



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118248518 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 25

(21) 申请号 202410412286.8

(22) 申请日 2019.08.08

(30) 优先权数据

62/765,244 2018.08.17 US

(62) 分案原申请数据

201980068370.X 2019.08.08

(71) 申请人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 罗伟易 洪延姬 钟伟武

希曼舒·乔克斯

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

专利代理师 李献忠 张华

(51) Int. Cl.

H01J 37/32 (2006.01)

H01L 21/67 (2006.01)

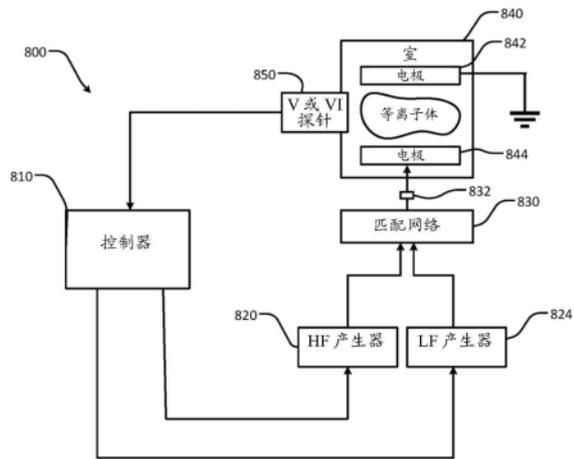
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

用于降低响应于衬底电阻率变动的沉积或蚀刻速率变化的RF功率补偿

(57) 摘要

一种衬底处理系统包含等离子体产生器,其被设置成将(射频)RF功率供应至配置在处理室中的电极。传感器被设置成感测供应至所述电极的所述RF功率的参数。控制器被设置成通过以下操作对由于配置在衬底支撑件上的衬底的体电阻率的变动而产生的等离子体处理的速率的变动进行补偿:使所述传感器在所述衬底的等离子体处理之前和在开始所述衬底的所述等离子体处理后的预定时段之后中的至少一者感测所述参数;以及在所述衬底的所述等离子体处理的过程中,基于针对所述衬底所感测的所述参数来针对所述衬底调节所述RF功率的所述参数。



1. 一种衬底处理系统,其包含:
产生器,其被设置成将(射频)RF功率供应至配置在处理室中的电极;
传感器,其被设置成感测供应至所述电极的所述RF功率的参数;以及
控制器,其被设置成通过以下操作对由于配置在衬底支撑件上的衬底的体电阻率的变动而产生的蚀刻或沉积处理的速率的变动进行补偿:
使所述传感器在处理所述衬底之前和在开始所述衬底的所述处理后的预定时段之后中的至少一者感测所述参数;以及
在所述衬底的所述蚀刻或沉积处理的过程中,基于针对所述衬底所感测的所述参数来针对所述衬底调节所述RF功率。
2. 根据权利要求1所述的衬底处理系统,其中所述参数选自由在第一频率下的RF相位角、RF电流和RF电压组成的群组。
3. 根据权利要求1所述的衬底处理系统,其中所述参数包括在第一频率下的RF电压。
4. 根据权利要求3所述的衬底处理系统,其中所述第一频率小于或等于2MHz。
5. 根据权利要求3所述的衬底处理系统,其中所述第一频率是在从300kHz到500kHz的范围内。
6. 根据权利要求3所述的衬底处理系统,其中所述产生器包含:
第一RF源,其以所述第一频率供应所述RF功率的至少一部分;以及
匹配网络,其包含连接至所述第一RF源的输入、以及连接至所述电极的输出。
7. 根据权利要求6所述的衬底处理系统,其中所述产生器包含第二RF源,其以第二频率供应所述RF功率的至少一部分,其中所述第二RF源连接至所述匹配网络的所述输入,且所述第二频率与所述第一频率不同。
8. 根据权利要求7所述的衬底处理系统,其中所述第二频率在2MHz到120MHz的范围内。
9. 根据权利要求7所述的衬底处理系统,其中所述第二频率为13.56MHz。
10. 根据权利要求6所述的衬底处理系统,其中所述传感器连接在所述匹配网络和所述电极之间。
11. 根据权利要求1所述的衬底处理系统,其中所述衬底的所述处理包括下述项中的一项:
在所述衬底上的膜沉积,且所述速率包括沉积速率;以及
在所述衬底上的膜蚀刻,且所述速率包括蚀刻速率。
12. 根据权利要求1所述的衬底处理系统,其中所述衬底的所述处理包括在斜面蚀刻器中的斜面沉积。
13. 一种用于操作衬底处理系统的方法,其包含:
将(射频)RF功率供应至配置在处理室中的电极;
感测供应至所述电极的所述RF功率的参数;以及
通过以下操作对由于配置在衬底支撑件上的衬底的体电阻率的变动而产生的蚀刻或沉积处理的速率的变动进行补偿:
在处理所述衬底之前和在开始所述衬底的所述处理后的预定时段之后中的至少一者感测所述参数;以及
在所述衬底的所述蚀刻或沉积处理的过程中,基于针对所述衬底所感测的所述参数来

调节所述RF功率。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述参数选自由所述RF功率的RF相位角、RF电流和RF电压组成的群组。

15. 根据权利要求13所述的方法,其中所述参数包括在第一频率下的RF电压。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中所述RF电压具有小于或等于2MHz的频率。

17. 根据权利要求15所述的方法,其中所述RF电压具有在从300kHz到500kHz的范围内的频率。

18. 根据权利要求13所述的方法,其还包含:

使用在第一频率下操作的第一RF源来供应所述RF功率的至少一部分;

使用在第二频率下操作的第二RF源来供应所述RF功率的至少一部分,所述第二频率高于所述第一频率;以及

使用匹配网络,以将所述第一RF源和所述第二RF源的阻抗与所述电极匹配。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中所述第二频率在2MHz到120MHz的范围内。

20. 根据权利要求18所述的方法,其中所述第二频率是13.56MHz。

21. 根据权利要求18所述的方法,其还包含感测在所述匹配网络和所述电极之间的所述参数。

22. 根据权利要求13所述的方法,其中所述衬底的所述处理包括在所述衬底上的膜沉积,且所述速率包括沉积速率。

23. 根据权利要求13所述的方法,其中所述衬底的所述处理包括在所述衬底上的膜蚀刻,且所述速率包括蚀刻速率。

24. 一种衬底处理系统,其包含:

产生器,其被设置成将(射频)RF功率供应至配置在处理室中的电极,且包含:

第一RF源,其以第一频率供应所述RF功率的至少一部分;

第二RF源,其以第二频率供应所述RF功率的至少一部分,所述第二频率大于所述第一频率;以及

匹配网络,其包含连接至所述第一RF源和所述第二RF源的输入、以及连接至所述电极的输出;

传感器,其被设置成感测在所述第一频率的所述RF功率的参数;以及

控制器,其被设置成通过以下操作对由于配置在衬底支撑件上的衬底的体电阻率的变动而产生的蚀刻或沉积处理的蚀刻速率和沉积速率中的一者的变动进行补偿:

使所述传感器在处理所述衬底之前和在开始所述衬底的所述处理后的预定时段之后的至少一者感测所述参数;以及

在所述衬底的所述处理的过程中,基于针对所述衬底所感测的所述参数来针对所述衬底调节所述RF功率。

用于降低响应于衬底体电阻率变动的沉积或蚀刻速率变化的 RF功率补偿

本申请是申请号为201980068370.X、申请日为2019年8月8日、发明名称为“用于降低响应于衬底体电阻率变动的沉积或蚀刻速率变化的RF功率补偿”的发明专利申请的分案申请。

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于2018年8月17日申请的美国临时申请No.62/765,244的优先权。上述引用的申请其全部公开内容都通过引用合并于此。

