



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104576453 A

(43) 申请公布日 2015.04.29

(21) 申请号 201410575684.8

(22) 申请日 2014.10.24

(30) 优先权数据

2013-221468 2013.10.24 JP

2014-164369 2014.08.12 JP

(71) 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 西野雅舟久保隆男 狐塚慎一

新妻良祐 伊藤务

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限

公司 11322

代理人 龙淳

(51) Int. Cl.

H01L 21/67(2006.01)

H01J 37/32(2006.01)

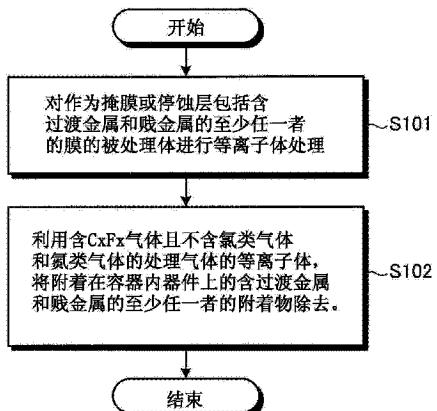
权利要求书2页 说明书19页 附图11页

(54) 发明名称

等离子体处理方法和等离子体处理装置

(57) 摘要

本发明提供一种等离子体处理方法和等离子体处理装置，其有效地除去含金属的附着物。该等离子体处理方法，利用含 C_xF_y 气体（其中，x 为 2 以下的整数，y 为 6 以下的整数）且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体，除去附着在配置于处理容器的内部的部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物。



1. 一种等离子体处理方法,其特征在于 :

利用含 CxFy 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体,除去附着在配置于处理容器的内部的部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物,其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数。

2. 如权利要求 1 所述的等离子体处理方法,其特征在于 :

所述含 CxFy 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体为 CF₄ 气体、CF₄/CO 气体、CF₄/CO₂ 气体、CF₄/Ar 气体、CF₄/CO/Ar 气体、CF₄/CO₂/Ar 气体、C₂F₆ 气体、C₂F₆/CO 气体、C₂F₆/CO₂ 气体、C₂F₆/Ar 气体、C₂F₆/CO/Ar 气体和 C₂F₆/CO₂/Ar 气体中的至少任一者。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的等离子体处理方法,其特征在于 :

所述过渡金属为 Ti、Hf 和 Ta 中的至少任一者。

4. 如权利要求 1 ~ 3 中任一项所述的等离子体处理方法,其特征在于 :

所述贱金属为 Al。

5. 如权利要求 1 ~ 4 中任一项所述的等离子体处理方法,其特征在于 :

所述等离子体处理方法中,通过对在所述处理容器的内部彼此相对的 2 个电极分别施加高频电力,生成所述含 CxFy 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体,利用所生成的等离子体除去所述附着物。

6. 如权利要求 1 ~ 5 中任一项所述的等离子体处理方法,其特征在于 :

所述等离子体处理方法中,通过一边对所述部件施加负的直流电压,一边利用所述含 CxFy 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体,除去所述附着物。

7. 一种等离子体处理方法,其特征在于 :

一边对配置在处理容器的内部的部件施加负的直流电压,一边利用含 CHzFw 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体,除去附着在所述部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物,其中,z 为 3 以下的整数,w 为 3 以下的整数。

8. 如权利要求 7 所述的等离子体处理方法,其特征在于 :

所述含 CHzFw 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体为 CHF₃ 气体、CHF₃/Ar/O₂ 气体、CH₂F₂ 气体、CH₂F₂/Ar/O₂ 气体、CH₃F 气体和 CH₃F/Ar/O₂ 气体中的至少任一者。

9. 如权利要求 6 ~ 8 中任一项所述的等离子体处理方法,其特征在于 :

所述负的直流电压为 -100V 以下。

10. 一种等离子体处理装置,其特征在于,包括 :

用于对被处理体进行等离子体处理的处理容器;

用于对所述处理容器的内部进行减压的排气部;

用于对所述处理容器的内部供给处理气体的气体供给部;和

控制部,其利用含 CxFy 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体,除去附着在配置于所述处理容器的内部的部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物,其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数。

11. 一种等离子体处理装置,其特征在于,包括 :

用于对被处理体进行等离子体处理的处理容器;

用于对所述处理容器的内部进行减压的排气部;

用于对所述处理容器的内部供给处理气体的气体供给部;和

控制部，其一边对配置在所述处理容器的内部的部件施加负的直流电压，一边利用含 CH_zF_w 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体，除去附着在所述部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物，其中， z 为 3 以下的整数， w 为 3 以下的整数。

等离子体处理方法和等离子体处理装置

技术领域

[0001] 本发明的各个方面和实施方式涉及等离子体处理方法和等离子体处理装置。

背景技术

[0002] 在半导体的制造工艺中,广泛使用执行以薄膜的沉积或蚀刻等为目的的等离子体处理的等离子体处理装置。作为等离子体处理装置,能够列举例如进行薄膜的沉积处理的等离子体 CVD(Chemical Vapor Deposition :化学气相沉积) 装置、进行蚀刻处理的等离子体蚀刻装置等。

[0003] 等离子体处理装置例如包括:用于对被处理体进行等离子体处理的处理容器、在处理容器内设置被处理体的样品台、和用于将等离子体反应所需要的处理气体导入处理室内的气体供给系统等。另外,等离子体处理装置包括:为了将处理室内的处理气体等离子体化而供给微波、RF 波等的电磁能的等离子体生成机构;和用于将偏置电压施加到样品台、使等离子体中的离子朝向设置在样品台上的被处理基板加速的偏置电压施加机构等。

[0004] 但是,在等离子体处理装置中,通过被处理体被等离子体处理而使各种附着物(反应生成物、反应副生成物等)附着在配置在处理容器的内部的部件(以下适当称为“容器内部件”),因此,在对下一个基板进行处理时该附着物被蚀刻而飞散变成污染。另外,当处理基板时,附着物沉积在处理容器内,剥离而成为颗粒的原因。所以,要求除去附着物。在这个方面,例如在专利文献 1 中公开有,通过对含过渡金属等的金属膜的被处理体进行等离子体处理,利用氯类气体、氮类气体的等离子体除去附着在容器内部件的、含金属的附着物。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献 1 :日本特开 2006 — 179834 号公报

[0008] 专利文献 2 :日本特开 2006 — 165246 号公报

发明内容

[0009] 发明想要解决的技术问题

[0010] 然而,在使用氯类气体、氮类气体的现有的处理技术中,在附着物中含对氯类气体、氮类气体的等离子体具有耐性的金属的情况下,有时不能有效地除去含金属的附着物。

[0011] 用于解决问题的技术方案

[0012] 本发明的一个方面的等离子体处理方法,利用含 C_xF_y 气体(其中, x 为 2 以下的整数, y 为 6 以下的整数)且不含氯类气体(日文:塩素系ガス)(含氯的气体)和氮类气体(日文:窒素系ガス)(含氮的气体)的处理气体的等离子体,除去在配置于处理容器的内部的部件上附着的、含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物。

[0013] 发明效果

[0014] 根据本发明的各个方面和实施方式,能够实现能够有效地除去含金属的附着物的

等离子体处理方法和等离子体处理装置。

附图说明

[0015] 图 1 是简化示意地表示第 1 实施方式的等离子体处理方法中应用的等离子体处理装置的截面图。

[0016] 图 2 是表示第 1 实施方式的等离子体处理方法中应用的等离子体处理装置的概略截面图。

[0017] 图 3 是表示第 1 实施方式中的等离子体处理装置的等离子体处理方法的流程的一例的流程图。

[0018] 图 4A 是简化示意地表示下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置的截面图。

[0019] 图 4B 是简化示意地表示对上部电极施加负的直流电压的下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置的截面图。

[0020] 图 5 是简化示意地表示下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置的截面图。

[0021] 图 6 是表示实施例 1 ~ 6 和比较例 1 ~ 12 的处理结果的图。

[0022] 图 7 是表示实施例 1 ~ 6 和比较例 1 ~ 12 的处理结果的图。

[0023] 图 8 是表示实施例 7 ~ 16 和比较例 13、14 的处理结果的图。

[0024] 图 9 是表示实施例 17、18 的处理结果的图。

[0025] 图 10 是表示实施例 19 ~ 33 的处理结果的图。

[0026] 图 11 是表示实施例 34、35 和比较例 15 的处理结果的图。

[0027] 图 12 是表示实施例 36 ~ 45 和比较例 16、17 的处理结果的图。

[0028] 附图标记说明

[0029] 10 腔室

[0030] 16 基座 (susceptor)

[0031] 32 气体供给管路

[0032] 34 上部电极

[0033] 36 电极板

[0034] 50 可变直流电源

[0035] 51 控制器

[0036] 66 处理气体供给源

[0037] 84 排气装置

[0038] 87 匹配器

[0039] 88 匹配器

[0040] 89 高频电源

[0041] 90 高频电源

[0042] 95 控制部

[0043] 96 用户接口

[0044] 97 存储部

具体实施方式

[0045] 以下，参照附图详细说明公开的等离子体处理方法和等离子体处理装置。此外，在各附图中对相同或相应的部分标注相同的附图标记。

[0046] 本发明的等离子体处理方法，在一个实施方式中，利用含 C_xF_y 气体（其中， x 为 2 以下的整数， y 为 6 以下的整数）且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体，将附着在配置于处理容器的内部的部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物蚀刻而除去。

[0047] 另外，本发明的等离子体处理方法，在一个实施方式中，含 C_xF_y 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体为 CF_4 气体、 CF_4/CO 气体、 CF_4/CO_2 气体、 CF_4/Ar 气体、 $CF_4/CO/Ar$ 气体、 $CF_4/CO_2/Ar$ 气体、 C_2F_6 气体、 C_2F_6/CO 气体、 C_2F_6/CO_2 气体、 C_2F_6/Ar 气体、 $C_2F_6/CO/Ar$ 气体和 $C_2F_6/CO_2/Ar$ 气体中的至少任一者。

[0048] 另外，本发明的等离子体处理方法，在一个实施方式中，上述过渡金属为 Ti、Hf 和 Ta 中的至少任一者。

[0049] 另外，本发明的等离子体处理方法，在一个实施方式中，贱金属为 Al。

[0050] 另外，本发明的等离子体处理方法，在一个实施方式中，通过对在处理容器的内部彼此相对的 2 个电极分别施加高频电力，生成上述含 C_xF_y 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体，利用所生成的等离子体将上述附着物蚀刻而除去。

[0051] 另外，本发明的等离子体处理方法，在一个实施方式中，一边对部件施加负的直流电压一边利用上述含 C_xF_y 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体将上述附着物蚀刻而除去。

