



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1926660 B

(45) 授权公告日 2011.06.22

(21) 申请号 200480024106.X

H01L 21/31 (2006.01)

(22) 申请日 2004.09.14

H01L 21/84 (2006.01)

(30) 优先权数据

H01L 21/331 (2006.01)

10/670,928 2003.09.25 US

H01L 21/336 (2006.01)

10/919,784 2004.08.17 US

H01L 21/338 (2006.01)

H01L 21/8234 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.02.22

(56) 对比文件

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2004/030088 2004.09.14

US 20020168802 A1, 2002.11.14, 全文.

US 6465316 B2, 2002.10.15, 全文.

US 6259138 B1, 2001.07.10, 说明书第16栏
第32-35行.

(87) PCT申请的公布数据

W02005/034191 EN 2005.04.14

US 6590226 B2, 2003.07.08, 全文.

W0 02082514 A1, 2002.10.17, 说明书第5页
第9-34行及附图1D-1E.

(73) 专利权人 飞思卡尔半导体公司

地址 美国得克萨斯

审查员 郭强

(72) 发明人 刘纯利 玛利安·G·萨达克

亚历山大·L·巴尔

彼切-耶·尼古耶 沃恩-于·西恩

肖恩·G·托马斯 特德·R·怀特

谢强华

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建峰

(51) Int. Cl.

H01L 21/00 (2006.01)

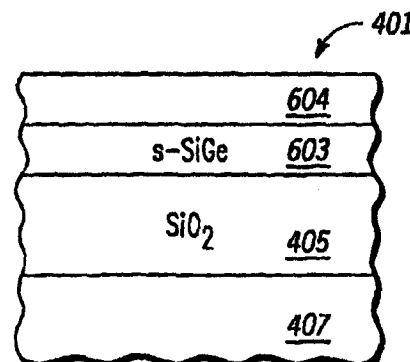
权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 5 页

(54) 发明名称

模板层形成

(57) 摘要

本发明公开一种形成应变半导体层的过程。该过程包括在晶片上流动含氯气体（例如氯化氢、氯气、四氯化碳和三氯乙烷）同时加热晶片。在一个实例中，含氯气体在浓缩过程期间在用于形成应变半导体层（例如应变硅）的模板层的半导体层上流动。在其他实例中，含氯气体在浓缩操作之后在晶片的二次加热期间流动。



1. 一种形成半导体层的方法,包括:
提供晶片,该晶片具有绝缘体上半导体构造,该晶片包括包含锗和硅的第一半导体层;
在晶片上流动含氯气体,同时加热晶片;
在流动之后在第一半导体层上形成包含硅的第二半导体层;
形成具有沟道区的晶体管,其中,所述沟道区的至少一部分位于所述第二半导体层中。
2. 根据权利要求1的方法,其中在晶片上流动含氯气体同时加热晶片包括以至少700°C的温度加热晶片。
3. 根据权利要求1的方法,其中第二半导体层为应变层。
4. 根据权利要求1的方法,其中在晶片上流动含氯气体同时加热晶片包括以1100°C或更低的温度加热晶片。
5. 一种形成半导体层的方法,包括:
提供晶片,该晶片具有绝缘体上半导体构造,该晶片包括包含锗和硅的第一半导体层;
在晶片上流动含氯气体,同时加热晶片;
在流动之后在第一半导体层上形成包含硅的第二半导体层;
其中流动含氯气体在浓缩过程期间执行。
6. 根据权利要求5的方法,其中所述浓缩过程消耗第一半导体层的一部分。
7. 根据权利要求6的方法,其中所述浓缩过程包括氧化过程,其中该氧化过程包括在第一半导体层上形成氧化物。
8. 根据权利要求7的方法,还包括:
在形成第二半导体层之前去除氧化物。
9. 根据权利要求5的方法,其中所述浓缩过程消耗第一半导体层的一部分,其中形成第二半导体层包括使用第一半导体层的剩余部分作为模板层。
10. 根据权利要求5的方法,还包括:
在所述浓缩过程之后且在形成第二半导体层之前,在晶片上流动含氯气体长达第二时间,同时加热晶片。
11. 根据权利要求5的方法,其中执行所述浓缩过程增加第一半导体层的剩余部分中的锗。
12. 根据权利要求5的方法,还包括:
形成具有沟道区的晶体管,其中沟道区的至少一部分位于第二半导体层中。
13. 一种形成半导体层的方法,包括:
提供晶片,该晶片具有绝缘体上半导体构造,该晶片包括包含锗和硅的第一半导体层;
在晶片上流动含氯气体,同时加热晶片;
在流动之后在第一半导体层上形成包含硅的第二半导体层;
其中含氯气体的流动作为晶片的二次加热的部分执行。
14. 一种形成半导体层的方法,包括:
提供晶片,该晶片具有绝缘体上半导体构造,该晶片包括包含锗和硅的第一半导体

层；

在晶片上流动含氯气体，同时加热晶片；

在流动之后在第一半导体层上形成包含硅的第二半导体层；

在形成第二半导体层之前在晶片上执行浓缩过程；

其中流动含氯气体在执行浓缩过程之后执行。

15. 一种形成半导体层的方法，包括：

提供晶片，该晶片具有绝缘体上半导体构造，该晶片包括包含锗和硅的第一半导体层；

在晶片上流动含氯气体，同时加热晶片；

在流动之后在第一半导体层上形成包含硅的第二半导体层；

其中流动含氯气体包括流动近似 6% 浓度的含氯气体。

16. 一种形成半导体层的方法，包括：

提供晶片，该晶片具有绝缘体上半导体构造，该晶片包括包含锗和硅的第一半导体层；

在晶片上流动含氯气体，同时加热晶片；

在流动之后在第一半导体层上形成包含硅的第二半导体层；

与含氯气体一起流动惰性气体。

17. 一种形成半导体层的方法，包括：

提供晶片，该晶片具有绝缘体上半导体构造，该晶片包括包含锗和硅的第一半导体层；

在晶片上流动含氯气体，同时加热晶片；

在流动之后在第一半导体层上形成包含硅的第二半导体层；

其中含氯气体包括氯化氢、氯气、四氯化碳、或三氯乙烷中至少一种。

18. 一种形成半导体层的方法，包括：

提供晶片，该晶片具有绝缘体上半导体构造，该晶片包括包含锗和硅的第一半导体层；

在晶片上流动含氯气体，同时加热晶片；

在流动之后在第一半导体层上形成包含硅的第二半导体层；

其中流动含氯气体包括流动 0.1-10% 浓度的含氯气体。

19. 一种形成半导体层的方法，包括：

提供包含第一半导体层的晶片，该第一半导体层包含第一类型和第二类型的原子；

在晶片上执行浓缩过程，执行浓缩过程消耗第一半导体层的一部分，其中执行浓缩过程包括在晶片上流动含氯气体，执行浓缩过程在第一半导体层的剩余部分上形成包含第二类型原子的层；

