



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102057760 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 11

(21) 申请号 200980121282. 8

(22) 申请日 2009. 06. 03

(30) 优先权数据

2008-153423 2008. 06. 11 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 12. 07

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/060158 2009. 06. 03

(87) PCT申请的公布数据

W02009/150978 JA 2009. 12. 17

(71) 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

申请人 国立大学法人东北大学

(72) 发明人 平山昌树 大见忠弘

(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.

H05H 1/46 (2006. 01)

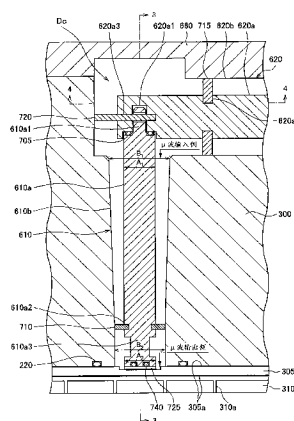
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 11 页

(54) 发明名称

等离子体处理装置及等离子体处理方法

(57) 摘要

本发明提供一种具有特性阻抗在输入侧与输出侧不同的同轴管构造的等离子体处理装置。利用电磁波激发气体来对基板进行等离子体处理的微波等离子体处理装置 (10), 具备: 处理容器 (100); 输出微波的微波源 (900); 第 1 同轴管 (610), 被用于传输从微波源 (900) 输出的微波; 以及介电体板 (305), 其以面向处理容器 (100) 的内侧的状态与第 1 同轴管 (610) 邻接, 用于将沿第 1 同轴管 (610) 传输来的微波释放到处理容器 (100) 的内部。具有第 1 同轴管 (610) 的内部导体 (610a) 与外部导体 (610b) 的粗细之比沿长度方向上不一致的构造。



1. 一种等离子体处理装置,其利用电磁波激发气体来对被处理体进行等离子体处理,具备:

处理容器;

输出电磁波的电磁波源;

第1同轴管,其具有内部导体与外部导体的粗细之比沿长度方向上不一致的构造,且被用于传输从上述电磁波源输出的电磁波;以及

介电体板,其面向上述处理容器的内部且与上述第1同轴管邻接,并用于将沿上述第1同轴管传输来的电磁波释放到上述处理容器的内部。

2. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于,设定上述第1同轴管的内部导体与外部导体的粗细之比,以使得上述第1同轴管的电磁波的输入侧的特性阻抗大于上述第1同轴管的电磁波的输出侧的特性阻抗。

3. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述第1同轴管的内部导体的输入侧的粗细比上述第1同轴管的内部导体的输出侧的粗细细。

4. 根据权利要求3所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述第1同轴管的内部导体,从上述输入侧朝向上述输出侧沿上述第1同轴管的长度方向连续地变粗。

5. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述第1同轴管的外部导体的输入侧的粗细比上述第1同轴管的外部导体的输出侧的粗细粗。

6. 根据权利要求5所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述第1同轴管的外部导体,从上述输入侧朝向上述输出侧沿上述第1同轴管的长度方向连续地变细。

7. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于,

在上述第1同轴管的内部导体及外部导体的至少任一方上设置有台阶部,

上述第1同轴管的内部导体与外部导体的粗细之比因上述台阶部而不连续地变化。

8. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述第1同轴管的上述输入侧的特性阻抗具有 $18\Omega \sim 46\Omega$ 范围内的任一值。

9. 根据权利要求8所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述第1同轴管的上述输入侧的特性阻抗具有 $22\Omega \sim 40\Omega$ 范围内的任一值。

10. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述第1同轴管的内部导体具有局部变细的缩颈部。

11. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于,在上述第1同轴管的内部导体与外部导体之间,与上述介电体板邻接地设置有介电体环。

12. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于,在上述第1同轴管的内部导体与外部导体之间设置有第1介电体支承部件,

上述第1介电体支承部件嵌入到在上述第1同轴管的内部导体的外周所形成的槽中。

13. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其特征在于,具备:

第2同轴管,其与上述第1同轴管连结,并用于向上述第1同轴管传输电磁波;以及

弹簧部件,其被设置在上述第1同轴管的内部导体与上述第2同轴管的内部导体的连结部,并用于将上述第1同轴管的内部导体直接或间接地推靠于上述介电体板。

14. 根据权利要求13所述的等离子体处理装置,其特征在于,在上述第1同轴管的内部导体与上述第2同轴管的内部导体的连结部设置有触点部件,该触点部件用于使上述第

1 同轴管的内部导体与上述第 2 同轴管的内部导体电连接。

15. 根据权利要求 13 所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述第 2 同轴管的内部导体比上述第 1 同轴管的内部导体粗。

16. 根据权利要求 13 所述的等离子体处理装置,其特征在于,在上述连结部存在游隙,该游隙能改变上述第 1 同轴管的内部导体相对于上述第 2 同轴管的内部导体的角度。

17. 根据权利要求 13 所述的等离子体处理装置,其特征在于,在上述第 2 同轴管的内部导体与外部导体之间设置有第 2 介电体支承部件,

上述第 2 介电体支承部件嵌入到在上述第 2 同轴管的内部导体的外周所形成的槽中。

18. 根据权利要求 13 所述的等离子体处理装置,其特征在于,在上述连结部附近的上述第 2 同轴管的内部导体与外部导体之间设置有介电体棒,

上述介电体棒嵌入到在上述第 2 同轴管的内部导体所设置的孔中。

19. 根据权利要求 13 所述的等离子体处理装置,其特征在于,在上述连结部形成有卡合部,该卡合部用于防止上述第 1 同轴管的内部导体从上述第 2 同轴管的内部导体脱落。

20. 根据权利要求 1 所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述第 1 同轴管的内部导体与上述介电体板之间隔着金属配件邻接。

21. 根据权利要求 13 所述的等离子体处理装置,其特征在于,上述连结部的上述第 1 同轴管的特性阻抗与上述第 2 同轴管的特性阻抗相等。

22. 一种等离子体处理方法,

将气体导入到处理容器的内部,

从电磁波源输出电磁波,

向具有内部导体与外部导体的粗细之比沿长度方向上不一致的构造的第 1 同轴管传输上述输出的电磁波,

将沿上述第 1 同轴管传输来的电磁波从面向上述处理容器的内部且与上述第 1 同轴管邻接的介电体板释放到上述处理容器的内部,

利用上述被释放的电磁波激发上述导入的气体,对被处理体进行等离子体处理。

等离子体处理装置及等离子体处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及使用电磁波生成等离子体,在被处理体上施加等离子体处理的等离子体处理装置及等离子体处理方法。尤其是涉及传输路径的阻抗匹配。

背景技术

[0002] 在微波等离子体处理装置中,为了激发气体而生成等离子体,作为用于电离、离解气体的能量,将预期的微波沿传输路径传输,并释放到处理容器内。在处理容器的顶面设有通气路径、将顶面制成喷淋板(Shower Plate),将气体从顶面导入到处理容器内的等离子体处理装置中,由于必须将气体流路设置在与传输微波的同轴管等不发生干涉的位置,故同轴管不能形成得过粗。

[0003] 另外,为了稳定地形成均匀的等离子体,需要很高的功率。例如,为了激发高密度等离子体,必须向同轴管传输数百W~数千W的微波,因此同轴管的内部导体的电流密度变大,产生被加热的问题。当同轴管的内部导体被加热后,用于保持内部导体的特氟隆(注册商标)环等有可能会变形、变质,内部导体表面被氧化,内部导体延长而在各部分受到应力,导致破损。

[0004] 为了在避免同轴管破损的同时将大功率的微波向等离子体供给,需要使同轴管的特性阻抗在各部分都达到最佳化,从而最小限度地抑制微波的反射。然而,在以往的等离子体处理装置中,是使用简单的直径相同的同轴管来向处理容器内供给微波的(例如,参照专利文献1)。因此特性阻抗在同轴管的长度方向上一致。

[0005] 专利文献1:日本特开平9-106900号公报

[0006] 然而,当减薄设置于处理容器的顶面、用于将沿同轴管传输来的微波释放到处理容器内的介电板时,等离子体的均匀性虽得到提高,但 是为了缩小来自等离子体侧的微波的反射,因此需要将与介电板邻接的同轴管的输出侧(同轴管的等离子体侧的端部)的特性阻抗抑制到 $10 \sim 20 \Omega$ 程度。与此相对,为了供给高功率,与介电板邻接的同轴管的输入侧(同轴管的微波源侧的端部)的特性阻抗需要大于 $10 \sim 20 \Omega$ 。由此,如以往那样特性阻抗沿长度方向一致的粗细相同的同轴管中,来自等离子体侧的微波的反射较大,无法传输较大的功率。

发明内容

[0007] 因此,本发明是鉴于上記问题而做出的,本发明的目的在于提供一种具有特性阻抗在输入侧与输出侧不同的同轴管构造的等离子体处理装置。

[0008] 即、为了解决上述课题,根据本发明一个观点,提供一种等离子体处理装置,其利用电磁波激发气体来对被处理体进行等离子体处理,具备:处理容器;输出电磁波的电磁波源;第1同轴管,其具有内部导体与外部导体的粗细之比沿长度方向上不一致的构造,且被用于传输从上述电磁波源输出的电磁波;以及介电板,其面向上述处理容器的内部且与上述第1同轴管邻接,并用于将沿上述第1同轴管传输来的电磁波释放到上述处理容器

