



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102691048 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201210073108. 4

(22) 申请日 2012. 03. 19

(30) 优先权数据

2011-061216 2011. 03. 18 JP

(73) 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 柿本明修 高木聪 池内俊之

小森克彦 长谷部一秀

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 张会华

(51) Int. Cl.

C23C 16/44(2006. 01)

C23C 16/52(2006. 01)

C23C 16/40(2006. 01)

H01L 21/02(2006. 01)

H01L 21/67(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6867086 B1, 2005. 03. 15, 说明书第 3 栏第 52-57 行、第 4 栏第 35-39、56-68 行、第 5 栏

第 30-35 行、第 6 栏第 32-38、41-43 行、第 7 栏第 55-57、62-66 行、第 8 栏第 8-17、22-27、47-52、55-64 行、第 9 栏第 3-8、31-40 行, 图 1B-1C.

CN 1777980 A, 2006. 05. 24, 说明书第 3 页第 10-13 行、第 5 页第 19-21 行、第 11 页第 27 行-第 12 页第 25 行, 权利要求 1、14-15, 图 1.

US 2010/0210099 A1, 2010. 08. 19, 说明书第 [0012] 段.

US 7482247 B1, 2009. 01. 27, 说明书第 3 栏第 26-34 行, 第 8 栏第 45-58 行, 图 1 (C).

审查员 张明宇

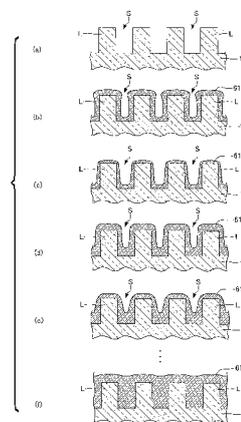
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 7 页

(54) 发明名称

成膜方法及成膜装置

(57) 摘要

本发明提供一种成膜方法及成膜装置, 该成膜方法包括: 将多个基板呈多层状搭载于反应管的步骤, 上述多个基板形成有包括凹部在内的图案; 成膜步骤, 通过向上述反应管供给含硅气体及含氧气体, 在上述多个基板上形成氧化硅膜; 蚀刻步骤, 通过向上述反应管供给含氟气体及氨气, 对在上述成膜步骤中形成的上述氧化硅膜进行蚀刻, 该成膜方法交替地重复上述成膜步骤和上述蚀刻步骤。



1. 一种成膜方法,其中,

该成膜方法包括:

将多个基板呈多层状搭载于反应管的步骤,上述多个基板形成有包括凹部在内的图案;

成膜步骤,通过向上述反应管供给含硅气体及含氧气体,在上述多个基板上形成氧化硅膜;

蚀刻步骤,通过向上述反应管供给含氟气体及氨气,对在上述成膜步骤中形成的上述氧化硅膜进行蚀刻,

该成膜方法交替地重复上述成膜步骤和上述蚀刻步骤,

其中,上述蚀刻步骤包括使上述氧化硅膜的表层部变性为变性层的变性步骤,并且执行上述蚀刻步骤时的温度被设定为低于上述变性层的升华温度、而执行上述成膜步骤时的温度被设定为高于上述变性层的升华温度,上述变性层的升华温度为 130℃,

在上述蚀刻步骤中,以对在上述成膜步骤中形成在上述凹部的侧壁的上端部上的上述氧化硅膜进行蚀刻的蚀刻速度比对形成在上述凹部的底部上的上述氧化硅膜进行蚀刻的蚀刻速度快的方式进行蚀刻,以使得上述凹部内的空间越向上方去越宽。

2. 根据权利要求 1 所述的成膜方法,其中,

该成膜方法还包括条件变更步骤,该条件变更步骤用于在从上述成膜步骤向上述蚀刻步骤切换时,设定适合蚀刻步骤的蚀刻条件。

3. 根据权利要求 1 所述的成膜方法,其中,

该成膜方法还包括另一条件变更步骤,该另一条件变更步骤用于在从上述蚀刻步骤向上述成膜步骤切换时,设定适合成膜步骤的成膜条件。

4. 根据权利要求 1 所述的成膜方法,其中,

上述含氟气体为氟化氢气体和 NF_3 气体中的一种气体。

5. 一种成膜装置,其中,

该成膜装置具有:

晶圆支承部,其用于多层地支承多个基板,上述多个基板形成有包括凹部在内的图案;

反应管,其为在下部具有开口部的有盖形状,且上述晶圆支承部能够从上述开口部插入;

含硅气体供给部,其用于对在上述反应管内利用上述晶圆支承部支承的上述多个基板供给含硅气体;

含氧气体供给部,其用于对在上述反应管内利用上述晶圆支承部支承的上述多个基板供给含氧气体;

含氟气体供给部,其用于对在上述反应管内利用上述晶圆支承部支承的上述多个基板供给含氟气体;

氨气供给部,其用于对在上述反应管内利用上述晶圆支承部支承的上述多个基板供给氨气;

控制部,其用于控制上述含硅气体供给部、上述含氧气体供给部、上述含氟气体供给部以及氨气供给部,以便对上述多个基板供给含硅气体及含氧气体,从而在上述多个基板上

形成氧化硅膜,对形成有上述氧化硅膜的上述多个基板供给含氟气体及氨气,从而对上述氧化硅膜进行蚀刻,

其中,对上述氧化硅膜进行蚀刻包括使上述氧化硅膜的表层部变性为变性层,并且上述控制部将对上述氧化硅膜进行蚀刻时的温度设定为低于上述变性层的升华温度、而将在上述多个基板上形成氧化硅膜时的温度设定为高于上述变性层的升华温度,上述变性层的升华温度为 130℃,

以对形成在上述凹部的侧壁的上端部上的上述氧化硅膜进行蚀刻的蚀刻速度比对形成在上述凹部的底部上的上述氧化硅膜进行蚀刻的蚀刻速度快的方式进行蚀刻,以使得上述凹部内的空间越向上方去越宽。

6. 根据权利要求 5 所述的成膜装置,其中,

上述含氟气体为氟化氢气体和 NF_3 气体中的一种气体。

成膜方法及成膜装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在形成有包括凹部在内的图案的基板上形成氧化硅膜的成膜方法及成膜装置。

背景技术

[0002] 在集成电路 (I C) 的制造工艺中,存在有例如利用氧化硅膜填埋线·空间·图案 (日文:ライン・スペース・パターン) 中的空间的工序。随着 I C 集成度的增高,线·空间·图案中的空间的宽度成为例如 30nm 左右,在通过例如化学沉积 (CVD) 法利用氧化硅膜填埋这样狭窄的空间的情况下,前体 (precursor) 难以进入到狭窄的空间的底部,因此存在线的侧壁的上端部附近的膜厚较厚的倾向。因此,有时在被填埋到空间内的氧化硅膜中产生空隙 (void)。在之后的蚀刻工序中,对这样的氧化硅膜进行蚀刻时,有时会在氧化硅膜的上表面形成与空隙连通的开口。蚀刻剂从这样的开口进入到空隙内而产生污染,或者在之后的金属化 (metalization) 时,金属进入到空隙内,而有可能产生缺陷。

[0003] 专利文献 1 日本特开 2010-73773 号公报

[0004] 为了解决这样的问题,通过使用高密度等离子体 (HDP) - 化学沉积 (CVD) 法同时进行成膜和溅射蚀刻,尝试获得良好的填埋特性 (专利文献 1)。但是,这样的 HDP-CVD 法能够应用于单片式的 CVD 装置,但是出于生产率考虑而要在批量式 CVD 装置中进行 HDP-CVD 法,则有可能无法获得较高的均匀性。

发明内容

[0005] 本发明考虑了上述的情况,提供一种能够获得良好的填埋特性的批量式的成膜装置及成膜方法。

[0006] 采用本发明的第 1 技术方案,提供一种成膜方法,该成膜方法包括:将多个基板呈多层状搭载于反应管的步骤,上述多个基板形成有包括凹部在内的图案;成膜步骤,通过向上述反应管供给含硅气体及含氧气体,在上述多个基板上形成氧化硅膜;蚀刻步骤,通过向上述反应管供给含氟气体及氨气,对在上述成膜步骤中形成的上述氧化硅膜进行蚀刻,该成膜方法交替地重复上述成膜步骤和上述蚀刻步骤。

