



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104253036 B

(45)授权公告日 2017. 11. 28

(21)申请号 201410301711.2

(22)申请日 2014.06.27

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104253036 A

(43)申请公布日 2014.12.31

(30)优先权数据
2013-137118 2013.06.28 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 石井孝幸

(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 李茂家

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065(2006.01)

H01L 21/67(2006.01)

(56)对比文件

CN 1213456 A,1999.04.07,

CN 101471236 A,2009.07.01,

JP 特开平5-291208 A,1993.11.05,

审查员 王雪梅

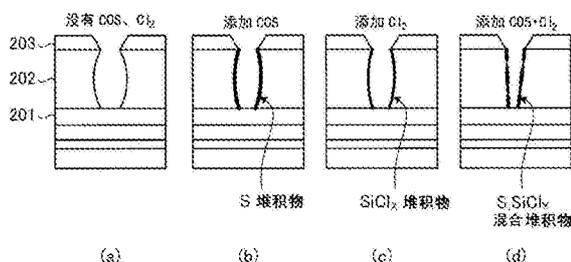
权利要求书1页 说明书10页 附图8页

(54)发明名称

等离子体蚀刻方法及等离子体蚀刻装置

(57)摘要

本发明涉及等离子体蚀刻方法及等离子体蚀刻装置。课题在于改善槽的形状。等离子体蚀刻方法包括：第1工序、第2工序和第3工序。第1工序对在掩膜上形成的具有规定的图案的光致抗蚀膜进行等离子体处理。第2工序沿着被等离子体处理的光致抗蚀膜的图案用等离子体对掩膜进行蚀刻，使形成于掩膜的下层的有机膜露出。第3工序用包含O₂、COS和Cl₂的混合气体的等离子体对有机膜进行蚀刻。



1. 一种等离子体蚀刻方法,其特征在于,在基板上依次形成不含有Si即硅的有机膜、掩膜、抗蚀膜,所述抗蚀膜具有规定的图案,将所述抗蚀膜作为掩模对所述掩膜进行蚀刻而形成掩模,将所述抗蚀膜和掩膜作为掩模,用包含 O_2 即氧气、COS即羰基硫和 Cl_2 即氯气的混合气体的等离子体对所述不含有Si的有机膜进行蚀刻,所述COS的流量相对于 Cl_2 的流量的比设定为0.35~0.5的范围,从而槽的内壁形成倾斜,使得槽的开口宽度宽于槽底的宽度,并且相对于所述COS的流量与 Cl_2 的流量的比,锥角在 $84^\circ \sim 89^\circ$ 范围。

2. 根据权利要求1所述的等离子体蚀刻方法,其特征在于,所述COS的流量相对于 Cl_2 的流量的比为0.35~0.45的范围。

3. 根据权利要求1或2所述的等离子体蚀刻方法,其特征在于,所述 O_2 的流量相对于COS的流量和 Cl_2 的流量的总计的比为1.5~2.7的范围。

4. 根据权利要求3所述的等离子体蚀刻方法,其特征在于,所述 O_2 的流量相对于COS的流量和 Cl_2 流量的总计的比为1.7~1.9的范围。

5. 一种等离子体蚀刻方法,其特征在于,包括:

第1工序:对在掩膜上形成的具有规定的图案的光致抗蚀膜进行等离子体处理;

第2工序:沿着被等离子体处理的所述光致抗蚀膜的图案,用等离子体对所述掩膜进行蚀刻,使形成于所述掩膜的下层的有机膜露出;和

第3工序:用包含 O_2 即氧气、COS即羰基硫和 Cl_2 即氯气的混合气体的等离子体对所述有机膜进行蚀刻,所述COS的流量相对于 Cl_2 的流量的比设定为0.35~0.5的范围,从而槽的内壁形成倾斜,使得槽的开口宽度宽于槽底的宽度,并且相对于所述COS的流量与 Cl_2 的流量的比,锥角在 $84^\circ \sim 89^\circ$ 范围。

6. 根据权利要求5所述的等离子体蚀刻方法,其特征在于,所述第3工序中的COS的流量相对于 Cl_2 的流量的比为0.35~0.45的范围。

7. 根据权利要求5或6所述的等离子体蚀刻方法,其特征在于,所述第3工序中的 O_2 的流量相对于COS的流量和 Cl_2 的流量的总计的比为1.5~2.7的范围。

8. 根据权利要求7所述的等离子体蚀刻方法,其特征在于,所述第3工序中的 O_2 的流量相对于COS的流量和 Cl_2 的流量的总计的比为1.7~1.9的范围。

等离子体蚀刻方法及等离子体蚀刻装置

技术领域

[0001] 本发明涉及等离子体蚀刻方法及等离子体蚀刻装置。

背景技术

[0002] 已知在利用等离子体的蚀刻工序中在被处理膜上形成槽的情况下,由于槽的侧壁以超过必要的程度被削去,槽的中间的空间鼓起而产生弓形。由于微细化的发展,该弓形的问题明显化而难以按照设计控制槽的宽度。作为其对策,下述专利文献1中公开了向蚀刻气体中添加COS(羰基硫)的技术。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2012-204668号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 然而,在蚀刻工序中在被处理膜上形成槽的情况下,如果槽的侧壁是垂直的则在槽的底(角部)发生反应产物(沉积物)堆积,对于之后形成的器件的性能带来影响。通过使槽的侧壁带有规定的角度的倾斜(锥形)而容易去除反应产物(沉积物)。另外,产生在之后的使膜堆积在槽的侧壁的工序中膜容易附着等优点。但是,一直以来难以抑制弓形的产生并且形成规定的锥形。

[0008] 另外,上述专利文献1的技术中,能够某种程度抑制弓形的产生,但是还没有达到能够在槽的侧壁形成规定的锥形。

[0009] 用于解决问题的方案

[0010] 本发明的一个方面的等离子体蚀刻方法在基板上依次形成不含有Si(硅)的有机膜、掩膜、抗蚀膜,前述抗蚀膜具有规定的图案,将前述抗蚀膜作为掩模对前述掩膜进行蚀刻而形成掩模,将前述抗蚀膜和掩膜作为掩模,用包含O₂(氧气)、COS和Cl₂(氯气)的混合气体的等离子体对前述有机膜进行蚀刻。

