



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101578688 B

(45) 授权公告日 2011.04.13

(21) 申请号 200880001955.1

(22) 申请日 2008.01.11

(30) 优先权数据

006061/2007 2007.01.15 JP

226126/2007 2007.08.31 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009.07.09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/050264 2008.01.11

(87) PCT申请的公布数据

WO2008/087903 JA 2008.07.24

(73) 专利权人 芝浦机械电子株式会社

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 矶明典 西部幸伸 藤森康朝

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 许玉顺 胡建新

(51) Int. Cl.

H01L 21/304 (2006.01)

H01L 21/306 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1256642 A, 2000.06.14, 说明书第 6 页第 19 行到第 9 页第 29 行、附图 12 - 15.

JP 2006-187752 A, 2006.07.20, 全文.

US 2006/0054205 A1, 2006.03.16, 说明书第【0038】段到第【0055】段.

US 2006/0054205 A1, 2006.03.16, 说明书第【0038】段到第【0055】段.

US 2006/0054191 A1, 2006.03.16, 说明书第【0008】段到第【0040】段.

US 2006/0137719 A1, 2006.06.29, 说明书第【0063】段到第【0086】段、附图 11 - 14.

WO 03/071594 A1, 2003.08.28, 说明书第 5 页第 6 行到第 9 页第 22 行、附图 1 - 4.

审查员 高伟

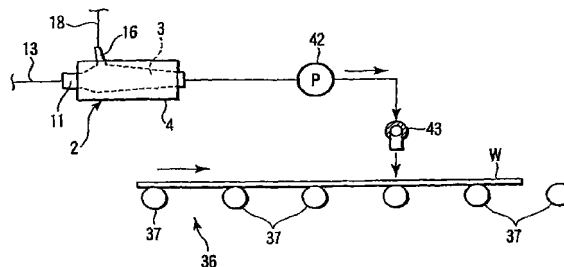
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 5 页

(54) 发明名称

基板的处理装置以及处理方法

(57) 摘要

一种基板的处理装置，通过处理液来处理基板，其特征在于，具备：纳米气泡产生机构，用于产生纳米气泡，并使该纳米气泡与上述处理液混合；处理液供给机构，向上述基板的板面供给含有该纳米气泡产生机构所产生的纳米气泡的上述处理液；以及加压机构，对通过该处理液供给机构向上述基板的板面供给的处理液中所含有的纳米气泡进行加压，并在上述基板的板面压破所述纳米气泡。



1. 一种基板的处理装置，通过处理液来处理基板，其特征在于，具备：
纳米气泡产生机构，用于产生纳米气泡，并使该纳米气泡与上述处理液混合；
处理液供给机构，向上述基板的板面供给含有该纳米气泡产生机构所产生的纳米气泡的上述处理液；以及
加压机构，对通过该处理液供给机构向上述基板的板面供给的处理液中所含有的纳米气泡施加在上述基板的板面压破所述纳米气泡的压力。
2. 如权利要求 1 所述的基板的处理装置，其特征在于，
上述纳米气泡产生机构包括：
在内部形成有剪切室的气体剪切器；
气体供给部，设置在上述气体剪切器的轴向的一端部，使上述气体旋转并将上述气体供给至上述剪切室；以及
液体供给部，设置在上述气体剪切器的一端部的外周面上，使上述处理液旋转并将上述处理液供给至上述剪切室，通过上述处理液和上述气体的旋转速度之差，由上述气体产生上述纳米气泡。
3. 如权利要求 1 所述的基板的处理装置，其特征在于，上述加压机构是加压泵，该加压泵对从上述纳米气泡产生机构向上述处理液供给机构供给的处理液进行加压，从而使得该处理液中所含有的纳米气泡被压破。
4. 如权利要求 1 所述的基板的处理装置，其特征在于，
通过水平搬运机构来水平搬运上述基板，
上述加压机构是加压泵，该压力泵将与上述处理液不同的其他的液体加压至能够压破上述纳米气泡的压力，
在上述基板的板面的、在上述基板的搬运方向上位于上述处理液供给机构供给上述处理液的部位的下流侧的部位，通过液体喷射机构，喷射供给被上述加压泵加压过的液体。
5. 一种基板的处理方法，通过处理液来处理基板，其特征在于，包括：
产生纳米气泡，并使该纳米气泡与上述处理液混合的工序；
向上述基板的板面供给含有纳米气泡的上述处理液的工序；以及
对向上述基板的板面供给的处理液中所含有的纳米气泡施加在上述基板的板面压破所述纳米气泡的压力的工序。
6. 如权利要求 5 所述的基板的处理方法，其特征在于，在将上述处理液供给至上述基板时，压破上述处理液中所含有的纳米气泡。
7. 如权利要求 5 所述的基板的处理方法，其特征在于，在将上述处理液供给至上述基板之后，压破上述处理液中所含有的纳米气泡。
8. 一种基板的处理方法，通过处理液来处理基板，其特征在于，通过权利要求 1 所述的处理装置来处理上述基板。

基板的处理装置以及处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及通过处理液对半导体晶片、液晶显示装置用的玻璃基板等的基板进行处理的处理装置以及处理方法。

背景技术

[0002] 在制造半导体装置、液晶显示装置等的情况下，使用将电路图案形成在半导体晶片、玻璃基板等的基板上的光刻工艺 (lithography process)。正如众所周知的那样，该光刻工艺在上述基板上涂敷抗蚀剂，隔着形成有电路图案的掩模对该抗蚀剂照射光。

[0003] 然后，除去抗蚀剂中没有被光照射到的部分或者被光照射到的部分，对除去的部分反复进行多次蚀刻等的一系列的工序，从而在上述基板上形成电路图案。

[0004] 在上述一系列的各工程中，若上述基板被污染，则变得不能够形成精密的电路图案，这成为产生不合格产品的原因。因此，需要使用与处理目的对应的处理液来进行基板处理，例如在基板上形成电路图案时，要预先除去在基板上附着残留的有机物、抗蚀剂等。在基板处理中所使用的处理液公知有纯水、蚀刻液、剥离液、显影液等。

[0005] 另一方面，在用处理液来处理基板的情况下，仅向基板喷射处理液的处理效率存在一定的极限，因此，为了提高该处理效率，利用氮气等的加压气体来对处理液进行加压，再喷射处理液。由此，能够减少处理液的使用量，能够实现成本的降低。

