(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 215925072 U
(45)授权公告日 2022.03.01

(21)申请号 202122295909.2

(22)申请日 2021.09.18

(30)优先权数据
2020-159571 2020.09.24 JP

(73)专利权人 株式会社国际电气
地址 日本东京都

(72)发明人 江尻靖则

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
代理人 丁文蕴 杜嘉璐

(51)Int.Cl.
C23C 16/507(2006.01)
C23C 16/458(2006.01)
C23C 16/455(2006.01)

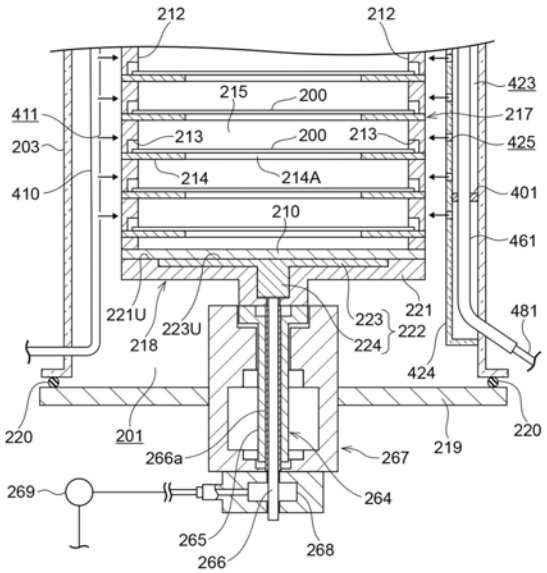
权利要求书2页 说明书19页 附图7页

(54)实用新型名称

基板处理装置

(57)摘要

本实用新型提供一种基板处理装置，在使用了等离子体的基板处理中，抑制在基板上生成的薄膜的面内均匀性的降低。该基板处理装置具备：处理室；向处理室供给处理气体的处理气体供给系统；对处理室内进行排气的排气系统；向处理室供给等离子体的远程等离子体产生结构；在处理室内将多个晶圆以多层状保持，并且与多个晶圆电连接的晶舟；能够旋转地支撑晶舟的筒状旋转轴；以及设于筒状旋转轴的内部，且与晶舟电连接的内部导体。



CN 215925072 U

1.一种基板处理装置,其特征在于,具备:

处理室;

向上述处理室供给处理气体的处理气体供给系统;

对上述处理室内进行排气的排气系统;

向上述处理室供给等离子体的远程等离子体产生结构;

具有导电性且在上述处理室内以多层状保持多个基板的晶舟;

能够旋转地支撑上述晶舟的筒状旋转轴;以及

设于上述筒状旋转轴的内部,且与上述晶舟电连接的内部导体。

2.根据权利要求1所述的基板处理装置,其特征在于,

具备设于上述处理室外且将上述内部导体和直流电源电连接的滑环。

3.根据权利要求1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

具备设于上述筒状旋转轴的端部且支撑上述晶舟,并且将上述晶舟和上述内部导体电连接的晶舟支撑台。

4.根据权利要求3所述的基板处理装置,其特征在于,

上述晶舟支撑台具有:

支撑上述晶舟的绝缘部件;以及

设于上述绝缘部件的内部的金属部件,

上述金属部件从上述绝缘部件的上表面露出,具有与上述晶舟接触的接触面,且将上述晶舟和上述内部导体电连接。

5.根据权利要求4所述的基板处理装置,其特征在于,

上述晶舟具有在载置于上述晶舟支撑台时覆盖上述接触面的整个面的底板。

6.根据权利要求1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

在上述筒状旋转轴与上述内部导体之间设有绝缘子管。

7.根据权利要求4所述的基板处理装置,其特征在于,

上述内部导体的上端比上述筒状旋转轴的上表面突出,且与上述金属部件接触。

8.根据权利要求1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

上述晶舟为具有导电性的碳化硅制。

9.根据权利要求1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

上述晶舟至少在表面的一部分具有导电性,且将上述内部导体和上述多个基板之间电连接。

10.根据权利要求1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

上述晶舟具有与保持的上述多个基板同数的水平姿势的电极板,该电极板形成为环状。

11.根据权利要求10所述的基板处理装置,其特征在于,

上述晶舟将上述多个基板分别载置于多个上述电极板的上表面。

12.根据权利要求1所述的基板处理装置,其特征在于,

上述远程等离子体产生结构具有多个电极,该多个电极沿上下方向延伸,与高频电源或地线连接,且从上述处理室的下部到上部生成等离子体。

13.根据权利要求12所述的基板处理装置,其特征在于,

还具备具有与上述多个基板对置的对置壁且构成气体分散空间的缓冲室，

上述多个电极在缓冲室内设有三个。

14.根据权利要求13所述的基板处理装置，其特征在于，

在上述对置壁设有与形成于在上下方向上相邻的基板之间的处理空间对应地开口的多个气体供给孔。

15.根据权利要求1或2所述的基板处理装置，其特征在于，

上述内部导体被供给－10kV～10kV的范围的电压的直流或交流的偏压。

16.根据权利要求1或2所述的基板处理装置，其特征在于，

上述远程等离子体产生结构被高频电力间歇性地激发，

对上述多个基板经由上述晶舟施加正的直流偏压。

基板处理装置

技术领域

[0001] 本公开涉及一种基板处理装置,特别涉及一种利用等离子体处理基板的基板处理装置。

背景技术

[0002] 在半导体装置制造工序中,作为利用了等离子体的基板处理的一例,具有使用CVD(Chemical Vapor Deposition)法或ALD(Atomic Layer Deposition)法在基板上堆积预定的薄膜的成膜处理(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2012－099765号公报

实用新型内容

[0006] 实用新型所要解决的课题

[0007] 另外,在使用了等离子体的基板处理中,有时难以使由等离子体源产生等离子体或活性种遍布基板的整个表面。特别是在将多个基板以多层状保持来进行处理的情况下,即使从基板的侧方供给等离子体,也存在如下可能性:在基板的中心部,活性种的浓度降低,形成于基板的表面上的薄膜的面内均匀性降低。

[0008] 本公开考虑上述的事实,目的在于,在使用了等离子体的基板处理中,抑制在基板的表面上生成的薄膜的面内均匀性的降低。

[0009] 用于解决课题的方案

[0010] 方案1为一种基板处理装置,其特征在于,具备:

[0011] 处理室;

[0012] 向上述处理室供给处理气体的处理气体供给系统;

[0013] 对上述处理室内进行排气的排气系统;

[0014] 向上述处理室供给等离子体的远程等离子体产生结构;

[0015] 具有导电性且在上述处理室内以多层状保持多个基板的晶舟;

[0016] 能够旋转地支撑上述晶舟的筒状旋转轴;以及

[0017] 设于上述筒状旋转轴的内部,且与上述晶舟电连接的内部导体。

[0018] 方案2根据方案1所述的基板处理装置,其特征在于,

[0019] 具备设于上述处理室外且将上述内部导体和直流电源电连接的滑环。

[0020] 方案3根据方案1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

[0021] 具备设于上述筒状旋转轴的端部且支撑上述晶舟,并且将上述晶舟和上述内部导体电连接的晶舟支撑台。

[0022] 方案4根据方案3所述的基板处理装置,其特征在于,

[0023] 上述晶舟支撑台具有:

[0024] 支撑上述晶舟的绝缘部件;以及

[0025] 设于上述绝缘部件的内部的金属部件,

[0026] 上述金属部件从上述绝缘部件的上表面露出,具有与上述晶舟接触的接触面,且将上述晶舟和上述内部导体电连接。

[0027] 方案5根据方案4所述的基板处理装置,其特征在于,

[0028] 上述晶舟具有在载置于上述晶舟支撑台时覆盖上述接触面的整个面的底板。

[0029] 方案6根据方案1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

[0030] 在上述筒状旋转轴与上述内部导体之间设有绝缘子管。

[0031] 方案7根据方案4所述的基板处理装置,其特征在于,

[0032] 上述内部导体的上端比上述筒状旋转轴的上表面突出,且与上述金属部件接触。

[0033] 方案8根据方案1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

[0034] 上述晶舟为具有导电性的碳化硅制。

[0035] 方案9根据方案1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

[0036] 上述晶舟至少在表面的一部分具有导电性,且将上述内部导体和上述多个基板之间电连接。

[0037] 方案10根据方案1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

[0038] 上述晶舟具有与保持的上述多个基板同数的水平姿势的电极板,该电极板形成为环状。

[0039] 方案11根据方案10所述的基板处理装置,其特征在于,

[0040] 上述晶舟将上述多个基板分别载置于多个上述电极板的上表面。

[0041] 方案12根据方案1所述的基板处理装置,其特征在于,

[0042] 上述远程等离子体产生结构具有多个电极,该多个电极沿上下方向延伸,与高频电源或地线连接,且从上述处理室的下部到上部生成等离子体。

[0043] 方案13根据方案12所述的基板处理装置,其特征在于,

[0044] 还具备具有与上述多个基板对置的对置壁且构成气体分散空间的缓冲室,

[0045] 上述多个电极在缓冲室内设有三个。

[0046] 方案14根据方案13所述的基板处理装置,其特征在于,

[0047] 在上述对置壁设有与形成于在上下方向上相邻的基板之间的处理空间对应地开口的多个气体供给孔。

[0048] 方案15根据方案1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

[0049] 上述内部导体被供给－10kV～10kV的范围的电压的直流或交流的偏压。

[0050] 方案16根据方案1或2所述的基板处理装置,其特征在于,

[0051] 上述远程等离子体产生结构被高频电力间歇性地激发,

[0052] 对上述多个基板经由上述晶舟施加正的直流偏压。

[0053] 实用新型效果

[0054] 根据本公开,能够在使用了等离子体的基板处理中,抑制在基板的表面上生成的薄膜的面内均匀性的降低。

附图说明

[0055] 图1是表示一实施方式的基板处理装置的立体图。

[0056] 图2是表示图1所示的处理炉的图4的B－B剖视图。

[0057] 图3是表示图2所示的晶舟及晶舟旋转机构的纵剖视图。

[0058] 图4是图2所示的处理炉的A－A线剖视图。

[0059] 图5是表示图4的C部的立体图。

[0060] 图6是表示图1所示的基板处理装置使用的控制器和由控制器控制的各部件的框图。

[0061] 图7是表示在图1所示的基板处理装置中在晶圆的表面生成氧化硅膜的制造工艺的流程的流程图。

[0062] 图中：

[0063] 101—基板处理装置，200—晶圆(基板)，201—处理室，217—晶舟，218—晶舟支撑台，221—绝缘部件，221U—上表面(绝缘部件的上表面)，222—金属部件，224U—接触面(金属部件的接触面)，265—筒状旋转轴，266—内部导体，268—滑环，301—处理气体供给系统，429—第一远程等离子体产生结构(远程等离子体产生结构)，439—第二远程等离子体产生结构(远程等离子体产生结构)。

具体实施方式

[0064] 以下，参照附图，对一实施方式的基板处理装置进行说明。此外，在以下的说明中使用的图均为示意性的图，图中所示的各要素的尺寸的关系、各要素的比率等与现实未必一致。另外，在多个图的彼此之间，各要素的尺寸的关系、各要素的比率等也未必一致。

[0065] (基板处理装置的结构)

[0066] 如图1所示，基板处理装置101例如为用于半导体装置的制造的半导体制造装置。在基板处理装置101中，使用收纳有成为基板的一例的晶圆200的晶圆盒110。晶圆200由半导体硅等材料构成。

[0067] 基板处理装置101具备箱体111。在箱体111的内部设置有晶圆盒载台114。晶圆盒110由工序内输送装置(图示省略)搬到晶圆盒载台114上、或者从晶圆盒载台114上搬出。

[0068] 此外，图1所示的箭头分别表示基板处理装置101(箱体111)的上下方向、前后方向以及左右方向。

[0069] 晶圆盒110由工序内输送装置(图示省略)载置于晶圆盒载台114上。此时，晶圆盒110以晶圆盒110内的晶圆200为垂直姿势且晶圆盒110的晶圆出入口朝向上方的方式载置于晶圆盒载台114上。

