



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110416061 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 30

(21) 申请号 201910292773.4  
(22) 申请日 2019.04.12  
(65) 同一申请的已公布的文献号  
    申请公布号 CN 110416061 A  
(43) 申请公布日 2019.11.05  
(30) 优先权数据  
    10-2018-0048568 2018.04.26 KR  
(73) 专利权人 三星电子株式会社  
    地址 韩国京畿道水原市  
(72) 发明人 李善英 康珉材 金姬娟 金台原  
    卓容奭 金善政  
(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286  
    专利代理师 陈晓博 刘灿强

H01L 21/336 (2006.01)  
G23C 16/04 (2006.01)  
G23C 16/30 (2006.01)  
G23C 16/455 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 103187268 A, 2013.07.03  
US 2008311760 A1, 2008.12.18  
US 2013164946 A1, 2013.06.27  
US 6486082 B1, 2002.11.26  
CN 105493248 A, 2016.04.13  
US 2014213067 A1, 2014.07.31  
US 2014220788 A1, 2014.08.07  
US 2014287596 A1, 2014.09.25  
US 2017186603 A1, 2017.06.29

审查员 郭旻皓

(51) Int. Cl.  
H01L 21/02 (2006.01)

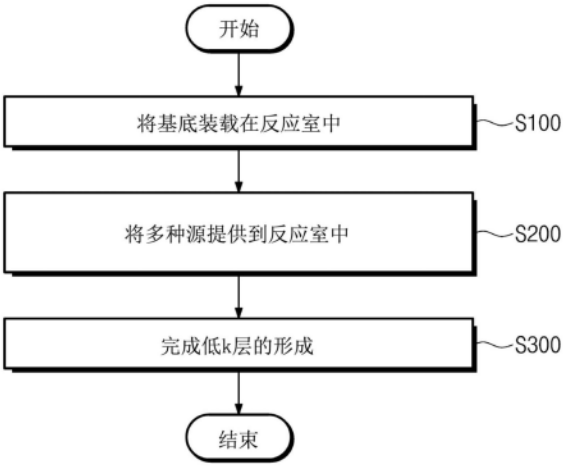
权利要求书2页 说明书8页 附图14页

(54) 发明名称

形成低k层的方法和形成半导体装置的方法

(57) 摘要

提供了一种形成低k层的方法和形成半导体装置的方法,所述形成低k层的方法包括通过将硅源、碳源、氧源和氮源提供到基底上来形成层。形成层的步骤包括多个主循环,每个主循环包括提供硅源、提供碳源、提供氧源以及提供氮源,提供硅源、提供碳源、提供氧源和提供氮源中的每个执行至少一次。每个主循环包括交替执行提供碳源和提供氧源的子循环。



1. 一种形成低k层的方法,所述方法包括:  
通过将硅源、碳源、氧源和氮源提供到基底上来形成层,  
其中,形成层的步骤包括多个主循环,其中,每个主循环包括提供硅源、提供碳源、提供氧源以及提供氮源,提供硅源、提供碳源、提供氧源和提供氮源中的每个执行至少一次,  
其中,每个主循环包括交替执行提供碳源和提供氧源的子循环,并且  
其中,在子循环中且在子循环之间不提供硅源和氮源。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,在每个子循环中,在提供碳源的步骤之后执行提供氧源的步骤。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,在子循环中,不在提供碳源与提供氧源之间提供另一源。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,在每个子循环中,执行提供碳源的步骤的时间为3秒至100秒。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中,在每个子循环中,执行提供氧源的步骤的时间为3秒至15秒。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,在每个子循环中,提供氧源的步骤的执行时间比提供碳源的步骤的执行时间短。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,子循环的次数在5至30的范围内。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,在每个主循环中,在子循环之前执行提供硅源的步骤。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,执行提供硅源的步骤的时间为3秒至50秒。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中,在每个主循环中,在子循环之后执行提供氮源的步骤。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,执行提供氮源的步骤的时间为3秒至50秒。
12. 根据权利要求10所述的方法,其中,每个主循环还包括在提供氮源之后提供第二碳源。
13. 根据权利要求1所述的方法,其中,低k层是SiOCN层。
14. 根据权利要求13所述的方法,其中,SiOCN层的碳组分和氧组分具有由等式1表示的关系,  
[等式1]  
$$\text{碳组分 (at \%)} \geq 21.6 - 0.4 \times (\text{氧组分 (at \%)}).$$
15. 根据权利要求13所述的方法,其中,SiOCN层的碳组分和氧组分的总和在35at %至50at %的范围内。
16. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括:  
在提供硅源、提供碳源、提供氧源和提供氮源之间执行吹扫操作。
17. 一种形成低k层的方法,所述方法包括:  
通过将硅源、碳源、氧源和氮源提供到基底上来形成层,  
其中,形成层的步骤包括多个主循环,其中,每个主循环包括顺序执行的提供硅源、执行多个子循环以及提供氮源,  
其中,每个子循环包括提供碳源和提供氧源,并且

其中,在子循环中且在子循环之间不提供硅源和氮源。

18.一种形成半导体装置的方法,所述方法包括:

在基底上形成栅极图案;

形成覆盖栅极图案的栅极间隔件层;以及

通过蚀刻栅极间隔件层形成栅极间隔件,

其中,形成栅极间隔件层的步骤包括多个主循环,其中,每个主循环包括提供硅源、提供碳源、提供氧源以及提供氮源,提供硅源、提供碳源、提供氧源和提供氮源中的每个执行至少一次,

其中,每个主循环包括交替执行提供碳源和提供氧源的子循环,并且

其中,在子循环中且在子循环之间不提供硅源和氮源。

19.根据权利要求18所述的方法,所述方法还包括:

在形成栅极间隔件之后,在栅极图案之间形成使基底暴露的凹陷区域。

## 形成低K层的方法和形成半导体装置的方法

[0001] 本申请要求于2018年4月26日在韩国知识产权局提交的第10-2018-0048568号韩国专利申请的优先权,该韩国专利申请的公开内容通过引用全部包含于此。

### 技术领域

[0002] 发明构思的实施例涉及一种形成层的方法,更具体地,涉及一种形成低k层的方法和形成半导体装置的方法。

### 背景技术

[0003] 半导体装置由于其小尺寸、多功能的特性和低制造成本而被广泛用于电子工业中。半导体装置可以被分为存储逻辑数据的半导体存储器装置、处理逻辑数据的操作的半导体逻辑装置和执行各种功能的混合半导体装置中的任何一种。

[0004] 随着电子工业的发展,已经越来越需要高度集成的半导体装置。然而,高集成密度会导致各种限制(例如,限定精细图案的曝光工艺的裕度减小),因此,半导体装置的制造会由于这些限制而变得更困难。另外,随着电子工业的发展,已经越来越需要高速半导体装置。因此,正在对能够实现高度集成和/或高速半导体装置的新技术进行各种研究。

### 发明内容

[0005] 发明构思的实施例可以提供一种形成低k层的方法,该方法能够增大碳组分和氧组分两者。

[0006] 发明构思的实施例还可以提供一种形成半导体装置的方法,该方法能够改善抗蚀刻性并且能够改善半导体装置的电特性。

[0007] 在一个方面中,形成低k层的方法可以包括通过将硅源、碳源、氧源和氮源提供到基底上来形成层,其中,形成层的步骤包括多个主循环,其中,每个主循环包括提供硅源、提供碳源、提供氧源以及提供氮源,提供硅源、提供碳源、提供氧源和提供氮源中的每个执行至少一次,并且其中,每个主循环包括交替执行提供碳源和提供氧源的子循环。

[0008] 在另一方面中,形成低k层的方法可以包括通过将硅源、碳源、氧源和氮源提供到基底上来形成层,其中,形成层的步骤包括多个主循环,其中,每个主循环包括顺序执行的提供硅源、执行多个子循环以及提供氮源,并且其中,每个子循环包括提供碳源和提供氧源。

[0009] 在另一方面中,形成半导体装置的方法包括:在基底上形成栅极图案,形成覆盖栅极图案的栅极间隔件层以及通过蚀刻栅极间隔件层形成栅极间隔件,其中,形成栅极间隔件层的步骤包括多个主循环,其中,每个主循环可以包括提供硅源、提供碳源、提供氧源以及提供氮源,提供硅源、提供碳源、提供氧源和提供氮源中的每个执行至少一次,并且其中,每个主循环包括交替执行提供碳源和提供氧源的子循环。

