(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115461493 A
(43)申请公布日 2022.12.09

(21)申请号 202180031633.7
(22)申请日 2021.04.09
(30)优先权数据
63/016,641 2020.04.28 US
63/041,630 2020.06.19 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.10.28
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2021/026515 2021.04.09
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/221881 EN 2021.11.04
(71)申请人 朗姆研究公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 迈克尔·J·雅尼基
布莱恩·约瑟夫·威廉姆斯
(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263
专利代理师 李献忠 张静
(51)Int.Cl.
C23C 16/455(2006.01)
C23C 16/44(2006.01)
C23C 16/509(2006.01)

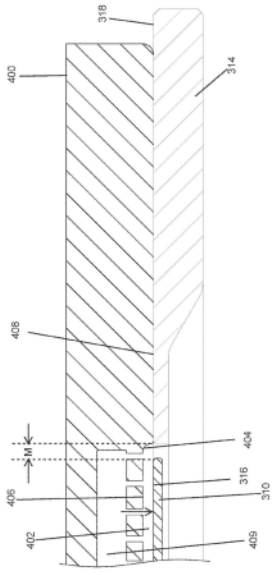
权利要求书2页 说明书13页 附图7页

(54)发明名称

用于控制晶片斜边/边缘上的沉积的喷头设计

(57)摘要

一种衬底处理系统包含喷头基座、承载环、喷头和RF源。喷头基座包含限定第一多个通孔的顶表面，该第一多个通孔被配置成输出等离子体气体混合物。该承载环被设置于该喷头基座的顶表面上以将衬底支撑于距该喷头基座的顶表面预定距离处。该喷头被设置于该承载环上方，且包含限定充气部的主体、位于该主体的面向衬底的表面上的凹陷区域和第二多个通孔，该第二多个通孔从该充气部延伸穿过该主体在该凹陷区域中的面向衬底的表面，以将清扫气体分散至衬底的顶表面上。该RF源被配置成在该衬底的底表面与该喷头基座的顶表面之间激励等离子体。



CN 115461493 A

1.一种用于衬底处理系统的喷头,其包含:

主体,其包含限定充气部的顶表面、底表面和侧部;

入口,其连接至所述主体的所述顶表面以将清扫气体供应至所述充气部;

所述主体的所述底表面上的凹陷区域;

所述主体的所述底表面上的非凹陷区域,其围绕所述凹陷区域;以及

第一多个通孔,其从所述充气部延伸穿过所述凹陷区域中的所述底表面,以将所述清扫气体分散至设置于所述衬底处理系统中的衬底上。

2.根据权利要求1所述的喷头,其中所述主体为圆柱形,且其中所述凹陷区域的外边缘朝向所述主体的外径相对于所述主体的半径以钝角形成锥度。

3.根据权利要求1所述的喷头,其中所述主体为圆柱形,且其中所述凹陷区域的外边缘朝向所述主体的外径沿曲线形成锥度。

4.根据权利要求1所述的喷头,其中所述主体为圆柱形,并且所述凹陷区域为圆形形状且具有小于或等于所述衬底的直径的直径。

5.根据权利要求1所述的喷头,其中所述主体为圆柱形,并且所述凹陷区域为圆形形状且具有大于或等于所述衬底的直径的直径。

6.根据权利要求1所述的喷头,其中所述主体为圆柱形,并且所述非凹陷区域为环形且具有小于或等于所述衬底的直径的内径。

7.根据权利要求1所述的喷头,其中所述主体为圆柱形,并且所述非凹陷区域为环形且具有大于或等于所述衬底的直径的内径。

8.一种系统,其包含:

根据权利要求1所述的喷头;

喷头基座,其包含限定第二多个通孔的顶表面,所述第二多个通孔被配置成输出等离子体气体混合物;以及

承载环,其被设置于所述喷头基座的所述顶表面上,且被配置成将所述衬底支撑于距所述喷头基座的所述顶表面预定距离处,

其中所述喷头被设置于所述承载环上方。

9.根据权利要求8所述的系统,其还包含间隔环,其被设置在所述喷头基座的所述顶表面上且在所述承载环下方,以限定将在其中激励等离子体的间隙。

10.根据权利要求8所述的系统,其中所述喷头的所述凹陷区域被设置于所述衬底上方,且所述喷头的所述非凹陷区域被设置于所述承载环上方。

11.根据权利要求47所述的系统,其中所述充气部延伸至所述喷头的所述非凹陷区域上方,且所述喷头还包含第三多个通孔,所述第三多个通孔从所述充气部延伸穿过所述主体的在所述非凹陷区域中的所述底表面,以将所述清扫气体分散至所述衬底和所述承载环中的至少一者上。

12.根据权利要求8所述的系统,其中所述喷头的所述主体的所述底表面接触所述承载环。

13.根据权利要求8所述的系统,其中所述喷头的所述凹陷区域具有高度,且所述主体的所述底表面被设置于所述承载环上方的第二距离处,其中所述第二距离等于所述高度。

14.根据权利要求8所述的系统,其中所述喷头的所述主体为圆柱形,并且所述喷头的

所述凹陷区域为圆形形状且具有小于或等于所述承载环的内径的直径。

15.根据权利要求8所述的系统，其中所述喷头的所述主体为圆柱形，并且所述喷头的所述凹陷区域为圆形形状且具有大于或等于所述承载环的内径的直径。

16.根据权利要求8所述的系统，其中所述喷头的所述主体为圆柱形，并且所述喷头的所述非凹陷区域为环形且具有小于或等于所述承载环的内径的内径。

17.根据权利要求8所述的系统，其中所述喷头的所述主体为圆柱形，并且所述喷头的所述非凹陷区域为环形且具有大于或等于所述承载环的内径的内径。

18.根据权利要求8所述的系统，其还包含：

气体分配系统，其用于将所述清扫气体供应至所述喷头；以及

控制器，其用于控制供应至所述喷头的所述清扫气体的压力。

19.根据权利要求8所述的系统，其还包含：

致动器，其用于使所述喷头基座相对于所述喷头而竖直移动；以及

控制器，其用于控制所述致动器以调整所述喷头与所述承载环之间的距离。

20.根据权利要求8所述的系统，其还包含：

RF源，其被配置成在所述衬底的底表面与所述喷头基座的所述顶表面之间激励等离子体，

其中分散至所述衬底的顶表面上的所述清扫气体防止在所述衬底的所述顶表面和所述衬底的斜边边缘上发生由所述等离子体进行的处理。

21.根据权利要求8所述的系统，其还包含：

RF源，其被配置成在所述衬底的底表面与所述喷头基座的所述顶表面之间激励等离子体，

其中所述清扫气体防止在所述衬底的顶表面和所述衬底的斜边边缘上发生由所述等离子体进行的处理，而不会减少由所述等离子体在所述衬底的所述底表面上进行的处理。

用于控制晶片斜边/边缘上的沉积的喷头设计

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于2020年4月28日申请的美国临时申请No.63/016,641以及于2020年6月19日申请的美国临时申请No.63/041,630的权益。上述引用的申请其全部公开内容都通过引用合并于此。。

技术领域

[0002] 本发明总体上涉及衬底处理系统,更具体而言,涉及用于控制晶片斜边/边缘上的沉积的喷头设计。

背景技术

[0003] 这里提供的背景描述是为了总体呈现本公开的背景的目的。当前指定的发明人的工作在其在此背景技术部分以及在提交申请时不能确定为现有技术的说明书的各方面中描述的范围内既不明确也不暗示地承认是针对本公开的现有技术。

[0004] 衬底处理系统通常包含多个处理室(也称为处理模块)以进行衬底(例如半导体晶片)的沉积、蚀刻、及其他处理。可在衬底上进行的工艺的示例包括但不限于等离子体增强化学气相沉积(PECVD)、化学增强等离子体气相沉积(CEPCD)、溅射物理气相沉积(PVD)、原子层沉积(ALD)和等离子体增强ALD(PEALD)。可以在衬底上进行的工艺的附加示例包括但不限于蚀刻(如化学蚀刻、等离子体蚀刻、反应性离子蚀刻等)以及清洁工艺。

[0005] 在处理期间,将衬底设置于衬底处理系统的处理室中的基座上。在沉积期间,将包含一或更多前体的气体混合物导入处理室中,并且激励等离子体以活化化学反应。机械手通常按照待处理的衬底的顺序将衬底从一处理室传送至另一处理室。

发明内容

[0006] 一种衬底处理系统包含喷头基座、承载环、喷头和RF源。喷头基座包含限定第一多个通孔的顶表面,该第一多个通孔被配置成输出等离子体气体混合物。该承载环被设置于该喷头基座的顶表面上,且被配置成将衬底支撑于距该喷头基座的顶表面预定距离处。该喷头被设置于该承载环上方,且包含限定充气部的主体、位于该主体的面向衬底的表面上的凹陷区域和第二多个通孔,该第二多个通孔从该充气部延伸穿过该主体在该凹陷区域中的面向衬底的表面,以将清扫气体分散至衬底的顶表面上。该RF源被配置成在该衬底的底表面与该喷头基座的顶表面之间激励等离子体。

