



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106435722 B

(45)授权公告日 2019.11.01

(21)申请号 201610638775.0

(22)申请日 2016.08.05

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106435722 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(30)优先权数据

2015-155235 2015.08.05 JP

(73)专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 大野彰仁 酒井雅 三谷阳一郎

山本高裕 木村泰广 沟部卓真

富田信之

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 何立波 张天舒

(51)Int.Cl.

C30B 25/20(2006.01)

C30B 25/14(2006.01)

(56)对比文件

US 2015/0214049 A1, 2015.07.30, 说明书第29, 34段, 附图1A-1B.

WO 2014/125893 A1, 2014.08.21, 说明书第5、17、39、51段, 图1.

US 2012/0174859 A1, 2012.07.12, 说明书第6、39-42、53、78段, 附图1和3.

US 2008/0099326 A1, 2008.05.01, 说明书第44段.

CN 102687250 A, 2012.09.19, 全文.

CN 102549723 A, 2012.07.04, 全文.

审查员 程愉悻

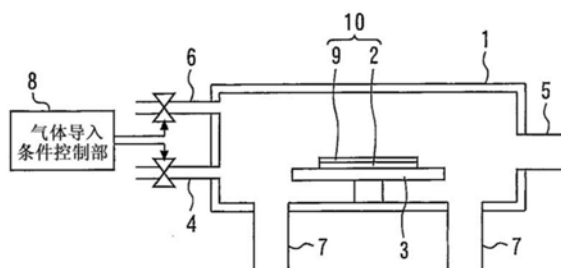
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

碳化硅外延晶片的制造方法及制造装置

(57)摘要

得到一种制造方法及制造装置, 该制造方法及制造装置能够制造晶体缺陷少的碳化硅外延晶片, 而不会损伤生长炉内的部件、晶片托架。将清除气体导入至生长炉(1)内而将附着于生长炉(1)的内壁面的树枝状碳化硅去除。在导入清除气体后, 将碳化硅衬底(2)搬入至生长炉(1)内。将工艺气体导入至生长炉(1)内, 在碳化硅衬底(2)之上使碳化硅外延层(9)生长而制造碳化硅外延晶片(10)。将具有大于或等于 $1.6E-4[J]$ 的流体能量的清除气体导入至生长炉(1)内。



1. 一种碳化硅外延晶片的制造方法,其特征在于,具有下述工序,即:
将清除气体导入至生长炉内而将附着于所述生长炉的内壁面的树枝状碳化硅去除;
在导入所述清除气体后,将碳化硅衬底搬入至所述生长炉内;以及
将工艺气体导入至所述生长炉内,在所述碳化硅衬底之上使碳化硅外延层生长而制造碳化硅外延晶片,
将具有大于或等于 $1.6\text{E}-4[\text{J}]$ 的流体能量的所述清除气体导入至所述生长炉内,
所述清除气体仅是非活性气体或者氢气。
2. 一种碳化硅外延晶片的制造方法,其特征在于,具有下述工序,即:
将碳化硅衬底搬入至生长炉内;
将工艺气体导入至所述生长炉内,在所述碳化硅衬底之上使碳化硅外延层生长而制造碳化硅外延晶片;以及
将清除气体导入至所述生长炉内而将附着于所述生长炉的内壁面的树枝状碳化硅去除,
将具有大于或等于 $1.6\text{E}-4[\text{J}]$ 的流体能量的所述清除气体导入至所述生长炉内,
所述清除气体仅是非活性气体或者氢气。
3. 根据权利要求2所述的碳化硅外延晶片的制造方法,其特征在于,
在将所述清除气体导入至所述生长炉内时,在所述碳化硅外延晶片之上配置挡板。
4. 一种碳化硅外延晶片的制造装置,其特征在于,具有:
生长炉,其进行外延生长;
晶片托架,其设置于所述生长炉内,对碳化硅衬底进行载置;
工艺气体导入口,其将工艺气体导入至所述生长炉内;
工艺气体排气口,其将所述工艺气体从所述生长炉排出;
清除气体导入口,其将清除气体导入至所述生长炉内,该清除气体用于将附着于所述生长炉的内壁面的树枝状碳化硅去除;以及
清除气体排气口,其将所述清除气体从所述生长炉排出,
从所述清除气体导入口将具有大于或等于 $1.6\text{E}-4[\text{J}]$ 的流体能量的所述清除气体导入至所述生长炉内,
所述清除气体仅是非活性气体或者氢气。
5. 根据权利要求4所述的碳化硅外延晶片的制造装置,其特征在于,
所述晶片托架的载置面与所述生长炉的顶面相对,
所述清除气体导入口以使所述清除气体沿所述生长炉的所述顶面流动的方式与所述晶片托架相比在上方设置于所述生长炉的侧面。
6. 根据权利要求4或5所述的碳化硅外延晶片的制造装置,其特征在于,
所述清除气体排气口设置于所述生长炉的底面。
7. 根据权利要求4或5所述的碳化硅外延晶片的制造装置,其特征在于,
还具有挡板,在将所述清除气体导入至所述生长炉内时,该挡板配置于所述碳化硅外延晶片之上。

