



(10) 申请公布号 CN 118556281 A

(43) 申请公布日 2024.08.27

(21) 申请号 202280089139.0

(22) 申请日 2022.09.13

(30) 优先权数据

2022-041115 2022.03.16 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/034286 2022.09.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/176020 JA 2023.09.21

(71) 申请人 株式会社国际电气

地址 日本

(72) 发明人 奥田和幸 今村友纪 野田孝晓

寺崎昌人

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

11243

专利代理师 范胜杰 金慧善

(51) Int.Cl.

H01L 21/318 (2006.01)

C23C 16/42 (2006.01)

H01L 21/31 (2006.01)

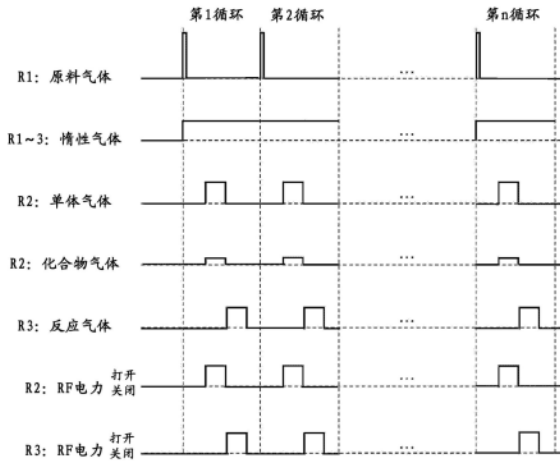
权利要求书3页 说明书16页 附图6页

(54) 发明名称

基板处理方法、半导体装置的制造方法、程序以及基板处理装置

(57) 摘要

具有进行预定次数的包含以下步骤的循环，而在基板上形成含有预定元素及氮的膜的步骤：
(a) 对基板供给含有预定元素及卤族元素的原料气体而形成第1层；(b) 使由1种元素构成的单体气体等离子体激发而产生活性种X，对基板供给含有活性种X的上述单体气体；以及(c) 使含有氮的反应气体等离子体激发而产生活性种Y，对基板供给含有活性种Y的反应气体而形成第2层，
(b) 还具有如下步骤：使由多种元素构成的化合物气体等离子体激发而产生活性种Z，对基板供给含有活性种Z的化合物气体，在(b)中，将化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比设为小于1/2。



1. 一种基板处理方法,其特征在于,具有进行预定次数的包含以下步骤的循环,而在基板上形成含有预定元素及氮的膜的步骤:

(a) 对基板供给含有预定元素及卤族元素的原料气体而形成第1层;

(b) 使由1种元素构成的单体气体等离子体激发而产生活性种X,对上述基板供给含有上述活性种X的上述单体气体;以及

(c) 使含有氮的反应气体等离子体激发而产生活性种Y,对上述基板供给含有上述活性种Y的上述反应气体而形成第2层,

(b) 还具有如下步骤:使由多种元素构成的化合物气体等离子体激发而产生活性种Z,对上述基板供给含有上述活性种Z的上述化合物气体,

在(b)中,将上述化合物气体的供给量相对于上述单体气体的供给量的比设为小于 $1/2$ 。

2. 根据权利要求1所述的基板处理方法,其特征在于,

在(b)中,将上述化合物气体的分压相对于上述单体气体的分压的比设为小于 $1/2$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

在(b)中,将上述化合物气体的浓度相对于上述单体气体的浓度的比设为小于 $1/2$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

在(b)中,将上述化合物气体的供给流量相对于上述单体气体的供给流量比设为小于 $1/2$ 。

5. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

在(b)中,将上述化合物气体的供给时间相对于上述单体气体的供给时间的比设为小于 $1/2$ 。

6. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

在(b)中,通过上述活性种Z阻碍上述活性种X导致的上述卤族元素从上述第1层的脱离,并且使在上述基板的外周部的阻碍的程度比在上述基板的中央部的阻碍的程度强。

7. 根据权利要求6所述的基板处理方法,其特征在于,

在(a)中,使形成于进行(b)之前的上述外周部的上述第1层中的上述卤族元素浓度成为与形成于上述中央部的上述第1层中的上述卤族元素浓度相同的浓度。

8. 根据权利要求7所述的基板处理方法,其特征在于,

在(b)中,使形成于进行(b)之后的上述外周部的上述第1层中的上述卤族元素浓度成为比形成于进行(b)之前的上述外周部的上述第1层中的上述卤族元素浓度低的浓度,成为与形成于进行(b)之后的上述中央部的上述第1层中的上述卤族元素浓度相同的浓度。

9. 根据权利要求8所述的基板处理方法,其特征在于,

在进行(c)之后使用氟化氢浓度1质量%的氟化氢水溶液来进行湿蚀刻时的上述外周部的湿蚀刻速率相对于上述中央部的湿蚀刻速率的比率为0.80以上1.20以下。

10. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

在 $250 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行(a)~(c)。

11. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

上述单体气体是从 H_2 气体、 N_2 气体、Ar气体及He气体的群中选择的至少任一个。

12. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

在 (b) 中,将上述化合物气体的供给量相对于上述单体气体的供给量的比设为1/3以下。

13. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

在 (b) 中,上述单体气体和上述化合物气体的任何气体都从上述基板的侧方供给。

14. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

上述原料气体为氯硅烷系气体。

15. 根据权利要求14所述的基板处理方法,其特征在于,

上述氯硅烷系气体为从二氯硅烷、一氯硅烷、三氯硅烷、四氯硅烷、六氯乙硅烷及八氯三硅烷的群中选择的至少任一个。

16. 根据权利要求1或2所述的基板处理方法,其特征在于,

上述化合物气体为氮化氢系气体,

上述氮化氢系气体为氨气体及胛气体中的至少任一个。

17. 一种基板处理方法,其特征在于,具有进行预定次数的包含以下步骤的循环,而在基板上形成含有预定元素及氮的膜的步骤:

(a) 对基板供给含有预定元素及卤族元素的原料气体而形成第1层;

(b) 对上述基板供给活性种X,上述活性种X是使由1种元素构成的单体气体等离子体激发而产生的;以及

(c) 对上述基板供给活性种Y而形成第2层,上述活性种Y是使含有氮的反应气体等离子体激发而产生的,

(b) 还具有如下步骤:对上述基板供给活性种Z,上述活性种Z是使由多种元素构成的化合物气体等离子体激发而产生的,

在 (b) 中,通过上述活性种Z来阻碍上述活性种X所致的上述卤族元素从上述第1层的脱离,并且使在上述基板的外周部的阻碍的程度比在上述基板的中央部的阻碍的程度强。

18. 一种基板处理方法,其特征在于,具有进行预定次数的包含以下步骤的循环,而在基板上形成含有预定元素及氮的膜的步骤:

(a) 对基板供给含有预定元素及卤族元素的原料气体而形成第1层;

(b) 从上述基板的侧方对上述基板供给活性种X,上述活性种X是使由1种元素构成的单体气体等离子体激发而产生的;以及

(c) 对上述基板供给活性种Y而形成第2层,上述活性种Y是使含有氮的反应气体等离子体激发而产生的,

(b) 还具有如下步骤:从上述基板的侧方对上述基板供给活性种Z,上述活性种Z是使由多种元素构成的化合物气体等离子体激发而产生的,

在 (b) 中,通过上述化合物气体所致的立体的反应障碍或极性所致的脱离障碍,来调整上述膜的湿蚀刻速率的面内分布。

19. 根据权利要求18所述的基板处理方法,其特征在于,

在 (b) 中,供给上述化合物气体,使得通过上述活性种Z来阻碍上述活性种X所致的上述卤族元素从上述第1层的脱离,并且使在上述基板的外周部的阻碍的程度比在上述基板的中央部的阻碍的程度强。

20. 一种半导体装置的制造方法,其特征在于,具有进行预定次数的包含以下步骤的循

环,而在基板上形成含有预定元素及氮的膜的步骤:

(a) 对基板供给含有预定元素及卤族元素的原料气体而形成第1层;

(b) 使由1种元素构成的单体气体等离子体激发而产生活性种X,对上述基板供给含有上述活性种X的上述单体气体;以及

(c) 使含有氮的反应气体等离子体激发而产生活性种Y,对上述基板供给含有上述活性种Y的上述反应气体而形成第2层,

(b) 还具有如下步骤:使由多种元素构成的化合物气体等离子体激发而产生活性种Z,对上述基板供给含有上述活性种Z的上述化合物气体,

在(b)中,将上述化合物气体的供给量相对于上述单体气体的供给量的比设为小于 $1/2$ 。

21. 一种程序,其特征在于,通过计算机使基板处理装置执行以下工序:

具有进行预定次数的包含以下工序的循环,而在基板上形成含有预定元素及氮的膜的工序:

(a) 对基板供给含有预定元素及卤族元素的原料气体而形成第1层;

(b) 使由1种元素构成的单体气体等离子体激发而产生活性种X,对上述基板供给含有上述活性种X的上述单体气体;以及

(c) 使含有氮的反应气体等离子体激发而产生活性种Y,对上述基板供给含有上述活性种Y的上述反应气体而形成第2层,

(b) 还具有如下工序:使由多种元素构成的化合物气体等离子体激发而产生活性种Z,对上述基板供给含有上述活性种Z的上述化合物气体,

在(b)中,将上述化合物气体的供给量相对于上述单体气体的供给量的比设为小于 $1/2$ 。

22. 一种基板处理装置,其特征在于,具有:

处理室,其对基板进行处理;

原料气体供给系统,其对上述处理室内的基板供给含有预定元素及卤族元素的原料气体;

单体气体供给系统,其对上述处理室内的基板供给由1种元素构成的单体气体;

化合物气体供给系统,其对上述处理室内的基板供给由多种元素构成的化合物气体;

反应气体供给系统,其对上述处理室内的基板供给含有氮的反应气体;

激发部,其使气体等离子体激发;

控制部,其构成为能够控制上述原料气体供给系统、上述单体气体供给系统、上述化合物气体供给系统、上述反应气体供给系统及上述激发部,使得在上述处理室内,进行预定次数的包含以下处理的循环,而在上述基板上形成含有上述预定元素及氮的膜的处理:(a) 对上述基板供给上述原料气体而形成第1层;(b) 使上述单体气体等离子体激发而产生活性种X,对上述基板供给含有上述活性种X的上述单体气体;以及(c) 使上述反应气体等离子体激发而产生活性种Y,对上述基板供给含有上述活性种Y的上述反应气体而形成第2层,并且,(b) 还使上述化合物气体等离子体激发而产生活性种Z,对上述基板供给含有上述活性种Z的上述化合物气体,在(b)中,将上述化合物气体的供给量相对于上述单体气体的供给量的比设为小于 $1/2$ 。

