



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104025264 B

(45)授权公告日 2017. 09. 12

(21)申请号 201280065767.1

(22)申请日 2012.12.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104025264 A

(43)申请公布日 2014.09.03

(30)优先权数据

61/579,830 2011.12.23 US

13/723,409 2012.12.21 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.07.01

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/071202 2012.12.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/096748 EN 2013.06.27

(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 乔·格里菲思·克鲁兹 朴廷元

普拉文·K·纳万克尔

内特斯·阮 哈恩·阮 陈图

徐晶晶

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 徐金国 赵静

(51)Int.Cl.

H01L 21/302(2006.01)

(56)对比文件

US 6107197 A,2000.08.22,

US 6375756 B1,2002.04.23,

CN 1762039 A,2006.04.19,

TW 200922703 A,2009.06.01,

US 5350480 A,1994.09.27,

US 6107197 A,2000.08.22,

审查员 周天微

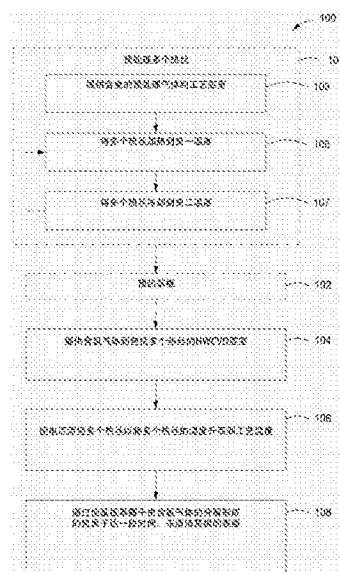
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54)发明名称

用原子氢清洁基板表面的方法和设备

(57)摘要

本文提供用于清洁基板表面的方法和设备。在一些实施方式中,一种清洁基板表面的方法可包括:提供含氢气体到其中设置有一个或多个热丝的第一腔室;使电流流经所述一个或多个热丝以将所述一个或多个热丝的温度升高到足够分解至少一些含氢气体的工艺温度;以及通过使所述基板暴露于由含氢气体分解所形成的氢原子达一段时间,来清洁所述基板的表面。



1. 一种清洁基板表面的方法,所述方法包括:

提供含氢气体到其中设置有多个热丝的第一腔室,其中所述热丝之间的距离为20mm到60mm;

使电流流经所述多个热丝以将所述多个热丝的温度升高到足够分解至少一些所述含氢气体的工艺温度;以及

通过使所述基板暴露于由含氢气体分解所形成的氢原子来清洁所述基板的所述表面,其中在提供所述含氢气体到所述第一腔室之前,通过以下步骤预处理所述多个热丝:

提供含氢的预处理气体到所述第一腔室;

将所述多个热丝加热到第一预处理温度;以及

将所述多个热丝冷却到第二预处理温度。

2. 如权利要求1所述的方法,其中所述含氢气体包括氢 (H_2)、氢 (H_2) 和氮 (N_2)、或者氨 (NH_3)。

3. 如权利要求1所述的方法,进一步包括以下步骤之一:

在不同于预热腔室的清洁腔室中清洁所述基板的所述表面之前,在所述预热腔室中预热所述基板;或者

在所述清洁腔室中清洁所述基板的所述表面之前,在所述清洁腔室中预热所述基板。

4. 如权利要求1到3中任一项所述的方法,其中所述第一腔室是在其中清洁所述基板表面的同一腔室,或者其中所述第一腔室是与在其中清洁所述基板表面的腔室不同的腔室,并且将在所述第一腔室中形成的所述氢原子提供到在其中清洁所述基板表面的所述腔室。

5. 如权利要求1所述的方法,其中所述含氢的预处理气体包括氢气 (H_2)、氢 (H_2) 和氮 (N_2)、或者氨 (NH_3)。

6. 如权利要求1所述的方法,进一步包括:

将所述多个热丝反复加热到所述第一预处理温度,以及将所述多个热丝冷却到所述第二预处理温度。

7. 一种基板清洁系统,所述系统包括:

工艺腔室,所述工艺腔室具有内部容积;

基板支撑件,所述基板支撑件设置在所述工艺腔室的所述内部容积中以在所述工艺腔室中支撑待清洁的基板;

原子氢源,所述原子氢源配置成在操作期间提供原子氢到所述基板的表面,所述原子氢源包括多个热丝和一端子,以将所述多个热丝耦接到电源,从而将所述多个热丝加热到足够从氢气生成原子氢的温度,其中所述多个热丝被含氢的预处理气体预处理且所述热丝之间的距离为20mm到60mm;以及

氢气源,所述氢气源耦接到所述原子氢源以提供氢气到所述原子氢源。

8. 如权利要求7所述的基板清洁系统,进一步包括:

气体分配板,所述气体分配板设置在所述原子氢源与所述工艺腔室的所述内部容积之间,以便由所述原子氢源提供的原子氢穿过所述气体分配板而到达所述工艺腔室的所述内部容积。

9. 如权利要求7所述的基板清洁系统,其中所述原子氢源与所述工艺腔室是分离的。

10. 如权利要求7所述的基板清洁系统,其中所述原子氢源设置在所述工艺腔室内。

11. 如权利要求7所述的基板清洁系统,其中所述原子氢源被整合到工艺腔室盖中,所述工艺腔室盖可去除地耦接到所述工艺腔室。

12. 如权利要求11所述的基板清洁系统,其中所述工艺腔室盖包括:

主体,所述主体具有形成在所述主体的下表面中的凹槽,其中所述多个热丝设置在所述凹槽内;

气体入口,所述气体入口设置在所述多个热丝上方以提供所述氢气到所述多个热丝;
以及

气体分配板,所述气体分配板耦接到所述多个热丝下方的所述主体,所述气体分配板具有多个孔以将所述凹槽流体耦接到所述内部容积。

13. 如权利要求12所述的基板清洁系统,其中所述工艺腔室盖进一步包括设置在所述凹槽的内表面上的衬垫。

14. 如权利要求7所述的基板清洁系统,其中所述多个热丝包括钽 (Ta)、钨 (W) 或者铱 (Ir)。

15. 如权利要求14所述的基板清洁系统,其中所述多个热丝进一步包括硅 (Si) 掺杂剂。

用原子氢清洁基板表面的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明的实施方式大体涉及半导体基板处理,并且更具体地,涉及用于清洁基板表面的方法。

背景技术

[0002] 半导体装置制造需要多个工艺步骤以完成成品装置。然而,工艺步骤或干预条件可能会产生不需要的材料(例如,原生(native)氧化物层、污染物、残留物或类似材料),这些材料可沉积或形成在基板表面上。这种材料通常是经由基板清洁工艺去除的。传统的基板清洁工艺通常包括以下步骤:在高温和/或高压下使基板暴露于由处理气体(例如,含氟气体)形成的等离子体。然而,本发明人已注意到,在这种工艺条件下使基板暴露于等离子体可能会导致对基板的无法接受的损害。

[0003] 因此,本发明人提供了用于清洁基板表面的改良方法。

发明内容

[0004] 本文提供用于清洁基板表面的方法和设备。在一些实施方式中,一种清洁基板表面的方法可包括:提供含氢气体到其中设置有多个热丝(filament)的第一腔室;使电流流过多个热丝以将所述多个热丝的温度升高到足够分解至少一些含氢气体的工艺温度;以及通过使所述基板暴露于由含氢气体分解所形成的氢原子达一段时间来清洁所述基板的表面。

[0005] 在一些实施方式中,一种基板清洁系统可包括:工艺腔室,所述工艺腔室具有内部容积;基板支撑件,所述基板支撑件设置在所述工艺腔室的内部容积中以在所述工艺腔室中支撑待清洁的基板;原子氢源,所述原子氢源配置用于在操作期间提供原子氢到基板的表面,所述原子氢源包括多个热丝和一端子(terminal),所述端子用于将所述多个热丝耦接到电源以将所述多个热丝加热到足够从氢气生成原子氢的温度;以及氢气源,所述氢气源耦接到所述原子氢源以提供氢气到所述原子氢源。

