



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102473641 B

(45) 授权公告日 2015.04.22

(21) 申请号 201080034385.3

(22) 申请日 2010.08.03

(30) 优先权数据

2009-181947 2009.08.04 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012.02.03

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/004888 2010.08.03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/016223 JA 2011.02.10

(73) 专利权人 佳能安内华股份有限公司

地址 日本神奈川

(72) 发明人 土井浩志 柴垣真果 流石勇一

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 蒋旭荣

(51) Int. Cl.

H01L 21/324(2006.01)

H01L 21/265(2006.01)

(56) 对比文件

JP 特许第 2581955 号 B2, 1996.11.21,

JP 特开平 9-199509 A, 1997.07.31,

CN 1604274 A, 2005.04.06,

WO 2009/031450 A1, 2009.03.12,

WO 2008/142747 A1, 2008.11.27,

CN 101036220 A, 2007.09.12,

JP 昭 63-33811 A, 1988.02.13,

JP 昭 62-139987 A, 1987.06.23,

审查员 谢正旺

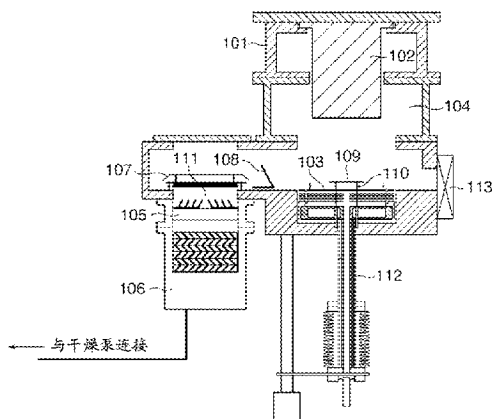
权利要求书1页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

热处理设备以及半导体装置制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种热处理设备和半导体装置制造方法,该热处理设备包括:真空容器;基片台,该基片台保持安装在其上的基片;加热单元,用于加热基片;以及排气单元,用于使得真空容器抽真空;包括:第一反射器,该第一反射器覆盖排气装置的排气口的上部部分,同时与排气口间隔开;以及第二反射器,该第二反射器环绕排气口。形成第二反射器的反射器部件中的至少一个的朝向确定为从加热单元至排气口。



1. 一种热处理设备,包括:真空容器;基片台,该基片台保持安装在其上的基片;加热装置,用于加热基片;以及排气装置,用于使得真空容器抽真空,包括:

第一反射器,该第一反射器覆盖排气装置的排气口的上部部分,同时与排气口间隔开;以及

第二反射器,该第二反射器环绕排气口,

其中,形成所述第二反射器的反射器部件中的至少一个的朝向确定为从加热装置至排气口;

其中,所述第二反射器包括:

第一反射器部件,该第一反射器部件布置在流动槽道中,以便朝向确定为从加热装置至排气口的第一方向,加热腔室通过该流动槽道而与排气口连通,基片在该加热腔室中通过加热装置来加热;

第二反射器部件,该第二反射器部件布置在排气口和真空容器的一个内壁表面之间,以便朝向第二方向,该第二方向与第一方向垂直,且所述第一反射器沿该方向堆垛;以及

第三反射器部件,该第三反射器部件布置在排气口和真空容器的另一内壁表面之间,以便朝向第三方向,该第三方向与第一方向垂直,且所述第一反射器沿该方向堆垛。

2. 根据权利要求 1 所述的热处理设备,其中:所述第二反射器包括从至少三个方向包围排气口的反射器部件。

3. 根据权利要求 1 所述的热处理设备,其中:所述第二反射器由从以下组中选择的材料来制造:具有镜面光洁度的钼和钛。

4. 根据权利要求 1 所述的热处理设备,其中:所述第一反射器进行喷砂处理、陶瓷涂覆和耐酸铝处理中的至少一种。

5. 一种半导体装置制造方法,包括使用在权利要求 1-4 中任意一项所述的热处理设备来进行基片的热处理的步骤。

热处理设备以及半导体装置制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种热处理设备以及一种半导体装置制造方法。

背景技术

[0002] 半导体制造技术通常需要快速加热 / 冷却半导体基片的处理。特别是, 宽带隙半导体 (代表为碳化硅 SiC) 的活化退火需要大约 2000℃ 高的温度。

[0003] 作为高温加热装置, 已经提出了这样的热处理设备 (PTL1), 它的特征为包括在真空容器上部部分中的加热装置, 其中, 当基片安装在具有升降下部部分的基片保持器上时通过来自加热装置的辐射热量而进行热处理。

[0004] 在 PTL1 所述的热处理设备中, 基片保持器在加热基片时升高, 以便缩短在加热装置和基片之间的距离, 并在加热处理之后降低, 以便使得热处理后的基片与加热装置分离并因此冷却该基片。而且, 在 PTL1 中所述的热处理设备包括与真空泵连接的排气口, 以便将真空容器抽空至真空环境。

[0005] PTL2 公开了一种热处理设备, 该热处理设备提供有排气装置, 而并不削弱排气传导。在 PTL2 中所述的热处理设备的一端与旋转泵连接, 它的另一端与低温泵连接。低温泵和旋转泵各自通过热处理腔室和阀而与该设备连接。水冷隔板布置在阀和热处理腔室之间, 且低温隔板和热屏蔽板布置在低温泵和阀之间。

[0006] 引用文献表

[0007] 专利文献

[0008] PTL1 : 国际专利文献 No. W02009/31450A

[0009] PTL2 : 日本专利公开 No. 62-139987

发明内容

[0010] 技术问题

[0011] 不过, 在加热腔室加热至高温的热处理设备中 (如 PTL1 中), 加热腔室的温度必须在排气之前充分降低, 以便防止真空泵受热而损害。另一方面, 为了提高生产率, 在完成一个基片的热处理之后, 必须尽可能早地装入下一个基片。为了满足该需要, 在 PTL2 中所述的装置能够用于在 PTL1 中所述的热处理设备, 但是流入排气口中的热量不能充分屏蔽。

[0012] 解决问题的方案

[0013] 本发明考虑到上述问题, 且本发明的目的是提供一种热处理设备, 它并不会使得真空泵受到热损害, 同时不会削弱排气传导。

[0014] 为了实现上述目的, 根据本发明的一个方面, 提供了一种热处理设备, 它包括: 真空容器; 基片台, 该基片台保持安装在其上的基片; 加热装置, 用于加热基片; 以及排气装置, 用于使得真空容器抽真空, 它包括:

[0015] 第一反射器, 该第一反射器覆盖排气装置的排气口的上部部分, 同时与排气口间隔开; 以及

- [0016] 第二反射器,该第二反射器环绕排气口,
- [0017] 其中,形成第二反射器的反射器部件中的至少一个的朝向确定为从加热装置至排气口。
- [0018] 根据本发明的另一方面,提供了一种半导体装置制造方法,该半导体装置制造方法包括使用上述热处理设备来进行基片的热处理的步骤。
- [0019] 发明效果
- [0020] 根据本发明的一个方面,提供了一种热处理设备,它并不会使得真空泵受到热损害。
- [0021] 根据本发明的另一方面,能够获得足够高的、制造半导体装置的生产率,因为在热处理基片的温度充分降低之前,新的基片能够在降低基片保持器和进行排气之后来装载。
- [0022] 特别是,因为基片能够在高温下进行热处理,因此能够高质量地激活植入碳化硅(SiC)中的杂质,同时保持足够高的生产率。
- [0023] 通过下面结合附图的说明,将清楚本发明的其它特征和优点,在全部附图中,相同参考标号表示相同或相似的部件。