[0007] 采用本发明的第 2 技术方案,提供一种成膜装置,该成膜装置具有:晶圆支承部,其用于多层地支承多个基板,上述多个基板形成有包括凹部在内的图案;反应管,其为在下部具有开口部的有盖形状 (日文:有蓋形状),且上述晶圆支承部能够从上述开口部插入;含硅气体供给部,其用于对在上述反应管内利用上述晶圆支承部支承的上述多个基板供给含硅气体;含氧气体供给部,其用于对在上述反应管内利用上述晶圆支承部支承的上述多个基板供给含氧气体;含氟气体供给部,其用于对在上述反应管内利用上述晶圆支承部支承的上述多个基板供给含氟气体;氨气供给部,其用于对在上述反应管内利用上述晶圆支承部支承的上述多个基板供给氨气;控制部,其用于控制上述含硅气体供给部、上述含氧气体供给部、上述含氟气体供给部以及氨气供给部,以便对上述多个基板供给含硅气体及含

氧气体,从而在上述多个基板上形成氧化硅膜,对形成有上述氧化硅膜的上述多个基板供给含氟气体及氨气,从而对上述氧化硅膜进行蚀刻。

附图说明

[0008] 图 1 是本发明的第 1 实施方式的成膜装置的概略图。

[0009] 图 2 是图 1 的成膜装置的剖视图。

[0010] 图 3 是表示本发明的第 2 实施方式的成膜方法的时间图。

[0011] 图 4A 是对利用本发明的第 2 实施方式的成膜方法形成氧化硅膜的晶圆的剖视图按各主要步骤示意性地进行表示的剖视图。

[0012] 图 4B 是对利用比较例的成膜方法形成氧化硅膜的晶圆的剖视图按各主要步骤示意性地进行表示的剖视图。

[0013] 图 5A 是对利用本发明的第 3 实施方式的成膜方法形成氧化硅膜的晶圆的剖视图按各主要步骤示意性地进行表示的剖视图。

[0014] 图 5B 是对利用其他比较例的成膜方法形成氧化硅膜的晶圆的剖视图按各主要步骤示意性地进行表示的剖视图。

具体实施方式

[0015] 以下,参照附图说明本发明的实施方式,该实施方式是示例,并非用于限定本发明。在所有附图中,对于相同或者相对应的构件或者零件标注相同或者相对应的参照符号,省略重复的说明。另外,附图并非以表示构件或者零件间的相对比为目的,因而,具体的尺寸应参照以下的并非用于限定本发明的实施方式,由本领域技术人员决定。

[0016] 第 1 实施方式

[0017] 图 1 是示意地表示本发明的第 1 实施方式的 ALD 装置的纵剖视图,图 2 是图 1 的 ALD 装置的横剖视图。

[0018] 如图 1 所示,成膜装置 80 具有处理容器 1,该处理容器 1 具有下端开口的有顶圆筒体状,例如由石英形成。在处理容器 1 内的上方,设有石英制的顶板 2。另外,在处理容器 1 的下端开口部,隔着 O 型环等密封构件 4 连接有歧管 3,该歧管 3 是例如利用不锈钢成形为圆筒体状而形成的。

[0019] 歧管 3 作为用于对处理容器 1 的下端进行支承的支承构件来发挥作用,并且自与被设置在歧管 3 侧面的多个贯穿孔分别相连接的配管向处理容器 1 内供给规定的气体。在歧管 3 的下部隔着例如由 O 型环构成的密封构件 12 连接有盖部 9,该盖部 9 用于开闭歧管 3 的下端开口部,该盖部 9 例如是不锈钢制的。盖部 9 在中央具有开口,旋转轴 10 气密地贯穿该开口。在旋转轴 10 的上端部安装有工作台 (table) 8,在工作台 8 上隔着石英制的保温筒 7 设有晶圆舟皿 5。晶圆舟皿 5 具有 3 根支柱 6(参照图 2),利用形成在支柱 6 上的槽支承多张晶圆 W。利用未图示的旋转机构使旋转轴 10 绕中心轴线旋转,从而能够使晶圆舟皿 5 也跟着旋转。

[0020] 旋转轴 10 的下端部安装在臂 13 上,该臂 13 以能够上下移动的方式被未图示的升降机构支承。利用臂 13 的上下移动,将晶圆舟皿 5 相对于处理容器 1 内搬入、搬出。另外,在旋转轴 10 与盖部 9 的开口之间设有磁性流体密封件 11,由此密封处理容器 1。

[0021] 另外,成膜装置 80 具有:用于向处理容器 1 内供给含氧气体的含氧气体供给机构 14、用于向处理容器 1 内供给含 Si 气体的含 Si 气体供给机构 15、用于向处理容器 1 内供给氟化氢 (HF) 气体的 HF 气体供给机构 210、用于向处理容器 1 内供给氨气 (NH₃) 的 NH₃ 气体供给机构 240。含氧气体供给机构 14 和含 Si 气体供给机构 15 用于在处理容器 1 内的晶圆 W 上形成氧化硅膜, HF 气体供给机构 210 和 NH₃ 气体供给机构 240 用于对形成在晶圆 W 上的氧化硅膜 (的一部分) 进行蚀刻。

[0022] 含氧气体供给机构 14 具有含氧气体供给源 17、用于导出来自含氧气体供给源 17 的含氧气体的含氧气体配管 17L、含氧气体分散喷嘴 19, 该含氧气体分散喷嘴 19 由石英管构成, 该含氧气体分散喷嘴 19 与含氧气体配管 17L 连接, 且向内侧贯穿歧管 3 的侧壁并向上方弯折而铅垂地延伸。在含氧气体分散喷嘴 19 的铅垂部分上, 隔开规定的间隔地形成有多个气体喷出孔 19a, 能够从各气体喷出孔 19a 沿水平方向大致均匀地喷出含氧气体。

[0023] 另外, 在含氧气体配管 17L 上设有开闭阀 17a 和用于控制含氧气体的流量的流量控制器 17b。由此, 能够控制含氧气体的供给的开始 / 停止以及流量。

[0024] 含 Si 气体供给机构 15 具有含 Si 气体供给源 20、用于导出来自含 Si 气体供给源 20 的含 Si 气体的含 Si 气体配管 20L、含 Si 气体分散喷嘴 22, 该含 Si 气体分散喷嘴 22 由石英管构成, 该含 Si 气体分散喷嘴 22 与含 Si 气体配管 20L 连接, 且向内侧贯穿歧管 3 的侧壁并向上方弯折而铅垂地延伸。在图示的例子中, 设有两根含 Si 气体分散喷嘴 22 (参照图 2), 在各含 Si 气体分散喷嘴 22 上, 沿其长度方向隔开规定间隔地形成有多个气体喷出孔 22a。由此, 能够从各气体喷出孔 22a 沿水平方向向处理容器 1 内大致均匀地喷出含 Si 气体。另外, 含 Si 气体分散喷嘴 22 也可以仅为 1 根。

[0025] 另外, 在含 Si 气体配管 20L 上设有开闭阀 20a、流量控制器 20b、缓冲罐 (buffer tank) 180 以及开闭阀 20c。例如在关闭开闭阀 20c 的状态下打开开闭阀 20a, 使含 Si 气体从含 Si 气体源 20 以规定的流量流出, 从而能够将含 Si 气体临时储存在缓冲罐 180 内。之后, 若关闭开闭阀 20a 并打开开闭阀 20c, 则能够将规定量的含 Si 气体向处理容器 1 内供给。由此, 控制含 Si 气体的供给的开始 / 停止以及流量。

[0026] HF 气体供给机构 210 具有 HF 气体供给源 21、与 HF 气体供给源 21 连接而用于导出 HF 气体的 HF 气体配管 21L、HF 气体分散喷嘴 45, 该 HF 气体分散喷嘴 45 由例如陶瓷管构成, 该 HF 气体分散喷嘴 45 与 HF 气体配管 21L 连接, 且向内侧贯穿歧管 3 的侧壁并向上方弯折而铅垂地延伸。在 HF 气体分散喷嘴 45 上, 沿其长度方向隔开规定间隔地形成有如图 2 所示的多个气体喷出孔 45a。由此, 能够从各气体喷出孔 45a 沿水平方向向处理容器 1 内大致均匀地喷出 HF 气体。

[0027] 另外, 在 HF 气体配管 21L 上设有开闭阀 21a 和用于控制 HF 气体的流量的流量控制器 21b。由此, 控制 HF 气体的供给的开始 / 停止以及流量。

