



(43) 申请公布日 2012. 11. 21

权利要求书 2 页 说明书 44 页 附图 29 页

[illegible]

1. 一种用于在材料层上执行循环氧化与蚀刻工艺的设备,该设备包括:

工艺腔室,具有多个壁,该多个壁于该工艺腔室中界定一处理区域,该工艺腔室包括基板支撑件,该基板支撑件用以将具有材料层的基板固定在该处理区域中;

含氧气体供应器、不活跃气体供应器以及蚀刻气体供应器,该含氧气体供应器、不活跃气体供应器以及蚀刻气体供应器与该工艺腔室流体连通,以输送该含氧气体、该不活跃气体与该蚀刻气体至该工艺腔室中;

等离子体源,用以在位于该腔室内部的等离子体产生区中形成等离子体,且激发该含氧气体与该蚀刻气体的至少之一,以形成氧化等离子体以及蚀刻等离子体中的至少一种来接触该材料层;

加热系统,用以将该腔室中的该基板加热至高于约 100℃的第一温度;

冷却系统,用以将该腔室中的该基板冷却至低于该第一温度的第二温度;以及

控制系统,用以将该腔室中的该基板在该第一温度与该第二温度之间循环。

2. 如权利要求 1 所述的设备,其中该控制系统、该加热系统与该冷却系统在少于约 3 分钟的时间段内于该第一温度与该第二温度之间循环,其中该第二温度介于约 200℃和 1000℃之间的范围。

3. 如权利要求 1 所述的设备,其中该冷却系统包括一基板支撑件,该冷却系统的基板支撑件包括通路,用于容许冷却介质流动穿过该通路。

4. 如权利要求 1 所述的设备,其中该冷却系统包括喷淋头,该喷淋头设置在该腔室中并与该基板支撑件相邻,该喷淋头与冷却流体连通。

5. 如权利要求 4 所述的设备,其中该加热系统包括至少一个光源与电阻加热器。

6. 如权利要求 5 所述的设备,其中该电阻加热器设置在该基板支撑件中或设置在该喷淋头中。

7. 如权利要求 1 所述的设备,其中该加热系统包括光源,设置该光源使得由该光源发射的光能以一入射角与该材料表面接触,该入射角使该被处理材料的吸收最佳化,其中该入射角为该被处理材料层的布鲁斯特角度。

8. 如权利要求 1 所述的设备,其中该工艺腔室具有顶棚等离子体源,该顶棚等离子体源包括电源施加器,该电源施加器包括设置在该顶棚上方的线圈,该线圈透过阻抗匹配网络耦接至电源,用以在该等离子体产生区中产生等离子体。

9. 如权利要求 8 所述的设备,其中该蚀刻气体包括含氟气体,且该腔室进一步包括氮气源,该氮气源与等离子体源连通。

10. 如权利要求 2 所述的设备,其中该腔室配置为在该基板材料层上执行蚀刻工艺,至少一部分的该蚀刻工艺在该第一温度下执行。

11. 如权利要求 10 所述的设备,其中该蚀刻工艺包括干式蚀刻工艺,且该蚀刻气体包括含氟气体和氮气,该含氟气体和该氮气与等离子体源连通。

12. 如权利要求 10 所述的设备,其中该蚀刻气体与该等离子体源流体连通,以形成蚀刻等离子体。

13. 如权利要求 2 所述的设备,其中该温度控制系统包括冷却系统,用以在低于约 50℃的温度下执行至少一部分的该蚀刻工艺,该温度特别是在约 25℃至约 35℃的范围中。

14. 如权利要求 13 所述的设备,其中该设备配置为在介于该第一温度与该第二温度之

间循环少于约 3 分钟。

15. 如权利要求 1 所述的设备,其中该设备配置为塑形该基板上的材料层,该材料层具有一期望形状,该期望形状在接近该期望形状的底面具有第一宽度,在接近该期望形状的顶部具有第二宽度,该第一宽度实质上等于第二宽度,其中该期望形状的该第一与该第二宽度介于约 1 至约 30 纳米。

循环氧化与蚀刻的设备与方法

技术领域

[0001] 本发明的实施例大体涉及半导体制造工艺以及半导体器件的领域,更特定而言,是涉及制造适用于窄间距应用的器件的设备与方法。

背景技术

[0002] 通过简单地收缩器件结构来缩小半导体器件通常无法产生可被接受的小尺寸结构。举例来说,在 NAND 闪存器件中,当浮置栅极被缩小时,浮置栅极的电容性耦合(例如,侧壁电容)也因此随浮置栅极的表面积而被缩小。如此,浮置栅极的表面积越小时,介于浮置栅极以及例如,控制栅极之间的电容性耦合也会越小。一般来说,只要 NAND 存储器件仍可维持运作,则为了缩小尺寸而牺牲电容性耦合的抉择是可接受的。遗憾的是,当器件节点变得足够小,以致介于浮置栅极与控制栅极之间的电容性耦合变得太小而无法有效地在可允许的操作电压下操作该器件时,缩小尺寸受到限制。此外,介于相邻浮置栅极之间的寄生电容(即,噪声)增加,超出 NAND 存储器件中系统控制器读取误差的极限。因此,在此条件下不可能有具功能性的 NAND 器件。

[0003] 在此提供用于制造具有较小表面积的器件,例如, NAND 器件及其它器件的方法及设备。

发明内容

[0004] 在此描述用于制造适用于窄间距应用的半导体器件的设备与方法。在此所描述的各种器件以及方法并非意图去限制为制造特定种类的器件,然而在此所描述的设备与方法特别适用于制造包括浮置栅极的半导体器件,该浮置栅极在接近浮置栅极底面具有第一宽度,该第一宽度比接近浮置栅极顶部的一第二宽度大。在一些实施例中,浮置栅极的宽度从第一宽度非线性地减小至第二宽度。

[0005] 在一些实施例中,用于处理基板的设备可包括:工艺腔室,该工艺腔室中设置有基板支撑件,且该基板支撑件配置为支撑基板,该基板支撑件进一步具有与该基板支撑件耦接的温度控制系统,该温度控制系统用于将基板支撑件的温度控制在接近一第一温度;气体源,用以至少提供含氧气体、不活跃气体以及蚀刻气体;等离子体源,该等离子体源耦接至该工艺腔室,用以向该气体源所提供的气体提供能量而形成氧化等离子体或蚀刻等离子体中的至少之一;以及热源,该热源耦接至该工艺腔室,用以向该基板提供能量而选择性地升高基板的温度至高于该第一温度的一第二温度。下文将描述本发明的其它以及进一步的实施例。

[0006] 根据一个或多个实施例,可在少于约 3 分钟内于腔室中完成氧化(和/或氮化)以及蚀刻步骤的完整工艺程序。在特定实施例中,可在少于约 2 分钟内于腔室中完成氧化和/或氮化与蚀刻步骤的完整工艺程序,以及在更特定实施例中,可在少于约 1 分钟内,例如 45 秒或 30 秒,于腔室中完成氧化和/或氮化与蚀刻步骤的完整工艺程序。

[0007] 附图简要说明

[0008] 为了可以更具具体地了解本发明的上述特征,可参考实施例,对上面概述的本发明进行更具体的描述,所述实施例中的一些示出于附图中。然而,应指出的是附图仅仅图示本发明的典型实施例,故不因此被视为对本发明范围的限制,对于本发明而言,可容许其它等效实施例。

[0009] 图 1 绘示一半导体结构,该半导体结构具有利用本发明的一些实施例的方法与设备所制造的浮置栅极。

[0010] 图 2 绘示根据本发明的一些实施例的形成浮置栅极的方法流程图。

[0011] 图 3A-3C 绘示根据图 2 的方法的一些实施例的浮置栅极的制造阶段。

[0012] 图 4 绘示根据本发明的一些实施例的形成浮置栅极的方法流程图。

[0013] 图 5A-E 绘示根据图 4 的方法的一些实施例的浮置栅极的制造阶段。

[0014] 图 6 绘示根据本发明的一些实施例的形成浮置栅极的方法流程图。

[0015] 图 7A-D 绘示根据图 6 的方法的一些实施例的浮置栅极的制造阶段。

[0016] 图 8A-B 绘示根据图 6 的方法的一些实施例的浮置栅极的制造阶段。

[0017] 图 9 绘示根据本发明的一些实施例,氧化物厚度与时间的关系的示意图。

[0018] 图 10A-D 绘示根据本发明的一些实施例的浮置栅极的制造阶段。

[0019] 图 11A-C 绘示根据本发明的一些实施例的结构的制造阶段。

[0020] 图 12 绘示根据本发明的一些实施例的示例性工艺腔室。

[0021] 图 13A 绘示根据本发明的一些实施例的第一示例性改良等离子体工艺腔室。

[0022] 图 13B 绘示根据数个实施例,可使用在腔室中的基板支撑件冷却系统的示例性实施例。

[0023] 图 14 绘示根据本发明的一些实施例的第二示例性改良等离子体工艺腔室。

[0024] 图 15 绘示根据本发明的一些实施例的第三示例性改良等离子体工艺腔室。

[0025] 图 16 绘示根据一个或多个实施例的腔室,可以用于加热材料表面的光源系统。

[0026] 图 17 更详细地绘示根据一个或多个实施例,图 16 的可以用于加热材料表面的光源系统。

[0027] 图 18 绘示根据本发明的一实施例的经改良的腔室,该腔室用于执行循环的氧化与蚀刻。

[0028] 图 19 绘示图 18 的腔室顶部。

[0029] 图 20 绘示图 18 的腔室底部。

[0030] 图 21 绘示根据一个或多个实施例的改良的快速热工艺腔室。

[0031] 图 22 绘示在图 21 腔室中使用的气体分配板。

[0032] 为了清楚,简化这些附图,并且未按比例来绘示这些附图。为了帮助理解,尽可能使用相同的附图标记来描述附图中共有的相同元件。应理解,一个实施例中的相同元件可有利地并入其它实施例中。

具体实施方式

[0033] 在此描述一种设备以及方法,用于在单一腔室中氧化半导体器件的材料层表面以形成氧化层,以及通过蚀刻来移除该氧化层的至少一部分。本发明并未限制为特定器件,然而所描述的设备以及方法可用于制造适用于窄间距应用的半导体器件以及结构。如在此所

使用,窄间距应用包括 32nm 或更小的半间距(例如,32nm 或更小的器件节点)。如在此所使用的用语「间距」是指在半导体器件的平行结构或相邻结构之间的测量值。可在相邻结构或基本上平行结构的相同侧由一侧至另一侧来测量该间距。当然,也可将该半导体器件以及结构使用在具有较大间距的应用中。该半导体器件可为,例如,NAND 或 NOR 闪存,或其它适合的器件。在一些实施例中,该半导体器件维持或改善介于器件的浮置栅极与例如,控制栅极之间的侧壁电容,由此降低在相邻器件中介于相邻浮置栅极之间的干扰(也即,噪声)。在此所揭露的本发明的设备以及方法有效地限制非期望的作用,例如氧扩散,该氧扩散,例如在工艺期间会使穿隧氧化层变厚。进一步地,可有益地提供本发明的设备与方法来制造其它器件或结构,例如鳍式场效晶体管(FinFET)器件、硬掩模结构或其它结构,以克服在传统微影图案化所施加的临界尺度的尺寸限制。除非另有解释,否则应理解在此所揭露的关于形成一个结构的特定氧化与蚀刻设备及工艺可用于形成在此所揭露的任何其它结构。

[0034] 因此,本发明实施例提供用于在单一腔室或工具中执行一层接着一层的循环氧化与蚀刻的设备与方法,该设备与方法能够具有比在分离的腔室或工具中执行该些工艺更高的产出量。当需要在分离的腔室中执行多个重复的循环氧化与蚀刻时,因腔室内部的传输时间而使产出量受影响。假如提供能够执行多个工艺的腔室或工具,则可提升产出量。然而,仍无法相信可获得能够执行需要非常不同温度的多个蚀刻以及氧化工艺的腔室。根据一个或多个实施例,提供数种腔室或工具,所述腔室或工具可在单一腔室中快速地加热及冷却基板,因此允许执行循环氧化和/或氮化与蚀刻工艺。在一个或多个实施例中,在此所揭露的工艺腔室可在少于 5 分钟内、少于 4 分钟内、少于 3 分钟内、少于 2 分钟内、少于 1 分钟内或少于 30 秒内执行如在此所描述的一个氧化以及蚀刻循环。在一个或多个实施例中,可在约 200℃至 800℃之间的温度下执行该氧化工艺,更特定地为在约 300℃至 500℃之间的温度下执行该氧化工艺,以及在低于约 150℃的温度下执行一部分的蚀刻工艺,更特定地为低于约 120℃,且更特定地为低于或等于约 100℃。在一个或多个实施例中,该蚀刻工艺利用使用等离子体的干式蚀刻工艺,所述等离子体例如含氟等离子体,且该蚀刻工艺包括在低于约 50℃下,特定地为低于约 40℃,且更特定地为在约 25℃至 35℃的范围中所执行的一工艺,接着在超过约 100℃的温度下,例如在约 100℃至约 200℃的范围中执行一步骤。

[0035] 以下将参照图 1 来描述利用本发明的设备和/或方法实施例所制造的半导体器件的实例,该半导体器件为内存器件 100 的说明性应用。内存器件 100 包括基板 102,在基板 102 上沉积有穿隧氧化物层 104。在穿隧氧化物层 104 上沉积有浮置栅极 106。浮置栅极 106、穿隧氧化物层 104 以及基板 102 的下层部分可包括内存器件 100 的单元 103(或记忆单元)。内存器件的每一个单元可以是分开的。举例来说,在内存器件 100 中,将浅沟槽绝缘(STI)区域 108 设置在介于每一个单元之间的基板 102 上(例如,与穿隧氧化物层 104 与浮置栅极 106 相邻,在此处 STI 区域 108 将单元 103 与相邻的单元 105 以及 107 分隔开)。内存器件 100 进一步包括多晶硅间介电(IPD)层 110 与控制栅极层 112,该 IPD 层 110 设置在浮置栅极 106 的上方。该 IPD 层 110 将浮置栅极 106 与控制栅极层 112 分隔开。

[0036] 基板 102 可包括适当材料,例如结晶硅(例如,硅<100>或硅<111>)、二氧化硅、应变硅、硅化锗、经掺杂或未掺杂的多晶硅、经掺杂或未掺杂的硅晶圆、图案化或未图案化的晶圆、绝缘体上的硅(SOI)、碳掺杂的二氧化硅、氮化硅、经掺杂硅、锗、砷化镓、玻璃、蓝宝石或类似物。在一些实施例中,基板 102 包括硅。穿隧氧化物层 104 可包括硅与氧,或者高 k

值的介电材料或者氮化硅 (Si_xN_y) 在内的一层或多层结构 (例如, 二氧化硅 / 高 $-k$ 值 / 二氧化硅), 或类似结构, 所述硅与氧例如二氧化硅 (SiO_2)、氮氧化硅 (SiON), 高 k 值的介电材料例如铝 (Al) 系、钪 (Hf) 系、或镧 (La) 系、锆 (Zr) 系的氧化物或氮氧化物。穿遂氧化物层 104 可具有任何适当的厚度, 例如, 介于约 5 至约 12nm。穿遂氧化物层 104 在每一个单元中可具有与浮置栅极 106 的底面基本上相等的宽度。STI 区域 108 可包括硅与氧, 例如二氧化硅 (SiO_2)、氮氧化硅 (SiON) 或类似物。

[0037] 浮置栅极 106 一般包括导电材料, 例如多晶硅、金属或类似物。浮置栅极 106 具有适用于帮助在相邻单元之间 (例如, 在单元 103、105 与 107 之间) 设置部分控制栅极层 112 的配置。因此, 浮置栅极可形成倒「T」型。如在此所使用, 用语倒「T」通常意指浮置栅极 106 的上部部分相对于浮置栅极 106 的底面为凸出的几何结构。此凸出结构为 IPD 层 110 提供空间, 以使 IPD 层 110 在浮置栅极 106 的上方形形成, 而不会完全填满相邻的浮置栅极 106 之间的间隙, 由此允许一部分的控制栅极层 112 设置在相邻的浮置栅极 106 之间。

[0038] 举例来说, 如图 1 所示, 浮置栅极 106 通常以倒 T 的形状来表示, 该浮置栅极 106 具有底面 115 以及主干 113 (或浮置栅极 106 的上部部分)。浮置栅极 106 一般可具有任何用于特定应用的期望尺寸。在一些实施例中, 浮置栅极 106 的高度可介于约 20 至约 100nm。在一些实施例中, 底面 115 的厚度可小于或等于约 35nm。

[0039] 由于浮置栅极 106 上部部分的凸出结构, 因此浮置栅极 106 在接近浮置栅极 106 的底面 115 处具有第一宽度 109, 该第一宽度 109 大于接近该浮置栅极 106 上方的第二宽度 111。在一些实施例中, 第一宽度 109: 第二宽度 111 的比例至少约 2:1。在一些实施例中, 第一宽度 109 比第二宽度 111 超过约 4nm 或更多、或约 6nm 或更多、或介于约 4 至约 6nm。浮置栅极 106 的宽度在底面 115 与浮置栅极 106 上方之间可为线性、非线性、连续、非连续地、以任何方式改变。在一些实施例中且如图 1 所说明, 浮置栅极 106 的宽度在第一宽度 109 与第二宽度 111 之间为非线性改变。在一些实施例中, 第一宽度可小于约 35nm 或介于约 20 至约 35nm。第二宽度可介于约 5 至约 30nm, 例如为, 5nm、10nm、12nm、13nm、14nm、15nm、20nm、25nm 或 30nm。

[0040] 如图 1 所说明, 主干 113 可具有一侧壁部分, 该侧壁部分具有基本上垂直的轮廓。在一些实施例中, 基本上垂直表示与垂线呈小于或等于约 10 度、或与垂线呈小于或等于约 5 度、或与垂线呈小于或等于约 1 度。该侧壁的基本上垂直轮廓可高达浮置栅极 106 总高度的约 40% 或大于约 40%。在一些实施例中, 该基本上垂直轮廓可大于浮置栅极 106 高度的约 40%。在一些实施例中, 该基本上垂直轮廓介于约 20 至约 100nm 之间。

[0041] IPD 层 110 可包括任何适合的单层或多层介电材料。单层 IPD 可包括如上述与穿遂氧化物层 104 相关的 SiO_2 、 SiON 、高 $-k$ 值介电材料, 或类似物。多层 IPD 的非限制性实例为多层的 ONO (氧-氮-氧) 层, 该 ONO 层包括第一氧化物层、氮化物层以及第二氧化物层。第一与第二氧化物层通常包括硅与氧, 例如二氧化硅 (SiO_2)、氮氧化硅 (SiON) 或类似物。氮化物层通常包括硅与氮, 例如氮化硅 (SiN) 或类似物。在一些实施例中, 也可使用包括 SiO_2 /高 $-k$ / SiO_2 (例如, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$) 的多层 IPD 层作为 IPD 层 110。在一些实施例中, IPD 层 110 沉积为介于约 12 至约 15nm 的厚度。

[0042] 在倒 T 形状的浮置栅极 106 上的 IPD 层 110 的保形沉积 (conformal deposition) 可帮助在沉积的 IPD 层 110 中形成壁 114。该壁 114 形成在相邻的浮置栅极之间。在一些

实施例中,该壁 114 具有介于约 4nm 至约 20nm 的宽度以及介于约 20 至约 90nm 的深度。

[0043] 任选地,在沉积 IPD 之前,可通过以下方式来界定在相邻浮置栅极之间的 IPD 穿透的深度程度:通过沉积一材料层(例如, SiO_2) 来填充相邻浮置栅极之间的间隙,通过例如化学机械平坦化(CMP) 来使该材料层平坦化以移除落在浮置栅极 106 上方的多余材料。接着,将剩余在相邻浮置栅极之间的间隙中的材料蚀刻至一期望深度,以设定介于浮置栅极之间的 IPD 穿透程度。

[0044] 控制栅极层 112 可沉积在 IPD 层 110 的顶部以及沉积在该壁 114 中,用以形成控制栅极。控制栅极层 112 通常包括导电材料,例如多晶硅、金属或类似材料。壁 114 的加入可在接近浮置栅极 106 的侧壁处为控制栅极层 112 提供更大的表面积。通过该壁 114 的帮助所增加的控制栅极层 112 的表面积可有益地改善介于浮置栅极 106 的侧壁与控制栅极之间的电容性耦合。另外,壁 114,沉积在相邻浮置栅极之间(例如,单元 103 与单元 105 的浮置栅极),可降低相邻浮置栅极之间的寄生电容、浮置栅极干扰、噪声等等。此外,对于相同的浮置栅极高度来说,与近似矩形形状相比较,浮置栅极 106 的倒 T 形状减少了表面积。减少的截面有利地降低在位线方向上(例如,在内存器件的不同字线以及相同位线中)介于相邻浮置栅极之间的寄生电容。有利地,通过控制浮置栅极的高度可独立控制介于浮置栅极与控制栅极之间的侧壁电容(例如,维持在期望程度)。

[0045] 图 2 绘示了根据本发明的一些实施例用于制造具有浮置栅极几何结构的半导体器件的方法 200。可在任何适合的单一腔室中执行在此所描述的方法,该适合的单一腔室配置用于氧化以及蚀刻,且具有在不同温度下进行处理的能力。根据一个或多个实施例,在涉及循环氧化与蚀刻的工艺中,氧化是在相对高的温度下执行,以及蚀刻是在相对低的温度下执行。举例来说,根据一个或多个实施例,氧化可在 500°C 以及高于 500°C 的温度下执行,或者,在 500°C 以及低于 500°C 的温度下执行,更特定为在 400°C 以及低于 400°C 下执行。举例来说,部分蚀刻工艺可在低温下执行,例如室温,如 20°C 、 25°C 或 30°C 。应了解,蚀刻工艺可在较高温度下执行,例如高达约 75°C 。在蚀刻之后,理想的会是升高温度至约 100°C ,用以升华化合物,以下将更详细地描述。

[0046] 本发明的方面适用于在单一腔室中执行氧化工艺、蚀刻工艺以及升华。可通过等离子体氧化、快速热氧化(RTO)、自由基氧化或类似工艺来执行氧化工艺。适合的氧化腔室包括等离子体腔室,例如等离子体浸没离子注入(Plasma Immersion Ion Implantation; P3I) 或去耦合等离子体氧化(DPO)。或者,可使用热氧化腔室,例如由可获自位于加州圣克拉拉市的应用材料股份有限公司的 **RADIANCE®**、**VANTAGE®** **RADOX™** 腔室,或包括远程和/或近距离等离子体源的炉。可利用各种氧化化学过程来执行示例性的热氧化工艺,该氧化化学过程包括改变在氧化气体混合物中的还原气体浓度,该还原气体诸如氢气(H_2)、氨(NH_3) 或类似气体中的一种或多种,该氧化气体混合物包括氧化气体,例如氧气(O_2)、一氧化氮(NO)、一氧化二氮(N_2O) 或类似气体中的一种或多种,以及任选地包括不活跃气体,例如氮气(N_2)、氩气(Ar)、氦气(He) 或类似气体中的一种或多种。示例性等离子体氧化工艺可使用如上面对于热氧化工艺所讨论的任何氧化化学过程,并且可在使用或不使用加热夹盘(heating chuck) 下执行该等离子体氧化工艺。也可应用光化学工艺,例如在紫外光(UV) 存在下,使用氧物种(例如氧气) 来形成氧化物层,或应用湿式化学氧化,例如使用化学溶液,该化学溶液硝酸(HNO_3)、其它适用于氧化的酸。然而,通常这些腔室都被配置成仅

能执行氧化工艺,而并未被配置用于执行低温处理,例如低温蚀刻。因此,需要改良这些腔室,以实现在氧化与蚀刻之间所需要的快速温度变化。以下将提供特定的详细说明。

[0047] 或者,可在任何适当的且经改良的用于湿式或干式蚀刻、反应性离子蚀刻 (RIE) 或类似工艺的蚀刻腔室中执行在此所描述的方法实施例。示例性的蚀刻腔室包括也可自位于加州圣克拉拉市的应用材料股份有限公司获得的 SICONI™、Producer® 或 Carina™ 腔室。一种非限制的示例性干式蚀刻工艺可包括氨 (NH₃) 或三氟化氮 (NF₃) 气体或无水氟化氢 (HF) 气体混合物与远程等离子体,该氨或 (NH₃) 或三氟化氮 (NF₃) 气体或无水氟化氢 (HF) 气体混合物与远程等离子体在低温下 (例如,约 30℃) 可凝结在 SiO₂ 上,并且反应形成可在中等温度下 (例如,大于 100℃) 升华的化合物,用以蚀刻 SiO₂。此示例性的蚀刻工艺可随着时间减少,并且最终会在一点上达到饱和,在该点处除非将一部分的化合物移除 (例如,通过上述的升华工艺),否则不会发生进一步的蚀刻。可使用上述的机制和 / 或通过定时的蚀刻工艺 (例如,蚀刻一段预定时间) 来控制该蚀刻工艺。示例性的湿式蚀刻工艺可包括氟化氢 (HF) 或类似物。示例性的等离子体或远程等离子体蚀刻工艺可包括一种或多种蚀刻剂,例如四氟化碳 (CF₄)、三氟甲烷 (CHF₃)、六氟化硫 (SF₆)、氢气 (H₂) 或类似物,并且可在使用或不使用加热夹盘下执行。对于不同的材料组合 (例如,非均质表面等等) 来说,可加工改造蚀刻选择性至介于约 1 至约 1000。举例来说,在一些实施例中,在二氧化硅 (SiO₂) 蚀刻中,对于硅 (Si) 的蚀刻选择性可约为 100。当蚀刻速率下降至初始蚀刻速率的约 0% 至约 90%、或下降至约 75% 时,可终止蚀刻,用以提供被蚀刻材料的厚度控制。举例来说,在一些实施例中,终止如上所述的蚀刻工艺可提供进行蚀刻时的厚度控制。当对沉积在非均质材料 (例如,包括硅 (Si) 与二氧化硅 (SiO₂)) 上的氧化物层蚀刻时,上述的控制会是特别有益的。将需要改良诸如 SICONI 腔室的蚀刻腔室,用以在该腔室中执行氧化工艺,以下将详细叙述。

[0048] 因此,在单一腔室中所执行的方法 200 开始于步骤 202,在步骤 202 中提供基板,该基板具有将形成成为浮置栅极的材料层。举例来说,如图 3A 所示,基板 102 与材料层 304 可为部分制造的内存器件 300 的一部分。内存器件 300 可包括基板 102,该基板 102 上设置有穿隧氧化物层 104。可将材料层 304 沉积在穿隧氧化物层 104 上方。在与穿隧氧化物层 104 以及材料层 304 相邻处沉积浅沟槽绝缘 (STI) 区域 302 (类似 STI 区域 108)。在方法 200 开始之前执行的用以提供基板以及部分制造的内存器件 300 的其它制造方法包括:在 STI 区域 302 中沉积绝缘材料 (例如, SiO₂);以材料层 304 的上表面来平坦化该绝缘材料的位准;以及将该绝缘材料向下蚀刻至所期望的位准,用以产生具有材料层 304 的基板,且根据在此所提供的技术准备将该材料层 304 处理为浮置栅极。

[0049] 材料层 304 可包括导电材料,例如多晶硅、金属或类似材料。材料层 304 通常可具有略呈梯形或矩形的截面。材料层 304 通常可具有适合的起始形状,使得当通过在此所述的方法来进行氧化和 / 或蚀刻时,该材料层 304 可成为具有如上关于图 1 所述的倒 T 形状的浮置栅极 (例如,材料层 304 可被图案化并蚀刻,用以帮助形成 STI 结构 302,且所产生的材料层 304 的轮廓可成为在此所述的进一步处理的起始点)。

[0050] 如图 3B 所示,在步骤 204 中,选择性地氧化该材料层 304 以形成氧化物层 306。将氧化物层 306 形成在该材料层 304 的上方以及侧壁上,并且该氧化物层 306 可包括二氧化硅、金属氧化物或类似物。在一些实施例中,氧化物层 306 可消耗材料层 304 至约 3 至约

15nm 的深度,或约 10nm 的深度。如图 3B 所示,氧化物层 306 可进一步消耗(或以其它侵蚀或置换的方式)一部分的 STI 区域 302。可使用湿式或干式氧化、快速热氧化(RTO)、自由基氧化、等离子体氧化(例如,去耦合等离子体氧化(DPO))或者在此所述的任何其它氧化工艺来形成氧化物层 306。在一些期望低热预算和/或降低氧扩散的实施例中,可使用等离子体氧化或自由基氧化。在材料层 304 进行氧化期间,需要低热预算来避免穿遂氧化物层 104 的增厚。如在此所使用,低热预算意味着在 850℃ 的峰值温度下,少于数十分钟的炉操作的热预算。

[0051] 接着,如图 3C 所绘示,在步骤 206 中,在与执行氧化步骤 204 相同的腔室中,通过蚀刻工艺来移除氧化物层 306。在进行材料层 304 的氧化以及氧化物层 306 的移除之后,该材料层 304 的剩余部分通常可为倒 T 形状,例如,与图 1 所绘示的浮置栅极 106 类似的形状。蚀刻工艺可使用化学试剂或气体,包括氢氟酸(HF)、氢氯酸(HCl)、或者使用在此所揭露的其它蚀刻工艺或类似工艺。该蚀刻工艺可具选择性,例如,选择性地移除氧化物层 306。在一个实施例中,该蚀刻工艺对二氧化硅具选择性,且相对于包括多晶硅的材料层,可移除具有二氧化硅的氧化物层 306。在移除氧化物层 306 期间,该蚀刻工艺可进一步移除一部分的 STI 区域 302。

[0052] 在完成蚀刻工艺而形成具有倒 T 形状的浮置栅极之后,方法 200 通常结束。内存器件的进一步处理可包括沉积 IPD 层与控制栅极层,类似于图 1 所描述的 IPD 层与控制栅极层。在一些实施例中,在沉积 IPD 层之前,将介于相邻的材料层 304 之间以及在 STI 区域 302 上方的区域以间隙填充材料进行填充,所述间隙填充材料例如 SiO_2 或包括 STI 区域 302 的相同材料。接着,可通过化学机械平坦化(CMP)或任何适合的平坦化方法,对这一填充区域上方进行平坦化,使该区域与材料层 304 上方为基本上平整。在间隙填充与 CMP 之后,蚀刻间隙填充材料,以在沉积 IPD 层之前,在相邻的材料层 304 之间设定 IPD 所期望的穿透深度。

[0053] 或者,如图 4 所绘示,可使用方法 400 来形成具有倒 T 形状的浮置栅极。参考图 5A-E 来说明方法 400,图 5A-E 绘示根据方法 400 的实施例,内存器件 300 的制造阶段。方法 400 包括沉积牺牲氮化物层,该牺牲氮化物层可在使用氧化工艺来氧化材料层 304 期间,用来限制氧的扩散。期望在如下所述的氧化物层移除工艺期间,限制氧扩散以避免穿遂氧化物层 104 的非期望增厚和/或避免部分的穿遂氧化物层 104 和/或 STI 区域 302(或间隙填充材料)的非期望移除。

[0054] 方法 400 通常开始于步骤 402,在步骤 402 中提供如图 5A 所示的部分制造的内存器件 300。上文中已描述了内存器件 300,且该内存器件 300 包括基板 102,该基板 102 上设置有穿遂氧化物层 104 以及在穿遂氧化物层 104 上方设置有材料层 304。内存器件 300 进一步包括设置在基板 102 中并且与穿遂氧化物层 104 以及材料层 304 相邻的 STI 层 302。

[0055] 如图 5C 所示,在步骤 404 中,在材料层 304 与 STI 区域 202 的暴露表面上形成氮化物层 502。该氮化物层 502 可以任何适合的氮化工艺来形成,例如,等离子体氮化或氮化硅沉积。氮化物层 502 可包括氮化硅(SiN)、氮氧化硅(SiON)或两者。在材料层 304 与 STI 区域 302 的水平表面上所形成的氮化物层 502 的厚度可比在材料层 304 的侧壁上所形成的氮化物层 502 更厚(例如,通过方向性的氮化工艺)。在一些实施例中,在材料层 304 与 STI 区域 302 的水平表面上的氮化物层厚度与在材料层 304 的侧壁上的氮化物层厚度比例

为约 2:1 至约 10:1。在一些实施例中,氮化物层 502 在材料层 304 与 STI 区域 302 的水平表面上具有约 5 至约 10nm 的厚度。在一些实施例中,氮化物层 502 在材料层 304 的侧壁上具有约 1nm 或小于 1nm 的厚度。

[0056] 在步骤 406 中,选择性地氧化氮化物层 502 与材料层 304,以形成氮氧化物层 504 与氧化物层 506。氧化工艺在与氮化步骤 504 相同的腔室中执行。氧化步骤 506 可包括上述与方法 200 相关的任何适合的氧化工艺,并且可在图 5C-D 所描述的单一阶段工艺中执行氧化步骤 406。如图 5C 所绘示,最初,氧化工艺可帮助氮氧化物层 504 的形成。氮氧化物层 504 可消耗在材料层 304 与 STI 区域 302 的水平表面上的一部分氮化物层 502,并且可基本上消耗在材料层 304 侧壁上的全部氮化物层 502。在水平表面上的氮化物层 502 的增加的厚度可限制或避免该水平表面的下层表面的氧化。随着在材料层 304 侧壁上的氮化物层 502 的消耗,该氧化工艺可消耗一部分的材料层 304。由于设置在水平表面上的剩余未消耗的氮化物层 502,所以材料层侧壁的氧化会比在水平表面上进行得更快。

[0057] 如图 5D 所绘示,通常通过从侧壁向内部地消耗材料层 304,在材料层 304 的侧壁上以一较快速率来进行氧化工艺,而形成氧化物层 506。材料层 304 的剩余未消耗的部分通常可为所期望的倒 T 形状。并且,如图 5D 所绘示,该氧化工艺仍继续消耗一部分剩余的氮化物层 502 与一部分的 STI 区域 302,只是速率比消耗侧壁上的材料层 304 慢。

[0058] 在步骤 408 中,如图 5E 所绘示,可移除氮氧化物层 504 与氧化物层 506,产生具有倒 T 形状的浮置栅极。所述层可通过与上述方法 200 相关的蚀刻工艺来移除,例如,湿式或干式化学蚀刻、反应离子蚀刻或类似工艺。该蚀刻工艺可为具有选择性的,例如,选择性地移除氮氧化物层 504 与氧化物层 506。在一实施例中,蚀刻工艺对于二氧化硅 (SiO_2)、氮氧化硅 (SiON) 与氮化硅 (SiN) 具选择性,且在对包括多晶硅的材料层 304 具选择性的情况下,移除包括 SiN 的氮化物层 502、包括 SiON 的氮氧化物层 504 以及包括 SiO_2 的氧化物层 506。如图 5E 所说明,蚀刻工艺可进一步选择性地移除一部分的 STI 区域 302。在一些实施例中,蚀刻工艺可为多段式蚀刻工艺。例如,最初的蚀刻工艺可仅对 SiO_2 具选择性,用以移除氧化物层 506。接着,蚀刻工艺可对 SiON 与 SiN 具选择性,用以移除氮氧化物层 504 与氮化物层 502。在完成蚀刻工艺以形成具有倒 T 形状的浮置栅极之后,可进一步处理内存器件 200,例如通过沉积 IPD 层与控制栅极层,类似于有关图 1 所描述的 IPD 层与控制栅极层。如上所述,可在沉积 IPD 层之前执行间隙填充以及相邻材料层 304 之间的填充区域的 CMP,接着蚀刻该填充区域的步骤。