的内部。

[0009] 同轴管的特性阻抗因同轴管的内部导体与外部导体的粗细之比的变化而变化。由此,根据内部导体与外部导体的粗细之比在长度方向时不一致的第1同轴管的构造,第1同轴管的特性阻抗变得沿长度方向上不一致。由此,能够使第1同轴管的输入侧的特性阻抗与第1同轴管的输出侧的特性阻抗不同。

[0010] 亦可设定上述第1同轴管的内部导体与外部导体的粗细之比,以使得上述第1同轴管的电磁波的输入侧的特性阻抗大于上述第1同轴管的电磁波的输出侧的特性阻抗。由此,能够将来自等离子体侧的电磁波的反射抑制得较小,同时将较大的功率传输给同轴管。

[0011] 作为内部导体与外部导体的粗细之比沿长度方向上不一致的第1同轴管的构造,例如,使上述第1同轴管的内部导体的输入侧的粗细比上述第1同轴管的内部导体的输出侧的粗细细的情形。此时,亦可使上述第1同轴管的内部导体从上述输入侧朝向上述输出侧沿上述第1同轴管的长度方向连续变粗。

[0012] 亦可使上述第1同轴管的外部导体的输入侧的粗细比上述第1同轴管的外部导体的输出侧的粗细粗。此时,亦可使上述第1同轴管的内部导体从上述输入侧朝向上述输出侧沿上述第1同轴管的长度方向连续地变细。进而,亦可通过在上述第1同轴管的内部导体及外部导体的至少任一方上设置台阶部,来使上述第1同轴管的内部导体与外部导体的粗细之比不连续地变化。

[0013] 如图12所示,通过以第1同轴管的输入侧的特性阻抗为 $18\Omega \sim 46\Omega$ 的方式使第1同轴管的形状达到最佳化,采用细同轴管亦能供给大的功率。根据图12,如果将第1同轴管的输入侧的特性阻抗限定为 $22\Omega \sim 40\Omega$,能够供给更大的功率,则为优选。

[0014] 上述第1同轴管的内部导体亦可具有局部变细的缩颈部。这与在第1同轴管中串联地插入电感等效,通过根据缩颈部的直径、长度使插入的电感的值达到最佳化,能够抑制反射。

[0015] 另外,亦可在上述第1同轴管的内部导体与外部导体之间与上述介电体板邻接地设置介电体环。这与和第1同轴管并联地插入电容其是等效的,通过根据介电体环的厚度、介电常数使插入的电容的值达到最佳化,能够抑制反射。另外,通过利用介电体环填充介电体板附近的隙间,能够避免电场集中在第1同轴管与介电体板间的相邻部分,防止异常放电。

[0016] 亦可在上述第1同轴管的内部导体与外部导体之间设置第1介电体支承部件,上述第1介电体支承部件嵌入到在上述第1同轴管的内部导体的外周所形成的槽中。用于将第1同轴管的内部导体支承于外部导体上。进而,与和第1同轴管并联地插入电容等效,通过根据介电体环的厚度、介电常数使插入的电容值达到最佳化,能够抑制反射。

[0017] 亦可具备:第2同轴管,其与上述第1同轴管连结,并用于向上述第1同轴管传输电磁波;以及弹簧部件,其被设置在上述第1同轴管的内部导体与上述第2同轴管的内部导体的连结部上,并用于将上述第1同轴管的内部导体直接或经由其它部件间接地推靠于上述介电体板。据此,通过利用弹簧部件的弹力将第1同轴管的内部导体直接或借助其他部件间接地推靠在介电体板侧而密合,能够使电磁波的传输稳定。

[0018] 亦可在上述第1同轴管的内部导体与上述第2同轴管的内部导体的连结部上设置触点部件,该触点部件用于使上述第1同轴管的内部导体与上述第2同轴管的内部导体电

连接在一起。

[0019] 亦可使上述第 2 同轴管的内部导体比上述第 1 同轴管的内部导体粗。亦可使上述连结部存在游隙,该游隙能改变上述第 1 同轴管的内部导体相对于上述第 2 同轴管的内部导体的角度。其为了使装置的组装更为容易。

[0020] 亦可在上述第 2 同轴管的内部导体与外部导体之间设置第 2 介电体支承部件,上述第 2 介电体支承部件嵌入到在上述第 2 同轴管的内部导体的外周所形成的槽中。这是为了将第 2 同轴管的内部导体支承于外部导体。

[0021] 亦可在上述连结部附近的上述第 2 同轴管的内部导体与外部导体之间设置有介电体棒,上述介电体棒嵌入到在上述第 2 同轴管的内部导体上所设置的孔中。这是为了将第 2 同轴管的内部导体支承于外部导体。

[0022] 亦可在上述连结部形成有卡合部,该卡合部用于防止上述第 1 同轴管的内部导体从上述第 2 同轴管的内部导体脱落。

[0023] 上述第 1 同轴管的内部导体与上述介电体板之间隔着金属配件邻接。由此,利用金属配件提高了第 1 同轴管的内部导体与上述介电体板之间的密合性,能够避免电磁波传输的紊乱。

[0024] 上述连结部的上述第 1 同轴管的特性阻抗与上述第 2 同轴管的特性阻抗亦可相等。这是为了抑制沿连结部传输的电磁波的反射。

[0025] 为了解决上述课题,根据本发明的另一观点,提供了一种等离子体处理方法,将气体导入到处理容器的内部,从电磁波源输出电磁波,向具有内部导体与外部导体的粗细之比沿长度方向上不一致的构造的第 1 同轴管传输上述输出的电磁波,将沿上述第 1 同轴管传输来的电磁波从面向上述处理容器的内部且与上述第 1 同轴管邻接的介电体板释放到上述处理容器的内部,利用上述被释放的电磁波激发上述导入的气体,对被处理体进行等离子体处理。

[0026] 由此,使用特性阻抗沿长度方向上不一致的构造的第 1 同轴管,能够将来自等离子体侧的电磁波的反射抑制得较小,同时向同轴管传输大的功率。

[0027] 发明效果

[0028] 如上所述,本发明能够使特性阻抗在同轴管的输入侧与输出侧不同。

附图说明

[0029] 图 1 是本发明的各实施方式所涉及的微波等离子体处理装置的纵向剖视图(图 2 的 2-0-0'-2 剖视)。

[0030] 图 2 是图 1 的 1-1 剖视图。

[0031] 图 3 是第 1 实施方式所涉及的第 1 同轴管及其附近的放大图。

[0032] 图 4 是图 3 的 3-3 剖视图。

[0033] 图 5 是图 3 的 4-4 剖视图。

[0034] 图 6 是用于对同轴管的外部导体与内部导体之比和特性阻抗之间的关系进行说明的图。

[0035] 图 7 是第 1 同轴管的形状的变形例。

[0036] 图 8 是第 1 同轴管的形状的变形例。

- [0037] 图 9 是用于对阻抗匹配进行说明的史密斯圆图。
- [0038] 图 10 是第 2 实施方式所涉及的第 1 同轴管及其附近的放大图。
- [0039] 图 11 是第 3 实施方式所涉及的第 1 同轴管及其附近的放大图。
- [0040] 图 12 是表示特性阻抗与最大传输功率之间关系的图表。

具体实施方式

[0041] 以下参照附图对本发明优选的实施方式进行详细说明。其中,在以下的说明及添付附图中,对具有同一构成及功能的构成要素标记同一符号,从而省略重复说明。

[0042] (第 1 实施方式)

[0043] 首先,参照图 1 及图 2 对本发明的第 1 实施方式所涉及的微波等离子体处理装置的构成进行说明。图 1 是本实施方式所涉及的微波等离子体处理装置 10 的纵向剖面。图 1 示出了图 2 的 2-0-0'-2 剖面。图 2 是本装置 10 的顶面,示出了图 1 的 1-1 剖面。

[0044] (微波等离子体处理装置的概况)

[0045] 如图 2 所示,微波等离子体处理装置 10 具有用于对玻璃基板(以下,称作“基板 G”。)进行等离子体处理的处理容器 100。处理容器 100 由容器本体 200 与盖体 300 构成。容器本体 200 具有其上部被开口的有底立方体形状,其开口被盖体 300 封闭。盖体 300 由上部盖体 300a 与下部盖体 300b 构成。在容器本体 200 与下部盖体 300b 间的接触面设置有 O 形环 205,由此容器本体 200 与下部盖体 300b 被密闭,划分出处理室。在上部盖体 300a 与下部盖体 300b 间的接触面也设置有 O 形环 210 及 O 形环 215,由此,上部盖体 300a 与下部盖体 300b 被密闭。容器本体 200 及盖体 300 例如由铝合金等金属构成,且被接地。

[0046] 在处理容器 100 的内部设置有载放基板 G 的基座 105(载台)。基座 105 例如由氮化铝形成。基座 105 被支承于支承体 110 上,在其周围设置有将处理室的气体的流动控制为优选的状态的挡板 115。另外,在处理容器 100 的底部设置有气体排出管 120,使用设置于处理容器 100 的外部的真空泵(未图示)排出处理容器 100 内的气体。

[0047] 参见图 1 及图 2,介电体板 305、金属电极 310 及金属罩 320 被规整地配置于处理容器 100 的顶面。在金属电极 310 及金属罩 320 的周围设置有侧罩 350。介电体板 305、金属电极 310 及金属罩 320 是被略微削掉角的近似正方形的板。且亦可为菱形。本说明书中,金属电极 310 被称作设置为与介电体板 305 邻接而使介电体板 305 从金属电极 310 的外缘部近似均等露出的平板。由此,介电体板 305 成为盖体 300 的内壁与金属电极 310 的夹层。金属电极 310 与处理容器 100 的内壁电连接。

