



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103890916 B

(45)授权公告日 2016.09.07

(21)申请号 201280043579.9

(22)申请日 2012.08.17

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 103890916 A

(43)申请公布日 2014.06.25

(30)优先权数据  
13/227,404 2011.09.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2014.03.07

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2012/051460 2012.08.17

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02013/036371 EN 2013.03.14

(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 阿列克谢·马拉赫塔诺夫  
拉金德·丁德萨 埃里克·赫德森  
安德鲁·D·贝利三世

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263  
代理人 李献忠

(51)Int.Cl.  
H01L 21/3065(2006.01)  
G23F 1/08(2006.01)  
H01L 21/306(2006.01)

(56)对比文件  
TW 200841775 A, 2008.10.16,  
CN 1675738 A, 2005.09.28,  
CN 1816893 A, 2006.08.09,  
US 7695590 B2, 2010.04.13,  
JP H0689880 A, 1994.03.29,

审查员 曹丽冉

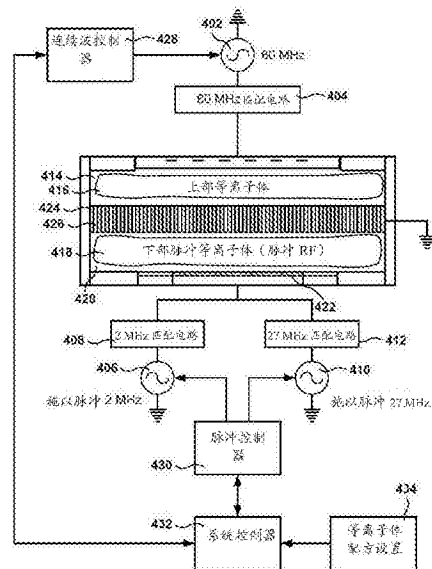
权利要求书3页 说明书14页 附图10页

(54)发明名称

双室结构的脉冲等离子体室

(57)摘要

本发明提供了用于在双室结构的脉冲等离子体室中处理半导体衬底的系统、方法和计算机程序。晶片处理装置具有由板分隔的上室和下室,该板流体连接上室至下室,该晶片处理装置包括连续波(CW)控制器、脉冲控制器,以及系统控制器。CW控制器能操作以设置用于与所述上室中的上电极耦合的第一射频(RF)功率源的电压和频率。脉冲控制器能操作以设置用于由耦合到所述下室中的下电极的第二RF功率源产生的脉冲RF信号的电压、频率、接通期间的持续时间,以及断开期间的持续时间。此外,系统控制器能操作以设置CW控制器和脉冲控制器的参数来调节在室的操作过程中从上室通过板到下室的物质的流量。物质的流量有助于在OFF期间中在余辉期间负离子蚀刻以及中和在晶片表面上的过量正电荷,并有助于在ON期间再激发下室中的等离子体。



1. 一种具有上室和下室的晶片处理装置,该晶片处理装置包括:

板,其将所述上室和所述下室分隔,所述板具有使得在操作期间物质能够从所述上室流到所述下室的多个孔;

连续波(CW)控制器,其能操作以设置用于耦合到所述上室中的上电极的第一射频(RF)功率源的电压和频率,所述第一RF功率源被配置成在室的操作期间提供连续的射频功率;

脉冲控制器,其能操作以设置用于通过耦合到所述下室中的下电极的第二RF功率源产生的脉冲RF信号的电压、频率、接通期间的持续时间,以及断开期间的持续时间,其中在所述接通期间在所述下室内激发下等离子体,其中所述下等离子体的电位在所述断开期间衰减直到所述电位达到基本上为0值;以及

系统控制器,其配置成以设置用于所述上室的参数和用于所述下室的参数来调节在所述接通期间过程中从所述上室通过所述板到所述下室的物质的流量并且调节在所述断开期间过程中所述物质的流量,用于所述上室的所述参数包括用于第一RF的电压和频率,用于所述下室的所述参数包括用于所述脉冲RF信号的电压、频率、接通期间和断开期间,其中,所述CW控制器独立于通过所述脉冲控制器对所述第二RF功率源的设置来实现对所述第一RF功率源的设置,其中,通过调节所述物质的流量,所述系统控制器能操作来调节所述下室中的负离子蚀刻以及调节在所述断开期间的余辉过程中在所述下室中的晶片表面上的正电荷,并且其中所述CW控制器通过调节从所述上室到所述下室的电子流来调节所述物质的流量以有助于在所述接通期间的过程中再激发所述下室中的等离子体。

2. 如权利要求1所述的晶片处理装置,其中,所述系统控制器进一步能操作以设置在所述上室中的第一压强和在所述下室中的第二压强,且其中所述第一压强大于所述第二压强。

3. 如权利要求2所述的晶片处理装置,其中,所述接通期间的持续时间不同于所述断开期间的持续时间。

4. 如权利要求2所述的晶片处理装置,其中,所述接通期间的持续时间等于所述断开期间的持续时间。

5. 如权利要求1所述的晶片处理装置,其中,所述第一RF功率源的频率具有介于27兆赫和100兆赫之间的值。

6. 如权利要求1所述的晶片处理装置,其中,所述第二RF功率源的频率具有介于0.4兆赫和25兆赫之间的值。

7. 如权利要求1所述的晶片处理装置,其中,所述第一RF功率源的电压具有介于100V和600V的之间的值。

8. 如权利要求1所述的晶片处理装置,其中,所述第二RF功率源的电压具有介于1000V和6000V之间的值。

9. 如权利要求1所述的晶片处理装置,其中,所述上室是能操作的以在所述上室中形成上等离子体,同时处理所述晶片。

10. 如权利要求1所述的晶片处理装置,其中,所述上室能操作以在处理过程中具有介于20毫毛和60毫毛之间的第一压强,并且其中所述下室能操作以在处理过程中具有介于10毫毛和19毫毛之间的第二压强。

11. 一种用于处理在晶片处理装置中的晶片的方法,该晶片处理装置具有由板分隔的

上室和下室,该板流体连接所述上室至所述下室,所述方法包括:

设置用于通过耦合到所述上室中的上电极的第一射频(RF)功率源产生的连续RF信号的第一参数,其中,所述第一参数包括第一电压和第一频率,其中所述板具有使得在操作期间物质能够从所述上室流到所述下室的多个孔;

设置用于通过耦合到所述下室中的下电极的第二RF功率源产生的脉冲RF信号的第二参数,其中,所述第二参数包括第二电压、第二频率、接通期间的持续时间,以及断开期间的持续时间;

施加所述连续RF信号给所述上电极;以及

施加所述脉冲RF信号到所述下电极,其中在所述接通期间在所述下室内激发下等离子体,其中所述下等离子体的电位在所述断开期间衰减直到所述电位达到基本上为0值,其中,设置所述第一参数和所述第二参数来调节在所述接通期间和所述断开期间的过程中从所述上室到所述下室的物质的流量,其中,利用调节所述物质的流量来调节所述下室中的负离子蚀刻以及调节在所述断开期间的余辉过程中在所述下室中的晶片表面上的正电荷,并且通过调节从所述上室到所述下室的电子流来调节所述物质的流量以有助于在所述接通期间再激发在所述下室中的等离子体。

12. 如权利要求11所述的方法,其还包括:

设置在所述上室中的第一压强;以及

设置在所述下室中的第二压强。

13. 如权利要求12所述的方法,其还包括:

增大所述第一压强以增大从所述上室到所述下室的物质的流量。

14. 如权利要求11所述的方法,其还包括:

调整在分隔所述上室和所述下室的所述板中的通孔的长度,其中,减小所述通孔的所述长度以增加从所述上室到所述下室的物质的流量。

15. 如权利要求14所述的方法,其还包括:

减少在所述板中的所述通孔的数量以降低在所述上室和所述下室之间的物质的流量。

16. 如权利要求11所述的方法,其中,设置所述第一参数包括:

增大所述第一电压以增大所述物质的流量。

17. 如权利要求11所述的方法,其中,当由一个或多个处理器执行时所述方法的操作通过计算机程序执行,所述计算机程序被包含在非临时性计算机可读存储介质中。

18. 一种具有上室和下室的晶片处理装置,该晶片处理装置包括:

板,其将所述上室和所述下室分隔,所述板具有使得在操作期间物质能够从所述上室流到所述下室的多个孔;

连续波(CW)控制器,其能操作以设置用于耦合到所述上室中的上电极的第一射频(RF)功率源的第一参数,所述第一RF功率源被配置成在室的操作期间提供连续的射频功率;

脉冲控制器,其能操作以设置用于通过耦合到所述下室中的下电极的第二RF功率源产生的第二脉冲RF信号的第二参数,并设置用于通过耦合到所述下电极的第三RF功率源产生的第三脉冲RF信号的第三参数,其中所述第二参数包括用于所述第二脉冲RF信号的接通期间和断开期间,其中在所述接通期间在所述下室内激发下等离子体,其中所述下等离子体的电位在所述断开期间衰减直到所述电位达到基本上为0值;以及

系统控制器,其能操作配置成以设置所述第一、第二和第三参数来调节在接通期间过程中从所述上室穿过所述板到所述下室的所述物质的流量并且调节在所述断开期间过程中所述物质的流量,其中,通过调节所述物质的流量,所述系统控制器能操作来调节所述下室中的负离子蚀刻以及在所述断开期间的余辉过程中在所述下室中的晶片表面上的正电荷,并且其中所述CW控制器调节所述物质的流量以有助于在接通期间的过程中再激发所述下室中的等离子体。

19.如权利要求18所述的晶片处理装置,其中,所述第一RF功率源具有介于30兆赫和100兆赫之间的频率,所述第二RF功率源具有介于0.4兆赫和4兆赫之间的频率,且所述第三RF功率源具有介于20兆赫和100兆赫之间的频率。

20.如权利要求18所述的晶片处理装置,其中,所述上室能操作以在处理过程中具有介于20毫毛和60毫毛之间的第一压强,并且其中所述下室能操作以在处理过程中具有介于10毫毛和19毫毛之间的第二压强。

## 双室结构的脉冲等离子体室

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于电介质蚀刻半导体器件的方法、系统和计算机程序,并且更具体地,涉及用于在双模块电容耦合等离子体(CCP)室中电介质蚀刻半导体器件的方法、系统和计算机程序。

### 背景技术

[0002] 集成电路的制造包括将含有掺杂硅的区域的硅衬底(晶片)浸入化学反应性等离子体,其中亚微米器件的特性(例如,晶体管、电容器等)被蚀刻在表面上。一旦制造了第一层,在所述第一层的顶部上建立一些绝缘(介电)层,其中的孔,也称为过孔,以及沟槽被蚀刻到材料中用于放置导电互连件。

[0003]  $\text{SiO}_2$ 是在半导体制造中使用的常用的电介质。用于 $\text{SiO}_2$ 蚀刻的等离子体通常包括碳氟化合物气体,例如四氟化碳 $\text{CF}_4$ 和八氟环丁烷( $\text{C}-\text{C}_4\text{F}_8$ ),以及氩(Ar)和氧( $\text{O}_2$ )气体。词语等离子体是用来指其中组分原子和分子已被部分或完全电离的那些气体。由于获得的低离解速率有利于在表面上较大的钝化分子和高离子能量,因此电容性射频(RF)功率耦合通常用于激发并维持等离子体。为了获得朝向硅衬底的离子能量和离子通量的独立控制,有时使用双频电容性放电(DF-CCP)。

[0004] 在半导体晶片制造中目前所使用的等离子体处理系统依赖于高度相互依赖的控制参数来控制传递到晶片的自由基分离、自由基通量、离子能量和离子通量。例如,目前的等离子体处理系统试图通过控制在晶片的存在下产生的单个的等离子体实现必要的自由基分离、自由基通量、离子能量和离子通量。不幸的是,化学离解和自由基形成耦合于离子产生和等离子体密度并经常不协同工作以实现期望的等离子体处理条件。

