



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113215550 A

(43) 申请公布日 2021.08.06

(21) 申请号 202110135743.X

(22) 申请日 2021.02.01

(30) 优先权数据

62/970,483 2020.02.05 US

(71) 申请人 ASM IP私人控股有限公司

地址 荷兰阿尔梅勒

(72) 发明人 须佐吉雄 美山辽 杉浦博次

菊地良幸

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 焦玉恒

(51) Int. Cl.

C23C 16/26 (2006.01)

C23C 16/02 (2006.01)

C23C 16/50 (2006.01)

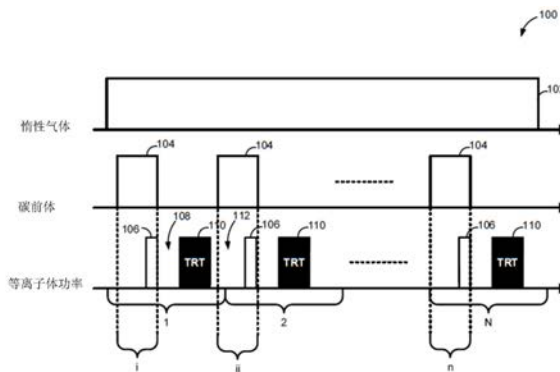
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

形成结构的方法、形成的结构及形成该结构的系统

(57) 摘要

公开了用于形成包含碳材料的结构的方法和系统以及使用所述方法或系统形成的结构。示范性方法包括向反应室提供惰性气体以用于等离子体点火,向反应室提供碳前体,在反应室内形成等离子体以在衬底的表面上形成初始粘性碳材料,其中所述初始粘性碳材料变成碳材料,并且用活性物种处理碳材料以形成经处理的碳材料。



1. 一种形成结构的方法,所述方法包括如下步骤:
在反应室内提供衬底,所述衬底包括一个或多个凹部;
向所述反应室提供惰性气体以用于等离子体点火;
向所述反应室提供碳前体;
在所述反应室内形成等离子体以在所述衬底的表面上形成初始粘性碳材料,其中所述初始粘性碳材料变成碳材料;
停止所述碳前体向所述反应室的流动;
停止所述等离子体;以及
用活性物种处理所述碳材料以形成经处理的碳材料。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中如下步骤执行N次以填充所述一个或多个凹部:
向所述反应室提供碳前体;
在所述反应室内形成等离子体以在所述衬底的表面上形成初始粘性碳材料;
停止所述碳前体的流动;
停止所述等离子体;以及
用活性物种处理所述碳材料。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中N在约1到约50的范围内。
4. 根据权利要求1-3中任一项所述的方法,其中处理步骤包括使用所述惰性气体在所述在反应室内点燃等离子体。
5. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,其中在碳材料沉积循环期间,向所述反应室提供碳前体的步骤在所述反应室内形成等离子体的步骤之前发生并且在所述反应室内形成等离子体的步骤期间继续。
6. 根据权利要求1-5中任一项所述的方法,其中在碳材料沉积循环期间,停止所述碳前体的流动和停止所述等离子体的步骤基本上同时发生。
7. 根据权利要求1-5中任一项所述的方法,其中在碳材料沉积循环期间,停止所述碳前体的流动的步骤在停止所述等离子体的步骤之前发生。
8. 根据权利要求1-5中任一项所述的方法,其中在停止所述碳前体的流动之后,减小为形成等离子体所提供的RF功率。
9. 根据权利要求1-8中任一项所述的方法,其中增加形成等离子体的RF功率以执行用活性物种处理所述碳材料的步骤。
10. 根据权利要求1-9中任一项所述的方法,其中所述惰性气体和所述碳前体两者在所述反应室内形成等离子体的步骤期间向所述反应室流动。
11. 根据权利要求1-10中任一项所述的方法,其中所述惰性气体在向所述反应室提供碳前体和和在所述反应室内形成等离子体的步骤期间连续地向所述反应室流动。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中沉积和处理循环包括:
执行碳材料沉积循环一次或多次;并且然后
用活性物种处理所述碳材料,
其中对于N次沉积和一个处理步骤执行所述沉积和处理循环多次,以及
其中所述惰性气体在所述N次沉积和一个处理步骤期间连续地向所述反应室流动。
13. 根据权利要求1所述的方法,其中在用活性物种处理所述碳材料的步骤之前,重复

在所述反应室内形成等离子体以在所述衬底的表面上形成初始粘性碳材料以及停止所述等离子体的步骤多次。

14. 根据权利要求1-13中任一项所述的方法,其中在碳材料沉积循环期间,在向所述反应室提供碳前体以及停止所述碳前体的流动的步骤期间在所述反应室内连续地形成等离子体。

15. 根据权利要求1所述的方法,其中在向所述反应室提供碳前体、停止所述碳前体的流动以及用活性物种处理所述碳材料的步骤期间在所述反应室内连续地形成等离子体。

16. 根据权利要求1所述的方法,其中在重复一个或多个碳材料沉积循环的同时,在所述反应室内连续地形成等离子体。

17. 根据权利要求1所述的方法,其中在至少一个碳材料沉积循环和至少一个处理步骤期间在所述反应室内连续地形成等离子体。

18. 根据权利要求1-17中任一项所述的方法,其中在碳材料沉积循环期间,在所述反应室内形成等离子体以形成所述初始粘性碳材料的步骤的持续时间在约1.0秒到约30.0秒之间。

19. 根据权利要求1-18中任一项所述的方法,其中在沉积和处理循环期间,用活性物种处理所述碳材料的步骤的持续时间在约1.0秒到约30.0秒之间。

20. 根据权利要求1-19中任一项所述的方法,其中所述惰性气体包括氩气、氦气、氮气或其任何混合物。

21. 根据权利要求1-20中任一项所述的方法,其中所述碳前体的化学式由 $C_xH_yN_z$ 表示,其中 x 是2或更大的自然数, y 是自然数,并且 z 是0或自然数。

22. 根据权利要求1-21中任一项所述的方法,其中所述碳前体包含具有至少一个双键的环状结构。

23. 根据权利要求1-22中任一项所述的方法,其中在以下所述步骤期间,所述反应室内的温度小于或等于 100°C :

向所述反应室提供所述碳前体;

在所述反应室内形成等离子体以在所述衬底的表面上形成所述初始粘性碳材料;

停止所述碳前体的流动;

停止所述等离子体;以及

用活性物种处理所述碳材料。

24. 一种根据权利要求1-23中任一项所述的方法形成的膜结构。

25. 根据权利要求24所述的膜结构,其中经处理的碳层包含45原子%或更多碳。

26. 根据权利要求25所述的膜结构,其中所述结构在层厚度为100nm或更大的经处理的碳层的表面上,在300mm晶圆上包含少于50个可检测尺寸超过50nm的粒子。

27. 一种用于执行权利要求1-23中任一项所述的步骤和/或用于形成根据权利要求24-26中任一项所述的结构的系统。

形成结构的方法、形成的结构及形成该结构的系统

技术领域

[0001] 本公开大体涉及形成适合用于制造电子器件的结构的方法。更具体地,本公开的实例涉及形成包括碳材料层的结构的方法,包括这些层的结构,以及用于执行所述方法和/或形成所述结构的系统。

背景技术

[0002] 在器件如半导体器件的制造期间,常期望用绝缘或介电材料在衬底的表面上填充特征(例如,沟槽或间隙)。填充特征的一些技术包括沉积可流动碳材料层。

[0003] 尽管使用碳材料填充特征对于一些应用可良好地起作用,但使用传统沉积技术填充特征具有若干缺点,尤其随着待填充特征的尺寸减小。例如,在沉积碳材料期间,例如包含等离子体过程的技术,空隙可形成于沉积的材料内,特别是在间隙内。即使在使沉积的材料回流之后,这些空隙也可能保留。

[0004] 除了可流动之外,可能期望碳材料展现其它特性,例如相对于其它材料层的期望线束或模量和/或蚀刻选择性。随着器件和特征尺寸继续减小,越来越难以将常规碳材料沉积技术应用于制造过程,同时获得所需的填充能力和材料特性。此外,将碳材料沉积在衬底的表面上的各种尝试已在衬底表面上产生不合需要的数量的粒子。

[0005] 因此,需要用于形成结构的改进方法,特别是用于用碳材料填充衬底表面上的间隙的方法,其减轻碳材料中的空隙形成和/或提供所需碳材料特性和/或产生较少粒子。

[0006] 在此部分中阐述的任何讨论,包含对问题和解决方案的讨论,仅出于为本公开提供上下文的的目的而包含在本公开中,且不应视为承认论述中的任一项或全部在创作本发明时是已知的或以其它方式构成现有技术。

发明内容

[0007] 本公开的各种实施例涉及形成适用于形成电子器件的结构(有时在本文中称作膜结构)的方法。虽然下文将更详细地讨论本公开的各种实施例解决现有方法和结构的缺点的方式,但总体上,本公开的示范性实施例提供了用于形成包含碳材料的结构的改进方法,包括碳材料的结构,以及用于执行所述方法和/或形成所述结构的系统。本文中描述的方法可用于在衬底的表面上填充特征。