[0028] NH₃ 气体供给机构 240 具有 NH₃ 气体供给源 24、与 NH₃ 气体供给源 24 连接而用于导出 NH₃ 气体的 NH₃ 气体配管 24L、NH₃ 气体分散喷嘴 46, 该 NH₃ 气体分散喷嘴 46 由石英管构成, 该 NH₃ 气体分散喷嘴 46 与 NH₃ 气体配管 24L 连接, 且向内侧贯穿歧管 3 的侧壁并向上方弯折而铅垂地延伸。在 NH₃ 气体分散喷嘴 46 上, 沿其长度方向隔开规定间隔地形成有如图 2 所示的多个气体喷出孔 46a。由此, 能够从各气体喷出孔 46a 沿水平方向向处理容器 1 内大致均匀地喷出 NH₃ 气体。

[0029] 另外,在 NH_3 气体配管 24L 上设有开闭阀 24a 和用于控制 NH_3 气体的流量的流量控制器 24b。由此,控制 NH_3 气体的供给的开始 / 停止以及流量。

[0030] 在处理容器 1 的侧壁的一部分上形成有用于形成含氧气体的等离子体的等离子体生成机构 30。该等离子体生成机构 30 具有沿上下方向细长地形成在处理容器 1 的侧壁上的开口 31 和以从外侧覆盖开口 31 的方式气密地焊接在处理容器 1 的外壁上的等离子体分隔壁 32。等离子体分隔壁 32 形成为截面呈凹部状且上下细长,例如由石英形成。由于等离子体分隔壁 32,处理容器 1 的侧壁的一部分向外侧凹陷成凹部状,等离子体分隔壁 32 的内部空间与处理容器 1 的内部空间连通。另外,开口 31 形成为在上下方向上足够长,以能够在高度方向上涵盖 (cover) 被晶圆舟皿 5 保持的全部晶圆 W。

[0031] 另外,等离子体生成机构 30 具有高频电源 35 和一对细长的等离子体电极 33、33,该一对细长的等离子体电极 33、33 以沿上下方向彼此相对的方式配置在该等离子体分隔壁 32 的侧壁的外表面,该高频电源 35 借助于供电线 34 与等离子体电极 33、33 连接,用于向等离子体电极 33、33 供给高频电。于是,由高频电源 35 对等离子体电极 33、33 施加例如 13.56MHz 的高频电压,从而能够产生含氧气体的等离子体。另外,该高频电压的频率并不限定为 13.56MHz,也可以是其他的频率,例如 400kHz 等。

[0032] 在等离子体分隔壁 32 的内部空间内,在处理容器 1 内向上方延伸、在中途向处理容器 1 的径向外侧弯折的含氧气体分散喷嘴 19 沿等离子体分隔壁 32 的竖立面向上方延伸。因此,在由高频电源 35 向等离子体电极 33、33 之间施加高频电压,而在两电极 33、33 之间形成高频电场时,从含氧气体分散喷嘴 19 的气体喷出孔 19a 喷出的含氧气体被等离子化,向处理容器 1 的中心流动。

[0033] 在等离子体分隔壁 32 的外侧,以覆盖该等离子体分隔壁 32 的方式安装有例如由石英构成的绝缘保护罩 36。另外,在该绝缘保护罩 36 的内侧设有未图示的制冷剂通路,能够通过使例如冷却后的氮气流动,来冷却等离子体电极 33、33。

[0034] 另外,上述的两根含 Si 气体分散喷嘴 22 竖立设置在处理容器 1 侧壁的开口 31 两侧,能够从形成在含 Si 气体分散喷嘴 22 上的多个气体喷出孔 22a 向处理容器 1 的中心方向喷出含 Si 气体。

[0035] 作为含 Si 气体,能够使用二氯二硅烷 ($\text{DCS}(\text{SiH}_2\text{Cl}_2)$)、六氯二硅烷 (HCD) 气体、硅烷 (SiH_4)、乙硅烷 (Si_2H_6)、六甲基二硅氮烷 (HMDS)、四氯化硅 (TCS)、二烯丙胺 (DSA)、三甲硅烷基胺 (TSA)、双叔丁基氨基硅烷 (BTBAS)、二异丙基氨基硅烷 (DIPAS) 等。另外,作为含氧气体,能够使用一氧化二氮 (N_2O) 气体、氧 (O_2) 气、臭氧 (O_3) 气体等。

[0036] 另一方面,在处理容器 1 的与开口 31 相对的部分上、设有用于对处理容器 1 内进行排气的排气口 37。该排气口 37 是通过将处理容器 1 的侧壁沿上下方向细长地削掉而形成的。如图 2 所示,以覆盖排气口 37 的方式利用焊接将形成为截面呈凹部状的排气口罩构件 38 安装在处理容器 1 的外侧。排气口罩构件 38 沿处理容器 1 的侧壁向上方延伸,且在处理容器 1 的上方形成为有气体出口 39。并且,气体出口 39 经由处理容器 1 的主阀 MV 及压力控制器 PC 与真空泵 VP 连接,由此对处理容器 1 内进行排气。真空泵 VP 可以包括例如机械升压机泵和涡轮分子泵。

[0037] 另外,以包围处理容器 1 的外周的方式设有加热单元 40,该加热单元 40 为壳体状,用于加热处理容器 1 及处理容器 1 内部的晶圆 W (在图 2 中省略了加热单元 40)。

[0038] 利用例如由微处理器（计算机）构成的控制器 50 来进行成膜装置 80 的各构成部分的控制，例如由开闭阀 17a、20a、20c、21a、24a 的开闭来进行的各气体的供给 / 停止的控制、由流量控制器 17b、20b、21b、24b 进行的气体流量的控制、高频电源 35 的接通 / 断开控制、加热单元 40 的控制等。在控制器 50 上连接有用户界面 51，以便工序管理者管理成膜装置 80，该用户界面 51 由用于进行命令的输入操作等的键盘、用于显示成膜装置 80 的运转状况的显示器等构成。

[0039] 另外，在控制器 50 上连接有存储部 52，在该存储部 52 内存储有用于利用控制部 50 的控制实现在成膜装置 80 内执行的各种处理的控制程序、用于根据处理条件使成膜装置 80 的各构成部分执行处理的各种程序（或者制程程序）。在程序中包括后述的用于使成膜装置 80 执行成膜方法的成膜程序。另外，各种程序存储在存储介质 52a 内，并且存储介质 52a 收纳在存储部 52 内。存储介质 52a 可以是硬盘、半导体存储器，也可以是 CD-ROM、DVD、闪存等便携式的存储器。另外，也可以从其他装置例如经由专用线路将制程程序适当传输到存储部 52 内。

[0040] 于是，根据需要，按照来自用户界面 51 的指示等从存储部 52 读取任意程序，使控制器 50 执行该程序，从而在控制器 50 的控制下，进行在成膜装置 80 内的所期望的处理。即，在执行成膜程序的情况下，控制器 50 作为控制成膜装置 80 的各构成部分、执行成膜方法的控制部发挥功能。

[0041] 第 2 实施方式

[0042] 接着，参照图 3 及图 4，以使用上述成膜装置 80 进行实施的情况为例说明本发明的第 2 实施方式的成膜方法。图 3 是表示本实施方式的成膜方法的时间图。图 4A 是对利用本实施方式的成膜方法形成氧化硅膜的晶圆的剖视图按各主要步骤示意性地进行表示的剖视图。参照图 4A 的 (a)，在晶圆 W 上，形成有例如具有大约 30nm 的宽度的多条线 L，在相邻的 2 条线 L 之间，形成有例如具有大约 30nm 的宽度的空间 S。这样的线·空间·图案能够通过例如双重图案化 (Double Patterning ; DP) 技术来形成。另外，在图示的例子中，线 L 是由硅所形成的，但是并不局限于此，也可以由金属来形成。

[0043] 首先，具有上述（图 4A 的 (a) 所示的）图案的晶圆 W 被搭载于晶圆舟皿 5，利用臂 13 将晶圆舟皿 5 收容在处理容器 1 内。之后，在不向处理容器 1 内供给任何一种气体的状态下打开处理容器 1 的主阀 MV，使压力控制器 PC 的压力调整阀成为全开状态，利用真空泵 VP 对处理容器 1 内进行排气，直到处理容器 1 内成为目标真空度为止。另外，利用加热单元 40 将晶圆 W 加热到例如从 10°C 到 700°C 的范围内的温度。

