

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102498546 A

(43) 申请公布日 2012. 06. 13

(21) 申请号 201080041115. 5

(22) 申请日 2010. 08. 30

(30) 优先权数据

2009-215851 2009. 09. 17 JP

2010-161955 2010. 07. 16 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 03. 15

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/064707 2010. 08. 30

(87) PCT申请的公布数据

W02011/033927 JA 2011. 03. 24

(71) 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 沢田郁夫 康松润 松隈正明

河西繁 森嶋雅人

(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 李伟 舒艳君

(51) Int. Cl.

H01L 21/205(2006. 01)

C23C 16/50(2006. 01)

H01L 31/04(2006. 01)

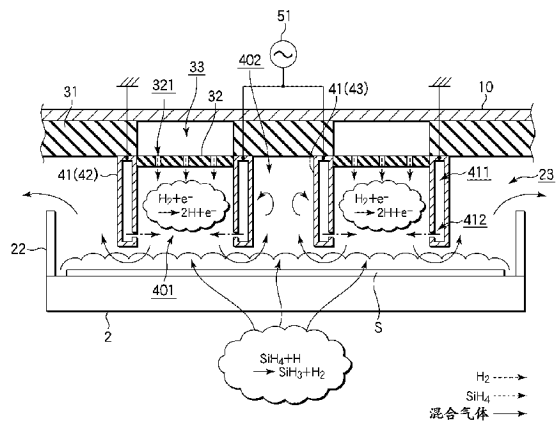
权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图 25 页

(54) 发明名称

成膜装置

(57) 摘要

本发明涉及成膜装置。在密封的处理容器(10)内使反应气体反应而在基板(S)上形成薄膜的成膜装置(1a)中,分隔壁(41)将基板(S)的上方空间在横向分割为等离子体生成空间(401)与排气空间(402),并且从处理容器(10)的顶部向下方延伸,在其下端与基板S之间形成从等离子体生成空间(401)向排气空间(402)流动气体的缝隙。活化机构(42,43)使供给至等离子体生成空间(401)的第1反应气体活化而生成等离子体。第2反应气体供给部(411,412)向等离子体生成空间(401)的下部侧供给与第1反应气体的活性种反应而在基板上形成薄膜的第2输送气体,真空排气口(23)从比分隔壁(41)的下端高的位置对排气空间(402)进行排气。



1. 一种成膜装置,在密封的处理容器内使多种反应气体反应,在基板上形成薄膜,该成膜装置具备:

载置台,其被设置于所述处理容器内,且用于载置基板;

分隔壁,其以从所述处理容器的顶部向下方延伸而将载置于所述载置台的基板的上方空间在横向分割为等离子体生成空间与排气空间的方式设置,在其下端与所述载置台上的基板之间形成用于从所述等离子体生成空间向排气空间流动气体的缝隙;

第1反应气体供给部,其用于向所述等离子体生成空间供给第1反应气体;

活化机构,其用于使被供给至所述等离子体生成空间中的第1反应气体活化而生成等离子体;

第2反应气体供给部,其用于向所述等离子体生成空间内的下部侧或者比该等离子体生成空间更靠下方侧供给与第1反应气体的活性种反应而在基板上形成薄膜的第2反应气体;以及

真空排气口,其用于对所述排气空间进行排气。

2. 根据权利要求1所述的成膜装置,其特征在于,所述真空排气口形成在比所述分隔壁的下端高的位置。

3. 根据权利要求1所述的成膜装置,其特征在于,所述活化机构具有:

构成平行电极的阳极以及阴极,该平行电极用于在等离子体生成空间生成电容耦合等离子体;以及

向所述阳极以及所述阴极之间施加高频电力的高频电源部。

4. 根据权利要求1所述的成膜装置,其特征在于,

所述活化机构具有为了生成感应耦合等离子体或者微波等离子体而被设置在所述等离子体生成空间的上方的天线。

5. 根据权利要求1所述的成膜装置,其特征在于,

具备多个所述分隔壁,该多个分隔壁相互平行地设置,通过该多个分隔壁来交替地配置多个等离子体生成空间以及多个排气空间。

6. 根据权利要求5所述的成膜装置,其特征在于,所述分隔壁在横向直线状地延伸。

7. 根据权利要求5所述的成膜装置,其特征在于,所述活化机构具有:

构成用于生成电容耦合等离子体的平行电极的阳极以及阴极,该阳极以及阴极被设置于隔着所述各等离子体生成空间而相互对置的分隔壁的一方以及另一方;以及

向所述阳极以及所述阴极之间施加高频电力的高频电源部。

8. 根据权利要求5所述的成膜装置,其特征在于,所述活化机构具有:

多个电极,其分别设置于所述多个分隔壁的每一个,且被设置在相互对置的分隔壁上的所述电极彼此为构成用于在等离子体生成空间生成电容耦合等离子体的平行电极的一对电极;

高频电源部,其向所述一对电极之间施加高频电力;以及

连接切换部, 其以预先设定的时间间隔对调所述等离子体生成空间与排气空间的位置的方式, 切换构成所述平行电极的电极与高频电源部的电源端子的连接。

9. 根据权利要求 8 所述的成膜装置, 其特征在于,

还具备气体供给切换部, 该气体供给切换部按照将所述第 1 反应气体以及第 2 反应气体提供给所述等离子体空间而不提供给所述排气空间的方式, 与所述连接切换部的切换动作同步地切换气体的供给。

10. 根据权利要求 1 所述的成膜装置, 其特征在于,

所述分隔壁以包围等离子体生成空间的方式形成为筒状, 并且该筒状的分隔壁呈岛状地设置有多个,

所述活化机构具有为了生成感应耦合等离子体或者微波等离子体而设置在所述等离子体生成空间的各个的上方的天线单元。

11. 根据权利要求 1 所述的成膜装置, 其特征在于,

所述真空排气口形成在处理容器的侧壁。

12. 根据权利要求 1 所述的成膜装置, 其特征在于,

第 1 反应气体为氢气, 第 2 反应气体为硅化合物气体。

## 成膜装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及在用于太阳能电池等的大面积基板上形成硅等的薄膜的技术。

### 背景技术

[0002] 薄膜硅太阳能电池与本体型的结晶硅太阳能电池比较,硅的消耗量少,大面积化比较容易,而且,制造成本也低,所以近年来积极研究。例如串联型的薄膜硅太阳能电池(以下,单称为太阳能电池)通过在微结晶硅膜的上表面层叠非晶硅膜,在各层吸收不同的波段的光而提高光能的转换效率。

[0003] 在大面积基板上形成非晶硅膜(a-Si膜)、微结晶硅膜( $\mu$ c-Si膜)的情况下,例如采用在真空环境下,使甲硅烷( $\text{SiH}_4$ )气体与氢( $\text{H}_2$ )气体反应而使得在基板上堆积硅的CVD(Chemical Vapor Deposition)法等。例如通过调节 $\text{SiH}_4$ 气体与 $\text{H}_2$ 气体的分压比等,能够分开制作a-Si膜与 $\mu$ c-Si膜。

[0004] 太阳能电池的制造工序中,采用施加高频电力或微波等来使 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 等离子体化,使生成的活性种反应而得到a-Si膜、 $\mu$ c-Si膜的等离子CVD法等比较低温的工艺,以能够对耐热性低的玻璃基板等成膜。已知在等离子CVD法中,由 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 生成各种的活性种,但使a-Si膜、 $\mu$ c-Si膜生长的主导的活性种为 $\text{SiH}_3$ 。

[0005] 另一方面,例如Si、SiH或 $\text{SiH}_2$ 这样的 $\text{SiH}_3$ 以外的活性种成为持悬挂键的状态下,混入膜中,是导致膜质降低缺陷的原因。而且,这些活性种聚合,生成 $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ ( $n = 2, 3, 4, \dots$ )这样的高级硅烷,这些混入膜中,或该高级硅烷再生长,以微粒子化的状态混入的情况,都成为Si膜缺陷的主要因素。

[0006] 针对这样的问题,例如日本特开2004-289026号公报(段落0012~0014、段落0018~0019、图1)记载了向基板表面供给在已叙述的 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 加入 $\text{SiF}_4$ 的气体,利用从波导管供给的微波,使该气体等离子体化的CVD法。该CVD法中,能够从上述气体产生负离子( $\text{F}^-$ )与正离子( $\text{H}^+$ 、 $\text{H}_3^+$ 、 $\text{SiH}_3^+$ ),利用这些离子相互反应而在基板的表面附近产生的反应热,来形成膜质好的 $\mu$ c-Si膜。此时施加微波,从而在基板表面形成具有负电荷的鞘层(电荷层),所以负离子( $\text{F}^-$ )未到达成膜过程中的基板。该技术中,利用正离子与负离子结合时的反应热来进行成膜,所以能够作为比较低温的工艺。另一方面,太阳能电池的基板正向大型化发展,正处于例如在基板的中央附近供给的气体到达基板的周缘部为止的气体的滞留时间变长的趋势。

[0007] 即使在基板是大型,在基板的中央附近供给的气体到达基板的周缘部为止的气体的滞留时间长的情况下,例如使得在供给新鲜气体之后的区域进行按照设计的反应,可能也能够形成良好的膜质的Si膜。然而由于使用微波等离子体化的气体生成各种的活性种,所以如果基板上的气体的滞留时间变长,则这种活性种逐渐地反应,生成已叙述的高级硅烷、微粒子等,这些混入膜中,有可能使Si膜的膜质降低。

### 发明内容

[0008] 因此,本发明的目的在于提供一种即使是大面积的基板也能够形成优质的膜的成膜装置。

[0009] 根据本发明,提供一种在密封的处理容器内,使多种反应气体反应而在基板上形成薄膜的成膜装置,其具备:

[0010] 载置台,其设置在上述处理容器内,用于载置基板;

[0011] 分隔壁,其以从上述处理容器的顶部向下方延伸,将载置于上述载置台的基板的上方空间在横向分割为等离子体生成空间与排气空间的方式设置,其下端与上述载置台上的基板之间形成用于从上述等离子体生成空间向排气空间流动气体的缝隙;

[0012] 第1反应气体供给部,其用于向上述等离子体生成空间供给第1反应气体;

[0013] 活化机构,其用于使供给至上述等离子体生成空间的第1反应气体活化,而生成等离子体;

[0014] 第2反应气体供给部,其用于向上述等离子体生成空间内的下部侧或者比该等离子体生成空间更靠下方侧,供给与第1反应气体的活性种反应而在基板上形成薄膜的第2反应气体;以及

[0015] 真空排气口,其用于对上述排气空间进行排气。

[0016] 在本发明的成膜装置中,能够采用上述真空排气口形成在比上述分隔壁的下端高的位置的构成。

[0017] 本发明的成膜装置中,上述活化机构可以具有:阳极以及阴极,其构成用于在等离子体生成空间生成电容耦合等离子体的平行电极;高频电源部,其向上述阳极以及上述阴极间施加高频电力。另外,上述活化机构也可以具有天线,该天线为了生成感应耦合等离子体或者微波等离子体而被设置在上述等离子体生成空间的上方。

[0018] 并且,本发明的成膜装置中,也可以构成为具有多个上述分隔壁,这些多个分隔壁相互平行地设置,通过这些多个分隔壁,交替地配置多个等离子体生成空间以及多个排气空间。在这种情况下,可以采用上述分隔壁在横向直线状地延伸的构成。

[0019] 在具有通过上述多个分隔壁交替地配置多个等离子体生成空间以及多个排气空间的构成的情况下,上述活化机构也可以具有被设置在夹着上述各等离子体生成空间而相互对置的分隔壁的一方以及另一方,构成用于生成电容耦合等离子体的平行电极的阳极以及阴极、向上述阳极以及上述阴极间施加高频电力的高频电源部。

[0020] 另外,同样地,在具有通过上述多个分隔壁交替地配置多个等离子体生成空间以及多个排气空间的构成的情况下,上述活化机构具有:多个电极,其被设置在上述多个分隔壁的每一个上,且被设置在相互对置的分隔壁上的电极彼此构成用于在等离子体生成空间生成电容耦合等离子体的平行电极的一对电极;高频电源部,其向上述一对电极间施加高频电力;连接切换部,其以上述等离子体生成空间与排气空间的位置以预先设定的时间间隔对调的方式,切换构成上述平行电极的电极与高频电源部的电源端子的连接。在这种情况下,还具备气体供给切换部,其以将上述第1反应气体以及第2反应气体提供给上述等离子体空间而不提供给上述排气空间的方式,与上述连接切换部的切换动作同步地切换气体的供给。

[0021] 而且,本发明的成膜装置中,上述分隔壁以包围等离子体生成空间的方式形成为筒状,并且该筒状的分隔壁呈岛状地设置有多个,上述活化机构也可以构成为具有为了生

成感应耦合等离子体或者微波等离子体而设置在上述等离子体生成空间的每一个的上方的天线。

[0022] 而且,本发明的成膜装置中,可以采用上述真空排气口形成在处理容器的侧壁的构成。另外,作为第1反应气体,可以使用氢气,作为第2反应气体,可以使用硅化合物气体。

#### 附图说明

[0023] 图1是表示本发明的第1实施方式所涉及的成膜装置的纵剖侧视图。

[0024] 图2是表示本发明的第1实施方式所涉及的成膜装置的外观构成的立体图。

[0025] 图3A是表示设置在图1的成膜装置内的载置台的一个例子的、载置基板之前的状态的俯视图。

[0026] 图3B是表示设置在图1的成膜装置内的载置台的一个例子的、利用搬运臂载置了基板的状态的俯视图。

[0027] 图3C是表示设置在图1的成膜装置内的载置台的其他例子的、利用搬运臂载置了基板的状态的俯视图。

[0028] 图4是表示本发明的第1实施方式所涉及的成膜装置的内部构成的局部剖切立体图。

[0029] 图5是表示设置在本发明的第1实施方式所涉及的成膜装置内的分隔壁的构成的局部剖切立体图。

[0030] 图6是表示设置在本发明的第1实施方式所涉及的成膜装置内的等离子体生成空间以及排气空间的配置状态的示意图。

[0031] 图7是用于说明本发明的第1实施方式所涉及的成膜装置的作用的纵剖侧视图。

[0032] 图8是表示本发明的第2实施方式所涉及的成膜装置的纵剖侧视图。

[0033] 图9是表示本发明的第2实施方式所涉及的成膜装置的横剖俯视图。

[0034] 图10是表示本发明的第2实施方式所涉及的成膜装置的内部构成的立体图。

[0035] 图11是表示本发明的第2实施方式所涉及的成膜装置的变形例的示意图。

[0036] 图12是表示本发明的第3实施方式所涉及的成膜装置的纵剖侧视图。

[0037] 图13是表示本发明的第3实施方式所涉及的成膜装置的内部构成的局部剖切立体图。

[0038] 图14是表示设置在本发明的第3实施方式所涉及的成膜装置内的分隔壁的构成的局部剖切立体图。

[0039] 图15是表示设置在本发明的第3实施方式所涉及的成膜装置的微波天线单元的构成的纵剖侧视图。

[0040] 图16是用于说明本发明的第3实施方式所涉及的成膜装置的作用的纵剖侧视图。

[0041] 图17是表示本发明的第4实施方式所涉及的成膜装置的纵剖侧视图。

[0042] 图18是表示本发明的第4实施方式所涉及的成膜装置的内部构成的局部剖切立体图。

[0043] 图19是表示设置在本发明的第4实施方式所涉及的成膜装置内的分隔壁的构成的局部剖切立体图。

[0044] 图20是用于说明本发明的第4实施方式所涉及的成膜装置的作用的纵剖侧视图。

- [0045] 图 21 是表示本发明的第 5 实施方式所涉及的成膜装置的局部剖切立体图。
- [0046] 图 22 是表示本发明的第 5 实施方式所涉及的成膜装置的纵剖侧视图。
- [0047] 图 23A 是用于说明本发明的第 5 实施方式所涉及的成膜装置的作用的纵剖侧视图。
- [0048] 图 23B 是用于说明上述第 5 实施方式所涉及的成膜装置的作用的纵剖侧视图。
- [0049] 图 24 是表示本发明的第 5 实施方式所涉及的成膜装置的变形例的纵剖侧视图。
- [0050] 图 25 是表示本发明的第 5 实施方式所涉及的成膜装置的其他变形例的纵剖侧视图。

## 具体实施方式

[0051] 以下,参照附图,对本发明的几个实施方式进行说明。

[0052] < 第 1 实施方式 >

[0053] 第 1 实施方式的成膜装置作为活化机构具备平行电极,利用电容耦合等离子体使  $H_2$  活化而与  $SH_4$  反应,进行薄膜  $\mu c-Si$  膜的成膜。

[0054] 首先,参照图 1 ~ 6,对第 1 实施方式的成膜装置的装置构成进行说明。

[0055] 图 1 是表示本实施方式所涉及的成膜装置的纵剖侧视图,图 2 是表示其外观构成的立体图。

[0056] 如图 1 所示,本实施方式所涉及的成膜装置 1a 具有以下构成:在作为真空容器的处理容器 10 的内部配置有用于载置成膜对象的基板 S 的载置台 2;和向载置台 2 上的基板 S 表面供给活化的  $H_2$  以及  $SH_4$  的机构。处理容器 10 由可封闭且扁平的例如金属制的容器构成,例如构成为可容纳  $1100\text{mm} \times 1400\text{mm}$  以上的大面积的玻璃基板 S 的尺寸。

[0057] 对于图 2 所示的成膜装置 1a 而言,能够上下层叠多台成膜装置 1a 而配置,其上下面平坦。此处,图 2 表示例如将 3 台的成膜装置 1a 在上下方向层叠的状态,但例如在这些成膜装置 1a 的搬入搬出口 11 侧设置共用的预备真空室,在该预备真空室内配置有以可升降的方式构成的基板搬运机构,也可以是维持各成膜装置 1a 内的真空状态,执行基板 S 的搬入搬出的构成。

[0058] 图中,符号 11 是设置在处理容器 10 的基板 S 的搬入搬出口,符号 12 是用于开闭搬入搬出口 11 的闸阀。另外,例如在处理容器 10 的侧壁面设置有用以对处理容器 10 内进行真空排气的排气路 13,在排气路 13 的下游侧例如连接有未图示的真空泵,能够将处理容器 10 内的空间调节为例如  $13.3\text{Pa}(0.1\text{Torr}) \sim 2.7\text{kPa}(20\text{Torr})$ 。

[0059] 具有如下构成:在处理容器 10 内的底面配置载置台 2,在该载置台 2 上载置已叙述的大面积的基板 S,执行  $\mu c-Si$  膜的成膜。例如图 3A 的俯视图所示,在载置台 2 形成有与搬运基板 S 的外部的搬运臂 100 的叉形状对应的切口部 20。由此,例如图 3B 所示,构成为:使保持基板 S 的状态的搬运臂 100 进入到载置台 2 的上方侧,使得向基板 S 的载置面的下方侧穿过,而进行基板 S 的交接。在图 3A、图 3B 所示本实施方式所涉及的成膜装置 1a 中,基板 S 从短边侧被搬入搬出。

[0060] 如图 1 所示,在载置台 2 埋设有例如由电阻发热体构成的调温部 21,能够通过载置台 2 的上表面将基板 S 调节为例如  $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$  的温度。调温部 21 并不限于加热基板 S,也可以是根据工序条件,采用冷却基板 S 而调节为规定的温度的例如珀尔帖元件等。