基板处理方法、半导体装置的制造方法、程序以及基板处理装置

技术领域

[0001] 本公开涉及基板处理方法、半导体装置的制造方法、程序以及基板处理装置。

背景技术

[0002] 作为半导体装置的制造工序的一工序,有通过对基板交替供给原料气体及反应气体,进行在基板上形成膜的处理(例如,参照专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2014-135475号公报

发明内容

[0006] 发明所要解决的课题

[0007] 本公开的目的在于提供一种在基板上形成基板面内的膜特性的均匀性佳的膜的技术。

[0008] 用于解决课题的手段

[0009] 根据本公开的一方式,提供一种如下的技术,具有进行预定次数的包含以下步骤的循环,而在基板上形成含有预定元素及氮的膜的步骤:

[0010] (a) 对基板供给含有预定元素及卤族元素的原料气体而形成第1层;

[0011] (b) 使由1种元素构成的单体气体等离子体激发而产生生活性种X,对上述基板供给含有上述活性种X的上述单体气体;以及

[0012] (c) 使含有氮的反应气体等离子体激发而产生生活性种Y,对上述基板供给含有上述活性种Y的上述反应气体而形成第2层,

[0013] (b) 还具有如下步骤:使由多种元素构成的化合物气体等离子体激发而产生生活性种Z,对上述基板供给含有上述活性种Z的上述化合物气体,

[0014] 在(b)中,将上述化合物气体的供给量相对于上述单体气体的供给量的比设为小于1/2。

[0015] 发明效果

[0016] 根据本公开,可提供一种在基板上形成基板面内的膜特性的均匀性佳的膜的技术。

附图说明

[0017] 图1是在本公开的一方式中适当使用的基板处理装置的纵型处理炉的概略结构图,以纵截面图示出处理炉部分的图。

[0018] 图2是在本公开的一方式中适当使用的基板处理装置的纵型处理炉的概略结构图,以A-A线截面图示出处理炉部分的图。

[0019] 图3是在本公开的一方式中适当使用的基板处理装置的控制器的概略结构图,以框图示出控制器的控制系统的图。

[0020] 图4是表示本公开的一方式的成膜顺序的主要气体的供给定时及RF电力的供给定时的一例的图。

[0021] 图5是表示实施例的成膜顺序的例子的图。

[0022] 图6是表示在实施例中形成的膜的湿蚀刻速率的测定结果的图。

[0023] 图7是表示在实施例中形成的膜的湿蚀刻速率与氯浓度的关系的图。

具体实施方式

[0024] <本公开的一方式>

[0025] 以下,主要参照图1~图4,对本公开的一方式进行说明。另外,在以下的说明中使用的附图均是示意性的,显示于图面的各要素的尺寸的关系、各要素的比率等不一定与现实一致。并且,在多个图面的相互间,各要素的尺寸的关系、各要素的比率等也未必一致。

[0026] (1) 基板处理装置的结构

[0027] 如图1所示,处理炉202具有作为加热单元(加热机构)的加热器207。加热器207是圆筒形状,通过支撑于保持板来垂直安装。加热器207还作为以热来使气体活化(激发)的活化机构(热激发部)发挥功能。

[0028] 在加热器207的内侧,与加热器207同心圆状地配设有反应管203。反应管203例如由石英(SiO_2)或碳化硅(SiC)等耐热性材料构成,形成为上端闭塞且下端开口的圆筒形状。在反应管203的下方,与反应管203同心圆状地配设有歧管209。歧管209例如由不锈钢(SUS)等金属材料构成,形成为上端及下端开口的圆筒形状。歧管209的上端部与反应管203的下端部卡合,构成为支撑反应管203。在歧管209与反应管203之间,设有作为密封部件的O型环220a。反应管203与加热器207同样地垂直安装。主要由反应管203及歧管209构成处理容器(反应容器)。在处理容器的筒中空部形成有处理室201。处理室201构成为可收容作为基板的晶圆200。即,在该处理室201内,在该处理容器内进行针对晶圆200的处理。

[0029] 在处理室201内,作为第1~第3供给部的喷嘴249a~249c分别设为贯通歧管209的侧壁。也将喷嘴249a~249c分别称为第1~第3喷嘴。喷嘴249a~249c例如由石英或SiC等耐热性材料构成。喷嘴249a~249c分别连接有气体供给管232a~232c。也将气体供给管232a~232c分别称为第1~第3气体供给管(R1~R3)。

[0030] 在气体供给管232a,从气流的上游侧依次设有MFC241a及作为开闭阀的阀243a、阀242a。在气体供给管232a的比阀242a更下游侧连接有气体供给管232d。在气体供给管232d,从气流的上游侧依次设有MFC241d及作为开闭阀的阀243d。

[0031] 在气体供给管232b、232c,从气流的上游侧依次分别设有流量控制器(流量控制部)的质量流量控制器(MFC)241b、241c及作为开闭阀的阀243b、243c。在气体供给管232b的比阀243b更下游侧连接有气体供给管232e。在气体供给管232c的比阀243c更下游侧分别连接有气体供给管232f、232g。在气体供给管232e~232g,从气流的上游侧依次分别设有MFC241e~241g及阀243e~243g。气体供给管232a~232g例如由不锈钢(SUS)等金属材料构成。

[0032] 在比气体供给管232b、232c的阀243b、243c更下游侧,分别设有作为以等离子体而

使气体活化(激发)的激发部(等离子体激发部、等离子体活化机构)的远程等离子体单元(remote plasma unit)300b、300c。

[0033] 在远程等离子体单元300b、300c的内部分别各设有2个等离子体生成用的未图示的电极。通过在上述2个电极与电极之间施加电力,可在远程等离子体单元300b、300c的内部使气体等离子体化而激发,即,使气体等离子体激发。以下,还将使气体等离子体激发的情况简称为等离子体激发。电极通过施加电力即高频电力(RF电力),可将在远程等离子体单元300b、300c的内部被等离子体激发的气体经由气体供给管232b、232c、喷嘴249b、249c向处理室201内供给。另外,也可以在反应管203的内侧或外侧,沿着反应管203的壁面设置将后述的喷嘴249b及第1等离子体生成用电极收容于内侧的第1缓冲室(缓冲结构),通过第1缓冲室及第1等离子体生成用电极来构成使从喷嘴249b供给的气体等离子体激发的远程等离子体单元。同样地,也可以在反应管203的内侧或外侧,沿着反应管203的壁面设置将后述的喷嘴249c及第2等离子体生成用电极收容于内侧的第2缓冲室,通过第2缓冲室及第2等离子体生成用电极来构成使从喷嘴249c供给的气体等离子体激发的远程等离子体单元。此外,第1缓冲室及第2缓冲室与第1等离子体生成用电极及第2等离子体生成用电极也可以分别构成为共通的一个缓冲室及等离子体生成用电极。

[0034] 如图1、图2所示,喷嘴249a~249c分别设为在反应管203的内壁与晶圆200之间的俯视时圆环状的空间沿着反应管203的内壁的下部至上部朝向晶圆200的排列方向上立起。即,喷嘴249a~249c分别设为在排列有晶圆200的晶圆排列区域的侧方的水平包围晶圆排列区域的区域沿着晶圆排列区域。

[0035] 喷嘴249a配置于比喷嘴249b、249c更远离后述的排气口231a的一侧。即,喷嘴249b、249c配置于比喷嘴249a更接近排气口231a的一侧。另外,喷嘴249b、249c是俯视时以通过晶圆200被搬入至处理室201内的状态的晶圆200的中心即反应管203的中心与排气口231a的中心的直线作为对称轴而配置成线对称。另外,喷嘴249a、249b配置为隔着反应管203的中心在一条直线上相对。

[0036] 在喷嘴249a~249c的侧面,分别设有供给气体的气体供给孔250a~250c。气体供给孔250a~250c分别开口为朝向反应管203的中心,可朝向晶圆200供给气体。气体供给孔250a、250b开口为隔着上述的晶圆200的中心即反应管203的中心在一条直线上相对(对面)。从反应管203的下部到上部设置有多个气体供给孔250a~250c。

[0037] 从气体供给管232a将作为原料气体的含有预定元素及卤族元素的气体经由MFC241a、阀243a、阀242a、喷嘴249a向处理室201内供给。

[0038] 从气体供给管232b将作为单体气体的由1种元素构成的气体经由MFC241b、阀243b、喷嘴249b向处理室201内供给。

[0039] 从气体供给管232c将作为反应气体的含有氮(N)的气体经由MFC241c、阀243c、喷嘴249c向处理室201内供给。

[0040] 从气体供给管232f将作为化合物气体的由多种元素构成的气体经由MFC241f、阀243f、气体供给管232c、喷嘴249c向处理室201内供给。另外,单体气体与化合物气体以从各个喷嘴249b、249c供给的结构进行了说明,但也可以从相同的喷嘴供给各种气体。此外,单体气体与反应气体以从各个喷嘴249b、249c供给的结构进行了说明,但也可以从相同的喷嘴供给各种气体。此外,单体气体、反应气体及化合物气体也可以从一个喷嘴(例如,喷嘴

249b和249c中的任一方)供给。

[0041] 从气体供给管232d、232e、232g将惰性气体分别经由MFC241d、241e、241g、阀243d、243e、243g、气体供给管232a~232c、喷嘴249a~249c向处理室201内供给。惰性气体作为吹扫气体、载流气体、稀释气体等发挥作用。

[0042] 主要通过气体供给管232a、MFC241a、阀243a、242a、气体蓄积部来构成原料气体供给系统。主要通过气体供给管232b、MFC241b、阀243b来构成反应气体供给系统。主要通过气体供给管232c、MFC241c、阀243c来构成单体气体供给系统。主要通过气体供给管232f、MFC241f、阀243f来构成化合物气体供给系统。主要通过气体供给管232d、232e、232g、MFC241d、241e、241g、阀243d、243e、243g来构成惰性气体供给系统。

