

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C23C 16/513 (2006.01)

B08B 7/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810178790.7

[43] 公开日 2009 年 6 月 24 日

[11] 公开号 CN 101463473A

[22] 申请日 2008.12.1

[21] 申请号 200810178790.7

[30] 优先权

[32] 2007.12.18 [33] US [31] 11/959,410

[71] 申请人 ASM 日本公司

地址 日本东京

[72] 发明人 R·纳卡诺 H·弗库达

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 赵蓉民

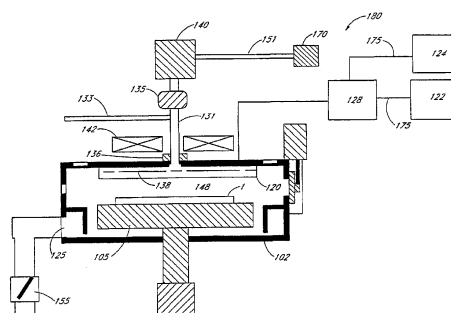
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 8 页

[54] 发明名称

用于等离子体化学气相沉积反应器的喷淋板电极

[57] 摘要

用于等离子体化学气相沉积(CVD)的方法与装置。特别是,具有清洗功能的等离子体 CVD 装置具有改进的喷淋板,该喷淋板的孔具有相同的横截面积以产生高清洗速度。所述喷淋板可以用作电极,并且可以具有连接到电源的导电延伸部。清洗气体和反应气源从中流过的喷淋板可以包括孔加工表面区域,该孔加工表面区域的尺寸与传统用于确保沉积过程期间良好的膜厚均匀性的区域尺寸不同。所述孔加工表面区域可以基于待处理衬底的尺寸或喷淋板的整个表面的尺寸而变化。



1. 一种处理晶片后利用远程等离子体放电装置清洗等化学气相沉积处理腔室的方法，所述方法包括：

从所述腔室中的基座中移除经处理的晶片；

将清洗气体供给到远程等离子体放电装置；

利用等离子体能量激活远程等离子体放电装置中的所述清洗气体；

以及

将激活后的清洗气体传送到所述腔室内并且通过面向所述基座的喷淋板的多个孔，所述孔完全通过所述喷淋板延伸，所述孔每个具有相同的横截面面积，其中具有所有所述孔的所述喷淋板的最小圆形区域的直径是所述晶片的直径的 0.95 到 1.05 倍。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括：

允许所述清洗气体与所述腔室的表面上的薄膜沉积物反应以及从所述腔室的所述表面移除所述薄膜沉积物；以及

通过所述腔室的出口端排放所述薄膜沉积物。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述清洗气体以大于 2200nm/min 的速度从所述腔室的表面移除薄膜沉积物。

4. 一种对腔室中的衬底进行处理的方法，其包括：

将所述衬底放置在所述腔室的基座上；以及

将反应气体供给到所述腔室中并通过面向所述基座的喷淋板的多个孔，所述孔完全通过所述喷淋板延伸，所述孔每个具有相同的横截面面积，其中具有所有所述孔的所述喷淋板的最小圆形区域的直径是所述衬底的直径的 0.95 到 1.05 倍。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，进一步包括在所述腔室中将所述反应气体激发到等离子状态。

6. 一种等离子体化学气相沉积装置，包括：

等离子体化学气相沉积反应室；

用于支撑其上的衬底的基座，所述基座布置在所述反应室内并且设置成用作第一电极以产生等离子体；

用作第二电极以产生所述等离子体的喷淋板，所述喷淋板面向所述基座并且具有通过所述喷淋板延伸的多个孔，所述孔每个具有相同的横截面面积，其中具有所有所述孔的所述喷淋板的最小圆形面积的直径是可装配在所述基座的限制结构内的最大可能衬底的直径的 0.95 到 1.05 倍；和

电连接到所述喷淋板的一个或多个电源。

7. 根据权利要求 6 所述的装置，其中所述限制结构包括用于支持衬底的凹处的环形壁。

8. 根据权利要求 6 所述的装置，进一步包括安装在通向所述喷淋板的入口上方的陶瓷导管，所述导管大于 35 mm。

9. 一种用于等离子体化学气相沉积装置的喷淋板，包括：

具有导电延伸部的极板，所述延伸部设置成连接到电源以使所述极板作为电极；和

延伸通过所述极板的多个孔，每个孔具有相同的横截面面积。

10. 根据权利要求 9 所述的喷淋板，其中所述孔沿着所述喷淋板的侧面形成螺旋图案。

11. 根据权利要求 9 所述的喷淋板，其中具有所有所述孔的所述极板表面的最小圆形区域的直径在 285 到 310 mm 之间。

12. 根据权利要求 9 所述的喷淋板，其中具有所有所述孔的所述极板表面的最小圆形区域的直径在 190 到 210 mm 之间。

13. 根据权利要求 9 所述的喷淋板, 其中具有所有所述孔的所述极板表面的最小圆形区域的直径在 427.5 到 472.5mm 之间。

用于等离子体化学气相沉积反应器的喷淋板电极

【0001】 本发明涉及等离子体化学气相沉积（CVD）的方法与装置。具体地，本发明涉及喷淋板。

背景技术

【0002】 一般说来，等离子体处理装置用于形成或移除薄膜或者改良待处理物体的表面。具体地，在半导体晶片（诸如硅或玻璃衬底）上薄膜形成（通过等离子体 CVD）或薄膜蚀刻用于制造存储器、半导体器件诸如 CPU 或液晶显示器（LCD）。

【0003】 CVD 装置传统上用于在硅或玻璃衬底上形成绝缘薄膜诸如氧化硅（SiO）、氮化硅（SiN）、碳化硅（SiC）和碳氧化硅（SiOC）以及导电薄膜诸如硅化钨（WSi）、氮化钛（TiN）和铝（Al）合金。要形成这些薄膜，含有不同组分的多种反应气体被引入反应室中。在等离子体 CVD 装置中，诸如通过射频或微波能量把这些反应气体激发成等离子体，并发生化学反应从而在由基座支撑的衬底上形成预期的薄膜。

【0004】 为了进入反应室，反应气体可以在起反应以将薄膜沉积于衬底诸如硅晶片上之前，从存储容器流过导管并流过喷淋板。喷淋板具有顶表面和底表面，并且包括从顶表面到底表面延伸通过喷淋板的多个孔。不同气体包括反应气体和清洗气体，在被散布到衬底上之前流过喷淋板孔。喷淋板的用途是将反应气体均匀地散布在衬底表面以促进更加均匀的薄膜沉积。为了促进膜厚均匀性，通常使喷淋板的这些孔在一端收缩，以致孔的入口或气体进入点比出口或气体排出点大。喷淋板还可以用作诸如平行板 CVD 装置中的电极，以在晶片处理阶段期间在反应室内把气体激发为等离子体。

【0005】 在晶片处理期间通过反应室中的等离子体化学反应所生成的产物导致不想要的沉积物积聚在反应室的内壁上以及基座的表面上。由于薄膜形成是重复进行的，因此此类沉积物逐渐积聚在等离子体 CVD 装置

内。随后，沉积物从内壁和基座表面上脱落，漂浮在反应室内。之后，沉积物作为外来物体粘附到衬底上并导致杂质污染，这会给所处理的衬底造成缺陷。

【0006】为了移除这种粘附到反应室的内壁上的不想要的沉积物，使用了等离子体清洗方法。在一种这样的等离子体清洗方法中，清洗气体（诸如 NF_3 ）由位于反应室之外（诸如在与反应室隔离的外部放电室内）的射频电源激发为等离子状态。 NF_3 分裂并形成一种活性的氟粒子，所述氟粒子可与不想要的沉积物反应。之后活性的氟粒子被带到反应室内，在这里氟粒子分解并移除粘附到反应室的内壁表面上的外来沉积物。在一个示例中，利用流量可控的 NF_3 清洗气体来移除粘附到反应室的内壁表面上的外来物质导致约 $1.5 \mu\text{m}/\text{min}$ 的有效清洗速度。