[0059] 如上所述,在一些实施例中可能期望低热预算(例如,材料的低扩散,该材料例如为掺杂剂、氧气 (O_2) 或硅 (Si) 中的一种或多种),例如,用以限制穿隧氧化物层 104 或 STI 区域 302 的增厚。然而,假如能够限制此种不想要的增厚,那么就可以使用高热预算的工艺(即,高氧扩散)。例如,高热预算工艺(例如,湿式、干式或 RTO)可提供保形氧化、更快的氧化速率、更厚的氧化(例如,约 5 至约 15nm 的厚度)以及更有效率的侧壁氧化。此外,高热预算氧化工艺可降低对不同晶体取向的材料层(用于形成浮置栅极)的选择性,因此在氧化期间有益地产生平滑表面。例如,当使用包括多晶硅的材料层来形成浮置栅极时,期望的是降低对不同晶体方向的敏感度。例如,平滑表面通过降低结电阻等等而有益地提高内存器件的可靠度。

[0060] 因此,在一些实施例中,如以下与图 6 相关的描述,可使用具有材料层 702 的部分

制造的内存器件 700, 以形成具有倒 T 形状的浮置栅极。例如, 相较于分别于图 3A 与图 5A 所说明的材料层 304, 材料层 702 可以更高。此外, STI 区域 302 的高度可随着材料层 702 的高度来缩小 (例如, 如上所述, 通过沉积以及凹蚀间隙填充材料, 如 SiO_2), 用于在 STI 区域 302 的暴露表面与穿遂氧化物层之间提供一增加的距离, 由此在高热预算工艺期间帮助抵抗在穿遂氧化物层中的氧化扩散。在一些实施例中, 介于材料层 702 顶部与 STI 区域 302 顶部之间的间距可基本上与图 3A 和图 5A 中所说明的类似结构的间距是等距的。相较于图 3A 和图 5A 中类似的内存器件, 材料层 702 与 STI 区域 302 二者增加的高度可有利地延长氧原子为抵达穿遂氧化物层 104 而必须移动的距离。两结构所增加的高度允许使用更高的热预算氧化工艺, 同时限制穿遂氧化物层 104 的增厚。因此, 通过增加在内存器件 700 中的 STI 区域 302 的高度, 可有益地使用高热预算氧化工艺来形成具有倒 T 形状的浮置栅极。在进行高热预算氧化工艺以及移除由此形成的氧化物层后, 可使用蚀刻工艺和 / 或更可控的低热预算氧化工艺来降低在浮置栅极底部的厚度。将在下述内容中参考图 6-8 来描述高热预算氧化工艺与蚀刻工艺或与低热预算氧化工艺的结合。

[0061] 举例来说, 图 6 绘示根据本发明的一些实施例制造具有浮置栅极的半导体器件的方法 600。方法 600 是参考图 7A-D 与图 8A-B 来说明, 图 7A-D 与图 8A-B 绘示根据方法 600 的实施例的内存器件 700 的制造阶段。

[0062] 方法 600 通常开始于步骤 602, 在步骤 602 中提供具有材料层的基板, 该材料层将形成浮置栅极。例如, 如图 7A 所示, 基板 102 与材料层 702 可为部分制造的内存器件 700 的一部分。内存器件 700 可包括基板 102, 该基板 102 上设置有穿遂氧化物层 104。材料层 702 可设置在穿遂氧化物层 104 上方。可在基板上设置浅沟槽绝缘 (STI) 区域 302, 该 STI 区域 302 与穿遂氧化物层 104 及材料层 702 相邻。在上述内容中已说明了基板 102、穿遂氧化物层 104 以及 STI 区域 302。

[0063] 材料层 702 可包括导电材料, 例如多晶硅、金属或类似材料。材料层 702 可具有一起始形状, 该起始形状包括基本上矩形的截面或略呈梯形的截面。材料层 702 通常可具有任何适合的起始形状, 使得当在此所描述的方法进行氧化和 / 或蚀刻时, 可将材料层 702 形成具有倒 T 形状的浮置栅极。材料层 702 具有大于约 30nm 的高度或高达约 130nm 的高度。材料层 702 具有大于约 2:1 的高宽比。

[0064] 接着, 在步骤 604 中, 选择性氧化材料层 702 以形成第一氧化物层 704, 如图 7B 所示。第一氧化物层 704 形成在材料层 702 的上方以及材料层 702 的侧壁上, 且该第一氧化物层 704 可包括氧化硅、金属氧化物或类似材料。在一些实施例中, 第一氧化物层 704 可消耗材料层 702 至约 5 至约 15nm、或约 10nm 的深度。第一氧化物层 704 可进一步使一部分的 STI 区域 302 增厚。可使用湿式或氧化、快速热氧化 (RTO)、自由基氧化或等离子体氧化 (例如, 去耦合等离子体氧化 (DPO)) 来执行氧化物层的形成。在一些希望较低的热预算和 / 或降低的氧扩散的实施例中, 可使用等离子体氧化或自由基氧化。在进行材料层 702 的氧化期间, 会需要低热预算来避免穿遂氧化物层 104 的增厚。

[0065] 在氧化之后, 材料层 702 的剩余部分通常可为倒 T 形状, 该倒 T 形状具有比期望的最终形状更大的尺寸 (例如, 底部的高度更大和 / 或主干的宽度更大)。在步骤 606 中, 在与步骤 604 相同的腔室中通过蚀刻工艺将第一氧化物层 704 移除, 产生具有一般倒 T 形状的浮置栅极, 如由图 7C 中所绘示材料层 702 的剩余部分所示。该蚀刻工艺可为湿式或干式

蚀刻或者反应性离子蚀刻。该蚀刻工艺可使用包括氢氟酸 (HF)、氢氯酸 (HCl) 或类似物的化学物质或气体。该蚀刻工艺可具选择性,例如,选择性地移除第一氧化物层 704。在一个实施例中,蚀刻工艺对二氧化硅具选择性,且相对于包括多晶硅的材料层而移除包括二氧化硅的第一氧化物层 704。在移除第一氧化物层 704 期间,蚀刻工艺可进一步地移除一部分的 STI 区域 302。

[0066] 在步骤 608 中,可使用蚀刻工艺来移除另外一部分的剩余材料层 702,以形成具有期望的倒 T 形状的浮置栅极,如图 7D 所示。该蚀刻工艺可包括湿式或干式蚀刻、反应性离子蚀刻或类似工艺。在一个实施例中,蚀刻工艺为反应性离子蚀刻。如上所述,使用方法 600 所形成的浮置栅极尺寸可与使用方法 200 及 400 所形成的浮置栅极尺寸相似。

[0067] 在蚀刻材料层 702 以形成具有倒 T 形状与上述尺寸的浮置栅极之后,方法 600 通常会结束,且可执行进一步的处理以完成内存器件的制造。内存器件 700 的进一步处理可包括如上所述的 IPD 层与控制栅极层的沉积。任选地,在沉积 IPD 层之前,执行间隙填充与 CMP 工艺,接着凹蚀已填充区域以控制在相邻浮置栅极之间的区域的 IPD 层的期望深度,如上所述。

[0068] 或者,在一些实施例中,在移除第一氧化物层 704 之后,方法 600 由相同的腔室 606 进行至腔室 610,在腔室 610 中可将材料层选择性氧化以形成第二氧化物层 706。将第二氧化物层 706 形成在材料层 702 的剩余部分的上方与侧壁处,如图 8A 所示,且第二氧化物层 706 可包括氧化硅、金属氧化物或类似材料。在一些实施例中,第二氧化物层 706 可消耗材料层 702 至约 5 至约 15nm、或约 10nm 的深度。可使用湿式或氧化、快速热氧化 (RTO)、自由基氧化或等离子体氧化 (例如,去耦合等离子体氧化 (DPO)) 来执行氧化物层的形成,且因为期望较低热预算和 / 或降低的氧扩散,可使用等离子体氧化或自由基氧化。在一些实施例中,可将低热预算定向氧化 (例如,等离子体氧化) 用于第二氧化物层 706 在材料层 702 的水平表面上以高于侧壁表面的速率来成长的情况中。

[0069] 在进行选择性氧化以形成第二氧化物层 706 之后,材料层 702 的剩余部分通常可为倒 T 形状。在步骤 612 中,通过蚀刻工艺移除第二氧化物层 706,以完成具有倒 T 形状的浮置栅极的形成,如由图 8B 中所绘示的材料层 702 的剩余部分所示。该蚀刻工艺可为干式蚀刻或反应性离子蚀刻。该蚀刻工艺可使用包括氢氟酸 (HF)、氢氯酸 (HCl) 或类似物的化学物质或气体。蚀刻工艺可具选择性,例如,对于移除第二氧化物层 706 具选择性。在一个实施例中,蚀刻工艺对二氧化硅具选择性,且相对于包括多晶硅的材料层 702 而移除包括二氧化硅的第二氧化物层 706。在移除第二氧化物层 706 期间,蚀刻工艺可进一步移除一部分的 STI 区域 302。

[0070] 在蚀刻材料层 702 的剩余部分以移除第二氧化物层 706 且形成具有倒 T 形状的浮置栅极之后,方法 600 通常会结束。以方法 600 所形成的浮置栅极与在步骤 608 中所述的浮置栅极具有相同尺寸。内存器件 700 的进一步处理可包括如上所述的 IPD 层与控制栅极层的沉积。

[0071] 如上所述,虽然对于一些实施例来说高热预算工艺会是有益的,但是当施加较高热预算时,材料层 (如上述的材料层 702) 的氧化速率会倾向饱和。举例来说,氧化速率倾向饱和的情形会造成无法将材料层 702 成形为具有期望尺寸的形状、造成穿遂氧化物层 104 的增厚或两者均会发生。进一步地,即使在较低温度范围下 (例如,30℃) 起始氧化速率是

高的,然而在使用任何宽温度范围(例如介于约 30 至约 1100°C 之间)的情况下仍会造成氧化速率的饱和。对于在此所揭露的所有氧化工艺而言,此温度范围是有效的。此外,可在室温或更低温度下发生基于等离子体氧化或光化学(UV 或臭氧)或干式/湿式化学(例如臭氧、硝酸、过氧化氢)的氧化。因此,本发明人已经开发出一种用于塑形材料层(例如材料层 702)的方法,该方法有益地使用如下所述的高起始氧化速率。

[0072] 图 9 中示出在高温预算下氧化速率的饱和的示意图,图 9 大体上绘示了氧化物层厚度与时间的函数图。等温线 1000 代表一氧化工艺,该氧化工艺在期望的任意温度下连续生长氧化物层。最初,在等温线 1000 的第一时间段 1002 内,该氧化速率是高的,以在第一时间段 1002 期间所生长的第一氧化物层厚度 1004 来说明。随着时间(以及热预算)增加,氧化速率开始饱和。例如,在第二时间段 1006 期间(该第二时间段 1006 与第一时间段 1002 等长且仅跟在第一时间段 1002 之后),在第二时间段 1006 期间所生长的第二氧化物层厚度 1008 小于第一氧化物层厚度 1004,这是归因于在第二时间段 1006 期间的较慢氧化速率。本发明人已进一步发现在各种温度下伴随产生的等温线 1000 的大体形状。

[0073] 因此,为了将材料层 702 塑形至预期形状,会需要高温预算来实现形成期望的浮置栅极尺寸所需要的氧化物层厚度。遗憾的是,在制造某些结构期间,高温预算氧化工艺的应用会非期望地造成氧气(O_2)扩散至暴露的氧化物层(例如,穿隧氧化物层 104),导致氧化物层非期望地增厚。

[0074] 如此,在方法 600 的一些实施例中,重复的氧化与蚀刻工艺可有益地使用在第一时间段 1002 期间施加的高起始氧化速率,如上述图 9 所说明。例如,在一些实施例中,在步骤 604 中,可以以起始氧化速率将材料层(例如,材料层 702)表面氧化,以形成氧化物层(例如,第一氧化物层 704)。可将材料层 702 氧化历经第一时间段(例如,第一时间段 1002),在此时期该氧化速率是相对高的。在氧化速率降低至预定值之后,例如,在第二时间段 1006 期间,终止氧化工艺。在一些实施例中,当氧化速率为起始氧化速率的约 90% 或更低、或约 75% 或更低时,可终止第一氧化物层 704 的形成。在一些实施例中,当氧化速率介于起始速率的约 0% 至约 90%、或为起始速率的约 75% 时,可终止第一氧化物层 704 的形成。

[0075] 一旦氧化工艺终止,在步骤 606 中,通过蚀刻工艺将至少一些的第一氧化物层 704 移除(如上所述以及如图 7C 所述)。如图 7C 所说明,一旦该第一氧化物层 704 被移除,材料层 702 会至少部分成为如上述所期望的形状。移除第一氧化物层 704 提供材料层 702 的刚暴露的表面,该刚暴露的表面可进一步被氧化直到形成所期望的氧化物层形状。在一些实施例中,蚀刻工艺可为两段式凝结和升华蚀刻工艺,如上所述。在一些实施例中,当蚀刻速率下降至起始蚀刻速率的约 0% 至约 75%、或降至起始蚀刻速率的约 90% 时,可终止蚀刻工艺。蚀刻速率的下降可归因于材料对比(例如,Si 对 SiO_2 选择性)或扩散相关的饱和度(例如,在同质的 SiO_2 层上)。在蚀刻工艺期间,蚀刻速率对时间的相依性可在牺牲氧化期间提供额外且独立的材料移除控制方法。这提供在异质的表面(Si/ SiO_2)上进行一层接一层的移除的能力,如示例在浮置栅极形成结构中。当从异质的基板上移除氧化材料时,可有利地使用上述方法以避免移除非均匀的材料。

[0076] 举例来说,在步骤 610 中,将部分塑形的材料层 702 的暴露表面再次氧化,以形成另一氧化物层(例如,第二氧化物层 706)。以一起起始氧化速率来进行氧化工艺,该起始氧化速率基本上等于上述用于移除第一氧化物层 704 的起始氧化速率。如上所述,在氧化速率

下降至预定值后,例如在第二时间段 1006 期间,终止氧化工艺。所期望的工艺终止点可为任何与上述相似的时间。于图 8A 中说明形成第二氧化物层 706 的氧化工艺。

[0077] 一旦重复的氧化工艺终止,在步骤 612 中,可通过蚀刻工艺来移除至少一些的第二氧化物层 706(如上所述且如图 8B 中说明)。如图 8B 所说明,一旦第二氧化物层 706 被移除,该材料层 702 可形成期望形状,如上所述。或者,第二氧化物层 706 的移除再次提供材料层 702 刚暴露的表面,该刚暴露的表面可进一步被氧化直到形成所期望的材料层形状。因此,虽然所揭露为只重复一次氧化以及蚀刻工艺,但这些工艺可视需求连续重复许多次,以形成所期望的材料层形状(即,可将工艺重复一次或多次)。

[0078] 与连续执行的氧化工艺相比较,在氧化以及移除氧化物层的循环工艺中的氧化能够在相同热预算下形成更多的氧化物。在单一腔室中执行氧化以及移除氧化物层的循环工艺可大幅提高工艺生产量。例如,如图 9 所示,一连续应用的氧化工艺(例如在第一时间段 1002 与第二时间段 1006 所应用的等温线 1000)将形成具有厚度为第一厚度 1004 与第二厚度 1008 总和的氧化物层。然而,在使用与连续氧化工艺相同的热预算下,循环的氧化与移除工艺可导致总氧化物厚度(例如,第一氧化物层 704 与第二氧化物层 706 的厚度总和)为第一厚度 1004 的两倍,该循环的氧化与移除工艺例如为在第一时间段 1002 期间形成第一氧化物层(例如,第一氧化物层 704)、移除第一氧化物层以及在第二时间段 1006 期间氧化材料层以形成第二氧化物层(例如,第二氧化物层 706)。

[0079] 在图 9 中示出了示意性说明循环的氧化与移除工艺的等温线 1010。如说明,在第一时间段 1002 之后,等温线 1010 基本上偏离等温线 1000(代表连续氧化工艺)。然而,仅为了说明,在第 10 图中,将等温线 1010 描绘为直线。根据如何应用循环的氧化与移除工艺,该等温线 1010 可为任何形状。例如,假如每一个重复的氧化工艺均进行相同的时间段(例如第一时间段 1002),那么在第一时间段 1002 期间,在每一个连续步骤下该等温线 1010 可具有重复等温线 1010 的形状。或者,循环的氧化与移除工艺中的连续步骤可应用于与第一时间段(未图示)不同的持续期,而等温线 1010 的形状可因此改变。然而,在循环的氧化与移除工艺期间所形成的总氧化物将大于使用相同热预算由连续氧化工艺(例如,等温线 1000)所形成的氧化物。在一些实施例中,在循环的氧化与移除工艺期间所形成的总氧化物比通过连续氧化工艺使用相同热预算所形成的氧化物大了高达约 3 倍。

[0080] 可有利地使用上述循环的氧化与移除工艺来形成其它结构,所述其他结构包括具有次微影尺寸的结构。此结构可包括,例如,超薄浮置栅极、finFET 器件的鳍片、图案化硬掩模或类似结构。

[0081] 例如,在一些实施例中,能使用循环的氧化与移除工艺来形成超薄浮置栅极,如图 11A-D 所说明。图 11A-D 绘示根据本发明的一些实施例的浮置栅极 1102 的制造阶段。如图 11A 所示,该方法开始于通过提供部分制造的内存器件 1100。该内存器件 1100 与上述内存 100 的结构与组成相似。内存器件 1100 包括基板 102,该基板 102 上设置有穿隧氧化物层 104。将与上述任何材料层的组成类似的材料层 1102 设置在穿隧氧化物层 104 的顶部。将与上述 STI 区域的组成类似的 STI 区域 1104 设置在材料层 1102 的每一侧以及与材料层 1102 相邻。STI 区域 1104 将器件 1100 的单个存储单元隔开。通常,STI 区域 1104 的顶部表面 1103 与材料层 1102 的顶部表面 1105 为基本上平坦。

[0082] 接着,可将上述循环的氧化与移除工艺用于相同的腔室中,以将材料层 1102 变薄

至所期望的形状（例如厚度）。如上所述，可以以一起始氧化速率将材料层 1102 的顶部表面 1105 氧化，以形成氧化物层 1106，如图 11B 所示。当氧化速率下降至低于起始速率的特定百分比时（如上所述），终止该氧化工艺。接着通过蚀刻工艺将氧化物层 1106（与在 STI 区域 1104 中的一部分氧化物一起）移除，如图 11C 所示。可重复该氧化与移除工艺直到将材料层 1102 变薄至一期望形状，以形成浮置栅极。

[0083] 在一些实施例中，期望形状的材料层 1102 可在材料层 1102 的底部具有第一宽度，该第一宽度基本上等于在材料层 1102 顶部的第二宽度。进一步地，期望形状可包括例如，材料层 1102 的最终厚度小于约 5 纳米（然而可预期其它厚度，例如，约 1 至约 20nm、或约 1 至约 10nm）。该循环的氧化与移除工艺有利地将材料层 1102 变薄至浮置栅极的期望形状，而不会造成下层穿遂氧化物层 104 产生不需要的氧化增厚。本发明人已经发现存在于 STI 区域 1104 中的氧化物可作为阻碍，以避免氧化工艺到达穿遂氧化物层 104。如图 10D 所示，可将 IPD 层 1108 与导电层 1110 沉积在变薄的材料层 1102 的顶部，以形成完整的内存器件 1100。IPD 层 1108 与控制栅极层 1100 各可包括适用于 IPD 层与控制栅极层的任何材料或材料组合，如上所述。

[0084] 在一些实施例中，可使用循环的氧化与移除工艺，将结构形成至临界尺寸，该临界尺寸小于通过微影技术所获得的尺寸。例如，图 11A-C 绘示了使用循环的氧化与移除工艺用以将微影图案化结构 1200 修正为次微影临界尺寸的阶段。例如，结构 1200 可为部分制造的逻辑器件，例如 FinFET 或部分制造的硬掩模结构。

[0085] 结构 1200 包括材料层 1202，该材料层 1202 沉积在基板 1204 的顶部。材料层 1202 可如图 11A 所示进行沉积，使得基板 1204 的上表面 1203 的一个或多个部分维持暴露。将掩模层 1206 沉积在材料层 1202 顶部。例如，可使用掩模层 1206 将材料层 1202 图案化至微影界定的临界尺寸。

[0086] 基板 1204 可为如上所述的任何适合的基板。例如，在一些制造逻辑器件的实施例中，基板 1204 可包括硅 (Si) 或二氧化硅 (SiO_2)。例如，在一些制造硬掩模结构的实施例中，基板 1204 可包括层 1208（在图 11A-C 中以虚线来说明），该层 1208 沉积在非硅层 1210 的顶部，并通过硬掩模将该层 1208 图案化。当蚀刻非硅层 1210 时，该层 1208 可用作第二硬掩模。该层 1208 可包括以下一种或多种：二氧化硅 (SiO_2)、氮化硅 (Si_3N_4)、氧化铝 (Al_2O_3) 或其它在低温下沉积的材料、或在绝缘体上的硅 (SOI) 制造期间所形成的埋入式氧化物。非硅层 1210 可包括金属，例如钨 (W)、氮化钛 (TiN) 或类似物中的一种或多种，和 / 或包括介电材料，例如 SiO_2 、高 k 值二元氧化物、三元氧化物、相变材料（例如氧化镍、锗锑碲或类似物）和 / 或包括 IV 族的替代通道材料（例如，Ge、SiGe）；和 / 或包括 III-V 材料（例如，GaAs、GaN、InP 等等）和 / 或包括有机物（例如，并五苯 (pentacene)、富勒烯等等）。一些材料可在高于约 100°C 的温度下分解，但些材料可受益于由本发明方法所获得的次微影图案化，来提高器件性能。

[0087] 掩模层 1206 可为任何适合的掩模层，例如硬掩模或光阻层。掩模层 1206 可包括以下至少一种： SiO_2 、SiN、硅化物 (silicide)，例如硅化钛 (TiSi)、硅化镍 (NiSi) 或类似物、或者硅酸盐，例如硅酸铝 (AlSiO_3)、硅酸锆 (ZrSiO_4)、硅酸钪 (HfSiO_4) 或类似物。

[0088] 可将上述循环的氧化与移除工艺应用于现有的结构 1200，将微影图案化材料层 1202 修正为次微影临界尺寸。如图 11A 所说明，材料层 1202 的侧壁 1212 以及在一些实施

例中,基板 1204 的暴露的上表面 1203 可以以上述的起始氧化速率进行氧化,以形成氧化物层 1214。在第一时间段时间之后,当起始氧化速率下降至低于如上述起始速率的一部分时,终止该氧化工艺。

[0089] 如图 11C 所示,使用蚀刻工艺来移除氧化物层 1214,该蚀刻工艺可为上述的任何适合的蚀刻工艺,且在与氧化工艺相同的腔室中执行该蚀刻工艺。可视需求来重复氧化与移除工艺,以将材料层 1202 成为期望形状,例如,具有期望的次微影尺寸。在一些通过氧化和 / 或蚀刻工艺而至少部分消耗基板 1204 (或氧化物层 1208) 的实施例,当循环的氧化与蚀刻工艺完成之后,该材料层 1202 可设置在基板 1204 的凸起部分 1216 上,该凸起部分 1216 通过循环工艺形。凸起部分 1216 可具有一宽度,该宽度与接近材料层 1202 底部的第一宽度以及与接近材料层 1202 顶部的第二宽度基本上相等。在一些实施例中,经修正的材料层 1202 的第一宽度与第二宽度可介于约 1 至约 30 纳米。在一些实施例中,经修正的材料层 1202 (例如,材料层的期望形状) 具有介于约 0.5 至约 20 的高宽比。在一些实施例中,经修正的材料层 1202 的高度介于约 1 至约 30 纳米。或者,在一些实施例中,不会因循环工艺而实质消耗该基板,且不会出现凸起部分 1216。举例来说,假如蚀刻工艺对层 1208 的材料具选择性,则可避免凸起部分的生成,例如,在一些实施例中,当蚀刻 SiO_2 时,不会蚀刻包括 SiN 的层 1208。

[0090] 在使用循环的氧化与移除工艺来修正材料层 1202 之后,可进一步处理结构 1200。举例来说,可将材料层 1202 作为 FinFET 器件的鳍片,并可沉积栅极层以及源极 / 漏极区域。或者,可使用经修正的材料层 1202 本身来界定由基板 1204 所形成的硬掩模的临界尺寸。进一步地,可有利地使用本发明方法来降低由微影与鳍片蚀刻 (fin etch) 所产生的线边缘粗糙度与表面粗糙度。在 FinFET 通道形状与侧壁表面上的粗糙度与变异性的下降,可通过降低噪声与变动性来改善器件与系统的性能。

[0091] 进一步地考虑可替换地使用一部分和 / 或全部的上述独立方法,该方法适合形成具有倒 T 形状的浮置栅极的内存器件。举例来说,可将氮化物层 (如图 4 所说明) 沉积在部分制造的内存器件 700 的材料层 702 顶部 (如图 6 所说明),以进一步地限制穿隧氧化物层的增厚。在此所描述的方法的其它组合以及变化同样地落入本发明的范围中。

[0092] 举例来说,可在单一基板处理腔室中执行在此所描述的方法,例如,氧化与蚀刻工艺,该单一基板处理腔室配置为提供执行上述工艺所需的各自的工艺气体、等离子体以及类似物。

[0093] 因此,在配置为执行氧化、蚀刻以及任选地执行氮化工艺的单一反应器或腔室中执行本发明方法。该工艺腔室可配置为执行氧化工艺,该氧化工艺包括以下一种或多种工艺:紫外光 (UV) 系氧化工艺、臭氧系氧化工艺、热氧化工艺、等离子体氧化工艺或其它自由基系氧化方案 (例如热电线)。如此,可将气体源耦接至该腔室以提供一种或多种用于氧化工艺的含氧气体。工艺腔室可进一步配置为执行蚀刻工艺,该蚀刻工艺包括以下一种或多种工艺:等离子体蚀刻、或包括凝结与升华的两段式蚀刻,如上所述。可利用等离子体来活化该两段式蚀刻工艺、或可在没有提供等离子体的情况下热活化该两段式蚀刻工艺。工艺腔室进一步配置为具有热控制系统来快速控制基板温度,以帮助两段式蚀刻工艺。例如,工艺腔室可包括循环加热 (以及冷却) 能力,用于循环加热与冷却该基板。此加热能力可包括快闪能量系统 (flash energy based system; 例如,灯具、激光等等)、热源,该热源在

腔室中的至少两个预定基板处理区域之间提供大的热梯度（例如，适合通过将基板放置在各自的处理区域中，以选择性地维持适用于凝结的低基板温度以及适用于升华的高基板温度）、或通过使用用于远程等离子体活化蚀刻气体的远程等离子体源与直接等离子体源的组合来提供等离子体诱发热。基板支撑件可以是可移动的，用以在预定处理区域中支撑基板，且该基板支撑件可进一步包括升降销或其它基板升降机构，用以在工艺的加热部分期间，将基板由支撑表面选择性地升高，以及在工艺的冷却部分期间，将基板送回基板支撑表面。基板支撑件也可具有冷却（或温度控制）系统，以维持基板支撑件在预定温度（例如，接近用于蚀刻工艺的凝结温度）。例如，在一些实施例中，热控制系统适合快速（例如，以少于约 1 秒内、或高达约 10 秒、或高达约 100 秒）改变基板的温度，由约 30°C（帮助凝结）到至少约 100°C（帮助升华）。

[0094] 例如，在图 12 中说明具有此配置的工艺腔室 1300 的示意图。工艺腔室 1300 中包括设置在工艺腔室 1300 中的基板支撑件 1302，用于将基板 1303 支撑在基板支撑件 1302 上。将气体源 1304 耦接至腔室 1300，以提供含氧气体、蚀刻气体以及任选地提供不活跃气体和 / 或含氮气体（例如，上述的任何气体）。等离子体源 1306 可耦接至工艺腔室，而将能量提供给由气体源所提供的气体，以形成氧化等离子体或蚀刻等离子体中的至少一种，以及任选地形成氮化等离子体。加热源 1308 耦接至工艺腔室，以选择性地加热该基板，以及任选地，提供能量至气体源的气体以形成氧化或蚀刻化学物质中的至少一种。控制器 1310 耦接至工艺腔室 1300，用于控制工艺腔室 1300 的操作以及工艺腔室 1300 的组件。气体源 1304 可为任何适合的气体源，例如具有多个气体源的气体面板或类似物。将气体源 1304 最小化配置，以提供含氧气体与蚀刻气体，而分别形成氧化等离子体、蚀刻等离子体、氧化化学物质或蚀刻化学物质中的一种或多种。任选地，气体源 1304 也可提供一种或多种的不活跃气体和 / 或含氮气体，以形成氮化等离子体。

[0095] 等离子体源 1306 可为任何适合的等离子体源或多个等离子体源，例如远程等离子体源、电感式耦合源、电容式耦合源、耦接至架空电极（未图示）的第一来源与耦接至基板支撑件的第二来源（未图示）或者任何其它等离子体源配置，以形成等离子体。在一些实施例中，等离子体源 1306 配置为提供能量给气体源 1304 的气体，以形成氧化等离子体、蚀刻等离子体，以及任选地，形成氮化等离子体。在一些实施例中，等离子体源可供应热至晶圆，用于在蚀刻期间升华反应副产物。

[0096] 加热源 1308 可为任何适合的加热源，用以加热该基板和 / 或用以由气体源 1304 所提供的气体来形成氧化或蚀刻化学物质。举例来说，加热源可包括一个或多个灯具，该灯具配置以加热该基板或由气体源所提供的气体。替代地或组合，加热源可包括加热器或气体喷淋头，该加热器例如电阻式加热器或类似物，该加热器可例如设置在基板支撑件 1302 中，而该气体喷淋头用于提供工艺气体至工艺腔室。

[0097] 在操作中，系统控制器 1310 能够进行从各系统（例如，气体源 1304、等离子体源 1306 以及加热源 1308）的数据收集和反馈，以最佳化工具 1300 的性能。系统控制器 1310 通常包括中央处理单元（CPU）、内存以及支持电路。CPU 可为任何形式的一般用途计算机处理器的一种，该一般用途计算机处理器可用于工业设定。通常将支持电路耦接至 CPU，且该支持电路包括高速缓存、时钟电路、输入 / 输出子系统、电源等。当由 CPU 来执行时，软件例程（例如用于执行上述形成浮置栅极的方法的例程）可将 CPU 转换为特定用途计算机（控

制器)1310。也可通过远离工具 1300 定位的第二控制器(未图示)来储存和/或执行软件例程。将根据一个或多个实施例来描述用于执行上述工艺的特定单一腔室设备。

[0098] 图 13- 至 15 描述了经改良的等离子体工艺腔式的实施例。本发明实施例可在适当装配的等离子体反应器中进行,例如可由加州圣克拉拉市的应用材料公司或其它地方所购得的去耦合等离子体氧化(DPO)反应器,以下将参考图 13 来说明。也可使用其它适合的等离子体反应器,包括远程等离子体氧化(RPO)反应器或环型源等离子体浸没式离子植入反应器,例如可由应用材料公司所购得的 P3I,以下将分别参考图 14 与图 15 来说明。举例来说,图 13 绘示根据本发明的实施例的说明性的等离子体反应器 1400,该等离子体反应器 1400 适用于执行循环的氧化物形成与移除工艺。反应器 1400 可透过由经脉冲或连续波(CW)RF 功率产生器所驱动的导电性耦合等离子体源功率施用器来提供低离子能等离子体。该反应器包括腔室 1410,该腔室 1410 具有圆柱形侧壁 1412 与顶棚 1414,该顶棚 1414 可为穹状(如图所示)、板状或其它几何形状。等离子体源功率施用器包括线圈天线 1416,该线圈天线 1416 设置在顶棚 1414 上方且透过阻抗匹配网络 1418 与 RF 功率源耦接,该 RF 功率源是由 RF 功率产生器 1420 与位于产生器 1420 的输出端的栅极 1422 所组成,该产生器 1420 是由具有经选择工作周期(duty cycle)的脉冲信号所控制。配置 RF 功率产生器 1420 以提供介于约 50 瓦特至约 2500 瓦特的功率。应考虑到可使用其它产生低离子能的等离子体源功率施加器,例如,远程 RF 或微波等离子体源。或者,该功率产生器可为经脉冲的 DC 产生器。

[0099] 反应器 1400 进一步包括基板支撑基座 1424,例如,静电夹具或其它适合的基板支撑件,用于固定基板 1426,例如,200 或 300mm 的半导体晶圆或类似物。基板支撑基座 1424 一般包括加热设备,例如加热器 1434,该加热器 1434 位于基板支撑基座 1424 的顶表面下方。加热器 1434 可为单一区域或多区域加热器,例如,双径向区域加热器,该双径向区域加热器具有发射状的内部与外部加热元件 1434a 与 1434b,如图 13 所描述。

[0100] 反应器 1400 进一步包括气体注入系统 1428 以及耦接至腔室内部的真空泵 1430。将气体注入系统 1428 提供给一个或多个工艺气体源,例如用于提供氧化气体的氧化气体容器 1432,所述氧化气体包括 O_2 、 N_2O 、 NO 、 NO_2 、 H_2O 、 H_2 与 H_2O_2 ;用于提供还原气体的还原气体容器 1442,诸如氢气;用于供应蚀刻气体的蚀刻气体容器 1448,所述蚀刻气体例如 CF_4 、 CHF_3 、 SF_6 、 NH_3 、 NF_3 、 He 、 Ar 等等,或其它视特定应用所需的工艺气体源,例如 He 、 Ar 等气体或诸如 N_2 的氮化气体。分别耦接至气体源(例如,氧化气体容器 1432、还原气体容器 1442、蚀刻气体容器 1448 等等)的流动控制阀 1446、1444 与 1449 可用于在进行处理期间选择性地提供工艺气体或工艺气体混合物至腔室内部。也可提供其它气体源(未图示)用于提供额外气体,例如不活跃气体(氦气、氩气或类似气体)、气体混合物或类似物。可通过真空泵 1430 的节流阀 1438 来控制腔室压力。

[0101] 可通过控制脉冲产生器 1436(该脉冲产生器 1436 的输出端耦接至栅极 1422)的工作周期来控制在栅极 1422 上的经脉冲的 RF 功率输出的工作周期。在离子产生区域 1440 中产生等离子体,该离子产生区域 1440 对应于被线圈天线 1416 环绕的顶棚 1414 下方的容积。当在与基板相距一距离的腔室 1410 上部区域中形成等离子体时,该等离子体可视为类远程等离子体(例如,该等离子体具有远程等离子体形成的益处,但该等离子体形成在与基板 1426 相同的腔室 1410 中)。或者,可使用远程等离子体,在此情况中可将离子产生器

1440 设置在腔室 1410 的外侧。

[0102] 在操作中,根据本发明上述氧化物层的实施例,可使用等离子体反应器 1400 来执行氧化工艺。举例来说,可在工艺腔室 1400 中由工艺气体产生等离子体,以形成氧化物层。透过来自设置在顶棚 1414 上方的线圈天线 1416 的 RF 功率感应耦合并提供低离子功率(例如,对于经脉冲等离子体为小于约 5eV 以及对于 CW 等离子体为小于约 15eV),在腔室 1410 的离子产生区域 1440 中形成等离子体。

[0103] 在一些实施例中,可在适合的频率下(例如,在 MHz 或 GHz 范围中或约 13.56MHz 或更大的频率下)提供约 25 至 5000 瓦特的功率至线圈天线 1416,以形成等离子体。以具有介于约 2 至 70% 的工作周期的连续波或经脉冲模式来提供功率。

[0104] 例如,在一些实施例中,在连续的「启动」期间产生等离子体,而在连续「停止」区间允许等离子体的离子功率衰减。「停止」区间与「启动」区间分隔开,且该「启动」与「停止」区间定义可控制的工作周期。工作周期将在基板表面上的动能离子能量限制为低于预定临界能量(threshold energy)。在一些实施例中,预定临界能量为约 5eV 或低于约 5eV。

