



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104576453 B

(45)授权公告日 2018.06.22

(21)申请号 201410575684.8

(22)申请日 2014.10.24

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104576453 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(30)优先权数据
2013-221468 2013.10.24 JP
2014-164369 2014.08.12 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 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)

(56)对比文件

CN 1891858 A,2007.01.10,

US 6379575 B1,2002.04.30,

US 6274058 B1,2001.08.14,

审查员 王雪梅

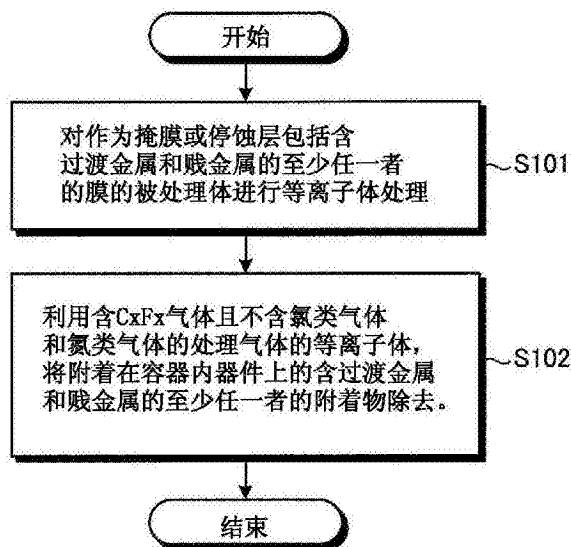
权利要求书3页 说明书18页 附图11页

(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:

将被处理体搬入处理容器内,该被处理体包括含过渡金属和贱金属中的至少任一者的膜;

被处理体被第1处理气体的等离子体蚀刻,由此过渡金属和贱金属中的至少任一者从被处理体飞散,含过渡金属和贱金属中至少任一者的附着物附着在配置于处理容器内部的部件上;

将被处理体从处理容器内搬出;

在处理容器内不存在被处理体的状态下,利用第2处理气体的等离子体,除去附着在所述配置于处理容器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,所述第2处理气体含CO气体、Ar气体和 C_xF_y 气体,且不含氯类气体和氮类气体,其中,x为2以下的整数,y为6以下的整数;

一边对所述配置于处理容器内部的部件施加负的直流电压,一边利用所述第2处理气体的等离子体除去所述附着物;

将所述负的直流电压设为-100V以下,以使第2处理气体的等离子体中的氩离子与所述配置于处理容器内部的部件碰撞,利用氩离子的溅射除去所述附着物。

2. 如权利要求1所述的等离子体处理方法,其特征在于:

所述处理气体为 $CF_4/CO/Ar$ 气体和 $C_2F_6/CO/Ar$ 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或2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或2所述的等离子体处理方法,其特征在于:

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 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除去所述附着物。

6. 一种等离子体处理方法,其特征在于:

将被处理体搬入处理容器内,该被处理体包括含过渡金属和贱金属中的至少任一者的膜;

被处理体被第1处理气体的等离子体蚀刻,由此过渡金属和贱金属中的至少任一者从被处理体飞散,含过渡金属和贱金属中至少任一者的附着物附着在配置于处理容器内部的部件上;

将被处理体从处理容器内搬出;

在处理容器内不存在被处理体的状态下,利用第2处理气体的等离子体,除去附着在所述配置于处理容器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,所述第2处理气体含 O_2 气体、Ar气体和 CH_zF_w 气体,且不含氯类气体和氮类气体,其中,z为3以下的整数,w为3以下的整数;

一边对所述配置于处理容器内部的部件施加负的直流电压,一边利用所述第2处理气体的等离子体除去所述附着物;

将所述负的直流电压设为-100V以下,以使第2处理气体的等离子体中的氩离子与所

述配置于处理容器内部的部件碰撞,利用氩离子的溅射除去所述附着物。

7.如权利要求6所述的等离子体处理方法,其特征在于:

所述处理气体为 $\text{CHF}_3/\text{Ar}/\text{O}_2$ 气体、 $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{Ar}/\text{O}_2$ 气体和 $\text{CH}_3\text{F}/\text{Ar}/\text{O}_2$ 气体中的至少任一者。

