



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107452598 A

(43)申请公布日 2017. 12. 08

(21)申请号 201710392474.9

(22)申请日 2017.05.27

(30)优先权数据

2016-108627 2016.05.31 JP

(71)申请人 株式会社日立国际电气

地址 日本东京都

(72)发明人 原田胜吉 高泽裕真 岛本聪

八田启希

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 杨宏军 李文峙

(51) Int. Cl.

H01L 21/02(2006.01)

C23C 16/44(2006.01)

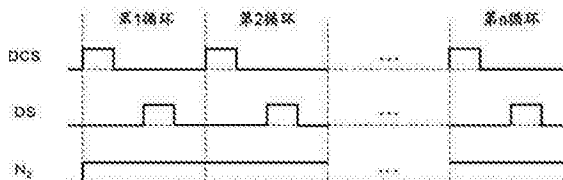
权利要求书2页 说明书17页 附图5页

(54)发明名称

半导体器件的制造方法、衬底处理装置及记录介质

(57)摘要

本发明涉及半导体器件的制造方法、衬底处理装置及记录介质。提高形成于衬底上的氧化膜的膜品质。在同一处理室内进行如下工序：向设为第一温度的衬底供给包含规定元素的原料，从而在所述衬底上形成包含所述规定元素的膜的成膜工序；在包含第一含氧气体的气氛下，将所述衬底的温度变更为比所述第一温度高的第二温度的升温工序；和在包含第二含氧气体的气氛下，将所述衬底的温度维持为所述第二温度，从而将所述膜氧化的氧化工序。



1. 一种半导体器件的制造方法,具有在同一处理室内进行如下工序的工序:

(a) 向设为第一温度的衬底供给包含规定元素的原料,从而在所述衬底上形成包含所述规定元素的膜的工序;

(b) 在包含第一含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度变更为比所述第一温度高的第二温度的工序;和

(c) 在包含第二含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度维持为所述第二温度,从而将所述膜氧化的工序。

2. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,所述第二温度是如下温度,即,在不合所述第一含氧气体的气氛下,所述膜中所含的所述规定元素的移动、及所述规定元素从所述膜的脱离中的至少任一者显著发生的温度。

3. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,将(b)中的所述处理室内的压力设为大于(c)中的所述处理室内的压力的压力。

4. 根据权利要求3所述的半导体器件的制造方法,其中,将(b)中的所述处理室内的压力设为大于(a)中的所述处理室内的压力的压力。

5. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,将(b)中的所述处理室内的压力设为大于(a)中的所述处理室内的压力的压力。

6. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,(c)包含向所述衬底同时供给所述第二含氧气体和含氢气体的期间。

7. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,所述第一含氧气体与所述第二含氧气体具有相同的分子结构。

8. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,所述第一含氧气体与所述第二含氧气体具有不同的分子结构。

9. 根据权利要求8所述的半导体器件的制造方法,其中,作为所述第一含氧气体,使用比所述第二含氧气体的氧化能力小的气体。

10. 根据权利要求9所述的半导体器件的制造方法,其中,作为所述第一含氧气体使用含氮气体,作为所述第二含氧气体使用不含氮的气体。

11. 根据权利要求10所述的半导体器件的制造方法,其中,作为所述第一含氧气体,使用包含选自由氧化亚氮、一氧化氮、及二氧化氮构成的组中的至少一种的气体,作为所述第二含氧气体,使用包含选自由氧、臭氧、原子氧、氧自由基、及羟基自由基构成的组中的至少一种的气体。

12. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,将(b)中的所述第一含氧气体的供给流量设为(c)中的所述第二含氧气体的供给流量以下的流量。

13. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,将(b)中的所述第一含氧气体的供给流量设为小于(c)中的所述第二含氧气体的供给流量的流量。

14. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,在(b)中,不使所述膜的整体氧化、而使所述膜的表面氧化,在(c)中,使所述膜的整体氧化。

15. 根据权利要求14所述的半导体器件的制造方法,其中,在(b)中,使所述膜在自其最外表面起0.05nm以上且1nm以下的深度的范围内氧化。

16. 根据权利要求14所述的半导体器件的制造方法,其中,在(c)中,分别使所述膜的整

体、和所述膜的基底的表面氧化。

17. 根据权利要求16所述的半导体器件的制造方法,其中,在(c)中,使所述膜的基底在自其与所述膜的界面起0.05nm以上且1nm以下的深度的范围内氧化。

18. 根据权利要求1所述的半导体器件的制造方法,其中,作为所述原料,使用包含氢化硅的气体。

19. 一种衬底处理装置,具有:

收容衬底的处理室;

供给系统,向所述处理室内的衬底供给包含规定元素的原料、第一含氧气体、及第二含氧气体;

将所述处理室内的衬底加热的加热机构;和

控制部,其构成为以在同一所述处理室内进行如下处理的方式控制所述供给系统及所述加热机构:(a)向设为第一温度的衬底供给所述原料,从而在所述衬底上形成包含所述规定元素的膜的处理;(b)在包含所述第一含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度变更为比所述第一温度高的第二温度的处理;和(c)在包含所述第二含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度维持为所述第二温度,从而将所述膜氧化的处理。

20. 一种计算机可读的记录介质,记录有通过计算机使衬底处理装置执行下述步骤的程序,所述步骤是在同一处理室中进行如下步骤的步骤:在所述衬底处理装置的所述处理室中,

(a)向设为第一温度的衬底供给包含规定元素的原料,从而在所述衬底上形成包含所述规定元素的膜的步骤;(b)在包含所述第一含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度变更为比所述第一温度高的第二温度的步骤;和(c)在包含所述第二含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度维持为所述第二温度,从而将所述膜氧化的步骤。

半导体器件的制造方法、衬底处理装置及记录介质

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件的制造方法、衬底处理装置及记录介质。

背景技术

[0002] 作为半导体器件的制造工序的一个工序,有时在衬底上进行形成包含硅(Si)等规定元素的氧化膜的成膜处理(例如,参见专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开平11-67747号公报

发明内容

[0006] 发明所要解决的问题

[0007] 本发明的目的在于提供一种能够使形成在衬底上的氧化膜的膜品质提高的技术。

[0008] 用于解决问题的手段

[0009] 根据本发明的一个方式,提供一种技术,其中,在同一处理室内进行如下工序:向设为第一温度的衬底供给包含规定元素的原料,从而在所述衬底上形成包含所述规定元素的膜的成膜工序;在包含第一含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度变更为比所述第一温度高的第二温度的升温工序;和在包含第二含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度维持为所述第二温度,从而将所述膜氧化的氧化工序。

[0010] 发明效果

[0011] 根据本发明,能够提高形成于衬底上的氧化膜的膜品质。

附图说明

[0012] 图1:是本发明的一个实施方式中优选使用的衬底处理装置的立式处理炉的概略构成图,是以纵剖面图表示处理炉部分的图。

[0013] 图2:是本发明的一个实施方式中优选使用的衬底处理装置的立式处理炉的概略构成图,是以图1的A-A线剖面图表示处理炉部分的图。

[0014] 图3:是本发明的一实施方式中优选使用的衬底处理装置的控制器的概略构成图,是用框图来表示控制器的控制系统的图。

[0015] 图4:是表示本发明的一个实施方式的成膜步骤的气体供给顺序的图。

[0016] 图5:(a)是表示本发明的一个实施方式的衬底处理顺序的图,(b)及(c)各自分别是表示实施成膜步骤、升温步骤及氧化步骤后的晶片表面的剖面结构的图。

[0017] 图6:(a)是表示Si膜中包含的Si迁移并聚集、从Si膜中脱离的情形的图,(b)是表示通过Si膜的表面被氧化而抑制了Si的聚集、脱离的情形的图。

[0018] 图7:是表示SiO膜的表面粗糙度的评价结果的图。

[0019] 图8:(a)及(b)分别是表示SiO膜的表面的AFM图像的图。

- [0020] 附图标记说明
[0021] 200 晶片(衬底)
[0022] 201 处理室

具体实施方式

[0023] <本发明的一个实施方式>

[0024] 以下,针对本发明的一实施方式,使用图1~图3进行说明。

[0025] (1) 衬底处理装置的构成

[0026] 如图1所示,处理炉202具有作为加热机构(温度调节部)的加热器207。加热器207为圆筒形状,通过保持板支承而被垂直地安装。加热器207也作为通过热使气体活化(激发)的活化机构(激发部)发挥功能。

[0027] 在加热器207的内侧以与加热器207呈同心圆状的方式配置有反应管203。反应管203例如由石英(SiO₂)或碳化硅(SiC)等耐热性材料形成,并形成上端闭塞、下端开口的圆筒形状。在反应管203的下方配设有与反应管203呈同心圆状的集流管209。集流管209例如由不锈钢(SUS)等金属形成,并且形成为上端和下端开口的圆筒形状。集流管209的上端部构成为,与反应管203的下端部卡合,支承反应管203。在集流管209和反应管203之间设置有作为密封部件的O形密封圈220a。反应管203与加热器207同样地垂直安装。主要由反应管203和集流管209构成处理容器(反应容器)。在处理容器的筒中空部形成处理室201。处理室201构成为能够容纳多片作为衬底的晶片200。

[0028] 在处理室201内,以贯穿集流管209的侧壁的方式设置有喷嘴249a、249b。喷嘴249a、249b分别连接气体供给管232a、232b。

[0029] 在气体供给管232a、232b上,从上游方向开始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、241b及作为开闭阀的阀243a、243b。在比气体供给管232a、232b的阀243a、243b更靠近下游一侧,分别连接有供给非活性气体的气体供给管232c、232d。在气体供给管232c、232d上,从上游方向开始依序分别设置有MFCMFC241c、241d及阀243c、243d。

[0030] 如图2所示,喷嘴249a、249b以沿着反应管203的内壁与晶片200之间的、在俯视中为圆环状的空间中,沿反应管203的内壁的下部至上部,朝向晶片200的搭载方向上方而直立地设置。也就是说,喷嘴249a、249b以在排列着晶片200的晶片排列区域的侧方的、水平包围晶片排列区域的区域中,以沿着晶片排列区域的方式设置。在喷嘴249a、249b的侧面分别设置有供给气体的气体供给孔250a、250b。气体供给孔250a、250b分别以朝向反应管203的中心的方式开口,能够向晶片200供给气体。在从反应管203的下部到上部的范围内设置有多个气体供给孔250a、250b。

[0031] 作为第一原料(原料气体),从气体供给管232a经由MFC241a、阀243a、喷嘴249a而向处理室201内供给包含作为规定元素(主元素)的Si和卤素的卤代硅烷原料气体。所谓原料气体,是指气态的原料,例如,通过将常温常压下为液态的原料气化而得的气体、常温常压下为气态的原料等。所谓卤代硅烷,是指具有卤素基团的硅烷。卤素基团包括氯基、氟基、溴基、碘基等。也就是说,卤素基团包括氯(Cl)、氟(F)、溴(Br)、碘(I)等卤元素。作为第一原料气体,例如,可使用包含Si及Cl的氯硅烷原料气体。作为氯硅烷原料气体,例如,可使

