

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/205 (2006.01)

C23C 16/44 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480040080.8

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 100440451C

[22] 申请日 2004. 12. 24

[21] 申请号 200480040080.8

[30] 优先权

[32] 2004. 1. 9 [33] JP [31] 004483/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2004/019418 2004. 12. 24

[87] 国际公布 WO2005/067023 日 2005. 7. 21

[85] 进入国家阶段日期 2006. 7. 7

[73] 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 野泽俊久 森田治 汤浅珠树

小谷光司

[56] 参考文献

JP2 - 55292A 1990. 2. 23

CN1423826A 2003. 6. 11

JP2001 - 156047A 2001. 6. 8

审查员 窦明生

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 龙 淳

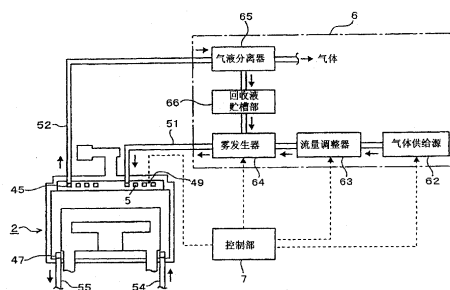
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 9 页

[54] 发明名称

基板处理装置

[57] 摘要

在用于处理半导体装置制造用的基板的基板处理装置中，贯通作为冷却对象的处理容器(2)的一部分而形成雾流路(5)。设置有用于发生雾的雾发生器(64)和供给用于搬送发生的雾的运载气体的气体供给源(62)。利用温度传感器(49)检测出作为冷却对象的部位的温度。当检测温度高于规定温度时，在雾流路中例如流入水的雾，利用其汽化热来冷却处理容器。因此，能够快速降低处理容器的温度，在稳定的温度环境下进行等离子体处理。



1. 一种基板处理装置，其是用于处理半导体装置制造用的基板，并具有冷却对象的基板处理装置，其特征在于，还包括：

用于发生雾的雾发生器，

5 供给用于搬送由该雾发生器发生的雾的运载气体的气体供给源，
用于使由所述运载气体所搬送的雾流动来使冷却对象冷却的雾流
路，以及

将在所述雾流路中流通的雾从运载气体中分离以作为液体回收的
气液分离器，

10 所述雾发生器利用由所述气液分离器所回收的液体来发生雾。

2. 如权利要求1所述的装置，其特征在于：

所述冷却对象是用于处理收纳于内部的基板的处理容器的至少一
部分。

15

3. 如权利要求2所述的装置，其特征在于：

在所述处理容器内使用等离子体来处理基板。

4. 如权利要求3所述的装置，其特征在于：

20 至少还包括用于在等离子体未发生时加热所述冷却对象的加热
器。

5. 如权利要求1所述的装置，其特征在于，还包括：

检测所述冷却对象的温度的温度传感器，以及

25 基于该温度传感器的检测温度，控制所述雾发生器和所述气体供
给源的控制部。

6. 如权利要求5所述的装置，其特征在于：

30 所述控制部，在所述温度传感器的检测温度为基准值以下时，进
行同时停止来自所述雾发生器的雾的发生和来自所述气体供给源的运
载气体的供给的控制。

7. 如权利要求 5 所述的装置，其特征在于：

所述控制部，在所述温度传感器的检测温度为基准值以下时，进行继续来自所述气体供给源的运载气体的供给而停止来自所述雾发生器的雾的发生的控制。

8. 如权利要求 5 所述的装置，其特征在于：

所述控制部，控制所述雾流路中的雾的流量和运载气体的流量的至少一方。

9. 一种基板处理装置，其是用于处理半导体装置制造用的基板，并具有冷却对象的基板处理装置，其特征在于，还包括：

用于发生雾的雾发生器，

供给用于搬送由该雾发生器发生的雾的运载气体的气体供给源，

用于使由所述运载气体所搬送的雾流动来使冷却对象冷却的雾流路，以及

收纳所述处理容器的加热炉，

所述冷却对象是用于处理收纳于内部的基板的处理容器的至少一部分，

所述雾流路作为在所述处理容器和所述加热炉之间形成的空间而形成。

基板处理装置

技术领域

- 5 本发明涉及用于利用例如等离子体或者热来处理半导体装置制造用的基板的、并具有冷却对象的基板处理装置。

背景技术

- 10 作为基板处理装置，可以举出利用等离子体对基板（例如半导体晶片）进行成膜或者蚀刻的等离子体装置、以及在加热炉内进行退火或者氧化处理等的热处理装置等各种装置。在这些装置中，有时包括有必要抑制温度上升的冷却对象。例如，在等离子体处理装置中，如果利用微波等的能量来激励处理气体而生成等离子体，则来自该等离子体的热量使装置的温度上升。

- 15 另一方面，因为对基板所进行的蚀刻或者成膜等处理，对基板或者处理容器的温度是敏感的，所以，有必要尽可能将这些温度保持为适当的温度。一般来说，普遍使用加热器作为温度调节机构。但是，在等离子体处理装置的情况下，如果仅靠加热器进行温度控制，则无法散发等离子体发生时的热量而导致装置升温。因此，有必要在由于
20 等离子体而引起发热时对装置进行冷却。

- 例如，在日本特开 2002-299330 号公报中，揭示有一种具有冷却功能的等离子体处理装置。其构成简化示于图 10。该装置在例如由铝制成的处理容器 11 内，设置有用放置半导体晶片 W 的放置台 12。经由处理容器 11 上部的导波管 13 向平面天线 14 供给微波。构成为微波
25 波从平面天线 14 经由透过窗 15 向处理容器 11 内发射，使处理容器 11 内的处理气体被等离子体化。在处理容器 11 的上部设置有用在等离子体发生时冷却装置的冷却流路 16。通过使图未示出的加热器的加热，与流过冷却流路 16 的冷却介质的冷却进行组合，而可以进行将处理容器 11 的上部维持在设定温度的温度控制。可以使用冷却水作为通过冷
30 却流路 16 的冷却介质。

但是，为了使冷却介质流通，冷却单元是必要的。该冷却单元是包括冷冻机、一次冷却水的流路、温度调节箱以及加热器等的大型装置。因此，存在着设备成本高、此外需要宽广的占地面积、而且消耗电力大这样的问题。

5 这里，无论是何种等离子体处理装置，在确定作为基板处理装置的冷却介质时，在使用冷却水的情况下，因为其温度的上限充其量为80℃，所以适用范围狭窄。在使用ガルデン（GALDEN）（アウジモン
10 ト（AUSIMONT K.K.）公司注册商标）作为冷却介质的情况下，可以使用到例如150℃左右的温度。但是，如果高温的冷却介质在工场内循环，则在安全性方面存在问题。此外，因为ガルデン黏性极大，所以存在着到成为定常状态为止需要很长时间这样的缺点。此外，在将空气等气体用作冷却介质的情况下，虽然供给系统可以简单，但是存在着冷却能力低这样的缺点。

