

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101816061 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 30

(21) 申请号 200780100933. 6

(22) 申请日 2007. 10. 04

(85) PCT申请进入国家阶段日
2010. 04. 02

(86) PCT申请的申请数据
PCT/US2007/080460 2007. 10. 04

(87) PCT申请的公布数据
W02009/045217 EN 2009. 04. 09

(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 戴维·布尔 雅各布·史密斯
桑迪普·尼杰霍安 洛里·华盛顿
大卫·伊格尔沙姆

(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

(51) Int. Cl.

H01L 21/302(2006. 01)

H01L 21/306(2006. 01)

H01L 21/461(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2004115853 A1, 2004. 06. 17,

US 2002174833 A1, 2002. 11. 28,

US 6218280 B1, 2001. 04. 17,

审查员 徐健

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 10 页

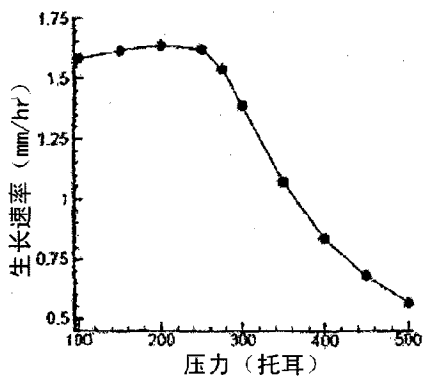
(54) 发明名称

在使用 MOCVD 和 HVPE 来生长 III-V 氮化物膜中的寄生微粒抑制

(57) 摘要

本发明描述一种在金属有机化学气相沉积工艺中抑制寄生微粒形成的方法。此方法包括向反应腔室提供基板以及向所述反应腔室导入有机金属前驱物、微粒抑制化合物与至少第二前驱物。第二前驱物与有机金属前驱物反应,以在基板上形成成核层。另外,本发明描述一种在形成 III-V 氮化物层期间抑制寄生微粒形成的方法。此方法包括向反应腔室导入含 III 族金属的前驱物。III 族金属前驱物可以包含卤素。也向至反应腔室导入卤化氢气体与含氮化合物。含氮气体与 III 族金属前驱物反应,以在基板上形成 III-V 氮化物层。

生长速率



1. 一种在金属有机化学气相沉积工艺中抑制寄生微粒形成的方法,所述方法包含:
向反应腔室提供基板;
向所述反应腔室导入有机金属前驱物与微粒抑制化合物,其中所述微粒抑制化合物在所述反应腔室中具有比所述有机金属前驱物更低的分压以增加生长速率;
向所述反应腔室导入至少第二前驱物,其中所述第二前驱物与所述有机金属前驱物反应;以及
由包含所述有机金属前驱物与所述第二前驱物的反应混合物在所述基板上形成成核层。
2. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述微粒抑制化合物避免所述第二前驱物在所述反应腔室中形成寄生微粒。
3. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述基板包含铝材料、铝蓝宝石材料、碳化硅材料或硅材料。
4. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述基板包含尖晶石、镓氧化物或氧化锌。
5. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述有机金属前驱物包含有机镓化合物。
6. 权利要求 5 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述有机镓化合物包含三甲基镓。
7. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述微粒抑制化合物包含卤素化合物。
8. 权利要求 7 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述卤素化合物包含卤化氢。
9. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述第二前驱物包含氨。
10. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述成核层包含氮化镓或氮化镓的合金。
11. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述微粒抑制化合物在所述反应腔室中的分压低于所述有机金属前驱物的分压的一半。
12. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中在向所述反应腔室导入所述有机金属前驱物与所述微粒抑制化合物时,所述有机金属前驱物与所述微粒抑制化合物具有低于 300°C 的温度。
13. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述方法包含向所述反应腔室导入第三前驱物,所述第三前驱物与所述有机金属前驱物与所述第二前驱物反应以形成所述成核层。
14. 权利要求 1 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述方法还包含利用氢化物气相外延工艺在所述成核层上形成外延层。
15. 一种在蓝宝石基板上形成氮化镓层期间抑制寄生微粒形成的方法,所述方法包含:
向含有所述蓝宝石基板的反应腔室内导入氨;
向所述反应腔室导入有机镓化合物与氯化氢,其中所述氯化氢通过氨来抑制寄生微粒的形成;以及
在所述蓝宝石基板上形成氮化镓层,

其中所述氯化氢在所述反应腔室中具有比所述有机镓化合物更低的分压。

16. 权利要求 15 的抑制寄生微粒形成的方法,其中所述有机镓化合物是三甲基镓。

17. 权利要求 15 的抑制寄生微粒形成的方法,其中在低于 300°C 将所述氯化氢导入所述反应腔室。

18. 权利要求 15 的抑制寄生微粒形成的方法,其中在低于 300°C 同时地将所述有机镓化合物与所述氯化氢导入所述反应腔室。

在使用 MOCVD 和 HVPE 来生长 III-V 氮化物膜中的寄生微粒抑制

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本发明涉及共同受让的 Ni jhawan 等人且发明名称为“EPITAXIAL GROWTH OF COMPOUND NITRIDE SEMICONDUCTOR STRUCTURES”的美国专利申请（代理人卷号为 A10938/T68100），所述专利申请在此以引用方式整个并入本文以作为参考。

[0003] 发明背景

[0004] III-V 族半导体渐渐地被用在发光二极管 (LED) 与激光二极管 (LD) 中。出现了特定的 III-V 半导体，例如氮化镓 (GaN) 作为制造短波长 LED 与 LD (包括发蓝光与紫外光的光学及光电子元件) 的重要材料。因此，发展低成本、高质量的 III-V 半导体薄膜的制造工艺渐渐地引起注意。

[0005] 一种被广泛使用以制造像是 GaN 的 III-V 氮化物薄膜的工艺即是氢化物气相外延 (hydride vapor phase epitaxy, HVPE)。此工艺包括氯化镓 (GaCl) 与氨 (NH₃) 之间在基板沉积表面上的高温气相反应。GaCl 前驱物是通过将氯化氢 (HCl) 气体通过经加热的液体镓供应 (熔点 29.8°C) 来制备。氨可以由标准的气体源来供应。前驱物在经加热的基板处混合一起，前驱物在此处反应且沉积 GaN 层。HVPE 沉积速率高 (例如高达 100 μm/hr)，并且提供了相当快速且节省成本的制造 GaN 薄膜的方法。

[0006] 然而，HVPE 对于形成 GaN 与其它 III-V 化合物薄膜也有缺点。HCl 气体在形成 GaCl 时无法完全地被消耗，并且基板在薄膜沉积期间暴露于大量 HCl。对于对 HCl 蚀刻敏感的基板 (例如硅) 而言，必须沉积预膜抗蚀刻层以保护基板不受损坏或破坏。必须小心地选择此额外的层，使所述额外的层可以尽可能减少对 GaN 薄膜形成的干扰。至少，抗蚀刻层的形成对于 GaN 薄膜沉积工艺会增加额外的成本与时间。

[0007] 此外，作为 HVPE 工艺特征的高沉积速率使 HVPE 工艺在低程度掺杂物时难以使用。掺杂物对于限定 III-V 化合物 LED、LD、晶体管等等的电性与光电性质是重要的。在沉积 GaN 薄膜之后执行的掺杂步骤可能无法在薄膜中提供合适的掺杂物浓度或均质性。当后沉积掺杂完全可行时，则将至少增加了 GaN 薄膜沉积工艺的成本与时间。

[0008] HVPE 的另一主要缺点是难以使用此工艺来生长 III-V 氮化物的合金，例如铝镓氮化物 (AlGa_N) 与铟镓氮化物 (InGa_N)。这些以及其它氮化物合金提供除了单金属氮化物以外的各种异质结构，并且已经应用在许多新光电子元件中。但是遗憾地，已经证实了产生用于铝的稳定气体前驱物 (例如氯化铝) 与用于铟的稳定气体前驱物 (例如氯化铟) 比产生氯化镓 (GaCl) 难。

[0009] 例如，铝具有比镓更高的熔点 (约 660°C)，并且铝的氯化物盐 (AlCl₃) 甚至在高温 HVPE 反应器条件下会迅速地固化成低蒸气压固体。当 HCl 通过铝金属上方时，大部分 AlCl₃ 会由气流沉淀出来，而且仅有小部分 AlCl₃ 抵达沉积基板以与氮前驱物反应且形成 AlN。

[0010] 为了克服这些与其它的 HVPE III-V 化合物薄膜形成的缺点，另一种称为金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 的工艺被用来形成 III-V 氮化物薄膜。MOCVD 使用合理的挥发性金属有机 III 族前驱物 (例如三甲基镓 (TMGa) 或三甲基铝 (TMAI)) 来向基板输送 III 族金

属, III 族金属在基板处与氮前驱物(例如氨)反应以形成 III-V 氮化物薄膜。

[0011] 典型地, MOCVD 氮化物薄膜比 HVPE 薄膜在更低温度下沉积, 使得工艺可以具有更低的热预算。结合两种或更多种不同的 III 族金属有机前驱物(例如 Ga、Al、In 等)且制造 GaN 的合金薄膜(例如 AlGa_nN、InGa_nN 等)也更容易。掺杂物也可以更容易地与前驱物结合, 以沉积原位的掺杂薄膜层。

[0012] 然而, MOCVD 薄膜沉积也具有缺点。这些缺点包括有 MOCVD 的沉积速率比 HVPE 沉积速率更低。与 50 μm/hr 的 HVPE 沉积速率相比, MOCVD 典型地在约 5 μm/hr 或更低的沉积速率来沉积薄膜。更低的沉积速率使得 MOCVD 具有比 HVPE 更低的产能及更昂贵的沉积工艺。

[0013] 已经尝试一些方式来增加使用 MOCVD 时的 GaN 沉积产能。在一种方式中, 尝试分批反应器, 所述分批反应器可以同时地在许多晶圆或在大的面积上生长薄膜。在第二方式中, 企图增加 GaN 薄膜生长速率与异质结构。此两种方式都有困难。

[0014] 已经证实当规模放大至大面积是很困难的, 这是因为 GaN 必须在相当高的压力(例如数百托耳)下生长, 并且在这些压力下大型反应器中的流速很低, 除非历经反应的总流量格外的高。因此, 前驱物流经过短距离即耗尽反应物, 使得难以在大的面积上生长均匀的薄膜。

[0015] 也已经证实通过增加有机镓与氮前驱物的浓度(即分压)来企图增加 GaN 薄膜的沉积速率是很困难的。图 1A 显示 MOCVD 反应器中 GaN 薄膜沉积速率作为总压力的函数的图表。这些图表是基于通过在具有紧密连结的喷洒头注射器的 Thomas Swan 反应器中 GaN 薄膜生长的 STR 的模拟。此图表显示当反应器中压力增加至约 300 托耳以上时会有速率的陡降。

[0016] 增加 MOCVD 反应器压力的 GaN 薄膜速率降低是由于气相寄生微粒的形成, 其中所述寄生微粒会消耗用来生长薄膜的 Ga 与 N 前驱物。这些寄生微粒在晶圆基板上方的薄热边界层中形成, 在所述薄热边界层处, 局部气体温度变得足够高以促进 III 族前驱物与氮(氮前驱物)之间的热解反应。一旦形成, 此热、悬浮的(经由热泳(thermophoresis))微粒变成用于额外沉积的核, 因而生长且从气体流进一步地耗尽反应物, 直到所述悬浮的微粒流出腔室外。所以, 想要的薄膜生长与寄生微粒生长之间存在竞争。当 III 族和 / 或 V 族前驱物的分压增加时, 或当晶圆基板周围的热边界层扩张时, 寄生微粒形成会增加。

