



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103620094 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 05

(21) 申请号 201280027428. 4

坂元秀光

(22) 申请日 2012. 06. 15

(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

(30) 优先权数据

2011-135108 2011. 06. 17 JP

代理人 刘新宇 张会华

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 04

(51) Int. Cl.

C30B 29/36(2006. 01)

C30B 19/06(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/065420 2012. 06. 15

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/173251 JA 2012. 12. 20

(71) 申请人 新日铁住金株式会社

地址 日本东京都

申请人 丰田自动车株式会社

(72) 发明人 楠一彦 龟井一人 矢代将齐

冈田信宏 大黑宽典 加渡干尚

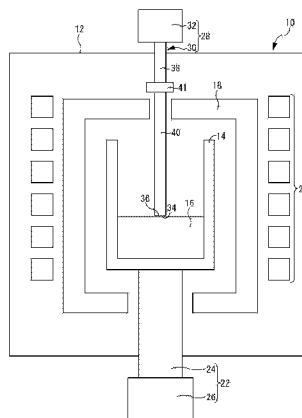
权利要求书1页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

SiC 单晶体的制造装置以及 SiC 单晶体的制造方法

(57) 摘要

本发明的目的在于提供能够对安装于籽晶轴的晶种高效地进行冷却的 SiC 单晶体的制造装置。该制造装置具备:坩埚(14),其用于容纳 Si - C 溶液(16);以及籽晶轴(30),具有供 SiC 晶种(36)安装的下端面(34)。籽晶轴包括:内管(48),其在坩埚的高度方向上延伸,在自身内侧形成第 1 流路(60);外管(50),其容纳内管,在该外管(50)与内管之间形成第 2 流路(SP1);以及底部,其覆盖外管的下端开口且具有下端面。第 1 流路以及第 2 流路中的一者是供冷却气体向下方流动的导入流路,另一者是供冷却气体向上方流动的排出流路。从籽晶轴的轴向观察, SiC 晶种的 60% 以上的区域与形成导入流路的管的内侧的区域重叠。



1. 一种制造装置,其是 SiC 单晶体的制造装置,

该制造装置包括:

坩埚,其用于容纳 Si - C 溶液;以及

籽晶轴,其具有供 SiC 晶种安装的下端面,

上述籽晶轴包括:

内管,其在自身内侧形成第 1 流路;

外管,其容纳上述内管,在该外管与上述内管之间形成第 2 流路;以及

底部,其覆盖上述外管的下端开口且具有上述下端面,

上述第 1 流路以及上述第 2 流路中的一者是供冷却气体向下方流动的导入流路,另一者是供上述冷却气体向上方流动的排出流路,

从上述籽晶轴的轴向观察,上述 SiC 晶种的 60% 以上的区域与形成上述导入流路的管的内侧区域重叠。

2. 根据权利要求 1 所记载的制造装置,其中,

上述内管具有绝热性。

3. 根据权利要求 1 或 2 所记载的制造装置,其中,

上述内管的下端以与上述底部分离的方式配置。

4. 一种 SiC 单晶体的制造方法,其包括以下工序:

准备上述制造装置的工序,其中,该制造装置是包括用于容纳 Si - C 溶液的原料的坩埚和具有用于配置 SiC 晶种的下端面的籽晶轴的 SiC 单晶体的制造装置,上述籽晶轴包括在上述坩埚的高度方向上延伸且在自身内侧形成第 1 流路的内管、容纳上述内管且与上述内管之间形成第 2 流路的外管、以及覆盖上述外管的下端开口且具有上述下端面的底部,上述第 1 流路以及上述第 2 流路中的一者是供冷却气体向下方流动的导入流路,另一者是供上述冷却气体向上方流动的排出流路;

从上述籽晶轴的轴向观察,以上述 SiC 晶种的 60% 以上的区域与形成上述导入流路的管的内侧区域重叠的方式将上述 SiC 晶种安装于上述下端面的工序;

对上述坩埚进行加热而生成 Si - C 溶液的工序;

将上述 SiC 晶种浸渍于上述 Si - C 溶液的工序;以及

一边使上述冷却气体在上述籽晶轴内流动,一边在上述 SiC 晶种上培养 SiC 单晶体的工序。

SiC 单晶体的制造装置以及 SiC 单晶体的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种 SiC 单晶体的制造装置,详细地说涉及一种利用溶液生长法的 SiC 单晶体的制造装置。

背景技术

[0002] 作为制造碳化硅(SiC)的单晶体的方法,一直以来众所周知有溶液生长法。溶液生长法为使 SiC 的单晶体在浸渍于 Si - C 溶液的 SiC 的晶种上生长。Si - C 溶液指的是碳(C)熔化于 Si 或者 Si 合金的熔体而得到的溶液。优选的是,在溶液与固相 SiC 处于热力学平衡状态的组成范围内使碳更多地熔化于溶液中。使 SiC 晶种与 Si - C 溶液(液相)接触,至少使晶种附近的溶液部分处于过冷却状态。由此,在晶种附近的溶液部分中创造 SiC 的过饱和状态,使 SiC 单晶体在晶种上生长。

[0003] 创造过饱和状态的一般方法是所谓的温度差法。温度差法是,以使溶液内的晶种的附近部分的温度比其他部分的溶液温度低的方式设置温度梯度。

[0004] 日本特开平 3 - 183690 号公报(专利文献 1)以及日本特开 2006 - 169073 号公报(专利文献 2)公开的单晶体的制造方法为,向安装有晶种的籽晶轴内导入气体,对晶种进行冷却。以上这些文献所公开的制造方法为,通过对晶种进行冷却来使溶液内的晶种附近部分的温度比其他溶液部分的温度低。

[0005] 然而,如果只是向籽晶轴内导入气体的话,则难以高效地冷却晶种。

发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 本发明的目的在于提供一种能够高效地冷却安装于籽晶轴的晶种的 SiC 单晶体的制造装置。

[0008] 用于解决问题的方案

[0009] 本发明的实施方式的 SiC 单晶体的制造装置包括坩埚和籽晶轴。坩埚用于容纳 Si - C 溶液。籽晶轴具有供 SiC 晶种安装的下端面。籽晶轴包括内管、外管以及底部。内管在自身内侧形成第 1 流路。外管容纳内管,在该外管与内管之间形成第 2 流路。底部覆盖外管的下端开口,且具有下端部。第 1 流路以及第 2 流路中的一者是供冷却气体向下方流动的导入流路,另一者是供冷却气体向上方流动的排出流路。从籽晶轴的轴向观察, SiC 晶种的 60% 以上的区域与形成导入流路的管的内侧区域重叠。

