

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610137549.0

[51] Int. Cl.

H01L 21/00 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01)
H01L 21/31 (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)
C23C 16/44 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 8 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 100530530C

[51] Int. Cl. (续)

H01J 37/32 (2006.01)

[22] 申请日 2006.10.25

[21] 申请号 200610137549.0

[30] 优先权

[32] 2006.1.18 [33] JP [31] 2006-010131

[73] 专利权人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 堀口贵弘

[56] 参考文献

JP7-312348A 1995.11.28

JP2004-193565A 2004.7.8

JP2004-363552A 2004.12.24

US2003/0178144A1 2003.9.25

JP2004-55585A 2004.2.19

US2004/0050329A1 2004.3.18

审查员 杨海波

[74] 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

代理人 龙 淳

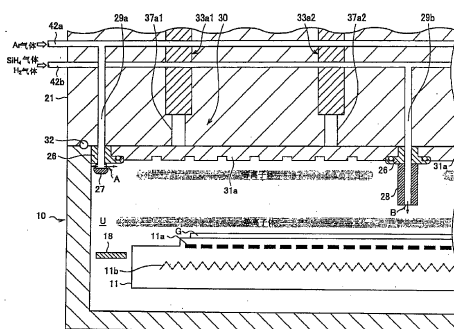
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 6 页

[54] 发明名称

等离子体处理装置和等离子体处理方法

[57] 摘要

本发明提供一种以不阻碍等离子体流向非处理体的方式设置有气体喷射部件的等离子体处理装置。在微波等离子体处理装置(100)的梁(26)上,固定有多个具有喷射孔(A)的侧吹喷气管(27)和具有喷射孔(B)的冰柱喷气管(28)。第一气体供给部将氩气从喷射孔(A)喷射到介电体(31)附近。第二气体供给部将硅烷气体和氢气从喷射孔(B)喷射到气体不被过度分解的位置。由此,被喷射的各气体被透过各介电体元件(31a)的微波等离子体化。因为冰柱喷气管(28)位于不阻碍等离子体流向基板(G)的位置,所以离子、电子不易碰撞到冰柱喷气管(28)上。结果,能够抑制堆积在冰柱喷气管(28)上的反应生成物的量。



1. 一种等离子体处理装置，其特征在于，包括：
使在波导管中传播、通过槽的微波透过的介电体；
设置在支撑所述介电体的梁的规定位置、具有第一喷射孔的多个第一气体喷射部件；
以不阻碍等离子体流向非处理体的方式安装在所述梁的规定位置、具有位于第一喷射孔下方的第二喷射孔的多个第二气体喷射部件；
将第一处理气体从所述各第一气体喷射部件的第一气体喷射孔喷射至处理室内的希望位置的第一气体供给部；
将第二处理气体从所述各第二气体喷射部件的第二气体喷射孔喷射至第一处理气体喷射位置的下方位置的第二气体供给部；和
通过所述微波，使所述第一处理气体和所述第二处理气体等离子体化，对被处理体进行等离子体处理的处理室。

2. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述各第一气体喷射部件安装在所述梁的外部，或者所述梁的内部。

3. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述各第二气体喷射部件由金属形成。

4. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述各第二气体喷射部件形成为棒状或板状。

5. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述各第二气体喷射部件，以互相平行地从所述梁呈冰柱状下垂的方式被固定在所述梁上。

6. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于：所述各第二气体喷射部件设置在不会成为等离子体在非处理体上扩散时的障碍的位置上。

7. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述第二气体喷射部件从所述梁突出的长方向的长度为 30mm 以下。

8. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述各第二喷射孔位于使得第二处理气体喷射至不被过度分解的位置。

9. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述各第一喷射孔在所述介电体附近、与被处理体水平的方向开口。

10. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述各第一喷射孔在所述介电体附近、与被处理体垂直的方向开口。

11. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述各第二喷射孔在与被处理体垂直的方向开口。

12. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，
所述各第二气体喷射部件的一部分由多孔体形成，
所述气体供给部，通过使所述处理气体通过形成在所述各第二气体喷射部件的多孔体，将设置在该多孔体上的多个开口作为所述第二喷射孔，从所述多个开口将所述处理气体喷出至所述处理室内。

13. 如权利要求 12 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述多孔体在所述各第二气体喷射部件的前端形成为球形。

14. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，
所述各第二气体喷射部件，其前端形成为球状，
所述各第二喷射孔，呈放射状地设置在所述前端的球状部分，
所述气体供给部，
将所述处理气体从所述各第二喷射孔呈放射状地喷出至所述处理室内。

15. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，所述第一处理气体或所述第二处理气体的至少任意一种为混合有多种处理气体的混合气体，除所述混合气体过度反应的情况外，

所述第一处理气体为比所述第二处理气体键能大的气体。

16. 如权利要求 1 所述的等离子体处理装置，其特征在于，

所述介电体由多个介电体元件构成，

在所述各介电体元件上，在与被处理体相对的面上，形成凹部或凸部中的至少任意一种。

17. 一种等离子体处理方法，其特征在于：

使在波导管中传播、通过槽的微波透过介电体；

将第一处理气体从安装在支撑所述介电体的梁的规定位置的多个第一气体喷射部件的第一喷射孔喷射至处理室内的希望位置；

将第二处理气体从位于第一喷射孔下方的第二喷射孔喷射至第一处理气体喷射位置的下方位置，该第二喷射孔是以不阻碍等离子体流向非处理体上的方式安装在所述梁的规定位置的多个第二气体喷射部件的第二喷射孔；

通过所述微波，使所述喷射的第一处理气体和所述喷射的第二处理气体等离子体化，对被处理体进行等离子体处理。

18. 如权利要求 17 所述的等离子体处理方法，其特征在于，利用供给至冷却水配管的冷却水，使加在由金属形成的所述第二气体喷射部件上的热量冷却。

等离子体处理装置和等离子体处理方法

技术领域

本发明涉及生成等离子体、对被处理体进行等离子体处理的等离子体处理装置和等离子体处理方法。本发明特别涉及用于生成等离子体的处理气体的供给。

背景技术

以往，提出有从分别设置在处理容器内的上段和下段的 2 系统的气体供给机构（例如气体喷头），供给多种类不同的处理气体的等离子体处理装置（例如参照专利文献 1）。在该等离子体处理装置中，上段的气体喷头位于下段气体喷头的上方，喷射例如氩气等非堆积性气体。

另一方面，下段的气体喷头与基板平行，位于基板的上方，喷射硅烷等处理气体。由此，通过不同的气体被分别喷射至处理容器内的规定的位置，生成希望的等离子体，使用生成的等离子体，在基板上实施良好的等离子体处理。

【专利文献 1】 日本专利特开平 7-312348 号公报

可是，如果如此将下段的气体喷头平行设置在基板上，则等离子体中含有的大量离子和电子碰撞到下段的气体喷头上，下段的气体喷头被过度加热，同时大量反应生成物附着在下段气体喷头上。结果，堆积在下段气体喷头上的堆积物超过一定厚度，从下段气体喷头脱落，作为颗粒附着在基板上的时间缩短。