去除包含第二类型原子的层；

在去除之后在剩余部分上形成第二半导体层，该第二半导体层包括第二类型的原子。

20. 根据权利要求 19 的方法，其中执行浓缩过程包括以至少 900℃ 的温度加热晶片。

21. 根据权利要求 19 的方法，其中执行浓缩过程包括以低于 1100℃ 的温度加热晶片。

22. 根据权利要求 19 的方法，其中第一类型的原子是锗原子且第二类型的原子是硅原

子。

23. 根据权利要求 19 的方法,其中晶片具有绝缘体上半导体构造。

24. 根据权利要求 19 的方法,其中:

所述浓缩过程包括氧化过程;

包含第二类型原子的层是氧化物。

25. 根据权利要求 19 的方法,其中形成第二半导体层包括使用剩余部分作为模板层。

26. 根据权利要求 19 的方法,其中流动含氯气体包括流动近似 6%浓度的含氯气体。

27. 根据权利要求 19 的方法,其中流动含氯气体包括流动 0.1-10%浓度的含氯气体。

28. 根据权利要求 19 的方法,其中含氯气体包括氯化氢、氯气、四氯化碳、或三氯乙烷中至少一种。

29. 根据权利要求 19 的方法,还包括:

形成具有沟道区的晶体管,其中沟道区的至少一部分在第二半导体层中。

30. 根据权利要求 19 的方法,还包括:

在执行所述浓缩过程之后且在形成第二半导体层之前,使用含氯气体执行二次加热过程。

31. 根据权利要求 19 的方法,其中执行所述浓缩过程消耗晶片选择区域中第一半导体层的一部分。

32. 根据权利要求 19 的方法,其中第二半导体层为应变层。

33. 一种形成半导体层的方法,包括:

提供晶片,该晶片具有绝缘体上半导体构造,该晶片包括包含硅和锗的第一半导体层;

执行浓缩过程,执行浓缩过程消耗第一半导体层的一部分;

在执行浓缩过程之后,在晶片上流动含氯气体,同时加热晶片;

在流动之后在第一半导体层的剩余部分上形成第二半导体层。

34. 根据权利要求 33 的方法,其中执行浓缩过程还包括在第一半导体层的剩余部分上形成包含硅的一层,该方法还包括在形成第二半导体层之前去除包含硅的层。

35. 根据权利要求 33 的方法,其中流动含氯气体还包括以 1100℃或更低的温度加热晶片。

36. 根据权利要求 33 的方法,其中流动含氯气体还包括以 700℃或更高的温度加热晶片。

37. 根据权利要求 33 的方法,其中形成第二半导体层包括使用剩余部分作为模板层。

38. 根据权利要求 33 的方法,其中流动含氯气体包括流动近似 6%浓度的含氯气体。

39. 根据权利要求 33 的方法,其中流动含氯气体包括流动 0.1-10%浓度的含氯气体。

40. 根据权利要求 33 的方法,其中含氯气体包括氯化氢、氯气、四氯化碳、或三氯乙烷中至少一种。

41. 根据权利要求 33 的方法,还包括:

形成具有沟道区的晶体管,其中沟道区的至少一部分在第二半导体层中。

42. 根据权利要求 33 的方法,其中第二半导体层为应变层。

43. 一种形成半导体层的方法,包括:

在绝缘层上提供包含硅和锗并且具有晶体结构的第一半导体层；
在晶体结构上形成氮氧化合物层，其中形成包括使用消耗第一半导体层一部分的过程；
去除氮氧化合物层；
在晶片上流动含氯气体，同时加热晶片；
在去除氮氧化合物层之后在晶体结构上形成包含硅的第二半导体层。

模板层形成

技术领域

[0001] 本发明一般地涉及半导体电路, 尤其涉及形成应变半导体层 (strained semiconductor layer)。

背景技术

[0002] 对于一些应用, 例如使用绝缘体上半导体 (semiconductor oninsulator, SOI) 构造在绝缘体上产生一层应变硅是期望的。应变硅层是其晶格间距不同于天然硅 (例如弛豫硅晶体) 的晶格间距 (例如 5.43095Å) 的一层硅。应变硅间距的一个实例是对于 1% 的拉伸应变 5.4843Å。应变硅层可以比一层弛豫硅晶体提供更大的电子和空穴迁移率。

[0003] 形成应变硅层的一种方法是在具有比天然硅晶体的晶格间距大的晶格间距的模板层上形成一层硅。在模板层上 (例如由外延沉积) 形成的作为结果的硅被加压以提供更大或更小的晶格间距。

[0004] 图 1 显示 SOI 衬底构造实例中的现有技术原片 101, 其包括位于绝缘层 105 (例如二氧化硅) 上的硅锗 (SiGe) 层 103。绝缘层 105 位于层 107 上。

[0005] 参考图 2, 为了增加模板层中锗的含量从而增加其晶格间距, 层 103 经历氧化过程以增加层 103 下部 205 中锗的量。上部被氧化以形成 SiO_2 层 203。在氧化过程期间, 来自层 103 上部的锗原子注入到部分 205 中并且遍及 205 而扩散。在一个实例中, 氧化过程涉及在以惰性气体 (例如氩或 N_2) 作为稀释气体的包含氧气的气氛中加热原片 101 高达 1200°C。

[0006] 所得到的 SiO_2 层 203 然后被去除 (例如通过蚀刻)。一层硅然后在层 205 上 (例如外延地) 生长。因为层 205 具有较大的晶格间距, 上部硅层将处于拉伸双轴应力下, 以便比使用天然生成的硅晶体提供更大的晶格间距。

[0007] 该过程的一个问题是, 模板层 205 不完全弛豫, 因为晶格间距不完全对应于具有层 205 具有的锗百分比的晶体。因此, 并不是所有注入的锗原子都在晶格位置上, 该层由下面的绝缘层 105 加压, 并且层 205 的间隙锗和硅原子易于形成缺陷。

[0008] 可能因这种过程而发生的另一个问题是, 锗可能没有充分地扩散到硅锗层的剩余部分。因此, 相对于剩余层下部的锗浓度, 剩余层上部的锗浓度相对较高。模板层中锗浓度的这些差异可能引起错位, 这可以导致在错位区域中形成的功能故障半导体器件。

[0009] 图 3 显示比具有相同锗含量的弛豫硅锗晶体具有更小晶格间距的硅锗晶体的晶格 301 的二维视图。间隙锗原子 (例如 305) 和间隙硅原子 (例如 311) 在图 3 中显示位于晶格位置 (例如 313 和 315) 之间。这些间隙原子可能引起硅锗模板层中以及随后形成的应变硅层中的扩展缺陷。

