



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102959125 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201180030847. 9

(22) 申请日 2011. 05. 09

(30) 优先权数据

2010-178108 2010. 08. 06 JP

2010-178194 2010. 08. 06 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 12. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/060625 2011. 05. 09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/017717 JA 2012. 02. 09

(73) 专利权人 三菱重工业株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 中尾禎子 笹川英四郎 竹内良昭

宫园直之 大坪荣一郎

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 金龙河 车文

(51) Int. Cl.

C23C 16/509(2006. 01)

C23C 16/44(2006. 01)

C23C 16/455(2006. 01)

H01L 21/205(2006. 01)

H01J 37/32(2006. 01)

H01L 31/18(2006. 01)

H01L 31/20(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1407135 A, 2003. 04. 02,

WO 90/13151 A1, 1990. 11. 01,

EP 0782173 A2, 1997. 07. 02,

JP 特开 2007-221165 A, 2007. 08. 30,

审查员 刘化然

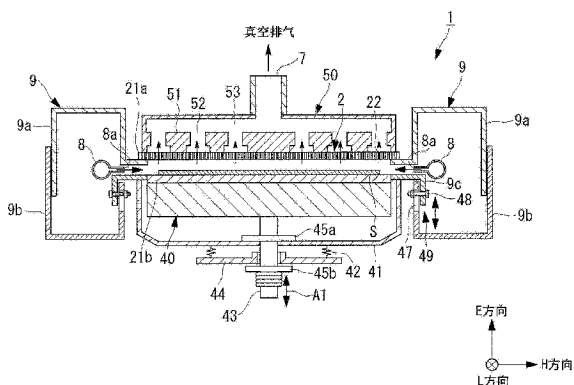
权利要求书4页 说明书33页 附图25页

(54) 发明名称

真空处理装置及等离子体处理方法

(57) 摘要

提供一种抑制脊形电极及基板的热变形,对于大型的基板也能进行稳定的等离子体处理的真空处理装置。具有:放电室(2),由脊形波导管构成,该脊形波导管具有生成等离子体的排气侧脊形电极(21a)及基板侧脊形电极(21b);一对转换器,将高频电力转换成方形波导管的基本传送模式即TE模式而向放电室(2)传送,并使排气侧脊形电极(21a)及基板侧脊形电极(21b)之间产生等离子体;均热调温器(40),设置在基板侧脊形电极(21b)的外表面侧,并使温度均匀地进行加热;热吸收调温单元(50),设置在排气侧脊形电极(21a)的外表面侧,并控制实施等离子体处理的基板(S)的板厚方向的热流束,将基板(S)设置在排气侧脊形电极(21a)及基板侧脊形电极(21b)之间而实施等离子体处理。



CN 102959125 B

1. 一种真空处理装置,其特征在于,  
具有:

放电室,由脊形波导管构成,该脊形波导管具有形成为平板状而相互平行地对向配置的一方的脊形电极及另一方的脊形电极,在所述一方的脊形电极及所述另一方的脊形电极之间生成等离子体;

一对转换器,与该放电室的两端相邻配置,由具有相互平行地对向配置的一对脊形部的脊形波导管构成,在该一对脊形部的两侧设有一对非脊形部波导管,将从高频电源供给的高频电力转换成方形波导管的基本传送模式而向所述放电室传送,并在所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间产生等离子体;

均热调温器,设置在所述另一方的脊形电极的外表面侧,控制所述另一方的脊形电极的温度;

热吸收调温单元,设置在所述一方的脊形电极的外表面侧,控制所述一方的脊形电极的温度;

排气单元,排出所述放电室及所述转换器的内部的气体;以及

母气体供给单元,向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间供给对基板实施等离子体处理所需的母气体,

所述基板设置在所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间而被实施等离子体处理。

2. 根据权利要求1所述的真空处理装置,其特征在于,

所述均热调温器及所述热吸收调温单元具有相互平行地对向的平面部,所述另一方的脊形电极以与所述均热调温器的平面部密接的方式被保持,所述一方的脊形电极以与所述热吸收调温单元的平面部密接的方式被保持。

3. 根据权利要求1或2所述的真空处理装置,其特征在于,

在所述一方的脊形电极穿设有多个通气孔,

所述热吸收调温单元形成为经由所述通气孔而与所述放电室连通的歧管状,并且在所述热吸收调温单元的内部具有供调温介质流通的调温介质流通路,

所述排气单元与所述热吸收调温单元的集管部连接,经由歧管形状的所述热吸收调温单元而将所述放电室及所述转换器的内部的气体排出。

4. 根据权利要求1或2所述的真空处理装置,其特征在于,

所述母气体供给单元具备:

母气体供给管,收容在所述放电室的非脊形部波导管的内部,沿着该非脊形部波导管的内部的长度方向配置;以及

多个气体喷出孔,从该母气体供给管向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体。

5. 根据权利要求3所述的真空处理装置,其特征在于,

所述一方的脊形电极的所述通气孔的每单位面积的开口率被设为相对于所述排气单元距所述母气体供给单元远的位置范围的每单位面积的开口率大于距所述母气体供给单元近的位置范围的每单位面积的开口率。

6. 根据权利要求1或2所述的真空处理装置,其特征在于,

所述母气体供给单元收容在所述热吸收调温单元的内部,所述母气体供给单元具备:  
母气体分配单元,遍布于所述热吸收调温单元的内部;以及  
多个气体喷出孔,从该母气体分配单元经由所述热吸收调温单元的内部向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的真空处理装置,其特征在于,  
在所述一方的脊形电极穿设有多个通气孔,  
所述热吸收调温单元形成为经由该通气孔而与所述放电室连通的歧管状,并且在所述热吸收调温单元的内部具有供调温介质流通的调温介质流通路,  
在所述热吸收调温单元的内部设有所述母气体供给单元,  
该母气体供给单元具备:  
母气体分配单元,遍布于所述热吸收调温单元的内部;以及  
多个气体喷出孔,从该母气体分配单元经由所述热吸收调温单元的内部向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体,  
所述排气单元与所述放电室的非脊形部波导管连接。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的真空处理装置,其特征在于,  
具有脊形电极支承调整机构,该脊形电极支承调整机构能够在不改变所述放电室的非脊形部波导管的截面形状且将所述一方的脊形电极与另一方的脊形电极之间保持平行的状态下调整该两脊形电极间的间隔。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的真空处理装置,其特征在于,  
对于设置在所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间的所述基板具有多个基板按压用具,该多个基板按压用具处于所述一方的脊形电极的周边部,以规定支承力按压支承所述基板周围,

该基板按压用具在超过规定支承力的情况下解除所述基板周边的按压。

10. 一种真空处理装置,其特征在于,具有:  
放电室,由脊形波导管构成,该脊形波导管具有形成为平板状而相互平行地对向配置的一方的脊形电极及另一方的脊形电极,在所述一方的脊形电极及所述另一方的脊形电极之间生成等离子体;

一对转换器,与所述放电室的两端相邻配置,由具有相互平行地对向配置的一对脊形部的脊形波导管构成,在该一对脊形部的两侧设有一对非脊形部波导管,将从高频电源供给的高频电力转换成方形波导管的基本传送模式而向所述放电室传送,并在所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间产生等离子体;

均热调温器,隔开间隔而平行地设置在所述另一方的脊形电极的外表面侧,安设有实施等离子体处理的基板,并控制该基板的温度;

热吸收调温单元,设置在所述一方的脊形电极的外表面侧,控制该一方的脊形电极的温度;

排气单元,排出所述放电室及所述转换器的内部的气体;以及

母气体供给单元,向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间供给对所述基板实施等离子体处理所需的母气体。

11. 根据权利要求 10 所述的真空处理装置,其特征在于,

所述热吸收调温单元具有与所述一方的脊形电极对向的平面部,所述一方的脊形电极以密接的方式保持在该平面部。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的真空处理装置,其特征在于,

具有脊形电极对向间隔调整单元,该脊形电极对向间隔调整单元分配所述另一方的脊形电极的重量,相对于所述一方的脊形电极平行且平坦地支承所述另一方的脊形电极。

13. 根据权利要求 12 所述的真空处理装置,其特征在于,

所述脊形电极对向间隔调整单元构成为从上方经由多个吊持构件吊持所述另一方的脊形电极。

14. 根据权利要求 12 所述的真空处理装置,其特征在于,

所述脊形电极对向间隔调整单元能够在不改变所述放电室的非脊形部波导管的截面形状且将所述一方的脊形电极与另一方的脊形电极之间保持平行的状态下调整该两脊形电极间的间隔。

15. 根据权利要求 10 或 11 所述的真空处理装置,其特征在于,

在所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极穿设有多个通气孔,

所述热吸收调温单元形成为经由所述通气孔而与所述放电室连通的歧管状,并且在所述热吸收调温单元的内部具有供调温介质流通的调温介质流通路,

所述排气单元与所述热吸收调温单元的集管部连接,经由歧管形状的所述热吸收调温单元而将所述放电室及所述转换器的内部的气体排出。

16. 根据权利要求 15 所述的真空处理装置,其特征在于,

所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极的每单位面积的所述通气孔的开口率被设为相对于所述排气单元距所述母气体供给单元远的位置范围的开口率大于距所述母气体供给单元近的位置范围的开口率。

17. 根据权利要求 10 或 11 所述的真空处理装置,其特征在于,

所述母气体供给单元具备:

母气体供给管,收容在所述放电室的非脊形部波导管的内部,沿着该波导管的内部的长度方向配置;以及

多个母气体喷出孔,从该母气体供给管向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体。

18. 根据权利要求 10 或 11 所述的真空处理装置,其特征在于,

所述母气体供给单元收容在所述热吸收调温单元的内部,所述母气体供给单元具备:

母气体分配部,遍布于该热吸收调温单元的内部;以及

多个母气体喷出孔,从该母气体分配部经由所述热吸收调温单元的内部向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体。

19. 根据权利要求 18 所述的真空处理装置,其特征在于,

在所述母气体喷出孔具备母气体导入引导单元,该母气体导入引导单元使喷出的母气体不提早扩散地向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间的空间供给。

20. 根据权利要求 10 或 11 所述的真空处理装置,其特征在于,

所述排气单元与所述放电室的非脊形部波导管的至少一个部位连接。

21. 一种等离子体处理方法,其特征在于,使用权利要求 1~20 中任一项所述的真空处

理装置,对基板实施等离子体处理。

## 真空处理装置及等离子体处理方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及真空处理装置,尤其是涉及使用等离子体对基板进行处理的真空处理装置及等离子体处理方法。

### 背景技术

[0002] 通常,为了提高薄膜太阳能电池的生产率,高速且大面积地制膜出高品质的硅薄膜非常重要。作为这种进行高速且大面积的制膜的方法,已知有基于等离子体 CVD(化学气相沉积)法的制膜方法。

[0003] 为了进行基于等离子体 CVD 法的制膜,需要产生等离子体的等离子体生成装置(真空处理装置),作为高效率地产生等离子体的等离子体生成装置,已知有例如专利文献 1 公开的利用了脊形波导管的等离子体生成装置。如该文献 1 的图 10 所示,这种等离子体生成装置具备:使高频电源(RF 电源)转换为强电场的左右一对转换器(分配室);连接在这些转换器之间的放电室(有效空间)。

[0004] 在放电室的内部设有彼此对向的上一对平面状的脊形电极,在它们之间产生等离子体。因此,在对玻璃基板等实施制膜处理时,考虑在这种脊形电极之间设置基板来实施制膜处理。具体而言,以上下的脊形电极成为水平的方式设置装置整体,向上下的电极之间搬入基板,将该基板载置在下侧的脊形电极的上表面。并且,在使放电室的内部接近真空状态的同时,供给制膜材料气体,当在脊形电极之间产生等离子体时,在基板上形成膜。

[0005] 【在先技术文献】

[0006] 【专利文献】

[0007] 【专利文献 2】日本特表平 4-504640 号公报

### 发明内容

[0008] 【发明要解决的课题】

[0009] 在上述的以往的利用了脊形波导管的等离子体生成装置中,成为对于脊形波导管而从横向供给微波电力的结构。即,沿着脊形波导管的长度方向上的电场强度分布根据被称为分配室的与脊形波导管并列设置的部分及用于从分配室向脊形波导管供给微波的结合孔的结构而决定。因此,脊形波导管和分配室需要相同的长度,且分配室或结合孔中可采用的结构受限制时,由于电场强度分布的均匀性也受限制,因此存在等离子体的均匀化变得困难的问题(参照专利文献 1)。

[0010] 此外,在利用了脊形波导管的等离子体生成装置中,在对基板实施制膜处理时,为了具备得到必要的膜质的制膜条件,而需要对载置基板的下侧的脊形电极进行预热。而且,在等离子体发生时,上下的脊形电极被等离子体的能量加热。因此,由于沿着基板的板厚方向产生的热流束而基板的表背面产生温度差,脊形电极及基板分别容易产生翘曲等热变形。即便脊形电极和基板中的任一方产生热变形,脊形

[0011] 电极彼此的间隔及脊形电极与基板的间隔都将变得不均匀,无法得到均匀的等离

子体特性,结果是无法进行高品质且均匀的制膜处理。

[0012] 由于这种问题,尤其是在面积为 $1\text{m}^2$ 以上、以及 $2\text{m}^2$ 级的大型基板中,难以实施基于等离子体 CVD 法的制膜处理,人们希望解决基于脊形波导管的制膜处理的实用化。

[0013] 本发明为了解决上述的课题而作出,在利用了脊形波导管的脊形电极间产生等离子体而对基板实施制膜处理(等离子体处理)的真空处理装置中,提供一种抑制脊形电极及基板的热变形,即使对大型的基板也能进行稳定的制膜处理的真空处理装置及等离子体处理方法。

[0014] 【用于解决课题的手段】

[0015] 为了实现上述目的,本发明提供以下的手段。

[0016] 本发明第一方面的真空处理装置的特征在于,具有:放电室,由脊形波导管构成,该脊形波导管具有形成为平板状而相互平行地对向配置的一方的脊形电极及另一方的脊形电极,在所述一方的脊形电极及所述另一方的脊形电极之间生成等离子体;一对转换器,与该放电室的两端相邻配置,由具有相互平行地对向配置的一对脊形部的脊形波导管构成,将从高频电源供给的高频电力转换成方形波导管的基本传送模式而向所述放电室传送,并在所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间产生等离子体;均热调温器,设置在所述另一方的脊形电极的外表面侧,控制所述另一方的脊形电极的温度;热吸收调温单元,设置在所述一方的脊形电极的外表面侧,控制所述一方的脊形电极的温度;排气单元,排出所述放电室及所述转换器的内部的气体;以及母气体供给单元,向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间供给对基板实施等离子体处理所需的母气体,其中,所述基板设置在所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间而被实施等离子体处理。

[0017] 根据这种真空处理装置,通过将基板设置在一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间,能够实现等离子体处理的迅速化及稳定化,并实施高品质的制膜。而且,通过设置均热调温器和热吸收调温单元,控制一方的脊形电极及另一方的脊形电极的温度,从而控制实施等离子体处理的基板的板厚方向的热流束,因此抑制基板的表背温度差引起的翘曲,确保均匀的等离子体特性,从而能够进行高品质且均匀的制膜处理。

[0018] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,所述均热调温器及所述热吸收调温单元具有相互平行地对向的平面部,所述另一方的脊形电极以与所述均热调温器的平面部密接的方式被保持,所述一方的脊形电极以与所述热吸收调温单元的平面部密接的方式被保持。

[0019] 根据该结构,借助一方及另一方的脊形电极通过的热流束而能够防止三维变形(翘曲),从而能够进行等离子体处理的迅速化及稳定化的高品质的制膜。

[0020] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极是厚度 $0.5\text{mm}$ 以上且 $3\text{mm}$ 以下的金属板。

[0021] 根据该结构,不会发生由于脊形电极的热流束而使脊形电极变形为影响等离子体分布的程度那样的表背温度差,因此能够防止脊形电极的变形(翘曲)而进行等离子体处理的迅速化及稳定化的高品质的制膜。这种情况下的脊形电极更优选厚度减薄为 $1\sim 2\text{mm}$ 左右。

[0022] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,在所述一方的脊形电极和所述另一方的脊形电极中的至少任一者上形成用于通过紧固构件将该脊形电极紧固保持

于电极保持部的紧固构件插通孔,该紧固构件插通孔沿着所述脊形电极相对于所述电极保持部的热膨胀方向的形状为长孔,并且所述紧固构件的紧固力设定为在所述脊形电极发生热膨胀时能够容许该脊形电极的伸长的强度。

[0023] 根据该结构,能够防止一方及另一方的脊形电极因热膨胀而受限制从而发生变形(翘曲),能够进行等离子体处理的迅速化及稳定化的高品质的制膜。

[0024] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,在所述一方的脊形电极穿设有多个通气孔,所述热吸收调温单元形成为经由所述通气孔而与所述放电室连通的歧管状,并且在所述热吸收调温单元的内部具有供调温介质流通的调温介质流通路,所述排气单元与所述热吸收调温单元的集管部连接,经由所述热吸收调温单元的歧管形状而将所述放电室及所述转换器的内部的气体排出。

[0025] 根据该结构,通过热吸收调温单元的歧管形状,能够从所述放电室的一方的脊形电极面的大范围进行放电室内部的排气。其结果是,能够使放电室内部的母气体的分布均匀化,因此能够进行等离子体处理的迅速化及稳定化的高品质的制膜。

[0026] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,所述母气体供给单元具备:母气体供给管,收容在所述放电室的非脊形部波导管的内部,沿着该非脊形部波导管的内部的长度方向配置;以及多个气体喷出孔,从该母气体供给管向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体。

[0027] 根据该结构,能够有效地利用非脊形部波导管的内部空间而实现真空处理装置的紧凑化,并使母气体从放电室的两端的非脊形部波导管均匀地向放电室内部遍及,实现等离子体的均匀化,从而进行高品质且稳定的等离子体处理。

[0028] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,所述一方的脊形电极的所述通气孔的每单位面积的开口率被设为相对于所述排气单元距所述母气体供给单元远的位置范围的每单位面积的开口率大于距所述母气体供给单元近的位置范围的每单位面积的开口率。

[0029] 根据该结构,母气体均匀地遍及到放电室内的中央附近,从而能够进行稳定的制膜。

[0030] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,所述母气体供给单元收容在所述热吸收调温单元的内部,所述母气体供给单元具备:遍布于所述热吸收调温单元的内部母气体分配单元;从该母气体分配单元经由所述热吸收调温单元的内部向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体的多个气体喷出孔。

[0031] 根据该结构,由于能够从具有与所述一方的脊形电极的平面面积大致相同的平面面积的热吸收调温单元将母气体供给到放电室内,因此能够均匀地供给母气体。由此,能够实现等离子体的均匀化,从而进行高品质的等离子体处理。

[0032] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,在所述一方的脊形电极穿设有多个通气孔,所述热吸收调温单元形成为经由所述通气孔而与所述放电室连通的歧管状,并且在其内部具有供调温介质流通的调温介质流通路,在所述热吸收调温单元的内部设有所述母气体供给单元,该母气体供给单元具备:遍布于所述热吸收调温单元的内部母气体分配单元;从该母气体分配单元经由所述热吸收调温单元的内部向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体的多个气体喷出孔,另一方面,所述排气单元与



所述放电室的波导管非脊形部连接。

[0033] 根据该结构,通过热吸收调温单元的歧管形状,借助母气体的分配单元而能够使母气体的分布均匀化,而且从放电室的宽度方向两端能够边取得平衡边排气。由此,母气体不易滞留在放电室的内部,能够进行等离子体处理的迅速化及稳定化的高品质的制膜。

[0034] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,还具有脊形电极支承调整机构,该脊形电极支承调整机构能够在不改变所述非脊形部波导管的截面形状且将所述一方的脊形电极与另一方的脊形电极之间保持平行的状态下调整该两脊形电极间的间隔。

[0035] 由此,能够不改变非脊形部波导管的传送特性而将脊形电极的间隔设定为最佳值,因此能够进行高品质的等离子体处理。

[0036] 在上述本发明第一方面的真空处理装置中,优选的是,对设置在所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间的所述基板具有多个基板按压用具,该多个基板按压用具处于所述一方的脊形电极的周边部,以规定支承力按压支承所述基板周围,该基板按压用具在超过规定支承力的情况下解除所述基板周边的按压。

[0037] 根据该结构,通过安装在一方的脊形电极上的基板按压用具能够抑制基板的变形,在产生了过度的按压力时,能够抑制基板的破损或脊形电极的变形。

[0038] 本发明第二方面的真空处理装置的特征在于,具有:放电室,由脊形波导管构成,该脊形波导管具有形成为平板状而相互平行地对向配置的一方的脊形电极及另一方的脊形电极,在所述一方的脊形电极及所述另一方的脊形电极之间生成等离子体;一对转换器,与所述放电室的两端相邻配置,由具有相互平行地对向配置的一对脊形部的脊形波导管构成,将从高频电源供给的高频电力转换成方形波导管的基本传送模式而向所述放电室传送,并在所述一方及另一方的脊形电极之间产生等离子体;均热调温器,隔开间隔而平行地设置在所述另一方的脊形电极的外表面侧,安设有实施等离子体处理的基板,并控制该基板的温度;热吸收调温单元,设置在所述一方的脊形电极的外表面侧,控制该一方的脊形电极的温度;排气单元,排出所述放电室及所述转换器的内部的气体;以及母气体供给单元,向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间供给对所述基板实施等离子体处理所需的母气体。

[0039] 根据该结构,通过所述热吸收调温单元及均热调温器来控制一方及另一方的脊形电极的温度,从而控制通过基板的板厚方向的热流束。由此,能够抑制基板的表背温度差引起的变形(翘曲),从而能够进行均匀且高品质的等离子体处理。因此,将该真空处置装置作为对基板实施等离子体制膜处理的制膜装置而适用时,能够进行高品质且均匀的制膜处理。

[0040] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中,优选的是,所述热吸收调温单元具有与所述一方的脊形电极对向的平面部,所述一方的脊形电极以密接的方式保持在该平面部。

[0041] 根据该结构,能够可靠地防止一方的脊形电极因通过其的热流束而发生变形(翘曲)而确保均匀的等离子体特性,从而能够进行高品质且均匀的等离子体处理。

[0042] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中,优选的是,所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极为厚度 0.5mm 以上且 3mm 以下的金属板。

[0043] 根据该结构,通过较薄地形成脊形电极,而不会产生因通过脊形电极的热流束而

使脊形电极变形为影响等离子分布的程度那样的表背温度差。由此，能够防止脊形电极的翘曲，从而能够确保均匀的等离子体特性而进行高品质的等离子体处理。

[0044] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中，优选的是，具有脊形电极对向间隔调整单元，该脊形电极对向间隔调整单元分配所述另一方的脊形电极的重量，相对于所述一方的脊形电极平行且平坦地支承所述另一方的脊形电极。

[0045] 根据该结构，能够提高另一方的脊形电极的平坦度，确保放电室的均匀的等离子体特性，从而进行高品质的等离子体处理。

[0046] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中，优选的是，所述脊形电极对向间隔调整单元构成为从上方经由多个吊持构件吊持所述另一方的脊形电极。

[0047] 根据该结构，由于通过热吸收调温单元平坦地吊持另一方的脊形电极，因此能够提高另一方的脊形电极的平坦度，确保放电室的均匀的等离子体特性，能够进行高品质的等离子体处理。

[0048] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中，优选的是，所述脊形电极对向间隔调整单元能够在不改变所述非脊形部波导管的截面形状且将所述一方的脊形电极与另一方的脊形电极之间保持平行的状态下调整该两脊形电极间的间隔。

[0049] 根据该结构，能够不改变非脊形部波导管的传送特性变化而将脊形电极的间隔设定为最佳值，由此进行高品质的等离子体处理。

[0050] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中，优选的是，具有热膨胀吸收单元，该热膨胀吸收单元吸收所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极的热膨胀。

[0051] 根据该结构，能够可靠地防止一方及另一方的脊形电极因热膨胀而发生变形（翘曲）从而确保均匀的等离子体特性，能够进行高品质且均匀的等离子体处理。

[0052] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中，优选的是，所述热膨胀吸收单元具有设于所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极而用于将该两脊形电极紧固保持于电极保持部的紧固构件插通孔和穿过该紧固构件插通孔的紧固构件，所述紧固构件插通孔形成为沿着所述脊形电极相对于所述电极保持部的热膨胀方向延伸的长孔形状，并且所述紧固构件的紧固力设定为在所述脊形电极发生热膨胀时能够容许该脊形电极与所述电极保持部之间的相对移动的强度。

[0053] 根据该结构，即使一方及另一方的脊形电极发生热膨胀而尺寸沿着面方向延伸，也能够使脊形电极的紧固构件插通孔的位置相对于电极保持部进行相对移动。由此，能够可靠地防止因通过各脊形电极的热流束而使各脊形电极发生翘曲等变形，能够将一方及另一方的脊形电极间保持平行而产生均匀的等离子体，能够进行高品质的等离子体处理。

[0054] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中，优选的是，在所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极穿设有多个通气孔，所述热吸收调温单元形成为经由所述通气孔而与所述放电室连通的歧管状，并且在所述热吸收调温单元的内部具有供调温介质流通的调温介质流通路，所述排气单元与所述热吸收调温单元的集管部连接，经由所述热吸收调温单元的歧管形状而将所述放电室及所述转换器的内部的气体排出。

[0055] 根据该结构，通过所述热吸收调温单元的歧管形状，能够从所述放电室的一方的脊形电极面的大范围进行放电室内部的排气。由此，能够使放电室内部的母气体的分布均匀化而实现等离子体的稳定化，从而能够进行高品质的等离子体处理。

[0056] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中,优选的是,所述一方及另一方的脊形电极的每单位面积的所述通气孔的开口率被设为相对于所述排气单元距所述母气体供给单元远的位置范围的开口率大于距所述母气体供给单元近的位置范围的开口率。

[0057] 根据该结构,能够使母气体均匀地遍及放电室内的中央附近而进行稳定的等离子体处理。

[0058] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中,优选的是,所述母气体供给单元具备:母气体供给管,收容在所述放电室的非脊形部波导管的内部,沿着该波导管的内部的长度方向配置;以及多个母气体喷出孔,从该母气体供给管向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体。

[0059] 根据该结构,能够有效地利用非脊形部波导管的内部空间而实现真空处理装置的紧凑化,并使母气体从放电室的两端的非脊形部波导管均匀地向放电室内部遍及而使等离子体均匀化,从而能够进行高品质且稳定的等离子体处理。

[0060] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中,优选的是,所述母气体供给单元收容在所述热吸收调温单元的内部,所述母气体供给单元具备:遍布于该热吸收调温单元的内部母气体分配部;从该母气体分配部经由所述热吸收调温单元的内部向所述一方的脊形电极及另一方的脊形电极之间喷出母气体的多个母气体喷出孔。