15 发明内容

 本发明是鉴于这种情况而提出的，其目的在于提供一种基板处理装置，在对冷却对象进行冷却时，可以实现节能化，此外，构成简单且冷却能力强。

 为了实现上述目的，本发明提供一种基板处理装置，其是用于处理
20 半导体装置制造用的基板的、并具有冷却对象的基板处理装置，其特征在于，还包括：

 用于发生雾的雾发生器，

 供给用于搬送由该雾发生器发生的雾的运载气体的气体供给源，
 以及

25 用于使由上述运载气体所搬送的雾流动来对冷却对象进行冷却的雾流路。

 如果使用该基板处理装置，则由于通过使雾在雾流路中流动，利用雾的汽化热从冷却对象夺走热量，所以可以迅速地使冷却对象冷却。此外，由于使用雾作为冷却介质，所以可以完全不需要如使用冷却水
30 情况下的冷却单元。因此，可以简化装置总体的构成，减小装置的设置面积。此外，由于可以降低消耗电力，所以可以实现节能化，在成

本上也是有利的。而且，因为是利用雾的汽化热来进行冷却，所以也可以不在工场内循环高温的冷却介质，在安全性方面也是有利的。

上述冷却对象，例如，是用于处理收纳于内部的基板的处理容器的至少一部分。例如，在上述处理容器内使用等离子体处理基板。此时，由于即使处理容器因等离子体的发生而升温，冷却对象也可以迅速地被冷却到规定的温度，所以可以进行稳定的等离子体处理。在这种基板处理装置中，优选是至少还包括用于在等离子体未发生时对冷却对象进行加热的加热器。

基板处理装置还可以包括收纳上述处理容器的加热炉。在该情况下，上述雾流路可以作为上述处理容器与上述加热炉之间所形成的空间而形成。此时，也可以以热处理容器以外的部位，例如加热炉的外周部作为冷却对象。

优选基板处理装置还包括检测冷却对象的温度的温度传感器，和基于该温度传感器的检测温度，控制上述雾发生器以及上述气体供给源的控制部。

对于上述控制部来说，当上述温度传感器的检测温度在基准值以下时，进行下述控制，即，同时停止来自上述雾发生器的雾的发生和来自上述气体供给源的运载气体的供给。

另一方面，对于上述控制部来说，当上述温度传感器的检测温度在基准值以下时，也可以进行下述控制，即，继续来自上述气体供给源的运载气体的供给而停止来自上述雾发生器的雾的发生。

而且，优选上述控制部控制上述雾流路中的雾的流量和运载气体的流量的至少一方。

优选基板处理装置还包括将在上述雾流路中流通的雾从运载气体中分离以作为液体回收的气液分离器，上述雾发生器从由上述气液分离器所回收的液体来发生雾。

附图说明

图 1 是表示作为本发明的基板处理装置的一个实施方式的等离子体处理装置的纵剖视图。

图 2 是表示图 1 的等离子体处理装置中的雾供给部的细节的方框

图。

图 3 是更具体地表示图 2 的雾发生器的图。

图 4 是更具体地表示图 2 的气液分离器的图。

图 5 是表示图 1 的等离子体处理装置的动作的流程图。

5 图 6 是表示作为本发明的基板处理装置的另一个实施方式的，与图 2 同样的图。

图 7 是表示作为本发明的基板处理装置的又一个实施方式的立式热处理装置的纵剖视图。

10 图 8 是表示本发明的实施例 1 和 2 与比较例 1 和 2 的实验结果的曲线图。

图 9 是将 (a) 表示本发明的实施例 3 的实验结果的曲线图，与 (b) 表示比较例 3 的实验结果的曲线图进行对比的图。

图 10 是表示作为现有技术的基板处理装置的等离子体处理装置的纵剖视图。

15

具体实施方式

下面，参照附图对本发明的实施方式详细地进行说明。图 1 示出作为本发明的基板处理装置的实施方式的等离子体处理装置的简图。

20 图中，标号 2 是处理容器。该处理容器 2 包括：由铝制成的容器主体 39，包围该容器主体 39 的周围的隔热部件 3，以及设置在容器主体 39 的上部的天线主体 42 等。容器主体 39 被划分成真空的处理空间。在处理容器 2 内，设置有助于放置半导体晶片 W（以下称为晶片）的放置台 31。该放置台 31 例如与 13.65MHz 的偏压用高频电源 32 连接。

25 在所述放置台 31 的上方，设置有例如由圆盘状的导电体组成的气体供给体 33。在该气体供给体 33 中的与放置台 31 相对的面上，形成有多个气体供给孔 34。在该气体供给体 33 的内部，形成有与气体供给孔 34 连通的格子状的气体流路 35，气体供给路 36 连接于该气体流路 35。图未示出的处理气体源连接于该气体供给路 36。等离子体处理所需的处理气体从该处理气体源通过气体供给路 36、气体流路 35、和气体供给孔 34 而被供给到处理容器 2 内。

30

此外，在气体供给体 33 上，以贯通该气体供给体 33 的方式而形

成有图未示出的多个开口部。该开口部用于使等离子体通过该气体供给体 33 的下方侧的空间，例如在邻接的气体流路 35 彼此之间形成。此外，排气管 37 连接于处理容器 2 的底部，图未示出的真空排气机构连接于该排气管 37 的基端一侧。

5 在气体供给体 33 的上方，例如设置有由石英构成的电介质板（微波透过窗）4。在该板 4 的上面，以与该板 4 贴紧的方式而设置有天线 41。该电介质板 4 的材料不限于石英，例如也可以是氧化铝等。天线 41 具有天线主体 42，以及设置在该天线主体 42 的下面，在周向上形成有多个缝隙的平面天线件（缝隙板）43。这些天线主体 42 与平面天线件 43 都是利用导体而大致形成为圆盘状，并且连接于同轴导波管 44。此外，在天线主体 42 与平面天线件 43 之间，设置有滞波板 45。由这些天线主体 42、平面天线件 43 和滞波板 45 构成径向线缝隙天线（RLSA）。

15 如这样所构成的天线 41，以平面天线件 43 贴紧于电介质板 4 的方式而经由图未示出的密封部件装设于处理容器 2。该天线 41 经由同轴导波管 44 而与外部的微波发生器 46 连接，被供给例如 2.45 GHz 或者 8.4GHz 的微波。

20 在天线主体 42 上，第一雾流路 5 在周向上螺旋状地贯通而形成。例如由管路组成的流入路 51 连接于第一雾流路 5 的一端。例如由管路组成的排出路 52 连接于第一雾流路 5 的另一端。由第一雾流路 5、流入路 51 和排出路 52 形成循环路。在该循环路上，夹设有后述的第一雾供给部 6。

25 在天线主体 42 上设置有加热器 48 以及用于检测处理容器 2 内温度的温度传感器 49。构成为将温度传感器 49 的检测温度被送到控制部 7 的结构。

此外，在处理容器 2 的下部，以在周向上贯通壁面的方式而形成第二雾流路 53。流入路 54 和排出路 55 也连接于第二雾流路 53 而形成循环路。在该循环路上，夹设有与第一雾供给部 6 同样的第二雾供给部 61。

