

用于等离子增强型薄膜沉积的炉管

技术领域

5 本发明涉及半导体加工设备领域，进一步地涉及一种用于等离子增强型薄膜沉积的炉管。

背景技术

薄膜沉积工艺是半导体制造中的关键工艺，由于薄膜是芯片结构的功能材料层，在芯片完成制造、封测等工序后会留存在芯片中，薄膜的技术参数直接影响芯片性能。由于半导体器件的高精度，薄膜通常使用薄膜沉积工艺来实现。薄膜制备工艺按照其成膜方法可分为物理气相沉积(PVD, Physical Vapor Deposition)和化学气相沉积(CVD, Chemical Vapor Deposition)。其中，化学气相沉积是指通过气体混合的化学反应在硅片表面沉积一层固体膜的工艺，化学气相沉积工艺设备的使用占比更高。化学气相沉积工艺进一步包括低压化学气相沉积(LPCVD)、等离子体增强型沉积(PECVD, Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)和原子层沉积(ALD, Atomic Layer Deposition)等，其中原子层沉积也可以引入等离子增强模式(PEALD, Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition)。

20 等离子体增强型沉积的特点是借助微波或射频等使含有薄膜组成原子的气体电离，在局部形成等离子体，等离子体具有较强的化学活性，容易发生反应，进而在衬底上沉积出所需薄膜。传统 CVD 工艺中，化学气体不断通入真空室内，因此沉积过程是连续的，而在 ALD 工艺过程中，则是将不同的反应前驱物以气体脉冲的形式交替送入反应室中，并非一个连续的过程。

25 现有技术中，等离子体增强型沉积(PECVD)和原子层沉积(ALD)工艺设备可采用炉管式基板处理装置。

如图 11(a)所示，为专利号为 ZL03109343.4，所公开的基板处理装置截面示意图。该基板处理装置包括反应管 1、设置于反应管 1 内的缓冲室 2、设置于缓冲室 2 内的气咀 4 和产生等离子体的电极 5，以及用于承载晶片 7 的舟 6。其中，气咀输入口 10 用于输入化学气体，化学气体经由气咀孔 9 进入缓冲室 2，

再由缓冲室孔 3 提供给晶片 7 进行薄膜沉积，最后由反应管 1 的排气口 8 排出惰性气体和反应残余气体等。

如图 11(b)和图 11(c)所示，为图 11(a)两种不同实施方式的横截面示意图，在这两种实施方式中，由于电极 5 与缓冲室 2 侧壁之间具有间隙，当化学气体由供气室的进入缓冲室 2 后，仅一部分化学气体通过两电极 5 之间并经由缓冲室孔 3 流出，另一部分化学气体将沿电极 5 与缓冲室 2 侧壁之间的间隙直接由缓冲室孔 3 流出，化学气体未完全经过两电极 5 之间，导致化学气体仅部分被电离，部分未被电离。

如图 11(d)所示，为图 11(a)另一种实施方式的横截面示意图，在该实施例中，两电极 5 设置于缓冲室孔 3 两侧，且电极 5 紧靠缓冲室 2 的内侧壁面，由此限定气体的主要流向。但由于电极 5 紧靠缓冲室 2 内侧壁，使得电极 5 紧靠缓冲室 2 内侧壁的一侧未被有效利用，该侧所产生的电场被缓冲室 2 内侧壁吸收，未被用于化学气体的电离。且气咀孔 9 与缓冲室孔 3 之间的距离较短，两电极之间的电离区域受限，导致化学气体由气咀孔 9 进入缓冲室 2 后未被完全电离即由缓冲室孔 3 流出，进而使化学气体电离效率较低，增加电力消耗。

发明内容

针对上述技术问题，本发明的目的在于提升炉管内工艺气体的电离效率。为了实现上述目的，本发明提供了一种等离子增强型薄膜沉积的炉管。

20 在一些实施方式中，该用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，包括：

工艺管，包括可容纳多层基板的反应室和至少一个沿所述多层基板的层叠方向配置的电离室，所述电离室开设有若干与所述反应室相导通的第一气孔；

25 供气管，位于所述电离室内，并沿所述多层基板的层叠方向依次开设有若干第二气孔，所述供气管用于输送待电离工艺气体并经由所述第二气孔通入所述电离室，所述待电离工艺气体在所述电离室内电离后，由所述第一气孔通入所述反应室内，以在基板表面沉积相应的薄膜；

第一电极和第二电极，位于所述工艺管之内并位于电离室的中部位置，且沿所述多层基板的层叠方向排布；

其中，所述第一电极和/或第二电极由挡板支撑，每个所述挡板的一端与对

应电极相连，每个所述挡板的另一端与所述电离室内壁连接，以使得待电离工艺气体通过所述第一电极和第二电极之间从而提高工艺气体的电离效率，所述第一气孔位于所述第一电极和第二电极之间连线的垂直线上。

在一些实施方式中，该用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，包括：

- 5 工艺管，包括可容纳多层基板的反应室和至少一个沿所述多层基板的层叠方向配置的电离室，所述电离室开设有若干与所述反应室相导通的第一气孔；

供气管，位于所述电离室内，并沿所述多层基板的层叠方向依次开设有若干第二气孔，所述供气管用于输送待电离工艺气体并经由所述第二气孔通入所述电离室，所述待电离工艺气体在所述电离室内电离后，由所述第一气孔通入

- 10 所述反应室内，以在基板表面沉积相应的薄膜；

第一电极和第二电极，位于所述工艺管之内，且沿所述多层基板的层叠方向排布，所述第一电极和/或所述第二电极位于所述电离室侧壁上，且位于所述电离室侧壁上的电极一部分位于所述电离室内，另一部分位于所述电离室外。

- 15 与现有技术相比，本发明一方面，通过在电极与电离室内壁间构造挡板，使工艺气体通过两电极之间，防止工艺气体未经两电极之间，而由电极与电离室内壁之间的间隙直接逃逸出电离室，提升了工艺气体的电离效率，实现了工艺气体的电离最大化；另一方面，通过将至少一个电极构造于电离室侧壁上，且构造于电离室侧壁上的电极一部分位于电离室内，另一部分位于电离室以外，在工艺气体电离过程中，电极仅在位于电离室以内的部分产生电场，在位于电离室以外的部分不产生电场，使得电极产生的电场将全部用于工艺气体的电离，不被电离室侧壁吸收，减少设备电力消耗。
- 20

附图概述

- 25 下面将以明确易懂的方式，结合附图说明优选实施方式，对本发明的上述特性、技术特征、优点及其实现方式予以进一步说明。

图 1(a)-1(c)是本发明炉管的一组实施例的横截面结构示意图；

图 2(a)-2(e)是本发明炉管的另一组实施例的横截面结构示意图；

图 3(a)-3(e)是本发明炉管的另一组实施例的横截面结构示意图；

- 图 4(a)-4(d)是本发明炉管的另一组实施例的横截面结构示意图；
图 5(a)-5(e)是本发明炉管的另一组实施例的横截面结构示意图；
图 6(a)-6(d)是本发明炉管的另一组实施例的横截面结构示意图；
图 7(a)-7(e)是本发明炉管的另一组实施例的横截面结构示意图；
5 图 8(a)-8(b)是本发明炉管的另一组实施例的横截面结构示意图；
图 9(a)-9(c)是本发明炉管的另一组实施例的横截面结构示意图；
图 10(a)-10(b)是本发明炉管的一组实施例的立体结构剖面示意图；
图 11(a)-11(d)是本发明背景技术中基板处理装置的一组结构示意图。

10 本发明的较佳实施方式

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对照附图说明本发明的具体实施方式。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图，并获得其他的实施方式。

