(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118773572 A
(43)申请公布日 2024.10.15

(21)申请号 202410678644.X
(22)申请日 2020.03.18
(30)优先权数据
62/823,211 2019.03.25 US
(62)分案原申请数据
202080024547.9 2020.03.18
(71)申请人 朗姆研究公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 薛君 玛丽·安妮·马努姆皮尔 李石柯 萨曼莎·西亚姆华·坦
(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263
专利代理师 樊英如 张静
(51)Int.Cl.
C23C 16/26(2006.01)
C23C 16/505(2006.01)
H01L 21/033(2006.01)

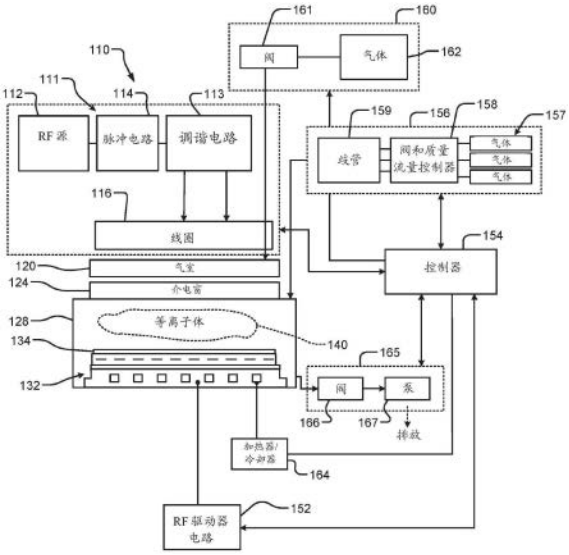
权利要求书3页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

高蚀刻选择性的低应力可灰化碳硬掩模

(57)摘要

一种用于在衬底上沉积碳可灰化硬掩模层的方法包括:a)将衬底布置在处理室中;b)将室压强设定在预定压强范围内;c)将衬底温度设定在-20℃至200℃的预定温度范围内;d)供应包含有烃前体和一或更多种其他气体的气体混合物;以及e)通过供应RF等离子体功率持续第一预定时段来激励等离子体,以在该衬底上沉积碳可灰化硬掩模层。



CN 118773572 A

1.一种用于在衬底上沉积碳可灰化硬掩模层的方法,其包括:

a)将衬底布置在处理室中;

b)将室压强设定在预定压强范围内;

c)将衬底温度设定在预定温度范围内;

d)供应包含有烃前体和一或更多种其他气体的气体混合物;以及

e)通过供应RF等离子体功率和RF偏置功率,分别以第一功率电平和第二功率电平,持续第一预定时段来激励等离子体,以在该衬底上沉积碳可灰化硬掩模层;

f)在所述第一预定时段后,停止所述烃前体的流动;以及

g)通过以下方式在所述衬底上执行衬底处理,以降低应力:

g1)供应惰性气体混合物;以及

g2)在所述衬底处理期间一次或多次改变所述RF等离子体功率和所述RF偏置功率中的至少一者的功率电平。

2.根据权利要求1所述的方法,其中g2)包括在所述衬底处理期间改变所述RF等离子体功率和所述RF偏置功率两者的功率电平。

3.根据权利要求1所述的方法,其中g2)包括在所述衬底处理期间多次改变所述RF偏置功率的功率电平。

4.根据权利要求1所述的方法,其中g2)包括:

h1)以小于所述第一功率电平的第三功率电平供应所述RF等离子功率。

5.根据权利要求4所述的方法,其中g2)包括:

h2)以小于所述第二功率电平的第四功率电平供应所述RF偏置功率。

6.根据权利要求5所述的方法,其中g2)包括:

h3)在所述第四功率电平的第二预定时段后,以大于所述第四功率电平的第五功率电平供应所述RF偏置功率持续第三预定时段。

7.根据权利要求6所述的方法,其中g2)包括:

h4)在所述第三预定时段后,以小于所述第二功率电平的第六功率电平供应所述RF偏置功率持续第四预定时段。

8.根据权利要求1所述的方法,其中g2)包括降低RF偏置功率,然后在沉积期间脉冲所述RF偏置功率至高于所述RF偏置功率,并且然后在沉积期间返回所述RF偏置功率至低于所述RF偏置功率。

9.根据权利要求1所述的方法,其中g2)包括在所述衬底处理期间维持所述等离子。

10.根据权利要求1所述的方法,其中g2)包括在所述衬底处理期间熄灭所述等离子。

11.根据权利要求1所述的方法,其中g2)包括:

h1)熄灭所述等离子;以及

h2)脉冲所述RF偏置功率。

12.根据权利要求1所述的方法,其还包括额外一次或多次执行所述碳可灰化硬掩模层的所述沉积和所述衬底处理。

13.根据权利要求1所述的方法,其还包括重复进行一或更多次的c)至g2)。

14.根据权利要求1所述的方法,其中所述处理室为感应耦合式等离子体室。

15.根据权利要求1所述的方法,其中所述碳可灰化硬掩模的所述沉积包括沉积/处理

时段的30％至95％,而所述衬底处理包括所述沉积/处理时段的70％至5％。

16.根据权利要求1所述的方法,其中所述碳可灰化硬掩模的所述沉积和所述衬底处理是以0.05Hz至1000Hz范围内的频率重复进行。

17.根据权利要求7所述的方法,其中:

所述第一功率电平是在30W至3000W的范围内;

所述第二功率电平是在大于0W至1000W的范围内;

所述第三功率电平是在0W至500W的范围内;

所述第四功率电平是在30W至1000W的范围内;

所述第五功率电平是在100W至1500W的范围内;以及

所述第六功率电平是在30W至1000W的范围内。

18.根据权利要求1所述的方法,其中所述预定温度范围为0℃至80℃。

19.根据权利要求1所述的方法,其中所述预定温度范围为20℃至200℃。

20.根据权利要求1所述的方法,其中所述预定压强范围为5mT至450mT。

21.根据权利要求1所述的方法,其中所述预定压强范围为5mT至35mT。

22.一种用于在衬底上沉积碳可灰化硬掩模层的方法,其包括:

a)将衬底布置在处理室中;

b)将室压强设定在预定压强范围内;

c)将衬底温度设定在预定温度范围内;

d)供应包含有烃前体和一或更多种其他气体的气体混合物;

e)通过供应RF等离子体功率和RF偏置功率来激励等离子体,以使用循环沉积模式或脉冲沉积模式在所述衬底上沉积所述碳可灰化硬掩模层,基于沉积速率选择所述循环沉积模式或所述脉冲沉积模式。

23.根据权利要求22所述的方法,其还包括当所述沉积速率小于预定速率时使用所述循环沉积模式以及当所述沉积速率大于所述预定速率时使用所述脉冲沉积模式。

24.根据权利要求22所述的方法,所述循环沉积模式包括

在第一预定时段期间,通过(i)供应所述气体混合物和所述RF等离子功率以及(ii)不供应所述RF偏置功率,执行所述沉积;

