



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112531019 B

(45) 授权公告日 2024.10.11

(21) 申请号 202011131017.2

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2015.08.31

H01L 29/16 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H01L 21/67 (2006.01)

申请公布号 CN 112531019 A

H01L 21/306 (2006.01)

(43) 申请公布日 2021.03.19

H01L 21/304 (2006.01)

(30) 优先权数据

H01L 21/02 (2006.01)

2014-216483 2014.10.23 JP

C30B 33/10 (2006.01)

(62) 分案原申请数据

C30B 33/00 (2006.01)

201580055161.3 2015.08.31

C30B 29/36 (2006.01)

B24B 37/04 (2012.01)

(73) 专利权人 住友电气工业株式会社

(56) 对比文件

地址 日本大阪府大阪市

CN 104114755 A, 2014.10.22

(72) 发明人 冲田恭子

审查员 肖玲

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

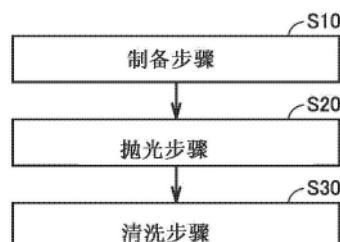
权利要求书1页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

碳化硅衬底

(57) 摘要

本发明涉及碳化硅衬底。所述碳化硅衬底具有主表面，所述主表面具有小于或等于 $0.1\text{nm}$ 的表面粗糙度( $\text{Ra}$ )，以及所述主表面包含钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆和铬，在所述主表面中，钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆和铬各自具有小于或等于 $1.0 \times 10^{12}\text{原子}/\text{cm}^2$ 的浓度，其中，在所述主表面中的钒、钨、钼、铂和锆中的每一个具有大于或等于 $1.0 \times 10^6\text{原子}/\text{cm}^2$ 的浓度。



1. 一种碳化硅衬底,所述碳化硅衬底具有主表面,  
所述主表面具有小于或等于 $0.1\text{nm}$ 的表面粗糙度(Ra),以及  
所述主表面包含钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆和铬,在所述主表面中,钒、钨、钼、铂、镍、钛、  
锆和铬各自具有小于或等于 $1.0 \times 10^{12}$ 原子/ $\text{cm}^2$ 的浓度,  
其中,在所述主表面中的钒、钨、钼、铂和锆中的每一个具有大于或等于 $1.0 \times 10^6$ 原子/ $\text{cm}^2$ 的浓度,  
其中,钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆和铬来源于用于制造所述碳化硅衬底的抛光剂中包含的  
金属催化剂。
2. 根据权利要求1所述的碳化硅衬底,其中,  
在所述主表面中,钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆和铬各自具有小于或等于 $2.0 \times 10^{11}$ 原子/ $\text{cm}^2$   
的浓度。
3. 根据权利要求1或2所述的碳化硅衬底,其中,  
在所述主表面中,钾、钠、钙、铁、铜、铝和锡各自具有小于或等于 $1.0 \times 10^{10}$ 原子/ $\text{cm}^2$ 的  
浓度。
4. 根据权利要求1或2所述的碳化硅衬底,具有大于或等于100mm的直径。

## 碳化硅衬底

[0001] 本申请是申请日为申请日为2015年8月31日、申请人为“住友电气工业株式会社”、发明名称为“碳化硅衬底和用于制造所述碳化硅衬底的方法”、申请号为201580055161.3的发明专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本公开涉及一种碳化硅衬底以及用于制造所述碳化硅衬底的方法。

### 背景技术

[0003] 近年来,为了实现半导体器件中的高击穿电压、低损失等,已经开始采用碳化硅(SiC)作为构成半导体器件的材料。

[0004] 在制造碳化硅衬底的过程中,抛光从碳化硅铸锭切片出的碳化硅衬底以使其的表面平滑,并且此后清洗碳化硅衬底。例如,PTD1(日本专利特开号2010-4073)公开一种使用含有硫酸和过氧化氢水的水溶液清洗碳化硅衬底的技术。

[0005] 引用列表

[0006] 专利文献

[0007] PTD 1:日本专利特开号2010-4073

### 发明内容

[0008] 根据本公开的碳化硅衬底是具有主表面的碳化硅衬底,该主表面具有小于或等于0.1nm的表面粗糙度(Ra),并且在主表面中,钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆,和铬各自具有小于或等于 $1.0 \times 10^{12}$ 原子/cm<sup>2</sup>的浓度。

[0009] 用于制造根据本公开的碳化硅衬底的方法包括以下步骤:制备具有主表面的碳化硅衬底、使用含有金属催化剂的抛光剂抛光碳化硅的主表面、以及在抛光的步骤之后清洗碳化硅衬底。清洗的步骤包括利用王水清洗碳化硅衬底。

### 附图说明

[0010] 图1是根据第一实施例示出碳化硅衬底的构成的局部剖视图。

[0011] 图2是用于根据第一实施例示意性图示用于制造碳化硅衬底的方法的流程图。

[0012] 图3是用于根据第一实施例图示在用于制造碳化硅衬底的方法中的一个步骤的示意性视图。

[0013] 图4是在抛光步骤中使用的抛光设备的示意性构成图。

[0014] 图5是用于根据第一实施例图示在用于制造碳化硅衬底的方法中的一个步骤的示意性视图。

[0015] 图6是在清洗步骤中使用的清洗设备的示意性构成图。

[0016] 图7是用于根据第一实施例示意性图示在用于制造碳化硅衬底的方法中的清洗方法的流程图。

[0017] 图8是用于根据第一变型示意性图示清洗方法的流程图。

[0018] 图9是用于根据第二变型示意性图示清洗方法的流程图。

## 具体实施方式

[0019] [实施方式的描述]

