



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103650109 B

(45)授权公告日 2016.11.09

(21)申请号 201280033269.9

(22)申请日 2012.07.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103650109 A

(43)申请公布日 2014.03.19

(30)优先权数据

13/183,520 2011.07.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.01.03

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/046452 2012.07.12

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/012675 EN 2013.01.24

(73)专利权人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 基思·布赖恩·波特豪斯

约翰·W·莱恩

麻里乌斯·格雷戈尔 尼尔·玛丽

迈克尔·R·赖斯

亚历克斯·明科维奇 洪斌·李

德米特里·A·季利诺

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司 11006

代理人 徐金国 赵静

(51)Int.Cl.

H01L 21/205(2006.01)

H01L 21/3065(2006.01)

H01L 21/02(2006.01)

(56)对比文件

US 2008/0176412 A1, 2008.07.24,

US 2006/0175012 A1, 2006.08.10,

JP 特开2001-257164 A, 2001.09.21,

KR 10-0874895 B1, 2008.12.19,

US 6478923 B1, 2002.11.12,

审查员 王真真

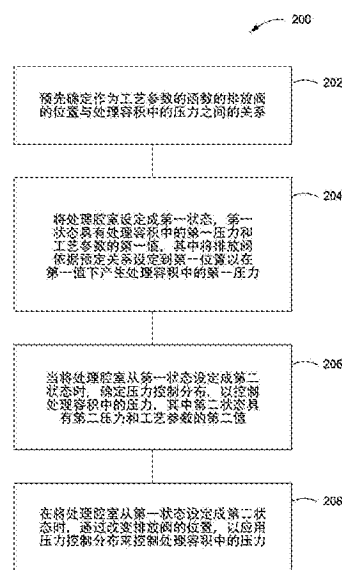
权利要求书3页 说明书10页 附图6页

(54)发明名称

使用基于模型的控制来处理基板的方法和
设备

(57)摘要

本文披露方法和设备。在一些实施方式中，控制处理腔室的方法可包括预先确定作为工艺参数的函数的排放阀的位置与处理容积中的压力之间的关系；将处理腔室设定成第一状态，第一状态具有处理容积中的第一压力和工艺参数的第一值，其中将排放阀依据预定关系设定到第一位置以在第一值下产生第一压力；当将处理腔室从第一状态变成第二状态时，确定压力控制分布以控制压力，其中第二状态具有第二压力和工艺参数的第二值；以及在使处理腔室变成第二状态时，通过改变排放阀的位置，以应用压力控制分布来控制处理容积中的压力。



1. 一种控制具有处理容积的处理腔室的方法,所述方法包括以下步骤:

预先确定作为工艺参数的函数的排放阀的位置与所述处理容积中的压力之间的关系;

将所述处理腔室设定成第一状态,所述第一状态具有所述处理容积中的第一压力和所述工艺参数的第一值,其中将所述排放阀依据所述预定关系设定到第一位置,以在所述第一值下产生所述处理容积中的所述第一压力;

当所述处理腔室从所述第一状态变成第二状态时,确定压力控制分布,以控制所述处理容积中的所述压力,所述第二状态具有第二压力和所述工艺参数的第二值,其中所述压力控制分布由基于模型的控制算法确定,所述控制算法使用所述第一压力、所述第二压力、所述第一值、所述第二值和所述第一位置作为输入参数;以及

在使所述处理腔室从所述第一状态变成所述第二状态时,通过改变所述排放阀的所述位置,以应用所述压力控制分布来控制所述处理容积中的所述压力。

2. 如权利要求1所述的方法,其中确定所述压力控制分布的步骤进一步包括以下步骤:

当将所述处理腔室设定成所述第二状态时,从所述预定关系确定所述排放阀的第二位置,这将在所述工艺参数的所述第二值下产生所述处理容积中的所述第二压力。

3. 如权利要求2所述的方法,其中确定所述压力控制分布的步骤进一步包括以下步骤:

当所述第二压力大于所述第一压力时,计算所述排放阀从关闭位置移到所述第二位置所需的第一时间;或者

当所述第二压力小于所述第一压力时,计算所述排放阀从打开位置移到所述第二位置所需的第二时间,其中所述打开位置是所述排放阀的全开位置。

4. 如权利要求3所述的方法,其中确定所述压力控制分布的步骤进一步包括以下步骤:

计算触发压力,其中所述触发压力是当所述第二压力大于所述第一压力时,所述排放阀开始从所述关闭位置移到所述第二位置而于所述第一时间内到达所述第二位置的压力,或者是当所述第二压力小于所述第一压力时,所述排放阀开始从所述打开位置移到所述第二位置而于所述第二时间内到达所述第二位置的压力。

5. 如权利要求4所述的方法,其中确定所述压力控制分布的步骤进一步包括以下步骤:

尚未超过所述触发压力时,利用所述触发压力下的一组初始条件和所述第二压力下的一组最终条件,确定压力与时间的第二关系;或者

已超过所述触发压力时,计算所述排放阀从所述第一位置移到所述第二位置所需的第三时间;以及利用所述第一压力下的一组初始条件和所述第二压力下的一组最终条件,确定压力与时间的第二关系。

6. 如权利要求5所述的方法,其中尚未超过所述触发压力时,应用所述压力控制分布的步骤进一步包括以下步骤:

当所述第二压力大于所述第一压力时,将所述排放阀设定到所述关闭位置;或者

当所述第二压力小于所述第一压力时,将所述排放阀设定到所述打开位置。

7. 如权利要求6所述的方法,其中应用所述压力控制分布的步骤进一步包括以下步骤:

当所述第二压力大于所述第一压力并且已达到所述触发压力时,依据确定的所述第二关系,使所述排放阀在所述第一时间内从所述关闭位置移到所述第二位置;或者

当所述第二压力小于所述第一压力并且已达到所述触发压力时,依据确定的所述第二关系,使所述排放阀在所述第二时间内从所述打开位置移到所述第二位置。

8. 如权利要求7所述的方法,其中当所述第二压力大于所述第一压力并且已达到所述触发压力时,使所述排放阀在所述第一时间内从所述关闭位置移到所述第二位置的步骤进一步包括以下步骤:

反复移动所述排放阀,以从所述排放阀的所述关闭位置经由多个中间位置至所述第二位置,其中使用对应的中间压力和对应的中间压差作为所述预定关系的输入,以从所述预定关系确定各中间位置,所述对应的中间压力和所述对应的中间压差是利用在介于所述压力已达到所述触发压力的初始时间与所述第一时间之间的对应的中间时间下的所述第二关系确定的;以及

其中当所述第二压力小于所述第一压力并且已达到所述触发压力时,使所述排放阀在所述第一时间内从所述打开位置移到所述第二位置的步骤进一步包括以下步骤:

反复移动所述排放阀,以从所述排放阀的所述打开位置经由多个中间位置至所述第二位置,其中使用对应的中间压力和对应的中间压差作为所述预定关系的输入,以从所述预定关系确定各中间位置,所述对应的中间压力和所述对应的中间压差是利用在介于所述压力已达到所述触发压力的初始时间与所述第二时间之间的对应的中间时间下的所述第二关系确定的。

9. 如权利要求5所述的方法,其中已超过所述触发压力时,应用所述压力控制分布的步骤进一步包括以下步骤:

已超过所述触发压力时,依据确定的所述第二关系,使所述排放阀在所述第三时间内从所述第一位置移到所述第二位置。

10. 如权利要求9所述的方法,其中使所述排放阀在所述第三时间内从所述第一位置移到所述第二位置的步骤进一步包括以下步骤:

反复移动所述排放阀,以从所述排放阀的所述第一位置经由多个中间位置至所述第二位置,其中使用对应的中间压力和对应的中间压差作为所述预定关系的输入,以从所述预定关系确定各中间位置,所述对应的中间压力和所述对应的中间压差是利用在介于所述排放阀处于所述第一位置的初始时间与所述第三时间之间的对应的中间时间下的所述第二关系确定的。

11. 如权利要求2所述的方法,其中所述第二压力等于所述第一压力,所述工艺参数的所述第二值不同于所述第一值,并且应用所述压力控制分布的步骤进一步包括以下步骤:

在维持恒定压力时,使所述排放阀从所述第一位置移到所述第二位置,所述恒定压力等于所述第一压力和所述第二压力,其中使所述排放阀从所述第一位置移到所述第二位置的步骤进一步包括以下步骤:

反复移动所述排放阀,以从所述排放阀的所述第一位置经由多个中间位置至所述第二位置,其中使用所述恒定压力和所述工艺参数的对应的中间值作为所述预定关系的输入,以从所述预定关系确定各中间位置,所述工艺参数的所述对应中间值介于所述工艺参数的所述第一值与所述第二值之间。