[0061] 如上述那样,在本实施方式所涉及的成膜装置 1a 中,通过载置台 2 的上表面进行基板 S 的温度调节,所以增大载置台 2 与基板 S 之间的导热面积,如图 3A、图 3B 所示,将搬运臂 100 的叉的数量选为 2 个,减小切口部 20 的面积。与此相对,例如在不进行从载置台 2 侧的基板 S 的温度调节的情况下,例如图 3C 所示,可以采用以下构成,增加搬运臂 100 的叉的数量,更稳定地搬运大型基板 S,另一方面,在载置台 2 设置与搬运臂 100 的轮廓形状对应的切口部 20,例如用载置台 2 支承基板 S 的 3 边。

[0062] 此处,本实施方式所涉及的成膜装置 1a 以高浓度向基板 S 表面供给  $\mu\text{c-Si}$  膜生长所需的  $\text{SiH}_3$ ,另一方面抑制向基板 S 表面供给  $\text{Si}$ 、 $\text{SiH}$ 、 $\text{SiH}_2$  等除  $\text{SiH}_3$  以外的活性种、高级硅烷、其微粒子等引起  $\mu\text{c-Si}$  膜的膜质降低的物质,成为能够得到以下列举的作用的构成。

[0063] (1) 抑制  $\text{SiH}_4$  (相当于第 2 反应气体) 的等离子体化,使  $\text{H}_2$  (相当于第 1 反应气体) 等离子体化而得到的 H 自由基与  $\text{SiH}_4$  反应,从而抑制不需要的活性种的产生,且以高浓度向基板 S 表面供给  $\text{SiH}_3$ 。

[0064] (2) 从基板 S 表面迅速地对 H 自由基与  $\text{SiH}_4$  的混合气体进行排气,从而抑制因 H 自由基与  $\text{SiH}_4$  的自由基反应被过度地进行而导致的不需要的活性种的产生。

[0065] 以下,对为了得到上述作用而在成膜装置 1a 设置的各种构成进行说明。

[0066] 例如,如图 1、图 4、图 6 等所示,成膜装置 1a 具备用于从搬入搬出口侧朝向里侧在横向对载置于载置台 2 上的基板 S 的上方的空间进行分割的例如 10 个分隔壁 41。此外,为了方便图示,表示了设置 10 个分隔壁 41 的例子,但分隔壁 41 的个数并不限于此。各分隔壁 41 例如由金属制的扁平的直线状的板材构成,例如其宽度方向的长度比基板 S 的短边长。这些分隔壁 41 以上述宽度方向的边与载置台 2 上的基板 S 的长边在横向垂直的方式相互平行地例如以等间隔配置,由此,相互邻接的 2 个分隔壁 41 之间形成有向与基板 S 的长边垂直的方向延伸的细长的空间(相当于后述的等离子体生成空间 401、排气空间 402)。各分隔壁 41 通过绝缘部件 31 固定在处理容器 10 的顶部。

[0067] 另外,分隔壁 41 以载置台 2 上的基板 S 表面与分隔壁 41 的下端之间形成例如 1cm ~ 5cm 左右的缝隙的方式,从上述顶部向下方侧延伸。由此,被邻接的 2 个分隔壁 41 包围的各空间 401、402 处于通过该缝隙而相互连通的状态。另外,该缝隙调节为分隔壁 41 对基板 S 的搬入搬出路径不干扰的高度。

[0068] 在用于支承从搬入搬出口侧数第 2 个与第 3 个的分隔壁 41、第 4 个与第 5 个的分隔壁 41、第 6 个与第 7 个的分隔壁 41、第 8 个与第 9 个的分隔壁 41 的绝缘部件 31 上,沿着形成于这些邻接的分隔壁 41 之间的空间 401 的延伸方向(沿着与基板 S 的长边垂直的方向),形成有槽 31a。如图 4、图 5 所示,在这些槽 31a 的下表面配置有例如由绝缘部件构成的且具备多个喷出孔 321 的喷淋板 32。

[0069] 被形成于这些绝缘部件 31 的槽 31a 和喷淋板 32 所包围的空间构成用于向其下方侧的空间 401 供给作为第 1 反应气体的  $\text{H}_2$  的第 1 气体流路 33。如图 2 所示,第 1 气体流路 33 在处理容器 10 的侧壁面分别与第 1 气体供给管 14 连接,能够通过该第 1 气体供给管 14 从未图示的  $\text{H}_2$  供给源接收  $\text{H}_2$  (包含例如 10% 等离子体高密度化用的氩 (Ar))。另外,在第 1 气体供给管 14 中设置有由气体质量流量控制器等构成的未图示的流量调节部,例如能够按标准状态 (25°C, 1 气压) 在 1000cc/min ~ 100000cc/min 的范围内调节向第 1 气体流路

33 供给的  $H_2$  的总量。

[0070] 喷淋板 32 的喷出孔 321 以向第 1 气体流路 33 的下方的空间 401 均匀地供给  $H_2$  的方式设置。第 1 气体流路 33、喷淋板 32、第 1 气体供给管 14 相当于本实施方式中的第 1 反应气体供给部。

[0071] 接下来,对  $SiH_4$  的供给系统进行说明。第 2 个~第 9 个的各分隔壁 41 如图 5 所示其内部成为空腔。在这些分隔壁 41 设置有朝向已叙述的第 1 气体流路 33 的下方侧的空间 401 开口的多个喷出孔 412。这些喷出孔 412 在该分隔壁 41 的下端部沿下端部直线状地设置。各分隔壁 41 内的空腔构成用于通过该喷出孔 412 向上述空间 401 的下端部供给  $SiH_4$  的第 2 气体流路 411。

[0072] 如图 2 所示,各第 2 气体流路 411 在处理容器 10 的侧壁面与第 2 气体供给管 15 连接,能够通过该第 2 气体供给管 15 从未图示的  $SiH_4$  供给源接收  $SiH_4$ 。在第 2 气体供给管 15 设置有由气体质量流量控制器等构成的未图示的流量调节部,例如能够按标准状态 ( $25^{\circ}C, 1$  气压) 在  $20cc/min \sim 2000cc/min$  的范围内调节向第 2 气体流路 411 供给的  $SiH_4$  的总量。第 2 气体流路 411 侧的喷出孔 412 也与已叙述的喷淋板 32 的喷出孔 321 相同,向设置有喷出孔 412 的方向均匀地供给  $SiH_4$  即可。第 2 气体流路 411、喷出孔 412、第 2 气体供给管 15 相当于本实施方式的第 2 反应气体供给部。

[0073] 如图 1 以及图 4 所示,在载置台 2 上表面的周缘部侧的区域,以环绕载置台 2 上的基板 S 以及分隔壁 41 的周围的方式设置有方筒状的外周壁 22。如图 4 所示,外周壁 22 例如从载置台 2 的上表面朝向处理容器 10 的顶部在上下方向延伸,且从搬入搬出口侧观察,在前后面以及左右面的 4 个面切开作为本实施方式的真空排气口的排气口 23。

[0074] 如图 4 所示,在前后的外周壁 22 分别各切开一个具有例如与分隔壁 41 几乎同程度的宽度的较宽的排气口 23。另一方面,在左右的外周壁 22,在与形成于第 1 个与第 2 个分隔壁 41 之间、第 3 个与第 4 个分隔壁 41 之间、第 5 个与第 6 个分隔壁 41 之间、第 7 个与第 8 个分隔壁 41 之间、第 9 个与第 10 个分隔壁 41 之间的空间 402 对应的位置切开排气口 23。前后左右的 4 个外周壁 22 的排气口 23 都形成在距离载置台 2 的上表面  $1cm \sim 5cm$  左右高的位置,即、与分隔壁 41 的下端相比高的位置。此处,与搬入搬出口 11 对置的前面的外周壁 22 如图 1 所示,以绕转动轴 221 朝向搬入搬出口侧可转动的方式构成,基板 S 的搬入搬出时,通过使朝向搬入搬出口侧转动,而使得外周壁 22 对基板 S 的搬入搬出路径不干扰。

[0075] 进而,如图 6 所示,在从搬入搬出口侧第 3 个、第 4 个、第 7 个、第 8 个的 4 个分隔壁 41 连接有高频电源部 51。例如将第 3 个与第 4 个 2 个作为一组,在这些连接有一个高频电源部 51,将第 7 个与第 8 个 2 个分隔壁 41 作为 1 组,在这些连接有其他的高频电源部 51,能够对这些分隔壁 41 施加例如  $100MHz, 5000W$  的高频电力。另一方面,从搬入搬出口侧观察,第 1 个、第 2 个、第 5 个、第 6 个、第 9 个、第 10 个这 6 个分隔壁 41 接地。

[0076] 通过以上的构成,第 2 个与第 3 个分隔壁 41、第 4 个与第 5 个分隔壁 41、第 6 个与第 7 个分隔壁 41、第 8 个与第 9 个分隔壁 41 构成将与高频电源部 51 连接的分隔壁 41 作为阴极 43、将接地的分隔壁 41 作为阳极 42 的平行电极。而且,如果一边从第 1 气体流路 33 向这些分隔壁 41 之间的空间 401 供给  $H_2$ ,一边利用高频电源部 51 施加高频电力,则在这些平行电极间的空间 401 形成电容耦合等离子体,  $H_2$  被等离子体化。从该观点来看,在第 2 个

与 3 个分隔壁 41 之间、第 4 个与第 5 个分隔壁 41 之间、第 6 个与 7 个分隔壁 41 之间、第 8 个与第 9 个分隔壁 41 之间形成的空间 401 相当于本实施方式的等离子体生成空间。另外，平行电极（阴极 43 以及阳极 42）以及与此连接的高频电源部 51 构成用于活化  $H_2$  而生成等离子体的活化机构。

[0077] 另一方面，在第 3 个与第 4 个分隔壁 41、第 7 个与第 8 个分隔壁 41 按各组连接有共用的高频电源部 51，呈等电位，即使向这些分隔壁 41 之间的空间 402 供给气体，也不形成等离子体。另外第 1 个与第 2 个分隔壁 41、第 5 个与第 6 个分隔壁 41、第 9 个与第 10 个分隔壁 41 接地，为等电位，因此在这些分隔壁 41 之间的空间 402 也不形成等离子体。而且，在配置在这些空间 402 的左右两侧的外周壁 22 设置有已叙述的排气口 23，所以流入到该空间 402 内的气体通过排气口 23，向外周壁 22 的外侧排气。从该观点来看，在第 1 个与第 2 个分隔壁 41 之间、第 3 个与第 4 个分隔壁 41 之间、第 5 个与第 6 个分隔壁 41 之间、第 7 个与第 8 个分隔壁 41 之间、第 9 个与第 10 个分隔壁 41 之间形成的空间 402 相当于本实施方式的排气空间。此处，形成各阳极 42、阴极 43 的分隔壁 41 通过绝缘部件 31 固定在处理容器 10 的顶部，所以阳极 42 与阴极 43 除了形成电容耦合的区域之外电绝缘。

[0078] 若概括以上的构成，则如图 6 所示，在本实施方式所涉及的成膜装置 1a 的内部，通过相互平行地设置的分隔壁 41，交替地配置有等离子体生成空间 401 与排气空间 402。而且，如已叙述那样，各等离子体生成空间 401、排气空间 402 通过形成在分隔壁 41 的下端与载置台 2 上的基板 S 之间的缝隙而连通，通过该缝隙能够从等离子体生成空间 401 朝向排气空间 402 流气体。

[0079] 如图 1 所示，成膜装置 1a 具备控制部 5，成膜装置 1a 的各构成部与控制部 5 连接而被控制。控制部 5 例如由未图示的具备了 CPU 与存储部的计算机构成，在存储部记录有实现以下内容的程序，与该成膜装置 1a 的作用、即在处理容器 10 内搬入基板 S，在载置于载置台 2 上的基板 S 形成规定的膜厚的  $\mu c-Si$  膜之后到搬出为止的动作所涉及的控制等有关的步骤（命令）群。该程序例如储存于硬盘、CD、磁光盘、存储卡等的存储介质，从那儿安装至计算机。

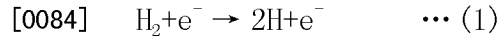
[0080] 接下来，对具备以上说明的构成的成膜装置 1a 的作用进行说明。首先，若以保持在外部搬运臂 100 上的状态，搬运来基板 S，则成膜装置 1a 打开搬入搬出口 11 的闸阀 12，而且，使前面的外周壁 22 旋转，以确保基板 S 的搬入路径。然后，使搬运臂 100 进入到分隔壁 41 的下端与载置台 2 的上表面之间的缝隙，若到达基板 S 的载置位置，则使搬运臂 100 下降至载置台 2 的切口部 20 内，将基板 S 交接给载置台 2。

[0081] 若完成基板 S 的交接，则使搬运臂 100 退回到处理容器 10 外，关闭闸阀 12，并且使外周壁 22 旋转，以外周壁 22 包围基板 S 的周围。与该动作同时进行处理容器 10 内的真空排气，将处理容器 10 内调节为例如 670Pa (5Torr)，并且利用调温部 21 进行温度调节以使基板 S 成为例如 250°C。

[0082] 若完成处理容器 10 内的压力调整以及基板 S 的温度调整，则从第 1 气体流路 33 向各等离子体生成空间 401 供给例如总量为 100000cc/min（标准状态）的  $H_2$ ，并且从高频电源部 51 向各阴极 43 供给高频电力，使  $H_2$  等离子体化。另一方面，从第 2 气体流路 411 向等离子体生成空间 401 的下部区域供给例如总量为 500cc/min（标准状态）的  $SiH_4$ 。

[0083] 如图 7 示意地所示，在等离子体生成空间 401 内形成从第 1 气体流路 33 侧供给

的  $H_2$  朝向下方向侧流动的下落流, 该  $H_2$  与从平行电极供给的电子碰撞, 从而等离子体化, 形成活性种。  $H_2$  是仅由 2 个氢原子构成的分子, 所以如下述 (1) 式所示, 从氢等离子体仅生成作为活性种的氢自由基。



[0085] 另一方面, 向等离子体生成空间 401 的下部、本实施方式中的等离子体生成空间 401 的下端部供给从第 2 气体流路 411 的喷出孔 412 流出的  $SiH_4$ , 与从上游侧流来的  $H_2$  的活性种的气流混合, 向下方向侧流去。因此,  $SiH_4$  几乎不会等离子体化, 不包含 Si、SiH、 $SiH_2$  等不需要的活性种, 或是即使包含, 也以较少的量与  $H_2$  的活性种混合, 朝向位于等离子体生成空间 401 的下方的基板 S 流去。

[0086] 其结果, 向基板 S 表面供给作为  $H_2$  的活性种的 H 自由基与  $SiH_4$  的混合气体, 在该混合气体内进行下述的 (2) 式所示的反应。



[0088] 这样, 高浓度的  $SiH_3$  供给至基板 S 表面, 由该  $SiH_3$  在基板 S 表面形成优质的  $\mu c-Si$  膜。

[0089] 另一方面, 若在混合气体内随着时间的经过, 由上述 (2) 式生成的  $SiH_3$  再与 H 自由基反应, 则依次生成  $SiH_2$ 、SiH、Si, 所以如果这些活性种、作为其聚合物的高级硅烷、微粒子混入  $\mu c-Si$  膜中, 则成为使其膜质降低的原因。

[0090] 可是, 在本实施方式所涉及的成膜装置 1a 中, 等离子体生成空间 401 通过分隔壁 41 的下端与基板 S 之间的缝隙与排气空间 402 连通, 在各排气空间 402 的左右两面的外周壁 22 的比等离子体生成空间 401 的下端高的位置、即比上述缝隙高的位置设置有排气口 23。而且处理容器 10 内始终进行真空排气。因此, 降低了等离子体生成空间 401 的前述混合气体到达基板 S 表面之后, 一边流过基板 S 的表面, 一边通过分隔壁 41 与基板 S 之间的缝隙, 流入排气空间 402, 其后, 使流向变化为朝上, 通过排气口 23 向外周壁 22 的外侧迅速地排气。

[0091] 此处, 在本实施方式中, 排气空间 402 向基板 S 的短边方向延伸, 所以例如与混合气体向基板 S 的长边方向流去的情况相比, 能够缩短基板 S 上的平均的滞留时间。而且, 即使沿基板 S 的长边方向形成有排气空间 402 的情况下, 例如与向基板 S 的中央区域供给的混合气体流过基板 S 的对角线上的情况比较, 也能够缩短滞留时间。这样, 排气空间 402 起到了缩短基板 S 上的混合气体的滞留时间的作用。

[0092] 并且, 流过基板 S 表面的混合气体通过设置在外周壁 22 的排气口 23 的作用, 其流向变化为上方向, 所以能够进一步缩短基板 S 表面上的混合气体的滞留时间。而且, 通过这些排气空间 402、排气口 23 的作用, 向基板 S 表面供给高浓度的  $SiH_3$ , 且能够抑制不需要的活性种的生成, 能够得到膜质良好的  $\mu c-Si$  膜。

[0093] 通过以上说明的机构, 能够起到已叙述的 2 个作用, (1) 抑制  $SiH_4$  的等离子体化, 使  $SiH_4$  与 H 自由基反应, 从而抑制不需要的活性种的产生, 以高浓度向基板 S 表面供给  $SiH_3$ , (2) 从基板 S 表面迅速地排出 H 自由基与  $SiH_4$  的混合气体, 从而抑制 H 自由基 -  $SiH_4$  间的自由基反应被过度进行, 抑制不需要的活性种的产生。

[0094] 如此, 只以预先设定的时间执行对基板 S 表面的成膜, 若得到所希望的膜厚的  $\mu c-Si$  膜, 则停止  $H_2$  以及  $SiH_4$  的供给、高频电力的施加以及真空排气, 以与利用搬运臂 100

搬入时相反的动作从处理容器 10 搬出基板 S, 完成一系列的动作。

[0095] 根据本实施方式所涉及的成膜装置 1a, 具有以下的效果。即、在成膜装置 1a 中, 通过分隔壁 41 将载置于载置台 2 上的基板 S 的上方空间在横向分割为等离子体生成空间 401 与排气空间 402, 在等离子体生成空间 401 使  $H_2$  活化来生成等离子体, 另一方面, 向等离子体生成空间 401 内的下部侧供给  $SiH_4$ , 从排气空间 402 排出被供给至基板 S 上的混合气体。因此, 在抑制住因与等离子体接触而促进分解的状态下, 使  $SiH_4$  与根据  $H_2$  气体生成的活性种 (H 自由基) 反应, 而能够使作为目的的  $SiH_3$  在基板 S 的附近以高浓度存在, 能够形成优质的  $\mu c-Si$  膜。

[0096] 此处, 被供给  $SiH_4$  的等离子体生成空间 401 内的下部侧是比等离子体生成空间 401 的一半更靠下方侧的高度位置, 更优选的是从分隔壁 41 的下端侧到分隔壁 41 的  $\frac{4}{5}$  左右的高度位置, 就能够得到抑制因  $SiH_4$  的等离子体化而导致的不需要的活性种的产生这样的本发明的效果。

[0097] 另外, 并不局限于  $SiH_4$  供给至等离子体生成空间 401 的下部侧的情况, 也可以供给至比等离子体生成空间 401 更靠下方侧。该情况下, 例如也可以在分隔壁 41 的下端面设置喷出孔 412, 朝向基板 S 排出  $SiH_4$ , 也可以是在等离子体生成空间 401 的下方位置配置供给  $SiH_4$  的专用的配管, 从设置在该配管的喷出孔 412 供给  $SiH_4$  的构成。