[0006] 最近，不仅通过加压气体对处理液进行加压，还通过将气体变为微小的气泡并混合至处理液中，从而提高上述处理液的处理效率。在专利文献 1 中公开了向处理液中混合微气泡 (micro bubble) 来提高处理效率的处理装置。

[0007] 即，专利文献 1 中示出的处理装置具有导入纯水以及氮气的混合泵。纯水和氮气在气液混合泵中被混合，并被送至旋转加速器。旋转加速器使纯水和氮气加速旋转，从而形成气液 2 层流，并向分散器送出。分散器利用流体力学来剪切送来的气液 2 层流，从而形成氮气的微气泡。然后，含有微气泡的纯水被送至处理槽来处理基板。

[0008] 专利文献 1：日本特开 2006-179765 号公报

[0009] 一般来讲，专利文献 1 中所示的微气泡的直径为 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 。由于微气泡的直径大，因而受到浮力，在液体中上升，并在液面处破裂而消失。

[0010] 与此相对，由于直径为 $1 \mu\text{m}$ 以下的纳米气泡 (nano bubble) 的内压低，因此在水中几乎不受浮力。因此，纳米气泡在液体中浮游的同时，在外压的作用下会缩小。若纳米气泡缩小，则其表面电荷随着表面积的缩小而浓缩，从而形成极强的电场。

[0011] 由于纳米气泡的强电场能够使该纳米气泡活性化，从而会给存在纳米气泡的液体带来较大的影响。因此，若处理基板的处理液中含有纳米气泡，则利用该处理液来处理基板的处理效果会大幅提高。

[0012] 如上所述，专利文献 1 所示的处理装置在通过气液混合泵来混合氮气和纯水后，通过旋转加速器使其加速旋转从而形成气液 2 层流，然后在分散器中利用流体力学来剪切气液 2 层流，从而形成氮气的微气泡。

[0013] 即，在专利文献 1 所示的处理装置中，即使能够通过气液混合泵、旋转加速器以及分散器来形成直径为 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度的微气泡，也需要通过旋转加速器来使预先混合的氮气和纯水变为气液 2 层流体，然后在分散器中利用流体力学来剪切气液 2 层流体。

[0014] 因此，由于在旋转加速器中氮气溶入纯水中，即使通过分散器利用流体力学来剪切在旋转加速器中形成的气液 2 层流体，也不能够高效地产生微气泡，并且在专利文献 1 中没有公开产生纳米气泡的方法，而纳米气泡在基板的处理中比微气泡更有效。

发明内容

[0015] 本发明的目的在于，提供一种能够高效产生比微气泡直径小的纳米气泡、从而提高基板的处理效率的基板的处理装置以及处理方法。

[0016] 为了解决上述课题，本发明提供一种基板的处理装置，通过处理液来处理基板，其特征在于，具备：纳米气泡产生机构，用于产生纳米气泡，并使该纳米气泡与上述处理液混合；处理液供给机构，向上述基板的板面供给含有该纳米气泡产生机构所产生的纳米气泡的上述处理液；以及加压机构，对通过该处理液供给机构向上述基板的板面供给的处理液中所含有的纳米气泡施加在上述基板的板面压破所述纳米气泡的压力。

[0017] 此外，本发明提供一种基板的处理方法，通过处理液来处理基板，其特征在于，包括：产生纳米气泡，并使该纳米气泡与上述处理液混合的工序；向上述基板的板面供给含有纳米气泡的上述处理液的工序；以及对向上述基板的板面供给的处理液中所含有的纳米气泡施加在上述基板的板面压破所述纳米气泡的压力的工序。

[0018] 附图说明

[0019] 图 1 是表示本发明的第一实施方式的处理装置的概略构成图。

[0020] 图 2 是沿气体剪切器的轴向的断面图。

[0021] 图 3 是从后端观察到的气体剪切器的侧视图。

[0022] 图 4 是表示本发明的第二实施方式的自旋 (spin) 处理装置的概略的构成图。

[0023] 图 5 是表示本发明的第三实施方式的自旋处理装置的概略的构成图。

[0024] 图 6 是表示本发明的第四实施方式的水平搬运处理装置的概略的构成图。

[0025] 图 7 是表示本发明的第五实施方式的水平搬运处理装置的概略的构成图。

[0026] 图 8 是表示本发明的第六实施方式的水平搬运处理装置的概略的构成图。

[0027] 图 9 是表示本发明的第七实施方式的水平搬运处理装置的概略的构成图。

[0028] 图 10 是表示本发明的第八实施方式的水平搬运处理装置的概略的构成图。

[0029] 具体实施方式

[0030] 下面，参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0031] 图 1～图 3 示出了本发明的第一实施方式，图 1 是表示处理装置的概略的构成图，该处理装置具备处理槽 1。在该处理槽 1 内配置有构成纳米气泡产生机构的气体剪切器 2。该气体剪切器 2 如图 2 所示具有在内部形成有剪切室 3 的中空状的主体 4。

[0032] 上述剪切室 3 的一端与在上述主体 4 的轴向前端面形成的喷射口 5 连通，另一端与在上述主体 4 的后端面形成的气体供给口 6 连通。上述剪切室 3 由后部空间部 3a 和前部空间部 3b 形成，所述后部空间部 3a 是从与上述气体供给口 6 连通的后端开始向后端部

中途部扩径的圆锥台形状,所述前部空间部 3b 从该后部空间部 3a 开始向前端逐渐缩径而形成圆锥台形状,在上述剪切室 3 的后部空间部 3a 和前部空间部 3b 的边界部分形成有在上述主体 4 的外周面上开口的液体供给口 7。

[0033] 在上述气体供给口 6 处设有气体旋转用管头(口金)11。该气体旋转用管头 11 的一端与连接气体供给泵 12 的气体供给管 13 的另一端连接。在该气体供给管 13 的中途部设有第一开闭阀 14。上述气体供给泵 12 的吸引侧与未图示的高压氧气瓶等的气体供给源连接。该气体供给源用于供给氧气。

[0034] 虽然没有详细地对上述气体旋转用管头 11 进行图示,但在该气体旋转用管头 11 的内部形成有螺旋槽。由此,若打开上述第一开闭阀 14,则使经由上述气体供给管 13 从上述气体供给泵 12 供给的氧气旋转,并从上述剪切室 3 的后部空间部 3a 向前部空间部 3b 喷出,在上述剪切室 3 内形成如图 2 的点划线所示的氧气的气体空洞部 15。在该实施方式中,气体旋转用管头 11 的螺旋槽使上述气体沿着从上述主体 4 的后端侧观察时的逆时针方向旋转。气体的旋转方向如图 2 中的箭头 a 所示。