[0006] 本发明的其他和进一步的实施方式描述如下。

附图说明

[0007] 可以通过参照在附图中描绘的本发明的说明性实施方式来理解于上文简要概述的本发明的实施方式,所述实施方式在下文更详细地讨论。然而,应注意,附图仅图示本发明的典型实施方式,且因此不应被视为本发明范围的限制,因为本发明可允许其他等效的实施方式。

[0008] 图1是根据本发明的一些实施方式的用于清洁基板表面的方法的流程图。

[0009] 图2A到图2B是根据本发明的一些实施方式的如图1所示的方法的不同阶段期间基板的说明性的截面图。

[0010] 图3是根据本发明的一些实施方式的适用于执行图1所描绘的方法的处理系统。

[0011] 图3A是根据本发明的一些实施方式的适用于执行图1所描绘的方法的处理系统。

[0012] 图4是根据本发明的一些实施方式的原子氢源的说明性截面图,所述原子氢源耦接到适用于执行在图1中描绘的方法的工艺腔室。

[0013] 图5描绘根据本发明的一些实施方式的适用于在原子氢源中使用的热丝的配置。

[0014] 图6描绘根据本发明的一些实施方式的适用于在原子氢源中使用的热丝的配置。

[0015] 图7描绘根据本发明的一些实施方式的适用于在原子氢源中使用的热丝的配置。

[0016] 图8描绘根据本发明的一些实施方式的适用于在原子氢源中使用的热丝的配置。

[0017] 为了便于理解,在可能的情况下已使用相同的参考数字来标示各图所共有的相同元件。各图未按比例绘制且为清楚起见可予以简化。预期一个实施方式的元件和特征结构可有利地结合到其他实施方式中而无需进一步叙述。

具体实施方式

[0018] 本文提供用于清洁基板表面的方法和设备。本发明的工艺的实施方式可有利地允许从基板去除污染物或不需要的层,同时与利用例如等离子体、高温处理或氟基化学的一个或更多的传统的清洁工艺相比对基板造成较少的损害。此外,本发明人已注意到,通过利用适当配置的腔室(例如,具有热丝(hot wire)源的腔室,诸如热丝处理腔室、热丝化学气相沉积(HWCVD)腔室,或者如在下文中所描述的类似的腔室)生成原子氢,与在半导体工业中用来生成原子氢的传统方法相比,可有利地生成更高密度的原子氢(例如,诸如比所述传统方法高1.3倍到约3倍)。虽然未限制本文公开的本发明的方法的使用范围,但是本发明的方法已示出为对清洁超大规模集成(VLSI)装置中所用的较大规模基板特别有效,例如,诸如300mm基板、约1000mm×1250mm基板、约2200mm×2500mm基板或更大的基板。

[0019] 图1是根据本发明的一些实施方式的用于清洁基板表面的方法100的流程图。图2A到图2B是根据本发明的一些实施方式在如图1所示的处理顺序的不同阶段期间基板的说明性的截面图。本发明的方法可以在适用于根据本发明的实施方式处理半导体基板的任何设备(诸如,在下文中参照图3讨论的设备)中执行。

[0020] 本发明人已注意到,在利用热丝作为热源和/或能源的工艺腔室中,例如诸如在热丝处理腔室(例如,HWCVD腔室或者具有热丝源的其他合适的腔室)中,所述热丝可能是用不稳定或易劣化的材料制造的。由于这种不稳定性,这些材料可能会以气体方式释出(outgas)污染物(例如,在所述材料中的杂质)或者形成可在处理期间沉淀在基板上的颗粒,从而不利地影响所制造装置的性能特征,例如诸如高装置漏电流、开/关比、阈值电压漂移(threshold voltage shift)或类似性能特征。由于所述装置互连的尺寸缩小(例如,装置互连小于或等于约20纳米),这种不利的影响加剧。

[0021] 在一些实施方式中,所述方法100可以视情况开始于步骤101,在步骤101中可以视情况预处理设置在工艺腔室中的多个热丝(例如,工艺腔室301中的多个热丝310,如下文所描述的)。在执行清洁工艺(例如,如下所述的清洁工艺)之前预处理所述多个热丝可以有利地减少或消除上述污染物和/或颗粒形成。此外,预处理可以消除杂质,从而增加稳定性和/或可靠性,并且使所述多个热丝的使用寿命延长。

[0022] 在101处描绘的多个热丝的预处理通常可以开始于103,在103处将含氢的预处理气体提供到其中设置有热丝的工艺腔室。所述工艺腔室可以是利用热丝作为热源和/或能

源的任何类型的工艺腔室,例如,诸如热丝化学气相沉积(HWCVD)腔室或者其他类似配置的工艺腔室。在一些实施方式中,所述工艺腔室可以类似于下文参照图3所描述的工艺腔室。

[0023] 所述含氢的预处理气体可以是适合促进多个热丝的预处理的任何非反应性工艺兼容的气体。例如,在一些实施方式中,所述含氢的预处理气体可以包括以下气体,或者可实质上包括以下气体,或者可以由以下气体组成:氢气(H₂)、氢气(H₂)和氮气(N₂)的混合物、氨(NH₃)、过氧化氢(H₂O₂),这些气体的组合或类似物。在一些实施方式中,所述含氢的预处理气体可以进一步包括稀释气体,例如氦(He)、氩(Ar)或类似气体之一或更多。在一些实施方式中,所述含氢的预处理气体可以实质上包括以下气体之一或更多,或者可以由以下气体之一或更多组成:氢气(H₂)、氢气(H₂)和氮气(N₂)的混合物、氨(NH₃)、过氧化氢(H₂O₂),或这些气体的组合,所述含氢的预处理气体与稀释气体(诸如,氦(He)、氩(Ar)或类似气体之一或更多)混合。所述含氢的预处理气体可被以任何合适的流量(flow rate)提供到所述工艺腔室,以提供足够量的氢来促进所述多个热丝的预处理。例如,在一些实施方式中,所述含氢的预处理气体可被以高达约10000sccm的流量提供到所述工艺腔室,或者在一些实施方式中,所述含氢的预处理气体可被以约10sccm到约3000sccm的流量提供到所述工艺腔室。

[0024] 然后,在105处,电流流经多个热丝以将所述多个热丝的温度升高到第一预处理温度。所述第一预处理温度可以是适合于促进从所述多个热丝至少部分地去除或者以气体方式释出污染物和/或杂质的任何温度。在一些实施方式中,所述第一预处理温度可以取决于用于制造所述多个热丝的材料成分。例如,在一些实施方式中,所述第一预处理温度可以是约1000摄氏度到约2500摄氏度。可将所述多个热丝维持在所述第一预处理温度达任何合适的时段(period of time),以促进从所述多个热丝部分地去除或者以气体方式释出污染物和/或杂质。例如,在一些实施方式中,所述多个热丝可以维持在所述第一预处理温度达约60秒到约600秒的时段。在任何上述实施方式中,温度或时间的至少一个可以取决于用于制造热丝的材料和/或工艺腔室内多个热丝的配置。

[0025] 接着,在107,可以减小(包括停止)流经所述多个热丝的电流以将所述多个热丝冷却到第二预处理温度。所述第二预处理温度可以是足够实现所需的热丝特性的任何温度,并且可以取决于用于制造所述多个热丝的材料成分。例如,在一些实施方式中,所述第二预处理温度可以是约1000摄氏度到约2500摄氏度。所述多个热丝可以维持在所述第二预处理温度达任何时段,例如约60秒到约600秒的时段。

[0026] 可以任何适合的速率冷却所述多个热丝,以产生所需的微观结构,从而实现所需的热丝特性。例如,在一些实施方式中,可以每分钟约100摄氏度到每分钟约2000摄氏度的速率冷却所述多个热丝。可以经由任何合适的机构来冷却所述多个热丝,以实现所需的冷却速率。例如,在一些实施方式中,所述电流可以连续地或者分步地逐渐减小。或者,在一些实施方式中,可以在维持第一温度达一段时间之后切断电流,从而使多个热丝冷却。

[0027] 在一些实施方式中,所述多个热丝的预处理可以是循环工艺,其中每一循环可包括将所述多个热丝升温到第一预处理温度,接着将所述多个热丝冷却到第二预处理温度。所述循环可以执行任何适合的时间量,以促进预处理工艺。

[0028] 除上述之外,额外的工艺参数(例如,诸如工艺腔室内部的压力、温度或类似参数)可以用于促进预处理所述多个热丝。例如,在预处理工艺期间,可以将所述工艺腔室维持在

