



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1685485 B

(45) 授权公告日 2013.01.16

(21) 申请号 03822829.7

H05B 3/14 (2006.01)

(22) 申请日 2003.09.22

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

278198/2002 2002.09.24 JP

US 6043468 A, 2000.03.28, 说明书第 32 栏第 53 行 - 第 33 栏第 65 行、说明书第 51 栏第 59 行 - 第 53 栏第 6 行、附图 11-17、42-43.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2005.03.24

CN 1177830 A, 1998.04.01, 说明书第 2 页第 1 段、第 3 页第 3 段 - 第 4 页第 8 段, 附图 3-4.

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/JP2003/012084 2003.09.22

US 6111225 A, 2000.08.29, 说明书第 1 栏第 46 行 - 第 22 栏第 5 行、附图 2-27.

(87) PCT 申请的公布数据

W02004/030064 JA 2004.04.08

审查员 邵烨

(73) 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 堀口贵弘 桑嶋亮

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

代理人 龙淳

(51) Int. Cl.

H01L 21/31 (2006.01)

H01L 21/02 (2006.01)

C23C 16/46 (2006.01)

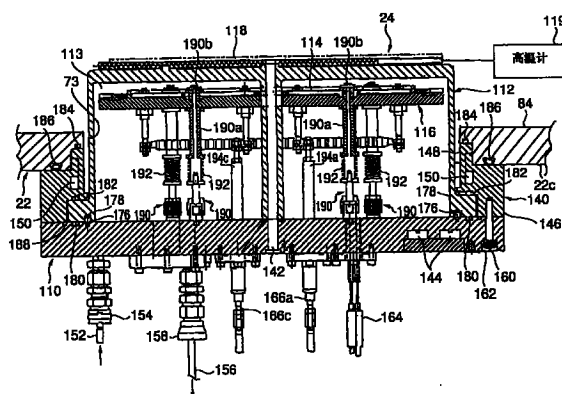
权利要求书 1 页 说明书 26 页 附图 62 页

(54) 发明名称

基板处理装置

(57) 摘要

本发明的基板处理装置以稳定而且有效地进行被处理基板的成膜处理为目的, 基板处理装置把被处理基板 W 支撑在面向加热器部的位置, 同时使保持被处理基板 W 的保持部件旋转。此外加热器部把 SiC 加热器和热反射部件装在透明石英制的石英钟罩内部, 通过使处理容器内部减压并使石英钟罩内部也减压, 可以使石英钟罩的壁厚减薄, 这样来自 SiC 加热器的热传导效率提高, 而且可以防止因 SiC 加热器造成的污染。



1. 一种基板处理装置,其特征在于,具有:
在内部划成有处理空间的处理容器 (22);
由石英形成的透明钟罩 (112),该透明钟罩包括圆筒部 (112b) 和顶板 (112c);
载置在所述透明钟罩的顶板上的 SiC 基座 (118);
收容于所述透明钟罩、通过所述 SiC 基座把插入所述处理空间中的被处理基板加热到规定温度的加热器 (114);和
在与所述 SiC 基座面对并离开的位置上保持所述被处理基板的保持部件 (120)。
2. 如权利要求 1 所述的基板处理装置,其特征在于,
具有使所述处理容器内部减压,并使所述透明钟罩的内部空间减压的减压系统。
3. 如权利要求 1 所述的基板处理装置,其特征在于,
将向上方反射来自所述加热器的热的热反射部件 (116) 设置在所述加热器的下方。
4. 如权利要求 3 所述的基板处理装置,其特征在于,
所述热反射部件以与所述加热器的下方面对的状态被夹持。
5. 如权利要求 1 所述的基板处理装置,其特征在于,具有:
从所述处理容器的一侧向由所述保持部件保持的所述被处理基板喷射气体的气体喷嘴部 (93);和
设在所述处理容器的另一侧,把通过了所述被处理基板的气体排出的排气口 (74)。
6. 如权利要求 1 所述的基板处理装置,其特征在于,
具有向所述处理空间照射紫外线的紫外线光源 (86、87)。
7. 如权利要求 1 所述的基板处理装置,其特征在于,
所述透明钟罩具有横跨在凸边部分 (112a) 内侧形成的开口的用于增强的梁部 (112e)。
8. 如权利要求 1 所述的基板处理装置,其特征在于,所述保持部件包括:
支撑所述被处理基板的多个腕部 (120a, 120b, 120c);和
轴 (120d),其用不透明的石英作成棒状,一端与所述多个腕部连接,另一端插通所述 SiC 基座和所述透明钟罩的插通孔,向下方延伸。
9. 如权利要求 8 所述的基板处理装置,其特征在于,具有:旋转驱动所述保持部件的轴的旋转驱动部 (28)。

基板处理装置

技术领域

[0001] 本发明涉及基板处理装置,特别是对基板实施成膜等处理的基板处理装置。

背景技术

[0002] 到今天在超高速半导体处理装置中,在微细化工艺发展的同时,有可能发展成为 $0.1\mu\text{m}$ 以下的栅极长。一般半导体装置的动作速度随着微细化而提高,但是在这样微细化的半导体装置中,随微细化造成的栅极长的缩短,按照比例定律有必要减小栅极绝缘膜的膜厚。

[0003] 可是栅极长到 $0.1\mu\text{m}$ 以下的话,在使用现有热氧化膜的情况下,栅极绝缘膜的厚度也有必要设定在 $1\sim 2\text{nm}$ 或以下,但是用这样非常薄的栅极绝缘膜,隧道电流增加,其结果不能避免栅极漏电流增加的问题。

[0004] 根据这种情况,现在提出了介电常数远大于热氧化膜,因此把实际膜厚即使厚,换算成 SiO_2 膜的情况下的膜厚也小的 Ta_2O_5 和 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 以及 ZrSiO_4 、 HfSiO_4 这样的高电介质材料用于栅极绝缘膜的方案。通过使用这样的高电介质材料,栅极长在 $0.1\mu\text{m}$ 以下的话,即使在非常短的超高速半导体装置中,也可以使用物理膜厚 10nm 左右的栅极绝缘膜,可以抑制隧道效应造成的栅极漏电流。

[0005] 例如众所周知,现在用 $\text{Ta}(\text{OC}_2\text{H}_5)_5$ 和 O_2 作为气相原料的 CVD 法可以形成 Ta_2O_5 膜。典型的情况是 CVD 工艺在减压的环境下、在约 480°C 或以上的温度实施。这样形成的 Ta_2O_5 膜还要在氧的氛围中进行热处理,其结果消除了膜中的氧缺损,此外膜本身晶体化。这样晶体化的 Ta_2O_5 膜显示大的介电常数。

[0006] 从使沟道区域中的载体迁移率提高的观点,在高电介质栅极氧化膜和硅基板之间优选夹有 1nm 以下的厚度非常薄的基底氧化膜,更优选夹有 0.8nm 以下厚度非常薄的基底氧化膜。基底氧化膜必须非常薄,厚度厚的话,与在栅极绝缘膜上使用的高电介质膜的效果抵消。另一方面这样非常薄的基底氧化膜同样必须覆盖硅基板表面,此外要求不形成界面能级等缺陷。

[0007] 现在一般薄栅极氧化膜用硅基板的急速热氧化 (RTO) 处理(例如参照专利文献 1)形成,而要使热氧化膜形成所优选的 1nm 以下厚度的话,必须降低膜形成时的处理温度。可是用这样的低温形成的热氧化膜容易含有界面能级等缺陷,作为高电介质栅极氧化膜的基底氧化膜是不合适的。

[0008] 图 1 表示具有高电介质栅极绝缘膜的高速半导体装置 10 的简单结构。

[0009] 参照图 1,半导体装置 10 在硅基板 11 上形成,在硅基板 11 上通过薄的基底氧化膜 12 形成 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 ZrSiO_4 、 HfSiO_4 等的高电介质栅极绝缘膜 13,再在前述高电介质栅极绝缘膜 13 上形成栅极电极 14。

[0010] 在图 1 的半导体装置 10 中,在前述基底氧化膜层 12 表面部分在保持硅基板 11 和基底氧化膜 12 之间的界面平坦性的范围掺杂氮 (N),形成氧氮化膜 12A。通过在基底氧化膜 12 中形成介电常数比硅氧化膜大的氧氮化膜 12A,可以使基底氧化膜 12 的热氧化膜换算

膜厚进一步减小。

[0011] 如前面已经说明的那样,在这样的高速半导体装置 10 中,优选前述基底氧化膜 12 的厚度尽可能薄。

[0012] 可是使基底氧化膜 12 厚度在 1nm 以下,例如 0.8nm 以下,进而与对应于 2 ~ 3 个原子层的 0.4nm 左右的厚度一样,而且要稳定地形成,现在是非常困难的。

[0013] 此外要发挥在基底氧化膜 12 上形成的高电介质栅极绝缘膜 13 的功能,要把堆积的高电介质膜 13 进行热处理而晶体化,此外必须进行氧缺损补偿,但在对高电介质膜 13 进行这样热处理的情况下,基底氧化膜 12 的膜厚增加,实际上抵消了通过使用高电介质栅极绝缘膜 13 造成绝缘膜膜厚减小的实际效果。

[0014] 随这样热处理造成的基底氧化膜 12 的膜厚增加意味着在硅基板 11 和基底氧化膜 12 的界面上的氧原子和硅原子相互扩散,和伴随其形成硅酸盐过渡层,或氧侵入到硅基板中造成基底氧化膜 12 生长的可能性。伴随这样基底氧化膜 12 热处理造成膜厚增加的问题,特别是在基底氧化膜 12 的膜厚作为基底氧化膜优选减小到几个原子层厚以下的情况下,成为非常深刻的问题。

[0015] 专利文献 1 特开平 5-47687 号公报

发明内容

[0016] 本发明以提供解决了上述课题的新颖且有用的基板处理装置为目的。

[0017] 本发明更详细的目的是提供可以在硅基板表面稳定形成非常薄的、典型的为 2 ~ 3 个原子层大小的厚度的氧化膜,再把它进行氮化,形成氧氮化膜的基板处理装置。

[0018] 此外本发明更详细的目的是提供包括可以在硅基板表面稳定形成非常薄的、典型的为 2 ~ 3 个原子层厚度的氧化膜,再把它稳定地氮化的基板处理装置的组合 (cluster) 型的基板处理系统。

[0019] 此外本发明的另外目的是在解决上述课题的同时,实现改善氧化膜的均匀性、生产率和防止污染这样构成的基板处理装置。

[0020] 本发明为了实现上述目的,具有以下特性。

[0021] 采用本发明的话,由于把插入处理空间的被处理基板加热到规定温度的加热器部是把发热体装入用石英作成的透明箱壳内部的结构,所以可以防止发热体造成的污染,同时使被处理基板的温度分布保持均匀,可以控制被处理基板的翘曲,由于被处理基板的成膜处理可以稳定而且有效地进行,所以可以提高生产率。

[0022] 采用本发明的话,使处理容器内减压,并通过使透明箱壳内部空间减压,可以控制透明箱壳内外压力差,使透明箱壳以作用在透明箱壳上的力减轻的部分进行壁厚减薄,可以提高从发热体来的热传导效率。

[0023] 此外采用本发明的话,在透明箱壳上面设置用发热体加热的 SiC 制的加热板,由于加热板的上面靠近并面对保持在保持部件上的被处理基板的下面,提高热传导,可以把被处理基板加热到 700℃ 的温度,同时发热体难以产生温度差,可以防止发热体的裂纹。

[0024] 采用本发明的话,发热体有第一 SiC 发热部或第二、三 SiC 发热部,通过选择切换向第一 SiC 发热部或第二、三 SiC 发热部的某一个或两个提供的电源,可以稳定地进行加热,使被处理基板的周边部分不翘曲。

[0025] 采用本发明的话,通过在发热体下面设置热反射部件,可以对被处理基板的整个面进行有效而且均匀的加热。

附图说明

- [0026] 图 1 为表示具有高电介质栅极绝缘膜的半导体装置结构的图示。
- [0027] 图 2 为表示本发明的基板处理装置一个实施示例结构的主视图。
- [0028] 图 3 为表示本发明的基板处理装置一个实施示例结构的侧视图。
- [0029] 图 4 为沿图 2 中 A-A 线的横截面图。
- [0030] 图 5 为表示配置在处理容器 22 下面的机器结构的主视图。
- [0031] 图 6 为表示配置在处理容器 22 下面的机器结构的俯视图。
- [0032] 图 7 为表示配置在处理容器 22 下面的机器结构的侧视图。
- [0033] 图 8A 为表示排气通路 32 结构的俯视图。
- [0034] 图 8B 为表示排气通路 32 结构的主视图。
- [0035] 图 8C 为沿 B-B 线的纵截面图。
- [0036] 图 9 为把处理容器 22 和它周围机器放大表示的侧面纵截面图。
- [0037] 图 10 为从上面看取下盖部件 82 的处理容器 22 内部的俯视图。
- [0038] 图 11 为处理容器 22 的俯视图。
- [0039] 图 12 为处理容器 22 的主视图。
- [0040] 图 13 为处理容器 22 的仰视图。
- [0041] 图 14 为沿图 12 中 C-C 线的纵截面图。
- [0042] 图 15 为处理容器 22 的右侧视图。
- [0043] 图 16 为处理容器 22 的左侧视图。
- [0044] 图 17 为把安装紫外线光源 86、87 的结构放大表示的纵截面图。
- [0045] 图 18 为把气体喷嘴部 93 的结构放大表示的纵截面图。
- [0046] 图 19 为把气体喷嘴部 93 的结构放大表示的横截面图。
- [0047] 图 20 为把气体喷嘴部 93 的结构放大表示的主视图。
- [0048] 图 21 为把加热器部 24 的结构放大表示的纵截面图。
- [0049] 图 22 为把加热器部 24 放大表示的仰视图。
- [0050] 图 23 为把第二流入口 170 和第二流出口 174 的安装结构放大表示的纵截面图。
- [0051] 图 24 为把凸缘 140 的安装结构放大表示的纵截面图。
- [0052] 图 25 为把夹持机构 190 上端部分的安装结构放大表示的纵截面图。
- [0053] 图 26 为表示 SiC 加热器 114 和 SiC 加热器 114 的控制系统结构的图示。
- [0054] 图 27A 为表示石英钟罩 112 的结构俯视图。
- [0055] 图 27B 为表示石英钟罩 112 的结构纵截面图。
- [0056] 图 28A 为从上面看石英钟罩 112 的结构立体图。
- [0057] 图 28B 为从下面看石英钟罩 112 的结构立体图。
- [0058] 图 29 为表示减压系统的排气系统结构的系统图。
- [0059] 图 30A 为表示保持部件 120 结构的俯视图。
- [0060] 图 30B 为表示保持部件 120 结构的俯视图。

- [0061] 图 31 为表示配置在加热器 24 下面的旋转驱动部 28 结构的纵截面图。
- [0062] 图 32 把旋转驱动部 28 放大表示的纵截面图。
- [0063] 图 33A 为表示托座冷却机构 234 结构的横截面图。
- [0064] 图 33B 为表示托座冷却机构 234 结构的侧视图。
- [0065] 图 34 为表示旋转位置检测机构 232 结构的横截面图。
- [0066] 图 35A 为表示旋转位置检测机构 232 非检测状态的图示。
- [0067] 图 35B 为表示旋转位置检测机构 232 检测状态的图示。
- [0068] 图 36A 为表示旋转位置检测机构 232 的光接收元件 268 输出信号 S 的波形图。
- [0069] 图 36B 为表示从旋转位置判断电路 270 输出的脉冲信号 P 的波形图。
- [0070] 图 37 为用于说明控制电路执行的旋转位置控制处理的流程图。
- [0071] 图 38 为从上面看窗口 75、76 的安装位置的横截面图。
- [0072] 图 39 为表示把窗口 75 放大表示的横截面图。
- [0073] 图 40 为表示把窗口 76 放大表示的横截面图。
- [0074] 图 41A 为表示下部箱壳 102 结构的俯视图。
- [0075] 图 41B 为表示下部箱壳 102 结构的侧视图。
- [0076] 图 42A 为表示侧面箱壳 104 结构的俯视图。
- [0077] 图 42B 为表示侧面箱壳 104 结构的主视图。
- [0078] 图 42C 为表示侧面箱壳 104 结构的后视图。
- [0079] 图 42D 为表示侧面箱壳 104 结构的左视图。
- [0080] 图 42E 为表示侧面箱壳 104 结构的右视图。
- [0081] 图 43A 为表示上部箱壳 106 结构的仰视图。
- [0082] 图 43B 为表示上部箱壳 106 结构的侧视图。
- [0083] 图 44A 为表示圆筒形箱壳 108 结构的俯视图。
- [0084] 图 44B 为表示圆筒形箱壳 108 结构的侧面纵截面图。
- [0085] 图 44C 为表示圆筒形箱壳 108 结构的侧视图。
- [0086] 图 45 为把升降机构 30 放大表示的纵截面图。
- [0087] 图 46 为把升降机构 30 的密封结构放大表示的纵截面图。
- [0088] 图 47A 为表示使用图 2 的基板处理装置 20 进行被处理基板 W 的自由基氧化情况的侧视图和俯视图。
- [0089] 图 47B 为表示图 47A 结构的俯视图。
- [0090] 图 48 为表示使用基板处理装置 20 进行的基板氧化处理工序的图示。
- [0091] 图 49 为表示在本发明中使用的 XPS 膜厚测量方法的图示。
- [0092] 图 50 为表示在本发明中使用的 XPS 膜厚测量方法的另外的图示。
- [0093] 图 51 为简要表示用基板处理装置 20 形成氧化膜时观测的氧化膜膜厚生长的停留现象的图示。
- [0094] 图 52A 为表示在硅基板表面的氧化膜形成过程 1 的图示。
- [0095] 图 52B 为表示在硅基板表面的氧化膜形成过程 2 的图示。
- [0096] 图 53 为表示在本发明第一实施例中得到的氧化膜漏电流特性的图示。
- [0097] 图 54A 为说明图 53 的漏电流特性原因的图示。

- [0098] 图 54B 为说明图 53 的漏电流特性原因的图示。
- [0099] 图 55A 为在基板处理装置 20 中产生的氧化膜形成工序 1 的图示。
- [0100] 图 55B 为在基板处理装置 20 中产生的氧化膜形成工序 2 的图示。
- [0101] 图 55C 为在基板处理装置 20 中产生的氧化膜形成工序 3 的图示。
- [0102] 图 56 为表示在基板处理装置 20 中使用的远程等离子体源结构的图示。
- [0103] 图 57 为比较 RF 远程等离子体和微波等离子体特性的图示。
- [0104] 图 58 为比较 RF 远程等离子体和微波等离子体特性的另外的图示。
- [0105] 图 59A 为表示使用基板处理装置 20 进行的氧化膜的氮化处理的侧视图。
- [0106] 图 59B 为表示使用基板处理装置 20 进行的氧化膜的氮化处理的俯视图。
- [0107] 图 60A 为表示把利用基板处理装置 20 在 Si 基板上用热氧化处理形成 2.0nm 厚度的氧化膜,使用远程等离子体部 27 在表 2 所示的条件下进行氮化时,在上述氧化膜中氮浓度分布的图示。
- [0108] 图 60B 为表示在相同氧化膜中的氮浓度分布和氧浓度分布的关系的图示。
- [0109] 图 61 为简要表示在本发明中使用的 XPS 的图示。
- [0110] 图 62 为表示氧化膜的用远程等离子体的氮化时间和膜中氮浓度关系的图示。
- [0111] 图 63 为表示氧化膜的氮化时间和氮的膜内分布关系的图示。
- [0112] 图 64 为表示用氧化膜的氮化处理形成的氧氮化膜的每个晶片的膜厚变化的图示。
- [0113] 图 65 为表示伴随用本实施例的氧化膜的氮化处理产生的膜厚增加的图示。

具体实施方式

- [0114] 与下面的图一起对本发明的实施方式进行说明。
- [0115] 图 2 为表示本发明的基板处理装置的一个实施例结构的主视图。图 3 为表示本发明的基板处理装置的一个实施例结构的侧视图。图 4 为沿图 2 中 A-A 线的横截面图。
- [0116] 如图 2 到图 4 所示,基板处理装置 20 象后面叙述的那样,以可以连续进行硅基板的紫外线光自由基氧化处理、用这样的紫外线光自由基氧化处理形成的氧化膜的使用了高频远程等离子体的自由基氮化处理的方式构成。
- [0117] 基板处理装置 20 的主要结构由在内部形成处理空间的处理容器 22、把插入处理容器 22 内部的被处理基板(硅基板)加热到规定温度的加热器部 24、放在处理容器 22 上部的紫外线照射部 26、提供氮自由基的远程等离子体部 27、使被处理基板旋转的旋转驱动部 28、使插入处理空间的被处理基板升降的升降机构 30、用于使处理容器 22 内部减压的排气通路 32、向处理容器 22 内部提供气体(氮气、氧气等的处理气体)的气体供给部 34 构成。
- [0118] 此外基板处理装置 20 具有支撑上述各主要构成部分的框架 36。框架 36 是铁骨架立体组合而成的,由放在地板面上的台形底部框架 38、从底部框架 38 后部垂直方向立起的垂直框架 40、41、从垂直框架 40 的中间部向水平方向延伸的横向架设的中间框架 42、从垂直框架 40、41 上端部向水平方向横向架设的上部框架 44 构成。
- [0119] 在底部框架 38 上放有冷却水供给部 46、由电磁阀构成的排气用阀 48a、48b、涡轮分子泵 50、真空管路 51、紫外线照射部 26 的电源单元 52、升降机构 30 的驱动部 136、气体

供给部 34 等。

[0120] 在垂直框架 40 内部形成各种插通缆线的电缆通道 40a。此外在垂直框架 41 内部形成排气通道 41a。此外固定在垂直框架 40 的中间部分的托架 58 上安装紧急停止开关 60，在固定在垂直框架 41 的中间部分的托架 62 上安装由用冷却水进行温度调整的温度调整器 64。

[0121] 在中间框架 42 上支撑有上述处理容器 22、紫外线照射部 26、远程等离子体部 27、旋转驱动部 28、升降机构 30、UV 灯控制器 57。此外上部框架 44 上放有连通从气体供给部 34 引出的多根气体管路 58 的气体盒 66、离子压力计控制器 68、进行压力控制的 APC 控制器 70、控制涡轮分子泵 50 的 TMP 控制器 72 等。

[0122] 图 5 为表示配置在处理容器 22 下面的机器结构的主视图。图 6 为表示配置在处理容器 22 下面的机器结构的俯视图。图 7 为表示配置在处理容器 22 下面的机器结构的侧视图。图 8A 为表示排气通路 32 结构的俯视图，图 8B 为表示排气通路 32 结构的主视图，图 8C 为沿 B-B 线的纵截面图。

[0123] 如图 5 至图 7 所示，在处理容器 22 的后部下面设置有把处理容器 22 内部气体排出的排气通路 32。安装此排气通路 32，使此排气通路 32 与横向宽度尺寸和在处理容器 22 内部形成的处理空间的横向宽度尺寸大体相同的长方形排气孔 74 连通。

[0124] 这样由于排气口 74 对应于处理容器 22 内部横向宽度尺寸的长度延伸形成，从处理容器 22 的前部 22a 一侧向内部提供的气体象后面要叙述的那样，通过处理容器 22 内部向后方流动，以一定的流速（层流）有效地向排气通路 32 排气。

[0125] 如图 8A～图 8C 所示，排气通路 32 具有与排气口 74 连通的长方形开口部 32a、开口部 32a 左右侧面以锥形向下方锥形倾斜的锥形部 32b、在锥形部 32b 下端通路面积缩小的底部 32c、从底部 32c 向前方伸出的 L 字形的主排气管 32d、在主排气管 32d 下端开口的排出口 32e、在锥形部 32b 下部 32f 开口的旁路用排出口 32g。排出口 32e 与涡轮分子泵 50 的吸气口连通。此外旁路用排出口 32g 与旁路管路 51a 连通。

[0126] 如图 5 至图 7 所示，从处理容器 22 的排气口 74 排出的气体利用涡轮分子泵 50 的吸引力从作成长方形的开口部 32a 流入，通过锥形部 32b 到达底部 32c，通过主排气管 32d 和排出口 32e 导向涡轮分子泵 50。

[0127] 涡轮分子泵 50 的吐出管 50a 通过阀门 48a 与真空管路 51 连通。因此打开阀门 48a 后，填充到处理容器 22 内部的气体通过涡轮分子泵 50 向真空管路 51 排出。此外在排气通路 32 的旁路用排出口 32g 连接旁路管路 51a，此旁路管路 51a 利用阀门 48b 与真空管路 51 连通。

[0128] 下面对构成本发明主要部分的处理容器 22 和它四周的机器的构成进行说明。

[0129] [处理容器 22 的结构]

[0130] 图 9 为把处理容器 22 和它周围机器放大表示的侧面纵截面图。图 10 为从上面看取下盖部件 82 的处理容器 22 内部的俯视图。

[0131] 如图 9 和图 10 所示，处理容器 22 以用盖部件 82 盖住室 80 的上部开口的方式构成，内部成为处理空间（处理空间）84。

[0132] 处理容器 22 在前部 22a 形成提供气体的供给口 22g，在后部 22b 形成输送口 94。在供给口 22g 设置后面要叙述的气体喷嘴部 93，后面要叙述的闸阀 96 被连通在输送口 94

上。

[0133] 图 11 为处理容器 22 的俯视图。图 12 为处理容器 22 的主视图。

[0134] 图 13 为处理容器 22 的仰视图。图 14 为沿图 12 中 C-C 线的纵截面图。

[0135] 图 15 为处理容器 22 的右视图。图 16 为处理容器 22 的左视图。

[0136] 如图 11 至图 16 所示,在处理容器 22 的底部 22c 上设置有插入加热器部 24 的开口 73、前述的长方形开口的排气口 74。前述排气通路 32 与排气口 74 连通。室 80 和盖部件 82 是通过例如把铝合金切削加工而加工成上述形状的部件。

[0137] 此外在处理容器 22 的右侧面 22e 安装有用于窥视处理空间 84 的第一、第二窗口 75、76、用于检测处理空间 84 温度的传感器单元 77。

[0138] 在本实施例中,由于在右侧面 22e 中央偏左侧配置形成为椭圆形的第一窗口 75,在右侧面 22e 中央偏右侧配置形成为圆形的第二窗口 76,由于可以从两个方向直接观察放置在处理空间 84 内的被处理基板 W 的状态,所以有利于对被处理基板 W 成膜情况等观测。

[0139] 窗口 75、76 以在插入热电偶等温度检测器具的情况下,可以从处理容器 22 取出的方式构成。

[0140] 此外在处理容器 22 的左侧面 22d 安装有用于检测处理空间 84 压力的传感器单元 85。在此传感器单元 85 上设置有检测范围不同的 3 个压力计 85a ~ 85c,可以高精度检测处理空间 84 的压力变化。

[0141] 此外在形成处理空间 84 的处理容器 22 的内壁四个角设置有作成 R 形的弯曲部分 22h,用此弯曲部分 22h 避免应力集中,同时具有使从气体喷嘴部 93 喷出的气流稳定的作用。

[0142] [紫外线照射部 26 的结构]

[0143] 如图 8 至图 11 所示,紫外线照射部 26 被安装在盖部件 82 的上面。在此紫外线照射部 26 的框体 26a 内部以规定间隔平行配置作成圆筒形的 2 个紫外线光源 (UV 灯) 86、87。

[0144] 此紫外线光源 86、87 具有发射波长 172nm 紫外线的特性,被设置成以通过在盖部件 82 上形成的在横方向上延伸形成的长方形开口 82a、82b,面对放置在处理空间 84 中的被处理基板 W 的上面的方式,使紫外线照射处理空间 84 的前侧半部分 (图 8 的左半侧) 区域。

[0145] 此外从直线状延伸的紫外线光源 86、87 照射被处理基板 W 上的紫外线的强度分布是不一样的,根据被处理基板 W 的半径方向的位置而改变,一方面越向被处理基板 W 的外周侧越减小,另一方面越向内周侧越减小。这样紫外线光源 86、87 在被处理基板 W 上形成单独单调变化的紫外线强度分布,相对于被处理基板 W 的紫外线强度分布的变化方向相反。

[0146] 因此通过用 UV 灯控制器 57 对紫外线光源 86、87 的驱动功率进行控制实现最佳化,可以实现在被处理基板 W 上非常均匀的紫外线强度分布。

[0147] 这样的驱动功率的最佳值可以改变向紫外线光源 86、87 的驱动输出,用成膜结果求出最佳值。

[0148] 被处理基板 W 和紫外线光源 86、87 的圆筒形的圆筒芯中心的距离例如设定为 50 ~ 300mm,优选 100 ~ 200mm 左右。

[0149] 图 17 为把安装紫外线光源 86、87 的安装结构放大表示的纵截面图。

[0150] 如图 17 所示,紫外线光源 86、87 被保持在面对紫外线照射部 26 框体 26a 底部开口 26b 的位置。底部开口 26b 在面保持在处理空间 84 中的被处理基板 W 的上面的位置开口,同时作成比紫外线光源 86、87 全长长的横向宽度尺寸的长方形。

[0151] 在底部开口 26b 的周边部分 26c 上安装用透明石英作成的透明窗 88。透明窗 88 使从紫外线光源 86、87 照射的紫外线透过处理空间 84,同时具有承受在使处理空间 84 减压时的压力差的强度。

[0152] 此外在透明窗 88 下面周边部分作成密封面 88a,密封面 88a 与装在底部开口 26b 周边部分 26c 的槽内的密封部件 (O 型圈) 89 相接触。此密封面 88a 用保护密封部件 89 的涂层或黑石英制成。这样密封部件 89 的材质不分解,防止质量恶化,确保密封性能,同时防止密封部件 89 的材质侵入处理空间 84。

[0153] 不锈钢制的盖 88b 与透明窗 88 上面周边部分相接触,提高用紧固部件 91 夹持透明窗 88 时的强度,用紧固时的挤压力防止透明窗 88 破损。

[0154] 此外在本实施例中,以向相对于从气体喷嘴 93 喷射的气体流动方向而垂直的方向延伸的形式设置紫外线光源 86、87 和透明窗 88,但并不限于此,例如也可以在气体流动方向延伸的形式设置紫外线光源 86、87 和透明窗 88。

[0155] [气体喷嘴部 93 的结构]

[0156] 如图 9 和图 10 所示,处理容器 22 在开口于前部 22a 的供给口 22g 上设置向处理空间 84 内部喷射氮气或氧气的气体喷嘴部 93。此气体喷嘴部 93 象后面要叙述的那样,在处理空间 84 横向宽度方向配置一排多个喷射口 93a,从多个喷射口 93a 喷射的气体在处理空间 84 内部生成稳定的气流,以层流状态通过被处理基板 W 表面。

[0157] 盖住处理空间 84 的盖部件 82 的下面和被处理基板 W 的距离例如设定为 5 ~ 100mm,优选为 25 ~ 85mm 左右。

[0158] [加热器部 24 的结构]

[0159] 如图 9 和图 10 所示,加热器部 24 是具有铝合金制的底座 110、固定在底座 110 上的透明的石英钟罩 112、装在石英钟罩 112 内部空间 113 中的 SiC 加热器 114、用不透明的石英作成的热反射部件 (反射器) 116、用保持在石英钟罩 112 上面的 SiC 加热器 114 加热的 SiC 基座 (加热部件) 118 的结构。

[0160] 因此 SiC 加热器 114 和热反射部件 116 在石英钟罩 112 内部空间 113 被隔开,防止在处理空间 84 的污染。此外在净化工序中,由于仅净化在处理空间 84 内露出的 SiC 基座 118 就可以,可以省略了净化 SiC 加热器 114 和热反射部件 116 的麻烦。

[0161] 被处理基板 W 被用保持部件 120 保持成与 SiC 基座 118 的上方面对。另一方面 SiC 加热器 114 载置在热反射部件 116 的上面, SiC 加热器 114 的发热被放射到 SiC 基座 118,同时用热反射部件 116 反射的热也放射到 SiC 基座 118。再有本实施例的 SiC 加热器 114 在稍稍离开 SiC 基座 118 的状态下,能加热到 700℃ 的温度。

[0162] SiC 基座 118 由于导热率高,从 SiC 加热器 114 发出的热有效地传递到被处理基板 W,消除被处理基板 W 周边部分和中心部分的温度差,防止被处理基板 W 因温度差造成翘曲。

[0163] [旋转驱动部 28 的结构]

[0164] 如图 9 和图 10 所示,旋转驱动部 28 由在 SiC 基座 118 上方保持被处理基板 W 的保持部件 120、固定在上述底座 110 下面的套管 (casing) 122、在由套管 122 划分的内部空

间 124 内,使连接在保持部件 120 的轴 120d 上的陶瓷轴 126 旋转驱动的马达 128、用于传递马达 128 旋转的磁性连接器 (magnet coupling)130 构成。

[0165] 在旋转驱动部 28 中,由于是保持部件 120 的轴 120d 贯通石英钟罩 112 连接在陶瓷轴 126 上,在陶瓷轴 126 和马达 128 的旋转轴之间通过磁性连接器 130 以非接触式传递驱动力的结构,所以旋转驱动系统的结构紧凑,有利于整个装置小型化。

[0166] 保持部件 120 具有从轴 120d 上端向水平方向呈放射状(圆周方向间隔 120 度)延伸的腕部 120a ~ 120c。被处理基板 W 呈保持在保持部件 120 的腕部 120a ~ 120c 上的状态。这样保持的被处理基板 W 与保持部件 120 一起用马达 128 以一定的旋转速度旋转,这样使因 SiC 加热器 114 的发热造成的温度分布均匀化,同时从紫外线光源 86、87 照射的紫外线强度分布变得均匀,可以在表面上进行均匀成膜。

[0167] [升降机构 30 的结构]

[0168] 如图 9 和图 10 所示,升降机构 30 被设置在室 80 的下方、而且在石英钟罩 112 的侧面,由插入室 80 内的升降臂 132、连接在升降臂 132 上的升降轴 134、使升降轴 134 升降的驱动部 136 构成。升降臂 132 例如用陶瓷或石英制成,如图 10 所示,具有连接升降轴 134 上端的连接部分 132a、围住 SiC 基座 118 外围的环形部分 132b。而在升降臂 132 上设有在圆周方向以 120 度间隔从环形部分 132b 的内周向中心延伸的 3 根接触销 138a ~ 138c。

[0169] 接触销 138a ~ 138c 是下降到与从 SiC 基座 118 的外周向中心延伸形成的槽 118a ~ 118c 嵌合的位置,利用升降臂 132 升高移动到 SiC 基座 118 上方。此外接触销 138a ~ 138c 被配置成不干扰从 SiC 基座 118 中心向外周一侧延伸形成的保持部件 120 的腕部 120a。

[0170] 在输送自动机 98 的机械手把被处理基板 W 取出之前,使上述接触销 138a ~ 138c 与被处理基板 W 下面接触,升降臂 132 用保持部件 120 的腕部 120a ~ 120c 抬起被处理基板 W。这样输送自动机 98 的机械手可以移动到被处理基板 W 下面,升降臂 132 下降可以保持被处理基板 W 而输送。

[0171] (石英衬套 100 的结构)

[0172] 如图 9 和图 10 所示,为了遮挡紫外线,在处理容器 22 内部装有例如用白色等不透明石英制成的石英衬套 100。此外石英衬套 100 为把后面要叙述的下部箱壳 102、侧面箱壳 104、上部箱壳 106、覆盖石英钟罩 112 外围的圆筒形箱壳 108 组合的结构。

[0173] 此石英衬套 100 通过覆盖形成处理空间 84 的处理容器 22 和盖部件 82 的内壁,可以得到防止处理容器 22 和盖部件 82 热膨胀的隔热效果,同时防止处理容器 22 和盖部件 82 内壁因紫外线而氧化,而且具有防止金属污染的作用。