[0008] 根据本公开的各种实施例,提供了形成结构的方法。示范性方法包括:在反应室内提供衬底;向所述反应室提供惰性气体;向所述反应室提供碳前体;在所述反应室内形成等离子体以在所述衬底的表面上形成初始粘性碳材料,其中所述初始粘性碳材料变成碳材料;以及用活性物种处理所述碳材料以形成经处理的碳材料。示范性方法还可以包括停止所述碳前体向所述反应室的流动;以及可选地停止所述等离子体。碳材料沉积循环可包括以下步骤:向所述反应室提供碳前体;在所述反应室内形成等离子体以在所述衬底的表面上形成初始粘性碳材料;其中所述初始粘性碳材料变成碳材料;停止所述碳前体向所述反应室的流动,以及停止所述等离子体。在使用活性物种处理所述碳材料的步骤之前,可以执

行碳材料沉积循环n次,其中n可以在例如0到50的范围内。沉积和处理循环可包括一个或多个碳材料沉积循环和用活性物种处理所述碳材料的步骤。可以执行沉积和处理循环N次,其中N可以在例如1到约50的范围内。所述惰性气体可以在所述N沉积和处理循环期间连续地向所述反应室流动。所述处理步骤可以使用例如惰性气体来执行。惰性气体可包括氩气、氦气、氮气或其任何混合物。惰性气体可用于在每个碳材料沉积循环和/或每个沉积和处理循环期间点燃等离子体。根据本公开的实例,在碳材料沉积循环期间,向所述反应室提供碳前体的步骤在所述反应室内形成等离子体的步骤之前发生并且在所述反应室内形成等离子体的步骤期间继续。根据另外的实例,在碳材料沉积循环期间,停止所述碳前体的流动的步骤和停止所述等离子体的步骤基本上同时发生;替代性地,在碳材料沉积循环期间,停止所述碳前体流动的步骤在停止所述等离子体的步骤之前发生。根据一些实例,在向所述反应室提供碳前体、停止所述碳前体的流动以及用活性物种处理所述碳材料的步骤期间在所述反应室内连续地形成等离子体。根据另外的实例,在重复一个或多个碳材料沉积循环的同时,在所述反应室内连续地形成等离子体。根据又一些另外的实例,在至少一个碳材料沉积循环和至少一个处理步骤期间在所述反应室内连续地形成等离子体。根据另外的实例,在碳材料沉积循环期间,在向所述反应室提供碳前体的步骤以及停止所述碳前体的流动的步骤期间在所述反应室内连续地形成等离子体。根据另外的实例,在停止所述碳前体的流动之后(例如,仅例如,在约1.0秒内),减小为形成等离子体所提供的功率(例如RF功率)。根据另外的实例,增加形成等离子体的功率(例如,RF功率)以执行用活性物种处理碳材料的步骤。根据这些实施例的各个方面,所述惰性气体和所述碳前体两者在所述反应室内形成等离子体的步骤期间向所述反应室流动。所述惰性气体可以在向所述反应室提供碳前体和向所述反应室内形成等离子体的步骤期间连续地向所述反应室流动。根据本公开的各种实例,所述碳前体的化学式由 $C_xH_yN_z$ 表示,其中x是2或更大的自然数,y是自然数,并且z是0或自然数。所述碳前体可包含具有至少一个双键的环状结构和/或化合物(例如,环状化合物)。根据另外的实例,一个或多个步骤在小于或等于100°C的温度下执行。

[0009] 根据本公开的又一些其它示范性实施例中,根据本文所述的方法至少部分地形成膜结构。所述膜结构可包括经处理的碳层,所述经处理的碳层包含45原子%或更多碳。另外或替代地,在层厚度为100nm或更大的经处理的碳层的表面上,所述膜结构可在300mm晶圆上包含少于50个可检测尺寸超过50nm的粒子。

[0010] 根据本公开的另外其它示范性实施例,提供一种用于执行方法和/或用于形成如本文所描述的膜结构的系统。

[0011] 通过下文结合附图对某些实施例的详细描述,这些及其它实施例对于本领域技术人员将是显而易见的;本发明不限于所公开的任何特定实施例。

附图说明

[0012] 当结合以下说明性图式考虑时,可通过参考详细描述和权利要求书得到对本公开的例示性实施例的更完整理解。

[0013] 图1示出根据本公开的示范性实施例的方法。

[0014] 图2示出包括碳层的膜结构的扫描透射电子显微镜图像。

[0015] 图3示出根据本公开的示范性实施例的另一方法。

[0016] 图4示出根据本公开的示范性实施例的另一方法。

[0017] 图5示出根据本公开的示范性实施例的另一方法。

[0018] 图6示出根据本公开的示范性实施例的另一方法。

[0019] 图7示出根据本公开的示范性实施例的另一方法。

[0020] 图8示出根据本公开的示范性实施例的系统。

[0021] 应理解,图中的元件仅为简单和清晰起见示意而不一定按比例绘制。举例来说,图中的一些元件的尺寸可能相对于其它元件被放大以帮助改善对所示意的本公开实施例的理解。

具体实施方式

[0022] 尽管下文公开了某些实施例和实例,但本领域的技术人员将理解,本发明延伸超出了本发明具体公开的实施例和/或用途以及显而易见的修改和其等效物。因此,希望本发明所公开的范围不应受限于下文所描述的特定公开实施例。

[0023] 本公开大体上涉及沉积材料的方法,涉及形成(例如,膜)结构的方法,涉及使用所述方法形成的膜结构,并且涉及用于执行所述方法和/或形成所述膜结构的系统。举例来说,可使用本文描述的方法来用材料,如碳(例如,介电)材料填充衬底表面上的特征如间隙(例如,沟槽或通孔)。术语间隙和凹部可互换使用。

[0024] 为了在间隙填充过程期间减少空隙和/或接缝形成,沉积的碳材料可以最初可流动并且在间隙内流动以填充间隙。本文所述的示范性结构可用于各种应用中,包括但不限于3D交叉点存储器器件中的单元隔离、自对准通孔、伪栅、反向音调模式、PC RAM隔离、切割硬掩模、DRAM存储节点接触(SNC)隔离等。

[0025] 在本公开中,取决于上下文,“气体”可以指在常温和常压下为气体的材料,气化的固体和/或气化的液体,并且可以由单一气体或气体混合物构成。可使用非工艺气体的气体,即不经过例如喷淋头、其它气体分配器件等气体分配组件而引入的气体,来例如密封反应室,所述气体包含密封气体,如稀有气体。在一些情况下,如在沉积材料的上下文中,术语“前体”可指参与产生另一化合物的化学反应的化合物,特别是指构成膜基质或膜的主要骨架的化合物,而术语“反应物”可指在一些情况下非前体的化合物,其活化前体、改性前体或催化前体的反应;当施加例如功率(例如,射频(RF)功率)时,反应物可向膜基质提供元素(例如O、H、N、C)并成为膜基质的一部分。在一些情况下,术语前体和反应物可互换使用。术语“惰性气体”是指不在可察觉的程度上参与化学反应的气体和/或在施加功率(例如,RF功率)时会激发前体(例如,以促进前体的聚合)的气体,但与反应物不同,其可能不会在可察觉的程度上成为膜基质的一部分。

[0026] 如本文所用,术语“衬底”可指可用来形成器件、电路或膜或者可在其上形成器件、电路或膜的任何一种或多种底层材料。衬底可包括本体材料,如硅(例如,单晶硅);其它IV族材料,如锗;或化合物半导体材料,如III-V族或II-VI族半导体,并且可包括加在本体材料上面或下面的一层或多层。另外,衬底可包含各种特征,例如形成在衬底的层或本体材料的至少一部分内或者衬底的层或本体材料的至少一部分上的间隙(例如,凹部或通孔)、管线或突起,例如其间形成有间隙的管线等等。作为实例,一个或多个特征可具有约10nm至约100nm的宽度、约30nm至约1,000nm的深度或高度,和/或约3.0至约100.0的纵横比。

[0027] 在一些实施例中，“膜”是指在垂直于厚度方向的方向上延伸的层。在一些实施例中，“层”是指在表面上形成的具有一定厚度的材料，并且可为膜或非膜结构的同义词。膜或层可由离散的单个具有某些特性的膜或层构成，也可由多个膜或层构成，并且相邻的膜或层之间的边界可能清晰也可能不清晰并可能是或可能不是基于相邻的膜或层的物理、化学和/或任何其它特性、形成工艺或顺序和/或功能或目的创建的。层或膜可以是连续的——或不是连续的。此外，可使用多个沉积循环和/或多个沉积和处理循环形成单个膜或层。

[0028] 如本文所用，术语“碳层”或“碳材料”可指化学式可表示为包含碳的层。包括碳材料的层可包含其它元素，例如氮和氢中的一种或多种。

[0029] 如本文所用，术语“结构”可指部分或完全制造的器件结构。作为实例，结构可以是衬底，或可包含上面形成有一个或多个层和/或特征的衬底。

[0030] 如本文所用，术语“循环沉积工艺”可指在工艺腔室中进行沉积循环、通常多个连续沉积循环的气相沉积工艺。循环沉积工艺可包括循环化学气相沉积 (CVD) 和原子层沉积工艺。循环沉积工艺可包括一个或多个循环，该一个或多个循环包括前体、反应物和/或惰性气体的等离子体活化。