[0007] 在另一特征中,分散至该衬底的顶表面上的该清扫气体防止在该衬底的顶表面和斜边边缘上发生由该等离子体进行的处理。

[0008] 在另一特征中,该清扫气体防止在该衬底的顶表面和斜边边缘上发生由该等离子体进行的处理,而不会减少由该等离子体在该衬底的底表面上进行的处理。

[0009] 在其他特征中,该喷头的该主体为圆柱形,且该喷头的该凹陷区域的外边缘朝向该主体的外径相对于该主体的半径以钝角形成锥度(taper)。

[0010] 在其他特征中，该喷头的该主体为圆柱形，且该喷头的该凹陷区域的外边缘朝向该主体的外径沿曲线形成锥度。

[0011] 在其他特征中，该喷头的该凹陷区域具有高度。该主体的面向衬底的表面被设置于该承载环上方的第二距离处。该第二距离等于该高度。

[0012] 在另一特征中，该衬底处理系统还包含间隔环，其被设置在该喷头基座的顶表面上且在该承载环下方，以限定将在其中激励等离子体的间隙。

[0013] 在其他特征中，该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该凹陷区域为圆形形状且具有小于或等于该衬底的直径的直径。

[0014] 在其他特征中，该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该凹陷区域为圆形形状且具有大于或等于该衬底的直径的直径。

[0015] 在其他特征中，该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该凹陷区域为圆形形状且具有小于或等于该承载环的内径的直径。

[0016] 在其他特征中，该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该凹陷区域为圆形形状且具有大于或等于该承载环的内径的直径。

[0017] 在另一特征中，该主体的面向衬底的表面接触该承载环。

[0018] 在另一特征中，该喷头还包含非凹陷区域，其位于该主体的面向衬底的表面上且围绕该凹陷区域。

[0019] 在其他特征中，该喷头的该凹陷区域被设置于该衬底上方，且该喷头的该非凹陷区域被设置于该承载环上方。

[0020] 在其他特征中，该充气部延伸至该喷头的该非凹陷区域上方。该喷头还包含第三多个通孔，该第三多个通孔从该充气部延伸穿过该主体在该非凹陷区域中的面向衬底的表面，以将清扫气体分散至该衬底和该承载环中的至少一者上。该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该非凹陷区域为环形且具有小于或等于该衬底的直径的内径。该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该非凹陷区域为环形且具有大于或等于该衬底的直径的内径。该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该非凹陷区域为环形且具有小于或等于该承载环的内径的内径。该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该非凹陷区域为环形且具有大于或等于该承载环的内径的内径。

[0021] 在其他特征中，该衬底处理系统还包含：气体分配系统，其用于将该清扫气体供应至该喷头；以及控制器，其用于控制供应至该喷头的清扫气体的压力。

[0022] 在其他特征中，该衬底处理系统还包含：致动器，其用于使该喷头基座相对于该喷头而竖直移动；以及控制器，其用于控制该致动器以调整该喷头与该承载环之间的距离。

[0023] 在还有的其他特征中，一种衬底处理系统包含喷头基座、承载环、喷头和RF源。喷头基座包含限定第一多个通孔的顶表面，该第一多个通孔被配置成输出等离子体气体混合物。该承载环被设置于该喷头基座的顶表面上，且被配置成将衬底支撑于距该喷头基座的顶表面预定距离处。该喷头被设置于该承载环上方，且包含主体，该主体限定与第一入口流体连通的第一充气部、以及与第二入口流体连通的第二充气部。该喷头包含第二多个通孔，其从该第一充气部延伸穿过该主体的面向衬底的表面，以将清扫气体于第一压力下供应至衬底的顶表面上。该喷头包含第三多个通孔，其从该第二充气部延伸穿过该主体的面向衬底的表面，以将清扫气体于第二压力下供应至衬底的顶表面上。该RF源被配置成在该衬底

的底表面与该喷头基座的顶表面之间激励等离子体。

[0024] 在另一特征中，该第一压力小于该第二压力。

[0025] 在另一特征中，分散至该衬底的顶表面上的该清扫气体防止在该衬底的顶表面和斜边边缘上发生由该等离子体进行的处理。

[0026] 在另一特征中，该清扫气体防止在该衬底的顶表面和斜边边缘上发生由该等离子体进行的处理，而不会减少由该等离子体在该衬底的底表面上进行的处理。

[0027] 在另一特征中，该衬底处理系统还包含间隔环，其被设置在该喷头基座的顶表面上且在该承载环下方，以限定将在其中激励等离子体的间隙。

[0028] 在另一特征中，该第二充气部围绕该第一充气部。

[0029] 在其他特征中，该第一充气部被设置于该衬底上方，且该第二充气部被设置于该承载环上方。

[0030] 在另一特征中，该第一充气部的外形为圆形且具有小于或等于该衬底的直径的直径。

[0031] 在另一特征中，该第一充气部为圆形形状且具有大于或等于该衬底的直径的直径。

[0032] 在另一特征中，该第一充气部为圆形形状且具有小于或等于该承载环的内径的直径。

[0033] 在另一特征中，该第一充气部为圆形形状且具有大于或等于该承载环的内径的直径。

[0034] 在其他特征中，该第一充气部为圆形形状；并且该第二充气部为环形、围绕该第一充气部、且具有小于或等于该衬底的直径的内径。

[0035] 在其他特征中，该第一充气部为圆形形状；并且该第二充气部为环形、围绕该第一充气部、且具有大于或等于该衬底的直径的内径。

[0036] 在其他特征中，该第一充气部为圆形形状；并且该第二充气部为环形、围绕该第一充气部、且具有小于或等于该承载环的内径的内径。

[0037] 在其他特征中，该第一充气部为圆形形状；并且该第二充气部为环形、围绕该第一充气部、且具有大于或等于该承载环的内径的内径。

[0038] 在其他特征中，该第二和第三多个通孔的几何特征是不同的。

[0039] 在其他特征中，该衬底处理系统还包含：气体分配系统，其用于供应该清扫气体；以及控制器，其用于将第一压力设定为小于第二压力。

[0040] 在其他特征中，该衬底处理系统还包含：致动器，其用于使该喷头基座相对于该喷头而竖直移动；以及控制器，其用于控制该致动器以调整该喷头与该承载环之间的距离。

[0041] 在还有的其他特征中，一种用于衬底处理系统的喷头包含：主体，其包含限定充气部的顶表面、底表面和侧部；入口，其连接至该主体的顶表面以将清扫气体供应至该充气部；凹陷区域，其位于该主体的底表面上；非凹陷区域，其位于该主体的底表面上且围绕该凹陷区域；以及第一多个通孔，其从该充气部延伸穿过该凹陷区域中的该底表面，以将该清扫气体分散至设置于该衬底处理系统中的衬底上。

[0042] 在其他特征中，该主体为圆柱形，且其中该凹陷区域的外边缘朝向该主体的外径相对于该主体的半径以钝角形成锥度。

[0043] 在其他特征中，该主体为圆柱形，且其中该凹陷区域的外边缘朝向该主体的外径沿曲线形成锥度。

[0044] 在其他特征中，该主体为圆柱形，并且该凹陷区域为圆形形状且具有小于或等于该衬底的直径的直径。

[0045] 在其他特征中，该主体为圆柱形，并且该凹陷区域为圆形形状且具有大于或等于该衬底的直径的直径。

[0046] 在其他特征中，该主体为圆柱形，并且该非凹陷区域为环形且具有小于或等于该衬底的直径的内径。

[0047] 在其他特征中，该主体为圆柱形，并且该非凹陷区域为环形且具有大于或等于该衬底的直径的内径。

[0048] 在还有的其他特征中，一种系统包含喷头以及包含限定第二多个通孔的顶表面的喷头基座，该第二多个通孔被配置成输出等离子体气体混合物。该系统包含承载环，其被设置于该喷头基座的顶表面上，且被配置成将该衬底支撑于距该喷头基座的顶表面预定距离处，且该喷头被设置于该承载环上方。该系统还包含间隔环，其被设置在该喷头基座的顶表面上且在该承载环下方，以限定将在其中激励等离子体的间隙。该喷头的该凹陷区域被设置于该衬底上方，且该喷头的该非凹陷区域被设置于该承载环上方。该充气部延伸至该喷头的该非凹陷区域上方，且该喷头还包含第三多个通孔，该第三多个通孔从该充气部延伸穿过该主体在该非凹陷区域中的该底表面，以将该清扫气体分散至该衬底和该承载环中的至少一者上，且该喷头的该主体的底表面接触该承载环。

[0049] 在其他特征中，该喷头的该凹陷区域具有高度，且该主体的底表面被设置于该承载环上方的第二距离处，并且该第二距离等于该高度。该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该凹陷区域为圆形形状且具有小于或等于该承载环的内径的直径。该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该凹陷区域为圆形形状且具有大于或等于该承载环的内径的直径。该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该非凹陷区域为环形且具有小于或等于该承载环的内径的内径。该喷头的该主体为圆柱形，并且该喷头的该非凹陷区域为环形且具有大于或等于该承载环的内径的内径。

