(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119698689 A
(43)申请公布日 2025.03.25

(21)申请号 202380059568.8
(22)申请日 2023.08.22
(30)优先权数据
63/373,572 2022.08.26 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2025.02.13
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/030184 2023.08.22
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/043239 JA 2024.02.29
(71)申请人 东京毅力科创株式会社
地址 日本
(72)发明人 松原棱 泷野裕辅 户村幕树
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 李德安
(51)Int.Cl.
H01L 21/3065(2006.01)

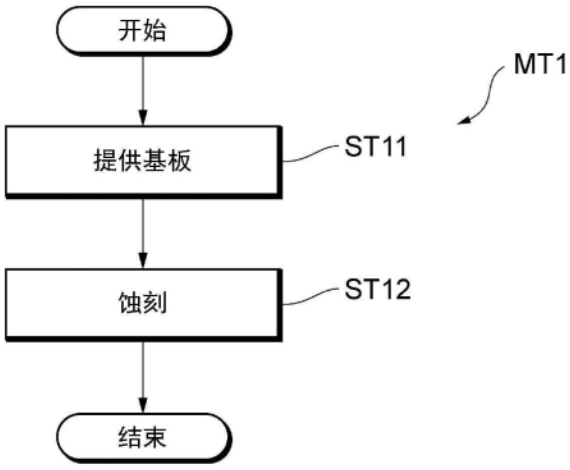
权利要求书2页 说明书13页 附图6页

(54)发明名称

蚀刻方法及等离子体处理装置

(57)摘要

本发明提供改善蚀刻形状的技术。提供一种蚀刻方法,其包括下述工序:提供包括第一膜和第一膜上的第二膜的基板工序,且第一膜包含硅,第二膜包含至少1个开口;以及,由处理气体生成等离子体并对第一膜进行蚀刻的工序,且处理气体包含氟化氢气体、第一含卤素气体以及含磷气体,第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素。



CN 119698689 A

1.一种蚀刻方法,其包括下述工序:

提供包括第一膜和所述第一膜上的第二膜的基板的工序,且所述第一膜包含硅,所述第二膜包含至少1个开口;以及,

由处理气体生成等离子体并对所述第一膜进行蚀刻的工序,且所述处理气体包含氟化氢气体、第一含卤素气体以及含磷气体,所述第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素。

2.根据权利要求1所述的蚀刻方法,其中,所述第一含卤素气体包含$C_sH_tBr_uCl_vF_w$表示的气体,式中,s为1以上且7以下的整数,u与v之和为1以上的整数,t、u、v和w分别为0以上且16以下的整数。

3.根据权利要求1所述的蚀刻方法,其中,所述第一含卤素气体包含溴作为所述除氟以外的卤素。

4.根据权利要求1所述的蚀刻方法,其中,所述第一含卤素气体包含氯作为所述除氟以外的卤素。

5.根据权利要求1所述的蚀刻方法,其中,所述第一含卤素气体还包含氟。

6.根据权利要求1所述的蚀刻方法,其中,所述第一含卤素气体包含选自由$CHCl_3$气体、CH_2Cl_2气体以及$CF_2Br_2Cl_2$气体组成的组中的至少1种。

7.根据权利要求1~6中的任一项所述的蚀刻方法,其中,所述含磷气体包含卤化磷气体。

8.根据权利要求1~6中的任一项所述的蚀刻方法,其中,所述含磷气体包含氧卤化磷气体。

9.根据权利要求8所述的蚀刻方法,其中,所述氧卤化磷气体包含选自由$POCl_3$气体、$POCl_2F$气体、$POClF_2$气体以及POF_3气体组成的组中的至少1种。

10.根据权利要求1~6中的任一项所述的蚀刻方法,其中,所述含磷气体包含氧卤化磷气体和卤化磷气体。

11.根据权利要求10所述的蚀刻方法,其中,所述卤化磷气体的分压相对于所述氧卤化磷气体的分压之比为0.1以上且3.0以下。

12.根据权利要求1~6中的任一项所述的蚀刻方法,其中,所述含磷气体以及所述第一含卤素气体的流量相对于所述处理气体的总流量之比为20体积%以下。

13.根据权利要求1~6中的任一项所述的蚀刻方法,其中,所述处理气体还包含与所述第一含卤素气体不同的第二含卤素气体。

14.根据权利要求13所述的蚀刻方法,其中,所述第二含卤素气体不含碳。

15.根据权利要求13所述的蚀刻方法,其中,所述第二含卤素气体包含与所述第一含卤素气体中包含的卤素不同种类的卤素。

16.根据权利要求1~6中的任一项所述的蚀刻方法,其中,所述第一膜包含选自由氧化硅膜、氮化硅膜以及聚硅膜组成的组中的至少1种。

17.根据权利要求1~6中的任一项所述的蚀刻方法,其中,所述第二膜为包含碳和金属中的至少任一方的膜。

18.一种蚀刻方法,其包括下述工序:

提供包括第一膜和所述第一膜上的第二膜的基板的工序,且所述第一膜包含硅,所述

第二膜包含至少1个开口;以及,

由处理气体生成等离子体并对所述第一膜进行蚀刻的工序,且所述处理气体包含含有氟和氢且能在所述等离子体中生成氟化氢的1种以上气体、第一含卤素气体以及含磷气体,所述第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素,所述含磷气体包含磷和卤素。

19.根据权利要求18所述的蚀刻方法,其中,所述处理气体还包含第三含卤素气体,所述第三含卤素气体不含碳和磷。

20.一种等离子体处理装置,其具备腔室和控制部,

所述控制部以执行下述控制的方式构成:

控制将包括第一膜和所述第一膜上的第二膜的基板提供至所述腔室内,且所述第一膜包含硅,所述第二膜包含至少1个开口;以及,

控制由处理气体生成等离子体并对所述第一膜进行蚀刻,且所述处理气体包含氟化氢气体、第一含卤素气体以及含磷气体,所述第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素。

蚀刻方法及等离子体处理装置

技术领域

[0001] 本公开的例示性实施方式涉及蚀刻方法及等离子体处理装置。

背景技术

[0002] 专利文献1中公开了一种对基板的膜进行蚀刻的方法。膜含有硅。基板具有设置在膜上的掩模。掩模包含无定形碳或有机聚合物。蚀刻使用由包含烃气体以及氟代烃的处理气体生成的等离子体。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2016-39310号公报

发明内容

[0006] 发明所要解决的问题

[0007] 本公开提供改善蚀刻形状的技术。

[0008] 用于解决问题的手段

[0009] 在本公开的一个例示性实施方式中,提供一种蚀刻方法,其包括下述工序:提供包括第一膜和第一膜上的第二膜的基板的工序,且第一膜包含硅,第二膜包含至少1个开口;以及,由处理气体生成等离子体并对第一膜进行蚀刻的工序,且处理气体包含氟化氢气体、第一含卤素气体以及含磷气体,第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素。

[0010] 发明效果

[0011] 根据本公开的一个例示性实施方式,能够提供改善蚀刻形状的技术。

附图说明

[0012] 图1是用于对等离子体处理系统的构成例进行说明的图。

[0013] 图2是用于对电容耦合型的等离子体处理装置的构成例进行说明的图。

[0014] 图3是示出方法MT1的流程图。

[0015] 图4是示出工序ST11中提供的基板W的剖面结构的一例的图。

[0016] 图5是示出工序ST12结束时的基板W的剖面结构的一例的图。

[0017] 图6是用于对实施例和参考例进行说明的图。

具体实施方式

[0018] 以下,对本公开的各实施方式进行说明。

[0019] 在一个例示性实施方式中,提供一种蚀刻方法,其包括下述工序:提供包括第一膜和第一膜上的第二膜的基板的工序,且第一膜包含硅,第二膜包含至少1个开口;以及,由处理气体生成等离子体并对第一膜进行蚀刻的工序,且处理气体包含氟化氢气体、第一含卤素气体以及含磷气体,第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素。

[0020] 在一个例示性实施方式中,第一含卤素气体包含$C_sH_tBr_uCl_vF_w$表示的气体(s为1以上且7以下的整数,u与v之和为1以上的整数,t、u、v和w分别为0以上且16以下的整数)。

