



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105705684 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 22

(21) 申请号 201480009899. 1

G23C 16/02(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 03. 26

G23C 16/42(2006. 01)

(30) 优先权数据

C30B 25/14(2006. 01)

2013-066491 2013. 03. 27 JP

H01L 21/205(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 08. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/058524 2014. 03. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/157332 JA 2014. 10. 02

(71) 申请人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府大阪市

(72) 发明人 玄番润

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 李兰 孙志湧

(51) Int. Cl.

C30B 29/36(2006. 01)

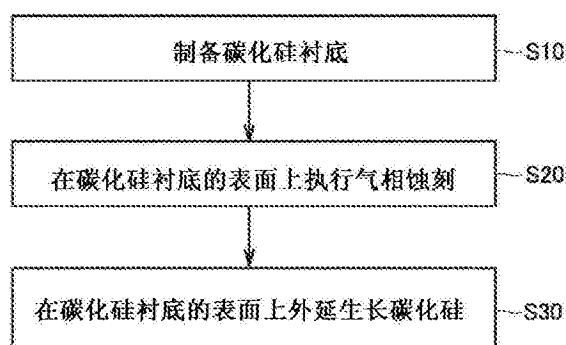
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

制造碳化硅半导体衬底的方法

(57) 摘要

提供一种制造碳化硅半导体衬底的方法, 以便以低成本获得具有高度平坦表面的碳化硅半导体衬底。该制造碳化硅半导体衬底的方法包括: 制备作为籽晶衬底的碳化硅衬底 (1) 的步骤 (S10); 对碳化硅衬底 (1) 的主表面 (1A) 执行气相蚀刻的步骤 (S20); 以及在主表面 (1A) 上外延生长碳化硅的步骤 (S30)。从气相蚀刻的步骤 (S20) 中间, 将包含碳原子的气体馈送到碳化硅衬底 (1)。



1. 一种制造碳化硅半导体衬底的方法,包括以下步骤:
制备籽晶衬底;
在所述籽晶衬底的表面上执行气相蚀刻;以及
在所述表面上外延生长碳化硅,
从执行气相蚀刻的步骤的时间点,将包含碳原子的气体供应到所述籽晶衬底。
2. 根据权利要求1所述的制造碳化硅半导体衬底的方法,其中,在外延生长的步骤之前,将所述包含碳原子的气体中的碳原子引入到所述籽晶衬底的所述表面中。
3. 根据权利要求1或权利要求2所述的制造碳化硅半导体衬底的方法,其中,所述包含碳原子的气体是在外延生长的步骤中使用的源材料气体中的一种。
4. 根据权利要求3所述的制造碳化硅半导体衬底的方法,其中,在执行气相蚀刻的步骤中的所述包含碳原子的气体的流量等于在外延生长的步骤中的所述包含碳原子的气体的流量。
5. 根据权利要求1至权利要求4中的任一项所述的制造碳化硅半导体衬底的方法,其中,在执行气相蚀刻的步骤中将所述包含碳原子的气体供应到所述籽晶衬底不小于10秒之后,连续执行外延生长的步骤。

制造碳化硅半导体衬底的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种制造碳化硅半导体衬底的方法,尤其涉及一种制造表面特性非常好的碳化硅半导体衬底的方法。

背景技术

[0002] 近年来,为了实现半导体器件的高击穿电压、低损耗等,已经开始采用碳化硅(SiC)作为半导体器件的材料。与常规的广泛用于半导体器件材料的硅相比,碳化硅是一种具有更宽带隙的宽带隙半导体。因此,通过采用碳化硅作为半导体器件的材料,半导体器件可以具有高击穿电压、减小的导通电阻等。而且,甚至在高温环境的情况下,与采用碳作为其材料的半导体器件相比,采用碳化硅作为其材料的半导体器件有利地具有更少恶化的特性。

[0003] 由于碳化硅具有非常低的杂质扩散因子,这使得通过热扩散处理难以掺杂杂质。在碳化硅材料中形成有源区的方法的实例包括:执行将离子注入到外延生长层中的方法;和涉及以掺杂气体的方式添加杂质的外延生长方法。

[0004] 碳化硅在充当籽晶衬底的碳化硅单晶衬底上外延生长。在这种情况下,使碳化硅单晶衬底受到表面处理,诸如机械抛光或化学抛光,然后在该表面上生长外延膜。因此,表面处理会在碳化硅单晶衬底表面上产生抛光痕迹或粗糙度。

[0005] 而且,即使在碳化硅单晶衬底的表面平坦的情况下,当在其表面上外延生长碳化硅时,生长在或粘附到气相外延设备的反应室中的每个部件的碳化物、硅化物、碳化硅等的异物或颗粒会粘附到或沉积在碳化硅单晶衬底的表面上。在这种情况下,在碳化硅单晶衬底的表面上均匀执行外延生长被抑制,由此使得到的碳化硅半导体衬底的表面变粗糙并减少平坦度。

[0006] 通常,通过作为外延生长的预处理提供使用氢对碳化硅单晶衬底的表面的气相蚀刻,来解决上述问题。

[0007] 氢与构成碳化硅单晶衬底的主表面的碳和硅反应,并产生气相的碳氢化合物和硅烷。因此,通过耗尽碳氢化合物和硅烷,能够去除粘附到或沉积在碳化硅单晶衬底的主表面上的碳或硅的异物,并去除形成在碳化硅单晶衬底的主表面上的缺陷。