[0031] 在本公开中，在一些实施例中并且取决于上下文，“连续地”可指不破坏真空，不随时间线中断，无任何材料插入步骤，不改变处理条件，紧接其后，作为下一步骤，或除两个结构之外不在所述两个结构之间插入离散物理或化学结构。

[0032] 可如下确定流动性 (例如，初始流动性)：

[0033] 表1

底部/顶部比 (B/T)	流动性
$0 < B/T < 1$	无
$1 \leq B/T < 1.5$	不佳
$1.5 \leq B/T < 2.5$	良好
$2.5 \leq B/T < 3.5$	非常好
$3.5 \leq B/T$	极好

[0034] 其中B/T是指在凹部被填充之前，沉积在凹部底部的膜的厚度与沉积在形成有凹部的顶表面上的膜的厚度的比。通常，使用纵横比为约1或更小的宽凹部来评估流动性，因为一般来说，凹部的纵横比越高，B/T比就变得越高。当凹部的纵横比较高时，B/T比通常变得较高。如本文所用，“可流动”膜或材料表现出良好或更好的流动性。

[0036] 如下文更详细地阐述，当例如挥发性烃前体通过等离子体聚合并沉积在衬底的表面上时，可暂时获得膜的流动性，其中气态前体通过等离子体气体放电所提供的能量活化或片段化以引发聚合。所得聚合物材料可表现出暂时可流动行为。当沉积步骤完成时和/或在短时间段 (例如，约3.0秒) 之后，膜可不再可流动，而是变得固化，且因此可不采用单独的

固化过程。

[0037] 在本公开中,变量的任何两个数字可构成变量的可工作范围,且所指示的任何范围可以包含或排除端点。另外,任何所指示的变量值(无论它们是否用“约”指示)都可指精确值或近似值并包含等效值,并且在一些实施例中可指平均值、中位数、代表性值、多数值等。此外,在本公开中,在一些实施例中,术语“包含”、“由……构成”和“具有”可独立地指“通常或广义上包括”、“包括”、“基本上由……组成”或“由……组成”。在本公开中,在一些实施例中,任何定义的含义不一定排除普通和惯用的含义。

[0038] 根据本公开的示范性实施例的方法包括以下步骤:在反应室内提供衬底,向所述反应室提供惰性气体,向所述反应室提供碳前体,在所述反应室内形成等离子体以在所述衬底的表面上形成初始粘性碳材料,其中所述初始粘性碳材料变成碳材料,和用活性物种处理所述碳材料以形成经处理的碳材料。所述方法还可以包括停止碳前体向所述反应室的流动和停止所述等离子体。

[0039] 在反应室内提供衬底的步骤期间,将衬底提供到气相反应器的反应室中。根据本公开的示例,反应室可形成循环沉积反应器,诸如原子层沉积(ALD)(例如,PEALD)反应器或化学汽相沉积(CVD)(例如,PECVD)反应器的部分。本文中描述的方法的各种步骤可在单个反应室内执行,或可在例如集群工具的反应室等多个反应室中执行。

[0040] 在反应室内提供衬底的步骤期间,可以使衬底达到期望温度和/或可以使反应室达到期望压力,例如适合于后续步骤的温度和/或压力。作为示例,反应室内的(例如衬底或衬底支撑件的)温度可以小于或等于100°C。反应室内的压力可以约200Pa到约1,250Pa。根据本公开的特定实例,衬底包括一个或多个特征,例如凹部。

[0041] 在向反应室提供惰性气体的步骤期间,向反应室提供一种或多种惰性气体,例如氩气、氦气、氮气或其任何混合物。作为特定实例,惰性气体是氦气或包括氦气。在此步骤期间,惰性气体流向反应室的流速可以约500sccm(每分钟标准毫升)至约8,000sccm。如下文更详细地描述的,惰性气体可用于点燃反应室内的等离子体,从反应室中吹扫反应物和/或副产物,和/或用作载气以辅助将前体传送到反应室。用于点燃并维持等离子体的功率可在约50W至约800W的范围内。功率的频率可在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。

[0042] 在向反应室提供碳前体的步骤期间,将用于形成碳材料层的前体引入反应室中。示范性前体包括由分子式 $C_xH_yN_z$ 表示的化合物,其中x是大于或等于2的自然数,y是自然数,并且z是零或自然数。例如,x可在约2至约15的范围内,y可在约4至约30的范围内,并且z可在约0至约10的范围内。前体可包含具有两个或更多个碳原子和一个或多个氢原子的链或环状分子,例如由上面的分子式表示的分子。作为特定实例,前体可以为或包含具有至少一个双键的一种或多种环状(例如,芳香)结构和/或化合物。

[0043] 暂时参考图2,图2(a)示出了结构202,其包括衬底204,该衬底具有形成于其中的间隙206、208和210,以及覆盖衬底204的表面214的碳层212。图2(b)示出了结构216,其包括衬底218,该衬底具有形成于其中的间隙220、222和224,以及覆盖衬底218的表面228的碳层226。结构202、216的沉积条件相同,除了用于形成结构202的前体是1,3,5,三甲基环己烷,用于形成结构216的前体是1,3,5,三甲苯,表明使用具有至少一个碳(例如,碳-碳)双键的前体可能对填充凹部有益,同时减少任何空隙形成。

[0044] 从碳前体源到反应室的碳前体的流速可根据其它过程条件而变化。举例来说,流

速可以为约100sccm至约3,000sccm。类似地,向反应室提供碳前体的每个步骤的持续时间可取决于各种考虑因素而变化。举例来说,持续时间可以在约1.0秒至约35.0秒的范围内。

[0045] 在反应室内形成等离子体以在衬底的表面上形成初始粘性碳材料的步骤期间,使用受激物种将前体转换成初始粘性材料。初始粘性碳材料可例如通过与受激物种进一步反应而变成碳材料。碳材料可以为固体或基本上为固体。

[0046] 在停止碳前体向反应室的流动步骤期间,停止碳前体向反应室的流动。在一些情况下,前体的流动可以减少,并且对于各种步骤不完全关闭。

[0047] 在停止等离子体的步骤期间,等离子体可以被熄灭。停止步骤可包括减少用于产生等离子体的功率。

[0048] 用活性物种处理碳材料以形成经处理的碳材料的步骤包括将碳材料暴露于活性物种—例如,暴露于使用等离子体形成的活性物种。处理步骤可包括由惰性气体形成物种,例如在向反应室提供惰性气体的步骤期间提供的惰性气体。用于形成等离子体的功率可以在约50W至约800W的范围内。功率的频率可以在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。

[0049] 根据本公开的示范性方面,通过使用等离子体(例如,射频和/或微波等离子体)来形成活性物种。直接等离子体和/或远程等离子体可用于形成活性物种。在一些情况下,惰性气体可以连续地向反应室流动,并且可以通过循环用于形成等离子体的功率来周期性地形成活性物种。在处理碳材料的步骤期间,反应室内的温度可小于或等于100°C。在待处理的物种形成期间,反应室内的压力可以约200Pa至约1,250Pa。用于处理步骤的物种形成可以在与用于一个或多个其它步骤相同的反应室中形成,或者可以是单独的反应室,例如相同集群工具的另一反应室。

[0050] 本文所述的各种方法的步骤可以重叠,并且不需要按上述顺序执行。此外,在一些情况下,在方法前进到下一步之前,可以重复各种步骤或其部分一次或多次。

[0051] 图1和图3-7示出了根据本公开的示范性实施例的方法的脉冲定时间序列的实例。附图示意性地示出了惰性气体、碳前体和等离子体功率脉冲,其中气体和/或等离子体功率在脉冲周期上向反应器系统提供。脉冲的宽度不一定指示与每个脉冲相关联的时间量;所图示的脉冲可以说明各种脉冲的相对开始时间。类似地,高度不一定指示特定振幅或值,但可以显示相对高值和低值。这些实例只是示意性的而不意图限制本公开或权利要求的范围。

[0052] 图1示出了方法100。方法100包括多个碳材料沉积循环 $i, ii \dots n$ 和多个沉积和处理循环 $1, 2 \dots N$ 。根据这些实施例的实例, n 和 N 可以在约1至约50的范围内。

[0053] 方法100可包括在一个或多个碳材料沉积循环 $i, ii \dots n$ 和/或一个或多个沉积和处理循环 $1, 2 \dots N$ 期间向反应室连续地供应惰性气体。在所示的实例中,在脉冲周期102上向反应室提供惰性气体,该脉冲周期在第一(i)沉积循环之前开始,并且在最后(N)沉积和处理循环之后结束。脉冲周期可以简称为脉冲。

[0054] 在启动脉冲周期102之后,在脉冲周期104上向反应室提供碳前体。脉冲周期104可以在例如约1.0秒至约35.0秒的范围内。每个脉冲周期104的时间可以相同或不同。

[0055] 在碳前体已开始向反应室流动之后,在脉冲周期106上提供形成等离子体的功率。因此,在所示的实例中,当点燃/形成等离子体时,向反应室提供惰性气体和碳前体两者。脉冲周期106可以在例如约1.0秒至约30.0秒的范围内。每个脉冲周期106的时间可以相同或不同。