【0007】在近些年，半导体衬底越来越大并且持续增长。由于衬底尺寸的增长，反应室的容量也提高了，从而导致粘附到反应室壁上的不想要的沉积物的数量的增长。随着需要移除的沉积物的数量的增长，清洗时间趋于增长。由于这一清洗时间的增长，单位时间处理的衬底数量（生产能力）下降了。因此，需要提高反应室的清洗效率以提高生产能力。

发明内容

【0008】一方面，本申请提供一种在处理晶片之后利用远程等离子体放电装置清洗 CVD 处理腔室的方法。处理后的晶片在腔室中从基底移除。清洗气体被供给远程等离子体放电装置。等离子体能量用来激活远程等离子体放电装置中的清洗气体。之后，被激活的清洗气体被传送到处理室内并且通过面向基座的喷淋板的多个孔。这些孔完全延伸通过喷淋板并且每个孔具有相同的横截面面积。具有所有孔的喷淋板的最小圆形区域的直径是晶片的表面区域的直径的 0.95 至 1.05 倍。

【0009】另一方面，本申请提供一种对处理室中的衬底进行处理的方法。衬底被放置在腔室的基座上。之后，反应气体通过面向基座的喷淋板的多个孔供给到腔室内。这些孔完全延伸通过喷淋板，并且每个孔具有相同的横截面面积。具有所有孔的喷淋板的最小圆形区域的直径是衬底的一侧的直径的 0.95 至 1.05 倍。

【0010】本申请的另一方面包括具有等离子体 CVD 反应室的等离子体 CVD 装置。用于支撑衬底的基座被布置在反应室内并且设置为用作第一电极以产生等离子体。用作第二电极以产生等离子体的喷淋板面向基座并且具有通过喷淋板延伸的多个孔，每个孔具有相同的横截面面积。具有所有孔的喷淋板的最小圆形区域的直径是可适配在基座的受限结构内的最大可能衬底的直径的 0.95 至 1.05 倍。喷淋板电子连接到一个或多个电源。

【0011】另一方面，用于等离子体 CVD 装置的喷淋板包括具有导电延伸部的极板，该延伸部设置为连接到电源从而使极板用作电极。该极板包括通过该极板延伸的多个孔，并且每个孔具有相同的横截面面积。

【0012】虽然已经描述了本申请的某些实施例，但是本领域技术人员应当理解可以进行形式和细节上的改变而不偏离本发明的精神和范围。因此，本发明不受发明内容部分描述的具体形式和细节的限制。

【0013】本领域技术人员应当明白，可以对描述的方法和装置作各种删除、添加以及更改而不偏离本发明的范围，并且所有这种更改和改变都属于本发明的范围。

附图说明

【0014】本文描述的各种装置、系统和方法的这些及其它特征、方面与优点是参照某些实施例的附图进行描述的，其意在图解说明但不受限于这些装置、系统和方法。附图包括 11 个图。应当理解使用附图的目的是图解说明本文所讨论的实施例的概念，并非依比例绘制。

【0015】图 1 是根据本申请的一个实施例的等离子体 CVD 装置的示意图。

【0016】图 2A 是图解说明极板中孔的形狀的传统喷淋板的垂直截面图。

【0017】图 2B 是根据本申请的一个实施例的喷淋板的垂直截面图。

【0018】图 3A 是根据本申请的一个实施例的喷淋板的俯视图和侧视截面图。

【0019】图 3B 是根据本申请的一个实施例的螺旋图案的喷淋板孔的俯视图。

【0020】图 4 是清洗速度与膜厚均匀性相对喷淋板的孔加工区域的直径

之间的关系图。

【0021】图 5 是本申请的一个实施例的反应室的内部的侧视图。

【0022】图 6A 是示出了硅酸四乙酯 (TEOS) 和氧化反应针对利用传统喷淋板的一个实验和利用本申请喷淋板的三个不同实验的沉积条件的图表。

【0023】图 6B 是将清洗速度和由图 6A 所示沉积条件所产生的沉积膜厚均匀性进行对比的图表。

【0024】图 7A 是传统等离子体 CVD 反应室的上部的侧视图，图解说明寄生等离子体的存在。

【0025】图 7B 是根据本申请的一实施例的等离子体 CVD 反应室的上部的侧视图。

【0026】图 8 是示出当根据本发明的一个实施例使用带有传统陶瓷导管的传统喷淋板、带有传统陶瓷导管的发明喷淋板和以及带有长陶瓷导管的发明喷淋板时在晶片处理期间基于反应室压力和高 RF 功率的组合所产生的寄生等离子体的存在或不存在的图形。

具体实施方式

【0027】本申请涉及具有用于远程激活清洗气体的远程等离子体发生器的等离子体化学气相沉积 (CVD) 装置。更具体地，本申请涉及一种新的喷淋板，其具有改进的、横截面面积相同的孔以提高反应器清洗速度，从而提高生产能力。

【0028】在平行板等离子体 CVD 装置中，喷淋板用作反应气体中原位或现场 (in situ) 等离子体产生的上电极。通过修改喷淋板的孔 (包括孔的尺寸)，可以实现反应器清洗速度的提高。而且，“孔加工区域”的尺寸的精心选择结合修改的孔也出乎意料地导致晶片处理期间沉积的薄膜的均匀性得到改善，并且在一些情形下提高了清洗速度。如本文使用的，孔加工区域表示围绕喷淋板的所有孔的最小圆形区域。通过利用平行板 CVD 装置的远程等离子体清洗进行实验，将发现以上改善以及下文描述的其它改善。特别地，这些实验是利用日本东京 ASM Japn K.K. 出售的 ASMI Eagle® 12 等离子体 CVD 装置对 300 mm 衬底进行的。为便于参考，

ASMI Eagle® 12 等离子体 CVD 装置在 2007 年 4 月 6 日提出的美国专利公开号 2007-0248767 A1 中进行了描述。

【0029】如上所提及的，一种传统的装置（参见美国专利号 6,736,147）实现了约 $1.5 \mu\text{m}/\text{min}$ 的清洗速度。但是，随着反应室由于晶片尺寸的增长而变大，应当提高清洗速度以确保较高的生产能力。本申请的实施例通过修改喷淋板的孔以使得它们具有相同的横截面面积（优选如使用钻头所产生的那样为圆形的横截面），提高清洗速度。

【0030】本申请的实施例提供一种实现以高腔室清洗速度移除不想要沉积物的清洗功能的等离子体 CVD 装置和一种用于实现这种清洗而不管待处理晶片或反应室的尺寸的方法。通过具有高的处理室清洗速度减少了反应器停修时间并提高了装置的生产能力。

【0031】本申请的实施例提供了一种具有横截面面积相同的孔的改进喷淋板，在平行板 CVD 装置中该喷淋板优选用作上电极，而基座优选用作下电极。在一些实施例中，通向电源的导电延伸部连接到喷淋板。该电源可以由例如可使喷淋板用作电极的射频（RF）电源或一组高低射频电源来提供。

【0032】本申请的实施例提供一种具有改进喷淋板的等离子体 CVD 装置，该装置便于以高腔室清洗速度进行自我清洗但不会显著牺牲在晶片处理阶段期间沉积的膜厚均匀性。本申请的目标是确保在某些实施例中，对传统等离子体 CVD 装置的所有改进满足工业制造均匀性标准。

