(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106024596 B
(45)授权公告日 2020.10.16

(21)申请号 201610077441.0

(22)申请日 2016.02.03

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106024596 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(30)优先权数据
14/612,814 2015.02.03 US

(73)专利权人 朗姆研究公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 法亚兹·谢赫 西丽斯·雷迪

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263
代理人 樊英如 李献忠

(51)Int.Cl.
H01L 21/033(2006.01)
C23C 16/26(2006.01)

(56)对比文件
CN 1930320 A,2007.03.14
JP 昭62-279521 A,1987.12.04

审查员 马伟彬

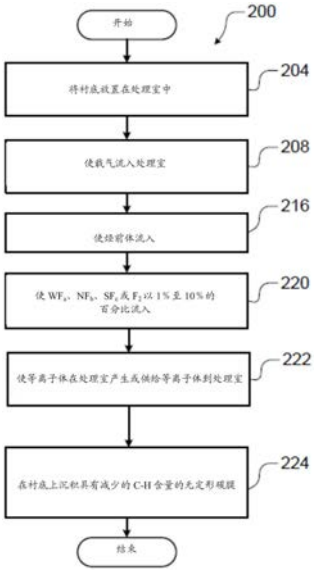
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

减少无定形碳硬掩模膜的碳-氢含量的方法

(57)摘要

本发明涉及减少无定形碳硬掩模膜的碳-氢含量的系统及方法。用于沉积无定形碳硬掩模膜的系统及方法包括:将衬底布置在处理室中;供给载气至所述处理室;供给烃前体至所述处理室;将来自由WF_a、NF_b、SF_c和F_2组成的群组中的氟前体供给至处理室,其中a、b和c是大于零的整数;供给等离子体到所述处理室或使等离子体在所述处理室产生中的一者,其中来自所述氟前体的氟与来自所述烃前体的氢在气相反应中结合;以及在所述衬底上沉积无定形碳硬掩模膜。



CN 106024596 B

1.一种用于沉积无定形碳硬掩模膜的方法，其包括：

将衬底布置在处理室中；

将包含载气、烃前体和氟前体的处理气体供给至所述处理室，其中所述烃前体包括CH_4，以及

其中所述氟前体选自由WF_a、NF_b、SF_c和F_2组成的群组，其中a、b和c是大于零的整数，其中所述氟前体以从1％至10％的百分比供给至所述处理室，以及其中所述烃前体以10％至30％的百分比供给，而所述载气以60％至89％的百分比供给；以及

当所述载气、所述烃前体、以及所述氟前体存在于所述处理室中时，供给等离子体到所述处理室或使等离子体在所述处理室产生中的一者，以导致气相反应，在所述气相反应中，来自所述氟前体的氟与来自所述烃前体的氢结合，以从所述烃前体去除氢并且所述氟被来自所述烃前体的氢消耗，使得在所述衬底上沉积的无定形碳硬掩模膜的氟含量基本上为零，并且不能测量。

2.根据权利要求1所述的方法，其中所述处理室包括等离子体增强化学气相沉积(PECVD)处理室。

3.根据权利要求1所述的方法，其中相比于没有用所述氟前体的膜沉积，在所述气相反应中所述氟前体中的氟减少氢以减少沉积在所述衬底上的所述无定形碳硬掩模膜的碳-氢含量。

4.根据权利要求1所述的方法，其中所述载气选自由氩(Ar)、氮分子(N_2)、氦(He)和/或它们的组合组成的群组。

5.根据权利要求1所述的方法，其中所述烃前体选自由甲烷、乙炔、乙烯、丙烯、丁烷、环己烷、苯和甲苯组成的群组。

6.一种用于沉积无定形碳硬掩模膜的衬底处理系统，其包括：

处理室，其包括被配置以支撑衬底的衬底支撑件；

被配置成选择性地供应包含载气、烃前体和氟前体的处理气体至所述处理室的气体供给系统；

被配置成选择性地在所述处理室供给等离子体的等离子体产生器；

控制器，其被配置成控制所述气体供给系统和所述等离子体产生器并且被配置成：

供给所述载气至所述处理室；

供给所述烃前体至所述处理室，其中所述烃前体包括CH_4；

将选自由WF_a、NF_b、SF_c和F_2组成的群组中的所述氟前体供给至所述处理室，其中a、b和c是大于零的整数，其中所述氟前体以从1％至10％的百分比供给至所述处理室，以及其中所述烃前体以10％至30％的百分比供给，而所述载气以60％至89％的百分比供给；