[0020] 为了抛光碳化硅衬底,例如采用称作CMP(化学机械抛光)方法的化学机械抛光方法。在CMP方法中,例如,使用含有通过催化反应重新形成表面的金属催化剂以增加氧化剂的氧化力的抛光剂,以便以高抛光速度实现良好表面粗糙度。通过金属催化剂,在碳化硅衬底的表面上形成具有低于碳化硅的硬度的硬度的氧化层。由于通过由机械力去除氧化层促进抛光,因此能够实现高抛光速度和良好表面粗糙度二者。

[0021] 然而,当使用含有金属催化剂的抛光剂抛光碳化硅衬底并且此后在碳化硅衬底上生长碳化硅外延层(下文中还被称作为外延层(epi层))时,碳化硅外延层可以局部异常地生长,并且可能具有高表面粗糙度。

[0022] 首先,将会以列表形式描述本公开的方面。

[0023] (1)根据本公开的碳化硅衬底是具有主表面的碳化硅衬底,主表面具有小于或等于0.1nm的表面粗糙度(Ra),并且在主表面中,钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆、和铬各自具有小于或等于 $1.0 \times 10^{12}$ 原子/cm<sup>2</sup>的浓度。这里,主表面意旨其上将要形成诸如晶体管、二极管等的器件的表面。

[0024] 通过在CMP方法中使用含有金属催化剂的抛光剂,将碳化硅衬底的主表面的表面粗糙度(Ra)容易地设定为小于或等于0.1nm。

[0025] 例如,金属催化剂包括从由钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆、和铬组成的组中选择的至少一种金属元素。这些金属元素具有使在布置在碳化硅的表面中的原子之间的键合断裂的催化作用,以导致表面容易地被氧化。因此,能够合适地在碳化硅衬底的主表面上形成具有低于碳化硅的硬度的硬度的氧化层。因此,能够促进碳化硅衬底的抛光。

[0026] 然而,即使当在使用含有上述的金属催化剂的抛光剂进行抛光之后清洗碳化硅衬底时,附着于碳化硅衬底的主表面的来源于金属催化剂的金属可能保留在主表面。当在具有保留在主表面的金属的碳化硅衬底上生长外延层时,外延层的材料分子可以选择地粘附于其中金属保留在外延生长的初始阶段中的部分。作为结果,外延层异常地生长。当外延层局部异常生长时,外延层具有高表面粗糙度。因此,为了减小外延层的表面粗糙度,需要减少保留在碳化硅衬底的主表面中的金属。

[0027] 在上述碳化硅衬底中,能够降低生长在碳化硅衬底的主表面上的外延层的表面粗糙度。

[0028] (2)优选地,在上述碳化硅衬底中,钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆、和铬在碳化硅衬底的主表面中各自具有小于或等于 $2.0 \times 10^{11}$ 原子/cm<sup>2</sup>。

[0029] (3)优选地,在上述(1)或(2)中描述的碳化硅衬底中,钾、钠、钙、铁、铜、铝、和锡在碳化硅衬底的主表面中各自具有小于或等于 $1.0 \times 10^{10}$ 原子/cm<sup>2</sup>的浓度。

[0030] (4)优选地,在上述(1)至(3)中的任一项中描述的碳化硅衬底中,碳化硅衬底具有大于或等于100mm的直径。

[0031] (5)用于制造根据本公开的碳化硅衬底的方法包括以下步骤:制备具有主表面的

碳化硅衬底、使用含有金属催化剂的抛光剂抛光碳化硅的主表面、以及在抛光的步骤之后清洗碳化硅衬底。清洗的步骤包括利用王水清洗碳化硅衬底。通过在抛光碳化硅衬底之后利用王水清洗碳化硅衬底,能够去除保留在碳化硅的主表面(是抛光后的表面)中的金属催化剂。因此,能够降低在主表面上形成的外延层的表面粗糙度。

[0032] (6) 优选地,在上述用于制造碳化硅衬底的方法中,在抛光的步骤中,抛光剂含有从由钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆、和铬组成的组中选择的至少一种金属元素,作为金属催化剂。

[0033] (7) 优选地,在上述(5)或(6)中描述的用于制造碳化硅衬底的方法中,清洗的步骤进一步包括以下步骤:利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗碳化硅衬底,以及在利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤之后利用氨-过氧化氢水混合物清洗碳化硅衬底。在利用氨-过氧化氢水混合物清洗的步骤之后执行利用王水清洗的步骤。清洗的步骤进一步包括以下步骤:在利用王水清洗的步骤之后利用盐酸-过氧化氢水混合物清洗碳化硅衬底,以及在利用盐酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤之后,利用氢氟酸清洗碳化硅衬底。从而,能够减少保留在碳化硅的主表面中的金属催化剂和除了该金属催化剂之外的金属。“除了金属催化剂之外的金属”包括,例如,从由例如钾、钠、钙、铁、铜、铝和锡组成的组中选择的至少一种金属。

[0034] (8) 优选地,在上述(7)中所述的用于制造碳化硅衬底的方法中,在以下清洗的步骤中的每个中,处理时间被设定为大于或等于15分钟:利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗、利用氨-过氧化氢水混合物清洗、利用王水清洗、利用盐酸-过氧化氢水混合物清洗和利用氢氟酸清洗。

[0035] (9) 优选地,在上述(5)或(6)中所述的用于制造碳化硅衬底的方法中,清洗的步骤进一步包括:利用氨-过氧化氢水混合物清洗碳化硅衬底的步骤。在利用氨-过氧化氢水混合物清洗的步骤之后执行利用王水清洗碳化硅衬底的步骤。从而,能够减少粘附于碳化硅衬底的主表面的有机物质,以及能够减少保留在碳化硅衬底的主表面中的金属催化剂和除了金属催化剂之外的金属。