小于约 10^{-9} 毫托 (mTorr) (例如, 超高真空) 到约10托的压力。此外, 所述工艺腔室可以维持在任何适合的温度, 以促进预处理所述多个热丝。

[0029] 虽然在上下文中将本文描述的预处理工艺描述为在清洁工艺之前执行, 但是所述多个热丝的预处理可以在任何工艺 (例如, 诸如沉积工艺 (例如, 热丝化学气相沉积 (HWCVD) 工艺、化学气相沉积工艺 (CVD) 或类似沉积工艺)、氮化工艺或类似工艺) 之前执行。

[0030] 替代所述多个热丝的可选预处理, 或者与所述多个热丝的可选预处理结合, 还可以视情况预热待处理或待清洁的基板, 如在102处所示。所述基板的预热可以发生在所述多个热丝的可选预处理之前、同时或者之后。在执行清洁工艺 (例如, 如下所述的清洁工艺) 之前预热所述基板可以促进从基板以气体方式释出和/或去除污染物。在一些实施方式中, 可以在与用于清洁工艺的腔室相同的腔室中预热所述基板。或者, 在一些实施方式中, 可以使用不同于用于所述清洁工艺的腔室的预热腔室 (诸如下文参照图3所讨论的预热腔室350)。本发明人已注意到, 在与用于执行所述清洁工艺的腔室不同的腔室中预热基板可以减少或者消除由于来自清洁工艺腔室的残留工艺副产物而导致的基板污染的发生和/或可以减少或消除由于来自基板材料而导致的清洁工艺腔室污染的发生。

[0031] 所述预热腔室可以是任何适合类型的腔室 (例如, 诸如专用预热腔室、退火腔室、沉积腔室或类似腔室), 以预热所述基板200到所需的温度。在一些实施方式中, 所述预热腔室可以是热丝处理腔室或类似配置的腔室 (诸如在下文中参照图3所描述的腔室)。在一些实施方式中, 所述预热腔室可以是耦接到多腔室工具 (例如, 诸如群集工具 (cluster tool) 或串联 (in-line) 处理工具) 的多个腔室之一。

[0032] 可以将所述基板200预热到任何适合的温度, 以从所述基板200以气体方式释出或者去除污染物。例如, 在一些实施方式中, 可以将装置200预热到高达约500摄氏度的温度。可以经由任何合适的热源 (例如, 设置在所述腔室内的加热灯或电阻加热器、嵌入 (embedded) 基板支撑件内的加热器、热丝源的热丝或类似热源) 预热所述基板。在其中在热丝处理腔室中预热所述装置200的各实施方式中, 可以将所述热丝源 (例如, 热丝) 加热到约1000摄氏度到约2500摄氏度的温度, 从而促进将所述装置200预热到所需温度。根据适合于基板和待去除的污染物, 可以使用其他温度。

[0033] 参照图2A, 所述基板200可以是任何合适的基板, 诸如掺杂或未掺杂的硅基板、第III-V族化合物基板、砷化镓 (GaAs) 基板、硅锗 (SiGe) 基板、外延基板、绝缘体上硅 (silicon-on-insulator, SOI) 基板、显示器基板 (诸如, 液晶显示器 (LCD)、等离子体显示器、电致发光 (EL) 灯显示器)、发光二极管 (LED) 基板、太阳能电池阵列、太阳能电池板或类似物。在一些实施方式中, 所述基板200可以是半导体晶片, 诸如200mm或300mm的半导体晶片。在一些实施方式中, 所述基板200可以例如是超大规模集成 (VLSI) 装置的大规模玻璃基板, 诸如约1000mm×1250mm的基板或者约2200mm×2500mm的基板。

[0034] 在一些实施方式中, 所述基板200可以包括设置在所述基板中或所述基板上的一個或更多个层。在一些实施方式中, 所述一个或更多个层可以是适用于半导体制造的层, 例如氧化物层、氮化物层、高或低K介电层、导电层或类似层。所述层可以经由任何合适的工艺形成, 例如诸如物理气相沉积、化学气相沉积、外延生长或类似工艺。替代地或者结合地, 在一些实施方式中, 一个或更多个特征结构 (例如, 过孔、沟槽、双镶嵌结构或类似特征结构) 可以形成在基板200中和/或形成在设置在基板中或基板上的一个或更多个层的之一或更

多中。所述特征结构可以经由任何合适的工艺形成,例如诸如蚀刻工艺。此外,在预热之前所述基板200可以经历额外的处理,诸如退火、烘焙(baking)、清洁或类似处理。

[0035] 在一些实施方式中,待去除的层202可以设置在基板200的表面204的顶上。虽然在本文中描述为层,但是待去除的材料也可以是部分层,或者可以是仅设置在表面204的部分上的材料岛(island of material)。所述层202可以包括任何待从基板200去除的材料,例如原生氧化物层、氮化物层、硅层或类似材料,或者先前的工艺残留物或污染物(例如,诸如含碳污染物、含硅污染物、含氮污染物或者含氧污染物)或类似物。

[0036] 所述基板200的表面204可以是需要在工艺之前和/或之后清洁的任何表面。例如,在一些实施方式中,所述方法100用于从基板接触面(例如,用于栅极堆叠应用(诸如互补金属氧化物半导体(CMOS)结构的制造)的接触表面)清洁污染物,所述表面204可以包括以下材料之一:硅化物(诸如镍硅化物)、氧化物(诸如氧化钌(RuO_2)、氧化硅(SiO_2)、金属氧化物)或类似材料。

[0037] 如果在分离的腔室中预热所述基板,则将基板移动到清洁腔室(诸如热丝处理腔室)以清洁所述基板。然后,在104处,可将含氢气体提供到其中设置有基板的清洁腔室。本发明人已注意到,通过利用热丝腔室或类似配置的腔室,与在半导体工业用于生成原子氢的传统方法相比,可以生成更高密度的原子氢(例如,诸如比所述传统方法高1.3倍到约3倍)。所述含氢气体可以包括任何一种或更多种适合的气体,以在含氢气体分解时提供高密度的原子氢。例如,在一些实施方式中,所述含氢气体可以包括以下气体,实质上包括以下气体,或者由以下气体组成:上文相对于含氢的预处理气体讨论的气体的任何气体或者所述气体的组合。

[0038] 可以任何适当的流量提供含氢气体,以提供所需量的原子氢来清洁基板200的表面204,并且可以根据基板200和/或清洁腔室的大小来调节所述含氢气体的流量。例如,在一些实施方式中,可以约1sccm到约10000sccm的流量提供所述含氢气体。所述清洁腔室可以是其中设置有多个热丝的任何类型的工艺腔室,例如诸如下文参照图3描述的工艺腔室。

[0039] 然后,在106处,电流流经设置在所述清洁腔室中的多个热丝以将所述多个热丝的温度升高到工艺温度。可以在预热所述基板(如上所述在102处)和/或提供所述含氢气体到所述清洁腔室(如上所述在104)之前、同时和/或之后使所述电流流经所述多个热丝。使所述电流流经所述多个热丝、预热所述基板和提供所述含氢气体到所述清洁腔室的顺序可以取决于应用(例如,基板成分、待去除的材料或类似应用)而变化。所述多个热丝可以是设置在任何适当类型的清洁腔室中的任何适当类型的热丝,例如诸如在下文参照图3所述的工艺腔室中设置的所述多个热丝。

[0040] 所述工艺温度可以是任何适当的温度,以实现所述含氢气体的分解,从而提供所需密度的原子氢并促进清洁所述基板200的表面204,如下所述。例如,可以根据适合于分解所提供的具体含氢气体,选择所述工艺温度。本发明人已注意到,通过利用原子氢来促进所述清洁,可以将所述工艺温度有利地维持在与传统的清洁工艺(例如,湿法清洁工艺、热清洁工艺或等离子体清洁工艺)相比较低的温度。例如,在其中所述方法是用于从基板接触面清洁污染物的实施方式中,所述工艺温度可以是约10摄氏度到约500摄氏度。

[0041] 接着,在108,通过使基板200暴露于由含氢气体的分解形成的氢原子达一段时间(例如,直到去除位于所述基板上的材料或污染物的一些或全部),来清洁基板200的表面