碳化硅外延晶片的制造方法及制造装置

技术领域

[0001] 本发明涉及碳化硅外延晶片的制造方法及制造装置。

背景技术

[0002] 近年来,由于与硅半导体相比,带隙、绝缘破坏电场强度、饱和漂移速度、导热率均相对较大,因此碳化硅(以下记为SiC)半导体主要作为电力控制用功率器件材料而受到瞩目。事实上,作为使用了该SiC半导体的功率器件,由于能够实现电力损耗的大幅度降低、小型化等,能够实现电源电力变换时的节能化,因此在电动车辆的高性能化、太阳能电池系统等的高功能化等低碳社会的实现方面成为关键器件。

[0003] 在制作SiC功率器件时,大多在SiC块状单晶衬底之上预先通过热CVD法(热化学气相沉积法)等而使成为半导体器件有源区域的层进行外延生长。在这里,所谓有源区域,是指在对晶体中的掺杂密度及膜厚精密地进行控制的基础上制作出的包含生长方向轴的截面区域。除块状单晶衬底以外还需要上述外延生长层的理由在于,根据器件的规格,掺杂密度及膜厚已大致确定,通常,要求比块状单晶衬底的掺杂密度及膜厚更高的精度。

[0004] 以下将在SiC块状单晶衬底之上形成了外延生长层的晶片称为外延晶片。碳化硅半导体装置是对碳化硅外延晶片实施各种加工而制作的。如果在碳化硅外延晶片存在缺陷,则在碳化硅半导体装置局部地产生不能保持高电压的部位,产生泄漏电流。如果上述缺陷的密度增加,则制造碳化硅半导体装置时的合格率下降。

[0005] 在制造碳化硅外延晶片时,碳化硅不仅附着于晶片,还附着于生长炉的内壁、对晶片进行载置的晶片托架的表面。由于该附着的碳化硅在构造上较脆弱,因此容易成为碳化硅颗粒。如果碳化硅颗粒附着于晶片的表面,则以该部位为起点而产生掉落物缺陷(downfall)、三角缺陷等晶体缺陷。

[0006] 作为使成为上述晶体缺陷的原因的碳化硅颗粒减少的方法,提出了下述方法,即,通过由三氟化氯进行的蚀刻而对附着于晶片托架的碳化硅进行清除(例如参照专利文献1)。另外,还提出了下述方法,即,通过使用含有七氟化碘的清除气体,从而对碳化硅进行清除,而不会对部件的基材、即石墨进行蚀刻而造成损伤(例如参照专利文献2)。

[0007] 专利文献1:日本专利第5542560号公报

[0008] 专利文献2:日本特开2014-154865号公报

[0009] 在专利文献1的方法中,由于不仅附着的碳化硅被蚀刻,就连生长炉内的部件、晶片托架的保护膜即碳化硅覆膜也被蚀刻,因此清除难以进行管理。另外,对于三氟化氯,除了会腐蚀装置、配管以外,还需要专用的去除设备,因此在运用方面、成本方面伴有困难。另外,由于碳化硅与硅相比蚀刻速度较慢,因此清除需要长时间,同时,难以彻底地去除碳化硅。

[0010] 另外,在专利文献2的方法中,使用不对石墨进行蚀刻的七氟化碘,但与专利文献1同样地,由于生长炉内的部件、晶片托架的保护膜即碳化硅覆膜被蚀刻,因此清除难以进行管理。如上所述,在将氟化类气体作为清除气体使用的情况下,存在对除附着的碳化硅以外

