(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101755325 B
(45)授权公告日 2012.07.18

(21)申请号 200880025121.4
(22)申请日 2008.09.11
(30)优先权数据
255780/2007 2007.09.28 JP
(85)PCT申请进入国家阶段日
2010.01.18
(86)PCT申请的申请数据
PCT/JP2008/066455 2008.09.11
(87)PCT申请的公布数据
WO2009/041282 JA 2009.04.02
(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 津田荣之辅
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 蒋亭 苗堃
(51)Int.Cl.
H01L 21/31(2006.01)
C23C 16/455(2006.01)
(56)对比文件
JP 特开平 7-45540 A,1995.02.14,
JP 特开 2004-193173 A,2004.07.08,
US 2006/0021574 A1,2006.02.06,
WO 2006/059602 A1,2006.06.08,
JP 特开 2005-723 A,2005.01.06,
审查员 杨海波

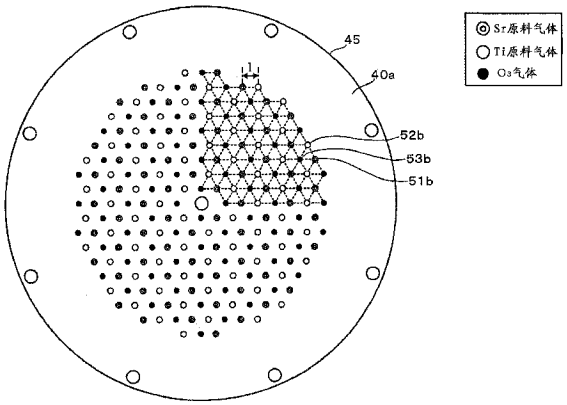
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 17 页

(54)发明名称

成膜装置、成膜方法、存储介质及气体供给装置

(57)摘要

一种成膜装置，具备处理容器(2)、配置在处理容器(2)内且用于载置基板W的载置台(3)、与载置台(3)相对地配置且供给第一处理气体的第一气体供给孔(51b)、供给第二处理气体的第二气体供给孔(52b)、以及供给第三处理气体的第三气体供给孔(53b)的气体供给面(40a)的气体喷头(4)。气体供给面(40a)被分割成由互为相同大小的正三角形构成的单元区划(401)，在构成该单元区划(401)的各正三角形的三个顶点分别设有所述第一气体供给孔(51b)、所述第二气体供给孔(52b)和所述第三气体供给孔(53b)。第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体各自互不相同，使这些第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体相互反应，在基板W的表面形成薄膜。



CN 101755325 B

1. 一种成膜装置，其特征在于，具备：

处理容器，

配置在所述处理容器内且用于载置基板的载置台，以及

与所述载置台相对地配置且具有设有供给第一处理气体的第一气体供给孔、供给第二处理气体的第二气体供给孔和供给第三处理气体的第三气体供给孔的气体供给面的气体喷头；

所述气体供给面被分割成由互为相同大小的正三角形构成的单元区划，在构成该单元区划的各正三角形的三个顶点分别设有所述第一气体供给孔、所述第二气体供给孔和所述第三气体供给孔，

所述第一处理气体、所述第二处理气体和所述第三处理气体各自互不相同，使第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体相互反应，在所述基板的表面形成薄膜。

2. 根据权利要求 1 所述的成膜装置，其特征在于，

自所述第一气体供给孔供给的第一处理气体含有锶化合物，

自所述第二气体供给孔供给的第二处理气体含有钛化合物，

自所述第三气体供给孔供给的第三处理气体是与锶化合物和钛化合物发生反应的氧化气体，

在所述基板的表面上形成的薄膜是钛酸锶。

3. 根据权利要求 2 所述的成膜装置，其特征在于，所述氧化气体是臭氧气体或水蒸气。

4. 一种成膜方法，其特征在于，具备：

在处理容器内配置的载置台上载置基板的载置工序，

自气体喷头供给气体的气体供给工序，所述气体喷头与所述载置台相对地配置且被分割成由互为相同大小的正三角形构成的单元区划，在构成该单元区划的各正三角形的三个顶点分别设有第一气体供给孔、第二气体供给孔和第三气体供给孔；

所述气体供给工序具有供给第一处理气体的第一处理气体供给工序、供给第二处理气体的第二处理气体供给工序、以及供给第三处理气体的第三处理气体供给工序，

所述第一处理气体、所述第二处理气体和所述第三处理气体各自互不相同，使第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体相互反应，在所述基板的表面形成薄膜。

5. 根据权利要求 4 所述的成膜方法，其特征在于，

在所述第一气体供给工序中供给的第一处理气体含有锶化合物，

在所述第二气体供给工序中供给的第二处理气体含有钛化合物，

在所述第三气体供给工序中供给的第三处理气体是与锶化合物和钛化合物发生反应的氧化气体，

在所述基板的表面上形成由钛酸锶构成的薄膜。

6. 根据权利要求 5 所述的成膜方法，其特征在于，所述氧化气体是臭氧气体或水蒸气。

7. 一种气体供给装置，其特征在于，具备：

用于导入第一处理气体的第一导入口，

用于导入第二处理气体的第二导入口，

用于导入第三处理气体的第三导入口，

用于将由所述第一导入口导入的所述第一处理气体供给到基板的第一气体供给孔，

用于将由所述第二导入口导入的所述第二处理气体供给到基板的第二气体供给孔，

用于将由所述第三导入口导入的所述第三处理气体供给到基板的第三气体供给孔，以及

以如下方式构成的气体流路结构部：自所述第一导入口导入的所述第一处理气体、自所述第二导入口导入的所述第二处理气体和自所述第三导入口导入的所述第三处理气体分别从所述第一气体供给孔、第二气体供给孔和第三气体供给孔独立地喷出；

所述第一气体供给孔、第二气体供给孔和第三气体供给孔设置在气体供给面上，

所述气体供给面被分割成由互为相同大小的正三角形构成的单元区划，在构成该单元区划的各正三角形的三个顶点分别设有所述第一气体供给孔、所述第二气体供给孔和所述第三气体供给孔，

所述第一处理气体、所述第二处理气体和所述第三处理气体各自互不相同，使第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体相互反应，在所述基板的表面形成薄膜。

成膜装置、成膜方法、存储介质及气体供给装置

技术领域

[0001] 本申请对于 2007 年 9 月 28 日申请的特愿 2007-255780 号主张优先权，该特愿 2007-255780 号的全部内容作为参照并在此援引。

[0002] 本发明涉及通过对基板供给处理气体，而在基板上形成该处理气体的反应产物的膜的技术。

背景技术

[0003] 作为半导体制造工艺中的成膜方法，已知如下工艺，即在真空气氛下使作为基板的半导体晶片（以下称为“晶片”）等的表面吸附第一处理气体（原料气体）后，将供给的气体切换成第二处理气体（氧化气体），利用两气体的反应形成一层或少数几层的原子层、分子层，通过进行数次该循环，将这些层层叠，来进行向基板上的成膜。该工艺例如被称为 ALD(Atomic Layer Deposition)、MLD(Molecular Layer Deposition) 等，是可以根据循环次数对膜厚进行高精度地控制，而且膜质的面内均一性也良好，可以应对半导体器件的薄膜化的有效方法。

[0004] 为了实施该方法，例如在特开 2004-6733 号公报（参照第 0056 段和图 8）中记载了通过从处理容器（真空容器）的左侧面向右侧面（或从右侧面向左侧面）交替流通两种处理气体，从而在处理容器内载置的基板表面上进行成膜的成膜装置。在采用如此地使处理气体从基板的一侧到另一侧流通的侧流方式时，为了抑制膜厚、膜质在横向上的不均，成膜处理在例如 200℃左右比较低温的温度气氛下进行。

[0005] 另一方面，例如将氧化锆 (ZrO_2) 等的高电介质材料成膜时，作为第一处理气体（原料气体），使用例如 TEMAZ（四乙基甲基氨基锆）气体等，作为第二处理气体（氧化气体）使用臭氧气体等。这里，TEMAZ 气体这样的原料气体的分解温度高，因此在例如 280℃左右的高温下进行成膜，但是若基于如此的高温条件下则反应进行快，存在在一次循环中成膜的膜厚增厚的趋势。尤其是在采用侧流方式时，气体在基板表面的移动距离长，因而例如在气体的供给侧膜厚增厚，而在排气侧膜厚变薄等，可能无法得到良好的膜厚的面内均一性。

[0006] 此外，为了使生产能力提高，例如在缩短作为氧化气体的臭氧气体的供给时间的情况下，随着远离臭氧气体的供给源，臭氧气体的氧化能力变弱（臭氧气体被消耗），因此有可能会无法充分地将基板上吸附的高电介质材料充分地氧化，此时还存在例如在晶片内制成的半导体器件间的漏电流的值不均的问题。

[0007] 为了解决采用这种侧流方式的问题，研究出了例如下面的方法，在通常的 CVD 装置中使用的气体喷头（参照特开 2006-299294 号公报中的第 0021 段～第 0026 段），从基板的中央部上方侧供给处理气体，将未反应的处理气体和反应副产物从处理容器的底部排气的方法。当使用气体喷头时，由于供给的处理气体从基板的中央向周边流动，因此与侧流方式相比，气体的移动距离短，对于成膜后的膜厚、膜质而言可以期待获得高的面内均一性。

[0008] 为了进一步提高按照器件的应用部位而需要的薄膜特性，对薄膜自身的材质及原料气体进行了选定、开发。本发明人针对例如作为适用于栅氧化膜的高电介质薄膜的材质，

着眼于含有锶（Sr）和钛（Ti）的氧化物，作为其原料气体研究了使用含有 Sr 化合物的原料气体、含有 Ti 化合物的原料气体以及氧化气体这三种气体。为了实施上述工艺，如上所述，使用气体喷头采用 ALD 形成薄膜，在这种情况下，有必要采用在气体供给面上形成的多个气体供给孔中分配各种气体并将上述三种气体独立地喷出的所谓后混合型（post mix type）的气体喷头。

[0009] 另一方面，随着对半导体器件的薄膜化、高集成化、高性能化的要求，对于膜厚和膜质而言要求高的面内均一性，在使用三种气体时，必须要研究怎样才能确保高的面内均一性。

[0010] 另外，在特开 2005-723 号公报（参照第 0052 段和图 4）中记载了将气体喷头的气体供给面分成由大小互为相同的正三角形构成的单元区划，在构成该单元区划的各正三角形的三个顶点设置气体供给孔的气体供给系统，但是对上述问题没有任何记载。

发明内容

[0011] 本发明基于上述情况而完成，其目的在于，在从与基板相对的气体供给面将三种处理气体供给到基板而进行成膜处理时，提供对于膜厚和膜质而言能够得到高的面内均一性的成膜装置、成膜方法及存储有该方法的存储介质及气体供给装置。

[0012] 本发明是一种成膜装置，具备：处理容器，配置在上述处理容器内且用于载置基板的载置台，以及与上述载置台相面对地配置且具有设有供给第一处理气体的第一气体供给孔、供给第二处理气体的第二气体供给孔和供给第三处理气体的第三气体供给孔的气体供给面的气体喷头，

[0013] 上述气体供给面被分割成由互为相同大小的正三角形构成单元区划，在构成该单元区划的各正三角形的三个顶点分别设有上述第一气体供给孔、上述第二气体供给孔和上述第三气体供给孔，

[0014] 上述第一处理气体、上述第二处理气体和上述第三处理气体各自互不相同，使第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体相互反应，从而在上述基板的表面形成薄膜。

[0015] 本发明的成膜装置，优选，

[0016] 自上述第一气体供给孔供给的第一处理气体含有锶化合物，

[0017] 自上述第二气体供给孔供给的第二处理气体含有钛化合物，

[0018] 自上述第三气体供给孔供给的第三处理气体是与锶化合物和钛化合物发生反应的氧化气体，

[0019] 在上述基板的表面上形成的薄膜是钛酸锶。

[0020] 本发明的成膜装置，优选上述氧化气体是臭氧气体或水蒸气。

[0021] 一种成膜方法，具备：

[0022] 在处理容器内配置的载置台上载置基板的载置工序，

[0023] 自气体喷头供给气体的气体供给工序，上述气体喷头与上述载置台相对地配置且被分割成由互为相同大小的正三角形构成的单元区划，在构成该单元区划的各正三角形的三个顶点分别设有第一气体供给孔、第二气体供给孔和第三气体供给孔，

[0024] 上述气体供给工序具有供给第一处理气体的第一处理气体供给工序、供给第二处理气体的第二处理气体供给工序、以及供给第三处理气体的第三处理气体供给工序，

[0025] 上述第一处理气体、上述第二处理气体和上述第三处理气体各自互不相同，使第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体相互反应，在上述基板的表面形成薄膜。

[0026] 本发明的成膜方法，优选，

[0027] 在上述第一气体供给工序中供给的第一处理气体含有锶化合物，

[0028] 在上述第二气体供给工序中供给的第二处理气体含有钛化合物，

[0029] 在上述第三气体供给工序中供给的第三处理气体是与锶化合物和钛化合物发生反应的氧化气体，

[0030] 在上述基板的表面上形成由钛酸锶构成的薄膜。

[0031] 本发明的成膜方法，优选上述氧化气体是臭氧气体或水蒸气。

[0032] 本发明的存储介质，是在成膜装置中收纳用于实行成膜方法的计算机程序的存储介质，

[0033] 上述成膜方法具有：

[0034] 在处理容器内配置的载置台上载置基板的载置工序，

[0035] 自气体喷头供给气体的气体供给工序，上述气体喷头与上述载置台相对地配置且被分割成由互为相同大小的正三角形构成的单元区划，在构成该单元区划的各正三角形的三个顶点分别设有第一气体供给孔、第二气体供给孔和第三气体供给孔；

[0036] 上述气体供给工序具有供给第一处理气体的第一处理气体供给工序、供给第二处理气体的第二处理气体供给工序、以及供给第三处理气体的第三处理气体供给工序，

[0037] 上述第一处理气体、上述第二处理气体和上述第三处理气体各自互不相同，使第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体相互反应，在上述基板的表面形成薄膜。

[0038] 本发明的气体供给装置，具备：

[0039] 用于导入第一处理气体的第一导入口，

[0040] 用于导入第二处理气体的第二导入口，

[0041] 用于导入第三处理气体的第三导入口，

[0042] 用于将由上述第一导入口导入的上述第一处理气体供给到基板的第一气体供给孔，

[0043] 用于将由上述第二导入口导入的上述第二处理气体供给到基板的第二气体供给孔，

[0044] 用于将由上述第三导入口导入的上述第三处理气体供给到基板的第三气体供给孔，以及

[0045] 以如下方式构成的气体流路结构部：自上述第一导入口导入的上述第一处理气体、自上述第二导入口导入的上述第二处理气体和自上述第三导入口导入的上述第三处理气体分别从上述第一气体供给孔、第二气体供给孔和第三气体供给孔独立地喷出；

[0046] 上述第一气体供给孔、第二气体供给孔和第三气体供给孔设置在气体供给面上，

[0047] 上述气体供给面被分割成由互为相同大小的正三角形构成的单元区划，在构成该单元区划的各正三角形的三个顶点分别设有上述第一气体供给孔、上述第二气体供给孔和上述第三气体供给孔，

[0048] 上述第一处理气体、上述第二处理气体和上述第三处理气体各自互不相同，使第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体相互反应，在上述基板的表面形成薄膜。

[0049] 本发明如下：将气体供给面分割成由互为相同大小的正三角形构成的单元区划，自构成该单元区划的各正三角形的三个顶点分别供给第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体。为此，即使取任意的单元区划，由于存在喷出第一～第三处理气体的三个气体供给孔且这 3 个气体供给孔以相互等间隔排列，所以在将第一～第三处理气体同时喷出而利用 CVD 成膜时，或者利用这些气体的供给时机不同的所谓 ALD 成膜时，对于膜厚和膜质而言也能够得到高的面内均一性。

