(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116601744 A
(43)申请公布日 2023.08.15

(21)申请号 202180085133.1
(22)申请日 2021.12.21
(30)优先权数据
2020-214783 2020.12.24 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.06.16
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/047165 2021.12.21
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/138599 JA 2022.06.30
(71)申请人 株式会社国际电气
地址 日本东京都
(72)发明人 平祐树 竹田刚 门岛胜
(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 曹鑫
(51)Int.Cl.
H01L 21/318(2006.01)

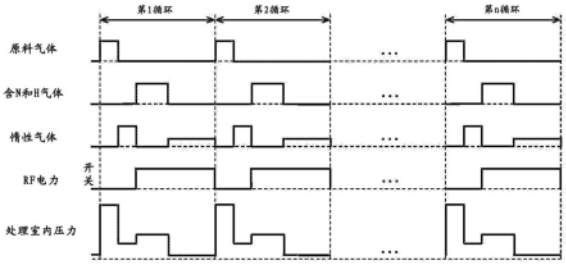
权利要求书2页 说明书25页 附图7页

(54)发明名称

基板处理方法、半导体装置的制造方法、基板处理装置以及程序

(57)摘要

具有通过进行预定次数的循环，在基板上形成膜的工序，所述循环包括：对处理容器内的基板供给原料气体的工序a；将含氮和氢气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的工序b；以及将惰性气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的工序c，使工序c中的所述处理容器内的压力比工序b中的所述处理容器内的压力低。



CN 116601744 A

1.一种基板处理方法,其特征在于,

具有通过进行预定次数的循环,在基板上形成膜的工序,所述循环包括:对处理容器内的基板供给原料气体的工序a;将含氮和氢气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的工序b;以及将惰性气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的工序c,

使工序c中的所述处理容器内的压力比工序b中的所述处理容器内的压力低。

2.根据权利要求1所述的基板处理方法,其特征在于,

将工序c中的所述处理容器内的压力设为2Pa以上且6Pa以下。

3.根据权利要求1所述的基板处理方法,其特征在于,

将工序c中的所述处理容器内的压力设为2.66Pa以上且5.32Pa以下。

4.根据权利要求1所述的基板处理方法,其特征在于,

将工序c中的所述处理容器内的压力设为3Pa以上且4Pa以下。

5.根据权利要求1至4中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

使在工序c中将所述惰性气体激发为等离子体状态而进行供给的时间比在工序b中将所述含氮和氢气体激发为等离子体状态而进行供给的时间长。

6.根据权利要求1至5中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

使在工序c中将所述惰性气体激发为等离子体状态而进行供给的时间比在工序a中供给所述原料气体的时间长。

7.根据权利要求1至6中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

所述惰性气体包含氮气和稀有气体中的至少任一种。

8.根据权利要求1至6中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

所述惰性气体包含N_2气体。

9.根据权利要求1至6中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

所述惰性气体包含Ar气体。

10.根据权利要求1至9中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

所述含氮和氢气体包含NH_3气体、N_2H_2气体、N_2H_4气体、N_3H_8气体中的至少任一种。

11.根据权利要求1至10中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

所述原料气体包含卤代硅烷气体。

12.根据权利要求1至11中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

在工序c中,通过对设置于所述处理容器的外部的电极施加电力,在所述处理容器的内部将所述惰性气体激发为等离子体状态。

13.根据权利要求1至12中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

在所述处理容器内利用支承件支承多张所述基板的状态下进行在所述基板上形成膜的工序,此时,使多张所述基板的间隔大于支承能够由所述支承件支承的最大张数的基板的情况下的基板的间隔。

14.根据权利要求13所述的基板处理方法,其特征在于,

在所述基板上形成膜的工序中,将多张所述基板的间隔设为支承能够由所述支承件支承的最大张数的基板的情况下的基板的间隔的2倍以上。

15.根据权利要求1至14中的任一项所述的基板处理方法,其特征在于,

在所述处理容器内排列有多张所述基板的状态下进行在所述基板上形成膜的工序，此时，将多张所述基板的间隔设为12mm以上且60mm以下。

16.根据权利要求1至14中的任一项所述的基板处理方法，其特征在于，

在所述处理容器内排列有多张所述基板的状态下进行在所述基板上形成膜的工序，此时，将多张所述基板的间隔设为15mm以上且60mm以下。

17.根据权利要求1至15中的任一项所述的基板处理方法，其特征在于，

在工序c中，将所述惰性气体激发为等离子体状态并从所述基板的侧方供给至所述基板。

18.一种半导体装置的制造方法，其特征在于，

具有通过进行预定次数的循环，在基板上形成膜的工序，所述循环包括：对处理容器内的基板供给原料气体的工序a；将含氮和氢气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的工序b；以及将惰性气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的工序c，

使工序c中的所述处理容器内的压力比工序b中的所述处理容器内的压力低。

19.一种基板处理装置，其特征在于，具有：

处理容器，其用于对基板进行处理；

原料气体供给系统，其向所述处理容器内供给原料气体；

含氮和氢气体供给系统，其向所述处理容器内供给含氮和氢气体；

惰性气体供给系统，其向所述处理容器内供给惰性气体；

等离子体激发部，其将气体激发为等离子体状态；

压力调节部，其调节所述处理容器内的压力；以及

控制部，其构成为控制所述原料气体供给系统、所述含氮和氢气体供给系统、所述惰性气体供给系统、所述等离子体激发部以及所述压力调节部，使得进行通过进行预定次数的循环，在基板上形成膜的处理，所述循环包括：对处理容器内的基板供给原料气体的处理a；将含氮和氢气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的处理b；以及将惰性气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的处理c，并且使处理c中的所述处理容器内的压力比处理b中的所述处理容器内的压力低。

20.一种程序，其特征在于，

通过计算机使基板处理装置执行以下步骤：

通过进行预定次数的循环，在基板上形成膜的步骤，所述循环包括：对所述基板处理装置的处理容器内的基板供给原料气体的步骤a；将含氮和氢气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的步骤b；以及将惰性气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的步骤c；以及

使步骤c中的所述处理容器内的压力比步骤b中的所述处理容器内的压力低的步骤。

基板处理方法、半导体装置的制造方法、基板处理装置以及程序

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、基板处理装置以及程序。

背景技术

[0002] 对于闪存、DRAM等存储装置、CPU等逻辑器件等半导体器件，逐年要求高集成化。为了高集成化，需要在微细的电路图案上高精度地形成极薄的膜的技术，作为用于此的成膜方法，例如有对基板交替地供给原料气体和反应气体的方法。近年来，由于存在布线尺寸等微细化的倾向，因此提高形成于基板上的膜的膜厚、膜质的均匀性以及它们的再现性变得重要。另外，在面向下一代的器件中，伴随着结构、材料的变化，需要在低温下得到高品质的膜的成膜技术。

[0003] 作为在基板上形成的膜，可以举出氮化硅膜(SiN膜)等，SiN膜有时用作例如使用氟化氢(HF)水溶液对氧化硅膜(SiO膜)等进行蚀刻时的蚀刻阻挡层。作为形成SiN膜的1种成膜技术，有使用等离子体在低温下形成膜的技术(例如，参照专利文献1)。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1：日本特开2013-93551号公报

发明内容

[0007] 发明所要解决的课题

[0008] 然而，在使用等离子体在低温下进行成膜的情况下，膜的湿蚀刻耐性降低，有时膜质恶化。本公开的目的在于提供一种使用等离子体在低温下形成高品质的膜的技术。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 根据本公开的一个方式，提供一种技术，其具有通过进行预定次数的循环，在基板上形成膜的工序，所述循环包括：(a)对处理容器内的基板供给原料气体的工序；(b)将含氮和氢气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的工序；以及(c)将惰性气体激发为等离子体状态而供给至所述处理容器内的所述基板的工序，使(c)中的所述处理容器内的压力比(b)中的所述处理容器内的压力低。

[0011] 发明效果

[0012] 根据本公开，能够提供使用等离子体在低温下形成高品质的膜的技术。

附图说明

[0013] 图1是本公开的一方式中优选使用的基板处理装置的立式处理炉的概略结构图，是以纵剖视图表示处理炉202部分的图。

[0014] 图2是本公开的一方式中优选使用的基板处理装置的立式处理炉的概略结构图，是以图1的A-A线剖视图表示处理炉202部分的图。

[0015] 图3是本公开的一方式中优选使用的基板处理装置的控制器121的概略结构图，是以框图表示控制器121的控制系统的图。

[0016] 图4是在本公开的一方式中优选使用的基板处理装置中的电极单元的概略结构图，是以立体图表示电极单元的图。

[0017] 图5是表示本公开的一方式中的处理序列的例子的图。

[0018] 图6是表示本公开的变形例1中的处理序列的例子的图。

[0019] 图7的(a)是表示将多张晶圆200的间隔设为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔的例子的图。

[0020] 图7的(b)是表示将多张晶圆200的间隔设为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔的2倍以上的例子的图。

[0021] 图7的(c)是表示将多张晶圆200的间隔设为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔的4倍以上的例子的图。

[0022] 图8是表示评价样品1的SiN膜的晶圆面内的湿蚀刻速率(WER)和膜厚的测定结果的图。

[0023] 图9是表示评价样品2的SiN膜的晶圆面内的WER和膜厚的测定结果的图。

[0024] 图10是表示评价样品3的SiN膜的晶圆面内的WER和膜厚的测定结果的图。

[0025] 图11是表示评价样品4的SiN膜的晶圆面内的WER和膜厚的测定结果的图。

具体实施方式

[0026] ＜本公开的一方式＞

[0027] 以下，主要参照图1～图5、图7的(a)～图7的(c)对本公开的一方式进行说明。此外，在以下的说明中使用的附图均是示意性的，附图所示的各要素的尺寸的关系、各要素的比率等未必与现实一致。另外，在多个附图的相互之间，各要素的尺寸的关系、各要素的比率等也未必一致。

[0028] (1)基板处理装置的结构

[0029] 如图1所示，处理炉202具有作为温度调节器(加热部)的加热器207。加热器207为圆筒形状，通过支承于保持板而垂直地安装。加热器207也作为利用热使气体活化(激发)的活化机构(热激发部)发挥功能。

[0030] 在加热器207的内侧，与加热器207呈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，形成为上端封闭且下端开口的圆筒形状。在反应管203的下方，与反应管203呈同心圆状地配设有集管209。集管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。集管209的上端部与反应管203的下端部卡合，以支承反应管203的方式构成。在集管209与反应管203之间设置有作为密封部件的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和集管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构成为能够收纳作为基板的晶圆200。在该处理室201内、即在该处理容器内对晶圆200进行处理。

[0031] 在处理室201内，以贯通集管209的侧壁的方式分别设置有作为第一～第三供给部的喷嘴249a～249c。也将喷嘴249a～249c分别称为第一～第三喷嘴。喷嘴249a～249c例如由石英或SiC等耐热性材料构成。在喷嘴249a～249c上分别连接有气体供给管232a～232c。

喷嘴249a～249c分别是不同的喷嘴，喷嘴249a、249c分别与喷嘴249b相邻地设置。

[0032] 在气体供给管232a～232c上，从气流的上游侧起依次分别设置有作为流量控制器(流量控制部)的质量流量控制器(MFC)241a～241c及作为开闭阀的阀243a～243c。在比气体供给管232a～232c的阀243a～243c靠下游侧的位置分别连接有气体供给管232d～232f。在气体供给管232d～232f上，从气流的上游侧起依次分别设置有MFC241d～241f及阀243d～243f。气体供给管232a～232f例如由SUS等金属材料构成。

[0033] 如图1、图2所示，在反应管203的内壁与晶圆200之间的俯视下为圆环状的空间中，以沿着反应管203的内壁的从下部到上部朝向晶圆200的排列方向上方立起的方式分别设置喷嘴249a～249c。即，喷嘴249a～249c以沿着晶圆排列区域的方式分别设置于排列有晶圆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。在俯视时，喷嘴249b以隔着搬入到处理室201内的晶圆200的中心与后述的排气口231a在一条直线上对置的方式配置。喷嘴249a、249c以沿着反应管203的内壁(晶圆200的外周部)从两侧夹住通过喷嘴249b和排气口231a的中心的直线L的方式配置。直线L也是通过喷嘴249b和晶圆200的中心的直线。即，也可以说喷嘴249c隔着直线L设置于与喷嘴249a相反的一侧。喷嘴249a、249c以直线L为对称轴而线对称地、即对称地配置。在喷嘴249a～249c的侧面分别设置有供给气体的气体供给孔250a～250c。气体供给孔250a～250c分别以在俯视时与排气口231a相对(面对)的方式开口，能够朝向晶圆200供给气体。从反应管203的下部到上部设置有多个气体供给孔250a～250c。

[0034] 从气体供给管232a经由MFC241a、阀243a、喷嘴249a向处理室201内供给原料(原料气体)。

[0035] 从气体供给管232b经由MFC241b、阀243b、喷嘴249b向处理室201内供给例如含氮(N)和氢(H)气体作为反应物(反应气体)。含N和H气体作为N源(氮源、氮化气体、氮化剂)发挥作用。

[0036] 从气体供给管232c经由MFC241c、阀243c、喷嘴249c向处理室201内供给例如含氧(O)气体作为反应物(反应气体)。含O气体作为O源(氧源、氧化气体、氧化剂)发挥作用。

[0037] 从气体供给管232d～232f分别经由MFC241d～241f、阀243d～243f、气体供给管232a～232c、喷嘴249a～249c向处理室201内供给惰性气体。惰性气体作为吹扫气体、载气、稀释气体等发挥作用。如后所述，也可以将惰性气体在处理室201内激发为等离子体状态而供给，在该情况下，也可以使惰性气体作为改性气体发挥作用。