[0174] [远程等离子体部 27 的结构]

[0175] 如图 9 和图 10 所示,向处理空间 84 提供氮自由基的远程等离子体部 27 安装在处理容器 22 的前部 22a,通过供给管路 90 与处理容器 22 的供给口 92 连通。

[0176] 用此远程等离子体部 27 提供 Ar 等非活性气体,同时提供氮气。通过把它用等离子体活化,可以形成氮自由基。这样形成的氮自由基沿被处理基板 W 表面流动,使表面氮化。

[0177] 也可以实施除了氮气以外,使用 O₂、NO、N₂O、NO₂、NH₃ 气体等的氧化、氧氮化自由基工艺。

[0178] [闸阀 96 的结构]

[0179] 如图 9 和图 10 所示,在处理容器 22 后部设有用于输送被处理基板 W 的输送口 94。此输送口 94 用闸阀 96 关闭,仅在要输送被处理基板 W 时,用闸阀 96 进行打开动作而开放。

[0180] 在闸阀 96 后方设有输送自动机 98。与闸阀 96 的打开动作一致,输送自动机 98 的机械手从输送口 94 进入到处理空间 84 内部,进行交换被处理基板 W 的操作。

[0181] [上述各构成部分的详细说明]

[0182] (1) 下面对上述气体喷嘴部 93 的结构进行详细说明。

[0183] 图 18 为把气体喷嘴部 93 的结构放大表示的纵截面图。图 19 为把气体喷嘴部 93 的结构放大表示的横截面图。图 20 为把气体喷嘴部 93 的结构放大表示的主视图。

[0184] 如图 18 至图 20 所示,气体喷嘴部 93 在前面中央有连通上述远程等离子体部 27 供给管路 90 的连通孔 92,在连通孔 92 的上方安装有多个喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 横方向配置为一排的喷嘴板 $93b_1 \sim 93b_3$ 。喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 例如是直径 1mm 的小孔,隔 10mm 设置。

[0185] 此外在本实施例中,设置了由小孔构成的喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$,但并不限于此,例如也可以采用把细槽作为喷射孔设置的结构

[0186] 此外喷嘴板 $93b_1 \sim 93b_3$ 被固定在气体喷嘴部 93 的壁面上。因此从喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 喷射的气体从气体喷嘴部 93 的壁面流向前方。

[0187] 例如喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 被设在管状喷嘴管路的情况下,从喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 喷射的气体的一部分产生返回到喷嘴管路后方的流动,气体滞留在处理空间 84 内,会产生被处理基板 W 周围气流不稳定的问题。

[0188] 可是在本实施例中,由于喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 是在气体喷嘴部 93 的壁面上形成的结构,这样的气体不产生向喷嘴后方返回的现象,可以使被处理基板 W 周围的气流保持稳定的层流状态。这样被处理基板 W 上的成膜均匀。

[0189] 在面对喷嘴板 $93b_1 \sim 93b_3$ 的内壁上形成起到作为气体滞留功能的凹部 $93c_1 \sim 93c_3$ 。由于此凹部 $93c_1 \sim 93c_3$ 设在喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 的上游,可以使从各喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 喷射的气体各自的流速均匀。这样可以使处理空间 84 整个区域的流速均匀。

[0190] 还有凹部 $93c_1 \sim 93c_3$ 与贯通气体喷嘴部 93 的气体供给孔 $93d_1 \sim 93d_3$ 连通。中间的气体供给孔 $93d_2$ 以不与连通孔 92 交叉的方式在横方向上偏离的位置上形成,弯曲成曲柄形状。

[0191] 把用第一质量流量控制器 97a 控制流量的气体通过气体供给管路 99_2 提供给中间的气体供给孔 $93d_2$ 。此外把用第二质量流量控制器 97b 控制流量的气体通过供给管路 99_1 、 99_3 提供给设置在气体供给孔 $93d_2$ 左右的气体供给孔 $93d_1$ 、 $93d_3$ 。

[0192] 此外第一质量流量控制器 97a 和第二质量流量控制器 97b 通过气体供给管路 99_4 、 99_5 与气体供给部 34 连接,把从气体供给部 34 提供的气体流量控制在预先设定的流量。

[0193] 从第一质量流量控制器 97a 和第二质量流量控制器 97b 提供的气体通过气体供给管路 $99_1 \sim 99_3$ 到达气体供给孔 $93d_1 \sim 93d_3$,填充到凹部 $93c_1 \sim 93c_3$ 后,从喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 向处理空间 84 喷射。

[0194] 处理空间 84 的气体由于从在处理容器 22 的前部 22a 的横向宽度方向延伸的各喷嘴板 $93b_1 \sim 93b_3$ 的喷射孔 $93a_1 \sim 93a_n$ 向处理空间 84 的整个宽度喷射,在处理空间 84 的整个区域以一定流速(层流)流向处理容器 22 的后部 22b 侧。

[0195] 此外由于在处理容器 22 的后部 22b 一侧开有在后部 22b 横向宽度方向延伸的长

方形排气孔 74, 处理空间 84 内的气体向后方流动, 以一定流速 (层流) 向排气通路 32 排气。

[0196] 在本实施例中, 由于可以是 2 个系统的流量控制, 例如也可以用第一质量流量控制器 97a 和第二质量流量控制器 97b 控制不同的流量。

[0197] 这样也可以设定成向处理空间 84 提供的气体流量 (流速) 不同, 使处理空间 84 内的气体浓度分布改变。也可以用第一质量流量控制器 97a 和第二质量流量控制器 97b 提供不同种类的气体, 例如用第一质量流量控制器 97a 进行氮气流量控制, 用第二质量流量控制器 97b 进行氧气流量控制。

[0198] 使用的气体例如可以例举的有含氧的气体、含氮的气体、稀有气体等。

[0199] (2) 下面对加热器 24 的结构进行详细说明。

[0200] 图 21 为把加热器部 24 的结构放大表示的纵截面图。图 22 为把加热器部 24 放大表示的仰视图。

[0201] 如图 21 和图 22 所示, 把石英钟罩 112 保持在铝合金制的底座 110 上, 通过凸缘 140 把加热器部 24 固定在处理容器 22 的底部 22c 上。在石英钟罩 112 的内部空间 113 中装入 SiC 加热器 114 和热反射部件 116。因此 SiC 加热器 114 和热反射部件 116 成为与处理容器 22 的处理空间 84 隔开, 与处理空间 84 的气体不接触, 不产生污染的结构。

[0202] SiC 基座 118 面对 SiC 加热器 114 保持在石英钟罩 112 上, 用高温计 119 检测温度。此高温计 119 是利用伴随 SiC 基座 118 被加热产生的热电效应 (热电效应: pyroelectric effect), 检测 SiC 基座 118 温度的, 在控制电路中从用高温计 119 检测的温度信号推测被处理基板 w 的温度, 根据此推测的温度控制 SiC 加热器 114 的发热量。

[0203] 在后面要叙述的那样使处理容器 22 的处理空间 84 减压时, 同时减压系统动作, 使石英钟罩 112 的内部空间 113 减压, 以使石英钟罩 112 的内部空间 113 和处理空间 84 的压力差变小。因此石英钟罩 112 不必考虑减压工序时的压力差而确定壁厚 (例如 30mm 左右), 减小热容量后, 提高此部分加热时的响应性能。

[0204] 底座 110 作成圆盘形, 在中央有插入保持部件 120 的轴 120d 的中心孔 142, 在内部设有沿周方向延伸的冷却水用的第一水道 144。底座 110 由于是铝合金制的, 热膨胀系数大, 通过在第一水道 144 流过冷却水被冷却。

[0205] 凸缘 140 是把夹在底座 110 和处理容器 22 底部 22c 之间的第一凸缘 146 和嵌合在第一凸缘 146 的内周上的第二凸缘 148 组合的结构。在第一凸缘 146 内周面上设有沿周向延伸形成的冷却水用的第二水道 150。

[0206] 从上冷却水供给部 46 供给的冷却水通过流经上述水道 144 和 150, 冷却因 SiC 加热器 114 发热而被加热的底座 110 和凸缘 140, 抑制底座 110 和凸缘 140 的热膨胀。

[0207] 此外在底座 110 下面设有连通使冷却水流入水道 144 的第一流入管道 152 的第一流入口 154、以及连通把通过水道 144 的冷却水排出的流出管道 156 的第一流出口 158。在底座 110 下面外周附近在周向设有多个 (例如 8 ~ 12 个部位左右) 用于插入紧固第一凸缘 146 的螺栓 160 的安装孔 162。

[0208] 在底座 110 下面半径方向上的中间位置附近, 设有由用于检测 SiC 加热器 114 温度的热电偶构成的温度传感器 164、用于向 SiC 加热器 114 提供电源的电源电缆连接用端子 (ソルトン端子: Solton terminal) 166a ~ 166f。在 SiC 加热器 114 中形成 3 个区域,

电源电缆连接用端子 166a ~ 166f 被设置成向各区域提供电源的 + 侧端子、- 侧端子。

[0209] 在凸缘 140 下面设有连通使冷却水流入水道 150 的第二流入管道 168 的第二流入口 170、以及连通把通过水道 150 的冷却水排出的流出管道 172 的第二流出口 174。

[0210] 图 23 为把第二流入口 170 和第二流出口 174 的安装结构放大表示的纵截面图。图 24 为把凸缘 140 的安装结构放大表示的纵截面图。

[0211] 如图 23 所示,在第一凸缘 146 上设有连通第二流入口 170 的 L 字形连通孔 146a。此连通孔 146a 端部被连通在水道 150 上。此外第二流出口 174 也以与上述第二流入口 170 一样的结构被连通在水道 150 上。

[0212] 水道 150 由于是在凸缘 140 内部在周向延伸形成,通过冷却凸缘 140,也间接冷却了夹在第一凸缘 146 的台阶部 146b 和底座 110 之间的石英钟罩 112 的凸边部分 112a 的温度。这样可以抑制石英钟罩 112 的凸边部分 112a 在半径方向上的热膨胀。

[0213] 如图 23 和图 24 所示,在石英钟罩 112 的凸边部分 112a 下面沿着周向以规定间隔设有多个定位孔 178。此定位孔 178 是与拧在底座 110 上面的销 176 配合的孔,作成孔径比销 176 的外径大,使热膨胀系数大的底座 110 在半径方向产生热膨胀时,凸边部分 112a 不承受负荷。也就是允许底座 110 相对于石英钟罩 112 的凸边部分 112a 的热膨胀仅仅为销 176 和定位孔 178 的间隙部分。

[0214] 此外由于石英钟罩 112 的凸边部分 112a 相对于第一凸缘 146 的台阶部 146b 设置有半径方向的间隙,从此点也可以仅仅允许底座 110 的此间隙部分的热膨胀。

[0215] 在石英钟罩 112 的凸边部分 112a 下面用装在底座 110 上面的密封部件 (O 型圈) 180 密封,在石英钟罩 112 的凸边部分 112a 上面用装在第一凸缘 146 上密封部件 (O 型圈) 182 密封。

[0216] 在第一凸缘 146 和第二凸缘 148 上面用装在处理容器 22 底部 22c 上的密封部件 (O 型圈) 184、186 密封。此外在第二凸缘 148 下面用装在底座 110 上面的密封部件 (O 型圈) 188 密封。

[0217] 这样在底座 110 和凸缘 140 之间、凸缘 140 和处理容器 22 底部 22c 之间分别为双重密封的结构,即使某一个密封部件损坏,用另一个密封部件也能密封,所以更进一步提高了对处理容器 22 和加热器部 24 之间密封结构的可靠性。

[0218] 例如石英钟罩 112 破裂的情况下,或在凸边部分 112a 产生细裂纹的情况下,用配置在比凸边 112a 更外侧的密封部件 180 也能确保石英钟罩 112 内部的气密性,能阻止处理容器 22 内的气体流到外部。

[0219] 或者即使在加热器部 24 附近的密封部件 180、182 恶化的情况下,用装在离开加热器部 24 的位置外侧的密封部件 186、188 也能保持处理容器 22 和底座 110 之间的密封性能,所以可以防止长年时效变化造成的气体泄漏。

[0220] 如图 21 所示,SiC 加热器 114 在石英钟罩 112 内部空间 113 中被载置在热反射部件 116 上面,而且用在底座 110 上面立起的多个夹持机构 190 保持在规定高度。

[0221] 此夹持机构 190 具有抵接在热反射部件 116 下面的外筒 190a、贯通外筒 190a 抵接在 SiC 加热器 114 上面的轴 190b、相对轴 190b 按压外筒 190a 的螺旋弹簧 192。

[0222] 而由于成为夹持机构 190 用螺旋弹簧 192 的弹力夹持 SiC 加热器 114 和热反射部件 116 的结构,例如即使在搬运时引起振动的情况下,SiC 加热器 114 和热反射部件 116 也

可以不与石英钟罩 112 接触。此外因一直作用有上述螺旋弹簧 192 的弹力,也可以防止因热膨胀造成弹簧的松弛,能保持 SiC 加热器 114 和热反射部件 116 没有松动的稳定状态。

[0223] 此外各夹持机构 190 以相对于底座 110 可以任意调整 SiC 加热器 114 和热反射部件 116 高度位置的方式构成,利用多个夹持机构 190 高度位置调整,可以使 SiC 加热器 114 和热反射部件 116 保持水平状态。

[0224] 用于与 SiC 加热器 114 的各端子和穿过底座 110 的电源电缆连接用端子 166a ~ 166f 进行电连接的连接部件 194a ~ 194f(其中图 21 中表示了连接部件 194a、194c)被安装在石英钟罩 112 的内部空间 113 中。

[0225] 图 25 为把夹持机构 190 上端部分的安装结构放大表示的纵截面图。

[0226] 如图 25 所示,夹持机构 190 利用紧固拧入到插通热反射部件 116 的插通孔 116a 和 SiC 加热器 114 的插通孔 114e 的轴 190b 上端的螺母 193,通过垫片 195 把 L 字形垫片 197、199 向轴方向按压,夹持 SiC 加热器 114。

[0227] SiC 加热器 114 是 L 字形垫片 197、199 的圆筒部分 197a、199a 被插入到插通孔 114e,夹持机构 190 的轴 190b 插通到圆筒部 197a、199a 内。L 字形垫片 197、199 的凸边部分 197b、199b 与 SiC 加热器 114 的上面、下面抵接。

[0228] 夹持机构 190 的轴 190b 被用上述螺旋弹簧 192 的弹力向下作用,而且夹持机构 190 的外筒 190a 被用上述螺旋弹簧 192 的弹力向上作用。这样螺旋弹簧 192 的弹力起到作为夹持力的作用,所以热反射部件 116 和 SiC 加热器 114 保持稳定,可以防止搬运时的振动造成的破损。

[0229] SiC 加热器 114 的插通孔 114e 孔径比 L 字形垫片 197a、197b 的圆筒部分 197c、197d 大,设置间隙。因此在由于因 SiC 加热器 114 的发热产生的热膨胀,插通孔 114e 和轴 190b 的位置产生相对位置变化的情况下,插通孔 114e 可以在抵接 L 字形垫片 197、199 的凸边部分 197b、199b 的状态下在水平方向偏离,可以防止伴随热膨胀产生的应力。

[0230] (3) 下面对 SiC 加热器 114 进行说明。

[0231] 如图 26 所示, SiC 加热器 114 由在中心部分形成圆形的第一发热部 114a、围绕第一发热部 114a 外围形成圆弧形的第二、第三发热部 114b、114c 构成。此外在 SiC 加热器 114 的中心设置有保持部件 120 的轴 120d 插通的插通孔 114d。

[0232] 发热部 114a ~ 114c 分别并列连接在加热器控制电路 196 上,用温度控制器 198 控制在设定的任意温度。用加热器控制电路 196 通过控制从电源 200 向发热部 114a ~ 114c 提供的电压,控制从 SiC 加热器 114 放射的发热量。

[0233] 此外因发热部 114a ~ 114c 容量不同的话,电源 200 的负担增加,所以在本实施例中,以各发热部 114a ~ 114c 的容量 (2KW) 相同的方式设定电阻。

[0234] 加热器控制电路 196 可以选择使发热部 114a ~ 114c 同时通电发热的控制方法 I、根据被处理基板 W 的温度分布情况,使中心的第一发热部 114a 或使外侧的第二、第三发热部 114b、114c 的某一个发热的控制方法 II、根据被处理基板 W 的温度变化情况,使发热部 114a ~ 114c 同时发热,使第一发热部 114a 或第二、第三发热部 114b、114c 的某一个发热的控制方法 III。

[0235] 被处理基板 W 在用上述保持部件 120 保持的状态下边旋转,边用各发热部 114a ~ 114c 的发热进行加热时,有时由于周边侧和中心部分的温度差造成周边部分向上翘曲。可

是在本实施例中, SiC 加热器 114 通过热传导率良好的 SiC 基座 118 加热被处理基板 W, 所以被处理基板 W 的整体用从 SiC 加热器 114 发射的热进行加热, 可以抑制被处理基板 W 的周边部分和中心部分的温度差为小, 防止被处理基板 W 翘曲。

[0236] (4) 下面对石英钟罩 112 的结构进行详细说明。

[0237] 图 27A 为表示石英钟罩 112 的结构的俯视图。图 27B 为表示石英钟罩 112 的结构的纵截面图。图 28A 为从上面看石英钟罩 112 的结构的立体图。图 28B 为从下面看石英钟罩 112 的结构的立体图。

[0238] 如图 27A、图 27B 和图 28A、图 28B 所示, 石英钟罩 112 用透明的石英作成, 具有在前述的凸边部分 112a 的上方形成的圆筒部分 112b、覆盖圆筒部分 112b 上方的顶板 112c、从顶板 112c 中间向下延伸的中空部 112d、横跨在凸边部分 112a 内侧形成的开口的用于增强的梁部 112e。

[0239] 凸边部分 112a 和顶板 112c 由于承受负荷, 所以要作成比圆筒部分 112b 厚。此外石英钟罩 112 由于在纵方向延伸的中空部 112d 和在横方向延伸的梁部 112e 在内部交叉, 所以能提高上下方向和半径方向的强度。

[0240] 在梁部 112e 的中间位置与中空部 112d 下端部分连接, 中空部 112d 内的插通孔 112f 也贯通梁部 112e。保持部件 120 的轴 120d 插通此插通孔 112f 中。

[0241] 前述 SiC 加热器 114 和热反射部件 116 插入石英钟罩 112 的内部空间 113 中。此外 SiC 加热器 114 和热反射部件 116 作成圆盘形, 但是可分割成圆弧形的结构。避开梁部 112e 后, 在插入内部空间 113 后组装。

[0242] 在石英钟罩 112 的顶板 112c 上在 3 个部位伸出设置用于支撑 SiC 基座 118 的凸起部分 112g ~ 112i (间隔 120 度)。因此被支撑在凸起部分 112g ~ 112i 上的 SiC 基座 118 被保持成仅仅从顶板 112c 浮起的状态。因此即使由于处理容器 22 的内部压力变化或产生温度变化, SiC 基座 118 向下方变动的情况下, 也能防止接触顶板 112c。

[0243] 此外石英钟罩 112 内部压力象后面要叙述的那样, 由于进行基于减压系统的排气流量的控制, 使与处理容器 22 的处理空间 84 的压力差在 50Torr 以下, 所以可以使石英钟罩 112 的壁厚可以作得比较薄。这样由于可以使顶板 112c 的厚度减薄到 6 ~ 10mm 左右, 所以石英钟罩 112 的热容量变小, 提高了加热时的热传导效率, 所以可以提高响应性能。本实施例的石英钟罩 112 被设计成可以承受 100Torr 压力的强度。

[0244] 图 29 为表示减压系统的排气系统结构的系统图。

[0245] 如图 29 所示, 利用打开阀门 48a 通过连通排气口 74 的排气通路 32, 利用涡轮分子泵 50 的吸引力使处理容器 22 的处理空间 84 减压。此外连接涡轮分子泵 50 的排气口的真空管路 51 的下游与吸引被排放的气体的泵 (MBP) 201 连通。

[0246] 石英钟罩 112 的内部空间 113 通过排气管路 202 与旁路管路 51a 连接, 由旋转驱动部 28 的套管 122 划分的内部空间 124 通过排气管路 204 与旁路管路 51a 连接。

[0247] 检测内部空间 113 压力的压力计 205、使石英钟罩 112 的内部空间 113 减压时被打开的阀门 206 被设置在排气管路 202 上。此外在旁路管路 51a 上如前所述设置阀门 48b, 而且设置把阀门 48b 旁路的分支管路 208。在此分支管路 208 上设置有用在减压工序初期阶段打开的阀门 210、与阀门 48b 相比用于减小流量的可变节流阀 211。

[0248] 此外在涡轮分子泵 50 的排气一侧设置有开闭用的阀门 212、检测排气一侧压力的

压力计 214。在涡轮轴净化用的 N₂ 管线被连通在涡轮分子泵 50 上的涡轮管路 216 上设置有逆止阀 218、节流阀 220、阀门 222。

[0249] 上述阀门 206、210、212、222 由电磁阀构成,用从控制电路来的控制信号打开阀门。

[0250] 用上述结构的减压系统在进行处理容器 22、石英钟罩 112、旋转驱动部 28 的减压工序的情况下,不是一下子减压,而是分阶段减压,逐渐减压到接近真空。

[0251] 首先打开设在石英钟罩 112 的排气管路 202 上的阀门 206,石英钟罩 112 的内部空间 113 和处理空间 84 之间通过排气通路 32 成连通状态,进行压力均匀化。这样在减压工序开始阶段的石英钟罩 112 的内部空间 113 和处理空间 84 之间的压力差变小。

[0252] 然后使设在上述分支管路 208 上的阀门 210 打开,用由可变节流阀 211 缩小的小流量进行减压。此后使设在旁路管路 51a 上的阀门 48b 打开,使排气流量分阶段增加。

[0253] 而且,比较用压力计 205 检测的石英钟罩 112 的压力和用传感器单元 85 的压力计 85a ~ 85c 检测的处理空间 84 的压力,两压力差在 50Torr 以下时,打开阀门 48b。这样在减压工序中,缓和加在石英钟罩 112 的内外压力差,以在石英钟罩 112 上不作用有不必要的应力的方式进行减压工序。

[0254] 经过规定时间后,使阀门 48a 打开,使用涡轮分子泵 50 的吸引力造成的排气流量增加,把处理容器 22、石英钟罩 112、旋转驱动部 28 内部减压到真空。

[0255] (5) 下面对上述保持部件 120 的结构进行说明。

[0256] 图 30A 为表示保持部件 120 结构的俯视图。图 30B 为表示保持部件 120 结构的俯视图。

[0257] 如图 30A、图 30B 所示,保持部件 120 由支撑被处理基板 W 的腕部 120a ~ 120c、与腕部 120a ~ 120c 连接的轴 120d 构成。为了防止在处理空间 84 中的污染,而且不遮挡从 SiC 基座 118 来的热,腕部 120a ~ 120c 用透明石英作成,以轴 120d 的上端为中心轴,以 120 度的间隔在水平方向上放射状延伸。

[0258] 在腕部 120a ~ 120c 长度方向的中间位置突出有抵接在被处理基板 W 下面的凸起部分 120e ~ 120g。因此被处理基板 W 由与凸起部分 120e ~ 120g 抵接的 3 个点支撑。

[0259] 这样由于保持部件 120 是以点接触支撑被处理基板 W 的结构,所以可以把被处理基板 W 保持在稍稍离开 SiC 基座 118 一点距离的位置。SiC 基座 118 和被处理基板 W 的分开间距例如为 1 ~ 20mm,优选为 3 ~ 10mm 左右。

[0260] 也就是被处理基板 W 以浮在 SiC 基座 118 的上方的状态旋转,与直接保持在 SiC 基座 118 上的情况相比,从 SiC 基座 118 来的热均匀放射,难以产生周边部分和中心部分的温度差,可以防止因温度差造成的被处理基板 W 的翘曲。

[0261] 由于被处理基板 W 保持在离开 SiC 基座 118 的位置上,即使产生因温度差造成的翘曲,也不与 SiC 基座 118 接触,伴随稳定时的温度均匀化,可以恢复到原来的水平状态。

[0262] 保持部件 120 的轴 120d 用不透明的石英作成棒状,插通上述 SiC 基座 118 和石英钟罩 112 的插通孔 112f,向下方延伸。这样保持部件 120 是在处理空间 84 内保持被处理基板 W 的部件,由于是用石英作成,所以与金属相比,不担心污染。

[0263] (6) 下面对上述旋转驱动部 28 的结构进行详细说明。

[0264] 图 31 为表示配置在加热器 24 下面的旋转驱动部 28 结构的纵截面图。图 32 把旋

转驱动部 28 放大表示的纵截面图。

[0265] 如图 31 和图 32 所示,用于支撑旋转驱动部 28 的托座 230 被紧固在加热器 24 的底座 110 下面。此托座 230 设置有旋转位置检测机构 232、托座冷却机构 234。

[0266] 保持部件 120 的轴 120d 插通固定后的陶瓷轴 126 插入到托座 230 的下方,保持支撑陶瓷轴 126 可以旋转的陶瓷轴承 236、237 的固定一侧套管 122 被用螺栓 240 固定在托座 230 的下方。

[0267] 在套管 122 内由于旋转部分由陶瓷轴 126 和陶瓷轴承 236、237 构成,可以防止金属的污染。

[0268] 套管 122 具有插通螺栓 240 的凸缘 242、从凸缘 238 向下方延伸形成的有底筒形的隔壁 244。在隔壁 244 的外周面设置有连通前述减压系统的排气管路 204 的排气口 246,套管 122 的内部空间 124 的气体在用前述的减压系统进行的减压工序中,被排气减压。因此可以防止处理空间 84 内的气体沿保持部件 120 的轴 120d 流向外面。

[0269] 在内部空间 124 中装有磁性连接器 130 的从动侧磁体 248。为了防止污染,此从动侧磁体 248 由与陶瓷轴 126 外周嵌合的磁体盖 250 覆盖,被安装成与内部空间 124 内的气体不接触。

[0270] 磁体盖 250 是用铝合金作成的环形盖,形成装入内部的环形空间。在内部装入成没有松动的状态。此外磁体盖 250 的接缝部分用电子束焊接,连成没有间隙,以不象钎焊那样银流出而产生污染的方式进行处理。

[0271] 在套管 122 的外周上嵌合方式地设置有筒形形成的大气侧旋转部分 252,通过轴承 254、255 可旋转地支撑。而在大气侧旋转部 252 内周安装磁性连接器 130 的驱动侧磁体 256。

[0272] 大气侧旋转部 252 下端部分 252a 通过传动部件 257 与马达 128 的驱动轴 128a 连接。因此马达 128 的旋转驱动力通过设在大气侧旋转部 252 的驱动侧的磁体 256 和设在套管 122 的内部的从动侧磁体 248 之间的磁力,传递给陶瓷轴 126,传递到保持部件 120 和被处理基板 W。

[0273] 在大气侧旋转部 252 外侧设有检测大气侧旋转部 252 的旋转的旋转检测单元 258。此旋转检测单元 258 由安装在大气侧旋转部 252 下端部分外周上的圆盘形槽板 260、261 和光学检测槽板 260、261 旋转量的光断续器 262、263 构成。

[0274] 光断续器 262、263 用托架 264 固定在固定侧的套管 122 上。由于用旋转检测单元 258 同时检测来自一对光断续器 262、263 对应于旋转速度的脉冲,通过对两个脉冲的比较,可以提高旋转检测精度。

[0275] 图 33A 为表示托座冷却机构 234 结构的横截面图。图 33B 为表示托座冷却机构 234 结构的侧视图。

[0276] 如图 33A、图 33B 所示,托座冷却机构 234 在托座 230 内部形成在周方向延伸的冷却水用的水道 230a。冷却水供给口 230b 与水道 230a 的一端连通,冷却水排出口 230c 与水道 230a 的另一端连通。

[0277] 由冷却水供给部 46 提供的冷却水从冷却水供给口 230b 流过水道 230a 后,从冷却水排出口 230c 排出,所以可以冷却整个托座 230。

[0278] 图 34 为表示旋转位置检测机构 232 结构的横截面图。

[0279] 如图 34 所示,托座 230 的一侧面上安装有发光元件 266,在托座 230 的另一侧面上安装有接受来自发光元件 266 的光的光接收元件 268。

[0280] 此外在托座 230 中间上下贯通有保持部件 120 的轴 120d 穿过的中央孔 230d,与此中央孔 230d 交叉地设置横方向贯通的贯通孔 230e、230f。

[0281] 发光元件 266 被插入在一贯通孔 230e 的端部,光接收元件 268 被插入在另一贯通孔 230f 的端部。由于在贯通孔 230e 和 230f 之间插入轴 120d,从光接收元件 268 的输出变化可以检测轴 120d 的旋转位置。

[0282] (7) 下面对旋转位置检测机构 232 的结构和作用进行详细说明。

[0283] 图 35A 为表示旋转位置检测机构 232 非检测状态的图示。图 35B 为表示旋转位置检测机构 232 的检测状态的图示。

[0284] 如图 35A 所示,保持部件 120 的轴 120d 实施在外周上切线方向的倒角加工。此倒角部 120i 在发光元件 266 和光接收元件 268 的中间位置转动时,变成与从发光元件 266 发射的光平行。

[0285] 此时从发光元件 266 发射的光通过倒角部 120i 的侧面照射到光接收元件 268。这样光接收元件 268 的输出信号 S 变成接通,提供给旋转位置判断电路 270。

[0286] 如图 35B 所示,保持部件 120 的轴 120d 转动,倒角部 120i 的位置偏离中间位置后,从发光元件 266 发射的光被轴 120d 遮挡,向旋转位置判断电路 270 发送的输出信号 S 变为断开。

[0287] 图 36A 为表示旋转位置检测机构 232 的光接收元件 268 的输出信号 S 的波形图。图 36B 为表示从旋转位置判断电路 270 输出的脉冲信号 P 的波形图。

[0288] 如图 36A 所示,光接收元件 268 根据轴 120d 的转动位置,来自发光元件 266 的光的受光量(输出信号 S)呈抛物线形变化。用旋转位置判断电路 270 设定对此输出信号 S 的阈值 H,输出信号 S 在阈值 H 以上时输出脉冲 P。

[0289] 此脉冲 P 作为检测保持部件 120 的旋转位置的检测信号被输出。也就是旋转位置判断电路 270 如图 10 所示,判断保持部件 120 的腕部 120a ~ 120c 是在不干扰升降臂 132 的接触销 138a ~ 138c,而且不干扰输送自动机 98 的机械手的位置,输出此检测信号(脉冲 P)。

[0290] (8) 下面对控制电路根据来自上述旋转位置判断电路 270 输出的检测信号(脉冲 P)而实施的旋转位置控制处理进行说明。

[0291] 图 37 为用于说明控制电路执行的旋转位置控制处理的流程图。

[0292] 如图 37 所示,控制电路在 S11 中有指示被处理基板 W 的旋转的控制信号后,进入 S12,使马达 128 启动。随后进入 S13,检查光接收元件 268 的信号是否接通。在 S13 光接收元件 268 的信号为接通时,进入 S14,从检测信号(脉冲 P)的周期计算保持部件 120 和被处理基板 W 的转数。

[0293] 然后进入 S15,检查保持部件 120 和被处理基板 W 的转数 n 是不是预先设定的目标转数 n_a 。在 S15 中,在保持部件 120 和被处理基板 W 的转数 n 没有达到目标转数 n_a 时,返回到上述 S13,再次检查马达 128 的转数是不是提高了。

[0294] 在上述 S15 中 $n = n_a$ 时,由于保持部件 120 和被处理基板 W 的转数 n 达到目标转数 n_a ,进入 S17,检查是不是有马达停止的控制信号。在 S17 中没有马达停止的控制信号时,

返回到上述 S13,有马达停止的控制信号时,进入 S18,使马达 128 停止。然后在 S19 检查光接收元件 268 的信号是否接通,反复进行到光接收元件 268 的信号变为接通。

[0295] 这样保持部件 120 的腕部 120a ~ 120c 可以停止在不干扰升降臂 132 的接触销 138a ~ 138c,而且不干扰输送自动机 98 的机械手的位置。

[0296] 在上述旋转位置控制处理中,对使用从来自光接收元件 268 的输出信号的周期求出转数的方法的情况进行了说明,例如累计从前述的光断续器 262、263 输出的信号也可以求出转数。

[0297] (9) 下面对在处理容器 122 侧面形成的窗口 75、76 的结构进行详细说明。

[0298] 图 38 为从上面看窗口 75、76 的安装位置的横截面图。图 39 为表示把窗口 75 放大表示的横截面图。图 40 为表示把窗口 76 放大表示的横截面图。

[0299] 如图 38 和图 39 所示,第一窗口 75 用于把气体提供给处理容器 122 内部形成的处理空间 84,并减压到真空,是气密性更高的结构。

[0300] 窗口 75 为具有透明石英 272 和遮挡紫外线的 UV 玻璃 274 的双重结构。透明石英 272 以抵接在窗口安装部 276 上的状态,用小螺钉 277 将第一窗框 278 拧住固定在窗口安装部 276 上。在窗口安装部 276 外面与透明石英 272 之间装有进行气密封的密封部件 (O 型圈) 280。此外以使 UV 玻璃 274 抵接的状态用小螺钉 284 将第二窗框 282 拧住固定在第一窗框 278 外面。

[0301] 这样窗口 75 用 UV 玻璃 274 遮挡从紫外线光源 (UV 灯) 86、87 照射的紫外线,防止向处理空间 84 外部泄漏,同时用密封部件 280 的密封效果防止提供给处理空间 84 的气体流到外部。

[0302] 此外贯通处理容器 22 侧面的开口 286 以向处理容器 22 的中央,也就是向保持在保持部件 120 上的被处理基板 W 的中心倾斜的方式贯通。因此窗口 75 设置在偏离处理容器 22 侧面中心的位置,而作成向横方向可以看得更宽的椭圆形,可以从外部辨认被处理基板 W 的状态。

[0303] 此外第二窗口 76 为与上述窗口 75 相同的结构,具有透明石英 292 和遮挡紫外线的 UV 玻璃 294 的双重结构。透明石英 292 以抵接在窗口安装部 296 上的状态,用小螺钉 297 将第一窗框 298 拧住固定在窗口安装部 296 上。在窗口安装部 296 外面与透明石英 292 之间装有进行气密封的密封部件 (O 型圈) 300。此外以使 UV 玻璃 294 抵接的状态用小螺钉 304 将第二窗框 302 拧住固定在第一窗框 298 外面。

[0304] 这样窗口 76 用 UV 玻璃 294 遮挡从紫外线光源 (UV 灯) 86、87 照射的紫外线,防止向处理空间 84 外部泄漏,同时用密封部件 300 的密封效果防止提供给处理空间 84 的气体流到外部。

[0305] 在本实施例中,把在处理容器 22 侧面配置一对窗口 75、76 的结构作为一个示例进行了说明,但是并不限于此,当然设置 3 个以上的窗口也可以,或在除了侧面以外的部位设置也可以。

[0306] (10) 下面对构成石英衬套 100 的各箱壳 102、104、106、108 进行说明。

[0307] 如图 9 和图 10 所示,石英衬套 100 是把下部箱壳 102、侧面箱壳 104、上部箱壳 106、圆筒形箱壳 108 组合构成,分别用不透明的石英作成,以对铝合金制的处理容器 22 进行气体和紫外线的防护,同时防止因处理容器 22 造成的金属污染为目的而设置。