[0010] 因此, 需要一种形成模板层的改进方法。

附图说明

[0011] 本发明可以更好地理解, 并且它的许多目的、特征和优点通过参考附随附图变得对本领域技术人员显然。

- [0012] 图 1 是现有技术晶片的部分侧视图。
- [0013] 图 2 是现有技术晶片的部分侧视图。
- [0014] 图 3 是现有技术模板层晶格的部分二维视图。
- [0015] 图 4 是根据本发明一种实施方案在其制造的一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0016] 图 5 是根据本发明的模板层晶格的部分二维视图。
- [0017] 图 6 是根据本发明一种实施方案在其制造的另一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0018] 图 7 是根据本发明另一种实施方案在其制造的一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0019] 图 8 是根据本发明另一种实施方案在其制造的一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0020] 图 9 是根据本发明另一种实施方案在其制造的一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0021] 图 10 是根据本发明一种实施方案在其制造的一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0022] 图 11 是根据本发明另一种实施方案在其制造的一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0023] 图 12 是根据本发明另一种实施方案在其制造的另一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0024] 图 13 是根据本发明另一种实施方案在其制造的另一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0025] 图 14 是根据本发明另一种实施方案在其制造的另一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0026] 图 15 是根据本发明另一种实施方案在其制造的另一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0027] 图 16 是根据本发明另一种实施方案在其制造的另一个阶段期间晶片的部分侧视图。
- [0028] 不同附图中相同参考符号的使用表示完全相同的零件除非另外注释。

具体实施方式

[0029] 下面陈述实施本发明的方式的详细描述。该描述目的在于说明本发明而不应当认为是限制。

[0030] 已经发现,提供在绝缘层上形成的一层模板层材料中注入空位的过程允许锗(或其他晶格间距修改种类)原子占据模板层的晶格位置,从而增加模板层的晶格的有效晶格间距。

[0031] 图 4 是在晶片已经经历根据本发明的氮化过程之后晶片的部分侧视图。晶片 401 包括由例如位于层 407 上的氧化硅制成的绝缘层 405。层 407 由硅锗制成,但是可以由其他材料例如多晶硅,单晶硅,非晶硅,玻璃或石英制成。绝缘层 405 或许通过形成硅锗层然后将氧注入硅锗层中,跟着退火以形成绝缘层 405 来制成。图 4 中所示的结构也可以通过将包含 SiGe 的第二晶片粘合到层 405 然后切割第二晶片的一部分,保留一层硅锗在绝缘层 405 上来形成。这种硅锗层将具有比如图 4 中所示层 403 更大的厚度。在其他实施方案中,绝缘层 405 可以延伸到晶片的底部。在另外其他实施方案中,包含硅的晶片可以粘合到绝缘层 405 然后切割以保留一层硅在层 405 上。一层 SiGe 可以使用外延附生过程在硅层上形成。

[0032] 层 409 是通过使层 405 上的硅锗层（没有显示）经历氮化过程而生长的一层氮化硅。在一种实施方案中，氮化过程涉及以升高的温度在绝缘层 405 上的硅锗层上流动氨（ NH_3 ）。铵中的氮与硅锗层的硅反应以生长氮化硅层 409，从而将硅锗层减小到如图 4 中所示硅锗层 403 的厚度。在氮化过程期间，空位被注入到硅锗层的剩余部分（层 403）中并且遍及层 403 而扩散。空位是原子的空晶格位置中的空间。而且在氮化过程期间，来自硅锗层上部的锗原子注入到硅锗层的剩余部分（层 403）中。这些锗原子与层 403 的空位重新结合，变成置换。而且间隙锗（以及硅）原子与空位重新结合，变成置换。

[0033] 空位通过层 403 的晶格中的硅原子向上传播以与氨中的氮结合以形成氮化硅层 409 而注入到层 403 中。因为锗不与氨反应，锗原子通过扩散到剩余硅锗层 403 的晶格中来注入。

[0034] 图 5 显示硅锗晶格 501 的实例。晶格 501 包括空位 503 和 505。在氮化过程期间，锗原子（例如间隙锗原子 507）与空位（例如 503）重新结合以填充晶格结构。

[0035] 返回参考图 4，氮化物层 409 由对硅锗层 403 选择性的蚀刻而剥离。层 403 用作应变外延硅层（参看图 10 的层 1009）的随后涂敷的模板层。

[0036] 注入空位到模板层中可以使得现有间隙原子在模板层的晶格中置换。这减少模板层中间隙原子的数目，从而减小模板层的缺陷密度。而且，注入空位到模板层中也允许绝缘层 405 与模板层 403 之间分界面的重新构建，从而允许模板层 403 的更高程度的弛豫。

[0037] 在其他实施方案中，其他过程可以用于注入空位到模板层材料中。例如，位于层 405 上的硅锗模板层材料的层可以经历硅化过程，其中金属（例如钛）沉积在模板层材料上并且（当加热时）与模板层材料的硅反应以形成一层硅钛化合物（在如图 4 中所示层 409 近似的位置）。在硅化过程期间，空位由剩余部分的硅原子向上传播以与钛结合以形成硅钛层（例如在 409 的位置）而注入到硅锗模板层材料的剩余部分（例如层 403）中。

[0038] 在另一种实施方案中，模板层材料或许经历氮氧过程以增加模板层中的锗并且注入空位在模板层中。在氮氧过程的一个实例中，氨和氧流过模板层材料的表面以从模板层材料层中生长一层氮氧化合物。在氮氧过程期间，空位由该部分中的硅原子向上传播以与氨的氮以及氧结合以在与图 4 的层 409 相对应的位置处形成氮氧化硅层而注入到模板材料层的下部。因为锗不与氨和氧反应，锗原子由扩散到模板层材料的下部（位于图 4 中层 403 的位置处）的硅锗晶格中而注入。氮氧化合物层然后被去除，其中模板材料的下部（例如 403）用作模板。在其他实施方案中，一氧化氮气体（ NO ）或一氧化二氮气体（ N_2O ）可以流过模板层材料的表面以从模板层材料层中生长一层氮氧化合物。

[0039] 在另一种实施方案中，一层模板材料可以经历氧化过程，其中含氯气体（例如氯化氢气体（ HCl ），氯气（ Cl_2 ），四氯化碳气体（ CCl_4 ），或三氯乙烷气体（ $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$ ））与氧一起引入以注入锗原子和空位到模板层中。在这种氧化过程的一个实例中， HCl 和氧（并且在某种实施方案中氩或氮（ N_2 ）作为稀释气体）以 1100C 流过模板材料层以在模板材料层上生长一层氧化硅。在一种实施方案中， HCl 处于 6% 的浓度，但是在其他实施方案中可以处于其他浓度例如在其他实施方案中 0.1–10%。 HCl 浓度取决于氧化装备在其他实施方案中可能更高。氧化硅层位于与图 4 的层 409 相对应的位置。氯化物的引入被认为增加氧化过程的氧化速率，并且空位注入在模板材料层中。

[0040] 使用 HCl （或其他含氯气体）的氧化过程的使用可能出现的另一个优点是，该氧化

过程可以比使用常规氧化过程以相对较低的温度（例如在一些实施方案中 1050–1100C）执行。因为在氧化过程期间，模板材料层的剩余部分含有丰富的锗，浓化的锗层的熔点降低。因此，以较低温度（相对于 1200C, 1050–1100C）执行氧化的能力允许氧化过程执行并且避免模板材料层的熔化。此外，以较低温度执行氧化的能力可以使得氧化过程更容易与 CMOS 过程整合。