特别是，当向/从负载锁定室搬送基板时，在工艺处理中被加热的下段喷头被冷却。另一方面，因为下段的气体喷头由介电体形成，不易传热。所以由于离子和电子的碰撞，在下段气体喷头上施加的热不易传到外部。因此，若大量离子和电子碰撞到下段的气体喷头上，下段的气体喷头在工艺处理中被过度加热，在搬送中被骤然冷却。随着反复进行这种加热和冷却，下段的气体喷头的温度忽高忽低，变动很大。

由此堆积物（反应生成物）与下段气体喷头的热膨胀率的差产生很大影响，堆积物更加容易从下段的气体喷头脱落。由此，堆积物作为颗粒附着在基板上的时间进一步缩短。为了避免这种颗粒的问题，考虑以快的周期清洗处理容器内。可是，由此会出现生产能力下降，生产率降低的问题。

此外，向基板扩散的等离子体流动被下段的气体喷头所阻碍，大量的离子和电子碰撞到下段的气体喷头，因为由于碰撞产生的能量损失增大，等离子体衰减，所以出现基板上的反应速度（例如成膜速度）下降的问题。

发明内容

为了解决上述问题，本发明提供一种在不阻碍等离子体流向非处理体的位置设置有气体喷射部件的等离子体处理装置和等离子体处理方法。

即，为了解决上述问题，根据本发明的观点，提供一种等离子体处理装置，具备：使在波导管中传播、通过槽的微波透过的介电体；设置在支撑上述介电体的梁的规定位置，具有第一喷射孔的多个第一气体喷射部件；以不阻碍等离子体流向非处理体上的方式安装在上述梁的规定位置，具有位于第一喷射孔下方的第二喷射孔的多个第二气体喷射部件；将第一处理气体从上述各第一气体喷射部件的第一气体喷射孔喷射至处理室内希望的位置的第一气体供给部；将第二处理气体从上述各第二气体喷射部件的第二气体喷射孔喷射至喷射第一处理气体位置的下方位置的第二气体供给部；通过上述微波，使上述第一处理气体和上述第二处理气体等离子体化，对被处理体进行等离子体处理的处理室。

由此，在梁上安装有多个第一气体喷射部件和多个第二气体喷射部件。并且，第一气体供给部，从设置在第一气体喷射部件上的第一喷射孔喷射第一处理气体；第二气体供给部，从设置在第二气体喷射部件上的第二喷射孔（位于第一喷射孔的下方）喷射第二处理气体。

此时，将各第二气体喷射部件以不阻碍等离子体流向非处理体上的方式安装在梁的规定位置。因此，由第一处理气体和第二处理气体

生成的等离子体中的离子和电子不易碰撞到第二气体喷射部件。结果，堆积在第二气体喷射部件上的反应生成物的量减少。由此，堆积物超过一定厚度，从第二气体喷射部件脱落，作为颗粒附着在基板上变得困难。结果，能够延长清洗处理室内的周期（间隔），能够使生产能力提高。

此外，因为离子和电子不易碰撞到第二气体喷射部件，所以不易出现由于碰撞产生的能量损失。结果，几乎没有等离子体的衰减，能够使基板上的反应速度维持在定值以上，同时能够防止第二气体喷射部件被过度加热。

上述各第一气体喷射部件，可以安装在上述梁的外部，或者上述梁的内部。例如第一气体喷射部件，可以是安装在梁下面的喷气管，也可以是贯通梁的气体导入管本身。为前者时，设置在喷气管上的气体通路的端部开口为第一喷射孔。为后者时，贯通梁的气体导入管的端部开口为第一喷射孔。

第二气体喷射部可以由金属形成。由此，第二气体喷射部件的热传导优异，由于离子和电子碰撞，在第二气体喷射部件上施加的热量，传导至处理室外的冷却水配管附近，被在冷却水配管内循环的冷却水所冷却。因此，即使在工艺处理中，第二气体喷射部件也不会被过度加热。结果，在反复进行工艺处理和搬送时产生的第二气体喷射部件的温度变动减小。于是，由于堆积物和第二气体喷射部件的热膨胀率的差产生的影响减少，堆积物不易从第二气体喷射部件脱落。结果，能够更加延长清洗处理容器内的周期。

上述第二气体喷射部件可以形成为棒状或板状。此时，上述各第二气体喷射部件可以从梁上呈冰柱状垂下，使得与上述梁垂直的方向的长度为 30mm 以下。此外，上述各第二气体喷射部件也可以以互相平行地从上述梁呈冰柱状垂下的方式，固定在上述梁上。

由此，上述多个第二气体喷射部件形成为棒状或板状，从设置在处理容器顶部的梁互相平行地呈冰柱状垂下。因此，第二气体喷射部件，其长度方向与等离子体流向非处理体的方向平行，其形状为棒状或板状的简单结构，所以不易阻碍等离子体流向非处理体。此外，第二气体喷射部件的安装位置也为从设置在处理容器的顶部的梁呈冰柱

状垂下 30mm 左右的位置，所以不易阻碍由第一处理气体和第二处理气体生成的等离子体流向非处理体。由此，因为各第二气体喷射部件设置在不成为等离子体在非处理体上扩散时的障碍的位置，所以等离子体中含有的大部分离子和电子不与第二气体喷射部件碰撞。结果，能够减少附着在第二气体喷射部件上的反应生成物的量，抑制颗粒的产生。

此外，上述各第二喷射孔可以设置在使得第二处理气体喷射到不被过度分解的位置。此时，上述各第一喷射孔可以在上述介电体附近与被处理体水平的方向开口。此外，上述各第二喷射孔也可以在与被处理体垂直的方向开口。并且，上述第一处理气体优选为比上述第二处理气体键能大的气体。

由此，键能大的第一气体，被刚刚射入处理室的强微波的电场能等离子体化。另一方面，第二处理气体被喷射至被喷射第一气体的位置的后方、即气体不被过度分解的位置。利用第一处理气体的等离子体化消耗一定程度的能量而被减弱的电场能，例如被分解至用于形成优质膜的前体 (precursor)。

作为一例，从在与被处理体水平的方向开口的第一喷射孔，向介电体的下面附近，喷射例如氩气等等离子体激发气体，产生均匀的等离子体后，从在与被处理体垂直的方向开口的第二气体喷射孔，将硅烷气体和氢气等喷射到气体不被过度分解的位置（氩气喷射位置的后方）。此时，被喷射的硅烷 (SiH_4) 气体被分解为 SiH_3 自由基，不被过度分解至 SiH_2 自由基。由此，能够通过分解至 SiH_3 自由基的前体，在被处理体上形成优质的膜。

但是，上述第一处理气体或上述第二处理气体中的至少任意一种是混合有多种处理气体的混合气体，在该混合气体过度反应等特殊情况下，与第一处理气体和第二处理气体的键能大小无关，而是决定喷射位置使得不发生过度反应。

此外，上述介电体由多个介电体元件构成，可以在上述各介电体元件的与被处理体相对的面上，形成凹部或凸部中的至少任意一种。

由此，通过在各介电体元件上形成的凹部或凸部，能够使在各介电体元件下面传播表面波时的电场能的损失增加。由此，能够抑制表

面波的传播，抑制驻波的产生，生成均匀的等离子体。

此外，上述各第二气体喷射部件的一部分由多孔体形成，上述气供给部，使上述处理气体通过形成于上述各第二气体喷射部件的多孔体，将在该多孔体上设置的多个开口作为上述第二喷射孔，可以使上述处理气体从上述多个开口喷出至上述处理室内。此时，上述多孔体可以在上述各第二气体喷射部件的前端形成为球状。