- 15 为使图面简洁，各图中只示意性地表示出了与发明相关的部分，它们并不代表其作为产品的实际结构。另外，以使图面简洁便于理解，在有些图中具有相同结构或功能的部件，仅示意性地绘示了其中的一个，或仅标出了其中的一个。在本文中，“一个”不仅表示“仅此一个”，也可以表示“多于一个”的情形。

- 20 在本文中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

- 25 如图 1(a)至图 10(b)所示，本发明公开了具有多种实施方式的炉管 100，各种实施例的主要区别在于电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内电极（例如第一电极 161 和第二电极 162）和供气管 150 的排布位置。对于炉管 100 的整体结构而言，各实施方式采用类似的结构，包括至少一个采用等离子体增强型沉积（PECVD）或原子层沉积（ALD）工艺处理基板的工艺管 120，和为电极

(例如第一电极 161 和第二电极 162) 提供电力的电源部。

具体而言,在工艺管 120 内部,设置有对基板实施工艺处理的反应室 130、用于电离工艺气体的电离室 140、用于向电离室 140 内部供应待电离工艺气体的供气管 150、用于向反应室 130 内部直接供应工艺气体或惰性气体的若干附加供气管 180, 以及用于加热该工艺管 120 的加热器(图中未示出)。反应室 130 下方, 设置有用以承载基板的晶舟和用于上下移动晶舟的升降机构。上述工艺管 120 及其内部的反应室 130 和电离室 140 均为竖直中空筒状结构, 反应室 130 底部配置有用以晶舟出入的开口, 以供晶舟在升降机构的作用下上下移动, 并使其所承载的基板随晶舟移入或移出反应室 130。

图 10(a)为炉管 100 沿轴向的剖面图, 图 10(b)为炉管 100 在电离室 140 外侧的纵向剖面图, 在电离室 140 内部设置有至少一对电极(例如第一电极 161 和第二电极 162)和一根供气管 150, 第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 均沿竖直方向固定于电离室 140 内。其中, 电离室 140 沿竖直方向或多层基板的层叠方向依次开设有若干与反应室 130 相导通的第一气孔 144。第一电极 161 和第二电极 162 通过与电源部连接, 产生电离工艺气体的高频电场, 第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离密度最高。第一电极 161 和第二电极 162 间距范围优选为 15mm-60mm, 电离功率范围优选为 100-2000W。供气管 150 沿竖直方向或多层基板的层叠方向依次开设有若干第二气孔 151, 供气管 150 底部与外部气源连接, 用于输送待电离工艺气体经由第二气孔 151 通入电离室 140。上述待电离工艺气体进入电离室 140 后, 将经第一电极 161 和第二电极 162 电离, 再由第一气孔 144 进入反应室 130 内, 以在基板表面沉积相应的薄膜, 或者发生吸附反应实现薄膜在基板表面逐层生长。电离室 140 的横截面形状不限于各实施例附图所提供的扇环状, 也可根据实际情况选用半圆形、三角形和矩形等规则或不规则的封闭图形。供气管 150 内的气体流量范围优选为 1L/min-30L/min。供气管 150 与第二气孔 151 流通面积或横截面积比值范围优选为 1:(0.21-0.48), 通过将供气管 150 与第二气孔 151 流通面积或横截面积的比值范围限定在上述范围, 可有效控制工艺气体在供气管 150 内的流速和第二气孔 151 向电离室 140 内的供应速度, 使得工艺气体在电离室 140 内有充足的电离时间。

另外，如图 1(a)、图 1(b)、图 1(c)和图 1(e)等所示，本发明部分实施方式采用多管式炉管结构，在该部分实施方式中，工艺管 120 还包括呈扇环状的内管 110，且内管 110 的内侧弧线部分与工艺管 120 构成同心圆结构，多层基板位于内管 110 中。内管 110 与工艺管 120 之间形成中空的抽气室 112，内管 110 沿竖直方向或多层基板的层叠方向依次开设有若干与反应室 130 相导通的第三气孔 111，第三气孔 111 与电离室 140 相对设置，第三气孔 111 与抽气室 112 导通。工艺管 120 底部设置有与抽气室 112 导通的排气管 113，排气管 113 与电离室 140 相对设置。第一气孔 144 与工艺管 120 内壁的径向距离 d_1 不小于内管 110 与工艺管 120 内壁的径向距离 d_2 ，使得第一气孔 144 能够更加靠近多层基板，增加工艺气体到达基板表面的概率。

又如图 1(d)所示，本发明另一部分实施方式采用单管式炉管结构，在该部分实施方式中，工艺管 120 内未设置内管 110。需要说明的是，对于本发明各实施例所公开的电离室 140 内部结构，并不限定炉管类型，在不脱离本发明原理的前提下，不同电离室 140 既可以适配于单管式炉管结构，也可以适配于多管式炉管结构。

另外，如图 9(a)、图 9(b)和 9(c)，本发明部分实施方式采用多个电离室 140 的结构，在该部分实施方式中，可根据实际需要，选用本发明任一实施例的电离室 140 内部结构形式，且不同电离室 140 的内部结构可以相同也可以不同。

另外，如图 1(a)、图 1(b)和图 1(c)所示，在本发明采用多管式炉管结构的部分实施方式中，内管 110 与工艺管 120 之间可以通过径向的壁体固定连接，附加供气管 180 位于电离室 140 附近，靠近工艺管 120 内壁设置。如图 1(e)所示，在本发明采用多管式炉管结构的另一部分实施方式中，内管 110 也可以固定于电离室 140 的左侧壁 141 和右侧壁 142，附加供气管 180 位于电离室 140 附近，靠近内管 110 内壁设置，附加供气管 180 所在位置的内管 110 半径大于其它位置的内管 110 半径，附加供气管 180 和第一气孔 144 近似位于同一圆弧线上，使得附加供气管 180 到多层基板的距离约等于第一气孔 144 到多层基板的距离。

另外，需要说明的是本发明所称的第一电极 161 和第二电极 162 位于电离室 140 的中部位置，是指第一电极 161 和第二电极 162 位于电离室 140 的第一

内侧壁 146 和第二内侧壁 143 之间的中部，第一电极 161 位于左侧壁 141 和右侧壁 142 之间的中部，或第二电极 162 位于左侧壁 141 和右侧壁 142 之间的中部，或第一电极 161 和第二电极 162 均位于左侧壁 141 和右侧壁 142 之间的中部。

- 5 例如，在原子层沉积（ALD）工艺过程中，将第一种工艺气体（例如：二氯二氢硅）由附加供气管 180 通入到工艺管 120。在第一种工艺气体与基板表面的吸附达到饱和后，由附加供气管 180 向工艺管 120 通入惰性气体，惰性气体将工艺管 120 内多余的第一种工艺气体经过第三气孔 111 由排气管 113 抽离工艺管 120，仅保留基板表面吸附的部分。然后将第二种工艺气体（例如：氨气）由
- 10 电离室 140 内的供气管 150 并经由第二气孔 151 进入电离室 140 内，第二种工艺气体在第一电极 161 和第二电极 162 作用下完成电离，并由第一气孔 144 进入反应室 130，以与基板表面吸附的第一种工艺气体反应生成薄膜（例如：氮化硅薄膜）。在与第一种工艺气体完全吸附反应后，停止向电离室 140 内通入第二
- 15 种工艺气体，再次由附加供气管 180 向工艺管 120 通入惰性气体，以将基板表面反应的副产物吹扫并由排气管 113 排出，进而完成一次原子层沉积。在半导体工艺过程中，可以根据需求多次循环上述步骤，以使基板表面形成所需厚度的薄膜。