供给等离子体到所述处理室和使等离子体在所述处理室产生中的一者，其中来自所述氟前体的氟与来自所述烃前体的氢在气相反应中结合并且所述氟被来自所述烃前体的氢消耗，使得在所述衬底上沉积的无定形碳硬掩模膜的氟含量基本上为零，并且不能测量。

7.根据权利要求6所述的衬底处理系统，其中所述处理室包括等离子体增强化学气相沉积(PECVD)处理室。

8.根据权利要求6所述的衬底处理系统，其中相比于没有用所述氟前体的膜沉积，在所述气相反应中所述氟前体中的氟减少氢以减少沉积在所述衬底上的所述无定形碳硬掩模

膜的碳-氢含量。

9.根据权利要求6所述的衬底处理系统，其中所述载气选自由氩(Ar)、氮分子(N_2)、氦(He)和/或它们的组合组成的群组。

10.根据权利要求6所述的衬底处理系统，其中所述烃前体选自由甲烷、乙炔、乙烯、丙烯、丁烷、环己烷、苯和甲苯组成的群组。

减少无定形碳硬掩模膜的碳-氢含量的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及衬底处理系统和方法，并且更具体地涉及在衬底上沉积具有减少的碳-氢含量的硬掩模膜的衬底处理系统和方法。

背景技术

[0002] 这里提供的背景描述是为了总体呈现本公开的背景的目的。在此背景技术部分中描述的程度上的当前指定的发明人的工作，以及在提交申请时可能无法以其他方式有资格作为现有技术的说明书的各方面，既不明确也不暗示地承认是针对本公开的现有技术。

[0003] 用于执行沉积和/或蚀刻的衬底处理系统通常包括带有基座的处理室。例如半导体晶片之类的衬底可以被布置在基座上。例如在化学气相沉积(CVD)工艺中，包括一种或多种前体的气体混合物可被引入到处理室中以在衬底上沉积膜或蚀刻衬底。在一些衬底处理系统中，等离子体可被用于激活化学反应，并在此被称为等离子体增强CVD(PECVD)。

[0004] 在半导体处理期间，无定形碳膜可以被用作硬掩模或蚀刻停止层。无定形碳薄膜作为可灰化硬掩模(AHM)膜是公知的，因为该膜可以通过灰化被去除。随着光刻法中深宽比增大，AHM要求较高的蚀刻选择性。采用PECVD工艺形成具有高度选择性的AHM的当前方法产生具有不同的应力和蚀刻选择性的AHM。

[0005] 无定形碳膜通常具有烃或聚合物含量。碳-氢含量便于打开硬掩模，同时使该膜对电介质蚀刻化学品具有低的选择性。在三维存储器的应用中，硬掩模膜应当是高选择性的。其结果是，该膜的碳-氢含量将被减少，而不会减少碳-碳含量。这对沉积一种在能够于硬掩模打开工艺期间被除去和在电介质蚀刻工艺期间有充分的选择性之间取得平衡的膜提出了挑战。

发明内容

[0006] 一种用于沉积无定形碳硬掩模膜的方法包括：将衬底布置在处理室中；供给载气至所述处理室；供给烃前体至所述处理室；将来自由WF_a、NF_b、SF_c和F_2组成的群组中的氟前体供给至处理室，其中a、b和c是大于零的整数；供给等离子体到所述处理室或使等离子体在所述处理室产生中的一者，其中来自所述氟前体的氟与来自所述烃前体的氢在气相反应中结合；以及在所述衬底上沉积无定形碳硬掩模膜。

[0007] 在其它特征中，所述处理室包括等离子体增强化学气相沉积(PECVD)处理室。沉积在所述衬底上的所述无定形碳硬掩模膜具有小于1％的氟。相比于没有用所述氟前体的膜沉积，在所述气相反应中所述氟前体中的氟减少氢以减少沉积在所述衬底上的所述无定形碳硬掩模膜的碳-氢含量。所述载气选自由氩(Ar)、氮分子(N_2)、氦(He)和/或它们的组合组成的群组。所述烃前体包括C_xH_y，其中x为2至10的整数，y为2至24的整数。所述烃前体气体选自由甲烷、乙炔、乙烯、丙烯、丁烷、环己烷、苯和甲苯组成的群组。所述氟前体以从1％至10％的百分比(a partial fraction)供给至所述室。