[0011] 发明的效果

[0012] 通过本发明的各个方面和实施方式,实现了能够改善槽的形状的等离子体蚀刻方法和等离子体蚀刻装置。

附图说明

[0013] 图1为表示实施方式的蚀刻装置的一例的纵向剖视图。

[0014] 图2为用于说明用实施方式的蚀刻装置蚀刻的半导体晶圆的结构的一例的示意图。

[0015] 图3为表示处理气体与槽的的关系的一例的示意图。

[0016] 图4为表示实施方式的蚀刻方法的顺序的一例的流程图。

[0017] 图5为表示使用包含COS气体和Cl₂气体的处理气体进行蚀刻时的、槽的剖面的实验结果的一例的图。

[0018] 图6为用于说明锥形角度的定义的示意图。

[0019] 图7为表示对应于COS气体与Cl₂气体的流量的比的锥形角度的计算结果的一例的图。

[0020] 图8为表示对应于COS气体与Cl₂气体的流量的比的锥形角度的变化的一例的曲线图。

[0021] 图9为表示使用包含COS气体、Cl₂气体和O₂气体的处理气体进行蚀刻时的、槽的剖面的实验结果的一例的图。

[0022] 图10为表示对应于O₂气体的流量相对于COS气体的流量与Cl₂气体的流量的总计的比的、CD比和锥形角度的计算结果的一例的图。

[0023] 图11为表示对应于O₂气体的流量相对于COS气体的流量与Cl₂气体的流量的总计的比的、CD比和锥形角度的变化的一例的曲线图。

具体实施方式

[0024] 首先,对于本发明的实施方式,边参照附图边进行说明。

[0025] 图1为表示实施方式的蚀刻装置的一例的纵向剖视图。本实施方式的等离子体蚀刻装置以电容耦合型平行平板等离子体蚀刻装置的形式构成,具有例如由表面经阳极氧化处理的铝形成的大致圆筒状的腔室(处理容器)10。该腔室10进行了保护接地。

[0026] 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撑台14,在该基座支撑台14上设有例如由铝形成的基座16。基座16构成下部电极,在其上堆叠有作为被处理基板的半导体晶圆W。在该半导体晶圆W上形成有作为本发明的蚀刻对象的有机膜。

[0027] 在基座16的上表面设有用静电力吸附保持半导体晶圆W的静电卡盘18。该静电卡盘18具有用Al₂O₃等电介体的绝缘层夹着由导电膜形成的电极20而成的结构。电极20与直流电源22电连接。并且,通过来自直流电源22的直流电压产生的库伦力等静电力,半导体晶圆W被静电卡盘18吸附保持。

[0028] 在静电卡盘18(半导体晶圆W)的周围且基座16的上表面,配置有用于提高蚀刻的均一性的、例如由硅形成的导电性的聚焦环(校正环)24。在基座16和基座支撑台14的侧面设有例如由石英形成的圆筒状的内壁部件26。

[0029] 在基座支撑台14的内部例如在圆周上设有冷却介质室28。在该冷却介质室28中,由设置于外部的没有图示的致冷单元通过配管30a,30b循环供给规定温度的冷却介质例如冷却水,从而能够通过冷却介质的温度控制基座16上的半导体晶圆W的处理温度。

[0030] 进而,来自没有图示的导热气体供给机构的冷热传输用气体(冷却气体)例如He气,通过气体供给线路32被供给至静电卡盘18的上表面与半导体晶圆W的背面之间。通过这样的构成能够将半导体晶圆W控制在规定的温度。

[0031] 在作为下部电极的基座16的上方,上部电极34面向基座16平行地设置。并且,在上部电极34和下部电极16间的空间生成等离子体。

[0032] 该上部电极34被绝缘性保护部件42支撑在腔室10的上部,构成与基座16相对的

面并且具有多个气体排出孔37。另外,上部电极34具有由导电性材料例如铝形成的水冷结构的电极支撑体38。在电极支撑体38的内部设有气体扩散室40,与气体排出孔37连通的多个气体通流孔41由该气体扩散室40向下方延伸。

[0033] 在电极支撑体38上形成有向气体扩散室40导入处理气体的气体导入口62,该气体导入口62与气体供给管64连接,气体供给管64与供给处理所需要的气体的气体供给源66连接。气体供给管64与多个气体配管连接,这些气体配管设有流量控制器和开闭阀(均没有图示)。并且,处理所需要的气体从气体供给源66经由气体供给管64到达气体扩散室40,通过气体通流孔41和气体排出孔37淋浴状地被排出至等离子体生成空间。即,上部电极34作为用于供给处理气体的喷头而起作用。

[0034] 上部电极34通过低通滤波器(LPF)51与可变直流电源50电连接。可变直流电源50按照负极为上部电极34侧的方式进行连接,对上部电极34施加负的电压。来自可变直流电源50的供电能够通过开/闭(on/off)开关52而开/闭。低通滤波器(LPF)51阻隔后述的来自第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。

[0035] 设置圆筒状的接地导体10a,从腔室10的侧壁起延伸至位置比上部电极34的高度靠上方处。

[0036] 作为下部电极的基座16通过第1匹配器46与第1高频电源48电连接。第1高频电源48输出27~100MHz的频率例如60MHz的高频电力。第1匹配器46使第1高频电源48的内部(或输出)阻抗与负荷阻抗匹配,起到在腔室10内生成等离子体时使第1高频电源48的输出阻抗与负荷阻抗表现上一致的作用。

[0037] 另外,作为下部电极的基座16通过第2匹配器88与第2高频电源90也电连接。通过由该第2高频电源90向作为下部电极的基座16供给高频电力,对半导体晶圆W施加高频偏压而向半导体晶圆W引入离子。第2高频电源90输出400kHz~20MHz范围内的频率例如13.56MHz的高频电力。第2匹配器88用于使第2高频电源90的内部(或输出)阻抗与负荷阻抗匹配,起到在腔室10内生成等离子体时使第2高频电源90的内部阻抗与腔室10内的包含等离子体的负荷阻抗表现上一致的作用。

[0038] 在腔室10的底部设置有排气口80,该排气口80经由排气管82与排气装置84相连接。排气装置84具有涡轮分子泵等真空泵,能够将腔室10内减压至所希望的真空度。另外,在腔室10的侧壁设置有半导体晶圆W的输入/输出口85,该输入/输出口85能够通过闸阀86开闭。另外,沿着腔室10的内壁可拆卸地设置有沉积物屏蔽件11,用于防止蚀刻副产物(沉积物)附着于腔室10。即,沉积物屏蔽件11构成腔室壁。另外,沉积物屏蔽件11也设置于内壁部件26的外周。在腔室10的底部的腔室壁侧的沉积物屏蔽件11与内壁部件26侧的沉积物屏蔽件11之间设有排气板83。作为沉积物屏蔽件11和排气板83,优选使用对铝材覆盖 Y_2O_3 等陶瓷而成的物质。

[0039] 在沉积物屏蔽件11的构成腔室内壁的部分的与半导体晶圆W几乎相同高度的部分设置有通过DC方式接地的导电性部件(GND块)91,由此发挥防止异常放电效果。需要说明的是,该导电性部件91只要设置在等离子体生成区域,其位置就不限定于图1的位置,例如,可以设置于基座16侧,例如设置于基座16的周围等,或者也可以设置于上部电极34附近,例如在上部电极34的外侧环状地设置等。