【0033】为了达到上述目标，在一实施例中，本申请提供了一种等离子体 CVD 装置，其包括（i）反应室；（ii）用于在其上放置衬底的基座，所述基座布置在反应室内并且构成用于产生原位等离子体的两个电极中的一个电极；（iii）用于使处理室内的反应气体或清洗气体放电的喷淋板，所述喷淋板与基座平行布置并且构成用于产生等离子体的另一电极；和（iv）电连接到喷淋板的电源（例如，射频）。通过改进喷淋板的特征即改进从板的底部延伸到顶表面的喷淋板的这些孔，可以实现更高的清洗速度。在一个实施例中，喷淋板具有竖直的、相同的通孔，这些通孔实现了比具有受限孔的传统喷淋板更高的清洗速度。例如，一种特定的传统喷淋板具有直径为 1.0 mm 的孔，而这些孔在板的底表面收缩了 0.5 mm

(如图 2A 所示)。通过修改喷淋板中使用的孔以使得它们是竖直的并具有相同的横截面面积,反应室可以具有大于 2200 nm/min 的清洗速度。例如,在一个实施例中,喷淋板具有直径相同的孔(例如,1.0 mm)。

【0034】在上文中,为了防止在喷淋板上方形成的所谓寄生等离子体(异常等离子体)流过喷淋板以及干扰沉积处理,等离子体 CVD 装置可以进一步包括安装到处理室的顶壁的陶瓷导管(反应物和清洗气体可以流过该导管),该导管的长度大于 35 mm。这种导管的意义在下文中解释。

【0035】在一个实施例中,为了防止膜厚均匀性由于把这些孔改变为具有均匀的横截面面积而降低,喷淋板的孔加工区域也被改变。在进行以上提到的实验中,意想不到的发现是通过减小孔加工区域(该区域传统上表面积约大 18.1%,直径约大 8.7%)的尺寸,膜厚均匀性得到改善。在一个实施例中,处理室的喷淋板的孔加工区域直径是待处理的衬底一侧的直径的 0.95 到 1.05 倍。这对应于圆形孔加工区域是待处理的衬底一侧的面积 0.90 到 1.10 倍。孔加工表面积与衬底一侧的表面积的比率不仅与沉积在衬底上的薄膜的膜厚均匀性有关,而且它也会影响清洗速度。意想不到的发现是减小孔加工区域可以显著改善清洗速度。为了确保良好的膜厚均匀性,在另一实施例中,喷淋板的改良孔沿着喷淋板的表面排列为螺旋图案。

【0036】图 1 图解说明了根据一个实施例的具有远程等离子体清洗装置的平行板等离子体增强 CVD (PECVD) 装置 180。应当理解可以使用可替代的等离子体 CVD 装置。等离子体 CVD 装置 180 可用于形成或移除薄膜,或用于对衬底 1 的表面加以改性。等离子体 CVD 装置 180 包括反应室 102,该反应室 102 包围用于在其上放置衬底 1(诸如玻璃或硅衬底)的基座 105。在反应室 102 的一侧壁上为排气口 125。在平行板 CVD 装置中,基座 105 用作下电极。基座 105 可由陶瓷制品或铝合金或通常用于支撑衬底的任何其它材料制成。如果基座 105 要用作原位等离子体产生的电极,则应当理解使用的材料必须与电极的导电功能一致。在这种情形下,基座 105 优选电接地。在一些实施例中,用于加热基座 105 和衬底 1 的电阻器加热装置嵌入在基座 105 内。在其它实施例中,辐射热灯用来加热基座 105 和衬底 1。应当理解可以采用不同类型的加热装置及

其组合，而且加热的特定模式并非本发明的关键。

【0037】在基座 105 对面且面向基座 105 的位置是具有多个孔的喷淋板 120，这些孔从喷淋板底表面到其顶表面延伸通过喷淋板。喷淋板 120 可以由铝或铝合金或其它适当的金属制成。在一个实施例中，喷淋板 120 具有与基座 105 的上表面基本平行的平坦底表面。在其它实施例中，喷淋板 120 的底表面可以是弯曲的或者是平坦表面和弯曲表面的组合。喷淋板 120 优选作为用于与下电极（诸如基座 105）协作的上电极，以从反应气体中产生原位等离子体。平板 120 优选被设置为使反应气体在衬底上沉积大体均匀的薄膜，这意味着这些孔被排列在基座 105 上所支撑的衬底 1 的整个水平面。在喷淋板 120 的上侧，可以放置冷风机 142 以预防喷淋板 120 的温度变化。

【0038】为了产生等离子体，电源 122 和 124（例如，射频）通过匹配电路 128 电连接到喷淋板 120，匹配电路 128 通过同轴 RF 电缆 175 连接到电源 122 和 124。在一些实施例中，这些电源 122 和 124 通过提供几百 kHz 到几十 MHz 的频率，产生等离子体。尽管电源 122 和 124 可以具有相同的频率，但是在优选实施例中电源具有不同的频率，一个高的一个低的，以改善晶片处理中薄膜质量的可控性。本领域技术人员还将理解可以使用射频电源以外的其它电源，诸如微波电源。

【0039】用于晶片处理的反应气体可以存储在单独的容器中并且可以通过导管比如沉积气体输送管 133 提供给喷淋板 120。在图解说明的实施例中，在到达喷淋板 120 之前，反应气体经过用于将气体均匀散布在喷淋板 120 上的缓冲板 138。经过缓冲板 138 后，反应气体流过喷淋板 120 的孔并进入处理室 102 的中央区域 148。一旦进入处理室 102，反应气体经由电源 122 和 124 而被激发为等离子状态，引起化学反应使得在衬底表面上沉积薄膜。由等离子体反应室所生成的产物还积聚在反应室 102 的内壁上以及基座 105 和喷淋板 120 的表面上，必须定期进行清洗以确保不想要的沉积物不会污染所处理的衬底。

【0040】尽管各种反应气体可用于本发明的晶片处理，但是以上提到的实验使用正硅酸乙酯或相当于硅酸四乙酯（TEOS）和氧气（O₂）以在硅衬底上形成 TEOS 氧化膜。TEOS 通常和氧气（O₂）一起使用以在衬底上

形成氧化层。这种工艺的典型条件是：TEOS 流速为 250 sccm，氧气流速为 2.3 slm，上电极 120 和下电极 105 之间的距离为 10 mm，反应室压强为 400 Pa，高射频功率（13.56 MHz）为 600 W 而低射频功率（430 kHz）为 400 W，基座 105 温度为 360℃，喷淋板 120 温度为 150℃，以及处理室 102 内壁温度为 140℃。

【0041】继续参见图 1，反应气体和/或清洗气体可以流过的导管 131 从反应室 102 的上开口延伸。导管 131 可以由金属比如铝构成，并且可以连接到绝缘阀 135 和第二导管 136。第二导管位于喷淋板 120 上方并且可由包括陶瓷材料的绝缘材料构成。远程等离子体放电装置 140 连接到第二导管诸如清洗气体输送管 151。清洗气体可以从清洗气体源 170 中输送且可以通过清洗气体输送管 151 传送到远程等离子体放电装置 140 内。尽管可以使用各种清洗气体，但是在一个实施例中清洗气体包括混有惰性运载气体或氧气的含氟气体，诸如 $C_2F_6+O_2$ 、 NF_3+Ar 或 F_2+Ar 。在远程等离子体放电装置 140 内，等离子体能量激活清洗气体，产生经过导管 131 和喷淋板 120 流入处理室 102 的活性清洗粒子。活性清洗气体粒子与粘附到处理室 102 的内壁和喷淋板 120 的表面的不想要的沉积物发生化学反应。这导致不想要的沉积物气化，之后从处理室的排气口 125 排出，并利用真空泵通过流导调整阀 155。

【0042】图 2A 和 2B 图解说明反应气体和清洗气体进入反应室之前流过的喷淋板孔。这些孔优选加工到喷淋板内并占据喷淋板的一块区域，这在本文中称为“孔加工区域”。图 2A 图解说明现有技术中使用的传统孔，而图 2B 图解说明本发明的改进孔的一个实施例。