[0070] 晶圆盒载台114构成为能够将晶圆盒110向箱体111的后方旋转90°，以使晶圆盒110内的晶圆200为水平姿势且晶圆盒110的晶圆出入口朝向基板处理装置101的箱体111的后方。

[0071] 在箱体111内的前后方向的大致中央部设置有晶圆盒架105。晶圆盒架105构成为能够以多层、多列保持多个晶圆盒110。在晶圆盒架105设有收纳晶圆盒110的移载架123。

[0072] 在晶圆盒载台114的上方设有预备晶圆盒架107。在预备晶圆盒架107预备地保管有晶圆盒110。在晶圆盒载台114与晶圆盒架105之间设置有晶圆盒输送装置118。

[0073] 晶圆盒输送装置118具备可以在保持晶圆盒110的状态下升降的晶圆盒升降机118a和作为输送机构的晶圆盒输送机构118b。晶圆盒输送装置118构成为能够通过晶圆盒升降机118a与晶圆盒输送机构118b的连动动作在晶圆盒载台114、晶圆盒架105以及预备晶圆盒架107之间输送晶圆盒110。

[0074] 在晶圆盒架105的后方设置有晶圆移载装置125。晶圆移载装置125具备能够将晶圆200沿水平方向移动的晶圆移载机构125a和用于使晶圆移载机构125a升降的升降机125b。

[0075] 在晶圆移载机构125a设有用于拾取晶圆200的夹钳125c。晶圆移载装置125构成为能够通过晶圆移载机构125a与升降机125b的连动动作向晶舟217装填(装入)晶圆200或从晶舟217卸下(卸出)晶圆200。

[0076] 在箱体111的后部上方设有对晶圆200进行热处理的处理炉202。处理炉202的下端部的开口能够通过炉口闸门147开闭。

[0077] 在处理炉202的下方设有作为使晶舟217相对于处理炉202升降的升降机构的晶舟升降机115。在晶舟升降机115的升降台连结有臂128。在臂128水平地装配有密封帽219。

[0078] 密封帽219构成为垂直地支撑晶舟217,并且能够封闭处理炉202的下端部的开口。通过利用晶舟升降机115使该密封帽219升降,支撑于密封帽219的晶舟217在处理室201内被搬入/搬出。另外,保持于晶舟217的多个晶圆200在插入处理室201的状态下被后述的加热器207加热到预定的温度。

[0079] 晶舟217构成为能够将多个(例如50～150个左右)晶圆200以水平姿势且在上下方向(垂直方向)上隔开预定的间隔(等间隔)地保持。另外,晶舟217以使多个晶圆200的中心位于同轴上的方式保持多个晶圆200。

[0080] 在晶圆盒架105的上方设置有供给清洁空气的清洁单元134a。清洁单元134a具备供给风扇(图示省略)及防尘过滤器(图示省略),且构成为能够向箱体111的内部供给清洁空气。

[0081] 在箱体111的左侧端部设置有供给清洁空气的清洁单元134b。清洁单元134b具备供给风扇(图示省略)及防尘过滤器(图示省略),且构成为能够向晶圆移载装置125及晶舟217等的附近供给清洁空气。清洁空气在供给至晶圆移载装置125及晶舟217等的附近后,向箱体111的外部排出。

[0082] (基板处理装置101的动作概要)

[0083] 接下来,对基板处理装置101的动作概要进行说明。

[0084] 首先,利用工序内输送装置(图示省略)将晶圆盒110搬到晶圆盒载台114上。此时,晶圆盒110以晶圆盒110内的晶圆200为垂直姿势且晶圆盒110的晶圆出入口朝向上方的方式载置于晶圆盒载台114上。接下来,利用晶圆盒载台114以使晶圆盒110内的晶圆200为水平姿势且晶圆盒110的晶圆出入口朝向箱体111的后方的方式使晶圆盒110向箱体111的后方旋转90°。

[0085] 接下来,晶圆盒载台114上的晶圆盒110被晶圆盒输送装置118输送至晶圆盒架105或预备晶圆盒架107的指定的架临时保管。接下来,晶圆盒110由晶圆盒输送装置118从晶圆盒架105或预备晶圆盒架107移载至移载架123。或者,晶圆盒载台114上的晶圆盒110由晶圆盒输送装置118不经由晶圆盒架105或预备晶圆盒架107地移载至移载架123。

[0086] 当晶圆盒110移载至移载架123时，利用晶圆移载机构125a的夹钳125c从晶圆盒110的晶圆出入口将多个晶圆200依次拾取，并依次装填(装入)到晶舟217。

[0087] 当将预先指定的张数的晶圆200装填到晶舟217时，闭合着处理炉202的下端部的开口的炉口闸门147打开，开放处理炉202的下端部的开口。接下来，保持有多个晶圆200的晶舟217通过晶舟升降机115的上升动作搬入(装载)到处理炉202内。然后，利用密封帽219封闭处理炉202的下端部的开口。

[0088] 接下来，在处理炉202对晶圆200实施任意的处理。然后，在实施任意的处理后，按照与上述相反的顺序将晶圆200及晶圆盒110搬出到箱体111的外部。

[0089] (处理炉的结构)

[0090] 接下来，对基板处理装置101的处理炉202的结构进行详述。

[0091] 如图2所示，在处理炉202设有作为用于加热晶圆200的加热装置(加热单元)的加热器207。加热器207具备上方封闭的圆筒形状的隔热部件和设于隔热部件的多个加热线材。在加热器207的内侧，与加热器207同心圆状地设有石英制的反应管203。

[0092] 在反应管203的下方设有作为能够将反应管203的下端部的开口气密地封闭的炉口盖体的密封帽219。密封帽219从上下方向(垂直方向)的下侧抵接于反应管203的下端部。另外，密封帽219由例如不锈钢等金属构成，形成为圆盘状。

[0093] 在反应管203的下端部设有环状的凸缘。在该凸缘的下表面与密封帽219的上表面之间配置有气密部件(以下称为O型圈)220。利用该O型圈220将凸缘与密封帽219的间隙气密地密封。

[0094] 此外，本实施方式的处理室201构成为包括反应管203及密封帽219。

[0095] 如图1所示，在密封帽219的上方配置有保持多个晶圆200的晶舟217。晶舟217支撑于后述的晶舟支撑台218。晶舟217具有底板210、顶板211、多个支柱212、以及多个电极板214(参照图3)。多个支柱212立在底板210上。在这些支柱212的上端部设有顶板211。

[0096] 如图3所示，在多个支柱212设有多个电极板214。多个电极板214形成为环状。另外，在多个电极板214的中央部形成有贯通孔214A。这些电极板214以水平姿势且在上下方向上隔开预定的间隔的状态支撑于多个支柱212。在这些电极板214的上表面载置有晶圆200。

[0097] 在多个支柱212分别形成有晶圆200的外周部插入的支撑槽213。各支撑槽213与电极板214的外周部的上表面相邻配置。由此，在各支撑槽213内露出电极板214的外周部的上表面。而且，当晶圆200的外周部插入各支撑槽213时，晶圆200的外周部载置于电极板214的上表面。另外，当晶圆200的外周部载置于电极板214的外周部的上表面时，电极板214的贯通孔214A被晶圆200封闭。由此，在沿上下方向相邻的晶圆200之间形成有处理空间215。向各处理空间215供给后述的处理气体及等离子体。

[0098] 构成晶舟217的底板210、多个支柱212以及多个电极板214例如由具有导电性及耐热性的掺杂碳化硅等形成。由此，当在多个电极板214分别载置有晶圆200时，晶舟217和多个晶圆200可电连接(导通)。

[0099] 此外，就晶舟217而言，只要至少电极板214和底板210的背面电导通即可，也可以仅表面的一部分具有导电性。因此，晶舟217例如也可以通过由具有导电性的高熔点金属涂层被覆具有耐热性的石英或碳化硅等的表面而形成。另外，电极板214和顶板211不是必须

的。特别是在晶圆200的背面可以进行基于欧姆接触或隧道效应的导通的情况下，晶圆200可以直接载置于支撑槽213。

[0100] 在密封帽219设有使晶舟217旋转的晶舟旋转机构267。晶舟旋转机构267具有旋转轴264和使旋转轴264旋转的马达等未图示的驱动源。旋转轴264沿上下方向贯通密封帽219，遍及处理室201的内外而配置，经由未图示的轴承可以与晶舟旋转机构267的主体连接。另外，旋转轴264与晶舟旋转机构267的主体的间隙可以通过例如磁性流体密封。

[0101] 旋转轴264具有筒状旋转轴265、内部导体266以及绝缘子管266a。筒状旋转轴265形成为圆筒状。该筒状旋转轴265例如由铁磁性体的金属等形成，与晶舟支撑台218机械连接，传递旋转。在该筒状旋转轴265的内部设有内部导体266。

[0102] 内部导体266由具有导电性的金属等形成为圆柱状。另外，内部导体266在筒状旋转轴265的内部同心地配置，且其上端比筒状旋转轴265的上表面突出。绝缘子管266a由例如氧化铝形成，设于筒状旋转轴265与内部导体266之间将两者电绝缘。绝缘子管266a的内周侧的一部分及外周侧的一部分被蒸镀金属，且通过与内部导体266及筒状旋转轴265的钎焊而一体化且密封。另外，在内部导体266的下部经由滑环268电连接有直流电源269。由此，电压(直流偏压)稳定地从直流电源269经由滑环268供给至旋转的内部导体266。直流电源269能够产生例如－10kV～10kV的范围的电压，电压构成为能够由后述的控制器280控制。

[0103] 在旋转轴264(筒状旋转轴265)的上端部设有支撑晶舟217的晶舟支撑台218。晶舟支撑台218能够与旋转轴264一体旋转。在该晶舟支撑台218的上表面固定有晶舟217的底板210。由此，通过使旋转轴264旋转，能够使晶舟支撑台218及晶舟217一体旋转。

[0104] 晶舟支撑台218配置于密封帽219的上方。该晶舟支撑台218具有绝缘部件221和金属部件222。绝缘部件221例如形成为圆盘状。另外，绝缘部件221例如由具有绝缘性及耐热性的石英或碳化硅等形成。在该绝缘部件221的上表面221U形成有凹部，且在此嵌入有金属部件222，晶舟217的底板210的下表面固定于上表面221U。

[0105] 金属部件222例如由具有导电性的金属(高熔点金属)形成。该金属部件222具有触点部223和连接部224。触点部223例如形成为圆盘状。该触点部223埋设于绝缘部件221的上部。另外，将触点部223的上表面为从绝缘部件221的上表面221U露出且与晶舟217的底板210的下表面接触的接触面223U。通过使底板210的下表面与该触点部223的接触面223U接触，晶舟217和金属部件222电连接(导通)。

[0106] 另外，触点部223的接触面223U比晶舟217的底板210的下表面小。由此，触点部223的接触面223U的整个面可以被底板210的下表面被覆。通过该底板210的下表面，可以保护触点部223的接触面223U不受后述的处理气体及等离子体等的影响。

[0107] 连接部224例如形成为圆柱状。该连接部224从触点部223的下表面向下方伸出，与内部导体266的上端部电连接(导通)。由此，支撑于晶舟217的晶圆200和内部导体266经由金属部件222电连接(导通)。

[0108] 如图4所示，在处理室201连接有用于供给处理气体(原料气体)的三个气体供给管310、320、330。

[0109] 在处理室201内设有喷嘴410、420、430。喷嘴410、420、430贯通反应管203的下部。在喷嘴410连接有气体供给管310。在喷嘴420连接有气体供给管320。在喷嘴430连接有气体供给管330。

[0110] (处理气体供给系统301)

[0111] 如图2所示,在气体供给管310,自上游侧起,依次设有作为开闭阀的阀314、作为液态原料的流量控制装置的液体质量流量控制器312、作为气化单元(气化装置)的气化器315、以及作为开闭阀的阀313。

[0112] 气体供给管310的下游侧的端部与喷嘴410的下端部连接。喷嘴410沿着反应管203的内壁面在上下方向上延伸。另外,在喷嘴410的侧面设有向晶圆200供给处理气体(原料气体)的多个气体供给孔411。