[0041] 此外，在氧化过程中引入 HCl（或其他含氯气体）增加氧化速率，从而减少执行氧化所需的时间。此外，对于一些实施方案，HCl 不影响生长的氧化物的质量。因此，氧化物保持在氧化物与模板材料剩余层之间的高选择性。

[0042] 在其他实施方案中，使用含氯气体的氧化在 700–1200C 的温度执行，但是在其他实施方案中可能以其他温度执行。在其他实施方案中，氧化可以执行，其中 HCl 或其他含氯气体在氧化过程的至少一部分期间引入。例如，在一种实施方案中，氧化可以使用氧气在 1050C 执行长达 30 分钟，然后使用氧和 HCl 气体在 1050C 执行长达三十分钟。在其他实施方案中，HCl 可能在氧化过程期间引入多次。在其他实施方案中，氧化和蚀刻循环可能在多个步骤中执行以更有效地执行空位注入过程并简化氧化物蚀刻过程。

[0043] 在其他实施方案中，其他材料可以用作模板层材料，例如硅锗碳 ($\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$ ，其中 Ge 含量 > C 含量并且 $x > y$)，硅锡 (SiSn)，硅碳 ($\text{Si}_{1-y}\text{C}_y$)，硅锡锗 (SiSnGe)，以及锗碳 (GeC)。

[0044] 在一些实施方案中，在氮化硅层 409（氮氧化硅，硅化钛，氧化硅层，在一些实施方案中）去除之后，后浓缩步骤可以施加到晶片。在氧化过程期间，层 403 的硅向上传播以与氧结合以生长氧化硅层 604（参看图 6），从而消耗层 403 的一部分。因为锗不与氧反应，锗原子由扩散到层 403 的剩余部分（图 6 中的层 603）的晶格中而注入。层 604 然后被蚀刻，其中层 603 用作模板层。层 603 因后氧化过程而比层 403 更应变。在其他实施方案中，后氧化过程可以在硅化或氮氧化过程之后执行。

[0045] 在其他实施方案中，空位注入过程的执行可以在浓缩过程之后（例如在模板层材料的氧化之后）执行。

[0046] 图 7 是首先经历氧化过程然后经历氮化过程以注入空位到模板层中的晶片的的部分横截面视图。层 706 和 709 由一层应变硅锗的氮化过程形成（例如类似于图 2 的层 205）。应变硅锗层由氧化过程形成，其中氧化物层（例如 203）在硅锗层（例如图 1 的 103）上生长。所得到的应变硅锗层（例如层 205）因锗原子从锗层的消耗部分到结果层的扩散而含有丰富的锗。因为氧化过程不是空位产生过程，扩散的锗原子的一部分变成在应变硅锗层（例如 205）的晶格中间隙的。然后，氧化物层（例如 205）被去除。在其他实施方案中，氧化物层（例如 205）的仅一部分被去除。

[0047] 在随后的氮化过程期间，氮化硅层 709 从应变硅锗层（例如 205）生长。空位由层 706 的晶格中的硅原子向上传播以与氮结合以形成氮化硅层 709 而注入到剩余硅锗层 706 中。这些空位与锗丰富的应变硅锗层 706 的间隙锗重新结合以减少间隙锗的数目。而且，应变硅锗（例如 205）的消耗部分的锗原子由扩散到层 706 的晶格中而注入。层 709 被去除，并且层 706 用作模板层。因为空位的注入，所得到的层 706 比先前的应变硅锗层（例如 205）较不应变。

[0048] 图 8 和 9 显示另一种空位注入过程的阶段期间的晶片。在图 8 中，氮 (809) 注入

到位于绝缘层 805 上面的一层模板材料 803(例如 SiGe) 的上部 811 中。在一些实施方案中,氮以大于 10^{13} 原子/cm² 的剂量以及 10-50keV 的能量注入。晶片 801 然后经历氧化过程,其中一层氮氧化合物 905 生长,并且空位和锗原子注入到层 803 的下部 907 的晶格中(参看图 9)。然后,层 905 被蚀刻,其中部分 907 用作模板层。

[0049] 在其他实施方案中,一层模板材料可以经历氧化过程以及随后的惰性气体二次加热(退火)过程。在一种实施方案中,氢二次加热过程以 $T = 900-1100^{\circ}\text{C}$ 执行长达 1-100 分钟,随着 H_2 气体以 $P_{\text{H}_2} = 1-100\text{Torr}$ 的压力在 SiO_2 层上流动。空位在惰性气体二次加热过程期间注入到模板材料的剩余层中。在其他实施方案中,其他惰性气体例如氩可以低的氧气压力(PO_2)使用。

[0050] 在其他实施方案中,二次加热过程可以使用含氯气体执行。在一种实施方案中,在浓缩过程(例如氧化,氮化)之后,晶片在 1050°C 加热长达 30 分钟,随着 HCl(例如 6% 的浓度)以例如 $P_{\text{H}_2} = 1-100\text{Torr}$ 的压力在晶片上流动。在其他实施方案中,其他气体(例如惰性气体例如氩, N_2 和氦)可以在二次加热过程期间与 HCl 一起(例如以 6% 的浓度)流动。在其他实施方案中,晶片可以在二次加热过程期间以其他温度加热(例如 $700-1200^{\circ}\text{C}$ 或以其他温度),二次加热可以在其他气体存在的情况下执行,二次加热可以使用其他气体浓度(例如 0.1-10% 的 HCl 浓度)执行,二次加热可以其他气体压力(1-100Torr)执行,和/或执行长达其他持续时间(例如在一些实施方案中 1-1200 分钟)。

[0051] 使用含氯气体执行二次加热在硅锗层的剩余部分中注入空位。这也可以因增强应变感生扩散而提高扩散,其可以产生更均匀的锗轮廓(较少的锗堆积)以及更弛豫的硅锗层。

[0052] 参考图 10,在绝缘层 1005 上的模板层 1003 形成之后(例如由与上述过程的任何一个类似的过程),一层应变硅 1009 在模板层 1003 上形成(例如外延地生长)。然后,器件例如晶体管在应变硅和模板层中形成。在一种实施方案中,晶体管的沟道区在应变硅层 1009 中形成。

[0053] 在其他实施方案中,一层单晶硅在绝缘层(例如 405)上形成。一层硅锗(或其他模板材料)然后将在硅材料层上形成。在空位注入过程和氧化过程(在一些实施方案中)期间,锗原子和空位将注入到硅层中,其中硅层将用作模板层的一部分。

[0054] 图 11-16 显示在半导体器件制造中的各个阶段期间晶片 1101 的横截面视图。图 11-16 的视图中陈述的方法包括另一种空位注入过程。

[0055] 参考图 11,晶片 1101 具有 SOI 构造,绝缘体 1105 位于硅衬底 1103 上。硅层 1106 位于绝缘体 1105 上。一层硅锗 1107 位于层 1105 上。