[0098] < 第 2 实施方式 >

[0099] 接下来, 对第 2 实施方式进行说明。

[0100] 在上述第 1 实施方式中, 通过设置在基板 S 的周围的外周壁 22 向一侧排出被供给基板 S 的混合气体, 但并不局限于此, 在本实施方式中, 示出例如在处理容器的顶部设置排气路, 向上方侧排出上述混合气体的例子。图 8 ~ 10 说明朝向处理容器 10 的顶部侧排出供给基板 S 表面的混合气体的第 2 实施方式所涉及的成膜装置 1b 的构成。应予说明, 在本实施方式以及后述的第 3 实施方式以后的实施方式中, 对具备了与成膜装置 1a 相同功能的构成要素标注与第 1 实施方式相同的符号。

[0101] 本实施方式所涉及的成膜装置 1b 与第 1 实施方式所涉及的成膜装置 1a 在以下这些点不同: 不具备包围载置于载置台 2 上的基板 S 的外周壁 22; 排气路 13 设置在处理容器 10 的顶部, 在第 1 气体流路 33 的上方设置有与各排气空间 402 连通且朝向排气路 13 排气前的混合气体合流的集合排气部 16。

[0102] 在本实施方式中, 以覆盖其之间设置喷淋板 32 的 2 个分隔壁 41 的上面侧的方式配置绝缘部件 31, 在由这些 2 个分隔壁 41、喷淋板 32、绝缘部件 31 包围的空间内形成第 1 气体流路 33。另外, 基板 S 的交接是使用升降销 24 进行。图 8 中, 符号 25 是为了保持处理容器 10 内的真空环境而以包围升降销 24 的方式设置的波纹管, 26 是使升降销 24 升降的升降机构。

[0103] 在本实施方式所涉及的成膜装置 1b 中, 例如各分隔壁 41 由如图 9 所示从上面侧观察的横剖面为长方形的方筒形状的部件 413 构成, 这些方筒部件 413 以固定于处理容器 10 的侧壁面的状态配置在处理容器 10 内。而且, 将从搬入搬出口侧观察第 1、第 3、第 5 个方筒部件 413 以与接地的处理容器 10 电连接的方式固定, 另一方面, 将第 2、第 4 个方筒部件 413 通过绝缘部件 17 固定在处理容器 10, 将这些方筒部件 413 与高频电源部 51 连接, 从而与图 6 所示的第 1 实施方式所涉及的成膜装置 1a 相同, 能够交替地配置等离子体生成空

间 401、排气空间 402(参照图 9)。

[0104] 在该成膜装置 1b 中,也向等离子体生成空间 401 供给  $H_2$  来生成等离子体,从该等离子体得到的 H 自由基与供给至等离子体生成空间 401 的下部侧的  $SiH_4$  混合,而能够向基板 S 供给高浓度的  $SiH_3$ ,这一点与第 1 实施方式所涉及的成膜装置 1a 相同。如图 10 所示,在本例所涉及的成膜装置 1b 中,一边流过基板 S 表面一边向排气空间 402 流入的混合气体朝向集合排气部 16 侧在排气空间 402 内向上方侧流去,所以基板 S 中的混合气体的滞留时间变得更短。其结果,能够抑制基于自由基反应的进行生成不需要的活性种等,形成优质的  $\mu c-Si$  膜。

[0105] 此处,由于如果将混合气体朝向处理容器 10 的顶部侧的排气,只要排气空间 402 与排出混合气体的顶部侧连通即可,所以例如也可以是图 11 所示,同心状地配置分隔壁 41,在由这些分隔壁 41 形成的平行电极(阳极 42,阴极 43)之间形成等离子体的构成。

[0106] <第 3 实施方式>

[0107] 接下来,对第 3 实施方式进行说明。

[0108] 在本实施方式中,示出了在等离子体生成空间的上方位置设置微波天线单元作为活化机构的例子。图 12 ~ 16 说明在等离子体生成空间 401 的上方位置设置了微波天线单元 6 作为活化机构的第 3 实施方式所涉及的成膜装置 1c 的构成。

[0109] 本实施方式所涉及的成膜装置 1c,如图 12、图 13 所示,通过顶板 181 将处理容器 10 分割为上下 2 个空间,在下方侧的空间中与已叙述的成膜装置 1a 相同,配置基板 S 的载置台 2,另一方面,上方侧的空间成为收纳多个微波天线单元 6 的收纳部 18。

[0110] 如图 13 所示,在收纳部 18 内,在左右方向例如为 3 列,前后方向例如为 5 行的矩阵的各交点设置有微波天线单元 6,在顶板 181 上合计 15 个微波天线单元 6 呈岛状地分散地配置。而且隔着这些各微波天线单元 6 的顶板 181,在下方侧的空间配置有用于形成等离子体生成空间 401 的分隔壁 41。

[0111] 本例所涉及的分隔壁 41 例如图 13、图 14 所示,以环绕各微波天线单元 6 的下方侧的空间的方式形成为圆筒形状。其结果,在载置基板 S 的空间内呈岛状地设置有合计 15 个圆筒形状的分隔壁 41,这些分隔壁 41 的内侧成为等离子体生成空间 401、分隔壁 41 的外侧成为排气空间 402。

[0112] 在形成各等离子体生成空间 401 的顶部的顶板部 181,通过第 1 气体流路 33 连接有第 1 气体供给管 14,从第 1 气体供给管 14 供给的  $H_2$  通过第 1 气体流路 33 以及喷出孔 321 供给至等离子体生成空间 401 的上部空间。另外,例如分隔壁 41 内部成为空腔,该空腔构成用于向等离子体生成空间 401 的下部供给  $SiH_4$  的第 2 气体流路 411。而且该第 2 气体流路 411 与第 2 气体供给管 15 连接,另一方面,在等离子体生成空间 401 的下端部附近位置,沿分隔壁 41 的内周面设置有喷出孔 412,能够从此处向排气空间 402 的下部侧供给  $SiH_4$ 。

[0113] 接下来,参照图 15,对微波天线单元 6 的构成进行说明。微波天线单元 6 由调谐器 61 与天线部 62 构成,这些调谐器 61 与天线部 62 在呈圆筒形状且形成同轴管的外侧导体的例如金属制的框体 600 内从上侧以该顺序被收纳。下侧的天线部 62 具备圆板状的平面缝隙天线板 621;设在该平面缝隙天线板 621 的上侧,且用于缩短真空环境中的微波的波长来调整等离子体的密度的环状的滞波部件 622、设在平面缝隙天线板 621 的下侧,且由电介质部件构成的顶板 623。

[0114] 在平面缝隙天线板 621 中,平面形状为圆弧状的 2 个槽 624 以相对置的方式形成。而且,在平面缝隙天线板 621 的上面的中央部,以从滞波部件 622 的中央部朝向上方延伸的方式连接有形成同轴管的内侧导体的金属棒 64。如图 15 所示,各微波天线单元 6 通过共用的微波输出部 63 和放大器部 631 并联连接,顶板 623 起到将从该微波输出部输出的微波导入等离子体生成空间 401 内的作用。

[0115] 在调谐器 61 内设置有以环状并在上下方向分离地设置的由电介质构成的例如 2 个芯块 611,已叙述的金属棒 64 在上下方向贯通这些芯块 611 的中心部。各芯块 611 通过朝向框体 600 的外周方向向外侧延伸的臂部 612 与驱动部 613 连接,从而分别以自由升降的方式构成。调整各芯块 611 的高度位置 (L1, L2) 以使从微波输出部 63 观察下游侧的微波天线单元 6 时的阻抗为例如  $50\ \Omega$ 。另外,调谐器 61 与已叙述的平面缝隙天线板 621 接近地配置,构成存在于微波的 1 波长内的集中常数电路,作为谐振器发挥功能。

[0116] 在贯通调谐器 61 的金属棒 64 的上端设置有用来进行非接触供电的供电激励板 65。该供电激励板 65 具备由印制电路布线等构成的电介质板 651;在该电介质板 651 的下侧呈环状地设置的电介质部件 652。在电介质板 651 的背面侧形成有由夹着电介质板 651 的中心部,在直径方向相对置地延伸,并且前端部彼此分离的 2 根导体构成的微带线 653。

[0117] 在位于电介质板 651 的侧周面的微带线 653 的端部分别安装有连接器 654,这些连接器 654 分别与已叙述的放大器部 631 连接。因此,向调谐器 61 供给通过 2 个连接器 654 电力合成(空间合成)的微波。另外,图中 655 是用于反射微波的反射板。

[0118] 在电介质部件 652 的下表面设置有例如进行了镀铜等,且平面形状为圆弧状的 2 个槽 657 以相对置的方式形成的圆板状的缝隙天线 656。该微波天线单元 6 以槽 657 的长度尺寸例如为  $1/2 \times \lambda_g$  ( $\lambda_g$ :微波的管内波长)的方式形成。该电介质部件 652 与缝隙天线 656 一起作为谐振器发挥功能,在中心部以在上下方向贯通电介质部件 652 的方式设置有中心导体 658,以连接电介质板 651 的下表面侧与缝隙天线 656。

[0119] 若从具备了所述构成的微波天线单元 6 的微波输出部 63 供给规定功率的微波例如频率 2.45GHz、功率 2000W ~ 10000W 的微波,则微波在放大器 631 被放大后,通过未图示的分配器,被分配给各个微波天线单元 6。而且,在各个微波天线单元 6 中通过 2 条微带线 653 输入合成放大的微波后,通过平面缝隙天线 621 供给至等离子体生成空间 401。

[0120] 其结果,如图 16 所示,供给等离子体生成空间 401 内的  $H_2$  通过从微波天线单元 6 供给的微波,等离子体化,生成作为活性种的 H 自由基,与供给至等离子体生成空间 401 的下部侧的  $SiH_4$  反应,能够向基板 S 表面供给高浓度的  $SiH_3$ 。而且,这些 H 自由基与  $SiH_4$  的混合气体流入圆筒形状的分隔壁 41 的外周侧的空间(排气空间 402),在该排气空间 402 内向侧方侧流,通过顶板 181 与外周壁 22 之间的缝隙向外周壁 22 的外侧排出。从该观点来看,顶板 181 与外周壁 22 之间的缝隙相当于本实施方式的真空排气口。此处,设置于本实施方式所涉及的成膜装置 1c 的微波天线单元 6 并不限于图 15 所示的微波天线单元,也可以使用与微波输出部 63 连接的通常的波导管。

[0121] <第 4 实施方式>

[0122] 接下来,对第 4 实施方式进行说明。

[0123] 在上述第 3 实施方式中,示出了在等离子体生成空间的上方侧设置微波天线单元 6 作为活化机构的例子,但并不局限于此,在本实施方式中,示出在等离子体生成空间的上

方侧设置 ICP (Inductively Coupled Plasma) 天线作为活化机构的例子。图 17 ~ 20 说明在等离子体生成空间 401 的上方侧设置 ICP 天线 7 作为活化机构的第 4 实施方式所涉及的成膜装置 1d 的构成。

[0124] 本实施方式所涉及的成膜装置 1d, 例如图 17、图 18 所示, 在被各等离子体生成空间 401 的上方的顶板 181 划分的收纳部 18 内设置有沿该等离子体生成空间 401 延伸的方向延伸的例如直棒状的 ICP 天线 7 这一点与使各分隔壁 41 与高频电源部 51 连接、或者接地来形成平行电极的第 1 实施方式所涉及的成膜装置 1a 不同。另外, 如图 19 所示, 在顶板 181 的上面沿等离子体生成空间 401 延伸的方向配设有第 1 气体流路 33, 通过该第 1 气体流路 33 进行  $H_2$  的供给这一点与通过配置在等离子体生成空间 401 的上方的空间亦即第 1 气体流路 33 供给  $H_2$  的已叙述的成膜装置 1a 不同。

[0125] 根据本实施方式所涉及的成膜装置 1d, 在收纳部 18 内沿各等离子体生成空间 401 配置有 4 条 ICP 天线 7, 这些 ICP 天线 7 的一端侧与供给例如 13.56MHz, 5000W 的电力的共用的高频电源部 51 并联连接, 另一方面, 各 ICP 天线 7 的另一端侧接地。而且从高频电源部 51 向 ICP 天线 7 施加高频电力, 从而在等离子体生成空间 401 内形成感应电磁场, 如图 20 所示, 从第 1 气体流路 33 供给的  $H_2$  感应耦合等离子体化, 而且, 向分隔壁 41 的下部供给  $SiH_4$ , 从而能够向基板 S 表面供给高浓度的  $SiH_3$ 。

[0126] 另外, 沿排气空间 402 向处理容器 10 的侧方侧引导流入排气空间 402 的混合气体, 而且, 通过设置在比分隔壁 41 的下端高的位置的排气口 23 排出混合气体, 从而使该气体的流向变化为朝向基板 S 的上方侧, 能够缩短基板 S 表面上的混合气体的滞留时间, 形成优质的膜质的  $\mu c-Si$  膜。

[0127] 本实施方式所涉及的成膜装置 1d 的 ICP 天线 7 并不限于形成为直棒状的情况, 例如将各 ICP 天线 7 形成为一部分切开的圆环形状, 也可以如第 3 实施方式所涉及的成膜装置 1c 那样, 在顶板 181 上呈岛状地分散配置该圆环形状的 ICP 天线 7。该情况下, 切开的圆环形状的 ICP 天线 7 的一端与高频电源部 51 连接, 且另一端接地, 从而能够在该圆环形状的下部侧形成感应耦合等离子体。因此, 在这样的例子中, 当然也可以以包围 ICP 天线 7 的下方侧的等离子体形成区域的方式设置圆筒形状的分隔壁 41。

[0128] 此外, 在上述第 3 实施方式所涉及的成膜装置 1c 中, 微波天线单元 6 在顶板 181 上呈岛状分散配置, 但并不局限于此, 也可以与本实施方式所涉及的成膜装置 1d 相同, 在前后方向等间隔配置多个平板状的分隔壁 41, 例如沿着向与基板 S 的长边垂直的方向延伸的等离子体生成空间 401 配置多个微波天线单元 6。

[0129] 在第 1、第 3、第 4 实施方式所涉及的成膜装置 1a、1c、1d 中, 在基板 S 的周围设置外周壁 22, 将形成在该外周壁 22 的排气 23、外周壁 22 与顶板 181 之间的缝隙作为基板 S 上的气体的真空排气口, 但也可以采用在载置台 2 上不设置外周壁 22 的构成。该情况下, 与设置在处理容器 10 的侧壁面的排气路 13 连接的连接部成为真空排气口。

[0130] < 第 5 实施方式 >

[0131] 接下来, 对第 5 实施方式进行说明。

[0132] 图 21、图 22 说明第 5 实施方式所涉及的成膜装置 1e 的构成。本实施方式所涉及的成膜装置 1e 在交替地配置等离子体生成空间 401 与排气空间 402 这一点, 与使用图 8 ~ 10 说明的第 2 实施方式所涉及的成膜装置 1b 具有共同的特征。另一方面, 本例所涉及的成

膜装置 1e 能够使形成在对置的 2 个分隔壁 41 之间的空间随时间推移变化为等离子体生成空间 401 → 排气空间 402 → 等离子体生成空间 401 → ... 这一点与已叙述的第 2 实施方式所涉及的成膜装置 1b 不同。

[0133] 如图 21、图 22 所示,成膜装置 1e 具备例如面向图从左侧朝向右侧在横向分割载置于载置台 2 的基板 S 的上方的空间的多个分隔壁 41,这些分隔壁 41 被保持在例如由绝缘部件构成的共用的顶板 181 上。在图 21、图 22 中,为方便图示,示出了设置了 6 个分隔壁 41 的例子,但分隔壁 41 的个数并不限于此。

[0134] 在各分隔壁 41 的内部,形成有通过沿上下方向延伸的内壁板 414,划分成左侧与右侧的 2 个空间,各个空间构成用于通过喷出孔 412 向分隔壁 41 的例如下端部供给  $\text{SiH}_4$  的第 2 气体流路 411。图 21、图 22 所示的例子中,示出了在最前端以及最后端的分隔壁 41 内分别只形成一个第 2 气体流路 411 的例子,当然这些分隔壁 41 也可以与其他的分隔壁 41 相同,各设置 2 个第 2 气体流路 411。

[0135] 如图 22 所示,形成在分隔壁 41 内的第 2 气体流路 411 通过第 2 气体供给管 15a、15b 与  $\text{SiH}_4$  供给源 150 连接。而且各分隔壁 41 内的 2 个第 2 气体流路 411 分别与不同的系统的第 2 气体供给管 15a、15b 连接。在本实施方式中,在一方侧的第 2 气体供给管 15a 连接有从左侧第 2 个分隔壁 41 的右侧的第 2 气体流路 411、从左侧第 3 个分隔壁 41 的左侧的第 2 气体流路 411、从左侧第 3 个分隔壁 41 的左侧的第 2 气体流路 411、从左侧第 4 个分隔壁 41 的右侧的第 2 气体流路 411 以及从左侧第 5 个分隔壁 41 的左侧的第 2 气体流路 411。另外,在另一方侧的气体供给管 15b 连接有从左侧第 1 个分隔壁 41 的第 2 气体流路 411、从左第 2 个分隔壁 41 的左侧的第 2 气体流路 411、从左侧第 3 个分隔壁 41 的右侧的第 2 气体流路 411、从左侧第 4 个分隔壁 41 的左侧的第 2 气体流路 411、从左侧第 5 个分隔壁 41 的右侧的第 2 气体流路 411 以及从左侧第 6 个分隔壁 41 的第 2 气体流路 411。

[0136] 另外,顶板 181 内,在对置的 2 个的分隔壁 41 之间的几乎中央位置形成有与这些分隔壁 41 并行延伸的第 1 气体流路 33,能够通过喷出孔 321 向被 2 个分隔壁 41 夹着前后的空间内供给  $\text{H}_2$ 。这些第 1 气体流路 33 也通过第 1 气体供给管 14a、14b 与  $\text{H}_2$  供给源 140 连接,但各第 1 气体流路 33 与不同的系统的第 1 气体供给管 14a、14b 连接。在本实施方式中,设置在面向图从左侧数第 2 个与第 3 个分隔壁 41 之间、第 4 个与第 5 个分隔壁 41 之间的第 1 气体流路 33 与第 1 气体供给管 14a 连接,设置在第 1 个与第 2 个分隔壁 41 之间、第 3 个与第 4 个分隔壁之间、第 5 个与第 6 个分隔壁 41 之间的第 1 气体流路 33 与第 1 气体供给管 14b 连接。另外,设置在第 1 气体流路 33 的喷出孔 321 朝向下方侧开口,能够朝向被载置于载置台 2 上的基板 S,向形成于对置的分隔壁 41 之间的空间内供给  $\text{H}_2$ 。

[0137] 在第 2 气体供给管 15a、15b,第 1 气体供给管 14a、14b 分别设置有开闭阀 V1 ~ V4,能够按每个系统进行  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{H}_2$  的供断。这些开闭阀 V1 ~ V4 构成本实施方式的气体供给切换部。以下的说明中,将标注“a”符号的供给管 15a、14a 称为 1 系统,标注“b”符号的供给管 15b、14b 称为 2 系统,加以彼此区别。

[0138] 接下来,对排气系统进行说明。

[0139] 在支承分隔壁 41 的顶板 181 设置有沿上下方向贯通该顶板 181 的多个排气孔 182。而且在该顶板的上表面配置有例如构成为扁平的形状,且内部为空腔的排气部件 160。另外,在排气部件 160 的底面,与顶板 181 一侧的各排气孔 182 对应的位置设置有气体导入