[0113] 如图3所示,多个气体供给孔411以朝向插入到反应管203内的晶圆200侧的方式在喷嘴410的侧面开口。另外,多个气体供给孔411以与形成于晶舟217内的多个处理空间215对置的方式沿上下方向隔开间隔配置。由此,从多个气体供给孔411向多个处理空间215分别供给处理气体。

[0114] 如图2所示,在气体供给管310中的阀313与气化器315之间设有与后述的排气管232连接的通气线路610及阀612。此外,在本实施方式中,主要由气体供给管310、阀314、液体质量流量控制器312、气化器315、阀313、喷嘴410、通气线路610以及阀612构成了处理气体供给系统301。

[0115] 在气体供给管310中的阀313的下游侧连接有用于供给载气(惰性气体)的载气供给管510。在载气供给管510设有质量流量控制器512及阀513。此外,在本实施方式中,主要由载气供给管510、质量流量控制器512以及阀513构成了载气供给系统(惰性气体供给系统)501。

[0116] 在处理气体供给系统301中,被液体质量流量控制器312进行了流量调整的液态原料供给至气化器315。然后,被气化器315气化了的液态原料成为处理气体并供给至气体供给管310。

[0117] 在此,在不向处理室201供给处理气体的情况下,关闭阀313,并且打开阀612,使处理气体流向通气线路610。

[0118] 另一方面,在向处理室201供给处理气体的情况下,关闭阀612,并且打开阀313,将处理气体供给至气体供给管310。另外,在载气供给系统501中,被质量流量控制器512进行了流量调整的载气经由阀513供给至载气供给管510。然后,载体及原料气体在阀313的下游侧的气体供给管310合流,经由喷嘴410供给至处理室201。

[0119] (气体供给系统302)

[0120] 在气体供给管320,自上游侧起,依次设有作为流量控制装置的质量流量控制器322及作为开闭阀的阀323。

[0121] 如图4所示,气体供给管320的下游侧的端部与喷嘴420的下端部连接。喷嘴420设于作为气体分散空间(放电室、放电空间)的缓冲室423内。在缓冲室423内设有后述的电极保护管451、452。在该缓冲室423内依次配置有喷嘴420、电极保护管451、电极保护管452。

[0122] 缓冲室423由反应管203的内壁和缓冲室壁424形成。缓冲室壁424沿着反应管203的内壁在上下方向上延伸。缓冲室壁424的水平截面形状为C字形状。缓冲室壁424设置为从反应管203的内壁的下部到上部。

[0123] 缓冲室壁424具有与插入到反应管203的晶圆200对置的对置壁。在对置壁设有向晶圆200供给等离子体的多个气体供给孔425。多个气体供给孔425在电极保护管451与电极

保护管452之间在对置壁开口。

[0124] 如图3所示，多个气体供给孔425以朝向晶圆200侧的方式在对置壁开口。多个气体供给孔425以与多个处理空间215对置的方式沿上下方向隔开间隔配置。由此，从多个气体供给孔425向多个处理空间215分别供给等离子体。多个气体供给孔425的开口面积及间距相同。

[0125] 如图4所示，喷嘴420配置于缓冲室423的一端侧。喷嘴420沿着反应管203的内壁在上下方向延伸。在喷嘴420的侧面设有喷射气体的多个气体供给孔421。多个气体供给孔421以朝向缓冲室423的中心的方式在喷嘴420的侧面开口。

[0126] 多个气体供给孔421与缓冲室423的气体供给孔425同样地沿上下方向隔开间隔配置。此外，在缓冲室423内与喷嘴420内的压差小的情况下，优选从喷嘴420的上游侧(下部)到下游侧(上部)使多个气体供给孔421的开口面积及间距相同。另一方面，在缓冲室423内与喷嘴420内的压差大的情况下，优选从喷嘴420的上游侧朝向下游侧，扩大多个气体供给孔421的开口面积，或者减小多个气体供给孔421的间距。

[0127] 通过这样调节多个气体供给孔421的开口面积及间距，能够使从多个气体供给孔421喷射的气体的流量大致同量。另外，从多个气体供给孔421喷出的气体的流速存在差，但通过将从多个气体供给孔421喷出的气体临时供给至缓冲室423内，能够在缓冲室423内实现气体的流速差的均匀化。

[0128] 即，当从喷嘴420的多个气体供给孔421向缓冲室423内供给气体时，气体的粒子速度在缓冲室423内均匀化。之后，缓冲室423内的气体从多个气体供给孔425向处理室201内喷射。由此，从多个气体供给孔425向处理室201内喷射的气体的流量及流速均匀化。

[0129] 如图2所示，在气体供给管320中的阀323与质量流量控制器322之间设有与排气管232连接的通气线路620及阀622。此外，在本实施方式中，主要由气体供给管320、质量流量控制器322、阀323、喷嘴420、缓冲室423、通气线路620以及阀622构成了气体供给系统302。

[0130] 在气体供给管320中的阀323的下游侧连接有用于供给载气(惰性气体)的载气供给管520。在载气供给管520设有质量流量控制器522及阀523。此外，在本实施方式中，主要由载气供给管520、质量流量控制器522以及阀523构成了载气供给系统(惰性气体供给系统)502。

[0131] 向气体供给管320供给利用质量流量控制器322进行了流量调整的气态原料气体。

[0132] 在此，在向处理室201不供给处理气体的情况下，关闭阀323，并且打开阀622，使处理气体流向通气线路620。

[0133] 另一方面，在向处理室201供给处理气体的情况下，关闭阀622，并且打开阀323，将处理气体供给至气体供给管320。另外，在载气供给系统502中，由质量流量控制器522进行了流量调整的载气经由阀523供给至载气供给管520。然后，载体及处理气体在阀323的下游侧的气体供给管320合流，经由喷嘴420及缓冲室423供给至处理室201。

[0134] 如图4所示，在气体供给管330，自上游侧起，依次设有作为流量控制装置的质量流量控制器332及作为开闭阀的阀333。

[0135] 气体供给管330的下游侧的端部与喷嘴430的下端部连接。喷嘴430设于作为气体分散空间(放电室、放电空间)的缓冲室433内。在缓冲室433内设有后述的电极保护管461、462。在缓冲室433内依次配置有喷嘴430、电极保护管461以及电极保护管462。

[0136] 缓冲室433由反应管203的内壁和缓冲室壁434形成。缓冲室壁434在反应管203的内壁沿上下方向延伸。缓冲室433的水平截面形状为C字形状。

[0137] 缓冲室壁434具有与插入到反应管203的晶圆200对置的对置壁。在对置壁设有向晶圆200供给等离子体的多个气体供给孔435。多个气体供给孔435在电极保护管461与电极保护管462之间在对置壁开口。

[0138] 多个气体供给孔435以朝向晶圆200侧的方式开口。多个气体供给孔435以与多个处理空间215对置的方式沿上下方向隔开间隔配置。由此，从多个气体供给孔435向多个处理空间215分别供给等离子体。多个气体供给孔435的开口面积及间距相同。

[0139] 喷嘴430配置于缓冲室433的一端侧。喷嘴430沿着反应管203的内壁在上下方向上延伸。在喷嘴430的侧面设有喷射气体的多个气体供给孔431。多个气体供给孔431以朝向缓冲室433的中心的方式在喷嘴430的侧面开口。

[0140] 多个气体供给孔431与缓冲室433的气体供给孔435同样地沿上下方向隔开间隔配置。此外，在缓冲室433内与喷嘴430内的压差小的情况下，优选从喷嘴430的上游侧(下部)到下游侧(上部)使多个气体供给孔431的开口面积及间距相同。另一方面，在缓冲室433内和喷嘴430内的压差大的情况下，优选从喷嘴430的上游侧朝向下游侧，扩大多个气体供给孔431的开口面积，或者缩小多个气体供给孔431的间距。

[0141] 通过这样调节多个气体供给孔431的开口面积及间距，能够使从多个气体供给孔431喷射的气体的流量大致同量。另外，从多个气体供给孔431喷出的气体的流速存在差，但通过将从多个气体供给孔431喷出的气体临时供给至缓冲室433内，能够在缓冲室433内实现气体的流速差的均匀化。

[0142] 即，当从喷嘴430的多个气体供给孔431向缓冲室433内供给气体时，气体的粒子速度在缓冲室433内均匀化。之后，缓冲室433内的气体从多个气体供给孔435向处理室201内喷射。由此，从多个气体供给孔431向缓冲室433内喷射的气体的流量及流速均匀化。

[0143] (气体供给系统303)

[0144] 如图2所示，在气体供给管330中的阀333与质量流量控制器332之间设有与排气管232连接的通气线路630及阀632。此外，在本实施方式中，主要由气体供给管330、质量流量控制器332、阀333、喷嘴430、缓冲室433、通气线路630以及阀632构成了气体供给系统303。

[0145] 在气体供给管330中的阀333的下游侧连接有用于供给载气(惰性气体)的载气供给管530。在载气供给管530设有质量流量控制器532及阀533。此外，在本实施方式中，主要由载气供给管530、质量流量控制器532以及阀533构成了载气供给系统(惰性气体供给系统)503。

[0146] 向气体供给管330供给由质量流量控制器332进行了流量调整的气态原料气体。

[0147] 在此，在向处理室201不供给处理气体的情况下，关闭阀333，并且打开阀632，使处理气体流向通气线路630。

[0148] 另一方面，在向处理室201供给原料气体的情况下，关闭阀632，并且打开阀333，将处理气体供给至气体供给管330。另外，在载气供给系统503中，由质量流量控制器532进行了流量调整的载气经由阀533供给至载气供给管530。然后，载体及处理气体在阀333的下游侧的气体供给管330合流，经由喷嘴430及缓冲室433供给至处理室201。

[0149] (远程等离子体源)

[0150] 如图4所示，在缓冲室423内设有具有细长的构造的棒状电极471及棒状电极472。棒状电极471及棒状电极472沿上下方向从反应管203的下部延伸到上部。棒状电极471及棒状电极472设为与喷嘴420大致平行。棒状电极471及棒状电极472由作为保护管的电极保护管451、452覆盖。

[0151] 棒状电极471经由整合器271与高频(RF:Radio Frequency)电源270连接。棒状电极472与作为基准电位的地线272连接。于是，当从高频电源270向棒状电极471供给电力时，在棒状电极471与棒状电极472之间的等离子体生成区域生成等离子体。

[0152] 此外，在本实施方式中，主要由棒状电极471、棒状电极472、电极保护管451、电极保护管452、缓冲室423以及气体供给孔425构成了第一远程等离子体产生结构429。另外，在本实施方式中，主要由棒状电极471、棒状电极472、电极保护管451、电极保护管452、整合器271以及高频电源270构成了作为等离子体发生器(等离子体发生部)的第一远程等离子体源。第一远程等离子体源作为利用等离子体使气体活化的活化机构发挥作用。缓冲室423作为等离子体发生室发挥作用。

[0153] 在缓冲室433内设有具有细长的构造的棒状电极481及棒状电极482。棒状电极481及棒状电极482沿上下方向从反应管203的下部延伸到上部。棒状电极481及棒状电极482设为与喷嘴430大致平行。棒状电极481及棒状电极482由作为保护管的电极保护管461、462覆盖。

[0154] 棒状电极481经由整合器271与高频电源270连接。棒状电极482与作为基准电位的地线272连接。于是，当从高频电源270向棒状电极481供给电力时，在棒状电极481与棒状电极482之间的等离子体生成区域生成等离子体。

[0155] 此外，在本实施方式中，主要由棒状电极481、棒状电极482、电极保护管461、电极保护管462、缓冲室433以及气体供给孔435构成了第二远程等离子体产生结构439。另外，在本实施方式中，主要由棒状电极481、棒状电极482、电极保护管461、电极保护管462、整合器271以及高频电源270构成了作为等离子体发生器(等离子体发生部)的第二远程等离子体源。第二远程等离子体源作为利用等离子体使气体活化的活化机构发挥作用。缓冲室433作为等离子体发生室发挥作用。