[0021] 在一个例示性实施方式中,第一含卤素气体包含溴作为除氟以外的卤素。

[0022] 在一个例示性实施方式中,第一含卤素气体包含氯作为除氟以外的卤素。

[0023] 在一个例示性实施方式中,第一含卤素气体还包含氟。

[0024] 在一个例示性实施方式中,第一含卤素气体包含选自由$CHCl_3$气体、CH_2Cl_2气体以及$CF_2Br_2Cl_2$气体组成的组中的至少1种。

[0025] 在一个例示性实施方式中,含磷气体包含卤化磷气体。

[0026] 在一个例示性实施方式中,含磷气体包含氧卤化磷气体。

[0027] 在一个例示性实施方式中,氧卤化磷气体包含选自由$POCl_3$气体、$POCl_2F$气体、$POClF_2$气体以及POF_3气体组成的组中的至少1种。

[0028] 在一个例示性实施方式中,含磷气体包含氧卤化磷气体和卤化磷气体。

[0029] 在一个例示性实施方式中,卤化磷气体的分压相对于氧卤化磷气体的分压之比为0.1以上且3.0以下。

[0030] 在一个例示性实施方式中,含磷气体以及第一含卤素气体的流量相对于处理气体的总流量之比为20体积%以下。

[0031] 在一个例示性实施方式中,处理气体还包含与第一含卤素气体不同的第二含卤素气体。

[0032] 在一个例示性实施方式中,第二含卤素气体不含碳。

[0033] 在一个例示性实施方式中,第二含卤素气体包含与第一含卤素气体中包含的卤素不同种类的卤素。

[0034] 在一个例示性实施方式中,第一膜包含选自由氧化硅膜、氮化硅膜以及聚硅膜组成的组中的至少1种。

[0035] 在一个例示性实施方式中,第二膜为包含碳和金属中的至少任一方的膜。

[0036] 在一个例示性实施方式中,提供一种蚀刻方法,其包括下述工序:提供包括第一膜和第一膜上的第二膜的基板的工序,且第一膜包含硅,第二膜包含至少1个开口;以及由处理气体生成等离子体并对第一膜进行蚀刻的工序,且处理气体包含含有氟和氢且能在等离子体中生成氟化氢的1种以上气体、第一含卤素气体以及含磷气体,第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素,含磷气体包含磷和卤素。

[0037] 在一个例示性实施方式中,处理气体还包含第三含卤素气体,第三含卤素气体不含碳和磷。

[0038] 在一个例示性实施方式中,提供一种等离子体处理装置,其具备腔室和控制部,控制部以执行下述控制的方式构成:控制将包括第一膜和第一膜上的第二膜的基板提供至腔室内,且第一膜包含硅,第二膜包含至少1个开口;以及,控制由处理气体生成等离子体并对第一膜进行蚀刻,且处理气体包含氟化氢气体、第一含卤素气体以及含磷气体,第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素。

[0039] 以下,参照附图对本公开的各实施方式进行详细说明。需要说明的是,在各附图中对同一或同样的要素标以同一符号,省略重复的说明。在没有特别声明的情况下,基于附图所示的位置关系对上下左右等位置关系进行说明。附图的尺寸比率并非表示实际的比率,

此外,实际的比率并不限于图示的比率。

[0040] <等离子体处理系统的构成例>

[0041] 图1是用于对等离子体处理系统的构成例进行说明的图。在一个实施方式中,等离子体处理系统包含等离子体处理装置1和控制部2。等离子体处理系统为基板处理系统的一例,等离子体处理装置1为基板处理装置的一例。等离子体处理装置1包含等离子体处理腔室10、基板支撑部11以及等离子体生成部12。等离子体处理腔室10具有等离子体处理空间。此外,等离子体处理腔室10具有用于将至少1个处理气体供给至等离子体处理空间的至少1个气体供给口、以及用于自等离子体处理空间排出气体的至少1个气体排出口。气体供给口与后述的气体供给部20连接,气体排出口与后述的排气系统40连接。基板支撑部11配置在等离子体处理空间内,具有用于支撑基板的基板支撑面。

[0042] 等离子体生成部12以自供给至等离子体处理空间内的至少1个处理气体生成等离子体的方式构成。在等离子体处理空间中形成的等离子体可以是电容耦合等离子体(CCP;Capacitively Coupled Plasma)、电感耦合等离子体(ICP;Inductively Coupled Plasma)、ECR等离子体(Electron-Cyclotron-resonance plasma、电子回旋共振等离子体)、螺旋波激发等离子体(HWP:Helicon Wave Plasma)或表面波等离子体(SWP:Surface Wave Plasma)等。此外,可以使用包括AC(Alternating Current、交流电)等离子体生成部以及DC(Direct Current、直流电)等离子体生成部在内的各种类型的等离子体生成部。在一个实施方式中,AC等离子体生成部所使用的AC信号(AC电力)具有100kHz～10GHz的范围内的频率。因此,AC信号包含RF(Radio Frequency、射频)信号以及微波信号。在一个实施方式中,RF信号具有100kHz～150MHz的范围内的频率。

[0043] 控制部2处理使等离子体处理装置1执行在本公开中描述的各种工序的计算机可执行指令。控制部2可以以如下方式构成:控制等离子体处理装置1的各要素以便执行在此描述的各种工序。在一个实施方式中,控制部2的一部分或全部可以包括于等离子体处理装置1。控制部2可以包含处理部2a1、存储部2a2以及通讯接口2a3。控制部2例如利用计算机2a实现。处理部2a1可以以如下方式构成:通过自存储部2a2读取程序并执行所读取的程序来进行各种控制动作。该程序可以预先存储于存储部2a2,也可以在需要时借助介质来取得。所取得的程序存储于存储部2a2,通过处理部2a1自存储部2a2读取并执行。介质可以是可被计算机2a读取的各种存储介质,也可以是与通讯接口2a3连接的通信线路。处理部2a1可以是CPU(Central Processing Unit、中央处理器)。存储部2a2可以包含RAM(Random Access Memory、随机存取存储器)、ROM(Read Only Memory、只读存储器)、HDD(Hard Disk Drive、硬盘驱动器)、SSD(Solid State Drive、固态硬盘)或它们的组合。通讯接口2a3可以借助LAN(Local Area Network、局域网)等通信线路在与等离子体处理装置1之间进行通信。

[0044] 以下,对作为等离子体处理装置1的一例的电容耦合型的等离子体处理装置的构成例进行说明。图2是用于对电容耦合型的等离子体处理装置的构成例进行说明的图。

[0045] 电容耦合型的等离子体处理装置1包括等离子体处理腔室10、气体供给部20、电源30以及排气系统40。此外,等离子体处理装置1包括基板支撑部11以及气体导入部。气体导入部以将至少1个处理气体导入等离子体处理腔室10内的方式构成。气体导入部包括喷淋头13。基板支撑部11配置在等离子体处理腔室10内。喷淋头13配置在基板支撑部11的上方。在一个实施方式中,喷淋头13构成等离子体处理腔室10的顶部(ceiling)的至少一部分。等

离子体处理腔室10具有喷淋头13、由等离子体处理腔室10的侧壁10a以及基板支撑部11规定的等离子体处理空间10s。等离子体处理腔室10接地。喷淋头13以及基板支撑部11与等离子体处理腔室10的壳体是电绝缘的。

[0046] 基板支撑部11包括主体部111以及环组件112。主体部111具有用于支撑基板W的中央区域111a以及用于支撑环组件112的环状区域111b。晶圆是基板W的一例。主体部111的环状区域111b在俯视下包围主体部111的中央区域111a。基板W配置在主体部111的中央区域111a上,环组件112以包围主体部111的中央区域111a上的基板W的方式配置在主体部111的环状区域111b上。因此,中央区域111a也被称为用于支撑基板W的基板支撑面,环状区域111b也被称为用于支撑环组件112的环支撑面。