30 如后所述，形成为第一雾供给部 6 和第二雾供给部 61 分别由控制部 7 来控制的结构。

接下来,对第一雾供给部6和控制部7详细地进行说明。

第一雾供给部6包括:用于发生雾的雾发生器64,和供给用于搬送由该雾发生器64发生的雾的运载气体(例如空气)的气体供给源62。

相对连接于流入路51的上游端的雾发生器64,经由用于调整运载气体流量的流量调整器63而连接着气体供给源62。另一方面,在排出路52的下游端设置有气液分离器65。通过该气液分离器65而使含有雾的运载气体被气液分离成运载气体与雾。通过气液分离器65所分离的雾储存于回收液贮槽部66而被送到雾发生器64,再次被用作雾的原料液。

此外,该外控制部7连接于气体供给源62、流量调整器63和雾发生器64,并控制它们。其中,气体供给源62具有例如空气瓶以及阀,通过由控制部7进行阀的开闭,来进行运载气体的供给、停止。

图3是具体地表示雾发生器64的图。图中,标号8是阀,从气体供给源62所供给的运载气体流过其中。在阀8上设置有缩径部81。在该缩径部81的中心附近,定位有贯通阀8而设置的雾液供给管82的开口部83。雾液供给管82连接于储存有作为雾的原料液体(例如水、酒精水和氨等)的雾液贮槽部84。此外,在雾液供给管82上夹设有阀85和流速计86。阀85和流速计86由控制部7来控制。

在阀8的缩径部81处,气体的流速增加而压力(P_1)降低。该压力(P_1)低于雾液贮槽部84内的压力(P_0)。因此,因其压力差($P_0 - P_1$),液体从位于缩径部81的中央附近的雾液供给管82的开口部83被吸出。所吸出的液体由流过阀8内的运载气体所扩散而成为雾(雾状的液体)。压力差($P_0 - P_1$)取决于从气体供给源62所供给的运载气体的流量。也就是说,通过由流量调整器63调整运载气体的流量,使雾的流量得到调整。

另一方面,在控制部7中,一边监视流速计86的检测值,一边由阀85调节从开口部83所喷出的液量,借此也可以调整雾的流量。在停止雾的发生的情况下,阀85关闭。

此外,雾液贮槽部84通过阀87所夹设的管路而连接于回收液贮槽部66。通过打开该阀87,将储存于回收液贮槽部66的液体供给到雾液贮槽部84。

图 4 (a) 是气液分离器 65 的水平截面图。气液分离器 65 的内部还如图 4 (b) 的立体图中所示, 配置有多个翅片 9 以便形成弯曲的流路。在气液分离器 65 上设置有流入口 91 与排气口 92。此外, 在气液分离器 65 的下面, 设置有排出所分离的液体的图未示出的排出口。通过这种构成, 含雾的气体碰到翅片 9 而仅雾附着, 气体从排气口 92 排气。此外, 如果附着于翅片 9 的雾量增多, 则该雾成为较大的液滴, 依靠重力下降而从排出口排出, 并回收于回收液贮槽部 66 (图 2)。

接下来, 参照图 5 对如以上这样构成的等离子体处理装置的动作进行说明。

首先, 在启动等离子体处理装置时, 加热器 48 被接通, 处理容器 2 上部的温度维持于设定温度。更详细地说, 控制加热器 48 的供给电力, 使得温度传感器 49 的检测温度成为设定温度。所谓该设定温度, 是与对晶片 W 进行等离子体处理, 例如等离子体蚀刻时的处理空间内的适当温度为同一值, 例如为 180℃。

接着, 将晶片 W 从外部搬入到处理容器 2 内, 放置于放置台 31 的表面。然后, 从气体供给源将处理气体, 例如 Ar 气等惰性气体与卤化物气体等蚀刻气体供给到处理容器 2 内。与此同时, 微波从微波发生器 46 经由天线构件 43 和电介质板 4 而放射到处理装置 2 内, 使处理气体被等离子体化。此时, 偏压电力从偏压电源 32 施加于放置台 31。然后, 在晶片 W 表面上所形成的薄膜利用该等离子体而被蚀刻。

这里, 如果着眼于作为冷却对象的处理容器 2 上部的温度传感器 49 的检测温度, 则该温度如图 5 中所示那样推移。其中, 来自气体供给源 62 的运载气体的供给持续地进行。

即, 如果在时刻 t1 发生等离子体, 则直到时刻 t1 为止, 加热器 48 保持接通, 温度传感器 49 的检测温度大约恒定于 180℃。

温度传感器 49 的检测温度因在时刻 t1 发生的等离子体而上升。因此, 使加热器 48 切断, 并且使雾供给到第一雾流路 5 内。具体地说, 通过打开雾发生器 64 的阀 85 而发生规定量的雾, 由运载气体所搬运的雾经由流入路 51 而在第一雾流路 5 内流通。在该雾流路 5 内流通的雾, 因处理容器 2 中发生的热量而被气化, 作为汽化热夺走该热量。结果, 因等离子体的发生而升温的处理容器 2 (这里, 作为冷却对象的

处理容器 2 的上面部分) 得到冷却, 温度传感器 49 的检测温度降温到设定温度附近。然后, 通过发热与吸热的平衡, 使温度传感器 49 的检测温度稳定于设定温度附近。

5 然后, 如果在时刻 t_2 等离子体的发生停止, 则处理容器 2 的温度降低。因此, 加热器 48 再次接通, 同时雾的供给被停止。借此, 温度传感器 49 的检测温度被维持于设定温度附近。

10 如果使用以上的实施方式, 则使雾在雾流路 5 中流通, 冷却作为冷却对象的处理容器 2 的上部。因此, 因为通过作为雾的汽化热夺走因等离子体的发生而发生的热量而使该冷却对象得到冷却, 所以可以迅速地冷却。其结果, 即使等离子体处理装置的处理容器 2 因等离子体的发生而升温, 也可以迅速地降温并稳定于规定的温度。因此, 可以对基板进行稳定的等离子体处理, 例如蚀刻处理。

15 此外, 因为使用雾作为冷却介质, 所以完全不需要使用冷却水时的那种冷却装置。因此, 能够简化装置整体的结构, 并减小装置的设置面积。此外, 因为能够降低消耗电力, 所以可以实现节能化, 对于成本也是有利的。而且, 因为是利用雾的汽化热进行冷却, 所以不需要使高温的冷却介质在工厂内循环, 对于安全性方面也是有利的。

此外, 由于由气液分离器 65 将在雾流路 5 中流通的雾回收并再利用, 所以可以有效地利用资源, 可以实现低成本化。

20 本发明不限于如上所述那样, 持续来自气体供给源的运载气体的供给, 并根据温度传感器 49 的检测温度是否超过基准值(在上述实施方式中大约为 180°C) 而供给 / 停止雾的情况。也就是说, 也可以在检测温度超过基准值时, 供给运载气体和雾。