由此，处理气体通过多孔体的多个开口供给至处理室内。处理气体通过多孔体内部连通的多个气孔时，处理气体一边降低流速，一边均匀地扩散到整个多孔体，以减速后地状态，从设置在多孔体整个表面的开口，均匀地喷出至处理室内。这样，通过一边使处理气体减速，一边均匀地供给至宽阔的范围，能够抑制被供给的处理气体的过度搅拌，均匀地生成希望的等离子体。特别是，如果多孔体在第二气体喷射部件的前端形成球状，能够将处理气体从设置在多孔体球面的无数开口均匀地供给至更加宽阔的范围。

并且，上述各第二气体喷射部件，其前端形成球状，上述各第二喷射孔呈放射状设置在上述前端的球状部分，上述气供给部可以将上述处理气体从上述各第二喷射孔喷出至上述处理室内。由此，能够将处理气体从设置在球面上的各第二喷射孔放射状地均匀喷出。

此外，为了解决上述课题，根据本发明的另一观点，提供一种等离子体处理方法，使在波导管中传播、通过槽的微波透过介电体，将第一处理气体从安装在支撑上述介电体的梁的规定位置的多个第一气体喷射部件的第一喷射孔喷射至处理室内的希望位置；将第二处理气体从位于第一喷射孔下方的第二喷射孔喷射至喷射第一处理气体位置下方的位置，该第二喷射孔是以不阻碍等离子体流向非处理体上的方式安装在上述梁的规定位置的多个第二气体喷射部件的第二喷射孔；通过上述微波，使上述喷射的第一处理气体和上述喷射的第二处理气体被等离子体化，对被处理体进行等离子体处理。

由此，以不阻碍等离子体流向非处理体的方式将第二气体喷射部件安装在上述梁的规定位置。因此，等离子体中含有的大量离子和电子不与各第二气体喷射部件碰撞。由此，反应生成物不易附着在第二气体喷射部件上，堆积物作为颗粒附着在基板上的时间变长。结果，

能够延长清洗处理容器内的间隔，能够使生产能力提高。

另外，可以使在由金属形成的上述第二气体喷射部件中产生的热量传播到外部，被供给至冷却水配管的冷却水所冷却。由此，能够有效地冷却第二气体喷射部件的加热。因此，即使在工艺处理中，第二气体喷射部件也不会被过度加热。结果，在反复进行工艺处理和搬送时产生的第二气体喷射部件的温度变动减小。于是，由于堆积物和第二气体喷射部件的热膨胀率的差产生的影响减小，堆积物不易从第二气体喷射部件脱落。结果，能够进一步延长清洗处理容器内的周期。

如以上说明，若依据本发明，能够提供一种将气体喷射部件设置在不阻碍等离子体向非处理体上的流动的位置的等离子体处理装置和等离子体处理方法。

附图说明

图1是本发明的一种实施方式的微波等离子体处理装置的截面图。

图2是表示相同实施方式的处理容器顶面的图。

图3是将图1的喷气管附近放大的图。

图4是表示侧吹喷气管和冰柱喷气管结构的图。

图5是表示微波能量与 SiH_2 自由基的产生比例的关系图。

图6是表示冰柱喷气管其他结构例的图。

图7是表示冰柱喷气管其他结构例的图。

图8是表示冰柱喷气管其他结构例的图。

符号说明

10 处理容器；11 基座；20 盖体；21 盖本体；26 梁；27 侧吹喷气管；28 冰柱喷气管；28P 多孔体；28B 主体；29a 第一气体导入管；29b 第二气体导入管；30 隙缝天线；31 介电体；31a 介电体元件；32、52 O形环；33 矩形波导管；37 槽(slot)；40 微波发生器；43 气体供给源；43a4 氩气供给源；43b4 硅烷气体供给源；43b8 氢气供给源；100 微波等离子体处理装置；U 处理室；G 基板；

具体实施方式

下面，参照附图，对本发明优选实施方式进行详细说明。并且，在以下的说明和附图中，对具有相同结构和功能的构成元件标以同一符号，省略重复说明。

此外，在本说明书中，1mTorr 为 $(10^{-3} \times 101325/760)$ Pa，1sccm 为 $(10^{-6}/60)$ m³/sec。

首先，对于本发明的一种实施方式的微波等离子体处理装置的结构，参照图 1 和图 2 进行说明。图 1 是将本装置纵向（垂直于 y 轴的方向）截断的截面图，图 2 是表示处理室顶面的图。此外，在以下说明中，以使用本实施方式的这种微波等离子体处理装置（相当于等离子体处理装置）的非晶体硅 CVD（Chemical Vapor Deposition：化学蒸汽镀膜成膜法）工艺为例，进行说明。

（微波等离子体处理装置的结构）

微波等离子体处理装置 100 具备处理容器 10 和盖体 20。处理容器 10 具有其上部开口的有底立方体形状。通过在盖体 20（盖本体 21）的下面外周部和处理容器 10 的上面外周部之间配设的 O 形环 32，使处理容器 10 和盖体 20 密闭。由此，形成进行等离子体处理的处理室 U。处理容器 10 和盖体 20 由例如铝等金属形成，使其电接地。

在处理容器 10 中，在其内部，设置有助于载置玻璃基板（以下称为“基板”）G 的基座 11（载置台）。基座 11 由例如氮化铝形成，其内部设置有供电部 11a 和加热器 11b。

经由匹配器 12a（例如电容器），将高频电源 12b 与供电部 11a 连接。并且，经由线圈 13a，将高压直流电源 13b 与供给部 11a 连接。匹配器 12a、高频电源 12b、线圈 13a 和高压直流电源 13b 设置在处理容器 10 的外部。并且，使高频电源 12b 和高压直流电源 13b 接地。

供电部 11a 通过从高频电源 12b 输出的高频电力，向处理容器 10 内部附加规定的偏压。并且，供电部 11a 通过从高压直流电源 13b 输出的直流电压，使基板 G 静电吸附。

将设置在处理容器 10 外部的交流电源 14 与加热器 11b 连接，通过从交流电源 14 输出的交流电压，使基板 G 保持在规定温度。

处理容器 10 的底面开口为筒状，将波纹管 15 的一端安装在其底面周边。此外，将波纹管 15 的另一端固定在升降板 16 上。由此，处

理容器 10 底面的开口部分被波纹管 15 和升降板 16 密闭。

基座 11 被配置在升降板 16 上的筒体 17 所支撑,升降板 16 和筒体 17 成为一体进行升降,由此,能够将基座 11 调整至与处理工艺相应的高度。此外,在基座 11 的周围,设置有助于将处理室 U 的气体流控制在优选状态的挡板 18。

在处理容器 10 的底部,具有设置在处理容器 10 外部的真空泵(未图示)。真空泵通过通过气体排出管 19,从处理容器 10 内排出气体,由此使处理室 U 减压至希望的真空度。

在盖体 20 上,设置有盖本体 21、6 根矩形波导管 33、隙缝天线 30、和由多个介电体元件 31a 构成的介电体 31。

6 根矩形波导管 33 (相当于波导管),其截面形状为矩形,在盖本体 21 内部平行排列设置。其内部用氟树脂(例如特氟隆(注册商标))、氧化铝(Al_2O_3)、石英等介电部件 34 填充,通过该介电部件 34,根据 $\lambda_{g1} = \lambda_c / (\epsilon_1)^{1/2}$ 式,控制各矩形波导管 33 的管内波长 λ_{g1} 。这里, λ_c 是自由空间的波长, ϵ_1 是介电部件 34 的介电常数。