[0036] (10) 优选地,在上述(9)中描述的用于制造碳化硅衬底的方法中,在以下的步骤中的每个中,处理时间被设定为大于或等于15分钟:利用氨-过氧化氢水混合物清洗和利用王水清洗。

[0037] (11) 优选地,在上述(5)或(6)中描述的用于制造碳化硅衬底的方法中,清洗的步骤进一步包括:利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗碳化硅衬底的步骤。在利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤之后执行利用王水清洗的步骤。清洗的步骤进一步包括在利用王水清洗的步骤之后,利用氢氟酸清洗碳化硅衬底的步骤。

[0038] (12) 在上述(11)中描述的用于制造碳化硅衬底的方法中,在以下步骤中的每个中,处理时间被设定为大于或等于15分钟:利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗、利用王水清洗和利用氢氟酸清洗。

[0039] (13) 优选地,在上述(5)至(12)中任一项中描述的用于制造的碳化硅衬底的方法中,在利用王水清洗的步骤中,通过混合王水和超纯水制备的混合溶液中的王水具有大于或等于50%并且小于或等于100%的体积浓度。

[0040] (14) 优选地,在上述(7)、(8)、(11)和(12)中任一项中描述的用于制造碳化硅衬底的方法中,在利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤中,在硫酸-过氧化氢水混合物中含

有的硫酸的体积大于或等于在硫酸-过氧化氢水混合物中含有的超纯水的体积的一倍并且小于或等于在硫酸-过氧化氢水混合物中含有的超纯水的体积的五倍,以及在硫酸-过氧化氢水混合物中含有的过氧化氢水的体积大于或等于在硫酸-过氧化氢水混合物中含有的超纯水的体积的一倍并且小于或等于在硫酸-过氧化氢水混合物中含有的超纯水的体积的三倍。

[0041] (15) 优选地,在上述(7)至(10)中任一项中描述的用于制造碳化硅衬底的方法中,在利用氨-过氧化氢水混合物清洗的步骤中,在氨-过氧化氢水混合物中含有的氨水溶液的体积大于或等于在氨-过氧化氢水混合物含有的超纯水的体积的十分之一并且小于或等于在氨-过氧化氢水混合物含有的超纯水的体积的一倍,以及在氨-过氧化氢水混合物中含有的过氧化氢水的体积大于或等于在氨-过氧化氢水混合物中含有的超纯水的体积的十分之一并且小于或等于在氨-过氧化氢水混合物中含有的超纯水的体积的一倍。

[0042] (16) 优选地,在上述(5)至(15)中任一项描述的用于制造碳化硅衬底的方法中,在清洗步骤中,碳化硅衬底被设定为具有小于或等于40°C的温度。

[0043] [实施方式的细节]

[0044] 在下文中,将会参照附图描述本公开的实施例的具体示例。应该注意的是将会通过相同的参考标号指代以下附图中的相同或对应的部分,并且将不再重复其说明。另外,在本说明书中,通过()表示独立平面,以及通过{}表示一组平面。此外,应该通过在数字上方放置“-”(条)而晶体学地指示负指数,但是在本说明书中其是通过在标号之前放置负号进行指示的。

[0045] (第一实施例)

[0046] <碳化硅衬底的构成>

[0047] 首先,将会描述根据第一实施例的碳化硅衬底的构成。图1是根据第一实施图示出碳化硅衬底10的构成的局部剖视图。

[0048] 如图1所示,碳化硅衬底10具有主表面10A。例如,碳化硅衬底10是由具有4H的多型体的六方碳化硅单晶制成。例如,碳化硅衬底10含有诸如氮的n型杂质。碳化硅衬底10的杂质具有例如大于或等于 $5.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 并且小于或等于 $2.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 的浓度。碳化硅衬底10具有例如大于或等于100mm(大于或等于4英寸)的直径,并且可以具有大于或等于150mm(6英寸)的直径。

[0049] 主表面10A具有小于或等于0.1nm的表面粗糙度(Ra)。“表面粗糙度(Ra)”是与JIS B0601一致的测量的值。例如,能够使用原子力显微镜(AFM)测量表面粗糙度(Ra)。

[0050] 作为AFM,例如,能够使用由Veeco制造的“Dimension 300”。此外,作为以上AFM的悬臂(探针),例如能够使用由Bruker制造的型号“NCHV-10V”。作为一个示例,作为用于利用AFM测量的条件,测量模式被设定为轻敲模式,在轻敲模式中的测量区域被设定为具有每个边长为10μm的正方形,间距被设定为40nm,且测量深度被设定为1.0μm。此外,在以上测量范围内的扫描速度是5秒一个循环、用于每个扫描线的数据的数量是512个点、以及扫描线的数量是512的条件下,执行轻敲模式中的采样。另外,用于悬臂的位移控制被设定为15.50nm。

[0051] 主表面10A可以是例如{0001}平面,或者是相对于{0001}平面具有预设斜角的表面(例如,小于或等于10°的斜角)。

[0052] 钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆、和铬在主表面10A中各自具有大于或等于 $1.0 \times 10^6$ 原子/ $\text{cm}^2$ 并且小于或等于 $1.0 \times 10^{12}$ 原子/ $\text{cm}^2$ 的浓度。更优选地，钾、钠、钙、铁、铜、铝、和锡在主表面10A中各自具有小于或等于 $1.0 \times 10^{10}$ 原子/ $\text{cm}^2$ 的浓度。能够通过ICP-MS(电感耦合等离子体质谱)测量主表面10A中的金属杂质的浓度。具体地，例如能够使用由Agilent制造的ICP-MS7500。