[0105] 举例来说,在经脉冲的 RF 功率的「启动」期间,等离子体能量增加,而在「停止」期间,等离子体能量降低。在短的「启动」期间,等离子体产生在离子产生区域 1440 中,该区域大致相当于由线圈天线 1416 所围起的容积。将离子产生区域 1440 提高高于基板 1426 一显著的距离 L_0 。在「启动」期间,在靠近顶棚 1414 的离子产生区域 1440 中产生的等离子体会于「停止」期间以平均速度 V_0 朝向基板 1426 漂移。在每一个「停止」期间,最快的电子扩散至腔室壁,而允许等离子体进行冷却。最具能量的电子以高于等离子体离子漂移速率 V_0 的速率扩散至腔室壁。因此,在「停止」期间,在等离子体离子到达基板 1426 之前,该等离子体离子的能量显著地降低。在下一次的「启动」期间,在离子产生区域 1440 中产生更多的等离子体,且整个周期会本身进行重复。结果,到达基板 1426 的等离子体离子的能量显著地下降。在较低范围的腔室压力下,也就是大约 10mT 与低于 10mT,经脉冲的 RF 实例的等离子体能量远低于连续 RF 实例的等离子体能量。

[0106] 「停止」期间的经脉冲 RF 功率的波形与介于离子产生区域 1440 与基板 1426 之间的距离 L_0 二者必须都足以允许在离子产生区域 1440 中产生的等离子体自身损失足够的能量,使得该等离子体在到达基板 1426 之后造成较小的离子撞击损伤或不会造成离子撞击损伤。更特定而言,以介于约 2 至 30kHz 或约 10kHz 的脉冲频率以及介于约 5% 至 20% 的「启动」工作周期来界定「停止」期间。因此,在一些实施例中,「启动」区间可持续约 5-50 微秒或约 20 微秒,以及「停止」区间可持续约 50-95 微秒或约 80 微秒。

[0107] 可在低压腔室中产生等离子体,由此降低污染诱发缺陷的可能性。例如,在一些实施例中,可将腔室 1410 维持在介于约 1-500mTorr 的压力下。并且,通过使用类远程等离子体源以及,任选地,通过脉冲上述等离子体源功率可限制或避免在此低腔室压力水平下所预期的离子撞击诱发的缺陷。

[0108] 可将基板维持在约室温(约 22°C)的温度下、或介于约 20-750°C、或低于约 700°C、或低于约 600°C。在一些实施例中,在远程等离子体氧化工艺中同样可使用较高的温度,例如低于约 800°C。

[0109] 图 13A 中的腔室也包括用于冷却基板的机构。用于冷却基板的机构可以包括喷淋头 1450,该喷淋头 1450 设置在基座 1424 上方。喷淋头 1450 具有多个开口 1451,且该喷淋

头 1450 经由通道或导管（未图示）与冷却剂供应器 1452 连通。冷却剂供应器可为适合的气体，例如，诸如氮气的不活跃气体，或者诸如氦气、氖气或氦气与氖气混合物的传导气体。

[0110] 冷却机构也可单独包括、或与喷淋头一起包括用于支撑基座 1424 的冷却系统。图 13B 示出具有反馈冷却系统 1454 的经改良的夹具，该反馈冷却系统 1454 用于将夹具冷却到至少低如 20℃、例如 22℃、25℃、30℃或其它适合执行循环的氧化与蚀刻工艺的温度。应理解，冷却系统 1454 并非必需包括反馈控制。可使用用于调节支撑基座 1424 温度的传统冷却系统。该传统冷却系统使用冷冻系统，该冷冻系统使用传统热循环以及透过单独的液体热传输介质来传输介于冷却剂与支撑基座之间的热能，用以冷却冷冻剂或冷却剂介质。冷却剂可为去离子水与诸如乙二醇和（或）全氟聚醚（perfluoropolyether）的其它物质的混合物。

[0111] 在图 13B 所示的系统中，该类型的温度反馈控制系统 1454 示出于美国专利公开号 No. 2007/0097580 中，在该系统中，反馈控制回路处理器 1455 控制背侧气体压力阀 1456。

[0112] 虽然最简单的实施方式仅控制膨胀阀 1468，但在基板 1426 上具有既定 RF 热负载的情况下，可使用调节膨胀阀 1468 和（或）旁通阀 1470 的温度反馈控制回路，来控制晶圆温度或维持晶圆温度在所需温度下。

[0113] 通过在压力下将热传导气体（例如氦气）注入晶圆 1426 的背侧与支撑基座 1424 的顶表面之间的界面中来增加晶圆 1426 与经冷却的支撑基座 1424 之间的热传导性。为了达到此目的，在支撑基座的顶表面中形成气体通道 1486，且将加压氦气供应 1488 透过背侧气体压力阀 1456 耦接至通道 1486 的内部。通过夹持器电压源 1490 施加至栅极 1482 的 D. C. 夹持电压，将晶圆 1426 静电夹持在顶表面上。通过夹持电压以及通过在晶圆背侧的热传导气体（氦气）压力来测定晶圆 1426 与支撑基座 1424 之间的热传导性。通过改变背侧气体压力（由控制阀 1456 来改变）来进行晶圆温度控制，将晶圆温度调整为所需程度。当改变背侧气体压力时，介于晶圆与支撑基座 1424 之间的热传导性也会改变，热传导性的变化会改变下列之间的平衡：(a) 晶圆 1426 吸收由 RF 功率施加至栅极 1482 或耦接至等离子体的热与 (b) 从晶圆至经冷却的支撑基座的热。改变此平衡必须改变晶圆温度。因此，控制背侧气体压力的反馈控制回路可用于敏捷或高反应性的晶圆温度控制。以温度探测器来感测实际温度，该温度探测器可为温度探测器 1457、第二温度探测器 1458、在蒸发器入口 1463 上的温度探测器 1459、在蒸发器出口 1464 上的温度探测器 1460 或该些探测器中的一个或全部的组合。为了达到此目的，反馈控制回路处理器 1472 控制膨胀阀 1468 的孔口开口尺寸以响应来自一个或多个温度探测器的一个输入或多个输入。将可储存在内存或使用用户接口 1474 中的经使用者选择的所需温度值提供给处理器 1472。简单来说，在每一个连续处理循环期间，处理器 1472 比较由至少一个探测器（例如，通过 ESC 绝缘层中的探测器 1457）所测量的目前温度与所需温度值。接着，当所需温度值与测量温度值出现差异时，处理器 1472 计算误差值，并且由该误差来决定旁通阀 1470 或膨胀阀 1468 的孔口尺寸修正，此可降低误差发生。接着根据该修正，处理器 1472 改变阀孔口尺寸。在基板工艺的整体持续期间会重复此循环，以控制基板温度。

[0114] 支撑基座中的一个（或多个）温度传感器 1457、1458、1459 或 1460 可与处理器 1455 的输入端连接。使用者接口或内存 1461 可提供经使用者选择或所需的温度至处理器 1455。在每一个连续处理循环期间，当目前的温度测量值（来自传感器 1457、1458、1459 之

一) 与所需温度出现差异时,处理器 1455 计算误差信号。处理器 1455 由该差异确定背侧气体压力阀的当前设定的修正,该修正倾向于降低温度误差,且根据该修正来改变阀开口。举例来说,偏离高于所需温度的基板温度需要增加背侧气体压力来增加向冷却支撑基座 1424 的热传导性并使基板温度下降。在基板温度偏离低于所需温度的情况中,可使上述方法相反。因此,可控制基板温度并将基板温度立即设定为实际落在温度范围中的新温度,该温度范围的下限对应于支撑基座 1424 的冷却温度,且该温度范围的上限是通过在基板上的 RF 热负载来确定。例如,在缺少 RF 热负载下无法增加基板温度,且在低于支撑基座 1424 温度下无法冷却基板温度。假如此温度范围是足够的,那么可使用任何传统技术将支撑基座 1424 维持在所需的冷却温度下,用以帮助操控背侧气体压力的敏捷温度反馈控制回路。

[0115] 支撑基座 1424 含有热交换器 1462,该热交换器 1462 以用于冷却介质的冷却通路形式存在,该冷却介质可为任何适合的冷却流体,例如冷却气体(如氦气或氮气)或上述类型的流体。热交换器 1462 冷却通路包括入口 1463 与出口 1464。将热交换器 1462 包括在支撑基座 1424 内。反馈控制系统 1454 可以两种模式中的任一种来操作,也就是冷却模式(在此模式中热交换器 1462 作用为蒸发器)以及加热模式(在此模式中热交换器 1462 作用为冷凝器)。反馈控制系统 1454 的剩余元件在支撑基座 1454 的外部,且包括储存器(accumulator)1465、压缩机 1466(用于抽取冷却介质穿过回路),以及冷凝器 1467(用于操作冷却模式)与具有可变孔口尺寸的膨胀阀 1468。反馈控制系统 1454(即,热交换器 1462、储存器 1465、压缩机 1466、冷凝器 1467、膨胀阀 1468 以及将热交换器 1462、储存器 1465、压缩机 1466、冷凝器 1467 与膨胀阀 1468 耦接在一起的导管)含有传统类型的冷却介质(当在冷却模式中操作系统时,该冷却介质作为冷冻剂或冷却剂),且该反馈控制系统 1454 可具有低电导性以避免与反应器的 RF 特征相互干扰。储存器 1465 通过储存液体来防止任何冷却介质的液体形态到达压缩机 1466。通过适当地操作旁通阀 1469 将该液体转变为蒸气。

[0116] 为了在处理期间克服热漂移的问题,通过操作反馈控制系统 1454、1462、1465、1466、1467、1468 来提高反馈控制系统 1451 的效率 10 倍或更多,使得在热交换器内部的冷却介质在液相与气相之间被分隔开。在入口 1463 的液体对气体比率要足够高,以允许在出口 1464 处降低此液体对气体比率。此情况可保证在支撑基座 1424 与热交换器(蒸发器)1462 内的冷却介质(冷却剂)之间的所有(或接近所有)热传输是透过对冷却介质蒸发的潜热作用所产生。结果,在反馈控制系统 1454 中的热流动比在单一相冷却循环中的热流动超出 10 倍。可以经由降低由入口 1463 至出口 1464 的冷却介质的液体对气体比率来满足此条件,充分地限制液体对气体比率,至少使得非常少量的液体剩余在出口 1464 处(或就在出口 1464 前)。在冷却模式中,需要反馈控制系统 1454 的冷却剂容量不超过在基板上的 RF 热负载。

[0117] 在控制反馈控制回路处理器 1472 与 1455 二者的主要处理器 1476 的控制之下,可利用合作组合的方式来同步操作调节背侧气体压力阀 1456 的温度反馈控制回路 1454 与调节冷冻作用膨胀阀 1468 的大范围温度反馈控制回路。

[0118] 反馈控制回路(包括蒸发器 1462、压缩机 1466、冷凝器 1467 与膨胀阀 1468)通过改变支撑基座 1424 的温度来控制加工件的温度。仅通过反馈控制系统 1454 的热容量来限制该温度范围,且因此可将加工件的温度设定在非常大范围内(例如,-10℃至+150℃)的任何温度。然而,通过支撑基座的热质量可限制一速率,该速率在一特定时间下可影响加工

件温度的所需变化。以用于支撑 300mm 加工件或硅晶圆的静电夹具来举例,此速率很慢使得在加工件中的 10℃变化需要大约 1 分钟或更长时间,该时间是由冷冻作用单元开始改变冷却剂的热条件至符合新温度,到加工件温度最终达到新温度的时间。

[0119] 反之,当在加工件温度中产生所需变化或修正时,温度反馈控制系统 1454 不改变支撑基座的温度(至少非直接地改变),而是仅改变加工件与支撑基座之间的热传导性。因为该速率仅由可改变背侧气体压力的速率与加工件的热质量来限制,因此加工件温度对应于此变化的速率是非常大的。在一般系统中,背侧气体压力响应于在瞬间的阀 1456 的移动。对于一般 300mm 的硅晶圆来说,该热质量很低使得晶圆(加工件)温度响应于在几秒钟或在瞬间中改变的背侧气体压力。因此,相对于大范围温度控制回路影响加工件温度变化的时间尺度来说,温度反馈回路的加工件温度响应是相对瞬间的。然而,敏捷的反馈回路可改变加工件温度的范围相当有限:可达到的最高加工件温度限于在晶圆上的 RF 热负载,同时最低温度不能低于支撑基座目前的温度。然而,将敏捷与大范围温度控制回路组合的情况下,因为它们的组合提供了大的加工件温度范围以及非常快速的响应,因此每一个回路的优点可用于补偿另一个回路的限制。

[0120] 可使用大范围反馈控制回路(处理器 1472)来编程(program)主要处理器 1476,以影响大的温度变化,以及可使用敏捷反馈控制回路(处理器 1472)来编程主要处理器 1476,以影响快速但小的温度变化。RF 偏压产生器 1478 在高频率(HF)带(例如,13.56MHz)中产生功率。通过伸长的导体或延伸穿过加工件基座支撑件的 RF 导体将 RF 偏压阻抗匹配器件 1480 耦接至导电筛网 1482。

[0121] 如上所述,可在与上面对于图 13A 和 13B 所述的去耦合等离子体氧化腔室不同的腔室中执行本发明的实施例。适用于循环氧化与蚀刻的两个额外的示例性等离子体反应器包括经改良的快速和/或远程等离子体氧化(RPO)反应器(在图 14 中说明)以及经改良的环型源等离子体浸没离子注入反应器,例如 P3I,在图 15 中说明。可由位于加州圣克拉拉市的应用材料公司购得这些反应器。

[0122] 图 14 说明用于由工艺气体形成等离子体的设备或系统,且该设备或系统用于在半导体结构上沉积氧化物层。该设备或系统包括快速热处理(RTP)设备 1500,例如,但不限制为,可由应用材料公司所购得的具有 HONEYCOMB SOURCE™ 的 RTP CENTURA®。此适合的 RTP 设备以及该 RTP 设备的操作方法已在转让给本发明申请人的美国专利案号 No. 5,155,336 中描述。其它种类的热处理器也可取代 RTP 设备,例如, Epi 或 Poly Centura®。由应用材料公司所生产的单一晶圆「Cold Wall」反应器可用于形成高温薄膜,例如,外延硅、多晶硅、氧化物与氮化物。由应用材料公司所生产的 DxZ®腔室也适用。

[0123] 等离子体施加器 1502 耦接至 RTP 设备 1500,在操作中,该等离子体施加器 1502 提供等离子体自由基至 RTP 设备 1500。能量源 1504 耦接至等离子体施加器 1502,以生成激发能而产生等离子体。

[0124] 在图 14 所说明的实施例中, RTP 设备 1500 包括工艺腔室 1506,该工艺腔室 1506 由侧壁 1508 与底部壁 1510 所包围。通过「O」形环将腔室 1506 的侧壁 1508 的上部部分与窗口组件 1512 密封。将辐射能光管组件或照明器 1514 设置在窗口组件 1512 上并与窗口组件 1512 耦接。光管组件 1514 包括多个钨丝卤素灯 1516,例如, Sylvania YET 灯,每一个灯具都安装在光管 1518 中,该光管 1518,例如,可由不锈钢、黄铜、铝或其它金属所制成。

[0125] 通过支撑环 1522 (通常由碳化硅所制成) 将晶圆或基板 1520 支撑在腔室 1506 内侧的边缘上。将支撑环 1522 安装在可旋转的石英圆柱 1524 上。通过旋转石英圆柱 1524, 使得支撑环 1522 与晶圆或基板 1520 在处理期间进行旋转。可使用额外的碳化硅接合环以容许将处理不同尺寸的晶圆或基板 (例如, 150 毫米、200 毫米或 300 毫米的晶圆)。

[0126] RTP 设备 1520 的底部壁 1510 包括, 例如, 镀金的上表面或反射器 1526, 用于将能量反射在晶圆或基板 1520 的背侧上。此外, RTP 设备 1500 包括多个光纤探针 1528, 该光纤探针 1528 设置穿过 RTP 设备 1500 的底部壁 1510, 以在横越晶圆或基板 1520 底表面的多个位置上检测晶圆或基板 1520 的温度。

[0127] RTP 设备 1520 包括气体入口 (未图示), 该气体入口形成穿过侧壁 1508, 用于将工艺气体注入至腔室 1506 中, 以容许在腔室 1506 中执行的各种处理步骤。将气体出口 (未图示) 设置在侧壁 1508 中的气体入口的对侧上。气体出口为排气系统的一部分且气体出口耦接至真空源, 例如, 泵 (未图示), 用于将工艺气体由腔室 1506 中排放出来, 且降低腔室 1506 中的压力。当在处理期间, 将包括等离子体自由基的工艺气体连续供应至腔室 1506 中时, 该排气系统维持所需压力。

[0128] 另一气体入口 1530 穿过侧壁 1508 形成, 透过该些气体入口可将工艺气体的等离子体注入至工艺腔室中。施加器 1502 耦接至气体入口 1530, 用以将等离子体自由基注入至工艺腔室中。

[0129] 光管组件 1514 可包括灯具 1516, 该灯具 1516 以六角阵列或「蜂巢结构」的形状来设置。设置灯具 1516 以充分覆盖晶圆或基板 1520 与支撑基座 1522 的整个表面积。将灯具 1516 分区, 可独立控制该些区域, 以提供晶圆或基板 1520 非常均匀的加热。通过在不同的光管之间流动冷却剂 (例如, 水) 来冷却光管 1518。

[0130] 窗口组件 1512 包括多个短的光管 1532。可以将冷却剂 (例如, 水) 注入该些光管 1532 之间的空间中以冷却光管 1532。该些光管 1532 标示为照明器的光管 1518。通过透过连接至该些光管 1532 之一的管件 1540 来进行抽取, 可以在多个光管 1532 中产生真空, 管件 1540 接下来连接至剩余的该些管上。

[0131] RTP 设备 1500 为单一晶圆反应腔室, 能够以 25-100°C / 秒的速率将晶圆或基板 1520 的温度逐渐提升。例如在氧化工艺期间, 因为晶圆或基板 1520 的温度至少比腔室侧壁 1508 的温度大 400°C, 因此可将 RTP 设备 1500 视为「冷壁」反应腔室。可以将加热 / 冷却流体循环穿过侧壁 1508 和 / 或底部壁 1510, 以维持壁在所需温度下。

[0132] 如上所述, 等离子体施加器 1502 耦接至 RTP 设备 1500, 以提供等离子体自由基源至 RTP 设备 1500。在一个实施例中, 通过入口元件 1542 将等离子体连接至 RTP 设备 1500。等离子体施加器 1502 也包括气体入口 1544。将气体源, 例如储存槽或储槽 1546, 耦接至气体入口 1544。通过波导 1548a 与 1548b 将等离子体施加器 1502 耦接至能量源 1504。气体源可包括氧化气体、不活跃气体、用于氮化的氮气以及蚀刻气体中的一种或多种, 该些气体可在单独的储槽或储存槽中。

[0133] 图 14 说明等离子体施加器 1502 远离 RTP 设备 1500 的实施例, 在该实施例中, 在 RTP 设备 1500 的腔室 1506 的外侧产生等离子体。通过将等离子体施加器 1502 放置在远离 RTP 设备 1500 的腔室 1506 处, 可选择性地产生等离子体源, 用以将暴露至晶圆或基板 1520 的等离子体组成主要限制为自由基。因此, 在等离子体施加器 1502 中产生离子、自由

基与电子的等离子体。然而,因为等离子体施加器 1502 的尺寸(例如,长度与体积)或等离子体施加器 1502 与入口元件 1542 的合并尺寸的缘故,通过激发工艺气体形成等离子体而产生的所有的或大部分的离子会比这些离子的离子生命周期存在的还久,并且会变成电中性。因此,提供给 RTP 设备 1500 的气体入口的等离子体组成主要为自由基。

[0134] 等离子体施加器 1502 包括例如铝或不锈钢的主体 1503。主体 1503 围绕管件 1505。该管件 1505 是由例如石英或蓝宝石所制成。管件 1505 优选为不具有任何电偏压的出现,该电偏压会吸引带电荷的粒子,例如,离子。主体 1503 的一端包括气体入口 1544。

[0135] 气体源 1546 耦接至气体入口 1544。透过三向阀 1550 的第一输入端将气体源 1546 耦接至气体入口 1544。将三向阀 1550 的第二输入端耦接至其它工艺气体源,例如储存槽或储槽 1552。在第一位置中,阀 1550 在气体源 1546 与气体入口 1544 之间提供气体流,同时避免由气体源 1552 至工艺腔室 1506 的任何气体流。在第二位置中,阀 1550 在气体源 1552 与工艺腔室 1506 之间提供气体流,同时避免由气体源 1546 至施加器的气体入口 1544 的气体流。气体源可包括氧化气体、不活跃气体、用于氮化的氮气与蚀刻气体中的一种或多种,该些气体可在单独的储槽或储存槽中。

[0136] 流动控制器 1554 连接至阀 1550,根据将要执行的工艺,在阀 1550 的不同位置之间转换该阀。流动控制器可作为质量流控制器,并且将流动控制器耦接至源气体 1546 与气体入口 1544 之间,以调节向等离子体施加器 1502 的气体流动。流动控制器 1554 也以类似于控制阀 1550 与 1551 的方式作用,用以由气体源 1546 或 1552 提供适当的工艺气体流至工艺腔室。

[0137] 将自由基出口 1562 设置在气体入口 1544 的对侧上。在一个实施例中,将自由基出口 1562 耦接至入口元件 1542,以提供等离子体 1564 的自由基至 RTP 设备 1500 的腔室 1506 中。自由基出口 1562 通常具有比气体入口 1544 更大的直径,容许以所需的流动速率将经激发的自由基进行有效地放电,且缩小介于自由基与管件 1505 之间的接触。主要可通过气体入口流动、管件 1505 与自由基出口 1562 的尺寸以及在等离子体施加器 1502 中的压力来确定由等离子体施加器 1502 所产生并放电的自由基流动速率。

[0138] 工艺腔室中的压力应小于施加器中的压力。施加器中的压力可介于约 1.0 至 8.0Torr 之间时,工艺腔室中的压力介于约 0.50 至 4.0Torr 之间。举例来说,假如在施加器中的压力为约 2.00Torr,那么在工艺腔室中的压力应为约 1.00Torr。

[0139] 能量源入口 1566 位于主体 1503 的气体入口 1544 与自由基出口 1562 之间的位置上。能量源入口 1566 允许将激发能由能量源 1504 引入到管件 1505 中,该激发能例如为具有微波频率的能量。在微波频率的情况中,激发能移动进入等离子体施加器 1502 的主体 1503 中,并且穿过管件 1505 来激发气体源成为等离子体,该气体源在平行于能量源入口 1564 的方向中移动。

[0140] 在一个实施例中,能量源 1504 是由磁控管 1568、绝缘体与虚拟负载 1570 所组成,该虚拟负载 1570 提供阻抗匹配。磁控管 1568 产生激发能,例如,电磁频率或感应耦合频率。磁控管可产生介于 1.5 至 6.0 千瓦之间的 2.54GHz 的微波能量。适合的磁控管组件可由位于加州圣克拉拉市的 Applied Sciences and Technology 所购得。

[0141] 将来自磁控管 1568 的激发能引导穿过绝缘体、虚拟负载 1570 与波导管 1548a 与 1548b 至管件 1505。就某方面来说,虚拟负载 1570 扮演像是夹具阀的角色,以容许能量在

朝向施加器 1502 方向中流动但不会朝向磁控管 1568。

[0142] 自动调谐器 1572 位于等离子体施加器 1502 与波导 1548b 之间。自动调谐器 1572 将由施加器 1502 所反射的辐射重新导回朝向等离子体施加器,以增加施加至等离子体施加器 1502 的功率。自动调谐器 1572 也将微波功率集中在管件 1505 的中心,使得该能量更优先地被供应给施加器的气体所吸收。虽然使用自动调谐器是优选的,但可使用手动调谐器。

[0143] 例如,以软件指令逻辑的形式,将控制信号产生逻辑 1555 提供至系统控制器 1556,该软件指令逻辑为储存在计算机可读取介质(例如系统控制器 1556 的内存 1557)中的计算机程序。除其它事物之外,计算机程序包括一系列的指令,该指令支配时序、气体流速、腔室压力、腔室温度、RF 功率水平、能量源调节以及其它特定工艺的参数。通过处理器 1559 中的系统控制器 1556 来执行计算机程序。因此,可操作指令来支配时序、气体流速、腔室压力、腔室温度、RF 功率水平、能量源调节以及其它参数,以执行在此所述的循环氧化与蚀刻工艺。在图 14 中的设备可进一步包括上面对于图 13B 所述的冷却回路,该冷却回路与控制器系统连通。

[0144] 图 15 说明环型源等离子体浸没式离子植入反应器的一个实施例,该反应器例如,但不限制为,可由应用材料公司所购得的 P3I 反应器。在转让给本发明申请人的美国专利案 No. 7, 166, 524 中描述此适合的反应器以及操作方法。

[0145] 参考图 15,环型源等离子体浸没式离子植入(P3I)反应器 1600 可包括圆柱型真空腔室 1602,该圆柱型真空腔室 1602 以圆柱型侧壁 1604 与圆盘状顶棚来界定。位于腔室底盘上的晶圆支撑基座 1608 支撑待被处理的半导体晶圆 1610。位于顶棚 1614 上的气体分配板或喷淋头 1612 将来自气体分配面板 1616 的工艺气体接收于该气体分配板或喷淋头 1612 的气体歧管 1614 中,该气体分配面板 1616 的气体输出可为来自一种或多种个别气体供应 1618 的气体中的任何一种气体或气体混合物。真空泵 1620 耦接至界定在晶圆支撑基座 1608 与侧壁 1604 之间的抽取环状空间 1622。处理区域 1624 界定在晶圆 1610 与气体分配板 1612 之间。

[0146] 一对外部回流导管 1626、1628 为通过处理区域的等离子体流建立了回流的环型路径,该环型路径与处理区域 1624 相交。每一个导管 1626、1628 都具有一对耦接至腔室对侧的末端 1630。每一个导管 1626、1628 为中空导电管件。每一个导管 1626、1628 具有 D. C. 绝缘环 1632,该 D. C. 绝缘环 1632 避免在导管的两个末端之间形成封闭的回路导电路径。

[0147] 以环形磁芯 1634 围绕每一个导管 1626、1628 的环形部分。将围绕该芯 1634 的激磁线圈 1636 透过阻抗匹配器件 1640 耦接至 RF 功率源 1638。耦接至芯 1636 中各芯的两个 RF 功率源 1638 可为两个略为不同的频率。由 RF 功率产生器 1638 所耦接的 RF 功率在延伸穿过各导管 1626、1628 与穿过处理区域 1624 的封闭环状路径中产生等离子体离子流。该些离子流在各自的 RF 功率源 1626、1628 的频率下振荡。通过偏压功率产生器 1642 将偏压功率透过阻抗匹配电路 1644 施加至晶圆支撑基座 1608。

[0148] 可通过以下方式来执行等离子体形成以及随后的氧化物层形成:将工艺气体透过气体分配板 1612 导入腔室 1624 以及将来自产生器 1638 的足够的源功率施加至回流导管 1626、1628,以在导管与处理区域 1624 中产生环形等离子体流。通过 RF 偏压产生器 1642

所施加的晶圆偏压来测定接近晶圆表面的等离子体流量。通过等离子体密度来测定该等离子体速率或流量（由晶圆表面采样的每秒每平方厘米的离子数量），该等离子体密度可通过 RF 源功率产生器 1638 所施加的 RF 功率电平来控制。通过流量以及维持该流量的总时间两者来测定在晶圆 1610 上的累积离子剂量（离子 / 每平方厘米）。

[0149] 假如晶圆支撑基座 1608 为静电夹具，那么在晶圆支撑基座的绝缘板 1648 中提供埋入式电极 1646，且透过阻抗匹配电路 1644 将该埋入式电极 1646 耦接至偏压功率产生器 1642。

[0150] 在操作中，通过将晶圆 1610 放置在晶圆支撑基座 1608，将一种或多种工艺气体导入腔室 1602 中以及由工艺气体冲击产生等离子体来完成在半导体晶圆上生成氧化物或氮化物层。可调整由 RF 偏压功率产生器 1642 所输送的晶圆偏压，以控制向晶圆表面的离子流量。

[0151] 在上述关于图 13A、14 与 15 的任何一种设备中，在氧化期间，示例性的条件为：压力在约 1mTorr 至约 10Torr 的范围，功率在约 1 至 5000Watt 的范围，更特定而言，介于约 1 至 3000Watt 的范围，且温度在约 0℃至约 800℃的范围，更特定而言，介于约 0℃至约 500℃的范围。

[0152] 示例性的蚀刻条件包括：腔室压力在约 1mTorr 至约 10Torr 的范围，功率在约 1 至 5000Watt 的范围且温度在约 0℃至约 800℃的范围。在特定实施例中，在约 30℃ +/-5℃下以利用 NH_3/NF_3 化学物质的直接等离子体来进行蚀刻。通过在约 1mTorr 至约 10Torr 范围的压力下将基板加热至至少约 100℃持续至少约 1 分钟来完成升华反应。可使用上述与图 13A、14 与 15 相关的腔室来完成该些条件，并执行上述的循环蚀刻与氧化和 / 或氮化工艺。

[0153] 上述与图 13A、14 与 15 相关的任一腔室可包括系统控制器，所述系统控制器如上面对于图 12 所示的系统所述来控制腔室操作。因此在操作中，系统控制器能够由各自的系统进行数据收集并反馈，该各自的系统例如为气体源、等离子体源、加热源以及其它用来最佳化腔室工具性能的组件。因此，气体源可包括与系统控制器连通的体积或质量流控制器，该系统控制器可控制在腔室中的气体流增加或减少以及压力的增加或减少。与等离子体源连通的系统控制器可改变腔室的等离子体源的功率、偏压以及其它等离子体参数。不论加热源为下面关于图 16 和 17 所述类型的经加热的喷淋头、电阻式加热器、灯源或激光源，系统控制器也与该加热源连通。此外，系统控制器可与冷却系统为操作性连通，该冷却系统用于冷却腔室壁、基板支撑件或其它在腔室中的局部冷却源。系统控制器通常包括中央处理单元 (CPU)、内存以及支持电路。该 CPU 可为任何一种可用于工业设定的通用型计算机处理器。通常将支持电路耦接至 CPU 且该支持电路可包括高速缓存、时钟电路、输入 / 输出子系统、电源等等。当通过 CPU 来执行软件例程（例如用于执行形成上述浮置栅极的方法的一个例程）时，将 CPU 转换为特殊用途计算机（控制器）。也可通过位于远离该工具的第二控制器（未图示）来储存和 / 或执行该软件例程。透过使用系统控制器，可在图 13A、14 与 15 的腔室中循环地重复形成氧化物层和 / 或氮化物层以及蚀刻（通过等离子体以及升华）的步骤，直到形成具有预期材料厚度的氧化物和 / 或氮化物层。在图 3A-3C、5A-5E、7A 至 -7D、8A-8B、10A-10D、11A-11C 中描述了示例性的器件以及工艺程序，且该些工艺的任何一可在图 13A、14 与 15 中所描述的单一腔室中执行。

[0154] 根据一个或多个实施例，在该些腔室中可在少于约 3 分钟内完成氧化和 / 或氮化

与蚀刻步骤的完整工艺程序。在特定实施例中,在这些腔室中可在少于约 2 分钟内完成氧化和 / 或氮化与蚀刻步骤的完整工艺程序,且在更特定实施例中,在这些腔室中可在少于约 1 分钟内完成氧化和 / 或氮化与蚀刻步骤的完整工艺程序,例如 45 秒或 30 秒。以往认为,如此的处理时间无法在单一腔室中完成,该单一腔室同时需要蚀刻化学物质、氧化和 / 或氮化化学物质以及由约 100℃ 或更高的温度至低于约 100℃ (例如低于约 50℃,更具体为低于约 40℃,例如约 30℃ $\pm$ 5℃) 的快速循环能力,以完成至少一个氧化和 / 或氮化与蚀刻的单一工艺程序。

[0155] 在材料表面上方仅几微米的精确热控制可帮助制造具有上述类型的超窄特征的器件,该超窄特征可具有浅且陡峭的结。为了达到此目的,在上述关于图 13A、14 与 15 的系统中需要包括灯具或激光加热部分。在一个或多个实施例中,配置来自灯具或激光的光,使得由灯具所发射的光能可以以一入射角度接触晶圆,该入射角可使被处理的材料的吸收最佳化。由本发明所处理的材料可与单一波长源或多个波长的光接触,使得通过经加热的材料有效地吸收一部分的波长。适合的光源包括激光或各种非相干散射的光源,例如灯具、钨丝卤素灯等等。

[0156] 已发展出脉冲式激光加热处理,该脉冲式激光加热处理使用短脉冲 (例如,20ns) 的激光辐射,该激光辐射聚焦在被处理器件的缩小的面积上。理想地,该脉冲与位于 20mm 乘 30mm 附近的光学步进视野尺寸相同。激光脉冲的总能量是足以立即将被照射面积加热至高温。之后,由浅激光脉冲所产生的小体积热能快速地扩散至被处理材料的未加热的下部部分,由此大幅增加被照射表面区域的冷却速率。可在每秒数百脉冲的重复速率下脉冲多种类型的高功率激光。以重复步进的方式在被处理的材料表面上方移动激光,且在附近区域脉冲该激光以对被处理材料的整个表面热处理。已开发出更新类型的激光热处理装备,在该装备中,将具有长尺寸与短尺寸的连续波 (CW) 激光辐射的窄线形光束沿着该短尺寸 (也即,垂直于该线) 的方向于被处理的材料上方进行扫描。该线宽度足够小且该扫描速率足够快至使得经扫描的辐射线在表面上产生非常短的热脉冲,该热脉冲之后可快速垂直扩散至基板且水平扩散至较低温度的表面区域。该工艺被称为热流退火。美国专利案号 No. 6, 987, 240 揭露了使用沿着光束的长方向排列的激光二极管条来产生激光辐射。这些激光二极管条一般是由 GaAs 或类似的半导体材料所组成,且由形成在光电芯片的相同层中的多个激光二极管所组成。在美国专利案号 No. 6, 987, 240 所揭露的 GaAs 激光条在约 808nm 的波长下发射近红外线辐射,该近红外线辐射与硅具有良好耦合。因此,根据一个或多个实施例,可使用灯具辐射、经脉冲激光、连续波激光和 / 或激光二极管,以选择性地氧化材料层表面,而形成氧化物层和 / 或蚀刻该氧化物层。

[0157] 近来,已认识到除了 GaAs 二极管以外的激光源也具有优点,例如,二氧化碳激光,且已建议使用双重激光源。例如,美国专利案号 No. 7, 279, 721 揭露了可使用双重激光源系统来选择性地氧化材料层表面,以形成氧化物层和 / 或蚀刻该氧化物层。

[0158] 现参照图 16 与图 17,示出了揭露在美国专利案号 No. 7, 279, 721 中的双重源光系统的示例性实施例。图 16 示出了本发明的一个实施例的简化示意图。将晶圆 1720 或其它基板固定在载台 1722 上,在系统控制器 1724 的控制下,在一个或两个方向中以马达驱动该载台 1722。相对短波长激光 1726 (例如,GaAs 激光条) 在短于约 1.11 μ m 的硅能带间隙波长的波长下发射可见光或近可见光的连续波 (CW) 光束 1728。对于 GaAs 激光 1726 而言,发