[0017] 在以三甲基镓前驱物来生长 GaN 薄膜的情况中, 薄膜生长速率最终会因为三甲基镓流量而饱和, 使得难以让生长速率大于约 5 μm/hr。寄生微粒的形成也会劣化所沉积 GaN 薄膜的光电品质。

[0018] 因为寄生微粒形成取决于 III 族与 V 族前驱物的分压, 通过以更多载气(例如氢(H₂)、氮)稀释前驱物气体流来增加 MOCVD 沉积薄膜的生长速率是可能的。然而, 试图稀释前驱物气体流会损坏所沉积的 III-V 薄膜的质量。维持前驱物的高分压(尤其是在氮化物薄膜沉积中的高氮分压)似乎有益于高质量薄膜的生长。

[0019] MOCVD 薄膜沉积中的寄生微粒形成对于氮化镓合金甚至会更严重。例如, 图 1B 显示在 Aixtron 行星反应器(Aixtron planetary reactor)中 AlGa_nN 沉积速率作为压力的函数的图表。此图表显示在形成 AlGa_nN 薄膜期间会比在形成非合金的 GaN 薄膜期间, 薄膜形成速率相对于反应器压力具有更陡的下降。对于 Thomas Swan 与 Veeco 反应器的模拟中也

显示有类似的生长速率减小。

[0020] AlGaIn 薄膜被用在 LED 异质结构中,其中 p 型层生长在 InGaIn 阱有源区域上方。所以,生长具有合理的高孔洞浓度且不含有非辐射性或补偿缺陷的 AlGaIn 薄膜是有益的。遗憾地,高总压力与高氨流量对于生长具有这些品质的 AlGaIn 薄膜是最好的,但是通过 MOCVD 来生长这些具有必需 Al 含量的薄膜因为寄生微粒形成而极负挑战性的。

[0021] 在另一个实例中,InGaIn 薄膜生长也被寄生微粒形成所限制。图 1C 显示 InGaIn 膜生长速率作为反应压力的函数的图表。此图表由 Thomas Swan 喷头反应器在各种压力的生长模拟来获得。虽然在 MOCVD 沉积中 InGaIn 的寄生微粒形成不如 AlGaIn 显著,寄生微粒形成仍然足够明显而限制薄膜的生长速率。InGaIn 薄膜在激光二极管与 LED 的量子阱有源区域中具有应用。若不形成寄生微粒,则 InGaIn 薄膜的生长可以在更高压力与更高氨流量下进行,这两种方式都有益于 LD 与 LED 的光电质量(例如高内部效率)与 p 型掺杂。因此,需要一种系统与amp;方法,在增加 MOCVD 形成的 III-V 氮化物薄膜的产能时,得以控制寄生微粒形成。

发明内容

[0022] 本发明的实施例包括在金属有机化学气相沉积工艺中抑制寄生微粒形成的方法。此方法包括下列步骤:向反应腔室提供基板;向所述反应腔室导入有机金属前驱物与微粒抑制化合物;以及向所述反应腔室导入至少第二前驱物。所述第二前驱物与所述有机金属前驱物反应,并且由包含所述有机金属前驱物与所述第二前驱物的反应混合物在所述基板上形成成核层。

[0023] 本发明的实施例也包括在形成 III-V 氮化物层期间抑制寄生微粒形成的方法。此方法包括下列步骤:向反应腔室提供基板;以及向所述反应腔室导入含 III 族金属前驱物。所述 III 族金属前驱物也可以包含卤素,其中所述卤素抑制寄生微粒形成。此方法也包括下列步骤:向所述反应腔室导入卤化氢气体,其中所述卤化氢也抑制寄生微粒形成反应;以及向所述反应腔室导入含氮化合物。所述含氮化合物与所述 III 族金属前驱物反应,以在所述基板上形成所述 III-V 氮化物层。

[0024] 本发明的实施例又更包括在蓝宝石基板上形成氮化镓层期间抑制寄生微粒形成的方法。此方法包括下列步骤:向含有所述蓝宝石基板的反应腔室内导入氨;以及向所述反应腔室导入有机镓化合物与氯化氢。所述氯化氢通过氨来抑制寄生微粒的形成。此方法也包括在所述蓝宝石基板上形成氮化镓层。

[0025] 本发明的实施例又也包括在于基板上形成氮化镓层期间抑制寄生微粒形成的方法。此方法包括下列步骤:向含有所述蓝宝石基板的反应腔室内导入氨;以及向所述反应腔室导入有机镓化合物与含卤素的镓化合物。所述含卤素的镓化合物通过氨来抑制寄生微粒的形成。此方法也包括在所述基板上形成氮化镓层。

[0026] 其它实施例与特征部分地被揭示在下文中,并且对于本领域技术人员在阅读本说明书将变得明显,或可以通过实施本发明来学习。本发明的特征与优点可以透过说明书描述的结构、组合及方法来实现且获得。

[0027] 附图简要说明

[0028] 通过参照本发明的其余部分与附图将可以进一步了解本发明的本质与优点,其中

附图中相同的元件使用相同的元件代表符号。在一些情况中,元件代表符号具有下标且接续在连字号之后以代表多个类似的元件之一。当使用不具有下标的元件代表符号时,申请人意指所有这样的多个类似元件。

[0029] 图 1A-C 为图表,绘示 III-V 氮化物薄膜的沉积速率作为反应腔室压力的函数。

[0030] 图 2 提供 GaN 基 LED 结构的示意图。

[0031] 图 3 为流程图,图示根据本发明实施例在基板上形成成核层的工艺的步骤。

[0032] 图 4 为流程图,图示根据本发明实施例在基板上形成 III-V 氮化物层的工艺的步骤

[0033] 图 5 为流程图,图示根据本发明实施例在基板上形成 III-V 层的多阶段工艺的步骤。

[0034] 图 6 为流程图,图示根据本发明实施例以结合的 MOCVD 与 HVPE 工艺来形成 III-V 层的步骤。

[0035] 图 7 为流程图,图示根据本发明实施例以结合的 HVPE 与 MOCVD 工艺来形成 III-V 层的步骤。

[0036] 图 8A 为可以用来实施本发明实施例的示例性沉积设备的简化示意图。

[0037] 图 8B 为用于图 8A 示例性沉积设备的使用者界面的实施例的简化示意图。

[0038] 图 8C 为用在图 8A 示例性沉积设备的系统控制软件的层级控制结构的实施例的简化示意图。

具体实施方式

[0039] 本发明描述了在以金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 来沉积 III-V 层期间,抑制寄生微粒形成的系统与方法。微粒抑制化合物(例如卤化氢(例如 HCl))可以与 III 族金属有机前驱物(例如烷基镓前驱物)和/或 V 族前驱物(例如氨)一起导入,以抑制寄生 III-V 微粒在基板上方空间中的形成。在沉积 III-V 层期间,微粒抑制化合物(或多种微粒抑制化合物)的分压可以低于 III 族或 V 族前驱物的分压。

[0040] 微粒抑制化合物允许 III 族和 V 族前驱物可以在更高的分压下被供应至反应腔室,在所述反应腔室中在更高的分压下可能通过 MOCVD 来生长高质量的 III-V 薄膜。相较于在较低的反应器压力下生长薄膜,增加薄膜形成前驱物的分压且同时不会形成寄生微粒的能力使得 III-V 薄膜可以以更快速的沉积速率(例如约 $5 \mu\text{m/hr}$ 或更高),以及具有更高的光电质量(例如更高的内部效率、良好的 p 型掺杂等等)来生长。

[0041] 示例性 III-V 薄膜结构

[0042] 所描述的系统与方法的实施例可以用来形成作为发光二极管和/或激光二极管的 III-V 元件以及其它元件。图 2 显示可以使用本发明系统与方法的 III-V 元件的实施例。GaN 基 LED 结构 200 形成于蓝宝石 (0001) 基板 204 上方。n 型 GaN 层 212 沉积在 GaN 缓冲层 208 上方, GaN 缓冲层 208 形成在基板上方。此元件的有源区域被具体化在多量子阱层 216 中,其中多量子阱层 216 在图上包含 InGaN 层。pn 结由具有上覆 p 型 AlGaIn 层 220 形成, p 型 GaN 层 224 作为接触层。

[0043] 也可以利用本发明来制造其它 III-V 元件,包括有激光二极管 (LD)、高电子迁移率晶体管以及其它光电元件。

[0044] 示例性制造方法

[0045] 图 3 显示流程图, 图示根据本发明实施例在基板上形成成核层的工艺 300 的步骤。此工艺 300 包括向反应腔室 302 提供基板, 在所述基板上形成成核层。基板可以是任何可以通过 MOCVD 或 HVPE 来形成 III-V 族成核层的基板。例如, 这些基板可包括由蓝宝石 (Al_2O_3)、实质上纯硅 (Si)、碳化硅 (SiC)、尖晶石 (spinel)、氧化锆制成的基板晶圆, 以及复合半导体基板 (例如砷化镓 (GaAs)、镓氧化物 (lithium gallate)、磷酸铟 (InP) 以及单晶 GaN) 等。

[0046] 将基板设置在反应腔室之后, 可以导入薄膜形成与微粒抑制前驱物, 以开始沉积成核层。在图 3 所示的流程图中, 此工艺实施例包括导入有机金属前驱物至反应腔室 304。有机金属前驱物可以包括 II 族金属与碳族, 以及其它组分。例如, 前驱物可以包括烷基 III 族金属化合物, 例如烷基铝化合物、烷基镓化合物、和 / 或烷基铟化合物等。特定的前驱物实例可以包括三甲基铝 (trimethylaluminum, TMA)、三乙基铝 (triethyl-aluminum, TEA)、三甲基铟 (trimethylindium, TMI)、三乙基铟 (triethylindium, TEI)、三甲基镓 (trimethylgallium, TMG) 和三乙基镓 (triethylgallium, TEG)。更大大小的烷基, 例如丙基、戊基、己基等等, 也可以与 III 族金属结合。不同大小的烷基也可以结合在同一前驱物中, 例如乙基二甲基镓、甲基二乙基铝等等。其它有机团, 例如芳香基团、烯烷基团、炔烷基团等等, 也可以为有机金属前驱物的一部分。

[0047] 可以向反应腔室导入两种或多种有机金属前驱物以反应并形成包括金属合金的层。例如, 有机金属前驱物可以包括可在基板上形成 III 族合金氮化物的两种或多种 III 族金属 (例如 Al、Ga、In), 例如 AlGa_xN_{1-x}、InGa_xN_{1-x}、InAl_xN_{1-x}、InAlGa_xN_{1-x} 等等。例如在 AlGa_xN_{1-x} 中, 可以向反应腔室内一起导入 TMG 与 TMA 以及氮前驱物 (例如氨), 以形成合金的 III-V 层。