[0053] <用于制造碳化硅衬底的方法>

[0054] 将会描述用于制造根据第一实施例的碳化硅衬底10的方法。如图2所示，用于制造根据本实施例的碳化硅衬底10的方法包括制备步骤(S10)、抛光步骤(S20)和清洗步骤(S30)。

[0055] 在制备步骤(S10)中，制备从单晶碳化硅铸锭切出的碳化硅衬底10。如图3所示，根据本实施例的碳化硅衬底10是由具有例如4H的多型体的六方碳化硅单晶制成，并且具有主表面11A。

[0056] 在研磨步骤(S20)中，例如，使用在图4中示出的抛光设备100。例如，CMP设备被使用作为抛光设备100。在抛光步骤(S20)中，如图5所示，通过抛光主表面11A形成新的主表面10A。如图4所示，在第一实施例中使用的抛光设备100包括衬底保持部分101、转台部分104、抛光布102和抛光剂供应部分108。衬底保持部分101包括通过未示出的传动轴关于旋转轴C2旋转的压力头。转台部分104包括通过转动轴106关于旋转轴C1旋转的盘状部分。抛光布102被固定在转台部分104的上部表面。用于供应抛光剂110的抛光剂供应部分108被设置在转台部分104的上方。

[0057] 当执行抛光步骤(S20)时，将碳化硅衬底10附着于衬底保持部分101的压力头的下表面，并且被布置使得主表面11A面对抛光布102。然后，下降压力头以将预定压力施加至碳化硅衬底10。接下来，在将抛光剂110从抛光剂供应部分108供应至抛光布102的同时，以相同方向(由图4中的箭头指示的方向)旋转衬底保持部分101和转台部分104。应该注意的是，可以以相反方向旋转衬底保持部分101和转台部分104，或者可以在固定另一个的同时旋转它们中的一个。

[0058] 在抛光步骤(S20)中使用的抛光剂110含有磨料粒、氧化剂和金属催化剂。磨料粒是比碳化硅更软的材料以降低表面粗糙度和工艺损坏层。例如，硅胶体、二氧化硅粉、氧化铝、金刚石或等被用作为磨料粒。氧化剂形成主表面11A上的氧化膜。例如，过氧化氢水、次氯酸钠、过碳酸钡等被用作为氧化剂。

[0059] 金属催化剂包括从由钒、钨、钼、铂、镍、钛、锆、和铬组成的组中选择的至少一种金属元素。例如，钨酸钠、钒酸钠、钼酸钠等被用作金属催化剂。

[0060] 抛光剂110具有优选地小于或等于6或者大于或等于9.5的pH，以及更优选地具有小于或等于4或者大于或等于10.5的pH，以增加化学反应。抛光剂110的pH能够通过添加诸如盐酸、硝酸、硫酸或磷酸的无机酸；诸如甲酸、醋酸、草酸、柠檬酸、苹果酸、酒石酸、琥珀酸、邻苯二甲酸或富马酸的有机酸；诸如KOH、NaOH、或NH<sub>4</sub>OH的无机碱；诸如胆碱、氨或TMAH(氢氧化钠四甲基氨)的有机碱；或其的盐进行控制。

[0061] 承受抛光步骤(S20)的主表面10A具有小于或等于0.1nm的表面粗糙度(Ra)。诸如灰尘、在抛光步骤(S20)中使用的抛光剂等的异物可以粘附于主表面10A。具体地，磨料粒、有机物质、金属等可以粘附于主表面10A。粘附于主表面10A的金属来源于例如在抛光剂中

含有的金属催化剂、或周围的环境。

[0062] 接下来,执行清洗步骤(图2:S30)。如图6所示,在第一实施例中使用的清洗设备120包括清洗处理池122、泵124、过滤器126和加热器128。通过在填充有清洗溶液130的清洗处理池122中沉浸碳化硅衬底10持续某一时间段,执行清洗处理。粘附于所沉浸的主表面10A的杂质(诸如灰尘、有机物质和金属)的至少部分溶解在清洗溶液130中,并且被去除。清洗溶液130始终通过泵124进行循环并且通过过滤器126进行过滤。另外,通过使用加热器128执行的温度控制,使清洗溶液130维持在所需温度下。

[0063] 如图7所示,清洗步骤(S30)包括按次序执行的多个步骤:例如,利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗(S31)、利用氨-过氧化氢水混合物清洗(S32)、利用王水清洗(S33)、利用盐酸-过氧化氢水混合物清洗(S34)和利用氢氟酸清洗(S35)。可以在完成每个清洗步骤之后执行利用超净水清洗的步骤,以漂洗在主表面10A的清洗溶液等。例如,具有大于或等于15M $\Omega \cdot \text{cm}$ 的电阻率、小于100ppb的总有机碳(TOC)、和小于10ppb的残留二氧化硅的水能够被用作为超纯水。相同的适用于在随后步骤中使用的超纯水。

[0064] 应该注意的是,在利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤之前,可以执行碱性清洗步骤。在碱性清洗步骤中,例如,通过TMAH和表面活性剂去除抛光步骤(S20)中粘附于主表面10A的磨料粒(诸如,硅胶体)。

[0065] 在利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤中(S31),通过硫酸-过氧化氢水混合物去除粘附于主表面10A的有机物质等。硫酸-过氧化氢水混合物是通过混合硫酸、过氧化氢水和超纯水制备的溶液。例如,具有98%的质量百分比浓度的浓硫酸能够被用作为硫酸。例如,具有30%的质量百分比浓度的过氧化氢水能够被用作为过氧化氢水。相同的适用于在随后步骤中使用的过氧化氢水。