[0010] 发明的效果

[0011] 本发明的实施方式的 SiC 单晶体的制造装置能够高效地冷却安装于籽晶轴的晶种。

附图说明

[0012] 图 1 是本发明的第 1 实施方式的 SiC 单晶体的制造装置的示意图。

[0013] 图 2 是图 1 中的籽晶轴的纵剖视图。

[0014] 图 3 是表示图 2 的内管与 SiC 晶种之间的关系立体图。

[0015] 图 4 是本发明的第 1 实施方式的应用例 1 的 SiC 单晶体的制造装置所具备的籽晶轴的纵剖视图。

[0016] 图 5 是本发明的第 1 实施方式的应用例 2 的 SiC 单晶体的制造装置所具备的籽晶轴的纵剖视图。

[0017] 图 6 是本发明的第 1 实施方式的应用例 3 的 SiC 单晶体的制造装置所具备的籽晶轴的纵剖视图。

[0018] 图 7 是本发明的第 2 实施方式的 SiC 单晶体的制造装置所具备的籽晶轴的纵剖视图。

具体实施方式

[0019] 本发明的实施方式的 SiC 单晶体的制造装置包括坩埚和籽晶轴。坩埚用于容纳 Si—C 溶液。籽晶轴具有供 SiC 晶种安装的下端面。籽晶轴包括内管、外管以及底部。内管在自身内侧形成第 1 流路。外管容纳内管,在该外管与内管之间形成第 2 流路。底部覆盖外管的下端开口且具有下端面。第 1 流路以及第 2 流路中的一者是供冷却气体向下方流动的导入流路,另一者是供冷却气体向上方流动的排出流路。从籽晶轴的轴向观察, SiC 晶种的 60% 以上的区域与形成导入流路的管的内侧区域重叠。

[0020] 籽晶轴的从轴向观察时的 SiC 晶种的大部分位于形成导入流路的管的内侧区域的下方。例如,在导入流路形成于内管的内侧的情况下,当从籽晶轴的轴向观察时, SiC 晶种的大部分位于内管的内侧区域的下方。在导入流路形成于内管与外管之间的情况下,当从籽晶轴的轴向观察时, SiC 晶种的大部分位于外管的内侧区域的下方。因此,籽晶轴的底部(特别是 SiC 晶种的安装区域)被高效地冷却。其结果, SiC 晶种被高效地冷却。

[0021] 优选的是,内管具有绝热性。在本实施方式中,冷却气体从导入流路朝向底部流动而与底部接触。冷却气体带走底部的热量,对底部进行冷却。从底部带走热量的冷却气体在排出流路中流动。在以下说明中,将带走底部的热量之前的冷却气体称作“使用前气体”,将带走底部的热量之后的冷却气体称作“使用后气体”。在内管具有绝热性的情况下,能够防止使用后气体的热量经由内管传递至使用前气体。其结果,能够利用冷却气体对底部高效地进行冷却。

[0022] 优选的是,内管的下端以与底部分离的方式配置。在该情况下,冷却气体容易与整个底部接触。其结果,利用冷却气体更加高效地冷却底部。

[0023] 在本实施方式中,如上所述,第 1 流路以及第 2 流路中的一者是供冷却气体向下方流动的导入流路。在导入流路形成于内管的内侧的情况下,当从籽晶轴的轴向观察时, SiC 晶种的大部分位于内管的内侧区域的下方。因此,能够防止内管妨碍底部的辐射排热。其结果,底部被进一步高效地冷却。

[0024] 在导入流路形成于内管与外管之间的情况下,与导入流路形成于内管的内侧的情况相比,能够采用较大的 SiC 晶种。

[0025] 本发明的实施方式的 SiC 单晶体的制造方法利用上述制造装置。

[0026] 以下,参照附图对基于实施方式的更具体的 SiC 单晶体的制造装置进行说明。对

图中相同或者相应部分标注相同的附图标记,不重复进行其说明。

[0027] [第 1 实施方式]

[0028] 图 1 是本发明的第 1 实施方式的 SiC 单晶体的制造装置 10 的构成图。

[0029] [制造装置]

[0030] 参照图 1,制造装置 10 包括腔室 12。腔室 12 用于容纳坩埚 14。在制造 SiC 单晶体时,对腔室 12 进行水冷。

[0031] 坩埚 14 用于容纳 Si - C 溶液 16。Si - C 溶液 16 是用于制造 SiC 单晶体的原料。Si - C 溶液 16 含有硅(Si)与碳(C)。

[0032] Si - C 溶液 16 是例如通过对 Si 单质或者 Si 与其他金属元素的混合物进行加热而形成熔体,并将碳(C)熔化于该熔体而生成。其他金属元素是例如钛(Ti)、锰(Mn)、铬(Cr)、钴(Co)、钒(V)、铁(Fe)等。在这些金属元素中,优选的金属元素为 Ti、Cr 以及 Fe。更加优选的金属元素为 Ti 以及 Cr。

[0033] 优选的是,坩埚 14 含有碳。坩埚 14 也可以是例如石墨制、SiC 制。坩埚 14 也可以利用 SiC 覆盖内表面。由此,坩埚 14 成为针对 Si - C 溶液 16 的碳供给源。

[0034] 腔室 12 还容纳绝热部件 18。绝热部件 18 配置成包围坩埚 14。换言之,绝热部件 18 容纳坩埚 14。

[0035] 腔室 12 还容纳加热装置 20。加热装置 20 例如是高频线圈。加热装置 20 配置成包围绝热部件 18 的侧壁。换言之,绝热部件 18 以及坩埚 14 插入到加热装置 20 内。

[0036] 加热装置 20 对坩埚 14 进行感应加热,使容纳于坩埚 14 的原料熔融。由此,生成 Si - C 溶液 16。

[0037] 加热装置 20 还将 Si - C 溶液 16 维持在结晶生长温度。结晶生长温度依赖于 Si - C 溶液 16 的组成。一般的结晶生长温度为 1600 ~ 2000℃。

[0038] 制造装置 10 还包括旋转装置 22。旋转装置 22 包括旋转轴 24 和驱动源 26。

[0039] 旋转轴 24 在腔室 12 的高度方向(图 1 的上下方向)上延伸。旋转轴 24 的上端位于绝热部件 18 内。在旋转轴 24 的上端配置有坩埚 14。旋转轴 24 的下端位于腔室 12 的外侧。旋转轴 24 联结于驱动源 26。

[0040] 驱动源 26 配置于腔室 12 的下方。在制造 SiC 单晶体时,驱动源 26 使旋转轴 24 绕旋转轴 24 的中心轴线旋转。由此,坩埚 14 旋转。

