(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104517793 B
(45)授权公告日 2017.06.30

(21)申请号 201410466295.1

(22)申请日 2014.09.12

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104517793 A

(43)申请公布日 2015.04.15

(30)优先权数据
2013-204730 2013.09.30 JP
2014-058276 2014.03.20 JP

(73)专利权人 株式会社日立国际电气
地址 日本东京都

(72)发明人 丰田一行 广地志有 山本哲夫
盛满和广 高崎唯史

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256
代理人 杨宏军

(51)Int.Cl.
H01J 37/32(2006.01)
H01L 21/67(2006.01)

审查员 赵芳

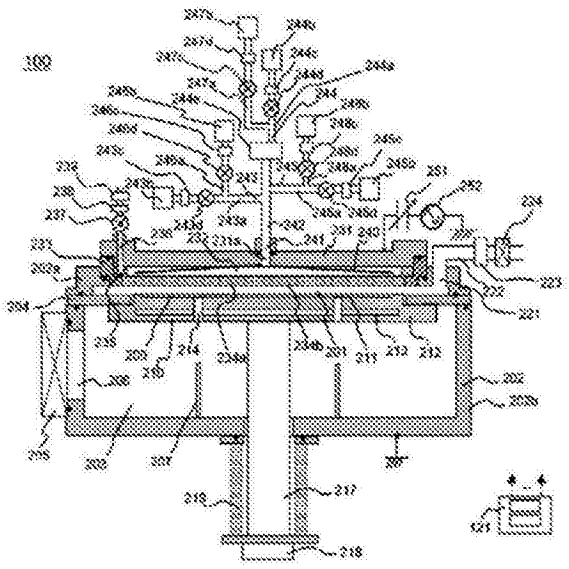
权利要求书2页 说明书14页 附图3页

(54)发明名称

半导体器件的制造方法、衬底处理装置

(57)摘要

本发明提供一种半导体器件的制造方法、衬底处理装置以及记录介质，能够使在衬底上形成的膜的特性提高，并且能够使生产能力提高。具有以下工序：向衬底供给原料气体的工序；向等离子体生成区域供给反应气体的工序；向上述等离子体生成区域供给高频电力的工序；以及使供给上述反应气体之前的上述等离子体生成区域内的压力为第一压力，并在供给有上述反应气体和上述高频电力的状态下，调整至比上述第一压力低的第二压力来生成上述反应气体的等离子体的工序。



CN 104517793 B

1.一种半导体器件的制造方法，其特征在于，具有以下工序：

向衬底供给原料气体的工序；

向等离子体生成区域供给反应气体的工序；

向所述等离子体生成区域供给高频电力的工序；以及

使供给所述反应气体之前的所述等离子体生成区域内的压力为第一压力，开始向所述等离子体生成区域供给高频电力后，向所述等离子体生成区域供给所述反应气体，将所述等离子体生成区域内从所述第一压力调压至比所述第一压力低的第二压力来生成所述反应气体的等离子体的工序。

2.根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法，其特征在于，

在供给所述反应气体之前，具有供给比所述反应气体的流量多的吹扫气体的工序。

3.根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法，其特征在于，

在生成所述等离子体的工序后，具有使所述反应气体从等离子体状态返回气体状态的工序。

4.根据权利要求3所述的半导体器件的制造方法，其特征在于，

交替地进行生成所述等离子体的工序和所述返回气体状态的工序。

5.根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法，其特征在于，

所述第一压力是使所述反应气体保持等离子体OFF状态的压力。

6.根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法，其特征在于，

所述第二压力是使所述反应气体等离子体化的压力。

7.一种衬底处理装置，其特征在于，具有：

处理室，该处理室收纳衬底；

原料气体供给部，该原料气体供给部向所述衬底供给原料气体；

反应气体供给部，该反应气体供给部向所述衬底供给反应气体；

等离子体生成区域，该等离子体生成区域被供给所述反应气体，并使所述反应气体等离子体化；

激发部，该激发部在所述反应气体供给部将所述反应气体供给到所述等离子体生成区域之前，向所述等离子体生成区域供给高频电力；以及

控制部，该控制部具有以如下方式控制所述反应气体供给部和所述激发部的结构：使供给所述反应气体之前的所述等离子体生成区域的压力为第一压力，进行向所述衬底供给原料气体的处理，以及在开始向所述等离子体生成区域供给高频电力后，向所述等离子体生成区域供给所述反应气体，将所述等离子体生成区域内从所述第一压力调压至比所述第一压力低的第二压力从而生成所述反应气体的等离子体的处理。

8.根据权利要求7所述的衬底处理装置，其特征在于，

具有对所述处理室进行排气的排气部，

所述控制部具有以如下方式控制所述反应气体供给部和所述排气部的结构：在开始向所述等离子体生成区域供给高频电力后，向所述等离子体生成区域供给所述反应气体，将所述等离子体生成区域内从所述第一压力调压至所述第二压力。

9.根据权利要求7所述的衬底处理装置，其特征在于，

还包含向所述处理室供给吹扫气体的吹扫气体供给部，所述控制部具有以如下方式控

制所述反应气体供给部和所述吹扫气体供给部的结构：在供给所述反应气体之前，进行供给比所述反应气体的流量多的吹扫气体的工序。

10.根据权利要求7所述的衬底处理装置，其特征在于，

所述控制部具有以如下方式控制所述激发部和所述反应气体供给部的结构：在生成所述等离子体的工序后，在维持所述高频电力的供给的状态下进行使所述反应气体从等离子体状态返回气体状态的工序。

11.根据权利要求10所述的衬底处理装置，其特征在于，

所述控制部具有以如下方式控制所述激发部和所述反应气体供给部的结构：交替地进行生成所述等离子体的工序和所述返回气体状态的工序。

12.根据权利要求8所述的衬底处理装置，其特征在于，

所述控制部具有以如下方式控制所述反应气体供给部和所述排气部中的任一方或双方的结构：使所述第一压力成为使所述反应气体保持等离子体OFF状态的压力。

13.根据权利要求8所述的衬底处理装置，其特征在于，

所述控制部具有以如下方式控制所述反应气体供给部和所述排气部中的任一方或双方的结构：使所述第二压力成为使所述反应气体等离子体化的压力。

半导体器件的制造方法、衬底处理装置

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件的制造方法、衬底处理装置以及记录介质。

背景技术

[0002] 随着大规模集成电路(Large Scale Integrated Circuit:以下LSI)的高集成化，电路图案的微型化不断发展。

[0003] 为了在较窄的面积内集成较多的半导体元件，必须使元件的尺寸较小地形成，为此，必须减小所要形成的图案的宽度和间隔。

[0004] 由于近年的微型化，对于微型构造的埋入特别是氧化物向纵向较深或是横向较窄的空隙构造(槽)的埋入，基于CVD法的埋入方法逐渐到达技术极限。另外，由于晶体管的微型化，寻求较薄、均匀的栅极绝缘膜或栅电极的形成。再有，为了提高半导体元件的生产率而寻求缩短每张衬底的处理时间。