射波长通常为约 810nm,可表征为红光。第一光学器件 1730 使该光束 1728 聚焦并塑形,且反射器 1732 将光束 1728 以相对宽的活性光束 (activating beam) 1734 重新导向晶圆 1720,也在图 17 的平面图中说明。活性光束 1734 可以以某一角度 (例如相对于晶圆呈 15 度) 倾斜,以避免光束反射回到 GaAs 激光 1726。此经反射的辐射会缩短激光二极管的使用期限。长波长激光 1740 (例如,CO₂ 激光) 在长于硅能带间隙波长 (1.11 μm) 的波长下发射红外线连续波 (CW) 光束 1742。在特定实施例中,CO₂ 激光在接近 10.6 μm 的波长下发射。第二光学器件 1744 使该 CO₂ 光束 1742 聚焦并塑形,且第二反射器 1746 将 CO₂ 光束 1742 反射为相对窄的加热光束 1748。在特定实施例中,将 CO₂ 加热光束 1748 相对于基板以布鲁斯特角度 (Brewster angle) 倾斜,该布鲁斯特角度对于二氧化硅而言约 72 度,因此可将加热光束 1748 最大化耦合至基板 1720。因为在基板 1720 中的折射光束与任何反射光束之间的角度为 90 度,而未产生反射的辐射,所以布鲁斯特角度的入射角对于 p- 极化辐射 (也即,沿着基板 1720 表面被极化的辐射) 来说是最有效的。因此,在 CO₂ 光束 1718 中,s- 极化光比 p- 极化光更可有益地被抑制。然而,实验显示出在以离基板法线 40 度 (+/-10 度) 为中心的 20 度辐射锥对于各种图案产生约 3.5% 的可变吸收值,该吸收值与以布鲁斯特角度为中心的圆锥所达到的 2.0% 几乎一样好。如图 17 所说明,将长波长 (CO₂) 加热光束 1748 定位在该短波长 (可见光) 活性光束 1734 上且优选地居中定位在该短波长 (可见光) 活性光束 1734 上。随着载台 1722 相对于包括激光 1726、1740 与光学元件 1730、1732、1744、1746 的光源 1750 来移动基板,光束 1734 与 1748 两者同步扫描横跨基板 1720。或者,可将基板 1720 稳定地固定,同时根据来自控制器 1724 的信号,致动器 1752 在平行于基板 1720 表面的一个或两个方向中移动所有或一部分的光源 1750。

[0159] 对于红外线加热光束 1748 与可见光活性光束 1734 两者而言,在基板 1720 上的光束形状为基本上矩形或至少为极近椭圆。应理解,因为事实上光束具有延伸超过所说明形状的有限尾端,所以所描述的光束形状为图示性的且代表中心强度的一些部分。另外,由于光束 1734、1748 两者相对于基板 1720 同步移动,因此优选该红外线光束 1748 几乎在较大可见光光束 1734 的中心。

[0160] 一般作用为,较大可见光光束 1734 (该较大可见光光束 1734 在硅中会大幅度地衰减) 在通常接近晶圆表面的稍大区域中产生自由载子。较小红外线光束 1748 (该较小红外线光束 1748 不会被未照射的硅所吸收) 与可见光光束 1734 所产生的自由载子进行交互作用,且有效吸收该红外线光束的较长波长辐射并转换为热,由此快速提升在红外线光束 1748 面积中的温度。

[0161] 主要可通过较小红外线光束 1748 的尺寸来测定温度的斜线上升率与扫描速率,而较大可见光光束 1734 应包括较小红外线光束 1748。在扫描方向中的较小红外线光束 1748 的宽度可部分确定温度的斜线上升率且在大部分应用中可缩小该较小红外线光束 1748 的宽度。垂直于扫描方向的较小加热光束 1748 的长度应足够大,以在基板的相当大的部分上延伸,且因此可在一次通过后使该相当大的部分退火。通常,线形光束的长度至少为线形光束宽度的 10 倍。优选地,该长度等于或略大于基板直径。然而,对于商业上可行的应用来说,该长度可为毫米等级。在晶圆上的较小加热光束 1748 的示例性尺寸为 0.1mm X 1mm,但可使用其它尺寸。通常期望有较小的宽度,例如,少于 500 μm 或少于 175 μm。较大活性光束 1734 可大于加热光束 1748,例如,大 1mm,使得在示例性的尺寸设定中,较大活性

光束 1734 可在扫描方向中延伸约 1mm,且在垂直方向中延伸几毫米。

[0162] 该双重波长造成在吸收可见光辐射的表面区域中集中更多的红外线吸收。表面区域的深度小于 CO₂ 辐射本身的吸收长度。可见光辐射在硅中的室温衰减深度在可见光光谱中随着波长降低而快速的减少,例如,对于 800nm 的辐射而言该吸收深度约 10 μm,对于 600nm 的辐射而言约 3 μm,且对于 500nm 的辐射而言约 1 μm。因此,较短激发波长仅对于在非常接近晶圆表面处产生自由载子以限制接近表面的热能而言是有利的。因此,对于一些应用来说,期望均匀的较短激发波长,例如来自倍频 Nd:YAG 激光的 532nm 辐射,可以表征为绿光。

[0163] 应理解,上述的光源系统不需要包括双重光源,且在一些实施例中,可使用单一光源。假如根据一个或多个实施例使用光源系统来加热基板上的材料层,该光源系统可与在本说明书中上述或以下任何一个腔室的系统控制器连通,且可通过系统控制器来控制材料表面的加热,该系统控制器可控制光源的各种工艺参数,例如光源的功率以及材料层暴露至光的持续时间。

[0164] 在其它实施例中,可使用改良的干式蚀刻腔室来执行氧化物材料表面的循环氧化与蚀刻。示例性的腔室为可由应用材料公司所购得的 SICONI™,将在图 18-20 说明。

[0165] 图 18 为显示说明性工艺腔室 1800 的部分截面图。工艺腔室 1800 可包括腔室主体 1801、盖组件 1840 以及支撑组件 1820。盖组件 1840 设置在腔室主体 1801 的上端,且该支撑组件 1820 至少部分设置在腔室主体 1801 中。腔室主体 1801 可包括狭缝阀开口 1811,该狭缝阀开口 1811 形成在腔室主体 1801 的侧壁中,以提供出入口给工艺腔室 1800 的内部。狭缝阀开口 1811 选择性地开启与关闭,以允许进出该腔室主体内部。

[0166] 腔室主体 1801 可包括形成在该腔室主体 1801 中的通道 1802,用于经由该通道 1802 流动热传输流体。热传输流体可为加热流体或冷却剂,且在处理以及基板传输期间用于控制腔室主体 1801 的温度。示例性的热传输流体包括水、乙二醇或者水和乙二醇的混合物。示例性的热传输流体也可包括氮气。

[0167] 腔室主体 1801 可进一步包括衬垫 1808,该衬垫 1808 围绕该支撑组件 1820。衬垫 1808 是可移动的,用于进行保养与清洁。衬垫 1808 可由诸如铝的金属制成或可由陶瓷材料制成。然而,衬垫 1808 可为任何工艺兼容的材料。可将衬垫 1808 进行珠磨以增加沉积在衬垫 1808 上的任何材料的附着性,由此可避免材料的剥落造成工艺腔室 1800 的污染。衬垫 1808 可包括一个或多个孔 1809 与形成在衬垫 1808 中的抽取通道 106,该抽取通道与真空系统流体连通。孔 1809 提供流动路径给进入抽取通道 1806 的气体,该抽取通道 1806 提供排出口给工艺腔室 1800 中的气体。

[0168] 真空系统可包括真空泵 1804 与节流阀 1805,以调节通过工艺腔室 1800 的气体流动。真空泵 1804 耦接至设置在腔室主体 1801 上的真空埠 1807,且因此与形成在衬垫 1808 中的抽取通道 1806 流体连通。

[0169] 孔 1809 允许抽取通道 1806 与腔室主体 1801 中的处理区 1810 流体连通。以盖组件 1840 的下表面与支撑组件 1820 的上表面界定处理区 1810,且利用衬垫 1808 围绕处理区 1810。可将孔 1809 的尺寸设计为与衬垫 1808 一致且均匀放置在衬垫 1808 周围。然而,可使用任何数量、位置、尺寸或形状的孔,并且可根据在基板接收表面上所期望的气体流动图案来改变每一个设计参数,以下将更详细讨论。此外,可配置孔 1809 的尺寸、数量以及位

置,以实现离开工艺腔室 1800 的均匀气体流动。另外,可配置孔尺寸与位置,以提供快速或高容量的抽取来帮助由工艺腔室 1800 快速的排出气体。例如,接近真空埠 1807 的孔 1809 数量与尺寸可小于距离真空埠 1807 较远处的孔 1809 的数量与尺寸。

[0170] 更详细地说明盖组件 1840,图 19 示出盖组件 1840 的放大截面图,可将该盖组件 1840 设置在腔室主体 1801 的上端。参照图 18 与图 19,盖组件 1840 包括许多堆叠在彼此上方的部件,用以在该些部件之间形成等离子体区域或腔。盖组件 1840 可包括第一电极 1841 (“上电极”),该第一电极 1841 垂直地设置在第二电极 1852 (“下电极”)上方,而于第一电极 1841 与第二电极 1852 中限制出等离子体容积或腔 1849。第一电极 1841 连接至功率源 1844,例如 RF 电源,且第二电极 1852 接地,在这两个电极 1841、1852 之间形成电容。

[0171] 盖组件 1840 可包括一个或多个气体入口 1842 (仅图示一个),该一个或多个气体入口 1842 至少部分形成在第一电极 1841 的上部部分 1843 中。一种或多种工艺气体透过一个或多个气体入口 1842 进入盖组件 1840 中。一个或多个气体入口 1842 在该一个或多个气体入口 1842 的第一末端处与等离子体腔 1849 流体连通,且在该一个或多个气体入口 1842 的第二末端处耦接至一个或多个上游气体源和 / 或其它气体输送部件,例如气体混合器。一个或多个气体入口 1842 的第一末端可在扩充段 1846 的内直径 1850 的最上方点处通入等离子体腔 1849。类似地,一个或多个气体入口 1842 的第一末端可沿着扩充段 1846 的内直径 1850 以任何高度间隔通入等离子体腔 1849。尽管未显示,但可将两个气体入口 1842 设置在扩充段 1846 的相对侧上,以创造旋涡流动图案或「涡流 (vortex)」流动进入扩充段 1846 中,该旋涡流动图案或涡流可帮助混合等离子体腔 1849 中的气体。

[0172] 第一电极 1841 可具有扩充段 1846,该扩充段 1846 容纳等离子体腔 1849。扩充段 1846 与上述气体入口 1842 流体连通。扩充段 1846 可为环形元件,具有由该扩充段 1846 的上部部分 1847 至该扩充段 1846 的下部部分 1848 逐渐增加的内表面或直径 1850。如此,第一电极 1841 与第二电极 1852 之间的距离是可变的。此可变距离帮助控制在等离子体腔 1849 中产生的等离子体形成与稳定性。

[0173] 扩充段 1846 类似于圆锥或「漏斗」,如图 18 与图 19 所示。扩充段 1846 的内表面 1850 可由扩充段 1846 的上部部分 1847 至下部部分 1848 逐渐倾斜。内直径 1850 的倾斜度或角度可根据工艺需要和 / 或工艺限制来改变。扩充段 1846 的长度或高度也可根据特定工艺需要和 / 或限制来改变。内直径 1850 的倾斜度或扩充段 1846 的高度或此两者可根据工艺所需的等离子体容积来改变。

[0174] 不希望受到理论的约束,相信两个电极 1841、1852 之间的距离变化允许在等离子体腔 1849 中形成的等离子体在假如不遍及整个等离子体腔 1849 的情况下,可获得所需要的功率电平,用以在等离子体腔 1849 的一些部分中维持等离子体本身。因此,在等离子体腔 1849 中的等离子体受压力影响较小,而允许在较宽的操作窗口中产生并维持等离子体。如此,可在盖组件 1840 中形成可重复的且更可靠的等离子体。

[0175] 第一电极 1841 可由任何工艺可兼容的材料所构成,例如铝、阳极化的铝、镀镍的铝、镀镍的铝 6061-T6、不锈钢及这些材料的组合与合金。在一个或多个实施例中,将整个第一电极 1841 或一部分的第一电极 1841 涂布镍,以降低不需要的粒子形成。优选地,至少扩充段 1846 的内表面 1850 电镀镍。

[0176] 第二电极 1852 可包括一个或多个堆叠板。当需要两个或更多个板时,该些板应彼

此电气连接。每一个板应包括多个孔或气体通路,以允许来自等离子体腔 1849 的一种或多种气体流动穿过该多个孔或气体通路。

[0177] 盖组件 1840 可进一步包括绝缘体环 1851 以电气隔绝该第一电极 1841 与该第二电极 1852。绝缘体环 1851 可由氧化铝或任何其它具绝缘性、工艺兼容的材料所制成。优选地,绝缘体环 1851 至少围绕或至少基本上围绕该扩充段 1846。

[0178] 第二电极 1852 可包括顶端板 1853、分配板 1858 以及阻碍板 1862,该阻碍板 1862 将工艺腔室中的基板与等离子体腔隔开。顶端板 1853、分配板 1858 以及阻碍板 1862 堆叠且设置在与腔室主体 1801 连接的盖缘 1864 上,如图 18 所示。如在此技术领域中所得知,可使用铰链组件(未图示),将盖缘 1864 耦接至腔室主体 1801。盖缘 1864 可包括内嵌式通道或通路 1865,用于容纳热传输介质。热传输介质可根据工艺需求用于加热、冷却、或两者。

[0179] 顶端板 1853 可包括形成在等离子体腔 1849 下方的多个气体通路或孔 1856,以允许来自等离子体腔 1849 的气体流动穿过该多个气体通路或孔 1856。顶端板 1853 可包括凹陷部 1854,该凹陷部 1854 适用以容纳至少一部分的该第一电极 1841。在一个或多个实施例中,孔 1856 穿过位于凹陷部 1854 下方的顶端板 1853 的截面。顶端板 1853 的凹陷部 1854 可为阶梯状(如图 19 所示),以提供凹陷部 1854 中较佳的密封接合。另外,可将顶端板 1853 的外直径设计为安装或支撑在分配板 1858 的外直径上,如图 19 所示。O-型环状密封件,例如,弹性 O-型环 1855,可至少部分设置在顶端板 1853 的凹陷部 1854 中,以确保与第一电极 1841 的流体密封接触。同样地,可使用 O-型环状密封件 1857,用以在顶端板 1853 的外边缘与分配板 1858 之间提供流体密封接触。

[0180] 分配板 1858 基本上为盘型且包括多个孔 1861 或通路,以分配气体流动穿过该多个孔 1861 或通路。可设计孔 1861 的尺寸并将该孔 1861 设置在分配板 1858 的周围,以向处理区 1810 提供受控的且均匀的流动分配,在该处理区 1810 中设置有被处理的基板。另外,该孔 1861 通过减缓与重新导向流动气体的速度分布,以避免气体直接冲击在基板表面上,且均匀地分配气体流动,而在整个基板表面上方提供均匀的气体分布。

[0181] 分配板 1858 也包括环形安装凸缘 1859,该环形安装凸缘 1859 形成在该分配板 1858 的外周长上。可设计安装凸缘 1859 的尺寸以支撑在盖缘 1864 的上表面。O-型环状密封件,例如,弹性 O-型环,可至少部分设置在环形安装凸缘 1859 中,以确保与盖缘 1864 的流体密封接触。

[0182] 分配板 1858 可包括一个或多个内嵌式通道或通路 1860,用于容纳加热器或加热流体,以提供盖组件 1840 的温度控制。可将电阻式加热元件插入通路 1860 中,以加热分配板 1858。可将热电偶与分配板 1858 连接,以调节分配板 1858 的温度。可以反馈回路的方式来使用热电偶,以控制施加至加热元件的电流。

[0183] 或者,可以使热传输介质流过通路 1860。视需要,根据腔室主体 1801 中的工艺需求,该一个或多个通路 1860 可含有冷却介质,以更好地控制分配板 1858 的温度。如上所述,可使用任何热传输介质,例如,氮气、水、乙二醇或者前述介质的混合物。

[0184] 可使用一个或多个加热灯具(未图示)来加热盖组件 1840。将加热灯具设置在分配板 1858 的上表面的周围,通过辐射来加热包括分配板 1858 的盖组件 1840 的组件。

[0185] 阻碍板 1862 是任选的,且可将该阻碍板 1862 设置在顶端板 1853 与分配板 1858

之间。优选地,将阻碍板 1862 可移动地安装至顶端板 1853 的下表面。阻碍板 1862 应与顶端板 1853 产生良好的热与电气接触。使用螺栓或相似的紧固件将阻碍板 1862 耦接至顶端板 1853。也可将阻碍板 1862 螺纹固定或螺旋固定在顶端板 1853 的外直径上。

[0186] 阻碍板 1862 包括多个孔 1863 以提供由顶端板 1853 至分配板 1858 的多个气体通路。设计孔 1863 的尺寸,且将该孔 1863 设置在阻碍板 1862 的周围,以提供受控的且均匀的流动分配至分配板 1858。

[0187] 图 20 示出了说明性的支撑组件 1820 的部分截面图。支撑组件 1820 可至少部分设置在腔室主体 1801 中。支撑组件 1820 可包括支撑件 1822,该支撑件 1822 支撑基板用于在腔室主体 1801 中进行处理。将支撑件 1822 透过轴件 1826 耦接至升降机构 1831,该轴件 1826 延伸穿过在腔室主体 1801 底部表面中形成的中心定位的开 1803。利用伸缩囊 1832 将升降机构 1831 与腔室主体 1801 弹性密封,该伸缩囊 1832 可避免来自轴件 1826 周围的真空泄漏。升降机构 1831 允许支撑件 1822 在腔室主体 1801 中的处理位置与一较低的传输位置之间垂直移动。该传输位置略低于形成在腔室主体 1801 侧臂中的狭缝阀 1811 的开口。

[0188] 在一个或多个实施例中,使用真空夹具将基板固定至支撑组件 1820。顶端板 1823 可包括多个通孔 1824,该多个通孔 1824 与形成在支撑件 1822 中的一个或多个凹槽 1827 流体连通。透过设置在轴件 1826 与支撑件 1822 中的真空导管 1825,该凹槽 1827 与真空泵(未图示)流体连通。在某些条件下,当基板不设置在支撑件 1822 上时,可使用真空导管 1825 来施加净化气体至支撑件 1822 的表面上。该真空导管 1825 也可在处理期间通过净化气体,以避免反应性气体或副产物接触基板背侧。

[0189] 支撑件 1822 可包括一个或多个贯穿支撑件 1822 的钻孔 1829,以容纳升降销 1830。通常每一个升降销 1830 是由陶瓷或包括陶瓷的材料所构成,且升降销 1830 是用于基板处理与运输。将每一个升降销 1830 滑动地安装在钻孔 1829 中。通过接合设置在腔室主体 1801 中的环形升降环 1828,使得该升降销 1830 在该该升降销 1830 的各自的钻孔 1829 中是可移动的。升降环 1828 是可移动的,当升降环 1828 位于上方位置时,使得升降销 1830 的上表面可设置在支撑件 1822 的基板支撑表面上方。相反地,当升降环 1828 位于下方位置时,升降销 1830 的上表面位于支撑件 1822 的基板支撑表面下方。因此,当升降环 1828 由下方位置移动至上方位置时,每一个升降销 1830 的部分穿过位于支撑件 1822 中该每一个升降销 1830 的各自的钻孔 1829。

[0190] 当致动时,升降销 1830 推着基板 2140 的下表面,将基板升高离支撑件 1822。相反地,可将升降销 1830 去致动以降低基板,由此将基板支撑在支撑件 1822 上。

[0191] 支撑组件 1820 可包括边缘环 1821,该边缘环 1821 设置在支撑件 1822 周围。边缘环 1821 为环形部件,适用以覆盖支撑件 1822 的外周围并且保护支撑件 1822。将边缘环 1821 设置在支撑件 1822 上或与支撑件 1822 相邻,用以在支撑件 1822 的外直径与边缘环 1821 的内直径之间形成环形净化气体通道 1833。环形净化气体通道 1833 与贯穿支撑件 1822 与轴件 1826 形成的净化气体导管 1834 流体连通。优选地,净化气体导管 1834 与净化气体供应器(未图示)流体连通,以提供净化气体至净化气体通道 1833。在操作中,净化气体流动穿过导管 1834 进入净化气体通道 1833,且围绕设置在支撑件 1822 上的基板边缘。因此,与边缘环 1821 共同操作的净化气体可避免在边缘和/或基板背侧的沉积。

[0192] 通过循环穿过嵌入支撑件 1822 主体中的流体通道 1835 的流体来控制支撑组件 1820 的温度。流体通道 1835 可与热传输导管 1836 流体连通,该热传输导管 1836 设置穿过支撑组件 1820 的轴件 1826。将流体通道 1835 沿着支撑件 1822 设置,以提供均匀的热传输至支撑件 1822 的基板接收表面。流体通道 1835 与热传输导管 1836 可流动热传输流体,以加热或冷却支撑件 1822。支撑组件 1820 可进一步包括嵌入式热电偶(未图示),用于监控支撑件 1822 的支撑表面的温度。

[0193] 在操作中,可将支撑件 1822 升高至接近盖组件 1840,以控制被处理的基板温度。如此,透过由加热元件 1860 所控制的分配板 1858 所发射的辐射来加热该基板。或者,通过使用升降环 1828 所致动的升降销 1830,将基板升高远离支撑件 1822 至接近加热的盖组件 1840。

[0194] 改良的腔室可进一步包括氧化气体供应器,且该氧化气体供应器与辅助气体入口 1892 流体连通,用以提供氧化气体至腔室 1800 中(如图 18 所示),氧化气体例如, O_2 、 N_2O 、 NO 与前述气体的组合。在图 19 所示的一替代实施例中,氧化气体供应器 1890 与等离子体容积或腔 1849 中的辅助气体入口 1893 流体连通。在另一变化例中(未图示),氧化气体可与远程等离子体源连接,该远程等离子体源于远离腔室 1800 处产生氧化等离子体且将氧化等离子体传送进入腔室 1800 中。还原气体供应器 1894 可通过还原气体入口 1896,将诸如氢气的还原气体供应至腔室 1800 中。其它气体供应器可包括不活跃气体供应器与入口(未图示),以传送不活跃气体,例如氦气、氩气以及其他气体。该系统也可包括氮源气体,用于在材料层上执行氮化反应。可通过与系统控制器(未图示)连接的质量或体积流动控制器来调节这些气体中每一种的流动。

[0195] 在腔室 1800 的另一变化例中,可使用与上面对图 16 与图 17 所述类型的灯具或激光加热特征来快速加热被处理的器件。另外,可使用上面对图 13B 所述类型的冷却系统,以快速冷却支撑件 1822 与基板的温度,而在基板材料层上执行上述的循环氧化与蚀刻工艺。与腔室 1800 相关的加热与冷却系统与其它组件可操作性地连接至系统控制器,以控制各种系统参数。期望地,该系统控制器可控制工艺在少于约 3 分钟内完成氧化和/或氮化与蚀刻步骤的完整工艺程序。在特定实施例中,可在少于约 2 分钟内于腔室中完成氧化和/或氮化与蚀刻步骤的完整工艺程序,且在更特定实施例中,可在少于约 1 分钟内,例如 45 秒或 30 秒,于腔室中完成氧化和/或氮化与蚀刻步骤的完整工艺程序。

[0196] 以下将描述于工艺腔室 1800 中执行的示例性干式蚀刻工艺,该干式蚀刻工艺使用氨(NH_3)与三氟化氮(NF_3)气体混合物来移除氧化物层。参照图 18 与图 20,该干式蚀刻工艺开始于将基板放置在处理区 1810 中。通常透过狭缝阀开口 1811 将基板放置在腔室主体 1801 中,且将基板设置在支撑件 1822 的上表面上。将基板夹持在支撑件 1822 的上表面,且将边缘净化气体通过通道 1833。通过透过导管 1825 与真空泵流体连通的孔 1824 与凹槽 1827 来抽取真空,将基板固持在支撑件 1822 的上表面。假如支撑件 1822 并未在处理位置上时,那么将支撑件 1822 升高至腔室主体 1801 中的处理位置。将腔室主体 1801 维持在 $50^{\circ}C$ 至 $80^{\circ}C$ 之间的温度,优选为约 $65^{\circ}C$ 。通过将热传输介质通过流体通道 1802 来维持腔室主体 1801 的温度。

[0197] 通过将热传输介质或冷却剂穿过在支撑组件 1820 中形成的流体通道 1835,而将该基板(可具有一个或多个与上述图 3A-3C、5A-5E、7A-7D、8A-8B、10A-10D 或 11A-11C 相关

类型的材料层)冷却至低于 65°C,例如介于 15°C至 50°C之间。在一个实施例中,将基板维持在低于室温。在其它实施例中,将基板维持在介于 22°C至 40°C之间的温度。通常,将支撑件 1822 维持在低于约 22°C,以达到上述预期的基板温度。为了冷却支撑件 1822,将冷却剂通过该流体通道 1835。连续的冷却剂流提供支撑件 1822 更好的温度控制。或者,使用与图 13B 相关类型的系统来冷却基板。

[0198] 接着将氨与三氟化氮气体引入腔室 1800 中,以形成清洁气体混合物。每一种引入腔室中的气体量是可改变的且可被调整以适应,例如,被移除的氧化物层厚度、进行清洁的基板或其它材料表面的几何形状、等离子体的体积容量、腔室主体 1801 的体积容量以及耦接至腔室主体 1801 的真空腔室的容量。在一个方面中,添加该气体以提供气体混合物,该气体混合物具有氨:三氟化氮为至少 1:1 的摩尔比。在另一方面中,气体混合物的摩尔比至少为约 3:1(氨:三氟化氮)。在特定实施例中,将气体以 5:1(氨:三氟化氮)至 30:1 的摩尔比引入该腔室 100 中。更特定地,在一些实施例中,气体混合物的摩尔比为约 5:1(氨:三氟化氮)至约 10:1。气体混合物的摩尔比也落在约 10:1(氨:三氟化氮)至约 20:1。

[0199] 也可将净化气体或载体气体添加至气体混合物中。可使用任何适合的净化/载体气体,例如氩气、氦气、氢气、氮气或前述气体的混合物。在一些实施例中,整个气体混合物有体积约 0.05%至约 20%的氨与三氟化氮,剩余部分为载体气体。在一个实施例中,在反应性气体进入腔室主体 1801 之前,先将净化或载体气体导入腔室主体 1801 中,以稳定腔室主体 1801 中的压力。

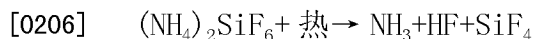
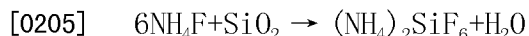
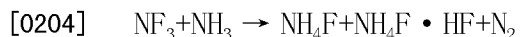
[0200] 腔室主体 1801 中的操作压力是可改变的。在一些实施例中,将压力维持在约 500mTorr 至约 30Torr 之间。在特定实施例中,将压力维持在约 1Torr 至约 10Torr 之间。在一个或多个实施例中,将腔室主体 1801 中的操作压力维持在约 3Torr 至约 6Torr 之间。

[0201] 在一些实施例中,将约 5 至约 600Watt 的 RF 功率施加至第一电极 1841,以将等离子体腔 1849 中的气体混合物等离子体点火。在一特定实例中,RF 功率小于 100Watt。在一更特定的实施例中,施加功率的频率是相对低的,例如低于 100kHz。在特定实施例中,该频率是介于约 50kHz 至约 90kHz 的范围中。因为下方电极 1853、阻碍板 1862 与分配板 1858 的缘故,使得在等离子体腔 1849 中被点火的等离子体不会与处理区 1810 中的基板接触,而是被捕获到等离子体腔 1849 中。因此,可将等离子体相对于处理区 1810 而远程产生在等离子体腔 1849 中。即,工艺腔室 1800 提供两个分开的区域:等离子体腔 1849 与处理区 1810。就形成在等离子体腔 1849 中的等离子体来说,这些区域不会彼此连通,但对于形成在等离子体腔 1849 中的反应性物种来说,这些区域彼此连通。具体地说,由等离子体所生成的反应性物种可经由孔 1856 离开等离子体腔 1849、穿过阻碍板 1862 的孔 1863 并经由分配板 1858 的孔 1861 进入处理区 1810 中。

[0202] 等离子体能量将氨与三氟化氮气体解离为反应性物种,该反应性物种结合形成高反应性的气相氟化铵(NH_4F)化合物和/或氟化氢铵($\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$)。这些分子流动穿过孔 1856、1863 与 1861,与基板上的材料层的氧化物层反应。在一个实施例中,首先将载体气体引入腔室 1800 中,在等离子体腔 1849 中产生载体气体的等离子体,然后将反应性气体、氨与三氟化氮添加至等离子体中。如前所述,形成在等离子体腔 1849 中的等离子体不会抵达设置在处理区域或处理区 1810 中的基板。

[0203] 不希望被理论所束缚,相信蚀刻剂气体、 NH_4F 和/或 $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ 与二氧化硅表面反

应,以形成产物六氟硅酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 、 NH_3 与 H_2O 。 NH_3 与 H_2O 在工艺条件下为蒸气,且通过真空泵 1804 将 NH_3 与 H_2O 由腔室 1800 移除。更特定而言,在气体离开腔室 1800 穿过真空埠 1807 进入真空泵 1804 之前,该挥发性气体流动穿过形成在衬垫 1808 中的孔 1809 而进入抽取通道 1806 中。在进行处理的材料层表面的背面处留下 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 薄膜。此反应机制可总结如下:



[0207] 在基板表面上形成薄膜之后,将具有基板支撑在其上方的支撑件 1822 升高至退火位置,该退火位置接近被加热的分配板 1858。由分配板 1858 所辐射的热应足以将 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 薄膜解离或升华为挥发性的产物 SiF_4 、 NH_3 以及 HF 。接着,通过上述的真空泵 1804 将这些挥发性产物由腔室中移除。实际上,由基板上的材料层将薄膜汽化或蒸发,留下暴露的氧化物表面。在一个实施例中,使用 75°C 或更高的温度以有效地由材料表面升华并移除薄膜。在特定实施例中,使用 100°C 或更高的温度,例如介于约 115°C 至约 200°C 之间的温度。

[0208] 通过分配板 1858 来传送或辐射将 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 薄膜解离为 $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 的挥发性组成的热能。如上所述,加热元件 1860 可直接耦接至分配板 1858,并且将加热元件 1860 致动,用以将分配板 1858 以及与加热元件 1860 热接触的部件加热至介于约 75°C 至约 250°C 之间的温度。在一方面中,将分配板 1858 加热至介于约 100°C 至约 200°C 之间的温度,例如,约 120°C 。

[0209] 升降机构 1831 可朝向分配板 1858 的下表面升高支撑件 1822。在此升降步骤期间,将基板固定至支撑件 1822,例如通过真空夹具或静电夹具。或者,将基板升高离开支撑件 1822,且透过升降环 1828 将升降销 1830 升高,而将基板放置在接近加热的分配板 1858。

[0210] 基板(该基板上方具有薄膜)上表面与分配板 1858 之间的距离可通过实验来确定。为有效地蒸发薄膜而不会损坏下层基板所需的间距将取决于几个因素,该些因素包括,但不限制于,膜的厚度。在一个或多个实施例中,介于约 0.254mm (10mils) 至 5.08mm (200mils) 之间的间距是有效的。此外,气体的选择也会影响间距。

[0211] 在蚀刻期间,期望将基座维持在相对低的温度,例如,在约 20°C 至约 60°C 的范围中,低于约 50°C ,具体为,低于约 45°C 、低于约 40°C 或低于约 35°C 。在特定实施例中,在腔室 1800 中进行蚀刻期间,将温度维持在约 $30^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,以帮助凝结蚀刻剂并控制蚀刻反应的选择性。移除膜层或氧化物层可进一步包括:使用升降机构 1831 将支撑件 1822 朝向分配板 1858 的下表面升高。或者,将基板升高离开支撑件 1822,且透过升降环 1828 将升降销 1830 升高,而将基板放置在接近加热的分配板 1858。期望将分配板加热至超过约 100°C 的温度,使得被蚀刻的材料表面可加热至高于约 100°C 。在特定实施例中,将分配板 1858 加热至至少约 140°C 、至少约 150°C 、至少约 160°C 、至少约 170°C 、至少约 180°C 、至少约 140°C ,以确保材料表面达到足以升华 SiO_2 的温度。因此,在腔室 1800 中,一个非限制性的干式蚀刻工艺实例可包括:将氨 (NH_3) 或三氟化氮 (NF_3) 气体、或无水氟化氢 (HF) 气体混合物与远程等离子体施加在等离子体容积 1849 中,在低温(例如,约 30°C)下,氨或三氟化氮气体或无水氟化氢气体混合物与远程等离子体凝结在 SiO_2 上,并且反应形成随后可在中等温度

(例如,大于 100℃)于腔室 1800 中升华的化合物,用以蚀刻 SiO_2 。该升华可完成材料表面的蚀刻,且可通过真空泵 1804 将副产物移除。期望将腔室壁的温度维持在介于基板支撑件的温度与气体分配板的温度之间,以避免蚀刻剂与副产物凝结在腔室 1800 的该些壁上。

[0212] 一旦将膜或氧化物层从材料表面移除,该材料表面即准备进行后续的氧化工艺,以形成氧化物层。将干式蚀刻处理器 1832 进行净化与抽空。可通过将不活跃气体直接穿过气体入口或穿过分配板 1858 而流动进入工艺腔室来完成净化,该不活跃气体例如氮气、氢气或氩气。接着,利用氧化工艺进一步处理材料层以形成氧化物层。应理解,不需要先执行由材料表面移除膜层或氧化物层的步骤。由与图 3A-3C、5A-5E、7A-7D、8A-8B、10A-10D 或 11A-11C 相关的工艺描述可理解到,在一些实施例中,在由材料层移除一部分的氧化物层或膜层之前,可执行将材料层表面氧化以形成氧化层的步骤。

[0213] 在一个实施例中,在腔室 1800 中形成氧化物层。在其它实施例中,在狭缝阀开口 1811 外侧的负载锁定区域(未图示)中形成氧化物层。

[0214] 在腔室 1800 中形成氧化物层的实施例中,氧化气体供应器 1890 将氧化气体直接透过入口 1892 流入腔室中。适当的氧化气体可包括氧气、臭氧、 H_2O 、 H_2O_2 中的一或多种、或氮氧化物物种,例如, N_2O 、 NO 或 NO_2 。在适当低压下将氧化气体导入腔室中。接着,将腔室加热至适当温度使得氧化物层可生长在材料表面上。在一个或多个实施例中,将腔室温度加热至约 200℃至约 800℃的范围中。在特定实施例中,将腔室加热至约 300℃至约 400℃的范围中。上述是为了促进在材料上的氧化反应,该材料将被处理形成材料层,例如与上述图 3A-3C、5A-5E、7A-7D、8A-8B、10A-10D 或 11A-11C 的描述相关。

[0215] 在一替代实施例中,透过冷却的支撑件 1822 导入氧化气体,例如氧气或其它氧化气体中的一种,该氧化气体穿过在支撑件中的气体通道以减少氧化气体在接触材料表面之前产生氧化气体的过早分解,在该材料表面上将形成氧化物层。

[0216] 在另一替代实施例中,氧化气体供应器 1890 经由气体入口(未图示)与等离子体容积 1849 流体连通,且通过氧等离子体的导入可在基板材料表面上形成氧化物层。在另一替代实施例中,在与腔室 1800 流体连通的远程等离子体氧化源中形成氧化等离子体,与图 13 所示的配置类似。通过将氮气施加至远程等离子体源也可形成远程氮化等离子体。在另一实施例中,可利用射频(RF)功率源(与图 15 所示的配置类似)将基板支撑件 1822 进行偏压。