各矩形波导管 33 在上部开口,将可动部 35 可自由升降地插入该开口中。可动部 35 由铝等非磁性体导电性材料形成。

盖本体 21 的外部,即各可动部 35 的上面分别设置有升降机构 36,使可动部 35 升降移动。依据这种结构,以介电部件 34 的上面为限,通过使可动部 35 升降移动,矩形波导管 33 能够任意改变其高度。

隙缝天线 30 在盖本体 21 的下方与盖本体 21 形成为一体。隙缝天线 30 由铝等非磁性体的金属形成。在隙缝天线 30 上,在各矩形波导管 33 的下面,分别串联排列设置图 2 所示的 13 个槽 37 (开口)。各槽 37 的内部,填充有氟树脂、氧化铝(Al_2O_3)、石英等介电部件,通过该介电部件,根据 $\lambda_{g2} = \lambda_c / (\epsilon_2)^{1/2}$ 式,控制各槽 37 的管内波长 λ_{g2} 。这里, λ_c 是自由空间的波长, ϵ_2 是槽 37 内部的介电材料的介电常数。

(介电体 31)

如图 2 所示,介电体 31 由 39 个介电体元件 31a 构成。各介电体元件 31a 形成为砖状,以跨过通过 Y 分歧管 41 连接在一个微波发生器 40 上的 2 根矩形波导管 33 的方式,将 13 个介电体元件 31a 在处理容器 10 的顶面设置为 3 列。

在互相邻接的 2 根矩形波导管 33（即，通过 Y 分歧管 41 连接在相同微波发生器 40 上的 2 根矩形波导管 33）的下面设置的 26 个（=13 个×2 列）槽 37 中，以跨过与 y 坐标相同的 2 个槽的方式，分别安装各介电体元件 31a。

根据以上结构，在隙缝天线 30 的下面，安装总共 39 个（=13 个×3 列）介电体元件 31a。并且，在各矩形波导管 33 下面形成的槽 37 的个数为任意个，例如可以在各矩形波导管 33 的下面分别设置 12 个槽 37，在隙缝天线 30 的下面总共配设 36 个（=12 个×3 列）介电体元件 31a。此外，在各介电体元件 31a 上面设置的槽 37 的个数不限为 2 个，也可以是 1 个或 3 个。

如图 1 和图 3 所示，在各介电体元件 31a 上，在与基板 G 相对的面形成凹凸。这样，由于在各介电体元件 31a 设置凹部或凸部的至少一种，表面波在各介电体元件 31a 的表面传播时，电场能的损失增加，由此，能够抑制表面波的传播。结果，能够抑制驻波的产生，生成均匀的等离子体。

如图 1 和图 2 所示，为了以配列成 13 个×3 列的状态支持 39 个介电体元件 31a，在隙缝天线 30 的下面，设置有形成为格子状的梁 26。梁 26 由铝等非磁性体形成。

（侧吹喷气管 27 和冰柱喷气管 28）

如图 3 所示，侧吹喷气管 27 和冰柱喷气管 28 在梁 26 的下面，以互相平行地从梁 26 垂下的状态，固定在梁 26 上。

如图 4 所示，侧吹喷气管 27 是外形为蘑菇形的螺栓，由金属形成。在侧吹喷气管 27 的内部，从侧吹喷气管 27 的底部开始，沿长度方向（轴 S1 方向）设置有中空的气体通路 27a，该气体通路 27a 在与轴 S1 垂直的方向（横方向）分为 8 个方向（放射状），贯通侧吹喷气管 27。以下，将 8 个开口称为喷射孔 A。并且，侧吹喷气管 27 相当于第一气体喷射部件，喷射孔 A 相当于第一喷射孔。

冰柱喷气管 28 是外形为棒状（筒状）的螺栓，由金属形成。在冰柱喷气管 28 的内部，中空的气体通路 28a 从冰柱喷气管 28 的底部贯穿长度方向（轴 S2 方向）。以下，将冰柱喷气管 28 的前端开口称为喷射孔 B。并且，冰柱喷气管 28 相当于第二气体喷射部件，喷射孔 B 相

当于第二喷射孔。

冰柱喷气管 28 长度方向(轴 S2 方向)的长度比侧吹喷气管 27 长,其下限值为能够使硅烷气体和氢气喷出至硅烷气体和氢气不被过度分解的位置的长度,上限值为不阻碍等离子体向基板 G 上扩散的位置,即,为不成为等离子体在基板 G 上扩散时的障碍的位置,优选为 30mm 以下。并且,冰柱喷气管 28 可以是板状。

作为各喷气管的固定方法,举出例如在梁 26 的下面,设置多个将其内面螺纹加工的插入孔,将侧吹喷气管 27 或冰柱喷气管 28 插入该插入孔中,通过使互相螺纹部分螺合而固定的方法。此外,可以通过粘合剂固定在梁 26 上,也可以通过安装工具安装在梁 26 上。这样,通过将各喷气管固定在梁 26 上,喷射孔 A 在介电体元件 31a 附近向着与基板 G 水平的方向开口,喷射孔 B 向着与基板 G 垂直的方向开口。如上述,如图 2 所示,一列为 14 个的侧吹喷气管 27,另一列为 14 个冰柱喷气管 28,在梁 26 的下面每 2 列交替、均匀配置。

再回到图 1,处理气体供给源 43 由多个阀(阀 43a1、43a3、43b1、43b3、43b5、43b7),多个质量流量控制器(质量流量控制器 43a2、43b2、43b6),氩气供给源 43a4,硅烷气体供给源 43b4,和氢气供给源 43b8 构成。

处理气体供给源 43 通过分别控制各阀(阀 43a1、43a3、43b1、43b3、43b5、43b7)的开关和各质量流量控制器(质量流量控制器 43a2、43b2、43b6)的开度,分别向处理容器 10 内供给希望浓度的氩气、硅烷气体和氢气。

第一气体导入管 29a 贯通梁 26 的内部,与侧吹喷气管 27 的气体通路 27a 连接。由此,成为用 1 根管将从氩气供给源 43a4 开始到喷射孔 A 连通的状态。第二气体导入管 29b 也贯通梁 26 的内部,与冰柱喷气管 28 的气体通路 28a 连接。由此,成为用 1 根管将从硅烷气体供给源 43b4 和氢气供给源 43b8 开始到喷射孔 B 连通的状态。

配置在微波等离子体处理装置 100 外部的冷却水供给源 45 与图 1 的冷却水配管 44 连接,通过从冷却水供给源 45 供给的冷却水在冷却水配管 44 内循环,再回到冷却水供给源 45,由此使盖本体 21 保持在希望的温度。

根据以上说明的结构,通过从图2所示的3个微波发生器40输出的例如 $2.45\text{GHz}\times 3$ 的微波,使各处理气体等离子体化,由此,在基板G上形成非晶体硅膜。

(非晶体硅膜形成)

