

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利说明书

H01L 21/00 (2006.01)

H01L 21/3065 (2006.01)

H05H 1/46 (2006.01)

专利号 ZL 200510059147.9

[45] 授权公告日 2009年10月21日

[11] 授权公告号 CN 100552871C

[22] 申请日 2005.3.21

[21] 申请号 200510059147.9

[30] 优先权

[32] 2004.3.19 [33] JP [31] 081308/2004

[32] 2004.3.19 [33] JP [31] 081309/2004

[73] 专利权人 株式会社液晶先端技术开发中心

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 菅井秀郎 井出哲也 佐佐木厚

东和文 中田行彦

[56] 参考文献

US6076484A 2000.6.20

US2001/0024114A1 2001.9.27

US5342472A 1994.8.30

US6222170B1 2001.4.24

审查员 王 丽

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王 英

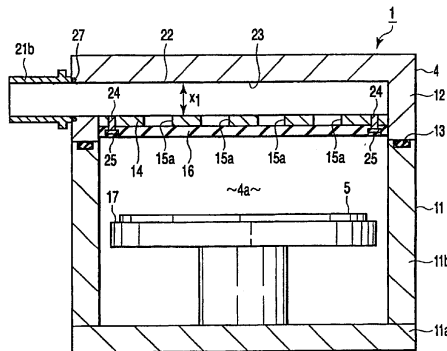
权利要求书 8 页 说明书 55 页 附图 13 页

[54] 发明名称

等离子体处理设备和等离子体处理方法

[57] 摘要

一种等离子体处理设备(1)通过从电磁波辐射部分(14)辐射到处理容器(4)中的电磁波在处理容器(4)中产生等离子体,以便通过等离子体进行等离子体处理。至少构成处理容器(4)的壁的一部分包括传输电磁波的至少一部分电磁波传输路径(3)。



1、一种等离子体处理设备，其特征在于包括：

电磁波源；

电磁波传输路径，包括用于电磁波辐射的多个正方形波导，用于从所述电磁波源传输电磁波；

处理容器，从所述用于电磁波辐射的正方形波导传输的电磁波辐射到该处理容器中；

所述等离子体处理设备通过从所述用于电磁波辐射的正方形波导的电磁波辐射部分辐射到该处理容器中的电磁波在该处理容器中产生等离子体，以便通过该等离子体进行等离子体处理，

其中，在构成所述处理容器的壁的内表面的至少一部分上设置凹部，该凹部变为用于电磁波辐射的正方形波导的一部分，以及所述壁的内表面的至少一部分包括传输所述电磁波的所述电磁波传输路径的至少一部分。

2、一种等离子体处理设备，其特征在于包括：

电磁波源；

电磁波传输路径的用于电磁波辐射的多个正方形波导，用于从所述电磁波源传输所述电磁波；

用于辐射所述电磁波电磁波辐射部分，该电磁波辐射部分耦合并设置在所述用于电磁波辐射的正方形波导上；以及

处理容器，从所述用于电磁波辐射的正方形波导传输的电磁波辐射到该处理容器中；

其中，通过从所述电磁波辐射部分辐射到所述处理容器的电磁波在该处理容器中产生等离子体，以便通过所述等离子体进行等离子体处理，

其中所述电磁波传输路径的至少一部分和构成所述处理容器的壁的内表面的至少一部分集成在一起,其中在所述电磁波传输路径的至少一部分设置变为用于电磁波辐射的正方形波导的一部分的凹部。

3、一种等离子体处理设备,其特征在于包括:

电磁波源;

用于电磁波辐射的多个正方形波导,具有形成传输来自所述电磁波源的电磁波的电磁波传输路径的管形壁导体;

用于辐射所述电磁波的电磁波辐射部分,该电磁波辐射部分耦合并设置在用于电磁波辐射的正方形波导上; 以及

处理容器,从所述用于电磁波辐射的正方形波导传输的电磁波辐射到该处理容器中;

其中通过从所述电磁波辐射部分辐射到所述处理容器中的电磁波在该处理容器中产生等离子体,以便通过所述等离子体进行等离子体处理,

其中至少一部分所述管形壁导体用作构成所述处理容器的壁的内表面的至少一部分并被整体地形成在内壁上。

4、根据权利要求1至3中任一项所述的等离子体处理设备,其特征在于介质部件设置在所述电磁波传输路径中,并由所述介质部件保持所述处理容器的气密性, 以及

通过所述介质部件将电磁波从所述处理容器外部引入到所述处理容器中。

5、根据权利要求1至3中任一项所述的等离子体处理设备,其特征在于介质部件设置在位于所述处理容器中的至少一部分所述电磁波传输路径中。

6、根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的等离子体处理设备，其特征在于所述电磁波辐射部分具有狭缝板，该狭缝板具有多个狭缝并设置在所述处理容器中，并且用于覆盖的介质部件设置成覆盖所述狭缝板。

7、根据权利要求 6 所述的等离子体处理设备，其特征在于另一介质部件设置在每个所述狭缝中。

8、根据权利要求 6 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述电磁波传输路径包括多个用于电磁波辐射的正方形波导，并且所述多个狭缝对应于所述用于电磁波辐射的正方形波导的 E 面或 H 面。

9、根据权利要求 8 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述多个用于电磁波辐射的正方形波导中的每一个的内截面尺寸被设置成通过该正方形波导以基本模式传输电磁波的频率，并且所述用于电磁波辐射的正方形波导彼此平行设置，其间隔设置为 50cm 或以下。

10、根据权利要求 9 所述的等离子体处理设备，其特征在于假设用于电磁波辐射的正方形波导的管内介电常数为  $\epsilon$ ，所述用于电磁波辐射的正方形波导的内截面尺寸的长直径  $a$  相对于电磁波的波长  $\lambda$  具有下列关系：

$$(\lambda / \epsilon^{0.5}) < 2a ,$$

假设电磁波的角频为  $\omega$ ，所述用于覆盖的介质部件的介电常数为  $\epsilon_d$ ，光速为  $c$ ，电子的电荷量为  $e$ ，真空的介电常数为  $\epsilon_0$ ，电子密度为  $n_e$ ，和电子的质量为  $m_e$ ，则由它们和下列等离子体角频  $\omega_p$  确定的下列波数  $k$  与垂直相交于所述处理容器中的所述用于电磁波辐射的正方

形波导的方向的内部尺寸L具有下列关系:

$$\omega_p = (e^2 \times n_e / (\epsilon_0 \times m_e))^{0.5} ;$$

$$k = \omega / c ((\epsilon_d (\omega_p^2 - \omega^2)) / (\omega_p^2 - (1 + \epsilon_d) \omega^2))^{0.5} ; \text{ 和}$$

$k = m \pi / L$  ( $m$  是满足  $1 \leq m \leq 2L / (\lambda / \epsilon^{0.5})$  的整数), 并且所述用于电磁波辐射的正方形波导以由下列获得的驻波的波长  $\lambda_{swp}$  的间隔设置在所述驻波的振幅基本上是最大的位置上:

$$\lambda_{swp} = \pi / k \text{ 。}$$

11、根据权利要求6所述的等离子体处理设备, 其特征在于介质部件设置在位于所述处理容器中的所述电磁波传输路径的至少一部分中, 介质部件设置在所述狭缝中, 并且所述电磁波传输路径中的所述介质部件具有在电磁波的频带中的介电常数, 其等于所述狭缝中的所述介质部件的介电常数。

12、根据权利要求5所述的等离子体处理设备, 其特征在于所述用于电磁波传输路径的介质部件由石英、氧化铝、氟碳化合物树脂和多孔材料中的至少一种形成。

13、根据权利要求8所述的等离子体处理设备, 其特征在于还包括:

电磁波源, 其中所述电磁波传输路径包括用于电磁波分配的波导, 其将由所述电磁波源产生的电磁波分配给所述多个用于电磁波辐射的正方形波导,

介质部件设置在所述电磁波传输路径中, 由该介质部件保持所述处理容器的气密性, 以及

电磁波通过该介质部件从所述处理容器的外部引入到所述处理容器中。

14、根据权利要求 13 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述多个用于电磁波辐射的正方形波导被设置成从所述用于电磁波分配的波导的 E 面或 H 面分支。

15、根据权利要求 13 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述用于电磁波分配的波导以使电磁波的传播方向改变 90 度的方式被直角弯曲，并且其传播方向已经改变了 90 度的电磁波被分配给所述多个用于电磁波辐射的正方形波导。

16、根据权利要求 14 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述多个用于电磁波辐射的正方形波导从所述用于电磁波分配的波导的 E 面分支，并且所述多个用于电磁波辐射的波导和所述用于电磁波分配的波导基本上设置在同一平面中。

17、根据权利要求 6 所述的等离子体处理设备，其特征在于介质部件设置在位于所述处理容器中的所述电磁波传输路径的至少一部分中，所述介质部件设置在所述狭缝中，以及

所述电磁波传输路径中的所述介质部件、所述狭缝中的所述介质部件和所述用于覆盖的介质部件整体地组装在一起。

18、根据权利要求 6 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述用于覆盖的介质部件被由介质材料形成的固定部件所固定。

19、根据权利要求 6 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述用于覆盖的介质部件形成为覆盖所述狭缝板的板形，所述介质部件的厚度设置成小于所述用于覆盖的介质部件中的电磁波的波长的 1/4。

20、根据权利要求 4 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述电磁波传输路径和按照气密方式保持所述处理容器的介质部件或所述电磁波传输路径中的所述介质部件之间的间隔设置为 1mm 或以下。

21、根据权利要求 1 所述的等离子体处理设备，其特征在于还包括：

向所述电磁波传输路径输送具有 10MHz 至 25GHz 的频率的电磁波的电磁波源。

22、根据权利要求 21 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述电磁波源向所述电磁波传输路径输送具有  $2.45\text{GHz} \pm 50\text{MHz}$  的频率的电磁波。

23、根据权利要求 1 所述的等离子体处理设备，其特征在于在表面波等离子体条件下进行等离子体氧化、等离子体膜形成或等离子体蚀刻。

24、一种等离子体处理设备，其特征在于包括：

处理容器；

振荡电磁波的振荡器；

第一电磁波传输路径；

第二电磁波传输路径，其内部尺寸小于所述第一电磁波传输路径的内部尺寸，并且其中设置介质部件；以及

设置在所述第二电磁波传输路径中的电磁波辐射部分，其把电磁波辐射到所述处理容器中，其中变为用于电磁波辐射的多个正方形波

导的一部分的凹部设置在构成所述处理容器的壁的内表面的至少一部分上,并且所述壁的内表面的至少一部分包括传输所述电磁波的第二电磁波传输路径的至少一部分,以便经所述第一电磁波传输路径把由所述振荡器产生的电磁波引入到所述第二电磁波传输路径中,并且通过所述电磁波辐射部分将电磁波辐射到所述处理容器中,在所述处理容器中产生等离子体,并且通过所述等离子体进行等离子体处理,

其中所述第一电磁波传输路径经中空的第三电磁波传输路径耦合到所述第二电磁波传输路径上,以至于内部尺寸朝电磁波的传输侧的方向减小,并且楔形介质部件设置成向所述第三电磁波传输路径中的传输侧扩展/打开。

25、根据权利要求 24 所述的等离子体处理设备,其特征在于设置所述楔形介质部件,使得该部件的顶边设置在所述传输侧上的所述第一电磁波传输路径的端部中或所述端部附近的区域中。

26、根据权利要求 24 所述的等离子体处理设备,其特征在于所述处理容器的气密性由所述楔形介质部件或所述第二电磁波传输路径中的所述介质部件来保持。

27、根据权利要求 24 所述的等离子体处理设备,其特征在于所述传输侧上的所述第一电磁波传输路径的端部和所述传输侧的相对侧上的所述第二电磁波传输路径的端部之间的距离设置为比在真空的振荡器中产生的电磁波的波长更长。

28、根据权利要求 24 所述的等离子体处理设备,其特征在于所述第一和第二电磁波传输路径具有矩形波导。



29、根据权利要求 28 所述的等离子体处理设备，其特征在于设置在所述第一电磁波传输路径中的矩形波导的每一个内部尺寸以及设置在所述第二电磁波传输路径中的矩形波导的每一个内部尺寸设置为能够在所述矩形波导中以基本模式传输在所述振荡器中产生的电磁波的频率的尺寸。

30、根据权利要求 28 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述楔形介质部件的顶边的长度设置为等于设置在所述第二电磁波传输路径中的所述矩形波导的内部形状的长边的长度，以及

所述楔形介质部件具有与设置在所述第二电磁波传输路径中的所述矩形波导的内部直径的长边方向平行延伸的顶边，并且设置在将短边的中点连接到另一短边的另一中点上的线上。

31、根据权利要求 24 所述的等离子体处理设备，其特征在于沿着电磁波传输方向的所述楔形介质部件的长度设置为比由真空中的振荡器所产生的电磁波的波长更长。

32、根据权利要求 24 所述的等离子体处理设备，其特征在于所述处理容器的壁具有至少一部分所述第二电磁波传输路径。

33、一种等离子体处理方法，其特征在于包括：使用根据权利要求 1 至 3 和 24 中任一项所述的等离子体处理设备连续进行等离子体氧化和通过等离子体 CVD 工艺形成膜而不破坏真空。

## 等离子体处理设备和等离子体处理方法

### 发明背景

本发明涉及适用于诸如薄膜晶体管（TFT）和金属氧化物半导体元件（MOS 元件）的半导体元件、诸如半导体集成电路器件的半导体器件、或者诸如液晶显示器件的显示器件的制造工艺等的一种等离子体处理设备和等离子体处理方法。

迄今为止并列板型高频等离子体处理设备、电子回旋共振（ECR）等离子体处理设备等已经用于进行等离子体处理，例如半导体器件、液晶显示器件等的制造工艺中的膜淀积、表面再形成和蚀刻。

然而，并列板型等离子体处理设备具有的问题是等离子体密度低，电子温度高。由于 ECR 等离子体处理设备在等离子体激励时需要直流磁场，因此存在难以大面积处理的问题。

为了解决这个问题，近年来，已经提出了在等离子体激励时不需要任何磁场和能够产生具有高密度和低电子温度的等离子体的处理设备。

作为这种类型的等离子体处理设备，已知一种设备包括具有设置成同心形状的狭缝的圆形微波辐射板。这种等离子体处理设备是按照如下方式构成的：从同轴管向圆形微波辐射板的中心引入的微波在这个圆形微波辐射板的直径方向上传播并从狭缝发射出去。相应地，由于经电磁波辐射窗口把微波引入到真空容器中，因此在这个真空容器中产生等离子体（例如参见 Jpn.Pat. JP2722070）。

再者，作为等离子体处理设备，已知一种设备，其中经介质窗口从构成波导天线的两个狭缝把微波引入腔室中，其中波导天线设置在矩形波导的 H 面上。在这个等离子体处理设备中，狭缝宽度形成得

将在反射面附近减小。狭缝形成为阶梯或锥形形状，以便朝着波导的反射面的方向变窄（例如参见 Jpn.Pat. No.2857090）。

此外，作为等离子体处理设备，已知一种表面波等离子体设备，其中彼此平行地以相同间隔设置多个矩形波导。以这样一种方式在每个波导中设置耦合孔，以至于耦合系数朝着波导尖端的方向连续增加。真空容器设有多个介质窗口，分割/形成介质窗口使其面对相应的耦合孔（例如参见 Jpn.Pat.Appln. KOKAI 公报 No.2002-280196）。

然而，如在 Jpn.Pat. No.2722070 中所述的等离子体处理设备中，当微波通过导体传播时，例如同心管和圆形微波辐射板，在这些导体中产生诸如铜损的传播损失。当频率增加时，或者同轴传输距离或辐射板面积增加时，传播损失增加。因此，即使使用在 Jpn.Pat. No.2722070 中所述的技术设计用于液晶显示器件等的相对大基板的等离子体处理设备时，微波延迟增加，并且难以以良好效率产生等离子体。由于在 Jpn.Pat. No.2722070 中所述的等离子体处理设备构成为从圆形微波辐射板辐射微波，因此存在的问题是：在应用于如液晶显示器件的正方形基板时，等离子体在基板的角部变得不均匀。

再者，在已经通过矩形波导传播的微波从两个狭缝辐射的情况下，如在 Jpn.Pat. No.2857090 中所述的等离子体处理设备中，当很多负离子存在于产生的等离子体中时，有等离子体的相反极性扩散系数减小的问题。因此，在 Jpn.Pat. No.2857090 中所述的技术中，只在辐射微波的狭缝附近产生等离子体。尤其在等离子体的压力很高的情况下，等离子体的这个偏心率变得更显著了。因此，在 Jpn.Pat. No.2857090 中所述的等离子体处理设备中，难以使用含有氧、氢、氯等的气体作为原材料来进行大尺寸基板的等离子体处理，其中在上述气体中很容易产生负离子，并且尤其是在气体压力高的情况下，这更难了。此外，由于构成微波天线的狭缝的分布相对于进行等离子体处理的基板的处理面局部化（非均匀的），因此等离子体密度容易变

得不均匀。

另外，在 Jpn.Pat. No.2722070 或 2857090 中所述的技术中，电磁波辐射窗口（介质窗口）必须设计成能承受基本大气压和基本/大致真空压力之间的气压差的厚度（强度），即，大约  $1\text{kg}/\text{cm}^2$  的力。一般情况下，在进行等离子体处理时在一次抽空真空容器（腔室）之后把处理气体等引入真空容器中。因此，当使用在 Jpn.Pat. No.2722070 或 2857090 中所述的技术设计用于等离子体处理具有 1m 平方尺寸的大尺寸基板的等离子体处理设备时，由石英等形成的电磁波传输窗口的厚度变得很大，并且这是不可行的。

此外，在 Jpn.Pat.Appln.KOKAI 公报 No.2002-280196 中所述的技术中，由于波导以一定间隔设置，因此难以均匀地分布面对被处理基板处理面的耦合孔。由于用于密封真空的密封必须设置成与耦合孔一样多，因此真空容器的结构很容易复杂。另外，由于真空容器的顶板的处理成本增加，因此还存在设备价格增加的问题。

本申请已经提出了波导设置在真空容器中，作为具有简单结构并能满意地等离子体处理甚至如方形基板或大面积基板这样的被处理元件的等离子体处理设备（参见 Jpn.Pat.Appln.No.2002-366842）。

另外，在 Jpn.Pat.Appln.No.2002-366842 中，已经说明了一个实例，其中用导体元件填充波导，以便阻止等离子体侵入波导中。然而，当用导体元件填充波导，并且设置在真空容器中的波导经设置在真空容器外部的波导耦合到用于振荡电磁波的振荡器上时，一部分电磁波在真空容器外部的波导和真空容器内部的波导之间的边界处反射，并且电磁波的透射率下降。例如，在用空气（介电常数  $\epsilon = 1$ ）填充真空容器外部的波导，并且用石英（介电常数  $\epsilon = 3.8$ ）填充真空容器内的波导的情况下，当平面波垂直进入边界时，透射率大约为 80%。

本发明是在这种情况的基础上研究出来的，并且本发明的目的是提供一种能够简化结构、产生具有大面积的均匀的等离子体、或者有

效地传输电磁波的等离子体处理设备和等离子体处理方法。

## 发明内容

根据本发明的第一方面，提供一种等离子体处理设备，其特征在于包括：电磁波源；电磁波传输路径，包括用于电磁波辐射的正方形波导，用于从所述电磁波源传输电磁波；处理容器，从所述用于电磁波辐射的正方形波导传输的电磁波辐射到该处理容器中；所述等离子体处理设备通过从所述用于电磁波辐射的正方形波导的电磁波辐射部分辐射到该处理容器中的电磁波在该处理容器中产生等离子体，以便通过该等离子体进行等离子体处理，其中，在构成所述处理容器的盖子的内表面的至少一部分上设置凹部，该凹部变为用于电磁波辐射的正方形波导的一部分，以及所述盖子的内表面的至少一部分包括传输所述电磁波的所述电磁波传输路径的至少一部分。

在本发明中和下列发明中，“电磁波传输路径”是用于高效率地传输电磁波的线路。电磁波传输路径的例子包括同轴管、波导、腔式振荡器等。

由于与波导相比同轴管具有大损失（传播损失），但是没有截止频率，可传输的频率范围宽，并且即使在波长很大的情况也可以使传输路径最小化。

由于引起同轴管中损失的中心导体不设置在波导中，因此损失很小，并且波导适合于大功率传输。然而，存在截止频率，并且可传输的频率范围小。形状基本上是由要传输的电磁波的频率来限定的。

以这样一种方式设计腔式谐振器以至于驻波相对于特殊频率固定（stand），并具有强化具有波长的电磁波的功能。

“电磁波辐射部分”指的是把通过电磁波传输路径传输的电磁波释放到电磁波传输路径外部的部分。电磁波辐射部分的例子包括狭缝、导体棒、电磁角状物等。

根据本发明的等离子体处理设备，由于处理容器的壁具有至少一部分电磁波传输路径，因此可以简化处理容器和等离子体设备的构成。另外，可以调整电磁波传输路径的形状或设置，并相应地可以在

处理容器中产生稳定的和均匀的等离子体，而与处理容器的尺寸或形状无关。因此，即使要处理诸如方形基板和面积基板等元件也可以满意地进行等离子体处理。根据本发明的等离子体处理设备，可以产生大面积均匀等离子体。

根据本发明的第二方面，提供一种等离子体处理设备，包括：

电磁波源；电磁波传输路径的用于电磁波辐射的正方形波导，用于从所述电磁波源传输所述电磁波；用于辐射所述电磁波电磁波辐射部分，该电磁波辐射部分耦合并设置在所述用于电磁波辐射的正方形波导上；以及处理容器，从所述用于电磁波辐射的正方形波导传输的电磁波辐射到该处理容器中；其中，通过从所述电磁波辐射部分辐射到所述处理容器的电磁波在该处理容器中产生等离子体，以便通过所述等离子体进行等离子体处理，其中所述电磁波传输路径的至少一部分和构成所述处理容器的盖子的内表面的至少一部分集成在一起，其中在所述电磁波传输路径的至少一部分设置变为用于电磁波辐射的正方形波导的一部分的凹部。