以下将结合图 1(a)至图 9(c)，逐一对本发明各实施例进行说明：

【实施例 1】

- 20 如图 1(a)所示，为本发明的第 1 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

- 25 在本实施例中，电离室 140 包括左侧壁 141、右侧壁 142、第一内侧壁 146 和第二内侧壁 143，第一内侧壁 146 可由左侧壁 141 和右侧壁 142 之间的工艺管 120 内壁构成。其中，左侧壁 141 和右侧壁 142 一端固定连接于第一内侧壁 146，另一端分别与第二内侧壁 143 两端连接，第二内侧壁 143 与第一内侧壁 146 相对应，且第二内侧壁 143 位于内管 110 的半径范围以内。

在电离室 140 内部，第一电极 161 和第二电极 162 依次位于同一圆弧线上，该圆弧的圆心与工艺管 120 的圆心为同一圆心，且该圆弧半径位于工艺管

120 和内管 110 的半径范围之间。供气管 150 靠近左侧壁 141 设置，供气管 150 位于第一电极 161 和第二电极 162 的同一侧，第一电极 161 位于左侧壁 141 和右侧壁 142 的中间位置，第二电极 162 靠近右侧壁 142 设置。第一气孔 144 开设于第一电极 161 和第二电极 162 之间连线的垂直线上。

5 此外，第一电极 161 和第二电极 162 与第二内侧壁 143 之间分别连接有挡板（171、172），具体地，第一电极 161 与第一气孔 144 左侧的第二内侧壁 143 连接有第一挡板 171，第二电极 162 与第一气孔 144 右侧的第二内侧壁 143 连接有第二挡板 172。第一挡板 171 沿第一电极 161 长度方向由电离室 140 的底部延伸到电离室 140 的顶部，第二挡板 172 沿第二电极 162 长度方向由电离室 10 140 的底部延伸到电离室 140 的顶部。在竖直方向上，第一电极 161 和第二电极 162 的上下两端分别固定于电离室 140 的顶部和低部；在水平方向上，第一电极 161 由第一挡板 171 支撑，第二电极 162 由第二挡板 172 支撑。第一挡板 171 和第二挡板 172 相互平行，第一电极 161 和第二电极 162 之间形成工艺气体的流动通道，以使得工艺气体通过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离 15 区域，防止工艺气体未经第一电极 161 和第二电极 162 之间，而由第一电极 161 或第二电极 162 与电离室 140 内壁之间的间隙直接逃逸出电离室 140，从而提高工艺气体的电离效率。挡板（171、172）采用绝缘材质，优选采用石英材质。

在本实施方式中，升降机构将载有多层基板的晶舟上升到反应室 130 内，待电离工艺气体由供气管 150，并经由第二气孔 151 进入电离室 140 内。在电 20 离室 140 内，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动，第二挡板 172 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第二电极 162 之间的空间流动，使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前，必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间以及第一挡板 171 和第二挡板 172 之间，由此提高工艺气体的电离效率。完成电离的工艺气体由 25 各个第一气孔 144 进入反应室 130，并均匀地提供给晶舟承载的各个基板。更换或排放反应室 130 内的气体时，反应室 130 内原有的气体先由第三气孔 111 抽至抽气室 112，再由排气管 113 抽离工艺管 120。

【实施例 2】

如图 1(b)所示，为本发明的第 2 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的

整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 1 的区别仅在于第二挡板 172 的摆放位置。在实施例 1 中，第二挡板 172 设置于第二电极 162 与第一气孔 144 右侧的第二内侧壁 143 5 之间。在本实施例中，第二挡板 172 一侧与第二电极 162 连接，另一侧连接至右侧壁 142 与第一内侧壁 146 的连接处，使得第二挡板 172 与右侧壁 142 成锐角。

在本实施方式中，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动，第二挡板 172 阻挡待电离工艺气体沿右侧壁 142 10 与第二电极 162 之间的空间流动，使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前，必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和第二挡板 172 之间的流动通道，防止工艺气体未经第一电极 161 和第二电极 162 之间，而由第一电极 161 或第二电极 162 与电离室 140 内壁之间的间隙直接逃逸出电离室 140，由此提高工艺气体的电离效率。

15 【实施例 3】

如图 1(c)所示，为本发明的第 3 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 1 的区别仅在于第一挡板 171 和第二挡板 172 的摆放位置。在实施例 1 中，第一挡板 171 与第二内侧壁 143 相垂直，第二挡板 172 20 设置于第二电极 162 与第一气孔 144 右侧的第二内侧壁 143 之间。在本实施例中，第一挡板 171 一侧与第一电极 161 连接，第一挡板 171 另一侧与第二内侧壁 143 连接，且第一挡板 171 与第二内侧壁 143 的连接处向供气管 150 偏置，使得第一挡板 171 与第二内侧壁 143 成锐角；第二挡板 172 一侧与第二电极 162 25 连接，另一侧连接至右侧壁 142 与第一内侧壁 146 的连接处，使得第二挡板 172 与右侧壁 142 成锐角，第一挡板 171 与第二挡板 172 的延长线相平行。

在本实施方式中，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动，第二挡板 172 阻挡待电离工艺气体沿右侧壁 142 与第二电极 162 之间的空间流动，且由于第一挡板 171 倾斜设置，一方面，使

得由供气管 150 提供的待电离工艺气体更趋于在第一电极 161 与第一内侧壁 146 之间流动,另一方面,减少了第一挡板 171 对第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域的影响,增加了第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域空间,使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前,必须经过
5 第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和第二挡板 172 之间的流动通道,防止工艺气体未经第一电极 161 和第二电极 162 之间,而由第一电极 161 或第二电极 162 与电离室 140 内壁之间的间隙直接逃逸出电离室 140,由此提高工艺气体的电离效率。

【实施例 4】

10 如图 1(d)所示,为本发明的第 4 种实施方式,本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上,进一步限定了电离室 140 内部结构,以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 2 的区别仅在于本实施例的工艺管 120 内部未设置内管 110,实施例 2 的工艺管 120 内部设置内管 110 为多管式炉管,其它结构与实
15 施例 2 一致,在此不再赘述。

此外,如图 1(e)所示,内管 110 也可以固定于电离室 140 的左侧壁 141 和右侧壁 142,附加供气管 180 位于电离室 140 附近,靠近内管 110 内壁设置,附加供气管 180 所在位置的內管 110 半径大于其它位置的內管 110 半径,附加供气管 180 位于內管 110 以内且和第一气孔 144 近似位于同一圆弧线上,使得
20 附加供气管 180 到多层基板的距离约等于第一气孔 144 到多层基板的距离。

【实施例 5】

如图 2(a)所示,为本发明的第 5 种实施方式,本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上,进一步限定了电离室 140 内部结构,以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

25 本实施例与实施例 1 的区别仅在于本实施例增加了第三挡板 173。在实施例 1 中,第一电极 161 与第一气孔 144 左侧的第二内侧壁 143 连接有第一挡板 171,第二电极 162 与第一气孔 144 右侧的第二内侧壁 143 连接有第二挡板 172,第二电极 162 与第一内侧壁 146 间未设置挡板。在本实施例中,第一挡板 171 与第二挡板 172 与实施例 1 的摆放位置一致,且第二电极 162 与第一内侧壁