[0048] 有机金属前驱物也可以是卤化前驱物, 其中卤素族依附至金属原子、有机团、或它们两者。实例包括有二乙基镓氯化物 (diethylgallium chloride)、氯甲基二乙基镓 (chloromethyldiethylgallium)、氯二乙基镓氯化物 (chlorodiethylgallium chloride) 等等。当有机金属前驱物包括卤素时, 解离的卤素可以在成核层的反应与沉积期间作为微粒抑制组分。在一些实施例中, 卤化的有机金属前驱物可以在成核层期间作为微粒抑制化合物以及提供 III 族金属的化合物。除了不同的微粒抑制化合物之外, 实施例也包括提供卤化有机金属化合物。

[0049] 可以在与有机金属前驱物相同的流体流或分开的流中向反应腔室 306 内导入微粒抑制化合物。与不含有微粒抑制化合物的制造方法比较, 微粒抑制化合物可以使晶圆基板上方反应区域中的寄生微粒数目减少 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90% 或更高。

[0050] 可以以与有机金属前驱物浓度相同或低于它的浓度向反应腔室内导入微粒抑制化合物 (或多种化合物) 浓度 (即分压)。例如, 实施例可以使微粒抑制化合物以低于用以形成成核层的有机金属和 / 或另一前驱物的分压被导入。特定的实施例可以包括以低于被导入反应腔室的有机金属前驱物分压的一半、四分之一、五分之一、六分之一、十分之一等等的分压导入微粒抑制化合物。

[0051] 微粒抑制化合物可以包括卤素族。例如, 微粒抑制化合物可以是卤化氢, 例如氟化氢、氯化氢、溴化氢和 / 或碘化氢。微粒抑制化合物也可以包括有机卤素化合物, 例如烷基

氯化物（例如氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷等等）。如前所述，实施例也包括涉及成核层形成的含卤素的有机金属前驱物，和 / 或其它含卤素的反应物。

[0052] 可以向反应腔室 308 导入第二前驱物，第二前驱物在基板沉积表面周围的反应区域中与有机金属前驱物反应。当成核层是金属氮化物层时，第二前驱物可以是含氮前驱物（例如氨（ NH_3 ））。第二前驱物能够以不同的气体流来流入反应腔室，在所述反应腔室中所述气体流在基板上方的加热反应区域的空间中与有机金属前驱物气体流相交。

[0053] 载气（例如氮）可以用来促进前驱物与微粒抑制化合物在反应腔室中的流动，并且调整腔室的总压力。载气在进入腔室之前可以与前驱物气体预混合，和 / 或可以经由不同的流线以未混合状态进入腔室。

[0054] 当前驱物在反应区域中反应时，至少一部分的反应产物在基板 310 上形成成核层。可以通过反应腔室的可调整参数（包括腔室温度、压力，与流体流速），以及前驱物、载气与微粒抑制化合物的分压来至少部分地控制成核层沉积速率与薄膜性质。

[0055] 例如，通过环绕反应腔室的外部热源，可以将基板晶圆周围反应区域的温度从约 23°C 调整至约 1100°C 。热源加热反应器壁（即热壁反应腔室），并且进而加热基板。在热壁反应器条件下，前驱物在进入反应腔室被加热且可以在腔室与基板周围反应。因为大量的前驱物远离基板表面进行反应，来自热壁 MOCVD 腔室的前驱物良率（即所沉积膜的量对使用前驱物的量）通常低于冷壁系统。

[0056] 在冷壁反应腔室中，基板被加热，而没有先加热腔室壁。可以通过加热基板支撑结构，加热一或多个被导向基板的气体（例如前驱物）流，产生邻近基板的等离子体、将光束（例如红外线）对准基板以及其它技术来实现基板加热。因为反应腔室中最高温度的区域较集中在基板沉积表面周围，较少的前驱物远离基板进行反应，并且前驱物良率大致上比热壁工艺更高。

[0057] 可以由基板温度来部分地测定成核层的沉积速率与薄膜质量。在沉积期间，基板温度可以为例如高达 200°C 、 300°C 、 400°C 、 500°C 、 600°C 、 700°C 、或 700°C 或更高。可以通过控制进入反应腔室且围绕基板的前驱物气体流的温度来部分地调整基板温度。例如，被导入反应腔室的前驱物气体可以具有约 15°C 至约 300°C 、 400°C 、 500°C 、 600°C 、 700°C 或更高的温度。

[0058] 在成核层沉积期间，也可以设定反应器压力。可以根据特定应用来改变用以沉积成核层的处理条件。下述表格提供了示例性的处理条件与前驱物流速，大致上适用于 III-V 成核层的生长。

[0059]

参数	数值
温度 ($^\circ\text{C}$)	500-1500
压力 (托耳)	50-1000
TMG 流速 (sccm)	0-50
TMA 流速 (sccm)	0-50

TMI 流速 (sccm)	0-50
PH ₃ 流速 (sccm)	0-1000
AsH ₃ 流速 (sccm)	0-1000
NH ₃ 流速 (sccm)	100-100,000
N ₂ 流速 (sccm)	0-100,000
H ₂ 流速 (sccm)	0-100,000

[0060] 由前述说明可知,工艺可能不会在给定的工艺中使用所有前驱物的流。例如, GaN 的生长在一个实施例中可使用 TMG、NH₃ 与 N₂; AlGaIn 的生长在另一实施例中可使用 TMG、TMA、NH₃ 与 N₂, 其中选择 TMG 与 TMA 的相对流速以提供所沉积层的想要的相对 Al:Ga 化学计量比; 并且 InGaIn 的生长在又另一实施例中可使用 TMG、TMI、NH₃、N₂ 与 H₂, 其中选择 TMI 与 TMG 的相对流速以提供所沉积层的想要的相对 In:Ga 化学计量比。

[0061] 可以设定反应腔室条件以在约 2 μm/hr 或更高、约 5 μm/hr 或更高、约 10 μm/hr 或更高、约 25 μm/hr 或更高, 或约 50 μm/hr 或更高的沉积速率形成成核层。沉积时间可以为例如约 1、5、10、15、20、30、45 或 60 分钟或更长, 以形成具有约 100 埃至约 1000 埃厚度的成核层。

[0062] 参照图 4, 流程图包括根据本发明实施例在基板上形成 III-V 氮化物层的工艺 400 的步骤。工艺 400 包括提供基板至反应腔室 402。工艺 400 也包括导入 III 族金属与含卤素前驱物至反应腔室 404。此前驱物可以是例如 III 族金属氟化物、氯化物、溴化物和 / 或碘化物 (例如 AlF₃、AlCl₃、AlBr₃、AlI₃、GaF₃、GaCl₃、GaBr₃、GaI₃、InF₃、InCl₃、InBr₃、InI₃ 等等)。此前驱物也可以是 III 族有机金属卤化物 (例如二甲基镓氯化物 (dimethylgallium chloride)) 和 / 或 III 族金属有机卤化物化合物 (例如三氯甲基镓 (trichloromethylgallium))。

[0063] 工艺 400 也可包括在与 III 族金属前驱物相同或不同的前驱物流中向反应腔室 406 导入不同的卤化氢。卤化氢可以包括单独的 HF、HCl、HBr 或 HI 或它们的组合。卤化氢作为寄生微粒抑制化合物, 会抑制 III 族金属氮化物微粒在反应腔室中的形成与生长。

[0064] 也可以导入含氮气体至反应腔室 408 中, 以提供 III-V 氮化物薄膜的 V 族成分 (即氮化物)。含氮气体可以包括氮 (N₂)、氨 (NH₃)、联氨、二甲基联氨 (dimethylhydrazine)、苯联胺 (phenylhydrazine)、受激氮以及其它含氮前驱物。

[0065] III 族金属与含卤素前驱物与含氮前驱物反应, 以在基板上形成 III-V 氮化物层 410。存在于基板周围的反应区域中的自 III 族金属前驱物解离的卤素与卤化氢会减缓寄生 III 族金属氮化物微粒的形成。III-V 氮化物层可以是单金属 III 族金属氮化物 (例如 AlN、GaN 或 InN), 或是两种或多种 III 族金属与氮的合金 (例如 AlGaIn、AlGaIn 等等)。

[0066] 工艺 400 可以通过改变基板温度、反应腔室压力和 / 或前驱物的组成来重复两次或多次, 以形成多层堆栈的 III 族金属氮化物层。例如, 工艺 400 可以用来先在基板上形成 GaN 缓冲层, 接着形成 n-GaN 掺杂层, 然后形成 InGaIn 合金, 然后形成 p-AlGaIn 掺杂层, 以及最后形成顶部 p-GaN 掺杂层, 类似于图 2 的 GaN 基 LED 结构 200。

[0067] 图 5 显示根据本发明实施例在基板上形成 III-V 层的多阶段工艺 500 的步骤。在工艺 500 中,较薄的成核层与较厚的主体 III-V 氮化物层通过 MOCVD 沉积在基板上。工艺 500 开始于向反应腔室 502 提供基板。反应腔室可以是专用的 MOCVD 腔室,或是可以执行 MOCVD 及 HVPE 沉积的混合腔室。

[0068] 然后,开始此工艺的第一阶段,其中所述第一阶段包括向反应腔室导入 III 族金属前驱物(例如 TMG)504 与含氮气体(例如 NH_3)506。前驱物与气体接着反应,并且以第一沉积速率在基板上形成成核层 508。成核层大致上具有约 1000 埃或更小(例如约 100 埃至约 1000 埃)的厚度,并且可以低于主体 III-V 氮化物层的沉积速率来沉积。成核层的沉积速率可以足够低(例如低于 $5 \mu\text{m/hr}$),使得前驱物的分压被设定在不会形成大量寄生微粒的程度。因此,此阶段可以不用向反应腔室导入微粒抑制化合物。

[0069] 然而,在形成成核层之后,希望增加沉积速率以形成主体氮化物层。因此,一旦成核层形成,可以导入微粒抑制化合物(例如 HCl)至反应腔室内 510。可以在向反应腔室内仍然流入 III 族金属前驱物与含氮气体时导入微粒抑制化合物,并且可以在前驱物之一或两者的流速增加时导入微粒抑制化合物。替代地,可以在导入前驱物与微粒抑制化合物以形成主体氮化物层之前停止形成成核层的前驱物的流动。在介于停止成核前驱物与开始主体层前驱物之间的期间,可以在涂覆有成核层的基板上执行其它步骤,例如退火、蚀刻等等(未示出)。

[0070] 微粒抑制化合物的导入允许反应腔室的压力被增加 512,而不会相称地增加所形成的寄生微粒数量。通过增加 III 族金属前驱物和/或氮前驱物的分压来增加反应腔室的压力将可以使得以第二沉积速率来形成主体 III-V 层 514,其中所述第二沉积速率比成核层的第一沉积速率更快。例如,主体 III-V 层沉积速率可以介于约 $5 \mu\text{m/hr}$ 至约 $50 \mu\text{m/hr}$ 之间(例如 5、6、7、8、9、10、12、15、25、35、40、45 或 $50 \mu\text{m/hr}$)。当主体 III-V 层达到预定的厚度时(例如约 $1 \mu\text{m}$ 至约 $5 \mu\text{m}$ 的厚度),则结束主体 III-V 层的沉积。