[0050] 在其他特征中，该系统还包含：气体分配系统，其用于将该清扫气体供应至该喷头；以及控制器，其用于控制供应至该喷头的该清扫气体的压力。该系统还包含：致动器，其用于使该喷头基座相对于该喷头而竖直移动；以及控制器，其用于控制该致动器以调整该喷头与该承载环之间的距离。

[0051] 该系统还包含：RF源，其被配置成在该衬底的底表面与该喷头基座的顶表面之间激励等离子体，并且分散至该衬底的顶表面上的清扫气体防止在该衬底的顶表面和该衬底的斜边边缘上发生由该等离子体进行的处理。该系统还包含：RF源，其被配置成在该衬底的底表面与该喷头基座的顶表面之间激励等离子体，且该清扫气体防止在该衬底的顶表面和该衬底的斜边边缘上发生由该等离子体进行的处理，而不会减少由该等离子体在该衬底的底表面上进行的处理。

[0052] 在还有的其他特征中，一种用于衬底处理系统的喷头包含：主体，其包含顶表面、底表面和侧部；第一及第二入口，其被设置于该主体上；第一及第二充气部，其被设置于该主体中并且分别与第一及第二入口流体连通；第一多个通孔，其从第一充气部延伸穿过该

底表面，以将该清扫气体于第一压力下供应至设置于该衬底处理系统中的衬底上；以及第二多个通孔，其从第二充气部延伸穿过该底表面，以将该清扫气体于第二压力下供应至衬底上。

[0053] 在另一特征中，该第一压力小于该第二压力。

[0054] 在其他特征中，该第一和第二多个通孔的几何特征是不同的。

[0055] 在另一特征中，该第二充气部围绕该第一充气部。

[0056] 在另一特征中，该第一充气部为圆形形状且具有小于或等于该衬底的直径的直径。

[0057] 在另一特征中，该第一充气部为圆形形状且具有大于或等于该衬底的直径的直径。

[0058] 在其他特征中，该第一充气部为圆形形状，并且该第二充气部为环形、围绕该第一充气部、且具有小于或等于该衬底的直径的内径。

[0059] 在其他特征中，该第一充气部为圆形形状，并且该第二充气部为环形、围绕该第一充气部、且具有大于或等于该衬底的直径的内径。

[0060] 在其他特征中，一种系统包含喷头和包括限定第三多个通孔的顶表面的喷头基座，该第三多个通孔被配置成输出等离子体气体混合物。该系统包含承载环，其被设置于该喷头基座的顶表面上，且被配置成将该衬底支撑于距该喷头基座的顶表面预定距离处，且该喷头被设置于该承载环上方。该系统还包含间隔环，其被设置在该喷头基座的顶表面上且在该承载环下方，以限定将在其中激励等离子体的间隙。

[0061] 在其他特征中，该第一充气部被设置于该衬底上方，且该第二充气部被设置于该承载环上方。该第一充气部为圆形形状且具有小于或等于该承载环的内径的直径。该第一充气部为圆形形状且具有大于或等于该承载环的内径的直径。该第一充气部为圆形形状；并且该第二充气部为环形、围绕该第一充气部、且具有小于或等于该承载环的内径的内径。该第一充气部为圆形形状；并且该第二充气部为环形、围绕该第一充气部、且具有大于或等于该承载环的内径的内径。

[0062] 在其他特征中，该系统还包含：气体分配系统，其用于将该清扫气体供应至该第一及第二入口；以及控制器，其用于将第一压力设定为小于第二压力。该系统还包含：致动器，其用于使该喷头基座相对于该喷头而竖直移动；以及控制器，其用于控制该致动器以调整该喷头与该承载环之间的距离。

[0063] 该系统还包含RF源，其被配置成在该衬底的底表面与该喷头基座的顶表面之间激励等离子体，且分散至该衬底的顶表面上的该清扫气体防止在该衬底的顶表面及该衬底的斜边边缘上发生由该等离子体进行的处理。该系统还包含RF源，其被配置成在该衬底的底表面与该喷头基座的顶表面之间激励等离子体，且该清扫气体防止在该衬底的顶表面和该衬底的斜边边缘上发生由该等离子体进行的处理，而不会减少由该等离子体在该衬底的底表面上进行的处理。

[0064] 根据详细描述、权利要求和附图，本公开内容的适用性的进一步的范围将变得显而易见。详细描述和具体示例意在仅用于说明的目的，并非意在限制本公开的范围。

附图说明

[0065] 根据详细描述和附图将更充分地理解本公开内容,其中:

[0066] 图1A显示了包含处理室的衬底处理系统的示例;

[0067] 图1B显示了用于衬底处理系统中的承载环的示例;

[0068] 图2显示了半导体衬底的一部分,其指示出沉积不是合乎期望的区域以及沉积是通过本公开内容的喷头设计而避免或最小化的区域;

[0069] 图3根据本公开内容显示了第一喷头设计的示例的截面图;

[0070] 图4根据本公开内容显示了第二喷头设计的示例的截面图;

[0071] 图5根据本公开内容显示了第三喷头设计的示例的截面图;以及

[0072] 图6根据本公开内容显示了用于供应气体至第三喷头设计的入口的示例的平面图。

[0073] 在附图中,可以重复使用附图标记来标识相似和/或相同的元件。

具体实施方式

[0074] 通常,将工艺气体从附接于处理室顶部的喷头导入处理室。衬底被设置在喷头下方且在位于处理室底部的基座上。在喷头与衬底的顶表面之间点燃等离子体以处理衬底的顶表面。

[0075] 取而代之的是,在某些衬底处理系统中,如下文中参照图1A和1B所显示和描述的,以相反方向导入工艺气体。具体而言,工艺气体从基座顶表面上的通孔朝向衬底的底表面导入。在这个意义上讲,基座类似于倒置的喷头一样运行,因此被称为喷头基座。通过承载环而将衬底保持在喷头基座的顶表面上方。承载环包含凸片,其用于支撑衬底的底表面。承载环被设置于间隔环上,该间隔环被设置在喷头基座的顶表面上(即,该间隔环被设置在喷头基座的顶表面与承载环之间),以在喷头基座的顶表面与衬底的底表面之间限定间隙。在该间隙中点燃等离子体以处理衬底的底表面。

[0076] 在这些系统中,在沉积工艺期间,仅意图沉积在衬底的底表面(即,背侧)上的材料有时也会被沉积在衬底的顶表面(即,前侧)、边缘、及斜边上。当前的喷头设计在衬底的前侧和斜边边缘上导致不可接受的沉积量;或者,在某些喷头设计中,衬底背侧上的沉积在承载环过渡处以均匀的方式减少,这是不合乎期望的。

[0077] 本公开内容提供了各种喷头设计和配置以控制衬底的前侧及斜边边缘上的沉积量而不会使衬底背侧的沉积减少。喷头设计将清扫气体注入至衬底的前侧上,以控制衬底的以下所有三个位置的沉积量:斜边的前侧、斜边的边缘及背侧、以及衬底的前侧及背侧(其中前侧不需要沉积)。具体而言,喷头被设计成控制前侧清扫气体的流动(压力和速度)。这种喷头设计不会使衬底背侧的沉积量减少。因此,本公开内容的喷头设计控制衬底的该三个位置处的沉积量,而不会使衬底背侧的沉积量减少。

[0078] 根据第一种设计,袋式喷头被设置在邻近衬底以及承载环处,在喷头的底部与衬底以及承载环的顶部之间留下小间隙。在第二种设计中,袋式喷头与承载环之间不存在间隙;即,袋式喷头的外径(OD)区域接触承载环。此外,在第一种和第二种设计中,将诸如袋部直径和高度、衬底OD与承载环ID之间的距离等尺寸优化,以减少或消除衬底的前侧和斜边边缘上的沉积。

[0079] 在第三种设计中，喷头包含单独的充气部以调节喷头与衬底之间以及喷头与承载环之间的清扫气体压力。这些设计减少或消除衬底前侧和斜边边缘上的沉积。现将于下文中详细描述根据本公开内容的喷头设计的这些和其他特征。

[0080] 本公开内容组织如下。首先，参照图1A和1B而显示和描述包括处理室的衬底处理系统的示例，在该处理室中可使用本公开内容的喷头。之后，参照图2而显示和描述本公开内容的喷头设计所解决的问题。随后，参照图3-6而显示和描述根据本公开内容的喷头的各种设计。

[0081] 图1A显示了包括处理室12的衬底处理系统10的示例。处理室12包含喷头(也称为喷头组件)14和喷头基座16。间隔环21被设置在喷头基座16上。承载环19被设置在间隔环21上。承载环19包含在处理期间支撑衬底18的多个凸片23-1、23-2、…、和23-6(统称为凸片23)。

[0082] 间隔环21在衬底18的底侧与喷头基座16的顶表面之间限定间隙，以在其中产生等离子体。在某些实现方案中，可将间隔环21省略，且承载环19可限定该间隙并且还为机械手(未图示)的末端执行器提供通路以将承载环19运送进出处理室12。

[0083] 喷头14具有圆柱形主体并且包括电极15和充气部17。喷头14包含位于顶表面处的入口，以接收来自下述的气体输送系统40的清扫气体。喷头14包含位于底表面的通孔，以将清扫气体注入至衬底18的前(顶)侧上以避免在衬底18的前(顶)侧上的沉积。充气部17与喷头14的入口及通孔流体连通。下文中参照图3-6而显示和描述喷头及充气部的额外的构造。