[0217] 因此,总结上述,可通过以下一种或多种方法在腔室 1800 中形成材料表面上的氧化物层:将氧化气体导入腔室中并加热材料表面,导入在远程等离子体源中形成的氧化等离子体,该远程等离子体源与等离子体容积 1849 分开,将氧化气体导入等离子体容积 1849 中且将氧化等离子体输送至支撑件 1822 上的基板,或使用经 RF 驱动的基板支撑件 1822 来形成等离子体且将氧化气体导入腔室中。在腔室中的示例性的与适合的压力在约 1mTorr 至约 10Torr 的范围。

[0218] 又另一替代实施例中,可透过使用灯具或激光加热部件(与上述图 16 与 17 相关的类型)精确加热材料表面以形成氧化物层。可使用此灯具或激光加热部件,将进行处理的器件快速加热至 0℃至 1000℃范围内的温度。在一特定实施例中,可使用臭氧作为氧化气体,可将臭氧导入穿过气体入口或基板支撑件 1822 并且使用紫外光来启动光化学氧化反应。预期在狭缝阀 1811 外侧的负载锁定区域中执行此反应。

[0219] 在氧化材料层表面而形成氧化物层之后,可以再次净化腔室 1800 以移除氧化气体与氧化反应的副产物。通过将不活跃气体流入腔室中和 / 或使用真空泵 1804 来完成净化。可在腔室 1800 中重复循环形成氧化物层与蚀刻(通过等离子体与升华作用)的步骤,直到形成具有期望材料厚度的氧化物层。示例性的器件与工艺程序的描述与上述图 3A-3C、5A-5E、7A-7D、8A-8B、10A-10D 或 11A-11C 相关,并且可在上述的单一腔室 1800 中执行任何工艺。

[0220] 也可使用单一腔室快速热处理(RTP)设备来执行在腔室中循环重复形成氧化物层与蚀刻(通过等离子体与升华作用)的步骤,直到形成具有期望材料厚度的氧化物层。示例性的器件与工艺程序的描述与上述图 3A-3C、5A-5E、7A-7D、8A-8B、10A-10D 或 11A-11C 相关,并且可在图 21 中描述的单一腔室中执行任何工艺。图 21 示出快速热工艺腔室 2100 的示例性实施例。工艺腔室 2100 包括基板支撑件 2104、腔室主体 2102,该腔室主体 2102 包括壁 2108、底部 2110 以及顶部 2112,该底部 2110 以及顶部 2112 界定一内部容积 2120。壁 2108 通常包括至少一个基板出入口 2148,以帮助基板 2140 的进出(一部分的基板 2140 示出在图 21 中)。该出入口耦接至传输腔室(未图示)或负载锁定腔室(未图示),且该出入口可选择性地由阀密封,例如狭缝阀(未图示)。在一个实施例中,基板支撑件 2104 为环形且腔室 2100 包括辐射热源 2106,该辐射热源 2106 设置在基板支撑件 2104 的内直径中。辐射热源 2106 通常包括多个灯具。可被改良的 RTP 腔室与会被使用的基板支撑件的范例描述在美国专利 No. 6,800,833 以及美国专利申请公开号 No. 2005/0191044 中。在本发明的一个实施例中,腔室 2100 包括反射板 2200,该反射板 2200 整合有气体分配出口(以下将更清楚地描述),用以在基板上方均匀地分配气体,而允许快速且受控的基板加热与冷却。可将该板 2200 加热和 / 或冷却,以帮助上述的氧化和 / 或蚀刻。

[0221] 该板可具吸收性、反射性或具有吸收与反射区域的组合。在一详细的实施例中,该板可具有多个区域,一些区域在高温计的视野内,一些区域在高温计的视野外。在高温计视野内的该些区域,假如为圆形,则可具有约为 1 英寸的直径,或根据需求具有其它形状与尺寸。在探针视野内的该些区域可在高温计所观察到的波长范围上具有非常高的反射性。在高温计波长范围与视野外,该板的范围可从将辐射热流失最小化的具反射性至将辐射热流失最大化的具吸收性以用于较短的热暴露。

[0222] 显示在图 21 中的 RTP 腔室 2100 也包括冷却区块 2180,该冷却区块 2180 与顶部 2112 相邻、与顶部 2112 耦接或形成在顶部 2112 中。通常,将冷却区块 2180 放置在远离辐射热源 2106 处并与辐射热源 2106 相对。冷却区块 2180 包括一个或多个冷却剂通道 2184,该冷却剂通道 2184 与入口 2181A 以及出口 2181B 耦接。冷却区块 2180 可由工艺兼容的材料所制成,例如不锈钢、铝、聚合物或由陶瓷材料制成。冷却剂通道 2184 可包括螺旋图案、矩形图案、圆形图案或上述图案的组合,且例如,通过铸形冷却区块 2180 和 / 或由两个或更多个部件来制造冷却区块 2180 并将该些部件接合,而将通道 2184 一体形成在冷却区块 2180 中。此外或替代地,可将冷却剂通道 2184 钻入冷却区块 2180 中。

[0223] 通过阀与适合的管系(plumbing)可将入口 2181A 与出口 2181B 耦接至冷却剂源 2182,且该冷却剂源 2182 与系统控制器 2124 连通,以帮助控制设置在冷却剂源 2182 中的压力和 / 或流体流动。该流体可为水、乙二醇(ethylene glycol)、氮气(N₂)、氦气(He)或其它作为热交换介质的流体。

[0224] 在所示的实施例中,该基板支撑件 2104 任选地适用于磁力悬浮且在内部容积 2120 中旋转。当于工艺期间将基板垂直升高与降低同时,所示的基板支撑件 2104 是能够旋转的,且在工艺之前、工艺期间或工艺以后,也可将基板升高或降低而不旋转基板。因为缺少或减少通常用于升高 / 降低和 / 或旋转基板支撑件的移动部件,此磁力悬浮和 / 或磁力旋转可避免粒子产生或将粒子产生最小化。

[0225] 腔室 2100 也包括窗口 2114,该窗口 2114 是由可透热与透各种波长的光的材料所制成,该各种波长的光包括在红外线 (IR) 图谱中的光,经由该窗口 2114 来自辐射热源 2106 的光子可加热基板 2140。在一个实施例中,窗口 2114 是由石英材料所制成,但可使用其它可透光材料,例如,蓝宝石。窗口 2114 也可包括多个升降销 2144,该升降销 2144 耦接至窗口 2114 的上表面,该升降销 2144 适用于选择性地接触并支撑该基板 2140,以帮助传输基板进出腔室 2100。配置该多个升降销 2144 中的每一个,以使来自辐射热源 2106 的能量吸收最小化,且该多个升降销 2144 中的每一个可由与窗口 2114 相同的材料所制成,例如石英材料。设置该多个升降销 2144,并且彼此发射状地隔开,以帮助末端作用器的通过,该末端作用器耦接至传输机械臂 (未图示)。或者,末端作用器和 / 或机械臂能够水平以及垂直地移动,以帮助传输基板 2140。

[0226] 在一个实施例中,辐射热源 2106 包括由一外壳所形成的灯具组件,该灯具组件包括在冷却剂组件 (未图示) 中的蜂巢状管体 2160,该冷却剂组件耦接至第二冷却剂源 2183。第二冷却剂源 2183 可为水、乙二醇、氮气 (N_2) 以及氦气 (He) 之一或组合。外壳壁 2108 与 2110 可由铜材料或由其它适合材料所制成,该外壳壁 2108 与 2110 中形成有适合的冷却通道用于流动来自第二冷却剂源 2183 的冷却剂。该冷却剂使腔室 2100 的外壳冷却,使得外壳比基板 2140 还要冷。每一个管体 2160 可具有反射器以及高强度灯具组件或形成蜂巢状管路配置的红外线 (IR) 发射器。管的紧密堆积六角形配置提供具有高功率密度的能量源以及良好的空间分辨率。在一个实施例中,辐射热源 2106 提供足够的辐射能量,以热处理该基板,例如,将沉积在基板 2140 上的硅层退火。辐射热源 2106 可进一步包括环形区,其中可改变通过控制器 2124 施加至多个管体 2160 的电压,以提高来自管体 2160 的能量辐射分布。可通过一个或多个温度传感器 2117 来影响加热基板 2140 的动态控制,该一个或多个温度传感器 2117 适用以测量整个基板 2140 的温度。

[0227] 在所示的实施例中,任选的定子组件 2118 外接腔室主体 2102 的壁 2108,且该定子组件 2118 耦接至一个或多个致动器组件 2122,该一个或多个致动器组件 2122 控制定子组件 2118 沿着腔室主体 2102 的外部上升。在一个实施例中 (未图示),腔室 2100 包括三个致动器组件 2122,沿着腔室主体发射状地设置这三个致动器组件 2122,例如,沿着腔室主体 2102 约 120 度的角度。将定子组件磁性地耦接至设置在腔室主体 2102 内部容积 2120 中的基板支撑件 2104。基板支撑件 2104 可具有或包括作为转子功能的磁性部,因此产生磁性轴承组件,以升高和 / 或转动该基板支撑件。在一个实施例中,以一槽 (未图示) 部分环绕至少一部分的基板支撑件 2104,该槽耦接至流体源 2186,该流体源 2186 可包括水、乙二醇、氮气 (N_2)、氦气 (He) 或前述流体的组合,作为基板支撑件的热交换介质。定子组件 2118 也可包括外壳 2190,以封围定子组件 2118 的各种部分与部件。在一个实施例中,定子组件 2118 包括驱动线圈组件 2168,该驱动线圈组件 2168 堆叠在悬吊线圈组件 2170 上。当悬吊线圈组件 2170 适用以将基板支撑件 2104 被动地定位在工艺腔室 2100 中央时,驱动线圈组

件 2168 适用以转动和 / 或升高 / 降低该基板支撑件。或者,可通过具有单一线圈组件的定子来执行旋转与中央定位功能。

[0228] 氛围控制系统 2164 也耦接至腔室主体 2102 的内部容积 2120 中。氛围控制系统 2164 通常包括节流阀与真空泵用于控制腔室压力。氛围控制系统 2164 可额外包括气体源,用于提供工艺气体或其它气体至内部容积 2120 中。氛围控制系统 2164 也适用以输送用于热沉积工艺、热蚀刻工艺以及原位清洁腔室组件的气体。氛围控制系统与喷淋头气体输送系统一起运作。

[0229] 腔室 2100 也包括控制器 2124,该控制器 2124 通常包括中央处理单元 (CPU) 2130、支持电路 2128 以及内存 2126。CPU 2130 可为任何形式的计算机处理器的一种,该计算机处理器可使用在商业设定中用于控制各种指令与副处理器。内存 2126 或计算机可读取介质可为一种或多种的可读取介质,例如随机存取内存 (RAM)、只读存储器 (ROM)、软盘、硬盘或局域或远程的任何其它形式的数字储存,且该内存 2126 通常耦接至 CPU 2130,用于以传统方式来支撑该控制器 2124。这些电路包括高速缓存、电源、时钟电路、输入 / 输出电路、子系统等。

[0230] 在一个实施例中,每一个致动器组件 2122 通常包括精密导程螺杆 2132,该精密导程螺杆 2132 耦接至两个凸缘 2134,该两个凸缘 2134 由腔室主体 2102 的壁 108 延伸出来。导程螺杆 2132 具有螺帽 2158,当螺杆转动时,该螺帽 2158 沿着导程螺杆 2132 轴向移动。将联结件 (coupling) 2136 耦接在定子 2118 与螺帽 2158 之间,使得当旋转导程螺杆 2132 时,联结件 2136 可沿着导程螺杆 2132 移动,以控制定子 2118 的高度在与联结件 2136 的界面处。因此,当旋转致动器 2122 之一的导程螺杆 2132 用以在其它致动器 2122 的螺帽 2158 之间产生相对位移时,定子 2118 的水平平面会相对于腔室主体 2102 的中央轴而改变。

[0231] 在一个实施例中,将马达 2138(例如,步进马达或伺服马达)耦接至导程螺杆 2132,以提供响应控制器 2124 信号的可控制转动。或者,可使用其它种类的致动器 2122 来控制定子 2118 的线性位置,例如气动缸、液压缸、滚珠螺杆、螺线管、线形致动器以及凸轮从动件等等。

[0232] 腔室 2100 也包括一个或多个传感器 2116,该一个或多个传感器 2116 通常适用于检测在腔室主体 2102 的内部容积 2120 中的基板支撑件 2104(或基板 2140)高度。将传感器 2116 耦接至腔室主体 2102 和 / 或工艺腔室 2100 的其它部分,且该传感器 2116 适用以提供指示在基板支撑件 2104 与腔室主体 2102 的顶部 2112 和 / 或底部 2110 之间的距离的输出,且该传感器 2116 也可检测基板支撑件 2104 和 / 或基板 2140 的对准偏移。

[0233] 该一个或多个传感器 2116 耦接至控制器 2124,该控制器 2124 接收来自传感器 2116 的输出测度并且提供一个信号或多个信号至一个或多个致动器组件 2122,以升高或降低至少一部分的基板支撑件 2104。控制器 2124 可使用位置测度,该位置测度是由传感器 2116 所获得,以调整在每一个致动器组件 2122 上的定子 2118 高度,因此可相对于 RTP 腔室 2100 和 / 或辐射热源 2106 的中心轴同时调整基板支撑件 2104 与基板 2140(位于基板支撑件 2104 上)的高度与平坦度。举例来说,控制器 2124 可提供信号,通过一个致动器 2122 的动作来升高基板支撑件,用以校正基板支撑件 2104 的轴向对准偏移,或是控制器可提供信号给所有的致动器 2122,以帮助基板支撑件 2104 的同步垂直移动。

[0234] 该一个或多个传感器 2116 可为超音波、激光、电感性、电容性或其它种类的传感

器,该传感器能够检测在腔室主体 2102 内部的基板支撑件 2104 的近似位置。可将传感器 2116 耦接至腔室 2102 接近顶部 2112 或耦接至壁 2108,然而在腔室主体 2102 中或是围绕腔室主体 2102 的其它位置也是适合的,例如,耦接至腔室 2100 外侧的定子 2118。在一个实施例中,将一个或多个传感器 2116 耦接至定子 2118,且该一个或多个传感器 2116 适用以透过壁 2108 来感测基板支撑件 2104(或基板 2140)的升高和/或位置。在此实施例中,壁 2108 可包括较薄的横截面,以帮助透过壁 2108 来感测位置。

[0235] 腔室 2100 也包括一个或多个温度传感器 2117,该一个或多个温度传感器 2117 适用以在工艺之前、工艺期间以及工艺之后感测基板 2140 的温度。在图 21 所描述的实施例中,将温度传感器 2117 设置穿过顶部 2112,然而可设置在腔室主体 2102 中或是围绕腔室主体 2102 的其它位置。温度传感器 2117 为光学高温计,例如,具有光纤探针的高温计。以能够感测基板的整个直径或基板的其它位置的配置将传感器 2117 耦接至顶部 2112。传感器 2117 可包括一图案,该图案界定基本上与基板直径相等的感测区或界定基本上与基板半径相等的感测区。举例来说,多个传感器 2117 可以以径向配置或线形配置耦接至顶部 2112,而在横跨基板的半径或直径上产生感测区。在一个实施例中(未图示),多个传感器 2117 可设置在一条线中,该线由顶部 2112 中央周围径向延伸至顶部 2112 的周围部分。在此方式中,可通过传感器 2117 来监控基板的半径,该传感器 2117 能够在转动期间感测基板的直径。

[0236] 如在此所述,腔室 2100 适用以接收以「面朝上」取向的基板,其中将基板的沉积接收侧或面朝向板 2200,且基板的「背侧」面向辐射热源 2106。当基板背侧比基板面更不具反射性时,「面朝上」的取向可允许来自辐射热源 2106 的能量更迅速地被基板 2140 吸收。

[0237] 虽然将板 2200 与辐射热源 2106 描述为分别被放置在内部容积 2120 的上部部分与下部部分中,但是冷却区块 2180 与辐射热源 2106 的位置是可互换的。举例来说,可设计冷却区块 2180 的尺寸并将冷却区块 2180 设置在基板支撑件 2104 的内直径中,以及将辐射热源 2106 耦接至顶部 2112。在此配置中,将石英窗口 2114 设置在辐射热源 2106 与基板支撑件 2104 之间,例如在腔室 2100 的上部部分中与辐射热源 106 相邻处。虽然当基板背侧面向辐射热源 2106 时,基板 2140 可轻易地吸收热,但在任何一种配置中,可将基板 2140 定位在面朝上的取向或面朝下的取向。应理解,由于含氟气体将会被流入腔室 2100 中,所以腔室部件中的材料必须对于含氟气体的侵蚀具抵抗性。例如,可通过诸如蓝宝石或铝的材料来涂布暴露至含氟气体的腔室组成件以抵抗侵蚀。也可使用其它抗氟材料。

[0238] 腔室 2100 进一步包括远程等离子体源 2192,用于输送等离子体至腔室中,等离子体可通过分配喷管 2194 被输送进入腔室。喷管 2194 通常可为具有一个或多个出口的细长导管,用于平均分配等离子体产物进入腔室 2100。可使用多个喷管 2194,用以在腔室 2100 中的多个径向位置上进行注入。在一个或多个实施例中,所述喷管 2194 是可移动的,使得所述喷管 2194 可在基板 2140 与板 2200 之间的空间中或空间外选择性地移动。改良的腔室可进一步包括氧化气体供应器以提供氧化气体,例如 O_2 、 N_2O 、 NO 以及它们的组合,该氧化气体供应器与进入腔室 1800 中的辅助气体入口 1892 流体连通,如图 18 所示。氧化气体供应器 2196 与进入腔室中的辅助气体入口流体连通。蚀刻气体供应器 2198 可通过还原气体入口向腔室 2100 提供蚀刻气体,该蚀刻气体例如, CF_4 、 CHF_3 、 SF_6 、 NH_3 、 NF_3 、 He 、 Ar 等等。其它气体供应器包括不活跃气体供应器以及入口(未图示),用以输送不活跃气体(例如,氦

气、氩气)、还原气体(例如,氢气与其它气体)。可通过质量与体积流控制器来调节这些气体中每一种的流动,该质量与体积流控制器与系统控制器 2124 连通。当气体供应器 2196 与 2198 显示为流体连通且穿过腔室 2100 侧边时,则预期气体供应器 2196 与 2198 可将气体引入导管,该导管与喷淋头、喷管或其它器件流体连通,用于平均分配气体至腔室 2100 中。以下将描述气体导入系统 2202 的实例。气体供应器 2196、2198 与其它气体供应器可与气体导入系统 2202 流体连通。

[0239] 图 22 示出反射板 2200 的进一步的细节。参照图,示出了反射板 2200,该反射板 2200 整合有气体分配出口,用以在基板上平均分配气体,而允许快速且受控地加热与冷却基板。板 2200 包括具有气体导入系统 2202 的顶部部分 2201,该气体导入系统 2202 包括第一气体导入埠 204 与任选的第二气体导入埠 2206,该第一气体导入埠 2204 和任选的第二气体导入埠 2206 与用于混合两种气体的气体混合腔室 2208 流体连通。假如仅提供单一气体导入埠,则可将混合腔室 2208 由设计中删除。应理解,也可提供额外的气体导入埠。当然,可将气体导入埠 2202、2204 连接至适合的气体源,例如,气体储槽或气体供应系统(未图示)。混合腔室 2208 与气流通路 2212 连通,该气流通路 2212 与气体通道 2214 以及形成在阻碍板 2213 中的气体导入开口 2116 连通。阻碍板 2213 可为固定至顶部部分 2201 的分离部件,或阻碍板 2213 与顶部部分为一体成形。当然,可能采用其它设计,包括对于两种或更多种气体提供两组或更多组各自的开口 2216,使得在离开喷淋头之后进行气体混合。该板包括面 2203,开口 2216 形成穿过该面 2203。

[0240] 在操作中,可在腔室 2100 中执行循环氧化和/或氮化与蚀刻。一示例性的工艺包括:施加蚀刻等离子体至腔室 2100,该蚀刻等离子体形成在远程等离子体源 2192 中。可透过所示的喷管 2194 施加蚀刻等离子体产物,或经由导入埠 2202 施加等离子体产物。如上所述,在至少一部分的蚀刻工艺期间,期望将基板与材料表面维持在相对低温。例如,可在低温下执行部分的蚀刻工艺。蚀刻期间,期望将基板与材料表面维持在相对低温,例如,在约 20℃至约 60℃的范围中,小于约 50℃,具体为小于约 45℃,小于约 40℃,小于约 35℃。在一特定实施例中,于腔室 1800 中进行蚀刻期间,将温度维持在约 30+/- 约 5℃,以帮助凝结蚀刻剂以及帮助控制蚀刻反应的选择性。通过透过该板 2200 流动适当的冷却气体(例如,氦气)可将基板与材料表面的温度维持在低温。通过蚀刻移除膜或氧化物层可进一步包括:使用磁性耦接至基板支撑件 2104 的升降销 2144 和/或定子器件 2218 之一或两者,来移动将被处理的基板,使基板更接近该板 2200。

[0241] 为了升华在蚀刻期间所生成的膜或层,通过升降销或定子组件 2118 将基板移动远离该板 2200,启动辐射热源 2106 将进行蚀刻的基板与材料表面加热至高于约 100℃。在特定实施例中,将基板 2140 加热至至少约 140℃、至少约 150℃、至少约 160℃、至少约 170℃、至少约 180℃或至少约 140℃,以确保材料表面达到足以升华 SiO₂ 的温度。因此,在腔室 2100 中一非限制性、示例性的蚀刻工艺包括:施加氨(NH₃)或三氟化氮(NF₃)气体、或无水氟化氢(HF)气体混合物至远程等离子体源 2192,这些气体在低温下(例如,约 30℃)会凝结在 SiO₂ 上并且反应形成可在中等温度下(例如,大于 100℃)于腔室 2100 中被基本上升华的化合物,用以蚀刻 SiO₂。该升华完成对材料表面的蚀刻,且通过氛围控制系统 2164 和/或流动净化气体来移除副产物。期望将腔室壁的温度控制在基板支撑件与气体分配板的温度之间以避免蚀刻剂以及副产物凝结在腔室 2100 的壁上。

[0242] 可如下发生在基板材料表面上形成氧化物层。通过快速启动辐射热源 2106 来使用尖峰热氧化工艺,以形成氧化物层。在腔室 2100 中形成氧化物层的实施例中,氧化气体供应器 2196 将氧化气体透过入口直接流入腔室中。适当的氧化气体可包括氧气、臭氧、 H_2O 、 H_2O_2 中的一种或多种、或氮氧化物物种,例如, N_2O 、 NO 或 NO_2 。在适当的低压下将氮氧化物物种导入腔室中。接着,将腔室加热至适当温度,使得氧化物层生长在材料表面上。在一个或多个实施例中,将腔室温度加热至约 $200^{\circ}C$ 至约 $800^{\circ}C$ 的范围中。在特定实施例中,将腔室温度加热至约 $300^{\circ}C$ 至约 $400^{\circ}C$ 的范围中。如上述与图 3A-3C、5A-5E、7A-7D、8A-8B、10A-10D、11A-11C 有关的描述,为了促进在材料上的氧化反应,该材料将被处理以形成材料层。或者,通过远程等离子体源 2192 (或分离的远程等离子体源) 来完成氧化步骤,该远程等离子体源 2192 (或分离的远程等离子体源) 可供应氧化气体用于形成氧等离子体,接着该氧等离子体被输送至上述腔室中。在另一变化例中,可使用紫外线灯源使基板上的材料表面进行光化学氧化。适当的氧化气体可包括氧气、臭氧、 H_2O 、 H_2O_2 中的一种或多种、或氮氧化物物种,例如, N_2O 、 NO 或 NO_2 。

[0243] 在将材料层表面氧化形成氧化物层后,再次净化腔室 2100 以移除氧化气体以及氧化反应的副产物。可通过将不活跃气体流入腔室中和 / 或使用氛围控制系统 2164 来完成净化步骤。可在腔室中循环重复形成氧化物层、蚀刻 (通过等离子体与升华) 的步骤,直到氧化物层形成具有期望的材料厚度。示例性的器件与工艺程序与上述图 3A-3C、5A-5E、7A-7D、8A-8B、10A-10D、11A-11C 的内容有关,且可在上述的单一腔室 2100 中执行任何工艺。

[0244] 因此,总结上述,在腔室 2100 中可通过下述方法在材料表面上形成氧化物层:通过导入一种或多种的氧化气体至腔室中且加热材料表面、或通过将形成在远程等离子体源中的氧化等离子体导入且将氧化等离子体输送至支撑件上的基板。在腔室 2100 中示例性的且适当的压力在约 1mTorr 至约 10Torr 的范围。

[0245] 系统控制器可控制工艺,用以在腔室中执行完整的氧化和 / 或氮化与蚀刻步骤的工艺程序,且可在少于约 3 分钟内完成。在特定实施例中,可在少于约 2 分钟内于腔室中完成氧化和 / 或氮化与蚀刻步骤的完整工艺程序,以及在更特定实施例中,可在少于约 1 分钟内,例如 45 秒或 30 秒,于腔室中完成氧化和 / 或氮化与蚀刻步骤的完整工艺程序。

[0246] 可用于形成氧化物层与蚀刻 (通过等离子体与升华) 的替代性设备包括炉,该炉包括远程或局域等离子体源用于产生氧化等离子体与蚀刻等离子体,而该氧化物层与蚀刻的形成可循环重复直到氧化物层形成具有期望的材料厚度。因此,关于图 21 所述的腔室 2100 能被适当地配置的炉所置换,该炉循环地加热及冷却基板材料表面直到氧化物层形成具有期望的材料厚度。示例性的器件与工艺程序与上述图 3A-3C、5A-5E、7A-7D、8A-8B、10A-10D、11A-11C 的内容有关,且可在上述的单一腔室 1800 中执行任何工艺。

[0247] 因此,本发明的第一方面适用于处理基板的设备。本发明此方面的第一实施例提供用于处理基板的设备,该设备包括:工艺腔室,该工艺腔室中设置有基板支撑件用以支撑基板;温度控制系统,用以将设置在基板支撑件上的基板温度控制在低于约 $100^{\circ}C$ 的第一温度;气体源,该气体源与腔室流体连通,以至少输送含氧气体、不活跃气体以及蚀刻气体至工艺腔室中;等离子体源,该等离子体源与工艺腔室流体连通,用以激发含氧气体与蚀刻气体中的至少一种,而形成氧化等离子体或蚀刻等离子体中的至少一种;以及热源,用以将

基板加热至大于第一温度的第二温度。

[0248] 在第一实施例的一个变化例中,当基板温度在第一温度且输送氧化气体中的一种时,将腔室配置为输送蚀刻气体与蚀刻等离子体之一至工艺腔室中。在另一变化例中,第二温度在约 200℃至 1000℃的范围中。在又另一变化例中,将腔室配置为在基板的材料层上执行蚀刻工艺,且在第一温度下执行至少一部分的蚀刻工艺。

[0249] 在第一实施例的又另一变化例中,该蚀刻工艺包括干式蚀刻工艺,且该蚀刻气体包括含氟气体。该第一实施例可包括与等离子体源连通的气体源,该气体源进一步包括氮气。在第一实施例的一个变化例中,该蚀刻气体与等离子体源流体连通,以形成蚀刻等离子体。

[0250] 在第一实施例的另一变化例中,温度控制系统包括冷却系统,用以在低于约 50℃的温度下执行至少一部分的蚀刻工艺。更特定而言,配置该冷却系统,用以将基板温度降低至约 25℃至约 35℃的范围中。在第一实施例的一特定变化例中,将该设备配置为以少于约 3 分钟在第一温度与第二温度中循环。

[0251] 在第一实施例的另一特定变化例中,将该设备配置为将基板上的材料层塑形,该材料层具有一期望形状,该期望形状在接近该期望形状的底面具有第一宽度,接近该期望形状的顶部具有第二宽度,该第一宽度基本上等于第二宽度,其中该期望形状的第一与第二宽度介于约 1 至约 30 纳米。可配置该设备以形成包括浮置栅极的材料层。可配置该设备,用以在材料层上循环执行蚀刻工艺与氧化工艺。

[0252] 在第一实施例的一个或多个变化例中,氧化工艺包括快速热氧化、辐射氧化、等离子体氧化、化学氧化或光化学氧化,且蚀刻工艺包括以下至少一种:湿式或干式化学蚀刻、反应性离子蚀刻或等离子体蚀刻。

[0253] 本发明的第二方面适用于塑形基板上的材料层的方法,该方法包括:(a) 在工艺腔室中处理材料层表面以形成含氧化物层或含氮化物层;(b) 终止含氧化物层或含氮化物层的形成;(c) 在与(a)相同的工艺腔室中,通过蚀刻工艺移除至少一些的含氧化物层或含氮化物层;以及(d) 在相同工艺腔室中重复(a)至(c),直到材料层形成期望的形状。在该方法的一变化例中,以一起始速率执行(a)且(a)包括氧化工艺;当氧化速率低于起始速率的约 90%时,终止(b)。

[0254] 在该方法的另一变化例中,通过湿式或干式快速热氧化、辐射氧化、等离子体氧化、湿式或干式化学氧化或光化学氧化中的至少一种来执行材料层的氧化,以形成氧化物层。

[0255] 在该方法的另一变化例中,蚀刻工艺包括湿式或干式化学蚀刻、反应性离子蚀刻或等离子体蚀刻中的至少一种。在该方法的又另一变化例中,将该材料层形成为期望形状,该期望形状在接近该期望形状底面具有第一宽度,接近该期望形状的顶部具有第二宽度,该第一宽度基本上等于第二宽度。在该方法的另一变化例中,该期望形状具有介于约 0.5 至约 20nm 的深宽比。更特定而言,该期望形状的第一与第二宽度介于约 1 至约 30 纳米。更特定而言,该期望形状的高度介于约 1 至约 30 纳米。该材料层包括浮置栅极。

[0256] 用于在材料层上执行循环氧化与蚀刻工艺的设备的第二实施例,该设备包括:工艺腔室,该工艺腔室具有多个壁,该壁界定工艺腔室中的处理区域,该工艺腔室包括基板支撑件,用以将具有材料层的基板固定在处理区域中;含氧气体供应器、不活跃气体供应器

以及蚀刻气体供应器,所述含氧气体供应器、不活跃气体供应器以及蚀刻气体供应器与工艺腔室流体连通,用以将含氧气体、不活跃气体与蚀刻气体输送至工艺腔室中;等离子体源,用以在腔室内侧的等离子体产生区中形成等离子体,且激发含氧气体与蚀刻气体中的至少一种,用以形成氧等离子体与蚀刻等离子体中的至少一种,而接触该材料层;加热系统,用以将腔室中的基板加热至大于约 100℃的第一温度;冷却系统,用以将腔室中的基板冷却至低于第一温度的第二温度;以及控制系统,用以将腔室中的基板于第一温度与第二温度之间循环。在第二实施例的一变化例中,配置该控制系统、加热系统与冷却系统于第一温度与第二温度之间循环少于约 3 分钟的时间段。

[0257] 在第二实施例的另一变化例中,冷却系统包括基板支撑件,该基板支撑件包括通路,用于允许冷却介质流动穿过该通路。在第二实施例的另一变化例中,冷却系统包括喷淋头,该喷淋头设置在腔室中与基板支撑件相邻,该喷淋头与冷却流体连通。

[0258] 在第二实施例的另一变化例中,加热系统包括光源与电阻式加热器中的至少一种。在一个变化例中,将电阻式加热器设置在基板支撑件中。或者,将电阻式加热器设置在喷淋头中。在第二实施例的另一变化例中,加热系统包括设置该光源,使得由光源所发射的能量以一入射角接触该材料表面,且该入射角使得被处理的材料的吸收最佳化。在一特定配置中,对于将被处理的材料而言,该入射角为布鲁斯特角度。

[0259] 在第二实施例的一个特定配置中,工艺腔室具有顶棚等离子体源,该顶棚等离子体源包括功率施加器,该功率施加器包括设置在顶棚上方的线圈,该线圈透过阻抗匹配网络耦接至电源,用以在等离子体产生区中产生等离子体。在另一变化例中,蚀刻气体包括含氟气体,且该腔室进一步包括与等离子体源连通的氮气源。

[0260] 用于在材料层上执行循环氧化与蚀刻工艺的设备的第三实施例中,该设备包括:工艺腔室,腔室主体,该腔室主体包括多个壁,该壁界定工艺腔室中的处理区域,该工艺腔室包括基板支撑件,用以将具有材料层的基板固定在处理区域中;盖组件,该盖组件设置在腔室主体的上表面,盖组件包括第一电极与第二电极,在该第一电极与第二电极之间界定等离子体腔,其中第二电极被加热并且配置第二电极加热该基板;含氧气体供应器、不活跃气体供应器以及蚀刻气体供应器,所述含氧气体供应器、不活跃气体供应器以及蚀刻气体供应器与工艺腔室和盖组件的至少之一流体连通,用以将含氧气体、不活跃气体与蚀刻气体输送至工艺腔室与盖组件之一中;加热系统,用以将腔室中的基板加热至大于约 100℃的第一温度;冷却系统,用以将腔室中的基板冷却至低于第一温度的第二温度;以及控制系统,用以将腔室中的基板于第一温度与第二温度之间循环。

[0261] 在第三实施例的一个变化例中,该氧化气体与盖组件流体连通,以形成氧化等离子体来处理材料层。在第三实施例的另一变化例中,该蚀刻气体与盖组件流体连通,以形成蚀刻等离子体来处理材料层。在特定变化例中,蚀刻气体包括含氟气体。在一个特定实施例中,蚀刻气体包括氨以及 NH_3NF_3 气体以及无水氟化氢 (HF) 中的一种或多种。

[0262] 在第三实施例的一个配置中,该基板支撑件适用于在腔室主体中垂直移动,用以在氧化工艺期间将基板定位在接近第二电极的加热位置中,而在蚀刻工艺期间将基板定位在远离第二电极的蚀刻位置中。在第三实施例的特定配置中,基板支撑件包括接收表面,该接收表面适用于将基板支撑在接收表面上,其中将该接收表面设置在轴件上方,该轴件耦接至升降机构。在一个实例中,该升降机构适用于在腔室主体中垂直移动该接收表面,用以

在氧化工艺期间将基板定位在接近第二电极的加热位置中,而在蚀刻工艺期间将基板定位在远离第二电极的蚀刻位置中。

[0263] 在第三实施例的另一变化例中,基板支撑件组件包括一个或多个的气体通路,该气体通路与接收表面在该气体通路的一端流体连通,并且在该气体通路的第二末端与净化气体源或真空源流体连通。在另一变化例中,接收表面包括一个或多个凹陷通道,该凹陷通道形成在该接收表面的上表面。

[0264] 在第三实施例的另一变化例中,轴件包括一个或多个嵌入式气体导管,该气体导管适用于输送一种或多种流体至该气体通路。在一实例中,该一个或多个嵌入式导管适用于输送加热介质至该一个或多个流体通道。该一个或多个嵌入式导管适用于输送冷却剂至该一个或多个流体通道。

[0265] 在第三实施例的特定变化例中,将控制系统、加热系统以及冷却系统配置为在第一温度与第二温度之间循环少于 3 分钟的时间周期。

[0266] 在第三实施例的另一变化例中,冷却系统包括喷淋头,将该喷淋头设置在腔室中接近基板支撑件处,该喷淋头与冷却流体连通。在第三实施例的又一变化例中,加热系统包括光源与电阻式加热器至少之一。

[0267] 在包括电阻式加热器的实施例中,可将电阻式加热器设置在基板支撑件中和 / 或喷淋头中。第三实施例的加热系统可包括光源,设置该光源使得由光源所发射的光能可以一入射角与基板表面接触,该入射角使由被处理的材料的吸收最佳化。对于被处理的材料来说,在一特定变化例中的入射角为布鲁斯特角度。

