



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110121763 B

(45) 授权公告日 2023. 12. 26

(21) 申请号 201780080537.5

(22) 申请日 2017.09.21

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110121763 A

(43) 申请公布日 2019.08.13

(30) 优先权数据  
2017-032065 2017.02.23 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.06.25

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2017/034051 2017.09.21

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/154823 JA 2018.08.30

(73) 专利权人 株式会社国际电气  
地址 日本东京都

(72) 发明人 三村英俊 佐佐木隆史 吉田秀成  
冈岛优作

(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 金成哲 郑毅

(51) Int.Cl.  
H01L 21/31 (2006.01)  
C23C 16/455 (2006.01)  
H01L 21/318 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2014357058 A1, 2014.12.04  
KR 20090084680 A, 2009.08.05  
WO 2016157401 A1, 2016.10.06  
US 2010068893 A1, 2010.03.18  
US 2012280369 A1, 2012.11.08

审查员 赵凤瑗

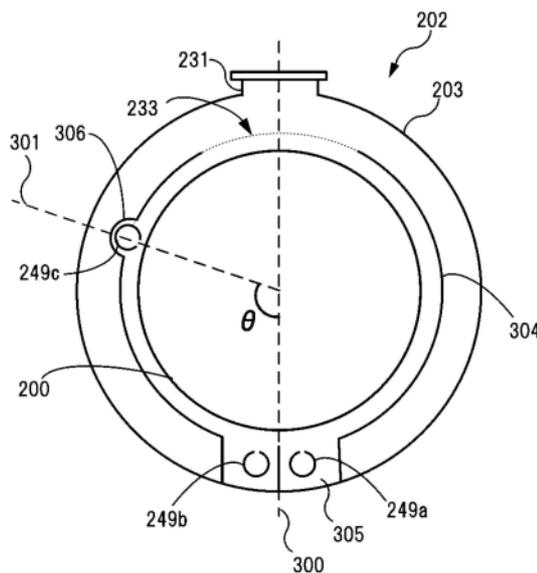
权利要求书2页 说明书11页 附图11页

(54) 发明名称

基板处理装置、半导体装置的制造方法及存储介质

(57) 摘要

本发明提供一种使形成于晶圆上的膜的面内膜厚均匀性提高的技术。本发明的装置具有：处理室，其对基板进行处理；处理气体喷嘴，其将处理气体供给至处理室内；惰性气体喷嘴，其以基板的中心部的惰性气体浓度比基板的端部的惰性气体浓度低的方式仅将惰性气体供给至处理室内；及排气管，其将处理室内的环境气体排出。在基板的中心部测得的处理气体喷嘴与惰性气体喷嘴之间的角优选为钝角。



1. 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;  
处理气体喷嘴,其将处理气体供给至上述处理室内;  
惰性气体喷嘴,其以上述基板的中心部的惰性气体浓度比上述基板的端部的惰性气体浓度低的方式将惰性气体供给至上述处理室内;以及  
排气管,其将上述处理室内的环境气体排出,  
上述处理气体喷嘴与上述惰性气体喷嘴设置在上述基板的周围,上述惰性气体喷嘴在由连结上述处理气体喷嘴与上述排气管的第一直线划分的各个区域中各设置一根,  
上述第一直线与连结上述惰性气体喷嘴和上述基板的中心部的第二直线所成的角度 $\theta$ 为钝角或直角。
2. 根据权利要求1所述的基板处理装置,其特征在于,  
以上述 $\theta$ 成为根据上述基板的表面积而决定的值的方式,设置上述处理气体喷嘴与上述惰性气体喷嘴。
3. 根据权利要求2所述的基板处理装置,其特征在于,  
上述基板的表面积越大则上述 $\theta$ 越大,上述基板的表面积越小则上述 $\theta$ 越小。
4. 根据权利要求3所述的基板处理装置,其特征在于,  
以向上述基板的中心方向喷出上述惰性气体的方式设置上述惰性气体喷嘴。
5. 根据权利要求4所述的基板处理装置,其特征在于,  
设置两根上述惰性气体喷嘴。
6. 根据权利要求5所述的基板处理装置,其特征在于,  
两根上述惰性气体喷嘴在将上述第一直线作为边界线而划分的各个区域中各设置一根。
7. 根据权利要求6所述的基板处理装置,其特征在于,  
两根上述惰性气体喷嘴相对于上述边界线呈线对称地设置。
8. 一种半导体装置的制造方法,其特征在于,具有:  
向对基板进行处理的处理室内搬入上述基板的工序;  
从处理气体喷嘴向上述处理室内供给处理气体并对上述基板进行处理的工序,  
上述处理气体喷嘴与惰性气体喷嘴设置在上述基板的周围,  
上述惰性气体喷嘴在由连结上述处理气体喷嘴与排气管的第一直线划分的各个区域中各设置一根,  
上述第一直线与连结上述惰性气体喷嘴和上述基板的中心部的第二直线所成的角度 $\theta$ 为钝角或直角,  
在对上述基板进行处理的工序中,以上述基板的中心部的惰性气体浓度比上述基板的端部的惰性气体浓度低的方式,从惰性气体喷嘴向上述处理室内供给惰性气体。
9. 一种存储介质,存储有通过计算机使基板处理装置执行以下步骤的程序:  
将基板搬入至上述基板处理装置的处理室内的步骤;  
从处理气体喷嘴向上述处理室内供给处理气体并对上述基板进行处理的步骤;以及  
在对上述基板进行处理的步骤中,以上述基板的中心部的惰性气体浓度比上述基板的端部的惰性气体浓度低的方式,从惰性气体喷嘴向上述处理室内供给惰性气体的步骤,

其特征在于，

上述处理气体喷嘴与上述惰性气体喷嘴设置在上述基板的周围，

上述惰性气体喷嘴在由连结上述处理气体喷嘴与排气管的第一直线划分的各个区域中各设置一根，

上述第一直线与连结上述惰性气体喷嘴和上述基板的中心部的第二直线所成的角度 $\theta$ 为钝角或直角。

10. 一种基板处理装置，其特征在于，具备：

反应管，其在内部具有对基板进行处理的处理室；

第一气体喷嘴，其将处理气体供给至上述处理室内；

第二气体喷嘴，其以所述基板的中心部的惰性气体浓度比所述基板的端部的惰性气体浓度低的方式将惰性气体供给至上述处理室内；以及

排气部，其将上述处理室内的环境气体排出，

上述处理气体喷嘴与上述惰性气体喷嘴设置在上述基板的周围，

上述惰性气体喷嘴在由连结上述处理气体喷嘴与排气管的第一直线划分的各个区域中各设置一根，

上述第一直线与连结上述惰性气体喷嘴和上述基板的中心部的第二直线所成的角度 $\theta$ 为钝角或直角，

上述反应管形成有第一突出部及第二突出部，上述第一突出部以收纳上述第一气体喷嘴的方式向外侧突出，上述第二突出部以收纳上述第二气体喷嘴的方式向外侧突出。

11. 一种基板处理装置，其特征在于，具备：

反应管；

内壁，其在内侧具有对基板进行处理的处理室，且设置于反应管的内部；

第一气体喷嘴，其将处理气体供给至上述处理室内；

第二气体喷嘴，其以所述基板的中心部的惰性气体浓度比所述基板的端部的惰性气体浓度低的方式将惰性气体供给至上述处理室内；以及

排气部，其将上述处理室内的环境气体排出，

上述处理气体喷嘴与上述惰性气体喷嘴设置在上述基板的周围，

上述惰性气体喷嘴在由连结上述处理气体喷嘴与排气管的第一直线划分的各个区域中各设置一根，

上述第一直线与连结上述惰性气体喷嘴和上述基板的中心部的第二直线所成的角度 $\theta$ 为钝角或直角，

上述内壁呈以下形状，即在与上述第一气体喷嘴对向的部分形成局部的开口且上述第一气体喷嘴及上述第二气体喷嘴不与上述内壁干涉的方式，使上述第一气体喷嘴及上述第二气体喷嘴的设置部分局部地向外侧突出。

## 基板处理装置、半导体装置的制造方法及存储介质

### 技术领域

[0001] 本发明是关于一种基板处理装置、半导体装置的制造方法及存储介质。

### 背景技术

[0002] 作为半导体装置(器件)的制造工序的一个工序,进行对处理室内的基板(晶圆)供给处理气体而在基板上形成膜的处理。在处理室内的晶圆为图案晶圆的情况下,存在如下情况:在晶圆的中心附近,处理气体的供给量不足,因而形成于晶圆上的膜的面内膜厚均匀性变差。对此,存在通过减小排气压力以谋求处理气体的扩散速度与成膜速度的调整,从而使晶圆上的面内膜厚均匀性提高的情况(例如参照专利文献1及2)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本专利公开2010-226092号公报

[0006] 专利文献2:国际专利公开第2016/157401号公报

[0007] 专利文献3:国际专利公开第2016/110956号公报

### 发明内容

[0008] 发明所要解决的课题

[0009] 在上述方法中,存在难以进行处理气体的扩散速度与成膜速度的调整的情况。本发明的目的在于提供一种能够使形成于晶圆上的膜的面内膜厚均匀性提高的技术。

[0010] 用于解决课题的方案

[0011] 本发明提供一种技术,其具有:

[0012] 处理室,其对基板进行处理;

[0013] 处理气体喷嘴,其将处理气体供给至上述处理室内;

[0014] 惰性气体喷嘴,其以上述基板的中心部的惰性气体浓度比上述基板的端部的惰性气体浓度低的方式仅将惰性气体供给至上述处理室内;以及

[0015] 排气管,其将上述处理室内的环境气体排出。

[0016] 发明的效果

[0017] 根据本发明,可提供一种能够使形成于晶圆上的膜的面内膜厚均匀性提高的技术。

### 附图说明

[0018] 图1是实施方式的基板处理装置的概略结构图,且是以纵剖面图表示处理炉部分的图。

[0019] 图2是以图1的A-A线剖面图表示实施方式的基板处理装置的处理炉的一部分的图。

[0020] 图3是实施方式的基板处理装置的控制器的概略结构图,且是以方块图表示控制

器的控制系统的图。

[0021] 图4是表示实施方式的成膜顺序的图。

[0022] 图5是说明实施方式的变形例1的图。

[0023] 图6是说明实施方式的变形例2的图。

[0024] 图7是说明实施方式的变形例3的图。

[0025] 图8是表示实施方式的变形例1中的设为 $\theta = 40^\circ$ 的情况下的图案晶圆模型的解析结果的图。

[0026] 图9是表示变形例1中的设为 $\theta = 120^\circ$ 的情况下的图案晶圆模型的解析结果的图。

[0027] 图10是表示变形例1中的设为 $\theta = 40^\circ$ 、 $120^\circ$ 的情况下的处理气体的分布的图。

[0028] 图11是表示变形例1中的晶圆上的处理气体分压的 $\theta$ 相关性的图。

[0029] 图12是表示变形例2中的配置一个惰性气体喷嘴的情况下的处理气体分压的排气压力相关性的图。

### 具体实施方式

[0030] 实施方式抑制因惰性气体引起的处理气体的稀释,使欲向晶圆端部扩散的处理气体的流动集中于晶圆中心附近,由此使形成于晶圆上的膜的面内膜厚均匀性提高。下述惰性气体喷嘴的设置个数可为多个,另外,只要满足所需成膜速度,则惰性气体喷嘴的设置角度 $\theta$ (于下文叙述)能够根据从惰性气体喷嘴喷射的惰性气体的流量而任意改变。以下,边参照图1至图3,边对一实施方式进行说明。