技术领域

[0002] 本公开涉及衬底处理系统,并且更具体地涉及用于降低响应于衬底体电阻率(bulk resistivity)变动的沉积或蚀刻速率变化的RF功率补偿。

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] 衬底处理系统可用于执行蚀刻、沉积、清洁和/或诸如半导体晶片之类的衬底的其他处理。在处理过程中,将衬底配置在衬底处理系统的处理室中的衬底支撑件(诸如底座、静电卡盘(ESC)等等)上。将处理气体混合物引入处理室以处理衬底。可点燃等离子体以增强处理室内的化学反应。可将RF偏置供应至衬底支撑件以控制离子能量。

发明内容

[0005] 一种衬底处理系统包含等离子体产生器,其被设置成将(射频)RF功率供应至配置在处理室中的电极。传感器被设置成感测供应至所述电极的所述RF功率的参数。控制器被设置成通过以下操作对由于配置在衬底支撑件上的衬底的体电阻率的变动而产生的等离子体处理的速率的变动进行补偿:使所述传感器在所述衬底的等离子体处理之前和在开始所述衬底的所述等离子体处理后的预定时段之后中的至少一者感测所述参数;以及在所述衬底的所述等离子体处理的过程中,基于针对所述衬底所感测的所述参数来针对所述衬底调节所述RF功率的所述参数。

[0006] 在其他特征中,所述参数选自由在第一频率下的RF相位角、RF电流和RF电压组成的群组。所述参数包括在第一频率下的RF电压。所述第一频率小于或等于2MHz。所述第一频率是在从300kHz到500kHz的范围内。所述等离子体产生器包含:第一RF源,其以所述第一频率供应所述RF功率的至少一部分;以及匹配网络,其包含连接至所述第一RF源的输入、以及连接至所述电极的输出。

[0007] 在其他特征中,所述等离子体产生器包含第二RF源,其以第二频率供应所述RF功率的至少一部分。所述第二RF源连接至所述匹配网络的所述输入,且所述第二频率与所述

第一频率不同。所述传感器连接在所述匹配网络和所述电极之间。

[0008] 在其他特征中,所述等离子体处理包括在所述衬底上的膜沉积,且所述速率包括沉积速率。所述等离子体处理包括在所述衬底上的膜蚀刻,且所述速率包括蚀刻速率。所述等离子体处理包括在斜面蚀刻器中的斜面沉积。

[0009] 一种用于操作衬底处理系统的方法包含:将(射频)RF功率供应至配置在处理室中的电极;感测供应至所述电极的所述RF功率的参数;以及通过以下操作对由于配置在衬底支撑件上的衬底的体电阻率的变动而产生的等离子体处理的速率的变动进行补偿:在所述衬底的等离子体处理之前和在开始所述衬底的所述等离子体处理后的预定时段之后中的至少一者感测所述参数;以及在所述衬底的所述等离子体处理的过程中的至少一者,基于针对所述衬底所感测的所述参数来调节所述参数。

[0010] 在其它特征中,所述参数选自由所述RF功率的RF相位角、RF电流和RF电压组成的群组。所述参数包括在第一频率下的RF电压。所述RF电压具有小于或等于2MHz的频率。所述RF电压具有在从300kHz到500kHz的范围内的频率。

[0011] 在其它特征中,所述方法包含:使用在第一频率下操作的第一RF源来供应所述RF功率的至少一部分;使用在第二频率下操作的第二RF源来供应所述RF功率的至少一部分,所述第二频率高于所述第一频率;以及使用匹配网络,以将所述第一RF源和所述第二RF源的阻抗与所述电极匹配。

[0012] 在其它特征中,所述方法包含感测在所述匹配网络和所述电极之间的所述参数。所述等离子体处理包括在所述衬底上的膜沉积,且所述速率包括沉积速率。所述等离子体处理包括在所述衬底上的膜蚀刻,且所述速率包括蚀刻速率。

[0013] 一种衬底处理系统包含等离子体产生器,其被设置成将(射频)RF功率供应至配置在处理室中的电极。第一RF源以第一频率供应所述RF功率的至少一部分。第二RF源以第二频率供应所述RF功率的至少一部分,所述第二频率大于所述第一频率。匹配网络包含连接至所述第一RF源和所述第二RF源的输入、以及连接至所述电极的输出。传感器被设置成感测在所述第一频率的所述RF功率的参数。控制器被设置成通过以下操作对由于配置在衬底支撑件上的衬底的体电阻率的变动而产生的等离子体处理的蚀刻速率和沉积速率中的一者的变动进行补偿:使所述传感器在所述衬底的等离子体处理之前和在开始所述衬底的所述等离子体处理后的预定时段之后中的至少一者感测所述参数;以及在所述衬底的所述等离子体处理的过程中的至少一者,基于针对所述衬底所感测的所述参数来针对所述衬底调节所述RF功率的所述参数。

[0014] 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

[0015] 根据详细描述和附图将更充分地理解本公开,其中:

[0016] 图1为根据本公开的衬底处理系统的部分的示例的横截面图;

[0017] 图2为示出沉积速率作为HF电压的函数的示例的图;

[0018] 图3为示出沉积速率作为LF电压的函数的示例的图;

[0019] 图4为示出沉积速率作为LF功率的函数的示例的图;

- [0020] 图5为示出正向LF功率和LF电压作为时间的函数的图；
- [0021] 图6为示出在氧化步骤过程中沉积速率作为LF电压的函数的示例的图；
- [0022] 图7为示出在氧化步骤过程中HF正向功率、LF正向功率和LF电压以及在沉积步骤过程中的LF功率补偿的示例的图；
- [0023] 图8为根据本公开用于控制RF功率补偿的控制系统的示例的功能性框图；以及
- [0024] 图9为说明根据本公开用于控制RF功率补偿的方法的示例的流程图。
- [0025] 在附图中，可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

[0026] 衬底处理系统被设置成使用共同工艺来处理大量衬底。为了减少缺陷，对每个衬底都必须以相同的方式进行处理。举例而言，在给定步骤过程中以一定配方处理的所有衬底，沉积和/或蚀刻速率应该相同。然而，供应至衬底处理系统的这些衬底可以具有不同性质，这可能不良地影响工艺均匀性。举例而言，输送至衬底处理系统的衬底的体电阻率可能具有变动。

[0027] 由于衬底体电阻率在 $1-500\ \Omega \cdot \text{cm}$ 的范围中变动，因此用于斜面沉积的当前工具遭受大于 $\pm 17\%$ 的沉积速率变动。由于在衬底体电阻率的差异，因此可预期相似的蚀刻速率变动。一些制造商试图通过选择并且控制所供应的衬底的衬底体电阻率来减缓沉积速率变动，这会增加成本。

[0028] 本公开涉及用于在基于等离子体的衬底处理系统中的动态RF功率补偿以减缓由于衬底体电阻率的变动而发生的沉积或蚀刻速率变动的系统和方法。所公开的系统和方法可对每个单个的衬底执行RF功率补偿。在一些示例中，该系统和方法使用RF电压传感器以检测RF电压，该RF电压与衬底体电阻率相关，但可以使用诸如电流、相位角等等其他参数。控制器基于所测量的参数来补偿RF功率以减缓沉积速率随衬底体电阻率变动而产生的变化。

[0029] 举例而言，在非沉积步骤过程中检测RF电压，接着在沉积步骤过程中将所检测的RF电压用于补偿RF功率。替代地，在沉积步骤开始时检测RF电压，接着将所检测的RF电压用于补偿沉积步骤的其余部分的RF功率。

[0030] 在其他示例中，在非蚀刻步骤过程中检测RF电压，接着在蚀刻步骤过程中将所检测的RF电压用于补偿RF功率。在一些示例中，在蚀刻步骤开始时检测RF电压，接着将所检测的RF电压用于补偿蚀刻步骤的其余部分的RF功率。