[0041] 制造装置 10 还包括升降装置 28。升降装置 28 包括籽晶轴 30 和驱动源 32。

[0042] 籽晶轴 30 在腔室 12 的高度方向上延伸。籽晶轴 30 的上端位于腔室 12 的外侧。籽晶轴 30 联结于驱动源 32。

[0043] 驱动源 32 配置于腔室 12 的上方。驱动源 32 使籽晶轴 30 升降。驱动源 32 还使籽晶轴 30 绕籽晶轴 30 的中心轴线旋转。

[0044] 籽晶轴 30 的下端位于坩埚 14 内。在籽晶轴 30 的下端面 34 安装有 SiC 晶种 36。

[0045] SiC 晶种 36 呈板状。在本例中,SiC 晶种 36 呈圆板状。然而,SiC 晶种 36 的形状不特别限定为圆板状。SiC 晶种 36 的形状也可以是例如六边形、矩形等多边形。

[0046] SiC 晶种 36 由 SiC 单晶体构成。优选的是,SiC 晶种 36 的结晶构造与所要制造的 SiC 单晶体的结晶构造相同。例如,在制造 4H 多型体的 SiC 单晶体的情况下,利用 4H 多型体的 SiC 晶种。在利用 4H 多型体的 SiC 晶种 36 的情况下,优选 SiC 晶种 36 的表面为(0001)

面或者是从(0001)面以 8° 以下的角度倾斜的面。在该情况下, SiC 单晶体稳定地生长。

[0047] [籽晶轴的结构]

[0048] 图 2 是图 1 中的籽晶轴 30 的纵剖视图。如图 1 以及图 2 所示, 籽晶轴 30 包括轴体 38、轴体 40 以及连结部件 41。轴体 38 配置于轴体 40 的上方, 与轴体 40 同轴地配置。连结部件 41 配置于轴体 38 与轴体 40 之间, 使轴体 38 与轴体 40 结合。

[0049] 轴体 38 在腔室 12 的高度方向上延伸。轴体 38 包括供冷却水流动的流路(未图示)。总之, 通过冷却水对轴体 38 进行冷却。

[0050] 轴体 38 还具有导入孔 42。导入孔 42 形成于轴体 38 内, 在轴体 38 的轴向上延伸。导入孔 42 将冷却气体引导至轴体 40。

[0051] 冷却气体从制造装置 10 的外部供给至导入孔 42。冷却气体在轴体 40 内沿着轴向流动, 对轴体 40 的下端进行冷却。冷却气体的种类根据冷却效率等观点进行选择。例如, 冷却气体是热传导性高的氦气。

[0052] 在轴体 38 的下端设置有凸缘 44。凸缘 44 呈圆板状, 在其外周面具有螺纹牙 46。凸缘 44 使轴体 38 与轴体 40 结合。

[0053] 轴体 40 包括内管 48、外管 50、底部 52 以及支承部件 54。内管 48、外管 50 以及底部 52 形成冷却气体的流路。支承部件 54 用于悬架外管 50 以及内管 48。支承部件 54 利用于使轴体 40 与轴体 38 结合。

[0054] 具体而言, 内管 48 包括基体管 56 和绝热管 58。基体管 56 由耐热材料构成。耐热材料例如为石墨等。基体管 56 为圆筒, 具有在轴向上延伸的孔 60。在孔 60 的上端部形成有螺纹槽 62。

[0055] 绝热管 58 由绝热材料构成。绝热材料例如是氧化铝、氧化锆、热解碳以及石墨片等。绝热管 58 也可以使用成形绝热部件。绝热管 58 配置于基体管 56 的外周面。在本例中, 绝热管 58 为圆筒状, 具有在轴向上延伸的孔 64。绝热管 58 的内周面紧贴于基体管 56 的外周面。

[0056] 外管 50 为圆筒。在外管 50 的内周面的上端部形成螺纹槽 66。在外管 50 的上端部中的、比螺纹槽 66 靠下方的部分形成有多个排出孔 68。多个排出孔 68 例如以在外管 50 的周方向上彼此分离的方式配置。排出孔 68 向外部排出对籽晶轴 30 的下端进行冷却后的冷却气体(也就是, 使用后气体)。

[0057] 底部 52 为圆板状, 且覆盖外管 50 的下端的开口。在本实施方式中, 底部 52 与外管 50 一体地形成。然而, 底部 52 也可以是独立于外管 50 的部件。底部 52 具有下端部 34。在下端面 34 安装有 SiC 晶种 36。

[0058] 外管 50 以及底部 52 分别由耐热材料构成。耐热材料是例如石墨等。

[0059] 支承部件 54 包括凸缘 72、圆环部 80 以及圆环部 82。支承部件 54 由石墨等耐热材料构成。

[0060] 凸缘 72 呈圆板状。凸缘 72 与凸缘 44 重叠。也就是, 凸缘 72 的上表面与凸缘 44 的下表面接触。

[0061] 连结部件 41 由耐热材料构成, 使凸缘 72 与凸缘 44 连结。连结部件 41 包括圆环部 74 和在中央具有通孔的底盖部 76。底盖部 76 呈圆板状。在圆环部 74 的上端部的内周面形成有螺纹槽 78。圆环部 74 与底盖部 76 一体地形成。利用螺纹槽 78 以及螺纹牙 46 将

连结部件 41 安装于凸缘 44。此时,凸缘 72 被底盖部 76 与凸缘 44 夹住并固定。如上,支承部件 54 借助连结部件 41 与轴体 38 的下端结合。

[0062] 支承部件 54 还与轴体 40 的上端相结合。具体而言,在支承部件 54 的凸缘 72 的下表面设置有圆环部 80 以及圆环部 82。圆环部 80 设置于凸缘 72 的下表面的中央部分。在圆环部 80 的外周面形成有螺纹牙 84。圆环部 82 配置于圆环部 80 的周围,且与圆环部 80 同轴地配置。在圆环部 82 的外周面形成有螺纹牙 86。支承部件 54 在中央部分具有在上下方向上延伸的通孔 88。通孔 88 形成圆环部 80 的内周面。

[0063] 支承部件 54 与内管 48 的上端以及外管 50 的上端相结合。具体而言,圆环部 80 借助螺纹牙 84 以及螺纹槽 62 安装于内管 48 的上端。圆环部 82 借助螺纹牙 86 以及螺纹槽 66 安装于外管 50 的上端。

[0064] 如上,支承部件 54 用于悬架内管 48 以及外管 50。此时,内管 48 的下端(基体管 56 的下端以及绝热管 58 的下端)以与底部 52 的上表面分离的方式配置。因此,在内管 48 的下端与底部 52 的上表面之间形成间隙 SP0。