[0008] 然而,此时,碳化硅单晶衬底表面上的干净区域也会被蚀刻。而且,此时,碳原子和硅原子在与氢原子的反应速率方面是不相同的,因此,在气相蚀刻之后,可能使碳化硅单晶衬底的主表面变粗糙。

[0009] 因此,当已经通过使用氢的气相蚀刻在碳化硅单晶衬底的主表面上外延生长碳化硅以去除如上所述的表面上的异物或缺陷时,得到的碳化硅半导体衬底的表面变粗糙,因此使得难以得到平坦表面。

[0010] 作为产生具有高度平坦表面的碳化硅单晶衬底的方法,日本专利特开No.2005-64383公开了使用氢气和丙烷气体的混合气体在1400℃至1600℃的温度下清洗衬底表面的方法。

- [0011] 引用列表
[0012] 专利文献
[0013] PTD:日本专利特开No.2005-64383

发明内容

[0014] 技术问题

[0015] 然而,当在将由碳化硅制成的籽晶衬底的衬底温度设定为不小于1400℃时,通过使用氢和丙烷的混合气体对表面执行气相蚀刻来去除表面上的异物或缺陷时,可降低取决于异物或缺陷的类型的气相蚀刻所提供的去除效果。

[0016] 这是由于以下原因。如上所述,气相蚀刻中的氢与构成碳化硅的碳原子和硅原子反应,并产生气相的碳氢化合物和硅烷。此时,当将供应碳原子的丙烷供应到蚀刻气氛时,认为是降低了对包括碳原子的异物等的去除效果。

[0017] 而且,增加丙烷使用量会导致碳化硅半导体衬底的高制造成本。

[0018] 为了解决上述问题,制造了本发明。本发明的主要目的是提供制造碳化硅半导体衬底的方法,以便以低成本提供具有高平坦表面的碳化硅衬底。

[0019] 问题的解决方案

[0020] 为解决上述问题勤奋研究的结果,本发明人已经发现,以下面的方式会得到具有高度平坦表面的碳化硅半导体衬底:仅使用氢对籽晶衬底的表面执行气相蚀刻,从气相蚀刻的时间点开始额外供应包含碳原子的气体,然后在这种表面上外延生长碳化硅。

[0021] 根据本发明的制造碳化硅半导体衬底的方法包括以下步骤:制备籽晶衬底;在籽晶衬底的表面上执行气相蚀刻;以及在表面上外延生长碳化硅,从执行气相蚀刻的步骤的时间点,将包含碳原子的气体供应到籽晶衬底。在执行气相蚀刻的步骤中,优选使用包括氢原子的气体。

[0022] 因此,通过气相蚀刻步骤,能够确保去除粘附到或沉积在碳化硅衬底1的主表面上的异物等,并且从气相蚀刻步骤的时间点开始能够将包含碳原子的气体供应到碳化硅衬底1的主表面。

[0023] 此时,由于使用包括氢原子的气体进行气相蚀刻,构成主表面的碳原子以比硅原子与氢原子反应的速率更高的速率与氢原子反应,并作为碳氢化合物被去除。因此,认为在主表面中碳原子是不足的,因此碳原子和硅原子之间的成分比偏离籽晶衬底的最优值。实际上,本发明人已证实,以这种状态在主表面上通过外延生长得到的碳化硅半导体衬底的主表面会变得粗糙且变得较不平坦。

[0024] 为了解决这种问题,通过执行充分的气相蚀刻,然后执行将碳原子供应到主表面的气相蚀刻,在包括碳原子的气氛中执行气相蚀刻。这样,在主表面的附近增加了碳原子的分压,从而抑制气相蚀刻提供去除构成主表面的碳化硅的碳原子的效果。结果,主表面中的碳原子与硅原子之间的成分比和表面性能适合于外延生长。因此,通过在主表面上外延生长碳化硅,能够得到具有小表面粗糙度的平坦主表面的碳化硅半导体衬底。

[0025] 发明的有利效果

[0026] 根据本发明,能够以低成本生产具有平坦表面的碳化硅半导体衬底。

附图说明

[0027] 图1是根据本实施例的碳化硅半导体衬底的侧视图。

[0028] 图2是示出根据本实施例的制造碳化硅半导体衬底的方法的流程图。

[0029] 图3是用于根据本实施例的制造碳化硅半导体衬底的方法的气相外延设备的示意图。

[0030] 图4是示出根据本实施例的制造碳化硅半导体衬底的方法的图。

具体实施方式

[0031] 下面描述了根据本发明实施例的制造碳化硅半导体衬底的方法。首先,参考图1,将描述根据本实施例的碳化硅半导体衬底10。根据本实施例的碳化硅半导体衬底10包括:充当籽晶衬底的碳化硅衬底1;和由在碳化硅衬底1上外延生长的碳化硅制成的外延层2。

[0032] 例如,碳化硅衬底1由单晶碳化硅制成。单晶碳化硅具有例如六方晶体结构。碳化硅衬底1包括主表面1A。使得碳化硅衬底1的主表面1A是平坦的,且具有使用原子力显微镜(AFM)测量的不大于0.2nm的均方根粗糙度(RMS值)。