8.一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,其进行如下控制:

将被处理体搬入处理容器内,该被处理体包括含过渡金属和贱金属中的至少任一者的膜;

被处理体被第1处理气体的等离子体蚀刻,由此过渡金属和贱金属中的至少任一者从被处理体飞散,含过渡金属和贱金属中至少任一者的附着物附着在配置于处理容器内部的部件上;

将被处理体从处理容器内搬出;

在处理容器内不存在被处理体的状态下,利用第2处理气体的等离子体,除去附着在所述配置于处理容器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,所述第2处理气体含 CO 气体、 Ar 气体和 C_xF_y 气体,且不含氯类气体和氮类气体,其中, x 为2以下的整数, y 为6以下的整数;

一边对所述配置于处理容器内部的部件施加负的直流电压,一边利用所述第2处理气体的等离子体除去所述附着物;

将所述负的直流电压设为 -100V 以下,以使第2处理气体的等离子体中的氩离子与所述配置于处理容器内部的部件碰撞,利用氩离子的溅射除去所述附着物。

9.一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,其进行如下控制:

将被处理体搬入处理容器内,该被处理体包括含过渡金属和贱金属中的至少任一者的膜;

被处理体被第1处理气体的等离子体蚀刻,由此过渡金属和贱金属中的至少任一者从被处理体飞散,含过渡金属和贱金属中至少任一者的附着物附着在配置于处理容器内部的部件上;

将被处理体从处理容器内搬出;

在处理容器内不存在被处理体的状态下,利用第2处理气体的等离子体,除去附着在所述配置于处理容器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,所述第2处理气体含 O_2 气体、 Ar 气体和 CH_zF_w 气体,且不含氯类气体和氮类气体,其中, z 为3以下的整数, w 为3以下的整数;

一边对所述配置于处理容器内部的部件施加负的直流电压,一边利用所述第2处理气体的等离子体除去所述附着物;

将所述负的直流电压设为-100V以下,以使第2处理气体的等离子体中的氩离子与所述配置于处理容器内部的部件碰撞,利用氩离子的溅射除去所述附着物。

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,利用来自直流电源22的直流电压而产生的库仑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。上部电极34和下部电极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(C_xF_y)或如 CHF_3 气体那样的 CH_zF_w 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观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的控制下实现在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 C_xF_y 气体(其中,x为2以下的整数,y为6以下的整数)或 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 N_2/O_2 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 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除去附着物。结果,能够使腔室内部件的表面的自偏置电压

V_{dc}的绝对值增大,附着在腔室内部件上的附着物被适当溅射(spatter),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,对其它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。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。

[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C_xF_y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,但是不限于此。例如,作为用于除去附着物的处理气体,也可以使用含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。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CHF₃气体、CHF₃/Ar/O₂气体、CH₂F₂气体、CH₂F₂/Ar/O₂气体、CH₃F气体、CH₃F/Ar/O₂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 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 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。

[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℃

[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: $CF_4/CO=300/300$ sccm

[0124] 实施例2、4: $CF_4/CO/Ar=300/300/300$ 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 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。

[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℃

[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: $CF_4/CO/Ar=300/300/300$ 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℃

[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℃

[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的描图(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) [$\times 10^{10}$ atms/cm²]。

[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:CF₄/Ar=300/300sccm

[0177] 实施例8:CF₄/CO₂/Ar=300/300/300sccm

[0178] 实施例9:CF₄/CO/Ar=100/100/100sccm

[0179] 实施例10:CF₄=300sccm

[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℃

[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:CF₄/CO/Ar=300/300/300sccm

[0188] 实施例12:CF₄/Ar=300/300sccm

[0189] 实施例13:CF₄/CO=300/300sccm

[0190] 实施例14:CF₄/CO₂/Ar=300/300/300sccm

[0191] 实施例15:CF₄/CO/Ar=100/100/100sccm

[0192] 实施例16:CF₄=300sccm

[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NF₃/CO/Ar=100/100/100sccm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NF₃/CO/Ar=100/100/100sccm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) [$\times 10^{10}$ atms/cm²]。