[0008] 在其它特征中，所述氟前体具有1-30％的百分比，所述烃前体具有10％至95％的

百分比，而所述载气具有10％至89％的百分比。

[0009] 在其它特征中，所述氟前体具有1-10％的百分比，所述烃前体具有10％至30％的百分比，而所述载气具有60％至89％的百分比。

[0010] 一种用于沉积无定形碳硬掩模膜的衬底处理系统包括：处理室，其包括被配置成支撑衬底的衬底支撑件；被配置成选择性地供应处理气体至处理室的气体供给系统；被配置成选择性地使等离子体在所述处理室产生或供给等离子体到所述处理室中的等离子体产生器；控制器，其被配置成控制所述气体供给系统和等离子体产生器并且被配置成：供给载气至所述处理室；供给烃前体至所述处理室；将来自由WF_a、NF_b、SF_c和F_2组成的群组中的氟前体供给至所述处理室，其中a、b和c是大于零的整数；供给等离子体到所述处理室或使等离子体在所述处理室产生中的一者，其中来自所述氟前体的氟与来自所述烃前体的氢在气相反应中结合；以及在所述衬底上沉积无定形碳硬掩模膜。

[0011] 在其它特征中，所述处理室包括等离子体增强化学气相沉积(PECVD)处理室。沉积在所述衬底上的所述无定形碳硬掩模膜具有小于1％的氟。相比于没有用所述氟前体的膜沉积，在所述气相反应中所述氟前体中的氟减少氢以减少沉积在所述衬底上的所述无定形碳硬掩模膜的碳-氢含量。所述载气选自由氩(Ar)、氮分子(N_2)、氦(He)和/或它们的组合组成的群组。所述烃前体包括C_xH_y，其中x为2至10的整数，y为2至24的整数。所述烃前体气体选自由甲烷、乙炔、乙烯、丙烯、丁烷、环己烷、苯和甲苯组成的群组。所述氟前体以从1％至10％的百分比供给至所述室。

[0012] 在其它特征中，所述控制器被配置成以1-30％的百分比输送所述氟前体，以10％至95％的百分比输送所述烃前体，而以10％至89％的百分比输送所述载气。

[0013] 在其它特征中，所述控制器被配置成以1-10％的百分比输送所述氟前体，以10％至30％的百分比输送所述烃前体，而以60％至89％的百分比输送所述载气。

[0014] 从详细描述、权利要求和附图中本公开内容的适用性的进一步范围将变得显而易见。详细描述和具体实施例仅用于说明的目的，并非意在限制本公开的范围。

附图说明

[0015] 根据详细描述和附图，本发明将被更充分地理解，其中：

[0016] 图1是根据本发明图解用于沉积无定形碳硬掩模的衬底处理室的一实施例的功能性框图；

[0017] 图2是根据本发明图解用于沉积无定形碳硬掩模膜的方法的一实施例的流程图；以及

[0018] 图3是根据现有技术和本发明图解制作的膜中的碳-氢抑制的多种实例的曲线图。

[0019] 在附图中，附图标记可以被重新使用以标识相似和/或相同的元件。

具体实施方式

[0020] 无定形碳膜可以用作用于蚀刻高深宽比特征的硬掩模。无定形碳膜通常具有烃含量。碳-氢含量便于打开硬掩模，同时使该膜对电介质蚀刻化学品具有低的选择性。在三维存储器的应用中，硬掩模膜应当是高选择性的。这里所描述的系统和方法使该膜的碳-氢含量减少，而不会减少碳-碳含量(致密化)。

[0021] 本文描述的系统和方法降低无定形碳膜的碳-氢含量，以使该膜致密化，使该膜更具有选择性，并使该膜对电介质蚀刻化学品更具选择性。在一些实施例中，氢原子在PECVD沉积期间通过气体化学物质提供的氟原子除去。其结果是，无定形碳膜具有增加的碳-碳含量和减少的碳-氢含量。

[0022] 载气和烃基前体气体被供给到处理室中。在一些实施例中，载气可以包括氩(Ar)、氮分子(N_2)、氦(He)和/或它们的组合。在一些实施例中，所述烃前体包括C_xH_y，其中x为2至10的整数，而y为2至24的整数。在其它实施例中，所述烃前体气体选自由甲烷、乙炔、乙烯、丙烯、丁烷、环已烷、苯和甲苯组成的群组。

[0023] 本文描述的系统和方法还提供氟化钨(WF_a)、氟化氮(NF_b)、氟化硫(SF_c)或氟分子(F_2)至处理室，其中a、b或c是大于零的整数。在一些实施例中，WF_a、NF_b、SF_c或F_2以范围从1％至30％的百分比供给。等离子体在处理室点燃(或供给到处理室)，并沉积无定形碳膜，其具有降低的碳-氢含量。