[0033] 外延层2形成在碳化硅衬底1的主表面1A上。外延层2具有例如n型导电性。外延层2具有约不小于 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 且不大于 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的n型杂质浓度。外延层2包括主表面2A。

[0034] 接下来,参考图1和图2,下面描述在本实施例中制造碳化硅半导体衬底的方法,通过该方法制造碳化硅半导体衬底10。根据本实施例的制造碳化硅半导体衬底的方法包括:制备作为籽晶衬底的碳化硅衬底1的步骤(S10);对碳化硅衬底1的主表面1A执行气相蚀刻的步骤(S20);以及在主表面1A上外延生长碳化硅的步骤(S30)。

[0035] 首先,在步骤(S10)中,制备作为籽晶衬底的碳化硅衬底1。碳化硅衬底1由单晶碳化硅制成。碳化硅衬底1具有外部直径为4英寸的磁盘形状。应该注意的是,碳化硅衬底1的外部直径可以为例如不小于4英寸,不小于5英寸或不小于6英寸。

[0036] 接下来,在步骤(S11)中,将碳化硅衬底1放在气相外延设备中。在本实施例中,作为实例,使用CVD(化学气相沉积)设备100。

[0037] 参考图3,将CVD(化学气相沉积)设备100用作为本实施例的气相外延设备。在CVD设备100中,衬底支架11被感应加热线圈12、石英管13、绝热体14和加热元件15包围。具体来说,加热元件15具有中空结构,且具有形成在其中的反应室。衬底支架11设置在加热元件15中,并形成使得例如当放入碳化硅衬底1时,碳化硅衬底1的主表面1A(参照图1)与反应室的内圆周表面齐平。衬底支架11例如放在形成在加热元件15的内圆周表面中的凹槽中。绝热体14被布置为包围加热元件15的外圆周。石英管13被布置为包围绝热体14的外圆周。感应加热线圈12包括多个线圈部件,并被设置例如绕石英管13的外圆周侧缠绕。当高频电流在充当高频线圈的感应加热线圈12中流动时,由于电磁感应作用,电感加热加热元件15。因此,可将碳化硅衬底1和供应到碳化硅衬底1的源材料气体等加热到预定温度。

[0038] 在这种情况下,CVD设备100的反应室(或加热元件15)由包含作为杂质的少量 N_2 的高纯度碳部件构成,且可不涂布TaC或SiC涂层。

[0039] 接下来,参考图4,下面描述在CVD设备中执行的步骤(S12)至(S30)。图4(a)至图4(d)示出了其中横轴表示时间且纵轴被定义如下的图。图4(a)的纵轴表示反应室的温度,图

4(b)的纵轴表示引入到反应室中的氢的流量,图4(c)的纵轴表示引入到反应室中的丙烷的流量,以及图4(d)的纵轴表示引入到反应室中的硅烷和掺杂剂气体的流量。

[0040] 在步骤(S12)中,在其中放有碳化硅衬底1的反应室中执行真空烘焙(图4的时段I)。具体地,参考图4(a),排空反应室以在反应室中得到 5×10^{-14} Pa的大气压力,然后使用加热元件15将反应室中的温度增加到1100℃(图4的时段I)。在排空并使温度增加之后,在时间点tp1至时间点tp2的时间段期间(图4的时段II),保持该状态(例如,10分钟)作为真空烘焙。

[0041] 接下来,在步骤(S20)中,对在前一步骤(S10)中制备的碳化硅衬底1的主表面1A执行气相蚀刻。执行气相蚀刻,以在碳化硅衬底1的主表面1A上外延生长碳化硅之前(在下一步骤(S30)之前),去除粘附到或沉积在主表面1A上的异物。在这里,粘附到或沉积在碳化硅衬底1的主表面1A上的异物的实例包括在气相外延设备中粘附的反应产物。为了在碳化硅衬底1的主表面1A上外延生长碳化硅之前,去除粘附到或沉积在主表面1A上的异物,在前一步骤(S12)之后,使用在下一步骤(S30)中使用的气相外延设备,执行该步骤(S20)。

[0042] 具体地,首先,在该步骤(S20)中,使用氢(H₂)蚀刻碳化硅衬底1的主表面1A(图4的步骤(S21)和时段III、IV)。具体地,参考图4(b),在CVD设备100中,从时间点tp2开始,经由管16(参照图3)将氢引入到反应室中。在这种情况下,假设在该步骤(S21)使用的氢与在外延生长中作为载气使用的氢具有相同的成分和浓度。而且,在时间点tp2到时间点tp3的时段期间,增加在该步骤(S21)中使用的氢气的流量,使得流量最终等于在下一步骤(S30)中作为载气使用时的氢气的流量。