[0066] 例如,在硫酸-过氧化氢水混合物中含有的硫酸、过氧化氢水和超纯水之间的体积比率是1(硫酸):1(过氧化氢水):1(超纯水)。优选地,在硫酸、过氧化氢水和超纯水之间的体积比率是1(硫酸):1(过氧化氢水):1(超纯水)至5(硫酸):3(过氧化氢水):1(超纯水)。换言之,硫酸的体积大于或等于超纯水的体积一倍并且小于或等于超纯水的体积五倍,并且过氧化氢水的体积大于或等于超纯水的体积一倍并且小于或等于超纯水的体积的三倍。

[0067] 接下来,在利用氨-过氧化氢水混合物清洗的步骤中(S32),通过氨-过氧化氢水混合物去除粘附于主表面10A的有机物质。氨-过氧化氢水混合物是通过混合氨水溶液、过氧化氢水和超纯水制备的溶液。例如,具有28%的质量百分比浓度的氨水溶液能够被用作为氨水溶液。

[0068] 在氨-过氧化氢水混合物中含有的氨水溶液、过氧化氢水和超纯水之间的体积比率是例如1(氨水溶液):1(过氧化氢水):10(超纯水)。优选地,在氨水溶液、过氧化氢水和超纯水之间的体积比率是1(氨水溶液):1(过氧化氢水):10(超纯水)至1(氨水溶液):1(过氧化氢水):1(超纯水)。换言之,氨水溶液的体积大于或等于超纯水的体积的十分之一并且小于或等于超纯水的体积一倍,并且过氧化氢水的体积大于或等于超纯水的体积十分之一并且小于或等于超纯水的体积的一倍。

[0069] 接下来,在利用王水清洗的步骤中(S33)中,通过王水去除来源于剩余在主表面10A中的金属催化剂的金属的至少部分。也就是,减少剩余在主表面10A中的金属。王水是通过混合盐酸和硝酸制备的溶液。在本说明书中,“王水”不仅指的是通过混合盐酸和硝酸制

备的溶液,而且指的是该溶液和超纯水的混合溶液。在第一实施例中,在王水中含有的盐酸、硝酸和超纯水之间的体积比率是例如3(盐酸):1(硝酸):0(超纯水)。优选地,在盐酸、硝酸和超纯水之间的体积比率是3(盐酸):1(硝酸):0(超纯水)至3(盐酸):1(硝酸):2(超纯水)。优选地,在通过混合王水(盐酸和硝酸的混合溶液)和超纯水制备的混合溶液中,该王水具有大于或等于50%并且小于或等于100%的体积浓度。

[0070] 接下来,在利用盐酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤中(S34),通过盐酸-过氧化氢水混合物去除在主表面10A中剩余的金属(除了来源于金属催化剂的金属之外)的至少部分。盐酸-过氧化氢水混合物是通过混合盐酸、过氧化氢水和超纯水制备的溶液。例如,具有98%的质量百分比浓度的浓盐酸能够被用作为盐酸。

[0071] 在盐酸-过氧化氢水混合物中含有的盐酸、过氧化氢水和超纯水之间的体积比率是例如1(盐酸):1(过氧化氢水):10(超纯水)。优选地,在盐酸、过氧化氢水和超纯水之间的体积比率是1(盐酸):1(过氧化氢水):10(超纯水)至1(盐酸):1(过氧化氢水):5(超纯水)。换言之,盐酸的体积大于或等于超纯水的体积的十分之一并且小于或等于超纯水的体积的五分之一,以及过氧化氢水的体积大于或等于超纯水的体积十分之一并且小于或等于超纯水的体积的五分之一。

[0072] 接下来,在利用氢氟酸清洗的步骤中(S35)中,通过氢氟酸去除硅氧化膜。例如,通过混合氢氟酸和超纯水制备的混合溶液中的氢氟酸具有30%的浓度。优选地,混合的溶液中的氢氟酸具有大于或等于20%并且小于或等于50%的浓度。

[0073] 例如,在以上步骤(S31)至(S35)中的每个步骤中的处理时间是例如30分钟。优选地,处理时间大于或等于15分钟,并且更优选地大于或等于30分钟。

[0074] 例如,在以上步骤(S31)至(S35)中的每个步骤中,碳化硅衬底10在室温下。优选地,在每个步骤中,碳化硅衬底10被设定为具有小于或等于40°C的温度。

[0075] 如上所述,获得具有利用通过步骤(S30)减少的金属浓度的主表面10A的碳化硅衬底10(图1)。

[0076] 在用于制造根据本实施例的碳化硅10的方法中的清洗步骤(S30)不被限制于上述的一个。将会在以下描述清洗步骤(S30)的变型。

[0077] (第一变型)

[0078] 例如,如图8所示,清洗步骤包括按次序执行的多个步骤:利用氨-过氧化氢水混合物清洗(S32)和利用王水清洗(S33)。可以在完成每个清洗步骤之后执行利用王水清洗的步骤。应该注意的是,可以在利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤之前执行碱性清洗步骤。

[0079] (第二变型)

[0080] 例如,如图9所述,清洗步骤包括按次序执行的多个步骤:利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗(S31)、利用氨-过氧化氢水混合物清洗(S32)、利用王水清洗(S33)和利用氢氟酸清洗(S35)。可以在完成每个清洗步骤之后执行利用王水清洗的步骤。应该注意的是,可以在利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤之前执行碱性清洗步骤。

[0081] [示例]

[0082] 表1示出在存在与主表面10A的金属的浓度和清洗碳化硅衬底10的方法之间的关系。

[0083] [表1]