[0043] 上述的各种气体供给系统中的任一个或全部的气体供给系统也可以构成为集成阀243a~243g、气体蓄积部、MFC241a~241g而成的集成型气体供给系统248。集成型气体供给系统248构成为分别与气体供给管232a~232g连接,通过后述的控制器121来控制向气体供给管232a~232g内的各种气体的供给动作,即阀243a~243g的开闭动作或基于MFC241a~241g的流量调整动作等。集成型气体供给系统248构成为一体型或分割型的集成单元,可对气体供给管232a~232f等以集成单元为单位来进行装卸,构成为能够以集成单元为单位进行集成型气体供给系统248的维护、更换、增设等。

[0044] 在反应管203的侧壁下方,设有将处理室201内的气氛排气的排气口231a。排气口231a也可以沿着反应管203的侧壁的下部到上部,即沿着晶圆排列区域而设置。在排气口231a连接有排气管231。排气管231经由作为检测处理室201内的压力的压力检测器(压力检测部)的压力传感器245及作为压力调整器(压力调整部)的APC(Auto Pressure Controller,自动压力控制器)阀244而连接有作为真空排气装置的真空泵246。APC阀244能够在使真空泵246动作的状态下开闭阀,从而进行处理室201内的真空排气及真空排气停止,而且,在使真空泵246动作的状态下,根据由压力传感器245检测出的压力信息来调节阀开度,从而能够调整处理室201内的压力。主要通过排气管231、APC阀244、压力传感器245来构成排气系统。也可以考虑将真空泵246包含在排气系统中。

[0045] 在歧管209的下方,设有可将歧管209的下端开口气密地闭塞的作为炉口盖体的密封盖219。密封盖219例如由SUS等金属材料构成,形成为圆盘状。在密封盖219的上表面设有与歧管209的下端抵接的作为密封部件的O型环220b。在密封盖219的下方,设置有使后述的晶舟217旋转的旋转机构267。旋转机构267的旋转轴255例如由SUS等金属材料构成,贯通密封盖219而连接至晶舟217。旋转机构267构成为通过使晶舟217旋转而使晶圆200旋转。密封盖219构成为通过设置在反应管203的外部的作为升降机构的晶舟升降机115沿垂直方向升降。晶舟升降机115构成为通过使密封盖219升降而将晶圆200搬入及搬出(搬送)至处理室201内外的搬送装置(搬送机构)。

[0046] 在歧管209的下方设有作为炉口盖体的挡板219s,该挡板219s在使密封盖219下降而从处理室201内搬出晶舟217的状态下,可使歧管209的下端开口气密地闭塞。挡板219s例如由SUS等金属材料构成,形成为圆盘状。在挡板219s的上表面设有与歧管209的下端抵接的作为密封部件的O型环220c。挡板219s的开闭动作(升降动作或转动动作等)是由挡板开闭机构115s控制的。

[0047] 作为支撑基板的支撑工具的晶舟217构成为使多片例如25~200片的晶圆200以水

平姿势且彼此中心一致的状态下在垂直方向上排列而多段地支撑。即,晶舟217构成为使多片的晶圆200以水平姿势且在垂直方向隔开间隔地排列。晶舟217例如由石英或SiC等耐热性材料构成。在晶舟217的下部,例如由石英或SiC等耐热性材料构成的隔热板218被多段地支撑。晶舟217构成为可分别支撑多片晶圆200。

[0048] 在反应管203内设置有作为温度检测器的温度传感器263。根据由温度传感器263检测出的温度信息来调整向加热器207的通电情况,由此处理室201内的温度成为所希望的温度分布。温度传感器263沿着反应管203的内壁而设置。

[0049] 如图3所示,作为控制部(控制手段)的控制器121构成为具备CPU(Central Processing Unit,中央处理单元)121a、RAM(Random Access Memory,随机存取存储器)121b、存储装置121c、I/O端口121d的计算机。RAM121b、存储装置121c、I/O端口121d构成为可由内部总线121e与CPU121a进行数据交换。控制器121例如与构成为触控面板等的输出输入装置122连接。此外,控制器121可与外部存储装置123连接。

[0050] 存储装置121c例如由闪存、HDD(Hard Disk Drive,硬盘驱动器)、SSD(Solid State Drive,固态驱动器)等构成。在存储装置121c内,可读出地存储有控制成膜装置的动作的控制程序,记载有后述的处理顺序或条件等的工艺制程等。工艺制程是组合为可通过控制器121使成膜装置执行后述的处理的各顺序而得到预定的结果,作为程序发挥功能。以下,也将工艺制程或控制程序等统称为程序。另外,也将工艺制程简称为制程。在本说明书中使用程序这样的用语时,是只包含制程单体的情况,只包含控制程序单体的情况,或包含他们双方的情况。RAM121b构成为暂时性地保持由CPU121a读出的程序或数据等的存储区域(工作区域)。

[0051] I/O端口121d与上述的MFC241a~241g、阀243a~243g、压力传感器245、APC阀244、真空泵246、温度传感器263、加热器207、旋转机构267、晶舟升降机115、挡板开闭机构115s等连接。

[0052] CPU121a构成为从存储装置121c读出控制程序而执行,且可根据来自输出输入装置122的操作指令的输入等,从存储装置121c读出制程。CPU121a构成为可按照读出的制程的内容,控制MFC241a~241g的各种气体的流量调整动作、阀243a~243g的开闭动作、APC阀244的开闭动作及基于压力传感器245的APC阀244的压力调整动作、真空泵246的启动及停止、基于温度传感器263的加热器207的温度调整动作、基于旋转机构267的晶舟217的旋转及旋转速度调节动作、基于晶舟升降机115的晶舟217的升降动作、基于挡板开闭机构115s的挡板219s的开闭动作等。

[0053] 控制器121可通过将存储于外部存储装置123的上述的程序安装于计算机来构成。外部存储装置123例如包括HDD等磁盘、CD等光盘、MO等光磁盘、USB存储器、SSD等半导体存储器等。存储装置121c或外部存储装置123构成为计算机可读的记录介质。以下,也将这些统称为记录介质。在本说明书中使用记录介质这样的用语时,有只包含存储装置121c单体的情况,只包含外部存储装置123单体的情况,或包含他们双方的情况。另外,对计算机的程序的提供也可以不使用外部存储装置123,而利用因特网或专用线路等通信单元来进行。

[0054] (2) 基板处理工序

[0055] 使用上述的基板处理装置,作为半导体装置的制造工序的一工序,说明在作为基板的晶圆200上形成含有预定元素及氮(N)的膜的基板处理顺序即成膜顺序的例子。在以下

的说明中,构成基板处理装置的各部的动作通过控制器121来控制。

[0056] 在图4所示的本方式的成膜顺序中,具有进行预定次数(n次,n是1以上的整数)包含下列工序的循环,而在晶圆200上形成含有预定元素及N的膜的工序:

[0057] (a)对晶圆200供给含有预定元素及卤族元素的原料气体而形成第1层;

[0058] (b)使由1种元素构成的单体气体等离子体激发而产生活性种X,对晶圆200供给含有活性种X的单体气体;以及

[0059] (c)使含有N的反应气体等离子体激发而产生活性种Y,对晶圆200供给含有活性种Y的反应气体而形成第2层,

[0060] (b)还具有对晶圆200供给使由多种元素构成的化合物气体等离子体激发而产生的活性种Z的工序,

[0061] 在(b)中,将化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比设为小于1/2。

[0062] 在图4所示的成膜顺序中示出了在(b)中,通过将化合物气体的供给流量相对于单体气体的供给流量的比设为小于1/2,而将化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比设为小于1/2的例子。另外,优选化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比为1/3以下。

[0063] 另外,在图4所示的成膜顺序中示出了在(b)中,对晶圆200供给使单体气体、化合物气体分别等离子体激发而产生的活性种X、活性种Z的例子。示出了在(c)中,对晶圆200供给使反应气体等离子体激发而产生的活性种Y的例子。

[0064] 在本说明书中,为了方便,还如以下那样示出这样的成膜顺序。在以下的其他方式或变形例等的说明中也使用同样的标记。

[0065] (原料气体→等离子体激发单体气体/化合物气体→等离子体激发反应气体)×n

[0066] 在图4所示的成膜顺序中,优选在进行(a)、(c)之后,分别进行真空排气。如以下那样示出该情况下的成膜顺序。

[0067] (原料气体→吹扫→等离子体激发单体气体/化合物气体→等离子体激发反应气体→吹扫)×n

[0068] 本公开的含有预定元素及N的膜是除了含有硅等预定元素的氮化膜(SiN膜)以外,还包括含有碳(C)、氧(O)的氮化膜。例如,氮化膜包括硅氮化膜(SiN膜)、硅碳氮化膜(SiCN膜)、硅氧氮化膜(SiON膜)、硅氧碳氮化膜(SiOCN膜)等。以下,将预定元素设为Si,作为含有Si及N的膜说明形成SiN膜的例子。

[0069] 本说明书中,在使用“晶圆”这样的用语时,有意味着晶圆自身的情况、意味着晶圆与其表面形成的预定的层、膜等的层叠体的情况。在本说明书中,使用“晶圆的表面”这一用语的情况时,有意味着晶圆本身的表面的情况、意味着在晶圆上形成的预定层等的表面的情况。本说明书中在记载为“在晶圆上形成预定层”的情况下,有意味着在晶圆自身的表面上直接形成预定层的情况、意味着在晶圆上形成的层等上形成预定层的情况。在本说明书中使用“基板”这样的用语时,与使用“晶圆”这样的用语时同义。

[0070] (晶圆充填及晶舟装载)

[0071] 将多片晶圆200装填于晶舟217(晶圆充填)时,如图1所示,支撑多片晶圆200的晶舟217通过晶舟升降机115来举起而向处理室201内搬入(晶舟装载)。在该状态下,密封盖219成为经由O型环220b来密封反应管203的下端的状态。

[0072] (压力调整及温度调整)

[0073] 晶舟装载结束后,以处理室201内,即存在晶圆200的空间成为所期望的压力(真空度)的方式,通过真空泵246来真空排气(减压排气)。此时,处理室201内的压力由压力传感器245测定,根据该测定出的压力信息,对APC阀244进行反馈控制(压力调整)。另外,以处理室201内的晶圆200成为所期望的处理温度的方式,通过加热器207进行加热。此时,以处理室201内成为所期望的温度分布的方式,根据温度传感器263检测出的温度信息,对往加热器207的通电情况进行反馈控制(温度调整)。并且,开始基于旋转机构267的晶圆200的旋转。真空泵246的运转、晶圆200的加热及旋转均是至少继续进行至针对晶圆200的处理结束为止的期间。