[0043] 而且,在时间点tp2到时间点tp3的时段期间,进一步增加反应室中的温度,使温度从1100℃增加到下一步骤(S30)中的生长温度1580℃。

[0044] 因此,供应到碳化硅衬底1的主表面1A上的氢与构成碳化硅衬底1的主表面1A的碳和硅反应,从而产生气相的碳氢化合物和硅烷。通过耗尽碳氢化合物和硅烷,能够确保去除粘附到或沉积在碳化硅衬底1的主表面1A上的碳或硅的异物,并能确保去除形成在碳化硅衬底1的主表面1A上的缺陷。应该注意的是,直到实现确保去除粘附到或沉积在碳化硅衬底1的主表面1A上的碳或硅的异物以及确保去除形成在碳化硅衬底1的主表面1A上的缺陷为止,执行该步骤(S21)。此时,通过氢还蚀刻了碳化硅衬底1的主表面1A上的清洁区域,因此表面变粗糙了。这可能是由于以下原因:在气相蚀刻之后,在碳化硅衬底1的主表面1A中碳原子和硅原子之间的成分比不是1:1,这是因为构成碳化硅的碳原子和硅原子中的碳原子,已经以比硅原子与氢原子的反应速率更高的速率与氢原子反应,并作为如上所述的碳氢化合物被去除。

[0045] 应该注意的是,在图4示出的时段III(时间点tp3至时间点tp4的时间段)期间,在增加反应室的温度的时段中,对碳化硅衬底1的主表面1A的气相蚀刻也在推进;然而,在图4示出的时段IV(时间点tp4至时间点tp5的时间段)期间,在温度增加到外延生长温度(1580℃)之后,增加了气相蚀刻的效果。在本实施例中,在温度加热结束和外延生长开始之间的时间段(时间点tp3至时间点tp5的时间段)期间执行气相蚀刻的时间t1,即,执行包括下述步骤(S22)的气相蚀刻步骤(S20)中的处理时间t1,可以等于或者长于确保去除主表面1A上的异物和缺陷所需的时间,更优选设定为等于或短于碳化硅衬底1的主表面1A的粗糙度变得无法接受的所需的时间。作为一个实例,本实施例的执行气相蚀刻步骤(S20)的处理时间

t1被设定为10分钟。

[0046] 接下来,从时间点tp4开始,将丙烷(C_3H_8)进一步引入到反应室中作为包含碳原子的气体(步骤(S22);图4的时段V)。具体地,参考图4(b),在CVD设备100中,经由管16,除氢以外还将丙烷引入到反应室中。在这种情况下,假定步骤(S22)中使用的丙烷与下一步骤(S30)的外延生长中的作为源材料气体使用的丙烷具有相同的成分和浓度。而且,步骤(S22)中使用的丙烷的流量等于下一步骤(S30)中作为源材料使用时的丙烷的流量。而且,在步骤(S22)中,在与前一步骤(S21)相同的条件下,将氢引入到反应室中。

[0047] 而且,与前一步骤(S21)相同,在步骤(S22)中反应室的温度保持在作为允许外延生长碳化硅的温度的 $1580^{\circ}C$ 。在这种情况下,例如执行步骤(S22)的时间t2(时间点tp4至时间点tp5的时间段)10秒。

[0048] 因此,在该步骤(S22)中引入到反应室中的丙烷被热分解以产生碳原子。将该碳原子和前一步骤(S21)连续供应的氢原子一起供应到以约 $1580^{\circ}C$ 的温度加热的碳化硅衬底1的主表面1A。供应的碳原子的一部分与氢原子反应,变成碳氢化合物,并被耗尽,而供应的碳原子的剩余部分可能会与碳化硅衬底1的主表面1A的硅原子结合。结果,在该步骤(S22)中,与前一步骤(S21)相比,减小了提供到碳化硅衬底1的主表面1A的并对气相蚀刻有贡献的氢的量,因此降低了蚀刻碳化硅衬底1的主表面1A的效果。而且,在该步骤(S22)中,考虑到,因为在允许外延生长碳化硅的温度下将碳原子供应到碳化硅衬底1的主表面1A,所以将碳原子引入到通过前一步骤(S21)从其去除大量碳原子的主表面1A,从而得到了更适合外延生长的主表面1A。

[0049] 接下来,从步骤(S22)继续,从时间点tp5开始,在碳化硅衬底1的主表面1A上外延生长碳化硅作为步骤(S30)。具体地,在执行前一步骤(S22)10秒之后,从时间点tp5开始,向反应室进一步供应甲硅烷(SiH_4)和丙烷气体,而保持步骤(S22)中在反应室中的氢和丙烷的各自状态和温度状态,甲硅烷(SiH_4)充当为用于碳化硅外延生长的另一种源材料气体,掺杂剂气体包括氨气(NH_3)和/或氮气(N_2)。这样,在碳化硅衬底1的主表面1A上,生长由碳化硅制成的外延层2。

[0050] 考虑到通过如此连续执行步骤(S22)和步骤(S30),通过在步骤(S22)中将碳原子引入到碳化硅衬底1的主表面1A中,可在主表面1A中的碳原子和硅原子之间的成分比率的不平衡减少的主表面1A上,生长由碳化硅制成的外延层2。结果,通过根据本实施例的制造碳化硅载体的方法得到的碳化硅半导体衬底10提供较小粗糙度的、平坦的主表面2A。