12. 如权利要求3所述的方法,其中预先确定所述处理容积中的压力与排放阀的所述位置之间的所述关系的步骤进一步包括以下步骤:

模型化流过作为所述工艺参数的函数的所述排放阀的气体流量,以确定所述预定关系。

13. 如权利要求12所述的方法, 其中模型化流过所述排放阀的气体流量的步骤进一步包括以下步骤:

(a) 将所述排放阀设定到打开位置;

(b) 将所述工艺参数设为第一测试值;

(c) 在将所述工艺参数维持在所述第一测试值时, 反复移动所述排放阀, 以从所述排放阀的所述打开位置经由多个中间位置至所述关闭位置, 以及记录所述排放阀的所述多个中间位置中的每一个中间位置对应的压力; 以及

(d) 利用所述工艺参数的多个测试值, 重复进行(a)-(c)。

14. 一种用于处理半导体基板的系统, 包括:

处理腔室, 所述处理腔室具有处理容积;

处理源, 用以提供工艺参数至所述处理容积;

排放阀, 所述排放阀设置于所述处理容积与排放系统的排放容积之间;

电动驱动器, 用以改变所述排放阀的位置; 以及

控制器, 所述控制器耦接至所述处理腔室且耦接至所述电动驱动器, 其中所述控制器进一步包括其上存储有指令的计算机可读介质, 所述指令由所述控制器执行时, 促使所述控制器执行控制所述处理腔室的方法, 所述方法包括:

将所述处理腔室设定成第一状态, 所述第一状态具有所述处理容积中的第一压力和所述工艺参数的第一值, 其中为了在所述第一值下产生所述处理容积中的所述第一压力, 依据作为所述工艺参数的函数的所述排放阀的位置与所述处理容积中的压力之间的预定关系将所述排放阀设定到第一位置; 以及

在使所述处理腔室从所述第一状态变成第二状态时, 通过改变所述排放阀的所述位置, 以应用压力控制分布来控制所述处理容积中的所述压力;

其中当所述处理腔室从所述第一状态变成所述第二状态时, 所述压力控制分布控制所述处理容积中的所述压力, 其中所述第二状态具有第二压力和所述工艺参数的第二值, 并且其中所述压力控制分布由基于模型的控制算法确定, 所述控制算法使用所述第一压力、所述第二压力、所述第一值、所述第二值和所述第一位置作为输入参数。

15. 如权利要求14所述的系统, 其中所述处理源包括质量流量装置, 所述质量流量装置包括: 传感器和调节阀, 其中所述传感器和所述调节阀耦接至所述控制器, 并且进一步包括:

第一压力计, 用以测量所述处理容积中的第一压力范围; 以及

第二压力计, 用以测量所述处理容积中的第二压力范围, 其中所述第一压力计和所述第二压力计耦接至所述控制器并且受控于所述控制器。

使用基于模型的控制来处理基板的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明的实施方式大体涉及在基板处理系统中处理基板的方法和设备。

背景技术

[0002] 基板处理系统包括具有处理容积的处理腔室,其中基板可设置于基板支撑件上。一种或更多种处理气体可流入处理容积以处理基板。通常,在此类系统中,腔室压力和处理气体流量是分别控制的。例如,气体流率可由流量控制器设定,诸如质量流量控制器或类似装置。同样地,压力水平可由腔室的排放阀设定,诸如节流阀或类似装置。设定压力水平以调节处理容积内的停留时间效应后,接着可修改流率。此外,当在不同的流率和/或腔室压力下转换工艺时,在等待系统稳定在第二流率和/或腔室压力下时,可放慢基板处理。

[0003] 因此本发明人提供改良的方法和设备来处理基板。

发明内容

[0004] 本文提供利用基于模型的压力控制来处理基板的方法和设备。在一些实施方式中,控制具有处理容积的处理腔室的方法包括预先确定作为工艺参数的函数的排放阀的位置与处理容积中的压力之间的关系;将处理腔室设定成第一状态,第一状态具有处理容积中的第一压力和工艺参数的第一值,其中将排放阀依据预定关系设定到第一位置以在第一值下产生处理容积中的第一压力;当将处理腔室从第一状态变成第二状态时,确定压力控制分布(profile)以控制处理容积中的压力,第二状态具有第二压力和工艺参数的第二值,其中压力控制分布由基于模型的控制算法确定,控制算法使用第一压力、第二压力、第一值、第二值和第一位置作为输入参数;以及在使处理腔室从第一状态变成第二状态时,通过改变排放阀的位置,以应用压力控制分布来控制处理容积中的压力。

