

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680007051.0

H05H 1/46 (2006.01)

C23C 16/511 (2006.01)

H01L 21/205 (2006.01)

H01L 21/302 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 2 月 27 日

[11] 公开号 CN 101133688A

[22] 申请日 2006.2.21

[21] 申请号 200680007051.0

[30] 优先权

[32] 2005.3.4 [33] JP [31] 060151/2005

[86] 国际申请 PCT/JP2006/303048 2006.2.21

[87] 国际公布 WO2006/092985 日 2006.9.8

[85] 进入国家阶段日期 2007.9.4

[71] 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 田才忠 石桥清隆 野泽俊久

山本伸彦

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 龙 淳

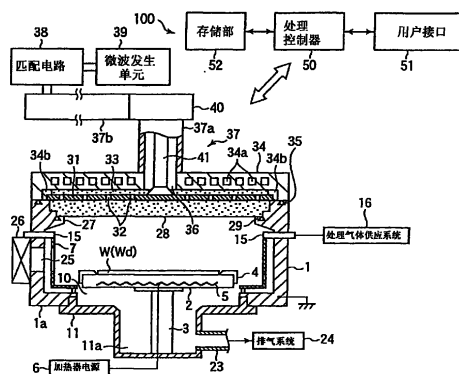
权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称

微波等离子体处理装置

[57] 摘要

本发明是一种微波等离子体处理装置，其包括：收容待处理物体的腔室；将处理气体供应到腔室中的处理气体供应单元；产生微波的微波发生源，该微波用于在腔室中形成处理气体的等离子体；将微波发生源所产生的微波导向腔室的波导单元；由导体材料制成的平面天线，其设置有用将波导单元所引导的微波向腔室辐射的多个微波辐射孔；由介电材料制成的微波透射板，该微波透射板用作腔室的顶壁并透射已经穿过平面天线的微波辐射孔的微波；以及布置于平面天线的相对于微波透射板的相反侧上的慢波板，该慢波板具有缩短到达平面天线的微波的波长的功能。平面天线和微波透射板彼此接触，在它们之间基本上没有空气，慢波板和微波透射板由相同材料制成，并且由慢波板、平面天线、微波透射板和腔室中形成的处理气体的等离子体形成的等效电路满足谐振条件。



1. 一种微波等离子体处理装置，包括：

腔室，其收容待处理物体；

处理气体供应单元，其将处理气体供应到所述腔室中；

产生微波的微波发生源，所述微波用于在所述腔室中形成所述处理气体的等离子体；

波导单元，其将所述微波发生源所产生的所述微波导向所述腔室；

由导体材料制成的平面天线，其设置有助于将所述波导单元所引导的所述微波向所述腔室辐射的多个微波辐射孔；

由介电材料制成的微波透射板，所述微波透射板用作所述腔室的顶壁并透射已经穿过所述平面天线的所述微波辐射孔的微波；以及

布置于所述平面天线的相对于所述微波透射板的相反侧上的慢波板，所述慢波板具有缩短到达所述平面天线的微波的波长的功能；

其中所述平面天线和所述微波透射板彼此接触，在它们之间基本上没有空气，

所述慢波板和所述微波透射板由相同材料制成，并且

由所述慢波板、所述平面天线、所述微波透射板和所述腔室中形成的所述处理气体的等离子体形成的等效电路满足谐振条件。

2. 一种微波等离子体处理装置，包括：

腔室，其收容待处理物体；

处理气体供应单元，其将处理气体供应到所述腔室中；

产生微波的微波发生源，所述微波用于在所述腔室中形成所述处理气体的等离子体；

波导单元，其将所述微波发生源所产生的所述微波导向所述腔室；

由导体材料制成的平面天线，其设置有助于将所述波导单元所引导的所述微波向所述腔室辐射的多个微波辐射孔；

由介电材料制成的微波透射板，所述微波透射板用作所述腔室的顶壁并透射已经穿过所述平面天线的所述微波辐射孔的微波；以及

布置于所述平面天线的相对于所述微波透射板的相反侧上的慢波

板，所述慢波板具有缩短到达所述平面天线的微波的波长的功能；

其中所述平面天线和所述微波透射板彼此接触，在它们之间基本上没有空气，

所述慢波板和所述微波透射板由材料介电常数之间的比值在 70% 和 130%之间的范围内的材料制成，并且

由所述慢波板、所述平面天线、所述微波透射板和所述腔室中形成的所述处理气体的等离子体形成的等效电路满足谐振条件。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的微波等离子体处理装置，其中
所述微波透射板的厚度处于导入到所述微波透射板中的微波波长的 1/2 和 1/4 之间的范围内，并且

所述平面天线的微波反射比处于 0.4 和 0.8 之间的范围内。

4. 如权利要求 1 至 3 中的任一项所述的微波等离子体处理装置，
其中

所述波导单元包括：以 TE 模式传播从所述微波发生源产生的所述微波的矩形波导管，将所述 TE 模式转换成 TEM 模式的模式转换器，以及将转换成所述 TEM 模式的微波向所述平面天线传播的同轴波导管。

5. 如权利要求 1 至 4 中的任一项所述的微波等离子体处理装置，
其中

所述平面天线中形成的每个微波辐射孔呈长槽状，

每相邻的两个微波辐射孔以彼此交叉的方向布置，以便形成一个微波辐射孔对，并且

多个微波辐射孔对被同心地布置。

6. 如权利要求 1 至 5 中的任一项所述的微波等离子体处理装置，
进一步包括：

覆盖所述慢波板和所述平面天线的盖部件。

7. 如权利要求 6 所述的微波等离子体处理装置，其中
所述盖部件设置有冷媒通道，并且
通过使冷媒流过所述冷媒通道来对所述慢波板、所述平面天线和
所述微波透射板进行冷却。

8. 如权利要求 1 至 7 中的任一项所述的微波等离子体处理装置，
其中
所述微波的频率为 2.45 GHz，
所述慢波板和所述微波透射板的相对介电常数处于 3.5 和 4.5 之
间，并且
所述微波辐射孔被布置成双圈。

9. 如权利要求 1 至 8 中的任一项所述的微波等离子体处理装置，
其中
所述慢波板和所述微波透射板由石英制成，并且
所述微波等离子体处理装置是等离子体蚀刻装置或等离子体表面
改性装置。

10. 如权利要求 1 至 7 中的任一项所述的微波等离子体处理装置，
其中
所述慢波板和所述微波透射板由氧化铝制成，并且
所述微波等离子体处理装置是等离子体 CVD 装置。