根据本发明的等离子体处理设备，电磁波传输路径和构成处理容器的壁被集成在一起。就是说，由于用于引入电磁波的电磁波传输路径可以是处理容器的一部分，因此处理容器和等离子体设备本身的构造可以被简化。另外，调整电磁波传输路径的形状或设置，并相应地可以在处理容器中产生稳定的和均匀的等离子体，而与处理容器的尺寸或形状无关。因此，可以满意地对甚至诸如方形基板和面积基板这样的待处理元件进行等离子体处理。因而，可以在考虑处理气体流量等时很容易地设计该设备，并且还有助于处理容器中的除气、清洗等。因此，可以通过稳定的和均匀的等离子体对待处理部件进行等离子体处理。此外，根据本发明的等离子体处理设备，可以产生大面积均匀等离子体。

根据本发明的第三方面，提供一种等离子体处理设备，包括：电磁波源；用于电磁波辐射的正方形波导，具有形成传输来自所述电磁波源的电磁波的电磁波传输路径的管形壁导体；用于辐射所述电磁波的电磁波辐射部分，该电磁波辐射部分耦合并设置在用于电磁波辐射

的正方形波导上；以及处理容器，从所述用于电磁波辐射的正方形波导传输的电磁波辐射到该处理容器中；其中通过从所述电磁波辐射部分辐射到所述处理容器中的电磁波在该处理容器中产生等离子体，以便通过所述等离子体进行等离子体处理，其中至少一部分所述管形壁导体用作构成所述处理容器的壁的内表面的至少一部分并被整体地形成在内壁上。

根据本发明的等离子体处理设备，由于至少一部分形成电磁波传输路径的管形壁导体也用作构成处理容器的壁，因此可以简化处理容器和等离子体本身的构造。另外，调整电磁波传输路径的形状或设置，并相应地可以在处理容器中产生稳定的和均匀的等离子体，而与处理容器的尺寸或形状无关。因此，也可以满意地对甚至诸如方形基板和面积基板这样的待处理元件进行等离子体处理。因而，可以在考虑处理气体流量等时很容易地设计该设备，并且还有助于处理容器中的除气、清洗等。因此，可以通过稳定的和均匀的等离子体对待处理部件进行等离子体处理。此外，根据本发明的等离子体处理设备，可以产生大面积均匀的等离子体。

当完成根据本发明的上述等离子体处理设备时，可以例如在处理容器的壁中设置至少一部分电磁波传输路径。就是说，例如，当沿着根据本发明的等离子体处理设备中的壁设置穿过壁延伸的隧道形空间时，可以在处理容器的壁中设置至少电磁波传输路径的一部分。

另外，从壁等的操作容易程度方面考虑，优选采用具有处理腔室的处理容器，在该处理腔室中对待处理部件进行等离子体处理，并且在处理容器壁当中确定处理腔室的壁的内表面中设置至少一部分电磁波传输路径。在这种情况下，由于可以由处理容器的壁的内表面来确定至少一部分电磁波传输路径，因此与一部分电磁波传输路径设置成穿过处理容器的壁延伸的情况相比，可以更容易地在处理容器的壁中设置一部分电磁波传输路径。

再者，在至少一部分电磁波传输路径设置在处理容器的壁当中确定处理容器的壁的内表面中的情况下，在该壁的内表面中设置确定至少一部分电磁波传输路径的凹部，采用具有多个狭缝的狭缝板作为电

磁波辐射部分,并且可以用这个狭缝板覆盖所述凹部。应该注意的是,此时把多个狭缝设置成面对凹部。因而,电磁波传输路径可以设置在用确定凹部和狭缝板的壁面所包围的空间中。另外,由电磁波传输路径传输的电磁波可以经狭缝在处理腔室中辐射。

再者,在其中限定至少一部分电磁波传输路径的凹部设置在壁的内表面中并且用狭缝板从处理腔室的一侧覆盖该凹部的结构中,电磁波传输路径设置在与处理腔室相同的封闭空间中。因此,可以把电磁波施加到处理腔室中而不用在处理容器中设置由石英等形成的任何电磁波传输窗口。

就是说,通过上述构成,不用在处理腔室中设置由石英等形成的电磁波传输窗口,因此可以省略在电磁波传输窗口中或在电磁波传输窗口和处理容器壁之间的所有密封机制。因此,可以进一步简化了处理容器和等离子体设备本身的构造。

另外,由于可以省略电磁波传输窗口本身,因此不用说,不必考虑电磁波传输窗口的强度(石英窗口的厚度)。因此,可以很容易地设计包括用于具有大面积的待处理部件的大尺寸处理容器的等离子体处理设备。另外,不存在伴随电磁波传输窗口扩大的任何成本升高。此外,由于可以消除电磁波传输窗口对电磁波的影响,因此可以很容易地设计能均匀地在处理容器中辐射电磁波的设备。因此,等离子体处理设备能够通过稳定的和均匀的等离子体对甚至例如大面积基板这样的待处理部件进行等离子体处理。

在其中确定至少一部分电磁波传输路径的凹部设置在壁的内表面上,并且用狭缝板从处理腔室的一侧覆盖该凹部的构造中,可以在处理腔室中设置用于覆盖的介质部件,以便覆盖狭缝板。在这种情况下,通过从电磁波辐射部分辐射的电磁波可以满意地在处理腔室中产生等离子体。

另外,当用于覆盖的介质部件设置在处理腔室中以便覆盖狭缝板



时，可以在处理腔室中产生表面波等离子体。就是说，将预定处理气体引入到处理容器（处理腔室中）中，并且将电磁波施加到处理容器中。然后，激励处理气体，由此产生等离子体，并且施加电磁波的区域表面附近（处理腔室中的狭缝附近）的等离子体中的电子密度增加。当施加了电磁波的区域附近的等离子体中的电子密度增加时，难以允许电磁波在等离子体中传播，并且波在等离子体中延迟。因此，电磁波不会到达远离施加电磁波的区域附近的区域，因此其中通过电磁波激励处理气体的区域被限制到施加电磁波的区域附近。因而，产生了表面波等离子体。

在使用表面波等离子体的等离子体处理中，可以禁止待处理部件受到离子损伤。就是说，在其中产生表面波等离子体的状态下，其中通过电磁波施加能量和化合物的电解质分解发生的区域在施加电磁波的区域附近局部化。因此，待处理部件设置在距离施加电磁波的区域为预定距离的位置上，并相应地待处理部件的处理面附近的电子温度可以保持很低。就是说，由于可以禁止在待处理部件的处理面附近产生的护套（sheath）电场的增加，因此降低了入射到待处理部件内的离子能量，并且禁止待处理部件受到离子损伤。

因此，当用于覆盖的介质部件设置在处理腔室中以便覆盖狭缝板时，可以获得能够禁止待处理部件受损伤的等离子体处理设备。

再者，作为处理容器，有其中可从容器主体除去盖子而用于处理腔室中的清洗或保修的容器。在其中容器主体以这种方式与盖子分开的处理容器中，当在盖子中设置电磁波传输路径而不是当在容器主体中设置电磁波传输路径时，很容易进行用于形成电磁波传输路径的工作或设备的设计。

因此，在完成根据本发明的上述等离子体处理设备的情况下，作为具有处理腔室的处理容器，优选采用如下容器，它包括：具有底壁和周边壁以及在至少一个方向上开口的容器主体；以及封闭容器主体

中的开口的盖子，在处理容器的壁当中确定处理腔室的壁，具有容器主体的底壁和周边壁以及盖子。至少一部分电磁波传输路径优选设置在处理容器的盖子中。

根据本发明的等离子体处理设备，其中介质部件设置在电磁波传输路径中，处理容器的气密性由介质部件保持，并且通过介质部件从处理容器的外部把电磁波引入到处理容器内。

例如，用于电磁波辐射的波导耦合到用于电磁波分布的波导上，其中用于电磁波辐射的波导是设置在处理容器的壁中的电磁波传输路径的一部分，而用于电磁波分布的波导设置在处理容器外部并且是用来把电磁波传输到用于电磁波辐射的波导的电磁波传输路径的一部分。在这种情况下，密封机制必须设置在处理容器和如用于电磁波分布的波导等部件之间，以便保持处理容器的气密性。本发明的等离子体处理设备适合于上述情况，也就是，设置在用于电磁波辐射的处理容器壁中的波导耦合到设置在用于电磁波分布的处理容器外部的波导上，以便将处理容器与用于电磁波分布的波导集成在一起的情况。

这样，可以从处理容器的外部把电磁波引入到设置在处理容器壁中的一部分电磁波传输路径中，而不会使处理容器和等离子体处理设备本身的构造复杂化，同时保持处理容器的气密性。一般情况下，介质部件很容易被损伤，并且是昂贵的。另一方面，通过上述构成，其中把大气压施加于用于保持处理容器的气密性的介质部件上的区域的面积可以大致设置为波导的横截面面积。就是说，通过这种构成，由于可以相对减小施加于用于保持处理容器的气密性的介质部件上的负载，因此可以禁止介质部件的损伤。另外，由于用于保持处理容器的气密性的介质部件设置在电磁波传输路径中，因此可以禁止在处理容器中产生的等离子体侵入电磁波传输路径中。此外，考虑到处理气体等的流量而很容易设计该设备，并且有助于处理容器中的除气、

清洗等。

根据本发明的等离子体处理设备,其中介质部件设置在位于处理容器中的电磁波传输路径的至少一部分区域中。换言之,电磁波传输路径具有在电磁波传输路径中的介质部件,并且电磁波在电磁波传输路径中的介质部件中传播。此外,换言之,电磁波传输路径中的介质部件本身构成了电磁波传输路径的一部分。

这样,可以禁止在处理容器中产生的等离子体侵入到电磁波传输路径中。

根据本发明的等离子体处理设备,其中电磁波辐射部分是具有多个狭缝的狭缝板,该狭缝板设置在处理容器中,并且用于覆盖的介质部件设置成覆盖该狭缝板。

如从上面理解到的,当用于覆盖的介质部件设置在处理容器中以便覆盖狭缝板时,表面波可以传播。因此,通过使用表面波、具有高密度和对待处理部件产生很小离子损伤的表面波等离子体可以进行等离子体处理。此外,即使在待处理部件中,例如大面积基板,可以通过稳定的和均匀的并且难以损伤待处理部件的表面波等离子体进行等离子体处理。此外,由于由用于覆盖的介质部件来封闭狭缝,因此产生的等离子体经狭缝进入电磁波传输路径,并且不会损伤确定电磁波传输路径的壁面。另外,电磁波的发射功率可以高效率低施加到处理容器中。

再者,当设置在处理容器壁中的一部分电磁波传输路径设置在与处理容器相同的封闭空间中(在处理容器的处理腔室中)时,通常用于覆盖的介质部件也设置在与处理容器中相同的封闭空间中。在这种情况下,像基本上大气压和基本上/大致真空压力之间的气压差的大力不施加于覆盖用的介质部件上。因此,即使在等离子体处理设备扩大时,也不必为覆盖用的介质部件赋予强度。因此,没有在覆盖用的介质部件形成为高强度(增加厚度)时所产生的任何成本的增加。由

于覆盖用的介质部件可以设计成相对薄，因此还减少了覆盖用的介质部件对电磁波传播的影响。因此，还很容易设计用于均匀地把电磁波辐射到处理容器内的设备。

应该注意的是，作为覆盖用的介质部件，可使用在处理容器内的其表面形成平坦表面的部件。在这种情况下，可以禁止表面波的传播受到覆盖用介质部件的露出表面的中断，等离子体很容易地不仅围绕释放电磁波的狭缝进行扩散，而且在整个表面上进行扩散。因此，可以很容易地设计能够对例如大面积基板等待处理部件进行等离子体处理的大尺寸等离子体处理设备。提供了一种具有小足迹和均匀等离子体密度的等离子体处理设备。

另一方面，作为覆盖用的介质部件，可以使用在处理容器内的其表面具有不规则性的部件。在这种情况下，可以禁止特定模式的表面波的传播。因此，可以提高由于该模式引起的等离子体的面内分布。而且在这种情况下，可以很容易地设计能够对如大面积基板等待处理部件进行等离子体处理的大尺寸等离子体处理设备。再者，可以提供一种具有小足迹和均匀等离子体密度的等离子体处理设备。

再者，作为冷却机制，在处理容器壁中彼此相邻设置的狭缝之间的区域中设置冷却管，并且制冷剂（流体）可以在该冷却管中循环。这样，通过制冷剂可以高效地冷却电磁波传输路径，而不妨碍等离子体的产生。

根据本发明的等离子体处理设备，其中介质部件设置在狭缝中。

当介质部件设置在设置于处理容器壁中的电磁波传输路径中（在电磁波传输路径具有用于电磁波辐射的波导的情况下，在用于电磁波辐射的波导中）时，用电磁填充电磁波传输路径，并且例如用空气填充狭缝。就是说，由于电磁波传输路径中的介电常数变得与狭缝中的不同，因此由电磁波传输路径传播的一部分电磁波被具有狭缝的界面反射。一部分电磁波甚至在狭缝和用于覆盖的介质部件之间的界面处

被反射。

另一方面，当介质部件设置在狭缝中时，可以减少电磁波传输路径中的介电常数和狭缝中的介电常数之间的差异，并且可以禁止电磁波传输路径和狭缝之间的界面处的电磁波的反射。由于也可以减小狭缝中的介电常数和用于覆盖的介质部件中的介电常数之间的差别，因此可以禁止狭缝和用于覆盖的介质部件之间的界面处的电磁波反射。

即，由于用介质填充狭缝和电磁波传输路径（波导），因此不产生在这个部分中的不必要的微波反射波，并且可以均匀地输送电磁波（微波）。

根据本发明的等离子体处理设备，其中电磁波传输路径包括用于微波辐射的多个正方形波导，并且多个狭缝与用于电磁波辐射的正方形波导的 E 面（电场面）或 H 面（磁场面）相对应。

这样，可以简化结构，并且可以实现能够满意地对诸如正方形基板或大面积基板这样的待处理部件进行等离子体处理的等离子体处理设备。

当多个狭缝设置在 H 面中时，狭缝设置在具有正方形波导截面的长边作为一边的面内，因此有助于狭缝的工作和狭缝位置的调节。由于获得了大狭缝宽度，因此可以辐射更多的电磁波。

当多个狭缝设置在 E 面中时，狭缝设置在具有正方形波导截面的短边作为一边的面内。因此，在正方形波导以一定间隔彼此平行设置在某个区域内的情况下，与多个狭缝设置在 H 面内的情况相比，可以设置更多的正方形波导。相应地，可以提高电磁波的均匀性。

根据本发明的等离子体处理设备，其中用于电磁波辐射的多个正方形波导中的每一个的内截面尺寸设置为能够在正方形波导中以基本模式传输电磁波的频率的尺寸，并且用于电磁波辐射的这些正方形波导彼此平行设置，并且间隔设置为 50cm 或更小。

当电磁波的频率在正方形波导中以基本模式传输时，例如，假设

用于电磁波辐射的正方形波导的管内介电常数为  $\epsilon$ ，用于电磁波辐射的正方形波导的内截面尺寸的长直径为  $a$ ，并且电磁波的波长为  $\lambda$ ，则通过设计该设备使其满足下列关系而可以实现该设备：

$$(\lambda / \epsilon^{0.5}) < 2a \quad \dots (1)$$

用于电磁波辐射的正方形波导的间隔  $d$ （间距）优选考虑等离子体的扩散程度来设置。图 11 显示到粒子产生点的距离与粒子密度之间的关系。如图 11 所示，可以看到处理气体的压力越低，粒子扩散得越远。

当处理气体的压力为 1Pa 或更小时，等离子体容易扩散，因此用于电磁波辐射的正方形波导的间隔  $d$  可以超过 50cm。另外，在所述离子体处理设备中，一般情况下，处理气体的压力通常设置为大约 1Pa 或以上。本发明人已经发现在处理气体的压力为 1Pa 或更高的情况下，上限设置为 50cm，并且用于电磁波辐射的正方形波导的间隔  $d$  根据处理气体的假设压力来设置，然后甚至在等离子体不容易扩散的条件下也可以产生均匀的等离子体。

如上所述，当电磁波的频率设置为在正方形波导中可以以基本模式传输时，可以减少用于产生等离子体的电磁波在用于电磁波辐射的正方形波导中的传播损失量。另外，当用于电磁波辐射的正方形波导的间隔  $d$  设置为 50cm 或以下时，甚至在等离子体不容易扩散的条件下，例如，在处理容器内的处理气体的压力很高的情况下，等离子体也可以满意地和均匀地扩散。

根据本发明的等离子体处理设备，其中假设用于电磁波辐射的正方形波导的管内介电常数为  $\epsilon$ ，用于电磁波辐射的正方形波导的内截面尺寸的长直径为  $a$ ，则相对于电磁波的波长  $\lambda$  具有以下关系：

$$(\lambda / \epsilon^{0.5}) < 2a \quad \dots (1)$$

假设电磁波的角频为  $\omega$ ，用于覆盖的介质部件的介电常数为  $\epsilon_a$ ，光速为  $c$ ，电子的电荷量为  $e$ ，真空的介电常数为  $\epsilon_0$ ，电子密度为  $n_e$ ，

和电子的质量为  $m_e$ ，则由它们和等离子体角频  $\omega_p$  确定的下列波数  $k$  具有与用于电磁波辐射的正方形波导垂直相交的方向的内部尺寸  $L$  的下列关系：

$$\omega_p = (e^2 \times n_e / (\epsilon_0 \times m_e))^{0.5} \quad \dots (2);$$

$$k = \omega / c ((\epsilon_d (\omega_p^2 - \omega^2)) / (\omega_p^2 - (1 + \epsilon_d) \omega^2))^{0.5} \quad \dots (3);$$

和

$$k = m \pi / L \quad (m \text{ 是满足 } 1 \leq m \leq 2L/(\lambda/\epsilon^{0.5}) \text{ 的整数}) \quad \dots (4), \text{ 并且}$$

用于电磁波辐射的正方形波导以由下列获得的驻波的波长  $\lambda_{swp}$  的间隔设置在驻波的振幅基本上最大的位置上：

$$\lambda_{swp} = \pi / k \quad \dots (5)。$$

图 12 示意性地示出处理容器中的  $m=1$  的驻波，图 13 示意性地示出处理容器中的  $m=2L/(\lambda/\epsilon^{0.5})$  的驻波。如图 12 和 13 所示，当等式 (4) 中的  $m$  的范围设置为  $1 \leq m \leq 2L/(\lambda/\epsilon^{0.5})$  的整数时，可以获得波长为  $\lambda_{swp}$  的驻波。

当用于电磁波辐射的正方形波导以表面波的低阶驻波的波长  $\lambda_{swp}$  的间隔设置并设置在驻波的振幅最大的位置附近时，可以高效率地向表面波输送电磁波的能量。

应该注意的是，用于电磁波辐射的相邻正方形波导的内表面之间的距离可以设置为比用于电磁波辐射的一个正方形波导的内表面之间的宽度小。这样，可以很容易地设计用于等离子体处理例如大面积基板等待处理部件的大尺寸等离子体处理设备。可以提供一种具有小足迹和均匀等离子体密度的等离子体处理设备。

根据本发明的等离子体处理设备，其中介质部件设置在位于处理容器中的电磁波传输路径的至少一部分区域中，介质部件设置在狭缝中，并且电磁波传输路径中的介质部件具有在电磁波的频带中的介电常数，该介电常数基本上等于狭缝中的介质部件的介电常数。

如上所述，当介质部件设置在狭缝中时，可以减小其中包括介质

部件的电磁波传输路径和狭缝之间的介电常数差异。因此，可以抑制已经在其中具有介质部件的电磁波传输路径中传播的电磁波被具有狭缝的界面反射，并因此电磁波可以高效率地在处理容器中辐射。

另外，由于电磁波传输路径中的介质部件和狭缝中的介质部件构成在电磁波的频带中具有基本上相等的介电常数，因此可以基本上消除电磁波传输路径和狭缝之间的界面处的电磁波的反射。相应地，电磁波可以高效率地输送给处理容器。

根据本发明的等离子体处理设备，其中用于电磁波传输路径的介质部件由石英、氧化铝和氟碳化合物树脂中的至少一种所形成。

这样，可以抑制由介质损失造成的电磁波的损失。当氟碳化合物树脂用做电磁波传输路径中的介质部件时，抑制了由介质损失造成的电磁波的损失，并且与使用如石英的无机介质部件的情况相比，可以减轻波导重量。另外，与使用如石英的无机介质部件相比，不容易发生由冲击等造成的破坏。

根据本发明的等离子体处理设备，其还包括电磁波源，其中电磁波传输路径包括用于电磁波分配的波导，该用于电磁波分配的波导将由电磁波源产生的电磁波分配给用于电磁波辐射的多个正方形波导，介质部件设置在电磁波传输路径中，处理容器的气密性由介质部件保持，并且通过介质部件从处理容器的外部把电磁波引入到处理容器内。

这样，可以在不使处理容器和等离子体处理设备本身的构造复杂的情况下从处理容器的外部把电磁波引入到处理容器中，同时保持处理容器的气密性。一般情况下，介质部件容易破裂，并且是昂贵的。然而，通过上述构成，其中大气压施加于用于以气密方式保持处理容器的介质部件的区域的面积可以设置为大致等于用于电磁波辐射的多个波导的截面面积。另外，由于用于以气密方式保持处理容器的介质部件设置在电磁波传输路径中，因此可以抑制在处理容器中产生的