[0074] (气体充填)

[0075] 然后,将阀242a设为关闭的状态,打开阀243a,朝气体供给管232a内流动原料气体。原料气体通过MFC241a来调整流量,在阀243a、242a间的气体供给管232a内(以下,也称为气体蓄积部)蓄积。由此,原料气体被充填于气体蓄积部内。一旦预定量的原料气体被充填于气体蓄积部内,则关闭阀243a,维持原料气体被充填于气体蓄积部内的状态。

[0076] (成膜处理)

[0077] 然后,依次实行之后的步骤A、B、C。

[0078] [步骤A]

[0079] 在步骤A中,对处理室201内的晶圆200供给原料气体。

[0080] 具体而言,打开阀242a,将充填于气体蓄积部内的高压的原料气体经由气体供给管232a、喷嘴249a朝处理室201内一口气(脉冲性)地供给。以下,将该供给方法称为闪流(flash flow)。此时,打开阀243d、243e、243g,分别经由喷嘴249a~249c朝处理室201内供给惰性气体。另外,有关以下所示的几个方法也可以将惰性气体的供给设为不实施。此外,本步骤优选将排气系统实质地设为全闭(将APC阀244实质地全闭)的状态而实施。一旦APC阀244被关闭,则处理室201内的压力急剧上升,升压至预定压力。然后,维持预定时间的处理室201内的升压状态,将晶圆200曝露在高压的原料气体气氛中。

[0081] 作为本步骤的处理条件,列举以下条件:

[0082] 处理温度:250~600°C,优选300~600°C

[0083] 处理压力(闪流前):30~600Pa

[0084] 处理压力(闪流后):500~1500Pa

[0085] 原料气体供给量(R1):120~360cc,优选120~240cc

[0086] 原料气体曝露时间:1~20秒,优选5~10秒

[0087] 惰性气体供给流量(每R1~3):0~10slm,优选0~5slm。

[0088] 另外,本说明书的“250~600°C”这样的数值范围的表述意味着下限值及上限值含在其范围内。因此,例如“250~600°C”意味着“250°C以上600°C以下”。有关其他的数值范围也是同样的。另外,本说明书的处理温度意味着晶圆200的温度或处理室201内的温度,处理压力意味着处理室201内的压力。另外,气体供给流量:0slm意味着不供给该气体的情况。这些在以下的说明中也是同样的。

[0089] 例如,在上述的处理条件下对晶圆200供给氯硅烷系气体作为原料气体,在作为底层的晶圆200的最表面上形成含有C1的含Si层作为第1层。含有C1的含Si层通过朝晶圆200

的最表面的氯硅烷系气体的分子的物理吸附或化学吸附、氯硅烷系气体的一部分分解后的物质的分子的物理吸附或化学吸附、氯硅烷系气体的热分解所致的Si的堆积等而形成。含有Cl的含Si层可以是氯硅烷系气体的分子或氯硅烷系气体的一部分分解后的物质的分子的吸附层(物理吸附层或化学吸附层),也可以是含有Cl的Si的堆积层。在本说明书中,也将含有Cl的含Si层简称为含Si层。

[0090] 若处理温度未满足 250°C ,则Si不易吸附于晶圆200上,有第1层的形成困难的情况。通过将处理温度设为 250°C 以上,可在晶圆200上形成第1层。通过将处理温度设为 300°C 以上,可在晶圆200上更充分地形成第1层。

[0091] 若处理温度超过 600°C ,则作为原料气体的例如氯硅烷系气体热分解,Si多重地堆积于晶圆200上,因此有难以形成未满足1原子层的厚度的大致均匀的厚度的第1层的情况。通过将处理温度设为 600°C 以下,可形成未满足1原子层的厚度的大致均匀的厚度的第1层,可使晶圆面内膜厚均匀性提高。在此,未满足1原子层的厚度的层意味着不连续地形成的原子层,1原子层的厚度的层意味着连续性地形成的原子层。此外,未满足1原子层的厚度的层为大致均匀意味着原子以大致均匀的密度吸附于晶圆200的表面上。

[0092] 例如,在上述的处理条件下对晶圆200供给氯硅烷系气体作为原料气体,可在晶圆200上形成含有Cl的第1层,并且,可将形成于晶圆200的外周部的第1层中的Cl浓度设为与形成于晶圆200的中央部的第1层中的Cl浓度相同的Cl浓度。在此,“相同的Cl浓度”是除了Cl浓度完全一致的情形以外,还以包含预定的误差范围的意思使用。预定的误差范围例如是晶圆200的外周部与中央部的Cl浓度的比率(外周部)/(中央部)为0.80以上1.20以下。

[0093] 形成第1层后,关闭阀242a,停止往处理室201内的原料气体的供给。然后,将APC阀244例如全开,将处理室201内真空排气,从处理室201内排除残留于处理室201内的气体等(吹扫)。此时,保持打开阀243d、243e、243g的状态下,维持惰性气体往处理室201内的供给。分别经由喷嘴249a~249c来供给的惰性气体作为吹扫气体作用,由此,处理室201内被吹扫(吹扫)。

[0094] 作为吹扫的处理条件,列举以下条件:

[0095] 处理温度: $250\sim 600^{\circ}\text{C}$,优选 $300\sim 600^{\circ}\text{C}$

[0096] 处理压力: $1\sim 70\text{Pa}$,优选 $1\sim 30\text{Pa}$

[0097] 惰性气体供给流量(每R1~3): $0.05\sim 20\text{sml}$,优选 $1\sim 5\text{sml}$

[0098] 惰性气体供给时间: $1\sim 20$ 秒,优选 $1\sim 10$ 秒。

[0099] 作为原料气体,例如可使用含有作为构成形成于晶圆200上的膜的主元素的硅(Si)的硅烷系气体。作为硅烷系气体,例如可使用含有卤素及Si的气体,即卤代硅烷系气体。卤素包含氯(Cl)、氟(F)、溴(Br)、碘(I)等。作为卤代硅烷系气体,例如可使用含有Cl及Si的上述的氯硅烷系气体。

[0100] 作为原料气体,例如可使用二氯硅烷(SiH_2Cl_2 ,简称:DCS)气体,一氯硅烷(SiH_3Cl ,简称:MCS)气体、三氯硅烷(SiHCl_3 ,简称:TCS)气体、四氯硅烷(SiCl_4 ,简称:4CS)气体、六氯乙硅烷(Si_2Cl_6 ,简称:HCDS)气体、八氯三硅烷(Si_3Cl_8 ,简称:OCTS)气体等氯硅烷系气体。作为原料气体,可使用这些中的1个以上。

[0101] 惰性气体例如可使用氮(N_2)气体、氩(Ar)气体、氦(He)气体、氖(Ne)气体、氙(Xe)气体等稀有气体。作为惰性气体,可使用这些中的1个以上。这点在后述的各步骤中也是同

样的。

[0102] [步骤B]

[0103] 步骤A结束后,对于处理室201内的晶圆200即形成于晶圆200上的第1层(含Si层),使单体气体、化合物气体分别等离子体激发而供给。

[0104] 具体而言,在打开APC阀244的状态下,即将处理室201内排气的状态下,打开阀243b、243f,往气体供给管232b、232c内分别流动单体气体、化合物气体。单体气体、化合物气体分别通过MFC241b、241f来调整流量,经由喷嘴249b、249c朝处理室201内供给,从排气口231a排气。此时,从晶圆200的侧方(即,从晶圆200的外缘至面内的方向)对晶圆200供给单体气体、化合物气体(单体气体、化合物气体供给)。此时,保持打开阀243d、243e、243g的状态下,维持惰性气体往处理室201内的供给。

[0105] 另外,此时,通过对等离子体产生用的电极施加RF电力,供给至气体供给管232b、232c内的单体气体、化合物气体在远程等离子体单元300b、300c内分别被等离子体激发,从单体气体产生活性种X,从化合物气体产生活性种Z。对晶圆200供给分别含有这样产生的活性种X、活性种Z的单体气体及化合物气体(供给等离子体激发单体气体/化合物气体)。

[0106] 作为由1种元素构成的单体气体,例如使用氢(H_2)气体时, H_2 气体被等离子体激发,产生 H_2^* 等活性种X,对晶圆200供给。另外,*意味着自由基。在以下的说明中也是同样的。

[0107] 作为由多种元素构成的化合物气体,例如使用含有氮(N)及氢(H)的氮化氢系气体,由此氮化氢系气体被等离子体激发,产生 NH_3^* 等活性种Z,对晶圆200供给。

[0108] 作为本步骤的处理条件,列举以下的条件:

[0109] 处理温度:250~600°C,优选300~600°C

[0110] 处理压力:1~100Pa,优选1~50Pa

[0111] 单体气体给流量:0.1~3.0slm,优选0.2~1.0slm

[0112] 单体气体供给时间:5~60秒,优选5~20秒

[0113] 化合物气体给流量:0.05~1.0slm,优选0.1~0.5slm

[0114] 化合物气体供给时间:5~60秒,优选5~20秒

[0115] 惰性气体供给流量(每R1~3):0~10slm,优选0~1.5slm

[0116] 高频电力(RF电力):50~1000W,优选50~300W。

[0117] 在上述的条件下对晶圆200供给被等离子体激发的单体气体与化合物气体,由此第1层被改质,使得卤族元素的C1从在步骤A形成于晶圆200的表面上的第1层(含Si层)脱离。另外,第1层的一部分被改质为例如氮化。这样,在晶圆200的表面上形成将第1层改质的层(以下,称为改质层)。以下,详细进行说明。

[0118] 在上述的条件下使单体气体等离子体激发,对晶圆200供给含有活性种X的单体气体,可使C1从形成于晶圆200上的第1层脱离。

[0119] 但是,单体气体从晶圆200的侧方供给时,往处理室201内供给的活性种X从晶圆200的外周部朝向中央部流入。由此,往处理室201内供给的活性种X(例如, H_2^*)例如与形成于晶圆200的外周部的第1层上的C1结合而被消费(排出),有难以到达至中央部的倾向。因此,有时晶圆200的中央部的C1的脱离的程度比晶圆200的外周部的C1的脱离的程度弱,晶圆200的中央部的C1浓度比外周部的C1浓度高。