的部件进行蚀刻的问题。

发明内容

[0011] 本发明就是为了解决上述课题而提出的,其目的在于得到一种制造方法及制造装置,该制造方法及制造装置能够制造晶体缺陷少的碳化硅外延晶片,而不会损伤生长炉内的部件、晶片托架。

[0012] 本发明所涉及的碳化硅外延晶片的制造方法的特征在于,具有下述工序,即:将清除气体导入至生长炉内而将附着于所述生长炉的内壁面的树枝状碳化硅去除;在导入所述清除气体后,将碳化硅衬底搬入至所述生长炉内;以及将工艺气体导入至所述生长炉内,在所述碳化硅衬底之上使碳化硅外延层生长而制造碳化硅外延晶片,将具有大于或等于 $1.6E-4$ [J]的流体能量的所述清除气体导入至所述生长炉内。

[0013] 发明的效果

[0014] 在本发明中,将具有大于或等于 $1.6E-4$ [J]的流体能量的清除气体导入至生长炉内。由此,能够制造晶体缺陷少的碳化硅外延晶片,而不会损伤生长炉内的部件、晶片托架。

附图说明

[0015] 图1是表示本发明的实施方式1所涉及的碳化硅外延晶片的制造装置的剖视图。

[0016] 图2是表示本发明的实施方式1所涉及的碳化硅外延晶片的制造工序的流程图。

[0017] 图3是表示生长炉内的清除气体的流体能量、和此时在生长炉内残留的颗粒数的相对值之间的关系图。

[0018] 图4是表示本发明的实施方式2所涉及的碳化硅外延晶片的制造工序的流程图。

[0019] 图5是表示本发明的实施方式2所涉及的碳化硅外延晶片的制造装置的变形例的剖视图。

[0020] 标号的说明

[0021] 1生长炉、2碳化硅衬底、3晶片托架、4工艺气体导入口、5工艺气体排气口、6清除气体导入口、7清除气体排气口、9碳化硅外延层、10碳化硅外延晶片、11挡板

具体实施方式

[0022] 参照附图,对本发明的实施方式所涉及的碳化硅外延晶片的制造方法及制造装置进行说明。对相同或者相对应的结构要素标注相同的标号,有时省略重复的说明。

[0023] 实施方式1

[0024] 图1是表示本发明的实施方式1所涉及的碳化硅外延晶片的制造装置的剖视图。在进行外延生长的生长炉1(外延生长炉)内,设置有对碳化硅衬底2进行载置的晶片托架3。工艺气体(process gas)导入口4在外延生长工序时将包含载气和原料气体的工艺气体导入至生长炉1内。工艺气体排气口5将从工艺气体导入口4导入的工艺气体从生长炉1排出。

[0025] 清除气体导入口6在清除工序时将清除气体导入至生长炉1内,该清除气体用于将附着于生长炉1的内壁面的树枝状碳化硅去除。气体排气口7将从清除气体导入口6导入的清除气体从生长炉1排出。气体导入条件控制部8对与工艺气体导入口4及清除气体导入口6连接的气体流量控制装置、压力控制装置进行控制,对清除工序或者外延工序中的工艺气

体及清除气体的导入条件(气体流量和压力)进行控制。清除气体导入口6经由气体导入条件控制部8与清除气体的储气瓶(未图示)连接。

[0026] 图2是表示本发明的实施方式1所涉及的碳化硅外延晶片的制造工序的流程图。下面,使用图1、2对碳化硅外延晶片的制造工序进行说明。

[0027] 首先,在将晶片托架3搬入至生长炉1内的状态下将清除气体导入至生长炉1而将附着于生长炉1的内壁及晶片托架3的树枝状碳化硅去除(步骤S1)。将该工序称为清除工序。但是,在不需要针对晶片托架3的清除的情况下,也可以预先将晶片托架3从生长炉1搬出。关于清除工序中的清除气体的导入条件在后面记述。