[0048] 8 块介电体板 305 及金属电极 310 被等间距地配置在相对于基板 G、处理容器 100 倾斜近似 45° 的位置上。该间距被设定为一个介电体板 305 的对角线的长度达到相邻的介电体板 305 的中心间的距离的 0.9 倍以上。由此,介电体板 305 的被稍微削去后的角部彼此间被邻接配置。

[0049] 金属罩 320 比金属电极 310 厚出介电体板 320 的厚度量。根据该形状,顶面的高度近似相等,同时介电体板 305 露出的部分、其附近的凹陷的形状也全部呈近乎相同的图案。

[0050] 介电体板 305 由氧化铝形成,金属电极 310、金属罩 320 及侧罩 350 由铝合金形成。其中虽然在本实施方式中将 8 块介电体板 305 及金属电极 310 分为 4 段配置为 2 列,但并不局限于此,亦可增加或减少介电体板 305 及金属电极 310 的块数。

[0051] 介电体板 305 及金属电极 310 通过螺钉 325 被从 4 处均等地支承（参照图 2）。如图 1 所示，在上部盖体 300a 与下部盖体 300b 之间沿垂直于纸面的方向设置有形成格子状的主气体流路 330。主气体流路 330 将气体分流到多个螺钉 325 内所设的气体流路 325a 中。用于缩窄流路的细管 335 被嵌入到气体流路 325a 的入口。细管 335 由陶瓷、金属构成。在金属电极 310 与介电体板 305 之间设置有气体流路 310a。在金属罩 320 与介电体板 305 之间及侧罩 350 与介电体板 305 之间还设置有气体流路 320a。螺钉 325 的末端面与金属电极 310、金属罩 320 及侧罩 350 的下表面共面，由此不扰乱等离子体的分布。在金属电极 310 开口的气体释放孔 345a 与在金属罩 320、侧罩 350 开口的气体释放孔 345b 以均等的间距被配设。

[0052] 从气体供给源 905 输出的气体从主气体流路 330 经过气体流路 325a（支气体流路），并经由金属电极 310 内的第 1 气体流路 310a 及金属罩 320、侧罩 350 内的第 2 气体流路 320a 从气体释放孔 345a、345b 供给到处理室内。在第 1 同轴管 610 的外周附近的下部盖体 300b 与介电体板 305 间的接触面设置有 O 形环 220，从而使第 1 同轴管 610 内的大气无法进入到处理容器 100 的内部。

[0053] 像这样通过在顶部的金属面形成气体喷淋板，能够抑制既有的等离子体中的离子对介电体板表面的蚀刻及反应物堆积于处理容器内壁，降低污染、粒子。另外，由于不同于介电体金属更易加工，故能够大幅削减成本。

[0054] 内部导体 610a 被插入到在盖体 300 上开槽形成的第 1 同轴管的外部导体 610b 中。同样第 2～第 4 同轴管的内部导体 620a～640a 被插入到开槽形成的第 2～第 4 同轴管的外部导体 620b～640b 中，其上部被盖体罩 660 覆盖。各同轴管的内部导体由易导热的铜形成。

[0055] 图 1 所示的介电体板 305 的表面除去从第 1 同轴管 610 向介电体板 305 射入微波的部分和从介电体板 305 释放微波的部分外，被金属膜 305a 包覆。由此，即便介电体板 305 和与之相邻的部件间产生的空隙也无法扰乱微波的传输，能够稳定地将微波导入到处理容器内。

[0056] 如图 2 所示，介电体板 305 从与介电体板 305 一对一邻接的金属电极 310 与未配置介电体板 305 的处理容器 100 的内壁（包括被金属罩 320 覆盖的处理容器 100 的内壁）之间露出。介电体板 305 与未配置介电体板 305 的处理容器 100 的内壁（包括被金属罩 320 覆盖的处理容器 100 的内壁）为实质上相似的形状、或实质上对称的形状。由此，能够从介电体板向金属电极侧及内壁侧（金属罩 320 及侧罩 350 侧）近似均等地供给微波的功率。其结果从介电体板 305 释放出来的微波成为表面波，将功率分成一半，同时沿金属电极 310、金属罩 320 及侧罩 350 的表面传输。将沿处理容器内面的金属面与等离子体之间传输的表面波称作导体表面波（金属表面波：Metal Surface Wave）。由此，导体表面波传输到整个顶面，在本实施方式所涉及的微波等离子体处理装置 10 的顶面下方，稳定地生成均匀的等离子体。

[0057] 在侧罩 350 上以包围全部 8 块介电体板 305 的方式形成 8 边形槽 340，从而抑制沿顶面传输的导体表面波传输到槽 340 的外侧。亦可平行且多重地形成多个槽 340。

[0058] 以下，将以一块金属电极 310 为中心且邻接的金属罩 320 的中心点作为顶点的区域称作单元 Ce1（参照图 1）。在顶面，以单元 Ce1 为一个单位，同一图案的构成规整且正确

地配置有 8 单元 Cel。

[0059] 冷却剂供给源 910 与盖体内部的冷却剂配管 910a 及第 4 同轴管的内部导体 640a 的冷却剂配管 910b 连接,从冷却剂供给源 910 供给的冷却剂在冷却剂配管 910a、910b 内循环并再次返回至冷却剂供给源 910,由此来抑制对盖体 300 及内部导体的加热。

[0060] (同轴管内部导体固定)

[0061] 接着,参照图 3~图 5 对第 1 及第 2 同轴管及其连结部分进行说明。图 3 是第 1 及第 2 同轴管 610、620 及其连结部分 Dc 的剖视图。图 4 是图 3 的 3-3 剖面。图 5 是图 3 的 4-4 剖面。

[0062] 如前所述,第 1 同轴管 610 由内部导体 610a 及外部导体 610b 形成。同样第 2 同轴管 620 由内部导体 620a 及外部导体 620b 形成。第 1 及第 2 同轴管 610、620 的内部导体都用铜来形成。外部导体 610b、620b 由形成于盖体 300 的凹槽和盖体罩 660 划分出。第 1 同轴管 610 与第 2 同轴管 620 在连结部 Dc 以近乎垂直的方式连结。

[0063] 在连结部 Dc,形成于第 1 同轴管的内部导体 610a 的末端的棒 610a1 被嵌入到形成于第 2 同轴管的下表面的有底的纵孔 620a1 中。

[0064] 介电体环 710(第 1 介电体支承部件的一例)被嵌入到形成于第 1 同轴管的内部导体 610a 的外周的槽 610a2 中,由此将内部导体 610a 支承于外部导体 610b 而防止了内部导体 610a 的轴向松动。

[0065] 介电体环 715(第 2 介电体支承部件的一例)也被嵌入到形成于第 2 同轴管的内部导体 620a 的外周的槽 620a2 中,由此将内部导体 620a 支承于外部导体 620b。介电体环 710、715 例如由特氟隆(注册商标)形成。

[0066] 第 2 同轴管的内部导体 620a 还被介电体棒 720 从侧部支承。介电体棒 720 被插入到设置于第 2 同轴管的内部导体 620a 的有底的横孔 620a3 中,贯穿棒 610a1 上设置的横孔,嵌入到横孔 620a3 的底部。

[0067] 如此一来,第 1 同轴管的内部导体 610a 通过介电体棒 720 固定于第 2 同轴管 620 的内部导体 620a。根据该构成,在对装置进行组装时,第 1 同轴管的内部导体 610a 与第 2 同轴管的内部导体 620a 能在连结的状态下嵌入到盖体 300 上形成的凹槽中,故易于施工。另外,无需螺钉地将第 1 及第 2 同轴管的内部导体 610a、620a 连结及固定,能够防止第 1 同轴管的内部导体 610a 从第 2 同轴管的内部导体 620a 脱落。其中介电体棒 720 是用于防止第 1 同轴管的内部导体 610a 从第 2 同轴管的内部导体 620a 脱落的卡合部的一例。

[0068] 棒 610a1 上所设的横孔是纵向上长的长孔,使得第 1 同轴管的内部导体 610a 能多少上下移动。由此,能够使内部导体 610a 与介电体板 305 可靠地接触。另外,在第 2 同轴管的纵孔 620a1 与棒 610a1 之间存有隙间,使得第 1 同轴管的内部导体 610a 的角度相对于内部导体 620a 可多少变化。这是为了在连结内部导体 610a、620a 的状态下将内部导体插入到外部导体 620a、620b 内时,无游隙会导致各部分因微小的尺寸偏差使特氟隆(注册商标)环 710 与第 1 同轴管的外部导体 610b 接触,承受应力。

[0069] 第 2 同轴管的内部导体 620a 中,在与第 1 同轴管的内部导体 610a 抵接的抵接部分设置有平坦面,利用屏蔽螺旋环(シールドスパイラル)705 将内部导体 610a 与 620a 进行可靠的电连接。另外,利用屏蔽螺旋环的弹力将第 1 同轴管的内部导体 610a 推靠在介电体板 305 上,由此防止第 1 同轴管的内部导体 610a 与介电体板 305 之间露出隙间。屏蔽螺

旋环 705 为将第 1 同轴管的内部导体 610a 与第 2 同轴管的内部导体 620a 电连接在一起的触点部件的一例,而且是将第 1 同轴管的内部导体 610a 推靠于介电体板 305 的弹簧部件的一例。