[0065] 内管 48 的外径(也就是,绝热管 58 的外径)比外管 50 的内径小。因此,在内管 48 的外周面(绝热管 58 的外周面)与外管 50 的内周面之间形成有间隙 SP1。内管 48 的孔 60 与间隙 SP0 以及 SP1 成为供冷却气体流动的流路。因此,内管 48 与外管 50 一起形成冷却气体的流路。

[0066] 如上所述,轴体 38 与轴体 40 借助连结部件 41 同轴地连结。并且,导入孔 42、通孔 88 与孔 60 同轴地连结。因此,在导入孔 42 中向下方流动的冷却气体经由通孔 88 流到孔 60。因此,在图 2 中,孔 60 成为供冷却气体(使用前气体)向下方流动的导入流路(第 1 流路)。

[0067] 使用前气体在导入流路(孔 60)中向下方流动,从内管 48 的开口 61 被吹向底部 52 的上表面。被吹向底部 52 的上表面的使用前气体在 SiC 单晶体的制造中对底部 52 进行冷却,从底部 52 带走热量。结束冷却底部 52 后的冷却气体(使用后气体)从间隙 SP0 流向间隙 SP1。使用后气体在间隙 SP1 中向上方流动,并通过排出孔 68 排出到轴体 40 的外部。因此,在图 2 中,间隙 SP1 成为供使用后气体流动的排出流路(第 2 流路)。

[0068] 通过以上结构,籽晶轴 30 形成导入流路 60 与排出流路 SP1。在 SiC 单晶体的制造中,安装于底部 52 的下表面的 SiC 晶种 36 通过在导入流路 60 中流动的使用前气体被冷却。从底部 52 以及 SiC 晶种 36 带走热量后的使用后气体流过排出流路 SP1 并迅速排出到外部。因此,制造装置 10 冷却 SiC 晶种 36。

[0069] 由于在导入流路 60 与排出流路 SP1 之间配置内管 48,因此在导入流路 60 中流动的使用前气体不易与在排出流路 SP1 中流动的使用后气体接触。因此,能够防止使用前气体因使用后气体而变热。其结果,SiC 晶种 36 被高效地冷却。

[0070] 特别是在本实施方式中,内管 48 借助绝热管 58 而具有绝热性。因此,使用后气体的热量借助内管 48 被隔绝而不易传递至使用前气体。其结果,SiC 晶种 36 被更高效地冷却。

[0071] 并且,在内管 48 的下端面与底部 52 的上表面之间形成间隙 SP0。能够利用间隙 SP0 向底部 52 的上表面整体吹送冷却气体,对进行底部 52 的冷却效率增高。因此,安装于底部 52 的 SiC 晶种 36 被高效地冷却。

[0072] 另外,由于因底部 52 的作用而变热的使用后气体在间隙 SP1 中流动,因此能够防止外管 50 被过度冷却。

[0073] [导入流路的开口与 SiC 晶种之间的配置关系]

[0074] 并且,如图 3 所示,在从轴向 X 观察籽晶轴 30 时,具有导入流路 60 的内管 48 的开口 61 (也就是,内管 48 的内侧区域)与 SiC 晶种 36 的大部分重叠。换言之,开口 61 相对于 SiC 晶种 36 不会过小。因此,从导入流路 60 流出的冷却气体能够对 SiC 晶种 36 的大致整体进行冷却。其结果, SiC 晶种 36 被高效地冷却。

[0075] 「开口 61 相对于 SiC 晶种 36 不会过小」的意思是指 SiC 晶种 36 与开口 61 满足以下关系。如图 3 所示,假想从轴向 X 观察时的 SiC 晶种 36 的尺寸比开口 61 大的情况。将从轴向 X 观察时的 SiC 晶种 36 的面积设为 S_1 。并且,在从轴向 X 观察时,将开口 61 中的、与 SiC 晶种 36 重叠的部分 362 的面积设为 S_2 。在该情况下, SiC 晶种 36 的面积 S_1 相对于开口 61 与 SiC 晶种 36 重叠的面积 S_2 满足下式(1)。

[0076] $S_2 / S_1 \geq 0.60$ (1)

[0077] 在 SiC 晶种 36 相对于开口 61 满足式(1)的情况下,也就是,从轴向 X 观察, SiC 晶种 36 的 60% 以上的区域与开口 61 重叠的情况下,开口 61 相对于 SiC 晶种 36 不会过小。在该情况下,将在导入流路 60 中流动的使用前气体吹到底部 52,能够对 SiC 晶种 36 的大致整体进行排热。并且,由于 SiC 晶种 36 的大部分位于作为冷却气体的喷出口的开口 61 的下方,因此,能够防止由于底部 52 的辐射带来的排热因内管 48 的存在而受到阻碍。根据以上内容, SiC 晶种 36 被高效地冷却。

[0078] 在开口 61 相对于 SiC 晶种 36 过小的情况下,也就是,从轴向 X 观察,仅 SiC 晶种 36 的不足 60% 的区域与开口 61 重叠的情况下, SiC 晶种 36 中的、被吹送使用前气体的区域过小。并且,由于底部 52 的辐射带来的排热被内管 48 阻碍。因此,对 SiC 晶种 36 进行冷却的冷却效率变差。

[0079] 如上,籽晶轴 30 通过具有内管 48 以及外管 50 而具有导入流路 60 与排出流路 SP1。籽晶轴 30 利用导入流路 60 将使用前气体吹到底部 52。籽晶轴 30 还利用排出流路 SP1 使带走底部 52 的热量后的使用后气体迅速向上方流动并排出到外部。因此,能够抑制带走热量后的使用后气体与使用前气体混合的情况的发生,对 SiC 晶种 36 进行冷却的冷却效率增高。

[0080] 并且,如上所述,从籽晶轴 30 的轴向观察, SiC 晶种 36 的 60% 以上的区域与导入流路 60 的开口 61 重叠。具体而言,满足式(1)。因此,在导入流路 60 中流动的使用前气体对 SiC 晶种 36 的大致整体进行冷却。并且, SiC 晶种 36 的大部分位于作为冷却气体的喷出口的口 61 的下方。因此,能够防止由于底部 52 的辐射带来的排热因内管 48 的存在而受到阻碍。以上的结果是,能够提高对底部 52 进行冷却的冷却效率。