[0056] 在所示实施方案中,P 沟道区 1113 用光刻胶 1109 掩蔽。硅锗层 1107 然后选择性地用离子 1111 注入以在 N 沟道区 1115 中形成注入区 1203(参看图 12)。这些注入将空位注入,并且在区域 1203 中形成其他类型的点缺陷。在其他实施方案中,P 沟道区 1113 用电介质或硬质材料,例如顶上具有光刻胶的氮化物或氧化物掩蔽。

[0057] 在一种实施方案中,硅罩层(200A)(没有显示)可能在区域 1113 被掩蔽之前形成在层 1107 上。

[0058] 在一种实施方案中,离子在小于层 1107 总厚度的深度注入。在层 1107 为 1000Å 的一种实施方案中,离子 1111 注入到 100 ~ 900Å 的深度。在其他实施方案中,离子 1111 注

入到硅层 1106 上大约 100Å。在一种实施方案中,离子 1111 注入层 1106 中。

[0059] 在一种实施方案中,离子 1111 包括锗。在其他实施方案中,离子 1111 包括硅,硼,砷,磷或其组合。在一些实施方案中,不同类型的离子在不同的深度注入。在一些实施方案中,不同类型和深度的离子在不同的时间注入。在一种实施方案中,硅离子可能注入到硅锗层 1107 中而锗离子可能注入到硅层 1106 中。

[0060] 在注入离子包括硼,磷,或砷的一些实施方案中,这些离子也可以用来掺杂阱到期望的传导率,除了注入空位之外。在一种实施方案中,离子 1111 包括硼以提供 N 沟道区 1115,在该区域中具有随后形成的晶体管的掺杂阱区。在一种实施方案中,离子 1111 包括以 5×10^{12} 原子每平方厘米的剂量以 10KeV 的能量注入的硼。

[0061] 在其他实施方案中,离子 1111 包括以 3×10^{15} 原子每平方厘米的剂量以 3KeV 的能量注入的硼。在其他实施方案中,离子 1111 包括以 1×10^{13} 原子每平方厘米的剂量以 40KeV 的能量注入的锗。在另一种实施方案中,离子 1111 可以其他剂量和 / 或以其他能量注入。

[0062] 图 12 显示光刻胶 1109 去除之后的晶片 1101。在其他实施方案中,区域 1115 可以随后掩蔽,其中离子可以注入到用于注入空位在层 1107 中的区域 1113 中。对于这种实施方案,空位注入的量可以在 N 沟道区与 P 沟道区而不同。这种差异可以用来区别地控制在 P 沟道区和 N 沟道区中随后形成的硅层 (例如 1503) 的应变。

[0063] 图 13 显示浓缩操作在晶片 1101 上执行之后的晶片 1101。在一种实施方案中,浓缩操作包括消耗层 1107 的一部分并且在硅锗层 1107 的剩余部分上形成氧化物 1305 的氧化过程。在所示实施方案中,氧化过程之后硅锗层 1107 的剩余部分由层 1307 表示。在氧化过程期间,层 1107 的消耗部分中的锗原子扩散到层 1107 的剩余部分以增加剩余部分的锗浓度。而且,层 1107 的锗原子扩散到层 1106 中。图 13 中的层 1307 表示氧化过程之后的层 1106 以及层 1107 的剩余部分。

[0064] 离子 1111 到层 1107 中的注入将空位注入到该层中,这使得锗能够在浓缩过程期间在层的剩余部分中更快速且均匀地扩散。因此,与没有先前注入的氧化过程 (或其他浓缩过程) 相比较,锗堆积可以减少。

[0065] 在一种实施方案中,浓缩过程涉及使氧气和 HCl 气体 (例如 6%) 或其他含氯气体 (以及在一些实施方案中,氩或氮 (N_2) 作为稀释气体) 以例如 1050 度的温度流过晶片 1101 长达例如 30-60 分钟。在其他实施方案中,其他氧化过程可以利用。在其他实施方案中,其他浓缩过程 (例如氮化,氮氧化) 可以利用。

[0066] 在所示实施方案中,离子 1111 (例如锗离子) 到区域 1115 中的层 1107 中的注入,引起没有预先浓缩注入的区域上氧化速率的增加。因此,对于给定的氧化时间,在区域 1115 中,氧化硅 1305 比对于区域 1113 厚并且层 1107 中更多因增加的氧化速率而消耗。因此,层 1307 在区域 1113 中比在区域 1115 中厚。

[0067] 图 14 显示氧化物 1305 去除之后的晶片 1101。在一些实施方案中,晶片的二次加热 (例如使用 HCl 气体) 可以在浓缩操作之后执行。

[0068] 图 15 显示一层应变硅 1503 以层 1307 用作模板层在层 1307 上外延生长 (例如 200Å) 之后的晶片 1101。

[0069] 在一些实施方案中,由离子 1111 注入的空位在区域 1115 中比在区域 1113 中提供更弛豫的硅锗层。例如,区域 1115 中层 1307 的部分比 P 沟道区 1113 中层 1307 的部分相

对更弛豫。在锗原子以 $1e13$ 每平方厘米的剂量以 40KeV 的能量注入的一种实施方案中,注入区的弛豫度从 32% (没有注入) 增加到 52% (使用注入)。

[0070] 因此,区域 1115 的应变硅层 1503 具有比区域 1113 中层 1503 的应变相对更多的拉伸应变,因为层 1307 在区域 1115 中比在区域 1113 中相对更弛豫。区别应变的能力可以提供因那些器件的沟道区拉伸应变的差异而具有 N 沟道器件和 P 沟道器件的更好性能的电路。

[0071] 图 16 是 P 沟道晶体管 1603 在 P 沟道区 1113 中形成且 N 沟道晶体管 1605 在区域 1115 中形成之后晶片 1101 的部分侧视图。晶体管 1603 包括栅极 1611,侧壁隔板 1613,栅极氧化物 1612,以及在层 1503 和 1307 中形成的源极/漏极区 1617 和 1619。晶体管 1603 也包括位于层 1503 中栅极 1611 下面的沟道区。晶体管 1605 包括栅极 1625,侧壁隔板 1627,栅极氧化物 1622,以及在层 1503 和 1307 中形成的源极/漏极区 1621 和 1623。晶体管 1605 也包括位于层 1503 中栅极 1625 下面的沟道区 1620。隔离槽绝缘体 1607 位于区域 1113 和区域 1115 之间。晶片 101 包括没有显示的其他 N 沟道和 P 沟道晶体管。其他实施方案的晶体管可能具有其他构造。

[0072] 在其他实施方案中, N 沟道区或 P 沟道区的一个可能在浓缩过程期间被掩蔽。因此,层 1107 的仅选择的部件在浓缩过程期间被消耗 (未掩蔽区域中的部件)。在其他实施方案中,最初被掩蔽的其他区域 (例如 1113 或 1115) 然后暴露,而最初未掩蔽的区域 (例如 1113 或 1115) 被掩蔽。第二浓缩操作然后在随后未掩蔽区域上执行。因此,区域 1113 中层 1503 的应变和区域 1115 中层 1503 的应变可以进一步使用对每个区域的各自浓缩过程来区分。