发明内容

[0005] 近年的以LSI、DRAM(Dynamic Random Access Memory)或闪存(Flash Memory)为代表的半导体器件的最小加工尺寸已小于30nm宽度，在保证品质的前提下的微型化或生产能力的提高、处理温度的低温化逐渐变得困难。例如在形成栅极绝缘膜或栅电极时，存在依次、反复地进行原料气体的供给和排气、反应气体的供给和排气以及等离子体生成的成膜方法。在该成膜方法中，例如，在进行等离子体生成时，电力调整、压力调整、气体浓度调整等需要时间，所以在生产能力的提高方面存在极限。

[0006] 本发明的目的在于提供一种能够使在衬底上形成的膜的特性提高、并且能够使生产能力提高的半导体器件的制造方法、衬底处理装置以及记录介质。

[0007] 根据一方案，提供一种半导体器件的制造方法，其具有：向衬底供给原料气体的工序；向等离子体生成区域供给反应气体的工序；向上述等离子体生成区域供给高频电力的工序；以及使供给上述反应气体之前的上述等离子体生成区域内的压力为第一压力，并在供给有上述反应气体和上述高频电力的状态下，调整至比上述第一压力低的第二压力来生成上述反应气体的等离子体的工序。

[0008] 根据其他的方案，提供一种衬底处理装置，其具有：处理室，该处理室收纳衬底；原料气体供给部，该原料气体供给部向上述衬底供给原料气体；反应气体供给部，该反应气体供给部向上述衬底供给反应气体；等离子体生成区域，该等离子体生成区域被供给上述反应气体，并使上述反应气体等离子体化；激发部，该激发部向上述等离子体生成区域供给高频电力；以及控制部，该控制部具有以如下方式控制上述反应气体供给部和上述激发部的结构：使供给上述反应气体之前的上述等离子体生成区域的压力为第一压力，在供给有上述反应气体和上述高频电力的状态下，调整至比上述第一压力低的第二压力来使上述反应气体等离子体化。

[0009] 根据另一方案，提供一种记录介质，其记录有使计算机执行以下步骤的程序：向衬

底供给原料气体的步骤;向等离子体生成区域供给反应气体的步骤;向上述等离子体生成区域供给高频电力的步骤;以及使供给上述反应气体之前的上述等离子体生成区域内的压力为第一压力,在供给有上述反应气体和上述高频电力的状态下,调整至比上述第一压力低的第二压力来生成上述反应气体的等离子体的步骤。

附图说明

[0010] 图1是本发明的一实施方式的衬底处理装置的概要构成图。

[0011] 图2是本发明的实施方式中优选使用的衬底处理装置的控制器的概要构成图。

[0012] 图3是表示本发明的一实施方式的衬底处理工序的流程图。

[0013] 图4是本发明的一实施方式的衬底处理工序的气体供给、排气、高频电力供给的时序例。

[0014] 图5是本发明的其他实施方式的衬底处理工序的气体供给、排气、高频电力供给的时序例。

[0015] 图6是表示本发明的N_2气体的放电开始特性的图。

[0016] 图7是本发明的其他实施方式的衬底处理装置的概要图例。

具体实施方式

[0017] 以下对本发明的实施方式进行说明。

[0018] <本发明的一实施方式>

[0019] 以下,根据附图对本发明的一实施方式进行说明。

[0020] (1)衬底处理装置的构成

[0021] 首先,对本发明的一实施方式的衬底处理装置100进行说明。

[0022] 衬底处理装置100是高介电常数绝缘膜形成单元,如图1所示,构成为单片式衬底处理装置。

[0023] 如图1所示,衬底处理装置100具备处理容器202。处理容器202构成为例如水平截面为圆形且扁平的密闭容器。另外,处理容器202由例如铝(Al)或不锈钢(SUS)等金属材料或是由石英构成。在处理容器202内形成有对作为衬底的硅晶片等晶片200进行处理的处理空间(处理室)201、和搬送空间203。处理容器202由上部容器202a和下部容器202b构成。在上部容器202a与下部容器202b之间设置有隔板204。将被上部容器202a所包围的空间,即比隔板204靠上方的空间称为处理室201,将被下部容器202b所包围的空间,即比隔板204靠下方的空间称为搬送空间203。

[0024] 在下部容器202b的侧面上,设置有与闸阀205相邻的衬底搬入搬出口206,晶片200经由衬底搬入搬出口206在与未图示的搬送室之间移动。在下部容器202b的底部设置有多个顶升销207。再有,下部容器202b接地。

[0025] 在处理室201内,设置有支承晶片200的衬底支承部210。衬底支承部210主要具有:载置晶片200的载置面211;在表面具有载置面211的衬底载置台212;以及内置于衬底载置台212中的作为加热部的加热器213。在衬底载置台212上,在与顶升销207对应的位置分别设置有供顶升销207贯穿的贯穿孔214。

[0026] 衬底载置台212被轴217支承。轴217贯穿处理容器202的底部,进而在处理容器202

的外部与升降机构218连接。使升降机构218工作来使轴217以及衬底载置台212升降，由此能够使载置于衬底载置面211上的晶片200升降。此外，轴217下端部的周围由波纹管219覆盖，处理空间201内被气密地保持。

[0027] 衬底载置台212在搬送晶片200时，以使衬底载置面211处于衬底搬入搬出口206的位置(晶片搬送位置)的方式下降，并在处理晶片200时如图1所示地，晶片200上升至处理室201内的处理位置(晶片处理位置)。

[0028] 具体来说，在使衬底载置台212下降至晶片搬送位置时，顶升销207的上端部从衬底载置面211的上表面突出，顶升销207从下方支承晶片200。另外，在使衬底载置台212上升至晶片处理位置时，顶升销207从衬底载置面211的上表面埋没，衬底载置面211从下方支承晶片200。此外，顶升销207由于与晶片200直接接触，因此期望由例如石英或氧化铝等材质形成。

[0029] (排气系统)

[0030] 在处理室201(上部容器202a)的内壁侧面上，设置有对处理室201的环境气体进行排气的作为第一排气部的排气口221。在排气口221上连接有排气管222，在排气管222上依次串联地连接有将处理室201内控制成规定压力的APC(Auto Pressure Controller)等压力调整器223、和真空泵224。主要由排气口221、排气管222、压力调整器223、真空泵224构成第一排气系统(排气路线)。

[0031] (气体导入口)

[0032] 在设置在处理室201上部的下述喷头234的上表面(顶壁)上，设置有用于向处理室201内供给各种气体的气体导入口241。关于与气体导入口241连接的气体供给系统的构成，将在后叙述。

[0033] (喷头)

[0034] 在气体导入口241与处理室201之间，设置有作为气体分散机构的喷头234。气体导入口241与喷头234的盖231连接，从气体导入口241导入的气体经由设置在盖231上的孔231a向喷头234的缓冲空间232供给。