微波等离子体处理装置

技术领域

本发明涉及一种利用微波等离子体对待处理物体进行处理的微波等离子体处理装置。

背景技术

等离子体处理是半导体器件制造中必不可少的技术。随着对 LSI 的更高的集成度和更高的速度的持续需求,构成 LSI 的半导体器件的设计规则已经越来越微型化。同时,半导体晶片的尺寸已经得到大型化。据此,需要有适合于微型化的设计规则以及大型化的半导体晶片的等离子体处理装置。

然而,普遍采用的平行板型或感应耦合型的传统等离子体处理装置,由于使用的电子温度很高,而有可能对精细器件造成等离子体损伤。另外,由于等离子体密度较高的区域受到限制,所以难以对大型的半导体晶片进行均匀、迅速的等离子体处理。

因此,能够均匀地形成高密度和低电子温度的等离子体的 RLSA (径向线缝隙天线)微波等离子体处理装置,已经引起广泛的关注(例如,JP2000-294550A)。

RLSA 微波等离子体装置具有布置于腔室上方的平面天线(径向线缝隙天线)。在平面天线中,以预定图案形成有许多缝隙。引导自微波发生源的微波通过平面天线内的缝隙朝腔室辐射。通过布置于平面天线下方的由介电材料制成的微波透射板,将微波辐射到保持在真空状态下的腔室中。由于微波电场的作用,导入到腔室中的气体被变成等离子体。通过由此产生的等离子体对待处理物体如半导体晶片进行等离子体处理。

RLSA 微波等离子体处理装置可以在天线正下方的广阔区域内实现很高的等离子体密度,使得可以在短时间内实现均匀的等离子体处理。而且,可以形成低电子温度的等离子体,器件受损较小。

在 RLSA 微波等离子体处理装置中，已知有一种技术，其在平面天线和微波透射板之间设置气隙，用于调节微波透射板中的微波电场分布，以便使等离子体模式稳定（Jpn. Appl. Phys. Vol. 38 (1999) pp.2082-2088 Part 1, No. 4A, April 1999）。

然而，由于气隙的阻抗高于形成微波透射板的介电材料的阻抗，所以在平面天线和微波透射板之间设置气隙，会增加气隙中的微波功率损耗。结果，微波功率效率可能会降低，或者在天线内部可能会很容易发生异常放电。

发明内容

本发明就是考虑到上述情况而做出的。本发明的目的在于提供一种微波等离子体处理装置，其微波功率损耗小，微波功率效率不会降低，并且天线内部不太可能发生异常放电。

为了实现上述目的，本发明是一种微波等离子体处理装置，其包括：收容待处理物体的腔室；将处理气体供应到腔室中的处理气体供应单元；产生微波的微波发生源，该微波用于在腔室中形成处理气体的等离子体；将微波发生源所产生的微波导向腔室的波导单元；由导体材料制成的平面天线，其设置有助于将波导单元所引导的微波向腔室辐射的多个微波辐射孔；由介电材料制成的微波透射板，该微波透射板用作腔室的顶壁并透射已经穿过平面天线的微波辐射孔的微波；以及布置于平面天线的相对于微波透射板的相反侧上的慢波板，该慢波板具有缩短到达平面天线的微波的波长的功能；其中平面天线和微波透射板彼此接触，在它们之间基本上没有空气，慢波板和微波透射板由相同材料制成，并且由慢波板、平面天线、微波透射板和腔室中形成的处理气体的等离子体形成的等效电路满足谐振条件。

根据本发明，由于平面天线和微波透射板彼此接触，以便消除传统上形成的气隙，因此不可能存在由这种气隙造成的微波功率损耗。因此，可以抑制微波功率效率的降低和/或天线内部异常放电的发生。

仅消除气隙会增加微波的反射，从而损害等离子体的稳定性。然而，根据本发明，由于由慢波板、平面天线、微波透射板和等离子体形成的等效电路可以谐振，所以可以使微波的反射最小化。而且，由

于慢波板和微波透射板由相同材料制成，所以可以防止微波的界面反射，使得可以稳定地维持等离子体。

另外，本发明是一种微波等离子体处理装置，其包括：收容待处理物体的腔室；将处理气体供应到腔室中的处理气体供应单元；产生微波的微波发生源，该微波用于在腔室中形成处理气体的等离子体；将微波发生源所产生的微波导向腔室的波导单元；由导体材料制成的平面天线，其设置有用将波导单元所引导的微波向腔室辐射的多个微波辐射孔；由介电材料制成的微波透射板，该微波透射板用作腔室的顶壁并透射已经穿过平面天线的微波辐射孔的微波；以及布置于平面天线的相对于微波透射板的相反侧上的慢波板，该慢波板具有缩短到达平面天线的微波的波长的功能；其中平面天线和微波透射板彼此接触，它们之间基本上没有空气，慢波板和微波透射板由材料介电常数之间的比值在 70% 和 130% 之间的范围内的材料制成，并且由慢波板、平面天线、微波透射板和腔室中形成的处理气体的等离子体形成的等效电路满足谐振条件。

根据本发明，由于平面天线和微波透射板彼此接触，以便消除传统上形成的气隙，所以不可能存在由这种气隙造成的微波功率损耗。因此，可以抑制微波功率效率的降低和/或天线内部异常放电的发生。

仅消除气隙会增加微波的反射，从而损害等离子体的稳定性。然而，根据本发明，由于由慢波板、平面天线、微波透射板和等离子体形成的等效电路可以谐振，所以可以使微波的反射最小化。而且，由于慢波板和微波透射板由材料介电常数之间的比值在 70% 和 130% 之间的范围内的材料制成，所以可以防止微波的界面反射，使得可以稳定地维持等离子体。

在任一项上述发明中，微波透射板的厚度均在导入到微波透射板中的微波波长的 $1/2$ 和 $1/4$ 之间的范围内，并且平面天线的微波反射比在 0.4 和 0.8 之间的范围内。在这些条件下，等效电路可以满足谐振条件。

作为波导单元，可以采用这样的波导单元，其包括：以 TE 模式传播从微波发生源产生的微波的矩形波导管，将 TE 模式转换成 TEM 模式的模式转换器，以及将转换成 TEM 模式的微波向平面天线传播的同