用二氯硅烷(SiH_2Cl_2 、简称:DCS)气体。

[0032] 作为第二原料(原料气体),从气体供给管232b经由MFC241b、阀243b、喷嘴249b而向处理室201内供给包含作为规定元素(主元素)的Si而不含卤元素的硅烷原料气体。作为第二原料气体,例如,能够使用氢化硅气体。作为氢化硅气体,例如,能够使用二硅烷(Si_2H_6 、简称:DS)气体。

[0033] 从气体供给管232a经由MFC241a、阀243a、喷嘴249a而向处理室201内供给含氧(O)气体。在本说明书中,也将在后述升温步骤中供给的含O气体称为第一含O气体,另外也将在后述氧化步骤中供给的含O气体称为第二含O气体。第一含O气体以如下方式发挥作用:当对形成于晶片200上的硅膜(Si膜)进行加热时,抑制Si膜中包含的Si的移动(迁移)、Si从Si膜的脱离(热蚀刻)。第二含O气体作为将形成于晶片200上的Si膜整体的氧化气体,即O源而发挥作用。作为第一、第二含O气体,例如,能够使用氧(O_2)气。

[0034] 从气体供给管232b经由MFC241b、阀243b、喷嘴249b而向处理室201内供给含氢(H)气体。含H气体以其单体而言得不到氧化作用,但在特定的条件下通过与含O气体反应从而生成原子氧(atomic oxygen, O)等氧化种,从而以提高氧化处理的效率的方式发挥作用。因此,能够将含H气体与含O气体同样地视为氧化气体。作为含H气体,例如,能够使用氢(H_2)气。

[0035] 作为非活性气体,从气体供给管232c、232d分别经由MFC241c、241d,阀243c、243d,气体供给管232a、232b,喷嘴249a、249b而向处理室201内供给例如氮(N_2)气。

[0036] 主要由气体供给管232a、MFC241a、阀243a构成第一原料(原料气体)供给系统。主要由气体供给管232b、MFC241b、阀243b构成第二原料(原料气体)供给系统。主要由气体供给管232a、MFC241a、阀243a构成第一、第二含O气体供给系统。主要由气体供给管232b、MFC241b、阀243b构成含H气体供给系统。主要由气体供给管232c、232d, MFC241c、241d, 阀243c、243d构成非活性气体供给系统。

[0037] 上述各种气体供给系统中的任一者或所有供给系统可以构成为集成有阀243a~243d、MFC241a~241d等而成的集成型气体供给系统248。集成型气体供给系统248以下述方式构成:分别与气体供给管232a~232d连接,并通过后述的控制器121来控制各种气体向气体供给管232a~232d内的供给动作,即,阀243a~243d的开闭动作、利用MFC241a~241d进行的流量调节动作等。集成型气体供给系统248构成为一体型或分离型集成单元,并以下述方式构成:能够相对于气体供给管232a~232d等以集成单元单位的形式进行拆装,能够以集成单元单位的形式进行供给系统的维护、交换、增设等。

[0038] 在反应管203上设置有将处理室201内的气氛排出的排气管231。在排气管231上,经由作为检测处理室201内压力的压力检测器(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)阀244,连接有作为真空排气装置的真空泵246。APC阀244以下述方式构成,即,通过在使真空泵246工作的状态下将阀开闭,能够对处理室201内进行真空排气及停止真空排气,进而,通过在使真空泵246工作的状态下基于由压力传感器245检测到的压力信息来调节阀开度,能够调节处理室201内的压力。主要由排气管231、APC阀244、压力传感器245构成排气系统。在排气系统中也可以包括真空泵246。

[0039] 在集流管209的下方设置有作为能够将集流管209的下端开口气密地闭塞的炉口

盖体的密封盖219。密封盖219例如由SUS等金属构成且形成为圆盘状。在密封盖219的上表面设置有作为与集流管209的下端抵接的密封部件的O形密封圈220b。在密封盖219的下方设置有用于使后述的晶舟217旋转的旋转机构267。旋转机构267的旋转轴255贯穿密封盖219而与晶舟217相连。旋转机构267以通过使晶舟217旋转来使晶片200旋转的方式构成。密封盖219以通过设置在反应管203的外部的作为升降机构的晶舟升降机115而在铅垂方向上升降的方式构成。晶舟升降机115构成为通过使密封盖219升降来将晶舟217(即晶片)向处理室201内搬入和向处理室201外搬出的搬送装置(搬送机构)。此外,在集流管209的下方设置有在利用晶舟升降机115使密封盖219下降期间能够气密地将集流管209的下端开口密封的、作为炉口盖体的闸门219s。闸门219s例如由SUS等金属构成且形成为圆盘状。在闸门219s的上表面设置有作为与集流管209的下端抵接的密封部件的O形密封圈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来控制。

[0040] 作为衬底支承件的晶舟217以下述方式构成:使多片(例如25~200片)晶片200以水平姿势且以彼此中心对齐的状态在铅垂方向上排列,将其呈多层地进行支承,即,使晶片200隔开间隔地排列。晶舟217例如由石英、SiC等耐热性材料形成。在晶舟217的下部,呈多层地支承有由例如石英、SiC等耐热性材料形成的隔热板218。

[0041] 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检测到的温度信息来调节向加热器207的通电情况,由此使处理室201内的温度成为所期望的温度分布。温度传感器263沿着反应管203的内壁的方式进行设置。

[0042] 如图3所示,作为控制部(控制手段)的控制器121以具有CPU(Central Processing Unit)121a、RAM(Random Access Memory)121b、存储装置121c、I/O端口121d的计算机的形式构成。RAM121b、存储装置121c、I/O端口121d以经由内部总线121e与CPU121a进行数据交换的方式构成。控制器121连接有例如以触摸面板等的形式构成的输入输出装置122。

[0043] 存储装置121c例如由闪存、HDD(Hard Disk Drive)等构成。在存储装置121c内,以可读取的方式存储有:控制衬底处理装置的动作的控制程序、记载有后述衬底处理的步骤、条件等的工艺制程等。工艺制程是以使控制器121执行后述衬底处理工序的各步骤、并能获得规定结果的方式组合得到的,其作为程序发挥功能。以下,将该工艺制程、控制程序等统一简称为程序。另外,将工艺制程也简单称为制程。在本说明书中使用措辞“程序”时,有时仅单独包含制程,有时仅单独包含控制程序,或者有时包含上述两者。RAM121b以存储区域(工作区)的形式构成,该存储区域暂时保持通过CPU121a读取的程序、数据等。

[0044] I/O端口121d与上述MFC241a~241d、阀243a~243d、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、晶舟升降机115、闸门开闭机构115s等连接。

[0045] CPU121a构成为:从存储装置121c读取并执行控制程序,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读取制程。CPU121a构成为:按照读取的制程的内容,对利用MFC241a~241d进行的各种气体的流量调节动作、阀243a~243d的开闭动作、基于APC阀244的开闭动作及压力传感器245并利用APC阀244进行的压力调节动作、真空泵246的起动及停止、基于温度传感器263进行的加热器207的温度调节动作、利用旋转机构267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进行的晶舟217的升降动作、利用闸门开闭机构115s进行的闸门219s的开闭动作等进行控制。

[0046] 可以通过将存储于外部存储装置(例如硬盘等磁盘;CD等光盘;MO等光磁盘;USB存储器等半导体存储器)123的上述程序安装在计算机中来构成控制器121。存储装置121c、外部存储装置123以计算机可读的记录介质的形式构成。以下,也将它们统一简称为记录介质。本说明书中使用称为记录介质的措辞时,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、或有时包含上述两者。需要说明的是,程序向计算机的提供可以不使用外部存储装置123,而使用互联网、专用线路等通信手段。

[0047] (2) 衬底处理工序

[0048] 作为半导体器件的制造工序的一个工序,对使用上述衬底处理装置在作为衬底的晶片200上形成氧化硅膜(SiO膜)的衬底处理顺序的例子,使用图4~图6进行说明。在以下说明中,构成衬底处理装置的各部分的动作由控制器121控制。

[0049] 在图5所示的衬底处理顺序中,在同一处理室201内进行如下步骤:向设为第一温度的晶片200供给DCS气体、DS气体,从而在晶片200上形成Si膜的成膜步骤;在包含O₂气的气氛下,将晶片200的温度变更为比第一温度高的第二温度的升温步骤;和在包含O₂气的气氛下,将晶片200的温度维持为第二温度,从而将Si膜氧化的氧化步骤。

[0050] 如图4所示的气体供给时机所示,在上述成膜步骤中,通过以规定次数进行如下循环,从而在晶片200上形成Si膜,所述循环为交替进行向晶片200供给DCS气体的步骤1、和向晶片200供给DS气体的步骤2。

[0051] 在本说明书中使用措辞“晶片”时,有时指晶片本身,有时指由晶片和形成于其表面的规定层、膜等得到的层叠体。在本说明书中使用措辞“晶片的表面”时,有时指晶片本身的表面,有时指形成于晶片上的规定层等的表面。在本说明书中,当记载有“在晶片上形成规定的层”时,有时指在晶片本身的表面上直接形成规定层,有时指在形成于晶片上的层等上形成规定的层。在本说明书中,使用措辞“衬底”时,也与使用措辞“晶片”时的情况含义相同。

[0052] (晶片装载及晶舟加载)

[0053] 若将多片晶片200装填(晶片装载)于晶舟217,则移动闸门219s从而使集流管209的下端开口开放(闸门打开)。之后,如图1所示,将支承有多片晶片200的晶舟217搬入处理室201内(晶舟加载)。在该状态下,密封盖219处于经由O形密封圈220b而将集流管209的下端密封了的状态。

[0054] 作为晶片200,例如可使用由单晶Si构成的Si衬底、或表面形成有单晶Si膜的衬底。处于单晶Si在晶片200的表面露出的状态。在晶片200的一部分上也可形成SiO膜、氮化硅膜(SiN膜)、氮氧化硅膜(SiON膜)等绝缘膜。

[0055] 在将晶片200搬入处理室201内之前,利用氟化氢(HF)等预先对晶片200的表面进行清洗。但是,在清洗处理后、直到将晶片200搬入处理室201内的期间,晶片200的表面将暂时暴露于大气中。因此,在向处理室201内搬入的晶片200的表面的至少一部分形成有自然氧化膜(SiO膜)。自然氧化膜200b有时以零散地(岛状地)覆盖晶片200的表面、即将露出的单晶Si的一部分覆盖的方式形成,有时以连续地(非岛状地)覆盖露出的单晶Si的整个区域的方式形成。

[0056] (压力调节及温度调节)