[0052] 另外，本发明的等离子体处理方法，在一个实施方式中，一边对配置在处理容器的内部的部件施加负的直流电压，一边利用含 CH_zF_w 气体（其中， z 为 3 以下的整数， w 为 3 以下的整数）且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体，将附着在部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物蚀刻而除去。

[0053] 另外，本发明的等离子体处理方法，在一个实施方式中，含 CH_zF_w 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体为 CHF_3 气体、 $CHF_3/Ar/O_2$ 气体、 CH_2F_2 气体、 $CH_2F_2/Ar/O_2$ 气体、 CH_3F 气体、 $CH_3F/Ar/O_2$ 气体中的至少任一者。

[0054] 本发明的等离子体处理装置，在一个实施方式中，包括：用于对被处理体进行等离子体处理的处理容器；用于对处理容器的内部进行减压的排气部；和用于对处理容器的内部供给处理气体的气体供给部；和控制部，其利用含 C_xF_y 气体（其中， x 为 2 以下的整数， y 为 6 以下的整数）且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体将附着在配置于处理容器的内部的部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物蚀刻而除去。

[0055] 另外，本发明的等离子体处理装置，在一个实施方式中，包括：用于对被处理体进行等离子体处理的处理容器；用于对处理容器的内部进行减压的排气部；用于对处理容器的内部供给处理气体的气体供给部；和控制部，其对配置在处理容器的内部的部件施加负的直流电压，并利用含 CH_zF_w 气体（其中， z 为 3 以下的整数， w 为 3 以下的整数）且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体，将附着在上述部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物蚀刻而除去。

[0056] （第 1 实施方式中的等离子体处理装置）

[0057] 图 1 是示意地表示第 1 实施方式的等离子体处理方法中应用的等离子体处理装置

的截面图。如图 1 所示,等离子体处理装置是从第 1 高频电源 89 对上部电极 34 施加等离子体生成用的例如 40MHz 的高频 (RF) 电力并且从第 2 高频电源 90 对下部电极 16 施加离子引入用的例如 2MHz 的高频 (RF) 电力的上下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置,其中如图所示使上部电极 34 与可变直流电源 50 连接而施加规定的直流 (DC) 电压。

[0058] 图 2 是表示第 1 实施方式的等离子体处理方法中应用的等离子体处理装置的概略截面图。等离子体处理装置构成为电容耦合型平行平板等离子体处理装置,例如具有表面由经阳极氧化处理后的铝形成的大致圆筒状的腔室 (处理容器) 10。腔室 10 接地。

[0059] 在腔室 10 的底部隔着由陶瓷等形成的绝缘板 12 配置有圆柱状的基座支承台 14。在基座支承台 14 之上设置有例如由铝形成的下部电极 16。下部电极 16 构成下部电极,在下部电极 16 之上载置作为被处理体的半导体晶片 W。

[0060] 在下部电极 16 的上表面设置有利用静电力将半导体晶片 W 吸附保持的静电吸盘 18。静电吸盘 18 具有利用一对绝缘层或绝缘片夹持由导电膜形成的电极 20 的结构,电极 20 与直流电源 22 电连接。绝缘层或绝缘片例如由 Al_2O_3 、 Y_2O_3 等电介质形成。静电吸盘 18 中,利用因来自直流电源 22 的直流电压而产生的库伦力等静电力来吸附保持半导体晶片 W。

[0061] 在静电吸盘 18(半导体晶片 W) 的周围且下部电极 16 的上表面,配置有使蚀刻的均匀性提高的导电性的聚焦环 (focus ring)(校正环) 24。聚焦环 (校正环) 24 例如由硅形成。在下部电极 16 和基座支承台 14 的侧面设置有例如由石英形成的圆筒状的内壁部件 26。

[0062] 在基座支承台 14 的内部,例如在圆周上设置有制冷剂室 28。由设置在外部的未图示的制冷单元 (chiller unit) 经由配管 30a、30b 对制冷剂室 28 循环供给规定温度的制冷剂。下部电极 16 上的半导体晶片 W 的处理温度利用制冷剂控制在例如 -20°C 至 200°C。

[0063] 另外,来自未图示的传热气体供给机构的传热气体例如 He 气体经由气体供给管路 32 供给至静电吸盘 18 的上表面与半导体晶片 W 的背面之间。

[0064] 在下部电极 16 的上方,以与下部电极 16 相对的方式平行地设置有上部电极 34。上部和下部电极 34、16 间的空间成为等离子体生成空间。上部电极 34 形成与下部电极 16 上的半导体晶片 W 相对且与等离子体生成空间邻接的面、即相对面。

[0065] 上部电极 34 经由绝缘性遮蔽部件 42 支承在腔室 10 的上部。上部电极 34 包括:构成与下部电极 16 的相对面且具有多个气体排出孔 37 的电极板 36;和可装卸地支承电极板 36 且由导电性材料形成的水冷结构的电极支承体 38。形成电极支承体 38 的导电性材料例如为表面经阳极氧化处理后的铝。电极板 36 由含硅物质形成,例如由硅形成。在电极支承体 38 的内部设置有气体扩散室 40。从气体扩散室 40 起,与气体排出孔 37 连通的多个气体通流孔 41 向下方延伸。

[0066] 在电极支承体 38,形成有向气体扩散室 40 导入处理气体的气体导入口 62。气体导入口 62 与气体供给管 64 连接,气体供给管 64 与处理气体供给源 66 连接。气体供给管 64 从上游侧依次设置有质量流量控制器 (MFC:mass flow controller) 68 和开闭阀 70。从处理气体供给源 66 起,作为用于蚀刻的处理气体,例如含如 CF_4 气体那样的碳氟化合物 (fluoro carbon) 气体 (CxFy) 或如 CHF_3 气体那样的 CHzFw 气体的气体从气体供给管 64 到达气体扩散室 40,经由气体通流孔 41 和气体排出孔 37 喷淋 (shower) 状地排出到等离子体

生成空间。即，上部电极 34 作为用于供给处理气体的喷淋头 (shower head) 发挥作用。

[0067] 此外，如后文所述，从处理气体供给源 66 供给在对半导体晶片 W 进行等离子体处理时使用的处理气体、将配置在腔室 10 的内部的部件上附着的附着物除去时使用的处理气体等。由处理气体供给源 66 供给的处理气体的细节如后文所述。

[0068] 上部电极 34 经由低通滤波器 (LPF : low pass filter) 46a 与可变直流电源 50 电连接。可变直流电源 50 可以为双极电源。可变直流电源 50 能够利用通断开关 (on off switch) 52 进行供电的通断。可变直流电源 50 的极性和电流・电压以及通断开关 52 的通断由控制器 (控制装置) 51 控制。

[0069] 低通滤波器 (LPF) 46a 用于捕捉 (trap) 来自后述的第 1 和第 2 高频电源的高频，优选由 LR 滤波器或 LC 滤波器构成。

[0070] 以从腔室 10 的侧壁延伸至比上部电极 34 的高度位置靠上方的位置的方式设置有圆筒状的盖 (接地导体) 10a。盖 10a 具有屏蔽功能，以免高频泄漏。

[0071] 上部电极 34 经由匹配器 87 与第 1 高频电源 89 电连接。另外，下部电极 16 经由匹配器 88 与第 2 高频电源 90 电连接。第 1 高频电源 89 输出 27MHz 以上的频率、例如 40MHz 的高频电力。第 2 高频电源 90 输出 13.56MHz 以下的频率、例如 2MHz 的高频电力。第 1 高频电源 89 用于生成等离子体，第 2 高频电源 90 用于对被处理体施加偏置 (bias)。

[0072] 匹配器 87、88 分别用于使负载阻抗与第 1 和第 2 高频电源 89、90 的内部 (或输出) 阻抗匹配，以在腔室 10 内生成等离子体时第 1 和第 2 高频电源 89、90 的内部阻抗和负载阻抗在表现上一致的方式发挥作用。

[0073] 在腔室 10 的底部设置有排气口 80，排气口 80 经由排气管 82 与排气装置 84 连接。排气装置 84 具有涡轮分子泵等真空泵，能够将腔室 10 内减压至所期望的真空度。另外，在腔室 10 的侧壁设置有半导体晶片 W 的搬入搬出口 85。搬入搬出口 85 能够通过闸阀 (gate valve) 86 开闭。另外，沿着腔室 10 的内壁可装卸地设置有用于防止蚀刻副产物 (沉积物) 附着在腔室 10 上的沉积物遮挡件 (deposition shield) 11。即，沉积物遮挡件 11 构成腔室壁。另外，沉积物遮挡件 11 也设置在内壁部件 26 的外周。在腔室 10 的底部的腔室壁侧的沉积物遮挡件 11 与内壁部件 26 侧的沉积物遮挡件 11 之间设置有排气板 83。作为沉积物遮挡件 11 和排气板 83 能够优选使用在铝材上包覆 Y_2O_3 等陶瓷的材料。

[0074] 在沉积物遮挡件 11 的构成腔室 10 的内壁的部分的与半导体晶片 W 大致相同高度的部分，设置有与地 (ground) DC 连接的导电性部件 (GND 块) 91，由此，发挥后述的异常放电防止效果。另外，导电性部件 91 可以在下部电极下方的排气通路内环状地配置在下部电极。

[0075] 等离子体处理装置的各构成部采用与控制部 (整体控制装置) 95 连接而被控制的结构。另外，在控制部 95，连接有由工序管理者为了管理等离子体处理装置而进行指令的输入操作等的键盘、将等离子体处理装置的运转状况可视化显示的显示器等构成的用户接口 96。

[0076] 控制部 95 与存储部 97 连接，该存储部 97 存储有用于在控制部 95 的控制下实现等离子体处理装置中执行的各种处理的控制程序、根据处理条件使等离子体处理装置的各构成部执行处理的程序即方案 (recipe)。方案可以存储在硬盘或半导体存储器，也可以收纳在 CDROM、DVD 等的可移动的能够由计算机读取的存储介质的状态设置在存储部 97

的规定位置。

[0077] 在等离子体处理装置中,根据需要,按照来自用户接口 96 的指示等从存储部 97 调用任意的方案 (recipe) 使控制部 95 执行,由此在控制部 95 的控制下,进行等离子体处理装置中的所期望的处理。

[0078] 例如,控制部 95 控制等离子体处理装置的各部,使得进行后述等离子体处理方法。当列举详细的一个例子时,控制部 95 利用含 CxFy 气体 (其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数) 或 CHzFw 气体 (其中,z 为 3 以下的整数,w 为 3 以下的整数) 且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体,将附着在配置于腔室 10 的内部的部件上的含过渡金属和贱金属中的至少任一者的附着物蚀刻而除去。在此,配置在腔室 10 的内部的部件例如包括腔室 10 的内壁、配置在腔室 10 的内部的下部电极 16、和在腔室 10 的内部与下部电极 16 相对的上部电极 34。以下,有时将配置在腔室 10 的内部的部件称为“腔室内部件”。另外,被处理体例如为半导体晶片 W。