孔 161, 通过连接这些排气孔 182 与气体导入孔 161, 而能够朝向排气部件 160 内的空腔排出顶板 181 的下方侧的气体。该空腔例如与未图示的排气路连接, 起到作为排出供给至基板 S 后的  $H_2$ 、 $SiH_4$  的集合排气部 16 的作用。

[0140] 接下来, 对电力系统进行说明。

[0141] 本实施方式所涉及的成膜装置 1e 中, 面向图从左侧数第 1 个以及第 5 个分隔壁 41 始终与高频电源部 51 连接, 另一方面, 第 3 个分隔壁 41 始终接地。而且第 2 个、第 4 个、第 6 个分隔壁 41 通过作为连接切换部的开关部 52a ~ 52c, 将连接目标切换到与高频电源部 51 的电源端子侧和接地侧中的任意一方。图 22 所示的开关部 52a ~ 52c 的连接目标为接点 521 为高频电源部 51 侧, 接点 522 为接地侧。

[0142] 在具备了所述构成的成膜装置 1e 中, 如图 23A 所示, 使开关部 52a、52c 与高频电源部 51 侧的接点 521 连接, 另一方面, 使开关部 52b 与接地侧的接点 522 连接。由此, 向第 1 个、第 2 个、第 5 个、第 6 个分隔壁 41 供给高频电力, 另外, 第 3 个、第 4 个分隔壁 41 处于接地的状态。

[0143] 而且, 若对置的分隔壁 41 的一方与高频电源部 51 连接, 另一方接地, 则形成将上述一方侧作为阴极 43, 将另一方侧作为阳极 42 的平行电极。因此, 若从第 1 气体流路 33 向平行电极间的空间供给  $H_2$ , 则该空间成为使  $H_2$  等离子体化的等离子体生成空间 401。图 23A 所示的例子中, 第 2 个与第 3 个分隔壁 41 之间、第 4 个与第 5 个分隔壁 41 之间成为等离子体生成空间 401。

[0144] 与此相对, 第 1 个与第 2 个分隔壁 41 以及第 5 个与第 6 个分隔壁 41 都与高频电源部 51 连接, 另外, 第 3 个与第 4 个分隔壁 41 接地。因此这些第 1 个与第 2 个分隔壁 41 之间、第 3 个与第 4 个分隔壁 41 之间、第 5 个与第 6 个分隔壁 41 之间的空间呈等电位, 即使供给  $H_2$  也不形成等离子体。

[0145] 此时, 若与由开关部 52a ~ 52c 的连接目标的选择同步地打开 1 系统侧的第 1 气体供给管 14a 的阀 V3 以及第 2 气体供给管 15a 的阀 V1 (图 23A 中记为“O”), 则从第 1 气体流路 33 朝向下方向等离子体生成空间 401 内供给  $H_2$ , 使该  $H_2$  等离子体化, 生成 H 自由基。然后向该等离子体生成空间 401 的下方侧供给  $SiH_4$ , 从而混合 H 自由基与  $SiH_4$ , 能够以高浓度向基板 S 的表面供给  $\mu c-Si$  膜的生长所需的  $SiH_3$ 。

[0146] 另一方面, 与未形成等离子体的空间连接的 2 系统侧的第 1 气体供给管 14b 的阀 V4 以及第 2 气体供给管 15b 的阀 V2 关闭 (图 23A 中记为“S”)。而且通过集合排气部 16 向排气路进行排气, 从而在等离子体生成空间 401 的下方侧与基板 S 接触的 H 自由基与  $SiH_4$  的混合气体朝向上方侧改变流向, 通过排气孔 182 (以及气体导入孔 161) 流入集合排气部 16 内被排气。

[0147] 因此, 对置的分隔壁 41 呈等电位, 从第 1、第 2 气体流路 33、411 未供给  $H_2$ 、 $SiH_4$  的空间构成用于排出被供给到基板 S 的表面的混合气体的排气空间 402。本实施方式中, 供给基板 S 的表面的混合气体朝向集合排气部 16 在排气空间 402 内向上方侧流去, 所以与之前的实施方式相同, 基板 S 上的混合气体的滞留时间变短, 能够形成优质的  $\mu c-Si$  膜。

[0148] 此处, 与排气空间 402 相同, 各等离子体生成空间 401 也通过排气孔 182 与集合排气部 16 连接, 所以担心从第 1 气体流路 33 供给的  $H_2$  流向集合排气部侧, 而不能到达载置台 2 上的基板 S 的表面。然而, 如已叙述的那样, 以使第 1 气体流路 33 的喷出孔 321 朝向

下方侧开孔,朝向等离子体生成空间 401 内排出  $H_2$  的方式构成,从而能够使从喷出孔 321 供给的  $H_2$  的大部分搭在朝下方向的流动,到达基板 S,这一情况通过使用流体模拟器的模拟已进行确认。

[0149] 这样,如果在图 23A 所示的状态下,例如以数秒期间~数分期间这样的预先设定的时间进行成膜,则如图 23B 所示,以使开关部 52a、52c 与接地侧的接点 522 连接,使开关部 52b 与高频电源部 51 侧的接点 521 连接的方式进行切换。其结果,通过第 1 个与第 2 个分隔壁 41、第 3 个与第 4 个分隔壁 41、第 5 个与第 6 个分隔壁 41 分别形成平行电极,另一方面,第 2 个与第 3 个分隔壁 41 之间、第 4 个与第 5 个分隔壁 41 之间呈等电位。

[0150] 于是,通过与开关部 52a ~ 52c 的切换动作同步地打开与形成平行电极的空间连接的 2 系统侧的第 1 气体供给管 14b 的阀 V4、第 2 气体供给管 15b 的阀 V2,关闭 1 系统侧的第 1 气体供给管 14a 的阀 V3、第 2 气体供给管 15a 的阀 V1,而能够将形成有平行电极的空间切换为等离子体生成空间 401,将等电位的空间切换为排气空间 402。此外,图 23B 中被打开的阀也表示为“O”,被关闭的阀表示为“S”。

[0151] 其结果,在图 23A 的状态下作为等离子体形成空间 401 的区域在图 23B 的状态下切换为排气空间 402,相反,在图 23A 作为排气空间 401 的区域在图 23B 切换为等离子体生成空间 401。于是,通过交替地反复图 23A 所示的状态与图 23B 所示的状态,而按预先设定的时间间隔切换等离子体生成空间 401 与排气空间 402,能够实现以时间平均均匀的混合气体的供给。由此,能够在基板 S 的表面形成膜厚以及膜质更均匀的  $\mu c$ -Si 膜。

[0152] 这样,以随时间的推移切换等离子体生成空间 401 与排气空间 402 的方式构成的方法并不限定于从第 1 气体流路 33 向等离子体生成空间 401 的上方侧的区域供给  $H_2$ ,将  $SiH_4$  从第 2 气体流路 411 向等离子体生成空间 401 的下方侧的区域与  $H_2$  分开供给的例子应用。例如如图 24 所示,也可以在各分隔壁 41 内不设置第 2 气体流路,朝向设置在顶板 181 内的第 1 气体流路 33,从 2 个系统的混合气体供给管 17a、17b 供给  $H_2$  与  $SiH_4$  的混合气体。在这种情况下,通过开关部 52a ~ 52b 以及被设置在混合气体供给管 17a、17b 上的阀 V1、V2 的切换,与图 23A、图 23B 所示的例子相同,在对置的分隔壁 41 之间切换形成等离子体生成空间 401 与排气空间 402,而能够向基板 S 的表面供给以时间平均均匀的混合气体。

[0153] 另外,将对置的分隔壁 41 之间作为等离子体生成空间 401 的方法并不限定于通过使分隔壁 41 的一方与高频电源部 51 连接作为阴极 43,另一方接地作为阳极 42,而形成平行电极的方法。例如如图 25 所示,也可以在顶板 181 的上方的集合排气部 16 内等配置 ICP 天线 7a、7b。此处,利用形成连接切换部的未图示的开关部等,能够从高频电源部 51 对 ICP 天线 7a 以及 ICP 天线 7b 切换地供给电力。而且在因对 ICP 天线 7a、7b 的供给电力而形成感应电磁场的区域,从第 1 气体流路 33 以及第 2 气体流路 441 供给  $H_2$  以及  $SiH_4$ ,从而能够将该区域作为等离子体生成空间 401。另一方面,在未供给电力的 ICP 天线 7b、7a 的下方侧的空间,不进行  $H_2$ 、 $SiH_4$  的供给,从而使该空间作为排气空间 402 发挥作用。而且随时间的推移交替地进行这些等离子体生成空间 401 的形成与排气空间 402 的形成,从而能够执行与图 23A、图 23B 所示的成膜装置 1e 相同的动作。

[0154] 除此之外,为了形成等离子体生成空间 401,设置在对置的分隔壁 41 的上方的活化机构并不限定于由 ICP 天线 7a、7b 以及高频电源部 51 构成的情况。例如也可以沿着形成于对置的分隔壁 41 之间的空间直线状地配置多个已叙述的微波天线单元 6 来形成微波

天线单元 6 的列,利用未图示的开关部(连接切换部)等按每个列切换执行作为电源部的微波输出部 63 的微波供给,从而对调等离子体生成空间 401 与排气空间 402 的位置。

[0155] 以上说明的、在对置的 2 个分隔壁 41 之间随时间的推移交替地形成等离子体生成空间 401 与排气空间 402 的类型的成膜装置 1e 中,并不限定于集合排气部 16 朝向图 21 所示的单一的空腔排出混合气体的例子。例如也可以与设置有分隔壁 41 的位置对应地在集合排气部 16 内设置划分壁来划分该集合排气部 16 内。而且也可以以对于等离子体生成空间 401 的上方的集合排气部 16 停止排气,只执行从排气空间 402 向集合排气部 16 的排气的方式切换集合排气部 16 的排气位置。

[0156] 另外,从排气空间 402 进行的混合气体的排气,如图 23A、图 23B 所示,并不限定于从排气空间 402 的上方侧进行的情况,例如也可以与图 4 所示的例子相同,从排气空间 402 的侧方实施。

[0157] 而且,形成平行电极的分隔壁 41 并不限定于一方侧与高频电源部 51 连接,另一方侧接地的情况。例如也可以以相对于向一方侧施加的高频电力,向另一方侧的分隔壁 41 施加相位反转的高频电力的方式构成平行电极。

[0158] 而且,图 23A 所示的状态(第 1 状态)与图 23B 所示的状态(第 2 状态)的执行时间优选执行相同的时间,但这不是必须的条件。即使是在第 1、第 2 状态的执行时间相互不同的情况下,与等离子体生成空间 401 以及排气空间 402 的位置被固定的情况相比,能够改善以时间平均观察时的混合气体的供给状态的偏离,能够提高膜厚、膜质的均匀性。

[0159] 不管以上哪个实施方式,都将基板的上方空间通过分隔壁在横向分割为等离子体生成空间与排气空间,在等离子体生成空间使第 1 反应气体活化来生成等离子体,另一方面,向比等离子体生成空间内的下部侧或者该等离子体生成空间更靠下方侧供给第 2 反应气体,从排气空间排出基板上的气体。因此在抑制住因与等离子体的接触而促进分解的状态下,使第 2 反应气体与根据第 1 反应气体生成的活性种反应,而能够使得作为目的的成膜种以高浓度在基板的附近存在。

[0160] 上述的实施方式的成膜装置 1a ~ 1e 并不局限于在基板 S 形成  $\mu$ c-Si 膜的情况,也能够适用于变更  $H_2$  与  $SiH_4$  的供给比、具体而言增加  $SiH_4$  的供给比例,从而形成 a-Si 膜的情况。

[0161] 另外,本发明并不限定于适用于利用  $H_2$  与  $SiH_4$  的 Si 膜的成膜的情况。也能够适用于例如将第 1 反应气体作为  $H_2$ ,将第 2 反应气体作为  $SiH_4$  以外的硅化合物气体,例如  $SiH_2Cl_2$ ,形成微结晶 Si 的情况。