[0051] 如上所述,在根据本实施例的制造碳化硅半导体衬底的方法中,通过在对碳化硅衬底1的主表面1A执行气相蚀刻的步骤(S20)中,仅使用氢对主表面1A执行气相蚀刻,能够确保去除粘附到或沉积在主表面1A上的碳或硅的异物并能确保去除形成在碳化硅衬底1的主表面1A上的缺陷。而且,在执行图4的III、IV时段的仅使用氢的气相蚀刻,直到确保去除它们为止之后,从时间点tp4开始,除氢以外还将丙烷提供到反应室中,从而将碳原子引入到主表面1A中。结果,与通过其中在使用氢和丙烷的混合气体的气相蚀刻之后执行外延生长的制造碳化硅半导体衬底的常规方法得到的碳化硅半导体衬底相比,在通过主表面1A上外延生长碳化硅的、根据本实施例得到的碳化硅半导体衬底10中,由于在外延生长之前已经确保去除主表面1A上的异物或缺陷,所以主表面2A可以是具有小粗糙度的平坦表面。而且,利用根据本实施例的制造碳化硅半导体衬底的方法,在外延生长之前可以将碳原子

引入到主表面1A中,因此与通过其中在执行仅使用氢的气相蚀刻之后执行外延生长的制造碳化硅半导体衬底的另一常规方法得到的碳化硅半导体衬底相比,生长之后的主表面2A可以是具有小粗糙度的平坦表面。

[0052] 在本实施例中,步骤(S22)的处理时间 t_2 是10秒,但本发明不限制于此,处理时间 t_2 的下限值可根据下述实例被设定为5秒或更长。而且,只要包括对碳化硅衬底1的主表面1A执行仅使用氢的气相蚀刻步骤(S21),且整个步骤(S20)的处理时间 t_1 是大约300秒,步骤(S22)的处理时间 t_2 的上限值可被设定在等于或小于处理时间 t_1 的任何时间。优选地,处理时间 t_2 的上限值是20秒。同样,所得到的碳化硅半导体衬底10的主表面2A可以是具有小粗糙度的平坦表面。另一方面,为了降低碳化硅半导体衬底10的制造成本,优选在通过将步骤(S22)的处理时间 t_2 设定为如上所述的所需的足够时间以减少丙烷的使用量同时,实现具有小粗糙度的平坦表面2A的碳化硅半导体衬底10。

[0053] 而且,在本实施例中,在步骤(S20)中将 H_2 用作为对碳化硅衬底1的主表面1A气相蚀刻的蚀刻气体,但本发明不限制于此。例如,可使用氯化氢(HCl)或氯气(Cl_2)执行气相蚀刻。同样,能够确保去除粘附到或沉积在主表面1A上的碳或硅的异物并能确保去除形成在碳化硅衬底1的主表面1A上的缺陷。

[0054] 而且,在本实施例中,在步骤(S22)中将丙烷用作为包含碳原子的气体,但本发明不限制于此。例如,可使用丁烷(C_4H_{10})或甲烷(CH_4)作为包含碳原子的气体。同样,在步骤(S22)中能将碳原子引入到碳化硅衬底1的主表面1A中。

[0055] 而且,在本实施例中,从步骤(S21)到步骤(S30),将氢的流量设定为与在步骤(S30)中作为载气使用时的氢的流量相同;然而,本发明不限制于此。而且,从步骤(S22)到步骤(S30),将丙烷的流量设定为与在步骤(S30)中作为源材料气体使用时的丙烷的流量相同;然而,本发明不限制于此。而且,从步骤(S21)到步骤(S30),将反应室中的温度设定为与在步骤(S30)中的生长温度相同;然而,本发明不限制于此。可以适当地改变各个状态。然而,如图4所示,优选连续执行步骤(S21)到步骤(S30),而不如此多地改变状态,诸如温度状态和气体流量。这样,能够在稳定的条件下执行气相蚀刻步骤和外延生长步骤。

[0056] 在这里,下面描述本发明的特征结构,虽然在上面的实施例中已经描述了其中的一些。

[0057] 根据本发明的制造碳化硅半导体衬底的方法包括以下步骤:制备籽晶衬底(碳化硅衬底1)(步骤(S10));对籽晶衬底(碳化硅衬底1)的表面(主表面1A)执行气相蚀刻(步骤(S20));以及在表面(主表面1A)上外延生长碳化硅(步骤(S30))。从执行气相蚀刻步骤(S20)的时间点开始,将包含碳原子的气体供应到籽晶衬底(碳化硅衬底1)。

[0058] 因此,通过执行气相蚀刻的步骤(步骤(S20)),能够确保去除粘附到或沉积在碳化硅衬底1的主表面1A上的异物等,并且从气相蚀刻步骤的时间点开始能够将包含碳原子的气体提供到碳化硅衬底1的主表面1A。此时,由于气相蚀刻,构成主表面1A的碳原子以比硅原子与氢原子的反应速率更高的速率与氢原子反应,并作为碳氢化合物被去除。因此,在主表面1A中碳原子是不足的,因此,碳原子和硅原子之间的成分偏离籽晶衬底的最优值。具体地,通过在以这种状态的主表面1A上外延生长得到的碳化硅半导体衬底10可具有较低平坦度的粗糙的主表面2A。为了解决这种问题,通过执行充分气相蚀刻,然后执行将碳原子供应到主表面1A的气相蚀刻,在包括碳原子的气氛中执行气相蚀刻。在这种情况下,由于在包括

