



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102687249 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201080059775. 6

(22) 申请日 2010. 11. 22

(30) 优先权数据

12/646, 030 2009. 12. 23 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 06. 28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/057676 2010. 11. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/087580 EN 2011. 07. 21

(73) 专利权人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 J·唐 N·英格尔 D·杨

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 陆勃 刘佳

(51) Int. Cl.

H01L 21/3065(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2009/085958 A2, 2009. 07. 09,

WO 2009/085958 A2, 2009. 07. 09,

WO 2009/117565 A2, 2009. 09. 24,

CN 101153396 A, 2008. 04. 02,

US 2009/0221137 A1, 2009. 09. 03,

审查员 刘恋恋

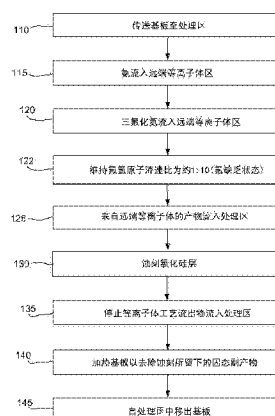
权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

用于含硅薄膜的平滑 SiConi 蚀刻法

(57) 摘要

本发明描述一种蚀刻含硅材料的方法, 该方法包含相较于先前技术具有较大或较小的氢氟流速比的 SiConi™ 蚀刻。已发现以此方法改变流速比可降低蚀刻后表面的粗糙度, 以及降低稠密图案化区域与稀疏图案化区域的蚀刻速率差异。其他降低蚀刻后表面粗糙度的手段包含脉冲化前体的流动和 / 或等离子体功率、维持相对高的基板温度与在多个步骤中执行 SiConi™。上述每个方法可单独或合并使用, 用于通过限制固态残留物晶粒大小来降低蚀刻表面的粗糙度。



1. 一种在基板处理室的基板处理区中蚀刻在基板的表面上的含硅层的方法, 其中所述方法遗留下相对平滑的蚀刻后 (post-etch) 表面, 所述方法包含:

将含氟前体与含氢前体流入第一远端等离子体区, 并同时在此第一远端等离子体区中形成等离子体以产生等离子体流出物 (plasma effluents), 所述第一远端等离子体区流体地耦合至所述基板处理区, 其中所述含氟前体的流速与所述含氢前体的流速所导致的氢-氟原子流速比 (flow ratio) 为小于 1:1;

通过使所述等离子体流出物流入所述基板处理区来蚀刻所述含硅层, 并同时在此基板的所述表面上形成固态副产物; 以及

通过使所述基板的温度升高至高于所述固态副产物的升华温度来升华所述固态副产物, 而遗留下所述相对平滑的蚀刻后表面。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述含氟前体包含至少一种前体, 所述至少一种前体选自由三氟化氮、氟化氢、双原子氟、单原子氟及氟代碳氢化合物所组成的群组。

3. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述含氢前体包含至少一种前体, 所述至少一种前体选自由原子氢、分子氢、氨、碳氢化合物及不完全卤代碳氢化合物 (incompletely halogen-substituted hydrocarbon) 所组成的群组。

4. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述含硅层在蚀刻操作的过程中维持在 50°C 或以上。

5. 如权利要求 1 所述的方法, 其中蚀刻所述含硅层与升华所述固态副产物的操作构成一个步骤, 并且使用整数个步骤来减少每个循环过程中所移除的材料量。

6. 如权利要求 5 所述的方法, 其中在三个步骤中移除所述含硅层的总厚度, 并且每个步骤移除所述总厚度的 20% - 40%。

7. 如权利要求 5 所述的方法, 其中每个步骤从所述含硅层移除 150 Å 或以下。

8. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述含氟前体的流速与所述含氢前体的流速所导致的氢-氟原子流速比为小于 1:2。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述含硅层包含氧化硅。

10. 如权利要求 1 所述的方法, 其中所述方法降低稠密图案化区域与稀疏图案化区域的蚀刻速率差异。

11. 一种在基板处理室的基板处理区中蚀刻基板的表面上的含硅层的方法, 所述方法包含:

将含氟前体与含氢前体流入第一远端等离子体区, 并同时在此第一远端等离子体区中形成一系列的等离子体脉冲以产生等离子体流出物, 所述第一远端等离子体区流体地耦合至所述基板处理区;

通过使所述等离子体流出物流入所述基板处理区来蚀刻所述含硅层, 并同时形成固态副产物于所述基板的所述表面上; 以及

通过使所述基板的温度升高至高于所述固态副产物的升华温度来升华所述固态副产物,

其中所述含氟前体的流速与所述含氢前体的流速所导致的氢-氟原子流速比为小于 1:1。

12. 如权利要求 11 所述的方法, 其中所述一系列的等离子体脉冲是通过脉冲化施加至

所述第一远端等离子体区的等离子体功率所产生的,并且所述含氢前体的流动与所述含氟前体的流动在所述蚀刻操作期间为恒定。

13. 如权利要求 11 所述的方法,其中所述一系列的等离子体脉冲是通过脉冲化所述含氟前体的流动与所述含氢前体的流动中的至少一者所产生的。

14. 如权利要求 11 所述的方法,其中所述一系列的等离子体脉冲的重复频率为 0.1Hz-1.0Hz。

用于含硅薄膜的平滑 SiConi 蚀刻法

发明领域

[0001] 本发明关于与用于薄膜及涂层的沉积、图案化及处理中的设备、工艺及材料有关的制造技术解决方法,代表性示例包括(但不限于)与半导体材料与器件、介电材料与器件、硅基(silicon-based)晶圆与平板显示器(例如 TFTs)有关的应用。

[0002] 发明背景

[0003] 集成电路可通过在基板表面上制造复杂图案化材料层的工艺而得以形成。在基板上制作图案化材料需要一些用于移除暴露的材料的受控方法。化学蚀刻用于各种目的,包含将光阻中的图案转移至下方层中、薄化多个层、或是薄化已存在于基板上的特征结构(feature)的侧向尺寸。常常需要有一种蚀刻某一材料快于其他材料的蚀刻工艺,以例如协助进行图案转移工艺。这样的蚀刻工艺可说对于第一材料是具有选择性的。由于材料、电路与工艺的多样性,因此蚀刻工艺已发展出可对多种材料具有选择性。

[0004] SiConi™蚀刻是一种远端等离子体辅助的干式蚀刻工艺,该工艺包含让基板同时暴露于氢气、三氟化氮与氨气等离子体副产物下。氢与氟物种的远端等离子体激发允许无等离子体破坏的基板处理。SiConi™蚀刻对于氧化硅层大部分为共形的且具有选择性的,但是不论硅是非晶硅、结晶硅或多晶硅,都不会轻易地蚀刻硅。选择性对于诸如浅沟槽隔离(shallow trench isolation, STI)与层间介电层(inter-layer dielectric, ILD)凹槽形成之类的应用提供了优点。

[0005] 在基板材料被移除时, SiConi™工艺所产生的固态副产物会生长在基板表面上。固态副产物随后会在提高基板温度时通过升华而被移除。然而,当技术缩小至 32nm 及以下的沟槽宽度时,在与最小沟槽尺寸比较下,这些固态副产物的尺寸变成不可忽略。固态副产物的可观尺寸可能会对 ILD 凹槽表面粗糙度以及沟槽到沟槽间氧化硅界面的高度变异性构成挑战。

[0006] 在 SiConi™蚀刻工艺中需要可降低表面粗糙度及高度变异性的方法。

发明内容

[0007] 本发明描述一种蚀刻含硅材料的方法,该方法包含相较于先前技术具有较大或较小的氢氟流速比的 SiConi™蚀刻。已发现以此方式改变流速可降低蚀刻后表面的粗糙度,以及降低稠密图案化区域与稀疏图案化区域的蚀刻速率差异。其他降低蚀刻后表面粗糙度的手段包含脉冲化前体的流动和/或等离子体功率、维持相对高的基板温度与在多个步骤中执行 SiConi™。上述每个方法可单独或合并使用,用于通过限制固态残留物晶粒大小来降低蚀刻表面的粗糙度。

[0008] 依据一实施例,一种在基板处理室的基板处理区中蚀刻基板表面上的含硅层的方法,该方法遗留下相对平滑的蚀刻后表面,该方法包含:将含氟前体与含氢前体流入第一远端等离子体区,并同时在第一等离子体区中形成等离子体以产生等离子体流出物,而第一远端等离子体区流体地耦合至基板处理区。含氟前体的流速与含氢前体的流速所导致的氢-氟原子流速比是小于 1:1 或大于 5:1。该方法更包含:通过使等离子体流出物流入基板