[0035] 作为激发部的电极(喷头盖231)由具有导电性的金属形成，作为用于在作为等离子体生成区域的缓冲空间232或处理室201内将气体等离子体化的电极而使用。在盖231与上部容器202a之间设置有绝缘块233，使盖231与上部容器202a之间绝缘。构成为向作为激发部的电极(喷头盖231)供给下述的电磁波(高频)。

[0036] 喷头234在缓冲空间232与处理室201之间具备用于使从气体导入口241导入的气体分散的分散板234a。在分散板234a上设置有多个气体贯穿孔234b。分散板234a以与衬底载置面211相对的方式配置。

[0037] 在缓冲空间232中设置有形成所供给的气体的流动的气体引导件240。气体引导件240是以孔231a为顶点且随着朝向分散板234a方向而直径变大的圆锥形状。气体引导件240下端的水平方向的直径形成得比气体贯穿孔234b的端部更靠外周。

[0038] 在缓冲空间232的侧方，经由作为第二排气部的喷头排气口235连接有排气管236。在排气管236上依次串联地连接有：切换排气的开/闭的阀237；将缓冲空间232内控制成规定压力的APC(Auto Pressure Controller)等压力调整器238；以及真空泵239。

[0039] (供给系统)

[0040] 在与喷头234的盖231连接的气体导入口241上，连接有通用气体供给管242。在通用气体供给管242上连接有第一气体供给管243a、第二气体供给管244a以及第三气体供给管245a。第二气体供给管244a经由远程等离子体单元244e而被连接。

[0041] 从包括第一气体供给管243a的第一气体供给系统243主要供给含第一元素气体，从包括第二气体供给管244a的第二气体供给系统244主要供给含第二元素气体。从包含第三气体供给管245a的第三气体供给系统245，在处理晶片200时主要供给非活性气体，在清洗处理室201时主要供给清洗气体。

[0042] (第一气体供给系统)

[0043] 在第一气体供给管243a上，从上游方向开始依次设置有第一气体供给源243b、作为流量控制器(流量控制部)的质量流量控制器(MFC)243c以及作为开闭阀的阀243d。

[0044] 经由质量流量控制器243c、阀243d、通用气体供给管242而从第一气体供给管243a向喷头234供给含有第一元素的气体(以下称为“含第一元素气体”)。

[0045] 含第一元素气体为原料气体、即处理气体的一种。

[0046] 在此，第一元素例如为硅(Si)。即，含第一元素气体例如为含硅气体。能够使用例如二氯硅烷(Dichlorosilane(SiH_2Cl_2):DCS)气体作为含硅气体。需要说明的是，含第一元素气体在常温常压下可以是固体、液体以及气体中的任一种。在含第一元素气体在常温常压下为液体的情况下，在第一气体供给源243b与质量流量控制器243c之间设置未图示的气化器即可。在此选择气体进行说明。

[0047] 在第一气体供给管243a的比阀243d更靠下游侧，连接有第一非活性气体供给管246a的下游端。在第一非活性气体供给管246a上，从上游方向开始依次设置有非活性气体供给源246b、作为流量控制器(流量控制部)的质量流量控制器(MFC)246c以及作为开闭阀的阀246d。

[0048] 在此，非活性气体例如为氮(N_2)气。此外，作为非活性气体，除N_2气体之外，还能够使用例如氦(He)气、氖(Ne)气、氩(Ar)气等稀有气体。

[0049] 主要由第一气体供给管243a、质量流量控制器243c、阀243d构成含第一元素气体供给系统243(也称作含硅气体供给系统)。

[0050] 另外，主要由第一非活性气体供给管246a、质量流量控制器246c以及阀246d构成第一非活性气体供给系统。此外，也可以考虑将非活性气体供给源246b、第一气体供给管243a包括在第一非活性气体供给系统内。

[0051] 再有，也可以考虑将第一气体供给源243b、第一非活性气体供给系统包括在含第一元素气体供给系统内。

[0052] (第二气体供给系统)

[0053] 在第二气体供给管244a上，可以在下游设置作为激发部的远程等离子体单元244e。在上游，从上游方向开始依次设置有第二气体供给源244b、作为流量控制器(流量控制部)的质量流量控制器(MFC)244c以及作为开闭阀的阀244d。构成为向作为激发部的远程等离子体单元244e供给电磁波(高频)。

[0054] 经由质量流量控制器244c、阀244d、远程等离子体单元244e、通用气体供给管242而从第二气体供给管244a向喷头234内供给含有第二元素的气体(以下称为“含第二元素气体”)。构成为，含第二元素气体在远程等离子体单元244e内的等离子体生成区域中，被设置

于远程等离子体单元244e的激发部激发，并能够照射在晶片200上。

[0055] 含第二元素气体是处理气体的一种。此外，含第二元素气体也可以作为反应气体或是改性气体而考虑。

[0056] 在此，含第二元素气体含有与第一元素不同的第二元素。作为第二元素，例如为氧(O)、氮(N)、碳(C)中的任一种。本实施方式中，含第二元素气体例如选用含氮气体。具体来说，使用氨(NH_3)气作为含氮气体。

[0057] 主要由第二气体供给管244a、质量流量控制器244c、阀244d构成含第二元素气体供给系统244(也称为含氮气体供给系统)。

[0058] 另外，在第二气体供给管244a的比阀244d更靠下游侧，连接有第二非活性气体供给管247a的下游端。在第二非活性气体供给管247a上，从上游方向开始依次设置有非活性气体供给源247b、作为流量控制器(流量控制部)的质量流量控制器(MFC)247c以及作为开闭阀的阀247d。

[0059] 经由质量流量控制器247c、阀247d、第二气体供给管244a、远程等离子体单元244e而从第二非活性气体供给管247a向喷头234内供给非活性气体。非活性气体在薄膜形成工序中作为载气或稀释气体发挥作用。

[0060] 主要由第二非活性气体供给管247a、质量流量控制器247c以及阀247d构成第二非活性气体供给系统。此外，也可以考虑将非活性气体供给源247b、第二气体供给管244a、远程等离子体单元244e包括在第二非活性气体供给系统内。

[0061] 再有，也可以考虑将第二气体供给源244b、远程等离子体单元244e、第二非活性气体供给系统包括在含第二元素气体供给系统244内。

[0062] (第三气体供给系统)

[0063] 在第三气体供给管245a上，从上游方向开始依次设置有第三气体供给源245b、作为流量控制器(流量控制部)的质量流量控制器(MFC)245c以及作为开闭阀的阀245d。

[0064] 经由质量流量控制器245c、阀245d、通用气体供给管242而从第三气体供给管245a向喷头234供给作为吹扫气体的非活性气体。

[0065] 在此，非活性气体例如为氮(N_2)气。此外，作为非活性气体，除N_2气体之外，还能够使用例如氦(He)气、氖(Ne)气、氩(Ar)气等稀有气体。

[0066] 在第三气体供给管245a的比阀245d更靠下游侧，连接有清洗气体供给管248a的下游端。在清洗气体供给管248a上，从上游方向开始依次设置有清洗气体供给源248b、作为流量控制器(流量控制部)的质量流量控制器(MFC)248c以及作为开闭阀的阀248d。