[0073] 在本发明的一个方面,一种方法包括提供晶片。该晶片具有绝缘体上半导体 (SOI) 构造。该晶片包括包含锗和硅的第一半导体层。该方法包括在晶片上流动含氯气体同时加热晶片,以及在流动之后在第一半导体层上形成包含硅的第二半导体层。

[0074] 在本发明的另一方面,一种方法包括提供包含第一半导体层的晶片。第一半导体层包括第一类型和第二类型的原子。该方法包括在晶片上执行浓缩过程。执行浓缩过程消耗第一半导体层的一部分。执行浓缩过程包括在晶片上流动含氯气体。执行浓缩过程在第一半导体层的剩余部分上形成包含第二类型原子的层。该方法还包括去除包含第二类型原子的层,以及在去除之后在剩余部分上形成第二半导体层。第二半导体层包含第二类型的原子。

[0075] 在本发明的另一方面,一种方法包括提供晶片。该晶片具有绝缘体上半导体 (SOI) 构造。该晶片包括包含硅和锗的第一半导体层。该方法还包括执行浓缩过程。执行浓缩过程消耗第一半导体层的一部分。该方法也包括在执行浓缩过程之后在晶片上流动含氯气体同时加热晶片。该方法还包括在流动之后在第一半导体层的剩余部分上形成第二半导体层。

[0076] 虽然本发明的特定实施方案已经显示和描述,本领域技术人员将认识到,基于这里的讲授,更多改变和修改可以进行而不背离本发明及其更广泛的方面,因此,附加权利要求将在其范围内包括所有这种改变和修改,如在本发明的真实本质和范围内一样。

