两者执行对来自传感器110的数据的处理。在其他实施例中,可省略运算器件120且可完全通过处理器件122执行对来自传感器110的数据的处理。

[0051] 图3A是示出像素112列的集成器件104的横截面示意图。各像素112包含样本井106及对应传感器110。传感器110可对准且定位至样本井106,使得传感器110接收由样本井112内的样本(未展示)发射的发射能。适合传感器的实例描述于美国专利申请14/821,656中,该案的全文以引用的方式并入。

[0052] 如先前论述,耦合至集成器件104的激发源108可将激发能提供至集成器件104的一个或多个像素。通过进一步示出,图3B是示出将激发源108耦合至集成器件104以将激发能124(以虚线展示其的路径)提供至集成器件104的样本井106的横截面示意图。定位于集成器件104外部的组件(未展示)可用于将激发源108定位及对准至集成器件。这些组件可包含例如光学组件,诸如透镜、镜、棱镜、孔隙、衰减器和/或光纤。额外机械组件也可包含于仪器102中以容许控制一个或多个对准组件。这些机械组件可包含例如致动器、步进马达和/或旋钮。

[0053] 集成器件104包含将激发能124引导朝向其中的像素112的组件。更明确言之,在各像素112内,将激发能耦合至与像素相关联的样本井106。尽管图3B示出耦合至像素112列中的各样本井106的激发能,然在一些实施例中,激发能可未耦合至给定列中的全部像素112。在一些实施例中,激发能可耦合至集成器件104的像素112列中的像素112或样本井106的部分。激发能124可照明定位于样本井106内的样本。样本可响应于被激发能照明而达到激发态。当样本处于激发态时,样本可对发射能126(如图3B中展示)发射,继而可通过传感器110检测发射能126。在一些实施例中,传感器110可包含多个子传感器。

[0054] 可将待分析的样本引入至像素112的样本井106中。样本可为生物样本或任何其他适合样本,诸如化学样本。此外,样本可包含多个分子且样本井106可被配置为隔离单一分子。在一些实例中,样本井106的尺寸可用于将单一分子限制于样本井内,由此容许对单一分子执行测量。激发源108可被配置为将激发能传递至样本井106中,以在样本或附着至样本或以其他方式与样本相关联的至少一个发光标记在样本井106内的照明区域内时激发该样本或发光标记。

[0055] 当激发源将激发能传递至样本井时,井内的至少一个样本可发光,且可通过传感器110检测所得发射。如本文中所使用,词组“样本可发光”或“样本可发射辐射”或“来自样本的发射”意谓发光卷标、标记或报告子(reporter)、样本本身或与样本相关联的反应产物可产生所发射辐射。

[0056] 集成器件104的一个或多个组件可将发射能引导朝向传感器110。可通过传感器110检测一个或多个发射能且将其转换为至少一个电信号。电信号可通过集成器件接口114沿连接至仪器102的集成器件104的电路中的导线传输,诸如已结合图2描述。随后可通过定位于仪器102上或仪器102外部的适合运算器件(诸如图2中展示的运算器件120和/或处理器件122)处理和/或分析电信号。

[0057] 在操作中,通过使用激发源激发井内的样本且用传感器检测来自样本发射的信号而实行对样本井内的样本的并行分析。可通过对应传感器检测来自样本的发射能且将其转

换为至少一个电信号。在一些实施例中,一个或多个所得信号可在集成器件上处理或传输至仪器以通过处理器件和/或运算器件处理。可独立于与其他像素相关联的信号接收及处理来自样本井的信号。

[0058] 在一些实施例中,可用一个或多个标记标识样本,且可通过仪器辨别与一个或多个标记相关联的发射。例如,传感器可被配置为将来自发射能的光子转换为电子以形成电信号,该电信号可用于辨别依赖于来自特定标记的发射能的寿命。通过使用具有不同寿命的标记来标识样本,可基于通过传感器检测的所得电信号识别特定样本。

[0059] 样本可含有多种类型的分子且不同发光标记可独有地与分子类型相关联。在激发期间或之后,发光标记可对发射能进行发射。发射能的一个或多个性质可用于识别样本中的分子的一个或多个类型。用于区分分子类型的发射能的性质可包含荧光寿命值、强度和/或发射波长。传感器可检测光子(包含发射能的光子)且提供指示这些性质的一个或多个的电信号。在一些实施例中,来自传感器的电信号可提供关于光子到达时间跨一个或多个时间间隔的分布的信息。光子到达时间的分布可对应于在通过激发源发射激发能脉冲的后检测到光子的时间。时间间隔的值可对应于在时间间隔期间检测到的光子数目。跨多个时间间隔的相对值可提供发射能的时间特性的指示(例如,寿命)。分析样本可包含通过比较分布内的两个或更多个不同时间间隔的值而区分标记。在一些实施例中,可通过判定跨分布中的全部时间分格的光子的数目而提供强度的指示。

[0060] 如本文中所使用,术语“核酸”一般指包括一个或多个核酸子单元的分子。核酸可包含选自腺苷(A)、胞嘧啶(C)、鸟嘌呤(G)、胸腺嘧啶(T)及尿嘧啶(U)或他们的变体的一个或多个子单元。在一些实例中,核酸系脱氧核糖核酸(DNA)或核糖核酸(RNA)或他们的衍生物。核酸可为单股的或双股的。核酸可为圆形的。

[0061] 如本文中所使用,术语“核苷酸”一般指核酸子单元,其可包含A、C、G、T或U或他们的变体或类似物。核苷酸可包含可并入至生长核酸股中的任何子单元。此子单元可为A、C、G、T或U,或特定于一个或多个互补A、C、G、T或U、或与嘌呤(即,A或G或他们的变体或类似物)或嘧啶(即,C、T或U或他们的变体或类似物)互补的任何其他子单元。

[0062] 核苷酸一般包含核苷及至少1个、2个、3个、4个、5个、6个、7个、8个、9个、10个或更多个磷酸(PO_3)基。核苷酸可包含核碱基、五碳糖(核糖或脱氧核糖)及一个或多个磷酸基。核糖核苷酸是其中糖是核糖的核苷酸。脱氧核糖核苷酸是其中糖是脱氧核糖的核苷酸。核苷酸可为核苷单磷酸或核苷多磷酸。核苷酸可为脱氧核糖核苷多磷酸,诸如(举例而言)脱氧核糖核苷三磷酸,其可选自脱氧腺苷三磷酸(dATP)、脱氧胞苷三磷酸(dCTP)、脱氧鸟苷三磷酸(dGTP)、脱氧尿苷三磷酸(dUTP)及脱氧胸腺嘧啶核苷三磷酸(dTTP) dNTP,他们包含可检测标识(例如,荧光团)。

[0063] 关于传感器110,光检测器可响应于将标识曝露于激发源108(例如,通过激光脉冲)而对来自标识的入射光子的到达进行时间分格。可反复激发标识,且可对来自标识的入射光子的到达进行时间分格。作为实例,在10ms测量时期期间,可按100MHz的频率发射激光激发脉冲以激发标识。标识可依低概率发射光子(例如,10,000次激发中1个光子发射)。若标识在10ms时期内被激发若干次(例如,1百万次),则可接收到大约100个光子。在一些实例中,标识可在曝露于激发源之后未被激发且在激发事件之后未发射光子,此可促成低发射概率。如上文论述,可对入射光子相对于激发的到达时间进行时间分格。因而,光检测器可

提供表示各时间分格中的光子数目的信号。在一些实例中,传感器110可被配置为检测所发射的光的特性波长、或波长范围。在这些实施例中,特性波长、或波长范围可用于在不同标识之间区分。在一些实施例中,传感器110可被配置为检测所发射的光的强度,这可用于在不同标识之间区分。

[0064] 本发明的一些实施例涉及提供选择性化学功能化的样本井制造技术及样本井结构,他们可容许样本或待分析的样本的组分定位于样本井的底表面处。某些方法可用于修改器件的曝露表面以实现选择性表面功能化且在器件表面上赋予抗腐蚀和/或防污性质,以及其他优点。选择性表面修改可涉及用一个或多个试剂处理器件的曝露表面以在器件的曝露表面上方形成表面涂层,诸如自组装单层。表面涂层可通过(例如,在需要使用腐蚀性溶液或其他苛刻条件(例如,高盐溶液、多种溶液洗液等)的生物检定中)保护曝露表面的下伏材料而使器件更加能够耐受腐蚀性溶液。表面涂层也可为生物检定中的试剂提供更有利的接口(interface),诸如防污表面涂层,他们减少或消除试剂组分在生物反应中的粘附。适合表面涂层及表面修改处理的实例描述于标题为“SUBSTRATES HAVING MODIFIED SURFACE REACTIVITY AND ANTIFOULING PROPERTIES IN BIOLOGICAL REACTIONS”的美国专利申请15/971,493中,该案的全文特此以引用的方式并入。应了解,这些表面涂层可在本文中描述的样本井的实施例中实施。

[0065] 图4是示出示例性样本井106(诸如在图1、图2、图3A及图3B的集成器件中展示的样本井)的横截面视图。如图4中展示,样本井106是通过经形成穿过安置于包覆层404(例如, SiO_2)上的金属堆叠402的开口界定。金属堆叠402可包含金属材料(例如,铝、钛、铜)的一个或多个层。如图4中展示,金属堆叠402的一些实施例包含定位成靠近包覆层404的顶部的铝层406及铝层406上方的氮化钛层408。

[0066] 铝层406可包含铜和/或硅。在一些实施例中,铝层406可包含少于大约2%的铜和/或硅,且可具有在约30nm至150nm或该范围内的任何值或值范围的范围内的厚度。在一些实施例中,铝层约65nm。氮化钛层408可包含与铝层406接触的钛层且具有在1nm至150nm或该范围内的任何值或值范围的范围内的厚度。在一些实施例中,氮化钛层的厚度大约80nm。出于阐释性目的,图4还描绘促进激发光能传递至样本井106的示例性波导结构410(例如,氮化硅)。

[0067] 形成于包覆层404中的凹部的深度d界定光从样本井106的底表面处的标识发射至铝层406(例如,Al-Cu)的距离,铝层406可充当用于反射诸如发射光的光的金属反射体。此距离继而判定发射光朝向光学传感器(未展示)的方向性,此可影响光学收集效率。凹部的深度d可在100nm至500nm或该范围内的任何值或值范围的范围内。在一些实施例中,凹部的深度d约300nm。在一些实施例中,凹部的深度d约360nm。另外,样本井的横向尺寸(直径)可影响DNA模板及染料标识的核苷酸通过扩散接入(access)固定于样本井的底部处的酶的能力。一般而言,较大尺寸改良此接入。此外,样本井106的横向尺寸也可影响由波导410照明的照明区的体积。特定言之,样本井的底部处的尺寸 w_1 对所激发的照明区的体积具有显著影响,其中较小尺寸导致激发较小集成,较小集成继而可提供较低背景信号。在一些实施例中,样本井106在凹部的底部处具有在50nm至300nm或该范围内的任何值或值范围的范围内的直径 w_1 。在一些实施例中,样本井106在包覆层404的顶部处具有在100nm至300nm或该范围内的任何值或值范围的范围内的直径 w_2 。在一些实施例中,样本井106在包覆层404的顶

部处具有在150nm至250nm或该范围内的任何值或值范围的范围内的直径 w_2 ,且在凹部的底部处具有在75nm至200nm或该范围内的任何值或值范围的范围内的直径 w_1 。在一些实施例中,样本井106可具有渐缩侧壁,如图4中展示。

[0068] 为促进选择性化学功能化以将酶固定于样本井106的底部处,样本井106的底表面412应具有不同于其他表面(例如,样本井106的侧壁414及集成器件的顶表面416)的组合物。如图4中展示,样本井的底表面412可为包覆层的材料(例如,曝露 SiO_2)且样本井106的侧壁414可为间隔件材料418。间隔件材料418可包含一个或多个金属氧化物(例如, TiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 TiN 、 HfO_2 、 ZrO_2 及 Ta_2O_5)。集成器件的顶表面416可包含通过使层408的顶表面氧化而形成的一个或多个金属氧化物材料(例如,通过使 TiN 氧化而形成的 TiO_2)。

[0069] 在一些实施例中,可期望使集成器件的曝露表面(顶表面、样本井侧壁、底表面)对于特定类型的溶液(包含在集成器件的操作期间及表面功能化期间使用的溶液)实质上稳定。例如,用于器件操作的一些溶液可包含高离子强度水溶液,且集成器件的曝露表面可在与这些溶液接触达所要时段时实质上稳定。作为另一实例,用于集成器件的表面功能化的一些溶液可包含酸性溶液,且集成器件的曝露表面可在与这些溶液接触达所要时段时实质上稳定。根据其中集成器件的一个或多个层中包含铝的一些实施例,优选地可将包含铝的所述一个或多个层封装于最终结构中,这可改良集成器件的表面的稳定性。另外,可期望使集成器件的表面足够干净以实现表面功能化。