[0268] 用于在材料层上执行循环氧化与蚀刻工艺的设备的另一实施例包括:工艺腔室,具有多个壁,该壁于该工艺腔室中界定处理区域,该工艺腔室包括基板支撑件,用以将基板固定在处理区域中,该基板具有材料层;含氧气体供应器、不活跃气体供应器以及蚀刻气体供应器,所述含氧气体供应器、不活跃气体供应器以及蚀刻气体供应器与工艺腔室流体连通用以输送含氧气体、不活跃气体与蚀刻气体至工艺腔室中;远程等离子体源,与该工艺腔室以及蚀刻气体流体连通,用以在远离腔室处形成蚀刻等离子体,且通过导管将蚀刻等离子体输送至腔室中;加热系统,用以将腔室中的基板加热至高于约 100°C 的第一温度;冷却系统,用以将腔室中的基板冷却至低于第一温度的第二温度;以及控制系统,用以将腔室中的基板在第一温度与第二温度之间循环。

[0269] 在第四实施例的一个变化例中,将该设备配置为基本上仅通过热氧化来进行氧化工艺。在第三实施例的特定变化例中,将该设备配置为通过快速热氧化工艺来进行氧化。在第四实施例的另一特定变化例中,加热系统包括快速热处理腔室,该快速热处理腔室包括辐射热源以及反射板,其中将该基板支撑件设置在反射板与辐射热源之间。

[0270] 在第四实施例的一个变化例中,远程等离子体源与包括含氟气体的蚀刻气体流体连通。在第四实施例的另一变化例中,该腔室包括至少一个延长喷管,用以输送蚀刻等离子体产物至腔室中。该腔室可包括多个延长喷管,该多个延长喷管于腔室周围发射状设置,用以输送蚀刻等离子体产物至腔室中。

[0271] 在第四实施例的另一变化例中,冷却系统包括反射板,该反射板整合有气体分配出口用以在基板上均匀分配气体,而允许快速且受控地加热与冷却基板。在第四实施例的又一变化例中,该设备包括升降销,用以选择性地接触并支撑该基板,而将该基板移动朝向

反射板以及移动远离反射板。在第四实施例的另一变化例中,该设备包括定子组件件,该定子组件耦接至基板支撑件,用以将被处理的基板移动朝向该板以及移动远离该板。该定子组件可磁性耦接至基板支撑件。

[0272] 在第四实施例的特定配置中,该定子组件与该升降销的至少之一与冷却系统互相配合,用以将基板支撑件移动接近该反射板,而冷却该基板。

[0273] 在第四实施例的另一特定配置中,配置该控制系统、该加热系统与该冷却系统使在第一温度与第二温度之间循环少于约 3 分钟的时间段。在又一变化例中,将该设备配置为通过光化学氧化来进行氧化工艺。

[0274] 因此,在此描述适用于窄间距应用的半导体器件以及制造该半导体器件的方法。在此所描述的设备可用于制造具有浮置栅极配置的半导体器件,该浮置栅极配置适用于窄间距应用,例如在 32nm 或更小的器件节点。示例性器件节点为小于或等于约 30nm、小于或等于约 25nm、小于或等于约 20nm、小于或等于约 15nm、小于或等于约 13nm。此半导体器件包括,例如,NAND 与 NOR 闪存器件。在此所提供的浮置栅极配置有益地提供数种半导体器件,该半导体器件具有在浮置栅极与控制栅极之间维持的或经改善的侧壁电容,以及在此器件中的相邻浮置栅极之间减少的干扰或噪声。

[0275] 此外,用于执行在此所揭露的方法的设备可有益地形成半导体器件同时限制非期望的工艺,例如,氧扩散,举例来说,氧扩散会增厚本发明器件的穿隧氧化物层。该方法可有益地应用在其它器件或结构的制造上,例如 FinFET 器件或硬掩模结构,以克服传统微影图案化所造成的临界尺寸限制。