[0031] (1)基板处理装置的结构

[0032] 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为圆筒形状,通过支撑于保持板而垂直地固定。加热器207也作为通过热而使气体活化(激发)的活化机构(激发部)发挥功能。

[0033] 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例如包含石英( $\text{SiO}_2$ )或碳化硅( $\text{SiC}$ )等耐热性材料,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同心圆状地配设有歧管209。歧管209例如包含镍合金等金属,形成为上端及下端开口的较短的圆筒形。歧管209的上端部卡合于反应管203的下端部,而支撑反应管203。在歧管209与反应管203之间,设置有作为密封构件的O形环220a。反应管203与加热器207同样垂直地固定。处理容器(反应容器)主要由反应管203及歧管209构成。在处理容器的筒中空部形成处理室201。处理室201构成为能够收容作为基板的晶圆200。

[0034] 在处理室201内,以贯通歧管209的侧壁的方式设置有作为第一气体喷嘴的供给成膜气体(处理气体)的喷嘴249a、作为第二气体喷嘴的供给成膜气体(处理气体)的喷嘴249b、作为第三气体喷嘴的仅供给惰性气体的喷嘴249c。在喷嘴249a~249c,分别连接有气体供给管232a~232c。

[0035] 在气体供给管232a~232c,从气流的上游侧依序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。在气体供给管232a、232b的比阀243a、243b靠下游侧,分别连接有供给惰性气体的气体供给管232e、232d。在气体供给管232e、232d,从气流的上游侧依序分别设置有MFC241e、241d及阀243e、243d。

[0036] 如图2所示,喷嘴249a~249c从反应管203的下方朝向上方沿着晶圆200的排列方向分别设置于反应管203的内壁与晶圆200之间的圆环状的空间。即,喷嘴249a~249c以沿着晶圆排列区域的方式分别设置于供晶圆200排列的晶圆排列区域的侧方的水平地包围晶圆排列区域的区域。第一气体喷嘴249a及第二气体喷嘴249b以隔着搬入至处理室201内的晶圆200的中心而与下述的排气口233对向的方式配置。另外,第一气体喷嘴与第二气体喷嘴邻接而配置。

[0037] 作为惰性气体喷嘴的喷嘴249c设置于与作为处理气体喷嘴的喷嘴249a、喷嘴249b在晶圆200的周向上相隔预定距离的位置。该情况下的预定距离是例如至少不与喷嘴249a、249b邻接的距离。通过设为此种距离,能够抑制处理气体向晶圆200与反应管203的内表面之间的空间扩散,从而能够提高晶圆整个面的处理气体浓度。在预定距离为邻接的距离的情况(喷嘴249c与喷嘴249a、喷嘴249b邻接的情况)下,处理气体与惰性气体混合而处理气体浓度下降,或处理气体扩散至反应管203的内表面与晶圆200之间的空间,由此有可能使在晶圆整个面的平均的处理气体浓度下降。更优选预定距离为惰性气体喷嘴与处理气体喷嘴相隔一根喷嘴程度以上的距离。更优选预定距离为如下距离,即该距离是在将连结处理气体喷嘴的中心(在本实施例中例如为喷嘴249a的中心与喷嘴249b的中心的中间地点)与排气管231(排气口233)的中心的第1直线300、和连结惰性气体喷嘴与基板200的中心的第2直线301所成的角设为 $\theta$ 时,角 $\theta$ 为 $90^\circ$ 以上且 $180^\circ$ 以下时的圆弧的距离。通过将预定距离设为此种距离,能够在反应管203的内壁与晶圆之间的空间及晶圆的端部形成惰性气体的壁,从而能够提高晶圆中心的处理气体浓度。进一步优选预定距离是角 $\theta$ 为 $100^\circ$ 以上且 $140^\circ$ 以下时的圆弧的距离。通过将预定距离设为此种距离,能够提高晶圆中心的处理气体浓度,并且也提高晶圆整个面的处理气体浓度。

[0038] 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能够分别朝向晶圆200的中心方向供给气体。优选气体供给孔250a~250c以从反应管203的下部遍及至上部朝向各晶圆200的中心开口的方式设置多个。

[0039] 从气体供给管232a,将例如包含作为预定元素(主元素)的Si及卤元素的卤硅烷系气体作为原料(处理气体),经由MFC241a、阀243a、喷嘴249a朝处理室201内供给。原料气体中也包括在常温常压下将液体的原料气化而获得的气体。所谓卤硅烷是具有卤基的硅烷。卤基中包括氯基、氟基、溴基、碘基等。即,卤基中包括氯(Cl)、氟(F)、溴(Br)、碘(I)等卤元素。作为卤硅烷系气体,例如可使用如六氯乙硅烷( $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ ;简称:HCDS)的包含Si及Cl的氯硅烷系气体。氯硅烷系气体作为Si源而发挥作用。

[0040] 从气体供给管232b,将例如作为氮化气体的氮化氢系气体作为处理气体且化学结构(分子结构)与上述原料不同的反应物(reactant),经由MFC241b、阀243b、喷嘴249b朝处理室201内供给。氮化氢系气体作为N源而发挥作用。作为氮化氢系气体,例如可使用氨气( $\text{NH}_3$ )。

[0041] 从气体供给管232c~232e,例如将氮气( $\text{N}_2$ )作为惰性气体分别经由MFC241c~241e、阀243c~243e、气体供给管232c~232a、喷嘴249c~249a朝处理室201内供给。 $\text{N}_2$ 气体作为冲洗气体、载体气体而发挥作用,进而,作为控制形成于晶圆200上的膜的面内膜厚分布的膜厚分布控制气体而发挥作用。

[0042] 处理气体供给系统主要由气体供给管232a、232b、MFC241a、241b、阀243a、243b构

成。另外,惰性气体供给系统主要由气体供给管232c~232e、MFC241c~241e、阀243c~243e构成。

[0043] 在反应管203,设置有将处理室201内的环境气体排出的排气口233。如图2所示的水平剖视那样,排气口233设置于隔着晶圆200而与喷嘴249a、249b(气体供给孔250a、250b)对向(面对)的位置。在排气口233连接排气管231。排气管231具备检测处理室201内的压力的作为压力检测器的压力感测器245,另外,经由作为压力调整器的APC(Auto Pressure Controller:自动压力控制器)阀244,连接于真空泵(真空排气装置)246。APC阀244构成为能够通过使真空泵246工作的状态下将阀开启关闭,而进行处理室201内的真空排气及真空排气停止,进而,能够通过使真空泵246工作的状态下,基于由压力感测器245检测出的压力信息而调节开度,从而调整处理室201内的压力。排气系统主要由排气管231、APC阀244、压力传感器245构成。真空泵246也可包含于排气系统。

[0044] 在歧管209的下方,设置有可将歧管209的下端开口气密地封闭的作为炉口盖体的密封盖219。密封盖219例如为金属制且形成为圆盘状。在密封盖219的上表面,设置有与歧管209的下端抵接的作为密封构件的O形环220b。在密封盖219的下方,设置有使下述晶舟217旋转的旋转机构267。旋转机构267的旋转轴255贯通密封盖219而连接于晶舟217。旋转机构267通过使晶舟217旋转,而使晶圆200旋转。

[0045] 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舟升降机115而在垂直方向上升降。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)。另外,在歧管209的下方或侧方,设置有在使密封盖219下降而将晶舟217完全从处理室201内搬出的期间将歧管209的下端开口气密地封闭的作为炉口盖体的挡板221。挡板221与密封盖219同样地形成为圆盘状,在其上表面,设置有与歧管209的下端抵接的O形环220c。挡板221的开闭动作(升降动作或转到动作等)由挡板开闭机构222控制。

[0046] 作为基板支撑具的晶舟217构成为将多片、例如25~200片晶圆200以水平姿势且以相互对齐中心的状态在垂直方向整齐排列且多段地支撑,即,隔开间隔进行排列。晶舟217例如包含石英或SiC等耐热性材料。在晶舟217的下部,例如多段地支撑有由石英或SiC等耐热性材料构成的隔热板218。

[0047] 在反应管203内,设置有作为温度检测器的温度感测器263。通过基于由温度感测器263检测出的温度信息调整对加热器207的通电情况,处理室201内的温度成为所需的温度分布。温度传感器263沿着反应管203的内壁而设置。

[0048] 如图3所示,作为控制部(控制单元)的控制器121作为具备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(Input/Out)端口121d的计算机而构成。RAM121b、存储装置121c、I/O端口121d构成为能够经由内部总线121e而与CPU121a进行数据交换。在控制器121,例如连接有作为触控面板等构成的输入输出装置122。

[0049] 存储装置121c是由例如闪存、HDD(Hard Disk Drive,硬盘驱动器)等构成。在存储装置121c内,可读取地存储有控制基板处理装置的动作的控制程序、或者记载有下述基板处理的程式或条件等的制程配方等。制程配方是以能够使控制器121执行下述基板处理中的各程式而获得预定结果的方式组合而成的,作为程序而发挥功能。以下,也将制程配方或

控制程序等简单地统称为程序。另外,也将制程配方简称为配方。在本说明书中使用“程序”一词的情况包括仅包含配方单体的情况、仅包含控制程序单体的情况、或包含这两者的情况。RAM121b构成为暂时地保持由CPU121a读出的程序或数据等的内存区域(工作区)。

[0050] I/O端口121d连接于上述MFC241a~241e、阀243a~243e、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222等。

[0051] CPU121a构成为从存储装置121c读出并执行控制程序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读出配方。CPU121a构成为以按照所读出的配方的内容的方式,控制利用MFC241a~241e所进行的各种气体的流量调整动作、阀243a~243e的开闭动作、APC阀244的开闭动作及APC阀244基于压力传感器245所进行的压力调整动作、真空泵246的启动及停止、加热器207基于温度感测器263的温度调整动作、利用旋转机构267所进行的晶舟217的旋转及旋转速度调节动作、利用晶舟升降机115所进行的晶舟217的升降动作、利用挡板开闭机构222所进行的挡板221的开闭动作等。

[0052] 控制器121能够通过将存储于外部存储装置(例如硬盘等磁盘、CD等光盘、MO等光盘、USB存储器等半导体存储器)123的上述程序安装于计算机而构成。存储装置121c或外部存储装置123作为计算机可读的存储介质而构成。以下,也将它们简单地统称为存储介质。本说明书中使用“存储介质”一词的情况包括仅包含存储装置121c单体的情况、仅包含外部存储装置123单体的情况、或包含这两者的情况。而且,对计算机提供程序也可不使用外部存储装置123,而使用因特网或专用线路等通信手段。

[0053] (2)成膜处理

[0054] 使用图4,对使用上述基板处理装置在作为基板的晶圆200上形成氮化硅膜(SiN膜)而作为半导体装置的制造工序的一个工序的顺序例进行说明。在以下说明中,构成基板处理装置的各部的动作由控制器121控制。