[0047] 在一个实施方式中,主体部111包括底座1110以及静电卡盘1111。底座1110包括导电性构件。底座1110的导电性构件可以作为下部电极发挥功能。静电卡盘1111配置在底座1110上。静电卡盘1111包括陶瓷构件1111a以及配置在陶瓷构件1111a内的静电电极1111b。陶瓷构件1111a具有中央区域111a。在一个实施方式中,陶瓷构件1111a具有环状区域111b。需要说明的是,如环状静电卡盘、环状绝缘构件这样的包围静电卡盘1111的其他构件可以具有环状区域111b。该情况下,环组件112可以配置在环状静电卡盘或环状绝缘构件上,也可以配置在静电卡盘1111和环状绝缘构件双方之上。此外,与后述的RF电源31和/或DC电源32连接的至少1个RF/DC电极可以配置在陶瓷构件1111a内。该情况下,至少1个RF/DC电极作为下部电极发挥功能。在后述的偏置RF信号和/或DC信号被供给于至少1个RF/DC电极的情况下,RF/DC电极也被称为偏置电极。需要说明的是,底座1110的导电性构件和至少1个RF/DC电极可以作为多个下部电极发挥功能。此外,静电电极1111b也可以作为下部电极发挥功能。因此,基板支撑部11包括至少1个下部电极。

[0048] 环组件112包括1个或多个环状构件。在一个实施方式中,1个或多个环状构件包含1个或多个边缘环以及至少1个盖环。边缘环由导电性材料或绝缘材料形成,盖环由绝缘材料形成。

[0049] 此外,基板支撑部11可以包括以将静电卡盘1111、环组件112以及基板中的至少1个调节至目标温度的方式构成的调温模块。调温模块可以包括加热器、传热介质、流路1110a或它们的组合。盐水、气体这样的传热流体在流路1110a中流动。在一个实施方式中,流路1110a形成在底座1110内,1个或多个加热器配置在静电卡盘1111的陶瓷构件1111a内。此外,基板支撑部11可以包括以向基板W的背面与中央区域111a之间的间隙供给传热气体的方式构成的传热气体供给部。

[0050] 喷淋头13以将来自气体供给部20的至少1个处理气体导入到等离子体处理空间10s内的方式构成。喷淋头13具有至少1个气体供给口13a、至少1个气体扩散室13b以及多个气体导入口13c。供给至气体供给口13a的处理气体通过气体扩散室13b自多个气体导入口13c被导入到等离子体处理空间10s内。此外,喷淋头13包括至少1个上部电极。需要说明的是,气体导入部可以在喷淋头13的基础上还包括安装于在侧壁10a形成的1个或多个开口部的1个或多个侧向气体注入部(SGI:Side Gas Injector)。

[0051] 气体供给部20可以包括至少1个气源21以及至少1个流量控制器22。在一个实施方式中,气体供给部20以如下方式构成:将至少1个处理气体自分别对应的气源21借助于分别对应的流量控制器22供给至喷淋头13。各流量控制器22例如可以包括质量流量控制器或压

力控制式的流量控制器。进而,气体供给部20可以包括对至少1个处理气体的流量进行调制或脉冲化的至少1个流量调制装置。

[0052] 电源30包括借助于至少1个阻抗匹配电路而与等离子体处理腔室10连接的RF电源31。RF电源31以将至少1个RF信号(RF电力)供给于至少1个下部电极和/或至少1个上部电极的方式构成。由此,由供给至等离子体处理空间10s的至少1个处理气体形成等离子体。因此,RF电源31可以作为等离子体生成部12的至少一部分发挥功能。此外,通过将偏置RF信号供给于至少1个下部电极,从而能够于基板W产生偏置电位,将所形成的等离子体中的离子成分引入基板W。

[0053] 在一个实施方式中,RF电源31包括第一RF生成部31a以及第二RF生成部31b。第一RF生成部31a以如下方式构成:借助于至少1个阻抗匹配电路而与至少1个下部电极和/或至少1个上部电极连接,生成等离子体生成用的源RF信号(源RF电力)。在一个实施方式中,源RF信号具有10MHz～150MHz的范围内的频率。在一个实施方式中,第一RF生成部31a可以以生成具有不同频率的多个源RF信号的方式构成。所生成的1个或多个源RF信号被供给于至少1个下部电极和/或至少1个上部电极。

[0054] 第二RF生成部31b以如下方式构成:借助于至少1个阻抗匹配电路而与至少1个下部电极连接,生成偏置RF信号(偏置RF电力)。偏置RF信号的频率可以与源RF信号的频率相同,也可以不同。在一个实施方式中,偏置RF信号具有比源RF信号的频率低的频率。在一个实施方式中,偏置RF信号具有100kHz～60MHz的范围内的频率。在一个实施方式中,第二RF生成部31b可以以生成具有不同频率的多个偏置RF信号的方式构成。所生成的1个或多个偏置RF信号被供给于至少1个下部电极。此外,在各种实施方式中,源RF信号以及偏置RF信号中的至少1个可以进行脉冲化。

[0055] 此外,电源30可以包括与等离子体处理腔室10连接的DC电源32。DC电源32包括第一DC生成部32a以及第二DC生成部32b。在一个实施方式中,第一DC生成部32a以与至少1个下部电极连接并生成第一DC信号的方式构成。所生成的第一DC信号被施加于至少1个下部电极。在一个实施方式中,第二DC生成部32b以与至少1个上部电极连接并生成第二DC信号的方式构成。所生成的第二DC信号被施加于至少1个上部电极。

[0056] 在各种实施方式中,第一DC信号和第二DC信号可以进行脉冲化。该情况下,将电压脉冲的序列施加于至少1个下部电极和/或至少1个上部电极。电压脉冲可以具有矩形、梯形、三角形或它们的组合的脉冲波形。在一个实施方式中,用于自DC信号生成电压脉冲序列的波形生成部连接在第一DC生成部32a与至少1个下部电极之间。因此,第一DC生成部32a以及波形生成部构成电压脉冲生成部。在第二DC生成部32b以及波形生成部构成电压脉冲生成部的情况下,电压脉冲生成部与至少1个上部电极连接。电压脉冲可以具有正的极性,也可以具有负的极性。此外,电压脉冲的序列可以在1周期内包含1个或多个正极性电压脉冲以及1个或多个负极性电压脉冲。需要说明的是,第一DC生成部32a以及第二DC生成部32b可以在RF电源31的基础上加设,第一DC生成部32a也可以代替第二RF生成部31b设置。

[0057] 排气系统40例如可以与在等离子体处理腔室10的底部设置的气体排出口10e连接。排气系统40可以包括压力调节阀以及真空泵。通过压力调节阀来调节等离子体处理空间10s内的压力。真空泵可以包括涡轮分子泵、干泵或它们的组合。

[0058] <等离子体处理方法的一例>

[0059] 图3是示出一个例示性实施方式的等离子体处理方法(以下也称为“方法MT1”。)的一例的流程图。如图3所示,方法MT1包括提供基板的工序ST11以及进行蚀刻的工序ST12。各工序中的处理可以由图1、图2所示的等离子体处理装置1执行。以下,以控制部2控制图2所示的等离子体处理装置1的各部来执行方法MT1的情况为例进行说明。

[0060] (工序ST11:基板的提供)

[0061] 在工序ST11中,将基板W提供给等离子体处理腔室10(以下也称为“腔室10”。)。在例示性实施方式中,将基板W通过搬送臂搬入到腔室10内,通过升降机构载置于基板支撑部11,如图2所示地吸附保持在基板支撑部11上。

[0062] 图4是示出工序ST11中提供的基板W的剖面结构的一例的图。基板W具有含硅膜SF以及配置在含硅膜SF上的掩模MK。含硅膜SF可以形成在基底膜UF上。基板W可以用于制造半导体装置。半导体装置例如包括DRAM、3D-NAND闪存等存储设备和逻辑器件。

[0063] 在例示性实施方式中,基底膜UF为硅晶圆、在硅晶圆上形成的有机膜、电介质膜、金属膜、半导体膜等。在例示性实施方式中,基底膜UF可以将多个膜层叠来构成。

[0064] 含硅膜SF为构成基于方法MT1的蚀刻的对象的膜。含硅膜SF为第一膜的一例。在例示性实施方式中,含硅膜SF可以为氧化硅膜、氮化硅膜、碳氮化硅膜、多晶硅膜、含碳硅膜。在例示性实施方式中,含硅膜SF可以将1种或多种膜层叠2层以上来构成。例如,含硅膜SF可以将氧化硅膜与氮化硅膜交替层叠来构成。例如,含硅膜SF可以将氧化硅膜与多晶硅膜交替层叠来构成。例如,含硅膜SF也可以为包含氮化硅膜、氧化硅膜以及多晶硅膜的层叠膜。例如,含硅膜SF可以将氧化硅膜与碳氮化硅膜层叠来构成。例如,含硅膜SF也可以为包含氧化硅膜、氮化硅膜以及碳氮化硅膜的层叠膜。在例示性实施方式中,含硅膜SF可以掺杂有磷、硼或氮等元素。