[0081] 在本实施方式中,轴体 40 连结于轴体 38。由此,能够提高对整个籽晶轴 30 进行冷却的冷却效率。

[0082] 并且,多个形成于外管 50 的排出孔 68 位于绝热部件 18 的上方。因此,在 SiC 单晶体的制造中,从排出孔 68 排出的使用后气体(排出气体)难以进入到绝热部件 18 的内侧,排出气体难以对 SiC 单晶体的生长带来影响。

[0083] [SiC 单晶体的制造方法]

[0084] 对使用制造装置 10 的 SiC 单晶体的制造方法进行说明。如上所述,制造装置 10 高效地对 SiC 晶种 36 进行冷却。因此,Si - C 溶液 16 中的、SiC 晶种 36 的附近部分容易形成过冷却状态。因此,SiC 单晶体容易在 SiC 晶种 36 上生长,能够加快结晶生长速度。

[0085] 在 SiC 单晶体的制造方法中,首先,准备制造装置 10,在籽晶轴 30 安装 SiC 晶种 36 (准备工序)。接下来,在腔室 12 内配置坩埚 14,生成 Si - C 溶液 16 (Si - C 溶液生成工序)。接下来,将 SiC 晶种 36 浸渍于坩埚 14 内的 Si - C 溶液 16 (浸渍工序)。接下来,培养 SiC 单晶体(培养工序)。以下,对各工序的详细内容进行说明。

[0086] [准备工序]

[0087] 首先,准备包括籽晶轴 30 的制造装置 10。并且,在籽晶轴 30 的下端面 34 安装 SiC 晶种 36。SiC 晶种 36 的安装位置满足上述式(1)。也就是,从轴向 X 观察,以 SiC 晶种 36 的 60% 以上的区域与具有导入流路 60 的内管 48 的开口 61 重叠的方式将 SiC 晶种 36 安装于下端面 34。

[0088] [Si - C 溶液生成工序]

[0089] 接下来,在腔室 12 内的旋转轴 24 上配置坩埚 14。坩埚 14 容纳 Si - C 溶液 16 的原料。

[0090] 接下来,生成 Si - C 溶液 16。首先,向腔室 12 内填充惰性气体。然后,利用加热装置 20 将坩埚 14 内的 Si - C 溶液 16 的原料加热到原料的熔点以上。在坩埚 14 由石墨构成的情况下,当对坩埚 14 进行加热时,碳从坩埚 14 融化于熔体,生成 Si - C 溶液 16。当坩埚 14 的碳融化于 Si - C 溶液 16 时,Si - C 溶液 16 内的碳浓度接近饱和浓度。

[0091] [浸渍工序]

[0092] 接下来,将 SiC 晶种 36 浸渍于 Si - C 溶液 16。具体而言,利用驱动源 32 使籽晶轴 30 下降,将 SiC 晶种 36 浸渍于 Si - C 溶液 16。

[0093] [培养工序]

[0094] 在将 SiC 晶种 36 浸渍于 Si - C 溶液 16 之后,利用加热装置 20 将 Si - C 溶液 16 保持在结晶生长温度。并且,对 Si - C 溶液 16 的 SiC 晶种 36 附近进行过冷却,使 SiC 处于过饱和状态。具体而言,使冷却气体在籽晶轴 30 内流动,对安装有 SiC 晶种 36 的底部 52 进行冷却。如果底部 52 变冷,则 SiC 晶种 36 也变冷。其结果,SiC 晶种 36 的附近也变冷。如果 SiC 晶种 36 的附近区域成为过冷却状态,则 Si - C 晶种 36 附近区域 SiC 浓度上升,成为过饱和状态。

[0095] 在保持使 SiC 晶种 36 的附近区域的 SiC 处于过饱和状态,使 SiC 晶种 36 与 Si - C 溶液 16 旋转。通过使籽晶轴 30 旋转,SiC 晶种 36 旋转。通过使旋转轴 24 旋转,坩埚 14 旋转。SiC 晶种 36 的旋转方向既可以是与坩埚 14 的旋转方向相反的方向,也可以是相同的方向。另外,旋转速度既可以恒定,也可以变动。籽晶轴 30 一边旋转一边缓缓上升。此时,SiC 单晶体在浸渍于 Si - C 溶液 16 的 SiC 晶种 36 的表面生成并生长。此外,籽晶轴 30 也可以在不上升的情况下旋转。并且,籽晶轴 30 也可以既不上升也不旋转。

[0096] 由于在本实施方式的 SiC 的制造方法中,冷却气体在籽晶轴 30 内流动,因此 SiC 晶种 36 被高效地冷却。由此,使与 Si - C 溶液 16 接触的 SiC 晶种 36 附近的溶液变得容易成为过冷却状态。其结果,SiC 单晶体变得容易在 SiC 晶种 36 生长,能够加快结晶生长速度。

[0097] [第 1 实施方式的应用例 1、2]

[0098] 在图 2 中示出的籽晶轴 30 中,内管 48 的下端面(基体管 56 以及绝热管 58 的下端面)与底部 52 的上表面分离。然而,内管 48 的下端面也可以与底部 52 的上表面接触。例如,如图 4 所示,内管 48 的下端面与底部 52 的上表面接触。在内管 48 的下端部形成一个或者多个连通部 90。在该情况下,带走底部 52 的热量后的使用后气体通过连通部 90 从导入流路 60 流入排出流路 SP1 (应用例 1)。

[0099] 如图 5 所示,连通部 90 也可以形成于比内管 48 的下端靠上方的位置(应用例 2)。

[0100] [第 1 实施方式的应用例 3]

[0101] 在图 2 中示出的籽晶轴 30 中,内管 48 包括基体管 56 与绝热管 58。然而,内管 48 的结构不限于于此。如图 6 所示,内管 48 也可以仅利用绝热管 58 构成。

[0102] [第 2 实施方式]

[0103] 如图 7 所示,第 2 实施方式的制造装置代替轴体 40 而包括轴体 94。第 2 实施方式的制造装置的其他结构与制造装置 10 相同。轴体 94 与轴体 40 相比,冷却气体的流动不同。

[0104] 在轴体 94 中,孔 60 是供使用后气体流动的排出流路(第 1 流路),间隙 SP1 是供使用前气体流动的导入流路(第 2 流路)。在该情况下,从轴向 X 观察,只要 SiC 晶种 36 的 60% 以上的区域与外管 50 的内侧的区域重叠即可。

[0105] 在轴体 94 中,在外管 50 的外周面上配置有绝热部件 96。由此,即使使用前气体在间隙 SP1 中流动,也能够防止外管 50 的周围的气氛被过度冷却。