附图说明

[0050] 图 1 是实施方式的成膜装置的纵截面图。

[0051] 图 2 是在上述成膜装置中设置的气体喷头的分解立体图。

[0052] 图 3 是上述气体喷头的纵剖立体图。

[0053] 图 4 是上述气体喷头的纵剖面图。

[0054] 图 5 是气体喷头内的气体导入路和气体供给路部分的纵剖面图。

[0055] 图 6 是上述成膜装置的气体供给路径图。

[0056] 图 7 是表示上述气体喷头中设置的气体供给孔的排列的平面图。

[0057] 图 8 是气体供给孔的转印现象的说明图。

[0058] 图 9 是表示上述成膜装置中的晶片的处理位置的说明图。

[0059] 图 10 是表示本实施方式和参考例中的气体供给孔的排列的说明图。

[0060] 图 11 是表示上述排列的第二说明图。

[0061] 图 12 是上述成膜装置的第一作用图。

[0062] 图 13 是利用上述成膜装置进行成膜处理的气体供给顺序图。

[0063] 图 14 是上述成膜装置的第二作用图。

[0064] 图 15 是上述成膜装置的第三作用图。

[0065] 图 16 是上述成膜装置的第四作用图。

[0066] 图 17 是上述成膜装置的第五作用图。

具体实施方式

[0067] 首先边参照图 1 边对本发明的实施方式的成膜装置 1 整体的结构进行说明。本实施方式的成膜装置 1 具备形成真空容器的处理容器 2、在该处理容器 2 内配置且用于载置作为基板的晶片 W 的载置台 3、与载置台 3 相对的方式在处理容器 2 的上部设置且具有气体供给面 40a 的气体喷头 4，上述气体供给面 40a 设置有供给第一处理气体的第一气体供给孔 51b、供给第二处理气体的第二气体供给孔 52b、和供给第三处理气体的第三气体供给孔 53b。

[0068] 此外，第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体各自互不相同，以使这些第一处理气体、第二处理气体和第三处理气体相互反应，在晶片 W 的表面形成薄膜的方式构成。例如，作为第一处理气体可以使用含锶 (Sr) 的原料气体（以下称为 Sr 原料气体），作为第二处理气体可以使用含钛 (Ti) 的原料气体（以下称为 Ti 原料气体），作为第三处理气体可以使用作为氧化气体的臭氧气体。然后，使 Sr 原料气体及 Ti 原料气体、与臭氧气体反应，采用 ALD 工艺，可以在晶片 W 的表面形成作为高电介质材料的钛酸锶 ($SrTiO_3$，以下简称为

STO) 的薄膜。

[0069] 载置台 3 由相当于支撑晶片 W 的载置台本体的台 31、覆盖该台 31 的台盖 32 构成，台 31 例如以氮化铝、石英等作为材料，例如形成扁平的圆板状。在台 31 内部埋设了用于通过对载置台 3 的载置面进行加热而将晶片 W 升温到成膜温度的台加热器 33。该台加热器 33 例如由片状的电阻发热体构成，通过由电源部 68 供给电力可以将载置台 3 上载置的晶片 W 以例如 280℃进行加热。另外，在台 31 内设有未图示的静电卡盘，由此可以静电吸附载置台 3 上载置的晶片 W 并进行固定。

[0070] 另一方面，与台 31 一起构成载置台 3 的台盖 32，通过覆盖台 31 的上面及侧面，起到防止反应产物、反应副产物之类的反应物向台 31 的表面堆积的作用。台盖 32 例如作为石英制自由装卸的盖部件（被称为堆积防护物 (depo shield) 等）而构成，在其上面中央区域中形成直径比晶片 W 略大的圆形凹部，可以对载置在该台盖 32 上的载置面上的晶片 W 的位置进行确定。

[0071] 载置台 3 通过柱状的支撑部件 34 来支撑例如台 31 的下面侧中央部，该支撑部件 34 利用升降机构 69 而构成为可升降。并且通过使该支撑部件 34 升降，使载置台 3 可以在外部运输机构之间进行晶片 W 转移的转移位置与进行晶片 W 的处理的处理位置之间，进行例如最长是 80mm 左右升降。

[0072] 如图 1 所示，支撑部件 34 贯穿处理容器 2 的底面部，更详细地说贯穿后述下侧容器 22 的底面部，与利用已说明的升降机构 69 而升降的升降板 23 连接，并且在该升降板 23 和下侧容器 22 之间利用波纹管 24 气密结合。

[0073] 而且载置台 3 具有支撑晶片 W 的内面而使该晶片 W 从载置台 3 的载置面升降的例如 3 根升降栓 35。这些升降栓 35 例如图 1 所示，在使载置台 3 移动到晶片 W 的处理位置的状态下，各升降栓 35 的扁平的头部在台 31 的上面被卡止，其下端部自台 31 的底面突出，且以上下方向贯穿台 31 的状态来安装。

[0074] 在贯穿台 31 的各升降栓 35 的下方侧设有环状的升降部件 36，在使载置台 3 下降到晶片 W 的转移位置的状态下使升降部件 36 升降，通过上推或降低各升降栓 35，可以将由这些升降栓 35 支撑的晶片 W 从载置台 3 的载置面升降。

[0075] 这里，在台盖 32 的上面侧的上述的升降栓 35 贯穿的位置，设置有用于收纳升降栓 35 头部的开口部。为此，如图 1 所示，在使载置台 3 移动到晶片 W 的处理位置为止的状态下，台盖 32 上面和各升降栓 35 的头部上面几乎在同一平面，从而在载置台 3 的上面形成平坦的晶片 W 载置面。进而，该台盖 32 的侧壁部延伸到台 31 的下方侧，形成从侧面包围台 31 的下方区域的裙形部 321，与台 31 本体构成一体的侧周面。

[0076] 接着，对处理容器 2 的构成进行说明。本实施方式的处理容器 2 的结构为，在扁平的碗型的下侧容器 22 上堆积有形成为环状的排气管道 21。其下侧容器 22 例如由铝等构成，其底面设有贯穿孔 221，使上述的台 31 的支撑部件 34 贯通。此外，在该贯穿孔 221 的周围例如在四处设有净化气体供给路 222，可以将由净化气体供给源 66 供给的氮气等的净化气体送入到下侧容器 22 内。另外在图 1 中，虚线所示的运送口 28 利用外部的运送机构进行晶片 W 的输入输出，由未图示的闸式阀来开关。

[0077] 排气管道 21 例如由使铝制四方状的管道弯曲而形成的环状体构成，该环状体的内径和外径与上述的下侧容器 22 的侧壁部 223 的内径和外径大致为同一尺寸。此外，该排

气管道 21 的靠近处理气氛侧的壁面称为内壁面，将远离处理气氛侧的壁面称为外壁面，在内壁面上端部间隔开地沿圆周方向排列多个在横向延伸的狭缝状的真空排气口 211。在该排气管道 21 的外壁面的例如一处与排气管 29 连接，例如利用与该排气管 29 连接的真空泵 67，可以进行从各真空排气口 211 的真空排气。此外如图 1 所示，在排气管道 21 上以覆盖自其上面侧到外壁面以及下面侧的外周部的方式设有隔热部件 212。

[0078] 具有以上说明的构成的排气管道 21 隔着隔热部件 212 层叠在下侧容器 22 上，以相互隔热的状态成为一体而构成处理容器 2。并且，在排气管道 21 的内壁面上设置的多个真空排气口 211 朝着在气体喷头 4 和载置台 3 之间形成的含有处理气氛 10 的空间开口，因此可以利用这些真空排气口 211 进行处理气氛 10 的真空排气。

[0079] 进而在处理容器 2 的内部，如图 1 所示设有用于将作为与载置台 3 协同运动地属于下侧容器 22 内的空间的下部空间、与载置台 3 上部的上部空间划分开的内嵌块 26。该内嵌块 26 例如是由铝形成的环状部件，并形成能够装满下侧容器 22 的侧壁部 223 内壁面和载置台 3 的侧周面之间的空间的尺寸。此外内嵌块 26 的上面外周部，以从该外周部向外侧扩展的设有突起缘部 262，内嵌块 26 以其突起缘 262 卡止在下侧容器 22 的侧壁部 223 和排气管道 21 的内壁面侧的下端部之间设置的中间环体 252 的方式被固定在处理容器 2 内。

[0080] 进而，如图 1 所示，从该内嵌块 26 的上面到内周面的区域被石英制的块体盖 261 覆盖，从而能够抑制反应物向表面堆积。并且，当载置台 3 位于处理位置时，该块体盖 261 例如隔着 2mm 的间隙包围台盖 32 的侧面（裙形部 321 的侧面），由此达到处理气氛 10 的气体难以向下部空间扩散的状态。

[0081] 进而在排气管道 21 的内壁面上形成的真空排气口 211 与处理气氛 10 之间的环状空间中，配设有截面形成为倒 L 字状的环部件的导流板 27，其通过减小该空间的流导而用于实现从该处理气氛 10 来看处理容器 2 的圆周方向的排气均一化。

[0082] 接着，对气体喷头 4 进行说明。图 2 是气体喷头 4 的分解立体图，图 3 和图 4 是在图 2 所示的点虚线的位置将喷头 4 切开后的纵剖立体图和纵剖面图，图 3、图 4 从中心位置来看左右的切开方向不同。本实施方式的气体喷头 4 可以进行如下操作，从与载置台 3 上的晶片 W 的中央部相对的中央区域将三种处理气体即 Sr 原料气体、Ti 原料气体以及臭氧气体或者净化气体向处理气氛 10 喷出，另外，自包围该中央区域的环状边缘区域喷出净化气体。而且，在该气体喷头 4 的中央区域，以 Sr 原料气体、Ti 原料气体以及臭氧气体从各自专用的气体供给孔供给的所谓后混合型的气体喷头来构成。

[0083] 首先，对所述中央区域的处理气体的供给结构进行说明。如图 3、图 4 所示，在气体喷头 4 的上面设有用于分别导入 Sr 原料气体、Ti 原料气体以及臭氧气体的第一导入口 51a、第二导入口 52a 和第三导入口 53a，也可以在这些导入口 51a ～ 53a 中供给不同于上述各种处理气体的净化气体。在气体喷头 4 的内部自上依次相互留有间隔地层叠扁平的第一扩散空间 421、第二扩散空间 422 和第三扩散空间 431，这些扩散空间 421 ～ 431 形成为同轴的圆形形状，第三扩散空间 431 以其直径大于第一扩散空间 421 和第二扩散空间 422 的方式构成。

[0084] 接着，对在气体喷头 4 上面的各导入口 51a ～ 54a 的配置进行说明。如图 2 所示，第一导入口 51a 设置在气体喷头 4 的上面中央部的一处，以图 2 所示的 Y 方向为前侧时，第二导入口 52a 在包围所述第一导入口 51a 的前后左右四处设置。此外，第三导入口 53a 在

这些第二导入口 52a 外侧的 4 处设置，作为整体九个导入口 51a ～ 53a 在气体喷头 4 上面的中央区域以十字来排列。此外，净化气体用的第四导入口 54a 设置在该中央区域的外侧，在以上述第一导入口 51a 为中心的对角线上的两处。

[0085] 第一导入口 51a 借助第一气体导入路 511 与第一扩散空间 421 连通。气体喷头 4 如后所述，将板层叠为 4 段而构成，第一气体导入路 511 垂直于这些板组的最上段的板 41 而形成。

[0086] 此外，第二导入口 52a 借助第二气体导入路 521 与第二扩散空间 422 连通，第三导入口 53a 借助第三气体导入路 531 与第三扩散空间 431 连通。第二气体导入路 521 自上述最上段的板 41 开始穿过第一扩散空间 421 而垂直地延伸，因此就第一扩散空间 421 而言，其内部空间配置有形成第二气体导入路 521 的小的筒状部 423。第三气体导入路 531，其平面方向的位置在比第一扩散空间 421、第二扩散空间 422 更靠外侧的位置，自上述最上段的板 41 延伸到第三扩散空间 431。

[0087] 此外，在第一扩散空间 421 的底面和气体喷头 4 下面的气体供给面 40a 之间设有多个上下两端分别向所述底面和气体供给面 40a 开口的垂直的第一气体供给路 512。这些第一气体供给路 512 通过第二扩散空间 422 和第三扩散空间 431，因此在这些扩散空间 422、431 中的第一气体供给路 512 的通过部位分别配置有其内部空间形成该第一气体供给路 512 的小的筒状部 425、432。

[0088] 此外，在第二扩散空间 422 的底面和气体喷头 4 下面的气体供给面 40a 之间设有多个上下两端分别向这些底面和气体供给面 40a 开口的垂直的第二气体供给路 522。这些第二气体供给路 522 通过第三扩散空间 431，因此在该第三扩散空间 431 中的第二气体供给路 522 的通过部位配置有其内部空间形成该第二气体供给路 522 的小的筒状部 433。

[0089] 此外，在第三扩散空间 431 的底面和气体喷头 4 下面的气体供给面 40a 之间设有多个上下两端分别向这些底面和气体供给面 40a 开口的垂直的第三气体供给路 532。另外，对于气体流路的名称，如此规定，将自导入口到扩散空间的气体流路定为“气体导入路”，将从扩散空间到气体喷头 4 下面的流路定为“气体供给路”。

[0090] 由于气体喷头 4 的中央区域以上述方式构成，因此通过将 Sr 原料气体、Ti 原料气体及臭氧气体分别导入第一导入口 51a、第二导入口 52a 和第三导入口 53a，由此使这些气体通过相互独立的流路从气体喷头 4 下面的气体供给面 40a 向图 1 所示的处理气氛 10 的中央区域 10a 供给。此外，还可以通过将向这些导入口 51a ～ 53a 供给的气体切换成净化气体，来向该中央区域 10a 供给净化气体。

[0091] 接着，对气体喷头 4 的边缘区域的处理气体的供给结构进行说明。在气体喷头 4 的上面的远离上述中央区域的区域，如上所述在夹着该气体喷头 4 的中心而相对的位置设有两个第四导入口 54a。此外在所述边缘区域中，在高于所述第一扩散空间 421 的位置形成了环状的第四扩散空间 411，并形成了垂直延伸的第四气体导入路 541，以使得自两个第四导入口 54a 分别向该第四扩散空间 411 导入气体。进而在第四扩散空间 411 的下方侧投影区域，比第三扩散空间 431 低的位置形成有环状的第五扩散空间 441，并形成垂直延伸的两条第五气体导入路 542，以使气体自第四扩散空间 411 向第五扩散空间 441 流动。

[0092] 并且，上侧的第四气体导入路 541 和下侧的第五气体导入路 542 在气体喷头 4 的圆周方向每 90 度地错开而交替地配置。并且在第五扩散空间 441 的底面和气体喷头 4 下

面的气体供给面 40b 之间设有多个上下两端分别向所述底面和气体供给面 40b 开口的垂直的第四气体供给路 543。

[0093] 气体喷头 4 的边缘区域以上述方式构成，因此通过将净化气体导入第四导入口 54a，在气体喷头 4 下面的气体供给面 40b，可以自作为上述的处理气体供给部位的中央区域 10a 外的边缘区域 10b 供给净化气体。

[0094] 这里，气体喷头 4 如图 2 所示，将板层叠为 4 段而构成，将最上段作为第一段，第 1 ～ 3 段分别由平面形状为圆形的板 41、42 和 43 构成，第 4 段由位于上述中央区域的圆形板 45、包围该板 45 且位于上述边缘区域的环状板 44 构成。

[0095] 第 1 段的板 41 在上缘部具有凸缘部 41a，该凸缘部 41a 如图 1 所示，与环状支撑部件 25 的阶差部上面密接，所述环状支撑部件 25 在凸缘部 41a 与内嵌块 26 之间设置且具备与该凸缘部 41a 相合的阶差。此外，该板 41 的凸缘部 41a 的下方侧和自第 2 段以下的板 42、43 和 44 的侧周面以与上述支撑部件 25 和导流板 27 的内周面密合的状态被固定在处理容器 2 上。

[0096] 此外，如图 3、图 4 所示，在第 1 段的板 41 的下面形成环状的沟，由该沟和第 2 段板 42 的上面所划分出的空间相当于上述环状的第四扩散空间 411。进而，上述第一气体导入路 511 和第四气体导入路 541 在该第 1 段板 41 中形成。