[0031] 尽管后续说明涉及在斜面沉积过程中供应至衬底处理系统的RF功率的补偿以对衬底体电阻率的变动进行补偿，此处所述的原理也可用于斜面蚀刻器中的蚀刻。该原理也可应用于在其他类型的等离子体处理室和/或工艺（诸如等离子体增强化学气相沉积（CVD）或等离子体增强原子层沉积（PEALD））中的沉积或蚀刻。

[0032] 现在参考图1，显示了用于清洁衬底118的斜边和/或在衬底118的斜边上沉积薄膜的衬底处理系统100。衬底处理系统100包含室壁102，室壁102具有闸142，衬底118通过闸142进行装载/卸除。上电极组件104连接至支撑件108。衬底处理系统100包含下电极组件106。致动器（未显示）附接至支撑件108，其用于将上电极组件104上下移动（在双箭头的方向）以调节上电极组件104和衬底118之间的间隙。

[0033] 金属波纹管148在允许支撑件108相对于室壁102竖直移动的同时,在室壁102和支撑件108之间形成真空密封。支撑件108具有中央气体馈送部(通道)112以及边缘气体馈送部(通道)120。气体馈送部112、120中的一者或两者可输送等离子体气体混合物以清洁斜边和/或在斜边上沉积薄膜。

[0034] 在操作的过程中,等离子体环绕衬底118的斜边形成,并且这些等离子体一般而言是环状的。为了防止等离子体到达衬底118的中央部分,上电极组件104上的介电板116与衬底118之间的容积是小的,且将处理气体从中央馈送部(例如,通过阶梯状孔114)进行馈送。然后,气体沿衬底的径向方向通过在上电极组件104和衬底118之间的间隙。

[0035] 在一些示例中,清扫气体通过中央气体馈送部112注入,而处理气体则通过边缘气体馈送部120注入。将等离子体/处理气体从室容积151经由多个孔口(出口)141抽排至底部容积140。在一些示例中,在清洁或沉积操作过程中可使用真空泵143以将底部容积140抽空。

[0036] 上电极组件104包含上介电板116和上金属部件110,上金属部件110通过合适的紧固机构固定于支撑件108且经由支撑件108接地。上金属部件110具有一或多个边缘气体通路或通孔122a、122b和边缘气体充气部124a。边缘气体通路或通孔122a、122b耦合至边缘气体馈送部120以用于在操作过程中的流体连通。上介电板116附接至上金属部件110上。

[0037] 下电极组件106包含供电电极126,其具有上部部分126a和下部部分126b。销操作单元132和升降销130将衬底118上下移动。底部介电环138包含上部部分138a和下部部分138b。在一些示例中,卡盘包含静电卡盘或真空卡盘。此后,术语供电电极表示上部和下部部分126a、126b中的一者或两者。同样,术语底部介电环138表示上部和下部部分138a、138b中的一者或两者。供电电极126耦合于一个射频(RF)功率源170或是两个频率(RF)功率源170及171以在操作过程中接收RF功率。

[0038] 升降销130在圆柱状孔或路径131内竖直移动且通过位于供电电极126中的销操作单元132在上部和下部位置之间移动。销操作单元132包含围绕各升降销以维持围绕销的真空密封环境的壳体。销操作单元132包含任何合适的升降销机构,诸如机械手133(例如具有延伸进入各壳体并附接于各销的节段的水平手臂)以及手臂致动装置(未显示)且伴随有销引导组件133a。

[0039] 将衬底118安置在下电极上或在下部可配置等离子体排除区域(PEZ)环160上。术语PEZ表示从衬底中央到区域(在该区域用于清洁斜边或用于在斜边上沉积的等离子体将被排除)的外部边缘的径向距离。在一实施方案中,供电电极126的顶部表面、衬底118的底部表面、以及下部可配置PEZ环160的内部周缘可形成封闭的真空区域凹陷部(真空区域)119,真空区域凹陷部(真空区域)119与诸如真空泵136之类的真空源呈流体连通。用于升降销130的圆柱状孔或路径也作为气体通路而共享,在操作过程中真空泵136通过这些气体通路将真空区域119排空。供电电极126包含充气部134以降低在真空区域119中的瞬时压力波动。在使用多升降销的情况下,充气部134对圆柱状孔提供均匀吸引率。

[0040] 在操作过程中,衬底翘曲可通过使用在衬底118顶部和底部表面之间的压力差来降低。在操作过程中真空区域119中的压力通过耦合至充气部134的真空泵136来维持在真空下。通过调节上介电板116和衬底118的顶部表面之间的间隙,可在不改变处理气体的整体流量的情况下,使间隙中的气压变动。因此,通过控制间隙中的气压,可将在衬底118的顶

部和底部表面之间的压力差变动,从而可控制施加在衬底118上的弯曲力。

[0041] 在一些示例中,底部介电环的下部部分138b具有形成在其上表面的内部周缘上的台阶152以配合在供电电极126的下部边缘上的凹陷部。在一些示例中,下部部分138b具有形成在其外部周缘上的台阶150以配合在底部介电环(称为聚焦环)的上部部分138a上的台阶表面。台阶150、152将底部介电环138与供电电极126对准。台阶150还沿其表面形成曲折的间隙以消除供电电极126和室壁102之间的直接视线,从而降低在供电电极126和室壁102之间的二次等离子体点燃的可能性。

[0042] 控制器190控制衬底处理系统100的操作。控制器与气体输送系统192通信以在处理过程中在恰当的时间将气体输送至衬底处理系统100。控制器190与RF传感器(未显示)通信,RF传感器感测RF电压或RF电压、电流和相位角。将RF传感器安装在RF匹配网络(未在此处显示)和处理室之间。控制器190与真空泵136以及143通信并对其进行控制以控制在衬底处理系统中的压力。控制器190与机械手133通信并对其进行控制。控制器190与两个RF功率源170以及171通信并对其进行控制。

[0043] 现在参考图2到4,对于将在处理室中使用共同配方进行处理的一组衬底,衬底体电阻率通常将会变动。如上所述,衬底体电阻的变动不良地影响沉积和/或蚀刻速率。在图2中,由于衬底体电阻率是在从约1到500 $\Omega \cdot \text{cm}$ 的预定电阻率范围内变动,因此将沉积速率显示为HF电压的函数。如此处所使用的,HF表示从2MHz到120MHz的RF频率。举例而言,HF可以表示13.56MHz。如可从图2所理解的,在等离子体的HF电压与沉积速率之间没有明显的关系,并且HF电压具有从约166伏特到约173伏特的小变动,这意味着输送至等离子体的HF功率不会受晶片体电阻率差异的很大影响。因此,HF电压不能用作用于HF功率补偿以将随晶片体电阻率而导致的沉积速率变化降低的晶片体电阻率的指标。输送至等离子体中的HF功率的变动并非沉积率变化的主要贡献者。

[0044] 在图3中,由于衬底体电阻率是在预定电阻率范围内变动,因此将沉积速率显示为在沉积步骤的LF电压的函数。如此处所使用,LF表示低于2MHz的较低RF频率。例如,LF可在从300到500kHz的范围内(例如400kHz)。如可理解的,如图3中所示,在等离子体的LF电压与沉积速率之间有非常好的线性关系。在沉积步骤第二秒取样的LF电压具有从约365V到约420V的很大变动,这表明输送进入等离子体的LF功率受晶片体电阻率差异影响。随着晶片体电阻率上升,在晶片上发生更多LF功率损失,且较少的净功率输送到等离子体中。因此,沉积速率随着较高的晶片体电阻率而下降。如图4中所示,在等离子体的LF功率与沉积速率之间也具有好的线性关系。因此,LF电压可用作晶片体电阻率的主要指标,其用于LF功率补偿以将随晶片体电阻率而导致的沉积速率变化降低。输送至等离子体中的LF功率的变动是沉积率变化的主要贡献者。