[0084] 为了将工艺气体导入处理室12以在衬底18的背(底)侧上沉积材料，喷头基座16包含充气部20以及位于喷头基座16的顶表面上的多个通孔。喷头基座16的顶表面面向衬底18的底侧，材料将沉积在该底侧上。工艺气体及经汽化的化学品经由喷头基座16的底部处的入口22而导入。工艺气体从入口22流入充气部20中，并从充气部20经由喷头基座16的顶表面上的通孔排出。

[0085] 为了在由衬底18的底侧与喷头基座16的顶表面之间的间隔环21所限定的间隙中产生等离子体，RF产生系统30将RF电压供应至喷头14(例如，供应至电极15)，且喷头基座16是接地的。例如，RF产生系统30可包括产生RF电压的RF电压产生器32，该RF电压由匹配网络34馈送至喷头14。当经由喷头基座16供应一或更多种工艺气体并跨喷头14与喷头基座16而施加RF电压时，在衬底18与喷头基座16之间的间隙中产生等离子体26，以在衬底18的底部(背侧)上沉积材料。

[0086] 致动器24使喷头基座16相对于静止的喷头14而竖直移动。通过利用致动器24使喷头基座16相对于喷头14而竖直移动，可改变喷头14与承载环19之间的间隙(并因此改变喷头14与衬底18之间的间隙)。可在工艺期间或在衬底18上所进行的多个工艺之间动态调整该间隙。例如，在第一工艺中，可根据以下参照图3描述的设计而设定该间隙。例如，在第二工艺中，可根据以下参照图4描述的设计而设定该间隙。

[0087] 气体输送系统40包含气体源42-1、…、42-(N-1)和42-N(统称为气体源42)，其中N为正整数。气体源42将一或更多种工艺气体、前体气体、清洁气体、清扫气体等供应至处理室12。气体源42经由阀44-1、…、44-(N-1)和44-N(统称为阀44)以及质量流量控制器46-1、…、46-(N-1)和46-N(统称为质量流量控制器46)而连接至歧管48。歧管48的输出被馈送至喷头基座16。还可使用汽化的前体。针对某些汽化的前体，不使用MFC。气体输送系统40将

清扫气体输送至喷头14。气体输送系统40将工艺气体以及汽化的前体输送至喷头基座16。

[0088] 可将加热器控制器50连接至设置在喷头基座16中和喷头14中的加热器元件(未图示)。加热器控制器50可用于控制喷头14、喷头基座16和衬底18的温度。阀60以及泵62可用于从处理室12中排空反应物。

[0089] 控制器70可控制衬底处理系统10的部件。仅举例而言,控制器70可控制分别流向喷头基座16和喷头14的工艺气体和清扫气体的流动。控制器70可控制致动器24、监控工艺参数(例如,温度、压力、RF功率等)、激励和消退等离子体、去除反应物等。

[0090] 图2显示了衬底100的包含其斜边边缘的一部分。如上所述,在衬底100的前侧和斜边边缘上的沉积是不合乎期望的。以下参照图3-6而显示和描述的根据本公开内容的喷头设计防止或最小化在衬底100的前侧以及斜边边缘上(具体而言,在衬底100的在水平虚线上的斜边边缘的部分上)的沉积。

[0091] 图3-6显示了喷头的各种设计。这些设计控制从喷头注入至衬底前侧的清扫气体的压力和速度,以控制斜边的前侧、斜边的边缘及背侧、以及衬底的前侧及背侧的沉积量(其中前侧不需要沉积)。在这些设计中,随着从喷头注入至衬底前侧的清扫气体的速度增加,衬底前侧、斜边的前侧和斜边的边缘及背侧上的沉积物浓度降低。衬底背侧上的沉积并未减少。

[0092] 这些设计经优化以在参数的变化范围内实现上述目标,所述参数例如喷头和基座温度、衬底位置和所使用的清扫气体的类型、压力和流率。这些设计也根据衬底直径进行优化。即,根据衬底直径来优化喷头与承载环之间的间隙、以及其他参数,该其他参数包括下述的袋部尺寸、衬底OD与承载环ID之间的距离和清扫气体压力。此外,一种设计可用于一工艺中,而另一种设计可用于另一工艺中。

[0093] 在一些应用中,喷头由陶瓷材料制成,而不是由金属制成,因为陶瓷材料可承受相对较高的工艺温度(例如,约550摄氏度)。在工艺温度低得多的应用中,喷头由金属(例如铝)制成。

[0094] 图3显示了根据本公开内容的第一喷头300。喷头300包括袋部302,其是位于喷头300底部处的圆形凹陷区域。仅举例而言,袋部302的外边缘304被显示为朝向喷头300的OD并且相对于袋部302的半径以钝角形成锥度。在另一实现方案中,外边缘304可朝向喷头300的OD沿曲线形成锥度(例如,如图4所示),而不是以一定角度形成锥度。袋部302的上边缘306与喷头300的底边缘308之间的距离称为袋部302的高度“h”。

[0095] 喷头300包含充气部309,以将清扫气体从喷头300的底边缘308处的通孔注入至衬底310的前侧上,如从喷头300的底部向下指向的箭头所指示的。通孔被设置在喷头300的袋部区域中、以及喷头300的围绕袋部302的外侧非凹陷区域中。

[0096] 衬底310被布置在承载环314上,该承载环314与间隔环(例如,图1A中所示的元件21)一起设置在喷头基座(例如,图1A中所示的喷头基座16)上,如以上参照图1A所描述的。当经由喷头基座而供应工艺气体并且跨喷头300与喷头基座而供应RF功率时,在由间隔环限定于衬底210下方的间隙中激励等离子体,如以上参照图1A所描述的。

[0097] 衬底310的顶表面316与承载环314的顶表面318是共面的,且被设置在距喷头300的底边缘308一定距离“d”处。在一实现方案中,d=h。仅举例而言,对于300mm的衬底而言,d=h=0.5mm。在其他实现方案中,d>h或d<h。在某些实现方案中,可通过竖直移动喷头基

座而改变d，如以上参照图1A所描述的。

[0098] 袋部302的外边缘304(即，袋部302的端部)与衬底310的OD之间的距离以L表示。衬底310的OD与承载环314的ID之间的距离以M表示。仅举例而言，对于300mm的衬底而言，L＝3mm，且M＝6mm。在某些实现方案中，可对承载环314的ID进行选择，使得承载环314的ID可更接近衬底310的OD(例如，M可小于6mm)。

[0099] L的值决定清扫气体的速度。例如，袋部302下方的清扫气体压力小于袋部302周围的外侧区域中的清扫气体压力。一般而言，随着L减小，袋部302周围的外侧区域(即，从袋部302的外边缘304朝向衬底310的OD)中的清扫气体压力和速度增加。较高的清扫气体压力和速度减少或消除在衬底310的前侧、斜边的前侧和斜边的边缘与背侧的沉积。

[0100] 因此，可通过选择袋部302的直径而使L的值优化。例如，随着袋部302的直径增加，袋部302朝衬底310的OD(即，朝喷头300的OD)径向地往外延伸，并且L减小。相反，随着袋部302的直径减小，袋部302朝衬底310的中心(即，朝喷头300的中心)径向地往内延伸，并且L增加。控制器(例如，图1A中所示的元件70)控制喷头300注入清扫气体所使用的压力。压力还控制清扫气体的速度。

[0101] 图4显示了根据本公开内容的第二喷头400。衬底310、承载环314和间隔环如上文参照图3所述地设置在喷头基座上。经由喷头基座而供应工艺气体并且激励等离子体，如上文参照图3所描述的。

[0102] 喷头400包含袋部402，其为位于喷头400底部处的圆形凹陷区域。仅举例而言，袋部402的外边缘404被显示为朝向喷头400的OD沿着曲线而形成锥度。在另一实现方案中，外边缘404可朝向喷头400的OD相对于袋部402的半径以钝角形成锥度(例如，如图3所示)。袋部402的上边缘406与喷头400的底边缘408之间的距离被称为袋部402的高度“h”。仅举例而言，对于300mm的衬底而言，h＝1mm。

[0103] 喷头400包含充气部409，以将清扫气体从喷头400的底边缘408处的通孔注入至衬底310的前侧上，如从喷头400的底部向下指向的箭头所指示的。通孔被设置在喷头400的袋部区域中。喷头400的在袋部402周围的外侧非凹陷底部接触承载环314的顶表面318。即，喷头400的在袋部402周围的外侧非凹陷底部与承载环314的顶表面318之间没有间隙。

[0104] 衬底310的顶表面316与承载环314的顶表面318是共面的。承载环的顶表面318与喷头400的底边缘408相接触。衬底310的顶表面316与袋部402的上边缘406由袋部402的高度“h”隔开。

[0105] 仅举例而言，袋部402被显示为具有比衬底310大的直径。在某些实现方案中，袋部402可具有比衬底310小的直径。仅举例而言，袋部402还被显示为具有与承载环314的ID相同的直径。在某些实现方案中，袋部402可进一步朝喷头400的OD径向地延伸；即，袋部402的直径可大于承载环314的ID。