【0043】图 2A 图解说明具有不同尺寸的入口 212 和出口 214 的传统孔 208。如图 2A 所示，入口直径比出口直径 214 大 2:1 比率，其中入口直径为 1.0mm，而出口直径为 0.5mm。已经发现这些具有不同入口和出口直径的传统孔提高了沉积膜厚均匀性。例如，在 TEOS 和 O_2 用作反应气体以在衬底上沉积 TEOS 氧化物所进行的实验中，使用传统孔 208 的膜厚均匀性约为 $\pm 1.8\%$ ，这优于工业制造中要求的典型均匀性（ $\pm 3.0\%$ ）。但是，使用传统孔会造成清洗过程期间反应器清洗速度只有约 $1.40 \mu m/min$ 。

【0044】图 2B 图解说明本申请的喷淋板孔 220 的一个实施例。图解说明的喷淋板孔 220 沿着其长度具有均匀的截面形状，或者在圆孔的情形下具有均匀的直径。这些改进的喷淋板孔 220 优选是竖直的且垂直定向的，并且从喷淋板的底表面延伸到顶表面。这些孔 220 彼此间隔开的距离可以在 2 mm 到 5 mm 之间。喷淋板孔 220 每个可以具有 0.5 mm 到 1.0 mm 之间的均匀直径，尽管其它尺寸也可以。在优选实施例中，如图 2B 所示，更改的孔 220 具有 1.0 mm 的均匀直径。

【0045】采用具有均匀直径的喷淋板孔，清洗速度与传统的喷淋板相比得以提高。例如，使用图 2A 的传统孔 208 已发现清洗速度约为 $1.40 \mu\text{m}/\text{min}$ ，而类似条件下使用图 2B 的改善的孔 220 发现清洗速度约为 $2.36 \mu\text{m}/\text{min}$ 。在一些实施例中，与此示例类似，清洗速度超过 $2.20 \mu\text{m}/\text{min}$ 。使用均匀直径孔 220 的另一个好处是节约更多的成本，因为均匀的直径孔相对于具有两种不同直径的传统孔 208 更易于加工。

【0046】更改的、均匀的直径孔所获得的较高清洗速度可以通过化学反应期间 Arrhenius 反应速度与温度之间的关系来解释。Arrhenius 反应速度与温度之间的关系可以由以下公式来表示： $k=A \exp^{(-E/RT)}$ ，其中 k 是速度常数， A 是频率因子， E 是激活能量， R 是气体常数，而 T 是绝对温度。对本申请来说， k 表示清洗速度，而 A 主要依赖于氟自由基 (F^*) 的分压。该公式表示提高 A 和 T 将产生较高的清洗速度 k 。一种提高 A 的方式是增加的活性氟自由基的数目，这将提高清洗速度。

【0047】已发现，氟自由基 F^* 的分压的增大可以通过增加经过喷淋板的气体流导来实现。在如图 2A 所示的孔直径减少的传统喷淋板中，流导降低了。这是因为在活性氟自由基和孔的内壁之间由于壁的有限直径而发生了很多碰撞，导致活性氟自由基从活性的 F^* 去活化为非活性的 F_2 。由于非活性的氟成分不会与不想要的薄膜沉积物有效地进行化学反应，所以清洗速度降低了。因此，改进喷淋板使其具有均匀横截面通孔减少了活性氟自由基和内部孔壁之间碰撞的次数，这就造成与传统喷淋板相比被去活化的氟自由基的数目减少以及腔室清洗速度增加。

【0048】尽管与传统孔 208 相比提供更改的孔 220 导致清洗速度的增加，但是也会造成所沉积膜的厚度均匀性降到工业制造标准以下，这就是使

用传统受限孔 208 的原因。传统上,对于处理 300 mm 晶片来说,孔加工区域的直径约为 326 mm 的喷淋板已经被使用。在使用 TEOS 和 O₂ 作为反应气体的实验中以及在使用图 2B 中的更改孔 220 的实验中,沉积的 TEOS 氧化物的膜厚均匀性为 $\pm 3.41\%$,这比使用传统孔 208 时糟糕得多。这种均匀性也比工业制造中要求的典型均匀性($\pm 3.0\%$)更差。因此,如果所降低的膜均匀性可以增加到满足工业制造标准,那么采用具有大小均匀通孔 220 的高清洗速度的好处才能得以保持。在这一点上,可以看到改变喷淋板的孔加工区域的尺寸可以改善膜厚均匀性而不牺牲高清洗速度的好处。在一些实施例中,将孔加工区域的直径的尺寸降低到传统尺寸(约 326 mm)以下也导致甚至更高的清洗速度。

【0049】图 3A 通过俯视图和侧视截面图的方式图解说明本申请的喷淋板 120 的一个实施例,该板具有精心挑选的孔加工区域尺寸。尽管孔加工区域可以具有各种形状,但是鉴于商用晶片同样为圆形的情况,孔加工区域优选为包围所有孔 220 (图 2B) 的圆形区域 302。在优选实施例中,孔加工区域 302 是包围所有孔 220 的最小圆形区域。所做的实验表明通过改变与衬底表面的区域有关的孔加工区域的尺寸,可以保持满足工业标准的沉积厚度均匀性。不改变孔加工区域的尺寸而仅改变孔以使得孔具有均匀的横截面面积将导致更大的清洗速度,但是膜厚均匀性会降低。因此,孔加工区域的尺寸与衬底一侧的尺寸的比值优选处于某一范围内。在图解说明的实施例中,喷淋板 120 不完全是平的而是具有凸起的垂直肩部 356,所述肩部 356 带有限定凹槽 361 的内部垂直壁 355。在一个实施例中,限定凹槽的内部垂直壁 355 的直径为 350 mm。

【0050】孔加工区域 302 只包括一部分喷淋板的大小,改喷淋板的边界示为 310。未被孔加工区域 302 占据的喷淋板的区域没有供气体流过的孔。包括肩部 356 的孔加工区域 302 周围的区域被指定为 312。

【0051】图 3B 图解说明图 3A 的更改喷淋板的孔 220 布置的一个实施例,其中这些孔在喷淋板的表面上形成螺旋图案 323。与非螺旋图案相比,螺旋图案 323 通过相对其它图案确保更均匀的膜厚沉积而提供了改进。但是,应当理解可以使用具有各种图案的喷淋板(螺旋的或非螺旋的)并且仍然获得满足工业制造标准的厚度均匀性。

【0052】图 4 是针对 300 mm 晶片、反应器清洗速度和所沉积膜厚均匀性与圆形孔加工区域 302（图 3A）的关系图，孔加工区域 302 的孔 220（图 2B）具有均匀的 1.0 mm 直径。为便于参考，图 4 还示出了对于传统尺寸的孔加工区域 302 采用传统孔 208（图 2A）所获得的清洗速度和膜厚均匀性。传统孔加工区域 302 的直径约为 326 mm。

【0053】图 4 图解说明了利用具有位于直径约为 326 mm 的孔加工区域中的传统孔的喷淋板并且在不更改孔加工区域的情况下转变为直径 1.0 mm 均匀孔的问题。在这种情形下，尽管清洗速度从约 $1.4 \mu\text{m}/\text{min}$ 增长到 $2.4 \mu\text{m}/\text{min}$ ，但是膜厚均匀性不期望地从约 $\pm 2\%$ 增加到大于 $\pm 3\%$ ，这根据工业制造标准是不可接受的。通过减小孔加工区域，如图 4 所示，发现了膜厚均匀性问题的意外解决方案。还意外地发现了通过减小孔加工区域以及利用竖直的、均匀的直径通孔实际可提高清洗速度。