[0028] 然后,将碳化硅衬底2载置于晶片托架3之上,并搬入至生长炉1内(步骤S2)。然后,将工艺气体导入至生长炉1内,在碳化硅衬底2之上使碳化硅外延层9进行生长而制造碳化硅外延晶片10(步骤S3)。然后,将所完成的碳化硅外延晶片10从生长炉1搬出(步骤S4)。通过以上的工序,制造出碳化硅外延晶片10。

[0029] 在这里,对清除工序的意义进行说明。在外延生长工序中,碳化硅外延层9在碳化硅衬底2之上生长,但是同时,碳化硅还附着于生长炉1的内壁面、晶片托架3而树枝状地生长。并且,由于工艺气体导入时的气流变动,构造上较脆弱的树枝状的纤细部位被切断及剥离而产生碳化硅颗粒。如果不对该碳化硅颗粒进行去除(清除),则在随后的外延生长工序中,由于所导入的气体的气流变动导致该碳化硅颗粒在生长炉1内飞散而附着于碳化硅外延晶片10的外延生长面,产生与之相伴的晶体缺陷。清除工序(步骤S1)是为了避免上述状况的工序。

[0030] 下面,对清除工序中的清除气体的导入条件进行说明。首先,对气体的流体能量进行说明。流体能量表示清除工序中的气体的总能量,如果将在清除工序中流动的气体的合计质量设为 m [kg],将此时的气体的流速设为 v [m/s],则流体能量由以下算式1定义。

[0031] 【算式1】

$$[0032] \quad E = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{流体能量[J]} \quad (\text{算式1})$$

[0033] 在这里,气体的合计质量 m 由气体的种类和气体的总流量决定,流速 v 根据气体流量和生长炉1的截面积、生长炉1内的压力进行计算。

[0034] 图3是表示生长炉内的清除气体的流体能量、和此时在生长炉内残留的颗粒数的相对值之间的关系的图。在这里,在将控制为某个流体能量的清除气体导入至生长炉1后,将例如硅晶片向生长炉1内输送,将例如氩气导入。然后,将硅晶片搬出。通过利用颗粒计数器对在所搬出的硅晶片之上沉积的颗粒进行计数,从而得到“残留的颗粒数”。图3的纵轴示出将流体能量为 $8.0E-5$ [J]的情况下所残留的颗粒数设为1的相对值。根据图3,在流体能量大于或等于 $1.6E-4$ [J]的情况下,颗粒数的相对值急剧地降低至小于或等于0.08。这表示,通过大于或等于 $1.6E-4$ [J]的流体能量,从而能够去除附着于生长炉1的内壁面及晶片托架3的碳化硅。另外,在流体能量为 $8.1E-4$ [J]的情况下,能够进一步使颗粒数的相对值降低至小于或等于0.015。并且,在流体能量为 $2.0E-2$ [J]的情况下,能够使颗粒数的相对值降低至小于或等于0.005。在这里,不特别地设定流体能量的上限值,但在通常的生长炉的情况下,由于如果流体能量比 $1.0E-1$ [J]大,则清除工序时间变得非常长,可能导致生产率下降,因此优选流体能量小于或等于 $1.0E-1$ [J]。

[0035] 因此,在本实施方式中,在清除工序(步骤S1)中,将相对于该工序的气体总量具有大于或等于 $1.6E-4[J]$ 的流体能量的清除气体导入至生长炉1内。此时,气体导入条件控制部8将清除气体的流体能量控制为大于或等于 $1.6E-4[J]$ 。通过该清除工序,从而能够在外延工序之前将附着于生长炉1的内壁面及晶片托架3的树枝状碳化硅去除。因此,在外延生长工序中的工艺气体导入时几乎不产生碳化硅颗粒。因此,能够形成由碳化硅颗粒引起的晶体缺陷大幅度降低的碳化硅外延晶片10。

[0036] 另外,清除气体是氩气、氮气等非活性气体或者氢气。因此,由于清除气体不是对碳化硅进行蚀刻的蚀刻气体,因此不担心在清除工序中生长炉1内的部件、晶片托架3的保护膜即碳化硅覆膜被蚀刻,易于管理。其结果,根据本实施方式,能够制造晶体缺陷少的碳化硅外延晶片10,而不会损伤生长炉1内的部件、晶片托架3。并且,通过使用该碳化硅外延晶片10,从而能够制作晶体缺陷少、廉价且成品率高的碳化硅器件。