等离子体侵入到电磁波传输路径中。此外,考虑到处理气体的流量等,很容易设计该设备,并且也有助于处理容器内的除气、清洗等。

再者,在其中电磁波从用于电磁波分配的一个波导分配给用于电磁波辐射的多个波导的构成中,用于保持处理容器的气密性的密封位置可以是大致对应于用于电磁波分配的波导截面的一个位置。通过这种构成,可以简化等离子体处理设备的构造。应该注意的是,可以由以气密方式保持处理容器的介质部件来保持处理容器的气密性。

应该注意的是,“用于电磁波辐射的多个正方形波导和构成处理容器的壁被集成在一起”不仅包括其中用于电磁波辐射的多个正方形波导和构成处理容器的壁整体地形成的构造,而且还包括其中用于电磁波辐射的波导耦合到构成处理容器的壁上的整体结构。以气密方式保持处理容器的介质部件可以是关于电磁波传输路径中的介质部件的整体模制的部件。即,电磁波传输路径中的一部分介质部件还可以用做以气密方式保持处理容器的介质部件。

根据本发明的等离子体处理设备,其中用于电磁波辐射的多个正方形波导设置成从用于电磁波分配的波导的E面或H面分支。

根据本发明的等离子体处理设备,其中以这样一种方式把用于电磁波分配的波导弯曲成90度,以至于电磁波的传播方向改变90度,并且把其传播方向已经改变了90度的电磁波分配给电磁波辐射用的多个正方形波导。

通过这种结构,可以很容易地设计能够等离子体处理如大面积基板等待处理部件的大尺寸等离子体处理设备。可以提供一种具有小足迹和均匀等离子体密度的等离子体处理设备。

根据本发明的等离子体处理设备,其中用于电磁波辐射的多个正方形波导从用于电磁波分配的波导的E面分支,并且用意电磁波辐射的多个波导和用于电磁波分配的波导基本上设置在同一面内。

由于多个波导和用于电磁波分配的波导基本上设置在同一面内,

因此可以在不扩大等离子体处理设备或不设计用于保持处理容器的气密性的密封位置的大截面的情况下,很容易地设计能够等离子体处理如大面积基板等待处理部件的大尺寸等离子体处理设备。可以提供一种具有小足迹和均匀的等离子体密度的等离子体处理设备。

在本发明所述的等离子体处理设备中,用于电磁波传输路径的介质部件设置在位于处理容器内的电磁波传输路径的至少一部分区域中,介质部件设置在狭缝中,并且电磁波传输路径中的介质部件、狭缝中的介质部件以及用于覆盖的介质部件整体地组装在一起。

这样,在狭缝中的介质部件损坏,或者狭缝中的介质部件必须通过重新设计狭缝等来替换的情况下,可以很容易地改变狭缝中的介质部件。因此,可以提供一种容易维护的等离子体处理设备。

根据本发明的等离子体处理设备,其中用于覆盖的介质部件被由介质材料形成的固定部件所固定。

通过这种结构,可以抑制固定用于覆盖的介质部件的位置上的电磁波的干扰。因此,可以很容易地设计能够等离子体处理如大面积基板的待处理部件的大尺寸等离子体处理设备。可以提供一种具有小足迹和均匀的等离子体密度的等离子体处理设备。

根据本发明的等离子体处理设备,其中用于覆盖的介质部件形成覆盖狭缝板的板形,并且介质部件的厚度设置成小于用于覆盖的介质部件中的电磁波的波长的  $1/4$ 。

通过这种结构,可以抑制允许电磁波在用于覆盖的介质部件的厚度方向上传播。即,可以选择地只允许表面波在用于覆盖的介质部件中传播。因此,可以很容易地设计能够等离子体处理如大面积基板的待处理部件的大尺寸等离子体处理设备。可以提供一种具有小足迹和均匀的等离子体密度的等离子体处理设备。

根据本发明的等离子体处理设备,其中电磁波传输路径和按照气密方式保持处理容器的介质部件或电磁波传输路径中的介质部件之

间的间隔设置为 1mm 或更小。

一般情况下，电磁波传输路径由介质材料形成。因此，当上述路径和用于按照气密方式保持处理容器的介质部件或电磁波传输路径中的介质部件之间的间隔超过 1mm 时，有可能在电磁波传输路径的内表面和用于按照气密方式保持处理容器的介质部件或电磁波传输路径中的介质部件之间发生不正常放电。

因此，电磁波传输路径和用于按照气密方式保持处理容器的介质部件或电磁波传输路径中的介质部件之间的间隔优选设置为 1mm 或以下。通过这种构成，可以抑制在电磁波传输路径和用于按照气密方式保持处理容器的介质部件或电磁波传输路径中的介质部件之间的间隙中产生的不正常放电。因此，可以在处理容器中产生稳定的等离子体。

根据本发明的等离子体处理设备，其还包括电磁波源，该电磁波源向电磁波传输路径输送具有 10MHz 到 25GHz 的频率的电磁波。

可以设置至少一个或多个电磁波源。通过使用多个电磁波源，可以在不增加每个电磁波源的最大输出的情况下获得所希望的输出。另外，在使用多个电磁波源的情况下，当彼此相邻设置的电磁波源具有相等频率时，产生的等离子体容易彼此干扰。因此，在使用多个电磁波源的情况下，相邻的电磁波源优选设置成具有不同的频率。

再者，作为电磁波源，优选使用如下电磁波源：它输送具有 13.56MHz、27.12MHz、40.68MHz、915MHz、2.45GHz、5.8GHz 和 24.125GHz 的工业频带（ISM 频带）的频率的电磁波。这样，由于可以减少对用于通信的频带的影响，因此可以很容易地进行漏电磁波等的屏蔽。

根据本发明的等离子体处理设备，其中电磁波源向电磁波传输路径输送具有  $2.45\text{GHz} \pm 50\text{MHz}$  的频率的电磁波。

微波源的频率是目前标准的 2.45GHz。因此，电磁波源不贵，并

且具有各种类型。由于频率范围设置为  $2.45\text{GHz} \pm 50\text{MHz}$ ，因此取得了工业频带，可以减少对用于通信的频带的影响，并且有助于设备的漏电磁波的屏蔽等。这样，可以作为电磁波向处理容器输送微波。

根据本发明的等离子体处理设备，其中在表面波等离子体条件下进行等离子体氧化、等离子体膜形成、或等离子体蚀刻。

根据本发明的等离子体处理设备，在抑制待处理部件上的离子损伤的同时，可以对待处理部件进行氧化工艺、膜形成或蚀刻工艺。

根据本发明的等离子体处理设备优选可用在执行等离子体处理方法中，其中待处理部件设置在处理容器内部，在处理容器内部产生等离子体，并且相应地通过等离子体对待处理部件进行等离子体处理。电磁波在设置在处理容器的壁中的电磁波传输路径中传输，通过电磁地耦合到电磁波传输路径的电磁波辐射部分向处理容器内部辐射电磁波，并相应地在处理容器中产生等离子体。

在本发明的等离子体处理方法中，通过等离子体 CVD 工艺进行的等离子体氧化和膜形成可以使用前述的本发明的等离子体处理设备连续地进行，而不会破坏真空。

根据这种等离子体处理方法，在对待处理部件进行氧化工艺之后，可以在不暴露于大气的情况下进行膜形成工艺。因此，待处理部件和膜之间的界面可以形成为具有很少污染的满意界面，并且可以在待处理部件上形成具有满意质量的膜。这两种工艺可以通过同一设备进行，可以使足迹形成得很小，并且可以很便宜地制造该设备。

根据本发明的第四方面，提供一种等离子体处理设备，包括处理容器；振荡电磁波的振荡器；第一电磁波传输路径；第二电磁波传输路径，其内部尺寸小于所述第一电磁波传输路径的内部尺寸，并且其中设置介质部件；以及设置在所述第二电磁波传输路径中的电磁波辐射部分，其把电磁波辐射到所述处理容器中，其中变为用于电磁波辐射的正方形波导的一部分的凹部设置在构成所述处理容器的盖子的

内表面的至少一部分上,并且所述盖子的内表面的至少一部分包括传输所述电磁波的第二电磁波传输路径的至少一部分,以便经所述第一电磁波传输路径把由所述振荡器产生的电磁波引入到所述第二电磁波传输路径中,并且通过所述电磁波辐射部分将电磁波辐射到所述处理容器中,在所述处理容器中产生等离子体,并且通过所述等离子体进行等离子体处理,其中所述第一电磁波传输路径经中空的第三电磁波传输路径耦合到所述第二电磁波传输路径上,以至于内部尺寸朝电磁波的传输侧的方向减小,并且楔形介质部件设置成向所述第三电磁波传输路径中的传输侧扩展/打开。

在本发明和下列发明中,“电磁波传输路径”指的是以高效率传输电磁波的线路。电磁波传输路径的例子包括同轴管、波导、腔式谐振器等。

由于与波导相比,同轴管具有大损失(传播损失),但是没有截止频率,因此可传输的频率范围宽,并且甚至在波长很大的情况下也能使传输路径最小化。

由于引起同轴管中的损失的中心导体不设置在波导中,因此损失很小,并且波导适合于大功率的传输。然而,存在截止频率,并且可传输的频率范围小。形状基本上是由要传输的电磁波的频率来确定的。

以这样一种方式设计腔式谐振器以至于驻波相对于特殊频率固定,并具有强化具有该波长的电磁波的功能。

“电磁波辐射部分”指的是通过电磁波传输路径向电磁波传输路径外部释放传输的电磁波的部分。电磁波辐射部分的例子包括狭缝、导体棒、电磁波角状物等。

第三电磁波传输路径例如可以形成为具有锥体的基本上为圆锥形状,其中锥体的内部尺寸朝电磁波的传输侧(电磁波的波引导方向)的方向减小,但是本发明不限于这种形状。从第三电磁波传输路径的

可工作性考虑，该路径优选与第一和第二电磁波传输路径分开形成，但是可以与第一或第二电磁波传输路径整体地形成。

为了在其中几乎没有传播损失（很少的反射）的状态下将电磁波施加到楔形介质部件中，楔形介质部件优选形成为向电磁波的传输侧扩展/打开的楔形，例如是其侧表面形状基本上为二等边三角形的楔形形状。

在本发明的等离子体处理设备中，由于介质部件设置在第二电磁波传输路径中，可以抑制等离子体侵入到第一和第二电磁波传输路径中。

另外，在本发明的等离子体处理设备中，第一电磁波传输路径经也用作连接机制的中空第三电磁波传输路径耦合到第二电磁波传输路径上，其中以这样一种方式形成该连接机制以至于朝电磁波传输侧的方向减小内部尺寸。因此，可以抑制由第一和第二电磁波传输路径之间的电磁波传输路径的内部形状的面积变化引起电磁波的反射。

再者，一般，在空气中传输的电磁波进入介质部件的情况下，由介质部件的端面与电磁波传输方向形成的角度  $\theta$  ( $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ ， $\theta$  将在下面指的是入射角) 越大，电磁波越容易被该端面反射。

在 Jpn.Pat.Appln.No.2002-366842 中所述的等离子体处理设备中，以这样一种方式设置波导中的介质部件以至于端面与传输方向垂直相交。即，由于在空气中传输的电磁波进入波导中的介质部件时的入射角  $\theta$  设置为大约 90 度，因此电磁波相对容易地被介质部件的端面即空气和介质部件之间的界面反射。

另一方面，在本发明的等离子体处理设备中，形成得向电磁波传输侧扩展/打开的楔形介质部件设置在第三电磁波传输路径中，该第三电磁波传输路径将第一电磁波传输路径连接到第二电磁波传输路径。这样，在空气中传输的电磁波进入楔形介质部件时的入射角  $\theta$  可以设置为小于 90 度，因此可以有效地把电磁波施加到楔形介质部件

中。

另外，楔形介质部件的介电常数高于空气的介电常数，因此电磁波在楔形介质部件和第二电磁波传输路径中的介质部件之间的界面处反射的比例比电磁波在空气与第二电磁波传输路径中的介质部件之间的界面处反射的比例小很多。因此，可以经设置在第三电磁波传输路径中的楔形介质部件把由第一电磁波传输路径传输的电磁波高效率地施加到第二电磁波传输路径中。

因此，根据本发明的等离子体处理设备，可以允许电磁波高效率地进行传播。

根据本发明的等离子体处理设备，其中以这样一种方式设置楔形介质部件以至于该部件的顶侧位于传输侧上的第一电磁波传输路径的端部或端部附近的区域中。

通过这种构成，可以进一步减小电磁波在空气和楔形介质部件之间的界面处反射的反射量。

应该注意的是，楔形介质部件的顶侧和传输侧上的第一电磁波传输路径的端部优选设置在同一平面上。另外，难以完全匹配楔形介质部件的顶侧与传输侧上的第一电磁波传输路径的端部，因为在制造设备本身或楔形介质部件时存在误差。即使楔形介质部件的顶侧稍微离开传输侧上的第一电磁波传输路径的端部，也可以获得与完全符合基本上等效的效果。因此，“以这样一种方式设置楔形介质部件以至于该部件的顶侧位于传输侧上的第一电磁波传输路径的端部或端部附近的区域中”意味着允许在制造时的误差等或稍微偏移。

根据本发明的等离子体处理设备，其中处理容器的气密性由楔形介质部件或第二电磁波传输路径中的介质部件来保持。

例如，为了将设置在第一电磁波传输路径的处理容器外部的矩形波导连接到设置在位于第二电磁波传输路径中的处理容器壁中的矩形波导上，必须设置密封部件，以便保持处理容器的气密性。在本发

明的等离子体处理设备中,设置在第一电磁波传输路径的处理容器外部的矩形波导耦合到设置在第二电磁波传输路径的处理容器的壁中的矩形波导上。相应地,该设备适合于上述情况,即,处理容器与第一电磁波传输路径集成在一起的情况。

通过这种构成,可以从设置在处理容器外部的第一电磁波传输路径满意地把电磁波引入到设置在处理容器中的第二电磁波传输路径中,而不使处理容器和等离子体处理设备本身复杂,并同时保持处理容器的气密性。

再者,一般,介质部件容易破裂,并且是昂贵的。另一方面,通过上述构成,其中大气压施加于楔形介质部件或第二电磁波传输路径中的介质部件的区域的面积可以设置为大致第二电磁波传输路径的矩形波导的内部尺寸。就是说,通过这种构成,由于可以相对减小施加于还用作用于保持处理容器气密性的介质部件的楔形介质部件或第二电磁波传输路径中的介质部件的负载,因此可以抑制介质部件的损坏。

另外,由于用于保持处理容器气密性的介质部件(楔形介质部件或电磁波传输路径中的介质部件)设置在第三或第二电磁波传输路径中,因此可以抑制在处理容器中产生的等离子体侵入到第一电磁波传输路径中。此外,考虑到处理气体等的流量可以很容易地设计该设备,并且有助于处理容器内的除气、清洗等。

根据本发明的等离子体处理设备,其中传输侧上的第一电磁波传输路径的端部和传输侧相对侧上的第二电磁波传输路径的端部之间的距离设置为比在真空中在振荡器产生的电磁波的波长更长。

因而,可以进一步抑制由电磁波传输路径的内部形状的面积变化引起的电磁波的反射以及空气与楔形介质部件之间的界面中的反射。

根据本发明的等离子体处理设备,其中第一和第二电磁波传输路径具有矩形波导。



因而,可以抑制第一和第二电磁波传输路径中的电磁波的传输损失。再者,可以传输大功率。

根据本发明的等离子体处理设备,其中设置在第一电磁波传输路径中的矩形波导的每个内部尺寸以及设置在第二电磁波传输路径中的矩形波导的每个内部尺寸设置为能够在矩形波导中以基本模式传输在振荡器中产生的电磁波的频率的尺寸。

在电磁波的频率可以按照基本模式在矩形波导中传输的情况下,例如,假设矩形波导的管内介电常数为 $\epsilon$ ,矩形波导的内部尺寸的长直径为 $a$ ,并且电磁波的波长为 $\lambda$ ,则当设计该设备以满足下列条件时可以实现该传输:

$$(\lambda / \epsilon^{0.5}) < 2a \quad \dots (1)$$

这样,以这样一种方式设定设置在第一电磁波传输路径中的矩形波导的每个内部尺寸和设置在第二电磁波传输路径中的矩形波导的每个内部尺寸,以至于在振荡器中产生的电磁波的频率可以在矩形波导中以基本模式传输,相应地,可以减少每个矩形波导中的电磁波的传输损失量。

根据本发明的等离子体处理设备,其中楔形介质部件的顶侧的长度设置成基本上等于设置在第二电磁波传输路径中的矩形波导的内部形状的长边的长度。再者,楔形介质部件具有基本上与设置在第二电磁波传输路径中的矩形波导的内径的长边方向平行地延伸的顶侧,并且基本上设置在将短边的中点连接到另一短边的另一中点的线上。

通过这种构成,可以经设置在第三电磁波传输路径中的楔形介质部件把由第一电磁波传输路径传输的电磁波以较好效率施加到第二电磁波传输路径中。

根据本发明的等离子体处理设备,其中沿着电磁波的传输方向的楔形介质部件的长度设置成比由在真空中的振荡器产生的电磁波的波长更长。

通过这种构成,可以进一步抑制由电磁波传输路径的内部形状的面积变化引起的电磁波的反射以及空气与楔形介质部件之间的界面处的反射。

根据本发明的等离子体处理设备,其中处理容器的壁具有至少一部分第二电磁波传输路径。

根据本发明的等离子体处理设备,由于处理容器的壁具有至少一部分第二电磁波传输路径,因此可以简化处理容器和等离子体处理设备本身的构成。另外,当调整第二电磁波传输路径的形状或设置时,可以在处理容器中产生稳定的和均匀的等离子体,而与处理容器的尺寸或形状无关。因此,甚至可以满意地对例如正方形基板或大面积基板的待处理部件进行等离子体处理。

为了完成本发明的等离子体处理设备,可以例如在处理容器的壁中设置至少一部分第二电磁波传输路径。即,在本发明的等离子体处理设备中,例如,沿着所述壁设置穿过该壁延伸的隧道形空间,并相应地可以在处理容器的壁中设置至少一部分第二电磁波传输路径。

另外,考虑到壁容易加工,采用具有处理腔室的处理容器,其中在该处理腔室中对待处理部件进行等离子体处理,并且至少一部分第二电磁波传输路径优选设置在处理容器的壁当中确定处理腔室的壁的内表面中。在这种情况下,由于可以由处理容器的壁的内表面来确定至少一部分第二电磁波传输路径,因此与在一部分第二电磁波传输路径设置成穿过处理容器的壁延伸的情况相比,可以更容易地在处理容器的壁中设置一部分第二电磁波传输路径。

再者,在至少一部分第二电磁波传输路径设置在处理容器的壁当中确定处理腔室的壁的内表面中的情况下,在该壁的内表面中设置确定至少一部分第二电磁波传输路径的凹部,采用具有多个狭缝的狭缝板作为电磁波辐射部分,并且可以用这个狭缝板从处理腔室一侧覆盖上述凹部。应该注意的是,此时多个狭缝面对凹部设置。相应地,第

二电磁波传输路径可以设置在用确定凹部的壁面和狭缝板包围的空间中。另外，由第二电磁波传输路径传输的电磁波可以经狭缝在处理腔室中辐射。

再者，在其中确定至少一部分第二电磁波传输路径的凹部设置在壁的内表面中，并且用狭缝板从处理腔室的一侧覆盖上述凹部的构成中，第二电磁波传输路径设置在与处理腔室相同的封闭空间中。因此，可以把电磁波施加到处理腔室内，而不用在处理容器中设置由石英等形成的任何电磁波传输窗口。

即，通过上述构成，由石英等形成的电磁波传输窗口不必设置在处理腔室中，因此可以省略电磁波传输窗口中或电磁波传输窗口与处理容器壁之间的所有密封机制。因此，可以进一步简化处理容器和等离子体设备本身的构造。

另外，由于可以省略电磁波传输窗口本身，不用说，不必考虑电磁波传输窗口的强度（石英窗口的厚度）。因此，可以很容易地设计包括用于具有大面积的待处理部件的大尺寸处理容器的等离子体处理设备。另外，不存在伴随电磁波传输窗口扩大的任何成本升高。此外，由于可以消除电磁波传输窗口对电磁波传播的影响，因此可以很容易地设计能够均匀地在处理容器中辐射电磁波的设备。因此，获得了能够通过稳定和均匀的等离子体对甚至例如大面积基板这样的待处理部件进行等离子体处理的等离子体处理设备。

在其中确定至少一部分第二电磁波传输路径的凹部设置在壁的内表面中，并且用狭缝板从处理腔室一侧覆盖上述凹部的构造中，用于覆盖的介质部件可以设置在处理腔室中，以便覆盖狭缝板。在这种情况下，通过从电磁波辐射部分辐射的电磁波可以在处理腔室中满意地产生等离子体。

另外，当用于覆盖的介质部件设置在处理腔室中以便覆盖狭缝板时，可以在处理腔室中产生表面波等离子体。即，将预定处理气体引

入到处理容器（处理腔室）中，并且将电磁波施加到处理容器中。然后，激励处理气体，由此产生等离子体，并且在施加电磁波的区域面附近（处理腔室中的狭缝附近）的等离子体中的电子密度增加。当施加电磁波的区域附近的等离子体中的电子密度增加时，难以允许电磁波在等离子体中传播，并且电磁波在等离子体中延迟。因此，电磁波不会到达远离施加电磁波的区域附近的区域，因此其中通过电磁波激励处理气体的区域被限制于施加电磁波的区域附近。相应地，产生了表面波等离子体。

在使用表面波等离子体的等离子体处理中，可以抑制待处理部件受到离子损伤。即，在其中产生表面波等离子体的状态下，其中通过电磁波施加能量和化合物的电解质分解发生的区域在处理容器中施加电磁波的区域附近局部化。因此，待处理部件设置在处理容器中到施加电磁波的区域为预定距离的位置上，并相应地可以保持待处理部件的处理面附近的电子温度为低。即，由于可以抑制在待处理部件的处理面附近产生的外套电场的增加，所以降低了入射到待处理部件中的离子能量，并且抑制了待处理部件受到离子损伤。