[0056] 如该实例中所示,脉冲周期104和脉冲周期106可以在大约或基本上相同的时间(例如,彼此在10、5、2、1或0.5%内)停止。一旦已经停止碳前体向反应室的流动和等离子体功率,就可以在吹扫周期或脉冲周期108上吹扫反应室。脉冲周期108可以在例如约5.0秒至约30.0秒的范围内。每个脉冲周期108的时间可以相同或不同。

[0057] 在步骤106期间(例如,施加到电极)的功率可在约100W至约800W的范围内。功率的频率可在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。

[0058] 在脉冲周期108之后,等离子体功率可增加至所需水平以用于在脉冲周期110上用活性物种处理碳材料。反应室内的功率水平和压力可以如上所述。脉冲周期110可以在例如约1.0秒至约30.0秒的范围内。每个脉冲周期110的时间可以相同或不同。

[0059] 在脉冲周期110上用活性物种处理碳材料的步骤之后,可在脉冲周期112上吹扫反应室。脉冲周期112可以在例如约10.0秒至约70.0秒的范围内。每个脉冲周期112的时间可以相同或不同。

[0060] 图3示出了另一方法300。类似于方法100,方法300包括多个碳材料沉积循环*i*, *ii*...*n*和一个或多个沉积和一个处理步骤或循环1...*N*。根据这些实施例的实例,*n*可以在约1至约50的范围内,*N*可以在约1至约50的范围内。

[0061] 方法300可包括在一个或多个碳材料沉积循环*i*, *ii*...*n*和/或一个或多个沉积和一个处理步骤1,2,3,4...*N*期间向反应室连续地供应惰性气体。在所示的实例中,在脉冲周期302上向反应室提供惰性气体,该脉冲周期在第一(*i*)沉积循环之前开始,并且在最后(*N*)沉积和处理循环之后结束。

[0062] 在启动脉冲周期302之后,在脉冲304上向反应室提供碳前体。脉冲周期304可以在例如约1.0秒至约5.0秒的范围内。

[0063] 在碳前体已开始向反应室流动之后,在脉冲周期306上提供形成等离子体的功率。在所示的实例中,碳前体的流动在点燃/形成等离子体之前停止。尽管此方法可能适用于一些应用,但方法300可能在层厚度为100nm或更大的经处理碳层的表面上在300mm晶圆上产生不合需要地高的例如,远大于50个可检测尺寸超过50nm的粒子。

[0064] 相比之下,图1和图4-7示出了在层厚度为100nm或更大的经处理碳层的表面上在300mm晶圆上相对低地沉积(例如,小于50、40、30、10或5个可检测尺寸超过50nm的粒子)碳材料的方法。一种在形成如本文所述的结构的方法期间减少表面上的粒子数目的技术包括在碳前体流动停止时维持用于等离子体形成的功率。

[0065] 图4示出了根据本公开的实例的方法400。方法400包括多个碳材料沉积循环*i*, *ii*...*n*和一个或多个沉积和一个处理步骤1...*N*。根据这些实施例的实例,*n*可以在约1至约50的范围内,*N*可以在约1至约50的范围内。

[0066] 方法400可包括在一个或多个碳材料沉积循环*i*, *ii*...*n*和/或一个或多个沉积和一个处理循环1...*N*期间向反应室连续地供应惰性气体。在所示的实例中,在脉冲周期402上向反应室提供惰性气体,该脉冲周期在第一(*i*)沉积循环之前开始,并且在最后(*N*)沉积和处理循环之后结束。

[0067] 在启动脉冲402之后,在脉冲周期406上提供形成等离子体的功率。惰性气体可用于点燃等离子体。等离子体可以在脉冲周期406的持续时间内是连续的。脉冲周期406可以在例如约3.0秒至约3,600.0秒的范围内。在脉冲周期406期间(例如,施加到电极)的功率可

在约100W至约800W的范围内。功率的频率可在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。

[0068] 一旦形成等离子体,碳前体脉冲周期404就可以开始。在所示实例中,在脉冲周期404期间向反应室提供惰性气体和碳前体两者。在脉冲周期404结束时,惰性气体脉冲和等离子体功率脉冲继续。这被认为有助于减少否则将在碳材料沉积循环期间在表面上形成的在衬底表面或衬底上的层上的粒子,例如可在方法300期间形成的粒子。脉冲周期404的持续时间可以在例如约1.0秒至约30.0秒的范围内。可以在处理脉冲410之前执行n次脉冲周期404。

[0069] 可在脉冲周期408上吹扫反应室。在此时间期间,可以向反应器系统连续地供应用于等离子体形成的功率。类似地,在n个碳材料沉积循环之后,可以在脉冲周期412上吹扫反应室。并且,在处理步骤410之后,即,在沉积和处理循环N之后,可在脉冲周期414上吹扫反应室。如果需要,接着可开始下一沉积和处理循环。如上所述,一个或多个脉冲的时间可以相同或不同。

[0070] 图5示出了根据本公开的实例的另一方法500。方法500类似于方法400,除了对于每个碳材料沉积循环*i*, *ii*...*n*等离子体功率脉冲化之外。

[0071] 方法500可包括在一个或多个碳材料沉积循环*i*, *ii*...*n*和/或一个或多个沉积和一个处理循环1, 2, 3, 4...N期间向反应室连续地供应惰性气体。在所示的实例中,在脉冲周期502上向反应室提供惰性气体,该脉冲周期在第一沉积循环之前开始,并且在最后(N)沉积和处理循环之后结束。

[0072] 在启动脉冲周期502之后,在脉冲周期506上提供形成等离子体的功率。惰性气体可用于点燃等离子体。在图示的实例中,脉冲周期506在停止碳前体的流动(脉冲周期504)之后继续。脉冲周期506可以在例如约1.0秒至约20.0秒的范围内。在脉冲周期506期间(例如,施加到电极)的功率可在约100W至约800W的范围内。功率的频率可在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。

[0073] 一旦形成等离子体,碳前体脉冲周期504就可以开始。在所示实例中,在脉冲周期504期间向反应室提供惰性气体和碳前体两者。在脉冲周期504结束时,惰性气体脉冲和等离子体功率脉冲继续。这再次被认为有助于减少否则将在碳材料沉积循环期间在衬底的表面上形成的粒子。脉冲周期504的持续时间可以在例如约1.0秒至约30.0秒的范围内。可以在处理脉冲周期510之前执行n次脉冲周期504和脉冲周期506。

[0074] 在处理步骤期间,惰性气体脉冲周期502继续,并且在脉冲周期510上,形成等离子体的功率再次增加到所需水平。在脉冲周期510期间(例如,施加到电极)的功率可在约100W至约800W的范围内。功率的频率可在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。脉冲周期510的持续时间可以在例如约1.0秒至约30.0秒的范围内。

[0075] 在脉冲周期504之间,可在脉冲周期508上吹扫反应室。在此时间的至少一部分期间,可以向反应器系统供应用于等离子体形成的功率。类似地,在n个碳材料沉积循环之后,可以在脉冲周期512上吹扫反应室。在脉冲周期512的至少一部分期间,可以向反应器系统供应用于等离子体形成的功率。在处理步骤510之后-即在沉积和处理循环N之后,可在脉冲周期514上吹扫反应室。如果需要,接着可开始下一沉积和处理循环。如上所述,对于各循环一个或多个脉冲的时间可以相同或不同。

[0076] 图6示出了方法600,该方法对于每个沉积和处理循环605具有一个碳材料沉积循

环601,随后为处理步骤603。

[0077] 类似于方法400、500,方法600可包括在碳材料沉积循环601以及沉积和处理循环605期间向反应室连续地供应惰性气体。可以执行一次沉积步骤和一次处理N次。N可以在约1至约50的范围内。在所示的实例中,在脉冲周期602上向反应室提供惰性气体,该脉冲周期在沉积循环601之前开始,并且在沉积和处理循环605之后结束。

[0078] 在启动脉冲周期602之后,在脉冲周期606上提供形成等离子体的功率。惰性气体可用于点燃等离子体。在图示的实例中,脉冲周期606在停止碳前体的流动(脉冲周期604)之后继续。脉冲周期606可以在例如约3.0秒至约1,000.0秒的范围内。在脉冲周期604期间(例如,施加到电极)的功率可在约100W至约800W的范围内。功率的频率可在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。

[0079] 一旦形成等离子体,碳前体脉冲周期604就可以开始。在所示实例中,在脉冲周期604期间向反应室提供惰性气体和碳前体两者。在脉冲周期604结束时,惰性气体脉冲和等离子体功率脉冲继续。这再次被认为有助于减少否则将在碳材料沉积循环期间在衬底的表面上形成的粒子。脉冲周期604的持续时间可以在例如约1.0秒至约30.0秒的范围内。

[0080] 在处理步骤603期间,惰性气体脉冲周期602继续,并且形成等离子体的功率再次增加到所需水平。在脉冲周期610期间(例如,施加到电极)的功率可在约100W至约800W的范围内。功率的频率可在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。脉冲周期610的持续时间可以在例如约1.0秒至约30.0秒的范围内。