【0054】图 4 的图形示出了如何测试具有各种直径（270、290、300 和 310 mm）的孔加工区域以确定最佳的直径范围从而获得高清洗速度和令人满意的薄膜均匀性，该薄膜均匀性小于 $\pm 3.0\%$ 甚至更优选小于 $\pm 2.0\%$ 。如图 4 所示，可以发现直径在 285 mm 到 310 mm 之间的孔加工区域导致极高的反应器清洗速度（比传统喷淋板达到的清洗速度更大），以及低于 $\pm 3.0\%$ 的良好膜厚均匀性。更具体地，可以发现直径为 300 mm 的孔加工区域产生优于传统喷淋板的很高的清洗速度（约 $2.9 \mu\text{m}/\text{min}$ ）以及很好的沉积均匀性（小于 $\pm 2.0\%$ ）。

【0055】尽管对于被设置为处理 300 mm 衬底的基座来说，发现优选孔加工区域的直径范围在 285 mm 到 310 mm 之间，但是其它孔加工区域直径可用于其它尺寸的衬底。特别是，已经发现孔加工区域的直径为衬底直径的约 0.95 到 1.05 倍之间会产生很高的清洗速度和很好的沉积膜厚均匀性。在优选实施例中，孔加工区域的直径是衬底的直径的 0.977 到 1.027 倍。因此，当处理 300 mm 衬底时，孔加工区域 302 的直径可以在 285 mm 到 315 mm 之间，且更优选地，在 293.1 mm 到 308.1 mm 之间。为了处理 450 mm 的衬底，孔加工区域 302 的直径可以在 427.5 mm 到 472.5 mm 之间，更优选在 439.7 mm 到 462.2 mm 之间。为了处理 200 mm 的衬底，孔加工区域 302 的直径可以在 190 mm 到 210 mm 之间，更优选在 195.4

mm 到 205.4 mm 之间。

【0056】图 5 图解说明了根据一个实施例具有基座 430、位于基座上的晶片 422 和改进的喷淋板 120 的反应室 400 的内部。基座 430 可以有各种形状和尺寸。在一个实施例中，如图 5 所示，基座 430 包括衬底限制结构，诸如对晶片 422 紧密装配在其中的凹处或凹槽 438 进行限定的环形肩部或壁 431。凹槽 438 的直径也可以根据基座 430 被设计用以支撑的晶片 422 的尺寸而变化。在另一实施例中，基座 430 可以是平坦的且没有凹槽。图 5 还图解说明孔加工区域 103 的表面区域 411 和晶片 422 的一侧的表面区域 423。在一个实施例中，孔加工区域 103 的圆形表面区域 411 的直径是可装配在凹处 438 中的最大可能衬底一侧的圆形表面区域 423 的直径的 0.95 到 1.05 倍之间。在优选实施例中，孔加工区域 103 的圆形表面区域 411 的直径是可以装配在凹处 438 中的最大可能衬底一侧的表面区域 423 的直径的 0.977 到 1.027 倍之间。

【0057】图 6A 和 6B 是示出实验的条件与结果的相关图表，示出了由(1)具有图 2A 所示的孔 208 和 326 mm 的孔加工区域直径的传统喷淋板和(2)具有图 2B 所示的孔 220 和 300 mm 的孔加工区域直径的本发明一实施例的改进喷淋板所获得的清洗速度和沉积膜厚均匀性。这些实验是针对 300 mm 的衬底进行的。在这些实验中，在利用 TEOS 和 O_2 沉积 $1\mu m$ 氧化硅薄膜之后，反应室用 NF_3 和 Ar 来清洗。反应室清洗在以下条件下进行： NF_3 流速为 2.2 slm，Ar 流速为 5 slm，上电极和下电极之间的距离为 14 mm，反应室压强为 1000 Pa，远程等离子体放电装置功率为 2.7 kW，基座温度为 $360^\circ C$ ，喷淋板温度为 $150^\circ C$ ，反应室内壁温度为 $140^\circ C$ 。在这些条件下，反应室的清洗大约进行 43 秒。

【0058】图 6A 是表明将反应气源 TEOS 和 O_2 引入反应室以形成 TEOS 氧化膜的实验条件的图表。此反应利用传统喷淋板执行（第 1 行），以及利用改进的喷淋板在三个不同条件下执行（第 2-4 行）。可调变量包括反应气体的流速、腔室压强（“Pressure”）、高射频功率（“HRF”）、低射频功率（“LRF”）、反应室中上电极与下电极之间的距离（“Gap”）、基座温度（“SUS”）、腔室壁温度（“WALL”）和喷淋板温度（“SHD”）。如图 6A 的第 2 行所示，TEOS 利用改进的喷淋板被引入到反应室的第一条件在所

有方面与利用传统喷淋板的运行相同（例如，相同的反应物流速、压强、温度和射频能量水平）。在第二条件下（第3行），TEOS 和 O₂ 气源的流速相对第一条件下降低了 10%以减少气体消耗。在第三条件下（第4行），保持降低的气源流速以减少气体消耗，并调整高射频和低射频功率水平（HRF 和 LRF）。通过调整射频功率，产生的膜应力几乎与传统条件下的膜应力相同（如图 6B 所示）。

【0059】图 6B 是示出了在 300mm 晶片上利用如图 6A 所述的传统喷淋板以及三种条件下的改进喷淋板所获得的清洗速度和沉积膜厚均匀性的图表。在所有三个条件下，改进的喷淋板相对传统喷淋板产生较快的沉积速度和更高的反应器清洗速度。而且，具有减小的孔加工区域直径的改进喷淋板相对于传统喷淋板也表现出改进的膜厚均匀性，每个实例小于或等于 1.5%。

【0060】如以上所述，可以通过改变喷淋板使其具有相同横截面比如相同直径（例如，1mm）的孔来达到高清洗速度。当使用横截面相同的孔的改进喷淋板代替传统喷淋板时，除了膜厚均匀性降低的问题（这可以通过将孔加工区域减小到适当直径来改善）之外，还出现了涉及寄生等离子体或异常等离子体的附加问题。该问题在图 7A 中进行了图解说明并且在下文中进行讨论。

【0061】图 7A 示出了具有本发明的喷淋板 120 和连接到上述喷淋板的传统 30 mm 陶瓷导管 430 的 CVD 装置 425 的上部。导管 430 的上部连接到铝导管 480，铝导管 480 进一步连接到绝缘阀 495。在反应气体传送到反应室内并且被激活成原位等离子体的处理阶段期间，正常的沉积等离子体 450 在喷淋板 120 下面形成，而寄生等离子体 466 形成在喷淋板 120 上方的导管 430 中以及喷淋板和反应室的顶表面之间限定的水平空间（plenum）中。尽管寄生等离子体出现在具有带不相同孔（诸如图 2A 所示的孔 208）的传统喷淋板的 CVD 反应器中，但寄生等离子体 466 的数量通常处于不会对反应室中薄膜沉积产生不利影响的可容忍水平。但是，通过改变喷淋板使其孔具有更大的直径（诸如图 2B 的孔 220），寄生等离子体 466 的数目趋于增大，这是在晶片处理过程中不希望发生的。

【0062】一种对由改进的喷淋板产生的寄生等离子体的增加进行补救的

方式是改进传统系统中使用的导管 430。图 7B 图解说明具有改进导管 442 的 CVD 装置 430 的上部的特写镜头，改进导管 442 由陶瓷材料构成并安装在喷淋板 120 的上方。陶瓷导管 442 比传统导管 430 长。当使用较长的陶瓷导管时，RF 地和喷淋板的上部（RF 加载部分）之间的距离被增大，使得电场的强度降低，从而导致在喷淋板 120 的上方产生较少的寄生等离子体。改进的陶瓷导管 442 的长度优选比传统 CVD 装置中使用的导管 430 的长度大，通常为约 30 mm。但是，在一实施例中改进的陶瓷导管 442 大于 35 mm，更优选大于 45 mm，并且在一个特定实施例中，约为 55 mm 以确保即使使用竖直的、尺寸相同的孔，寄生等离子体的风险也是很低的。