[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CF₄/Ar,能够将金属污染量的值改善至与使用CF₄/CO或CF₄/CO/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CF₄/CO₂/Ar,能够将金属污染量的值改善至与使用CF₄/CO或CF₄/CO/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CF₄,能够将金属污染量的值改善至与使用CF₄/CO或CF₄/CO/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CF₄/CO/Ar,与NF₃/CO/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 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℃

[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: $CF_4/CO/Ar=300/300/300$ sccm

[0213] 实施例18: $CF_4/CO=300/300$ 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) [$\times 10^{10}$ atms/cm²]。

[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℃

[0225] 时间:180秒

- [0226] 处理气体和处理气体的流量:CF₄/CO/Ar=100/100/100sccm
- [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℃
- [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:CHF₃/Ar/O₂=100/100/100sccm
- [0245] 实施例25~27:CHF₃/Ar/O₂=100/500/100sccm
- [0246] 实施例28~30:CHF₃/Ar/O₂=100/800/100sccm
- [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) [$\times 10^{10}$ atms/cm²]。

[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CH_zF_w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C_xF_y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CH_zF_w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C_xF_y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CH_zF_w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C_xF_y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℃

[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A1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A1的附着物。

[0274] (实施例36~39)

[0275] 对包括含作为贱金属的A1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A1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℃

[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℃

[0293] 时间:180秒

[0294] 处理气体和处理气体的流量:CF₄=500sccm

[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) [$\times 10^{10}$ atms/cm²]。