轴波导管。

另外，优选的是，平面天线中形成的每个微波辐射孔呈长槽状，每相邻的两个微波辐射孔以彼此交叉的方向布置，以便形成一个微波辐射孔对，并且多个微波辐射孔对被同心地布置。

另外，可以进一步设置覆盖慢波板和平面天线的盖部件。在这种情况下，优选的是，盖部件设置有冷媒通道，并且通过使冷媒流过冷媒通道来对慢波板、平面天线和微波透射板进行冷却。相比于由于存在导热性较低的气隙而不能得到充分冷却的传统微波透射板，由于该结构中没有气隙，所以可以对微波透射板进行充分冷却。

例如，微波的频率为 2.45 GHz，慢波板和微波透射板的相对介电常数处于 3.5 和 4.5 之间，并且微波辐射孔被布置成双圈。

例如，优选的是，慢波板和微波透射板由石英制成，并且微波等离子体处理装置是等离子体蚀刻装置或等离子体表面改性装置。

可选地，优选的是，慢波板和微波透射板由氧化铝制成，并且微波等离子体处理装置是等离子体 CVD 装置。

附图说明

图 1 是根据本发明的一个实施例的微波等离子体处理装置的示意性截面图；

图 2 是平面天线的结构的平面图；

图 3 是由慢波板、平面天线、微波透射板和等离子体形成的等效电路的示图；

图 4 (a) 和 4 (b) 是用于解释微波透射板的厚度的示图；

图 5 是根据本发明的微波等离子体处理装置中的微波透射板表面上的电场分布的模拟结果的示图；

图 6 是根据本发明的微波等离子体处理装置中的电子温度分布的实例的测量结果的图；

图 7 是根据本发明的微波等离子体处理装置中的电子密度分布的实例的示图；

图 8 (a) 是根据本发明的微波等离子体处理装置中的微波透射板表面上的微波电场强度的模拟结果的示图；并且

图 8 (b) 是传统微波等离子体处理装置中的微波透射板表面上的微波电场强度的模拟结果的示意图。

具体实施方式

下面参考附图对本发明的实施例进行具体说明。

图 1 是根据本发明的一个实施例的微波等离子体处理装置的示意性截面图。

微波等离子体处理装置 100 被构造为 RLSA 微波等离子体处理装置，其通过使用以预定图案形成有许多缝隙的平面天线（径向线缝隙天线），来将引导自微波发生源的微波辐射到腔室中以便在其中形成等离子体。

微波等离子体处理装置 100 包括气密密封并且接地的基本上为圆筒状的腔室 1。腔室 1 的底壁 1a 的基本上中央的部分中形成有圆形开口 10。在底壁 1a 上，布置有与开口 10 连通并向下延伸的排气室 11。腔室 1 包括用于水平支撑作为待处理基板的晶片 W 的基座 2。基座 2 由陶瓷如 AlN 制成。基座 2 由从排气室 11 的底部中央向上延伸的圆筒状支撑部件 3 支撑。支撑部件也由陶瓷如 AlN 制成。用于引导晶片 W 的导环 4 布置在基座 2 的外边缘上。基座 2 中嵌入有电阻加热器 5。利用从加热器电源 6 供给的电力，加热器 5 对基座 2 进行加热。基座 2 的热对作为待处理物体的晶片 W 进行加热。腔室 1 的内周壁上布置有由石英制成的圆筒状衬套 7。

基座 2 具有用于支撑晶片 W 并使其竖直移动的晶片支撑销（未示出），使得这些销可相对于基座 2 的表面伸出和缩回。

腔室 1 的侧壁上布置有环状进气部件 15。处理气体供应系统 16 连接于进气部件 15。因此，预定的处理气体从处理气体供应系统 16 经过进气部件 15 被导入腔室 1 中。进气部件可以布置成喷头状。使用适合于各种等离子体处理的气体作为处理气体。例如，当钨基栅电极经历氧化处理如选择性氧化处理时，使用 Ar 气、H₂ 气、O₂ 气等。

排气管 23 连接于排气室 11 的侧表面。包括高速真空泵的排气系统 24 连接于排气管 23。当排气系统 24 被启动时，腔室 1 中的气体被均匀地排放到排气室 11 的下部空间 11a 中，然后通过排气管 23 被排放。

因此，腔室 1 的内部可以迅速减压到预定的真空度（例如 0.133 Pa）。

在腔室 1 的侧壁中，布置有装载/卸载口 25 和用于打开和关闭装载/卸载口 25 的闸门阀 26，其中晶片 W 通过所述装载/卸载口 25 在腔室 1 和相邻于等离子体处理装置 100 的传送室（未示出）之间传送。

腔室 1 的上部具有开口。沿开口的周边部分布置有环状支撑部 27。透射微波的微波透射板 28 经由密封部件 29 气密地布置在支撑部 27 上。因此，腔室 1 的内部保持密封。微波透射板 28 由介电材料如石英和陶瓷（如 Al_2O_3 ）制成。

微波透射板 28 的上方布置有圆盘状平面天线 31。平面天线 31 经由微波透射板 28 与基座 2 相对。平面天线 31 与腔室 1 侧壁的上端接合。平面天线 31 由导体材料（如表面镀有金的铜板或铝板）制成。平面天线 31 设置有以预定图案形成的许多微波辐射孔（缝隙）32。即，平面天线 31 构成了 RLSA 天线。如图 2 所示，每个微波辐射孔 32 均为例如长槽状。在图 2 所示的实例中，每两个相邻的微波辐射孔以彼此交叉的方向布置，典型地，以彼此垂直的方向布置（形成“T 形”）。这些成对（成组）的微波辐射孔 32 被同心地布置。例如，每个微波辐射孔 32 的长度和两个相邻的微波辐射孔 32 的对（组）之间的距离被确定为对应于微波的波长。在图 2 中，优选的是，同心地布置的两对（组）微波辐射孔 32 之间的径向距离 Δr 与下述慢波板 33 中的微波的波长相等，并且从平面天线 31 的中央到最内部的微波辐射孔 32 的长度与距离 Δr 一致，以便从平面天线 31 辐射出强电场。在图 2 所示的实例中，布置有四转（四圈）微波辐射孔 32。每个微波辐射孔 32 的形状是任选的。即，微波辐射孔 32 可以是圆形或弓形。另外，（成组的）微波辐射孔 32 的布置方式不受特别限定。例如，除了同心布置之外，微波辐射孔 32 还可以呈螺旋状或放射状布置。

在平面天线 31 的上表面上，布置有由介电常数大于真空的介电材料制成的慢波板 33。慢波板 33 的功能是，与真空中的微波波长相比，缩短慢波板中的微波的波长。

腔室 1 的上表面上布置有屏蔽盖部件 34，以便覆盖平面天线 31 和慢波板 33。屏蔽盖部件 34 由金属材料如铝或不锈钢制成。腔室 1 的上表面和屏蔽盖部件 34 用密封部件 35 密封。