[0120] 因此,本步骤中,以被等离子体激发的化合物气体的供给量(在本实施方式中供给

流量)成为未满足被等离子体激发的单体气体的供给量(在本实施方式中供给流量)的1/2的方式,从晶圆200的侧方供给该被等离子体激发的化合物气体。在这样的条件下往处理室201内供给的活性种Z从晶圆200的外周部朝向中央部流入。本步骤的化合物气体的供给量比单体气体的供给量少,因此往处理室201内供给的活性种Z(例如, NH_3^*)例如与形成于晶圆200的外周部的第1层上的Si结合而消费,几乎不到达中央部。由此,可将晶圆200的外周部的C1脱离的阻碍的程度设为比中央部的C1脱离的阻碍的程度强。因此,可将活性种X所致的晶圆200的外周部的C1的脱离的程度设为与中央部的C1的脱离的程度相同的程度,可将外周部的C1浓度设为与中央部的C1浓度相同的C1浓度。在此,“相同的C1浓度”除了C1浓度完全一致以外,还用作包含预定的误差范围的意思。预定的误差范围例如是指,晶圆200的外周部与中央部的C1浓度的比率(外周部)/(中央部)为0.80以上1.20以下。

[0121] 另外,通过对晶圆200供给活性种Z,可阻碍来自第1层的C1的脱离,可考虑因为在晶圆200的表面吸附具有立体构成的活性种Z,另外,吸附具有极性的活性种Z,由此活性种X往第1层的到达被阻碍。

[0122] 若被等离子体激发的化合物气体的供给量相对于被等离子体激发的单体气体的供给量的比成为1/2以上,则被供给的活性种Z中,使阻碍C1的脱离的效果产生的量以上的量到达晶圆200的中央部,在第1层的几乎全面中,有C1的脱离被阻碍的情况。即,若被等离子体激发的化合物气体的供给量相对于被等离子体激发的单体气体的供给量的比成为1/2以上,则通过供给活性种X而取得的C1的脱离效果在晶圆200的面内全体被抑制,有活性种X所致的C1的脱离效果无法充分取得的情况。通过将等离子体激发的化合物气体的供给量相对于被等离子体激发的单体气体的供给量的比设为未满足1/2,可限制活性种Z往晶圆200的中央部的到达,维持中央部的活性种X所致的C1的脱离效果的状态下,取得外周部的活性种Z所致的C1的脱离抑制效果。

[0123] 若处理温度未满足 250°C ,则有活性种X所致的C1的脱离反应不易发生的情况。通过将处理温度设为 250°C 以上,可使活性种X所致的C1的脱离反应促进。通过将处理温度设为 300°C 以上,可使活性种X所致的C1的脱离反应更确实地进行。

[0124] 若处理温度超过 600°C ,则有活性种Z所致的C1的脱离阻碍反应不易发生的情况。通过将处理温度设为 600°C 以下,可使活性种Z所致的C1的脱离阻碍反应促进。

[0125] 在晶圆200上形成改质层后,关闭阀243b、243f,停止往等离子体产生用的电极的RF电力的施加,停止往处理室201内的单体气体、化合物气体的供给。此时,保持打开阀243d、243e、243g的状态下,维持惰性气体往处理室201内的供给。

[0126] 作为单体气体,除了上述的 H_2 气体以外,例如可使用氮(N_2)气体、氩(Ar)气体、氦(He)气体等稀有气体或这些中的至少任一个。

[0127] 作为单体气体,例如使用 N_2 气体时, N_2 气体被等离子体激发,产生 N^* 、 N_2^* 等活性种X。作为单体气体,例如使用Ar气体时,Ar气体被等离子体激发,产生 Ar^* 等活性种X。作为单体气体,例如使用He气体时,He气体被等离子体激发,产生 He^* 等活性种X。

[0128] 作为化合物气体,例如可使用氨(NH_3)气体、二氮烯(N_2H_2)气体、肼(N_2H_4)气体、 N_3H_8 气体等氮化氢系气体。作为化合物气体,可使用这些中的1个以上。

[0129] 作为化合物气体,使用氮化氢系气体时,氮化氢系气体被等离子体激发,产生 NH^* 、 NH_2^* 、 NH_3^* 等活性种Z。

[0130] [步骤C]

[0131] 步骤B结束后,对处理室201内的晶圆200即形成于晶圆200上的改质层,使反应气体等离子体激发而供给。另外,在本实施方式中,在步骤B与步骤C之间,不进行处理室201内的吹扫。

[0132] 具体而言,在打开APC阀244的状态下,即在将处理室201内排气的状态下,打开阀243c,往气体供给管232c内流动反应气体。反应气体分别通过MFC241c来调整流量,经由喷嘴249c朝处理室201内供给,从排气口231a排气。此时,从晶圆200的侧方,对晶圆200供给反应气体(反应气体供给)。此时,保持打开阀243d、243e、243g的状态下,维持惰性气体往处理室201内的供给。

[0133] 另外,此时,通过施加往等离子体产生用的电极的RF电力,往气体供给管232c内供给的反应气体在远程等离子体单元300c内被等离子体激发,产生活性种Y。含有这样产生的活性种Y的反应气体对晶圆200供给(供给等离子体激发反应气体)。

[0134] 含有N的反应气体,例如使用含有N及H的氮化氢系气体时,氮化氢系气体被等离子体激发,而产生 NH^* 、 NH_2^* 、 NH_3^* 等活性种Y,对晶圆200供给。

[0135] 作为本步骤的处理条件,列举以下的条件:

[0136] 处理温度:250~600°C,优选300~600°C

[0137] 处理压力:1~100Pa,优选1~50Pa

[0138] 反应气体给流量:0.1~10slm,优选0.5~5.0slm

[0139] 反应气体供给时间:1~60秒,优选10~40秒

[0140] 惰性气体供给流量(每R1~3):0~10slm,优选0~1.5slm

[0141] 高频电力(RF电力):50~1000W,优选50~300W。

[0142] 在上述的处理条件下对晶圆200供给反应气体,由此在步骤B形成于晶圆200的表面的改质层的至少一部分被氮化(改质)。作为结果,在晶圆200的表面上形成含有Si及N的层的硅氮化层(SiN层)作为第2层。形成第2层时,在改质层中所含的C1等的杂质是在被等离子体激发的反应气体所致的改质反应的过程中,构成至少含有C1的气体状物质,从处理室201内排出。由此,第2层成为C1等的杂质比在步骤B形成的改质层少的层。

[0143] 若处理温度未满足250°C,则反应气体难热分解,有第2层的形成困难的情况。通过将处理温度设为250°C以上,可形成第2层。通过将处理温度设为300°C以上,可确实形成第2层。

[0144] 若处理温度超过600°C,则反应气体的热分解过剩,有第2层的形成困难的情况。通过将处理温度设为600°C以下,可抑制反应气体的过剩的热分解,形成第2层。

[0145] 在晶圆200上形成第2层后,关闭阀243c,停止往等离子体产生用的电极的RF电力的施加,停止往处理室201内的反应气体的供给。然后,通过与步骤A的吹扫同样的处理顺序、处理条件,从处理室201内排除残留于处理室201内的气体等。

[0146] 作为反应气体,例如可使用 NH_3 气体、 N_2H_2 气体、 N_2H_4 气体、 N_3H_8 气体等氮化氢系气体。反应气体可使用这些中的1个以上。

[0147] 作为反应气体,除了这些之外,例如也可使用含N、C及H气体。作为含N、C及H气体,例如可使用胺系气体或有机胂系气体。含N、C及H气体可为含N气体,也可为含C气体,也可为含H气体,也可为含N及C气体。

[0148] 作为反应气体,例如可使用单乙胺($C_2H_5NH_2$,简称:MEA)气体、二乙胺($(C_2H_5)_2NH$,简称:DEA)气体、三乙胺($(C_2H_5)_3N$,简称:TEA)气体等乙胺系气体、或一甲胺(CH_3NH_2 ,简称:MMA)气体、二甲胺($(CH_3)_2NH$,简称:DMA)气体、三甲胺($(CH_3)_3N$,简称:TMA)气体等甲胺系气体、或单甲基胍($(CH_3)HN_2H_2$,简称:MMH)气体、二甲基胍($(CH_3)_2N_2H_2$,简称:DMH)气体、三甲基胍($(CH_3)_2N_2(CH_3)H$,简称:TMH)气体等有机胍系气体等。作为反应气体,可使用这些中的1个以上。另外,反应气体也可以是与化合物气体相同的气体,另外,也可以是不同的气体。使用相同气体时,活性种Z与活性种Y也可以是相同的活性种。

[0149] [实施预定次数的循环]

[0150] 通过进行预定次数(n次,n是1以上的整数)非同时即不同步进行上述的步骤A、B、C的循环,可在晶圆200的表面上形成SiN膜。上述的循环优选重复多次。即,使每1个循环形成的SiN层的厚度比所期望的膜厚薄,通过层积SiN层而形成的膜的膜厚成为所期望的膜厚为止,优选重复多次上述的循环。

[0151] 在上述的步骤B中,通过使C1从第1层脱离,可使重复上述的循环而形成的SiN膜的湿蚀刻速率(WER)降低。

[0152] 在上述的步骤B中,通过将晶圆200的外周部的C1浓度设为与晶圆200的中央部的C1浓度(实质)相同浓度,可将重复上述的循环而形成的SiN膜的中央部与外周部的WER设为实质相同程度。由此,可使SiN膜的湿蚀刻处理的晶圆面内的均匀性(以下,也简称为面内均匀性)提升。即,可将SiN膜的中央部与外周部的膜特性设为实质相同程度,使SiN膜的膜特性的面内均匀性提升。

[0153] (后吹扫及恢复大气压)

[0154] 朝晶圆200上形成所期望的厚度的氮化膜的处理完成后,分别从喷嘴249a~249c将惰性气体作为吹扫气体供给至处理室201内,从排气口231a排气。由此,处理室201内被吹扫,残留于处理室201内的气体或反应副生成物等从处理室201内去除(后吹扫)。之后,处理室201内的气氛被置换成惰性气体(惰性气体置换),处理室201内的压力恢复成常压(恢复大气压)。

[0155] (晶舟卸载(unload)及晶圆释放(discharge))