[0040] 等离子体蚀刻装置的各构成部例如电源系、气体供给系、驱动系、进而第1高频电

源48、第2高频电源90、匹配器46,88等,采用与包含微处理器(计算机)的控制部(整体控制装置)100连接而被控制的构成。另外,控制部100与用户接口101连接,所述用户接口101包括:用于操作者进行命令的输入操作等以管理等离子体蚀刻装置的键盘、将等离子体蚀刻装置的运转状况可视化而显示的显示器等组成。

[0041] 进而,控制部100与存储有处理制程的存储部102连接,所述处理制程即:用于通过控制部100实现等离子体蚀刻装置中执行的各种处理的控制程序、用于根据处理条件对等离子体蚀刻装置各构成部执行处理的程序。处理制程存储于存储部102中的存储介质。存储介质既可以是硬盘、半导体存储器,也可以是CDROM、DVD、闪速存储器等可移动的存储器。另外,也可以通过其他的装置例如专用线路适宜传输制程。

[0042] 并且,根据需要,由来自用户界面101的指示等从存储部102中调出任意的处理制程,并由控制器100执行该任意的处理制程,从而用等离子体处理装置进行所期望的处理。

[0043] 例如,控制部100控制等离子体处理装置各部分以进行后述的等离子体蚀刻方法。列举其一例进行详细的说明。控制部100控制等离子体蚀刻装置各部分以将形成于掩膜203上的具有规定的图案的光致抗蚀膜204进行等离子体处理。然后,控制部100控制等离子体蚀刻装置各部分,沿着被等离子体处理的光致抗蚀膜204的图案用等离子体对掩膜203进行蚀刻,使形成于掩膜203的下层的有机膜202露出。然后,控制部100控制等离子体蚀刻装置各部分,以利用包含 O_2 、 CO_2 和 Cl_2 的混合气体所形成的等离子体对有机膜202进行蚀刻。

[0044] 图2为用于说明用实施方式的蚀刻装置蚀刻的半导体晶圆的结构的一例的示意图。本实施方式中,作为一例使用如图2所示的结构半导体晶圆W。

[0045] 如图2所示,此处使用的半导体晶圆具有如下结构:在基板上依次形成下层膜201、有机膜202、掩膜(无机膜)203、BARC(有机膜)和光致抗蚀膜(PR)膜204之后,通过光刻法使光致抗蚀膜204形成规定图案。

[0046] 作为本实施方式的蚀刻对象膜的有机膜202,为通常该领域中使用的有机膜,只要是不含有硅的物质就没有限制,优选使用:非晶碳(a-C)、SOC(自旋碳,spin-on carbon)、SOH(自旋硬掩模)等。有机膜202的厚度为100~1000nm左右,例如为200nm。

[0047] 作为掩膜203,可以优选使用例如 SiO_2 膜(氮氧化硅膜),其厚度为10~100nm左右,例如分别为12nm和20nm。光致抗蚀膜204典型地为ArF(氟化氩)抗蚀剂,其厚度为20~200nm左右。

[0048] 接着,对于本实施方式的等离子体蚀刻的原理使用图3进行说明。图3为表示处理气体与槽的形状的关系的一例的示意图。图3的(a)为表示使用既不包含 CO_2 也不包含 Cl_2 的CF系的处理气体的等离子体作为处理气体,将掩膜203作为掩模对有机膜202进行蚀刻的情况下的槽的形状的一例的示意图。如图3的(a)所示,形成于有机膜202的槽的形状产生弓形,为槽的中央与槽的开口、底的宽度相比较鼓起的形状。因此,为了将槽制成为如设计值的宽度,考虑到由弓形导致的中央部分的鼓起,需要在蚀刻掩膜的BT工序中将掩膜203上所开的槽的宽度变窄而将有机膜202的槽的开口变窄。

[0049] 但是,为了保持高精度地将掩膜203的槽的宽度变狭窄,需要高度微细化的技术。另外,即便能够通过蚀刻在有机膜202上形成开口狭窄的槽,由于开口比槽的内部狭窄,所以在其后面的工序中,存在难以将内部滞留的堆积物去除或者难以在形成于有机膜202的

槽的内壁形成均一的膜等情况。

[0050] 此处,只要能够在槽的内壁形成有倾斜(锥形)以使槽的开口的宽度宽于槽底的宽度,在半导体的制造工序中能够容易地去除内部滞留的堆积物,或者能够容易地在槽的内壁形成均一的膜等。但是,为了实现高密度化,也不能将槽的内壁的倾斜制得过于平坦。考虑到这些,锥形的角度优选为 $84^{\circ}\sim 89^{\circ}$ 。锥形的角度更优选为 $84^{\circ}\sim 86^{\circ}$ 。

[0051] 另外,作为用于抑制弓形的产生的添加气体,已知有COS气体。图3的(b)为表示向处理气体中添加COS气体或者用COS单一气体的处理气体的等离子体将掩膜203作为掩模而对有机膜202进行蚀刻情况下的槽的形状的一例的示意图。如图3的(b)所示,如果向处理气体中添加COS气体,则由于等离子体中生成的S(硫)成分的离子,边在槽的内壁附着S(硫)的堆积物边进行蚀刻,所以弓形的产生某种程度被抑制。但是,弓形即便由于使用COS气体而被抑制,也是不充分的而且不能形成锥形形状。因此,依然需要一种考虑弓形的抑制和锥形形状的设计。

[0052] 图3的(c)为表示在处理气体中添加有 Cl_2 气体的处理气体的等离子体或者用 Cl_2 单一气体的处理气体的等离子体将掩膜203作为掩模而对有机膜202进行蚀刻情况下的槽的形状的一例的示意图。如图3的(c)所示,与使用了COS气体的情况同样地,如果在处理气体在添加 Cl_2 气体,则由于等离子体中生成的 SiCl_x (氯化硅)成分的离子,边在槽的内壁附着 SiCl_x 的堆积物边进行蚀刻,所以弓形的产生某种程度被抑制。但是,弓形即便由于使用 Cl_2 气体而被抑制,也是不充分的而且不能形成锥形形状。因此,依然需要一种考虑弓形的抑制和锥形形状的设计。

[0053] 因此,本实施方式的有机膜蚀刻工序中,用包含 O_2 气体/ Cl_2 气体/COS气体的处理气体的等离子体对有机膜202进行蚀刻。图3的(d)为表示用包含 O_2 气体/ Cl_2 气体/COS气体的处理气体的等离子体将掩膜203作为掩模而对有机膜202进行蚀刻情况下的槽的形状的一例的示意图。