处理区来蚀刻含硅层,并同时形成固态副产物于该基板表面上;以及,通过使基板的温度升高至高于该固态副产物的升华温度来升华固态副产物,并遗留下相对平滑的蚀刻后表面。

[0009] 依据另一实施例,一种在基板处理室的基板处理区中蚀刻基板表面上的含硅层的方法,该方法降低稠密图案化区域与稀疏图案化区域的蚀刻速率差异,该方法包含:将含氟前体与含氢前体流入第一远端等离子体区,并同时在第一等离子体区中形成等离子体以产生等离子体流出物,而第一远端等离子体区流体地耦合至基板处理区。含氟前体的流速与含氢前体的流速所导致的氢-氟原子流速比是小于1:1或大于5:1。此方法更包含:通过使等离子体流出物流入基板处理区来蚀刻位于稠密图案化区域与稀疏图案化区域的含硅层,并同时形成固态副产物于基板表面上;以及通过使基板温度升高至高于固态副产物的升华温度来升华固态副产物。

[0010] 依据又一实施例,一种在基板处理室的基板处理区中蚀刻基板表面上的含硅层的方法,该方法包含:将含氟前体与含氢前体流入第一远端等离子体区,并同时第一等离子体区形成等离子体以产生等离子体流出物,而第一远端等离子体区流体地耦合至基板处理区。至少一种前体的流动包含流脉冲。此方法更包含:通过使等离子体流出物流入基板处理区来蚀刻含硅层,并同时形成固态副产物于该基板表面上;以及,通过使基板温度升高至高于固态副产物的升华温度来升华固态副产物。

[0011] 依据又一实施例,一种在基板处理室的基板处理区中蚀刻基板表面上的含硅层的方法,该方法包含:将含氟前体与含氢前体流入第一远端等离子体区,并同时第一等离子体区中形成一系列等离子体脉冲以产生等离子体流出物,而第一远端等离子体区流体地耦合至该基板处理区;通过使等离子体流出物流入基板处理区来蚀刻含硅层,并同时形成固态副产物于该基板表面上;以及,通过使基板温度升高至高于固态副产物的升华温度来升华固态副产物。

[0012] 在说明书中,下文会部分提出其他实施例及特征,对于本领域的技术人员来说,在查阅说明书之后,部分内容将是十分明显的,或是实施已揭露的实施例之后,而可习得。通过说明书描述的手段、结合与方法,可实现与达到所揭露实施例的特征与优点。

附图说明

[0013] 通过参照本说明书的其余部分与附图,可实现对所揭露实施例的基本性质与优点的进一步了解。

[0014] 图1是依照所揭露实施例的含硅材料蚀刻工艺的流程圖。

[0015] 图2是指示依照所揭露实施例的SiConi™蚀刻工艺的氢氟流速比与表面粗糙度及蚀刻速率的关系的曲线图。

[0016] 图3A-3B表示在标准SiConi™与所揭露实施例的平滑SiConi™之后的图案化表面。

[0017] 图4是依照所揭露实施例的含硅材料蚀刻工艺的流程圖。

[0018] 图5A-5B表示在标准SiConi™与所揭露实施例的平滑SiConi™之后的图案化表面。

[0019] 图6是依照所揭露实施例的用于执行蚀刻工艺的处理室的剖面视图。

[0020] 图7是依照所揭露实施例的用于执行蚀刻工艺的处理系统。

[0021] 在附图中,相似的部件和/或特征可具有相同的元件符号。再者,相同类型的各种部件的区别可以通过在元件符号后方加注虚线及第二符号来区别相似的部件。若在说明书中仅使用第一元件符号,则说明可适用于具有相同第一元件符号的相似部件的任一者,而不论第二元件符号。

具体实施方式

[0022] 本发明描述一种蚀刻含硅材料的方法,该方法包含相较于先前技术具有较大或较小的氢氟流速比(flow ratio)的SiConi™蚀刻工艺。已发现以此方式改变流速比可降低蚀刻后(post-etch)的表面粗糙度,以及降低稠密图案化区域与稀疏图案化区域的蚀刻速率差异。其他降低蚀刻后的表面粗糙度的手段包含:对前体的流动和/或等离子体功率进行脉冲化、维持相对高的基板温度、与在多个步骤中执行SiConi™。上述每个方法可单独或合并使用,用于通过限制固态残留物晶粒大小来降低蚀刻表面的粗糙度。

[0023] SiConi™蚀刻工艺已经使用氨(ammonia, NH₃)作为氢的来源,并使用三氟化氮(nitrogen trifluoride, NF₃)作为氟的来源,两者一起流经远端等离子体系统(remote plasma system, RPS)且进入反应区。过去, SiConi™蚀刻工艺已被最佳化来有效地使用供应的氟与氢。使氨的流速为三氟化氮的两倍(更一般译为氢氟原子流速比为约2:1),此已被用于产生高蚀刻速率。已发现改变流速中的一者或两者使氢(at. %)流速与氟(at. %)流速之比大于或小于2:1,可降低所蚀刻的含硅表面的粗糙度。在不同实施例中,氢氟原子流速比可为小于1:1、小于1:2、小于1:4、大于5:1、大于10:1与大于20:1。

[0024] 在不让权利要求范围受限于假设工艺机制的情况下,将流速比改变为“氢缺乏状态(hydrogen-starved regime)”或“氟缺乏状态(fluorine-starved regime)”,此被认为可以提高可生长的固态残留物成核位置的密度。较大的成核位置可导致蚀刻步骤完成时固态残留物的平均晶粒尺寸变小。较小的晶粒尺寸也可减少蚀刻工艺的屏蔽效应(screening)与其他晶粒尺寸效应,从而导致跨越含硅层的蚀刻速率在空间上的变化减少。

[0025] 为使更佳了解本发明,现请参考图1,图1是根据所揭露实施例的氟缺乏SiConi™蚀刻工艺的流程图。工艺是从传送基板至处理室(步骤110)开始。氧化硅层位于基板表面上。氨与三氟化氮的流动开始进入与处理区分开的等离子体区(步骤115与120)。分开的等离子体区在此可称为远端等离子体区,并且可能为与处理室不同的模块或是位于处理室中的隔壁。控制氨与三氟化氮的流动,使氢氟原子流速比维持在约10:1(步骤122)。来自远端等离子体的远端等离子体流出物或产物流入处理区,并允许远端等离子体流出物或产物与基板表面反应(步骤125)。蚀刻氧化硅层(步骤130),接着停止气体流(步骤135)。加热基板以升华蚀刻工艺所遗留下的固态副产物(步骤140),再从处理区中移出基板(步骤145)。

[0026] 图2显示在各种氢氟原子流速比下的SiConi™蚀刻期间的蚀刻速率与经过升华后的表面粗糙度。氢氟流速比接近2:1时,表面粗糙度具有最大值,并且在氢缺乏状态(峰的左方)及氟缺乏状态(峰的右方)时表面粗糙度降低。蚀刻速率对流速比的依赖较小,这使流速比可做为控制表面粗糙度的有用参数。当氢氟流速比较图中所示者更为增加时,氟浓度下降以致于蚀刻速率骤降。当处于低氢氟流速比时,由于还持续供给氟,故蚀刻仍可继续进行。表面粗糙度测量使用在轻敲模式(tapping mode)下操作的原子力显微术(atomic

force microscopy, AFM) 进行。AFM 测量在尺寸 $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ 的方型图案上进行, 而图 2 所示的表面粗糙度测量根据所有测量点的 rms(均方根) 计算来确定。

[0027] 图 3 显示在标准 SiConi™(图 3A) 与依照所揭露实施例的平滑 SiConi™(smooth SiConi™)(图 3B) 之后的粗糙度。在图 3A 中, 可清楚见到沿着氧化硅填充沟槽的纹路(表面粗糙度)。为了形成图 3B 所示的图案化的表面, 实施平滑 SiConi™, 其中氨流速为 350sccm, 三氟化氮流速为 35sccm。此代表图 2 右侧的氟缺乏状态。在图 3B 中难以分辨出沿着氧化硅填充沟槽的纹路。图中缺乏纹路反映出缺乏表面粗糙度, 这是因为在升华之前, 蚀刻时所产生的固态残留物的晶粒尺寸较小所致。图 3A 与 3B 表示在固态残留物升华后的表面。在图 3A 与 3B 的各图中, 图案化基板温度在蚀刻操作时为 30°C , 在升华固态残留物时则升至 100°C 。