<div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <span style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">[0084]</span> <span style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">清洗溶液</span> <span style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">处理温度</span> <span style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">处理时间</span> </div>	<p style="text-align: center;">样品 1 至 样品 3</p> <p style="text-align: center;">硫酸-过氧化氢水混合物 (1:1:1)</p> <p style="text-align: center;">室温/30 分钟</p> <p style="text-align: center;">氨-过氧化氢水混合物 (1:1:10)</p> <p style="text-align: center;">室温/30 分钟</p> <p style="text-align: center;">王水 (3:1)</p> <p style="text-align: center;">室温/30 分钟</p> <p style="text-align: center;">盐酸-过氧化氢水混合物 (1:1:10)</p> <p style="text-align: center;">室温/30 分钟</p> <p style="text-align: center;">氢氟酸 (30%)</p> <p style="text-align: center;">室温/30 分钟</p>

[0085] 通过根据第一实施例的制造方法制造样品1至样品3中的每个的碳化硅衬底10。

[0086] 以下将会描述用于样品1至样品3中的每个的清洗步骤(S30)的细节。首先,执行利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤(S31)。在硫酸-过氧化氢水混合物中含有的硫酸、过氧化氢水和超纯水之间的体积比率是1(硫酸):1(过氧化氢水):1(超纯水)。在利用硫酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤(S31)中,处理时间是30分钟,并且硫酸-过氧化氢水混合物是在室温下。

[0087] 接下来,执行利用氨-过氧化氢水混合物清洗的步骤(S31)。在氨-过氧化氢水混合物中含有的氨水溶液、过氧化氢水和超纯水之间的体积比率是1(氨水溶液):1(过氧化氢水):10(超纯水)。在利用氨-过氧化氢水混合物清洗的步骤(S32)中,处理时间是30分钟,并且氨-过氧化氢水混合物是在室温下。

[0088] 接下来,执行利用王水清洗的步骤(S33)。在王水中含有的盐酸、硝酸和超纯水之间的体积比率是3(盐酸):1(硝酸):0(超纯水)。在利用王水清洗的步骤(S33)中,处理时间是30分钟,并且王水是在室温下。

[0089] 接下来,执行利用盐酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤(S34)。在含有在盐酸-过氧化氢水混合物中的盐酸、过氧化氢水和超纯水之间的体积比率是1(盐酸):1(过氧化氢水):10(超纯水)。在利用盐酸-过氧化氢水混合物清洗的步骤(S34)中,处理时间是30分钟,并且

王水是在室温下。

[0090] 接下来,执行利用氢氟酸清洗的步骤(S35)。通过混合氢氟酸和超纯水制备的混合溶液中的氢氟酸具有30%的浓度。在利用氢氟酸清洗的步骤(S35)中,处理时间是30分钟,并且氢氟酸是在室温下。也就是,在针对样品1至样品3中的每个的清洗步骤(S30)中,碳化硅衬底10在清洗期间被设定为具有小于或等于40°C的温度。由于以下原因,全部在室温下执行这个清洗步骤。由于碳化硅化学上是惰性的,所以花费长时间来氧化其的表面并且执行剥离(lift-off)。在诸如所谓的RCA清洗的传统清洗中,使用在高温下的硫酸-过氧化氢水混合物和盐酸-过氧化氢水混合物。然而,当使用在高温下的硫酸过氧化氢水混合物和盐酸过氧化氢水混合物在高温下以清洗碳化硅时,硫酸过氧化氢水混合物和盐酸过氧化氢水混合物在清洗处理期间蒸发,并且因此降低清洗效果。因此,碳化硅优选地在室温下进行清洗。

[0091] (测量方法)

[0092] 对于样品1至样品3中的每个,测量在主表面10A中存在的金属的浓度。对于样品1,测量钒(V)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt)、镍(Ni)、钛(Ti)、铬(Cr)、铁(Fe)、铜(Cu)、锌(Zn)、铝(Al)、钠(Na)、钙(Ca)、钾(K),和锡(Sn)的浓度。对于样品2和样品3,测量钒(V)和锌(Zn)的浓度。通过ICP-MS测量金属的浓度。表2和表3示出样品1的主表面10A中的金属的浓度的测量结果。表2示出在主表面10A存在的金属催化剂的浓度的测量结果。

[0093] [表2]

[0094]	[ $\times 10^9$ 原子/cm <sup>2</sup> ]						
	V	W	Mo	Pt	Ni	Ti	Cr
样品 1	28	12	7	60	0.2	110	0.1

[0095] 如表2所示,对于钒(V)、钨(W)、钼(Mo)、铂(Pt)、镍(Ni)、钛(Ti)、和铬(Cr)中的每个,在样品1的主表面10A中,金属浓度指示小于或等于 $1.0 \times 10^{12}$ 原子/cm<sup>2</sup>的值。存在在样品2的主表面10A和样品3的主表面10A中的钒(V)的浓度分别是 $72 \times 10^9$ 原子/cm<sup>2</sup>和 $16 \times 10^9$ 原子/cm<sup>2</sup>。

[0096] 表3示出除了金属催化剂之外在主表面10A中存在的金属的浓度的测量结果。应该注意的是表3中的“ND”指示浓度是不可检测到的,因为其低于检测下限值( $1 \times 10^7$ 原子/cm<sup>2</sup>)。

[0097] [表3]

[0098]	[ $\times 10^9$ 原子/cm <sup>2</sup> ]							
	Fe	Cu	Zn	Al	Na	Ca	K	Sn
样品 1	1.1	0.9	23	0.3	0.2	8	ND	ND

[0099] 如表3所示,在样品1的主表面10A中,铁(Fe)、铜(Cu)、锌(Zn)、铝(Al)、钠(Na)、钙(Ca)、钾(K),和锡(Sn)被确定为除了金属催化剂之外的金属。然而,确定了这些金属在样品1的主表面10A中各自具有低于 $\times 10^{11}$ 原子/cm<sup>2</sup>的浓度。在样品2的主表面10A和样品3的主表

面10A中存在的锌(Zn)的浓度分别是 $16 \times 10^9$ 原子/cm<sup>2</sup>和 $21 \times 10^9$ 原子/cm<sup>2</sup>。