下面,对于使用本实施方式的这种微波等离子体处理装置100的非晶体硅膜的形成,参照图1和图3详细地进行说明。

首先,说明第一气体供给部和第二气体供给部的动作。如图1和图3部分放大图所示,第一气体供给部从氩气气体供给源43a4开始,经由第一流路42a和第一气体导入管29a,向固定在梁26的规定位置的多个侧吹喷气管27(参照图2)供给氩气(相当于第一处理气体)。由此,将氩气从在介电体元件31附近向与基板G大致水平的方向开口的喷射孔A,水平喷射到各介电体元件31a的下面附近。

例如,如图2所示,微波在矩形波导管33a1和矩形波导管33a2中传播,从槽37a1和槽37a2漏出,透过介电体元件31a,由此入射到处理室U。因为将氩气只喷射到介电体元件31a的下面附近,由于刚刚入射的强的微波的电场能有效地分解,在各介电体元件31a下面附近被等离子化。

(硅烷气体和氢气的供给)

另一方面,在氩气等离子体点火后,第二气体供给部从硅烷气体供给源43b4和氢气供给源43b8,经由第二流路42b和第二气体导入管29b,向固定在梁26规定位置的多个冰柱喷气管28(参照图2)供给硅烷气体和氢气的混合气体(相当于第二处理气体)。将硅烷气体和氢气的混合气体从在与基板G大致垂直的方向(向下)开口的喷射孔B向下喷射。由此,混合气体被喷射到喷出氩气位置的下方、混合气体不被过度分解的位置。

由此,被喷射的混合气体,利用在氩气的等离子化消耗一定程度的能量而被减弱的电场能,分解至用于形成优质膜的作为前体(前躯体)的 SiH_3 自由基,不被分解至 SiH_2 自由基。

(等离子体的扩散)

此时,各冰柱喷气管28的长度方向与等离子体流向基板G的方向平行,因为其形状为棒状或板状的简单结构,所以不易阻碍等离子体

流向基板 G。此外，因为冰柱喷气管 28 的安装位置也为从设置在处理容器 10 的顶部的梁 26 呈冰柱状垂下的位置，所以不易阻碍生成的等离子体流向基板 G。

因此，等离子体中含有的离子和电子的大部分不与冰柱喷气管 28 碰撞，而到达基板 G，所以几乎不会发生由于碰撞而引起的能量损失。结果，等离子体的衰减减少，能够使基板 G 的反应速度维持在定值以上，同时通过分解至用于形成优质膜的前体（前躯体）的 SiH_3 自由基，能够在基板 G 上形成非常优质的非晶体硅膜。

此外，与冰柱喷气管 28 碰撞的离子和电子越少，附着在冰柱喷气管 28 上的反应生成物的量越少。由此，能够延长由于冰柱喷气管 28 和堆积物的热膨胀系数不同，堆积物超过一定厚度从冰柱喷气管 28 脱落、作为颗粒而附着在基板 G 上的时间。结果，能够延长清洗处理室 U 内的周期（间隔），能够提高生产能力，提高生产率。

另外，因为与冰柱喷气管 28 碰撞的离子和电子少，所以冰柱喷气管 28 不会被过度加热。并且，因为冰柱喷气管 28 是由金属形成的，所以热传导优异。所以，冰柱喷气管 28 即使由于离子等的碰撞被加热，加到冰柱喷气管 28 上的大部分热量传导到处理室 U 外的冷却水配管 44 的附近，被在冷却配管 44 中循环的冷却水所冷却。所以，热量不在冰柱喷气管 28 上蓄积。

这样，在工艺处理中，加到冰柱喷气管 28 上的热量很少，并且加的热量也被逐次放出到外部，所以冰柱喷气管 28 的温度不会过度上升。结果，在反复进行工艺处理和搬送时出现的冰柱喷气管 28 的温度变动减小。于是，由于堆积物和冰柱喷气管 28 的热膨胀率的差产生的影响减小，堆积物更加难以从冰柱喷气管 28 脱落。结果，能够进一步延长清洗处理容器 10 内的周期，能够提高生产能力，进一步提高生产率。

（实验结果）

由于上述理由，发明者设计了能够进一步提高生产率的本实施方式的这种微波的等离子体处理装置 100，实际使用该装置，实施非晶体硅 CVD 工艺。

此时的工艺条件是：处理室 U 的压力为 400mTorr，微波能量为 1.8kW~2.6kW（使用 3 个微波发生器 40）。

此外，气体原料使用氩气、硅烷气体和氢气，其气体量氩气为 1520sccm，硅烷气体为 140sccm，氢气为 140sccm。此外，基座 11（载物台）的温度为 370℃，基板 G 的温度为 300℃，冷却水供给源 45 的温度为 80℃，波导管的宽度为 78mm。并且，玻璃基板的尺寸为 730mm×920mm 以上即可，例如，可以使用 G4.5 基板尺寸为 730mm×920mm（腔室内径为 1000mm×1190mm），G5 基板尺寸为 1100mm×1300mm（腔室内径为 1470mm×1590mm）。

在该实验中，发明者如图 5 右下的实施例所示，与上述气体供给方法相同，使氩气从上段（侧吹喷气管 27）喷射，硅烷气体和氢气从下段（冰柱喷气管 28）喷射。此外，发明者还进行了如下实验：如图 5 右上的比较例所示，使用只具有上段（侧吹喷气管 27）的微波等离子体处理装置，交替喷射氩气、硅烷气体和氢气。

结果，如图 5 左边的表所示，与在比较例的微波等离子体处理装置中，微波能量为 1.8kW~2.3kW 时，硅烷气体被过度分解至 SiH_2 自由基的比例超过 10%相比，使微波能量从 2.3kW 上升到 2.6kW 的过程中，硅烷气体被过度分解至 SiH_2 自由基的比例急剧从 10%上升到 24%。

与此相对比，在本实施方式的这种微波等离子体处理装置 100 中，即便使微波能量从 1.8kW 上升到 2.6kW，硅烷气体被过度分解至 SiH_2 自由基的比例也不超过 10%，不发生变动。

因此，本发明者确认：若依据本实施方式的这种微波等离子体处理装置 100，即使增大微波的能量，等离子体也能够保持分解至作为用于形成优质膜的前体的 SiH_3 自由基、而不分解至 SiH_2 自由基的良好状态。

特别是，在本实施方式的这种微波等离子体处理装置 100 中，因为离子和电子不易碰撞到冰柱喷气管 28 上，不易发生由于碰撞而产生的能量损失。结果，等离子体的衰减减小，能够一边使基板 G 上的反应速度维持在定值以上，一边在基板 G 上形成优质的非晶体硅膜。所以，若依据本实施方式的这种微波等离子体处理装置 100，通过增大微波的能量、提高成膜速度，能够保持高生产率，生产优质的膜。

此外，若依据本实施方式的这种微波等离子体处理装置 100，在冰柱喷气管 28 上堆积的反应生成物的量减少，冰柱喷气管 28 的过度加

热被抑制。所以，能够延长堆积物超过一定厚度从冰柱喷气管 28 脱落、作为颗粒附着在基板上的时间。因此，能够延长清洗处理室内的周期，由此，能够达到高的生产率。

并且，例如举出图 6~图 8 所示形状的喷气管，作为在本实施方式中的这种微波等离子体处理装置 100 上设置的冰柱喷气管 28 的变形例。

（变形例 1）

图 6 所示的冰柱喷气管 28 由多孔体 (porous) 28P (多孔质体) 和主体 (bulk) 28B (致密质体) 形成。具体而言，在冰柱喷气管 28 中，与第二气体导入管 29b 连接的配管部分由主体 28B 形成，其内部填充有多孔体 28P。并且，在冰柱喷气管 28 的下部，多孔体 28P 从主体 28B 突出，多孔体 28P 的一部分在处理室 U 露出。并且，在梁 26 的下面、即冰柱喷气管 28 的上部外周部，安装有 O 形环 52，由此，保持处理室 U 的气密性。