[0070] 图5是示出根据一些实施例的用于形成样本井的示例性处理500的流程图。图6至图11展示处理500的一些步骤的横截面视图。为便于示出,在各个图中使用相同参考标号指示相同组件及组件。处理500包含操作502:将孔隙金属堆叠沉积于一个或多个层(诸如包覆层及波导)上方。如图6中展示,金属孔隙膜堆叠(包含铝层406及氮化钛层408)形成于包覆层404及波导410上方。在一些实施例中,在形成金属孔隙膜堆叠之前,可使用任何适合平坦化处理(例如,CMP处理)平坦化包覆层404的顶表面。在一些实施例中,铝层406可被沉积具有约65nm的厚度且氮化钛层408可包含具有约10nm厚度的Ti的钛层及约70的氮化钛层。

[0071] 接着,处理500继续进行操作504,其涉及在金属堆叠上方的光阻层中图案化一个或多个孔且至少在金属堆叠中蚀刻孔隙。光阻层可通过界定金属堆叠中的孔隙而促进蚀刻处理。操作504也可包含形成延伸至金属堆叠下方的包覆层中的样本井。在图7至图9中展示光阻层的图案化及蚀刻的进一步细节。如图7中展示,底部抗反射涂布(BARC)层702可首先形成于氮化钛层408上方,且光阻层704形成于在BARC层702上方形成。接着,在光阻层704中图案化对应于所得样本井的位置的孔706。光阻层704的图案化可涉及任何适合光刻技术,包含光阻层704的光刻曝光及显影。孔706可具有任何适合大小及形状。在一些实施例中,孔706可具有圆形形状及在150nm至225nm或该范围内的任何值或值范围的范围内的直径。在孔隙蚀刻的进一步准备中,可使用等离子体蚀刻处理或任何适合技术选择性地移除BARC层702。

[0072] 如图8中展示,执行金属堆叠(其包含层406、408)的蚀刻以界定孔隙802。用于界定图8中展示的孔隙802的蚀刻处理可通过用于移除图7中的BARC层702的相同处理执行,诸如(举例而言)通过等离子体蚀刻处理,其可涉及使用 Cl_2 和/或 BCl_3 。等离子体蚀刻处理的后可接着 O_2 灰化步骤、水冲洗和/或蚀刻后清洁步骤。在一些实施例中,等离子体蚀刻处理可为等向性的且导致金属堆叠的一个或多个层中的底切区。例如,铝的基于Cl的蚀刻本质上可

为等向性的,此可导致铝层406中的底切区804。在一些实施例中,湿式清洁步骤可促成在金属堆叠中形成底切区,诸如底切区804。

[0073] 图9展示通过包覆层404的蚀刻形成的具有侧壁904的样本井902。可通过使用干式氟碳化合物蚀刻(例如, CF_4 、 CHF_3 、 C_4F_8 、 $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_6$)其后接着 O_2 灰化步骤及蚀刻后清洁步骤而移除包覆层404的氧化物材料。在一些实施例中,干式蚀刻处理可发生达一段持续时间以达成所要蚀刻深度,或替代地通过使用定位于包覆层404内的位置处的蚀刻停止层(未展示)来达成所要蚀刻深度。在一些实施例中,通过蚀刻处理形成的所得样本井902的一个或多个侧壁904可成法向于集成器件的顶表面的角度,诸如图9中展示。样本井902的侧壁904可按在 1° 至 15° 的范围内的角度相对于集成器件的顶表面的法线渐缩。换言之,样本井902可渐缩使得其直径随着深度的增加而减小。

[0074] 返回至图7,可使用等离子体移除处理(例如,灰化、清洁)或任何适合技术将光阻层704和/或BARC层702从金属堆叠406、408移除。在一些实施例中,在蚀刻金属堆叠406、408(其在图8中展示)之后且在蚀刻包覆层404(其在图9中展示)之前移除光阻层704和/或BARC层702。在一些实施例中,在蚀刻金属堆叠406、408两者且在顶部包覆层404之后移除光阻层704和/或BARC层702。

[0075] 处理500通过操作506继续,其包含将间隔材料沉积于样本井的侧壁上。间隔件材料可以共形方式沉积,且在一些实施例中可称为“共形间隔层”。如图10中展示,间隔层1002沉积于样本井902中,且可接触包覆层404及金属堆叠(包含层406及408)的一个或多个。可用作间隔层的间隔件材料的实例可包含 Al_2O_3 、 TiN 、 Ta_2O_5 、 TaN 、 ZrO_2 、 TiO_2 及 HfO_2 。间隔层的厚度可在3nm至50nm或该范围内的任何值或值范围的范围内。在一些实施例中,间隔层1002可为具有在约3nm至约30nm之间的厚度的 TiO_2 层。在一些实施例中,间隔层1002可为在约 230°C 的温度下通过原子层沉积(ALD)形成的 TiO_2 层且具有约12nm的厚度。在一些实施例中,共形间隔层1002可包含多个材料层。在这些实施例中,多个材料层可促进制造、表面功能化和/或表面清洁。

[0076] 接着,处理500通过操作508继续,其包含蚀刻间隔件材料。在一些实施例中,各向异性(定向)蚀刻可用于蚀刻间隔件材料且移除间隔层的水平安置表面,此可导致沿着垂直表面的间隔件材料(诸如样本井的侧壁)。如图11中展示,间隔层1002的各向异性蚀刻移除样本井的底部处的水平表面及集成器件的顶表面,使得在所得样本井106中形成侧壁间隔件414。另外,样本井106的底表面412是曝露的包覆材料(例如, SiO_2)。在其中间隔层包含 TiO_2 且导致具有 TiO_2 的侧壁间隔件的实施例中,可使用氟碳化合物或 BCl_3 蚀刻化学(具有 O_2 和/或空气)。在其中间隔层包含 Al_2O_3 且导致具有 Al_2O_3 的侧壁间隔件的实施例中,可使用 BCl_3 蚀刻化学(具有 Cl_2 和/或空气)。因为样本井106的底表面412具有不同于侧壁间隔件414及集成器件的顶表面的材料,所以所得结构可提供与样本井的侧壁414相比优先将样本(未展示)结合至底表面412的不同功能性。因此,在完成样本井结构蚀刻的后,可执行额外处理步骤,诸如(举例而言)将生物素物种附着于样本井106的底表面412上且进行芯片钝化。导致经修改底表面化学及钝化的额外处理步骤的实例描述于美国专利申请15/971,493中,该案的全文特此以引用的方式并入。

[0077] 上文描述的处理500的可能副作用可为孔隙及样本井侧壁上存在来自基于氟碳化合物的蚀刻的氟化铝(AlF)及其他残留物。这些残留物继而可影响侧壁间隔件沉积的完整

性。另外,层406的曝露铝也可经受其他有害效应,诸如腐蚀或潮湿。另外,对于其中顶部氮化钛层408用作移除包覆材料的蚀刻掩膜的实施例,进一步可能的是,顶部氮化钛层408邻近孔隙(诸如图8中展示的孔隙802)的边缘可在样本井蚀刻处理期间被侵蚀且导致曝露的铝。

[0078] 一些实施例可涉及使用密封剂间隔件保护孔隙金属堆叠的侧壁(诸如金属堆叠中的铝层)。图12是示出用于形成样本井结构的示例性处理1200的流程图。图13至图16展示处理1200的一些步骤的横截面视图。如图12中展示,处理1200在操作1202处通过将金属堆叠沉积于一个或多个层(诸如包覆层或波导)上方而开始。沉积金属堆叠可使用上文结合处理500描述的处理及材料执行。处理1200继续至操作1204,其包含通过图案化光阻材料及在一些实施例中BARC层而将孔隙蚀刻至金属堆叠中。将孔隙蚀刻至金属堆叠中可使用上文结合处理500描述且在图7及图8中展示的处理及材料执行。图13展示包覆层404上方的被蚀刻金属堆叠406、408。

[0079] 与处理500相比,处理1200继续至操作1206,其涉及将密封剂间隔件材料沉积于通过操作1204形成的孔隙内。图13展示形成于孔隙802内的密封剂间隔件材料1302,其接触包覆层404的表面、金属堆叠406、408及顶表面。密封剂间隔件材料1302可为用于在后续处理步骤期间保护金属堆叠406、408的一个或多个层且特定言之可减少或防止来自包覆材料404的后续蚀刻的金属氟化物残留物的形成的任何适合材料。密封剂间隔件材料1302可包含一个或多个硅材料。密封剂间隔件材料1302中的适合材料的实例可包含非晶硅(α -Si)、 SiO_2 、 SiON 、 SiN 及一个或多个硅合金(例如,富硅氧化物(SRO)、富硅氮化物(SRN))。在一些实施例中,密封剂间隔件材料1302可为通过等离子体增强型化学气相沉积(PECVD)沉积的非晶硅(α -Si)。在其他实施例中,密封剂间隔件材料1302可为PECVD沉积的 SiO_2 、 SiON 或 SiN 。在一些实施例中,密封剂间隔件材料1302可为通过原子层沉积(ALD)形成的氧化物材料(例如, TiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 HfO_2 、 TiN 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2)。在一些实施例中,密封剂间隔件材料1302可包含一个或多个材料的多个层。一般而言,密封剂间隔件材料1302可以共形方式相对于金属层408的顶表面及孔隙802的底部沉积。在一些实施例中,密封剂间隔件材料1302可具有变化的厚度。例如,密封剂间隔件材料1302在金属层408的顶表面上的位置处可具有比沿孔隙802的底部更大的厚度。

[0080] 处理1200通过操作1208继续,其中蚀刻密封剂间隔件材料且蚀刻包覆材料以形成样本井。图14展示通过蚀刻密封剂间隔件材料及包覆层404而形成的样本井902。在一些实施例中,密封剂间隔件蚀刻和/或样本井蚀刻可涉及诸如上文描述的基于氟碳化物的蚀刻,其后接着 O_2 灰化处理及蚀刻后清洁处理。在其中密封剂材料及包覆材料的蚀刻实质上为各向异性、定向蚀刻的实施例中,密封剂间隔件材料的一个或多个部分可保留在金属堆叠的侧壁上。如图14中展示,铝层406具有一个或多个底切区,在蚀刻以形成样本井之后,密封剂间隔件1402保留在底切区处。密封剂间隔件1402可有利地保护层406的曝露铝侧壁。受密封剂间隔件1402保护可减少或防止在样本井蚀刻期间形成金属氟化物残留物,这些残留物否则可易于在后续蚀刻期间腐蚀/潮湿或与F、Cl起反应。

[0081] 从此开始,处理1200可类似于处理500的处理继续。处理1200可继续进行操作1210,其中沉积侧壁间隔件材料,此可涉及使用与结合处理500的操作506所描述类似的材料及处理。图15展示侧壁间隔件材料1002,其接触密封剂间隔件部分1402。可用于形成侧壁

间隔件材料1002的间隔件材料的实例包含 Al_2O_3 、 TiO_2 、 TiN 、 Ta_2O_5 、 TaN 、 ZrO_2 及 HfO_2 。在一些实施例中,侧壁间隔件材料1002可包含一个或多个材料的多个层。在一些实施例中,侧壁间隔件材料1002可为形成至在约3nm至约30nm的间的厚度的 TiO_2 层。在一些实施例中,侧壁间隔件材料1002可为在约230°C的温度下通过原子层沉积(ALD)形成至约12nm的厚度的 TiO_2 层。

[0082] 处理1200继续操作1212,其中蚀刻侧壁间隔件材料以形成所得样本井,此可涉及使用与结合处理500的操作508所描述类似的材料及处理。如图16中展示,间隔层1002的各向异性蚀刻移除样本井的底部处的水平表面及集成器件的顶表面,使得在所得样本井106中形成侧壁间隔件1402。另外,样本井106的底表面412是曝露的包覆材料(例如, SiO_2)。在其中间隔层包含 TiO_2 且导致具有 TiO_2 的侧壁间隔件的实施例中,可使用氟碳化合物或 BCl_3 蚀刻化学(具有 O_2 和/或空气)。在其中间隔层包含 Al_2O_3 且导致具有 Al_2O_3 的侧壁间隔件的实施例中,可使用 BCl_3 蚀刻化学(具有 Cl_2 和/或空气)。

[0083] 一些实施例涉及使用形成于孔隙金属堆叠上方的介电蚀刻掩膜,其可在后续蚀刻(诸如孔隙蚀刻及样本井蚀刻)期间保护金属堆叠的顶表面。可在制造样本井的整个步骤内逐渐移除介电蚀刻掩膜,且在一些实施例中可在所得样本井结构中将其实质上清除。取决于在介电蚀刻掩膜中使用的介电材料的类型,介电蚀刻掩膜可为蚀刻样本井的过程控制提供强端点信号。顶层的厚度取决于介电层相对于包覆层的蚀刻选择性及所要的过度蚀刻量。