[0028] 利用相同的原理机制, 脉冲化所施加的等离子体功率或是脉冲化前体中的一者或两者的流动, 也可导致较平滑的蚀刻后表面。在不让权利要求范围受限于任何特殊操作理论下, 发明人认为这样的脉冲化也能产生较高密度的固态副产物成核位置。图 4 显示脉冲化的等离子体工艺。工艺的开始步骤类似于图 1 的工艺, 为传送基板至处理室(步骤 410)。氧化硅层位于基板表面上。氨与三氟化氮的流动开始进入与处理区分开的等离子体区(步骤 415 与 420)。此时, 等离子体功率以约 0.1Hz-约 1.0Hz 的重复频率被脉冲化(步骤 422)。远端等离子体流出物流入处理区, 并在此处与基板表面反应(步骤 425)。蚀刻氧化硅层(步骤 430), 接着停止气体与远端等离子体流出物流入处理区(步骤 435)。加热基板以升华蚀刻工艺所遗留下的固态副产物(步骤 440), 再从处理区中移出基板(步骤 445)。

[0029] SiConi™蚀刻可在多个步骤中进行, 这也能用以降低蚀刻后的表面的粗糙度。移除薄膜总厚度的工艺可在两个分离的步骤中进行, 每个步骤包含可移除 30-80% 薄膜总厚度的简短 SiConi™工艺。每个步骤包含一次蚀刻与一次退火以升华固态残留物。在重复的 SiConi™工艺期间, 在蚀刻时可将基板维持在相对高的基板温度, 以使提高较少的温度就可以升华固态残留物。减少升华时所需的热差异可缩短退火步骤、缩短整体工艺及允许相对高的净处理量。移除薄膜总厚度的工艺也可在两个以上的步骤中进行。举例来说, 可使用三个、四个或五个步骤来移除薄膜总厚度, 每个步骤分别移除薄膜总厚度的 20%-40%、15%-35% 或 10%-20%。在不同实施例中, 退火步骤时间可少于约 30 秒、少于约 20 秒、少于约 10 秒或少于约 5 秒。重复的 SiConi™工艺可以结合任一在此提及的其他技术, 以得进一步平滑蚀刻后的表面。在不同实施例中, 每一步骤可移除的厚度为小于或约 $200\text{\AA}$ 、小于或约 $150\text{\AA}$ 、小于或约 $100\text{\AA}$ 、小于或约 $75\text{\AA}$ 、小于或约 $50\text{\AA}$ 或小于或约 $25\text{\AA}$ 。

[0030] 图 5A-5B 显示在标准 SiConi™工艺(图 5A) 与依照所揭露实施例在多个步骤中进行的平滑 SiConi™工艺(图 5B) 之后的图案化表面。在图 5A 中可清楚见到在氧化硅填充沟槽中的氧化硅界面的高度变异性。这种类型的变异特别发生在较窄沟槽上, 机制类似于造成第 3A 图所示之粗糙度的机制。为了形成图 5B 所示的图案化表面, 在多个步骤中执行平滑 SiConi™工艺, 每个步骤的材料移除量少于单一步骤(造成图 5A 中所示的变异性)的材料移除量。在图 5B 中, 难以分辨出氧化硅界面的高度变异性。因为在升华之前, 蚀刻时所产生的固态残留物的晶粒尺寸较小, 所以在图中缺乏高度变异性。固态残留物晶粒的尺寸已被减少至基本上小于沟槽宽度。图 5A-5B 两者显示在固态残留物升华以及一些附加处理(包含沉积)之后的表面。在图 5A 与 5B 中, 图案化的基板的温度在蚀刻操作过程中为

30℃,在升华固态残留物时则升至 100℃。

[0031] 在此所展现的技术已经显示可降低表面粗糙度及沟槽中的氧化硅的高度变异性。这些问题的主要原因之一是蚀刻剂与介电薄膜反应所形成的晶体(即固态副产物)。与高级节点(advanced node)的沟槽尺寸相当的晶体尺寸,结合不同晶体定向、成核位置分布及浓度,会造成上述问题。在此显示的技术通过连续进行多次蚀刻反应来解决这些问题,从而限制晶体成长而有较佳的局部均一性控制。连续应用 SiConi™蚀刻,以及在氢缺乏状态或氟缺乏状态下操作,会导致形成不同的蚀刻剂,并造成形成不同大小及多孔性的晶体。通过改变上述 SiConi™蚀刻,可形成较稠密且局部更均一的晶体层,从而能够在多个沟槽之间以及单一沟槽凹口内实现较均一的蚀刻速率。

[0032] 上述方法也还有其他用途。在具有一些较稠密图案化区域与一些较稀疏图案化区域的图案化基板上进行传统 SiConi™时,两个区域之间可能表现出不同的蚀刻速率。在此讨论的平滑 SiConi™工艺可使蚀刻速率差异降低,且增进 SiConi™蚀刻对于具有开放及稠密氧化硅区域的图案化晶圆的实用性。因为类似于先前示例中的使蚀刻后表面平滑化的机制,所以可呈现此效应。由于成核位置之间的平均间隔可能变得远小于较小的含硅区块(patch)的横向尺寸,所以较小的固态残留物晶粒的较高分布密度可使较小的介电层区块(存在于稠密图案化区域)显露出较类似于开放区域。此最终结果使稠密图案化区域与稀疏图案化区域的蚀刻速率差异减少。

[0033] 平滑 SiConi™蚀刻的附加工艺参数将在描述的例示处理系统的过程中揭露。

[0034] 例示处理系统

[0035] 图 6 为显示可实施本发明实施例的例示处理室 600 的部分剖面视图。一般来说,含氢前体与含氟前体可经过一个或多个孔洞 651 引入至远端等离子体区 661-663,并由等离子体电源 646 激发。

[0036] 在一实施例中,处理室 600 包含腔室主体 612、盖组件 602 及支撑组件 610。盖组件 602 设置于腔室主体 612 的上方端,而至少有一部分的支撑组件 610 设置于腔室主体 612 内。处理室 600 与相关联的硬体较佳由一种或多种与工艺相容的材料所制成(例如铝、不锈钢等)。

[0037] 腔室主体 612 包含形成于该腔室主体的侧壁中的狭缝阀开口 660,用以进入到处理室 600 的内部。狭缝阀开口 660 可选择性地开启及关闭,以允许晶圆操作机器人(未示出)进入腔室主体 612 内部。在一实施例中,晶圆可经由狭缝阀开口 660 来传送进出处理室 600 至邻近的传送室和/或加载锁定室,或群集式工具内的其他室。可包含处理室 600 的一种例示群集式工具如图 7 所示。

[0038] 在一个或多个实施例中,腔室主体 612 包含腔室主体通道 613,供传热流体流经腔室主体 612。此传热流体可为加热流体或是冷却剂,而可在处理及基板传送过程中,用以控制腔室主体 612 的温度。加热腔室主体 612 可帮助避免不必要的气体或副产物凝结于腔室壁上。例示性的传热流体包含水、乙二醇或前述传热流体的混合物。例示性的传热流体亦可包含氮气。支撑组件 610 可具有支撑组件通道 604,供传热流体流经支撑组件 610,进而影响基板温度。

[0039] 腔室主体 612 更可包含围绕支撑组件 610 的衬垫 633。衬垫 633 较佳为可以移除的,以进行维修及清洁。衬垫 633 可为金属(例如铝)或是陶瓷材料制成。然而,衬垫 633

可为任何与工艺相容的材料。衬垫 633 可以是喷砂处理的 (bead blasted), 以增加沉积在该衬垫上的任何材料的附着性, 进而避免材料剥落而污染处理室 600。在一个或多个实施例中, 衬垫 633 包含一个或多个孔洞 635 与形成在衬垫中的抽气通道 629, 该抽气通道 629 与真空系统流体连通。孔洞 635 提供气体进入抽气通道 629 的流动路径, 让处理室 600 内的气体得以排出。