[0055] 图4所示的成膜顺序是通过将不同时地执行步骤A及步骤B的循环进行n次(n为预定数),而在晶圆200上形成含有Si及N的膜、即SiN膜,上述步骤A是通过从喷嘴249a供给HCDS气体,而形成作为第一层的含Si层,上述步骤B是通过从喷嘴249b供给NH<sub>3</sub>气体而形成作为第二层的氮化硅层(SiN层)。

[0056] 在本说明书中,为了方便起见,有时将图4所示的成膜顺序以如下方式表示。

[0057]  $(\text{HCDS} \rightarrow \text{NH}_3) \times n \Rightarrow \text{SiN}$

[0058] 在本说明书中使用“晶圆”一词的情况包括意指晶圆本身的情况、或意指晶圆与形成于其表面的预定的层或膜的层积体的情况。在本说明书中使用“晶圆的表面”一词的情况包括意指晶圆本身的表面的情况、或意指形成于晶圆上的预定的层等的表面的情况。在本说明书中,“基板”包含“晶圆”的含义。

[0059] (晶圆装填及晶舟装载)

[0060] 若将多片晶圆200装填(晶圆装填)于晶舟217,则通过挡板开闭机构222使挡板221移动,而将歧管209的下端开口打开(挡板开启)。其后,如图1所示,支撑有多片晶圆200的晶舟217由晶舟升降机115抬起而朝处理室201内搬入(晶舟装载)。在搬入完成后,密封盖219成为经由O形环220b将歧管209的下端密封的状态。

[0061] (压力调整及温度调整)

[0062] 以处理室201内、即存在晶圆200的空间成为所需压力(真空度)的方式,通过真空泵246对处理室201内进行真空排气(减压排气)。此时,处理室201内的压力由压力传感器245测量,且基于该测定所得的压力信息,反馈控制APC阀244。另外,以处理室201内的晶圆200成为所需成膜温度的方式,通过加热器207进行加热。此时,以处理室201内成为所需温度分布的方式,基于温度感测器263检测出的温度信息,反馈控制对加热器207的通电情况。另外,开始通过旋转机构267使晶圆200旋转。处理室201内的排气、晶圆200的加热及旋转均至少在至对晶圆200的处理结束为止的期间持续进行。

[0063] (成膜步骤)

[0064] 其后,依序执行如下步骤A、B。

[0065] [步骤A]

[0066] 在该步骤中,对处理室201内的晶圆200供给HCDS气体。

[0067] 具体而言,打开阀243a,使HCDS气体流向气体供给管232a内。HCDS气体是通过MFC241a进行流量调整,且经由喷嘴249a朝处理室201内供给,并从排气口233排出。即,对晶圆200供给HCDS气体。此时,也可打开阀243e,使 $N_2$ 气体流向气体供给管232e内。 $N_2$ 气体可通过MFC241e进行流量调整,与HCDS气体一起经由喷嘴249a朝处理室201内供给,并从排气口233排出。而且,在步骤A中,在经由喷嘴249a将HCDS气体朝处理室201内供给的状态下,经由喷嘴249c将 $N_2$ 气体朝处理室201内供给。将于下文对其详细内容进行说明。

[0068] 在步骤A中,从喷嘴249a供给的HCDS气体的流量例如为1~2000sccm、优选为10~1000sccm的范围内。另外,从喷嘴249c供给的 $N_2$ 气体的流量例如设为HCDS气体的流量的25%~400%的范围内的预定流量。HCDS气体的供给时间例如设为1~120秒、优选为1~60秒的范围内的预定时间。处理室201内的压力例如设为1~2666Pa、优选为67~1333Pa的范围内的预定压力。晶圆200的温度(成膜温度)例如设为250~800℃、优选为400~750℃、更优选为550~700℃的范围内的预定温度。

[0069] 通过在上述条件下对晶圆200供给HCDS气体及 $N_2$ 气体,而在晶圆200的最外表面上,例如形成未满1原子层至数原子层(未满1分子层至数分子层)程度的厚度的含有Cl的含Si层作为第一层。含有Cl的含Si层可为含有Cl的Si层,也可为HCDS的吸附层,还可包含这两者。

[0070] 在HCDS气体自分解(热分解)的条件下, Si沉积于晶圆200上,由此形成含有Cl的Si层。在HCDS气体不自分解(热分解)的条件下, HCDS吸附于晶圆200上,由此形成HCDS的吸附层。就成膜速率的观点而言,相较于形成HCDS的吸附层,优选形成含有Cl的Si层。以下,为了方便起见,也将含有Cl的含Si层简称为含Si层。

[0071] 如本实施方式这样,在对晶圆200供给HCDS气体时,从喷嘴249c向晶圆200的中心方向供给 $N_2$ 气体,由此,可使膜的面内厚度分布从中央凹分布接近平坦分布,或者进而接近中央凸分布。换言之,能够以晶圆200的中心部的惰性气体浓度低于晶圆200的端部(外周部)的 averages 惰性气体浓度的方式,通过控制器121控制从喷嘴249c向处理室201内的 $N_2$ 气体供给量,由此控制HCDS气体向晶圆200的中心部的供给量。认为由此,第一层的面内厚度分布以上述方式被控制。

[0072] 在步骤A中,在从喷嘴249a供给HCDS气体的状态下,打开阀243d、243c,使 $N_2$ 气体流向气体供给管232d、232b、232c内,而将 $N_2$ 气体从喷嘴249b、249c朝处理室201内供给。虽非

必须要维持从喷嘴249b供给少量的 $N_2$ 气体,但就抑制HCDS气体朝喷嘴249b内侵入的观点而言优选。在该目的下,从喷嘴249b供给 $N_2$ 气体优选为与步骤A同时、或于此之前开始。

[0073] 在步骤A中,从喷嘴249a、249b供给的 $N_2$ 气体的各流量(第一流量)分别设为比从喷嘴249c供给的 $N_2$ 的流量小的流量。优选为,从喷嘴249b、249c供给的 $N_2$ 气体的各流量设为如下流量,即,它们的合计流量成为比从喷嘴249a供给的HCDS气体的流量小的流量。

[0074] 在形成具有所需厚度及面内厚度分布的第一层后,关闭阀243a,而停止供给HCDS气体。另外,控制MFC241d、241c,使从喷嘴249b、249c供给的 $N_2$ 气体的流量减少。此时,APC阀244保持打开,而通过真空泵246对处理室201内进行真空排气,从而将残留于处理室201内的未反应或促进第一层的形成后的HCDS气体从处理室201内排除。从喷嘴249a~249c供给的 $N_2$ 气体作为冲洗气体发挥作用,由此,处理室201内被冲洗(冲洗步骤)。

[0075] [步骤B]

[0076] 在步骤A结束后,对处理室201内的晶圆200、即形成于晶圆200上的第一层供给 $NH_3$ 气体。

[0077] 在该步骤中,以与步骤A中的阀243a、243c~243e的开闭控制同样的程式进行阀243b、243c~243e的开闭控制。 $NH_3$ 气体是通过MFC241b进行流量调整,且经由喷嘴249b朝处理室201内供给,并从排气口233排出。此时,对晶圆200供给 $NH_3$ 气体。

[0078]  $NH_3$ 气体的供给流量例如设为1000~10000sccm的范围内的预定流量。 $NH_3$ 气体的供给时间例如设为1~120秒、优选为1~60秒的范围内的预定时间。此时,同时从喷嘴249c供给 $N_2$ 气体。所供给的 $N_2$ 气体的供给流量例如设为1~4000sccm的范围内的预定流量。处理室201内的压力例如设为1~4000Pa、优选为1~3000Pa的范围内的预定压力。通过设为比步骤A高的压力,即便不使用等离子体而使用经热活化的 $NH_3$ 气体,也能够以预定速度与第一层发生化学反应,而形成第二层。其他处理条件设为与步骤A相同的处理条件。而且,在步骤B中,相较于步骤A,从喷嘴249c的 $N_2$ 气体供给的重要性较低,也存在并非必须的情况。

[0079] 若在上述条件下对晶圆200供给 $NH_3$ 气体及 $N_2$ 气体,则在晶圆200上形成的第一层的至少一部分被氮化(改性)。由此,在晶圆200上形成含有Si及N的第二层、即SiN层。在形成第二层时,第一层中所含有的Cl等杂质在通过 $NH_3$ 气体进行第一层的改性反应的过程中,构成至少含有Cl的气体状物质,并从处理室201内排出。即,第一层中的Cl等杂质因从第一层中抽出或脱离,而从第一层分离。由此,第二层成为Cl等杂质比第一层少的层。

[0080] 在形成第二层后,关闭阀243b,而停止供给 $NH_3$ 气体。然后,通过与步骤A的冲洗步骤相同的处理程式、处理条件,将残留于处理室201内的未反应或促进第二层的形成后的 $NH_3$ 气体或反应副产物从处理室201内排除。

[0081] [实施预定次数]

[0082] 通过将使步骤A、B不同时、即不同步地执行的循环进行1次以上(n次),能够在晶圆200上形成预定组成及预定膜厚的SiN膜。上述循环优选为重复多次。即,优选为使在进行1次上述循环时形成的第二层的厚度较所需膜厚薄,而将上述循环重复多次,直至通过层积第二层而形成的SiN膜的膜厚成为所需膜厚为止。

[0083] 作为原料,除了HCDS气体以外,还可使用单氯硅烷( $SiH_3Cl$ 、简称:MCS)气体、三氯硅烷( $SiHCl_3$ 、简称:TCS)气体、四氯硅烷( $SiCl_4$ 、简称:STC)气体、二氯硅烷( $SiH_2Cl_2$ 、简称:DCS)气体、八氯三硅烷( $Si_3Cl_8$ 、简称:OCTS)气体等氯硅烷原料气体。

[0084] 作为反应物,除了 $\text{NH}_3$ 气体以外,例如还可使用二亚胺( $\text{N}_2\text{H}_2$ )气体、肼( $\text{N}_2\text{H}_4$ )气体、 $\text{N}_3\text{H}_8$ 气体等氮化氢系气体。

[0085] 作为惰性气体,除了 $\text{N}_2$ 气体以外,还可使用Ar气体、He气体、Ne气体、Xe气体等稀有气体。

[0086] (后冲洗~大气压恢复)

[0087] 若在晶圆200上形成所需组成、所需膜厚的膜,则从喷嘴249a~249c各自将作为冲洗气体的 $\text{N}_2$ 气体朝处理室201内供给,而从排气口233进行排气。由此,对处理室201内进行冲洗,而将残留于处理室201内的气体或反应副产物从处理室201内去除(后冲洗)。其后,将处理室201内的环境气体置换为惰性气体(惰性气体置换),而使处理室201内的压力恢复为常压(大气压恢复)。

[0088] (晶舟卸载及晶圆卸除)

[0089] 通过晶舟升降机115使密封盖219下降,而使歧管209的下端开口。然后,将经处理过的晶圆200在支撑于晶舟217的状态下从歧管209的下端搬出(晶舟卸载)至反应管203的外部。在晶舟卸载后,使挡板221移动,而歧管209的下端开口经由O形环220c被挡板221密封(挡板闭合)。经处理过的晶圆200在搬出至反应管203的外部后,从晶舟217取出(晶圆卸除)。