[0035] 液体供给管头 16 与上述液体供给口 7 连接,并且如图 3 所示液体供给管头 16 相对于主体 4 的圆周方向沿顺时针方向倾斜 $\theta 1$ 角度,而且如图 2 所示相对于轴线方向向后端侧倾斜 $\theta 2$ 角度。

[0036] 上述液体供给管头 16 的一端与连接液体供给泵 17 的液体供给管 18 的另一端连接。在该液体供给管 18 的中途部设有第二开闭阀 19。上述液体供给泵 17 的吸引侧与上述处理槽 1 的底部连接。该处理槽 1 中容置有作为处理液的纯水 L。

[0037] 由此,若打开上述第二开闭阀 19,则上述液体供给泵 17 经由上述液体供给管 18 向上述气体剪切器 2 供给纯水 L,由于上述液体供给管头 16 的倾斜角度 $\theta 1$ 而使纯水 L 与上述氧气相同地沿逆时针径方向旋转,而且由于上述液体供给管头 16 的倾斜角度 $\theta 2$ 而使纯水 L 以向前部空间部 3b 侧前进的方向被供给。

[0038] 通过上述气体供给泵 12,氧气的供给压力被设定为 $P1$,通过上述液体供给泵 17,纯水 L 的供给压力被设定为 $P2$ 。 $P1$ 、 $P2$ 设定为 $P1 < P2$ 。由此,向上述主体 4 的剪切室 3 供给的氧气的旋转速度 $V1$ 和纯水 L 的旋转速度 $V2$ 的关系是 $V1 < V2$ 。

[0039] 在本实施方式中,所设定的氧气的供给压力 $P1$ 和纯水 L 的供给压力 $P2$ 使得氧气的旋转速度 $V1$ 是每秒 400 转、纯水 L 的旋转速度 $V2$ 是每秒 600 转。

[0040] 从上述剪切室 3 的轴向后端供给的氧气变为如箭头 a 所示旋转的气体空洞部 15 并向喷射口 5 前进。从上述剪切室 3 的外周面供给的纯水 L 在旋转的氧气的气体空洞部 15 的外周面旋转,同时向上述喷射口 5 前进。纯水的旋转方向如图 2 的箭头 b 所示。

[0041] 氧气的旋转速度 $V1$ 设定为比纯水 L 的旋转速度 $V2$ 慢。因此,通过氧气和纯水 L 的旋转速度之差,纯水 L 利用流体力学来剪切氧气,通过该剪切作用来产生氧气的纳米气泡。然后,从上述剪切室 3 的前端的喷射口 5 喷射包含氧气的纳米气泡的纯水 L。另外,即使氧气的旋转速度 $V1$ 设定为比纯水 L 的旋转速度 $V2$ 快,也能够通过流体力学的剪切作用来产生氧气的纳米气泡。

[0042] 向上述剪切室 3 供给的纯水 L 在剪切室 3 内的氧气的气体空洞部 15 的周围旋转,利用流体力学来剪切氧气。即,在剪切室 3 中,在氧气和纯水 L 混合并且纯水 L 中溶入氧气之前,剪切氧气从而使纳米气泡产生,能够提高纳米气泡的产生效率。

[0043] 上述剪切室 3 的前部空间部 3b 形成为向喷射口 5 缩径的圆锥形状。因此，由于供给至剪切室 3 的氧气和纯水 L 在前部空间部 3b 中前进的同时其体积减少，因此压力减少得到了限制。

[0044] 因此，纯水 L 对氧气的流体力学的剪切作用在整个剪切室 3 的轴向全长维持大致相同的程度。即，能够防止氧气和纯水 L 在剪切室 3 中前进的同时发生纳米气泡的产生效率降低的情况。

[0045] 如图 1 所示，进行清洗处理的基板 W 在浸渍于上述处理槽 1 内所盛的纯水 L 中的状态下，被供给至与上述喷射口 5 相对的位置，并保持为垂直立起的状态。由此，从上述喷射口 5 喷射出的包含纳米气泡的纯水 L 被喷射到上述基板 W 的板面上。

[0046] 另外，在基板 W 和上述喷射口 5 之间设有间隔，以使得从喷射口 5 喷射的纯水 L 以规定的压力作用于基板 W 的板面。此外，为了使从喷射口 5 喷射的纯水 L 作用于基板 W 的整个面，通过未图示的驱动机构，沿着基板 W 的板面的上下方向以及宽度方向来驱动上述气体剪切器 2。

[0047] 如上所述，由于内压低，因此纳米气泡在液体中浮游的同时，在外压的作用下缩小，其表面电荷浓缩而形成极强的电场，由此纳米气泡变得活性化。由此，若向基板 W 喷射包含纳米气泡的纯水 L，则能够高效且可靠地对基板 W 进行清洗处理。尤其是，若处理液为纯水 L、气体为氧气，则包含氧气的纳米气泡的纯水 L 能够高效地清洗除去附着于基板 W 的有机物。

[0048] 作为向上述气体剪切器 2 供给的气体和处理液，可以是如下组合：纯水和臭氧，蚀刻液和氧气或空气，蚀刻液和氮气或二氧化碳，剥离液和氧气，剥离液和二氧化碳，剥离液和氮气，显影液和氧气，显影液和氮气等。

[0049] 通过纯水和臭氧的组合，不仅只通过纯水来清洗基板 W，还能够通过臭氧的纳米气泡在基板 W 上强制形成氧化膜，具有提高基板的润湿性的作用。

[0050] 通过蚀刻液和氧气或空气的组合，不仅能够具有蚀刻液的蚀刻作用，还能够由于氧气或空气的纳米气泡的存在，利用在纳米气泡的表面产生的负离子，能够吸附因蚀刻液的蚀刻作用而产生的阳离子性物质，并排斥阴离子性物质，从而防止阴离子性物质再次向基板 W 附着。

[0051] 而且，由于纳米气泡具有取入金属离子等的性质，因此能够同时除去金属离子。另外，通过活性化的氧气的纳米气泡，能够提高蚀刻液对基板 W 的反应性，即蚀刻作用。

[0052] 通过蚀刻液和氮气或二氧化碳的组合，利用在纳米气泡的表面产生的负离子，使得纳米气泡吸附通过蚀刻作用而产生的阳离子性物质，并排斥阴离子性物质，从而防止阴离子性物质再次向基板 W 附着。