## 附图说明

- [0010] 鉴于附图和随附的详细描述,发明构思将变得更加明显。
- [0011] 图1是示出根据发明构思的一些实施例的形成层的方法的流程图。
- [0012] 图2是示出根据发明构思的一些实施例的用于形成层的沉积设备的概念图。
- [0013] 图3是示出根据发明构思的一些实施例的提供工艺气体的顺序的概念图。
- [0014] 图4是示出根据发明构思的一些实施例的提供工艺气体的循环的时序图。
- [0015] 图5是示出图4的循环中的一个循环的执行时间的时序图。
- [0016] 图6是示出根据发明构思的一些实施例的提供工艺气体的顺序的概念图。
- [0017] 图7是示出根据发明构思的一些实施例的提供工艺气体的循环的时序图。
- [0018] 图8是示出图6的循环中的一个循环的执行时间的时序图。
- [0019] 图9是示出根据发明构思的一些实施例的半导体装置的平面图。
- [0020] 图10至图15是沿图9的线A-A'截取的剖视图以示出根据发明构思的一些实施例的形成半导体装置的方法。
- [0021] 图16是图15的一部分的放大图以示出根据发明构思的一些实施例的栅极间隔件。

## 具体实施方式

- [0022] 在下文中,将参照附图详细地描述发明构思的实施例。
- [0023] 图1是示出根据发明构思的一些实施例的形成层的方法的流程图。图2是示出根据发明构思的一些实施例的用于形成层的沉积设备1000的概念图。
- [0024] 参照图1和图2,沉积设备1000可以包括反应室21。在一些实施例中,沉积设备1000可以是等离子体增强原子层沉积(PEALD)设备。沉积设备1000还可以包括平台22和淋浴头23,该平台22设置在反应室21中并且其上装载有基底WF,该淋浴头23用于将反应气体或工艺气体提供到反应室21中。平台22可以在其中包括加热器25,以将基底WF保持在期望的温度。可以将约13.56MHz或约27MHz的高射频(HRF)功率28施加到淋浴头23(或连接到淋浴头23的顶部电极)并且平台22可以接地,因此可以在淋浴头23与平台22之间形成等离子体。在一些实施例中,当形成等离子体时,可以根据需要将约5MHz或更低(例如,约400kHz至约500kHz)的低射频(LRF)功率29附加地施加到淋浴头23或顶部电极。
- [0025] 工艺气体可以通过淋浴头23提供到反应室21中。在一些实施例中,淋浴头23可以通过多条供应线连接到硅源11、碳源12、氧源13和氮源14。载气供应单元15可以连接到淋浴头23。硅源11、碳源12、氧源13和氮源14可以通过彼此分开的单独的供应线提供到淋浴头23。可选择地,单独的供应线中的至少一些可以彼此叠置。
- [0026] 从载气供应单元15提供的载气可以将另一源和/或前驱体携带到反应室21中。载气可以吹扫反应室21中的未反应的材料和/或反应副产物。载气可以是诸如氦气(He)或氖气(Ne)的惰性气体,或者可以是诸如氮气(N<sub>2</sub>)或二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的具有非常低的反应性的气体。然而,发明构思的实施例不限于此。载气供应单元15的供应线的至少一部分可以与硅源11的供应线、碳源12的供应线、氧源13的供应线和氮源14的供应线叠置。可选择地,载气供应单元15的供应线可以与硅源11的供应线、碳源12的供应线、氧源13的供应线和氮源14的供应线分离。
- [0027] 可以将基底WF装载在反应室21中的平台22上(S100)。基底WF可以是晶圆。可以将

多个源提供到反应室21中可以在基底WF上形成低k层(S200)。在形成具有期望厚度的低k层之后,可以完成形成低k层的工艺(S300)。此后,可以从反应室21卸载基底WF。低k层可以是具有小于约8的介电常数的层。还将理解的是,低k层可以是相对于氧化硅或二氧化硅具有低或小的介电常数的层。因此,在一些实施例中,低k层可以具有小于约7、小于约6、小于约5.0、小于约4.5、小于约4.2、小于约4.0、小于约3.9(二氧化硅的介电常数)、小于约3.7、小于约3.5、小于约3.0、小于约2.5、小于约2.2或小于约2.0的介电常数。

#### [0028] [硅源]

[0029] 硅源11可以是被卤素取代的硅烷基硅前驱体,诸如一氟硅烷( $\text{SiFH}_3$ )、二氟硅烷( $\text{SiF}_2\text{H}_2$ )、三氟硅烷( $\text{SiF}_3\text{H}$ )、四氟硅烷( $\text{SiF}_4$ )、一氟乙硅烷( $\text{Si}_2\text{FH}_5$ )、二氟乙硅烷( $\text{Si}_2\text{F}_2\text{H}_4$ )、三氟乙硅烷( $\text{Si}_2\text{F}_3\text{H}_3$ )、四氟乙硅烷( $\text{Si}_2\text{F}_4\text{H}_2$ )、五氟乙硅烷( $\text{Si}_2\text{F}_5\text{H}$ )、六氟乙硅烷( $\text{Si}_2\text{F}_6$ )、一氯硅烷( $\text{SiClH}_3$ )、二氯硅烷( $\text{SiCl}_2\text{H}_2$ )、三氯硅烷( $\text{SiCl}_3\text{H}$ )、四氯硅烷( $\text{SiCl}_4$ )、一氯乙硅烷( $\text{Si}_2\text{ClH}_3$ )、二氯乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Cl}_2\text{H}_4$ )、三氯乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Cl}_3\text{H}_3$ )、四氯乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Cl}_4\text{H}_2$ )、五氯乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Cl}_5\text{H}$ )、六氯乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ )、一溴硅烷( $\text{SiBrH}_3$ )、二溴硅烷( $\text{SiBr}_2\text{H}_2$ )、三溴硅烷( $\text{SiBr}_3\text{H}$ )、四溴硅烷( $\text{SiBr}_4$ )、一溴乙硅烷( $\text{Si}_2\text{BrH}_3$ )、二溴乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Br}_2\text{H}_4$ )、三溴乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Br}_3\text{H}_3$ )、四溴乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Br}_4\text{H}_2$ )、五溴乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Br}_5\text{H}$ )、六溴乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Br}_6$ )、一碘硅烷( $\text{SiIH}_3$ )、二碘硅烷( $\text{SiI}_2\text{H}_2$ )、三碘硅烷( $\text{SiI}_3\text{H}$ )、四碘硅烷( $\text{SiI}_4$ )、一碘乙硅烷( $\text{Si}_2\text{IH}_3$ )、二碘乙硅烷( $\text{Si}_2\text{I}_2\text{H}_4$ )、三碘乙硅烷( $\text{Si}_2\text{I}_3\text{H}_3$ )、四碘乙硅烷( $\text{Si}_2\text{I}_4\text{H}_2$ )、五碘乙硅烷( $\text{Si}_2\text{I}_5\text{H}$ )或六碘乙硅烷( $\text{Si}_2\text{I}_6$ )。

[0030] 可选择地,硅源11可以是但不限于二乙基硅烷( $\text{Et}_2\text{SiH}_2$ )、原硅酸四乙酯( $\text{Si}(\text{OCH}_2\text{CH}_3)_4$ , TEOS)或烷基氨基硅烷类化合物。例如,烷基氨基硅烷类化合物可以包括但不限于二异丙基氨基硅烷( $\text{H}_3\text{Si}(\text{N}(\text{i-Pr})_2)_2$ )、二(叔丁基氨基)硅烷( $(\text{C}_4\text{H}_9(\text{H})\text{N})_2\text{SiH}_2$ )、四(二甲基氨基)硅烷( $\text{Si}(\text{NMe}_2)_4$ )、四(乙基甲基氨基)硅烷( $\text{Si}(\text{NEtMe})_4$ )、四(二乙氨基)硅烷( $\text{Si}(\text{NEt}_2)_4$ )、三(二甲基氨基)硅烷( $\text{HSi}(\text{NMe}_2)_3$ )、三(乙基甲基氨基)硅烷( $\text{HSi}(\text{NEtMe})_3$ )、三(二乙氨基)硅烷( $\text{HSi}(\text{NEt}_2)_3$ )、三(二甲基胍基)硅烷( $\text{HSi}(\text{N}(\text{H})\text{NMe}_2)_3$ )、二(二乙氨基)硅烷( $\text{H}_2\text{Si}(\text{NEt}_2)_2$ )、二(二异丙基氨基)硅烷( $\text{H}_2\text{Si}(\text{N}(\text{i-Pr})_2)_2$ )、三(二异丙基氨基)硅烷( $\text{HSi}(\text{N}(\text{i-Pr})_2)_3$ )或(二异丙基氨基)硅烷( $\text{H}_3\text{Si}(\text{N}(\text{i-Pr})_2)_2$ )。