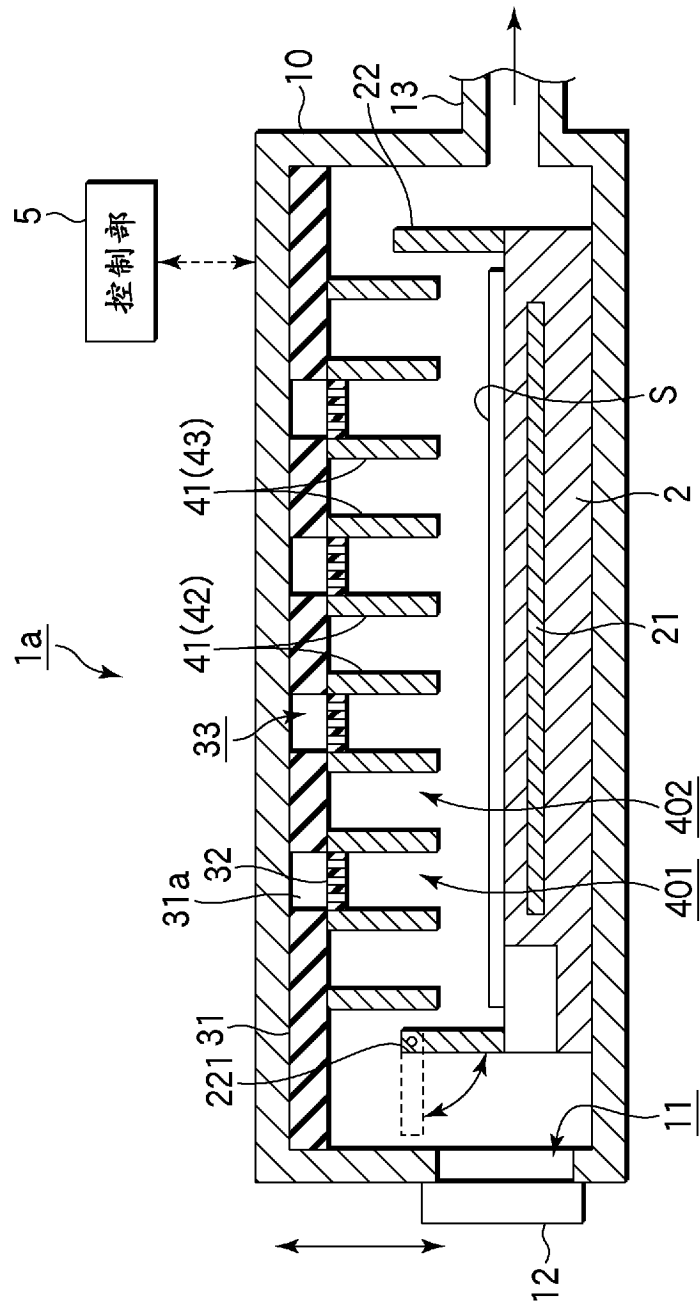


图 1

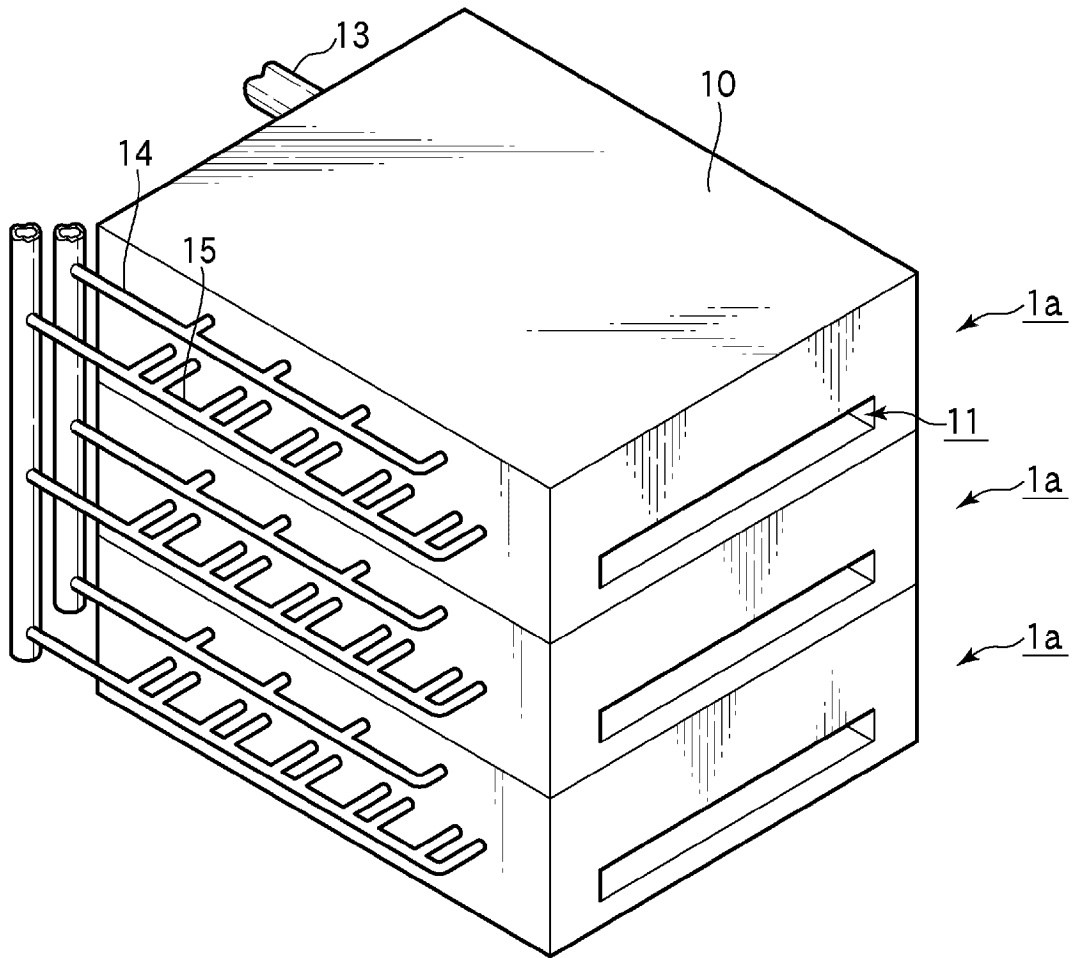


图 2

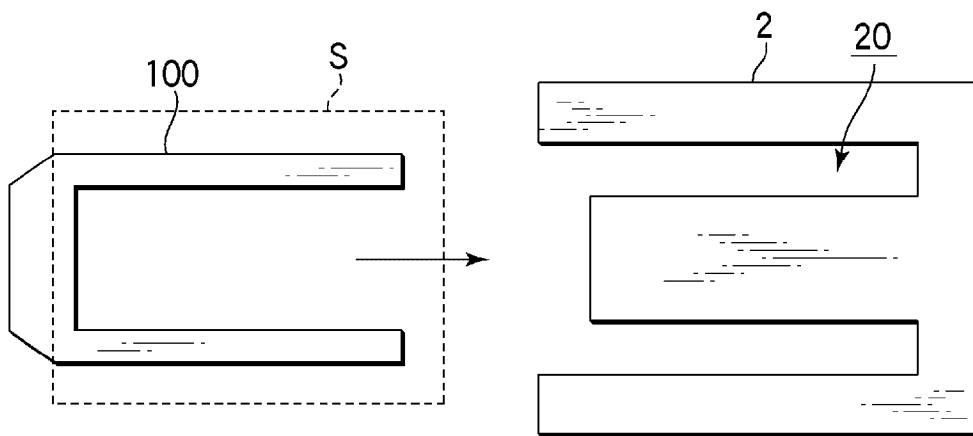


图 3A

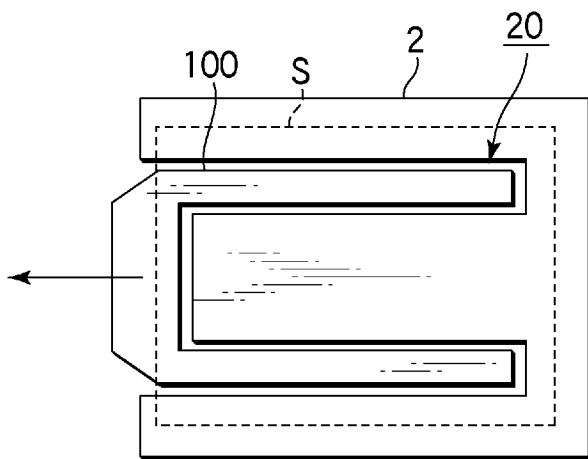


图 3B

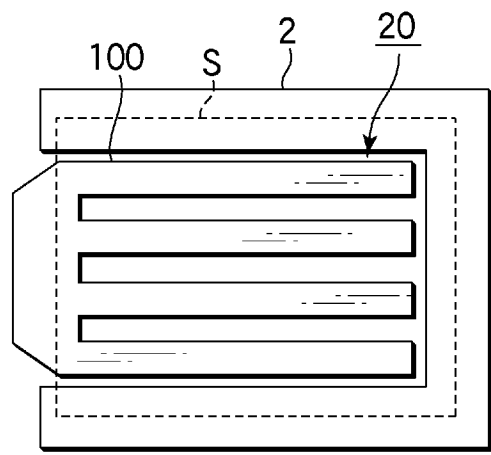


图 3C

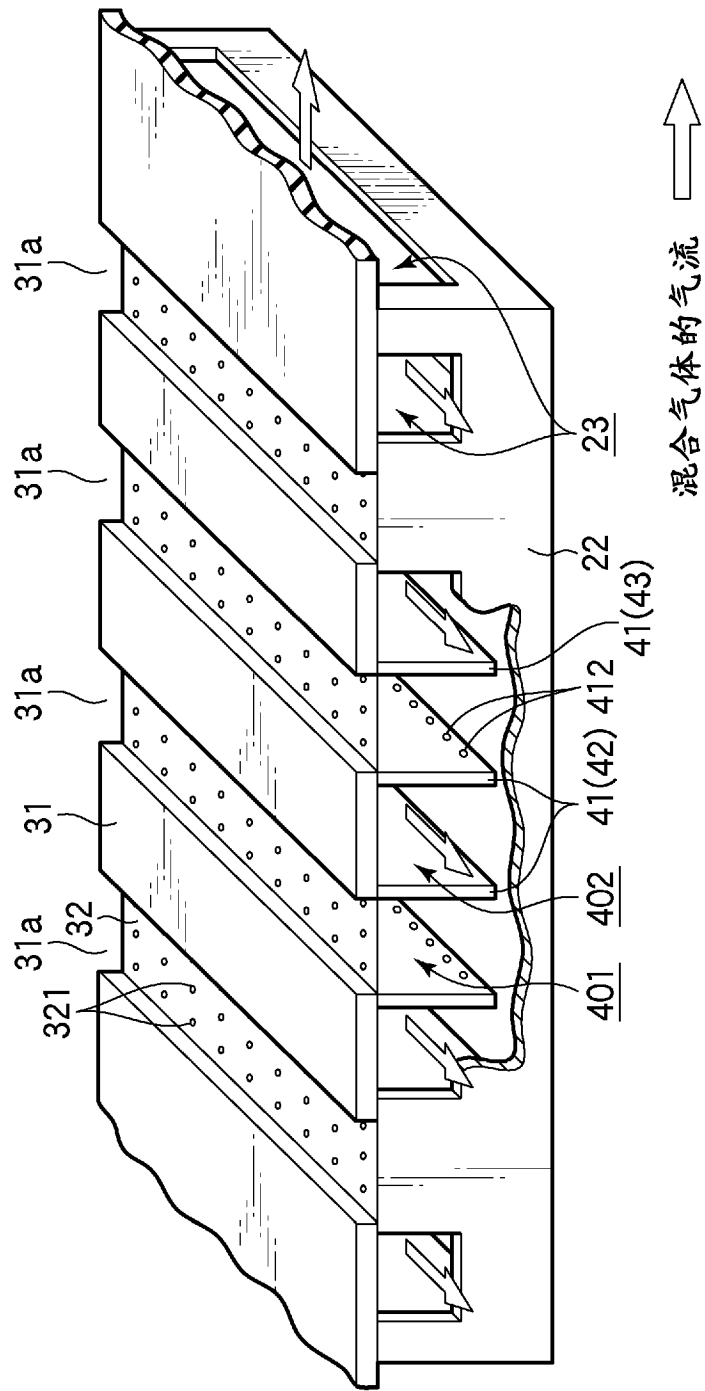


图 4

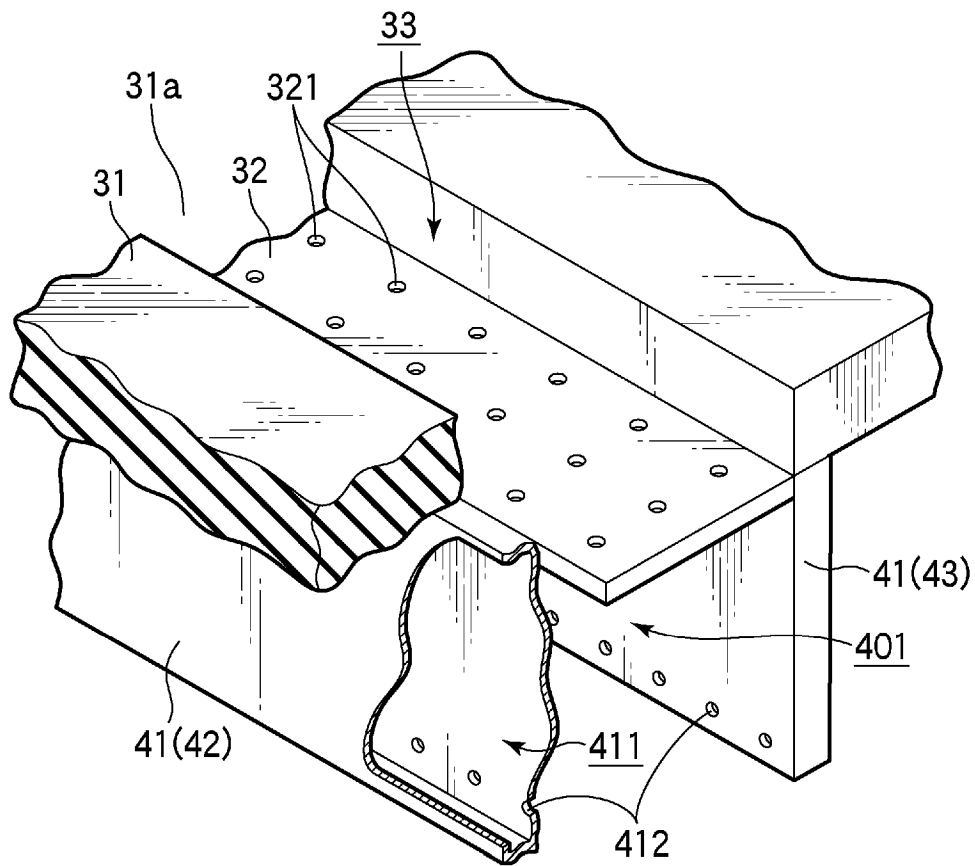


图 5