[0070] 另外,在第 1 同轴管的内部导体 610a 与第 2 同轴管的内部导体 620a 连接的连接部,优选在尽可能靠近各内部导体的外周面的部分进行电连接。这是由于当在离开外周面的内部进行电连接时,会因内部导体间生成的部分隙间被施加不稳定的电抗成分,导致产生反射。

[0071] 参照图 4 可容易获悉,通过将第 2 同轴管的内部导体 620a 形成为比第 1 同轴管的内部导体 610a 粗,使得第 2 同轴管的内部导体 620a 下部的平坦面接近外周面,在接近外周面的部分通过屏蔽螺旋环 705 进行电连接。

[0072] 第 1 同轴管的内部导体 610a 的介电体侧的前端,隔着由铜形成的圆盘状的金属配件 725 与形成于介电体板 305 的凹陷 305a 抵接。借助金属配件 725 能够提高第 1 同轴管的内部导体 610a 与介电体板 305 的密合性。

[0073] 如上所述,第 1、第 2 同轴管的外部导体 610b、620b 是从上部对盖体 300 开槽而形成的。因此图 4 所示的第 2 同轴管的外部导体 620b 的上部为平面、下部为半圆的半圆锥体型。将外部导体 620b 的下部设定为半圆,尽可能地使内部导体 620a 与外部导体 620b 之间的距离均匀,由此可抑制电场的集中,防止异常放电。

[0074] 如图 3 所示,在连结部 Dc,通过在盖体罩 660 的下表面设置凹部,使得外部导体 610b 的端部向第 2 同轴管 620 的上方突出。另外,如图 5 所示,增大第 2 同轴管的外部导体 620b 的形状,从而在第 1、第 2 同轴管的内部导体 610a、620a 及外部导体 610b、620b 间设计出较大的空间。这样一来,在从第 2 同轴管 620 向第 1 同轴管 610 传输时,不会在连结部 Dc 发生反射。

[0075] (同轴管匹配)

[0076] 接着,对第 1 同轴管 610 的特性阻抗的匹配进行说明。如图 6 所示,将第 1 同轴管的内部导体 610a 的直径设为 A、第 1 同轴管的外部导体 610b 的直径(内径)设为 B,则第 1 同轴管 610 的特性阻抗 Z_c 与第 1 同轴管 610 的粗细的关系可由下式(1)来表示。

$$[0077] \quad Z_c = 138 / \sqrt{\epsilon_r} \times \log(B/A) \cdots (1)$$

[0078] 例如,当 $B/A = 2.3$ 时,由于大气中 $\epsilon_r = 1$,故同轴管的特性阻抗 Z_c 为 50Ω 。

[0079] 在第 1 同轴管 610 中,内部导体 610a 与外部导体 610b 的粗细之比沿长度方向上不一致。作为一例,如图 3 所示,虽然第 1 同轴管的内部导体 610a 的粗细(径 A)在长度方向上一致($A_1 = A_2$),但外部导体 610b 的粗细(径 B)从微波的输入侧到输出侧沿长度方向上连续地(逐渐地)变细($B_1 > B_2$)。由此,微波输入至第 1 同轴管一侧(第 1 同轴管的内部导体 610a 的输入侧、以下,简单称为输入侧。)的内部导体 610a 与外部导体 610b 的直径比 B_1/A_1 和微波从第 1 同轴管的内部导体 610a 输出一侧(第 1 同轴管的内部导体 610a 的输出侧、以下,简单称为输出侧。)的内部导体 610a 与外部导体 610b 的直径比 B_2/A_2 间的关系为 $B_1/A_1 > B_2/A_2$ 。其结果根据式(1),输入侧的第 1 同轴管 610 的特性阻抗 Z_{c1} 与输出侧的第 1 同轴管 610 的特性阻抗 Z_{c2} 间的关系为 $Z_{c1} > Z_{c2}$ 。

[0080] 如此一来,在本实施方式中,通过使第 1 同轴管的内部导体 610a 与外部导体 610b 的粗细之比在第 1 同轴管 610 的输入侧和输出侧不同,来改变第 1 同轴管 610 的特性阻抗。

尤其在本实施方式中通过使外部导体 610b 的粗细逐渐变细,逐渐减小了第 1 同轴管 610 的特性阻抗。由此,能够很难发生反射。

[0081] (阻抗匹配、台阶部)

[0082] 例如,调整内部导体 610a 及外部导体 610b 的直径,使第 1 同轴管 610 的输入侧的特性阻抗为 $30\ \Omega$ 、第 1 同轴管 610 的输出侧的特性阻抗为 $15\ \Omega$ 。以下将第 1 同轴管的输出侧称为 $15\ \Omega$ 的低特性阻抗线路、第 1 同轴管的输入侧称为 $30\ \Omega$ 的高特性阻抗线路,对低特性阻抗线路与高特性阻抗线路的连接方式进行说明。

[0083] 当在低特性阻抗线路能够形成无反射时,如图 3、图 7 所示,如果逐渐改变低特性阻抗线路与高特性阻抗线路之间的特性阻抗,则能够在抑制反射的状态下进行特性阻抗不同的线路间的连接。

[0084] 图 3 中,使第 1 同轴管的外部导体 610b 的粗细(径 B)沿长度方向上向微波的输出侧连续地(逐渐地)变细,内部导体 610a 的粗细(径 A)在长度方向上一致。亦可如图 7 所示,使第 1 同轴管的外部导体 610b 的粗细(径 B)在长度方向上一致,内部导体 610a 的粗细(径 A)在长度方向上向微波的输出侧连续地(逐渐地)变粗。

[0085] 当在低特性阻抗线路不能形成无反射(此处反射并不太大)时,如图 8 所示,例如在内部导体 610a 上设置台阶部 610a6,或者在外部导体上设置台阶部(未图示),调整低特性阻抗线路的长度,使从台阶部 610a6 看低特性阻抗线路侧的阻抗最接近高特性阻抗线路的特性阻抗,则能够使反射最小。

[0086] 当加长低特性阻抗线路的长度时,从台阶部 610a6 看低特性阻抗线路侧的反射系数在图 9 的复平面上(史密斯圆图上)绕顺时针方向旋转。如果调节低特性阻抗线路的长度使得反射系数为正的实数(复平面上来到右端),则从台阶部 610a6 看低特性阻抗线路侧的阻抗被从阻抗 Z_d 调整为实数内最大值的阻抗 Z_m ,能够使反射最小。此时,如果使从台阶部 610a6 看的低特性阻抗线路侧的阻抗与高特性阻抗线路的特性阻抗一致,则可形成无反射。其中,由于当线路的长度变化 $\lambda/2$ 时,反射系数在史密斯圆图上做一次旋转,故低特性阻抗线路的长度在 $\lambda/4$ 以下即足够。图 9 情况低特性阻抗线路的长度为 $\lambda/4$ 。

[0087] 此外,图 7 中,在内部导体 610a 的末端未设置金属配件 725 及屏蔽螺旋环 740,内部导体 610a 与介电体板的凹陷的金属膜 305a 直接密合。图 7 中未在内部导体 610a 设置缩颈部 610a3。

[0088] 图 8 中,未设置金属配件 725,屏蔽螺旋环 740 与介电体板的凹陷的金属膜 305a 直接接触。另外,如图 8 所示,当存在台阶部 610a 时,内部导体 610a 及外部导体 610b 不呈锥形状。

[0089] (第 1 同轴管的输入侧的特性阻抗的最佳值)

[0090] 假设同轴管的内部导体的温度上升一致,则第 1 同轴管的输入侧的特性阻抗为 $18\ \Omega \sim 46\ \Omega$ 范围内的任一值即可,更优选为 $22\ \Omega \sim 40\ \Omega$ 范围内的任一值。对其依据进行说明。

[0091] 如上所述,当构成为在金属电极 310 及金属罩 320 中设置通气路径,形成喷淋板而使气体流动时,必须与第 1 同轴管等不干涉的位置设置气体流路,因此无法将第 1 同轴管 610 设定得过粗。另外,为了激发高密度等离子体,必须向第 1 同轴管 610 传输数百 W ~ 数千 W 的微波,因此会增大第 1 同轴管的内部导体 610a 的电流密度,存在被加热的问题。当

第 1 同轴管的内部导体 610a 被加热时,有可能会使保持内部导体 610a 的介电体环 710 等变形、变质,内部导体表面被氧化,内部导体 610a 延长而在各部分受到应力,导致破损。

[0092] 同轴管可传输的最大功率 $P_{\max}$ 由下式给出。

$$[0093] \quad P_{\max} = \frac{1}{2Z_0} a^2 E_{\max}^2 \left\{ \log \left(\frac{b}{a} \right) \right\}^2$$

[0094] 此处, $E_{\max}$ 为同轴管内的最大电场(内部导体表面的电场),与内部导体的上升温度成正比。出于“微波工学基础与应用”冈田文明著、学献社、P. 142。

[0095] 若依据上式求解 $P_{\max}$ 与特性阻抗的关系,则如图 12 所示。纵轴是在将外部导体的内径设为恒定时的归一化后的最大传输功率。可见最大传输功率特性阻抗在 30Ω 时极大。为了传输最大传输功率的 90% 以上的功率,使第 1 同轴管的(输入侧的)特性阻抗为 $18 \sim 46 \Omega$ 即可,最好设定为 $22 \sim 40 \Omega$ 以传输 95% 以上的功率。

[0096] (缩颈部)

[0097] 图 3 及图 4 中,第 1 同轴管的内部导体 610a 具有部分变细的缩颈部 610a3。缩颈部 610a3 是依据其直径及长度而确定的任意大小的串联电感。在设计第 1 同轴管 610 时,当第 1 同轴管上从预期的位置看输出侧的阻抗为容性时,通过根据需要在该位置设置缩颈部 610a3,能够抑制反射。