[0097] 第 2 段板 42 的中央区域中的上下两面，如图 2 ～图 4 所示，分别形成有平面形状为圆形的凹部，由上面侧的凹部和第 1 段板 41 划分出的空间相当于上述第一扩散空间 421，且下面侧的凹部和第 3 段板 43 划分出的空间相当于上述第二扩散空间 422。

[0098] 在第 3 段板 43 的中央区域的下面，如图 3、图 4 所示，形成有平面形状为圆形的凹部，由该凹部和第 4 段的圆形板 45 的上面划分出的空间相当于上述第三扩散空间 431。

[0099] 在第 4 段环状板 44 的上面，如图 2 ～图 4 所示，沿着该板 44 的圆周方向以环状形成了凹部，由该凹部和第 3 段的圆形板 43 的下面划分出的空间相当于上述第五扩散空间 441。另外，在图 2 中，凹部的符号记为其所对应的扩散空间的符号。

[0100] 上述的气体导入路 521、531、542 和气体供给路 512、522，如图 3、图 4 所示，分成在第 1 ～第 4 的板 41、42、43、45 和 44 中对应的多个板而形成。此外，如上所述，气体导入路或气体供给路通入扩散空间的部分以筒状部 423、425、432、433 来构成，因此这些筒状部 423、425、432、433，以从形成扩散空间 421、422、431 的凹部的顶面向下方突出或者从凹部的底面向上方突出而设置。

[0101] 在扩散空间 422、431 中，具有多个筒状部 425、432、433，因而可以通过该部分进行热的传递，但在扩散空间 421 中筒状部 423 很少，因此在上述筒状部 423 以外的位置，从凹部的底面直到上侧的板设有向上方突出的柱部 424，以使在上下的板 41、42 之间容易传热。

[0102] 筒状部 423、425、432、433 和柱部 424 的上端面或下端面，与凹部以外的板 42、43 的面处于同一平面（相同高度），因此筒状部 423、425、432、433 的上端面或下端面与相对的板 41、43、45 的面密接，可以抑制在筒状部 423、425、432、433 内流动的气体向扩散空间 421、422、432 泄漏。在以上内容中，各板 41 ～ 45 内上述的气体扩散空间 421、422、431、411、441、气体导入路 511、521、531、541、542、气体供给路 512、522、532、543 构成了用于将第一～第三处理气体（Sr 原料气体、Ti 原料气体以及臭氧气体）独立地供给到处理气氛的气体流路结构部。

[0103] 此外，上述气体导入路 511、521、541、542 在向气体扩散空间 421、422、411、441 开口的部分形成有扩大的扩径部。详细而言，图 5(a) 中例如以第一气体导入路 511 为代表所示那样，第一气体导入路 511 及其开口部 511a 例如形成为圆管状，开口部 511a 的断路面积 A_2（$= \pi r_2^2$，r_2 是该断路的半径）是第一气体导入路 511 的断路面积 A_1（$= \pi r_1^2$，r_1 是该断路的半径）的约 2 倍，而且以如下方式构成，即，将第一气体导入路 511 的终端部和开口部 511a 的终端部假想地连接的面（图 5(a) 中以虚线表示）、与开口部 511a 的侧周面所成的角度为 30°。通过这样设置扩径部，可以利用气体导入路 511、521、541、542 使气体容易地在气体扩散空间 421、422、411、441 内扩散。

[0104] 此外，在第四段的圆形板 45 中形成的气体供给路 512、522、532，如图 5(b) 所示，向气体供给面 40a 开口的下侧部分的口径小于其上侧部分。示出尺寸的一例时，上侧部分的口径为“L1 = 2mm”，下侧部分的口径为“L2 = 1mm”，下侧部分的长“H = 5mm”。如此通过减小气体供给路 512、522、532 的下侧部分的口径，可以增大这些供给路 512、522、532 的佩克莱数 (Pe) 值，可以防止向处理气氛 10 供给的处理气体等流入扩散空间 421、422、431。在本实施方式中，例如以如下方式设定下侧部分的口径，在未进行处理气体供给的期间会自气体供给路 512、522、532 流出少量的净化气体，而在该净化气体流过时的佩克莱数达到“$Pe \geq 20$”。这里，$Pe = Vs \cdot H/D$，Vs 是流过气体供给路 512、522、532 的下侧部分的净化气体的流速，D 是处理气体相对于净化气体的扩散常数。

[0105] 以上说明的气体喷头 4 的各板 41 ～ 45 中，穿设有如图 3、图 4 中代表性地示出几个那样，用于相互缔结的螺栓孔 81a ～ 84a、81b ～ 84b。使用这些螺栓孔 81a ～ 84a、81b ～ 84b，例如图 2 所示那样，利用螺栓 81 将板 41 和板 42 缔结，利用螺栓 82 将板 43 的中心和板 45 的中心缔结，利用螺栓 83 将板 43 与板 42 的下面侧缔结，最后利用螺栓 84 将板 44 与板 43 的下面侧缔结，由此构成图 3、图 4 所示的气体喷头 4。另外，上述的螺栓 81 ～ 84，为了便于说明，将缔结了气体喷头 4 的各部件 41 ～ 45 的螺栓的部分抽出而例示，实际上各部件 41 ～ 45 由更多的螺栓而牢固地缔结。此外，为了便于图示，在图 3、图 4 中，有省略了螺栓孔 81a ～ 84a、81b ～ 84b 的记载。

[0106] 如图 4 所示，用于供给各种气体的气体供给线 610 ～ 640 与最上段的板 41 上面的各导入口 51a ～ 54a 连接，第一导入口 51a 与 Sr 原料气体供给线 610 连接，第二导入口 52a 与 Ti 原料气体供给线 620 连接，第三导入口 53a 与臭氧气体供给线 630 连接，而第四导入口 54a 与净化气体供给线 640 连接。进而，这些各气体供给线 610 ～ 640，如图 6 的气体供给路径图所示，在上游侧分别与各种供给源 61 ～ 64 连接。

[0107] 详细而言，Sr 原料气体供给线 610 与 Sr 原料气体供给源 61 连接，该供给源 61 中贮存有例如 $Sr(THD)_2$（双（四甲基庚二酮酸）锶）、$Sr(Me_5Cp)_2$（双（五甲基环戊二烯）锶）等的液体 Sr 原料，该 Sr 原料被供给线挤出，经气化器 611 而被气化从而将 Sr 原料气体供给到 Sr 原料气体供给线 610。

[0108] Ti 原料气体供给线 620 与 Ti 原料供给源 62 连接，该供给源 62 中贮存有例如 $Ti(OiPr)_2(THD)_2$（双（异丙氧基）双（四甲基庚二酮酸）钛）、Ti(OiPr)（四异丙氧基钛）等 Ti 原料，与 Sr 原料的情况同样地，以经气化器 621 气化后的 Ti 原料气体来供给。

[0109] 此外，臭氧气体供给线 630 与例如由周知的臭氧发生器等构成的臭氧气体供给源 63 连接，并且净化气体供给线 640 与由氩气钢瓶等构成的净化气体供给源 64 连接，可以将

臭氧气体和氩气供给到各自的供给线 630、640。此外，Sr 原料气体供给线 610、Ti 原料气体供给线 620、臭氧气体供给线 630 在各自路径的中途分支，而与净化气体供给源 64 连接，可以供给净化气体来代替各个处理气体。在各气体供给线 610 ～ 640 和气体供给源 61 ～ 64 之间，嵌设由阀、流量计等组成的流量控制机器组 65，根据来自后述的控制部 7 的指示，来控制各种气体的供给时机和供给量。另外各气体供给线 610 ～ 640 都与图 2 所示的 11 个导入口 51a ～ 54a 连接，但在图 1、图 6 等中有省略导入口 51a ～ 54a 的个数的记载。

[0110] 返回到成膜装置 1 的装置结构的说明。在气体喷头 4 的上面、排气管道 21 的外壁面的下面侧以及上面侧等，如图 1 所示设有片状的电阻发热体等构成的喷头加热器 47、管道加热器 213，利用由电源部 68 供给的电力对气体喷头 4、排气管道 21 整体进行加热，从而可以防止反应物附着在气体喷头 4 的气体供给面 40、排气管道 21 内面。另外，为了便于图示，除了图 1 以外省略了对图中加热器 47、213 的记载。除了上述之外，用于防止反应物附着的加热器例如也埋设在内嵌块 26 内，但是为了便于说明而省略图示。

[0111] 以上说明的成膜装置 1，具有控制部 7，其用于控制自上述的气体供给源 61 ～ 63 的气体供给动作、利用台 31 的升降动作、真空泵 67 的处理容器 2 内的排气动作、利用各加热器 47、213 的加热动作等。控制部 7 由例如具有未图示的 CPU 和程序的计算机构成，该程序由针对利用该成膜装置 1 对晶片 W 进行成膜处理所必需的控制的步骤（命令）组组成，例如自气体供给源 61 ～ 64 的各种气体供给的给断时机、供给量调整所涉及的控制、对处理容器 2 内真空度进行调节的控制、台 31 的升降动作控制、各加热器 47、213 的温度控制等。该程序收纳于例如硬盘、光盘、磁盘、存储器等存储介质中，然后将其安装在电脑上。

[0112] 在具备以上说明的装置构成的成膜装置 1 中，使用 Sr 原料气体、Ti 原料气体、臭氧气体这三种处理气体来形成 STO 的薄膜，此时本实施方式的气体喷头 4，以使得能够确保该 STO 膜的膜厚、膜质的面内均一性的方式来决定在气体供给面 40a 上设置的各处理气体的供给孔的排列。以下，使用图 7 ～图 11 对该排列的详细情况进行说明。

[0113] 图 7 是从下面侧来看图 2 所示的第 4 段的圆形板 45 的平面图，示出了在气体喷头 4 的中央区域的气体供给面 40a 配置各处理气体的气体供给孔 51b ～ 53b 的状态。为了便于说明，图 7、图 10 和图 11 所示的各气体供给孔 51b ～ 53b 利用标记号而能够加以识别，Sr 原料气体供给用的 Sr 原料气体供给孔 51b 标记为“◎”，Ti 原料气体供给用的 Ti 原料气体供给孔 52b 标记为“○”，臭氧气体供给用的臭氧气体供给孔 53b 标记为“●”，标记出气体供给面 40a 上的配置位置。

[0114] 在本实施方式中，对于利用在气体供给面 40a 上设置的多个气体供给孔 51b ～ 53b 对相对的晶片 W 供给处理气体而进行成膜的类型的气体喷头 4 而言，气体供给孔 51b ～ 53b 彼此的间隔（以下称为间距）、从载置台 3 上载置的晶片 W 的表面到气体喷头 4 的气体供给面 40a 的距离（以下称为间隙）会影响膜质、膜厚的面内均一性。

[0115] 即，当将供给某种处理气体的气体供给孔 50b 彼此的间距设为“a”，将气体供给面 40a 和晶片 W 表面之间的间隙设为“h”时，如图 8(a) 模式地表示那样，如果气体供给孔 50b 彼此的间距大，则由各气体供给孔 50b 供给的处理气体充分地扩散，在与相邻的气体供给孔 50b 供给的处理气体形成均一的处理气体气氛之前就到达晶片 W。其结果是，在晶片 W 面内形成了处理气体的吸附量多的区域和少的区域，与气体供给孔 50b 的排列图案相匹配，产生在靠近气体供给孔 50b 的部分薄膜 F 的膜厚增厚的现象（以下称为气体供给孔 50b 的

转印）。此外，即使减小气体供给孔 50b 的间距，在气体供给面 40a 和晶片 W 的间隙小时，所喷射的气体的流速过快而产生在靠近气体供给孔 50b 的部分薄膜 F 的膜厚变薄的现象，如图 8(b) 所示，产生气体供给孔 50b 的转印。

[0116] 这样，就气体供给孔 50b 的转印而言，间距“a”的值越大（与“a”的值成正比例），另外，间隙“h”的值不论过大还是过小均容易产生，因此为了获得没有转印的均一膜厚的薄膜 F，例如图 8(c) 所示，优选减小间距“a”，并在间隙“h ”为最适大小的条件的基础上进行成膜。另外，在图 8(a) ～图 8(c) 的各图中，为了便于说明，仅示出了依上述论述而着眼的供给特定种类的处理气体的气体供给孔 50b，省略了对其他种类的气体供给孔的记载。

[0117] 对于实际的成膜装置 1 而言，如图 1 中说明那样，处理容器 2 的内部利用真空泵 67 而时常排气，在气体供给面 40a 和晶片 W 之间因排气而形成处理气体的流动，因此自气体供给孔 50b 供给的处理气体，显示出比图 8(a) ～图 8(c) 模式地示出的更为复杂的动作。然而，气体供给孔 50b 对薄膜 F 的转印程度，由于上述的机制，而对气体供给孔 50b 彼此的间距、气体供给面 40a 与晶片 W 的间隙有很大影响。

[0118] 这里，在本实施方式的成膜装置 1 中，如已经由图 1 所说明那样，可以自晶片 W 的转移位置到晶片 W 的处理位置使载置台 3 升降，可以将处理位置在上下方向自由地变更，从例如图 9(a) 所示那样间隙增大到最大“h ＝ 40mm”到如图 9(b) 所示那样最小减小到“h ＝ 8mm”的情形。该处理位置可根据例如指定了成膜条件的调理法，并通过选择预先存储的最佳处理位置等方法来决定，但从控制各原料气体的使用量的观点出发，强烈要求在间隙尽可能短的位置进行成膜处理。因此，对于气体喷头 4 而言，有必要将各气体供给孔 51b ～ 53b 以即使在间隙“h”最小的位置进行处理时转印也受到抑制的间距排列在气体供给面 40a 上。

[0119] 从这种观点出发，本实施方式的气体喷头 4 的气体供给面 40a，如图 7 和图 10(a) 所示，被分割成由互为相同大小的正三角形构成的单元区划 401。而且，构成单元区划 401 的各正三角形的三个顶点，分别设有第一气体供给孔 51b、第二气体供给孔 52b 和第三气体供给孔 53b。

[0120] 即，图 10(a) 中的排列法如下，在三角形 ABC 的顶点 A 例如分配臭氧气体供给孔 53b，在顶点 B 例如分配 Sr 原料气体供给孔 51b，在顶点 C 例如分配 Ti 原料气体供给孔 52b。之后，如果画出与三角形 ABC 的边 BC 线对称的三角形 BCD，则在顶点 D 分配与其线对称的顶点 A 的臭氧气体供给孔 53b。同样地也对三角形 ABC 的各边 AB、AC 进行，在顶点 E 分配 Ti 原料气体供给孔 52b，在顶点 F 分配 Sr 原料气体供给孔 51b。以下将其重复，在气体喷头 4 的气体供给面 40a 形成各处理气体的气体供给孔。由此，在单元区划 401 内 3 种气孔必然各存在一个，换言之，3 种气孔的分布密度相等。进而，各个气体种类的相邻气孔的距离也相等（如后述，3 种气孔均为$\sqrt{3}1$），所有的气体种类被均一地喷出到处理气氛 10 中。

[0121] 这里，如图 5(b) 所示，例如各气体供给路 512、522、532 的上侧部分的口径为“L1 ＝ 2mm”时，从工作精度、相邻的气体供给路 512、522、532 间所必需的壁的厚度等观点出发，相邻的各气体供给路 512、522、532 彼此的距离例如以约 7mm 为加工限度。此时，如图 10(a) 所示，单元区划 401 的一边的长度“1”为 7mm，因此例如臭氧气体供给孔 53b 彼此的间距“a ＝ ($\sqrt{3}$)1”约为 12mm，可以说其他气体供给孔 51b、52b 也是一样。

[0122] 对于这种排列法，试着研究例如图 10(b) 的参考例所示的排列法。在该排列法中，

例如将气体供给面 40a 以格子状分成由互为相同大小的正方形构成的单元区划 402，通过各格子点上的行方向（横方向）将气体供给孔 51b ～ 53b 例如以“51b → 52b → 53b”的顺序分配由此构成各行，并且在第 1 行和第 2 行之间，分别为相同种类的气体供给孔 51b ～ 53b 的位置各一列而向右侧错开地配置它们的行，后面第 n 行和第 (n+1) 行之间也为同样的关系地配置各行。