[0084] 图17是示出用于形成样本井结构的示例性处理1700的流程图。图18至图25展示处理1700的一些步骤的横截面视图。如图17中展示,处理1700在操作1702处通过将金属堆叠沉积于一个或多个层(诸如包覆层或波导)上方而开始。沉积金属堆叠可使用上文结合处理500描述的处理及材料执行。在一些实施例中,金属堆叠可包含包覆层404及波导410上方的铝层406及氮化钛层408,如图18中展示。操作1702进一步可包含将介电层沉积于金属堆叠上方。如图18中展示,介电层1802形成于包含层406及408的金属堆叠上方。介电层1802可包含一个或多个硅材料。可包含于介电层1802中的适合材料的实例包含非晶硅($\alpha\text{-Si}$)、 SiO_2 、 SiON 、 SiN 及硅合金(例如,富硅氧化物(SRO)及富硅氮化物(SRN))。介电层1802可具有在30nm至400nm或该范围内的任何值或值范围的范围内的厚度。在一些实施例中,介电层1802可为以约150nm至300nm的厚度沉积的PECVD SiO_2 。在一些实施例中,介电层1802可为以约50nm至300nm的厚度沉积的PECVD SiN 。在一些实施例中,介电层1802可为以约50nm至300nm的厚度沉积的PECVD SiON 。

[0085] 处理1700可继续至操作1704,其中图案化光阻材料以界定孔隙开口且蚀刻孔隙及样本井。接着,将图案蚀刻至介电掩膜、孔隙金属堆叠及最终包覆层中以形成样本井。在一些实施例中,光阻材料可沉积于BARC层上方。在一些实施例中,经图案化开口可为具有在约150nm至225nm直径的范围内的直径的圆形开口。将孔隙蚀刻至金属堆叠中可使用上文结合处理500描述且在图7及图8中展示的处理及材料执行。图19示出在蚀刻介电层1802及移除光阻材料(未展示)的后的处理点。在将介电层1802图案化为硬掩膜的情况下,接着可如图20中展示般蚀刻金属堆叠406、408中的孔隙,图20展示孔隙802及底切区804。将孔隙蚀刻至金属堆叠中可使用上文结合处理500描述且在图7及图8中展示的处理及材料执行。在一些实施例中,蚀刻金属堆叠中的孔隙可涉及等离子体蚀刻处理,诸如包含 Cl_2 和/或 BCl_3 的等离

子体蚀刻处理。等离子体金属蚀刻处理的后可接着水冲洗和/或蚀刻后清洁步骤。此时,结构准备好将样本井蚀刻至包覆层(诸如包覆层404)中。

[0086] 在一些实施例中,介电层1802选自相对于包覆层404具有相同或类似蚀刻特性的材料。在这些实施例中,可在蚀刻样本井902时移除介电层1802。样本井蚀刻处理的中间点示出于图21中,图21展示在样本井902处于形成的中间阶段时保留的介电层1802的部分。特定言之,与图20相比,从图21将看见介电层1802虽然仍保护孔隙金属堆叠406、408免受蚀刻处理(例如,基于氟碳化合物的蚀刻)影响,但其厚度已大致减少对应于所形成的样本井902的当前蚀刻深度的量。图22示出样本井蚀刻处理期间的稍后时间点,其中介电层1802的绝大部分被消耗且样本井902的绝大部分被蚀刻。最终,如图23中展示,在样本井蚀刻完成或即将完成时,介电层1802被移除。特定言之,介电蚀刻掩膜的厚度取决于介电蚀刻掩膜材料在样本井的蚀刻期间的蚀刻速率,使得在样本井的蚀刻结束或即将结束时实质上或完全移除介电蚀刻掩膜的材料。在中介电层1802是 SiO_2 的实施例中,介电层1802可为蚀刻样本井的过程控制提供强端点信号,这是因为一旦实质上或完全移除介电蚀刻掩膜便可曝露TiN金属层408。在其中将 SiO_2 用作介电掩膜材料的这些实施例中,介电层的厚度可对应于样本井的所要深度(例如,可略小于样本井的所要深度),使得在样本井蚀刻至正确深度时实质上或完全移除掩膜。

[0087] 从此开始,处理1700可类似于处理500的处理继续。处理1700可继续进行操作1706,其中沉积侧壁间隔件材料,此可涉及使用与结合处理500的操作506所描述类似的材料及处理。图24展示侧壁间隔件材料1002,其接触层406及408两者。如图24中展示,可在层406中形成底切区且侧壁间隔件材料1002可填充底切区。可用于形成侧壁间隔件材料1002的间隔件材料的实例包含 Al_2O_3 、 TiO_2 、TiN、 Ta_2O_5 、TaN、 ZrO_2 及 HfO_2 。在一些实施例中,侧壁间隔件材料1002可为形成至在约3nm至约30nm之间的厚度的 TiO_2 层。在一些实施例中,侧壁间隔件材料1002可为在约230°C的温度下通过原子层沉积(ALD)形成至约12nm的厚度的 TiO_2 层。

[0088] 处理1700继续至操作1708,其中蚀刻侧壁间隔件材料以形成所得样本井,此可涉及使用与结合处理500的操作508所描述类似的材料及处理。如图25中展示,间隔层1002的各向异性蚀刻移除样本井的底部处的水平表面及集成器件的顶表面,使得在所得样本井106中形成侧壁间隔件414。另外,样本井106的底表面412是曝露的包覆材料(例如, SiO_2)。在其中间隔层包含 TiO_2 且导致具有 TiO_2 的侧壁间隔件的实施例中,可使用氟碳化合物或 BCl_3 蚀刻化学(具有 O_2 和/或空气)。在其中间隔层包含 Al_2O_3 且导致具有 Al_2O_3 的侧壁间隔件的实施例中,可使用 BCl_3 蚀刻化学(具有 Cl_2 和/或空气)。

[0089] 上述实施例可以多种方式的任一者实施。例如,实施例可使用硬件、软件或他们的组合实施。当在软件中实施时,软件处理代码可在任何适合处理器(例如,微处理器)或处理器集合上执行,无论提供于单一运算器件中或分布于多个运算器件中。应了解,执行上文描述的功能的任何组件或组件集合一般可被视为控制上述功能的一个或多个控制器。一个或多个控制器可以数种方式实施,诸如运用专用硬件或运用使用微程序代码或软件程序化以执行上文叙述的功能的通用硬件(例如,一个或多个处理器)。

[0090] 所描述实施例可以各种组合实施。示例性配置包含下文的方法(1)至(33)及集成器件(34)至(43)。

[0091] (1) 一种形成集成器件的方法,所述方法包括:在包覆层上方形成金属堆叠;在所述金属堆叠中形成孔隙;在所述孔隙内形成第一间隔材料;以及通过移除所述包覆层中的一些以将所述孔隙的深度延伸到所述包覆层中而形成样本井,其中所述第一间隔材料的至少一部分与所述金属堆叠的至少一层接触。

[0092] (2) 如(1)的方法,其中形成所述金属堆叠进一步包括在所述包覆层上形成所述金属堆叠。

[0093] (3) 如(1)或(2)的方法,其中形成所述第一间隔材料进一步包括在所述金属堆叠上方和在所述孔隙的底表面形成所述第一间隔材料。

[0094] (4) 如(1)至(3)中任一项的方法,其中形成所述样品井进一步包括执行第一定向蚀刻,以移除设置在所述金属堆叠的顶表面上和所述孔隙的底表面上的所述第一间隔材料的至少一些。

[0095] (5) 如(1)至(4)中任一项的方法,其中所述第一间隔材料包括被配置为在用于形成所述样品井的蚀刻过程中减少金属氟化物残留物的形成的至少一种材料。

[0096] (6) 如(1)至(5)中任一项的方法,其中所述第一间隔材料包括被配置为在用于形成所述样品井的蚀刻过程中减少在所述金属堆叠的至少一个金属层上金属氟化物残留物的形成的至少一种材料。

[0097] (7) 如(1)至(6)中任一项的方法,其中所述第一间隔材料的至少一部分设置在所述金属堆叠的底切区。

[0098] (8) 如(1)至(7)中任一项的方法,其中所述金属堆叠包括至少一个含铝层和至少一个含钛层。

[0099] (9) 如(1)至(8)中任一项的方法,其中所述第一间隔材料是由等离子增强型化学气相沉积(PECVD)形成的。

[0100] (10) 如(1)至(9)中任一项的方法,所述第一间隔材料包括至少一种硅材料。

[0101] (11) 如(1)至(10)中任一项的方法,其中所述第一间隔材料包括从以下群组中选择一个或多个层:非晶硅(α -Si)、 SiO_2 、 SiON 、 SiN 及硅合金。

[0102] (12) 如(1)至(11)中任一项的方法,其中,所述第一间隔材料是由原子层沉积(ALD)形成的。

[0103] (13) 如(1)至(12)中任一项的方法,其中,所述第一间隔材料包括从以下群组中选择一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 HfO_2 、 TiN 、 Ta_2O_5 以及 ZrO_2 。

[0104] (14) 如(1)至(13)中任一项的方法,其中,所述包覆层包括 SiO_2 。

[0105] (15) 如(1)至(14)中任一项的方法,其进一步包括:将第二间隔材料形成在所述样本井中;以及移除位于所述样品井的底表面的所述第二间隔材料的至少一些以暴露所述包覆层的一部分,其中所述第二间隔材料的至少一部分与所述金属堆叠、所述第一间隔材料的至少一部分以及所述包覆层中的一个或多个接触。

[0106] (16) 如(15)的方法,其中,形成所述第二间隔材料进一步包括在所述金属堆叠上方形成所述第二间隔材料。

[0107] (17) 如(15)或(16)的方法,其中,移除所述第二间隔材料的至少一些进一步包括执行定向蚀刻,以移除设置在所述金属堆叠的顶表面上和所述样品井的底表面上的所述第二间隔材料。

- [0108] (18) 如(17)的方法,其中,所述定向蚀刻包括基于基于氟碳化合物的蚀刻。
- [0109] (19) 如(15)至(18)中任一项的方法,其中,所述第二间隔材料是由原子层沉积(ALD)形成的。
- [0110] (20) 如(15)至(19)中任一项的方法,其中,所述第二间隔材料包括从以下群组选择的一个或多个层:TiO₂、Al₂O₃、HfO₂、ZrO₂以及Ta₂O₅。
- [0111] (21) 一种形成集成器件的方法,所述方法包括:在包覆层上方形成金属堆叠;在所述金属堆叠上方形成介电层;通过在所述介电层中形成开口,并使用所述介电层作为掩模来移除所述金属堆叠的一部分,从而在所述金属堆叠中形成孔隙;通过移除所述包覆层的一部分形成样品井,其中在形成所述样品井时移除所述介电层的至少一部分。
- [0112] (22) 如(21)的方法,其中,形成所述金属堆叠进一步包括在所述包覆层上形成所述金属堆叠。
- [0113] (23) 如(21)或(22)的方法,其中,形成所述介电材料进一步包括在所述金属堆叠上形成所述介电层。
- [0114] (24) 如(21)至(23)中任一项的方法,其中,形成所述孔隙进一步包括在所述介电层中刻蚀所述开口,并使用所述介电层作为刻蚀掩模以在所述金属堆叠上形成所述孔隙。
- [0115] (25) 如(21)至(24)中任一项的方法,其中,形成所述样品井进一步包括同时蚀刻所述包覆层和所述介电层。
- [0116] (26) 如(21)至(25)中任一项的方法,其中,所述金属堆叠包括至少一个含铝层和至少一个含钛层。
- [0117] (27) 如(21)至(26)中任一项的方法,其中,所述包覆层包括SiO₂。
- [0118] (28) 如(21)至(27)中任一项的方法,其进一步包括:将间隔层形成在所述金属堆叠上方并形成在所述样品井中;以及执行定向蚀刻,以移除设置在所述金属堆叠的顶表面上和所述样品井的底表面上的所述间隔层的部分,从而暴露所述包覆层的一部分;其中,所述间隔层的至少一部分形成所述样品井的至少一个侧壁。
- [0119] (29) 如(28)的方法,其中,所述间隔层是由原子层沉积(ALD)形成的。
- [0120] (30) 如(28)或(29)的方法,其中,所述间隔层包括从以下群组选择的一个或多个层:TiO₂、Al₂O₃、HfO₂、ZrO₂以及Ta₂O₅。
- [0121] (31) 如(21)至(30)中任一项的方法,其中,形成所述样品井进一步包括实质性地移除所述介电层。
- [0122] (32) 如(21)至(31)中任一项的方法,其中,在形成所述样品井之后所述集成器件不包括所述介电层。
- [0123] (33) 如(21)至(32)中任一项的方法,其中,所述介电层包括从以下群组选择的一个或多个层:非晶硅(α -Si)、SiO₂、SiON、SiN以及硅合金。
- [0124] (34) 一种集成器件,包括:包覆层;金属堆叠,其形成在所述包覆层上方并且具有至少一个底切区;样品井,其靠近所述至少一个底切区延伸穿过所述金属堆叠并进入所述包覆层;以及第一间隔材料,其填充所述至少一个底切区。
- [0125] (35) 如(34)的集成器件,其中,所述第一间隔材料形成所述样品井的至少一个侧壁。
- [0126] (36) 如(34)或(35)的集成器件,其中,所述第一间隔材料包括从以下群组选择的