[0098] (介电体环)

[0099] 介电体环 710 是依据其厚度、介电常数而确定的任意大小的并联电容。在设计第 1 同轴管 610 时,当第 1 同轴管上从预期的位置看输出侧的阻抗为感性时,通过根据需要在该位置设置缩颈部 610a3,能够抑制反射。

[0100] (第 2 实施方式)

[0101] 下面,参照图 10 对第 2 实施方式所涉及的第 1 同轴管的内部导体 610a 的固定及同轴管匹配进行说明。图 10 是与说明第 1 实施方式时使用的图 3 对应的图。第 2 实施方式中,主要在连结部 Dc 的构成与在介电体板附近设置介电体环两点上与第 1 实施方式不同。由此,以下以该区别点为中心进行说明,省略其他的说明。

[0102] 第 2 实施方式所涉及的连结部 Dc 中,介电体棒 720 被插入到第 2 同轴管的内部导体 620a 的横孔 620a3 中,由此内部导体 620a 被支承于外部导体 620b。而本实施方式中,介电体棒 720 由于未贯穿第 1 同轴管的内部导体 610a,故不具有防止内部导体 610a 的脱落的功能。取而代之,本实施方式中的第 2 同轴管的内部导体 620a 的纵孔 620a1 的下部制有螺纹,同时在内部导体 610a 端部的棒 610a1 的头部分也制有螺纹。纵孔 620a1 的上部未制有螺纹,且孔径比棒 610a1 的外径大。因此,通过将棒 610a1 的头旋入纵孔 620a1 而使棒 610a 端部的制有螺纹的部分螺合进纵孔 620a1 上部的未制有螺纹的部分,将棒 610a1 固定于纵孔 620a1。由此,能够防止第 1 同轴管的内部导体 610a 的脱落,并且以自由活动的状态固定第 1 同轴管的内部导体 610a。此外,本实施方式所涉及的内部导体 610a 的棒 610a1 与内部导体 620a 的纵孔 620a1 的卡合部分为用于防止第 1 同轴管的内部导体 610a 从第 2 同轴管的内部导体 620a 脱落的卡合部的一例。

[0103] 在第1同轴管的内部导体610a上,在连结部Dc形成有凹部610a4,且在凹部610a4的内部设置金属弹簧730。金属弹簧730是将第1同轴管的内部导体610a推靠于介电体板305的弹簧部件的一例。

[0104] 第1同轴管的内部导体610a的端部被插入到第2同轴管的内部导体620a的下部所设的凹陷中。在内部导体610a、620a的接触面设置有屏蔽螺旋环705。屏蔽螺旋环705是将内部导体610a与620a电连接在一起的触点部件的一例。

[0105] 在第1同轴管的内部导体610a与外部导体610b之间,除了上述的介电体环710外,还与介电体板305邻接地安装有介电体环735。据此,通过用介电体覆盖第1同轴管610与介电体板305的邻接部分的强电场部,能够防止异常放电。

[0106] 此外,图10中,未在金属配件725与介电体板305的接触面(介电体板305的凹陷部分)设置金属膜305a。

[0107] (第3实施方式)

[0108] 接着,参照图11对第3实施方式所涉及的第1同轴管的内部导体610a的固定及同轴管匹配进行说明。图11是与说明第1实施方式中使用的图3及说明第2实施方式中使用的图10对应的图。第3实施方式中,连结部Dc的构成与第2实施方式不同。由此,以下以该区别点为中心进行说明,并省略其他的说明。

[0109] 第3实施方式所涉及的连结部Dc中,在内部导体610a的棒610a1的外周形成有凹部610a4,其外侧为板簧610a5。卡合部分上未设置屏蔽螺旋环。板簧610a5为将内部导体610a与620a电连接的触点部件的一例。

[0110] 在第1同轴管的内部导体610a的凹部610a4中设置有金属弹簧730,利用金属弹簧730(弹簧部件的一例)的弹力将第1同轴管的内部导体610a推靠于介电体板305,使两者密合。

[0111] 以上说明的各实施方式中,虽然列举出输出915MHz的微波的微波源900,但亦可为输出896MHz、922MHz、2.45GHz等微波的微波源。另外,微波源是产生用于激发等离子体的电磁波的电磁波源的一例,若为输出100MHz以上的电磁波的电磁波源,则还包含磁控管、高频率电源。

[0112] 另外,金属电极310的形状并不局限于4边形,亦可为3角形、6边形、8边形。此时介电体板305及金属罩320的形状也与金属电极310的形状相同。金属罩320、侧罩有无均可。当没有金属罩320时,在盖体300上直接形成气体流路。另外,亦可没有气体释放孔、不具有气体释放功能,还可设置下段喷淋板。金属电极310、介电体板305的数量不局限于8个,亦可为1个以上的任一数量。

[0113] 另外,当介电体板305未被金属膜305a覆盖时,优选将介电体板305与盖体300以及介电体板305与金属电极310之间的隙间设为0.2mm以下。对其理由进行说明。当在介电体板305与相邻的金属面之间的隙间发生放电时,等离子体微波的能量损失,进而等离子体激发效率显著恶化,导致介电体305、金属电极310破损。如果隙间小于电子的平均自由行程,则缩窄间隔使得电子在从微波电场获得电离所需的能量前撞壁,从而丧失能量,因此很难在隙间放电。气体流路的直径应该设定为在实际使用条件中即便在最易放电的情况下亦无法放电的尺寸。

[0114] 平均自由行程为 u_a/v_c 。此处, u_a 为电子的平均速度、 v_c 为电子的撞击频率。电

子的平均速度 u_a 由

$$[0115] \quad u_a = (8kT / \pi m)^{1/2}$$

[0116] 给出。此处, k 为玻尔兹曼常数, T 为电子温度, m 为电子的质量。当设定维持在隙间放电的电子温度为 3eV 时, 则根据上式, 变换为 $u_a = 1.14 \times 10^6 \text{m/s}$ 。

[0117] 当电子的撞击频率与微波角频率一致时, 从微波给予电子的能量最大、最易放电。当微波频率为 915MHz 时, 压力为 $p_c = 5.75 \times 10^{-9} \text{Hz}$ 时 (氩气体中约 200Pa) 时, 最易放电。若依据上式计算此时的平均自由行程时, 为 0.20mm 。即、当将气体流路的径设定为 0.2mm 以下时, 将不在隙间中放电而能够始终激发稳定的等离子体。

[0118] 以上, 虽然参照附图对本发明的最佳实施方式进行了说明, 但本发明当然并不受实例的局限。本领域技术人员在权利要求书所记载的范围内, 可想到各种变形例或修正例, 而它们都当然属于本发明的技术范围。

[0119] 等离子体处理装置并不局限于上述的微波等离子体处理装置, 亦可是成膜处理、扩散处理、蚀刻处理、灰化处理、等离子体掺杂处理等利用等离子体对被处理体进行细微加工的装置。

[0120] 另外, 例如, 本发明所涉及的等离子体处理装置亦可对大面积的玻璃基板、圆形的硅晶片、方型的 SOI (Silicon On Insulator) 基板进行处理。

[0121] 符号说明:

[0122] 10 微波等离子体处理装置

[0123] 100 处理容器

[0124] 200 容器本体

[0125] 300 盖体

[0126] 300a 上部盖体

[0127] 300b 下部盖体

[0128] 305 介电体板

[0129] 305a 金属膜

[0130] 310 金属电极

[0131] 320 金属罩

[0132] 325 螺钉

[0133] 330 主气体流路

[0134] 335 细管

[0135] 350 侧罩

[0136] 610 第 1 同轴管

[0137] 620 第 2 同轴管

[0138] 705、740 屏蔽螺旋环 (shield spiral)