25 而且, 本发明也可以根据温度传感器 49 的检测温度改变雾的供给量与运载气体的供给量的至少一方。图 6 示出这种变形例。

如图 6 所示, 在控制部 7 中, 设置有储存将温度区域与雾流量与运载气体流量对应起来的数据图的存储器。在控制部 7 中, 对照检测温度与数据图, 求出雾流量与运载气体流量。图 6 的图中的温度 T_1 例如是在等离子体未发生时由加热器 48 所加热的状态下的温度(进行等离子体处理时的适当温度)。在该温度 T_1 以下时, 雾的流量为零而运载气体的流量为 A_1 。在温度处于 $T_1 \sim T_2$ 之间时, 雾的流量为 M_2 而

30

运载气体的流量为 A_2 。在温度为 T_2 以上时，雾的流量为 M_3 而运载气体的流量为 A_3 。而且，处于 $M_2 < M_3$ ， $A_1 < A_2 < A_3$ 的关系。

在本例子中，虽然将温度区域三分割而对各区域分配各自不相同的流量，但是其分割数也可以是四以上。通过这样设定多个温度区域，
5 温度越高则使雾或者运载气体的流量越大，能够进行更细致的温度控制，能够更加迅速地冷却到规定的温度。

此外，本发明的基板处理装置不限于上述等离子体处理装置，也可以运用于以下说明的热处理装置。

图 7 示出这种立式热处理装置。如图 7 所示，该热处理装置具有
10 收纳作为处理容器的反应管 104 的立式加热炉 100。加热炉 100 具有大致圆筒状的绝热壁 101，和沿着该绝热壁 101 的内面在周向上设置的，例如由电阻发热体组成的加热器 102。绝热壁 101 的下端部固定于基体 103。

收纳于加热炉 100 的反应管 104 例如由石英组成，在内部形成热
15 处理空间。该反应管 104 的下部也固定于基体 103。该热处理装置中的雾流路作为加热炉 100 与反应管 104 之间的空间而形成。为了将冷却用的含雾的气体供给到作为该雾流路的空间内，而在基体 103 上沿着周向设置有多个喷嘴 120。这些喷嘴 120 连接于设置在基体 103 底部的环状的送风头 121。含雾的气体从送风头 122 所夹设的送风管 123 而被
20 供给到送风头 121。该送风管 123 连接于与图 2 中所示的同样的雾供给部 6。此外，排出冷却用的含雾的气体的排气路 130 连接于加热炉 100 的顶部。在该排气路 130 上依次夹设有开闭风门 131、冷却机构 132 和排气风扇 133。

此外，在反应管 104 内，设置有在纵向上隔开间隔而保持多个基
25 板，例如晶片 W 的晶片架 110。该晶片架 110 的下端部经由隔热件 111 和转台 112 而安装在盖体 113 上。盖体 113 用于开闭反应管 104 的下端开口。架升降器 114 连接于该盖体 113。在架升降器 114 上连接着旋转机构 115，因此，晶片架 110 与转台 112 一起旋转。通过架升降器 114 的升降，进行晶片架 110 对反应管 104 的搬入搬出。

30 气体供给管 116 贯通反应管 104 的下部。该气体供给管 116 在反应管 104 内垂直地上行，其顶端部弯曲成朝向反应管 104 的顶部中央

喷出处理气体。从该气体供给管 116 供给到反应管 104 内的处理气体，从设置在反应管 104 的下部的排气管 117，由图未示出的真空泵排出。

在该热处理装置中，将反应管 104 内加热到规定温度来对晶片 W 进行成膜处理、氧化处理或者退火处理等热处理。该处理结束后，使
5 从雾供给部 6 所供给的含雾的气体在绝热体 101 与反应管 104 之间的雾流路中流通。从而，可以由雾的汽化热迅速地去蓄积于反应管 104 内的热量。因此，将反应管 104 内迅速地降温，可以将保持处理完的晶片 W 的晶片架 110 从反应管 104 搬出。因此，可以提高处理的处理能力。

10 接下来，对为了确认根据本发明的基板处理装置的效果所进行的实验例进行说明

（实验例 1）

在图 1 所示的等离子体处理装置中，对作为冷却对象的处理容器 2 上部的冷却效果进行实验。具体地说，首先，将加热器 38、48 接通，
15 加热到温度传感器 49 的检测温度成为 120℃。接着，分别使含雾的空气（实施例 1），与仅空气（比较例 1）以各种流量在雾流路 5 中流通。而且，调查温度传感器 49 的检测温度成为定常状态时的温度。