[0276] 虽然上述内容是有关于本发明的实施例,但在不偏离本发明的基本范围下,可产生其它以及更进一步的实施例。

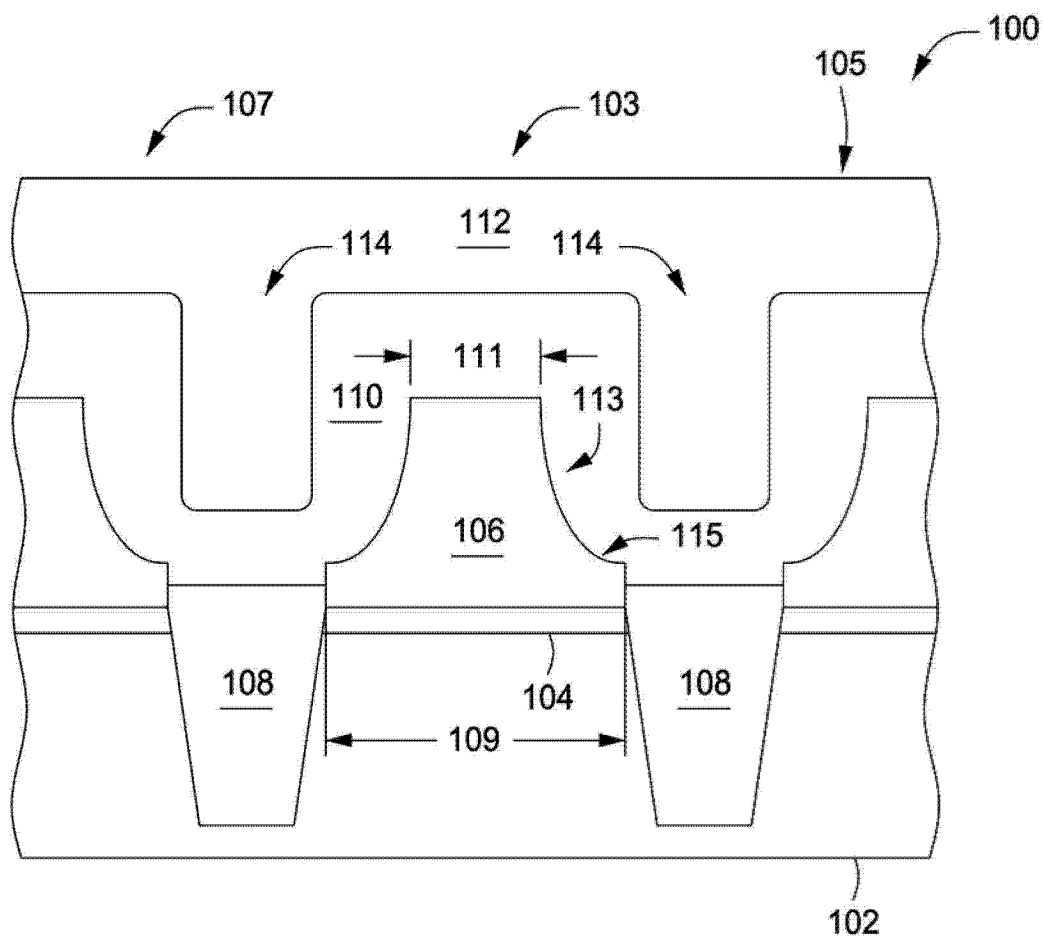


图 1

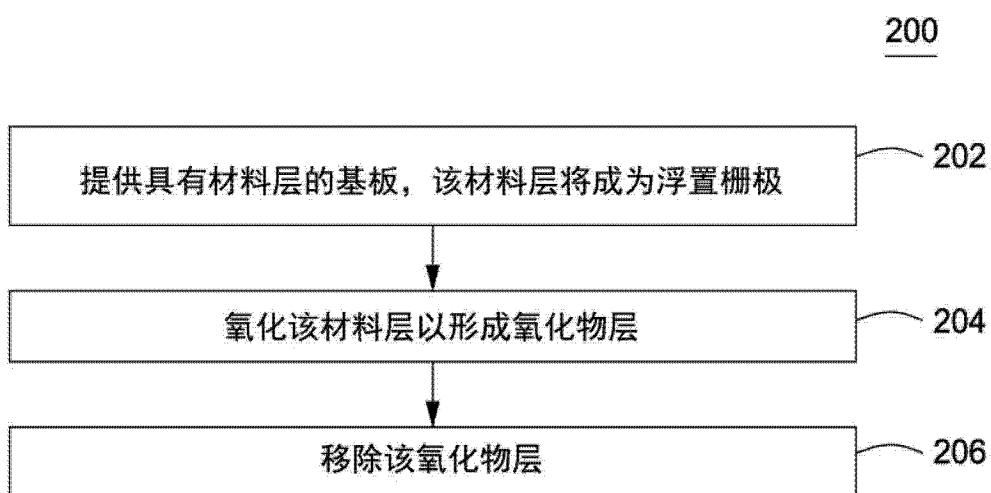


图 2

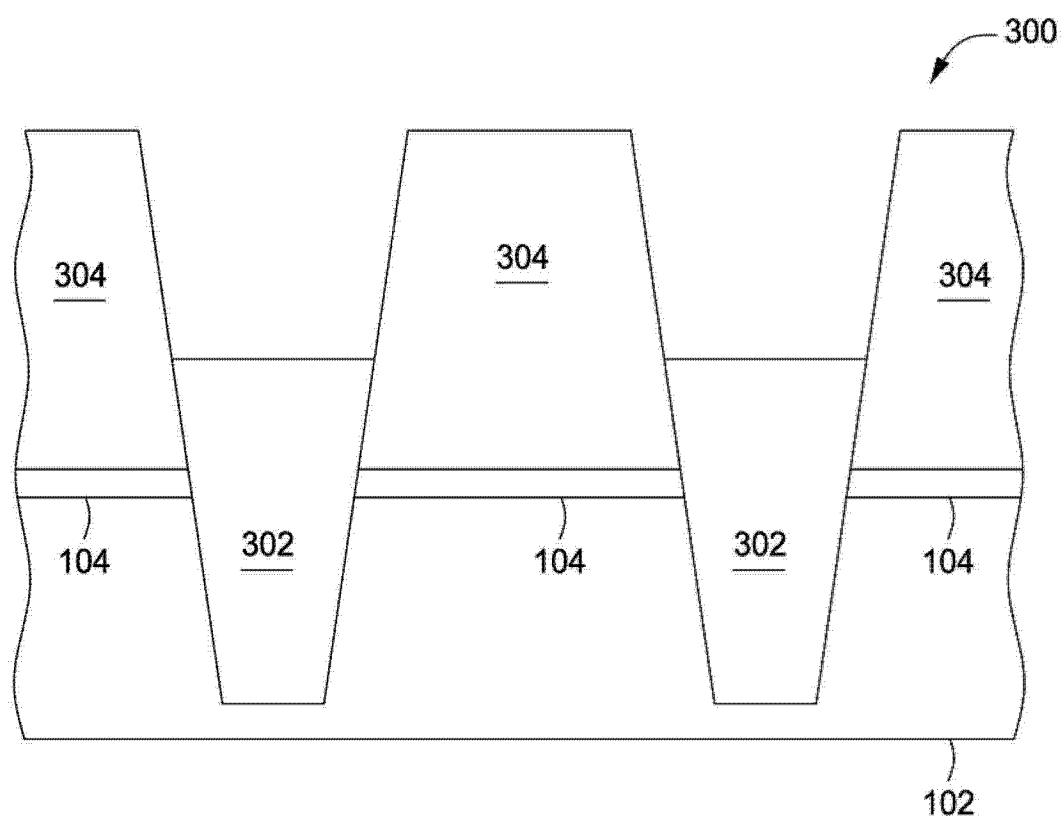


图 3A

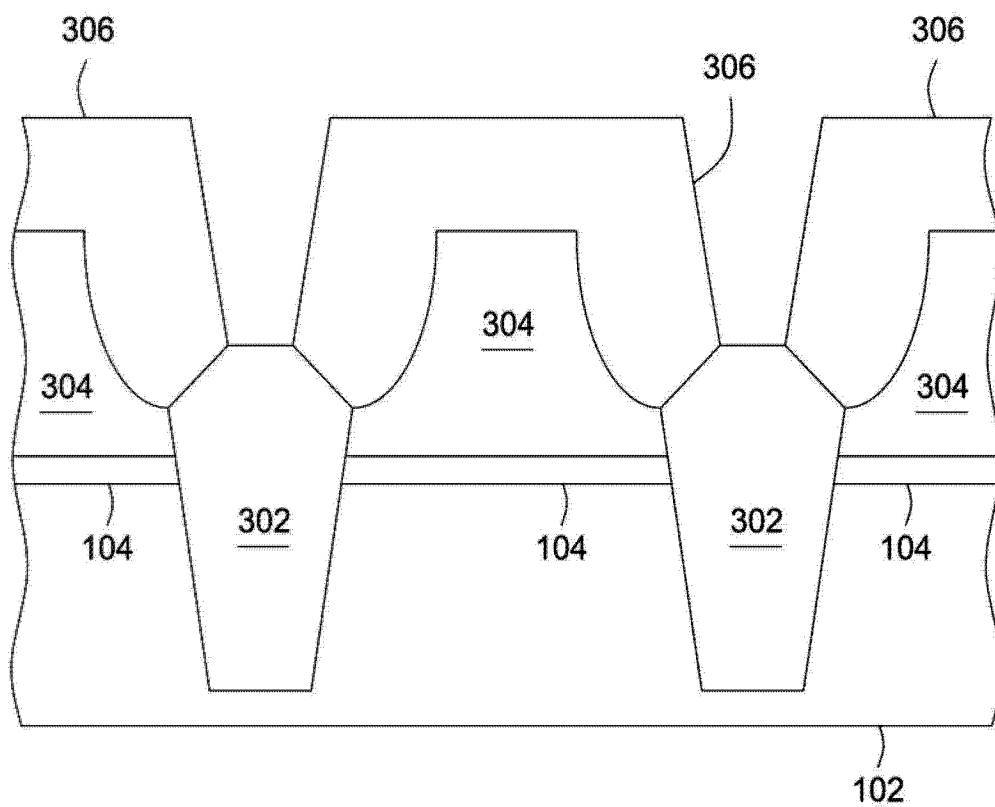


图 3B

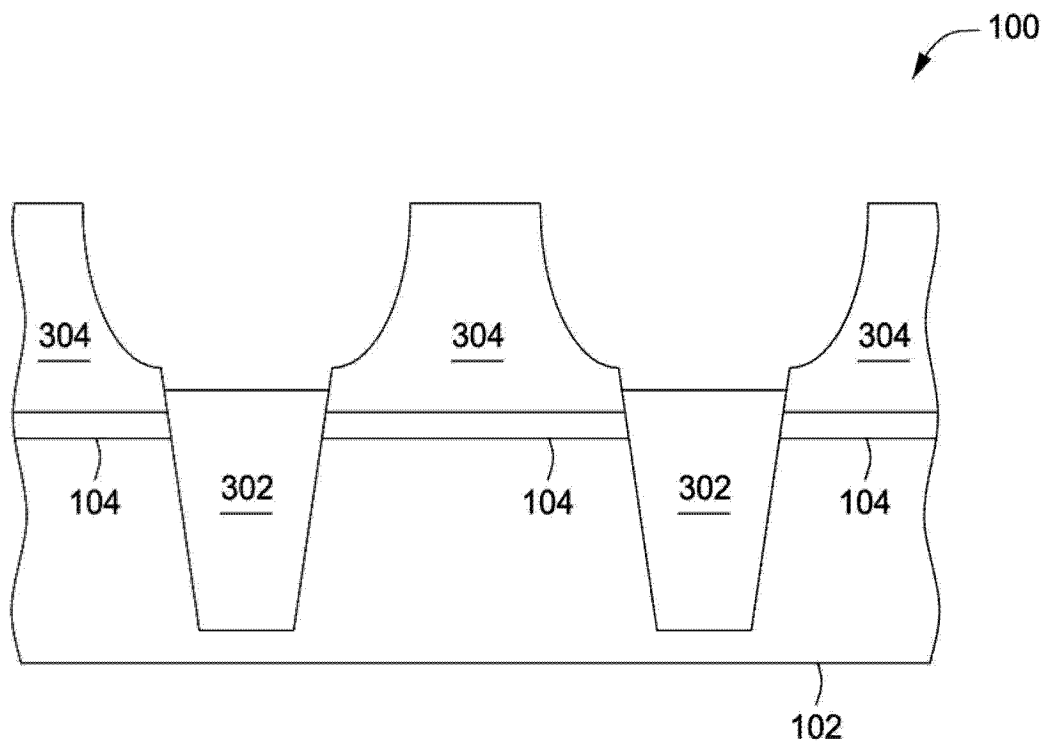


图 3C

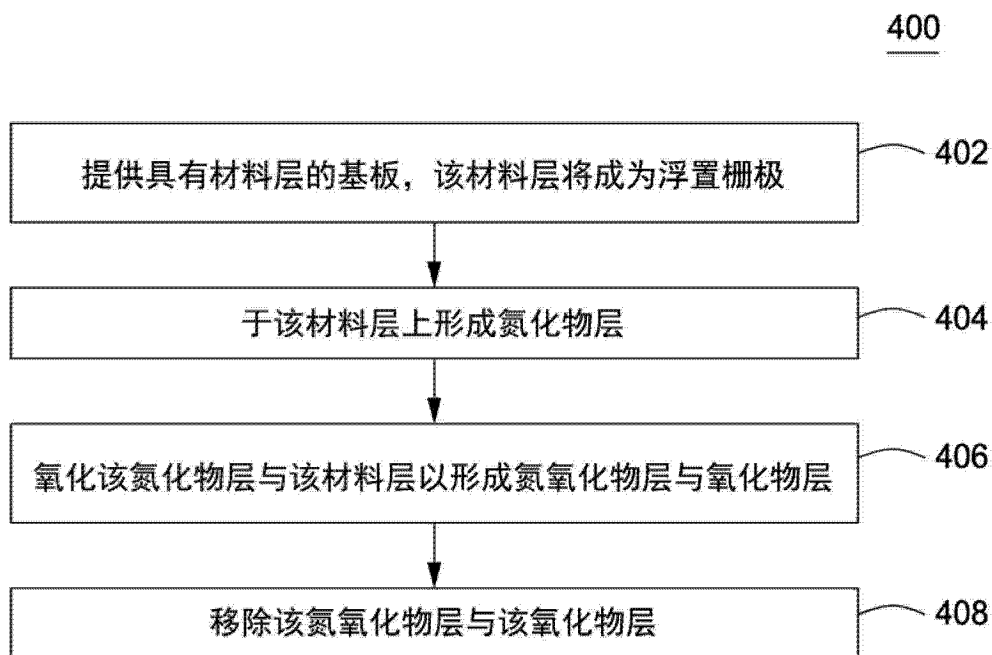


图 4

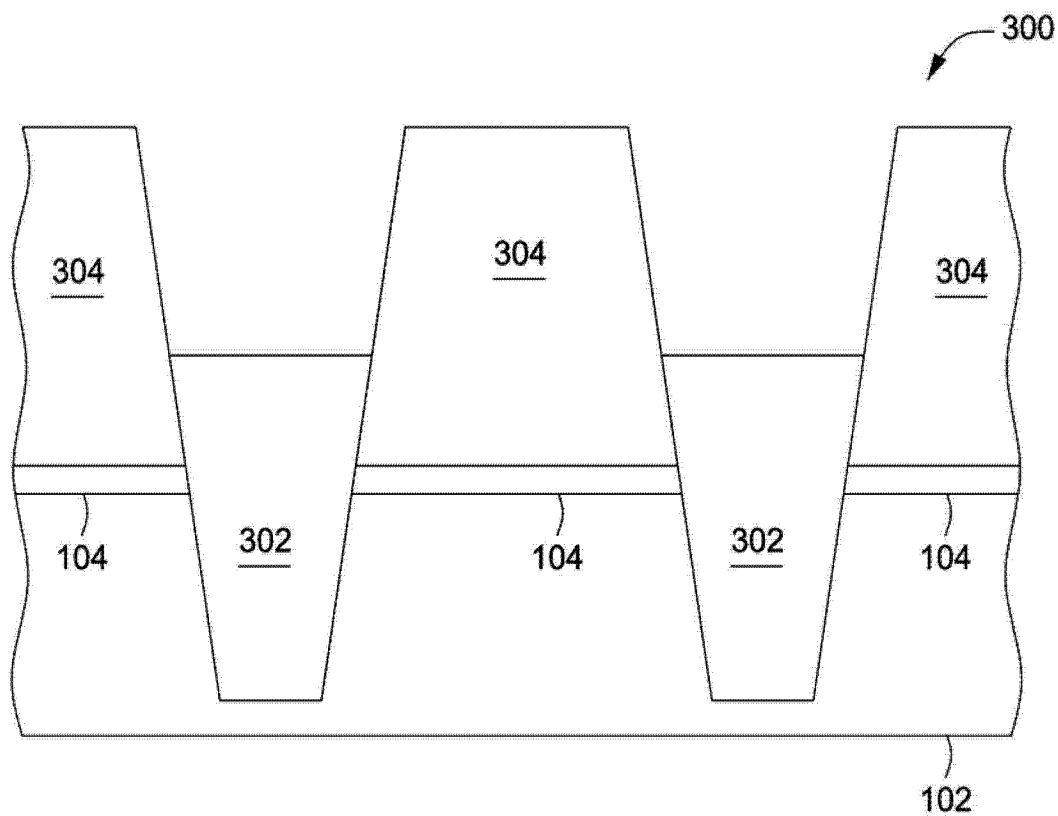


图 5A

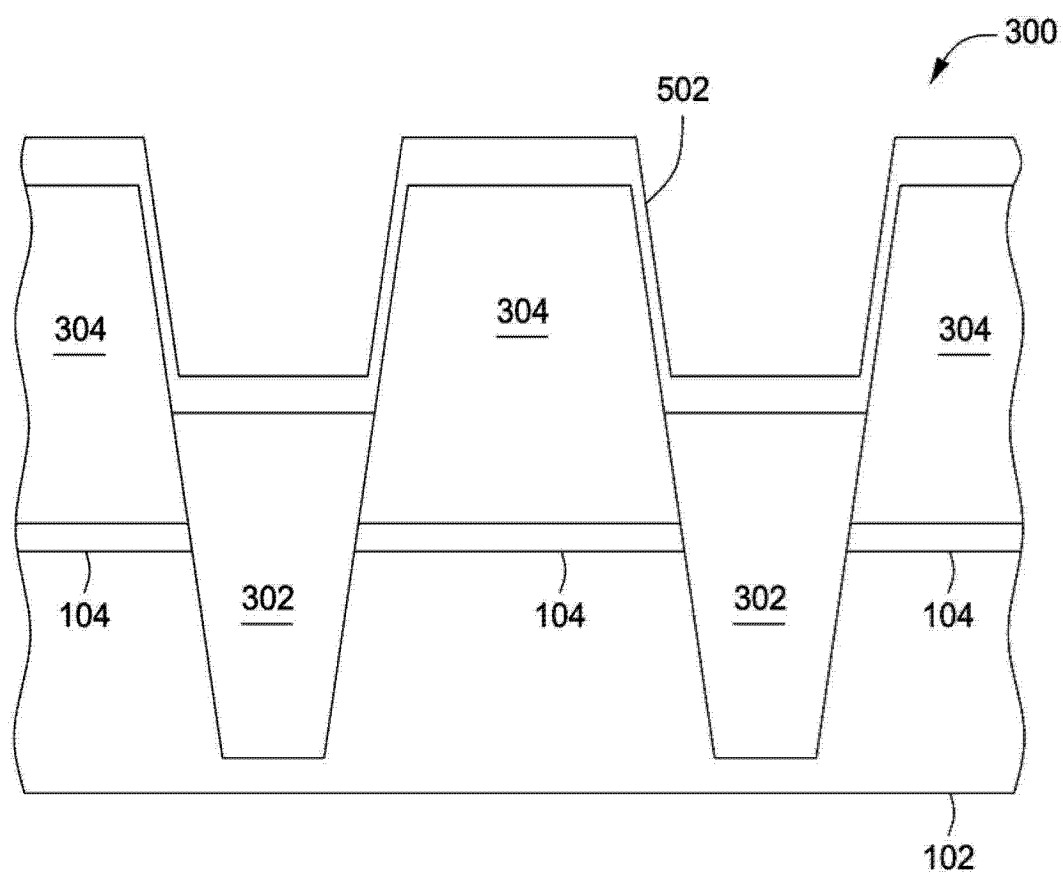


图 5B

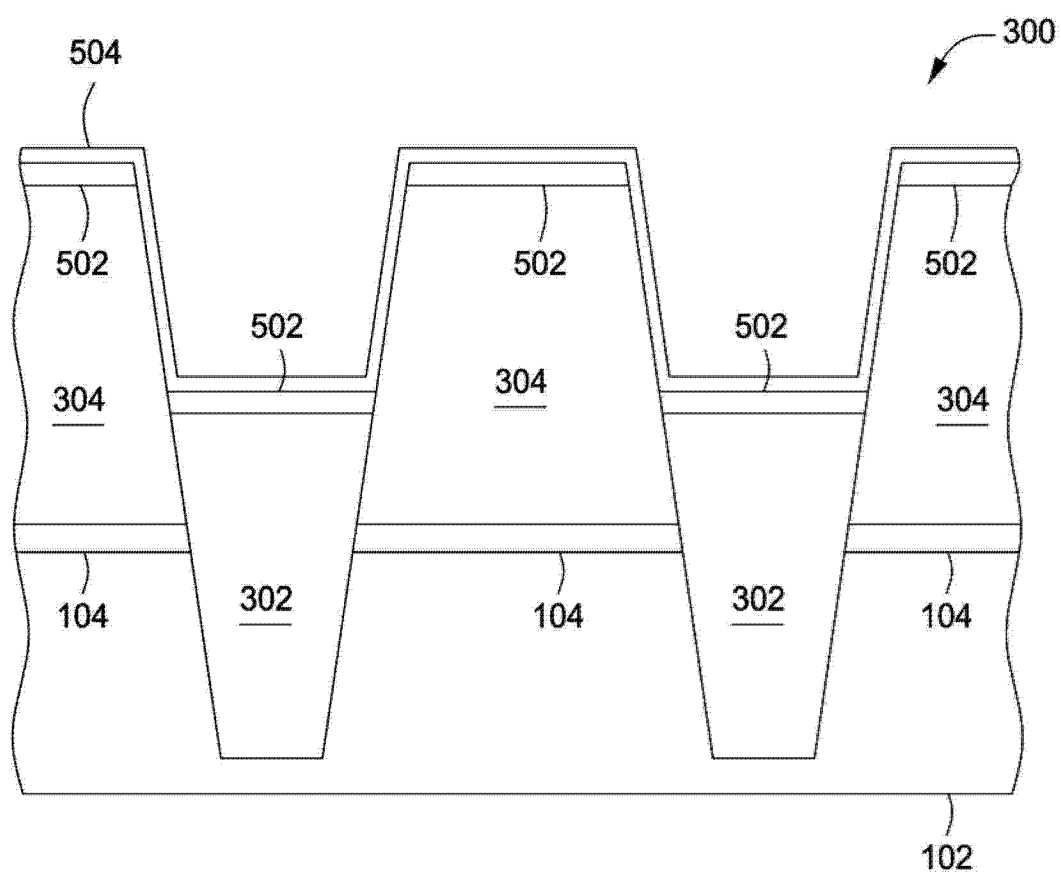


图 5C

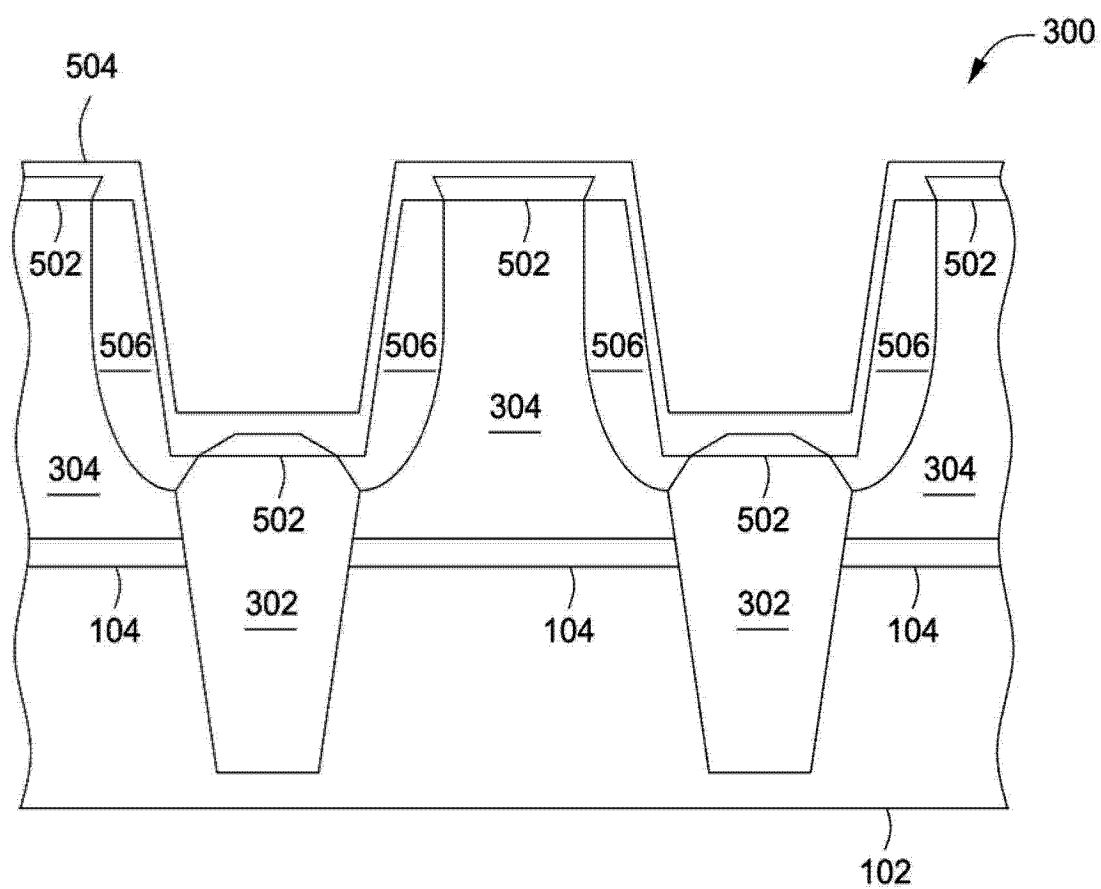


图 5D

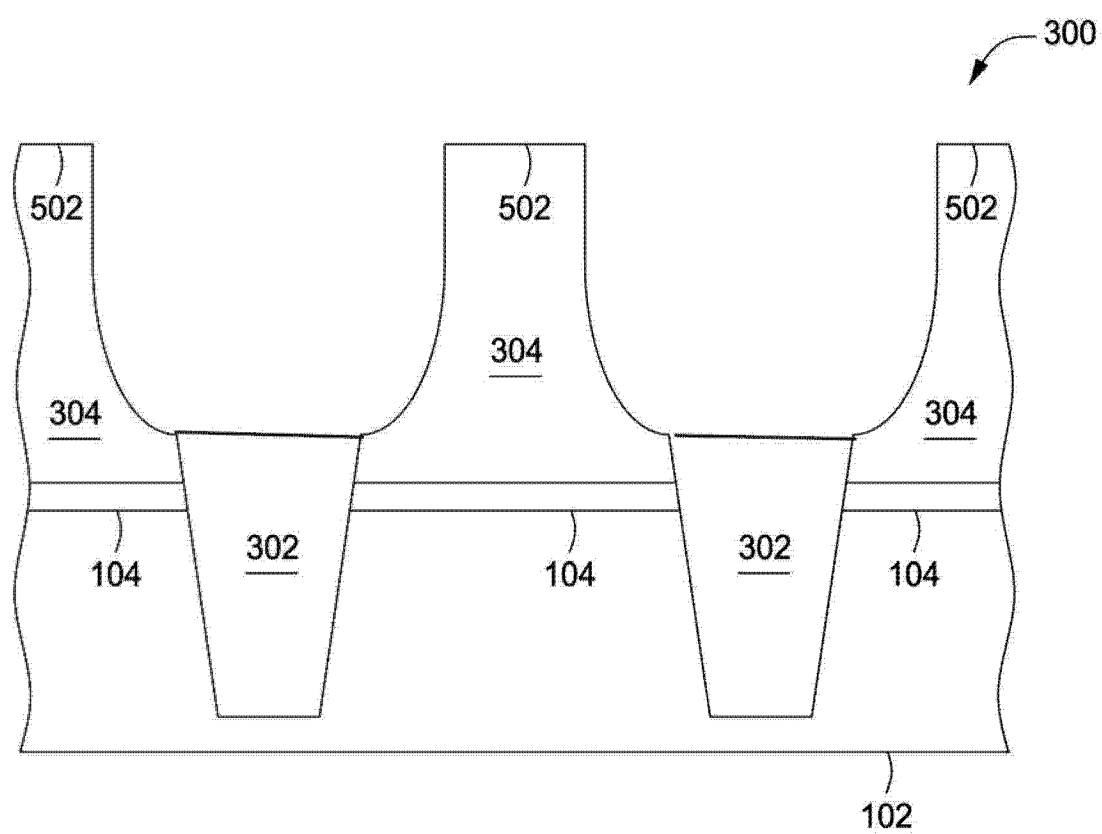


图 5E

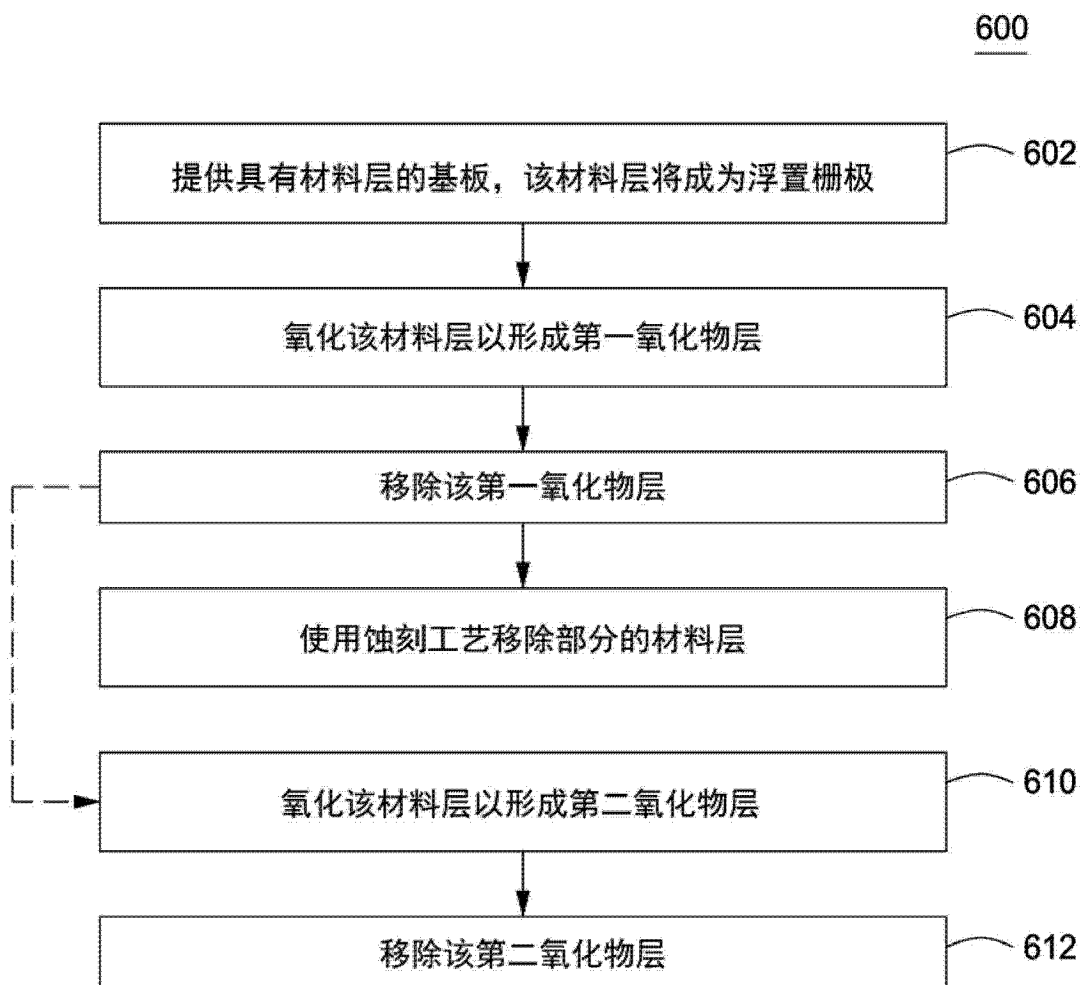


图 6

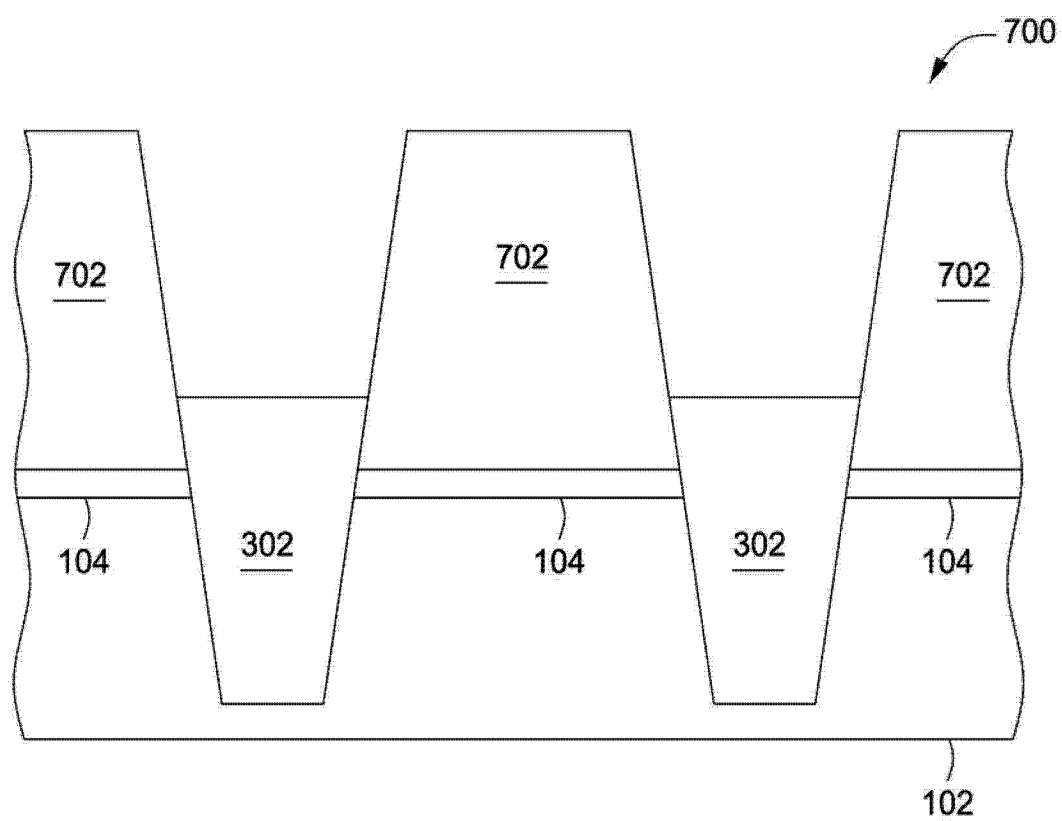


图 7A

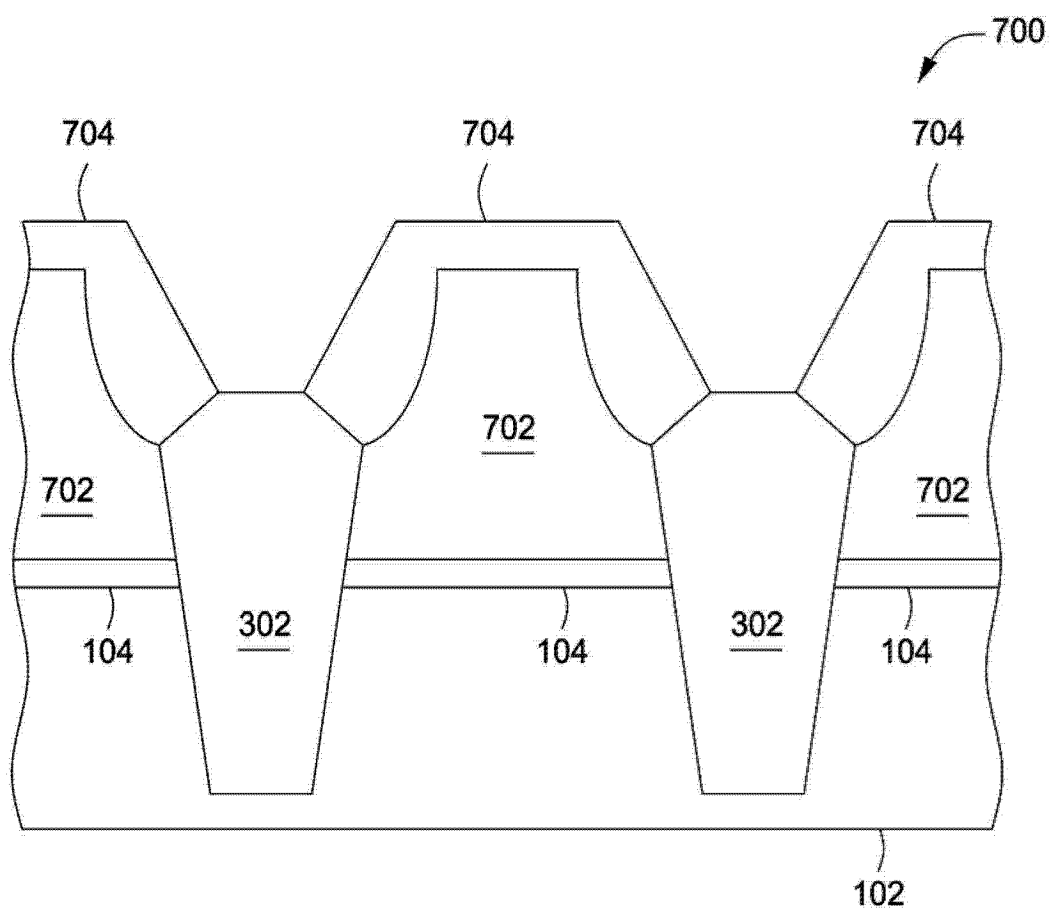


图 7B

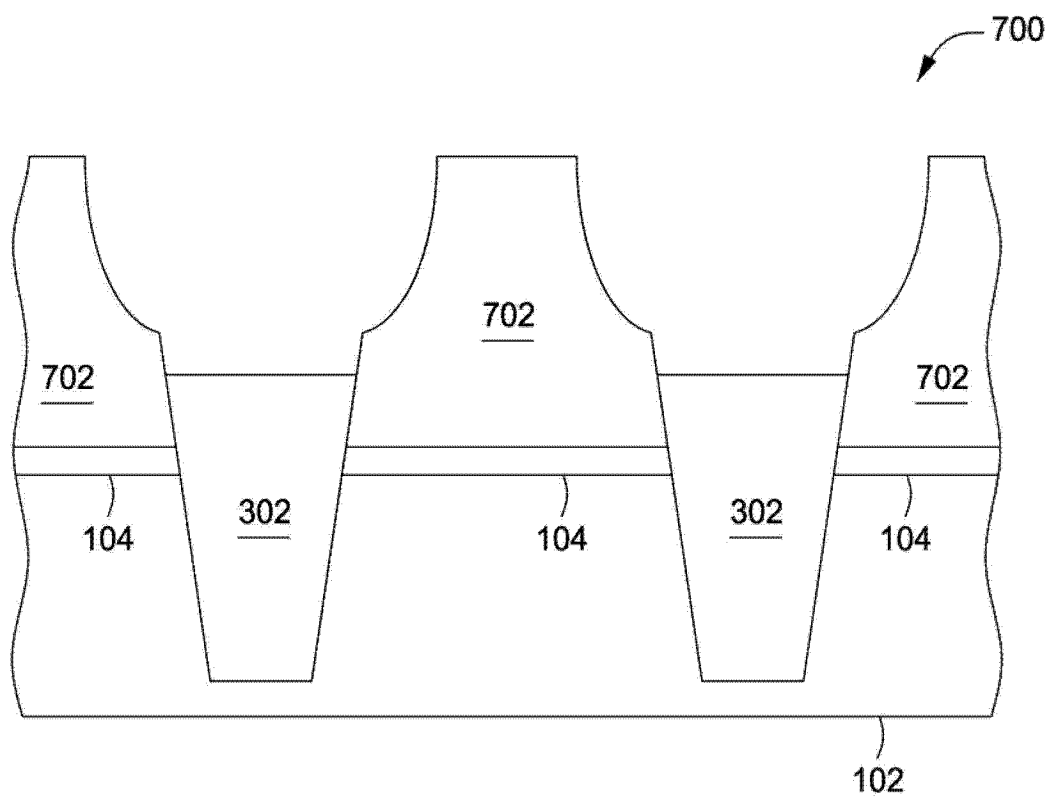


图 7C

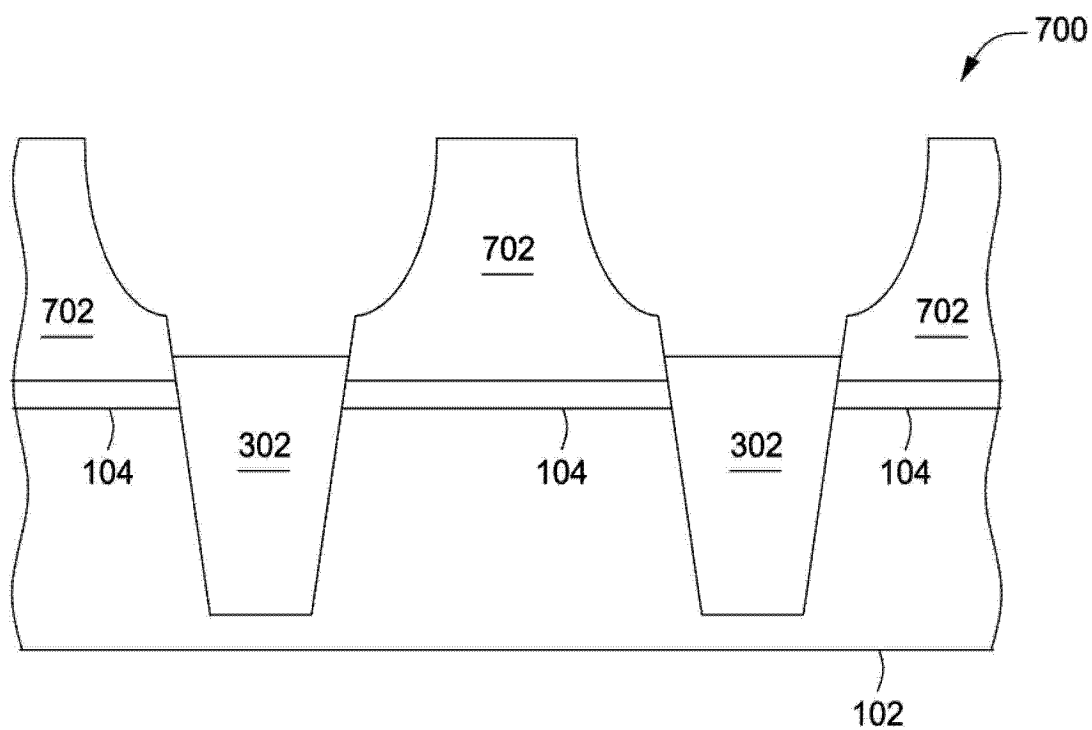


图 7D

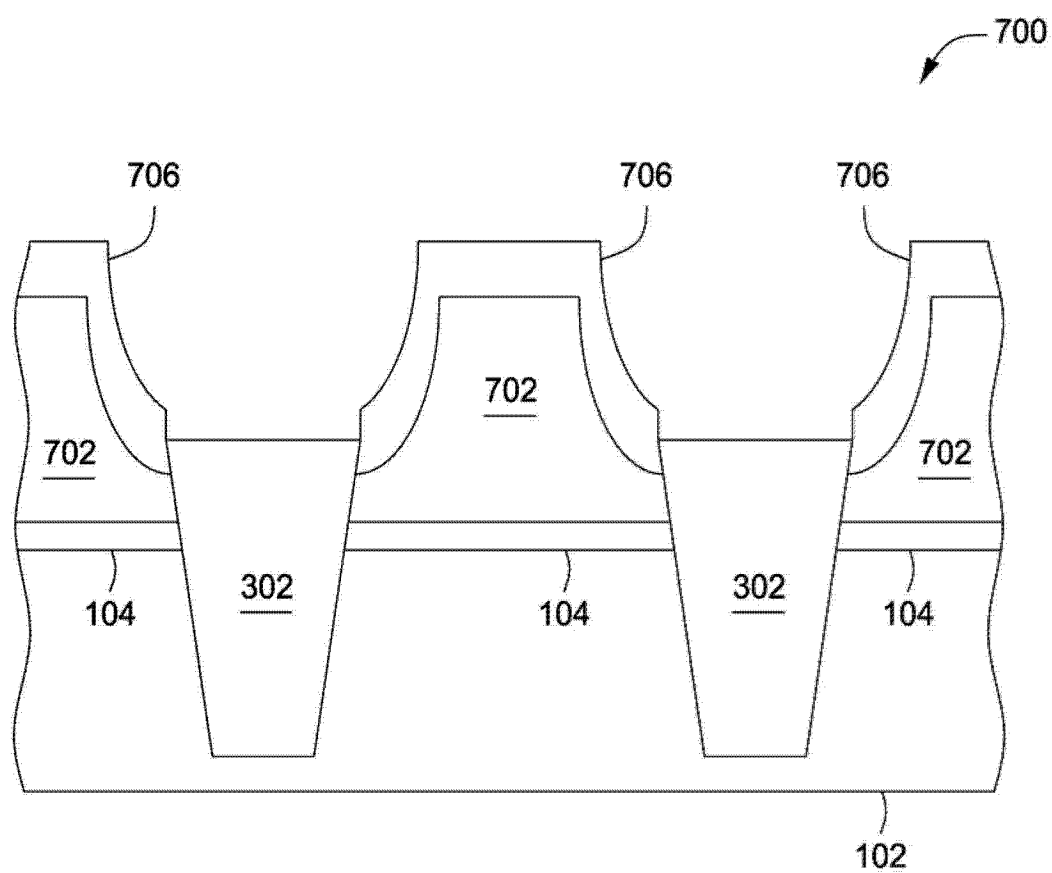


图 8A

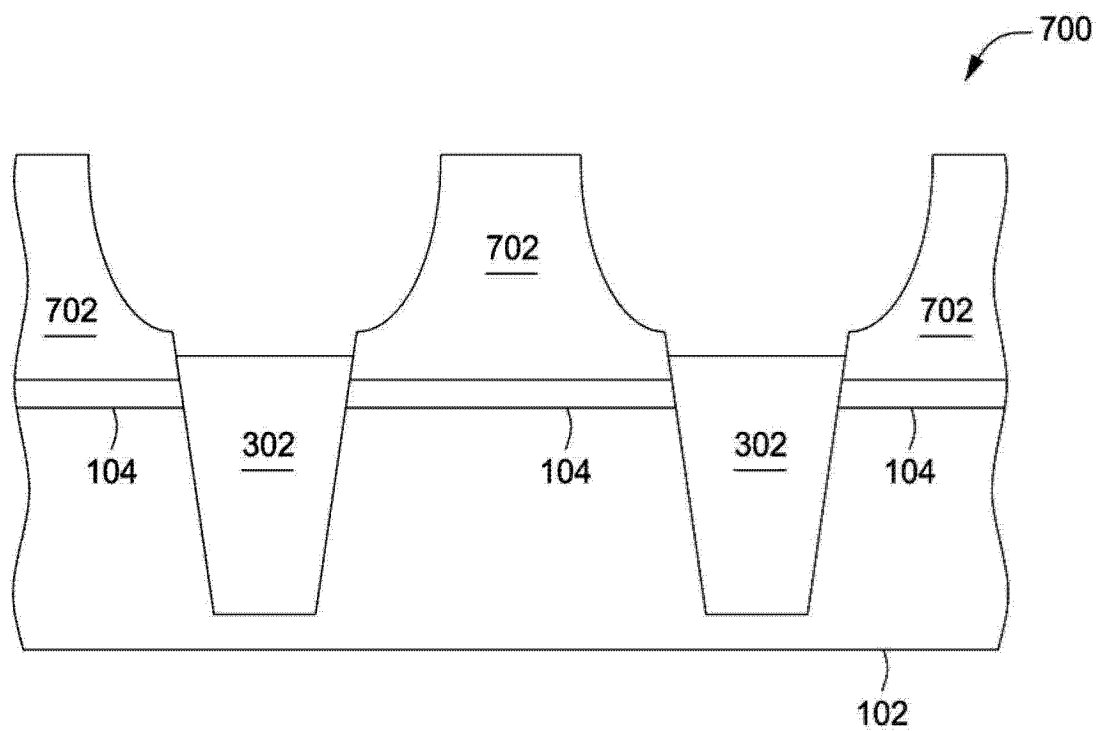


图 8B

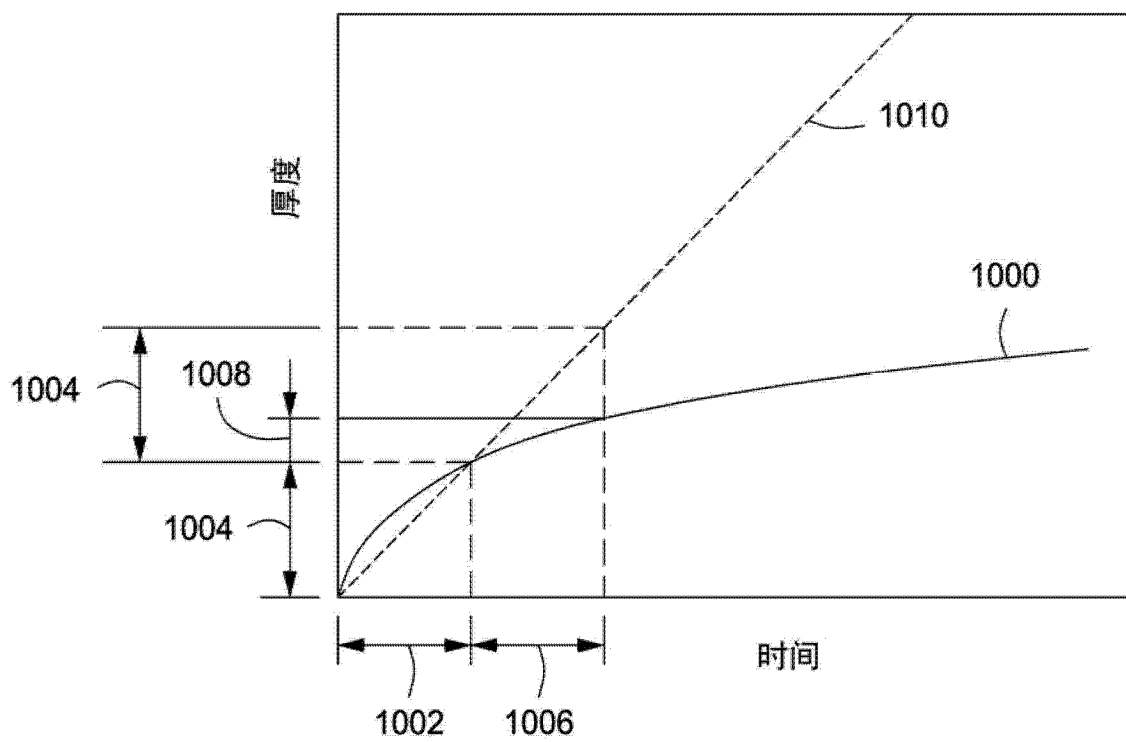