[0139] 710, 715, 735 介电体环

[0140] 720 介电体棒

[0141] 725 金属配件

[0142] 900 微波源

[0143] 905 气体供给源

- [0144] 910 冷却剂供给源
- [0145] Ce1 组件单元
- [0146] Dc 连结部

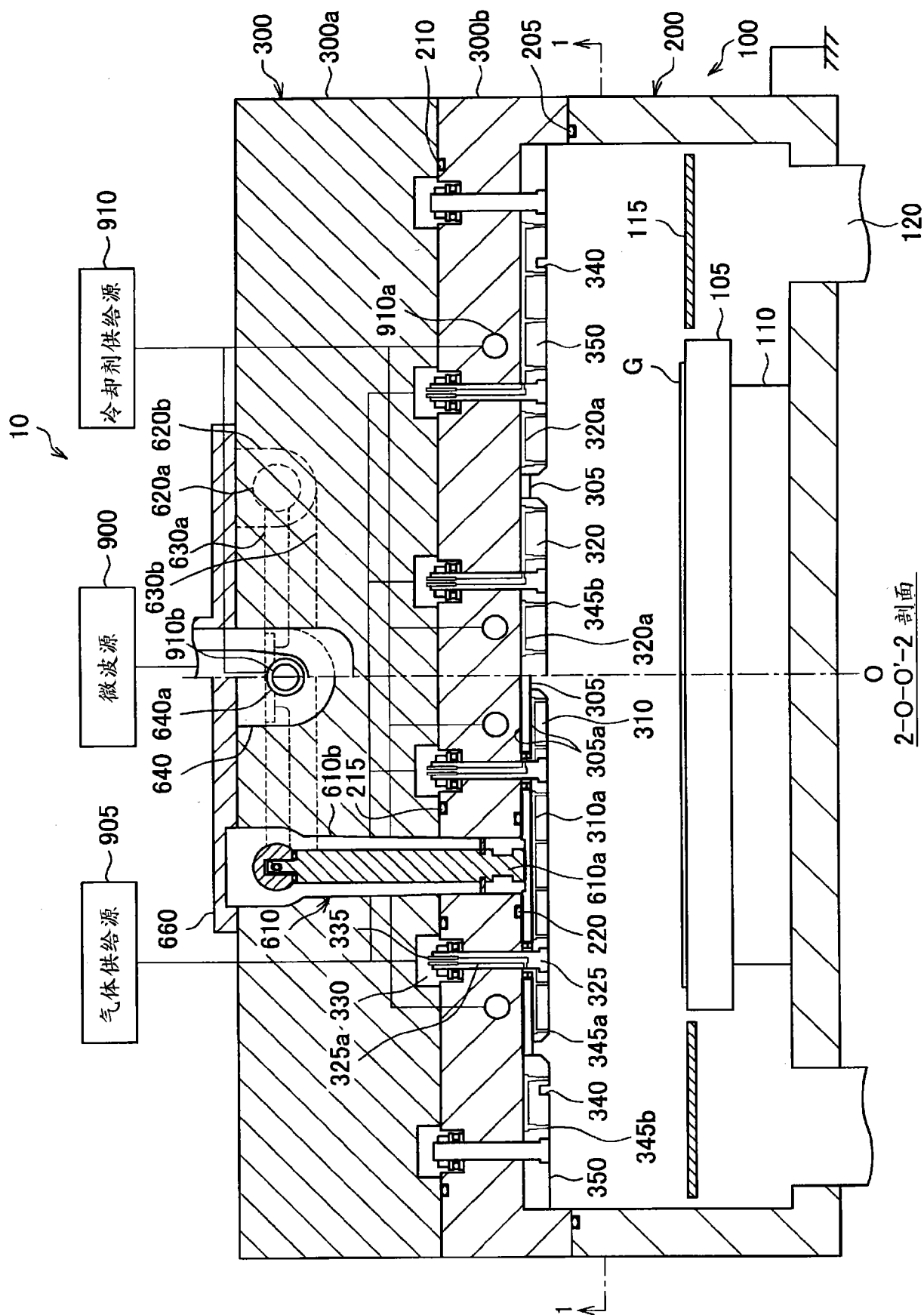
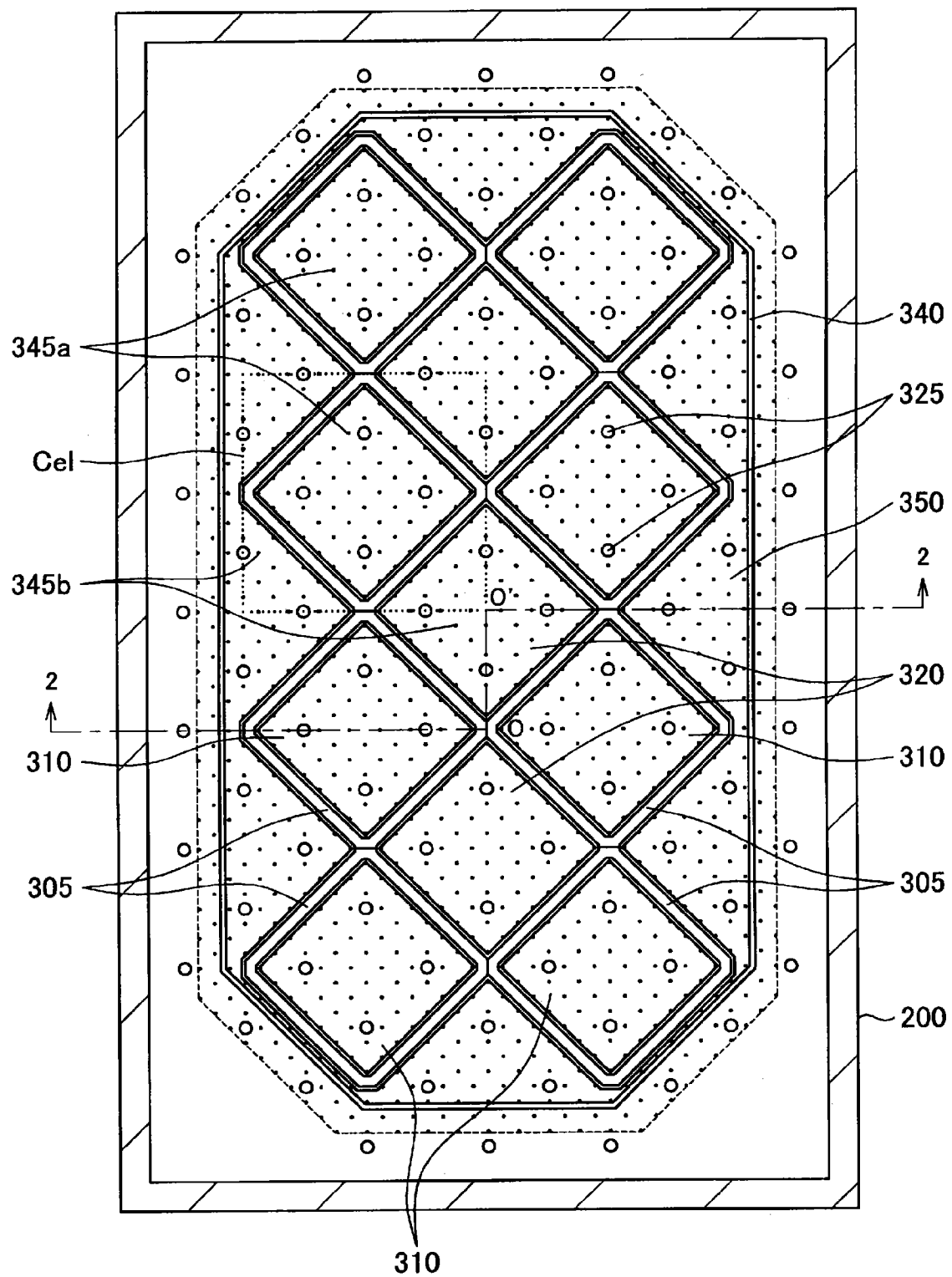