[0079] 在如上所述那样构成的等离子体处理装置中,在对被处理体进行蚀刻处理时,首先,使闸阀 86 成为打开状态,经由搬入搬出口 85 将作为蚀刻对象的半导体晶片 W 搬入腔室 10 内,载置在下部电极 16 上。而且,从处理气体供给源 66 以规定的流量将用于蚀刻的处理气体供给到气体扩散室 40,经由气体通流孔 41 和气体排出孔 37 供给到腔室 10 内,并且利用排气装置 84 将腔室 10 内排气,使其中的压力为例如 0.1 ~ 150Pa 的范围内的设定值。

[0080] 在如上所述那样向腔室 10 内导入了蚀刻气体的状态下,从第 1 高频电源 89 对上部电极 34 以规定的功率施加等离子体生成用的高频电力,并且从第 2 高频电源 90 对下部电极 16 以规定的功率施加离子引入用的高频电力。而且,根据需要,从可变直流电源 50 对上部电极 34 施加规定的直流电压。并且,从用于静电吸盘 18 的直流电源 22 对静电吸盘 18 的电极 20 施加直流电压,利用静电力将半导体晶片 W 固定在下部电极 16。

[0081] 从形成在上部电极 34 的电极板 36 的气体排出孔 37 排出的处理气体在因高频电力产生的上部电极 34 与下部电极 16 间等离子体化,并利用因等离子体生成的自由基和离子将半导体晶片 W 的被处理面蚀刻。

[0082] 在等离子体处理装置中,从第 1 高频电源 89 对上部电极 34 供给较高频率波段 (例如,10MHz 以上) 的高频电力,所以能够使等离子体以理想的状态高密度化,即使在更加低压的条件下也能够形成高密度等离子体。

[0083] (第 1 实施方式中的等离子体处理方法)

[0084] 图 3 是表示第 1 实施方式中的等离子体处理装置的等离子体处理方法的流程的一例的流程图。如以下详细进行说明的那样,等离子体处理装置对作为蚀刻掩膜或停蚀层 (stop layer) 包括含过渡金属和贱金属中的至少任一者的膜的被处理体执行一系列的处理。

[0085] 此外,在此,过渡金属例如为 Ti、Hf 和 Ta 中的至少任一者。另外,贱金属例如为 Al。

[0086] 如图 3 所示,等离子体处理装置进行利用第 1 处理气体的等离子体对被处理体进行等离子体处理的等离子体处理工序 (步骤 S101)。第 1 处理气体例如为 N₂/O₂ 气体。

[0087] 列举更详细的一例进行说明。等离子体处理装置的控制部 95 从搬入搬出口 85 和闸阀 86 向腔室 10 的内部搬入被处理体,将所搬入的被处理体载置在静电吸盘 18 上。然

后,控制部 95 从处理气体供给源 66 对腔室 10 的内部供给第 1 处理气体,从第 1 高频电源 89 施加等离子体生成用的高频电力,并且从第 2 高频电源 90 施加离子引入用的高频电力。结果,在腔室内生成处理气体的等离子体,被处理体被该等离子体蚀刻,由此过渡金属和贱金属中的至少任一者从被处理体的蚀刻掩膜或停蚀层飞散,含过渡金属和贱金属中至少任一者的附着物附着在腔室内部件上。

[0088] 接着,等离子体处理装置进行利用含 C_xF_y 气体(其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的第 2 处理气体的等离子体,将含过渡金属和贱金属中至少任一者的附着物除去的除去工序(步骤 S102)。含 C_xF_y 气体(其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的第 2 处理气体例如为 CF_4 气体、 CF_4/CO 气体、 CF_4/CO_2 气体、 CF_4/Ar 气体、 $CF_4/CO/Ar$ 气体、 $CF_4/CO_2/Ar$ 气体、 C_2F_6 气体、 C_2F_6/CO 气体、 C_2F_6/CO_2 气体、 C_2F_6/Ar 气体、 $C_2F_6/CO/Ar$ 气体和 $C_2F_6/CO_2/Ar$ 气体中的至少任一者。另外,除去工序中的腔室 10 的内部的压力优选为 $4Pa \sim 13.3Pa$,更优选为大于 $6.7Pa$ 且在 $13.3Pa$ 以下。另外,在除去工序中,从第 1 高频电源 89 施加的等离子体生成用的高频电力和从第 2 高频电源 90 施加的离子引入用的高频电力优选为 $500W$ 以上且 $2000W$ 以下。另外,除去工序中的第 2 处理气体中含 CF_4 的情况下, CF_4 的流量优选为 $300sccm$ 以上且 $600sccm$ 以下。另外,除去工序中的第 2 处理气体中含 CO 的情况下, CO 的流量优选为 $150sccm$ 以上且 $300sccm$ 以下。另外,除去工序中的第 2 处理气体中含 Ar 的情况下, Ar 的流量优选为 $50sccm$ 以上且 $500sccm$ 以下。

[0089] 列举更详细的一例进行说明。等离子体处理装置的控制部 95 从搬入搬出口 85 和闸阀 86 将被处理体搬出到腔室 10 的外部。然后,控制部 95 从处理气体供给源 66 对腔室 10 的内部供给第 2 处理气体,从第 1 高频电源 89 施加等离子体生成用的高频电力,并且从第 2 高频电源 90 施加离子引入用的高频电力。结果,附着在腔室内部件上的含过渡金属和贱金属中至少任一者的附着物和第 2 处理气体的等离子体发生反应,由此将附着物从腔室内部件除去。

[0090] 如上所述,根据第 1 实施方式,利用含 C_xF_y 气体(其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体,除去附着在腔室内部件上的含过渡金属和贱金属中至少任一者的附着物。结果,在附着物含有对氯类气体和氮类气体的等离子体具有耐性的金属的情况下,能够促进处理气体的等离子体和附着物的反应。即,能够高效地除去含金属的附着物。并且,根据第 1 实施方式,能够不使用氯类气体、氮类气体等腐蚀性气体就将附着物蚀刻除去,所以能够不需要进行用于提高耐腐蚀性的装置的规格变更等。

[0091] 另外,根据第 1 实施方式,含 C_xF_y 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体为 CF_4 气体、 CF_4/CO 气体、 CF_4/CO_2 气体、 CF_4/Ar 气体、 $CF_4/CO/Ar$ 气体、 $CF_4/CO_2/Ar$ 气体、 C_2F_6 气体、 C_2F_6/CO 气体、 C_2F_6/CO_2 气体、 C_2F_6/Ar 气体、 $C_2F_6/CO/Ar$ 气体和 $C_2F_6/CO_2/Ar$ 气体中的至少任一者。结果,能够更加高效地对包含含有过渡金属和贱金属中至少任一者的金属的附着物进行等离子体蚀刻而除去。

[0092] 另外,根据第 1 实施方式,过渡金属为 Ti、Hf 和 Ta 中的至少任一者。结果,作为掩膜或停蚀层包括含 Ti、Hf 和 Ta 中的至少任一者的膜的被处理体被实施等离子体处理,由此,即使是含 Ti、Hf 和 Ta 中的至少任一者的附着物附着在处理装置的腔室内部件上的情况

下,也能够高效地对附着物进行等离子体蚀刻而除去。

[0093] 另外,根据第1实施方式,贱金属为Al。结果,作为掩膜或停蚀层包括含Al的膜的被处理体被实施等离子体处理,由此,即使是含Al的附着物附着在处理装置的腔室内部件上的情况下,也能够高效地对附着物进行等离子体蚀刻而除去。

[0094] 另外,根据第1实施方式,对在腔室10的内部彼此相对的下部电极16和上部电极34分别施加高频电力,由此,生成含CxNy气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体,利用所生成的等离子体除去附着物。结果,能够使腔室内部件的表面的自偏置电压Vdc的绝对值增大,附着在腔室内部件上的附着物被适当溅射(sputter),能够使腔室内部件的表面清洁。

[0095] (其它实施方式)

[0096] 以上对本实施方式的等离子体处理方法和等离子体处理装置进行了说明,但是实施方式不限于此。以下,对其他的实施方式进行说明。

[0097] (直流电压)

[0098] 例如也可以在除去工序中,一边对作为除去附着物的对象的腔室内部件施加负的直流电压一边利用含CxNy气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体除去附着物。施加于腔室内部件的负的直流电压优选为-100V以下。

[0099] 列举更详细的一例进行说明。在此,作为除去附着物的对象的腔室内部件为上部电极34。等离子体处理装置的控制部95从搬入搬出口85和闸阀86将被处理体搬出到腔室10的外部。然后,控制部95从处理气体供给源66对腔室10的内部供给第2处理气体,从第1高频电源89施加等离子体生成用的高频电力,并且,从第2高频电源90施加离子引入用的高频电力。第2处理气体例如为含CxNy气体(其中,x为2以下的整数,y为6以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体。在此,作为第2处理气体,例如、CF₄/Ar气体、CF₄/CO/Ar气体、CF₄/CO₂/Ar气体、C₂F₆/Ar气体、C₂F₆/CO/Ar气体和C₂F₆/CO₂/Ar气体中的至少任一者被供给到腔室10的内部。并且,控制部95使可变直流电源50与作为除去附着物的对象的上部电极34连接而施加规定的直流(DC)电压。即,控制部95在形成等离子体时,从可变直流电源50对上部电极34施加规定的极性和大小的负的直流电压。更优选,从可变直流电源50施加负的直流电压,使得电极板36的表面的自偏置电压Vdc深至能够得到对作为上部电极34的表面的电极板36的表面的规定的溅射效果的程度、即使得上部电极34的表面的Vdc的绝对值变大。在此,作为负的直流电压,例如将-100V以下的直流电压施加到上部电极34。

[0100] 结果,离子对上部电极34的表面的碰撞加速,附着在上部电极34的表面的附着物的除去量增加。例如、等离子体中的氩离子与上部电极34的表面碰撞,附着在上部电极34上的附着物被适当溅射,能够使上部电极34的表面清洁。

[0101] (处理气体的种类)、

[0102] 另外,在上述第1实施方式中,对作为用于除去附着物的处理气体使用含CxNy气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的情况进行了说明,但是不限定于此。例如,作为用于除去附着物的处理气体,也可以使用含CHzFw气体(其中,z为3以下的整数,w为3以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体。在该情况下,等离子体处理装置在除去工序中,一边对作为除去附着物的对象的腔室内部件施加负的直流电压,一边利用