[0005] 一些半导体加工设备采用脉冲RF功率源。当等离子体关断时在RF断开(OFF)期间目前的脉冲RF等离子体技术不提供对余辉等离子体的控制。典型地,在RF断开期间,等离子体电位崩塌以及电子向室的壁逃逸。在余辉中,电子密度下降且负离子密度增加。然后离子也向壁逃逸。带电物质动力学决定了室内部的电荷的分布,因此,决定了它的蚀刻性能,但不幸的是这些动力学和带电物质的通量大多是不受控制的。余辉期间可用的唯一控制是频率的调制和占空比。

[0006] 脉冲等离子体技术的另一个问题是当RF功率开通时等离子体再点燃。如果等离子体和余辉在RF断开期间完全熄灭,则再激发等离子体需要高的RF电压水平。此外,RF问题会有麻烦,特别是当在低的气体压强下操作时。

[0007] 正是在这样的背景下出现实施方式。

### 发明内容

[0008] 本发明的实施方式提供了用于在双室结构的脉冲等离子体室中处理半导体衬底的系统、方法和计算机程序。

[0009] 应当理解,本发明可以多种方式实现,例如,在计算机可读介质上的方法、装置、系

统、设备。下面将描述若干本发明的实施方式。

[0010] 在一种实施方式中,晶片处理装置具有由板分隔的上室和下室,该板流体连接上室至下室,该晶片处理装置包括连续波(CW)控制器、脉冲控制器、以及系统控制器。CW控制器能操作以设置用于与所述上室的上电极耦合的第一射频(RF)功率源的电压和频率。脉冲控制器能操作以设置用于由耦合到所述下室的下电极的第二RF功率源产生的脉冲RF信号的电压、频率、接通期间(ON-period)的持续时间,以及断开期间(OFF-period)的持续时间。此外,系统控制器能操作以设置CW控制器和脉冲控制器的参数来调节在室的操作过程中从上室通过板到下室的物质的流量。物质的流量有助于在断开期间的余辉过程中负离子密度控制,并有助于在接通期间过程中下室中的等离子体的再激发。

[0011] 在另一实施方式中,用于在晶片处理装置中处理晶片的方法包括设置用于通过耦合到所述上室中的上电极的第一RF功率源产生的连续的射频(RF)信号的第一参数的操作,该晶片处理装置具有由板分隔的上室和下室,该板流体连接上室至下室。所述第一参数包括第一电压和第一频率。此外,该方法包括设置用于通过耦合到所述下室的下电极的第二RF功率源产生的脉冲RF信号的第二参数的操作。所述第二参数包括第二电压,第二频率,接通期间的持续时间,以及断开期间的持续时间。连续的RF信号被施加到所述上电极,且所述脉冲RF信号被施加到所述下电极。设置所述第一参数和所述第二参数来调节在室的操作期间从上室到下室的物质的流量。物质的流量有助于在断开期间的余辉过程中负离子密度控制,并有助于在接通期间过程中下室中的等离子体的再激发。

[0012] 在又一实施方式中,具有由板分隔的上室和下室的晶片处理装置包括CW控制器、脉冲控制器和系统控制器,该板将上室流体连接至下室。CW控制器能操作以设置用于耦合到所述上室中的上电极的第一射频(RF)功率源的第一参数,且所述脉冲控制器能操作以设置用于耦合到所述下室中的下电极的第二RF功率源产生的第二脉冲RF信号的第二参数。所述脉冲控制器进一步能操作以设置用于通过耦合到所述下电极的第三RF功率源产生的第三脉冲RF信号的第三参数。此外,系统控制器能操作以传输所述第一、第二和第三参数来调节在室的操作过程中从所述上室穿过所述板到所述下室的物质的流量。物质的流量有助于在断开期间的余辉过程中负离子密度控制,并有助于在接通期间过程中下室中的等离子体的再激发。

[0013] 结合附图,根据下面的详细描述,其它方面将变得显而易见。

## 附图说明

[0014] 参考以下描述结合附图可以最好地理解本发明。

[0015] 图1显示了根据一种实施方式的蚀刻室。

[0016] 图2示出了根据一种实施方式的脉冲等离子体室的运转状态。

[0017] 图3示出了根据一种实施方式的RF功率的频率和室压强对等离子体密度的影响。

[0018] 图4示出了根据本发明的一种实施方式的具有两个室的半导体晶片处理装置。

[0019] 图5显示了根据本发明的一种实施方式的半导体晶片处理装置。

[0020] 图6示出了根据本发明一种实施方式的具有上部等离子体和下部等离子体的图5的室。

[0021] 图7示出了根据一种实施方式的归一化的离子通量作为板厚度的函数。

[0022] 图8示出了根据本发明的一种实施方式的用于操作半导体晶片处理装置的算法的流程。

[0023] 图9示出了根据本发明的一种实施方式的用于处理晶片的算法的流程。

[0024] 图10是用于实施本发明的实施方式的计算机系统的简化示意图。

### 具体实施方式

[0025] 下面的实施方式提供了用于在双室结构的脉冲等离子体室中处理半导体衬底的系统、方法和计算机程序。但应明白,本实施方式可以在没有这些具体细节中的一些或全部的情况下实施。在其他情况下,公知的处理操作未被详细描述,以免不必要使本实施方式不清楚。

[0026] 图1显示了根据一种实施方式的蚀刻室。激励两个电极之间的电场是获得在蚀刻室中RF气体放电的方法之一。当在电极之间施加振荡电压时,获得的放电被称为电容耦合等离子体(CCP)放电。

[0027] 可以利用稳定的原料气体以获得通过由电子-中性物质碰撞引起的各种分子的离解产生的各种各样的化学反应性的副产物来产生等离子体。蚀刻的化学方面涉及中性气体分子以及它们离解的副产物与待蚀刻表面的分子的反应,以及产生挥发性分子,该些挥发性分子可以被抽走。当产生等离子体时,正离子从等离子体加速通过将等离子体从壁分离的空间电荷鞘,以用足够的能量激发晶片表面,以从晶片的表面去除材料。这就是所谓的离子轰击或离子溅射。但是,一些工业等离子体不产生具有足够的能量的离子以通过纯物理手段有效地蚀刻表面。已证明中性气体蚀刻和离子轰击两者的共同作用比简单地叠加每个方法的效果产生更快的蚀刻速率。

[0028] 在一种实施方式中,由于它们的各向异性和选择性腐蚀的能力,碳氟化合物气体,如CF<sub>4</sub>和C-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>,用于电介质蚀刻工艺中,但本发明的原理可以应用到其它产生等离子体的气体。碳氟化合物气体可容易地离解成更小的分子和原子团。这些化学反应性副产品蚀刻掉介电材料,对于低k装置该介电材料在一种实施方式中可以是SiO<sub>2</sub>或SiOCH。

[0029] 图1的室包括连接到地的上电极104,以及由低频RF发生器118和高频RF发生器116供电的下电极108。下电极108通过匹配网络114连接到低频RF发生器118和高频RF发生器116。在一种实施方式中,低频RF发生器118具有2MHz的RF频率,高频RF发生器116具有27MHz的RF频率。

[0030] 图1的室包括以将气体输入室中的在上电极104上的气体喷头,以及允许气体被抽吸出该室的穿孔的约束环112。当衬底106存在于室中时,硅聚焦环110位于靠近所述衬底处,使得在等离子体102的底面有用于在晶片的表面上均匀蚀刻的均匀的RF场。

[0031] 在一种实施方式中,低频RF发生器118发生脉冲而高频RF发生器116不发生脉冲。在另一种实施方式中,两个RF发生器都发生脉冲,并且,在又一实施方式中,高频RF发生器116发生脉冲而低频RF发生器118不发生脉冲,即,在处理晶片时低频RF发生器118始终是接通的。

[0032] 图2示出了根据一种实施方式的脉冲等离子体室的运转状态。与图1相关的脉冲等离子体室包括一个脉冲RF功率源。图202示出了RF功率源的电压,其包括当RF功率源接通时的接通期间,以及当RF功率源被断开时的断开期间。图204示出了RF功率源的功率有两个电

平,在接通期间大于零的一电平,以及在断开期间等于0的第二电平,即,RF功率是关闭的。

[0033] 接通期间有两个阶段:当等离子体被点燃(即,接通)时的第一阶段,以及当等离子体存在于室中时对应于稳定状态的第二阶段。在接通阶段,等离子体鞘形成并由于等离子体点燃而改变。有较大的电子平均能量,和低的离子通量密度。此外,由于点燃等离子体时等离子体的阻抗变化,因而在接通阶段功率没有很好地匹配。而在稳态阶段,电子密度几乎是恒定的,并且有大的正离子通量密度。功率与几乎恒定的等离子体阻抗匹配良好,并且等离子体层以稳定方式振荡。

[0034] 断开期间分为两个阶段:当等离子体被关闭的第一阶段,以及名为“后期余辉”的第二阶段。在关闭阶段,有迅速减少的电子平均能量,快速下降的离子通量密度,以及下降的等离子体电位。等离子体鞘随着电子密度减少而解体。在后期余辉阶段,功率电平为零,具有小的电子平均能量。还有小的离子通量密度,而负离子能达到室的表面。等离子体鞘随着电子密度衰减而解体。

[0035] 图206示出了在接通和断开期间变化的电子能量。在接通期间,电子能量是高的,而在断开期间,电子能量降低到零。图208示出了电子220的密度,以及正离子密度222。在接通期间过程中正离子密度222是高的,并且在断开期间降低。因此,用正离子蚀刻主要发生在接通期间。

[0036] 图210示出了等离子体电位随时间的演变。如上所述,等离子体电位在接通阶段开始时在峰值,然后达到稳定值。在关闭阶段,等离子体电位衰减,直到等离子体电位达到零值。图212示出了正离子通量的值,该值在接通期间过程中几乎是恒定的,并在断开期间迅速衰减到0。

[0037] 另外,图214示出了负离子通量随时间变化的值。在接通期间过程中负离子通量基本上为0,而在断开期间负离子通量具有正的峰值,这导致在断开期间过程中在晶片上用负离子蚀刻并中和在晶片表面上过量的正电荷。

[0038] 使RF功率源发生脉冲有助于蚀刻性能,因为相对于不发生脉冲的RF功率源,可以减小开沟槽,开凹槽和充电的损伤。在连续的放电过程中电荷可以在井的顶部和底部之间积聚,这可导致离子的偏转。电荷积聚可以以脉冲放电减少,因为在余辉状况中低的电子密度允许更多负离子和电子被拉到井的底部,以消除可能已经积聚在井的底部的正电荷。

[0039] 图3示出了根据一种实施方式的RF功率的频率和室压强对等离子体密度的影响。图3示出了在非脉冲等离子体室中在不同的RF功率频率和压强条件下在该非脉冲等离子体室获得的一些测量值。该测量值是在具有氧气和5%氩气的室中,在有400瓦的单个的RF功率源的情况下获得的。

[0040] 线302绘制了在不同的水平的压强下以及具有2兆赫的RF频率下的正离子通量的值。随着在室中的压强增加,负离子通量增加至约在约300毫托的最大正离子通量。因此,对于低的RF频率(2兆赫),室在高压强下是更有效的。线306绘制了RF频率为27兆赫时的容量。在这种情况下,通量逐渐增加,直到压强为约100毫托,然后保持基本恒定。线304绘制了使用60兆赫的RF频率时通量的值。在这样高的频率下,室在低压强下是更有效的,并且随着压强增加效率更低。

[0041] 在一般情况下,当利用脉冲RF功率时,在低压强下运行室更合乎期望,因此离子可以深深地穿透到孔中。然而,因为与在高压强下操作相比在低的压强下运行时有较少的电