[0156] 之后,密封盖219通过晶舟升降机115下降,反应管203的下端开口。然后,处理结束的晶圆200在支撑于晶舟217的状态下从反应管203的下端搬出至反应管203的外部(晶舟卸载)。然后,处理结束的晶圆200从晶舟217取出(晶圆释放)。

[0157] (3)本方式的效果

[0158] 根据本方式,可取得以下所示的1个或多个效果。

[0159] (a)在步骤B中,供给单体气体,通过活性种X,可使C1从第1层脱离。由此,使第1层致密化,可将最终形成于晶圆200上的膜设为WER低的膜。并且,在步骤B中,供给化合物气体,通过活性种Z,使阻碍来自第1层的C1的脱离,可控制晶圆200的面内的活性种X所致的C1的脱离的程度的分布。

[0160] 并且,在步骤B中,通过将化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比设为未滿1/2,可在晶圆200的外周部的C1的脱离的程度比晶圆200的中央部的C1的脱离的程度强的状况下,将晶圆200的外周部的(C1脱离的)阻碍的程度设为比晶圆200的中央部的(C1脱离的)阻碍的程度强。由此,可将进行步骤B后的晶圆200的外周部的第1层中的C1浓度设

为与晶圆200的中央部的第1层中的C1浓度相同的C1浓度。其结果,可将最终形成于晶圆200上的膜的中央部与外周部的WER设为实质相同程度,可将该膜设为WER的面内均匀性佳的膜。

[0161] 通过以上,可形成WER低、WER的面内均匀性佳的膜。即,可形成膜特性佳,且膜特性的面内均匀性佳的膜。

[0162] (b) 另外,在步骤B中,通过将化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比设为1/3以下,可确实地形成WER低,且WER的面内均匀性佳的膜。将化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比设为超过1/3时,特别是无法使晶圆200的中央部的C1浓度充分地减低,有无法取得所期望的WER的面内均匀性的情况。

[0163] (c) 在步骤B中,通过将化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比设为未满足1/2,即使将步骤A~C的处理温度设为250~600°C这样的比较低温,也可形成WER低,且WER的面内均匀性佳的膜。通过可将步骤A~C的处理温度设为比较低温,可缩小给予处理炉202或晶圆200的损伤。

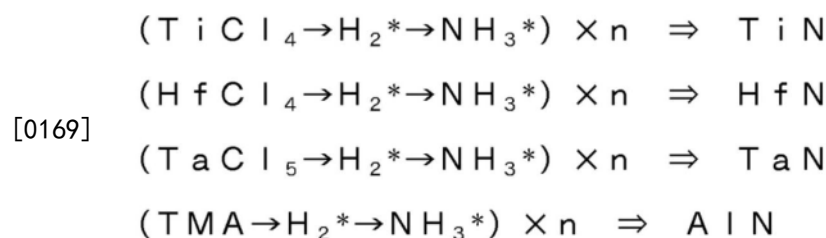
[0164] (d) 在步骤B中,通过将化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比设为未满足1/2,即使单体气体与化合物气体的哪个气体皆从晶圆200的侧方供给,使用所谓的纵型处理炉来处理时,也可形成WER低,且WER的面内均匀性佳的膜。由于可使用一次处理多片晶圆200的分批式的纵型处理炉,因此可使成膜处理的生产性提升。

[0165] <本公开的其他的方式>

[0166] 以上,具体说明了本公开的方式,但本公开不被限定于上述的方式,可在不脱离其要旨的范围内实施各种变更。

[0167] 在上述的方式中,说明了使用硅氮化膜的例子,但本公开不被限定于此。例如,本公开即使在形成含有以钛(Ti)、锆(Zr)、铪(Hf)、钽(Ta)、铌(Nb)、钼(Mo)、钨(W)、钇(Y)、锶(Sr)、镧(La)、钌(Ru)、铝(Al)等的金属元素作为主元素的氮化膜(金属氮化膜)时,也可良好地适用。

[0168] 例如,作为原料气体使用四氯化钛($TiCl_4$)气体、四氯化铪($HfCl_4$)气体、五氯化钽($TaCl_5$)气体、三甲基铝($Al(CH_3)_3$,简称:TMA)气体等,根据以下所示的成膜顺序,在晶圆200上形成钛氮化膜(TiN膜)、铪氮化膜(HfN膜)、钽氮化膜(TaN膜)、铝氮化膜(AlN膜)等金属氮化膜时,本公开也可良好地适用。



[0170] 此时的成膜处理的处理顺序、处理条件可设为与上述的方式或变形例的处理顺序、处理条件相同。在这些情况下,也可取得与上述的方式或变形例同样的效果。即,本公开可良好地适用在形成含有Si等的半金属元素作为主元素的半金属氮化膜的情况,或形成含有上述的各种金属元素作为主元素的金属氮化膜的情况。

[0171] 上述的方式中,说明有关通过调整化合物气体的供给流量相对于单体气体的供给流量,而进行步骤B中的化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的调整的例子,但本

公开不被限定于此。例如,也可通过调整处理室201内的化合物气体的分压相对于单体气体的分压、化合物气体的浓度相对于单体气体的浓度、化合物气体的供给时间相对于单体气体的供给时间中的至少任一个来进行。具体而言,也可将化合物气体的分压相对于单体气体的分压的比、化合物气体的供给流量相对于单体气体的供给流量的比、化合物气体的浓度相对于单体气体的浓度的比、化合物气体的供给时间相对于单体气体的供给时间的比、或这些中的2个以上设为未 $\frac{1}{2}$,由此将化合物气体的供给量相对于单体气体的供给量的比设为未 $\frac{1}{2}$ 。在这些情况下,也可取得与上述的方式的效果同样的效果。

[0172] 上述的方式是说明有关同时开始及停止步骤B中的对晶圆200的单体气体的供给与化合物气体的供给的例,但本公开不被限定于此。例如,也可在开始单体气体的供给前开始化合物气体的供给,之后,同时供给单体气体与化合物气体。另外,也可在同时供给单体气体与化合物气体的状态下,停止单体气体的供给之前停止化合物气体的供给,之后停止单体气体的供给。这些情况下,也可取得与上述的方式的效果同样的效果。

[0173] 上述的方式中,说明有关使单体气体在远程等离子体单元300b内且使化合物气体在远程等离子体单元300c内分别被等离子体激发,将活性种X及活性种Z分别经由喷嘴249b及喷嘴249c来个别地朝处理室201内供给的例子,但本公开不被限定于此。例如,也可在供给管内混合单体气体与化合物气体后,使混合的两气体在1个远程等离子体单元内被等离子体激发,从而产生活性种X及活性种Z。该情况下,含有活性种X及活性种Z的单体气体及化合物气体的混合气体朝晶圆200供给。

[0174] 在上述的方式中,说明了有关步骤A的原料气体的供给通过闪流来进行的例子,但本公开不被限定于此。例如,也可以与步骤B、C的气体的供给方法同样的方法供给。该情况下,也可取得与上述的方式的效果同样的效果。

[0175] 优选,用于各处理的制程按照处理内容而个别地准备,经由电气通信线路或外部存储装置123而存储于存储装置121c内。然后,优选,开始各处理时,CPU121a从存储于存储装置121c内的多个制程中,按照处理内容来适当选择适当的制程。由此,可在1台基板处理装置再现性良好地形成各种膜种、组成比、膜质、膜厚的膜。另外,可减低操作员的负担,避免操作失败的同时迅速开始各处理。

[0176] 上述的制程不限于新制作的情况,例如,也可通过变更已安装于基板处理装置的既存的制程来准备。变更制程的情况下,可将变更后的制程经由电气通信线路或记录了该制程的记录介质来安装于基板处理装置。另外,也可操作既存的基板处理装置所具备的输出输入装置122,直接变更已安装于基板处理装置的既存的制程。

[0177] 在上述的方式中,说明了使用具有热壁型的处理炉的基板处理装置来形成膜的例子。本公开不被限定于上述的方式,在使用具有冷壁型的处理炉的基板处理装置来形成膜的情况下,也可良好地适用。

[0178] 在使用这样的基板处理装置的情况下,也可用与上述的方式同样的处理顺序、处理条件来进行各处理,可取得与上述的方式或变形例同样的效果。

[0179] 上述的方式或变形例可适当组合而使用。此时的处理顺序、处理条件例如可设为与上述的方式的处理顺序、处理条件相同。

[0180] 实施例

[0181] (实施例)

[0182] 使用上述的基板处理装置,进行以下的成膜顺序,从而在晶圆上形成SiN膜,制作样品1~6(参照图5)。

[0183] 样品1:(原料气体→吹扫→等离子体激发反应气体→吹扫)×n

[0184] 样品2:(原料气体→吹扫→等离子体激发反应气体→吹扫)×n

[0185] 样品3:(原料气体→吹扫→等离子体激发化合物气体→等离子体激发反应气体→吹扫)×n

[0186] 样品4:(原料气体→吹扫→等离子体激发单体气体→等离子体激发反应气体→吹扫)×n

[0187] 样品5:(原料气体→吹扫→等离子体激发单体气体/化合物气体→等离子体激发反应气体→吹扫)×n

[0188] 样品6:(原料气体→吹扫→等离子体激发单体气体/化合物气体→等离子体激发反应气体→吹扫)×n

[0189] 另外,在图5中,示出了使单体气体、反应气体、化合物气体激发,分别供给活性种X、活性种Y、活性种Z的情况。

[0190] 作为原料气体使用DCS气体,作为单体气体使用H₂气体,作为化合物气体、反应气体分别使用NH₃气体,作为惰性气体使用N₂气体。但是,样品6中使用N₂气体作为单体气体。

[0191] 处理条件设为上述的方式所示的各步骤中的处理条件范围内的预定的条件。但是,样品2中,将在供给原料气体后进行的吹扫的实施时间设为30秒的长时间。

[0192] 制作样品1~6后,针对样品1~6的每一个,测定形成于晶圆上的SiN膜的预定的多处的WER。在图6示出了其测定结果。

[0193] 图6的纵轴表示针对1%浓度的氢氟酸(1% HF水溶液)的SiN膜的WER(Å/分)。图6的横轴表示直径300mm的晶圆的直径上的SiN膜的预定的位置。例如,-150(mm)表示晶圆的直径上的一端部,0(mm)表示晶圆的直径的中点(晶圆的中心点),150(mm)表示晶圆的直径上的另一端部。图6中的●、■、×、△、◇、■依次表示样品1~6的测定结果。