[0081] 在脉冲周期604之后,可在脉冲周期608上吹扫反应室。在此时间的至少一部分期间,可以向反应器系统供应用于等离子体形成的功率,使得在停止碳前体流动的同时供应功率。类似地,在碳材料沉积和处理循环605之后,可在脉冲周期612上吹扫反应室。在脉冲周期612的至少一部分期间,可以向反应器系统供应用于等离子体形成的功率。如上所述,对于各循环的各个脉冲的时间可以相同或不同。

[0082] 图7示出了根据本公开的又一些另外的实例的方法700。方法700可类似于方法100,其中方法700示出额外点火和过渡步骤。本文所述的任何方法可以包括点火和/或过渡步骤。

[0083] 类似于方法100,方法700可包括在一个碳材料沉积循环701和/或一个沉积和处理循环709期间向反应室连续地供应惰性气体。执行一次沉积步骤和一次处理N次。N可以在约1至约50的范围内。在所示的实例中,在脉冲周期702上向反应室提供惰性气体,该脉冲周期在沉积循环701之前开始,并且在沉积和处理循环709之后结束。

[0084] 在启动脉冲周期702之后,在脉冲周期706上提供形成等离子体的功率。惰性气体可用于点燃等离子体。在图示的实例中,脉冲周期706在与碳前体停止流动(脉冲周期704)相同的时间或在碳前体停止流动之后停止。脉冲周期706可以在例如约3.0秒至约40.0秒的范围内。在脉冲周期706期间(例如,施加到电极)的功率可在约100W至约800W的范围内。功率的频率可在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。

[0085] 在为等离子体提供功率时,点火周期705开始。点火周期705可以继续,直到等离子体稳定和/或直到启动碳前体脉冲周期704。点火周期705的持续时间可以在例如约2.0秒至约10.0秒的范围内。

[0086] 一旦形成等离子体,碳前体脉冲周期704就可以开始。在所示实例中,在脉冲周期

704期间向反应室提供惰性气体和碳前体两者。在脉冲周期704和/或脉冲周期706结束时，惰性气体在过渡周期707中继续。脉冲周期704的持续时间可以在例如约1.0秒至约30.0秒的范围内。点火周期705的持续时间可以在例如约2.0秒至约10.0秒的范围内。

[0087] 在过渡周期707结束时，等离子体的功率增加以再次形成等离子体。在处理步骤703期间（脉冲周期710），惰性气体脉冲周期702继续，并且形成等离子体的功率维持在所需水平。在脉冲周期710期间（例如，施加到电极）的功率可在约100W至约800W的范围内。功率的频率可在约2.0MHz至约27.12MHz的范围内。脉冲周期710的持续时间可以在例如约1.0秒至约30.0秒的范围内。

[0088] 在脉冲周期704之后，可在过渡周期707上吹扫反应室。在此时间的至少一部分期间，可以向反应器系统供应用于等离子体形成的功率，使得在停止碳前体流动的同时供应功率。类似地，在碳材料沉积循环和处理循环709之后，可在脉冲周期712上吹扫反应室。在脉冲周期712的至少一部分期间，可以关闭用于等离子体形成的功率。不同循环的每个脉冲的持续时间可以相同或可以不同。

[0089] 图8示出了根据本公开的示范性实施例的反应器系统800。反应器系统800可用于执行如本文所描述的一个或多个步骤或子步骤，和/或用于形成如本文所描述的一个或多个结构或其部分。

[0090] 反应器系统800包含在反应室3的内部11（反应区）中平行且面向彼此的一对导电平板电极4、2。可通过将来自电源25的HRF功率（例如，13.56MHz或27MHz）施加到一个电极（例如电极4）并且电接地另一电极（例如电极2）来在反应室3内激发等离子体。在下部平台2（下部电极）中提供温度调节器，并且可将放置在所述下部平台上的衬底1的温度保持在所要温度。电极4可充当气体分配器件，例如喷淋板。反应气体、稀释气体（若存在）、前体气体等可分别使用气体管线20、气体管线21和气体管线22中的一个或多个并且通过喷淋板4引入反应室3中。尽管示出有三个气体管线，但反应器系统800可包含任何合适数量的气体管线。

[0091] 在反应室3中，提供具有排气管线7的环形管道13，反应室3的内部11中的气体通过所述环形管道排出。另外，设置在反应室3下方的转移室5提供有密封气体管线24以通过转移室5的内部16（转移区）将密封气体引入反应室3的内部11中，其中提供用于分离反应区和转移区的隔板14（此图省略了向转移室5中或从所述转移室转移晶圆所通过的闸阀）。转移腔室还提供有排气管线6。在一些实施例中，在同一反应空间中执行沉积和处理步骤，使得两个或更多个（例如，所有）步骤都可在不将衬底暴露于空气或其它含氧气氛的情况下连续地进行。

[0092] 在一些实施例中，惰性气体或载气到反应室3的连续流动可使用流通系统（FPS）实现，其中载气管线具有带有前体储集器（瓶）的绕道管线，并且主管线和绕道管线受切换，其中在打算仅将载气馈送到反应室时，关闭绕道管线，而在打算将载气和前体气体均馈送到反应室时，关闭主管线，并且载气流过绕道管线且与前体气体一起从瓶中流出。以此方式，在基本上不使反应室的压力波动的情况下，载气可连续地流入反应室中且可通过在主管线与绕道管线之间切换而以脉冲方式运载前体气体。

[0093] 本领域技术人员将了解，所述设备包含被编程或以其它方式配置成使得能够进行本文其它地方所描述的一个或多个方法步骤的一个或多个控制器26。如本领域的技术人员

应了解, (多个) 控制器与各种电源、加热系统、泵、机器人装置和反应器的气体流量控制器或阀连通。

[0094] 在一些实施例中, 可以使用双室反应器(用于加工彼此密切设置的晶圆的两个部分或隔室), 其中反应气体和惰性气体可以通过共享管线供应, 而前体气体通过未共享管线供应。

[0095] 上文描述的本公开的实例实施例不限制本发明的范围, 因为这些实施例仅是本发明的实施例的实例。任何等同的实施例均意在包括在本发明的范围内。实际上, 所属领域的技术人员根据说明书可以清楚了解解除本文中所展示和描述的内容外的对本公开的各种修改, 如所描述要素的替代性适用组合。此类修改和实施例也意在落在所附权利要求书的范围内。