[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。

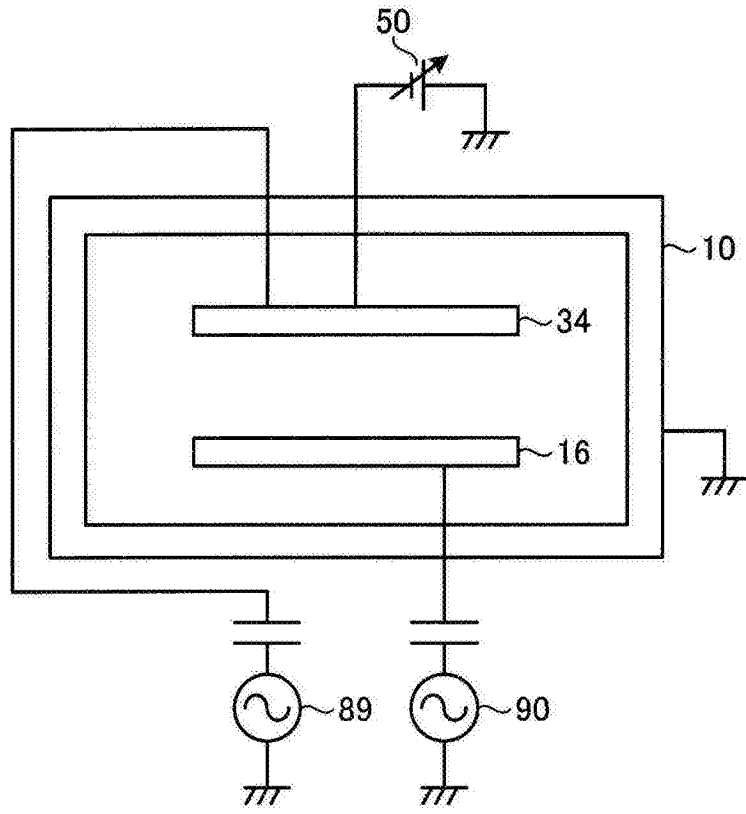


图1

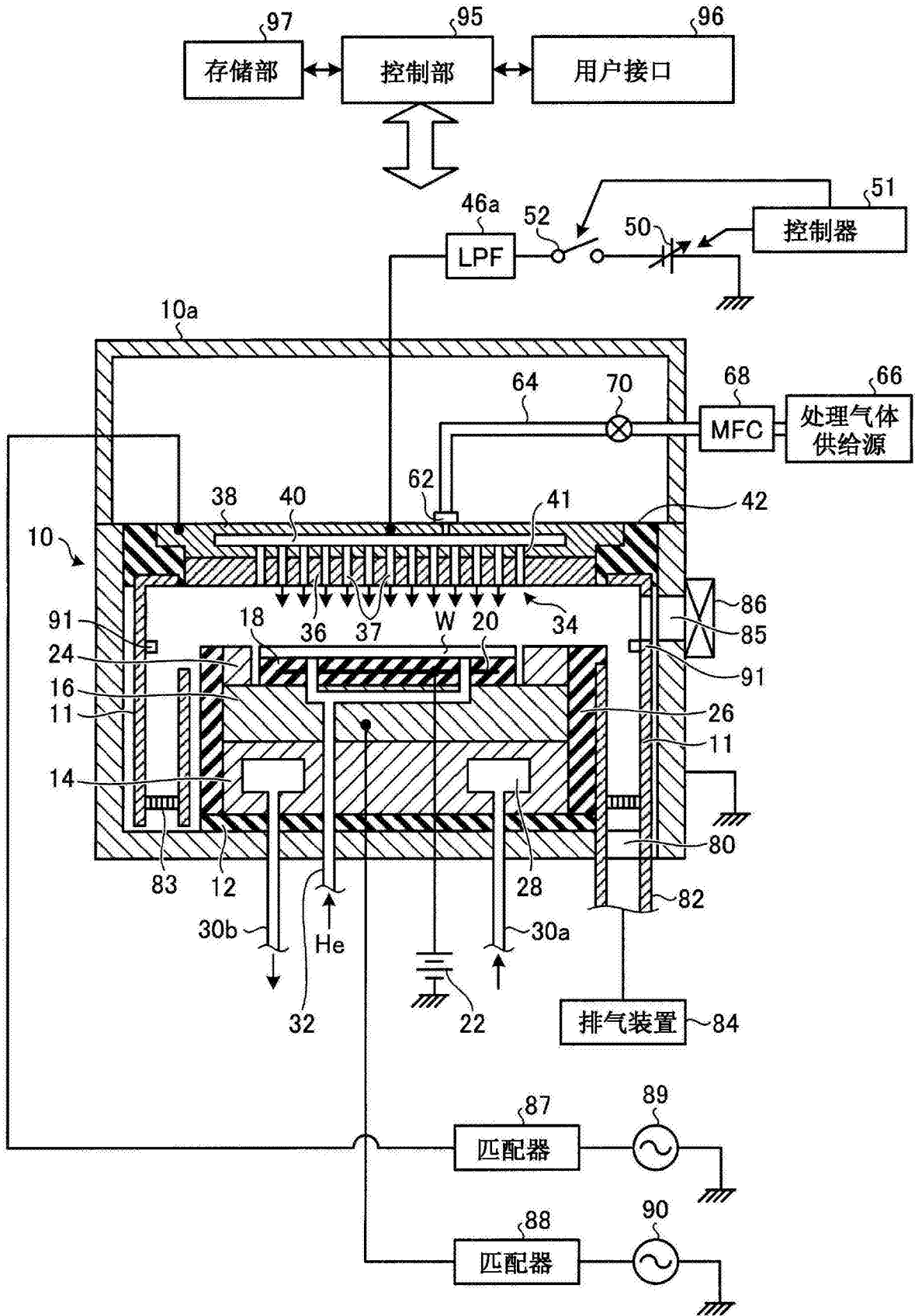


图2

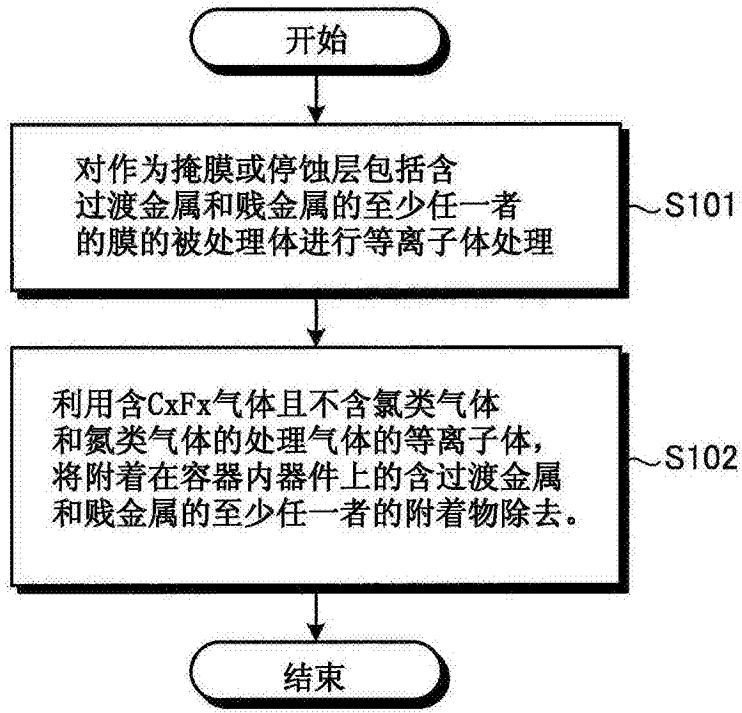


图3

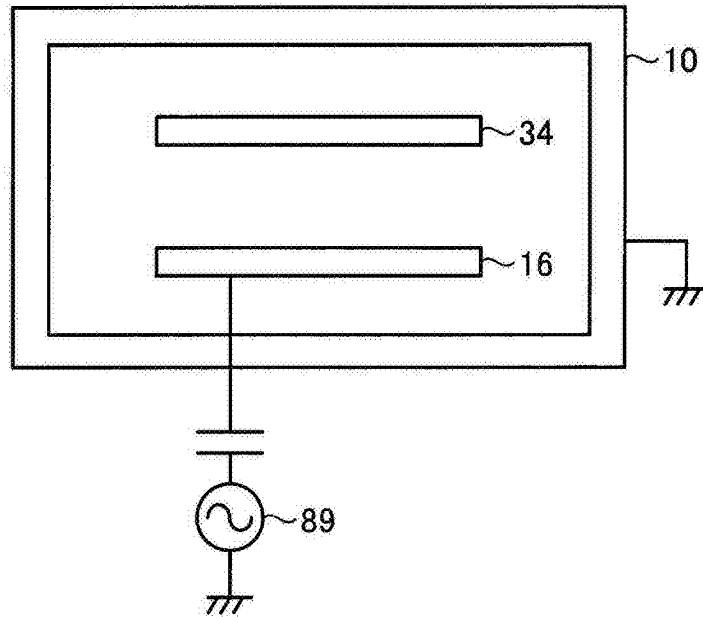


图4A

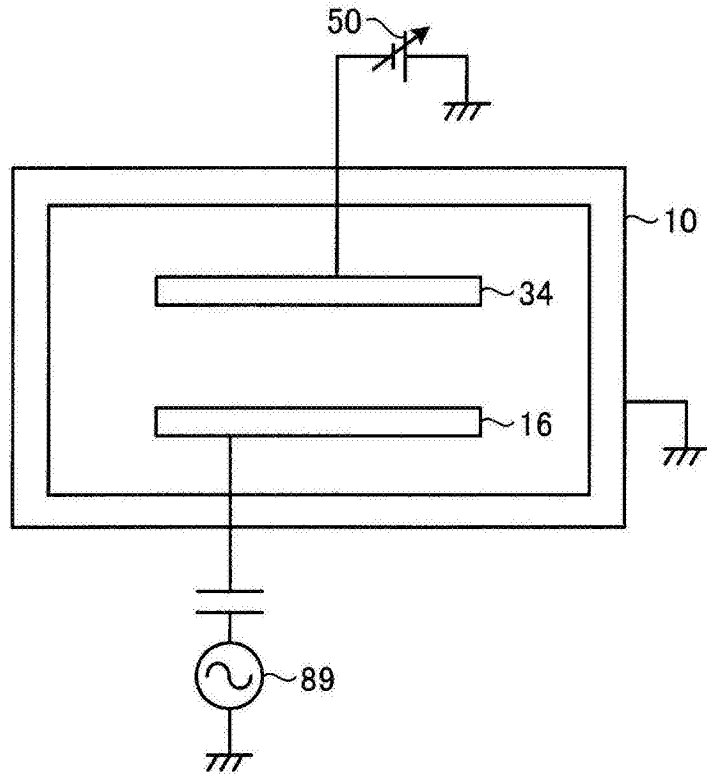


图4B

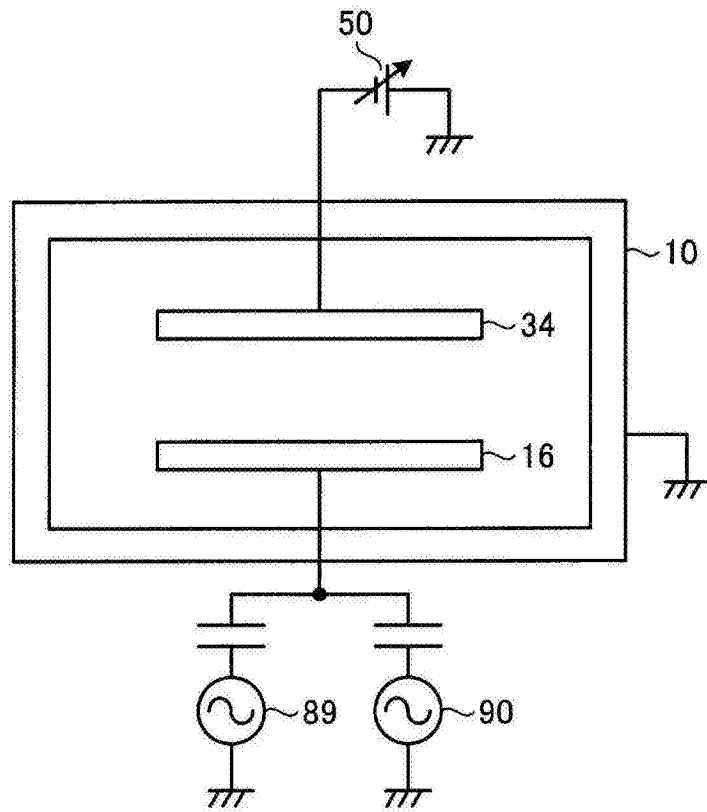


图5

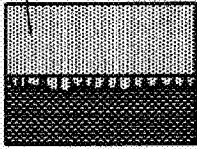
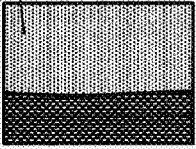