[0061] 根据该结构,能够从具有与所述一方的脊形电极的平面面积大致相同的平面面积的热吸收调温单元将母气体供给到放电室内。由此,能够均匀地供给母气体,由此能够使等离子体均匀化,而进行高品质的等离子体处理。

[0062] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中,优选的是,在所述母气体喷出孔具备母气体导入引导单元,该母气体导入引导单元使喷出的母气体不提早扩散地向所述一对脊形电极之间的空间供给。

[0063] 根据该结构,能够使母气体向一方及另一方的脊形电极之间均匀地遍及而使等离子体均匀化,能够进行高品质且稳定的等离子体处理。

[0064] 在上述本发明第二方面的真空处理装置中,优选的是,所述排气单元与所述放电室的非脊形部波导管的至少一个部位连接。

[0065] 根据该结构,从放电室的宽度方向两端边取得平衡边进行排气,因此母气体不易滞留在放电室的内部,能够使母气体的分布均匀化而进行高品质的等离子体处理。

[0066] 本发明第三方面的等离子体处理方法的特征在于,使用前述各方面中的真空处理装置对基板实施等离子体处理。

[0067] 根据这种等离子体处理方法,使用上述任一项记载的真空处理装置对基板实施制膜处理,能够将基板设置在一方及另一方的脊形电极之间,实现等离子体处理的迅速化及稳定化,能够实施高品质的制膜。而且,通过设置均热调温器和热吸收调温单元,来控制一方及另一方的脊形电极的温度,从而控制实施等离子体处理的基板的板厚方向的热流束,因此能够抑制基板因表背温度差产生的翘曲,从而确保均匀的等离子体特性,能够实施高品质且均匀的制膜处理。

[0068] **【发明效果】**

[0069] 如上所述,根据本发明的真空处理装置及等离子体处理方法,能够提供一种真空处理装置,使利用了具有脊形电极的脊形波导管的放电室内产生等离子体,对设置在脊形电

极间的基板实施制膜处理,其中,使脊形电极间产生均匀的等离子体,抑制脊形电极及基板的热变形,即使是大型的基板也能进行稳定的制膜处理。

[0070] 另外,根据本发明的真空处理装置及等离子处理方法,在使利用了具有脊形电极的脊形波导管的放电室内产生等离子体而对脊形电极间的外侧设置的基板实施等离子体处理的真空处理装置中,能够抑制脊形电极及基板的热变形,使脊形电极间产生均匀的等离子体,即使对大型的基板也能够进行稳定的高品质的等离子体处理。

#### 附图说明

[0071] 图 1 是说明与本发明的第一实施方式的双脊型的制膜装置相关的概略结构的示意图。

[0072] 图 2 是表示图 1 的放电室及脊形电极的结构剖视图。

[0073] 图 3 是表示图 2 所示的脊形电极的支承结构的分解立体图。

[0074] 图 4 是使具备热吸收调温单元的吸引口的配置例与排气侧脊形电极重合表示的俯视图。

[0075] 图 5 是表示取代图 2 所示的脊形电极移动用的重叠结构而采用了开口凸缘结构的变形例的主要部分的剖视图。

[0076] 图 6 是表示本发明的第二实施方式的单脊型的放电室及脊形电极的剖视图。

[0077] 图 7 是表示本发明的第三实施方式的气体供给型脊形电极的结构例的剖视图。

[0078] 图 8 是表示图 7 所示的脊形电极的支承结构的分解立体图。

[0079] 图 9 是表示本发明的第四实施方式的气体供给及排气型脊形电极的结构例的剖视图。

[0080] 图 10A 是表示本发明的第五实施方式的图,是表示具备基板按压用具的脊形电极的结构例的剖视图。

[0081] 图 10B 是表示本发明的第五实施方式的图,是基板按压用具周边的放大图。

[0082] 图 11 是说明本发明的第六实施方式的双脊型的制膜装置的概略结构的示意性的立体图。

[0083] 图 12 是说明图 11 的制膜装置的放电室附近的更详细的概略结构的示意性的分解立体图。

[0084] 图 13 是表示本发明的第六实施方式的制膜装置的图,是从 L 方向负方向观察图 12 的包括排气管的中心轴在内的截面而得到的纵向剖视图。

[0085] 图 14 是本发明的第六实施方式的制膜装置的放电室周边的分解立体图。

[0086] 图 15 是表示脊形电极和母气体供给单元的立体图。

[0087] 图 16A 是表示上侧的脊形电极的俯视图。

[0088] 图 16B 是表示下侧的脊形电极的俯视图。

[0089] 图 17A 是热吸收调温单元单体的横向剖视图。

[0090] 图 17B 是表示在热吸收调温单元上重叠有上侧的脊形电极的状态的俯视图。

[0091] 图 18 是表示本发明的第七实施方式的制膜装置的纵向剖视图。

[0092] 图 19 是本发明的第七实施方式的制膜装置的放电室及脊形电极对向间隔调整机构周边的分解立体图。

[0093] 图 20 是表示本发明的第八实施方式的制膜装置的纵向剖视图。

[0094] 图 21 是本发明的第八实施方式的制膜装置的放电室及脊形电极对向间隔调整机构周边的分解立体图。

[0095] 图 22 是表示本发明的第九实施方式的制膜装置的纵向剖视图。

[0096] 图 23 是本发明的第九实施方式的制膜装置的放电室、脊形电极对向间隔调整机构及母气体分配部周边的分解立体图。

[0097] 图 24 是表示本发明的第十实施方式的制膜装置的纵向剖视图。

[0098] 图 25A 是表示本发明的第十实施方式的制膜装置的母气体供给单元的结构例的立体图。

[0099] 图 25B 是表示本发明的第十实施方式的制膜装置的母气体供给单元的结构例的立体图。

## 具体实施方式

[0100] 以下,基于图 1 至图 25B,说明本发明的真空处理装置的各实施方式。需要说明的是,在本实施方式中,说明将本发明适用于制膜装置(真空处理装置)的情况,该制膜装置能够对于一边超过 1m 的大面积的基板 S,通过等离子 CVD 法,进行由在非结晶太阳能电池、微结晶太阳能电池等中使用的非晶质硅、微结晶硅等结晶质硅、氮化硅等构成的膜的制膜处理。

[0101] (第一实施方式)

[0102] 图 1 是说明制膜装置 1 的概略结构的示意图。图 2 是表示从 L 方向负方向观察图 1 的制膜装置 1 时的放电室及脊形电极的结构剖视图。

[0103] 制膜装置 1 的主要的结构要素包括:放电室(工艺室)2;与该放电室 2 的两端相邻配置的转换器 3A、3B;一端与这些转换器 3A、3B 连接的同轴电缆 4A、4B(电源线);与这些同轴电缆 4A、4B 的另一端连接的高频电源 5A、5B(电源单元);经由循环器 SA、SB 而与同轴电缆 4A、4B 的中间部连接的匹配器 6A、6B;与放电室 2 连接的排气部(排气单元)7;包含制膜的材料气体的母气体供给单元即母气体供给管 8。

[0104] 循环器 SA 及循环器 SB 分别将从高频电源 5A、5B 供给的高频电力向放电室(工艺室)2 引导,并防止对于高频电源 5A、5B 输入行进方向不同的高频电力的情况。

[0105] 高频电源 5A、5B 的频率为 13.56MHz 以上、优选为 30MHz 至 400MHz(VHF 带至 UHF 带)。其原因是,当频率低于 13.56MHz 时,双脊形波导管(后述的脊形电极 21 及非脊形部波导管 9)的尺寸相对于基板尺寸变得大型化,因此装置设置空间增加,当频率高于 400MHz 时,沿着放电室(工艺室)2 延伸的方向(L 方向)产生的驻波的影响增大。

[0106] 需要说明的是,上述的排气部 7 及母气体供给管 8 如图 2 所示。

[0107] 在图 1 及图 2 中,制膜装置 1 收纳在未图示的真空容器内。该真空容器设为耐受压力差的结构。例如,可以使用由不锈钢(JIS 规格 SUS 材)、一般结构用轧制材(JIS 规格 SS 材)等形成,并利用肋材等进行加强的结构。

[0108] 在该真空容器连接有作为排气单元的排气部 7。因此,真空容器的内部、放电室(工艺室)2、转换器 3A 及转换器 3B 的内部借助排气部 7 而成为真空状态。排气部 7 在本发明中并未特别限定,可以使用例如公知的真空泵、压力调整阀及真空排气配管等。

[0109] 放电室 2 是由铝合金材料等构成,由具有导电性且具有非磁性或弱磁性的材料形成的容器状的部件,形成为所谓双脊型的波导管状。放电室 2 及转换器 3A、3B 的内部借助排气部 7 而成为 0.1kPa 至 10kPa 左右的真空状态。因此,放电室 2 及转换器 3A、3B 成为能耐受其内外的压力差的结构。

[0110] 如图 1 至图 3 所示,在放电室 2 设有排气侧脊形电极(一方的脊形电极)21a 及基板侧脊形电极(另一方的脊形电极)21b 作为上下一对放电用脊形电极。这些脊形电极 21a、21b 构成双脊形波导管即成为放电室 2 的主要部分的脊形形状,是相互平行地对向配置的平板状的部分。在放电室 2 设有实施等离子制膜处理的基板 S,载置有基板 S 的下侧的脊形电极成为基板侧脊形电极 21b。通过以夹在等离子体分布优异的排气侧脊形电极 21a 与基板侧脊形电极 21b 之间的方式设置基板 S,能缩短等离子体与基板 S 的距离。由此,能够实现等离子体处理的迅速化(制膜速度的提高)及稳定化,能够均匀且更高速地实施高品质的制膜。

[0111] 在本实施方式中,放电室 2 延伸的方向为 L 方向(图 1 中的左右方向),与脊形电极 21a、21b 的面正交且在等离子体放电时电力线所延伸的方向为 E 方向(图 1 中的上下方向),沿着一对脊形电极 21a、21b 且与 E 方向正交的方向为 H 方向。而且,从一方的排气侧脊形电极 21a 到另一方的基板侧脊形电极 21b 的距离被称为脊形对向间隔,该脊形对向间隔根据高频电源 5A、5B 的频率、基板 S 的大小、等离子体制膜处理的种类等,设定为大致 3 ~ 30mm 左右的范围。

[0112] 图中的符号 9 是在排气侧脊形电极 21a 及基板侧脊形电极 21b 的两侧形成的矩形截面的非脊形部波导管,在内部沿着长度方向配置有母气体供给管 8。在母气体供给管 8 上设有喷出径适当化的多个用于向脊形电极 21a、21b 之间大致均匀地喷出母气体的气体喷出孔 8a,通过母气体供给管 8 及气体喷出孔 8a 而构成母气体供给单元。例如,各气体喷出孔 8a 喷出的气体流速优选超过音速以产生扼流现象而成为均匀的气体流速。虽然受到母气体流量及压力条件的影响,但例示了使用具有  $\phi 0.3\text{mm}$  至  $\phi 0.5\text{mm}$  的喷出径的气体喷出孔 8a 而设定气体喷出孔 8a 的数量的情况。

[0113] 作为上述的基板 S,可以例示透光性玻璃基板。例如,作为在太阳能电池面板中使用的基板 S,可以列举长宽的大小为 1.4m $\times$ 1.1m、厚度为 3.0mm 至 4.5mm 的情况。

[0114] 如图 1 所示,转换器 3A、3B 分别是被导入从高频电源 5A、5B 经由同轴线缆 4A、4B 供给的高频电力的部分,起到将供给的高频电力向放电室 2 侧传送的作用。这些转换器 3A、3B 与放电室 2 的 L 方向端部连结,与放电室 2 电连接,并与非脊形部波导管 9 连通。需要说明的是,也可以将转换器 3A、3B 相对于放电室 2 一体地设置。

[0115] 在转换器 3A、3B 分别设有上下一对平板状的脊形部 31a、31b。这些脊形部 31a、31b 构成双脊形波导管即转换器 3A、3B 的脊形形状,相互平行地对向配置。转换器 3A、3B 将高频电力的传送模式从同轴传送模式即 TEM 模式转换成方形波导管的基本传送模式即 TE 模式,向放电室(工艺室)2 传送。

[0116] 转换器 3A、3B 中的从一方的排气侧脊形部 31a 到另一方的基板侧脊形部 31b 的距离被称为脊形对向间隔,该脊形对向间隔根据高频电源 5A、5B 的频率、基板 S 的大小、等离子体制膜处理的种类等,设定为大致 50 ~ 200mm 左右的范围。

[0117] 同轴线缆 4A、4B 具有外部导体及内部导体,外部导体例如与上侧的排气侧脊形部

31a 电连接,内部导体贯通排气侧脊形部 31a 和转换器 3 的内部空间而与下侧的基板侧脊形部 31b 电连接。同轴电缆 4A、4B 分别将从高频电源 5A、5B 供给的高频电力向转换器 3A、3B 引导。需要说明的是,作为高频电源 5A、5B,可以使用公知的结构,在本发明中并未特别限定。

[0118] 根据波导管的特性,在一对脊形电极 21a、21b 之间,沿着脊形电极的方向(H方向)的电场强度分布大致均匀。此外,通过使用脊形波导管,在一对脊形电极 21a、21b 之间,能够得到可生成等离子体的程度的强电场强度。

[0119] 放电室 2、转换器 3A 及转换器 3B 可以如图 1 所示由双脊形波导管构成,也可以由单脊形波导管构成。

[0120] 通过从高频电源 5A 供给的高频电力和从高频电源 5B 供给的高频电力,而在放电室 2 形成驻波。此时,当从高频电源 5A 及高频电源 5B 供给的高频电力的相位被固定时,驻波的位置(相位)被固定,一对脊形电极 21a、21b 的放电室 2 延伸的方向即 L 方向的电场强度的分布产生不均。

[0121] 因此,通过调节从高频电源 5A 及高频电源 5B 的至少一方供给的高频电力的相位,来进行形成于放电室 2 的驻波的位置的调节。由此,一对脊形电极 21a、21b 的 L 方向的电场强度的分布进行时间平均的均匀化。

[0122] 具体而言,驻波的位置伴随着时间的经过,以沿着 L 方向呈 sin 波状、三角波状或阶梯(台阶)状移动的方式调节从高频电源 5A 及高频电源 5B 供给的高频电力的相位。

[0123] 驻波移动的范围、使驻波移动的方式(sin 波状、三角波状或阶梯状等)及相位调整的周期的适当化基于电力的分布、来自等离子体的发光的分布、等离子体密度的分布及/或制膜的膜的特性的分布等来进行。作为膜的特性,可以列举膜厚、膜质、太阳能电池等的作为半导体的特性等。

[0124] 通过形成脊形部的脊形波导管的特性和从高频电源 5A、5B 供给的高频电力的相位调制,对于基板 S,在 H 方向及 L 方向的任一方向上均能够在较大范围内生成均匀的等离子体,因此当对大面积基板制膜时,能够均匀地制膜出高品质的膜。

[0125] 母气体供给管 8 配置在从放电室 2 等分离的位置,将为了对基板 S 的表面实施等离子体制膜处理所需的包含材料气体(例如,  $\text{SiH}_4$  气体等)的母气体在放电室 2 的内部向排气侧脊形电极 21a 及基板侧脊形电极 21b 之间供给。

[0126] 上述的放电室 2 中,放电室 2 的排气侧脊形电极 21a 及基板侧脊形电极 21b 之间的脊形对向间隔(大致 3 ~ 30mm)设定得比转换器 3A、3B 的排气侧脊形部 31a 及基板侧脊形电极 31b 之间的脊形对向间隔(大致 50 ~ 200mm)窄。因此,如图 1 所示,在两脊形部 31a、31b 与两脊形电极 21a、21b 的交界部存在几十~一百几十毫米的脊形高低差 D。

[0127] 从高频电源 5A、5B 供给的高频电力经由同轴电缆 4A、4B 及转换部 3A、3B 而向放电室 2 的脊形电极 21a、21b 传送,通过将脊形电极 21a、21b 的间隔设定得窄而产生强电场,通过向脊形电极 21a、21b 之间导入母气体而生成等离子体,母气体的材料气体分解或实现活性化。生成的等离子体因电位差而朝向基板 S 移动,因此对基板 S 实施制膜处理。

[0128] 如上所述,本实施方式的制膜装置 1 具有:放电室 2,其具备脊形波导管,该脊形波导管具有形成为平板状而相互平行地对向配置的排气侧脊形电极 21a 及基板侧脊形电极 21b,且在排气侧脊形电极 21a 及基板侧脊形电极 21b 之间生成等离子体;一对转换器 3A、

3B,与放电室 2 的两端相邻配置,具备具有相互平行地对向配置的一对排气侧脊形部 31a 及基板侧脊形部 31b 的脊形波导管,将从高频电源 5A、5B 供给的高频电力从同轴传送模式即 TEM 模式转换成方形波导管的基本传送模式即 TE 模式而向放电室 2 传送,在一对脊形电极 21a、21b 之间产生等离子体;均热调温器 40,设置在基板侧脊形电极 21b 的外表面侧,对设置在基板侧脊形电极 21b 上的基板 S 的温度进行均匀加热;热吸收调温单元 50,设置在排气侧脊形电极 21a 的外表面侧,对排气侧脊形电极 21a 的温度进行控制。

[0129] 通过均热调温器 40 和热吸收调温单元 50,能够控制实施等离子体处理的基板 S 的板厚方向的热流束,能够抑制基板 S 的翘曲变形。这种情况的基板 S 设置在上述的一对脊形电极 21a、21b 之间而实施等离子体处理。

[0130] 例如图 3 所示,本实施方式的排气侧脊形电极 21a 由设有多个通气孔 22 的板厚较薄的导电性的板形成。

[0131] 排气侧脊形电极 21a 的通气孔 22 考虑能够均匀的排气。

[0132] 作为贯通孔而穿设于排气侧脊形电极 21a 的通气孔 22 在平面的中央部以通气孔 22 间的间距变密的方式形成,且在周围部以通气孔 22 间的间距变疏的方式形成。由此,材料气体从排气侧脊形电极 21a 的周边方向,即,从非脊形部波导管 9 内的母气体供给管 8 朝向基板 S 的面中央部供给,因此材料气体也到达基板 S 的面中央部。即,当从排气侧脊形电极 21a 通过排气部 7 对母气体进行真空排气时,排气侧脊形电极 21a 的通气孔 22 的每单位面积的开口率被设为距母气体供给管 8 远的位置的每单位面积的开口率大于距母气体供给管 8 近的位置的每单位面积的开口率。因此,通过对排气侧脊形电极 21a 面内的排气流导设置分布,能够将母气体均匀地遍及于放电室 2 内,而进行稳定的制膜。

[0133] 此外,排气侧脊形电极 21a 的通气孔 22 除了能够进行均匀的排气之外,还考虑排气阻力不会增大。

[0134] 因此,将通气孔 22 的口径设为  $\phi 2\text{mm} \sim \phi 5\text{mm}$  左右,在成为排气侧脊形电极 21a 的各边的 30% ~ 50% 左右的长度的中央区域,以成为 30 ~ 50mm 左右的间距的方式配置通气孔 22,在排气侧脊形电极 21a 的周围区域,以成为 50 ~ 150mm 左右的间距的方式配置通气孔 22。

[0135] 为了避免排气侧脊形电极 21a 的面内的排气流导变得过小,通过对有效的孔尺寸和间距设置分布,由此,不使排气阻力增大,而能够使母气体均匀地遍及于放电室 2 内,从而能够进行稳定的制膜。

[0136] 如图 2 所示,在排气侧脊形电极 21a 的外表面(上表面)侧密接地设有热平衡用的热吸收调温单元 50。在热吸收调温单元 50 设有热介质循环管线及吸引口等。热吸收调温单元 50 例如作为基于机械加工的刚体而制造,具有与均热调温器 40 平行地对向的平面部。排气侧脊形电极 21a 与热吸收调温单元 50 的平面部密接而成为一体,并以排气侧脊形电极 21a 不变形的方式固定。

[0137] 在排气侧脊形电极 21a 与热吸收调温单元 50 的热膨胀率存在较大差异时,排气侧脊形电极 21a 可以通过沿着热膨胀方向设置的长孔和紧固件,容许热膨胀的伸长并同时以热密接的方式保持。

[0138] 具体而言,如图 3 所示,排气侧脊形电极 21a 通过在基板 S 的一端边侧中央设置的定位孔 23 和为了吸收热膨胀差而设置在角部及 / 或周边位置的多个部位(在图 3 的例子



中为五个部位)的滑动长孔 24,与高刚性的热吸收调温单元 50 接触保持而抑制变形。即,通过将滑动长孔 24 沿着适当的方向设置,排气侧脊形电极 21a 即使发生热膨胀也能够沿着水平方向顺畅地变形,因此在排气侧脊形电极 21a 未产生凹凸。

[0139] 同样的定位孔 23 及滑动长孔 24 也设置在非脊形部波导管 9 的上凸缘。如图 3 所示,通过这些定位孔 23 及滑动长孔 24,排气侧脊形电极 21a 以被夹入热吸收调温单元 50 与波导管 9 的上部凸缘之间的方式保持。

[0140] 还优选在排气侧脊形电极 21a 的中央附近以与热吸收调温单元 50 密接的方式设置 ±H 方向的滑动长孔 24。这种情况下,紧固件的头优选以薄且具有曲面的方式构成,以免紧固件的头比电极面更向内侧(等离子体生成侧)突出。

[0141] 就滑动长孔 24 而言,处于距定位孔 23 越远的位置的长孔,长孔形状沿着热膨胀方向越长地扩大时,能够防止因设置不必要的长孔引起的电极强度下降,因此更优选。

[0142] 热吸收调温单元 50 考虑放电室 2 内的热平衡而通过将控制成规定的温度的热介质以规定的流量进行循环等来进行热吸收、加热,由此能够进行排气侧脊形电极 21a 的调温。

[0143] 因此,热吸收调温单元 50 适当地吸收从高频电源 5A、5B 供给且由等离子体产生的能量。而且,热吸收调温单元 50 减小伴随着在脊形电极 21a、21b 之间产生的等离子体向设置有基板 S 的均热调温器 40 的通过热量、从均热调温器 40 通过基板 S 向热吸收调温单元 50 通过的热量而在基板 S 的表背产生的温度差。由此,能够抑制基板 S 热变形为凹或凸的情况。

[0144] 如图 3 所示,基板侧脊形电极 21b 也与排气侧脊形电极 21a 同样地,通过在基板 S 的一端边侧中央设置的定位孔 23 和为了吸收热膨胀差而在角部及 / 或周边位置设置的多个部位(在图 3 的例子中为五个部位)的滑动长孔 24,与高刚性的均热调温器 40 接触保持而抑制变形。即,通过将滑动长孔 24 沿着适当的方向设置,基板侧脊形电极 21b 即使发生热膨胀也沿着水平方向顺畅地变形,因此在基板侧脊形电极 21b 不会产生凹凸。

[0145] 同样的定位孔 23 及滑动长孔 24 也设置在非脊形部波导管 9 的下凸缘。如图 3 所示,通过这些定位孔 23 及滑动长孔 24,基板侧脊形电极 21b 以被夹入均热调温器 40 与非脊形部波导管 9 的下部凸缘之间的方式保持。

[0146] 还优选在基板侧脊形电极 21b 的中央附近以与均热调温器 40 密接的方式设置 ±H 方向的滑动长孔 24。这种情况下,紧固件的头优选以薄且具有曲面的方式构成,以免紧固件的头比电极面更突出。

[0147] 就滑动长孔 24 而言,长孔形状沿着热膨胀方向较长地扩大时,能够防止因设置不必要的长孔引起的电极强度下降,因此更优选。

[0148] 另外,热吸收调温单元 50 吸收由自清洁时的反应  $(\text{Si}(\text{膜、粉})+4\text{F} \rightarrow \text{SiF}_4(\text{气体})+1439\text{kcal/mol})$  产生的发热。由此,在自清洁时,能够防止结构物的温度发生高温化而氟自由基对结构物的结构材料的腐蚀加速的情况。

[0149] 在此,就排气侧脊形电极 21a 及基板侧脊形电极 21b 而言,为了减小这些电极的表背温度差引起的翘曲量,具有线膨胀率  $\alpha$  小且热传递率  $\lambda$  大的特性的板厚  $t$  薄的金属的板材为优选。

[0150] 实际上,可以利用尽管线膨胀率  $\alpha$  大但热传递率  $\lambda$  也格外大的铝或铝合金、或者

线膨胀率  $\alpha$  比较小且具有耐腐蚀性的弱磁性材料的 SUS304 等。

[0151] 板厚  $t$  优选为 0.5mm 以上且 3mm 以下。在小于 0.5mm 的板厚  $t$  的情况下,由于原料的表面残留应力,而难以维持排气侧脊形电极 21a 及基板侧脊形电极 21b 的平面度。而且,表背温度差因通过的热流束与板厚  $t$  之积而产生,因此即使是热传递率  $\lambda$  大的铝或铝合金,在一边的尺寸超过 1m 的大型电极中,若板厚  $t$  成为 3mm 以上,则容易产生达到大致 1mm 以上的凸变形的程度的表背温度差。

[0152] 更优选的板厚  $t$  为了薄且确保结构性的处理强度,而为 1mm 以上且 2mm 以下。

[0153] 均热调温器 40 是用于将与基板 S 密接的基板侧脊形电极 21b 的温度均匀地加热的加热器,是具备与热吸收调温单元 50 平行对向的平面部的刚体。如图 2 所示,该均热调温器 40 和与平面部密接地保持的基板侧脊形电极 21b 一起,通过防着板 41 将电极下表面(背面)侧包围。通过设置这种防着板 41,将扩散的制膜自由基或粉类蓄积的场所限定,在基板 S 的搬运中能够避免产生障碍。

[0154] 但是,在扩散的制膜自由基或粉类少的制膜条件等中,也可以省略防着板 41。

[0155] 防着板 41 具备弹簧按压机构 42,该弹簧按压机构 42 由从均热调温器 40 的下表面延伸的支承柱 43 支承,并且设置在均热调温器 40 的背面侧。弹簧按压机构 42 设置在防着板 41 与防着板按压构件 44 之间,该防着板按压构件 44 以相对于支承柱 43 沿着轴向( $\pm E$  方向)能够滑动的方式设置且安装在支承柱 43 的中间部所形成的凸缘状的限动件 45a、45b 之间。弹簧按压机构 42 通过螺旋弹簧等弹性构件而对防着板 41 向上,即,向基板侧脊形电极 21b 侧施力。

[0156] 如此,通过将防着板 41 朝向基板侧脊形电极 21b 按压,而能够将对制膜有影响的区域及扩散来的制膜自由基或粉类附着的区域限定,因此能够抑制进行不必要的制膜的情况。