[0106] 将清扫气体压力和速度优化以减少或消除在衬底310的前侧、斜边的前侧和斜边的边缘与背侧的沉积。此外，可将衬底310的OD与承载环314的ID之间的距离M优化，以减少或消除在衬底310的前侧、斜边的前侧和斜边的边缘与背侧的沉积。例如，在一实现方案中，可对承载环314的ID进行选择，使得承载环314的ID可更接近衬底310的OD(即，使M减小)。例如，在另一实现方案中，可对承载环314的ID进行选择，使得承载环314的ID可以离衬底310的OD更远(即，使M增加)。控制器(例如，图1A中所示的元件70)控制喷头400注入清扫气体所

使用的压力。压力还控制清扫气体的速度。

[0107] 在第一和第二喷头设计300、400中的每一者中，喷头的主体为圆柱形的，且喷头的凹陷区域(即，袋部)的外形为圆形的。在一实现方案中，凹陷区域的直径小于或等于衬底的直径。在另一实现方案中，凹陷区域的直径大于或等于衬底的直径。在另一实现方案中，凹陷区域的直径小于或等于承载环的内径。在另一实现方案中，凹陷区域的直径大于或等于承载环的内径。

[0108] 此外，在第一和第二喷头设计300、400中的每一者中，喷头的非凹陷区域为环形且围绕凹陷区域。在一实现方案中，非凹陷区域的内径小于或等于衬底的直径。在另一实现方案中，非凹陷区域的内径大于或等于衬底的直径。在另一实现方案中，非凹陷区域的内径小于或等于承载环的内径。在另一实现方案中，非凹陷区域的内径大于或等于承载环的内径。

[0109] 上述的各种直径配置并非互斥的。即，可使用上述各种直径配置的任何合适且可行的组合。

[0110] 图5显示根据本公开内容的第三喷头500。衬底310、承载环314和间隔环如上文参照图3所述地设置在喷头基座上。经由喷头基座而供应工艺气体并且激励等离子体，如上文参照图3所描述的。

[0111] 喷头500不包含袋部。喷头500包含两个充气部：圆形的第一充气部502及环形的第二充气部504。第二充气部504围绕第一充气部502。第一充气部502的直径小于第二充气部504的内径(ID)。充气部502、504是分离的且不互连。

[0112] 充气部502、504中的每一者经由喷头500的底部处的相应通孔将清扫气体注入至衬底310的前侧上，如从喷头500的底部向下指向的箭头所指示的。第一充气部502从设置在喷头500的第一(内侧)底部上的第一组通孔提供处于第一压力下的清扫气体，该第一组通孔位于衬底310的前侧上方并且覆盖该前侧。第二充气部504从设置在喷头500的第二(外侧)底部上的第二组通孔提供处于第二压力下的清扫气体，该第二组通孔位于承载环314的ID与喷头500的OD之间的区域上方并且覆盖该区域。第一压力小于第二压力，以减少或消除在衬底310的前侧、斜边的前侧和斜边的边缘与背侧的沉积。

[0113] 利用以下方案中的一或多者，可在不同压力下经由第一与第二充气部502、504供应清扫气体。例如，充气部502、504的每单位面积的通孔数量(称为通孔密度)可以是不同的。因此，当以预定压力和/或流率将清扫气体供应至充气部502、504时，经由第一充气部502的第一组通孔与经由第二充气部504的第二组通孔分散的清扫气体的压力不同。

[0114] 替代地或附加地，与第一和第二充气部502、504相关联的通孔的尺寸可以是不同的。因此，当以预定压力和/或流率将清扫气体供应至充气部502、504时，经由第一充气部502的第一组通孔与经由第二充气部504的第二组通孔分散的清扫气体的压力不同。

[0115] 替代地或附加地，如图6所示，两个单独的入口510、512被设置在喷头500中。充气部502、504z中的每一者与相应的入口510、512流体连通。在一实现方案中，入口510、512中的每一者从同一气体源(例如，图1A中所示的气体源42N)经由连接至气体源42N的两个单独的阀(例如，阀44N和额外的阀44(N+1))和分别连接至该两个单独的阀的两个单独的MFC(例如，MFC46N和额外的MFC46(N+1))而接收清扫气体。控制器70通过控制两个单独的阀和两个单独的MFC而控制充气部502、504中的不同压力。

[0116] 在另一实现方案中，入口510、512中的每一者从两个单独的气体源(例如，气体源

42N和额外的气体源42(N+1))经由分别连接至该两个单独的气体源的两个单独的阀(例如,阀44N和额外的阀44(N+1))和分别连接至该两个单独的阀的两个单独的MFC(例如,MFC46N及额外的MFC44(N+1))而接收清扫气体。控制器70通过控制两个单独的阀和两个单独的MFC而控制充气部502、504中的不同压力。

[0117] 一般而言,第一充气部502的直径可大于、等于、或小于衬底310的直径。替代地或附加地,第二充气部504的ID可大于、等于、或小于承载环314的ID(或衬底310的OD)。

[0118] 更一般地,第一充气部502的外形是圆形的。在一实现方案中,第一充气部502的直径小于或等于衬底310的直径。在另一实现方案中,第一充气部502的直径大于或等于衬底310的直径。在另一实现方案中,第一充气部502的直径小于或等于承载环314的内径。在另一实现方案中,第一充气部502的直径大于或等于承载环314的内径。

[0119] 此外,第二充气部504是环形的,并且围绕第一充气部502。在一实现方案中,第二充气部504的内径小于或等于衬底310的直径。在另一实现方案中,第二充气部504的内径大于或等于衬底310的直径。在另一实现方案中,第二充气部504的内径小于或等于承载环314的内径。在另一实现方案中,第二充气部504的内径大于或等于承载环314的内径。

[0120] 上述的各种直径配置并不是互斥的。即,可使用上述各种直径配置的任何合适且可行的组合。

[0121] 衬底310的顶表面316与承载环314的顶表面318是共面的,并且被设置在距喷头500的底边缘508距离“d”处。仅举例而言,对于300mm的衬底而言,d=1mm。在某些实现方案中,可通过如上文参照图1A所述地竖直移动喷头基座而改变d。

[0122] 可将衬底310的OD与承载环314的ID之间的距离M优化以减少或消除在衬底310的前侧、斜边的前侧和斜边的边缘与背侧的沉积。例如,在一实现方案中,可对承载环314的ID进行选择,使得承载环314的ID可更接近衬底310的OD(即,使M减小)。例如,在另一实现方案中,可对承载环314的ID进行选择,使得承载环314的ID可离衬底310的OD更远(即,使M增大)。

[0123] 在某些应用中,喷头500可于第一充气部502下方包含分别显示于图3和图4中的袋部302或袋部402。替代地或附加地,喷头500可于第二充气部504下方包含环形袋部,其中该袋部的内边缘朝承载环314的ID以钝角或沿曲线形成锥度。

[0124] 在上述设计中,所有描述的尺度(例如,直径、距离、间隙、高度、压力等)皆可通过仅改变这些尺度中的一者或通过改变多个尺度的组合而进行改变和优化,以减少或消除在衬底310的前侧、斜边的前侧和斜边的边缘与背侧的沉积。此外,可改变和优化这些尺度,以使得在衬底310的背侧上的沉积不会减少。

[0125] 前面的描述本质上仅仅是说明性的,并且不旨在限制本公开、其应用或用途。本公开的广泛教导可以以各种形式实现。因此,虽然本公开包括特定示例,但是本公开的真实范围不应当被如此限制,因为在研究附图、说明书和所附权利要求时,其他修改将变得显而易见。应当理解,在不改变本公开的原理的情况下,方法中的一个或多个步骤可以以不同的顺序(或同时地)执行。此外,虽然每个实施方案在上面被描述为具有某些特征,但是相对于本公开的任何实施方案描述的那些特征中的任何一个或多个,可以在任何其它实施方案的特征中实现和/或与任何其它实施方案的特征组合,即使该组合没有明确描述。换句话说,所描述的实施方案不是相互排斥的,并且一个或多个实施方案彼此的置换保持在本公开的范

围内。

[0126] 使用各种术语来描述元件之间(例如,模块之间、电路元件之间、半导体层之间等)的空间和功能关系,各种术语包括“连接”、“接合”、“耦合”、“相邻”、“紧挨”、“在...顶部”、“在...上面”、“在...下面”和“设置”。除非将第一和第二元件之间的关系明确地描述为“直接”,否则在上述公开中描述这种关系时,该关系可以是直接关系,其中在第一和第二元件之间不存在其它中间元件,但是也可以是间接关系,其中在第一和第二元件之间(在空间上或功能上)存在一个或多个中间元件。如本文所使用的,短语“A、B和C中的至少一个”应当被解释为意味着使用非排他性逻辑或(OR)的逻辑(A或B或C),并且不应被解释为表示“A中的至少一个、B中的至少一个和C中的至少一个”。