[0040] 真空系统可包含真空泵 625 与节流阀 627, 以调节通过处理室 600 的气体流动。真空泵 625 耦接至设置于腔室主体 612 上的真空端口 631, 因而与衬垫 633 内形成的抽气通道 629 流体连通。术语“气体”与“多种气体”是可替换的, 除非特别注解, 否则指的是一种或多种的反应物、催化剂、载体、冲洗物、清洁物及反应物、催化剂、载体、冲洗物、清洁物的结合物, 以及任何其他引入腔室主体 612 的流体。术语“前体”用以指的是参与反应以自表面上移除或沉积材料的任何工艺气体。

[0041] 孔洞 635 允许抽气通道 629 与腔室主体 612 内的处理区 640 流体连通。处理区 640 由盖组件 602 的下表面与支撑组件 610 的上表面所界定, 并由衬垫 633 所包围。孔洞 635 可为均一尺寸, 并且围绕着衬垫 633 而均匀间隔设置。然而, 可以使用任何数量、位置、尺寸或形状的孔洞, 且每一个设计参数可取决于跨越基板承接表面的期望气体流动模式而改变, 以下将会更详细地讨论。另外, 孔洞 635 的尺寸、数量及位置被配置以达到离开处理室 600 的均一气体流动。进一步地, 孔洞的尺寸及位置可被配置以提供快速或高容量的抽吸, 以促进气体快速从处理室 600 中排出。举例来说, 靠近真空端口 631 处的孔洞 635 的数量及尺寸小于远离真空端口 631 的孔洞 635 的尺寸。

[0042] 气体供应板 (未标示) 典型地用于通过一个或多个孔洞 651 来提供工艺气体至处理室 600。所使用的特定气体取决于处理室 600 内欲进行的工艺 (或多个工艺)。例示气体可包含但不限于为一种或多种前体、还原剂、催化剂、载体、冲洗物、清洁物或前体、还原剂、催化剂、载体、冲洗物、清洁物的任何混合物或组合物。典型地, 导引至处理室 600 的一种或多种气体经过顶板 650 中的孔洞 651 而流入等离子体容积 (plasma volume) 661 中。或者或结合, 处理气体也可直接经由孔洞 652 来进入处理区 640。孔洞 652 绕过远端等离子体激发区, 并且利于包含不需等离子体激发的气体的工艺, 或是无受益于气体的额外激发的工艺。电子操作阀和 / 或流量控制构件 (未示出) 可用来控制自气体供应器进入处理室 600 的气体流动。取决于工艺, 可传送任何数量的气体至处理室 600, 且任何数量的气体可在处理室 600 内混合或在传送至处理室 600 之前混合。

[0043] 盖组件 602 可进一步包含电极 645, 以在盖组件 602 内产生反应性物种的等离子体。在一实施例中, 由顶板 650 支撑的电极 645 通过插入以氧化铝或任何其他与工艺相容的绝缘材料制成的电性隔离环 647 而与顶板 650 电性隔离。在一个或多个实施例中, 电极 645 耦接至电源 646, 而盖组件 602 的其余部分为接地。因此, 在电极 645 与环状安装凸缘 622 之间, 由容积 661、662 和 / 或 663 组成的远端等离子体区中可产生一种或多种的工艺气体的等离子体。在多个实施例中, 环状安装凸缘 622 包含或支撑气体传送板 620。举例来说, 在电极 645 与阻挡组件 630 的一个或二个阻挡板之间可起始与维持等离子体。或者, 在没有阻挡组件 630 时, 在电极 645 与气体传送板 620 之间可撞击并容纳等离子体。在任一实施例中, 等离子体会被良好地局限或包含在盖组件 602 内。因此, 由于活性等离子体 (active plasma) 没有直接接触位于腔室主体 612 内的基板, 所以此等离子体为“远端等离

子体”。因此,由于等离子体与基板表面为分开的,所以可避免基板被等离子体破坏。

[0044] 多种的电源 646 能够用来激活含氢前体(例如氨)与含氮前体(三氟化氮)。举例来说,可以使用以射频(RF)、直流电(DC)或微波(MW)为基础的放电技术。也可使用基于热能的技术、气体解离技术、高强度光源(如UV光)或暴露在x光源中来进行激活。或者,可使用远端激活源(如远端等离子体发生器)以产生接着要传送进入处理室 600 的反应性物种的等离子体。例示的远端等离子体发生器可购自例如MKS 仪器公司(MKS Instruments, Inc)与先进能源工业公司(Advanced Energy Industries, Inc)的贩售商。在例示处理系统中,RF 电源与电极 645 连接。较高功率的微波电源 646 在反应性氧也将利用电源 646 来制造的情况下是有利的。

[0045] 工艺腔室主体 612 与基板的温度可通过使传热介质分别流经腔室主体通道 613 与支撑组件通道 604 来控制。形成于支撑组件 610 内的支撑组件通道 604 可促进热能传送。腔室主体 612 与支撑组件 610 可独立冷却或加热。举例来说,加热流体可流经一者,而冷却流体可流经另一者。

[0046] 还有其它方法可用于控制基板温度。可通过用电阻加热器加热支撑组件 610(或支撑组件的一部分,例如底座)来加热基板,或通过一些其他方法来加热。在另一配置中,气体传送板 620 可保持在高于基板的温度,而基板可被升高以提高基板温度。在此情况下,基板是被辐射加热,或通过使用气体将热能自气体传送板 620 传导至基板。基板可通过提高支撑组件 610 或使用升降销来升高。

[0047] 在不同实施例中,在此描述的蚀刻工艺期间,腔室主体 612 可保持在 50℃ - 80℃ 之间、55℃ - 75℃ 之间或 60℃ - 70℃ 之间的大致温度范围内。在不同实施例中,在暴露于等离子体流出物和/或氧化剂时,基板可保持在低于约 100℃、低于约 65℃、约 15℃ - 50℃ 之间或约 22℃ - 40℃ 之间。基板在蚀刻过程中也可保持在升高温度下,以进一步减小固态副产物的晶粒尺寸。在 SiConi™蚀刻期间,在不同实施例中,基板可保持在约 40℃ - 90℃ 之间、约 50℃ - 85℃ 之间或约 60℃ - 80℃ 之间。

[0048] 等离子体流出物包含多种分子、分子片段与离子化物种。现在的 SiConi™蚀刻的使人感兴趣的理论机制可能完全正确或可能不是完全正确,但此述之包含 NH₄F 与 NH₄F·HF 的等离子体流出物被认为会轻易地与低温基板反应。等离子体流出物可与氧化硅表面反应,以形成 (NH₄)₂SiF₆·氨与水产物。此述的处理条件下的氨与水为蒸气,并可通过真空泵 625 自处理区 640 中移除。在基板表面上留下薄而不连续的 (NH₄)₂SiF₆固态副产物层。

[0049] 在暴露于等离子体流出物及固态副产物的相关联的堆积之后,可加热基板来移除副产物。在多个实施例中,可通过在气体传送板 620 内或附近并入加热元件 670 来加热气体传送板 620。可通过减少基板与加热的气体传送板间的距离来加热基板。在不同实施例中,气体传送板 620 可被加热至约 100℃ - 150℃ 之间、约 110℃ - 140℃ 之间或约 120℃ - 130℃ 之间。在不同实施例中,通过减少基板与被加热气体传送板间的距离,基板可被加热至大于约 75℃、大于约 90℃、大于约 100℃或在约 115℃ - 150℃ 之间。自气体传送板 620 传至基板的辐射热能,应足够使基板上的固态 (NH₄)₂SiF₆解离或升华为可挥发的 SiF₄、NH₃与 HF 产物,这些产物可被抽吸离开处理区 640。

[0050] 在不同实施例中,在缺乏氢的蚀刻工艺过程中,三氟化氮(或其他含氟前体)可流至远端等离子体容积 661,流速可在约 25sccm - 约 200sccm 之间、约 50sccm - 约 150sccm

之间或约 75sccm - 约 125sccm 之间。在不同实施例中,氨(或一般而言含氢前体)可流至远端等离子体容积 661,流速可低于或约 200sccm、低于或约 150sccm、低于或约 100sccm、低于或约 75sccm、低于或约 50sccm、或低于或约 25sccm。

[0051] 在不同实施例中,在缺乏氟的蚀刻工艺过程中,氨(或一般而言含氢前体)可流至远端等离子体容积 661,流速可在约 50sccm - 约 300sccm 之间、约 75sccm - 约 250sccm 之间、约 100sccm - 约 200sccm 之间、或约 120sccm - 约 170sccm 之间。在不同实施例中,三氟化氮(或一般而言含氟前体)可流至远端等离子体容积 661,流速可低于或约 100sccm、低于或约 75sccm、低于或约 50sccm、低于或约 25sccm、或低于或约 15sccm。