[0038] 主要由气体供给管232a、MFC241a、阀243a构成原料气体供给系统。主要由气体供给管232b、MFC241b、阀243b构成含N和H气体供给系统(反应气体供给系统)。主要由气体供给管232c、MFC241c、阀243c构成含O气体供给系统(反应气体供给系统)。主要由气体供给管232d～232f、MFC241d～241f、阀243d～243f构成惰性气体供给系统。如上所述，在使惰性气体作为改性气体发挥作用的情况下，也可以将惰性气体供给系统称为改性气体供给系统。

[0039] 上述的各种气体供给系统中的任一者或全部的气体供给系统可以构成为集成有阀243a～243f、MFC241a～241f等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～232f连接，通过后述的控制器121来控制各种气体向气体供给管232a～232f内的供给动作、即阀243a～243f的开闭动作、利用MFC241a～241f进行的流量调节动作等。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，能够以集成

单元为单位相对于气体供给管232a～232f等进行装卸，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。

[0040] 在反应管203的侧壁下方设置有对处理室201内的气氛进行排气的排气口231a。如图2所示，排气口231a在俯视时设置于隔着晶圆200与喷嘴249a～249c(气体供给孔250a～250c)相对(面对)的位置。排气口231a也可以沿着反应管203的侧壁的从下部到上部、即沿着晶圆排列区域设置。在排气口231a连接有排气管231。排气管231例如由SUS等金属材料构成。在排气管231上，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及作为压力调节器(压力调节部)的APC(Auto Pressure Controller，自动压力控制器)阀244，连接有作为真空排气装置的真空泵246。APC阀244构成为，通过在使真空泵246工作的状态下开闭阀，能够进行处理室201内的真空排气及真空排气停止，而且，通过在使真空泵246工作的状态下基于由压力传感器245检测出的压力信息来调节阀开度，能够调节处理室201内的压力。也可以将APC阀244称为排气阀。主要由排气管231、APC阀244、压力传感器245构成排气系统。也可以将真空泵246包含在排气系统中。

[0041] 在集管209的下方设置有能够气密地封闭集管209的下端开口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的上表面设置有与集管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圆盒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而与晶圆盒217连接。旋转机构267构成为通过使晶圆盒217旋转来使晶圆200旋转。密封盖219构成为通过设置于反应管203的外部的作为升降机构的晶圆盒升降机115而在垂直方向上升降。晶圆盒升降机115构成为通过使密封盖219升降而将晶圆200向处理室201内外搬入及搬出(搬送)的搬送装置(搬送机构)。

[0042] 在集管209的下方设有在使密封盖219下降而将晶圆盒217从处理室201内搬出的状态下能够将集管209的下端开口气密地封闭的作为炉口盖体的闸门219s。闸门219s例如由SUS等金属材料构成，形成为圆盘状。在闸门219s的上表面设置有与集管209的下端抵接的作为密封部件的O型环220c。闸门219s的开闭动作(升降动作、转动动作等)由闸门开闭机构115s控制。

[0043] 作为支承基板的支承件的晶圆盒217构成为，将多张、例如25～200张晶圆200以水平姿势且以彼此中心对齐的状态沿垂直方向排列而多层地支承。即，晶圆盒217构成为使多张晶圆200以水平姿势且在垂直方向上隔开间隔地排列。晶圆盒217例如由石英、SiC等耐热性材料构成。在晶圆盒217的下部，多层地支承有例如由石英、SiC等耐热性材料构成的隔热板218。如图7的(a)～图7的(c)所示，晶圆盒217具有多根例如3～4根支柱217a和分别设置于支柱217a的多个支承部217b，构成为能够利用多个支承部217b分别支承多张晶圆200。

[0044] 在反应管203内设置有作为温度检测器的温度传感器263。基于由温度传感器263检测出的温度信息来调节向加热器207的通电情况，从而处理室201内的温度成为所希望的温度分布。沿着反应管203的内壁设置温度传感器263。

[0045] 在反应管203的外部、即处理容器(处理室201)的外部设置有等离子体生成用的电极300。通过对电极300施加电力，能够在反应管203的内部、即处理容器(处理室201)的内部使气体等离子体化而激发，即，能够使气体激发为等离子体状态。以下，也将使气体激发为等离子体状态简称为等离子体激发。电极300构成为通过施加电力即高频电力(RF电力)而

在反应管203内即处理容器(处理室201)内产生电容耦合等离子体(Capacitively Coupled Plasma,简称:CCP)。

[0046] 具体而言,如图2所示,在加热器207与反应管203之间配设有电极300和固定电极300的电极固定件301。在加热器207的内侧配设有电极固定件301,在电极固定件301的内侧配设有电极300,在电极300的内侧配设有反应管203。

[0047] 另外,如图1、图2所示,电极300和电极固定件301分别设置成在加热器207的内壁与反应管203的外壁之间的俯视时呈圆环状的空间内,沿着反应管203的外壁的从下部至上部在晶圆200的排列方向上延伸。电极300被设置成与喷嘴249a～249c平行。电极300和电极固定件301以在俯视时与反应管203和加热器207呈同心圆弧状、且与反应管203和加热器207不接触的方式排列、配置。电极固定件301由绝缘性物质(绝缘体)构成,以覆盖电极300及反应管203的至少一部分的方式设置,因此也能够将电极固定件301称为罩(绝缘罩、绝缘壁、绝缘板)或截面圆弧罩(截面圆弧体、截面圆弧壁)。

[0048] 如图2所示,设置有多个电极300,这些多个电极300固定地设置于电极固定件301的内壁。更具体而言,如图4所示,在电极固定件301的内壁面设置有能够钩挂电极300的突起部(钩部)301a,在电极300设置有能够供突起部301a插通的贯通孔即开口部300c。经由开口部300c将电极300钩挂于设置在电极固定件301的内壁面的突起部301a,从而能够将电极300固定于电极固定件301。另外,在图4中示出了在1个电极300上设置2个开口部300c,通过将1个电极300钩挂在2个突起部301a上而进行固定的例子,即,在2个部位固定1个电极300的例子。此外,在图2中示出了将9个电极300固定于1个电极固定件301的例子,在图4中示出了将12个电极300固定于1个电极固定件301的例子。

[0049] 电极300由镍(Ni)等耐氧化材料构成。电极300也可以由SUS、铝(Al)、铜(Cu)等金属材料构成,但通过由Ni等耐氧化材料构成,能够抑制电导率的劣化,能够抑制等离子体生成效率的降低。而且,也可以由添加了Al的Ni合金材料构成电极300,在该情况下,也可以在电极300的最表面形成作为耐热性和耐腐蚀性高的氧化被膜的铝氧化膜(AlO膜)。形成于电极300的最表面的AlO膜作为保护膜(阻止膜、阻挡膜)发挥作用,能够抑制电极300的内部的劣化的发展。由此,能够进一步抑制由电极300的电导率的降低引起的等离子体生成效率的降低。电极固定件301由绝缘性物质(绝缘体)、例如石英或SiC等耐热性材料构成。电极固定件301的材质优选与反应管203的材质相同。

[0050] 如图2所示,电极300包括第一电极300a和第二电极300b。第一电极300a经由调节器305与高频电源(RF电源)320连接。第二电极300b接地,成为基准电位(0V)。将第一电极300a也称为热电极或HOT电极,将第二电极300b也称为地电极或GND电极。第一电极300a和第二电极300b分别构成为正面观察时呈矩形形状的板状部件。第一电极300a至少设置1个,第二电极300b至少设置1个。在图1、图2、图4中示出了第一电极300a和第二电极300b分别设置有多个的例子。此外,在图2中示出了在1个电极固定件301设置有6个第一电极300a和3个第二电极300b的例子,在图4中示出了在1个电极固定件301设置有8个第一电极300a和4个第二电极300b的例子。经由调节器305从RF电源320向第一电极300a与第二电极300b之间施加RF电力,在第一电极300a与第二电极300b之间的区域生成等离子体。也将该区域称为等离子体生成区域。

[0051] 另外,第一电极300a的表面积优选设为第二电极300b的表面积的2倍以上且3倍以

下。在第一电极300a的表面积小于第二电极300b的表面积的2倍的情况下，有时电位分布的扩展变窄，等离子体生成效率降低。在第一电极300a的表面积超过第二电极300b的表面积的3倍的情况下，有时电位分布扩展至晶圆200的边缘部分，有时晶圆200成为障碍，等离子体的生成效率饱和。另外，在该情况下，有时在晶圆200的边缘部也产生放电，对晶圆200产生等离子体损伤。通过使第一电极300a的表面积为第二电极300b的表面积的2倍以上且3倍以下，能够提高等离子体生成效率，抑制对晶圆200的等离子体损伤。此外，如图2所示，电极300(第一电极300a、第二电极300b)在俯视时配置成圆弧状，另外，等间隔地、即以相邻的电极300(第一电极300a、第二电极300b)间的距离(间隙)相等的方式配置。另外，如上所述，电极300(第一电极300a、第二电极300b)被设置成与喷嘴249a～249c平行。

[0052] 在此，也可以将电极固定件301和电极300(第一电极300a、第二电极300b)称为电极单元。如图2所示，电极单元优选配置于避开喷嘴249a～249c、温度传感器263、排气口231a及排气管231的位置。在图2中示出了2个电极单元以避开喷嘴249a～249c、温度传感器263、排气口231a以及排气管231而隔着晶圆200(反应管203)的中心对置(面对)的方式配置的例子。此外，在图2中示出了2个电极单元在俯视时以直线L为对称轴而线对称、即对称地配置的例子。通过这样配置电极单元，能够将喷嘴249a～249c、温度传感器263、排气口231a以及排气管231配置在处理室201内的等离子体生成区域外，能够抑制对这些部件的等离子体损伤、这些部件的消耗、破损、来自这些部件的微粒的产生。

[0053] 主要由电极300、即第一电极300a和第二电极300b构成使气体激发(活化)为等离子体状态的等离子体激发部(活化机构)。也可以将电极固定件301、调节器305、RF电源320包含于等离子体激发部。

[0054] 如图3所示，作为控制部(控制单元)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构成为能够经由内部总线121e与CPU121a进行数据交换。控制器121与例如构成为触摸面板等的输入输出装置122连接。另外，能够在控制器121上连接外部存储装置123。

[0055] 存储装置121c例如由闪存、HDD(Hard Disk Drive:硬盘驱动器)、SSD(Solid State Drive:固态硬盘)等构成。在存储装置121c内以能够读取的方式存储有控制基板处理装置的动作的控制程序、记载有后述的处理的步骤、条件等的工艺制程等。工艺制程是以能够利用控制器121使基板处理装置执行后述的处理中的各步骤而获得预定的结果的方式组合而成的，作为程序发挥功能。以下，也将工艺制程、控制程序等统一简称为程序。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的情况下，有时仅单独包含制程，有时仅单独包含控制程序，或者有时包含这两者。RAM121b构成为暂时保持由CPU121a读出的程序、数据等的存储区域(工作区域)。

[0056] I/O端口121d与上述MFC241a～241f、阀243a～243f、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、晶圆盒升降机115、闸门开闭机构115s、RF电源320、调节器305等连接。

[0057] CPU121a构成为能够从存储装置121c读出控制程序并执行，并且根据来自输入输出装置122的操作命令的输入等从存储装置121c读出制程。CPU121a构成为能够按照所读出的制程的内容，控制MFC241a～241f对各种气体的流量调节动作、阀243a～243f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的压力调节动作、真空泵246的启动及停止、基于温度传感器263的加热器207的温度调节动作、旋转机构267对晶圆盒217的旋转及旋转速度调节动作、晶圆盒升降机115对晶圆盒217的升降动作、闸门开闭机构115s对闸门219s的开闭动作、调节器305的阻抗调节动作、向RF电源320的电力供给等。

[0058] 控制器121能够通过将存储于外部存储装置123的上述程序安装于计算机而构成。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、外部存储装置123构成为计算机可读取的记录介质。以下，也将它们统一简称为记录介质。在本说明书中使用记录介质这样的用语的情况下，有时仅单独包含存储装置121c，有时仅单独包含外部存储装置123，或者有时包含这两者。另外，向计算机提供程序也可以不使用外部存储装置123，而使用因特网或专用线路等通信单元来进行。

[0059] (2)基板处理工序

[0060] 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，对在作为基板的晶圆200上形成作为绝缘膜的氮化膜来作为薄膜的处理序列、即成膜序列的例子进行说明。在以下的说明中，构成基板处理装置的各部的动作由控制器121控制。

[0061] 图5所示的本方式中的处理序列具有如下的工序：

[0062] 通过将包含：

[0063] (a)对处理容器内的晶圆200供给原料气体的工序；

[0064] (b)将含N和H气体激发为等离子体状态而供给至处理容器内的晶圆200的工序；以及

[0065] (c)将惰性气体激发为等离子体状态而供给至处理容器内的晶圆200的工序的循环、具体而言非同时进行这些的循环进行预定次数(n次，n为1以上的整数)，从而在晶圆200上形成膜的工序，

[0066] 使(c)中的处理容器内的压力低于(b)中的处理容器内的压力。

[0067] 在本说明书中，为了方便起见，有时将这样的处理序列(气体供给序列)如下表示。在以下的其他方式、变形例等的说明中也使用同样的标记。

[0068] (原料气体→等离子体激发含N和H气体→等离子体激发惰性气体)×n

[0069] 此外，在图5中示出了使(c)中的处理容器内的压力比(a)中的处理容器内的压力低的例子。而且，在图5中示出了使(c)中的处理容器内的压力比(b)中的处理容器内的压力低、使(b)中的处理容器内的压力比(a)中的处理容器内的压力低的例子。