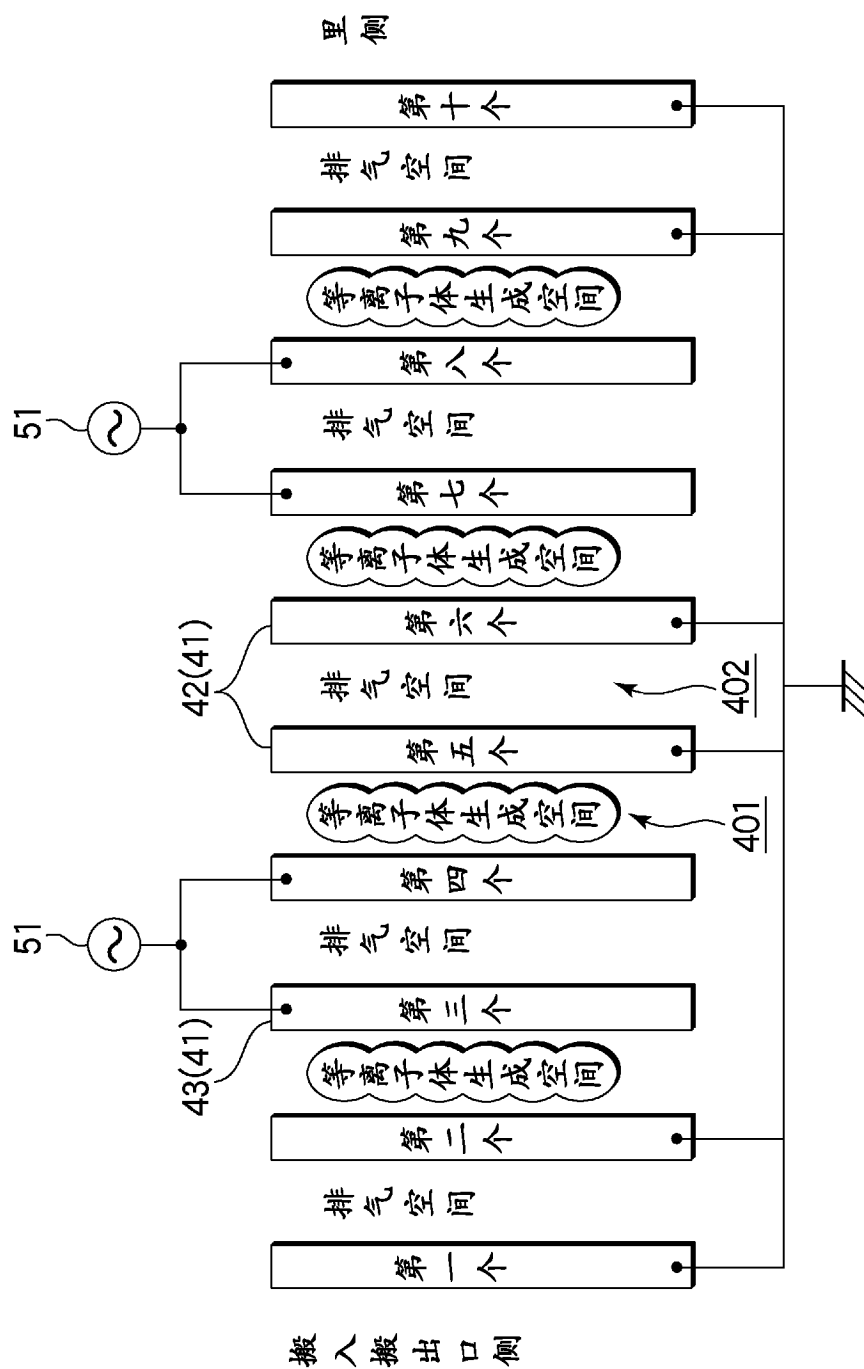


图 6

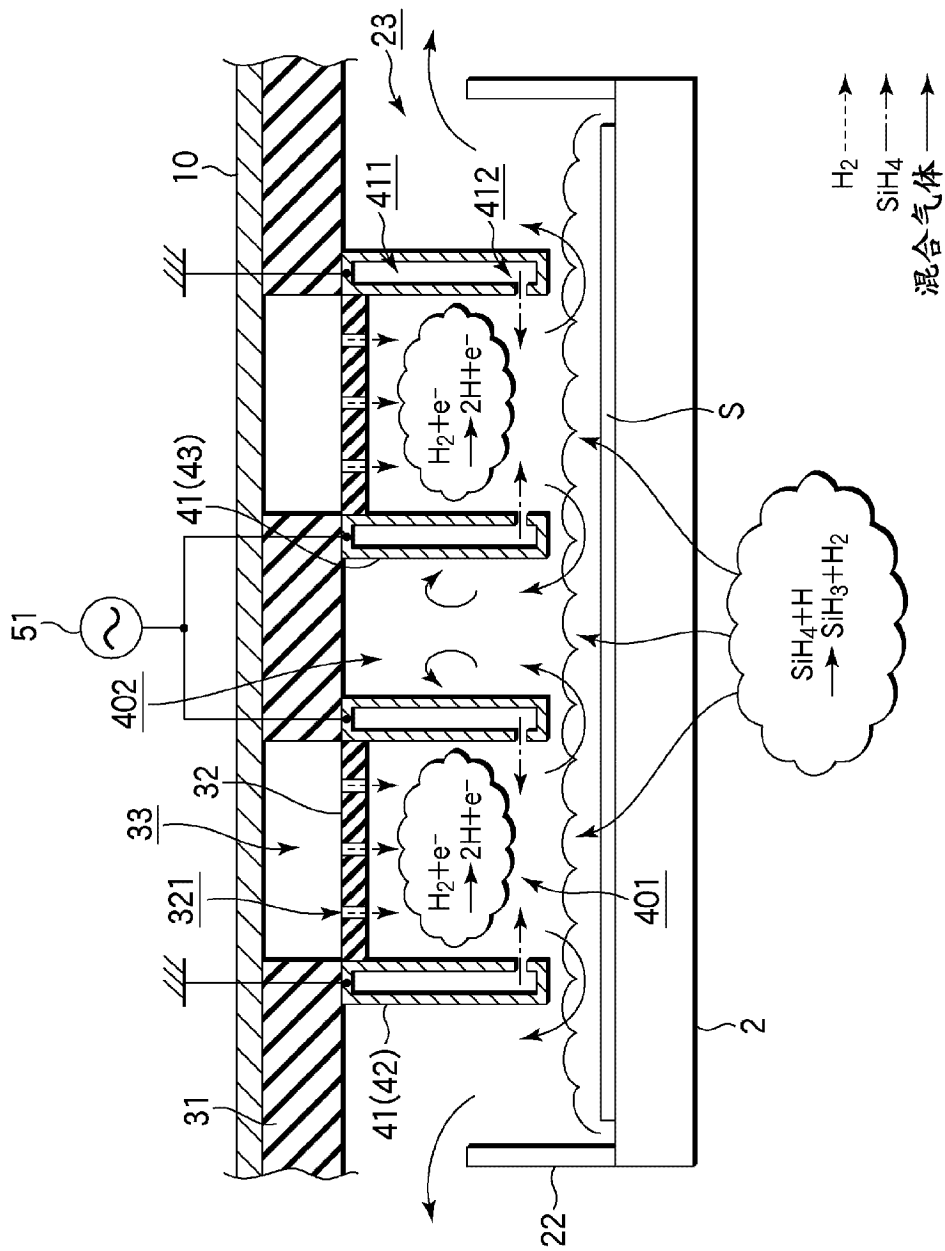


图 7

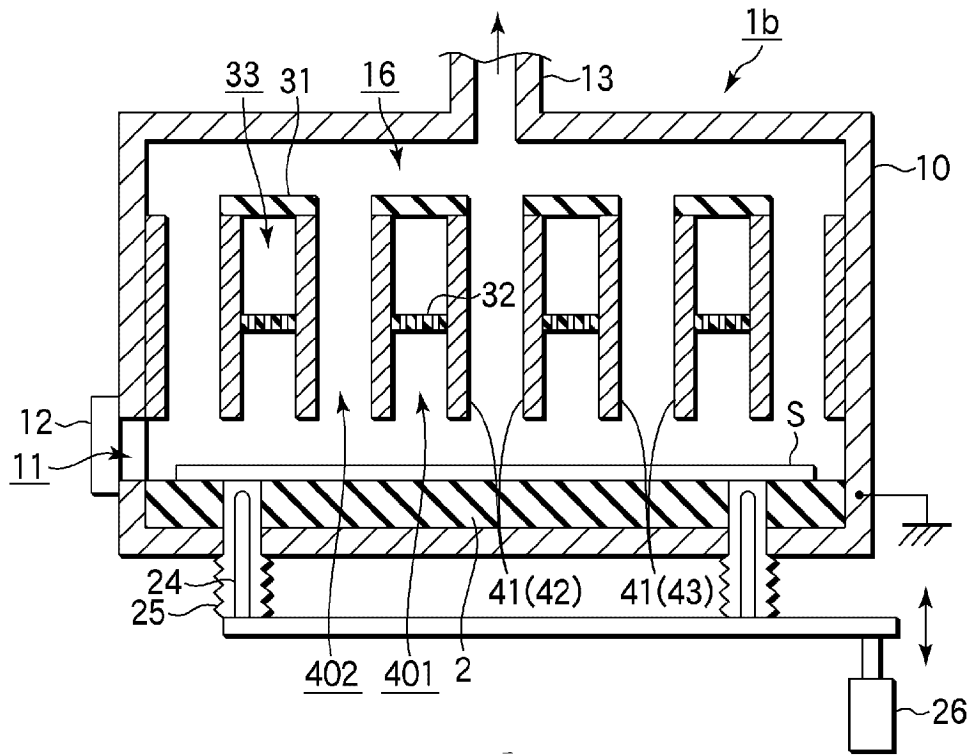


图 8

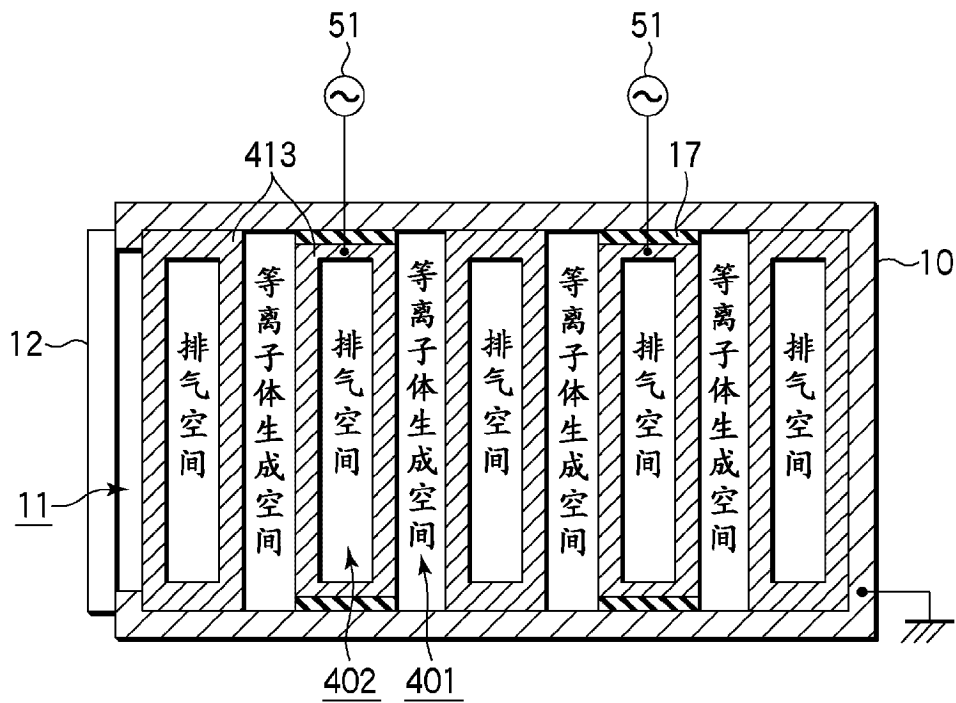


图 9

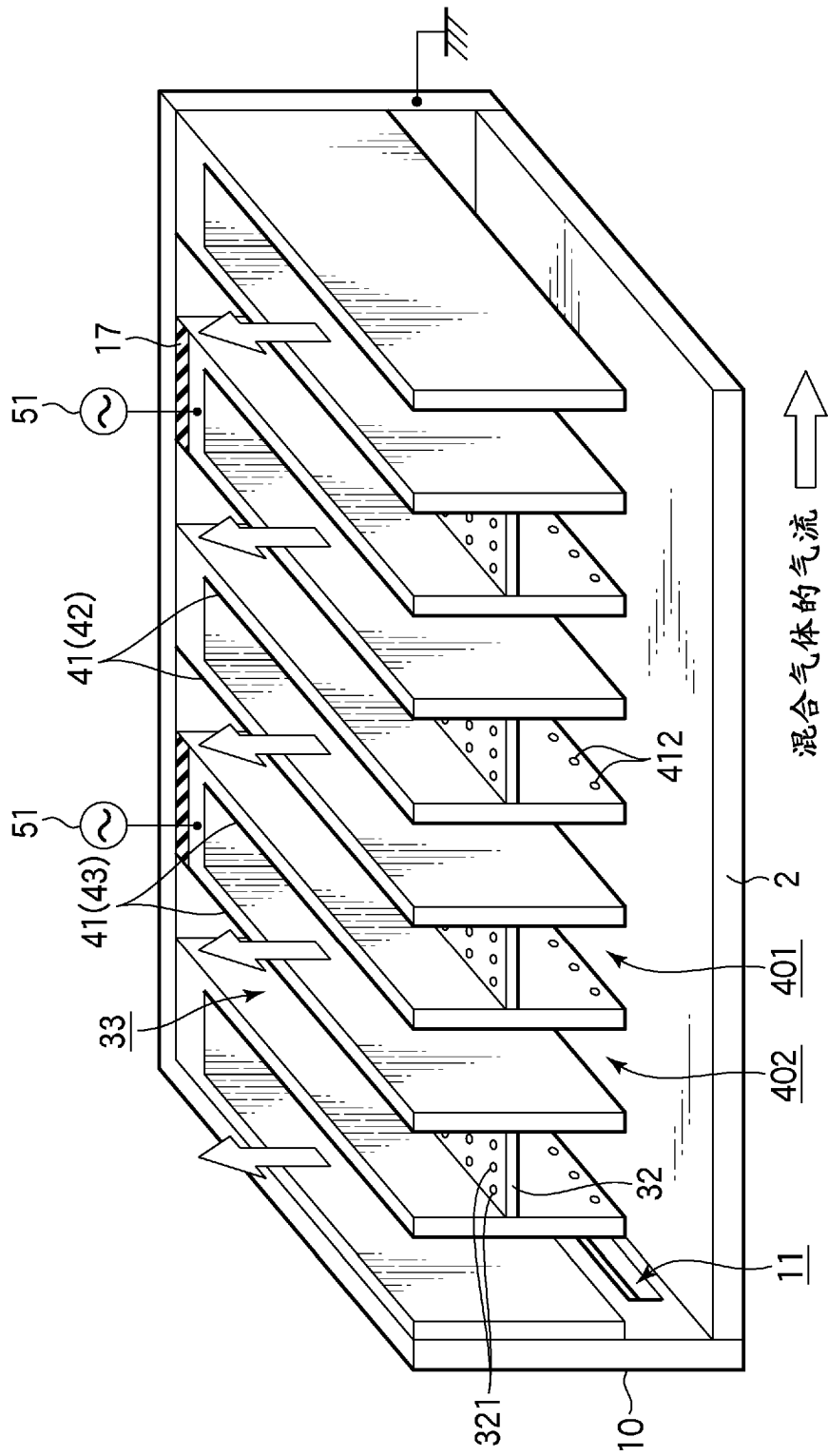


图 10

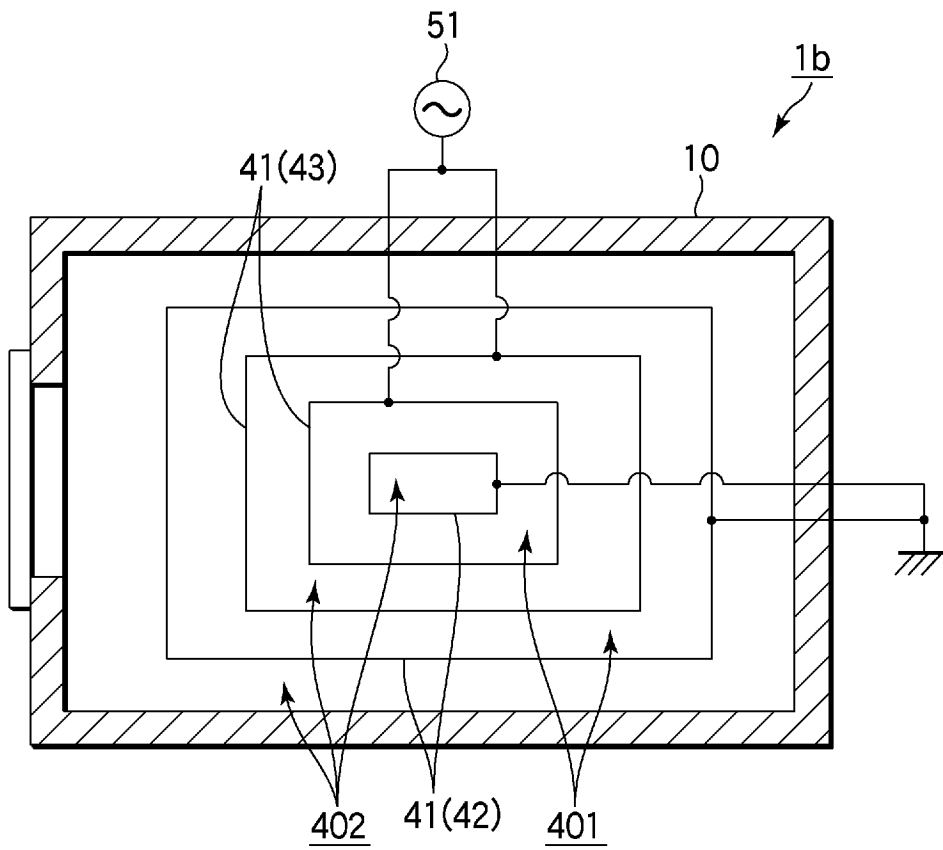


图 11

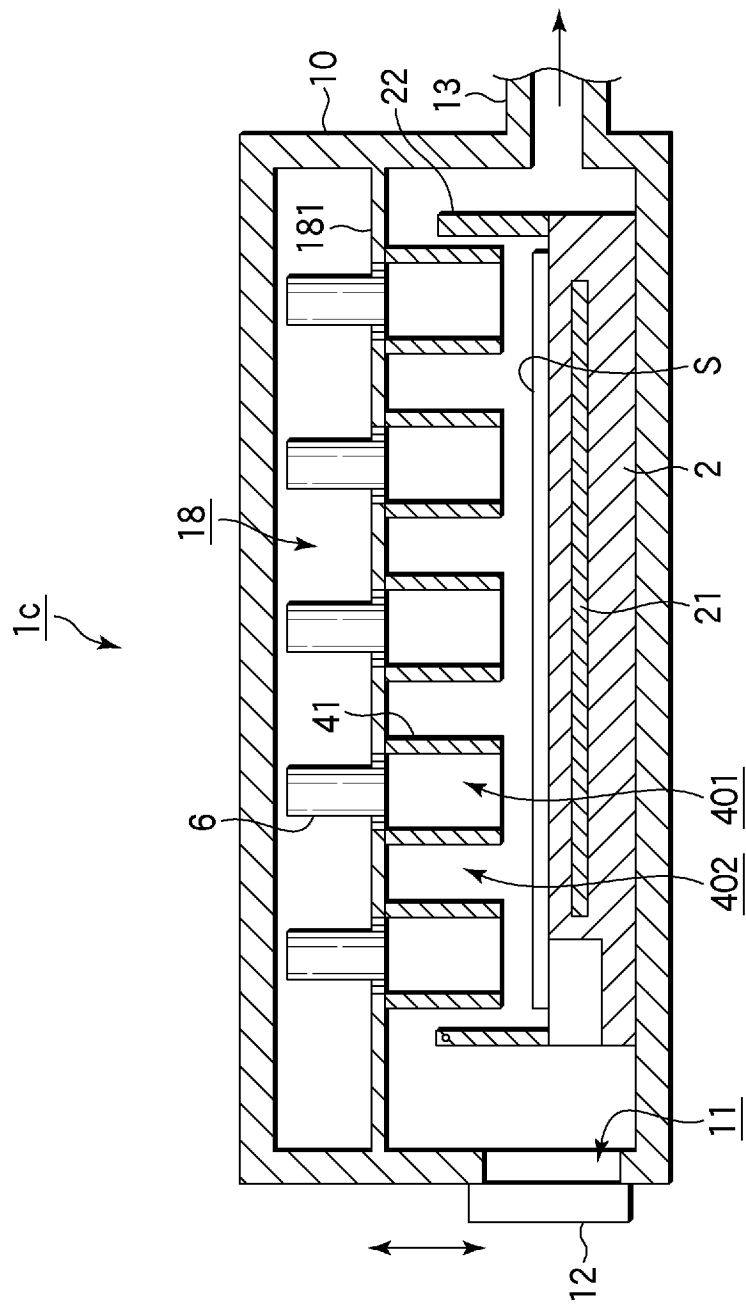


图 12