[0123] 这里与图 10(a) 中示出的本实施方式的排列同样地，当将该排列法中的单元区划 402 的长度设为“l ＝ 7mm”时，例如臭氧气体供给孔 53b 彼此的间距存在 2 种，一种间距是“a_1 ＝ ($\sqrt{2}$)l”，约为 9.9mm，比图 10(a) 中示出的本实施方式的排列间距还小，而另一种的间距是“a_2 ＝ ($\sqrt{5}$)l”，约为 15.7mm，比实施方式的排列间距还大。

[0124] 如以上说明的排列法，在使用具有混合存在小的间距“a_1”和大的间距“a_2”的气体供给面 40a 的气体喷头来进行成膜时，针对气体供给孔 51b ～ 53b 对所成的膜的转印程度，也混合存在转印程度大的区域和小的区域。但是，通常膜厚的均一性使用膜厚的平均值和实际膜厚的差的最大值来评价。为此，膜整体的膜厚均一性评价在转印程度大的区域中进行，因此与采用图 10(a) 所示的排列法的情况相比较，膜整体的膜厚均一性变差。

[0125] 此外，从所谓膜质的观点出发，当将图 10(a)、图 10(b) 的排列法进行比较时，例如 STO 是锶、钛、氧的各原子以 1 ： 1 ： 3 的比例化合而成的化合物，如此比例的调整例如通过来自各原料供给源 61 ～ 63 的供给气体的浓度等来进行调整。这里为了研究对于气体向图 10(a) 所示的实施方式中的排列法的晶片 W 吸附的影响，如图 11(a) 所示，对包围某 Sr 原料气体供给孔 51b 的六个单元区划 401 尝试着进行研究。此时，从该 Sr 原料气体供给孔 51b 正下方的某区域的晶片 W 来看，由 Ti 原料气体供给孔 52b、臭氧气体供给孔 53b 供给的处理气体均由仅离开中心的 Sr 原料气体供给孔 51b 相等距离“1”的气体供给孔 52b、53b 供给，因此到达该晶片 W 区域的时间、进行吸附的时间等相等，认为该晶片 W 区域的气体吸附浓度也变得均一。

[0126] 对此，如图 11(b) 所示，如果对包围某 Sr 原料气体供给孔 51b 的四个单元区划 402 进行同样的研究，则例如在中心的 Sr 原料气体供给孔 51b 的左方和下方的两个臭氧气体供给孔 53b 仅与其离开距离“1”，而该 Sr 原料气体供给孔 51b 右上方的臭氧气体供给孔 53b 的距离仅为“($\sqrt{2}$)1”，自该 Sr 原料气体供给孔 51b 的距离不同。为此在 Sr 原料气体供给孔 51b 正下方的晶片 W 区域中，该区域的右上方和左下方，由这些供给孔 53b 供给的气体所到达的时间、进行吸附的时间等不同，例如，可能会产生在右上方区域吸附浓度低，在左下方区域吸附浓度增高的所谓气体吸附浓度的偏差。另一方面，对包围中心的 Sr 原料气体供给孔 51b 的 3 个 Ti 原料气体供给孔 52b 而言，成为使上述的臭氧气体供给孔 53b 的排列状态旋转 180° 的状态，因此例如得到在左下方区域吸附浓度低，在右上方区域吸附浓度增高的所谓气体吸附浓度的偏差。

[0127] 由于这种排列状态的偏差，在 3 种气体中的任意气体的吸附量多或少时，锶、钛、氧的各原子就无法以 1 ： 1 ： 3 的比例化合，例如有在 STO 膜中混合存在氧化锶 (SrO)、氧化钛 (TiO_2) 的可能性，可能无法得到均质的膜质的 STO 膜。

[0128] 根据以上说明的图 10(a) 的气孔的排列法，例如在正四角形的各顶点分配 4 种不同的气体种类，之后若在四角形的各边线对称画出四角形各气体种类的气孔进行分配，则 4 种气孔的分布密度相等，可以制成各气体种类的相邻气孔的距离也相等的喷头，进而，可以

应用正多角形（正五角形、正六角形等）。此外，认为图 10(a) 中所示的排列法，与例如图 10(b) 中作为参考例示出的排列法比较，对于膜厚和膜质而言可以得到高的面内均一性，对于本实施方式中的气体喷头 4 而言，根据这种思考方法，采用 3 种气体供给孔 51b ～ 53b 的配置法。以下，对于采用这种气体喷头 4 的成膜装置 1 的作用进行说明。

[0129] 首先，如图 12 所示，打开运送口 28，使外部的运送机构由运送口 28 进入，而将晶片 W 搬入处理容器 2 内。接着，介由升降栓 35，将晶片 W 载置于位于转移位置的载置台 3 上，利用未图示的静电卡盘来吸附该晶片 W（载置工序）。此时，排气管道 21、内嵌块 26 的表面被各加热器 213、47 等加热到例如分别为 230℃，而气体喷头 4 的气体供给面 40 被加热到例如 250℃。接着，关闭运送口 28，当处理容器 2 内为气密的状态后，利用真空泵 67 介由排气管道 21 而使处理容器 2 内处于吸净的状态。

[0130] 此时，如上所述，内嵌块 26 被固定在比晶片 W 的转移位置更高的位置，因此如图 12 所示，在使载置台 3 下降到晶片 W 的转移位置的状态下，下侧容器 22 内的空间处于与处理气氛 10 连通的状态（未被区分开）。为此，对于上述真空排气而言，包括下侧容器 22 内的处理容器 2 整体被真空排气。

[0131] 处理容器 2 内被真空排气到规定的压力，然后将处于继续真空排气状态的载置有晶片 W 的载置台 3 上升到根据调理法而选择的处理位置，例如“h ＝ 8mm”的位置。在此，如果使载置台 3 上升到处理位置，则如图 9(a)、图 9(b) 所示，达到自台盖 32 的侧周面、或者自该侧周面延伸的裙部 321 被内嵌块 26 包围的状态，载置台 3 上方的处理气氛 10 和下侧容器 22 内的空间，成为被载置台 3 和内嵌块 26 所遮断而被相互划分开的状态。

[0132] 如此，处理气氛 10 和下侧容器 22 内的空间被划分开后，开始由净化气体供给路 222 向下侧容器 22 内导入净化气体。而且，利用台加热器 33 将晶片 W 的温度加热到例如 280℃后，开始 STO 成膜处理。另外，在图 9(a)、图 9(b) 和图 12 中，为了便于图示，省略了台加热器 33 的记载。此外，在以下的作用说明中，以晶片 W 的处理位置已处于图 9(b) 所示的位置 (h ＝ 8mm) 的情况为例进行说明。

[0133] 利用 ALD 工艺进行的 STO 成膜处理（气体供给工序），根据图 13(a) ～图 13(d) 所示的供给顺序来实行。图 13(a) ～图 13(c) 的各图所示的空白柱，示出来自各气体供给线 610 ～ 630 的处理气体 (Sr 原料气体、Ti 原料气体、臭氧气体）的供给量，图 13(a) ～图 13(d) 全面涂上斜线阴影的柱示出了来自各气体供给线 610 ～ 640 的净化气体的供给量。此外，图 14 ～图 17 模式地示出了以这些顺序实行过程中的气体喷头 4 内和处理气氛 10 的各气体的流动。

[0134] 根据气体供给顺序，如图 13(a) 所示，首先进行 Sr 原料气体的供给 (Sr 原料气体供给工序）。此时，在气体喷头 4 内 Sr 原料气体如图 14 所示，通过第一气体导入路 511 而扩散到第一扩散空间 421 内，通过在第一扩散空间 421 底面设置的多个第一气体供给路 512，自气体供给面 40a 的各 Sr 原料气体供给孔 51b（参考图 7) 供给到处理气氛 10 的中央区域 10a。

[0135] 如此，Sr 原料气体被从气体喷头 4 的中央区域侧的气体供给面 40a 供给到处理气氛 10 内，到达载置台 3 上的晶片 W 的中央部。此时，如图 1 所示，在处理气氛 10 的周围以在排气管道 21 设置的真空排气口 211 包围该处理气氛 10 的方式配置，因此到达晶片 W 中央部的原料气体朝着这些真空排气口 211 自晶片 W 的中央部向边缘部流动。这样，通过使

原料气体自晶片 W 的中央部向边缘部流动，可以缩短原料气体的移动距离，能够使各原料气体的分子均一地吸附在晶片 W 的径向。

[0136] 此外，这时如图 13(b) ～ (d) 和图 14 所示，为了防止原料气体的逆流，少量的净化气体从第二气体供给路 522、第三气体供给路 532 和第四气体导入路 541 流出。另一方面，自图 1 所示的下侧容器 22 的净化气体供给路 222 供给的净化气体，通过载置台 3 和内嵌块 26 的间隙而进入到处理气氛 10 内，由此抑制原料气体向下侧容器 22 内的空间流入，从而防止因反应物附着而形成附着物。净化气体自该载置台 3 和内嵌块 26 的间隙的供给是在气体供给顺序的实行中持续地进行。

[0137] 这样，经过规定时间，在晶片 W 上形成 Sr 原料气体的吸附层后，停止各原料气体的供给，如图 13(a) ～图 13(d) 所示，自 Sr 原料气体供给线 610 和净化气体供给线 640 供给净化气体，对在处理气氛 10 和气体喷头 4 内部残留的 Sr 原料气体进行净化 (Sr 原料气体净化工序)。此时，在气体喷头 4 内，自 Sr 原料气体供给线 610 供给的净化气体，如图 15 所示，经过与上述的 Sr 原料气体同样的路径被供给到处理气氛 10 的中央区域 10a。另一方面，由净化气体供给线 640 供给的净化气体，经由第四气体导入路 541 →第四扩散空间 411 →第五气体导入路 542，到达环状的第五扩散空间 441，通过在其底面设置的多个第四气体供给路 543 而供给到处理气氛 10 的边缘区域 10b。

[0138] 如此在处理容器 2 内的处理气氛 10 中，在中央区域 10a 和边缘区域 10b 双方同时供给净化气体，因此例如与向这些区域中的仅任一方供给净化气体的情况相比，净化气体量增多，可以以短时间来结束原料气体的净化。另外，此时，如图 13(b)、(c) 和图 15 所示，自第二气体供给路 522 和第三气体供给路 532 也流出少量的净化气体。

[0139] 在结束自处理气氛 10 对 Sr 原料气体的净化后，如图 13(b) 所示，进行 Ti 原料气体的供给。Ti 原料气体，如图 16 所示，经由第二气体导入路 521 →第二扩散空间 422 →第三气体供给路 532 利用气体供给面 40a 的各 Ti 原料气体供给孔 52b(参照图 7) 向处理气氛 10 的中央区域 10a 供给 (Ti 原料气体供给工序)。然后，与 Sr 原料气体的情况同样地，Ti 原料气体自晶片 W 中央部向周边部流动，Ti 原料气体的分子均一地吸附在该晶片 W 的径向上。此外，如图 13(a)、(c)、(d) 和图 16 所示，自第一气体供给路 512、第三气体供给路 532 和第四气体导入路 541 流出少量的净化气体，防止了原料气体的逆流。

[0140] 接着，如上述的图 15 所示，利用净化气体对来自气体喷头 4 内和处理气氛 10 的 Ti 原料气体进行净化 (Ti 原料气体净化工序)，但如图 13(b)、(d) 所示，主要进行自 Ti 原料气体供给线 620 和净化气体供给线 640 的净化气体供给，而如图 13(a)、(c) 所示，自 Sr 原料气体供给线 610、臭氧气体供给线 630 以防止原料气体分别向各个第一气体供给路 512、第三气体供给路 532 逆流为目的而供给少量的净化气体这点不同于上述的 Sr 原料气体净化工序。

[0141] 如此，在结束 Sr 原料气体、Ti 原料气体的供给和各个净化后，如图 13(c) 所示，进行自臭氧气体供给线 630 的臭氧气体的供给 (臭氧气体供给工序)。此时臭氧气体，如图 17 所示，通过气体喷头 4 的第三气体导入路 531 而扩散到第三扩散空间 431 内，通过在该第三扩散空间 431 的底面设置的多个第三气体供给路 532 而自气体供给面 40a 的各臭氧气体供给孔 53b(参考图 7) 向处理气氛 10 的中央区域 10a 供给。另外，此时如图 13(a)、(b)、(d) 所示，自 Sr 原料气体供给线 610、Ti 原料气体供给线 620、净化气体供给线 640 供给少量的

净化，防止了臭氧气体进入气体喷头 4 内。

[0142] 其结果，在处理气氛 10 内到达晶片 W 表面的臭氧，利用来自台加热器 32 的热能与已吸附在晶片 W 表面的原料气体反应，从而形成 STO 的分子层。这样，在供给规定时间的臭氧气体后，停止臭氧气体的供给，如图 13(c)、图 13(d) 和图 15 所示，自臭氧气体供给线 630、净化气体供给线 640 供给净化气体，净化在处理气氛 10 和气体喷头 4 内部中残留的臭氧气体（臭氧气体净化工序）。此外，此时也如图 13(a)、图 13(b) 所示，自第一气体供给路 512、第二气体供给路 522 流出少量的净化气体。

[0143] 如图 13 所示，如果将以上说明的 6 个工序作为一个循环时，以预先确定的次数、例如 100 次反复该循环而使 STO 的分子层多层化，完成具备规定膜厚的 STO 膜的成膜。如此，在 Sr 原料气体供给工序～臭氧气体净化工序的各工序中，来自以本来的大流量流动的气体流路以外的气体流路也必定流动着小流量的净化气体。并且在结束成膜后，停止各种的气体供给，使载置晶片 W 的载置台 3 下降到运送口 28，在处理容器 2 内的压力返回到真空排气前的状态之后，与搬入时相反路径利用外部的运送机构将晶片 W 运出，结束了一系列的成膜动作。

[0144] 本发明将气体供给面 40a 分割成由互为相同大小的正三角形构成单元区划 401，自构成该单元区划 401 的各正三角形的三个顶点分别供给 Sr 原料气体（第一处理气体）、Ti 原料气体（第二处理气体）和臭氧气体（第三处理气体）。为此，即使取任意的单元区划，都存有喷出第一～第三处理气体的三个气体供给孔 51b ～ 53b，并且这三个气体供给孔 51b ～ 53b 以相互等间隔地排列，因此在利用气体的供给时机不同的所谓 ALD 进行成膜时，对于膜厚和膜质而言，可以得到高的面内均一性。

[0145] 此外，如上所述，即使同时喷出第一～第三处理气体的情况，也可以在均一化的状态下使这些气体吸附，因此本实施方式中的气体供给孔 51b ～ 53b 的排列不限于 ALD 工艺，还可以应用在同时将第一～第三处理气体喷出、利用 CVD 成膜的类型的成膜装置的气体喷头。

[0146] 此外，对于上述的成膜装置 1 而言以 Sr 原料气体（第一处理气体）和 Ti 原料气体（第二处理气体）为原料，使其与作为氧化气体的臭氧气体（第三处理气体）反应从而形成 STO 薄膜的情况进行说明，但对于利用该成膜装置 1 可以成膜的薄膜种类没有限定。例如，可以采用水蒸气作为氧化气体来代替实施方式中所示的臭氧气体，也可以适用于如下工艺：利用作为第三处理气体的氧化气体而使含有钡化合物的第一处理气体与含有钛化合物的第二处理气体反应，来进行钛酸钡 ($BaTiO_3$) 膜的成膜。