在第二预定时段期间,通过(i)停止供应所述气体混合物,(ii)供应惰性气体混合物,(iii)所述RF等离子功率以及(iv)供应所述RF偏置功率,执行衬底处理;以及

重复执行所述沉积和所述衬底处理。

25.根据权利要求24所述的方法,执行所述衬底处理以在所述第一预定时段期间处理被沉积的膜从而减少膜应力和最小化所述膜中氢组成。

26.根据权利要求22所述的方法,其中所述脉冲沉积模式包括在连续供应所述气体混合物、惰性气体和所述等离子体的同时供应脉冲所述RF偏置功率。

27.根据权利要求22所述的方法,其中所述沉积发生在所述脉冲RF偏置功率的脉冲之间以及衬底处理发生在所述脉冲RF偏置功率的所述脉冲期间。

28.根据权利要求22所述的方法,其中所述处理室为感应耦合式等离子体室。

29.根据权利要求22所述的方法,其还包括:

在e)中,分别以第一功率电平和第二功率电平供应所述RF等离子功率和所述RF偏置功

率持续第一预定时段;

f)在所述第一预定时段之后,停止所述烃前体流;以及

g)在所述衬底上执行衬底处理以减少应力。

30.根据权利要求29所述的方法,其还包括额外一次或多次执行所述碳可灰化硬掩模层的所述沉积和所述衬底处理。

31.根据权利要求29所述的方法,其中g)包括:

g1)供应惰性气体混合物;

g2)以小于所述第一功率电平的第三功率电平供应所述RF等离子功率;以及

g3)以小于所述第二功率电平的第四功率电平供应所述RF偏置功率。

32.根据权利要求31所述的方法,其中g)还包括:

g4)在所述第四功率电平的第二预定时段后,以大于所述第四功率电平的第五功率电平供应所述RF偏置功率持续第三预定时段;以及

g5)在所述第三预定时段后,以小于所述第四功率电平的第六功率电平供应所述RF偏置功率持续第四预定时段。

33.根据权利要求32所述的方法,其还包括重复进行一或更多次的c)至g5)。

高蚀刻选择性的低应力可灰化碳硬掩模

本申请是申请号为202080024547.9、申请日为2020年3月18日、发明名称为“高蚀刻选择性的低应力可灰化碳硬掩模”的发明专利申请的分案申请。

相关申请的交叉引用

[0001] 本公开要求于2019年3月25日申请的美国专利申请No.62/823,211的PCT国际申请。上述引用的申请其全部公开内容通过引用合并于此。

技术领域

[0002] 本公开内容整体上涉及衬底处理系统,并且尤其是用于沉积可灰化碳硬掩模的系统和方法。

背景技术

[0003] 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。当前指定的发明人的工作在其在此背景技术部分以及在提交申请时不能确定为现有技术的说明书的各方面中描述的范围内既不明确也不暗示地承认是针对本公开的现有技术。

[0004] 衬底处理系统在衬底(例如半导体晶片)上执行处理。衬底处理的示例包括沉积、灰化、蚀刻、清洁和/或其他工艺。蚀刻通常包括湿式化学蚀刻或干式蚀刻。干式蚀刻可以使用感应耦合式等离子体(ICP)或电容耦合式等离子体(CCP)所产生的等离子体来执行。

[0005] ICP系统通过供应RF等离子体功率至布置于处理室外部而与介电窗相邻的线圈来产生等离子体。处理室内部流动的工艺气体混合物被磁场点燃以产生等离子体。

[0006] CCP系统使用布置于处理室中的电极来产生等离子体。例如,一电极可布置于衬底下方的衬底支撑件中,而另一电极(例如喷头)则布置于衬底上方。RF等离子体功率被供应穿过电极,以点燃位于电极之间的气体。

发明内容

[0007] 一种用于在衬底上沉积碳可灰化硬掩模层的方法包括:a)将衬底布置在处理室中;b)将室压强设定在预定压强范围内;c)将衬底温度设定在-20℃至200℃的预定温度范围内;d)供应包含有烃前体和一或更多种其他气体的气体混合物;以及e)通过供应RF等离子体功率持续第一预定时段来激励等离子体,以在该衬底上沉积碳可灰化硬掩模层。

[0008] 在其他特征中,所述处理室为感应耦合式等离子体室。e)中的所述RF等离子体功率是以30W至3000W范围内的第一功率电平传送。所述方法包括在所述第一预定时段期间以大于0W至1000W范围内的第二功率电平供应RF偏置功率。

[0009] 在其他特征中,所述方法包括:f)在所述第一预定时段后,停止所述烃前体的流动;以及g)在所述衬底上执行衬底处理,以降低应力。所述方法包括执行一或更多额外次的所述碳可灰化硬掩模的沉积和所述衬底处理。

[0010] 在其他特征中,所述碳可灰化硬掩模的沉积包括沉积/处理时段的30%至95%,而所述衬底处理包括所述沉积/处理时段的70%至5%。所述碳可灰化硬掩模的沉积和所述衬

底处理是以0.05Hz至1000Hz范围内的频率重复进行。

[0011] 在其他特征中,g)包括:g1)供应惰性气体混合物;g2)以小于所述第一功率电平的第三功率电平来供应所述RF等离子体功率;以及g3)以小于所述第二功率电平的第四功率电平来供应所述RF偏置功率。

[0012] 在其他特征中,g)包括:g4)在所述第四功率电平下的第二预定时段之后,以大于所述第四功率电平的第五功率电平来供应所述射频偏置功率持续第三预定时段;以及g5)在所述第三预定时段之后,以小于所述第四功率电平的第六功率电平来供应所述RF偏置功率持续第四预定时段。

[0013] 在其他特征中,所述方法包括重复进行一或更多次的c)至g5)。所述第三功率电平是在0W至500W的范围内。所述第四功率电平是在30W至1000W的范围内。所述第五功率电平是在100W至1500W的范围内。所述第六功率电平是在30W至1000W的范围内。

[0014] 在其他特征中,所述预定温度范围为0℃至80℃。所述预定压强范围为5mT至450mT。所述预定压强范围为5mT至35mT。所述处理室为电容耦合式等离子体室。

[0015] 一种用于在衬底上沉积碳可灰化硬掩模层的方法包括:a)将衬底布置在处理室中;b)将室压强设定在预定压强范围内;c)将衬底温度设定在预定温度范围内;d)供应包含有烃前体和一或更多种气体的气体混合物;e)通过供应RF等离子体功率持续第一预定时段来激励等离子体,以沉积碳可灰化硬掩模层;f)在所述第一预定时段后,停止所述烃前体的流动;以及g)在所述衬底上执行衬底处理,以降低应力。