[0052] 进入远端等离子体区的含氢与含氟前体的结合流速估计可为总气体混合物体积的 0.05%-约 20%,剩余部分则为载气。在一实施例中,冲洗气体或载气在那些反应性气体之前首先开始进入远端等离子体区,用以稳定远端等离子体区内的压力。

[0053] 通过相对于盖组件 602 的其余部分而对电极 645 施加等离子体功率,以在容积 661、662 和 / 或 663 内产生等离子体流出物。等离子体功率可为不同频率或多个频率的组合。在例示处理系统中,等离子体通过传送至电极 645 的 RF 功率来提供。在不同实施例中,RF 功率可为约 1W-约 1000W 之间、约 5W-约 600W 之间、约 10W-约 300W 之间或约 20W-约 100W 之间。在不同实施例中,在例示处理系统中所施加的 RF 频率可少于约 200kHz、少于约 150kHz,少于约 120kHz 或在约 50kHz - 约 90kHz 之间。

[0054] 在臭氧、氧气、载气和 / 或等离子体流出物流入处理区 640 的期间,处理区 640 可保持在不同的压力下。在不同实施例中,此压力可维持在约 500mTorr - 约 30Torr 之间,约 1Torr - 约 10Torr 之间、或约 3Torr - 约 6Torr 之间。也可在处理区 640 内使用较低的压力。在不同实施例中,此压力可维持在低于或约 500mTorr、低于或约 250mTorr、低于或约 100mTorr、低于或约 50mTorr、或低于或约 20mTorr。

[0055] 在一个或多个实施例中,处理室 600 可整合到各种多处理平台,包含可从应用材料公司 (Applied Materials, Inc, 位于加州圣克拉拉市) 购得的 ProducerTMGT、CenturaTM AP 与 EnduraTM 平台。这样的处理平台能够在不破坏真空的状态下执行数个处理操作。

[0056] 图 7 为例示性多处理室处理系统 700 的俯视示意图。系统 700 可包含一个或多个加载锁定室 702、704,用以传送基板进出系统 700。因系统 700 处于真空的下,加载锁定室 702、704 可典型地将导引进入系统 700 的基板进行“抽真空 (pump down)”。第一机器人手 710 可在加载锁定室 702、704 与第一组的一个或多个基板处理室 712、714、716、718 (图示为四个) 之间传送基板。每一个处理室 712、714、716、718 可配置以执行数种基板处理操作,包含在此描述的干式蚀刻工艺,除此之外,还有循环层沉积 (cyclical layer deposition, CLD)、原子层沉积 (atomic layer deposition, ALD)、化学气相沉积 (chemical vapor deposition, CVD)、物理气相沉积 (physical vapor deposition, PVD)、蚀刻、预清洁 (pre-clean)、除气 (degas)、定向 (orientation) 与其他基板工艺。

[0057] 第一机器人手 710 也可传送基板至一个或多个传送室 722、724,并将基板由该一个或多个传送室 722、724 传送出。传送室 722、724 可用于保持超高真空状态,并同时允许基板在系统 700 内传送。第二机器人手 730 可在传送室 722、724 与第二组的一个或多个处理室 732、734、736、738 之间传送基板。基板处理室 732、734、736、738 类似于基板处理室 712、714、716、718,可配置以执行多种基板处理操作,包含在此描述的干式蚀刻工艺,除此之外,

例如有循环层沉积 (CLD)、原子层沉积 (ALD)、化学气相沉积 (CVD)、物理气相沉积 (PVD)、蚀刻、预清洁,除气与定向。如果对于要在系统 700 中执行的特定工艺来说不是必需的,则可从系统移除任一基板处理室 712、714、716、718、732、734、736、738。

[0058] 臭氧发生器 751 可设置于无尘室外,由供应管线自臭氧发生器 751 携带工艺气体至用于进行此处所述氧化-SiConi™工艺的处理室 734 中。远端等离子体系统 (RPS) 753 可设置于 SiConi™处理室 734 的远端或与 SiConi™处理室 734 整合在一起(如图所示)。或者,远端等离子体系统 753 与处理室 734 是分开的,但是非常靠近,或甚至物理性地附接至处理室 734。在远端等离子体系统 753 内激发的反应性氧可更直接地(例如经由孔洞 752)引入处理区 740,而其他来自气体处理系统 755 的工艺气体则由孔洞 651 引入,并由位于工艺容积 661、662 和 / 或 663 内的远端等离子体激发。

[0059] 系统控制器 757 可用来控制马达、阀、流量控制器、电源与其他执行在此叙述的工艺配方所需的功能。系统控制器 757 可依靠光学传感器的反馈来判定与调整可移动的机械组件的位置。机械组件可包含机器人、节流阀与基座 (susceptor),并通过系统控制器 757 所控制的马达来移动。

[0060] 在例示实施例中,系统控制器 757 包含硬盘驱动器(存储器)、USB 端口、软盘驱动器及处理器。系统控制器 757 包含模拟与数字输入 / 输出板,接口板与步进马达控制器板。由系统控制器 757 来控制包含处理室 700 的多腔室处理系统 700 的各个部位。系统控制器执行系统控制软件,这些软件以计算机程序的形式储存在计算机可读介质中,例如硬盘、软盘或闪存拇指驱动器。也可使用其他种类的存储器。计算机程序包含指令集,以控制时序、气体混合物、腔室压力、腔室温度、RF 功率水平、基座位置及特定工艺的其他参数。

[0061] 使用经由控制器执行的计算机程序产品,可在基板上进行蚀刻、沉积或以其他方式处理薄膜的工艺,或是清洁腔室的工艺。计算机程序代码可用任何传统计算机可读的编程语言来撰写,举例来说,68000 汇编语言、C、C++、帕斯卡程序语言 (Pascal)、福传程序语言 (Fortran) 或其他程序语言。适合的程序代码可使用传统的文本编辑器输入至单一文件或多个文件中,再储存或收录在计算机可用介质中,例如计算机的存储器系统。假如输入的代码文本是高级语言,则代码会先被编译,所得编译代码会与预编译的微软视窗®程序库例程 (Microsoft Windows® library routines) 的目标代码链接。为了执行链接的、编译的目标代码,系统使用者调用目标代码,使得计算机系统将代码载入存储器中。然后 CPU 会读取及执行此代码,来进行程序中所标识的任务。

[0062] 在使用者与控制器之间的界面可透过触敏监视器,也可包含鼠标及键盘。在一实施例中,可使用两个监视器,一个安装在无尘室墙上,给操作员用,另一个安装在墙的后方,给服务技术人员用。此两个监视器可同时显示相同的信息,在这种情况下在某一时间只有一个被配置成接收输入。操作员以手指或鼠标点选显示屏幕上的指定区域来选择特定的屏幕或功能。被触控的区域会改变该区域的高亮颜色或显示新的菜单或屏幕,用以确认操作员的选择。

[0063] 在此使用的“基板”可以是具有或不具有在该基板上形成的层的支撑基板。支撑基板可为绝缘体或具有多种掺杂浓度及分布的半导体,举例来说,支撑基板可以是用于制造集成电路的半导体基板类型。处于“激发态”的气体描述的是一种气体,该气体中至少有部分气体分子在振动激发态、解离态和 / 或离子化态。气体可为两种或多种气体的组合

物。使用的术语“沟槽”自始至终不涉及被蚀刻的几何形状具有很大的水平深宽比 (aspect ratio)。由表面上方观看,可见到沟槽为圆形、椭圆形、多边形、矩形或各种其他形状。“脉冲化”等离子体包含使等离子体功率在非零值与相对低值之间交替,其中相对低值使固态残留物的生长极少。“脉冲化”等离子体也包含使前体中的一者或两者的流动在非零值与相对低值之间交替;相对低的流速会实质降低在脉冲间蚀刻工艺的进行。等离子体功率的交替与流速的交替可分开或合并使用。

[0064] 已经揭露一些实施例,在不脱离本发明揭露实施例精神的情况下,本领域的技术人员将会理解可使用各种更动、替换结构及等效物。另外,未叙述一些已知工艺及元件,是为了避免不必要地模糊本发明。因此,以上叙述非用于限制本发明的范围。