碳原子的气氛下使主表面1A受到气相蚀刻,在主表面1A的附近增加了碳原子的分压,从而抑制气相蚀刻提供去除构成主表面1A的碳化硅的碳原子的效果。结果,通过在主表面1A上外延生长碳化硅,能够得到具有小表面粗糙度的平坦主表面的碳化硅半导体衬底10。

[0059] 在执行外延生长的步骤(步骤(S30))之前,可将包含碳原子的气体中的碳原子引入到籽晶衬底(碳化硅衬底1)的表面(主表面1A)中。

[0060] 如上所述,在执行其中认为碳原子不足的气相蚀刻的步骤(步骤(S20))期间,在步骤(S22)中将碳原子供应到主表面1A,由此不仅能抑制气相蚀刻提供去除构成主表面1A的碳化硅的碳原子的效果,还能将在气相蚀刻中涉及的碳原子引入到主表面1A中。

[0061] 包含碳原子的气体可以是用于外延生长步骤(步骤(S30))中的源材料气体之一。

[0062] 这样,能够容易地连续执行执行气相蚀刻的步骤(步骤(S20))和外延生长碳化硅的步骤(步骤(S30))。通过连续地执行它们,能够更有效地抑制通过外延生长得到碳化硅半导体衬底10的主表面2A的粗糙度。

[0063] 在执行气相蚀刻步骤(步骤(S20))中的包含碳原子的气体的流量可以等于在外延生长步骤(步骤(S30))中的包含碳原子的气体的流量。

[0064] 这样,能够更容易地连续执行执行气相蚀刻的步骤(步骤(S20))和外延生长碳化硅的步骤(步骤(S30))。

[0065] 在执行气相蚀刻的步骤(步骤(S20))中,将包含碳原子的气体供应到籽晶衬底(碳化硅衬底1)不小于10秒,如步骤(S22)所示,然后可连续执行外延生长步骤(步骤(S30))。

[0066] 这样,碳化硅半导体衬底10的主表面2A可以是具有小粗糙度的平坦表面,如下面描述的实例所述。

[0067] [实例]

[0068] 下面描述本发明的实例。

[0069] (实例1)

[0070] 根据实例1的碳化硅半导体衬底通过下面方法生产。

[0071] 首先,制备具有4英寸的外径且具有350 μm 的厚度的碳化硅衬底。

[0072] 接下来,将碳化硅衬底放在CVD设备的衬底支架上,并执行真空烘焙大约10分钟,以在反应室中得到1100 $^{\circ}\text{C}$ 的温度。然后,以50sccm的流量将氢引入到反应室中,并将反应室中的温度增加到1580 $^{\circ}\text{C}$ 。在达到1580 $^{\circ}\text{C}$ 之后经过9分50秒,开始将丙烷提供到反应室中。丙烷的流量被设定为30sccm。开始供应丙烷之后经过10秒,开始供应包括硅烷和 NH_3 的掺杂剂气体,从而在碳化硅衬底的主表面上开始外延生长碳化硅。

[0073] 这样,形成了具有 $1.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的杂质浓度且具有0.5 μm 的厚度的碳化硅外延层。应该注意的是, NH_3 的流量被设定为0.05sccm。在反应室的压力被设定为不小于 $8 \times 10^3 \text{Pa}$ 且不大于 $12 \times 10^3 \text{Pa}$ 的情况下执行外延生长碳化硅。

[0074] (实例2)

[0075] 根据实例2的碳化硅半导体衬底在与实例1相同的条件下生产,除了以下条件之外:从反应室的温度达到1580 $^{\circ}\text{C}$ 到向反应室供应丙烷的时间段被设定为9分45秒;在开始供应丙烷之后,开始供应包括硅烷和 NH_3 的掺杂剂气体15秒。

[0076] (比较实例1)

[0077] 根据比较实例1的碳化硅半导体衬底通过下面方法生产。首先,制备具有4英寸的

外径且具有350 μm 的厚度的碳化硅衬底。

[0078] 接下来,将碳化硅衬底放在CVD设备的衬底支架上,并执行真空烘焙大约10分钟,以在反应室中得到1100 $^{\circ}\text{C}$ 的温度。然后,以50sccm的流量将氢引入到反应室中,并将反应室中的温度增加到1580 $^{\circ}\text{C}$ 。在达到1580 $^{\circ}\text{C}$ 之后经过6分50秒,开始将丙烷供应到反应室中。丙烷的流量被设定为30sccm。开始供应丙烷之后经过190秒,开始供应包括硅烷和 NH_3 的掺杂剂气体,从而在碳化硅衬底的主表面上开始外延生长碳化硅。

[0079] 形成了具有 $1.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的杂质浓度且具有0.5 μm 的厚度的碳化硅外延层。 NH_3 的流量被设定为0.05sccm。在反应室的压力被设定为不小于 $8 \times 10^3 \text{Pa}$ 且不大于 $12 \times 10^3 \text{Pa}$ 的情况下执行外延生长碳化硅。

[0080] (比较实例2)

[0081] 根据比较实例2的碳化硅半导体衬底在与实例1相同的条件下生产,除了将丙烷和硅烷同时供应到反应室中之外。也就是,在比较实例2中,在执行仅使用氢的气相蚀刻10分钟之后,开始外延生长碳化硅。

[0082] (评价)