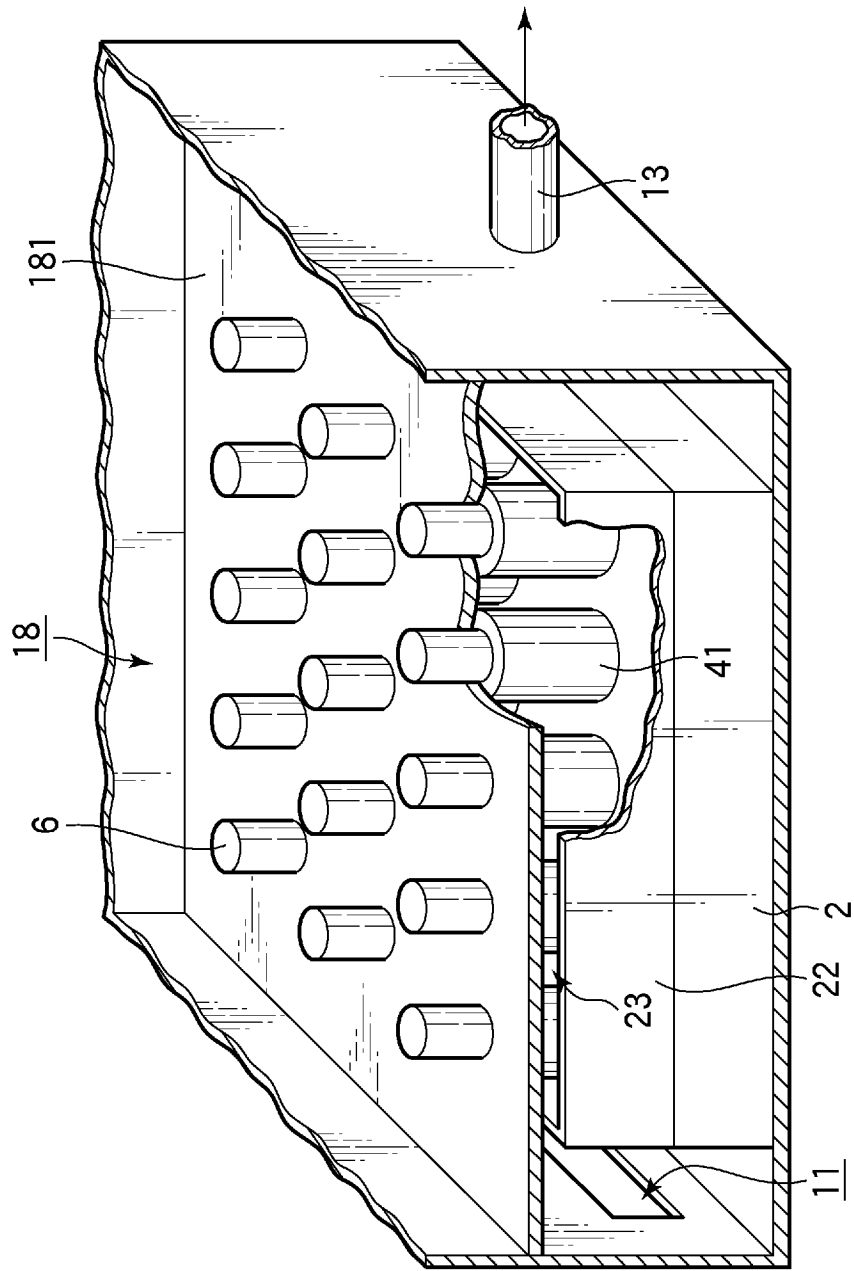


图 13

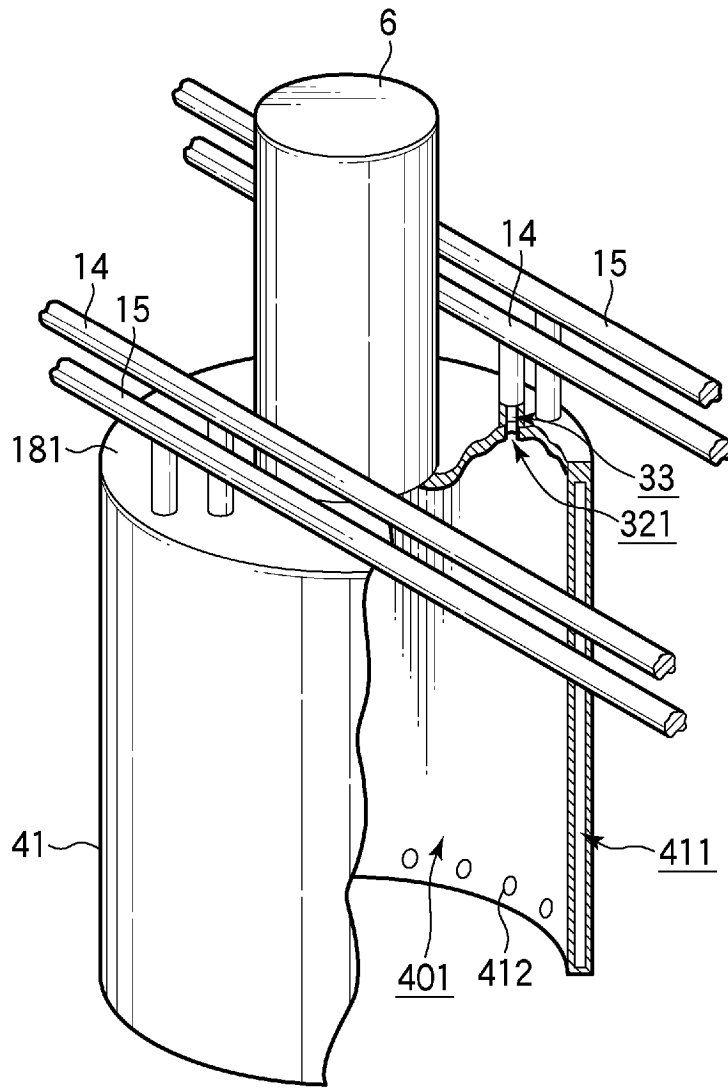


图 14

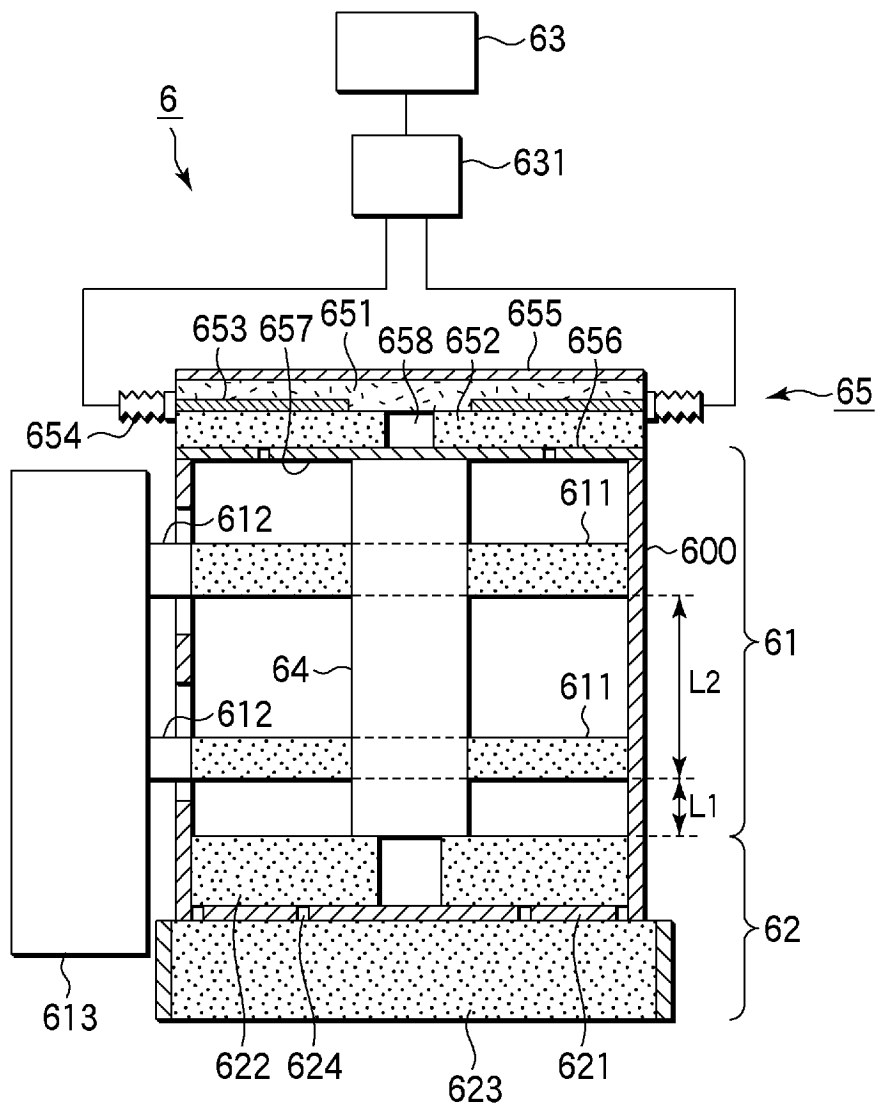


图 15

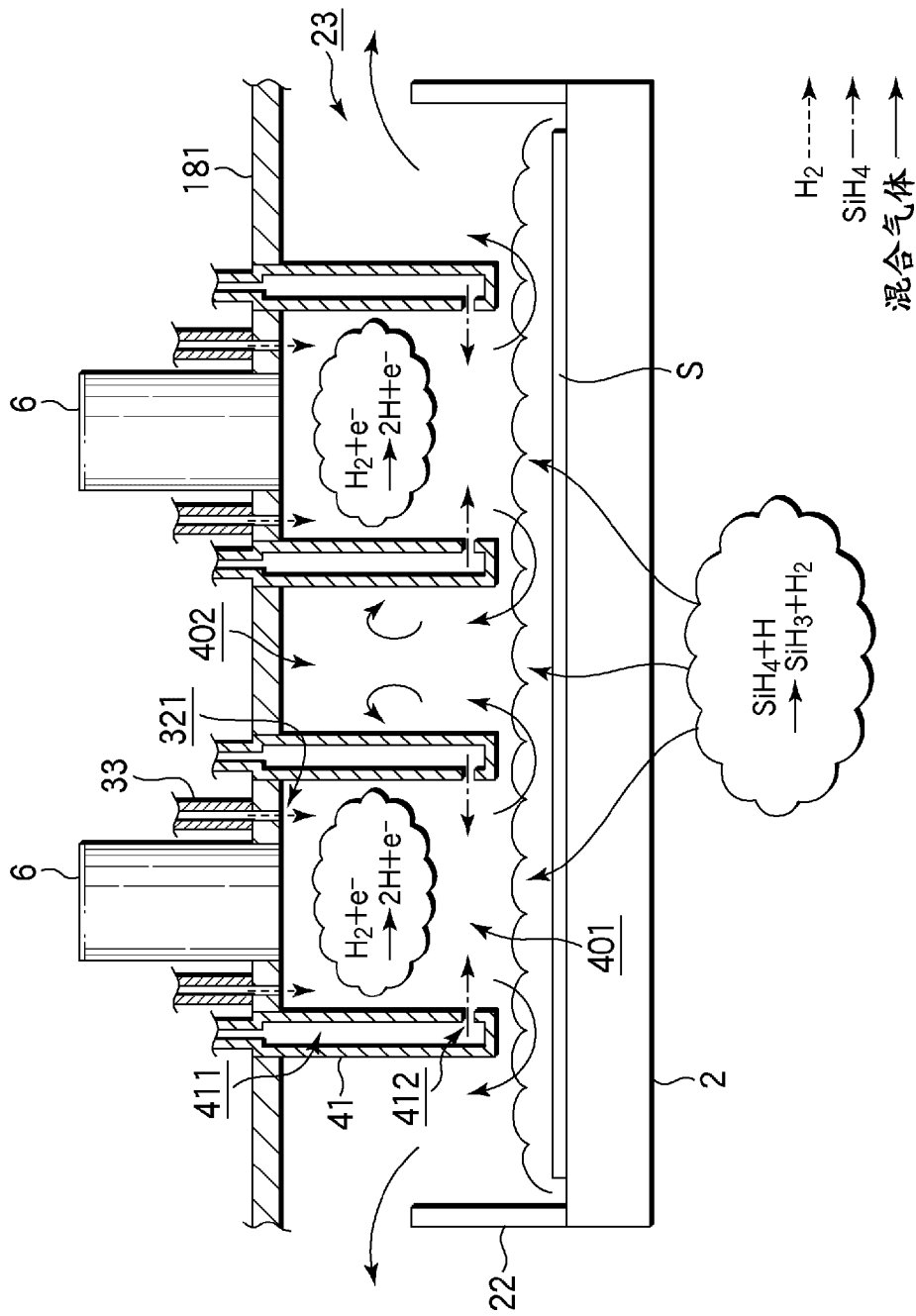


图 16

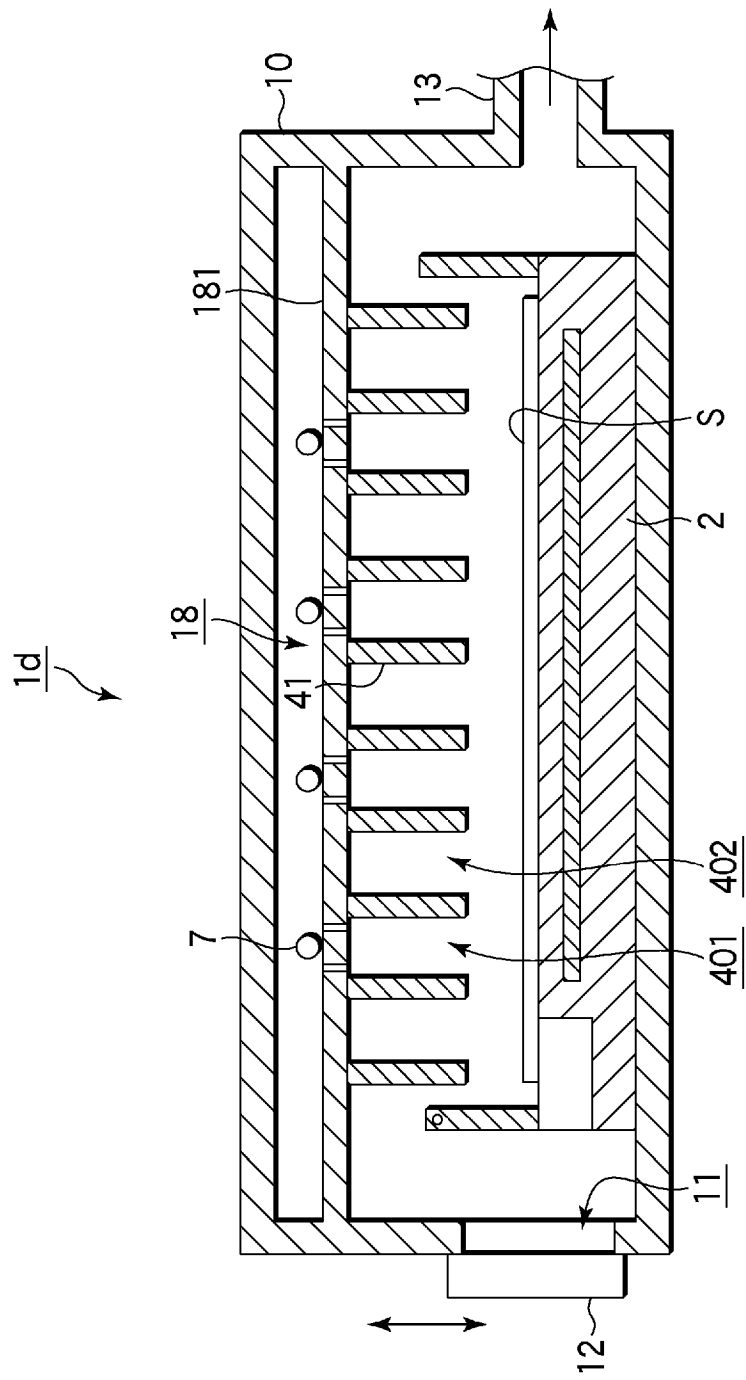


图 17

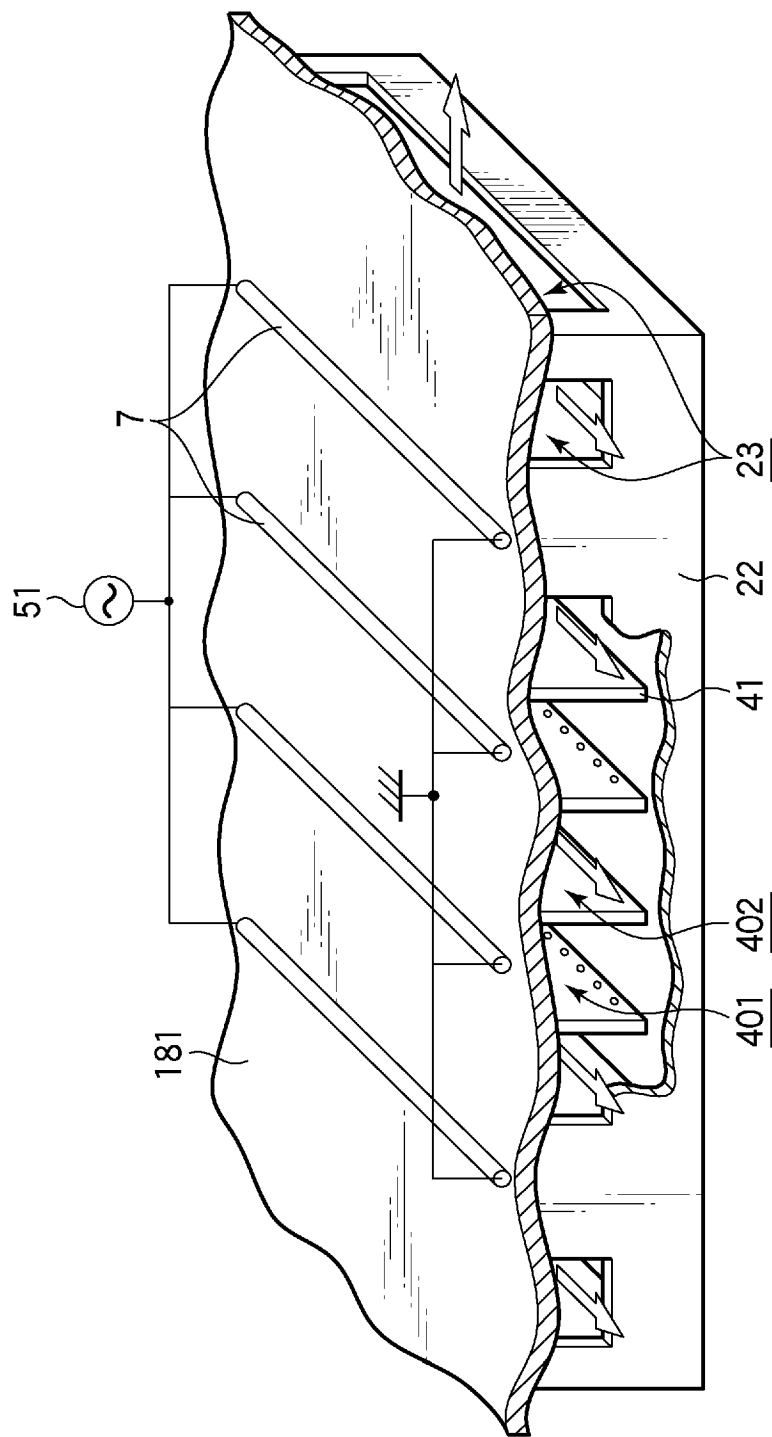


图 18

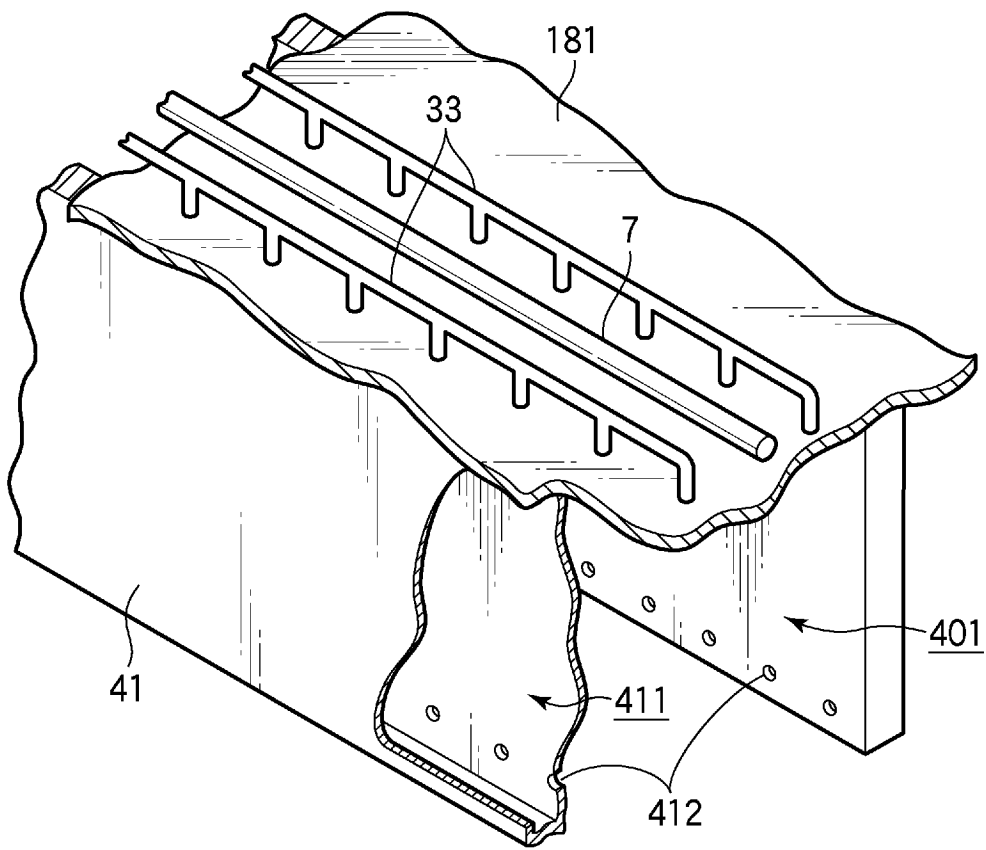


图 19