[0044] 接着，在成膜步骤 S1（图 3）中，在晶圆 W 上形成氧化硅膜。具体地说，图 1 所示的含氧气体配管 17L 的开闭阀 17a 打开，储存在含氧气体供给源 17 内的 N_2O 气体被流量控制器 17b 控制并向含氧气体分散喷嘴 19 供给。被供给到含氧气体分散喷嘴 19 的 N_2O 气体从多个气体喷出孔 19a 流向晶圆 W。另一方面，含 Si 气体配管 20L 的开闭阀 20a 及 20c 打开，储存在含 Si 气体供给源 20 内的 DCS 气体被流量控制器 20b 控制并向含 Si 气体分散喷嘴 22 进行供给，并从气体喷出孔 22 喷出，流向晶圆 W。这些气体在晶圆 W 的表面附近发生反应，如图 4A 的 (b) 所示，以覆盖线·空间·图案的方式在晶圆 W 上形成氧化硅膜 61。当氧化硅膜 61 的膜厚成为例如 15nm 左右时，停止 DCS 气体及 N_2O 气体的供给，从而成膜步骤 S1 结束。另外，成为 15nm 左右的膜厚所需要的时间例如能够基于在预备实验中求得的成膜速

率来决定。另外,如图 4A 的 (b) 中所夸大图示的那样,使用 DCS 气体及 N_2O 气体形成的氧化硅 (HTO) 膜 61 在线 L 的侧壁的上端的膜厚较厚,呈所谓的突出 (overhang) 的形状 (也称为 bread loaf 形状)。

[0045] 接着,通过调整加热单元 40,将晶圆 W 的温度变更到例如从 $25^{\circ}C$ 到 $300^{\circ}C$ 的范围内 (条件变更步骤 S2 (图 3))。在温度变更且稳定之后,进行 COR (Chemical Oxide Removal: 化学氧化物去除) 步骤 S3。具体地说,当打开图 1 所示的 HF 气体配管 21L 的开闭阀 21a 时,以被流量调整器 21b 控制的流量 (例如从 10sccm 到 5000sccm,优选从 200sccm 到 1000sccm) 从 HF 气体供给源 21 向 HF 气体分散喷嘴 45 供给 HF 气体。然后,HF 气体从 HF 气体分散喷嘴 45 的气体喷出孔 45a 喷出,并流向晶圆 W。与此相配合,当打开 NH_3 气体配管 24L 的开闭阀 24a 时,以被流量调整器 24b 控制的流量 (例如从 10sccm 到 5000sccm,优选从 200sccm 到 1000sccm) 从 NH_3 气体供给源 24 向 NH_3 气体分散喷嘴 46 供给 NH_3 气体。然后, NH_3 气体从 NH_3 气体分散喷嘴 46 的气体喷出孔 46a 喷出,并流向晶圆 W。另外,此时,利用压力控制器 PC 将处理容器 1 内调整为例如从 10Pa 到 13300Pa 的范围内的压力。

[0046] 在 HF 气体及 NH_3 气体的作用下,形成在晶圆 W 上的氧化硅膜 61 的表层部与 HF 气体及 NH_3 气体反应而变性为氟硅酸铵 ($(NH_4)_2SiF_6$)。由于氟硅酸铵在大致 $130^{\circ}C$ 以上的温度下易于升华,因此,如图 4A 的 (c) 所示,氧化硅膜 61 被蚀刻而变薄。另外,对上述条件 (HF 气体供给量、 NH_3 气体供给量、处理容器 1 内的压力、晶圆 W 的温度等) 进行设定,使得如图 4A 的 (c) 所示那样对线 L 的上表面及侧壁上端部的氧化硅膜 61 进行蚀刻的蚀刻速度较快,对空间 S 底部的氧化硅膜 61 进行蚀刻的蚀刻速度较慢。具体地说,优选通过预备实验、模拟实验来设定该条件。因此,线 L 的侧壁上端的突出 H 大致消失。而且,被空间 S 中的氧化硅膜 61 划分出的开口在空间 S 的底部较窄,越向上方去越宽。

[0047] 接着,通过关闭开闭阀 21a 与开闭阀 24a,停止 HF 气体及 NH_3 气体的供给,一边对处理容器 1 内进行排气,直到处理容器 1 内成为目标真空度为止,一边调整加热单元 40,从而将晶圆 W 的温度再次变更为成膜时的温度 (条件变更步骤 S4)。在温度变更且稳定之后,再次进行成膜步骤 S1。此时,在 COR 步骤 S3 中被蚀刻而开口的上方变宽的氧化硅膜 61 上进一步形成氧化硅膜,因此如图 4A 的 (b) 所示,难以形成突出的形状。

[0048] 之后,重复条件变更步骤 S2、COR 步骤 S3、条件变更步骤 S4 以及成膜步骤 S1,进一步在氧化硅膜 61 上形成氧化硅膜,并且,氧化硅膜 61 的位于线 L 的侧壁的上端部侧的部分被以较快的蚀刻速度蚀刻,因此如图 4A 的 (e) 所示,位于空间 S 的氧化硅膜 61 的截面形状呈大致 V 字状。当氧化硅进一步成膜时,V 字状变浅,空间 S 逐渐被填埋。

[0049] 这样,直到晶圆 W 上的氧化硅膜 61 成为规定的膜厚 (线 L 的上表面上的膜厚) 为止,依次重复成膜步骤 S1、条件变更步骤 S2、COR 步骤 S3 以及条件变更步骤 S4,如图 4A 的 (f) 所示,空间 S 被氧化硅膜 61 填埋。

[0050] 如上所述,采用本实施方式的成膜方法,利用作为含 Si 气体的 DCS 气体与作为含氧气体的 N_2O 气体形成氧化硅膜 61 (成膜步骤 S1)、利用 HF 气体与 NH_3 气体对氧化硅膜 61 进行蚀刻 (COR 步骤 S3) 在同一处理容器 1 内交替进行。在 COR 步骤 S3 中,例如在线 L 的侧壁的上端部侧,蚀刻速度较快,因此位于空间 S 的氧化硅膜 61 的开口具有向上端去较宽的形状。因此,空间 S 被以不会产生有空隙的方式填埋。

[0051] 假设,在不进行 COR 步骤 S3 而是仅利用 DCS 气体与 N_2O 气体进行成膜的情况下,

如图 4B 的 (a) ~ 图 4B 的 (c) 所示, 突出 H 逐渐增大, 相邻的突出 H 相接触, 如图 4B 的 (d) 所示, 在填埋空间 S 的氧化硅膜 610 中产生空隙 62。由此, 能够理解本实施方式的效果。

[0052] 第 3 实施方式

[0053] 接着, 参照图 5A, 说明本发明的第 3 实施方式的成膜方法。本实施方式的成膜方法也使用上述的成膜装置 80。另外, 在本实施方式的成膜方法中, 与第 2 实施方式的成膜方法相同, 依次重复图 3 所示的成膜步骤 S1、条件变更步骤 S2、COR 步骤 S3 以及条件变更步骤 S4。另外, 在成膜步骤 S1 中, 使用作为含 Si 气体的双叔丁基氨基硅烷 (BTBAS) 气体和作为含氧气体的氧 (O_2) 气, 利用所谓的原子层沉积 (ALD) 法行成氧化硅膜。以下, 以不同点为中心进行说明。

[0054] 首先, 与第 2 实施方式相同, 将如图 5A 的 (a) 所示那样的具有线·空间·图案的晶圆 W 收容在处理容器 1 内, 对处理容器 1 内进行排气, 直到处理容器 1 内成为目标真空度为止, 并且利用加热单元 40 将晶圆 W 加热至例如从 10°C 到 500°C 的范围内的温度。在该期间内, 在将含 Si 气体供给源 20 与处理容器 1 连接起来的含 Si 气体配管 20L 的开闭阀 20c 关闭的状态下打开开闭阀 20a, 一边利用流量控制器对来自含 Si 气体供给源 20 的 BTBAS 气体进行流量控制, 一边使该 BTBAS 气体流动, 将 BTBAS 气体储存在缓冲罐 180 内。此时, 储存在缓冲罐 180 内的 BTBAS 气体的量 (BTBAS 气体分子数) 被设定为能够利用 BTBAS 气体分子覆盖被支承于晶圆舟皿 5 的晶圆 W 表面, 具体地说, 可以根据预备实验来决定。