附图说明

- [0024] 包含在说明书中并构成说明书的一部分的附图表示了本发明的实施例,并与说明书一起用于解释本发明的原理。
- [0025] 图 1 是示例说明根据本发明第一实施例的热处理设备结构的视图;
- [0026] 图 2A 是表示布置在排气口附近的反射器的布置结构的示意图;
- [0027] 图 2B 是表示布置在排气口附近的反射器的布置结构的示意图;
- [0028] 图 2C 是表示布置在排气口附近的反射器的布置结构的示意图;
- [0029] 图 3 是表示提供有水冷机构的隔板安装在真空容器上的状态的示意图;
- [0030] 图 4A 是表示提供有水冷机构的隔板的详细结构的视图;
- [0031] 图 4B 是表示提供有水冷机构的隔板的详细结构的视图;
- [0032] 图 5A 是表示反射器的布置结构的第一变化形式的视图;
- [0033] 图 5B 是表示反射器的布置结构的第一变化形式的视图;
- [0034] 图 5C 是表示反射器的布置结构的第一变化形式的视图;
- [0035] 图 6 是表示反射器的布置结构的第一变化形式的视图;
- [0036] 图 7A 是表示反射器的布置结构的第二变化形式的视图;
- [0037] 图 7B 是表示反射器的布置结构的第二变化形式的视图;
- [0038] 图 7C 是表示反射器的布置结构的第二变化形式的视图;
- [0039] 图 8A 是表示反射器的布置结构的第三变化形式的视图;
- [0040] 图 8B 是表示反射器的布置结构的第三变化形式的视图;
- [0041] 图 8C 是表示反射器的布置结构的第三变化形式的视图;
- [0042] 图 9 是表示当从高于沿图 8A 中的线 e-f 的截面的位置看时水冷板 115 的结构的视图;
- [0043] 图 10 是表示根据本发明第二实施例的热处理设备的结构的实例的视图;
- [0044] 图 11 是 p⁺n 结二极管的剖视图;以及

[0045] 图 12 是表示 p⁺n 结二极管在退火温度下的电流密度与电压特征的关系曲线图。

具体实施方式

[0046] 第一实施例

[0047] 下面将参考附图介绍根据本发明第一实施例的热处理设备。图 1 是示例表示根据本发明第一实施例的热处理设备的结构的视图。加热单元 102 和基片台 103 布置在真空容器 101 内以便形成加热腔室 104。真空容器 101 还包括：排气口 111，该排气口 111 与排气系统（排气装置）连接，以便使得真空容器 101 抽空至真空环境；狭槽阀 113，该狭槽阀 113 在装载或卸载基片时打开/关闭。排气口 111 通过隔板 105 而与涡轮分子泵 106 连接，该隔板 105 提供有水冷机构，并用作冷却装置。涡轮分子泵 106 与干燥泵（未示出）连接。第一反射板（第一反射器 107）和第二反射板（第二反射器 108）布置在排气口 111 附近。

[0048] 真空容器 101 通过加热单元 102 而加热至大约 1700℃ 或更高的温度，因此包括由耐高温材料（例如铝或不锈钢）制造的壳体。还有，这种材料的表面优选是具有镜面光洁度。这是因为热反射能够使得加热容器的内部更高效地变热。用于水冷机构的水冷槽道（未示出）布置在真空腔室 101 的壁中，且冷却剂通过水冷槽道（未示出）而循环，以便能够防止真空容器 101 的壳体温度过度升高。

[0049] 多个升降杆销通孔布置在基片台 103 中，多个升降杆销 110 能够在该升降杆销通孔中通过驱动机构（未示出）而升高或降低。图 1 表示了竖立在真空容器 101 底部部分中的多个升降杆销 110 从基片台 103 向上凸出时的状态。多个升降杆销 110 分别布置在这样的位置，其中，它们能够在它们的远端处支承基片 109。当升降杆销 110 从基片台 103 向上凸出时，通过基片输送机器人（未示出）而输送至真空容器 101 中的基片 109 由升降杆销 110 来支承。

[0050] 在图 1 所示的状态中，当基片保持器单元升高，且基片台 103 运动至在升降杆销 110 的远端上面的位置时，基片 109 安装在基片台 103 的基片安装部分（未示出）上。

[0051] 基片保持器单元能够通过升降装置 112 而升高/降低，且在基片台 103 和加热单元 102 的热量辐射表面之间的距离能够通过升降装置 112 的操作来控制。当基片 109 通过基片保持器单元的升高而保持紧邻加热单元 102 时，它通过来自加热单元 102 的辐射热量而以非接触状态进行加热。加热单元 102 能够设置为例如使用电子碰撞加热类型、高频感应加热类型或电阻加热类型的加热器。

[0052] 加热单元 102 的加热温度控制成大约 2000℃，以便进行基片 109 的热处理。在完成基片 109 的热处理之后，升降装置 112 使得基片保持器单元降低至输送基片 109 的位置（传送位置），并将基片 109 传送至升降杆销 110 上。基片 109 通过输送机器人（未示出）而从真空容器 101 送出。图 1 表示了加热单元 102 断开电源之后包括基片台 103 的基片保持器单元已运动至输送位置时的状态。

[0053] 反射器的布置结构

[0054] 图 2A 至 2C 是表示布置在排气口 111 附近的反射器（第一反射器 107 和第二反射器 108）的布置结构。图 2A 是示意剖视图，图 2B 是沿图 2A 中的线 a-b 的截面在从上面看时的剖视图。图 2C 是沿图 2A 中的线 c-d 的截面在从右侧看时的剖视图。第一反射器 107 和第二反射器 108 用于反射来自加热单元 102 的辐射热量，以便屏蔽热量从加热单元 102

流入排气装置中。

[0055] 在该实施例中,提供了两种类型的反射器。第一反射器 107 包括第一反射器部件 107a 和 107b,该第一反射器部件 107a 和 107b 覆盖排气口 111 的开口的上部部分,同时与排气口 111 间隔开。第一反射器部件 107b 布置成通过部件 107c 而与排气口 111 的开口间隔开。第一反射器部件 107a 布置成通过部件 107d 而与第一反射器部件 107b 间隔开。

[0056] 第二反射器 108 包括第二反射器部件 108a、108b 和 108c,该第二反射器部件 108a、108b 和 108c 从至少三个方向包围排气口 111(它的外周边)。第二反射器部件 108a 布置在流动槽道(加热单元 102 通过该流动槽道而与排气口 111 连通)中,以便朝向第一方向(图 2A),该第一方向确定为从加热单元 102 至排气口 111。第二反射器部件 108b 布置在排气口 111 和真空容器 101 的一个内壁表面 290 之间,以便朝向第二方向(图 2A),该第二方向垂直于第一方向,且第一反射器沿该方向堆垛。第二反射器部件 108c 布置在排气口 111 和真空容器 101 的另一内壁表面 291 之间,以便朝向第三方向(图 2A),该第三方向垂直于第一方向,且第一反射器沿该方向堆垛。

[0057] 图 2A 至 2C 中所示的第一反射器 107 和第二反射器 108 能够高效屏蔽从加热腔室 104 进入排气口 111 的热量。进入排气口 111 的热量的实例包括从加热腔室 104 直接流入排气口 111 的热量,以及当由真空容器 101 的内壁表面反射时间接流入排气口 111 内的热量。特别是,当真空容器 101 由具有高反射率的金属(例如铝)制造时,由真空容器 101 的内壁表面反射的热量在通过多次反射而重复反射时流入排气口 111 中。在该实施例中,因为第二反射器部件 108a 布置在通道(流动槽道)中(加热腔室 104 通过该通道而与排气口 111 连通),因此能够屏蔽直接从加热腔室 104 流入排气口 111 中的热量。还有,因为第二反射器部件 108b 和 108c 对着真空容器 101 的内壁表面,因此在由真空容器 101 的内壁表面反射时间接导入排气口 111 内的热量也能够高效屏蔽。

[0058] 而且,因为第一反射器部件 107a 和 107b 覆盖排气口 111,因此,从排气口 111 的上侧引导且不能由第二反射器部件 108a、108b 和 108c 屏蔽的热量也能够被屏蔽。

[0059] 更优选是,具有较高吸热性的第一反射器部件 107a 和 107b 以及具有较高热反射性的第二反射器部件 108a、108b 和 108c 组合使用。这是因为第二反射器部件 108a、108b 和 108c 反射热量,第一反射器部件 107a 和 107b 吸收热量,从而更高效地屏蔽热量。第一反射器部件 107a 和 107b 以及第二反射器部件 108a、108b 和 108c 能够由耐高温的材料来制造,例如碳或耐火金属。当反射器由耐火金属制造时(例如铝、钛或钼),第一反射器部件 107a 和 107b 优选是进行用于提高吸热性的处理,例如喷砂处理、陶瓷涂敷或者耐酸铝处理。