204。本发明人注意到,原子氢的高反应性特性会促进所述层202的去除,从而清洁所述基板200的表面204,如图2B所示。通过如上所述地通过使所述基板200暴露于所述氢原子来清洁所述表面204,本发明人已注意到,与传统的清洁工艺(例如,诸如利用等离子体来清洁基板表面的清洁工艺,甚至其中可以提供相同的但为等离子态的含氢气体)相比,所述基板200在清洁工艺期间会导致更小的损害。此外,本发明人已注意到,与传统的清洁工艺(例如,湿法清洁工艺、热清洁工艺或等离子体清洁工艺)相比,利用氢原子可以使得能清洁所述基板200的表面204,同时减少或消除所述基板的部分氧化情形和杂质。

[0042] 所述时段可以是促进所述层202的去除达满意程度(例如,完全地去除,大体上去除等等)所需的任何时间量,并且所述时段可以根据层202的成分、基板200的大小或类似方面而变化。在一些实施方式中,可以机械地(经由FTIR、SEM、TEM、XPS、SIMS等等)或者电力地检测层202的去除。

[0043] 在一些实施方式中,所述基板200设置在工艺腔室中的所述多个热丝下面,并且直接暴露于所述多个热丝。或者,在一些实施方式中,所述基板200可以和所述多个热丝分离。例如,在一些实施方式中,例如可以将具有多个孔的板(气体分配板)设置在所述多个热丝与所述基板200之间,如下文参照图3中的板342所描述的。所述板可以用任何合适的工艺兼容的材料制造的。当存在时,所述板可以减少或者消除对所述基板的热损害和/或遍及所述基板提供氢原子的均匀分配。此外,所述板可以进一步允许对其中设置有多个热丝的腔室的一部分和其中设置有装置200的腔室的一部分的独立温度控制,从而使所述多个热丝和所述基板的每一个维持在不同温度,如下所述。在另一实例中,在一些实施方式中,所述原子氢可以在热丝处理腔室中远程地形成,并被提供到其中设置有基板200的分离的工艺腔室。所述基板200可以安置在热丝源下面,或者在板342下面,在基板支撑件(例如,如下文参照图3描述的基板支撑件328)上处于静止位置,或者在一些实施方式中,所述基板200可以移动以在基板200经过板342下面时用于动态清洁。

[0044] 除上述之外,可以使用额外的工艺参数来促进清洁基板200的表面204。例如,本发明人已注意到,可以通过包含基板200的工艺腔室(例如,热丝处理腔室或分离的工艺腔室)内的压力来控制所生成的原子氢的密度。例如,在一些实施方式中,所述工艺腔室的内部容积可以维持在约1毫托到约10托的压力,并且所述内部容积可以根据具体应用而变化。此外,所述基板200可以维持在任何合适的温度(例如,诸如高达约1000摄氏度),以促进清洁所述基板的表面204。

[0045] 可以经由任何合适的加热机构或热源(例如,诸如电阻加热器(例如,嵌入基板支撑件内的加热器)、加热灯或类似物)将所述基板200维持在上述温度。此外,可以经由任何合适的机构监测温度,以提供温度的精密测量。例如,在一些实施方式中,可以经由一个或更多个热电偶、高温计、热电偶与高温计的组合或类似者直接监测温度。替代地或结合地,在一些实施方式中,可以经由提供到所述加热机构的功率与所得温度之间的已知相关性来估计温度。本发明人已注意到,将基板200维持在这样的温度可提供额外能量到所述工艺,这可以促进含氢气体更完全的分解以形成氢原子,从而提高所述清洁工艺的产量和均匀性。

[0046] 在108处清洁基板200的表面204之后,通常结束所述方法100,并且所述基板200可以继续进一步处理。在一些实施方式中,例如可以在基板200上执行额外的工艺(诸如

附加层沉积、蚀刻、层氮化、退火(例如,快速热退火RTA等)或类似工艺),以在基板200上形成半导体装置或者制备基板200以供在应用(诸如光伏电池(photovoltaic cell,PV)、发光二极管(LED)或者显示器(例如,液晶显示器(LCD)、等离子体显示器、电致发光(EL)灯显示器)或类似应用)中使用。

[0047] 图3描绘根据本发明的实施方式的处理系统(基板清洁系统)300的示意性侧视图。在一些实施方式中,所述处理系统300包括工艺腔室301、清洁腔室303和视情况地包括预热腔室350。所述工艺腔室301可以是其中设置有多根热丝的任何类型的工艺腔室,诸如热丝处理腔室(例如,HWCVD腔室或具有热丝源的其他合适的腔室)。

[0048] 所述工艺腔室301通常包括具有内部容积304的腔室主体302,所述内部容积304中设置有原子氢源348。所述原子氢源348被配置用于在操作期间提供原子氢到基板330(例如,如上所述的装置)的表面。所述原子氢源包括多根热丝310,所述热丝310耦接到电源313以提供电流来将所述多根热丝加热至足够从(例如从氢气源346提供的)氢气生成原子氢的温度。

[0049] 所述多根热丝310可以包括适合在所述工艺腔室内提供所需的温度分布的许多热丝。例如,虽然在一些实施方式中,所述多根热丝可以包括4根热丝、5根热丝、10根热丝、12根热丝、16根热丝或类似者,但是取决于基板的大小和腔室的几何形状、清洁要求、热丝成分、气体成分或类似方面,可以使用其他数目的热丝。在一些实施方式中,所述多根热丝310可以是横跨内部容积304来回布线(route)的单一热丝。所述热丝310可具有任何适合的厚度和/或密度,以在所述工艺腔室301内提供所需的原子氢密度。例如,在一些实施方式中,每一热丝310的直径可以被选择以控制所述热丝的表面积。例如,在一些实施方式中,所述热丝310可以具有约0.5mm到约0.75mm的直径。此外,在一些实施方式中,每一热丝的密度可以取决于应用(例如,基板成分、待去除的材料或类似应用)而变化。

[0050] 所述热丝310可以任何适合的工艺兼容的导电材料制造,例如诸如钨(W)、三氧化钨(WO₃)、钽(Ta)、五氧化二钽(Ta₂O₅)、铱(Ir)、镍铬合金(NiCr)、钯(Pd)或类似材料。在一些实施方式中,所述热丝310可以进一步包括掺杂剂,例如诸如硅(Si)。在这些实施方式中,所述热丝310可以包括高达约50%的硅。本发明人已注意到,与未掺杂的材料相比,所述掺杂材料可以提供改良的特性,例如,诸如更长的使用寿命、增强的机械稳定性和热稳定性、改良的可靠性和增加的刚度(stiffness)以减少下垂(sagging)。在一些实施方式中,所述掺杂剂的添加可以改良在高温(例如,高达约2500摄氏度)处理应用(例如,沉积工艺、氮化或氢化处理或预清洁工艺)中热丝310的机械稳定性、热稳定性和电稳定性。

[0051] 每一热丝310由一个或更多个支撑结构夹持在适当的位置,以当热丝被加热到高温时保持热丝张紧,并且提供与所述热丝电接触。在一些实施方式中,每一热丝310之间的距离(即,热丝到热丝的距离336)可以被选择以在工艺腔室301内提供所需密度的原子氢。例如,在一些实施方式中,所述热丝到热丝的距离336可以取决于热丝的数目(以及由此,由所有热丝提供的总表面积)。所述热丝到热丝的距离可以在所有热丝之间是均匀的,或者可以在不同热丝组之间变化。例如,可以控制所述热丝310之间的位置和/或间距,以在所述工艺腔室中提供所需的温度分布。本发明人已注意到,控制所述热丝310的位置和间距促进对特性(诸如,氢自由基密度和分配、遍及所述工艺腔室(例如,邻近工艺腔室壁以及遍及所述工艺腔室的内部容积)各处的均匀冷却和类似特性)的控制。在一些实施方式中,所述热丝