[0127] 在一些实现方案中,控制器是系统的一部分,该系统可以是上述示例的一部分。这样的系统可以包括半导体处理设备,半导体处理设备包括一个或多个处理工具、一个或多个室、用于处理的一个或多个平台、和/或特定处理部件(晶片基座、气体流系统等)。这些系统可以与用于在半导体晶片或衬底的处理之前、期间和之后控制它们的操作的电子器件集成。电子器件可以被称为“控制器”,其可以控制一个或多个系统的各种部件或子部件。根据处理要求和/或系统类型,控制器可以被编程以控制本文公开的任何工艺,包括处理气体的输送、温度设置(例如加热和/或冷却)、压力设置、真空设置、功率设置、射频(RF)产生器设置、RF匹配电路设置、频率设置、流率设置、流体输送设置、位置和操作设置、晶片转移进出工具和其他转移工具和/或与具体系统连接或通过接口连接的装载锁。

[0128] 概括地说,控制器可以定义为电子器件,电子器件具有接收指令、发出指令、控制操作、启用清洁操作、启用端点测量等的各种集成电路、逻辑、存储器和/或软件。集成电路可以包括存储程序指令的固件形式的芯片、数字信号处理器(DSP)、定义为专用集成电路(ASIC)的芯片、和/或一个或多个微处理器、或执行程序指令(例如,软件)的微控制器。程序指令可以是以各种单独设置(或程序文件)的形式发送到控制器的指令,单独设置(或程序文件)定义用于在半导体晶片或系统上或针对半导体晶片或系统执行特定工艺的操作参数。在一些实施方案中,操作参数可以是由工艺工程师定义的配方的一部分,以在一或多个(种)层、材料、金属、氧化物、硅、二氧化硅、表面、电路和/或晶片的管芯的制造期间完成一个或多个处理步骤。

[0129] 在一些实现方案中,控制器可以是与系统集成、耦合到系统、以其它方式联网到系统或其组合的计算机的一部分或耦合到该计算机。例如,控制器可以在“云”中或是晶片厂(fab)主机系统的全部或一部分,其可以允许对晶片处理的远程访问。计算机可以实现对系统的远程访问以监视制造操作的当前进展、检查过去制造操作的历史、检查多个制造操作的趋势或性能标准,改变当前处理的参数、设置处理步骤以跟随当前的处理、或者开始新的工艺。

[0130] 在一些示例中,远程计算机(例如服务器)可以通过网络(其可以包括本地网络或因特网)向系统提供工艺配方。远程计算机可以包括使得能够输入或编程参数和/或设置的用户界面,然后将该参数和/或设置从远程计算机发送到系统。在一些示例中,控制器接收数据形式的指令,其指定在一个或多个操作期间要执行的每个处理步骤的参数。应当理解,参数可以特定于要执行的工艺的类型和工具的类型,控制器被配置为与该工具接口或控制该工具。

[0131] 因此，如上所述，控制器可以是例如通过包括联网在一起并朝着共同目的(例如本文所述的工艺和控制)工作的一个或多个分立的控制器而呈分布式。用于这种目的的分布式控制器的示例是在与远程(例如在平台级或作为远程计算机的一部分)的一个或多个集成电路通信的室上的一个或多个集成电路，其组合以控制在室上的工艺。

[0132] 示例系统可以包括但不限于等离子体蚀刻室或模块、沉积室或模块、旋转漂洗室或模块、金属电镀室或模块、清洁室或模块、倒角边缘蚀刻室或模块、物理气相沉积(PVD)室或模块、化学气相沉积(CVD)室或模块、原子层沉积(ALD)室或模块、原子层蚀刻(ALE)室或模块、离子注入室或模块、轨道室或模块、以及可以与半导体晶片的制造和/或制备相关联或用于半导体晶片的制造和/或制备的任何其它半导体处理系统。

[0133] 如上所述，根据将由工具执行的一个或多个处理步骤，控制器可以与一个或多个其他工具电路或模块、其它工具部件、群集工具、其他工具接口、相邻工具、邻近工具、位于整个工厂中的工具、主计算机、另一控制器、或在将晶片容器往返半导体制造工厂中的工具位置和/或装载口运输的材料运输中使用的工具通信。

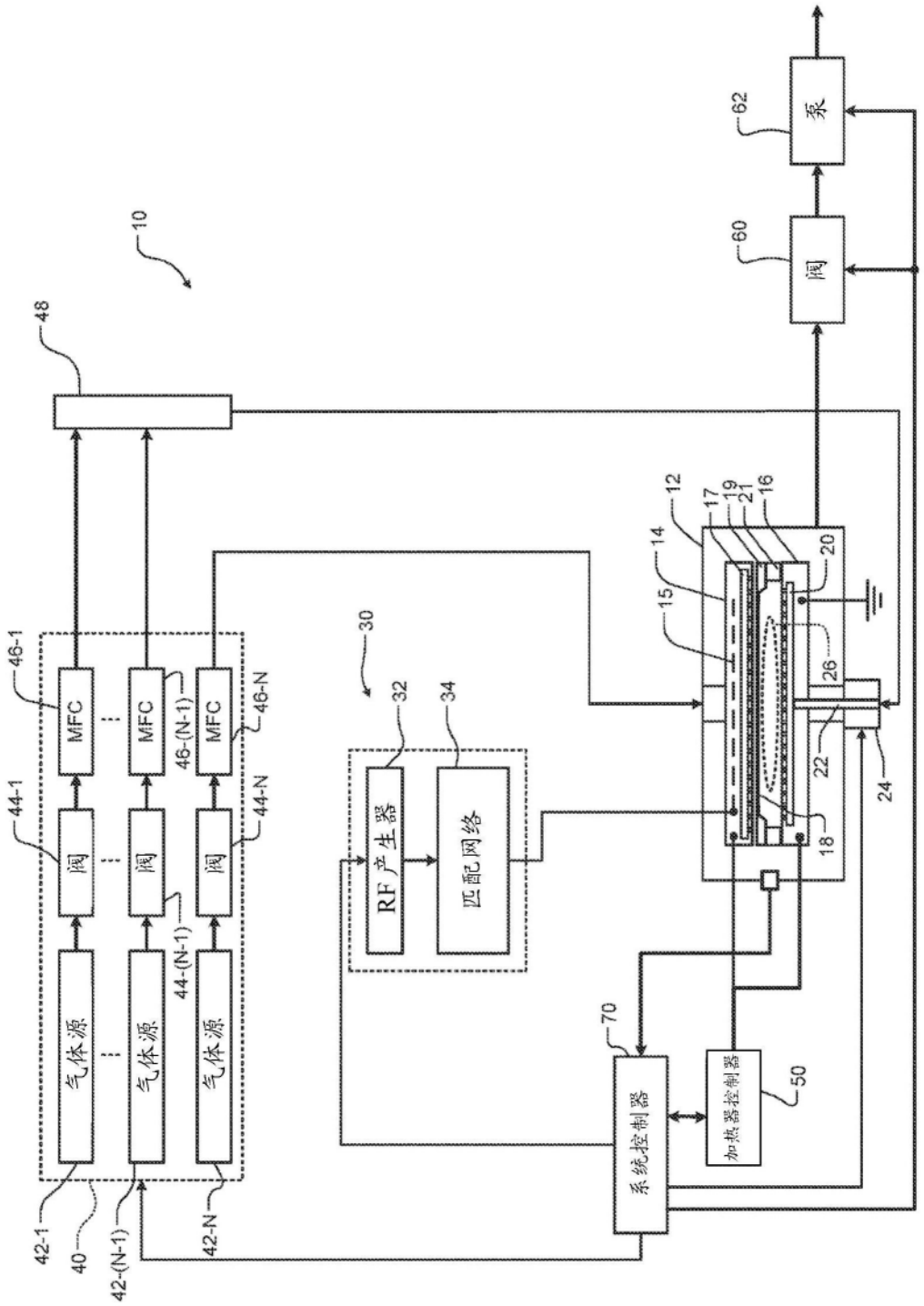

10
48
62
泵
60
阀
46-1
MFC
46-(N-1)
MFC
46-N
MFC
44-1
阀
44-(N-1)
阀
44-N
阀
气体源
气体源
气体源
42-1
40
42-(N-1)
42-N
30
32
RF产生器
34
匹配网络
12
17
19
21
16
14
20
15
26
22
24
18
70
系统控制器
加热器控制器
50