[0057] 通过真空泵246进行真空排气(减压排气),以使得处理室201内、即晶片200所存在

的空间成为所期望的压力(真空度)。此时,处理室201内的压力通过压力传感器245进行测定,基于所述测得的压力信息来反馈控制APC阀244。真空泵246至少在直到对晶片200的处理结束之前的期间维持始终工作的状态。此外,处理室201内的晶片200通过加热器207而被加热到所期望的温度。此时,基于温度传感器263检测到的温度信息来反馈控制向加热器207的通电情况,以使得处理室201内成为所期望的温度分布。利用加热器207对处理室201内进行的加热至少在直到对晶片200的处理结束之前的期间持续进行。此外,利用旋转机构267开始晶舟217及晶片200的旋转。晶舟217及晶片200的旋转至少在直到对晶片200的处理结束之前的期间持续进行。

[0058] (成膜步骤)

[0059] 之后,依序执行如下两个步骤、即步骤1、2。

[0060] [步骤1]

[0061] 在该步骤中,向晶片200供给DCS气体。具体而言,打开阀243a,向气体供给管232a内流入DCS气体。DCS气体经MFC241a而进行流量调节,经由喷嘴249a而向处理室201内供给,从排气管231排出。此时,对晶片200供给DCS气体。与此同时,打开阀243c,向气体供给管232c内流入N₂气。N₂气与DCS气体一同向处理室201内供给,从排气管231排出。另外,为了防止DCS气体向喷嘴249b内的侵入,打开阀243d,而向气体供给管232d内流入N₂气。N₂气经由气体供给管232b、喷嘴249b而向处理室201内供给,从排气管231排出。

[0062] 通过对晶片200供给DCS气体,能够产生由DCS带来的保护(treatment)效果,能够进行以下处理。即,通过向晶片200的表面供给包含电负性大的Cl的DCS,能够使形成于晶片200的表面的自然氧化膜200b中的O和DCS中的Cl相互吸引,切断自然氧化膜中所含的Si-O键。即通过DCS所具有的极性,能够将单晶Si的表面封端的Si-O键切断。另外,通过从DCS分离而生成的微量的Cl⁻(Cl离子),也能够将对单晶Si的表面封端的Si-O键切断。由此,在单晶Si表面上生成Si的未连接,从而能够形成容易进行后述同质外延生长的环境。在晶片200的表面上,通过上述反应的进行,形成于表面的自然氧化膜被除去,单晶Si的表面露出。如上所述,DCS气体作为从单晶Si的表面除去自然氧化膜的清洁气体(清洗气体)发挥作用。当在晶片200的表面上形成有SiO膜等的情况下,利用上述保护效果而在SiO膜等的表面上形成Si的吸附位点。

[0063] 通过上述保护效果,在晶片200的表面形成容易进行同质外延生长的环境后,关闭阀243a,停止DCS气体的供给。此时,APC阀244保持打开状态,利用真空泵246对处理室201内进行真空排气,将残留在处理室201内的未反应气体或已经对上述反应做出了贡献的气体从处理室201内排出。此时,阀243c、243d保持打开状态,维持N₂气向处理室201内的供给。N₂气作为吹扫气体发挥作用。

[0064] [步骤2]

[0065] 步骤1结束后,对晶片200供给DS气体。在该步骤中,以与步骤1中的阀243a、243c、243d的开闭控制同样的步骤来进行阀243b~243d的开闭控制,从而向气体供给管232b内流入DS气体。流入至气体供给管232b内的DS气体经MFC241b而进行流量调节,经由喷嘴249b而向处理室201内供给,从排气管231排出。此时,对晶片200供给DS气体。

[0066] 通过对晶片200供给DS气体,能够在晶片200的表面上使Si层生长。也就是说,使DS中的Si与通过进行步骤1而形成的Si的未结合键结合,从而在晶片200的表面上形成Si晶体

的核,能够使Si晶体气相外延生长。上述生长为同质外延生长。在同质外延生长中,在成为基底的晶体之上,与该晶体具有相同的晶格常数、且由相同的材料形成的晶体以同一晶体取向生长,因此,能够得到缺陷少的品质良好的晶体。通过进行以上处理,在晶片200的表面上形成由Si单晶形成的Si层。当在晶片200的表面上形成SiO膜等的情况下,通过上述保护效果,能够在形成于SiO膜等的表面上的Si的吸附位点上吸附DS中包含的Si。此时,在SiO膜上形成无定形、多晶、或者无定形与多晶的混晶状态的Si膜。

[0067] Si层的形成完成后,关闭阀243b,停止DS气体的供给。并且,利用与步骤1同样的处理步骤,将残留在处理室201内的未反应气体或已经对上述反应做出了贡献的气体、反应副产物从处理室201内排除。

[0068] 若进行步骤2的话,则Si层的表面的至少一部分有时处于通过DS气体中包含的Si-H键而被封端的状态。将Si层的表面封端的Si-H键能够在后面的步骤1中通过向晶片200供给DCS气体而切断。也就是说,利用通过从DCS分离而生成的微量的Cl⁻而能够将Si层的表面封端的Si-H键切断。由此,能够在Si层的表面形成Si的未结合键,能够再次形成同质外延生长易于进行的环境。由此,在后面的步骤2中,没有迟滞地开始上述Si层的形成。

[0069] 另外,若进行步骤2,则在晶片200的表面上,有时Si会异常生长。例如,若进行步骤2,则吸附于晶片200的表面的Si有时局部地聚集等、有时在Si层的表面形成凹凸结构。但是,通过在后面的步骤1对晶片200供给DCS气体,能够将该异常生长的Si除去。即,通过从DCS分离而生成的微量的Cl⁻,能够将异常生长的Si中所含的Si-Si键切断、将该异常生长的Si蚀刻。由此,能够使Si层的表面平滑化、结果能够提高最终形成的Si膜的表面粗糙度等。这里所谓表面粗糙度,是指晶片面内的膜的高低差(与表面粗糙度同义),该值越小,则表示表面越平滑。即,所谓提高表面粗糙度,是指减小膜的高低差、提高表面的平滑度。

[0070] 这里所示的各效果包括由DCS带来的保护效果。

[0071] [实施规定次数]

[0072] 进行规定次数(n次(n为1以上的整数))的下述循环,所述循环为使上述步骤1、2交替进行、即非同步、非同时地进行的循环。由此,能够在晶片200的表面上形成Si膜。

[0073] Si膜可通过以形成于晶片200的表面上Si层为基底、Si晶体进行外延生长而形成。Si膜的晶体结构成为继承了基底的晶体性的单晶。也就是说, Si膜由与基底的单晶Si同样的材料构成,且成为具有同样的晶格常数、同样的晶体取向的单晶Si膜(外延Si膜)。形成Si膜时,通过适度地发挥上述的保护效果,将该膜氧化,从而能够使最终形成的SiO膜成为针孔、膜破裂(以下,也将它们统称为膜破裂等)少的致密的膜,并且能够成为对HF耐性(耐蚀刻性)高的膜。需要说明的是,所谓针孔,是指对膜供给蚀刻气体、蚀刻液等蚀刻剂时,蚀刻剂向该膜的基底侧侵入的路径。另外,所谓膜破裂,是指例如,与针孔相比、以更大规模产生的缺陷。在膜的膜厚变薄的情况下,膜破裂等特别易于发生。因此,当最终形成的SiO膜的膜厚变薄时、要求最终形成的SiO膜具有耐蚀刻性等的加工耐性时,可以说产生保护效果的技术意义尤其大。

[0074] 以下,对成膜步骤的处理条件进行说明。这里所示的条件也是能够适当地发挥上述保护效果的条件。

[0075] DCS气体、DS气体的供给流量例如分别设为10~1000sccm的范围内的流量。DCS气体、DS气体的供给时间例如分别设为1~600秒的范围内的时间。经各气体供给管供给的N₂

气的供给流量例如分别设为0~10000sccm的范围内的流量。通过不供给N₂气,能够提高各原料气体的分压,能够使层质改变。

[0076] 晶片200的温度(第一温度)T₁例如设为250~600℃,优选设为350~450℃的范围内的温度。处理室201内的压力(第一压力)P₁例如设为0.1~20Torr(13.3~2660Pa)的范围内的压力。

[0077] 若T₁小于250℃、或P₁小于0.1Torr的话,则在步骤1中对晶片200供给的Cl⁻、DCS的量不足,有时难以获得上述保护效果。另外,在步骤2中向晶片200供给的DS有时变得难以分解,Si层在晶片200上的形成有时变得困难。通过将T₁设为250℃以上、将P₁设为0.1Torr以上,能够解决上述问题,能够以实用的成膜速率形成Si膜。通过将T₁设为350℃以上,能够更确实地解决上述问题,能够进一步提高Si膜的成膜速率。

[0078] 若T₁大于600℃、或P₁大于20Torr的话,则在步骤1中,则有时DCS中包含的Si向晶片200上堆积。此时,还存在下述情况:在从单晶Si的表面除去自然氧化膜之前,Si发生堆积,在单晶Si上(自然氧化膜上)外延生长没有进行,而无定形Si膜、多晶Si膜生长。另外,有时难以获得利用DCS的极性而带来的上述保护效果。另外,在步骤2中,通过发生过剩的气相反应,Si层的厚度的均匀性、阶梯被覆性有时变差。另外,有时处理室201内产生的颗粒的量还会增加。通过将T₁设为600℃以下、将P₁设为20Torr以下,能够解决上述问题,在晶片200上能够形成面内膜厚均匀性、阶梯被覆性良好的高品质外延Si膜。通过将T₁设为450℃以下,能够更为确实地解决上述问题,能够进一步提高Si膜的膜品质。

[0079] 作为第一原料气体,除DCS气体外,还可以使用一氯硅烷(SiH₃Cl,简称:MCS)气体、三氯硅烷(SiHCl₃,简称:TCS)气体、四氯硅烷(SiCl₄,略称:STC)气体、六氯乙硅烷(Si₂Cl₆,简称:HCDS)气体、八氯三硅烷(Si₃Cl₈,简称:OCTS)气体等氯硅烷原料气体。在步骤1中,为了抑制Si在晶片200上的堆积、并促进上述Si-O键的切断反应,作为第一处理气体,优选使用1分子中包含的Si的个数少、且1分子中所含的Cl的个数多的卤代硅烷原料气体。此外,在步骤1中,为了适当抑制上述Si-O键的切断反应,优选使用1分子中所含的Cl的个数少的卤代硅烷原料气体。

[0080] 作为第二处理气体,除DS气体外,还可以使用单硅烷(SiH₄,简称:MS)气体、丙硅烷(Si₃H₈)气体、丁硅烷(Si₄H₁₀)气体、戊硅烷(Si₅H₁₂)气体、己硅烷(Si₆H₁₄)气体等氢化硅气体。也就是说,能够使用不含卤素的硅烷原料气体。

[0081] 作为非活性气体,除N₂气外,还可以使用例如Ar气、He气、Ne气、Xe气等稀有气体。

[0082] (第一后吹扫(after purge))

[0083] 当Si膜的形成完成后,分别从气体供给管232c、232d向处理室201内供给N₂气,从排气管231排出。由此,利用非活性气体对处理室201内进行吹扫,从而将残留在处理室201内的气体、反应副产物从处理室201内除去(第一后吹扫)。通过进行第一后吹扫,当在后述升温步骤中向处理室201内供给O₂气时,能够抑制在处理室201内发生气相反应、颗粒的产生。