[0090] (3)变形例

[0091] 本实施方式中的惰性气体喷嘴的位置或反应管形状可如以下图5至图7代表性表示的变形例那样进行各种变更。

[0092] (变形例1)

[0093] 在图5中表示追加有作为仅供给惰性气体的惰性气体喷嘴的第四气体喷嘴的例。在将连结处理气体喷嘴(第一气体喷嘴249a、第二气体喷嘴249b)的中心与基板200的中心的线作为边界线300而划分的区域中,在设置有第三气体喷嘴249c的区域的相反侧的区域,设置将惰性气体供给至处理室201内的第四气体喷嘴249d。第三气体喷嘴249c与第四气体喷嘴249d可相对于边界线300对称地设置。

[0094] (变形例2)

[0095] 作为另一变形例,也可使用如图6所示的反应管203。该反应管203形成有:第一突出部302,其以收纳处理气体喷嘴(第一气体喷嘴249a、第二气体喷嘴249b)的方式向外侧突出;及第二突出部303,其以收纳第三气体喷嘴249c的方式向外侧突出。第一突出部302也能以分别收纳第一气体喷嘴249a、第二气体喷嘴249b的方式分割为多个。另外,在与处理气体喷嘴相对的位置,设置向外侧突出的排气缓冲器234,排气缓冲器234与基板面对的部分较大地开口而形成有排气口233。如此一来,使内壁与晶圆之间的空间变窄的反应管由于如绕行晶圆的周围那样的处理气体的流动被抑制,因而容易使晶圆上的处理气体的分压变得均匀,但难以修正对中央部的供给不足的倾向。另外,在本变形例中,从第三气体喷嘴249c供给的惰性气体也难以在晶圆的周围流动,因而呈扇状地阻挡处理气体的作用增强,而可矫正为凸倾向。

[0096] 而且,为了激发喷嘴内或第一突出部302内的气体,在第一突出部302内,与喷嘴平行地具备等离子体电极,而可提供活性较高的反应物。作为反应物,例如也可使用如三乙胺( $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 、简称:TEA)气体的胺系气体、或如氧气( $\text{O}_2$ )、水蒸气( $\text{H}_2\text{O}$ )、臭氧( $\text{O}_3$ )气体、经等离

子体激发的 $O_2$ 气体( $O_2^*$ )、 $O_2$ 气体+氢( $H_2$ )气的含O气体(氧化剂)、或如丙烯( $C_3H_6$ )气体的含C气体、或如三氯化硼( $BCl_3$ )气体的含B气体。

[0097] (变形例3)

[0098] 作为又一变形例,也可使用如图7所示的反应管203。该反应管203在其内部设置有内壁(也称为内管、衬管)304。内壁304在与第一气体喷嘴249a、第二气体喷嘴249b对向的部分具有成为局部的开口的排气口233,另外,形成有以避开第一气体喷嘴249a、第二气体喷嘴249b的方式局部地向外侧突出的形状的第一内壁突出部305、及设置部分以第三气体喷嘴249c不与内壁304干涉的方式局部地向外侧突出的形状的第二内壁突出部306。第一内壁突出部305也能以分别收纳第一气体喷嘴249a、第二气体喷嘴249b的方式分割为多个。通过使用此种形状的反应管,可获得与变形例2相同的效果,并且改善反应管203整体的排气性(气体置换性)。

[0099] (4) 模拟

[0100] 在图8中,表示惰性气体的总流量与反应中间物气体的分压的关系的模拟结果。此处,假定如下情况:使用图案晶圆模型,在角 $\theta=40^\circ$ 下将惰性气体喷嘴对称地配置两根(第三气体喷嘴及第四气体喷嘴),且从处理气体喷嘴供给400sccm的HCDS。纵轴表示作为因HCDS的分解产生的代表性的反应中间物(前驱物、自由基)的 $SiCl_2^*$ (亚硅基)的分压,也可以说其表示HCDS的分解量。即,模拟考虑图案晶圆中的HCDS的消耗而进行。曲线图表示关于中间物的分压,来自两个惰性气体喷嘴的 $N_2$ 气体的总流量增加得越多,中央与端部的比变得越大(即,凸倾向),但实际上并不怎么促进膜厚的凸倾向。另外,因原料的稀释,导致分压在晶圆的整体下降。其意味着,气体的使用效率变差,成膜速度也变慢。

[0101] 在图9中,表示除了将角 $\theta$ 设为 $120^\circ$ 以外其他条件与图8相同的模拟结果。与图8相比,伴随着惰性气体的流量的增加所产生的中间物的分压的下降明显得以改善。而且,以下不对反应中间物或处理气体进行区分,而将有助于成膜的气体总称为反应气体。

[0102] 在图10中,分别表示在图8及图9中使用的条件下的反应气体的浓度分布。而且, $N_2$ 气体的总流量均为2000sccm。如上侧所示,若使用角 $\theta=40^\circ$ 的惰性气体喷嘴,则反应气体的浓度随着从喷嘴远离而缓慢减少,其暗示与 $N_2$ 气体的混合或扩散。另一方面,如下侧所示,若使用角 $\theta=120^\circ$ 的惰性气体喷嘴,则1Pa左右的相对较高的分压的原料分布为包含晶圆的中心附近的扇状,另外,浓度梯度相对较为陡峭。其暗示混合或扩散被抑制。

[0103] 在晶圆表面的成膜分布成为研钵状的因素认为不仅是气体不足而还有晶圆表面中的阻碍等的情况下,较理想为反应气体以预定的分压以上分布于晶圆中心部。例如,在处理气体为激发物种(自由基等)的情况下,一般较理想为不与能量较低的其他气体(流量大且温度相对较低的惰性气体)混合,而到达至晶圆中心部。而且,为了提高成膜速度,处理气体整体越多越理想。若考虑以上情况,则本变形例的惰性气体喷嘴的配置较理想为如图9那样角度 $\theta$ 较大且呈线对称地配置两根。将如此以钝角 $\theta$ 设置的两根喷嘴称为侧对向喷嘴。通过使用侧对向喷嘴,可更确实地使晶圆上的面内膜厚分布成为中央凸分布化。

[0104] 在图11中,表示变形例1中的晶圆上的反应气体分压的 $\theta$ 相关性。此处,假定如下情况:使用图案晶圆模型,将两个惰性气体喷嘴(第三气体喷嘴及第四气体喷嘴)对称地配置,且从处理气体喷嘴供给300sccm的HCDS。上侧的曲线图对应于来自惰性气体喷嘴的100sccm的流量的 $N_2$ 气体,下侧的曲线图对应于2000sccm的流量。角 $\theta$ 越增大,则中间物的分压单调

递增,另外,对 $N_2$ 气体流量的依存性变得越强。而且,角 $\theta$ 因不在与排气口233(排气管)相同的位置设置惰性气体喷嘴而存在上限,其上限例如为 $140^\circ$ 。若关注中心部的反应气体的分压,则在 $\theta=110^\circ$ 附近,上侧的曲线图的分压与下侧的曲线图的分压逆转。该逆转点实际上依存于 $N_2$ 气体流量,大约为 $95^\circ < \theta < 130^\circ$ 的范围。即,若在 $\theta > 95^\circ$ 的位置配置两根惰性气体喷嘴,则可期待能够不因反应气体的稀释蒙受不利而矫正为凸倾向。

[0105] 在图12中,表示变形例2中的反应气体的排气压力相关性的曲线图。在该模拟中,设为从配置于 $\theta=120^\circ$ 的位置的惰性气体喷嘴249供给700sccm的 $N_2$ 气体,从喷嘴232b供给480sccm的处理气体,进而从邻接于喷嘴232b的喷嘴232a供给300sccm的 $N_2$ 气体,横轴表示排气管231中的排气压力,纵轴表示晶圆上的中间物( $SiCl_2$ )的分压。晶圆中心部的反应气体的分压如菱形的标记的线所示那样,始终高于晶圆的端部全周的平均,该比是排气压力(背压)变得越大则越略微增加。认为其原因在于:因从分子流转变为黏性流,从处理气体喷嘴喷射的气体在横越基板的中途减速,而容易滞留于中央。

[0106] 通过调整惰性气体的流量平衡,即便在仅使用一个惰性气体喷嘴的情况下,也可使反应气体相较于晶圆端部更多地分布在晶圆中心部。作为一例,钝角的位置的气体喷嘴249的流量设定为较锐角的位置的喷嘴232a的流量多,更优选设定为2倍以上。另外,也确认到,即便在提高排气压力的情况下,也不易破坏扩散速度与成膜速度的平衡,而晶圆中心部的反应气体的分压稳定且较高地分布。此处应注意的是:该曲线图的反应气体的分压并非直接表示膜厚。例如,在如交替供给反应气体的制程中,存在尽管为如图11的分压但排气压力越上升则凸倾向越减弱(中央的膜厚变得越薄)的情况。

[0107] (5)本实施方式所产生的效果

[0108] 根据本实施方式,可获得以下所示的一个或多个效果。

[0109] (a)在对晶圆从处理气体喷嘴供给处理气体时,从与处理气体喷嘴在晶圆的周向上相隔预定距离而设置的惰性气体喷嘴将 $N_2$ 气体向晶圆的中心方向供给,由此可使形成于晶圆上的膜的面内膜厚分布成为中央凸分布。即,通过适当地调整 $N_2$ 气体的流量或角度,能够在图案晶圆上形成具有平坦分布的膜。

[0110] 认为形成于晶圆上的膜的面内膜厚分布依存于晶圆的表面积是因所谓的负载效应而引起。成膜对象的晶圆的表面积越大,处理气体(反应气体)在晶圆的周缘部越大量地被消耗,从而越难以到达至中心部。其结果,形成于晶圆上的膜的面内膜厚分布成为中央凹分布。根据本实施方式,即便在使用表面积较大的图案晶圆作为晶圆的情况下,也可将形成于晶圆上的膜的面内膜厚分布矫正为凸倾向、从中央凹分布接近平坦分布等,以较高的自由度控制膜厚分布。进而,存在除可控制膜厚以外,还能控制组成比或杂质浓度面内均匀性的可能性。

[0111] 晶圆的表面积由图案晶圆的图案或沟槽深度决定。即,与图案晶圆的图案或沟槽深度相关地,决定最佳的 $N_2$ 气体流量或角 $\theta$ 的范围。例如,基板的表面积越大(沟槽越深),角 $\theta$ 越大越理想,基板的表面积越小(沟槽越浅),角 $\theta$ 也可越小。通过使排气口233从与处理气体喷嘴正对的位置偏移,最大可使角 $\theta$ 增大至 $180^\circ$ 。

[0112] (b)通过将处理气体喷嘴与惰性气体喷嘴在晶圆的周向上相隔预定距离配置,能够提高第一层的面内厚度分布的控制性、即形成于晶圆上的膜的面内膜厚分布的控制性。