子,因此在低压等离子体室中激发等离子体相对困难。

[0042] 本发明的实施方式利用双室结构,其中下室中产生脉冲而上室中不产生脉冲。如下面参照图4-6更详细地讨论的,这两个室通过多孔网格分隔,多孔网格提供从上室到下室的物质流量。电子从上等离子体逃逸并流入下室以有助于再激发等离子体。由于在下室中存在有更多的电子,再激发等离子体就比较容易。因此,使用双室促进在同一时间具有低压室以及脉冲RF功率源。

[0043] 图4示出了根据本发明的一种实施方式的具有两个室的半导体晶片处理装置。半导体晶片处理装置包括双容积等离子体源。上室414是通过穿孔的接地电极424从下部脉冲RF电容式等离子体室420分离的连续波(CW)自由基控制等离子体(RCP),穿孔的接地电极424也称为作为板或网格。下部容积是脉冲CCP等离子体室,并且上部容积充当注入下部容积的自由基、电子和离子的来源。

[0044] 在脉冲的下部室RF的断开期间的余辉过程中,在下部室中的中性和带电物质的通量可以通过调节在上室中的参数来控制。来自RCP上室的带电的物质流到下部室也有助于在RF接通期间过程中再激发下等离子体418。在一种实施方式中,余辉和再激发通过在上部室中使用不同的等离子体源来控制。例如,在上室使用感应耦合或螺旋等离子体。

[0045] 此结构提高了室的性能,因为上部等离子体源416提供了对在下室中的等离子体余辉的控制,并提供了用于蚀刻衬底422的电荷物质动力学的控制。此外,在上室的RCP有助于通过提供初始带电物质激发CCP等离子体来再点燃CCP下室中的等离子体418。

[0046] 在单个容积脉冲室中,用于负离子蚀刻的唯一控制是接通期间和断开期间周期。在双容积室中,由于上部室始终是接通的,有从上室来的恒定的物质流量,即使在下室断开期间也如此。因此,在接通和断开期间控制蚀刻工艺是可能的。来自上等离子体416的电子穿过将上室连接到下室的通孔426。电子携带能量,从而通孔426形成进入下室内的电子束。

[0047] 在一种实施方式中,下室420由第一脉冲RF功率源406和由第二脉冲RF功率源410供电。将RF功率源通过各自的RF匹配电路408和412连接到在室420中的下电极。将在上室414的上电极通过匹配网络404连接到第三RF功率源402。在一种实施方式中,所述第三RF功率源402提供连续波RF功率至上室414。

[0048] 脉冲控制器430控制用于通过第一脉冲RF功率源406和通过第二脉冲RF功率源410产生的RF功率的参数。控制所述第一和第二RF功率源参数包括RF功率源的脉冲周期(即,在接通和断开期间持续时间),第一和第二RF功率源的频率、电压和功率电平。例如,通过控制RF功率源参数,系统控制RF断开期间和在下室的等离子体余辉。RF参数的这种控制也使得系统能够控制来自上室的中性和带电物质的通量。从上室行进到下部室的带电物质还有助于在RF接通期间开始时再激发等离子体,这意味着比用相同的RF功率在单个室装置的情况下,等离子体再激发更快。

[0049] 连续波控制器428控制由第三RF功率源402产生的RF功率。因此,连续波控制器428控制在上室的RF功率的参数,这些参数包括频率、电压和功率。系统控制器432与脉冲控制器430和连续波控制器428通信,且系统控制器432设置用于在上室和下室中的RF功率的控制参数。通过控制用于CW控制器和脉冲控制器的参数,系统控制器432能操作以调节室的操作过程中从上室通过板到下室的物质的流量,其中物质的流量有助于负离子蚀刻和中和在断开期间的余辉过程中在晶片表面上过多的正电荷,并有助于在接通期间过程中下室中的

等离子体的再激发。系统控制器432具有等离子体配方设置434作为输入。等离子体配方设置434包括用于三个RF功率源参数,包括频率、电压、功率、以及接通/断开周期,以及用于室的操作的其他参数。在等离子体配方设置中的其它值可以包括将室分隔的板的配置(例如,通孔的数量、板的厚度、通孔的分配等),在上室中的压强,在下室中的压强,蚀刻周期的持续时间,进入室的气体流量等。

[0050] 除了控制RF功率源,系统控制器432也能操作以控制所述室的其它参数,例如在上室中的压强,在下室中的压强,以及位于上室和下室之间的板424的配置。

[0051] 上室和下室具有用于进入各室的气体流量的独立控制。有在上室的单独的进气口源。网格424还包括形成进入下室的气体喷头的气体出口。网格424具有外表面,它是介电绝缘体,例如氧化铝。在一种实施方式中,网格424是由铝制成的,并涂有氧化铝。在另一实施方式中,网格是由硅制成的。网格424被连接到地。在一种实施方式中,网格为27毫米厚,(即,通孔具有27毫米的长度),且通孔具有2毫米的直径,但其他值也是可能的。

[0052] 具有双容积增加在断开期间过程中在下室中负离子的量,这改善了用负离子的蚀刻。由于电子从上室到达下室,因此在断开期间过程中电子附着到离子并在室中产生更多的负离子。

[0053] 上室的一些参数影响下室的性能。第一,在上室中的电子密度。密度越高,行进至下室的电子的数目就越大。第二,在上室的鞘上的电压,其定义了一些电子(如二次电子)的能量。第三,在室中的压强。在上室中的压强越高,会行进至下室的粒子(电子、离子)就更多。第四,板424的厚度和通孔426的密度。板的厚度越大,会行进至下室的物质的数目就越少。另外,通孔426的密度越大,会行进至下室的物质就越多。

[0054] 图4的实施方式包括在2MHz的第一脉冲RF功率源406和在27MHz的第二脉冲RF功率源410。将RF功率源通过各自的RF匹配电路408和412连接到在室420中的下电极。将在上室414的上电极通过匹配网络404连接到第三RF功率源402。第三RF功率源402不发生脉冲。

[0055] 值得注意的是,在图4所示的实施方式是示例性的。其他实施方式可以利用不同类型的室,不同的频率,在下室中只有一个RF功率源,不同大小的分隔板,在上室和下室中不同的压强,等。例如,在一种实施方式中,上室是CCP等离子体室。此外,在半导体晶片处理装置中上面所描述的模块中的一些可以被组合成单个模块,或单个模块的功能可以由多个模块来执行。例如,在一种实施方式中,连续波控制器428和脉冲控制器430集成在系统控制器432内,但是其它构造也是可能的。因此图5所示的实施方式不应被理解为是排他性或者限制性的,而是示例性或者示意性的。

[0056] 在一种实施方式中,上电极连接到在27MHz的RF功率源,并且在下室中的下电极连接到在2MHz的RF功率源。在另一种实施方式中,在上室中的压强具有介于20毫托和60毫托之间的值,并且在下室中的压强具有介于10毫托和19毫托之间的值。

[0057] 在又一实施方式中,上室具有频率在27兆赫和100兆赫之间的单个RF功率源,并且下室具有频率在0.4兆赫和25兆赫之间的单个RF功率源。上功率源的电压可以在几百伏(例如,100V到2000V或以上)的范围内。下射频功率源可以有高达6000或以上的电压。在一种实施方式中,电压为1000V。在另一实施方式中,上RF功率源的电压有介于100伏和600伏之间的值,并且下RF功率源的电压具有介于1000V和6000V之间的值。

[0058] 在上室和下室中的压强可以有介于10毫托至500毫托之间的值。在一种实施方式

中,上室在20毫托的压强下操作且下室在15毫托下操作。

[0059] 图5显示了根据本发明的实施方式的半导体晶片处理装置。该装置包括由顶板500A、底板500B和壁500C形成的室500。在一种实施方式中,壁500C形成连续的圆筒形壁500C。在其它实施方式中,壁500C可以具有其它配置,只要室500的内部腔500D可以与室500外的外部环境隔离。在各种实施方式中,室500的顶板500A、底板500B和壁500C可以由金属形成,该金属是电和热的良导体,并且与在晶片处理过程中将出现在内部腔500D的处理气体化学相容。例如,在各种实施方式中,如铝、不锈钢等金属可用于形成室500的组件。

[0060] 包括顶板500A、底板500B和壁500C的室500的结构是由导电材料形成的,并电连接到参考接地电位。室500包括排气口535,排气口535提供内部腔500D至外部排气泵537的流体连接,使得负压强可通过排气口535施加以从所述内部腔500D内除去气体和颗粒。在各种实施方式中,排气泵537可以以不同的方式来实现,只要该排气泵537能够在所述排气口535施加吸力以将流体流量从室500的内部腔500D抽吸出。

[0061] 双等离子体处理装置被设置在室500的内部腔500D内。双等离子体处理装置包括上部等离子体室512,上部等离子体室512包括上部等离子体产生容积503。双等离子体处理装置还包括下部等离子体室514,下部等离子体室514包括下部等离子体产生容积509。上部和下部等离子体室512和514通过气体分配单元515物理和流体连接,气体分配单元515被设置以分隔上部和下部等离子体产生容积503和509。

[0062] 上部等离子体室512部分由外部结构组件504形成,外部结构组件504围绕上部等离子体室512的周边限定,并连接到顶板500A。上部等离子体室512还包括设置在外围结构组件504内的上部等离子体产生容积503上方的喷头电极501。

[0063] 在操作期间,射频(RF)功率从RF功率源505传送到喷头电极501。在一种实施方式中,RF功率源505被定义为提供多个频率的RF功率。在一种实施方式中,RF功率源505的频率被设置为在从5kHz延伸至500兆赫的范围内。在另一种实施方式中,RF功率源505的频率被设置为在从400千赫延伸到60MHz的范围内。

[0064] 另外,在一种实施方式中,喷头电极501连接到直流偏置源520以使上部等离子体产生容积503内的等离子体电位能独立于等离子体密度受控。直流偏置源520被定义为从接地向上延伸的各种电压设置控制喷头电极501的偏置。在一种实施方式中,喷头电极501的DC偏置源520可被定义为以脉冲方式操作,从而使在上部等离子体产生容积503中的等离子体与下部等离子体产生容积509中的等离子体同步。更具体地,DC偏置源520的这种脉冲控制可以被用于控制在上部和下部等离子体产生容积503和509中的等离子体之间的时间依赖性的电压差。

[0065] 通孔517中的每个被限定为通过气体分配单元515的上表面敞开流体连通。然而,该气体供给口519没有通过气体分配单元515的上表面流通地暴露。因此,气体供给口519被定义为使等离子体处理气体只流入下部等离子体产生容积509。与此相反,通孔517被定义为使上部和下部等离子体产生容积503和509之间能够流体连通。通过气体分配单元515的通孔517的流体流量可以通过上部等离子体产生容积503和下部等离子体产生容积509之间的压强差来控制。

[0066] 应当理解的是,气体分配单元515作为射频返回路径电极、等离子体处理气体歧管、流体流量挡板和离子过滤器。在各种实施方式中,气体分配单元515可由金属形成,该金

属是电和热的良导体,并且与要在上部和下部等离子体产生容积503和509中进行的工艺是化学相容的,如铝、不锈钢、硅、碳化硅、氧化硅、氧化钇,或本质上给其所面临的等离子体处理提供足够的抗等离子体性、导电性、导热性的任何其他材料。

[0067] 在各种实施方式中,气体分配单元515被连接到它自己的DC偏置源524和RF功率源522,以使气体分配单元515能够将适当的接地返回路径提供给RF功率源505和511,同时也提供适当偏置以影响上部等离子体产生容积503内产生的离子。RF功率源522也可以被定义为以多个频率提供RF功率。另外,在一种实施方式中,电极530被包含在气体分配单元515内,并连接到直流偏压源524,以提供偏置电压用于影响在上部等离子体产生容积503中产生的离子。在一种实施方式中,气体分配单元515内的嵌入式电极530被限定在通孔517的周围,使得施加到嵌入式电极530的偏置电压可用于加速或减速穿过通孔517的离子。此外,在一种实施方式中,气体分配单元515内的嵌入式电极530被定义为在多个单独控制的区域中,每个区域连接到其自身的直流偏压源524。该实施方式使得独立的区域偏置遍及气体分配单元515,以提对供整个气体分配单元515的独立区域离子控制。