[0156] 如图5所示，电极保护管461及电极保护管462在晶舟支撑台218的下部附近经由形成于反应管203的贯通孔204、205插入缓冲室423内。电极保护管461及电极保护管462在贯通孔204、205中固定于反应管203。电极保护管461及电极保护管462在贯通设于缓冲室423内的安装板401的孔402、403的状态下固定于安装板401。安装板401固定于反应管203及缓冲室壁424。

[0157] 此外，电极保护管451及电极保护管452设为与电极保护管461及电极保护管462同样的结构。

[0158] 如图4所示，电极保护管451及电极保护管452的内部与缓冲室423的气氛隔离。与此同样地，电极保护管461及电极保护管462的内部与缓冲室433的气氛隔离。

[0159] 在此，分别插入到电极保护管451、452、461、462的棒状电极471、472、481、482可能由于加热器207的热而氧化。因此，在电极保护管451、452、461、462设有用于抑制棒状电极471、472、481、482的氧化的惰性气体净化机构。

[0160] 惰性气体净化机构向电极保护管451、452、461、462的内部填充或净化氮等惰性气

体，降低电极保护管451、452、461、462的内部的氧浓度。由此，棒状电极471、472、481、482的氧化被抑制。

[0161] 在此，本实施方式的基板处理使用远程等离子体。在远程等离子体中，向处理室201供给在与处理室201划分开的缓冲室423、433产生的等离子体，对处理室201内的晶圆200进行等离子体处理。在本实施方式中，在缓冲室423内容纳有两个棒状电极471及472，在缓冲室433内容纳有两个棒状电极481及482。因此，对晶圆200带来损害的离子难以从缓冲室423、433漏到处理室201。

[0162] 另外，在本实施方式中，以围绕两个棒状电极471及472的方式、更具体而言，以围绕电极保护管451及452的方式产生电场，生成等离子体。与此同样地，以围绕两个棒状电极481及482的方式、更具体而言，以围绕两个电极保护管461及462的方式产生电场，生成等离子体。等离子体中所含的活性种(等离子体活性种)从缓冲室423、433的多个气体供给孔425、435分别供给至晶舟217内的多个处理空间215，到达各晶圆200的表面。

[0163] 缓冲室423、433设于反应管203的内壁面。因此，在本实施方式中，与缓冲室423、433设于反应管203的外壁面的情况比较，能够使等离子体活性种不失活地到达晶圆200的表面。

[0164] 在此，为了降低使用了等离子体的晶圆200的处理温度，需要增大形成等离子体时的高频电力。但是，如果增大形成等离子体时的高频电力，则可能对晶圆200或形成于晶圆200的表面上的膜带来的损害变大。

[0165] 与此相对，如图4所示，本实施方式的基板处理装置101具备第一远程等离子体产生结构429及第二远程等离子体产生结构439这两个远程等离子体产生结构。因此，在本实施方式中，与远程等离子体产生结构为一个的情况相比，即使分别向第一远程等离子体产生结构429及第二远程等离子体产生结构439供给的高频电力较小，也能够产生充分的量的等离子体。因此，在本实施方式中，在对晶圆200进行等离子体处理时，能够减小对晶圆200或形成于晶圆200表面上的膜带来的损害。而且，在本实施方式中，能够降低晶圆200的处理温度。

[0166] 另外，第一远程等离子体产生结构429和第二远程等离子体产生结构439设为相对于穿过晶圆200的中心(反应管203的中心)的水平线线对称。由此，能够从第一远程等离子体产生结构429及第二远程等离子体产生结构439向晶圆200的上表面更均匀地供给等离子体。其结果，能够在晶圆200的表面上形成更均匀的膜。

[0167] 另外，排气口230设于穿过晶圆200的中心(反应管203的中心)的水平线上。由此，能够向晶圆200的上表面的整个面更均匀地供给等离子体。而且，喷嘴410的气体供给孔411设于穿过晶圆200的中心(反应管203的中心)的水平线上。由此，能够向晶圆200的上表面的整个面更均匀地供给原料气体。其结果，能够在晶圆200的上表面上形成更均匀的膜。

[0168] 另外，从喷嘴410的气体供给孔411到缓冲室423的气体供给孔425的距离和从喷嘴410的气体供给孔411到缓冲室433的气体供给孔435的距离设定为相同。由此，能够在晶圆200的表面上形成更均匀的膜。

[0169] 如图2所示，在反应管203的下部的排气口230连接有排出处理室201内的气氛的排气管231。在排气管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)阀243连

接有作为真空排气装置的真空泵246。利用该真空泵246，处理室201内的压力减压至预定的压力(真空度)。

[0170] 真空泵246的下游侧的排气管232与未图示的排气处理装置等连接。此外，APC阀243构成为能够通过阀的开闭来控制处理室201内的真空排气的开始及停止。另外，APC阀243构成为能够通过调整阀的开度及电导来调整处理室201内的压力。

[0171] 喷嘴410的气体供给孔411和排气口230隔着晶圆200对置配置。由此，从气体供给孔411供给的处理气体在晶圆200的表面上朝向排气管231的方向以横断的方式流动，因此能够向晶圆200的表面整个面更均匀地供给处理气体。其结果，能够在晶圆200的表面上形成更均匀的膜。

[0172] 此外，在本实施方式中，主要由排气管231、APC阀243、真空泵246以及压力传感器245构成了排气系统。

[0173] (温度传感器)

[0174] 在反应管203内设置有作为温度检测器的温度传感器263(参照图6)。在温度传感器263电连接有后述的控制器280。控制器280基于由温度传感器263检测出的温度信息调整向加热器207的供给电力，以使处理室201内的温度分布成为所希望的温度分布。温度传感器263构成为L字型，且设置成沿着反应管203的内壁。

[0175] (控制器)

[0176] 如图6所示，控制器280具备显示操作菜单等的显示器288和包括多个键而构成且供各种信息及操作指示输入的操作输入部290。另外，控制器280具备管理基板处理装置101整体的动作的CPU281、预先存储有包括控制程序的各种程序等的ROM282、临时存储各种数据的RAM283、以及存储并保持各种数据的HDD284。

[0177] 控制器280具备控制各种信息向显示器288的显示并且接收来自显示器288的操作信息的显示驱动器287、检测对操作输入部290的操作状态的操作输入检测部289、以及通信接口(I/F)部285。

[0178] 温度控制部291、压力控制部294、真空泵246、晶舟旋转机构267、晶舟升降机115、液体质量流量控制器312、质量流量控制器322、332、512、522、532以及阀控制部299经由通信接口部285相互连接，且经由通信接口部285进行各种信息的发送/接收。

[0179] CPU281、ROM282、RAM283、HDD284、显示驱动器287、操作输入检测部289以及通信I/F部285经由系统母线BUS286相互连接。因此，CPU281能够访问ROM282、RAM283以及HDD284。CPU281能够经由显示驱动器287控制各种信息向显示器288的显示，并且掌握来自显示器288的操作信息。另外，CPU281能够经由通信I/F部285在与各部件之间发送/接收各种信息。另外，CPU281能够经由操作输入检测部289掌握用户对操作输入部290的操作状态。

[0180] 温度控制部291具备加热器207、向加热器207供给电力的加热用电源250、温度传感器263、在与控制器280之间发送/接收设定温度信息等各种信息的通信I/F部293、以及基于接收到的设定温度信息和来自温度传感器263的温度信息等控制从加热用电源250向加热器207的供给电力的加热控制部292。加热控制部292由计算机实现。温度控制部291的通信I/F部293和控制器280的通信I/F部285通过电缆751连接。

[0181] 压力控制部294具备通信I/F部296和APC阀控制部295。通信I/F部296在APC阀243、压力传感器245以及控制器280之间发送/接收设定压力信息及APC阀243的开闭信息等各种

信息。APC阀控制部295基于设定压力信息、APC阀243的开闭信息等、以及来自压力传感器245的压力信息等控制APC阀243的开闭及开度。APC阀控制部295由计算机实现。压力控制部294的通信I/F部296和控制器280的通信I/F部285通过电缆752连接。

[0182] 真空泵246、晶舟旋转机构267、晶舟升降机115、液体质量流量控制器312、质量流量控制器322、332、512、522、532、以及高频电源270和控制器280的通信I/F部285经由电缆753、754、755、756、757、758、759、760、761、762分别连接。

[0183] 阀控制部299具备作为气阀的阀313、314、323、333、513、523、533、612、622、632和控制向阀313、314、323、333、513、523、533、612、622、632的空气的供给的电磁阀组298。电磁阀组298具备与阀313、314、323、333、513、523、533、612、622、632分别对应的电磁阀297。电磁阀组298和控制器280的通信I/F部285经由电缆763连接。

[0184] 由此，液体质量流量控制器312、质量流量控制器322、332、512、522、532、阀313、314、323、333、513、523、533、612、622、632、APC阀243、加热用电源250、温度传感器263、压力传感器245、真空泵246、晶舟旋转机构267、晶舟升降机115、以及高频电源270等各部件与控制器280连接。

[0185] 控制器280分别进行液体质量流量控制器312、质量流量控制器322、332、512、522、532的流量控制、阀313、314、323、333、513、523、533、612、622、632的开闭动作控制以及APC阀243的开闭控制。控制器280分别进行经由基于来自压力传感器245的压力信息的开度调整动作的压力控制、经由基于来自温度传感器263的温度信息的从加热用电源250向加热器207的电力供给量调整动作的温度控制、以及从高频电源270供给的高频电力的控制。控制器280分别进行真空泵246的启动和停止控制、晶舟旋转机构267的旋转速度调节控制、以及晶舟升降机115的升降动作控制等。

[0186] 控制器280控制从直流电源269经由晶舟旋转机构267向晶舟217施加的直流偏压。

[0187] (半导体装置的制造方法)

[0188] 接下来，对使用上述的基板处理装置制造大规模集成电路(LSI:Large Scale Integration)的半导体装置(设备)的制造工序的一例进行说明。此外，在以下的说明中，构成基板处理装置101的各部分的动作由控制器280控制。

[0189] LSI在进行在硅晶圆上实施处理的晶圆工艺后经过组装工序、试验工序以及可靠性试验工序制造。晶圆工艺被区分成对硅晶圆实施氧化、扩散等加工的基板工序和在硅晶圆的表面形成配线的配线工序。在配线工序中，以光刻工序为中心反复进行清洗、热处理以及膜形成等。在光刻工序中，形成抗蚀图案，将抗蚀图案作为掩模进行蚀刻，由此对抗蚀图案的下层进行加工。

[0190] 在此，对使用基板处理装置101在200℃以下的低温形成氧化硅膜的例子进行说明。

[0191] 在CVD法中，将包含构成形成的膜的多个元素的多种气体等同时向硅晶圆供给。另外，在ALD法中，将包含构成形成的膜的多个元素的多种气体等向硅晶圆交替供给。而且，通过控制气体等的供给流量、供给时间以及等离子体功率等处理条件，形成氧化硅膜(SiO膜)或氮化硅膜(SiN膜)。在CVD法及ALD法中，例如，在形成SiO膜的情况下，以膜的组成比成为作为化学计量组成的O/Si≈2为目的，控制处理条件。另外，例如，在形成SiN膜的情况下，以膜的组成比成为作为化学计量组成的N/Si≈1.33为目的，控制处理条件。

[0192] 另一方面，也能够以形成的膜的组成比成为与化学计量组成不同的预定的组成比为目的，控制处理条件。即，以构成形成的膜的多个元素中的至少一个元素比其它元素相对于化学计量组成过剩为目的，控制处理条件。也能够一边控制构成这样形成的膜的多个元素的比率、即膜的组成比，一边进行成膜。以下，对交替供给包含不同的种类的元素的多种气体，形成具有化学计量组成的氧化硅膜的顺序例进行说明。

[0193] 在此，将第一元素设为硅(Si)，将第二元素设为氧(O)。将包含Si作为第一元素的气体称为Si原料气体，将包含O作为第二元素的气体(反应气体)称为含氧气体。而且，参照图7对在基板上形成作为绝缘膜的氧化硅膜的例子进行说明。