[0071] 图 5 绘示的多阶段工艺使用 MOCVD 在基板上沉积成核层与主体 III-V 层。图 6 与图 7 为图示其它工艺的流程,使用 MOCVD 与 HVPE 的组合在基板上形成 III-V 薄膜。

[0072] 图 6 为流程图,图示根据本发明实施例以结合的 MOCVD 与 HVPE 工艺 600 形成 III-V 层的步骤。在此工艺中,MOCVD 用来在基板上形成第一 MOCVD 层(例如 III-V 成核层),而 HVPE 用来形成第二 HVPE 层(例如主体 III-V 层)。工艺 600 包括提供基板至反应腔室 602。可以向反应腔室导入 III 族有机金属前驱物 604,也可以导入卤素前驱物 606。卤素前驱物(例如 HCl)可以作为寄生微粒抑制化合物,并且以显著低于 III 族有机金属前驱物的流速和/或分压而被导入。例如,可以以 III 族有机金属前驱物分压的约二分之一、三分之一、四分之一、五分之一、六分之一、七分之一、八分之一、九分之一、十分之一、二十分之一、五十分之一、一百之一的分压来导入含卤素化合物。

[0073] 也可以导入氮前驱物至反应腔室 608 内。可以以与 III 族有机金属前驱物大约相同或比它高的流速和/或分压导入氮前驱物(例如氨),并且可以以与卤素前驱物约相同于或比它低的流速和/或分压导入氮前驱物(例如氨)。

[0074] III 族有机金属前驱物与氮前驱物会在基板上反应并形成 MOCVD 层 610。MOCVD 层可以以高达 $5 \mu\text{m/hr}$ 或更大的速率形成,并且可以具有约 10 埃至约 1 微米的厚度。

[0075] 在沉积 MOCVD 层之后,可以调整反应腔室的温度 612,以沉积 HVPE 层。典型地,为

了沉积 HVPE 层,会升高温度。例如,用以形成 III-V 氮化物层的 HVPE 沉积温度为约 550°C 至约 1100°C (例如约 800°C 至约 1000°C)。这个温度可以比通常通过 MOCVD 来形成 III-V 氮化物层的温度(例如约 100°C 至约 700°C,通常是约 300°C 至约 700°C)更高。

[0076] 然后,可以导入 III 族 HVPE 前驱物至反应腔室 614。可以通过将卤素气体(例如 HCl)通过经加热的 III 族金属(例如液体镓、铝、和 / 或铟)上方来形成 III 族 HVPE 前驱物。卤素气体与金属蒸气会反应而形成金属卤化物(例如 GaCl),其中所述金属卤化物通过载气(例如氦、氢)被导入反应腔室。

[0077] III 族 HVPE 前驱物可以在反应腔室中与氮前驱物反应 616。至少一部分的反应产物沉积在基板上,以在 MOCVD 层上形成 HVPE 层 618。可以以比 MOCVD 层更快速的沉积速率(例如高达约 50 $\mu\text{m/hr}$)形成 HVPE 层。HVPE 层也可以比 MOCVD 层更厚(例如 HVPE 层厚度为 MOCVD 层厚度的 2、3、4、5、6、10、20 或更多倍)。

[0078] 可以在能够执行 MOCVD 与 HVPE 两者的单一反应腔室中,或不同的专用于单一沉积技术的反应腔室中,来实施图 6 的工艺。用以执行工艺 600 的系统也可以包括蚀刻、光刻以及退火与其它额外工艺步骤的反应腔室。

[0079] 在图 6 中,工艺 600 利用 MOCVD 在基板上形成第一层,以及利用 HVPE 在第一层上形成第二层。图 7 显示工艺 700 的实施例,工艺 700 通过在 MOCVD 层之前形成 HVPE 层而颠倒 HVPE 及 MOCVD 沉积顺序。工艺 700 可以同样地开始于向反应腔室提供基板 702。然而,先向反应腔室导入 III 族 HVPE 前驱物 704 与含氮前驱物 706。III 族 HVPE 前驱物与含氮前驱物反应 708,以在基板上形成第一 HVPE 层 710。

[0080] 当在单一反应腔室中执行工艺 700 时,腔室中的工艺条件可以被重新设定用于第二 MOCVD 沉积。此重新设定包括停止 III 族 HVPE 前驱物的流动,以及调整反应腔室 712 用在 MOCVD 沉积的温度。典型地,这意谓着降低反应腔室温度。接着,可以向反应腔室内导入 III 族有机金属前驱物 714 与卤素前驱物 716 及含氮前驱物气体,以在 HVPE 层与基板上形成 MOCVD 层 718。在沉积 HVPE 与 MOCVD 层期间可以持续地流入含氮前驱物气体,或可以在此两沉积之间停止流入含氮前驱物气体。

[0081] 示例性基板处理系统

[0082] 图 8A 为示例性化学气相沉积 (CVD) 系统 810 的示意图,图示腔室的基本结构,个别的沉积步骤可以在腔室中执行。此系统适于执行热次大气压化学气相沉积 (SACVD) 工艺,以及其它工艺(例如回流 (reflow)、驱入 (drive-in)、清洁、蚀刻、沉积、与除气 (gettering) 工艺)。如同以下实例所叙述,在一些情况中,可以在传送至另一腔室之前依然在个别的腔室内执行多步骤工艺。系统的主要部件包括真空腔室 815(所述真空腔室接受来自气体输送系统 820 的工艺气体与其它气体)、真空系统 825、远程等离子体系统 830 以及控制系统 835。下文将详细地叙述这些与其它部件。此外,下文详细地描述可以用来执行双面沉积的结构配置。虽然图上为了说明仅显示单一腔室的结构,应可以了解的是,多个具有类似结构的腔室可以被并入为组合工具 (cluster tool) 的一部分,每一腔室用以执行整个制造过程的不同方面。虽然在一些情况中可以分别向各个腔室提供个别的支持部件,图中显示的支持腔室处理的其它部件可以在多个腔室之间被共享。

[0083] CVD 设备 810 包括封围组件 837,所述封围组件 837 形成了具有气体反应区域 816 的真空腔室 815。气体散布板 821 经由多个穿孔朝向一或多个基板 809 分散反应性气体与

其它气体（例如净化气体 (purge gases)），其中所述基板 809 被基板支撑结构 808 固持住。在气体散布板 821 与基板 809 之间为气体反应区域 816。多个加热器 826 得以可控制地移动于不同位置之间，以适用不同的沉积工艺以及蚀刻或清洁工艺。中心盘（未示出）包括多个传感器，用以提供基板位置的信息。

[0084] 加热器 826 可以具有不同的结构。例如，本发明的一些实施例有利地紧邻基板支撑结构 808 且在基板支撑结构 808 的相对侧上使用一对板，以向一或多个基板 809 的相对侧提供分离的加热源。仅作为实例的是，在一些特定实施例中，所述板可以包含石墨或 SiC。在另一实施方式中，加热器 826 包括内嵌在陶瓷内的电阻式加热构件（未示出）。陶瓷保护加热构件免于潜在的腐蚀性腔室环境，并且使得加热器得以获得高达约 1200°C 的温度。在一个示例性实施例中，暴露于真空腔室 815 的加热器 826 的所有表面是由陶瓷材料制成，例如氧化铝 (Al₂O₃ 或氧化铝 (alumina)) 或氮化铝。在另一实施例中，加热器 826 包含灯加热器。替代地，可以使用由耐火金属（例如钨、铯、铍、钽或它们的合金）构成的裸金属灯丝加热构件来加热基板。这样的灯加热器配置可以达到超过 1200°C 的温度，这对于特定应用是有用的。

[0085] 反应性气体与载气由气体输送系统 820 经由多个供应线 843 供应至气体混合箱（也称为气体混合部）844，在此处气体会混合且被输送至气体散布板 821。气体输送系统 820 包括各种气体源，以及合适的供应线以输送经选择量的各个气体源至腔室 815，如同本领域技术人员所了解。大致上，用于各个气体的供应线包括多个关闭阀（所述关闭阀用以自动地或手动地关闭流入线中的气体流），以及质流控制器或其它形式控制器（所述控制器可以测量气体或液体经过供应线的流量）。取决于系统 810 实施的工艺，一些气体源可以实际上为液体源，而非气体。当使用液体源时，气体输送系统包括液体注射系统或其它合适的机构（例如气化器 (bubbler)）以将液体蒸发。如同本领域技术人员所了解，来自液体的蒸气通常接着与载气混合。

[0086] 气体混合箱 844 为双输入混合部，所述双输入混合部连接至工艺气体供应线 843 且连接至清洁 / 蚀刻气体导管 847。操作阀 846 以允许或阻止来自气体导管 847 的气体或等离子体流动至气体混合部 844。气体导管 847 接收来自整合式的远程微波等离子体系统 830 的气体，整合式远程微波等离子体系统 830 具有入口 857 用以接收输入气体。在沉积处理期间，供应至板 821 的气体朝着基板表面放出（如箭头 823 所示），所述气体在基板表面处得以层流形式被均匀地径向散布在基板表面。

[0087] 可以从气体散布板 821 和 / 或经由封围组件 837 的底壁从输入埠或管（未示出）向真空腔室 815 内输送净化气体。从腔室 815 底部导入的净化气体是从输入埠向上流动，经过加热器 826 且抵达环状抽吸管道 840。包括真空泵（未示出）的真空系统 825 经由排放线 860 排放气体（如箭头 824 所示）。排放气体与微粒经由排放线 860 从环状抽吸管道 840 被吸出的速率由节流阀系统 863 来控制。

[0088] 远程微波等离子体系统 830 可以产生用于所选择的应用（例如腔室清洁，或蚀刻来自工艺基板的残余物）的等离子体。由前驱物（所述前驱物经由输入线 857 来供应）在远程微波等离子体系统 830 中产生的等离子体物种经由导管 847 来输送，藉以经由气体散布板 821 分散至真空腔室 815。远程微波等离子体系统 830 整合式地定位且装设在腔室 815 下方，导管 847 沿着腔室旁向上延伸至闸阀 846 与位于腔室 815 上方的气体混合箱 844。用

于清洁应用的前驱物气体可以包括氟、氯、和 / 或其它反应性元素。远程微波等离子体系统 830 也可以适用于沉积 CVD 层, 在层沉积工艺期间流入合适的沉积前驱物气体至远程微波等离子体系统 830。

[0089] 沉积腔室 815 的壁与周围结构 (例如排放通道) 的温度可以进一步地通过将热交换液体循环通过腔室壁内的管道 (未示出) 来控制。根据想要的效果, 热交换液体可以用来加热或冷却腔室壁。例如, 热液体有助于在热沉积工艺期间维持稳定的热梯度; 而冷液体可以在原位等离子体工艺中从系统移除热, 或限制沉积产物在腔室壁上的形成。气体散布歧管 821 也具有热交换通道 (未示出)。典型的热交换流体包括水基乙二醇混合物、油基热传送流体、或类似的流体。此加热 (称为“热交换”加热) 可以有益地减少或消除不希望的反应产物的冷凝, 并且促进工艺气体的挥发性产物以及其它可能污染工艺的污染物的消失 (假如所述污染物将冷凝在冷真空通道的壁上且在无气体流动期间回流至处理腔室内)。