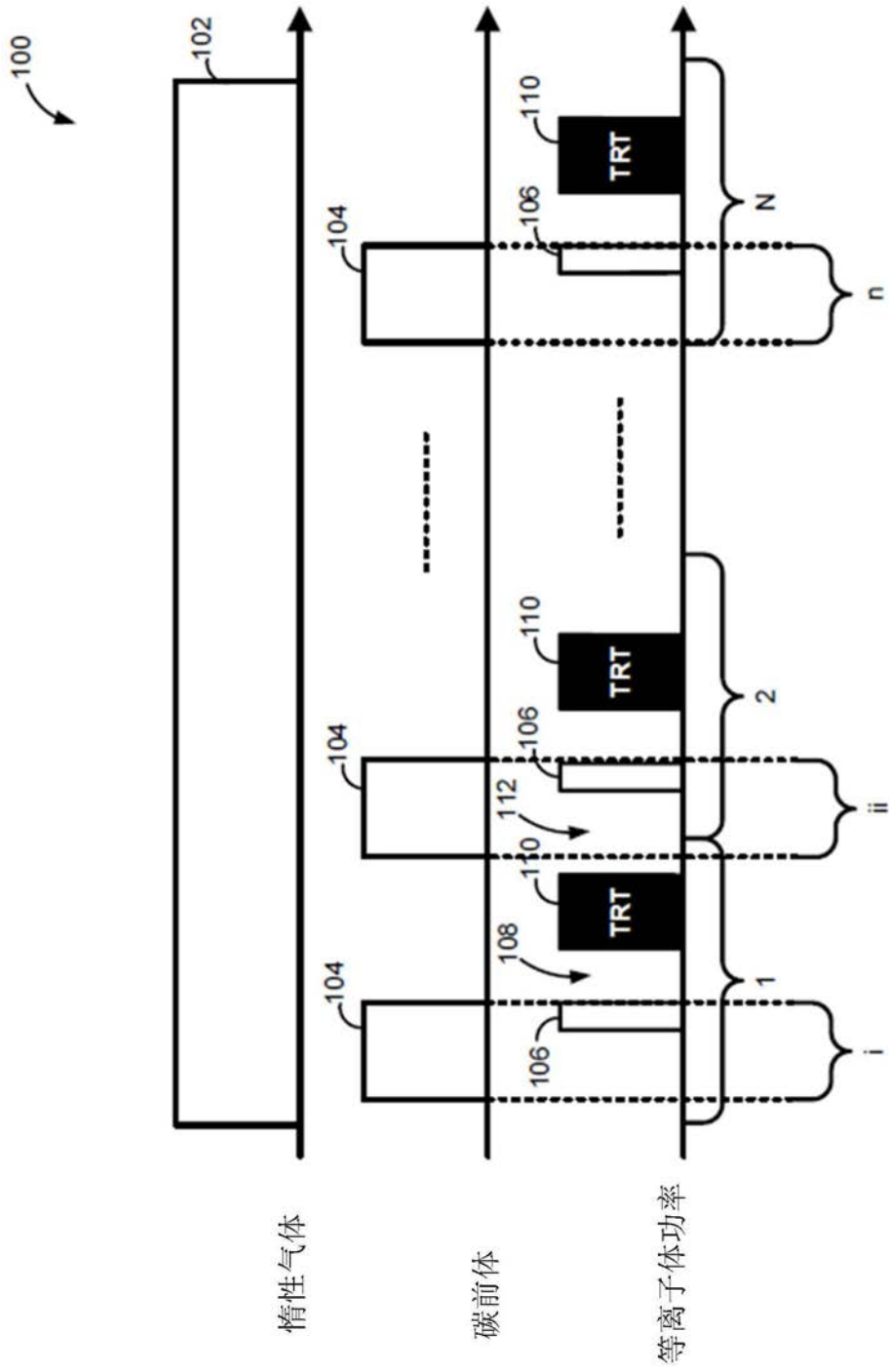


图1

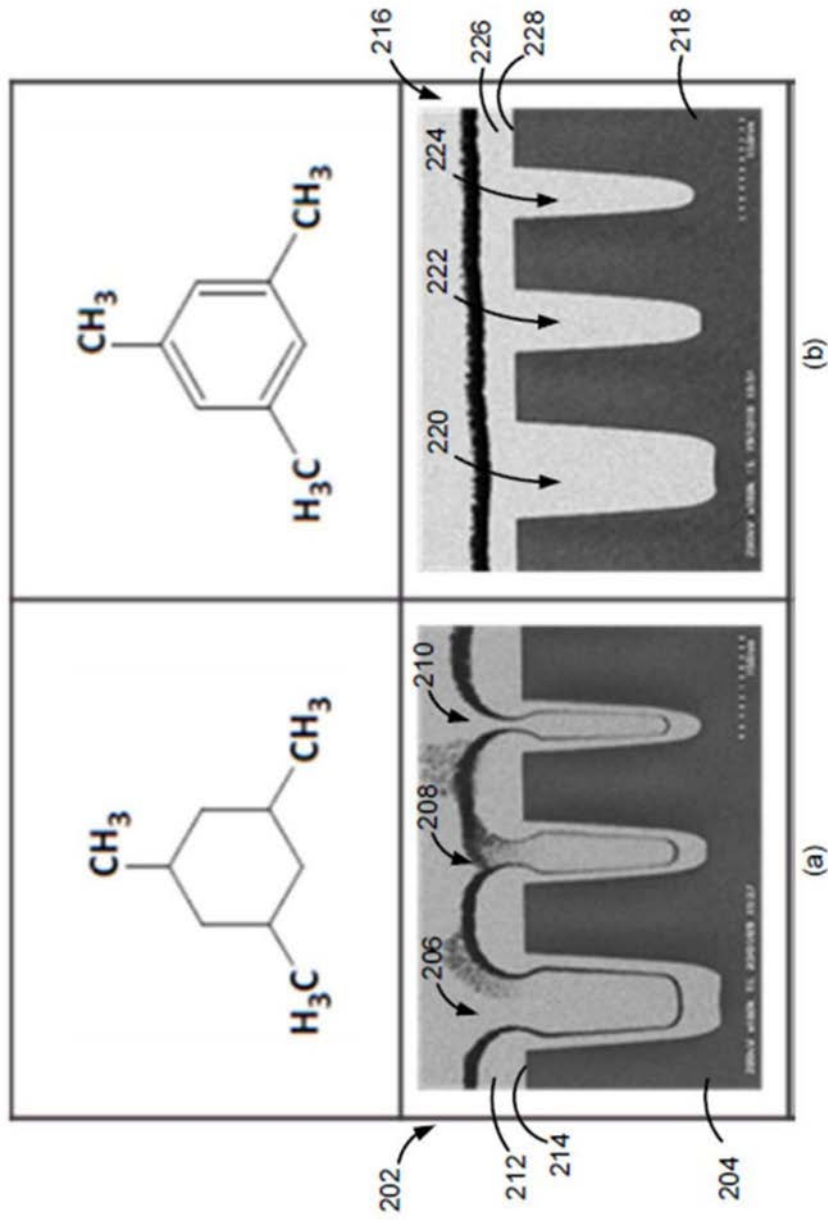


图2

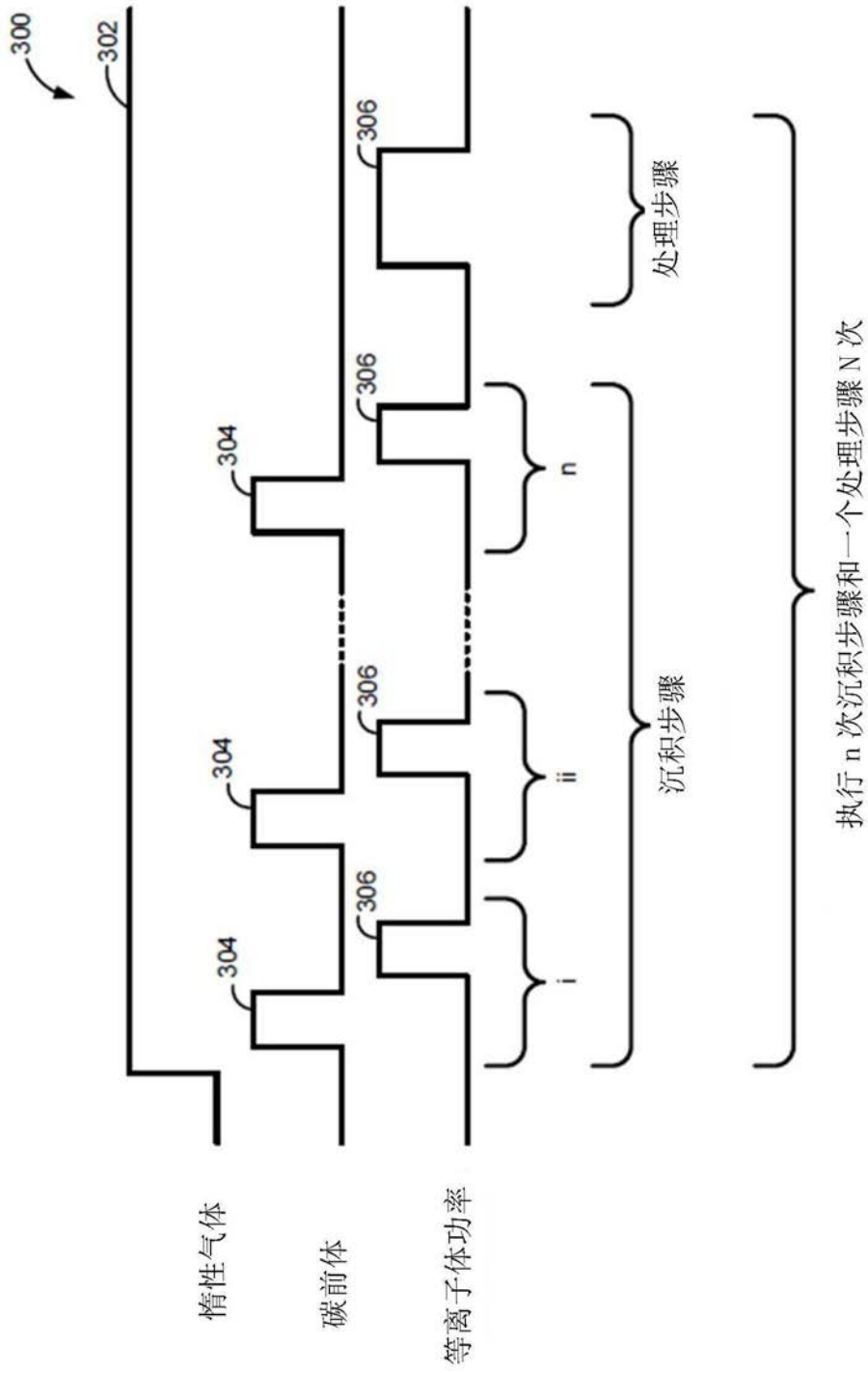