[0113] 以上,对本发明的实施方式具体地进行了说明。但本发明并不限定于上述实施方

式,可在不脱离其主旨的范围内进行各种变更。在上述实施方式中,对在基板上形成含有Si作为主元素的膜的例进行了说明,但本发明并不限于这种方案。即,本发明除了应用于在基板上形成含有Si作为主元素的膜的情况以外,也可优选地应用于在基板上形成含有锗(Ge)、硼(B)等半金属元素作为主元素的膜的情况。另外,本发明也可优选地应用于在基板上形成含有钛(Ti)、锆(Zr)、铪(Hf)、铌(Nb)、钽(Ta)、钼(Mo)、钨(W)、钇(Y)、镧(La)、锶(Sr)、铝(Al)等金属元素作为主元素的膜的情况。

[0114] 例如,在使用四氯化钛( $TiCl_4$ )气体或三甲基铝( $Al(CH_3)_3$ ;简称:TMA)气体,在基板上形成氮化钛膜(TiN膜)、氮氧化钛膜(TiON膜)、碳氮化钛铝膜(TiAlCN膜)、碳化钛铝膜(TiAlC膜)、碳氮化钛膜(TiCN膜)、氧化钛膜(TiO膜)等的情况下,也可优选地应用本发明。

[0115] 用于基板处理的配方优选为根据处理内容个别地准备,且经由电通信线路或外部存储装置123而存储于存储装置121c内。而且,优选为,在开始处理时,CPU121a从存储于存储装置121c内的多个配方中,根据基板处理的内容适当选择恰当的配方。由此,可通过1台基板处理装置,再现性较佳地形成各种膜种、组成比、膜质、膜厚的膜。另外,可减轻操作员的负担,可避免操作失误并且迅速开始处理。

[0116] 上述配方并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有的配方而进行准备。在变更配方的情况下,也可经由电通信线路或记录有该配方的存储介质,而将变更后的配方安装于基板处理装置。另外,也可对既有的基板处理装置所具备的输入输出装置122进行操作,而直接变更已安装于基板处理装置的既有的配方。

[0117] 另外,上述实施方式或变形例等可适当组合而使用。此时的处理程式、处理条件例如能够设为与上述实施方式的处理程式、处理条件相同。

[0118] 通过上述实施方式或变形例等的方法形成的SiN膜等可广泛用作绝缘膜、间隔膜、屏蔽膜、电荷储存膜、应力控制膜等。近年来,伴随着半导体器件的微细化,对于形成在晶圆上的膜,面内膜厚均匀性的要求变得严格。能够使具有平坦的面内膜厚分布的膜形成于在表面形成有高密度图案的图案晶圆上的本发明作为符合该要求的技术而极为有益。

[0119] 符号说明

[0120] 200—晶圆(基板);221—挡板;222—挡板开闭机构;233—排气口;249a—喷嘴(第一气体喷嘴);249b—喷嘴(第二气体喷嘴);249c—喷嘴(第三气体喷嘴);249d—喷嘴(第四气体喷嘴);263—温度传感器。