[0053] 无论使用何种气体，通过使用含有纳米气泡的蚀刻液，能够通过纳米气泡的布朗运动而使蚀刻液产生流动性，从而提高蚀刻处理的均匀性。

[0054] 通过剥离液和氧气的组合，不仅具有剥离液所产生的除去抗蚀剂的作用，还能够通过氧气的纳米气泡的作用，使从基板 W 剥离的抗蚀剂带负电，从而具有防止从基板 W 剥离的抗蚀剂向基板 W 附着的防再附着作用，而且还能通过活性化的氧气的纳米气泡来提高剥离液对基板 W 的反应性，即剥离作用。

[0055] 通过剥离液和二氧化碳的组合，不仅具有剥离液所产生的除去抗蚀剂的作用，还能够通过二氧化碳的纳米气泡来防止剥离液与水反应而产生的强碱性溶液对铝等的配线图案造成损坏，具有防强碱性化的作用。

[0056] 通过剥离液和氮气的组合，不仅具有剥离液所产生的除去抗蚀剂的作用，而且由于氮气的纳米气泡使得氧气很难进入剥离液，具有防止剥离液早期劣化的作用。

[0057] 通过显影液和氧气的组合，不仅具有显影液所产生的显影作用，还能够通过氧气的纳米气泡，提高显影液的反应性，即对基板 W 的显影作用。

[0058] 通过显影液和氮气的组合，不仅具有显影液所产生的显影作用，而且由于氮气的纳米气泡使得氧气很难进入显影液，具有防止显影液早期劣化的作用。

[0059] 无论使用何种气体，通过使用含有纳米气泡的显影液，能够通过纳米气泡的表面产生的负离子，使得纳米气泡吸附被显影后的阳离子性物质，并排斥阴离子性物质，从而防止阴离子性物质再次向基板 W 附着。

[0060] 通过使用含有氧气、臭氧或氢气的纳米气泡的碱性洗涤剂、氨水或氢氧化钾水溶液，利用纳米气泡表面所具有的负离子，使得纳米气泡吸附从基板 W 剥离的阳离子性物质，并排斥阴离子性物质，从而防止阴离子性物质再次向基板 W 附着。

[0061] 若用纯水、异丙醇 (IPA) 来清洗 90nm 以下的细微图案，则会产生清洗不充分或图案倒塌，但若使用氮气、含有二氧化碳的纳米气泡的纯水来进行清洗，则降低了该纯水的表面张力，提高了界面活性效果，因此能够防止清洗不充分、图案倒塌。

[0062] 另外，在用上述各气体和各处理液的组合来处理基板 W 的情况下，在处理槽 1 中容置该组合所使用的处理液。

[0063] 在上述第一实施方式中，向气体剪切器的剪切室供给的气体和处理液的压力分别是通过气体供给泵和液体供给泵来设定的，但也可以在气体供给管和液体供给管上设置压力调整阀，通过这些压力调整阀来调整气体和处理液的供给压力。

[0064] 此外，可以将气体剪切器配置在处理槽内来处理基板，也可以将上述气体剪切器安装在旋转臂上，该旋转臂设置在自旋处理装置的旋转台的上方，所述自旋处理装置一边使基板旋转一边处理基板。而且，也可以这样处理基板：在使基板旋转的同时，还使旋转臂旋转，从而使上述气体剪切器从基板的径方向中心部向外侧移动，同时向基板的板面喷射含有纳米气泡的处理液。

[0065] 图 4 示出了本发明的第二实施方式。在该实施方式中，由液晶显示装置所使用的矩形形状的玻璃基板构成的基板 W 被保持在自旋处理装置 21 的旋转台 22 上。该旋转台 22 被收容在杯体 23 内，通过主轴 24 被马达 25 旋转驱动。

[0066] 上述旋转台 22 例如具有 4 个支撑臂 26 (仅图示了 2 个)，在各支撑臂 26 的前端部设有用于支撑上述基板 W 的角部的下面的支撑销 27 以及与角部的侧面卡合的一对卡合销 28 (仅图示了 1 个)。

[0067] 在被保持于上述旋转台 22 的基板 W 的上方配置有超声波喷嘴体 31。向该超声波喷嘴体 31 供给含有纳米气泡的处理液，所述纳米气泡是通过第一实施方式中所示的纳米气泡产生机构即气体剪切器 2 而产生的。在超声波喷嘴体 31 的内部设有未图示的振动板，该振动板向供给至内部的处理液提供超声波振动。

[0068] 上述超声波喷嘴体 31 安装在摇动臂 32 的前端，该摇动臂 32 在被保持于旋转台

22 的基板 W 的上方，沿水平方向被摇动驱动。由此，能够向上述基板 W 的整个板面均匀地供给从上述超声波喷嘴体 31 喷射的处理液。

[0069] 通过这样构成的自旋处理装置 21，含有纳米气泡的处理液经过超声波喷嘴体 31 供给至基板 W。因此，从超声波喷嘴体 31 向基板 W 供给处理液，该处理液中所包含的纳米气泡在超声波振动的作用下在基板 W 的板面被压破。

[0070] 一旦气泡被压破，由于该压坏而产生气穴 (cavitation)，该气穴会诱发冲击波。由此，能够大幅促进与处理液的种类相对应的对基板 W 的处理作用。

[0071] 图 5 示出了本发明的第三实施方式。该实施方式是第二实施方式的变形例。含有通过气体剪切器 2 产生的纳米气泡的处理液被供给至处理液供给喷嘴 35。该处理液供给喷嘴 35 配置为向被保持在旋转台 22 的基板 W 的板面的旋转中心供给处理液。

[0072] 另一方面，向安装在摇动臂 32 上的超声波喷嘴体 31 供给液体，例如纯水。向超声波喷嘴体 31 供给的纯水被施加超声波振动并被供给至基板 W 的板面。

[0073] 根据这样的构成，从处理液供给喷嘴 35 向基板 W 的板面供给的含有纳米气泡的处理液接受对从超声波喷嘴体 31 喷射的纯水施加的超声波振动的作用。

[0074] 由此，在向基板 W 供给处理液后，对纯水施加超声波振动，从而使得处理液所含有的纳米气泡被压破，该压破会产生气穴，该气穴会诱发冲击波。由此，能够大幅促进与处理液的种类相对应的对基板 W 的处理作用。