图 1



1-1 剖面

图 2

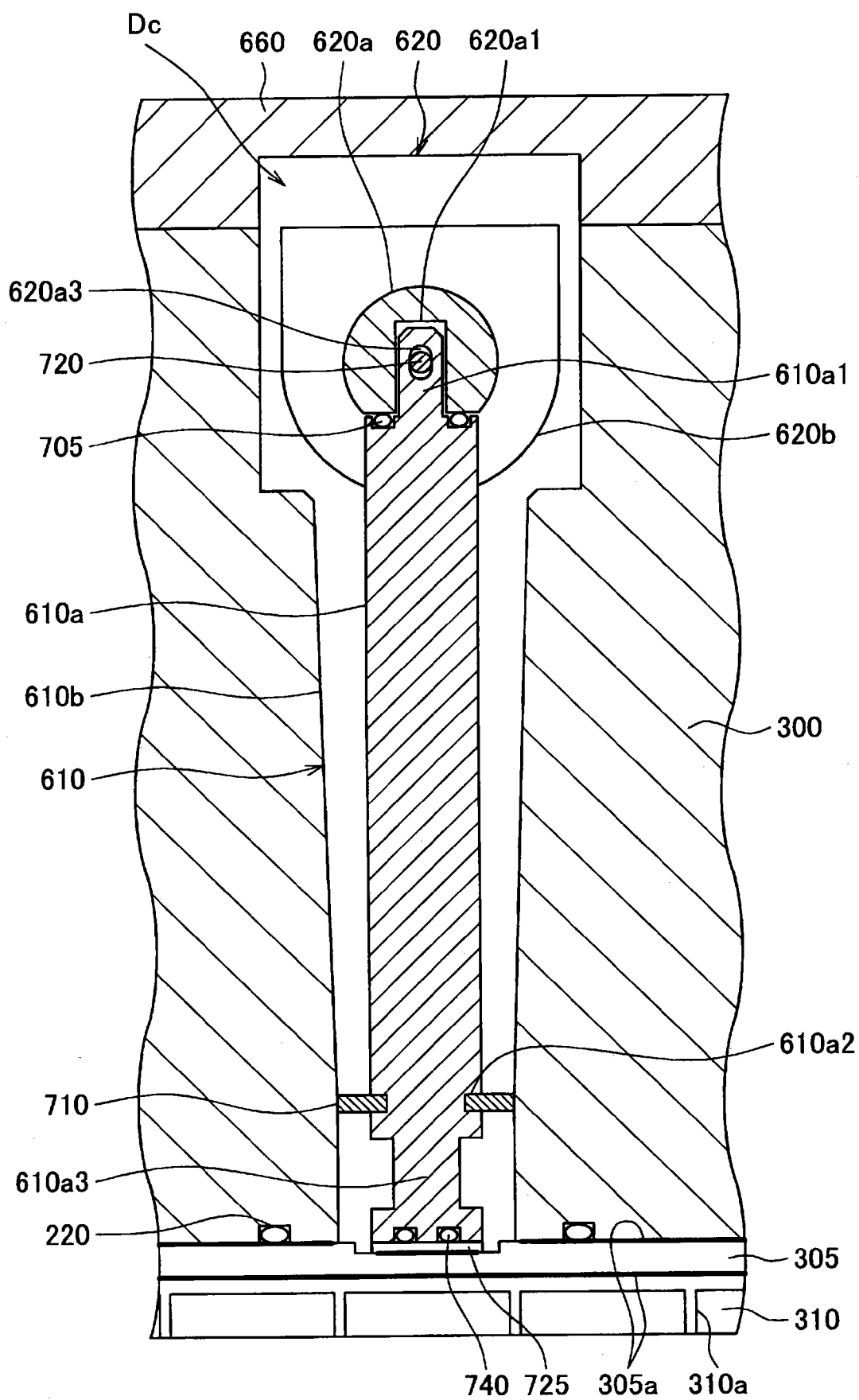


图 4

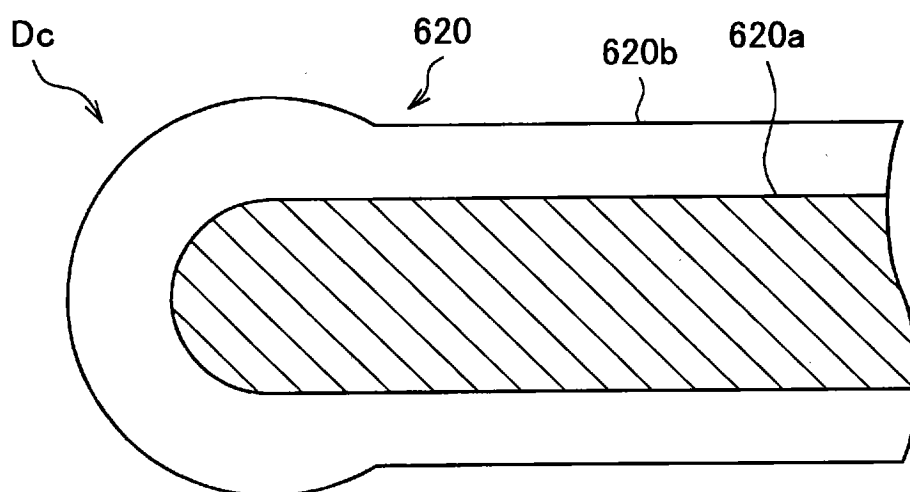


图 5

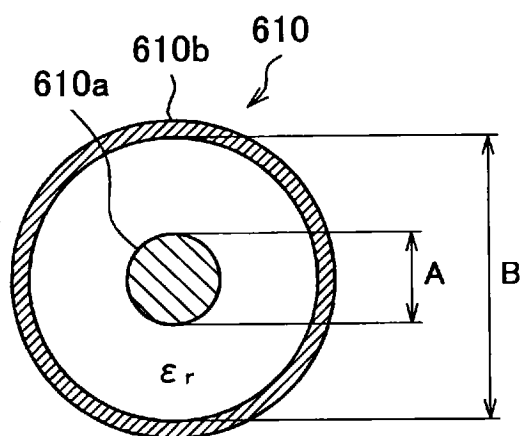


图 6

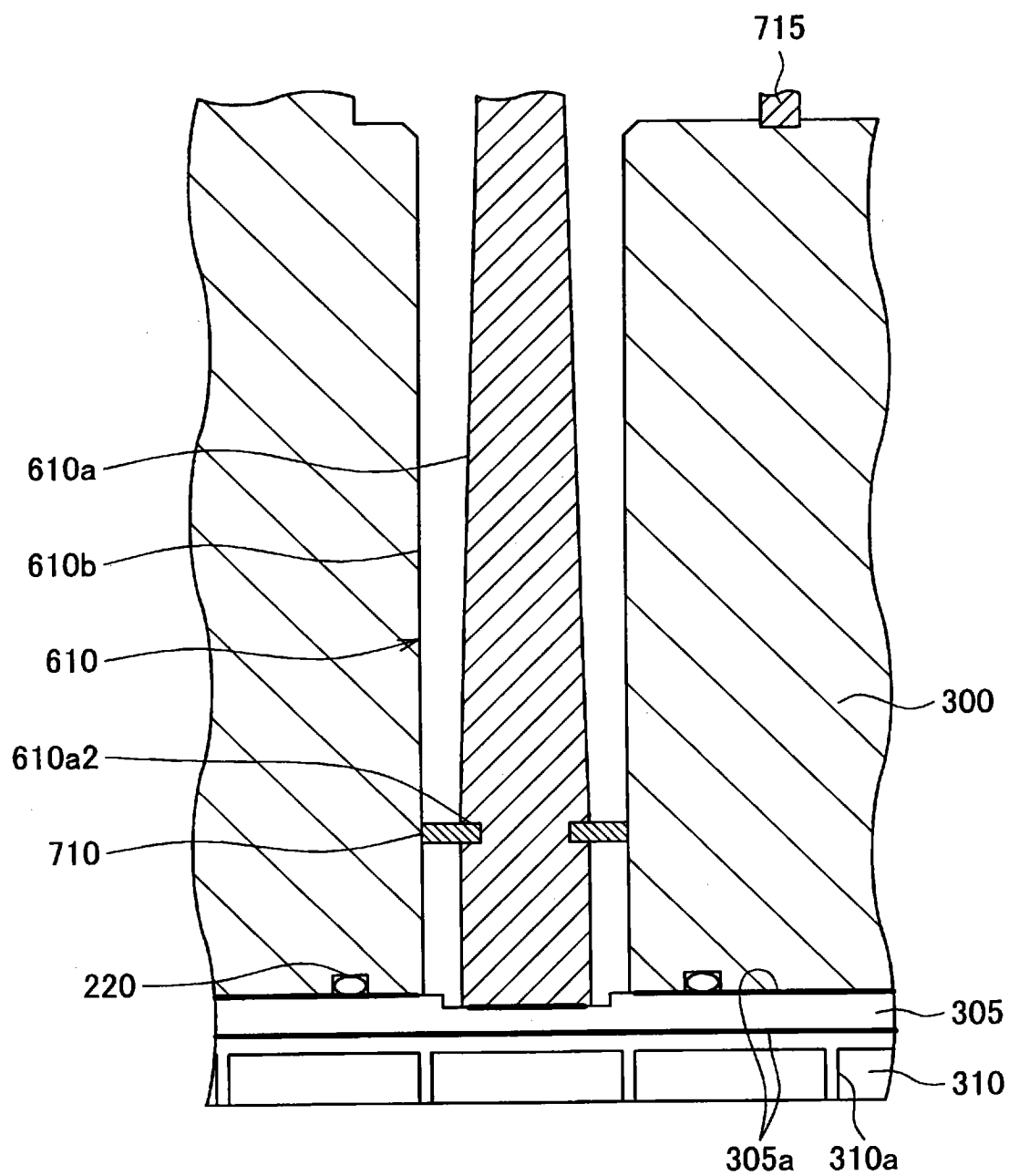