[0055] 接着, 在关闭开闭阀 20a 的状态下打开开闭阀 20c, 从而储存在缓冲罐 180 内的 BTBAS 气体流过含 Si 气体配管 20L 及含 Si 气体分散喷嘴 22 而向处理容器 1 内供给。由此, BTBAS 气体吸附在晶圆 W 的表面。接着, 关闭开闭阀 20c, 打开含氧气体配管 17L 的开闭阀 17a, 从而被流量控制器 17b 进行了流量控制的 O_2 气体流过含氧气体配管 17L 及含氧气体分散喷嘴 19 而向处理容器 1 内供给。此时, 从等离子体生成机构 30 的高频电源 35 向电极 33、33 供给高频电, 将 O_2 气体等离子化。由此, 向晶圆 W 供给被等离子体活化的 O_2 气体 (包括氧自由基、氧离子等)。于是, 吸附在半导体晶圆 W 上的 BTBAS 气体被氧化, 形成单分子层或者多分子层的氧化硅膜 61。以下, 多次重复 BTBAS 气体向晶圆 W 表面的吸附和利用 O_2 等离子体对吸附的 BTBAS 气体的氧化, 如图 5A 的 (b) 所示, 获得具有规定膜厚的氧化硅膜 61。采用这样的 ALD 法, 氧化硅膜 61 在作为基底的线·空间·图案的线 L 的侧面及上表面、以及空间 S 的底部上具有大致相等的膜厚, 具有反映出基底的图案的截面形状 (保形 (conformal) 形状)。

[0056] 接着, 与第 2 实施方式相同, 经由条件变更步骤 S2, 进行 COR 步骤 S3。由此, 形成在线 L 的侧壁的上端部及上表面上的氧化硅膜 61 以较快的蚀刻速度被蚀刻, 如图 5A 的 (c) 所示, 在空间 S 中, 氧化硅膜 61 形成为开口向上端去变宽的形状。另外, 优选与例如在第 2 实施方式中说明的内容相同地决定在 COR 步骤 S3 中的内容。

[0057] 接着, 通过从条件变更步骤 S4 开始, 重复条件变更步骤 S4、成膜步骤 S1、条件变更步骤 S2、..., 如图 5A 的 (d) 及图 5A 的 (e) 所示, 氧化硅膜 61 逐渐增厚。然后, 如图 5A 的 (f) 所示, 利用氧化硅膜 61 将空间 S 以不会产生空隙的方式填埋。

[0058] 假设, 不进行 COR 步骤 S3 而是使用 BTBAS 气体和 O_2 等离子体进行氧化硅膜的 ALD, 则如图 5B 的 (b) 及图 5B 的 (c) 所示, 氧化硅膜 610 维持保形形状并且逐渐增厚。在该情况下, 在空间 S 中, 从两侧的线 L 的侧壁起, 与该侧壁大致平行的 (沿与侧壁垂直方向延伸

的)氧化硅膜 61 的表面相互靠近,该侧壁间的空隙慢慢地变窄。特别是在氧化硅膜 61 从两侧即将接触之前,产生极其狭窄的空隙,副产物(例如 BTBAS 气体(分子)中的有机物等)难以向外部排气。因此,有可能副产物被封入氧化硅膜 61 中。如此一来,在相互接触的界面 63(seam:接缝)处,杂质浓度有可能变高。另外,还有可能在接缝 63 处未形成有氧原子与硅原子之间的连接键(日文:結合手),含有许多缺陷。即,在这样的接缝 63 处,氧化硅膜 61 的膜质有可能较差。在这样的情况下,在后续的蚀刻工序中,有可能会产生接缝 63 被过度蚀刻的问题。

[0059] 但是,采用本实施方式的成膜方法,在 COR 步骤 S3 中,通过使用 HF 气体和 NH_3 气体的蚀刻,如图 5A 的 (c) 及图 5A 的 (e) 所示,位于空间 S 的氧化硅膜 61 的开口向上端去而变宽,呈具有大致 V 字状的形状。当对具有这样的形状的氧化硅膜 61 交替进行成膜步骤 S1 和 COR 步骤 S3 时,空间 S 的 V 字状变浅。即,与具有大致平行于线 L 的侧壁的表面氧化硅膜相互靠近的情况不同,不会形成接缝。即,采用本实施方式,基本不会发生杂质局部地积存,或者缺陷密度局部变高的情况,能够获得高品质的氧化硅膜 61。

[0060] 以上,参照几个实施方式及实施例对本发明进行了说明,但是本发明并不限定于上述的实施方式及实施例,参照权利要求书,能够进行各种变形或者变更。

[0061] 例如,例示了使用 DCS 气体与 N_2O 气体的 HTO 和使用 BTBAS 气体与 O_2 等离子体进行的 ALD-oxide,但是在成膜步骤 S1 中能够利用的成膜法并不局限于此。例如,也可以利用使用硅烷气体与 N_2O 气体的成膜法,也可以利用使用正硅酸乙酯 (TEOS) 与臭氧 (O_3) 的氧化硅膜的成膜法。在该情况下,例如通过在成膜装置 80 的含氧气体配管 17L 上设置臭氧发生器,能够供给 O_3 气体。

[0062] 另外,可以根据成膜法适当选择含 Si 气体及含氧气体。例如作为 ALD 法中的含氧气体,除 O_2 气体外,也可以使用 NO 气体、 N_2O 气体、 H_2O 气体、 O_3 气体。另外,在作为含 Si 气体使用上述的 DIPAS 且作为含氧气体使用 O_2 等离子体的情况下,例如在从室温(大致 25°C) 到大致 100°C 的温度下,能够沉积氧化硅膜。此外,作为含 Si 气体使用上述的 DIPAS 且作为含氧气体使用 O_3 气体的情况的氧化硅膜的成膜温度是例如从大致 200°C 到大致 500°C 。

[0063] 另外,在上述的实施方式中,在 COR 步骤 S3 中使用了 HF 气体和 NH_3 气体,但是在其他实施方式中,也可以使用 NF_3 气体和 NH_3 气体。但是,在使用这些气体的情况下,需要将晶圆 W 的温度设为大致 600°C 。另一方面,由于在使用 DCS 气体和 N_2O 气体的 HTO 中,能够将成膜温度设为大致从 700°C 到 850°C ,因此若在成膜步骤 S1 中使用 DCS 气体和 N_2O 气体,则能够减小在条件变更步骤 S2 及 S4 中应变更的温度差。因此,能够缩短条件变更步骤 S2 及 S4 所需的时间,有助于提高生产率。

[0064] 相反,在 COR 步骤 S3 中使用 HF 气体和 NH_3 气体的情况下,由于晶圆 W 的温度是从大致 25°C 到大致 300°C ,因此优选在成膜步骤 S1 中使用能够实现接近该 COR 的温度的成膜温度的 BTBAS 气体和 O_2 等离子体、或者 DIPAS 和 O_2 等离子体。另外,在 COR 步骤 S3 中使用 HF 气体和 NH_3 气体的情况下,优选将 COR 步骤 S3 的 COR 温度与成膜步骤 S1 (ALD 步骤) 的成膜温度设定为在 COR 步骤 S3 之后的条件变更步骤 S4 中使温度变更(升温)的过程中氟硅酸铵会升华。即,优选将 COR 温度设定为低于氟硅酸铵的升华温度(大约 130°C) 的温度,将成膜温度设定为高于氟硅酸铵的升华温度的温度。