[0106] 实施例

[0107] 准备两个制造装置(第 1 制造装置、第 2 制造装置),利用各制造装置制造 SiC 单晶体。第 1 以及第 2 制造装置均具有图 2 中示出的结构。第 1 制造装置的籽晶轴的内管的内径与第 2 制造装置的籽晶轴的内管的内径不同。具体而言,第 1 制造装置的内管的内径为 20mm,第 2 制造装置的内管的内径为 8mm。除内管的内径以外第 1 制造装置的其他结构与第 2 制造装置相同。在第 1 以及第 2 制造装置中使用的 SiC 晶种的直径均为 25mm。

[0108] 将式(1)的左边定义成 $F = S_2 / S_1$ 。第 1 制造装置的 F 值为 0.64,满足式(1)。另一方面,第 2 制造装置的 F 值为 0.10,不满足式(1)。

[0109] 在第 1 以及第 2 制造装置中制造 SiC 单晶体。此时,在两个制造装置中均使用具有相同化学组成的 Si - C 溶液。单晶体制造中的 Si - C 溶液的温度为 1950℃。冷却气体流量为 7.5 ~ 10L / min。结晶生长时间为 10 小时。

[0110] 在制造 SiC 单晶体后,利用以下方法求得各制造装置中的 SiC 单晶体的结晶生长速度。首先,拍摄生长后的 SiC 单晶体的纵剖面的光学显微镜照片(放大率为 100 倍)。根据光学显微镜照片测量 SiC 单晶体的生长厚度。生长厚度除以生长时间,求得结晶生长速度($\mu\text{m} / \text{hr}$)。

[0111] [试验结果]

[0112] 第 1 制造装置中的结晶生长速度为 $55 \mu\text{m} / \text{hr}$ 。另一方面,第 2 制造装置中的结晶生长速度为 $34 \mu\text{m} / \text{hr}$,大幅度地小于满足式(1)的第 1 制造装置。

[0113] 以上,虽对本发明的实施方式进行了详述,但这些内容终归是例示,本发明完全不被上述实施方式限定。

[0114] 例如,在第 1 以及第 2 实施方式中,也可以采用具有块形状的 SiC 晶种 36。由此,能够防止安装有 SiC 晶种 36 的底部 52 (籽晶轴 30 的下端面 34) 与 Si - C 溶液 16 接触。