[0065] 当提供数值范围时,可以了解介于所提供数值范围的上限与下限之间的各个居中数值 (intervening value) 到下限单位的十分之一 (除非上下文有清楚的指示),也是被特定揭露的。在所述范围内的任何指定数值与居中数值之间,以及在那个指定范围内的任何其他指定数值或居中数值之间的每个较小范围均被包含。这些较小范围的上限与下限在范围中可独立地被包含或排除,且包含任一界线、不包含任一界线、或包含两者界线的较小范围内的每个范围也包含在发明内,指定范围内受到任何特定排除界线除外。指定范围包含一或两个界线的情况下,排除任一或两个界线的那些范围也包含在内。

[0066] 除非上下文有清楚指示,否则,在此使用及权利要求内的单数形式的“一”与“该”包含复数个指定对象。因此,举例来说,如“一个工艺”,则包含了多个这样的工艺,如“该介电材料”,则包含一个或多个介电材料及本领域的技术人员所知的等效物。

[0067] 同时,在说明书中与下列权利要求中使用的“包含”与“包括”一词,用以特意指定特定特征、整体、成分或步骤的存在,但不排除存在或附加的一个或多个其他特征、整体、成分、步骤、行为或族群。

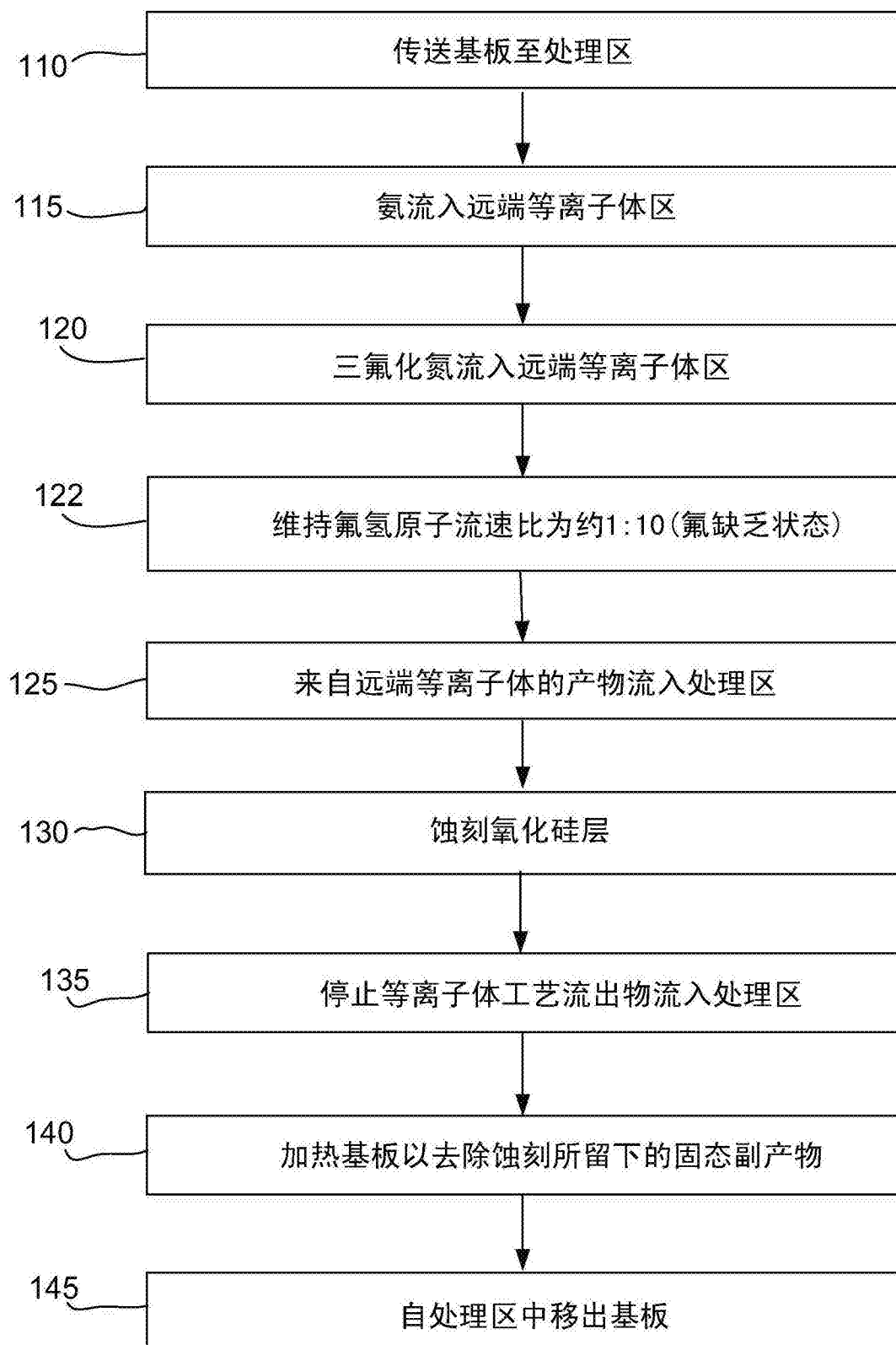


图 1

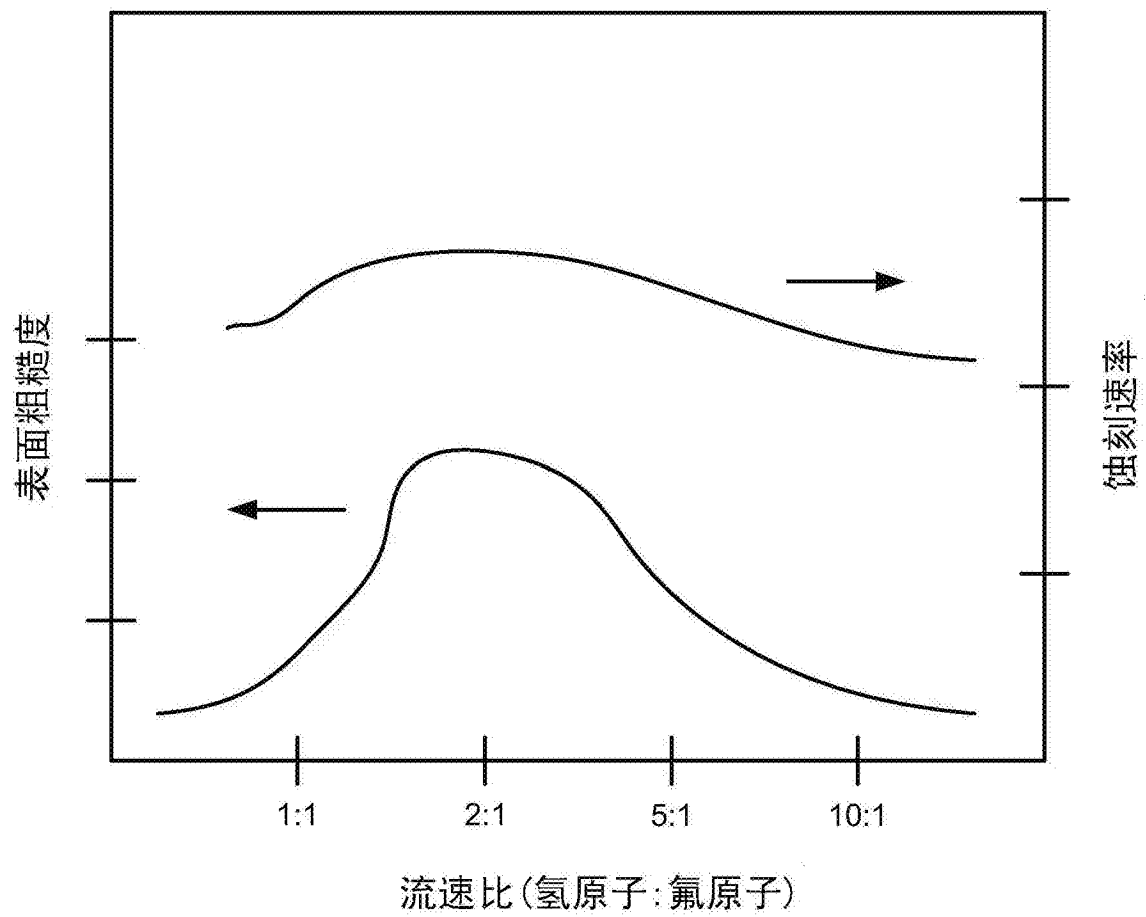


图 2

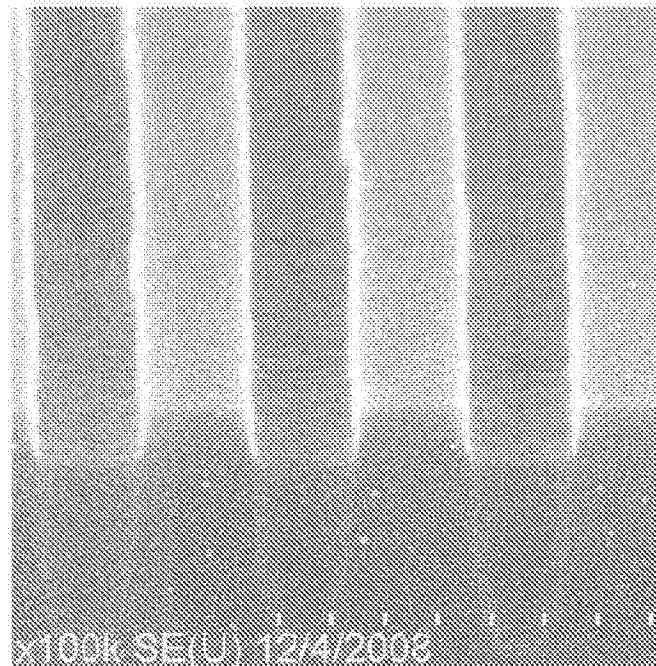