[0016] 在其他特征中,所述方法包括执行一或更多额外次的所述碳可灰化硬掩模的沉积和所述衬底处理。所述碳可灰化硬掩模的沉积执行持续沉积/处理时段的30%至95%,而所述衬底处理执行持续所述沉积/处理时段的70%至5%。所述碳可灰化硬掩模的沉积和所述衬底处理是以0.05Hz至1000Hz范围内的频率重复进行。

[0017] 在其他特征中,g)包括:g1)供应惰性气体混合物;g2)以小于所述第一功率电平的第三功率电平来供应所述RF等离子体功率;以及g3)以小于所述第二功率电平的第四功率电平来供应所述RF偏置功率。

[0018] 在其他特征中,g)还包括:g4)在所述第四功率电平下的第二预定时段之后,以大于所述第四功率电平的第五功率电平来供应所述射频偏置功率持续第三预定时段;以及g5)在所述第三预定时段之后,以小于所述第四功率电平的第六功率电平来供应所述RF偏置功率持续第四预定时段。e)中的所述RF等离子体功率是以30W至3000W范围内的第一功率电平传送,并且还包括在所述第一预定时段期间以大于0W至1000W范围内的第二功率电平供应RF偏置功率。

[0019] 在其他特征中,所述方法包括重复进行一或更多次的c)至g5)。所述第三功率电平是在0W至500W的范围内。所述第四功率电平是在30W至1000W的范围内。所述第五功率电平是在100W至1500W的范围内。所述第六功率电平是在30W至1000W的范围内。

[0020] 在其他特征中,所述预定温度范围为0℃至80℃。所述预定压强范围为5mT至450mT。中所述预定压强范围为5mT至35mT。所述处理室为电容耦合式等离子体室。

[0021] 根据详细描述、权利要求和附图,本公开内容的适用性的进一步的范围将变得显而易见。详细描述和具体示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

[0022] 根据详细描述和附图将更充分地理解本公开内容,其中:

[0023] 图1为根据本公开内容用于沉积可灰化硬掩模的感应耦合式等离子体(ICP)衬底处理系统的示例的功能框图;

[0024] 图2为说明根据本公开内容的RF等离子体功率、RF偏置功率和气体流的时序示例的图;

[0025] 图3为说明根据本公开内容的多种膜的sp^3/sp^2比率的示例的图;

[0026] 图4为说明膜应力与处理功率的函数关系的示例的图;

[0027] 图5为说明根据本公开内容的诸多AHM膜的蚀刻速率的示例的图;

[0028] 图6为根据本公开内容用于沉积碳AHM膜的方法的示例的流程图;以及

[0029] 图7为根据本公开内容用于沉积可灰化硬掩模的电容耦合式等离子体(CCP)衬底处理系统的示例的功能框图。

[0030] 在附图中,可以重复使用附图标记来标识相似和/或相同的元件。

具体实施方式

[0031] 衬底(例如半导体存储器)对于更多数目的存储器单元对的需求正不断增加,以改善存储器容量。为了增加存储器对,执行高深宽比(HAR)蚀刻。在蚀刻期间使用硬掩模,以防止一些暴露材料在蚀刻其他暴露材料时产生蚀刻。需要高选择性且低应力可灰化硬掩模(AHM)来实现HAR蚀刻。

[0032] 供选择的AHM膜包括高选择性透明(HST)膜、类金刚石(DLC)膜以及可灰化碳延伸(ACE)膜。然而,这些膜中的每一者都有缺点。这些膜具低密度、高氢(H)含量和/或高应力。低密度和高H降低蚀刻抗性。高应力则引起膜剥离。

[0033] 根据本公开内容的碳基AHM膜具相对高的蚀刻抗性和低应力。碳基AHM膜是利用烃前体与一或更多种其他气体在相对较低温度下来沉积。低温下执行的沉积保留了sp^3键。等离子体处理可以在沉积后执行,以减少应力并且将H组成降至最少。

[0034] 例如,烃前体包含C_xH_y,其中x为1至10的整数,而y为2至24的整数。例如,烃前体可包括甲烷(CH_4)、乙炔(C_2H_2)其他烃气体。一或更多种其他气体选自由氦(He)、氩(Ar)、氪(Kr)、氖(Ne)、分子氮(N_2)及分子氢(H_2)所组成的群组。

[0035] 在一些示例中,执行沉积和处理直到达到所期望的膜厚。在一些示例中,执行循环沉积或脉冲沉积。如果沉积速率低,则使用循环沉积模式。如果沉积速率较高,则使用脉冲沉积模式。在一些示例中,该处理包括使用惰性等离子体气体混合物,以处理沉积膜,因而降低膜应力并将H组成降至最少。在一些示例中,惰性等离子体气体混合物包括一或更多种气体,其选自由氦(He)、氩(Ar)、氪(Kr)和氖(Ne)所组成的群组。

[0036] 现在参考图1,其示出了根据本公开内容的衬底处理系统110的示例。该衬底处理系统110包括线圈驱动电路111。在一些示例中,线圈驱动电路111包括RF源112、脉冲电路114以及调谐电路113。脉冲电路114在操作期间控制RF信号的TCP包络并使TCP包络的工作周期于1%与99%之间变化。如能理解的,脉冲电路114与RF源112可被组合或分离。

[0037] 调谐电路113可以直接连接至一或更多个感应线圈116。调谐电路113将RF源112的输出调谐至所期望的频率和/或所期望的相位,匹配线圈116的阻抗和/或分配线圈116之间

的功率。尽管示出了包含多个线圈的示例,但可以使用包括单一导体或多个导体的单一线圈。

[0038] 介电窗124沿着处理室128的一侧布置。处理室128还包括用于支撑衬底134的衬底支撑件(或基座)132。衬底支撑件132可包括静电卡盘(ESC)、机械卡盘或其他类型的卡盘。工艺气体被供应至处理室128,且等离子体140产生于处理室128的内部。RF偏置驱动电路152可用于在操作期间供应RF偏置至衬底支撑件132,以控制离子能量。RF偏置驱动电路152可以包括RF源及阻抗匹配电路(未示出)。

[0039] 气体输送系统156可以用于供应工艺气体混合物至处理室128。气体输送系统156可以包括气体源157(例如,前体、蒸气、一或更多种其他气体、惰性气体)、例如阀和质量流量控制器之类的气体计量系统158、以及歧管159。气体注入器(未示出)可以布置在介电窗124的中心(或其他位置),并且用于将气体混合物从气体输送系统156注入至处理室128中。

[0040] 加热器/冷却器164可以用于加热/冷却衬底支撑件132至预定温度。排出系统165包括阀166和泵167,以控制处理室中的压强和/或通过清扫或抽空从处理室128中去除反应物。