[0115] 若满足式(1),则 SiC 晶种 36、内管 48 以及外管 50 的形状等不限定于第 1 以及第 2 实施方式的形状等。

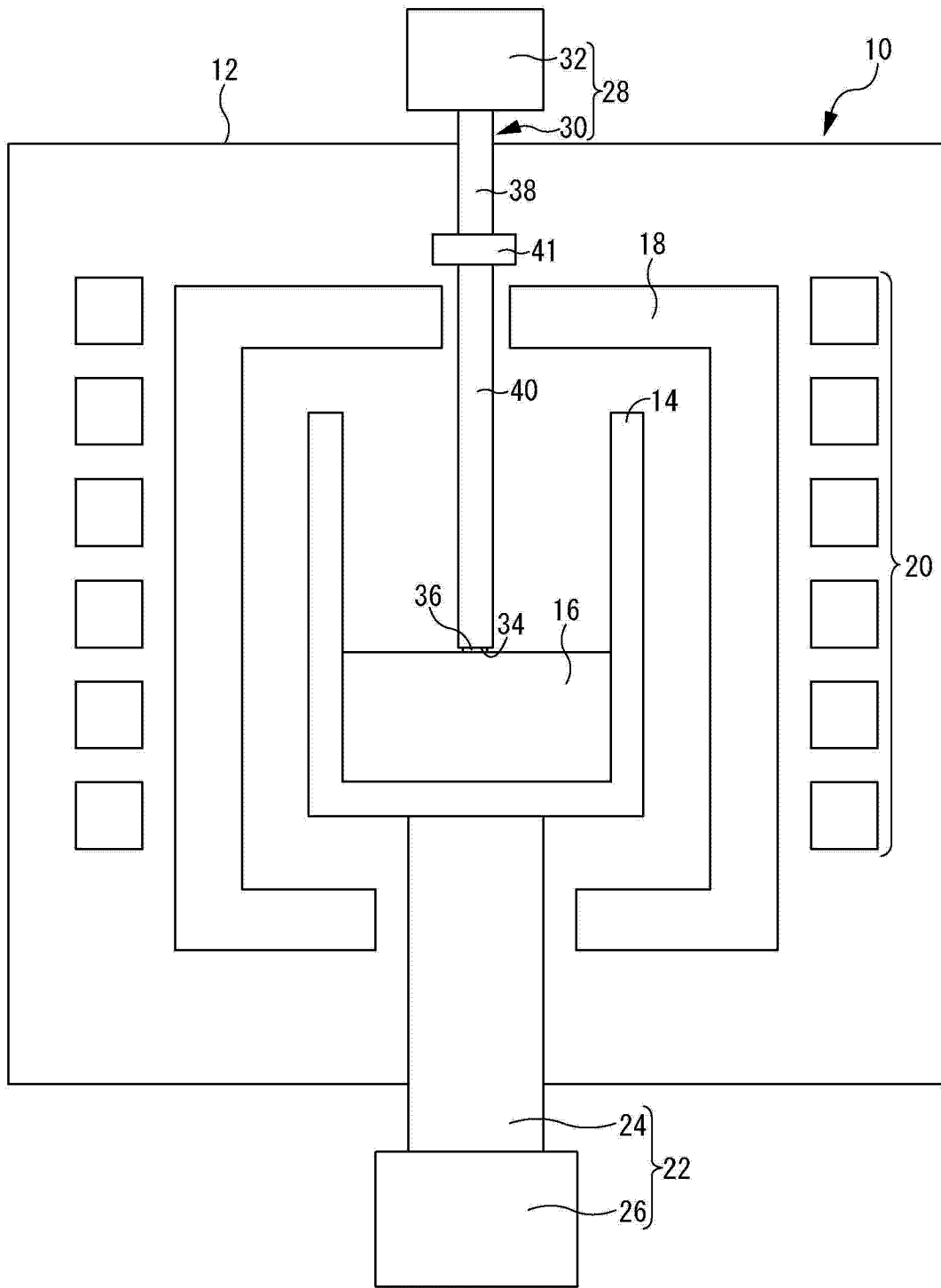


图 1

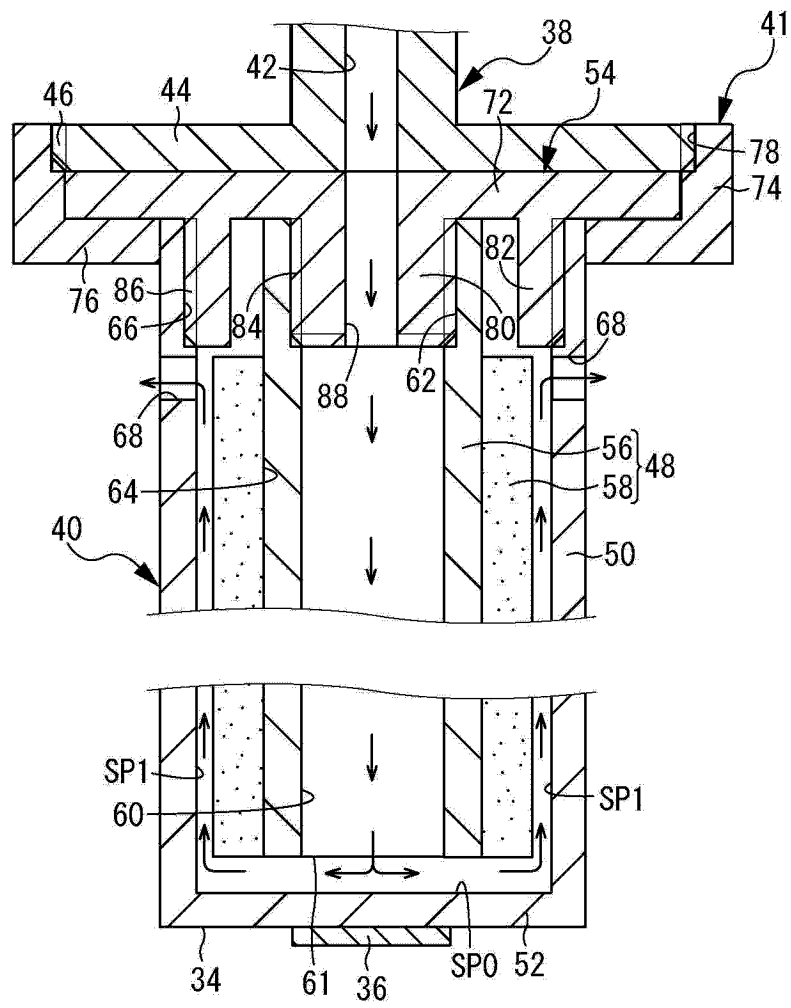


图 2

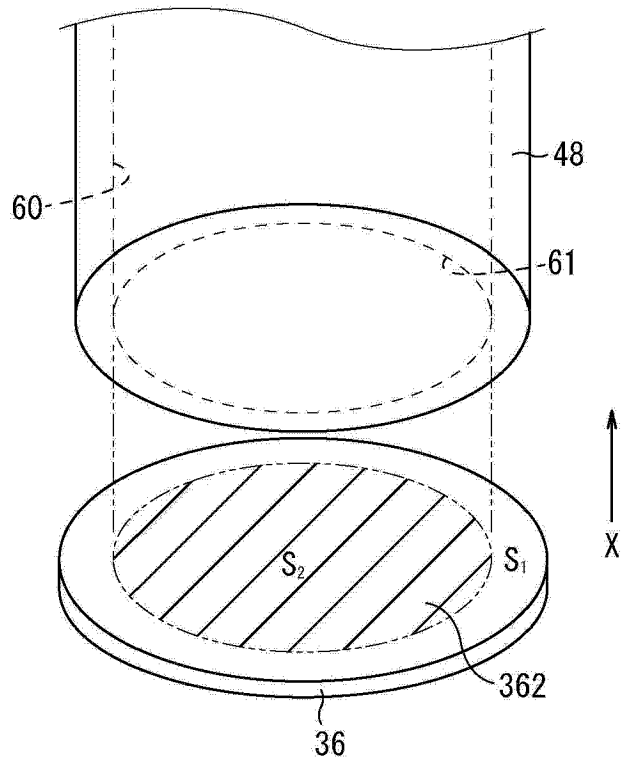