[0060] 第二反射器部件 108a、108b 和 108c 优选是具有镜面光洁度。其中,进行喷砂处理以及具有较高发射率和较高耐高温性的钛优选是用于第一反射器部件 107a 和 107b,进行镜面精加工以及具有较低发射率和较高耐高温性的钼或钛优选是用于第二反射器部件 108a、108b 和 108c。

[0061] 尽管在上述实例中第二反射器从三个方向包围排气口,但是它们也可以从四个方向包围排气口。在这种情况下,由单个板形成的反射器可以包围排气口。不过,为了保证给定的排气传导性,优选是在该反射器的侧表面中提供合适的间隙(狭槽)或者限制它的高度。

[0062] 提供有水冷机构的隔板

[0063] 图 3 是表示了提供有水冷机构并用作冷却装置的隔板 105 安装在真空容器 101 上的状态的示意图。图 4A 和 4B 表示了提供有水冷结构的隔板 105 的详细结构。图 4A 是当从顶表面看时提供有水冷机构的隔板 105 的示意图。图 4B 是提供有水冷机构的隔板 105 沿图 4A 中的线 A-A' 的示意剖视图。提供有水冷机构的隔板 105 包括水冷板 201 以及布置在水冷板 201 上的天窗 202a、202b、202c 和 202d 组合。天窗 202a、202b、202c 和 202d 安装在水冷板 201 上。天窗 202a、202b、202c 和 202d 例如由不锈钢制造, 总体具有截头锥形形状, 并通过例如使用 1mm 厚板的无缝集成方式而形成。辐射热量通过天窗 202a、202b、202c 和 202d 来反射, 以便防止流向排气口 111 的下游。这时, 天窗 202a、202b、202c 和 202d 通过水冷板 201 冷却, 因为它们在接收辐射热量时进行加热。这能够抑制排气口 111 的温度升高, 从而保护涡轮分子泵 106 防止辐射热量。

[0064] 在将天窗 202a、202b、202c 和 202d 安装在水冷板 201 上时, 使用具有调节尺寸的总共四个天窗 (天窗 202a、202b、202c 和 202d), 以使得它们同心布置成在它们之间有任何间距。提供有水冷机构的隔板 105 的表面优选是进行机械处理或化学处理, 以使得隔板 105 在加热单元 102 侧 (在加热装置侧) 上的表面发射率为 0.02 (包括) 至 0.3 (包括)。还有, 已经进行黑钝化处理的材料、热解碳、涂覆有热解碳的石墨、玻璃碳、涂覆有玻璃碳的石墨中的至少一个优选是附接在隔板 105 的表面上, 以使得隔板 105 的、在排气装置侧 (涡轮分子泵 106 侧) 上的表面发射率为 0.5 (包括) 至 1.0 (包括)。

[0065] 优选是, 各天窗的上表面和下表面的发射率都设置为 0.3 (包括) 至 0.6 (包括)。尽管在该实施例中使用了四个天窗, 但是本发明的范围并不局限于该实例, 天窗的最佳数目能够合适设计。

[0066] 天窗 202a、202b、202c 和 202d 的、在加热单元 102 侧上的表面 203 具有镜面光洁度, 并能够反射来自加热单元 102 的辐射热量。各天窗 202a、202b、202c 和 202d 与水冷板 201 成预定角度 301, 以使得不能从加热单元 102 视觉看见排气口 111。该角度 301 能够为从 1° 至 89° 的值, 在该实施例中为 45° 。

[0067] 水冷板 201 例如由不锈钢制造, 其中, 板部分和水冷槽道整体模制。如图 4A 中所示, 水冷板 201 具有十字形外形, 水冷槽道 208 布置在它内部, 例如具有十字形结构, 其中, 冷却水能够从 IN 侧循环至 OUT 侧。

[0068] 为了优化在水冷板 201 和天窗 202 之间的传热, 铟 (In) 板 (未示出) 插入它们之间。通过前述结构, 提供有水冷机构的整个隔板 105 能够通过冷却剂 (例如供给水冷槽道 208 的冷却水 207) 来冷却。提供有水冷机构的隔板 105 的柱体管部分 (管形部件) 204 能够保持水冷板 201, 并通过从不锈钢块中切断它而与水冷板 201 模制成一体。柱体管部分 204 具有较厚结构, 通过该较厚结构, 即使当涡轮分子泵 106 突然停止时, 也防止由于停止的反作用力而在柱体管部分 204 的侧壁上产生变形和损坏。当真空容器 101 使用铝形成时, 它的厚度优选是 10mm 或更大。在该实施例中使用的涡轮分子泵 106 例如具有 1300 (L/sec) 的排气速率以及在突然停止时作用的 26000 (N·m) 力矩。涡轮分子泵 106 产生 $132 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 的最大应力, 这满足 2 或更大的安全系数。当第二反射器部件 108a、108b 和 108c 以及提供有水冷机构的隔板 105 安装在热处理设备中时, 它的排气传导稍微变差, 但是它获得的真空程度保持为 1×10^{-5} (Pa) 级, 这意味着它的排气性能足够高。

[0069] 应当知道, 柱体管部分 204 并不局限于通过将它从不锈钢块切断而获得的结构。

例如,为了有效利用辐射冷却,还能够这样防止热量流入排气系统中,即通过将碳片(未示出)或碳板(未示出)安装在柱体管部分 204 的侧壁内表面 205 上或将基于硅的涂层施加在侧壁内表面 205 上,以使得侧壁内表面 205 的发射率为 0.5(包括)至 1.0(包括)。

[0070] 反射器的布置结构的变化形式

[0071] 尽管在参考图 2A 至 2C 所述的反射器布置结构中第一反射器部件 107a 和 107b 与第二反射器部件 108a、108b 和 108c 分开地固定在真空容器 101 中,但是它们也可以固定在第二反射器部件 108b 和 108c 上。图 5A 至 5C 是表示反射器的布置结构的第一变化形式的视图。图 5A 是示意剖视图,而图 5B 是当从上面看沿图 5A 中的线 a-b 所做的截面时的剖视图。图 5C 是当从右侧看沿图 5A 中的线 c-d 所做的截面时的剖视图。在图 5A 至 5C 所示的第一变化形式中,盘形的第一反射器部件 107a 和 107b 固定在第二反射器部件 108a、108b 和 108c 上。

[0072] 下面将参考图 6 介绍第一反射器部件 107a 和 107b 的安装状态。第一反射器部件 107a 固定在第二反射器部件 108b 和 108c 上。第一反射器部件 107b 固定在第二反射器部件 108a 上。

[0073] 图 7A 至 7C 是表示反射器的布置结构的第二变化形式的视图。图 7A 是示意剖视图,而图 7B 是当从上面看沿图 7A 中的线 a-b 所做的截面时的剖视图。图 7C 是当从右侧看沿图 7A 中的线 c-d 所做的截面时的剖视图。在图 7A 至 7C 所示的第二变化形式中,矩形板状的第一反射器部件 107a 和 107b 固定在第二反射器部件 108a、108b 和 108c 上。第一反射器部件 107a 和 107b 布置在第二反射器部件 108b 和 108c 之间,其中在它们之间有预定间距。还有,第一反射器部件 107a 和 107b 相对于排气口 111 的开口斜向倾斜。因为第一反射器部件 107a 和 107b 也有在它们上面和下面的垂直间距,因此能够屏蔽从上部位置进入的热量。第二变化形式为优选的,根据该第二变化形式,通过提供吸热区域和热量反射区域,辐射热量(光)能够有效屏蔽,而不会明显降低排气速率。

[0074] 图 8A 至 8C 是表示反射器的布置结构的第三变化形式的视图。图 8A 是示意剖视图,而图 8B 是当从上面看沿图 8A 中的线 a-b 所做的截面时的剖视图。图 8C 是当从右侧看沿图 8A 中的线 c-d 所做的截面时的剖视图。在该第三变化形式中,水冷却板 115 布置在排气口 111 和第一反射器部件 107a、107b 以及第二反射器部件 108a、108b 和 108c 之间(在第二变化形式中)。图 9 是当从高于沿图 8A 中的线 e-f 所做的截面的位置看时水冷却板 115 的结构视图。水进口 116 和水出口 117 布置在水冷却板 115 中,冷却剂例如水从水进口 116 供给,并在通过流动槽道 801 循环时从水出口 117 回收,如图 9 中所示。第一反射器部件 107a 和 107b 以及第二反射器部件 108a、108b 和 108c 通过水冷却板 115 冷却,从而能够降低流入排气口 111 中的热量的温度。