[0065] 掩模MK形成在含硅膜SF上。掩模MK为第二膜的一例。掩模MK具有至少一个开口OP。开口OP为含硅膜SF上的空间,且被掩模MK的侧壁包围。即,含硅膜SF的上表面具有被掩模MK覆盖的区域以及在开口OP的底部处露出的区域。开口OP可以是孔,也可以是狭缝。

[0066] 在例示性实施方式中,掩模MK可以为含碳膜。含碳膜例如包含选自由旋涂碳(SOC)膜、碳化钨、无定形碳(ACL)膜、碳化硼膜以及光刻胶膜组成的组中的至少一种。在一例中,ACL膜可以掺杂有硼、砷、钨、氙等元素。

[0067] 在例示性实施方式中,掩模MK可以为含金属膜。含金属膜包含选自由钨、钼、钌和钛组成的组中的至少1种金属。含金属膜例如可以包含钨、钼或钛的碳化物或者硅化物。含金属膜、例如可以为含钨膜。含金属膜可以还包含钨以及选自由硅、碳和氮组成的组中的至少1种。在一例中,含金属膜包含选自由WC(碳化钨)、WSi(硅化钨)、WSiN以及WSiC组成的组中的至少1种。掩模MK可以是由1个层形成的单层掩模,也可以是由2个以上的层形成的多层掩模。

[0068] 基底膜UF、含硅膜SF以及掩模MK可以分别由任意的方法形成。例如,基底膜UF、含硅膜SF以及掩模MK可以分别通过CVD法、ALD法、PVD法、旋转涂布法等形成。掩模MK例如可以通过光刻法形成。此外,掩模MK的开口OP可以通过对掩模MK进行蚀刻来形成。基底膜UF、含硅膜SF以及掩模MK可以分别是平坦的膜,也可以是具备凹凸的膜。需要说明的是,基板W可以在基底膜UF下进一步具备其他膜。该情况下,可以于含硅膜SF以及基底膜UF形成与开口OP对应的形状的凹部并用作用于对该其他膜进行蚀刻的掩模。

[0069] 在例示性实施方式中,形成基板W的基底膜UF、含硅膜SF以及掩模MK的工艺的至少一部分可以作为工序ST11的一部分在腔室10内进行。例如,在通过蚀刻形成掩模MK的开口OP的情况下,工序ST11的该蚀刻以及后述的工序ST12中的蚀刻可以在腔室10内连续执行。在例示性实施方式中,可以在等离子体处理装置1的外部的装置或腔室形成基板W的全部或一部分后,将基板W提供至腔室10内。

[0070] 在例示性实施方式中,将基板W提供至基板支撑部11的中央区域111a后,通过调温模块将基板支撑部11控制为设定温度。设定温度例如可以为常温(例如25℃)以下、0℃以下、-10℃以下、-20℃以下、-30℃以下、-40℃以下、-50℃以下、-60℃以下或-70℃以下。设定温度例如可以为-100℃以上或-90℃以上。

[0071] 在例示性实施方式中,将基板支撑部11的温度控制为设定温度包括:使流经流路1110a的传热流体的温度、加热器温度为该设定温度;或者,使它们为与设定温度不同的温度。需要说明的是,开始使传热流体流入流路1110a的时间点可以是在将基板W载置于基板支撑部11之前,也可以是之后,此外也可以是同时。此外,基板支撑部11的温度可以在工序ST11之前控制为设定温度。即,可以在将基板支撑部11的温度控制为设定温度后,将基板W提供至基板支撑部11。

[0072] 在例示性实施方式中,可以代替将基板支撑部11控制为设定温度而将基板W控制为设定温度。将基板W的温度控制为设定温度包括:使流经基板支撑部11、流路1110a的传热流体的温度和/或加热器温度为设定温度;或者,使它们为与设定温度不同的温度。

[0073] (工序ST12:蚀刻)

[0074] 在工序ST12中,使用由处理气体生成的等离子体对含硅膜SF进行蚀刻。首先,自气体供给部20将处理气体供给至等离子体处理空间10s内。处理气体包含氟化氢(HF)气体、含磷气体以及第一含卤素气体。

[0075] 在例示性实施方式中,HF气体可以是除不活泼气体外在处理气体中流量(分压)最大的。在一例中,相对于处理气体的总流量(在处理气体包含不活泼气体的情况下为扣除这些气体后的全部气体的流量),HF气体的流量可以为50体积%以上、60体积%以上、70体积%以上、80体积%以上、90体积%以上或95体积%以上。相对于处理气体的总流量,HF气体的流量可以小于100体积%、为99.5体积%以下、98体积%以下或96体积%以下。在一例中,相对于处理气体的总流量,HF气体的流量为70体积%以上且96体积%以下。

[0076] 在例示性实施方式中,处理气体可以代替HF气体的一部分或全部而包含能在等离子体中生成氟化氢种(HF种)的气体。HF种包含氟化氢的气体、自由基以及离子中的至少任一方。

[0077] 能生成HF种的气体例如可以为氢氟碳气体。氢氟碳气体的碳数也可以为2以上、3以上或4以上。氢氟碳气体在一例中为选自由CH_2F_2气体、$C_3H_2F_4$气体、$C_3H_2F_6$气体、$C_3H_3F_5$气体、$C_4H_2F_6$气体、$C_4H_5F_5$气体、$C_4H_2F_8$气体、$C_5H_2F_6$气体、$C_5H_2F_{10}$气体以及$C_5H_3F_7$气体组成的组中的至少1种。氢氟碳气体在一例中为选自由CH_2F_2气体、$C_3H_2F_4$气体、$C_3H_2F_6$气体以及$C_4H_2F_6$气体组成的组中的至少1种。

[0078] 能生成HF种的气体例如可以为包含氢源和氟源的混合气体。氢源例如可以为选自由H_2气体、NH_3气体、H_2O气体、H_2O_2气体以及烃气(CH_4气体、C_3H_6气体等)组成的组中的至少一种。氟源例如可以为如NF_3气体、SF_6气体、WF_6气体或XeF_2气体这样不含碳的含氟气体。此外,

氟源也可以为如氟碳气体以及氢氟碳气体这样包含碳的含氟气体。氟碳气体在一例中可以为选自由CF_4气体、C_2F_2气体、C_2F_4气体、C_3F_6气体、C_3F_8气体、C_4F_6气体、C_4F_8气体以及C_5F_8气体组成的组中的至少1种。氢氟碳气体在一例中可以为选自由CHF_3气体、CH_2F_2气体、CH_3F气体、C_2HF_5气体以及包含3个以上的C的氢氟碳气体($C_3H_2F_4$气体、$C_3H_2F_6$气体、$C_4H_2F_6$气体等)组成的组中的至少1种。

[0079] 在例示性实施方式中,含磷气体可以包含氧卤化磷气体。在一个实施方式中,氧卤化磷气体可以为$POCl_xF_y$表示的气体(其中,$0\leqslant x\leqslant 3$、$0\leqslant y\leqslant 3$、$x+y=3$)。例如,氧卤化磷气体可以为选自由$POCl_3$气体、$POCl_2F$气体、$POClF_2$气体以及POF_3气体组成的组中的至少1种。在一例中,氧卤化磷气体可以为$POCl_3$气体或POF_3气体。

[0080] 在例示性实施方式中,含磷气体可以在上述氧卤化磷气体的基础上还包含卤化磷气体。在例示性实施方式中,卤化磷气体为包含磷以及氟和/或氯但不含氧的气体。例如,卤化磷气体可以为选自由PF_3气体、PF_5气体、PCl_3气体、PCl_5气体、$PClF_2$气体、PCl_2F气体以及PCl_2F_3组成的组中的至少1种。在一例中,卤化磷气体可以为PF_3气体、PF_5气体或PCl_3气体。