- 146 连接有第三挡板 173。上述第三挡板 173 位于第二挡板 172 的延长线上，第二挡板 172 和第三挡板 173 右侧与电离室 140 的右侧壁 142 之间具有真空腔 145。第二电极 162 部分位于第二挡板 172 和第三挡板 173 左侧的电离室 140 内，部分位于第二挡板 172 和第三挡板 173 右侧的真空腔 145 内。真空腔 145 5 内的真空度可独立控制，且真空腔 145 内的真空度不受电离室 140 和反应室 130 内气体流动的影响，将真空腔 145 内部维持在大气压或低真空时，第二电极 162 将不在真空腔 145 内产生电场，使得第二电极 162 与第一电极 161 生成的电场始终稳定的集中在第二电极 162 与第一电极 161 之间，且真空腔 145 内部的真空度优选为 0.005torr-10torr。
- 10 在本实施方式中，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动，第二挡板 172 阻挡待电离工艺气体沿右侧壁 142 与第二电极 162 之间的空间流动，第三挡板 173 阻挡待电离工艺气体沿第一内侧壁 146 与第二电极 162 之间的空间流动，使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前，必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离 15 区域以及第一挡板 171 和第二挡板 172 之间的流动通道，由此提高工艺气体的电离效率。此外，由于第二电极 162 局部位于真空腔 145 内，第二电极 162 将仅在第二挡板 172 和第三挡板 173 左侧的电离室 140 内产生电场，在真空腔 145 内不生成电场，由此起到节省电力的作用。

【实施例 6】

- 20 如图 2(b)所示，为本发明的第 6 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

- 本实施例与实施例 5 的区别仅在于第二挡板 172 和第三挡板 173 的摆放位置。在实施例 1 中，第二挡板 172 与第三挡板 173 分别与右侧壁 142 平行。在 25 本实施例中，第二挡板 172 与第二内侧壁 143 的连接处向右侧壁 142 偏置，使得第二挡板 172 与右侧壁 142 成锐角；第三挡板 173 与第一内侧壁 146 的连接处向右侧壁 142 偏置，使得第三挡板 173 与右侧壁 142 成锐角。

 在本实施方式中，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动，第二挡板 172 阻挡待电离工艺气体沿右侧壁 142

与第二电极 162 之间的空间流动, 第三挡板 173 阻挡待电离工艺气体沿第一内侧壁 146 与第二电极 162 之间的空间流动。且由于第三挡板 173 倾斜设置, 使得待电离工艺气体更趋于在第一挡板 171 和第二挡板 172 之间流动。使待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前, 必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和第二挡板 172 之间的流动通道, 由此提高工艺气体的电离效率。又由于第二挡板 172 和第三挡板 173 均朝右侧壁 142 倾斜, 使第二电极 162 暴露于第二挡板 172 和第三挡板 173 左侧电离室 140 内的部分多于位于真空腔 145 内的部分, 由此增加了第二电极 162 在电离室 140 内的电离区域。此外, 由于第二电极 162 部分位于电离室 140 内, 另一部分位于真空腔 145 内, 第二电极 162 将仅在第二挡板 172 和第三挡板 173 左侧的电离室 140 内产生电场, 在真空腔 145 内不产生电场, 使得第二电极 162 产生的电场全部用于工艺气体的电离, 而不被电离室 140 内壁吸收, 由此起到节省电力的作用。

【实施例 7】

如图 2(c)所示, 为本发明的第 7 种实施方式, 本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上, 进一步限定了电离室 140 内部结构, 以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 5 的区别仅在于第一挡板 171 的摆放位置。在实施例 5 中, 第一挡板 171 垂直于第二内侧壁 143 设置。在本实施例中, 第一挡板 171 与第二内侧壁 143 的连接处向左侧壁 141 偏置, 使得第一挡板 171 与第二内侧壁 143 成锐角。

在本实施方式中, 第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动, 第二挡板 172 阻挡待电离工艺气体沿右侧壁 142 与第二电极 162 之间的空间流动, 第三挡板 173 阻挡待电离工艺气体沿第一内侧壁 146 与第二电极 162 之间的空间流动, 且由于第一挡板 171 倾斜设置, 使得待电离工艺气体更趋于在第一挡板 171 和第二挡板 172 之间流动, 使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前, 必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和第二挡板 172 之间的流动通道, 防止工艺气体未经第一电极 161 和第二电极 162 之间, 而由第一电极 161

或第二电极 162 与电离室 140 内壁之间的间隙直接逃逸出电离室 140，由此提高工艺气体的电离效率。又由于第一挡板 171 与第二内侧壁 143 的连接处向左侧壁 141 偏置，减少了第一挡板 171 对第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域的影响，增加了第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域空间。此外，由于第二电极 162 部分位于电离室 140 内，另一部分位于真空腔 145 内，第二电极 162 将仅在第二挡板 172 和第三挡板 173 左侧的电离室 140 内产生电场，在真空腔 145 内不产生电场，使得第二电极 162 产生的电场全部用于工艺气体的电离，而不被电离室 140 内壁吸收，由此起到节省电力的作用。

【实施例 8】

10 如图 2(d)所示，为本发明的第 8 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 6 的区别仅在于第一挡板 171 的摆放位置。在实施例 6 中，第一挡板 171 垂直于第二内侧壁 143 设置。在本实施例中，第一挡板 171 15 与第二内侧壁 143 的连接处向左侧壁 141 偏置，使得第一挡板 171 与第二内侧壁 143 成锐角。

在本实施方式中，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动，第二挡板 172 阻挡待电离工艺气体沿右侧壁 142 与第二电极 162 之间的空间流动，第三挡板 173 阻挡待电离工艺气体沿第一内侧壁 146 与第二电极 162 之间的空间流动，且由于第一挡板 171 倾斜设置，使得待电离工艺气体更趋于在第一挡板 171 和第二挡板 172 之间流动，使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前，必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和第二挡板 172 之间的流动通道，由此提高工艺气体的电离效率。又由于第二挡板 172 和第三挡板 173 均朝 20 向右侧壁 142 倾斜，使第二电极 162 暴露于第二挡板 172 和第三挡板 173 左侧电离室 140 内的部分多于位于真空腔 145 内的部分，由此增加了第二电极 162 在电离室 140 内的电离区域。此外，由于第二电极 162 部分位于电离室 140 内，另一部分位于真空腔 145 内，第二电极 162 将仅在第二挡板 172 和第三挡板 173 左侧的电离室 140 内产生电场，在真空腔 145 内不产生电场，使得第二电 25

极 162 产生的电场全部用于工艺气体的电离，而不被电离室 140 内壁吸收，由此起到节省电力的作用。

此外，如图 2(e)所示，可在实施例 6 的基础上将内管 110 固定于电离室 140 的左侧壁 141 和右侧壁 142，附加供气管 180 位于电离室 140 附近，靠近内管 110 内壁设置，附加供气管 180 所在位置的半径大于其它位置的半径，附加供气管 180 位于内管 110 以内且和第一气孔 144 近似位于同一圆弧线上，使得附加供气管 180 到多层基板的距离约等于第一气孔 144 到多层基板的距离。

【实施例 9】

如图 3(a)所示，为本发明的第 9 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 5 的区别仅在于第二电极 162 的位置及挡板的数量。在实施例 5 中，第二电极 162 与第二内侧壁 143 连接有第二挡板 172，第二电极 162 与第一内侧壁 146 间连接有第三挡板 173，第二挡板 172 和第三挡板 173 右侧与电离室 140 右侧壁 142 形成真空腔 145。在本实施例中，将第二电极 162 设置在右侧壁 142 上，取消第二挡板 172 和第三挡板 173。第二电极 162 局部位于电离室 140 内，局部位于电离室 140 以外，在本实施例中，第二电极 162 局部位于电离室 140 内，局部位于反应室 130。