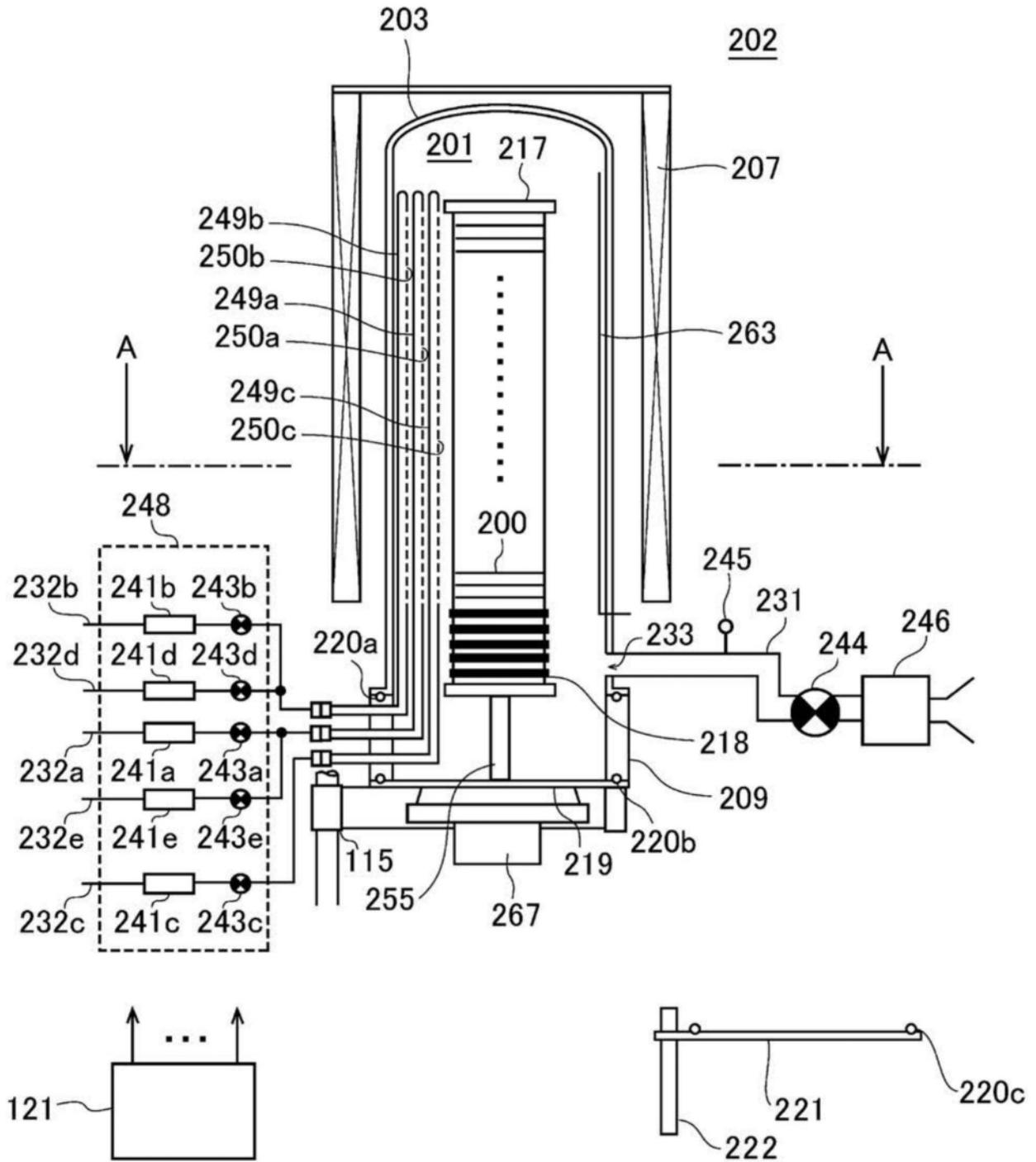


图1

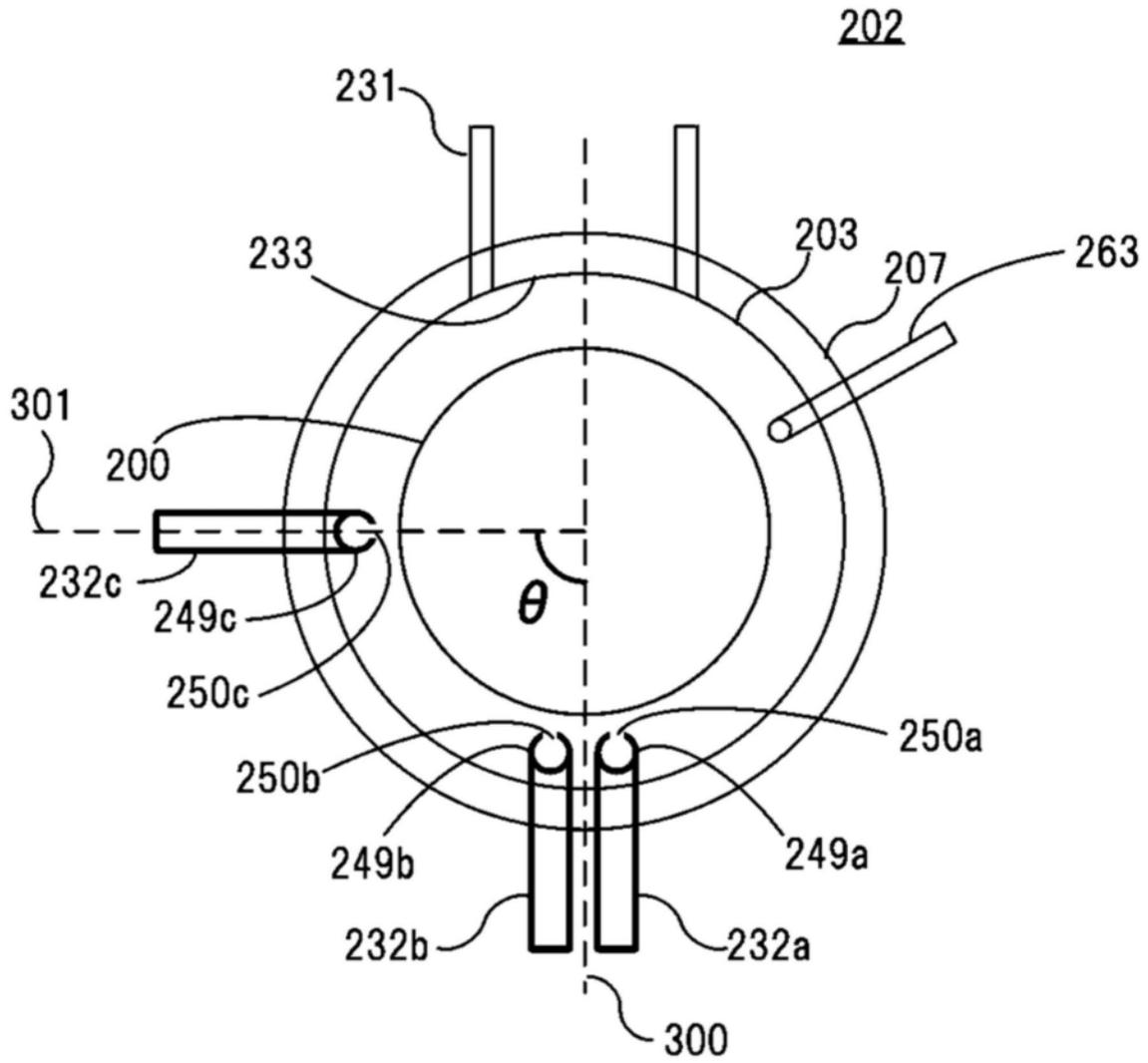


图2

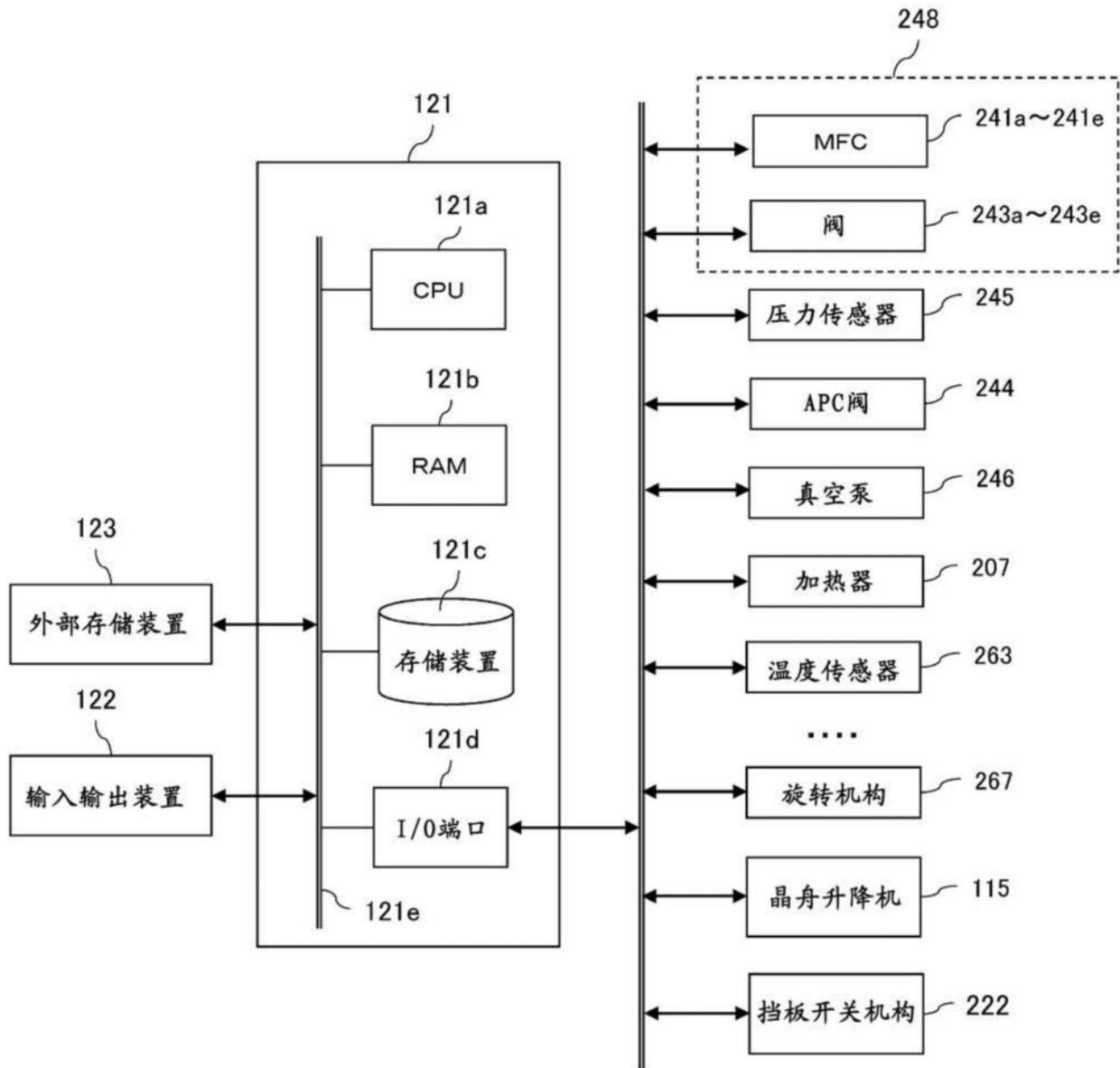


图3

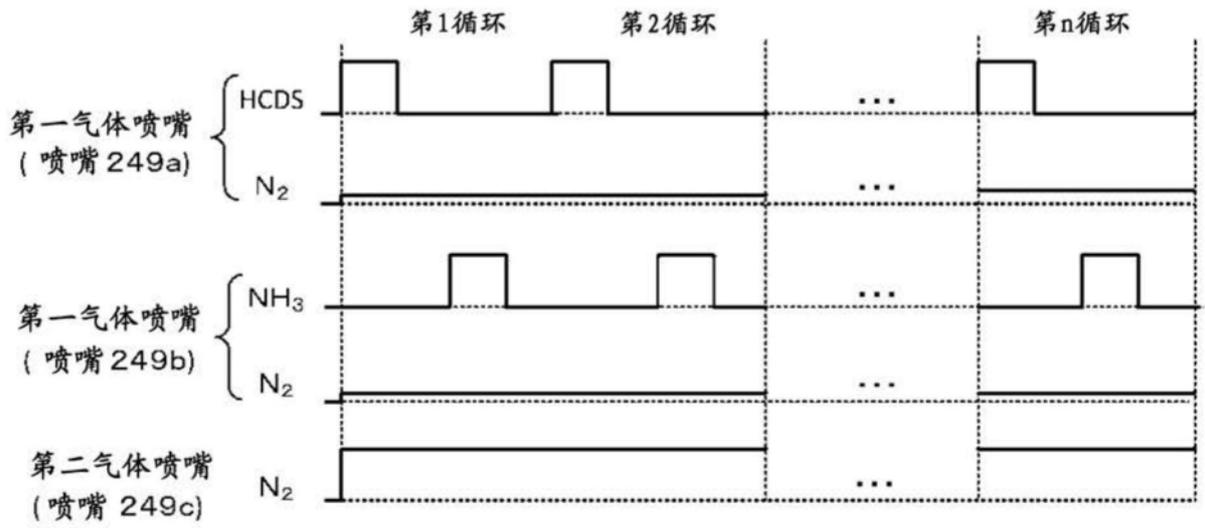


图4