[0090] 系统控制器 835 控制沉积系统的活动与操作参数。系统控制器 835 包括计算机处理器 850 与连接至处理器 850 的计算机可读内存 855。处理器 850 执行系统控制软件, 例如储存在内存 855 中的计算机程序 858。优选地, 内存 855 为硬盘驱动, 但是可以为其它种类内存 (例如只读存储器或闪存)。系统控制器 835 也包括软盘驱动、CD 或 DVD 光驱 (未示出)。

[0091] 处理器 850 根据系统控制软件 (程序 858) 操作, 所述系统控制软件包括指示时间点、气体混合、腔室压力、腔室温度、微波功率级别、载座位置、以及特定工艺的其它参数的计算机指令。透过多个控制线 865 来实现这些与其它参数的控制 (图 8A 仅示出一些), 所述控制线 865 连通地将系统控制器 835 连接至加热器、节流阀、远程等离子体系统、以及与气体输送系统 820 相关的各种阀和质流控制器。

[0092] 处理器 850 具有卡架 (未示出), 卡架包含单板计算机、模拟与数字输入 / 输出板、接口板、以及步进马达控制器板。CVD 系统 810 的各种部件符合 Versa Modular European (VME) 标准, 其中 VME 定义了板、卡笼 (card cage)、以及连接器尺寸与形式。VME 标准也定义了具有 16 位数据总线与 44 位地址总线的总线结构。

[0093] 图 8B 为可以用来监视且控制 CVD 系统 810 操作的使用者界面的示意图。图 8B 明确地示出组合工具的多腔室本质, 其中 CVD 系统 810 为多腔室系统的一个腔室。在这样的多腔室系统中, 基板可以经由计算机控制机械手臂从一个腔室被传送至另一个腔室, 以进行其它处理。在一些情况中, 基板是在真空或经选择的气体下被传送。使用者与系统控制器 835 之间的接口为 CRT 监视器 873a 与光笔 873b。主机单元 875 提供了用于 CVD 设备 810 的电性、配管与其它支持功能。与所示 CVD 设备实施例兼容的示例性多腔室系统主机单元目前可以从美国 Santa Clara 的应用材料公司 (APPLIED MATERIALS, INC.) 所生产的 Precision 5000™ 及 Centura 5200™ 系统购得。

[0094] 在一个实施例中, 使用两个监视器 873a, 一个监视器装设在清洁室壁 871 用于操作员且另一个监视器装设在壁 872 后面以用于维护人员。此两个监视器 873a 同时显示相同信息, 但是仅光笔 873b 得以使用。光笔 873b 可以监测由 CRT 显示器发出的光, 而在光笔的尖端具有光传感器。为了选择特定的屏幕或功能, 操作员碰触显示器屏幕的指定区域, 并且按压光笔 873b 上的按钮。被碰触的区域会改变突显的颜色, 或显示新的选单或屏幕用以确

认光笔与显示屏幕之间的沟通。如同本领域技术人员所能了解,取代光笔 873b 或除了光笔 873b 以外,可以使用其它输入装置(例如键盘、鼠标或其它指点装置或沟通装置),以让使用者与处理器沟通。

[0095] 图 8C 为方块图,图示用在图 8A 示例性 CVD 设备的系统控制软件(计算机程序 858)的层级控制系统实施例。可以在计算机程序 858 的控制下实施执行干式腔室清洁或执行回流或驱入的工艺(例如沉积层次的工艺),其中所述计算机程序 858 被处理器 850 执行。可以以任何传统的计算机可读程序语言(例如 68000 汇编语言、C、C++、Pascal、Fortran 或其它语言)来撰写计算机程序码。利用传统的文字编辑器,可以输入合适的程序代码成单一档案、多个档案,并且将程序代码储存在或具体化在计算机可读媒体(例如系统内存)中。

[0096] 若输入的码文字为高级语言,码被编译,并且最终的编译码接着与预编译的 Windows™ 数据库程序(routine)的目的码连结。为了执行经连结的编译目的码,系统使用者呼叫目的码,使计算机系统将内存中的码加载,其中 CPU 会从内存读取且执行所述码以让设备执行程序中的任务。

[0097] 通过使用光笔以选择由选单或屏幕在 CRT 监视器上显示的选择,使用者可以输入工艺组数字与工艺腔室数字至工艺选择器次程序(process selector subroutine)880。工艺组(工艺组为需要以实施所指定工艺的工艺参数的预定设定)是由预定义的组数字来标识。工艺选择器次程序 880 标识(i)想要的工艺腔室;以及(ii)想要的工艺参数组用以运作工艺腔室,以执行想要的工艺。用以执行特定工艺的工艺参数与工艺条件有关,例如工艺气体组成与流速、载座温度、腔室壁温度、压力及等离子体条件(例如磁电管功率级别)。工艺选择器次程序 880 可以控制在腔室中于特定时间执行何种工艺(例如沉积、晶圆清洁、腔室清洁、腔室除气、回流)。在一些实施例中,可以具有超过一个工艺选择器次程序。工艺参数以配方(recipe)的形式被提供给使用者,并且可以利用光笔/CRT 监视器接口来输入。

[0098] 工艺序列器次程序(process sequencer subroutine)882 具有程序代码,其中所述程序代码用以接受来自工艺选择器次程序 880 的经选择的工艺腔室与工艺参数,并且用以控制各种工艺腔室的运作。多个使用者可以输入多个组数字与工艺腔室数字,或者单一使用者可以输入多个工艺组数字与工艺腔室数字,因此工艺序列器次程序 882 会运作以将经选择的工艺排程为希望的顺序。优选地,工艺序列器次程序 882 包括有用来执行下述步骤的程序代码:(i) 监视工艺腔室的运作,以决定是否所述腔室正被使用;(ii) 决定在正被使用的腔室中正被执行何种工艺;以及(iii) 根据闲置的工艺腔室以及欲实施的工艺形式,执行希望的工艺。

[0099] 可以使用传统的监视工艺腔室的方法,例如调查方法(polling method)。当将欲工艺的工艺排程时,工艺序列器次程序 882 可以被设计将下述列入考虑:正被使用工艺腔室的目前条件以及所选择工艺的需要工艺条件之间的比较、每一个特定使用者输入要求的「年纪(age)」、或程序设计师希望包括以决定排程优先性的任何其它相关因素。

[0100] 一旦工艺序列器次程序 882 决定了其次将执行何种工艺腔室与工艺组的组合,工艺序列器次程序 882 即通过将特定的工艺组参数传送至腔室管理器次程序(chamber manager subroutine)885 以开始执行工艺组,其中所述腔室管理器次程序 885 可以根据由工艺序列器次程序 882 决定的工艺组来控制在特定工艺中的多个处理任务。例如,腔室管理器次程序 885 具有程序代码,其中所述程序代码用以控制在腔室 815 中的 CVD 与清洁工

艺运作。腔室管理器次程序 885 也控制各种腔室部件次程序的执行,其中所述腔室部件次程序可以控制实施所选择工艺组的腔室部件的运作。腔室部件次程序的实例为基板定位次程序 890、工艺气体控制次程序 891、压力控制次程序 892、加热器控制次程序 893、以及远程等离子体控制次程序 894。取决于 CVD 腔室的结构,一些实施例包括所有的前述次程序,然而其它实施例可以仅包括一些次程序或其它未被描述的次程序。在此技术领域中的熟练技术人员可以轻易了解的是,根据工艺腔室中将执行何种工艺,可以包括其它腔室控制次程序。在多腔室系统中,其它的腔室管理器次程序 886、887 控制其它腔室的活动。

[0101] 在运作时,腔室管理器次程序 885 根据正被执行的特定工艺组而选择性地工艺部件次程序排程或呼叫工艺部件次程序。腔室管理器次程序 885 将工艺部件次程序排程,就如同工艺序列器次程序 882 将其次将执行的工艺腔室与工艺组排程一样。典型地,腔室管理器次程序 885 包括下列步骤:监视各种腔室部件;根据其次将执行的工艺组的工艺参数来决定要被运作的部件;以及响应于监视及决定步骤,开始执行腔室部件次程序。

[0102] 参照图 8A 与图 8C,下文将描述特定腔室部件次程序的运作。基板定位次程序 890 包含程序代码,其中所述程序代码用以控制腔室部件(所述腔室部件用来在腔室中加载基板至加热器 826 上以及选择性地基板举升至希望的高度以控制基板与气体散布歧管 821 之间的间隔)。当基板被载入至工艺腔室 815 中时,使加热器 826 下降以接受基板,并且接着升高加热器 826 至希望的高度。在运作时,响应于腔室管理器次程序 885 传送的有关支撑高度的工艺组参数,基板定位次程序 890 控制加热器 826 的移动。

[0103] 工艺气体控制次程序 891 具有程序代码,其中所述程序代码用以控制工艺气体组成与流速。工艺气体控制次程序 891 控制安全关闭阀的状态,以及向上或向下调整质流控制器以获得希望的气体流速。典型地,工艺气体控制次程序 891 是通过以下步骤来运作,即开启气体供应线以及重复地(i)读取必要的质流控制器、(ii)将读数与从腔室管理器次程序 885 所接收的想要的流速相比较、及(iii)依需要调整气体供应线的流速。此外,工艺气体控制次程序 891 包括监视不安全的气体流速以及在监测到不安全状态时启动安全关闭阀的步骤。替代性的实施例可以具有超过一个工艺气体控制次程序,每一个次程序可以控制特定形式之工艺或特定组的气体线。

[0104] 在一些工艺中,向腔室流入惰性气体(例如氮或氩),以在导入反应性工艺气体之前使腔室内压力稳定。对于这些工艺,工艺气体控制次程序 891 被程序化成包括流入惰性气体至腔室内而持续了足以使腔室内压力稳定的一段时间的步骤,并且接着实施前述步骤。此外,当要从液体前驱物蒸发工艺气体时,写入工艺气体控制次程序 891 以包括下列步骤,即在气化器组件中气化通过液体前驱物的输送气体(例如氮),或控制液体注射系统以喷洒或喷射液体至载气流(例如氮)中。当此类型工艺使用气化器时,工艺气体控制次程序 891 可以调节输送气体的流量、气化器内压力、以及气化器温度,以获得希望的工艺气体流速。如前述所讨论,将希望的工艺气体流速传送至工艺气体控制次程序 891 作为工艺参数。

[0105] 另外,工艺气体控制次程序 891 包括下列步骤,即通过利用已储存表格(所述表格包含对于给定工艺气体流速的必需的数值)来获得用于想要的工艺气体流速所需要的输送气体流速、气化器压力、以及气化器温度。一旦获得了必需的数值,则输送气体流速、气化器压力与气化器温度会被监视、与必需的数值相比较以及因而被调整。

[0106] 压力控制次程序 892 包括程序代码,其中所述程序代码用以通过调节腔室的排放系统中节流阀的穿孔尺寸来控制腔室内压力。设定节流阀的穿孔尺寸以控制腔室压力为想要的水平,其中所述想要的水平与总工艺气体流量、工艺腔室的尺寸、以及排放系统的抽吸设定点压力有关。当压力控制次程序 892 被引发时,想要的或目标压力水平自腔室管理器次程序 885 被接收作为参数。压力控制次程序 892 可以:通过读取一或多个连接至腔室的传统压力计来测量腔室内压力;将测量值与目标压力相比较;从已储存压力表获得对应于目标压力的比例、积分与微分(PID)数值;以及根据 PID 数值来调整节流阀。替代地,可以写入压力控制次程序 892 以开启或关闭节流阀至特定的穿孔尺寸(即固定位置),从而调节腔室内压力。以此方式来控制排放能力不会引发压力控制次程序 892 的回馈控制特征。