屏蔽盖部件 34 设置有冷却水通道 34a。通过使冷却水流过冷却水通道 34a, 平面天线 31、微波透射板 28、慢波板 33 和屏蔽盖部件 34 可以得到冷却。屏蔽盖部件 34 被接地。

屏蔽盖部件 34 的中央形成有开口 36。波导管 37 连接于开口 36。微波发生单元 39 经由匹配电路 38 连接于波导管 37 的末端。因此, 微波发生单元 39 已经产生的波长为例如 2.45 GHz 的微波, 通过波导管 37 传播至平面天线部件 31。可选地, 可以使用波长为 8.35 GHz 或 1.98 GHz 的微波。

波导管 37 具有圆形横截面的同轴波导管 37a 和矩形横截面的矩形波导管 37b, 其中同轴波导管 37a 从屏蔽盖部件 34 的开口 36 向上延伸, 矩形波导管 37b 连接于同轴波导管 37a 的上端, 并在水平方向上延伸。与同轴波导管 37a 相连的连接侧上的矩形波导管 37b 的末端部分上布置有模式转换器 40。内导体 41 穿过同轴波导管 37a 的中央延伸。内导体 41 的下端牢固地连接于平面天线 31 的中央部分。

等离子体处理装置 100 的各个构成部件均连接于处理控制器 50, 以便被处理控制器 50 控制。用户接口 51 和存储部 52 连接于处理控制器 50。用户接口 51 包括键盘和显示器, 其中处理管理者通过键盘输入例如用于管理等等离子体处理装置 100 的各个构成部件的命令, 显示器用于可视化并显示等离子体处理装置 100 的各个构成部件的工作状况。存储部 52 存储方案 (recipe), 在每个方案中记录有控制程序和/或处理条件数据, 用于在处理控制器 50 的控制下执行由等离子体处理装置 100 进行的各种处理。

随着需求的出现, 给定方案基于来自用户接口 51 的命令, 从存储部 52 被调用, 并由处理控制器 50 执行。因此, 在处理控制器 50 的控制下, 所需的处理可以通过等离子体处理装置 100 来进行。

接下来, 将在下面对该实施例中的慢波板 33、平面天线 31 和微波透射板 28 进行更详细的说明。

在该实施例中, 如图 1 所示, 平面天线 31 和微波透射板 28 彼此紧密接触, 由此不存在传统的气隙。慢波板 33 和平面天线 31 也彼此接触。然而, 仅消除气隙会增加从模式转换器 40 看到的微波的反射, 这会损害等离子体的稳定性以及微波功率效率。

因此,在该实施例中,如图3所示,由慢波板33、平面天线31、微波透射板28和等离子体形成的等效电路满足谐振条件。另外,慢波板33和微波透射板28由相同材料制成。由于等效电路满足谐振条件,所以微波的反射可以得到最小化。同时,由于慢波板33和微波透射板28由相同材料制成,所以微波的界面反射可以得到防止。因此,可以有利地维持微波功率效率,同时可以提高等离子体的稳定性。

如图3所示,慢波板33和等离子体透射板28充当电容器,平面天线31充当电阻,并且等离子体充当线圈。如图3的等效电路所示,当慢波板33的电容表示为C1,等离子体透射板28的电容表示为C2,平面天线31的电阻表示为R,等离子体的电感表示为L,并且微波频率表示为f时,必须满足下面的表达式(1),以实现谐振状态。即,

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots (1)$$

其中 $C = 1 / \{(1/C1) + (1/C2)\}$ 。

为了满足谐振条件,有效的是,限定电容的微波透射板28的厚度处于微波透射板28中的微波的波长的1/2和1/4 ($1/2\lambda$ 和 $1/4\lambda$)之间的范围内,并且从模式转换器40看到的平面天线31的微波反射比(功率反射系数)处于0.4和0.8之间的范围内。

上面的表达式(1)中包括的限定谐振条件的电容值与构成部件的厚度成反比。至于慢波板33,当其厚度较窄时,平面天线31和微波透射板28可以得到有效的冷却。因此,微波透射板28的厚度(其是对电容C的值具有支配影响的电容C2)被限定在实现谐振的范围内。当微波透射板28的厚度大于导入微波透射板28中的微波的波长的1/2,或小于其1/3时,满足谐振条件的区域变得更小。当微波透射板28的厚度小于微波波长的1/4时,难以引起谐振现象。

如图4(a)所示,当微波透射板28具有平坦形状时,使用其实际厚度d1作为微波透射板28的厚度。在这种情况下,当微波透射板28的电容表示为CF,其相对介电常数表示为 ϵ_0 ,并且其表面积表示为S1时,满足下面的表达式(2)。

$$CF = \epsilon_0 (S1/d1) \dots (2)$$

另一方面,当微波透射板28具有复杂的形状时,使用从电容的表

达式中计算的相应厚度 d_2 作为微波透射板 28 的厚度。即，当复杂形状的微波透射板 28 的电容表示为 CC ，并且其表面积表示为 S_2 时，满足下面的表达式 (3)。表面积 S_2 可以必然地获得。因此，当由于形状复杂而难以获得厚度 d_2 时，对电容 CC 进行实际测量，此后对表达式 (3) 进行逆向运算，以获得用作微波透射板 28 的厚度的相应厚度 d_2 。

$$CC = \epsilon_0 (S_2/d_2) \dots (3)$$

如图 4 (b) 所示，相应厚度 d_2 对应于较大厚度和较小厚度的平均厚度。

当平面天线 31 的微波反射比低于 0.4 时，难以对谐振条件进行调节。这是因为，当频率被改变时相位发生很大的改变。另一方面，当平面天线 31 的微波反射比超过 0.8 时，本质上难以满足谐振条件。

优选地，慢波板 33 和微波透射板 28 由相同材料制成。然而，即使当慢波板 33 和微波透射板 28 由不同的材料制成时，也已经通过模拟确认出：谐振条件可以恒定地得到确保，只要这些材料的介电常数之间的比值处于 70% 和 130% 之间的范围内。

在如上构造的等离子体处理装置 100 中，首先打开闸门阀 26，并将作为待处理物体的晶片 W 经由装载/卸载口 25 装入腔室 1 中。然后，将晶片 W 放置在基座 2 上。