图 3A

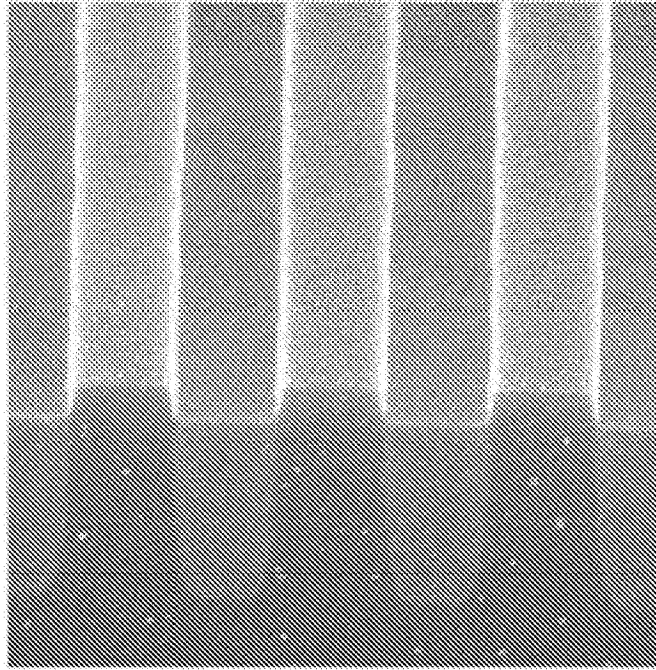


图 3B

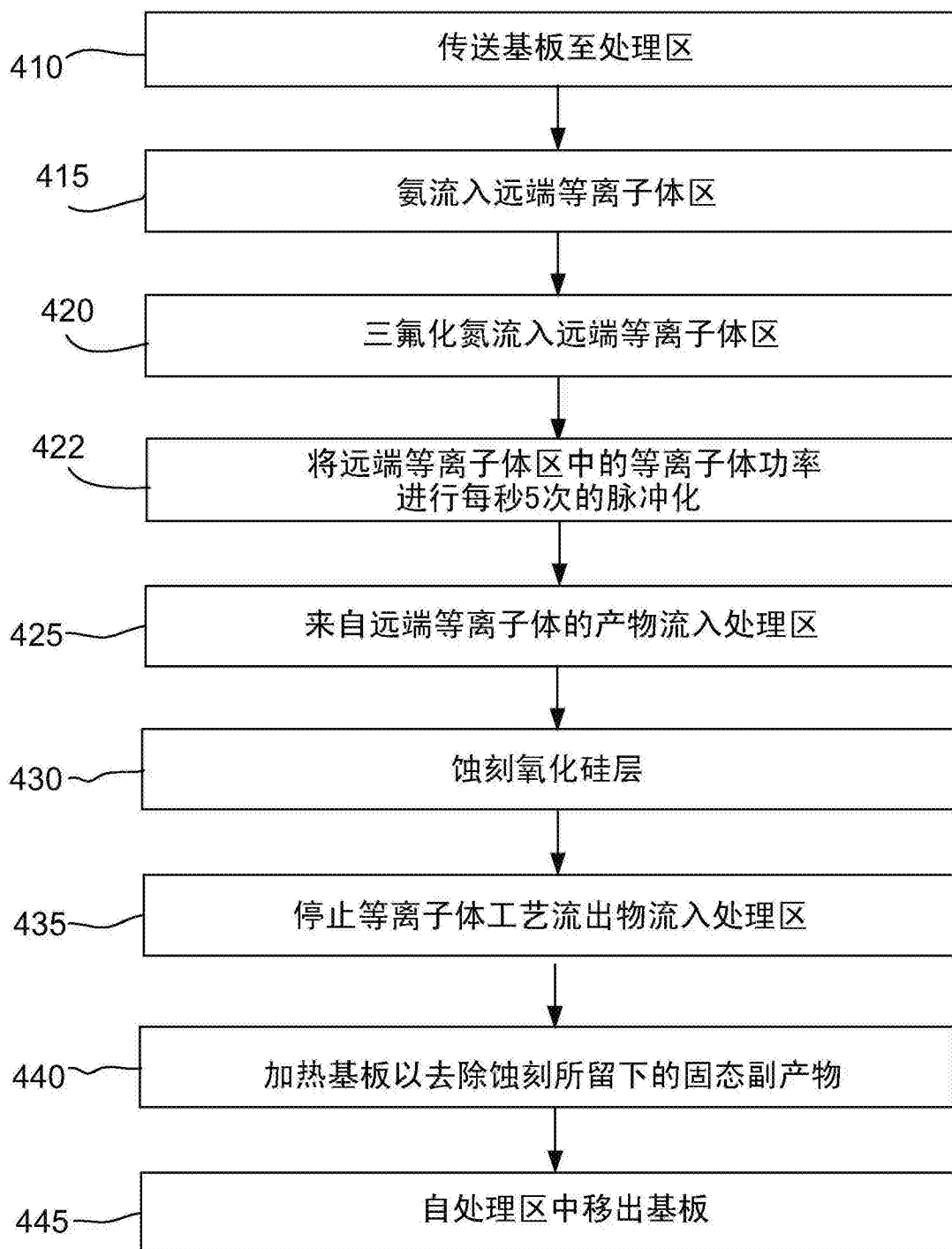


图 4

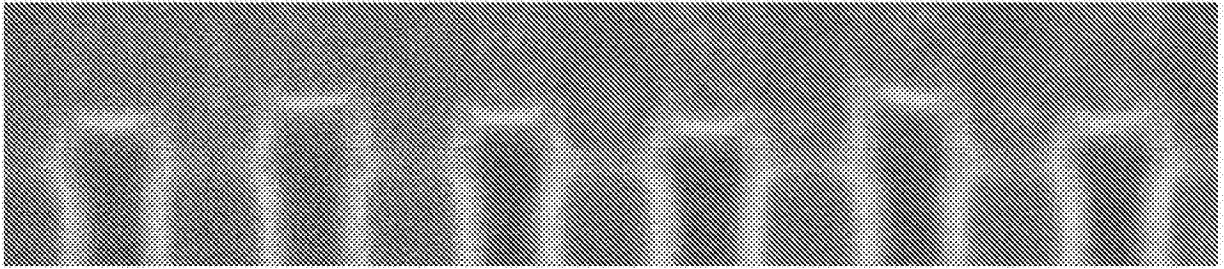


图 5A

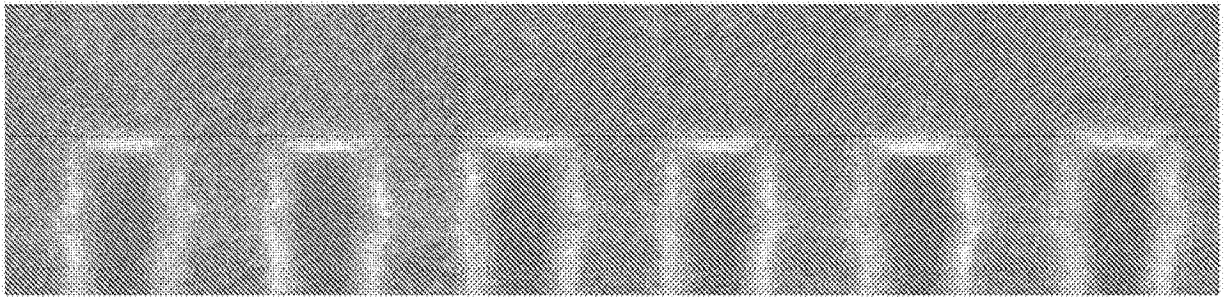


图 5B

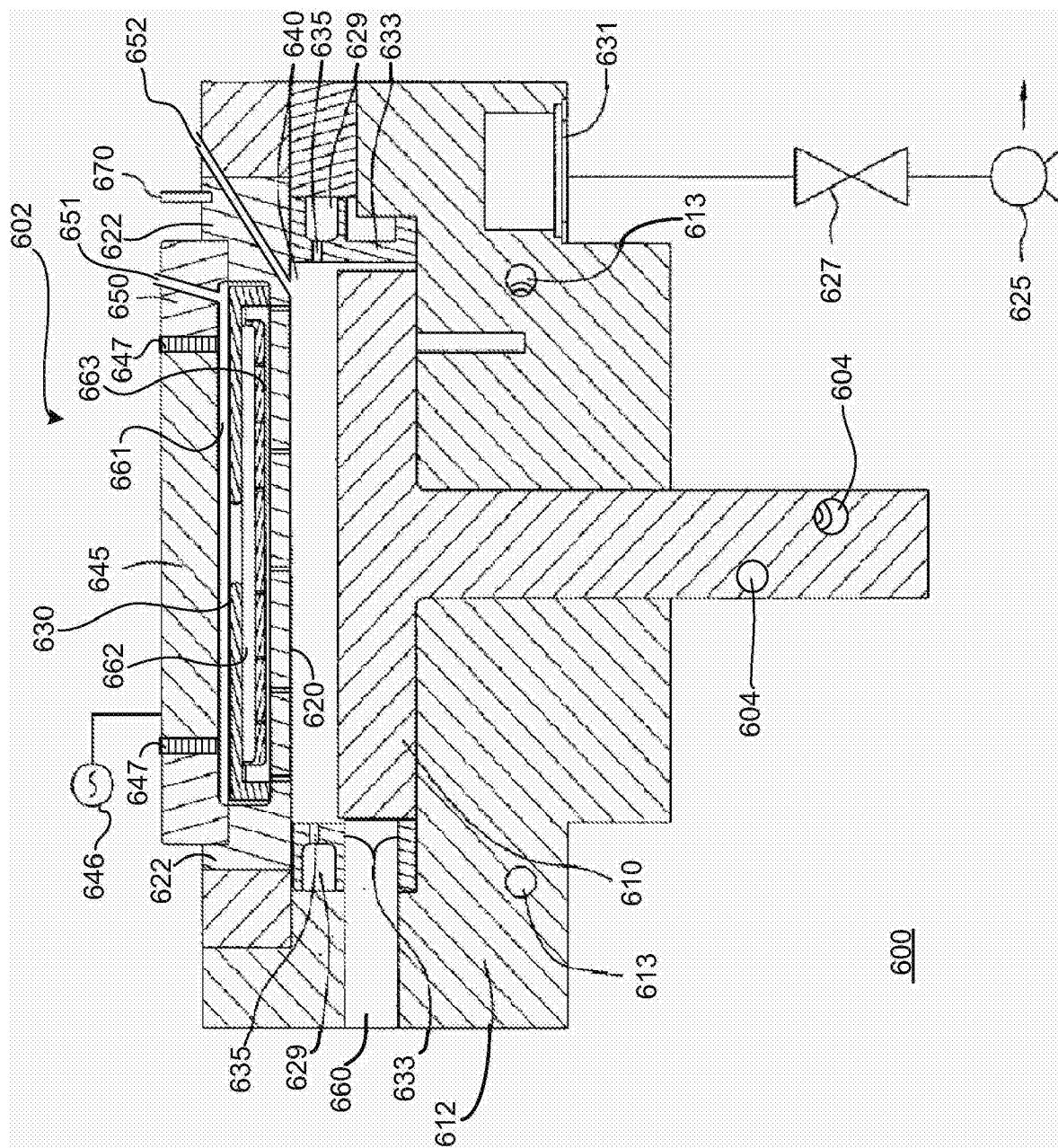


图 6

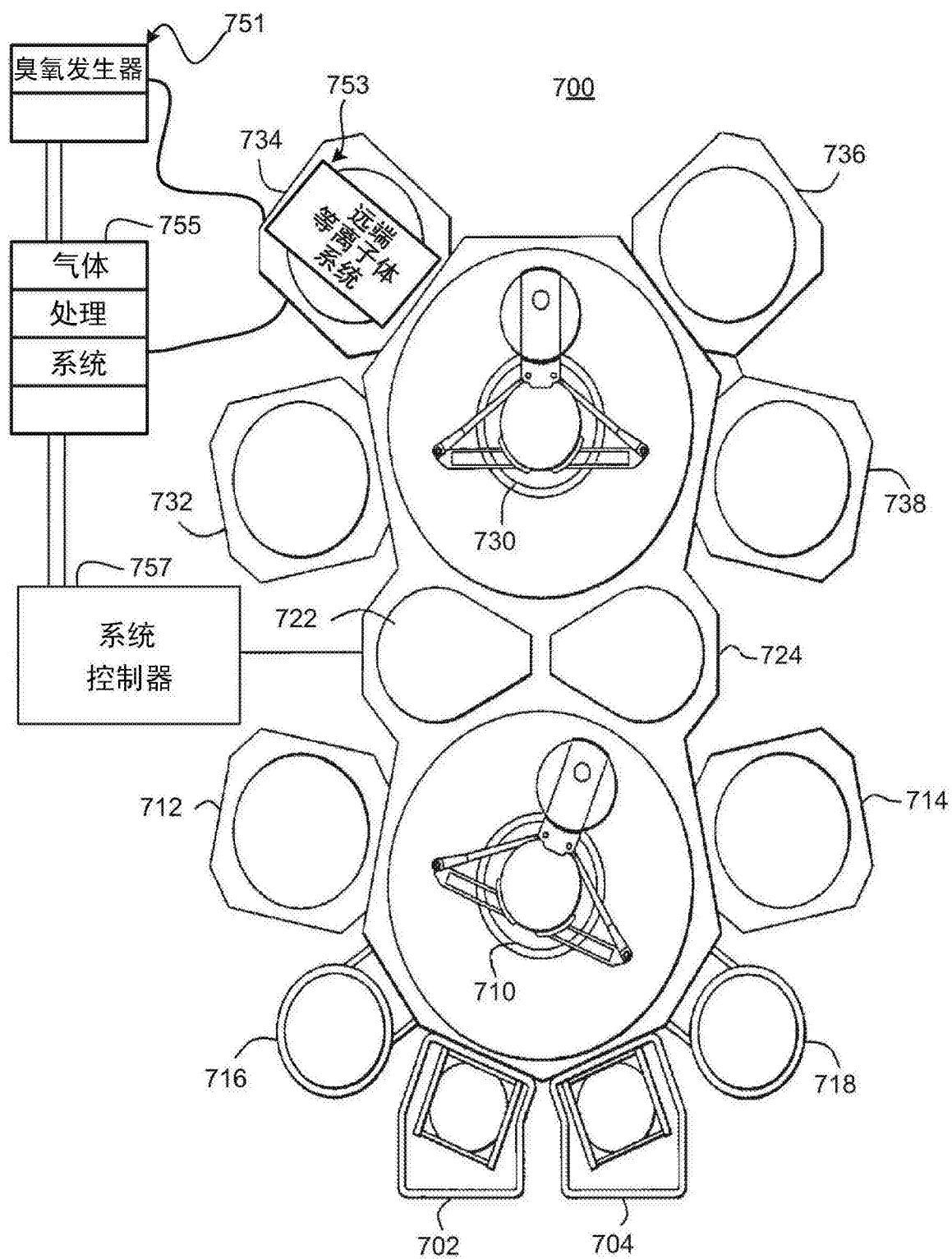


图 7