[0005] 在一些实施方式中,提出控制处理腔室的方法,处理腔室具有处理容积和用来控制处理容积中的压力的排放阀,方法包括将处理腔室设定成第一状态,第一状态具有处理容积中的第一压力和工艺参数的第一值,其中将排放阀依据作为工艺参数的函数的排放阀的位置与处理容积中的压力之间的预定关系设定到第一位置以在第一值下产生处理容积中的第一压力;以及在使处理腔室从第一状态变成第二状态时,通过改变排放阀的位置,以应用压力控制分布来控制处理容积中的压力,第二状态具有第二压力和工艺参数的第二值,其中压力控制分布由基于模型的控制算法确定,控制算法使用第一压力、第二压力、第一值、第二值和第一位置作为输入参数。

[0006] 在一些实施方式中,用于处理半导体基板的系统包括具有处理容积的处理腔室;提供工艺参数至处理容积的处理源;设置于处理容积与排放系统的排放容积之间的排放阀;以及耦接至处理腔室的控制器,其中控制器进一步包含其上存储有指令的计算机可读介质,指令由控制器执行时,促使控制器执行上述控制处理腔室的方法的实施方式或下述控制处理腔室的其他和进一步的方法的实施方式。

[0007] 本发明的其他和进一步的实施方式描述如下。

附图说明

[0008] 可参照描绘于附图中的本发明的说明性实施方式来理解以上简要概述的和以下更详细地讨论的本发明的实施方式。然而,应注意附图仅描绘本发明的典型实施方式,因而不应视为限定本发明的范围,因为本发明可允许其他等效实施方式。

[0009] 图1图示根据本发明的一些实施方式的基板处理系统。

[0010] 图2图示根据本发明的一些实施方式的用来控制处理腔室的方法的流程图。

[0011] 图3图示根据本发明的一些实施方式的控制流程图。

[0012] 图4图示根据本发明的一些实施方式,用来确定处理容积中的压力与排放阀的位置之间的关系的方法的流程图。

[0013] 图5图示根据本发明的一些实施方式,用来确定压力控制分布的方法的流程图。

[0014] 图6图示根据本发明的一些实施方式,应用压力控制分布的方法的流程图。

[0015] 为了便于理解,已尽可能地以相同的参考数字来标示各图共有的相同的元件。附图并未按比例绘制,并且为了清楚起见可简化。预期一个实施方式的元件和特征结构可有益地并入其他实施方式而不需进一步详述。

具体实施方式

[0016] 本文提供利用基于模型的控制来处理基板的方法和设备。本发明的方法和设备的实施方式可有利于提供更快的瞬态响应,诸如当腔室压力因处理条件或类似条件改变而变化时,将腔室压力稳定在新的设定值。另外,本发明的方法和设备的实施方式可有利于提供前馈控制,以有助于预测基板处理系统的工艺变化。前馈控制可例如通过减少等待工艺条件稳定所花费的时间,以有助于促进更有效率的基板处理和/或更高的产量。本发明提供的方法的实施方式亦可用作基板处理系统的标准化调整过程,以有助于改善系统之间的腔室匹配。

[0017] 图1图示根据本发明的一些实施方式的基板处理系统100。基板处理系统100可包括处理腔室102,处理腔室102具有处理容积104。基板支撑件106可设置于处理容积104内以于基板处理系统100处理期间支撑基板108。处理腔室102可以是任何适于同时处理一个基板和/或多个基板的处理腔室。例如,处理腔室102可配置用于一个或更多个化学气相沉积(CVD)、原子层沉积(ALD)、物理气相沉积(PVD)、金属化学气相沉积(MCVD)、覆盖式深亚微米化学气相沉积(blanket deep sub-micron chemical vapor deposition,覆盖式DSM-CVD)或任何适合的等离子体或非等离子体致能或增强工艺,诸如蚀刻、沉积、清洁或类似工艺。基板支撑件106可以是任何适于配合任何适当构造的处理腔室102使用的基板支撑件。基板支撑件106可包括一个或更多个基座(susceptor)、静电夹具、加热器、射频(RF)电极、升降销组件或类似组件。