一个或多个层:非晶硅(α -Si)、 SiO_2 、 SiON ,及 SiN 。

[0127] (37) 如(34)至(36)中任一项的集成器件,其中,所述第一间隔材料包括从以下群组选择的一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 TiN 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。

[0128] (38) 如(34)至(37)中任一项的集成器件,其中,所述金属堆叠包括至少一个含铝层和至少一个含钛层。

[0129] (39) 如(34)至(38)中任一项的集成器件,其中,所述包覆层包括 SiO_2 。

[0130] (40) 如(34)至(39)中任一项的集成器件,其进一步包括第二间隔材料,其与所述金属堆叠、所述第一间隔材料和所述包覆层中的一个或多个接触。

[0131] (41) 如(40)的集成器件,其中,所述第二间隔材料形成所述样品井的至少一个侧壁。

[0132] (42) 如(40)或(41)的集成器件,其中,所述第二间隔材料包括从以下群组选择的一个或多个层: TiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 、 ZrO_2 以及 Ta_2O_5 。

[0133] (43) 如(34)至(42)中任一项的集成器件,其中,所述金属堆叠包括在第二层上方形成的第一层,并且所述底切区形成在所述第二层中。

[0134] 因此,尽管已描述本申请的技术的若干方面及实施例,但应了解,本领域技术人员应易于想到各种更改、修改及改进。这些更改、修改及改进意欲在本申请中所描述的技术的精神及范畴内。因此,应了解,上述实施例仅供例示且在随附申请专利范围及其等效物的范畴内,可依除具体所描述的方式的外的方式实践本发明实施例。另外,本文所描述的两个或更多个特征、系统、对象、材料、配套和/或方法的任何组合包含于本发明的范畴内,只要这些特征、系统、对象、材料、配套和/或方法不相互矛盾。

[0135] 另外,如所描述,一些方面可体现为一种或多种方法。执行为方法的部分的动作可依任何适合方式排序。因此,可构造其中动作以不同于所绘示的顺序的顺序执行的实施例,其等可包含同时执行一些动作,即使在说明性实施例中展示为依序动作。

[0136] 本文所界定及使用的所有定义应被理解为取决于词典定义、以引用的方式并入的文件中的定义和/或界定术语的一般含义。

[0137] 除非明确指示相反,否则本说明书及申请专利范围中所使用的不定冠词“a”和“an”应被理解为意谓“至少一个”。

[0138] 本说明书及权利要求中所使用的词组“和/或”应被理解为意谓所结合的组件的“任一个或两个”,即,在一些情况中同时存在及在其他情况中单独存在的组件。

[0139] 如本说明书及权利要求中所使用,涉及一个或多个组件的列表的词组“至少一个”应被理解为意谓选自组件列表中的任何一个或多个组件的至少一组件,但未必包含组件列表内具体所列的每一组件的至少一个且不排除组件列表中的组件的任何组合。此定义也允许视情况存在除词组“至少一个”涉及的组件列表内所具体识别的组件的外的组件,无论与具体识别的组件有关或无关。

[0140] 在权利要求中,使用序数术语(诸如“第一”、“第二”、“第三”等等)来修饰一权利要求组件本身不隐含权利要求组件相对于彼此的任何优先权、位次或顺序或执行方法的动作的时间顺序,而是仅用作区分具有特定名称的一权利要求组件与具有相同名称(但使用序数术语)的另一组件以区分权利要求组件的卷标。

[0141] 在权利要求及以上说明书中,所有过渡词组(诸如“包括”、“包含”、“携带”、“具

有”、“含有”、“涉及”、“保持”、“由…构成”及其类似者)应被理解为开放式的,即,意谓“包含(但不限于)”。过渡词组“由…组成”及“基本上由…组成”应分别为封闭式或半封闭式过渡词组。