[0067] 主要由第三气体供给管245a、质量流量控制器245c、阀245d构成第三气体供给系统245(也称为含硅气体供给系统)。

[0068] 另外，主要由清洗气体供给管248a、质量流量控制器248c以及阀248d构成清洗气体供给系统。此外，也可以考虑将清洗气体供给源248b、第三气体供给管245a包括在清洗气体供给系统内。

[0069] 再有，也可以考虑将第三气体供给源245b、清洗气体供给系统包括在第三气体供给系统245内。

[0070] 在衬底处理工序中，经由质量流量控制器245c、阀245d、通用气体供给管242而从第三气体供给管245a向喷头234内供给非活性气体。另外，在清洗工序中，经由质量流量控

制器248c、阀248d、通用气体供给管242向喷头234内供给清洗气体。

[0071] 从作为非活性气体供给源的第三气体供给源245b供给的非活性气体在衬底处理工序中，作为对残留在处理室201或喷头234内的气体进行吹扫的吹扫气体发挥作用。另外，在清洗工序中，作为清洗气体的载气或稀释气体发挥作用。

[0072] 从清洗气体供给源248b供给的清洗气体，在清洗工序中作为将附着于喷头234或处理室201的副产物等除去的清洗气体发挥作用。

[0073] 在此，清洗气体例如为三氟化氮(NF_3)气体。此外，作为清洗气体，也可以使用例如氟化氢(HF)气体、三氟化氯(ClF_3)气体、氟(F_2)气等，或者也可以将它们组合而使用。

[0074] (激发部)

[0075] 激发部由第一激发部和第二激发部的任一方或双方构成。

[0076] 在作为第一激发部的喷头盖231上，连接有匹配器251、高频电源252。从高频电源252经由匹配器251向喷头盖231供给电磁波(高频)，并由匹配器251调整阻抗，由此使上述含第一元素气体和含第二元素气体的任一方或双方激发(等离子体化)。

[0077] 此外，在使用了第一激发部的情况下，控制高频电源252的输出和处理室201内的压力，使得在处理室201内生成含有含第一元素气体和含第二元素气体的任一方或双方的等离子体。

[0078] 第二激发部为远程等离子体单元244e。

[0079] (等离子体生成区域)

[0080] 等离子体生成区域如上所述，由处理室201、远程等离子体单元244e的至少一方或双方构成。

[0081] (控制部)

[0082] 如图1所示，衬底处理装置100具有控制衬底处理装置100的各部分的动作的控制器121。

[0083] 如图2所示，作为控制部(控制机构)的控制器121构成为具备CPU(Central Processing Unit)121a、RAM(Random Access Memory)121b、存储装置121c以及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构成为在其上能够连接例如构成为触摸面板等的输入输出装置122、外部存储装置283。

[0084] 存储装置121c由例如闪存、HDD(Hard Disk Drive)等构成。在存储装置121c内可读取地存储有控制衬底处理装置的动作的控制程序、记载了下述的衬底处理的步骤和条件等的制程方案(process recipe)等。此外，制程方案使控制器121执行下述的衬底处理工序的各步骤，并以能够得到规定的结果的方式对各步骤进行组合，作为程序发挥功能。以下，将该制程方案和控制程序等统一简称为程序。此外，在本说明书中使用程序一词的情况下，存在仅包含制程方案的情况、仅包含控制程序的情况或是包含双方的情况。另外，RAM121b构成为将通过CPU121a读取的程序或数据等暂时地保持的存储区域(工作区)。

[0085] I/O端口121d与闸阀205、升降机构218、压力调整器223、238、真空泵224、239、远程等离子体单元244e、MFC243c、244c、245c、246c、247c、248c、阀243d、244d、245d、246d、247d、248d、匹配器251、高频电源252等连接。

[0086] CPU121a构成为读取并执行来自存储装置121c的控制程序，并且根据来自输入输

出装置122的操作指令的输入等从存储装置121c读取制程方案。而且，CPU121a构成为，按照所读取的制程方案的内容，控制闸阀205的开闭动作、升降机构218的升降动作、压力调整器223、238的压力调整动作、真空泵224、239的开关控制、远程等离子体单元244e的气体激发动作、MFC243c、244c、245c、246c、247c、248c的流量调整动作、阀243d、244d、245d、246d、247d、248d的气体的开闭控制、匹配器251的电力匹配动作、高频电源252的开关控制等。

[0087] 此外，控制器121不限于构成为专用的计算机的情况，也可以构成为通用的计算机。例如，准备存储有上述程序的外部存储装置(例如，磁带、软盘或硬盘等磁盘、CD或DVD等光盘、MO等磁光盘、USB存储器或存储卡等半导体存储器)283，使用该外部存储装置283在通过的计算机上安装程序等，由此能够构成本实施方式的控制器121。此外，用于向计算机提供程序的方法并不限于通过外部存储装置283进行提供的情况。例如，也可以使用互联网或专用线路等通信方法，不通过外部存储装置283地提供程序。此外，存储装置121c或外部存储装置283构成为能够由计算机读取的记录介质。以下，将它们统一简称为记录介质。此外，在本说明书中，在使用记录介质一词的情况下，存在仅包含存储装置121c的情况、仅包含外部存储装置283的情况或是包含它们双方的情况。

[0088] (2)衬底处理工序

[0089] 接下来，关于衬底处理工序的例子，以作为半导体元件的制造工序之一的、使用DCS气体以及NH_3(氨)气形成硅氮化(SiN)膜的例子进行说明。

[0090] 图3是表示通过本实施方式的衬底处理装置100实施的衬底处理的一个例子的时序图。图例表示进行利用等离子体的处理来在作为衬底的晶片200上形成SiN膜的情况下的时序动作。

[0091] (衬底搬入工序S201)

[0092] 在成膜处理时，首先，使晶片200搬入处理室201。具体来说，通过升降机构218使衬底支承部210下降，成为使顶升销207从贯穿孔214向衬底支承部210的上表面侧突出的状态。另外，将处理室201内调压至规定的压力后，将闸阀205打开，使晶片200从闸阀205向顶升销207上载置。在将晶片200载置于顶升销207上后，由升降机构218使衬底支承部210上升至规定的位置，由此晶片200从顶升销207向衬底支承部210载置。

[0093] (减压、升温工序S202)

[0094] 接下来，经由排气管222对处理室201内进行排气，使得处理室201内达到期望的压力(真空度)。此时，基于压力传感器所测定的压力值，对APC阀的阀开度进行反馈控制。另外，基于温度传感器所检测出的温度值，对向加热器213的通电量进行反馈控制，以使处理室201内达到期望的温度。具体来说，将衬底载置台212预先加热，当晶片200或衬底载置台212的温度无变化后放置一定时间。在此期间，通过真空排气或基于供给N_2气体进行的吹扫来除去残留于处理室201内的水分或来自部件的脱气等。到此完成成膜工艺前的准备。此外，为了缩短处理室201内的减压时间，也可以打开阀237，一边由APC阀238调整排气流导一边由真空泵239进行排气。

[0095] (第一处理气体供给工序S203)