图3

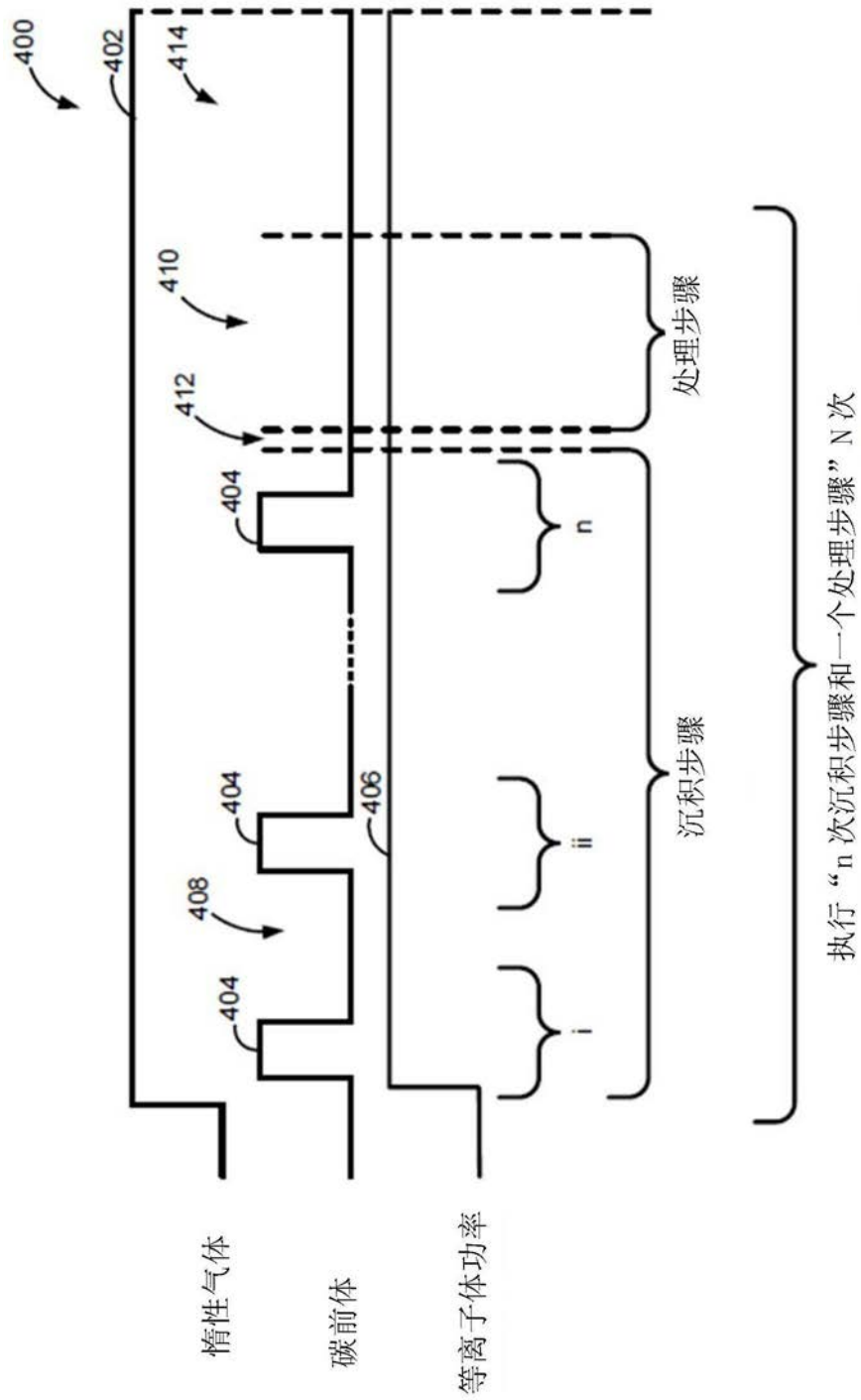


图4

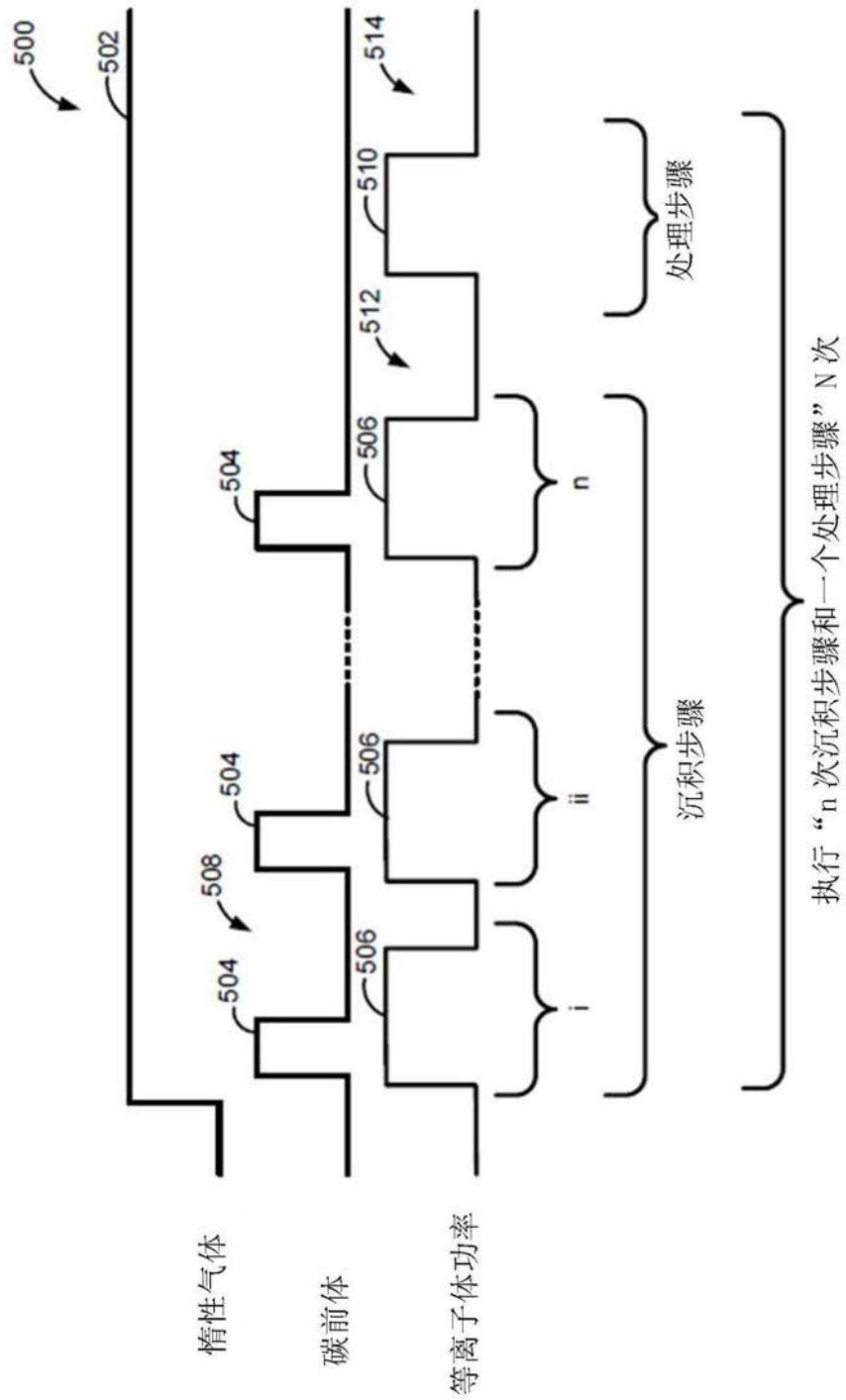


图5