[0070] 另外，在图5中示出了在(c)中使惰性气体激发为等离子体状态而供给的时间比在(b)中使含N和H气体激发为等离子体状态而供给的时间长的例子，另外，示出了在(c)中使惰性气体激发为等离子体状态而供给的时间比在(a)中供给原料气体的时间长的例子。更具体而言，在图5中示出了在(c)中使惰性气体激发为等离子体状态而供给的时间比在(b)中使含N和H气体激发为等离子体状态而供给的时间长、在(b)中使含N和H气体激发为等离子体状态而供给的时间比在(a)中供给原料气体的时间长的例子。

[0071] 另外，在图5所示的处理序列中，示出了将依次进行(a)、(b)、(c)的循环重复多次(n次)的例子。在该情况下，n为2以上的整数。在图5中，进一步示出了在进行(a)之后、进行(b)之前，在非等离子体的气氛下用惰性气体对处理容器内进行吹扫的例子。此外，也可以在进行(b)之后、进行(c)之前，在非等离子体的气氛下，利用惰性气体对处理容器内进行吹

扫。另外，在进行多次循环的情况下，也可以在进行(c)之后、进行(a)之前，在非等离子体的气氛下，利用惰性气体对处理容器内进行吹扫。由此，能够抑制处理容器内的各气体在等离子体状态下的混合、由此引起的不希望的反应、微粒的产生等。这些处理序列可以如以下那样表示。此外，以下用P表示在非等离子体的气氛下进行的吹扫。

[0072] (原料气体→P→等离子体激发含N和H气体→等离子体激发惰性气体)×n

[0073] (原料气体→P→等离子体激发含N和H气体→P→等离子体激发惰性气体)×n

[0074] (原料气体→P→等离子体激发含N和H气体→等离子体激发惰性气体→P)×n

[0075] (原料气体→P→等离子体激发含N和H气体→P→等离子体激发惰性气体→P)×n

[0076] 此外，在(b)中，优选通过对设置于处理容器的外部的电极300施加电力，在处理容器的内部将含N和H气体激发为等离子体状态。另外，在(c)中，优选通过对设置于处理容器的外部的电极300施加电力，在处理容器的内部将惰性气体激发为等离子体状态。

[0077] 另外，(a)中，优选从晶圆200的侧方对晶圆200供给原料气体。另外，(b)中，优选从晶圆200的侧方将含N和H气体激发为等离子体状态而供给至晶圆200。另外，(c)中，优选从晶圆200的侧方将惰性气体激发为等离子体状态而供给至晶圆200。

[0078] 另外，以下，对作为膜而形成氮化膜的例子进行说明。在此，氮化膜除了氮化硅膜(SiN膜)之外，还包括含有碳(C)、氧(O)、硼(B)等的氮化膜。即，氮化膜包括氮化硅膜(SiN膜)、碳氮化硅膜(SiCN膜)、氮氧化硅膜(SiON膜)、碳氮氧化硅膜(SiOCN膜)、硼碳氮化硅膜(SiBCN膜)、硼氮化硅膜(SiBN膜)、硅硼氧碳氮化物膜(SiBOCN膜)、硅硼氧氮化物膜(SiBON膜)等。以下，对作为氮化膜形成SiN膜的例子进行说明。

[0079] 本说明书中使用的“晶圆”这样的用语有时是指晶圆本身，有时是指晶圆与形成于其表面的预定的层、膜的层叠体。本说明书中使用的“晶圆的表面”这样的用语有时是指晶圆本身的表面，有时是指在晶圆上形成的预定的层等的表面。在本说明书中，在记载为“在晶圆上形成预定的层”的情况下，有时意味着在晶圆本身的表面直接形成预定的层，有时意味着在形成于晶圆上的层等上形成预定的层。本说明书中使用“基板”这一用语的情况也与使用“晶圆”这一用语的情况同义。

[0080] (晶圆装载)

[0081] 将多张晶圆200装填(晶圆装载)于晶圆盒217。之后，利用闸门开闭机构115s使闸门219s移动，使集管209的下端开口开放(闸门打开)。晶圆200包含产品晶圆、虚设晶圆。

[0082] (晶圆盒搭载)

[0083] 之后，如图1所示，支承有多张晶圆200的晶圆盒217被晶圆盒升降机115抬起而向处理室201内搬入(晶圆盒搭载)。在该状态下，密封盖219成为经由O型环220b将集管209的下端密封的状态。

[0084] (压力调节以及温度调节)在晶圆盒搭载结束后，利用真空泵246进行真空排气(减压排气)，以使处理室201内、即存在晶圆200的空间成为所期望的压力(真空度)。此时，处理室201内的压力由压力传感器245测定，基于该测定的压力信息对APC阀244进行反馈控制(压力调节)。另外，通过加热器207进行加热，以使处理室201内的晶圆200成为所期望的处理温度。此时，基于温度传感器263检测出的温度信息对向加热器207的通电情况进行反馈控制(温度调节)，以使处理室201内成为所期望的温度分布。另外，开始利用旋转机构267进行的晶圆200的旋转。处理室201内的排气、晶圆200的加热和旋转均至少在对晶圆200的处

理结束之前的期间持续进行。

[0085] (成膜处理)

[0086] 然后,依次执行以下步骤1、2、3。

[0087] [步骤1]

[0088] 在步骤1中,对处理室201内的晶圆200供给原料气体。

[0089] 具体而言,打开阀243a,使原料气体向气体供给管232a内流动。原料气体通过MFC241a进行流量调节,经由喷嘴249a向处理室201内供给,从排气口231a排出。此时,从晶圆200的侧方对晶圆200供给原料气体(原料气体供给)。此时,也可以打开阀243d～243f,分别经由喷嘴249a～249c向处理室201内供给惰性气体。

[0090] 作为本步骤中的处理条件,示例了如下条件:

[0091] 处理温度:250～550℃、优选400～500℃

[0092] 处理压力:100～4000Pa、优选100～1000Pa

[0093] 原料气体供给流量:0.1～3slm

[0094] 原料气体供给时间:1～100秒,优选1～30秒

[0095] 惰性气体供给流量(每个气体供给管):0～10slm。

[0096] 此外,本说明书中的“250～550℃”这样的数值范围的表述是指下限值和上限值包含在该范围内。因此,例如,“250～550℃”是指“250℃以上且550℃以下”。对于其他数值范围也是同样如此。另外,本说明书中的处理温度是指晶圆200的温度或处理室201内的温度,处理压力是指处理室201内的压力。另外,气体供给流量:0slm是指不供给该气体的情况。这些在以下的说明中也是同样如此。

[0097] 通过在上述的处理条件下对晶圆200供给例如氯硅烷系气体作为原料气体,在作为基底的晶圆200的最表面上形成包含Cl的含Si层。通过向晶圆200的最表面的氯硅烷系气体的分子的物理吸附、化学吸附、氯硅烷系气体的一部分分解而成的物质的分子的物理吸附、化学吸附、基于氯硅烷系气体的热分解的Si的堆积等而形成包含Cl的含Si层。包含Cl的含Si层可以是氯硅烷系气体的分子、氯硅烷系气体的一部分分解而成的物质的分子的吸附层(物理吸附层、化学吸附层),也可以是包含Cl的Si的堆积层。在本说明书中,也将包含Cl的含Si层简称为含Si层。此外,在上述的处理条件下,氯硅烷系气体的分子、氯硅烷系气体的一部分分解而成的物质的分子向晶圆200的最表面上的物理吸附、化学吸附支配性地(优先地)产生,由氯硅烷系气体的热分解引起的Si的堆积稍微产生或者几乎不产生。即,在上述的处理条件下,含Si层压倒性地包含较多的氯硅烷系气体的分子、氯硅烷系气体的一部分分解而成的物质的分子的吸附层(物理吸附层、化学吸附层),稍微包含或几乎不包含含Cl的Si的堆积层。

[0098] 在形成含Si层后,关闭阀243a,停止向处理室201内供给原料气体。然后,对处理室201内进行真空排气,将残留在处理室201内的气体等从处理室201内排除(吹扫)。此时,打开阀243d～243f,向处理室201内供给惰性气体。惰性气体作为吹扫气体发挥作用。处理室201内在非等离子体的气氛下被吹扫。由此,能够抑制残留在处理室201内的原料气体与在步骤2中向处理室201内供给的含N和H气体的混合、由此引起的不希望的反应(例如,气相反应、等离子体气相反应)、微粒的产生等。

[0099] 作为吹扫中的处理条件,示例了如下条件:

[0100] 处理温度:250～550℃,优选400～500℃

[0101] 处理压力:1～20Pa

[0102] 惰性气体供给流量(每个气体供给管):0.05～20slm

[0103] 惰性气体供给时间:1～600秒、优选1～40秒。

[0104] 作为原料气体,例如可以使用包含作为构成在晶圆200上形成的膜的主元素的硅(Si)的硅烷系气体。作为硅烷系气体,例如可以使用含有Si和卤素的气体、即卤代硅烷系气体。卤素包括氯(Cl)、氟(F)、溴(Br)、碘(I)等。作为卤代硅烷系气体,例如可以使用含有Si和Cl的上述氯硅烷系气体。

[0105] 作为原料气体,例如可以使用单氯硅烷(SiH_3Cl,简称:MCS)气体、二氯硅烷(SiH_2Cl_2,简称:DCS)气体、三氯硅烷($SiHCl_3$,简称:TCS)气体、四氯硅烷($SiCl_4$,简称:4CS)气体、六氯乙硅烷气体(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,可以使用它们中的1种以上。

[0106] 作为原料气体,除了氯硅烷系气体以外,还可以使用例如四氟硅烷(SiF_4)气体、二氟硅烷(SiH_2F_2)气体等氟硅烷系气体、四溴硅烷($SiBr_4$)气体、二溴硅烷(SiH_2Br_2)气体等溴硅烷系气体、四碘硅烷(SiI_4)气体、二碘硅烷(SiH_2I_2)气体等碘硅烷系气体。作为原料气体,可以使用它们中的1种以上。

[0107] 作为原料气体,除此之外,例如也可以使用含有Si和氨基的气体、即氨基硅烷系气体。氨基是指从氨、伯胺或仲胺中去除氢(H)后的1价官能团,可以表示为$-NH_2$、-NHR、$-NR_2$。此外,R表示烷基,$-NR_2$的2个R可以相同,也可以不同。

[0108] 作为原料气体,例如,也可以使用四(二甲基氨基)硅烷($Si[N(CH_3)_2]_4$,简称:4DMAS)气体、三(二甲基氨基)硅烷($Si[N(CH_3)_2]_3H$,简称:3DMAS)气体、双(二乙基氨基)硅烷($Si[N(C_2H_5)_2]_2H_2$,简称:BDEAS)气体、双(叔丁基氨基)硅烷($SiH_2[NH(C_4H_9)]_2$,简称:BTBAS)气体、(二异丙基氨基)硅烷($SiH_3[N(C_3H_7)_2$,简称:DIPAS)气体等氨基硅烷系气体。作为原料气体,可以使用它们中的1种以上。

[0109] 作为惰性气体,例如可以使用氮(N_2)气、氩(Ar)气、氦(He)气、氖(Ne)气、氙(Xe)气、氪(Kr)气、氡(Rn)气等稀有气体。作为惰性气体,可以使用它们中的1种以上。这一点在后述的各步骤中也是同样如此。

[0110] [步骤2]

[0111] 步骤1结束后,将含N和H气体激发为等离子体状态而供给至处理室201内的晶圆200、即形成于晶圆200上的含Si层。

[0112] 具体而言,打开阀243b,向气体供给管232b内流入含N和H气体。含N和H气体通过MFC241b进行流量调节,经由喷嘴249b向处理室201内供给,从排气口231a排出。此时,从晶圆200的侧方对晶圆200供给含N和H气体(含N和H气体供给)。此时,也可以打开阀243d～243f,分别经由喷嘴249a～249c向处理室201内供给惰性气体。

[0113] 此时,通过在第一电极300a与第二电极300b之间施加RF电力,在第一电极300a与第二电极300b之间的区域生成等离子体。由此,含N和H气体被激发为等离子体状态,生成NH_x^*(x为1～3的整数)等活性种,并向晶圆200供给(等离子体激发含N和H气体供给)。此时,向晶圆200供给含有NH^*、NH_2^*、NH_3^*等活性种的含N和H气体。此外,*是指自由基。在以下的说明中也是同样如此。

[0114] 此外，也可以在使含N和H气体激发为等离子体状态而对晶圆200进行供给之前，设置不使含N和H气体激发为等离子体状态而进行供给的期间。即，也可以在对晶圆200供给等离子体激发含N和H气体之前，供给非等离子体激发含N和H气体，即，将非等离子体激发含N和H气体进行预供给(非等离子体激发含N和H气体预供给)。在该情况下，首先，在不激发成等离子体状态的情况下供给含N和H气体，在经过预定期间后，在继续供给含N和H气体的状态下，在第一电极300a与第二电极300b之间施加RF电力即可。由此，能够生成更稳定的等离子体、活性种。

[0115] 作为本步骤中的处理条件，示例了如下条件：

[0116] 处理温度：250～550℃、优选400～500℃

[0117] 处理压力：2～100Pa、优选20～70Pa

[0118] 含N和H气体供给流量：0.1～10slm

[0119] 含N和H气体供给时间：10～600秒、优选1～50秒

[0120] 惰性气体供给流量(每个气体供给管)：0～10slm

[0121] RF功率：100～1000W

[0122] RF频率：13.56MHz或27MHz。

[0123] 在上述的处理条件下将含N和H气体激发为等离子体状态并供给至晶圆200，由此形成于晶圆200上的含Si层的至少一部分被氮化(改性)。作为结果，在作为基底的晶圆200的最表面上，作为含Si和N的层，形成氮化硅层(SiN层)。在形成SiN层时，含Si层中所含的Cl等杂质在利用NH_x^*等活性种进行的含Si层的改性反应的过程中，构成至少包含Cl的气体状物质，并从处理室201内排出。由此，SiN层与在步骤1中形成的含Si层相比，成为Cl等杂质少的层。