[0084] (升温步骤)

[0085] 处理室201内的吹扫完成后,在实施后述的氧化步骤之前,作为其前准备,将晶片200的温度变更为比上述的第一温度T₁更高的第二温度T₂。在其后进行的氧化步骤中,为了适当地进行使用O₂气与H₂气而进行的氧化处理,或者为了减小最终形成的SiO膜与晶片200

之间的界面电子陷阱密度(界面态密度),需要将晶片200的温度升温至例如700~1000℃,优选升温至700~900℃的范围内的温度。

[0086] 其中,这里所示的温度条件是在不含O的气氛下,形成于晶片200上的Si膜中含有的Si的迁移,及Si膜的热蚀刻之中的至少一者可显著发生的温度。图6(a)中示出了如下情形:当将形成于衬底上的Si膜加热至700℃以上的温度时,构成Si膜的Si发生迁移从而聚集、Si膜的表面被热蚀刻从而Si发生脱离。上述现象成为在最终形成的SiO膜的表面产生凹凸结构、使其表面粗糙度变差的主要原因。

[0087] 因此,在本实施方式中,将升温步骤在包含O₂气的气氛下进行从而抑制上述现象的发生。具体而言,开始晶片200的升温,同时按与上述步骤1中的阀243a、243c、243d的开闭控制同样的步骤进行阀243a、243c、243d的开闭控制,向气体供给管232a内流入O₂气。流入气体供给管232a内的O₂气经MFC241a而进行流量调节,经由喷嘴249a而向处理室201内供给,从排气管231排出。此时,向晶片200供给O₂气。向晶片200进行的O₂气的供给也可以在开始晶片200的升温之前开始,另外,也可以在开始晶片200的升温之后开始。

[0088] 通过在包含O₂气的气氛下进行升温步骤,能够使形成于晶片200上的Si膜的表面氧化、从而改质(变化)为硅氧化层(SiO层)。由此,能够抑制作为表面粗糙度变差的主要原因的Si的聚集、脱离。据认为,这是由于在Si膜的表面,与Si键合的O作为阻挡Si的聚集、脱离的阻碍原因而发挥作用。图6(b)中示出了如下情形:当将形成于衬底上的Si膜在O₂气的气氛下加热至700℃以上的温度时,通过该膜的表面的氧化,从而抑制Si的聚集、脱离。如上所述,通过将Si膜的表面氧化,能够避免最终形成的SiO膜的表面粗糙度的变差。

[0089] 在升温步骤中,优选不使Si膜的整体氧化,而仅使Si膜的表面氧化。如图5(b)所示,当在升温步骤中使Si膜的整体氧化的情况下,在之后通过进行氧化步骤,有时不仅是作为基底的晶片200的表面、而且比表面更深层的广大区域也被氧化。与此相对,如图5(c)所示,当在升温步骤中仅使Si膜的表面氧化的情况下,在之后即便实施氧化步骤,也能使作为基底的晶片200的氧化量停留在其表面被轻微氧化的程度。需要说明的是,当实施氧化步骤时,通过使作为基底的晶片200的表面被轻微地氧化,与不使晶片200的表面氧化的情况相比,能够减小SiO膜与晶片200之间的界面电子陷阱密度。

[0090] 以下,对升温步骤的处理条件进行说明。这里所示的条件是能够抑制Si的聚集、脱离的条件,而且也是不使Si膜的整体氧化、而仅使其表面氧化的条件。

[0091] O₂气的供给流量(第一流量)F₁例如设为10~10000sccm的范围内的流量。为了在升温步骤中仅使Si膜的表面氧化,优选的是,将F₁设为之后进行的氧化步骤中的O₂气的供给流量(第二流量)F₂以下的流量(F₁≤F₂),更优选设为小于F₂的流量(F₁<F₂)。经各气体供给管供给的N₂气的供给流量例如分别设为0~10000sccm的范围内的流量。

[0092] 处理室201内的压力(第二压力)P₂例如设为0.1~100Torr(13.3~13300Pa)的范围内的压力。为了在升温步骤中抑制Si膜的热蚀刻,优选的是,将P₂设为大于之后进行的氧化步骤中的处理室201内的压力(第三压力)P₃的压力(P₂>P₃),另外,优选设为大于上述P₁的压力(P₂>P₁)。

[0093] 在升温步骤中,优选将Si膜的、自其最外表面起0.05nm以上且1nm以下、优选为0.1nm以上且0.5nm以下,更优选为0.2nm以上且0.5nm以下的深度的范围内氧化氧化。若该深度小于0.05nm,则当使晶片200升温时,有时不能抑制Si的聚集、脱离。另外,当实施后述

氧化步骤时,不能使作为基底的晶片200的表面轻微地氧化,有时SiO膜与晶片200之间的界面电子陷阱密度还会变大。通过将该深度设为0.05nm以上的深度,能够解决上述问题。通过将该深度设为0.1nm以上,乃至设置为0.2nm以上的深度,能够更加确实地解决上述问题。另外,若该深度大于1nm的话,通过在之后实施氧化步骤,有时作为基底的晶片200的表面在深度方向上的大范围内氧化。通过将该深度设为1nm以下、乃至0.5nm以下的深度,能够抑制晶片200的过度的氧化。

[0094] 作为第一含O气体,除O₂气以外,还能够使用氧化亚氮(N₂O)气体、一氧化氮(NO)气体、二氧化氮(NO₂)气体等含氮(N)气体。上述含N的含O气体是比后述氧化步骤中使用的第二含O气体的氧化能力小的气体。因此,通过使用这些气体作为第一含O气体,能够容易地仅使Si膜的表面氧化。

[0095] 作为非活性气体,除N₂气以外,能够使用上述各种稀有气体。

[0096] (氧化步骤)

[0097] 当晶片200的温度达到上述第二温度并稳定之后,在包含O₂气的气氛下,将晶片200的温度维持在第二温度,从而将在表面上形成了SiO层的Si膜(以下,也简称为Si膜)的整体氧化。具体而言,在调节加热器207的输出从而将晶片200的温度维持在第二温度的状态下,打开阀243a、232b,向处理室201内分别供给O₂气和H₂气。O₂气与H₂气在处理室201内混合并反应,之后,从排气管231排出。此时,也可以打开阀243c、243d向处理室201内供给N₂气。

[0098] 通过向处理室201内供给O₂气及H₂气,O₂气及H₂气在经加热的减压气氛下通过非等离子体而被热活化(激发)并发生反应,由此生成包含原子氧(O)等的氧的、不含水分(H₂O)的活性种(氧化种)。然后,主要利用该氧化种而对Si膜的整体进行氧化处理。上述氧化种所带有的能量高于Si膜中包含的Si-Cl键、Si-H键等的键能,因此通过将该氧化种的能量施加至Si膜,Si膜中包含的Si-Cl键、Si-H键等被切断。与Si的键被切断的H、Cl等从膜中除去、并以Cl₂、HCl等的形式排出。另外,通过切断其与H、Cl等的键而余下来的Si的结合键与氧化种中所含的O结合、形成Si-O键。由此,关于形成于晶片200上的Si膜,能够使其整体变化(改质)为Cl等杂质的含量极少的品质良好的SiO膜。根据上述氧化处理,与单独供给O₂气的情况、或供给水蒸气(H₂O气体)的情况相比,能够大幅提高氧化能力。也就是说,通过在减压气氛下向O₂气添加H₂气,与O₂气单独供给的情况、供给H₂O气体的情况相比,可获得大幅提高氧化能力的效果。

[0099] 需要说明的是,在氧化步骤中,优选的是,不仅如上所述将Si膜的整体改质为SiO膜,还使作为基底的晶片200的表面轻微地氧化。具体而言,优选的是,在从晶片200的表面与SiO膜界面(晶片200的最外表面)起例如0.05nm以上且1nm以下、优选为0.1nm以上且0.5nm以下、更优选为0.2nm以上且0.5nm以下的深度的范围内使晶片200的表面氧化。由此,能够减小最终形成的SiO膜与晶片200之间的界面电子陷阱密度。需要说明的是,通过以如上所述的方式控制升温步骤中的Si膜的氧化量,能够实现如上所述的晶片200的氧化量。

[0100] 以下,对氧化步骤的处理条件进行说明。这里所示的条件是能够充分地使Si膜的整体氧化的条件,而且是能够使作为基底的晶片200的表面被轻微地氧化的条件。

[0101] 如上所述,O₂气的供给流量F₂设为F₁以上、优选为大于F₁的流量,例如设为500~20000sccm的范围内的流量。H₂气的供给流量例如设为500~20000sccm的范围内的流量。经

各气体供给管供给的N₂气的供给流量例如分别设为0~10000sccm的范围内的流量。

[0102] 如上所述,晶片200的温度T₂例如设为700~1000℃,优选为700~900℃的范围内的温度。处理室201内的压力P₃例如设为0.1~20Torr(13.3~2660Pa)、优选为0.1~3Torr(13.3~399Pa)的范围内的压力。

[0103] 若T₂小于700℃、或P₃小于0.1Torr的话,则有时绝缘特性、耐蚀刻性不足等、从而最终形成的SiO膜的作为绝缘膜的膜品质降低。另外,有时SiO膜与晶片200之间的界面电子陷阱密度会变大。通过将T₂设为700℃以上、将P₃设为0.1Torr以上,能够解决上述问题。

[0104] 若T₂大于1000℃、或P₃大于20Torr的话,有时,通过O₂气与H₂气的反应而产生的氧化种失活、从而向晶片200供给的氧化种的量不足、Si膜的氧化变得不充分。另外,晶片200收到的热损伤有时增加。通过将T₂设为1000℃以下、将P₃设为20Torr以下,能够解决上述问题。通过将T₂设为900℃以下、将P₃设为3Torr以下,能够更加确实地解决上述问题。

[0105] 作为第二含O气体,除O₂气以外,能够使用臭氧(O₃)气体、原子氧(O)、氧自由基(O*)、及羟基自由基(OH*)等。上述气体是比在升温步骤中列举的含N的含O气体的氧化能力大的气体。因此,通过使用这些气体作为第二含O气体,能够容易地使Si膜的整体充分氧化。

[0106] 如上所述,第一含O气体与第二含O气体既可以是具有相同的分子结构(化学结构)的气体,也可以是具有不同分子结构的气体。当将第一含O气体与第二含O气体设为同样的材料时,就能够使气体供给系统的构造简化、能够降低衬底处理装置的制造成本、维护成本的方面而言,是优选的。另外,当第一含O气体与第二含O气体设为不同材料时,例如,当作为第一含O气体而使用氧化能力比第二含O气体弱的材料时,就能够抑制升温步骤中的Si膜的过度的氧化、并且在氧化步骤中能够充分地使Si膜的整体氧化的方面而言,是优选的。

[0107] 作为含H气体,除H₂气以外,还能够使用氘(D₂)气等。

[0108] 作为非活性气体,除N₂气以外,还能够使用上述的各种稀有气体。

[0109] (第二后吹扫及大气压恢复)