此外，对于加热温度为 180℃时也是同样的，使含雾的空气（实施例 2），与仅空气（比较例 2）在雾流路 5 中流通并调查成为定常状态
20 时的温度。

这些结果示于图 8 中。如图 8 所示，与流量无关，含雾的空气（实施例 1 和 2）一方，冷却效果比仅空气（比较例 1 和 2）要大。

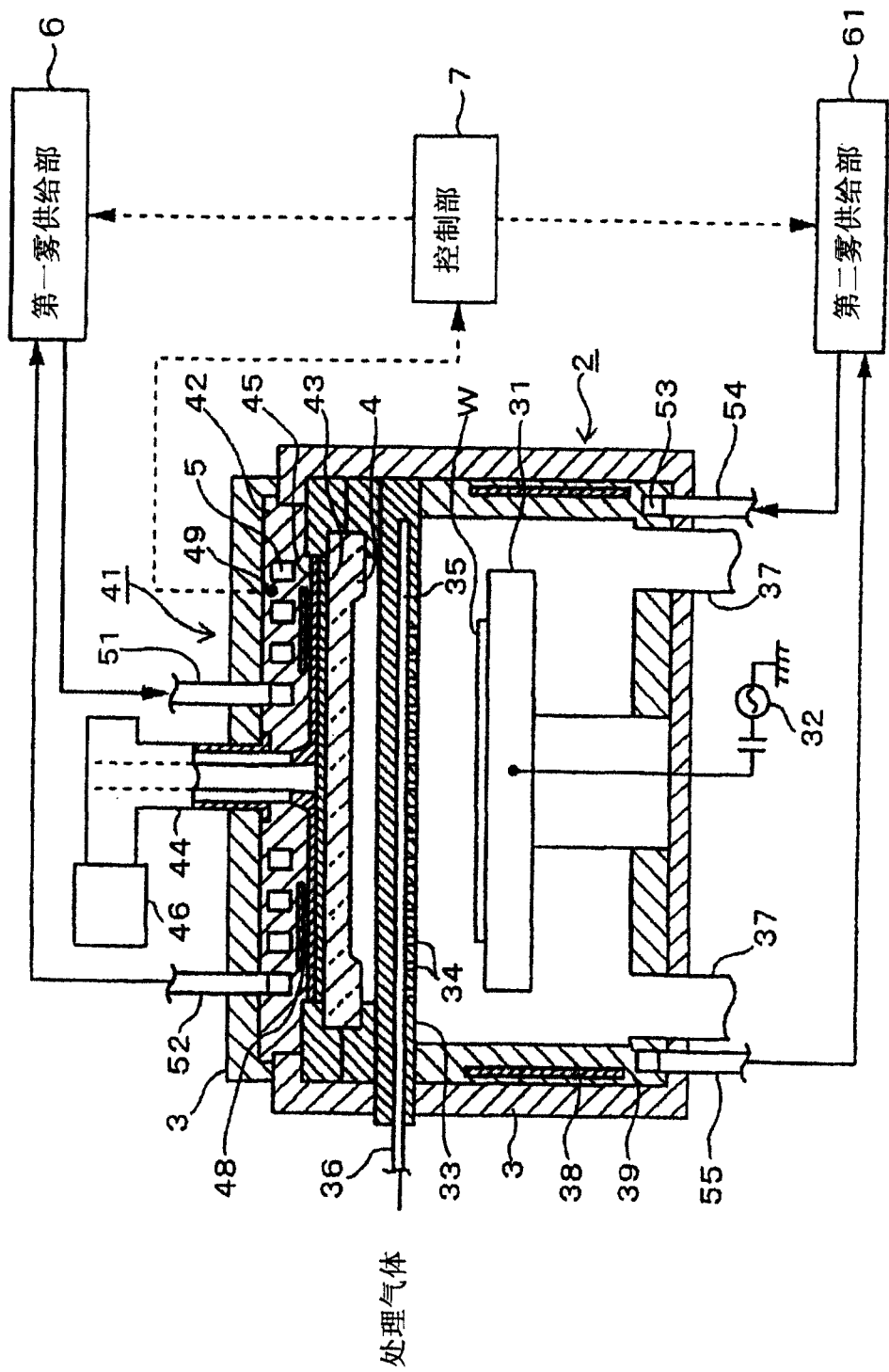
（实验例 2）

在图 1 所示的等离子体处理装置中，进行测量作为冷却对象的处理容器 2 上部的天线主体 42 中的四个部位的温度变化的实验。具体地说，使空气和雾（水）分别以 50 l / min 和 1 g / min 的流量在雾流路 5
25 中流通，调查这四个部位（TC1～TC4）的温度变化。以此为实施例 3，结果示于图 9（a）。

同样，仅使不含雾的空气流通，调查这四个部位（TC1～TC4）的温度变化。以此为比较例 3，结果示于图 9（b）。在该比较例 3 中，如图 9（b）中所示使空气的流量与时间一起增加。
30