[0124] 在形成SiN层之后，关闭阀243b，停止向处理室201内供给含N和H气体。之后，进行步骤3，但在此之前，也可以在非等离子体的气氛下对处理室201内进行吹扫。在该情况下，通过与步骤1中的吹扫同样的处理步骤，能够将残留在处理室201内的气体等从处理室201内排除(吹扫)。由此，能够抑制残留在处理室201内的等离子体激发含N和H气体与在步骤3中向处理室201内供给的等离子体激发惰性气体的混合、由此引起的不希望的反应(例如等离子体气相反应)、微粒的产生等。

[0125] 含N和H气体作为氮化剂(氮源、氮化气体)发挥作用。含N和H气体既是含N气体，也是含H气体。含N和H气体优选具有N-H键。

[0126] 作为含N和H气体，例如可以使用氨(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。作为含N和H气体，可以使用它们中的1种以上。

[0127] 作为含N和H气体，除此之外，还可以使用例如含氮(N)、碳(C)和氢(H)的气体。作为含N、C和H气体，例如可以使用胺系气体、有机肼系气体。含N、C和H气体既是含N气体，也是含C气体，也是含H气体，也是含N和C气体。

[0128] 作为含N和H气体，例如可列举出单乙胺($C_2H_5NH_2$，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、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、一甲基肼($(CH_3)HN_2H_2$，简称：MMH)气体、二甲基肼($(CH_3)_2N_2H_2$，简称：DMH)气体、三甲基肼($(CH_3)_2N_2(CH_3))H$、简称：TMH)气体等有机肼系气体等。作为含N和H气体，可以使用它们中的

1种以上。

[0129] [步骤3]

[0130] 步骤2结束后,将惰性气体激发为等离子体状态而供给至处理室201内的晶圆200、即形成于晶圆200上的SiN层。

[0131] 具体而言,打开阀243d～243f,分别向气体供给管232d～232f内流入惰性气体。惰性气体通过MFC241d～241f分别进行流量调节,分别经由喷嘴249a～249c向处理室201内供给,从排气口231a排气。此时,从晶圆200的侧方对晶圆200供给惰性气体(惰性气体供给)。

[0132] 此时,通过在第一电极300a与第二电极300b之间施加RF电力,在第一电极300a与第二电极300b之间的区域生成等离子体。由此,惰性气体被激发为等离子体状态,生成活性种,对晶圆200供给(等离子体激发惰性气体供给)。此时,向晶圆200供给含有活性种的惰性气体。

[0133] 作为惰性气体,使用例如N_2气体的情况下,N_2气体被激发成等离子体状态,生成N_x^*(x为1～2的整数)等活性种,并对晶圆200供给(等离子体激发N_2气体供给)。在该情况下,向晶圆200供给含有N^*、N_2^*等活性种的N_2气体。

[0134] 作为惰性气体,例如使用Ar气体的情况下,Ar气体被激发成等离子体状态,生成Ar^*等活性种,对晶圆200供给(等离子体激发Ar气体供给)。此时,向晶圆200供给含有Ar^*等活性种的Ar气体。

[0135] 作为惰性气体,使用例如He气体的情况下,He气体被激发为等离子体状态,生成He^*等活性种,并向晶圆200供给(等离子体激发He气体供给)。此时,向晶圆200供给含有He^*等活性种的He气体。

[0136] 作为惰性气体,也可以使它们在处理室201内混合而作为混合气体使用。例如,作为惰性气体,可以使用N_2气体和Ar气体的混合气体,也可以使用N_2气体和He气体的混合气体,还可以使用N_2气体、Ar气体和He气体的混合气体。

[0137] 此外,也可以在使惰性气体激发为等离子体状态而对晶圆200进行供给之前,设置不使惰性气体激发为等离子体状态而进行供给的期间。即,也可以在对晶圆200供给等离子体激发惰性气体之前,供给非等离子体激发惰性气体,即,将非等离子体激发惰性气体预供给(非等离子体激发惰性气体预供给)。在该情况下,首先,在不激发为等离子体状态的情况下供给惰性气体,在经过预定期间后,在继续惰性气体的供给的状态下,在第一电极300a与第二电极300b之间施加RF电力即可。由此,能够生成更稳定的等离子体、活性种。

[0138] 作为本步骤中的处理条件,示例了如下条件:

[0139] 处理温度:250～550℃、优选400～500℃

[0140] 处理压力:2～6Pa、优选2.66～5.32Pa、更优选3～4Pa

[0141] 惰性气体供给流量(每个气体供给管):0.01～2slm

[0142] 惰性气体供给时间:1～600秒、优选10～60秒

[0143] RF功率:100～1000W

[0144] RF频率:13.56MHz或27MHz。

[0145] 在上述的处理条件下将惰性气体激发为等离子体状态而供给至晶圆200,由此形成于晶圆200上的SiN层被改性。此时,残留于SiN层的Cl等杂质在利用活性种进行的SiN层的改性反应的过程中构成至少包含Cl等的气体状物质,并从处理室201内排出。由此,在本

步骤中改性后的SiN层与在步骤2中形成的SiN层相比，成为Cl等杂质少的层。另外，通过该改性，SiN层被致密化，在本步骤中改性后的SiN层与在步骤2中形成的SiN层相比，成为密度高的层。

[0146] 此外，通过步骤2中的利用NH_x^*等活性种的改性反应，步骤2中形成的SiN层中的Cl等杂质的含量比步骤1中形成的含Si层中的Cl等杂质的含量低。然而，在步骤2中形成的SiN层中，有时无法利用NH_x^*等活性种完全去除，而残留有例如数原子％程度的Cl等杂质。在本步骤中，可以通过与NH_x*等活性种不同的活性种，例如N*、N_2*、Ar*、He*等活性种，去除未被NH_x*等活性种完全去除而残留在SiN层中的Cl等杂质。

[0147] 此时，优选使本步骤、即步骤3中的处理室201内的压力低于步骤2中的处理室201内的压力。而且，优选使步骤3中的处理室201内的压力低于步骤2中的处理室201内的压力，使步骤2中的处理室201内的压力低于步骤1中的处理室201内的压力。这样，通过调节各步骤间的压力平衡，能够使在步骤2中产生的NH_x^*等活性种的寿命最佳化，另外，能够使在步骤3中产生的N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命最佳化。特别是，能够使在步骤3中产生的N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命长期化。此外，为了如上述那样调节各步骤间的压力平衡，优选使在步骤3中供给的惰性气体的供给流量比在步骤2中供给的含N和H气体的供给流量少。即，通过控制在各步骤中供给的各气体的供给流量的平衡，也能够调节各步骤间的压力平衡，使在各步骤中产生的各活性种的寿命分别最佳化。

[0148] 另外，在本步骤中，期望使处理室201内的压力低压化为2Pa以上且6Pa以下，优选为2.66Pa以上且5.32Pa以下，更优选为3Pa以上且4Pa以下。在该情况下，优选使本步骤中的处理压力比步骤1、2中的处理压力低压化。此外，通过使本步骤中供给的惰性气体的流量低于吹扫中供给的惰性气体的流量，进而通过使其低于步骤2中供给的含N和H气体的流量，能够促进这样的处理压力的低压化。图5表示通过使在本步骤中供给的惰性气体的流量低于在吹扫中供给的惰性气体的流量、进而低于在步骤2中供给的含N和H气体的流量，来促进处理压力的低压化的例子。

[0149] 在本步骤中，若将处理室201内的压力设为小于2Pa，则在使惰性气体激发为等离子体状态时，与活性种一起产生的N_2^+、Ar^+、He^+等离子的产生量急剧增加，有时过量地产生对晶圆200的离子侵蚀。由此，有时最终形成的SiN膜的湿蚀刻速率(以下，称为WER)变高，最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性降低。认为这是因为SiN层的表面层被离子侵蚀，由此SiN层的表面层的密度、进而最终形成的SiN膜的膜密度降低。

[0150] 此外，该离子侵蚀特别是有时在晶圆200的外周部过剩地产生，最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的外周部变高，最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的外周部存在降低的倾向。即，由于该离子侵蚀，最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性有时会恶化。另外，由于该离子侵蚀，有时晶圆200的外周部的SiN膜的膜结构被破坏，该部分变化为稀疏的膜，由此，存在最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的外周部变厚的倾向。即，由于该离子侵蚀，有时最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性恶化。

[0151] 与此相对，在本步骤中，将处理室201内的压力设为2Pa以上，使惰性气体激发为等离子体状态时，能够减少与活性种一起产生的N_2^+、Ar^+、He^+等离子的产生量，能够抑制对晶圆200的离子侵蚀的产生。由此，能够避免最终形成的SiN膜的WER变高，能够避免最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性降低。这是因为，虽然产生离子，但通过抑制对SiN层的表面层的离子

侵蚀，能够抑制SiN层的表面层的密度的降低，由此，能够抑制最终形成的SiN膜的膜密度的降低。

[0152] 而且，通过该离子侵蚀的抑制，最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的外周部变高，也能够消除最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的外周部降低的倾向。即，通过抑制该离子侵蚀，能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性的恶化。另外，通过抑制该离子侵蚀，也能够消除最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的外周部变厚的倾向。即，通过抑制该离子侵蚀，也能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性的恶化。

[0153] 此外，在本步骤中，通过将处理室201内的压力设为2.66Pa以上，能够进一步提高离子侵蚀抑制效果，能够更充分地得到上述效果。另外，在本步骤中，通过将处理室201内的压力设为3Pa以上，能够进一步提高离子侵蚀抑制效果，能够进一步充分地得到上述效果。

[0154] 在本步骤中，若将处理室201内的压力设为超过6Pa的压力，则使惰性气体激发为等离子体状态时产生的N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命变短，有时活性种难以到达晶圆200的中央部。即，有时在使惰性气体激发为等离子体状态时产生的N_x^*、Ar^*、He^*等活性种在到达晶圆200的中央部之前失活的比例变高。由此，最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的中央部变高，结果，最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性有时在晶圆200的中央部降低。即，最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性有时会恶化。另外，N_x^*、Ar^*、He^*等活性种在到达晶圆中央部之前失活的比例变高，由此晶圆中央部的膜的致密化的效果变得不充分，有时最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的中央部变厚。即，有时最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性恶化。这是因为，活性种容易到达的晶圆200的外周部的SiN层的改性效果充分，与此相对，活性种难以到达的晶圆200的中央部的SiN层的改性效果变得不充分，从而在晶圆200的外周部和中央部，SiN层的改性效果产生差异。

[0155] 与此相对，在本步骤中，通过将处理室201内的压力设为6Pa以下，能够使在使惰性气体激发为等离子体状态时产生的N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命长期化，能够使N_x^*、Ar^*、He^*等活性种充分地到达晶圆200的中央部。由此，能够避免最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的中央部变高，能够避免最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的中央部降低。即，能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性的恶化。另外，能够使N_x^*、Ar^*、He^*等活性种充分地到达晶圆200的中央部，由此能够避免最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的中央部变厚。即，能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性的恶化。这是因为，不仅能够充分地得到晶圆200的外周部的SiN层的改性效果，还能够充分地得到晶圆200的中央部的SiN层的改性效果。另外，认为不仅能够充分地得到晶圆200的外周部的SiN层的致密化的效果，还能够充分地得到晶圆200的中央部的SiN层的致密化的效果。

[0156] 另外，在本步骤中，通过将处理室201内的压力设为5.32Pa以下，能够进一步提高N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命提高效果，能够更充分地得到上述效果。另外，在本步骤中，通过将处理室201内的压力设为4Pa以下，能够进一步提高N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命提高效果，能够进一步充分地得到上述效果。

[0157] 根据以上内容，在本步骤中，期望将处理室201内的压力设为2Pa以上且6Pa以下，优选设为2.66Pa以上且5.32Pa以下，更优选设为3Pa以上且4Pa以下。

[0158] 另外，优选在本步骤(步骤3)中使惰性气体激发为等离子体状态而供给的时间比

在步骤2中使含N和H气体激发为等离子体状态而供给的时间长。另外，优选在本步骤(步骤3)中使惰性气体激发为等离子体状态而供给的时间比在步骤1中供给原料气体的时间长。而且，优选在本步骤(步骤3)中使惰性气体激发为等离子体状态而供给的时间比在步骤2中使含N和H气体激发为等离子体状态而供给的时间长，在步骤2中使含N和H气体激发为等离子体状态而供给的时间比在步骤1中供给原料气体的时间长。在各步骤之间，通过调节这样的气体、活性种对晶圆200的暴露时间(以下，也称为活性种的暴露时间、气体等的暴露时间)的平衡，能够使在步骤2中由NH_x^*等活性种产生的改性反应最优化，另外，能够使在步骤3中由N_x^*、Ar^*、He^*等活性种产生的改性反应最优化。特别是，能够使步骤3中的基于N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的改性反应最优化。

[0159] SiN层的改性处理结束后，停止对电极300施加RF电力，停止向晶圆200供给等离子体激发惰性气体。在重复多次上述循环的情况下，在步骤3结束后，再次进行步骤1，但也可以在这之前，在非等离子体的气氛下对处理室201内进行吹扫。在该情况下，通过与步骤1中的吹扫同样的处理步骤，能够将残留在处理室201内的气体等从处理室201内排除(吹扫)。由此，能够抑制残留在处理室201内的等离子体激发惰性气体与在步骤1中向处理室201内供给的原料气体的混合、由此引起的不希望的反应(例如，气相反应、等离子体气相反应)、微粒的产生等。

[0160] 作为惰性气体，例如可以使用氮(N_2)气、氩(Ar)气、氦(He)气、氖(Ne)气、氙(Xe)气、氪(Kr)气、氡(Rn)气等稀有气体。作为惰性气体，可以使用它们中的1种以上。