[0110] 在将Si膜的整体改质为SiO膜后,关闭阀243a、243b,分别停止O₂气及H₂气的供给。然后,按照与上述第一后吹扫同样的处理步骤,将残留在处理室201内气体、反应副产物从处理室201内除去(第二后吹扫)。之后,将处理室201内的气氛置换为非活性气体(非活性气体置换)、将处理室201内的压力恢复至常压(大气压恢复)。

[0111] (晶舟卸载及晶片取出)

[0112] 利用晶舟升降机115使密封盖219下降,打开集流管209的下端。然后,在支承于晶舟217的状态下,将处理完成的晶片200从集流管209的下端向反应管203的外部搬出(晶舟卸载)。处理完成的晶片200从晶舟217取出(晶片取出)。

[0113] (3) 根据本实施方式的效果

[0114] 根据本实施方式,能够获得以下所示的一种或多种效果。

[0115] (a) 能够在晶片200上形成阶梯被覆性、面内膜厚均匀性优异、且表面粗糙度极好的SiO膜。

[0116] 这是由于,在本实施方式的成膜步骤中,通过由DCS带来的保护效果,外延生长能够在晶片200的表面整个区域的范围内无迟滞地开始。结果,能够使形成于晶片200上的Si膜成为阶梯被覆性、面内膜厚均匀性优异、且表面粗糙度极好的膜。此外,根据本实施方式,在实施成膜步骤后,在包含O₂气的气氛下实施升温步骤。由此,能够能够使Si膜的表面氧

化、并抑制成为表面粗糙度等变差的主要原因的升温时的Si的聚集、脱离。结果,能够将最终形成的SiO膜维持为表面粗糙度等极好的状态。

[0117] 需要说明的是,关于在表面粗糙度良好的SiO膜上形成的电极膜,其与SiO膜的界面处于平滑的状态。因此,当向电极膜施加电压时,能够避免其与SiO膜的界面处产生的电场的局部集中。另外,表面粗糙度良好的SiO膜不存在局部膜厚为薄的位置,而是在表面内整个区域的范围内具有一定以上的膜厚。由此,在本实施方式中形成的SiO膜能够合适地用作具有高绝缘特性的绝缘膜。

[0118] (b) 通过将升温步骤中的处理室201内的压力 P_2 设为高于氧化步骤中的处理室201内的压力 P_3 ($P_2 > P_3$),能够进一步抑制升温步骤中的Si膜的热蚀刻(Si的脱离)。结果,能够更确实地将最终形成的SiO膜维持为表面粗糙度等极好的状态。通过将 P_2 设为高于成膜步骤中的处理室201内的压力 P_1 ($P_2 > P_1$),也能获得同样的效果。

[0119] (c) 在本实施方式中,由于不是将晶片200的表面直接氧化,而是使堆积在晶片200上的Si膜氧化,因此能够抑制O向晶片200的表面的扩散。另外,如本实施方式所述,当在升温步骤中仅使Si膜的表面氧化时,在之后进行的氧化步骤中,能够使晶片200的表面的氧化量停留在仅使其表面轻微地氧化的程度。也就是说,根据本实施方式的成膜方式,能够使作为基底的晶片200的氧化量停留在仅仅轻微的程度等、能够大幅扩展晶片200的氧化量的控制窗口。与此相对,在将晶片200的表面直接氧化的热氧化法、向晶片200交替供给原料气体和氧化气体的一般的交替供给法中,进行如上所述的晶片200的氧化量控制存在变得困难的倾向。

[0120] (d) 如本实施方式所述,在利用非同时地进行步骤1、2的交替供给法形成Si膜后,使该膜的整体氧化从而形成SiO膜的情况下,与利用同时供给原料气体和氧化气体的同时供给法来形成SiO膜的情况相比,能够提高SiO膜的阶梯被覆性、膜厚控制性、面内膜厚均匀性等。如上所述的成膜方式在当成膜处理的基底面为具有线与间隙形状(line and space shape)、孔形、鳍片形等3D结构的情况下特别有效。

[0121] (e) 由于氧化步骤是在比成膜时的温度(第一温度)高的例如700℃以上的温度(第二温度)下进行的,因此能够对在较低的温度下形成的Si膜而施加适当的热处理,从而能够将最终形成的SiO膜制成绝缘特性、耐蚀刻性高的品质良好的绝缘膜。另外,通过上述热处理,还能够减小SiO膜与晶片200之间的界面电子陷阱密度。另外,在氧化步骤中,在轻微地使晶片200的表面氧化的情况下,与不使晶片200的表面氧化的情况相比,能够进一步减小SiO膜与晶片200之间的界面电子陷阱密度。

[0122] (f) 在氧化步骤中,由于使用利用 O_2 气与 H_2 气的反应而生成的氧化能力极高的氧化种而进行氧化处理,因此能够充分地氧化Si膜的整体,能够使最终得到的SiO膜成为杂质的含量极少、绝缘特性、耐蚀刻性极高的品质良好的绝缘膜。

[0123] (g) 由于从成膜步骤开始直到氧化步骤为止的一系列步骤是在同一处理室201内原位(In-Situ)地进行的,因此在衬底处理的过程中,晶片200没有暴露于大气,能够将晶片200放置在真空下、一气呵成地进行衬底处理。结果,不仅能够在清洁的状态下进行衬底处理,还能够精密地控制氧化量等、进行精密且质量高的成膜处理。另外,通过将一系列的步骤原位地进行,还能够抑制所需的衬底处理装置的台数、降低衬底处理成本。

[0124] 与此相对,在成膜步骤与氧化步骤在不同的处理室内非原位(Ex-Situ)地进行的

情况下,在衬底处理的过程中,也就是说,在成膜步骤结束后、氧化步骤开始前为止的期间,晶片200暴露于大气,Si膜的表面有时会自然氧化、或被污染。另外,进行氧化步骤之前,若将Si膜的表面进行RCA清洗的话,还存在在Si膜的表面形成包含RCA清洗液的成分的氧化膜的情况。由于上述氧化膜的膜厚、膜品质的控制困难,因此在进行氧化步骤前,有时需要对Si膜的表面进行HF清洗。根据本实施方式,没有必要实施如上所述的清洗步骤,从而能够避免衬底处理的生产率的降低。

[0125] (h) 在作为第一原料气体而使用DCS气体以外的卤代硅烷原料气体的情况下、作为第二原料气体而使用DS气体以外的氢化硅气体的情况下、作为第一、第二含O气体而使用O₂气以外的含O气体的情况下,作为含H气体而使用H₂气以外的含H气体的情况下,也能同样地获得上述效果。

[0126] (4) 变形例

[0127] 本实施方式中的衬底处理顺序能够按以下所示的变形例那样进行变更。

[0128] (变形例1)

[0129] 如上所述,升温步骤中的O₂气的供给也可以在成膜步骤结束后、晶片200的升温开始前开始,另外,也可以在晶片200的升温开始后开始。另外,升温步骤中的O₂气的供给既可以在晶片200的升温完成后继续进行、也可以在晶片200的升温完成之前停止。

[0130] 需要说明的是,当O₂气的供给在晶片200的升温开始前开始、或持续直到晶片200的升温完成为止的情况下,能够在升温前确实地使Si膜的表面氧化、更加确实地抑制Si的聚集、脱离,在这方面而言是优选的。另外,O₂气的供给在晶片200的升温开始后开始、或晶片200的升温完成前停止的情况下,容易地抑制Si膜的过度的氧化、仅使其表面氧化,在这方面而言是优选的。

[0131] (变形例2)

[0132] 在升温步骤中,也可以间歇地以规定次数进行O₂气向晶片200的供给。根据本变形例,能够更加适当地抑制Si膜的氧化。另外,通过调节O₂气的供给次数,还能够精密地控制Si膜的表面的氧化量。

[0133] (变形例3)

[0134] 也可以在包含O₂气和N₂O气体的混合气体的气氛下进行升温步骤。由于N₂O气体的氧化能力低于O₂气的氧化能力,因此通过在该混合气体的气氛下进行升温步骤,与在O₂气的氛围下进行升温步骤的情况相比,能够更加适当地抑制Si膜的氧化。另外,通过调节各气体的混合比率、也就是说通过调节处理室201内的各气体的分压比率,也能够精密地控制Si膜的表面的氧化量。

[0135] (变形例4)

[0136] 在升温步骤中,也可以以规定次数重复交替进行O₂气向晶片200的供给、和N₂O气体向晶片200的供给。这种情况下,也能获得与变形例2、变形例3同样的效果。

[0137] (变形例5)

[0138] 在升温步骤中,也可以向晶片200连续进行O₂气的供给、向晶片200以规定次数间歇地进行N₂O气体的供给。另外,在升温步骤中,也可以向晶片200连续进行N₂O气体的供给、向晶片200以规定次数间歇地进行O₂气的供给。在任一情况下,均能获得与变形例2、变形例3同样的效果。

[0139] (变形例6)

[0140] 可以通过同时供给DCS气体和DS气体来形成作为氧化对象的Si膜。另外,也可以通过间歇地以规定次数重复上述同时供给来形成Si膜。另外,也可以不使用DCS气体,而通过DS气体的连续供给、或DS气体的间歇供给来形成Si膜。另外,也可以在交替供给DCS气体和DS气体从而形成规定厚度的Si层(晶种层)后,通过进一步供给MS气体来形成Si膜。在本变形例中,通过将各种处理条件设定为与图4、图5所示的衬底处理顺序的处理条件相同,也能够得到同样的效果。

[0141] (变形例7)

[0142] 作为第一原料气体,也可以使用1,1,2,2-四氯-1,2-二甲基二硅烷((CH₃)₂Si₂Cl₄,简称:TCDMS)气体、双(三氯甲硅烷基)甲烷((SiCl₃)₂CH₂,简称:BTCMS)气体等具有Si-C键的卤代硅烷原料气体。在本变形例中,通过将各种处理条件设定为与图4、图5所示的衬底处理顺序的处理条件相同,能够得到同样的效果。另外,根据本变形例,能够在SiO膜中掺杂微量的C。

[0143] (变形例8)

[0144] 作为第一原料气体,也可以使用四氟硅烷(SiF₄)气体等氟硅烷原料气体、四溴硅烷(SiBr₄)气体等溴硅烷原料气体、四碘硅烷(SiI₄)气体等碘硅烷原料气体等。在本变形例中,通过将各种处理条件设定为与图4、图5所示的衬底处理顺序的处理条件相同,能够得到同样的效果。

[0145] (变形例9)

[0146] 作为第一原料气体,也可以使用氯化氢(HCl)气体、氯(Cl₂)气、氯化硼(BCl₃)气体、氟化氯(ClF₃)气体等不含Si的卤系气体。在本变形例中,通过将各种处理条件设定为与图4、图5所示的衬底处理顺序的处理条件相同,也能够得到同样的效果。

[0147] (变形例10)