[0083] 使用AFM(NanoScope III)来测量根据实例1、2和比较实例1、2的碳化硅半导体衬底的各主表面的均方根粗糙度(RMS值)。

[0084] (结果)

[0085] 根据各实例1、2的碳化硅半导体衬底的主表面的RMS值为不小于0.8nm。另一方面,根据比较实例1的碳化硅半导体衬底的主表面的RMS值为1.8nm。根据比较实例2的碳化硅半导体衬底的主表面的RMS值为2.6nm。

[0086] 也就是,根据各实例1、2的碳化硅半导体衬底的主表面具有小的粗糙度且具有平坦度。另一方面,根据各比较实例1、2的碳化硅半导体衬底的主表面具有高RMS值且是粗糙的。

[0087] 迄今为止,已经描述了本发明的实施例和实例,但是可以以各种方式更改该实施例和实例。而且,本发明的范围不限制于上述的实施例和实例。本发明的范围由权利要求项限定,且意旨包括范围内的且意义等效于权利要求项的各种变更。

[0088] 参考标记列表

[0089] 1:碳化硅衬底;1A、2A:主表面;2:外延层;10:碳化硅半导体衬底;11:衬底支架;12:感应加热线圈;13:石英管;14:绝热体;15:加热元件;16:管;100:CVD设备。