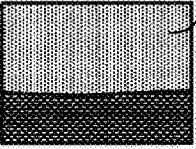
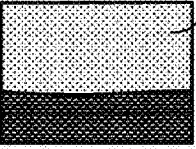
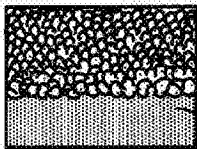
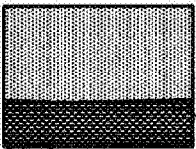
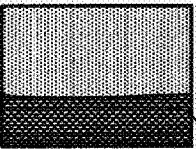
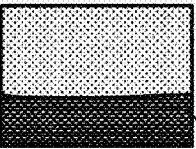
	211	212	213	214
材料	参考	CF4/CO 300/300 DC0V	CF4/CO/Ar 300/300/300 DC0V	CF4/CO/Ar DC-500V
Ti				
	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 210,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 18	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 52	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 340
Hf				
	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 67	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 52	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 76
	221	222	223	224

图6

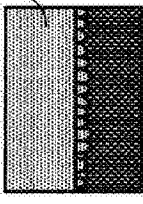
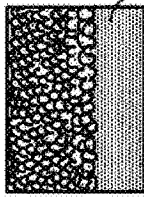
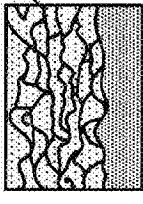