在本实施方式中，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动，使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前，必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和电离室 140 右侧壁 142 之间的流动通道，由此提高工艺气体的电离效率。此外，由于第二电极 162 局部位于电离室 140 以外，第二电极 162 将仅在电离室 140 内产生电场，在电离室 140 以外不生成电场，使得第二电极 162 产生的电场全部用于工艺气体的电离，而不被电离室 140 内壁吸收，由此起到节省电力的作用。

此外，如图 3(b)所示，可在实施例 9 的基础上取消第一挡板 171。

如图 3(c)所示，可在实施例 9 的基础上仅将供气管 150 调整到第一电极 161

和第二电极 162 之间连线的垂直线上。

如图 3(d)所示,可在实施例 9 的基础上将供气管 150 调整到第一电极 161 和第二电极 162 之间连线的垂直线上,且配置于工艺管 120 的半径范围之外。工艺管 120 可沿其轴向方向配置用于装设供气管 150 的凸槽结构 121,由此增加供气管 150 与第一气孔 144 之间的距离,增加工艺气体通过第一电极 161 和第二电极 162 之间的时间,使得工艺气体有充足的电离时间。

如图 3(e)所示,可在实施例 9 的基础上将内管 110 固定于电离室 140 的左侧壁 141 和右侧壁 142,附加供气管 180 位于电离室 140 附近,靠近内管 110 内壁设置,附加供气管 180 所在位置的半径大于其它位置的内管 110 半径,附加供气管 180 位于内管 110 以内且和第一气孔 144 近似位于同一圆弧线上,使得附加供气管 180 到多层基板的距离约等于第一气孔 144 到多层基板的距离。

【实施例 10】

如图 4(a)所示,为本发明的第 10 种实施方式,本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上,进一步限定了电离室 140 内部结构,以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 9 的区别仅在于右侧壁 142 的结构。在实施例 9 中,右侧壁 142 与左侧壁 141 平行。在本实施例中,右侧壁 142 与第一内侧壁 146 的连接处向远离左侧壁 141 的一侧偏移,右侧壁 142 与第二内侧壁 143 的连接处向远离左侧壁 141 的一侧偏移,使得右侧壁 142 上端与第一内侧壁 146 成锐角,右侧壁 142 下端与第二内侧壁 143 成锐角。

在本实施方式中,第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动,使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前,必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和右侧壁 142 之间的流动通道,由此提高工艺气体的电离效率。又由于右侧壁 142 两端朝向远离左侧壁 141 的一侧倾斜,使第二电极 162 暴露于右侧壁 142 左侧电离室 140 内的部分多于位于电离室 140 以外的部分,由此增加了第二电极 162 在电离室 140 内的电离区域。此外,由于第二电极 162 局部位于电离室 140 以外,第二电极 162 将仅在右侧壁 142 左侧的电离室 140 内产

生电场，在电离室 140 以外不生成电场，使得第二电极 162 产生的电场全部用于工艺气体的电离，而不被电离室 140 内壁吸收，由此起到节省电力的作用。

【实施例 11】

如图 4(b)所示，为本发明的第 11 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 9 的区别仅在于第一挡板 171 的摆放位置。在实施例 9 中，第一挡板 171 与第二内侧壁 143 垂直。在本实施例中，第一挡板 171 与第二内侧壁 143 的连接处向靠近左侧壁 141 的一侧偏移，使得第一挡板 171 与第二内侧壁 143 成锐角。

在本实施方式中，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动，且由于第一挡板 171 倾斜设置，使得由供气管 150 提供的待电离工艺气体更趋于在第一电极 161 与第一内侧壁 146 之间流动，使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前，必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和电离室 140 右侧壁 142 之间的流动通道，又由于第一挡板 171 倾斜设置，增加了第一电极 161 右侧与第二电极 162 之间的电离区域，由此提高工艺气体的电离效率。此外，由于第二电极 162 局部位于电离室 140 以外，第二电极 162 将仅在电离室 140 内产生电场，在电离室 140 以外不生成电场，使得第二电极 162 产生的电场全部用于工艺气体的电离，而不被电离室 140 内壁吸收，由此起到节省电力的作用。

【实施例 12】

如图 4(c)所示，为本发明的第 12 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 10 的区别仅在于第一挡板 171 的摆放位置。在实施例 10 中，第一挡板 171 与第二内侧壁 143 垂直。在本实施例中，第一挡板 171 与第二内侧壁 143 的连接处向靠近左侧壁 141 的一侧偏移。使得第一挡板 171 与第二内侧壁 143 成锐角。

在本实施方式中，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第二内侧壁 143 与

第一电极 161 之间的空间流动，且由于第一挡板 171 倾斜设置，使得由供气管 150 提供的待电离工艺气体更趋于在第一电极 161 与第一内侧壁 146 之间流动，使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前，必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和电离室 140 右侧壁 142 之间的流动通道，由此提高工艺气体的电离效率。又由于右侧壁 142 两端朝向远离左侧壁 141 的一侧倾斜，使第二电极 162 暴露于右侧壁 142 左侧电离室 140 内的部分多于位于电离室 140 以外的部分，由此增加了第二电极 162 在电离室 140 内的电离区域。此外，由于第二电极 162 局部位于电离室 140 以外，第二电极 162 仅在右侧壁 142 左侧的电离室 140 内产生电场，在电离室 140 以外不生成电场，使得第二电极 162 产生的电场全部用于工艺气体的电离，而不被电离室 140 内壁吸收，由此起到节省电力的作用。

如图 4(d)所示，可在实施例 10 的基础上将内管 110 固定于电离室 140 的左侧壁 141 和右侧壁 142，附加供气管 180 位于电离室 140 附近，靠近内管 110 内壁设置，附加供气管 180 所在位置的内管 110 半径大于其它位置的内管 110 半径，附加供气管 180 位于内管 110 以内且和第一气孔 144 近似位于同一圆弧线上，使得附加供气管 180 到多层基板的距离约等于第一气孔 144 到多层基板的距离。

【实施例 13】

如图 5(a)所示，为本发明的第 13 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 1 的区别仅在于供气管 150、第一电极 161 和第二电极 162 的相对位置。在实施例 1 中，供气管 150 靠近左侧壁 141 设置，第一电极 161 位于左侧壁 141 和右侧壁 142 的中间位置，第二电极 162 靠近右侧壁 142 设置。在本实施例中，供气管 150 靠近第一内侧壁 146 设置，第一电极 161 靠近左侧壁 141 设置，第二电极 162 靠近右侧壁 142 设置，供气管 150 和第一气孔 144 位于第一电极 161 和第二电极 162 之间连线的垂直线上。

在本实施方式中，第一挡板 171 阻挡待电离工艺气体沿第一气孔 144 左侧的第二内侧壁 143 与第一电极 161 之间的空间流动，第二挡板 172 阻挡待电离

工艺气体沿第一气孔 144 右侧的第二内侧壁 143 与第二电极 162 之间的空间流动,使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前,必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及第一挡板 171 和第二挡板 172 之间的流动通道,由此提高工艺气体的电离效率。

5 此外,如图 5(b)所示,可在实施例 13 的基础上取消内管 110,采用单管式炉管。

如图 5(c)所示,可在实施例 13 的基础上将供气管 150 配置于工艺管 120 的半径范围之外,且适应性的在工艺管 120 沿其轴向方向配置用于装设供气管 150 的凸槽结构 121,由此增加供气管 150 与第一气孔 144 之间的距离,提高工艺
10 气体的电离程度。

如图 5(d)所示,可在实施例 13 的基础上将第一挡板 171 调整至第一电极 161 与供气管 150 左侧的第一内侧壁 146 之间,第二挡板 172 调整至第二电极 162 与供气管 150 右侧的第一内侧壁 146 之间。