[0018] 系统100可包括一个或更多个处理源,以提供一个或更多个工艺参数至处理容积104。例如,工艺参数可包括RF功率幅值、处理气体流率、腔室部件温度、腔室温度、腔室压力、前级管道(foreline)压力、基座背侧压力、处理气体类型、处理气体温度、基座温度、基座位置、基板加热器功率水平、排放阀加热器功率水平、排放阀加热器温度、排放阀位置、工艺配方步骤或类似工艺参数。例如,一个或更多个工艺可由处理源提供,诸如一个或更多个

流量装置、一个或更多个射频(RF)功率源、基板加热器、排放阀加热器或类似处理源。

[0019] 例如,一个或更多个流量装置110可耦接至气体入口116,以提供一种或更多种处理气体至处理容积104。气体入口116可以是任何适合的一个或更多个入口,以所需方式提供一种或更多种处理气体至处理容积104(诸如进入基板108上方的处理容积104区域、朝向基板108、引导遍及基板108的表面或类似方式)。例如,气体入口116可以是一个或更多个喷头(如图所示)、气体喷射器、喷嘴或类似装置。虽然图1图示气体入口116设置于基板支撑件106上方,但替代地或结合地,气体入口116也可设置于处理腔室102的侧壁或底部或处理腔室内,例如邻近于基板支撑件106。一个或更多个流量装置110每个可耦接至多个气源118的一个或更多个气源。例如,多个气源118可以是气体面板或类似装置的一部分,其中各流量装置110控制处理气体从对应气源118到气体入口116的流量。

[0020] 一个或更多个RF功率源可用于提供RF功率至处理系统100的不同部分,诸如处理容积104,以由处理气体或一些其他流入处理容积104或流至基板支撑件106的一种或更多种气体或类似气体形成等离子体。例如,图1图示第一RF功率源112A和第二RF功率源112B。第一和第二RF功率源112A、112B在此统称为一个或更多个RF功率源112或RF功率源112。每一个RF功率源通常包括RF发生器和匹配电路,匹配电路用于匹配RF发生器和等离子体的阻抗。一个或更多个RF功率源可耦接至基板处理系统100中的不同元件。

[0021] 第一RF功率源112A可用于促进由一种或更多种处理气体形成等离子体。在一些实施方式中,第一RF功率源112A可设置邻近盖或处理腔室102的天花板。例如,第一RF功率源112A可配置以将RF能量耦接至处理腔室102内的一种或更多种处理气体而形成等离子体。在一些实施方式中,如短划线113所示,第一RF功率源112A可耦接至电极,诸如设置于处理腔室102的天花板上方的一个或更多个感应线圈111。替代地或结合地,如短划线115所示,第一RF功率源112A可耦接至设置于处理腔室的天花板中或附近的电极,诸如气体入口116的导电部。第一RF功率源112A亦可或替代地耦接至其他适合部件,以在所需位置提供RF能量。尽管示出单一的RF源(例如112A)耦接至邻近天花板的处理腔室102,但多个RF功率源可从相同电极耦接至天花板或至不同电极。

[0022] 第二RF功率源112B例如可耦接至基板支撑件106,以于处理期间提供基板偏压控制。与上述类似,虽然示出单一的RF源耦接至基板支撑件106,但多个RF功率源也可从相同电极耦接至基板支撑件106或至不同电极。此外,或替代地,其他RF功率源112可耦接至处理腔室的其他部件,诸如设置于处理腔室侧壁中或附近或其他所需位置的电极(未示出),以将RF能量耦接至处理腔室或设置于处理腔室102内的气体或流入处理腔室102的气体。

[0023] 一个或更多个流量装置110每个可以是质量流量装置,诸如质量流量控制器或类似装置。一个或更多个流量装置110每个可包括传感器120和调节阀122(adjustable valve)。传感器120可包括一个或更多个压力传感器或温度传感器。如图1所示,传感器120和调节阀122可直接耦接至控制器124。控制器124可以是集中系统控制器,用来控制系统100的各个部件,下面更加详细地讨论。例如,在操作中,传感器可将指示处理气体的压力或温度中的一个或更多个的信号提供给控制器124,以确定处理气体的流率,并且控制器124可通过控制调节阀122而根据需要调节流率。