[0194] 首先，控制向加热器207供给电力的加热用电源250，将处理室201内的温度保持为200℃以下，更优选100℃以下的温度，例如成为100℃。

[0195] 之后，将形成有抗蚀图案的多个晶圆200装填到晶舟217(晶圆装入)(步骤S201)。

[0196] 之后，启动真空泵246。另外，打开炉口闸门147(参照图1)。支撑多个晶圆200的晶舟217被晶舟升降机115抬起而搬入处理室201内(晶舟装载)(步骤S202)。在该状态下，密封帽219为经由O型圈220将反应管203的下端密封的状态。之后，利用晶舟旋转机构267使晶舟217旋转，使保持于晶舟217的多个晶圆200旋转。

[0197] 之后，打开APC阀243，利用真空泵246进行抽真空，以使处理室201内成为所希望的压力(真空度)。然后，在晶圆200的温度达到100℃且温度等稳定后(步骤S203)，在将处理室201内的温度保持在100℃的状态下依次执行下一步骤。

[0198] 此外，处理室201内的压力由压力传感器245测定。而且，基于测定出的压力对APC阀243的开度进行反馈控制(压力调整)。另外，利用加热器207加热处理室201，以使处理室201内成为所希望的温度。此时，基于温度传感器263检测出的温度信息，对从加热用电源250向加热器207的电力供给情况进行反馈控制，以使处理室201内成为所希望的温度(温度调整)。

[0199] 接下来，通过向处理室201内供给SI原料气体和含氧气体，进行形成氧化硅膜的氧化硅膜形成工序。在氧化硅膜形成工序中，依次反复执行如下四个步骤(S204～S207)。

[0200] (SI原料气体供给:步骤S204)

[0201] 在步骤S204中，经由处理气体供给系统301的气体供给管310及喷嘴410向处理室201内供给SI原料气体。

[0202] 首先，在将SI原料气体供给至处理室201之前，关闭阀313，并且打开阀314、612。由此，将常温下为液体的SI原料气体在由液体质量流量控制器312进行流量调整后，供给至气化器315，在由气化器315气化。在气化器315气化的原料气体经由阀612流向通气线路610。

[0203] 接下来，在将SI原料气体供给至处理室201时，关闭阀612，并且打开阀313，将SI原料气体供给至阀313的下游的气体供给管310。另外，打开阀513，从载气供给管510供给载气(N_2)。此时，载气(N_2)的流量由质量流量控制器512调整。而且，SI原料气体和载气(N_2)在阀313的下游侧的气体供给管310合流而混合，一边经由喷嘴410的气体供给孔411向处理室201供给，一边从排气管231排出。

[0204] 此时，适当地调整APC阀243，将处理室201内的压力维持在50～900Pa的范围内，例如300Pa。另外，使由液体质量流量控制器312控制的SI原料气体的供给量为0.05～3.00g/min的范围内，例如1.00g/min。此外，本说明书中的“50～900Pa”这样的数值范围的记载是

指下限值及上限值包括在该范围内。由此，“50～900Pa”是指“50Pa以上且900Pa以下”。其它数值范围也相同。

[0205] 将晶圆200暴露于SI原料气体中的时间在2～6秒的范围，例如为3秒。另外，控制向加热器207供给电力的加热用电源250，将处理室201内的温度保持为200℃以下，优选为100℃以下的温度，例如成为100℃。

[0206] 在此，流向处理室201内的气体仅是SI原料气体和作为惰性气体的N_2，不存在O_2。因此，SI原料气体不引起气相反应地与晶圆200的表面或基膜进行表面反应(化学吸附)，形成原料(SI原料气体)的吸附层或Si层(以下为含Si层)。SI原料气体的化学吸附层除了SI原料气体分子的连续的吸附层，还包括不连续的化学吸附层。Si层除了由Si构成的连续的层，还包括它们重叠而成的Si薄膜。此外，也有时将由Si构成的连续的层称为Si薄膜。

[0207] 另外，若打开阀523从载气供给管520向气体供给管320的中途流通N_2(惰性气体)，则能够防止SI原料气体绕到含氧气体侧的喷嘴420、缓冲室423以及气体供给管320。与此同样地，若打开阀533从载气供给管530向气体供给管330的中途流通N_2(惰性气体)，则能够防止SI原料气体绕到含氧气体侧的喷嘴430、缓冲室433以及气体供给管330。此外，由于是为了防止SI原料气体回绕，因此由质量流量控制器522、532控制的N_2(惰性气体)的流量可以少。

[0208] (残留气体去除：步骤S205)

[0209] 在步骤S205中，将残留SI原料气体等残留气体从处理室201内去除。关闭气体供给管310的阀313，停止SI原料气体向处理室201的供给，并打开阀612，使SI原料气体流向通气线路610。此时，将排气管231的APC阀243全开，利用真空泵246将处理室201内排气至成为20Pa以下，将残留于处理室201内的残留SI原料气体等残留气体从处理室201内排除。此时，若从作为SI原料气体供给线路的气体供给管310、320、330向处理室201内供给N_2等惰性气体，则排除残留SI原料气体等残留气体的效果提高。

[0210] (活化的含氧气体供给：步骤S206)

[0211] 在步骤S206中，从气体供给系统302的气体供给管320经由喷嘴420的气体供给孔421向缓冲室423内供给含氧气体。此时，从高频电源270经由整合器271向棒状电极471与棒状电极472之间施加高频电力。由此，供给至缓冲室423内的含氧气体被等离子体激发，作为活性种从气体供给孔425向处理室201内供给，并且从排气管231排出。此外，向缓冲室423内供给的含氧气体的流量由质量流量控制器322调整。

[0212] 另外，从气体供给系统303的气体供给管330经由喷嘴430的气体供给孔431向缓冲室433内供给含氧气体。此时，从高频电源270经由整合器271向棒状电极481与棒状电极482之间施加高频电力。由此，供给至缓冲室433内的含氧气体被等离子体激发，作为活性种从气体供给孔435向处理室201内供给，并且从排气管231排出。此外，向缓冲室433内供给的含氧气体的流量由质量流量控制器332调整。

[0213] 在此，在向缓冲室423供给含氧气体之前，关闭阀323，并且打开阀622，使含氧气体经由阀622流向通气线路620。与此同样地，在向缓冲室433供给含氧气体之前，关闭阀333，并且打开阀632，使含氧气体经由阀632流向通气线路630。

[0214] 在向缓冲室423供给含氧气体时，关闭阀622，并且打开阀323，向阀323的下游的气体供给管320供给含氧气体，并且打开阀523，从载气供给管520向气体供给管320供给载气

(N_2)。此外，载气(N_2)的流量由质量流量控制器522调整。含氧气体及载气(N_2)在阀323的下游侧的气体供给管320合流而混合，经由喷嘴420向缓冲室423供给。

[0215] 在将含氧气体向缓冲室433供给时，关闭阀632，并且打开阀333，向阀333的下游的气体供给管330供给含氧气体，并且打开阀533，从载气供给管530向气体供给管330供给载气(N_2)。载气(N_2)的流量由质量流量控制器532调整。含氧气体及载气(N_2)在阀333的下游侧的气体供给管330合流而混合，经由喷嘴430向缓冲室433供给。

[0216] 在将含氧气体通过等离子体激发而作为活性种流动时，适当地调整APC阀243，使处理室201内的压力为例如50～900Pa的范围内的压力，例如500Pa。此时，由质量流量控制器322控制的含氧气体的供给流量为例如2000～9000sccm的范围内的流量，例如6000sccm。与此同样地，由质量流量控制器332控制的含氧气体的供给流量为例如2000～9000sccm的范围内的流量，例如6000sccm。另外，将晶圆200暴露于通过对含氧气体进行等离子体激发而获得的活性种中的时间、即气体供给时间为例如3～20秒的范围内的时间，例如9秒。

[0217] 此外，从高频电源270向棒状电极471与棒状电极472之间施加的高频电力设定为例如20～600W的范围内的电力，例如成为200W。与此同样地，从高频电源270向棒状电极481与棒状电极482之间施加的高频电力设定为例如20～600W的范围内的电力，例如成为200W。高频电力在气体供给时间中可连续或者间歇地供给。通过以几μs级别间歇地激发，能够降低电子温度，促进负离子的生成。另外，控制向加热器207供给电力的加热用电源250，将处理室201内的温度保持为200℃以下，优选为100℃以下的温度，例如成为100℃。

[0218] 在此，含氧气体在原状态下反应温度高，且在如上述的处理室201内的温度及压力下难以反应。因此，对含氧气体进行等离子体激发，形成活性种后流向处理室201，由此能够将处理室201内的温度如上所述地设定为低的温度范围。但是，处理室201内的温度变更耗费时间，因此优选处理室201内的温度设为与供给BTNAS气体时的温度相同。

[0219] 在各缓冲室423、433生成的活性种与气流一起从多个气体供给孔425、435分别供给至晶舟217内的多个处理空间215。在处理室201内流动的气体是含有氧和N_2的混合气体，包含被激发的(亚稳定状态的)O_2分子、O原子、O^+离子等作为活性种。此时，向处理室201内未流动SI原料气体。因此，含氧气体不会引起气相反应。而且，成为活性种的或者被活化的含氧气体与在步骤S204形成于晶圆200上的作为第一层的含硅层反应。由此，含硅层被氧化，改性为包含硅(第一元素)及氧(第二元素)的作为第二层的氧化硅层(SiO层)。

[0220] 另外，如果打开阀513从载气供给管510向气体供给管310的中途流通N_2(惰性气体)，则能够防止含氧气体绕到SI原料气体侧的喷嘴410及气体供给管310。此外，由于是为了防止含氧气体回绕，因此由质量流量控制器512控制的N_2(惰性气体)的流量可以少。

[0221] 另外，在晶舟217内的各处理空间215中，通过等离子体空间与晶圆200的电位差，在晶圆200的表面上形成鞘流(离子鞘流)。由于该鞘流，例如，活性种(等离子体活性种)难以向晶圆200侧流动，或者难以离解，因此，堆积于晶圆200的表面上的薄膜的面内均匀性可能降低。或者，在处理空间215过于远离等离子体空间，带电粒子的密度低且不能期待由自偏压带来的活性种的入射的均匀化的情况、活性种失活的情况下，面内均匀性也可能降低。

[0222] 作为该对策，在本实施方式中，从直流电源269经由晶舟旋转机构267及晶舟217向多个晶圆200分别施加直流偏压，控制形成于各晶圆200的表面上的鞘流或周边的电场。即使晶圆200的背侧是绝缘体，也能够利用电极板214在晶圆200的周边形成旋转对称的偏压

电场，实质上对晶圆200赋予偏压。具体而言，晶舟217具有导电性，与多个晶圆200电连接。该晶舟217经由晶舟支撑台218的金属部件222、晶舟旋转机构267的内部导体266以及滑环268与直流电源269电连接。

[0223] 控制器280在步骤S206中控制直流电源269，从直流电源269经由晶舟旋转机构267及晶舟217向多个晶圆200分别施加负的直流偏压。由此，除了在形成于晶圆200的表面上的鞘流或缓冲室423、433与晶圆200之间形成有促进正离子向晶圆200的入射的电场，还使活性种到达晶圆200的时间缩短，入射能量增大。相反地，如果对多个晶圆200分别施加正的直流偏压，则形成促进负离子向晶圆200的入射的电场，并且鞘流缩小，晶圆200与更高密度的等离子体接近或接触，不仅是离子，电中性的等离子体活性种也容易与晶圆200的表面相互作用。其结果，可促进等离子体活性种与晶圆200的表面上的含硅层的反应。此时，直流偏压的极性及电压可选择，以使堆积于晶圆200的表面上的氧化硅层的面内均匀性的降低被抑制。

[0224] (残留气体去除：步骤S207)

[0225] 在步骤S207中，将未反应或者参与氧化后的残留含氧气体等残留气体从处理室201内去除。具体而言，首先，关闭气体供给管320的阀323，停止含氧气体向处理室201的供给，并打开阀622，使含氧气体流向通气线路620。与此同样地，关闭气体供给管330的阀333，停止含氧气体向处理室201的供给，并打开阀632，使含氧气体流向通气线路630。