图 3

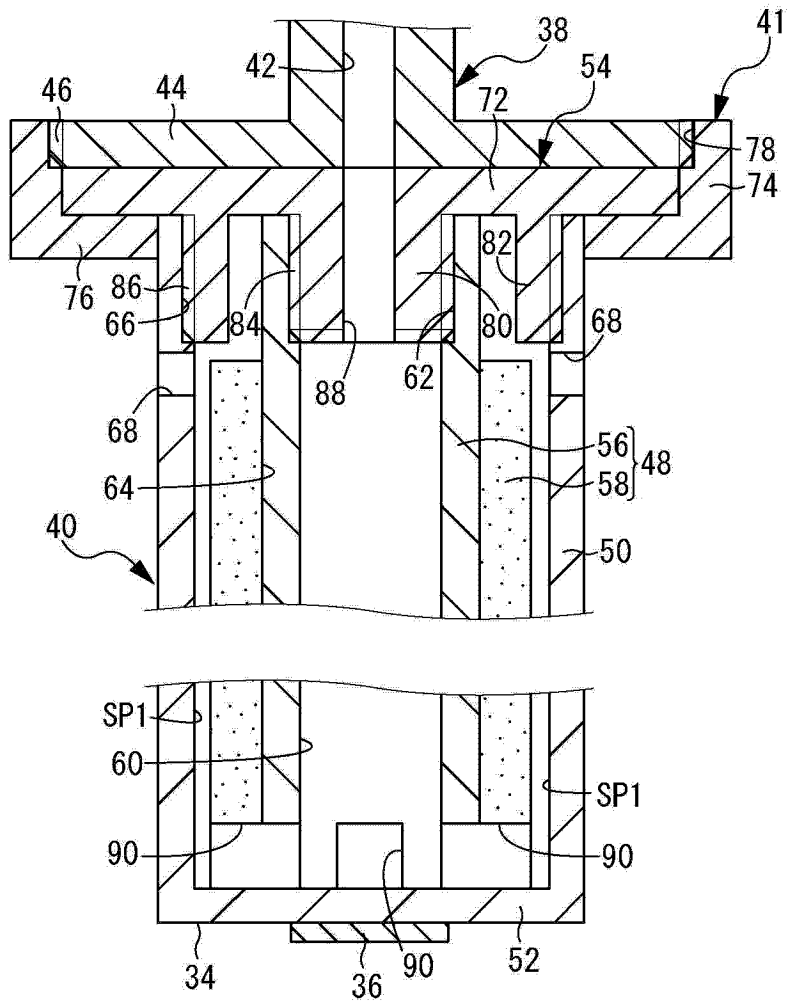


图 4

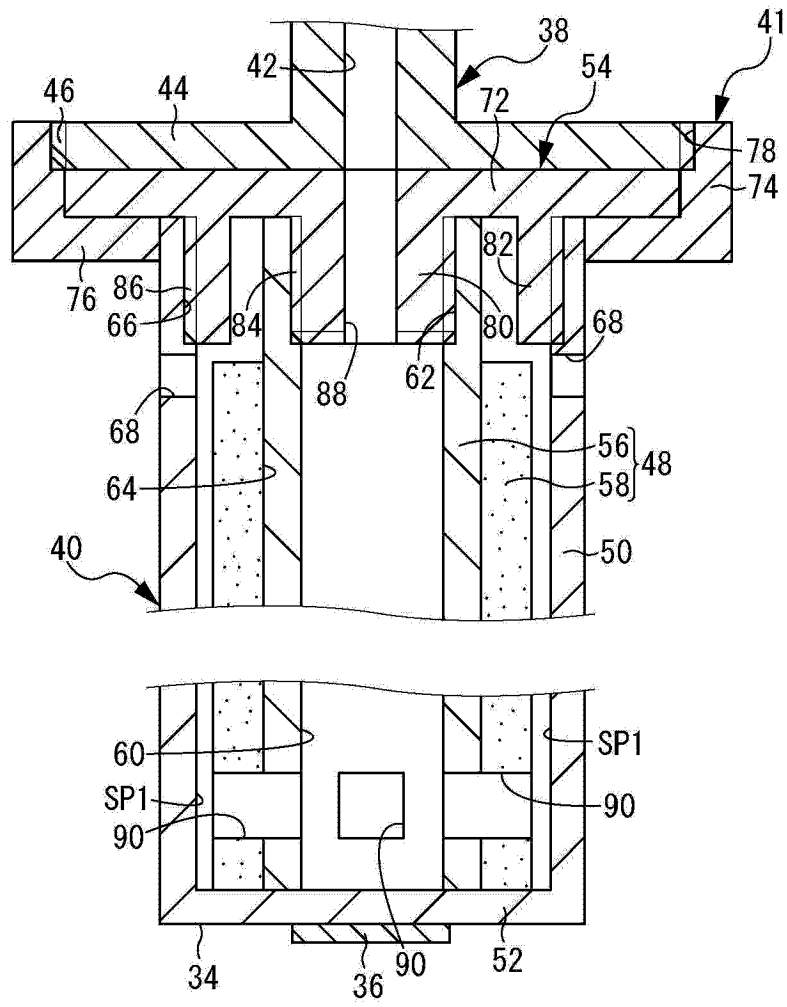


图 5

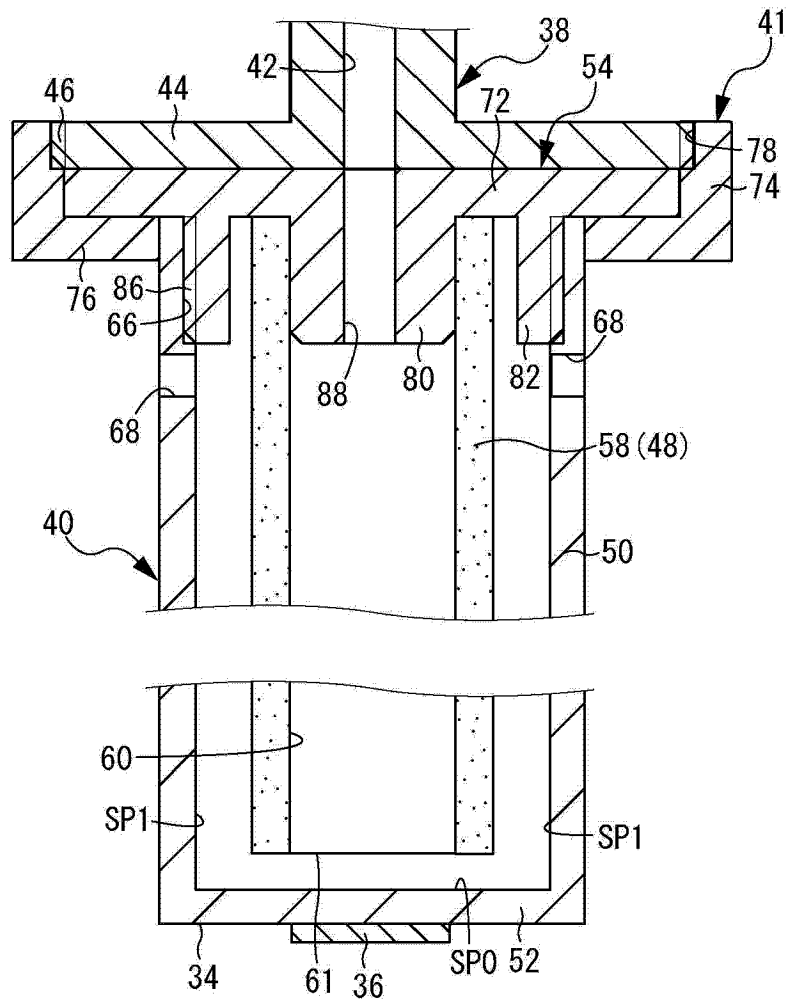


图 6

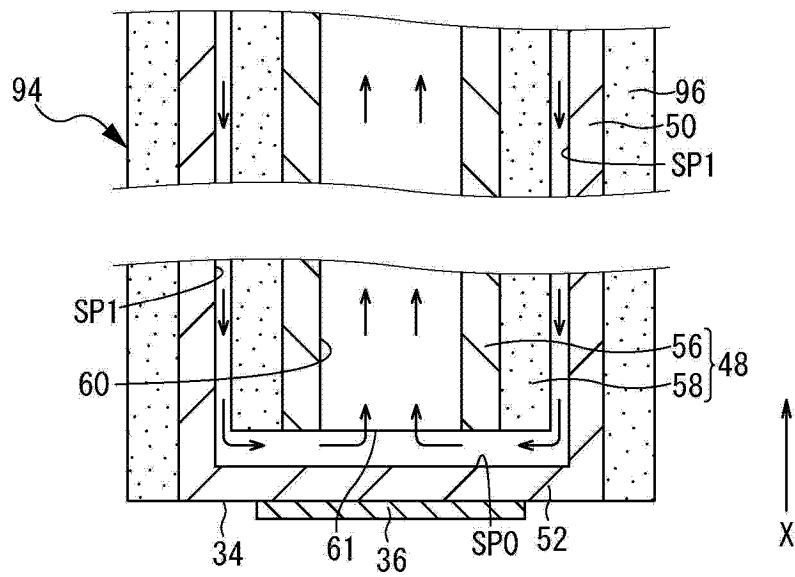


图 7