此后，将预定的处理气体从气体供应系统 16 通过进气部件 15 导入腔室 1 中，并将腔室 1 维持在预定的压力下。例如，当钨基栅电极经历氧化处理如选择性氧化处理时，将 Ar 气、 H_2 气、 O_2 气等作为处理气体导入腔室 1 中，并且腔室 1 中的压力被设定在例如 3 至 700 Pa。

然后，将微波从微波发生单元 39 通过匹配电路 38 导向波导管 37。微波以所描述的顺序通过矩形波导管 37b、模式转换器 40、同轴波导管 37a 和慢波板 33 被供应给平面天线 31。微波从平面天线部件 31 穿过微波透射板 28，并被辐射到腔室 1 中的晶片 W 上方的空间中。微波以 TE 模式通过矩形波导管 37b 传播。TE 模式的微波由模式转换器 40 转换成 TEM 模式的微波。TEM 模式的微波通过同轴波导管 37a 向平面天线部件 31 传播。

由于从平面天线部件 31 经由微波透射板 28 辐射到腔室 1 中的微波，已经导入到腔室 1 中的处理气体被变成等离子体。通过等离子体

进行预定处理如氧化处理。

该实施例中的等离子体处理装置 100 可以实现密度高达大约 $10^{12}/\text{cm}^3$ 或更高, 并且电子温度低达大约 1.5 eV 或更低的等离子体。因此, 可以在短时间内以低温进行等离子体处理。另外, 离子对基膜造成的等离子体损伤也可以得到减轻。

而且, 在该实施例中, 如图 1 所示, 由于平面天线 31 和微波透射板 28 彼此接触以便消除传统上形成的气隙, 所以不可能存在由这种气隙导致的微波功率损耗。而且, 微波功率效率的降低, 以及天线中的微波辐射孔(缝隙) 32 之间的间隙中和慢波板 33 附近的部分中可能发生的异常放电, 均可以得到防止。

仅消除气隙会增加从模式转换器 40 看到的微波的反射, 从而使等离子体的稳定性恶化。然而, 根据本发明, 由于由慢波板 33、平面天线 31、微波透射板 28 和等离子体形成的等效电路可以谐振, 所以可以使微波的反射最小化。而且, 由于慢波板 33 和微波透射板 28 由相同材料制成, 所以可以防止微波的界面反射。因此, 可以尽可能地防止微波功率效率的降低和天线内异常放电的发生, 同时可以稳定地维持等离子体。附带地, 平面天线 31 和微波透射板 28 彼此接触并且它们之间基本上没有空气, 便已足够。也就是说, 即使存在由接触误差或热膨胀造成的不大于 0.1 mm 的间隙, 这种轻微的间隙也是可以容许的(在本发明的范围内)。

另外, 在平面天线 31 和微波透射板 28 之间不存在导热性低的气隙。因此, 当使冷却水流过屏蔽盖部件 34 中形成的冷却水通道 34a 以对平面天线 31、微波透射板 28、慢波板 33 和屏蔽盖部件 34 进行冷却时, 微波透射板 28 可以得到充分冷却, 尽管传统上微波透射板 28 不能被充分冷却。

接下来, 将在下面对为了确认本发明的效果所进行的实验进行说明。

在该实施例中, 使用下面的慢波板 33、平面天线 31 和微波透射板 28。

慢波板: 由石英制成, 直径 Φ 为 329 mm, 厚度 7 mm;

平面天线: 直径 Φ 为 344 mm, 厚度 0.3 mm;

等离子体透射板：由石英制成，直径 Φ 为 362 mm，厚度 31.3 mm ($= 1/2 \lambda$)，平坦型，与平面天线密着的一体型；

电特性设定如下。

频率：2.45 GHz；

功率密度：2.67 W/cm² (2750 W)，2.91 W/cm² (3000 W)；

输入阻抗：50 Ω (2.45 GHz)；

功率反射系数：0.75 (2.45 GHz)。

在上述条件下对等离子体透射板中的电场分布进行模拟。分析条件如下。即，如图 5 所示，每个等离子体辐射孔（缝隙）呈长槽状，并且每两个相邻的等离子体辐射孔 32 布置形成“L”形。微波辐射孔 32 的 L 形对（组）被同心地布置以形成双圈。等离子体密度设定在 $1 \times 10^{12}/\text{cm}^3$ 。经确认，如图 5 所示，电场分布相对均匀，并且微波功率损耗很小，这是因为许多部分展现出高达不小于 3×10^2 V/m 的电场强度，并且甚至某些部分展现出高达不小于 4×10^2 V/m 的电场强度。

接着，在上述条件下实际形成等离子体，并且检查电子温度分布和电子密度分布。使用 Ar 作为处理气体。腔室中的压力设定在 1 Torr (133 Pa)。微波功率设定在 2750 W。图 6 显示出电子温度分布，并且图 7 显示出电子密度分布。

如图 6 所示，电子温度不高于 1.6 eV，并且分布偏差很小。如图 7 所示，电子密度基本上不小于 $1 \times 10^{12}/\text{cm}^3$ ，并且分布偏差很小。即，经确认，稳定地形成了低电子温度和高电子密度的等离子体。

接着，进行模拟，以检查根据本发明的微波等离子体处理装置和具有气隙的传统微波等离子体处理装置各自当中的微波透射板中的微波电场强度。结果如下所述。在根据本发明的微波等离子体处理装置的模拟中，慢波板 33、平面天线 31、等离子体透射板 28 和电特性均与上述实验中相同，并且等离子体密度设定在 $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ 。在传统微波等离子体处理装置的模拟中，除上述条件之外，气隙的长度（厚度）设定成 20 mm。图 8 (a) 和图 8 (b) 分别显示出结果。如图 8 (a) 所示，在根据本发明的装置中，发现有展现出高达不小于 1.75×10^1 V/m 的微波电场强度的部分。另一方面，如图 8 (b) 所示，在传统装置中，许多部分展现出低达不高于 5 V/m 的微波电场强度。即，应理解，与

传统装置相比,根据本发明的装置可以显著提高微波电场强度。附带地,已经揭示出,在本发明和传统技术之间,在微波电场强度的均匀性方面没有显著差别。

基于如上所述的本发明的构思的适合的半导体制造装置是,例如,具有由氧化铝(Al_2O_3)制成的微波透射板 28 和慢波板 33 的装置,或者具有由石英(SiO_2)制成的这些部件的装置。