[0068] 在一种实施方式中,气体分配单元515的暴露于在上部或下部等离子体产生容积503和509中的等离子体的部分是通过抗等离子体材料的覆盖保护的。在一种实施方式中,抗等离子体材料形成为涂层。在另一种实施方式中,抗等离子体材料形成为保形地覆盖所述气体分配单元515的保护结构,例如,板。在任一上述实施方式中,抗等离子体材料被固定到气体分配单元515,以确保抗等离子体材料和气体分配单元515之间有足够的电气和热传导。在抗等离子体保护结构的实施方式中,通过上部 and 下部等离子体产生容积503和509之间的压强差,通过一定数量的紧固件,或通过它们的组合,所述保护结构可被固定到所述气体分配单元515。在各种实施方式中,用于保护气体分配单元515的抗等离子体涂层、保护结构可以由硅、碳化硅、氧化硅、氧化钇、或本质上给其所面临的等离子体处理提供足够的抗等离子体性、导电性、导热性的任何其他材料形成。

[0069] 气体供给口519和通孔517中的每一个被定义为优化通过它的流体流量,同时防止等离子体不利地侵入其中。通过气体供给口519和通孔517中的每个的流体流量和等离子体侵入与其大小是成正比的。因此,有必要定义气体供给口519和通孔517中的每个使得它的尺寸足够小,以防止等离子体不利地侵入其中,同时保持足够大以提供足够的流体流量通过其中。在各种实施方式中,将气体供给口519的直径大小设定在从约0.1毫米延伸到约3毫米的范围内。在各种实施方式中,将通孔517的直径大小设定在从约0.5毫米延伸到约5毫米的范围内。然而,应当理解的是,在各种实施方式中,气体供给口519和通孔517可以分别用基本上任何直径大小来定义,只要该直径大小提供足够的流体流过其中,同时提供对等离子体侵入其中的充分的抑制。

[0070] 卡盘507被设置在下部等离子体产生容积509下方的室500的内部腔500D内。在一种实施方式中,卡盘507是从室500的壁500C悬臂支撑的。在一种实施方式中,卡盘507是静电卡盘,并提供用于发射射频功率到下部等离子体产生容积509的电极。该卡盘507被定义成保持衬底513(即,晶片513)暴露于下部等离子体产生容积509。在一种实施方式中,晶片边缘环549被设置在卡盘507上围绕卡盘507上的衬底513保持区的外围。在各种实施方式中,晶片边缘环是由石英或硅制成的。此外,在一种实施方式中,导体548被布置在晶片边缘环549的下方,并且被连接以驱动DC偏置通过晶片边缘环549。

[0071] 通过控制卡盘507的垂直位置可以设置和控制跨越下部等离子体产生容积509的垂直距离,如垂直于卡盘507和气体分配单元515测得的垂直距离。可以设置跨越下部等离子体产生容积509的垂直距离以实现足够的中心到边缘的等离子体的均匀性和密度,并且也可以设置该垂直距离以避免使通过从气体供给口519和通孔517流出的气体的射流印在晶片513上。在各种实施方式中,跨越下部等离子体产生容积509的垂直距离可以被设置在从约1厘米延伸至约5厘米,或从约2厘米至约3.6厘米的范围内。

[0072] 卡盘507被进一步限定为提供来自RF功率源511的RF功率到下部等离子体产生容积509,使得卡盘507可作为用于下部等离子体产生容积509的电极。应当理解的是,下部等离子体室的RF功率源511是单独的并且独立于上部等离子体室的RF功率源505。因此,可单独和独立地控制提供给上部和下部等离子体产生容积503和509的RF功率。

[0073] 在一种实施方式中,RF功率源511提供脉冲RF功率,其具有接通周期和断开周期。在另一种实施方式中,RF功率源511提供在两个不同的频率的RF功率,其中,两个频率的RF功率发生脉冲。在另一种实施方式中,其中在第一频率的一个RF功率源发生脉冲,而在第二频率的另一个RF功率不发生脉冲。脉冲控制器430被耦合到RF功率源511,并且脉冲控制器430设置由RF功率源511提供的RF功率的参数。这些参数包括由功率源511产生的RF功率的频率、功率和ON/OFF占空比。此外,连续波控制器428被耦合到RF功率源505,且连续波控制器428设置由RF功率源505产生的射频功率的参数,该参数包括在上室中产生的RF功率的频率和功率。

[0074] 在一种实施方式中,RF功率源511被定义为提供RF功率和多个频率。例如,RF功率源511可以被定义以提供在2兆赫、27兆赫和60兆赫的频率的RF功率。应当理解的是,对于上部和下部等离子体室512和514的RF功率源505和511中的每个分别通过各自的匹配网络连接以使RF功率能够分别传输到喷头电极501和卡盘507。如前面所讨论的,在一种实施方式中,气体分配单元515用作上部和下部等离子体产生容积503和509两者的射频功率返回路径中的参考接地电极。

[0075] 上部等离子体室被定义为包括排气通道525,上部等离子体产生容积503内的气体通过排气通道525被排放到室500的内部腔500D。压强节流环527被定义为在排气通道525内移动以节流流体流量,即从上部等离子体产生容积503通过排气通道525到室500的内部腔500D的气体的流量。在一种实施方式中,压强节流环527被定义为在上部等离子体室512的外部结构组件504内的共形限定的凹陷区域内垂直移动。在本实施方式中,压强节流环527可以以受控的方式向下移动进入排气通道525以减少通过排气通道525的流过面积,从而节流来自上部等离子体产生容积503的流体流量。在一种实施方式中,压强节流环527被定义为能够完整截断从上部等离子体产生容积503通过排气通道525进入室500的内部腔500D的流通。

[0076] 应当理解的是,在图5所示的压强节流环527装置是其实施方案中的一种示例性的实施方式。在其它实施方式中,压强节流环527可以以不同的方式来实现,只要该压强节流环527提供对通过排气通道525的流体流量的控制即可。下部等离子体室被定义为包括成组的开槽的排气通道529,通过该通道下部等离子体产生容积509内的气体被排放到室500的内部腔500D。

[0077] 压强控制环531被定义为朝向和远离所述成组的开槽的排气通道529移动以节流

流体流量,即,气体的流量,该流体流量从下部等离子体产生容积509通过成组的开槽的排气通道529进入室500的内部腔500D。在一种实施方式中,压强控制环531被定义为水平定向的环形圆盘,其沿着垂直方向朝向和远离所述成组的开槽的排气通道529可移动。压强控制环531被定义为,当靠着该成组的开槽的排气通道529放置时,即当靠着外部结构元件506的水平定向的部分(在该水平定向的部分内形成该成组的开槽的排气通道529)的下表面放置时,覆盖成组的开槽的排气通道529(在内部腔500D一侧)。

[0078] 可以通过压强控制环531的朝向和远离该成组的开槽的排气通道529的垂直运动,节流(即控制)从下部等离子体产生容积509通过成组的开槽的排气通道529到室500的内部腔500D的流体流量。在一种实施方式中,压强控制环531被定义为使从下部等离子体产生容积509通过成组的开槽的排气通道529进入室500的内部腔500D的流通完全截断。此外,在一种实施方式中,配置压强计以测量下部等离子体产生容积509内的压强。在本实施方式中,下部等离子体产生容积509内的这个测得的压强用于产生控制压强控制环531的位置的反馈信号,从而相应地提供对下部等离子体产生容积509内的压强的主动控制。

[0079] 应当理解的是,上部等离子体室512和下部等离子体室514两者包围各自的约束等离子体。约束等离子体是有利的,因为它的停留时间可通过控制等离子体区域内(即在上部和下部等离子体产生容积503和509内)的体积、压强和流量来进行控制。等离子体停留时间影响离解过程,这是自由基和中子形成的一个因素。

[0080] 如前面所讨论的,上部和下部等离子体室512和514具有各自的RF功率源控制器、压强控制器、温度控制器、等离子体处理气体源控制器,以及气体流量控制器。在各种实施方式中,上部等离子体处理容积503内的压强可在从约100毫毛延伸到约1千,或从约200毫毛延伸至约600毫毛的范围内进行控制。在各种实施方式中,下部等离子体处理容积509内的压强可在从约5毫毛延伸至约100毫毛,或从约10毫毛至约30毫毛的范围内进行控制。

[0081] 在具有喷头电极501的图5的实施方式中,上部等离子体室512是电容耦合等离子体室。在本实施方式中,如在喷头电极501的下表面和气体分配单元515的上表面之间垂直测量的、跨越上部等离子体产生容积503的垂直距离被设置为在从约1厘米延伸到约5厘米的范围内。在一种实施方式中,跨越上部等离子体产生容积503的垂直距离为约2厘米。在另一种实施方式中,喷头电极501可由感应线圈在功能上替代,使得上部等离子体室512是电感耦合等离子体室。在本实施方式中,跨越上部等离子体产生容积503的垂直距离可达约12厘米。

[0082] 气体分配单元515被布置在上部等离子体产生容积503和下部等离子体产生容积509之间。气体分配单元515被定义为所形成的以将上部等离子体产生容积503从离子体产生容积509分隔的板,使得气体分配单元515板的上表面提供上部等离子体产生容积503的下边界,以及使得所述气体分配单元515板的下表面提供下部等离子体产生容积509的上边界。

[0083] 气体分配单元515通过下部等离子体室514的外部结构元件506保持在固定位置上。气体分配单元515被定义为通过气体供给口519的布置供给等离子体处理气体到下部等离子体产生容积509。气体分配单元515被进一步定义为包括布置的通孔517,以提供上部的等离子体产生容积503和下部等离子体产生容积509之间的受控的流体连通。每个通孔517延伸穿过所述气体分配单元515板,从其上表面至其下表面。

[0084] 图6示出了根据本发明的实施方式的图5的室500,其具有上部等离子体501和下部等离子体503。应当理解的是,对上部和下部等离子体室512和514的独立控制对于晶片加工的配方,特别是对于自由基通量 and 中性物质通量相对于离子通量的独立控制提供了广泛的可能性。下面提供几个晶片处理的例子。然而,应当理解的是,提供本文所公开的示例性的晶片处理仅作为示例且绝不表示对本文所公开的使用双等离子体处理室500的任何限制。

[0085] 在一种示例实施方式中,室500用于执行晶片处理,该处理利用晶片处理等离子体中的高氟自由基通量 and 中性物质通量的具有低离解性的 $C_xF_y$  ( $C_4F_8$ 、 $C_4F_6$ 等)。在该示例性实施方式中,Ar和 $NF_3$ 的混合物作为等离子体处理气体被提供到上部等离子体产生容积503。在高压强和高RF频率(60兆赫)下操作上部等离子体产生容积503。在上部等离子体室503中产生高的氟自由基通量 and 中性物质通量,并且其流过气体分配单元515的通孔517。在上部等离子体处理容积503中产生的离子通过该气体分配单元515进行过滤。

[0086] 此外,在该示例性实施方式中,将混合Ar和 $C_xF_y$ 的气体作为等离子体处理的气体提供到下部等离子体产生容积509。在低压强和低至中等RF频率(2兆赫和27兆赫)用脉冲RF功率下操作下部等离子体产生容积509。下部等离子体产生容积509的低RF频率对应于暴露给晶片513的等离子体中的 $C_xF_y$ 的低离解。应当理解的是,如果将上部等离子体产生容积503产生必要的氟自由基 and 中性物质通量所需的高功率施加于下部等离子体产生容积509,那么会导致 $C_xF_y$ 的高离解。因此,双等离子体室500能够进行上述处理。