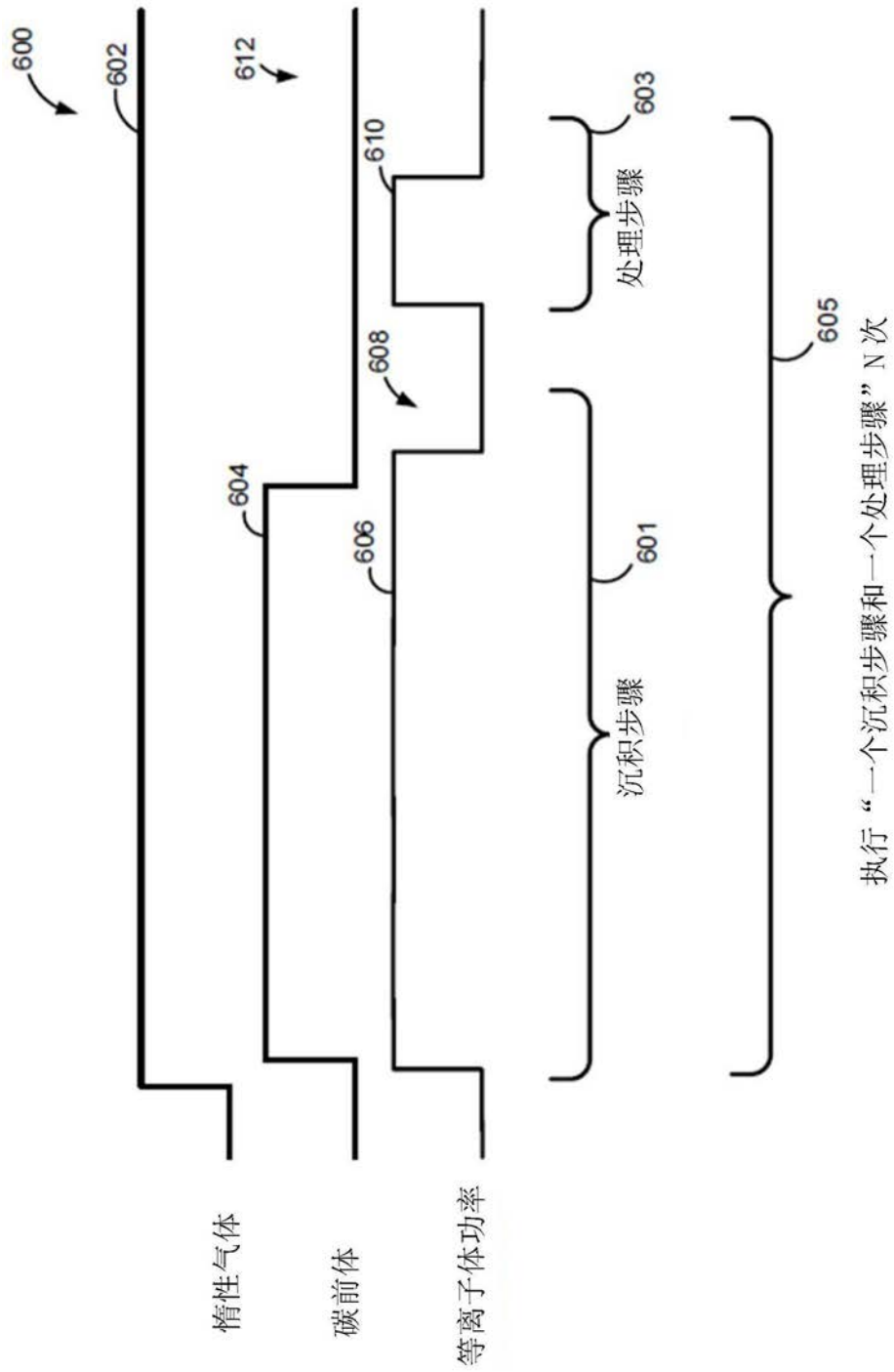


图6

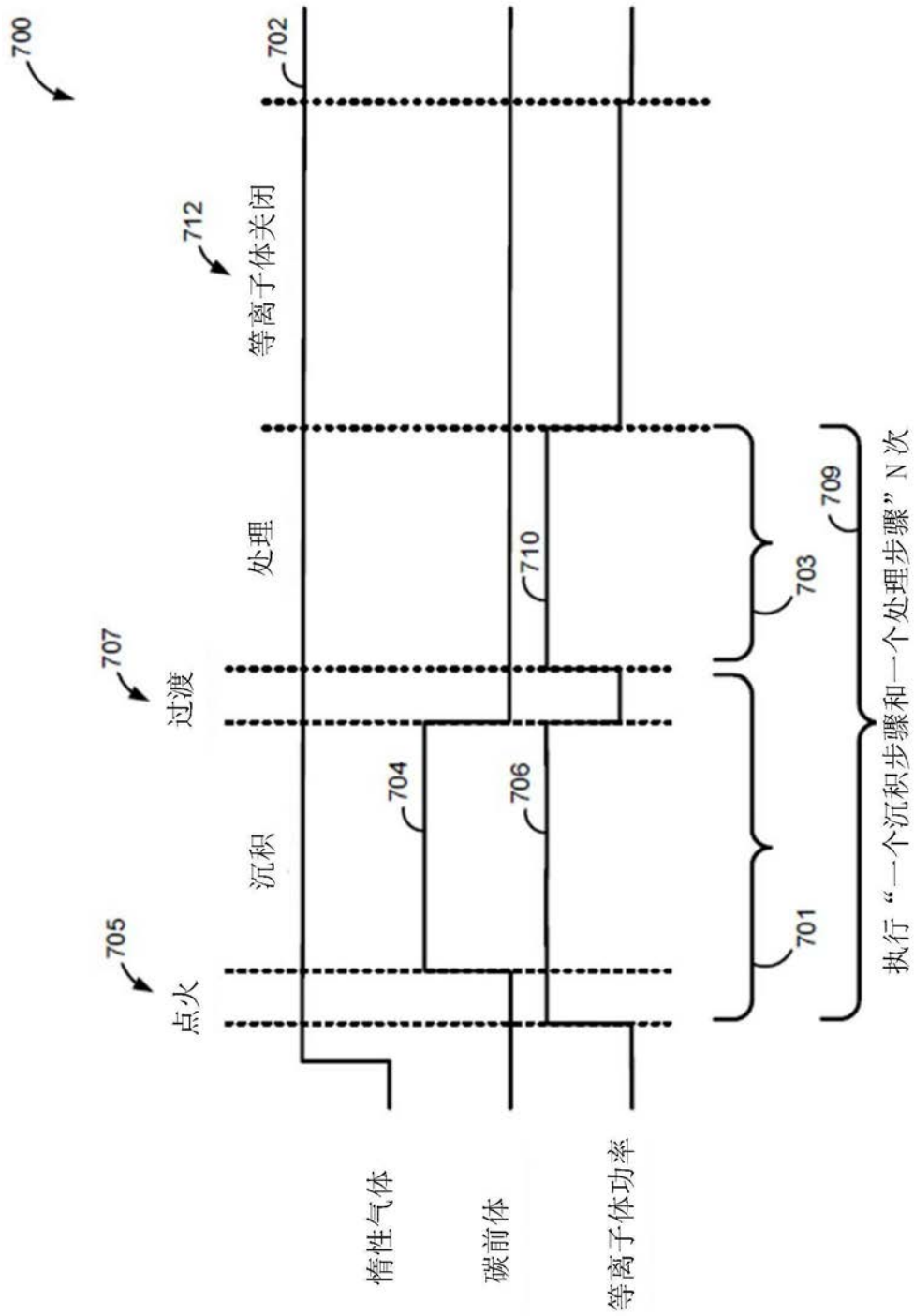


图7

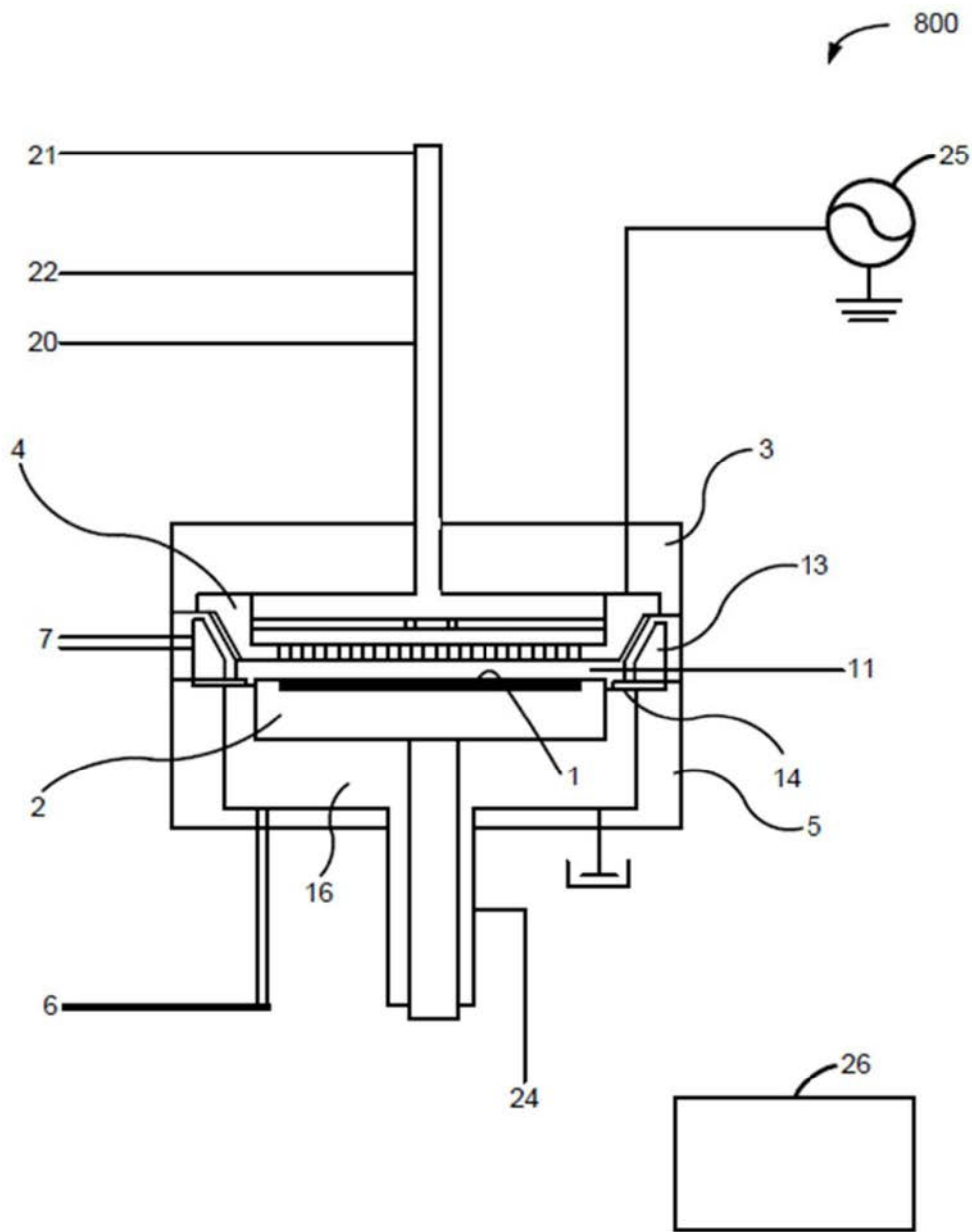


图8