可以提出等离子体CVD装置作为具有由氧化铝制成的微波透射板 28 和慢波板 33 的装置所适用于的实例。当微波透射板 28 和等离子体的活性物种互相反应而产生含有构成微波透射板 28 的元素的气体时,气体有可能被吸引到将要沉积在待处理物体上的膜中,从而降低膜的质量。然而,当微波透射板 28 由氧化铝制成时,由于氧化铝非常致密,所以例如与石英相比,氧的排放量可以降低 1 个数量级。可选地,微波透射板 28 和慢波板 33 均可以通过将氧化铝材料和不同于氧化铝的材料层叠而形成,以便具有接近于氧化铝的介电常数。在这种情况下,可以将相对介电常数处于 7.4 和 9.6 之间的范围内的材料不同地结合,使得这些材料的介电常数之间的比值处于 70%和 130%之间的范围内,以便谐振条件可以得到满足。

另一方面,可以提出等离子体蚀刻装置或等离子体表面改性装置作为具有由石英制成的微波透射板 28 和慢波板 33 的装置所适用于的实例。在蚀刻和表面改性的处理条件下,微波透射板 28 由离子冲击溅射。此时,当构成微波透射板 28 的元素是金属时,待处理物体有可能被金属污染。因此,例如,不能使用氧化铝。在这种情况下,如果微波透射板 28 由石英制成,则无需担心金属的污染。这是因为,与含有元素 Si 作为主要成分的石英类似,待处理物体通常是含有元素 Si 作为主要成分的硅晶片或玻璃基板。

在具有由石英制成的微波透射板 28 和慢波板 33 的装置中,当同心布置的微波辐射孔 32 的径向间隔和从平面天线 31 的中央到最内部的微波辐射孔 32 的长度被设定在 Δr (参见图 2),并且使 Δr 等于慢波板中的微波的波长时,为 2.45 GHz 的微波频率形成(布置)两圈微波辐射孔 32。该装置被打算用于处理主流的 300 mm 晶片,并且因此平面天线 31 的直径设定成基本上为 300 mm。另一方面,当微波透射板

28 和慢波板 33 由氧化铝制成时, 形成(布置)三圈微波辐射孔 32。与具有两圈布置的装置相比, 在具有三圈布置的装置中, 缝隙的设计和调节是相当困难的。例如, 在三圈装置中, 即使增加中间一圈的缝隙的数目, 其正下方的等离子体密度也不一定能提高。相反, 中央等离子体空间的密度降低, 而周边等离子体空间的密度增加, 或者可能会发生相反的状况。这是因为从中间一圈的缝隙辐射的微波与从内圈和外圈中的缝隙辐射的电磁波发生干涉。从该观点来看, 作为用于形成微波透射板 28 和慢波板 33 的材料, 形成有两圈微波辐射孔 32 的石英材料是优选的。可选地, 微波透射板 28 和慢波板 33 可以通过将石英和不同于石英的另一材料层叠而形成, 以便具有接近于石英的介电常数。在这种情况下, 可以将相对介电常数处于 3.5 和 4.5 之间的范围内的材料不同地结合, 使得这些材料的介电常数之间的比值处于 70% 和 130% 之间的范围内, 以便谐振条件可以得到满足。与微波透射板 28 和慢波板 33 由石英制成的情况类似, 为 2.45 GHz 的微波频率形成(布置)两圈微波辐射孔 32。

本发明并不限于上述实施例, 可以以各种方式进行修改。例如, 只要满足了本发明的构成要求, 处理装置的结构并不限于上述实施例。而且, 打算进行的等离子体处理并不限于氧化处理, 而是可以应用于各种处理如膜沉积处理、蚀刻处理等。经历等离子体处理的待处理物体并不限于半导体晶片, 而可以是其它物体如平板显示器基板等。