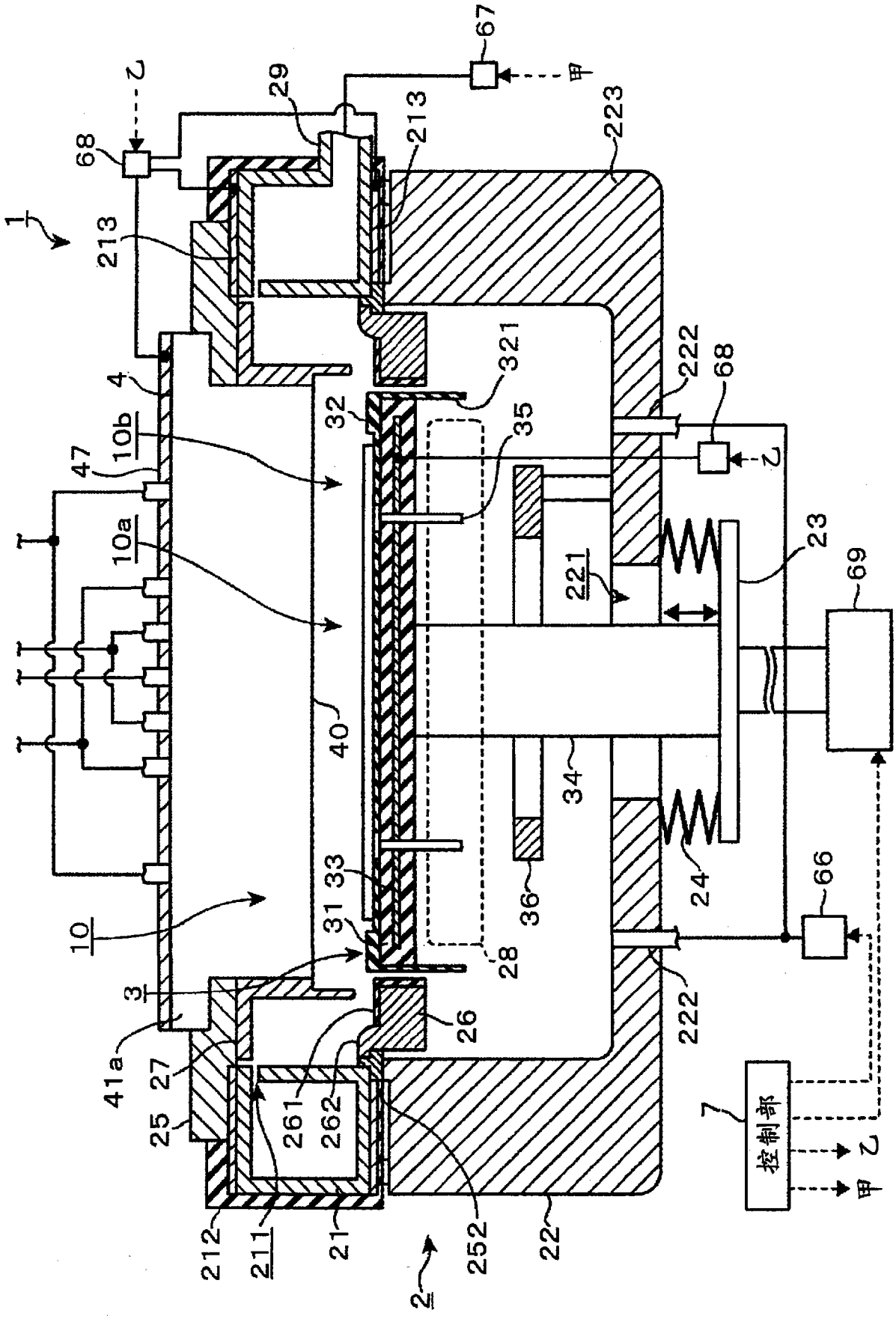


图 1

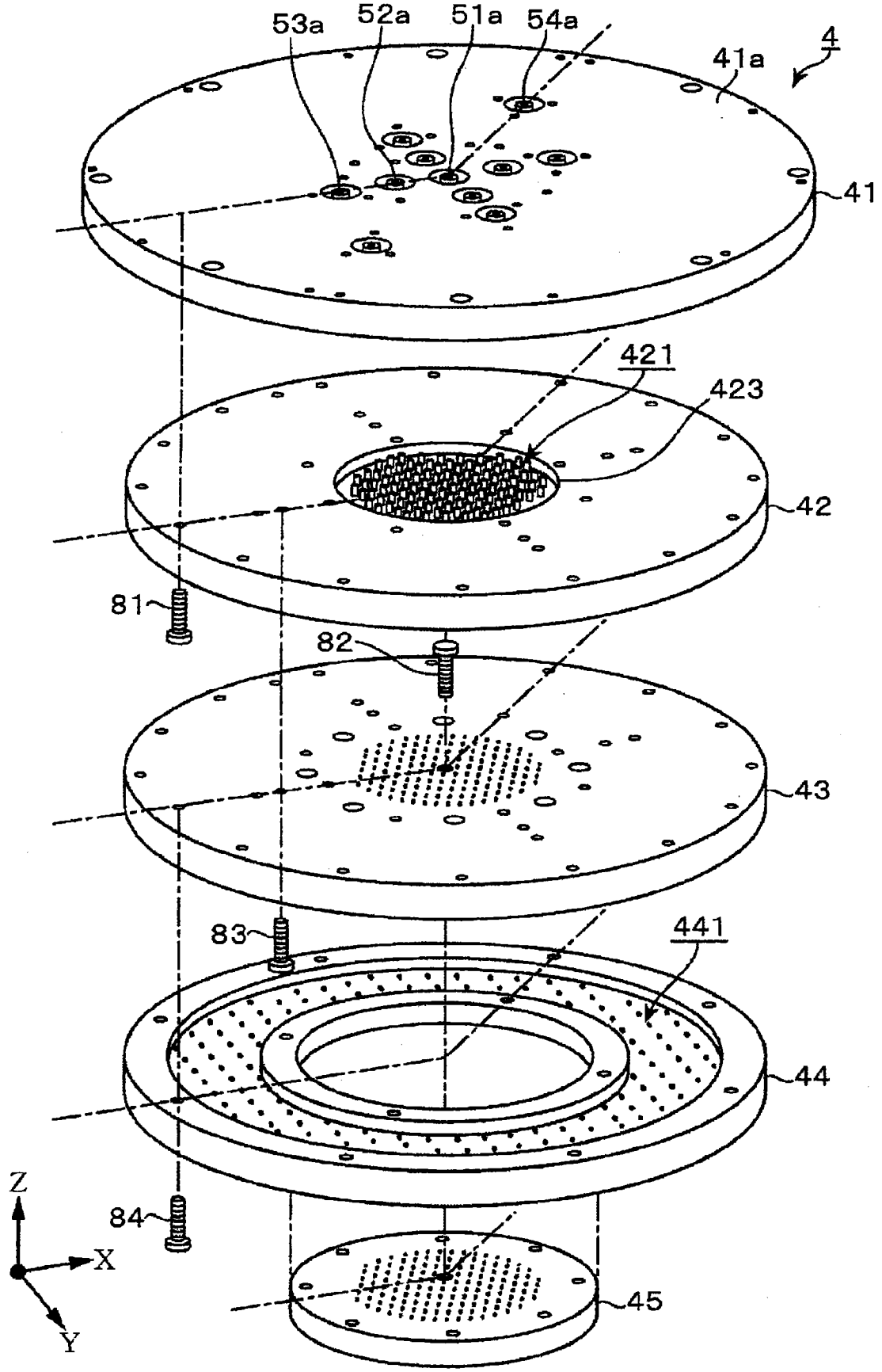


图 2

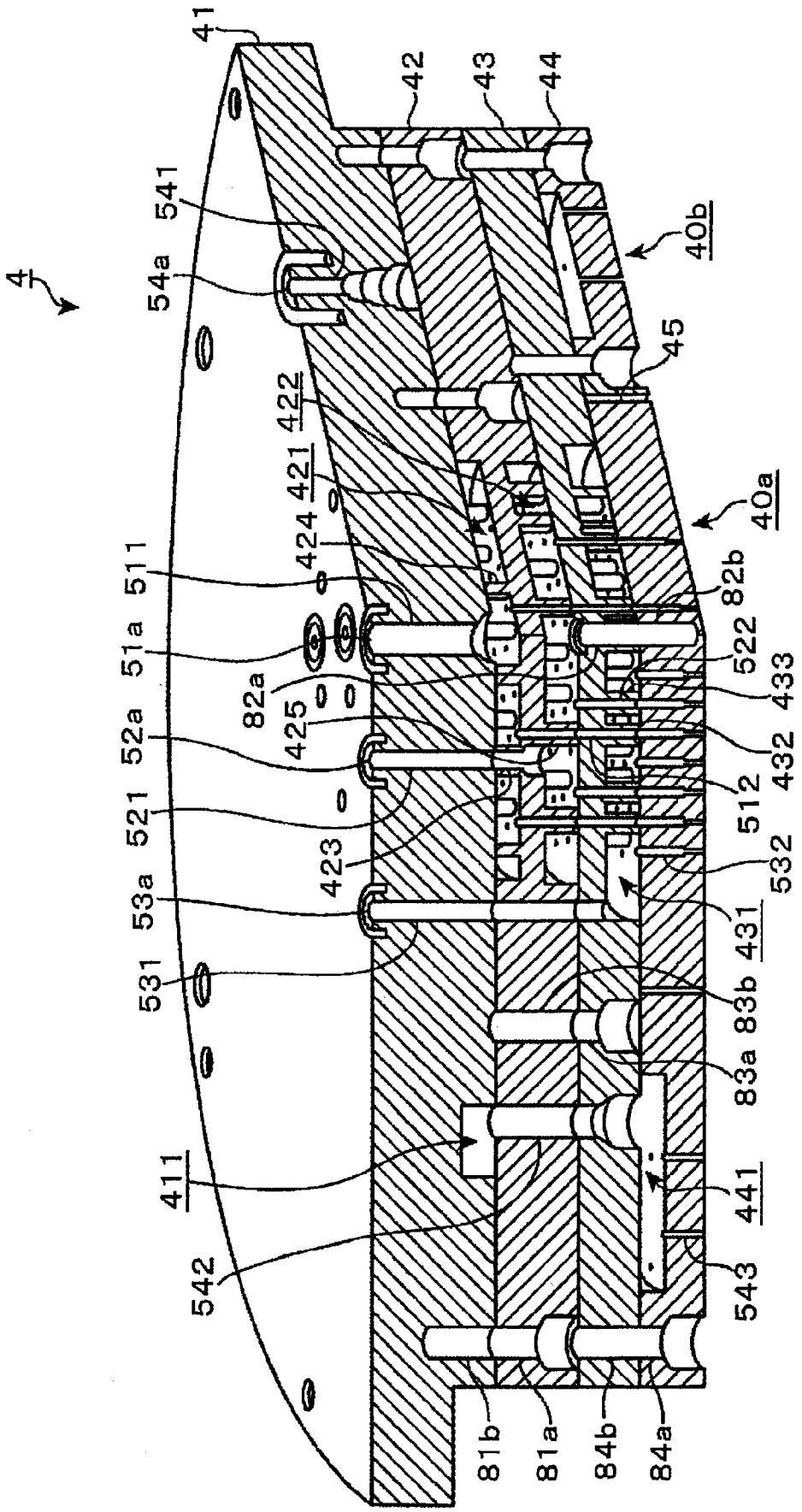

4
41
42
43
44
541
54a
40b
45
422
421
424
40a
511
82b
51a
522
82a
433
425
52a
432
521
512
423
532
53a
431
531
83b
83a
411
441
542
543
81b
81a
84b
84a

图 3

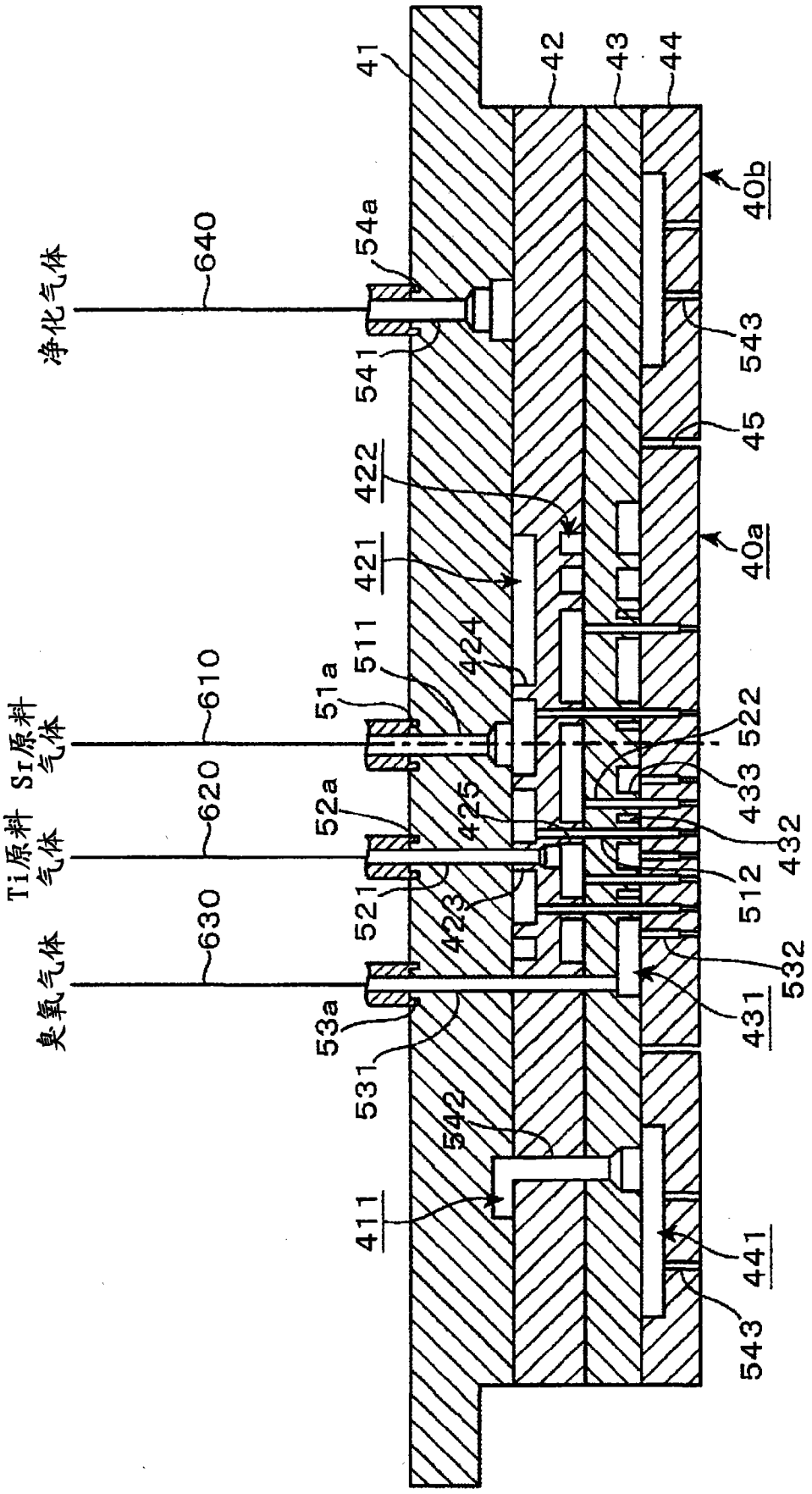

41
42
43
44
40b
54a
640
净化气体
541
543
45
422
421
40a
424
511
51a
610
Sr原料气体
522
433
620
52a
425
Ti原料气体
432
512
521
423
630
臭氧气体
532
53a
431
531
542
411
441
543