[0087] 在另一种实施方式中,室500用于执行晶片处理,该处理利用在高压容积中高离解的 $C_xF_y$  ( $C_4F_8$ 、 $C_4F_6$ 等)与在低压容积中的高密度氩等离子体。在该示例性实施方式中, $C_xF_y$ 和Ar的混合物被作为等离子体处理气体提供到上部等离子体产生容积503。在高压强和高RF频率(60MHz)下操作上部等离子体产生容积503导致 $C_xF_y$ 的高离解。在上部等离子体室503中产生的高离解的 $C_xF_y$ 流经气体分配单元515的通孔517。在上部等离子体处理容积503中产生的离子通过气体分配单元515进行过滤。此外,在该示例性实施方式中,将Ar气体作为等离子体处理气体提供到下部等离子体产生容积509。在低压和低至中等射频(2兆赫和27兆赫)下操作下部等离子体产生容积509,以产生具有高离子通量的高密度氩等离子体。

[0088] 应当理解的是,双等离子体室500被定义为将离子等离子体的产生与自由基 and 中性物质通量的产生解耦。此外,在一种实施方式中,下部等离子体室514可以是不激活的,即仅排气,使得可以将来自上部等离子体室512的自由基 and 中性取值通量施加到晶片513而不将晶片513暴露于等离子体。

[0089] 图7示出了根据一种实施方式的归一化的离子通量作为板厚度的函数。影响下室与上室之间的相互作用的参数之一是在这些室之间的板的配置。该厚度限定了通孔的长度,并且通孔越长,离子和电子从上室行进到下室的障碍越大。

[0090] 图7中的表显示了在氩气室中在300瓦在27MHz RF的频率下对于在下室不同的压强下的归一化的离子通量的双室中获取的测量值。正如预期的那样,离子通量随着通孔的长度(深度)增加而减小。另外,在下室中的压强越高,离子通量就越低,这是因为在下室的更高压强增大了流体和物质行进到下室的阻力。

[0091] 影响上室和下室之间的流量的第二个因素是通孔的直径。正如预期的那样,通孔的直径越大,到下室的颗粒的通量就越大。影响下室与上室之间的相互作用的另外的因素是在板中通孔的数目和分布。通孔的数目越多,则越多的电子就会从上室行进到下室,因为

上室和下室之间有较多数目的路径。

[0092] 在一种实施方式中,网格为27毫米厚(即,通孔具有27毫米的长度),且通孔的直径为2毫米,但是其他值也是可能的。在一种实施方式中,网格的厚度在10毫米和30毫米之间。在各种实施方式中,通孔的直径大小设定为在约0.5毫米延伸到约5毫米的范围内。然而,应当理解的是,在各种实施方式中,通孔可以分别定义具有基本上任何直径尺寸,只要该直径尺寸让足够的流体流量通过其中,同时对等离子体侵入其中提供充分的抑制。

[0093] 图8示出了根据本发明的一种实施方式的操作半导体晶片处理装置的算法的流程。图8的实施方式示出了可以执行来控制在上室和下室之间的物质的流量的不同操作。

[0094] 在操作802,设置上等离子体室的参数。这些参数包括RF功率源的工作频率、RF功率源的电压和功率,在上室中的压强,注入上室的气体等。在操作804中,设置下等离子体室的参数。上述用于上室的相同的参数也可以被调节用于下室。此外,分隔上室和下室的板的参数也被定义。板的参数包括板的厚度、板中通孔的数量和分布、所述通孔的直径,等。

[0095] 在操作806中,将晶片在具有在操作802和804中设置的参数的下室中进行处理。晶片被处理之后,操作员可决定调节室的一些参数来改善晶片处理。为了确定室中蚀刻的质量,探测仪可以用来测量室的性能。例如,探测仪可以被用于测量从上室到下室的离子通量。

[0096] 在操作810中,进行检查,以确定功率是否要进行调节,并且如果在操作810中检查的结果是需要调节,则该方法继续到操作812。在操作812中,设置用于上室或下室的瓦数,或用于上室和下室两者的瓦数。随着在室中功率增大,等离子体中的粒子的数量也会增加。

[0097] 在操作814中,进行检查,以确定RF功率源的电压是否要进行调节,并且如果电压是要进行调节的,则在操作816中,设置上室和/或下室的新的电压水平。如前面所讨论的,下室包括脉冲RF功率源。在操作820中,执行检查以确定RF功率源的脉冲周期是否要进行调节。在操作826中,设置在接通和断开期间的持续时间(即,RF信号的周期)。例如,如果需要增加负离子蚀刻,可以延长断开期间,以允许更强的余辉蚀刻。

[0098] 在操作822中,进行检查以确定在所述第二室中所述第一室中的压强是否要进行调节。如果任一室中的压强要被改变,则在操作828调节该上室或下室,或者两个室中的压强。如上所述,参考图7,上室和下室之间的压强差越高,室之间的颗粒的流量就越大。

[0099] 此外,在操作824中,进行检查以确定是否需要改变板的参数。如前面所讨论的,板的一些参数是可以改变的,参数如板的厚度,通孔的数量、分布和大小等。如果板的参数要进行调节,则在操作830,可以调节板的上述任何的参数。

[0100] 在调节室的所有参数之后,如果有的话,该方法返回到操作806,并继续晶片的处理。值得注意的是,在图8所示的实施方式是示例性的。其他实施方式可以利用不同的调节,或以不同的顺序执行调节,或者周期性地执行检查等。因此图8所示的实施方式不应被理解为排他性或者限制性的,而是示例性或者示意性的。

[0101] 图9示出了根据本发明的一种实施方式的用于处理晶片的算法的流程。在操作902中,设置用于由耦合到所述上室中的上电极的第一射频(RF)功率源产生的连续的RF信号的第一参数。所述第一参数包括第一电压和第一频率。此外,在操作904,设置用于由耦合到所述下室中的下电极的第二射频功率源产生的脉冲RF信号的第二参数,其中所述第二参数包括第二电压、第二频率,接通期间的持续时间、和断开期间的持续时间。

[0102] 在操作906中,将连续的RF信号施加到上电极,并且在操作908中,将脉冲RF信号施加到下电极。设置第一参数和第二参数来调节在室的操作过程中从上室到下室的物质的流量。物质的流量有助于在断开期间的余辉过程中的负离子蚀刻以及中和晶片表面上的过多正电荷,并有助于在接通期间再激发下室中的等离子体。

[0103] 图10是用于实施本发明的实施方式的计算机系统的简化示意图。应当理解的是,本文描述的方法可以用数字处理系统进行,所述数字处理系统如常规的、通用计算机系统。可以在替代方案中使用被设计或编程为只执行一种功能的专用计算机。该计算机系统包括中央处理单元(CPU)1004。它通过总线1010耦合到随机存取存储器(RAM)1028、只读存储器(ROM)1012,以及大容量存储装置1014。相位控制程序1008驻留在随机存取存储器(RAM)1028中,但也可以驻留在大容量存储器1014或ROM1012中。

[0104] 大容量存储装置1014表示持久的数据存储装置,如软盘驱动器或固定磁盘驱动器,其可以是本地的或远程的。网络接口1030提供了通过网络1032的连接,网络1032允许与其他装置通信。应当理解的是,CPU1004可以包含在通用处理器、专用处理器、或专门编程的逻辑装置中。输入/输出(I/O)接口提供与不同的外围装置的通信并通过总线1010与CPU1004、RAM1028、ROM1012、以及大容量存储装置1014连接。样品外围装置包括显示器1018、键盘1022、光标控制器1024、移动媒体设备1034等。

[0105] 显示器1018配置成显示本文所描述的用户界面。键盘1022、光标控制器1024、移动媒体设备1034和其他外围装置耦合到I/O接口1020,以传达命令选项中的信息给CPU1004。应当理解的是,来往于外围装置的数据可通过I/O接口1020进行通信。本发明也可以在分布式计算环境中实行,在该环境中任务由通过基于有线的或无线网络连接的远程处理设备来执行。

[0106] 本发明的实施方式可以用各种计算机系统配置实施,该计算机系统配置包括手持设备、微处理器系统、基于微处理器的或可编程的消费电子器件、微型计算机、大型计算机等。本发明也可以在分布式计算环境中实行,在该环境中任务由通过网络链接的远程处理设备执行。

[0107] 注意,对于上述实施方式,应当理解,这些实施方式可以采用涉及存储在计算机系统的数据的各种计算机执行的操作。这些操作是需要物理量的物理操控的。组成本发明的部分的本文所描述的任何操作是有用的机器操作。本发明还涉及用于执行这些操作的设备或装置。该装置可以被特别地构造用于所需的目的,例如特殊用途计算机。当定义为特殊用途计算机时,该计算机还可以进行不属于特殊用途部分的其他处理、程序执行或例程,同时仍然能够操作用于特殊用途。可替代地,这些操作也可以由通过存储在计算机存储器、高速缓存中的,或通过网络获得的一个或多个计算机程序选择性地激活或配置的通用计算机来处理。当数据在网络上获得时,该数据可由网络上的其他计算机进行处理,例如,由云计算资源处理。

[0108] 也可以将一或多种实施方式制作为在计算机可读介质上的计算机可读代码。计算机可读介质是可以存储数据的任何数据存储设备(例如,存储器设备),这些数据之后能够由计算机系统读取。计算机可读介质的示例包括硬盘驱动器、网络附加存储器(NAS)、只读存储器、随机访问存储器、光盘只读存储器(CD-ROM)、可录光盘(CD-R)、可重写CD(CD-RW)、磁带和其他光学以及非光学数据存储设备。计算机可读介质可包括分布在与网络耦合的计

计算机系统计算机可读有形介质,使得计算机可读代码以分布的方式存储和执行。

[0109] 尽管以特定的顺序描述了这些方法操作,但应理解,只要以所需的方式执行叠加操作的处理,其他内务操作可以在操作之间执行,或操作可以进行调节,使操作在稍微不同的时间发生,或者可以被分布于允许处理操作在与该处理相关的不同的时间间隔发生的系统中。

[0110] 虽然为了清晰理解的目的,已经描述了上述实施方式中的一些细节,但显而易见,可以在所附权利要求的范围内实行某些变化和改变。因此,本发明的实施方式应被视为说明性的,而不是限制性的,并且本发明并不限于本文给出的细节,而是可以在所附权利要求的范围和等同方案内进行修改。