因此，当用于覆盖的介质部件设置在处理腔室中以便覆盖狭缝板时，可以获得能够抑制待处理部件受到离子损伤的等离子体处理设备。

再者，作为处理容器，有这样一种容器：其中盖子是可以从容器主体除去的，用于处理腔室内的清洗或维护。在其中盖子以这种方式可以与容器主体分离的处理容器中，当在盖子中设置至少一部分第二电磁波传输路径时而不是当在容器主体中设置至少一部分第二电磁波传输路径时，可以容易地进行用于形成电磁波传输路径的加工或该设备的设计。

因此，在完成本发明的等离子体处理设备的情况下，作为具有处理腔室的处理容器，优选采用如下容器，它包括：具有底壁和周边壁

并在至少一个方向上开口的容器主体；以及在封闭容器主体中封闭开口的盖子。采用在具有容器主体的底壁和周边壁以及盖子的处理容器的壁当中确定处理腔室的壁。至少一部分第二电磁波传输路径优选设置在处理容器的盖子中。

本发明的等离子体处理设备和等离子体处理方法不限于上述实施例，并且可以在不脱离范围的情况下进行各种修改。

在下面的说明中列举了本发明的附加目的和优点，并且部分地从说明中显而易见，或可以通过实施本发明而学到。本发明的目的和优点可以通过下面特别指出的手段和组合来实现和得到。

## 附图说明

结合并构成本说明书一部分的附图示出了本发明的实施例，并与上面给出的一般说明和下面给出的实施例的详细说明一起用于解释本发明的原理。

图 1 是示出根据本发明第一实施例的等离子体处理设备的顶部平面图；

图 2 是沿着图 1 中的线 II-II 截取的剖面图；

图 3 是沿着图 1 中的线 III-III 截取的剖面图；

图 4 是图 1 的等离子体处理设备的一部分真空容器的部分切割的透视图；

图 5 是示出本发明第二实施例的等离子体处理设备的顶部平面图；

图 6 是沿着图 5 中的线 VI-VI 截取的剖面图；

图 7 是沿着图 5 中的线 VII-VII 截取的剖面图；

图 8A 和 8B 是示出设置在图 5 的等离子体处理设备中的盖子的形成步骤的制造步骤图；

图 9 是沿着用于电磁波辐射的正方形波导的方向的根据本发明

第三实施例的等离子体处理设备的剖面图；

图 10 是沿着与用于电磁波辐射的正方形波导相交的方向的图 9 的等离子体处理设备的剖面图；

图 11 是示出到粒子产生点的距离和和粒子密度之间的关系的关系的曲线图；

图 12 是示意性示出真空容器中的  $m=1$  的驻波的图；

图 13 是示意性示出真空容器中的  $m=2L/(\lambda / \epsilon^{0.5})$  的驻波的图；

图 14 是示出根据本发明第四实施例的等离子体处理设备的顶部平面图；

图 15 是沿着与用于电磁波辐射的矩形波导相交的方向的图 14 的等离子体处理设备的剖面图；

图 16 是沿着用于电磁波辐射的矩形波导的方向的图 14 的等离子体处理设备的剖面图；

图 17 是图 14 的等离子体处理设备的第三电磁波传输路径附近的放大剖面图；

图 18 是示出图 14 的等离子体处理设备的第三电磁波传输路径附近设置的介质部件的透视图；

图 19 是示出图 14 的等离子体处理设备的第三电磁波传输路径附近设置的介质部件的透视图；以及

图 20 是示出从循环器到矩形波导的模式转换器的实例的透视图。

## 发明的详细说明

下面将参照图 1 至 4 说明本发明的第一实施例。

在图 1 至 4 所示的等离子体处理设备 1 中，在真空容器 4 中通过由高频电源 2 振荡、被电磁波传输路径 3 传输并辐射到真空容器 4 中的电磁波产生等离子体，其中高频电源 2 是电磁波源，真空容器 4 是处理容器。通过等离子体对待处理部件 5 进行等离子体处理。

如图 2 和 3 所示, 真空容器 4 具有容器主体 11 和盖子 12。容器主体 11 具有底壁 11a 和周边壁 11b 并向上开口。盖子 12 从上方覆盖容器主体 11, 以便封闭容器主体 11 的开口。即, 真空容器 4 具有作为壁的容器主体 11 的底壁 11a 和周边壁 11b 以及盖子 12。在容器主体 11 和盖子 12 之间由 O 形环 13 保持气密性。

这个真空容器 4 具有用于其中对待处理部件 5 进行等离子体处理的处理腔室 4a。处理腔室 4a 由设置在真空容器 4 中的壁确定。换言之, 处理腔室 4a 由容器主体 11 的底壁 11a 和周边壁 11b 的内表面以及盖子 12 的内表面来确定。

真空容器 4 形成这样的强度以至于处理腔室 4a 的内部可以被减压并处于真空状态或接近该状态。作为形成真空容器 4 的材料, 可以使用诸如铝的金属材料。在处理腔室 4a 中, 如后面所述的, 设置作为电磁波辐射部分的金属狭缝板 14, 并且设置用于覆盖的介质部件 16, 以便覆盖狭缝板 14。支撑待处理部件 5 的支撑底座 17 设置在真空容器 4 的处理腔室 4a 中。

真空容器 4 具有用于将处理气体引入到处理腔室 4a 中的进气口 18 以及用于从处理腔室 4a 排放气体的排气口 19。处理腔室 4a 经排气口 19 耦合到真空排气系统 (未示出)。作为真空排气系统, 例如, 可使用涡轮分子泵。因此, 当真空排气系统工作时, 处理腔室 4a 可以被排气, 直到腔室内部达到预定真空度为止。

电磁波传输路径 3 传输电磁波, 并且例如具有用于电磁波分配的一个正方形波导 21 和用于电磁波辐射的三个正方形波导 22。在真空容器 4 的壁当中确定处理腔室 4a 的壁, 例如盖子 12 具有用于电磁波辐射的每个正方形波导 22 的一部分。即, 用于电磁波辐射的正方形波导 22 的一部分和构成真空容器 4 的壁集成在一起。换言之, 用于电磁波辐射的每个正方形波导 22 的一部分管形壁导体也用作构成真空容器 4 的壁。

详细地说，盖子 12 的内表面具有构成用于电磁波辐射的三个正方形波导 22 的每个的一部分的三个凹槽状凹部 23。用狭缝板 14 从处理腔室 4a 一侧覆盖这些凹部 23。在这种结构中，用确定凹部 23 的壁面和狭缝板 14 包围的三个空间构成用于电磁波辐射的三个正方形波导 22。

狭缝板 14 由金属板材料形成，并具有将电磁波辐射到处理腔室 4a 中的多个狭缝 15a。这些狭缝 15a 形成在面向凹部 23 的位置上。详细地说，狭缝 15a 交替设置成格子图形，即，在彼此平行延伸的一对虚线上，由此构成一个狭缝组 15。狭缝 15a 之间的垂直方向间距和横向方向间距在一个狭缝组 15 中是一致的。三个狭缝组 15 面向狭缝板 14 中的三个凹部 23 设置。

再者，在处理腔室 4a 中，用于覆盖的介质部件 16 设置成覆盖狭缝板 14。用于覆盖的介质部件 16 可以由诸如石英、氧化铝和氟碳化合物树脂等介质材料形成。应该注意的是，禁止电磁波在用于覆盖的介质部件 16 的厚度方向上传播，用于覆盖的介质部件 16 优选设置成小于用于覆盖的介质部件 16 中的电磁波的波长的  $1/4$ 。

介质部件 16 设置成覆盖狭缝板 14 的露出表面，以便可以产生表面波等离子体。当不设置介质部件 16，并且露出接地的狭缝板 14 的表面时，中断了电磁波的传播，并且不可能产生表面波等离子体。表面波等离子体是具有高密度的局部化等离子体，并且适合于等离子体处理。

如图 2 和 3 所示，狭缝板 14 和用于覆盖的介质部件 16 通过固定部件的凸螺丝 24 从内面一侧拧到/固定到真空容器 4 的盖子 12 上。应该注意的是在使用由金属形成的凸螺丝 24 的情况下，在凸螺丝 24 的头暴露于处理腔室 4a 时，有时电磁波在凸螺丝 24 的头部附近受到干扰。因此，当使用由金属形成的凸螺丝 24 时，头部可以用介质帽 25 覆盖。因而，可以抑制在凸螺丝 24 附近产生的电磁波的干扰。



如图 4 所示，每个凹部 23 的截面形状是横向长的矩形形状，其在深度方向上的长度  $x_1$  比宽度方向的长度  $x_2$  短。即，在按照这种方式形成的用于电磁波辐射的正方形波导 22 中，凹部 23 的底面和狭缝板 14 的上表面形成垂直于电磁波的电场方向的面（H 面），并且从凹部 23 的底面垂直向下的面形成平行于电磁波的电场方向的面（E 面）。即，在本实施例中，狭缝 15a 设置在用于电磁波辐射的每个正方形波导 22 的 H 面中。

应该注意的是，每个凹部 23 的截面形状可以是垂直长的矩形形状，其在深度方向上的长度  $x_1$  比宽度方向的长度  $x_2$  长。在按照这种方式形成的用于电磁波辐射的正方形波导 22 中，凹部 23 的底面和狭缝板 14 的上表面形成平行于电磁波的电场方向的 E 面，并且从凹部 23 的底面垂直向下的面形成垂直于电磁波的电场方向的 H 面。因此，狭缝 15a 设置在用于电磁波辐射的正方形波导 22 的每个 E 面中。

用于电磁波辐射的正方形波导 22 的内部截面尺寸设置成这样的尺寸以至于可以按照基本模式在正方形波导中传输电磁波的频率。在本实施例中，假设用于电磁波辐射的正方形波导的管内介电常数为  $\epsilon$ ，正方形波导的内截面尺寸的长直径为  $x_2=a$ ，并且电磁波的波长为  $\lambda$ ，则设计该设备以满足以下条件：

$$(\lambda / \epsilon^{0.5}) < 2a \quad \dots (1)$$

应该注意的是，本实施例中，用于电磁波辐射的正方形波导 22 中的管内介电常数等于空气的介电常数，并且是  $\epsilon = 1$ 。

再者，这些用于电磁波辐射的正方形波导 22 按照间隔  $d$  为 50cm 或以下的方式彼此平行地设置。具体地，这些用于电磁波辐射的波导 22 的位置如下设置。

即，假设从高频电源 2 发射的电磁波的角频率为  $\omega$ ，用于覆盖的介质部件 16 的介电常数为  $\epsilon_d$ ，光速为  $c$ ，电子的电荷量为  $e$ ，真空的介电常数为  $\epsilon_0$ ，电子密度为  $n_e$ ，和电子的质量为  $m_e$ ，则通过以下公

式获得等离子体角频率  $\omega_p$ :

$$\omega_p = (e^2 \times n_e / (\epsilon_0 \times m_e))^{0.5} \quad \dots (2); \text{ 和}$$

通过以下公式获得波数  $k$ :

$$k = \omega / c ((\epsilon_d (\omega_p^2 - \omega^2)) / (\omega_p^2 - (1 + \epsilon_d) \omega^2))^{0.5} \quad \dots (3)。$$

当波数  $k$  具有与真空容器 4 的每个正方形波导垂直相交的方向的内部尺寸  $L$  的下列关系时, 用于电磁波辐射的正方形波导 22 的间隔  $d$  是通过以下公式获得驻波的波长  $\lambda_{swp}$  的间隔:

$$k = m \pi / L \quad (m \text{ 是满足 } 1 \leq m \leq 2L / (\lambda / \epsilon^{0.5}) \text{ 的整数}) \quad \dots (4), \text{ 和}$$

$$\lambda_{swp} = \pi / k \quad \dots (5)$$

用于电磁波辐射的正方形波导 22 设置在驻波的振幅基本上是最大的位置上。

每个用于电磁波辐射的正方形波导 22 经用于将电磁波分配给正方形波导 22 的电磁波分配正方形波导 21 耦合到高频电源 2 上。

作为高频电源 2, 例如, 可使用用于向电磁波传输路径 3 供给具有 10MHz 至 25GHz 的频率的电磁波的源。在本实施例中, 作为高频电源 2, 采用一个微波源, 它给电磁波传输路径 3 供给 2.45GHz  $\pm$  50MHz 频率的电磁波。具有 2.45GHz 频率的高频电源 2 可以批量生产。该电源优选是便宜的, 并具有各种类型。

用于电磁波分配的正方形波导 21 耦合到真空容器 4 的盖子 12 上, 并与真空容器 4 的壁整体构成。详细地说, 用于电磁波分配的正方形波导 21 设置在真空容器 4 的外部。用于电磁波分配的正方形波导 21 具有与每个用于电磁波辐射的正方形波导 22 垂直相交的管形主体 21a 和三个分配管部 21b, 从管形主体 21a 以直角弯曲这三个分配管部 21b 以至于电磁波的传播方向改变 90 度。其传播方向已经改变 90 度的电磁波分配给每个用于电磁波辐射的正方形波导 22。

再者, 用于电磁波分配的正方形波导 21 的截面形状具有矩形形状, 其厚度方向的长度  $x_1$  比宽度方向的长度  $x_2$  长。在本实施例中,

用于电磁波分配的正方形波导 21 形成为等于用于电磁波辐射的正方形波导 22 的尺寸。即，在用于电磁波分配的正方形波导 21 中，底面和上表面形成垂直于电磁波的电场方向的面（H 面），彼此面向设置的一对侧面形成平行于电磁波的电场方向的面（E 面）。

再者，在本实施例中，三个用于电磁波辐射的正方形波导 22 和用于电磁波分配的波导 21 基本上设置在同一面内，并且电磁波从用于电磁波分配的正方形波导 21 的 E 面分配给各个用于电磁波辐射的正方形波导 22。应该注意的是，可以以这种方式构成电磁波传输路径 3，以至于各个用于电磁波辐射的正方形波导 22 从用于电磁波分配的正方形波导 21 的 H 面分支。

用于电磁波分配的正方形波导 21 如下那样耦合到每个用于电磁波辐射的正方形波导 22 上。设置在真空容器 4 的盖子 12 中的凹部 23 在盖子 12 的周边面中打开。用于电磁波分配的正方形波导 21 经盖子 12 的周边面中的开口耦合到每个用于电磁波分配的正方形波导 21 上。在用于电磁波分配的正方形波导 21 的尖端部分和盖子 12 的周边面（真空容器 4 的外表面）之间由 O 形环 27 保持气密性。

这样，在等离子体处理设备 1 中，电磁波从高频电源 2 经用于电磁波分配的正方形波导 21 输送给多个（本例中是三个）用于电磁波辐射的正方形波导 22。因此，由于在电磁波传输路径 3 的整个区域中频率可以设置为相等，因此很容易设计辐射均匀能量密度的天线（狭缝板 14）。

再者，在面向相邻狭缝 15a 之间的部分的真空容器 4 的壁的区域中设置作为冷却机制的冷却管 28。作为制冷剂的冷却液在冷却管 28 中循环。这样，可以通过制冷剂有效地冷却电磁波传输路径 3（用于电磁波辐射的正方形波导 22），而不干扰等离子体的产生。

如上所述，根据等离子体处理设备 1，作为真空容器 4 的壁的盖子 12 具有用于电磁波辐射的正方形波导 22，它至少是用于传输电磁

波的电磁波传输路径 3 的一部分。因此，可以简化结构，并且甚至待处理部件 5，例如正方形衬底或大面积衬底，也可以满意地进行等离子体处理。

再者，根据等离子体处理设备 1，可以省略电磁波传输窗口，并且用于保持真空容器 4 真空的密封部分可以是两个位置：将用于电磁波分配的正方形波导 21 连接到真空容器 4 的连接部分；和将盖子 12 连接到容器主体 11 的连接部分。因此，与其中电磁波传输窗口设置在真空容器 4 中的等离子体处理设备相比，简化了结构，并且可以便宜地制造该结构。

下面参照图 5 至 8 说明本发明的第二实施例。

在本实施例的等离子体处理设备 1 中，用于电磁波传输路径的介质部件 31 设置在位于真空容器 4 中的电磁波传输路径 3 的区域中，即用于电磁波辐射的正方形波导 22。用于电磁波传输路径的介质部件 31 可以例如由石英、氧化铝、氟碳化合物树脂等形成。在本实施例中，用于电磁波传输路径的介质部件 31 由石英形成。

为了在用于电磁波辐射的正方形波导 22 中设置用于电磁波传输路径的介质部件 31，如图 8A 和 8B 所示，预先形成用于电磁波传输的介质部件 31，并装配在用于电磁波辐射的正方形波导 22 中。之后，按顺序在盖子 12 的内表面上叠置狭缝板 14 和用于覆盖的介质部件 16，并通过固定部件 26 固定到盖子 12 上。在本实施例中，通过由介质材料形成的固定部件（例如，凸螺丝）26 把狭缝板 14 和用于覆盖的介质部件 16 固定到真空容器 4 的盖子 12 上。

另外，为了以用于电磁波传输的介质部件 31 填充用于电磁波辐射的正方形波导 22，用于电磁波辐射的正方形波导 22 的尺寸（内截面尺寸）必须设置为能够在用于电磁波传输路径的介质部件 31 中的正方形波导中按照基本模式传输电磁波频率的尺寸。换言之，本实施例的用于电磁波辐射的正方形波导 22 必须具有通过使正方形波导的

内部截面尺寸（长直径和短直径）除以电磁波传输路径 3 中的介质部件 31 的介电常数的平方根而获得的尺寸，其中正方形波导的内部截面尺寸形成为能够在空气中的正方形波导中以基本模式传输电磁波频率的尺寸。具体地，由于石英的介电常数  $\epsilon$  大约为 4，所以本实施例的用于电磁波辐射的正方形波导 22 必须具有长和短直径，这些直径各形成为大约正方形波导长度 1/2 的长度，而正方形波导的长度形成为能够在空气中的正方形波导中以基本模式传输电磁波的频率的尺寸。

另一方面，由于用空气填充用于电磁波分配的正方形波导 21，所以用于电磁波分配的正方形波导 21 的管形主体 21a 必须设置成能够在空气的正方形波导中以基本模式传输电磁波的频率的尺寸（等于第一实施例的管形主体 21a 的尺寸）。因此，在本实施例的等离子体处理设备 1 中，三个分配管部 21b 是锥形，并相应地，用于电磁波分配的正方形波导 21 耦合到用于电磁波辐射的正方形波导 22 上。

再者，在等离子体处理设备 1 中，用于按照气密方式保持真空容器 4 的介质部件 32 设置在电磁波传输路径 3 中，例如设置在用于电磁波分配的正方形波导 21 的分配管部 21b 中。真空容器 4 的气密性由这个介质部件 32 保持。应该注意的是，用于按照气密方式保持真空容器 4 的介质部件 32 可以设置在电磁波传输路径 3 中的任何位置上，例如，设置在用于电磁波辐射的正方形波导 22 中。在这种情况下，介质部件 31 可以执行这个功能。

用于电磁波分配的正方形波导 21 和用于按造气密方式保持真空容器 4 的介质部件 32 之间的间隔设置为 1mm。由 O 形环 33 保持用于电磁波分配的正方形波导 21 的内表面与用于按照气密方式保持真空容器 4 的介质部件 32 之间的气密性。通过用于按照气密方式保持真空容器 4 的介质部件 32 从真空容器 4 外部把电磁波引入到真空容器 4 中。在本实施例中应该注意的是，用于按照气密方式保持真空容器

4 的介质部件 32 与电磁波传输路径 3 中的介质部件 31 整体地模制。用于按照气密方式保持真空容器 4 的介质部件 32 可以与电磁波传输路径 3 中的介质部件 31 分开。由于其它结构与包括部分（未示出）的第一实施例的相同，因此在附图中用相同参考标记表示该构成，并且省略冗余的说明。

当使用这种等离子体处理设备 1 时，例如可以在表面波等离子体条件下对待处理部件 5 进行等离子体氧化。当使用这种等离子体处理设备 1 时，例如，可以在表面波等离子体条件下在待处理部件 5 上等离子体形成膜。此外，当使用等离子体处理设备 1 时，可以在表面波等离子体条件下对待处理部件 5 进行等离子体蚀刻。当使用这种等离子体处理设备 1 时，可以在不破坏真空的情况下连续进行等离子体氧化和通过等离子体 CVD 工艺形成膜。用于不破坏真空而进行等离子体氧化和通过等离子体 CVD 工艺形成膜的等离子体处理方法将作为待处理部件 5 的等离子体处理方法的一个例子进行说明。

作为待处理部件 5，例如，制备硅衬底。待处理部件 5 设置在真空容器 4 中的支撑底座 17 上。真空排气系统工作，并且排放真空容器 4（处理腔室 4a）中的空气。之后，经进气口 18 向真空容器 4 中输送第一气体。作为第一气体，例如，使用氧气、或氧与稀有气体的混合气，其中所述稀有气体含有氦、氖、氩、氪、氙中的至少一种。在本实施例中，采用氧气作为第一气体，并且以这样一种方式把气体输送给真空容器 4，以至于使用 400SCCM 的氧气，以及总压力为 20Pa。

当真空容器 4 的气压达到预定气压时，开始用电磁波进行辐射。经电磁波传输路径 3 发送给狭缝 15a 的电磁波经各个狭缝 15a 辐射到真空容器 4 中。

辐射到真空容器 4 中的电磁波激励作为第一气体的氧气。当用于覆盖的介质部件 16 附近的等离子体中的电子密度增加到一定程度时，电磁波不能在等离子体中传播，并且在等离子体中延迟。因此，