[0157] 另外,防着板 41 在弹簧按压机构 42 利用的规定间隙内,能够向图 2 中的箭头 A1 所示的方向移动。因此,在基板搬运时等,根据需要而能够变更与均热调温器 40 的位置关系,因此在基板 S 的搬入、搬出时,能够使防着板 41 向下方( $-E$  方向)滑动至不会成为干扰的位置。

[0158] 需要说明的是,上述的均热调温器 40 可以采用通过规定温度及规定流量的热介质的循环来控制温度的均热板和基板工作台所构成的以往的结构。在将均热调温器 40 加热维持成恒定的温度且不需要吸热的制膜条件下运用的制膜装置中,也可以是具有电加热器而不是热介质循环的均热板。通过采用这种均热板,能够实现成本削减及控制的简化。

[0159] 热吸收调温单元 50 设置在排气侧脊形电极 21a 的外表面侧,对排气侧脊形电极 21a 的温度进行控制。通过均热调温器 40 及热吸收调温单元 50,能够对实施等离子体处理的基板 S 的板厚方向的热流束进行控制,从而能够抑制基板 S 的翘曲变形。即,热吸收调温单元 50 是将能够实现真空排气的均匀化的排气歧管 51 与能够热吸收的调温装置进行一体化的结构。而且,该热吸收调温单元 50 和排气侧脊形电极 21a 优选吸收热膨胀差并强烈地进行热接触。

[0160] 放电室 2 及转换器 3A、3B 的内部的气体从排气侧脊形电极 21a 的通气孔 22 经由设于排气歧管 51 的多个吸引口 52、排气共用空间 53、排气部 7 的真空排气配管及未图示的压力调整阀、真空泵而流动,由此,进行真空排气。

[0161] 如此,在排气侧脊形电极 21a 穿设有多个通气孔 22,在热吸收调温单元 50 形成有经由通气孔 22 而与放电室 2 连通的歧管状的真空排气路。排气部 7 与成为热吸收调温单元 50 的集管部的排气歧管 51 连接,并经由热吸收调温单元 50 的歧管状的真空排气路,将放电室 2 及转换器 3A、3B 的内部的气体排出。放电室 2 构成为能够从排气侧脊形电极 21a 的通气孔 22 向设于排气歧管 51 的多个吸引口 52,从排气侧脊形电极 21a 面的整面的大范围大致均匀地进行真空排气。

[0162] 图 4 是表示在排气侧脊形电极 21a 上重叠有热吸收调温单元 50 的状态的俯视图。

[0163] 如图 4 所示,热吸收调温单元 50 在其内部具备供热介质(调温介质)流通的热介质流路(调温介质流通路)55。在热吸收调温单元 50 的调温中,使用例如纯水、氟化系油等热介质。热介质由设置在热吸收调温单元 50 的一端部的中央附近的入口 55a 向排气歧管 51 内的热介质流路 55 导入,从排气歧管 51 的外周侧向内侧通过并从出口 55b 流出。由此,从容易受到与周围结构的传热影响的外周侧导入被控制成规定温度的热介质,并将其向内侧引导,从而能够在整面实现排气歧管 51 的温度的均匀化。热介质流路 55 为了使整体成为更均匀的温度而分割为两系统,各热介质流路 55 避开吸引口 52 设置,但并未限定于此。

[0164] 需要说明的是,向热介质流路 55 供给的热介质通过未图示的加热装置及冷却装置而升温或降温至规定的温度。该加热装置及冷却装置在从制膜装置 1 分离的未图示的热介质循环流路中使用。

[0165] 根据这种制膜装置 1,通过以夹在等离子体分布优异的排气侧脊形电极 21a 与基板侧脊形电极 21b 之间的方式设置基板 S,能够实现等离子体处理的迅速化及稳定化,能够实施高品质的制膜。而且,通过设置热吸收调温单元 50,而控制实施等离子体处理的基板 S 的板厚方向的热流束,因此能抑制基板 S 的表背温度差或热膨胀的限制引起的翘曲,从而确保均匀的等离子体特性,能够高品质地进行面内分布优异的制膜处理。

[0166] 即,基板侧脊形电极 21b 由于与均热调温器 40 密接地保持,因此通过均热调温器 40 的刚性而能够对平面进行维持。排气侧脊形电极 21a 由于与热吸收调温单元 50 密接地保持,因此通过热吸收调温单元 50 的刚性而能够对平面进行维持。而且,排气侧脊形电极 21a 密接的热吸收调温单元 50 适当吸收从高频电源 5A、5B 供给且由等离子体产生的能量。因此,减小伴随着从等离子体向设有基板 S 的基板侧脊形电极 21b 所密接的均热调温器 40 通过的热量、从均热调温器 40 通过基板 S 向热吸收调温单元 50 通过的热量而产生的基板表背的温度差。由此,能够抑制基板 S 产生的凹或凸的变形。

[0167] 在上述的本实施方式中,由于将基板 S 设置在排气侧脊形电极 21a 及基板侧脊形电极 21b 之间,因此向均热调温机构 40 的背侧扩散而来的制膜自由基或粉类所蓄积的量格外少,可以省略防着板 41。

[0168] 另外,在基板搬运时,使基板侧脊形电极 21b 下降而扩大排气侧脊形电极 21a 与基板侧脊形电极 21b 的间隔,不会与脊形电极 21a、21b 发生干涉而能够容易地实施基板 S 的搬入、搬出。此时,两端部分的矩形形状的非脊形部波导管 9 可以采用例如图 2 的重叠结构或图 5 的开口凸缘结构。由此,相对于固定侧的上部非脊形部波导管 9a、9a' 而能够使下部波导管 9b、9b' 向下方(-E 方向)分离、移动,因此不会对基板 S 的搬运产生障碍。

[0169] 需要说明的是,也可以在非脊形部波导管 9 的上下分离部分,为了电位均匀性而设置由金属棉或薄板形成的屏蔽材料,在等离子体发生时,维持下部波导管 9b、9b' 相对于

上部非脊形部波导管 9a、9a' 的电接触特性。

[0170] 在制膜装置 1 中,在将放电室 2 的一对脊形电极 21a、21b 之间保持为平行的状态下,能够调整这双方的脊形电极 21a、21b 之间的间隔(脊形对向间隔)。

[0171] 如图 2 所示,脊形电极对向间隔调整机构 49 由电极固定部 9c、滑动调整部 47 及紧固构件 48 构成。脊形电极对向间隔调整机构 49 不使非脊形部波导管 9 的 L 方向截面形状变化而维持波导管特性。由此,以传送特性不变化的方式保持非脊形部波导管 9,并同时使基板侧脊形电极 21b 相对于排气侧脊形电极 21a 以保持为平行的状态移动,从而能够调整双方的脊形电极 21a、21b 之间的对向间隔。

[0172] 基板侧脊形电极 21b 的 H 方向的两边部紧固固定于非脊形部波导管 9 的电极固定部 9c。但是,为了使基板侧脊形电极 21b 能够上下移动,因此如图 2 所示,设有使电极固定部 9c 的位置相对于非脊形部波导管 9 上下(±E 方向)滑动的滑动调整部 47。

[0173] 滑动调整部 47 是使电极固定部 9c 与非脊形部波导管 9 分体而与非脊形部波导管 9 重合地能够沿着 E 方向滑动,并利用紧固构件 48 紧固而将其高度固定的构件。因此,即使电极固定部 9c 的位置滑动,也不会使非脊形部波导管 9 的 L 方向截面形状变化,维持波导管特性,因此传送特性不变化。紧固构件 48 优选具有薄的曲面,以免其头向非脊形部波导管 9 的内表面侧突出。

[0174] 在上述的制膜装置 1 中,在调整基板侧脊形电极 21b 的高度而调整脊形电极对向间隔时,松缓紧固构件 48 而能够使脊形电极 21b 及电极固定部 9c 的高度移动,之后,通过未图示的上下滑动机构而使未图示的吊持框材上下移动,使脊形电极 21b 的高度变化,在基板侧脊形电极 21b 到达规定的高度之后利用紧固构件 48 进行紧固固定。由此,脊形电极对向间隔成为规定的间隔。

[0175] 在上述的制膜装置 1 中,对于设置在放电室 2 的内部基板 S,通过以下的步骤来实施等离子体制膜处理。

[0176] 制膜装置 1 收纳在未图示的真空容器内,通过未图示的基板搬运装置,如图 1 及图 2 所示,将基板 S 配置在放电室 2 的基板侧脊形电极 21b 上。然后,通过图 2 所示的排气部 7 从放电室 2 及转换器 3A、3B 的内部排出空气等气体。

[0177] 而且,从高频电源 5A、5B 将频率为 13.56MHz 以上、优选为 30MHz 至 400MHz 的高频电力经由转换器 3A、3B 向放电室 2 的脊形电极 21a、21b 供给,并从母气体供给管 8 向脊形电极 21a、21b 之间供给例如  $\text{SiH}_4$  气体等的材料气体。此时,控制向真空容器内排气的排气部 7 的排气量,而将放电室 2 等的内部、即脊形电极 21a、21b 之间的气压保持为 0.1kPa 至 10kPa 左右的真空状态。

[0178] 从高频电源 5A、5B 供给的高频电力经由同轴线缆 4A、4B 和匹配器 6A、6B 而向转换器 3A、3B 传送。在匹配器 6A、6B 中,调节传送高频电力的系统中的阻抗等的值。并且,在转换器 3A、3B 中将高频电力的传送模式从同轴传送模式即 TEM 模式转换成方形波导管的基本传送模式即 TE 模式,并从转换部 3A、3B 向放电室 2 的脊形电极 21a、21b 传送。脊形电极 21a、21b 的间隔设置得较窄而产生强电场,通过向脊形电极 21a、21b 之间导入母气体而母气体被电离从而产生等离子体。

[0179] 在这种状态下,在脊形电极 21a、21b 之间,材料气体被分解或发生活性化。作为材料气体,使用  $\text{SiH}_4$  及  $\text{H}_2$  作为主成分,通过在基板 S 的面内均匀地形成该等离子体,而在基板

S 上形成均匀的膜例如非结晶硅膜、结晶质硅膜。

[0180] 放电室 2 是形成有脊形部（脊形电极 21a、21b）的脊形波导管，因此根据其特性，在脊形电极 21a、21b 之间，H 方向的电场强度分布大致均匀。而且，通过时间性地调制从高频电源 5A 及高频电源 5B 的至少一方供给的高频电力的相位，而使形成于放电室 2 的驻波的位置变化，从而实现一对脊形电极 21a、21b 的 L 方向的电场强度的分布的时间平均的均匀化。通过使用脊形波导管，除了传送损失小这一效果之外，在 H 方向及 L 方向上均能够易于使电场强度分布大致均匀化的区域大面积化。

[0181] 另外，排气侧脊形电极 21a 所密接的热吸收调温单元 50 和设置基板 S 的基板侧脊形电极 21b 所密接的均热调温器 40 适当地吸收由等离子体产生的能量，减小与通过基板 S 的热量相伴的基板表背的温度差。由此，能够抑制基板 S 产生的凹或凸的变形，在向基板 S 的制膜中，能够提高膜厚分布及膜质分布。

[0182] （第二实施方式）

[0183] 基于图 6，说明本发明的第二实施方式。需要说明的是，对于与上述的实施方式同样的部分，标注相同的符号，省略其详细说明。

[0184] 本实施方式的制膜装置 11 关于单脊型，均热调温器 40A 的两端扩大至非脊形部波导管 9B 的部分。

[0185] 均热调温器 40A 构成为向 ±E 方向上下移动。在基板 S 的搬入、搬出时，均热调温器 40A 下降而从非脊形部波导管 9B 分离。伴随着这种均热调温器 40A 的上下移动，均热调温器 40A 的两端从非脊形部波导管 9B 分离的部分成为均热调温器 40A 的表面（上表面），因此相比较于上述那样的上部非脊形部波导管 9a 与下部波导管 9b 的重叠结构（图 2）或开口凸缘结构（图 5）而成为简易的结构。

[0186] 另外，由于均热调温器 40A 的刚性高且变形少，因此在对两端的非脊形部波导管 9B 进行了闭动作的状态下，与非脊形部波导管 9B 的上侧两端部分的电接触稳定性提高，因此有利于非脊形部波导管 9B 内的电位分布减少。如此电位分布减少的情况对于等离子体的均匀化来说优选。需要说明的是，基板侧脊形电极 21b 也可以设为与均热调温器 40A 一体的结构。

[0187] 另外，在非脊形部波导管 9B 的上侧两端部分，为了电位均匀性，也可以设置由金属棉或薄板形成的屏蔽材料，在等离子体发生时维持与均热调温器 40A 的电接触特性。

[0188] （第三实施方式）

[0189] 基于图 7 及图 8，说明本发明的第三实施方式。需要说明的是，对于与上述的实施方式同样的部分，标注相同符号，省略其详细的说明。

[0190] 在本实施方式中，如图 7 所示，母气体分配单元收容在热吸收调温单元 50A 的内部。母气体分配单元 80 具备：遍布于热吸收调温单元 50A 的内部的母气体供给管 83；从母气体供给管 83 经由热吸收调温单元 50A 的内部而向排气侧脊形电极 21a 及基板侧脊形电极 21b 之间喷出母气体的多个气体喷出孔 8a。进行真空排气的排气部 7A 设于非脊形部波导管 9C。

[0191] 如图 8 所示，母气体分配单元 80 包括：与母气体供给源的主配管连接的母气体导入管 81；与母气体导入管 81 连接的集管部 82；从集管部 82 分支的母气体供给管 83。

[0192] 具备分别与母气体导入管 81 连接而对向的一对集管 82，并通过多个母气体供给

管 83 将两集管部 82 之间连结。

[0193] 另外,两集管部 82 分别从母气体导入管 81 分支而均匀地供给母气体。在各母气体供给管 83 设有多个母气体喷出孔 8a 且大致均匀地喷出母气体,因此母气体喷出孔 8a 大致均匀地配置在放电室 2 的内部的排气侧脊形电极 21a 的背面。由此,能够使母气体均匀地遍及于放电室 2 的内部。优选地,在集管部 82 与从其分支的各母气体供给管 83 之间进行设置节流孔等适当的分配处理,来向各母气体供给管 83 均匀地分配母气体。

[0194] 与上述的第一实施方式同样地,多个母气体喷出孔 8a 喷出的气体流速优选超过音速以产生扼流现象而成为均匀的气体流速。虽然也受母气体流量及压力条件的影响,但例示了使用具有  $\phi 0.3\text{mm} \sim \phi 0.5\text{mm}$  的喷出径的母气体喷出孔 8a 来设定母气体喷出孔 8a 的数量的情况。

[0195] 母气体分配单元 80 并未限定为集管部 82、多个母气体供给管 83,只要是具有同样的功能的结构即可。

[0196] 另外,优选地,设有排气部 7A 的两端的非脊形部波导管 9C 为了进行均匀的真空排气而具有广阔的空间。

[0197] 非脊形部波导管 9C 根据供给的高频频率及传送模式来决定适当的尺寸,因此在非脊形部波导管 9C 的内部设有波导管划分用的网状物 10。波导管划分用的网状物 10 是具有导电性的金属制,能够划分电位场而不妨碍气体的排气。比网状物 10 靠下部方向(-E 方向)的下部分确保适当的传送用尺寸。比网状物 10 靠上部方向(+E 方向)的上部分作为均匀的真空排气所需的空间而能够自由地选定尺寸、形状。网状物 10 的开口部的大小优选为 3 ~ 20mm 左右。

[0198] (第四实施方式)

[0199] 基于图 9,说明本发明的第四实施方式。需要说明的是,对于与上述的实施方式同样的部分,标注相同符号,省略其详细的说明。

[0200] 在本实施方式中,上述的母气体分配单元与排气部 7 一起收容在热吸收调温单元 50A 的内部。

[0201] 即,在本实施方式中,在与排气侧脊形电极 21a 密接的热吸收调温单元 50A 的内部存在有遍布的母气体分配单元 80,具备从该母气体分配单元 80 经由热吸收调温单元 50A 的内部而向脊形电极 21a、21b 之间喷出母气体的多个气体喷出孔。

[0202] 例如,热吸收调温单元 50A 内置有母气体分配单元 80,设有两集管 82、多个母气体供给管 83 及多个气体喷出孔 8a。从与主配管连接的母气体导入管 81 供给的母气体从各气体喷出孔 8a 大致均匀地喷出,从设于排气侧脊形电极 21a 的孔将母气体朝向基板 S 吹出。

[0203] 在热吸收调温单元 50A 中,利用排气共用空间 53 的空间,同时进行基于排气部 7 的真空排气。

[0204] 若如此构成,则将由向等离子体空间吹出的母气体而生成的 Si 纳米簇等的高次硅烷气体成分使其流动方向直接进行 U 形转弯,即借助真空排气的流动而能够快速地从制膜气氛排出,因此能够得到以  $\text{SiH}_3$  自由基扩散为主体的高性能且高品质的制膜。

[0205] 在此,在排气侧脊形电极 21a 中,母气体从各气体喷出孔 8a 大致均匀地喷出的孔部分与排气部 7 进行真空排气的吸引口 52 未必相同。各气体喷出孔 8a 为了能对基板 S 进行均匀的制膜,可以错开气体喷出孔 8a 间的间距设置。这种情况下,从各气体喷出孔 8a 喷

出的母气体在一端由排气侧脊形电极 21a 可靠地排出之后,由吸引口 52 进行基于排气部 7 的真空排气,因此能够在基板 S 的整面上维持并管理制膜条件,因此更优选。

[0206] (第五实施方式)

[0207] 基于图 10A 及图 10B,说明本发明的第五实施方式。需要说明的是,对于与上述的实施方式同样的部分,标注相同符号,省略其详细的说明。

[0208] 在本实施方式中,追加设置基板按压用具 60 这一点不同于上述的第一实施方式。如图 10A 所示,基板按压用具 60 在与基板 S 的周围(尤其是角部)对应的部位配置多个,安装在排气侧脊形电极 21a 的下表面。

[0209] 多个基板按压用具 60 例如以对应于基板 S 的周围的至少各角部的方式设置于四个部位,进而在周围各边的中央部分附近设置于四个部位为优选。

[0210] 这多个基板按压用具 60 由绝缘材料(氧化铝陶瓷、氧化锆陶瓷等)构成,按压基板 S 而抑制等离子体中的异常放电。基板按压用具 60 具备向基板 S 的外周方向退避的结构,以免过强地按压基板 S 而使基板 S 破损。

[0211] 具体而言,如图 10B 所示,基板按压用具 60 的基板接触面为曲面,在作用有过度的按压力时,以向外侧打开的方式退避。其结果是,能够通过基板按压用具 60 来抑制基板 S 的周围基板 S 的凹变形,而且,能够抑制过度的按压力引起的基板 S 的破损或排气侧脊形电极 21a 侧的变形。

[0212] 上述的第一实施方式至第五实施方式的制膜装置中,通过均热调温器 40 和热吸收调温单元 50,减小伴随着从脊形电极 21a、21b 之间产生的等离子体向设有基板 S 的均热调温器 40 的通过热量、从均热调温器 40 通过基板 S 向热吸收调温单元 50 通过的热量而产生的基板表背的温度差,从而抑制因基板 S 的变形而产生凹凸的情况。而且,例如在刚设置了基板 S 之后或刚进行了等离子体点亮之后等那样存在急速的热发生的变化时,因热平衡的破坏而基板 S 也可能会变形。这种情况下,基板按压用具 60 发挥功能,抑制基板 S 的变形,并能够抑制过度的按压力造成的基板 S 的破损或排气侧脊形电极 21a 的变形。

[0213] 如此,根据上述的第一实施方式至第五实施方式的制膜装置,在利用了具有脊形电极 21a、21b 的脊形波导管的放电室 2 内产生等离子体而对设于脊形电极 21b 的基板 S 实施制膜处理的装置中,能够抑制脊形电极 21a、21b 及基板 S 的热变形,因此对于大型的基板 S 也能够进行稳定的制膜处理。

[0214] (第六实施方式)

[0215] 基于图 11 ~ 图 17,说明本发明的第六实施方式。图 11 是说明本发明的第六实施方式的制膜装置 101 的概略结构的示意性的立体图。图 12 尤其是制膜装置 101 的放电室附近的更详细且示意性的分解立体图。图 13 是从 L 方向负方向观察图 12 的包括排气管 112e 的中心轴在内的截面而得到的纵向剖视图。

[0216] 如图 11 所示,制膜装置 101 的主要的结构要素包括:放电室(工艺室)102;与该放电室 102 的两端相邻配置的转换器 103A、103B;一端与这些转换器 103A、103B 连接的作为电源线的同轴电缆 104A、104B;与这些同轴电缆 104A、104B 的另一端连接的高频电源 105A、105B;与同轴电缆 104A、104B 的中间部连接的匹配器 106A、106B 及循环器 107A、107B;与放电室 102 连接的排气单元 109;包含材料气体的母气体供给单元 110。作为排气单元 109,可以使用公知的真空泵等,在本发明中并未特别限定。

[0217] 循环器 107A、107B 分别将从高频电源 105A、105B 供给的高频电力向放电室（工艺室）102 引导，并防止对于高频电源 105A、105B 输入行进方向不同的高频电力的情况。

[0218] 高频电源 105A、105B 的频率为 13.56MHz 以上、优选为 30MHz 至 400MHz（VHF 带至 UHF 带）。其原因是，当频率低于 13.56MHz 时，双脊形波导管（后述的脊形电极 121 及非脊形部波导管 122）的尺寸相对于基板尺寸变得大型化，因此装置设置空间增加，当频率高于 400MHz 时，沿着放电室（工艺室）102 延伸的方向（L 方向）产生的驻波的影响增大。

[0219] 在图 11、图 12 及图 13 中，制膜装置 101 收纳在未图示的真空容器内。该真空容器设为耐受压力差的结构。例如，可以使用由不锈钢（JIS 规格的 SUS 材）、一般结构用轧制材（JIS 规格的 SS 材）等形成，并利用肋材等进行加强的结构。

[0220] 在该真空容器连接有排气单元 109。因此，真空容器的内部、放电室（工艺室）102、转换器 103A 及转换器 103B 的内部借助排气单元 109 而成为真空状态。排气单元 109 在本发明中并未特别限定，可以使用例如公知的真空泵、压力调整阀及真空排气配管等。

[0221] 放电室 102 是由铝合金材料等的由具有导电性且具有非磁性或弱磁性的材料形成的容器状的部件，形成为所谓双脊型的波导管状。放电室 102 及转换器 103A、103B 的内部借助排气单元 109 而成为 0.1kPa 至 10kPa 左右的真空状态。因此，放电室 102 及转换器 103A、103B 成为能耐受其内外的压力差的结构。

[0222] 在本实施方式中，放电室 102 延伸的方向为 L 方向（图 11 中的左右方向），与脊形电极 121a、121b 的面正交而在等离子体放电时电力线所延伸的方向为 E 方向（图 11 中的上下方向），沿着一对脊形电极 121a、121b 且与 E 方向正交的方向为 H 方向。

[0223] 如图 11 至图 14 所示，在放电室 102 设有上下一对放电用的排气侧脊形电极 121a（一方的脊形电极）和基板侧脊形电极 121b（另一方的脊形电极）。这些脊形电极 121a、121b 构成双脊形波导管即成为放电室 102 的主要部分的脊形形状，是相互平行地对向配置的平板状的部分。就脊形电极 121a、121b 而言，为了减小电极板的表背温度差引起的翘曲量，具有线膨胀率  $\alpha$  小且热传递率  $\lambda$  大的特性的板厚  $t$  薄的金属的板材为优选。作为脊形电极 121a、121b 的材质，具体而言优选 SUS304 等，但也可以利用尽管线膨胀率大但热传递率也格外大的铝系金属。如图 14 所示，在这些脊形电极 121a、121b 上穿设有多个通气孔 123a、123b。

[0224] 板厚  $t$  优选为 0.5mm 以上且 3mm 以下。在小于 0.5mm 的板厚  $t$  的情况下，由于原料的表面残留应力，而难以维持排气侧脊形电极 121a 及基板侧脊形电极 121b 的平面度。而且，表背温度差因通过的热流束与板厚  $t$  之积而产生，因此即使是热传递率  $\lambda$  大的铝或铝合金，在一边的尺寸超过 1m 的大型电极尺寸中，若板厚  $t$  成为 3mm 以上，则容易产生达到大致 1mm 以上的凸变形的程度的表背温度差。

[0225] 更优选的板厚  $t$  为了薄且确保结构性的处理强度，而为 1mm 以上且 2mm 以下。

[0226] 如图 12 所示，从一方的排气侧脊形电极 121a 到另一方的基板侧脊形电极 121b 的距离确定为脊形对向间隔  $d1$  (mm)。脊形对向间隔  $d1$  根据高频电源 105A、105B 的频率、基板  $S$  的大小及等离子制膜处理的种类等，设定为大致 3 ~ 30mm 左右的范围。在这一对脊形电极 121a、121b 的两侧设有一对非脊形部波导管 122a、122b。通过上下的脊形电极 121a、121b 和左右的波导管 122a、122b，放电室 102 的纵截面形状形成为大致“H”字形状。

[0227] 如图 14 所示，脊形电极 121a、121b 分别通过螺栓 114 及螺母 115 等紧固构件而以



可分解的方式紧固在左右的非脊形部波导管 122a、122b 上设置的上一对叠片状的电极保持部 122c。在脊形电极 121a、121b 的周部穿设有用于供螺栓 114 穿过的至少六个部位的紧固构件插通孔 124a ~ 124f。这些紧固构件插通孔 124a ~ 124f 沿着脊形电极 121a、121b 相对于电极保持部 122c 的热膨胀方向呈长孔形状设置。在电极保持部 122c 上,与紧固构件插通孔 124a ~ 124f 同样地形成有紧固构件插通孔 125a ~ 125f。螺栓 114、螺母 115、紧固构件插通孔 124a ~ 124f、紧固构件插通孔 125a ~ 125f 构成热膨胀吸收单元。

[0228] 例如仅将设置在脊形电极 121a、121b 的一侧的边的中央部的紧固构件插通孔 124a 作为定位孔而形成圆孔状,其他紧固构件插通孔 124b ~ 124f 形成为从紧固构件插通孔 124a 沿着热伸长方向即放射方向延伸的长孔状。螺栓 114 及螺母 115 的紧固力在脊形电极 121a、121b 发生热膨胀时,螺栓 114 沿着长圆状的紧固构件插通孔 124b ~ 124f 的长度方向进行相对滑动,从而被转矩管理成能够容许脊形电极 121a、121b 的热伸长的强度。或者夹装弹簧垫圈,并将螺栓 114 和螺母 115 拧紧至该弹簧垫圈不被压坏的程度。