[0075] 图 6 是本发明的第四实施方式，该实施方式用水平搬运处理装置 36 取代了自旋处理装置 21，通过水平搬运处理装置 36 一边水平搬运基板 W 一边处理基板。水平搬运处理装置 36 为了向箭头方向搬运基板 W，具有在水平方向上以规定间隔配置的多个搬运辊 37。

[0076] 在搬运的基板 W 的上面，配置有沿着与基板 W 的搬运方向正交的宽度方向的细长的超声波振动施加机构，即超声波喷嘴体 31A。向该超声波喷嘴体 31A 供给含有通过气体剪切器 2 产生的纳米气泡的处理液。

[0077] 由此，向水平搬运的基板 W 的上表面的横跨整个宽度方向全长供给含有被施加了超声波振动的纳米气泡的处理液，一旦向基板 W 的上表面供给的处理液中的纳米气泡在基板 W 的上表面被压破，该压破会产生气穴，该气穴会诱发冲击波。由此，能够大幅促进与处理液的种类相对应的对基板 W 的处理作用。

[0078] 图 7 示出了本发明的第五实施方式，通过水平搬运处理装置 36，一边搬运基板 W 一边处理基板 W。该实施方式是图 6 所示的第四实施方式的变形例，从超声波喷嘴体 31A 向基板 W 板面供给被施加了超声波振动的液体，即纯水。

[0079] 在基板 W 的搬运方向的上述超声波喷嘴体 31A 的上流侧沿基板 W 的宽度方向配置有作为处理液供给喷嘴的喷洒管 (shower pipe) 41。向喷洒管 41 供给含有由气体剪切器 2 产生的纳米气泡的处理液，该处理液被供给至上述基板 W 的上表面。

[0080] 根据这样的构成，若通过喷洒管 41 向基板 W 的板面供给含有纳米气泡的处理液，则该处理液接受对超声波喷嘴体 31A 所供给的纯水施加的超声波振动的作用，纳米气泡被压破。

[0081] 一旦纳米气泡被压破，该压破会引起气穴，该气穴会诱发冲击波。由此，能够大幅促进与处理液的种类相对应的对基板 W 的处理作用。

[0082] 图 8 示出了本发明的第六实施方式，通过水平搬运处理装置 36，一边搬运基板 W 一边处理基板 W。在该实施方式中，与被搬运辊 37 水平搬运的基板 W 的上表面相对地配设有多个喷洒管 41。

[0083] 各喷洒管 41 具有横跨基板 W 的宽度方向全长的长度，在基板 W 的搬运方向上以规定间隔隔开。另一方面，在基板 W 的下面的与上述喷洒管 41 对置的部位配置有超声波喷嘴体 31A，该超声波喷嘴体 31A 对作为液体的纯水施加超声波振动，并向上述基板的下面喷射该液体。

[0084] 根据这样的构成，从多个的喷洒管 41 向基板 W 的上表面供给处理液，从超声波喷嘴体 31A 向下面供给被施加了超声波振动的纯水。由此，向基板 W 的上表面供给的处理液中所含有的纳米气泡受到对供给至下面的纯水施加的超声波振动的作用，通过该超声波振动来压破处理液中所含有的纳米气泡。

[0085] 一旦纳米气泡被压破，该压破会引起气穴，该气穴会诱发冲击波。由此，能够大幅促进与处理液的种类相对应的对基板 W 的处理作用。

[0086] 而且，含有纳米气泡的处理液被供给至基板 W 的上表面，为了压破处理液中所含有的纳米气泡，而向基板 W 的下面供给被施加了超声波振动的纯水，由此，能够防止向基板 W 的上表面供给的处理液被纯水稀释，导致该处理液对基板 W 的上表面的处理效果降低。

[0087] 图 9 示出了本发明的第七实施方式，通过水平搬运处理装置 36，一边搬运基板 W，一边处理基板 W。在该实施方式中，通过作为加压机构的加压泵 42，将含有由气体剪切器 2 生成的纳米气泡的处理液加压至例如 0.7MPa 以上的高压。然后，将被加压至高压的处理液供给至作为供给机构的高压喷洒管 43，该高压喷洒管 43 配置在水平搬运的基板 W 的上面。

[0088] 含有纳米气泡的处理液以高压状态从高压喷洒管 43 供给至基板 W 的上表面。由此，处理液与基板 W 的板面以高压状态冲突时，即向基板供给处理液时，通过该压力来压破处理液中所含有的纳米气泡。

[0089] 一旦纳米气泡被压破，该压破会引起气穴，该气穴会诱发冲击波。由此，能够大幅促进与处理液的种类相对应的对基板 W 的处理作用。

[0090] 另外，在该第七实施方式中，列举出了通过水平搬运处理装置 36 一边水平搬运基板 W，一边处理基板 W 的例子，但对于一边旋转基板 W 一边处理基板的情况也能够适用。

[0091] 图 10 示出了本发明的第八实施方式，通过水平搬运处理装置 36，一边搬运基板 W，一边处理基板 W。该实施方式是图 9 所示的第七实施方式的变形例，以规定间隔，沿基板 W 的搬运方向并且沿基板 W 的宽度方向配置有多个的喷洒管 44，该多个的喷洒管 44 向在基板 W 的上表面侧供给含有由气体剪切器 2 生成的纳米气泡的处理液。另外，喷洒管 44 也可以是一个。

[0092] 另外，在基板 W 的上表面侧且在基板 W 的搬运方向上位于上述喷洒管 44 的下流侧，沿基板 W 的宽度方向配置有作为液体喷射机构的高压喷洒管 45，该高压喷洒管 45 向上述基板 W 供给作为与含有纳米气泡的处理液不同的其他液体即纯水，该其他液体被作为加压机构的加压泵 42a 加压至 0.7MPa 以上的高压。

[0093] 根据这样的构成，若从多个的喷洒管 44 向基板 W 的上表面供给处理液，则该处理液中所含有的纳米气泡在以高压从高压喷洒管 45 向基板 W 的上表面供给的纯水的压力的作用下被破坏，该高压喷洒管 45 配置在基板 W 的搬运方向上的喷洒管 44 的下流侧。

[0094] 一旦纳米气泡被压破，该压破会引起气穴，该气穴会诱发冲击波。由此，能够大幅促进与处理液的种类相对应的对基板 W 的处理作用。

[0095] 在如图 4～图 10 所示的各实施方式中，作为处理液和产生纳米气泡的气体的组合可以氧气或臭氧和纯水，氮气或二氧化碳和蚀刻液，空气或氧气或臭氧和剥离液，氮气或二氧化碳和剥离液等的组合。