从图 9 可以看出，四个部位（TC1～TC4）都是含雾的空气（实施例 3）的一方，冷却效果比仅空气（比较例 3）要大。

以上的实验结果表明，如果用本发明则通过雾的汽化热，可以比现有技术更迅速地使冷却对象冷却。



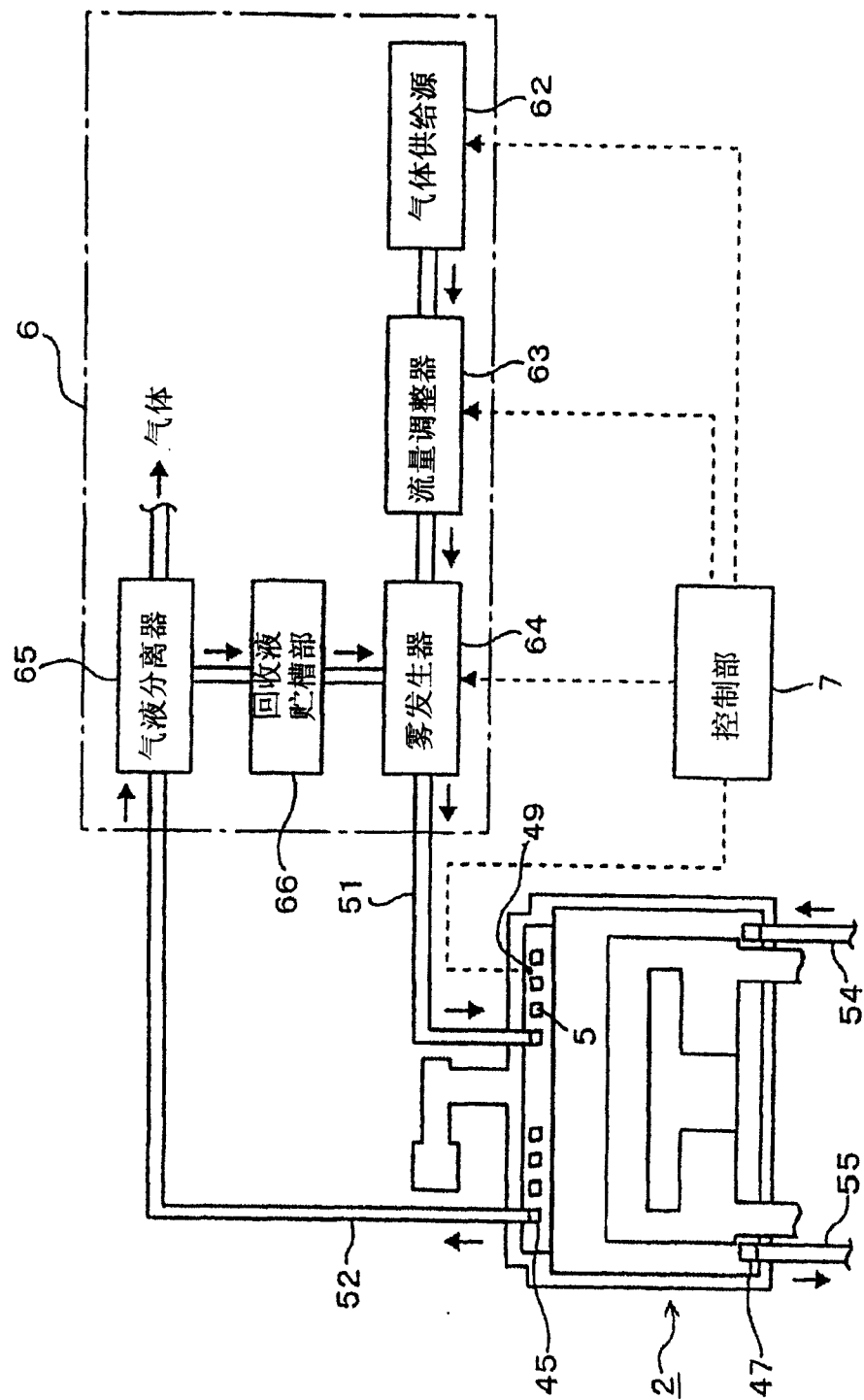


图2