[0194] 如图6所示,确认样品1的WER为最高。另外,确认样品2的WER为第2高,样品3的WER为第3高。由此,可知即使拉长原料气体供给后的吹扫时间,另外,即使在原料气体供给后供给化合物气体,也无法使WER大幅度降低。

[0195] 与此相对,确认样品4的WER大幅度降低。由此,若在原料气体的供给后供给单体气体,则可降低WER。另一方面,样品4与样品1~3相比,确认晶圆面内的WER大不相同。具体而言,确认晶圆的外周部与中央部的WER的差,样品1~3均为2Å/分以内,而样品4成为5Å/分程度。由此,可知若在原料气体的供给后供给单体气体(仅),则虽可使WER降低,但使湿蚀刻处理的晶圆面内的均匀性(面内均匀性)恶化。

[0196] 样品5与样品1~3相比,确认可使WER降低,面内均匀性也可良好地维持。具体而言,确认样品5可将晶圆的外周部与中央部的WER的差维持在2Å/分以内。通过以上,可知在原料气体的供给后,通过供给单体气体与化合物气体的双方气体,可使WER降低,面内均匀性也可良好地维持。另外,优选,晶圆的外周部与中央部的WER的比率(外周部)/(中央部)为0.80以上1.20以下。

[0197] 另外,确认样品6也取得与样品5同样的结果。由此,可知在使用N₂气体作为单体气体时,也可取得与样品5同样的结果。

[0198] 另外,制作样品1~6后,针对样品4、5测定形成于晶圆上的SiN膜的预定位置的WER与Cl浓度。在图7示出了该测定结果。

[0199] 图7的纵轴表示SiN膜中的Cl浓度(atoms/cm³)。图7的横轴表示针对1%浓度的氢氟酸(1%HF水溶液)的SiN膜的WER(Å/分)。图7中的○、◎、△、▽依次表示样品4的晶圆的外周部的WER与Cl浓度、样品4的晶圆的中央部的WER与Cl浓度、样品5的晶圆的外周部的WER与Cl浓度、样品5的晶圆的中央部的WER与Cl浓度。

[0200] 如图7所示,确认样品4中晶圆的外周部与中央部的Cl浓度的差比较大。与此相对,确认样品5中晶圆的外周部与中央部的Cl浓度的差比较小。

[0201] 另外,确认样品4中晶圆的外周部与中央部的WER的差比较大,即面内均匀性差。与此相对,确认样品5中晶圆的外周部与中央部的WER的差比较小,即面内均匀性良好。

[0202] 根据这些结果,可确认晶圆的外周部与中央部的Cl浓度的差的大小和WER的面内均匀性的良否是相关的,晶圆的外周部与中央部的Cl浓度的差越小,WER的面内均匀性越好。