[0075] 根据该实施例的一个方面,能够提供一种热处理设备,它并不对真空泵造成热损害。

[0076] 根据该实施例的另一方面,能够获得足够高的、制造半导体装置的生产率,因为在热处理基片的温度充分降低之前,新的基片能够在降低基片保持器和进行排气之后装载。

[0077] 第二实施例

[0078] 图 10 是表示根据本发明第二实施例的热处理设备结构实例的视图。图 10 中所示的热处理设备与图 1 中所示的相同,除了前者包括热电偶 210a 和 210b 以及温度检测单

元 211。

[0079] 热电偶 210a(第一温度检测单元)布置在水冷却板 114 上,并检测水冷却板 114 的温度。热电偶 210b(第二温度检测单元)布置在涡轮分子泵 106 和提供有水冷机构的隔板 105 之间的空间中,并检测在涡轮分子泵 106 和提供有水冷机构的隔板 105 之间的空间区域的温度。热电偶 210a 和 210b 与温度监测单元 211 连接。温度监测单元 211 能够进行温度控制,以使得真空容器 101 内的温度恒定。

[0080] 根据由热电偶 210a 获得的检测结果,当水冷板 114 的温度升高并达到预定温度(第一检测温度)时,温度监测单元 211 升高供给水冷却板 114 的水的流速,以便提高冷却能力,从而控制水冷却板 114 的温度恒定。根据由热电偶 210b 获得的检测结果,当在泵和水冷却隔板之间的空间的温度升高至超过预定温度(第二检测温度)时,温度监测单元 211 停止向加热单元 102 的供电,从而进行温度控制,以便防止真空容器中的温度进一步升高。

[0081] 当由热电偶 210a 检测的温度升高至预先确定的第一检测温度时,温度监测单元 211 控制冷却剂供给单元 901,以便升高供给水冷却板 114 的水的流速,从而控制水冷却板 114 的温度恒定。

[0082] 当由热电偶 210b 检测的温度升高至预先确定的第二检测温度时,温度监测单元 211 控制供电单元 902,以便停止向加热单元 102 供电,从而进行温度控制,以便防止真空容器 101 中的温度进一步升高。

[0083] 实例

[0084] 当基片 109 通过参考图 1 所述的热处理设备而在 2000℃ 下进行热处理时,冷却等待时间设置为 5 分钟,热处理后的基片 109 进行卸载,并不对排气系统施加热影响。当使用根据第二实施例的热处理设备时也获得相同的结果。

[0085] 在普通结构中,排气系统受到在接近 2000℃ 的温度下进行热处理时产生的热效应的影响。与此相反,在根据本发明的热设备中,当热辐射时产生的热量通过提供有水冷机构的隔板 105 合适地辐射或吸收,以便减少具有高温和到达排气系统的辐射热量,从而能够抑制排气系统的温度升高。例如当供给提供有水冷机构的隔板 105 的冷却水的温度设置为 20℃ 时,在涡轮分子泵 106 的吸入口附近的温度可以保持在 50℃,它远低于 120℃,当超过 120℃ 时,涡轮分子泵 106 将受损。

[0086] 使用冷却器(温度监测单元)来控制冷却水的温度和将冷却水供给提供有水冷机构的隔板 105 将更有效,从而能够提高热处理设备的可靠性。当估计使用热处理设备来卸载热处理后的基片 109 所花费的时间时,估计结果显示本发明能够使得该时间缩短至 3 分钟,它是现有技术中的 1/10。这能够明显加速热处理,从而提高批量生产率。

[0087] 下面给出一个实例,其中,使用热处理设备进行退火,且具有如图 11 所示的截面形状的 p⁺n 结二极管通过离子植入来制造。

[0088] 通过以 4° 的斜角在 n⁺类型 4H-SiC(0001) 基片上进行牺牲氧化而形成 5 μm 厚的外延层,并进行氢氟酸处理。然后,离子植入装置在 30keV 至 170keV 的植入能量范围内通过多步骤方法而将氮植入 SiC 基片内,以使得氮在 500℃ 的温度下植入 350nm 的深度,且浓度为 3×10²⁰/cm³。这样获得的 SiC 基片设置为基片试样,并使用根据本发明第一或第二实施例的热处理设备来进行热处理。

[0089] 基片试样在它的离子植入表面朝上(朝向加热单元 102 的热辐射表面侧)的情况

下安装在基片台 103 上,在加热单元 102 的热辐射表面和试样的氮离子植入的表面之间的间隔设置为 3mm,在加热时热辐射表面的温度设置为 1900℃,试样通过在 10^{-4} 帕的减小压力环境中加热 1 分钟而进行退火。

[0090] 然后,对各退火后的试样进行牺牲氧化和使用氢氟酸来清洁,以便除去形成于它上面的任何表面退化层。而且,在使用氧化硅来使得各试样形成图形后,使用 RIE(反应离子蚀刻)装置在 CF_4+Ar 混合气体的环境中对 SiC 层进行蚀刻,以便具有 100 μm 的直径和 1 μm 的深度,从而形成台式晶体管 (mesa)。

[0091] 利用真空沉积装置,钛 (Ti) 沉积 20nm,铝 (Al) 沉积 100nm,且试样在 900℃ 下在退火炉中在氩气 (Ar) 环境中退火 3 分钟,从而形成欧姆电极。为了估计获得的二极管的特性,在室温下利用“Keithley 4200”来测量它的电流密度与电压特征的关系。

[0092] 图 12 表示了当退火温度为 1700℃、1800℃ 和 1900℃ 时退火后的 p^+n 二极管的电流密度与电压特征的关系。在 1700℃ 和 1800℃ 的退火温度下,在 0V 至 2V 的正向电压下测量到高泄露电流密度。与此相反,在反向电压范围内几乎没有测量到泄露电流密度值,且即使在正向电压范围内也只测量到大约 10^{-6}A 的非常小泄露电流密度值。本发明的发明人检查这些测量结果的原因,并推测在离子植入 pn 结合界面时产生的晶体缺陷将由于在 1900℃ 的退火温度下的高温处理而消失。

[0093] 这样,使用根据本发明第一或第二实施例的热处理设备能够制造具有非常好性能的 p^+n 结二极管。使用这样的 pn 结合不仅用于 pn 结二极管,而且还用于场效应晶体管 (MOS-FET)、结式晶体管 (J-FET)、MES-FET 和双极晶体管 (BJT)。这种结合能够提高使用 SiC 的这些半导体装置的特征,还能够明显提高生产率。

[0094] 本发明特别能够进行基片的高温处理,因此使得植入碳化硅 (SiC) 内的杂质高质量地激活。

[0095] 本发明并不局限于上述实施例,在本发明的精神和范围内能够进行多种变化和改变。因此,为了向公众告知本发明的范围,提出了以下权利要求。

[0096] 本申请要求日本专利申请 No. 2009-181947 的优先权,该日本专利申请 No. 2009-181947 的申请日为 2009 年 8 月 4 日,因此该文献整个被本文参引。