[0161] [将循环实施预定次数]

[0162] 通过将非同时地、即不同步地进行上述的步骤1、2、3的循环进行预定次数(n次，n为1以上的整数)，能够以晶圆200的表面为基底，在该基底上形成例如预定厚度的氮化硅膜(SiN膜)作为预定厚度的膜。上述循环优选重复多次。即，优选使每1个循环形成的SiN层的厚度比所期望的膜厚薄，反复进行多次上述的循环，直到通过层叠SiN层而形成的SiN膜的厚度成为所期望的厚度为止。此外，在使用含N、C和H气体作为反应气体的情况下，在步骤2中，例如也可以形成碳氮化硅层(SiCN层)，通过进行预定次数的上述循环，也可以在晶圆200的表面上形成例如碳氮化硅膜(SiCN膜)作为膜。

[0163] (后吹扫以及大气压恢复)

[0164] 在晶圆200上形成所期望的厚度的SiN膜的处理完成后，从喷嘴249a～249c分别向处理室201内供给惰性气体作为吹扫气体，从排气口231a排气。由此，处理室201内被吹扫，残留在处理室201内的气体、反应副产物等被从处理室201内去除(后吹扫)。之后，处理室201内的气氛被置换为惰性气体(惰性气体置换)，处理室201内的压力恢复为常压(大气压恢复)。

[0165] (晶圆盒卸载)

[0166] 之后，通过晶圆盒升降机115使密封盖219下降，集管209的下端开口。然后，处理完毕的晶圆200在支承于晶圆盒217的状态下从集管209的下端向反应管203的外部搬出(晶圆盒卸载)。晶圆盒卸载之后，使闸门219s移动，集管209的下端开口经由O型环220c被闸门219s密封(闸门关闭)。

[0167] (晶圆冷却)

[0168] 在晶圆盒卸载后、即闸门关闭后，处理完毕的晶圆200在被晶圆盒217支承的状态

下被冷却至能够取出的预定的温度(晶圆冷却)。

[0169] (晶圆释放)

[0170] 晶圆冷却后,将冷却至能够取出的预定的温度的处理完毕的晶圆200从晶圆盒217取出(晶圆释放)。

[0171] 这样,在晶圆200上形成膜的一系列的处理结束。这一系列的处理进行预定次数。

[0172] 此外,在本方式中,对在处理室201内利用晶圆盒217支承多张晶圆200的状态下进行成膜处理的例子进行了说明。在该情况下,如图7的(a)所示,在进行成膜处理时,也能够将多张晶圆200的间隔(排列间距)设为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)。此外,晶圆200的间隔(排列间距)是指相邻的晶圆200间的间隔(距离)。例如,在能够由晶圆盒217支承的晶圆200的最大张数为100张的情况下,也可以在由晶圆盒217的支承部217b分别支承100张晶圆200的状态下进行成膜处理。此外,可以将图7的(a)中的晶圆200的间隔(排列间距)、即支承各晶圆200的支承部217b的间隔(排列间距)设为例如6～12mm。

[0173] 另外,例如,如图7的(b)、图7的(c)所示,在进行成膜处理时,也可以使多张晶圆200的间隔(排列间距)比支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)大。由此,能够抑制活性种在相邻的晶圆200间流动时与晶圆200碰撞而失活,能够提高活性种到达晶圆200的中央部的概率。由此,能够抑制最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的中央部变高,能够抑制最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的中央部降低。即,能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性的恶化。另外,能够抑制最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的中央部变厚。即,能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性的恶化。特别是N_x^*、Ar^*、He^*等活性种中,N_x^*等活性种寿命比较短,容易失活,因此在步骤3中,该效果特别显著地产生。

[0174] 在该情况下,例如,如图7的(b)所示,在进行成膜处理时,也可以使多张晶圆200的间隔(排列间距)为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)的2倍以上。例如,在能够由晶圆盒217支承的晶圆200的最大张数为120张的情况下,也可以在由晶圆盒217的支承部217b每隔1张分别支承60张晶圆200的状态下进行成膜处理。在该情况下,能够将晶圆200的间隔(排列间距)设为例如12～24mm以上。由此,能够进一步抑制活性种与晶圆200碰撞而失活,能够进一步提高活性种到达晶圆200的中央部的概率。由此,能够充分地抑制最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的中央部变高,能够充分地抑制最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的中央部降低。即,能够充分地抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性的恶化。另外,能够充分地抑制最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的中央部变厚。即,能够充分抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性的恶化。特别是N_x^*、Ar^*、He^*等活性种中,N_x^*等活性种寿命比较短,容易失活,因此在步骤3中,该效果特别显著地产生。

[0175] 另外,在该情况下,在进行成膜处理时,也可以使多张晶圆200的间隔(排列间距)为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)的3倍以上。例如,在能够由晶圆盒217支承的晶圆200的最大张数为120张的情况下,也可以在由晶圆盒217的支承部217b每隔2张分别支承40张晶圆200的状态下进行成膜处理。在该情况下,能够将晶圆200的间隔(排列间距)设为例如18～36mm以上。由此,能够更进一步抑

制活性种与晶圆200碰撞而失活，能够更进一步提高活性种到达晶圆200的中央部的概率。由此，能够更充分地抑制最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的中央部变高，能够更充分地抑制最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的中央部降低。即，能够更充分地抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性的恶化。另外，能够更充分地抑制最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的中央部变厚。即，能够更充分地抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性的恶化。特别是N_x^*、Ar^*、He^*等活性种中，N_x^*等活性种寿命比较短，容易失活，因此在步骤3中，该效果特别显著地产生。

[0176] 另外，在该情况下，例如，如图7的(c)所示，在进行成膜处理时，也可以使多张晶圆200的间隔(排列间距)为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)的4倍以上。例如，在能够由晶圆盒217支承的晶圆200的最大张数为120张的情况下，也可以在由晶圆盒217的支承部217b每隔3张分别支承30张晶圆200的状态下进行成膜处理。在该情况下，能够将晶圆200的间隔(排列间距)设为例如24～48mm以上。由此，能够进一步抑制活性种与晶圆200碰撞而失活，能够进一步提高活性种到达晶圆200的中央部的概率。由此，能够进一步抑制最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的中央部变高，能够进一步抑制最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的中央部降低。即，能够进一步抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性的恶化。另外，能够进一步抑制最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的中央部变厚。即，能够进一步抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性的恶化。特别是N_x^*、Ar^*、He^*等活性种中，N_x^*等活性种寿命比较短，容易失活，因此在步骤3中，该效果特别显著地产生。

[0177] 但是，若使晶圆200的间隔(排列间距)过大，则1次能够进行成膜处理的晶圆200的片数减少，有时生产率降低。若考虑将生产率设为实用水平，则优选将晶圆200的间隔(排列间距)设为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)的5倍以下。在该情况下，能够将晶圆200的间隔(排列间距)设为例如30～60mm以下。

[0178] 由此可以说，为了提高活性种到达晶圆200的中央部的概率，将生产率设为实用水平，优选将多片晶圆200的间隔(排列间距)设为例如12mm以上且60mm以下。

[0179] 此外，为了将生产率设为实用水平，并且进一步提高活性种到达晶圆200的中央部的概率，优选将多片晶圆200的间隔(排列间距)设为例如15mm以上且60mm以下。为了在将生产率设为实用水平的同时进一步提高活性种到达晶圆200的中央部的概率，优选将多片晶圆200的间隔(排列间距)设为例如18mm以上且60mm以下，更优选设为24mm以上且60mm以下，进一步优选设为36mm以上且60mm以下，进一步优选设为48mm以上且60mm以下。这些可以说是更重视活性种到达晶圆200的中央部的概率的晶圆200的排列间距。

[0180] 另外，为了提高活性种到达晶圆200的中央部的概率，并且进一步提高生产率，优选将多片晶圆200的间隔(排列间距)设为例如12mm以上且48mm以下，更优选设为12mm以上且40mm以下，进一步优选设为12mm以上且36mm以下，进一步优选设为12mm以上且30mm以下。这些可以称为更重视生产率的晶圆200的排列间距。

[0181] 此外，上述的多片晶圆200的间隔(排列间距)的数值范围的上限值和下限值可以考虑活性种到达晶圆200的中央部的概率与生产率的平衡而适当组合。另外，在这些情况下，不限于利用支承部217b的间隔(排列间距)例如为6～12mm的晶圆盒217每隔几张支承晶

圆200的情况，也可以利用将支承部217b的间隔(排列间距)本身设为上述数值范围的晶圆盒217支承晶圆200。

[0182] (3)本方式的效果

[0183] 根据本方式，能够得到以下所示的1个或多个效果。

[0184] (a)通过以使步骤3中的处理室201内的压力比步骤2中的处理室201内的压力低的方式调节各步骤间的压力平衡，能够使步骤3中产生的寿命比较短、具有容易失活的倾向的N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命最佳化。由此，能够提高步骤3中的SiN层的改性效果。作为结果，能够降低最终形成的SiN膜的WER，能够提高最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性。另外，也能够使最终形成的SiN膜致密化，能够形成膜密度高的SiN膜。即，能够提高最终形成的SiN膜的膜质，能够形成高品质的SiN膜。此外，为了如上述那样调节各步骤间的压力平衡，优选使在步骤3中供给的惰性气体的供给流量比在步骤2中供给的含N和H气体的供给流量少。

[0185] 而且，优选以使步骤3中的处理室201内的压力低于步骤2中的处理室201内的压力、使步骤2中的处理室201内的压力低于步骤1中的处理室201内的压力的方式，调节各步骤间的压力平衡。由此，能够使在步骤2中产生的NH_x^*等活性种的寿命最佳化，另外，能够使在步骤3中产生的寿命比较短、具有容易失活的倾向的N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命最佳化。特别是，能够使在步骤3中产生的N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命更长。由此，能够提高步骤3中的SiN层的改性效果。作为结果，能够降低最终形成的SiN膜的WER，能够提高最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性。即，能够提高最终形成的SiN膜的膜质，能够形成高品质的SiN膜。

[0186] (b)通过将步骤3中的处理室201内的压力设为2Pa以上、优选为2.66Pa以上、更优选为3Pa以上，在使惰性气体激发为等离子体状态时，能够减少与活性种一起产生的N_2^+、Ar^+、He^+等离子的产生量，能够抑制对晶圆200的离子侵蚀。由此，能够避免最终形成的SiN膜的WER变高，能够避免最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性降低。另外，通过抑制离子侵蚀，能够消除最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的外周部变高的倾向，能够消除最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的外周部降低的倾向。即，能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性的恶化。另外，通过抑制离子侵蚀，能够消除最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的外周部变厚的倾向。即，能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性的恶化。

[0187] (c)通过将步骤3中的处理室201内的压力设为6Pa以下，优选为5.32Pa以下，更优选为4Pa以下，能够使在使惰性气体激发为等离子体状态时产生的N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的寿命更长，能够使活性种充分地到达晶圆200的中央部。由此，能够避免最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的中央部变高，能够避免最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的中央部降低。即，能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性的恶化。另外，能够使N_x^*、Ar^*、He^*等活性种充分地到达晶圆200的中央部，由此能够避免最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的中央部变厚。即，能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性的恶化。

[0188] (d)以在步骤3中使惰性气体激发为等离子体状态而供给的时间比在步骤2中使含N和H气体激发为等离子体状态而供给的时间长的方式调节各步骤间的活性种向晶圆200的暴露时间的平衡，能够使在步骤3中由N_x^*、Ar^*、He^*等活性种产生的改性反应最佳化。即，能够更适当地发生上述的改性反应。此外，在步骤3中使惰性气体激发为等离子体状态而进行

供给的时间比在步骤2中使含N和H气体激发为等离子体状态而进行供给的时间短的情况下，有时由N_x^*、Ar^*、He^*等活性种引起的改性效果变得不充分。

[0189] 另外，优选调节各步骤间的气体等向晶圆200的暴露时间的平衡，以使在步骤3中使惰性气体激发为等离子体状态而供给的时间比在步骤1中供给原料气体的时间长。由此，能够使在步骤3中由N_x^*、Ar^*、He^*等活性种产生的改性反应最佳化。即，能够更适当地产生上述的改性反应。此外，在步骤3中使惰性气体激发为等离子体状态而进行供给的时间比步骤1中供给原料气体的时间短的情况下，有时由N_x^*、Ar^*、He^*等活性种引起的改性效果变得不充分。

[0190] 而且，优选调节各步骤间的气体等向晶圆200的暴露时间的平衡，使得在步骤3中使惰性气体激发为等离子体状态而供给的时间比在步骤2中使含N和H气体激发为等离子体状态而供给的时间长，在步骤2中使含N和H气体激发为等离子体状态而供给的时间比在步骤1中供给原料气体的时间长。由此，能够使在步骤2中由NH_x^*等活性种产生的改性反应最优化，另外，能够使在步骤3中由N_x^*、Ar^*、He^*等活性种产生的改性反应最优化。特别是，能够使步骤3中的基于N_x^*、Ar^*、He^*等活性种的改性反应更加最优化。即，能够更适当地产生上述的改性反应。

[0191] (e)在步骤3中，通过对设置于处理容器的外部的电极300施加电力，在处理容器的内部将惰性气体激发为等离子体状态，由此能够防止异常放电的发生。由此，能够抑制对处理容器内的部件的损伤、对晶圆200的损伤，进而能够抑制微粒的产生。