[0024] 该流量装置110的设计可不同于典型的流量装置。例如,典型的流量装置(未示出)(诸如质量流量控制器)可包括与机载位置控制器(onboard position controller)通信的

传感器和调节阀,以提供流量传感器、调节阀与机载位置控制器之间的局部闭环控制。典型的流量装置的机载位置控制器控制流率的调整 and 最佳化,以响应来自系统控制器的信号。不幸的是,该典型的流量装置的常规设计在机载位置控制器与系统控制器124之间可能需要独特的控制方式,这依赖于制造商的规格、控制设定或类似参数。另外,由于中间控制器(即典型的流量装置的机载位置控制器),对来自系统控制器124的任何指令的响应可能会变慢,这是因为信号先中继到中间控制器,中间控制器随后再控制典型的流量装置的调整 and 最佳化(而非系统控制器124直接控制流量控制装置110)。另外,缺少中间控制器有利于允许连续改变流量指令、在位置控制模式下使用流量控制装置110、允许系统控制器124有更快的更新速率或类似方面。然而,包括与机载位置控制器通信的传感器和调节阀以提供流量传感器、调节阀和机载位置控制器之间的局部闭环控制的典型的流量装置(未示出)(诸如质量流量控制器)亦可配合本文所述的基于模型的控制方法而使用。

[0025] 因此,在本发明的实施方式中,以及如图1所示,系统省略常规的位置控制器,并且控制器124直接耦接至流量传感器120和调节阀122,以直接控制、调整和/或最佳化一个或更多个流量装置110中的每一个流量装置。

[0026] 控制器124可控制其他一个或更多个处理源,诸如基板加热器114、一个或更多个RF功率源112、排放阀126(下面讨论)、排放阀加热器(未示出)或任何其他适合处理源,以例如直接调整或最佳化一个或更多个腔室输入源,而不经由不同腔室输入源的任何中间控制装置。如同上述的一个或更多个流量装置110,由控制器124直接控制一个或更多个处理源中的每一个处理源可有助于更快瞬态响应诸如温度、压力或类似参数的腔室输入的变化。另外,由于使用集中系统控制器(即控制器124),标准化控制方式可取代不同的一个或更多个处理源中的每一个处理源所用的独特控制方式而用于一个或更多个处理源中的每一个处理源。

[0027] 系统100可进一步包括排放阀126,排放阀126设置于处理容积104与排放系统130的排放容积128之间。排放阀126可以是任何适用于基板处理系统的阀,诸如闸阀、节流阀、蝶型阀、钟摆阀或类似阀。排放阀126耦接至电动驱动器(motorized drive)132,以控制排放阀126的位置。例如,排放阀126的位置改变会导致更多或更少地暴露于较低压区域,诸如排放容积128或类似区域。较低压区域可由耦接至排放区域128或排放系统130的任何适合的真空泵或类似泵送装置(pumping device)(未示出)产生。

[0028] 处理容积104中的压力可由一个或更多个压力计监测。例如,第一压力计134可用于测量处理容积104的第一压力范围。在一些实施方式中,第一压力范围可为约1至约10托。第二压力计136可用于测量处理容积104的第二压力范围。第二压力范围可不同于第一压力范围,例如第一或第二压力计之一可为高压计,另一个可为低压计。在一些实施方式中,第二压力范围可为约10至约500托。第一和第二压力计134、136例如可以是任何适合用于测量所需压力范围的压力计,诸如离子计(ion gauge)、热电耦计、电容计、应变计、皮拉尼(Pirani)计或类似压力计。如果需要的话,亦可提供附加压力计,用来监测不同的压力范围。相比于以单一压力计用于宽压力范围,提供为特定压力范围调整的多个压力计有助于更精确控制处理系统。例如,可提供压力计来监测排放容积128、基座背侧或类似装置。

[0029] 如图1所示,第一和第二压力计134、136可直接耦接至控制器124。同样地,电动驱动器132可直接耦接至控制器124并且受控于控制器124。如同上述一个或更多个流量装置