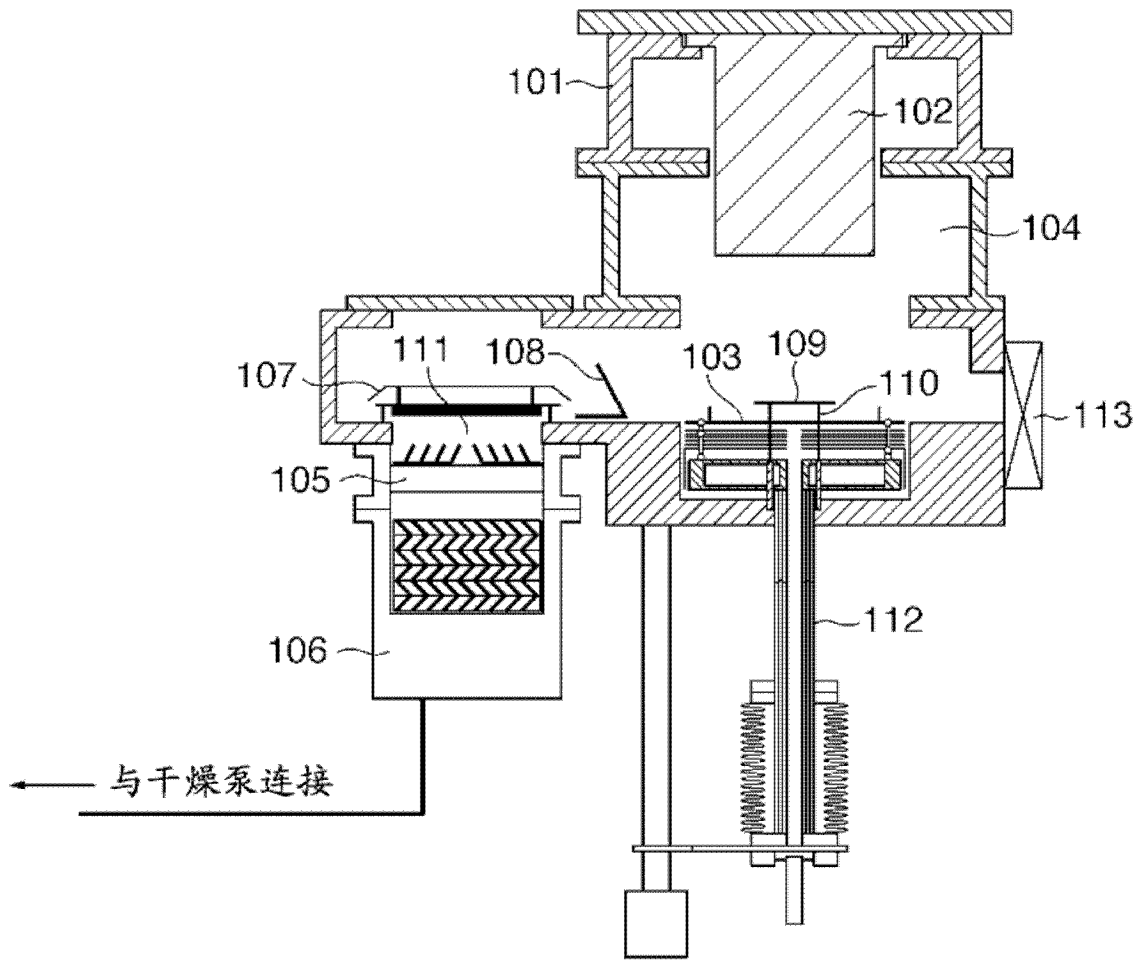


图 1

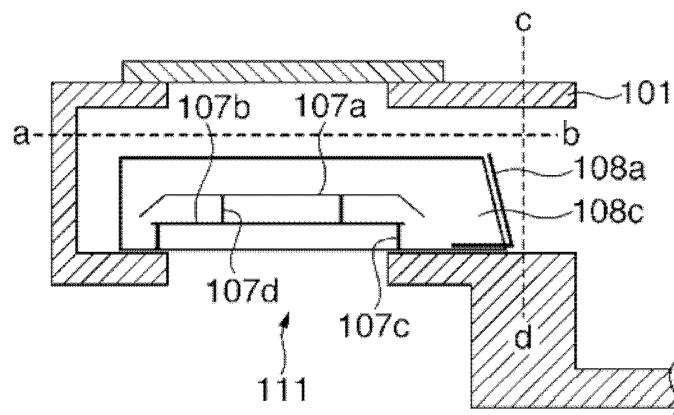


图 2A

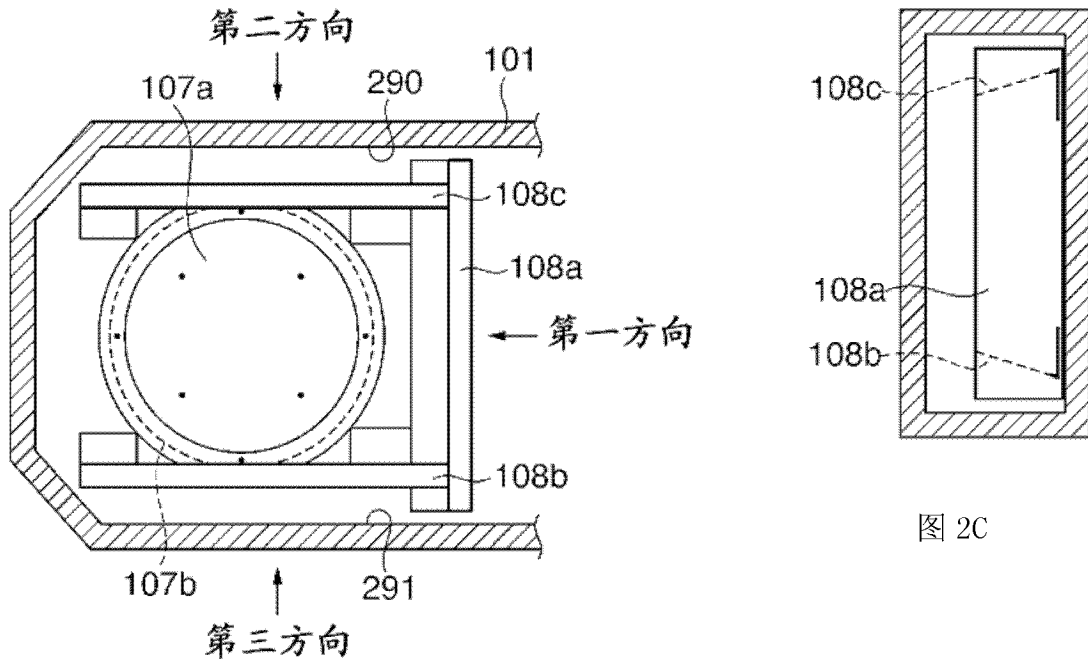