[0024] 当C_xF_y已被用来沉积氟化碳时，C-F的键合能量相对较高，使得PECVD或远程等离子体CVD(RPCVD)不会破坏C-F键，并且C-F沉积在膜中。与此相反，可以使用WF_a、NF_b、SF_c或F_2使得氟在气相反应中通过烃前体中的氢被消耗。这可以通过足够的等离子体并使用较低的百分比的WF_a、NF_b、SF_c或F_2来实现。其结果是，所沉积的无定形碳膜具有增加的碳-碳含量和降低的碳-氢含量。

[0025] 现在参考图1，示出了用于执行PECVD沉积或蚀刻的衬底处理系统100的一个实施例。虽然前述实施例涉及PECVD系统，但也可以使用其他基于等离子体的工艺。仅举例而言，可使用脉冲等离子体、原子层沉积(ALD)和/或远程辅助等离子体化学气相沉积(CVD)。衬底处理系统100包括处理室102，处理室102包围衬底处理系统100的其他部件并包含RF等离子体。衬底处理系统100包括上电极104和基座106，基座106包括下电极107。衬底108被布置在基座106上，在上电极104和下电极107之间。

[0026] 仅举例而言，上电极104可包括气体分配装置105。在一些实施例中，该气体分配装置105包括喷头109，喷头109引入并分配工艺气体。替代地，上电极104可包括导电板，而工艺气体可以以另一种方式被引入。下电极107可以被布置在不导电的基座中。替代地，基座106可包括静电卡盘，该静电卡盘包括作为下电极107的导电板。

[0027] 在一些实施例中，使用直接等离子体。在此实施例中，RF产生系统110生成并输出RF电压到上电极和下电极中的一个中。上电极和下电极中的另一个可以是直流接地、交流接地或浮置的。仅举例而言，射频产生系统110可包括RF电压产生器111，RF电压产生器111产生RF电压，该RF电压经由匹配和分配网络112馈送到上电极104或下电极107。替代地，等离子体可从远程等离子源113输送。

[0028] 图1示出了一种气体输送系统130的一个实施例。气体输送系统130包括一个或多个气体源132-1、132-2、...、和132-N(统称为气体源132)，其中N是大于零的整数。这些气体源提供一种或多种前体以及它们的混合物。也可以使用气化的前体。气体源132通过阀134-1、134-2、...、和134-N(统称阀134)和质量流量控制器136-1、136-2、...、和136-N(统称为质量流量控制器136)连接到歧管140。歧管140的输出被馈送到处理室102。仅举例而言，歧管140的输出被馈送到喷头109。

[0029] 加热器142可被连接到布置在基座106中的加热线圈(未示出)来加热基座106。加

热器142可用于控制基座106和衬底108的温度。阀150和泵152可以被用于从处理室102排出反应物。控制器160可用于控制衬底处理系统100的组件。仅举例而言，控制器160可用于控制：工艺气体、载气和前体气体的流动，室参数(如温度、压力、功率，等等)的监控，点燃和熄灭等离子体，反应物的去除等。

[0030] 现在参考图2，一种根据本发明用于沉积具有减少的碳-氢的无定形碳膜的方法200被示出。在204中，将衬底定位于处理室(例如PECVD处理室)中。在208，将载气供给到处理室中。在一些实施例中，载气包括氩(Ar)、氮分子(N_2)、氦(He)和/或它们的组合。

[0031] 在216，烃前体被提供到处理室中。在一些实施例中，该烃前体可以包括C_xH_y，其中x为2至10的整数，而y为2至24的整数。在其它实施例中，该烃前体选自由甲烷、乙炔、乙烯、丙烯、丁烷、环己烷、苯和甲苯组成的群组。

[0032] 在220，将WF_a、NF_b、SF_c或F_2供给到处理室中，以预定的百分比供给到处理室。

[0033] 在222中，在处理室激励等离子体。在一些实施例中，将所供应的来自WF_a、NF_b、SF_c或F_2的氟在气相反应中通过烃前体中的氢被消耗。其结果是，所述膜具有增加的碳-碳含量和降低的碳-氢含量。

[0034] 在224，在衬底上沉积具有减少的碳-氢含量的无定形碳膜。

[0035] 在所得的无定形碳膜中有很少或没有氟含量(例如<1％)。在一些实施例中，该氟含量基本上为零，并且不能测量。具有减少的碳-氢含量的无定形碳膜可被用作在衬底处理期间的硬掩模。