含 CH_zF_w 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体的等离子体除去附着物。含 CH_zF_w 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体例如为 CHF_3 气体、 $\text{CHF}_3/\text{Ar}/\text{O}_2$ 气体、 CH_2F_2 气体、 $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{Ar}/\text{O}_2$ 气体、 CH_3F 气体、 $\text{CH}_3\text{F}/\text{Ar}/\text{O}_2$ 气体中的至少任一者。另外，施加于腔室内部件的负的直流电压优选为 -100V 以下。

[0103] 列举更详细的一例进行说明。在此，作为除去附着物的对象的腔室内部件为上部电极 34。等离子体处理装置的控制部 95 从搬入搬出口 85 和闸阀 86 将被处理体搬到腔室 10 的外部。然后，控制部 95 从处理气体供给源 66 对腔室 10 的内部供给第 2 处理气体，从第 1 高频电源 89 施加等离子体生成用的高频电力，并且，从第 2 高频电源 90 施加离子引入用的高频电力。第 2 处理气体例如为含 CH_zF_w 气体（其中，z 为 3 以下的整数，w 为 3 以下的整数）且不含氯类气体和氮类气体的处理气体。在此，作为第 2 处理气体，例如 $\text{CHF}_3/\text{Ar}/\text{O}_2$ 气体、 $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{Ar}/\text{O}_2$ 气体、 CH_3F 气体、 $\text{CH}_3\text{F}/\text{Ar}/\text{O}_2$ 气体中的至少任一者被供给至腔室 10 的内部。并且，控制部 95 使可变直流电源 50 与作为除去附着物的对象的上部电极 34 连接而施加规定的直流 (DC) 电压。即，控制部 95 在形成等离子体时，从可变直流电源 50 对上部电极 34 施加规定的极性和大小的负的直流电压。更优选，从可变直流电源 50 施加负的直流电压，使得电极板 36 的表面的自偏置电压 V_{dc} 深至能够得到对作为上部电极 34 的表面的电极板 36 的表面的规定的溅射效果的程度、即使得上部电极 34 的表面的 V_{dc} 的绝对值变大。在此，作为负的直流电压，例如将 -100V 以下的直流电压施加到上部电极 34。

[0104] 结果，离子对上部电极 34 的表面的碰撞加速，附着在上部电极 34 的表面的附着物的除去量增加。例如、等离子体中的氩离子与上部电极 34 的表面碰撞，附着在上部电极 34 上的附着物被适当溅射，能够使上部电极 34 的表面清洁。

[0105] (等离子体处理装置的种类)

[0106] 另外，例如在第 1 实施方式中，对作为应用于等离子体处理方法的等离子体处理装置，使用图 1 所示的上部单频 + 上部 DC 施加 + 下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置的情况进行了说明，但是不限于此。例如能够适用于下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置、对上部电极施加负的直流电压的下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置、或下部 RF 双频 + 上部 DC 施加类型的等离子体蚀刻装置、上下部 RF 施加 + 上部 DC 施加类型的等离子体蚀刻装置、ICP (Inductively Coupled Plasma : 电感耦合等离子体) 类型的等离子体蚀刻装置、微波等离子体蚀刻装置等。

[0107] 图 4A 是简化示意地表示下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置的截面图。此外，在图 4A 中，对与图 1 所示的构成部位相同的构成部位标注相同的附图标记，省略说明。如图 4A 所示，下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置从第 1 高频电源 89 对下部电极 16 施加等离子体生成用的例如 40MHz 的高频 (RF) 电力。此外，在该结构中，可变直流电源 50、第 2 高频电源 90 被省略。

[0108] 图 4B 是简化示意地表示对上部电极施加负的直流电压的下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置的截面图。此外，在图 4B 中，对与图 1 所示的构成部位相同的构成部位标注相同的附图标记，省略说明。图 4B 所示的等离子体蚀刻装置从第 1 高频电源 89 对下部电极 16 施加等离子体生成用的例如 40MHz 的高频 (RF) 电力。另外，如图 4B 所示，上部电极 34 与可变直流电源 50 连接而被施加规定的直流 (DC) 电压。此外，在该结构中，第 2 高频电源 90 被省略。

[0109] 图5是简化示意地表示下部RF双频施加类型的等离子体蚀刻装置的截面图。此外，在图5中，对与图1所示的构成部位相同的构成部位标注相同的附图标记，省略说明。如图5所示，下部RF双频施加类型的等离子体蚀刻装置从第1高频电源89对下部电极16施加等离子体生成用的例如40MHz的高频(RF)电力，并且，从第2高频电源90施加离子引入用的例如2MHz的高频(RF)电力。另外，如图5所示，上部电极34与可变直流电源50连接而被施加规定的直流(DC)电压。

[0110] (实施例)

[0111] 以下，列举实施例对公开的等离子体处理方法进行进一步详细说明。其中，公开的等离子体处理方法不限于下述的实施例。

[0112] (实施例1～4)

[0113] 对包括含过渡金属X的膜的半导体晶片W进行了等离子体处理。然后，进行利用含CxNy气体(其中，x为2以下的整数，y为6以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体G1的等离子体，将附着在上部电极34上的含过渡金属X的附着物除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。

[0114] 等离子体处理装置的种类：上下部RF双频施加类型的等离子体蚀刻装置

[0115] 压力：4.0Pa(30mT)

[0116] 高频电力(HF/LF)：500/250W

[0117] 温度(上部/侧壁部/下部)：60/60/20°C

[0118] 时间：180秒

[0119] 另外，实施例1～4中，作为过渡金属X使用以下的金属。

[0120] 实施例1、2：Ti(钛)

[0121] 实施例3、4：Hf(铪)

[0122] 另外，实施例1～4中，作为处理气体G1和处理气体G1的流量，使用以下的处理气体和处理气体的流量。

[0123] 实施例1、3： $\text{CF}_4/\text{CO} = 300/300\text{sccm}$

[0124] 实施例2、4： $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar} = 300/300/300\text{sccm}$

[0125] 在进行除去工序后，测定了上部电极34的表面的金属污染量。金属污染量是表示在单位面积中附着有多少金属原子的指标。此外，金属污染量的测定中，不直接测定上部电极34的表面的金属污染量，而在上部电极34上设置测试用Si基板，测定测试用Si基板上的金属污染量作为上部电极34的表面的金属污染量。

[0126] (实施例5、6)

[0127] 对包括含过渡金属X的膜的半导体晶片W进行了等离子体处理。然后，进行一边对上部电极34施加负的直流电压一边利用含CxNy气体(其中，x为2以下的整数，y为6以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体G1的等离子体，将附着在上部电极34上的含过渡金属x的附着物除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。

[0128] 等离子体处理装置的种类：上下部RF双频施加类型的等离子体蚀刻装置

[0129] 压力：4.0Pa(30mT)

[0130] 高频电力(HF/LF)：500/250W

[0131] 对上部电极的直流电压：-500V

- [0132] 温度（上部 / 侧壁部 / 下部）:60/60/20°C
[0133] 时间 :180 秒
[0134] 另外,在实施例 5、6 中,作为过渡金属 X 使用以下的金属。
[0135] 实施例 5 :Ti(钛)
[0136] 实施例 6 :Hf(铪)
[0137] 另外,实施例 5、6 中,作为处理气体 G1 和处理气体 G1 的流量使用以下的处理气体和处理气体的流量。
[0138] 实施例 5、6 : $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar} = 300/300/300 \text{sccm}$
[0139] 在进行除去工序后,测定了上部电极 34 的表面的金属污染量。金属污染量是表示在单位面积中附着有多少金属原子的指标。此外,金属污染量的测定中,不直接测定上部电极 34 的表面的金属污染量,而在上部电极 34 上设置测试用 Si 基板,测定测试用 Si 基板上的金属污染量作为上部电极 34 的表面的金属污染量。
[0140] (比较例 1 ~ 6)
[0141] 比较例 1 ~ 6 中,与实施例 1、2 不同,进行利用含氯类气体或氮类气体的处理气体 G2 的等离子体将附着在上部电极 34 上的含过渡金属 X 的附着物除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。
[0142] 等离子体处理装置的种类 :下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置
[0143] 压力 :4.0Pa(30mT)
[0144] 高频电力 (HF/LF) :1000/250W
[0145] 温度 (上部 / 侧壁部 / 下部) :100/80/25°C
[0146] 时间 :180 秒
[0147] 另外,比较例 1 ~ 6 中,作为处理气体 G2 和处理气体 G2 的流量使用以下的处理气体和处理气体的流量。关于其它方面,与实施例 1、2 相同。
[0148] 比较例 1 : $\text{NF}_3 = 120 \text{sccm}$
[0149] 比较例 2 : $\text{BCl}_3 = 200 \text{sccm}$
[0150] 比较例 3 : $\text{Cl}_2 = 200 \text{sccm}$
[0151] 比较例 4 : $\text{BCl}_3/\text{Ar} = 125/75 \text{sccm}$
[0152] 比较例 5 : $\text{BCl}_3/\text{Cl}_2 = 125/75 \text{sccm}$
[0153] 比较例 6 : $\text{Cl}_2/\text{NF}_3 = 150/50 \text{sccm}$
[0154] (比较例 7 ~ 12)
[0155] 比较例 7 ~ 12 中,与实施例 3、4 不同,进行利用含氯类气体或氮类气体的处理气体 G2 的等离子体将附着在上部电极 34 上的含过渡金属 X 的附着物除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。
[0156] 等离子体处理装置的种类 :下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置
[0157] 压力 :4.0Pa(30mT)
[0158] 高频电力 (HF/LF) :1000/250W
[0159] 温度 (上部 / 侧壁部 / 下部) :100/80/25°C
[0160] 时间 :180 秒
[0161] 另外,比较例 7 ~ 12 中,作为处理气体 G2 和处理气体 G2 的流量使用以下的处理

气体和处理气体的流量。关于其它方面,与实施例 3、4 相同。

[0162] 比较例 7 : $\text{NF}_3 = 120\text{sccm}$

[0163] 比较例 8 : $\text{BCl}_3 = 200\text{sccm}$

[0164] 比较例 9 : $\text{Cl}_2 = 200\text{sccm}$

[0165] 比较例 10 : $\text{BCl}_3/\text{Ar} = 125/75\text{sccm}$

[0166] 比较例 11 : $\text{BCl}_3/\text{Cl}_2 = 125/75\text{sccm}$

[0167] 比较例 12 : $\text{Cl}_2/\text{NF}_3 = 150/50\text{sccm}$

[0168] (关于实施例 1 ~ 6 和比较例 1 ~ 12 的处理结果)