[0192] 此外，例如，在与处理容器内连通的等离子体生成室内设置等离子体生成用的电极，在等离子体生成室内使惰性气体在上述那样的压力条件下激发为等离子体状态，向处理容器内喷出的情况下，有时产生异常放电。即，在该情况下，有时在使在等离子体生成室内产生的活性种从等离子体生成室内向处理容器内喷出的喷出口附近随机地产生难以控制的局部放电。当在等离子体生成室内产生这样的异常放电时，有时会对构成等离子体生成室的隔壁的内壁、设置在等离子体生成室内的喷嘴等产生损伤。另外，当在等离子体生成室外、即处理容器内产生这样的异常放电时，有时会对处理容器内的部件、晶圆产生损伤。另外，在任一种情况下，都会诱发微粒。此外，使处理压力越低压化，则活性种的平均自由行程越长，向喷出口的内壁的填装量增加，由此向喷出口外延伸的电场有时越强。其结果，产生异常放电所需的足够的动能有时会经由其电场加速而提供给等离子体电子。即，使处理压力越低压化，越容易产生异常放电。

[0193] 与此相对，通过对设置于处理容器的外部的电极300施加电力，在处理容器的内部使惰性气体激发为等离子体状态，由此能够防止上述的异常放电的产生，能够抑制对处理容器内的部件的损伤、对晶圆200的损伤，能够抑制微粒的产生。此外，越将处理压力低压化，该效果越特别显著地产生。

[0194] 此外，在步骤2中，也通过对设置于处理容器的外部的电极300施加电力，在处理容器的内部使含N和H气体激发为等离子体状态，由此能够防止异常放电的发生。由此，能够抑制对处理容器内的部件的损伤、对晶圆200的损伤，进而，能够抑制微粒的产生。

[0195] (f)在进行成膜处理时，通过使多张晶圆200的间隔(排列间距)比支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)大，能够抑制由活性种与晶圆200的碰撞引起的失活。作为结果，能够提高活性种到达晶圆200的中央部的概

率。由此，能够抑制最终形成的SiN膜的WER在晶圆200的中央部变高，能够抑制最终形成的SiN膜的湿蚀刻耐性在晶圆200的中央部降低。即，能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内WER均匀性、即晶圆面内湿蚀刻耐性均匀性的恶化。另外，能够抑制最终形成的SiN膜的膜厚在晶圆200的中央部变厚。即，能够抑制最终形成的SiN膜的晶圆面内膜厚均匀性的恶化。特别是N_x^*、Ar^*、He^*等活性种中，N_x^*等活性种寿命比较短，容易失活，因此在步骤3中，该效果特别显著地产生。即，在使N_2气体、Ar气体、He气体等惰性气体中尤其是N_2气体激发为等离子体状态而对晶圆200进行供给的情况下，该效果特别显著地产生。

[0196] 例如，在进行成膜处理时，也可以使多张晶圆200的间隔(排列间距)为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)的2倍以上。在该情况下，能够将晶圆200的间隔(排列间距)设为例如12～24mm以上。由此，能够进一步抑制由活性种与晶圆200的碰撞引起的失活，能够进一步提高活性种到达晶圆200的中央部的概率，能够充分得到上述效果。

[0197] 另外，例如，在进行成膜处理时，也可以使多张晶圆200的间隔(排列间距)为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)的3倍以上。在该情况下，能够将晶圆200的间隔(排列间距)设为例如18～36mm以上。由此，能够更进一步抑制活性种与晶圆200的碰撞导致的失活，能够更进一步提高活性种到达晶圆200的中央部的概率，能够更充分地得到上述效果。

[0198] 另外，例如，在进行成膜处理时，也可以将多张晶圆200的间隔(排列间距)设为支承能够由晶圆盒217支承的最大张数的晶圆200的情况下的晶圆200的间隔(排列间距)的4倍以上。在该情况下，能够将晶圆200的间隔(排列间距)设为例如24～48mm以上。由此，能够进一步抑制由活性种与晶圆200的碰撞引起的失活，能够进一步提高活性种到达晶圆200的中央部的概率，能够更充分地得到上述效果。

[0199] (g)在步骤3中，在从晶圆200的侧方将惰性气体激发为等离子体状态并供给至晶圆200的情况下，特别显著地产生上述的各种效果。另外，在步骤2中，在将含N和H气体激发为等离子体状态而从晶圆200的侧方对晶圆200供给的情况下，特别显著地产生上述的各种效果。另外，在步骤1中从晶圆200的侧方对晶圆200供给原料气体的情况下特别显著地产生上述的各种效果。但是，本公开并不限定于从晶圆200的侧方对晶圆200供给各种气体的情况。

[0200] (h)在使用等离子体在低温下进行成膜的情况下，膜的湿蚀刻耐性降低，有时膜质恶化。然而，根据本方式，即使在使用等离子体在低温下进行成膜的情况下，也能够得到上述的各种效果，能够形成高品质的膜。

[0201] (4)变形例

[0202] 本方式中的处理序列能够如以下所示的变形例那样变更。这些变形例能够任意地组合。只要没有特别说明，各变形例的各步骤中的处理顺序、处理条件可以与上述处理序列的各步骤中的处理顺序、处理条件相同。

[0203] (变形例1)

[0204] 作为原料气体，使用含有Si-N键的原料气体，由此不仅能够使原料气体作为Si源发挥作用，还能够作为N源发挥作用，还能够省略含N和H气体的供给。即，在成膜处理中，可以通过图6和以下所示的处理序列，在晶圆200上形成SiN膜。

[0205] (原料气体→P→等离子体激发惰性气体→P)×n

[0206] 在该情况下,通过进行预定次数的包括(a)对处理容器内的晶圆200供给原料气体的工序和(c)将惰性气体激发为等离子体状态而供给至处理容器内的晶圆200的工序的循环,具体而言,非同时地进行这些的循环,从而在晶圆200上形成膜。此外,上述的处理序列示出了将非同时地进行(a)和(c)的循环在它们之间夹着对处理容器内进行吹扫的工序而进行预定次数的例子。

[0207] 在该情况下,也期望将(c)中的处理容器内的压力设为2Pa以上且6Pa以下,优选设为2.66Pa以上且5.32Pa以下,更优选设为3Pa以上且4Pa以下。

[0208] 作为本变形例中的原料气体、即含有Si-N键的原料气体,可以使用单甲硅烷基胺($(SiH_3)NH_2$,简称:MSA)气体、二甲硅烷基胺($(SiH_3)_2NH$,简称:DSA)气体,三甲硅烷基胺($(SiH_3)_3N$,简称:TSA)气体等甲硅烷基胺气体。作为原料气体,可以使用它们中的1种以上。作为原料气体,其中优选使用含有3个Si-N键的TSA。可以由上述的原料气体供给系统对晶圆200供给这些原料气体。另外,处理条件能够设为与上述方式的处理序列的步骤1中的处理条件相同。

[0209] 作为本变形例中的惰性气体,与上述方式的处理序列的步骤3中的惰性气体同样地,能够使用N_2气体、Ar气体、He气体、Ne气体、Xe气体等稀有气体。作为惰性气体,可以使用它们中的1种以上。此外,在本变形例中,作为惰性气体,其中优选使用N_2气体。可以通过上述的惰性气体供给系统对晶圆200供给这些惰性气体。另外,处理条件能够设为与上述方式的处理序列的步骤3中的处理条件相同。

[0210] 在本变形例中,也能够得到与上述方式相同的效果。另外,根据本变形例,能够省略含N和H气体的供给,能够缩短处理时间。作为结果,能够提高吞吐量、即生产率。

[0211] (变形例2)

[0212] 上述循环还可以包括对晶圆200供给含O气体的工序。在该情况下,能够在晶圆200上形成氮氧化硅膜(SiON膜)。在该情况下,可以不使含O气体激发为等离子体状态地对晶圆200供给含O气体,也可以使含O气体激发为等离子体状态而供给含O气体。即,在成膜处理中,可以通过以下所示的处理序列在晶圆200上形成SiON膜。此外,与上述方式同样地,也可以省略等离子体激发惰性气体的供给前后的吹扫。

[0213] (原料气体→P→含O气体→P→等离子体激发含N和H气体→P→等离子体激发惰性气体→P)×n

[0214] (原料气体→P→等离子体激发含N和H气体→P→含O气体→P→等离子体激发惰性气体→P)×n

[0215] (原料气体→P→等离子体激发含N和H气体→P→等离子体激发惰性气体→P→含O气体→P)×n

[0216] (原料气体→P→等离子体激发含O气体→P→等离子体激发含N和H气体→P→等离子体激发惰性气体→P)×n

[0217] (原料气体→P→等离子体激发含N和H气体→P→等离子体激发含O气体→P→等离子体激发惰性气体→P)×n

[0218] (原料气体→P→等离子体激发含N和H气体→P→等离子体激发惰性气体→P→等离子体激发含O气体→P)×n

[0219] 在这些情况下，能够从上述的含O气体供给系统对晶圆200供给含O气体。另外，处理条件能够设为与上述方式的处理序列的步骤2中的处理条件相同。此外，也可以与含O气体一起供给含氢(H)气体。例如，可以通过原料气体供给系统、含N和H气体供给系统供给含H气体。

[0220] 作为含O气体，例如可以使用氧(O_2)气体、臭氧(O_3)气体、水蒸气(H_2O气体)、过氧化氢(H_2O_2)气体、一氧化二氮(N_2O)气体、一氧化氮(NO)气体、二氧化氮(NO_2)气体、一氧化碳(CO)气体、二氧化碳(CO_2)气体等。作为含O气体，可以使用它们中的1种以上。

[0221] 在与含O气体一起供给含H气体的情况下，作为含H气体，例如可以使用氢(H_2)气、氘($^2H_2$)气体等。将$^2H_2$气体也称为D_2气体。作为含H气体，可以使用它们中的1种以上。

[0222] 在本变形例中，也能够得到与上述方式相同的效果。即，循环还包括对晶圆200供给含O气体的工序，即使在晶圆200上形成SiON膜的情况下，也可以得到与上述方式同样的效果。

[0223] 此外，变形例1中的上述循环还可以包括对晶圆200供给含O气体的工序。在该情况下，也能够在晶圆200上形成SiON膜。在该情况下，可以不使含O气体激发为等离子体状态地对晶圆200供给含O气体，也可以使含O气体激发为等离子体状态地供给含O气体。即，在成膜处理中，可以通过以下所示的处理序列在晶圆200上形成SiON膜。在该情况下，也与上述的方式同样地，也能够省略等离子体激发惰性气体的供给前后的吹扫。

[0224] (原料气体→P→含O气体→P→等离子体激发惰性气体→P)×n

[0225] (原料气体→P→等离子体激发惰性气体→P→含O气体→P)×n

[0226] (原料气体→P→等离子体激发含O气体→P→等离子体激发惰性气体→P)×n

[0227] (原料气体→P→等离子体激发惰性气体→P→等离子体激发含O气体→P)×n

[0228] 在该情况下，也能够得到与上述的方式、变形例1同样的效果。即，循环还包括对晶圆200供给含O气体的工序，即使在晶圆200上形成SiON膜的情况下，也能够得到与上述方式、变形例1同样的效果。

[0229] ＜本公开的其他方式＞

[0230] 以上，具体说明了本公开的方式。然而，本公开并不限定于上述的方式，在不脱离其主旨的范围内能够进行各种变更。

[0231] 例如，除了如上述方式中的处理序列那样，将步骤1、2、3作为1个循环，将该循环按照该顺序进行预定次数(n次，n为1以上的整数)以外，也可以如以下所示的处理序列那样，变更进行各步骤的顺序。在这些情况下，也能够得到与上述方式相同的效果。

[0232] (步骤1→步骤2→步骤3)×n

[0233] (步骤2→步骤3→步骤1)×n

[0234] (步骤3→步骤1→步骤2)×n

[0235] 但是，在循环中的最后的步骤为步骤1、步骤2的情况下，最终形成的膜的最表面的组成、改性效果有时与除此以外的部分不同。因此，优选如以下所示的处理序列那样，在最终循环结束后，进行步骤2、步骤3，以使步骤2的氮化程度、步骤3的改性程度与此前形成的层同等的方式进行最终形成的膜的最表面的膜质的微调节。

[0236] (步骤2→步骤3→步骤1)×n→步骤2→步骤3

[0237] (步骤3→步骤1→步骤2)×n→步骤3

[0238] 另外，例如，如上述方式中的处理序列那样，除了将步骤1、2、3作为1个循环而将该循环进行预定次数(n次，n为1以上的整数)以外，也可以在将步骤1、2进行多次(m次，m为2以上的整数)之后，进行步骤3，将该循环进行预定次数(n次，n为1以上的整数)。另外，也可以在进行了步骤1之后，多次(m次，m为2以上的整数)进行步骤2、3，将该循环进行预定次数(n次，n为1以上的整数)。这些处理序列可以如下表示。在这些情况下，也能够得到与上述方式相同的效果。

[0239] (步骤1→步骤2→步骤3)×n

[0240] [(步骤1→步骤2)×m→步骤3]×n

[0241] [步骤1→(步骤2→步骤3)×m]×n

[0242] 另外，例如，也可以如图7的(a)所示，在利用晶圆盒217支承多张晶圆200的状态下进行步骤1、2，如图7的(b)或图7的(c)所示，在利用晶圆盒217支承多张晶圆200的状态下进行步骤3。即，也可以使步骤3中的多片晶圆200的间隔(排列间距)P_1大于步骤1、2中的多片晶圆200的间隔(排列间距)P_2($P_1>P_2$)。在该情况下，例如优选为$P_1\geq 2P_2$，更优选为$P_1\geq 3P_2$，进一步优选为$P_1\geq 4P_2$。例如，在将P_2设为6～12mm的情况下，优选将P_1设为12～24mm以上，更优选将P_1设为18～36mm以上，进一步优选将P_1设为24～48mm以上。在这些情况下，在步骤3中，不限于利用支承部217b的间隔(排列间距)例如为6～12mm的晶圆盒217每隔几张支承晶圆200的情况，也可以利用将支承部217b的间隔(排列间距)本身设为上述数值范围的晶圆盒217支承晶圆200。此外，在这些情况下，也可以准备与处理室201相同结构的第一处理室和第二处理室，在第一处理室内进行步骤1、2，在第二处理室内进行步骤3。在该情况下，也能够得到与上述方式相同的效果。而且，在该情况下，能够使进行步骤1、2的晶圆200的个数比进行步骤3的晶圆200的个数多。