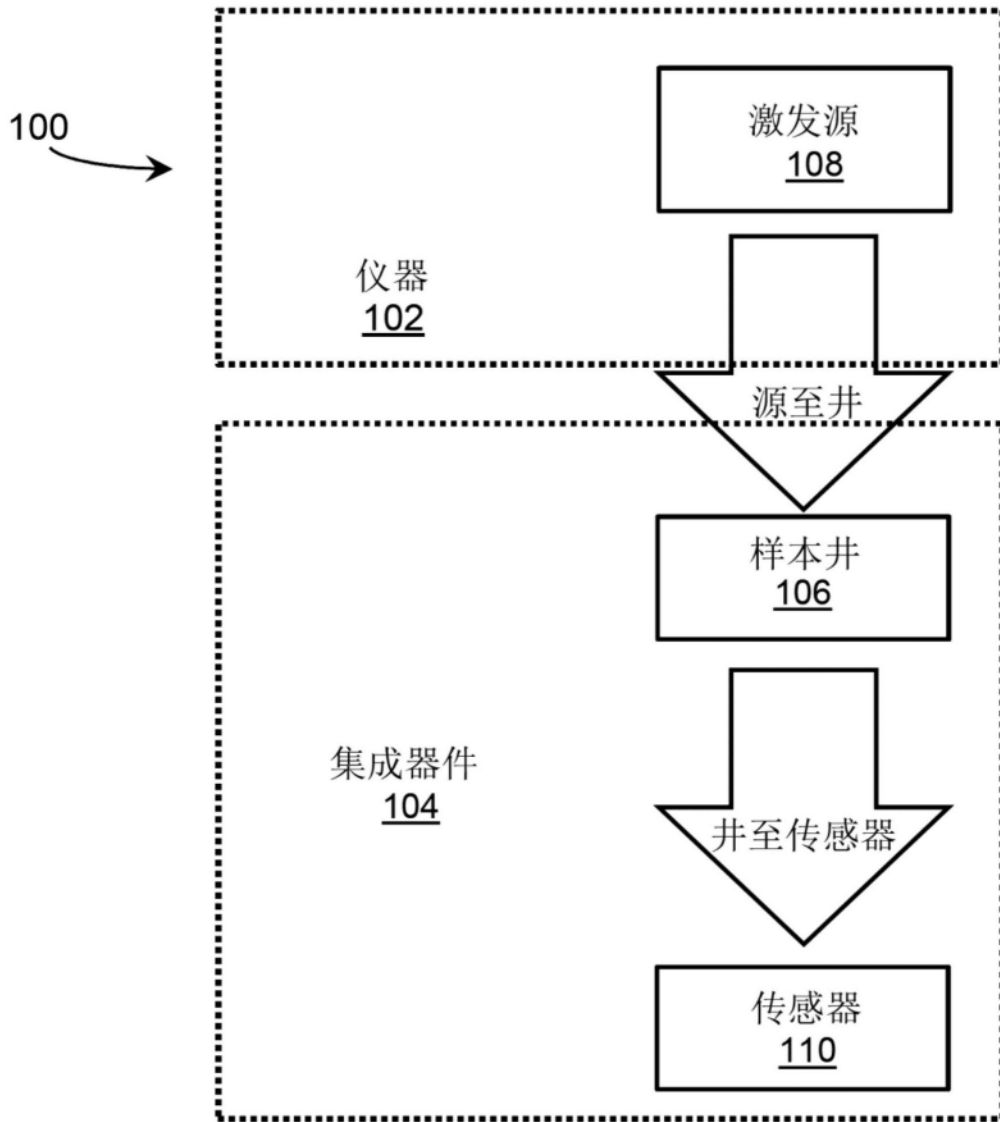


图1

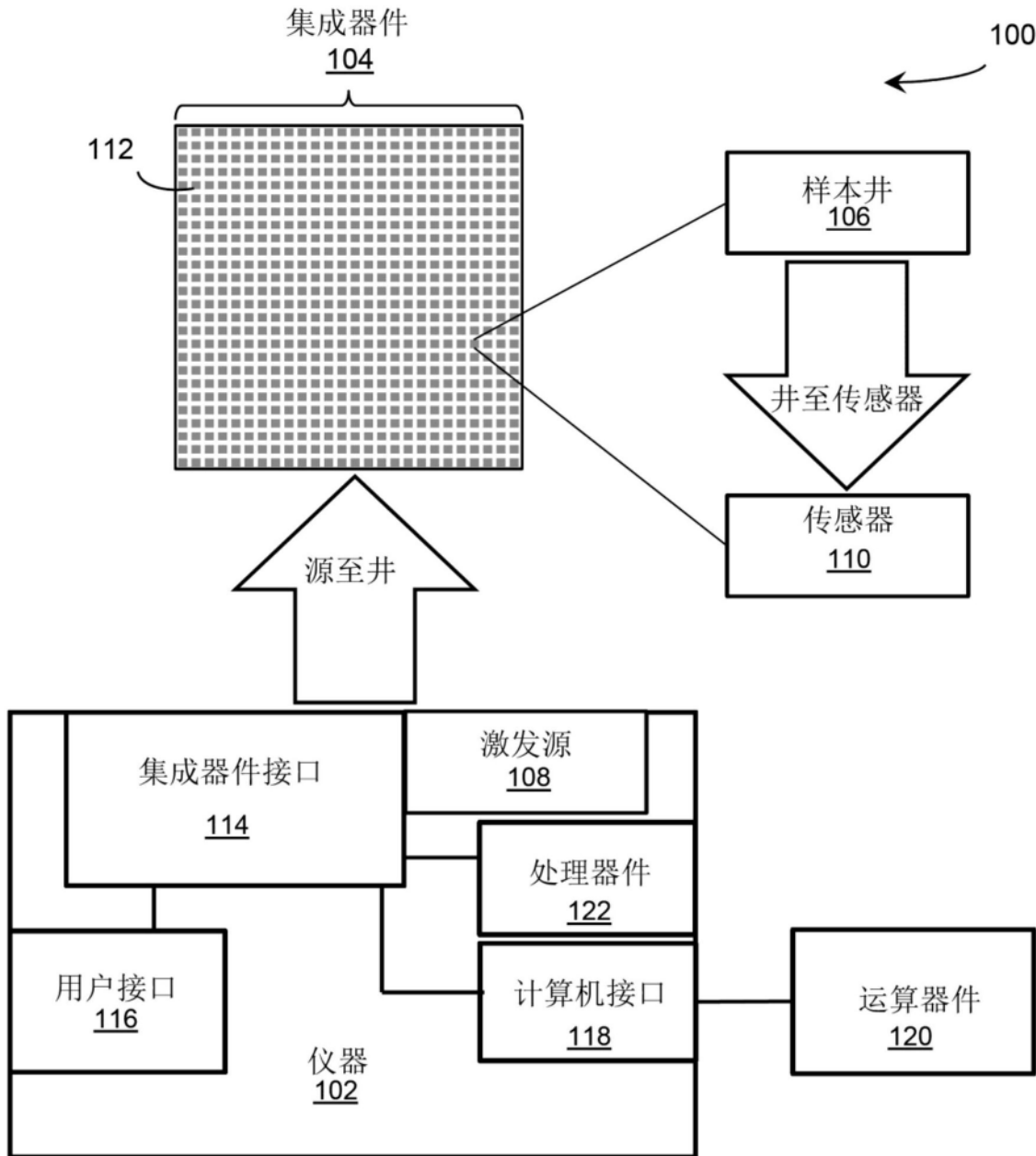


图2

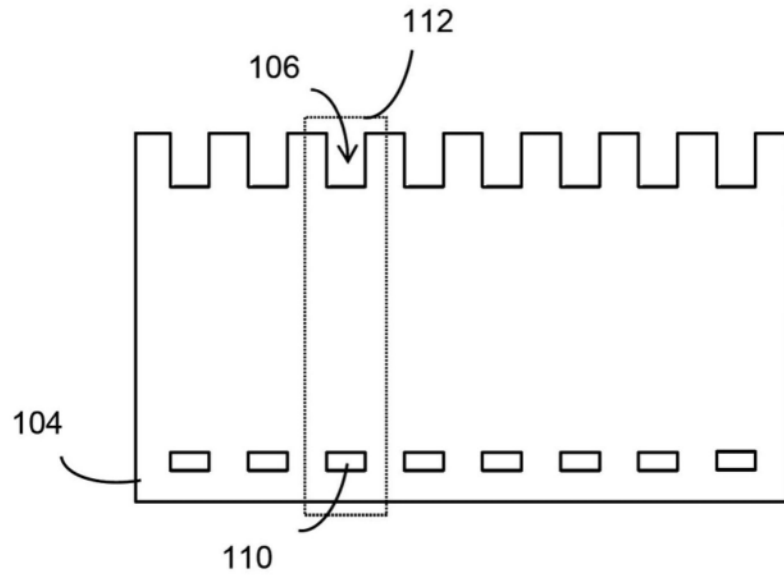


图3A

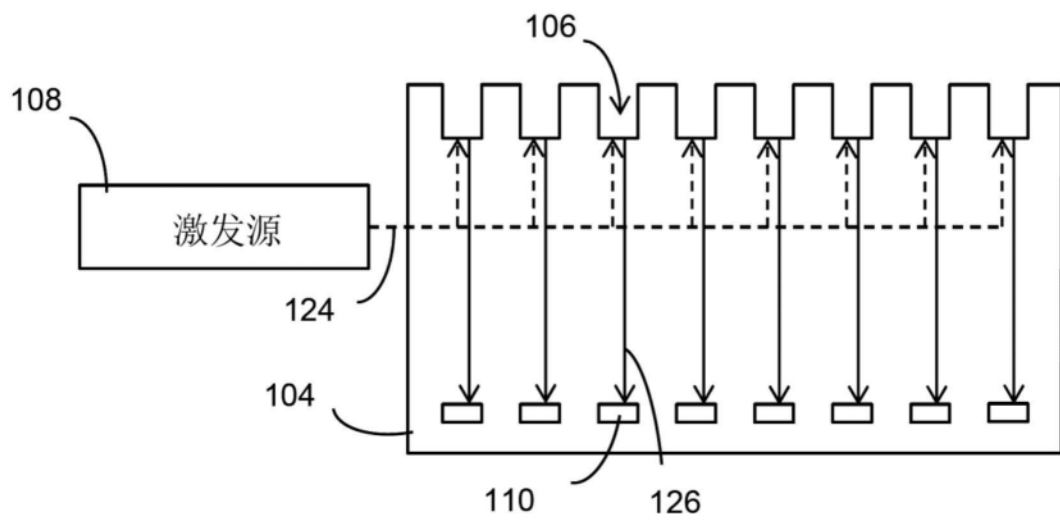


图3B

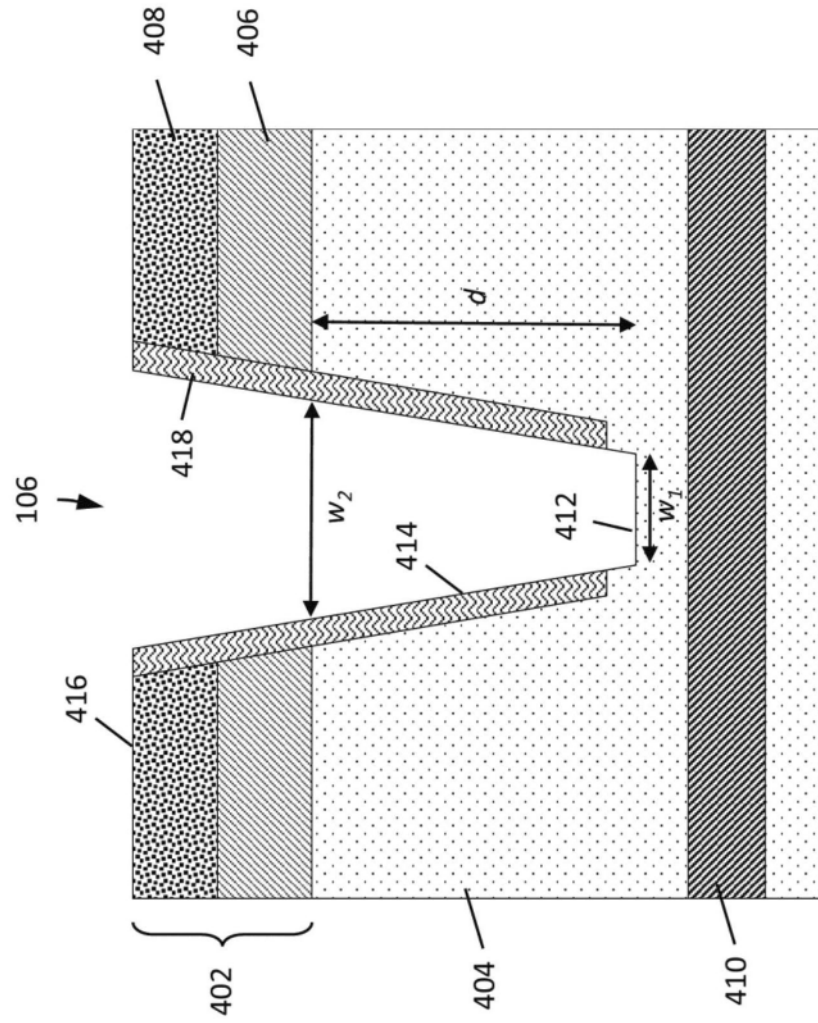


图4

500

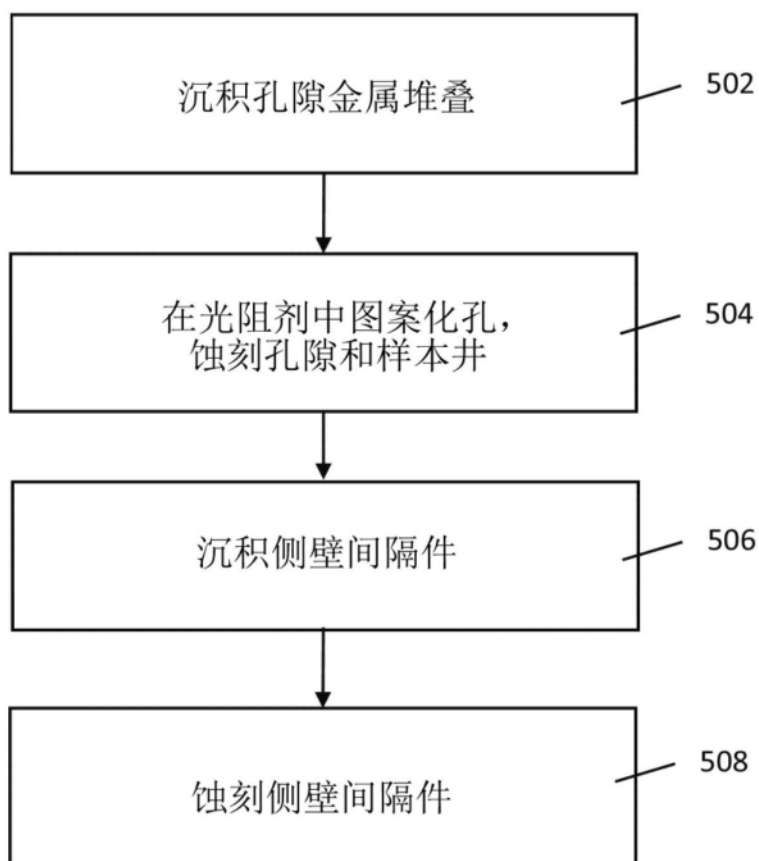


图5

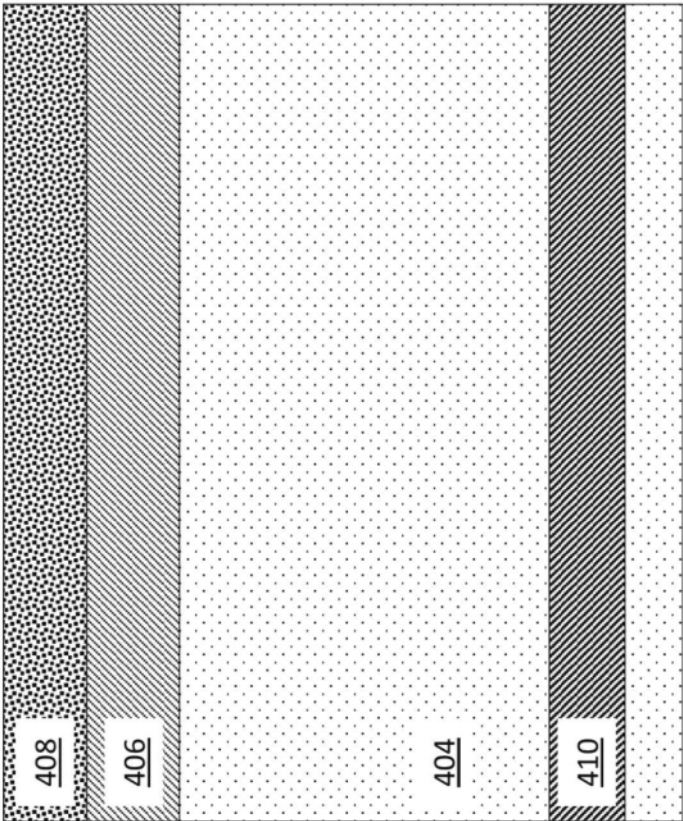