[0107] 加热器控制次程序 893 包括程序代码,其中所述程序代码用以控制用来加热基板而行进至加热单元的电流(current)。加热器控制次程序 893 也是由腔室管理器次程序 885 所引发,并且接收目标或设定点温度参数。加热器控制次程序 893 可以测量温度,这可以在不同实施例中以不同方式来实现。例如,可以通过以下步骤来确定经校准的温度:测量加热器中热电耦的电压输出;将所测量的温度与设定点温度相比较;以及增加或减少供应至加热单元的电流以获得设定点温度。温度是从经测量的电压透过查询在已储存转换表中的对应温度,或透过四次方多项式计算温度来获得。在另一实施例中,可以以高温计(而非热电耦)来执行类似的过程以确定经校准的温度。加热器控制次程序 893 包括逐渐控制加热器温度的上升或下降的能力。在加热器包含内嵌在陶瓷中的电阻式加热构件的实施例中,此特征有助于减少陶瓷中的热破裂(thermal cracking),但这在使用灯加热器的实施例中不是问题。此外,可以包括内嵌的失效安全模式,以监测工艺安全符合性,并且若工艺腔室没有被合适地设定时可以停止加热单元的运作。

[0108] 远程等离子体控制次程序 894 包括程序代码,其中所述程序代码用以控制远程等离子体系统 830 的运作。远程等离子体控制次程序 894 是以类似于前述其它次程序的方式被腔室管理器 885 所引发。

[0109] 虽然本文描述的本发明是在软件上实施并在一般目的的计算机上执行,本领域技术人员将可以了解的是,本发明可以使用硬件(例如专用集成电路(application specific integrated circuit, ASIC)或其它硬件电路)来实现。因此,应当了解的是,本发明可以整体或部分地在软件、硬件或两者中实施。本领域技术人员也将可以了解的是,选择合适的计算机系统来控制 CVD 系统 810 是常规技能。

[0110] 本文已经叙述了一些实施例,本领域技术人员将可以知悉的是,在不脱离本发明精神下可以使用各种变更、替代性结构与均等物。此外,没有描述许多已知的工艺与构件是为了避免非必要地模糊化本发明。所以,前述说明不应被视为本发明的范围限制。

[0111] 对于所提供的数值范围,应了解的是,此范围的上限与下限之间的每一个中介数值(除非本文有清楚地指明,不然低至下限单位的十分之一)也详细地被公开。本发明涵盖介于任何已叙述数值或在已叙述数值中的中介数值与在此已叙述范围中任何其它已叙述或中介数值之间的每一个较小范围。这些较小范围的上限与下限可以独立地被包括或排除在此范围中,并且本发明也涵盖任一、皆无或两个限制被包括在较小范围中的每一个范围,所述每一个范围受限于此已叙述范围中任何明确地被排除的限制。对于包括一或两个限制的已叙述范围,本发明也包括排除那些已包括限制的一或两者的范围。

[0112] 如同本文与所附权利要求所使用,除非清楚地指明,单数形式“一 (a)”、“一 (an)”与“所述 (the)”包括复数。因而,例如,“一工艺”意指包括复数个这样的工艺,并且“所述前驱物”意指包括一或多个前驱物与本领域技术人员已知的前驱物的均等物等等。

[0113] 而且,本说明书与所附权利要求使用字词“包含 (comprise)”、“包含 (comprising)”、“包括 (include)”、“包括 (including)”与“包括 (includes)”意图说明存在有已叙述特征、整体性、部件或步骤,但是没有排除存在有或增加一或多个其它特征、整体性、部件、步骤、动作或族群。