图 4

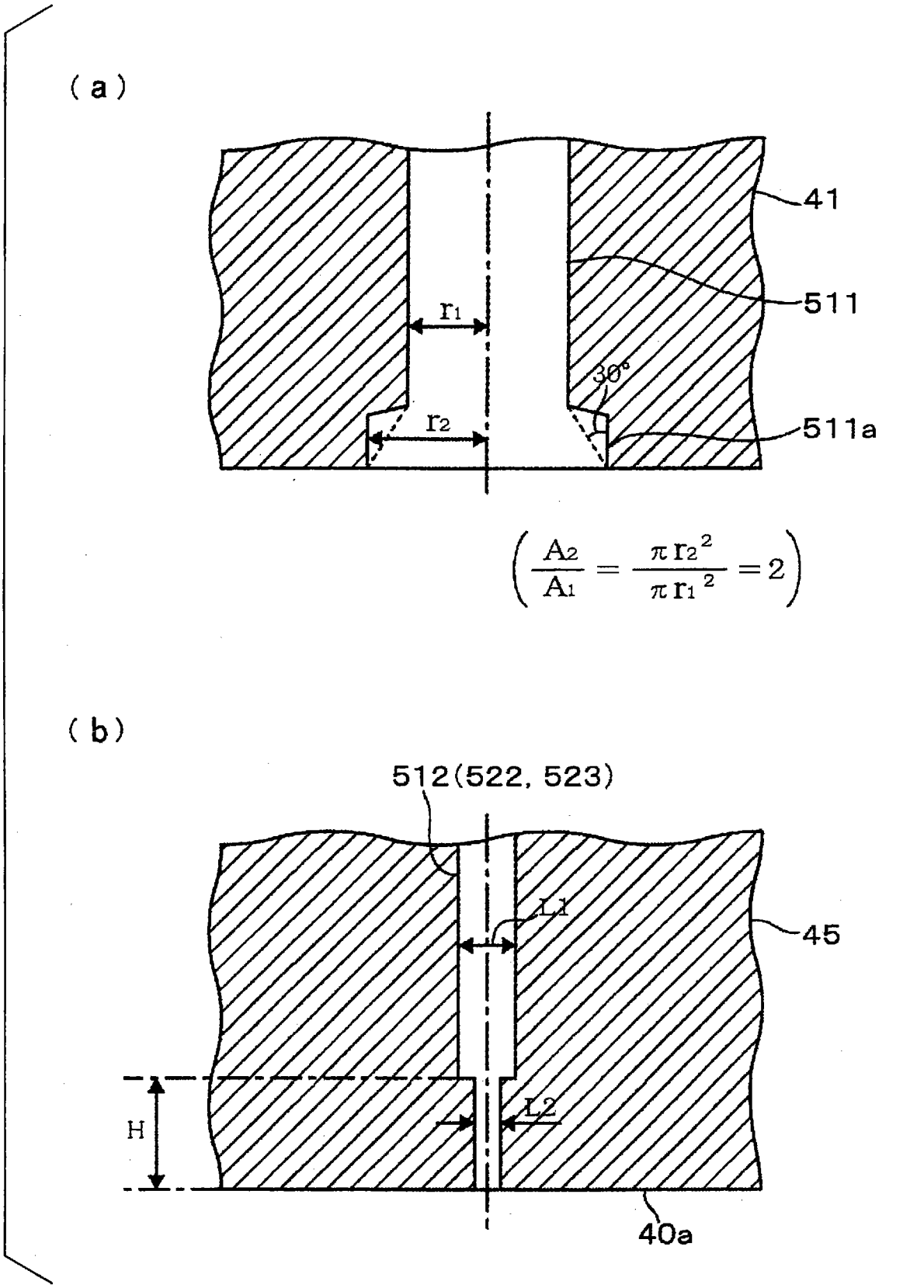

(a)
41
511
r1
30°
r2
511a
$\left(\frac{A_2}{A_1} = \frac{\pi r_2^2}{\pi r_1^2} = 2\right)$
(b)
512(522, 523)
L1
45
H
L2
40a

图 5

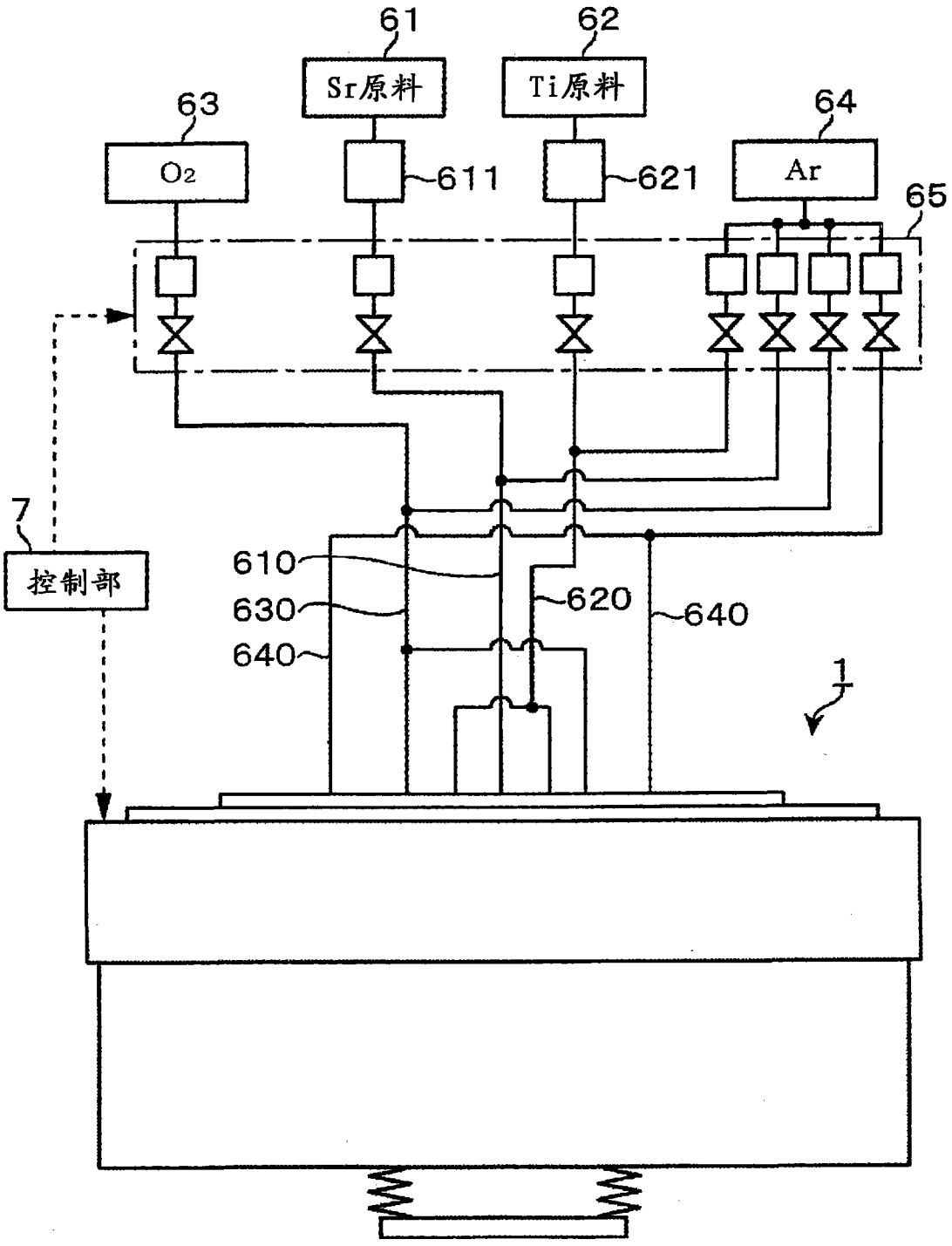


图 6

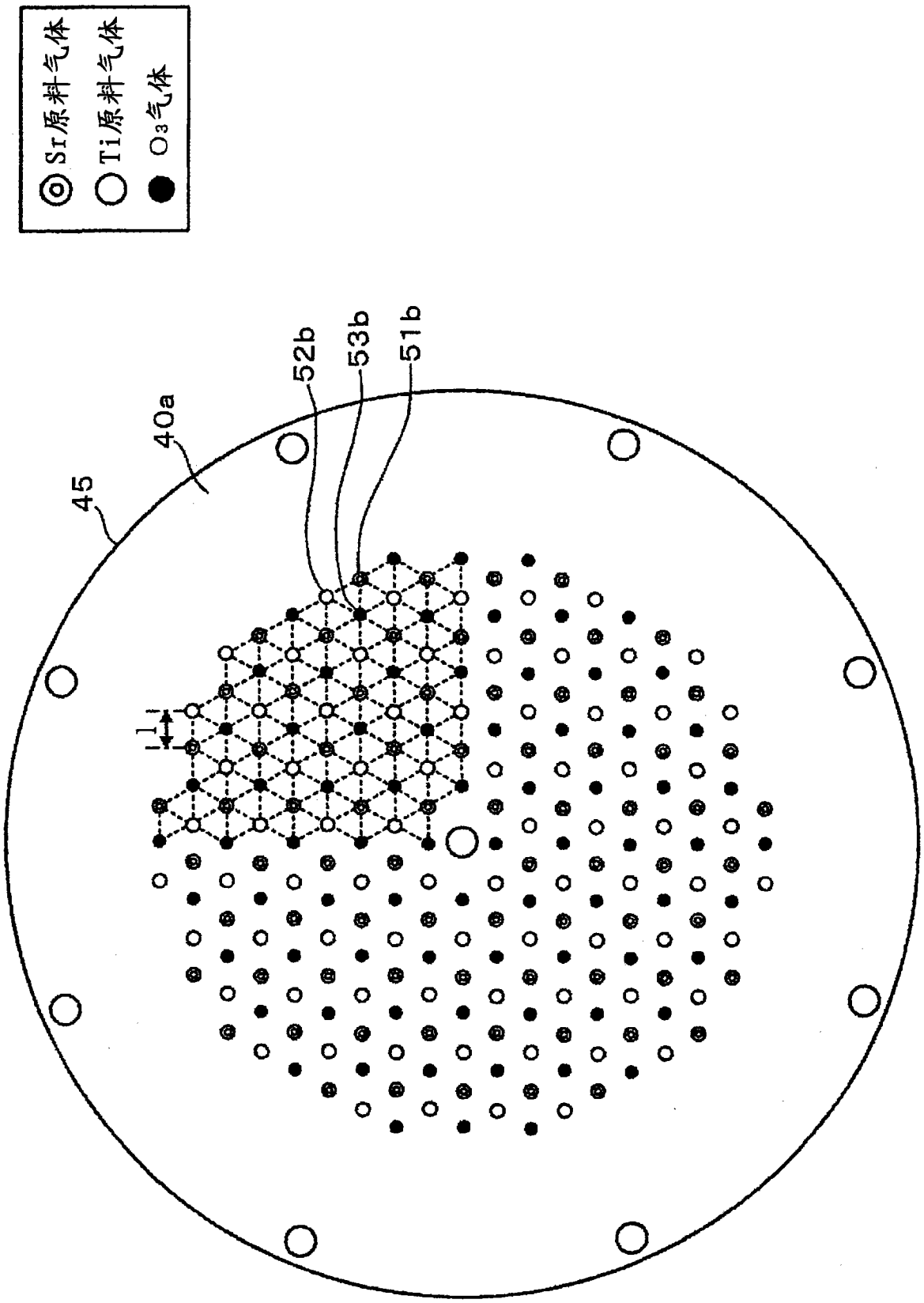


图 7

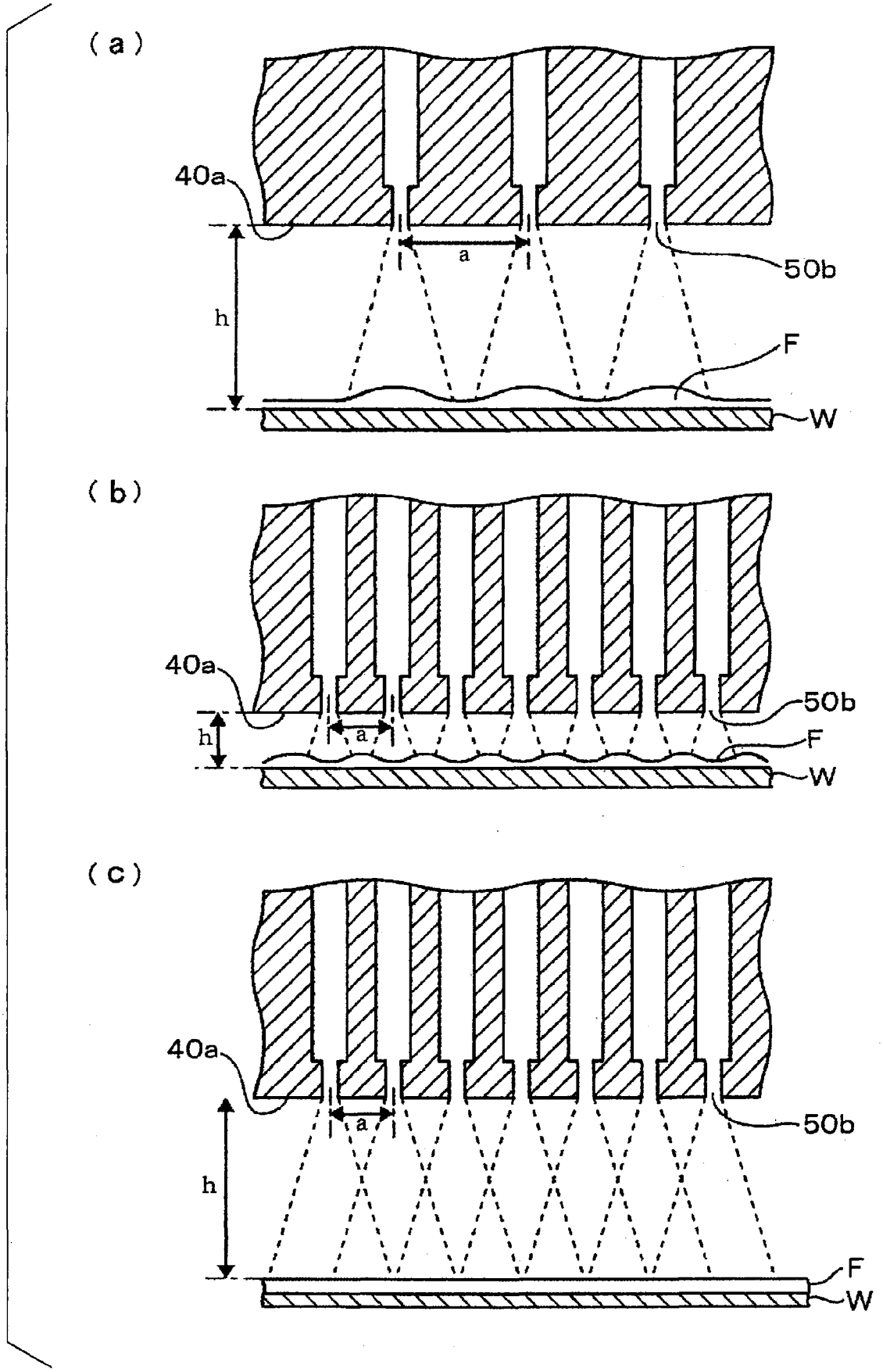


图 8

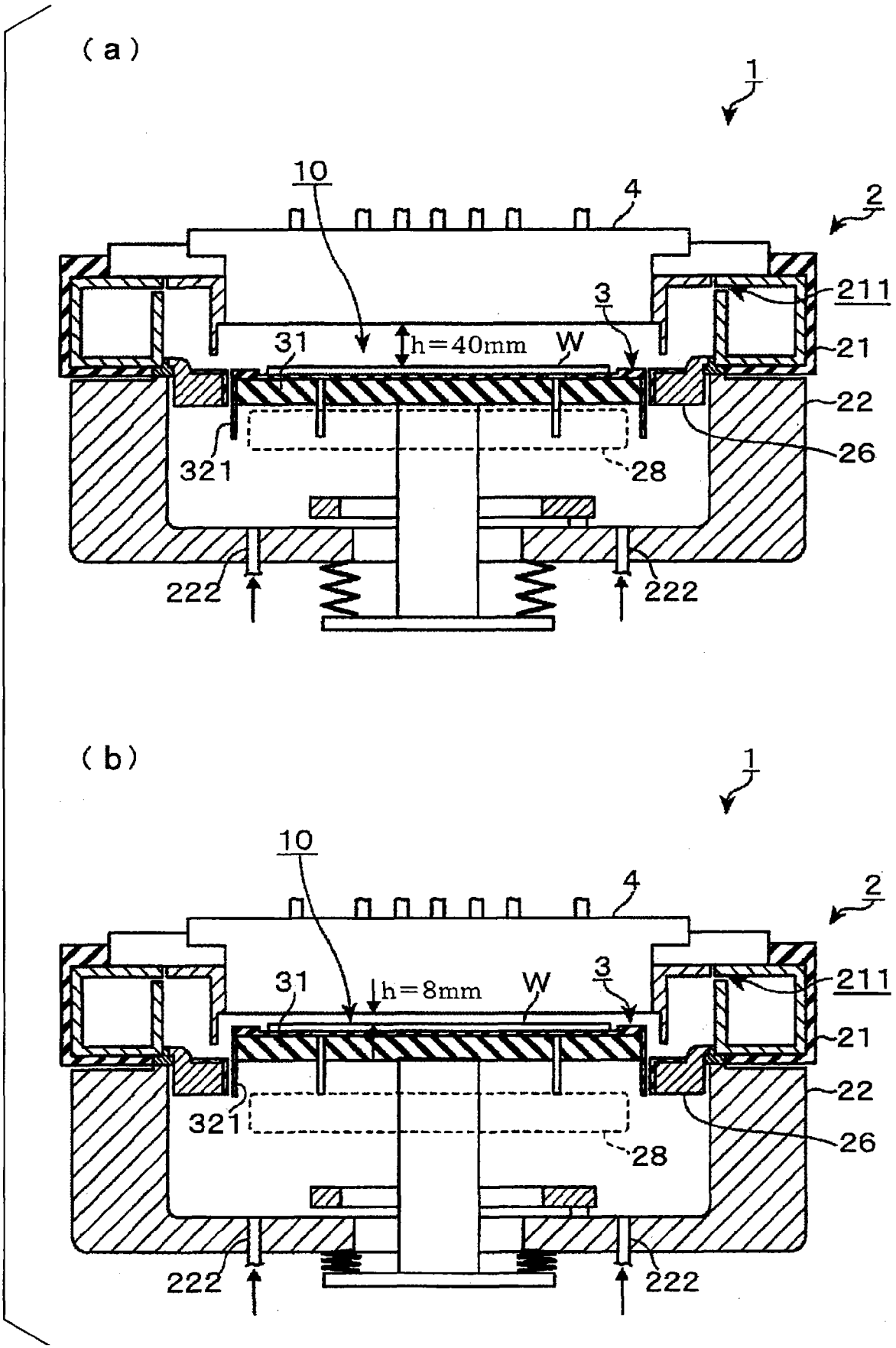

(a)
1
10
4
2
211
3
31
h=40mm
W
21
22
26
321
28
222
222
(b)
1
10
4
2
31
h=8mm
W
3
211
21
22
321
26
28
222
222