[0226] 此时，将排气管231的APC阀243全开，利用真空泵246将处理室201内排气至成为20Pa以下，将残留于处理室201内的残留含氧气体等残留气体从处理室201内排除。此时，如果从作为含氧气体供给线路的气体供给管310、320、330向处理室201内供给N_2等惰性气体，则排除残留含氧气体等残留气体的效果进一步提高。

[0227] 将上述的步骤S204～S207设为一循环，至少进行一次以上(步骤S208)，由此在晶圆200的表面上形成预定膜厚的氧化硅膜。此时的处理室内的温度、压力除了能够如ALD法那样选择为使吸附层的厚度自限制为一分子左右，也能够选择为成为供给限速或者基于等离子体的反应限速。

[0228] 之后，通过将N_2等惰性气体一边向处理室201内供给一边排出，利用惰性气体将处理室201内净化(气体净化：步骤S210)。此外，优选的是，在气体净化中，在去除残留气体后，反复进行如下工序：关闭APC阀243，并且打开阀513、523、533，向处理室201内供给N_2等惰性气体；以及在关闭阀513、523、533停止N_2等惰性气体向处理室201内的供给的状态下，打开APC阀243，进行处理室201内的抽真空。

[0229] 之后，停止晶舟旋转机构267对晶舟217的旋转。之后，打开阀513、523、533，利用N_2等惰性气体置换处理室201内的气氛(惰性气体置换)，使处理室201内的压力恢复到常压(大气压恢复：步骤S212)。之后，通过晶舟升降机115使密封帽219下降，开放反应管203的下端部的开口，并且从开放的开口将晶舟217搬出到处理室201的外部(晶舟卸载：步骤S214)。之后，通过炉口闸门147关闭反应管203的下端部的开口。之后，停止真空泵246。之后，从晶舟217取出处理完毕的多个晶圆200(晶圆卸出：步骤S216)。由此，一次成膜处理(分批处理)结束。

[0230] (效果)

[0231] 接下来，对本实施方式的效果进行说明。

[0232] 如上所述，根据本实施方式，在步骤S206中，控制器280控制直流电源269，从直流电源269经由晶舟旋转机构267及晶舟217向多个晶圆200分别施加直流偏压。由此，形成于晶圆200的表面上的鞘流缩小，等离子体活性种容易被引入晶圆200的表面，并且容易离解。其结果，等离子体活性种与晶圆200的表面上的含硅层的反应被促进。因此，可抑制堆积于晶圆200的表面上的氧化硅层的面内均匀性的降低。

[0233] 另外，直流电源269经由滑环268与晶舟旋转机构267的内部导体266通过直流耦合电连接。利用该滑环268，能够从直流电源269对旋转的内部导体266稳定地供给直流电力。

[0234] 另外，在内部导体266经由晶舟支撑台218的金属部件222电连接有晶舟217。更具体而言，晶舟支撑台218具有绝缘部件221和金属部件222。晶舟217的底板210的下表面以载置的状态固定于绝缘部件221的上表面221U。在该绝缘部件221的内部设有金属部件222的触点部223。触点部223的接触面223U从绝缘部件221的上表面221U露出，且与晶舟217的底板210的下表面接触。

[0235] 在此，触点部223的接触面223U的整个面被晶舟217的底板210的下表面被覆。由该底板210的下表面保护触点部223的接触面223U不受处理气体及等离子体等影响。

[0236] 另外，内部导体266设于具有绝缘性的绝缘子管266a的内部。由该绝缘子管266a保护内部导体266不受处理气体及等离子体等影响。

[0237] (变形例)

[0238] 接下来，对上述实施方式的变形例进行说明。

[0239] 在上述实施方式中，在步骤S206中，例如，从直流电源269向多个晶圆200分别施加正的直流偏压。但是，从直流电源269向多个晶圆200施加的直流偏压的大小能够根据形成于晶圆200的表面上的鞘流(鞘流电压)或者形成于晶圆200的表面上的薄膜的状态等适当地变更。从而，例如，也能够从直流电源269向多个晶圆200分别施加负的直流偏压。另外，不限于直流电源，也可以使用比高频电源270的激励频率及等离子体振动频率低频的交流电源。

[0240] 另外，在上述实施方式中，晶舟217在支柱212的支撑槽213支撑晶圆200。但是，也可以由支柱212或者从电极板214突出的销支撑晶圆200。另外，电极板214不限于与晶圆200物理接触而施加偏压，也可以利用在电极板214的周围产生的电场间接施加偏压。另外，电极板214不限于环状，也可以形成为圆盘等任意的形状。通过将电极板214形成为仅与晶圆200的中心附近面对面且直径比晶圆200小的圆盘状，能够在与圆盘对应的所希望的范围内促进基于等离子体的晶圆200上的膜的处理，改善面内均匀性。此时，支柱212与电极板之间由导电性棒等连接。

[0241] 另外，在上述实施方式中，第一远程等离子体产生结构429及第二远程等离子体产生结构439设于反应管203的内侧。但是，第一远程等离子体产生结构429及第二远程等离子体产生结构439也可以设于反应管203的外侧。

[0242] 另外，在上述实施方式中，第一远程等离子体产生结构429及第二远程等离子体产生结构439这两个远程等离子体产生结构设于反应管203。但是，能够在反应管203设置至少一个远程等离子体产生结构。

[0243] 另外，上述实施方式的第一远程等离子体产生结构429及第二远程等离子体产生结构439使用含氧气体在晶圆200的表面上生成氧化硅膜。但是，第一远程等离子体产生结

构429及第二远程等离子体产生结构439例如也可以使用DCS(二氯硅烷:SiH_2Cl_2)及NH_3(氨)在晶圆200的表面上生成氮化硅膜。

[0244] 另外,在上述实施方式中,作为Si原料气体,例如能够使用甲硅烷(SiH_4)、乙硅烷(Si_2H_6)、丙硅烷(Si_3H_8)等硅烷系气体、单氯硅烷(SiH_3Cl,简称:MCS)、二氯硅烷(SiH_2Cl_2,简称:DCS)、三氯硅烷($SiHCl_3$,简称:TCS)、四氯硅烷($SiCl_4$,简称:STC)、六氯乙硅烷气体(Si_2Cl_6,简称:HCDS)、八氯丙硅烷(Si_3Cl_8,简称:OCTS)等氯硅烷系气体。另外,作为原料气体,例如,也能够使用四氟硅烷(SiF_4)、二氟硅烷(SiH_2F_2)气体等氟硅烷系、四溴硅烷($SiBr_4$)、二溴硅烷(SiH_2Br_2)等溴硅烷系、四碘硅烷(SiI_4)、二碘硅烷(SiH_2I_2)气体等碘硅烷系气体。另外,作为原料气体,例如也能够使用四(二甲氨基)硅烷($Si[N(CH_3)_2]_4$,简称:4DMAS)、三(二甲氨基)硅烷($Si[N(CH_3)_2]_3H$,简称:3DMAS)、双(二乙氨基)硅烷($Si[N(C_2H_5)_2]_2H_2$,简称:BDEAS)、双(叔丁氨基)硅烷($SiH_2[NH(C_4H_9)]_2$,简称:BTBAS)等氨基硅烷系气体。另外,作为原料气体,也能够使用例如四乙氧基硅烷($Si(OC_2H_5)_4$,简称:TEOS)等有机系硅烷原料气体。作为原料气体,能够使用它们中的一种以上。另外,作为含氧气体,例如能够使用氧(O_2)、一氧化二氮(N_2O)、一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO_2)、臭氧(O_3)、水蒸气(H_2O)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)等气体。作为含氧气体,能够使用它们中的一种以上。

[0245] 另外,在上述实施方式中,使用了N_2(氮)作为载气。但是,在上述实施方式中,也可以取代氮而使用He(氦)、Ne(氖)、Ar(氩)等。在稀有气体中,He气容易产生负离子。

[0246] 另外,在上述实施方式中,晶舟支撑台218具备绝缘部件221和金属部件222。但是,晶舟支撑台218也可以整体由金属形成。在该情况下,向晶舟支撑台218施加的直流偏压可作为切断在晶舟支撑台218与气氛之间流动的杂散电流的电防腐蚀发挥作用。例如,在利用卤素系气体清洁处理室201时,能够利用较小的负的偏置电压抑制晶舟支撑台218(金属部件222)、旋转轴264的腐蚀。此时,期望拆下容易被卤素系气体蚀刻的碳化硅制的晶舟。也就是,在以金属部件的电防腐蚀为目的的情况下,导电性的晶舟不是必须的。

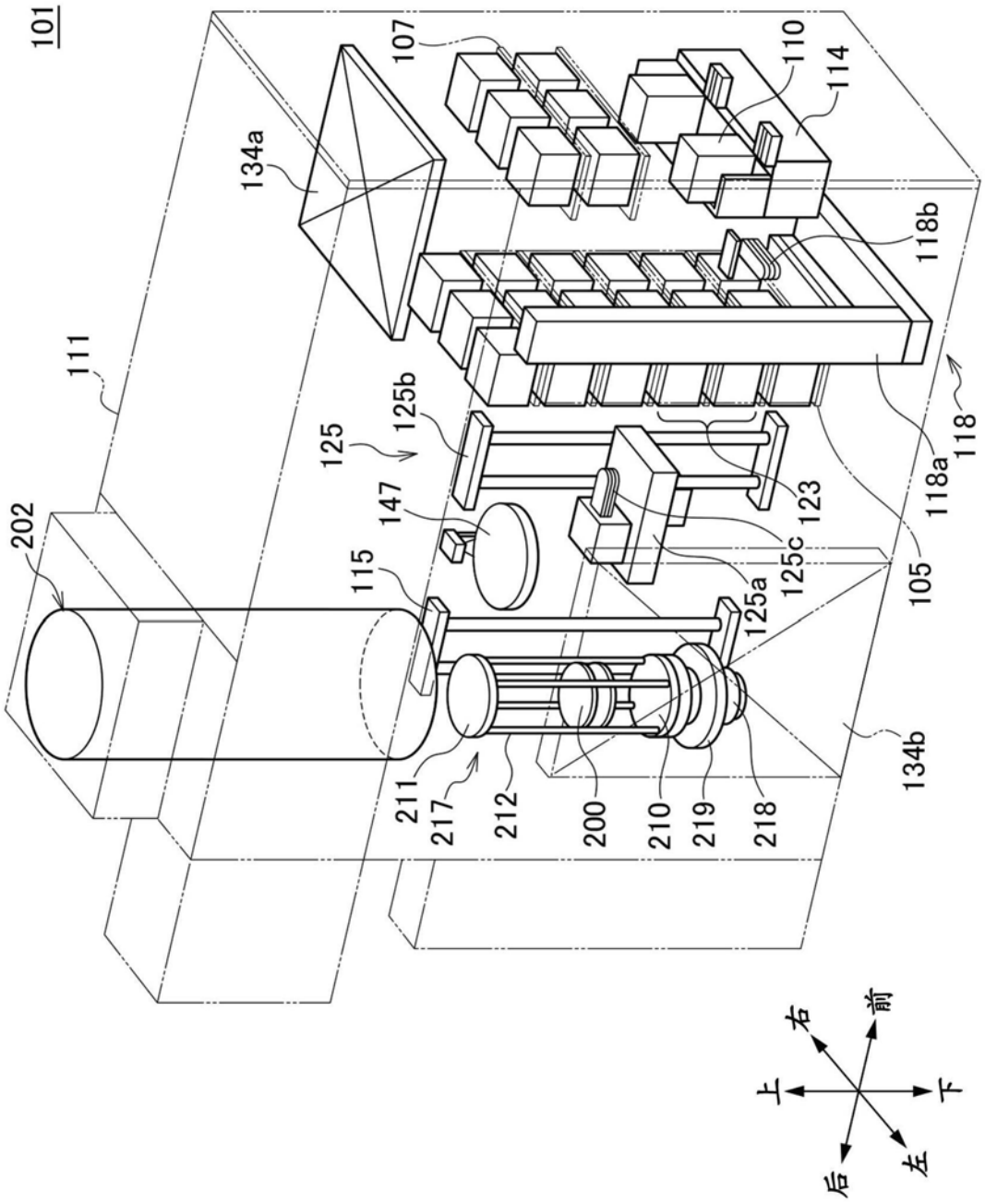

101
107
110
114
134a
118b
111
125b
125
118
118a
147
123
202
125c
105
115
125a
134b
211
217
212
200
210
219
218
右
前
上
下
后
左