[0081] 在例示性实施方式中,在含磷气体包含氧卤化磷气体以及卤化磷气体的情况下,卤化磷气体的流量(分压)相对于氧卤化磷气体的流量(分压)之比可以为0.1以上、0.2以上或0.3以上。此外,卤化磷气体的流量(分压)相对于氧卤化磷气体的流量(分压)之比可以为3.0以下、2.0以下或1.0以下。在一例中,卤化磷气体的流量(分压)相对于氧卤化磷气体的流量(分压)之比为0.2以上且3.0以下。通过将相对于氧卤化磷气体的流量(分压)的卤化磷气体的流量(分压)控制在上述范围,能够抑制侧凹(bowing)等蚀刻形状的异常。

[0082] 在例示性实施方式中,第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素气体。除氟以外的卤素可以为选自由溴(Br)、氯(Cl)和碘(I)组成的组中的至少1种。除氟以外的卤素在含磷气体包含卤素的情况下,可以包含与该含磷气体中包含的卤素不同种类的卤素。

[0083] 在例示性实施方式中,第一含卤素气体可以为$C_sH_tBr_uCl_vF_w$表示的气体(s为1以上且7以下的整数,u与v之和为1以上的整数,t、u、v和w分别为0以上且16以下的整数)。例如,第一含卤素气体可以为将甲烷(CH_4)的一部分或全部氢原子用溴或者溴和除溴以外的卤素取代而得的气体。即,可以为在上述化学式中满足$s=1$且$t+u+v+w=4$的气体。在一例中,第一含卤素气体可以为选自由CH_3Br气体、CH_2BrF气体、CBr_2F_2气体、CBr_2ClF气体以及$CHBrCl_2$气体组成的组中的至少1种气体。

[0084] 此外,例如第一含卤素气体可以为选自由CCl_4气体、CH_2Cl_2气体、$CHCl_3$气体、CF_2Cl_2气体、CH_2ClF气体、$CHCl_2F$气体、C_2F_5Br气体、CF_3I气体、C_2F_5I气体以及C_3F_7I气体组成的组中的至少1种。

[0085] 在例示性实施方式中,第一含卤素气体的流量(分压)相对于含磷气体的流量(分压)之比可以通过含硅膜SF的膜种、HF气体的流量(分压)、含磷气体和第一含卤素气体中包含的卤素的种类和原子比、目标的形状等来适当设定。在例示性实施方式中,第一含卤素气体的流量(分压)相对于含磷气体的流量(分压)之比可以为0.1以上、0.2以上或0.3以上。此外,第一含卤素气体的流量(分压)相对于含磷气体的流量(分压)之比可以为1.5以下、1.2以下或1.0以下。含卤素气体的流量(分压)相对于含磷气体的流量(分压)之比在一例中为0.1以上且1.5以下。

[0086] 在例示性实施方式中,含磷气体和第一含卤素气体的总流量相对于处理气体的总

流量(在处理气体包含不活泼气体的情况下为扣除不活泼气体后的全部气体的总流量)的比率可以控制为20体积%以下、15体积%以下或10体积%以下。

[0087] 在例示性实施方式中,处理气体可以包含除HF气体、含磷气体以及第一含卤素气体以外的气体。例如,处理气体可以进一步包含选自由第二含卤素气体、含碳气体、含钨气体以及含氧气体组成的组中的至少1种气体。

[0088] 第二含卤素气体是与第一含卤素气体不同的气体。例如,第二含卤素气体包含除第一含卤素气体中包含的卤素以外的卤素。例如在第一含卤素气体包含溴(Br)而不含氯(Cl)的情况下,第二含卤素气体可以至少包含氯(Cl)。此外,例如在第一含卤素气体包含氯(Cl)而不含溴(Br)的情况下,第二含卤素气体可以至少包含溴(Br)。在例示性实施方式中,第一含卤素气体以及第二含卤素气体中的至少一方可以包含氯(Cl)。在例示性实施方式中,第一含卤素气体以及第二含卤素气体中的至少一方可以包含溴(Br)。

[0089] 此外,例如第二含卤素气体可以包含除氟以外的卤素。例如,第二含卤素气体可以为含氯气体、含溴气体和/或含碘气体。含氯气体在一例中可以为选自由Cl_2、$SiCl_2$、$SiCl_4$、CCl_4、SiH_2Cl_2、Si_2Cl_6、$CHCl_3$、SO_2Cl_2、BCl_3、PCl_3、PCl_5以及$POCl_3$组成的组中的至少1种气体。含溴气体可以为选自由一例中,Br_2、HBr、CBr_2F_2、C_2F_5Br、PBr_3、PBr_5、$POBr_3$以及BBr_3组成的组中的至少1种气体。含碘气体在一例中可以为选自由HI、CF_3I、C_2F_5I、C_3F_7I、IF_5、IF_7、I_2、PI_3组成的组中的至少1种气体。在一例中,第二含卤素气体可以为选自由Cl_2气体、Br_2气体以及HBr气体组成的组中的至少1种。在一例中,第二含卤素气体为Cl_2气体或HBr气体。

[0090] 含碳气体例如可以为氟碳气体和氢氟碳气体的任一方或双方。在一例中,氟碳气体可以为选自由CF_4气体、C_2F_2气体、C_2F_4气体、C_3F_6气体、C_3F_8气体、C_4F_6气体、C_4F_8气体以及C_5F_8气体组成的组中的至少1种。在一例中,氢氟碳气体可以为选自由CHF_3气体、CH_2F_2气体、CH_3F气体、C_2HF_5气体、$C_2H_2F_4$气体、$C_2H_3F_3$气体、$C_2H_4F_2$气体、C_3HF_7气体、$C_3H_2F_2$气体、$C_3H_2F_4$气体、$C_3H_2F_6$气体、$C_3H_3F_5$气体、$C_4H_2F_6$气体、$C_4H_5F_5$气体、$C_4H_2F_8$气体、$C_5H_2F_6$气体、$C_5H_2F_{10}$气体以及$C_5H_3F_7$气体组成的组中的至少1种。此外,含碳气体可以是具有不饱和键的直链状的。具有不饱和键的直链状的含碳气体例如可以为选自由C_3F_6(六氟丙烯)气体、C_4F_8(八氟-1-丁烯、八氟-2-丁烯)气体、$C_3H_2F_4$(1,3,3,3-四氟丙烯)气体、$C_4H_2F_6$(反-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯)气体、C_4F_8O(五氟乙基三氟乙烯基醚)气体、CF_3COF气体(1,2,2,2-四氟乙-1-酮)、CHF_2COF(二氟乙酰氟)气体以及COF_2(碳酰氟)气体组成的组中的至少1种。

[0091] 含钨气体例如可以为含有钨和卤素的气体。具体而言,作为含钨气体,可以为二氟化钨(WF_2)气体、四氟化钨(WF_4)气体、五氟化钨(WF_5)气体、六氟化钨(WF_6)气体等含有钨和氟的气体、二氯化钨(WCl_2)气体、四氯化钨(WCl_4)气体、五氯化钨(WCl_5)气体、六氯化钨(WCl_6)气体等含有钨和氯的气体。这些当中,可以为WF_6气体以及WCl_6气体中的至少任一方的气体。含钨气体的流量可以为处理气体的总流量的5体积%以下。需要说明的是,处理气体可以代替含钨气体或在含钨气体的基础上还包含含钛气体、含钌气体和/或含钼气体中的至少一种。

[0092] 含氧气体例如可以为选自由O_2、CO、CO_2、H_2O以及H_2O_2组成的组中的至少1种气体。在一例中,含氧气体可以为除H_2O以外的含氧气体,例如选自由O_2、CO、CO_2以及H_2O_2组成的组中的至少1种气体。

[0093] 在例示性实施方式中,处理气体可以进一步包含不活泼气体。不活泼气体在一例

中可以为Ar气体、He气体、Kr气体等稀有气体或氮气。

[0094] 工序ST12的处理期间,处理气体中包含的气体、其流量(分压)可以变更,也可以不变更。例如,在含硅膜SF由不同种类的含硅膜所形成的层叠膜构成的情况下,处理气体的构成、各气体的流量(分压)可以随着蚀刻的进行(即根据进行蚀刻的膜的种类)而变更。需要说明的是,工序ST12的处理期间,基板支撑部11的温度可以维持工序ST11中调节好的设定温度,也可以变更。