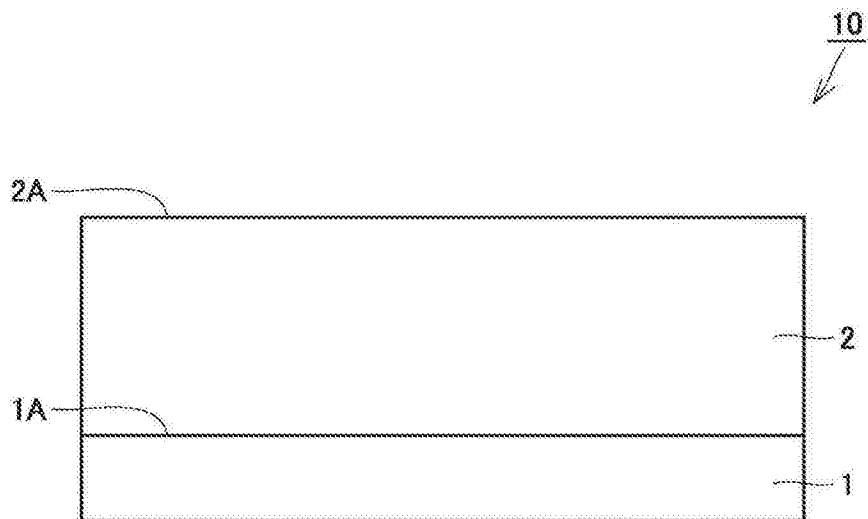


图1

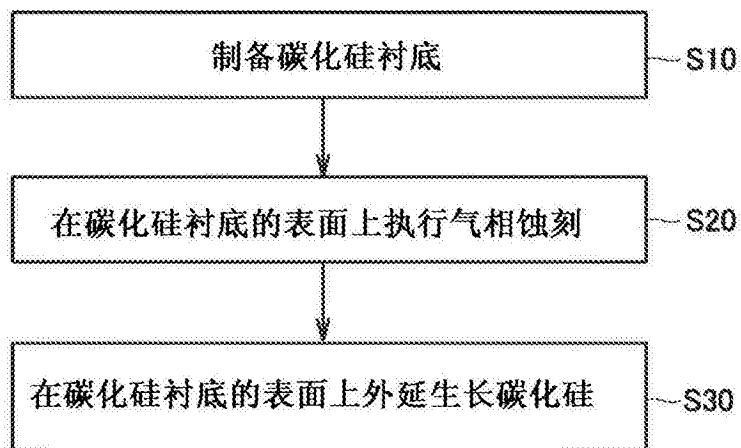


图2

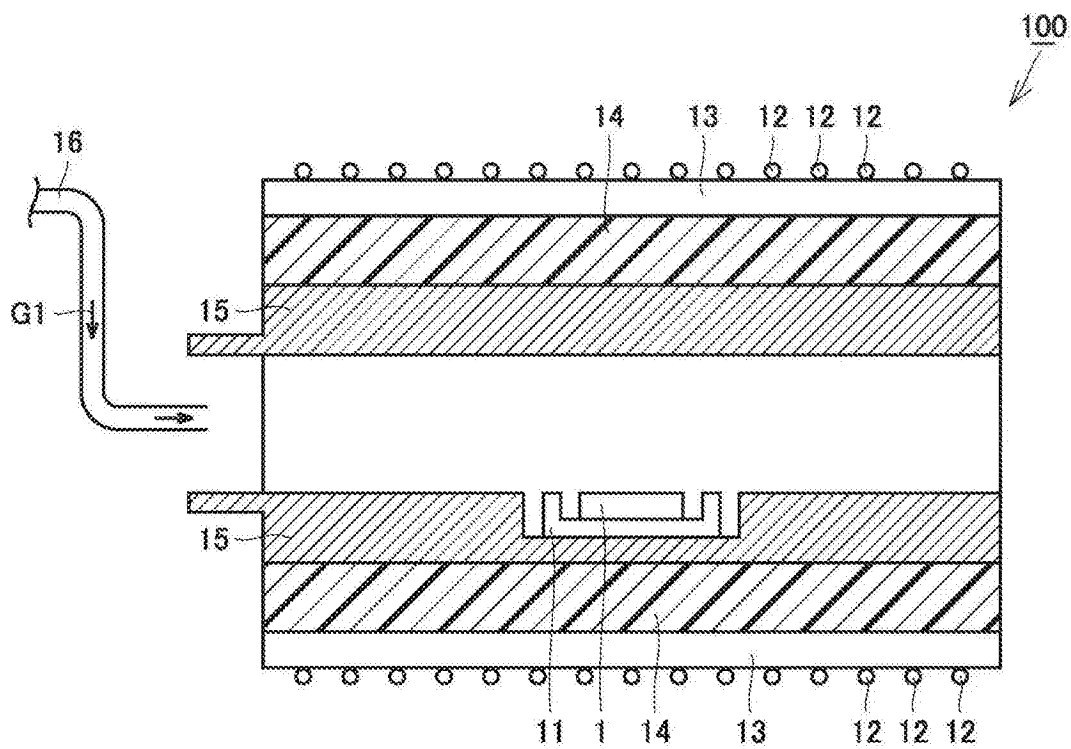


图3

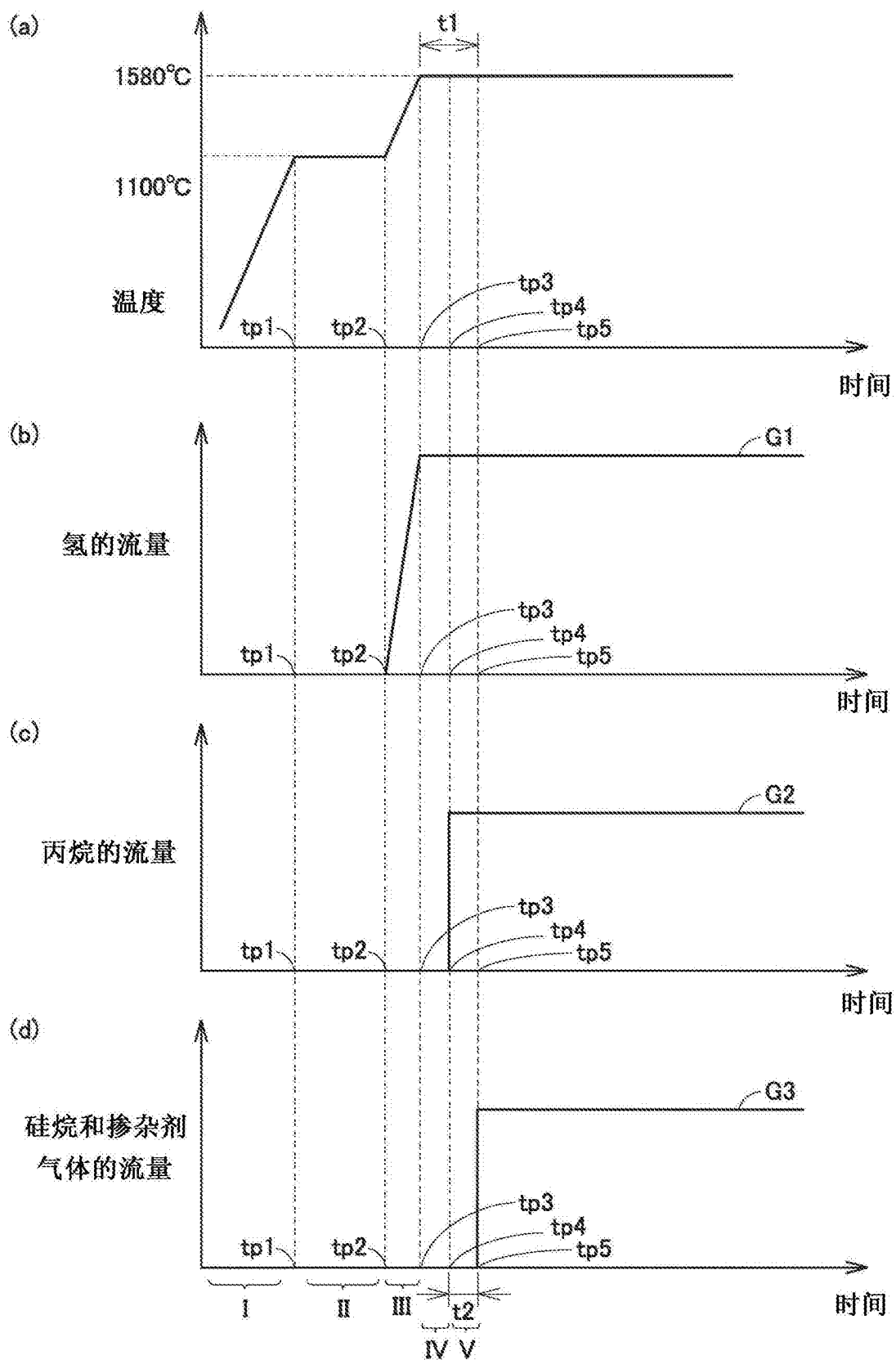


图4