[0031] 如这里所述,“Me”表示甲基,“Et”表示乙基,“i-Pr”表示异丙基。

#### [0032] [碳源]

[0033] 碳源12可以从由具有1至约10的碳数的烷烃、具有2至约10的碳数的烯烃、具有1至约15的碳数的烷基胺、具有约4至约15的碳数的含氮杂环化合物、具有1至约20的碳数的烷基硅烷、具有1至约20的碳数的烷氧基硅烷、具有1至约20的碳数的烷基硅氧烷和其组合组成的组中选择的一种。

[0034] 具有1至约10的碳数的烷烃可以是甲烷、乙烷、丙烷、丁烷(所有的异构体)、戊烷(所有的异构体)、己烷(所有的异构体)、庚烷(所有的异构体)、辛烷(所有的异构体)、壬烷(所有的异构体)、癸烷(所有的异构体)或其组合。

[0035] 具有2至约10的碳数的烯烃可以是乙烯、丙烯、丁烯(所有的异构体)、戊烯(所有的异构体)、己烯(所有的异构体)、庚烯(所有的异构体)、辛烯(所有的异构体)、壬烯(所有的异构体)、癸烯(所有的异构体)或其组合。具有1至约15的碳数的烷基胺可以由例如化学式 $\text{NR}^1\text{R}^2\text{R}^3$ 表示。这里, $\text{R}^1$ , $\text{R}^2$ 和 $\text{R}^3$ 可以均独立地从由氢、卤素、具有1至约10的碳数的烷基、具有2

至约10的碳数的烯基、具有1至约10的碳数的烷氨基、具有约6至约12的碳数的芳基、具有约7至约12的碳数的芳烷基、具有约7至约12的碳数的烷芳基、具有3(在一些实施例中,约5)至约12的碳数的环烷基和其任何组合组成的组中选择。此时,R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>和R<sup>3</sup>中的至少一者是具有1至约10的碳数的烷基。在一些实施例中,R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>和R<sup>3</sup>中的两个可以彼此连接以形成环或环形状。在一些实施例中,两个或更多个烷基胺可以彼此连接以形成烷基二胺或烷基三胺,并且这些烷基胺可以包括在其中。

[0036] [氧源,氮源]

[0037] 氧源13可以是例如 $O_3$ 、 $H_2O$ 、 $O_2$ 、 $NO_2$ 、 $NO$ 、 $N_2O$ 、醇、金属醇盐、等离子体 $O_2$ 、远程等离子体 $O_2$ 、等离子体 $N_2O$ 、等离子体 $H_2O$ 或它们的组合。氮源14可以是例如 $N_2$ 、 $NH_3$ 、肼( $N_2H_4$ )、等离子体 $N_2$ 、远程等离子体 $N_2$ 或它们的组合。

[0038] 在下文中,将描述将上述工艺气体提供到反应室21中以形成低k层的顺序。低k层可以是SiOCN层。

[0039] 图3是示出根据发明构思的一些实施例的提供工艺气体的顺序的概念图。图4是示出根据发明构思的一些实施例的提供工艺气体的循环的时序图。图5是示出图4的循环中的一个循环的执行时间的时序图。

[0040] 参照图3至图5,将多个源提供到图2的反应室21中以形成低k层的工艺S200可以包括提供硅源的操作S210,提供碳源和氧源的子循环S220以及提供氮源的操作S230。在一些实施例中,形成低k层的工艺S200可以包括主循环,该主循环包括提供硅源的操作S210,提供碳源的操作S221,提供氧源的操作S222以及提供氮源的操作S230,每个操作执行至少一次或更多次。主循环可以多次执行。例如,如图4中所示,可以通过执行m次主循环来形成低k层。可以根据低k层的期望厚度来确定主循环的数量m。例如,主循环的数量m可以在约5至约20的范围内。

[0041] 在每个主循环中,可以顺序地执行提供硅源的操作S210,子循环S220和提供氮源的操作S230。在本说明书中,每个主循环的起点被限定为提供硅源的操作S210的起点。在下文中,出于易于并便于解释的目的,将主要描述一个主循环。

[0042] 首先,可以执行提供硅源的操作S210。在提供硅源的操作S210中,可以将上述硅源中的至少一种提供到图2的反应室21中。例如,当提供六氯乙硅烷(HCD)作为硅源时,可以解离六氯乙硅烷的两个硅原子的化学键,并且两个硅原子可以键合到基底。

[0043] 此后,可以执行提供碳源和氧源的子循环S220。每个子循环S220可以包括提供碳源的一个操作S221和提供氧源的一个操作S222。例如,子循环的数量n可以在5至30的范围内。在一些实施例中,一个主循环的子循环的数量可以与其它主循环的子循环的数量不同。可选择地,主循环的子循环的数量可以彼此相等。

[0044] 可以执行提供碳源的操作S221。在提供碳源的操作S221中,可以将上述碳源中的至少一种提供到图2的反应室21中。例如,可以提供被表示为 $C_xH_y$  (其中“x”和“y”是常数,例如, $C_3H_6$ )的源作为碳源。碳源可以化学键合到通过提供硅源的操作S210而键合到基底的硅原子。此后,可以执行提供氧源的操作S222。在提供氧源的操作S222中,可以将上述氧源中的至少一种提供到图2的反应室21中。例如,可以提供 $O_2$ 作为氧源。

[0045] 键合到硅原子的碳源可以具有相对长的碳键结构,因此会引起阻碍随后提供的氧源吸附在基底上的空间位阻。换句话说,氧原子键合到的位点会因空间位阻而减少,因此即

使提供氧源的时间增加,也会难以增大低k层中的氧浓度。另外,空间位阻的程度会被提供碳源的程度影响,因此会不容易增加大低k层中的碳浓度和氧浓度两者。低k层中的碳浓度(或碳含量)会影响低k层对湿蚀刻工艺的耐受性。如果低k层对湿蚀刻工艺的电阻比期望的水平低,则会难以使用低k层作为栅电极的间隔件。低k层中的氧浓度(或氧含量)会影响低k层的介电常数。如果介电常数比期望水平大,则寄生电容会增大,因此会使半导体装置的电特性劣化。

[0046] 然而,根据发明构思的一些实施例,可以通过多个子循环S220来重复执行提供碳源和提供氧源。通过子循环S220可以增大低k层中的碳浓度和氧浓度两者。所提供的氧的一部分可以键合到与基底键合的碳并且可以以CO或CO<sub>2</sub>的形式从基底除去。因此,可以暂时减小和/或去除空间位阻。结果,氧可以容易地键合到基底。另外,与硅结合的长碳键合结构可以变成大数量的相对短的碳键合结构。因此,可以同时增大低k层中的碳浓度和氧浓度。

[0047] 在一个子循环中,可以不在提供碳源的操作S221与提供氧源的操作S222之间提供诸如硅源和氮源的其它源。另外,可以不在子循环之间提供其它源。在一些实施例中,提供氧源的操作S222的执行时间t22可以在约3秒至约15秒的范围内。提供碳源的操作S221的执行时间t21可以在约3秒至约100秒的范围内。提供硅源的操作S210的执行时间t10可以在约3秒至约50秒的范围内。提供氧源的操作S222的执行时间t22可以比提供碳源的操作S221的执行时间t21短。提供氧源的操作S222的执行时间t22可以比提供硅源的操作S210的执行时间t10短。

[0048] 在子循环S220完成之后,可以执行提供氮源的操作S230。在提供氮源的操作S230中,可以将上述氮源中的至少一种提供到图2的反应室21中。例如,可以提供NH<sub>3</sub>作为氮源。提供氮源的操作S230的执行时间t30可以在约3秒至约50秒的范围内。在一些实施例中,提供氮源的操作S230的执行时间t30可以比提供氧源的操作S222的执行时间t22长。提供氮源的操作S230的执行时间t30可以比提供碳源的操作S221的执行时间t21短。

[0049] 尽管未在图3至图5中示出,但是可以在提供源的操作之间执行吹扫操作。吹扫操作中使用的吹扫气体可以是诸如氦气(He)或氖气(Ne)的惰性气体,或者可以是诸如氮气(N<sub>2</sub>)或二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的具有非常低的反应性的气体。然而,发明构思的实施例不限于此。