[0100] 应该理解的是,本文中公开的实施例在各个方面中是说明性的和非限制性的。本发明的范围由权利要求的范围定义,而不是由以上描述的实施例所定义,并且旨在包括权利要求的范围内和与权利要求等同的意义内的任何修改。

[0101] 参考符号列表

[0102] 10:碳化硅衬底;10A:主表面;11A:主表面;20:外延层;30:金属杂质;100:抛光设备;101:衬底保持部分;102:抛光布;104:转台部分;106:传动轴;108:抛光剂供应部分;110:抛光剂;120:清洗设备;122:清洗处理池;124:泵;126:过滤器;128:加热器。

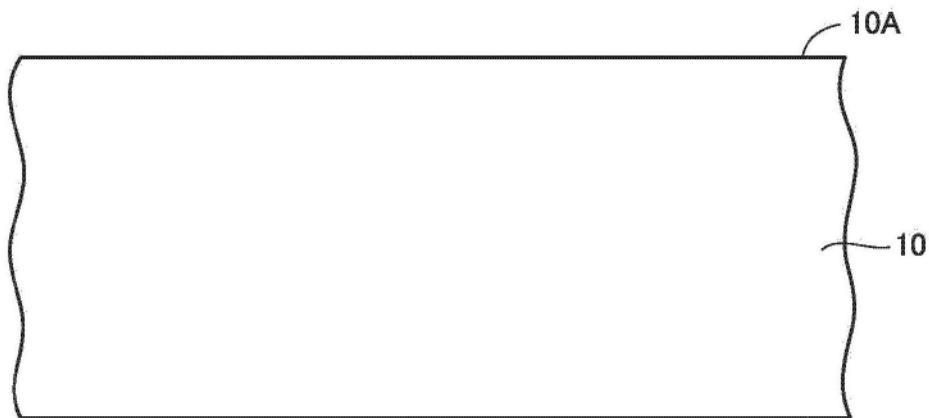


图1