[0243] 另外，例如，也可以如图7的(a)所示，在利用晶圆盒217支承多张晶圆200的状态下进行步骤1，如图7的(b)或图7的(c)所示，在利用晶圆盒217支承多张晶圆200的状态下进行步骤2、3。即，也可以使步骤2、3中的多片晶圆200的间隔(排列间距)P_1比步骤1中的多片晶圆200的间隔(排列间距)P_2大($P_1>P_2$)。在该情况下，例如优选为$P_1\geq 2P_2$，更优选为$P_1\geq 3P_2$，进一步优选为$P_1\geq 4P_2$。例如，在将P_2设为6～12mm的情况下，优选将P_1设为12～24mm以上，更优选将P_1设为18～36mm以上，进一步优选将P_1设为24～48mm以上。在这些情况下，在步骤2、3中，不限于利用支承部217b的间隔(排列间距)例如为6～12mm的晶圆盒217每隔几张支承晶圆200的情况，也可以利用将支承部217b的间隔(排列间距)本身设为上述数值范围的晶圆盒217支承晶圆200。此外，在这些情况下，也可以准备与处理室201相同结构的第一处理室和第二处理室，在第一处理室内进行步骤1，在第二处理室内进行步骤2、3。在该情况下，也能够得到与上述方式相同的效果。而且，在该情况下，能够使进行步骤1的晶圆200的个数比进行步骤2、3的晶圆200的个数多。

[0244] 另外，例如，作为等离子体生成方式，除了电容耦合等离子体(Capacitively Coupled Plasma，简称：CCP)以外，也可以使用电感耦合等离子体(Inductively Coupled Plasma，简称：ICP)。在该情况下，也能够得到与上述方式相同的效果。

[0245] 各处理中使用的制程优选根据处理内容分别准备，并经由电气通信线路、外部存储装置123预先保存在存储装置121c内。并且，在开始各处理时，优选CPU121a根据处理内容从存储于存储装置121c内的多个制程中适当选择适当的制程。由此，能够利用1台基板处理

装置再现性良好地形成各种膜种类、组成比、膜质、膜厚的膜。另外，能够降低操作者的负担，避免操作失误，并且能够迅速地开始各处理。

[0246] 上述的制程不限于新制作的情况，例如，也可以通过变更已经安装于基板处理装置的已有的制程来准备。在变更制程的情况下，也可以经由电气通信线路、记录有该制程的记录介质将变更后的制程安装于基板处理装置。另外，也可以操作现有的基板处理装置所具备的输入输出装置122，直接变更已经安装于基板处理装置的现有的制程。

[0247] 在上述的各种方式、各种变形例中，对使用一次处理多张基板的批量式的基板处理装置来形成膜的例子进行了说明。本公开并不限定于上述的各种方式、各种变形例，例如，也能够适当地应用于使用一次处理1张或数张基板的单张式的基板处理装置来形成膜的情况。另外，在上述的各种方式、各种变形例中，对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进行了说明。本公开并不限定于上述的各种方式、各种变形例，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，也能够适当地应用。

[0248] 在使用这些基板处理装置的情况下，也能够以与上述的各种方式、各种变形例中的处理顺序、处理条件同样的处理顺序、处理条件进行各处理，能够得到与上述的各种方式、各种变形例同样的效果。

[0249] 上述的各种方式、各种变形例能够适当组合使用。此时的处理步骤、处理条件例如能够设为与上述的各种方式、各种变形例中的处理步骤、处理条件相同。

[0250] 实施例

[0251] 使用上述方式中的基板处理装置，通过上述方式中的处理序列在晶圆上形成SiN膜。使用DCS气体作为原料气体，使用NH_3气体作为含N和H气体，使用N_2气体作为惰性气体。将步骤3中的处理压力设定为如下4种压力条件(压力条件1～4)，在各个条件下，在晶圆上形成SiN膜，制作4种SiN膜的评价样品1～4。制作评价样品1～4时，将步骤3中的处理压力以外的处理条件设为上述方式中的处理条件范围内的相同的处理条件，晶圆的间隔(排列间距)均设为15～40mm。

[0252] 压力条件1:0.01Torr(1.33Pa)

[0253] 压力条件2:0.02Torr(2.66Pa)

[0254] 压力条件3:0.04Torr(5.32Pa)

[0255] 压力条件4:0.06Torr(7.98Pa)

[0256] 制作评价样品1～4后，测定评价样品1～4各自的SiN膜的晶圆面内的WER和膜厚。将它们的结果示于图8～图11。此外，图8～图11的横轴表示距晶圆200的中心的距离(半径)，0mm表示晶圆的中央部，150mm、-150mm表示晶圆200的外周部(边缘部)。图8～图11的左侧的纵轴以任意单位(a.u.)表示WER，右侧的纵轴以任意单位(a.u.)表示膜厚。图中，◇表示膜厚，●表示WER。此外，图8～图11分别表示评价样品1～4的SiN膜的晶圆面内的WER和膜厚的测定结果。

[0257] 由图8可知，在将步骤3中的处理压力设为压力条件1的评价样品1的SiN膜中，晶圆外周部的WER高于晶圆中央部的WER。另外，可知在评价样品1的SiN膜中，晶圆外周部的膜厚比晶圆中央部的膜厚变厚。即，可知评价样品1的SiN膜的晶圆面内WER均匀性及晶圆面内膜厚均匀性均不良好。此外，认为评价样品1的SiN膜的WER在晶圆外周部变高的原因在于，由于在压力条件1下对N_2气体进行等离子体激发时产生的N_2^+所引起的离子侵蚀，膜密度降低。

另外，认为评价样品1的SiN膜的膜厚在晶圆外周部变厚的原因在于，由于在压力条件1下对N_2气体进行等离子体激发时产生的N_2^+所引起的离子侵蚀，晶圆外周部的SiN膜的膜构造破坏，该部分变化为稀疏的膜。

[0258] 根据图9可知，在将步骤3中的处理压力设为压力条件2的评价样品2的SiN膜中，WER在晶圆外周部和晶圆中央部相同。另外，可知在评价样品2的SiN膜中，膜厚在晶圆外周部和晶圆中央部也相同。即，可知评价样品2的SiN膜的晶圆面内WER均匀性及晶圆面内膜厚均匀性均极其良好。

[0259] 根据图10可知，在将步骤3中的处理压力设为压力条件3的评价样品3的SiN膜中，WER在晶圆外周部和晶圆中央部相同。另外，可知在评价样品3的SiN膜中，膜厚在晶圆外周部和晶圆中央部也相同。即，可知评价样品3的SiN膜中的晶圆面内WER均匀性及晶圆面内膜厚均匀性均极其良好。

[0260] 由图11可知，在将步骤3中的处理压力设为压力条件4的评价样品4的SiN膜中，晶圆中央部的WER高于晶圆外周部的WER。另外，可知在评价样品4的SiN膜中，晶圆中央部的膜厚比晶圆外周部的膜厚变厚。即，可知评价样品4的SiN膜的晶圆面内WER均匀性及晶圆面内膜厚均匀性均不良好。此外，评价样品4的SiN膜的WER在晶圆中央部变高的原因可以认为是：在压力条件4下对N_2气体进行等离子体激发时产生的N^*、N_2^*等活性种、特别是N^*等活性种在到达晶圆中央部前失活的比例变高，晶圆中央部的膜的改性效果变得不充分。另外，认为评价样品4的SiN膜的膜厚在晶圆中央部变厚的原因在于，在压力条件4下对N_2气体进行等离子体激发时产生的N^*、N_2^*等活性种、特别是N^*等活性种在到达晶圆中央部前失活的比例变高，晶圆中央部的膜的致密化的效果变得不充分。

[0261] 由以上可知，通过将步骤3中的处理压力设为0.02Torr(2.66Pa)～0.04Torr(5.32Pa)，能够形成晶圆面内WER均匀性及晶圆面内膜厚均匀性极高的高品质的SiN膜。此外，确认了通过将步骤3中的处理压力设为2～6Pa，晶圆面内WER均匀性和晶圆面内膜厚均匀性也极高，能够形成高品质的SiN膜。

[0262] 符号说明

[0263] 200晶圆、

[0264] 201处理室。

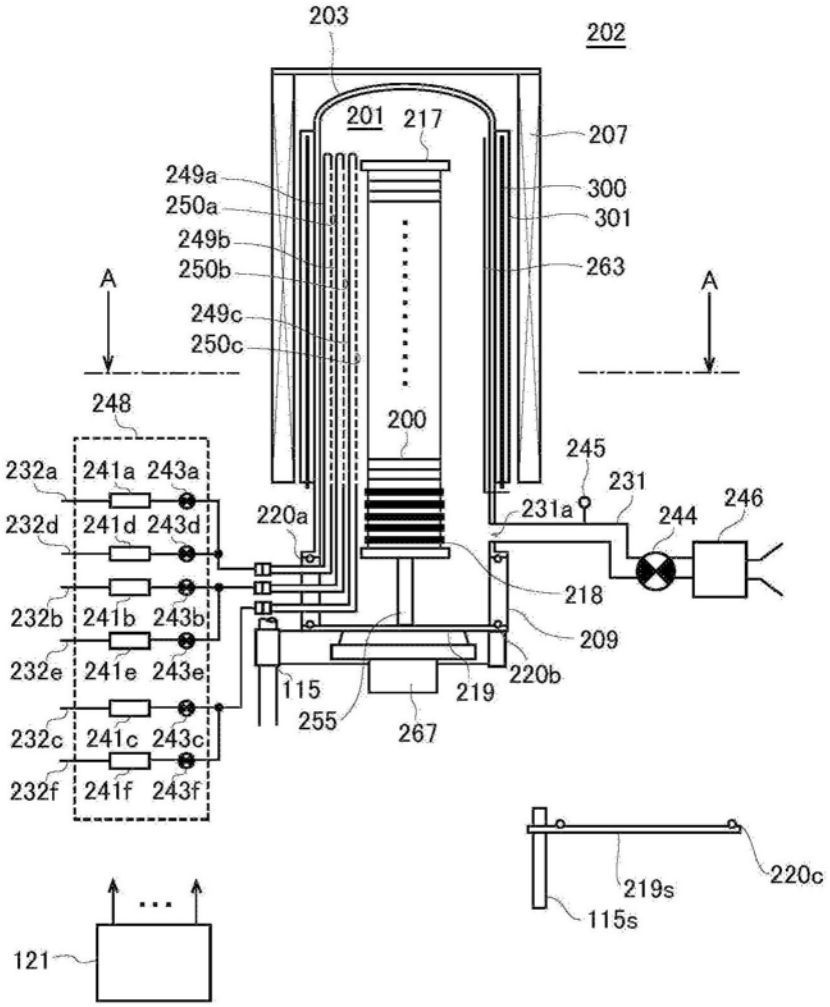

203
202
201
217
207
249a
250a
249b
250b
300
301
263
A
A
249c
250c
248
200
245
231
246
244
232a
241a
243a
232d
241d
243d
220a
231a
218
232b
241b
243b
209
232e
241e
243e
115
219
220b
255
267
232c
241c
243c
232f
241f
243f
219s
220c
115s
121

图1

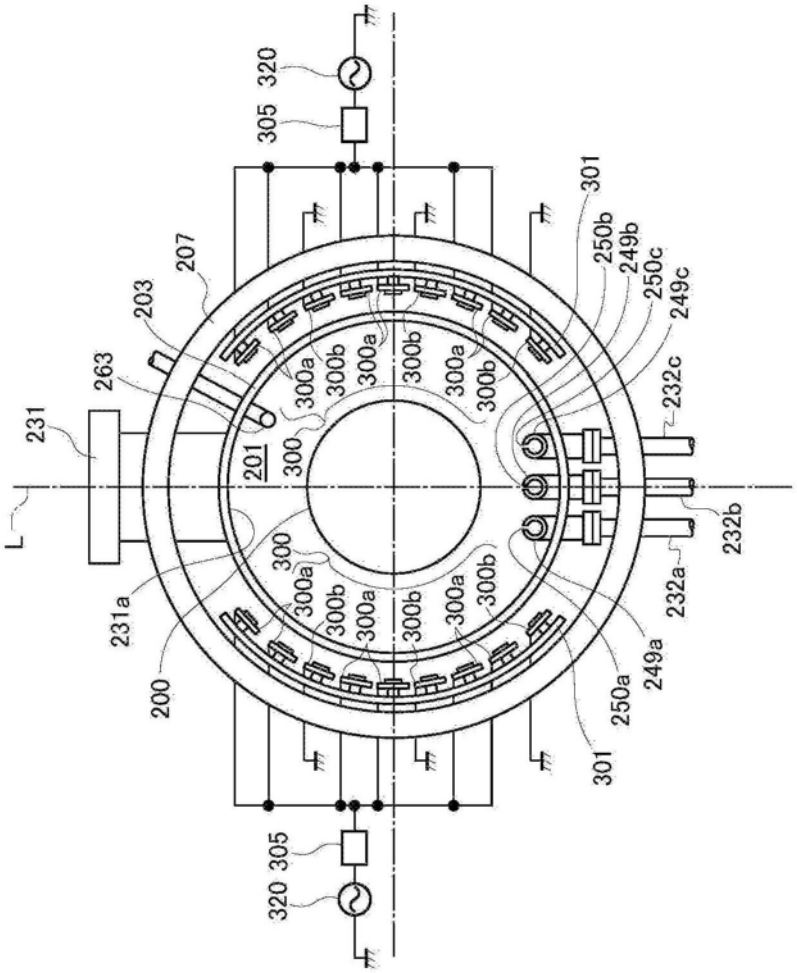

320
305
301
250b
249b
250c
249c
232c
207
203
263
231
201
300
300a
300b
L
232b
232a
231a
200
249a
250a