如图 5(e)所示,可在实施例 13 的基础上将内管 110 固定于电离室 140 的
15 左侧壁 141 和右侧壁 142,附加供气管 180 位于电离室 140 附近,靠近内管 110 内壁设置,附加供气管 180 所在位置的内管 110 半径大于其它位置的内管 110 半径,附加供气管 180 位于内管 110 以内且和第一气孔 144 近似位于同一圆弧线上,使得附加供气管 180 到多层基板的距离约等于第一气孔 144 到多层基板的距离。

20 如图 6(a)所示,可在实施例 13 的基础上将第一挡板 171 调整至第一电极 161 与供气管 150 左侧的第一内侧壁 146 之间。

如图 6(b)所示,可在实施例 13 的基础上取消第一挡板 171。

如图 6(c)所示,可在实施例 13 的基础上取消第二挡板 172,且将第一挡板 171 调整至第一电极 161 与供气管 150 左侧的第一内侧壁 146 之间。

25 如图 6(d)所示,可在实施例 13 的基础上将第一挡板 171 调整至第一电极 161 与供气管 150 左侧的第一内侧壁 146 之间,且将内管 110 固定于电离室 140 的左侧壁 141 和右侧壁 142,附加供气管 180 位于电离室 140 附近,靠近内管 110 内壁设置,附加供气管 180 所在位置的内管 110 半径大于其它位置的内管 110 半径,附加供气管 180 位于内管 110 以内且和第一气孔 144 近似位于同一

圆弧线上。

【实施例 14】

如图 7(a)所示,为本发明的第 14 种实施方式,本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上,进一步限定了电离室 140 内部结构,以及电离室 140 内第一
5 电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 13 的区别仅在于第一电极 161 和第二电极 162 的设置位置。在实施例 13 中,第一电极 161 靠近左侧壁 141 设置,第二电极 162 靠近右侧壁 142 设置,供气管 150 和第一气孔 144 位于第一电极 161 和第二电极 162 之间连线的垂直线上,位于第一气孔 144 左侧的第二内侧壁 143 与第一电
10 极 161 之间设置有第一挡板 171,位于第一气孔 144 右侧的第二内侧壁 143 与第二电极 162 之间设置有第二挡板 172。在本实施例中,取消第一挡板 171 和第二挡板 172,将第一电极 161 设置在左侧壁 141 上,将第二电极 162 设置在右侧壁 142 上,且第一电极 161 和第二电极 162 相向侧位于电离室 140 内,第一电极 161 和第二电极 162 相反侧位于电离室 140 外。

15 在本实施方式中,供气管 150 与第一气孔 144 均位于第一电极 161 和第二电极 162 之间连线的垂直线上,且供气管 150 与第一气孔 144 均位于左侧壁 141 与右侧壁 142 之间,使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前,必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及左侧壁 141 与右侧壁 142 之间的流动通道,由此提高工艺气体的电离效率。此外,由于第
20 一电极 161 和第二电极 162 局部位于电离室 140 外,第一电极 161 和第二电极 162 仅在电离室 140 内产生电场,在电离室 140 外不生成电场,使得第一电极 161 和第二电极 162 产生的电场全部用于工艺气体的电离,而不被电离室 140 内壁吸收,由此起到节省电力的作用。

【实施例 15】

25 如图 7(b)所示,为本发明的第 15 种实施方式,本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上,进一步限定了电离室 140 内部结构,以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

本实施例与实施例 14 的区别仅在于左侧壁 141 和右侧壁 142 结构。在实施例 14 中,左侧壁 141 和右侧壁 142 平行。在本实施例中,位于第一电极 161

和第二内侧壁 143 之间的左侧壁 141 和位于第二电极 162 和第二内侧壁 143 之间的右侧壁 142 平行，位于第一电极 161 和第一内侧壁 146 之间的左侧壁 141 和位于第二电极 162 和第一内侧壁 146 之间的右侧壁 142 沿相反方向倾斜。换言之，左侧壁 141 和右侧壁 142 位于电极和第一内侧壁 146 之间的部分间距逐渐增大，位于电极和第二内侧壁 143 之间的部分相互平行。

在本实施方式中，供气管 150 与第一气孔 144 均位于第一电极 161 和第二电极 162 之间连线的垂直线上，且供气管 150 与第一气孔 144 均位于左侧壁 141 与右侧壁 142 之间，使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前，必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域以及左侧壁 141 与右侧壁 142 之间的流动通道，由此提高工艺气体的电离效率。又由于左侧壁 141 和右侧壁 142 沿的同一端沿相反方向倾斜，使第一电极 161 和第二电极 162 暴露于电离室 140 内的部分多于电离室 140 以外的部分，由此增加了第一电极 161 和第二电极 162 在电离室 140 内的电离区域。此外，由于第一电极 161 和第二电极 162 局部位于电离室 140 外，第一电极 161 和第二电极 162 将仅在电离室 140 内产生电场，在电离室 140 外不生成电场，使得第一电极 161 和第二电极 162 产生的电场全部用于工艺气体的电离，而不被电离室 140 内壁吸收，由此起到节省电力的作用。

此外，如图 7(c)所示，可在实施例 15 的基础上仅改变左侧壁 141 和右侧壁 142 的结构，将位于第一电极 161 和第二内侧壁 143 之间的左侧壁 141 和位于第二电极 162 和第二内侧壁 143 之间的右侧壁 142 沿相反方向倾斜，位于第一电极 161 和第一内侧壁 146 之间的左侧壁 141 和位于第二电极 162 和第一内侧壁 146 之间的右侧壁 142 平行。

如图 7(d)所示，可在实施例 15 的基础上仅改变左侧壁 141 和右侧壁 142 的结构，将位于第一电极 161 和第二内侧壁 143 之间的左侧壁 141 和位于第二电极 162 和第二内侧壁 143 之间的右侧壁 142 沿相反方向倾斜，位于第一电极 161 和第一内侧壁 146 之间的左侧壁 141 和位于第二电极 162 和第一内侧壁 146 之间的右侧壁 142 沿相反方向倾斜，以使第一电极 161 和第二电极 162 间距小于左侧壁 141 和右侧壁 142 任一两点的间距。

如图 7(e)所示，可在实施例 14 的基础上将内管 110 固定于电离室 140 的

左侧壁 141 和右侧壁 142，附加供气管 180 位于电离室 140 附近，靠近内管 110 内壁设置，附加供气管 180 所在位置的內管 110 半径大于其它位置的內管 110 半径，附加供气管 180 位于內管 110 以内且和第一气孔 144 近似位于同一圆弧线上，使得附加供气管 180 到多层基板的距离约等于第一气孔 144 到多层基板的距离。

【实施例 16】

如图 8 (a) 所示，为本发明的第 16 种实施方式，本实施例在上述炉管 100 的整体结构基础上，进一步限定了电离室 140 内部结构，以及电离室 140 内第一电极 161、第二电极 162 和供气管 150 的排布位置。

10 本实施例与实施例 13 的区别仅在于挡板数量。在实施例 13 中，挡板包括设置于第一电极 161 与第一气孔 144 左侧的第二内侧壁 143 之间的第一挡板 171，设置于第二电极 162 与第一气孔 144 右侧的第二内侧壁 143 之间的第二挡板 172。在本实施例中，增加了第三挡板 173 和第四挡板 174，第三挡板 173 设置于第一电极 161 与供气管 150 左侧的第一内侧壁 146 之间，第四挡板 174 15 设置于第二电极 162 与供气管 150 右侧的第一内侧壁 146 之间。第一挡板 171 和第三挡板 173 左侧与左侧壁 141 之间形成左侧真空腔 1451，第二挡板 172 和第四挡板 174 右侧与右侧壁 142 之间形成右侧真空腔 1452，左侧真空腔 1451 和右侧真空腔 1452 内的真空度可分别独立控制。第一电极 161 左侧位于左侧真空腔 1451 内，第一电极 161 右侧位于电离区域；第二电极 162 右侧位于右 20 侧真空腔 1452 内，第二电极 162 左侧位于电离区域。