任何电磁波都不会到达距用于覆盖的介质部件 16 为一定距离的区域，并且在用于覆盖的介质部件 16 附近产生表面波等离子体。

在其中产生表面波等离子体的状态下，在用于覆盖的介质部件 16 附近取得了高电子密度，并相应地产生高密度氧原子活性物质。高密度氧原子活性物质扩散到待处理部件 5 中，并有效地氧化待处理部件 5。相应地，在待处理部件 5 的表面上形成第一绝缘膜。应该注意的是，在其中产生表面波等离子体的状态下，待处理部件 5 的表面附近的电子温度很低（电子能量低），因此待处理部件 5 的表面附近的外套电场也弱。因此，由于减小了入射到待处理部件 5 中的离子能量，因此可以抑制在氧化工艺期间在待处理部件 5 上的离子损伤。

此外，从进气口 18 把第二气体输送到真空容器 4 中。作为第二气体，例如可以使用含有有机硅化合物（四烷氧基硅烷、乙烯基烷氧基硅烷、烷基三烷氧基硅烷、苯基三烷氧基硅烷、多甲基二硅氧烷、多甲基环四硅烷等）或有机金属化合物（三甲基铝、三乙基铝、四丙氧基锆、五乙氧基钽、四丙氧基铪等）的气体。在本实施例中，氧气依次用作第一气体，并且作为四烷氧基硅烷一种的四乙氧基硅烷气体用作第二气体。再者，以这样一种方式把这些气体输送到真空容器 4 中，以至于使用 400SCCM 的氧气作为第一气体，使用 10SCCM 的四乙氧基硅烷气体作为第二气体，并且总压力为 20Pa。

由第一气体产生的氧原子团与作为第二气体的四乙氧基硅烷反应。相应地，促进四乙氧基硅烷的分解，并且在待处理部件 5 的表面上淀积氧化硅。相应地，在第一绝缘膜上形成第二绝缘膜（通过 CVD 形成的氧化硅膜）。如上所述，完成了在待处理部件 5 上形成绝缘膜。根据该等离子体处理方法，在对待处理部件 5 进行氧化工艺之后，可以在不暴露于大气的情况下形成膜。因此，待处理部件和膜之间的界面可以形成为具有很少污染的满意界面，并且可以在待处理部件 5 上形成质量满意的 CVD 膜。

如上所述，根据这种等离子体处理设备 1，作为真空容器 4 的壁的盖子 12 具有用于电磁波辐射的正方形波导 22，它是按照与第一实施例相同的方式至少用于传输电磁波的电磁波传输路径 3 的一部分。因此，可以简化结构，并且甚至可以对诸如正方形衬底或大面积衬底的待处理部件 5 满意地进行等离子体处理。

再者，根据所述离子体处理设备 1，可以省略电磁波传输窗口，用于保持真空容器 4 真空的密封部分可以是两个位置：将用于电磁波分配的正方形波导 21 连接到真空容器 4 的连接部分；和将盖子 12 连接到容器主体 11 的连接部分。因此，与其中电磁波传输窗口设置在真空容器 4 中的等离子体处理设备相比，简化了结构，并且可以便宜地制造该结构。

此外，根据本实施例的等离子体处理设备 1，可以通过表面波等离子体对待处理部件 5 进行等离子体处理。由于用于电磁波辐射的正方形波导 22 具有用于电磁波传输的介质部件 31，因此可以抑制在真空容器 4 中产生的等离子体侵入到电磁波传输路径 3 中。

下面参照图 9 和 10 说明本发明的第三实施例。

在本实施例的等离子体处理设备 1 中，在位于真空容器 4 中的电磁波传输路径 3 的区域中设置用于电磁波传输路径的介质部件 31，即用于电磁波辐射的正方形波导 22。用于电磁波传输路径的介质部件 31 例如由石英、氧化铝、氟碳化合物树脂等形成。在本实施例中，用于电磁波传输路径的介质部件 31 由氟碳化合物树脂形成。氟碳化合物树脂比石英轻（比重较小）。因此，当用于电磁波传输路径的介质部件 31 由氟碳化合物树脂形成时，可以使等离子体处理设备 1 变轻。

另外，在本实施例中，用氟碳化合物树脂填充每个用于电磁波辐射的正方形波导 22。由于氟碳化合物树脂的介电常数小于石英的介电常数，因此用于电磁波辐射的正方形波导 22 的尺寸不必像第二实



施例那样减小。因此，在本实施例中，用于电磁波辐射的正方形波导 22 的内截面尺寸设置成等于用于电磁波分配的正方形波导 21 的尺寸。

此外，介质部件 34 设置在每个狭缝 15a 中，以便抑制电磁波在每个用于电磁波辐射的正方形波导 22 和狭缝 15a 之间的界面以及每个狭缝 15a 与介质部件 16 之间的界面的反射。介质部件 34 例如可以由石英、氧化铝、氟碳化合物树脂等形成。在本实施例中，介质部件 34 由氟碳化合物树脂构成。应该注意的是，在用于覆盖的介质部件 16 由石英形成的情况下，在狭缝 15a 和介质部件 16 之间的界面处发生少量电磁波的反射。然而，当设置用于狭缝的介质部件 34 时，与省略用于狭缝的介质部件 34 的情况（其中用空气填充狭缝 15a 的状态）相比，可以减小在狭缝 15a 和介质部件 16 之间的界面处的反射。

为了以与第二实施例相同的方式在用于电磁波辐射的正方形波导 22 中设置介质部件 31，预先形成介质部件 31，并且装配在用于电磁波辐射的正方形波导 22 中。之后，通过将介质部件 34 装配到狭缝 15a 中而构成的狭缝板 14 和用于覆盖的介质部件 16 按顺序堆叠在盖子 12 的内表面上，并且可以通过固定部件 26 固定到盖子 12 上。在本实施例中，通过由介质材料形成的固定部件 26 把狭缝板 14 和用于覆盖的介质部件 16 固定到真空容器 4 的盖子 12 上。

应该注意到，电磁波传输路径 3 中的介质部件 31 可以与狭缝中的介质部件 34 整体地组装在一起。在这种情况下，可以省去用介质部件 34 一个一个地填充狭缝 15a 的麻烦。电磁波传输路径 3 中的介质部件 31、狭缝中的介质部件 34 以及用于覆盖的介质部件 16 可以一体地组装在一起。

再者，在等离子体处理设备 1 中，用于按照气密方式保持真空容器 4 的介质部件 32 与电磁波传输路径 3 中的用于电磁波传输路径的介质部件 31，例如在用于电磁波分配的正方形波导 21 的分配管部 21b

中，分开设置。真空容器 4 的气密性由介质部件 32 保持。介质部件 32 例如可以由石英、氟碳化合物树脂、氧化铝等形成。利用 O 形环 33 保持用于电磁波分配的正方形波导 21 的内表面与用于按照气密方式保持真空容器 4 的介质部件 32 之间的气密性。

应该注意的是，即使在使用本实施例的等离子体处理设备 1 时，也可以使用如第二实施例中所述的表面波等离子体实现等离子体处理方法。由于其它构成与包括一部分（未示出）的第二实施例的相同，因此用相同参考标记表示该构造，并省略了多余的说明。

如上所述，根据等离子体处理设备 1，作为真空容器 4 的壁的盖子 12 具有用于电磁波辐射的正方形波导 22，它按照与第一实施例相同的方式是至少传输电磁波的电磁波传输路径 3 的一部分。因此，可以简化结构，并且甚至对待处理部件 5，例如正方形衬底和大面积衬底，也可以满意地进行等离子体处理。

再者，根据等离子体处理设备 1，可以省略电磁波传输窗口，并且用于保持真空容器 4 的真空的密封部分可以是两个位置：将用于电磁波分配的正方形波导 21 连接到真空容器 4 的连接部分；和将盖子 12 连接到容器主体 11 的连接部分。因此，与其中电磁波传输窗口设置在真空容器 4 中的常规等离子体处理设备相比，简化了结构，并且可以便宜地制造该结构。

此外，根据本实施例的等离子体处理设备 1，可以通过表面波等离子体对待处理部件 5 进行等离子体处理。

再者，由于介质部件 34 设置在狭缝 15a 中，因此可以抑制电磁波在用于电磁波辐射的正方形波导 22 与狭缝 15a 之间的界面以及狭缝 15a 与用于覆盖的介质部件 16 之间的界面处的反射。

应该注意的是，形成电磁波传输路径 3 中的介质部件 31、狭缝中的介质部件 34、用于覆盖的介质部件 16 以及用于按照气密方式保持作为处理容器的真空容器 4 的介质部件 32 的介质材料不限于石英、

氟碳化合物树脂、氧化铝等，可以使用各种介质材料。

例如，多孔材料可用作介质材料。多孔材料的例子包括其中具有大量微孔的无机多孔材料，如多孔玻璃和多孔陶瓷，以及在诸如丙烯酸树脂、环氧树脂和氟碳化合物树脂等有机树脂中具有大量微孔的有机多孔材料。由于多孔材料相对于从外部压缩和拉伸具有一定程度的柔性，因此该材料适合于作为填充材料而不会有任何间隙。此外，由于多孔材料的密度小，因此可以节省设备的重量。与普通的介质材料相比，介电常数低，从大气到多孔材料或者从多孔材料到真空，折射率几乎不变，并且该材料具有令人满意的电磁波传播特性。

下面参照图 14—18 说明本发明第四实施例。

在本实施例的等离子体处理设备 101 中，通过由高频电源 2 振荡、由电磁波传输路径 103 传输并通过狭缝 15a 辐射到真空容器 4 中的电磁波在真空容器 4 中产生等离子体，其中高频电源 2 是振荡器，真空容器 4 是处理容器，狭缝 15a 设置在作为电磁波辐射部分的狭缝板 14 中。通过等离子体对待处理部件 5 进行等离子体处理。

如图 15 和 16 所示，真空容器 4 具有容器主体 11 和盖子 12。容器主体 11 具有底壁 11a 和周边壁 11b 并向上开口。盖子 12 从上方覆盖容器主体 11，以便封闭容器主体 11 的开口。即，真空容器 4 具有容器主体 11 的底壁 11a 和周边壁 11b 以及作为壁的盖子 12。在容器主体 11 和盖子 12 之间由 O 形环 13 保持气密性。

这个真空容器 4 具有用于对待处理部件 5 进行等离子体处理的处理腔室 4a。由设置在真空容器 4 中的壁来确定处理腔室 4a。换言之，由容器主体 11 的底壁 11a 和周边壁 11b 的内表面以及盖子 12 的内表面来确定处理腔室 4a。

真空容器 4 形成这样的强度以至于处理腔室 4a 的内部可以被减压并处于真空状态或接近该状态。作为形成真空容器 4 的材料，可以使用诸如铝的金属材料。在处理腔室 4a 中，如后面所述的，设置作

为电磁波辐射部分的金属狭缝板 14，并且设置用于覆盖的介质部件 16，以便覆盖狭缝板 14。支撑待处理部件 5 的支撑底座 17 设置在真空容器 4 的处理腔室 4a 中。

真空容器 4 具有用于将处理气体引入到处理腔室 4a 中的进气口 18 以及用于从处理腔室 4a 排放气体的排气口 19。处理腔室 4a 经排气口 19 耦合到真空排气系统（未示出）。作为真空排气系统，例如，可使用涡轮分子泵。因此，当真空排气系统工作时，处理腔室 4a 可以被排气，直到腔室内部达到预定真空度为止。

用于传输电磁波的电磁波传输机制备 103 具有第一电磁波传输路径 103a、第二电磁波传输路径 103b 和至少一个，例如三个第三电磁波传输路 103c，它们连接在第一电磁波传输路径 103a 和第二电磁波传输路径 103b 之间。下面将矩形波导 21 称为用于电磁波分配的矩形波导。

用于电磁波分配的矩形波导 21 与真空容器 4 的盖子 12 耦合并与构成真空容器 4 的壁集成在一起。第二电磁波传输路径 103b 具有至少一个，例如三个矩形波导 22。下面将矩形波导 22 称为用于电磁波辐射的矩形波导。

这里解释用于电磁波辐射的矩形波导 22、狭缝板 14 以及用于覆盖的介质部件 16。

在真空容器 4 的壁当中确定处理腔室 4a 的壁，例如盖子 12 具有每个用于电磁波辐射的正方形波导 22 的一部分。就是说，用于电磁波辐射的正方形波导 22 的一部分和构成真空容器 4 的壁集成在一起。换言之，每个用于电磁波辐射的正方形波导 22 的一部分也用作构成真空容器 4 的壁。

详细地说，盖子 12 的内表面具有三个凹槽状凹部 23，它们构成三个用于电磁波辐射的正方形波导 22 中的每一个的一部分。用狭缝板 14 从处理腔室 14a 一侧覆盖这些凹部 23。在这种结构中，用确定

三个凹部 23 的壁面和狭缝板 14 包围的三个空间构成三个用于电磁波辐射的正方形波导 22。

狭缝板 14 由金属板材料形成，并具有将电磁波辐射到处理腔室 14a 中的多个狭缝 15a。这些狭缝 15a 形成在面向凹部 23 的位置上。详细地说，狭缝 15a 交替设置成格子图形，即，在彼此平行延伸的一对虚线上，由此构成一个狭缝组 15。狭缝 15a 之间的垂直方向间距和横向方向间距在一个狭缝组 15 中是一致的。三个狭缝组 15 面向狭缝板 14 中的三个凹部 23 设置。

再者，在处理腔室 4a 中，用于覆盖的介质部件 16 设置成覆盖狭缝板 14。用于覆盖的介质部件 16 可以由诸如石英、氧化铝和氟碳化合物树脂等介质材料形成。应该注意的是，禁止电磁波在用于覆盖的介质部件 16 的厚度方向上传播，用于覆盖的介质部件 16 优选设置成小于用于覆盖的介质部件 16 中的电磁波的波长的 1/4。

为了抑制在用于电磁波辐射的矩形波导 22 和狭缝 15a 之间的界面处以及在狭缝 15a 和用于覆盖的介质部件 16 之间的界面处的反射，介质部件优选设置在狭缝 15a 中。狭缝中的介质部件可以由石英、氧化铝、氟碳化合物树脂等形成。

如图 15 和 16 所示，狭缝板 14 和用于覆盖的介质部件 16 通过作为固定部件的凸螺丝 24 从内面一侧拧到/固定到真空容器 4 的盖子 12 上。应该注意的是优选使用由介质材料形成的固定部件 26。在使用由金属形成的固定部件 26 的情况下，当固定部件 26 暴露于处理腔室 4a 时，有时电磁波在固定部件 26 的露出部分附近受到干扰。因此，当使用由金属构成的固定部件 26 时，露出部分可以用介质材料形成的帽覆盖。因而，可以抑制在固定部件 26 的露出部分附近产生的电磁波的干扰。

另外，用于电磁波辐射的矩形波导 22 的间隔（参见图 14）d 优选考虑等离子体的扩散度进行设置。就是说，处理压力越低，粒子扩

散得越远。在所述离子体处理设备中，处理压力一般设置在大约 1Pa 或更高。当处理气体的压力为 1Pa 或更高时，上限设置为 50cm，更高电磁波辐射的矩形波导 22 的间隔（间距） $d$  优选根据处理气体的假设压力进行设置。然后甚至在等离子体不容易扩散的条件下也可以在处理腔室中产生均匀的等离子体。应该注意的是，当处理气体的压力为 0.1Pa 或更小时，等离子体容易扩散，并且用于电磁波辐射的矩形波导 22 的间隔  $d$  可能超过 50cm。

以这种方式彼此平行地设置用于电磁波辐射的矩形波导 22 以至于间隔  $d$  为 50cm 或更小。此外，具体地，用于电磁波辐射的矩形波导 22 的位置可以如上述等式（2）至（5）中所示那样进行设置。

为了抑制等离子体从狭缝 15a 侵入第二电磁波传输路径 103b，以用于电磁波传输路径的介质部件 31 填充各个用于电磁波辐射的矩形波导 22 中的所有区域。设置在用于电磁波辐射的矩形波导 22 中的介质部件 31 可以由诸如石英、氧化铝和氟碳化合物树脂等介质材料形成。在本实施例中，介质部件 31 由石英形成。应该注意的是，介质部件 31 可以只设置在第二电磁波传输路径 103b 的一部分中。

介质部件 31 可以例如如下那样地设置在用于电磁波辐射的矩形波导 22 中。首先，预先形成正方柱状的细长的介质部件 31。将各个介质部件 31 装配在凹部 23 中。之后，将狭缝板 14 和用于覆盖的介质部件 16 按顺序堆叠在盖子 12 的内表面上，并且利用固定部件 26 将它们固定到盖子 12 上。相应地，介质部件 31 被储存在用于电磁波辐射的矩形波导 22 中。

例如，如图 15 所示，每个用于电磁波辐射的矩形波导 22 的内部形状（截面形状）形成横向长的矩形形状，其在深度方向上的长度  $x_1$  比宽度方向的长度  $x_2$  短。即，在按照这种方式形成的用于电磁波辐射的矩形波导 22 中，凹部 23 的底面和狭缝板 14 的上表面形成垂直于电磁波的电场方向的面（H 面），并且从凹部 23 的底面垂直向下

的面形成平行于电磁波的电场方向的面（E 面）。即，在本实施例的等离子体处理设备 101 中，狭缝 15a 设置在面对 H 面的每个用于电磁波辐射的矩形波导 22 的区域中。

应该注意的是，每个用于电磁波辐射的矩形波导 22 的内部形状可以是垂直长的矩形形状，其在深度方向上的长度  $x_1$  比宽度方向的长度  $x_2$  长。在按照这种方式形成的用于电磁波辐射的矩形波导 22 中，凹部 23 的底面和狭缝板 14 的上表面形成平行于电磁波的电场方向的 E 面，并且从凹部 23 的底面垂直向下的面是垂直于电磁波的电场方向的 H 面。因此，可以获得等离子体处理设备，其中狭缝 15a 设置在面对 E 面的各个用于电磁波辐射的矩形波导 22 的区域中。

接下来将说明用于电磁波分配的矩形波导 21。

用于电磁波分配的矩形波导 21 设置在真空容器 4 的外部。用于电磁波分配的矩形波导 21 具有与每个用于电磁波辐射的矩形波导 22 垂直相交的管形主体 21a 和三个分配管部 21b，从管形主体 21a 以直角弯曲这三个分配管部 21b 以至于电磁波的传播方向改变 90 度。其传播方向已经改变 90 度的电磁波分配给每个用于电磁波辐射的矩形波导 22。应该注意的是，凸缘 21c 设置在每个分配管部 21b 的尖端部分（电磁波的传输侧上的端部）上（参见图 17）。

再者，用于电磁波分配的矩形波导 21 的内部形状（截面形状）具有矩形形状，其厚度方向的长度  $y_1$  比宽度方向的长度  $y_2$  短。因此，在用于电磁波分配的矩形波导 21 中，底面和上表面形成垂直于电磁波的电场方向的面（H 面），并且彼此面向设置的一对侧面形成平行于电磁波的电场方向的面（E 面）。

应该注意的是，用于电磁波辐射的矩形波导 22 的内部形状（截面形状）形成垂直方向长的矩形形状，其在深度方向上的长度  $x_1$  比宽度方向的长度  $x_2$  长。在这种情况下，用于电磁波分配的矩形波导 21 的内部形状（截面形状）优选具有垂直长的矩形形状，其深度方

向的长度  $y_1$  比宽度方向的长度  $y_2$  长。在按照这种方式形成的用于电磁波分配的矩形波导 21 中，底面和上表面形成平行于电磁波的电场方向的 E 面，并且彼此面向设置的一对侧面形成垂直于电磁波的电场方向的 H 面。

以这样一种方式构成电磁波传输机制 103，以至于用于电磁波分配的矩形波导 21 的中心轴线基本上设置在与其上设置用于电磁波辐射的三个矩形波导 22 的中心轴线相同的平面内。再者，电磁波从用于电磁波分配的矩形波导 21 的 E 面分配给用于电磁波辐射的矩形波导 22。应该注意的是，在电磁波传输机制 103 中，每个用于电磁波辐射的矩形波导 22 可以从用于电磁波分配的矩形波导 21 的 H 面分支。

此外，在电磁波传输机制 103 中，用于电磁波分配的矩形波导 21 的内部尺寸以及用于电磁波辐射的矩形波导 22 的内部尺寸各设置成其中在矩形波导中只传输基本模式的尺寸。用于电磁波分配的矩形波导 21 和用于电磁波辐射的矩形波导 22 的内部尺寸各设置成其中在矩形波导中只传输基本模式的尺寸。相应地，可以减少用于在电磁波传输机制 103 中产生等离子体的电磁波的传播损失量。

另外，为了设置在矩形波导中只传输基本模式的尺寸，假设矩形波导的管内介电常数为  $\epsilon$ ，矩形波导的内截面尺寸的长直径为  $a$ ，并且电磁波的波长为  $\lambda$ ，则通过设计该设备使其满足下列条件而可以实现该尺寸：

$$(\lambda / \epsilon^{0.5}) < 2a \quad \dots (1)$$

如上所述，用空气 ( $\epsilon = 1$ ) 填充用于电磁波分配的矩形波导 21，并用介质部件 31 (石英,  $\epsilon = 3.8$ ) 填充用于电磁波辐射的矩形波导 22。

因此，用于电磁波辐射的矩形波导 22 的内部尺寸 (短直径  $x_1$  和长直径  $x_2$ ) 必须具有通过用于电磁波分配的矩形波导 21 的内部尺



寸（长直径  $y_1$  和短直径  $y_2$ ）除以介质部件 31 的介电常数  $\epsilon$  的平方根而获得的尺寸。具体地，由于石英的介电常数  $\epsilon$  大约为 4，因此用于电磁波辐射的矩形波导 22 的短直径  $x_1$  和长直径  $x_2$  必须分别大约是用用于电磁波分配的矩形波导 21 的长直径  $y_1$  和短直径  $y_2$  的 1/2。

因此，在等离子体处理设备 101 中，用于电磁波分配的矩形波导 21 经中空的第三电磁波传输路径 103c 耦合到用于电磁波辐射的矩形波导 22 上，其中以这样一种方式形成中空的第三电磁波传输路径 103c 以至于朝电磁波传输侧的方向减小内部尺寸。在本实施例中，如图 14 所示，用于电磁波分配的矩形波导 21 的每个分配管部 21b 经具有连接部件 50 的第三电磁波传输路径 103c 耦合到用于电磁波辐射的矩形波导 22 上。