图 9

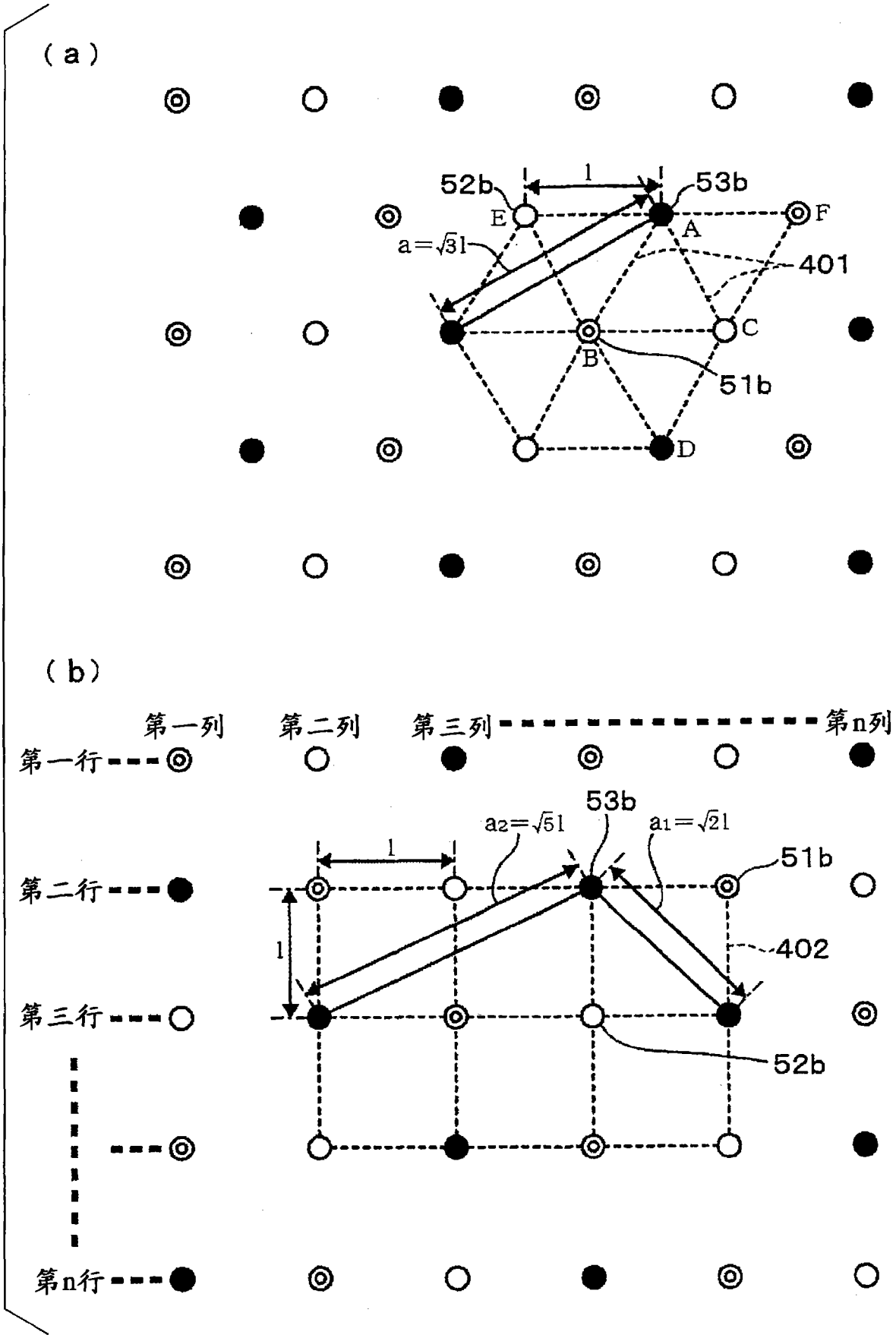

（a）
52b
l
53b
E
A
F
a=√3l
401
C
B
51b
D
（b）
第一列
第二列
第三列
第n列
第一行
第二行
第三行
第n行
53b
a2=√5l
a1=√2l
l
51b
l
402
52b

图 10

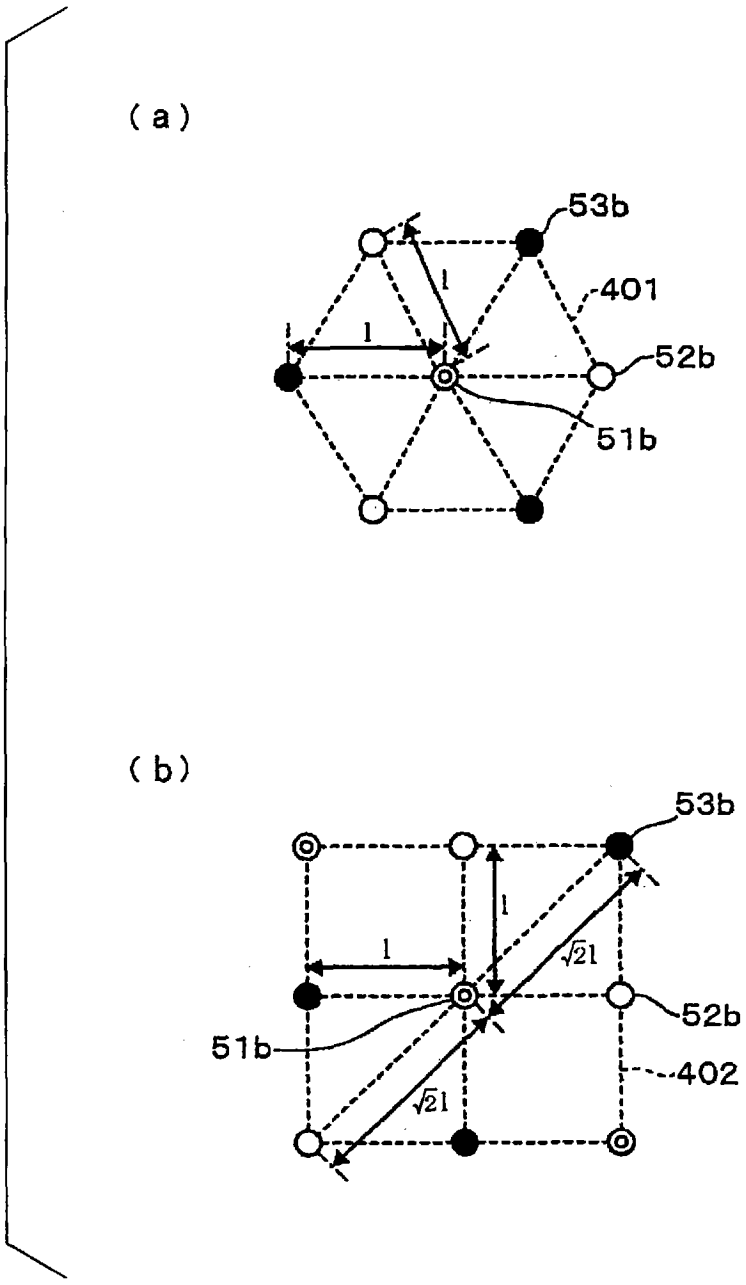


图 11

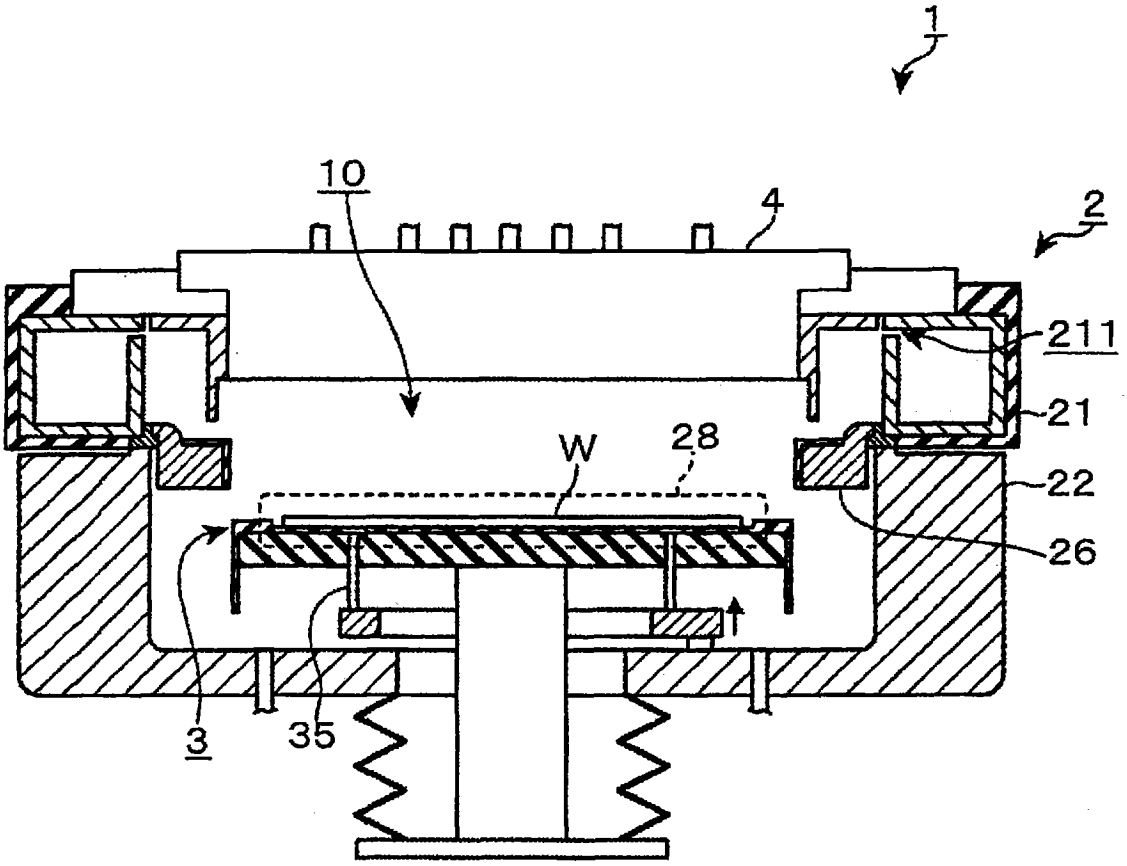


图 12

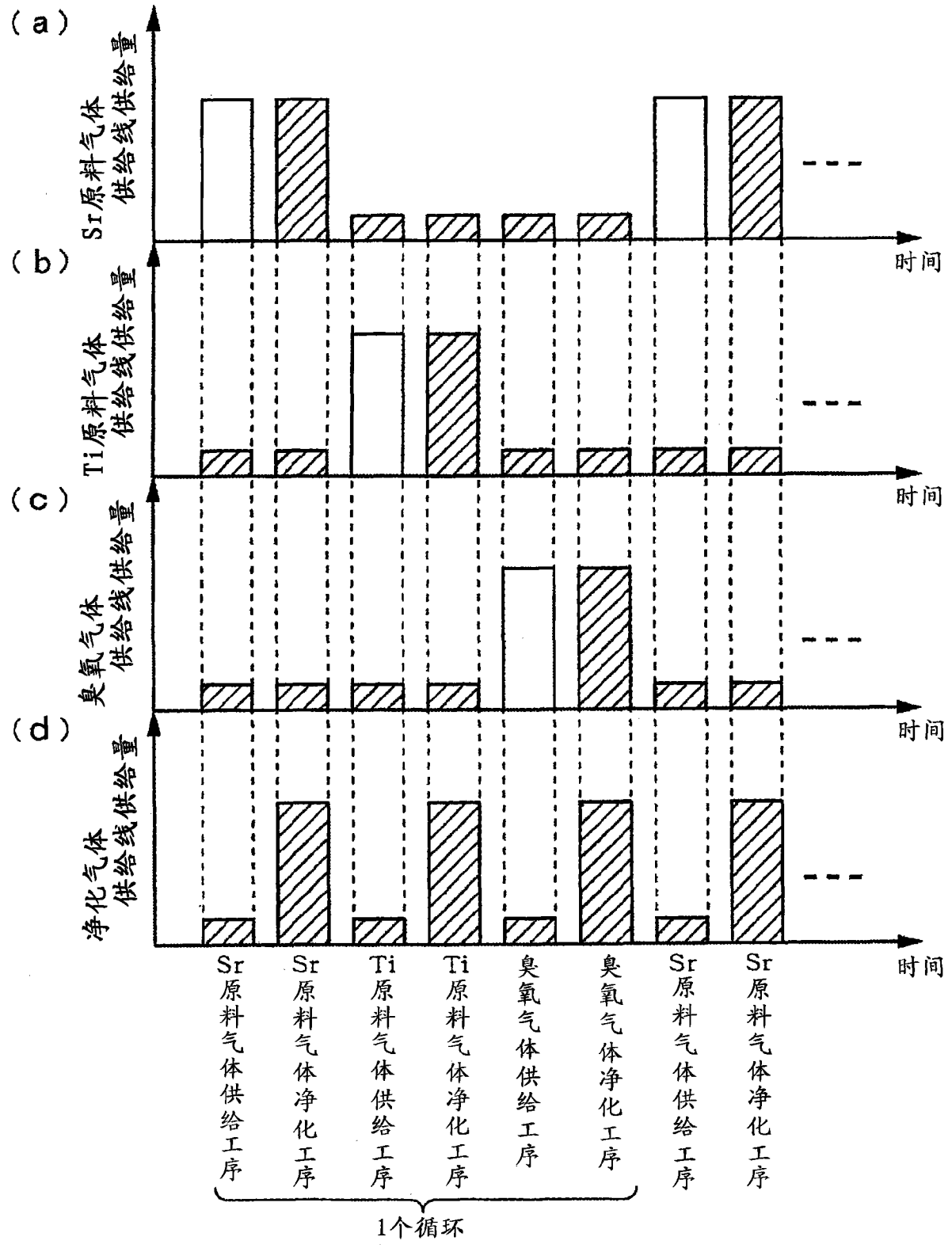

（a）
Sr原料气体供给线供给量
（b）
Ti原料气体供给线供给量
（c）
臭氧气体供给线供给量
（d）
净化气体供给线供给量
时间
Sr原料气体供给工序
Sr原料气体净化工序
Ti原料气体供给工序
Ti原料气体净化工序
臭氧气体供给工序
臭氧气体净化工序
Sr原料气体供给工序
Sr原料气体净化工序
1个循环