图6

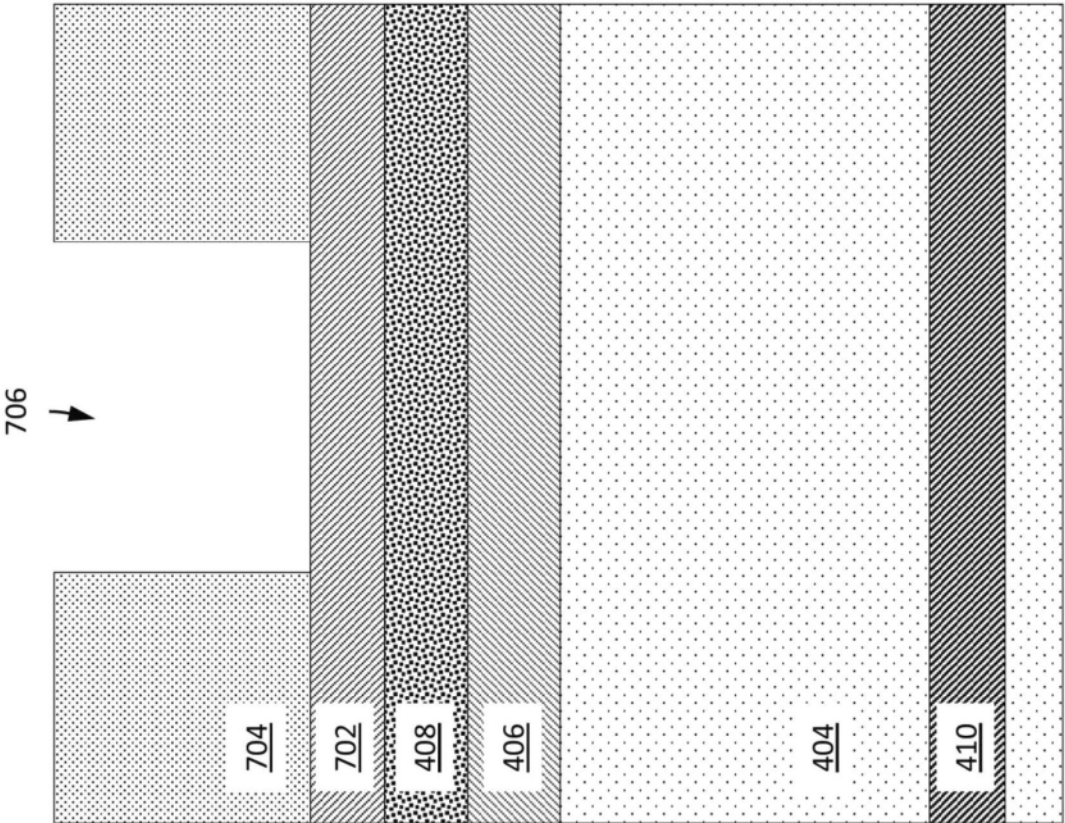


图7

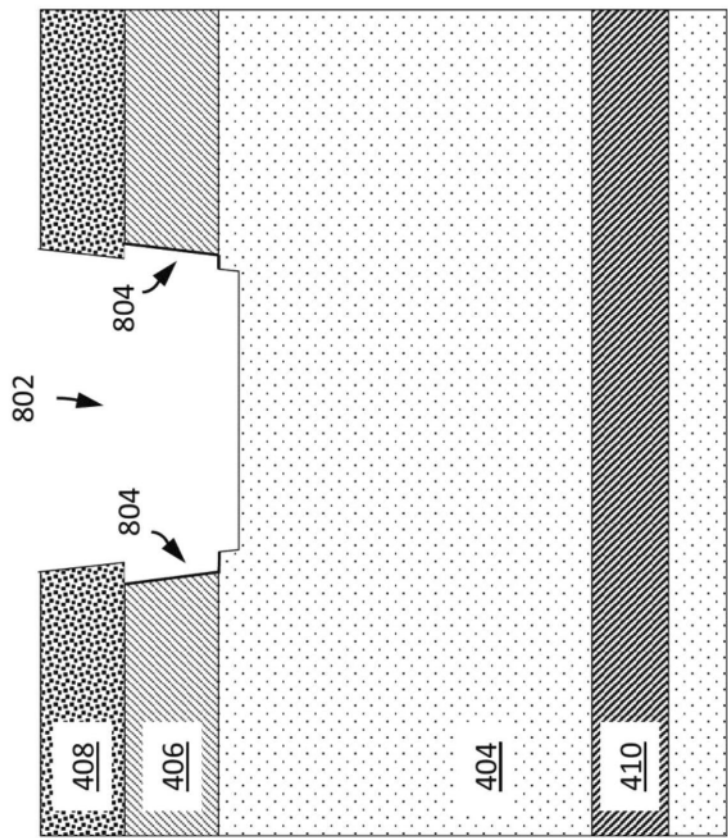


图8

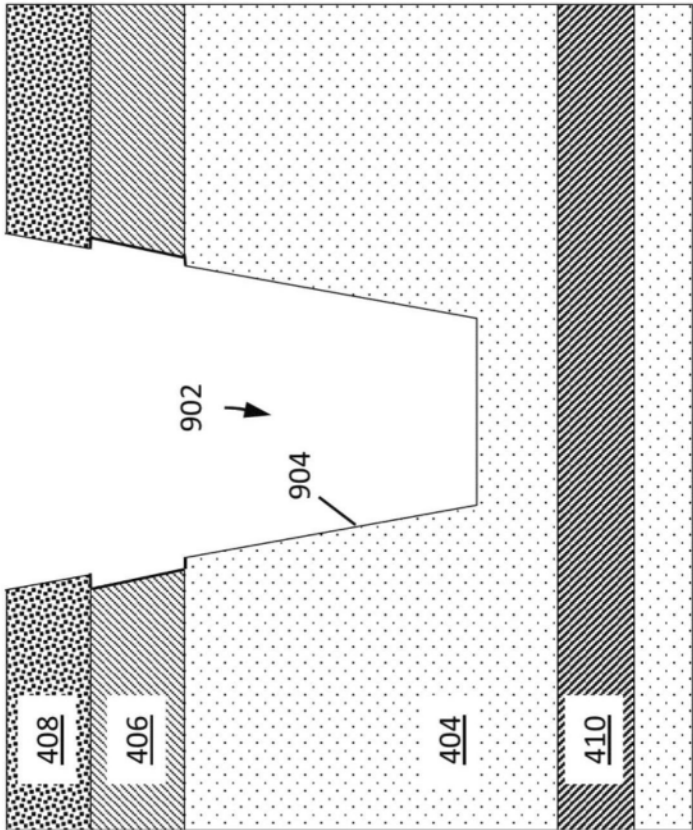


图9

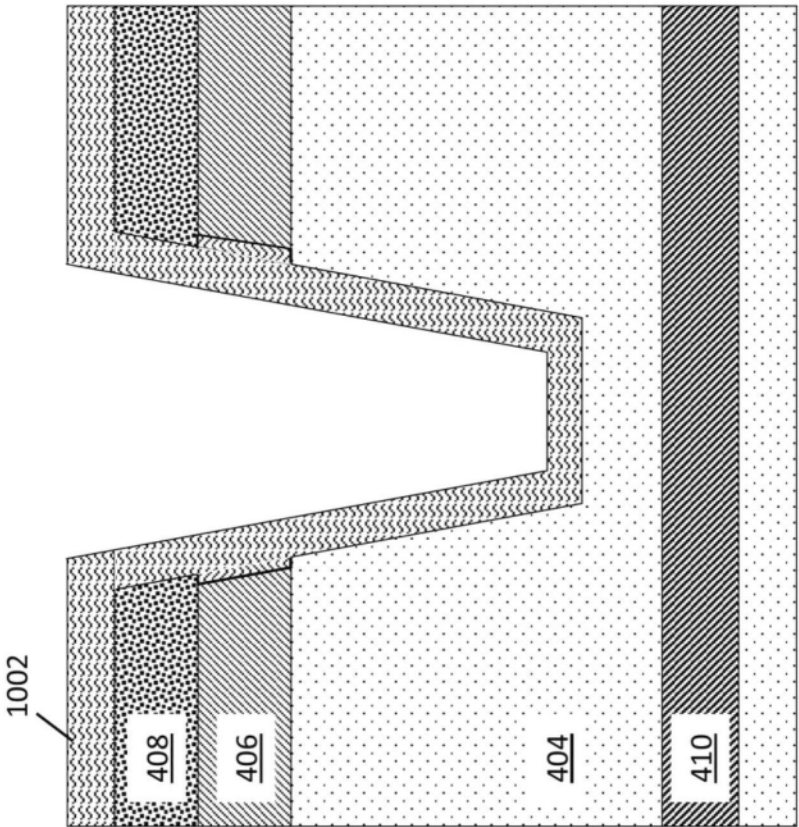


图10

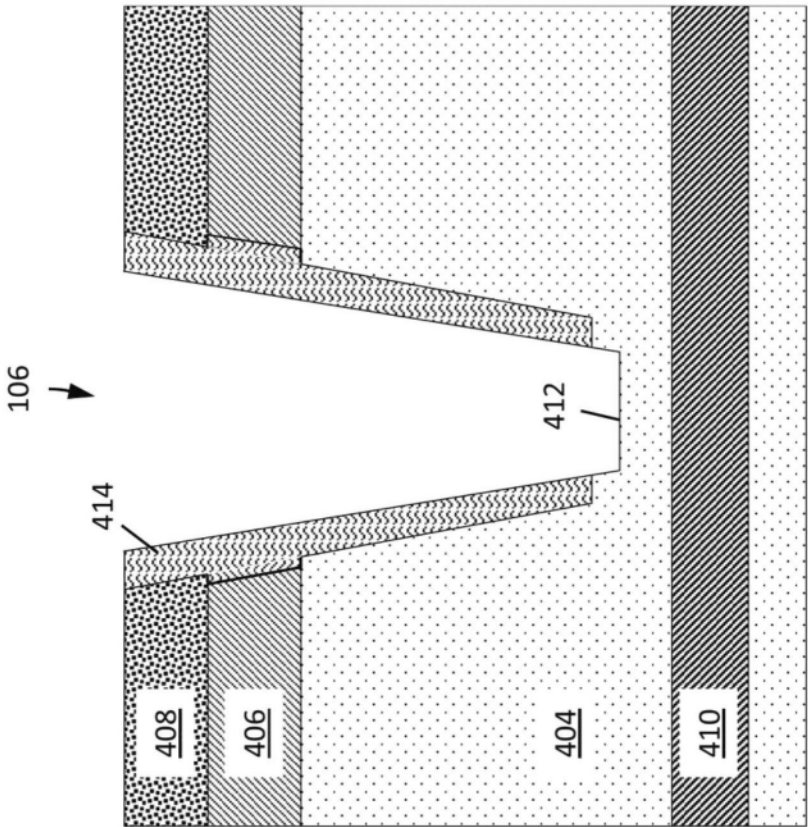


图11

1200

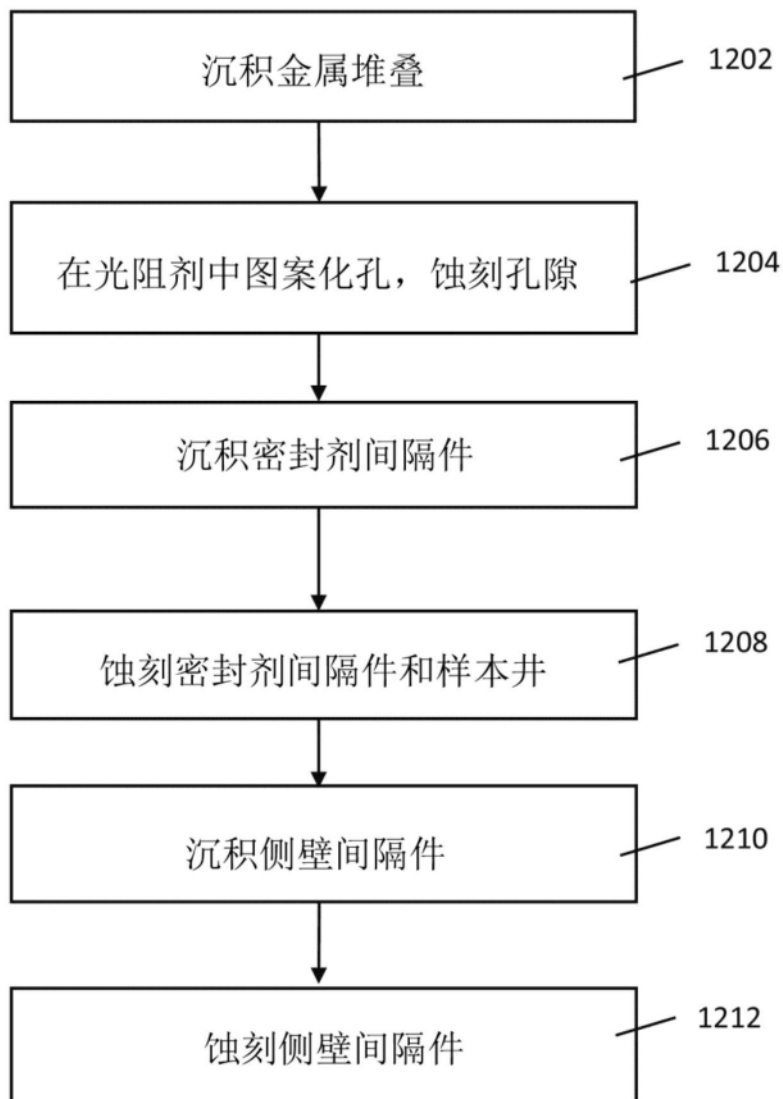


图12