[0036] 上文根据本发明阐述了用于具有减少的碳-氢含量的无定形碳硬掩模膜的工艺参数的示例范围。处理室的温度可以设定在400℃-650℃的温度范围，而压强可以设定在0.2托至9托。氟前体WF_a、NF_b、SF_c或F_2以1-30％的百分比被供给。烃前体以10％至95％的百分比被供给。该烃前体可以包括CH_4。载气以10％至89％的百分比被供给。高频功率可以被设定在100W到6000W的范围。低频功率可以被设置在100W到3000W的范围。

[0037] 在其它实施例中，烃前体的百分比以10％至30％的百分比被供给。烃前体可包括CH_4。载气以60％至89％的百分比被供给，并且可以包括He/Ar/N_2。氟前体以1％至10％的百分比被供给。氟前体可以包括WF_a。

[0038] 现在参考图3，其示出了在不同的无定形碳膜中的相对碳-氢含量。发现对于常规的CH_4-基无定形碳膜有最高的碳-氢含量。CH_4/H_2-基无定形碳膜具有较低的碳-氢含量。氟化物/CH_4/H_2-基无定形碳膜具有略低的碳-氢含量。氟化物/CH_4-基无定形碳膜在该组实施例中具有最低的碳-氢含量。

[0039] 前面的描述在本质上仅仅是说明性的，并且决不旨在限制本公开、本公开的应用或用途。本公开的广泛教导可以以各种形式来实现。由于其它的修改将根据对附图、说明书和权利要求书的研究变得显而易见，因此，虽然本公开包括特定示例，但本公开的真实范围不应当受此限制。如本文所使用的，短语A、B和C中的至少一个应该被解释为指使用非排他性的逻辑或(OR)的逻辑(A或B或C)，不应该被解释为指“A中的至少一个，B中的至少一个，和C中的至少一个”。应当理解的是，在方法中的一个或多个步骤可以以不同的顺序(或同时)而不改变本公开的原理来执行。

[0040] 在一些实现方式中，控制器是系统的一部分，该系统可以是上述实例的一部分。这种系统可以包括半导体处理设备，该半导体处理设备包括一个或多个处理工具、一个或多

个处理室、用于处理的一个或多个平台和/或具体的处理组件(晶片基座、气流系统等)。这些系统可以与用于控制它们在处理半导体晶片或衬底之前、期间和之后的操作的电子器件一体化。电子器件可以称为“控制器”,该控制器可以控制一个或多个系统的各种元件或子部件。根据处理要求和/或系统的类型,控制器可以被编程以控制本文公开的任何工艺,包括控制工艺气体输送、温度设置(例如,加热和/或冷却)、压强设置、真空设置、功率设置、射频(RF)产生器设置、RF匹配电路设置、频率设置、流速设置、流体输送设置、位置及操作设置、晶片转移进出工具和其他转移工具和/或与具体系统连接或通过接口连接的装载锁。

[0041] 宽泛地讲,控制器可以定义为接收指令、发布指令、控制操作、启用清洁操作、启用端点测量等等的具有各种集成电路、逻辑、存储器和/或软件的电子器件。集成电路可以包括存储程序指令的固件形式的芯片、数字信号处理器(DSP)、定义为专用集成电路(ASIC)的芯片和/或一个或多个微处理器或执行程序指令(例如,软件)的微控制器。程序指令可以是以各种单独设置的形式(或程序文件)通信到控制器的指令,该设置定义用于在半导体晶片或系统上或针对半导体晶片或系统执行特定过程的操作参数。在一些实施方式中,操作参数可以是由工艺工程师定义的用于在制备晶片的一个或多个(种)层、材料、金属、氧化物、硅、二氧化硅、表面、电路和/或管芯期间完成一个或多个处理步骤的配方(recipe)的一部分。