[0065] 另外,虽然对将氧化硅膜形成于线·空间·图案以不会产生空隙的方式填埋空间

的情况进行了说明,但是本发明也能够应用于利用氧化硅膜填埋被形成在晶圆 W 上的孔的情况。

[0066] 本申请以 2011 年 3 月 18 日向日本专利局提出申请的日本特许出愿 2011-061216 号为基础主张优先权,在此引用其全部内容。

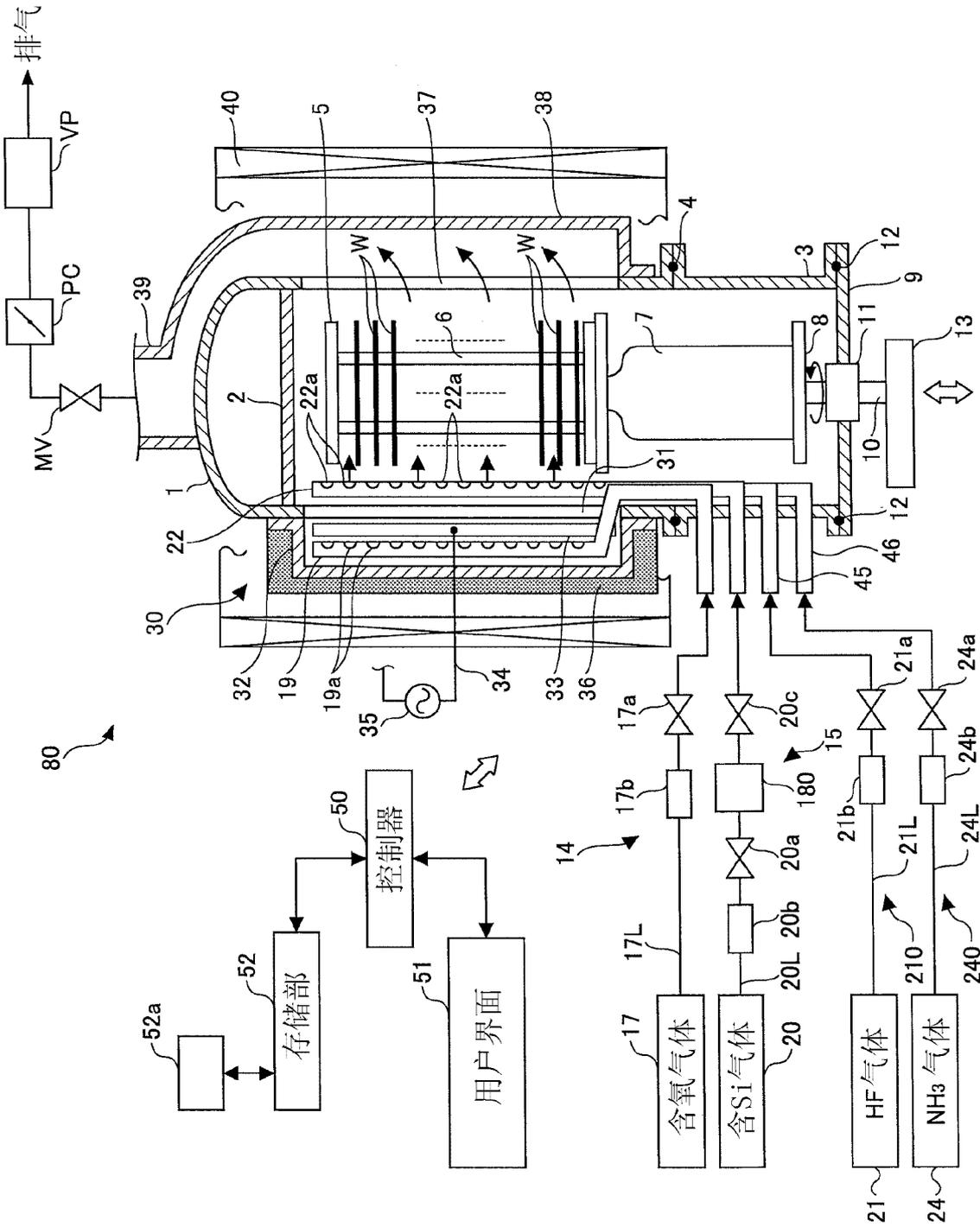


图 1

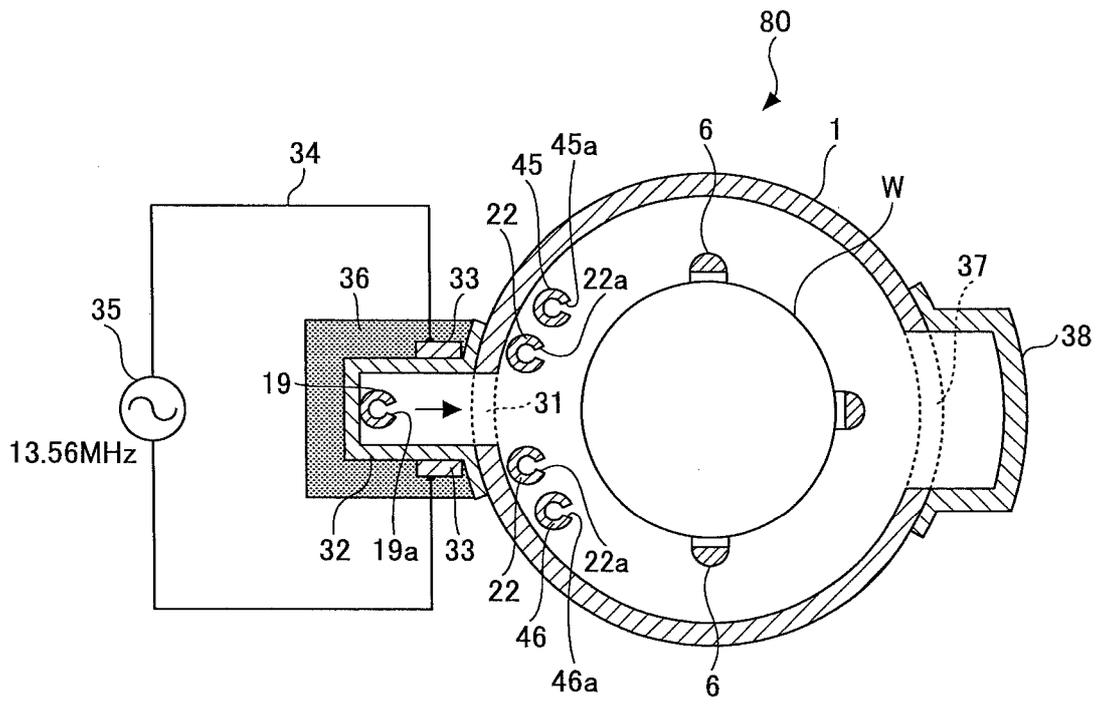


图 2

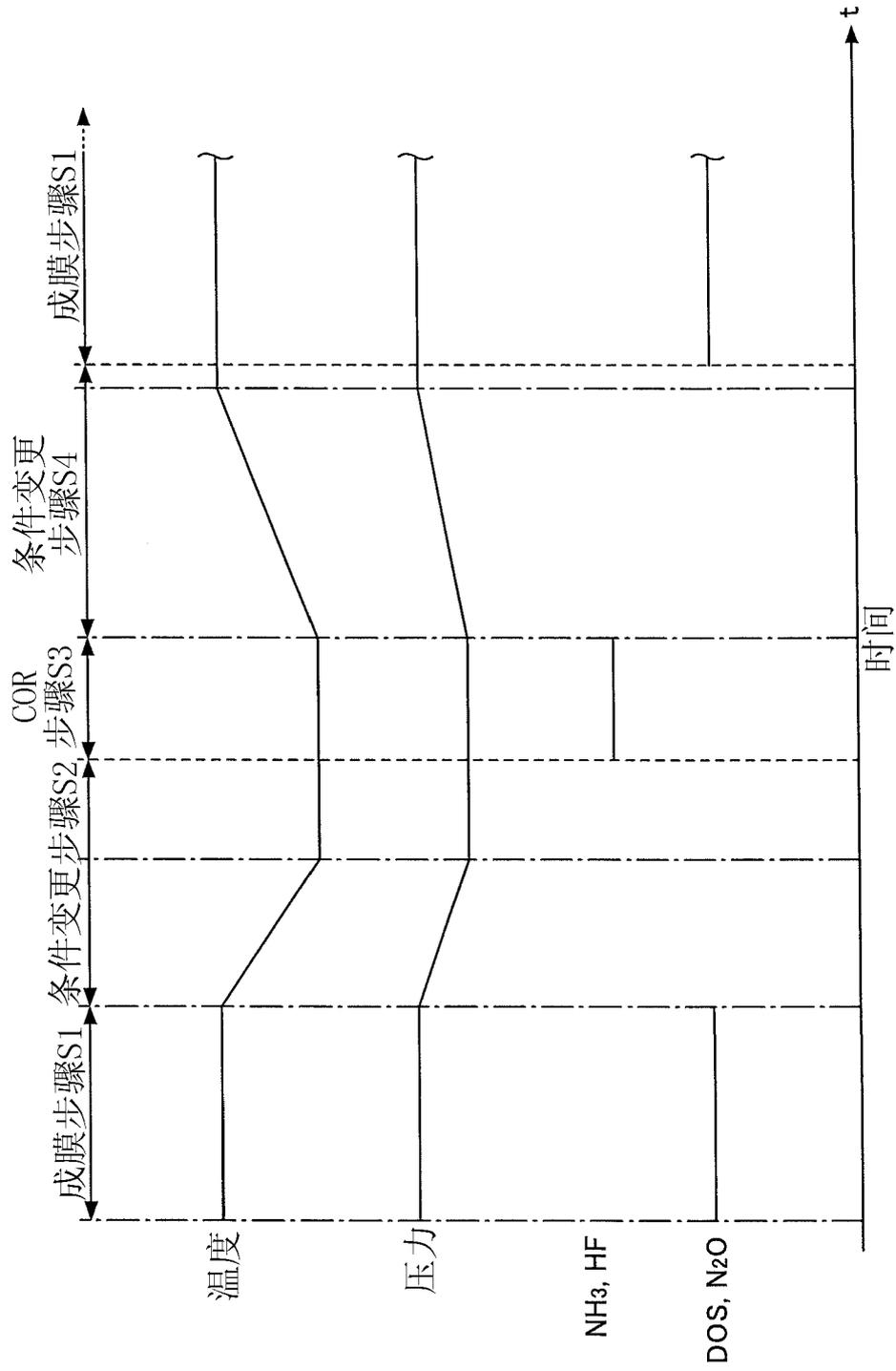


图 3

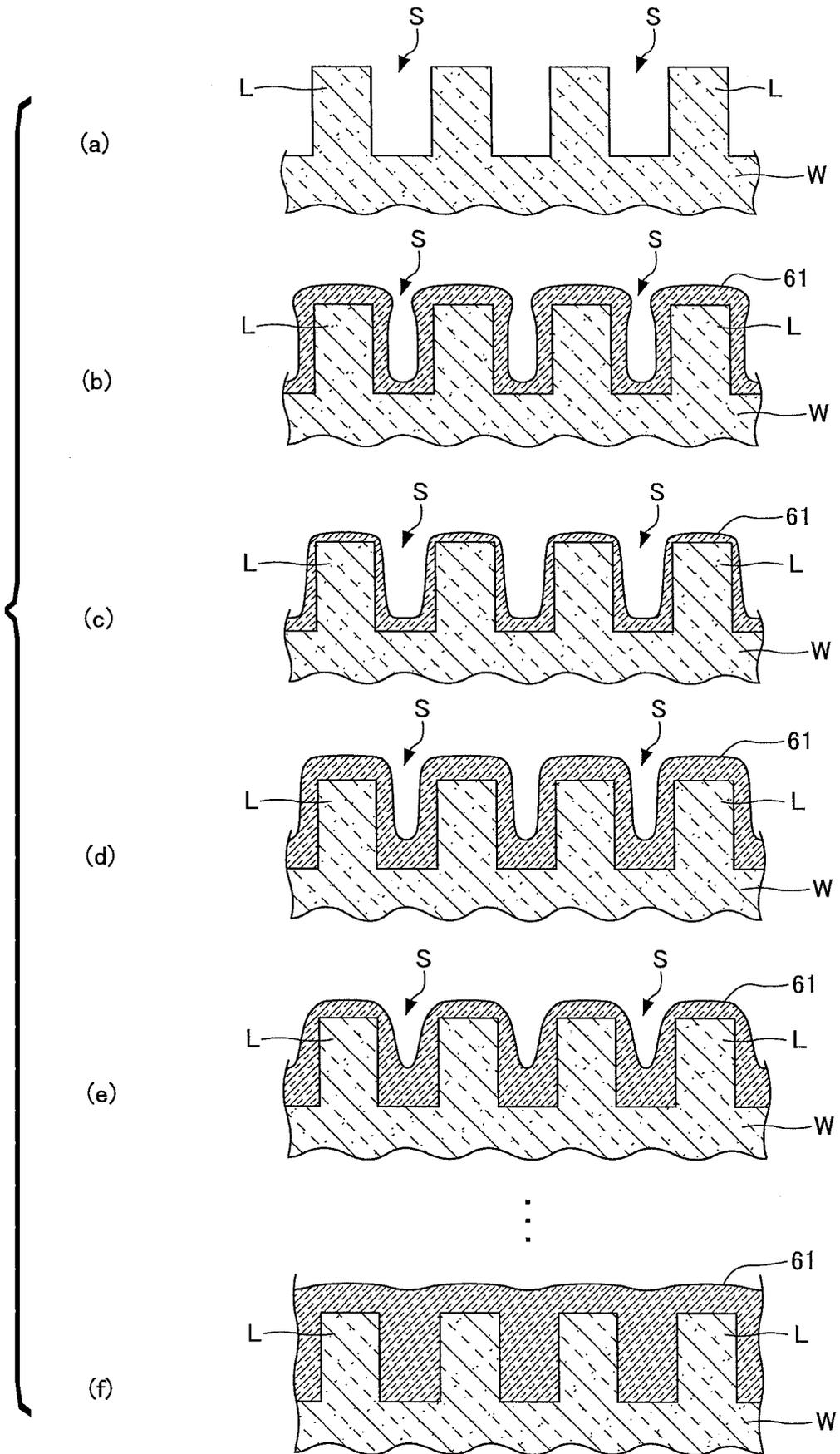