图2

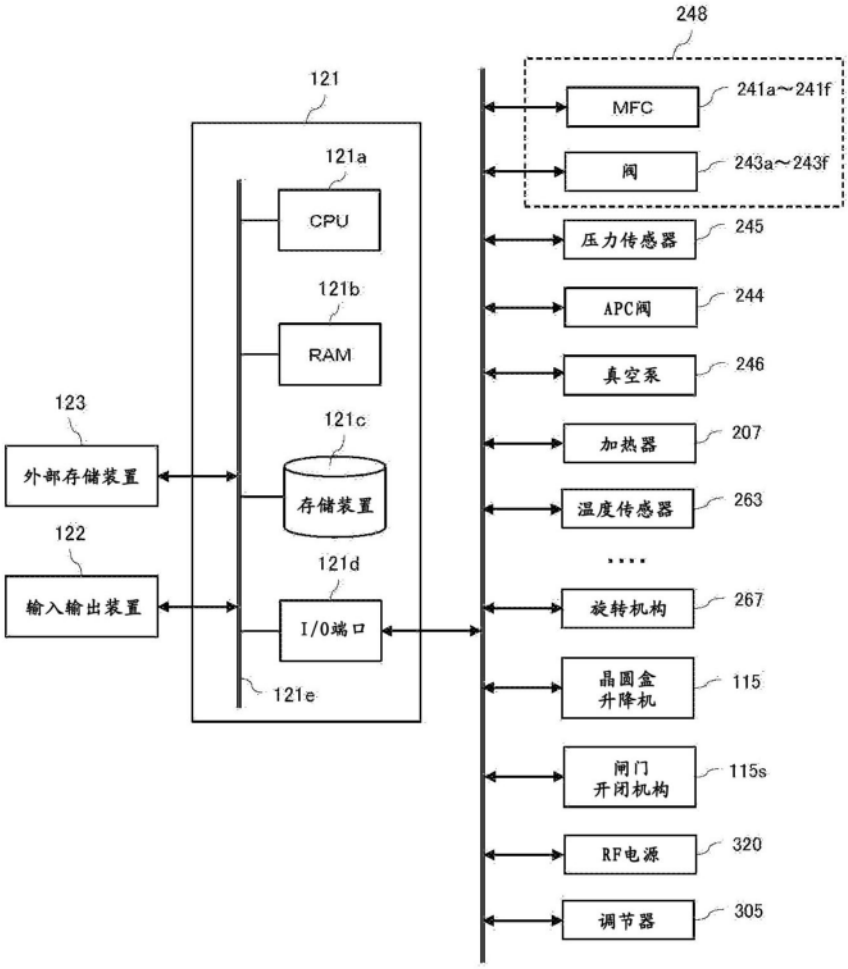

248
121
121a
CPU
121b
RAM
121c
存储装置
121d
I/O端口
121e
123
外部存储装置
122
输入输出装置
MFC
241a～241f
阀
243a～243f
压力传感器
245
APC阀
244
真空泵
246
加热器
207
温度传感器
263
旋转机构
267
晶圆盒
升降机
115
闸门
开闭机构
115s
RF电源
320
调节器
305

图3

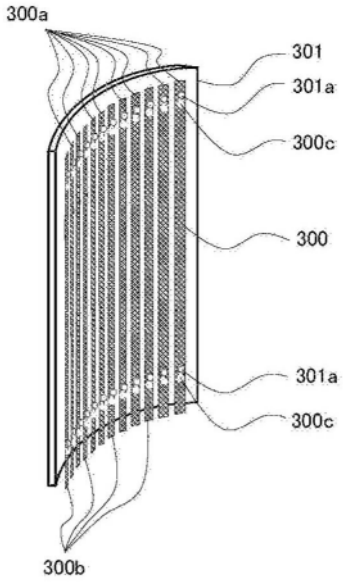

300a
301
301a
300c
300
301a
300c
300b

图4

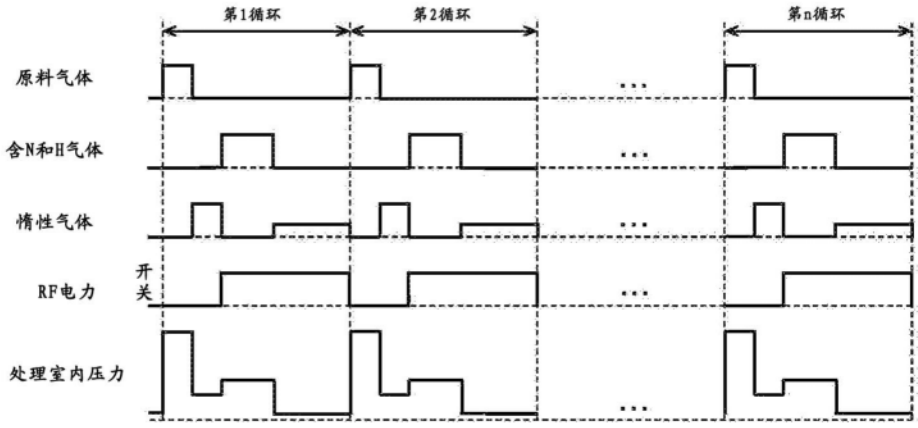

第1循环
第2循环
第n循环
原料气体
含N和H气体
惰性气体
RF电力
开关
处理室内压力

图5

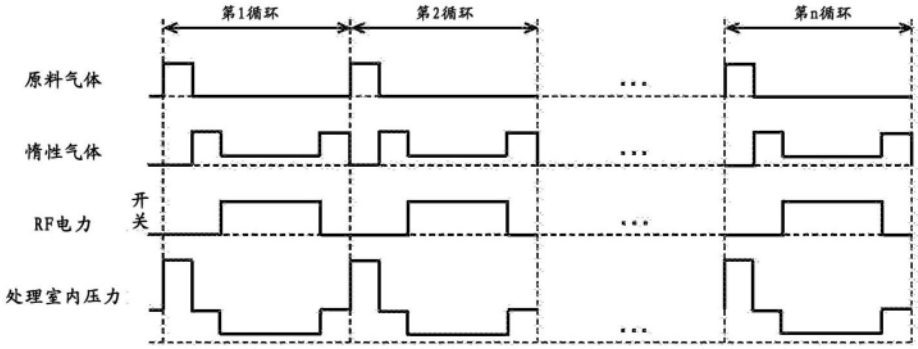

第1循环
第2循环
第n循环
原料气体
惰性气体
RF电力
开关
处理室内压力

图6

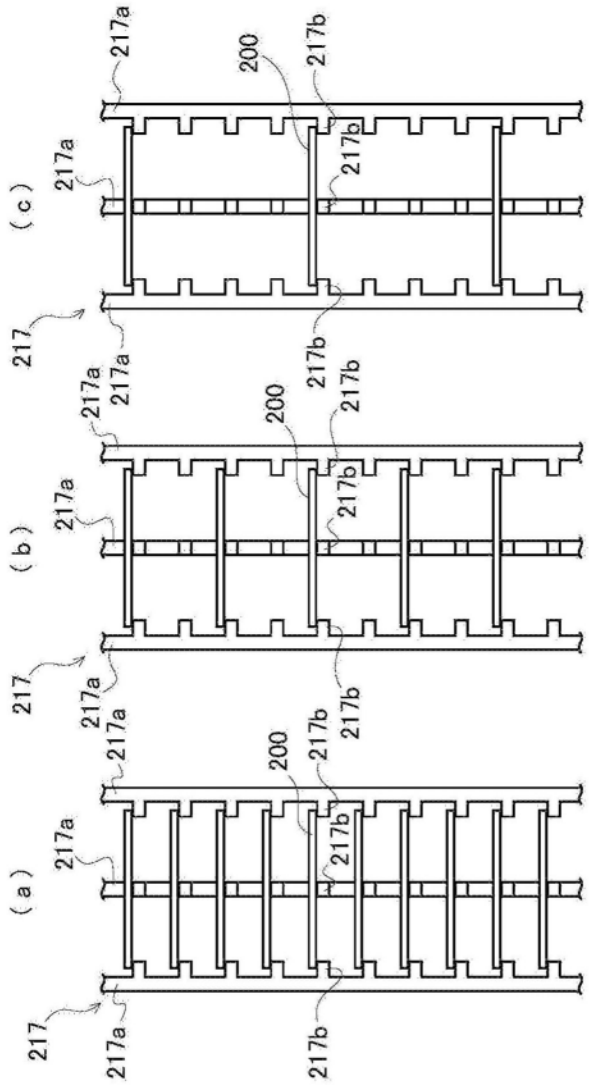

(c)
(b)
(a)
217
217a
217b
200

图7

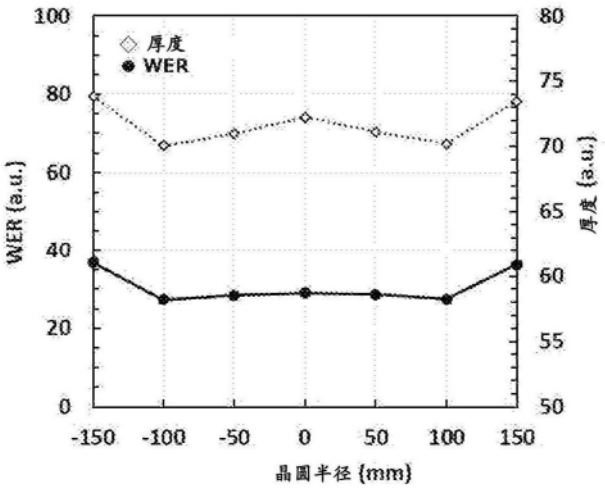

厚度
WER
WER (a.u.)
厚度 (a.u.)
晶圆半径 (mm)
100
80
60
40
20
0
75
70
65
55
50
-150
-100
-50
0
50
100
150

图8

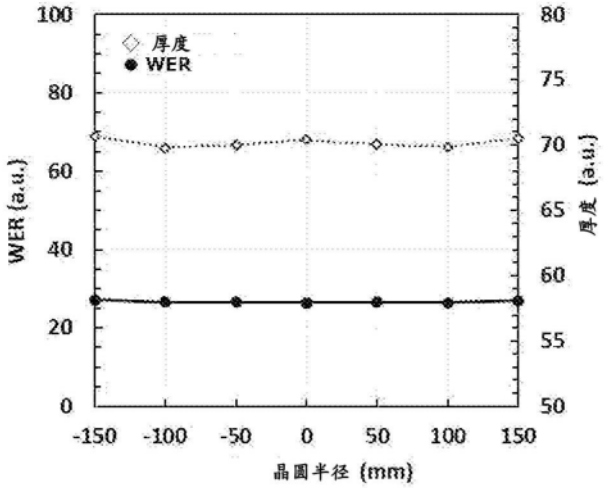

厚度
WER
WER (a.u.)
厚度 (a.u.)
晶圆半径 (mm)
100
80
60
40
20
0
80
75
70
65
60
55
50
-150
-100
-50
0
50
100
150

图9

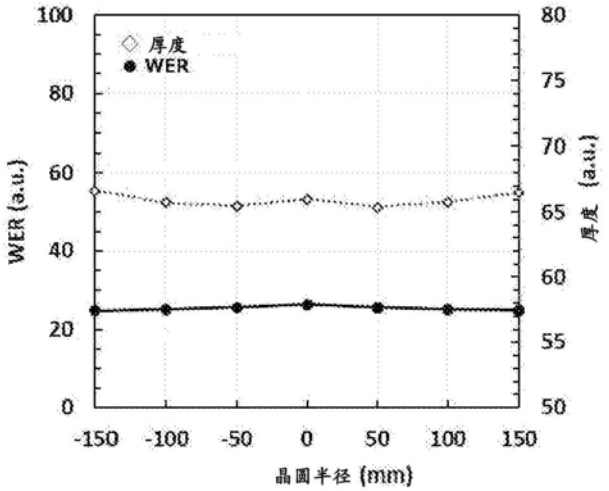

厚度
WER
WER (a.u.)
厚度 (a.u.)
晶圆半径 (mm)
100
80
60
40
20
0
80
75
70
65
60
55
50
-150
-100
-50
0
50
100
150

图10

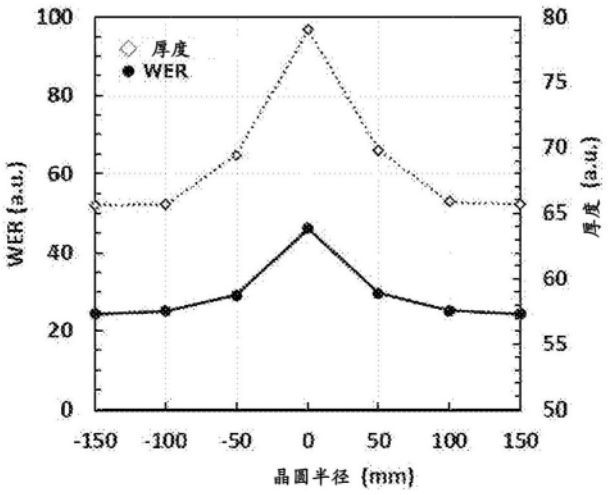

厚度
WER
WER (a.u.)
厚度 (a.u.)
晶圆半径 (mm)
100
80
60
40
20
0
80
75
70
65
60
55
50
-150
-100
-50
0
50
100
150

图11