[0095] 在工序ST12中,向等离子体处理空间10s内供给上述处理气体后,由该处理气体生成等离子体。由此对基板W进行蚀刻。在例示性实施方式中,等离子体的生成可以如下执行。首先,向基板支撑部11的下部电极和/或喷淋头13中的至少1个上部电极供给源RF信号。由此,在喷淋头13与基板支撑部11之间生成高频电场,由腔室10内的处理气体生成等离子体。还向基板支撑部11的下部电极供给偏置信号。由此,将等离子体中的活性种吸引至基板W,对含硅膜SF进行蚀刻。

[0096] 在例示性实施方式中,偏置信号可以是由第二RF生成部31b供给的偏置RF信号。此外,偏置信号也可以是由DC生成部32a供给的偏置DC信号。源RF信号以及偏置信号可以是双方为连续波或脉冲波,也可以是一方为连续波、另一方为脉冲波。在源RF信号和偏置信号的双方为脉冲波的情况下,双方的脉冲波的周期可以同步,也可以不同步。源RF信号和/或偏置信号脉冲波的占空比可以适当设定,例如可以为1～80%,也可以为5～50%。需要说明的是,占空比为脉冲波的周期中电力或电压水平高的期间所占的比率。此外,在使用偏置DC信号作为偏置信号的情况下,脉冲波可以具有矩形、梯形、三角形或它们的组合的波形。偏置DC信号的极性只要以在等离子体与基板之间形成电位差而吸引离子的方式设定基板W的电位,则可负可正。

[0097] 图5是示出工序ST12结束时的基板W的剖面结构的一例的图。如图5所示,通过工序ST12的处理,含硅膜SF中在开口OP处露出的部分沿深度方向(图5中从上到下的方向)被蚀刻,形成凹部RC。图5是通过基于工序ST12的蚀刻而使凹部RC的底部BT到达基底膜UF、使基底膜UF露出的例子。该状态下的凹部RC的纵横比例如可以为20以上,也可以为30以上、40以上、50以上或100以上。

[0098] 如上所述,处理气体包含HF气体、含磷气体以及第一含卤素气体。HF气体在等离子体中生成HF种,作为含硅膜SF的蚀刻剂发挥功能。含磷气体促进HF种与含硅膜SF的反应。需要说明的是,在含磷气体为氧卤化磷气体和/或卤化磷气体的情况下,该含磷气体促进HF种与含硅膜SF的反应,并且可以有助于改善蚀刻形状和抑制开口OP堵塞(Clogging)。此外,第一含卤素气体有助于改善蚀刻形状和保护掩模MK。需要说明的是,改善蚀刻形状可以是提高圆度、抑制弯曲(Bending)和/或抑制侧凹(Bowing)。

[0099] 第一含卤素气体或含磷气体(氧卤化磷气体和/或卤化磷气体)如上所述是在蚀刻中具有多种功能的气体。由于这些气体是由1个分子形成的气体,因此与为了获得同样的功能而将2种以上不同的气体组合的情况相比,能够将处理气体中的分压抑制得较低。由此,能够提高处理气体中的作为蚀刻剂的HF气体的分压。因此,根据方法MT1,能够在将HF气体的分压维持得较高的同时实现蚀刻形状的改善、堵塞的抑制或者掩模的保护。

[0100] 根据本公开的一个例示性实施方式,能够提供改善蚀刻形状的技术。

[0101] <实施例>

[0102] 接着,对实施例进行说明。本公开不受以下实施例的任何限定。图6是用于对实施例和参考例进行说明的图。

[0103] (实施例1)

[0104] 使用图2所示的等离子体处理装置1,按照图3中说明的流程图,对图4所示的基板W进行蚀刻。首先,在工序ST11中,向基板支撑部11上提供基板W。基板W的含硅膜SF为由氧化硅膜和氮化硅膜形成的多层层叠膜。掩模MK为具有孔状的开口OP的无定形碳膜。接着,在工序ST12中,使用由图6的“实施例1”一栏所示的处理气体生成的等离子体对含硅膜SF进行蚀刻。

[0105] (实施例2)

[0106] 实施例2在工序ST12中使用图6的“实施例2”一栏所示的处理气体,除此之外与实施例1同样。

[0107] (参考例)

[0108] 参考例在工序ST12中使用图6的“参考例”一栏所示的处理气体,除此之外与实施例1同样。

[0109] 在图6中,“蚀刻速率”是将参考例的蚀刻速率作为1时各实施例的蚀刻速率。此外,“侧凹”示出参考例的含硅膜SF上产生的侧凹的CD(Critical dimension、临界尺寸)作为1时各实施例的含硅膜SF上产生的侧凹的CD。如图6所示,实施例1和实施例2均实现了与参考例相同程度的蚀刻速率。此外,实施例1和实施例2均与参考例相同程度地抑制了侧凹。

[0110] 本公开的实施方式还包括以下方式。

[0111] (附记1)

[0112] 一种蚀刻方法,其包括下述工序:

[0113] 提供包括第一膜和前述第一膜上的第二膜的基板的工序,且前述第一膜包含硅,前述第二膜包含至少1个开口;以及,

[0114] 由处理气体生成等离子体并对前述第一膜进行蚀刻的工序,且前述处理气体包含氟化氢气体、第一含卤素气体以及含磷气体,前述第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素。

[0115] (附记2)

[0116] 根据附记1所述的蚀刻方法,其中,前述第一含卤素气体包含$C_sH_tBr_uCl_vF_w$表示的气体(s为1以上且7以下的整数,u与v之和为1以上的整数,t、u、v和w分别为0以上且16以下的整数)。

[0117] (附记3)

[0118] 根据附记1或附记2所述的蚀刻方法,其中,前述第一含卤素气体包含溴作为前述除氟以外的卤素。

[0119] (附记4)

[0120] 根据附记1~附记3中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述第一含卤素气体包含氯作为前述除氟以外的卤素。

[0121] (附记5)

[0122] 根据附记1~附记4中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述第一含卤素气体还包含氟。

[0123] (附记6)

[0124] 根据附记1～附记5中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述第一含卤素气体包含选自由$CHCl_3$气体、CH_2Cl_2气体以及$CF_2Br_2Cl_2$气体组成的组中的至少1种。

[0125] (附记7)

[0126] 根据附记1～附记6中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述含磷气体包含卤化磷气体。

[0127] (附记8)

[0128] 根据附记1～附记7中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述含磷气体包含氧卤化磷气体。

[0129] (附记9)

[0130] 根据附记8所述的蚀刻方法,其中,前述氧卤化磷气体包含选自由$POCl_3$气体、$POCl_2F$气体、$POClF_2$气体以及POF_3气体组成的组中的至少1种。

[0131] (附记10)

[0132] 根据附记1～附记9中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述含磷气体包含氧卤化磷气体和卤化磷气体。

[0133] (附记11)

[0134] 根据附记10所述的蚀刻方法,其中,前述卤化磷气体的分压相对于前述氧卤化磷气体的分压之比为0.1以上且3.0以下。

[0135] (附记12)

[0136] 根据附记1～附记11中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述含磷气体以及前述第一含卤素气体的流量相对于前述处理气体的总流量之比为20体积%以下。

[0137] (附记13)

[0138] 根据附记1～附记12中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述处理气体还包含与前述第一含卤素气体不同的第二含卤素气体。

[0139] (附记14)

[0140] 根据附记13所述的蚀刻方法,其中,前述第二含卤素气体不含碳。

[0141] (附记15)

[0142] 根据附记13或附记14所述的蚀刻方法,其中,前述第二含卤素气体包含与前述第一含卤素气体中包含的卤素不同种类的卤素。

[0143] (附记16)

[0144] 根据附记1～附记15中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述第一膜包含选自由氧化硅膜、氮化硅膜以及聚硅膜组成的组中的至少1种。

[0145] (附记17)

[0146] 根据附记1～附记16中的任一项所述的蚀刻方法,其中,前述第二膜为包含碳和金属中的至少任一方的膜。

[0147] (附记18)

[0148] 一种蚀刻方法,其包括下述工序:

[0149] 提供包括第一膜和前述第一膜上的第二膜的基板的工序,且前述第一膜包含硅,前述第二膜包含至少1个开口;以及,

[0150] 由处理气体生成等离子体并对前述第一膜进行蚀刻的工序,且前述处理气体包含含有氟和氢且能在前述等离子体中生成氟化氢的1种以上气体、第一含卤素气体以及含磷气体,前述第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素,前述含磷气体包含磷和卤素。