[0041] 控制器154可以用于控制工艺。该控制器154监测系统参数并且控制气体混合物的输送,等离子体的激励、保持和熄灭,反应物的去除,冷却气体的供应等。

[0042] 现在参考图2,其示出了用于输送气体混合物(包括烃前体以及一或更多种其他气体)、惰性气体混合物、RF等离子体功率以及RF偏置功率的时序图的示例。碳可灰化硬掩模是通过供应气体混合物并通过供应RF等离子体功率及/或RF偏置功率来沉积的。在一些示例中,一些或所有沉积步骤随后是使用惰性等离子体气体混合物(无前体)的等离子体处理。在一些示例中,在沉积之后且处理之前,反应物从室中被清扫或抽空。在其他示例中,前体的流动在处理步骤之前被停止而不进行清扫或抽空。

[0043] 在一些示例中,沉积和处理步骤是以0.05Hz至1000Hz范围内的频率来执行。在一些示例中,沉积和处理步骤是以0.1Hz至200Hz范围内的频率来执行。沉积可以包括每一时段或周期的30%至95%,而处理可包括每一时段或周期的70%至5%。在一示例中,在12秒时段的10秒内执行沉积,并在12秒时段或周期的2秒内执行处理,但是可以使用其他长度的时段或周期。

[0044] 在该时段或周期的沉积步骤期间,将包含有烃前体气体和一或更多种其他气体的气体混合物供应至处理室。RF等离子体功率以第一功率电平输送,而RF偏置功率则以第二功率电平输送。在一些示例中,第一功率电平在30W至3000W的范围内,而第二功率电平在0W至1000W的范围内。

[0045] 在该时段或周期的处理步骤期间,停止烃前体的输送,并且(如果在先前沉积步骤中使用了惰性气体混合物,则)开始或继续惰性气体混合物的输送。如果继续,则惰性气体混合物的流量可以增加、减少或持续不改变。等离子体可以维持或熄灭。在处理期间,RF等离子体功率以小于第一功率电平的第三功率电平输送。在一些示例中,第三功率电平在0W至500W的范围内。

[0046] RF偏置功率可以在沉积和处理期间变化。例如,RF偏置最初以第四功率电平输送,增加至高于第二功率电平的第五功率电平,接着返回至第六功率电平(小于第二功率电平,并且可以与第四功率电平相同或不同)。在一些示例中,RF偏置功率减小,接着在沉积期间

脉冲化至高于RF偏置功率,然后在沉积期间返回至低于RF偏置功率。在一些示例中,第四功率电平在30W至1000W的范围内,第五功率电平在100W至1500W的范围内,而第六功率电平在30W至1000W的范围内。尽管示出了特定RF偏置曲线的示例作为说明,但是可以使用其他RF偏置曲线。

[0047] 在一些示例中,沉积和处理是在-20℃至200℃的温度范围内执行。在其他示例中,沉积和处理是在-20℃至100℃的温度范围内执行。在还有的其他示例中,沉积和处理是在0℃至80℃的温度范围内执行。

[0048] 在一些示例中,沉积和处理是在5mT至450mT的压强下进行。在其他示例中,沉积和处理是在5mT至150mT的压强下进行。在还有的其他示例中,沉积和处理是在5mT至35mT的压强下进行。

[0049] 现在参考图3,其示出了多种不同硬掩模的sp^3/sp^2比率。示例包括HST、在20℃沉积的碳AHM(未经处理)、在80℃沉积的碳AHM(未经处理)以及在20℃沉积的碳AHM(经处理)。如下文将进一步描述的,在20℃下沉积的碳AHM(经处理)是在低温下以低膜应力产生的。

[0050] 现在参考图4,碳AHM的应力调整可通过在每一时段或周期的处理部分期间调控功率来执行。由此可见,随着功率增加,膜应力减小。碳AHM的应力在未经处理下最高,约为-2350MPa,而经处理下则应力减小。

[0051] 现在参考图5,其示出了在蚀刻多种膜类型(包括氮化硅(Si_xN_y)、二氧化硅(SiO_2)、硅(Si)和钨(W))期间多种硬掩模(HST、经处理的基于CH_4的AHM以及经处理的基于C_2H_2的AHM)的蚀刻速率。在该示例中,相比于HST,基于C_2H_2的AHM具有稍微较低的蚀刻速率。在该示例中,相比于HST,基于CH_4的AHM具有稍较高的蚀刻速率。

[0052] 现在参考图6,其示出了用于沉积碳AHM的方法600。在610,将衬底布置在处理室中,例如图1的处理室。在614,将室压强和衬底温度调节至预定压强和温度范围。在618,将包含有烃前体和一或更多种其他气体的气体混合物供应至处理室。在622,通过以第一功率电平供应RF等离子体功率,在处理室中激励等离子体。在628,以第二功率电平供应RF偏置功率。

[0053] 在632,该方法确定是否到了预定时段。如果632为否,则该方法返回到618。否则,该方法在640处继续并停止供应烃前体,并且开始或继续供应惰性气体混合物。

[0054] 在644,以第三功率电平供应RF等离子体功率。在648,以第四功率电平供应RF偏置功率。在一些示例中,RF偏置功率在处理时段期间继续处于第四功率电平。

[0055] 在其他示例中,RF偏置功率在处理期间短暂地脉冲化。例如,RF偏置功率以第四功率电平持续第一预定时间段。在652,以第五功率电平供应RF偏置功率持续第二预定时段。在656,以第六功率电平供应RF偏置功率持续第三预定时段。在一些示例中,第五功率电平大于第二功率电平、第四功率电平以及第六功率电平。在一些示例中,第四功率电平与第六功率电平相同。

[0056] 在660,该方法确定是否需执行额外时段或周期。如果660为是,则该方法在618处继续。否则,该方法结束。

[0057] 现参考图7,其示出了根据本公开内容的衬底处理系统720的另一示例。该衬底处理系统720包括处理室722,其包围衬底处理系统720的其他构件并且包含RF等离子体(如果使用的话)。衬底处理系统720包括上电极724以及衬底支撑件726,例如静电卡盘(ESC)。在

操作期间,衬底728被布置于衬底支撑件726上。

[0058] 仅作为示例,上电极724可包括气体分布装置729,例如喷头,其引入并分布工艺气体。该气体分布装置729可包括杆部,其包括连接至处理室的顶表面的一端。基部一般为圆柱形,且在与处理室的顶表面隔开的位置处从杆部的相对端朝外径向延伸。喷头的基部的面向衬底的表面或面板包括多个孔,前体、反应物、蚀刻气体、惰性气体、载气、其他工艺气体或清扫气体流过这些孔。替代地,上电极724可以包括导电板,且工艺气体可用另一方式引入。

[0059] 衬底支撑件726包括用作下电极的基板730。基板730支撑加热板732,其可对应于陶瓷多区域加热板。热阻层734可布置于加热板732与基板730之间。基板730可包括一或更多个通道736,其用于使冷却剂流过基板730。

[0060] RF产生系统740产生RF电压,并输出RF电压至上电极724与下电极(例如,ESC 726的基板730)中的一者。上电极724与基板730中的另一者可以为DC接地、AC接地或浮动。仅作为示例,RF产生系统740可以包括RF产生器742,其产生由匹配和分布网络744馈送至上电极724或基板730的RF等离子体功率。在其他示例中,等离子体可感应地或远程地产生。