[0096] 接下来，如图3、图4所示，从第一处理气体供给系统向处理室201内供给作为第一处理气体(原料气体)的DCS气体。另外，继续基于排气系统进行的处理室201内的排气，以使处理室201内的压力成为规定的压力(第一压力)的方式进行控制。具体来说，打开第一气体

供给管243a的阀243d、第一非活性气体供给管246a的阀246d，在第一气体供给管243a中流通DCS气体，在第一非活性气体供给管246a中流通N_2气体。DCS气体从第一气体供给管243a流出，由质量流量控制器243c进行流量调整。N_2气从第一非活性气体供给管246a流出，由质量流量控制器246c进行流量调整。进行了流量调整的DCS气体与进行了流量调整的N_2气在第一气体供给管243a内混合，从喷头234的气体贯穿孔234b向加热后的减压状态的处理室201内供给，并从排气管222排气。此时，对晶片200供给DCS气体(原料气体(DCS)供给工序)。DCS气体以规定的压力(第一压力：例如100Pa以上10000Pa以下)向处理室201内供给。由此，向晶片200供给DCS。通过供给DCS，在晶片200上形成含硅层。含硅层是含有硅(Si)或含有硅和氯(Cl)的层。

[0097] 另外，如图4所示，开始向等离子体生成区域供给电磁波(高频)。在本实施方式的图4中，与原料气体的供给开始同时地开始电磁波的供给，但也可以构成为至少在反应气体的供给前供给电磁波。电磁波的供给从第一处理气体供给工序S203持续到S207的重复结束。在第一处理气体的供给工序S203中，主要通过基于吹扫气体的供给实现的升压，根据帕邢定律并根据电磁波的电力(电压)、压力、电极间距离的关系，设定为原料气体不会等离子体化(等离子体能够维持在OFF状态)的压力(第一压力)。此时，在向盖231供给经由匹配器251而供给的RF电力时，以在盖231与衬底载置台212之间产生的电压不会上升到2000V以上的方式事先设定匹配器251。例如图6的N_2(氮)放电开始特性所示地调节吹扫气体的供给量，使pd积(p：压力，d：电极间隔)不会变为20Torr·cm以下。

[0098] (吹扫工序S204)

[0099] 在晶片200上形成含硅层后，关闭第一气体供给管243a的阀243d，停止DCS气体的供给。此时，保持排气管222的APC阀223打开，通过真空泵224对处理室201内进行真空排气，将处理室201内残留的未反应或是帮助含硅层形成后的DCS气体从处理室201内排除。另外，保持阀246d打开，维持作为非活性气体的N_2气体向处理室201内的供给。N_2气体作为吹扫气体发挥作用，由此，能够进一步提高将残留在处理室201内的未反应或是用于帮助含硅层形成后的DCS气体从处理室201内排除的效果。另外，也可以构成为打开阀237，经由APC阀238从真空泵239进行排气。通过这样地构成，能够将喷头234内残留的未反应或是帮助含硅层形成后的DCS气体从喷头234内除去。该工序中，与第一处理气体供给工序S203同样地将处理室201内的pd积始终维持在20Torr·cm以上。

[0100] 此外，此时，也可以不完全地排除处理室201内或喷头234内残留的气体，也可以不完全地吹扫处理室201内。处理室201内残留的气体是微量的话，对其后进行的工序不会产生不良影响。此时向处理室201内供给的N_2气体的流量也无需为大流量，例如通过供给与处理室201的容积同程度的量，就能够进行在接下来的工序中不会产生不良影响的程度的吹扫。这样，通过不完全地吹扫处理室201内，能够缩短吹扫时间，使生产能力提高。另外，也能够将N_2气体的消耗抑制在所需的最小限度。

[0101] 另外，在使覆盖性或膜质、膜厚的均匀性良好时，优选将处理室201内充分地排气。

[0102] 此时的加热器213的温度与向晶片200供给原料气体时同样地设定为300～650℃、优选为300～600℃、更优选为300～550℃范围内的固定温度。从各非活性气体供给系统供给的作为吹扫气体的N_2气体的供给流量分别为例如100～20000sccm的范围内的流量。作为吹扫气体，除N_2气体以外，也可以使用Ar、He、Ne、Xe等稀有气体。

[0103] 在本吹扫工序中，持续供给电磁波，需要使pd积达到20Torr·cm以上，以使得在处理室201内不会生成等离子体。

[0104] (第二处理气体供给工序S205)

[0105] 在除去处理室201内的DCS残留气体后，停止吹扫气体的供给，供给作为第二处理气体(反应气体)的NH_3气体。具体来说，打开第二气体供给管244a的阀244d，在第二气体供给管244a内流通NH_3气体。在第二气体供给管244a内流通的NH_3气体由质量流量控制器244c进行流量调整。进行了流量调整的NH_3气体通过远程等离子体单元244e、通用气体供给管242而向喷头234内供给。另外，处理室201内的压力调整至能够放电的压力(第二压力)。在此，通过经由匹配器251向盖231供给的RF电力而产生的电压被维持在2000V以下且接近2000V的值。在该状态下通过使吹扫气体的供给减少来使处理室201内的压力下降至比第一压力更低的第二压力，使pd积成为20Torr·cm以下，由此在处理室201内生成等离子体。

[0106] 此外，在此，吹扫气体与第二处理气体的流量比为，在第二处理气体的流量(供给量)为1的情况下，吹扫气体为10～100。各气体的流量由阀的开闭时间控制，打开第二处理气体的阀的时间，例如设定为0.1秒～1秒。

[0107] 此外，关于RF电力的供给，可以如图4所示那样从原料气体供给时开始供给，也可以如图5所示那样构成为在供给反应气体之后供给。

[0108] 通过使作为反应气体的NH_3气体等离子体化，能够产生活性化的NH_3气体(NH_3气体的等离子体或自由基)，并使其与形成在晶片200上的含硅膜反应而形成硅氮化膜。此外，也可以在一边供给反应气体一边使等离子体生成区域的压力下降时，使用作为第二排气部的喷头排气口235使排气量增大。

[0109] (吹扫工序S206)

[0110] 在第二处理气体供给工序后，通过吹扫气体的供给使处理室201内升压而使pd积>>20Torr·cm，由此来停止等离子体生成并同时终止反应气体的供给，进行与吹扫工序S204同样的处理。通过进行吹扫工序，能够将处理室201内残留的未反应或是帮助含硅层形成后的NH_3气体排除。此外，与吹扫工序S204同样地，也可以构成为打开阀237，经由APC阀238从真空泵239排气。通过这样地构成，能够将喷头234内残留的未反应或是帮助硅氮化膜形成后的残留气体从喷头234内除去。通过除去残留气体，能够抑制残留气体带来的预期之外的膜形成。

[0111] (重复工序S207)

[0112] 通过将以上的第一处理气体供给工序S203、吹扫工序S204、第二处理气体供给工序S205、吹扫工序S206分别各进行一个工序，能够在晶片200上堆积规定厚度的膜。通过重复这些工序，能够控制晶片200上的膜厚。以重复规定次数直至达到规定膜厚的方式进行控制。