脉冲等离子体室

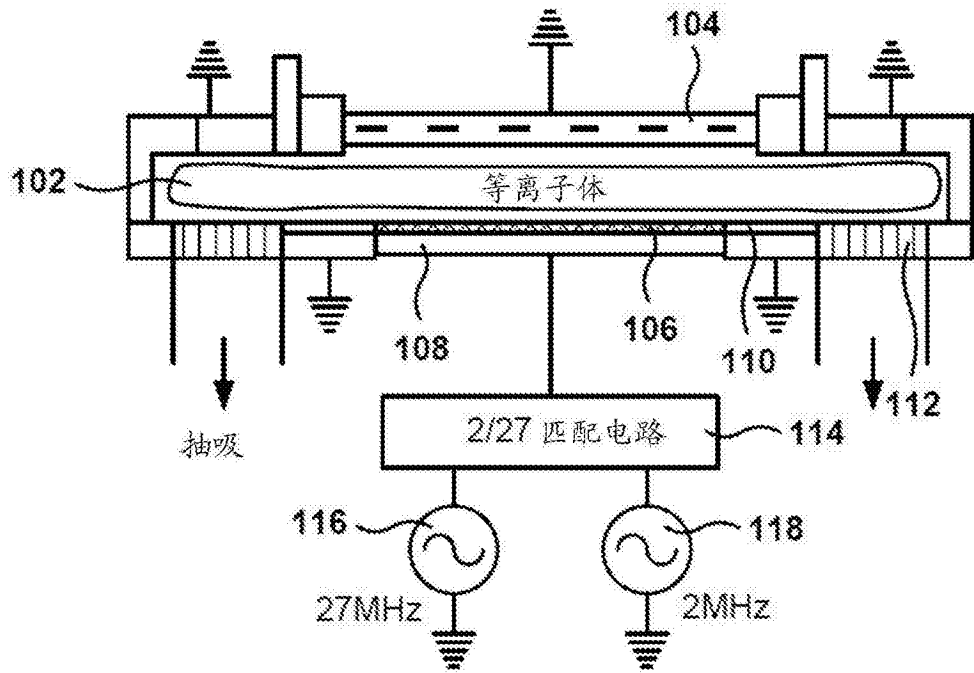


图1

在脉冲等离子体室的阶段

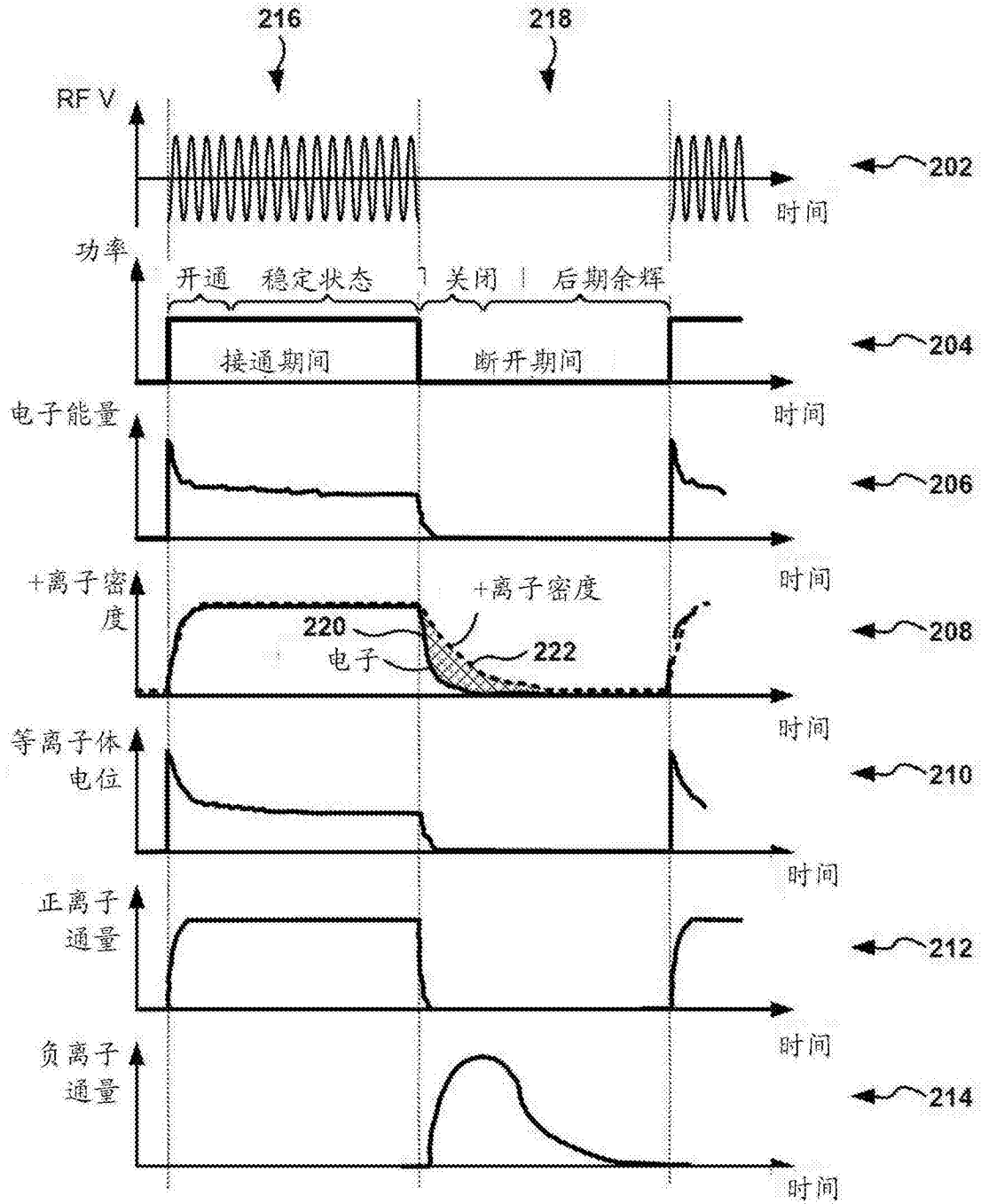


图2

RF 频率对等离子体密度的影响

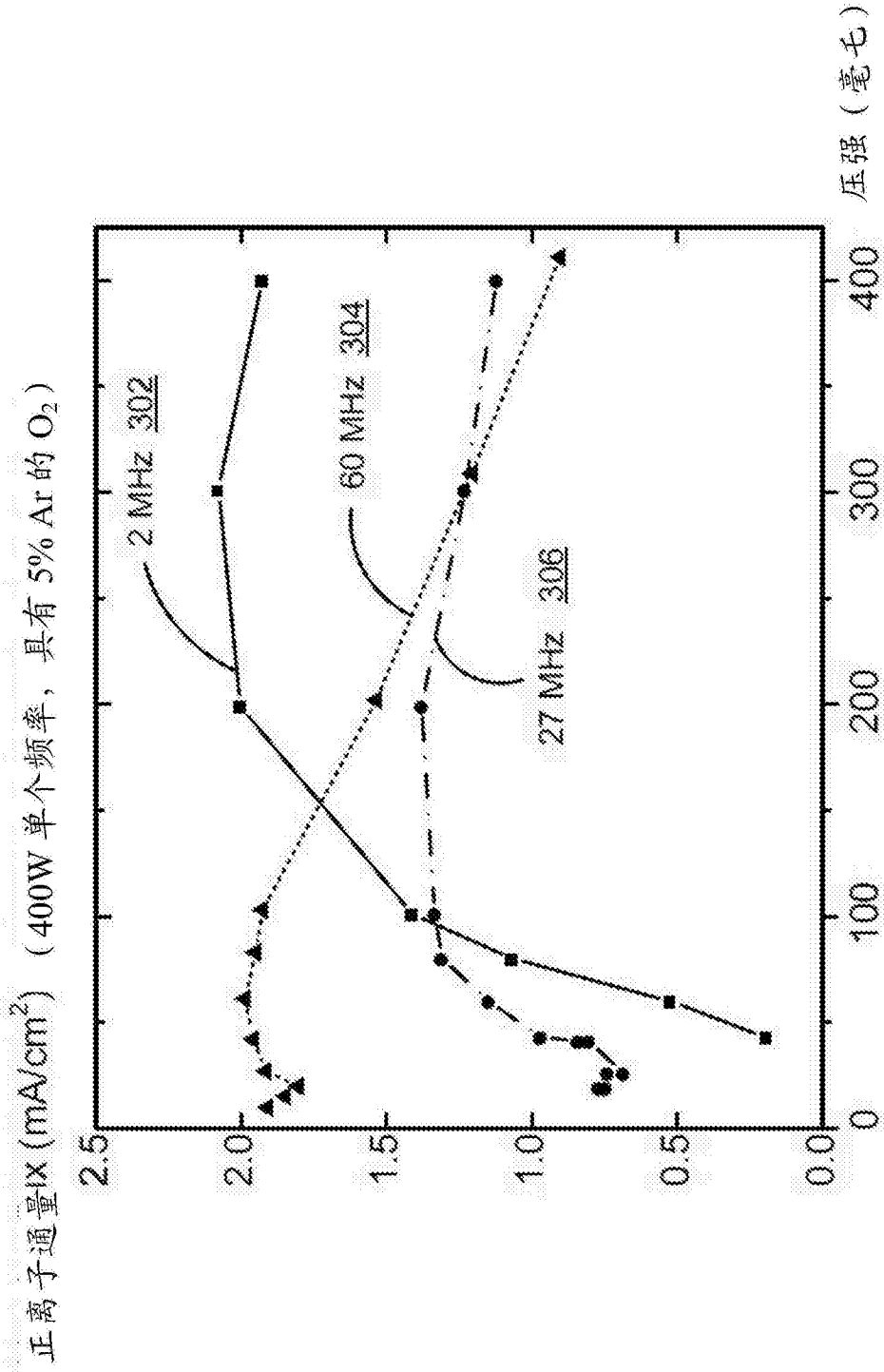