[0061] 气体输送系统750包括一或更多个气体源752-1、752-2、...以及752-N(统称为气体源752),其中N为大于零的整数。气体源752通过阀754-1、754-2、...以及754-N(统称为阀754)以及质量流量控制器(MFC)756-1、756-2、...以及756-N(统称为MFC756)连接至歧管760。可以在MFC756与歧管760之间使用辅助阀。尽管示出了单一气体输送系统750,但是可以使用两个或更多气体输送系统。

[0062] 温度控制器763可以连接至布置于加热板732中的多个热控制组件(TCE)764。温度控制器763可用于控制该多个TCE 764,以控制衬底支撑件726以及衬底728的温度。温度控制器763可以与冷却剂组件766连通,以控制冷却剂流过通道736。例如,冷却剂组件766可以包括冷却剂泵、贮存器和/或一或更多个温度感测器。温度控制器763操作冷却剂组件766,以使冷却剂选择性地流过通道736,以冷却衬底支撑件726。阀770以及泵772可用于从处理室722中排出反应物。系统控制器780可用于控制衬底处理系统720的部件。

[0063] 在一些示例中,RF产生器742包括高频(HF)源784和低频(LF)源786。HF源784在13MHz至800MHz的频率范围内操作。例如,HF源784以27MHz或60MHz操作。在一些示例中,HF源784输出50W至3000W范围内的功率。LF源786在200kHz至13MHz的频率范围内操作。例如,LF源786以400kHz、2MHz或12.5MHz操作。在一些示例中,LF源786输出100W至3000W范围内的功率。如能理解的,沉积可用HF与LF、HF或LF的RF功率来执行。

[0064] 在一些示例中,RF功率可以在一或更多个电平之间连续或脉冲化。如果使用脉冲操作,则可以在1Hz至1MHz范围内的频率下执行脉冲。在一些示例中,室压强维持在5mT至450mT的范围内的预定压强。在其他示例中,沉积和处理是在5mT至150mT的压强下执行。在还有的其他示例中,沉积和处理在5mT至35mT的压强下执行。如上所述,可执行使用惰性气体的等离子体处理,如上所述,以降低膜应力。

[0065] 前面的描述本质上仅仅是说明性的,并且绝不旨在限制本公开、其应用或用途。本公开的广泛教导可以以各种形式实现。因此,虽然本公开包括特定示例,但是本公开的真实范围不应当被如此限制,因为在研究附图、说明书和所附权利要求时,其他修改将变得显而易见。应当理解,在不改变本公开的原理的情况下,方法中的一个或多个步骤可以以不同的

顺序(或同时地)执行。此外,虽然每个实施方案在上面被描述为具有某些特征,但是相对于本公开的任何实施方案描述的那些特征中的任何一个或多个,可以在任何其它实施方案的特征中实现和/或与任何其它实施方案的特征组合,即使该组合没有明确描述。换句话说,所描述的实施方案不是相互排斥的,并且一个或多个实施方案彼此的置换保持在本公开的范围内。

[0066] 使用各种术语来描述元件之间(例如,模块之间、电路元件之间、半导体层之间等)的空间和功能关系,各种术语包括“连接”、“接合”、“耦合”、“相邻”、“紧挨”、“在...顶部”、“在...上面”、“在...下面”和“设置”。除非将第一和第二元件之间的关系明确地描述为“直接”,否则在上述公开中描述这种关系时,该关系可以是直接关系,其中在第一和第二元件之间不存在其它中间元件,但是也可以是间接关系,其中在第一和第二元件之间(在空间上或功能上)存在一个或多个中间元件。如本文所使用的,短语“A、B和C中的至少一个”应当被解释为意味着使用非排他性逻辑或(OR)的逻辑(A或B或C),并且不应被解释为表示“A中的至少一个、B中的至少一个和C中的至少一个”。

[0067] 在一些实现方式中,控制器是系统的一部分,该系统可以是上述示例的一部分。这样的系统可以包括半导体处理设备,半导体处理设备包括一个或多个处理工具、一个或多个室、用于处理的一个或多个平台、和/或特定处理部件(晶片基座、气体流系统等)。这些系统可以与用于在半导体晶片或衬底的处理之前、期间和之后控制它们的操作的电子器件集成。电子器件可以被称为“控制器”,其可以控制一个或多个系统的各种部件或子部件。根据处理要求和/或系统类型,控制器可以被编程以控制本文公开的任何工艺,包括工艺气体的输送、温度设置(例如加热和/或冷却)、压力设置、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、流率设置、流体输送设置、位置和操作设置、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。

[0068] 概括地说,控制器可以定义为电子器件,电子器件具有接收指令、发出指令、控制操作、启用清洁操作、启用端点测量等的各种集成电路、逻辑、存储器和/或软件。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(或程序文件)的形式发送到控制器的指令,单独设置(或程序文件)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工艺的操作参数。在一些实施方案中,操作参数可以是由工艺工程师定义的配方的一部分,以在一或多个(种)层、材料、金属、氧化物、硅、二氧化硅、表面、电路和/或晶片的管芯的制造期间完成一个或多个处理步骤。

[0069] 在一些实现方式中,控制器可以是与系统集成、耦合到系统、以其它方式联网到系统或其组合的计算机的一部分或耦合到该计算机。例如,控制器可以在“云”中或是晶片厂(fab)主机系统的全部或一部分,其可以允许对晶片处理的远程访问。计算机可以实现对系统的远程访问以监视制造操作的当前进展、检查过去制造操作的历史、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、或者开始新的处理。在一些示例中,远程计算机(例如服务器)可以通过网络(其可以包括本地网络或因特网)向系统提供工艺配方。远程计算机可以包括使得能够输入或编程参数和/或设置的用户界面,然后将该参数和/或设置从远程计算机发送到系统。在一些示例中,控制器接收数据

形式的指令,其指定在一个或多个操作期间要执行的每个处理步骤的参数。应当理解,参数可以特定于要执行的工艺的类型和工具的类型,控制器被配置为与该工具接口或控制该工具。因此,如上所述,控制器可以是例如通过包括联网在一起并朝着共同目的(例如本文所述的工艺和控制)工作的一个或多个分立的控制器而呈分布式。用于这种目的的分布式控制器的示例是在与远程(例如在平台级或作为远程计算机的一部分)的一个或多个集成电路通信的室上的一个或多个集成电路,其组合以控制在室上的工艺。

[0070] 示例系统可以包括但不限于等离子体蚀刻室或模块、沉积室或模块、旋转漂洗室或模块、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、以及可以与半导体晶片的制造和/或制备相关联或用于半导体晶片的制造和/或制备的任何其它半导体处理系统。