[0037] 另外,晶片托架3的载置面与生长炉1的顶面相对。附着于生长炉1的顶面(上表面)的碳化硅与附着于生长炉1的其他部位的碳化硅相比,更容易成为晶体缺陷的原因,其中,该生长炉1的顶面位于与碳化硅外延晶片10的外延生长面相对的位置。另外,对于生长炉1的顶面,由于附着的碳化硅的量比生长炉1的其他部位多,因此需要重点地进行清除。因此,清除气体导入口6以使清除气体沿生长炉1的顶面流动的方式与晶片托架3相比在上方设置于生长炉1的侧面。由此,能够以短时间、并且高效地将附着于与碳化硅外延晶片10的外延生长面相对的顶面的碳化硅去除。

[0038] 另外,清除气体排气口7是用于在清除工序中对碳化硅颗粒进行回收的、清除专用的气体排气口。在生长炉1中,由于用于外延生长的工艺气体在水平方向(图1的纸面的左右方向)上流动,因此工艺气体排气口5设置于工艺气体导入口4的相反侧。在该情况下,未到达工艺气体排气口5的碳化硅颗粒没有得到回收,而积存于生长炉1的底面。并且,在生长炉1的底面积存的碳化硅颗粒在外延生长时的工艺气体导入时扬起,附着于碳化硅外延晶片10的外延生长面,成为晶体缺陷的原因。因此,清除气体排气口7设置于生长炉1的底面。由此,能够高效地对未到达工艺气体排气口5而在生长炉1的底面积存的碳化硅颗粒进行回收。因此,由于在外延生长时的气体导入时碳化硅颗粒不会扬起,因此能够降低晶体缺陷。此外,清除气体排气口7能够与工艺气体排气口5同时使用,能够共用用于工艺气体的真空泵、压力调整阀等。

[0039] 实施方式2

[0040] 图4是表示本发明的实施方式2所涉及的碳化硅外延晶片的造工序的流程图。在本实施方式的制造工序中使用的制造装置与实施方式1相同。

[0041] 首先,与实施方式1同样地实施清除工序(步骤S1)、碳化硅衬底2的输送工序(步骤S2)以及外延生长工序(步骤S3),形成碳化硅外延晶片10。由于这些步骤与实施方式1相同,因此省略详细的说明。由于在清除工序(步骤S1)中将附着于生长炉1的内壁面及晶片托架3的树枝状碳化硅去除后实施外延生长工序(步骤S3),因此在外延生长工序中几乎不产生碳化硅颗粒。因此,能够形成由碳化硅颗粒引起的晶体缺陷大幅度降低的碳化硅外延晶片10。

[0042] 然后,不将所完成的碳化硅外延晶片10从生长炉1搬出,而是就此实施清除工序(步骤S5)。然后,将所完成的碳化硅外延晶片10从生长炉1搬出(步骤S4)。在清除工序(步骤S5)中,与实施方式1的清除工序(步骤S1)同样地,将具有大于或等于 $1.6E-4[J]$ 的流体能

量的清除气体导入至生长炉1内,而并非是导入对碳化硅进行蚀刻的蚀刻气体。

[0043] 在实施方式1中,在将所完成的碳化硅外延晶片10从生长炉1搬出后实施清除工序,但本实施方式中则是以将碳化硅外延晶片10载置于生长炉1内的状态实施清除工序。由此,有时碳化硅颗粒会附着于碳化硅外延晶片10,但由于已经是在外延生长之后,因此附着的碳化硅颗粒不会成为晶体缺陷的原因。其结果,能够制造晶体缺陷少的碳化硅外延晶片10,而不会损伤生长炉1内的部件、晶片托架3。

[0044] 图5是表示本发明的实施方式2所涉及的碳化硅外延晶片的制造装置的变形例的剖视图。在以将碳化硅外延晶片10载置于生长炉1内的状态实施清除工序的情况下,也可以使用如图5所示那样在碳化硅衬底2之上具有挡板(shutter)11的制造装置。该挡板11在外延工序(步骤S3)中没有覆盖在碳化硅衬底2之上,仅在将清除气体导入至生长炉1内的清除工序(步骤S5)中配置于碳化硅外延晶片10之上。由此,能够防止碳化硅颗粒附着于碳化硅外延晶片10之上。