在本实施方式中，升降机构将载有多层基板的晶舟上升到反应室 130 内，待电离工艺气体由供气管 150，并经由第二气孔 151 进入电离室 140 内。在电离室 140 内，待电离工艺气体将沿第三挡板 173 和第四挡板 174 之间以及第一 25 挡板 171 和第二挡板 172 之间的空间流动，使得待电离工艺气体在由第一气孔 144 进入反应室 130 之前，必须经过第一电极 161 和第二电极 162 之间的电离区域，由此提高工艺气体的电离效率。此外，由于第一电极 161 局部位于左侧真空腔 1451 内，第二电极 162 局部位于右侧真空腔 1452，第一电极 161 和第二电极 162 仅在其相向侧的电离室 140 内产生电场，在左侧真空腔 1451 和右侧真空腔 1452 内不生成电场，使得第一电极 161 和第二电极 162 产生的电场

全部用于工艺气体的电离，而不被电离室 140 内壁吸收，由此起到节省电力的作用。完成电离的工艺气体由各个第一气孔 144 进入反应室 130，并均匀地提供给晶舟承载的各个基板。更换或排放反应室 130 内的气体时，反应室 130 内原有的气体先由第三气孔 111 抽至抽气室 112，再由排气管 113 抽离工艺管 120。

- 5 此外，如图 8(b)所示，可在实施例 16 的基础上将内管 110 固定于电离室 140 的左侧壁 141 和右侧壁 142，附加供气管 180 位于电离室 140 附近，靠近内管 110 内壁设置，附加供气管 180 所在位置的内管 110 半径大于其它位置的内管 110 半径，附加供气管 180 位于内管 110 以内且和第一气孔 144 近似位于同一圆弧线上，使得附加供气管 180 到多层基板的距离约等于第一气孔 144 到
- 10 多层基板的距离。

应当说明的是，上述实施例均可根据需要自由组合。以上仅是本发明的优选实施方式，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

15

权 利 要 求

1. 一种用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，包括：
工艺管，包括可容纳多层基板的反应室和至少一个沿所述多层基板的层叠
5 方向配置的电离室，所述电离室开设有若干与所述反应室相导通的第一气孔；
供气管，位于所述电离室内，并沿所述多层基板的层叠方向依次开设有若
干第二气孔，所述供气管用于输送待电离工艺气体并经由所述第二气孔通入所
述电离室，所述待电离工艺气体在所述电离室内电离后，由所述第一气孔通入
所述反应室内，以在基板表面沉积相应的薄膜；
10 第一电极和第二电极，位于所述工艺管之内并位于电离室的中部位置，且
沿所述多层基板的层叠方向排布；
其中，所述第一电极和/或第二电极由挡板支撑，每个所述挡板的一端与对
应电极相连，每个所述挡板的另一端与所述电离室内壁连接，以使得待电离工
艺气体通过所述第一电极和第二电极之间从而提高工艺气体的电离效率，所述
15 第一气孔位于所述第一电极和第二电极之间连线的垂直线上。
2. 根据权利要求 1 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在
于，所述工艺管还包括：
内管，所述内管被构造于所述工艺管内，所述内管与所述工艺管构成同心
20 圆结构，所述多层基板位于内管中；
所述第一气孔与所述工艺管内壁的径向距离不小于所述内管与所述工艺
管内壁的径向距离。
3. 根据权利要求 1 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在
25 于，
所述工艺管侧壁配置有排气管，所述排气管与所述电离室相对应。
4. 根据权利要求 1 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在
于，

所述供气管位于所述第一电极和所述第二电极的同一侧。

5. 根据权利要求 1 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

5 所述供气管位于所述第一电极和所述第二电极之间连线的垂直线上。

6. 根据权利要求 4 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

10 所述工艺管的部分内壁构成电离室的第一内侧壁，所述电离室还包括左侧壁、右侧壁以及与所述第一内侧壁相对的第二内侧壁，所述电离室的左侧壁和右侧壁的同一段分别与所述第一内侧壁连接，所述左侧壁和右侧壁的另一端分别与所述第二内侧壁连接，以沿所述工艺管的轴向形成中空的所述电离室；

其中，所述第一电极和所述第二电极依次位于同一弧线上，该弧线位于所述第一内侧壁和所述第二内侧壁的中部位置。

15

7. 根据权利要求 5 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

20 所述工艺管的部分内壁构成电离室的第一内侧壁，所述电离室还包括左侧壁、右侧壁以及与所述第一内侧壁相对的第二内侧壁，所述电离室的左侧壁和右侧壁的同一段分别与第一内侧壁连接，所述电离室的左侧壁和右侧壁的另一端分别与所述第二内侧壁连接，以沿所述工艺管的轴向形成中空的所述电离室；

25 其中，所述第一电极和所述第二电极依次位于同一弧线上，该弧线位于所述第一内侧壁和所述第二内侧壁的中部位置，所述供气管靠近所述工艺管内壁一侧，所述供气管与所述第一气孔均位于所述第一电极和第二电极之间连线的垂直线上。

8. 根据权利要求 7 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述供气管位于所述工艺管半径范围之外，所述工艺管沿其轴向构造有用

于容纳所述供气管的凸槽结构。

9. 根据权利要求 6 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

5 所述第一电极和所述第二内侧壁之间连接有第一挡板；

所述第二电极和所述第二内侧壁、或所述右侧壁、或所述第一内侧壁之间连接有第二挡板；

所述第一气孔位于所述第一挡板和所述第二挡板之间。

10 10. 根据权利要求 9 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述第一挡板和所述第二挡板平行且垂直于所述第二内侧壁；

或所述第一挡板垂直于所述第二内侧壁，所述第二挡板与所述右侧壁成锐角；

15 或所述第一挡板与所述第二内侧壁成锐角，所述第二挡板与所述右侧壁成锐角。

11. 根据权利要求 6 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

20 所述第一电极和所述第二内侧壁之间连接有第一挡板；

所述第二电极和所述第二内侧壁之间连接有第二挡板，所述第二电极和所述右侧壁或所述第一内侧壁之间连接有第三挡板，所述第二挡板和第三挡板与所述右侧壁间具有真空腔，所述第二电极的一部分位于第二挡板和第三挡板靠近所述第一电极的一侧，所述第二电极的另一部分位于所述真空腔内；

25 所述第一气孔位于所述第一挡板和所述第二挡板之间。

12. 根据权利要求 11 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述真空腔内的真空度独立控制。

13. 根据权利要求 11 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

5 所述第一挡板和所述第二挡板平行且垂直于所述第二内侧壁，所述第三挡板与所述第二挡板位于同一直线上；

或所述第一挡板垂直于所述第二内侧壁，所述第二挡板和所述第三挡板分别与所述右侧壁成锐角；

或所述第一挡板与所述第二内侧壁成锐角，所述第二挡板垂直于所述第二内侧壁，所述第三挡板与所述第二挡板位于同一直线上；

10 或所述第一挡板与所述第二内侧壁成锐角，所述第二挡板和所述第三挡板分别与所述右侧壁成锐角。

14. 根据权利要求 7 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

15 所述第一电极和所述第二内侧壁或所述第一内侧壁之间连接有第一挡板；
所述第二电极和所述第二内侧壁或所述第一内侧壁之间连接有第二挡板；
所述第一气孔位于所述第一挡板和所述第二挡板之间。