[0308] 图 41A 为表示下部箱壳 102 结构的俯视图。图 41B 为表示下部箱壳 102 结构的侧视图。

[0309] 如图 41A、图 41B 所示,下部箱壳 102 作成轮廓形状对应于处理容器 22 内壁形状的板状,在它的中央形成面对 SiC 基座 118 和被处理基板 W 的圆形开口 310。此圆形开口 310 作成圆筒形箱壳 108 可以插入的尺寸,在内周边以 120 度间隔设置用于插入保持部件 120 的腕部 120a ~ 120c 的前端部分的凹部 310a ~ 310c。

[0310] 凹部 310a ~ 310c 的位置为保持部件 120 的腕部 120a ~ 120c 不干扰升降臂 132 的接触销 138a ~ 138c,而且不干扰输送自动机 98 的机械手的位置。

[0311] 在下部箱壳 102 上设置面对在处理容器 22 底部形成的排气口 74 的长方形开口 312。下部箱壳 102 在下面非对称位置地设置定位用凸起 314a、314b。

[0312] 在上述圆形开口 310 的内周边形成用于与后面要叙述的圆筒形箱壳 108 的凸起嵌合的凹部 310d。在下部箱壳 102 的周边部位设有与侧面箱壳 104 嵌合的台阶部(段部)315。

[0313] 图 42A 为表示侧面箱壳 104 结构的俯视图。图 42B 为表示侧面箱壳 104 结构的主视图。图 42C 为表示侧面箱壳 104 结构的后视图。图 42D 为表示侧面箱壳 104 结构的左视图。图 42E 为表示侧面箱壳 104 结构的右视图。

[0314] 如图 42A ~ 图 42E 所示,侧面箱壳 104 作成外形对应于处理容器 22 内壁形状的四角作成 R 形的大体为方形的框架形状,在内侧形成处理空间 84。

[0315] 侧面箱壳 104 在正面 104a 上设置有面对前述气体喷嘴部 93 的多个喷射口 93a 的在横方向延伸的细长形状的狭缝 316、设置在面对与远程等离子体部 27 连通的连通孔 92 的位置上的 U 字形开口 317。在本实施例中为狭缝 316 和开口 317 连通的结构,但也可以形成作为各自独立的开口。

[0316] 此外侧面箱壳 104 在背面 104b 在面對输送口 94 的位置上形成用于前述输送自动机 98 的机械手通过的凹部 318。

[0317] 侧面箱壳 104 在左侧面 104c 上形成面对前述的传感器单元 85 的圆形孔 319,在右侧面 104d 上形成面对前述的窗口 75、76 和传感器单元 77 的孔 320 ~ 322。

[0318] 图 43A 为表示上部箱壳 106 结构的仰视图。图 43B 为表示上部箱壳 106 结构的侧视图。

[0319] 如图 43A、图 43B 所示,上部箱壳 106 形成轮廓形状与处理容器 22 的内壁形状对应的板状,在面對紫外线光源(UV 灯)86、87 的位置形成长方形开口 324、325。此外在上部箱壳 106 的周边部分设置与侧面箱壳 104 嵌合的台阶部(段部)326。

[0320] 此外上部箱壳 106 设置有对应于盖部件 82 形状的圆形孔 327 ~ 329 和长方形的方孔 330。

[0321] 图 44A 为表示圆筒形箱壳 108 结构的俯视图。图 44B 为表示圆筒形箱壳 108 结构的侧面纵截面图。图 44C 为表示圆筒形箱壳 108 结构的侧视图。

[0322] 如图 44A ~ 图 44C 所示,圆筒形箱壳 108 形成覆盖石英钟罩 112 四周的筒形,在上端边缘设置插入升降臂 132 的接触销 138a ~ 138c 的凹部 108a ~ 108c。此外圆筒形箱壳 108 在上端部分的外周边形成与下部箱壳 102 的凹部 310d 嵌合的位置调整用凸起 108d。

[0323] (11)下面对升降机构 30 的密封结构进行说明。

[0324] 图 45 为把升降机构 30 放大表示的纵截面图。图 46 为把升降机构 30 的密封结构

放大表示的纵截面图。

[0325] 如图 45 和图 46 所示,升降机构 30 以用驱动部 136 使升降轴 134 升降,在使插入室 80 内的升降臂 132 升降时,以插入室 80 的贯通孔 80a 内的升降轴 134 的外围用蛇腹形波纹管 332 覆盖,防止在室 80 内的污染的方式构成。

[0326] 蛇腹形波纹管 332 为蛇腹部可以伸缩的形状,例如用镍铬铁耐热耐蚀合金(inconel,因科镍合金)和哈斯特洛依耐蚀耐热镍基合金(Hastelloy)制成。此外贯通孔 80a 用插通了升降轴 134 的盖部件 340 封闭。

[0327] 此外圆筒形陶瓷盖 338 被嵌合固定在升降轴 134 的上端用螺栓 334 紧固的升降臂 132 的连接部件 336 上。此陶瓷盖 338 由于从连接部件 336 向下方延伸形成,所以被设置成通过覆盖波纹管 332 四周而不在室 80 内直接露出。

[0328] 因此波纹管 332 在处理空间 84 中使升降臂 132 上升时,向上方伸开,用陶瓷作成的圆筒形盖 338 覆盖。因此波纹管 332 利用可以升降地插入贯通孔 80a 的圆筒形盖 338,使处理空间 84 的气体和热不直接暴露,可以防止气体和热造成的恶化。

[0329] (12)下面对使用基板处理装置 20 进行的被处理基板 W 表面的紫外线光自由基氧化处理和此后进行的远程等离子体自由基氮化处理进行说明。

[0330] [紫外线自由基氧化处理]

[0331] 图 47A 为表示使用图 2 的基板处理装置 20 进行被处理基板 W 的自由基氧化情况的侧视图和俯视图。图 47B 为表示图 47A 结构的俯视图。

[0332] 如图 47A 所示,从气体喷嘴部 93 向前述处理空间 84 提供氧气,沿被处理基板 W 表面流动后,通过排气口 74、涡轮分子泵 50 和泵 201 排气。通过使用涡轮分子泵 50 把前述处理空间 84 的处理压力设定为基板 W 的用氧自由基形成的氧化需要的 $10^{-3} \sim 10^{-6}$ Torr 范围。

[0333] 与此同时,优选通过驱动产生 172nm 波长的紫外线光的紫外线光源 86、87,在这样形成的氧气流中形成氧自由基。形成的氧自由基沿前述被处理基板 W 表面流动时,使转动中的基板表面氧化。通过这样的被处理基板 W 的基于氧自由基形成的氧化,可以稳定地再现性良好地在硅基板表面形成 1nm 以下的膜厚非常薄的氧化膜,特别是相当于 2 ~ 3 原子层的约 0.4nm 的膜厚的氧化膜。

[0334] 如图 47B 所示,可以看出,紫外线光源 86、87 是在与氧气流动方向交叉的方向上延伸的管状的光源,涡轮分子泵 50 通过排气口 74 对处理空间 84 排气。另一方面从前述排气口 74 直接到泵 50 的图 47B 中用虚线表示的排气通路利用关闭阀门 48b 切断。

[0335] 图 48 为表示在图 2 的基板处理装置 20 中使用图 47A、图 47B 的工序,设定基板温度为 450℃,使紫外线照射强度和氧气流量或氧气分压进行各种变化的情况下,在硅基板表面形成硅氧化膜时的膜厚和氧化时间的关系。但是在图 48 的试验中,在自由基氧化前除去硅基板表面上的自然氧化膜,此外根据情况不同在紫外线激发氮自由基中除去在基板表面上残留的碳,再通过 Ar 气的氛围中在约 950℃进行高温热处理,使基板表面平坦化。此外作为前述紫外线光源 86、87,使用波长为 172nm 的激元灯(excimer lamp)。

[0336] 参照图 48,系列 1 的数据表示把紫外线光照射强度设定为紫外线光源 24B 的窗面上的基准强度(50mW/cm²)的 5%,在设定处理压力为 665mPa(5mTorr)、氧气流量为 30SCCM 的情况下的氧化时间和氧化膜厚的关系,系列 2 的数据表示把紫外线光照射

强度设定为零,在设定处理压力为 133Pa(1Torr)、氧气流量为 3SLM 的情况下的氧化时间和氧化膜厚的关系。系列 3 的数据表示把紫外线光照射强度设定为零,在设定处理压力为 2.66Pa(20mTorr)、氧气流量为 150SCCM 的情况下的氧化时间和氧化膜厚的关系,系列 4 的数据表示把紫外线光照射强度设定为 100%,也就是前述基准强度,在设定处理压力为 2.66Pa(20mTorr)、氧气流量为 150SCCM 的情况下的氧化时间和氧化膜厚的关系。系列 5 的数据表示把紫外线光照射强度设定为基准强度的 20%,在设定处理压力为 2.66Pa(20mTorr)、氧气流量为 150SCCM 的情况下的氧化时间和氧化膜厚的关系,系列 6 的数据表示把紫外线光照射强度设定为基准强度的 20%,在设定处理压力为 67Pa(0.5Torr)、氧气流量为 0.5SLM 的情况下的氧化时间和氧化膜厚的关系。系列 7 的数据表示把紫外线光照射强度设定为基准强度的 20%,在设定处理压力为 665Pa(5Torr)、氧气流量为 2SLM 的情况下的氧化时间和氧化膜厚的关系,系列 8 的数据表示把紫外线光照射强度设定为基准强度的 5%,在设定处理压力为 2.66Pa(20mTorr)、氧气流量为 150SCCM 的情况下的氧化时间和氧化膜厚的关系。

[0337] 在图 48 的试验中,氧化膜的厚度用 XPS 法求出,现在还没有这样求出降低到 1nm 以下的非常薄的氧化膜的统一的方法。

[0338] 本发明的发明人对图 49 所示观察的 Si_{2p} 轨道的 XPS 的谱线进行背景修正和 3/2 和 1/2 自旋状态的分离修正,以得到此结果的图 50 所示的 $\text{Si}_{2p}^{3/2}$ XPS 谱线为基础,按照 Lu 等(Z. H. Lu, et al., Appl. Phys. Lett. 71(1997), pp. 2764) 的指教,使用公式 (1) 所示的公式和系数,求出氧化膜的膜厚 d。

$$[0339] \quad d = \lambda \sin \alpha \cdot \ln[I^{X^+}/(\beta I^{0^+})+1] \quad (1)$$

$$[0340] \quad \lambda = 2.96$$

$$[0341] \quad \beta = 0.75$$

[0342] 其中公式 (1) 中的 α 为图 55 所示的 XPS 谱线的检测角,在图示的例中设定为 30° 。此外式 1 中 I^{X^+} 为对应于氧化膜的谱线峰值的积分强度 ($I^{1X}+I^{2X}+I^{3X}+I^{4X}$),对应于图 50 中在 102 ~ 104eV 的能量区域中看到的峰值。另一方面 I^{0^+} 为对应于 100eV 附近的能量区域的、因硅基板产生的谱线峰值的积分强度。

[0343] 再参照图 48 认识到,在按紫外线照射功率形成的氧自由基密度小的情况(系列 1、2、3、8)下,最初氧化膜的氧化膜厚是 0nm,随氧化时间的增加氧化膜厚逐渐增加,与此相反,在紫外线光照射功率设定为基准强度的 20%以上的系列 4、5、6、7 的情况下,象图 51 简要表示的那样,氧化膜生长在生长开始后,大约达到 0.4nm 的膜厚时停止,经过一定的停留时间后再重新急剧生长。

[0344] 图 48 或图 51 的关系表明,在硅基板表面的氧化处理中,可以稳定形成 0.4nm 左右膜厚的非常薄的氧化膜。此外象在图 48 可以看到的那样,从这样的停留时间一定程度的继续可以看出,形成的氧化膜具有同样的厚度。也就是采用本发明的话,可以在硅基板上以同样的厚度形成约 0.4nm 厚度的氧化膜。

[0345] 图 52A、图 52B 简要表示向这样的硅基板上形成薄的氧化膜过程。在这些图中,应该注意到硅(100)基板上的结构非常简单。

[0346] 参照图 52A,在硅基板表面上每 1 个硅原子和 2 个氧原子结合,形成 1 个原子层的氧层。在此代表性的状态下,由基板内部的 2 个硅原子和基板表面的 2 个氧原子配位,基板

表面的硅原子形成低氧化物 (suboxide)。

[0347] 与此相反,在图 52B 的状态下,硅基板最上部的硅原子由 4 个氧原子配位,得到稳定的 Si^{4+} 状态。其原因可以认为在图 52A 的状态下氧化快速进行,到了图 52B 状态氧化停留。在图 52B 的状态下的氧化膜的厚度约为 0.4nm,这与在图 48 中观察到的停留状态下的氧化膜厚非常一致。

[0348] 在图 50 的 XPS 谱线中,在氧化膜厚为 0.1nm 或 0.2nm 的情况下,在 101 ~ 104eV 的能量范围可以看到的低的峰值对应于图 52A 的低氧化物,氧化膜厚度超过 0.3nm 的情况下,在此能量区域表现的峰值为 Si^{4+} 产生的,认为表示形成超过 1 原子层的氧化膜。

[0349] 这样的 0.4nm 的膜厚中的氧化膜厚的停留现象不限定在图 47A、图 47B 的 UVO_2 自由基氧化工艺中,认为只要是同样可以高精度形成薄氧化膜的氧化膜形成方法,是同样可以看到的现象。

[0350] 从图 52B 的状态再继续氧化的话,氧化膜的厚度再增加。

[0351] 图 53 表示在通过这样使用了基板处理装置 20 的图 47A、图 47B 的紫外线光自由基氧化工艺而形成的氧化膜上,形成厚度为 0.4nm 的 ZrSiO_x 膜和电极膜 (参照后面说明的图 54B),对于得到的层叠结构求出的热氧化膜换算膜厚 T_{eq} 和漏电流 I_g 的关系。但是图 53 的漏电流特性是在上述电极膜和硅基板之间以平带电压 V_{fb} 为基准,在施加 $V_{fb}-0.8V$ 的电压状态下测定。为了进行比较,图 53 中也表示热氧化膜的漏电流特性。此外图中所示的换算膜厚是对氧化膜和 ZrSiO_x 膜合在一起的结构换算膜厚。

[0352] 参照图 53 可以看出,在省掉氧化膜的情况下,也就是在氧化膜的膜厚为 0nm 的情况下,漏电流密度超过热氧化膜的漏电流密度,此外热氧化膜换算膜厚 T_{eq} 也是约为 1.7nm 左右比较大的值。

[0353] 与此相反,使氧化膜的膜厚从 0nm 增加到 0.4nm 后,热氧化膜换算膜厚 T_{eq} 的值开始减少。以这样的状态氧化膜夹在硅基板和 ZrSiO_x 膜之间,物理膜厚实际上理应增加,但换算膜厚 T_{eq} 却减小,这表明在硅基板上直接形成 ZrO_2 膜的情况下,如图 54A 所示,大规模产生 Zr 向硅基板中扩散或 Si 向 ZrSiO_x 膜中扩散,在硅基板和 ZrSiO_x 膜之间形成厚的界面层。与此相反,如图 54B 所示,可以认为通过厚度为 0.4nm 的氧化膜夹在中间,抑制形成这样的界面层,其结果换算膜厚减小。可以看出随之漏电流值也和氧化膜的厚度一起减小。但是图 54A、图 54B 表示这样形成的试样的简单断面,表示了硅基板 441 上形成氧化膜 442,在氧化膜 442 上形成 ZrSiO_x 膜 443 的结构。

[0354] 另一方面上述氧化膜的膜厚超过 0.4nm 后,热氧化膜换算膜厚的值重新开始增加。在氧化膜的膜厚超过 0.4nm 的范围内,膜厚增加的同时,漏电流值也减少,换算膜厚的增加认为是因为氧化膜的物理膜厚增加的原因。

[0355] 这样可以看出,在图 48 观察到的氧化膜生长停留的 0.4nm 附近的膜厚对应于由氧化膜和高电介质膜构成的系列的换算膜厚的最小值,用图 52(B) 所示的稳定的氧化膜可以有效地阻止 Zr 等的金属元素向硅基板中的扩散,此外在此以上即使使氧化膜的厚度增加,阻止金属元素的扩散效果不会提高那么多。

[0356] 使用 0.4nm 厚度的氧化膜的情况下的漏电流值要比对应厚度的热氧化膜的漏电流值小二数量级,可以看出通过把这样结构的绝缘膜用于 MOS 晶体管的栅极绝缘膜,可以使栅极漏电流最小化。

[0357] 在图 48 和图 51 中说明的氧化膜生长的在 0.4nm 的停留现象的结果如图 55A 所示,即使在硅基板 441 上形成的氧化膜 442 存在最初的膜厚变化以至凹凸,氧化膜生长时膜厚的增加如图 55B 所示在 0.4nm 附近停留,所以在停留期间氧化膜生长继续进行,可以得到图 55C 所示的非常平坦的同样膜厚的氧化膜 442。

[0358] 如前面所说明的那样,对于非常薄的氧化膜现在没有统一的膜厚检测方法。因此图 55C 的氧化膜 442 的膜厚本身因检测方法不同有可能不同。可是由于前面说明的原因,知道了氧化膜生长中产生生长停留的厚度为 2 个原子层的厚度,因此可以认为优选的氧化膜 442 的膜厚为约 2 个原子层的厚度。此优选的厚度也包括部分形成 3 个原子层厚度的区域,以确保 2 个原子层的厚度遍及整个氧化膜 442。也就是可以认为优选氧化膜的厚度实际为 2 ~ 3 个原子层的范围。

[0359] [远程等离子体自由基氮化处理]

[0360] 图 56 为表示在基板处理装置 20 中使用的远程等离子体部 27 的结构的图示。

[0361] 如图 56 所示,远程等离子体部 27 包括在内部形成气体循环通路 27a 和与它连通的气体入口 27b 和气体出口 27c 的、典型的由铝构成的块体 27A,在前述块体 27A 的一部分上形成铁氧体磁心 27B。

[0362] 前述气体循环通路 27a 和气体入口 27b、气体出口 27c 的内面实施涂布氟树脂 27d,通过向前述铁氧体磁心 27B 上缠绕的线圈提供频率为 400kHz 的高频电,在前述气体循环通路 27a 内形成等离子体 27C。

[0363] 随等离子体 27C 的激发,在前述气体循环通路 27a 中形成氮自由基和氮离子,氮离子在上述循环通路 27a 中循环时消失,从上述气体出口 27c 主要释放出氮自由基 N_2^* 。再有通过在图 56 的结构中在前述气体出口 27c 设置接地的离子过滤器 27e,除去以氮离子为主的带电粒子,仅把氮自由基提供给处理空间 84。此外即使在前述离子过滤器 27e 不接地的情况下,前述离子过滤器 27e 的结构起到作为扩散板的作用,可以充分除去以氮离子为主的带电粒子。

[0364] 图 57 为表示用远程等离子体部 27 形成的离子数和电子能量的关系,与微波等离子体源的情况进行对比。

[0365] 如图 57 所示,用微波激发等离子体的情况下,促进氮分子的离子化,形成大量的氮离子。与此相反,用 500kHz 以下高频激发等离子体的情况下,形成的氮离子数量大幅度减少。用微波进行等离子体处理的情况下,如图 58 所示,需要 $1.33 \times 10^{-3} \sim 1.33 \times 10^{-6} \text{Pa}$ ($10^{-1} \sim 10^{-4} \text{Torr}$) 的高真空,而高频等离子体处理在 13.3 ~ 13.3kPa (0.1 ~ 100Torr) 的比较高的压力下就可以实施。

[0366] 下面的表 1 表示在用微波激发等离子体的情况和由高频激发等离子体的情况之间,离子化能量变换效率、可以放电的压力范围、等离子体消耗的电、处理气体流量的对比。

[0367] 表 1

	离子化能量 变换效率	可以放电的 压力范围	等离子体 消耗的电	处理气体 流量
微波	1.00×10^{-2}	0.1m ~ 0.1Torr	1 ~ 500W	0 ~ 100SCCM
高频	1.00×10^{-7}	0.1 ~ 100Torr	1 ~ 10kW	0.1 ~ 10SLM

[0368] 参照表 1 可以看出,离子化能量变换效率在用微波激发等离子体的情况下,约为 1×10^{-2} 左右,与此相反在 RF 激发的情况下,减少到约为 1×10^{-7} ,此外可以放电的压力范围在用微波激发的情况下为 0.1mTorr $\sim$ 0.1Torr(133mPa $\sim$ 13.3Pa),与此相反在 RF 激发的情况下,为 0.1 $\sim$ 100Torr(13.3Pa $\sim$ 13.3kPa) 左右。随之等离子体消耗的电能 RF 激发的情况比用微波激发的情况大,处理气体流量是 RF 激发的情况也远大于用微波激发的情况。

[0369] 在基板处理装置 20 中,不是用氮离子而是氮自由基 N_2^* 进行氧化膜的氮化处理,因此优选被激发的氮离子数少的一方。从使加在被处理基板上的损伤最小的观点,也优选激发的氮离子数少。此外用基板处理装置 20 适合于被激发的氮离子数少,使高电介质栅极氧化膜下的非常薄的尽可能只有 2 $\sim$ 3 原子层程度厚度的基底氧化膜的氮化。

[0370] 图 59A、图 59B 为分别表示使用基板处理装置 20 进行的被处理基板 W 的自由基氮化情况的侧视图和俯视图。

[0371] 如图 59A、图 59B 所示,向远程等离子体部 27 提供 Ar 气和氮气,通过用数 100kHz 的频率高频激发等离子体,形成氮自由基。形成的氮自由基沿前述被处理基板 W 表面流动,通过前述排气口 74 和泵 201 排气。其结果前述处理空间 84 被设定为适合基板 W 自由基氮化的 1.33Pa $\sim$ 13.3kPa(0.01 $\sim$ 100Torr) 范围的处理压力。这样形成的氮自由基沿前述被处理基板 W 表面流动时,使被处理基板 W 表面氮化。

[0372] 在图 59A、图 59B 的氮化工序中,在氮化工序之前的净化工序中,打开前述阀门 48a 和 212,利用关闭阀门 48a 使前述处理空间 84 的压力被减压到 $1.33 \times 10^{-1} \sim 1.33 \times 10^{-4}$ pa 的压力,净化残留在处理空间 84 中的氧和水分,在此后的氮化处理中,关闭阀门 48a 和 212,涡轮分子泵 50 不包括在处理空间 84 的排气通路中。

[0373] 这样通过使用基板处理装置 20,在被处理基板 W 表面形成薄的氧化膜,可以再使此氧化膜表面氮化。

[0374] 图 60A 为表示把利用基板处理装置 20 在 Si 基板上用热氧化处理形成 2.0nm 厚度的氧化膜,使用远程等离子体部 27 在表 2 所示的条件下进行氮化的情况下,在上述氧化膜中的氮浓度分布,图 60B 为表示在相同氧化膜中的氮浓度分布和氧浓度分布的关系。

[0375] 表 2

	氮流量	Ar 流量	等离子体功率	压力	温度
微波	15SCCM	—	120W	8.6mTorr	500℃
高频	50SCCM	2SLM	2kW	1Torr	700℃

[0376] 参照表 2,使用基板处理装置 20 的 RF 氮化处理时,使氮以 50SCCM 的流量、此外使 Ar 以 2SLM 的流量提供给前述处理空间 84,氮化处理在 1Torr(133Pa) 的压力下进行,但是,氮化处理开始前暂时把处理空间 84 的内压减压到 10^{-6} Torr(1.33×10^{-4} pa) 的程度,充分净化残留在内部的氧和水分。因此在前述 1Torr 左右的压力下进行氮化处理时,用 Ar 和氮稀释在处理空间 84 中的残留氧,按照残留氧浓度,残留氧的热力学活度变得非常小。

[0377] 与此相反,在使用微波等离子体的氮化处理中,氮化处理时的处理压力为与净化压力相同的程度,因此可以认为在等离子体氛围中残留氧有高的热力学活度。

[0378] 参照图 60A 可以看出,用微波激发的等离子体氮化的情况下,限制了导入氧化膜

中的氮浓度,氧化膜的氮化实际上不进行。与此相反,对用本实施例这样的 RF 激发的等离子体进行氮化的情况下,在氧化膜中氮浓度随着深度呈直线变化,靠近表面达到接近 20% 的浓度。

[0379] 图 61 为简要表示使用 XPS(X 射线分光光谱)进行的图 60A 的检测原理。

[0380] 参照图 61,在硅基板 411 上形成有氧化膜 412 的试样上以规定的角度倾斜照射 X 射线,用检测器 DET1、DET2 在各个角度下检测激发的 X 射线谱线。此时例如在设定在 90° 的深检测角的检测器 DET1 中,激发的 X 射线在氧化膜 412 内的路径短,因此用前述检测器 DET1 检测的 X 射线谱线中含有更多氧化膜 412 下部的信息,在设定在浅的检测角的检测器 DET2,激发的 X 射线在氧化膜 412 内的路径长,因此检测器 DET2 主要检测氧化膜 412 表面附近的信息。

[0381] 图 60B 为表示在相同氧化膜中的氮浓度分布和氧浓度分布的关系。其中图 60B 中氧浓度用对应于 01s 轨道上的 X 射线强度表示。

[0382] 参照图 60B 可以看出,象本发明那样用 RF 远程等离子体进行氧化膜氮化的情况下,随氮浓度的增加氧浓度减少,在氧化膜中氮原子置换氧原子。与此相反,用微波等离子体进行氧化膜氮化的情况下,没有发现这样的置换关系,没能看到随着氮浓度而氧浓度降低的关系。此外特别是在图 60B 中,用微波氮化导入 5~6% 的氮的示例中,发现氧浓度增加,这表明这是由于与氮化同时的氧化膜的增膜引起的。伴随这样微波氮化的氧浓度的增加可以考虑是微波氮化在高真空中进行,因此残留在处理空间中的氧或水分不是象高频远程等离子体氮化的情况那样用 Ar 和氮气稀释,在氛围中有高活度造成的。

[0383] 图 62 为表示在基板处理装置 20 中形成 4 Å (0.4nm) 和 7 Å (0.7nm) 厚的氧化膜,把它用前述远程等离子体部 27 按图 59 A、59B 的氮化工序进行氮化的情况下,氮化时间和膜中氮浓度关系。此外图 63 表示随图 62 的氮化处理的氮向氧化膜表面的偏析状态。在图 62 和图 63 中也表示利用快速热氧化处理形成 5 Å (0.5nm) 和 7 Å (0.7nm) 厚的氧化膜的情况。

[0384] 参照图 62,膜中的氮浓度在所有的氧化膜中都是随氮化处理时间的增加同时升高,特别是具有对应于用紫外线光自由基氧化形成的 2 原子层的 0.4nm 膜厚的氧化膜的情况下或者是具有与此接近的 0.5nm 膜厚的热氧化膜的情况,由于氧化膜薄,在同一成膜条件下膜中的氮浓度升高。

[0385] 图 63 表示在图 61 中使检测器 DET1 和 DET2 分别设定在 30° 和 90° 的检测角而检测到氮浓度后的结果。

[0386] 从图 63 可以看出,图 63 的纵轴为把从用在 30° 的检测角得到的偏析在膜表面的氮原子发出的 X 射线谱线的强度用从在 90° 的检测角得到的分散在整个膜上的氮原子发出的 X 射线谱线的强度去除的值,把它定义为氮偏析率。此值在 1 以上的情况下,产生氮向表面的偏析。

[0387] 参照图 63 可以认为,利用紫外线光激发氧自由基处理形成 7 Å 膜厚的氧化膜情况下,氮偏析率为 1 以上,氮原子偏析在初始表面上,成为图 1 中氧氮化膜 12A 的状态。此外可以看出,进行 90 秒钟的氮化处理后,膜中几乎为相同的分布。可以看出即使使用其他的膜,用 90 秒钟的氮化处理,氮原子在膜中的分布几乎相同。

[0388] 在图 64 的试验中,在基板处理装置 20 中,对 10 块体晶片(晶片 #1 ~ 晶片 #10)反复进行前述紫外线光自由基氧化处理和远程等离子体氮化处理。图 64 表示这样得到的氧氮化膜的每个晶片的膜厚的变化。其中图 64 的结果为在基板处理装置 20 中驱动紫外线光源 86、87 进行的紫外线光自由基氧化处理时,形成用 XPS 检测求出的氧化膜膜厚为 0.4nm 的氧化膜,然后把这样形成的氧化膜通过驱动前述远程等离子体部 27 进行的氮化处理,转换成含约 4%氮原子的氧氮化膜的情况。

[0389] 参照图 64 可以看出,纵轴表示对这样得到的氧氮化膜用偏振光分析测定法求出的膜厚,象从图 64 可以看出的那样,得到的膜厚大致为 $8 \text{ \AA}$ (0.8nm),是一定的。

[0390] 图 65 为表示用基板处理装置 20 由使用紫外线光源 86、87 的自由基氧化处理形成 0.4nm 的氧化膜后,把它用远程等离子体部 27 进行氮化的情况下,调查因氮化造成膜厚增加的结果。

[0391] 参照图 65 可以看出,初始(进行氮化处理前)膜厚约 0.38nm 的氧化膜因氮化处理导入 4 ~ 7%的氮原子时,膜厚约增加到 0.5nm。另一方面因氮化处理导入约 15%的氮原子的情况下,膜厚约增加到 1.3nm,认为这种情况下导入的氮原子通过氧化膜浸入到硅基板中,形成氮化膜。

[0392] 图 65 中对于在厚度为 0.4nm 的氧化膜中仅导入一层的理想模式结构的氮浓度和膜厚的关系用▲表示。

[0393] 参照图 65,在此理想的模式结构中氮原子导入后的膜厚变成约 0.5nm,此情况下膜厚的增加约 0.1nm,氮浓度约为 12%。以此模式为基准的话,用基板处理装置 20 进行氧化膜的氮化的情况下,结论是膜厚的增加优选抑制在相同程度的 0.1 ~ 0.2nm。此外此时进入膜中的氮原子的量估计最多为 12%左右。

[0394] 在以上说明中,说明了使用基板处理装置 20 形成非常薄的基底氧化膜的示例,但是本发明并不限定这样特定的实施例,在硅基板或硅层上可以形成所要求膜厚的氧化膜、氮化膜或氧氮化膜。