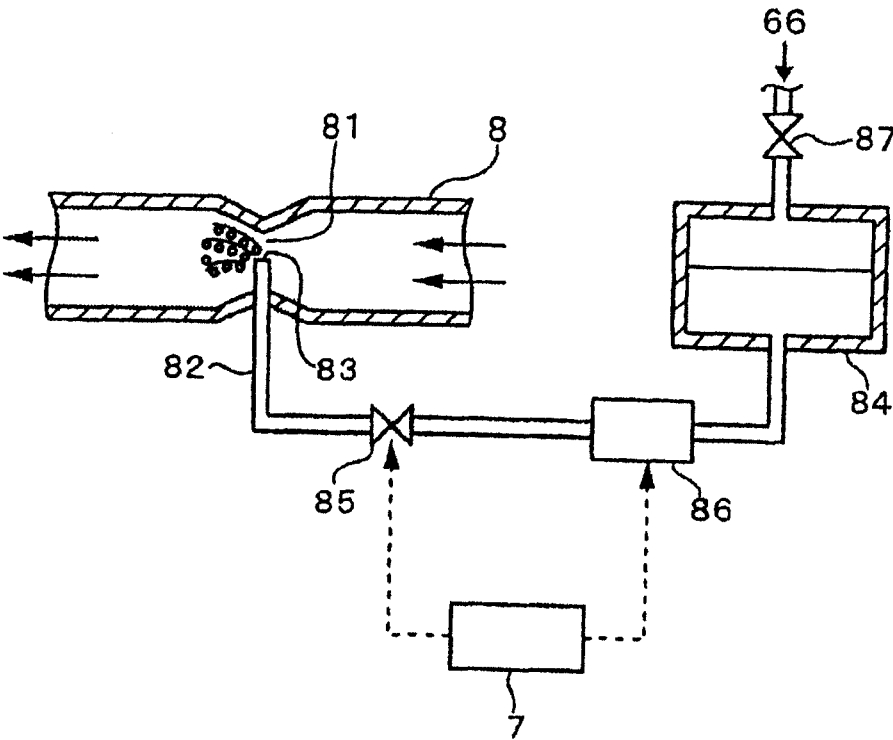


图3

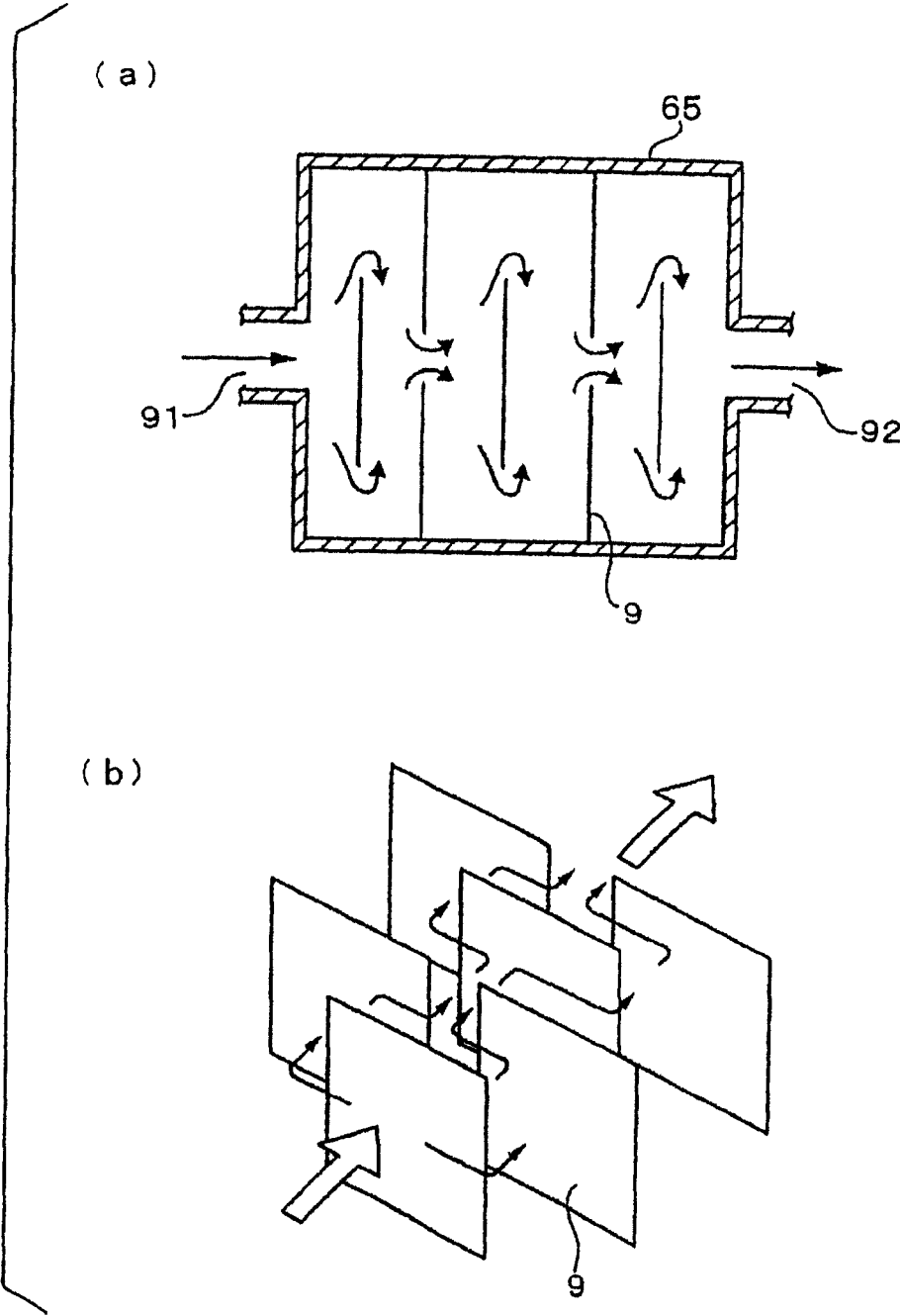


图4

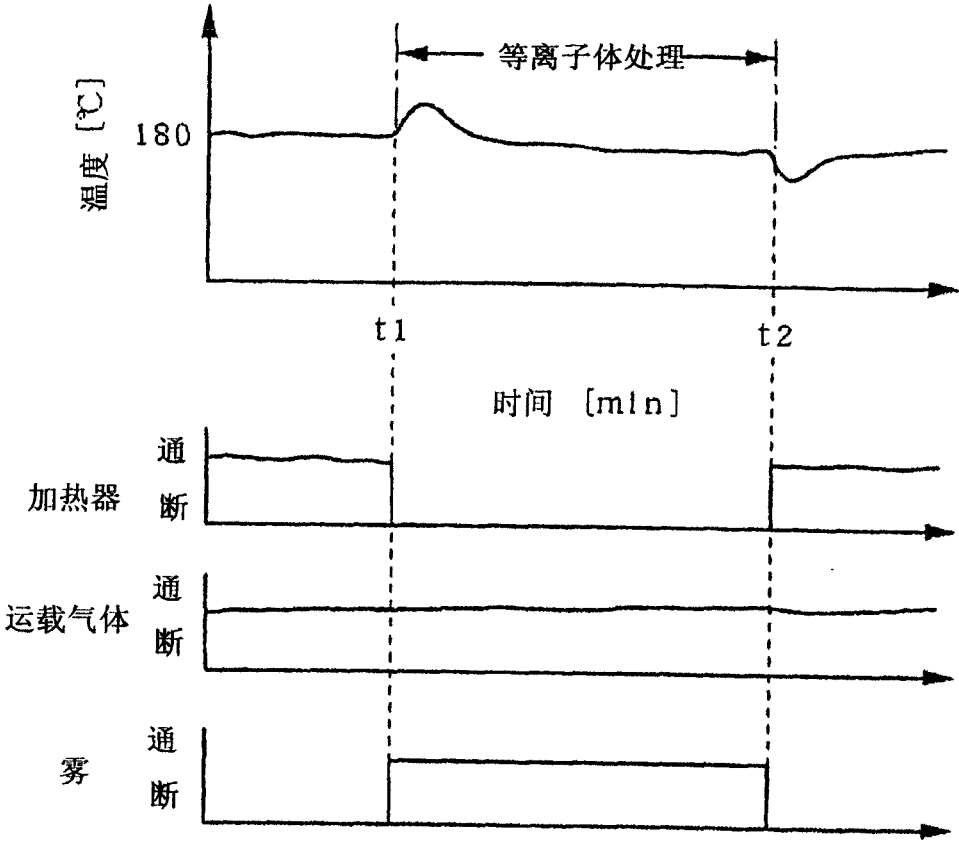


图5

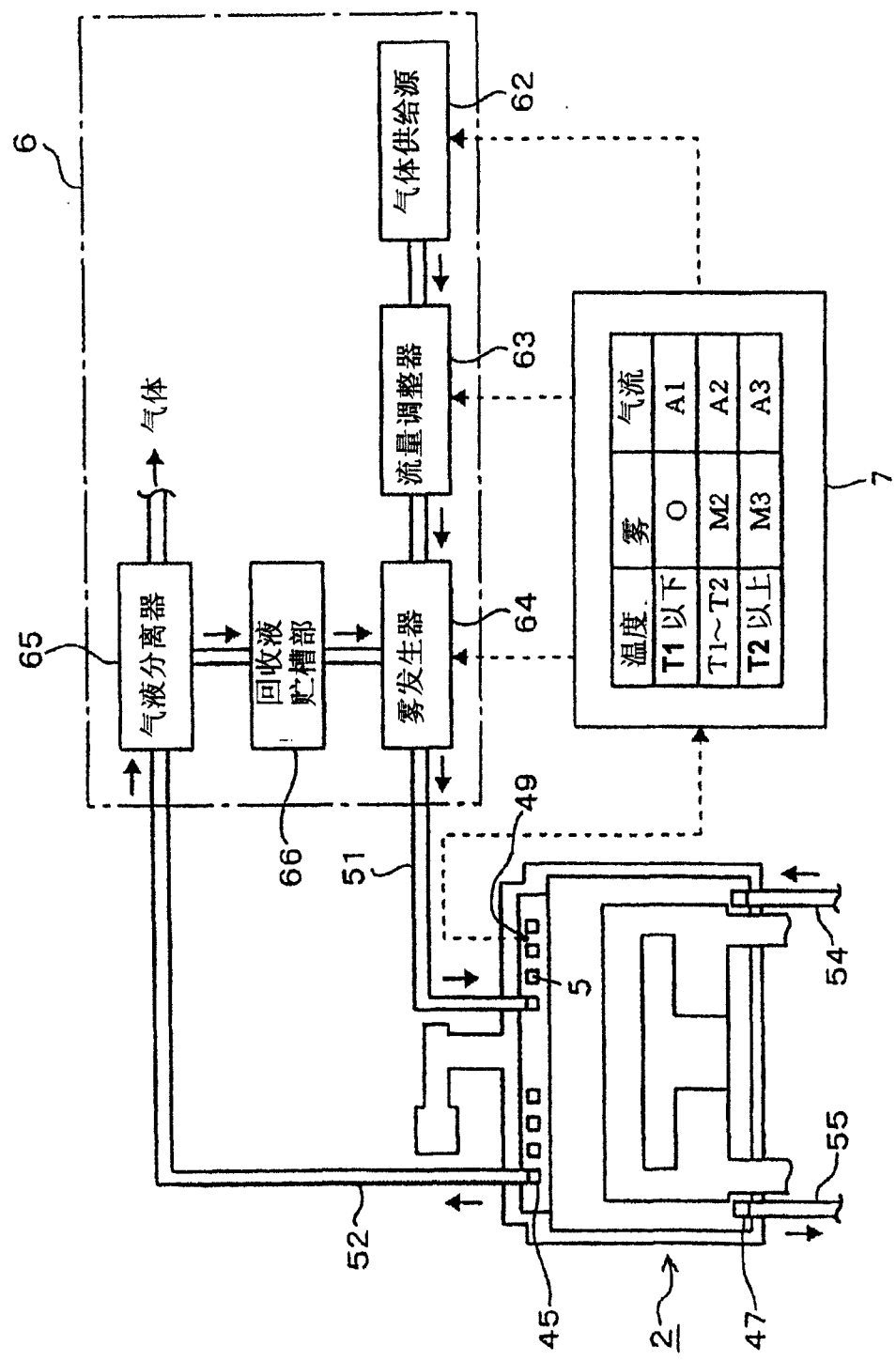


图6