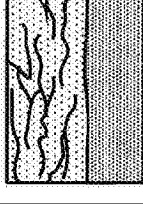
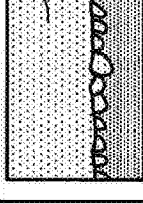

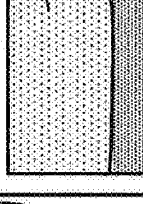
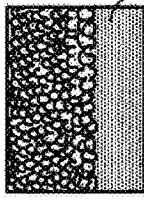
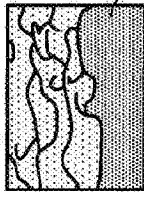
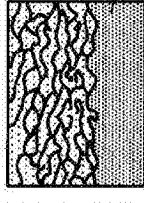
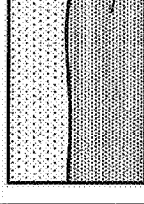

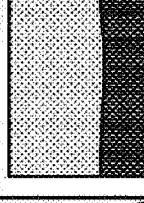
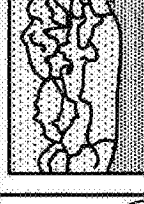
材料	211	312	313	314	315	316	317
Ti	参考	氟类气体	BCI3	CI2	BCI3 / Ar	BCI3 / CI2	CI2 / NF3
		NF3 120sccm	200sccm	200sccm	125 / 75sccm	125 / 75sccm	150 / 50sccm
	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 210,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 120	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 23,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 91,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 200,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 25,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 20
							
HF	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 35,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 100,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 67,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000
							
	221	322	323	324	325	326	327

图7

材料	Hf	221	参考		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000	510,000	231
		CF4/CO/Ar 300/300/300		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 1,400	422		
Hf	Hf	413	CF4/Ar 300/300		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 67	1,200	423
		CF4/CO 300/300		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 79,000	424		
Hf	Hf	415	CF4/CO ₂ /Ar 300/300/300		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 180	76,000	425
		NF ₃ /CO/Ar 100/100/100		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 16,000	522		
Hf	Hf	416	CF ₄ /CO/Ar 100/100/100		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 95	26,000	426
		CF ₄ 300 only		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 48	427		
Al	Al	221	参考		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 510,000	510,000	231
		CF ₄ /CO/Ar 300/300/300		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 1,400	422		
Al	Al	413	CF ₄ /Ar 300/300		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 1,200	1,200	423
		CF ₄ /CO 300/300		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 79,000	424		
Al	Al	415	CF ₄ /CO ₂ /Ar 300/300/300		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 180	76,000	425
		NF ₃ /CO/Ar 100/100/100		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 16,000	522		
Al	Al	416	CF ₄ /CO/Ar 100/100/100		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 95	26,000	426
		CF ₄ 300 only		金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 48	427		

图8

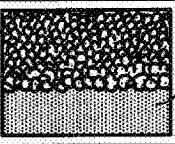

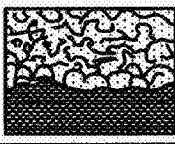
材料	参考	CF4/CO/Ar	CF4/CO
Hf			
	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 170,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 95,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 67,000

图9

材料	参考	DC-400V				DC-900V
		CF4/CO/Ar 100/100/100	CHF3/Ar/O2 100/100/100	CHF3/Ar/O2 100/500/100	CHF3/Ar/O2 100/800/100	
Ti						
	711	712	713	714	715	
	Hf					
		721	722	723	724	725
Ta						
		731	732	733	734	735

图10

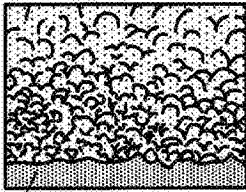
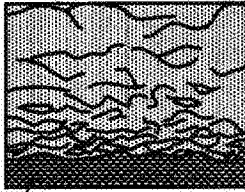
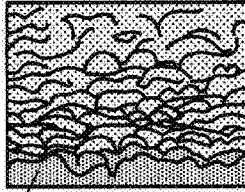
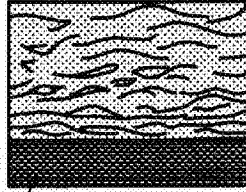
材料	参考	CHF3/Ar/O2 DC=0V	CHF3/Ar/O2 DC=-150V	CHF3/Ar/O2 DC=-300V
Al				
	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 510,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 410,000	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 660	金属污染量 [X10 ¹⁰ atms/cm ²] 600
	741	742	743	744