[0045] 例如,当沉积步骤开始时,在点燃等离子体之后的预定时间(例如在沉积步骤的2秒时)使用位于匹配网络和处理室之间的传感器检测LF电压。接着,沉积速率D/R为:

$$D/R = a * V_{LF} + b$$

在该示例中,如图3中所示, $a = -52.761$ 且 $b = 33402$ 。为了取得每分钟13,000埃的D/R,LF功率补偿为:

$$\Delta P = (D/R - 13000) / k$$

其中,在图4中所示的该示例中 $k = 22.392$ 。

[0046] 紧接在LF电压取样之后,LF功率将基于以下公式被补偿或被变成新的补偿功率直到沉积步骤结束:

$$P_{\text{new}}=P_{\text{original}}-\Delta P$$

在该示例中, $P_{\text{original}}=300\text{W}$ 。

[0047] 结合用于LF功率补偿的前式:

$$P_{\text{new}}=P_{\text{original}}-(a*V_{\text{LF}}+b-13000)/k,$$

其中,在该示例中 $a=-52.761$ 、 $b=33402$ 、 $k=22.392$ 。

[0048] 如能理解的,通过衬底运行数据以针对每一处理和系统决定常数参数a、b和k。换句话说,方程式参数a、b和k针对不同处理/配方和/或处理室而为可设置的。

[0049] 现在参考图5,显示了将正向RF功率(在LF)和LF电压示出为时间的函数的图。在一些示例中,电压的取样是在点燃等离子体后诸如2秒的预定时间时由V或VI探针所执行。接着,对在LF电压取样时间之后的沉积步骤的剩余部分施加补偿的LF功率(例如在2秒时取样并且从2.5秒或3.0秒到沉积步骤结束进行补偿)。然而,LF电压取样可以在非沉积步骤过程中进行。取样的LF电压用于在整个沉积步骤过程中补偿LF功率。

[0050] 如上所述,当存在双RF(HF+LF)等离子体且衬底被放置在处理室中时,可进行LF电压测量。例如,可将先前等离子体处理步骤用于测量LF电压,并且测得的LF电压可用于在后续等离子体沉积处理步骤过程中补偿LF功率。

[0051] 在图6和7中,示例描绘了在一个步骤710(例如氧化或非沉积步骤)过程中LF电压的测量、以及基于测得的LF电压在后续沉积步骤720过程中LF功率的补偿。在该示例中,在两个步骤的过程中衬底被放置在处理室内,并且等离子体是在处理室内点燃。在一些示例中,在两个步骤之间将等离子体熄灭。在其他示例中,在两个步骤过程中将等离子体维持,并且等离子体工艺参数在步骤之间变动。在一些示例中,等离子体处理步骤是连续的没有中间步骤。在其他示例中,可在等离子体处理步骤之间进行一或多个中间衬底处理步骤(等离子体或非等离子体处理步骤)。

[0052] 在图6中,示例图将沉积速率示出为在氧化(非沉积)步骤过程中测得的LF电压的函数。在氧化步骤过程中测得的LF电压被用于在沉积步骤(该沉积步骤在氧化步骤之后)过程中补偿LF正向功率。如可理解的,得自图6和图4的用于LF功率补偿的LF功率补偿参数: $a=-107$ 、 $b=26301$ 、 $k=22.392$ (使用方程式($P_{\text{new}}=P_{\text{original}}-(a*V_{\text{LF}}+b-13000)/k$))与在上方示例中从图3和图4中所得的那些不同。在图7中,显示了在氧化步骤710和沉积步骤720过程中的HF正向功率、LF正向功率和LF电压。在氧化步骤710测得的LF电压118伏特被用于确定在沉积步骤720(该沉积步骤720在氧化步骤之后)过程中新的补偿LF功率274瓦。在该RF功率补偿方法中,对1至500 $\Omega \cdot \text{cm}$ 的晶片体电阻率范围的沉积速率变化从+/-17%显著地降低到+/-3%。

[0053] 现在参考图8,显示了根据本公开用于控制/补偿RF功率的控制系统800。控制系统800可与图1中所示的处理室结合使用或与用于沉积和/或蚀刻的其他等离子体处理室结合使用。控制系统800包含将功率控制信号提供至高频(HF)产生器820和低频(LF)产生器824的控制器810。HF产生器820生成输出至双频阻抗匹配网络830的HF RF功率。LF产生器824生成输出至双频阻抗匹配网络830的LF RF功率。在一些示例中,用于感测RF电压的RF电压传感器或VI探针832被配置在双频阻抗匹配网络830和处理室840之间,但可在围绕等离子体

处理室的其他位置感测RF电压。

[0054] 处理室840包含第一电极842和第二电极844。气体输送系统192(不在此处显示)将气体混合物供应至处理室840。在一些示例中,气体输送系统192包含通过一或多个阀、质量流量控制器和/或歧管连接至处理室840的一或多个气源。

[0055] 将HF产生器820以及LF产生器824的输出通过双频匹配网络830连接至第一电极842或第二电极844中的一者。第一电极842或第二电极844中的另一者连接至诸如接地之类的参考电位。当在第一电极842和第二电极844之间的等离子体气体混合物由RF功率所激励时,等离子体产生。如可理解的,气体混合物可包含用于沉积工艺的一或更多种沉积前体或用于蚀刻工艺的蚀刻气体。

[0056] 阻抗匹配网络830试图使HF产生器820和LF产生器824的阻抗与电极、等离子体以及处理室的有效阻抗匹配。当匹配时,在不反射的情况下发生最大功率转移。控制器810基于由以850识别的电压探针或电压和电流(VI)探针所测量的测得的LF电压来调节供应至LF产生器824的功率控制信号,当RF传感器安装在匹配网络830及处理室840之间时,电压探针或电压和电流(VI)探针850包含832。

[0057] 现在参考图9,显示了用于在沉积或蚀刻过程中控制/补偿RF功率的方法900。在920,将衬底配置在衬底支撑件上(或者从先前处理步骤时衬底已存在)。在924,将处理气体供应至处理室,并且通过使用LF和HF产生器供应功率来点燃等离子体。如果执行沉积步骤,则处理气体包含一或更多种前体。如果执行蚀刻步骤,则处理气体包含一或更多种蚀刻气体。

[0058] 在926中在等待预定时段之后,在930测量诸如LF电压之类的参数。在衬底位于处理室中,并且等离子体存在的同时,计算LF功率。在934,基于感测的参数(例如该示例中的LF电压),如上所述地确定LF功率补偿。在938,基于在934中计算的LF功率补偿来调节LF功率。

[0059] 在942,该方法确定沉积或蚀刻是否已完成。如果942为真(true),该方法将等离子体在946熄灭且停止处理气体的流动。上述的RF功率补偿方法利用测得的RF电压(例如LF电压)。然而,相同RF功率补偿方法可利用其他RF参数,诸如来自RF电流传感器或VI探针的RF电流、来自VI探针的相位角或其他参数。此外,上述的晶片体电阻率的范围系从约1到500 $\Omega \cdot \text{cm}$,但RF功率补偿方法并不仅限于该晶片体电阻率范围。

[0060] 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之内。

[0061] 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”。

[0062] 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，包括处理气体的输送、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。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 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。