[0054] 本发明人等经过深入研究,结果发现,如图3的(d)所示,如果向处理气体中添加COS气体和 Cl_2 气体,则由于等离子体中生成的S成分的离子和 SiCl_x 成分的离子,边在槽的内壁附着S与 SiCl_x 的混合堆积物边进行蚀刻,所以弓形的产生被大幅地抑制。由此,能够将槽的内壁制成为锥形形状,能够将后面的工序中槽的内部所滞留的堆积物去除、在槽的内壁形成均一的膜等。这样,通过本发明的蚀刻方法对有机膜进行蚀刻形成优选的CD(临界尺寸,critical dimension)、锥形形状的槽之后,将该有机膜202作为掩模,通过用等离子体对例如 SiON 膜、TiN(金属硬掩模)等下层膜201进行蚀刻,能够使下层膜201上所形成的槽的CD和形状高精度地形成。进而,通过将下层膜作为掩模对形成于该下层膜的下层的膜进行蚀刻,能够形成良好的形状的槽。另外,由此能够提高半导体装置的性能和成品率。

[0055] <等离子体蚀刻方法的实施方式>

[0056] 接着,对于本实施方式中的等离子体蚀刻方法的各工序进行说明。图4为表示本实施方式的等离子体蚀刻方法的顺序的一例的流程图。

[0057] 如图4所示,本实施方式中的等离子体蚀刻方法中,首先,作为被处理体的晶圆W被运送至腔室10内而堆叠于基座16上。然后,控制部100使排气装置84的真空泵经由排气口80将腔室10内排气至规定的压力为止,向腔室10内供给处理气体执行等离子体处理(步骤S100)。

[0058] 例如,控制部100将包含氢的处理气体由气体供给源66向腔室10内供给,用含氢气体的等离子体对光致抗蚀膜的表面进行等离子体处理使抗蚀膜固化。等离子体处理工序也被称为固化工序,改善作为掩模而使用的光致抗蚀膜的SWR(Side Wall Roughness,边壁粗糙度)、LER(Line Edge Roughness,线边缘粗糙度)等。

[0059] 更详细而言,控制部100在例如以下的条件下对光致抗蚀膜204执行等离子体处理。

[0060] 腔室10内的压力:10mT

[0061] 供给至上部电极34的高频电力:200W

[0062] 供给至上部电极34的电力的频率:60MHz

[0063] 供给至下部电极(基座16)的高频电力:0W

[0064] 供给气体和流量比:H₂(氢)/N₂(氮)/CH₄(甲烷)=180/60/10sccm

[0065] 冷却气体的压力:20/20Torr

[0066] 上部电极34的温度:90℃

[0067] 腔室10的内壁的温度:60℃

[0068] 基座16的中央的温度:15℃

[0069] 基座16的边缘的温度:5℃

[0070] 接着,控制部100将腔室10内排气,向腔室10内供给处理气体,实施掩膜203的蚀刻工序(步骤S101)。例如,控制部100将包含CF系气体和CH系气体的处理气体由气体供给源66向腔室10内供给,将被等离子体处理的光致抗蚀膜204作为掩模用含有CF系气体和CH系气体的等离子体对BARC(有机膜)和作为含硅膜的掩膜203进行蚀刻,使形成于掩膜203的下层的、不含有Si的有机膜202露出。掩膜203的蚀刻工序也被称为BT(Break Through,穿透)工序。该情况下,在掩膜203上残留有规定的厚度的ArF等光致抗蚀膜204。

[0071] 更详细而言,控制部100在例如以下的条件下进行掩膜203的蚀刻。

[0072] 腔室10内的压力:15mT

[0073] 供给至上部电极34的高频电力:500W

[0074] 供给至上部电极34的电力的频率:60MHz

[0075] 供给至下部电极(基座16)的高频电力:100W

[0076] 供给至下部电极(基座16)的电力的频率:13MHz

[0077] 供给气体和流量比:CF₄(四氟化碳)/CH₄/O₂=250/20/8sccm

[0078] 冷却气体的压力:20/20Torr

[0079] 上部电极34的温度:90℃

[0080] 腔室10的内壁的温度:60℃

[0081] 基座16的中央的温度:15℃

[0082] 基座16的边缘的温度:5℃

[0083] 接着,控制部100将腔室10内排气,向腔室10内供给处理气体,实施不含有Si的有机膜202的蚀刻工序(步骤S102)。例如,控制部100将包含COS和Cl₂的处理气体从气体供给源66供给至腔室10内,将残膜的光致抗蚀膜204和掩膜203作为掩模,用含有COS气体和Cl₂气体的等离子体对不含有Si的有机膜202进行蚀刻。

[0084] 更详细而言,控制部100在例如以下的条件下对不含有Si的有机膜202进行蚀刻。

[0085] 腔室10内的压力:10mT

[0086] 供给至上部电极34的高频电力:500W

[0087] 供给至上部电极34的电力的频率:60MHz

[0088] 供给至下部电极(基座16)的高频电力:200W

[0089] 供给至下部电极(基座16)的电力的频率:13.56MHz

[0090] 供给气体: O_2/He (氦)/ Cl_2/COS

[0091] 冷却气体的压力:20/20Torr

[0092] 上部电极34的温度:90°C

[0093] 腔室10的内壁的温度:60°C

[0094] 基座16的中央的温度:15°C

[0095] 基座16的边缘的温度:5°C

[0096] 需要说明的是,在不含有Si的有机膜202的蚀刻工序中,供给至腔室10 内的处理气体含有较多 O_2 和He,所以难以产生等离子体。因此,优选控制部100进行下述控制:将腔室10内的压力暂时提高至20mT为止使之产生等离子体,等离子体稳定地产生之后,将腔室10内的压力下降至作为处理压力的10mT为止。

[0097] <实施例1>

[0098] 接着,使用具有图2所示的膜结构的晶圆,改变 COS 气体和 Cl_2 气体的流量进行蚀刻,进行研究流量比、CD和锥形角度的关系的实验。以下的实验结果中,使用掩膜203/有机膜202/下层膜201=28/170/40nm的晶圆。另外,工艺条件有以下的3种。

[0099] 供给气体: $O_2/He/Cl_2/COS=50/160/20/8sccm \cdots (1)$

[0100] $\phantom{\text{供给气体:}}=50/160/13/6sccm \cdots (2)$

[0101] $\phantom{\text{供给气体:}}=50/160/16/8sccm \cdots (3)$

[0102] 各气体优选的流量为: COS 气体为3~10sccm、 Cl_2 气体为10~25sccm、He气体为100~200sccm、 O_2 气体为45~100sccm。其他的步骤和条件与前述的有机膜蚀刻的条件相同。

[0103] 图5的(a)~(c)表示用包含 COS 气体和 Cl_2 气体的处理气体的等离子体进行蚀刻情况下的槽的剖面的实验结果的一例。图5的(a)表示使用上述(1)所示的流量比的处理气体进行蚀刻情况下的槽的剖面,图5的(b)表示使用上述(2)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下的槽的剖面,图5的(c)表示使用上述(3)所示的流量比的处理气体进行蚀刻情况下的槽的剖面。