[0071] 如上所述,根据将由工具执行的一个或多个处理步骤,控制器可以与一个或多个其他工具电路或模块、其它工具部件、群集工具、其他工具接口、相邻工具、邻近工具、位于整个工厂中的工具、主计算机、另一控制器、或在将晶片容器往返半导体制造工厂中的工具位置和/或装载口运输的材料运输中使用的工具通信。

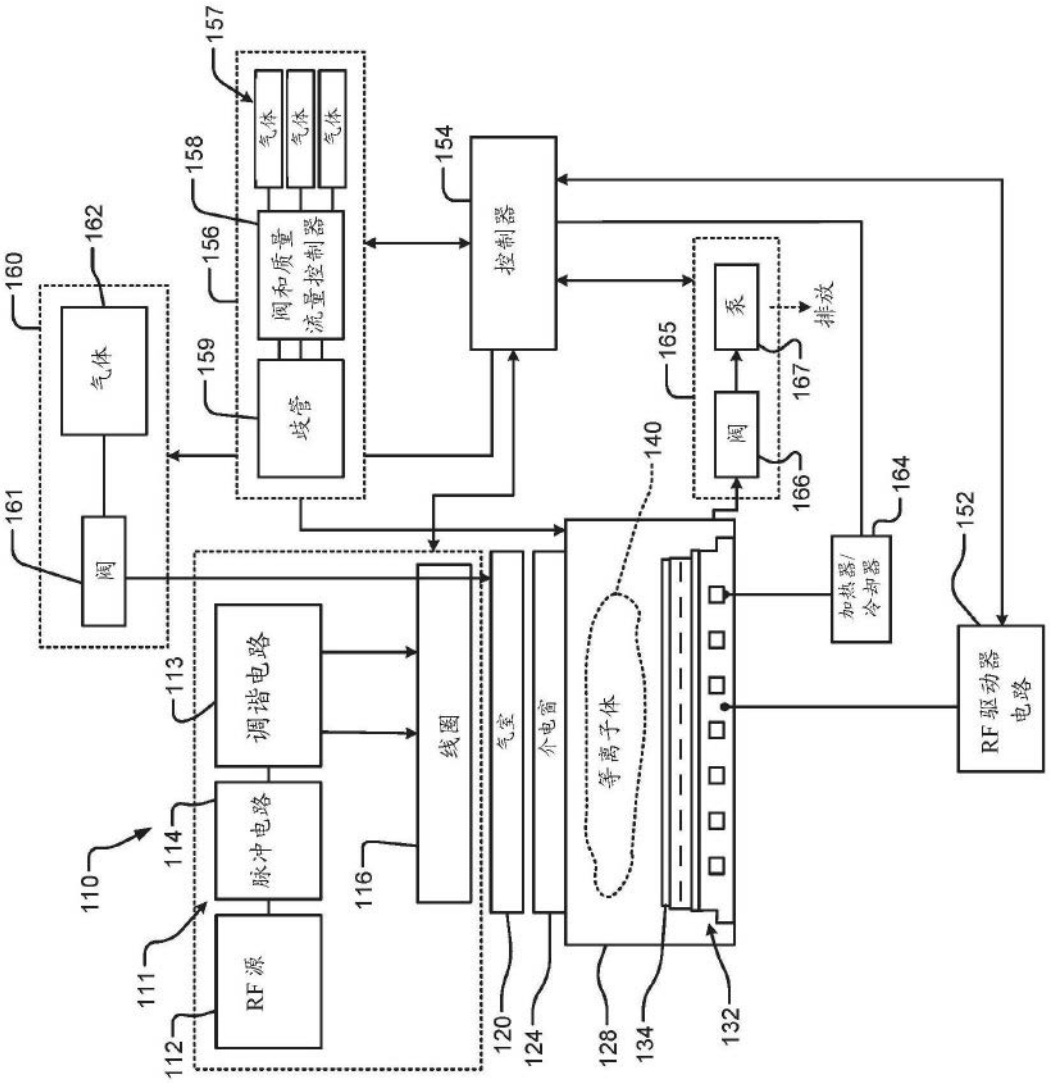

气体
气体
气体
阀和质量流量控制器
歧管
控制器
泵
排放
阀
气体
阀
调谐电路
脉冲电路
RF 源
线圈
气室
介电窗
等离子体
加热器/冷却器
RF 驱动器电路
110
111
112
113
114
116
120
124
128
132
134
140
152
154
156
157
158
159
160
161
162
164
165
166
167