[0096] 在含有纳米气泡的气体是氧气或臭氧、处理液是纯水的情况下，通过气穴的冲击波，能够促进从基板 W 的板面的有机物的分解、微粒的脱离。

[0097] 在含有纳米气泡的气体为氮气或二氧化碳、处理液为蚀刻液的情况下，若纳米气泡被压破而产生气穴进而诱发冲击波，则通过该冲击波能够除去蚀刻所产生的残液。同时，由于纳米气泡的气体溶入处理液，该氮气或二氧化碳具有防止基板 W 的表面氧化的效果。

[0098] 在含有纳米气泡的气体为空气或氧气或臭氧、处理液为剥离液的情况下，利用纳米气泡的表面的负离子，使得纳米气泡吸附被剥离的阳离子性物质，并排斥阴离子性物质，从而防止阴离子性物质再次向基板 W 附着。

[0099] 而且，由于纳米气泡具有取入金属离子（铝系、钼系、钨系、铜系）等的性质，因此，能够同时除去金属离子。

[0100] 在含有纳米气泡的气体为氮气或碳源气体、处理液为剥离液的情况下，因纳米气泡的压破而产生的气穴诱发冲击波能够除去剥离液的残液。另外，在气体为二氧化碳的情况下，通过纳米气泡的压破能够防止液体的劣化。此外，在用纯水冲洗基板 W 的表面的剥离液时，剥离液中所含的二氧化碳能够防止剥离液和纯水反应而变为强碱性。

[0101] 工业实用性

[0102] 根据本发明，使气体和处理液旋转并供给至气体剪切器的剪切室，通过基体和处理液之间的旋转速度之差，利用流体力学来剪切气体从而产生纳米气泡。因此，由于能够在气体溶入处理液之前高效地产生纳米气泡，因此能够利用含有纳米气泡的处理液来高效地清洗基板。