图1

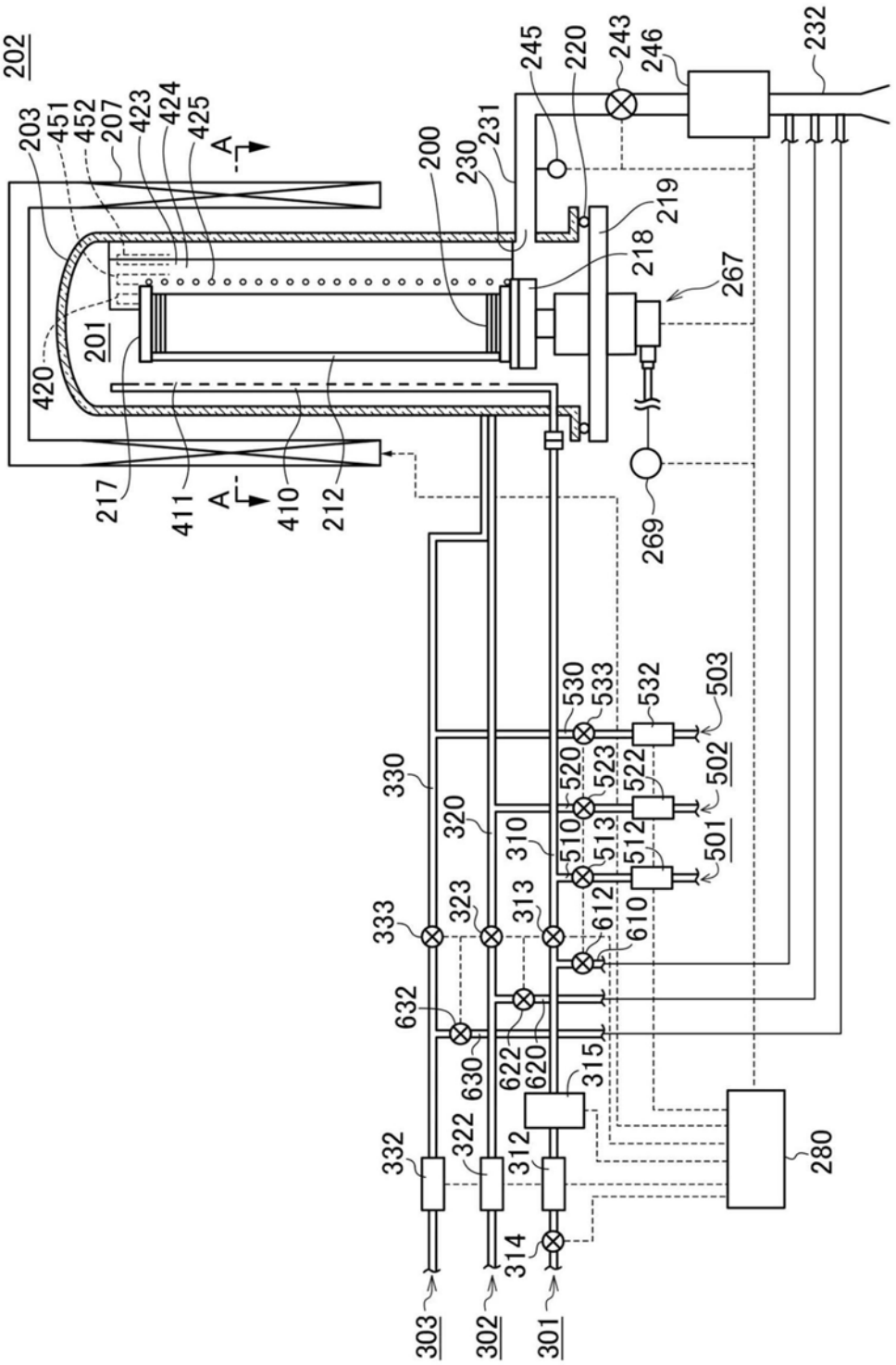

202
203
451
452
207
423
424
425
A
200
230
231
245
220
243
246
232
219
218
267
201
420
217
411
410
212
269
530
533
532
503
520
523
522
502
510
513
512
501
330
320
310
323
313
612
610
333
632
622
620
315
630
322
312
332
314
280
303
302
301

图2

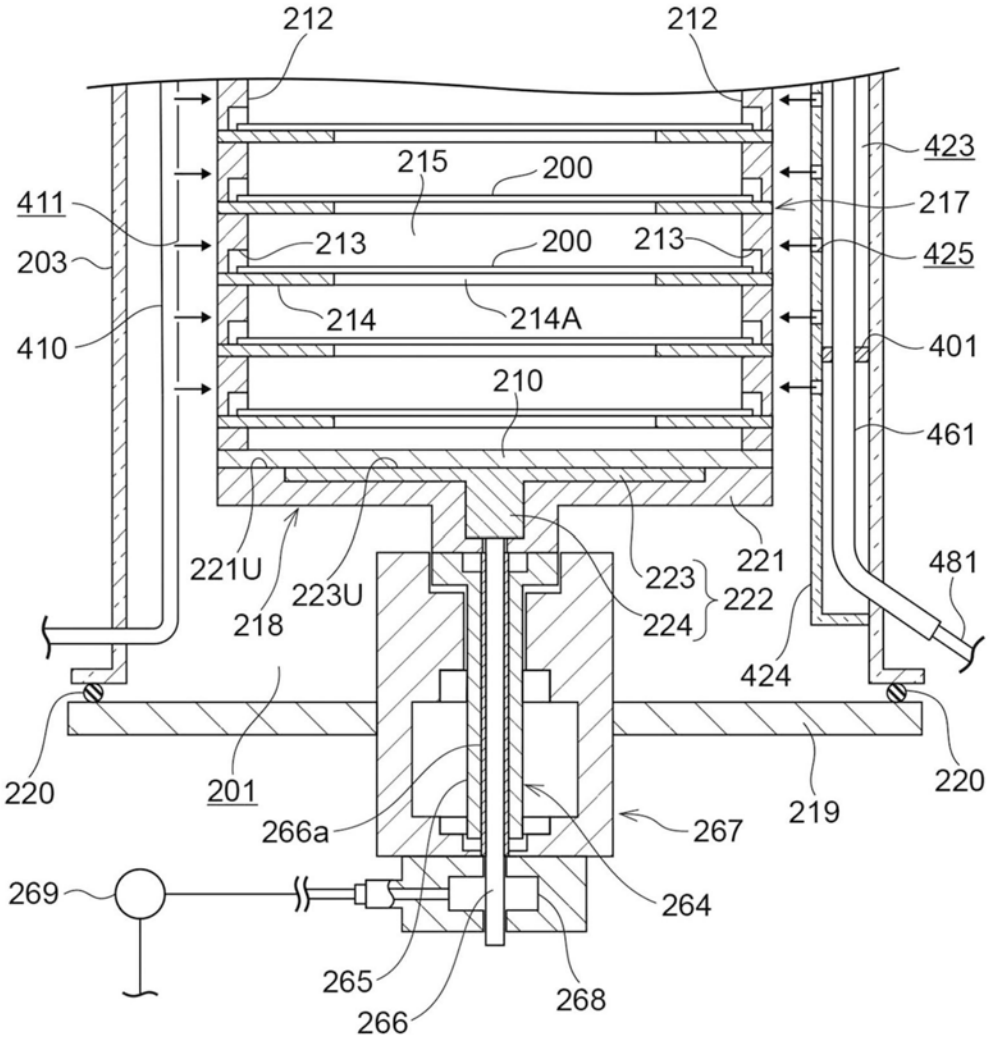

212
212
423
215
200
411
217
213
200
213
425
203
214
214A
410
401
210
461
221U
223U
218
223
221
481
224
222
424
220
201
266a
267
219
220
269
264
265
268
266

图3

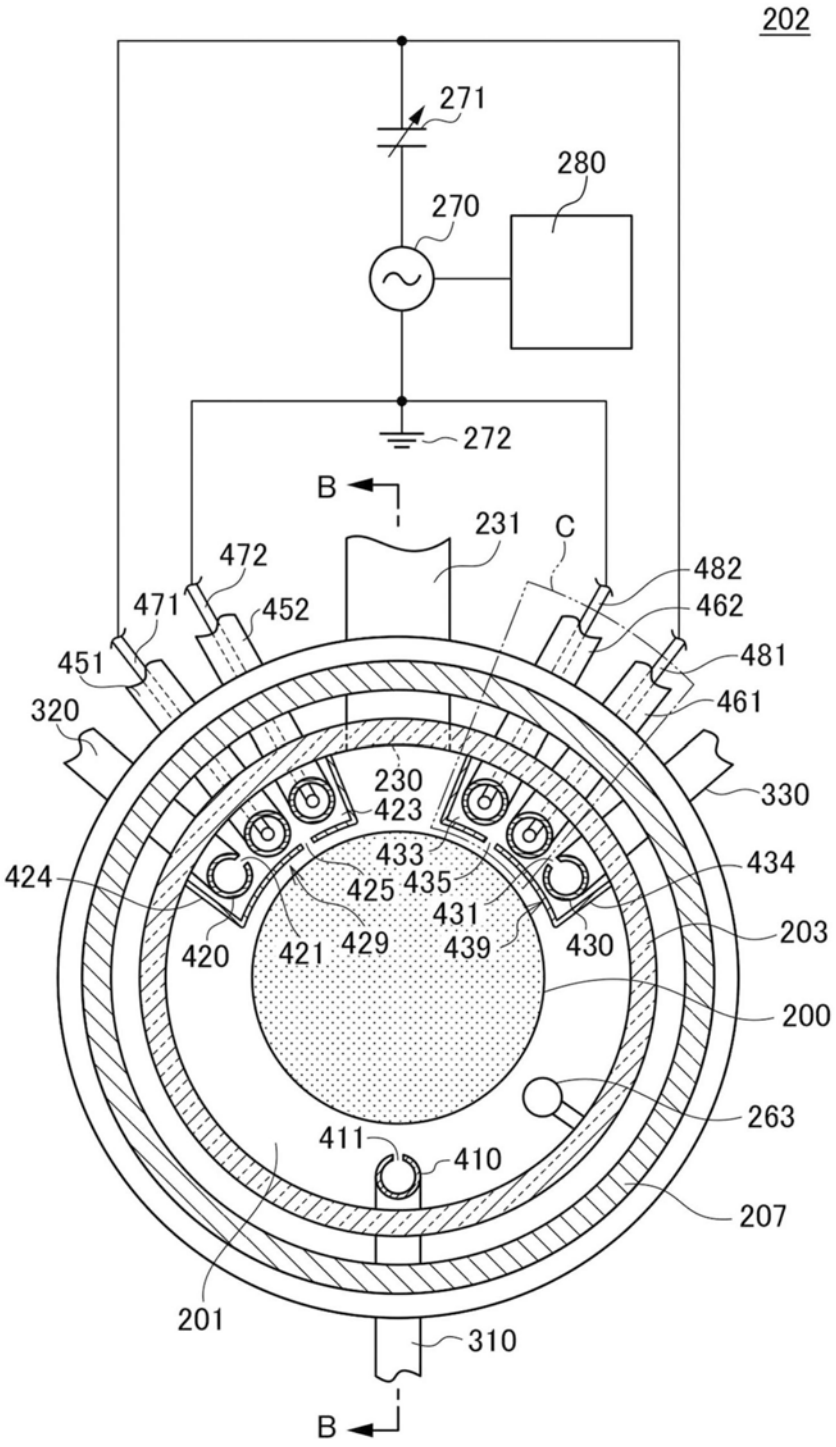

202
271
280
270
272
B
231
C
472
471
452
482
462
451
481
461
320
330
230
423
433
434
424
425
435
431
203
420
421
429
439
430
200
263
411
410
207
201
310
B