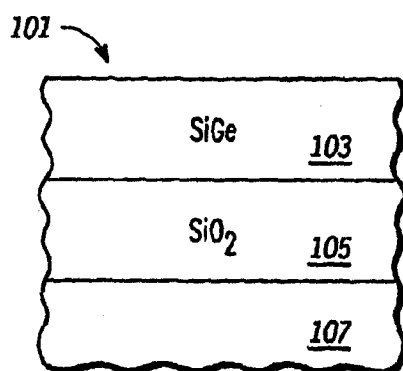


图 1 - 现有技术 -

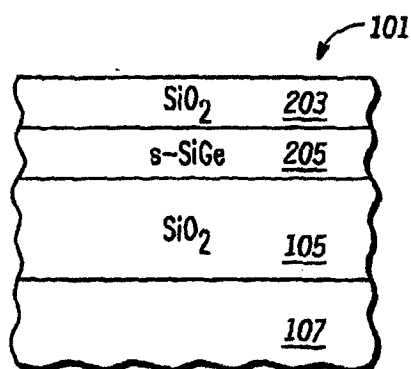


图 2 - 现有技术 -

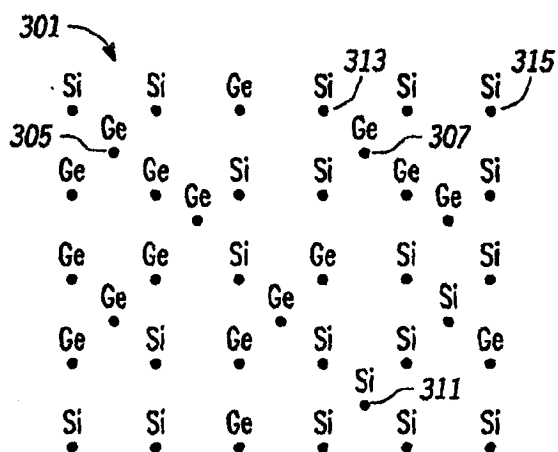


图 3

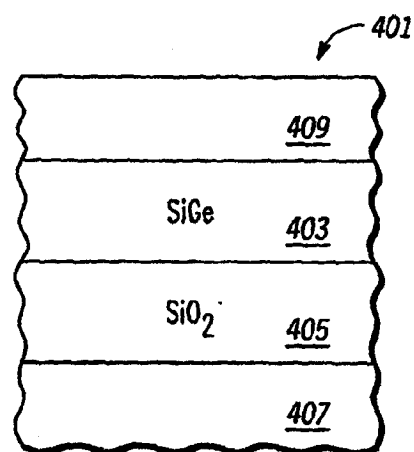


图 4

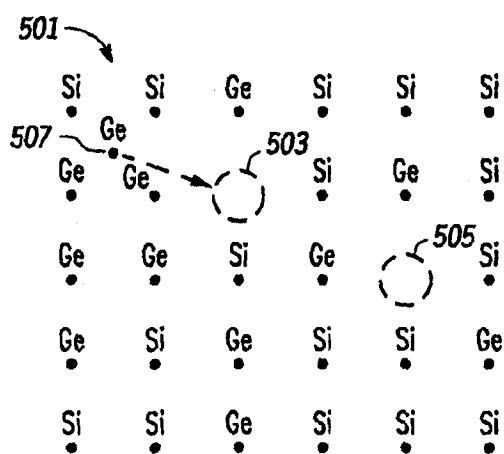


图 5

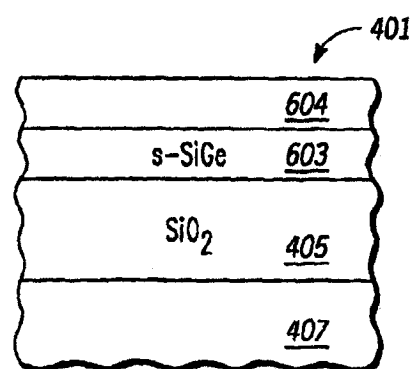


图 6

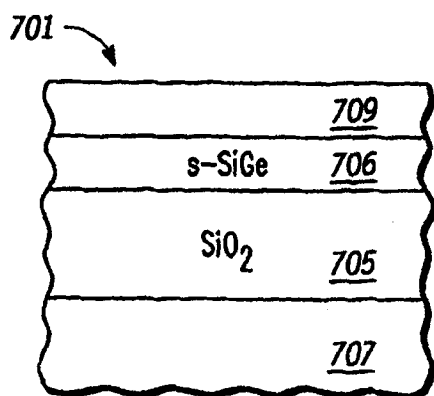


图 7

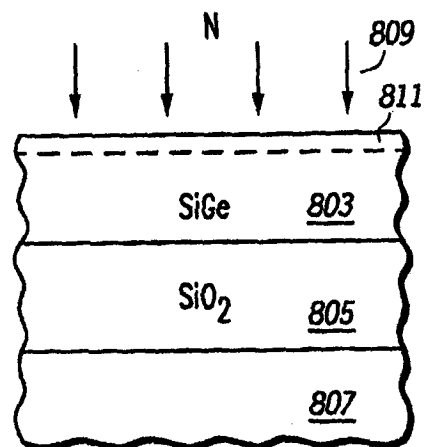