[0229] 如此,紧固构件插通孔 124b ~ 124f 的形状形成为从作为定位孔的紧固构件插通孔 124a 沿着作为热伸长方向即放射方向延伸的长孔状。因此,在脊形电极 121a、121b 的热膨胀时,紧固构件插通孔 124a 的位置处的脊形电极 121a、121b 与电极保持部 122c 的相对位置不变化,但在其他的紧固构件插通孔 124b ~ 124f 的位置处,脊形电极 121a、121b 相对于电极保持部 122c 沿着紧固构件插通孔 124b ~ 124f 的长度方向能够相对移动。由此,能顺畅地吸收因热膨胀引起的脊形电极 121a、121b 的向水平方向的扩展,由于未限制脊形电极 121a、121b 的变形,因此能抑制凹凸变形、翘曲、歪斜等变形。

[0230] 需要说明的是,紧固构件插通孔 124b ~ 124f 未必非要为长孔状。在仅使脊形电极 121a、121b 与电极保持部 122c 的相对位置不变化时,仅将紧固构件插通孔 124b ~ 124f 形成为比螺栓 114 的外径具有充分大的富余度的内径的圆孔状,也能得到同样的作用效果。而且,电极保持部 122c 侧的紧固构件插通孔 125a ~ 125f 可以为正圆状。作为紧固件的螺栓 114 的头优选形成为薄且具有曲面的结构,以免向电极面内侧(等离子体生成侧)突出。就长孔 124b ~ 124f 而言,当距作为定位孔的紧固构件插通孔 124a 越远的位置的长孔,长孔形状越长地扩大时,能够防止因设置不必要的长孔引起的电极强度下降,因此更优选。

[0231] 与放电室 102 同样地,转换器 103A、103B 是由铝合金材料等的具有导电性且具有非磁性或弱磁性的材料形成的容器状的部件,与放电室 102 同样地形成为双脊形波导管状。转换器 103A、103B 的内部与放电室 102 同样地借助排气单元 109 而形成 0.1kPa 至 10kPa 左右的真空状态,因此转换器 103A、103B 成为能耐受其内外的压力差的结构。

[0232] 如图 11 所示,在转换器 103A、103B 上分别设有上一对平板状的脊形部 131a、131b。这些脊形部 131a、131b 构成双脊形波导管即转换器 103A、103B 中的脊形形状,且相互平行地对向配置。而且,在这一对脊形部 131a、131b 的两侧设有一对非脊形部波导管 132a、132b。转换器 103A、103B 中的从一方的脊形部 131a 到另一方的脊形部 131b 的距离确定为脊形对向间隔  $d_2$ (mm)(参照图 11)。

[0233] 脊形对向间隔  $d_2$  根据高频电源 105A、105B 的频率、基板 S 的大小及等离子制膜处理的种类等,而设定为大致 50 ~ 200mm 左右的范围。即,放电室 102 的脊形电极 121a、121b 之间的脊形对向间隔  $d_1$ (大致 3 ~ 30mm) 设定得比转换器 103A、103B 的脊形部 131a、131b 之间的脊形对向间隔  $d_2$ (大致 50 ~ 200mm) 窄。因此,如图 1 所示,在脊形部 131a、131b 与

脊形电极 121a、121b 的交界部存在几十~一百几十毫米的脊形高低差 D(参照图 11)。

[0234] 从高频电源 105A、105B 供给的高频电力经由同轴电缆 104A、104B 及转换部 103A、103B 而向放电室 102 的脊形电极 121a、121b 传送,通过将脊形电极 121a、121b 的间隔设定得窄而产生强电场。通过向脊形电极 121a、121b 之间导入母气体而生成等离子体,母气体的材料气体被分解或实现活性化从而生成制膜组分。生成的制膜组分中的朝向基板 S 扩散移动的制膜组分在基板 S 上形成膜,实施制膜处理。

[0235] 同轴电缆 104A、104B 具有外部导体 117 及内部导体 118。外部导体 117 与转换器 103A、103B 的例如上侧的脊形部 131a 电连接。内部导体 118 贯通上侧的脊形部 131a 和转换器 103A、103B 的内部空间而与下侧的脊形部 131b 电连接。同轴电缆 104A、104B 分别将从高频电源 105A、105B 供给的高频电力向转换器 103A、103B 引导。需要说明的是,作为高频电源 105A、105B,可以使用公知的结构,在本发明中并未特别限定。转换器 103A、103B 将高频电力的传送模式从作为同轴传送模式的 TEM 模式转换成方形波导管的基本传送模式即 TE 模式而向放电室 102 传送,从而在脊形电极 121a、121b 之间产生等离子体。

[0236] 根据波导管的特性,在一对脊形电极 121a、121b 之间,沿着脊形电极的方向(H 方向)的电场强度分布大致均匀。而且,通过使用脊形波导管,在一对脊形电极 121a、121b 之间能够得到可生成等离子体的程度的强电场强度。放电室 102、转换器 103A 及转换器 103B 可以由双脊形波导管构成,也可以由单脊形波导管构成。

[0237] 通过从高频电源 105A 供给的高频电力和从高频电源 105B 供给的高频电力,而在放电室 102 形成驻波。此时,当从电源 105A 及电源 105B 供给的高频电力的相位被固定时,驻波的位置(相位)被固定,一对脊形电极 121a、121b 中的放电室 102 延伸的方向即 L 方向的电场强度的分布产生不均。因此,通过调节从高频电源 105A 及高频电源 105B 的至少一方供给的高频电力的相位,来进行形成于放电室 102 的驻波的位置的调节。由此,实现一对脊形电极 121a、121b 的 L 方向的电场强度的分布的时间平均的均匀化。

[0238] 具体而言,以驻波的位置伴随着时间的经过而沿着 L 方向呈 sin 波状、三角波状或阶梯(台阶)状地移动的方式调节从高频电源 105A 及高频电源 105B 供给的高频电力的相位。驻波移动的范围、使驻波移动的方式(sin 波状、三角波状或阶梯状等)及相位调整的周期的适当化基于电力的分布、来自等离子体的发光的分布、等离子体密度的分布及/或制膜的膜的特性的分布等进行。作为膜的特性,可以列举膜厚、膜质、太阳能电池等的作为半导体的特性等。

[0239] 通过形成脊形部的脊形波导管的特性和从高频电源 105A、105B 供给的高频电力的相位调制,对于基板 S,在 H 方向及 L 方向的任一方向上均能够在较大范围内生成均匀的等离子体,因此当对大面积基板制膜时,能够均匀地制膜出高品质的膜。

[0240] 如图 12 及图 13 所示,在基板侧脊形电极 121b 的下方(-E 方向)设有均热调温器 111。该均热调温器 111 的上表面 111a 平坦,与基板侧脊形电极 121b 平行,并相对于基板侧脊形电极 121b 的下表面隔开几 mm 至几十 mm 左右的间隔。在均热调温器 111 上连接有热介质流通路 111b。在均热调温器 111 的上表面 111a 载置实施等离子体制膜处理的基板 S。即,基板 S 配置在放电室 102 的外部,由均热调温器 111 均匀地加热。作为基板 S,可以例示透光性玻璃基板。例如,作为在太阳能电池面板中使用的基板 S,可以列举长宽的大小为 1.4m×1.1m、厚度为 3.0mm 至 4.5mm 的情况。

[0241] 母气体供给单元 110 具备：母气体供给管 110a，收容在放电室 102 的两端设置的非脊形部波导管 122a、122b 的内部且沿着其内部空间的长度方向配置；多个母气体喷出孔 110b，从该母气体供给管 110a 向放电室 102 的内部的脊形电极 121a、121b 之间喷出对基板 S 的表面实施等离子体制膜处理所需的包含原料气体的母气体（例如， $\text{SiH}_4$  气体等的材料气体）。气体喷出孔 110b 为了向脊形电极 121a、121b 之间大致均匀地喷出母气体，而设置多个喷出径适当化的气体喷出孔 110b。需要说明的是，在母气体供给管 110a 的侧面形成一系列的多个母气体喷出孔 110b 的上下设有檐状的引导板 110c，以便使从母气体喷出孔 110b 喷出的母气体不立即扩散，而在上下的脊形电极 121a、121b 之间前进并均匀地扩散至内部。通过母气体供给管 110a、气体喷出孔 110b 及引导板 110c 构成母气体供给单元 110。

[0242] 例如，各气体喷出孔 110b 喷出的气体流速优选超过音速以产生扼流现象而成为均匀的气体流速。虽然也受母气体流量及压力条件的影响，但例示了使用具有  $\phi 0.3\text{mm} \sim \phi 0.5\text{mm}$  的喷出径的气体喷出孔 110b 来设定气体喷出孔 110b 的数量的情况。而且，例示了檐状的引导板 110c 其狭缝状的引导板对的间隔为 0.5mm 至 2mm 左右，成为气体助跑长度的引导板 110c 的宽度（在图 13 中为 H 方向）为母气体供给管 110a 的直径的 1 倍至 3 倍左右。

[0243] 热吸收调温单元 112 成为将能够进行真空排气的均匀化的歧管 112a 和能够热吸收的调温器 112b 一体化的结构，并与排气侧脊形电极 121a 的外表面侧（上部）密接地设置，对脊形电极 121a 的温度进行控制。由此，控制通过实施等离子体处理的基板 S 的板厚方向的热流束，从而能够抑制基板 S 的翘曲变形。

[0244] 热吸收调温单元 112 的歧管 112a 及调温器 112b 形成为作为通过对铝合金进行机械加工、压铸制法等而制造的具有刚性的一体结构物，其平面形状具有与排气侧脊形电极 121a 的平面形状大致相同的平面形状。在热吸收调温单元 112 的下表面形成有与排气侧脊形电极 121a 对向的平坦的平面部 112c，排气侧脊形电极 121a 与该平面部 112c 强烈地热接触且被保持。排气侧脊形电极 121a 与热吸收调温单元 112 的平面部密接而成为一体，排气侧脊形电极 121a 被固定成不变形。

[0245] 排气侧脊形电极 121a 也可以以不与平面部 112c 分离的方式由未图示的固定构件保持，且被保持为在其热膨胀时能够相对于平面部 112 沿面方向相对移动，从而能够吸收尺寸差。

[0246] 即，在排气侧脊形电极 121a 与热吸收调温单元 112 的热膨胀率区别较大时，排气侧脊形电极 121a 将基板 S 的一端边侧中央设置的定位孔 124a 和为了吸收热膨胀差而设置在角部或周边位置的多个部位（在图 14 的例子中为五个部位）的滑动长孔 124b ~ 124f 的方向沿着热膨胀方向适当设置，由此，热膨胀的排气侧脊形电极 121a 沿着水平方向顺畅地变形而不会产生凹凸，从而能够与高刚性的热吸收调温单元 112 密接并抑制变形。

[0247] 还优选在排气侧脊形电极 121a 的中央附近以与热吸收调温单元 112 密接的方式设置  $\pm H$  方向的滑动长孔 124g。但是，优选地，紧固件的头优选为薄且具有曲面的结构，以免紧固件的头比电极面更向内侧（等离子体生成侧）突出，或者在滑动长孔 124g 设置使紧固件的头没入板厚的大致一半的阶梯部。就滑动长孔 124b ~ 124f、124g 而言，当距定位孔 124a 越远的位置的长孔，长孔形状沿着热膨胀方向越长地扩大时，能够防止因设置不必要的长孔引起的电极强度下降，因此更优选。

[0248] 如图 13 所示,在歧管 112a 的内部形成有沿着水平方向扩展的广阔的共用空间 112d。在歧管 112a 的上表面中央部竖立设置有歧管 112a 的集管部即排气管 112e,在该排气管 112e 连接有排气单元 109、即未图示的真空泵等。还如图 13 所示,在歧管 112a 的下表面(平面部 112c)开设形成有多个吸引口 112f。这些吸引口 112f 经由共用空间 112d 而与排气管 112e 连通。需要说明的是,图 17A 是热吸收调温单元 112 单体的横向剖视图,图 17B 是表示排气侧脊形电极 121a 与热吸收调温单元 112 重叠的状态的俯视图。

[0249] 热吸收调温单元 112 的共用空间 112d 经由吸引口 112f 和设于排气侧脊形电极 121a 的多个通气孔 123a 而与放电室 102 连通。在热吸收调温单元 112 的内部配置有成为调温器 112b 的主要部分的供热介质(调温介质)流通的调温介质流通路(热介质流路)112g。调温介质流通路 112g 如图 17A 及图 17B 所示布局为,在俯视下由热吸收调温单元 112 的一端部的中央附近设置的热介质流路入口导入,从热吸收调温单元 112 的外周侧向内侧延伸而将各吸引口 112f 的周围包围,再次向外周侧露出,纯水、氟系油等的热介质在调温介质流通路 112g 的内部循环。因此,能实现与平面部 112b 密接而设置的排气侧脊形电极 121a 的温度的均匀化。

[0250] 热介质从热吸收调温单元 112 的调温器 112b 的外周侧向内侧通过并从热介质流路出口流出。由此,从容易受到与周围结构的传热影响的外周侧导入被控制成规定温度的热介质,并将其向内侧引导,由此在整面能够实现排气歧管 112a 的温度的均匀化。热介质流路 112g 为了使整体成为更均匀的温度而分割为两系统,各热介质流路 112g 避开排气口 112f 设置,但并未限定于此。

[0251] 需要说明的是,向调温介质流通路(热介质流路)112g 供给的热介质通过未图示的加热装置及冷却装置而升温或降温成规定的温度。该加热装置及冷却装置在从制膜装置 101 分离的未图示的热介质循环流路中使用。

[0252] 另外,热吸收调温单元 112 吸收由自清洁时的反应( $\text{Si}(\text{膜或粉})+4\text{F} \rightarrow \text{SiF}_4(\text{气体})+1439\text{kcal/mol}$ )产生的发热。由此,自清洁时的结构物的温度实现高温化,能够防止氟自由基对结构物的结构材料的腐蚀加速的情况。

[0253] 热吸收调温单元 112 考虑放电室 102 内的热平衡而通过使控制成规定的温度的热介质以规定的流量循环等进行热吸收或加热,由此能够进行排气侧脊形电极 121a 的调温。

[0254] 因此,热吸收调温单元 112 适当地吸收从高频电源 105A、105B 供给且由等离子体产生的能量。而且,热吸收调温单元 112 减小伴随着从脊形电极 121a、121b 之间产生的等离子体向设有基板 S 的均热调温器 111 的通过热量及从均热调温器 111 通过基板 S 向热吸收调温单元 112 通过的热量而在基板 S 的表背产生的温度差。由此,能够抑制基板 S 凹或凸地热变形的情况。

[0255] 然而,如图 15 以及图 16A 及图 16B 所示,形成于排气侧脊形电极 121a 的通气孔 123a 的内径设定得比形成于基板侧脊形电极 121b 的通气孔 123b 的内径更大。考虑到能够实现均匀的排气和排气阻力不增大,排气侧脊形电极 121a 的通气孔 123a 的内径设定为例如  $\phi 2 \sim 5\text{mm}$  的范围。而且,基板侧脊形电极 121b 的通气孔 123b 的内径设定为  $\phi 1 \sim 3\text{mm}$  的范围,且 123a 的内径形成得比 123b 的内径大。

[0256] 排气侧脊形电极 121a 的贯通孔 123a 考虑能够实现均匀的排气。基板侧脊形电极 121b 的通气孔 123b 考虑能够实现均匀的制膜。各脊形电极 121a、121b 中的每单位面积的

通气孔 123a、123b 的开口率被形成为在各脊形电极 121a、121b 的平面的中央部通气孔 123a 彼此之间、通气孔 123b 彼此之间的间距较密,且被形成为在周围部通气孔 123a 彼此之间、通气孔 123b 彼此之间的间距较疏。由此,材料气体从排气侧脊形电极 121a 的周边方向,即,从非脊形部波导管 122a、122b 内的母气体供给管 110a 朝向基板侧脊形电极 121b 的面中央部供给,并且制膜组分也从基板侧脊形电极 121b 向得到制膜组分的扩散的基板 S 的面中央部遍及,从而制膜组分在基板 S 的面内均匀地扩散。

[0257] 即,当从排气侧脊形电极 121a 通过排气单元 109 对母气体进行真空排气时,至少在排气侧脊形电极 121a 的贯通孔 123a 或基板侧脊形电极 121b 的通气孔 123b 中,其每单位面积的开口率被设为相对于排气单元 109 距排气单元 109 近的位置范围(距母气体供给管 110a 远的位置范围)的每单位面积的开口率大于距母气体供给管 110a 近的位置范围的每单位面积的开口率。具体而言,在脊形电极 121a、121b 的长宽的边的 30%~50% 的中央附近的范围内,通气孔 123a、123b 的间距间隔设定为较密的 10~30mm 左右,在其周围的范围内,间距间隔设定为较疏的 30~100mm 左右。或者,也可以将通气孔 123a、123b 的间距间隔在整个区域上等间隔地设定,在中央附近的范围内使通气孔 123a、123b 的内径大,在其周围的范围内使通气孔 123a、123b 的内径小,由此使每单位面积的开口率变化。至少在排气侧脊形电极 121a 的贯通孔 123a 或基板侧脊形电极 121b 的通气孔 123b 中,在脊形电极面内对有效的孔尺寸和间距设置分布,对排气流导设置分布,由此排气阻力不增大,能够使母气体在放电室 102 内均匀地遍及,从而能够进行稳定的制膜。

[0258] 如图 17B 所示,热吸收调温单元 112 的吸引口 112f 与设于上侧的脊形电极 121a 的通气孔 123a 未必以匹配的方式形成,但需要以使与各吸引口 112f 匹配的通气孔 123a 的数量成为大致均匀的方式形成通气孔 123a。

[0259] 如上述那样,一对脊形电极 121a、121b 是厚度 0.5mm~3mm 的薄金属板。排气侧脊形电极 121a 与热吸收调温单元 112 的下表面(平面部 112c)密接而被保持,因此排气侧脊形电极 121a 弯曲或翘曲的可能性少。然而,基板侧脊形电极 121b 其两面均未相接,因此原封不动的话,尤其是中央部将因自重而向下方弯曲。因此,如图 13 所示,通过从热吸收调温单元 112 向下方垂下的多个索状吊持构件 127,成为吊持下侧的脊形电极 121b 的结构。吊持构件 127 的材质优选采用陶瓷等电介质或利用电介质覆盖金属棒的周围的直径细的材质,以免扰乱放电室 102 内的电场。吊持构件 127 保持包括脊形电极 121b 的周围及中央部的多个点,能够调整各自的长度。因此,基板侧脊形电极 121b 相对于排气侧脊形电极 121a 平行且平坦地被支承。

[0260] 如图 13 所示,设有从下方(从 -E 方向向 +E 方向)将基板侧脊形电极 121b 和均热调温器 111 包围的形状的防着板 129。防着板 129 设置成能够相对于从均热调温器 111 的下表面延伸的支承柱 130 沿着轴向(±E 方向)滑动,并且由介于支承柱 130 的中间部形成的凸缘状的限动件 130a、130b 之间的与防着板按压构件 131 之间弹性安装的弹簧 133 始终向脊形电极 121b 侧施力。需要说明的是,支承柱 130 对均热调温器 111 进行支承并且在基板 S 的搬运时等向 ±E 方向移动,并且可以将用于向均热调温器 111 循环供给热介质等的配管设置在内部。

[0261] 通过设置防着板 129,限定向载置在均热调温器 111 的上表面 111a 上的基板 S 制膜时扩散的制膜自由基或粉类附着或蓄积的场所,从而抑制制膜材料向制膜装置 101 的与

制膜无关的区域附着。防着板 129 克服弹簧 133 的作用力而向下方 (-E 方向) 滑动并压下, 由此在基板搬运时等根据需要能够变更与均热调温器 111 的位置关系。由此, 由于在防着板 129 与下侧的脊形电极 121b 之间隔开间隔, 因此能够使载置在均热调温器 111 的上表面 111a 上的基板 S 的搬入、搬出容易。

[0262] 需要说明的是, 上述的均热调温器 111 可以采用通过规定温度及规定流量的热介质的循环而控制温度的均热板和基板工作台所构成的以往的结构。而且, 在将均热调温器 111 加热维持成恒定的温度且在不需要吸热的制膜条件下运用的制膜装置中, 也可以是具有电加热器而不是热介质循环的均热板。通过采用这种均热板, 能够实现成本削减和控制的简化。

[0263] 在如以上那样构成的制膜装置 101 中, 通过以下的步骤对设置在放电室 102 的内部的基板 S 实施等离子体制膜处理。

[0264] 首先, 通过排气单元 109 从放电室 102、转换器 103A、103B 的内部排出空气。此时, 放电室 102、转换器 103A、103B 及防着板 129 的内部的空气经由穿设于一对脊形电极 121a、121b 的通气孔 123a、123b 由热吸收调温单元 112(歧管 112a) 的吸引孔 112f 吸引。该内部的空气进而通过共用空间 112d 和排气管 112e, 经由未图示的压力调整阀及真空泵而向外部排气。接着, 将防着板 129 向下方 (-E 方向) 压下, 将基板 S 载置在均热调温器 111 的上表面 111a(图 13)。

[0265] 接下来, 从高频电源 105A、105B, 将频率为 13.56MHz 以上、优选为 30MHz 至 400MHz 的高频电力经由循环器 107A、107B、匹配器 106A、106B、同轴线缆 104A、104B 及匹配器 106A、106B 向放电室 102 的脊形电极 121a、121b 供给, 并从母气体供给单元 110 向脊形电极 121a、121b 之间供给例如  $\text{SiH}_4$  气体等的母气体。此时, 控制排气单元 109 的排气量, 将放电室 102 等的内部、即脊形电极 121a、121b 之间的压力保持为 0.1kPa 至 10kPa 左右的真空状态。

[0266] 从高频电源 105A、105B 供给的高频电力经由同轴线缆 104A、104B 及匹配器 106A、106B 而向转换器 103A、103B 传送。在匹配器 106A、106B 中, 调节传送高频电力的系统中的阻抗等的值。并且, 在转换器 103A、103B 中将高频电力的传送模式从同轴传送模式即 TEM 模式转换成方形波导管的基本传送模式即 TE 模式。

[0267] 在这种状态下, 在脊形电极 121a、121b 之间, 母气体被电离而产生等离子体。由该等离子体生成的制膜组分通过扩散, 经由穿设于基板侧脊形电极 121b 的通气孔 123b 而到达基板 S 之上, 从而在基板 S 上形成均匀的膜、例如非结晶硅膜、结晶质硅膜。

[0268] 放电室 102 是形成有脊形部(脊形电极 121a、121b)的脊形波导管, 因此由于其特性, 在脊形电极 121a、121b 之间, H 方向的电场强度分布变得大致均匀。而且, 通过时间性地调制从高频电源 105A 及高频电源 105B 的至少一方供给的高频电力的相位, 而使形成于放电室 102 的驻波的位置变化, 从而实现脊形电极 121a、121b 的 L 方向的电场强度的分布的时间平均的均匀化。通过使用脊形波导管, 除了传送损失小的效果之外, 在 H 方向及 L 方向上均能够易于使电场强度分布大致均匀化的区域大面积化。

[0269] 在本实施方式的真空处理装置 101 中, 在放电室 102 的排气侧脊形电极 121a 的上部设置热吸收调温单元 112, 通过该热吸收调温单元 112 能够控制排气侧脊形电极 121a 的温度及通过基板 S 的板厚方向的热流束。因此, 抑制排气侧脊形电极 121a 和基板 S 的热膨胀引起的变形(翘曲)而确保均匀的等离子体特性, 从而能够进行高品质的等离子体制膜

处理。

[0270] 即,热吸收调温单元 112 考虑放电室 102 内的热平衡而通过使控制成规定的温度的热介质以规定的流量循环等进行热吸收或加热,从而能够进行排气侧脊形电极 121a 的调温。因此,热吸收调温单元 112 适当地吸收从高频电源 105A、105B 供给且由等离子体产生的能量,并减小伴随着从脊形电极 121a、121b 的等离子体向设置基板 S 的均热调温器 111 的通过热量、从均热调温器 111 通过基板 S 向热吸收调温单元 112 通过的热量而在基板 S 的表背产生的温度差的发生,因此能有效地抑制基板 S 凹或凸地热变形的情况。

[0271] 另外,热吸收调温单元 112(歧管 112a) 形成作为刚体,排气侧脊形电极 121a 与形成于该热吸收调温单元 112 的下表面的平面部 112c 密接而被保持。因此,排气侧脊形电极 121a 更可靠地防止热膨胀引起的变形(翘曲)而确保均匀的等离子体特性,从而能够进行高品质的等离子体制膜处理。

[0272] 此外,基板侧脊形电极 121b 从热吸收调温单元 112 经由多个吊持构件 127 吊持,该基板侧脊形电极 121b 相对于排气侧脊形电极 121a 平行且平坦地被支承。因此,通过作为刚体而形成的热吸收调温单元 112 而平坦地吊持基板侧脊形电极 121b。由此,提高基板侧脊形电极 121b 的平坦度,并提高相对于排气侧脊形电极 121a 的平行精度,确保放电室 102 的均匀的等离子体特性而能够进行高品质的等离子体制膜处理。

[0273] 另外,将一对脊形电极 121a、121b 用厚度 0.5mm ~ 3mm 的薄金属板形成,因此在控制脊形电极 121a、121b 的温度时,因该通过热流束而产生的表背温度少,而且快速地变均匀。因此,能够防止脊形电极 121a、121b 的翘曲,确保均匀的等离子体特性而能够进行高品质的等离子体制膜处理。

[0274] 而且,设有将放电室 102 及转换器 103A、103B 的内部的气体排出的排气单元 109 和将对基板 S 实施等离子体处理所需的母气体向一对脊形电极 121a、121b 之间供给的母气体供给单元 110,因此能够始终将材料气体流量被控制了母气体大致均匀地供给到放电室 102 内,并且将在等离子体发生时产生的 Si 纳米簇等膜质下降要素从排气侧脊形电极 121b 通过排气单元 109 迅速地向外部排出,从而能够进行高品质的等离子体制膜处理。

[0275] 此外,在脊形电极 121a、121b 穿设多个通气孔 123a、123b,热吸收调温单元 112 形成经由这些通气孔 123a、123b 与放电室 102 连通的歧管状,并形成供调温介质在其内部流通的调温介质流通路 112g,排气单元 109 与热吸收调温单元 112 的集管部即排气管 112e 连接,经由该热吸收调温单元 112 的歧管形状而将放电室 102 及转换器 103A、103B 的内部的气体排出。因此,通过热吸收调温单元 112 的歧管形状,能够在脊形电极 121a、121b 的大范围内进行放电室 102 内部的排气。因此,使放电室 102 内部的母气体的分布均匀化而使等离子体稳定化,从而能够进行高品质的等离子体制膜处理。