[0148] 作为第二原料气体,也可以使用六甲基二硅氮烷([(CH₃)₃Si]₂NH)气体、四甲基二硅氮烷([H(CH₃)₂Si]₂NH)气体、六氯二硅氮烷((Cl₃Si)₂NH)气体、四氯二硅氮烷((HCl₂Si)₂NH)气体等的硅氮烷原料气体。在本变形例中,通过将各种处理条件设定为与图4、图5所示的衬底处理顺序的处理条件相同,也能够得到同样的效果。另外,根据本变形例,能够在SiO膜中掺杂微量的N。

[0149] (变形例11)

[0150] 作为第二原料气体,也可以使用丁基氨基硅烷(BAS)气体、双叔丁基氨基硅烷(BTBAS)气体、二甲基氨基硅烷(DMAS)气体、双(二甲基氨基)硅烷(BDMAS)气体、三(二甲基氨基)基硅烷(3DMAS)气体、二乙基氨基硅烷(DEAS)气体、双二乙基氨基硅烷(BDEAS)气体、二丙基氨基硅烷(DPAS)气体、二异丙基氨基硅烷(DIPAS)气体等氨基硅烷原料气体。在本变形例中,通过将各种处理条件设定为与图4、图5所示的衬底处理顺序的处理条件相同,也能够得到同样的效果。另外,根据本变形例,能够在SiO膜中掺杂微量的C及N。

[0151] (变形例12)

[0152] 作为第一原料气体,也可以使用六氯二硅氧烷((Cl₃Si)₂O)气体、四氯二硅氧烷((HCl₂Si)₂O)气体等硅氧烷原料气体。另外,作为第二原料气体,也能够使用六甲基二硅氧烷([(CH₃)₃Si]₂O)气体、四甲基二硅氧烷([H(CH₃)₂Si]₂O)气体等硅氧烷原料气体。在本变形

例中,通过将各种处理条件设为与图4、图5所示的衬底处理顺序的处理条件相同,也能够得到同样的效果。

[0153] <本发明的其他实施方式>

[0154] 以上,具体说明了本发明的实施方式。然而,本发明并不限于上述实施方式,在不脱离其主旨的范围内可以进行各种变化。

[0155] 优选的是,衬底处理所使用的制程根据处理内容而个别准备,并借助电通信线路、外部存储装置123存储在存储装置121c内。而且,优选的是,在开始衬底处理之际,CPU121a根据衬底处理的内容从收纳在存储装置121c内的多个制程之中适当地选择出恰当的制程。由此,利用1台衬底处理装置能够再现性良好地形成各种各样的膜种类、组成比、膜品质、膜厚的膜。此外,能够减少操作者的负担,在避免操作失误的同时,能够迅速开始衬底处理。

[0156] 上述制程不限于新作成的情况,例如,可以通过改变已经安装在衬底处理装置中的已有制程来准备。在改变工艺制程时,可以经由电气通信线路、记录有该制程的记录介质将改变后的制程安装在衬底处理装置中。此外,还可以操作已有的衬底处理装置所具备的输入输出装置122,直接改变已经安装在衬底处理装置中的已有制程。

[0157] 在上述实施方式中,对使用批量式衬底处理装置(一次处理多片衬底)来形成膜的例子进行了说明,但本发明并不限于上述实施方式,例如,也优选适用于使用单片式衬底处理装置(一次处理1片或数片衬底)形成膜的情形。此外,在上述实施方式中,对使用具有热壁型的处理炉的衬底处理装置来形成膜的例子进行了说明。本发明并不限于上述实施方式,也优选适用于使用具有冷壁型的处理炉的衬底处理装置来形成膜的情形。

[0158] 在上述实施方式、变形例中,针对在衬底上形成含Si作为主元素的氧化膜的例子进行了说明,但本发明不限于上述方案。即,本发明也优选应用于在衬底上形成包含除了Si以外的、锗(Ge)、B等半金属元素作为主元素的氧化膜的情况。另外,本发明也优选应用于在衬底上形成包含钛(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氧化膜的情况。

[0159] 上述实施方式、变形例等可以适当组合使用。此外,此时的处理条件例如可以为与上述实施方式相同的处理条件。

[0160] 实施例

[0161] 以下,对能够证明由上述实施方式得到的效果的实验结果进行说明。

[0162] 作为样品1,使用图1所示的衬底处理装置,利用图4所示的成膜顺序来在晶片上形成Si膜。之后,利用图5所示的衬底处理顺序依序实施升温步骤、氧化步骤,由此将形成于晶片上的Si膜的整体改质为SiO膜。作为第一含O气体使用O₂气,作为第二含O气体使用O₂气,作为含H气体使用H₂气。各步骤中的处理条件设为上述实施方式中记载的处理条件范围内的条件。关于成膜步骤、升温步骤、氧化步骤,在上述步骤期间不进行将晶片从处理室内搬出的步骤,而是在同一处理室内连续进行。

[0163] 作为样品2,利用与制备样品1时同样的处理步骤、处理条件而在晶片上形成Si膜。之后,利用图5所示的衬底处理顺序依序实施升温步骤、氧化步骤,由此将形成于晶片上的Si膜改质为SiO膜。其中,在升温步骤中,不实施对晶片进行的O₂气的供给。其他处理步骤、处理条件与制备样品1时的处理步骤、处理条件相同。

[0164] 然后,使用原子力显微镜(AFM)分别测定样品1、2的各膜的表面粗糙度(RMS)。这

里,所谓RMS,是指均方根粗糙度,并且意为其值越小、则SiO膜的表面粗糙度越好,也就是说,SiO膜的表面越平滑。图7为示出SiO膜的RMS的测定结果的图表,其中纵轴表示RMS[nm]、横轴依序分别表示样品2、1。图8(a)表示样品2的SiO膜的表面的AFM图像,图8(b)表示样品1的SiO膜的表面的AFM图像。

[0165] 由上述图可知,与在升温步骤中不实施O₂气的供给的样品2相比,在升温步骤中供给了O₂气的样品1一者的RMS小10倍以上(表面平滑)。据认为,这是由于当制备样品1时,在升温步骤中供给的O₂气以抑制Si的聚集、脱离的方式发生作用。

[0166] <本发明的优选方式>

[0167] 以下,对本发明的优选方式进行附记。

[0168] (附记1)

[0169] 根据本发明的一个方式,提供一种半导体器件的制造方法、或衬底处理方法,具有在同一处理室内进行如下工序的工序:向设为第一温度的衬底供给包含规定元素的原料,从而在所述衬底上形成包含所述规定元素的膜的成膜工序;在包含第一含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度变更为比所述第一温度高的第二温度的升温工序;和在包含第二含氧气体的气氛下,将所述衬底的温度维持为所述第二温度,从而将所述膜氧化的氧化工序。

[0170] (附记2)

[0171] 附记1中记载的方法,优选的是,所述第二温度是如下温度,即,在不含所述第一含氧气体的气氛下,所述膜中所含的所述规定元素的移动、及所述规定元素从所述膜的脱离中的至少任一者显著发生的温度。

[0172] (附记3)

[0173] 附记1或2中记载的方法,优选的是,将所述升温工序中的所述处理室内的压力(第二压力)设为大于所述氧化工序中的所述处理室内的压力(第三压力)的压力。

[0174] (附记4)

[0175] 附记1~3中任一项记载的方法,优选的是,将所述升温工序中的所述处理室内的压力(第二压力)设为大于所述成膜工序中的所述处理室内的压力(第一压力)的压力。

[0176] (附记5)

[0177] 附记1~4中任一项记载的方法,优选的是,所述氧化工序包含向所述衬底同时供给所述第二含氧气体和含氢气体的期间。

[0178] (附记6)

[0179] 附记1~5中任一项记载的方法,优选的是,所述第一含氧气体与所述第二含氧气体具有相同的分子结构。

[0180] (附记7)

[0181] 附记1~5中任一项记载的方法,优选的是,所述第一含氧气体与所述第二含氧气体具有不同的分子结构。

[0182] (附记8)

[0183] 附记7中记载的方法,优选的是,作为所述第一含氧气体,使用比所述第二含氧气体的氧化能力小的气体。

[0184] (附记9)

[0185] 附记8中记载的方法,优选的是,作为所述第一含氧气体使用含氮气体,作为所述

第二含氧气体使用不含氮的气体。

[0186] (附记10)

[0187] 附记9中记载的方法,优选的是,作为所述第一含氧气体,使用包含选自氧化亚氮、一氧化氮、及二氧化氮构成的组中的至少一种的气体,作为所述第二含氧气体,使用包含选自氧、臭氧、原子氧、氧自由基、及羟基自由基构成的组中的至少一种的气体。

[0188] (附记11)

[0189] 附记1~10中任一项记载的方法,优选的是,将所述升温工序中的所述第一含氧气体的供给流量(第一流量)设为所述氧化工序中的所述第二含氧气体的供给流量(第二流量)以下的流量。更优选的是,将所述第一流量设为小于所述第二流量的流量。

[0190] (附记12)

[0191] 附记1~11中任一项记载的方法,优选的是,在所述升温工序中,不使所述膜的整体氧化、而使所述膜的表面氧化,在所述氧化工序中,使所述膜的整体氧化。

[0192] (附记13)

[0193] 附记12中记载的方法,优选的是,在所述升温工序中,使所述膜在自其最外表面起0.05nm以上且1nm以下,优选为0.1nm以上且0.5nm以下,更优选为0.2nm以上且0.5nm以下的深度的范围内氧化。

[0194] (附记14)

[0195] 附记12或13中记载的方法,优选的是,在所述氧化工序中,分别使所述膜的整体、和所述膜的基底的表面氧化。

[0196] (附记15)

[0197] 附记14中记载的方法,优选的是,在所述氧化工序中,使所述膜的基底在自其与所述膜的界面起0.05nm以上且1nm以下,优选为0.1nm以上且0.5nm以下,更优选为0.2nm以上且0.5nm以下的深度的范围内氧化。

[0198] (附记16)

[0199] 附记1~16中任一项记载的方法,优选的是,作为所述原料,使用包含氢化硅的气体。更优选的是,作为所述原料,使用包含二硅烷的气体。

[0200] (附记17)

[0201] 根据本发明的其他方式,提供一种衬底处理装置,具有:收容衬底的处理室;供给系统,向所述处理室内的衬底供给包含规定元素的原料、第一含氧气体、及第二含氧气体;将所述处理室内的衬底加热的加热机构;和控制部,其构成为以进行附记1的处理的方式控制所述供给系统及所述加热机构。

[0202] (附记18)