图4

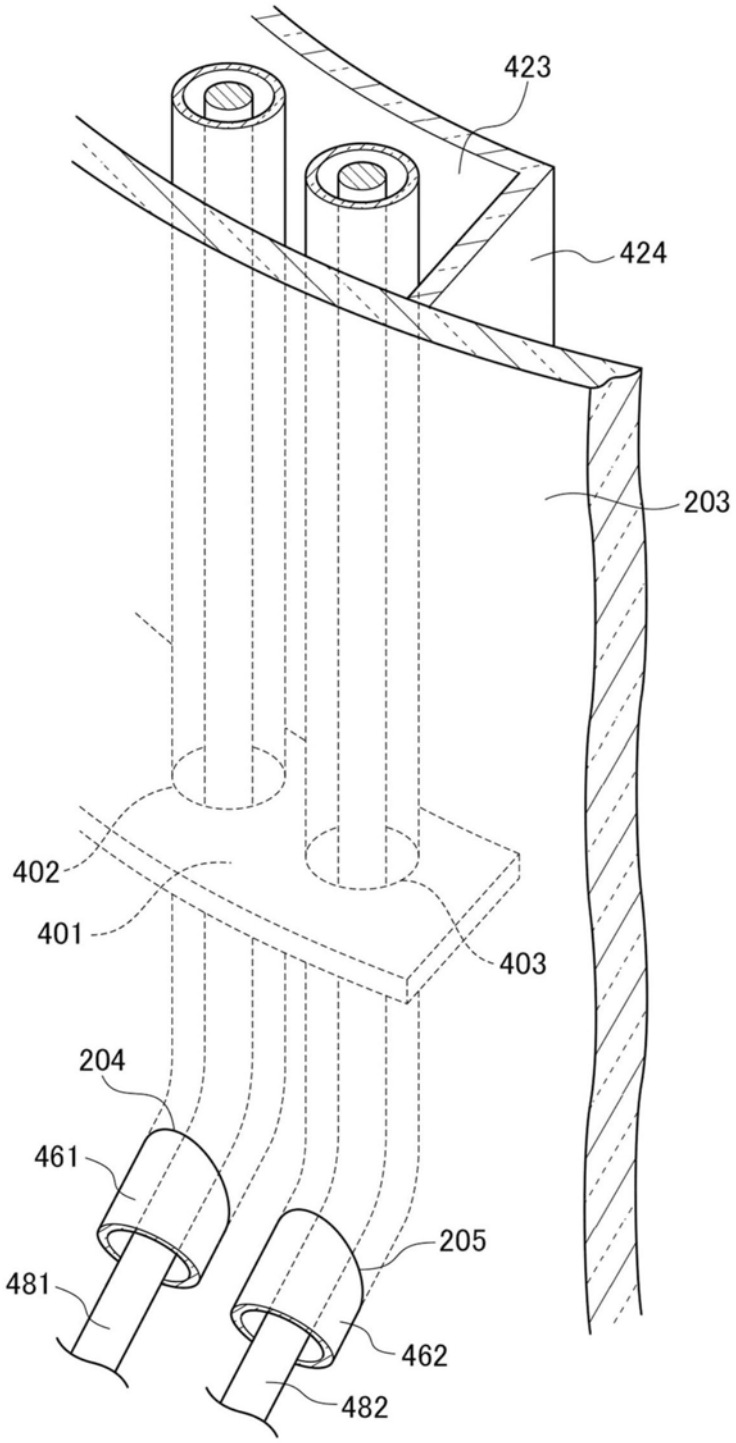


图5

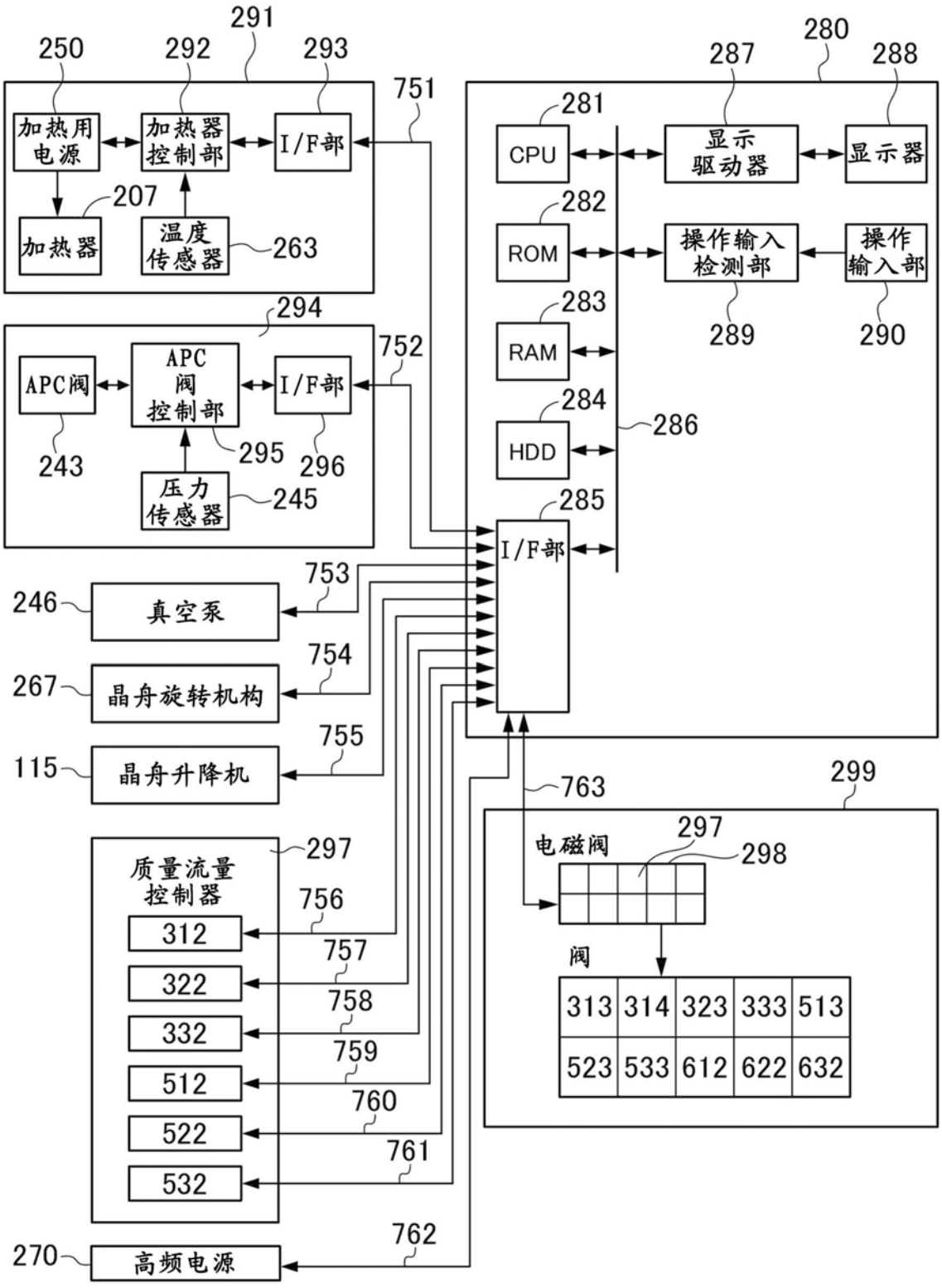

291
250
292
293
751
加热用电源
加热器控制部
I/F部
207
加热器
温度传感器
263
294
APC阀
APC阀控制部
I/F部
752
243
295
296
压力传感器
245
280
287
288
281
CPU
显示驱动器
显示器
282
ROM
操作输入检测部
操作输入部
289
290
283
RAM
284
HDD
286
285
I/F部
753
246
真空泵
754
267
晶舟旋转机构
755
115
晶舟升降机
763
299
297
电磁阀
298
阀
313 314 323 333 513
523 533 612 622 632
质量流量控制器
756
312
757
322
758
332
759
512
760
522
761
532
762
270
高频电源

图6

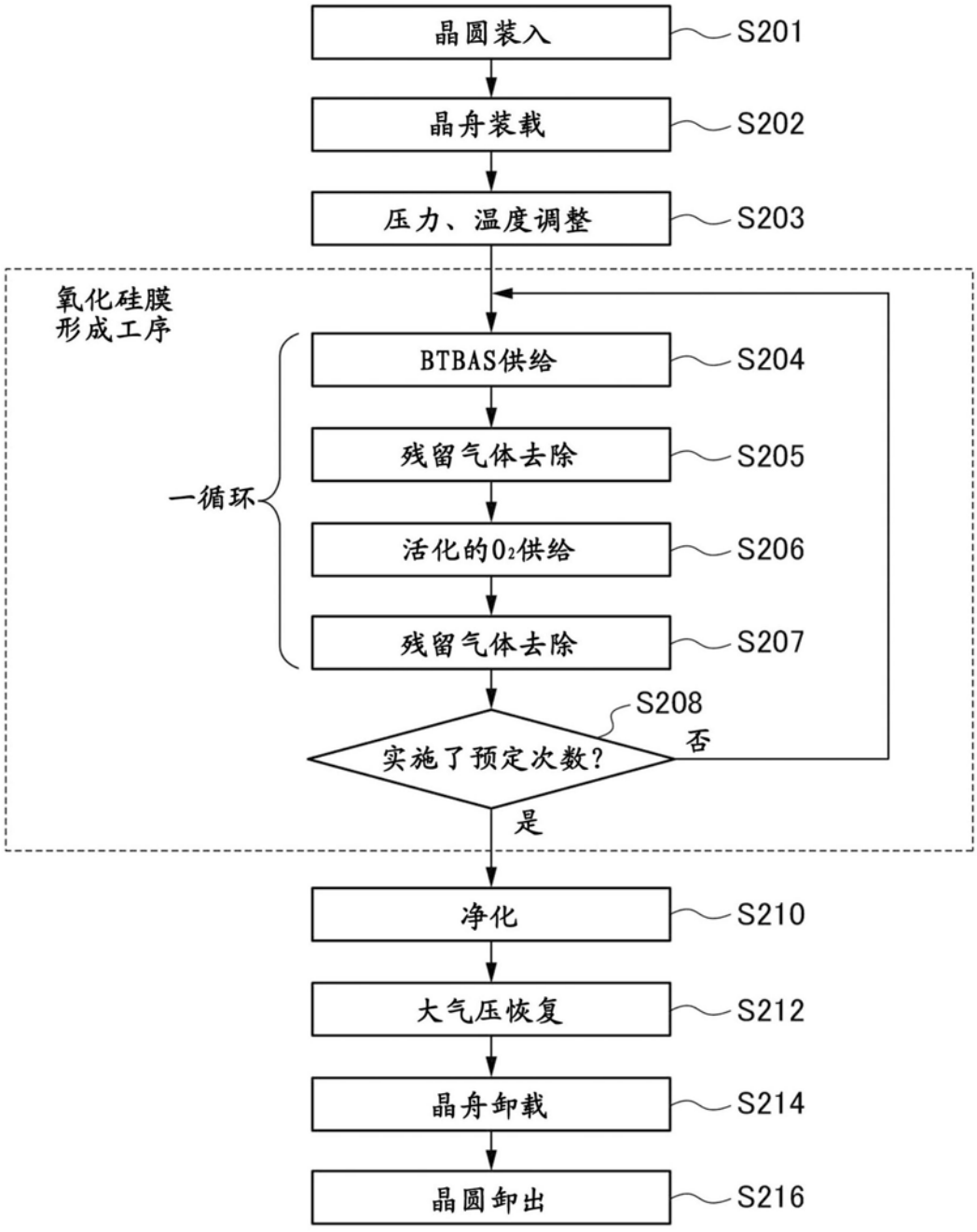

晶圆装入
S201
晶舟装载
S202
压力、温度调整
S203
氧化硅膜
形成工序
BTBAS供给
S204
残留气体去除
S205
一循环
活化的O2供给
S206
残留气体去除
S207
S208
实施了预定次数?
否
是
净化
S210
大气压恢复
S212
晶舟卸载
S214
晶圆卸出
S216

图7