到热丝的距离336可以是约20mm到约60mm。热丝可以任何适合的方式被配置,以在所述工艺腔室内提供所需的温度分布,例如诸如下文参照图5到图7所描述的。

[0052] 电源313例如经由一个或更多个端子耦接到所述热丝310,以提供电流来加热所述热丝310。基板330可以定位在热丝源(例如,热丝310)下面,例如在基板支撑件328上。所述基板支撑件328可以是静止的以用于静态清洁,或者可以移动(如箭头305所示)以当基板330经过所述热丝源下面时用于动态清洁。在一些实施方式中,可以选择每一热丝310和所述基板330之间的距离(即,热丝到基板的距离340),以促进在所述工艺腔室301中执行具体工艺(例如,如上所述的本发明的方法100)。例如,在一些实施方式中,所述热丝到基板的距离340可以是约10mm到约300mm。

[0053] 所述腔室主体302进一步包括:一个或更多个气体入口(如图所示为一个气体入口332)和一个或更多个出口(如图所示为两个出口334),所述气体入口耦接到氢气源346以提供清洁气体,所述出口耦接到真空泵以在工艺腔室301内维持适合的操作压力并去除过量的处理气体和/或工艺副产物。所述气体入口332可以装到(feed into)喷头333上(如图所示)或者其他适合的气体分配元件上,以在热丝310上均匀地或者依照要求分配所述气体。

[0054] 在一些实施方式中,所述基板330可以经由气体分配设备(例如,诸如具有多个通孔344的板342)与热丝源(例如,热丝310)分离,所述气体分配设备配置用于以所需方式将所述气体(例如,如上所述的原子氢)分配到所述基板330。例如,可以根据具体的应用改变通孔数目、所述多个通孔344的图案和尺寸。例如,在一些实施方式中,所述多个通孔344可被配置为使得所述板342可具有约10%到约50%的开孔面积(open area)。在一些实施方式中,所述多个通孔的每一个可具有约1mm到约30mm的直径。

[0055] 除分配所述气体之外,当存在时,所述气体分配设备341可以防止断开的或出故障的热丝310与基板330接触。在一些实施方式中,从所述气体分配设备341或者板342到基板330的距离可以是任何适合的距离,以提供所需密度的原子氢到基板330。例如,在一些实施方式中,所述气体分配设备341到基板的距离331可以是约10mm到约200mm。

[0056] 所述清洁腔室303通常包括腔室主体305,所述腔室主体305界定内部容积307。所述基板支撑件328可以定位在所述内部容积307内。在一些实施方式中,所述清洁腔室303可以包括一个或更多个加热器(未示出)以促进加热所述基板。当存在时,设置在清洁腔室303中的一个或更多个加热器可以促进预热所述基板,例如,诸如如上所述的。

[0057] 在一些实施方式中,可以提供一个或更多个隔离罩(shield) 320,以最小化在腔室主体302的内表面上的不需要的材料沉积。所述隔离罩320和腔室衬垫322通常保护所述腔室主体302的内表面不会由于所述清洁工艺和/或流入所述腔室的处理气体而非预期地聚集已沉积的材料。所述隔离罩320和腔室衬垫322可以是可去除的、可替换的和/或可清洁的。所述隔离罩320和腔室衬垫322可以被配置成覆盖所述腔室主体302的每一可被涂覆区域,包括但不限于围绕所述热丝310和在涂覆隔室的所有壁上。一般地,所述隔离罩320和腔室衬垫322可以由铝(A1)制造,并且可具有粗糙表面以提高已沉积材料的粘附力(从而防止已沉积材料的剥落)。所述隔离罩320和腔室衬垫322可以任何适合的方式安装在工艺腔室的所需区域中,诸如围绕所述热丝源。在一些实施方式中,可以通过打开工艺腔室301的上部以去除所述源、隔离罩和衬垫,来进行维护保养和清洁。例如,在一些实施方式中,所述工艺腔室301的盖或顶棚(ceiling)可以沿着支撑所述盖的凸缘338耦接到腔室主体302,并且

提供表面来将所述盖固定到所述工艺腔室301的主体上。

[0058] 在一些实施方式中,可以设置预热腔室350以预热所述基板。所述预热腔室可以是具有热源352的任何适合的腔室,所述热源352用于供应热到设置在所述预热腔室350中的基板330。所述预热腔室350可以直接耦接到工艺腔室301,例如作为串联基板处理工具的一部分,或者所述预热腔室350可以经由一个或更多个中介腔室(intervening chamber)(诸如群集工具的传递腔室)耦接到所述工艺腔室301。在由D.Haas等人在2011年5月5日发表的美国专利申请公开2011/0104848A1(现为美国专利8,117,987,授权于2012年2月21日)中描述了适合的串联基板处理工具的实例。

[0059] 控制器306可以耦接到所述工艺腔室301的各个部件,并且视情况耦接到所述腔室301和/或所述预热腔室350,以控制所述腔室的操作。虽然示意性地示出为耦接到工艺腔室301,所述控制器可以可操作地连接到任何可以由所述控制器控制的部件,诸如电源313、耦接到入口332的气体源346、耦接到出口334的真空泵和/或节流阀(未示出)、基板支撑件328或类似部件,以根据本文中公开的方法控制所述清洁工艺。所述控制器306通常包括中央处理器(CPU)308、存储器312和用于CPU308的支持电路310。控制器306可直接或经由与具体的支持系统部件相关的其他计算机或控制器(未示出)控制HWCVD工艺腔室301。控制器306可为可在工业设置中用于控制各种腔室和子处理器的任何形式的通用计算机处理器之一。CPU308的存储器或计算机可读介质312可为一个或更多个易得的存储器,诸如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、软盘、硬盘、闪存存储器(flash)或任何其他形式的本地或远程的数字存储器。支持电路310耦接到CPU308以用于以传统方式支持所述处理器。这些电路包括高速缓冲存储器、电源、时钟电路、输入/输出电路和子系统和类似电路。本文描述的本发明的方法可存储于存储器312中作为可执行或调用的软件程序314,以将所述控制器转变成特定目的控制器,从而用本文描述的方式控制所述工艺腔室301的操作。所述软件程序还可由定位为远离由CPU308控制的硬件的第二CPU(未示出)存储和/或执行。

[0060] 在一些实施方式中,所述工艺腔室301和所述清洁腔室303可以耦接到彼此或彼此整体地构造,以形成单一的工艺腔室(例如,诸如在图3中所示)。或者,在一些实施方式中,所述工艺腔室301和所述清洁腔室303可以是分离的腔室,诸如在图3A中所示。在这些实施方式中,可以用热丝310远程地加热处理气体(例如,含氢气体),并且可以将所得的原子氢经由例如导管354提供到清洁腔室。在一些实施方式中,所述导管354可以提供原子氢到设置在气体分配设备341上方的空腔或充气增压部(plenum)356,然后将所述原子氢经由多个通孔344分配到清洁腔室303的内部容积307。

[0061] 在一些实施方式中,所述原子氢源348可以是所述工艺腔室301的主体的一部分。或者,在一些实施方式中,所述原子氢源348可以整合在可去除的盖中,诸如在图4中所示。例如,图4描绘具有腔室主体406和耦接到所述腔室主体406的可去除的盖401的工艺腔室412的示意性侧视图。将所述原子氢源348整合在可去除的盖401中使得所述原子氢源348易去除或替换,从而允许不同配置的原子氢源与单一的工艺腔室一起使用。此外,所述可去除的盖401可适合为耦接到先前的工艺腔室,所述先前的工艺腔室原来并非配置用于与原子氢源348一起使用。例如,本发明人已注意到,被配置用以从远程等离子体源接收等离子体的一些传统工艺腔室可以从所述等离子体源接收不足的氢自由基通量(flux),以执行一些工艺。提供模块化的原子氢源348(例如,整合在可去除的盖401中的原子氢源348)将使得能够

在必要时安装原子氢源348,从而提供所需密度的氢自由基来执行所需的工艺,由此提供具有增强的工艺灵活性的工艺腔室。

[0062] 在一些实施方式中,所述可去除的盖401可以包括主体402,所述主体402具有形成在主体402的下表面410中的凹槽408。所述主体402与腔室主体406界面接触以促进将所述可去除的盖401可去除地耦接到工艺腔室412,以便所述原子氢源348可以相对于工艺腔室412设置在期望位置(例如,诸如在设置在基板支撑件422上的基板418的上方,如图4所示)中。所述工艺腔室412可以是适用于执行半导体工艺的任何工艺腔室412,例如配置用于沉积工艺(诸如化学气相沉积(CVD)、物理气相沉积(PVD)或类似沉积工艺)的工艺腔室,或者如上所述的工艺腔室301。示例性工艺腔室可包括可以从California(加利福尼亚)州Santa Clara(圣克拉拉)市的Applied Materials, Inc.(应用材料公司)购得的ENDURA®平台(platform)工艺腔室或其他工艺腔室。类似地可以使用其他适合的工艺腔室。