[0151] (附记19)

[0152] 根据附记18所述的蚀刻方法,其中,前述处理气体还包含第三含卤素气体,前述第三含卤素气体不含碳和磷。

[0153] (附记20)

[0154] 一种等离子体处理装置,其具备腔室和控制部,

[0155] 前述控制部以执行下述控制的方式构成:

[0156] 控制将包括第一膜和前述第一膜上的第二膜的基板提供至前述腔室内,且前述第一膜包含硅,前述第二膜包含至少1个开口;以及,

[0157] 控制由处理气体生成等离子体并对前述第一膜进行蚀刻,且前述处理气体包含氟化氢气体、第一含卤素气体以及含磷气体,前述第一含卤素气体至少包含碳和除氟以外的卤素。

[0158] 以上各实施方式是出于说明的目的而记载的,并非意在限定本公开的范围。以上各实施方式可以在不脱离本公开的范围和主旨的情况下进行各种变形。例如,可以将某一实施方式中的一部分构成要素追加到其他实施方式中。此外,也可以将某一实施方式中的一部分构成要素替换成其他实施方式的对应的构成要素。

[0159] 符号说明

[0160] 1……等离子体处理装置、2……控制部、10……等离子体处理腔室、10s……等离子体处理空间、11……基板支撑部、13……喷淋头、20……气体供给部、31a……第一RF生成部、31b……第二RF生成部、32a……第一DC生成部、SF……含硅膜、MK……掩模、OP……开口、RC……凹部、UF……基底膜、W……基板

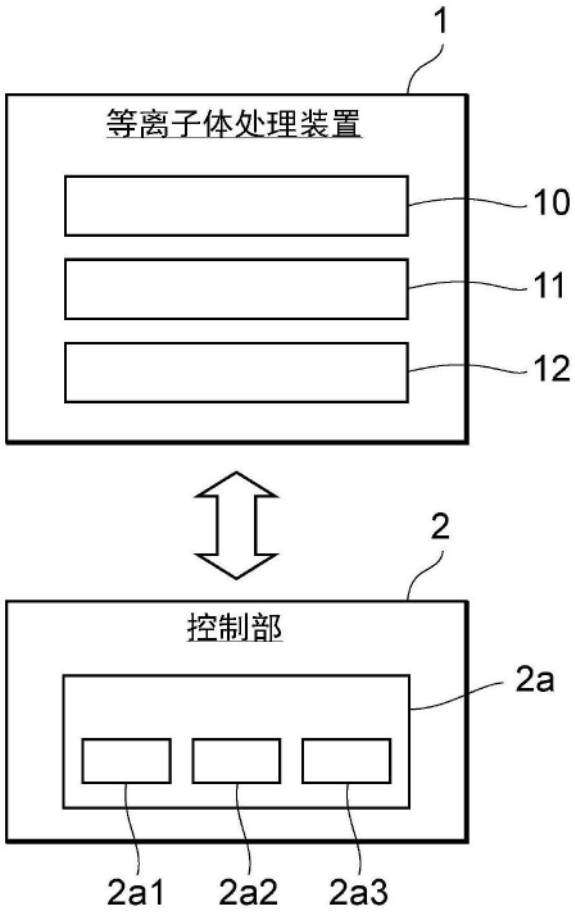


图1

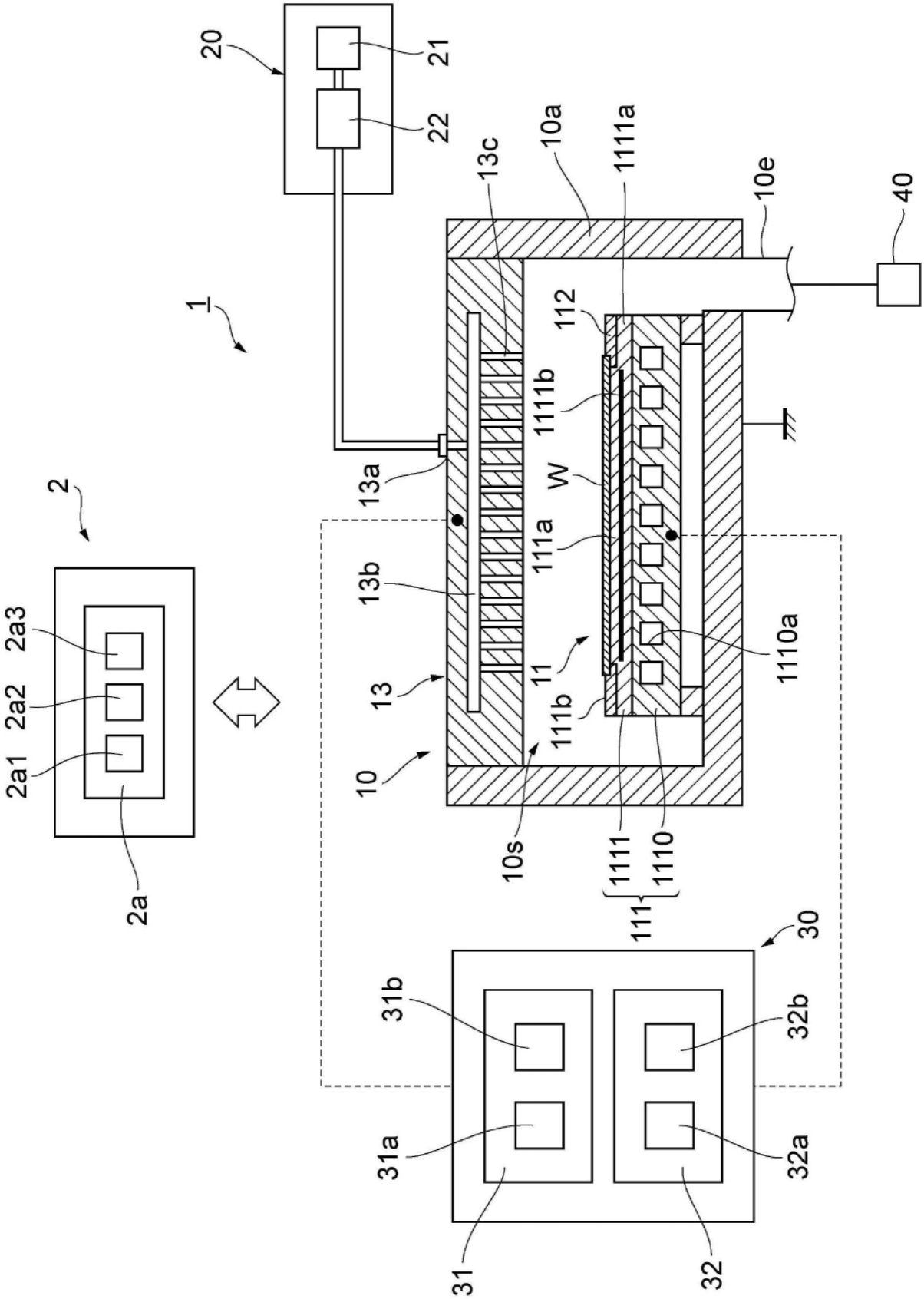

20
21
22
13c
10a
1111a
10e
40
1
112
1111b
W
13a
111a
2
13b
2a3
2a2
2a1
13
11
1110a
111b
10
2a
10s
1111
1110
111
30
31b
32b
31a
32a
31
32