图 8

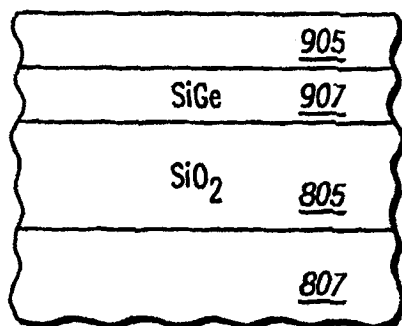


图 9

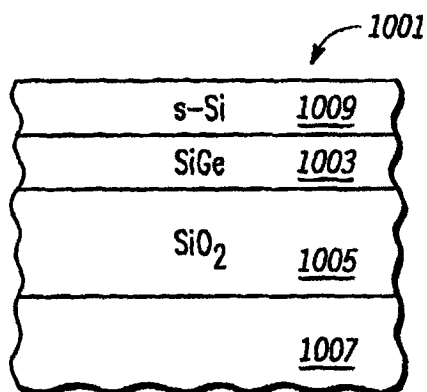


图 10

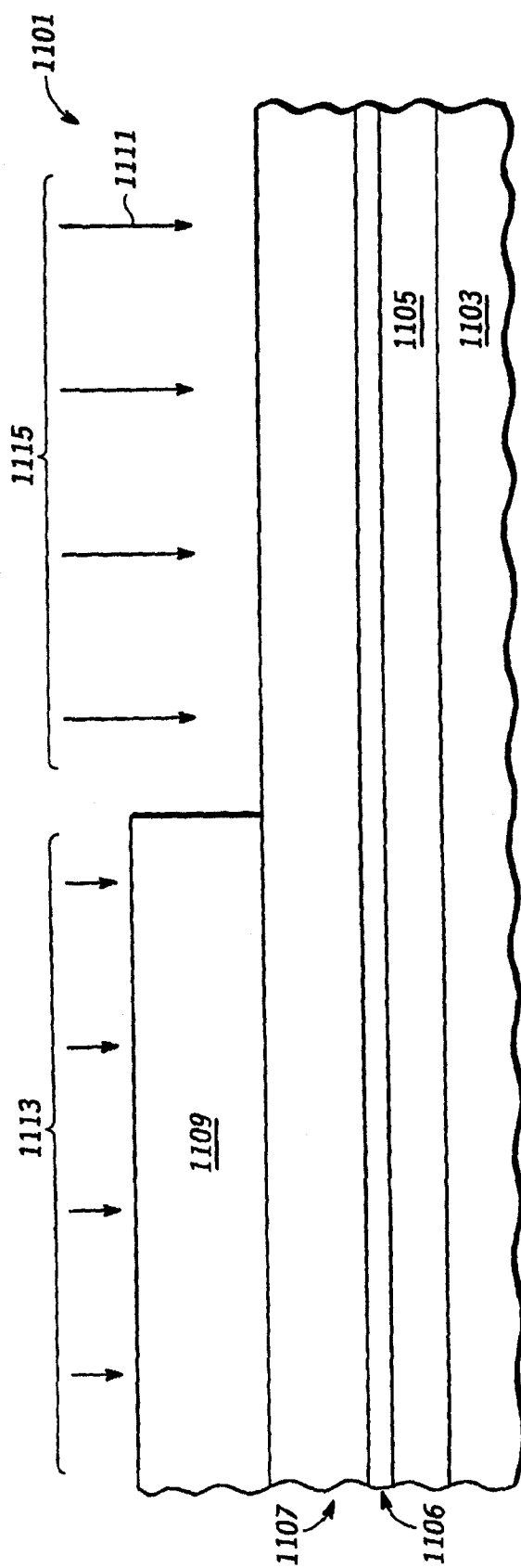


图 11

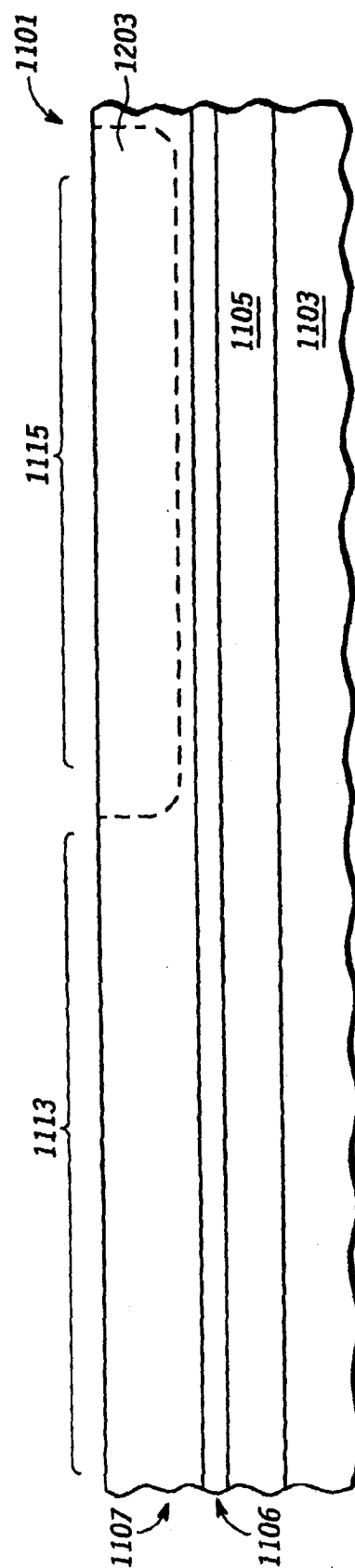


图 12

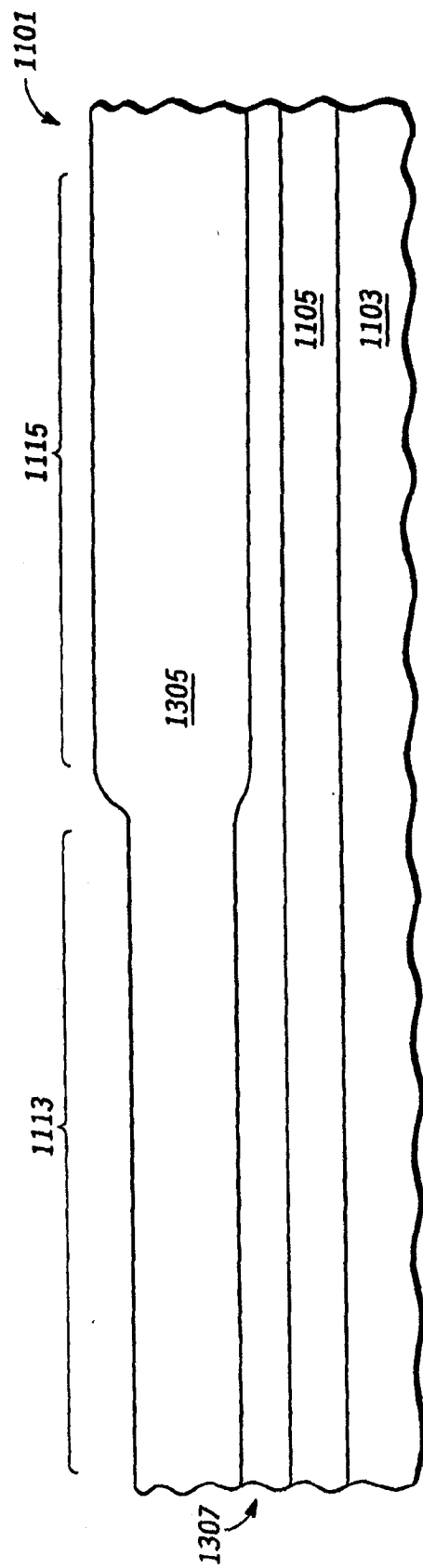


图 13

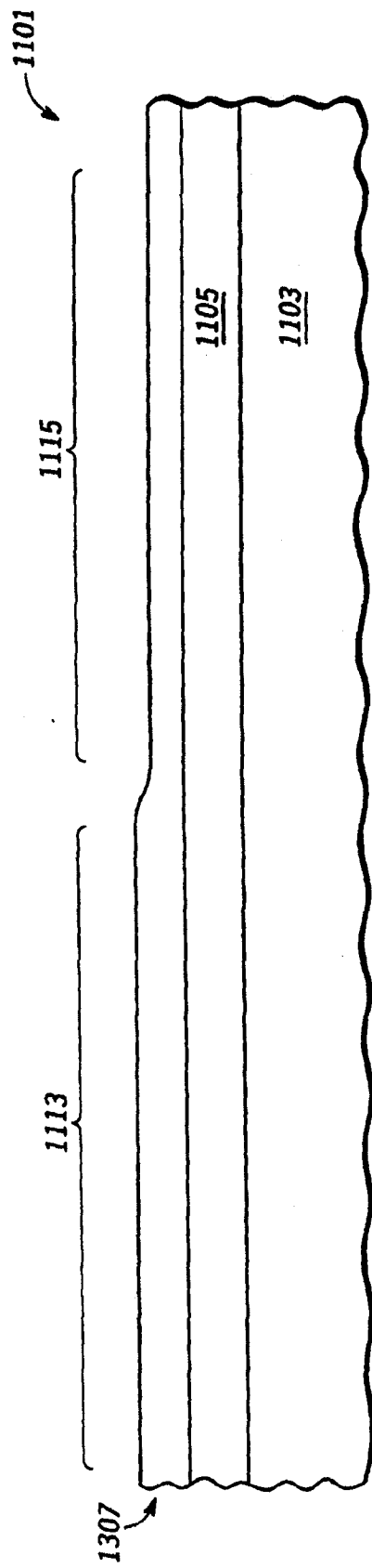


图 14

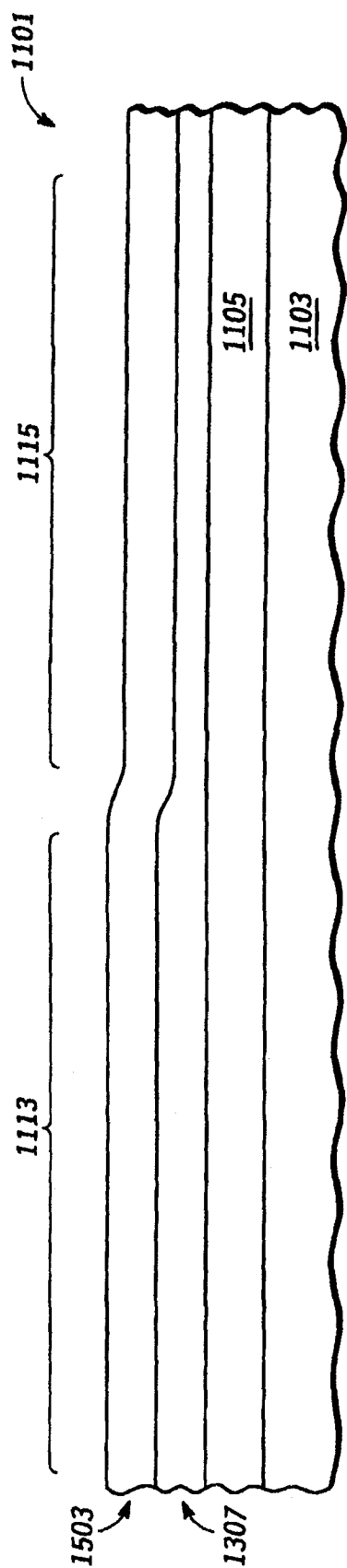


图15

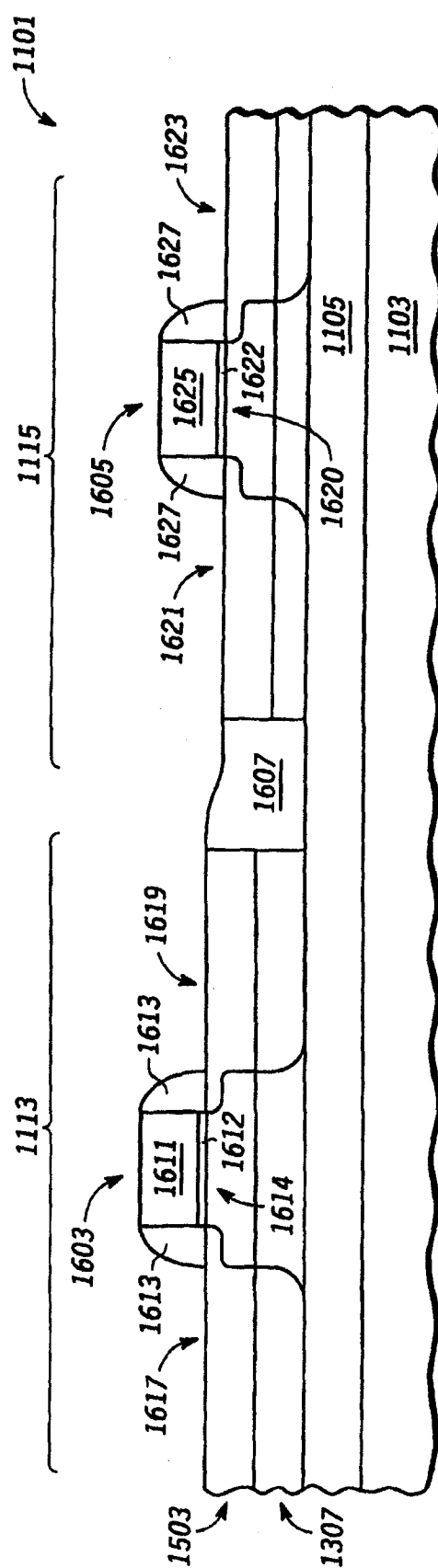


图16