[0042] 在一些实现方式中,控制器可以是与系统集成、耦接或者说是通过网络连接系统或它们的组合的计算机的一部分或者与该计算机耦接。例如,控制器可以在“云端”或者是fab主机系统的全部或一部分,从而可以允许远程访问晶片处理。计算机可以启用对系统的远程访问以监测制造操作的当前进程,检查过去的制造操作的历史,检查多个制造操作的趋势或性能标准,改变当前处理的参数,设置处理步骤以跟随当前的处理或者开始新的工艺。在一些实例中,远程计算机(例如,服务器)可以通过网络给系统提供工艺配方,网络可以包括本地网络或互联网。远程计算机可以包括允许输入或编程参数和/或设置的用户界面,该参数和/或设置然后从远程计算机通信到系统。在一些实例中,控制器接收数据形式的指令,该指令指明在一个或多个操作期间将要执行的每个处理步骤的参数。应当理解,参数可以针对将要执行的工艺类型以及工具类型,控制器被配置成连接或控制该工具类型。因此,如上所述,控制器可以例如通过包括一个或多个分立的控制器而分布,这些分立的控制器通过网络连接在一起并且朝着共同的目标(例如,本文所述的工艺和控制)工作。用于这些目的的分布式控制器的实例可以是与结合以控制室内工艺的一个或多个远程集成电路(例如,在平台水平或作为远程计算机的一部分)通信的室上的一个或多个集成电路。

[0043] 在非限制性的条件下,示例的系统可以包括等离子体蚀刻室或模块、沉积室或模块、旋转清洗室或模块、金属电镀室或模块、清洁室或模块、倒角边缘蚀刻室或模块、物理气相沉积(PVD)室或模块、化学气相沉积(CVD)室或模块、原子层沉积(ALD)室或模块、原子层蚀刻(ALE)室或模块、离子注入室或模块、轨道室或模块、以及在半导体晶片的制备和/或制造中可以关联上或使用的任何其他的半导体处理系统。

[0044] 如上所述,根据工具将要执行的一个或多个工艺步骤,控制器可以与一个或多个其他的工具电路或模块、其他工具组件、组合工具、其他工具界面、相邻的工具、邻接工具、位于整个工厂中的工具、主机、另一个控制器、或者在将晶片的容器往来于半导体制造工厂中的工具位置和/或装载口搬运的材料搬运中使用的工具通信。