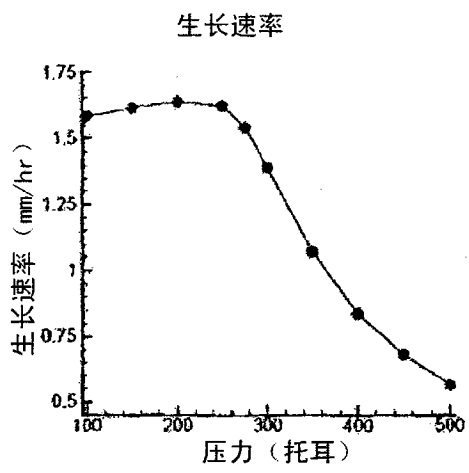


图 1A

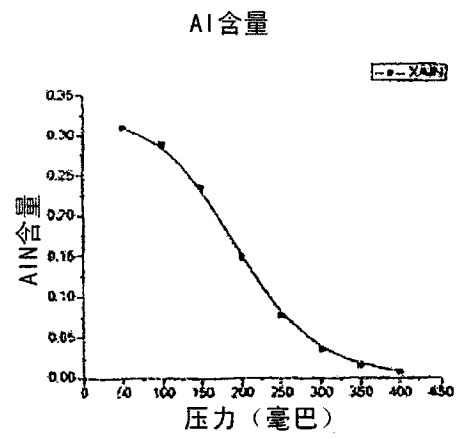


图 1B

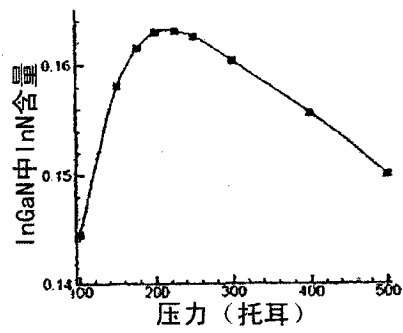


图 1C

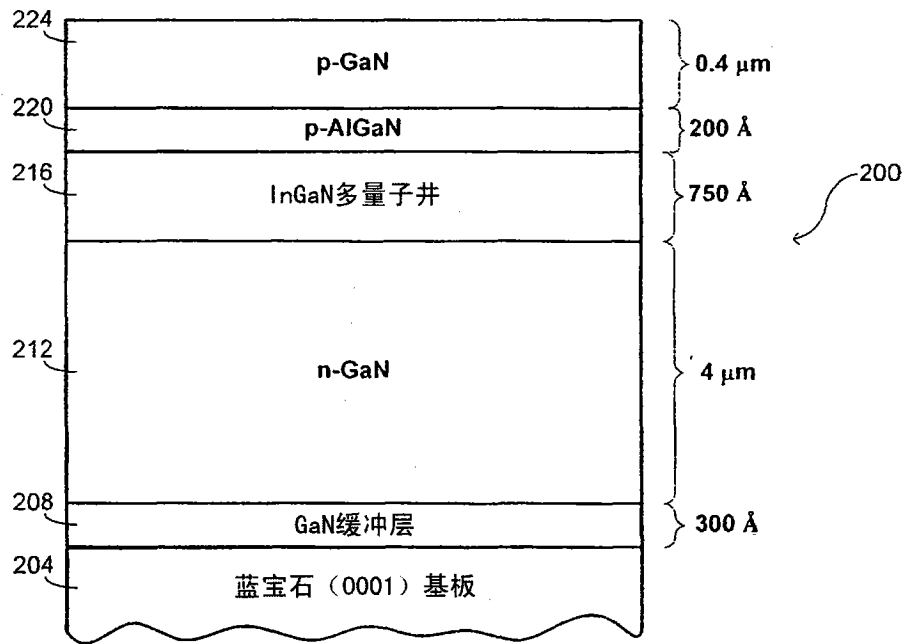


图 2

300

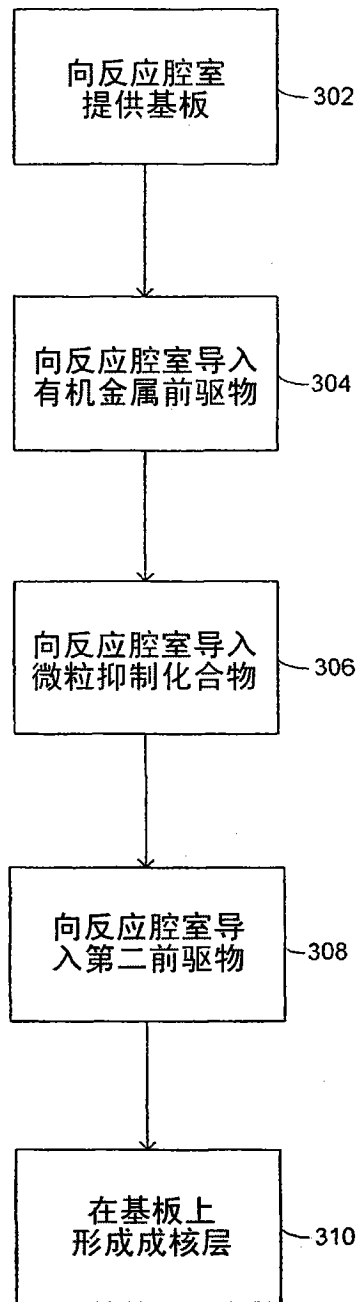


图 3

400

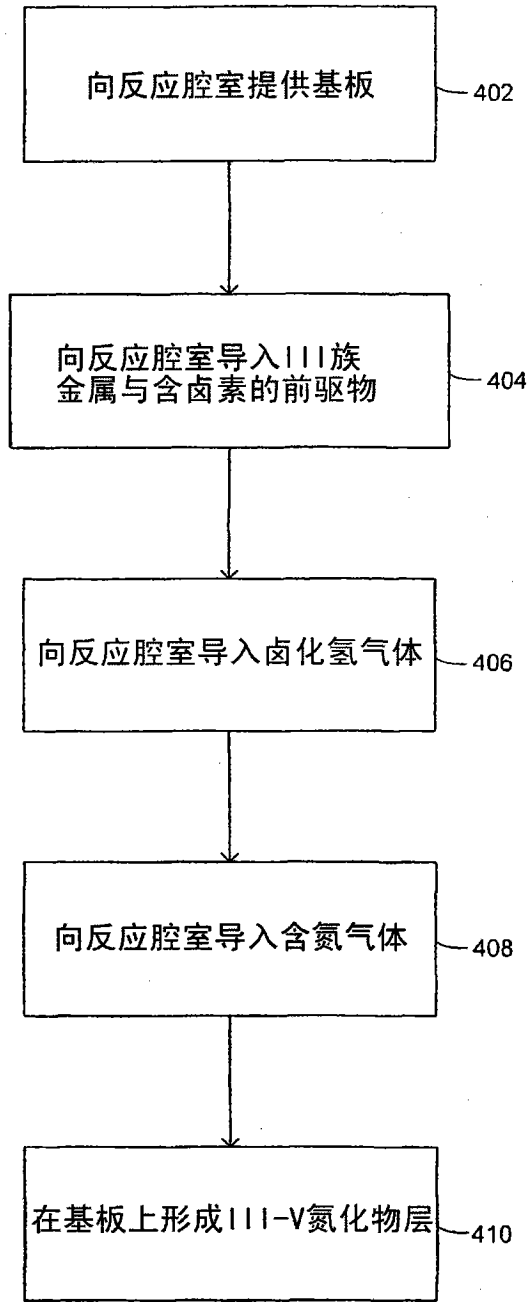