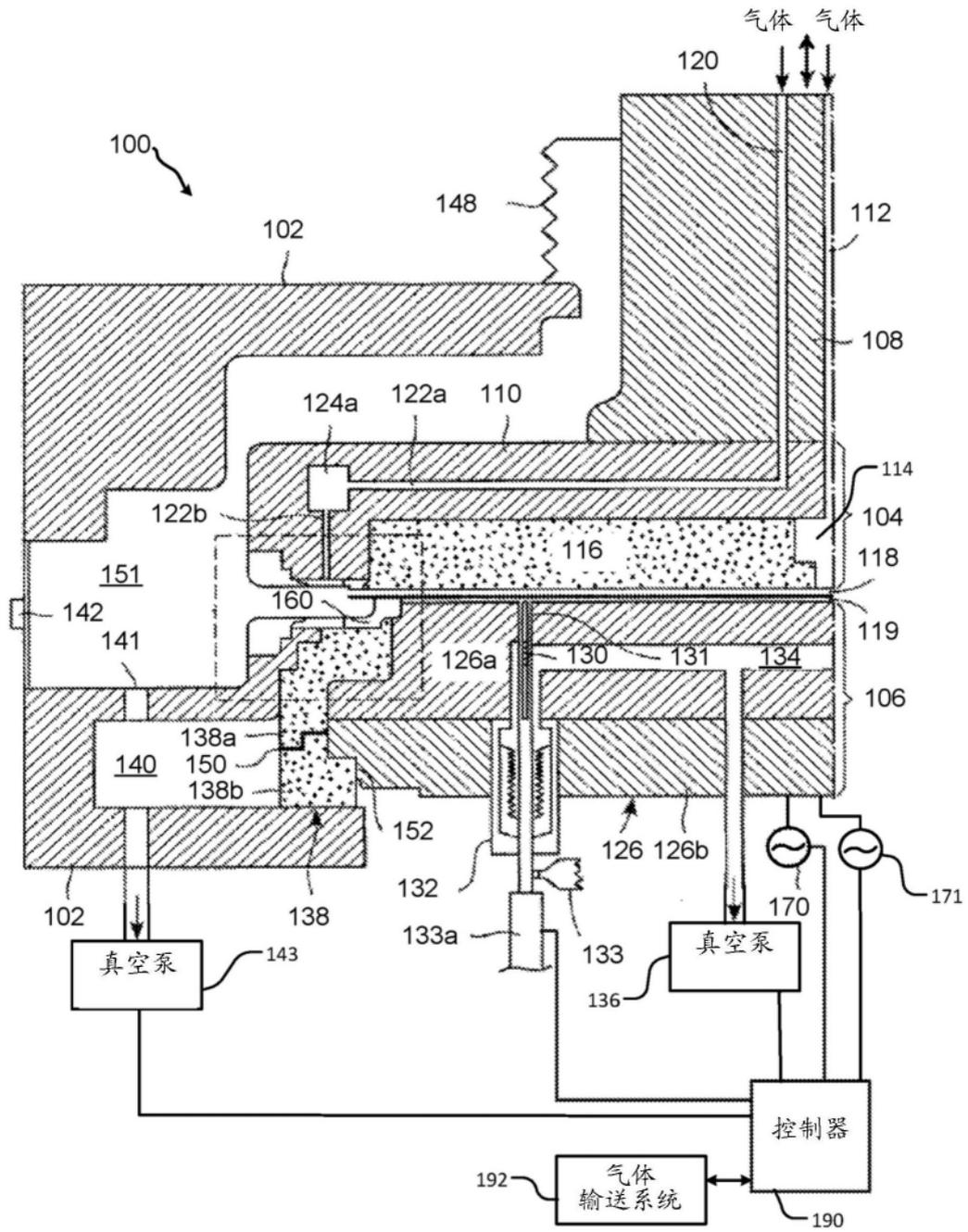


图1

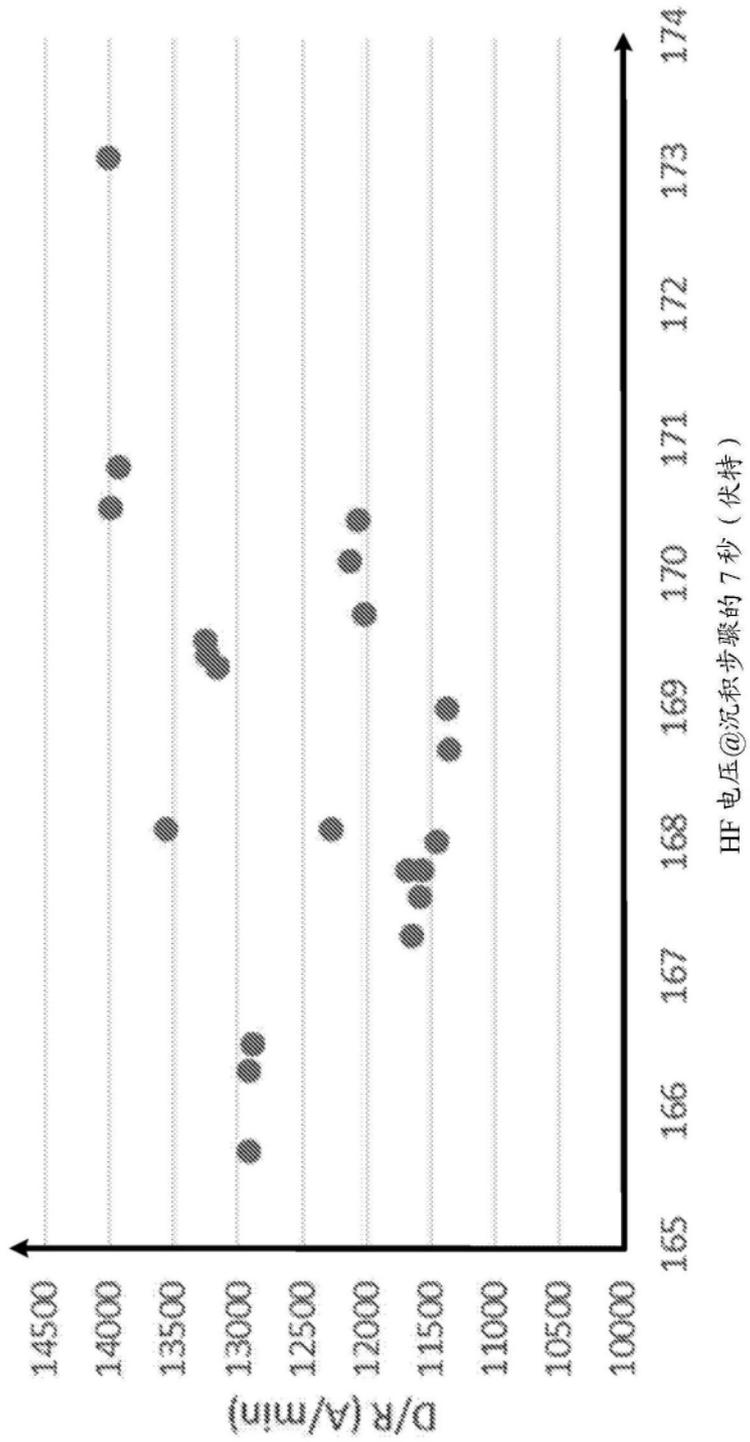


图2