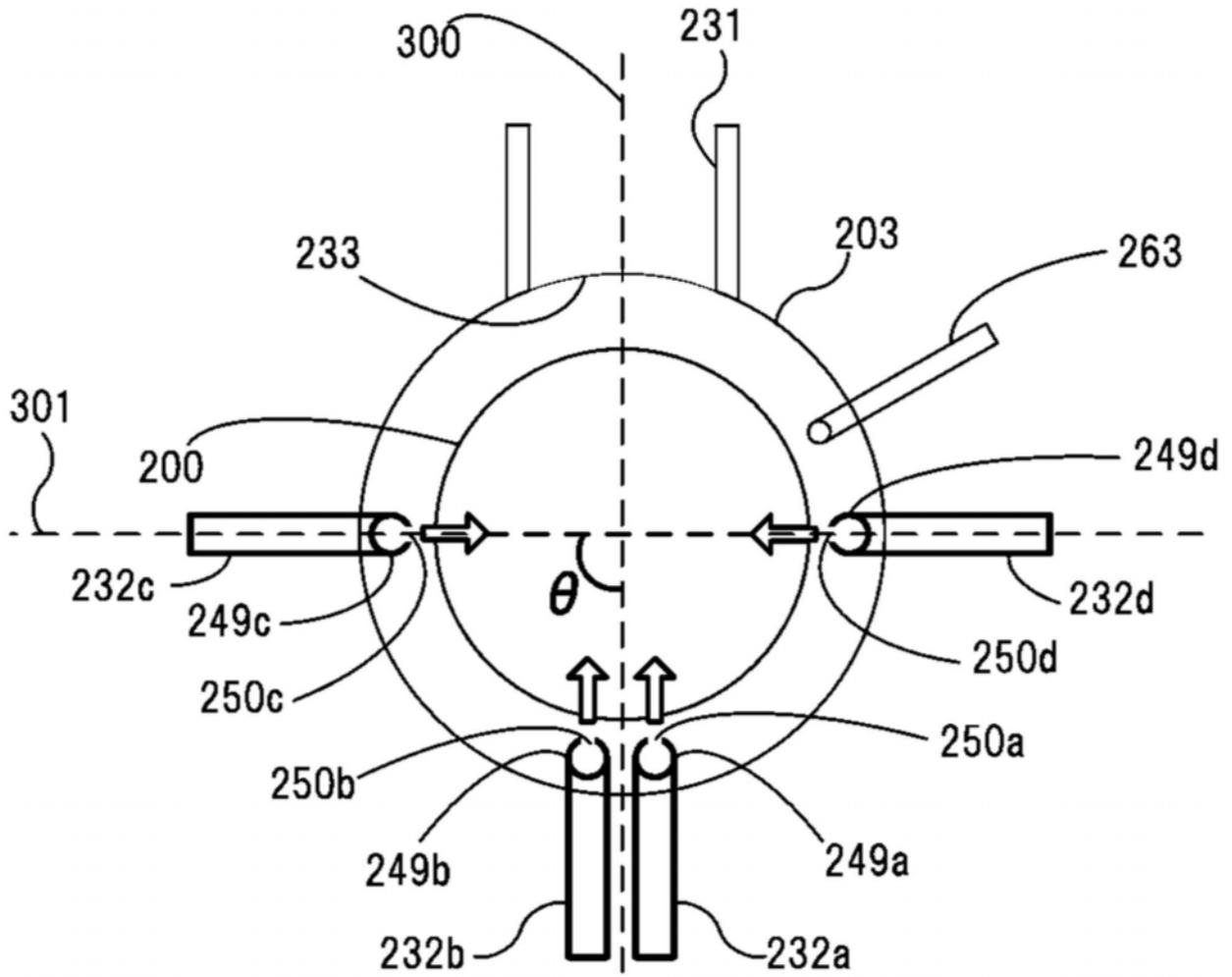


图5

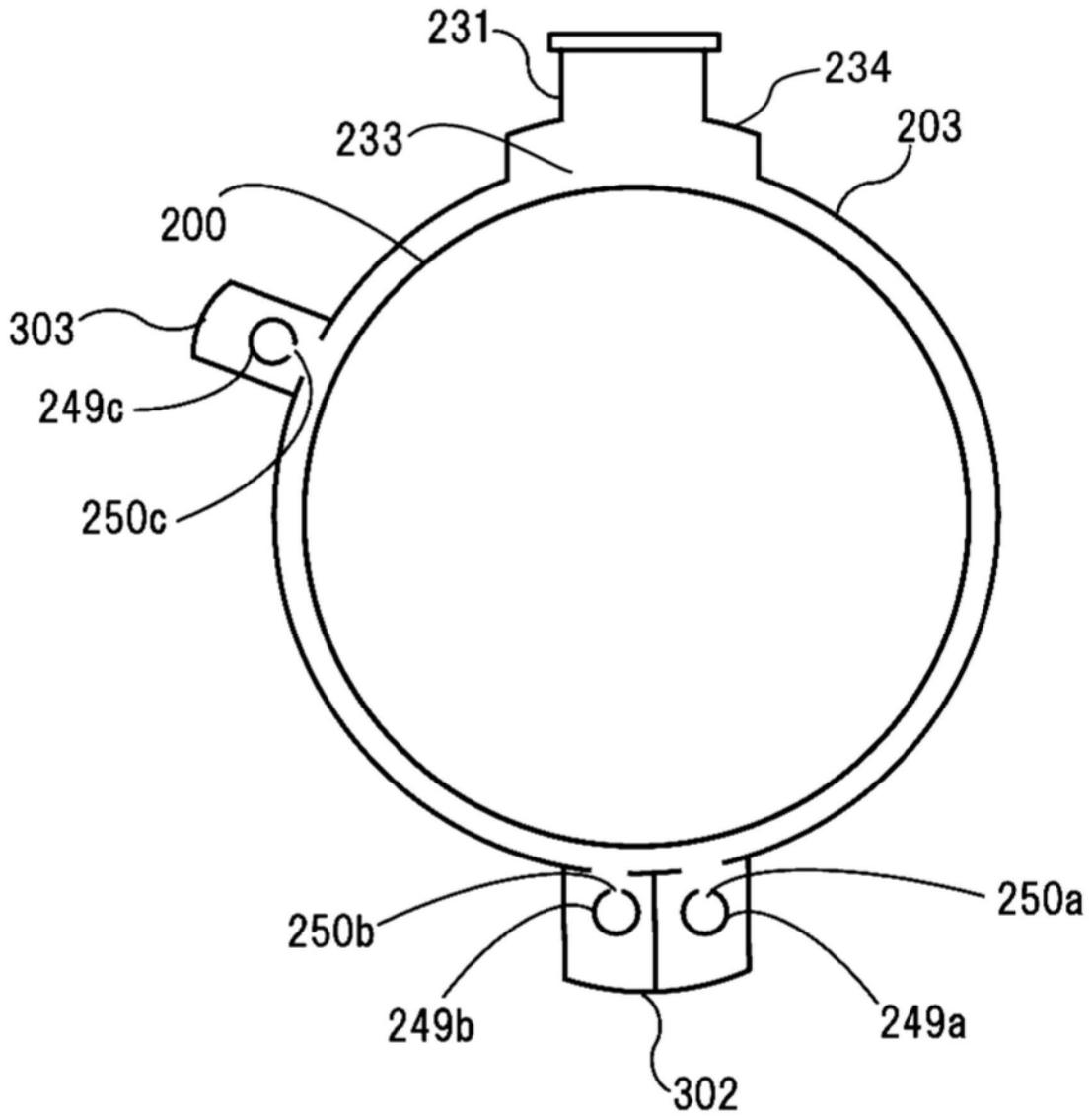


图6

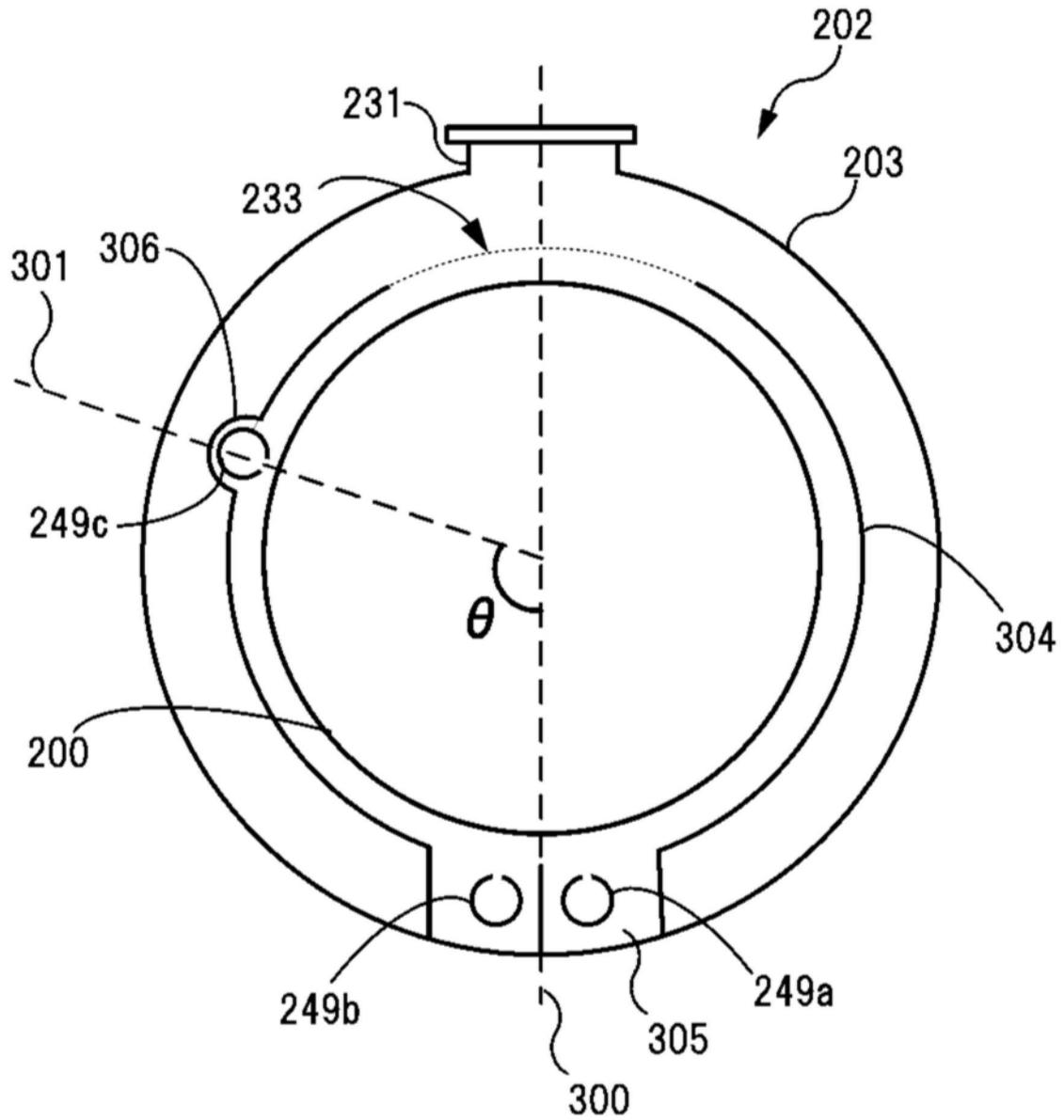


图7

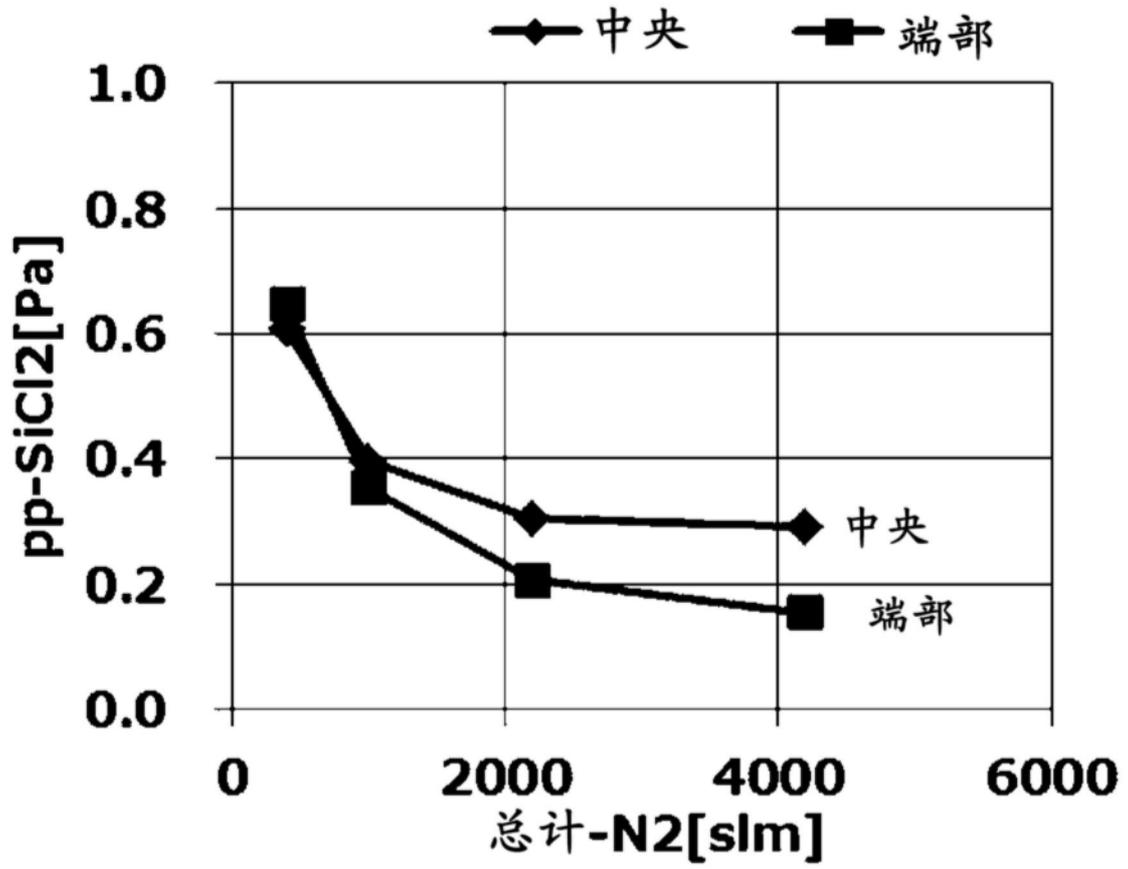


图8