[0395] 以上对本发明利用优选实施例进行了说明,但本发明并不限定于上述特定的实施例,在专利权利要求范围中所述的要点内可以进行各种各样的变化 - 变更。

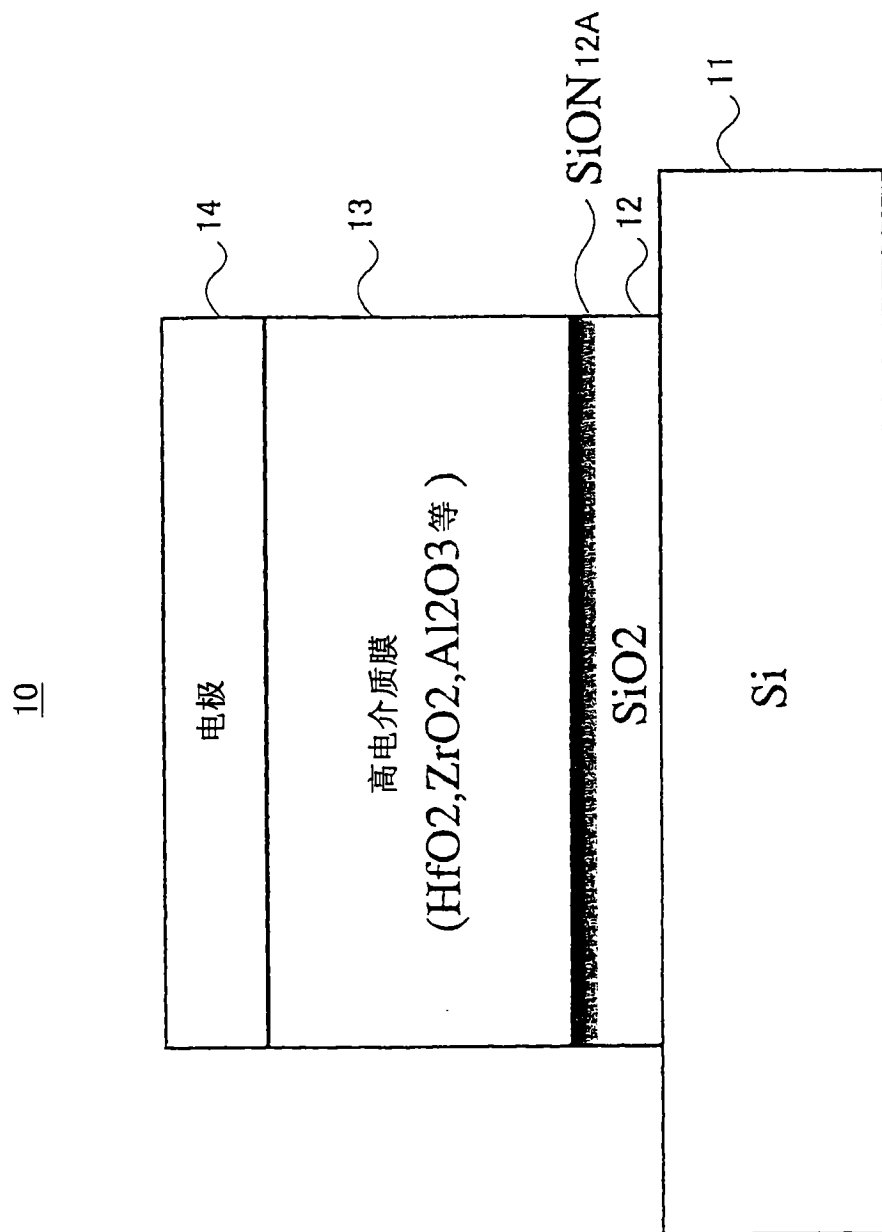


图1

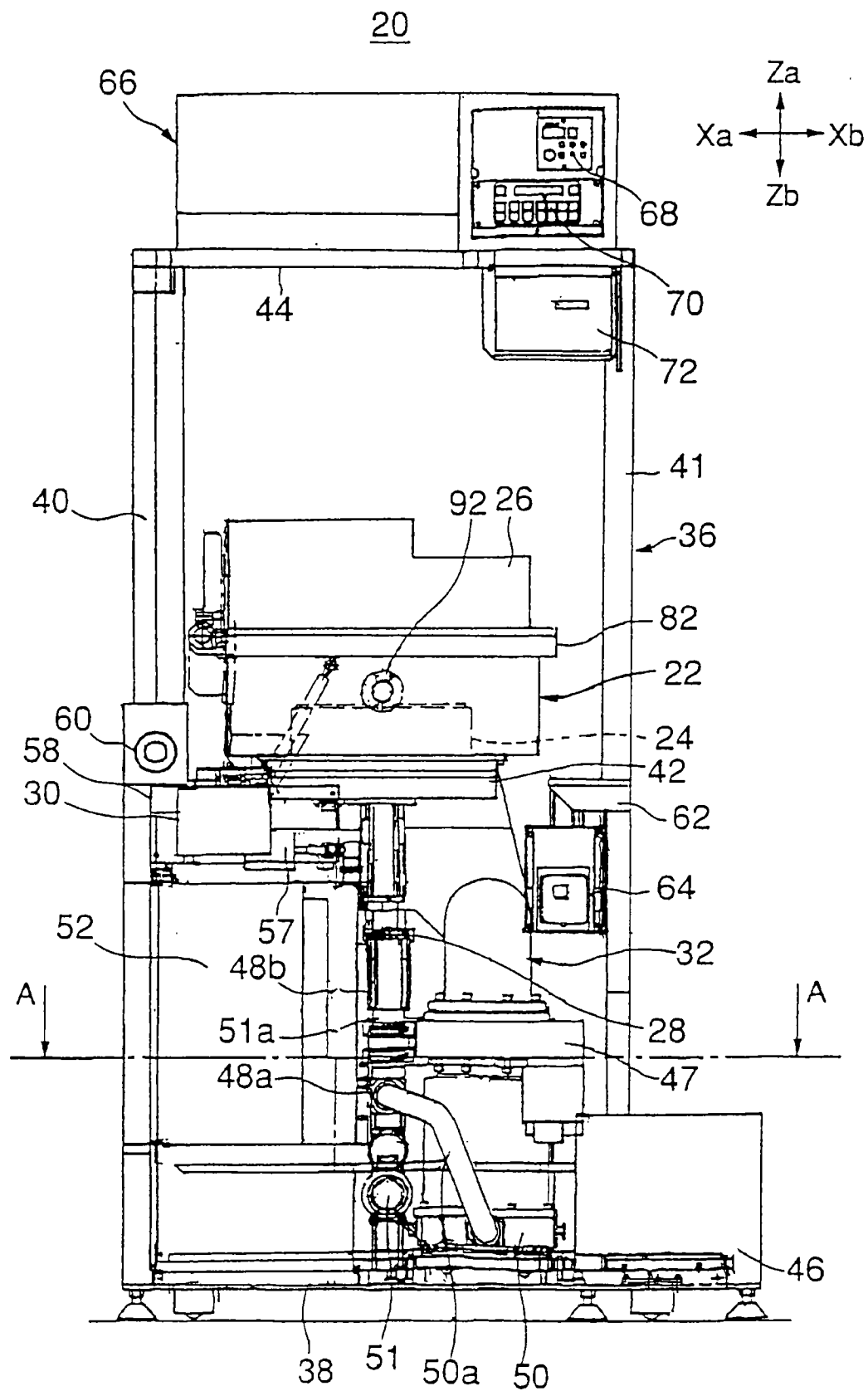


图 2

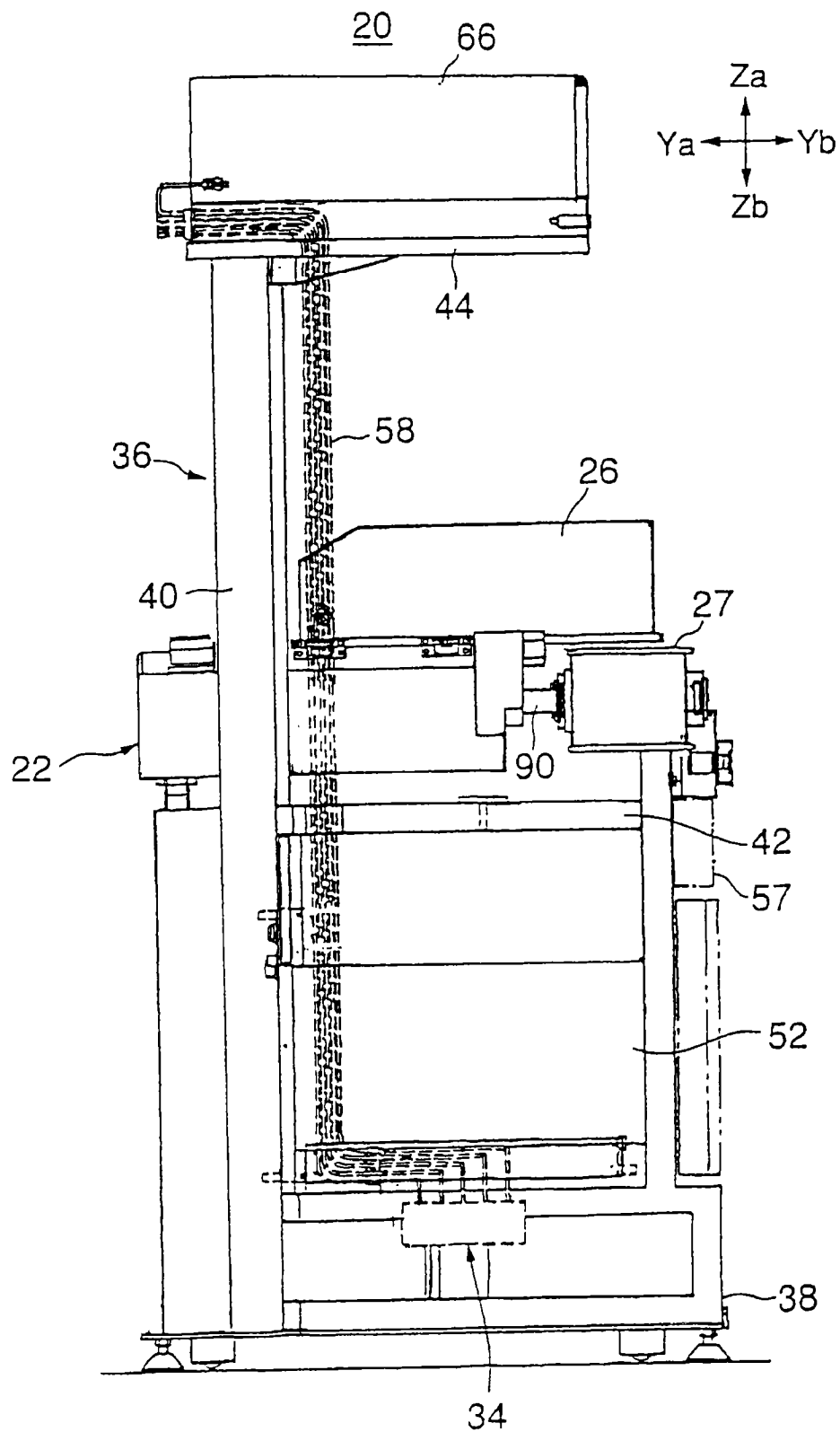


图 3

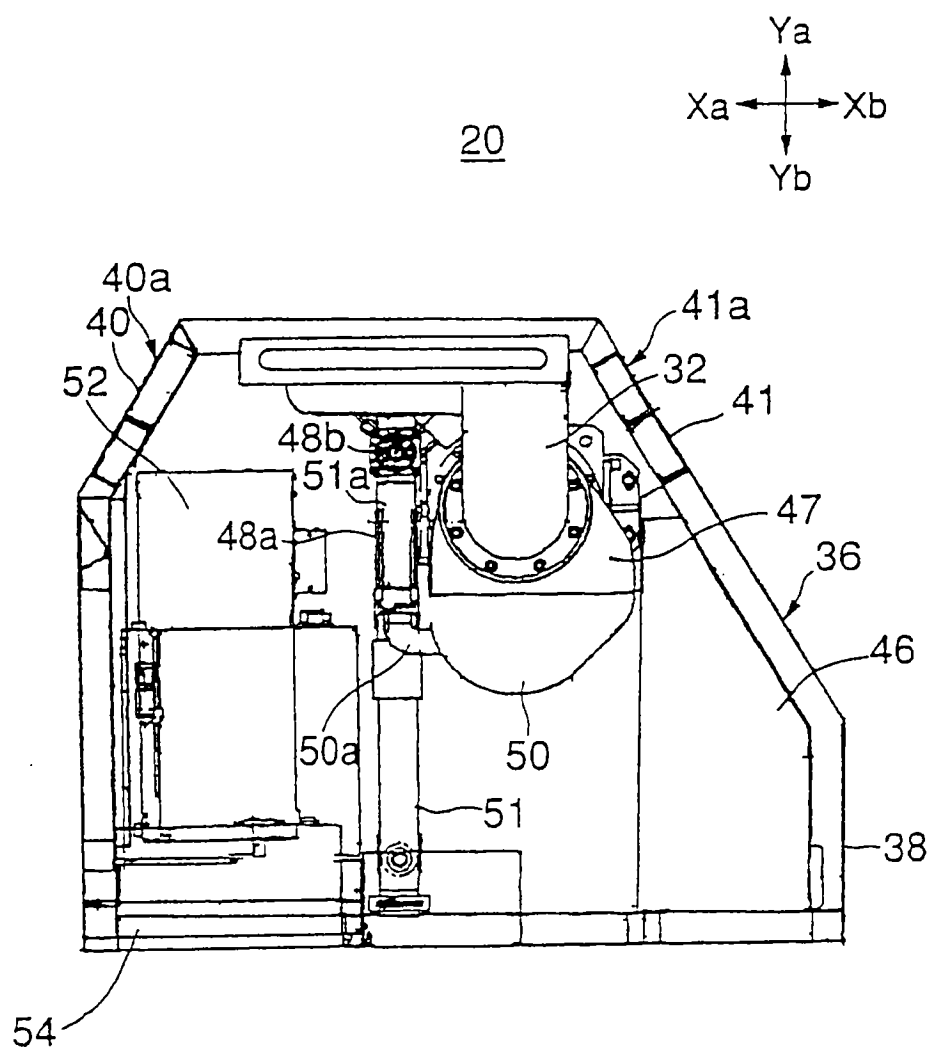


图 4

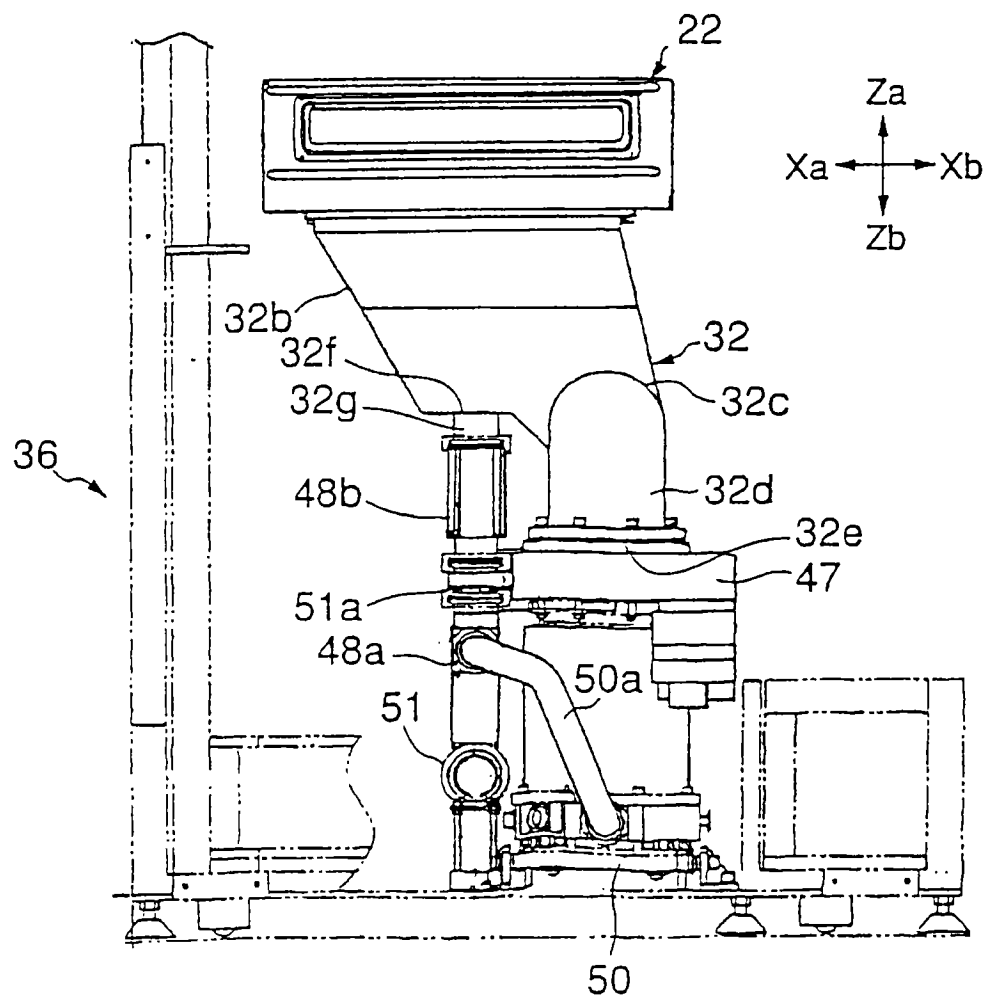


图 5

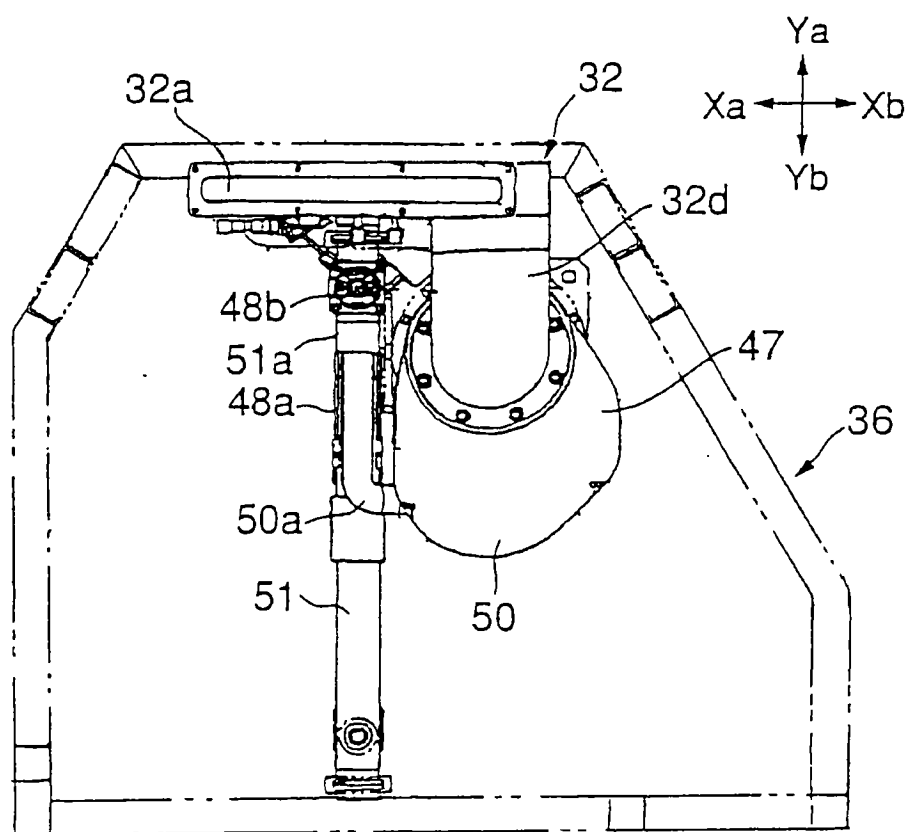


图 6

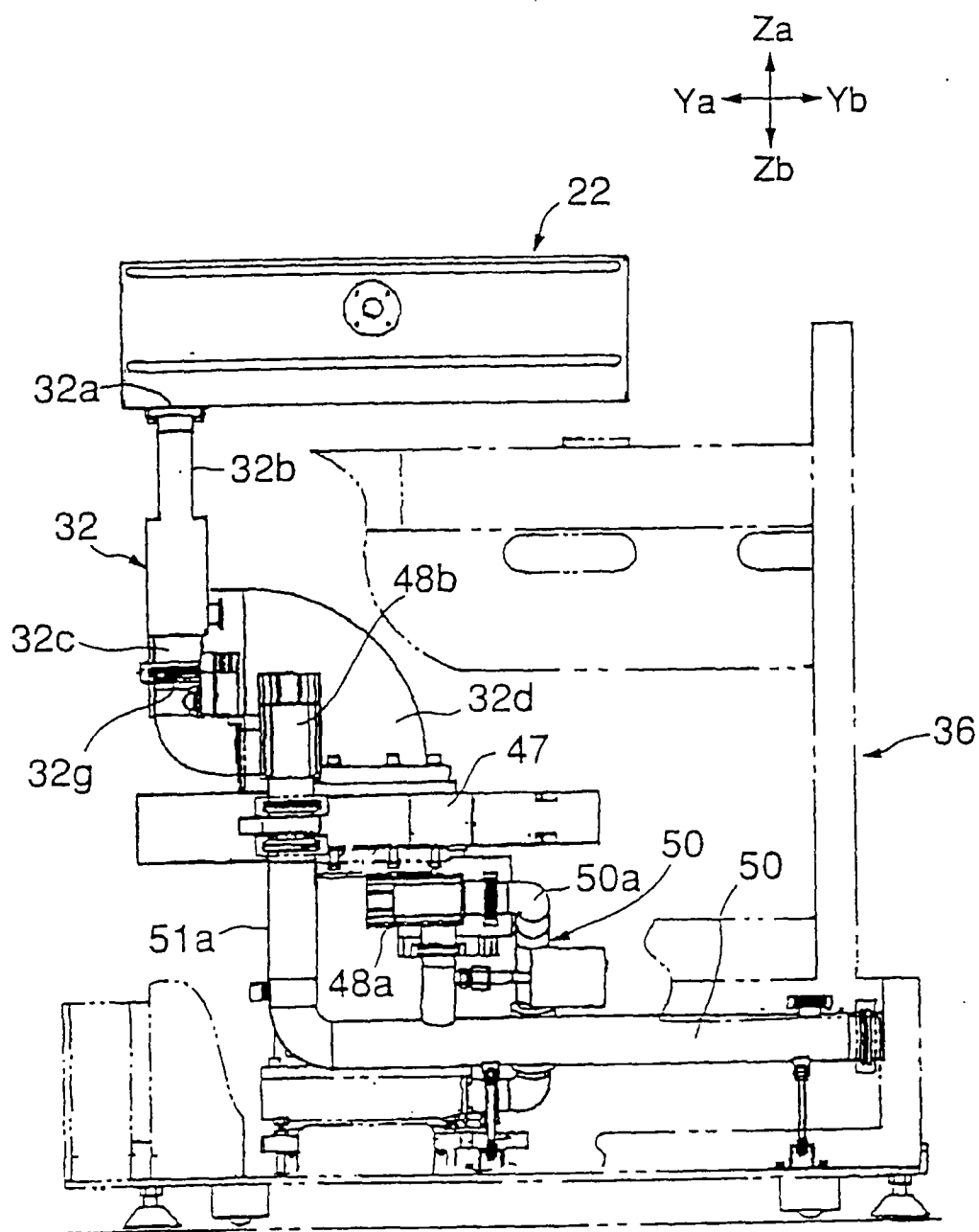
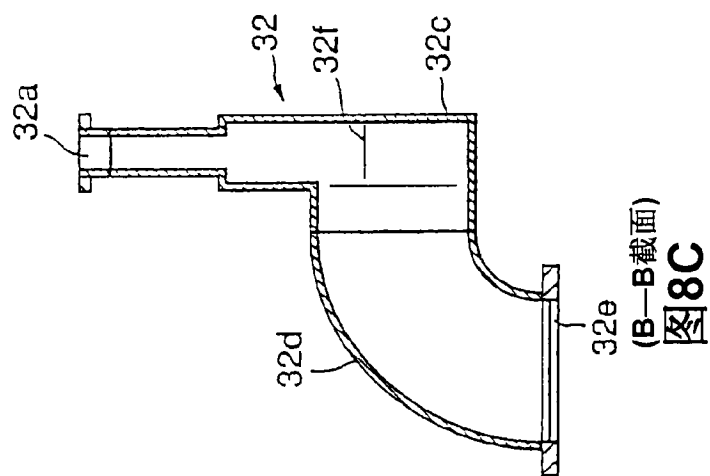
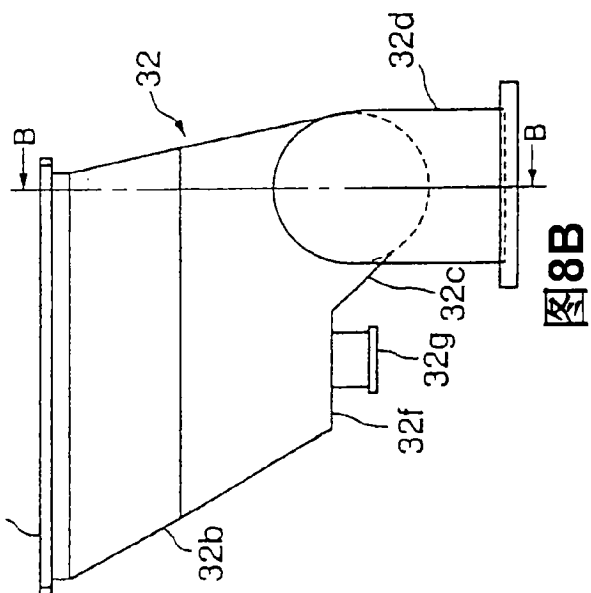
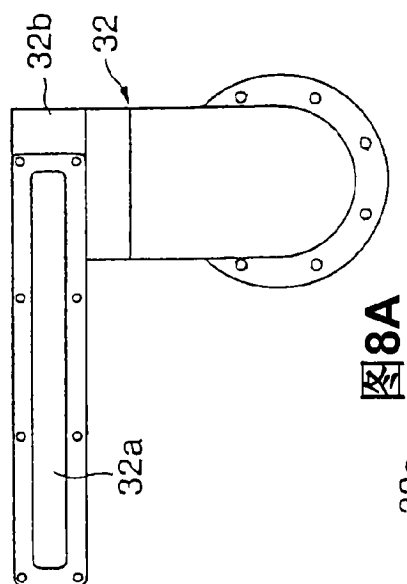


图 7



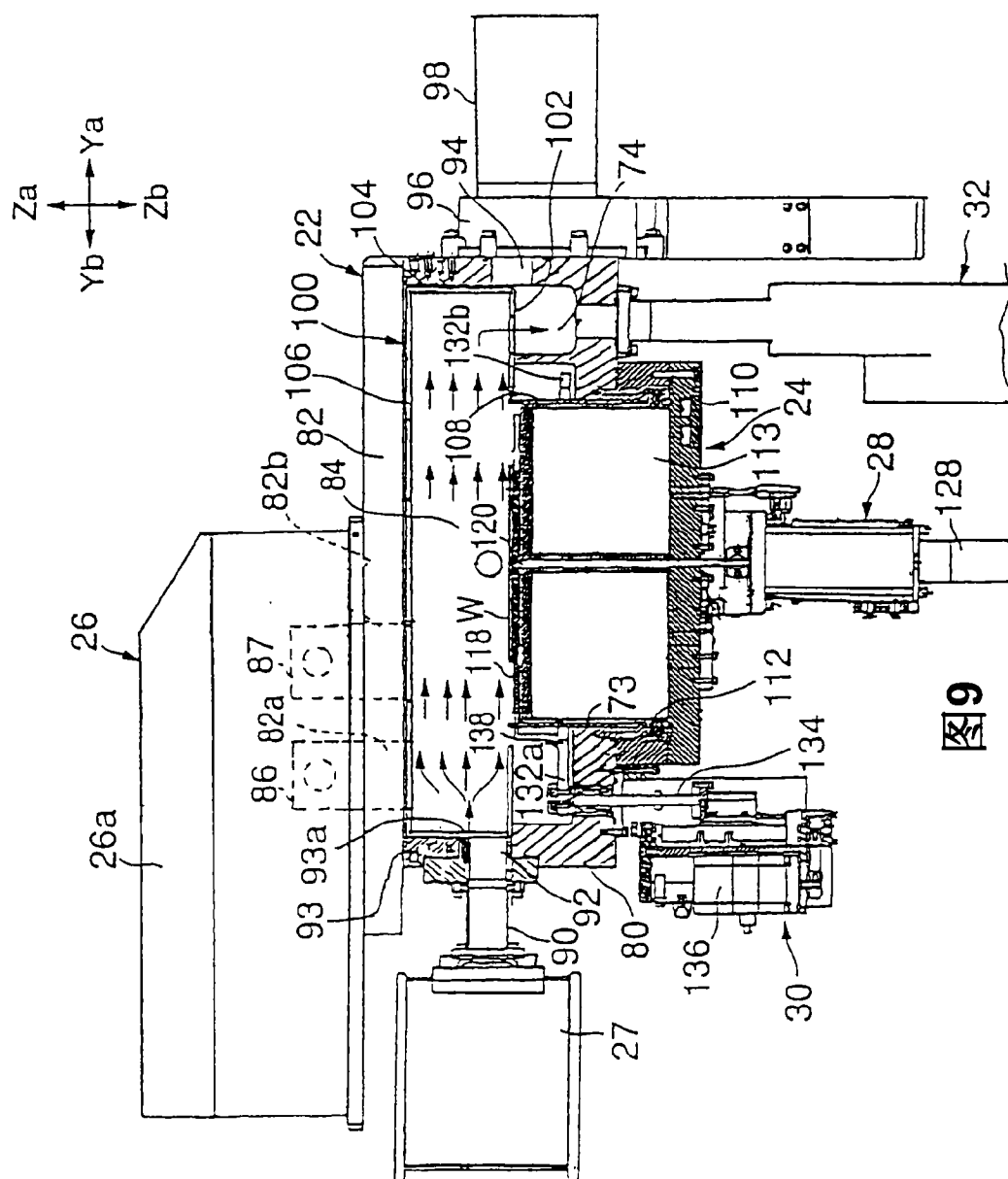


图9

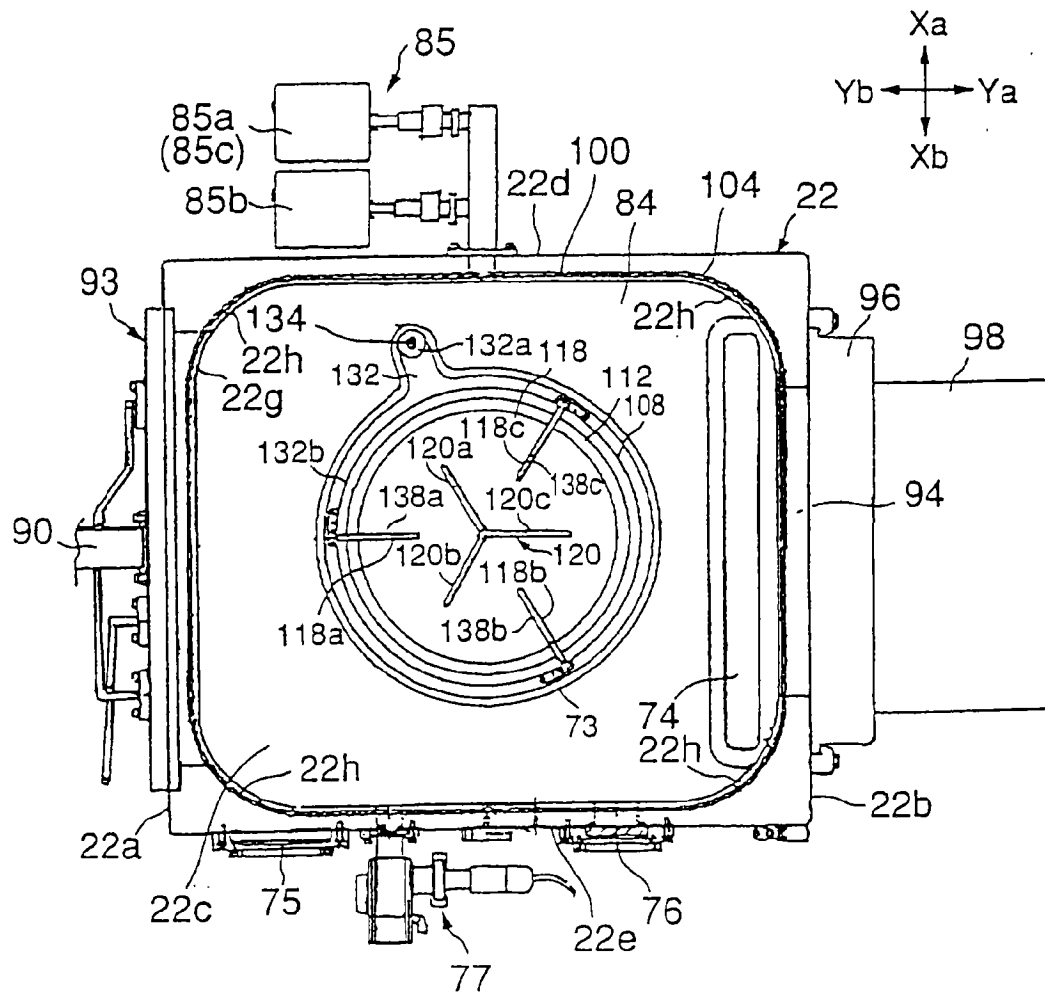


图 10

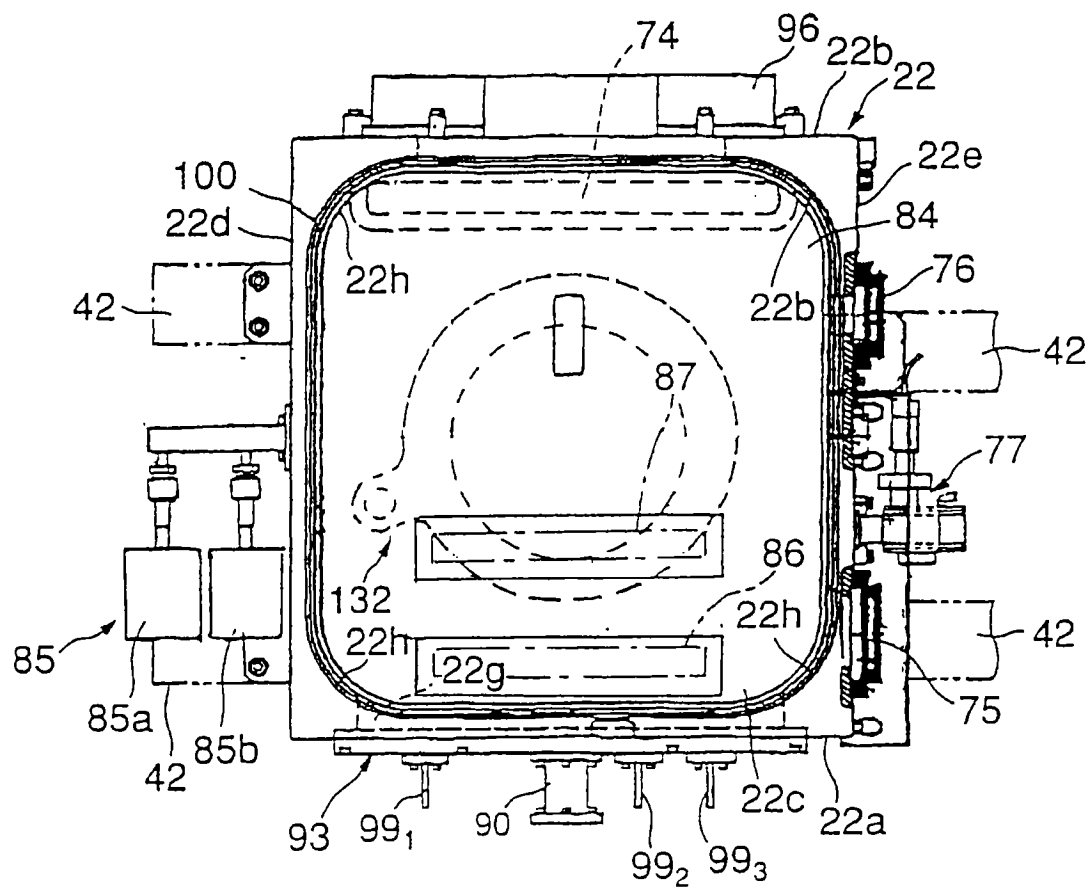


图 11

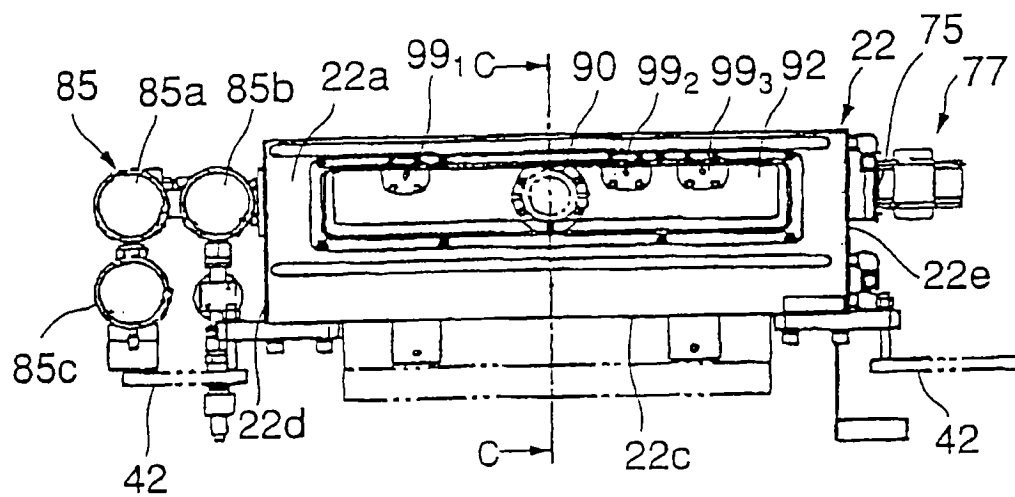


图 12

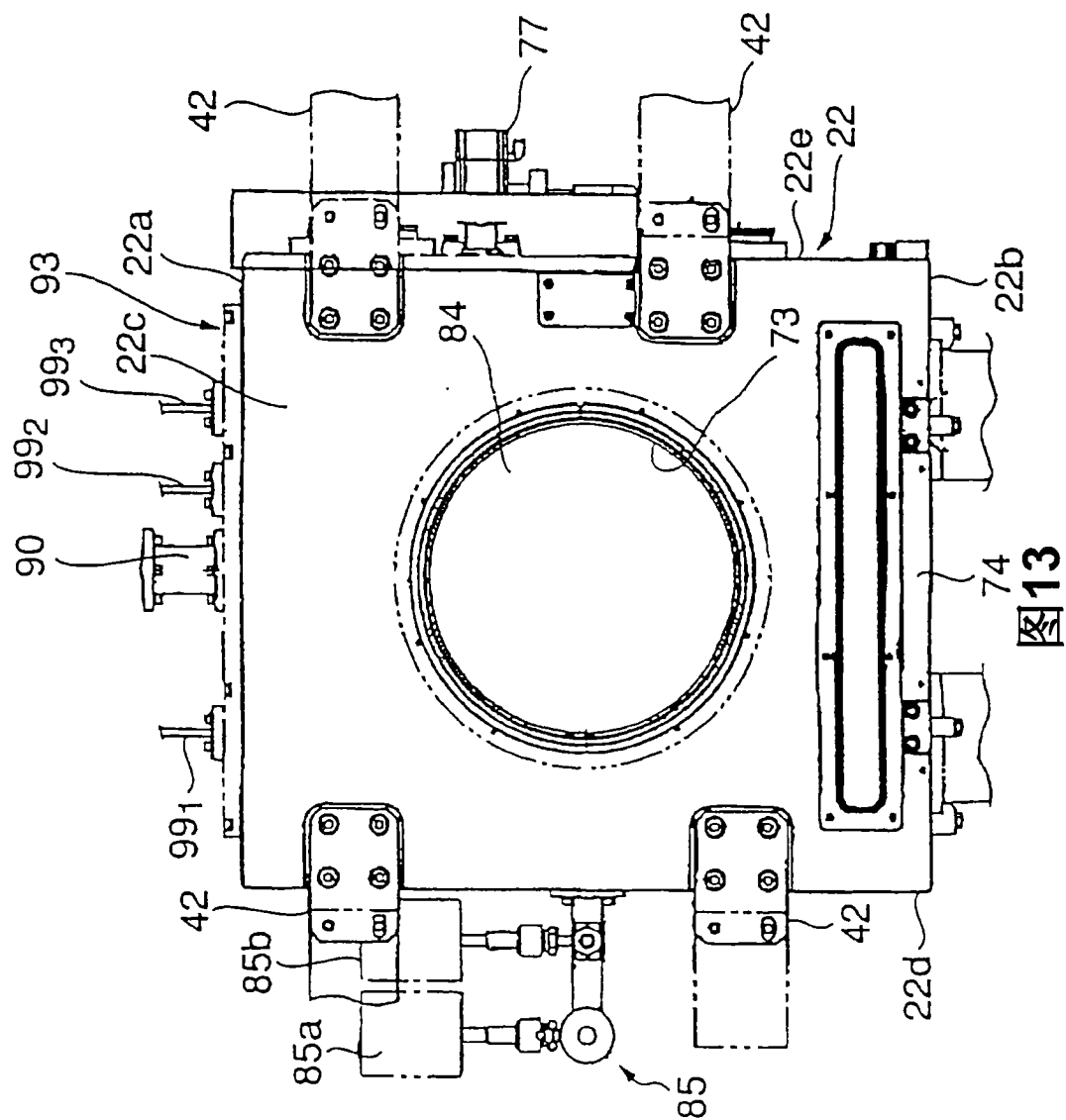


图13

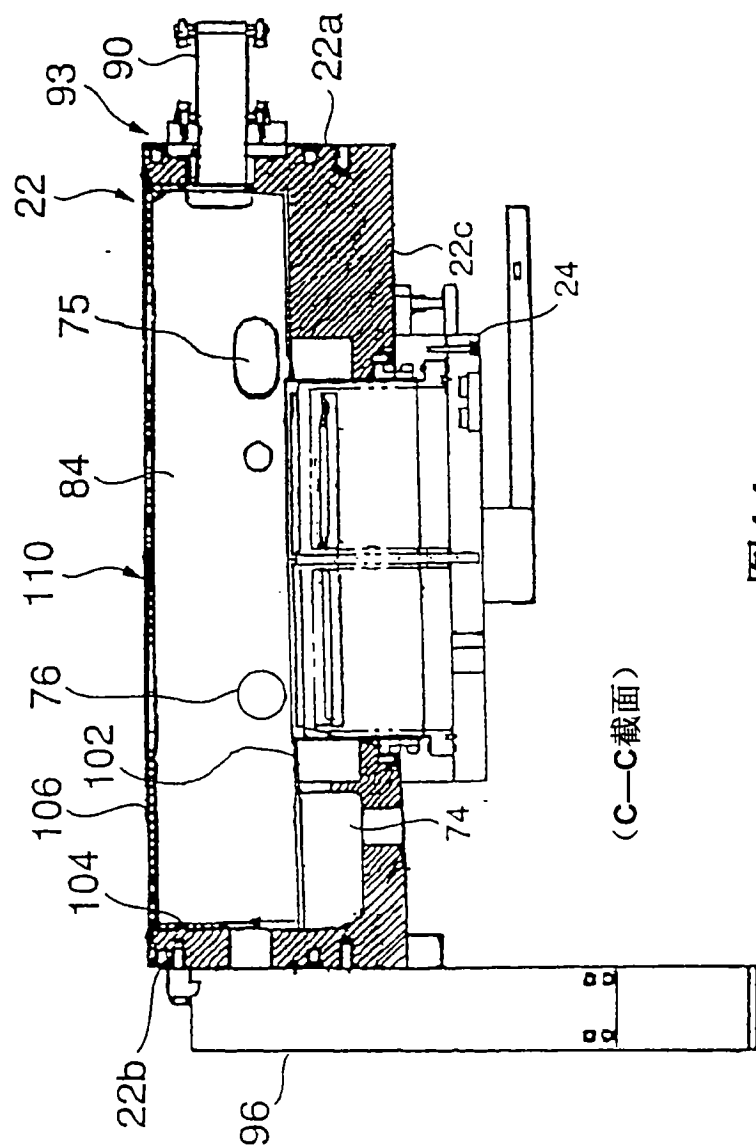


图14

(C—C截面)