【0063】图 8 是图解说明当使用（1）具有孔 208（图 2A）的传统喷淋板和传统陶瓷导管、（2）具有孔 220（图 2B）的本发明的一个实施例的喷淋板和传统陶瓷导管和（3）具有孔 220（图 2B）的本发明的一个实施例的喷淋板和图 7B 中所示的较长陶瓷导管时、在某些条件即反应室压强（竖直轴）和高射频（HRF）功率（水平轴）的各种组合下晶片处理期间发生的寄生等离子体存在或不存在的图形。如图所示，较长导管的使用大大降低了晶片处理期间发生的寄生等离子体的存在率，以使得可能在与使用传统的长度更短的陶瓷导管相比更低的处理室压强（例如，200Pa）和更高的 HRF 水平（例如，700W）下执行沉积处理。

【0064】可以对本发明作各种修改与变更而不偏离本发明的范围或精神对于本领域技术人员来说是显而易见的。因此，本发明覆盖属于所附权利要求书或其等价物的范围内的对本发明的修改与变更。

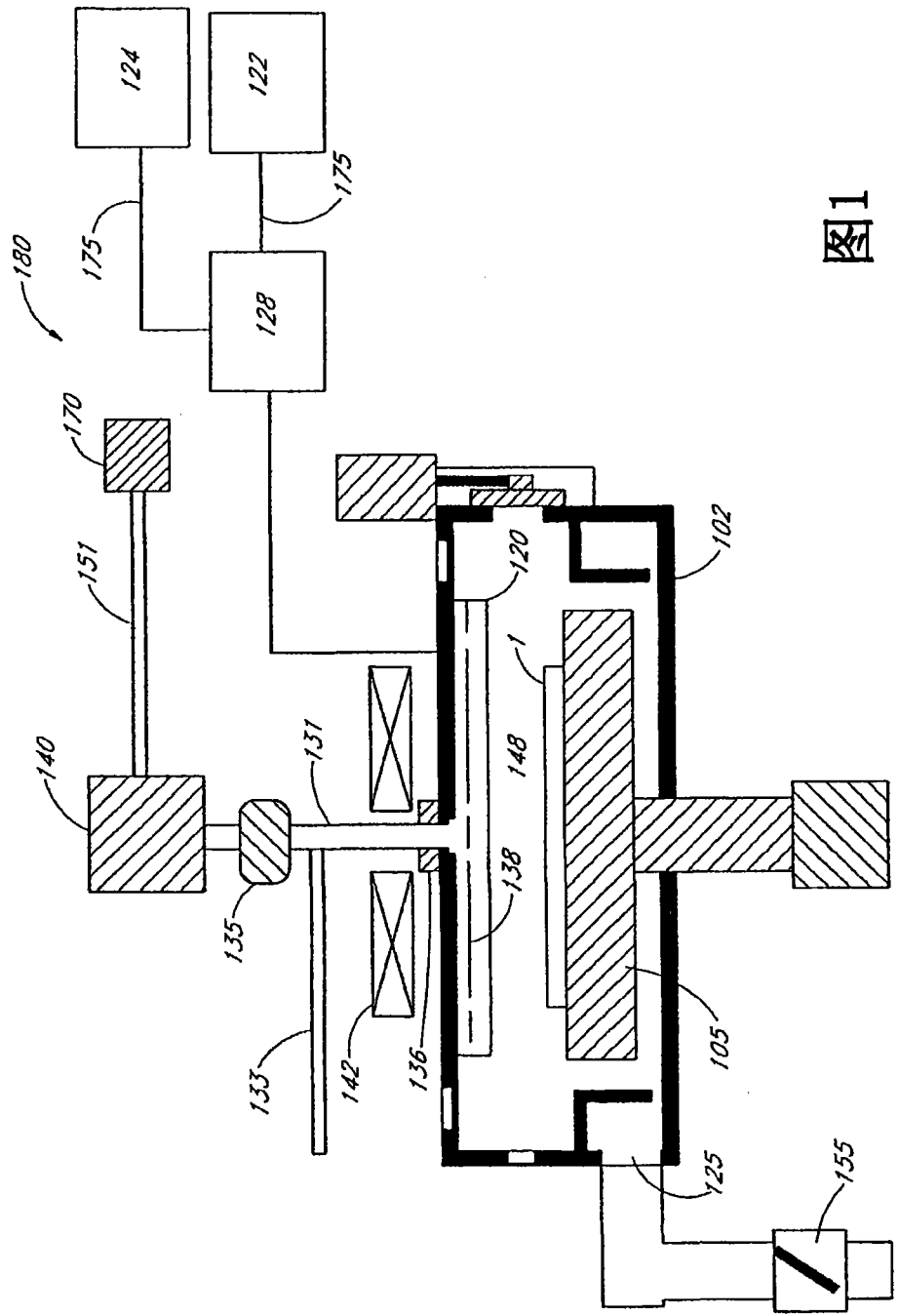


图1

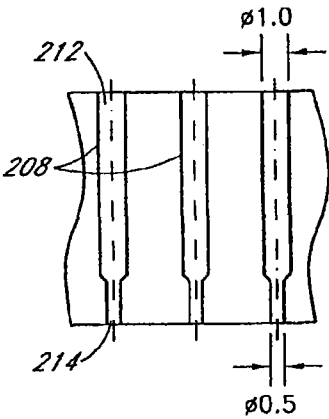


图2A
(现有技术)