[0276] 另外,脊形电极 121a、121b 的每单位面积的通气孔 123a、123b 的开口率被设为相对于排气单元 109 距排气单元 109(排气管 112e) 近的范围位置的开口率大于距母气体供给单元 110(母气体供给管 110a) 近的范围位置的开口率。因此,使母气体均匀地遍及于放电室 102 内,在脊形电极 121a、121b 之间从母气体通过等离子体而生成的制膜组分借助扩散经由基板侧脊形电极 121b 的通气孔 123b 到达基板 S 之上,从而能够对基板 S 实施稳定的等离子体制膜处理。

[0277] 此外,母气体供给单元 110 具备:收容在放电室 102 的两端设置的非脊形部波导管

122a、122b 的内部而沿着长度方向延伸的母气体供给管 110a；从该母气体供给管 110a 向上下的脊形电极 121a、121b 之间喷出母气体的多个母气体喷出孔 110b；檐状的引导板 110c。由此，有效地利用非脊形部波导管 122a、122b 的内部空间而实现真空处理装置 101 的紧凑化，并使母气体从放电室 102 的两端的非脊形部波导管 122a、122b 均匀地遍及于放电室 102 的内部而使等离子体均匀化，从而能够进行高品质的等离子体制膜处理。

[0278] 另外，用于通过螺栓 114 和螺母 115 将脊形电极 121a、121b 紧固于非脊形部波导管 122a、122b 的电极保持部 122c 的紧固构件插通孔 124a ~ 124f 以紧固构件插通孔 124a 为定位点，沿着脊形电极 121a、121b 相对于电极保持部 122c 的热膨胀方向而形状呈长孔状地扩大，并且螺栓 114 与螺母 115 的紧固力设定为在脊形电极 121a、121b 的热膨胀时能够容许其伸长的强度。因此，即使各脊形电极 121a、121b 发生热膨胀而尺寸沿着面方向延伸，也能够管理脊形电极 121a、121b 的紧固构件插通孔 124a ~ 124f 的位置相对于电极保持部 122c 的相对位置并进行相对移动。因此，并未对脊形电极 121a、121b 施加限制的应力，不会引起翘曲等变形，由此，上下的脊形电极 121a、121b 之间保持平行而产生均匀的等离子体，从而能够进行高品质的等离子体制膜处理。

[0279] (第七实施方式)

[0280] 基于图 18、图 19，说明本发明的第七实施方式。图 18 是表示本发明的第七实施方式的制膜装置 141 的纵向剖视图。图 19 是制膜装置 141 的放电室 102 及脊形电极对向间隔调整机构 142 周边的分解立体图。需要说明的是，在该图 18 及图 19 中，对于与图 13 及图 14 所示的第六实施方式的制膜装置 101 同样的结构的部分，不标注符号，或者标注相同的符号而省略说明。

[0281] 在制膜装置 141 中，设有脊形电极对向间隔调整机构（脊形电极对向间隔调整单元）142，该脊形电极对向间隔调整机构 142 能够在放电室 102 的一对脊形电极 121a、121b 之间保持平行的状态下，调整这双方的脊形电极 121a、121b 间的间隔（脊形对向间隔  $d_1$ ）。脊形电极对向间隔调整机构 142 从上方通过多个吊持构件 143 吊持基板侧脊形电极 121b，并相对于排气侧脊形电极 121a 平行地支承，使基板侧脊形电极 121b 相对于排气侧脊形电极 121a 平行地移动。

[0282] 脊形电极对向间隔调整机构 142 不使非脊形部波导管 122a、122b 的 L 方向截面形状变化而维持波导管特性。由此，以传送特性不变化的方式保持非脊形部波导管 122a、122b，并相对于排气侧脊形电极 121a 使基板侧脊形电极 121b 在保持平行的状态下移动，从而能够调整双方的脊形电极 121a、121b 之间的对向间隔。

[0283] 例如，在热吸收调温单元 112 的上部设置有形成为框状的吊持框材 144，该吊持框材 144 借助未图示的上下滑动机构而上下（±E 方向）滑动。在该吊持框材 144 上连接有例如总数为 8 个的吊持构件 143 的上端部，这些吊持构件 143 从吊持框材 144 向下方（-E 方向）延伸，贯通热吸收调温单元 112、排气侧脊形电极 121a、放电室 102 的内部空间，其下端部与基板侧脊形电极 121b 的包括至少中央部附近、优选包括中央附近及周围部附近的 8 个部位以上连接。吊持构件 143 的数量可以适当增减以使得基板侧脊形电极 121b 相对于自重能够确保平面度。吊持构件 143 与实施方式 6 中的吊持构件 127 相同。

[0284] 吊持构件 143 的材质优选为陶瓷等电介质、或金属棒的周围由电介质覆盖的直径细的材质，以免扰乱放电室 102 内的电场。例如，吊持构件 143 可以利用在  $\phi 0.3 \sim \phi 1 \text{mm}$  的



SUS304 线材的表面覆盖有氧化铝陶瓷的电介质的材质。这样的话,基板侧脊形电极 121b 由多个细的吊持构件 143 保持,因此即使基板侧脊形电极 121b 因热膨胀而发生热伸长,在脊形电极面方向也不会产生限制的应力,因此能够抑制弯曲或翘曲等变形。

[0285] 在吊持构件 143 贯通热吸收调温单元 112 的部分也可以设置密封支承构件 145,该密封支承构件 145 保持热吸收调温单元 112 内部的与排气单元 109 连通的歧管形状的气密,并且将吊持构件 143 保持为沿着轴向滑动自如。而且,在排气侧脊形电极 121a 穿设有用于供吊持构件 143 贯通的贯通孔 146(参照图 19),但该贯通孔 146 的内径优选为使吊持构件 143 无干涉地通过的最小限度的大小,以免扰乱放电室 102 内的电场。而且,也可以使用穿设于排气侧脊形电极 121a 的多个通气孔 123a,来供吊持构件 143 通过。

[0286] 基板侧脊形电极 121b 的 H 方向的两边部被紧固固定于非脊形部波导管 122a、122b 的电极保持部 122c。但是,为了使基板侧脊形电极 121b 能够上下移动,而如图 18 所示,设有使电极保持部 122c 的位置相对于非脊形部波导管 122a、122b 上下(±E 方向)滑动的滑动调整部 147。滑动调整部 147 也是脊形电极对向间隔调整机构 142 的结构要素。

[0287] 滑动调整部 147 使电极保持部 122c 与非脊形部波导管 122a、122b 分体而非脊形部波导管 122a、122b 重合地沿着 E 方向能够滑动,利用紧固构件 148 紧固而将其高度固定。因此,即使电极保持部 122c 的位置滑动,非脊形部波导管 122a、122b 的 L 方向截面形状也不会变化,能维持波导管特性,因此传送特性不变化。紧固构件 148 的头优选薄且具有曲面,以免紧固构件 148 的头向非脊形部波导管 122a、122b 的内表面侧突出。如此,电极保持部 122c 及滑动调整部 147 及紧固构件 148 也构成脊形电极对向间隔调整机构 142。

[0288] 在如以上那样构成的制膜装置 141 中,在调整基板侧脊形电极 121b 的高度而调整脊形电极对向间隔时,松缓紧固构件 148 而能够使脊形电极 121b 和电极固定部 122c 的高度移动,之后,通过未图示的上下滑动机构使吊持框材 144 上下移动,使脊形电极 121b 的高度变化,在基板侧脊形电极 121b 到达了规定的高度之后,利用紧固构件 148 进行紧固固定。由此,脊形电极对向间隔成为规定的间隔 d1。

[0289] 如此,根据该制膜装置 141,通过脊形电极对向间隔调整机构 142,能够将一对脊形电极 121a、121b 之间保持平行并对基板侧脊形电极 121b 进行上下位置调整而将脊形对向间隔 d1 设定为最佳值。而且,下基板侧脊形电极 121b 由 8 个吊持构件 143 以水平且维持平面度的状态下吊持。因此,即使基板侧脊形电极 121b 的厚度薄,也不会产生因自重造成的弯曲或翘曲等变形,由此,能够实现基板侧脊形电极 121b 的薄板化而提高热传递率,能够抑制表背温度差或热膨胀引起的变形。此外,在基板侧脊形电极 121b 的表背面除了细的吊持构件 143 之外没有结构物,因此不会对在放电室 102 内产生等离子体而使制膜组方向基板 S 扩散的情况造成影响。如此,在放电室 102 内产生均匀的等离子体,从而能够对基板 S 进行高品质的等离子体制膜处理。

[0290] (第八实施方式)

[0291] 接下来,基于图 20、图 21,说明本发明的第八实施方式。图 20 是表示本发明的第八实施方式的制膜装置 151 的纵向剖视图。图 21 是制膜装置 151 的放电室 102 及脊形电极对向间隔调整机构 152 周边的分解立体图。需要说明的是,在该图 20 及图 21 中,对于与图 18 及图 19 所示的第七实施方式的制膜装置 141 同样的结构的部分,标注相同符号而省略说明。

[0292] 在制膜装置 151 也设有脊形电极对向间隔调整机构 152, 该脊形电极对向间隔调整机构 152 能够在放电室 102 中的一对脊形电极 121a、121b 之间保持平行的状态下, 调整这双方的脊形电极 121a、121b 之间的间隔 (脊形对向间隔  $d_1$ )。该脊形电极对向间隔调整机构 152 具有从下方 ( $-E$  方向) 支承基板侧脊形电极 121b 的电极支承构件 153。该电极支承构件 153 具有例如外框部 153a 和在该外框部 153a 的内侧呈十字状架设的横档部 153b, 从而准确地形成其上表面的平面度。

[0293] 在电极支承构件 153 的上表面载置有基板侧脊形电极 121b, 通过多个滑动销 154 而由电极支承构件 153 保持。在基板侧脊形电极 121b 穿设有供滑动销 154 穿过的多个销孔 155, 该销孔 155 为了容许电极支承构件 153 上的基板侧脊形电极 121b 的热膨胀而形成成为长孔状。多个销孔 155 中, 仅将设置在基板侧脊形电极 121b 的一侧的边的中央部的销孔作为定位销孔而形成成为圆孔状, 其他的销孔 155 形成为从定位销孔沿着热伸长方向即放射方向延伸的长孔状。因此, 脊形电极 121b 被保持为以在电极支承构件 153 上保持相对位置并密接的方式维持平面度, 在该状态下, 即使产生热膨胀也不会受限制, 因此不会产生翘曲、歪斜。需要说明的是, 滑动销 154 的头优选设计为薄且具有曲面等, 以免滑动销 154 的头向电极面内侧 (等离子体生成侧) 突出。横档部 153b 在能够固定滑动销 154 的范围内缩减宽度为优选。

[0294] 通过电极支承构件 153, 支承基板侧脊形电极 121b 的下表面的周围部分及中央部分的重量。因此, 阻止基板侧脊形电极 121b 因自重而向下方弯曲的情况并维持平面度。而且, 基板侧脊形电极 121b 的上表面整面露出, 下表面也以至少不妨碍基板 S 的等离子体处理 (制膜处理) 的程度露出。电极支承构件 153 的平面形状未必非要是图 21 所示那样的具有外框部 153a 和在该外框部 153a 的内侧呈十字状架设的横档部 153b 的形状, 但需要形成成为能够支承基板侧脊形电极 121b 的至少周围部分和中央部分的重量且不会过度地覆盖基板侧脊形电极 121b 的下表面而扰乱放电室 102 内的电场的形状, 并成为不会妨碍制膜组分通过设于基板侧脊形电极 121b 的多个通气孔 123b 而到达基板 S 的扩散的形状。

[0295] 电极支承构件 153 的 H 方向的两边部与第七实施方式的制膜装置 141 同样地, 紧固固定于在非脊形部波导管 122a、122b 上设置的电极固定部 122c, 电极固定部 122c 由滑动调整部 147 保持为能够沿着  $\pm E$  方向滑动。电极支承构件 153 及基板侧脊形电极 121b 与制膜装置 141 同样地能够上下 ( $\pm E$  方向) 进行位置调整。

[0296] 根据以上那样构成的制膜装置 151, 基板侧脊形电极 121b 相对于排气侧脊形电极 121a 平行且平坦地被支承, 而且基板侧脊形电极 121b 的表背面以不会妨碍等离子体处理的程度露出。因此, 能够防止作为薄金属板的基板侧脊形电极 121b 因自重而弯曲的情况而高精度地保持平面度, 能够在放电室 102 内产生均匀的等离子体, 能够对基板 S 进行高品质的等离子体制膜处理。

[0297] (第九实施方式)

[0298] 基于图 22 及图 23, 说明本发明的第九实施方式。图 22 是表示本发明的第九实施方式的制膜装置 161 的纵向剖视图。图 23 是制膜装置 161 的放电室 102、脊形电极对向间隔调整机构 162 及作为母气体供给单元的母气体分配部 163 周边的分解立体图。需要说明的是, 在该图 22 及图 23 中, 对于与图 13 及图 14 所示的第六实施方式的制膜装置 101 同样的结构的部分, 不标注符号, 或标注相同的符号而省略说明。

[0299] 在制膜装置 161 中,母气体分配部 163 收容在热吸收调温单元 112 的内部的共用空间 112d 内。母气体分配部 163 具备:在共用空间 112d 内沿着脊形电极 121a 的面方向平行地遍布多个的母气体供给管 163a;这各母气体供给管 163a 的两端部集合的集管 163b;在各母气体供给管 163a 的下表面穿设的多个母气体喷出孔 163c;与两集管 163b 分别连接的母气体导入管 163d。多个母气体供给管 163a 和一对集管部 163b 组装成梯子状。母气体导入管 163d 从未图示的主配管分支而均匀地供给母气体,该母气体从母气体喷出孔 163c 经由热吸收调温单元 112 的内部而向上下的脊形电极 121a、121b 之间喷出。

[0300] 母气体喷出孔 163c 大致均匀地配置在放电室 102 的内部的排气侧脊形电极 121a 的背面,因此能够使母气体均匀地遍及于放电室 102 的内部。优选地,在集管 163b 和从其分支的各母气体供给管 163a 之间,进行设置节流孔等适当的分配处理,来向各母气体供给管 163a 均匀地分配母气体。而且,多个母气体喷出孔 163c 与前述的第六实施方式同样地,喷出的气体流速优选超过音速以产生扼流现象而成为均匀的气体流速。虽然受到母气体流量及压力条件的影响,但例示了使用具有  $\varphi 0.3\text{mm} \sim \varphi 0.5\text{mm}$  的喷出径的母气体喷出孔 163c 而设定母气体喷出孔 163c 的数量的情况。需要说明的是,母气体分配部 163 并未限定为具有多个母气体供给管 163a 和集管 163b 的梯子状,只要是具有同样的功能的结构即可。

[0301] 在本实施方式中,排气单元与设置在放电室 102 的两端的非脊形部波导管 122a、122b 连接。具体而言,在各个非脊形部波导管 122a、122b 的上表面设置排气管 164a、164b,且在此连接有未图示的真空泵等排气单元 109。非脊形部波导管 122a、122b 根据其供给的高频频率和传送模式而决定适当的尺寸,因此在非脊形部波导管 122a、122b 的内部设有划分成规定的容量的波导管划分用的网状物 165a、165b。网状物 165a、165b 为具有导电性的金属制,不会妨碍气体的排气而能够划分电位场。比网状物 165a、165b 更靠下部方向(-E 方向)的下部分确保适当的传送用尺寸。而且,比网状物 165a、165b 更靠上部方向(+E 方向)的上部分作为均匀的真空排气所需的空间而能够自由地选定尺寸、形状。网状物 165a、165b 的开口部的大小优选为 3 ~ 20mm 左右。

[0302] 排气单元 109 的排气管 164a、164b 在向各非脊形部波导管 122a、122b 的连接中,可以是一部位,但更优选存在于多个部位。在位于放电室 102 两端的非脊形部波导管 122a、122b 的上表面设置多个排气管 164a、164b,且在此连接有未图示的真空泵等排气单元 109。在图 23 中,在非脊形部波导管 122a、122b 的上表面在 L 方向的两端附近各设有 2 个排气管 164a、164b。与非脊形部波导管 122a、122b 连接的各排气管 164a、164b 的排气能力通过设置在各排气配管途中的控制阀而能够变更平衡。制膜组分向基板 S 扩散,因此通过调整多个排气管 164 的排气流的平衡,而能够控制基板 S 附近的制膜组分的  $\pm H$  方向和  $\pm L$  方向的气体扩散,从而能够进行更均匀的制膜处理。

[0303] 需要说明的是,脊形电极对向间隔调整机构 162 与第七实施方式的脊形电极对向间隔调整机构 142 同样地,具备:吊持基板侧脊形电极 121b 的多个吊持构件 143;从上方保持这些吊持构件 143 的吊持框材 144;使吊持框材 144 上下移动的未图示的上下滑动机构。而且,用于使基板侧脊形电极 121b 能够上下移动的滑动调整部 147 的结构也同样。

[0304] 在制膜装置 161 中,通过排气单元 109 的真空泵的工作,放电室 102 的内部的气体通过一对脊形电极 121a、121b 之间,从非脊形部波导管 122a、122b 的内部抽出,通过波导管划分用的网状物 165a、165b,从排气管 164a、164b 排气。同时,从母气体供给管 163a 的母气

体喷出孔 163c 向一对脊形电极 121a、121b 之间供给母气体。

[0305] 根据本结构,从放电室 102 的上部的排气侧脊形电极 121a 的大致整面的大面积均匀地供给母气体,因此适合于实现等离子体的均匀化。而且,从放电室 102 的两侧(±H 方向)排气,因此母气体难以停滞在放电室 102 的内部,使母气体的分布均匀化而进行高品质的等离子体处理,并且在从多个排气管 164a、164b 到真空泵等的排气单元的排气路径的一部分设置控制阀(节流机构)而在 ±H 方向和 ±L 方向的整面上取得排气量的平衡,由此能够将基板 S 的膜厚分布调整为最佳。因此,能够实施适于大面积的基板 S 的高品质的制膜处理。

[0306] (第十实施方式)

[0307] 基于图 24 以及图 25A 及图 25B,说明本发明的第十实施方式。图 24 是表示本发明的第十实施方式的制膜装置 171 的纵向剖视图。图 25A 及图 25B 是表示制膜装置 171 的作为母气体供给单元的母气体分配部 163 的结构例的立体图。需要说明的是,在该图 24 中,对于与图 22 及图 23 所示的第九实施方式的制膜装置 161 同样的结构的部分,不标注符号,或标注相同符号而省略说明。

[0308] 在制膜装置 171 中,与第九实施方式的制膜装置 161 同样地,母气体分配单元 163 收容在热吸收调温单元 112 的内部共用空间 112d 内。但是,如图 25A 所示,在各母气体喷出孔 163c 存在有使母气体不逆流而导通至排气侧脊形电极 121a 的母气体导入引导单元。母气体导入引导单元具体而言分别设有通过热吸收调温单元 112 的吸引孔 112f 而向下方延伸的引导管 163e,或者如图 25B 所示,设有将多个母气体喷出孔 163c 汇总而包围的狭缝引导板 163f。因此,从母气体喷出孔 163c 喷出的母气体即便在真空废气通过的吸引孔 112f 或排气侧脊形电极 121a 的通气孔 123a 中,也能够不扩散地进入到脊形电极 121a 与 121b 之间的空间,从而进行均匀的等离子体分布和均匀的制膜组分的形成。另一方面,排气单元与第六~第八实施方式的制膜装置 101、141、151 同样地,从设置在热吸收调温单元 112 的上部的排气管 112e 进行。

[0309] 根据本结构,在等离子体生成时,在脊形电极 121a、121b 之间生成的 Si 纳米簇等的高次硅烷气体成分使其流动方向直接进行 U 形转弯而能够快速地从制膜气氛排出,因此能够得到作为  $\text{SiH}_3$  自由基扩散主体的高性能、高品质制膜。在此,在排气侧脊形电极 121a 中,将母气体从各气体喷出孔 163c 大致均匀地喷出的孔部分和排气单元 109 进行真空排气的通气孔 123a 未必需要相同。各孔为了对基板 S 能进行均匀的制膜而可以将各孔间距错开设置。这种情况下,从各气体喷出孔 163c 喷出的母气体向一端由排气侧脊形电极 121a 可靠地排出之后,从通气孔 123a 经由吸引孔 112f 并从排气口 112e 进行基于排气单元 109 的真空排气,因此在基板 S 的整面上能够维持并管理制膜条件,因此更优选。

[0310] 在上述的实施方式中,将本发明适用于基于等离子体 CVD 法的制膜装置进行了说明,但本发明并不局限于制膜装置,也可以广泛适用于进行等离子体蚀刻等的等离子体处理的装置等其他各种装置。

[0311] 需要说明的是,本发明的技术范围并未限定为上述实施方式,在不脱离本发明的主旨的范围内可以施加各种变更。

[0312] 例如,在上述的实施方式中,说明了适用于将基板 S 水平设置的卧式的制膜装置 1、101、141、151、161、171 的结构例,但也可以适用于将基板 S 沿着铅垂上下方向倾斜设置

的立式的制膜装置。在倾斜设置的情况下,基板 S 从铅垂方向倾斜  $\theta = 7^\circ \sim 12^\circ$ , 由此通过基板自重的  $\sin(\theta)$  成分能够稳定地支承基板, 并且能够减少基板搬运时的闸阀通过宽度或制膜装置的设置底板面积, 因此优选。

**【附图标记说明】**

- [0314] 1 制膜装置 (真空处理装置)
- [0315] 2 放电室 (工艺室)
- [0316] 3A、3B 转换器
- [0317] 4A、4B 同轴电缆 (电源线)
- [0318] 5A、5B 高频电源 (电源单元)
- [0319] 6A、6B 匹配器
- [0320] 7、7A 排气部 (排气单元)
- [0321] 8、83 母气体供给管 (母气体供给单元)
- [0322] 8a 气体喷出孔
- [0323] 9、9B、9C 非脊形部波导管
- [0324] 21a 排气侧脊形电极 (脊形电极)
- [0325] 21b 基板侧脊形电极 (脊形电极)
- [0326] 22 通气孔 (贯通孔)
- [0327] 23 定位孔
- [0328] 24 滑动长孔
- [0329] 31a 排气侧脊形部 (脊形部)
- [0330] 31b 基板侧脊形部 (脊形部)
- [0331] 40 均热调温器
- [0332] 41 防着板
- [0333] 42 弹簧按压机构
- [0334] 43 支承柱
- [0335] 44 防着板按压构件
- [0336] 50、50A 热吸收调温单元
- [0337] 51 排气歧管
- [0338] 52 吸引口
- [0339] 53 排气共用空间
- [0340] 55 热介质流路 (调温介质流通路)
- [0341] 55a 入口
- [0342] 55b 出口
- [0343] 60 基板按压用具
- [0344] 80 母气体分配单元
- [0345] 81 母气体导入管
- [0346] 82 集管部
- [0347] 83 母气体供给管
- [0348] S 基板

- [0349] D 脊形高低差
- [0350] SA、SB 循环器
- [0351] 101、141、151、161、171 制膜装置（真空处理装置）
- [0352] 102 放电室
- [0353] 103A、103B 转换器
- [0354] 109 排气单元
- [0355] 110 母气体供给单元
- [0356] 110a 母气体供给管
- [0357] 110b 母气体喷出孔
- [0358] 110c 引导板
- [0359] 111 均热调温器
- [0360] 112 热吸收调温单元
- [0361] 112c 平面部
- [0362] 112e 排气管（集管部）
- [0363] 112g 调温介质流通路
- [0364] 114 螺栓（热膨胀吸收单元）
- [0365] 115 螺母（热膨胀吸收单元）
- [0366] 121a、121b 脊形电极
- [0367] 122a、122b 波导管
- [0368] 123a、123b 通气孔
- [0369] 124a ~ 124f 紧固构件插通孔（热膨胀吸收单元）
- [0370] 125a ~ 125f 紧固构件插通孔（热膨胀吸收单元）
- [0371] 127 吊持构件
- [0372] 131a、131b 脊形部
- [0373] 142、152、162 脊形电极对向间隔调整机构（脊形电极对向间隔调整单元）
- [0374] 163e 引导管（母气体导入引导单元）
- [0375] 163f 狭缝引导板