[0050] 提供硅源、碳源、氧源和氮源的操作中的至少一个操作可以包括通过等离子体使每种源激活。换句话说,当反应室的温度相对低时,可以将用于形成等离子体的RF功率提供到沉积设备,因此可以提供用于形成低k层所需的能量。在一些实施例中,可以在提供硅源、碳源、氧源和氮源的操作中的一个或两个操作中提供用于形成等离子体的RF功率。在某些实施例中,可以在提供硅源、碳源、氧源和氮源的操作中的每个操作中提供用于形成等离子体的RF功率。

[0051] 可以在约400℃至约700℃的温度下,在一些实施例中,在约450℃至约630℃的相对低的温度下,执行形成低k层的工艺。在一些实施例中,可以根据特定的碳源在约500℃或更低的温度下执行形成低k层的工艺。

[0052] 低k层可以是SiOCN层。SiOCN层的碳组分和氧组分可以具有由等式1表示的关系。

[0053] [等式1]

[0054] 碳组分(at%)  $\geq 21.6 - 0.4 \times (\text{氧组分(at\%)})$

[0055] SiOCN层的碳组分和氧组分的总和可以在约35at%至约50at%的范围内。例如,可



以通过X射线光电子能谱(XPS)来分析SiOCN层的组分。根据发明构思的一些实施例形成的低k层可以通过其高碳组分而对湿蚀刻工艺具有高耐受性,并且还可以通过其高氧组分而具有低介电常数。在一些实施例中,根据发明构思的一些实施例形成的低k层可以具有约5.0或更小的介电常数。

[0056] 图6是示出根据发明构思的一些实施例的提供工艺气体的顺序的概念图。图7是示出根据发明构思的一些实施例的提供工艺气体的循环的时序图。图8是示出图7的循环中的一个循环的执行时间的时序图。在下文中,出于易于并便于解释的目的,将省略或简要地描述与上面的实施例中的组件相同的组件的描述。

[0057] 参照图6至图8,将多个源提供到图2的反应室21中以形成低k层的工艺S200'可以包括提供硅源的操作S210,提供碳源和氧源的子循环S220以及提供氮源的操作S230。在一些实施例中,形成低k层的工艺S200'可以包括主循环,该主循环包括提供硅源的操作S210,提供碳源的操作S221,提供氧源的操作S222以及提供氮源的操作S230,每个操作执行至少一次或者执行更多次。主循环可以执行多次。

[0058] 在本实施例中,主循环还可以包括在提供氮源的操作S230之后执行的提供第二碳源的操作S240。提供第二碳源的操作S240的执行时间t40可以与子循环S220中提供碳源的操作S221的执行时间t21不同。例如,提供第二碳源的操作S240的执行时间t40可以比子循环S220中提供碳源的操作S221的执行时间t21长。例如,提供第二碳源的操作S240的执行时间t40可以在约10秒至约150秒的范围内。

[0059] 图9是示出根据发明构思的一些实施例的半导体装置的平面图。图10至图15是沿图9的线A-A'截取的剖视图以示出根据发明构思的一些实施例的形成半导体装置的方法。

[0060] 参照图9至图10,可以在基底100上形成鳍结构FN。例如,基底100可以是硅基底、锗基底或绝缘体上硅(SOI)基底。鳍结构FN可以在第一方向D1上延伸,并且可以在与第一方向D1相交的第二方向D2上彼此间隔开。鳍结构FN的形成可以包括对基底100的上部进行图案化以在基底100中形成沟槽。此后,可以在鳍结构FN之间的沟槽的下部中形成器件隔离层。例如,器件隔离层可以包括氧化硅层。

[0061] 可以在鳍结构FN上形成在第二方向D2上延伸的栅极图案111。栅极图案111可以包括多晶硅。栅极图案111的形成可以包括在多晶硅层上形成掩模图案,并且通过使用掩模图案作为蚀刻掩模在多晶硅层上执行蚀刻工艺。掩模图案可以包括氮化硅层或氮氧化硅层。掩模图案的部分可以保留在栅极图案111上。

[0062] 可以在具有栅极图案111的基底100上形成栅极间隔件层120。栅极间隔件层120可以包括通过参照图1至图8描述的方法形成的低k层。例如,栅极间隔件层120可以包括SiOCN层。栅极间隔件层120可以共形地覆盖栅极图案111和暴露在栅极图案111之间的鳍结构FN。

[0063] 参照图9和图11,可以在栅极图案111之间形成凹陷区域RS。此时,也可以蚀刻栅极间隔件层120的一部分以使基底100(更具体地,凹陷区域RS)暴露。结果,可以形成栅极间隔件121。可以使用湿蚀刻工艺和/或干蚀刻工艺来形成凹陷区域RS。例如,在形成凹陷区域RS的工艺期间,可以使用包括氢氟酸(HF)的蚀刻剂。在形成凹陷区域RS期间,可以使栅极图案111(或其上的掩模图案)暴露。

[0064] 参照图9和图12,可以执行去除形成在凹陷区域RS的暴露的表面的自然氧化层的工艺。去除自然氧化层的工艺可以包括清洁工艺。此后,可以在凹陷区域RS中形成源区/

漏区SD。可以通过利用凹陷区域RS的暴露的表面作为种子的外延工艺来形成源区/漏区SD。源区/漏区SD可以由与基底100的材料相同的材料形成。可选择地,源区/漏区SD可以由向鳍结构FN提供压缩应变或拉伸应变的材料形成。例如,当基底100是硅基底时,源区/漏区SD可以包括具有比硅的晶格常数小的晶格常数的碳化硅(SiC)层,或者具有比硅的晶格常数大的晶格常数的硅锗(SiGe)层。

[0065] 参照图9和图13,可以去除栅极图案111,然后,可以形成栅极绝缘图案131和栅电极140。可以在去除栅极图案111之前形成第一层间绝缘层101。第一层间绝缘层101可以覆盖源区/漏区SD,并且可以使栅极图案111暴露。例如,第一层间绝缘层101可以包括氧化硅层。

[0066] 可以利用蚀刻工艺来执行去除栅极图案111的工艺,形成图11的凹陷区域RS的工艺以及去除图12的自然氧化层的工艺。根据发明构思的一些实施例的栅极间隔件121可以具有高的碳浓度,因此在执行蚀刻工艺时可以具有高的蚀刻耐受性。

[0067] 栅极绝缘图案131可以由氧化硅层、氮氧化硅层和具有比氧化硅层的介电常数高的介电常数的高k层中的至少一种形成。在一些实施例中,可以在形成栅极绝缘图案131之前,通过热氧化和/或化学氧化来形成界面层。栅电极140可以由诸如钛、钽、钨的金属材料和/或其任何导电氮化物形成。

[0068] 参照图9和图14,可以形成第二层间绝缘层102以覆盖第一层间绝缘层101。可以形成下接触件151以穿透第一层间绝缘层101和第二层间绝缘层102。下接触件151可以连接到源区/漏区SD。下接触件151的形成可以包括形成穿透第一层间绝缘层101和第二层间绝缘层102的接触孔,并且用导电材料填充接触孔。可以在接触孔的上部中形成覆盖下接触件151的掩模图案126。

[0069] 掩模图案126可以包括通过参照图1至图8描述的方法形成的低k层。例如,掩模图案126可以包括SiOCN层。

[0070] 参照图9和图15,可以形成第三层间绝缘层103以覆盖第二层间绝缘层102。可以形成栅极接触件153以穿透第二层间绝缘层102和第三层间绝缘层103。栅极接触件153可以连接到栅电极140的上部。另外,可以形成上接触件152以穿透第三层间绝缘层103。上接触件152可以连接到下接触件151。上接触件152可以与栅极接触件153一起形成。用于上接触件152的接触孔可以与用于栅极接触件153的接触孔同时形成。此时,由于掩模图案126具有高的蚀刻耐受性,因此掩模图案126可以在形成接触孔期间保护下接触件151。

[0071] 图16是图15的一部分的放大图以示出根据发明构思的一些实施例的栅极间隔件。

[0072] 参照图16,根据本实施例的半导体装置还可以包括设置在栅电极140与栅极间隔件121之间的内部间隔件129。内部间隔件129可以由与栅极间隔件121的材料不同的材料形成。内部间隔件129可以由基本上不包括碳的材料形成。例如,内部间隔件129可以包括SiN层或SiON层。例如,可以在形成参照图10描述的栅极间隔件层120之前形成SiN层或SiON层。

[0073] 根据发明构思的实施例,形成低k层的方法可以增大低k层中的碳组分和氧组分两者。因此,可以改善低k层的蚀刻耐受性,并且可以改善半导体装置的电特性。

[0074] 尽管已经参照示例实施例描述了发明构思,但是本领域技术人员将清楚的是,在不脱离发明构思的精神和范围的情况下,可以做出各种修改和变型。因此,应该理解的是,上面的实施例不是限制性的,而是说明性的。因此,发明构思的范围将由所附权利要求及其