下面将参照图 17 和 18 说明用于将用于电磁波分配的矩形波导 21 的每个分配管部 21b 连接到用于电磁波辐射的矩形波导 22 的机制。

设置在真空容器 4 的盖子 12 中的凹部 23 也在盖子 12 的周边壁一侧上打开。用于电磁波分配的矩形波导 21 的每个分配管部 21b 经第三电磁波传输路径 103c 和盖子 12 的周边壁中的开口与每个用于电磁波辐射的矩形波导 22 连通。应该注意的是，设置在用于电磁波辐射的波导 22 中的介质部件 31 延伸到盖子 12 的周边壁的开口端。

每个第三电磁波传输路径 103c 具有：与密封部件 41 整体形成的楔形介质部件 42；连接部件 50；第一凸缘 51；第二凸缘 52；第三凸缘 53 第一 O 形环 54 以及第二 O 形环 55。

密封部件 41 和楔形介质部件 42 可以例如由诸如石英、氧化铝和氟碳化合物树脂等介质材料形成。在本实施例中，密封部件 41 和楔形介质部件 42 按照与设置在第二电磁波传输路径 103b 中的介质部件 31 相同的方式由石英形成。

如图 18 所示，楔形介质部件 42 形成为楔形，其侧面基本上具有向电磁波的传输侧扩大/打开的二等边三角形形状。沿着传输方向的

楔形介质部件 42 的长度  $m_1$  设置成比在真空中由高频电源 2 产生的电磁波的波长更长。因此,如图 17 所示,在等离子体处理设备 101 中,第一电磁波传输路径 103a 的端部和传输侧相对侧上的第二电磁波传输路径 103b 的端部之间的距离  $n$  比在真空中在高频电源 2 中产生的电磁波的波长更长。如图 18 所示,楔形介质部件 42 的顶边 42a 的长度  $m_2$  设置为基本上等于设置在第二电磁波传输路径 103b 中的用于电磁波辐射的矩形波导 22 的内部形状的长边  $x_2$  的长度。

如图 17 和 18 所示,具有方柱状的密封部件 41 与楔形介质部件 42 的端部整体地设置在传输侧上。在密封部件 41 中在周边方向上形成凹槽 41a。应该注意的是,密封部件 41 可以与设置在第二电磁波传输路径 103b 中的介质部件 31 整体地形成(用于电磁波辐射的矩形波导 22)。此外,密封部件 41、楔形介质部件 42 和第二电磁波传输路径中的介质部件 31 可以都整体地形成。

作为连接部件 50,例如可以使用基本上是具有锥体的圆锥管,其内部尺寸朝电磁波的传输侧方向减小。电磁波传输侧上的连接部件 50 的端部的内部尺寸形成为基本上等于密封部件 41 的截面尺寸。凸缘 50a 设置在电磁波传输侧相对侧上的连接部件 50 的端部中,以便面向设置在用于电磁波分配的矩形波导 21 的分配管部 21b 的尖端部分上的凸缘 21c。当凸缘 21c 固定到凸缘 50a 上时,用于电磁波分配的矩形波导 21 耦合到连接部件 50 上。如图 17 所示,除了凸缘 50a 以外的沿着传输方向的连接部件 50 的长度  $t$  设置为基本上等于沿着传输方向的楔形介质部件 42 的长度  $m_1$ 。

第一到第三凸缘 51、52、53 具有通孔,每个通孔具有基本上等于密封部件 41 的截面尺寸的尺寸。在该第三电磁波传输路径 103c 中,连接部件 50、第一凸缘 51、第二凸缘 52 和第三凸缘 53 从第一电磁波传输路径 103a 一侧按顺序彼此平行地设置。第一凸缘 51 与连接部件 50 整体地形成。再者,传输侧上的第一凸缘 51 的端面具有凹部

57, 并且在传输侧的相对侧上的第二凸缘 52 的端面上形成要与凹部 57 装配的凸部 58。当凸部 58 与凹部 57 配合时, 第二凸缘 52 相对于第一凸缘 51 固定(定位)。此外, 在传输侧上的第三凸缘 53 的端面上形成凸部 59。再者, 盖子 12 的周边壁的外表面具有与凸部 59 配合的凹部 60。当凸部 59 装配在凹部 60 中时, 第三凸缘 53 相对于盖子 12 固定(定位)。其中凸部 59 与凹部 60 配合的部分具有防止由于等离子体而使 O 形环退化的效果。此外, 第一凸缘 51、第二凸缘 52、和第三凸缘 53 通过作为固定部件的螺丝 56 拧到/固定到真空容器 4 的盖子 12 上。在这这种情况下, 真空容器 4 经凸缘 51 至 53 耦合到连接部件 50 上。应该注意的是连接部件 50 可以与第一凸缘 51 分开形成。

在这个第三电磁波传输路径 103c 中, 密封部件 41 设置在第一到第三凸缘 51 至 53 中, 并且与密封部件 41 整体形成的楔形介质部件 42 设置在连接部件 50 中。应该注意到, 传输侧上的密封部件 41 的端部与设置在传输侧的相对侧上的第二电磁波传输路径 103b 中的介质部件 31 的端部接触。

以这样一种方式设置楔形介质部件 42, 以至于顶边 42a 设置在用于电磁波分配的矩形波导 21 的端部(传输侧上的分配管部 21b 的尖端部分)附近。楔形介质部件 42 以这样一种方式设置在连接部件 50 中, 以至于顶边 42a 基本上平行于设置在第二电磁波传输路径 103b 中的用于电磁波辐射的矩形波导 22 的内部尺寸的长度  $x_2$  方向。

当沿着凹槽 41a 设置的第一 O 形环 54 被压到第二和第三凸缘 52、53 的内壁面上时, 设置在第一到第三凸缘 51 至 53 中的密封部件 41 保持第二和第三凸缘 52、53 与密封部件 41 之间的气密性。在这种情况下, 可以保持真空容器 4 的气密性。

应该注意到, 连接部件 50、第一凸缘 51、第二凸缘 52 和第三凸缘 53 由导体材料形成。因此, 当电磁波传输机制 103 (第二和第三

凸缘 52、53) 和密封部件 41 之间的间隔超过 1mm 时, 有可能在电磁波传输机制 103 和密封部件 41 之间发生不正常放电。因此, 第二和第三凸缘 52、53 与密封部件 41 之间的间隔优选设置为 1mm 或以下。

再者, 当第一到第三凸缘 51 至 53 的内部形状基本上与密封部件 41 的内部形状(截面形状)匹配时, 可以用无缝介质材料(密封部件 41) 填充第一到第三凸缘 51 至 53。即, 在第一到第三凸缘 51 至 53 内形成含有介质材料的矩形波导, 并且电磁波的反射在波导中可以基本上为零。应该注意的是, 当凹槽 41a 设置为很浅时, 可以抑制在第二和第三凸缘 52 和 53 与第一 O 形环 54 的凹槽之间造成的反射。

此外, 在本实施例的等离子体处理设备 101 中, 环形凹槽 61 设置在面向第三凸缘 53 的端面的盖子 12 的周边壁的外表面中, 第二 O 形环 55 设置在该凹槽 61 中, 并相应地在第三电磁波传输路径 103c 的第三凸缘 53 和真空容器 4 的盖子 12 之间保持气密性。

第五实施例显示在图 19 中。密封部件 41 不必是具有方柱形状的密封部件, 也可以是柱状密封部件 43。当使用柱状密封部件 43 时, 可以在第一到第三凸缘 51 至 53 中使用圆柱波导。与矩形波导相比, 圆柱波导可以实现令人满意的密封, 因为该波导可以被设置在同心圆中的螺丝 56 均匀地拧紧。在连接部件 50 中, 使用基本上是具有锥形的圆锥管, 其内部尺寸减小。在这种情况下, 圆形波导彼此耦合在一起, 电磁波传播的匹配没有失败, 减少了反射, 并且可以实现令人满意的电磁波传播。密封部件 43 具有与密封部件 43 整体形成的楔形介质部件 44。再者, 尖端部分上的介质部件 44 形成为楔形, 其侧面具有朝楔形的电磁波传输侧扩展/打开的基本上是二等边三角形的形状。图 20 是示出从循环器到矩形波导的模式转换器的实例的透视图。

用于电磁波辐射的每个矩形波导 22 经用于向矩形波导 22 分配电磁波的用于电磁波分配的矩形波导 21 耦合到高频电源 2 上。可以使

用向电磁波传输机制 103 输送具有例如 10MHz-25GHz 频率的电磁波的高频电源 2。在本实施例中，采用向电磁波传输机制 103 输送具有  $2.45\text{GHz} \pm 50\text{MHz}$  的频率的电磁波的一个微波源作为高频电源 2。频率为 2.45GHz 的高频电源 2 批量生产。该电源优选是便宜的，并具有各种类型。

如上所述，在这种等离子体处理设备 101 中，电磁波经用于电磁波分配的矩形波导 21 从一个高频电源 2 输送给多个（本实施例中为三个）用于电磁辐射的矩形波导 22。这样，投射到用于电磁波辐射的矩形波导 22 中的电磁波从狭缝 15a 辐射到真空容器 4 中。应该注意的是，没有辐射而留下的电磁波最后被第三凸缘 53 反射，并在返回时再次通过狭缝 15a 辐射到真空容器 4 中。

因此，由于频率可以设置成在电磁波传输机制 103 的整个区域中是相同的，因此很容易设计用于辐射均匀能量密度的电磁波辐射部分（狭缝板 14）。

再者，可以在面向相邻狭缝 15a 之间的部分的真空容器 4 的壁的区域中设置作为冷却机制的冷却管。在这种情况下，可以在不抑制等离子体产生的情况下高效率地控制电磁波传输机制 103（用于电磁波辐射的矩形波导 22）。

当使用等离子体处理设备 101 时，例如可以在表面波等离子体条件下对待处理部件 5 进行等离子体氧化。当使用这种等离子体处理设备 101 时，例如，可以在表面波等离子体条件下在待处理部件 5 上等离子体形成膜。此外，在使用这种等离子体处理设备 101 时，可以在表面波等离子体条件下对待处理部件 5 进行等离子体蚀刻。当使用这种等离子体处理设备 101 时，可以在不破坏真空的情况下连续等离子体蚀刻等离子体氧化和通过等离子体 CVD 工艺形成的膜。在不破坏真空的情况下进行等离子体氧化和通过等离子体 CVD 工艺形成膜的等离子体处理方法将在下面作为待处理部件 5 的等离子体处理方法

的一个实例进行说明。

作为待处理部件 5，例如，制备硅衬底。待处理部件 5 设置在真空容器 4 中的支撑底座 17 上。真空排气系统工作，并且排放真空容器 4（处理腔室 4a）中的空气。之后，经进气口 18 把第一气体输送到真空容器 4 中。作为第一气体，例如，使用氧气、或氧与稀有气体的混合气体，其中所述稀有气体含有氦、氖、氩、氪和氙中的至少一种。在本实施例中，采用氧气作为第一气体，并且以这样一种方式把该气体输送给真空容器 4，以至于使用 400SCCM 的氧气，并且总压力为 20Pa。

当真空容器 4 的气压达到预定气压时，开始用电磁波进行辐射。经电磁波传输机制 103 发送给狭缝 15a 的电磁波经各个狭缝 15a 辐射到真空容器 4 中。

辐射到真空容器 4 中的电磁波激励作为第一气体的氧气。当用于覆盖的介质部件 16 附近的等离子体中的电子密度增加到一定程度时，电磁波不能在等离子体中传播，并且在等离子体中延迟。因此，任何电磁波都不会到达远离用于覆盖的介质部件 16 的区域，并且在用于覆盖的介质部件 16 附近产生表面波等离子体。

在其中产生表面波等离子体的状态下，在用于覆盖的介质部件 16 附近取得了高电子密度，并相应地产生高密度氧原子活性物质。高密度氧原子活性物质扩散到待处理部件 5 中，并有效地氧化待处理部件 5。相应地，在待处理部件 5 的表面上形成第一绝缘膜。应该注意的是，在其中产生表面波等离子体的状态下，待处理部件 5 的表面附近的电子温度很低（电子能量低），因此待处理部件 5 的表面附近的外套电场也弱。因此，由于减小了入射到待处理部件 5 中的离子能量，因此可以抑制在氧化工艺期间在待处理部件 5 上的离子损伤。

此外，从进气口 18 把第二气体输送到真空容器 4 中。作为第二气体，例如可以使用含有有机硅化合物（四烷氧基硅烷、乙烯基烷氧

基硅烷、烷基三烷氧基硅烷、苯基三烷氧基硅烷、多甲基二硅氧烷、多甲基环四硅烷等)或有机金属化合物(三甲基铝、三乙基铝、四丙氧基锆、五乙氧基钽、四丙氧基铪等)的气体。在本实施例中,氧气连续用作第一气体,并且作为四烷氧基硅烷一种的四乙氧基硅烷气体用作第二气体。再者,以这样一种方式把这些气体输送到真空容器4中,以至于使用400 SCCM的氧气作为第一气体,使用10 SCCM的四乙氧基硅烷气体作为第二气体,并且总压力为20Pa。

由第一气体产生的氧原子团与作为第二气体的四乙氧基硅烷反应。相应地,促进四乙氧基硅烷的分解,并且在待处理部件5的表面上淀积氧化硅。相应地,在第一绝缘膜上形成第二绝缘膜(通过CVD形成的氧化硅膜)。如上所述,完成了在待处理部件5上形成绝缘膜。根据该等离子体处理方法,在对待处理部件5进行氧化工艺之后,可以在不暴露于大气的情况下形成膜。因此,待处理部件和膜之间的界面可以形成为具有很少污染的令人满意的界面,并且可以在待处理部件5上形成质量令人满意的CVD膜。

如上所述,根据本实施例的等离子体处理设备101,由于在用于电磁波辐射的矩形波导22中设置介质部件31,因此可以抑制在真空容器4中产生的等离子体侵入到电磁波传输机制103中。

另外,以这样一种方式构成本实施例的等离子体处理设备101,以至于经第一电磁波传输路径103a发送的电磁波(微波)在不被反射到最远处发送给第二电磁波传输路径103b。即,用于电磁波分配的矩形波导21通过第三电磁波传输路径103c耦合到用于电磁波辐射的矩形波导22上,其中第三电磁波传输路径103c具有其内部尺寸相对于电磁波的传输方向而改变的形状。楔形介质部件52设置在连接部件50中,而连接部件50设置在第三电磁波传输路径103c中。相应地,可以抑制由于矩形波导的截面面积变化引起的电磁波反射,以及在由介质材料形成的密封部件41和介质部件31之间的界面

处的电磁波反射。因此，电磁波可以高效率地辐射到真空容器 4 中。

再者，根据等离子体处理设备 101，作为真空容器 4 的壁的盖子 12 具有用于电磁波辐射的矩形波导 21，它是至少用于传输电磁波的电磁波传输机制 103 的一部分。因此，根据该等离子体处理设备 101，可以简化结构。可以在真空容器 4 中产生大面积均匀的等离子体。另外，甚至对待处理部件 5，例如矩形衬底或大面积衬底，也可以令人满意地进行等离子体处理。

再者，根据等离子体处理设备 101，可以从真空容器 4 除去用于将电磁波施加到真空容器 4 中的电磁波传输窗口。另外，用于保持真空容器 4 真空的密封部分可以是用于电磁波分配的矩形波导 21 连接到真空容器 4 的连接部分、将盖子 12 连接到容器主体 11 等的连接部分等。因此，与常规等离子体处理设备相比，在本实施例的等离子体处理设备中可以减少密封部分。

此外，根据本实施例的等离子体处理设备 101，可以通过具有很少离子损伤的表面波等离子体对待处理部件 5 进行等离子体处理。

本发明的等离子体处理设备和等离子体处理方法不限于上述实施例，并且可以在不脱离本发明范围的情况下进行各种修改。

本领域的技术人员很容易地想到另外的优点和修改。因此，本发明在其较广的方面不限于这里所示和所述的具体细节和代表性的实施例。相应地，在不脱离由所附权利要求书及其等效形式所确定的一般发明概念的精神或范围的情况下可以进行各种修改。