图3

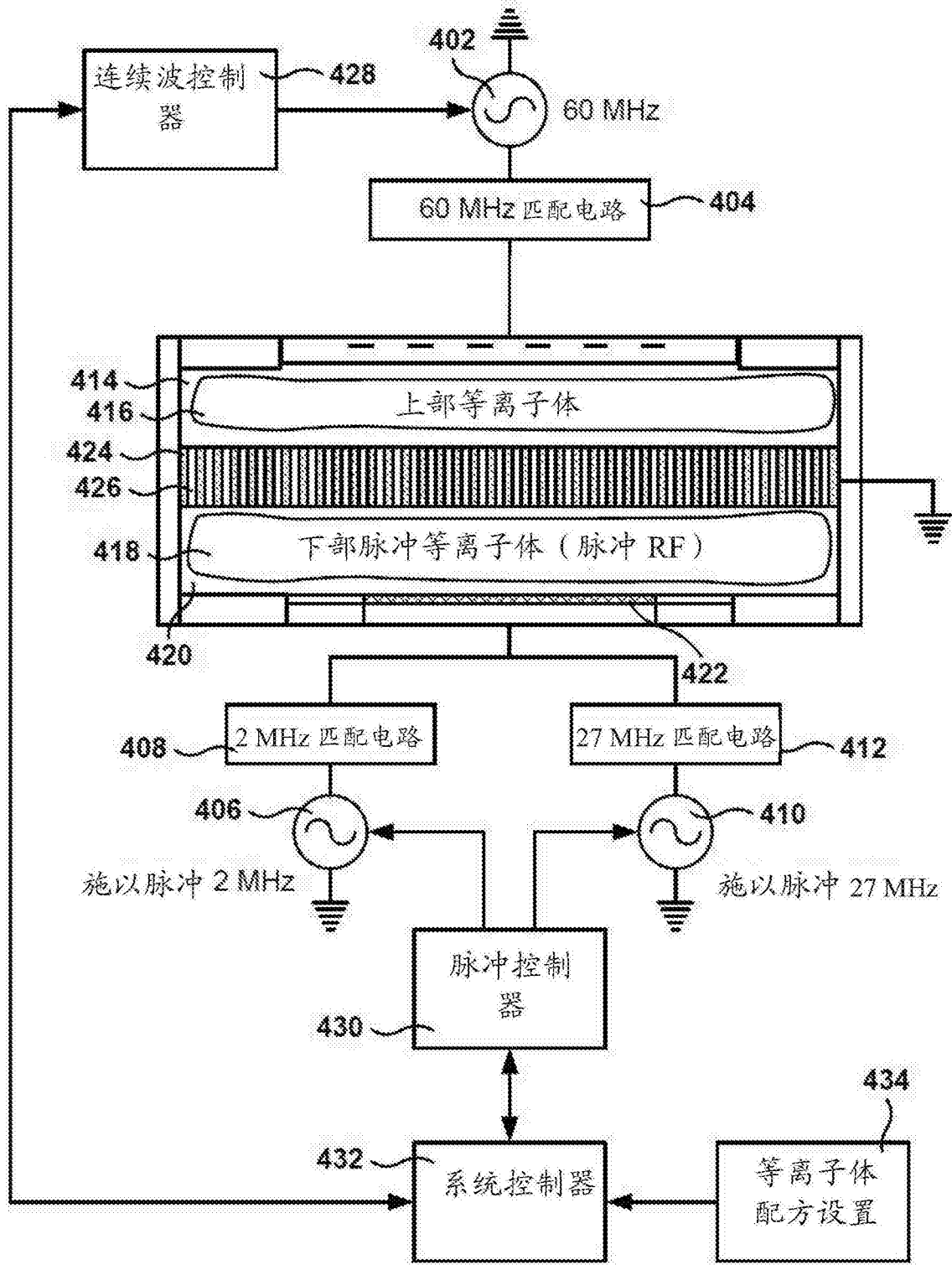


图4

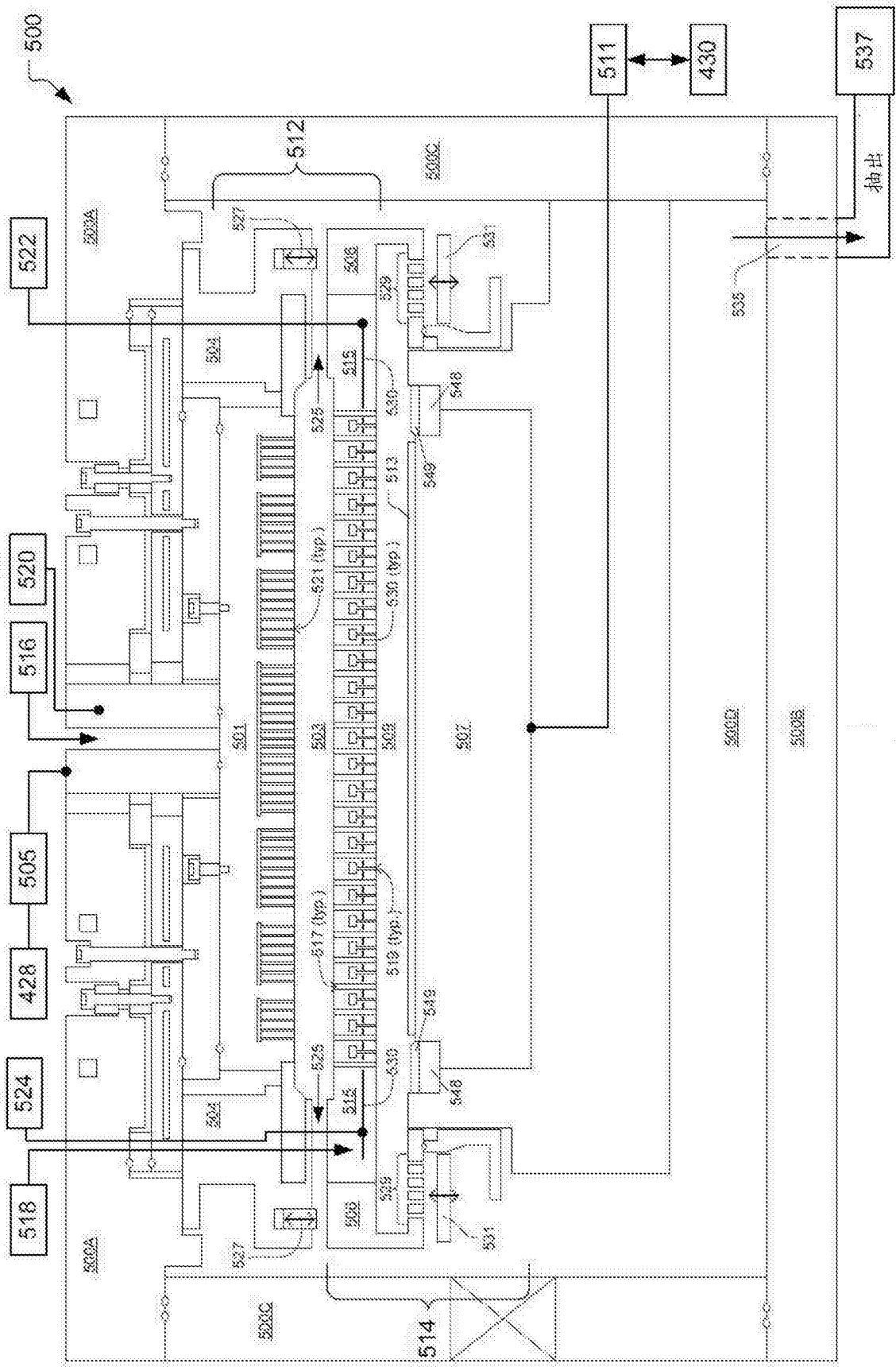


图5

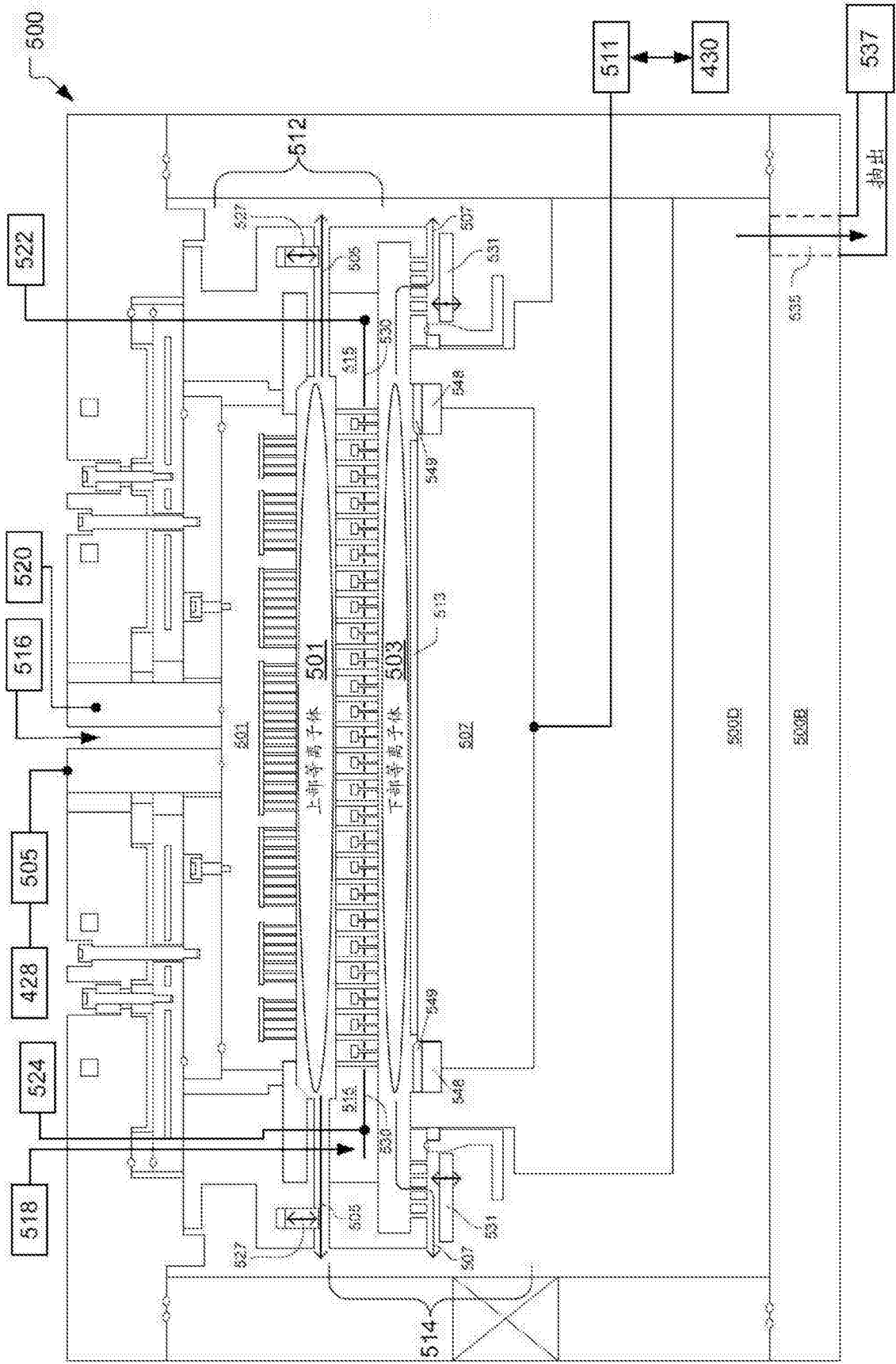


图6

通过网格通孔的离子传输