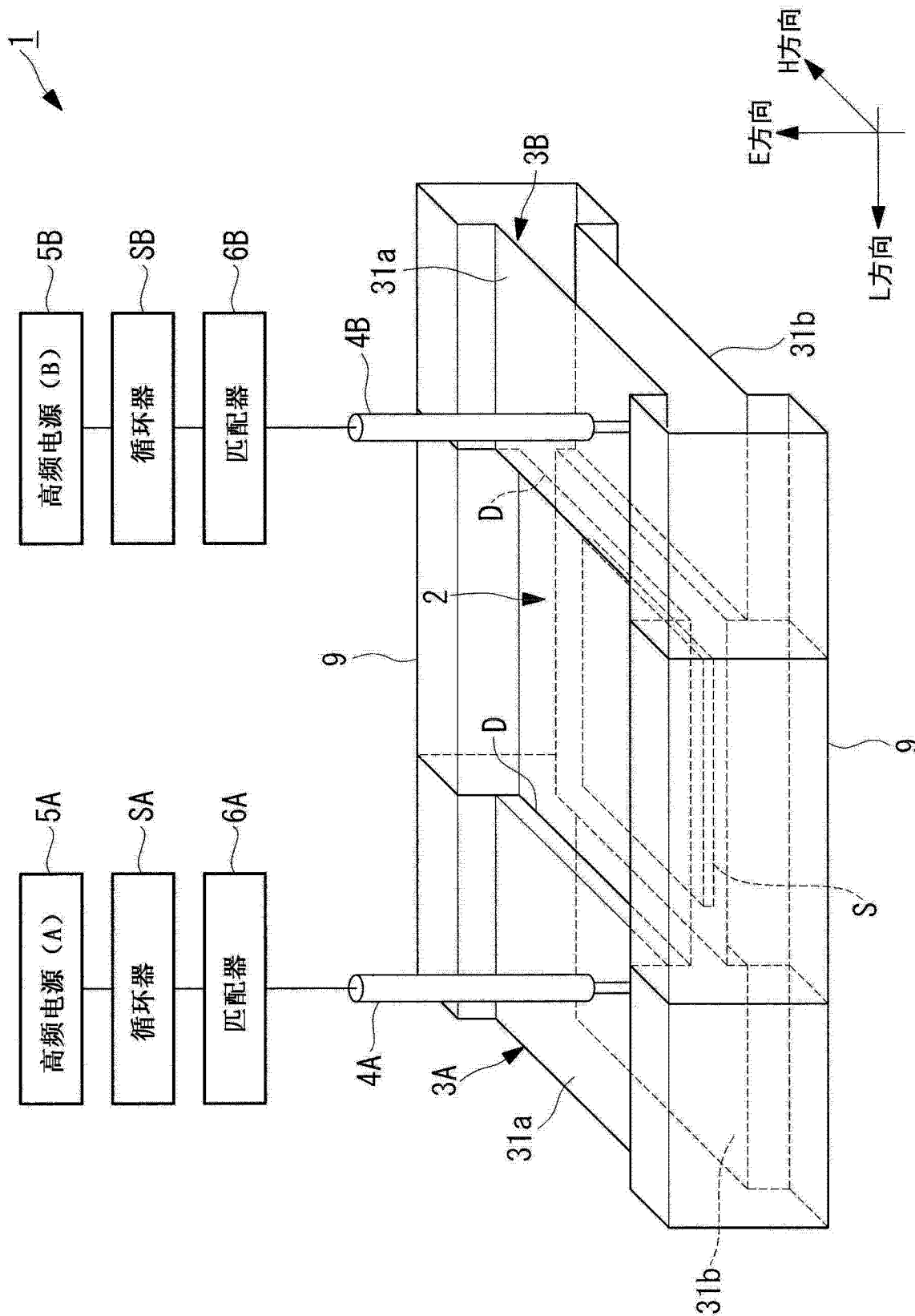


图 1

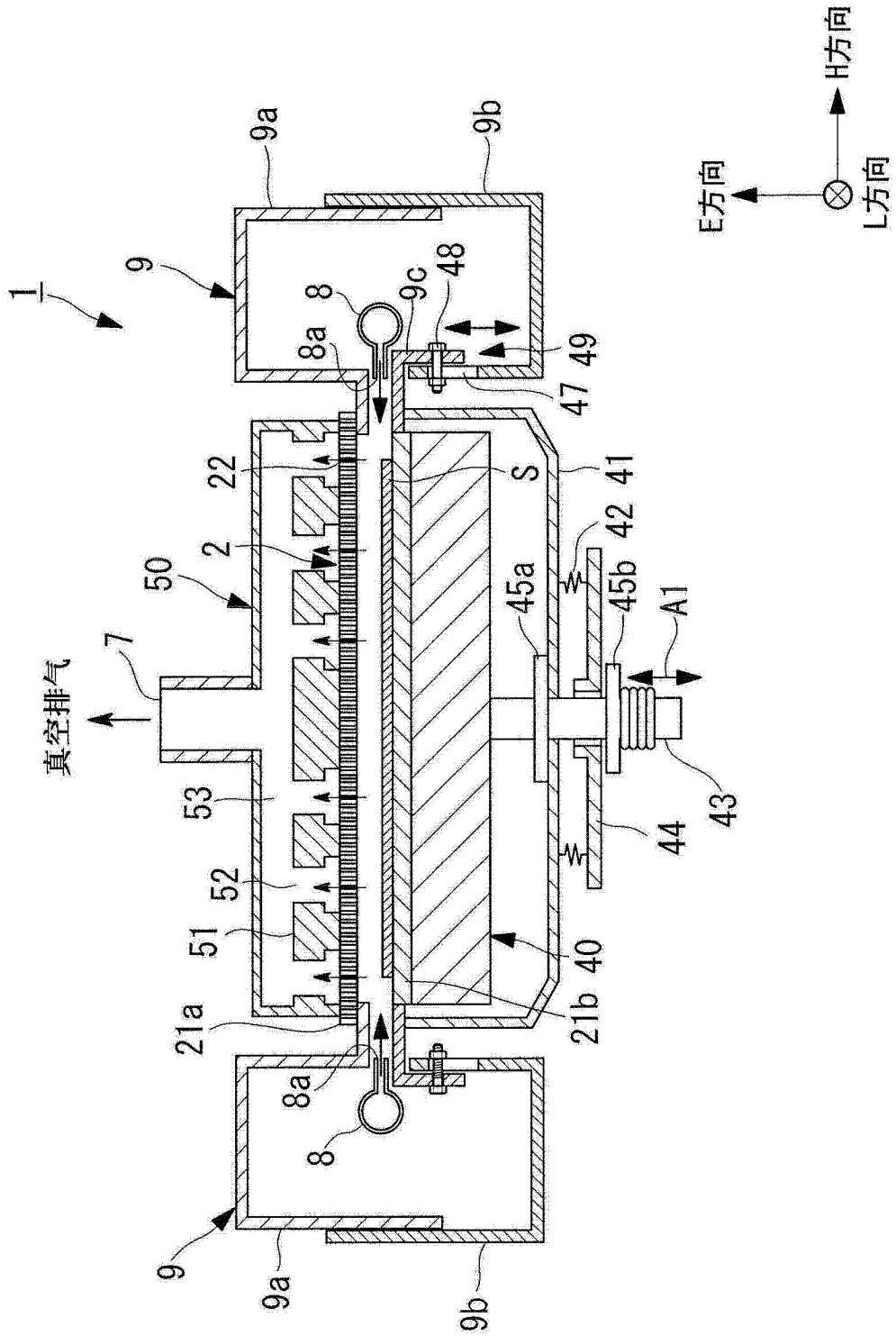


图 2



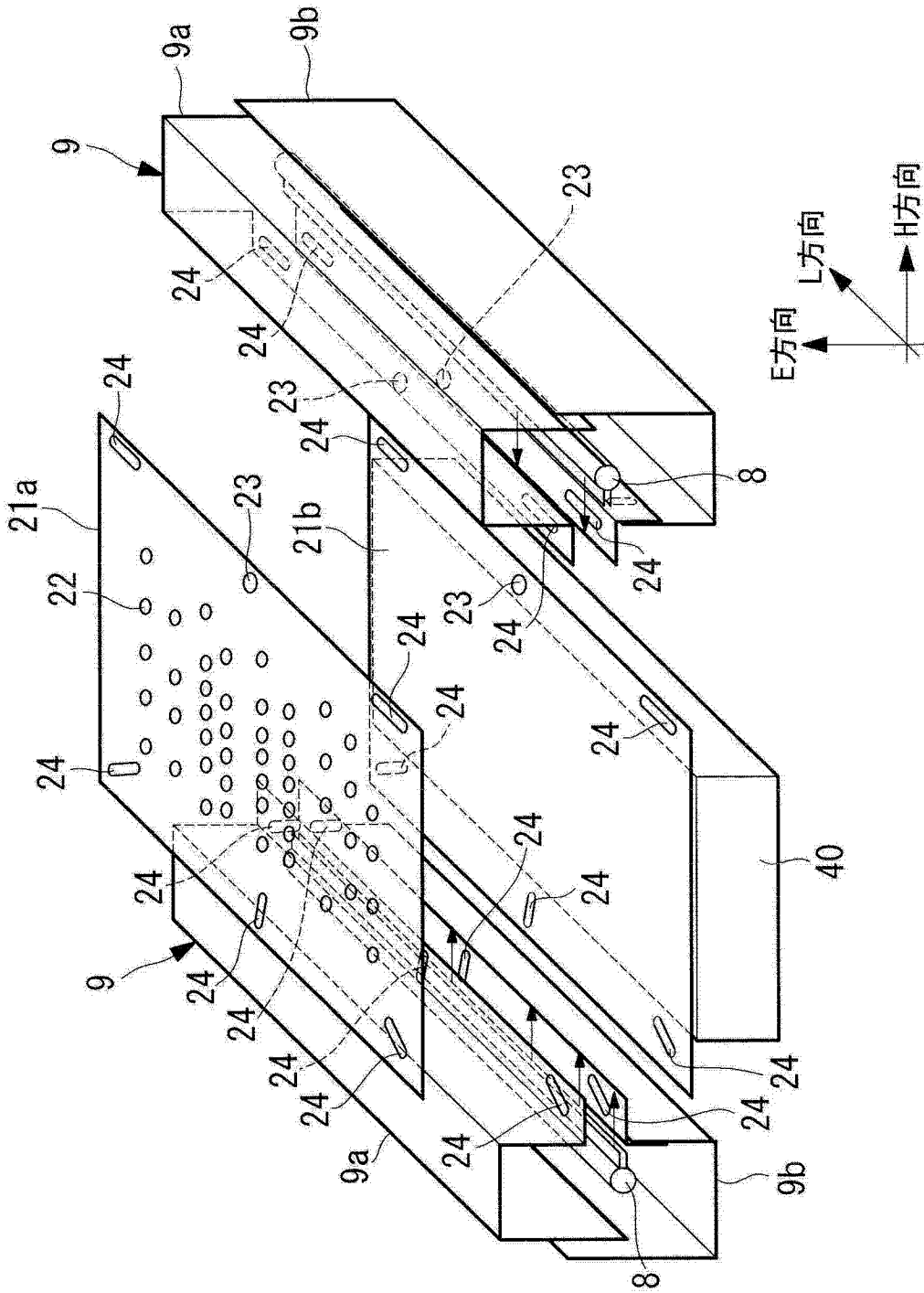


图 3

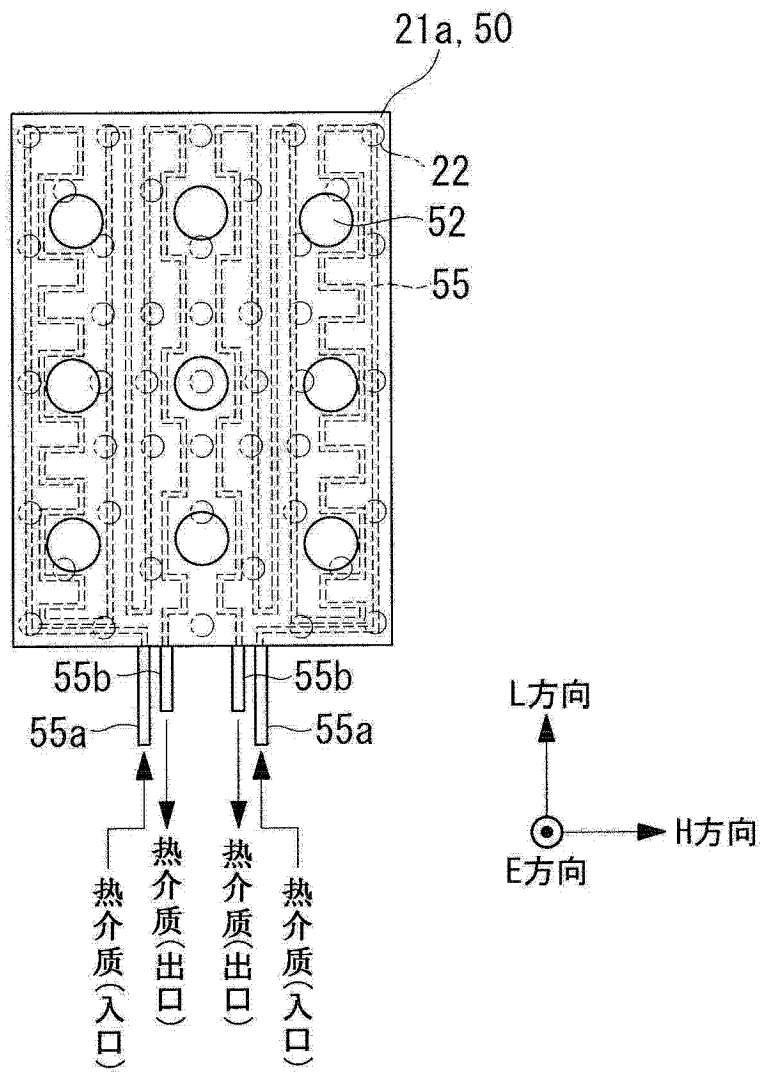


图 4

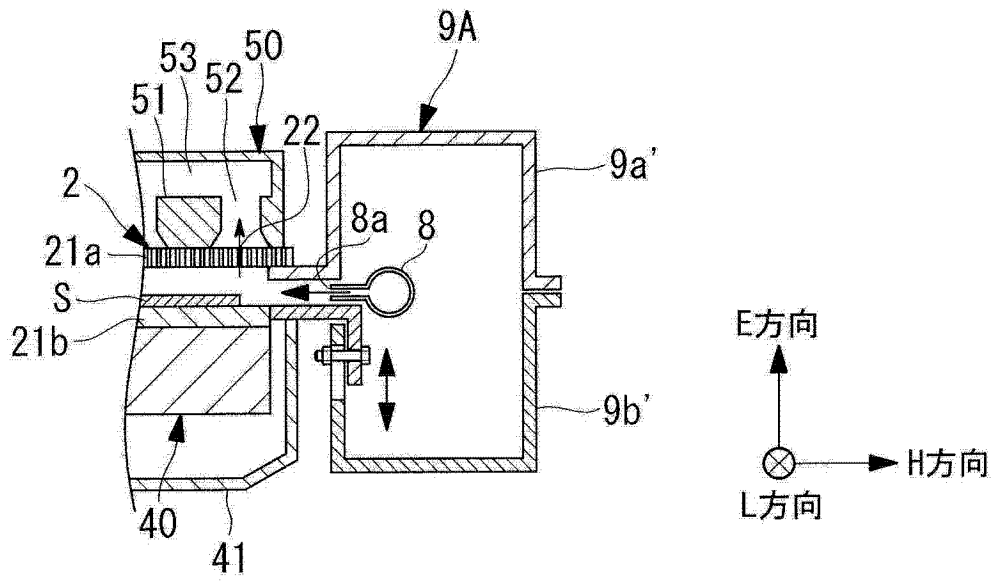


图 5

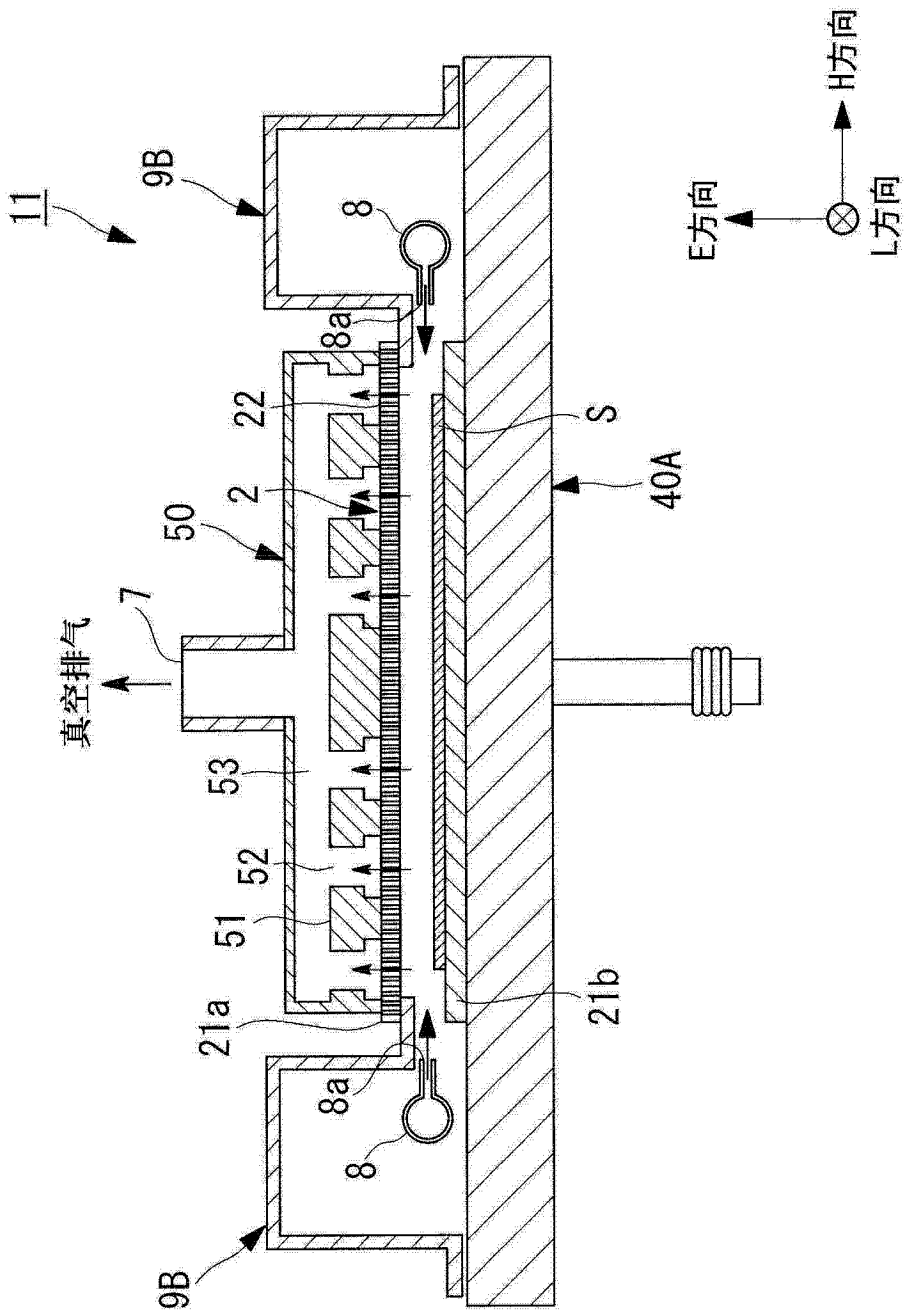


图 6

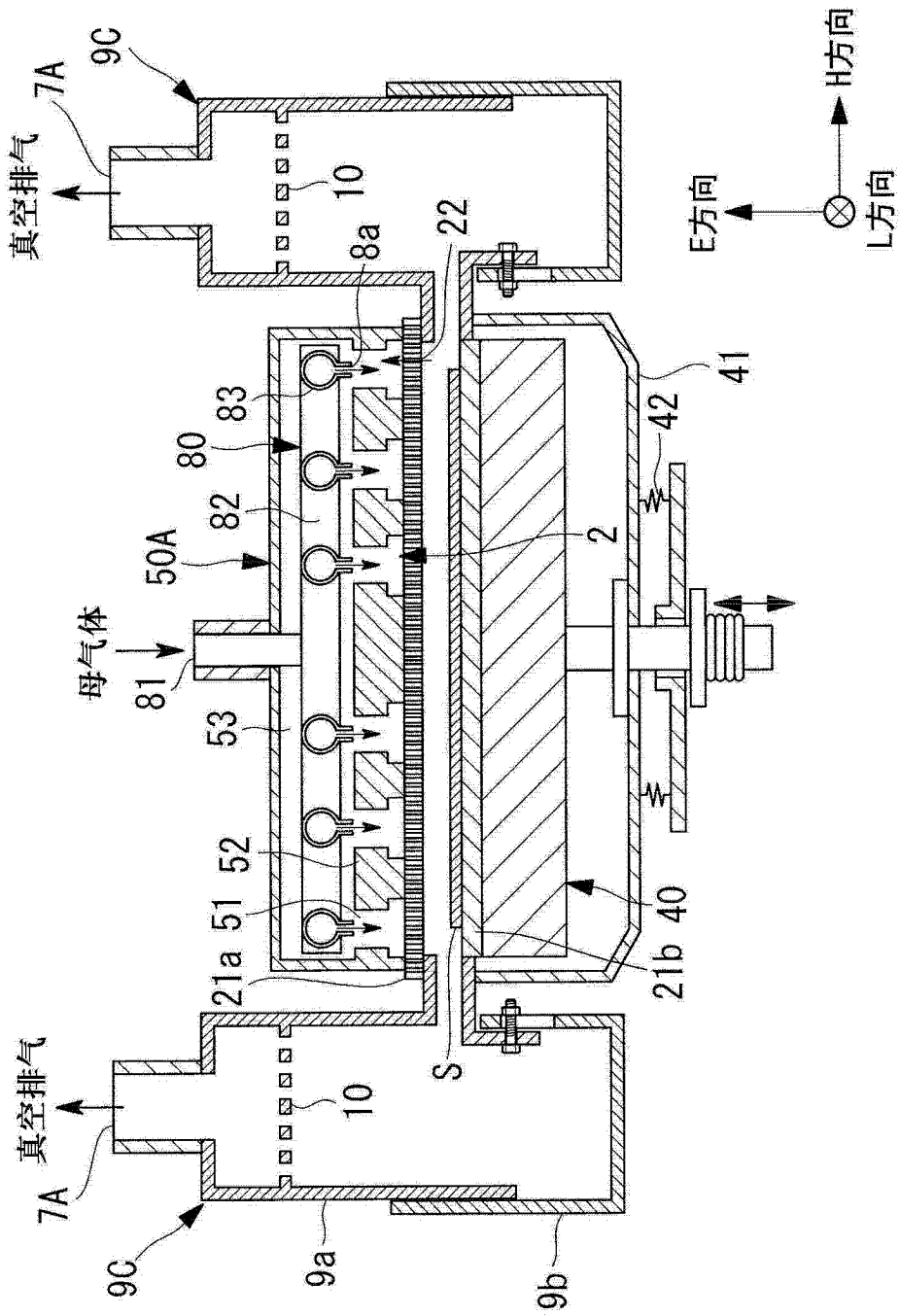


图 7

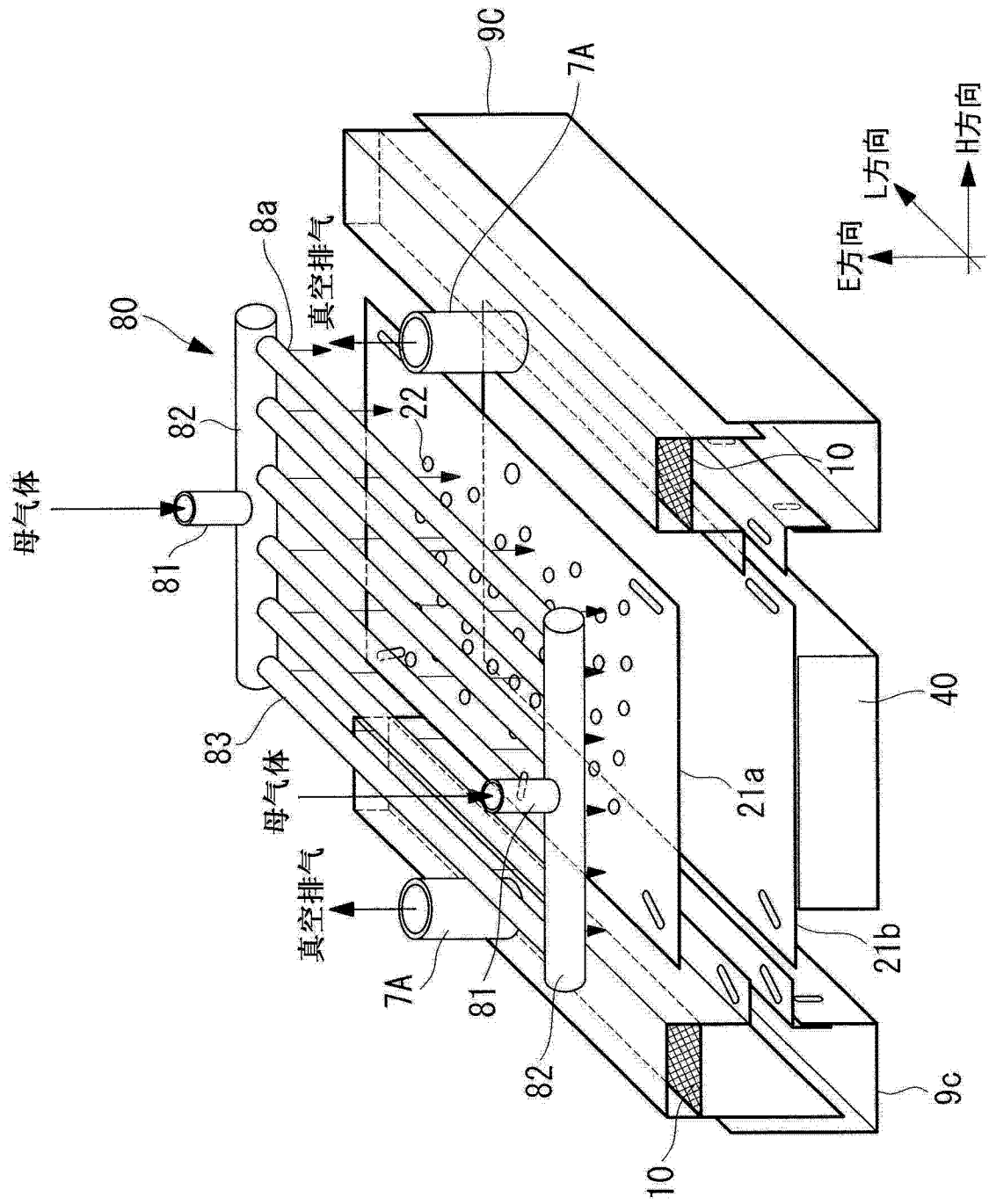


图 8

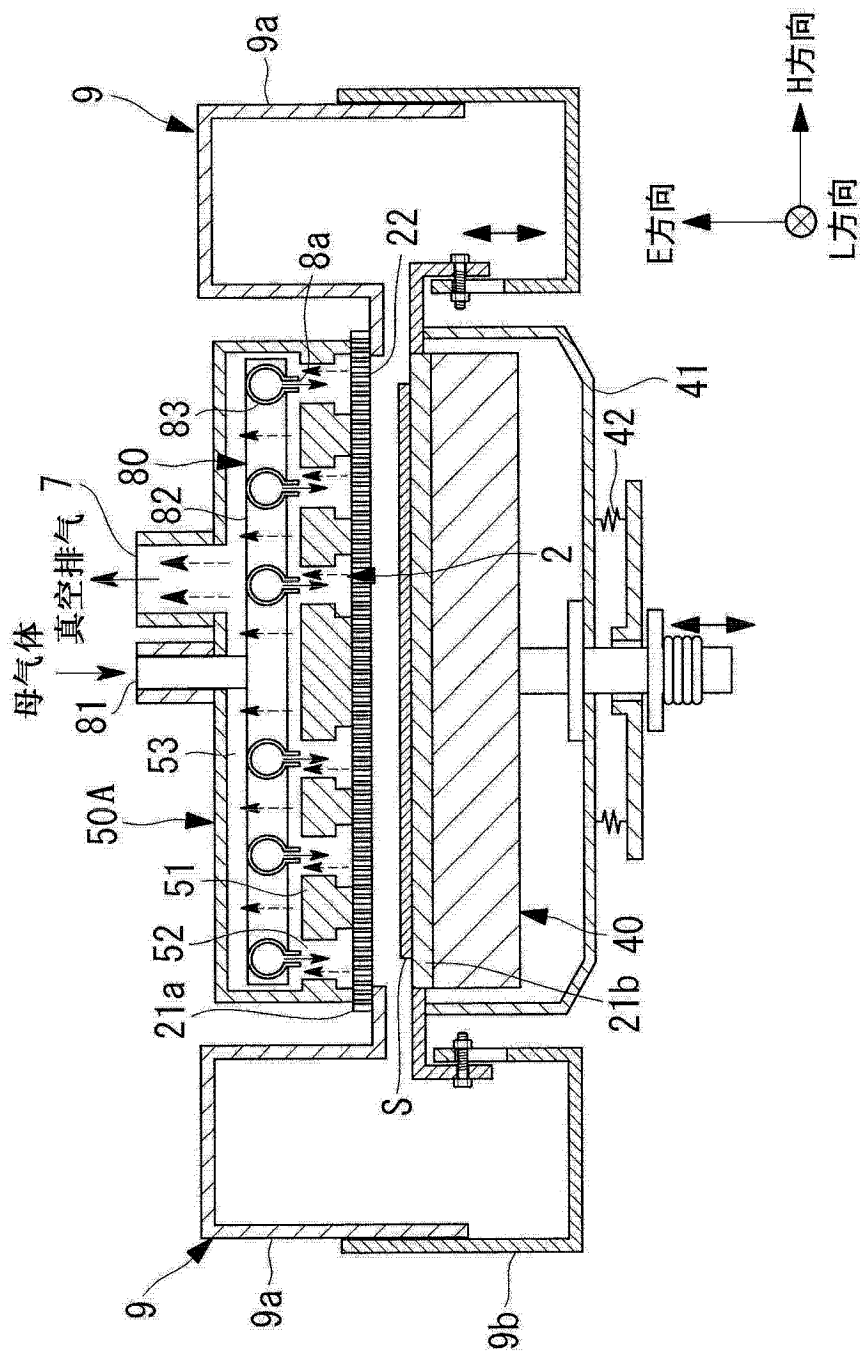


图 9