图 4

500

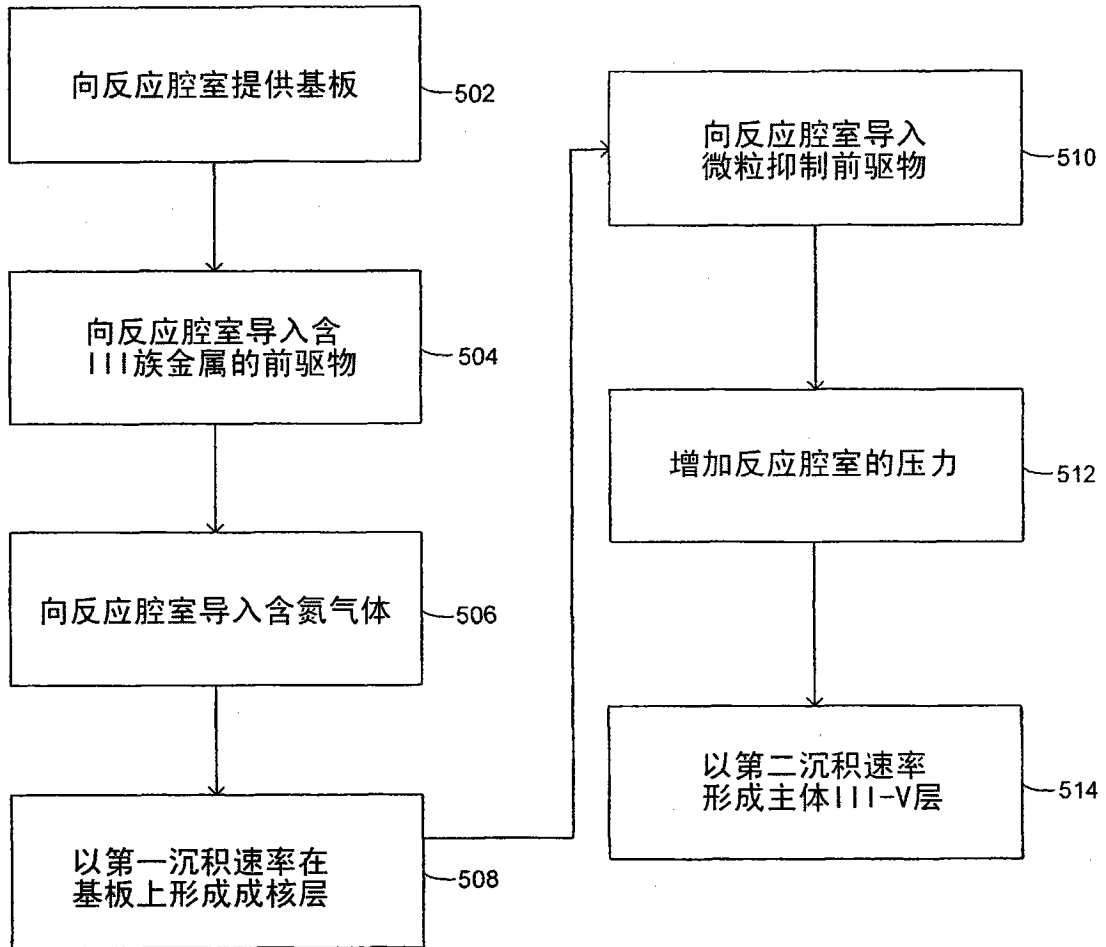


图 5

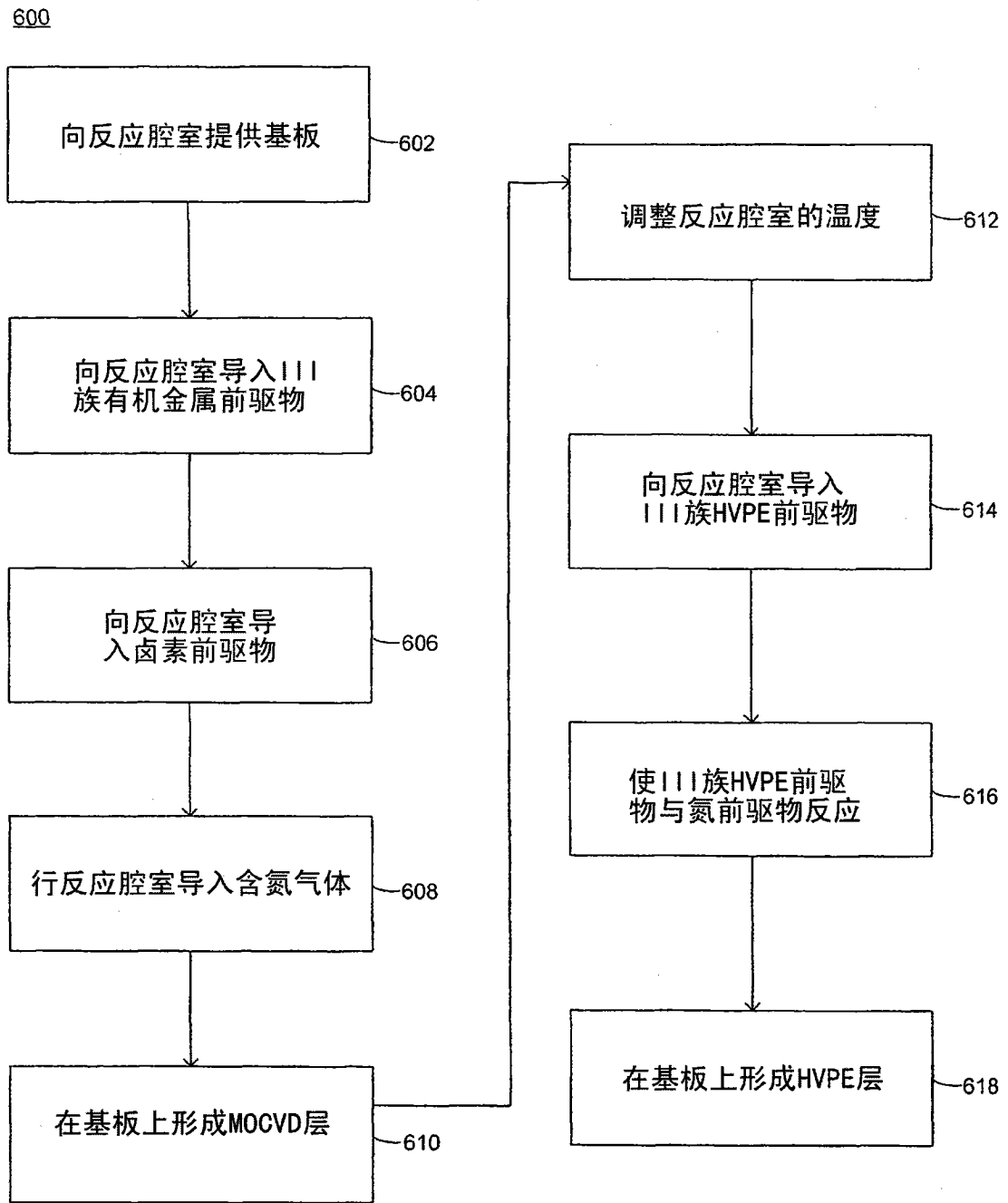


图 6

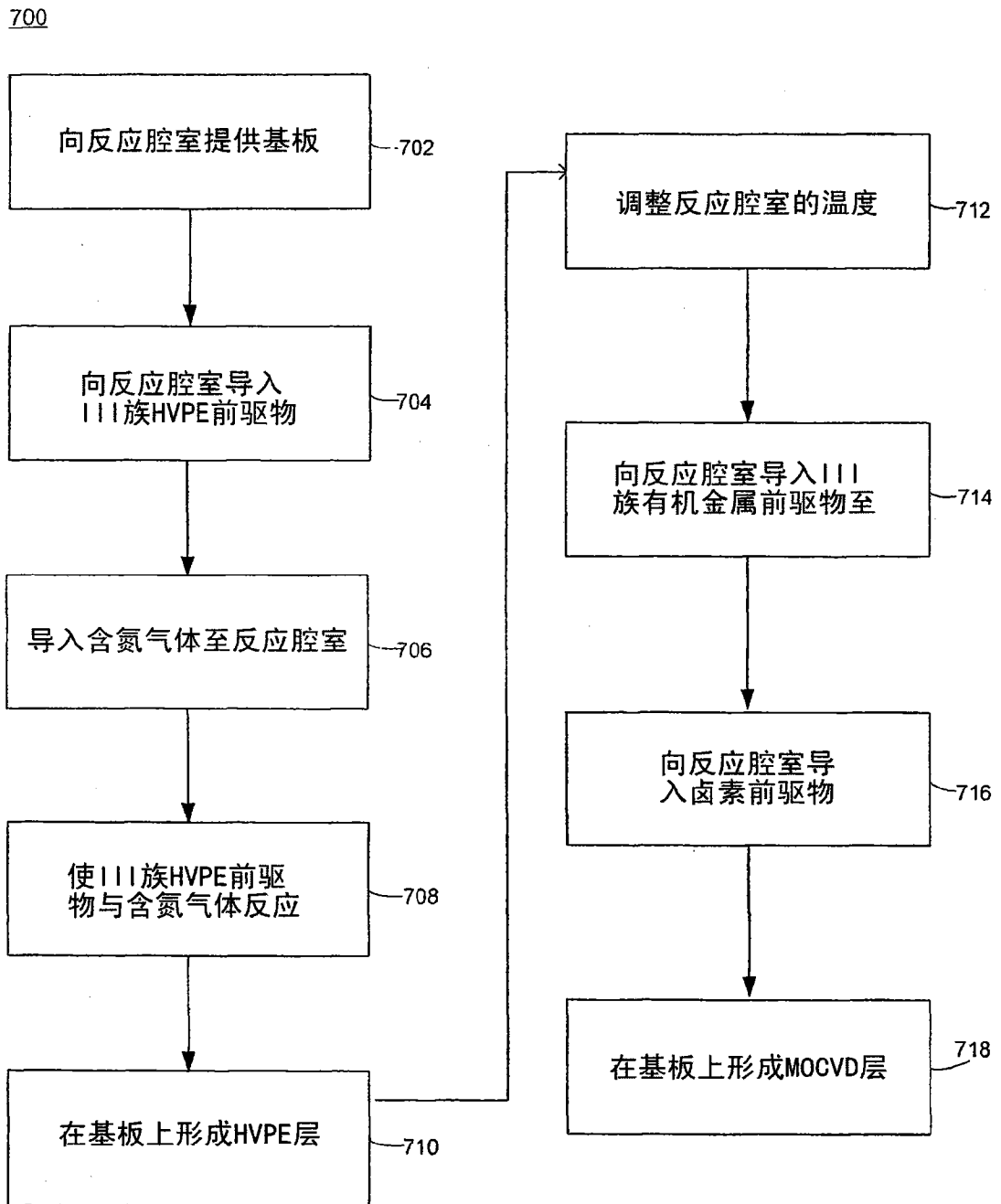


图 7

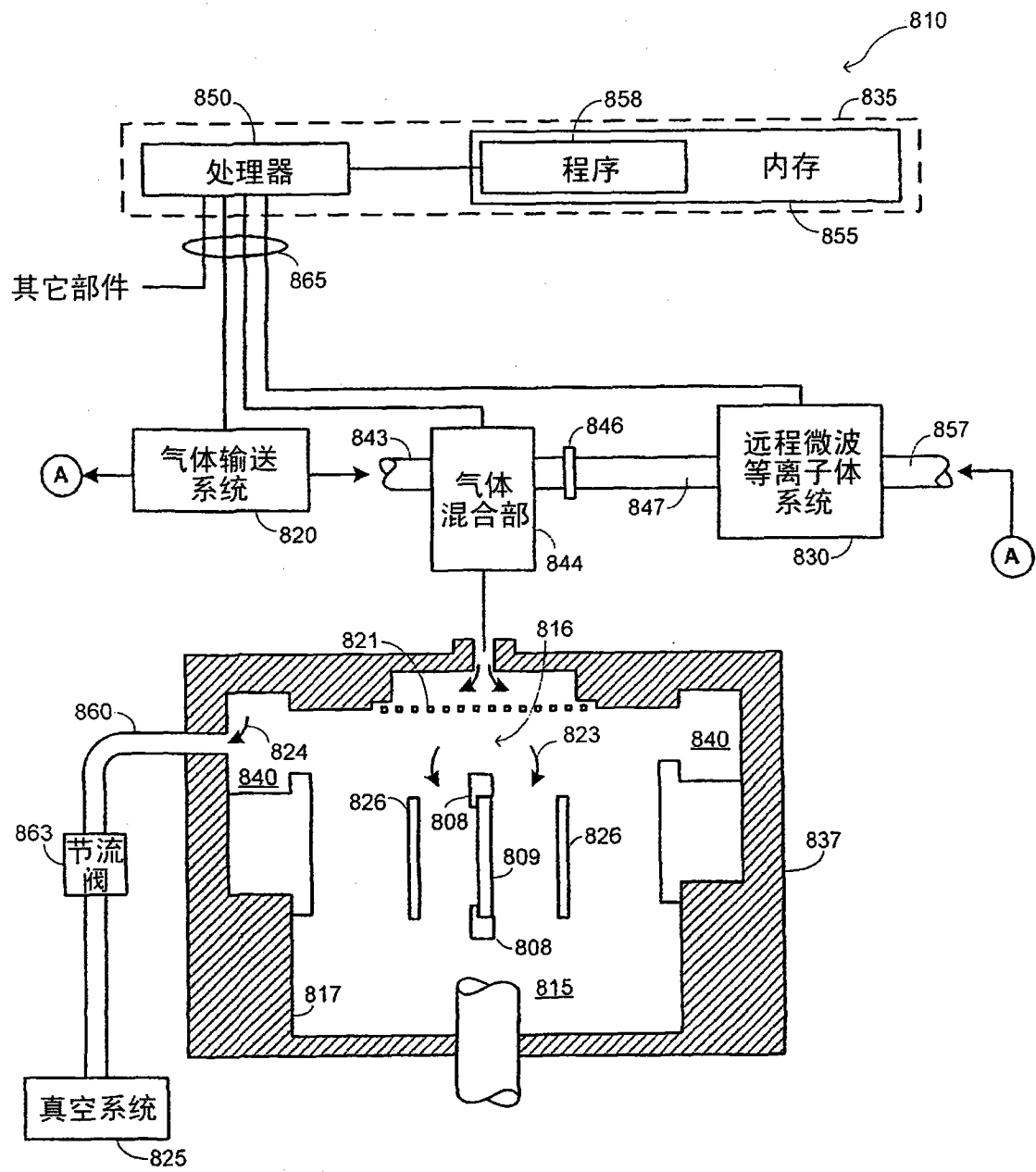


图 8A

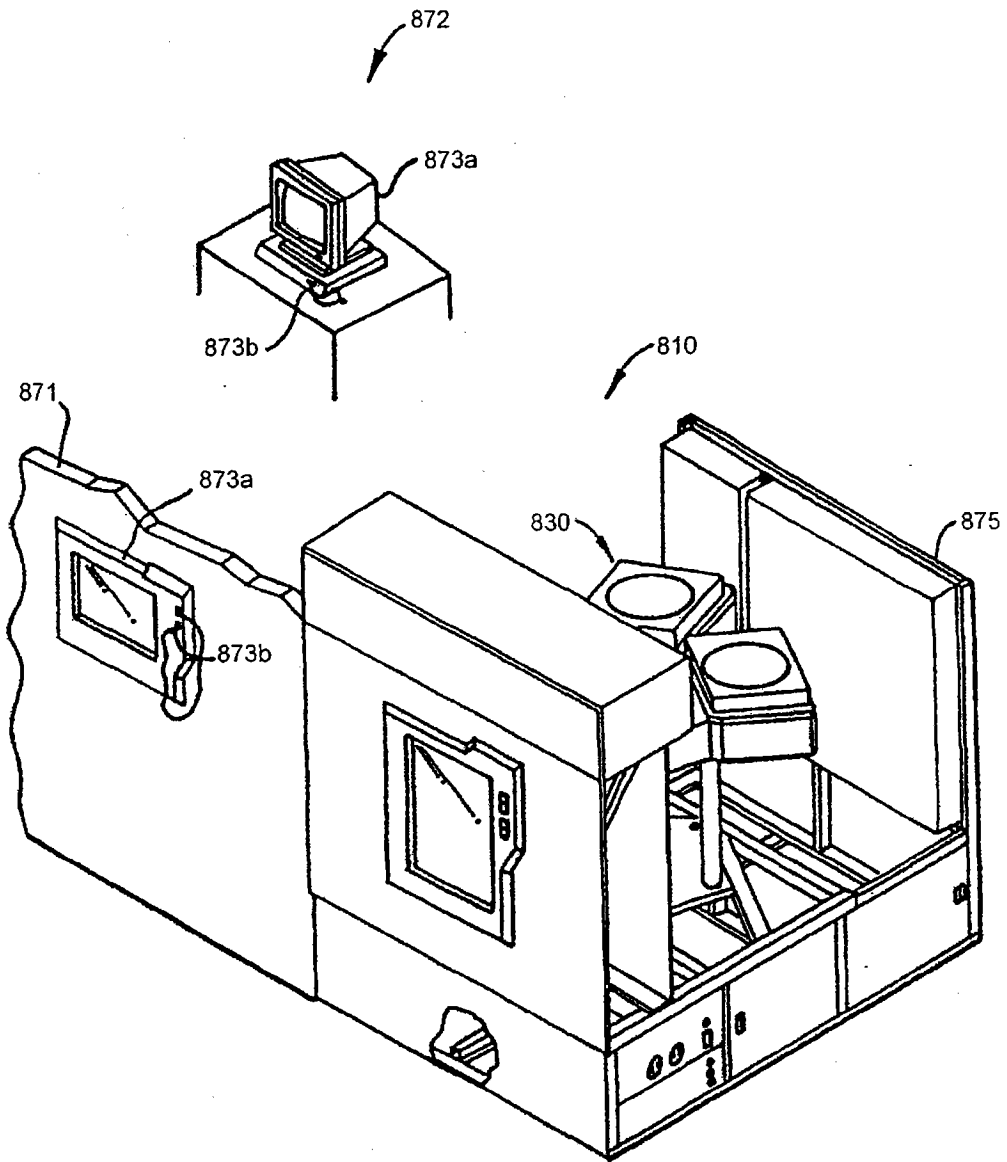


图 8B

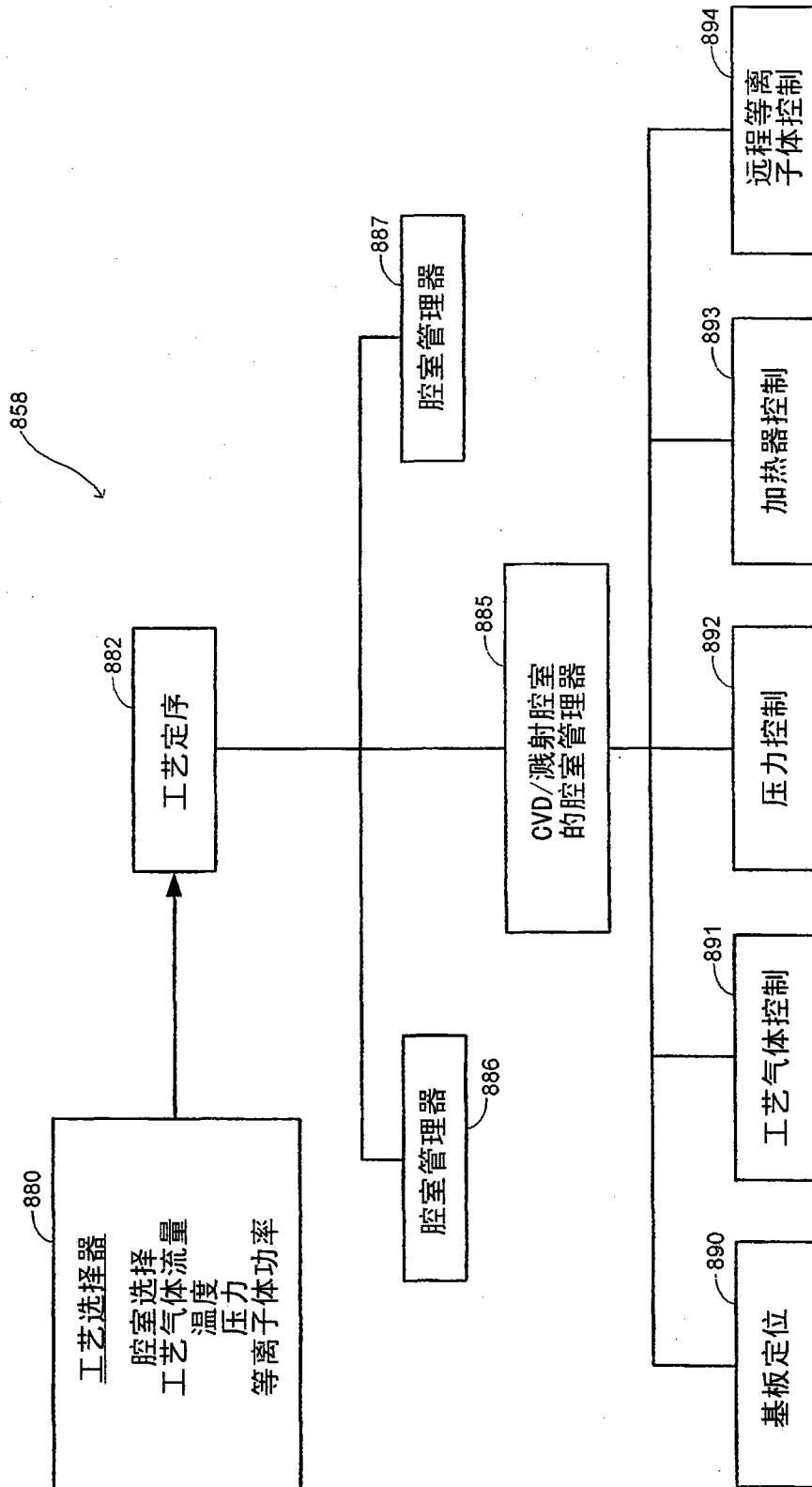


图 8C