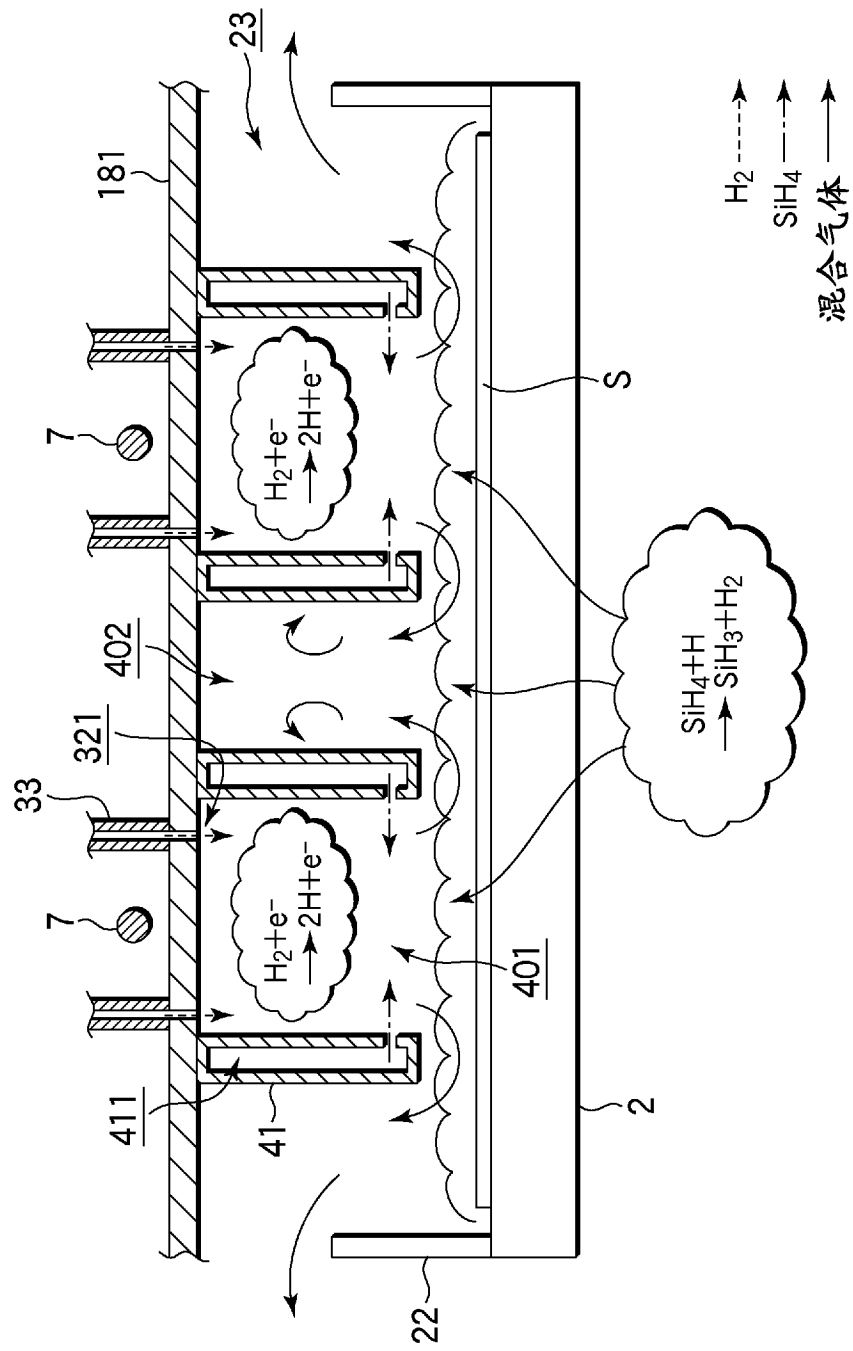


图 20

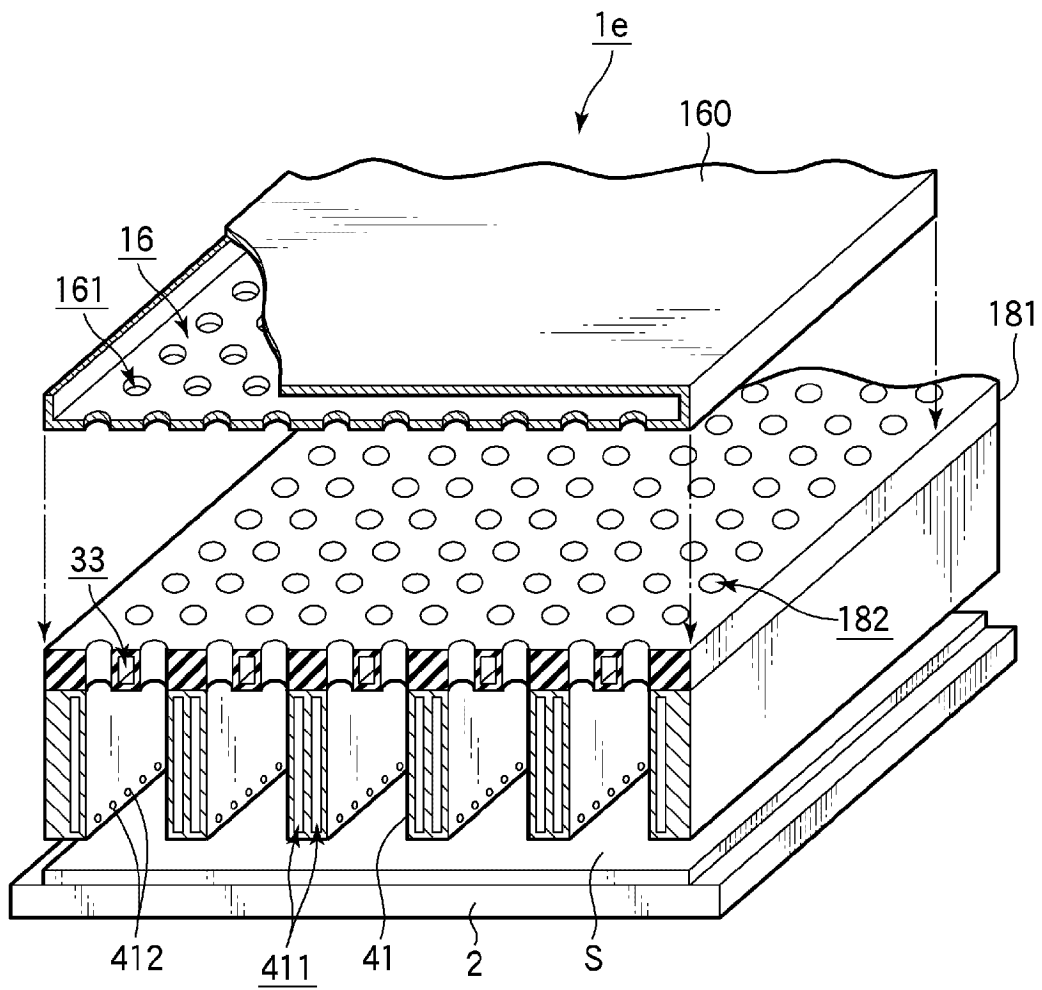


图 21

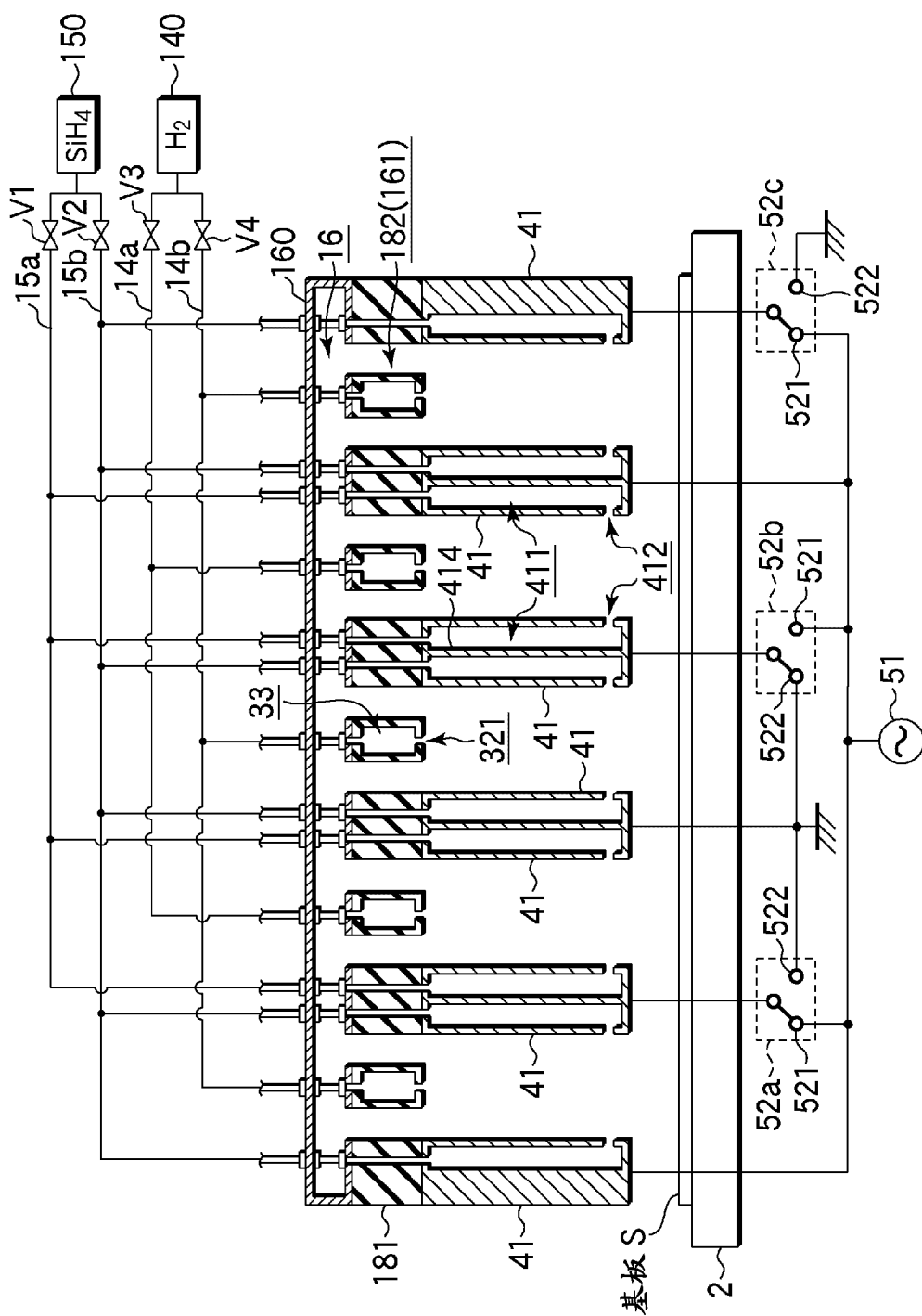


图 22

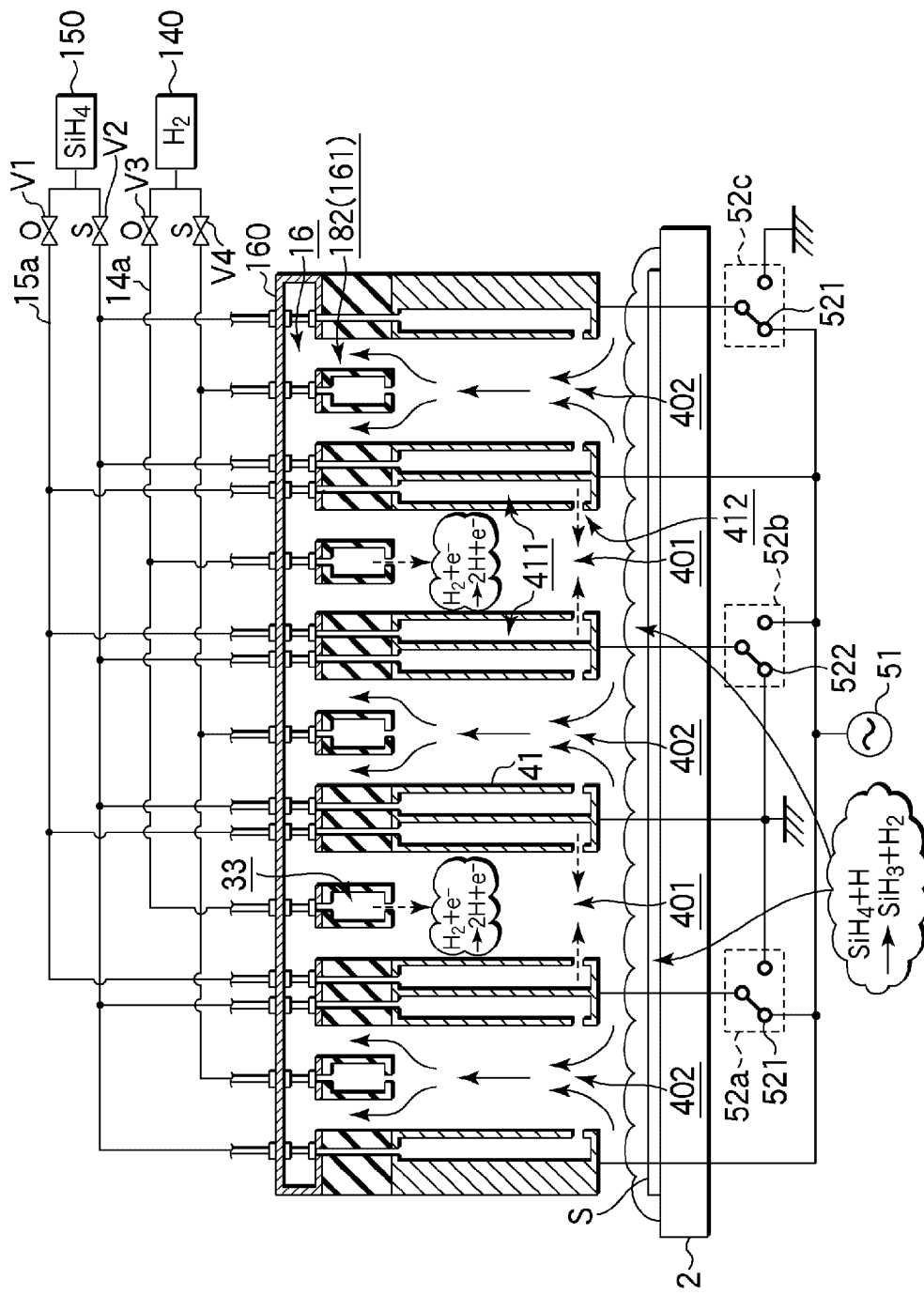


图 23A

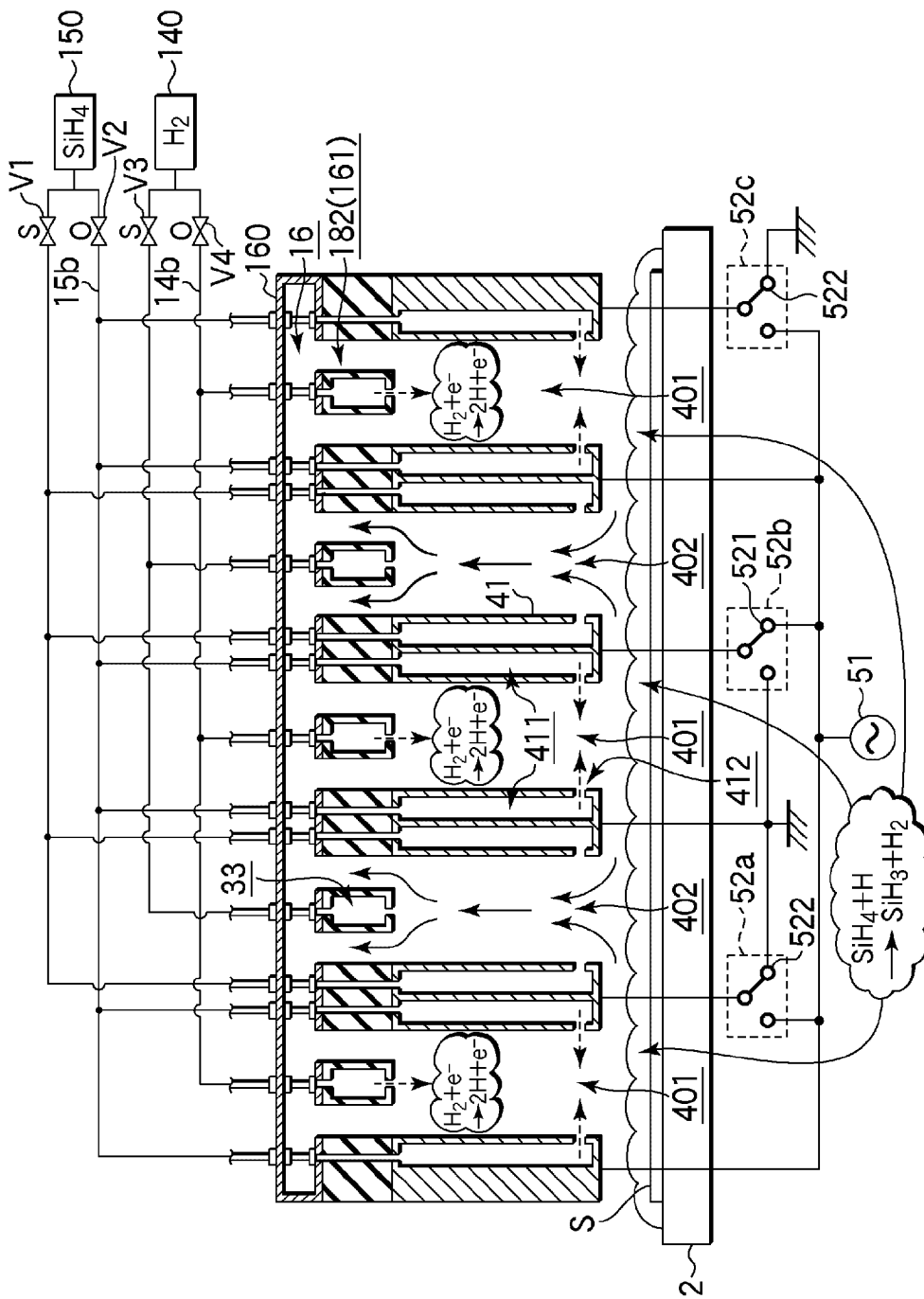


图 23B

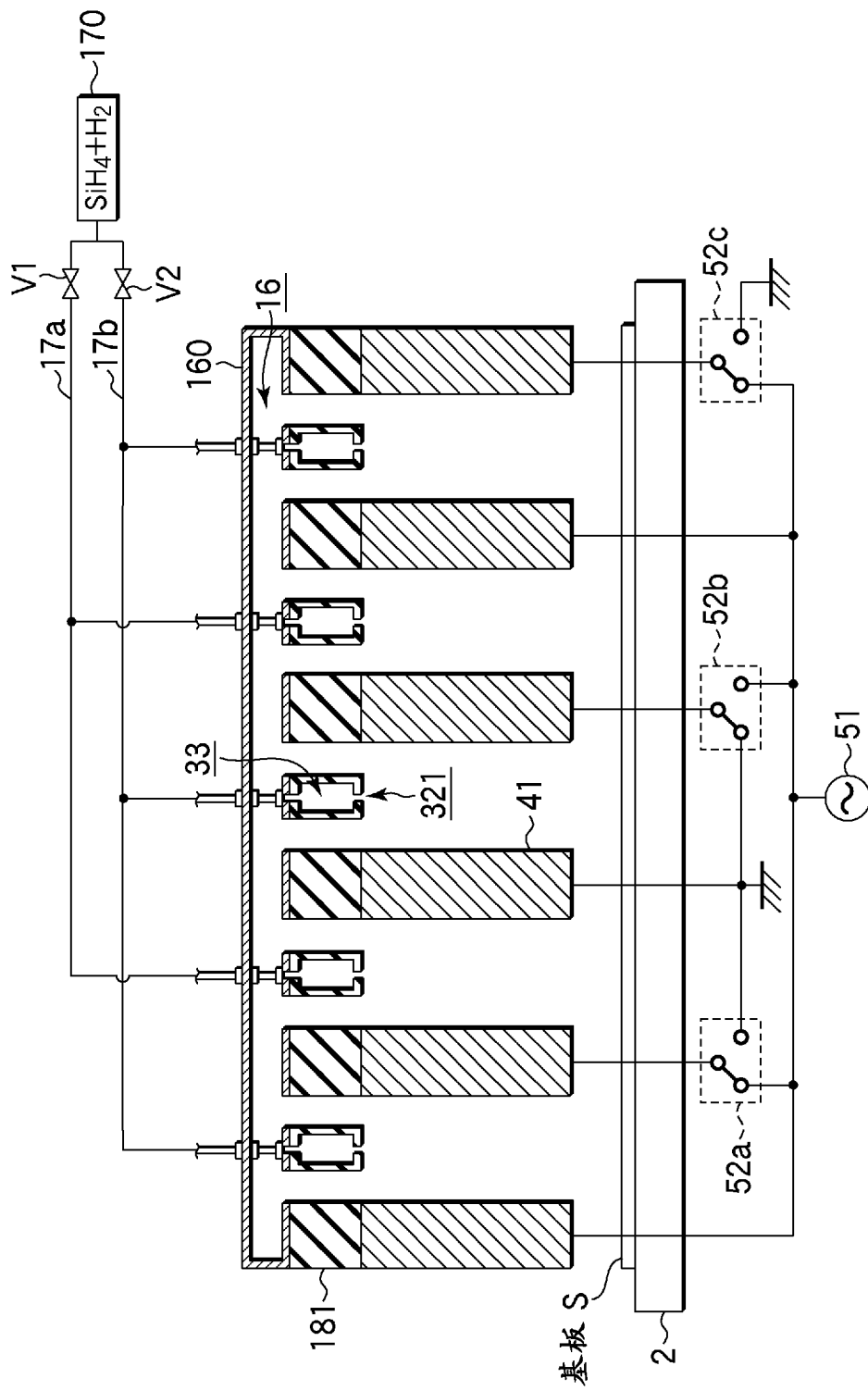


图 24

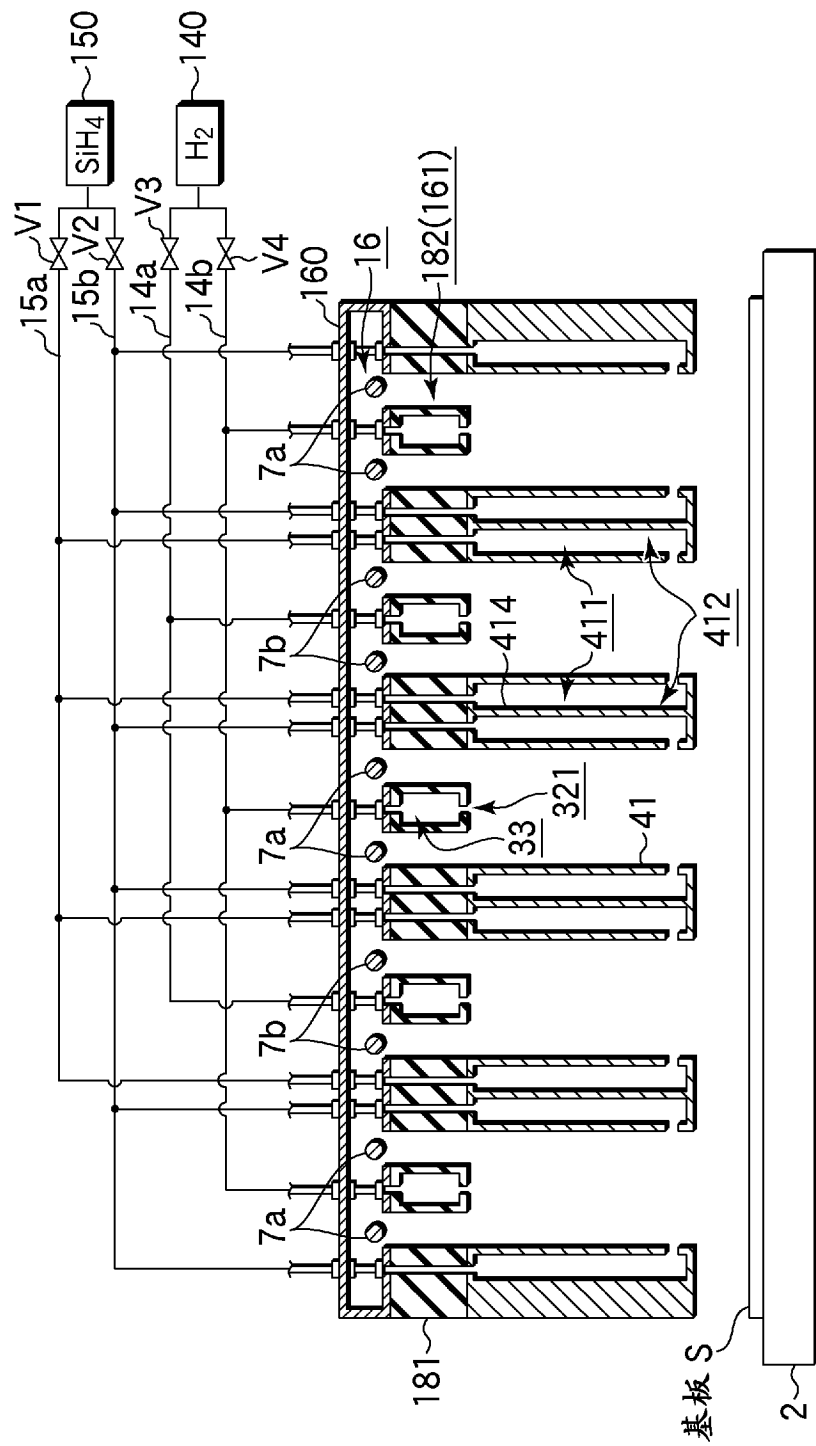


图 25