[0203] 符号说明

[0204] 200 晶圆

[0205] 201 处理室。

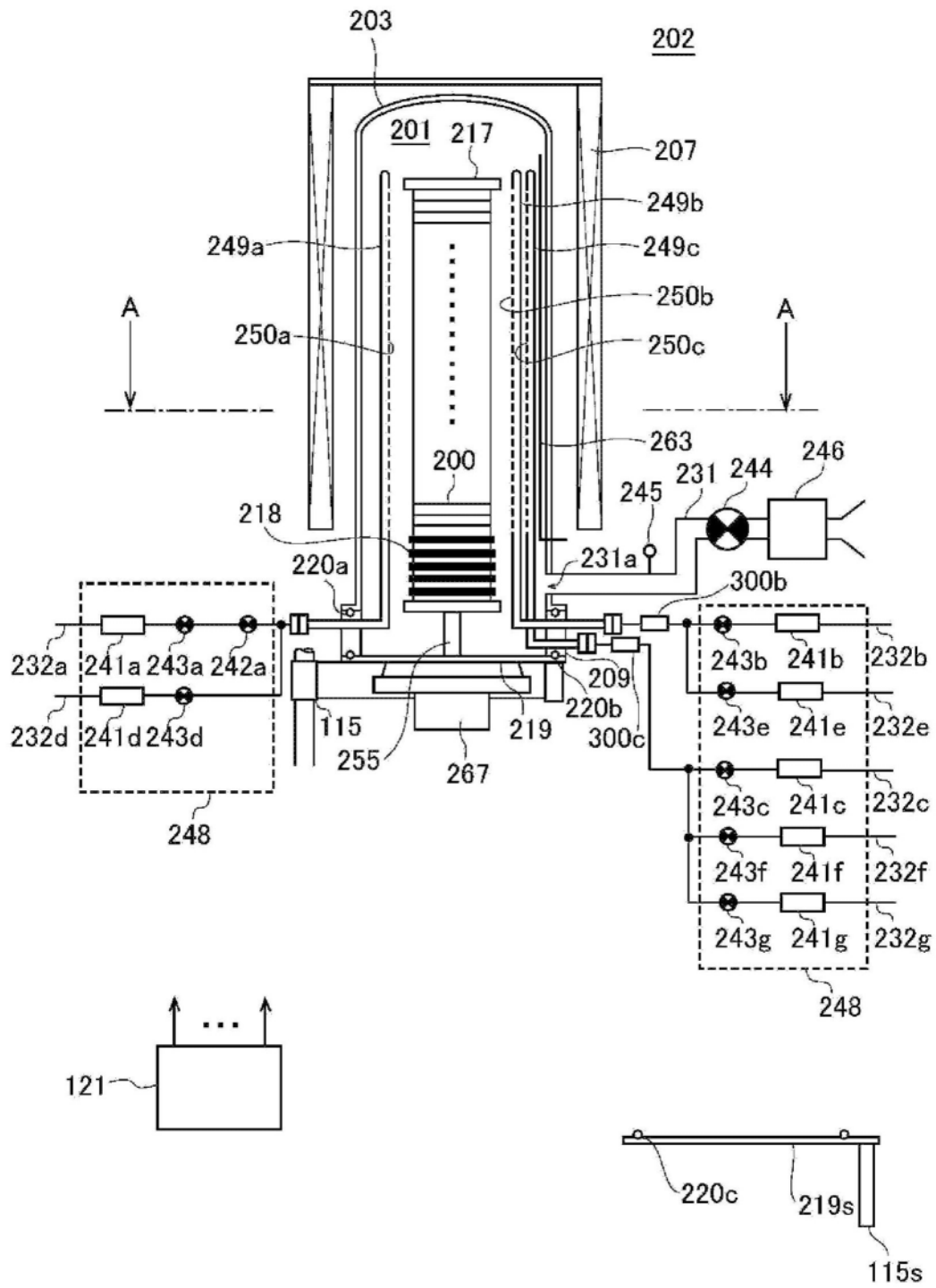


图1

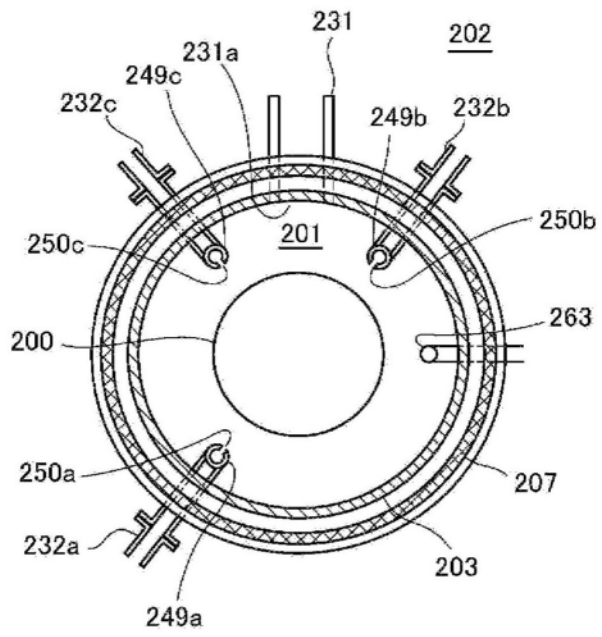


图2

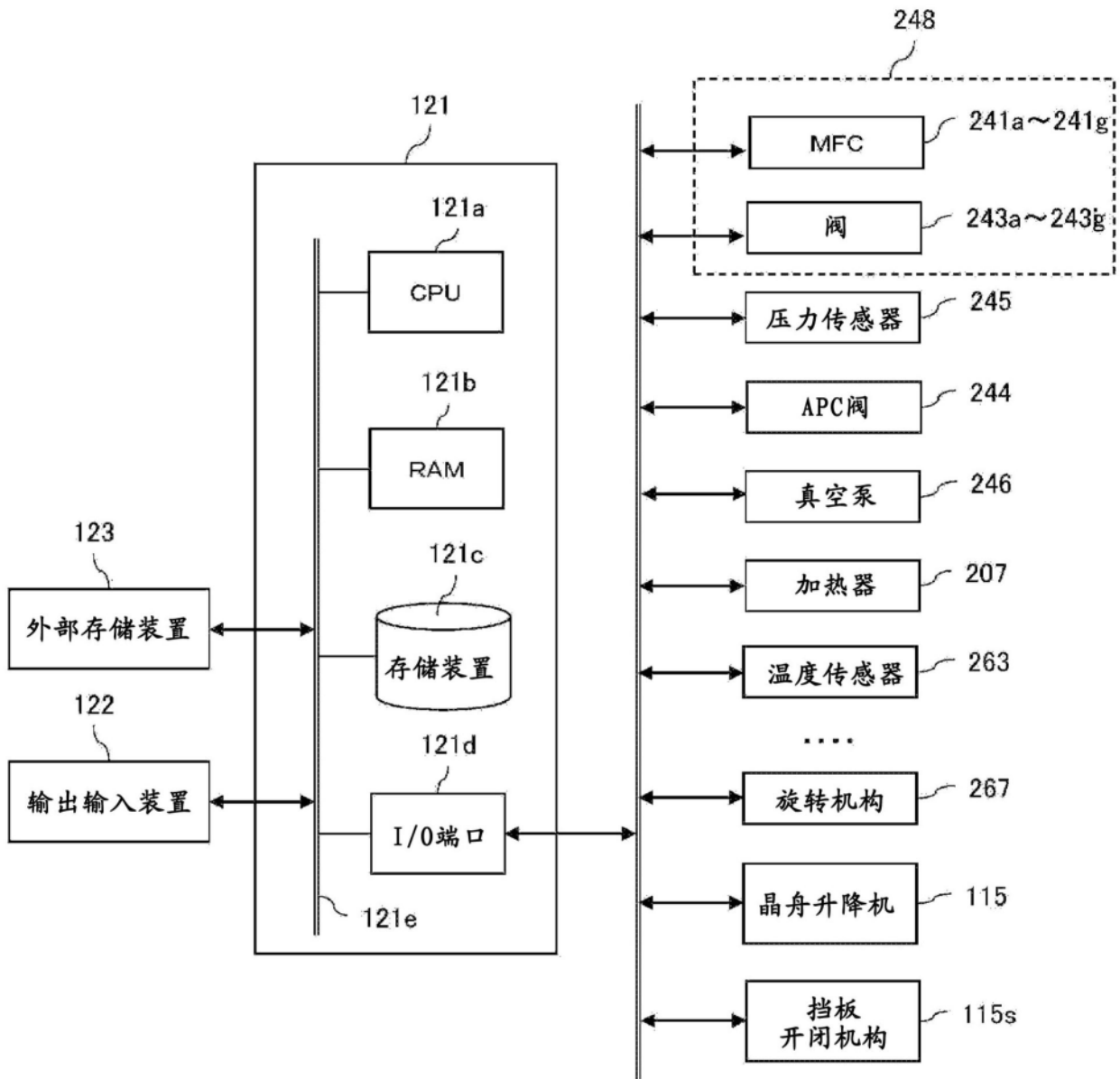


图3

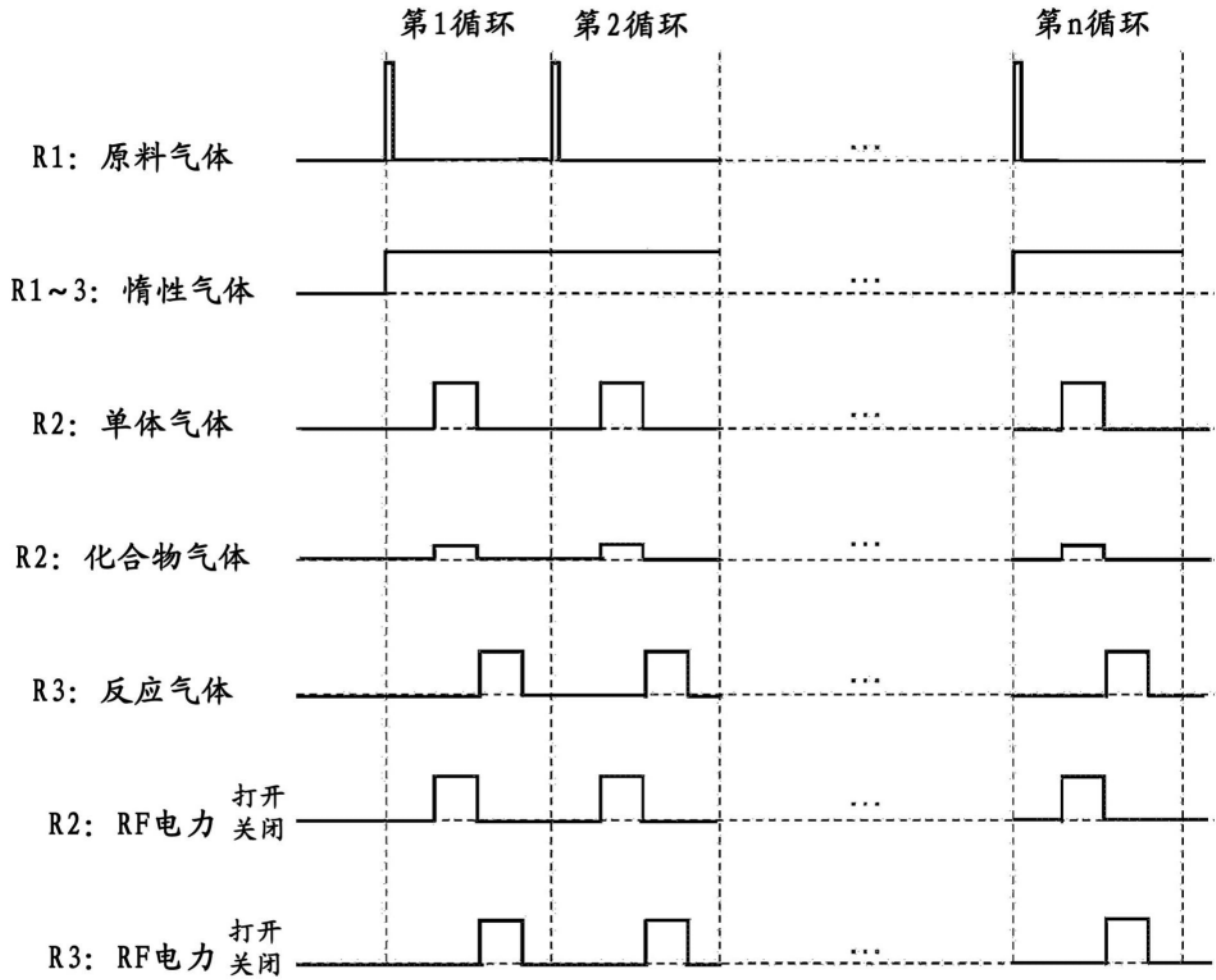


图4

循环1	原料气体	吹扫	活性种Y	吹扫	
循环2	原料气体	吹扫	活性种Y	吹扫	
循环3	原料气体	吹扫	活性种Z	活性种Y	吹扫
循环4	原料气体	吹扫	活性种X	活性种Y	吹扫
循环5	原料气体	吹扫	活性种(X+Z)	活性种Y	吹扫
循环6	原料气体	吹扫	活性种(X+Z)	活性种Y	吹扫

图5

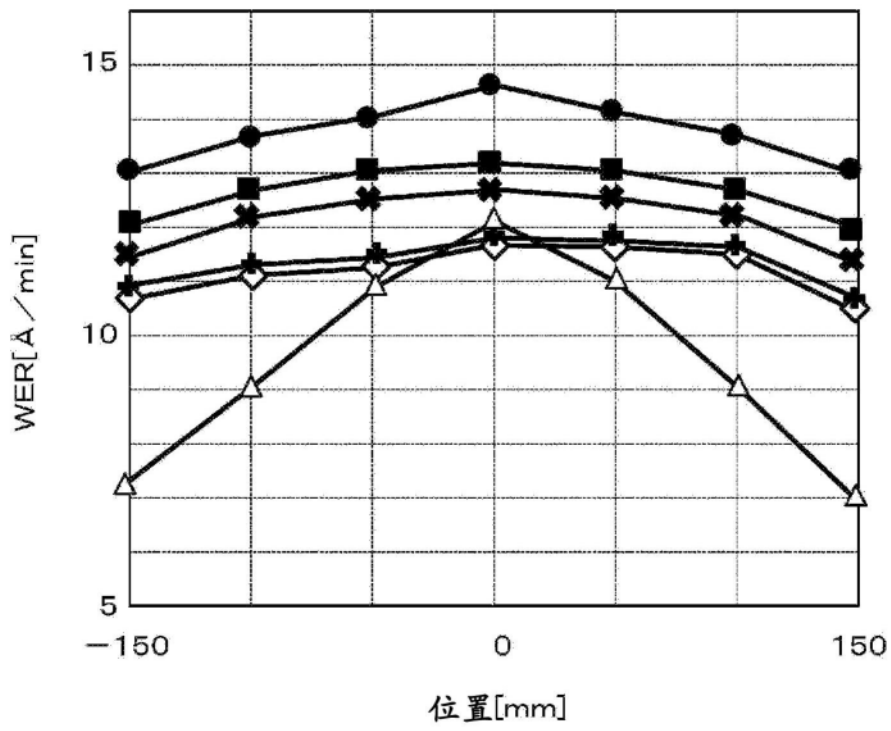


图6

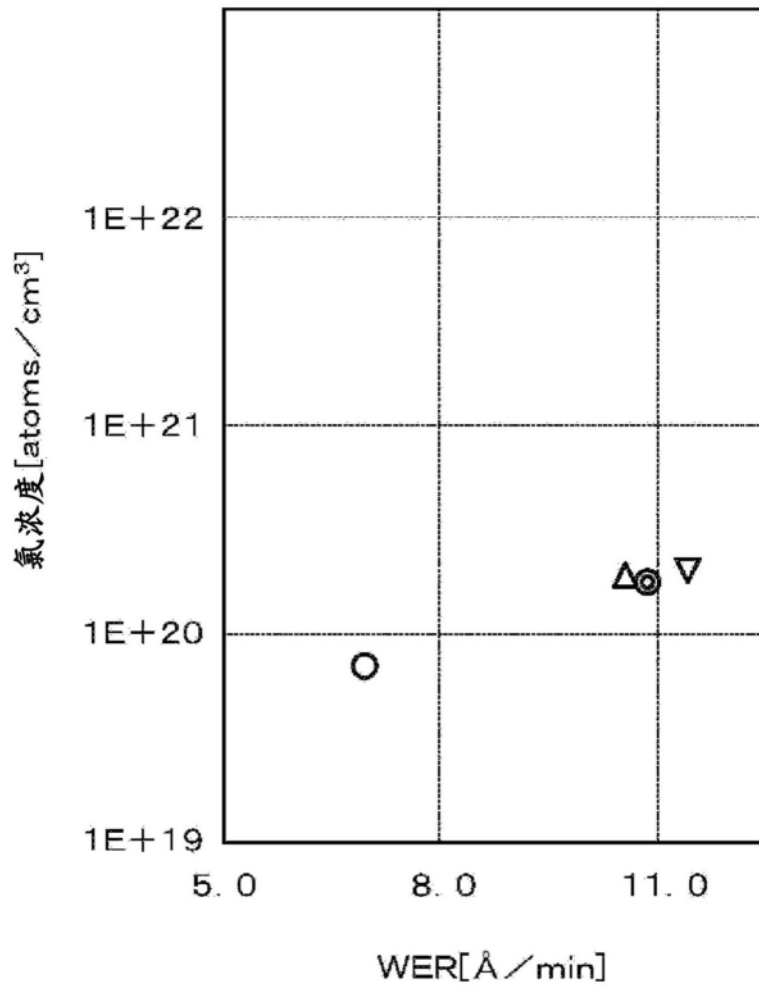


图7