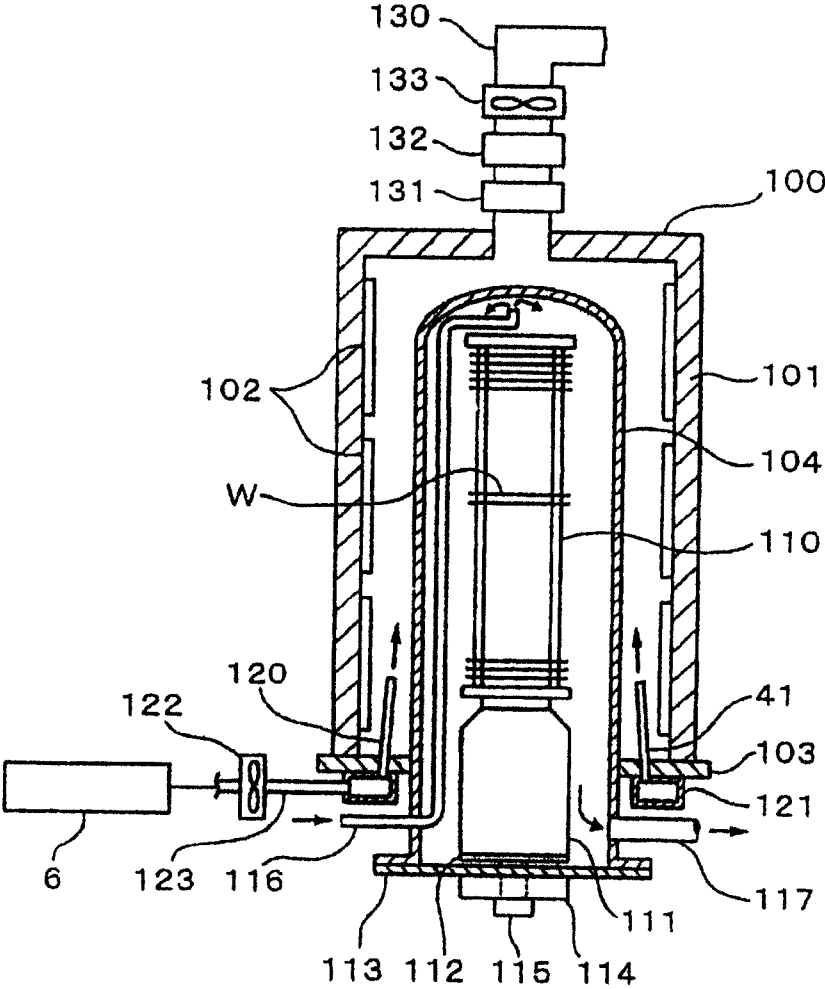


图7

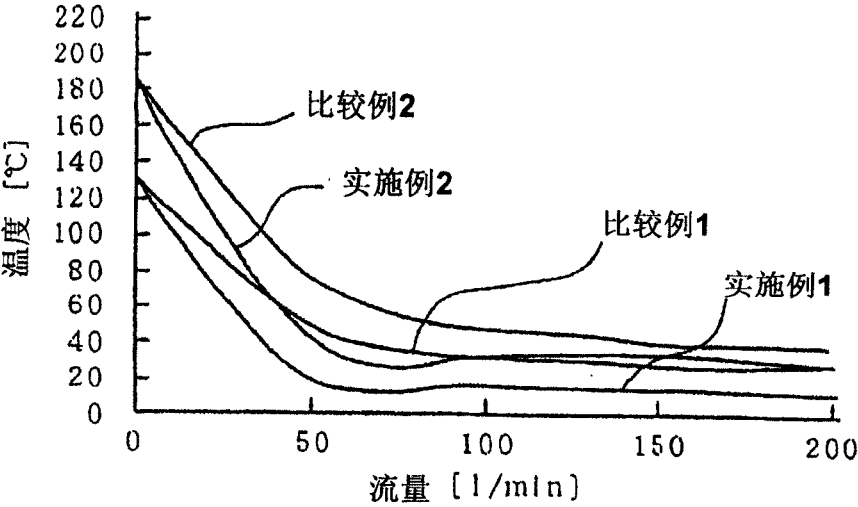


图8

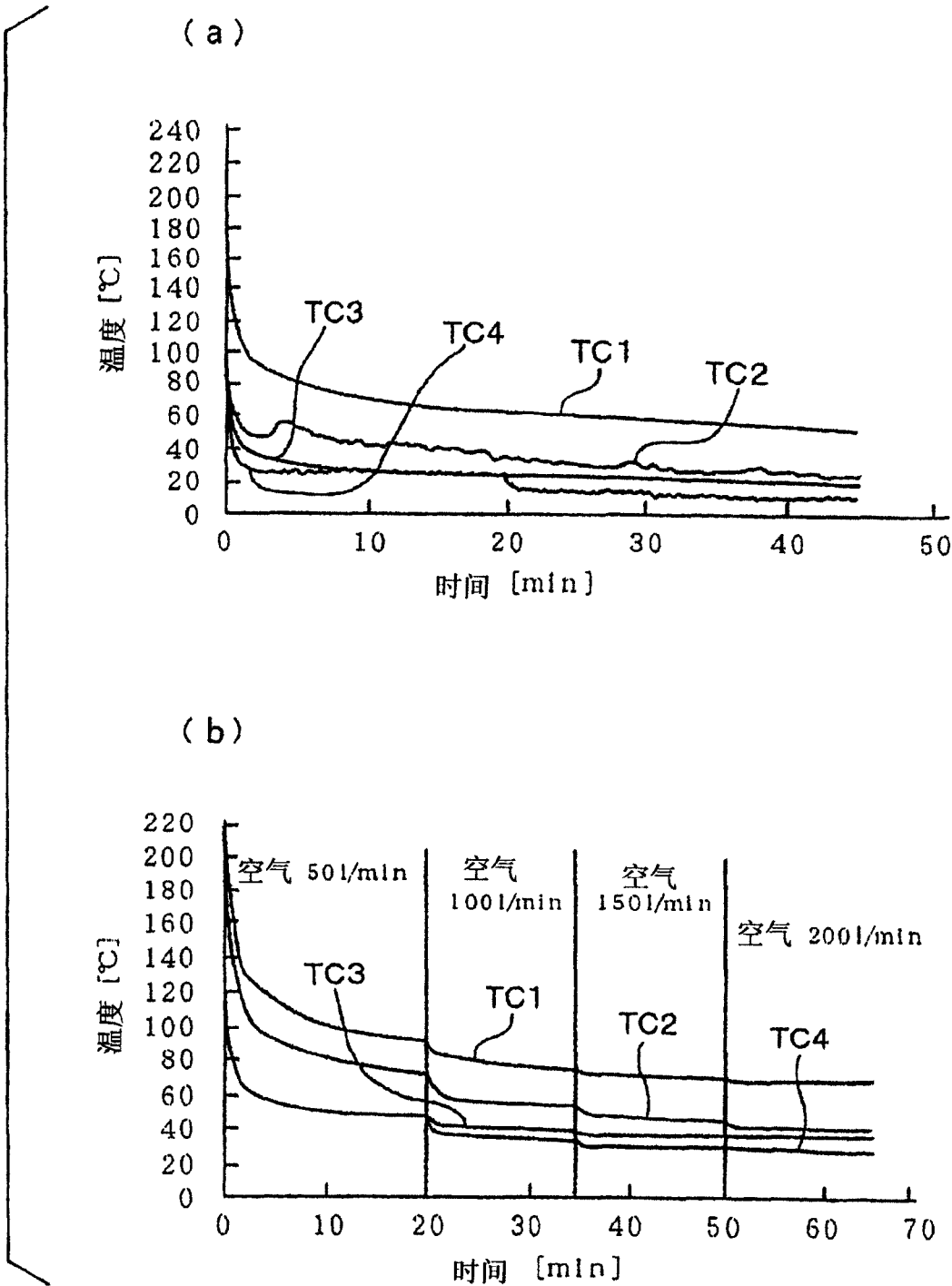


图9

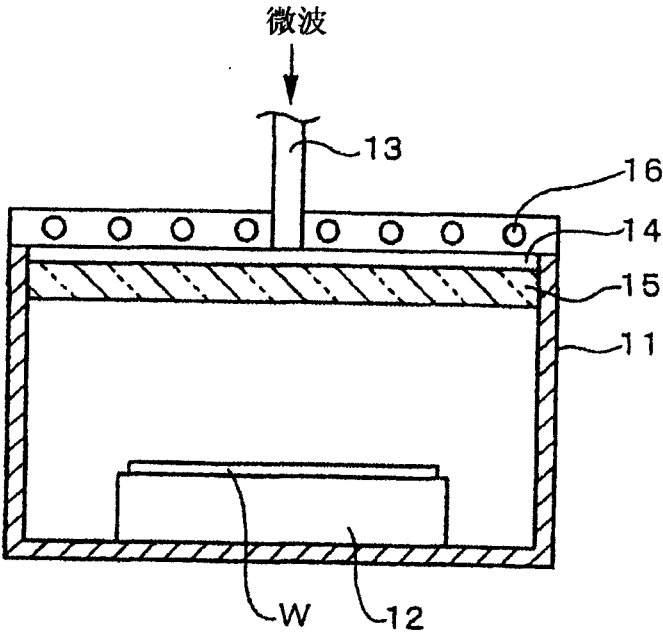


图10