[0104] 如图5的(a)所示,使用上述(1)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下,槽的开口的宽度宽于槽的底的宽度,槽的侧壁的倾斜也包含于妥当的范围内。图5的(a)的情况下,槽的开口的宽度为271nm、槽的底的宽度为239nm。需要说明的是,上述(1)所示的流量比的处理气体中, COS 气体的流量相对于 Cl_2 气体的流量的比为0.4。

[0105] 另外,如图5的(b)所示,使用上述(2)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下也是槽的开口的宽度宽于槽的底的宽度,槽的侧壁形成有锥形。图5的(b)的情况下,槽的开口的宽度为264nm、槽的底的宽度为257nm。需要说明的是,上述(2)所示的流量比的处理气体中, COS 的流量相对于 Cl_2 的流量的比为0.46。

[0106] 另外,如图5的(c)所示,使用上述(3)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下也是槽的开口的宽度宽于槽的底的宽度,槽的侧壁形成有锥形。图5的(c)的情况下,槽的开

口的宽度为270nm、槽的底宽度为255nm。需要说明的是,上述(3)所示的流量比的处理气体中,COS的流量相对于Cl₂的流量的比为0.5。

[0107] 此处,本说明书中,例如,将如图6所示的角度 θ 定义为锥形角度。将槽的开口宽度设为TopCD,将槽的底宽度设为BottomCD,将槽的深度(有机膜202的厚度)设为L,使用例如下述的算式(4)而算出锥形角度 θ 。

$$[0108] \quad \theta = \tan^{-1} \{L / ((\text{TopCD} - \text{BottomCD}) / 2)\} \cdots (4)$$

[0109] 对于使用上述(1)~(3)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下的各个槽的形状,如果从TopCD和BottomCD算出锥形角度,则例如如图7所示。另外,如果将锥形角度的计算结果进行标绘,则例如为如图8所示的曲线图。图7表示对应于COS气体与Cl₂气体的流量的比的锥形角度的计算结果的一例。图8为表示对应于COS气体与Cl₂气体的流量的比的锥形角度的变化的一例的曲线图。

[0110] 由图7和图8可见,有锥形角度随着COS气体的流量相对于Cl₂气体的流量的比的增加而增加的倾向。锥形角度优选为84°~89°的范围内。如果参照图7和图8的结果,可知如果COS气体的流量相对于Cl₂气体的流量的比为0.4~0.5的范围,则锥形角度抑制弓形并且位于优选的锥形角度84°~89°的范围内。

[0111] 另外,本发明人等进而经过深入的研究,结果发现,如果COS气体的流量相对于Cl₂气体的流量的比为0.35~0.5的范围,则锥形角度抑制弓形并且包含在优选的锥形角度84°~89°的范围内。因此,关于处理气体所包含的COS气体与Cl₂气体的流量比,优选COS气体的流量相对于Cl₂气体的流量的比为0.35~0.5的范围内。

[0112] 另外,锥形角度的范围更优选为84°~86°的范围。此处,如果参照图7和图8的结果,可知如果COS气体的流量相对于Cl₂气体的流量的比为0.4,则锥形角度抑制弓形并且位于优选的锥形角度84°~86°的范围内。另外,本发明人等进而经过深入的研究,结果发现,如果COS气体的流量相对于Cl₂气体的流量的比为0.35~0.45的范围,则锥形角度抑制弓形并且包含于优选的锥形角度84°~86°的范围内。因此,关于处理气体所包含的COS气体与Cl₂气体的流量比,更优选COS气体的流量相对于Cl₂气体的流量的比为0.35~0.45的范围。

[0113] <实施例2>

[0114] 接着,使用具有图2所示的膜结构的晶圆,改变O₂气体相对于COS气体和Cl₂气体的流量进行蚀刻,进行研究流量比、CD和锥形角度的关系的实验。以下的实验中的工艺条件有以下3种。

$$[0115] \quad \text{供给气体:O}_2/\text{He}/\text{Cl}_2/\text{COS} = 40/160/20/8\text{sccm} \cdots (5)$$

$$[0116] \quad \quad \quad = 50/160/20/8\text{sccm} \cdots (6)$$

$$[0117] \quad \quad \quad = 70/160/20/8\text{sccm} \cdots (7)$$

[0118] 各气体优选的流量为: COS气体为3~10sccm、Cl₂气体为10~25sccm、He气体为100~200sccm、O₂气体为45~100sccm。其他的步骤和条件与实施例1中的有机膜蚀刻的条件相同。

[0119] 图9的(a)~(c)为表示使用包含COS气体、Cl₂气体和O₂气体的处理气体进行蚀刻时的槽的剖面的实验结果的一例的图。图9的(a)表示使用上述(5)所示的流量比的处理气体进行蚀刻情况下的槽的剖面,图9的(b)表示使用上述(6)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下的槽的剖面,图9的(c)表示使用上述(7)所示的流量比的处理气体进行蚀刻情

况下的槽的剖面。

[0120] 使用上述(5)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下,如图9的(a)所示,槽的开口的宽度相比于槽的底的宽度过广,槽的侧壁的倾斜也变得过小。图9的(a)的情况下,槽的开口的宽度为381nm、槽的底的宽度为250nm。该情况下,槽的开口的宽度(TopCD)相对于槽的底的宽度(BottomCD)的比即CD比为1.52。另外,上述(5)所示的流量比的处理气体中, O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体的流量的总计的比为1.43。

[0121] 另外,如图9的(b)所示,使用上述(6)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下,槽的开口的宽度虽然宽于槽的底的宽度,但槽的侧壁的倾斜包含于妥当的范围内。图9的(b)的情况下,槽的开口的宽度为271nm、槽的底的宽度为239nm。该情况下,CD比为1.13。另外,上述(6)所示的流量比的处理气体中, O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体的流量的总计的比为1.78。

[0122] 另外,如图9的(c)所示,使用上述(7)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下,槽的开口的宽度虽然宽于槽的底的宽度,但槽的侧壁的锥形的角度陡峭。图9的(c)的情况下,槽的开口的宽度为279nm、槽的底的宽度为265nm。该情况下,CD比为1.05。另外,上述(7)所示的流量比的处理气体中, O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体的流量的总计的比为2.5。

[0123] 对于使用上述(5)~(7)所示的流量比的处理气体进行蚀刻的情况下的各个槽的形状,如果从TopCD和BottomCD算出CD比和锥形角度,则例如如图10所示。例如,如果将CD比和锥形角度的计算结果进行标绘,则例如为如图11所示的曲线图。图10表示对应于 O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体的流量的总计的比的、CD比和锥形角度的计算结果的一例。图11为表示对应于 O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体的流量的总计的比的、CD比和锥形角度的变化的一例的曲线图。