等同物的最宽泛的可允许解释来确定,并且不应该受前述描述的制约或限制。

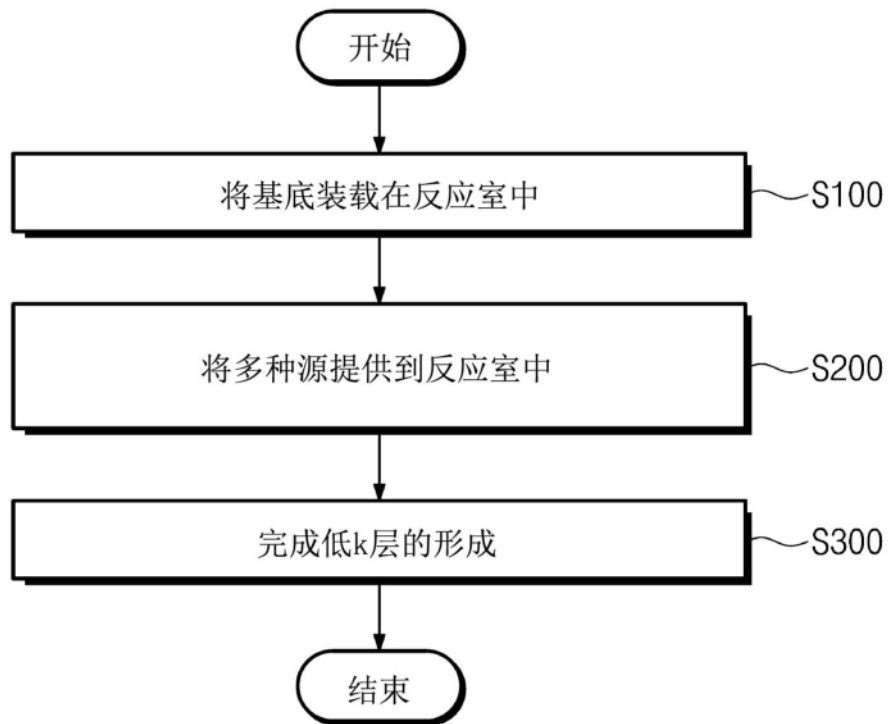


图1

1000

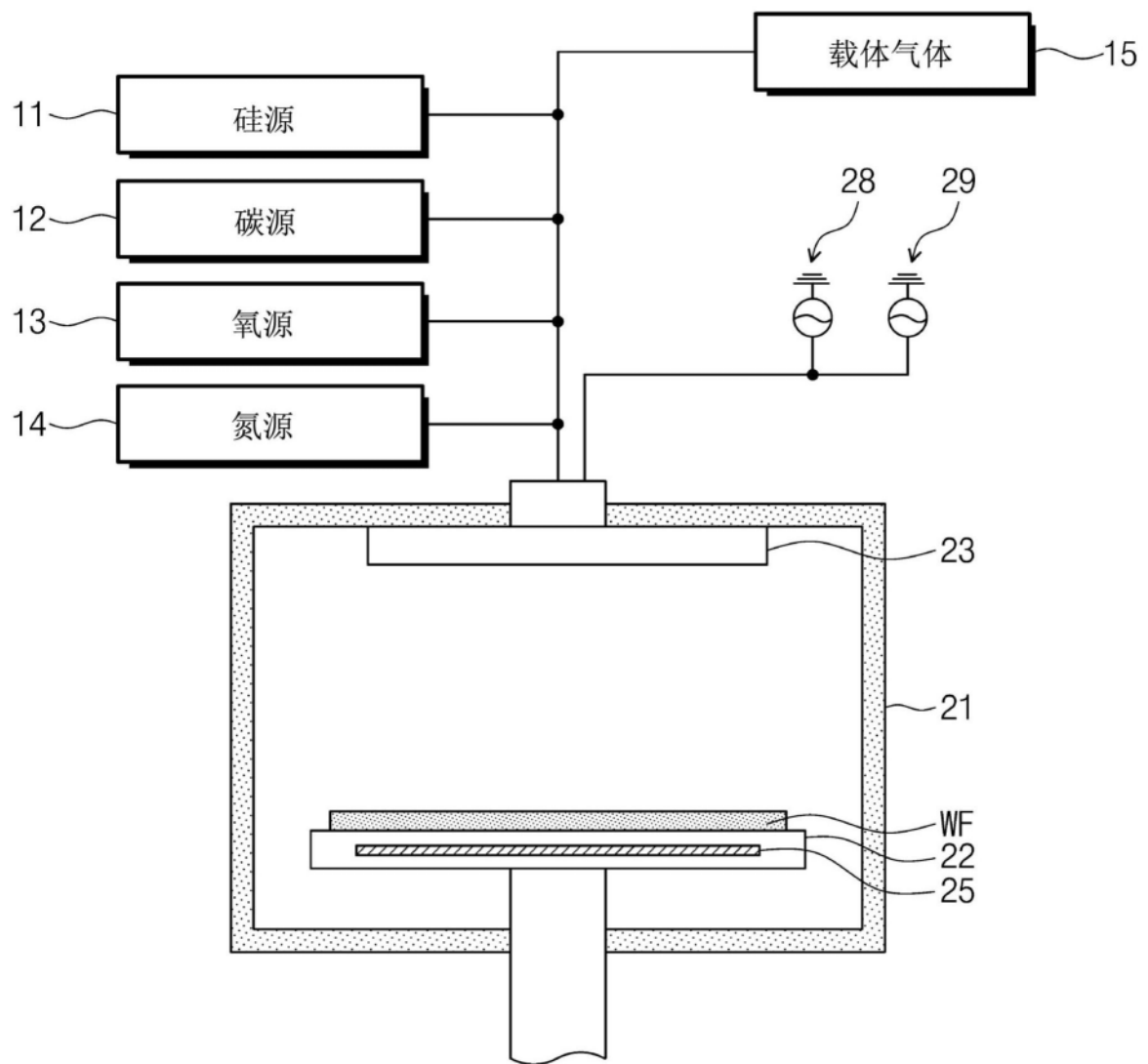


图2

S200