[0045] 通常,在将结束了外延工序的碳化硅外延晶片10从生长炉1搬出前,进行利用非活性气体而对生长炉1内的生长气体进行置换的循环净化(cycle purge)。因此,也可以将清除工序(步骤S5)和循环净化相结合。由此,能够使清除工序对制造节拍产生的影响减小。

[0046] 以上的实施方式1、2的记述是对能够应用本发明的方式进行例示的内容,本发明不限于此。关于本发明,在本发明的范围内能够对各实施方式适当地进行变形、省略,能够对各实施方式自由地进行组合。例如能够如图4的虚线箭头所示那样对工序进行变更。

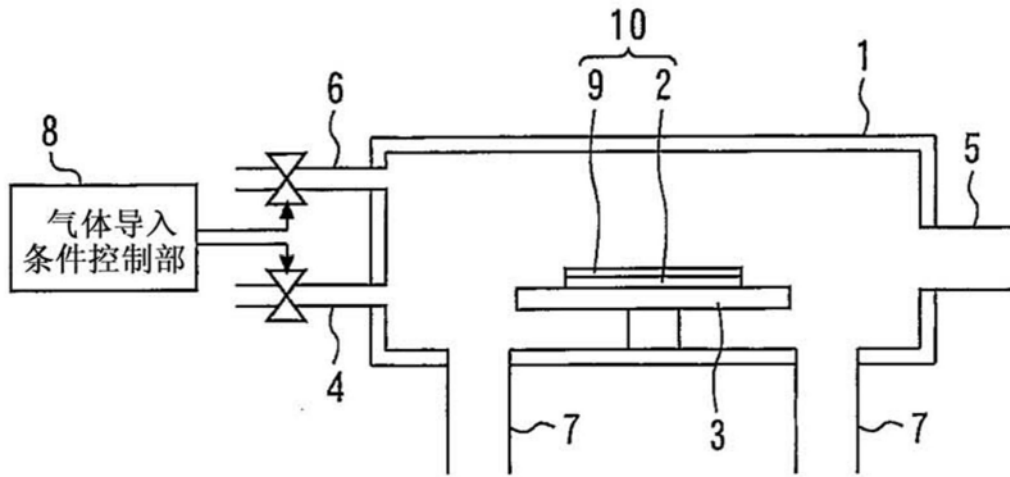


图1

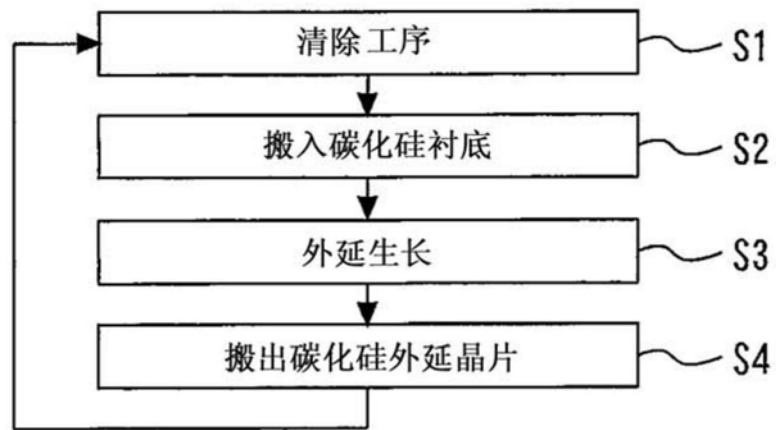


图2

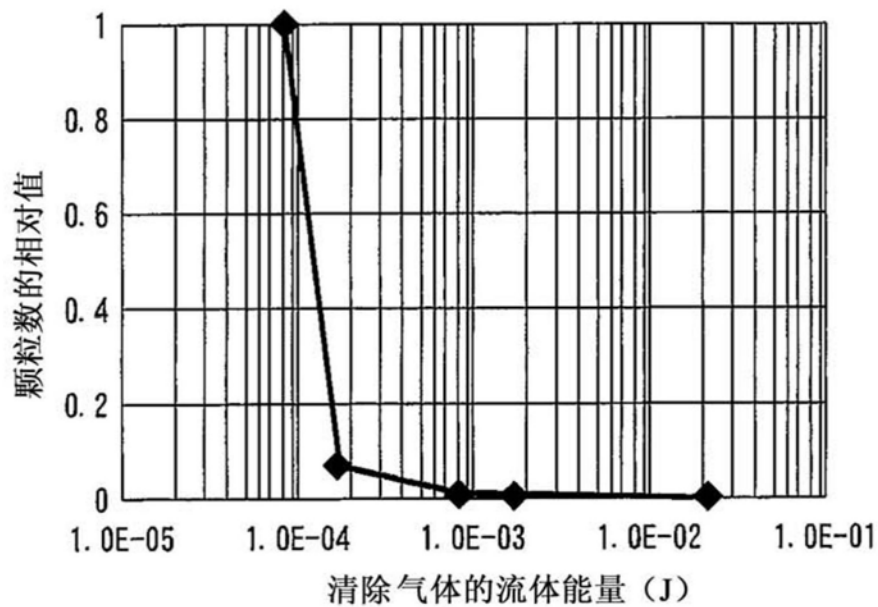


图3

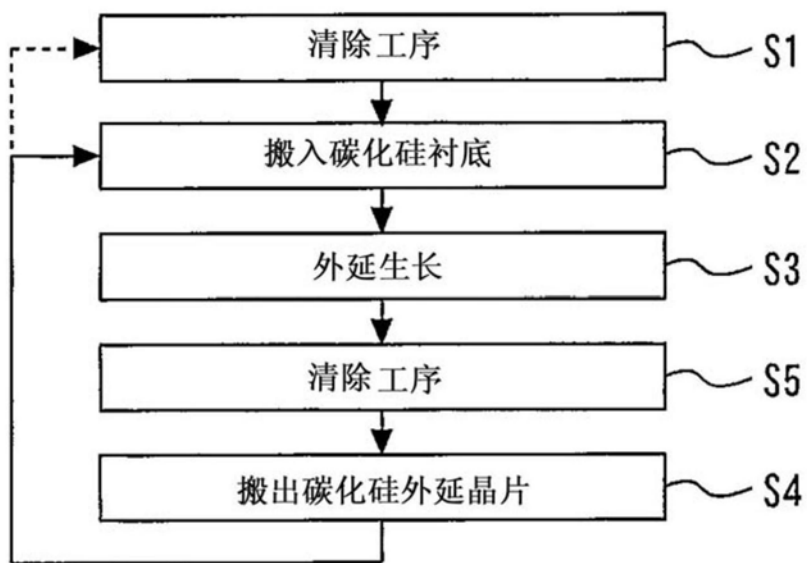


图4

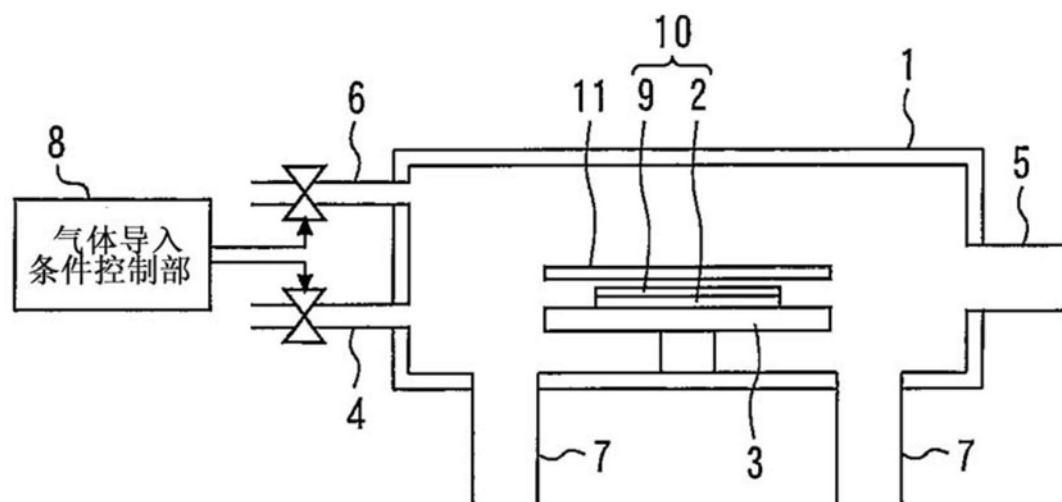


图5