[0169] 图 6 和图 7 是表示关于实施例 1 ~ 6 和比较例 1 ~ 12 的处理结果的图。图 6 和图 7 的描 (trace) 图 211 是表示实施例 1、2 和比较例 1 ~ 6 中的除去工序前的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 221 是表示实施例 3、4 和比较例 7 ~ 12 中的除去工序前的测试用 Si 基板的表面状态的描图。另外,图 6 的描图 212、213、222、223 分别是表示实施例 1 ~ 4 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。图 6 的描图 214、224 分别是表示实施例 5、6 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。另外,图 7 的描图 312 ~ 317 分别是比较例 1 ~ 6 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。图 7 的描图 322 ~ 327 分别是比较例 7 ~ 12 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。此外,在描图中,一并表示有金属污染量 (Contamination) [$\times 10^{10}\text{atms/cm}^2$]。

[0170] 如图 6 和图 7 所示,在除去 Ti 的除去工序中,与使用含氯类气体或氮类气体的处理气体 G2 的比较例 1 ~ 6 相比,在使用含 CxFy 气体 (其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数) 且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的实施例 1、2 中,金属污染量的值得到了改善。换言之,在实施例 1、2 中,与比较例 1 ~ 6 相比,能够高效地除去含作为过渡金属的 Ti 的附着物。

[0171] 另外,如图 6 和图 7 所示,在除去 Hf 的除去工序中,与使用含氯类气体或氮类气体的处理气体 G2 的比较例 7 ~ 12 相比,在使用含 CxFy 气体 (其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数) 且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的实施例 3、4 中,金属污染量的值得到了改善。换言之,在实施例 3、4 中,与比较例 7 ~ 12 相比,能够高效地除去含作为过渡金属的 Hf 的附着物。

[0172] 另外,如图 6 所示,在除去 Ti 的除去工序中,在对上部电极 34 施加负的直流电压的实施例 5 中,能够将金属污染量的值改善至与不对上部电极 34 施加负的直流电压的实施例 1、2 相同程度。

[0173] 另外,如图 6 所示,在除去 Hf 的除去工序中,在对上部电极 34 施加负的直流电压的实施例 6 中,能够将金属污染量的值改善至与不对上部电极 34 施加负的直流电压的实施例 3、4 相同程度。

[0174] (实施例 7 ~ 10)

[0175] 实施例 7 ~ 10 中,与实施例 3、4 不同,作为处理气体 G1 和处理气体 G1 的流量使用以下的处理气体和处理气体的流量。关于其它方面,与实施例 1、2 相同。

[0176] 实施例 7 : $\text{CF}_4/\text{Ar} = 300/300\text{sccm}$

[0177] 实施例 8 : $\text{CF}_4/\text{CO}_2/\text{Ar} = 300/300/300\text{sccm}$

[0178] 实施例 9 : $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar} = 100/100/100\text{sccm}$

[0179] 实施例 10 : $\text{CF}_4 = 300\text{sccm}$

[0180] (实施例 11 ~ 16)

[0181] 对包括含作为贱金属的 Al(铝) 的膜的半导体晶片 W 进行等离子体处理。然后, 进行利用含 CxFy 气体(其中, x 为 2 以下的整数, y 为 6 以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的等离子体, 将附着在上部电极 34 上的含 Al 的附着物蚀刻除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。

[0182] 等离子体处理装置的种类:上下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置

[0183] 压力:4.0Pa(30mT)

[0184] 高频电力(HF/LF):500/250W

[0185] 温度(上部 / 侧壁部 / 下部):60/60/20°C

[0186] 另外, 实施例 11 ~ 16 中, 作为处理气体 G1 和处理气体 G1 的流量, 使用以下的处理气体和处理气体的流量。

[0187] 实施例 11 : $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar} = 300/300/300\text{sccm}$

[0188] 实施例 12 : $\text{CF}_4/\text{Ar} = 300/300\text{sccm}$

[0189] 实施例 13 : $\text{CF}_4/\text{CO} = 300/300\text{sccm}$

[0190] 实施例 14 : $\text{CF}_4/\text{CO}_2/\text{Ar} = 300/300/300\text{sccm}$

[0191] 实施例 15 : $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar} = 100/100/100\text{sccm}$

[0192] 实施例 16 : $\text{CF}_4 = 300\text{sccm}$

[0193] 在进行除去工序后, 测定了上部电极 34 的表面的金属污染量。金属污染量是表示在单位面积中附着有多少金属原子的指标。此外, 金属污染量的测定中, 不直接测定上部电极 34 的表面的金属污染量, 而在上部电极 34 上设置测试用 Si 基板, 测定测试用 Si 基板上的金属污染量作为上部电极 34 的表面的金属污染量。

[0194] (比较例 13)

[0195] 比较例 13 中, 与实施例 9 不同, 进行利用作为含氮类气体的处理气体的 $\text{NF}_3/\text{CO}/\text{Ar} = 100/100/100\text{sccm}$ 的等离子体将附着在上部电极 34 上的含过渡金属 Hf 的附着物蚀刻而除去的除去工序。关于其它方面, 与实施例 9 相同。

[0196] (比较例 14)

[0197] 比较例 14 中, 与实施例 15 不同, 进行利用作为含氮类气体的处理气体的 $\text{NF}_3/\text{CO}/\text{Ar} = 100/100/100\text{sccm}$ 的等离子体将附着在上部电极 34 上的含作为贱金属的 Al 的附着物蚀刻而除去的除去工序。关于其它方面, 与实施例 15 相同。

[0198] (关于实施例 7 ~ 16 和比较例 13、14 的处理结果)

[0199] 图 8 是表示关于实施例 7 ~ 16 和比较例 13、14 的处理结果的图。图 8 的描图 221 与图 6 和图 7 的描图 221 对应。另外, 图 8 的描图 231 是表示实施例 7 ~ 16 中的除去工序前的测试用 Si 基板的表面状态的描图。另外, 描图 413、415 ~ 417 分别是表示实施例 7 ~ 10 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。另外, 描图 422 ~ 427 分别是实施例 11 ~ 16 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。另外, 描图 512、522 分别是比较例 13、14 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。此外, 在描图中, 一并表示金属污染量(Contamination) [$\times 10^{10}\text{atms/cm}^2$]。

[0200] 如图 6 和图 8 所示, 在除去 Hf 或 Al 的除去工序中, 通过使用 CF_4/Ar , 能够将金属

污染量的值改善至与使用 CF_4/CO 或 $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar}$ 的方法相同程度。

[0201] 另外,如图 6 和图 8 所示,在除去 Hf 或 Al 的除去工序中,通过使用 $\text{CF}_4/\text{CO}_2/\text{Ar}$,能够将金属污染量的值改善至与使用 CF_4/CO 或 $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar}$ 的方法相同程度。

[0202] 另外,如图 6 和图 8 所示,在除去 Hf 或 Al 的除去工序中,通过使用 CF_4 ,能够将金属污染量的值改善至与使用 CF_4/CO 或 $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar}$ 的方法相同程度。

[0203] 另外,如图 8 所示,在除去 Hf 或 Al 的除去工序中,通过使用 $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar}$,与 $\text{NF}_3/\text{CO}/\text{Ar}$ 的方法相比,金属污染量的值得到了改善。换言之,在实施例 9、15 中,与比较例 13、14 相比,能够高效地对含作为过渡金属的 Hf 的附着物或含作为贱金属的 Al 的附着物进行蚀刻而除去。

[0204] (实施例 17、18)

[0205] 实施例 17、18 中,与实施例 1 ~ 16 不同,替代上下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置而使用下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置进行一系列的处理。即,对包括含作为过渡金属的 Hf 的膜的半导体晶片 W 进行等离子体处理。然后,进行了利用含 CxFy 气体(其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的等离子体将附着在上部电极 34 上的含 Hf 的附着物蚀刻而除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。

[0206] 等离子体处理装置的种类:下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置

[0207] 压力:4.0Pa(30mT)

[0208] 高频电力:1000W

[0209] 温度(上部/侧壁部/下部):100/60/0°C

[0210] 时间:180 秒

[0211] 另外,实施例 17、18 中,作为处理气体 G1 和处理气体 G1 的流量使用以下的处理气体和处理气体的流量。

[0212] 实施例 17: $\text{CF}_4/\text{CO}/\text{Ar} = 300/300/300\text{sccm}$

[0213] 实施例 18: $\text{CF}_4/\text{CO} = 300/300\text{sccm}$

[0214] 在进行除去工序后,测定了上部电极 34 的表面的金属污染量。金属污染量是表示在单位面积中附着有多少金属原子的指标。此外,金属污染量的测定中,不直接测定上部电极 34 的表面的金属污染量,而在上部电极 34 上设置测试用 Si 基板,测定测试用 Si 基板上的金属污染量作为上部电极 34 的表面的金属污染量。

[0215] (关于实施例 17、18 的处理结果)

[0216] 图 9 是表示关于实施例 17、18 的处理结果的图。图 9 的描图 221 与图 6 和图 7 的描图 221 对应。另外,描图 612、613 分别是表示实施例 17、18 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。此外,在描图中,一并表示金属污染量(Contamination) [$\times 10^{10}\text{atms/cm}^2$]。

[0217] 如图 9 所示,在使用下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置的情况下,也与使用上下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置的情况同样,金属污染量的值得到了改善。换言之,即使在上部电极 34 的表面不产生自偏置电压的情况下,也能够高效地除去包括含作为过渡金属的 Hf 的附着物。

[0218] (实施例 19 ~ 21)

[0219] 对包括含过渡金属 X 的膜的半导体晶片 W 进行了等离子体处理。然后,进行一边对上部电极 34 施加负的直流电压,一边利用含 C_xF_y 气体(其中,x 为 2 以下的整数,y 为 6 以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的等离子体,将附着在上部电极 34 上的含过渡金属 X 的附着物除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。

[0220] 等离子体处理装置的种类:上下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置

[0221] 压力:4.0Pa(30mT)

[0222] 高频电力(HF/LF):500W/250W

[0223] 对上部电极的直流电压:-500V

[0224] 温度(上部/侧壁部/下部):60/60/20°C

[0225] 时间:180 秒

[0226] 处理气体和处理气体的流量: $CF_4/CO/Ar = 100/100/100$ sccm

[0227] 另外,实施例 19~21 中,作为过渡金属 X 使用以下的金属。

[0228] 实施例 19:Ti(钛)

[0229] 实施例 20:Hf(铪)

[0230] 实施例 21:Ta(钽)

[0231] 在进行除去工序后,测定了上部电极 34 的表面的金属污染量。金属污染量是表示在单位面积中附着有多少金属原子的指标。此外,金属污染量的测定中,不直接测定上部电极 34 的表面的金属污染量,而在上部电极 34 上设置测试用 Si 基板,测定测试用 Si 基板上的金属污染量作为上部电极 34 的表面的金属污染量。

[0232] (实施例 22~33)