如上所述的本发明适合于为了制造半导体器件而进行的需要低电子温度和高密度的等离子体的等离子体处理, 诸如氧化处理、膜沉积处理、蚀刻处理等。

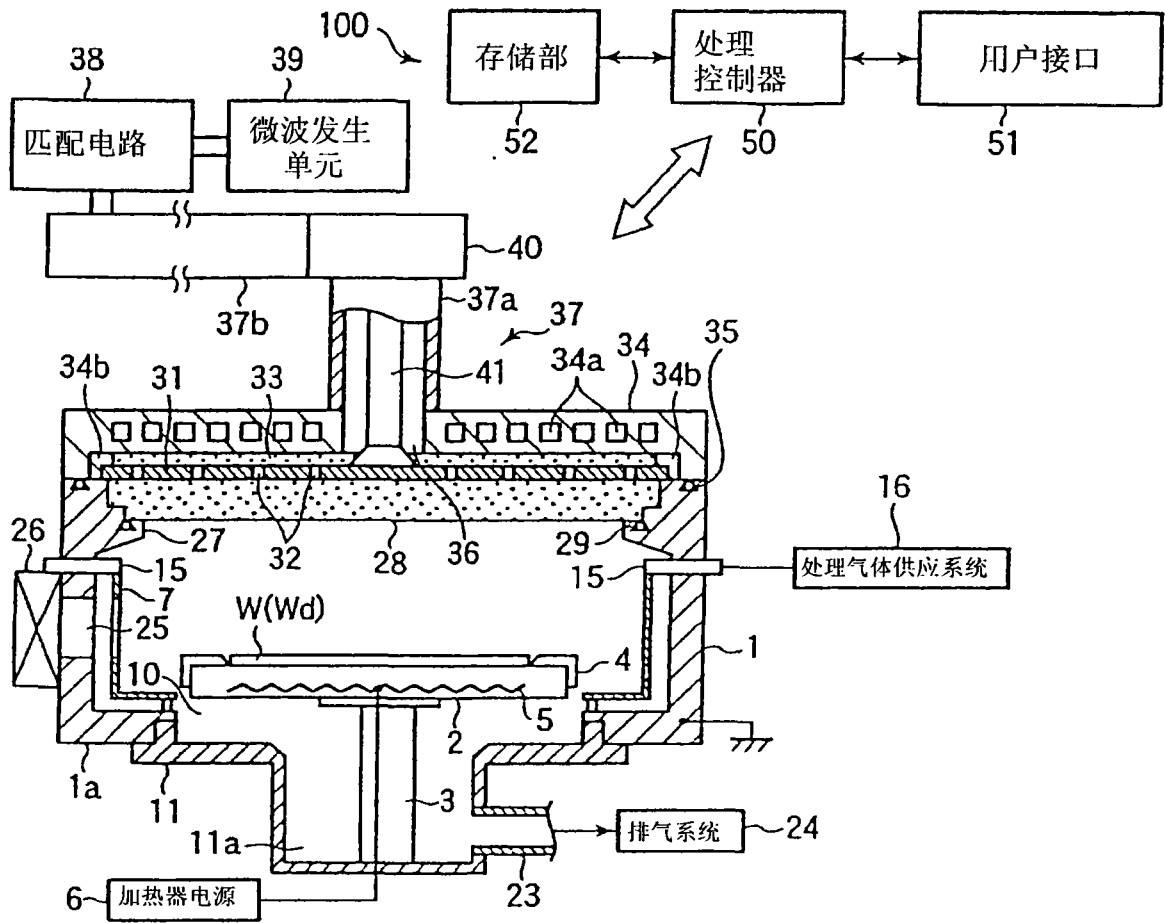


图1

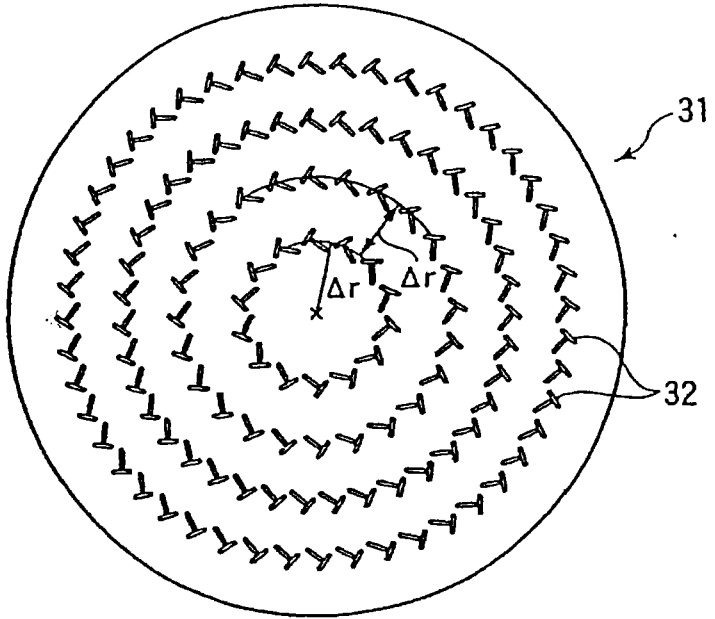


图2

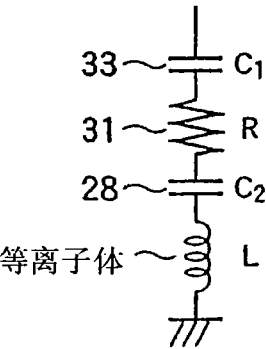


图3

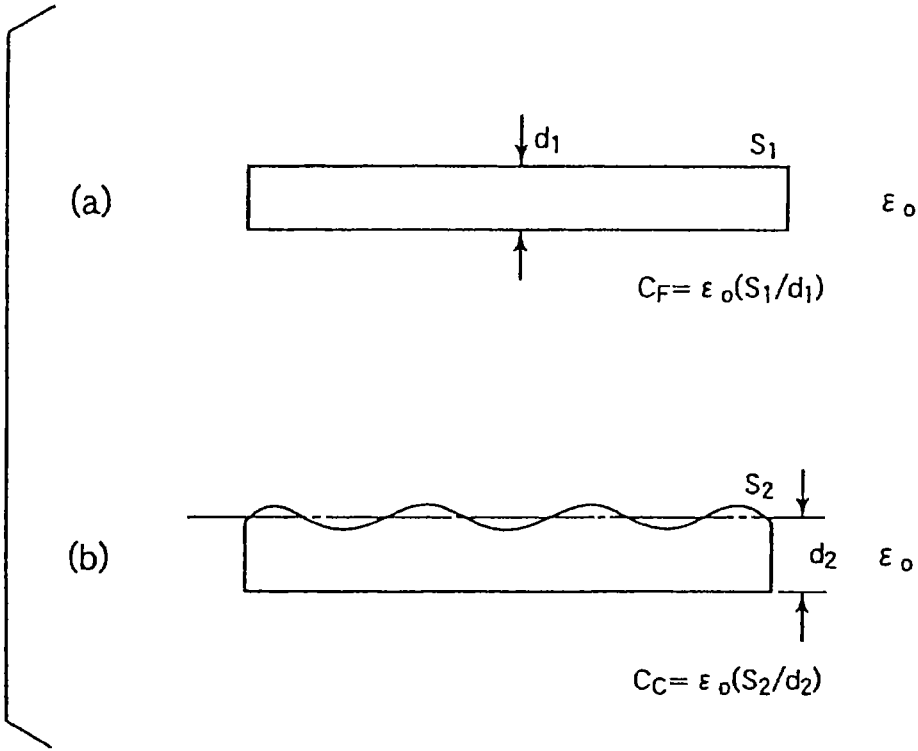


图4

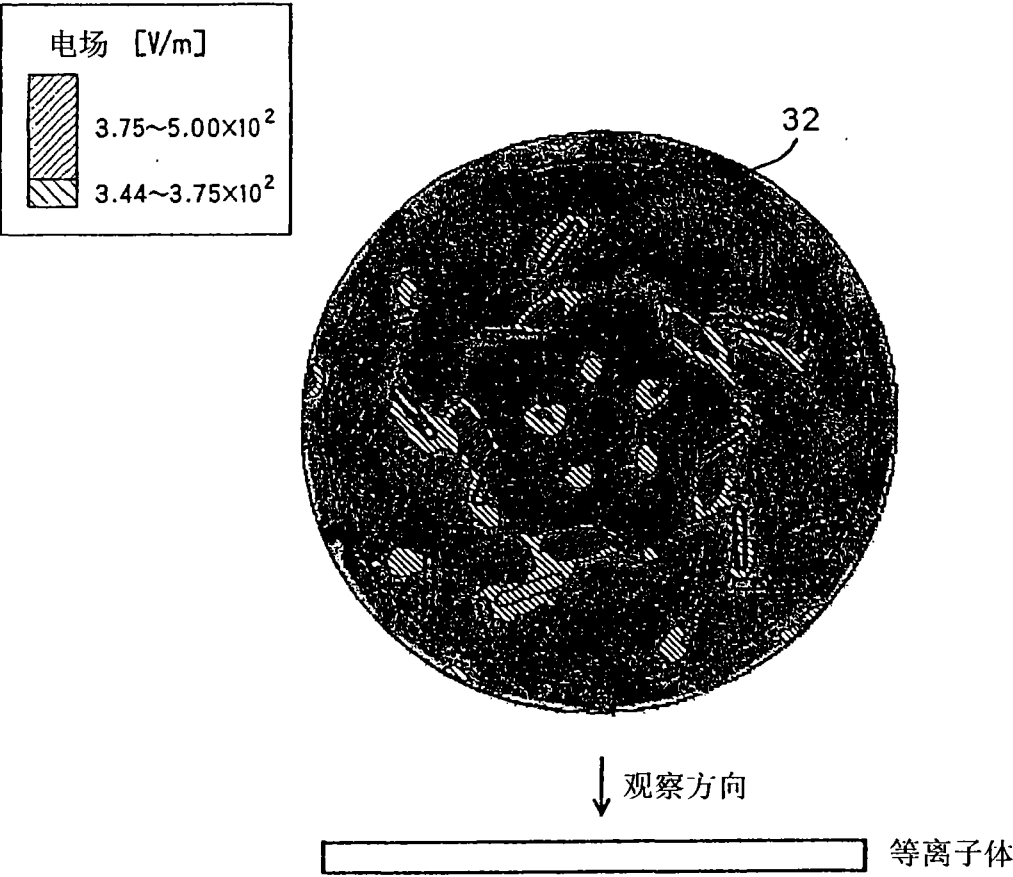