[0124] 参照图10和图11的实验结果,如果使 O_2 气体的流量相对于COS气体的流量和 Cl_2 气体的流量的总计的比增加,则有CD比减少而锥形角度增加的倾向。

[0125] 另外,如果参照图10和图11的实验结果,则 O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体的流量的总计的比优选为1.78~2.63的范围内。可知,该情况下锥形角度为优选的锥形角度范围即 $84^\circ \sim 89^\circ$ 的范围内的角度。

[0126] 另外,本发明人等进而经过深入的研究,结果发现,如果 O_2 的流量相对于 Cl_2 的流量与COS的流量的总计的比为1.5~2.7的范围,则锥形角度包含于优选的锥形角度 $84^\circ \sim 89^\circ$ 的范围内。因此,处理气体中, O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体流量的总计的比优选为1.5~2.7的范围内。

[0127] 另外,参照图10和图11的实验结果可知, O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体的流量的总计的比为1.78的情况下,锥形角度为更优选的锥形角度的范围即 $84^\circ \sim 86^\circ$ 的范围内的角度。

[0128] 另外,本发明人等进而经过深入的研究,结果发现,如果 O_2 的流量相对于 Cl_2 的流量与COS的流量的总计的比为1.7~1.9的范围内,则锥形角度包含于更优选的锥形角度 $84^\circ \sim 86^\circ$ 的范围内。因此,处理气体中, O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体流量的总计的比更优选为1.7~1.9的范围内。因此,作为抑制弓形并且形成优选的锥形角度的范围内的槽的气体条件, O_2 气体的流量相对于COS气体的流量与 Cl_2 气体的流量的总计的比优选为

1.5~2.7的范围内,另外,COS气体的流量相对于C1₂气体的流量的比优选为0.35~0.5的范围。

[0129] 以上,使用实施方式对本发明进行了说明,但本发明的权利要求的保护范围不限于上述实施方式所述的范围。能够对于上述实施的方式施加各种变更和改良,这对于本领域技术人员是显而易见的。另外,由权利要求书的记载可知,这样的施加了变更或改良的方式也能够包含于本发明的权利要求的保护范围内。

[0130] 附图标记说明

- [0131] 10 腔室
- [0132] 16 基座
- [0133] 34 上部电极
- [0134] 48 第1高频电源
- [0135] 50 可变直流电源
- [0136] 66 气体供给源
- [0137] 90 第2高频电源
- [0138] 100 控制部;
- [0139] 102 存储部
- [0140] W 半导体晶圆。