[0233] 实施例 22~33 中,与实施例 19~21 不同,进行一边对上部电极 34 施加负的直流电压,一边利用含 CH_zF_w 气体(其中,z 为 3 以下的整数,w 为 3 以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G3 的等离子体,将附着在上部电极 34 上的含过渡金属 X 的附着物除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。

[0234] 等离子体处理装置的种类:上下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置

[0235] 压力:4.0Pa(30mT)

[0236] 高频电力(HF/LF):500W/250W

[0237] 温度(上部/侧壁部/下部):60/60/20°C

[0238] 时间:180 秒

[0239] 另外,实施例 22~33 中,作为过渡金属 X 使用以下的金属。

[0240] 实施例 22、25、28、31:Ti(钛)

[0241] 实施例 23、26、29、32:Hf(铪)

[0242] 实施例 24、27、30、33:Ta(钽)

[0243] 另外,在实施例 22~33 中,作为处理气体 G3 和处理气体 G3 的流量使用以下的处理气体和处理气体的流量。

[0244] 实施例 22~24、31~33: $CHF_3/Ar/O_2 = 100/100/100$ sccm

[0245] 实施例 25~27: $CHF_3/Ar/O_2 = 100/500/100$ sccm

[0246] 实施例 28~30: $CHF_3/Ar/O_2 = 100/800/100$ sccm

[0247] 另外,实施例 22~33 中,作为对上部电极 34 的直流电压使用以下的直流电压。

[0248] 实施例 22 ~ 30 : - 400V

[0249] 实施例 31 ~ 33 : - 900V

[0250] 在进行除去工序后, 测定了上部电极 34 的表面的金属污染量。金属污染量是表示在单位面积中附着有多少金属原子的指标。此外, 金属污染量的测定中, 不直接测定上部电极 34 的表面的金属污染量, 而在上部电极 34 上设置测试用 Si 基板, 测定测试用 Si 基板上的金属污染量作为上部电极 34 的表面的金属污染量。

[0251] (关于实施例 19 ~ 33 的处理结果)

[0252] 图 10 是表示关于实施例 19 ~ 33 的处理结果的图。在图 10 中, 描图 711 是表示实施例 19、22、25、28、31 中的除去工序前的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 721 是表示实施例 20、23、26、29、32 中的除去工序前的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 731 是表示实施例 21、24、27、30、33 中的除去工序前的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 712 ~ 716 分别是表示实施例 19、22、25、28、31 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 722 ~ 726 分别是实施例 20、23、26、29、32 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 732 ~ 736 分别是实施例 21、24、27、30、33 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。此外, 描图中, 一并表示金属污染量 (Contamination) [$\times 10^{10} \text{atms/cm}^2$]。

[0253] 如图 10 所示, 在作为过渡金属除去 Ti、Hf 或 Ta 的各除去工序中, 对上部电极 34 施加负的直流电压, 由此无论是过渡金属的种类如何, 均能够改善金属污染量的值。

[0254] 另外, 如图 10 所示, 在除去 Ti 的除去工序中, 在使用含 CHzFw 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G3 的实施例 22、25、28、31 中, 能够将金属污染量的值改善至与使用含 CxFy 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的实施例 19 相同程度。

[0255] 另外, 如图 10 所示, 在除去 Hf 的除去工序中, 在使用含 CHzFw 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G3 的实施例 23、26、29、32 中, 能够将金属污染量的值改善至与使用含 CxFy 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的实施例 20 相同程度。

[0256] 另外, 如图 10 所示, 在除去 Ta 的除去工序中, 在使用含 CHzFw 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G3 的实施例 24、27、30、33 中, 能够将金属污染量的值改善至与使用含 CxFy 气体且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的实施例 21 相同程度。

[0257] (实施例 34、35)

[0258] 对包括含作为贱金属的 Al(铝)的膜的半导体晶片 W 进行了等离子体处理。然后, 进行一边对上部电极 34 施加负的直流电压一边利用含 CHzFw 气体 (其中, z 为 3 以下的整数, w 为 3 以下的整数) 且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G3 的等离子体, 将附着在上部电极 34 上的含 Al 的附着物除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。

[0259] 等离子体处理装置的种类: 下部 RF 双频施加类型的等离子体蚀刻装置

[0260] 压力: 4.0Pa (30mT)

[0261] 高频电力 (HF/LF): 1000W/250W

[0262] 温度 (上部 / 侧壁部 / 下部): 60/60/20°C

[0263] 时间: 180 秒

[0264] 处理气体和处理气体的流量: CHF₃/Ar/O₂ = 100/100/100sccm

[0265] 另外, 实施例 34、35 中, 作为对上部电极 34 的直流电压, 使用如下的直流电压。

[0266] 实施例 34 : - 150V

[0267] 实施例 35 : - 300V

[0268] 在进行除去工序后, 测定了上部电极 34 的表面的金属污染量。金属污染量是表示在单位面积中附着有多少金属原子的指标。此外, 金属污染量的测定中, 不直接测定上部电极 34 的表面的金属污染量, 而在上部电极 34 上设置测试用 Si 基板, 测定测试用 Si 基板上的金属污染量作为上部电极 34 的表面的金属污染量。

[0269] (比较例 15)

[0270] 比较例 15 中, 与实施例 34、35 不同, 在除去工序中, 不对上部电极 34 施加负的直流电压。关于其它方面, 与实施例 34、35 相同。

[0271] (关于实施例 34、35 和比较例 15 的处理结果)

[0272] 图 11 是表示关于实施例 34、35 和比较例 15 的处理结果的图。图 11 中, 描图 741 是表示实施例 34、35 和比较例 15 中的除去工序前的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 742 是表示比较例 15 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 743、744 分别是实施例 34、35 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。此外, 描图中, 一并表示有金属污染量 (Contamination) [$\times 10^{10}$ atms/cm²]。

[0273] 如图 11 所示, 在除去 Al 的除去工序中, 与不对上部电极 34 施加负的直流电压的比较例 15 相比, 在对上部电极 34 施加负的直流电压的实施例 34、35 中, 金属污染量的值得到了改善。换言之, 在实施例 34、35 中, 与比较例 15 相比, 能够高效地除去含作为贱金属的 Al 的附着物。

[0274] (实施例 36 ~ 39)

[0275] 对包括含作为贱金属的 Al 的膜的半导体晶片 W 进行了等离子体处理。然后, 进行一边对上部电极 34 施加负的直流电压一边利用含 CxFy 气体 (其中, x 为 2 以下的整数, y 为 6 以下的整数) 且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的等离子体, 将附着在上部电极 34 上的含 Al 的附着物除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。

[0276] 等离子体处理装置的种类 : 对上部电极施加负的直流电压的下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置

[0277] 压力 : 4.0Pa (30mT)

[0278] 高频电力 : 1kW

[0279] 温度 (上部 / 侧壁部 / 下部) : 20 / - / 20°C

[0280] 时间 : 180 秒

[0281] 处理气体和处理气体的流量 : CF₄ = 500sccm

[0282] 另外, 实施例 36 ~ 39 中, 作为对上部电极 34 的直流电压使用以下的直流电压。

[0283] 实施例 36 : - 100V

[0284] 实施例 37 : - 150V

[0285] 实施例 38 : - 300V

[0286] 实施例 39 : - 500V

[0287] (实施例 40 ~ 44)

[0288] 对包括含作为过渡金属的 Hf 的膜的半导体晶片 W 进行了等离子体处理。进行一边对上部电极 34 施加负的直流电压一边利用含 CxFy 气体 (其中, x 为 2 以下的整数, y 为

6 以下的整数)且不含氯类气体和氮类气体的处理气体 G1 的等离子体,将附着在上部电极 34 上的含 Hf 的附着物除去的除去工序。进行除去工序时使用的各条件如下所述。

[0289] 等离子体处理装置的种类:对上部电极施加负的直流电压的下部 RF 单频施加类型的等离子体蚀刻装置

[0290] 压力:4.0Pa(30mT)

[0291] 高频电力:1kW

[0292] 温度(上部/侧壁部/下部):20/-/20°C

[0293] 时间:180 秒

[0294] 处理气体和处理气体的流量: $\text{CF}_4 = 500\text{sccm}$

[0295] 另外,实施例 40 ~ 44 中,作为对上部电极 34 的直流电压使用以下的直流电压。

[0296] 实施例 40: -50V

[0297] 实施例 41: -100V

[0298] 实施例 42: -150V

[0299] 实施例 43: -300V

[0300] 实施例 44: -500V

[0301] (实施例 45)

[0302] 实施例 45 中,与实施例 40 ~ 44 不同,在除去工序中,不对上部电极 34 施加负的直流电压。关于其它方面与实施例 40 ~ 44 相同。

[0303] 在进行除去工序后,测定了上部电极 34 的表面的金属污染量。金属污染量是表示在单位面积中附着有多少金属原子的指标。此外,金属污染量的测定中,不直接测定上部电极 34 的表面的金属污染量,而在上部电极 34 上设置测试用 Si 基板,测定测试用 Si 基板上的金属污染量作为上部电极 34 的表面的金属污染量。

[0304] (比较例 16)

[0305] 比较例 16 中,与实施例 36 ~ 39 不同,在除去工序中,不对上部电极 34 施加负的直流电压。关于其它方面与实施例 36 ~ 39 相同。

[0306] (比较例 17)

[0307] 比较例 17 中,与实施例 36 ~ 39 不同,在除去工序中,作为对上部电极 34 的直流电压使用 -50V。关于其它方面与实施例 36 ~ 39 相同。

[0308] (关于实施例 36 ~ 45 和比较例 16、17 的处理结果)

[0309] 图 12 是表示关于实施例 36 ~ 45 和比较例 16、17 的处理结果的图。在图 12 中,描图 761 是表示实施例 36 ~ 39 和比较例 16、17 中的除去工序前的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 771 是表示实施例 40 ~ 45 中的除去工序前的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 762、763 分别是表示比较例 16、17 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 764 ~ 767 分别是表示实施例 36 ~ 39 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 773 ~ 777 分别是表示实施例 40 ~ 44 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。描图 772 是表示实施例 45 中的除去工序后的测试用 Si 基板的表面状态的描图。此外,在描图中,一并表示有金属污染量(Contamination) [$\times 10^{10} \text{atms/cm}^2$]。

[0310] 如图 12 所示,在除去 Al 的除去工序中,与不对上部电极 34 施加负的直流电压的

比较例 16 和对上部电极 34 施加比 -100V 大的直流电压的比较例 17 相比, 在对上部电极 34 施加 -100V 以下的直流电压的实施例 36 ~ 39 中, 金属污染量的值得到改善。即, 可知通过将对上部电极 34 施加的负的直流电压设定为 -100 以下的值, 能够有效地除去含作为贱金属的 Al 的附着物。