图1

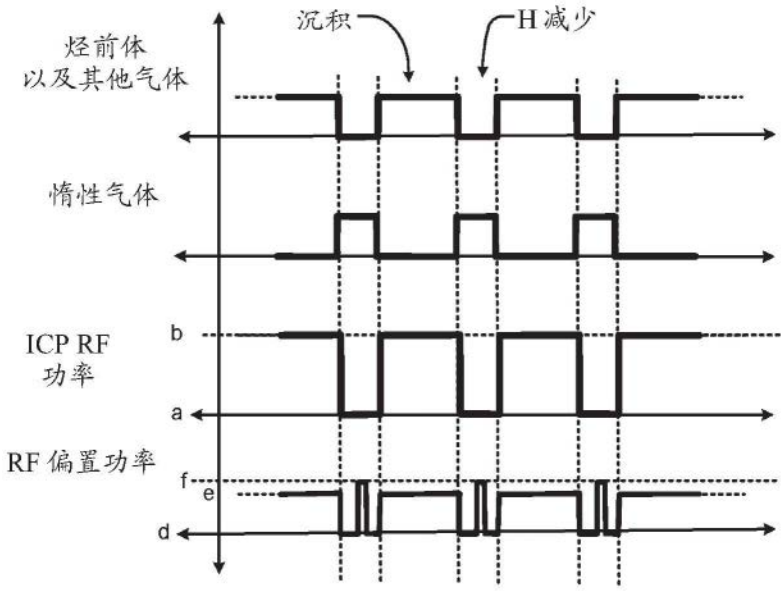

沉积
H减少
烃前体
以及其他气体
惰性气体
ICP RF
功率
RF 偏置功率
b
a
f
e
d

图2

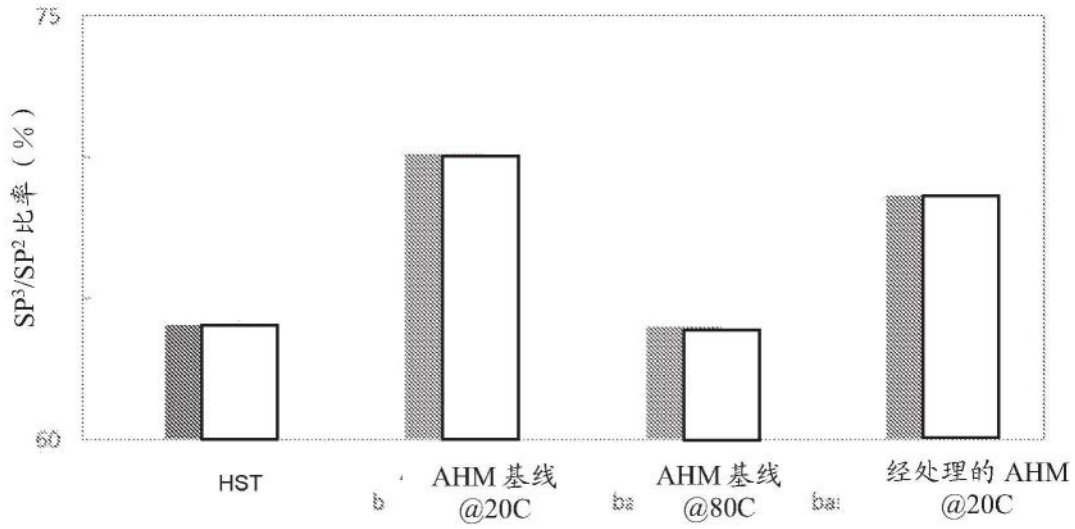

75
60
SP3/SP2 比率（%）
HST
AHM 基线
@20C
AHM 基线
@80C
经处理的 AHM
@20C

图3

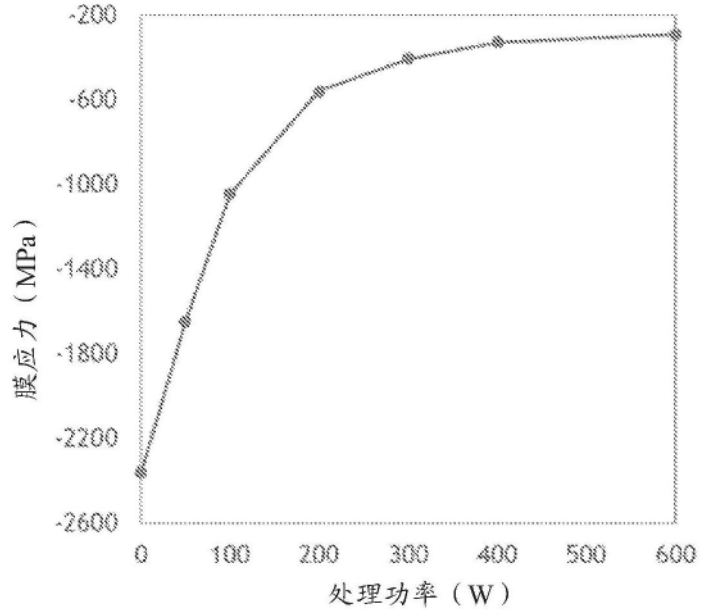

膜应力（MPa）
-200
-600
-1000
-1400
-1800
-2200
-2600
0
100
200
300
400
500
600
处理功率（W）

图4

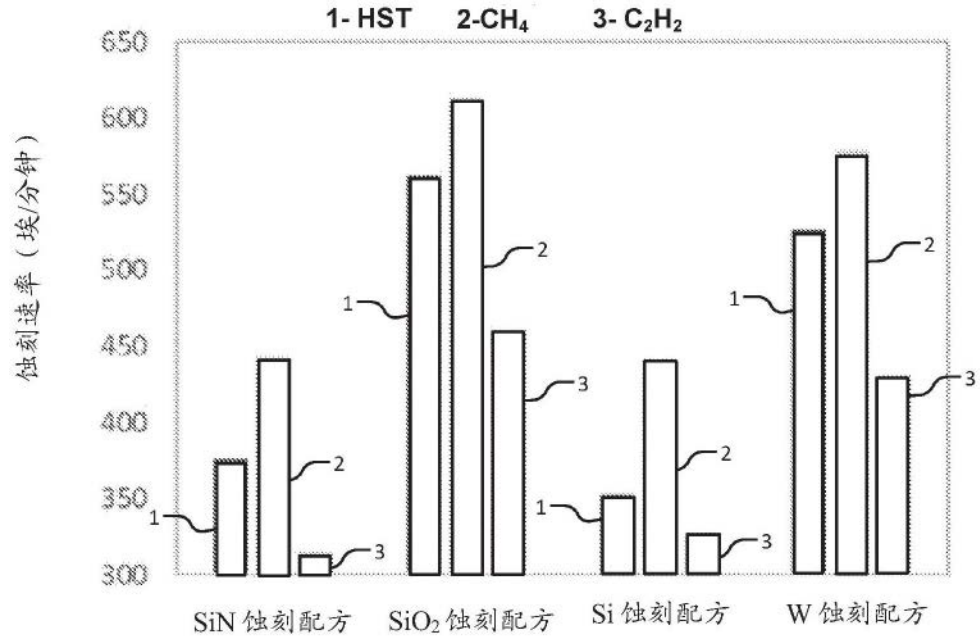

1- HST 2-CH4 3- C2H2
蚀刻速率（埃/分钟）
650
600
550
500
450
400
350
300
SiN 蚀刻配方
SiO2 蚀刻配方
Si 蚀刻配方
W 蚀刻配方