图5

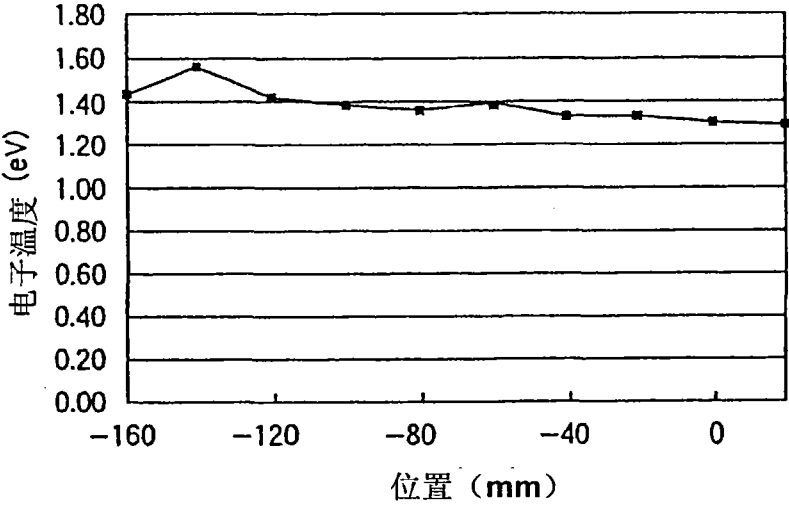


图6

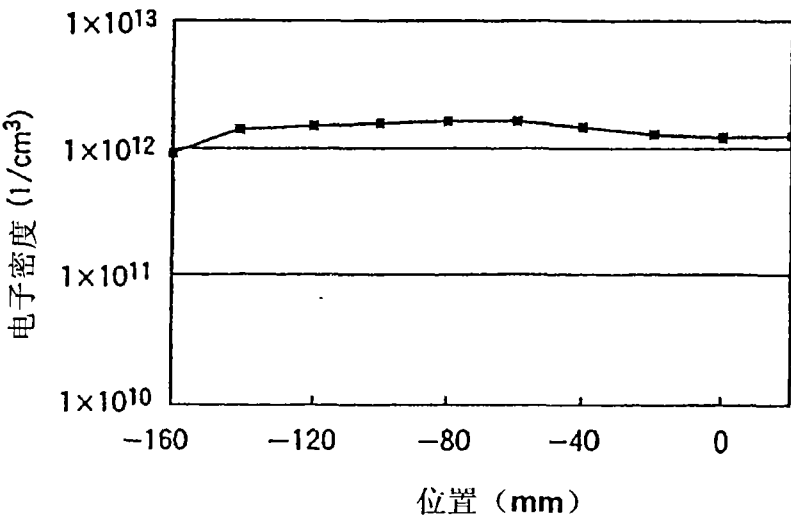
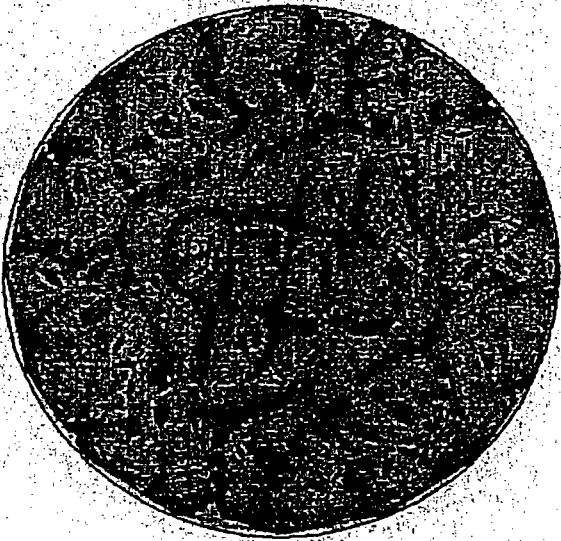
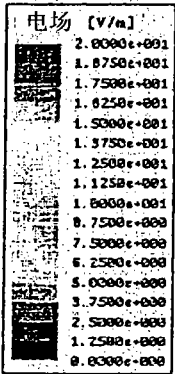


图7

(a) 本发明



(b) 传统技术

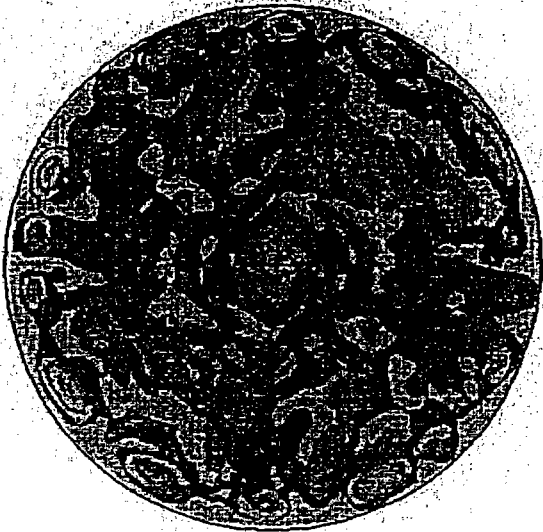
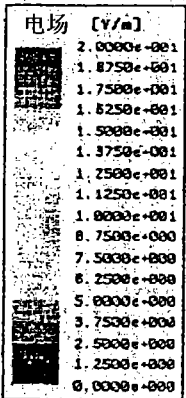


图8