[0063] 在一些实施方式中,喷头404(例如,类似于上文参照图3描述的喷头333)可以设置在凹槽408的内部414中,并且气体分配设备420(例如,类似于上文参照图3描述的气体分配设备341)可以设置在所述凹槽408的外部416中。所述热丝310可以设置在所述喷头404与气体分配设备420之间。所述入口332设置为贯穿主体402以从氢气源346提供一个或多个处理气体(例如,上文讨论的含氢气体)到喷头404。

[0064] 所述喷头404和气体分配设备420可以用任何工艺兼容的材料制造,例如,诸如铝(Al)、石英(SiO_2)或类似材料。此外,喷头404和气体分配设备420的每一个可以根据具体应用或在所述工艺腔室412内处理的材料来配置。例如,可以改变在所述喷头404和气体分配设备420的每一个中形成的分配孔的大小、形状、分布和图案,以适应具体的应用。

[0065] 在一些实施方式中,衬垫406可以设置在凹槽408的暴露的表面上。当存在时,衬垫406可以在处理期间保护所述凹槽的暴露的表面。此外,在一些实施方式中,所述衬垫406可以减少或消除在原子氢源348内生成的氢原子的再结合。所述衬垫406可以用任何适合的工艺兼容的材料制造以执行上述功能,并且可以取决于具体的应用或者在所述工艺腔室412内处理的材料。例如,在一些实施方式中,所述衬垫406可以用金属(诸如铝(Al)或类似物)、石英(SiO_2)或者金属氧化物(诸如氧化铝(Al_2O_3)或类似物)制造。在其中所述衬垫406是用金属制造的实施方式中,所述衬垫406可以进一步包括涂层,例如诸如氧化钛(TiO)、方钍石(ThO_2)或类似涂层。当存在时,所述涂层可以减少氢原子的再结合和/或增强热反射率,并且减少衬垫406的热吸收,从而促进将所述工艺腔室维持在所需的温度。

[0066] 在如上所述的原子氢源348的上述实施方式的任一个中,所述热丝310可以任何方式配置,以在所述工艺腔室内提供适合的温度分布。例如,参照图5,在一些实施方式中,所述热丝310可以同心环图案配置。在一些实施方式中,所述热丝310可以由一个或多个支撑结构(例如,诸如支撑环502、一个或多个支撑臂506、508或类似结构等)支撑。在一些实施方式中,所述热丝310可以线性地设置为彼此平行,诸如在图6中所示。

[0067] 在一些实施方式中,所述热丝310可以配置成在所述工艺腔室内提供加热区域。例如,在一些实施方式中,所述热丝310可以配置在单一区域702中,诸如在图7中所示。在这些实施方式中,所述热丝310可以电力地彼此并联耦接,并且从单一的电源706提供功率。在一些实施方式中,热丝夹持器704可以设置在每一热丝310的每一端部以支撑所述热丝310,并且可以提供端子以将所述热丝310耦接到电源706。在一些实施方式中,每一热丝夹持器704

可以支撑超过一根热丝,例如,如图7所示的三根热丝310。

[0068] 或者,在一些实施方式中,所述热丝310可以配置在多个区域中,诸如在图8中所示。所述热丝310可以配置在任何数目的区域中,例如诸如两个区域(第一区域802和第二区域804),诸如在图8中所示。在一些实施方式中,所述多个区域的每一区域可以耦接为具有单独的电源(例如,分别耦接到第一区域802和第二区域804的电源806、808),以允许单独调节所述多个区域的每一区域。

[0069] 由此,本文已提供用于清洁基板表面的方法和设备。本发明的工艺的实施方式可有利地允许从基板去除污染物或不需要的层,同时与利用例如等离子体、高温处理或氟基化学之一或更多的传统清洁工艺相比对基板造成较少的损害。