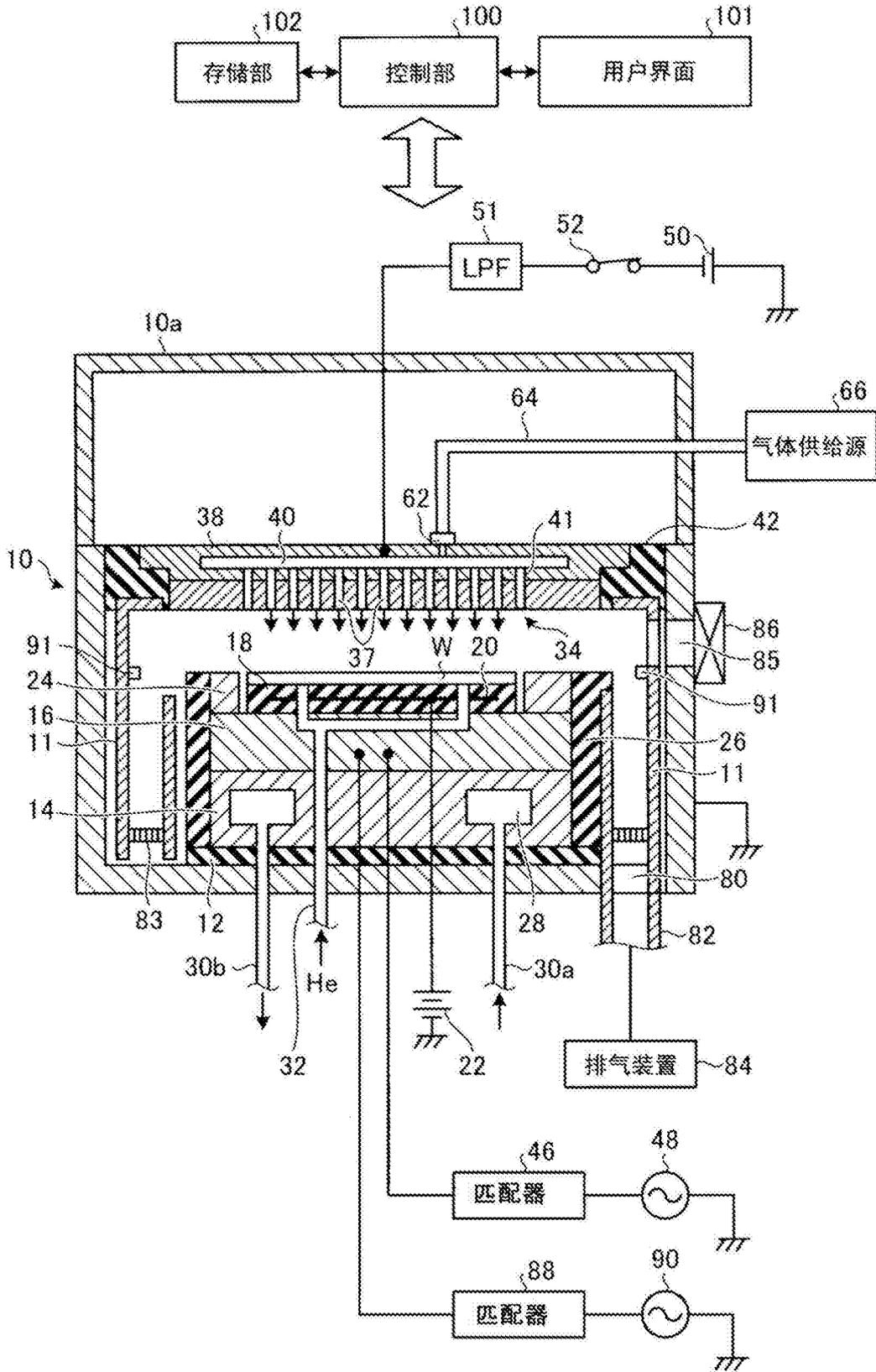


图1

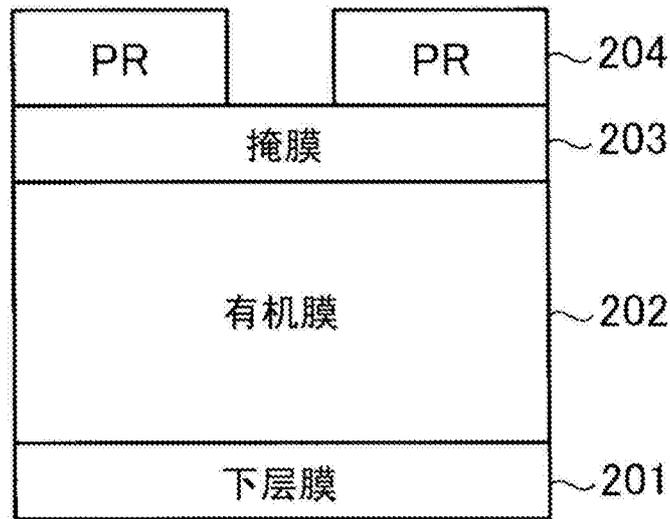


图2

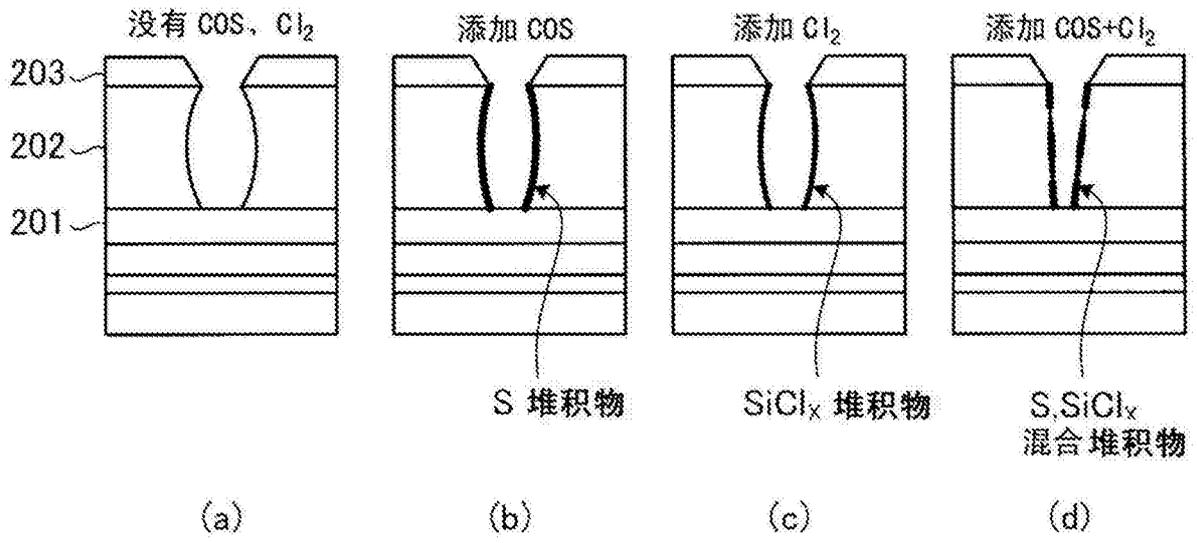


图3

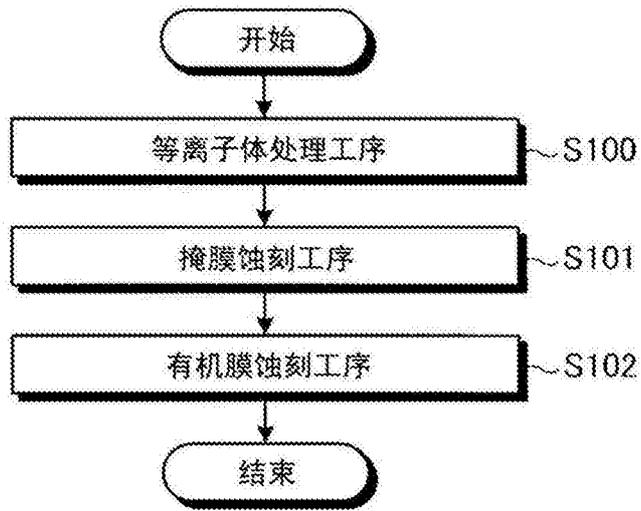


图4

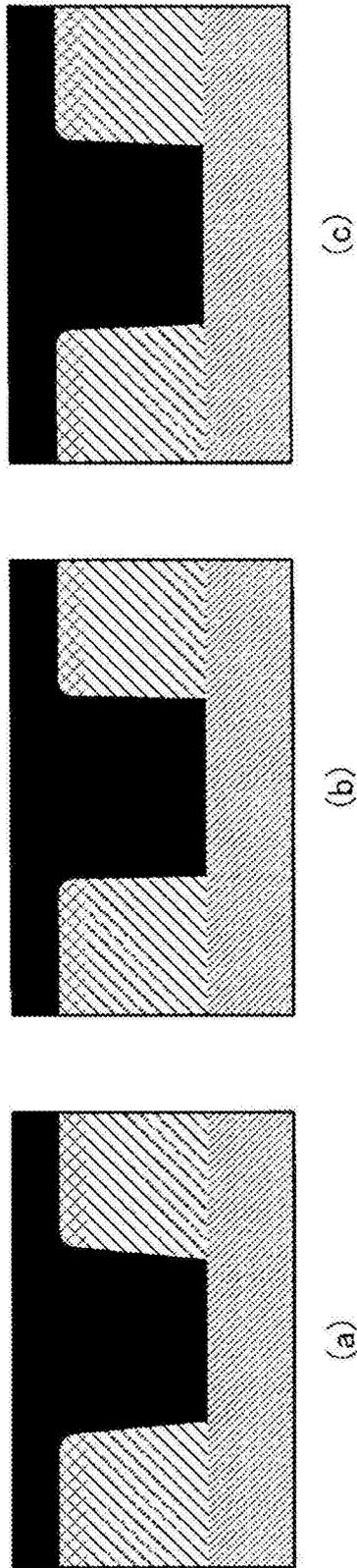


图5

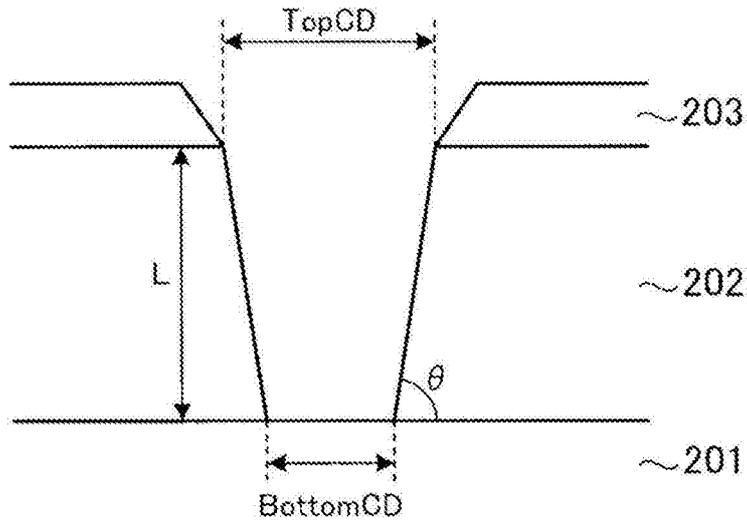


图6

流量比 (CO_2/Cl_2)	锥形角度
0.4	84.5°