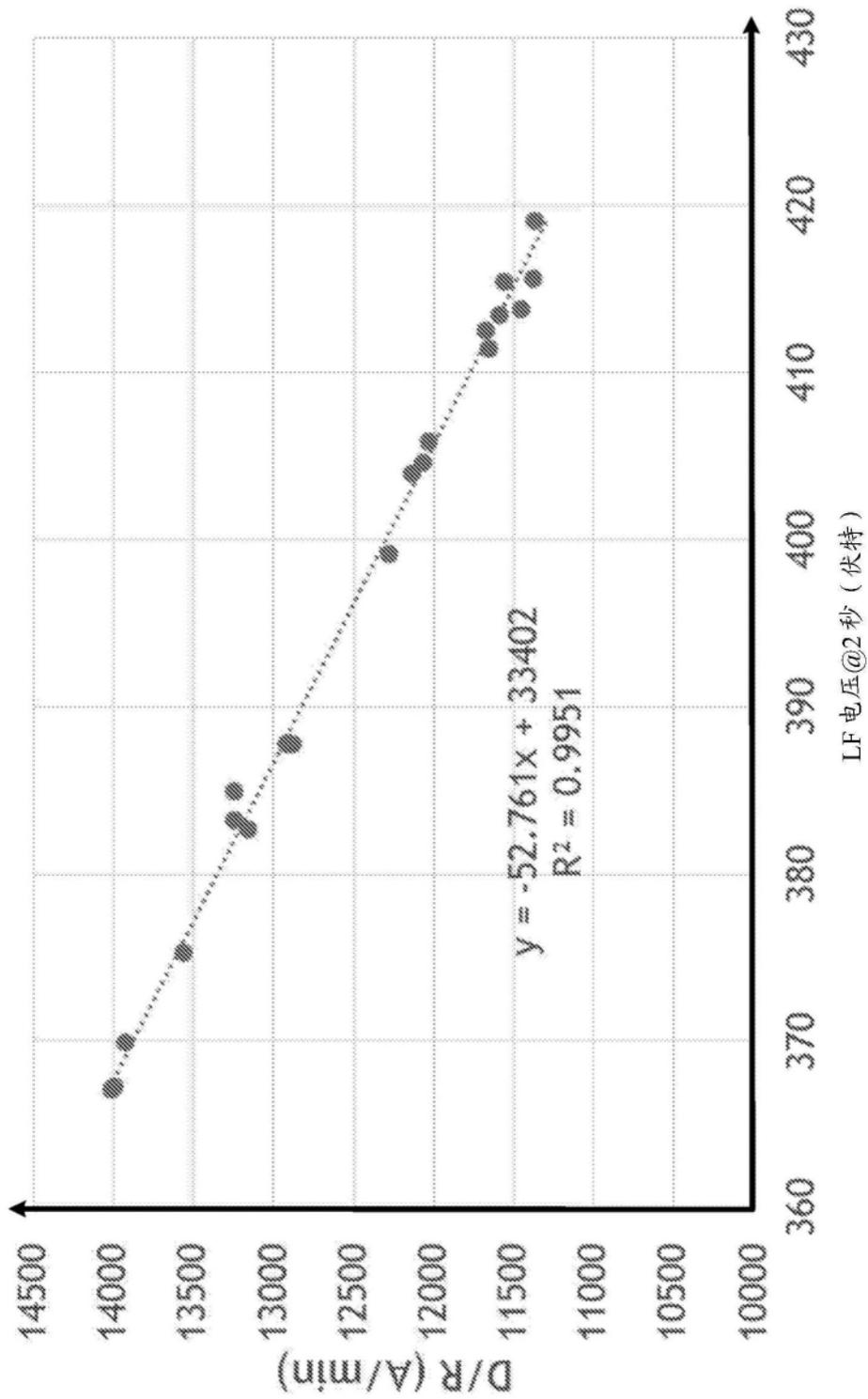


图3

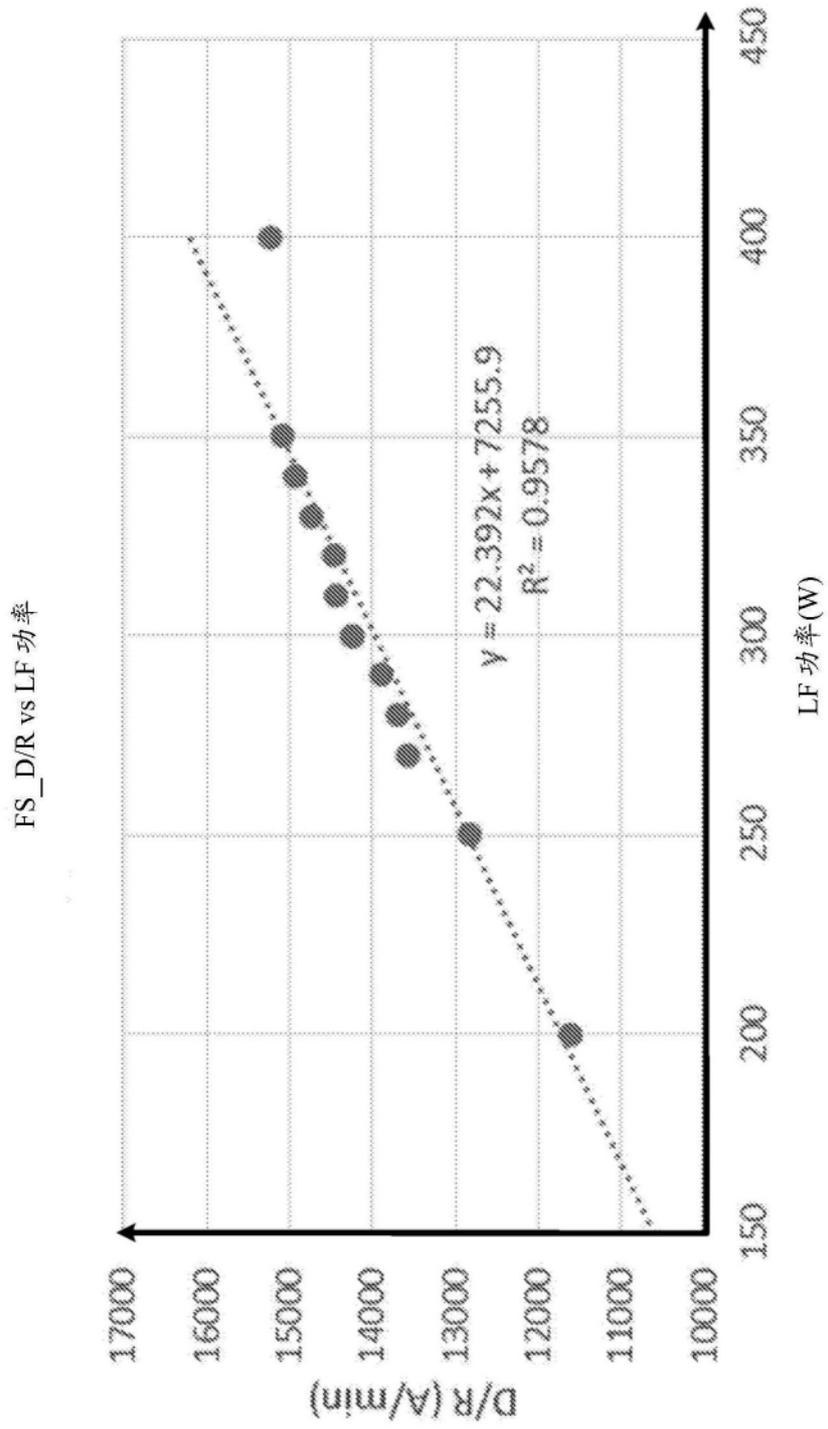


图4

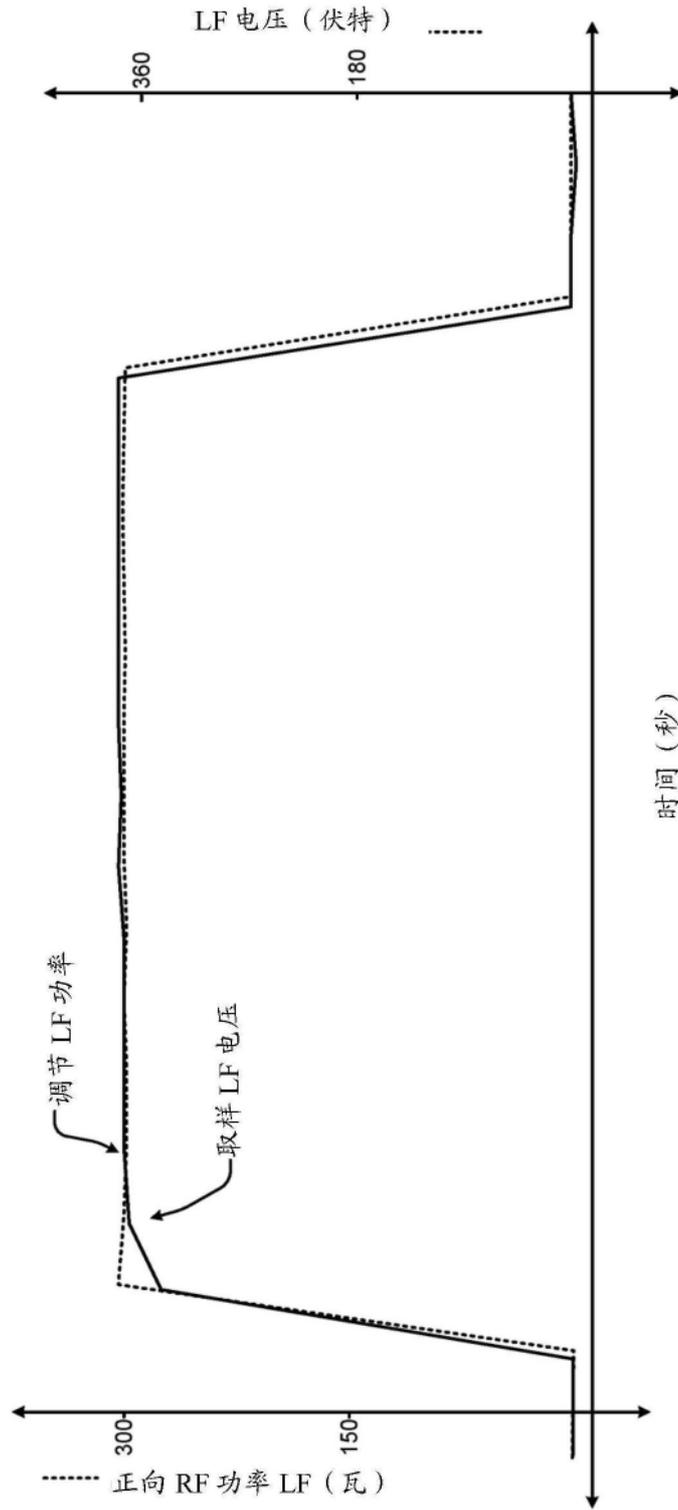