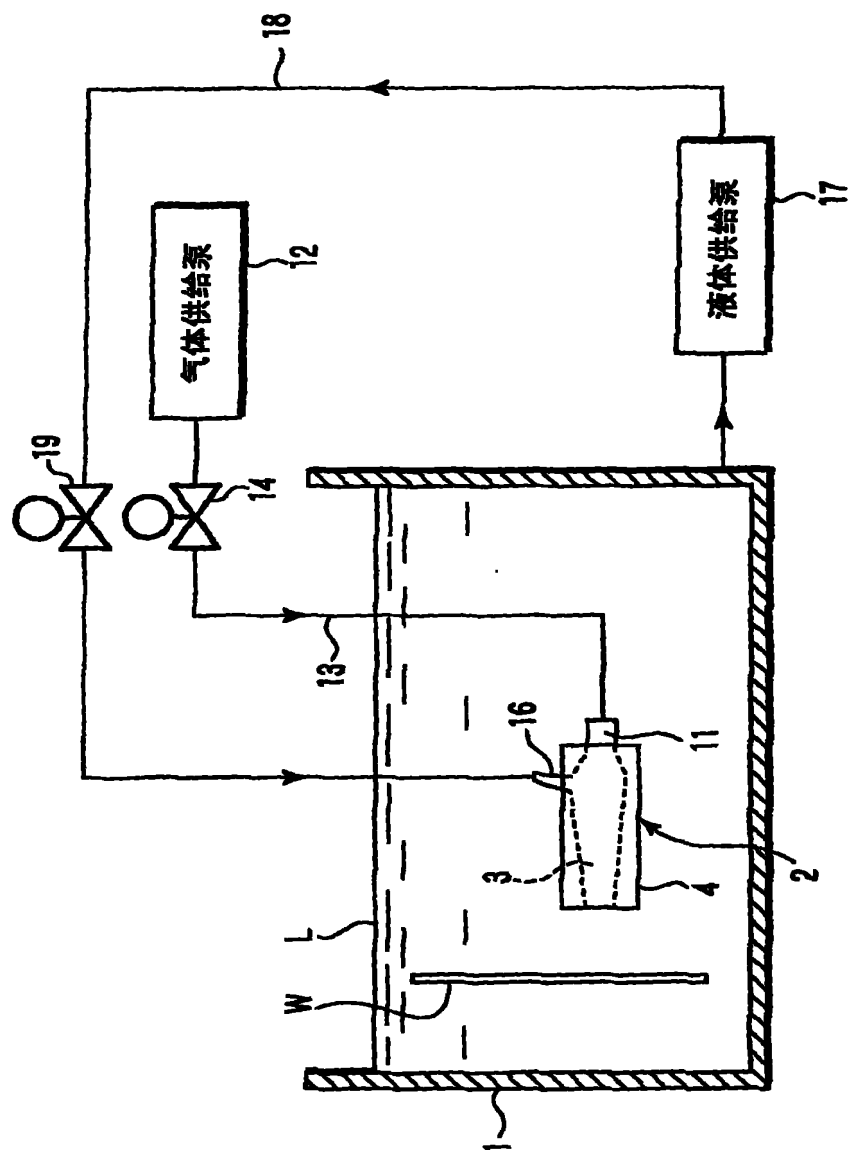


图 1

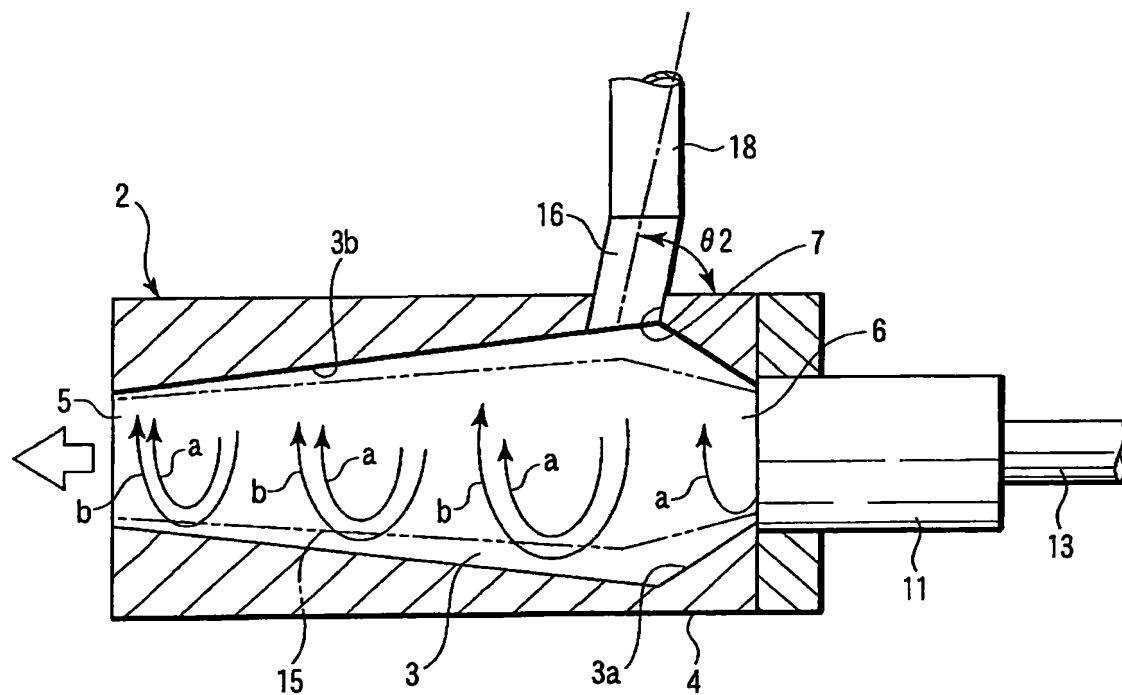


图 2

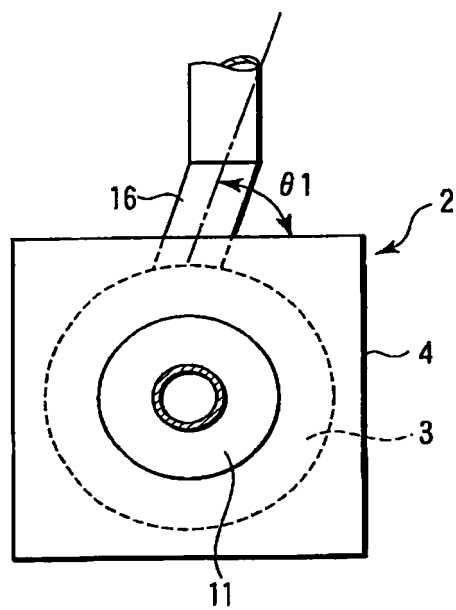


图 3

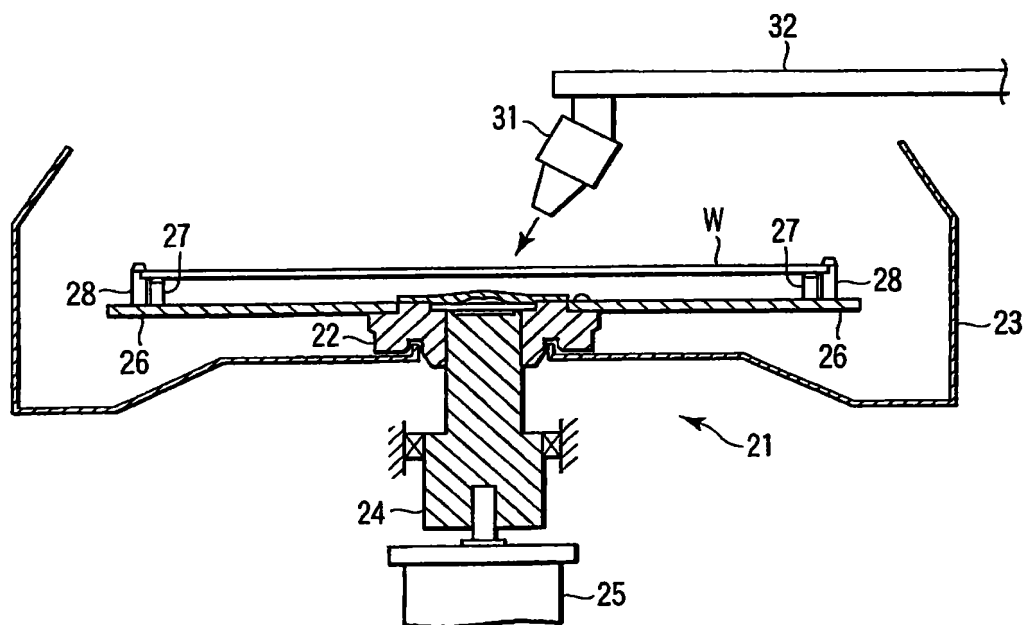


图 4

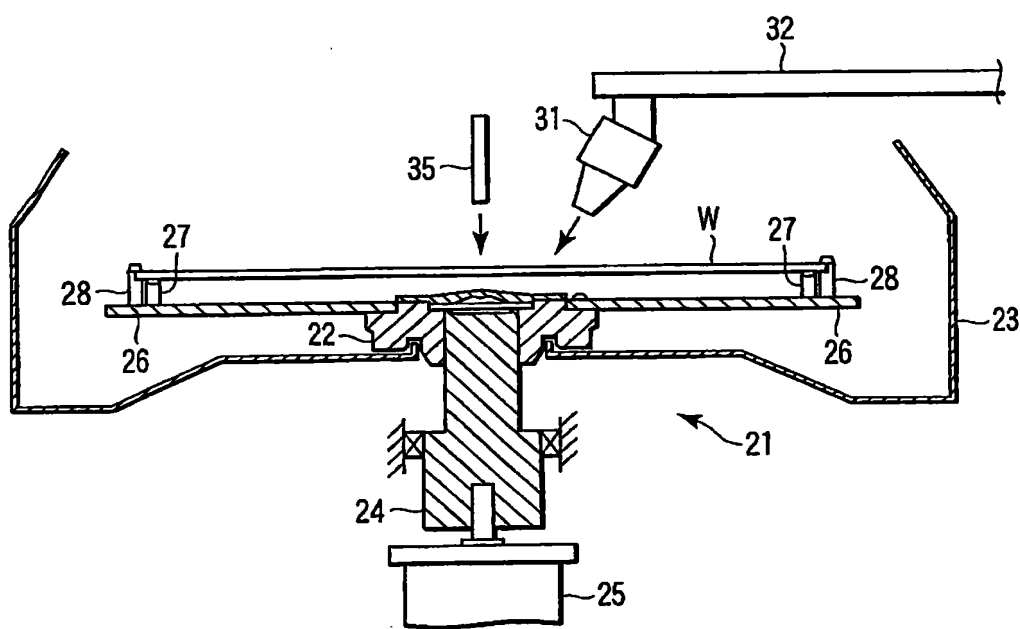


图 5