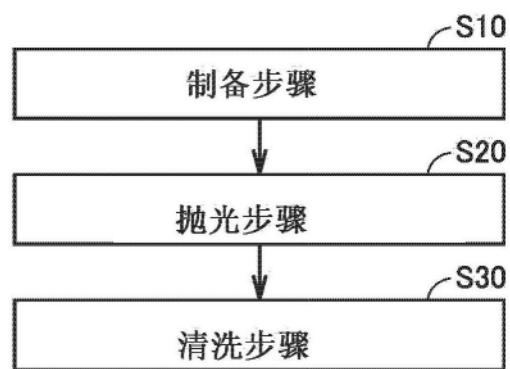


图2



图3

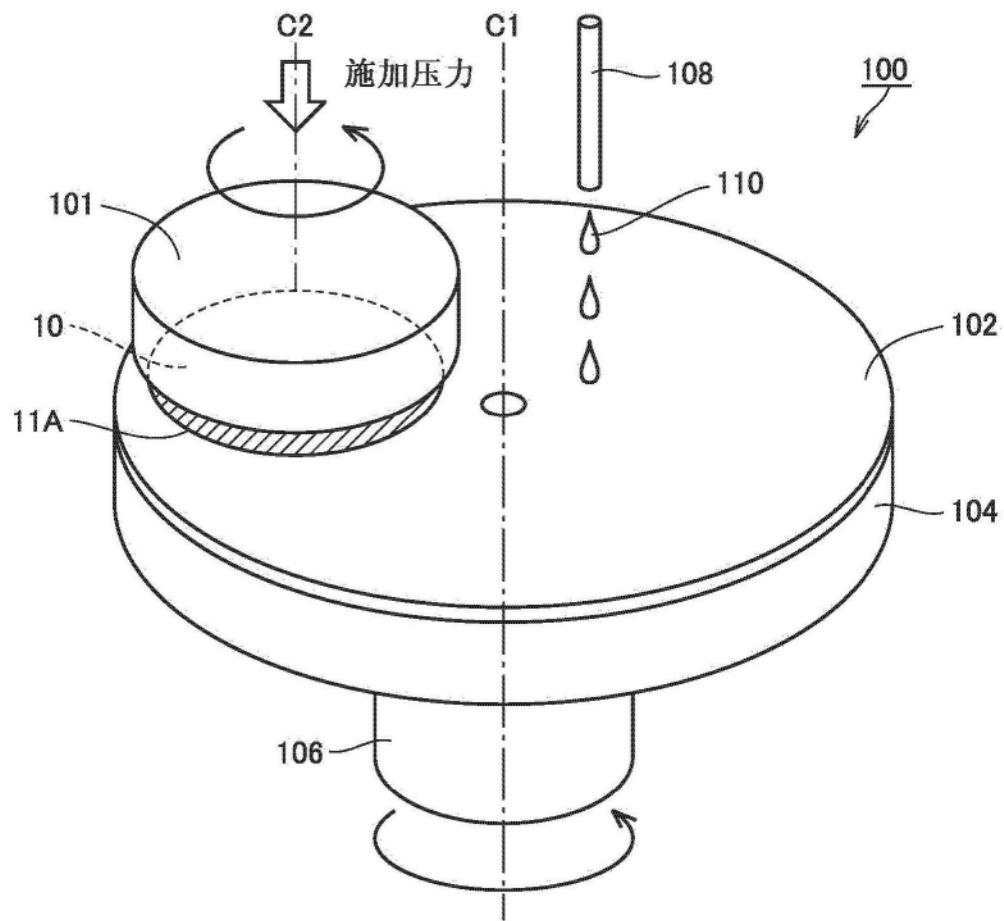


图4

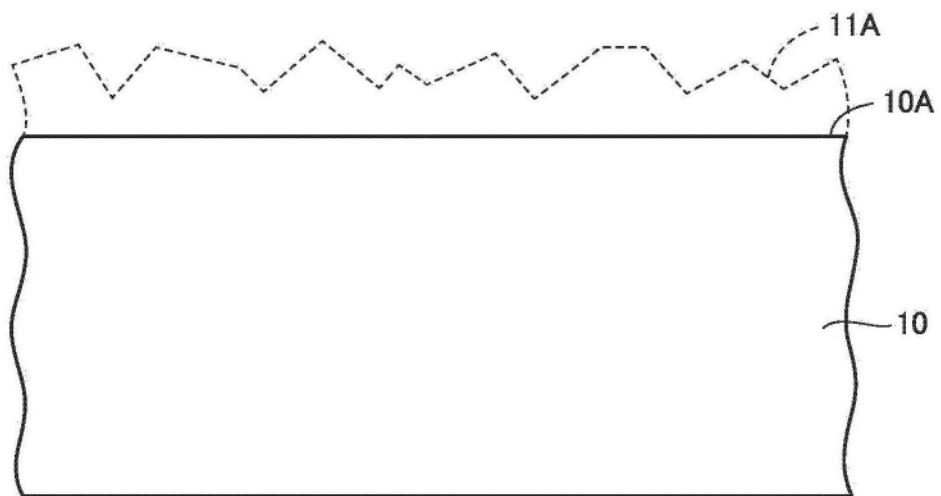


图5

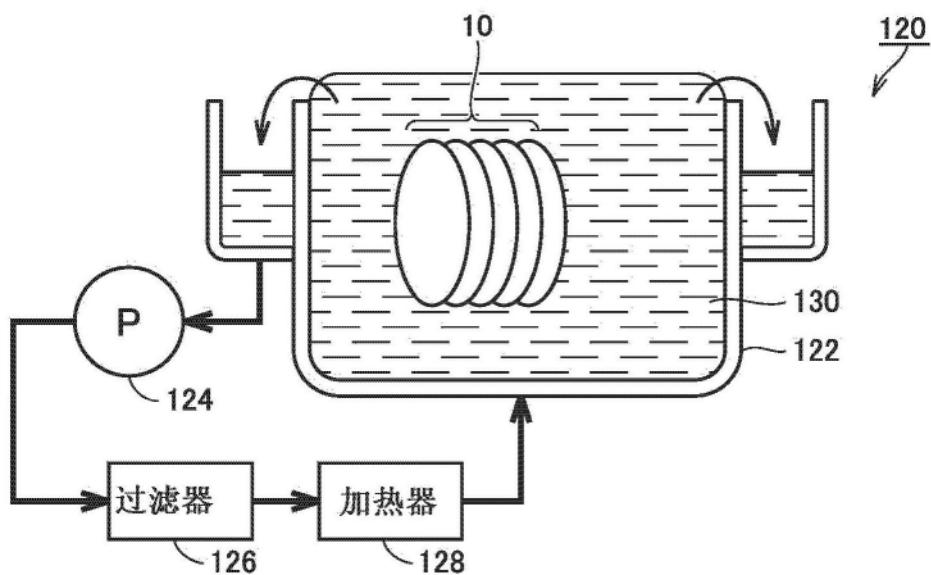


图6

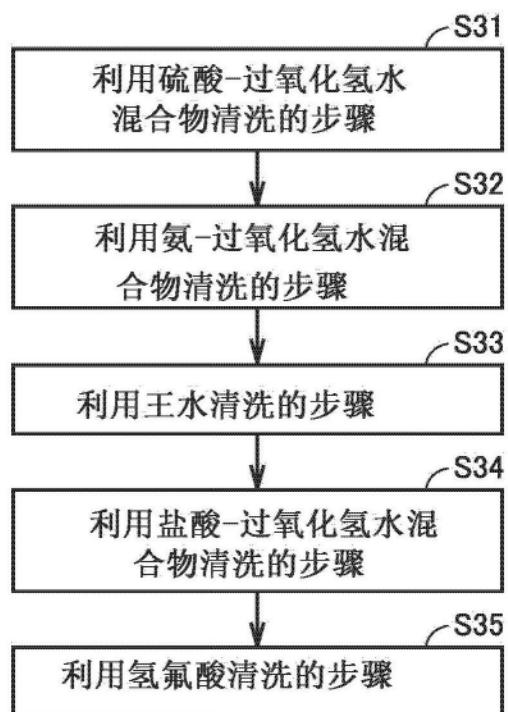


图7

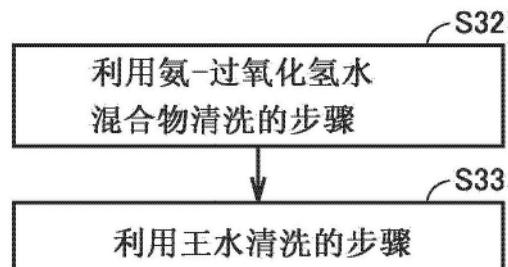


图8

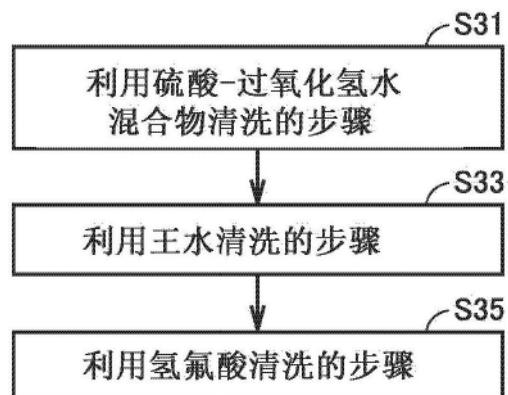


图9