[0311] 另外, 如图 12 所示, 在除去 Hf 的除去工序中, 与是否对上部电极 34 施加负的直流电压无关, 都能够改善金属污染量的值。

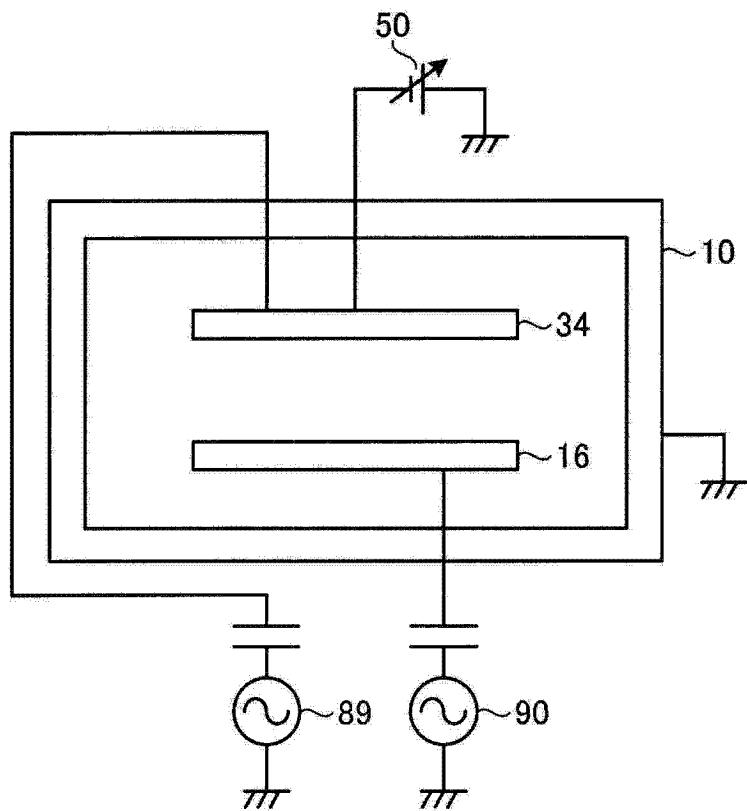


图 1

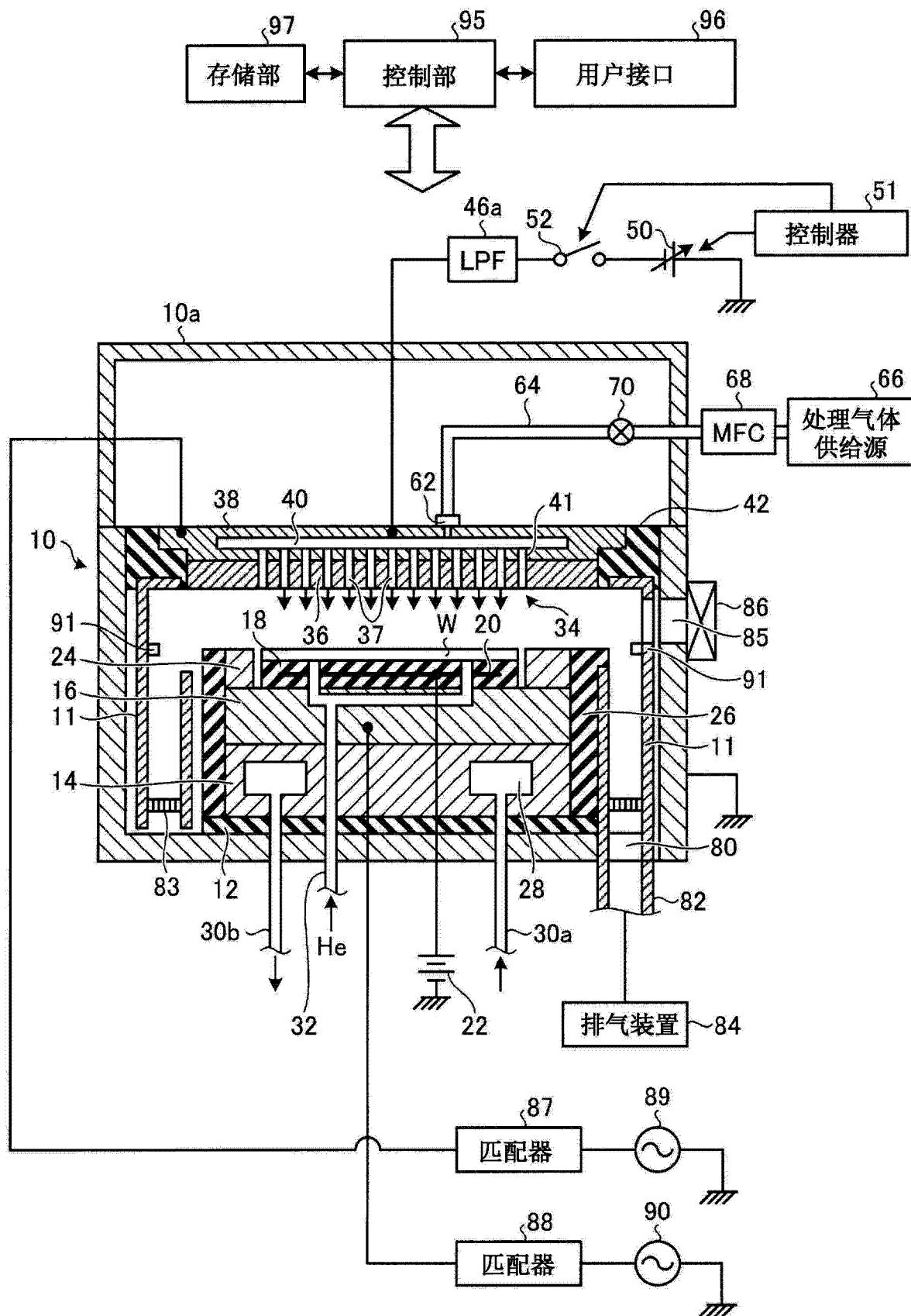


图 2

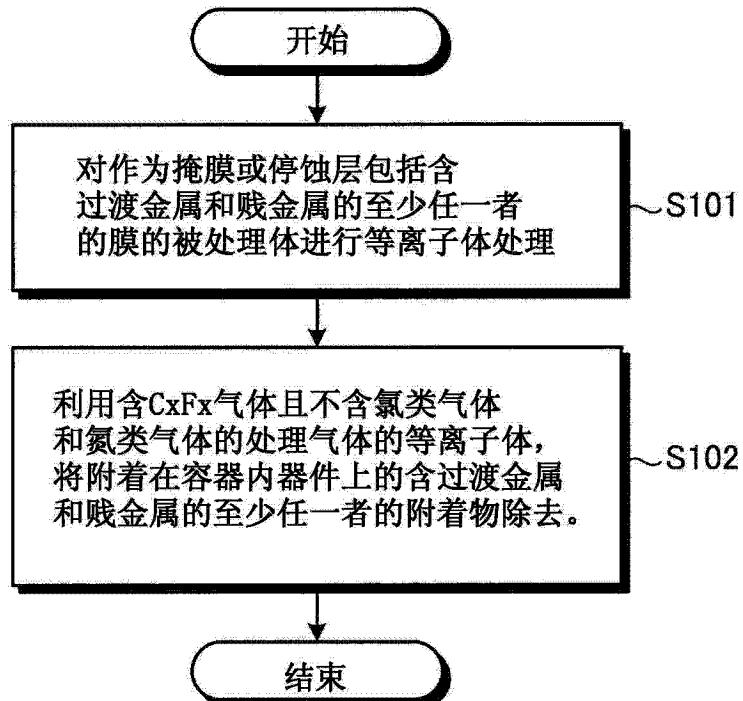


图 3

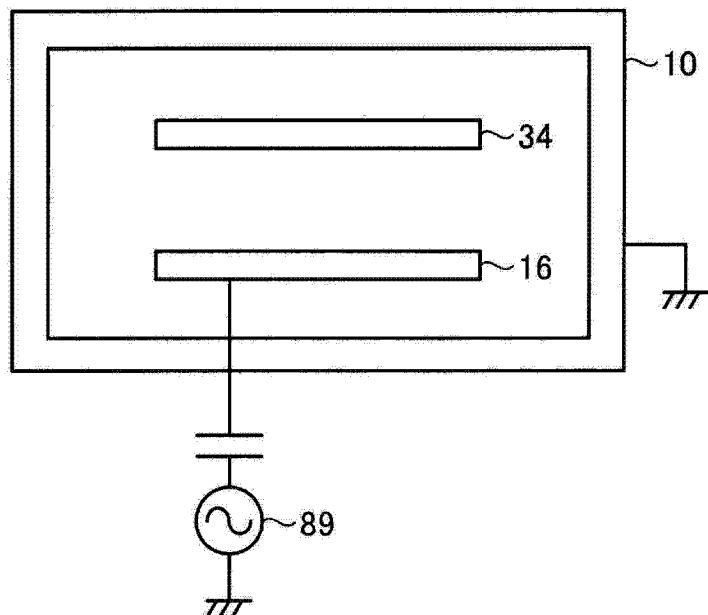


图 4A

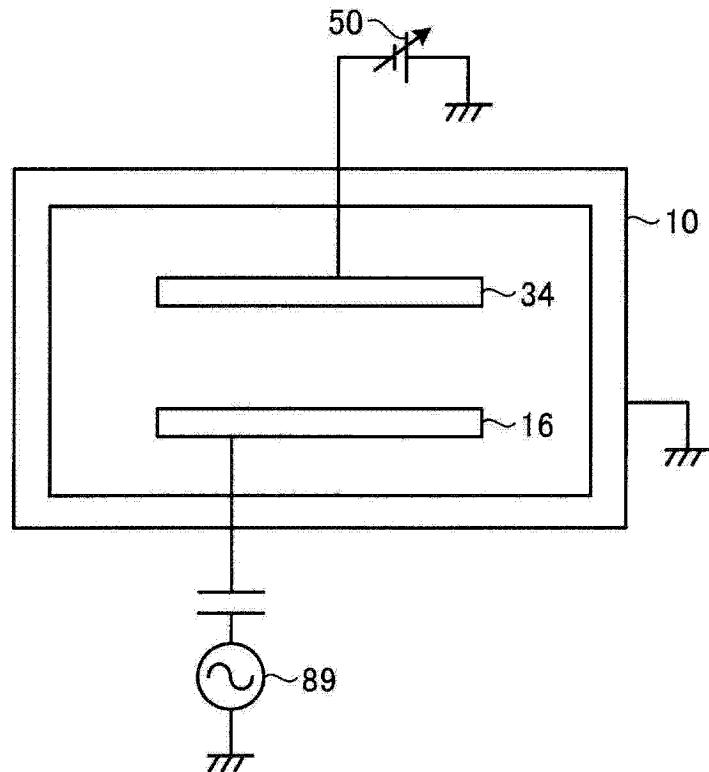


图 4B

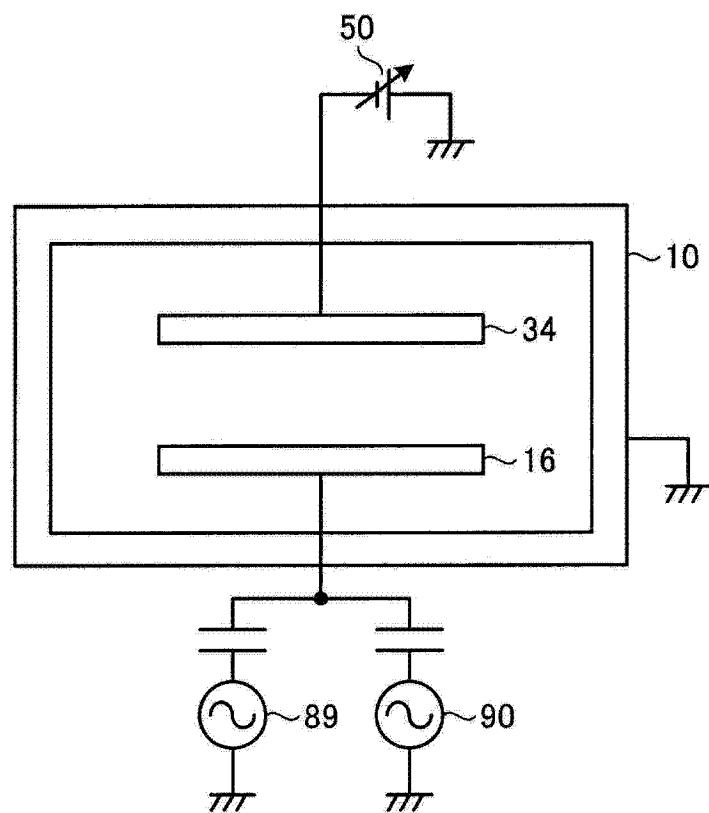


图 5

材料	参考	CF4/CO 300/300 DC0V	CF4/CO/Ar 300/300/300 DC0V	CF4/CO/Ar DC-500V
Ti				
	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 210,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 18	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 52	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 340
Hf				
	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 67	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 52	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 76

211 212 213 214

221 222 223 224

图 6

材料	参考		氟类气体		腐蚀气体		Cl2 / NF3 150 / 50sccm	Cl2 / Cl2 125 / 75sccm
	NF3 120sccm	BCl3 200sccm	Cl2 200sccm	BCl3 / Ar 125 / 75sccm	Cl2 / Ar 125 / 75sccm	Cl2 / Ar 125 / 75sccm		
Ti							金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 91,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 200,000
							金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 23,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 25,000
Hf							金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 35,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 67,000
							金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000

图 7

221	参考	CF ₄ /CO 300/300	CF ₄ /Ar 300/300	CF ₄ /CO 300/300	CF ₄ /CO ₂ /Ar 300/300/300	NF ₃ /CO ₂ /Ar 100/100/100	CF ₄ /CO/Ar 100/100/100
Hf							
	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170.000	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 67	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 180	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 16.000	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 95	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 48	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 18.000