[0070] 尽管上述内容针对本发明的实施方式,但是可以在不脱离本发明的基本范围的情况下设计本发明的其他和进一步的实施方式。

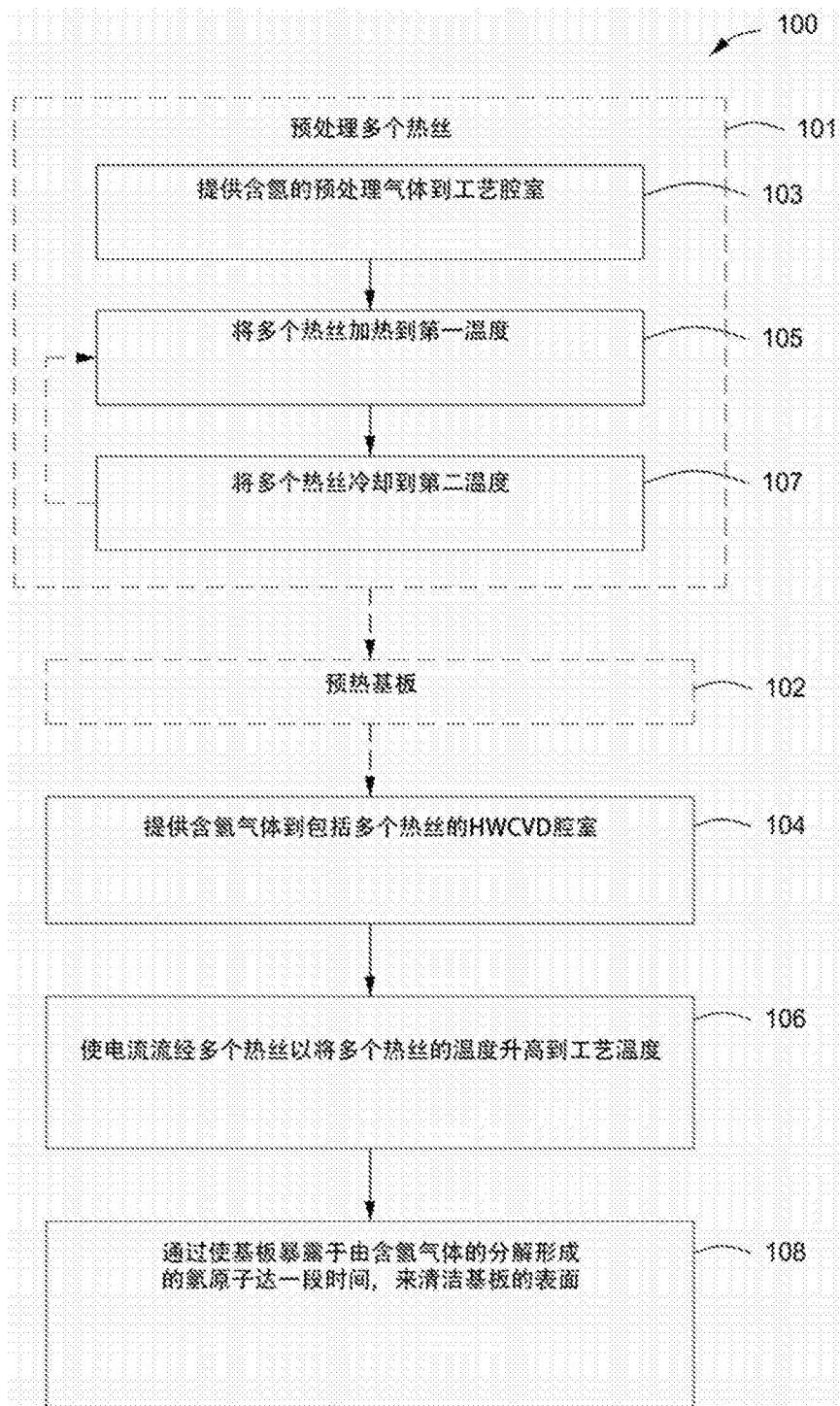


图1



图2A

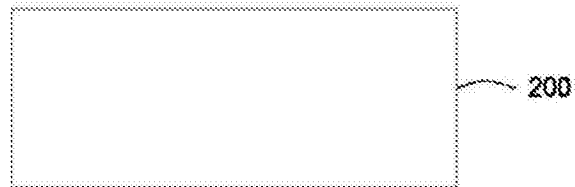


图2B

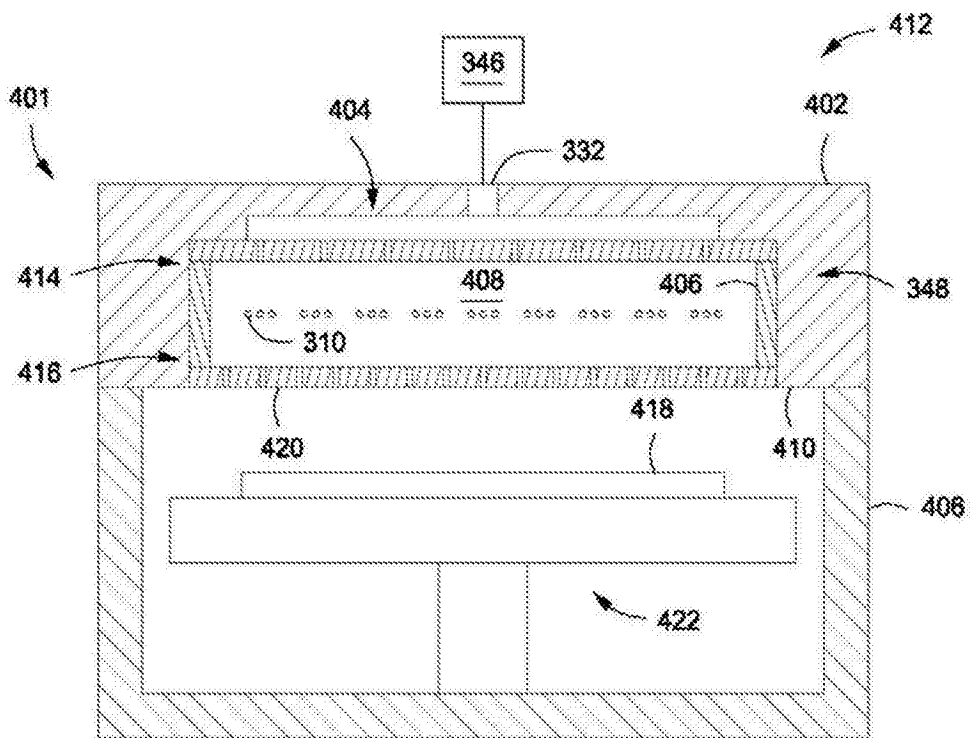


图4

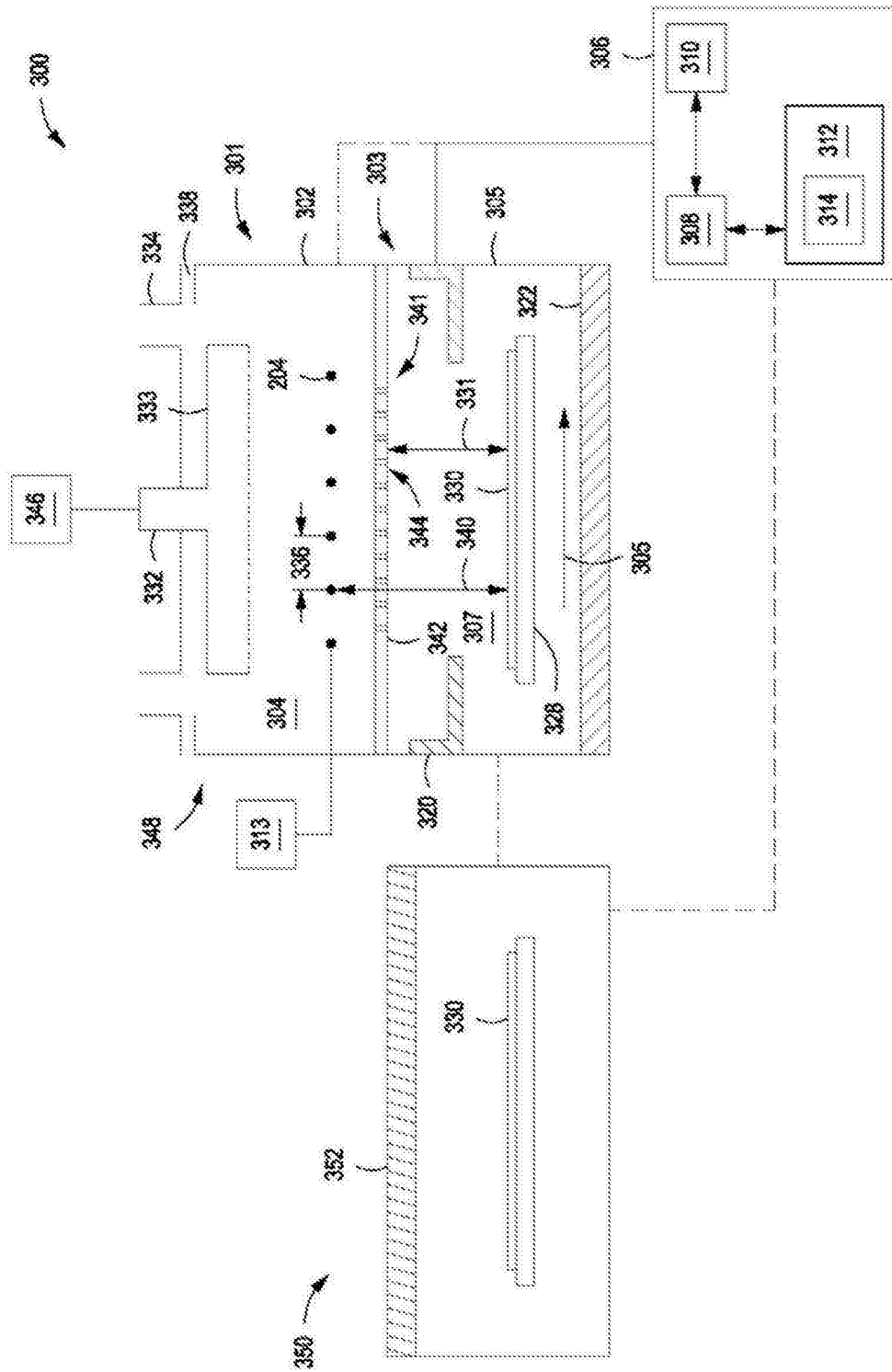