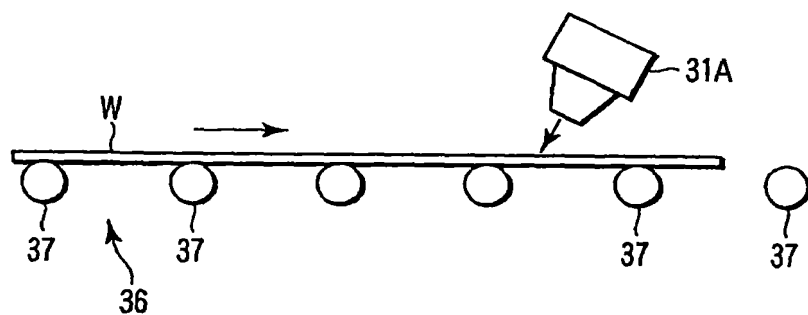


图 6

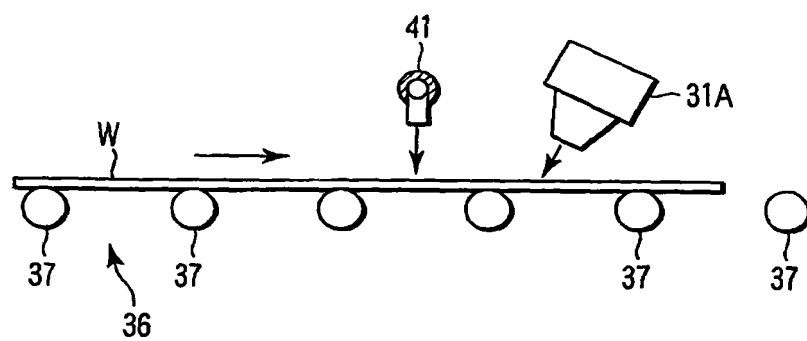


图 7

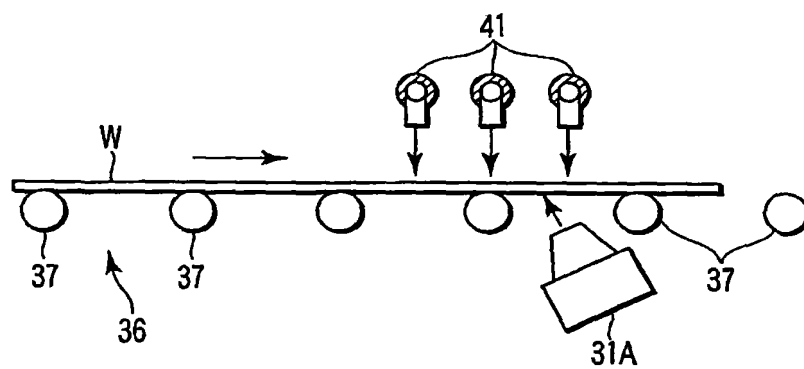


图 8

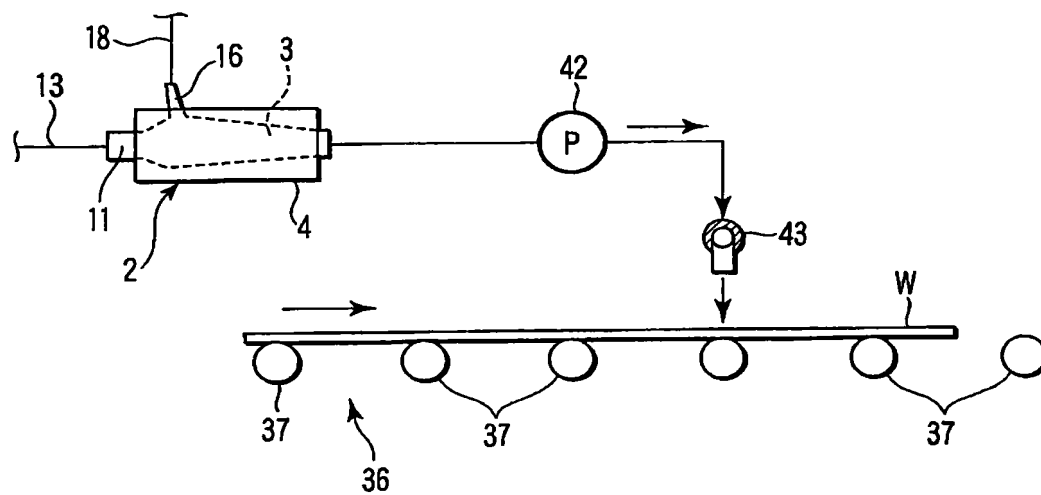


图 9

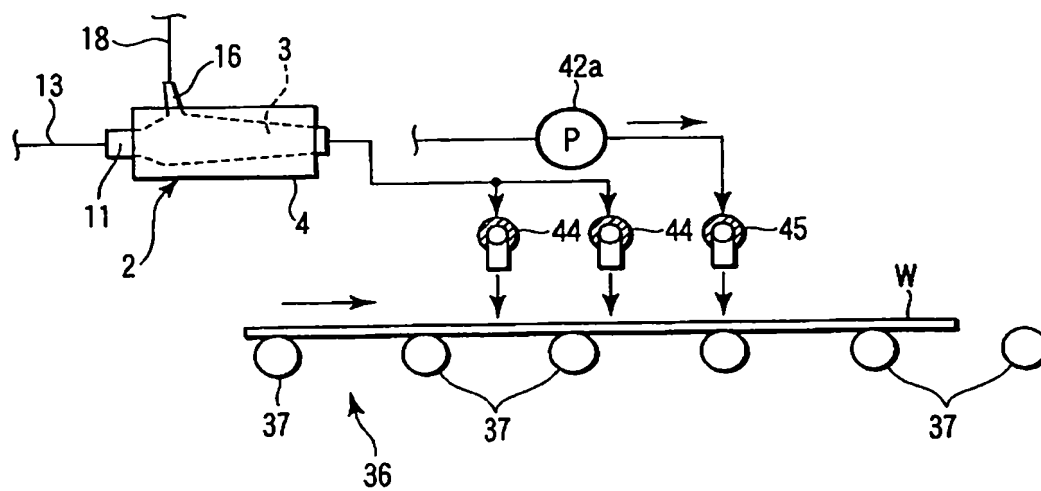


图 10