图 4A

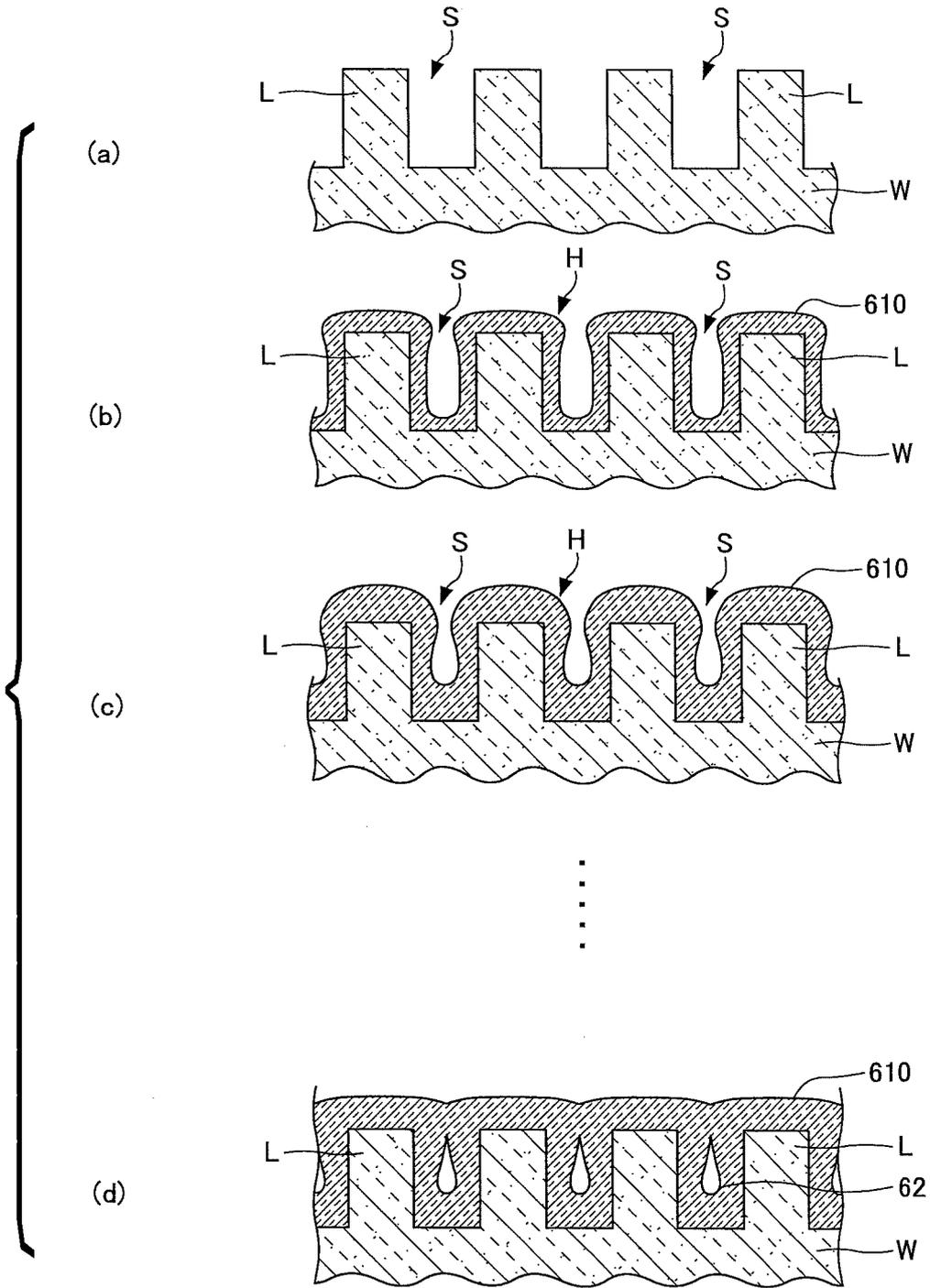


图 4B

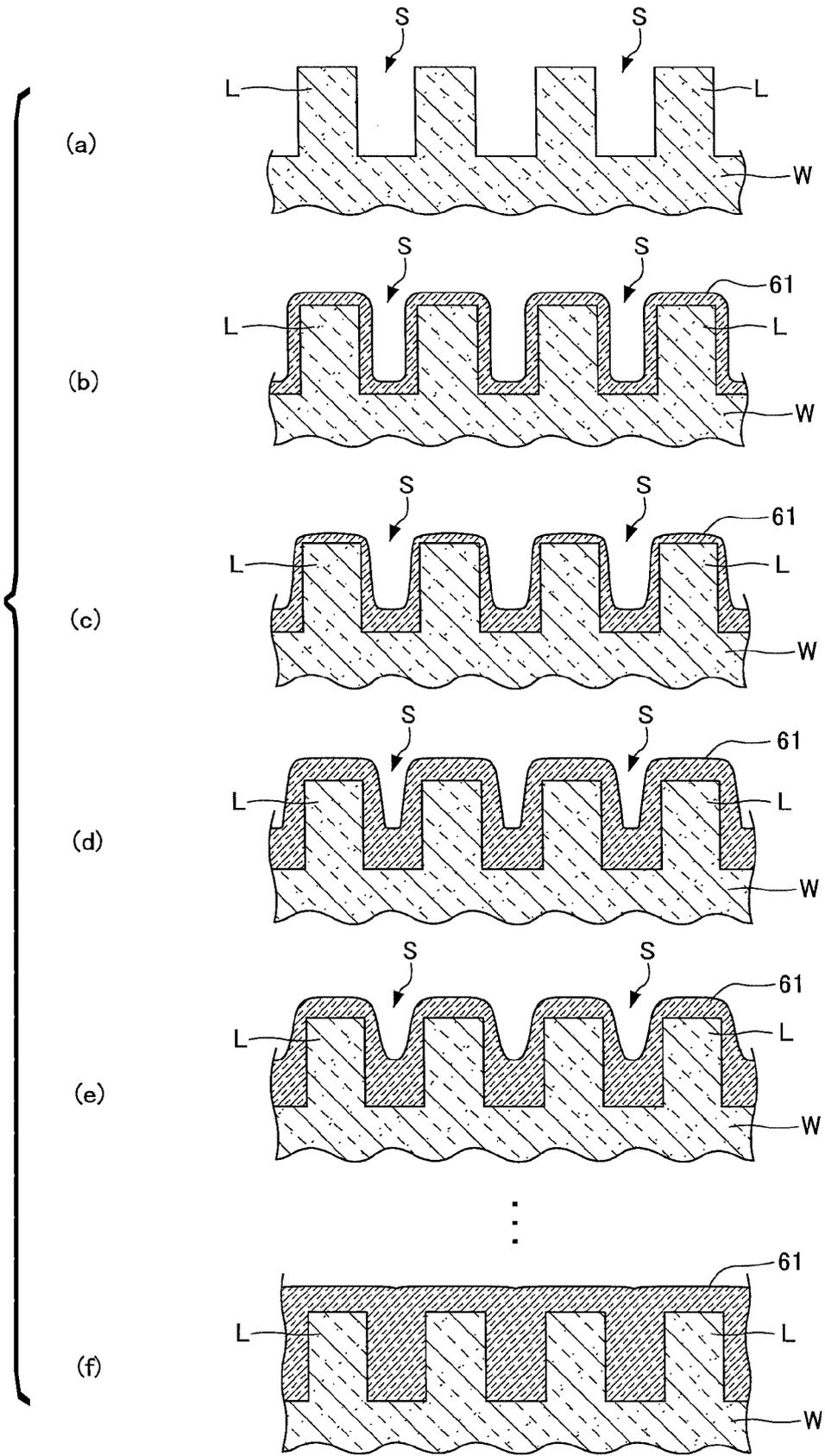


图 5A

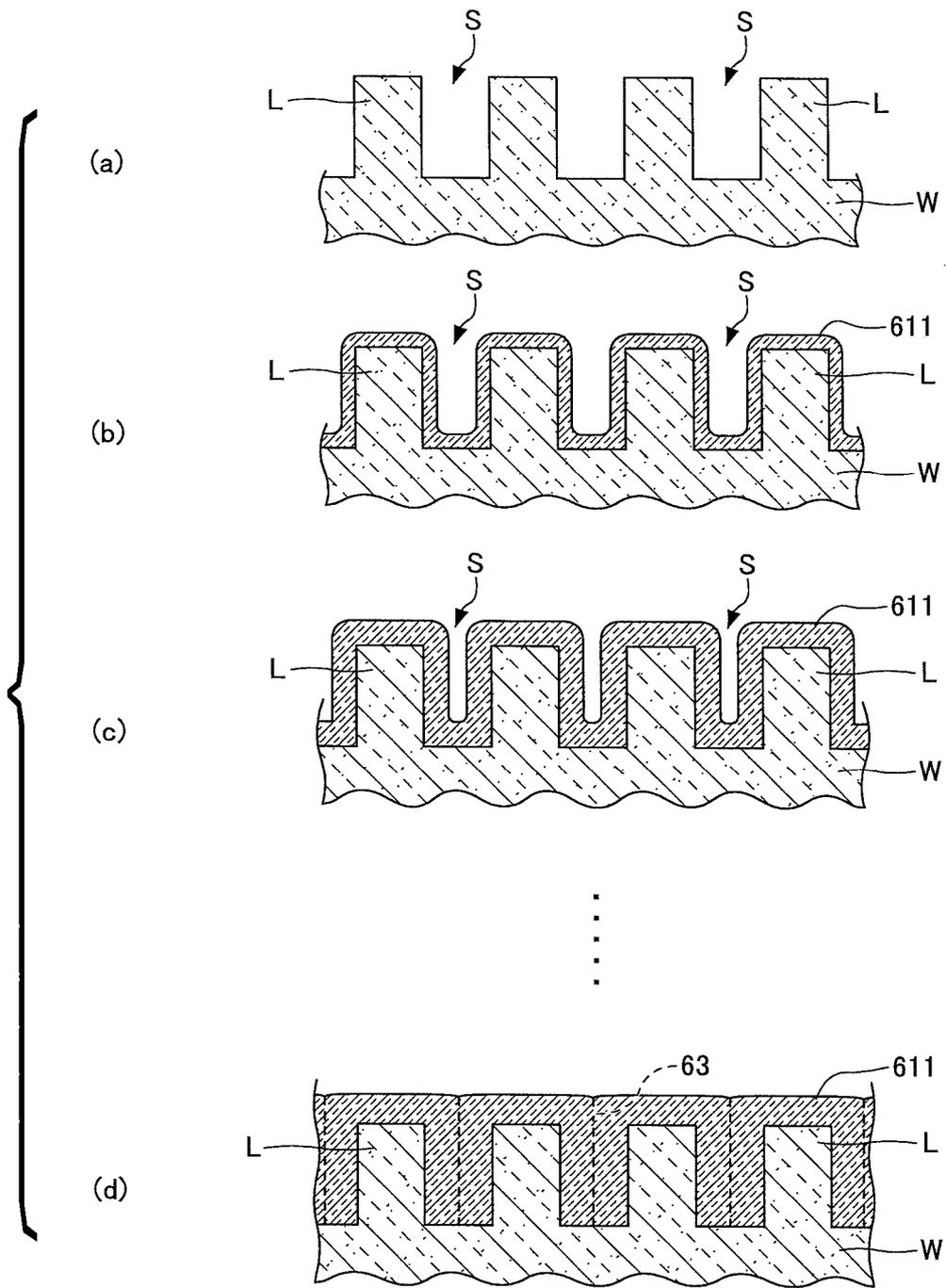


图 5B