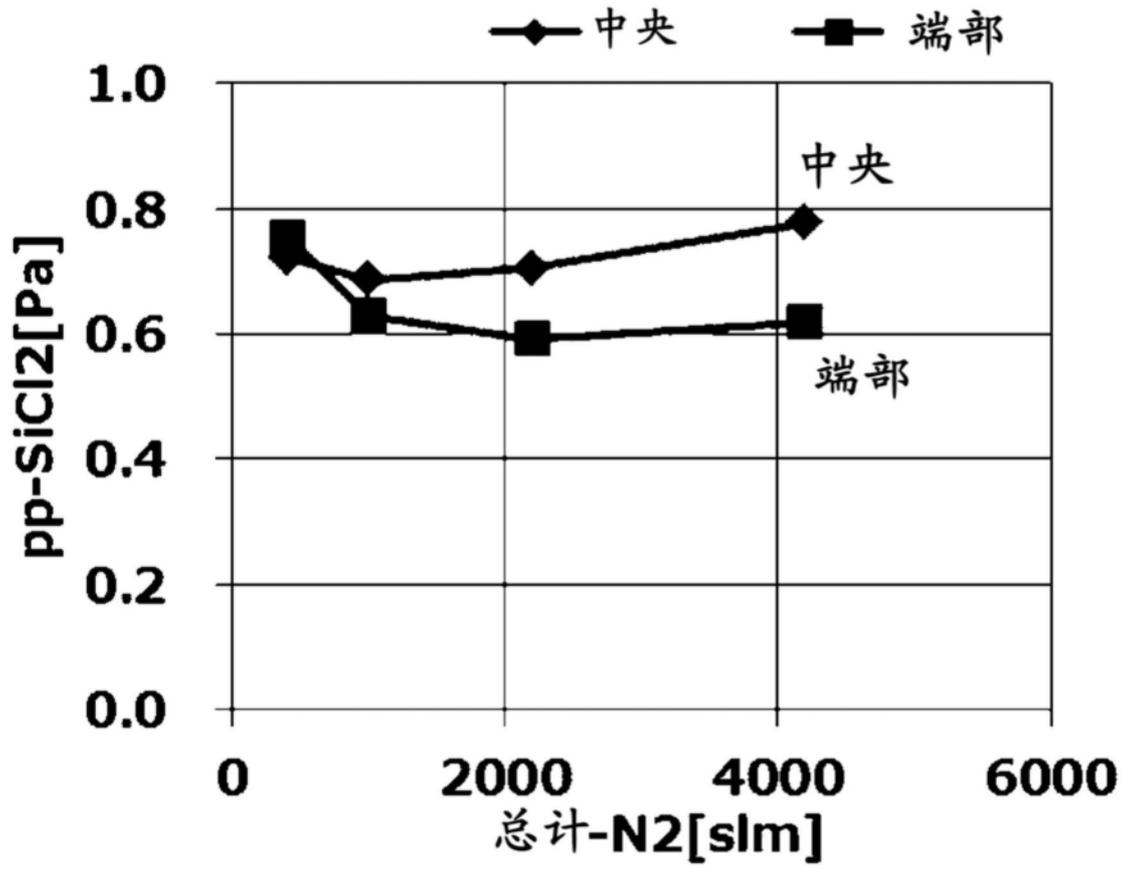


图9

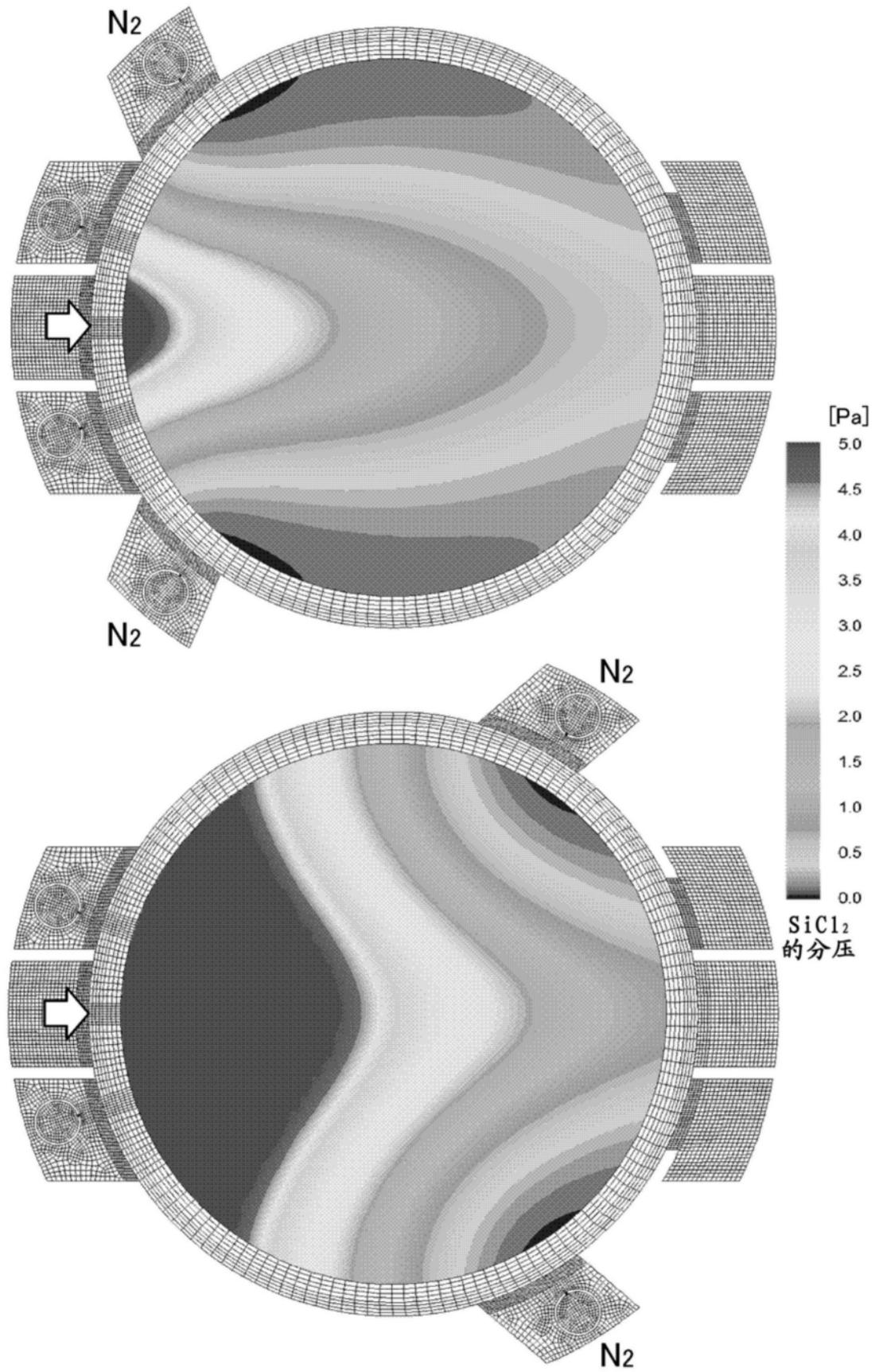


图10

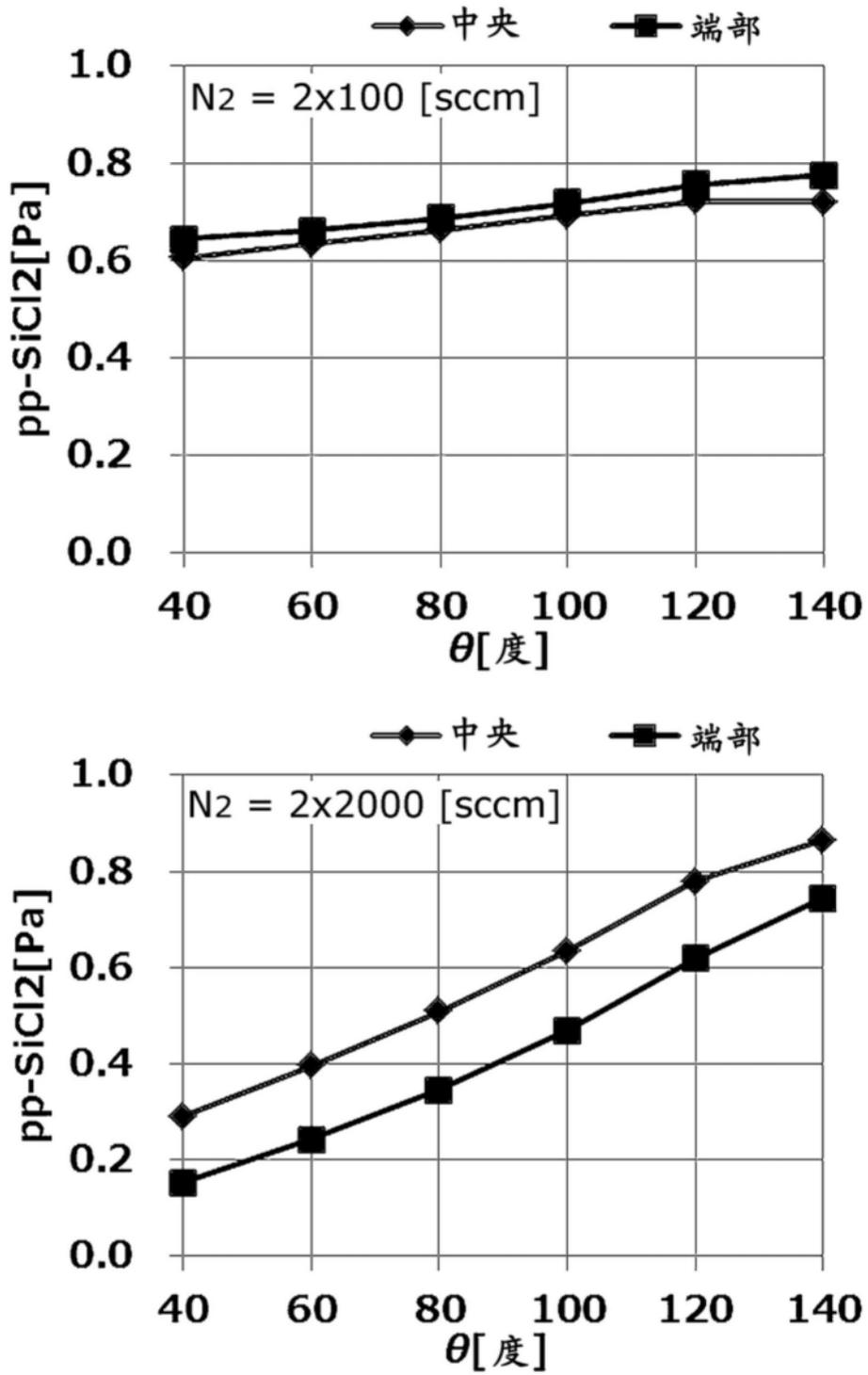


图11

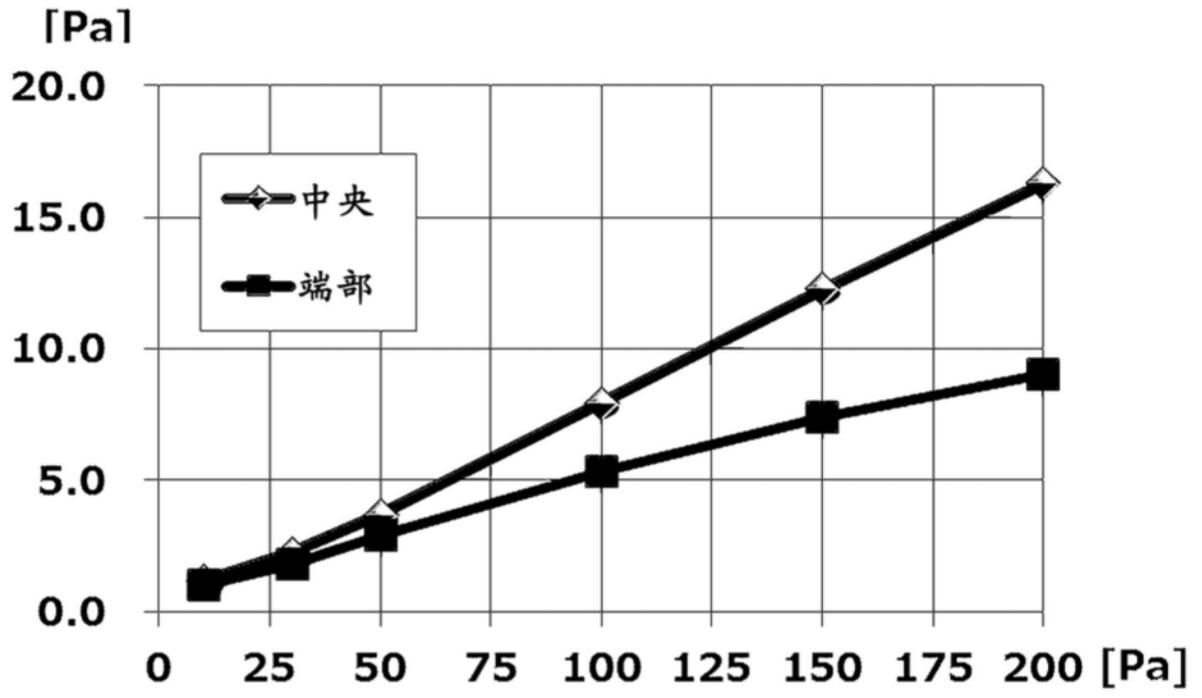


图12