[0113] (衬底搬出工序S208)

[0114] 通过重复工序S207实施规定次数后，进行衬底搬出工序S208，将晶片200从处理室201搬出。具体来说，使温度下降至能够搬出的温度，由非活性气体对处理室201内进行吹扫，并调压至能够搬送的压力。调压后，通过升降机构218使衬底支承部210下降，顶升销207从贯穿孔214突出，晶片200载置于顶升销207上。晶片200载置于顶升销207上之后，打开闸阀205，将晶片200从处理室201搬出。

[0115] (3)本实施方式的效果

[0116] 根据本实施方式，能够得到以下所示的一个或多个效果。

[0117] (a)由于事先供给高频电力，并通过反应气体的供给压力而仅使反应气体等离子体化，因此能够使等离子体的ON/OFF的切换时间缩短。

[0118] (b)另外，在吹扫工序中，通过从喷头234内部排气，能够使吹扫时间缩短。

[0119] (c)在供给了高频电力的状态下，使处理室201内的压力下降，由此能够使等离子体的ON/OFF的切换时间缩短。

[0120] (d)在供给有高频电力的状态下，使处理室201内的压力下降，由此能够提高吹扫工序或第一气体供给工序中的压力，从而能够缩短吹扫时间。在使吹扫工序或第一气体供给工序的压力下降的情况下，存在其各自的处理时间变长从而生产能力下降的问题。

[0121] (e)使压力下降而使等离子体产生，由此能够抑制意料之外的等离子体的产生。

[0122] ＜本发明的第二实施方式＞

[0123] 以上，具体地说明了本发明的实施方式，但是本发明并不限定于上述的实施方式，能够在不脱离其主旨的范围内进行种种变更。

[0124] 例如，图5示出了本发明的第二实施方式的气体供给时序例。在图5中，在进行原料气体供给(第一处理气体供给)和吹扫工序后，进行排气工序，在除去原料气体后，依次进行反应气体的供给、电磁波的供给。供给电磁波后进行排气，通过调整至能够放电的压力来使反应气体的激发开始。通过这样地构成，能够通过压力变动来使气体激发开始。

[0125] ＜本发明的第三实施方式＞

[0126] 在以上的实施方式中，对图1的装置构成进行了说明，但是并不限定于该构成，能够在不脱离其主旨的范围内进行种种变更。

[0127] 例如，图7示出了本发明的第三实施方式的衬底处理装置的构成。图7具有使作为激发部的电极为微波导入窗305的结构。构成为，从微波源304经由磁控管301、隔离器302、匹配器303等向微波导入窗305供给电磁波(微波)。通过这样地供给微波，能够向缓冲空间232内供给高频电力，从而能够使供给到缓冲空间232内的气体等离子体化。此外，在如上述的图4或图5那样地供给电磁波时不生成等离子体的情况下，反射波增大，但是通过由隔离器302吸收反射波，能够减轻对微波源304的损害。气体的供给定时和电磁波的供给定时、排气定时能够与图4或图5同样地构成。

[0128] 此外，在上述的基于压力控制生成等离子体的过程中，虽然记述了由气体流量来调整压力的例子，但也可以将气体流量的控制和排气量的控制组合来进行调整。通过像这样组合，能够缩短压力调整所需的时间。另外，优选为，通过缩小等离子体生成区域的容积，也能够缩短压力调整所需的时间。另外，通过使用上述第二排气部，能够缩短排气时间。

[0129] 另外，在上述中，对半导体器件的制造工序进行了记述，但是实施方式的发明也能够适用于半导体器件的制造工序以外。例如，能够适用于液晶元件的制造工序或对陶瓷衬底进行的等离子体处理等。

[0130] 另外，在上述中，对交替地供给原料气体和反应气体来成膜的方法进行了记述，但是也能够适用于其他的方法。例如，也可以以使原料气体和反应气体的供给定时重合的方式进行供给。

[0131] 另外，在上述中，对成膜处理进行了记述，但也能够适用于其他的处理。例如，在仅

使用反应气体对在衬底表面或衬底上形成的膜进行等离子体氧化处理或等离子体氮化处理等的衬底处理中，也能够适用本发明。另外，也能够适用于仅使用反应气体的等离子体退火处理。

[0132] 另外，在上述中，对单片式装置进行了记述，但是不限于此，也可以是以在垂直方向上保持多个衬底的状态进行处理的竖式装置。另外，也可以是以将多个衬底沿水平方向保持多张的状态进行处理的处理装置。

[0133] ＜本发明优选的方案＞

[0134] 以下，对本发明优选的方案进行附记。

[0135] ＜附记1＞

[0136] 根据一方案，提供一种半导体器件的制造方法，具有：

[0137] 向衬底供给原料气体的工序；

[0138] 向等离子体生成区域供给反应气体的工序；

[0139] 向上述等离子体生成区域供给高频电力的工序；以及

[0140] 使供给上述反应气体之前的上述等离子体生成区域内的压力为第一压力，并在供给有上述反应气体和上述高频电力的状态下，调整至比上述第一压力低的第二压力来生成上述反应气体的等离子体的工序。

[0141] ＜附记2＞

[0142] 根据附记1所述的半导体器件的制造方法，优选的是，

[0143] 在开始向上述等离子体生成区域供给高频电力后，向上述等离子体生成区域供给上述反应气体，将上述等离子体生成区域内从上述第一压力调压至上述第二压力来生成上述等离子体。

[0144] ＜附记3＞

[0145] 根据附记1或附记2所述的半导体器件的制造方法，优选的是，

[0146] 在供给上述反应气体之前，具有供给比上述反应气体的流量多的流量的吹扫气体的工序。

[0147] ＜附记4＞

[0148] 根据附记1至附记3中任一项所述的半导体器件的制造方法，优选的是，

[0149] 在上述产生等离子体的工序后，具有使上述反应气体从等离子体状态返回气体状态的工序。

[0150] ＜附记5＞

[0151] 根据附记4所述的半导体器件的制造方法，优选的是，

[0152] 交替地进行上述产生等离子体的工序和上述返回气体状态的工序。

[0153] ＜附记6＞

[0154] 根据附记1至附记5中任一项所述的半导体器件的制造方法，优选的是，

[0155] 上述第一压力是使上述反应气体保持等离子体OFF状态的压力。

[0156] ＜附记7＞

[0157] 根据附记1至附记6中任一项所述的半导体器件的制造方法，优选的是，

[0158] 上述第二压力是使上述反应气体等离子体化的压力。

[0159] ＜附记8＞

[0160] 根据其他的方案，提供一种衬底处理装置，其具有：

[0161] 处理室，该处理室收纳衬底；

[0162] 原料气体供给部，该原料气体供给部向上述衬底供给原料气体；

[0163] 反应气体供给部，该反应气体供给部向上述衬底供给反应气体；

[0164] 等离子体生成区域，该等离子体生成区域被供给上述反应气体，并使上述反应气体等离子体化；

[0165] 激发部，该激发部向上述等离子体生成区域供给高频电力；

[0166] 以及控制部，该控制部具有以如下方式控制上述反应气体供给部和上述激发部的结构：使供给上述反应气体之前的上述等离子体生成区域的压力为第一压力，在供给有上述反应气体和上述高频电力的状态下，调整至比上述第一压力低的第二压力来使上述反应气体等离子体化。