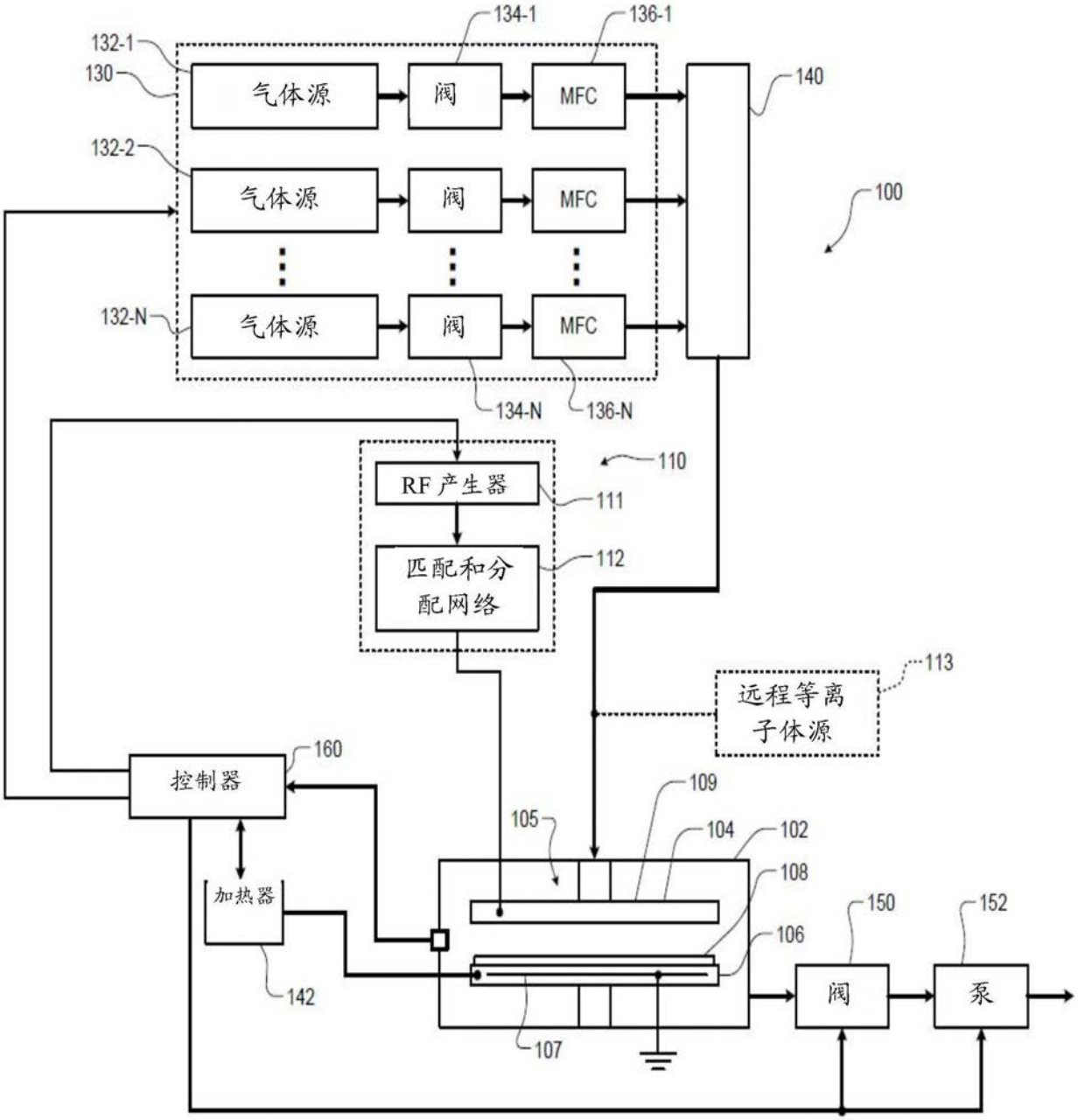

134-1
136-1
132-1
130
气体源
阀
MFC
140
132-2
气体源
阀
MFC
100
132-N
气体源
阀
MFC
134-N
136-N
110
RF 产生器
111
匹配和分配网络
112
113
远程等离子体源
160
控制器
109
105
104
102
108
加热器
150
152
106
阀
泵
142
107

图1

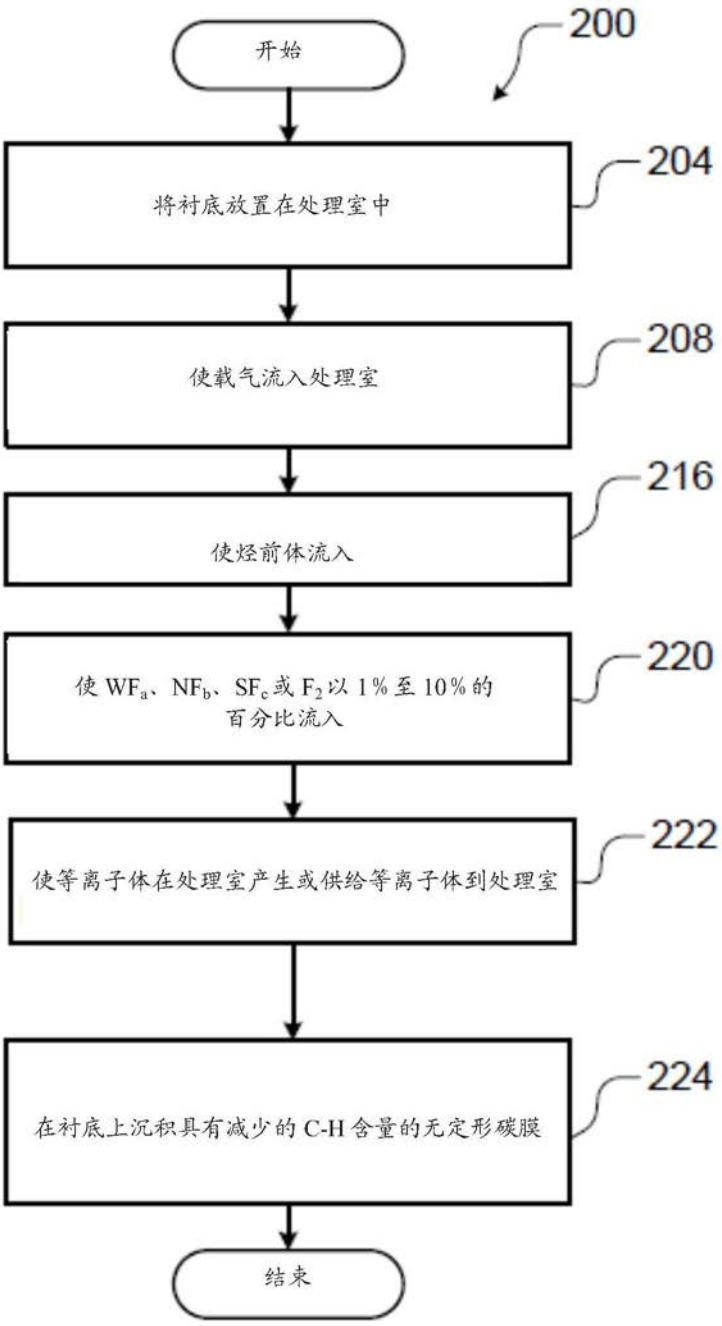

200
开始
204
将衬底放置在处理室中
208
使载气流入处理室
216
使烃前体流入
220
使 WF_a、NF_b、SF_c 或 F_2 以 1% 至 10% 的百分比流入
222
使等离子体在处理室产生或供给等离子体到处理室
224
在衬底上沉积具有减少的 C-H 含量的无定形碳膜
结束