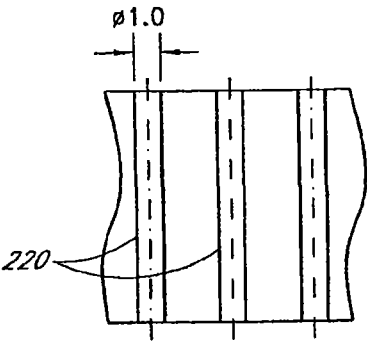


图2B

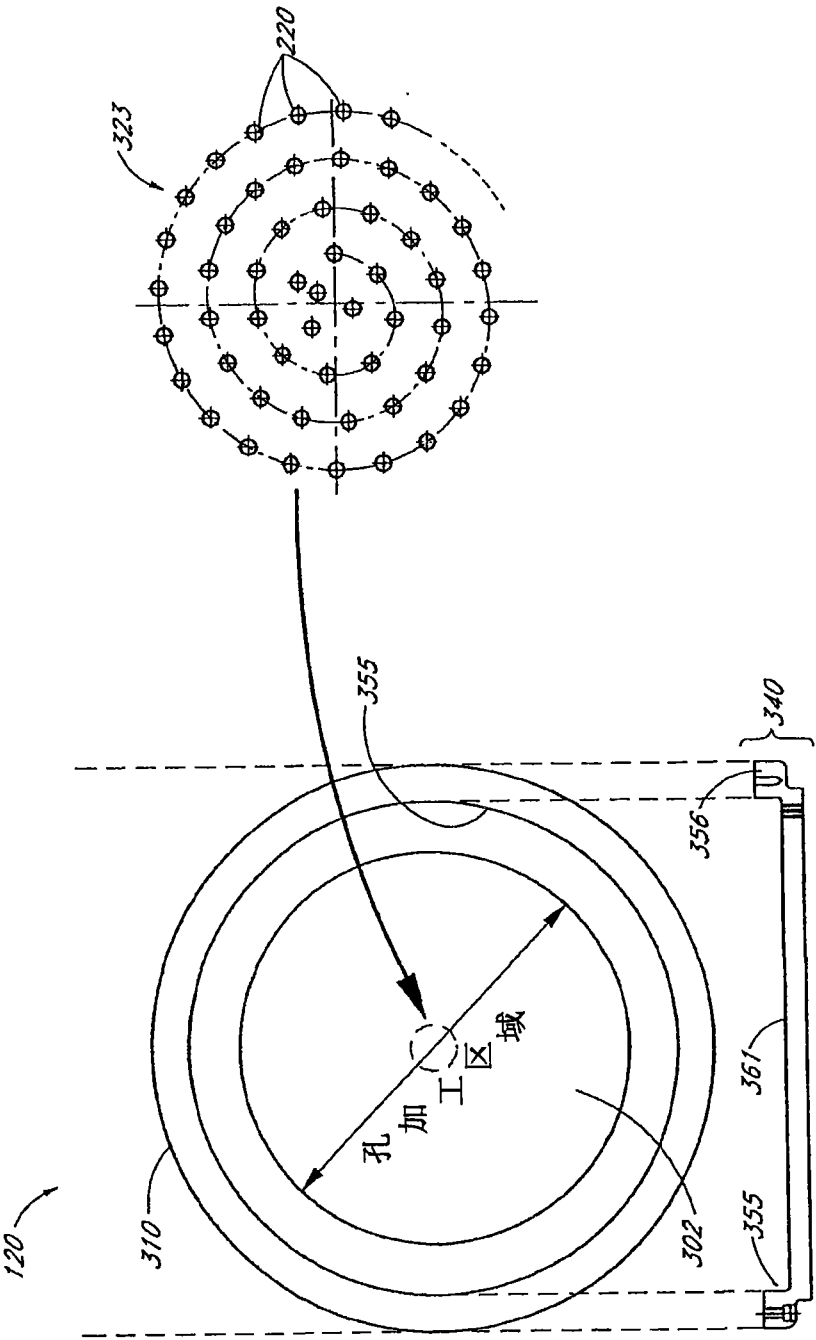


图3B

图3A

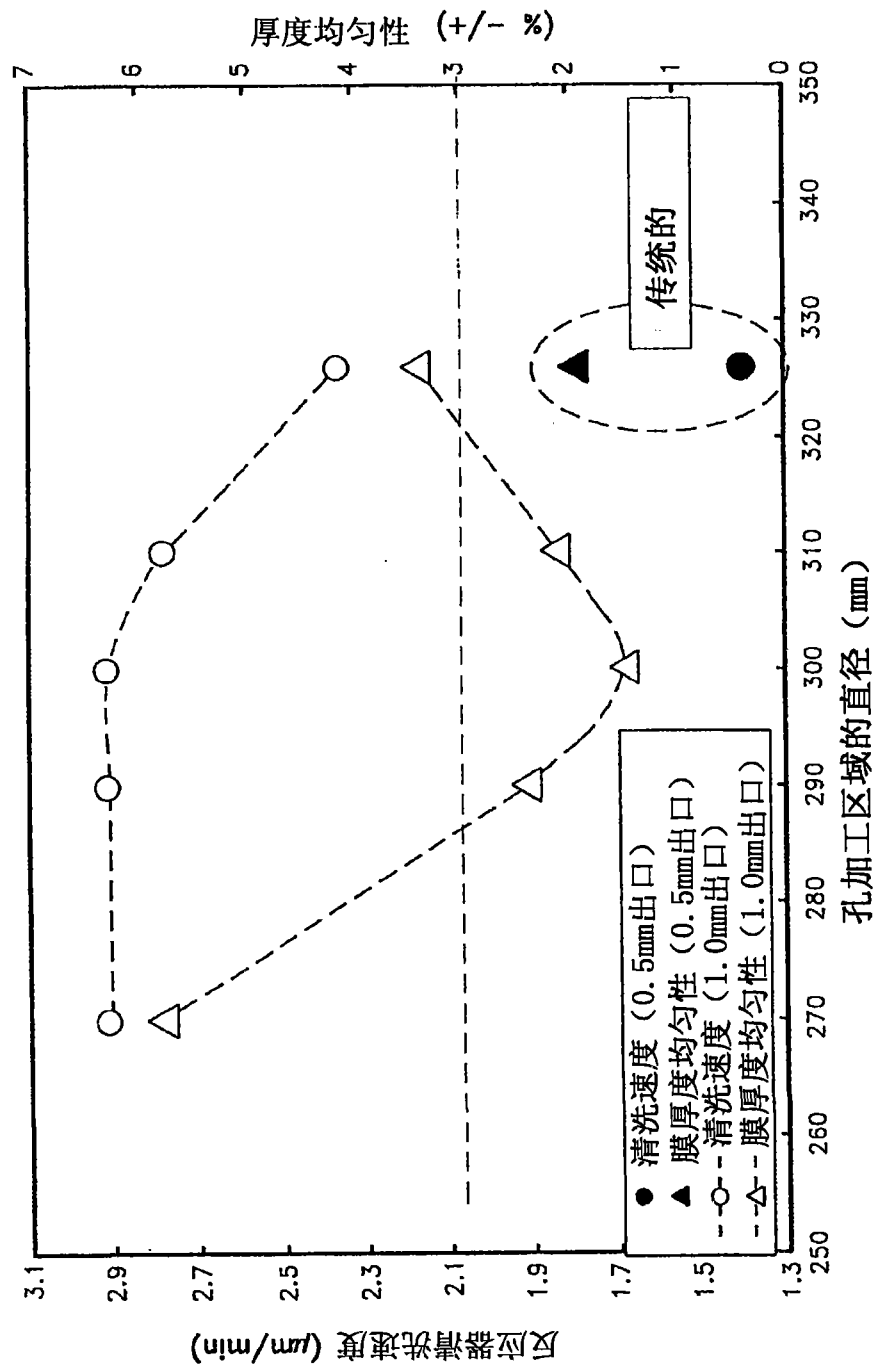


图4

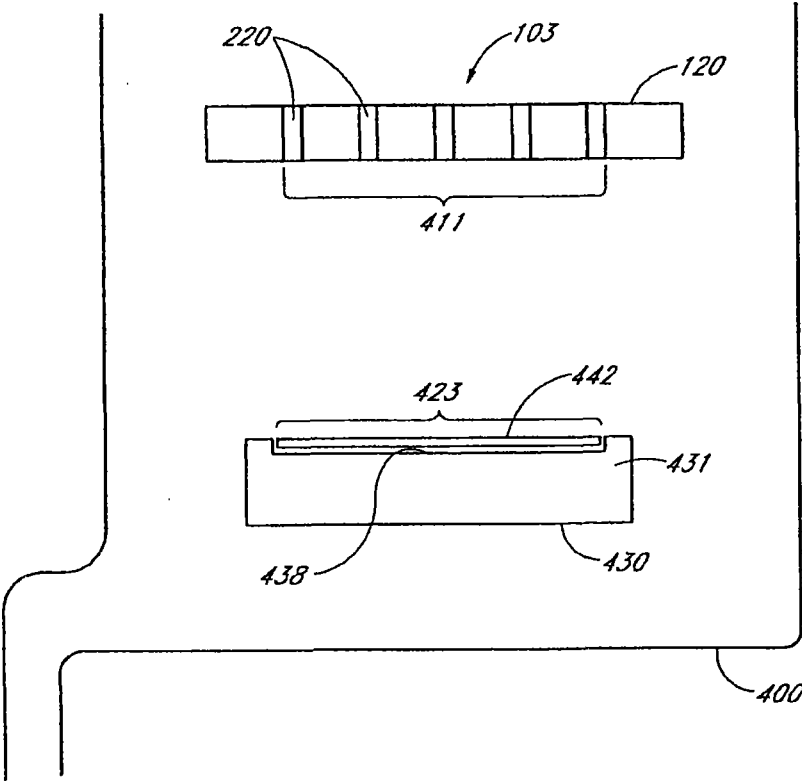


图5

	孔加工区域的直径	孔形状	TEOS	O ₂	Seal Ar	Pressure	HRF	LRF	Gap	SUS	WALL	SHD
单位	mm		sccm	sccm	sccm	Pa	W	W	mm	degC	degC	degC
传统的	ø326	ø1mm 入口 ø0.5mm 出口	250	2300	300	400	650	470	10	360	140	150
条件 ①	ø300	ø1mm 竖直	250	2300	300	400	650	470	10	360	140	150
条件 ②	ø300	ø1mm 竖直	225	2070	300	400	650	470	10	360	140	150
条件 ③	ø300	ø1mm 竖直	225	2070	300	400	450	530	10	360	140	150