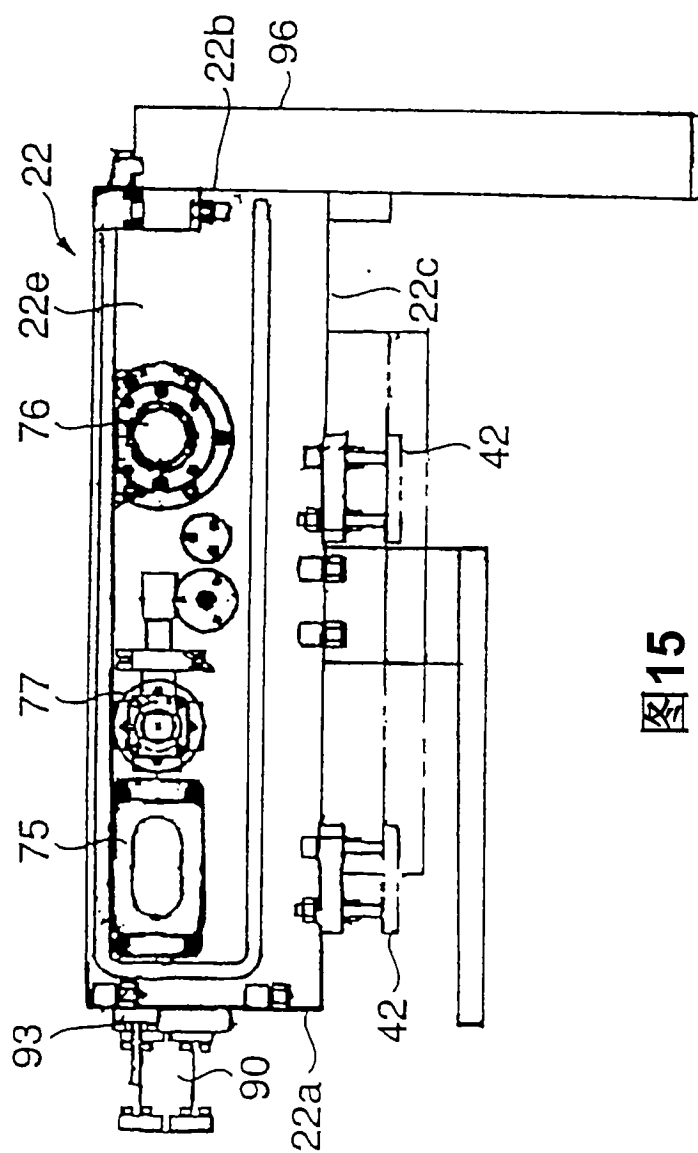
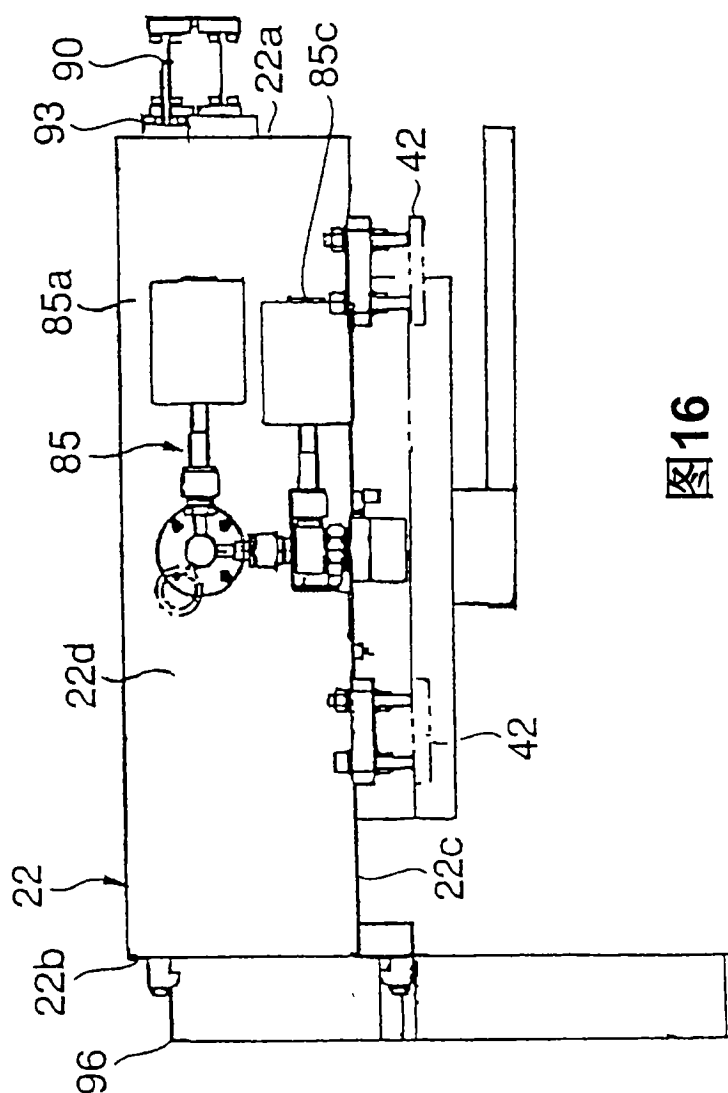