图2

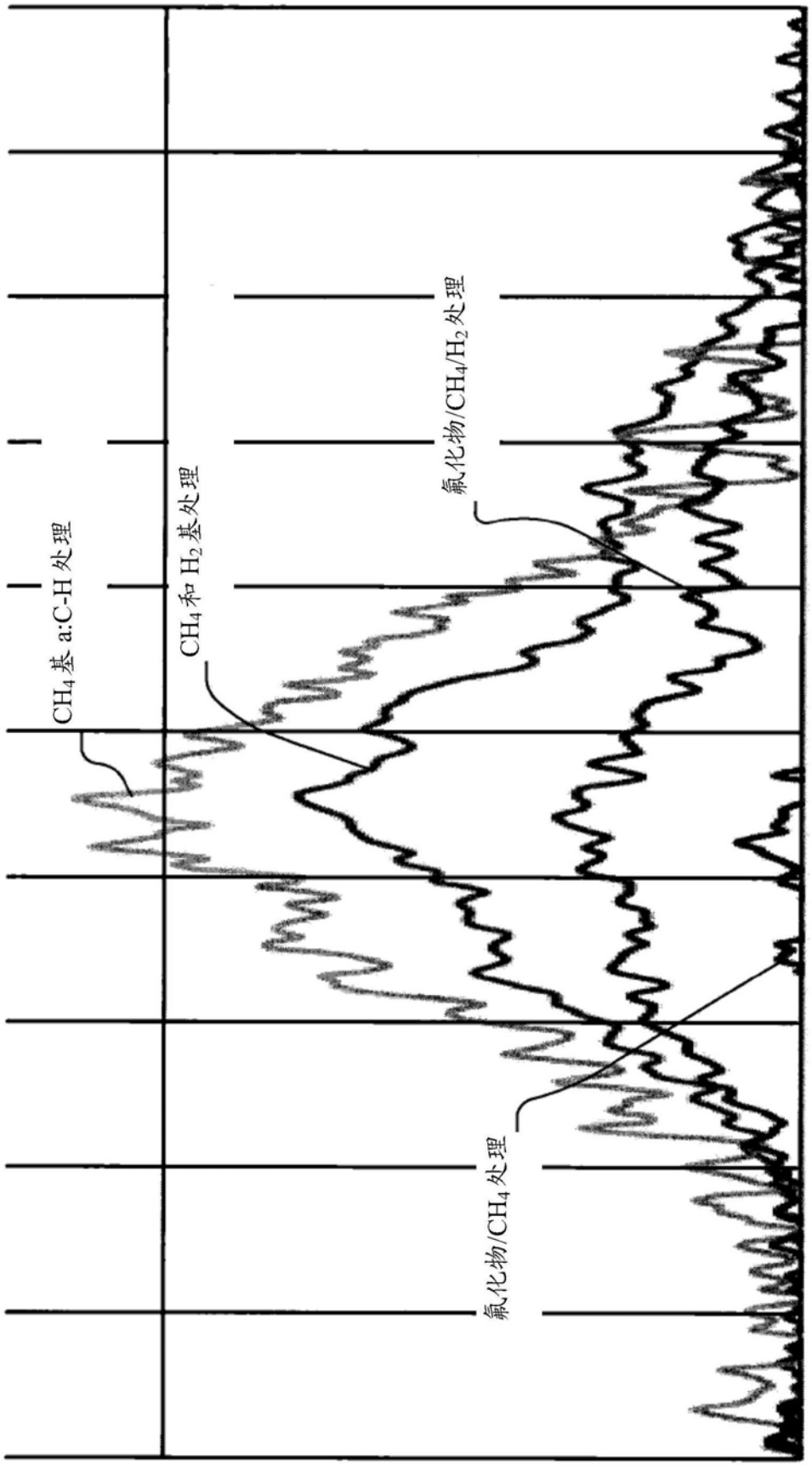


图3