图 9

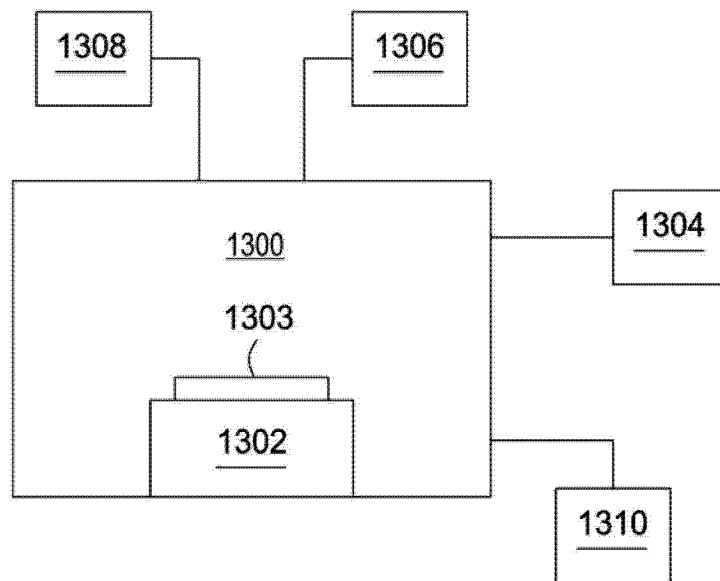


图 12

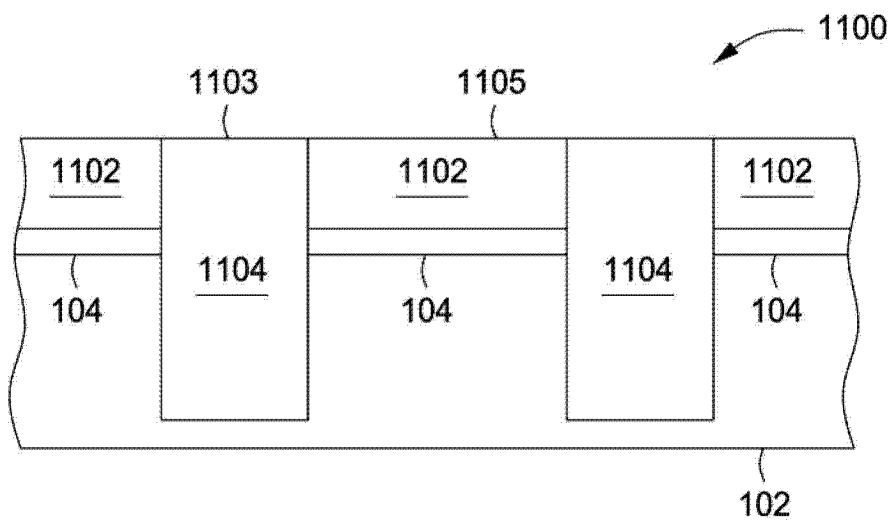


图 10A

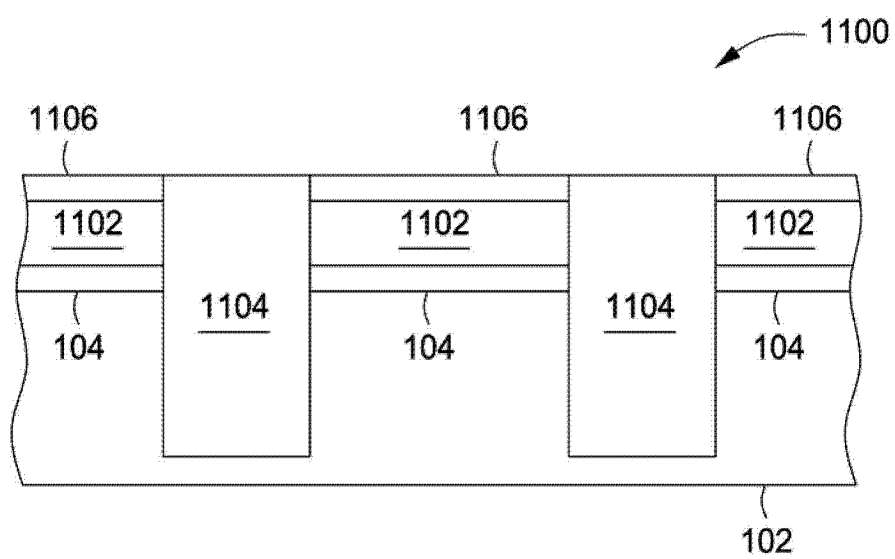


图 10B

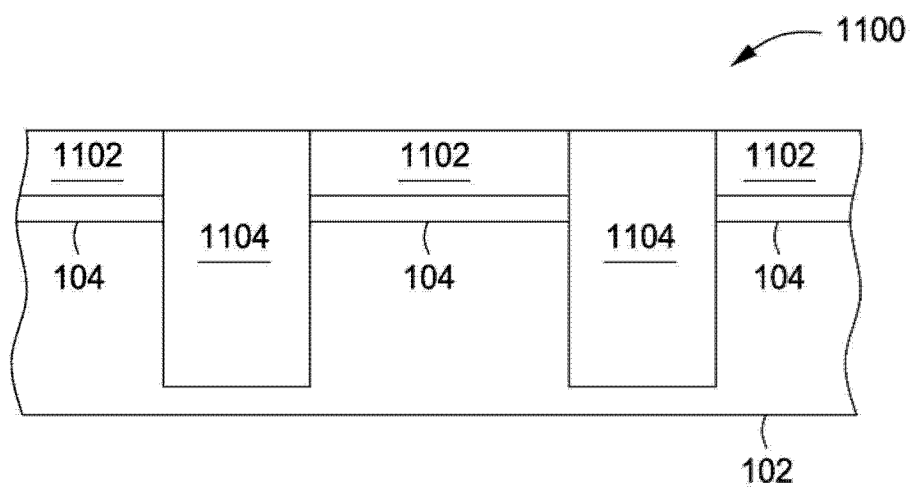


图 10C

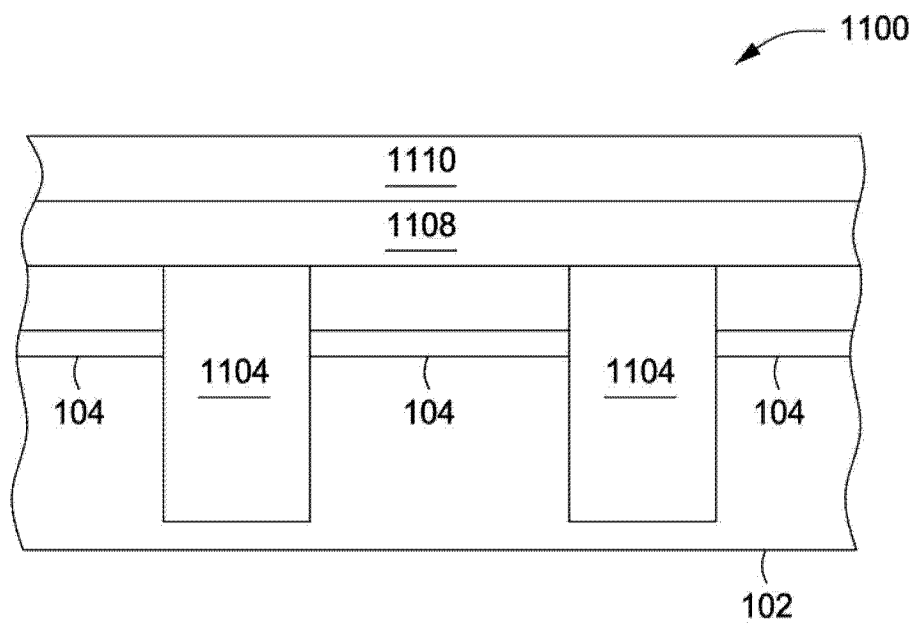


图 10D

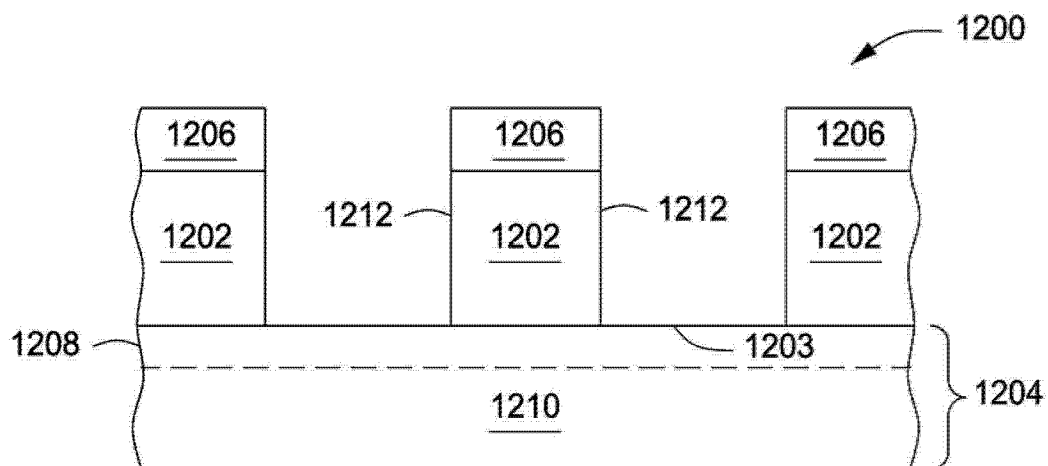


图 11A

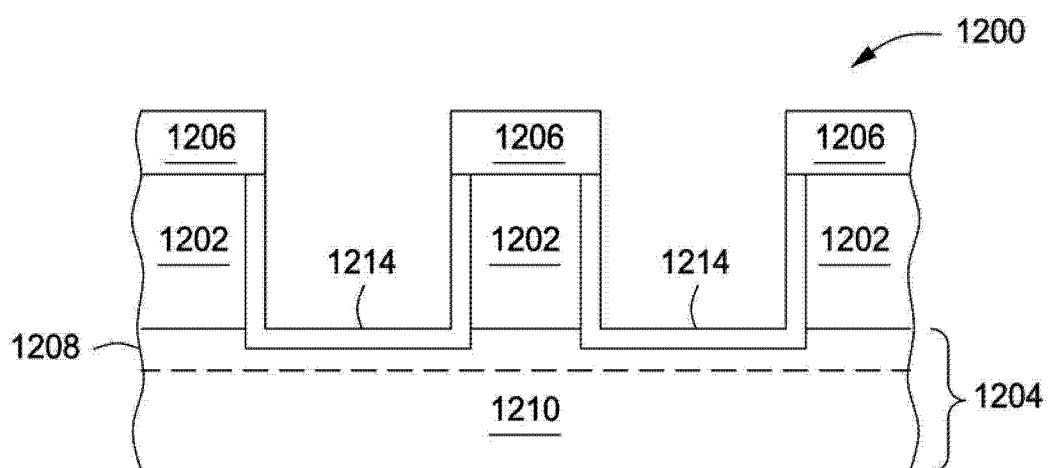


图 11B

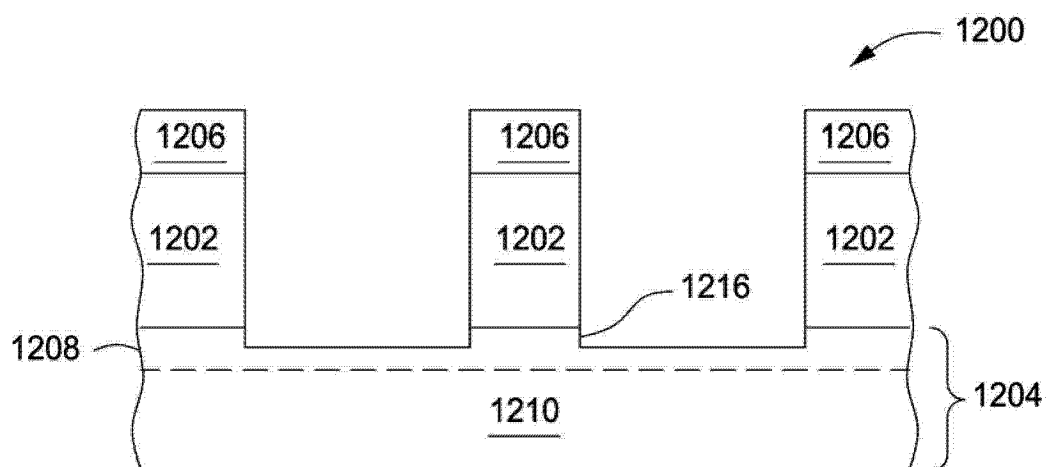


图 11C

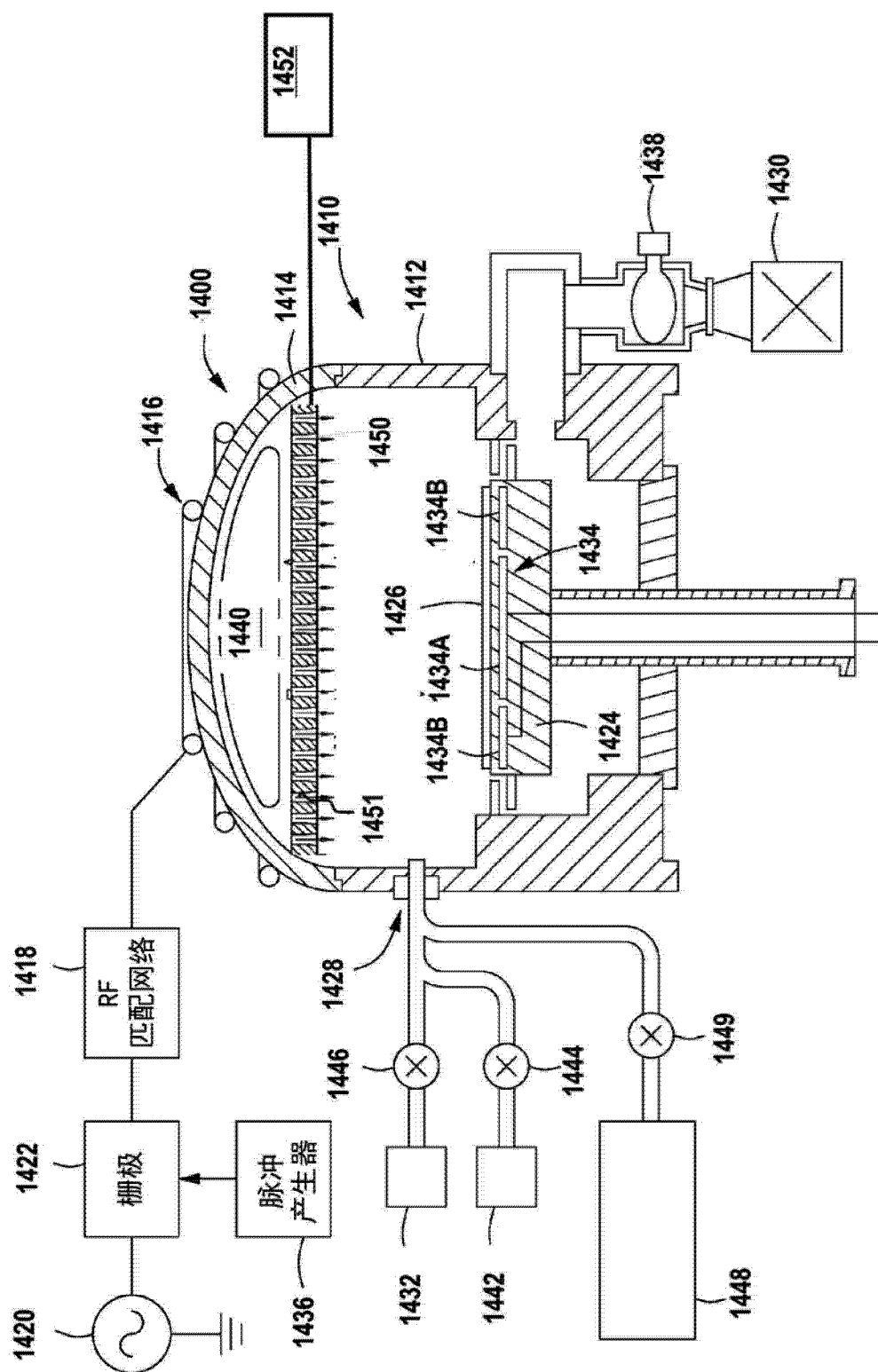


图 13A

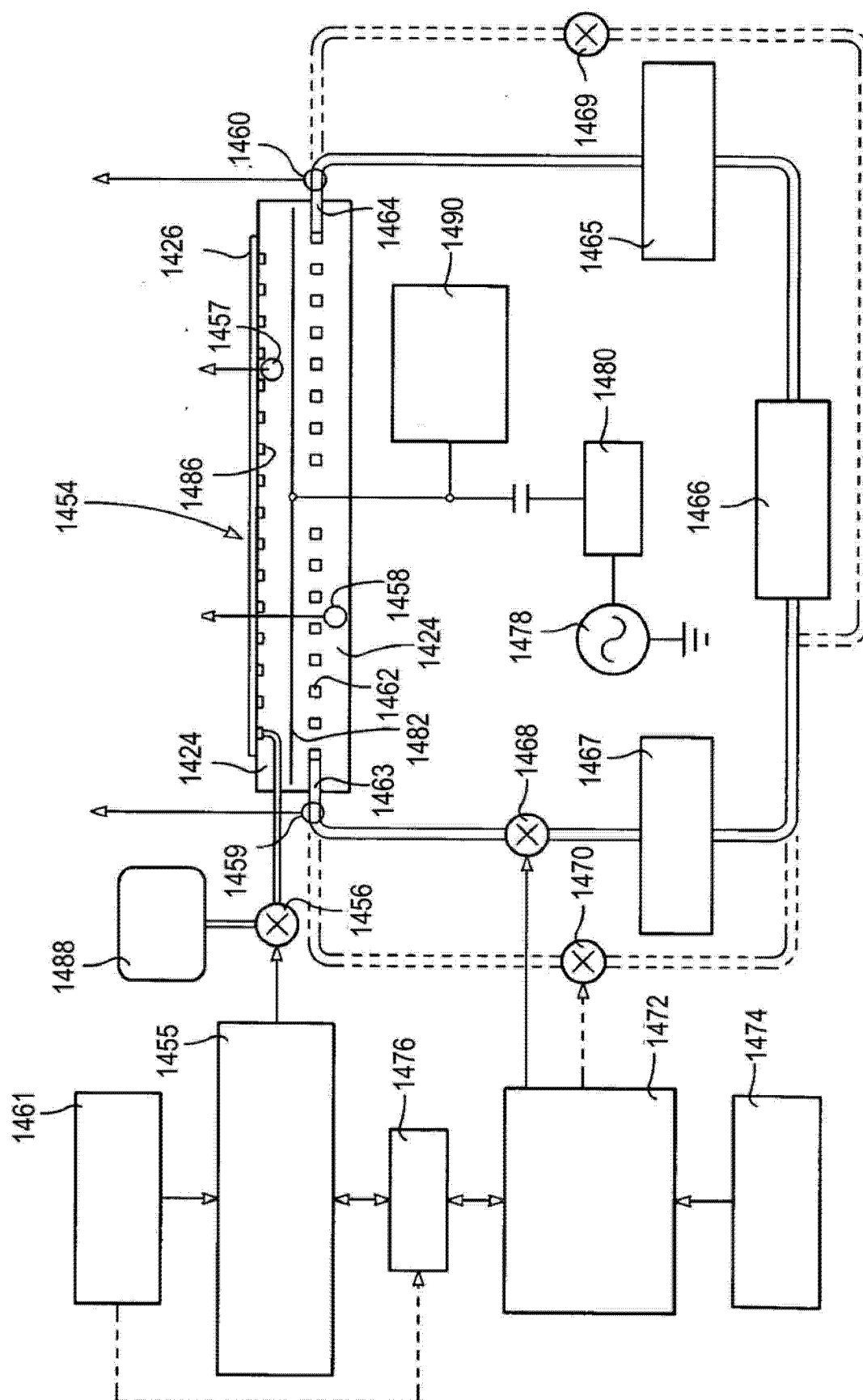


图 13B

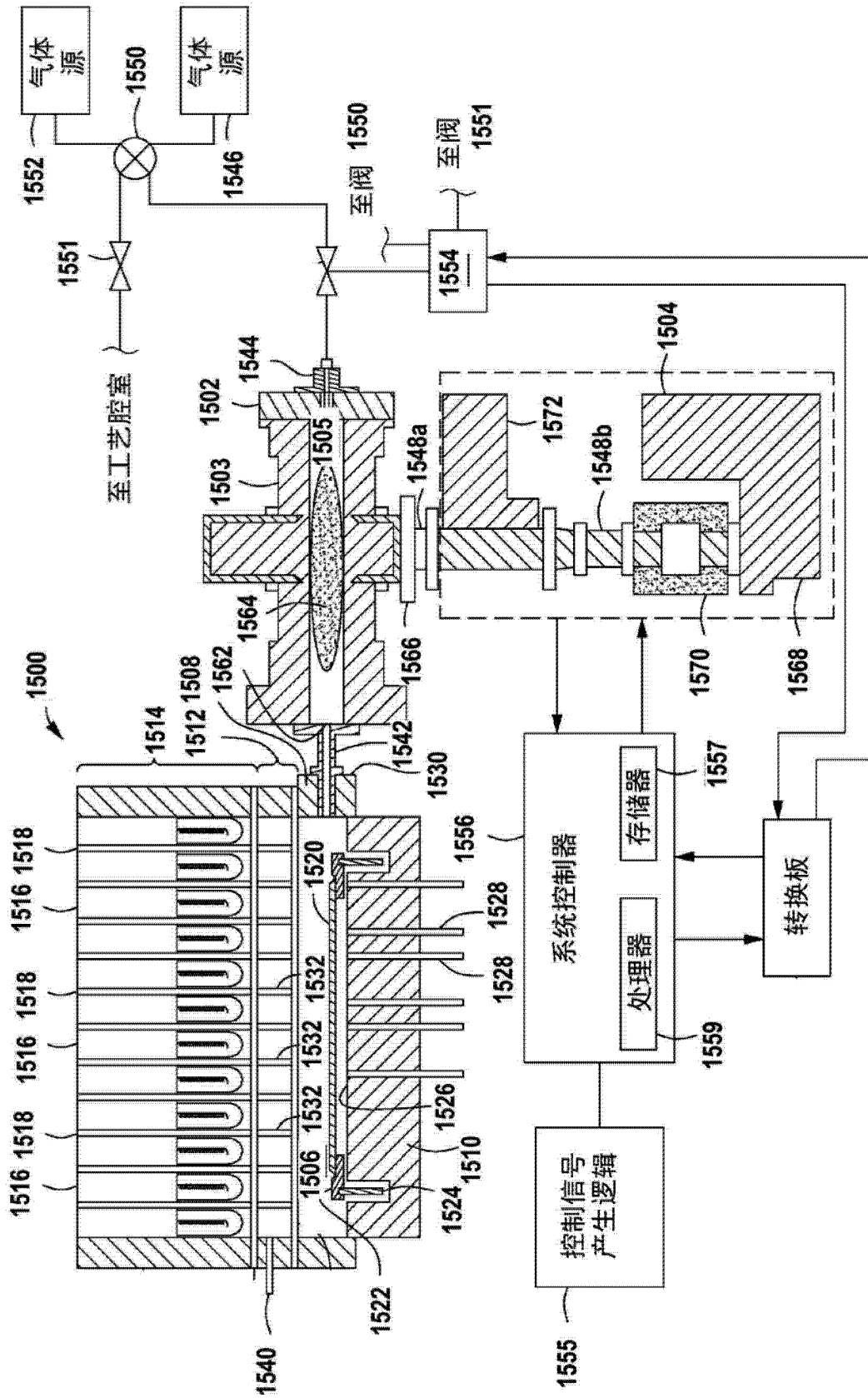


图 14

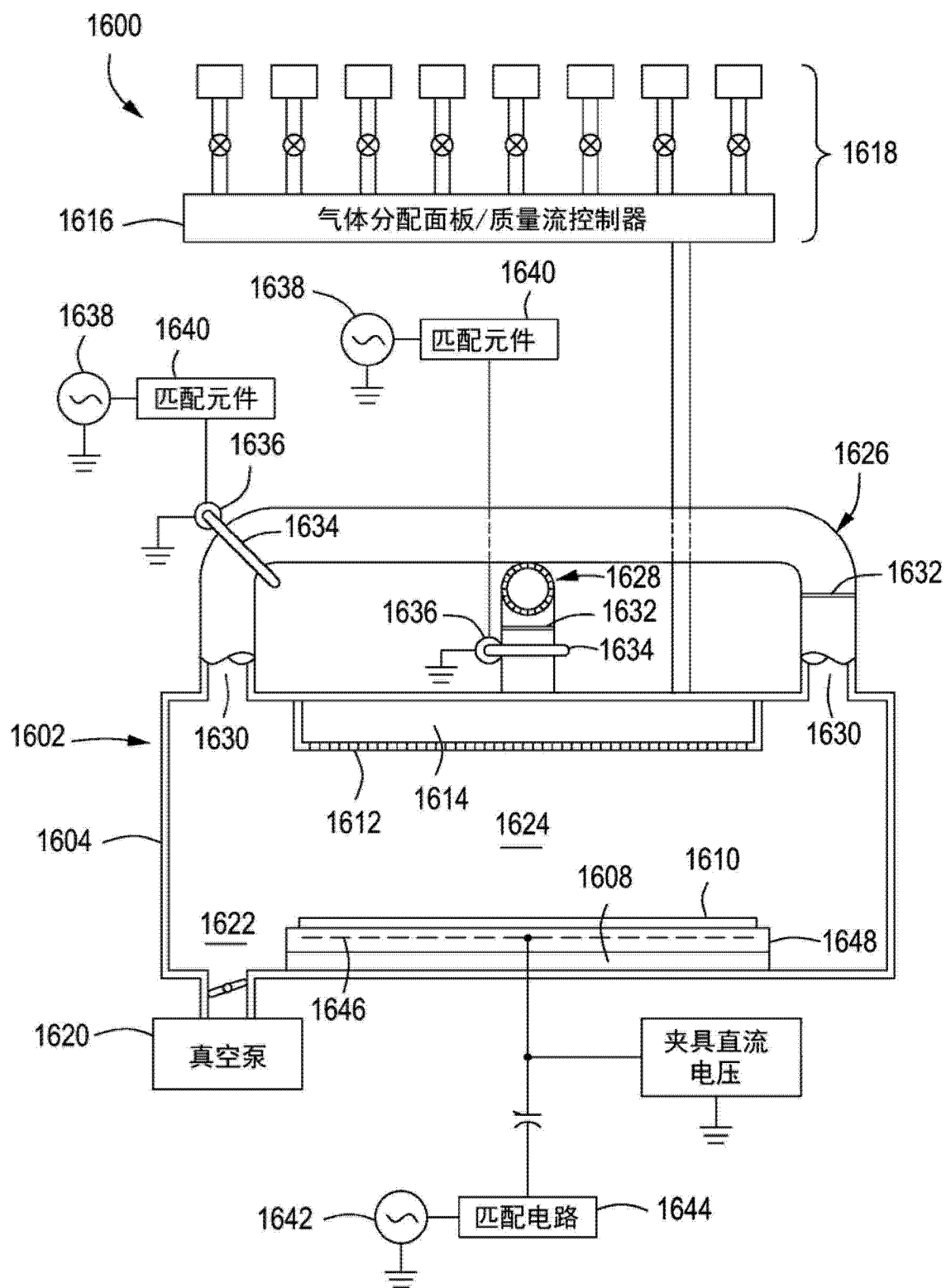


图 15

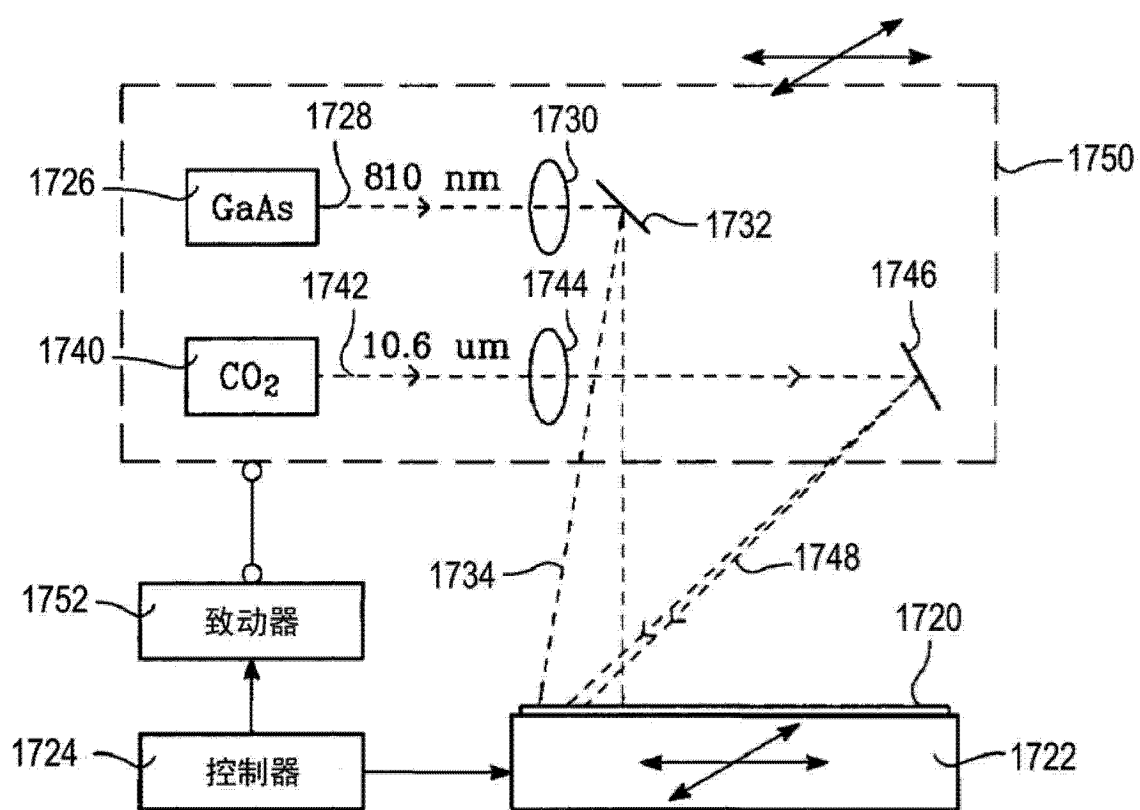


图 16

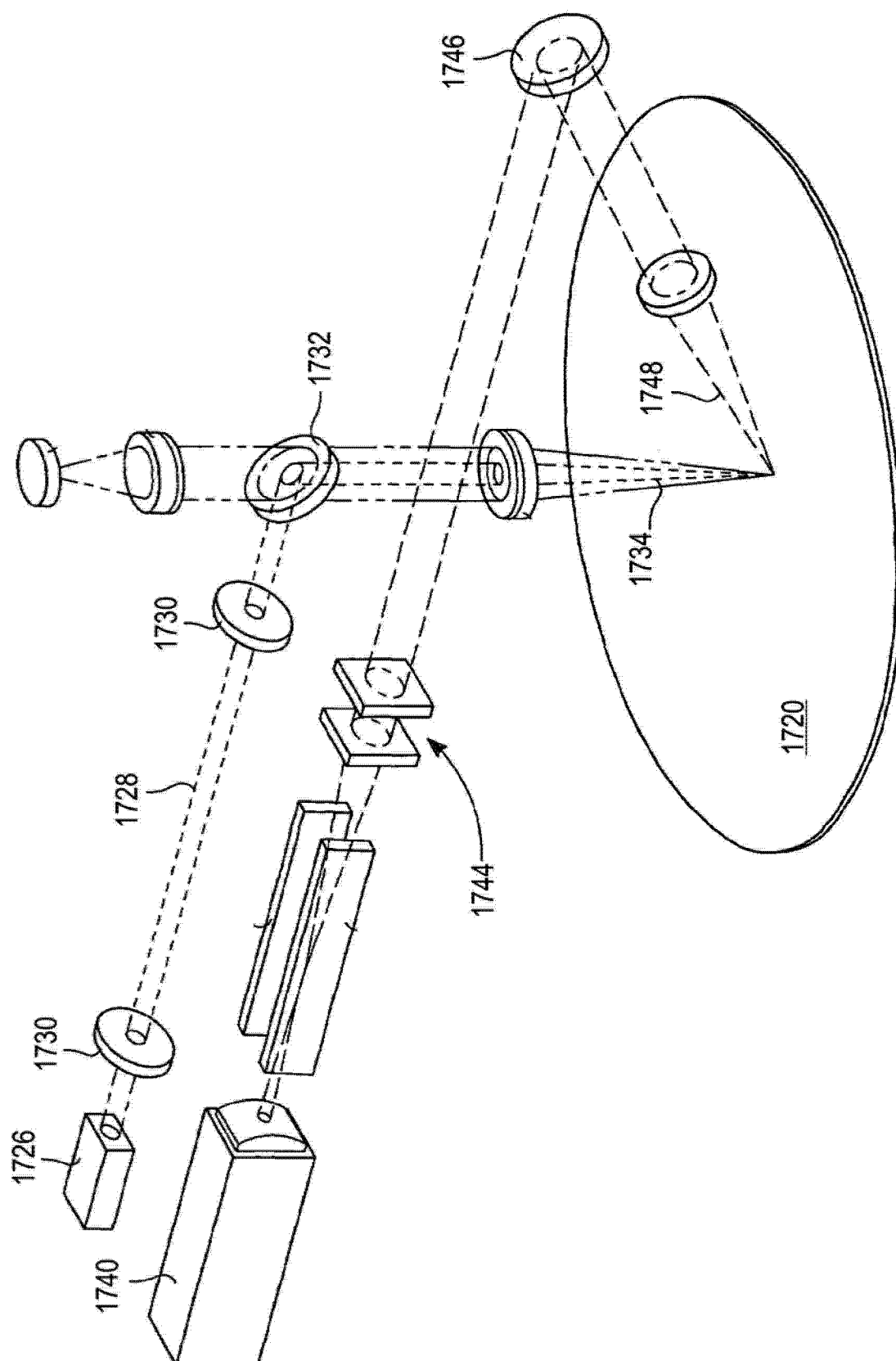


图 17

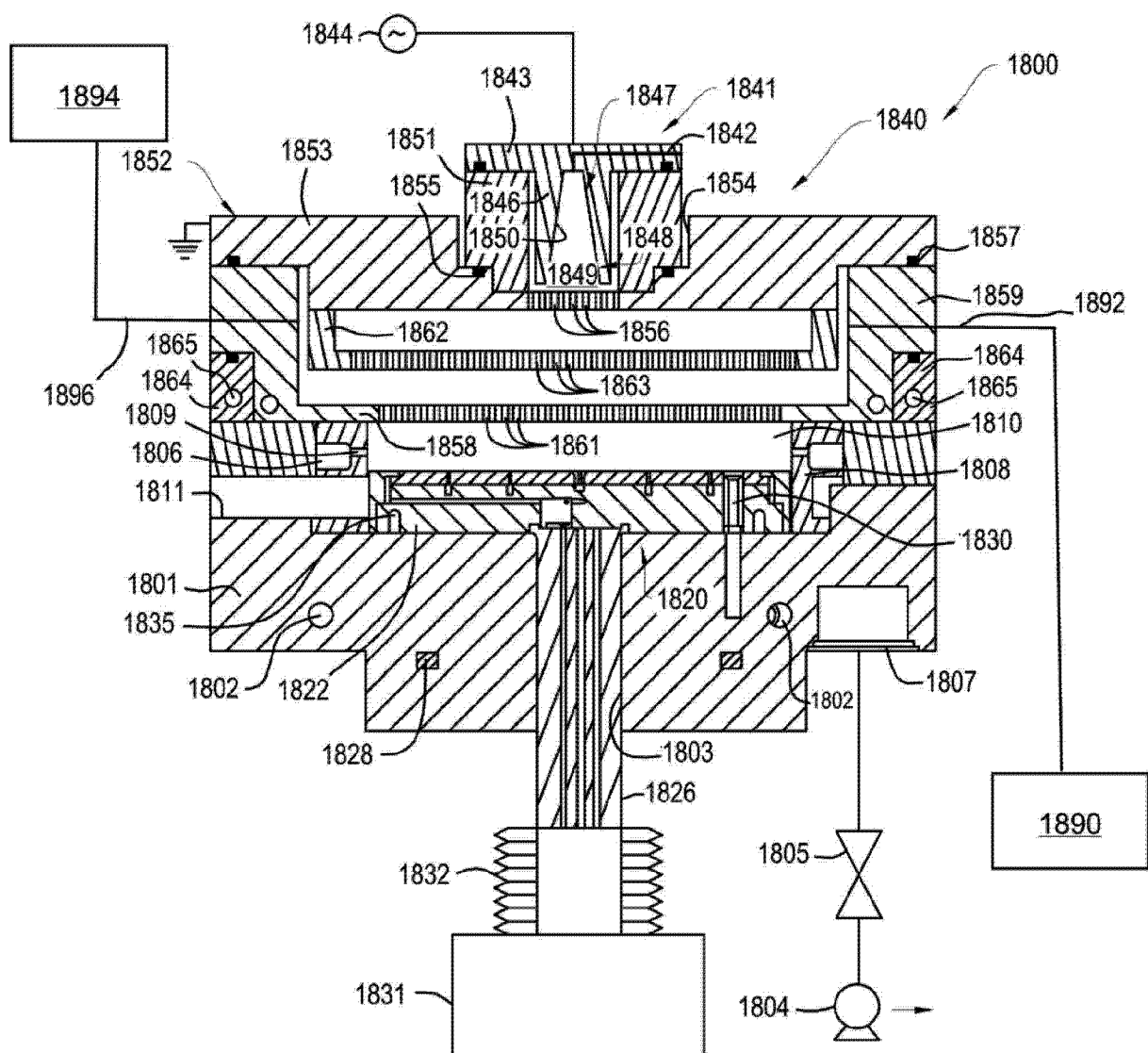


图 18

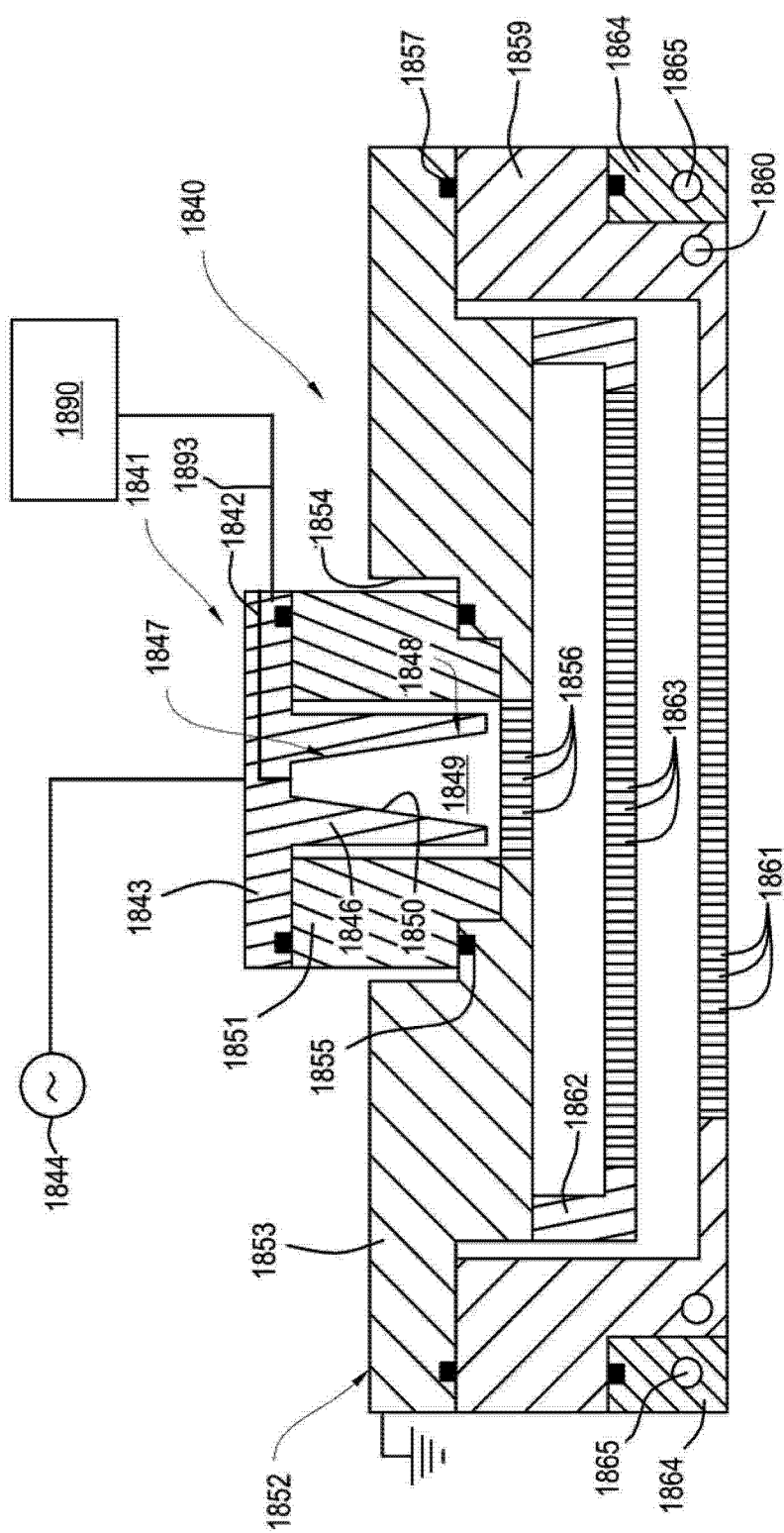


图 19

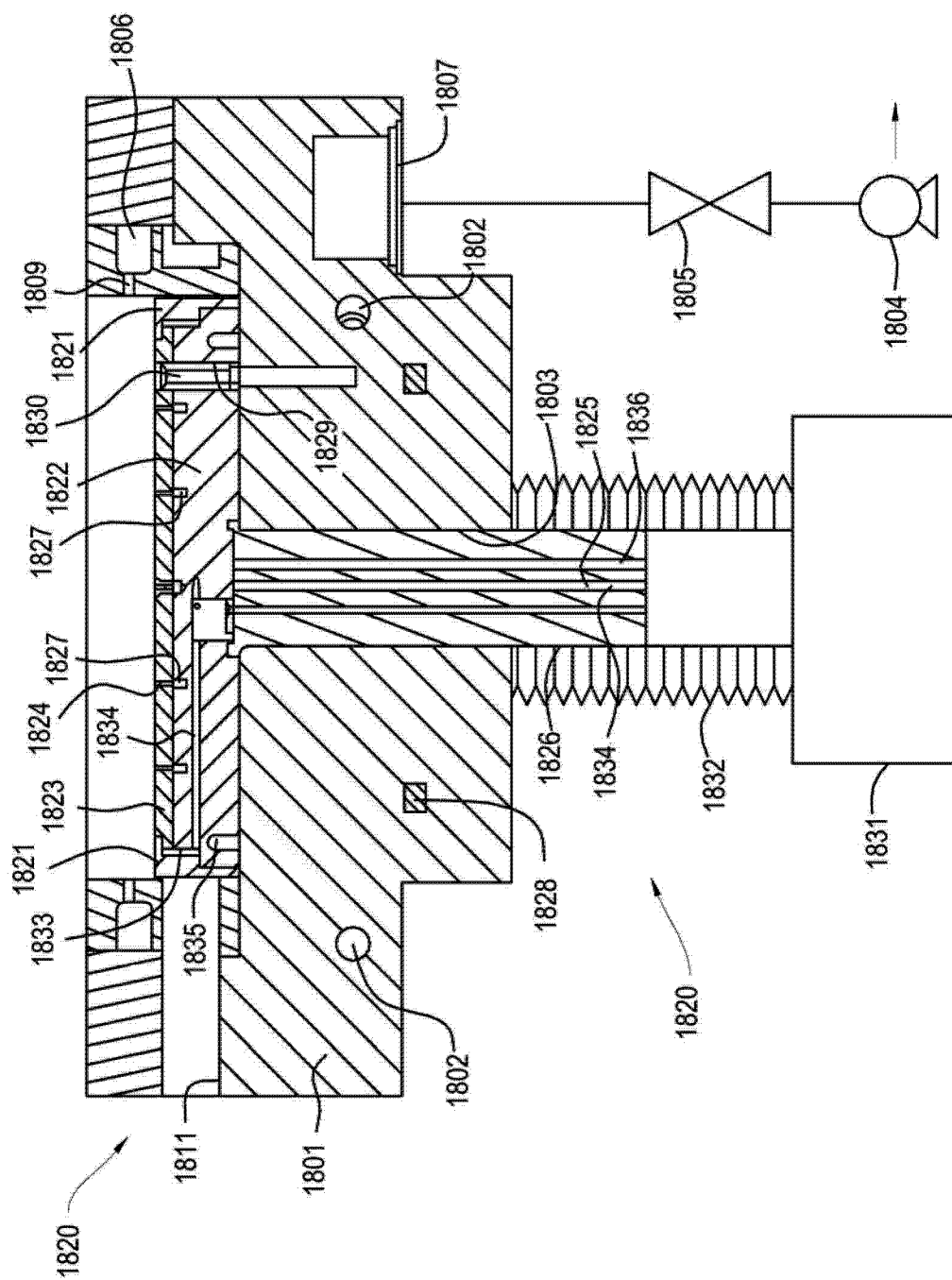


图 20

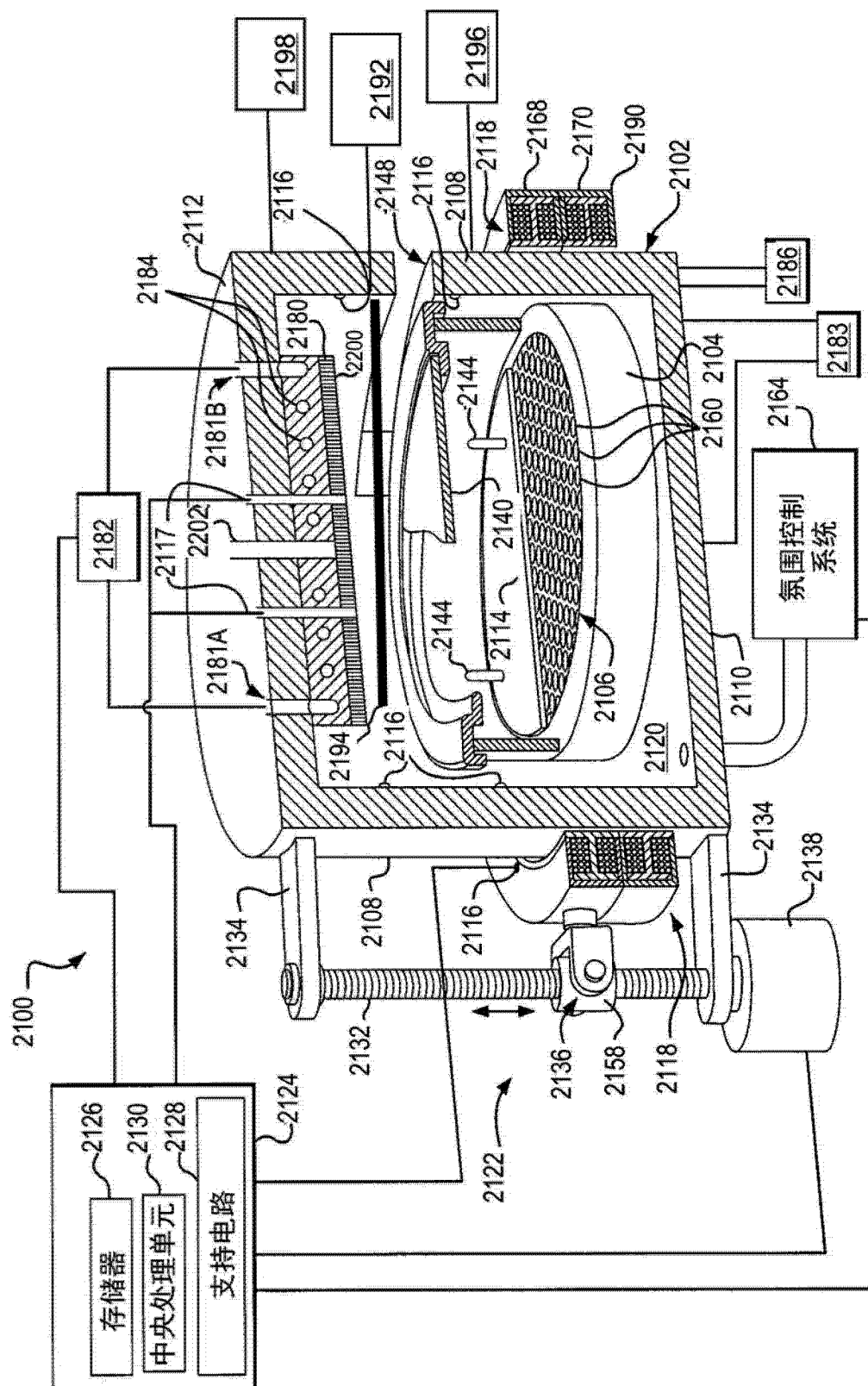


图 21

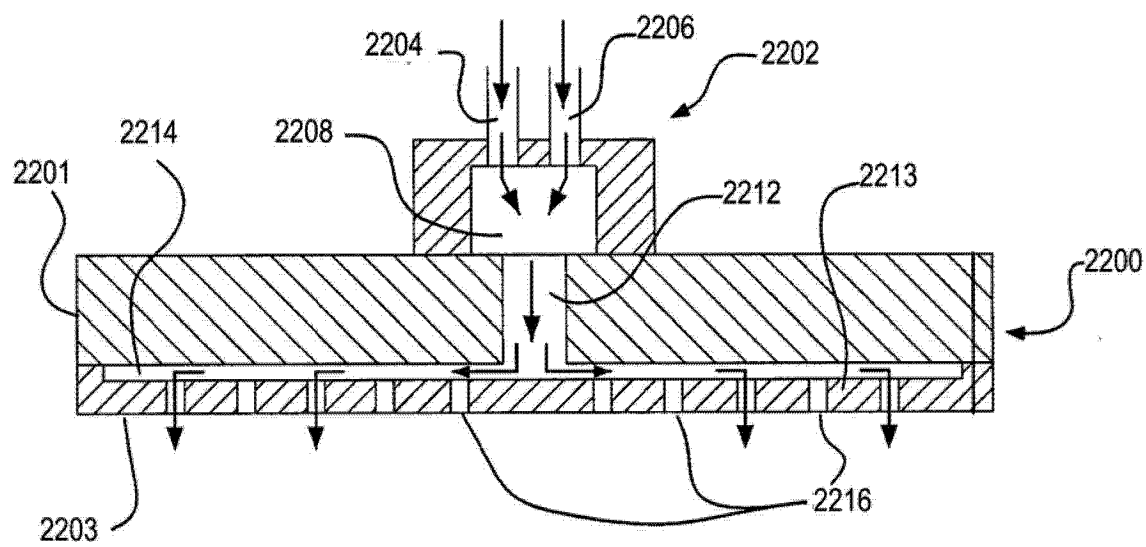


图 22