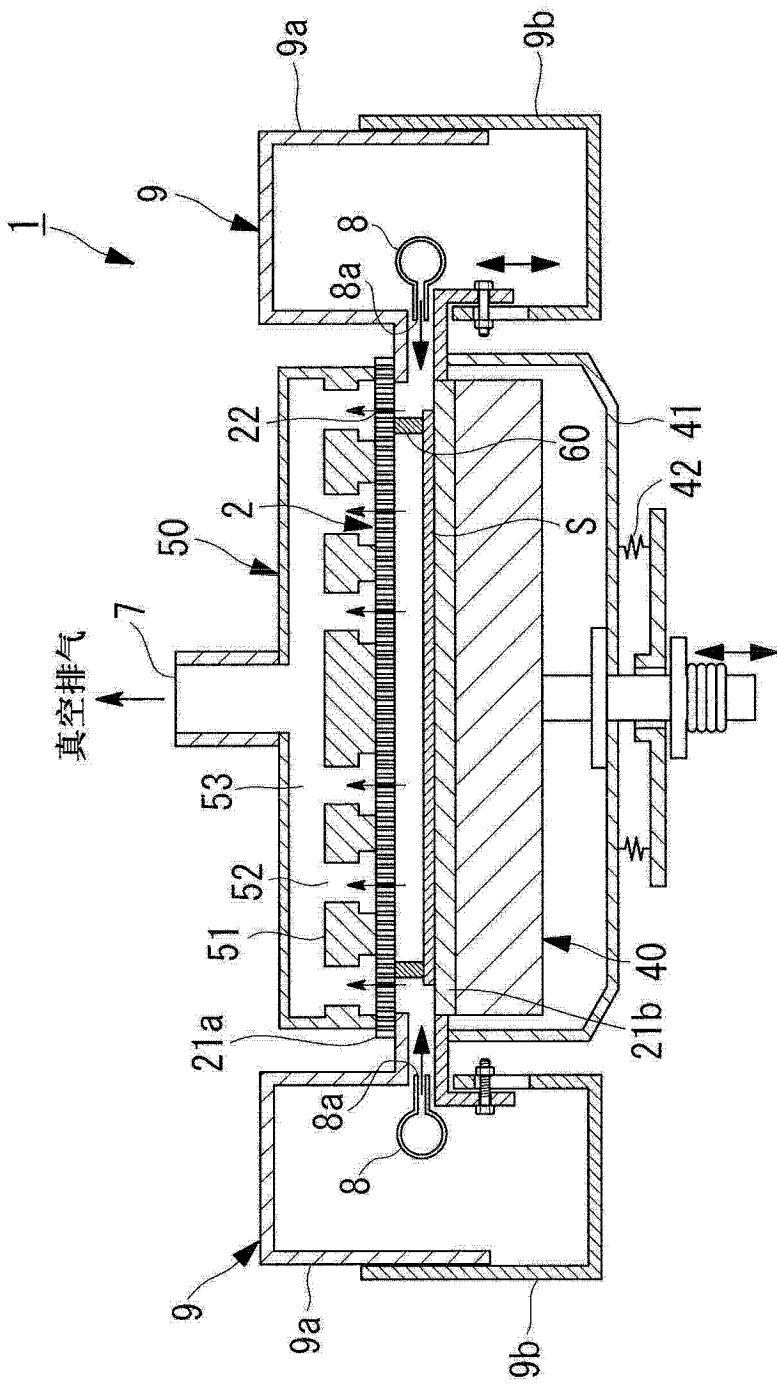


图 10A

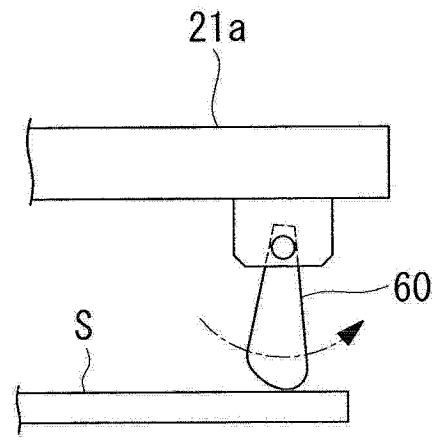


图 10B



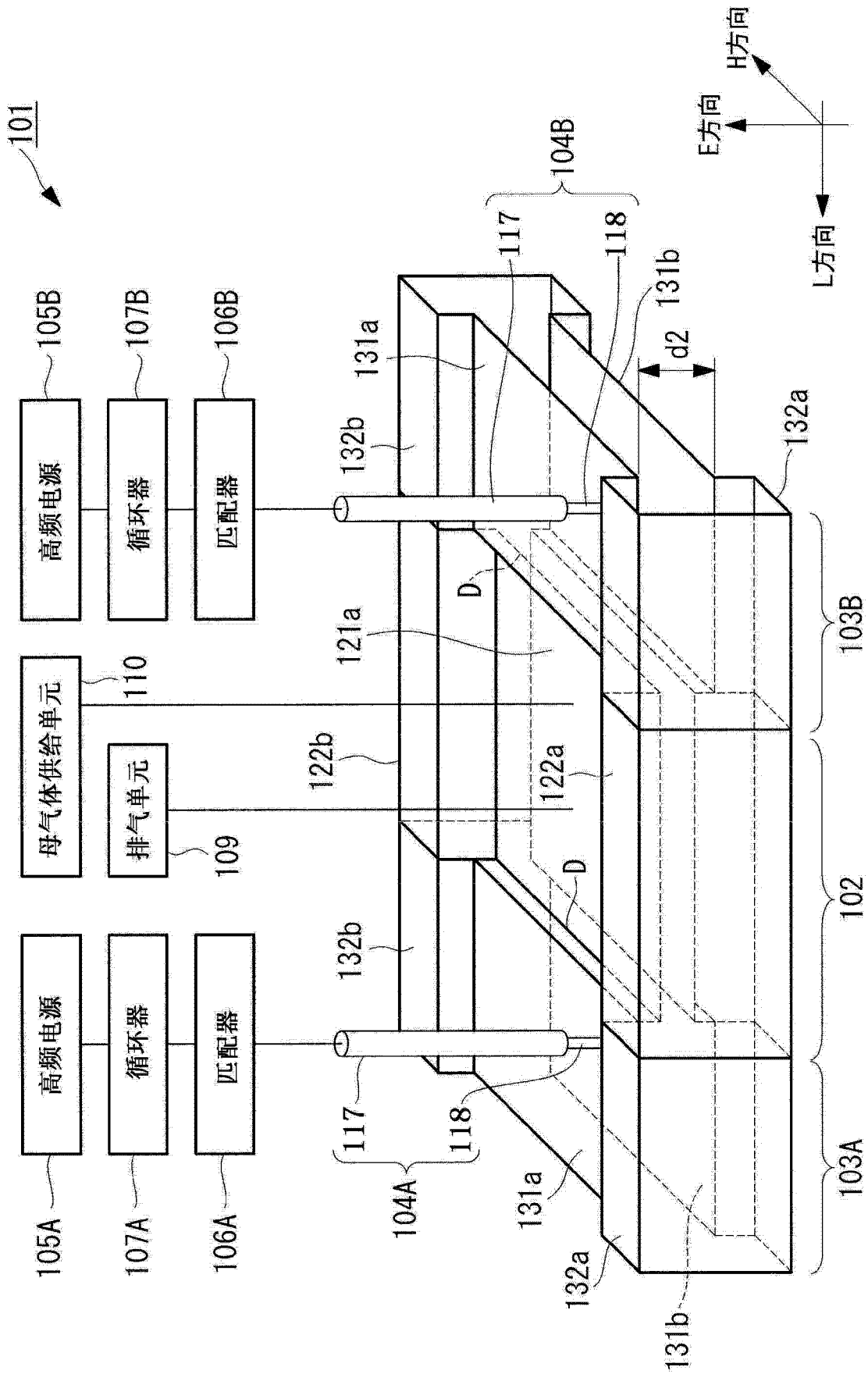


图 11

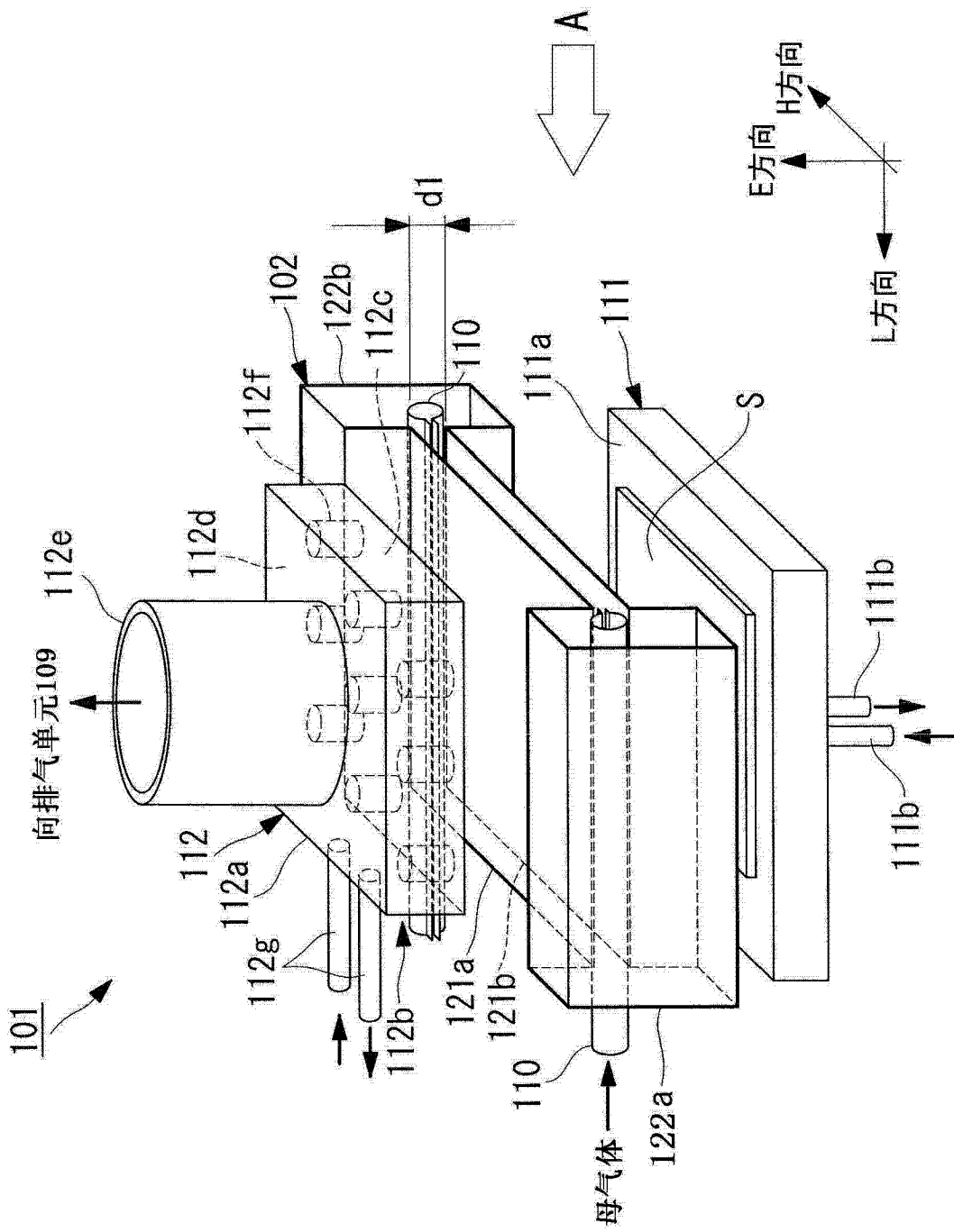


图 12

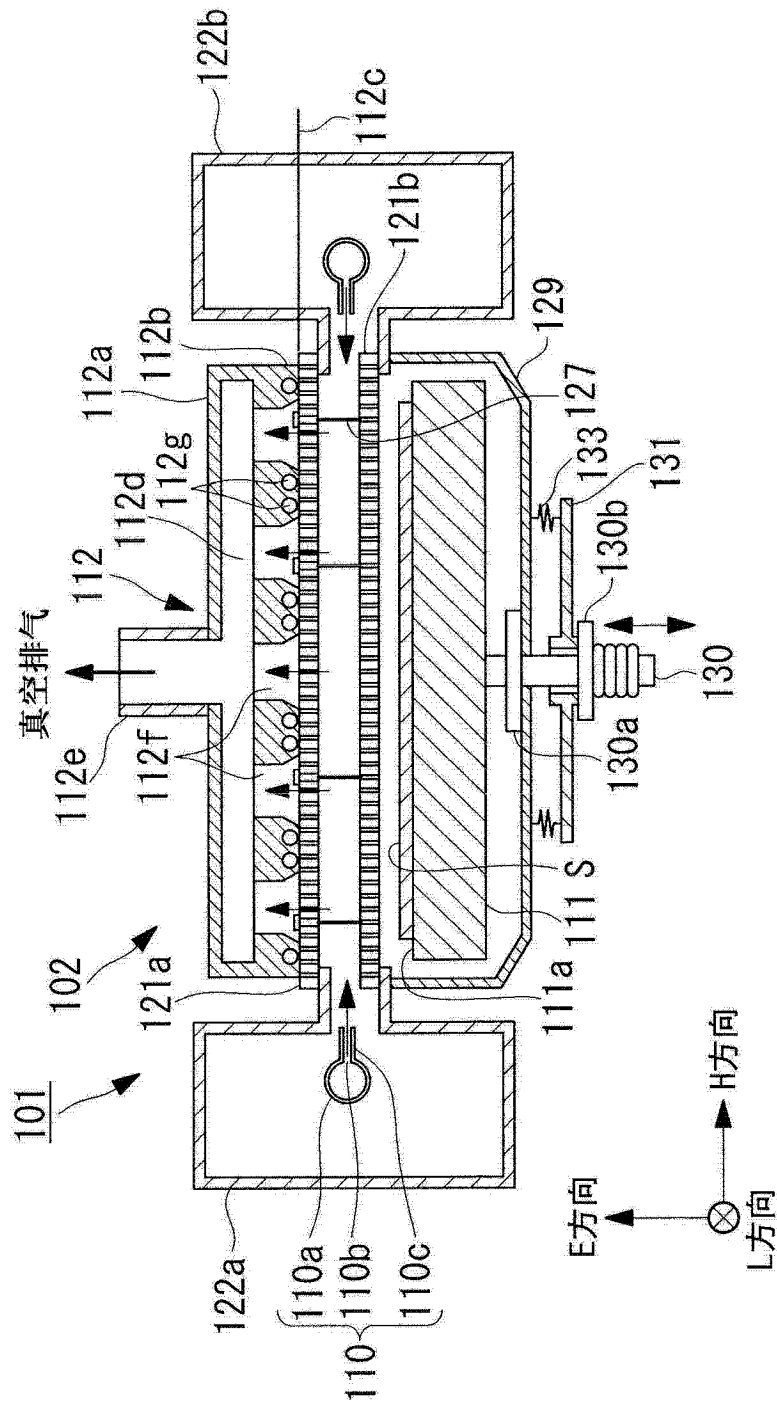


图 13

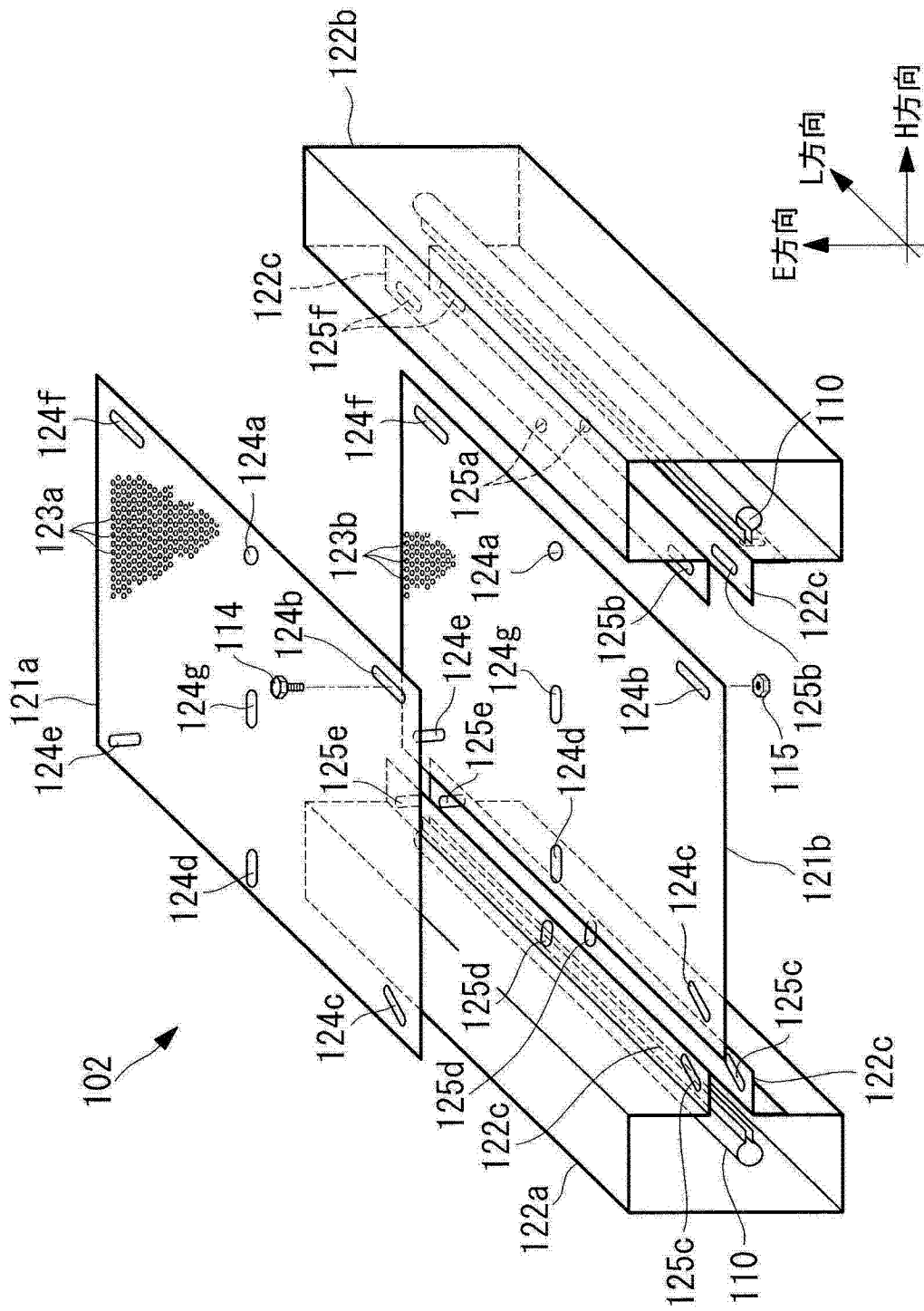


图 14

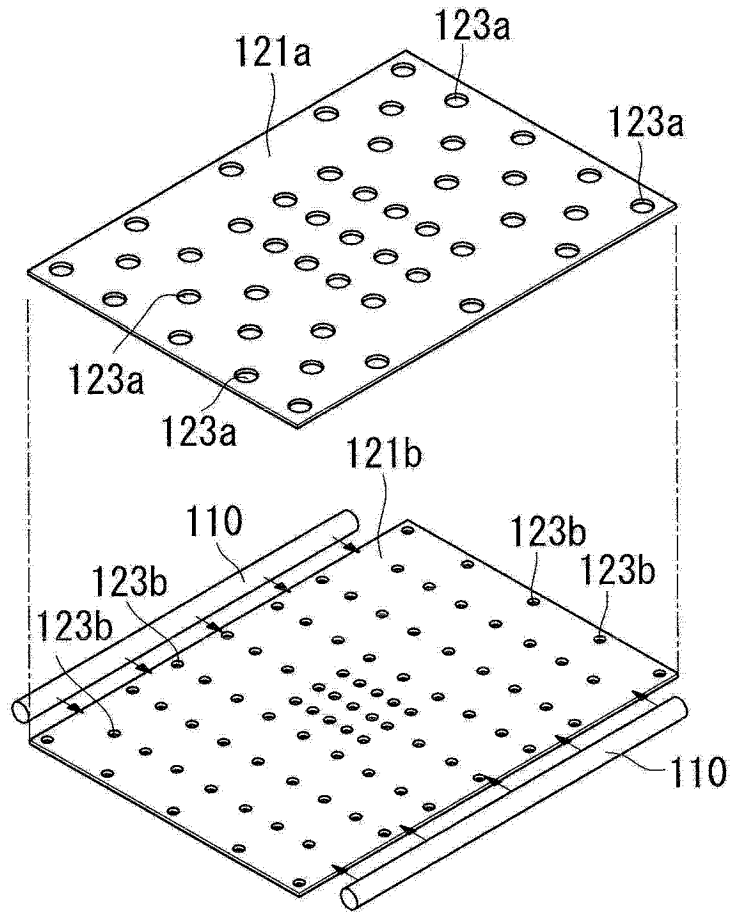


图 15

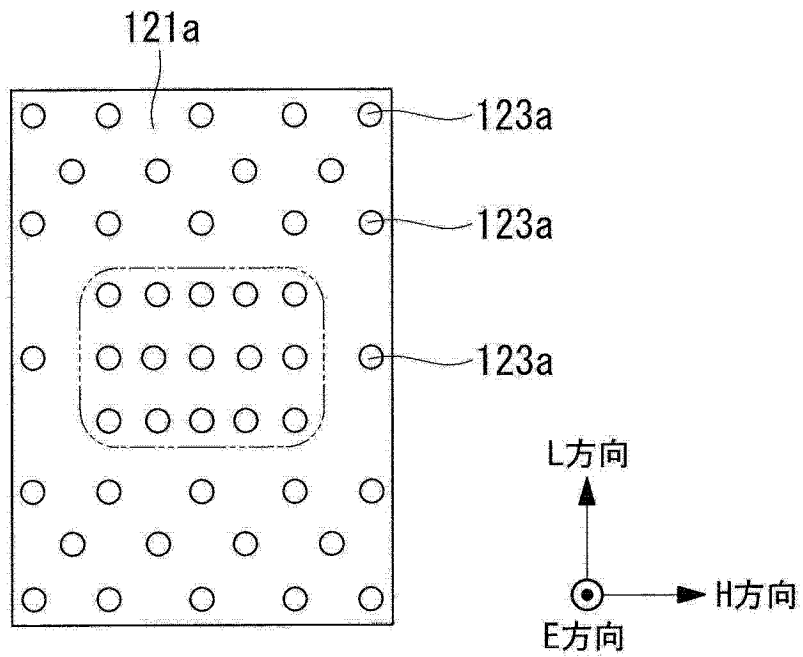


图 16A

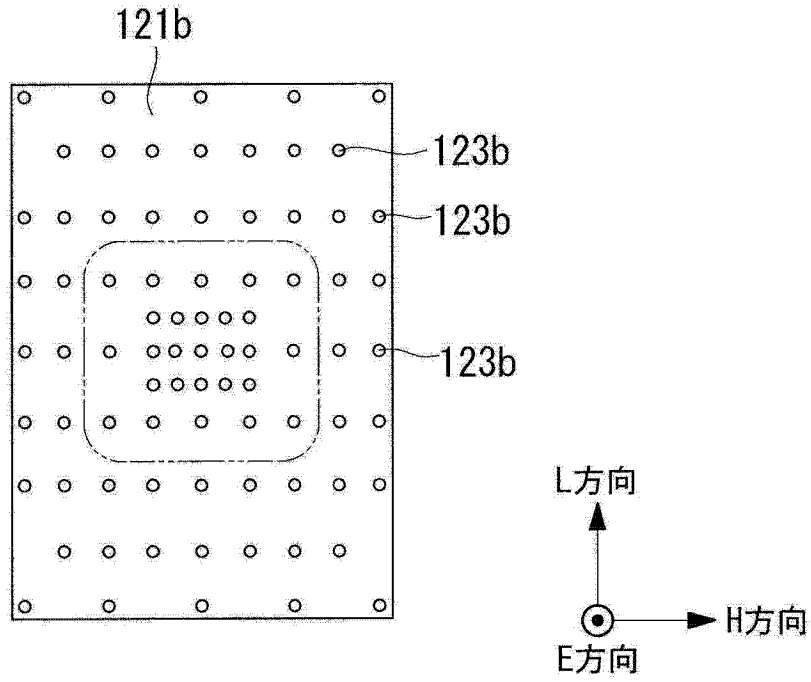


图 16B