0.46	88.8°
0.5	87.5°

图7

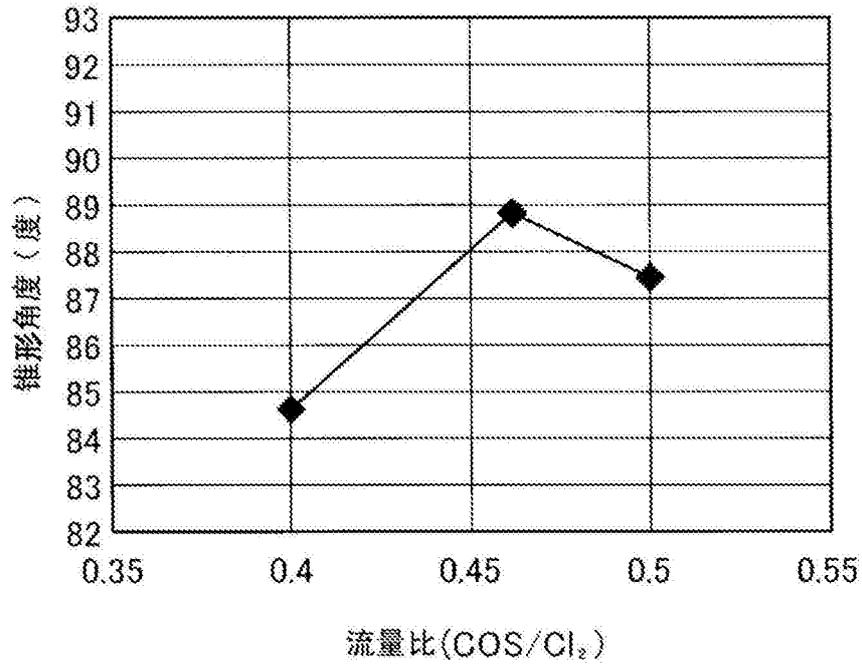


图8

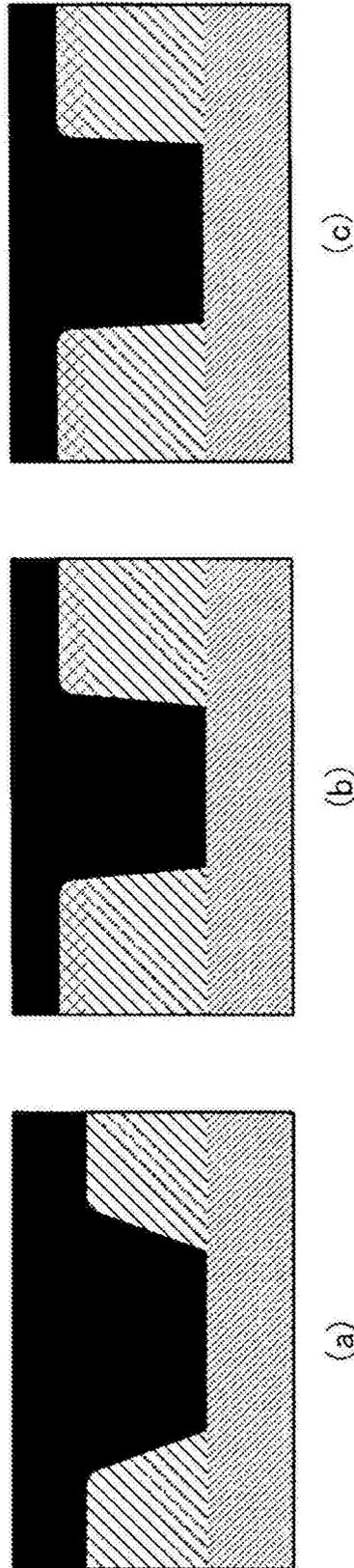


图9

流量比 (O ₂ /COS+Cl ₂)	CD比 (TopCD/BottomCD)	锥形角度
0.17	1.52	70°
1.78	1.13	84.5°
2.08	1.06	86.7°
2.5	1.05	87.0°
2.63	1.03	88.9°
6.25	0.98	90.8°

图10

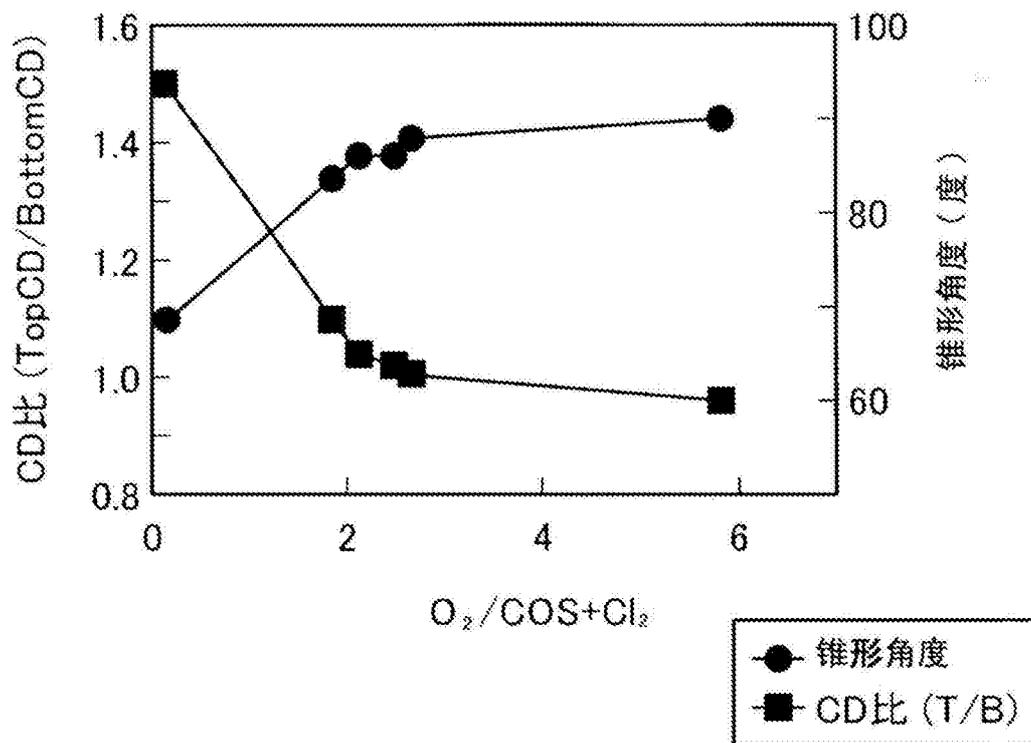


图11