图15



16

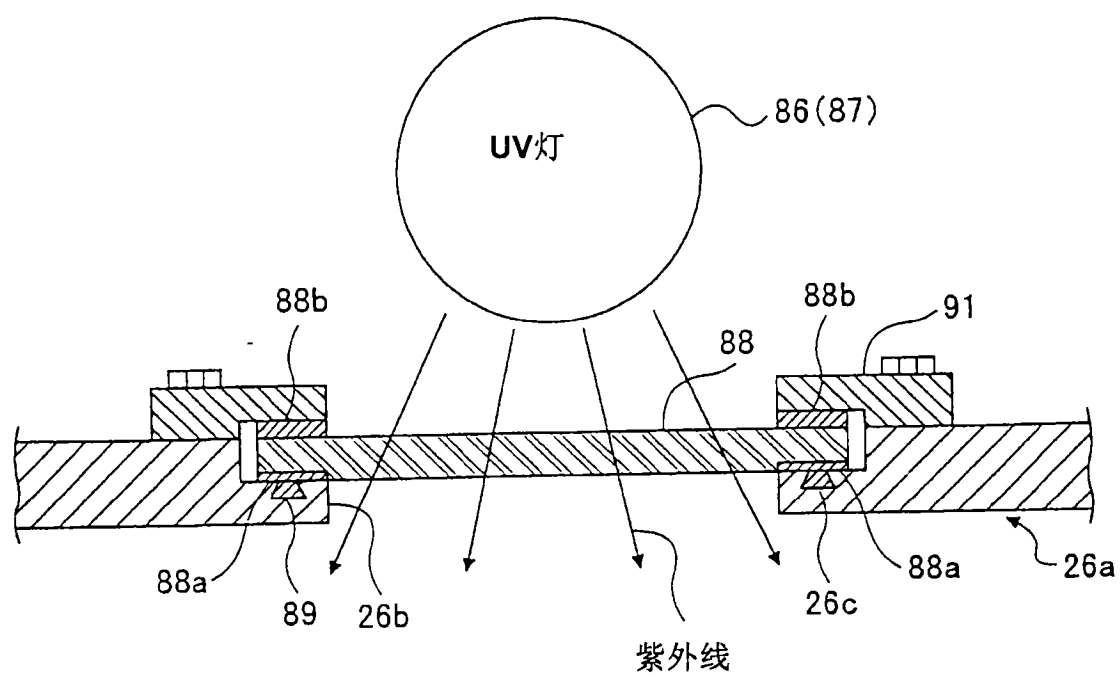


图 17

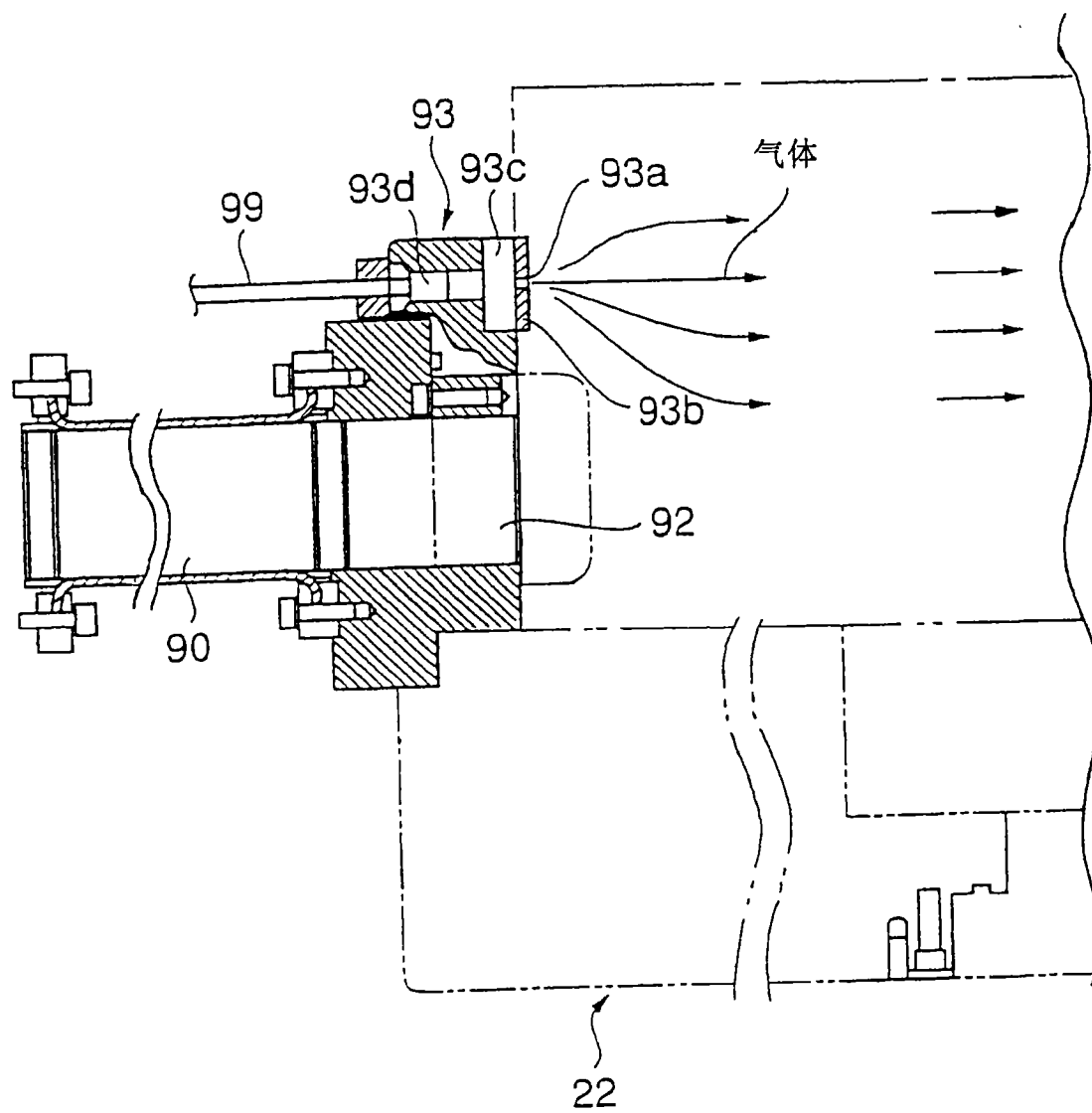


图 18

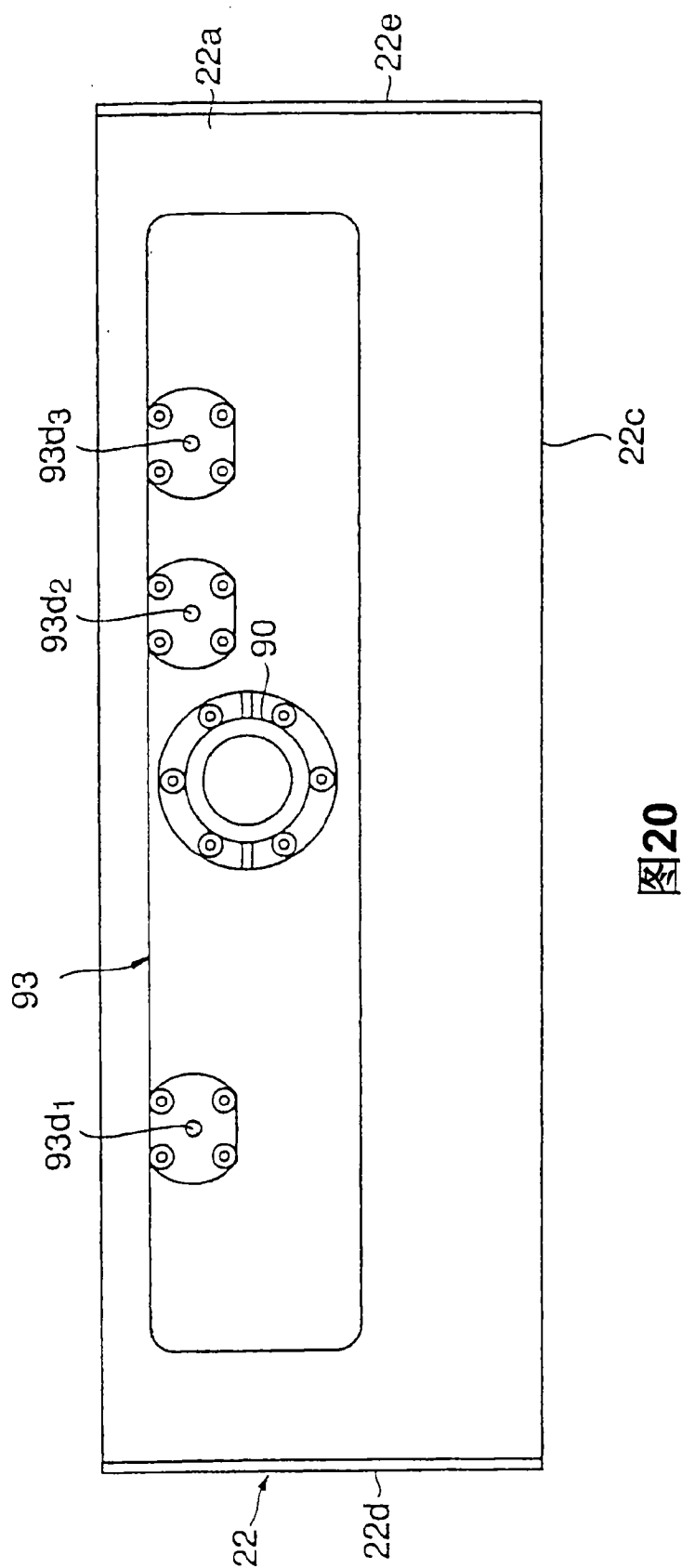


图20

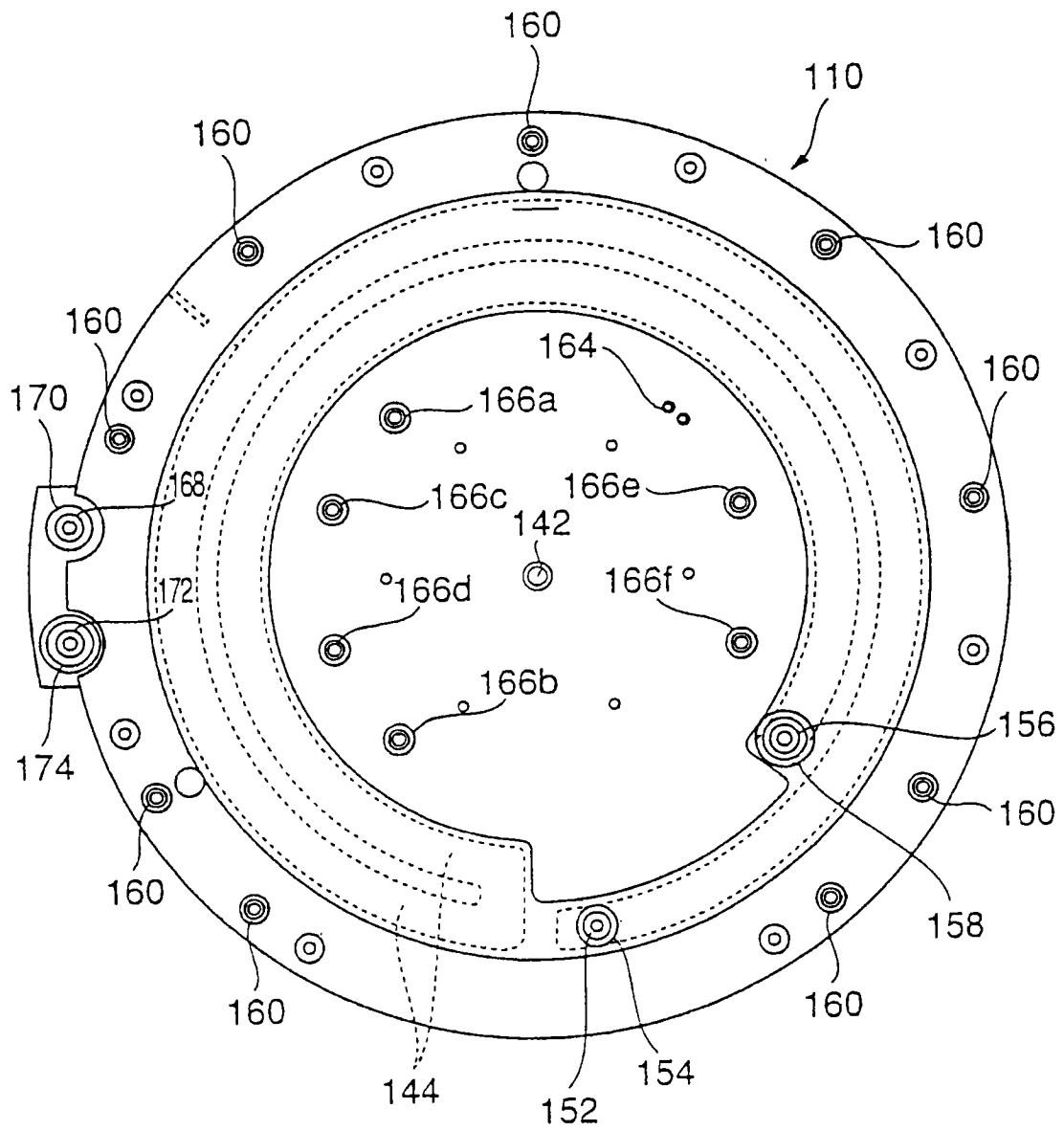


图 22

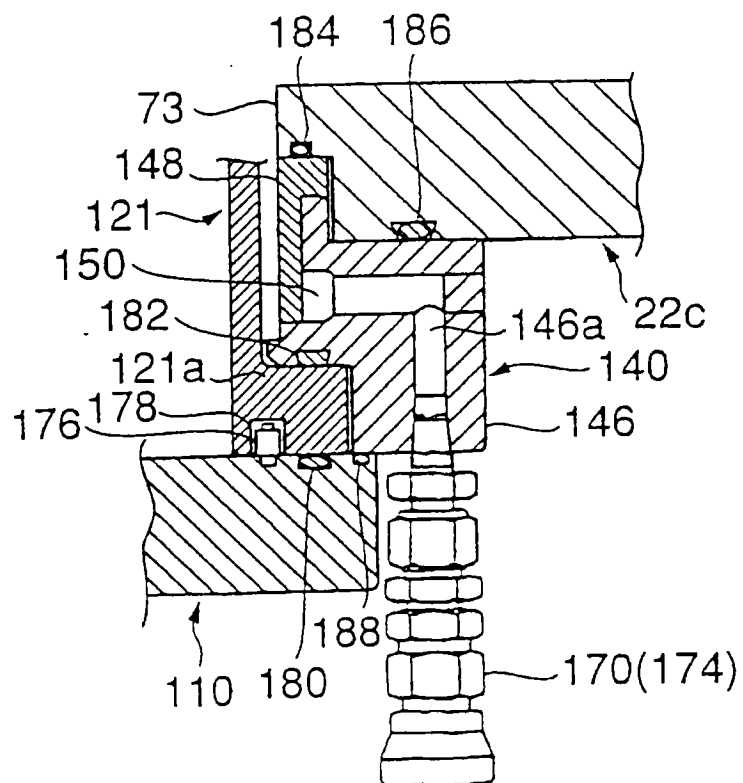


图 23

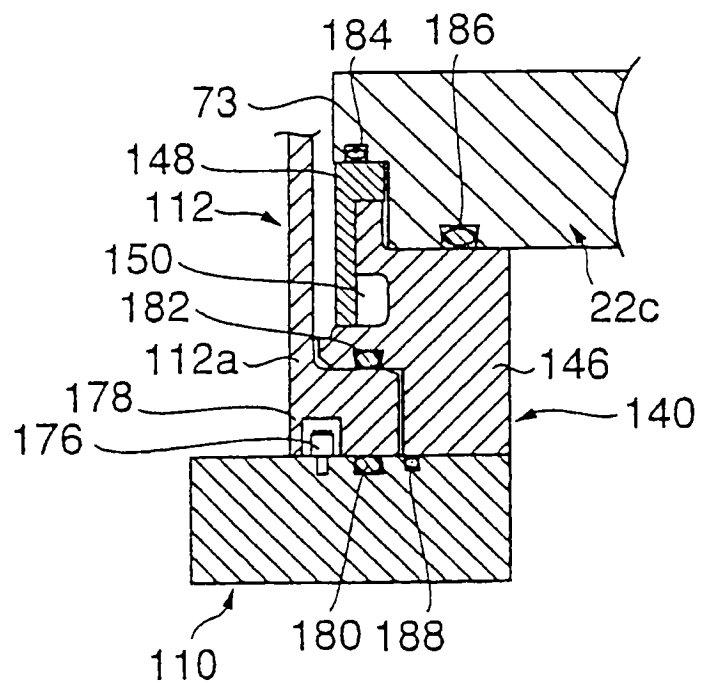


图 24

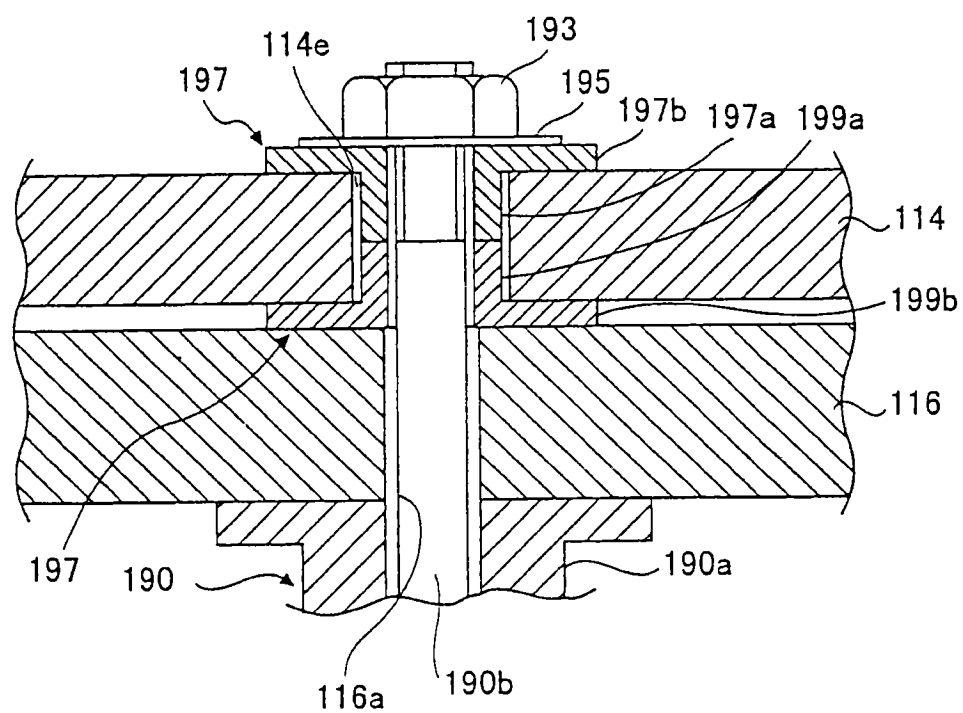


图 25

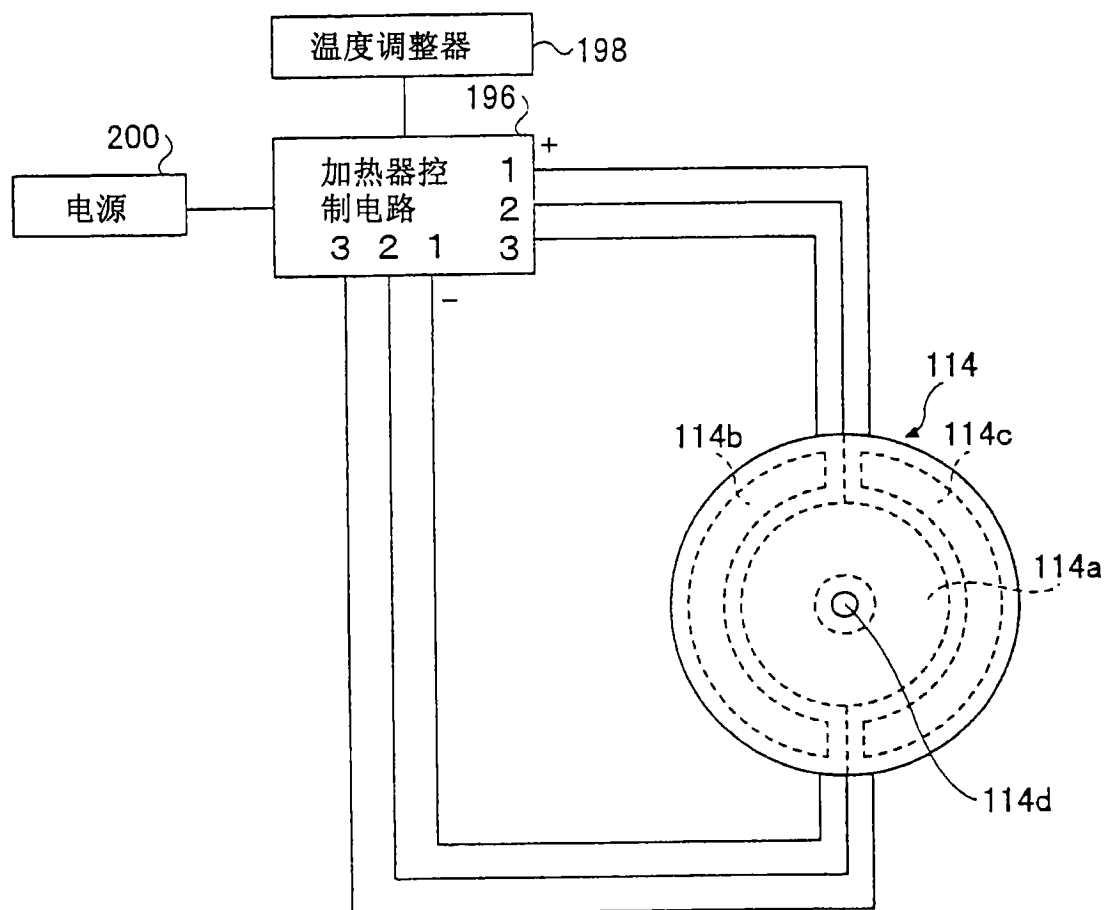


图 26

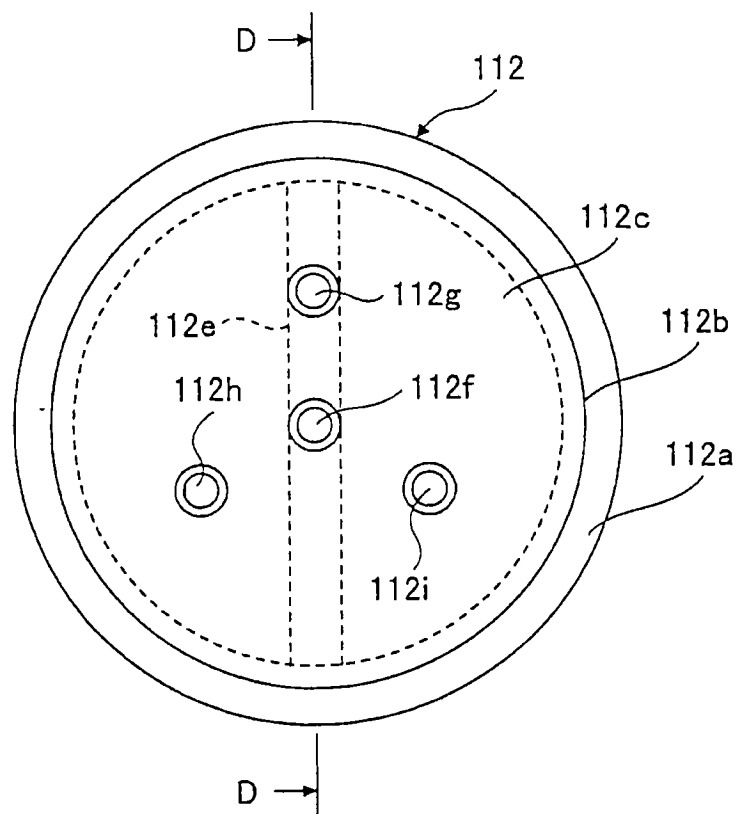


图 27A

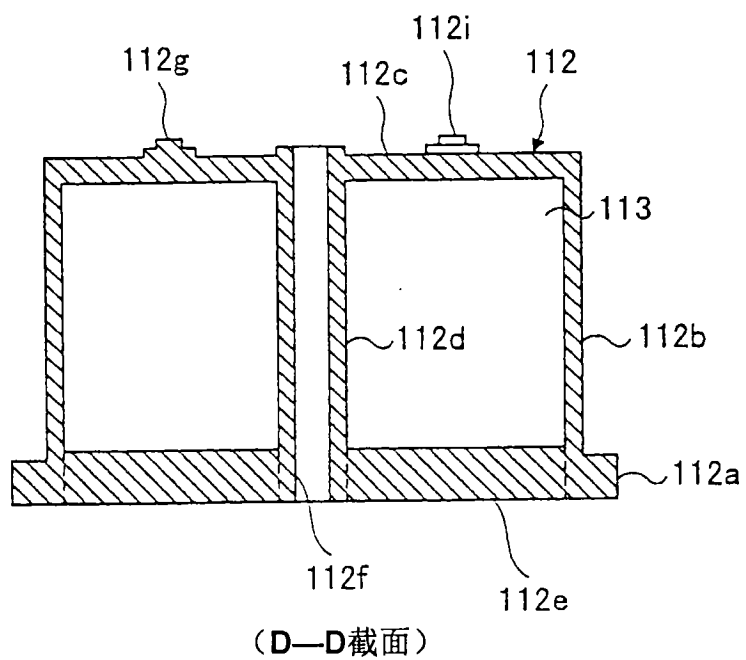


图 27B

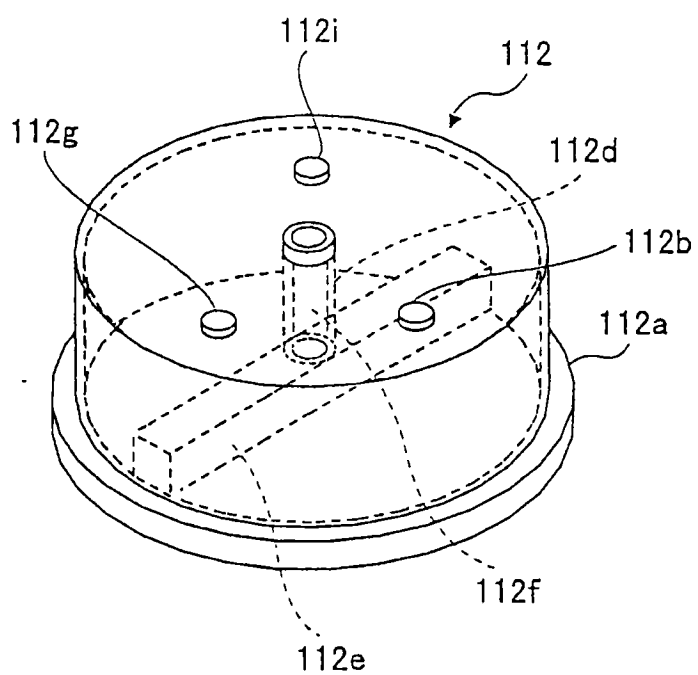


图 28A

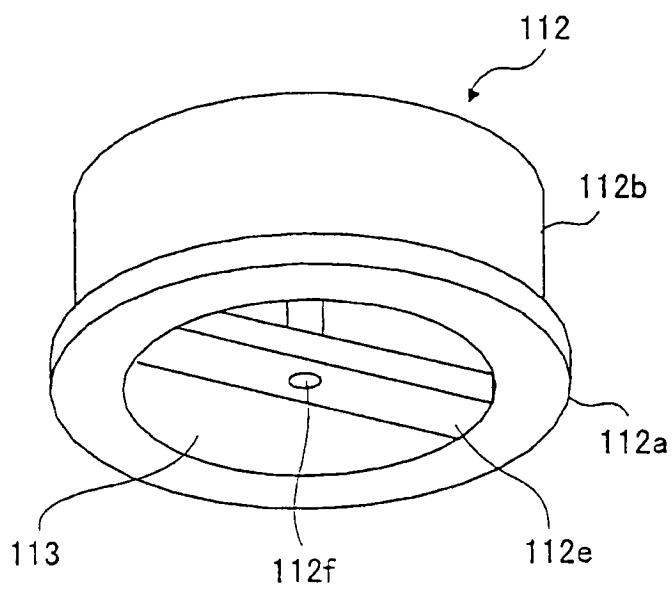


图 28B

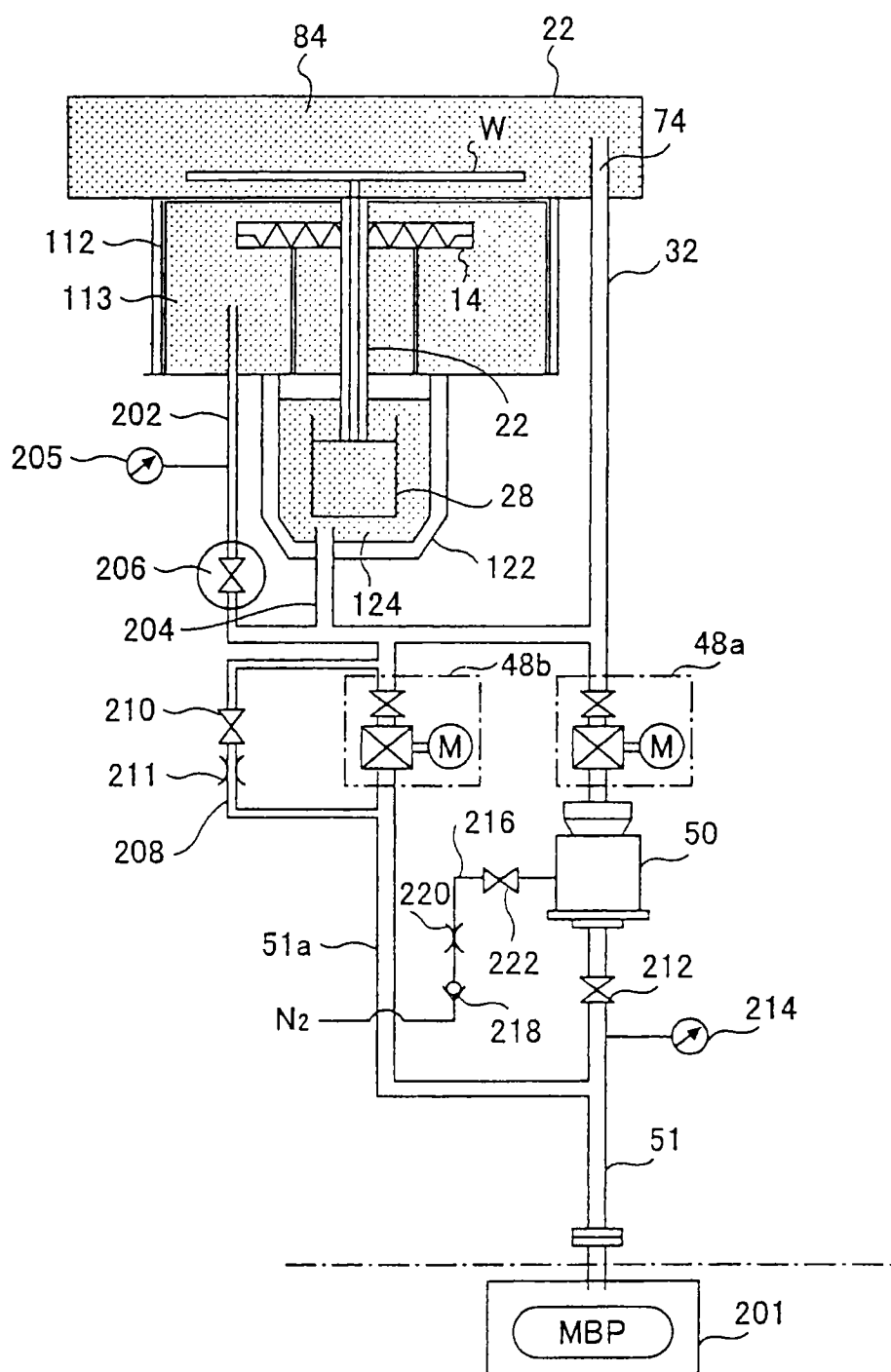


图 29

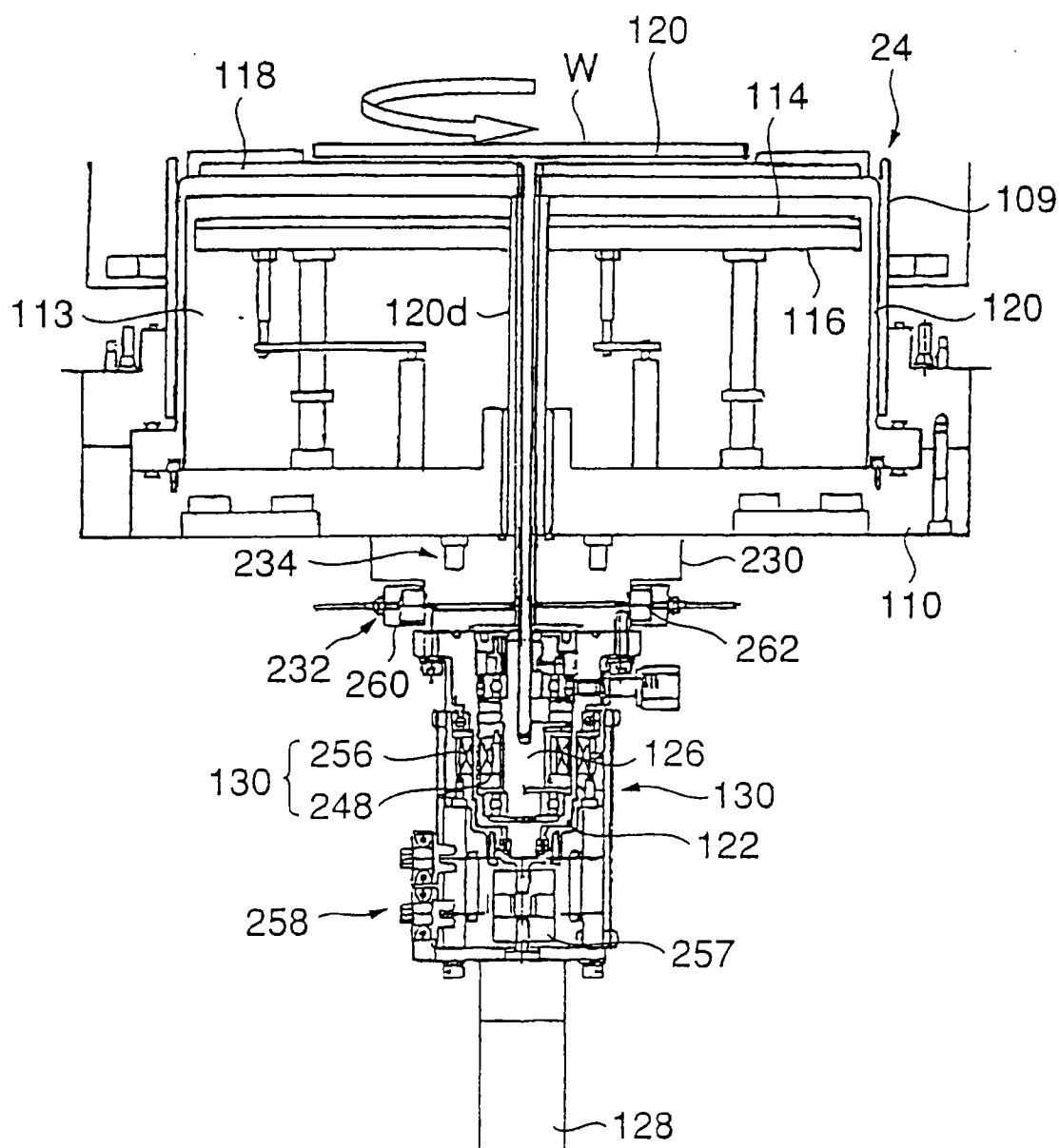


图 31

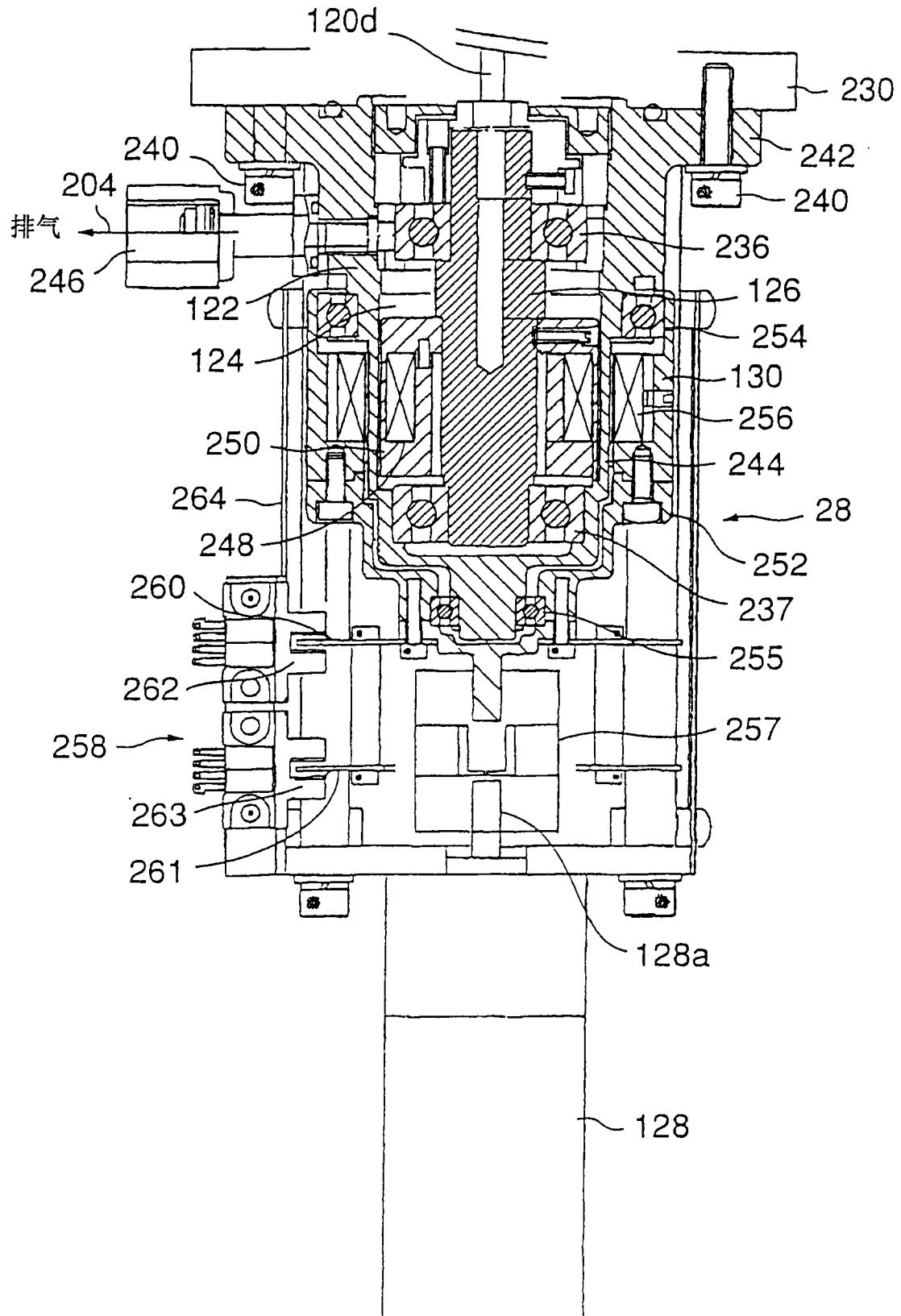


图 32

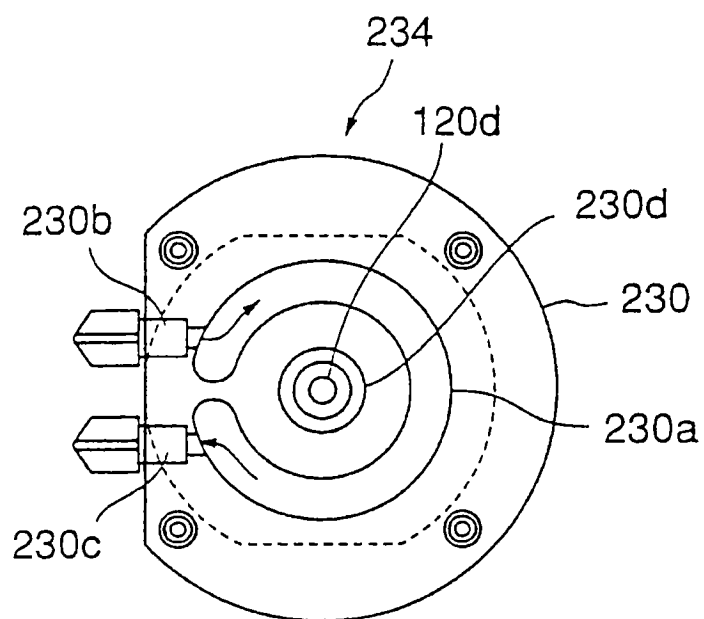


图 33A

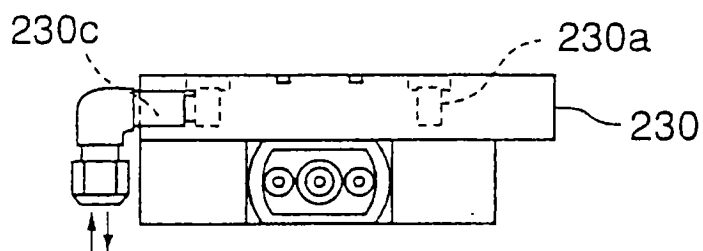


图 33B

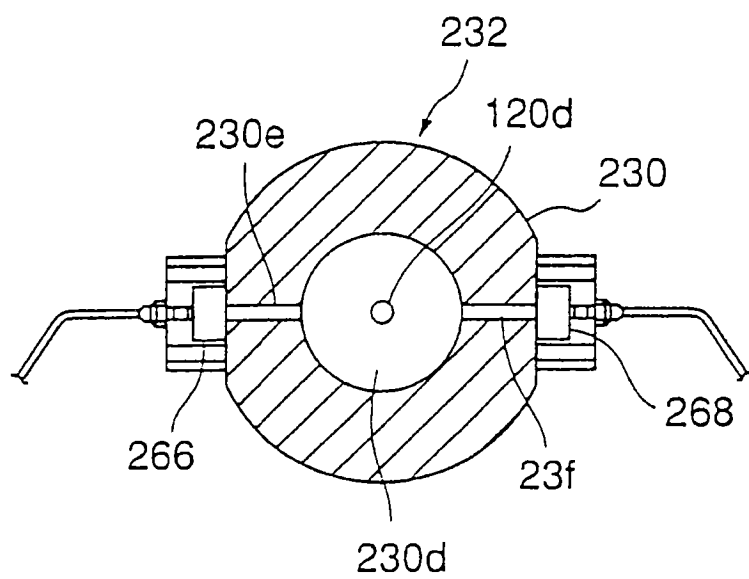


图 34

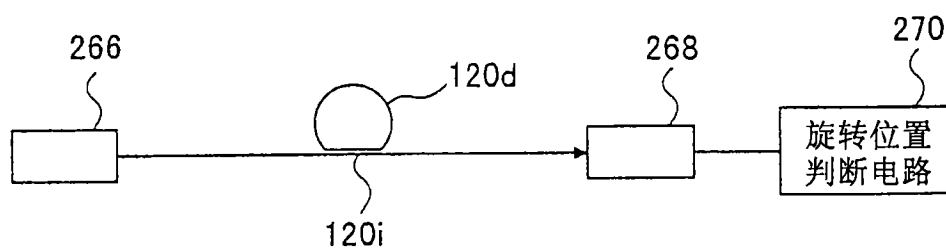


图 35A

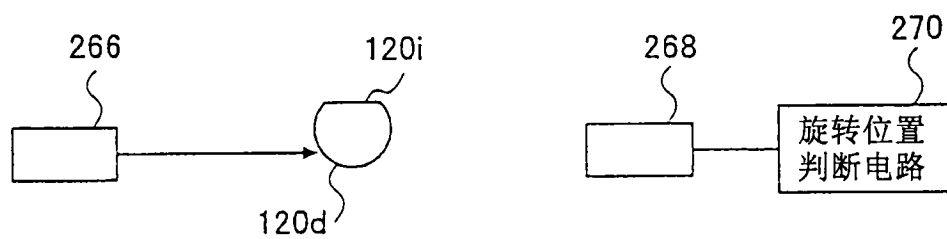
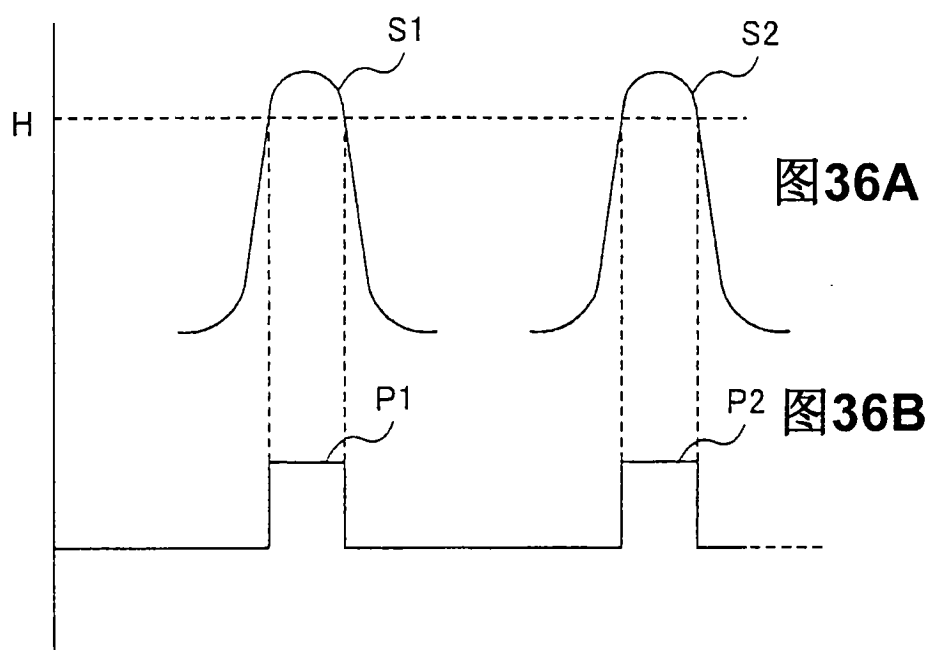


图 35B



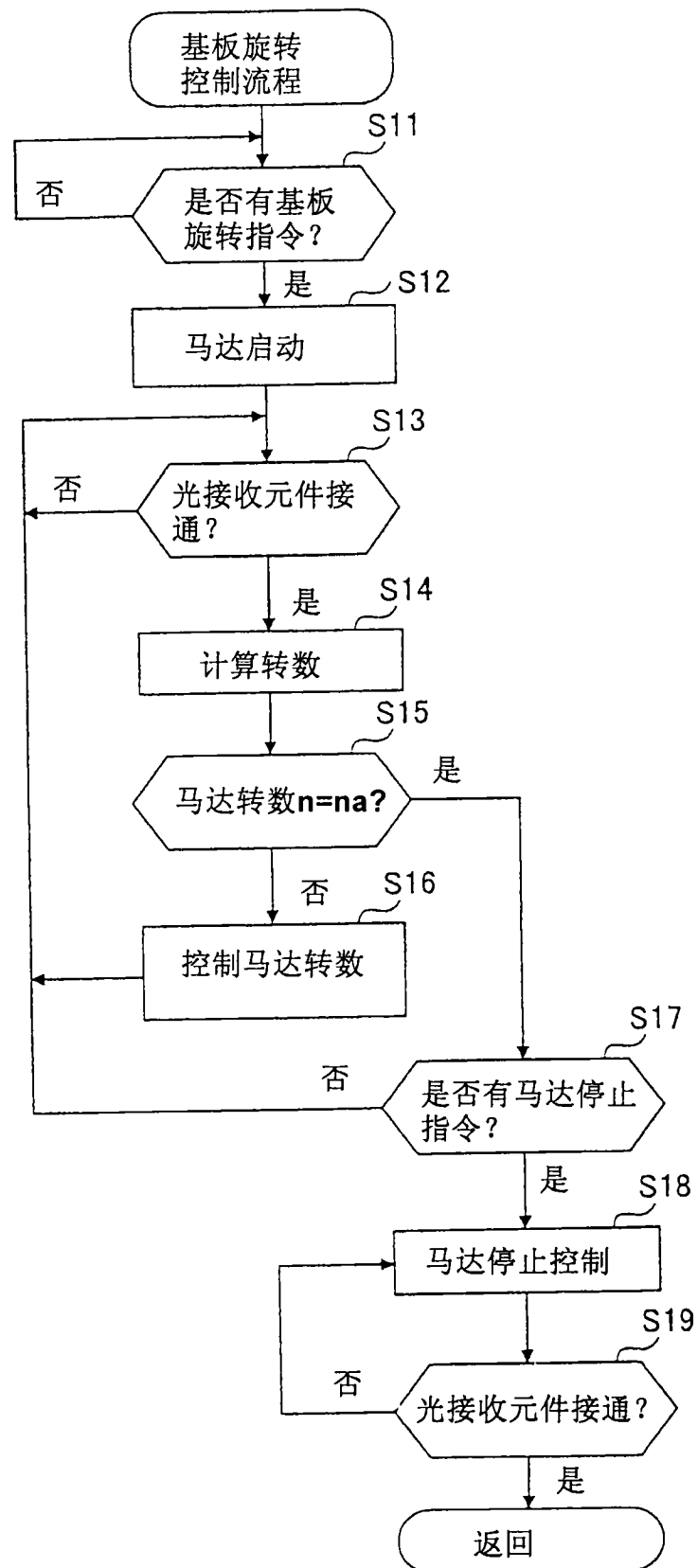


图 37

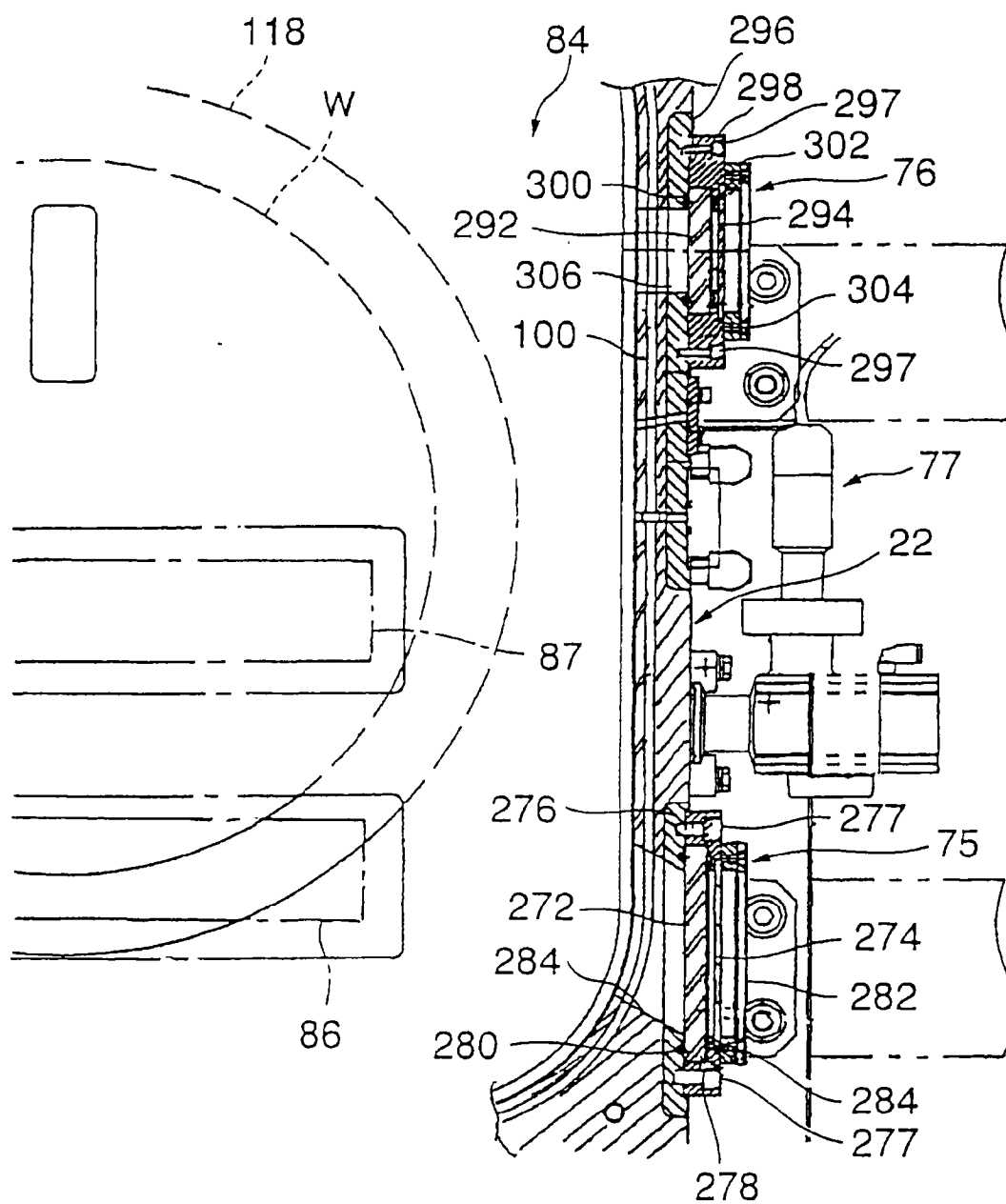


图 38

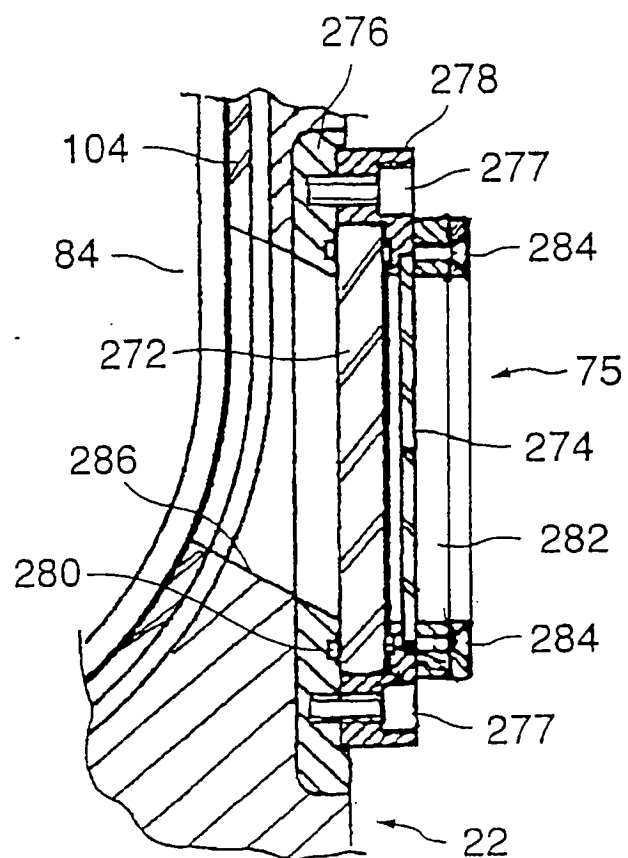


图 39

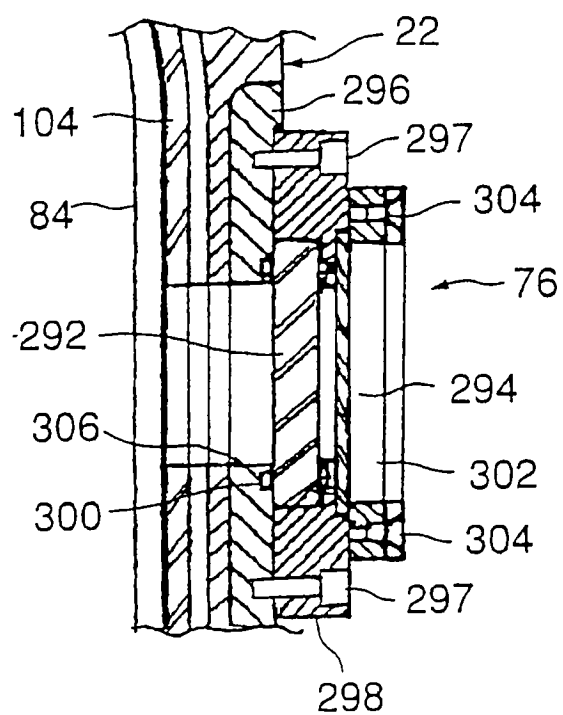


图 40

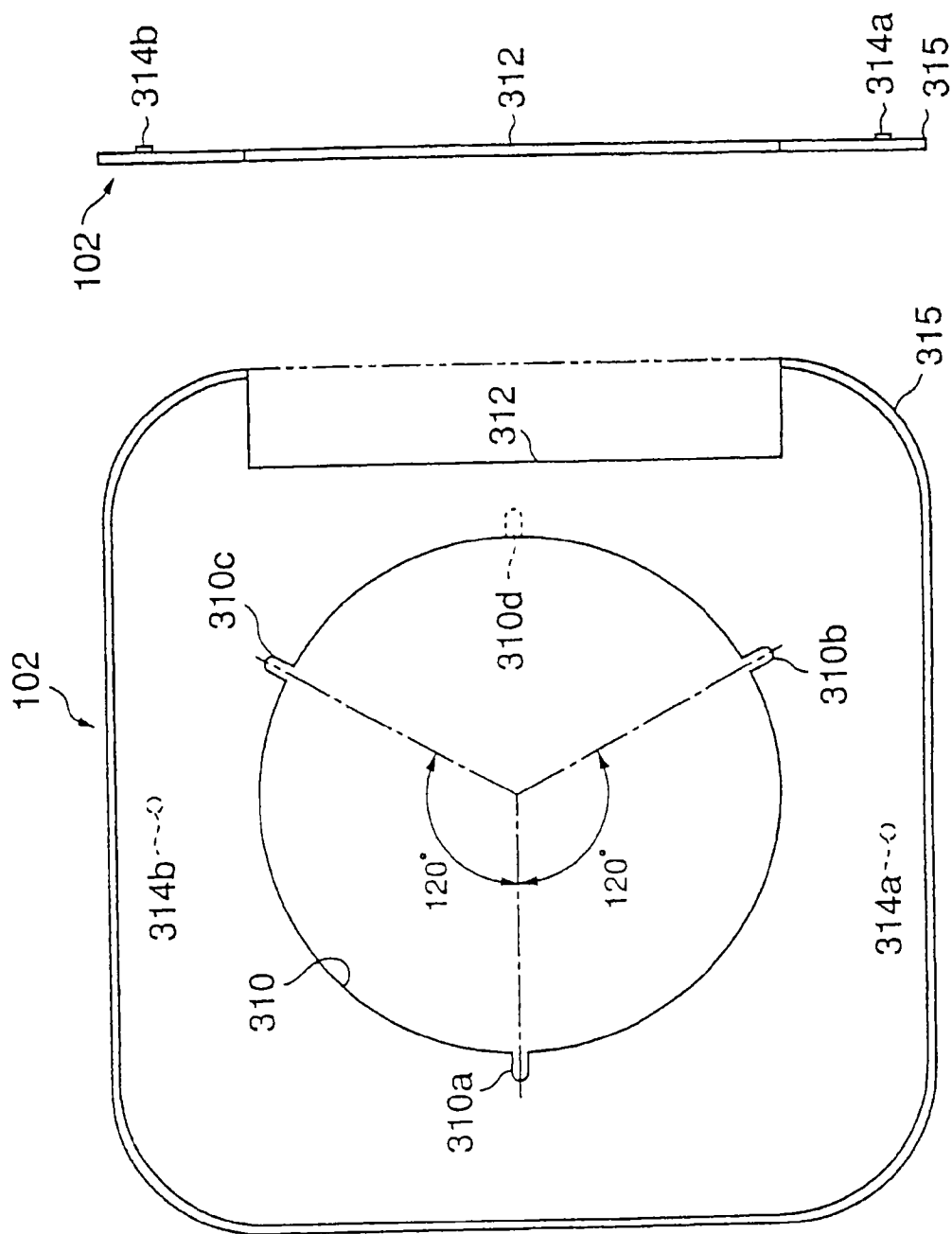
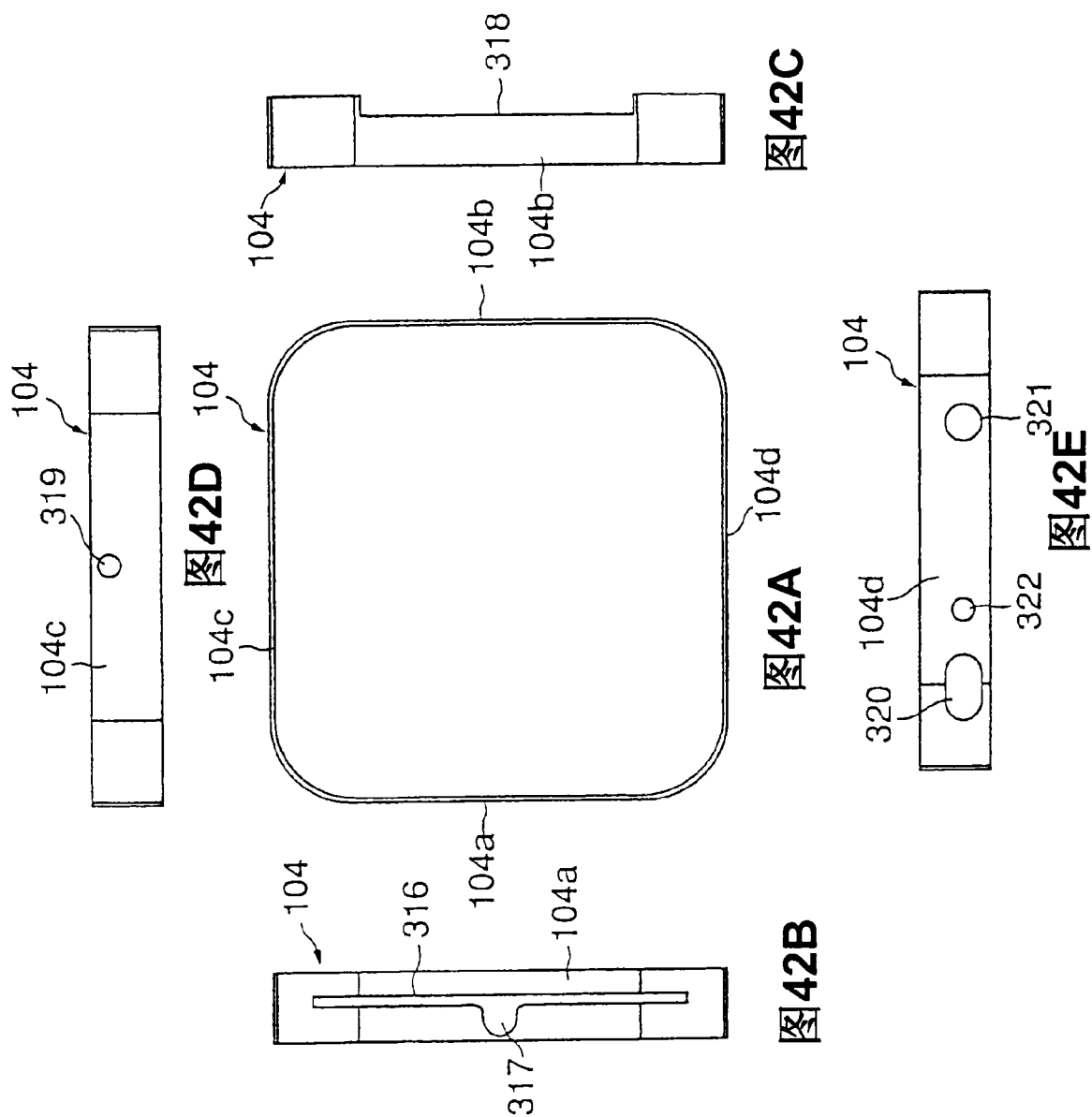