图2

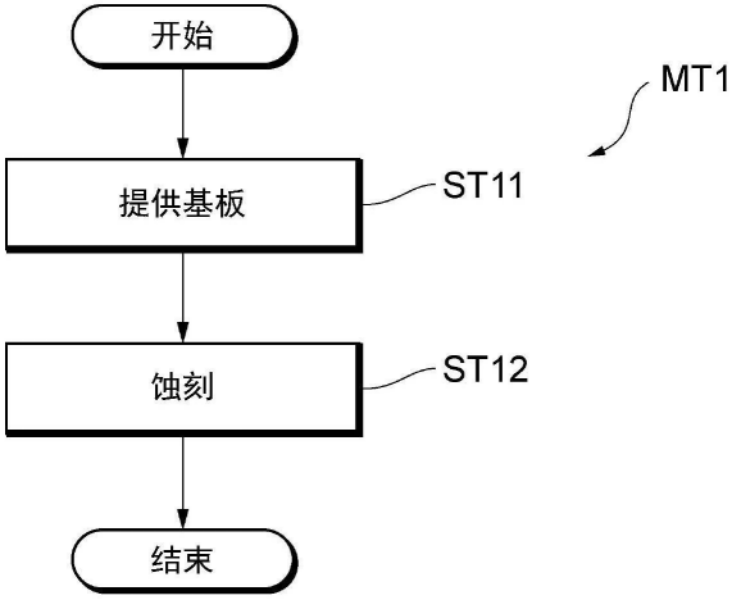


图3

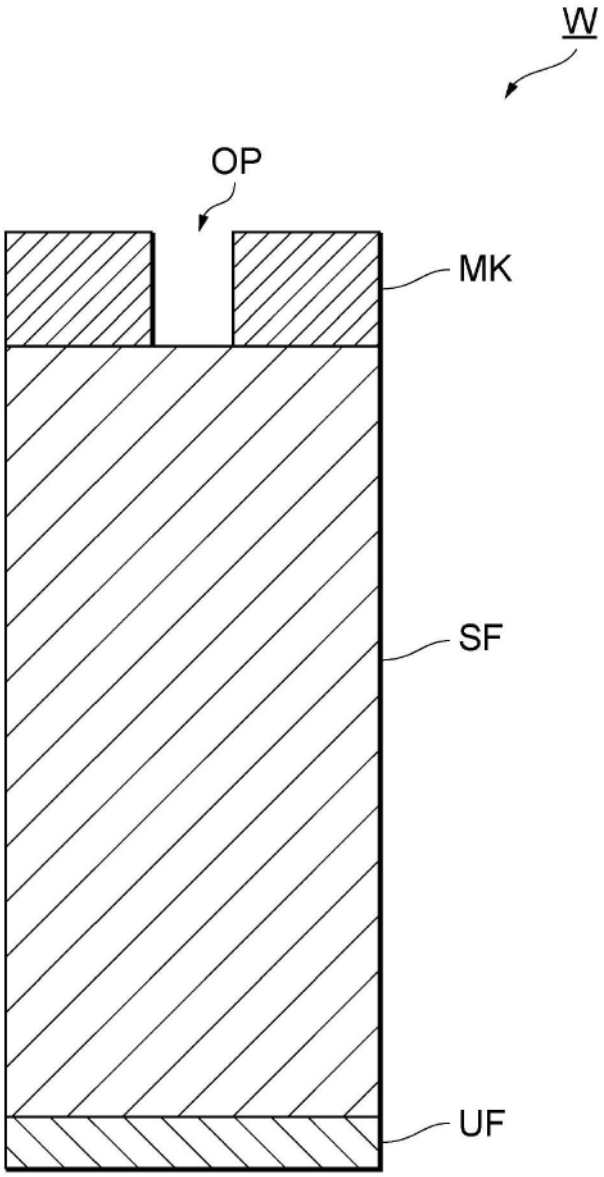


图4

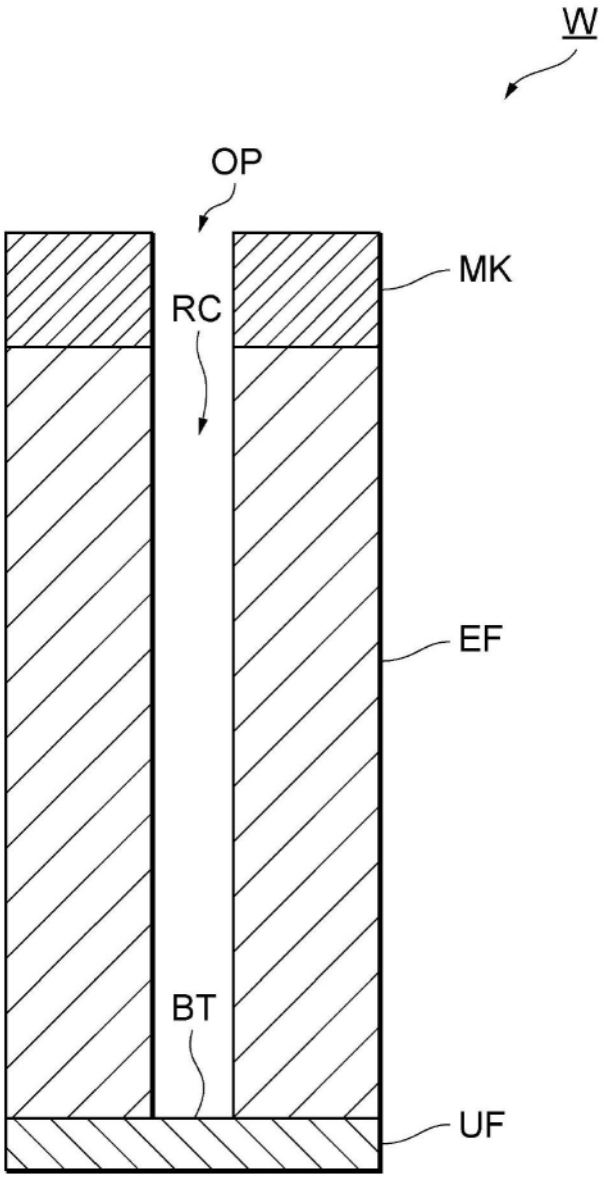
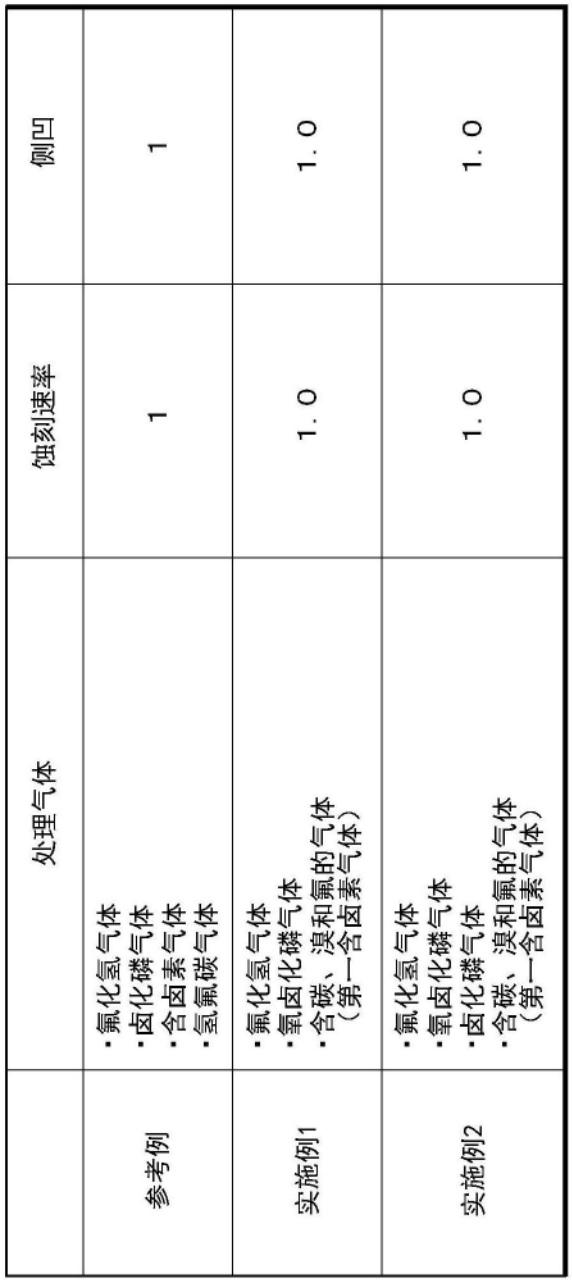


图5



	处理气体	蚀刻速率	侧凹
参考例	·氟化氢气体 ·卤化磷气体 ·含卤素气体 ·氢氟碳气体	1	1
实施例1	·氟化氢气体 ·氧卤化磷气体 ·含碳、溴和氟的气体 （第一含卤素气体）	1.0	1.0
实施例2	·氟化氢气体 ·氧卤化磷气体 ·卤化磷气体 ·含碳、溴和氟的气体 （第一含卤素气体）	1.0	1.0

图6