第二气体供给部使硅烷气体和氢气通过在冰柱喷气管 28 上形成的多孔体 28P，将设置在多孔体 28P 上的多个开口（与多孔体 28P 内部连通的气孔）作为喷射孔 A，从多个开口向处理室 U 内喷出。

这里，多孔体 28P 的平均气孔径为 10~150 μm ，气孔率为 20~40% 左右。所以，硅烷气体和氢气通过在多孔体 28P 内部连通的气孔时，一边减速，一边均匀地扩散到多孔体 28P。由此，硅烷气体和氢气以减速至 0.3m/s 左右的状态，从多孔体 28P 的整个表面均匀地喷出至处理室 U 内。结果，抑制了被供给的各处理气体的过度搅拌，能够控制等离子体的生成，使其分解至作为用于形成优质膜前体（前躯体）的 SiH_3 自由基，而不被分解至 SiH_2 自由基。

（变形例 2）

此外，在如图 7 所示的冰柱喷气管 28 中，其前端形成为球状，将喷射孔 B 呈放射状地设置在球状的前端部 28S。第二气体供给部将硅烷气体和氢气从各喷射孔 B 放射状地喷出到处理室 U 内。由此，能够将硅烷气体和氢气均匀地供给到宽阔范围。

（变形例 3）

此外，在如图 8 所示的冰柱喷气管 28 中，其前端形成为球状，并且形成为球状的前端部由多孔体 28P 形成。由此，将硅烷气体和氢气

通过多孔体 28P，供给到处理室 U 内。结果，能够一边使硅烷气体和氢气减速，一边均匀地供给到宽阔范围。

并且，图中未示，可以不将侧吹喷气管 27 安装在梁 26 的下面，使第一处理气体从贯穿梁 26 的第一气体导入管 29a 的端部开口，向下（与基板 G 垂直的方向）喷射到处理室 U 内。此时，第一气体导入管 29a 的端部开口相当于第一喷射孔，第一气体导入管 29a 相当于第一气体喷射部件。

（气体供给位置）

并且，一般优选从上段的喷射孔 A 喷射的处理气体（第一处理气体）是比从下段（即，位于喷射孔 A 的下方）的喷射孔 B 喷射的处理气体（第二处理气体）键能大的气体。

由此，如上所述，首先，键能大的第一处理气体被比较强的微波的电场能所等离子化。第一处理气体等离子体点火后，将比第一处理气体键能小的第二处理气体，从设置在喷射孔 A 位置和梁 26 突出位置下方的喷射孔 B 喷射。由此，利用为了使第一处理气体等离子化消耗能量而被减弱的微波的电场能，第二处理气体被分解至用于形成优质膜的前体（前躯体），结果，能够形成非晶体硅膜。

根据该原则，因为 Ar 的离子化能为 15.759(eV)，Si 与 H 的分子键能为 3.2 (eV)，H 和 H 的分子键能为 4.48(eV)，所以在非晶体硅 CVD 工艺中，将比硅烷和氢分子键能大的氩气作为第一处理气体，供给至处理容器上方，将硅烷气体和氢气作为第二处理气体供给至下方。

但是，例如在将硅烷气体和氢气混合的情况下，混合气体过度反应时，不能将这些气体混合、供给。在这种特殊的情况下，与第一处理气体和第二处理气体的键能的大小没有关系，而是决定各处理气体的喷射位置，使得不发生过度反应。

在上述实施方式中，各部动作互相关联，可以一边考虑互相的关联，一边作为一系列的动作进行替换。并且，通过这种替换，能够使等离子体处理装置发明的实施方式成为等离子体处理方法的实施方式。