图6A

	孔加工区域的直径	孔形状	沉积速度	膜厚均匀性	膜应力	反应器清洗速度
单位	mm		nm/min	+/- %	MPa	nm/min
传统的	ø326	ø1mm 入口 ø0.5mm 出口	766.7	1.80	-153	1400
条件 ①	ø300	ø1mm 竖直	849.8	1.50	-114	2360
条件 ②	ø300	ø1mm 竖直	771.0	1.39	-140	2260
条件 ③	ø300	ø1mm 竖直	773.8	1.41	-152	2200

图6B

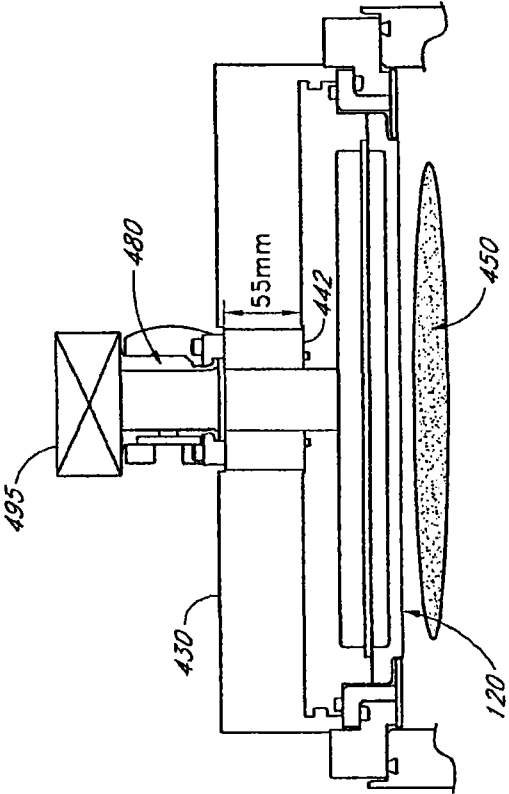


图7B

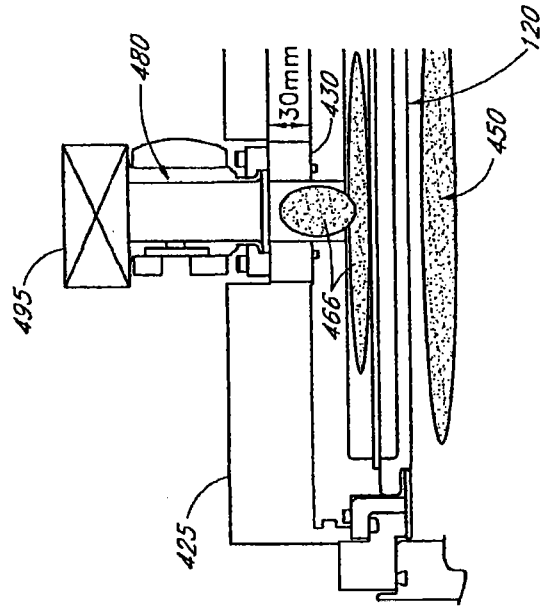


图7A

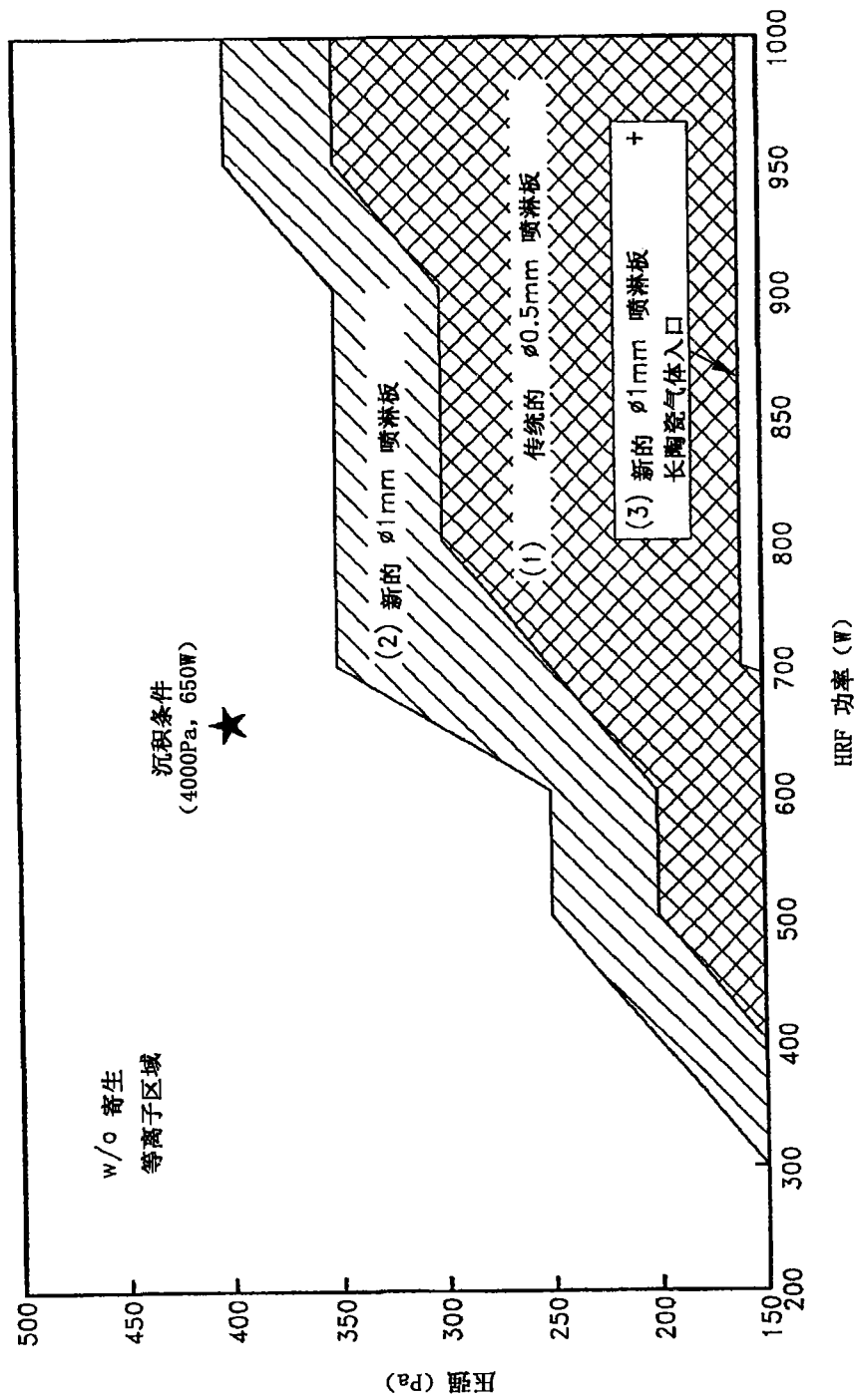


图8