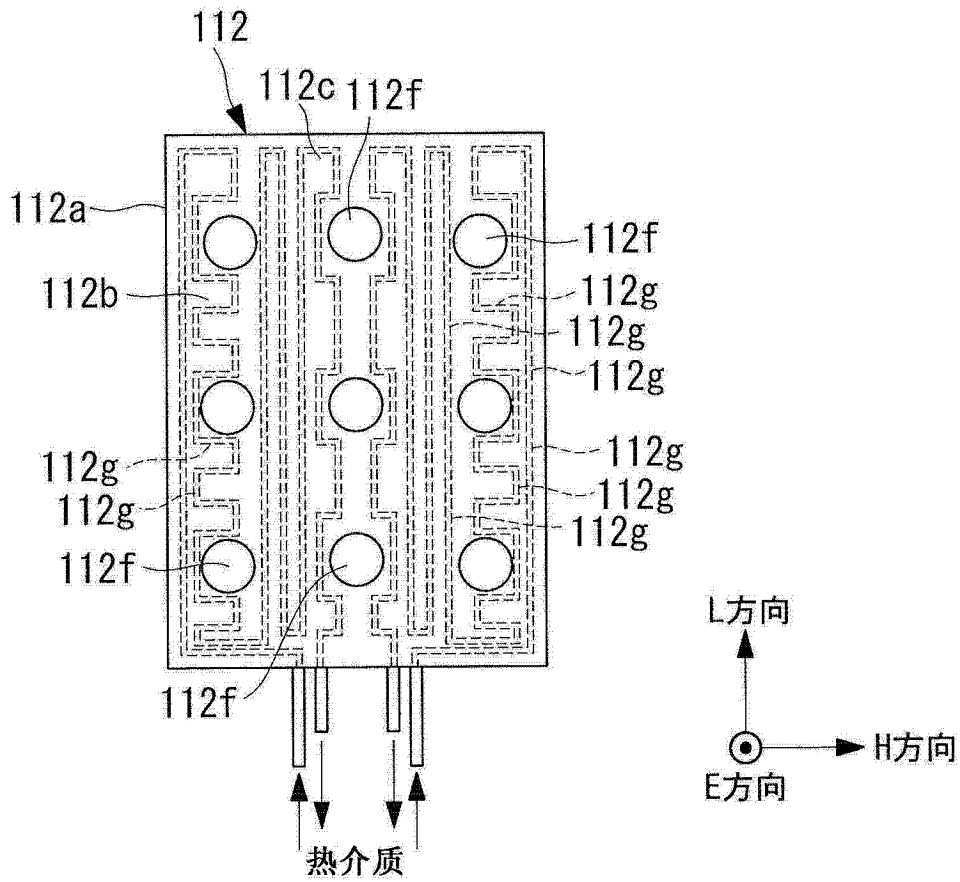


图 17A

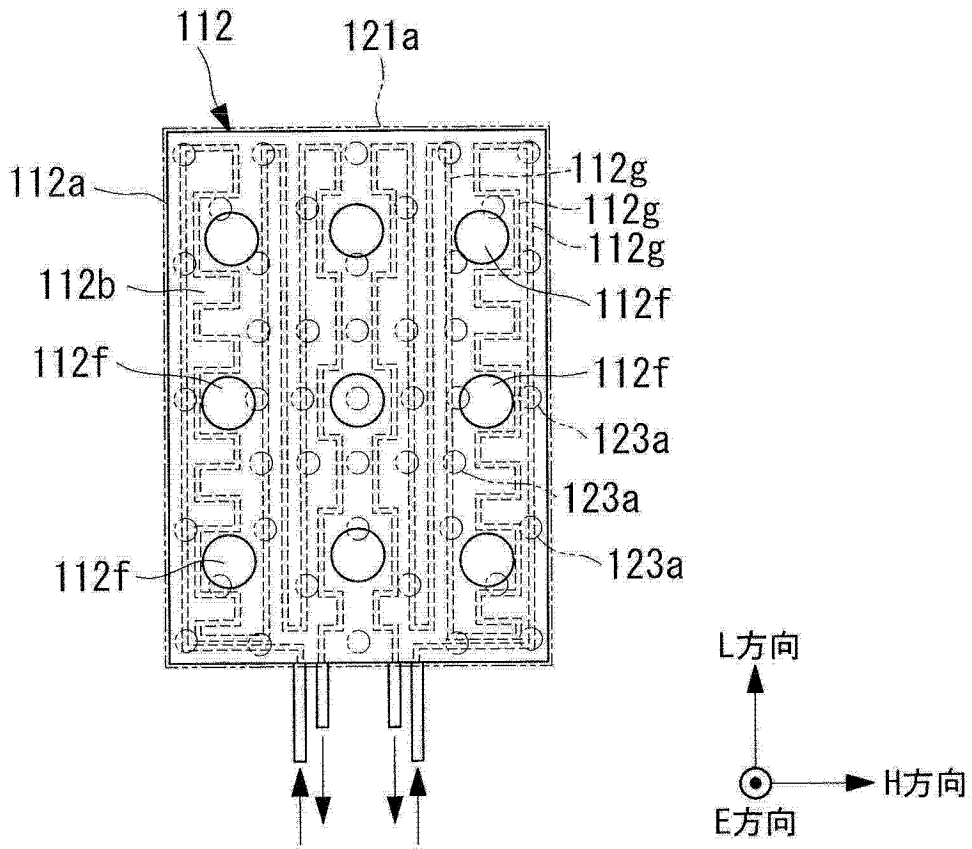


图 17B





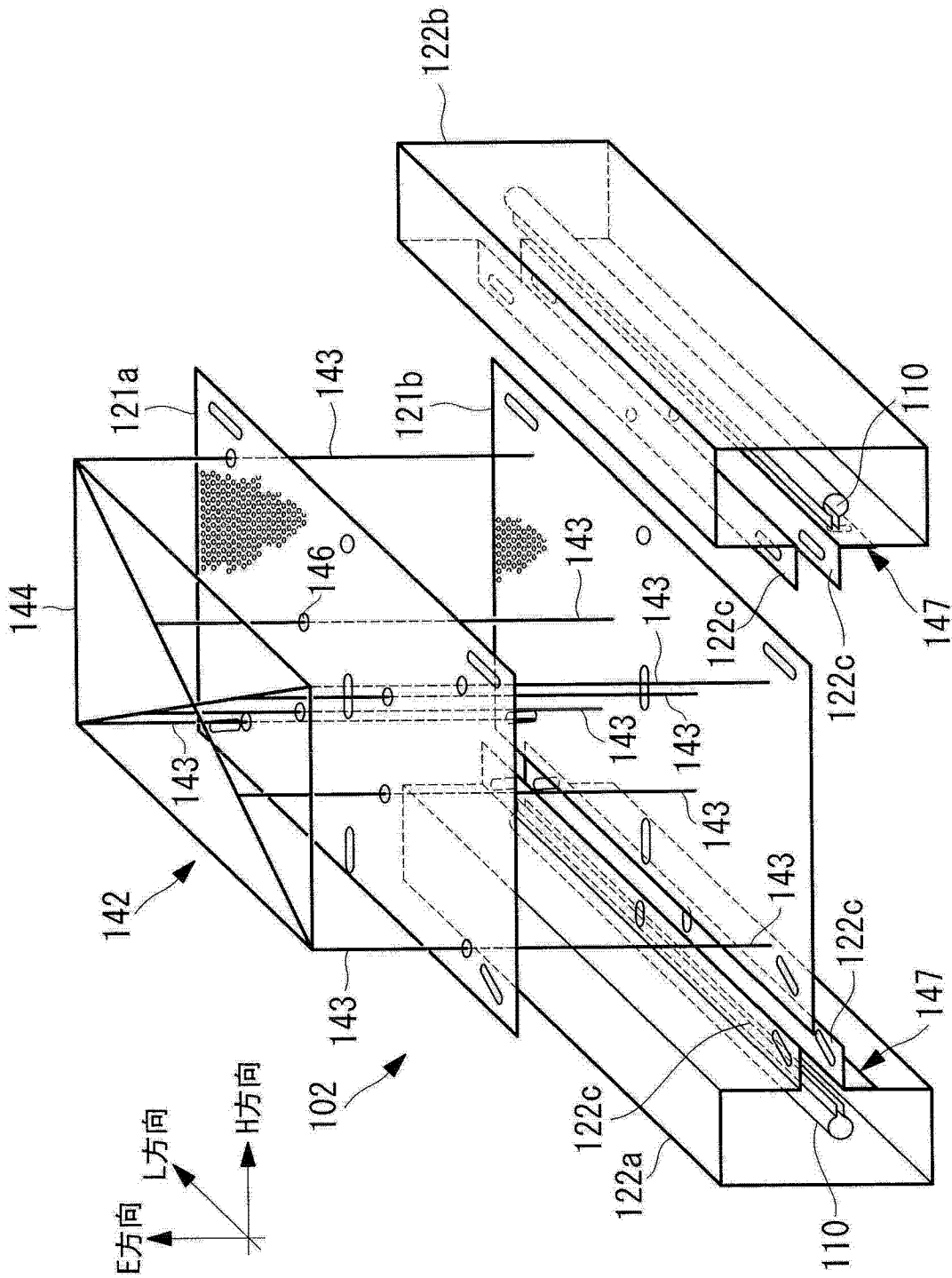


图 19

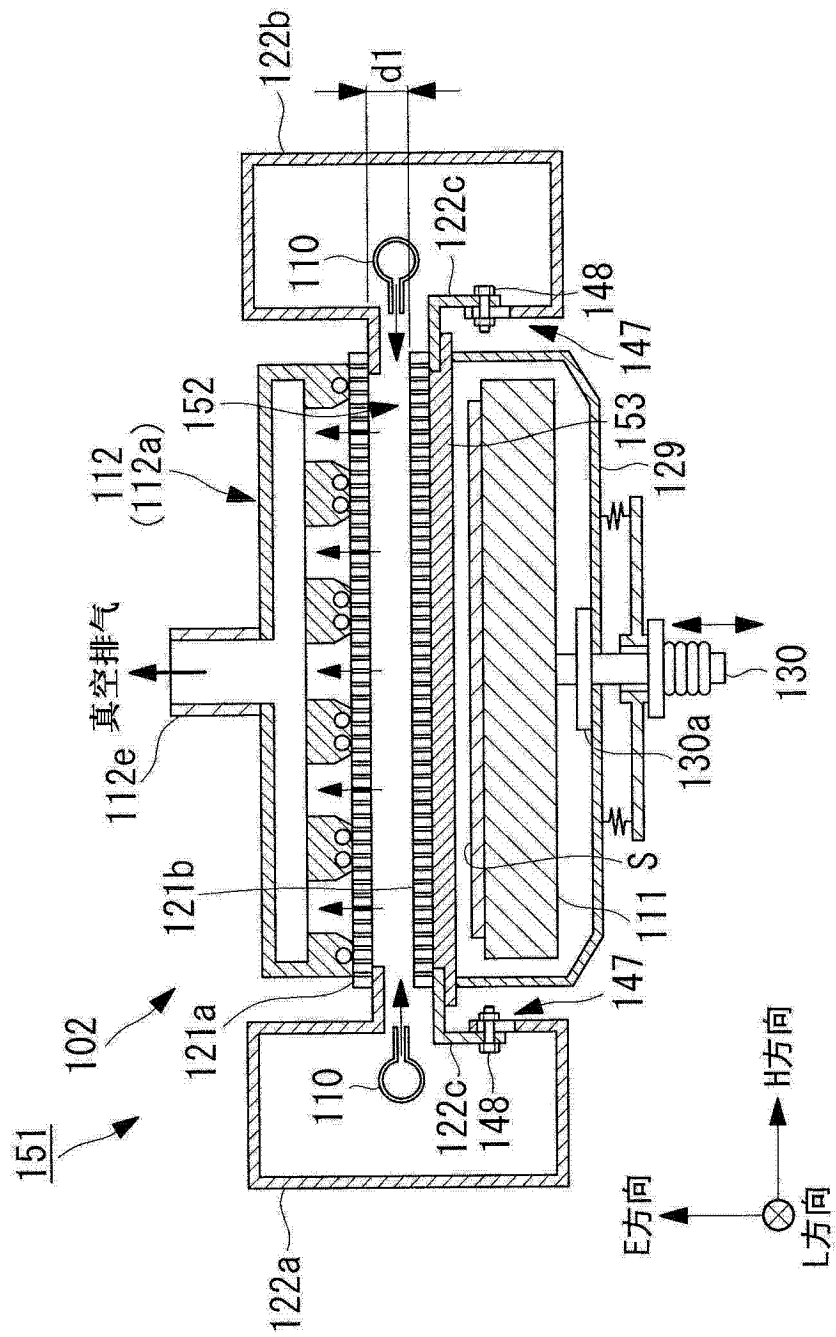


图 20

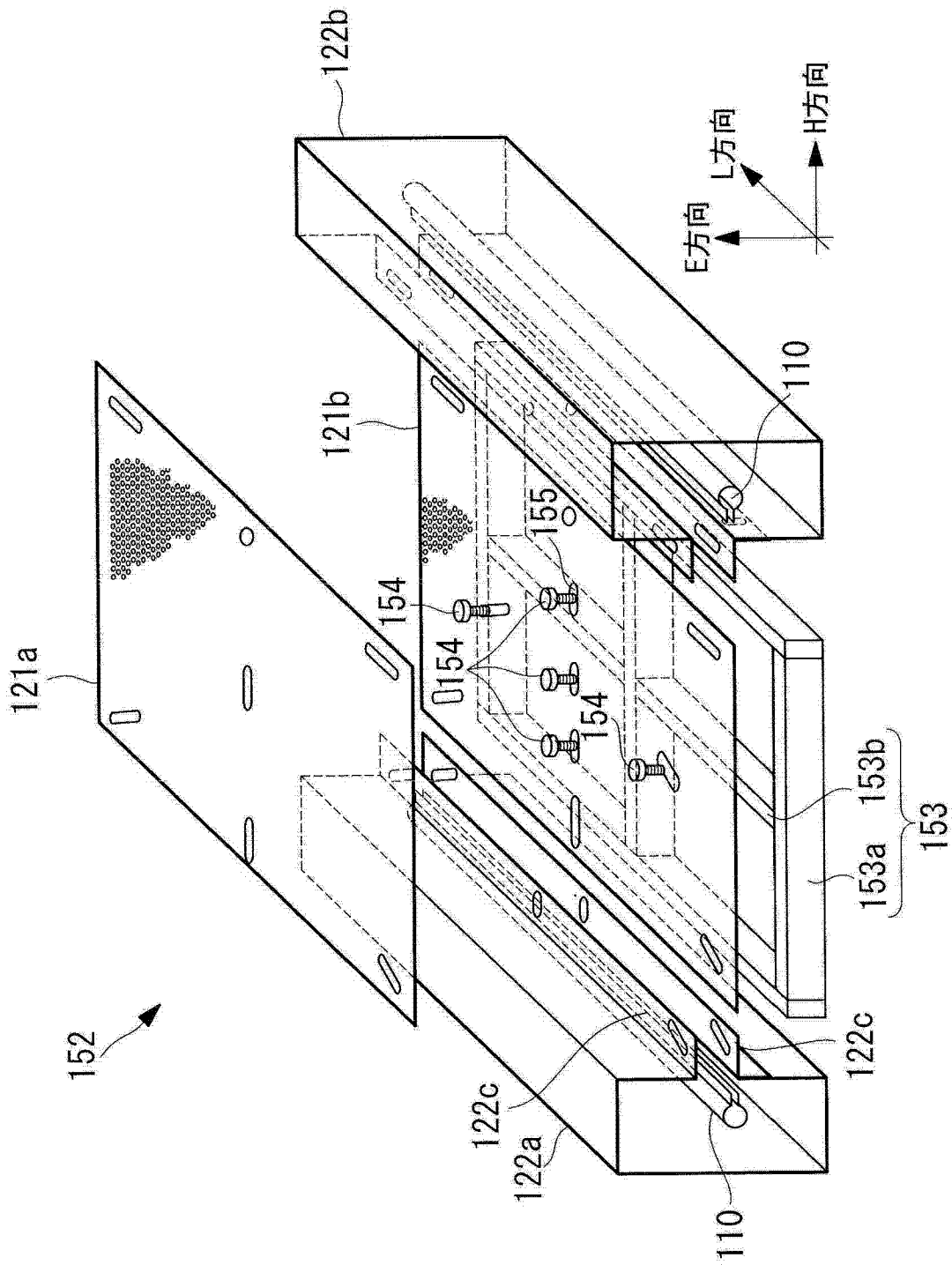


图 21



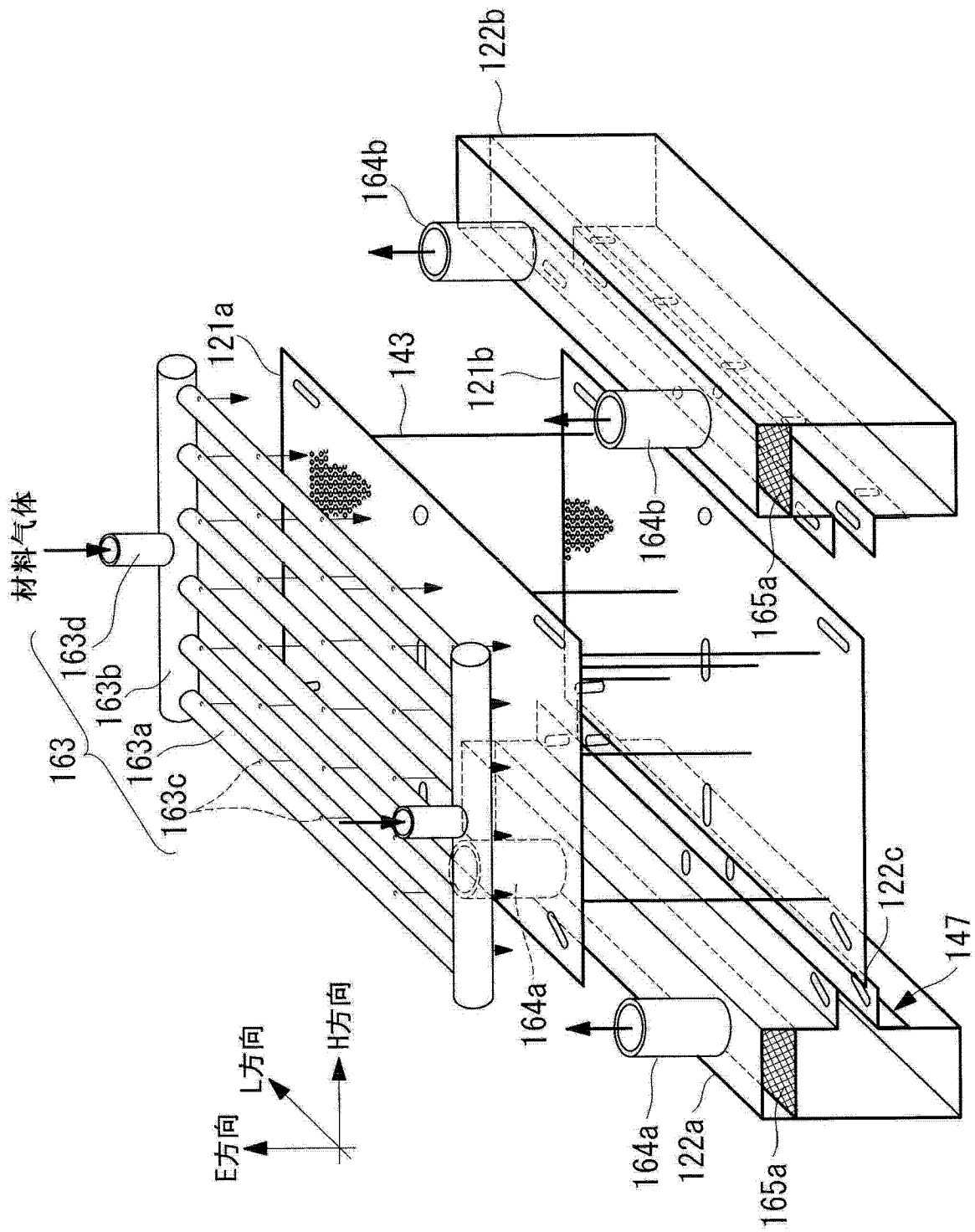


图 23

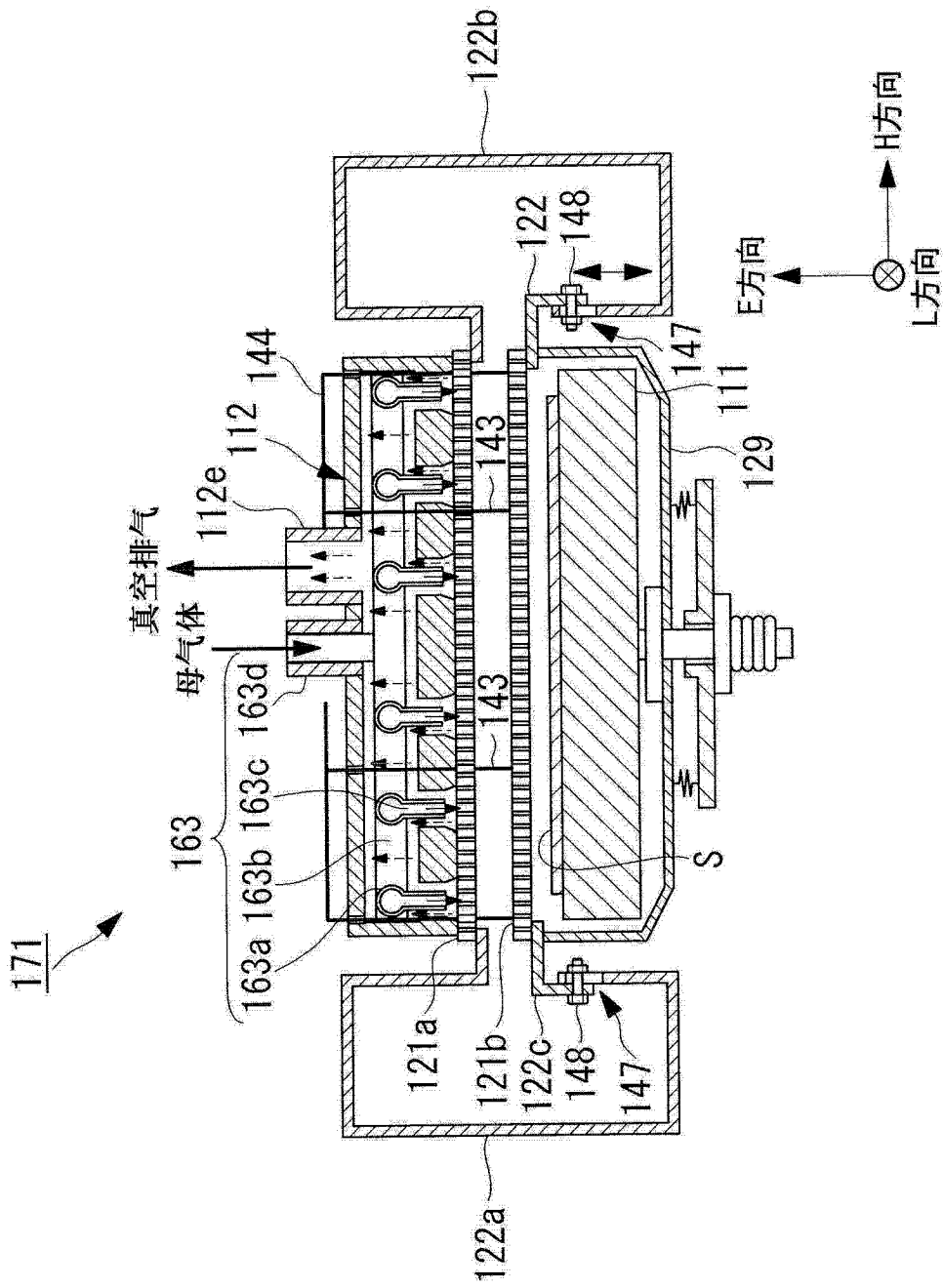


图 24

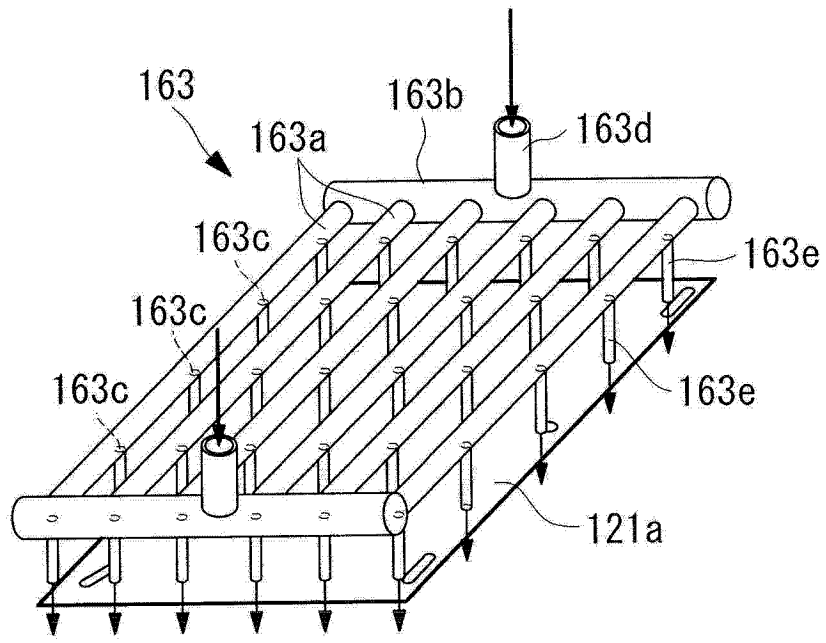


图 25A

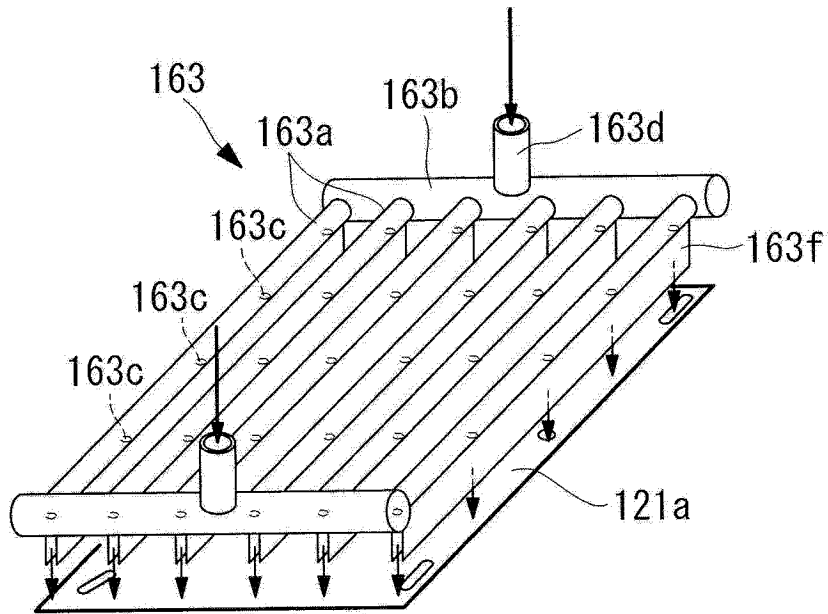


图 25B