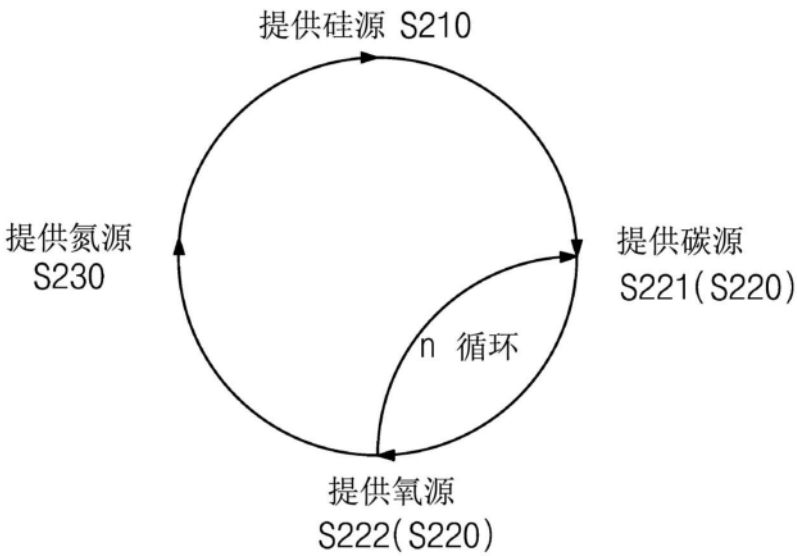


图3

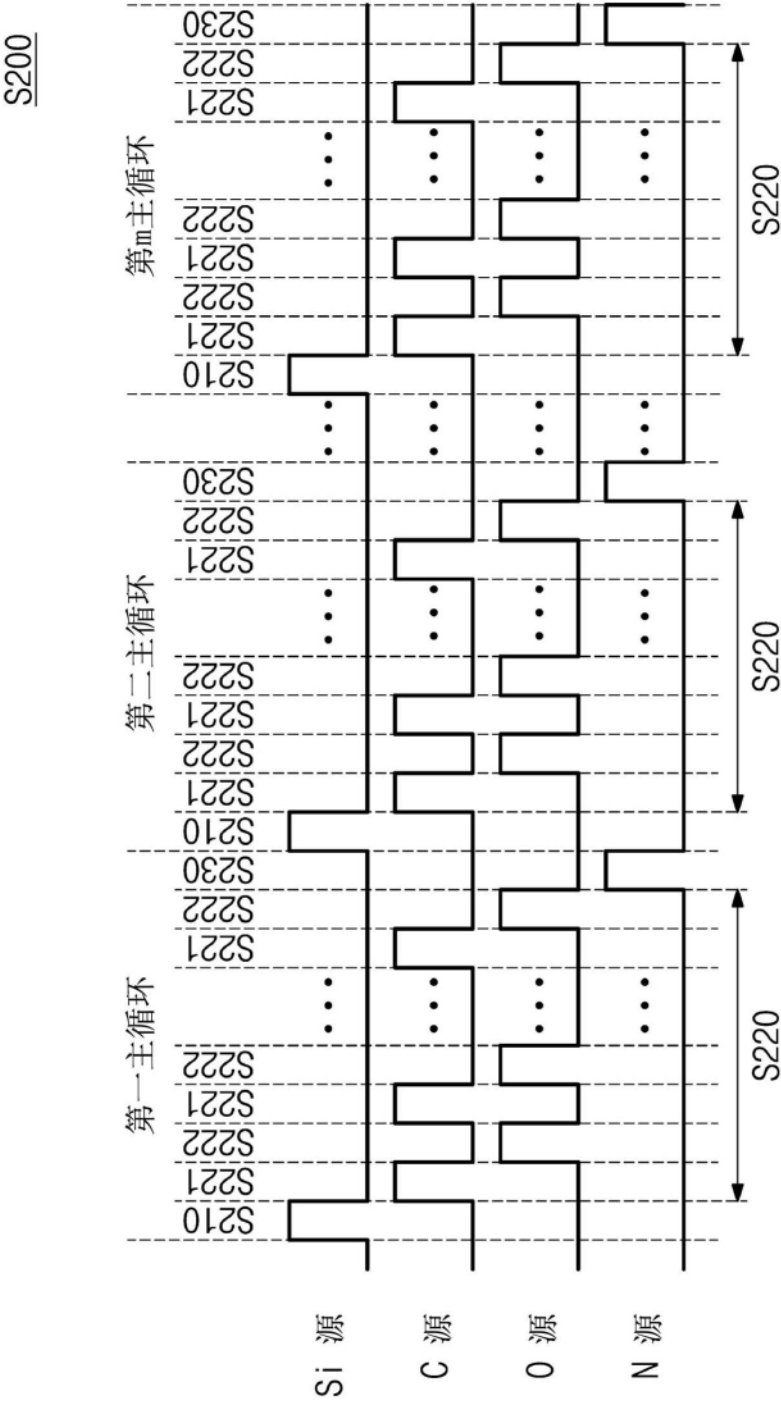


图4

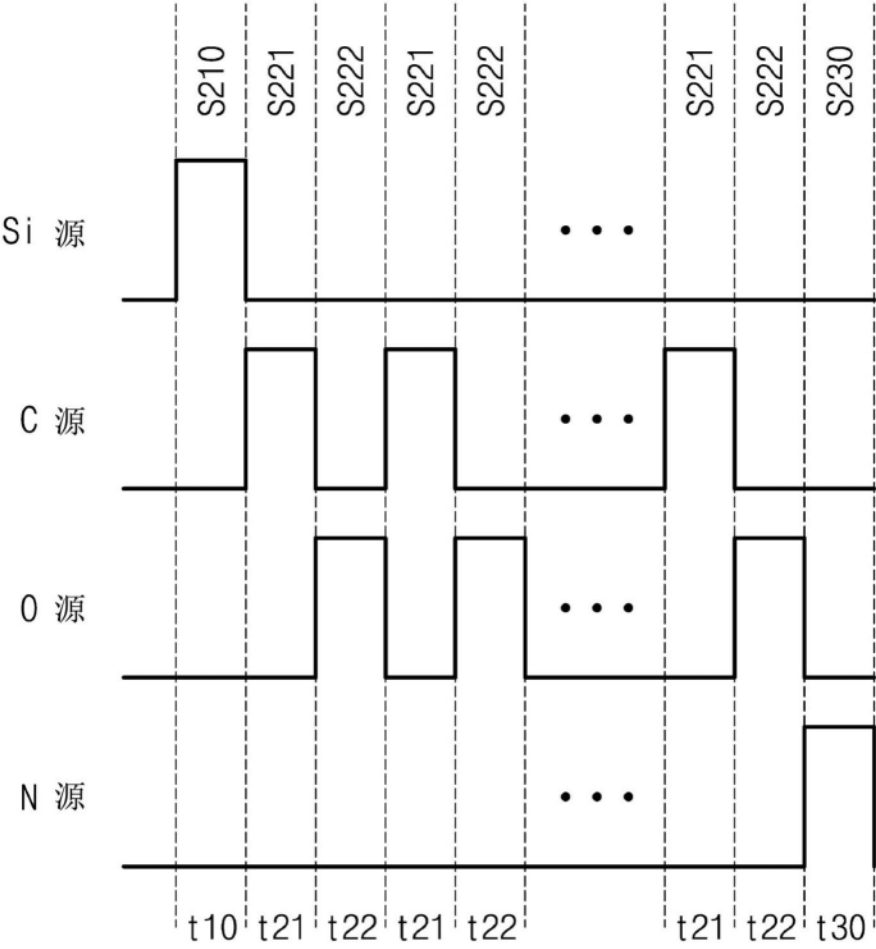


图5



S200'