图5

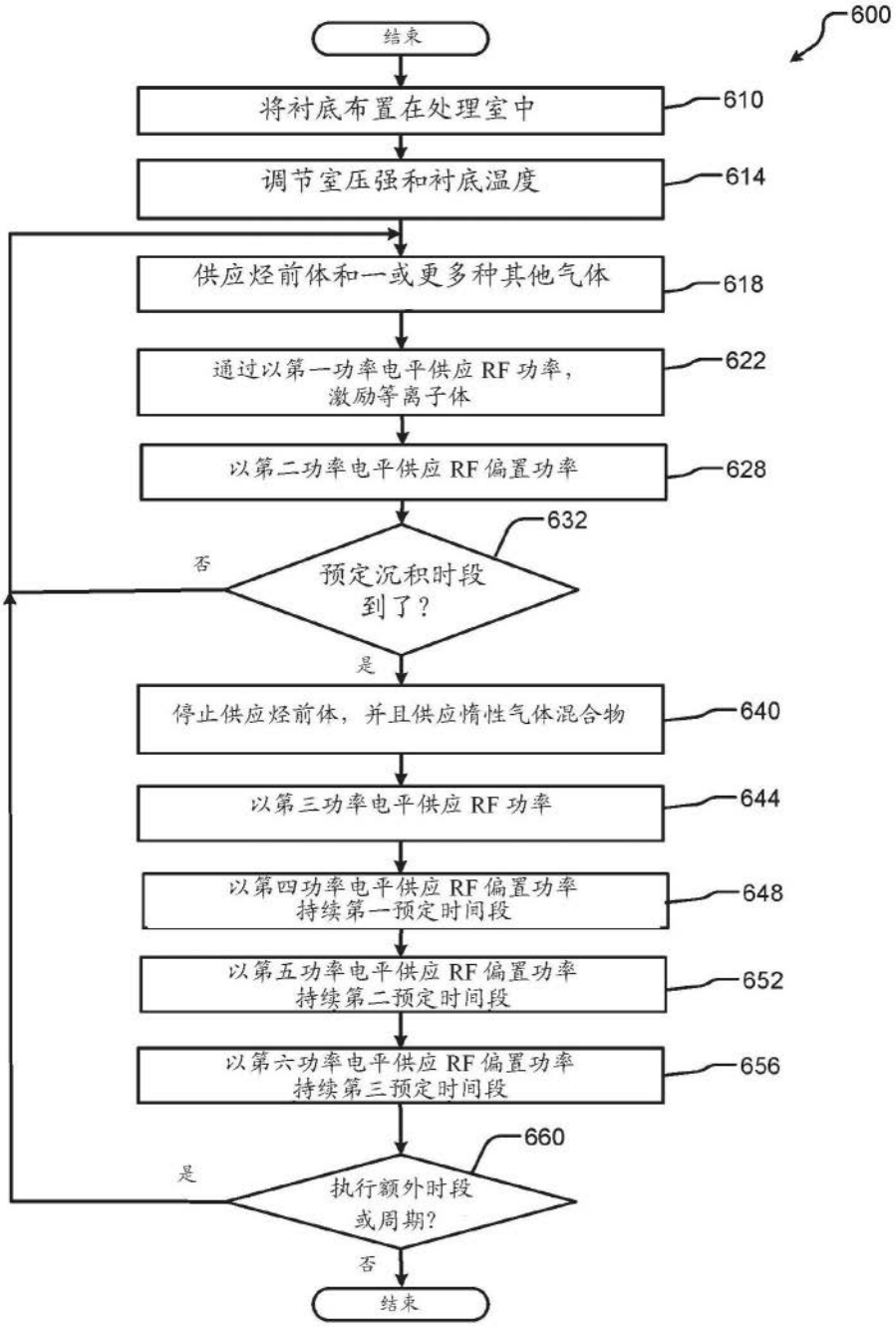

600
结束
将衬底布置在处理室中
610
调节室压强和衬底温度
614
供应烃前体和一或更多种其他气体
618
通过以第一功率电平供应 RF 功率，
激励等离子体
622
以第二功率电平供应 RF 偏置功率
628
632
预定沉积时段
到了？
否
是
停止供应烃前体，并且供应惰性气体混合物
640
以第三功率电平供应 RF 功率
644
以第四功率电平供应 RF 偏置功率
持续第一预定时间段
648
以第五功率电平供应 RF 偏置功率
持续第二预定时间段
652
以第六功率电平供应 RF 偏置功率
持续第三预定时间段
656
660
执行额外时段
或周期?
是
否
结束

图6

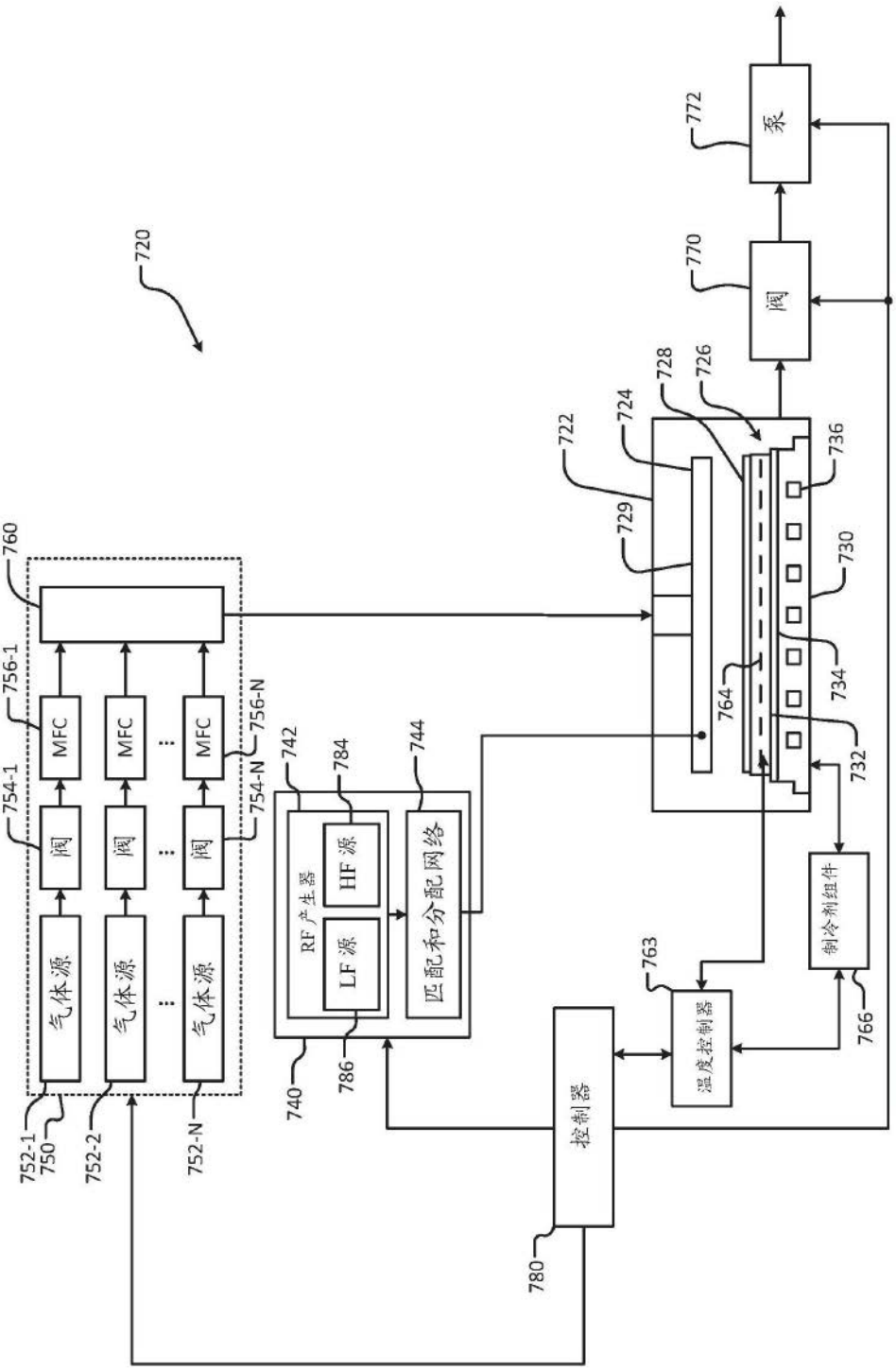

720
760
756-1
756-N
754-1
754-N
MFC
阀
气体源
752-1
750
752-2
752-N
742
784
744
RF产生器
HF 源
LF 源
匹配和分配网络
740
786
780
控制器
763
温度控制器
766
制冷剂组件
732
734
736
730
764
722
724
728
726
729
770
阀
772
泵

图7