图5

D/R vs 在氧化步骤的 LF 电压

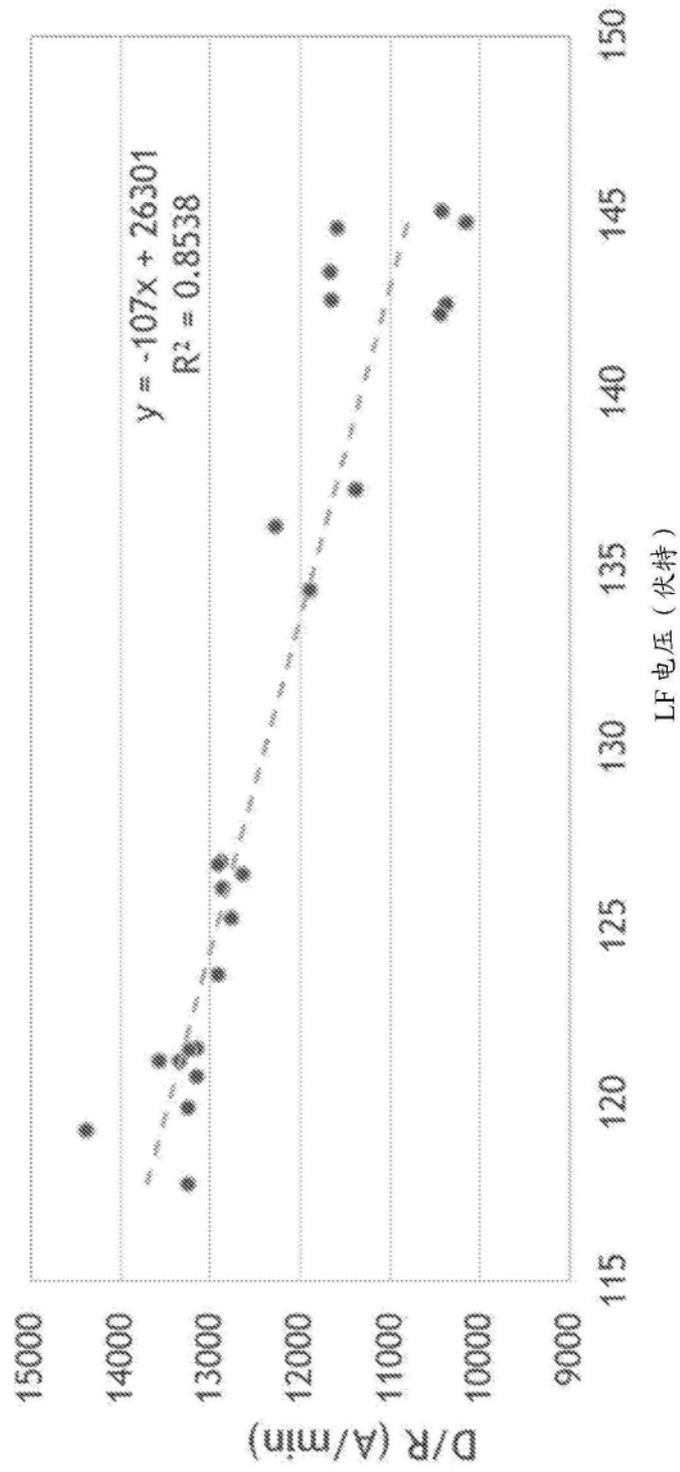


图6

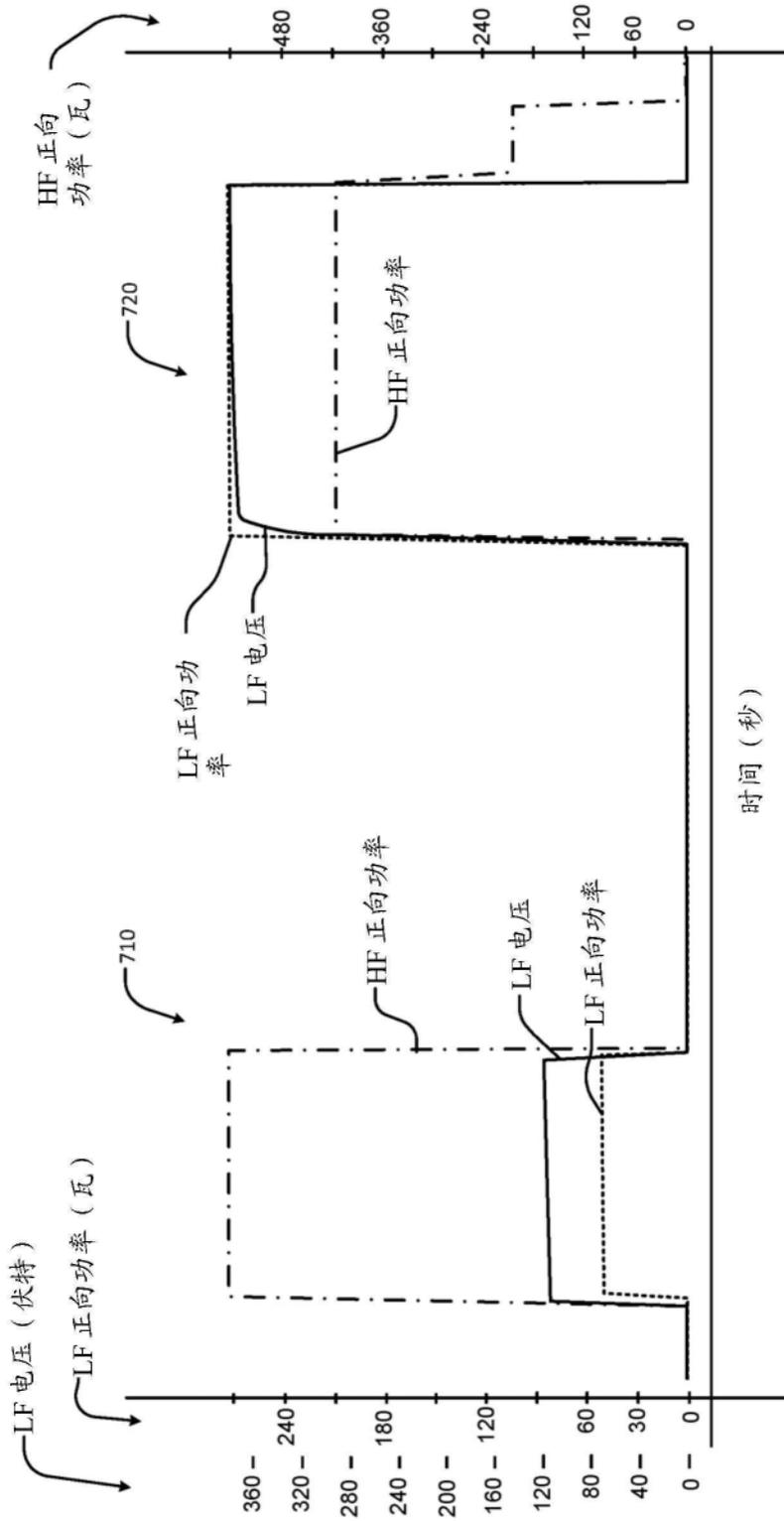