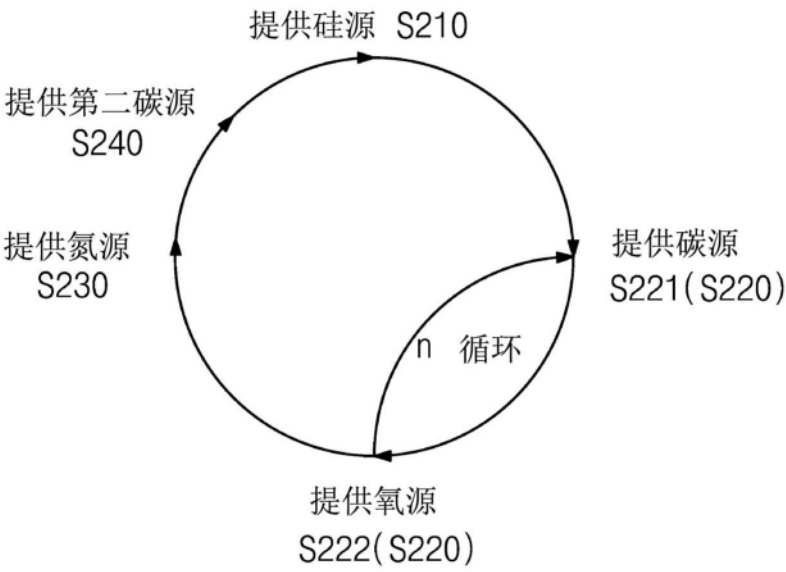


图6

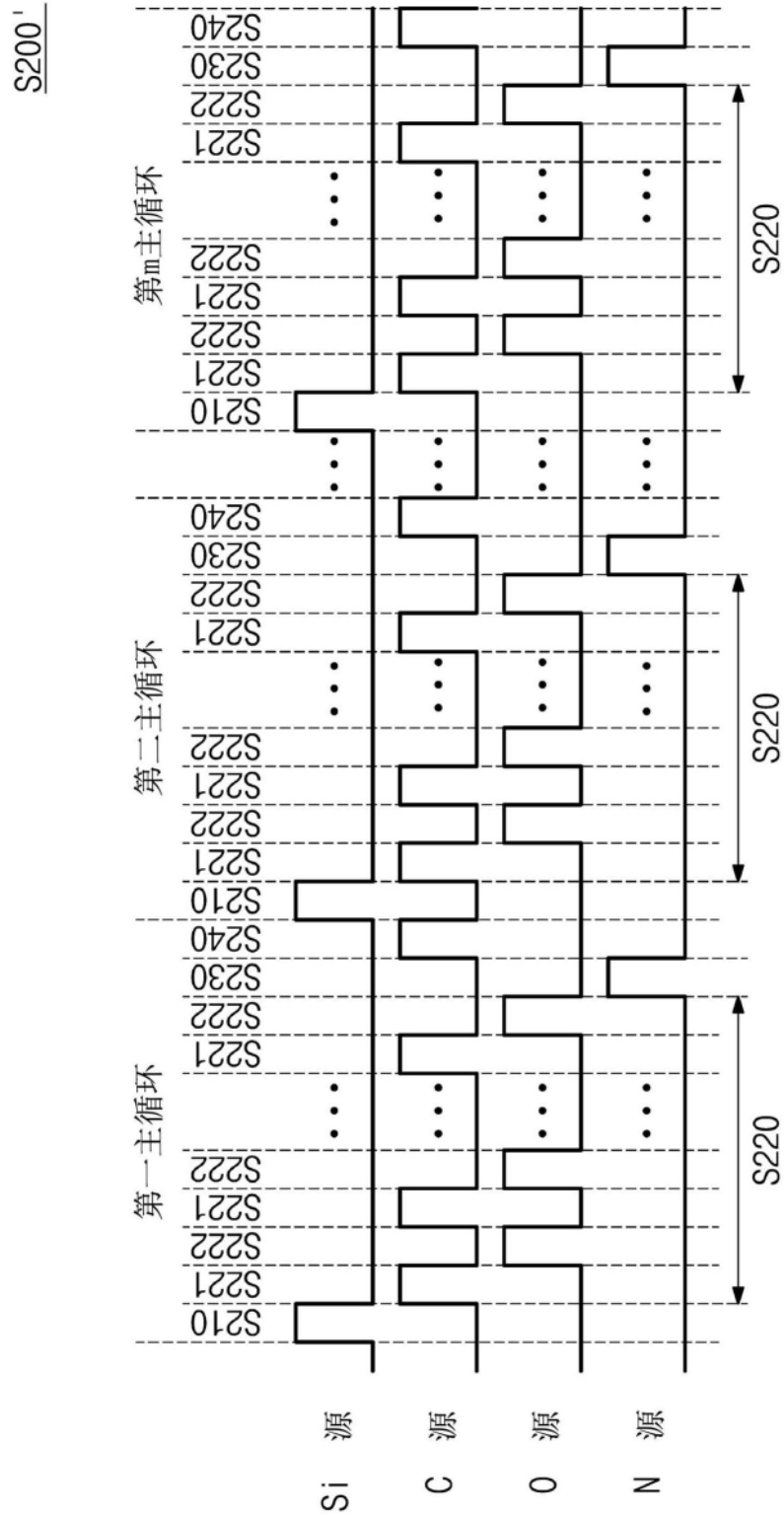


图7

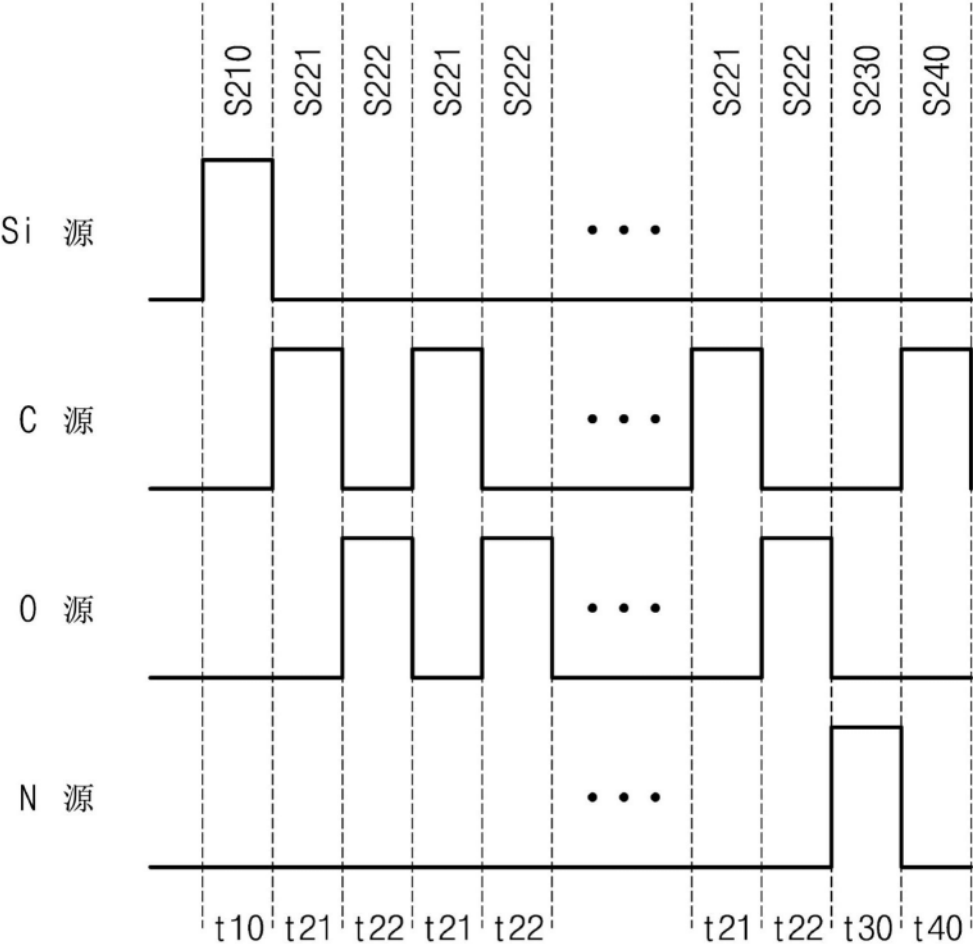


图8

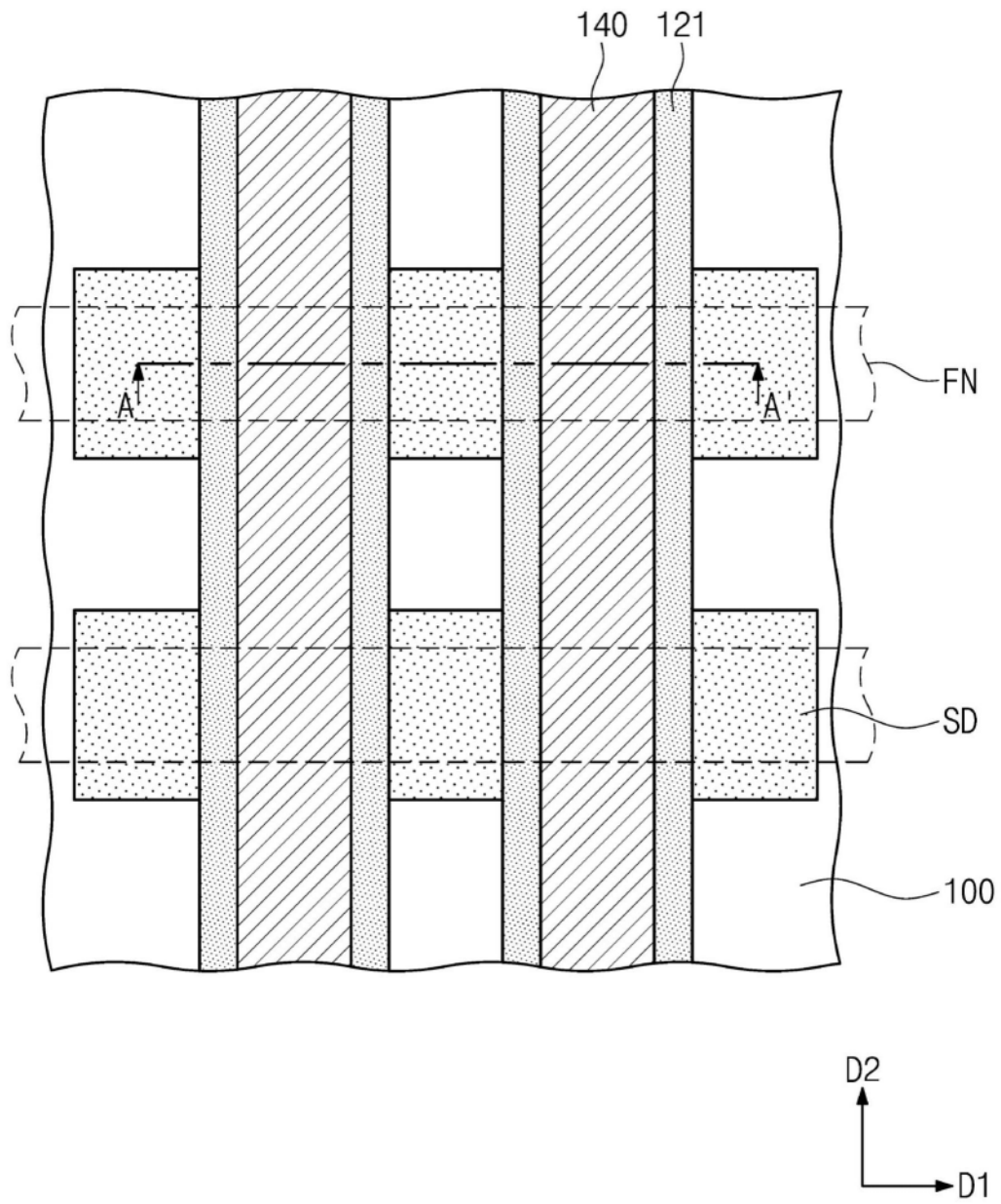


图9

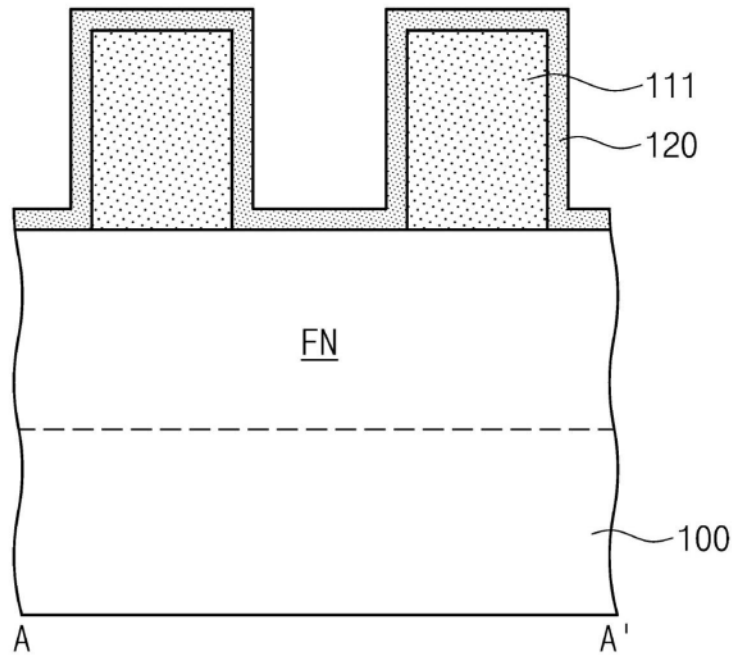