[0203] 根据本发明进一步的其他方式,提供通过计算机而在衬底处理装置中执行附记1的处理的程序,而且提供一种记录有该程序的计算机可读的记录介质。

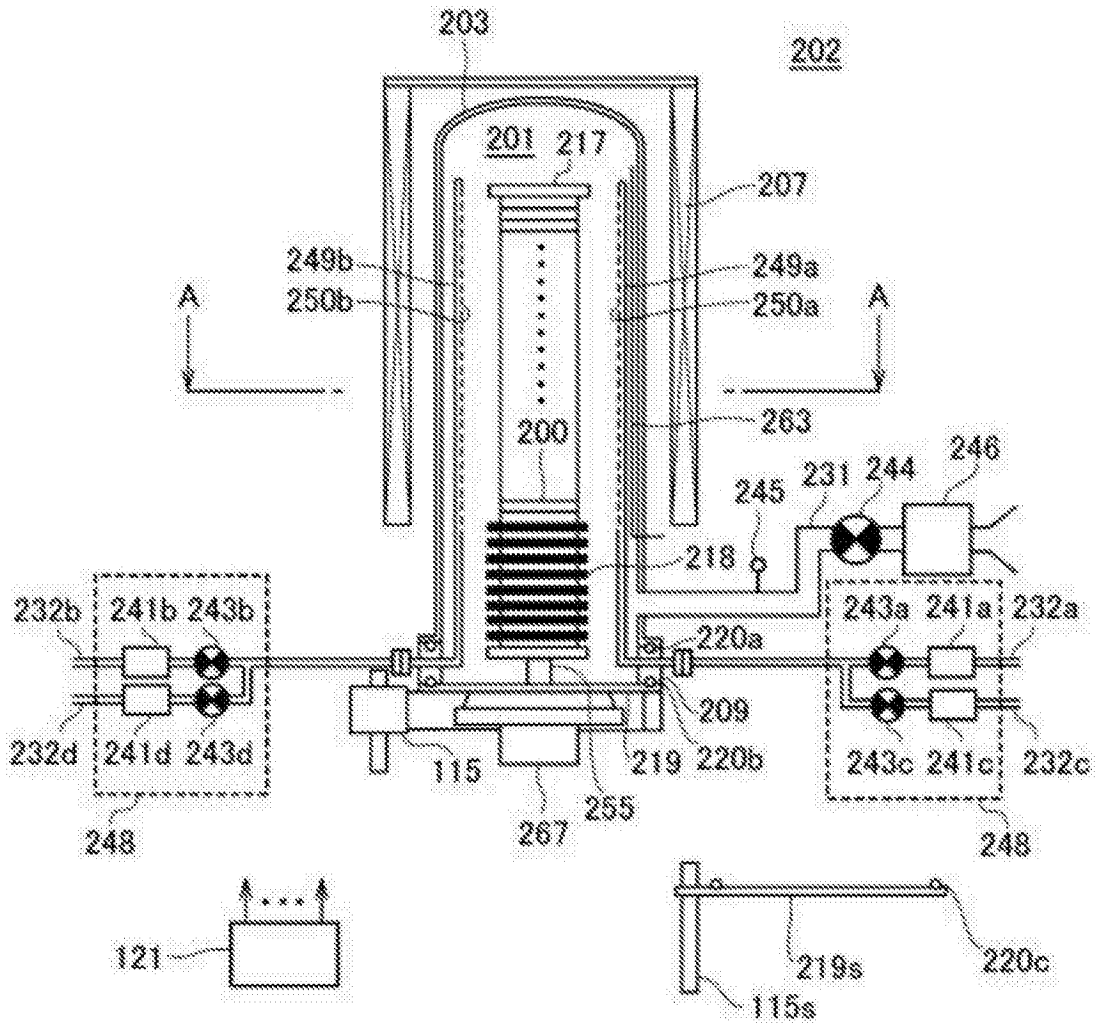


图1

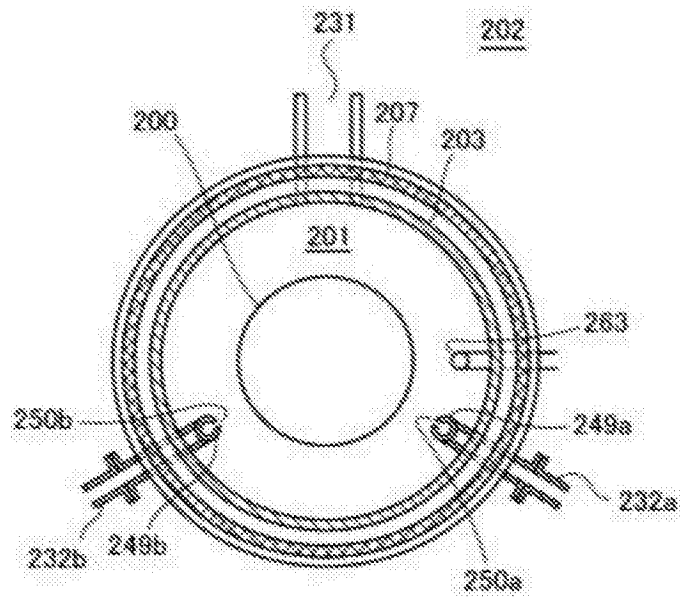


图2

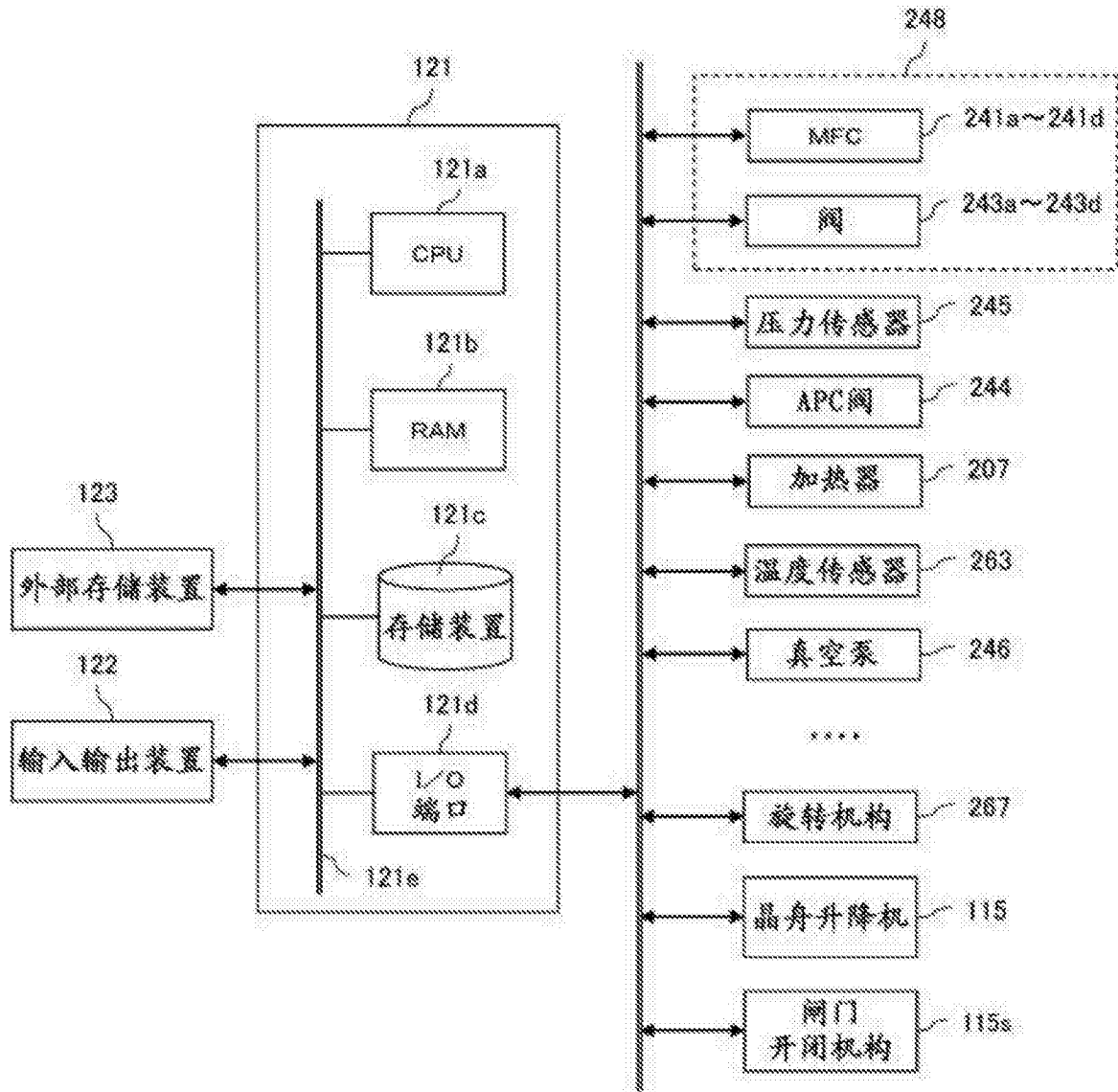


图3