图41A

图41B



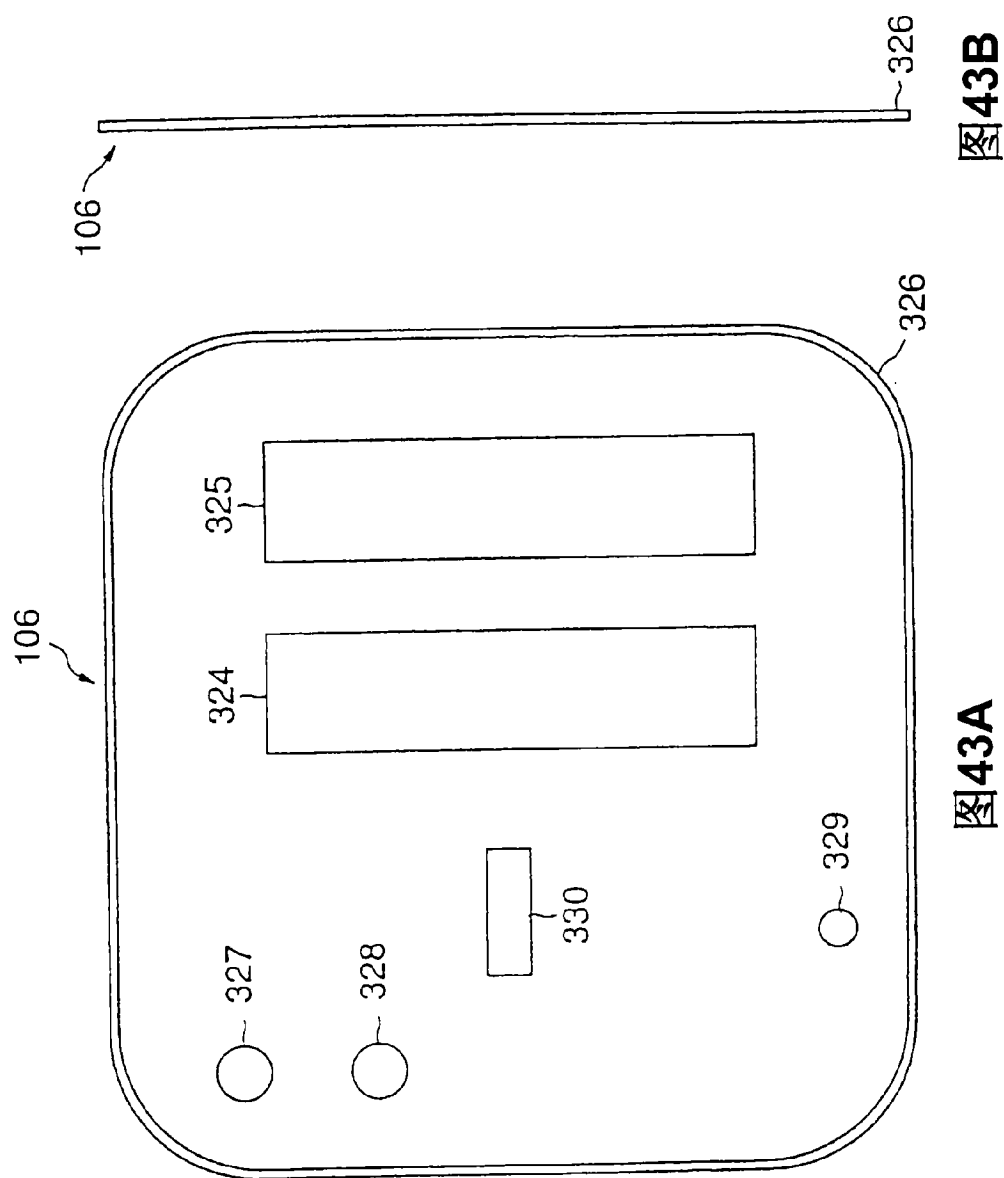


图43A

图43B

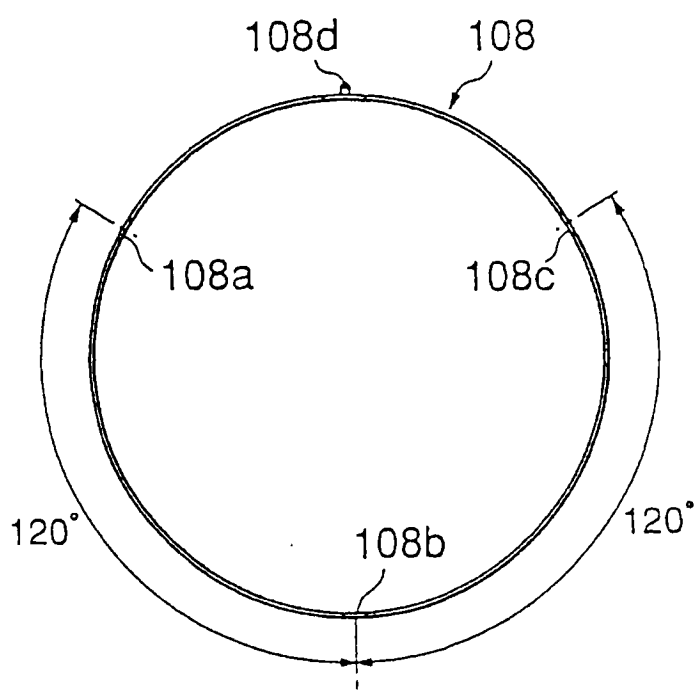


图44A

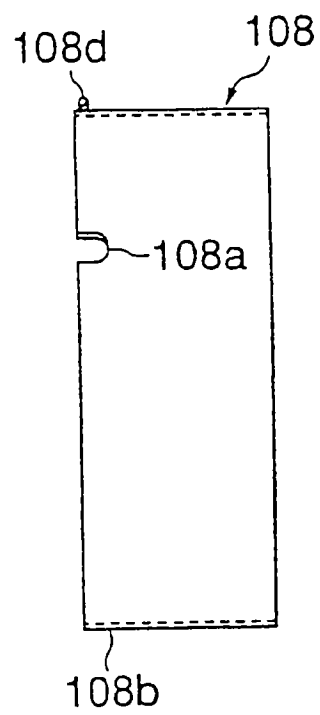


图44B

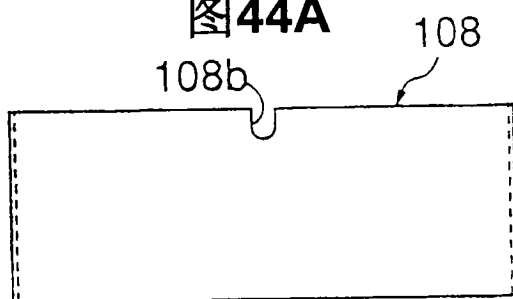


图44C

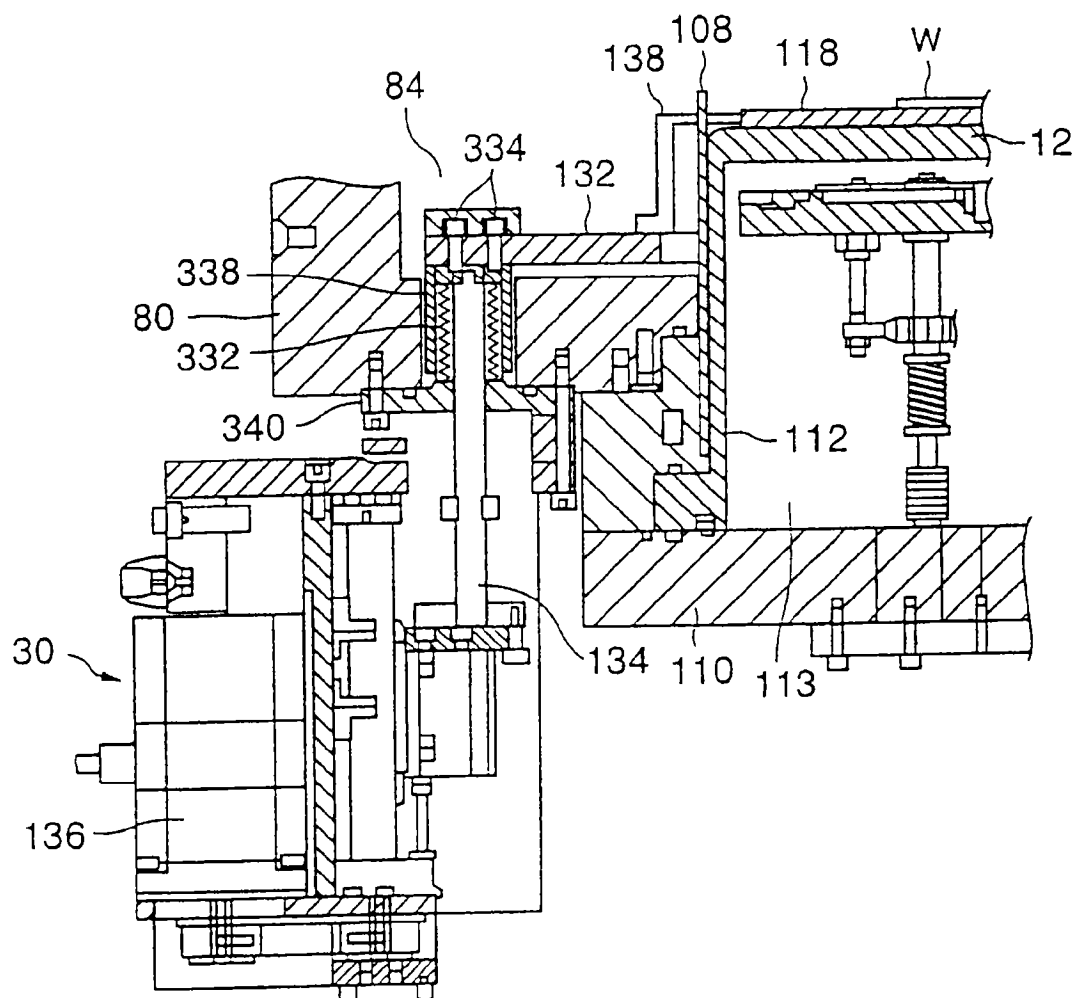


图 45

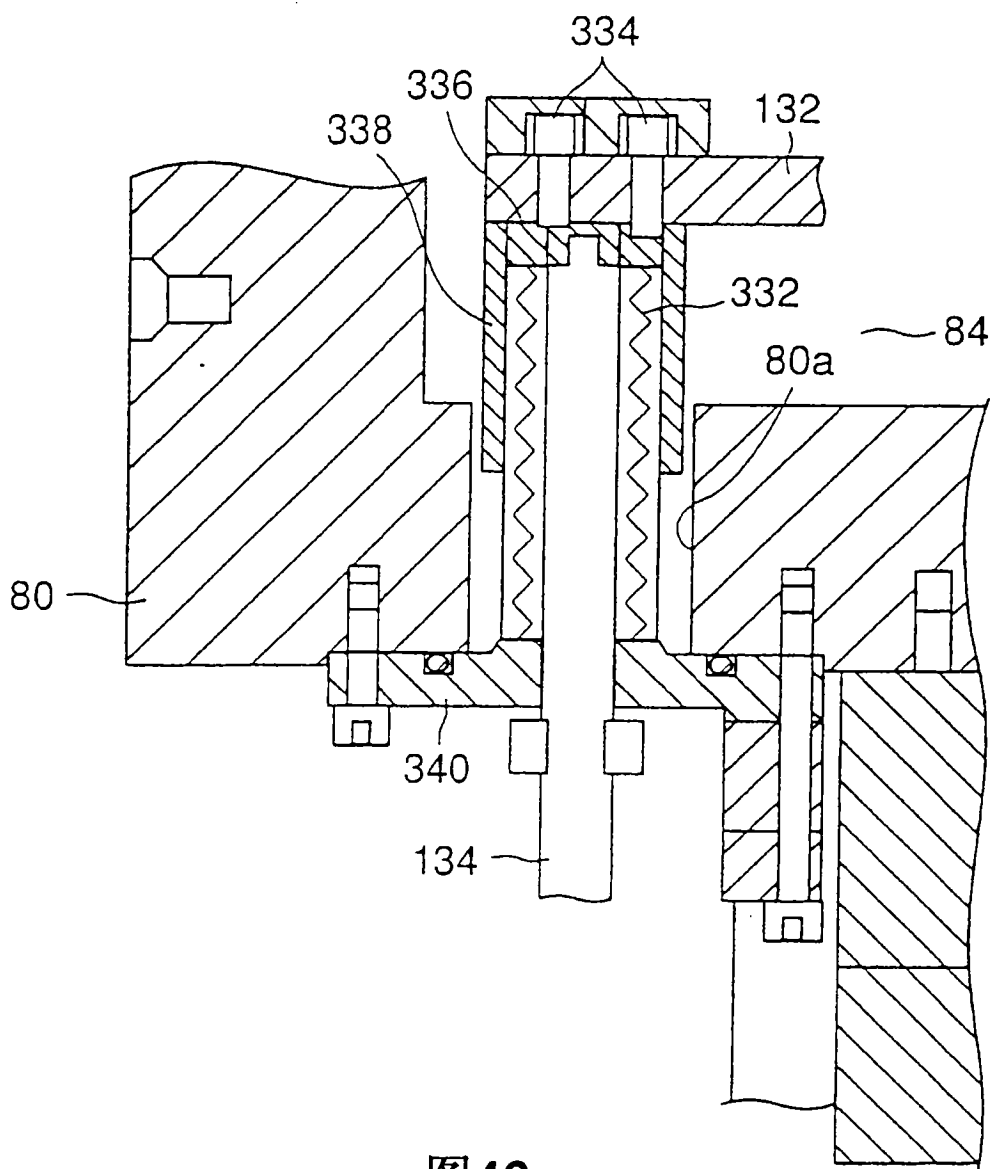


图46

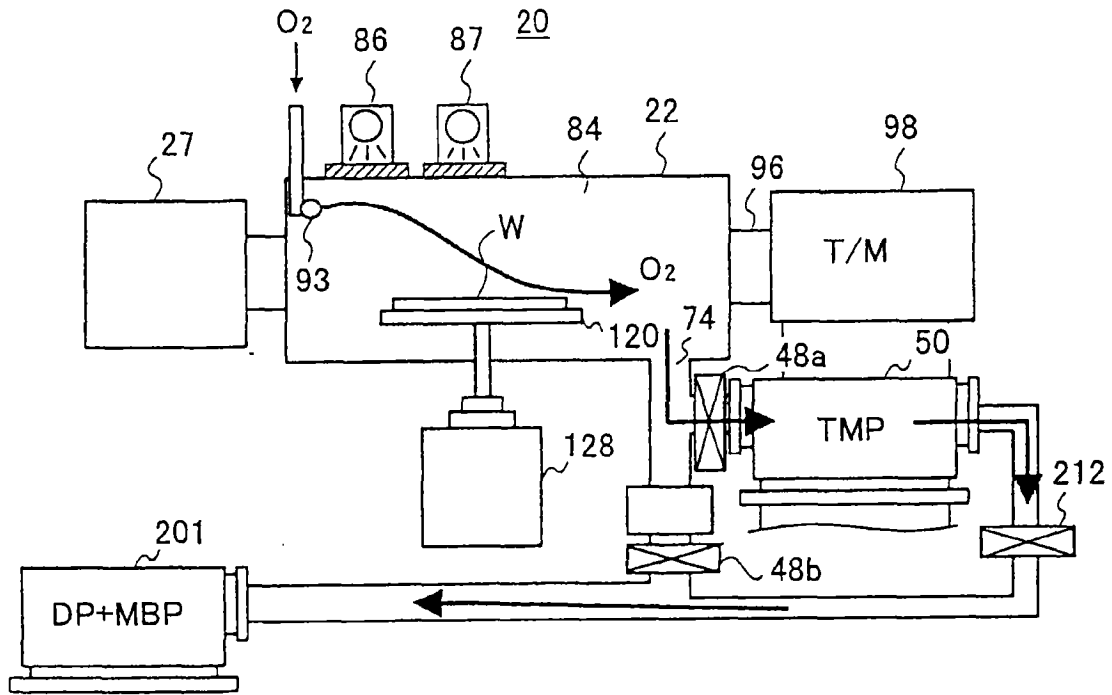


图47A

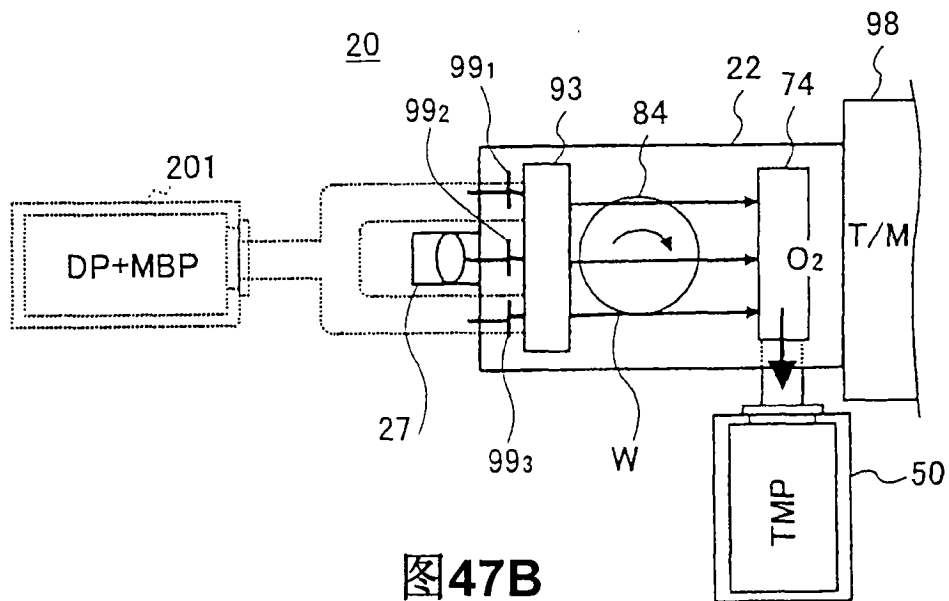


图47B

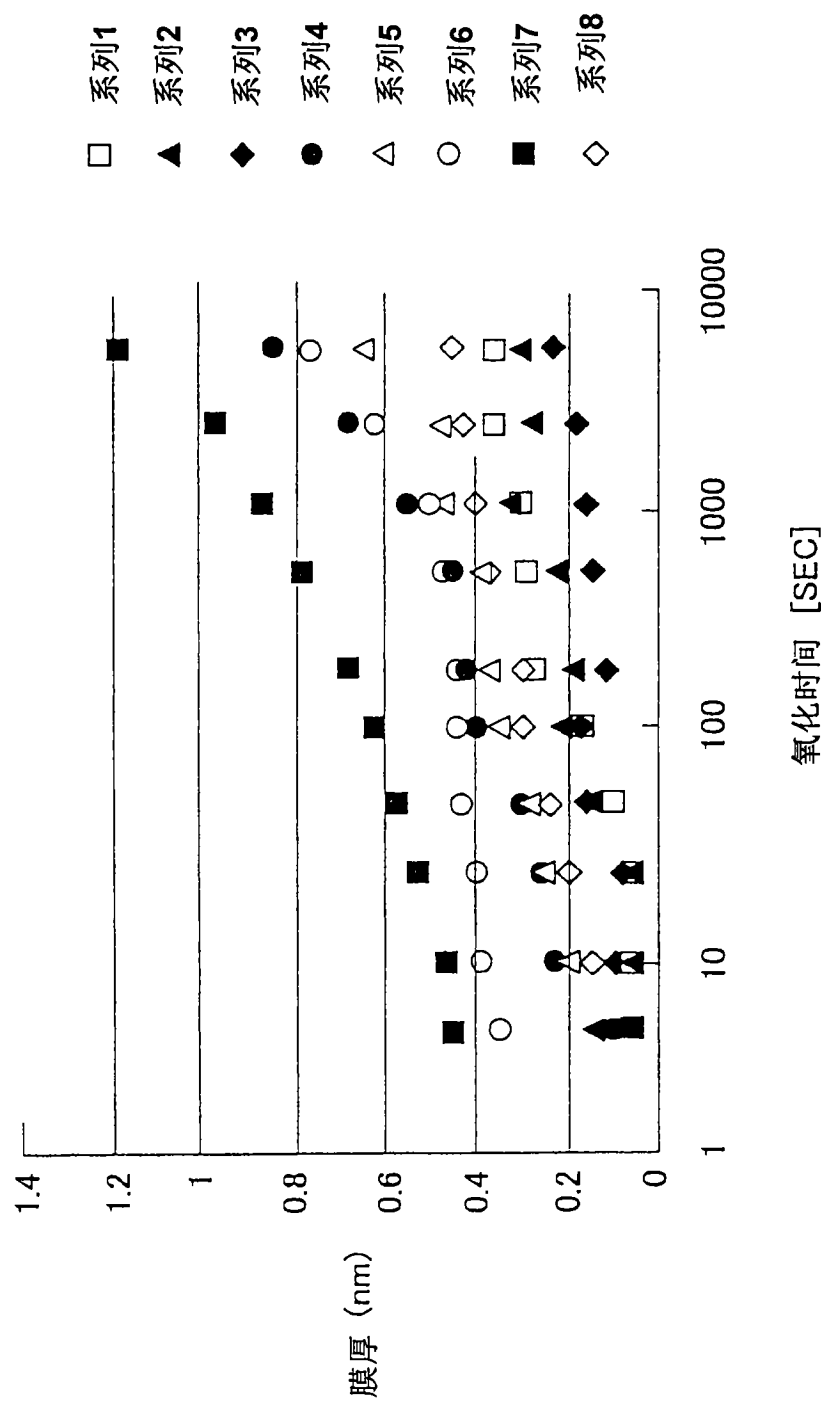
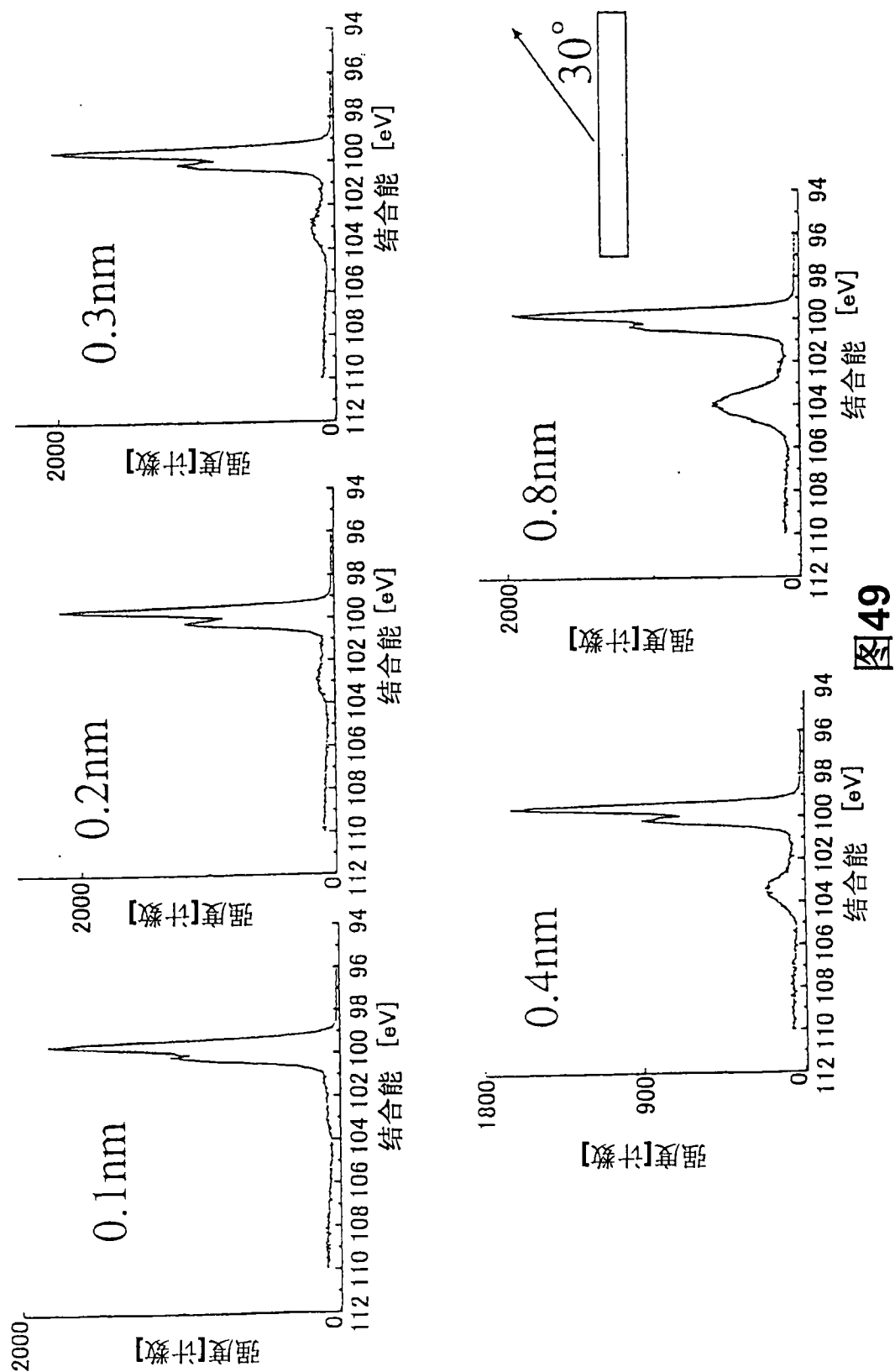