[0167] ＜附记9＞

[0168] 根据附记8所述的衬底处理装置，优选的是，

[0169] 具有对上述处理室进行排气的排气部，

[0170] 上述控制部具有以如下方式控制上述反应气体供给部和上述排气部的结构：在开始向上述等离子体生成区域供给高频电力后，向上述等离子体生成区域供给上述反应气体，将上述等离子体生成区域内从上述第一压力调压至上述第二压力。

[0171] ＜附记10＞

[0172] 根据附记8或附记9所述的衬底处理装置，优选的是，

[0173] 设置有向上述处理室供给吹扫气体的吹扫气体供给部，

[0174] 上述控制部具有以如下方式控制上述反应气体供给部和上述吹扫气体供给部的结构：在供给上述反应气体之前，进行供给比上述反应气体的流量多的流量的吹扫气体的工序。

[0175] ＜附记11＞

[0176] 根据附记8至附记10中任一项所述的衬底处理装置，优选的是，

[0177] 上述控制部以如下方式控制上述激发部和上述反应气体供给部：在上述产生等离子体的工序后，在维持上述高频电力的供给的状态下进行使上述反应气体从等离子体状态返回气体状态的工序。

[0178] ＜附记12＞

[0179] 根据附记8至附记11中任一项所述的衬底处理装置，优选的是，

[0180] 上述控制部具有以如下方式控制上述激发部和上述反应气体供给部的结构：交替地进行上述产生等离子体的工序和上述返回气体状态的工序。

[0181] ＜附记13＞

[0182] 根据附记9至附记12中任一项所述的衬底处理装置，优选的是，

[0183] 上述控制部具有以如下方式控制上述反应气体供给部和上述排气部中的任一方或双方的结构：使上述第一压力成为使上述反应气体保持等离子体OFF状态的压力。

[0184] ＜附记14＞

[0185] 根据附记9至附记13中任一项所述的衬底处理装置，优选的是，

[0186] 上述控制部具有以如下方式控制上述反应气体供给部和上述排气部中的任一方

或双方的结构：使上述第二压力成为使上述反应气体等离子体化的压力。

[0187] ＜附记15＞

[0188] 根据另一方案，提供一种程序，其使计算机执行以下步骤：

[0189] 向衬底供给原料气体的步骤；

[0190] 向等离子体生成区域供给反应气体的步骤；

[0191] 向上述等离子体生成区域供给高频电力的步骤；以及

[0192] 使供给上述反应气体之前的上述等离子体生成区域内的压力为第一压力，在供给有上述反应气体和上述高频电力的状态下，调整至比上述第一压力低的第二压力来生成上述反应气体的等离子体的步骤。

[0193] ＜附记16＞

[0194] 根据附记15所述的程序，优选的是，

[0195] 在开始向上述等离子体生成区域供给高频电力后，具有向上述等离子体生成区域供给上述反应气体，将上述等离子体生成区域内从上述第一压力调压至上述第二压力来生成上述等离子体的步骤。

[0196] ＜附记17＞

[0197] 根据附记15或附记16所述的程序，优选的是，

[0198] 在供给上述反应气体之前，具有供给比上述反应气体的流量多的流量的吹扫气体的步骤。

[0199] ＜附记18＞

[0200] 根据附记15至附记17中任一项所述的程序，优选的是，

[0201] 在上述产生等离子体的步骤后，具有使上述反应气体从等离子体状态返回气体状态的步骤。

[0202] ＜附记19＞

[0203] 根据附记15至附记18中任一项所述的程序，优选的是，

[0204] 交替地进行上述产生等离子体的步骤和上述返回气体状态的步骤。

[0205] ＜附记20＞

[0206] 根据附记15至附记19中任一项所述的程序，优选的是，

[0207] 上述第一压力是使上述反应气体保持等离子体OFF状态的压力。

[0208] ＜附记21＞

[0209] 根据附记15至附记20中任一项所述的程序，优选的是，

[0210] 上述第二压力是使上述反应气体等离子体化的压力。

[0211] ＜附记22＞

[0212] 根据另一方案，提供一种记录介质，其记录有使计算机执行以下步骤的程序：

[0213] 向衬底供给原料气体的步骤；

[0214] 向等离子体生成区域供给反应气体的步骤；

[0215] 向上述等离子体生成区域供给高频电力的步骤；以及

[0216] 使供给上述反应气体之前的上述等离子体生成区域内的压力为第一压力，在供给有上述反应气体和上述高频电力的状态下，调整至比上述第一压力低的第二压力来生成上述反应气体的等离子体的步骤。