图 2B

图 2C

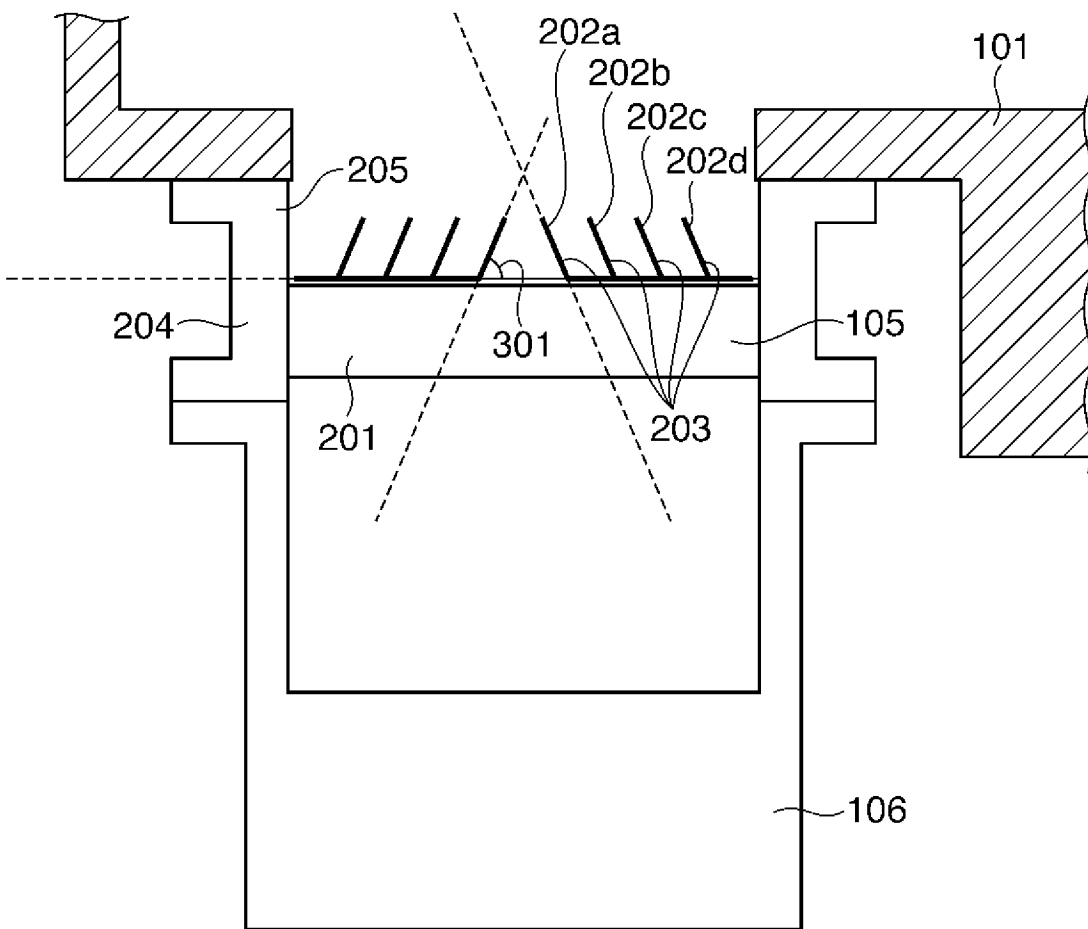


图 3

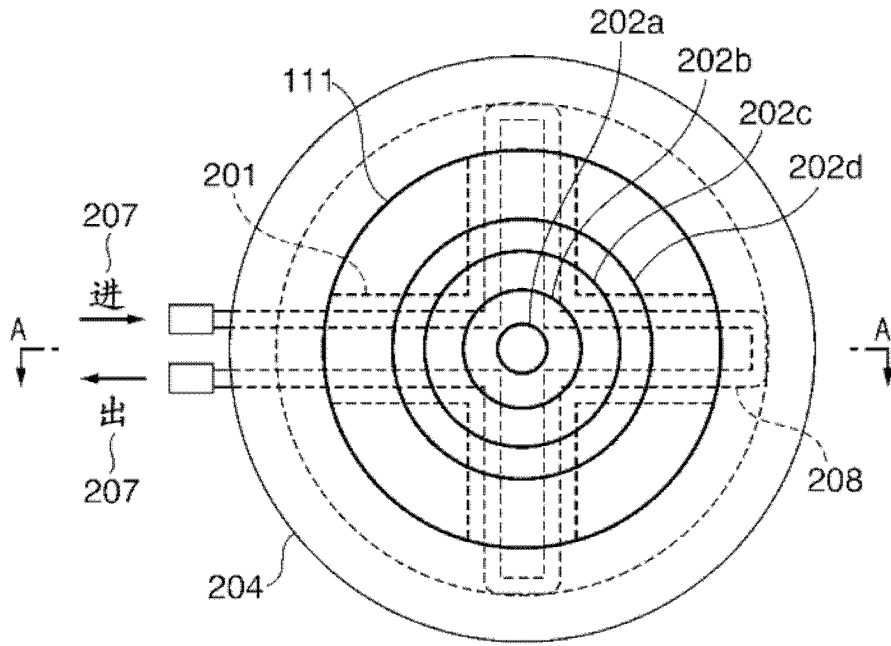
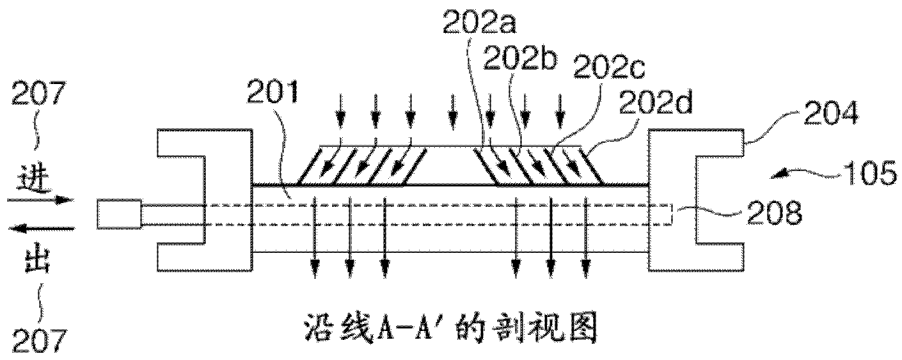