以上，一边参照附图，一边对于本发明的优选实施方式进行了说明，但是本发明当然不限于这些例子。本领域的技术人员，在专利的

权利要求范围内，可以得到各种想到的变形例和修正例，这当然也属于本发明的技术范围。

例如，依据本发明中的这种等离子体处理装置，实行的等离子体处理，不限于 CVD 处理，也可以是灰化处理、蚀刻处理等所有的等离子体处理。

工业实用性

本发明适用于在不阻碍等离子体流向非处理体的位置设置有气体喷射部件的等离子体处理装置。

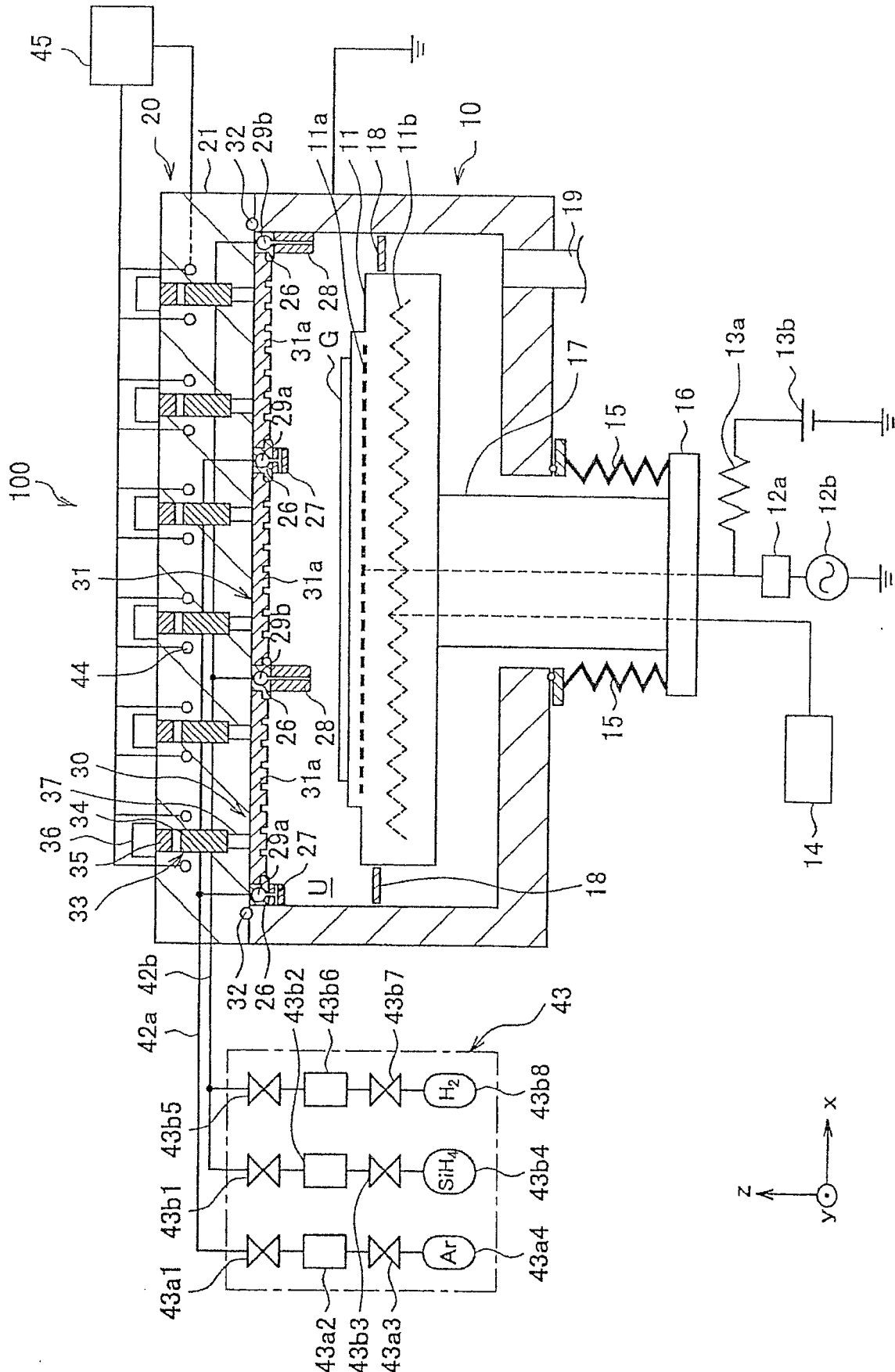


图1