[0217] 根据本发明的半导体器件的制造方法、衬底处理装置以及记录介质，能够使在衬底上形成的膜的特性提高，并使生产能力提高。

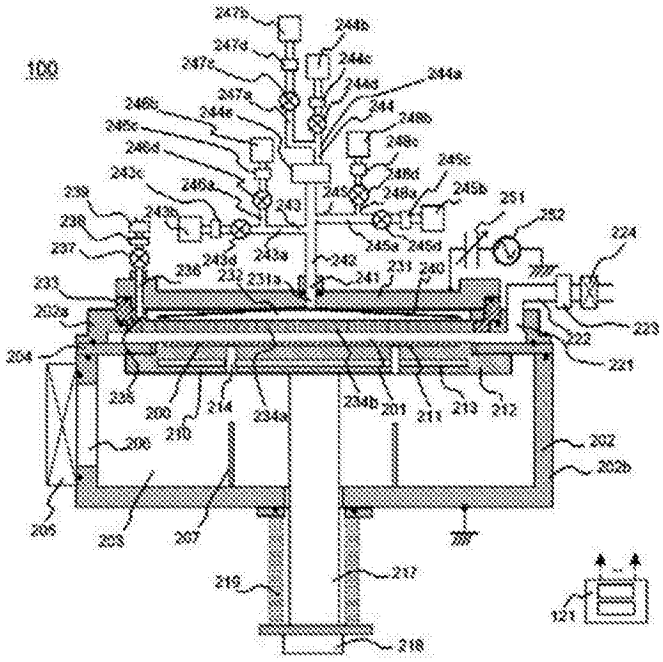


图1

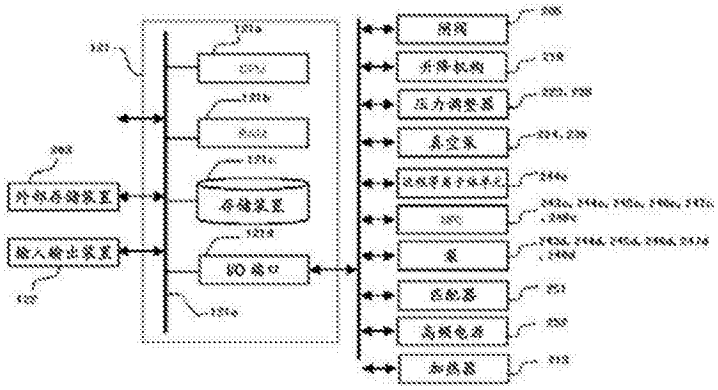


图2

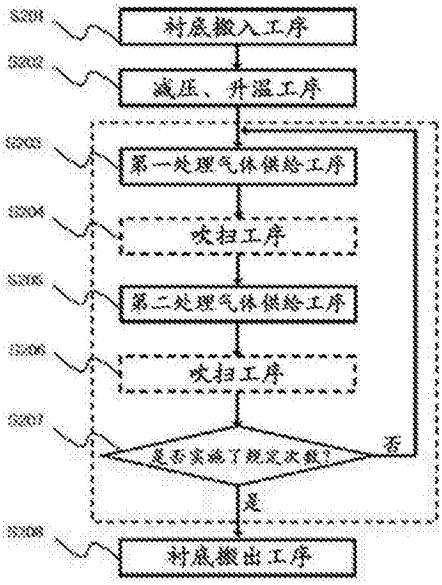

衬底搬入工序
减压、升温工序
第一处理气体供给工序
吹扫工序
第二处理气体供给工序
吹扫工序
是否实施了规定次数?
否
是
衬底搬出工序

图3

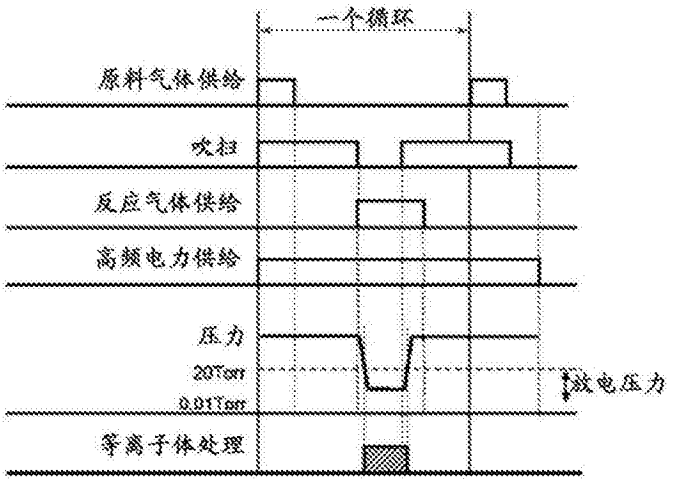

一个循环
原料气体供给
吹扫
反应气体供给
高频电力供给
压力
20Torr
0.01Torr
放电压力
等离子体处理

图4

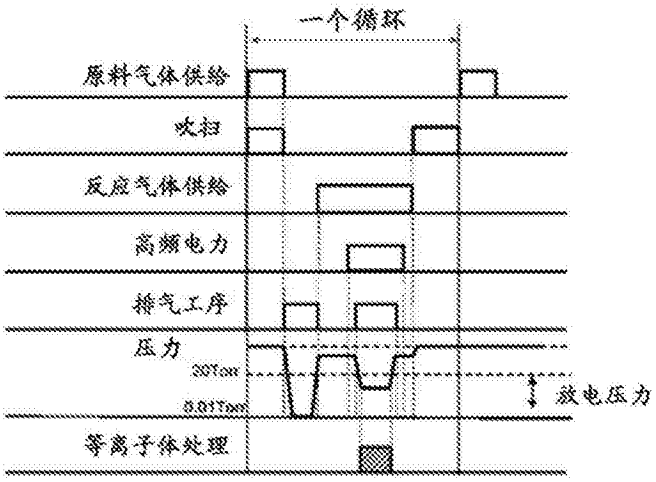

一个循环
原料气体供给
吹扫
反应气体供给
高频电力
排气工序
压力
20Torr
0.01Torr
放电压力
等离子体处理

图5

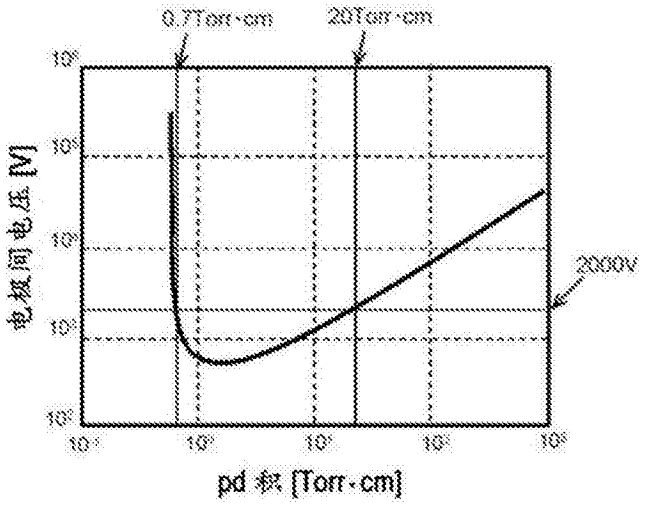

0.7Torr·cm
20Torr·cm
2000V
电极间电压 [V]
pd 积 [Torr·cm]

图6

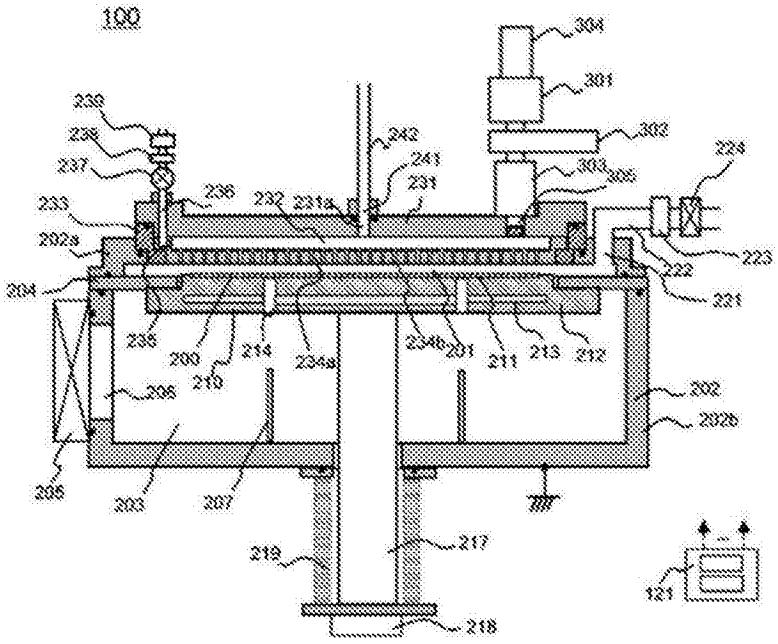

100
304
301
302
303
305
224
223
222
221
239
238
237
236
233
202a
204
242
241
231
232
231a
235
200
210
214
234a
234b
201
211
213
212
206
202
202b
205
203
207
219
217
218
121

图7