图11

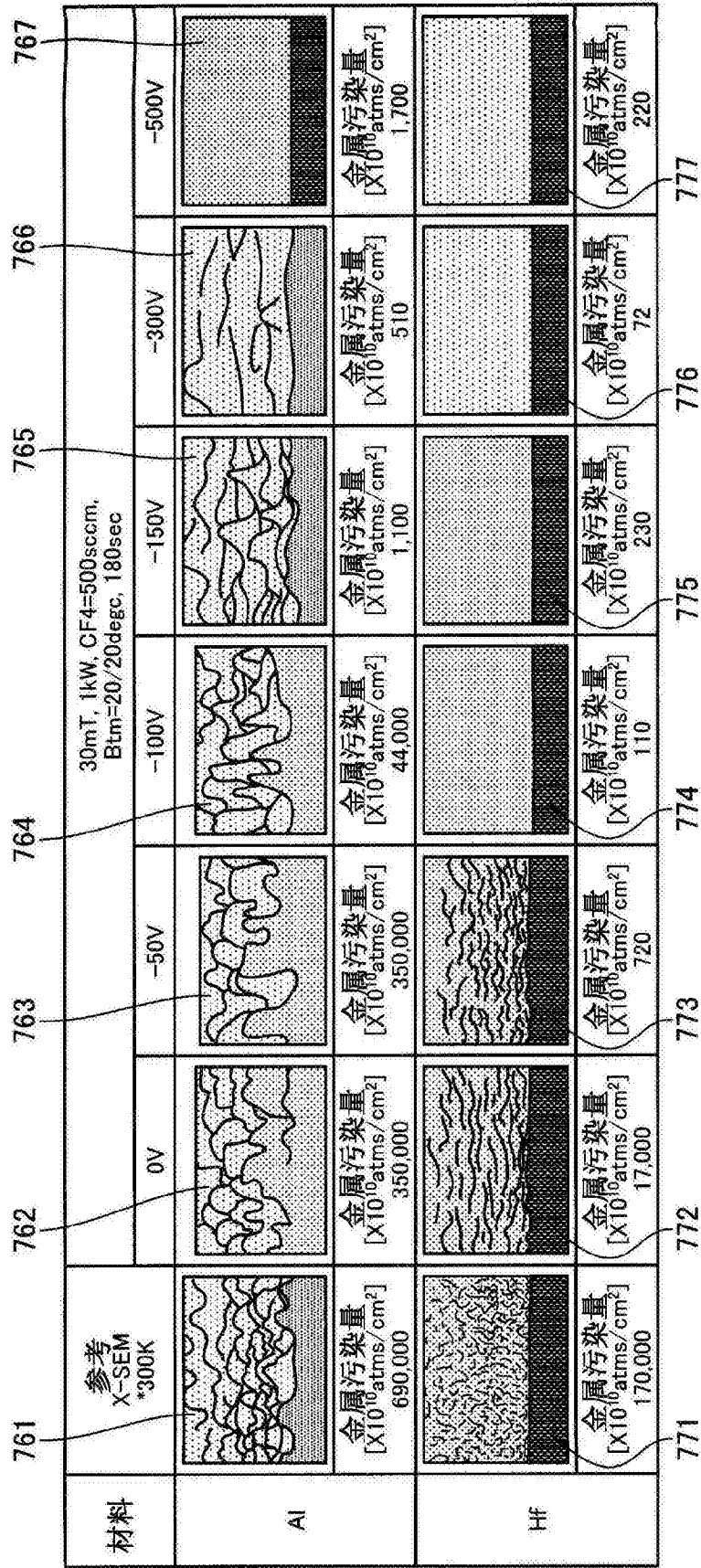


图12