图1A

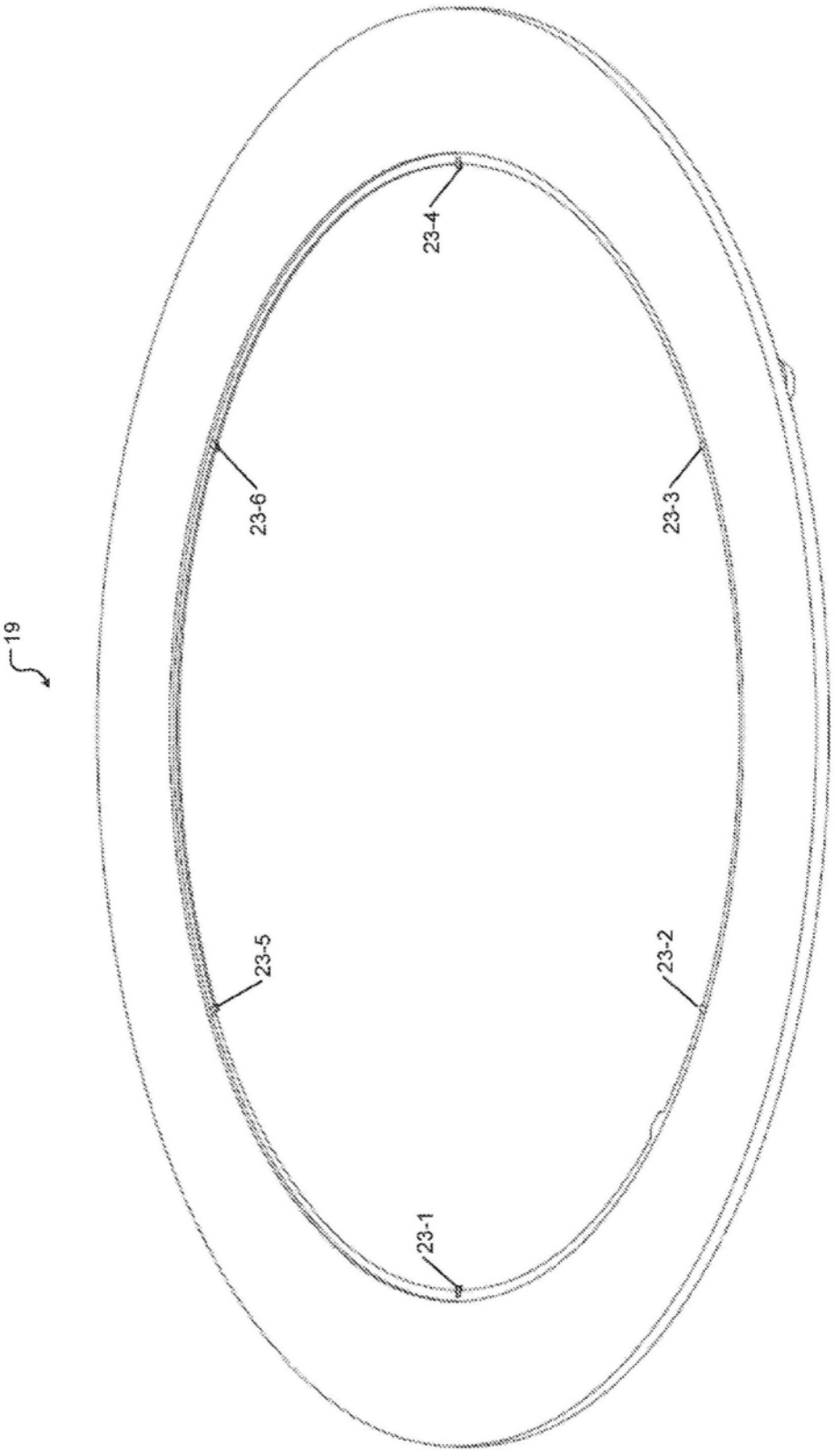


图1B

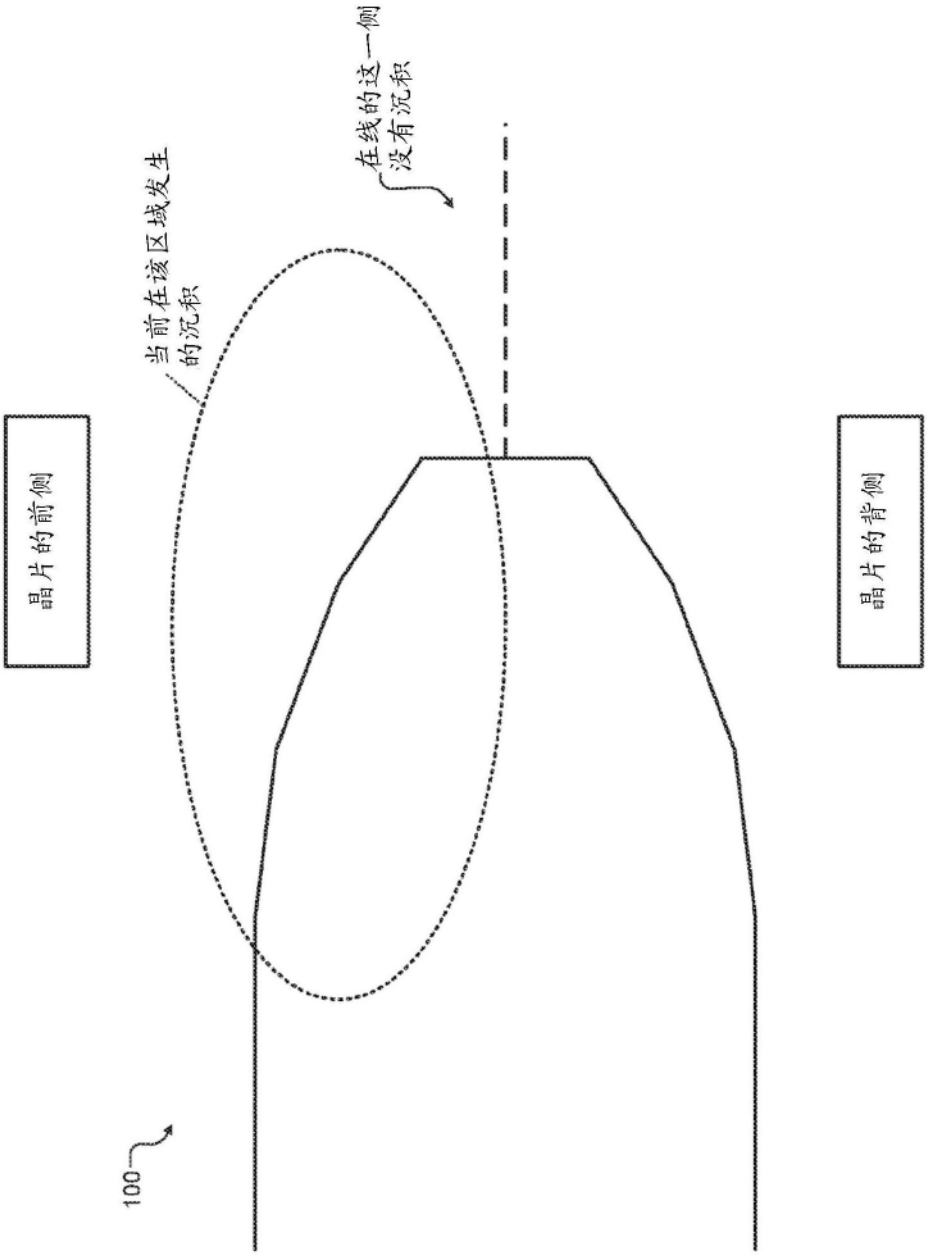


图2

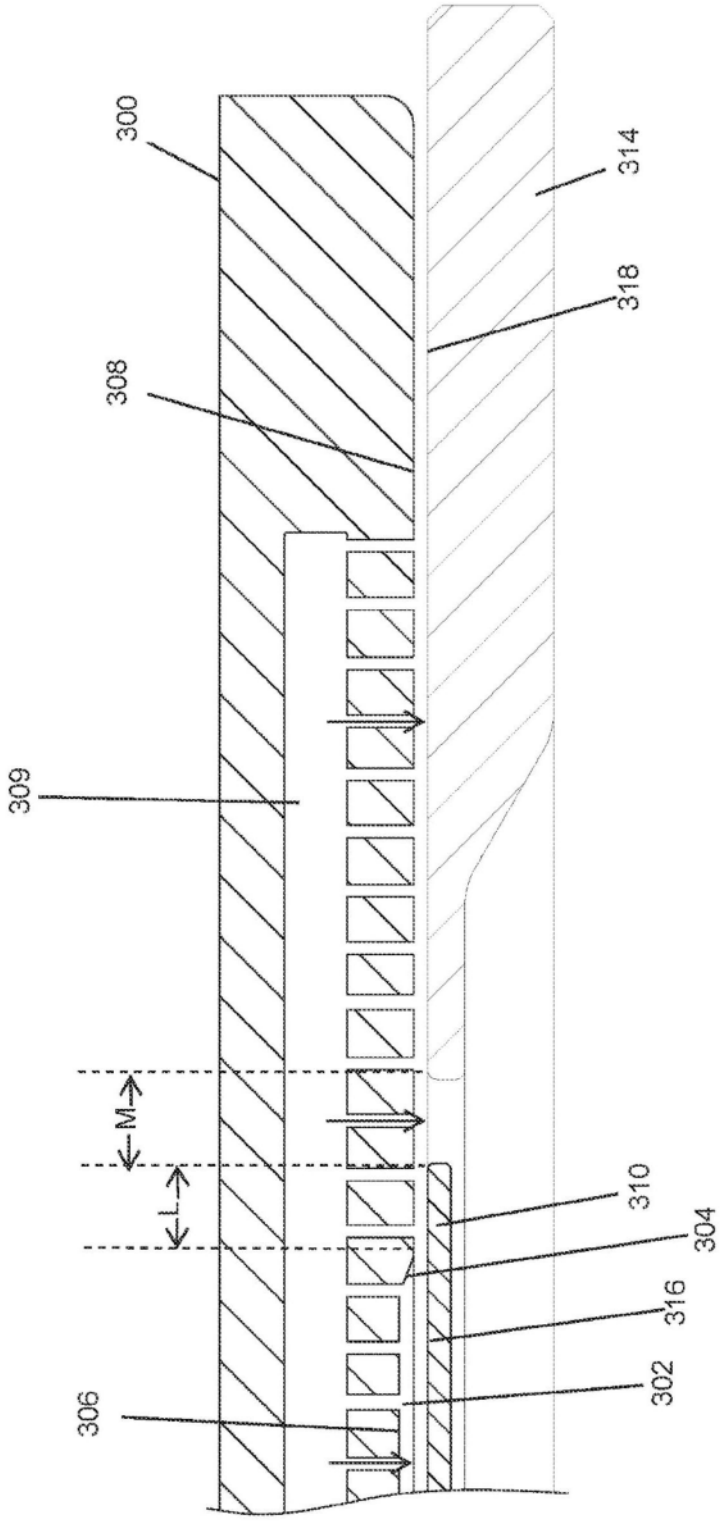