图48



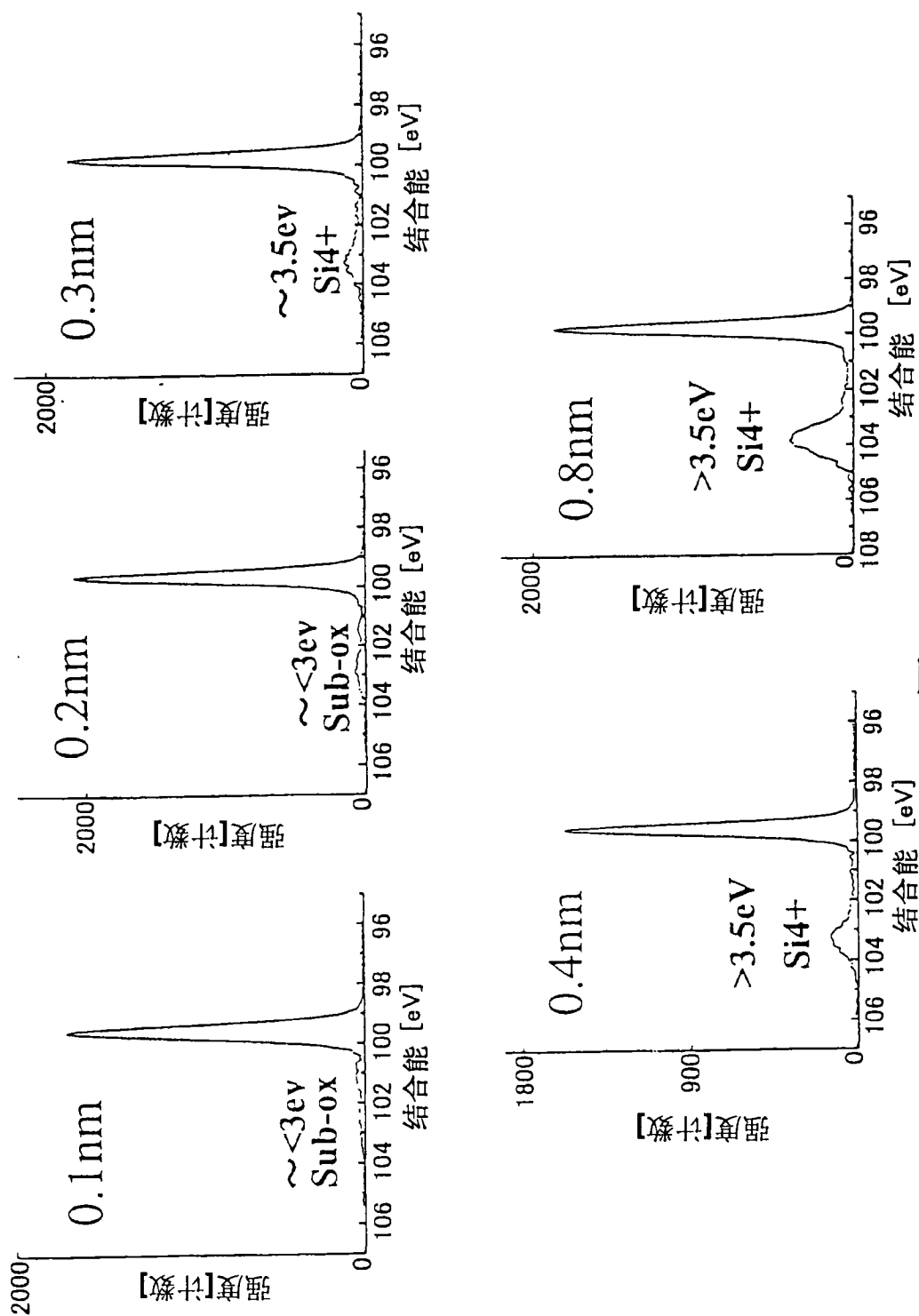


图50

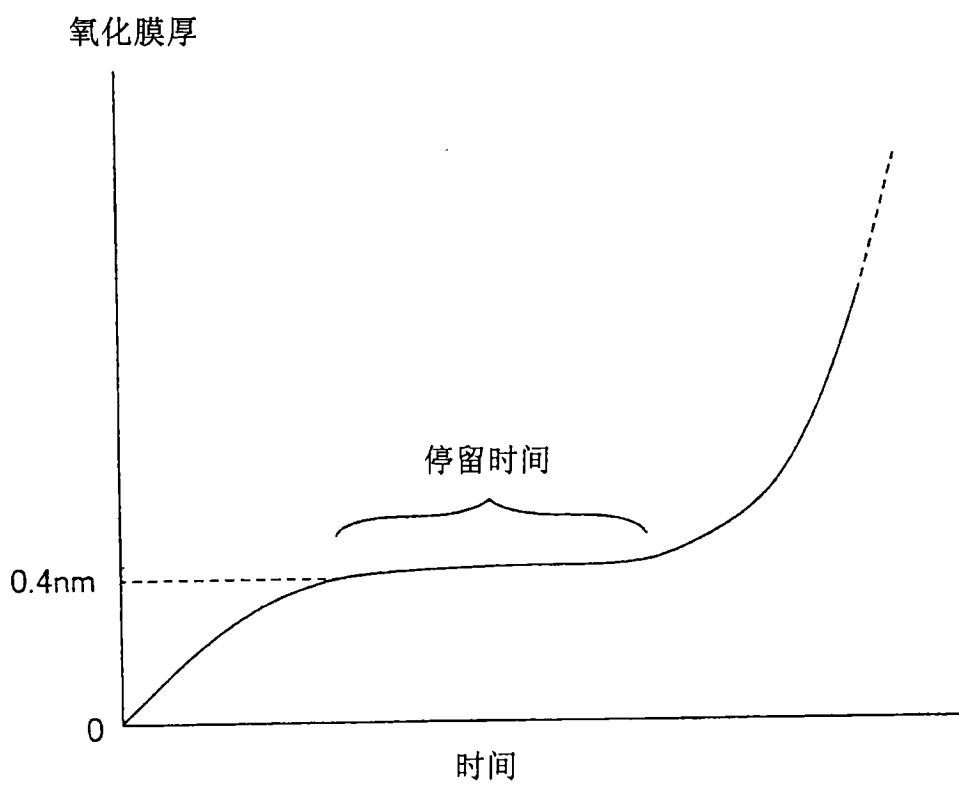


图 51

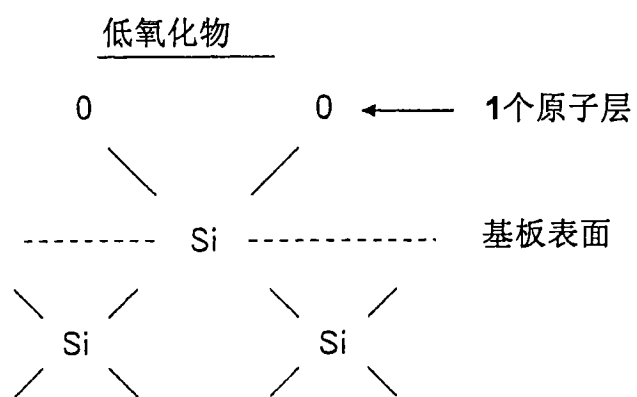


图 52A

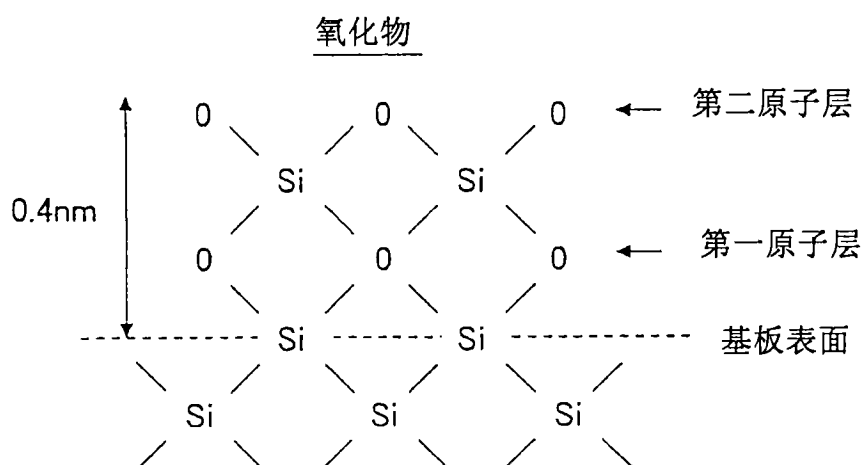


图 52B

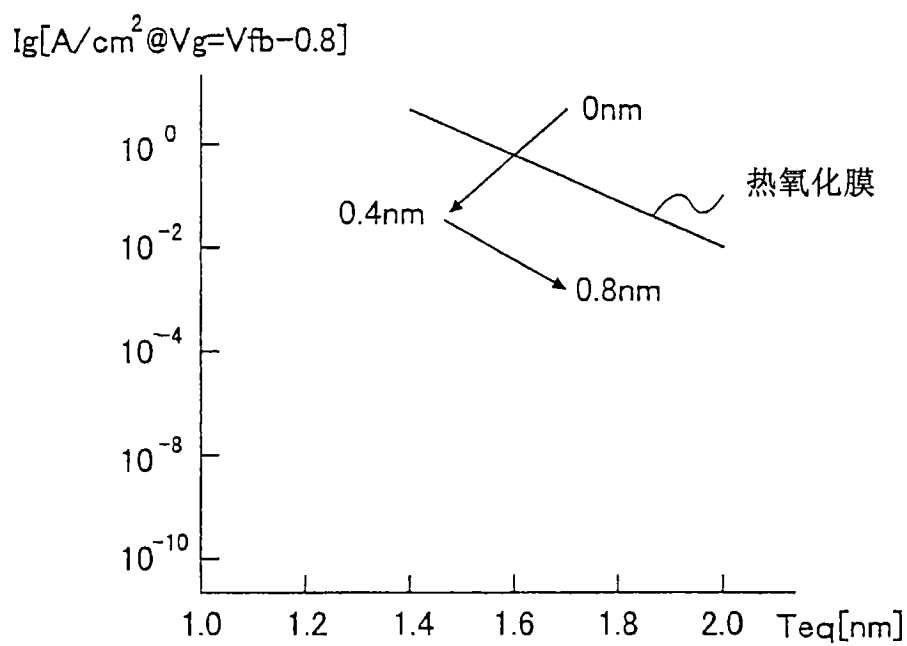


图 53

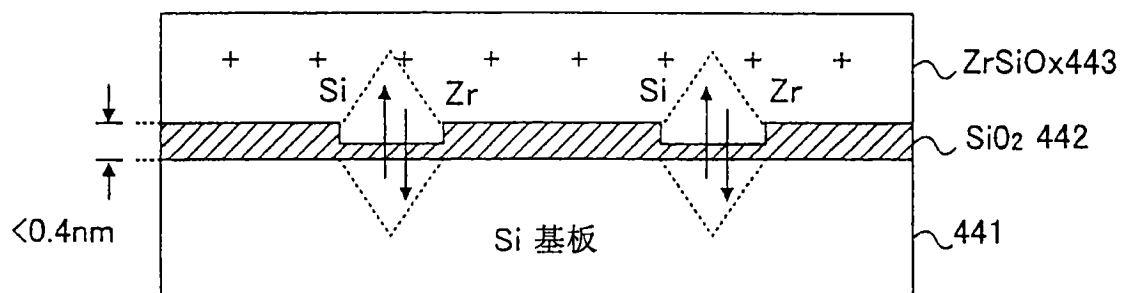


图 54A

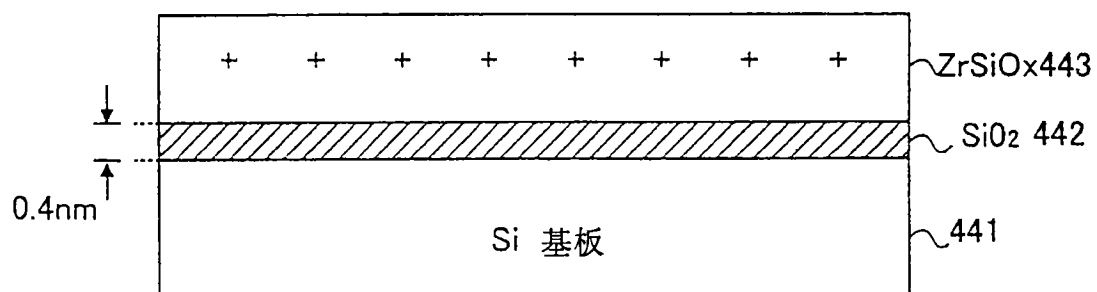


图 54B

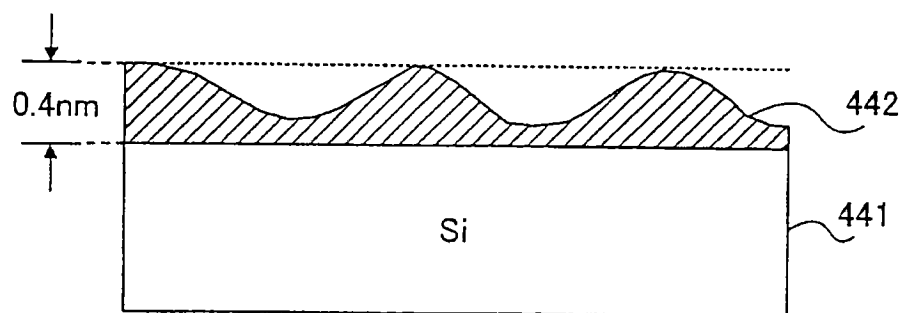


图 55A

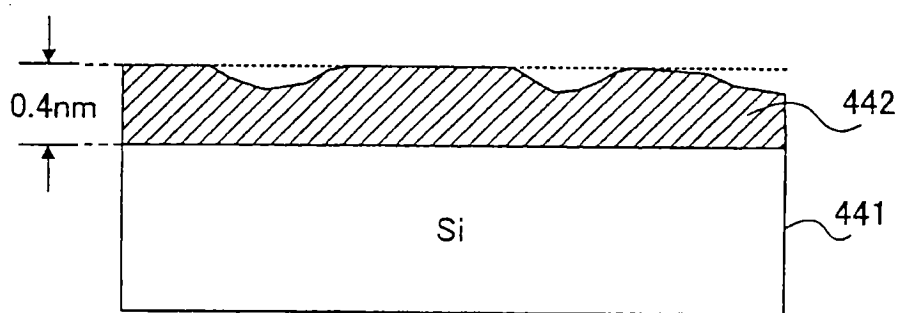


图 55B

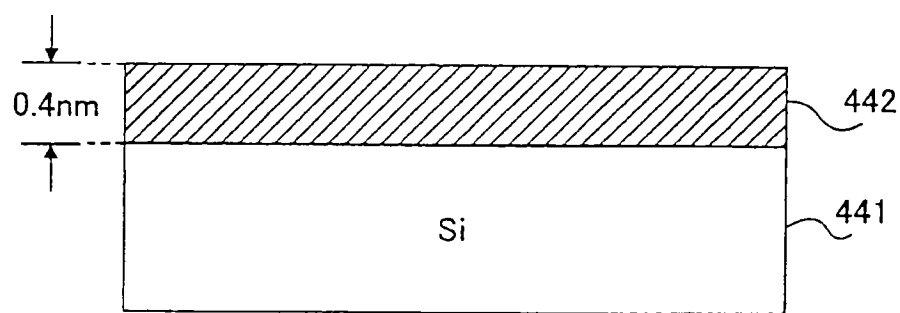
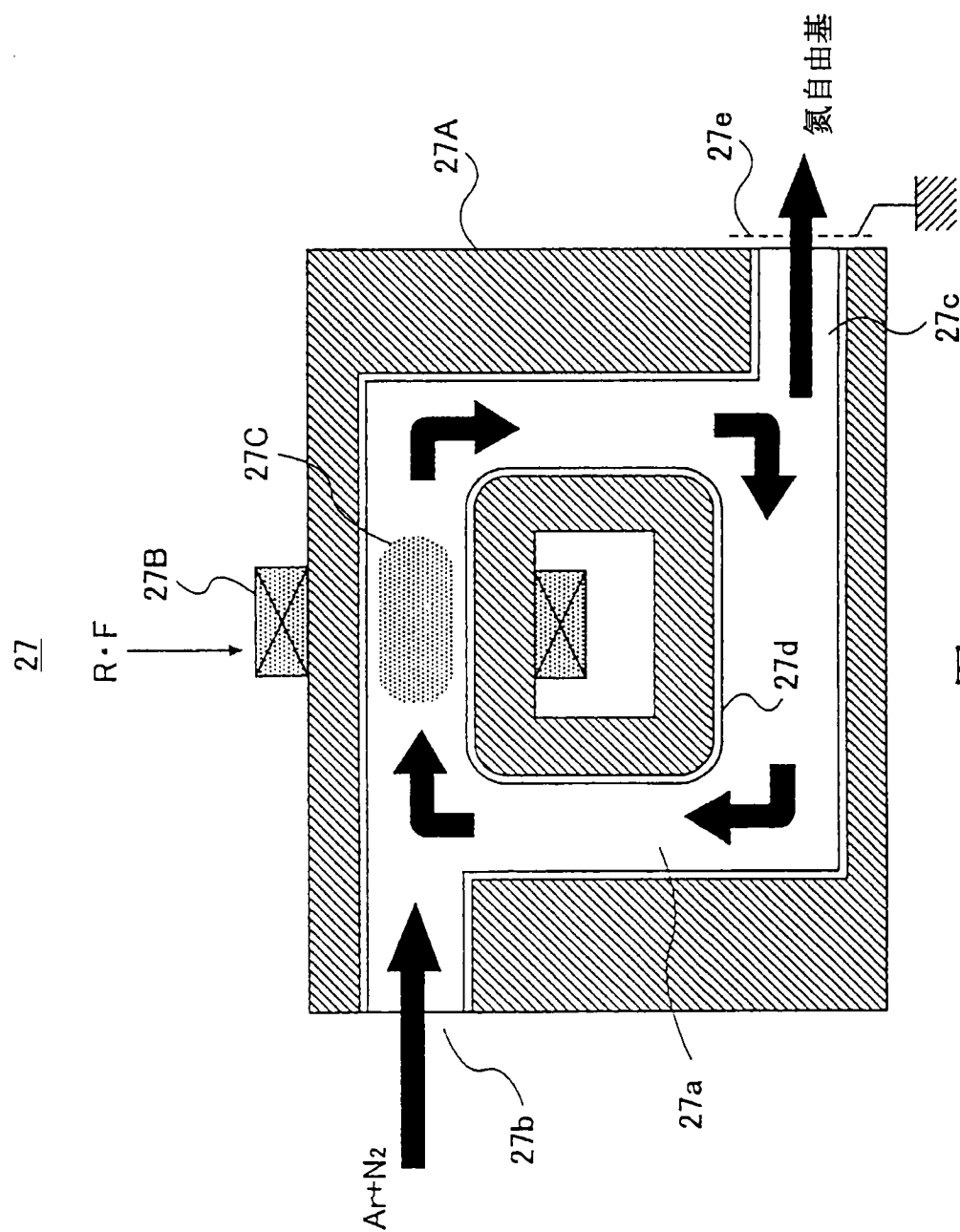


图 55C



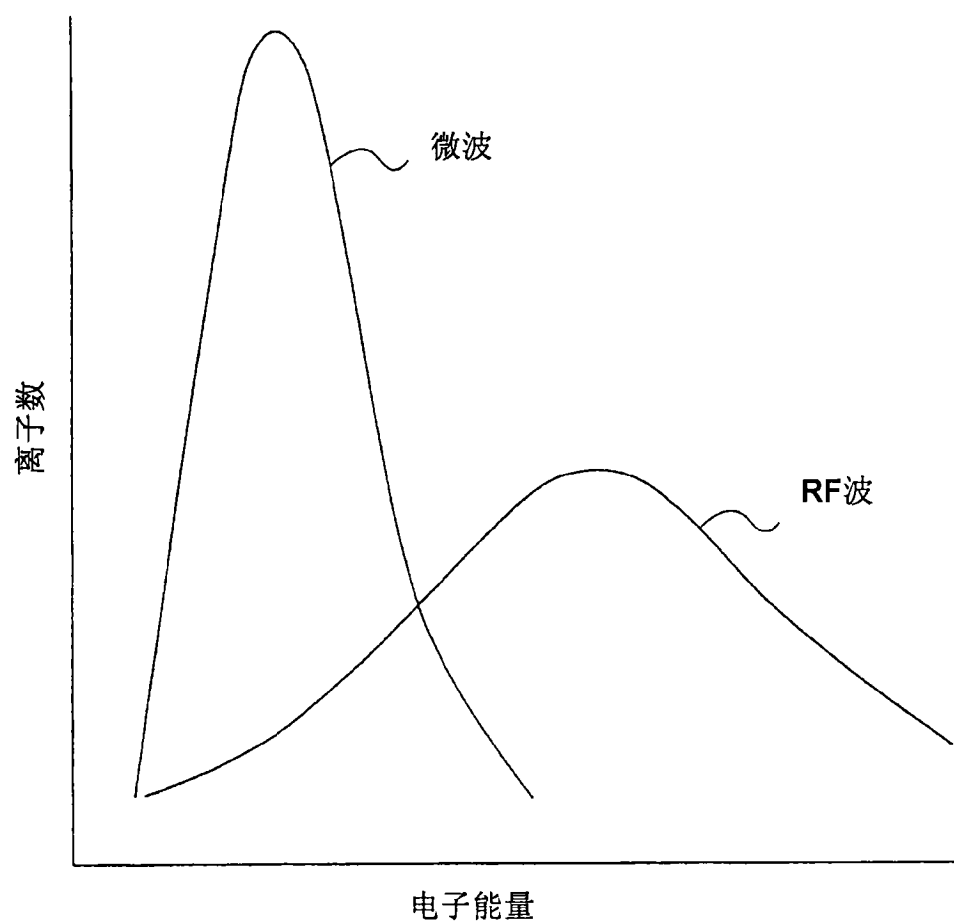


图 57

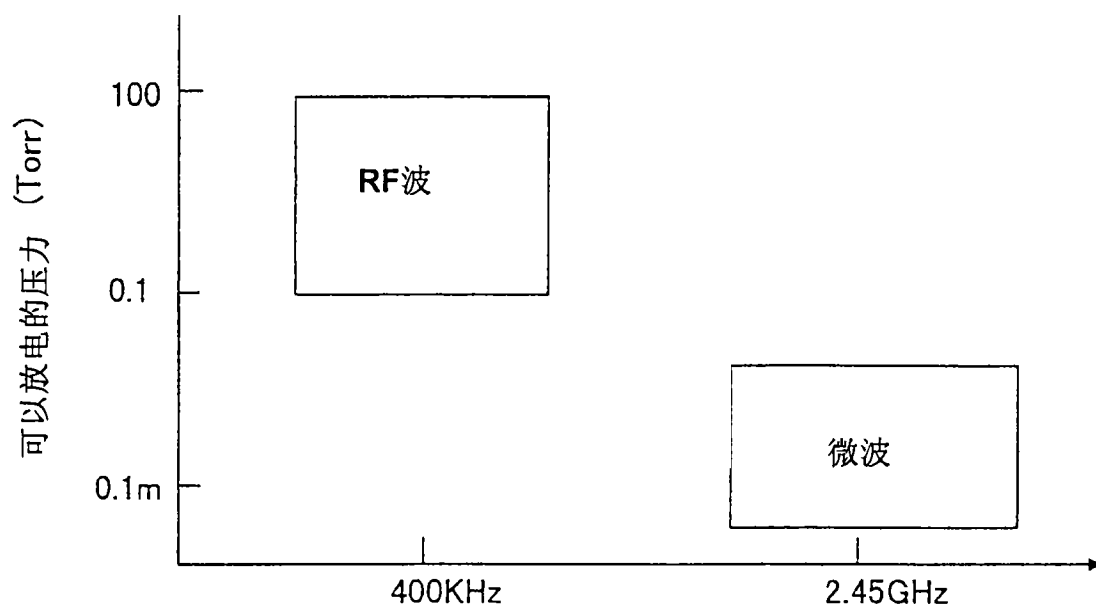


图 58

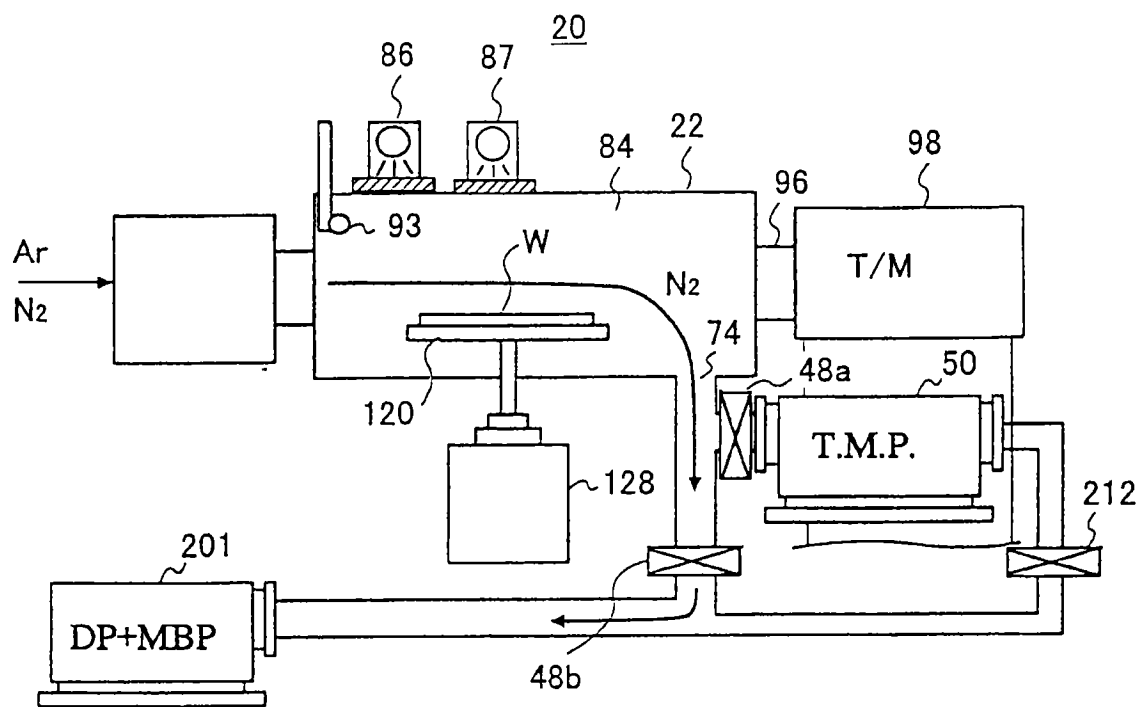


图59A

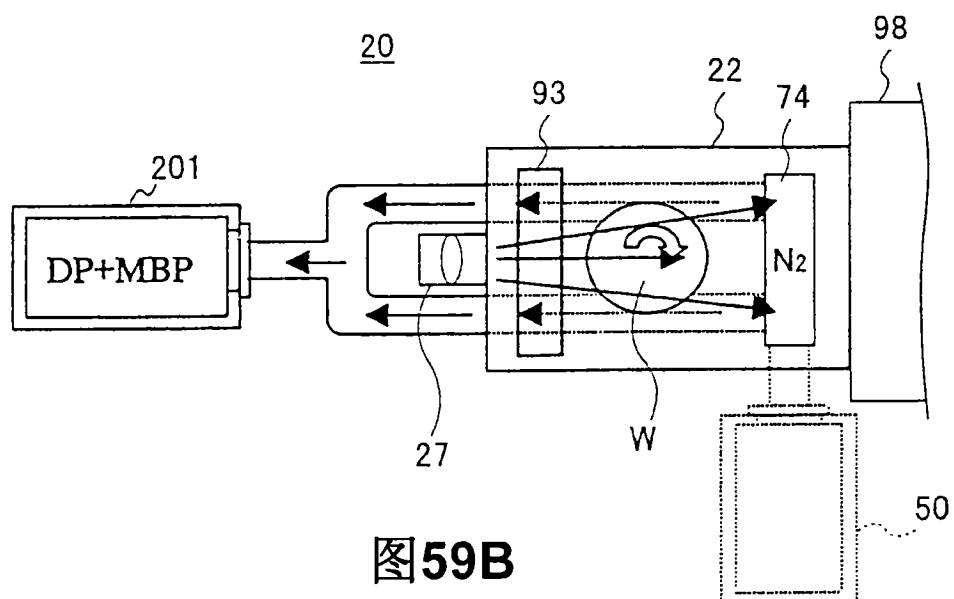


图59B

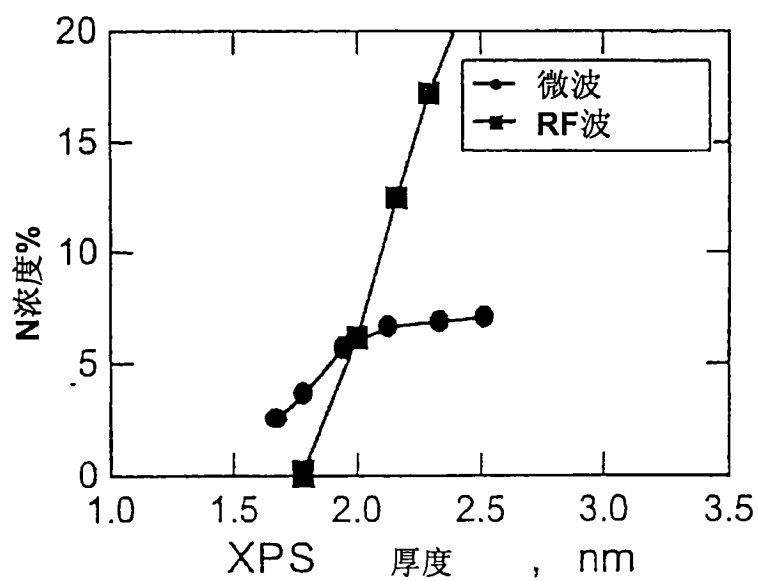


图 60A

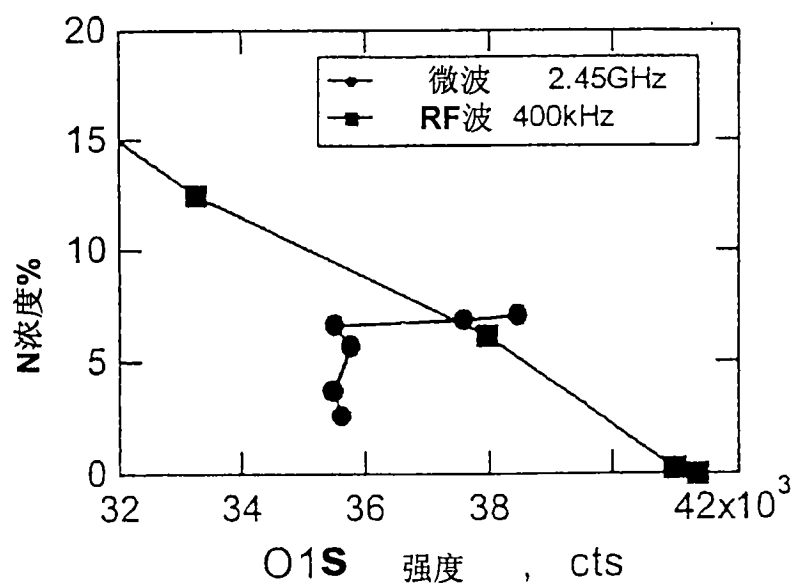


图 60B

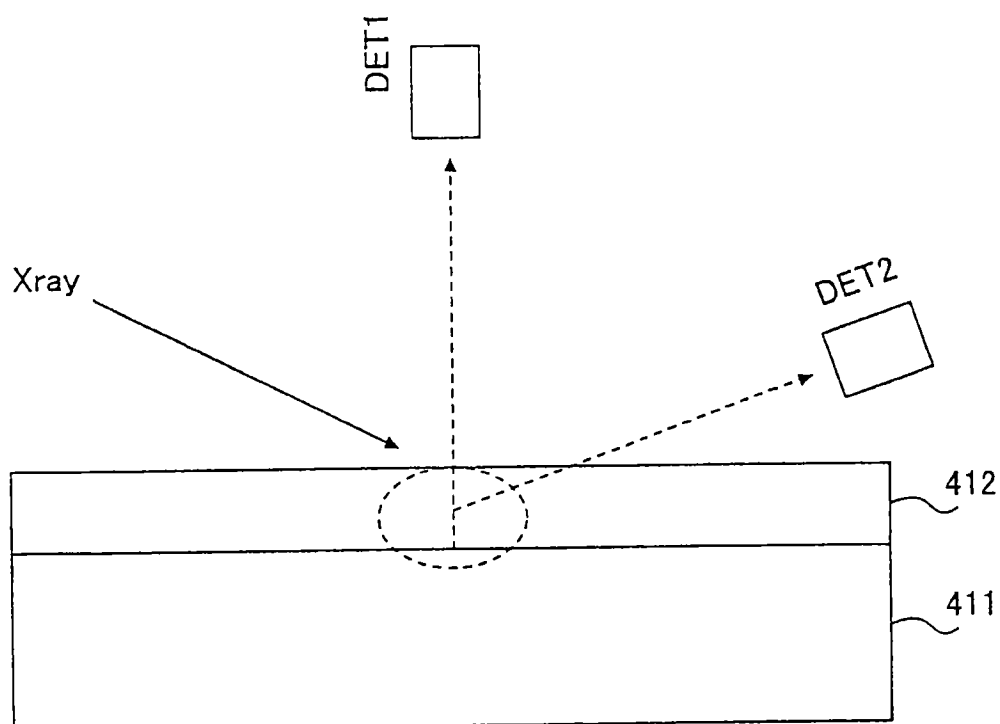


图 61

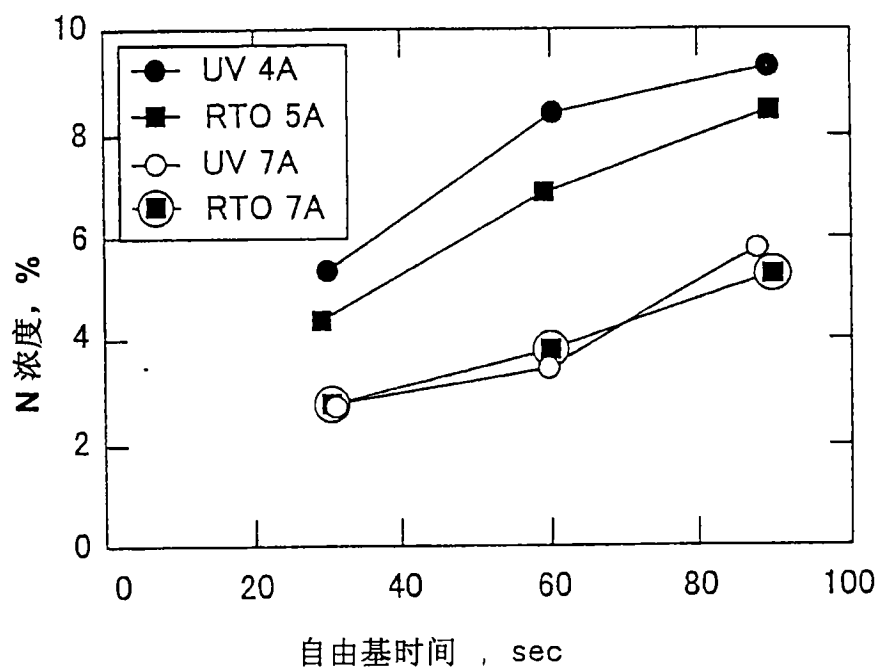


图 62

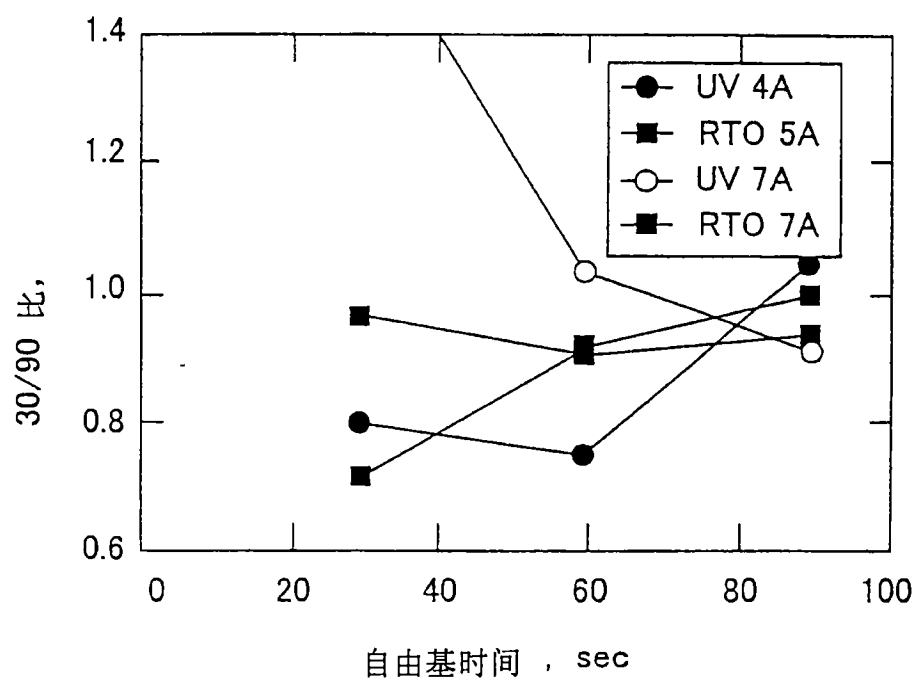


图 63

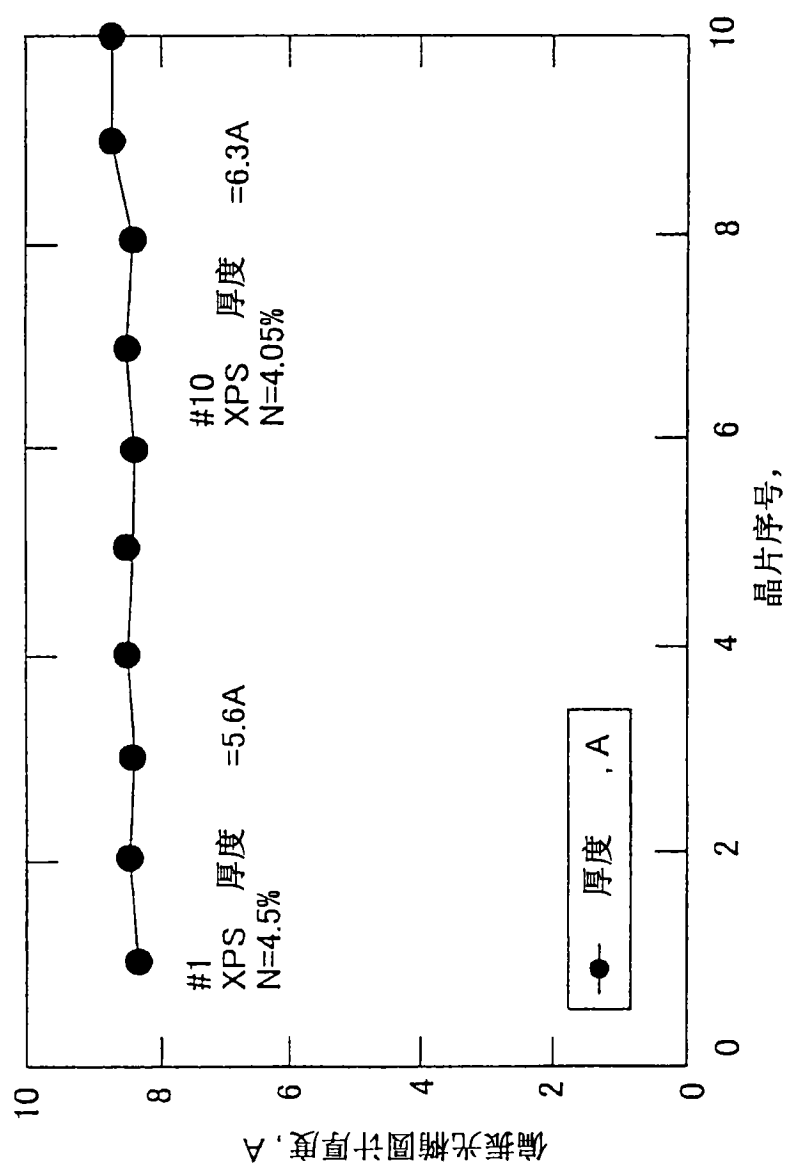


图64

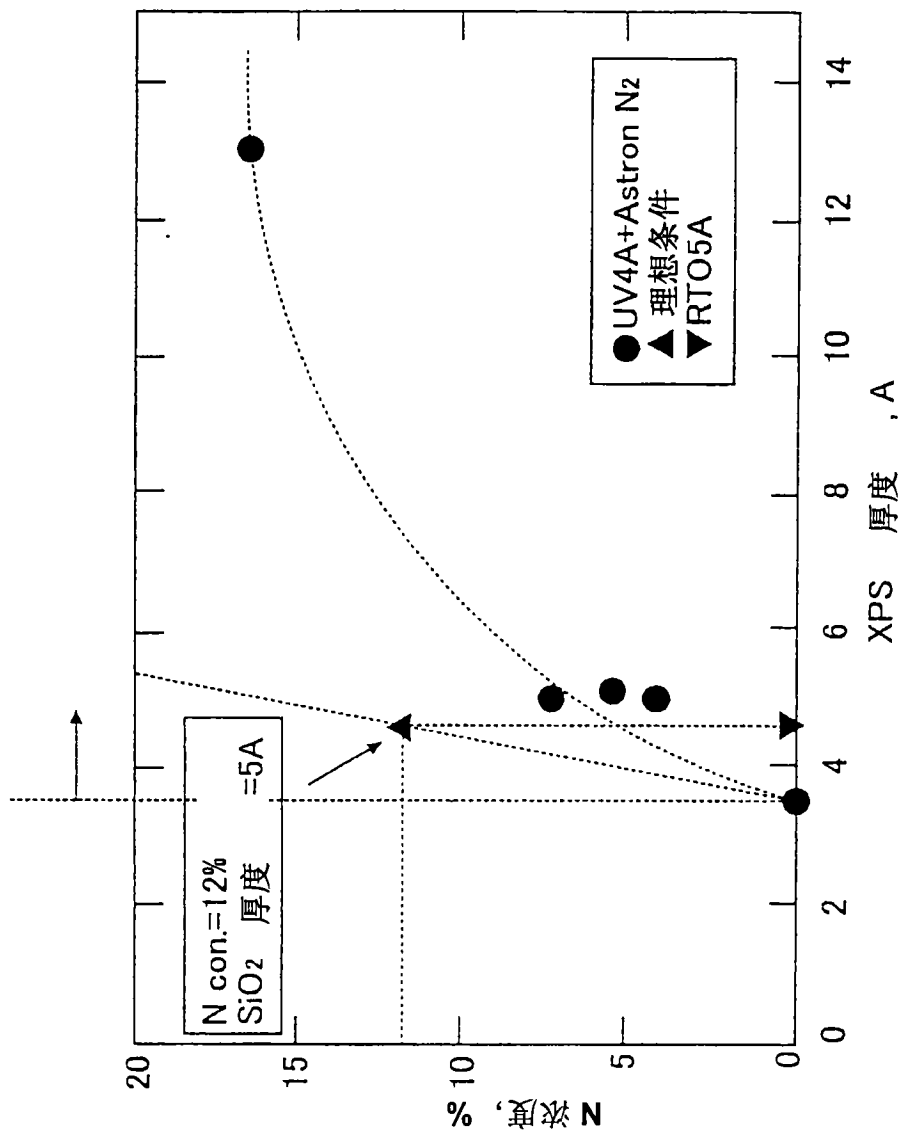


图65