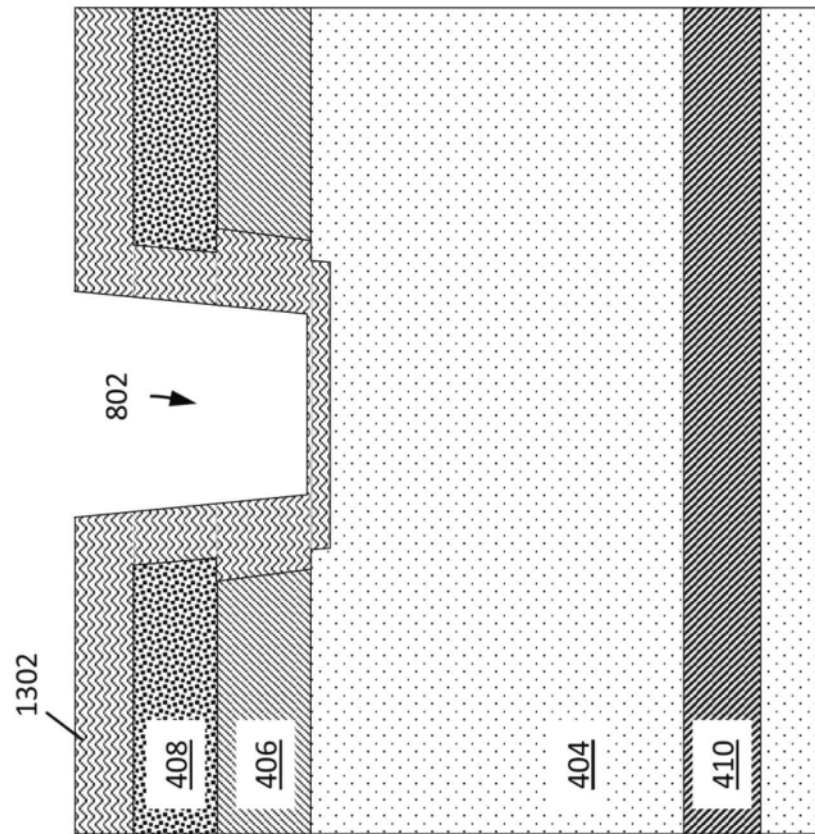


图13

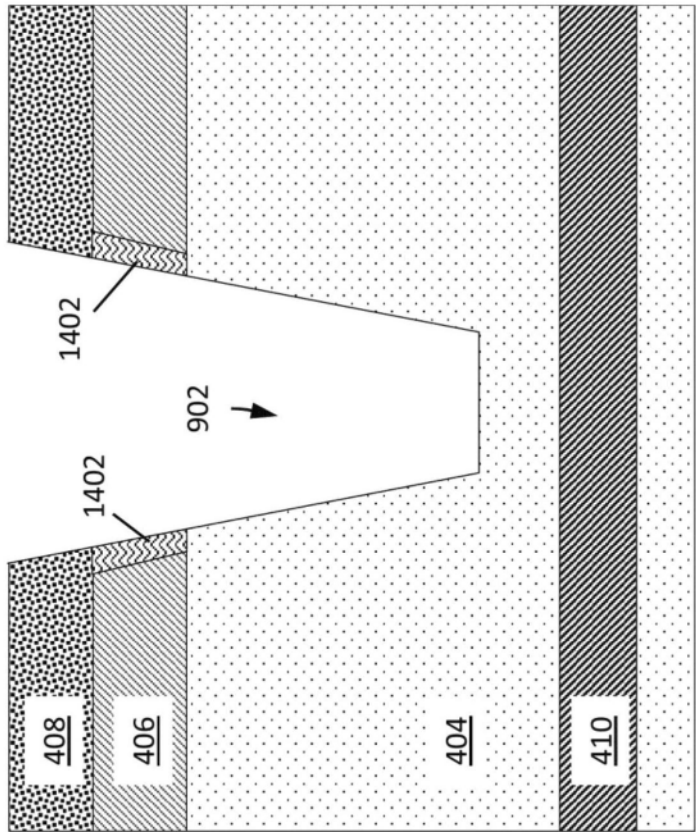


图14

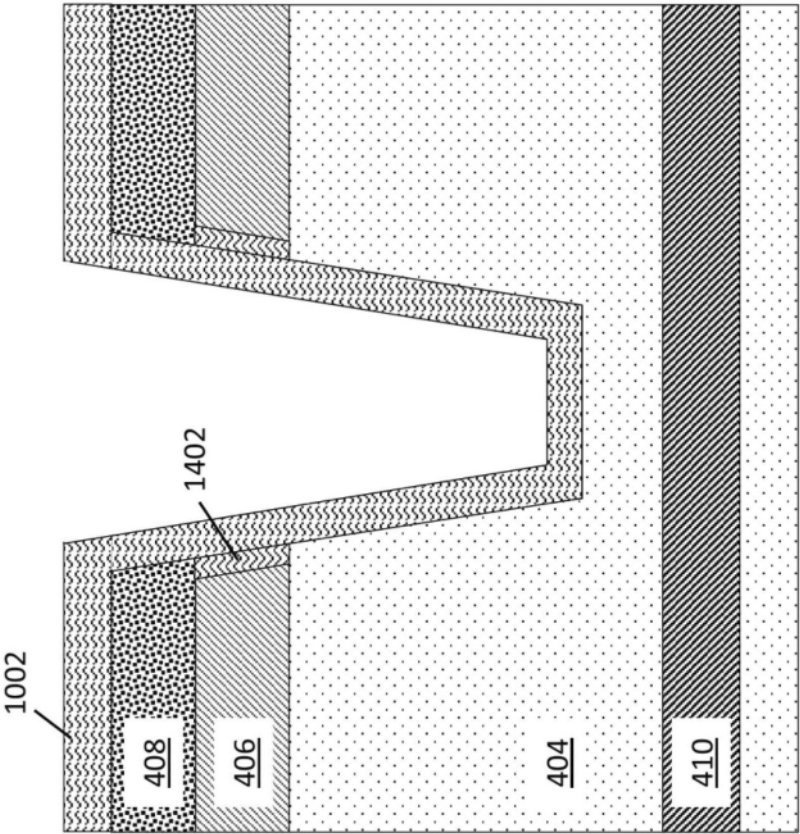


图15

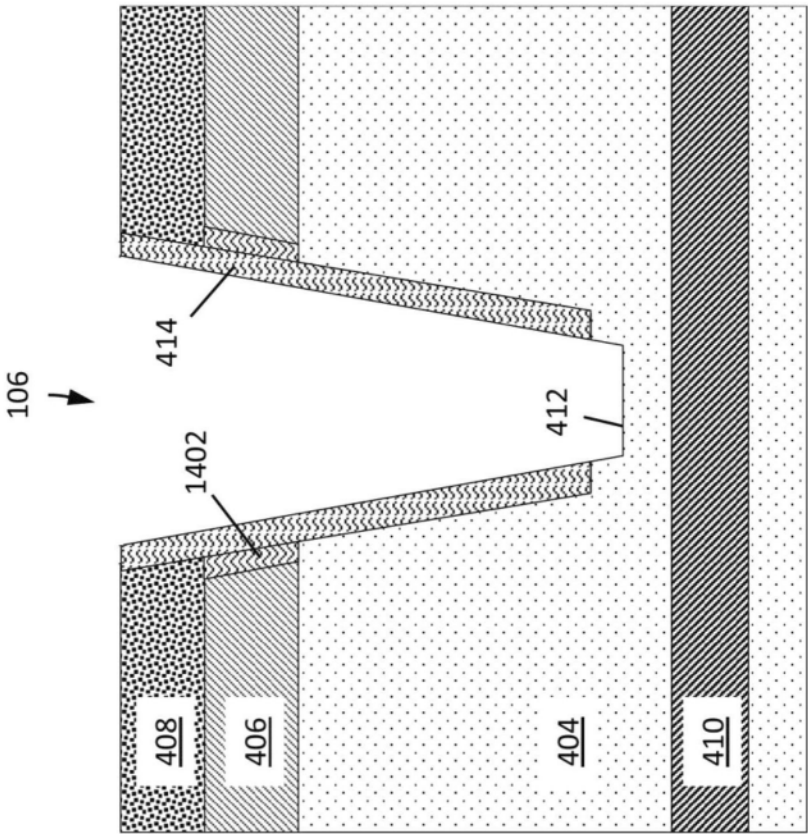


图16

1700

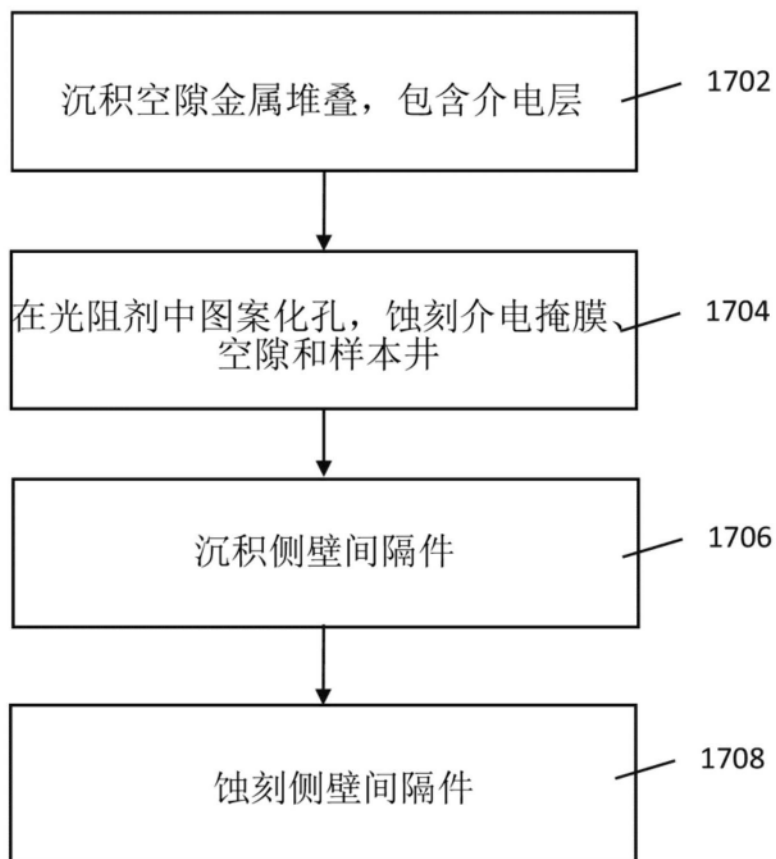


图17

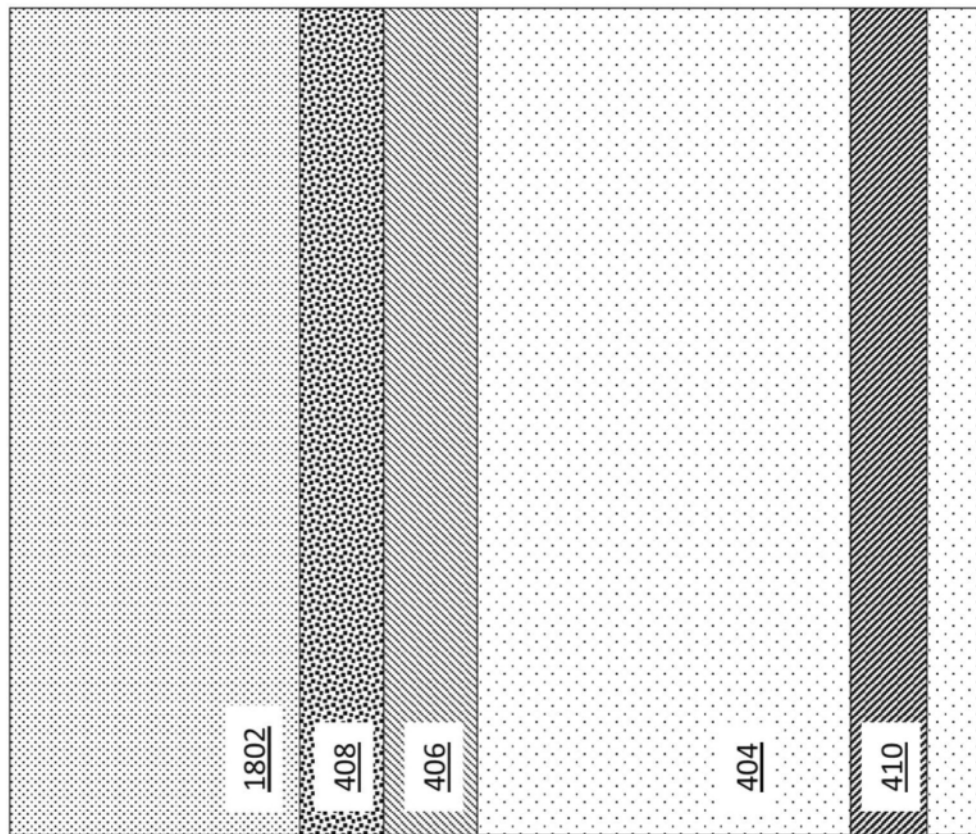


图18