图3

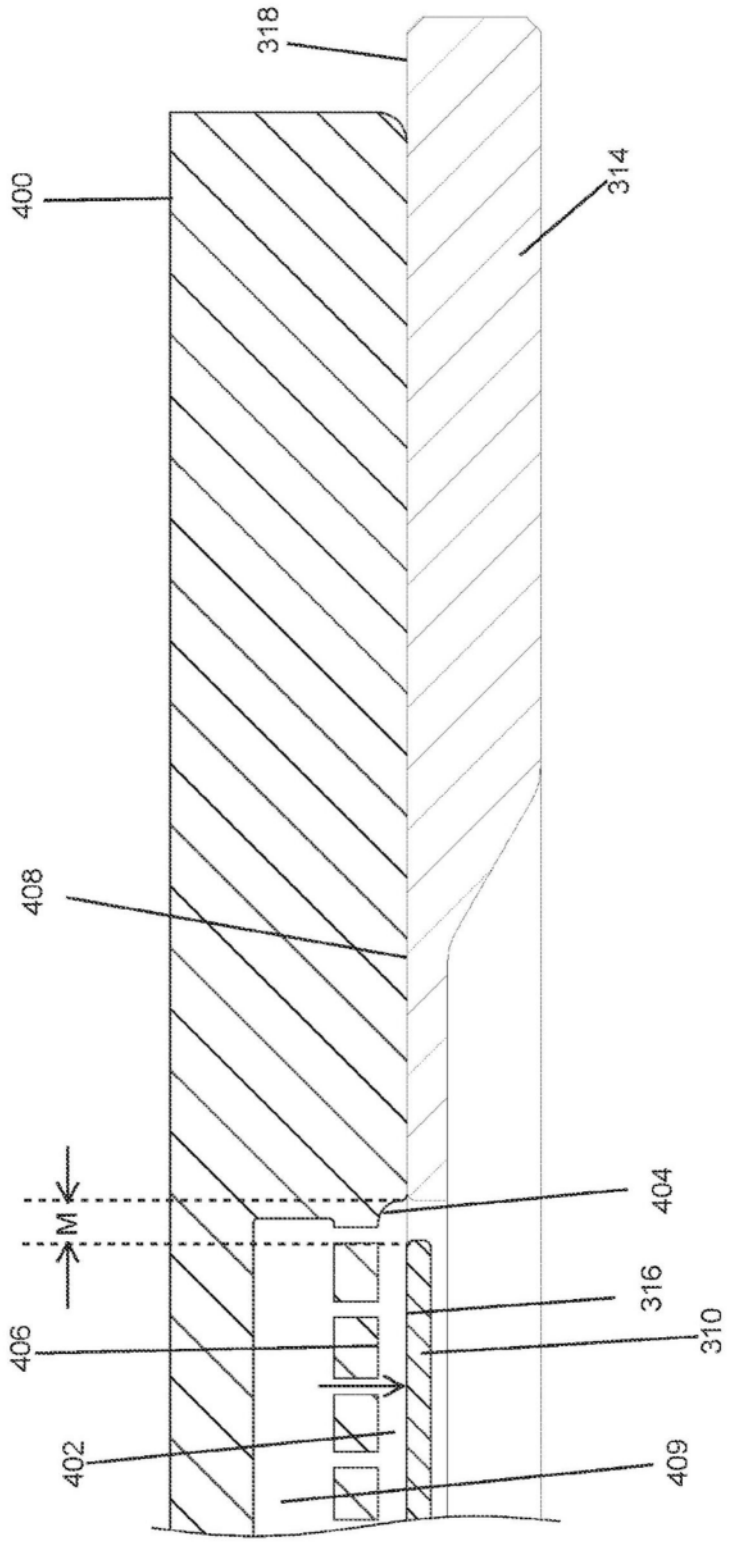


图4

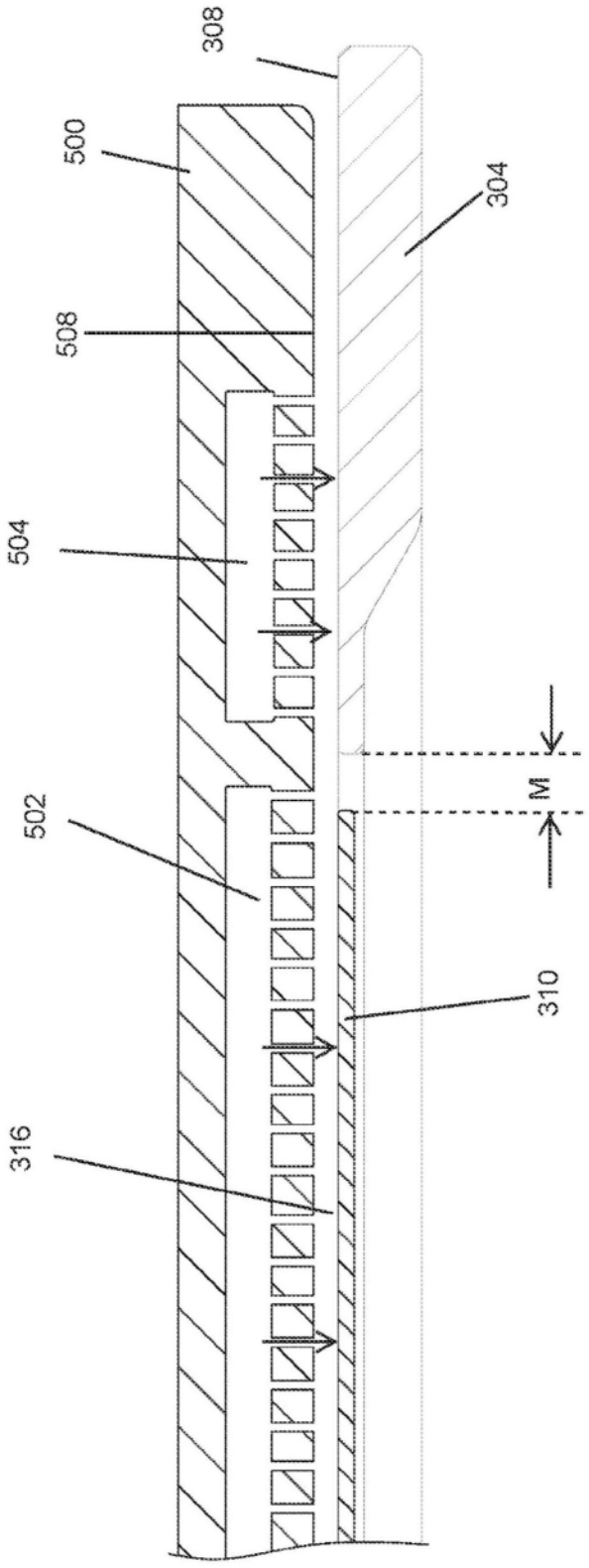


图5

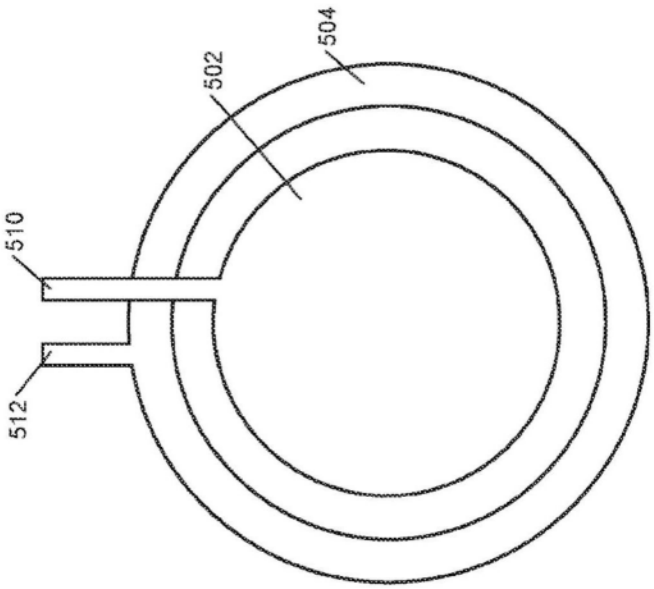


图6