图 7

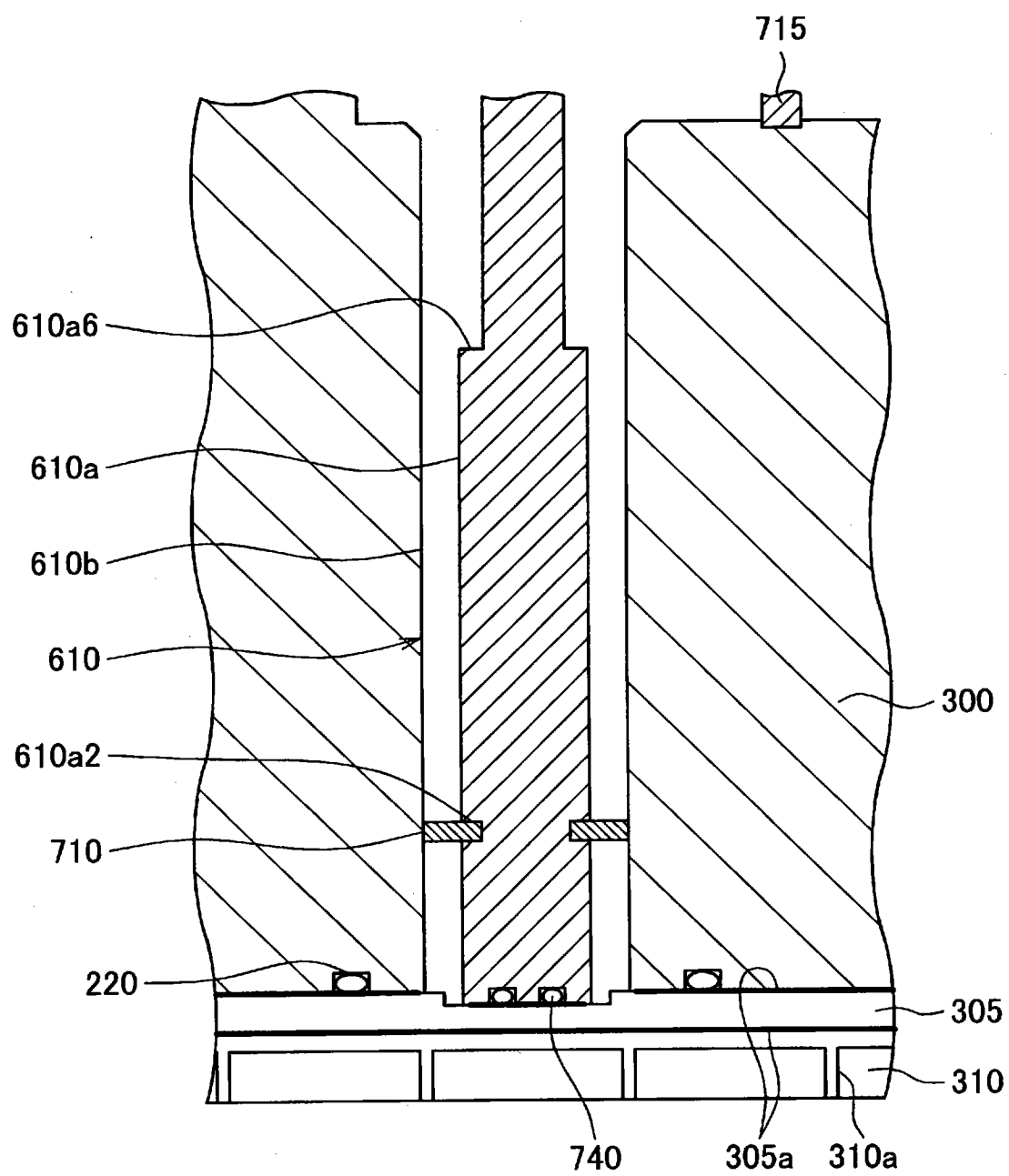


图 8

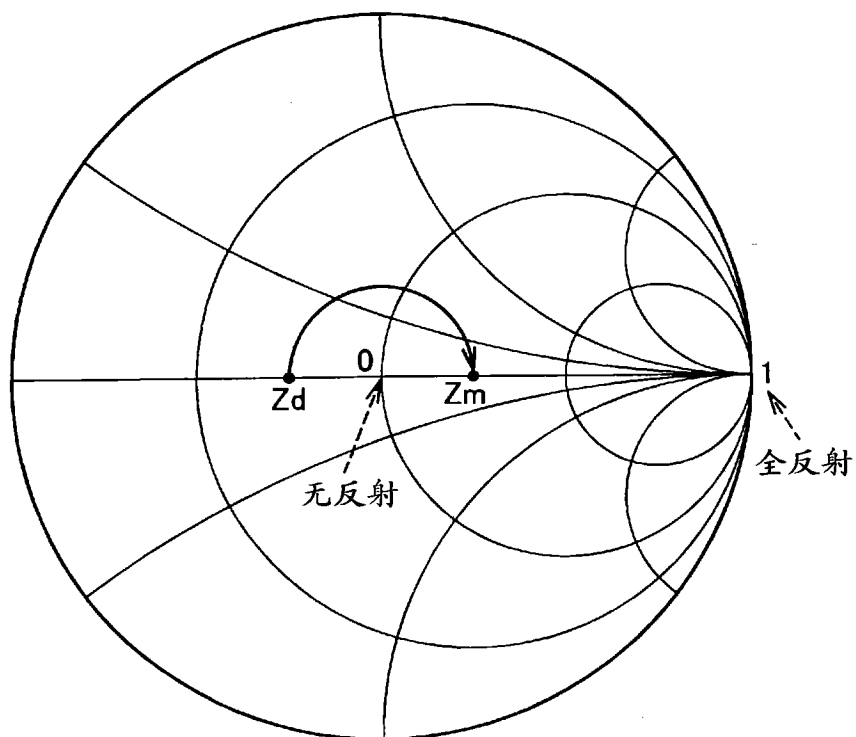


图 9

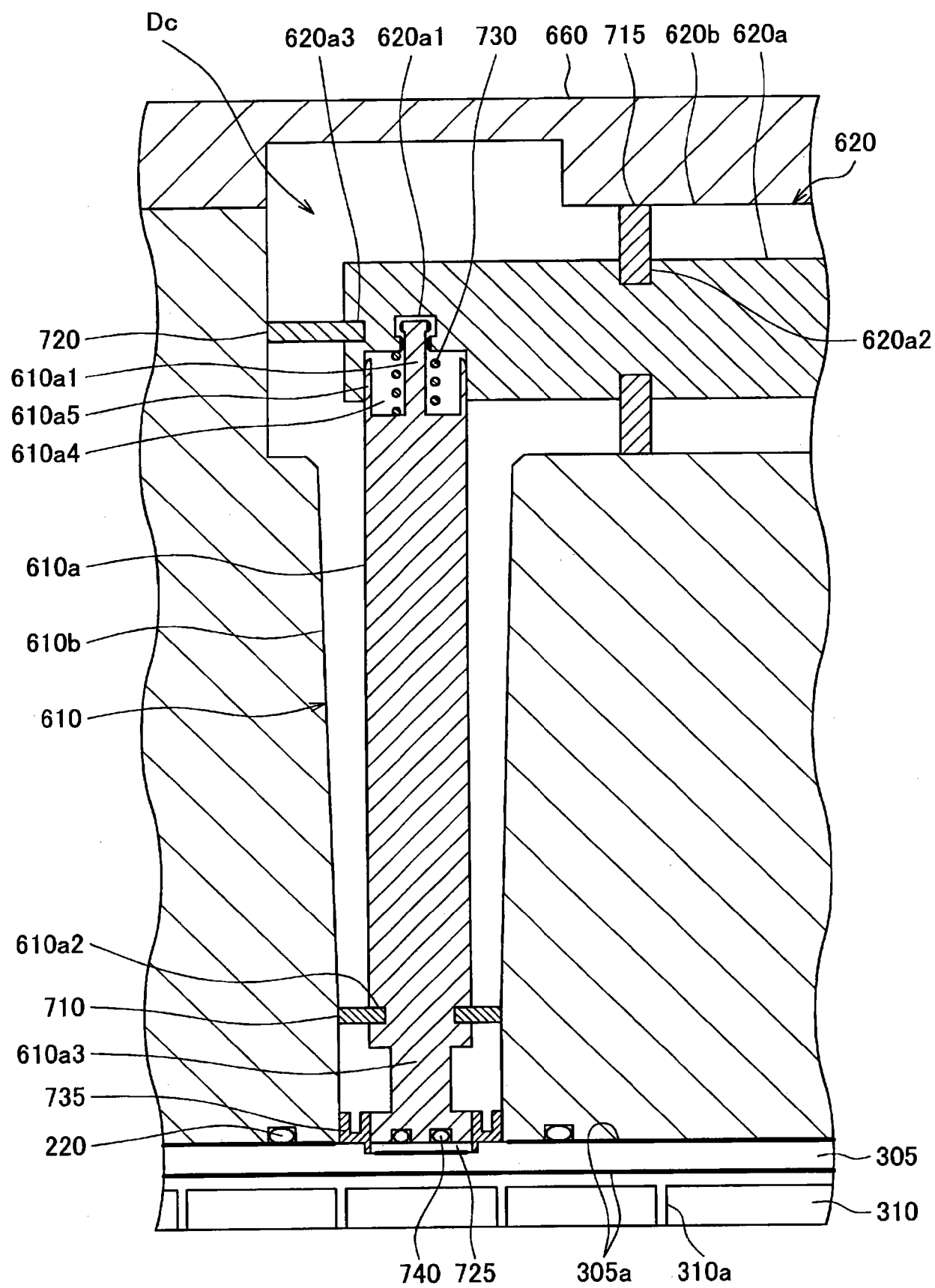


图 11

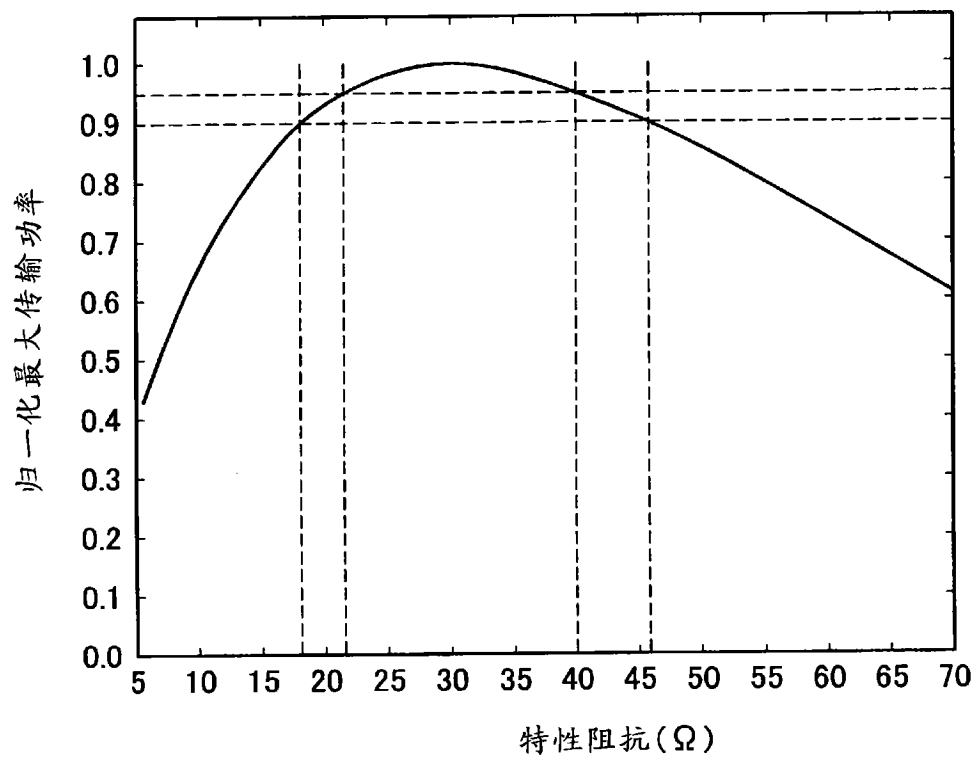


图 12