图 4A



沿线A-A'的剖视图

图 4B

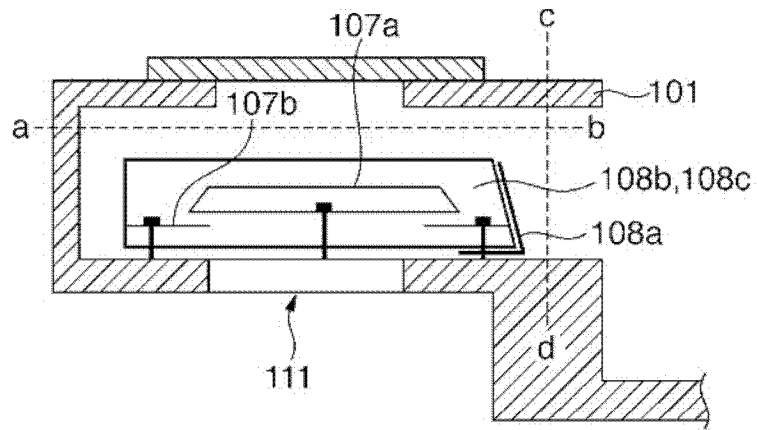


图 5A

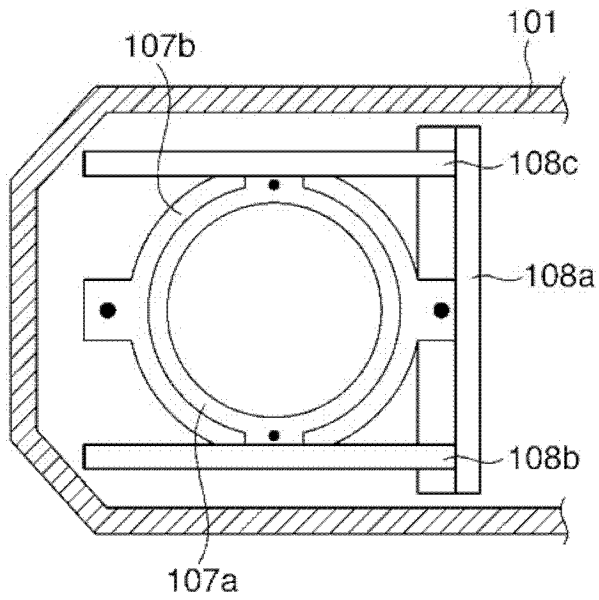


图 5B

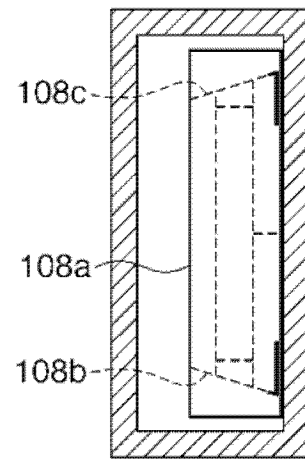


图 5C

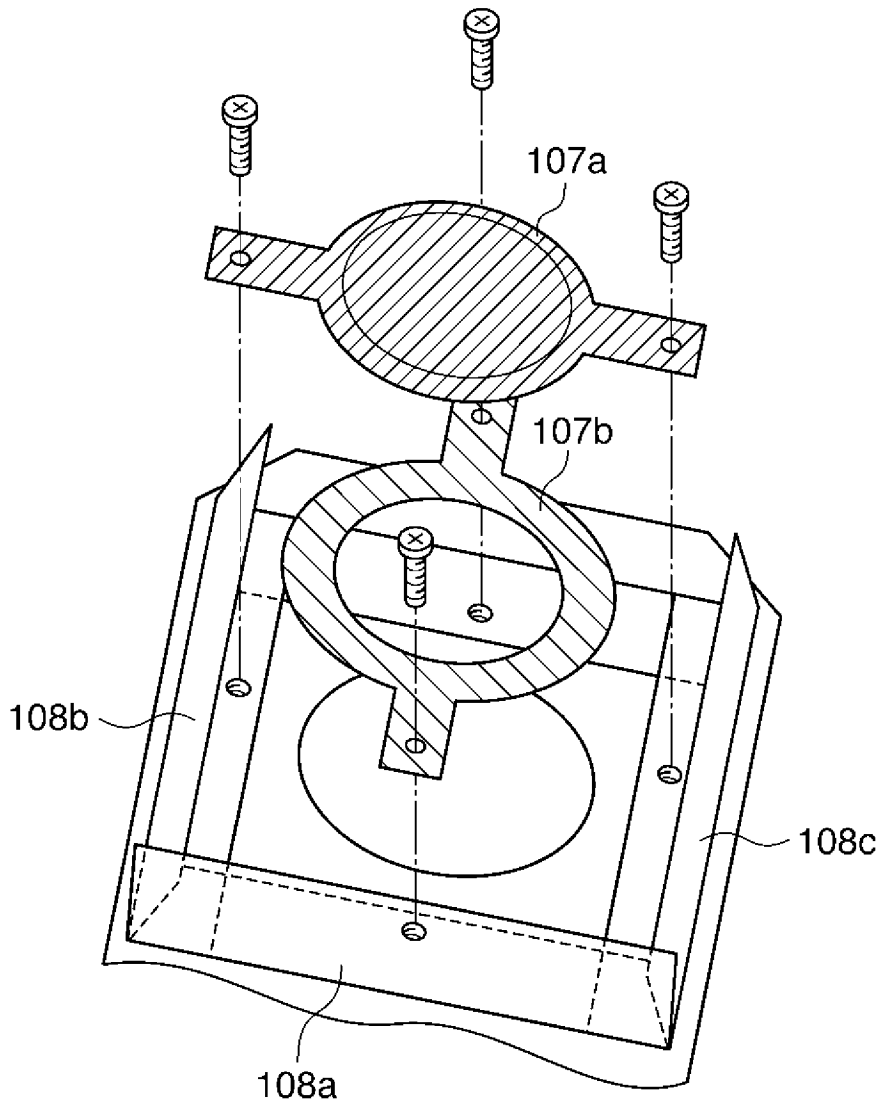


图 6

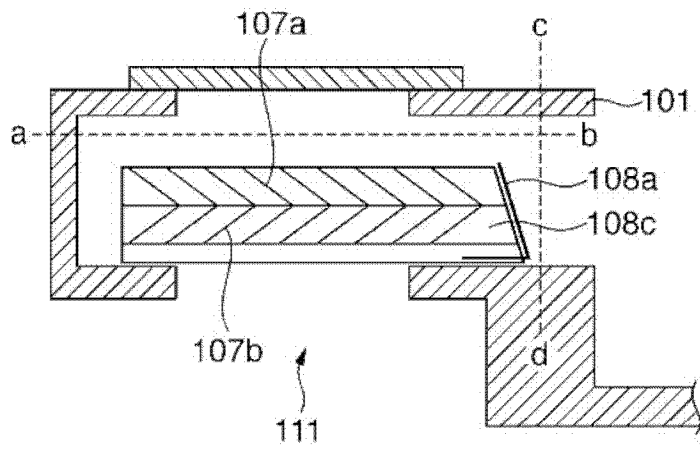


图 7A

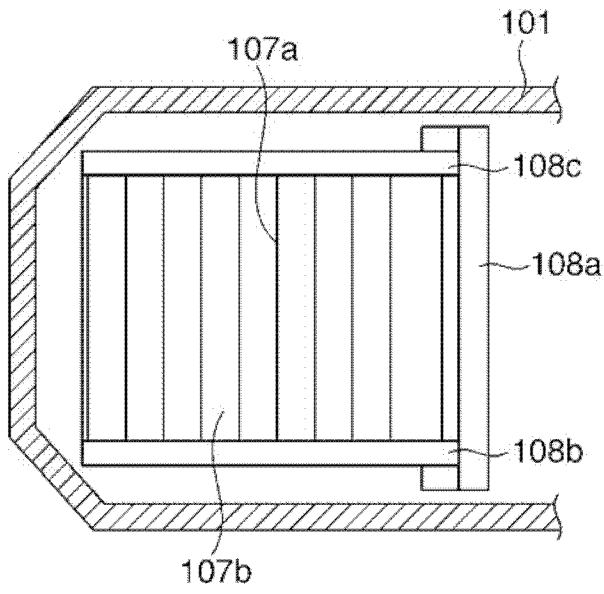


图 7B

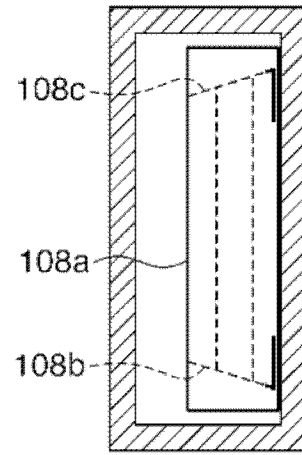