Al							
	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 510.000	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 1,400	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 1,200	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 79.000	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 76.000	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 470.000	金属汚染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 26.000
231	422	423	424	425	426	427	428
222	413	415	416	417	418	419	420

图 8

材料	参考	CF4/CO/Ar	CF4/CO
Hf			
	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 95,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 67,000

图 9

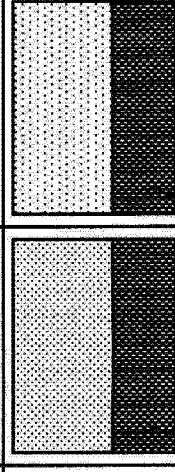
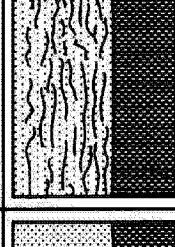
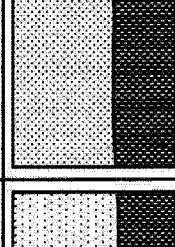
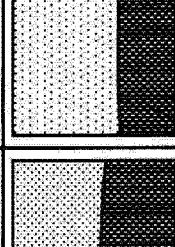
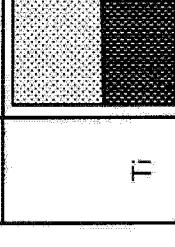
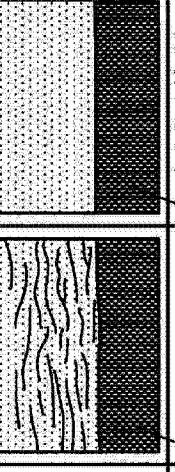
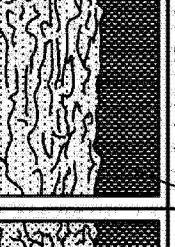
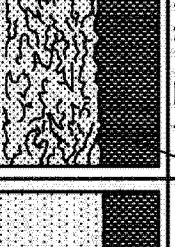
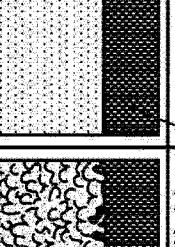
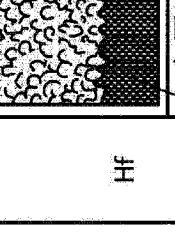
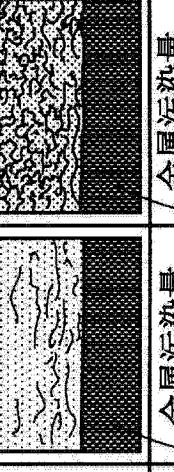
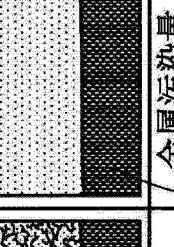
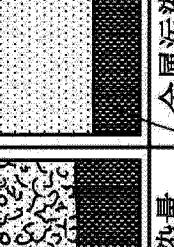
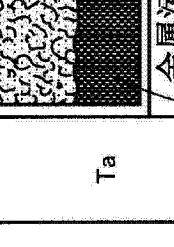
材料	参考	DC-500V		DC-400V		DC-300V	
		CF4/CO/Ar 100/100/100	CHF3/Ar/O2 100/100/100	CHF3/Ar/O2 100/500/100	CHF3/Ar/O2 100/800/100	CHF3/Ar/O2 100/100/100	CHF3/Ar/O2 100/100/100
Ti							DC-300V
							CHF3/Ar/O2 100/100/100
Hf							DC-300V
							CHF3/Ar/O2 100/100/100
Ta							DC-300V
							CHF3/Ar/O2 100/100/100

图 10

材料	参考	CHF3/Ar/O2 DC=0V	CHF3/Ar/O2 DC=-150V	CHF3/Ar/O2 DC=-300V
Al				
	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 510,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 410,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 660	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 600

图 11

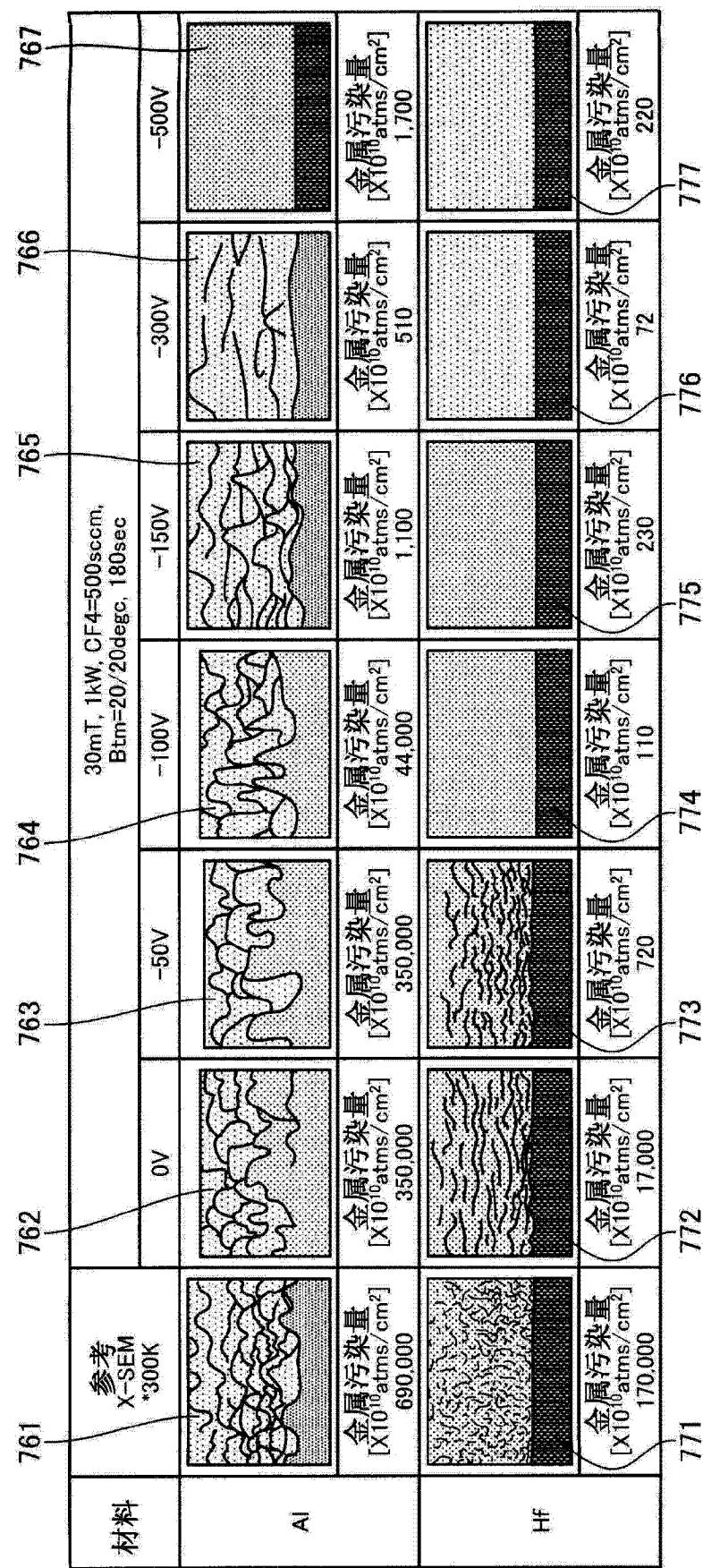


图 12