图7

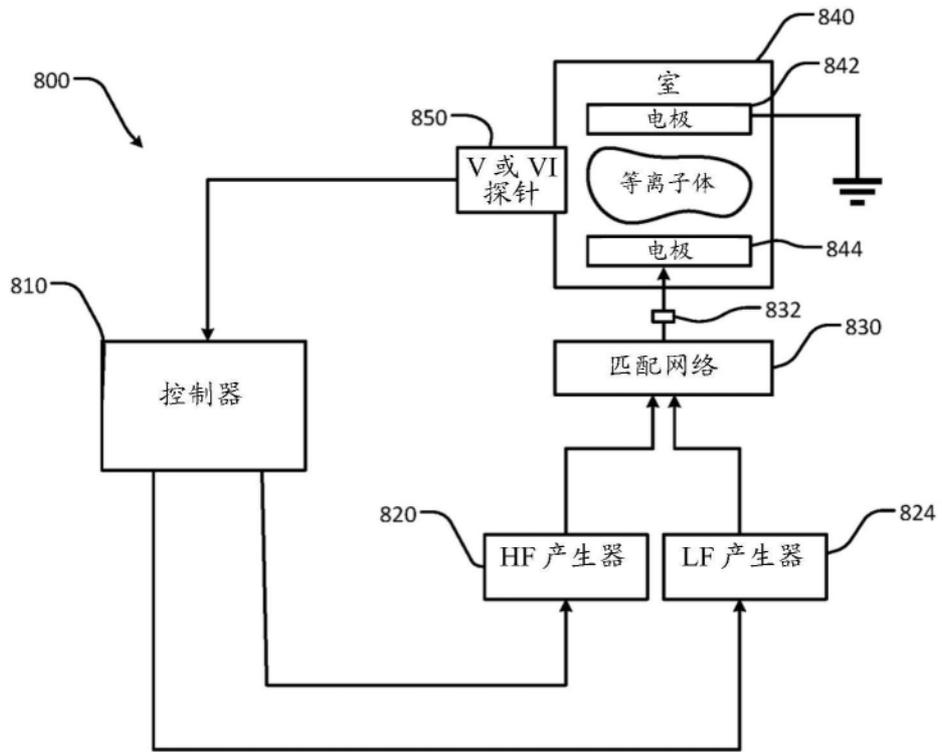


图8

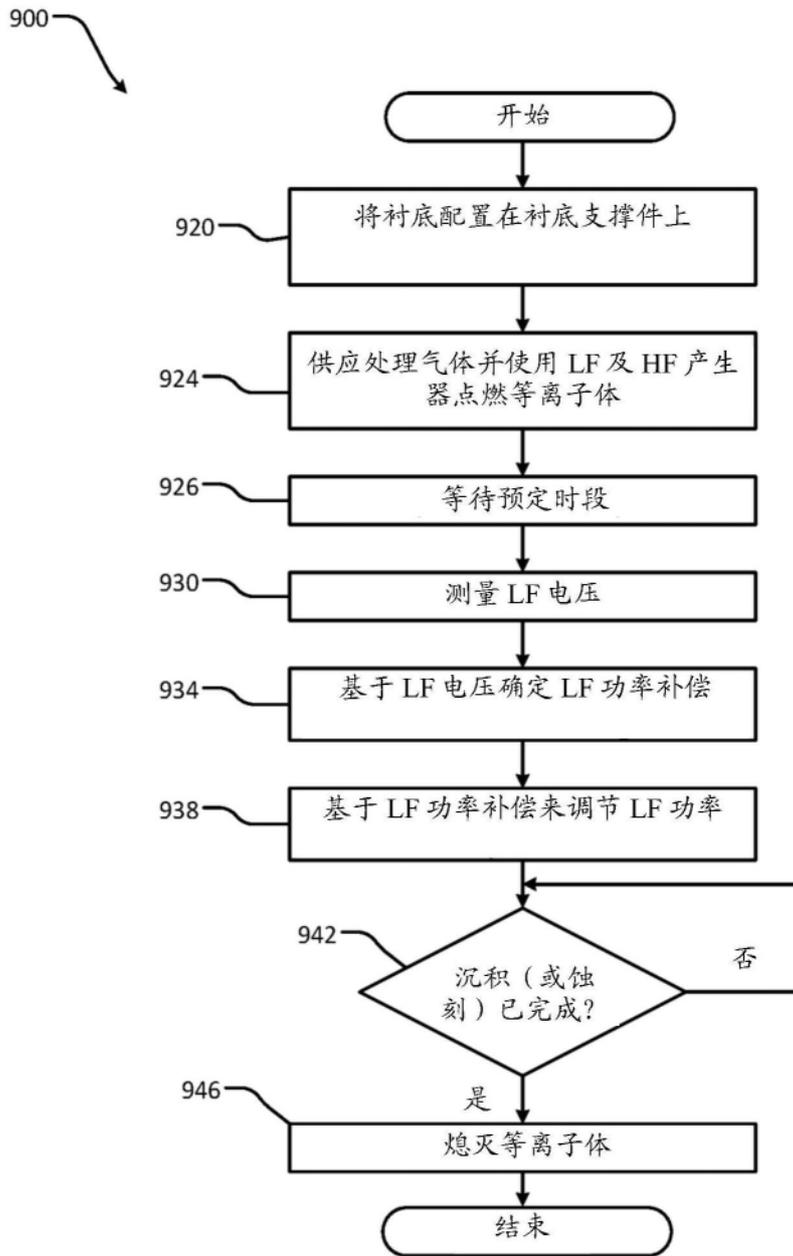


图9