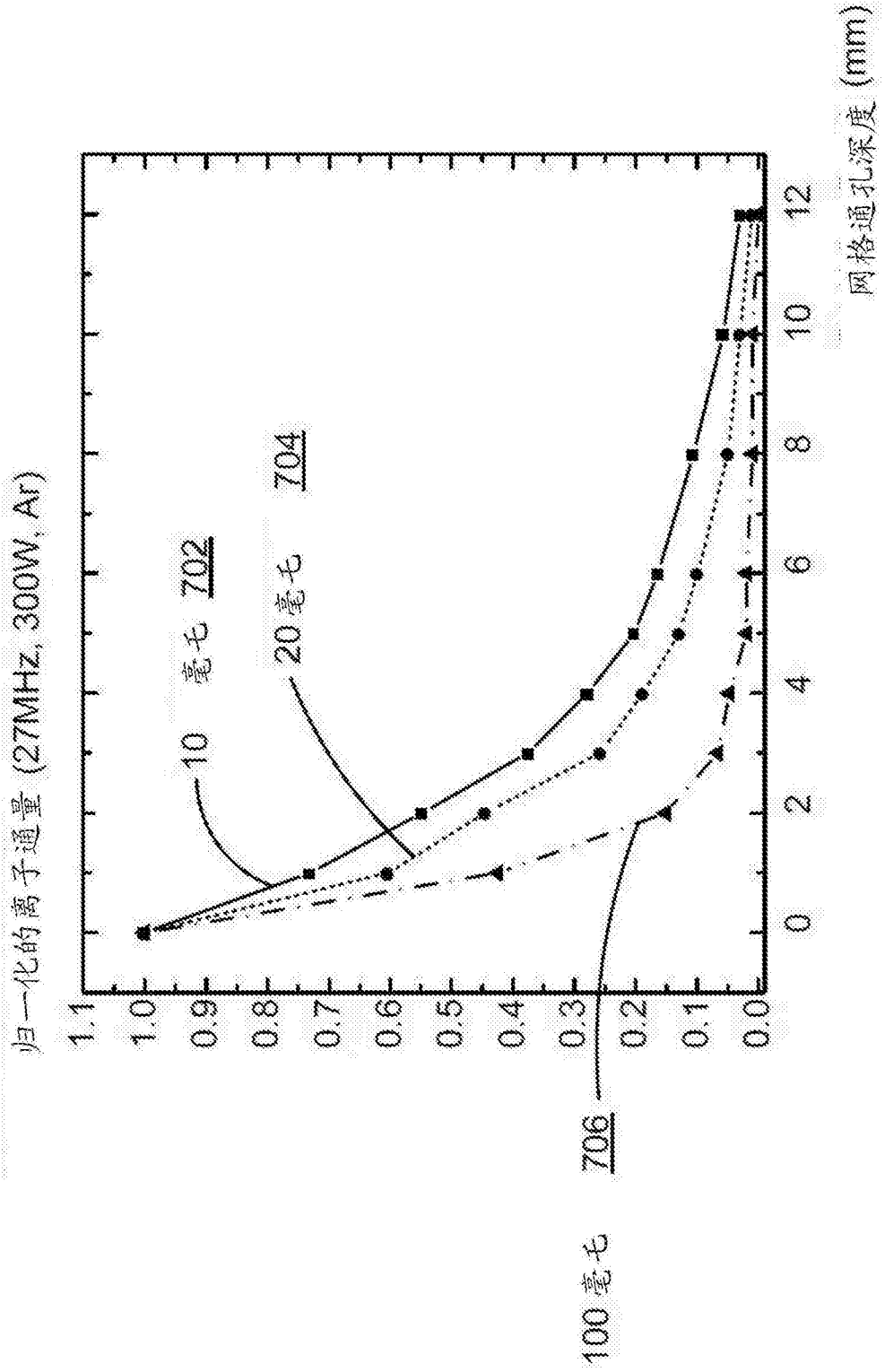


图7

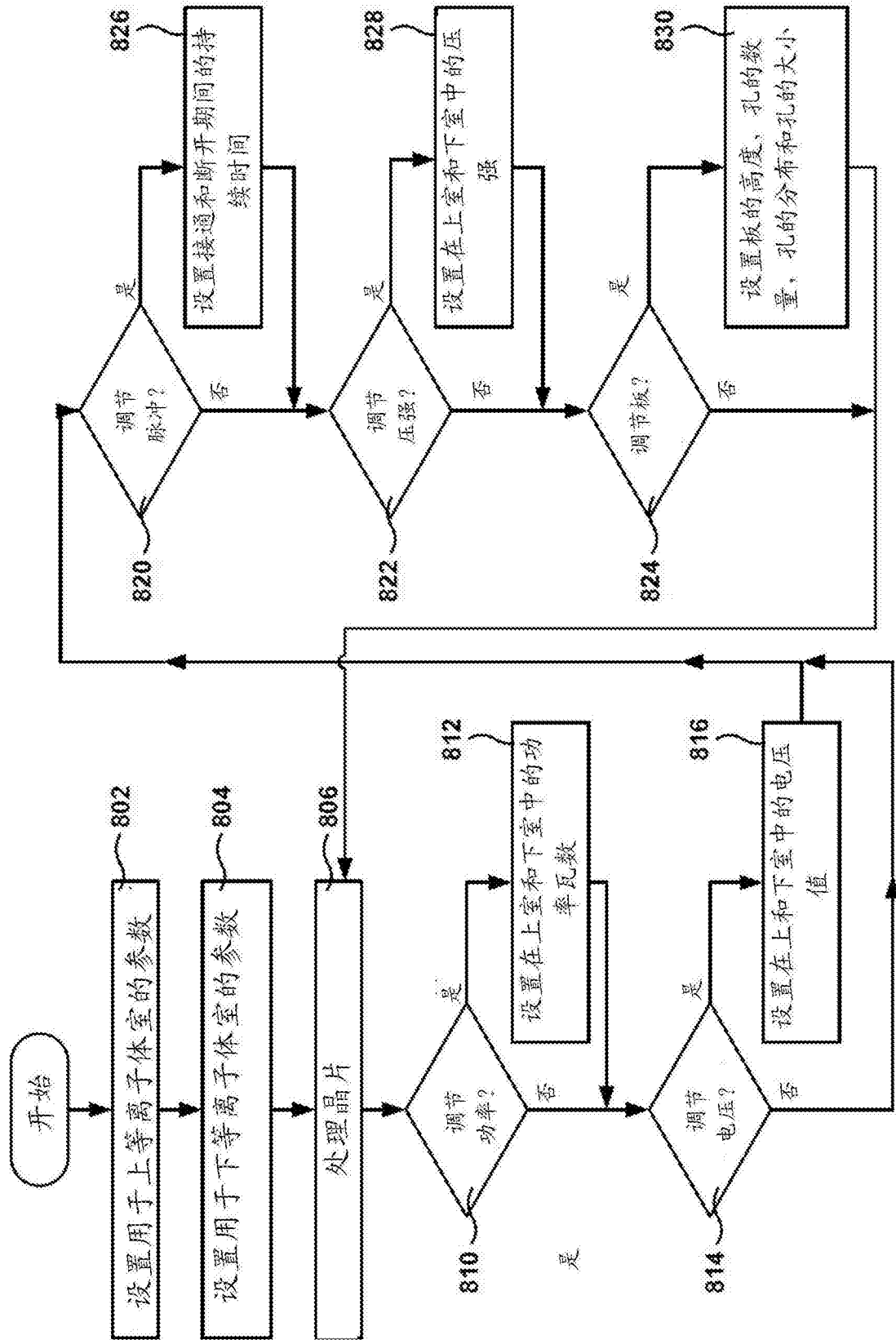


图8

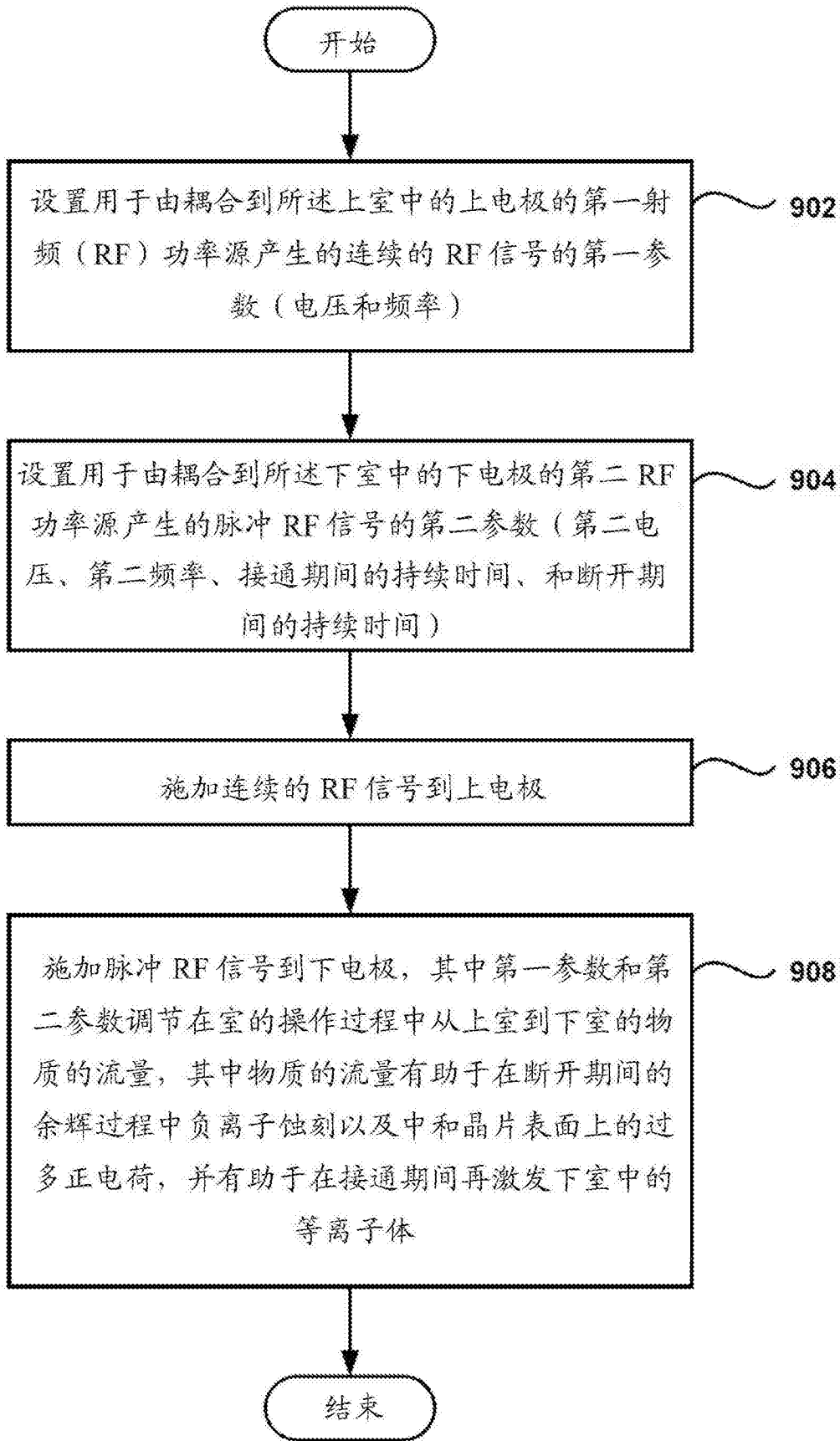


图9

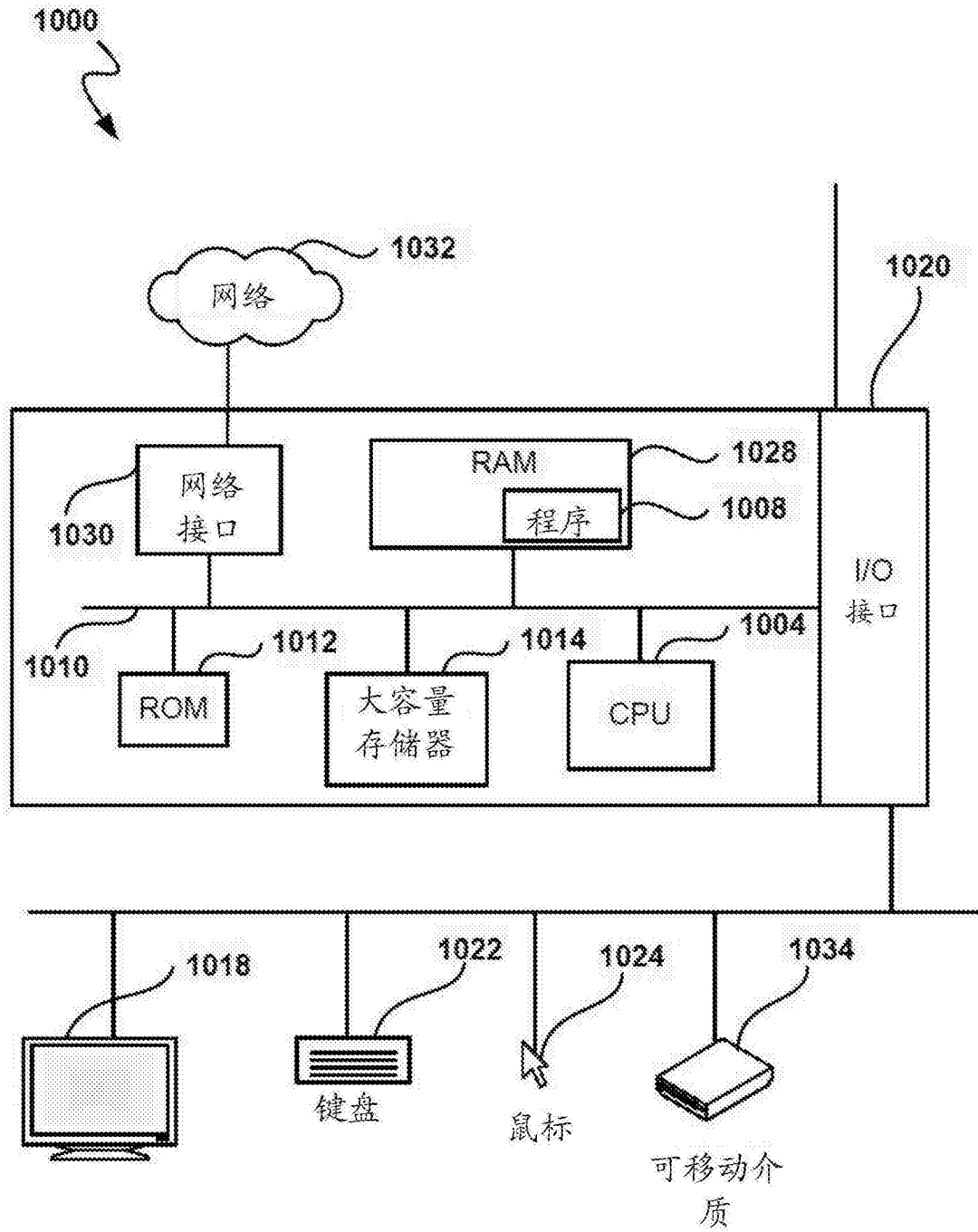


图10