15. 根据权利要求 7 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

20 所述第一电极和所述第二内侧壁之间连接有第一挡板，所述第一电极和所述第一内侧壁之间连接有第四挡板，所述第一挡板和第四挡板与所述左侧壁之间具有左侧真空腔，所述第一电极的一部分位于所述第一挡板和第四挡板靠近所述第二电极的一侧，所述第一电极的另一部分位于所述左侧真空腔内；

25 所述第二电极和所述第二内侧壁之间连接有第二挡板，所述第二电极和所述第一内侧壁之间连接有第三挡板，所述第二挡板和第三挡板与所述右侧壁之间具有右侧真空腔，所述第二电极的一部分位于所述第二挡板和第三挡板靠近所述第一电极的一侧，所述第二电极的另一部分位于所述右侧真空腔内；

所述第一气孔位于所述第一挡板和第二挡板之间，所述供气管位于所述第

四挡板和所述第三挡板之间。

16. 根据权利要求 15 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

5 所述左侧真空腔和所述右侧真空腔内的真空度独立控制。

17. 根据权利要求 1 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述供气管与所述第二气孔流通面积比值范围为 1：（0.21-0.48）。

10

18. 一种用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，包括：

工艺管，包括可容纳多层基板的反应室和至少一个沿所述多层基板的层叠方向配置的电离室，所述电离室开设有若干与所述反应室相导通的第一气孔；

15 供气管，位于所述电离室内，并沿所述多层基板的层叠方向依次开设有若干第二气孔，所述供气管用于输送待电离工艺气体并经由所述第二气孔通入所述电离室，所述待电离工艺气体在所述电离室内电离后，由所述第一气孔通入所述反应室内，以在基板表面沉积相应的薄膜；

20 第一电极和第二电极，位于所述工艺管之内，且沿所述多层基板的层叠方向排布，所述第一电极和/或所述第二电极位于所述电离室侧壁上，且位于所述电离室侧壁上的电极一部分位于所述电离室内，另一部分位于所述电离室外。

19. 根据权利要求 18 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，所述工艺管还包括：

25 内管，所述内管被构造于所述工艺管内，所述内管与所述工艺管构成同心圆结构，所述多层基板位于内管中；

所述第一气孔与所述工艺管内壁的径向距离不小于所述内管与所述工艺管内壁的径向距离。

20. 根据权利要求 19 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述工艺管侧壁配置有排气管，所述排气管与所述电离室相对应。

5 21. 根据权利要求 18 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述第一电极位于所述电离室中部位置，所述第二电极位于所述电离室侧壁上，且所述第二电极配置为一部分位于所述电离室以内，另一部分位于所述电离室以外；

10 其中，所述第一电极由挡板支撑，所述挡板的一端与该电极相连，所述挡板的另一端与所述电离室内壁连接，以使得待电离工艺气体通过所述第一电极和第二电极之间从而提高工艺气体的电离效率，所述第一气孔位于所述第一电极和第二电极之间连线的垂直线上。

15 22. 根据权利要求 18 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述第一电极位于所述电离室的左侧壁上，所述第二电极位于所述电离室的右侧壁上，且所述第一电极和第二电极分别配置为电极的一部分位于所述电离室以内，另一部分位于所述电离室以外；

20 其中，所述供气管和所述第一气孔均位于所述第一电极和第二电极之间连线的垂直线上，且所述供气管靠近所述工艺管内壁，以使得所述供气管提供的工艺气体通过所述第一电极和第二电极之间，从而提高工艺气体的电离效率。

25 23. 根据权利要求 21 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述供气管位于所述第一电极远离所述第二电极的一侧。

24. 根据权利要求 21 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述供气管位于所述第一电极和所述第二电极之间连线的垂直线上。

25. 根据权利要求 23 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

5 所述工艺管的部分内壁构成电离室的第一内侧壁，所述电离室还包括左侧壁、右侧壁以及与所述第一内侧壁相对的第二内侧壁，所述电离室的左侧壁和右侧壁的同一段分别与所述第一内侧壁连接，所述电离室的左侧壁和右侧壁的另一端分别与所述第二内侧壁连接，以沿所述工艺管轴向形成中空的所述电离室；

10 其中，所述第一电极和所述第二电极依次位于同一弧线上，该弧线位于所述第二内侧壁和所述第一内侧壁之间的中部位置，所述第二电极位于所述右侧壁上。

26. 根据权利要求 24 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

15 所述工艺管的部分内壁构成电离室的第一内侧壁，所述电离室还包括左侧壁、右侧壁以及与所述第一内侧壁相对的第二内侧壁，所述电离室的左侧壁和右侧壁的同一段分别与所述第一内侧壁连接，所述电离室的另一端分别与所述第二内侧壁连接，以沿所述工艺管的轴向形成中空的所述电离室；

20 其中，所述第一电极和所述第二电极依次位于同一弧线上，该弧线位于所述第二内侧壁和所述第一内侧壁之间的中部位置，所述供气管靠近所述第一内侧壁一侧，所述供气管与所述第一气孔均位于所述第一电极和第二电极之间连线的垂直线上。

25 27. 根据权利要求 26 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述供气管位于所述工艺管半径范围之外，所述工艺管沿其轴向构造有用于容纳所述供气管的凸槽结构。

28. 根据权利要求 25 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述第一电极和所述第二内侧壁之间连接有挡板，所述挡板与所述第二内侧壁垂直或与所述第二内侧壁成锐角，所述第一气孔位于所述挡板和所述右侧壁之间；

所述右侧壁平行于所述挡板，或所述右侧壁位于所述第二电极与所述第一内侧壁之间的部分与所述工艺管内壁成锐角，所述右侧壁位于所述第二电极与所述第二内侧壁之间的部分与所述第二内侧壁成锐角。

29. 根据权利要求 22 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述工艺管的部分内壁构成电离室的第一内侧壁，所述电离室还包括左侧壁、右侧壁以及与所述第一内侧壁相对的第二内侧壁，所述电离室的左侧壁和右侧壁的同端分别与所述第一内侧壁连接，电离室的左侧壁和右侧壁的另一端分别与所述第二内侧壁连接，以沿所述工艺管的轴向形成中空的所述电离室；

其中，所述第一电极和所述第二电极依次位于同一弧线上，该弧线位于所述第二内侧壁和所述第一内侧壁的中部位置，所述供气管靠近所述工艺管内壁一侧，所述供气管与所述第一气孔均位于所述第一电极和第二电极之间连线的垂直线上。

20

30. 根据权利要求 29 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，

所述左侧壁和所述右侧壁相互平行；

或所述左侧壁和所述右侧壁位于所述第一电极和第二电极与所述第一内侧壁之间的部分沿相反方向倾斜，位于所述第一电极和第二电极与所述第二内侧壁之间的部分相互平行；

或所述左侧壁和所述右侧壁位于所述第一电极和第二电极与所述第一内侧壁之间的部分相互平行，位于所述第一电极和第二电极与所述第二内侧壁之间的部分的沿相反方向倾斜；

或所述左侧壁和所述右侧壁位于所述第一电极和第二电极与所述第一内侧壁之间的部分，和位于所述第一电极和第二电极与所述第二内侧壁之间的部分均沿相反方向倾斜。

- 5 31. 根据权利要求 18 所述的用于等离子增强型薄膜沉积的炉管，其特征在于，
所述供气管与所述第二气孔流通面积比值范围为 1:(0.21-0.48)。