图3

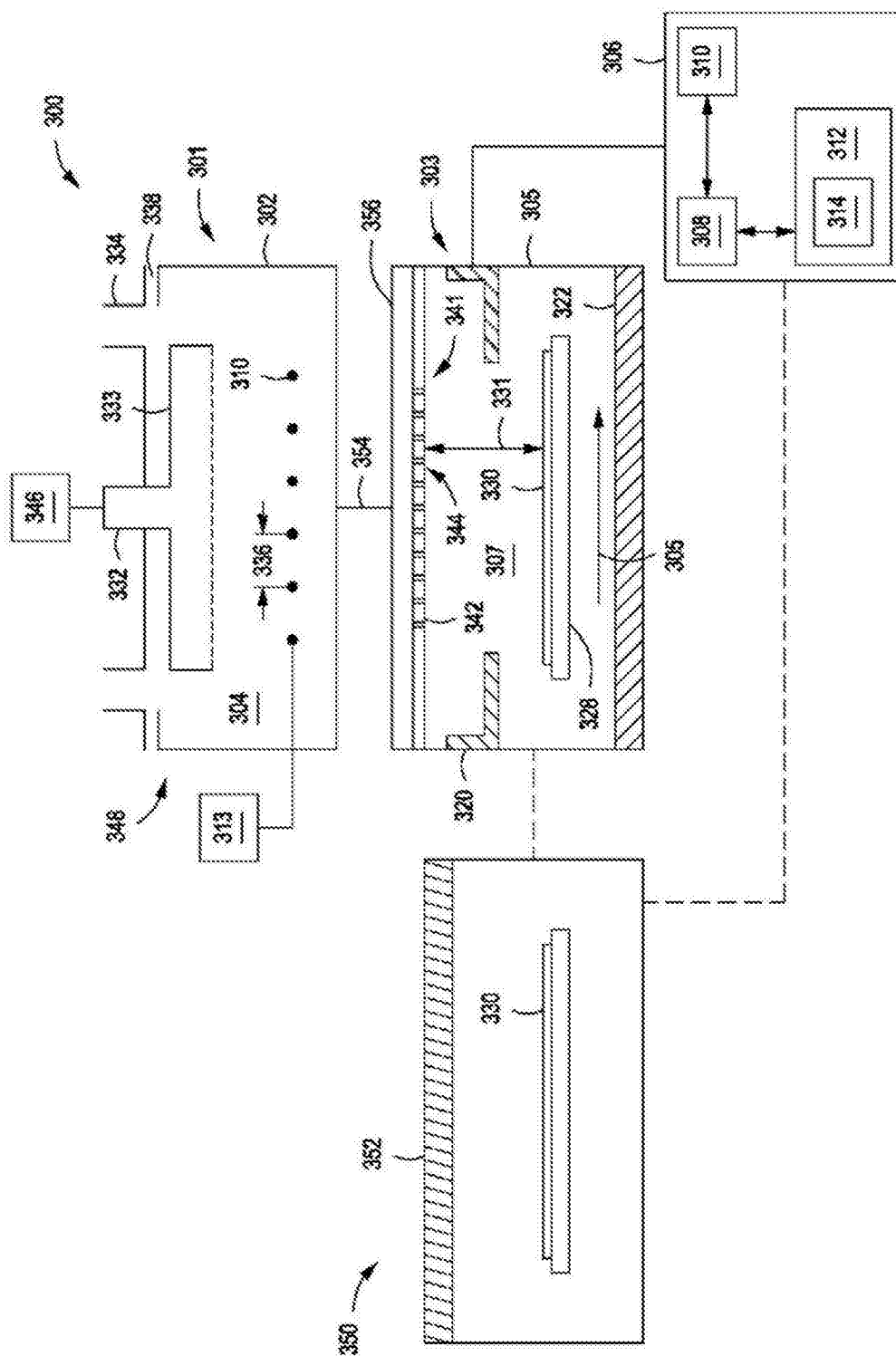


图3A

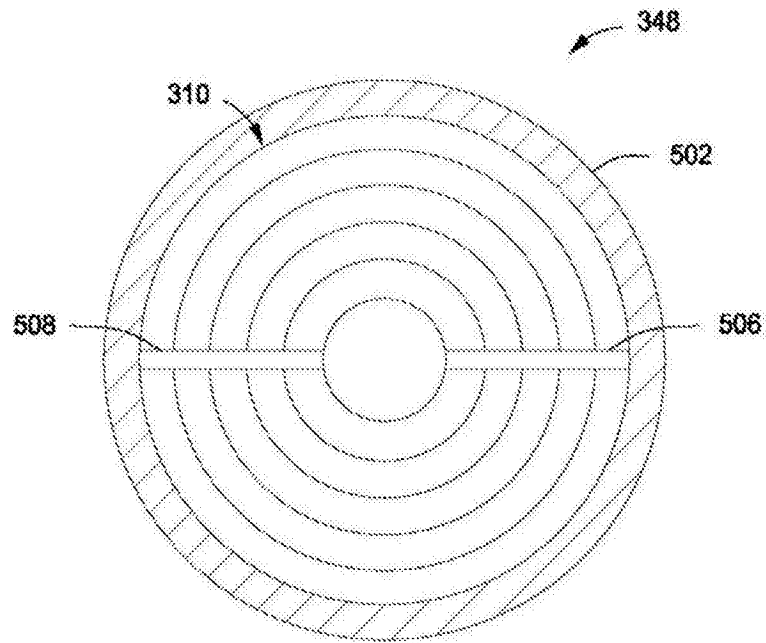


图5

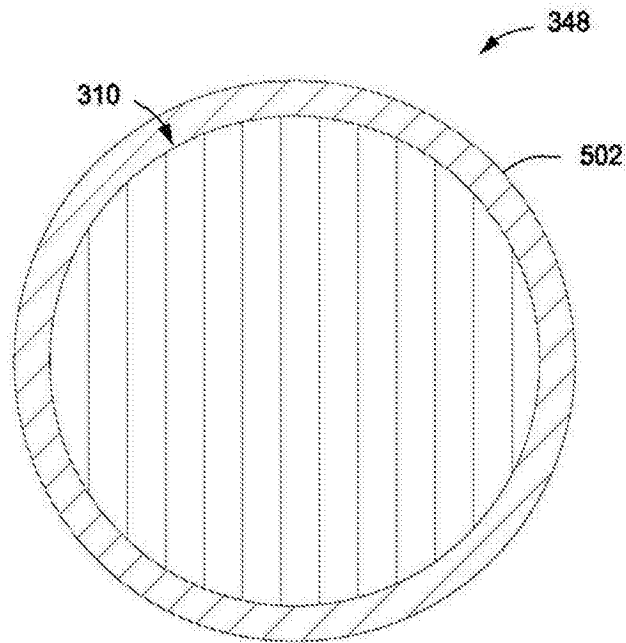


图6

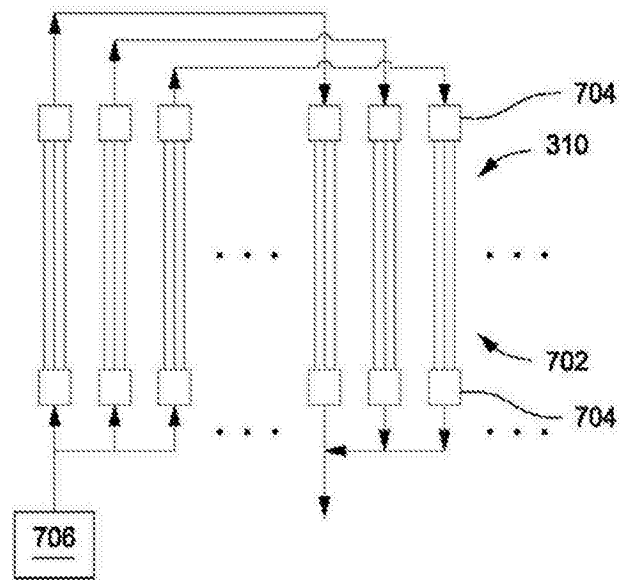


图7

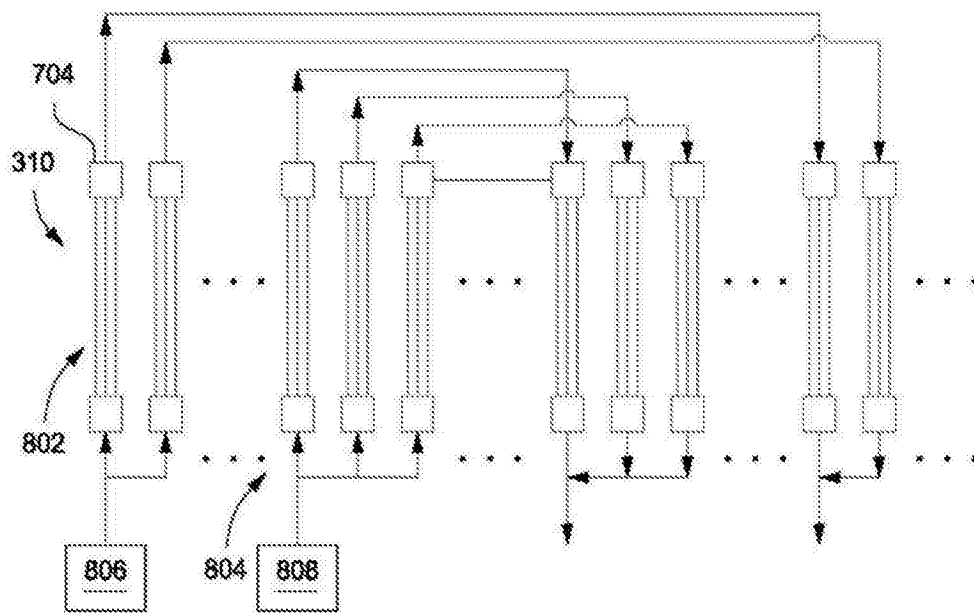


图8