图 13

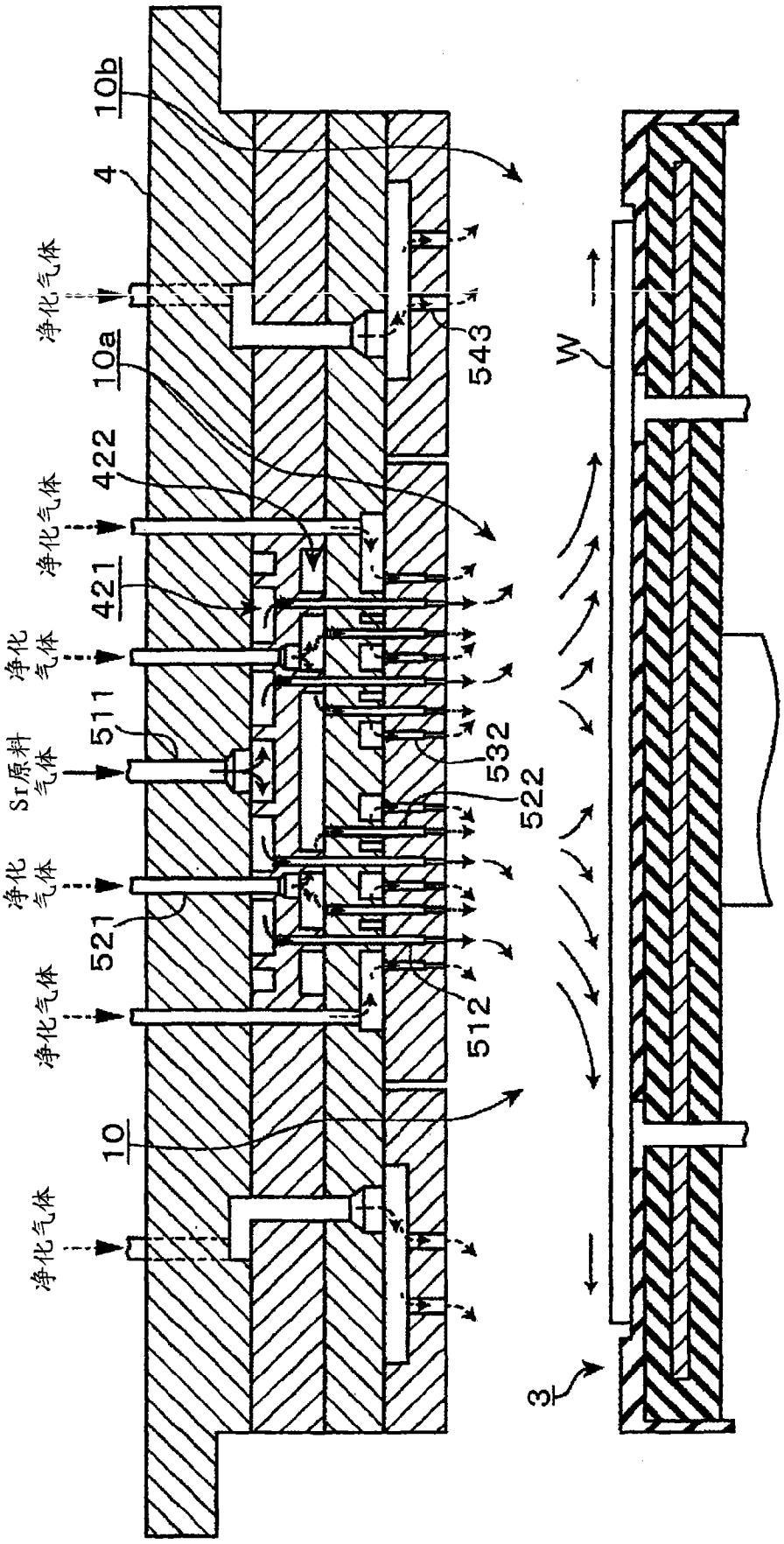

10b
4
净化气体
543
W
10a
422
净化气体
421
净化气体
511
Sr原料气体
532
522
净化气体
521
净化气体
512
10
净化气体
3

图 14

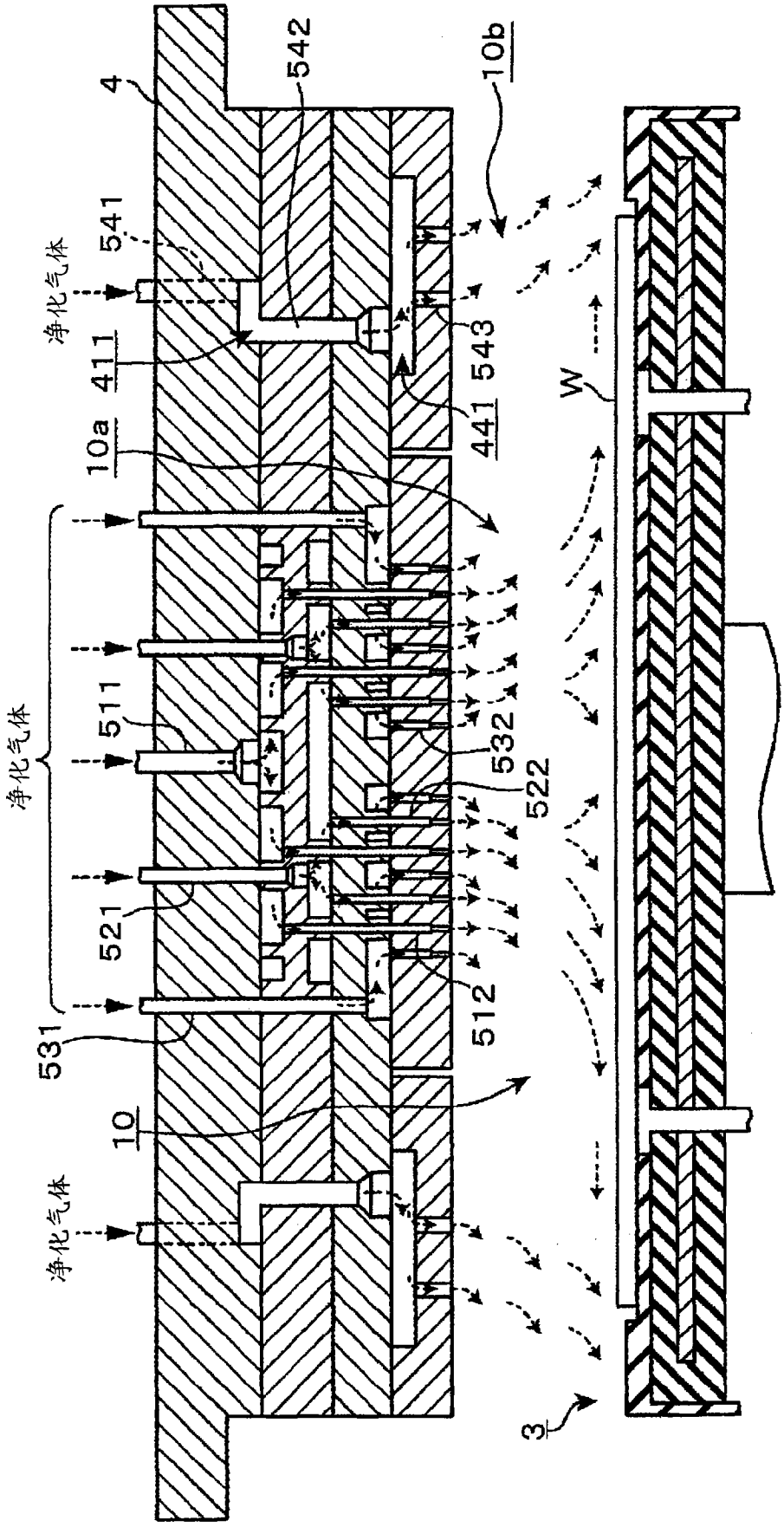

4
542
10b
541
净化气体
411
543
441
W
10a
511
532
522
521
512
531
10
净化气体
净化气体
3

图 15

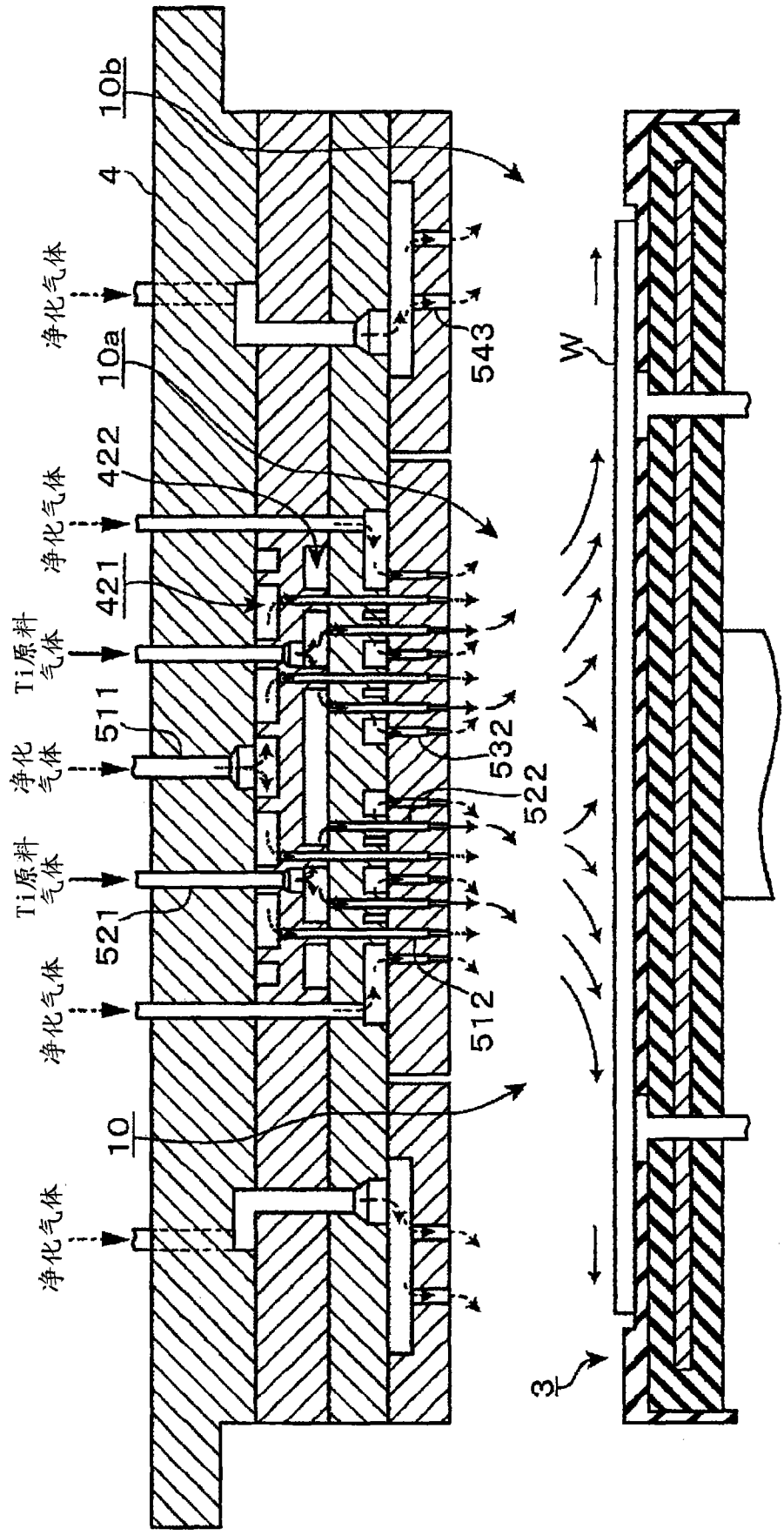

10b
4
净化气体
10a
543
W
422
净化气体
421
Ti原料气体
511
净化气体
532
522
Ti原料气体
521
净化气体
512
10
净化气体
3

图 16

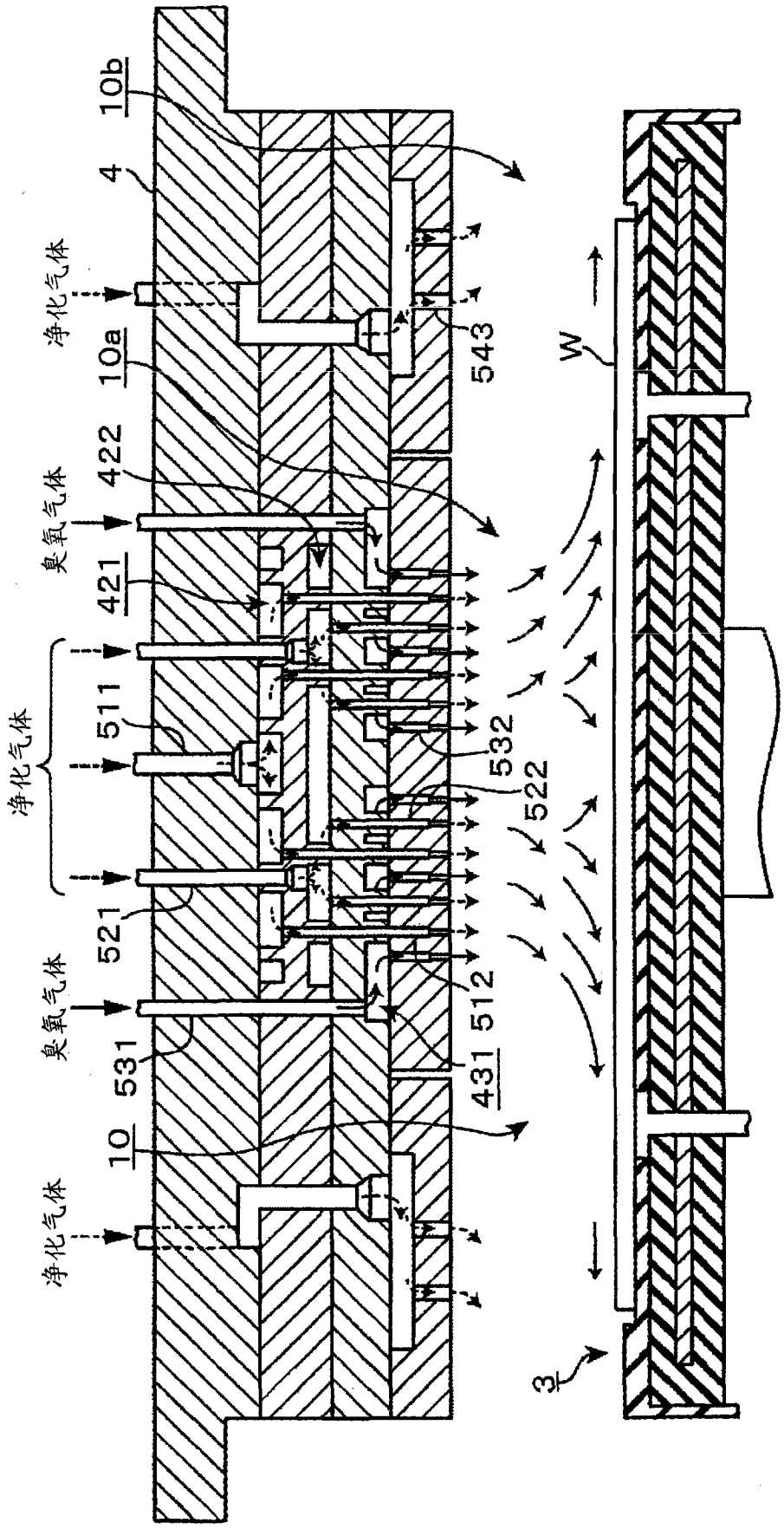

10b
4
净化气体
10a
543
W
422
臭氧气体
421
511
净化气体
532
522
521
臭氧气体
512
531
431
10
净化气体
3

图 17