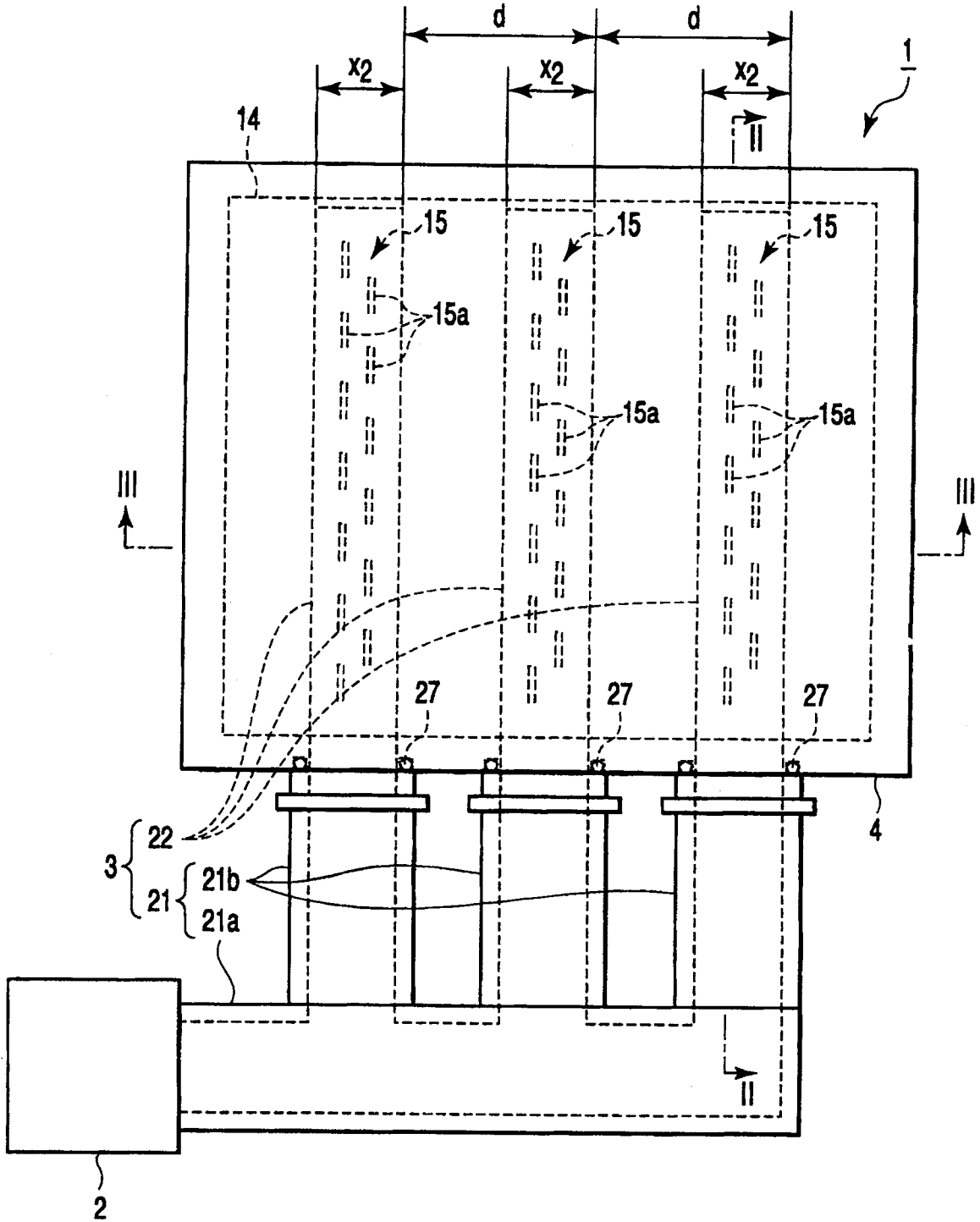


图1

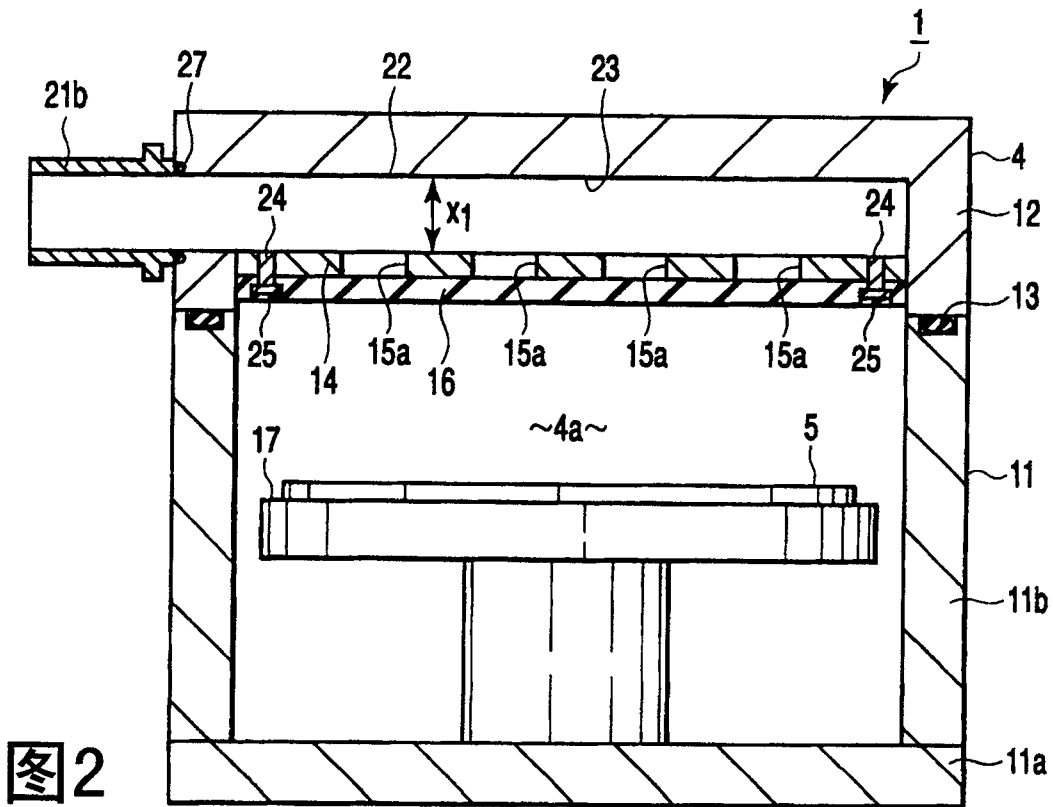


图2

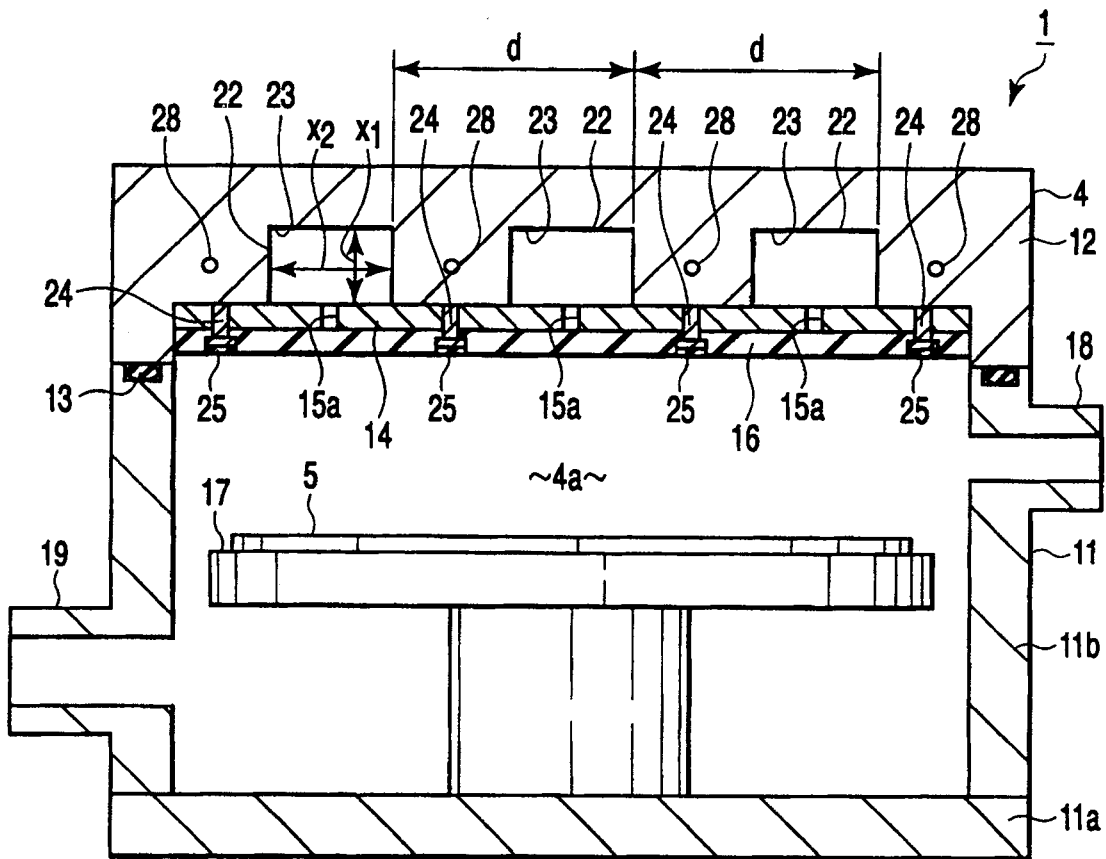


图3

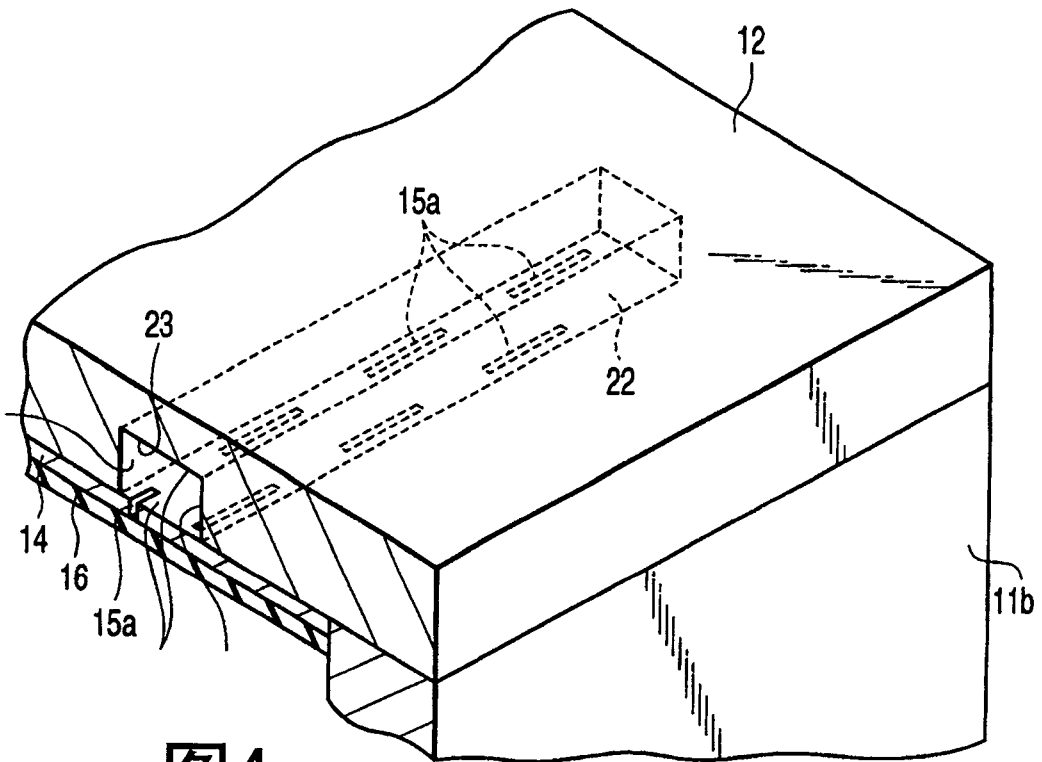


图4

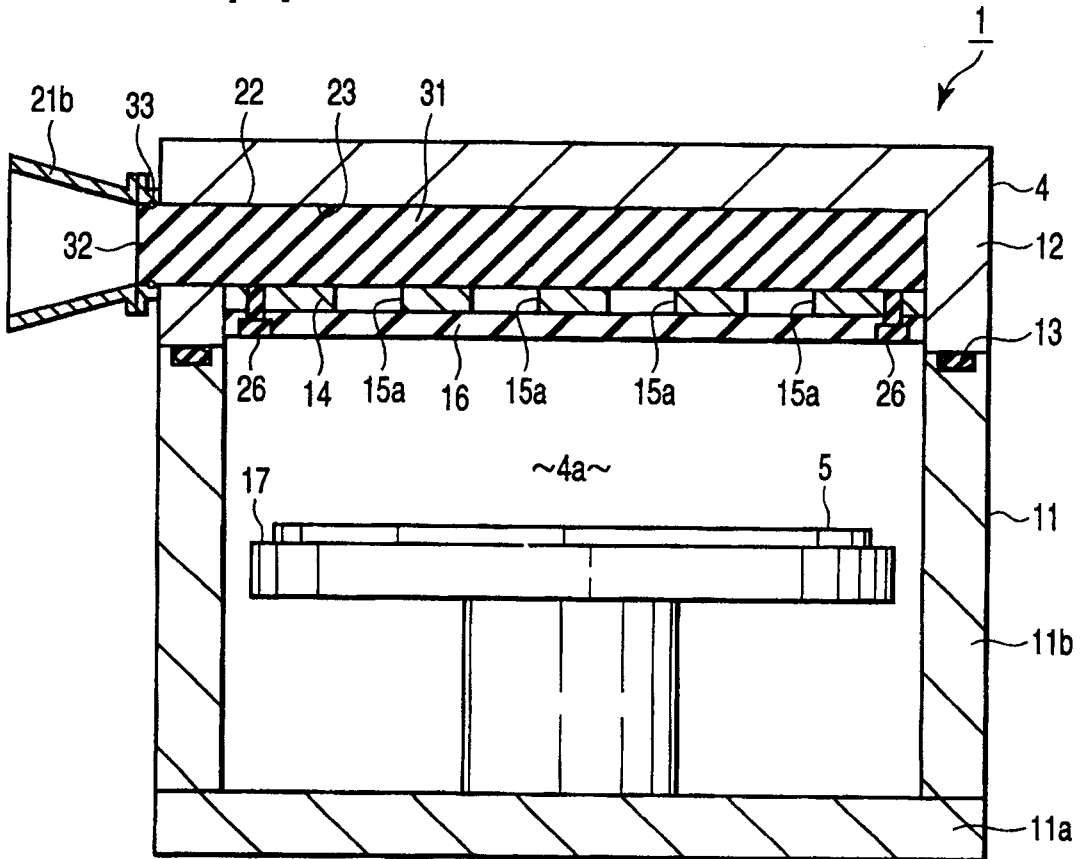


图6

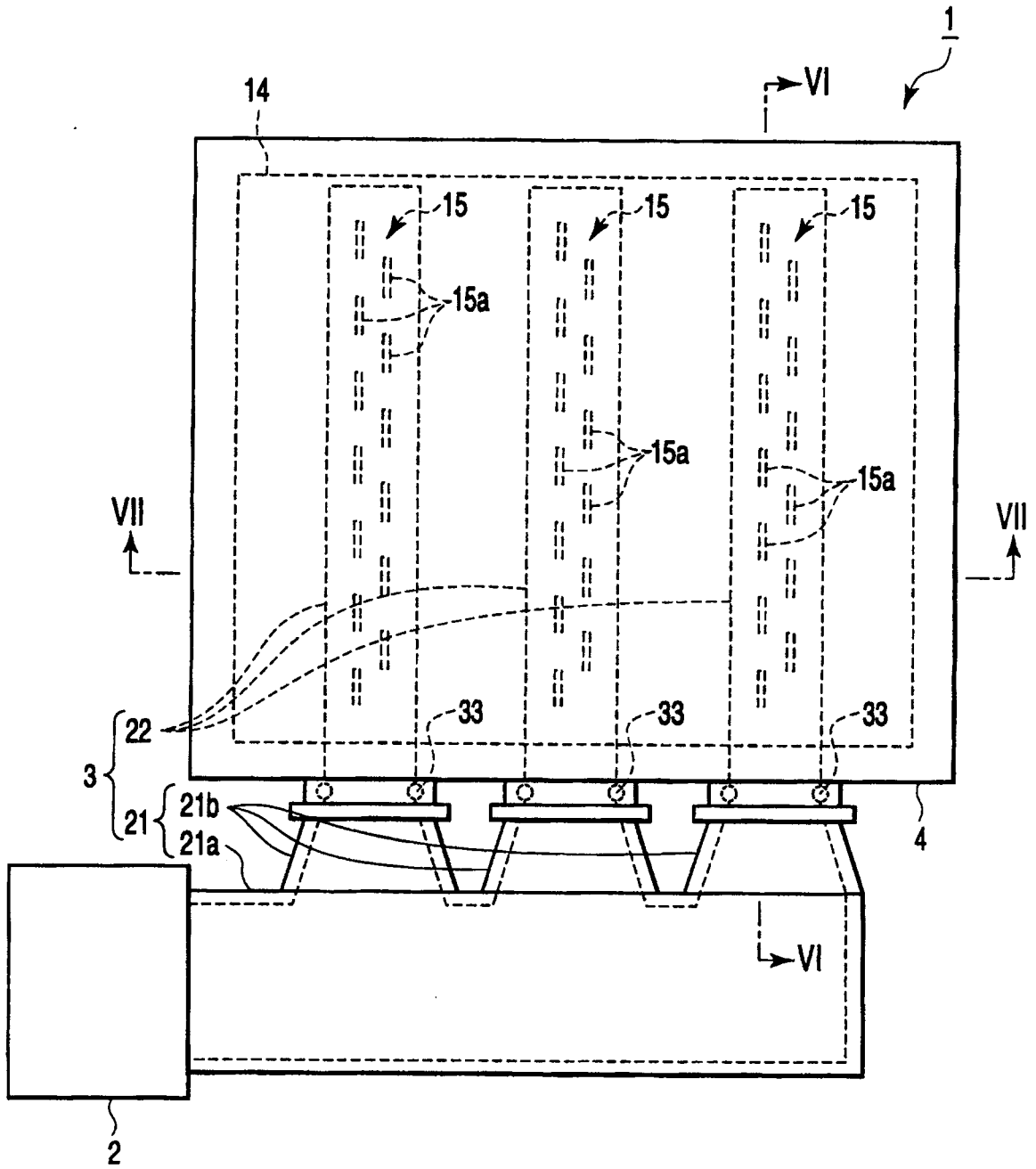


图5

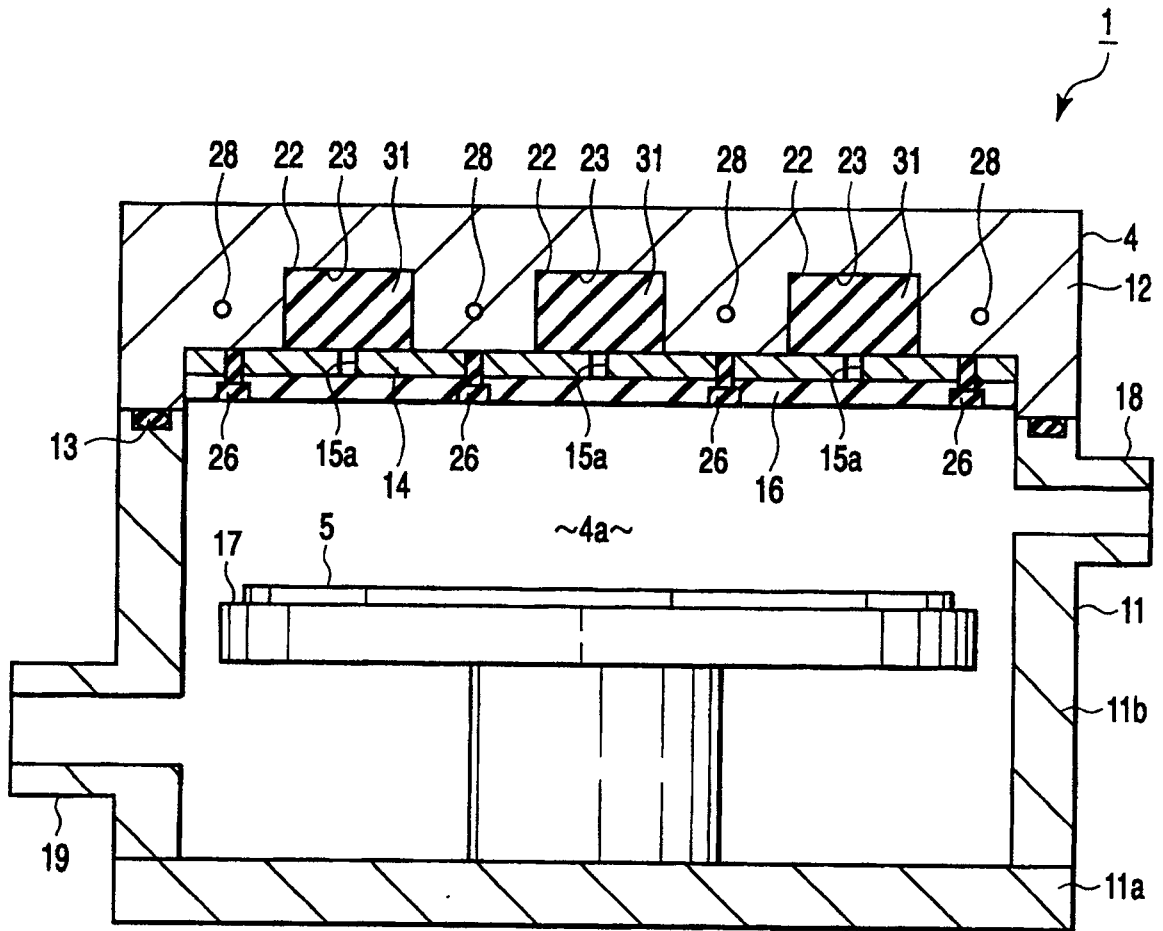


图7

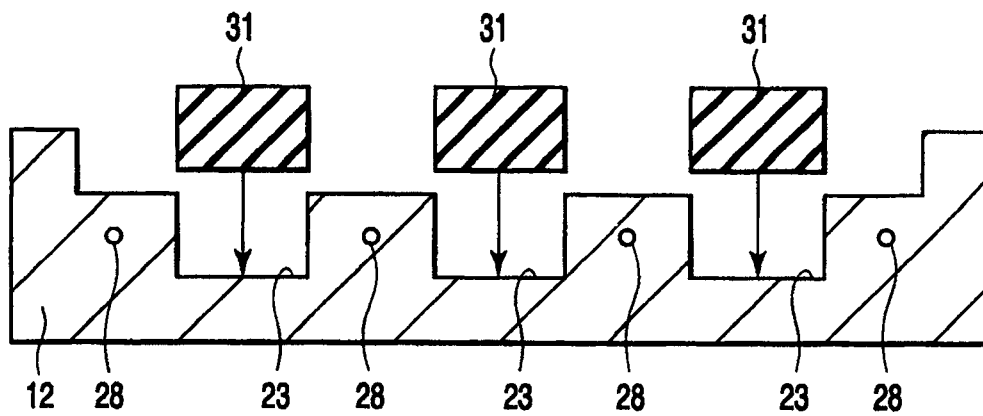


图8A

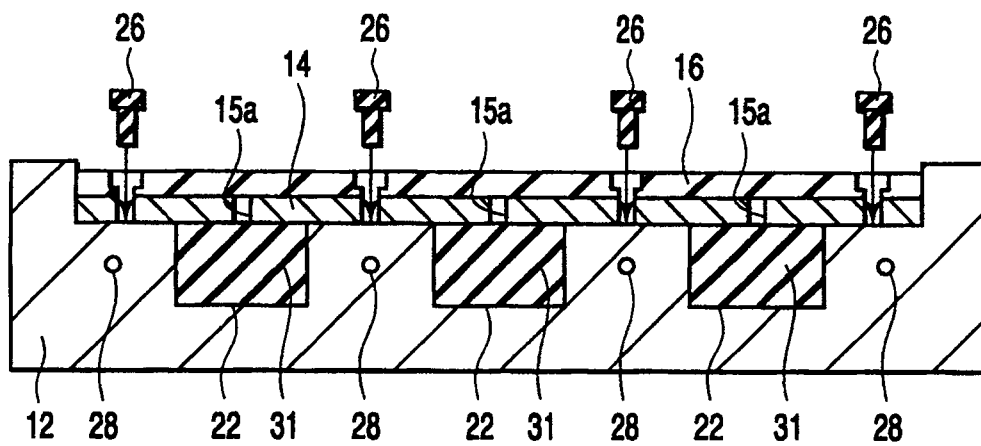


图8B

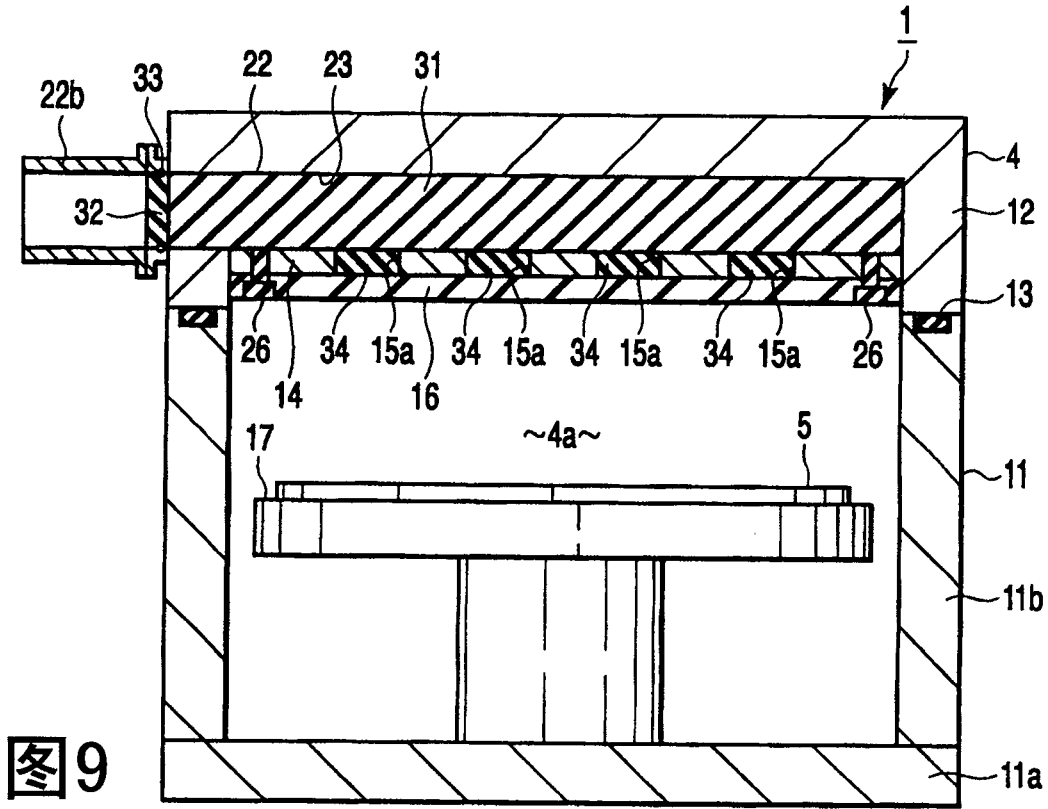


图9

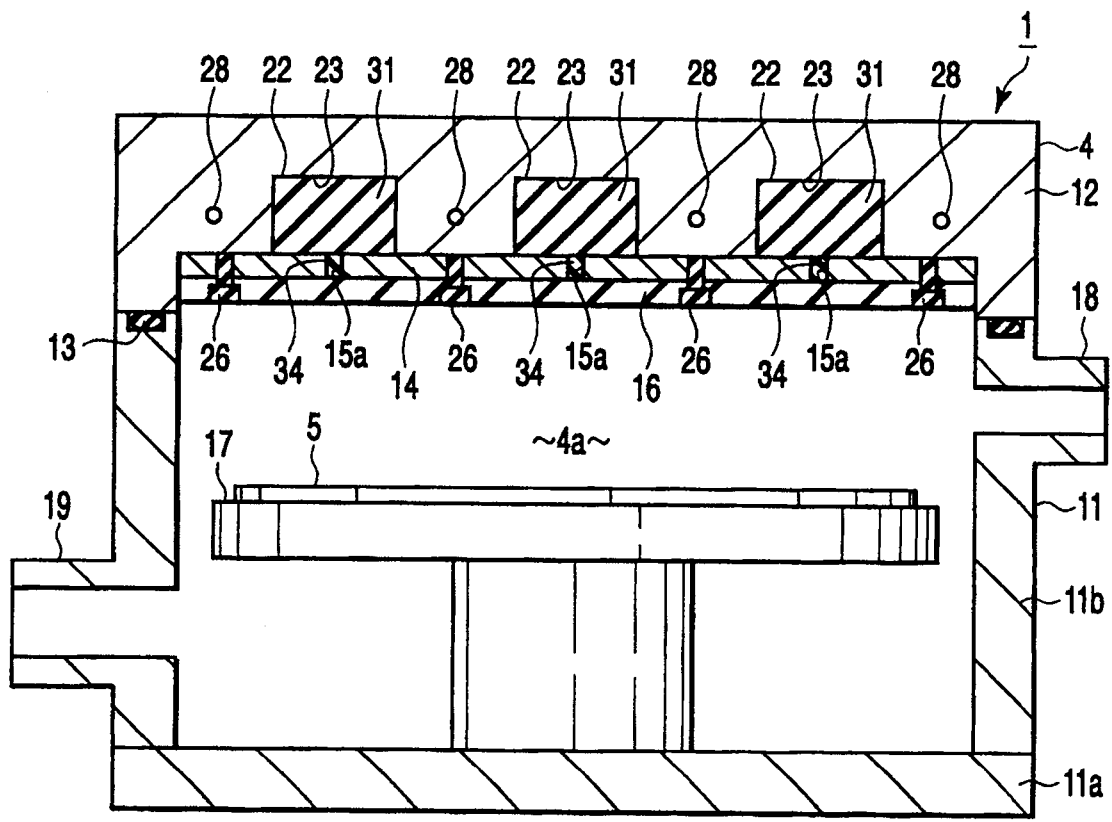