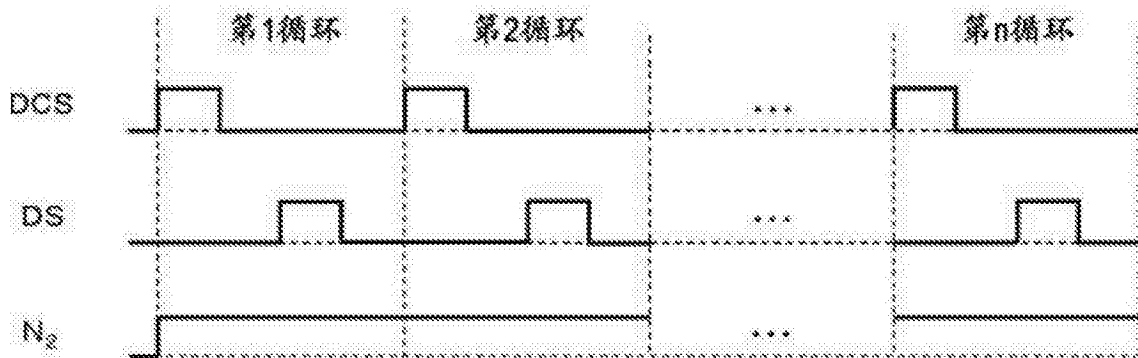


图4

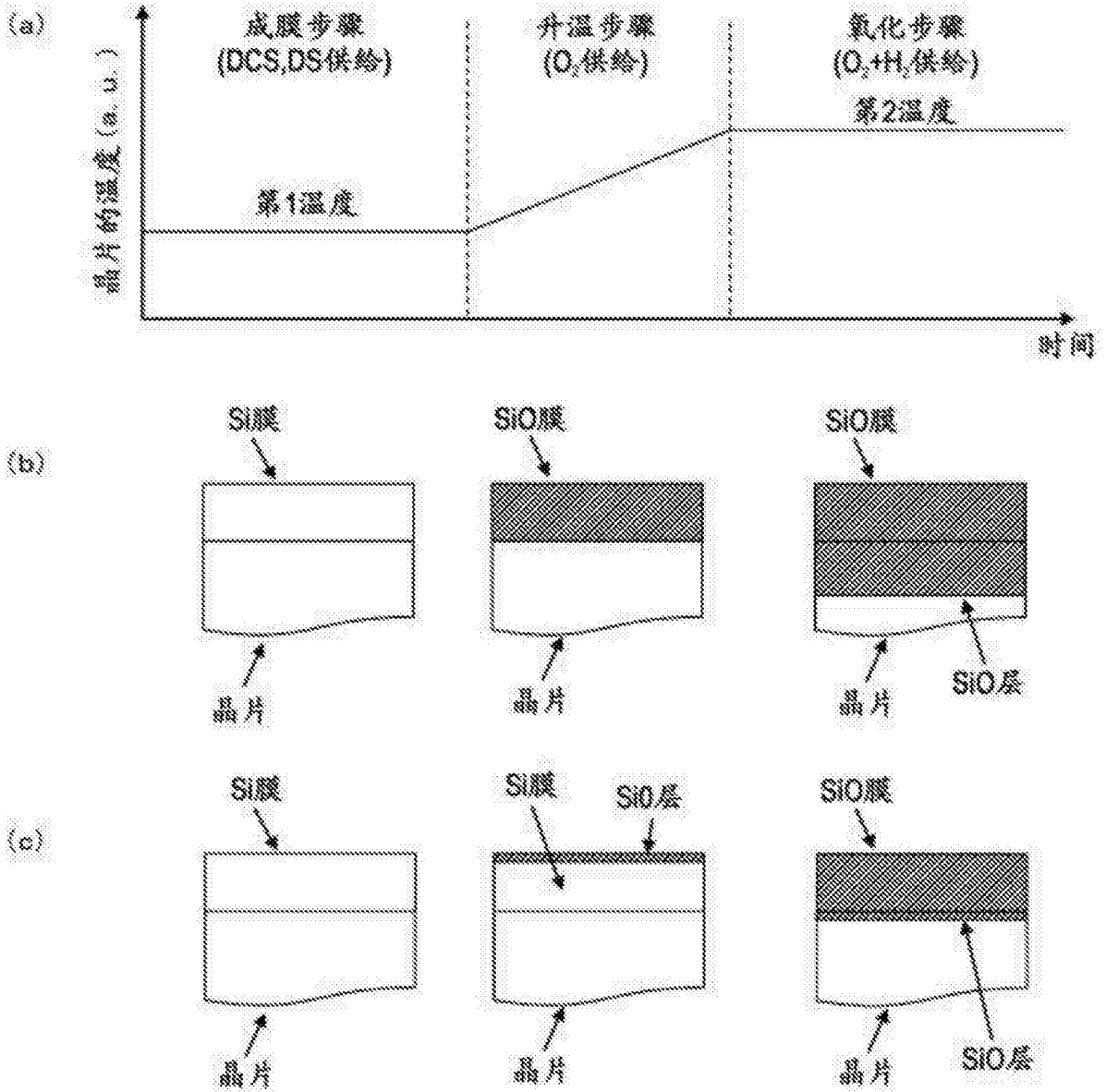


图5

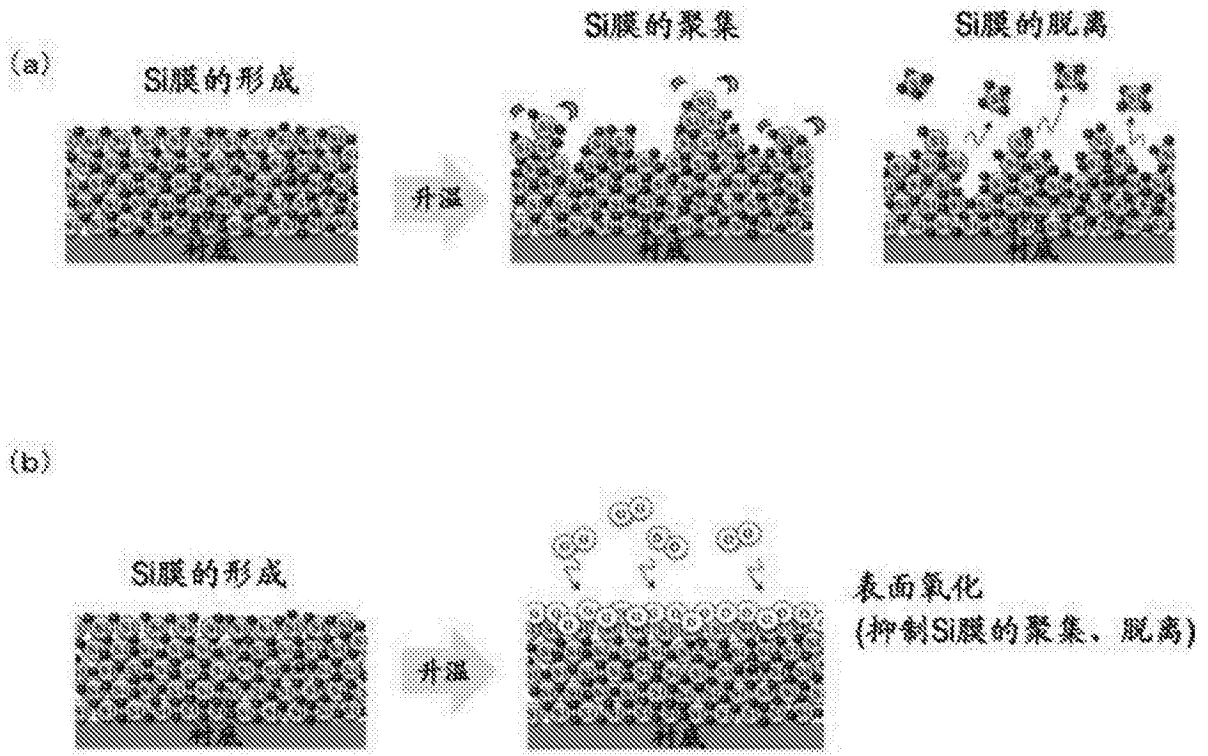


图6

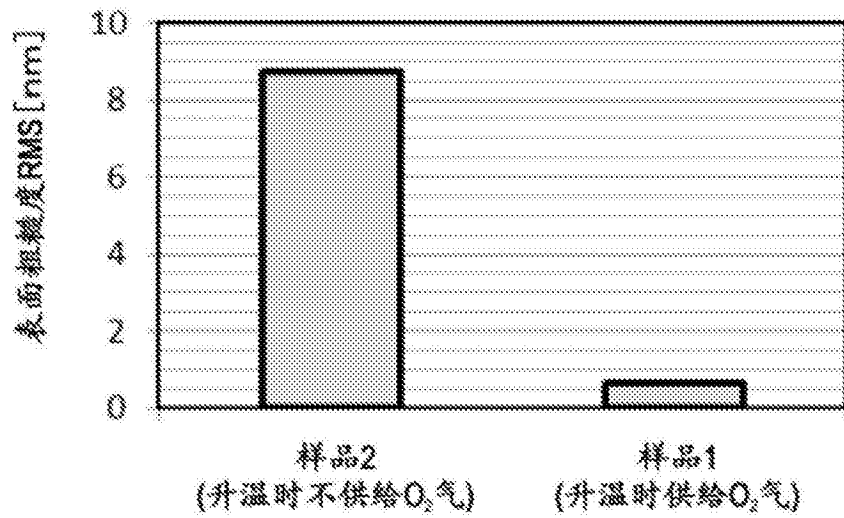


图7

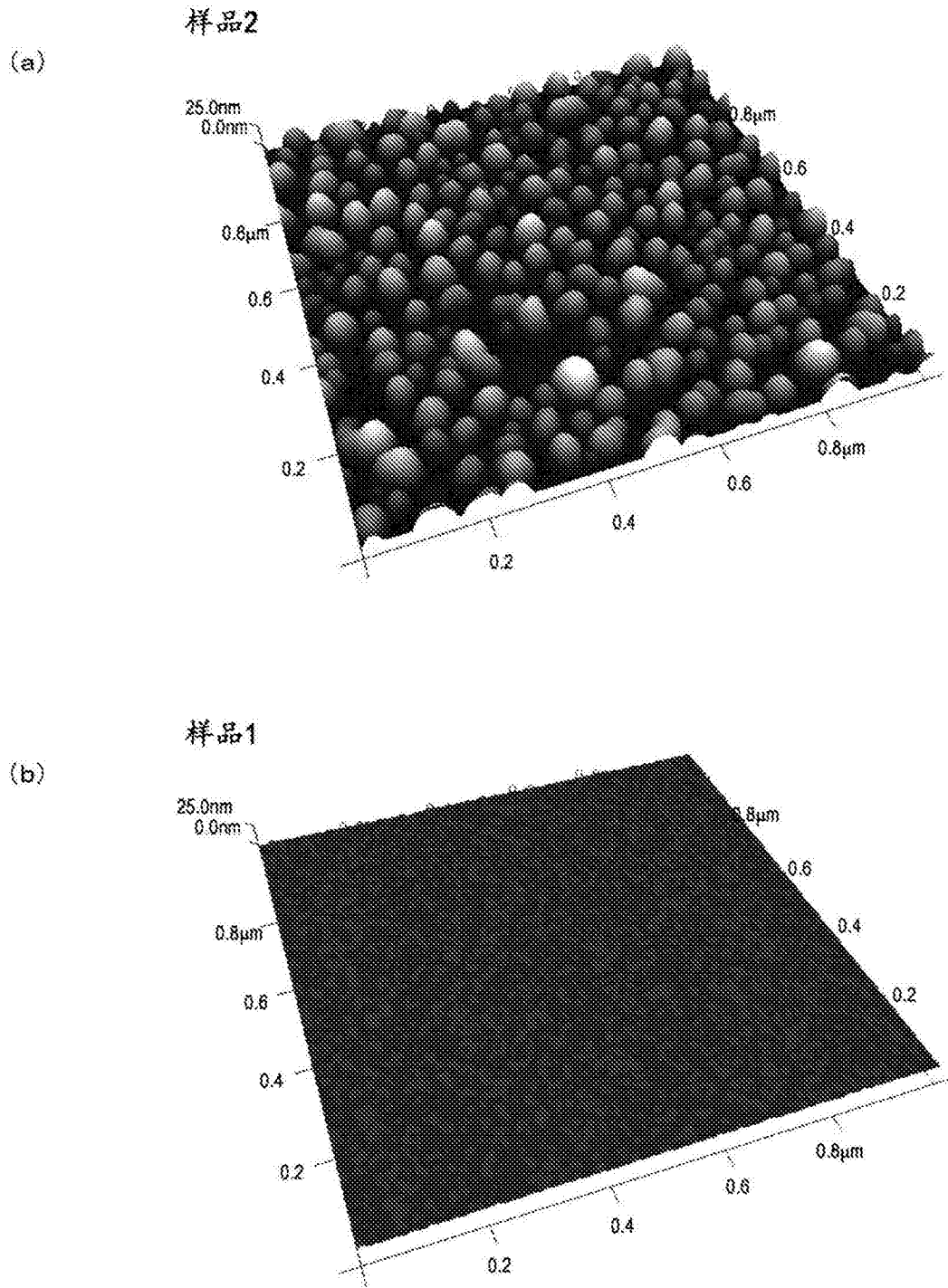


图8