图10

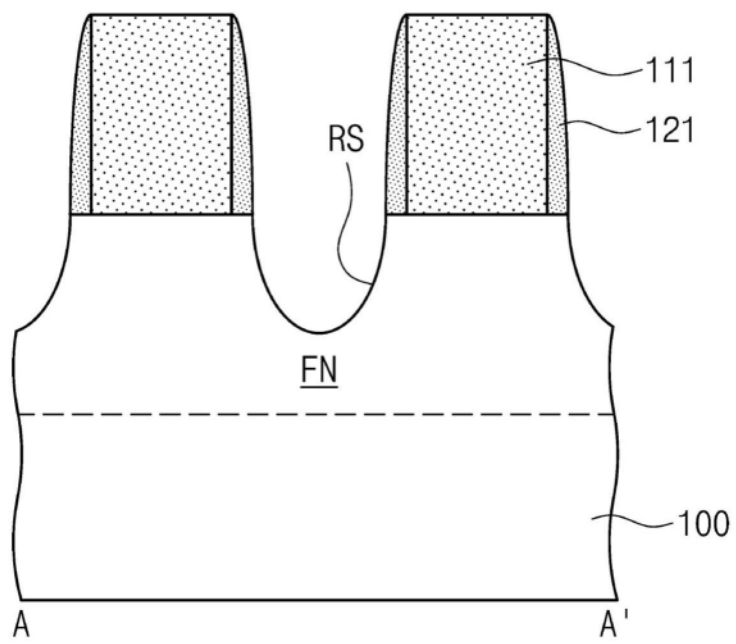


图11

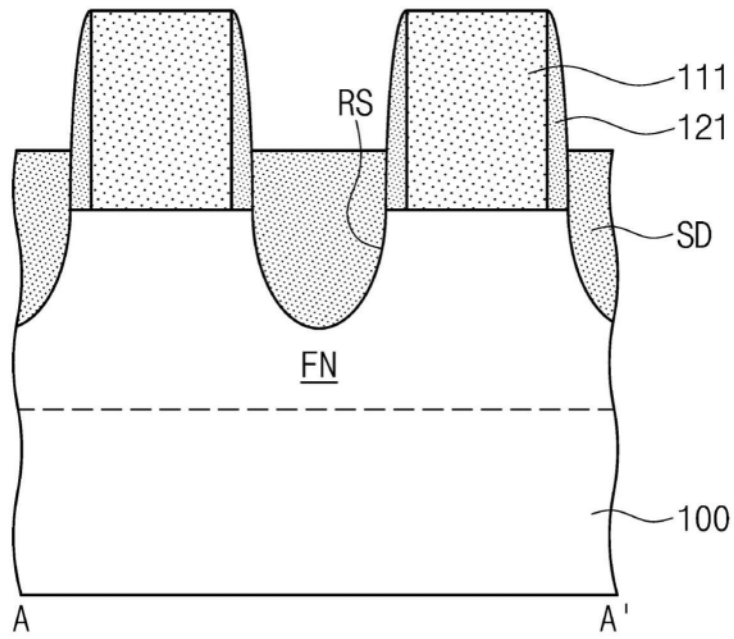


图12

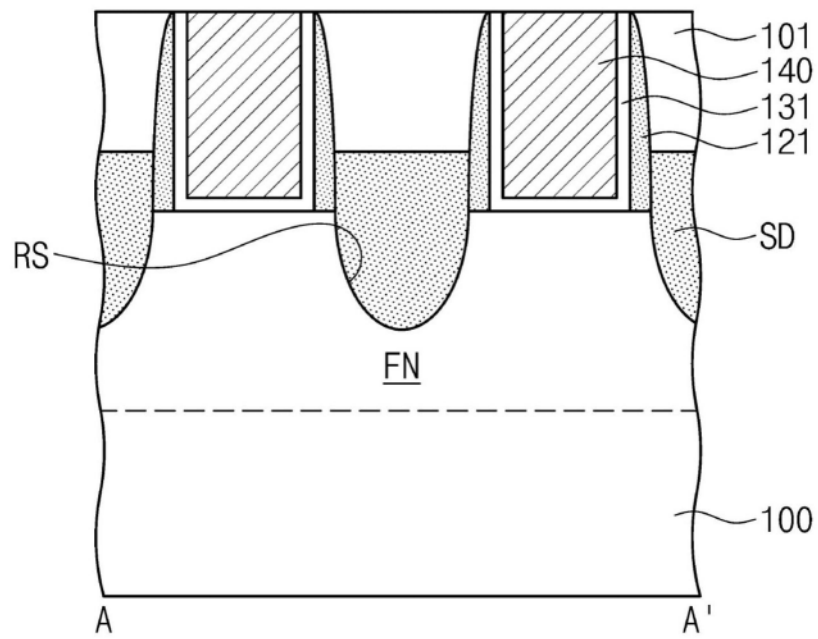


图13







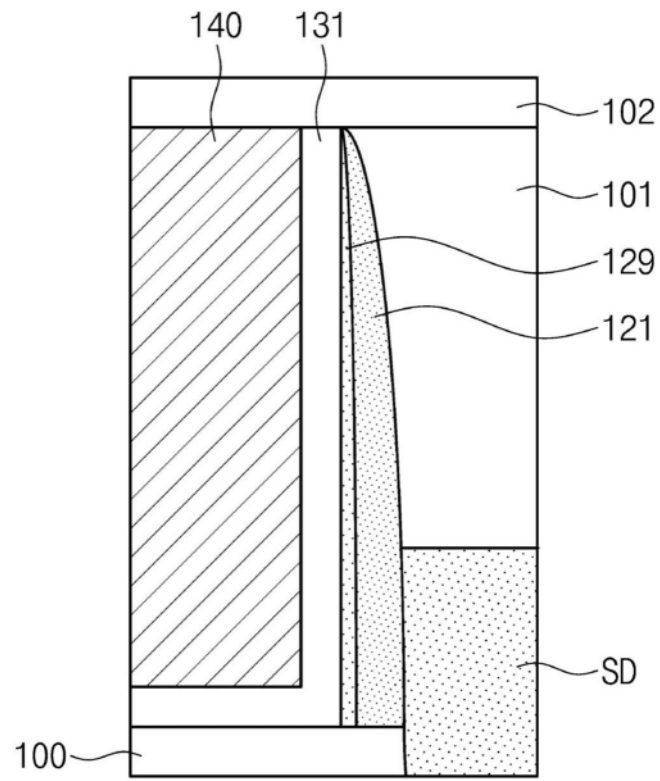


图16