图10

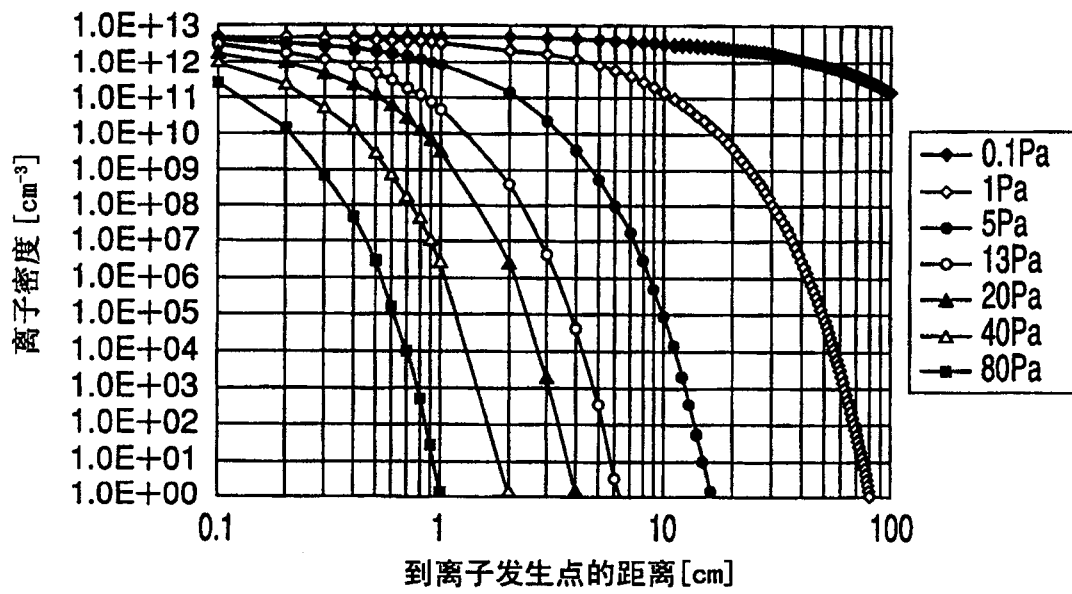


图11

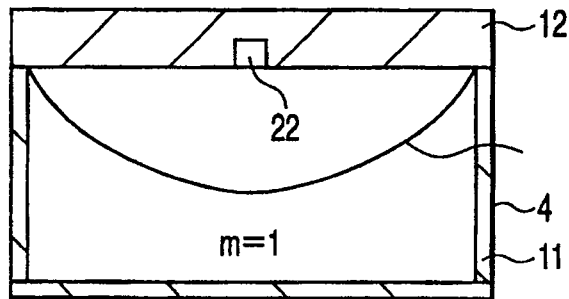


图12

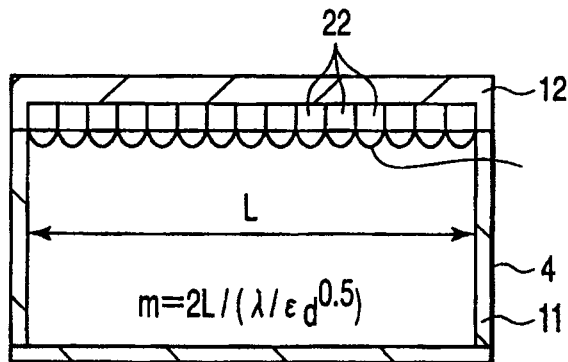


图13



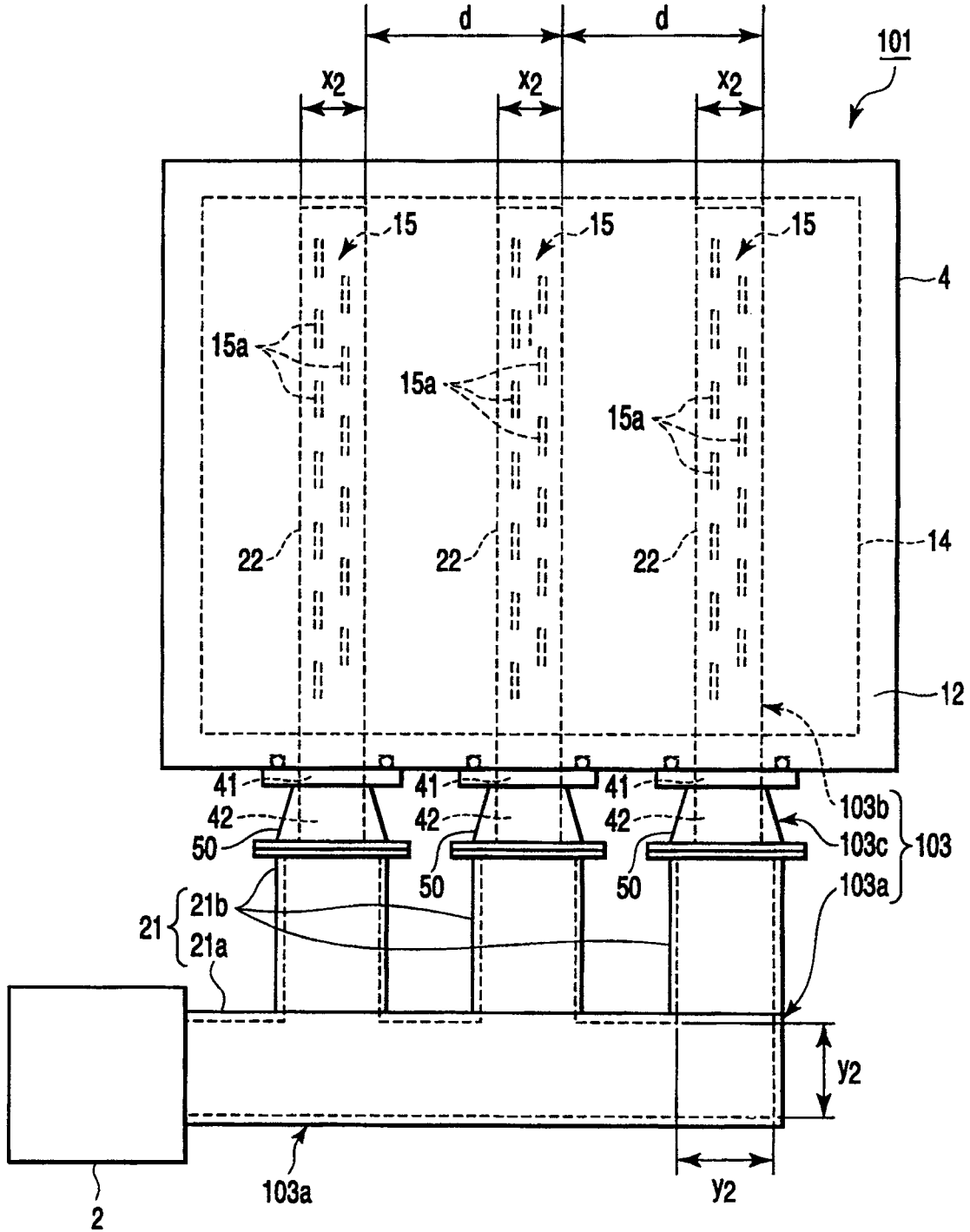


图14

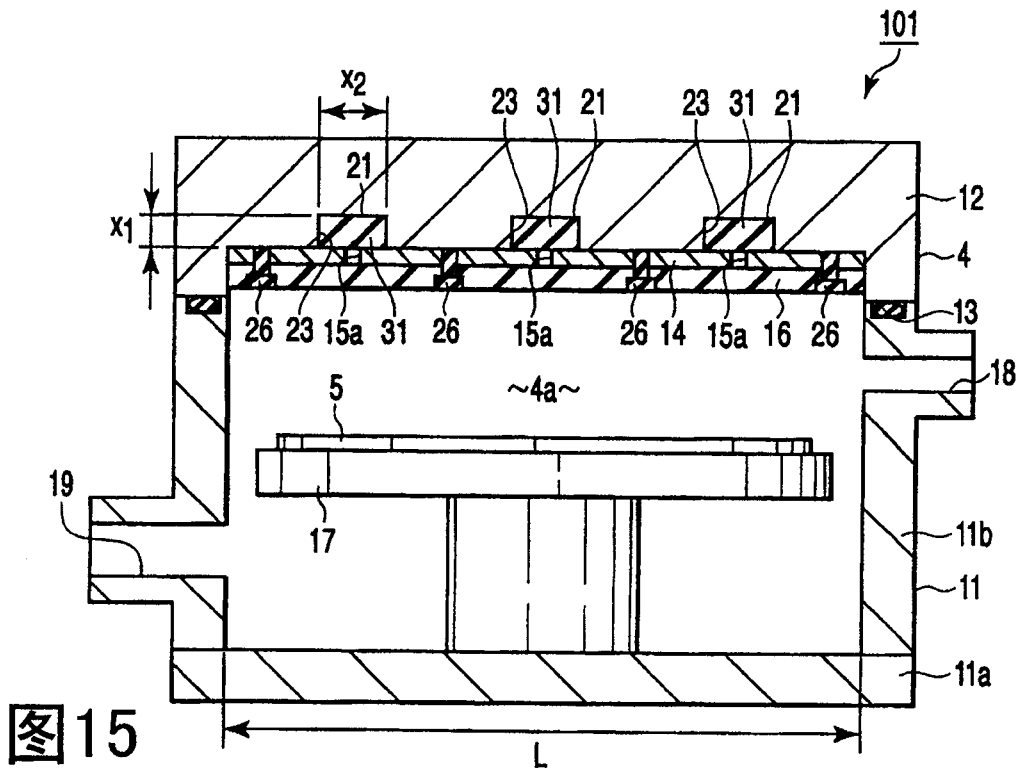


图15

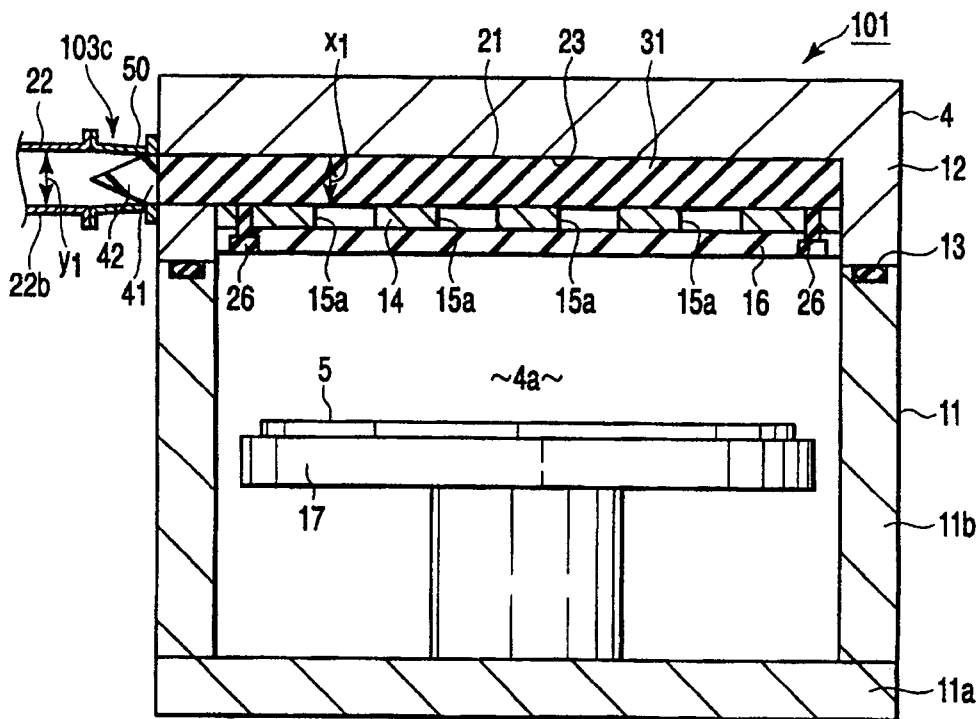


图16

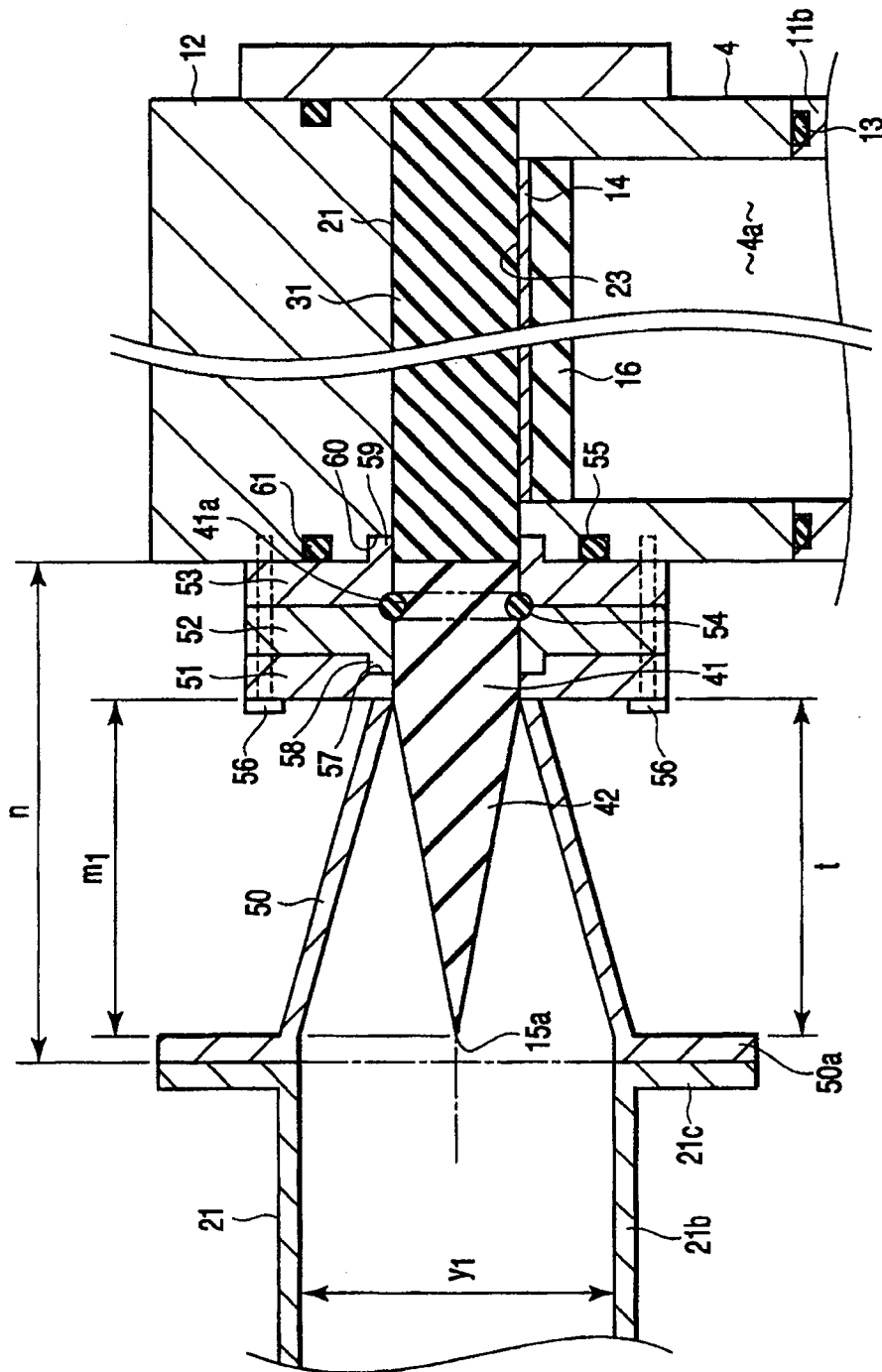


图17

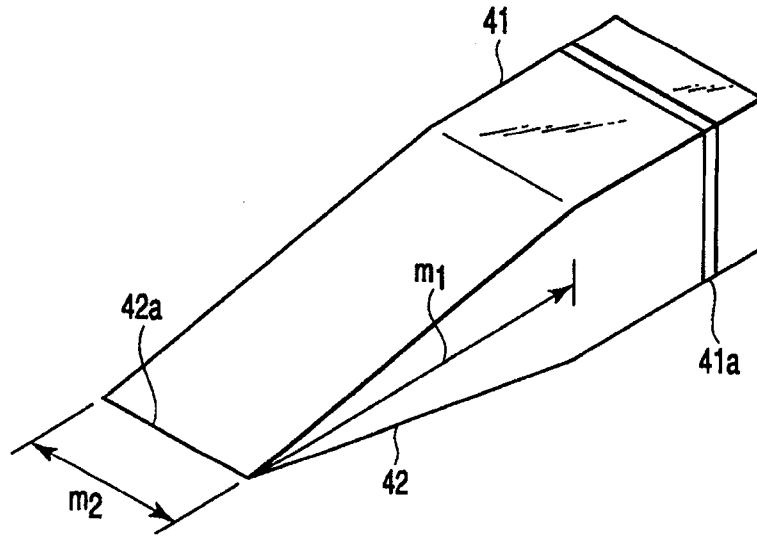


图18

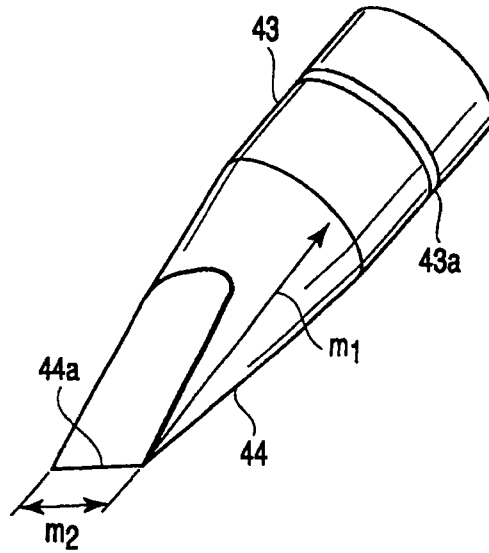


图19

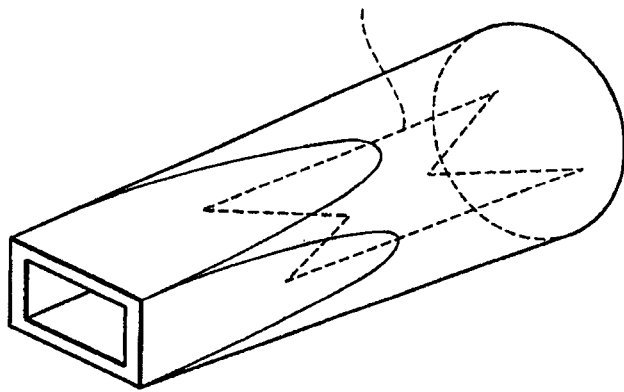


图20