图 7C

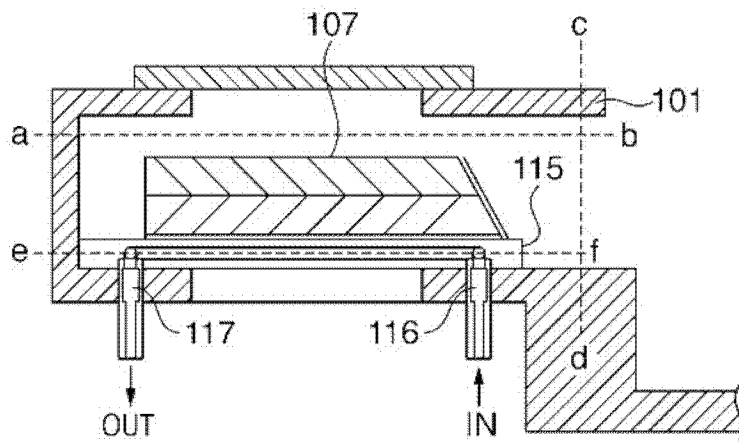


图 8A

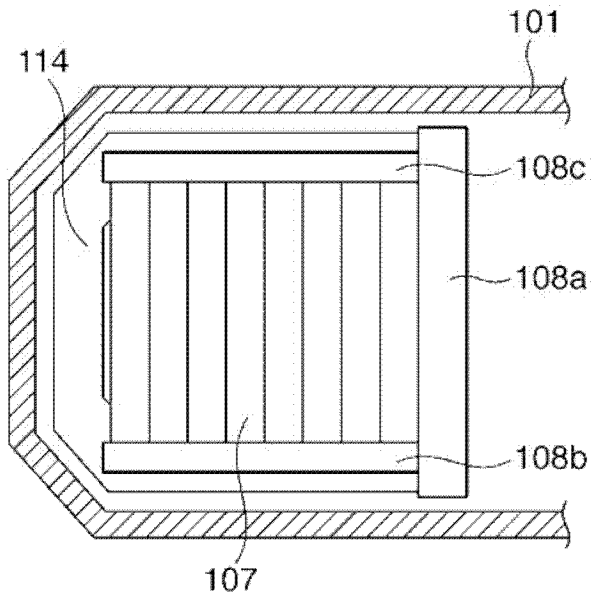


图 8B

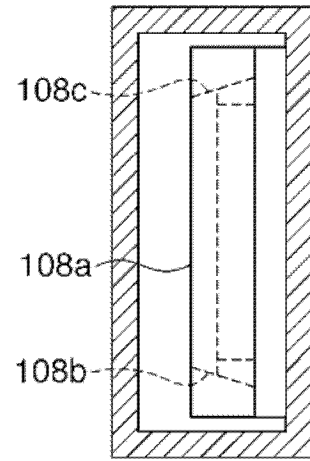


图 8C

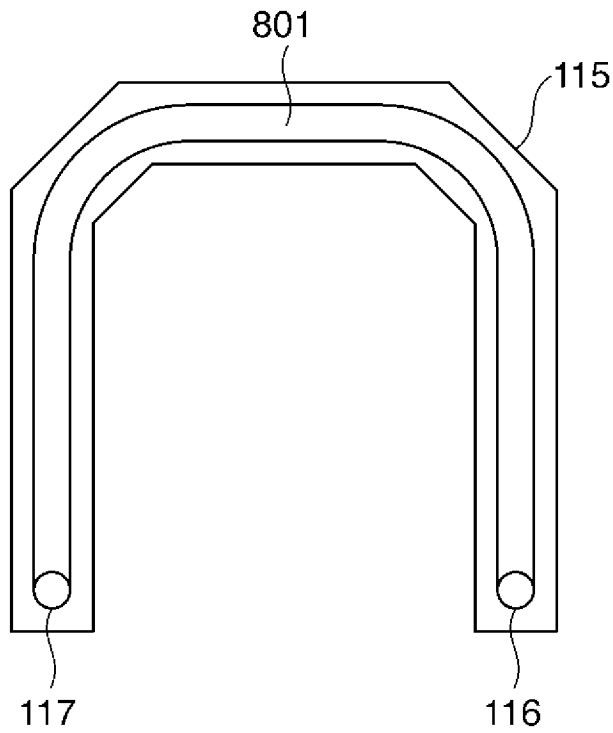


图 9

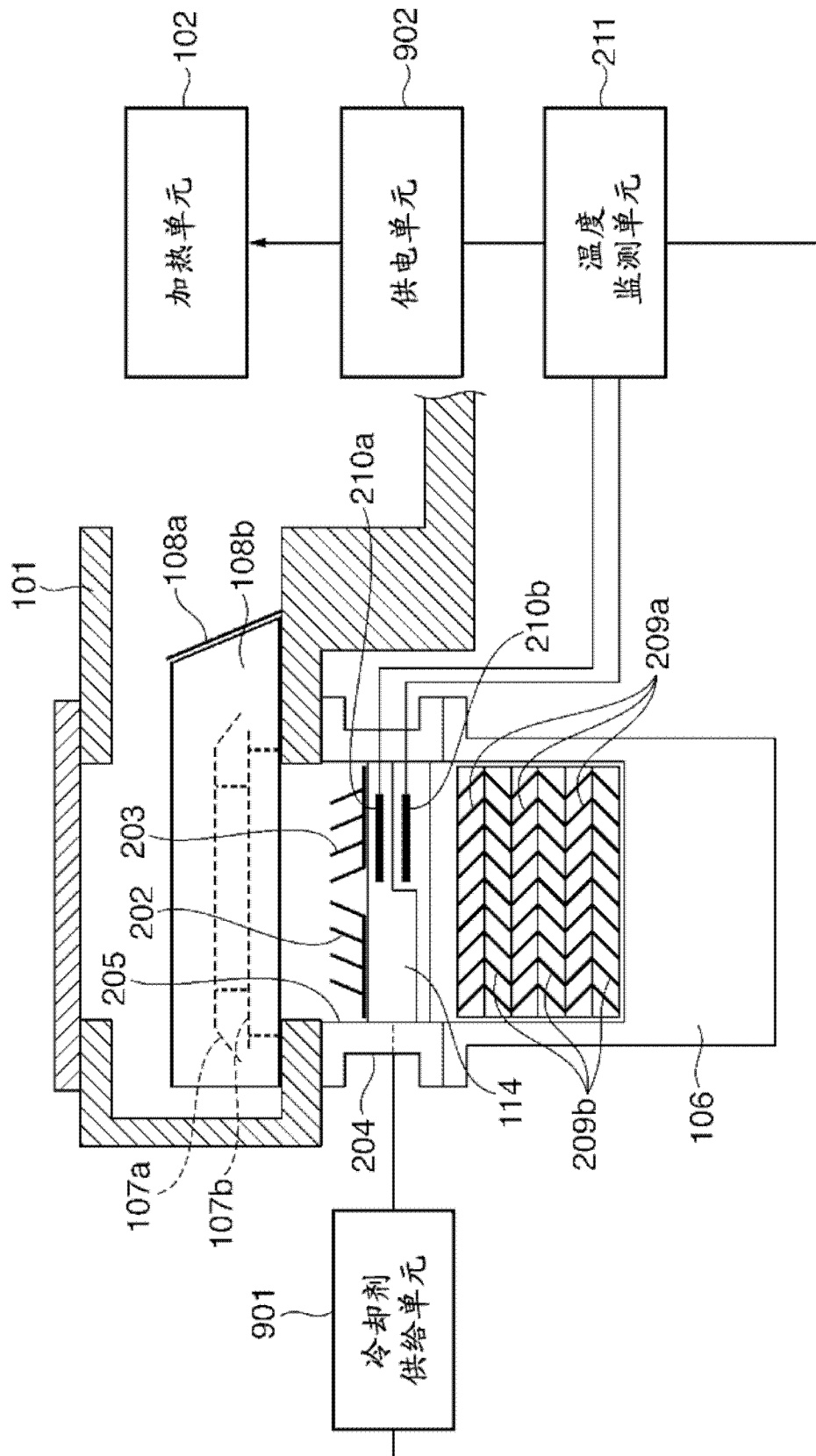


图 10

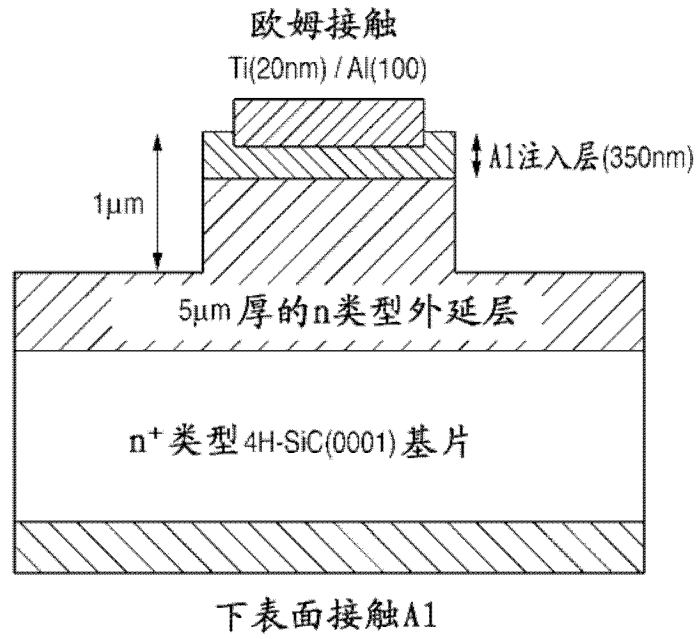


图 11

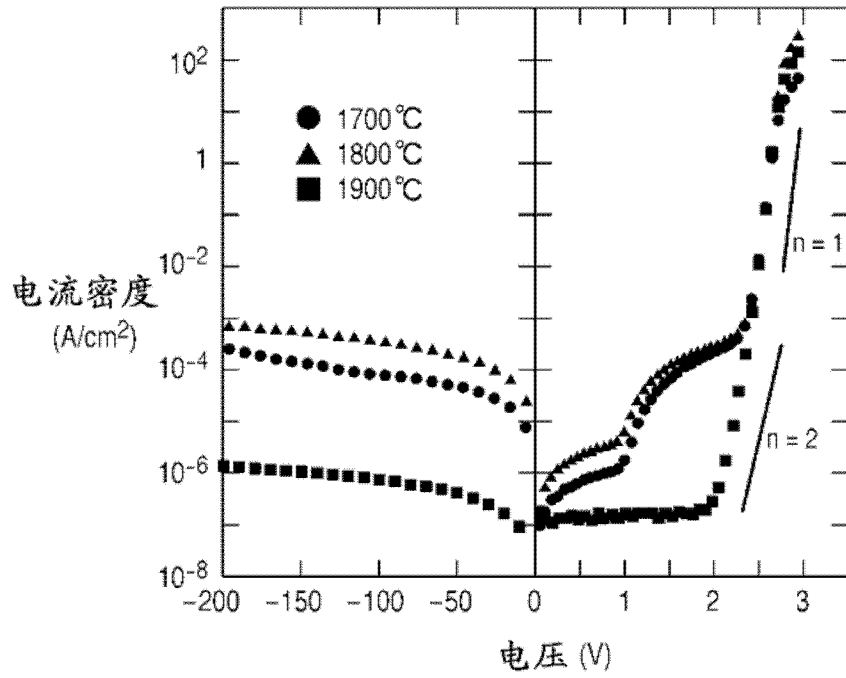


图 12