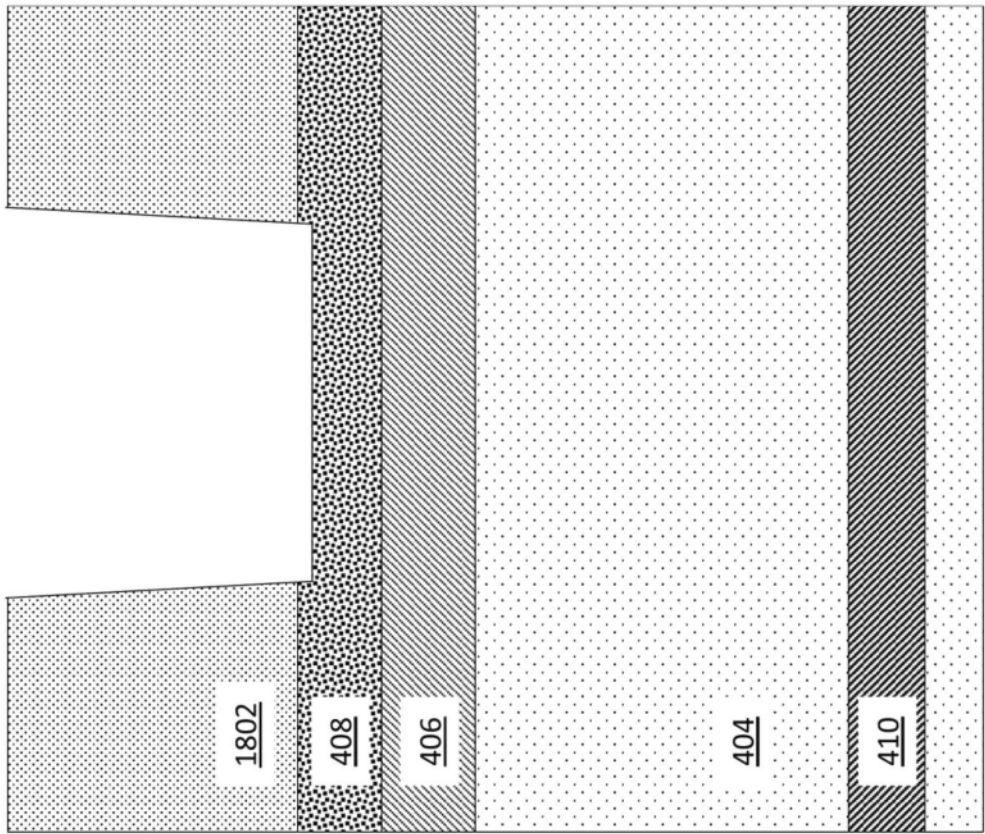


图19

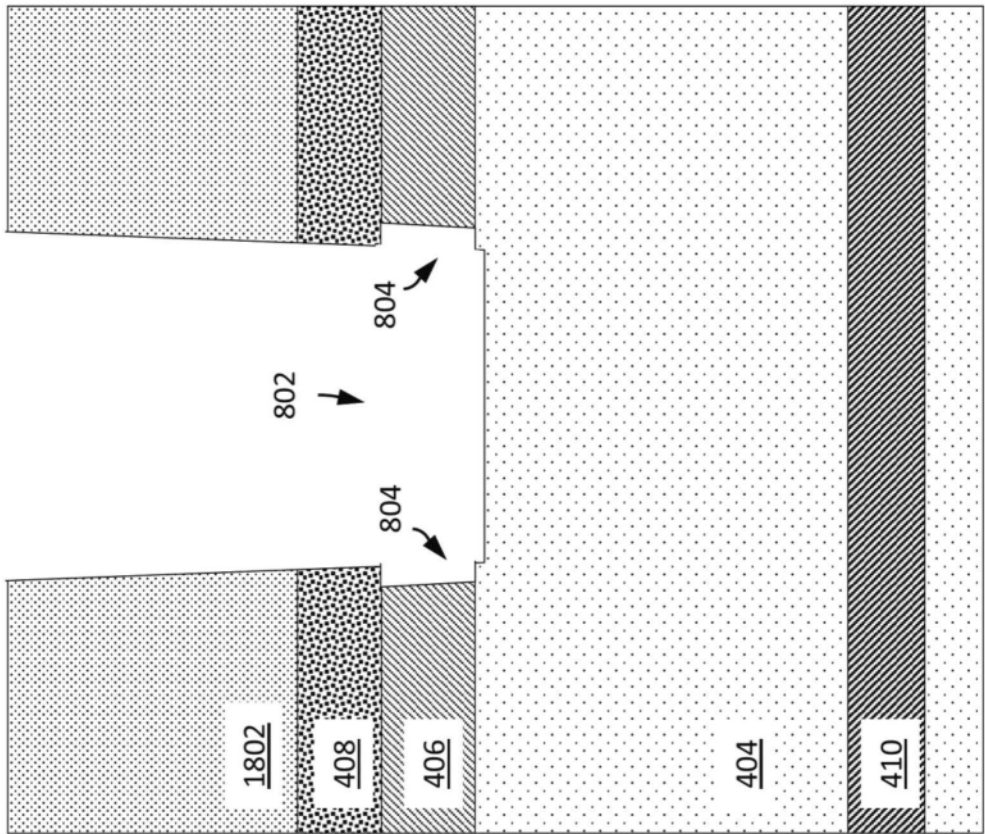


图20

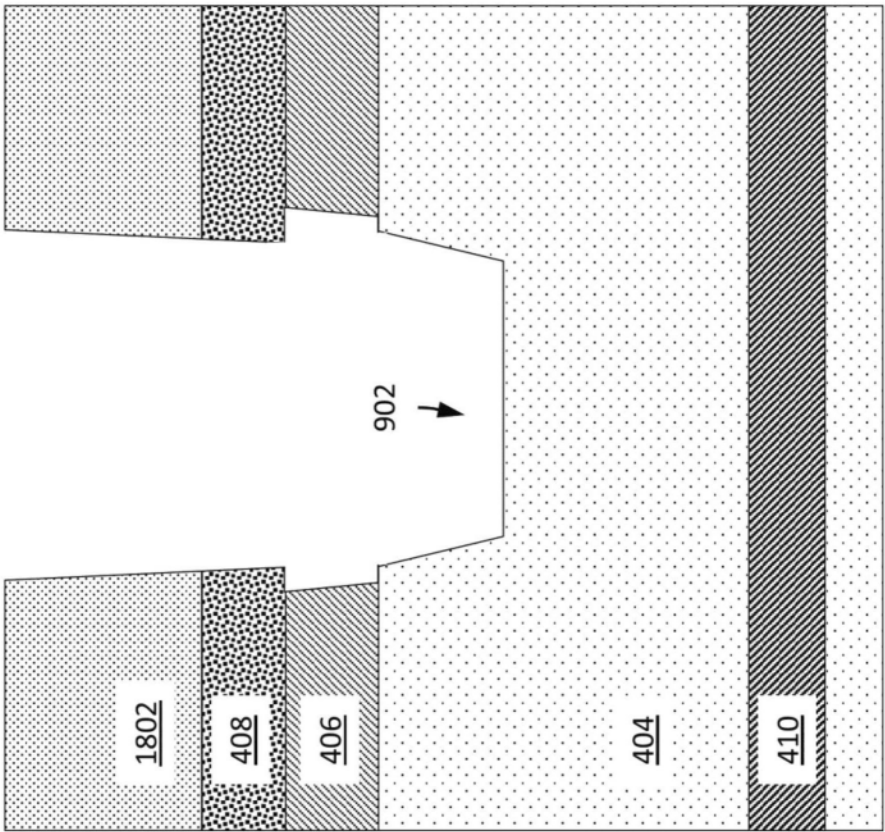


图21

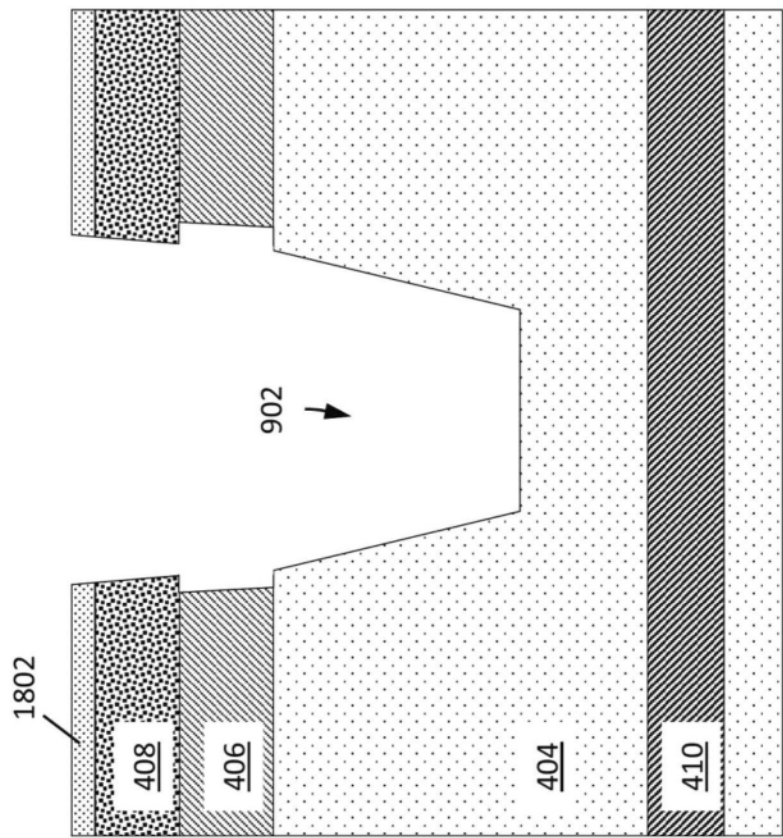


图22

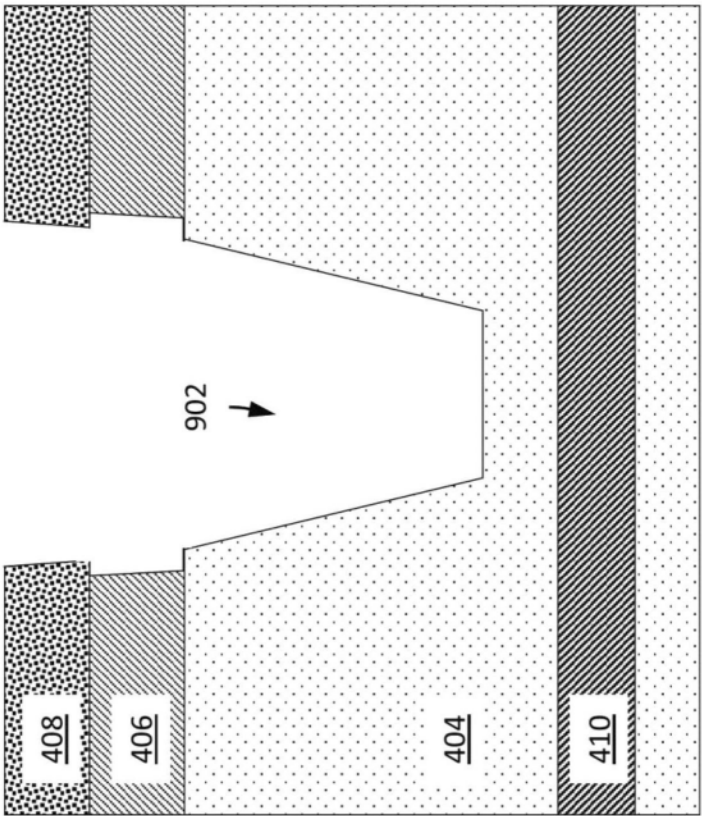


图23

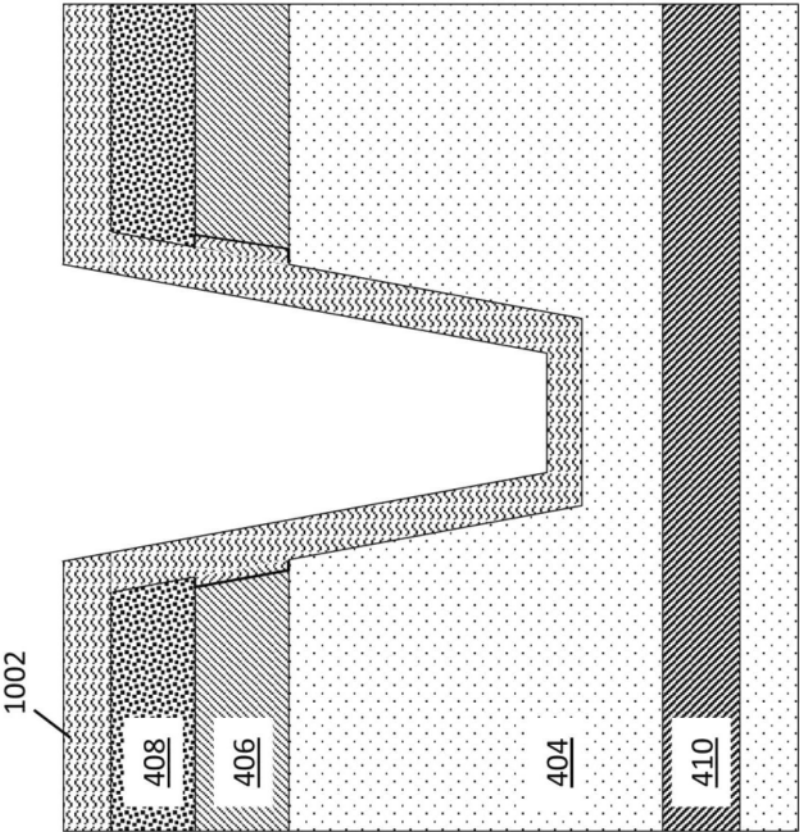


图24

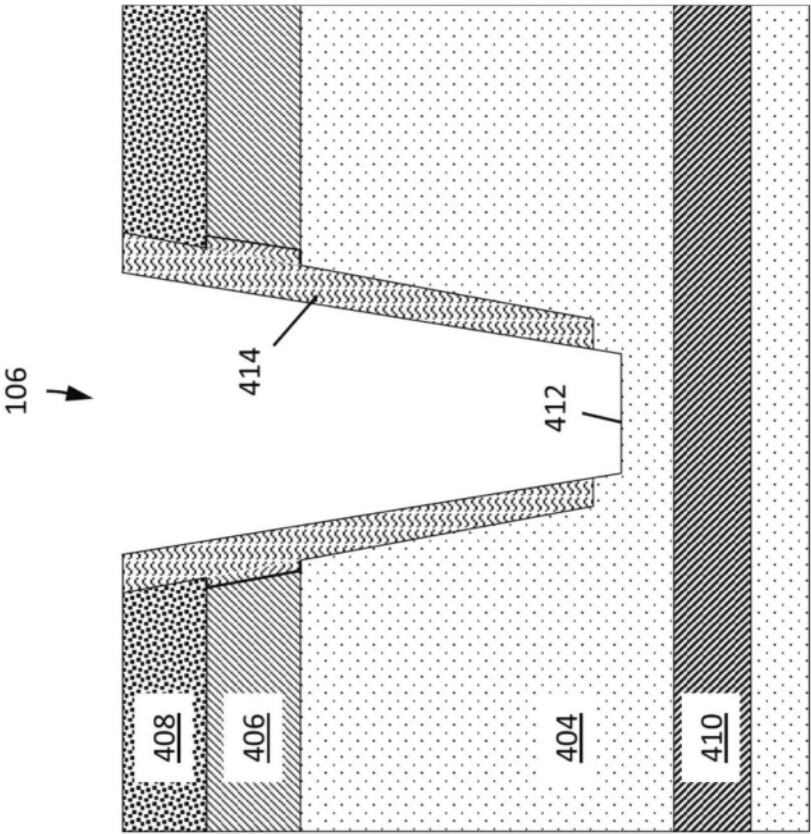


图25