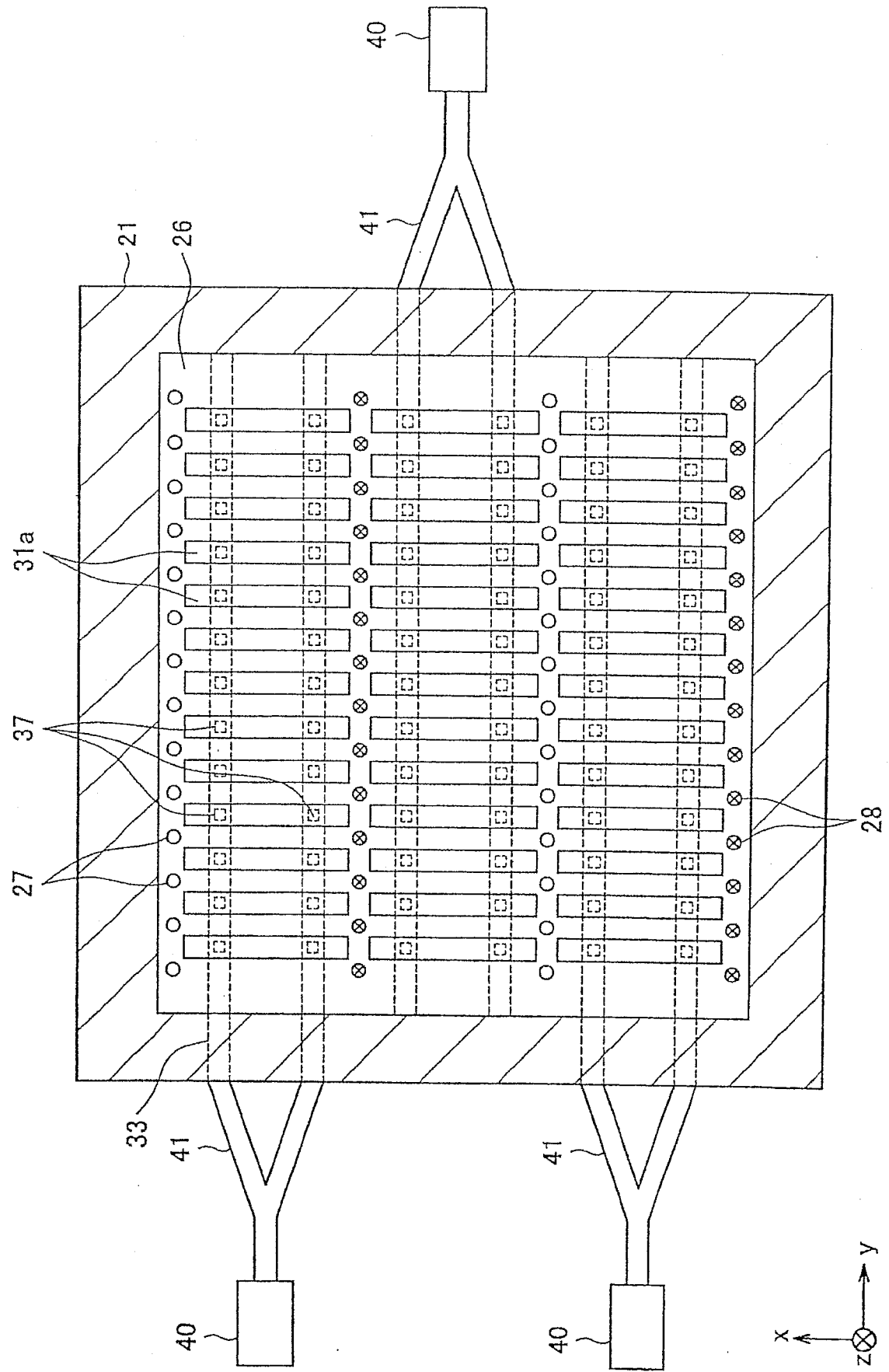


图2

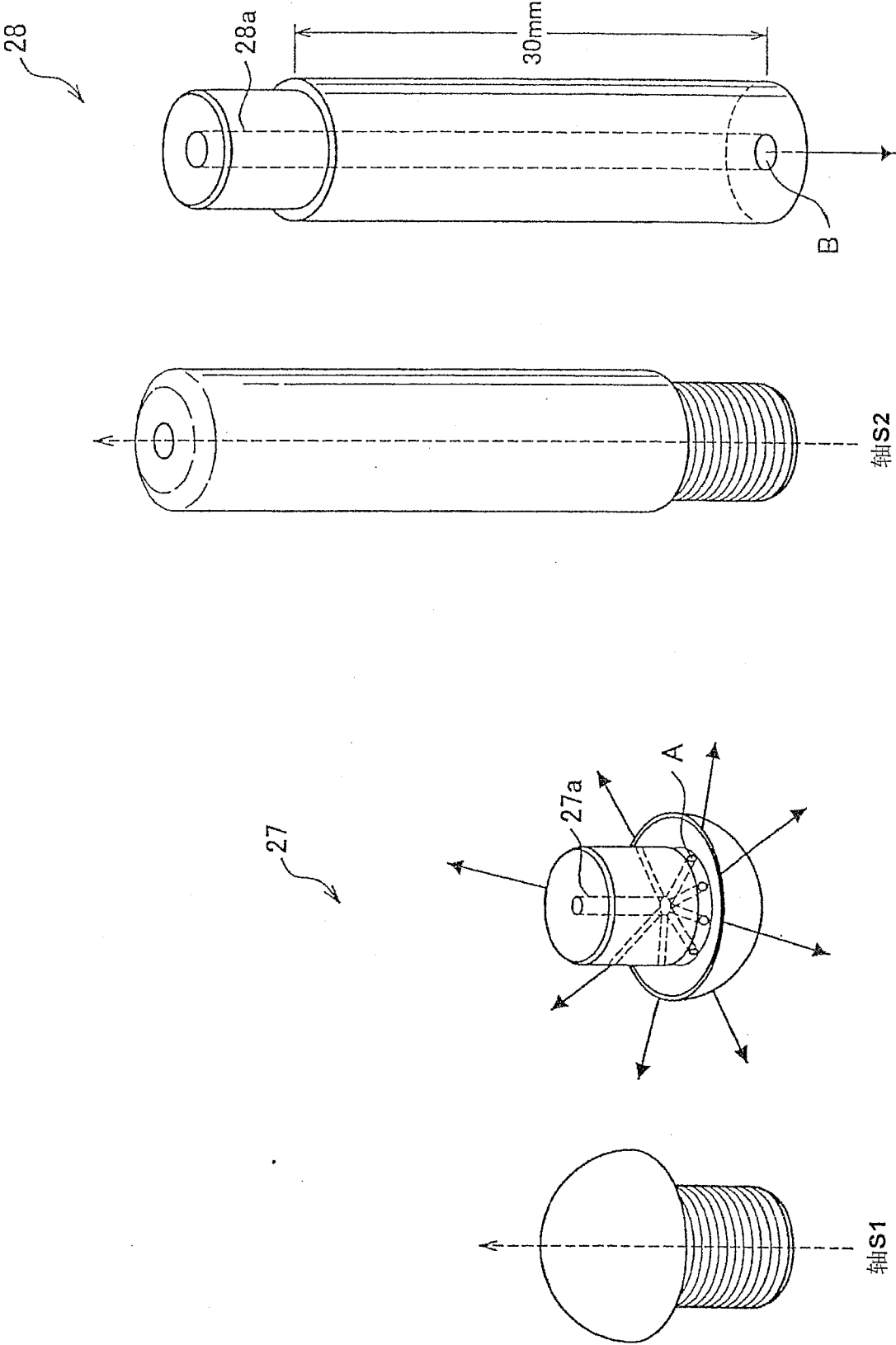


图4

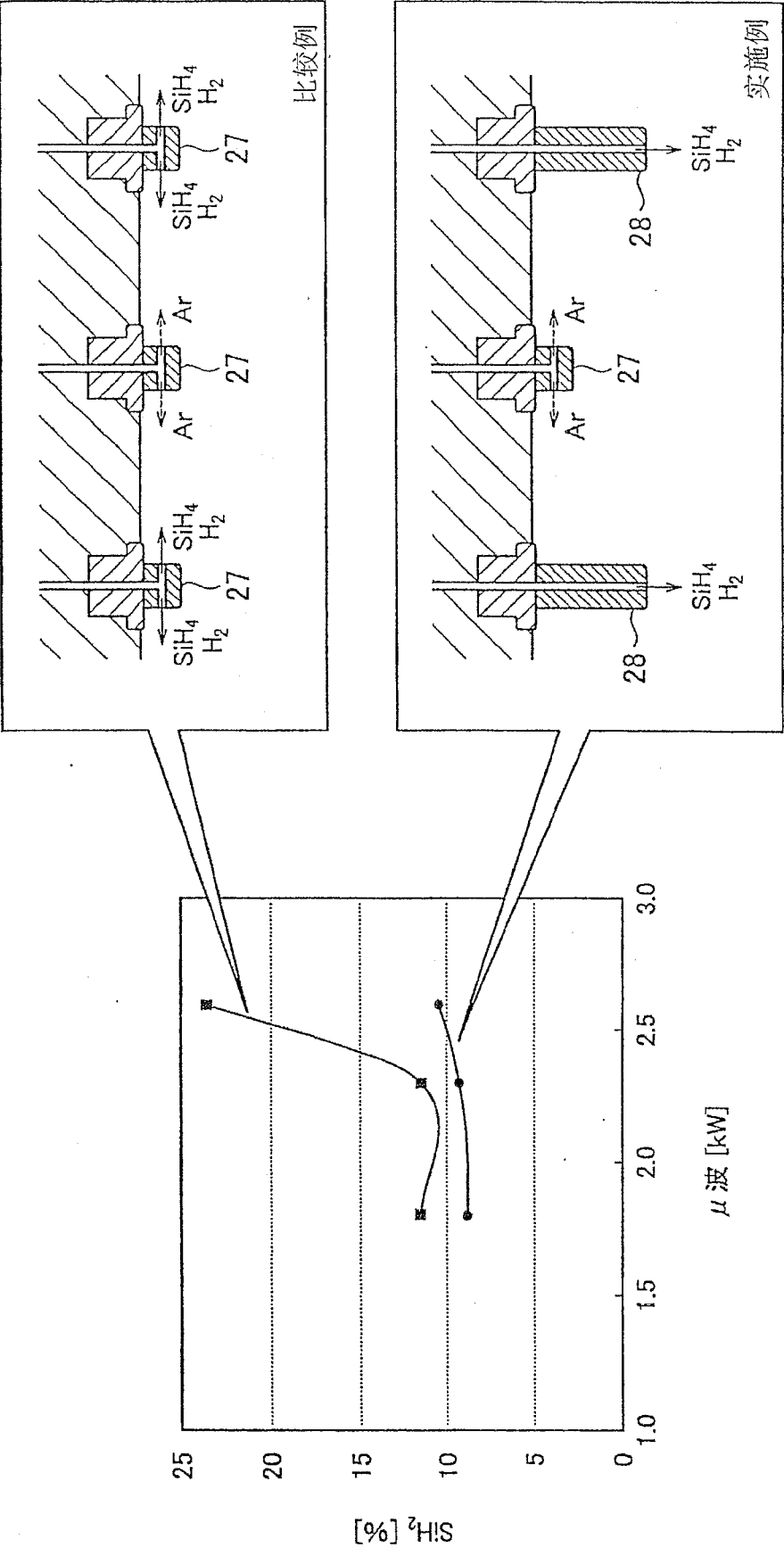


图5

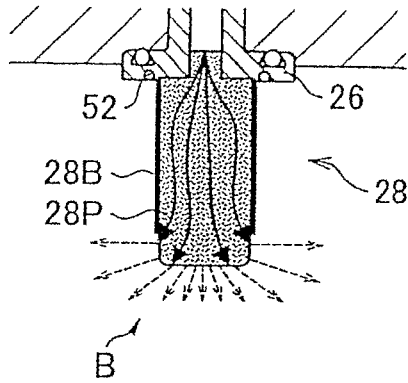


图6

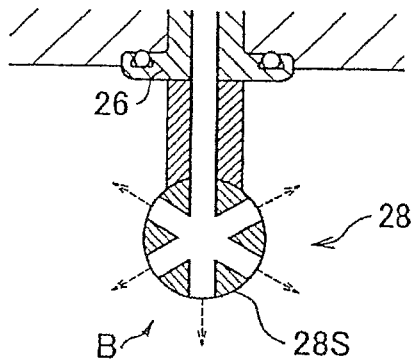


图7

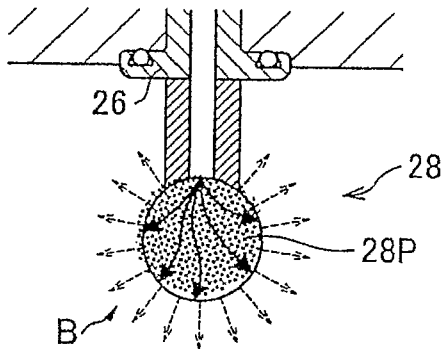


图8