110,压力计134、136和电动驱动器132的构造可不同于常规的基板处理系统。例如,典型的基板处理系统可包括一个或更多个中间控制器,用来监测压力计的压力读数和操作电动驱动器来控制排放阀。例如,在典型的基板处理系统中,压力计可耦接至压力控制器,压力控制器可进一步耦接至位置控制器,所述位置控制器控制电动驱动器以改变排放阀的位置。基于类似上述一个或更多个流量装置110的理由,所述中间控制器(例如压力控制器和位置控制器)将被控制器124代替。例如,除上述理由外,消除中间控制器可实现基于模型的复杂控制,该控制可用于计算更高水平的系统参数,诸如流率或类似参数。

[0030] 控制器124包含中央处理单元(CPU)138、用于CPU 138的存储器140和支持电路142,并且控制器124有助于控制系统100的部件和控制系统的功能,诸如下述方法200。控制器124可以是任何形式的通用计算机处理器之一,通用计算机处理器可用于工业环境来控制各种腔室和子处理器。CPU 138的存储器或计算机可读介质140可以是一个或更多个容易取得的存储器,诸如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、软盘、硬盘或任何其他形式的本地或远程数字存储器。支持电路142耦接至CPU 138,以通过常规的方式支持处理器。这些电路包括高速缓冲存储器(cache)、电源、时钟电路、输入/输出电路和子系统和类似电路。如上所述,控制器124可包括用于直接控制流量装置、电动驱动器、RF功率源、基板加热器、排放阀加热器、监测压力计的电路和/或子系统和用于直接控制基板处理系统的各种部件的任何适合的电路和/或子系统。存储器140储存软件(源或目标代码),软件可经执行或调用而根据本发明所述的实施方式控制系统100的操作。

[0031] 图2图示根据本发明的一些实施方式,用来控制基板处理系统的方法200的流程图。下面根据图1所示的基板处理系统100的元件和图3所示的指令流程图来描述方法200。然而,方法200可根据本文提供的教导用于其他基板处理系统。例如,图3所示的指令流程图是说明示例性指令流程的示例图,用来调节排放阀126的位置以控制腔室102的压力。例如,指令流程图的一些元件(诸如系统模型302和压力分布发生器304)可设置于控制器124的存储器140中、或设置于控制器124或处理系统100的其他控制器可存取的任何适合的计算机可读介质中。

[0032] 方法200始于步骤202:预先确定作为工艺参数的函数的排放阀126的位置与处理容积104中的压力之间的关系。例如,如上所述,工艺参数可以是一个或更多个RF功率幅值、处理气体流率、腔室部件温度或类似参数。

[0033] 例如,预先确定处理容积104中的压力与排放阀126的位置之间的关系可包括模型化流过作为工艺参数的函数的排放阀126的气体流量,以确定预定关系。例如,预定关系可以是用于排放阀126的模型(例如系统模型302),该模型具有一个或更多个腔室压力(P_c)、腔室压差(dP_c/dt)、腔室温度(T_c)、腔室容积(V_c)或诸如流率的工艺参数作为输入并且排放阀126的位置(θ_c)作为输出。例如,腔室压差近似于所有流入腔室容积(V_c)的流率总和与所有流出腔室容积(V_c)的流率总和的差除以腔室容积(V_c)。系统模型302可为单一的容积模型。例如,在单一的容积模型中,系统中唯一可模型化的传导性是排放阀126的传导性(conductance)。例如,在单一的容积模型中,附加部件的传导性可集中到排放阀126的传导性。

[0034] 或者,系统模型302可以是具有不同传导性以分离各容积的多容积模型。例如,多容积模型的分离容积可用于一个或更多个气体管线、喷头、处理腔室、前级管道、排放阀或

类似装置。各分离容积可模型化为管、孔或类似装置。例如,在近似多容积模型的真实系统中,很难测量真实系统的各容积的压力。因此无法计算通过各分离容积的气体流率。为克服这些问题,发明人假定利用系统动力学模型来维持各分离容积的压力随时间的估计值。例如,系统动力学模型可利用流入各容积的当前流率和流出各容积的当前流率来估计当前压差或各容积的压力变化率。该当前压差可用于在后续的时间步骤中计算各分离容积的新压力估计值。例如,在不能测量个别压力的情况下,系统动力学模型可就各分离容积提供压力估计值至图3的指令流程图的一个或更多个系统模型302和压力分布发生器304。

[0035] 例如,在系统模型302中,排放阀126可模型化为一个或更多个管、阻塞孔、非阻塞孔或类似装置。例如,排放阀126可模型化为近似阻塞或近似非阻塞的孔,其中气体流率与阀位置和腔室压力有关。或者,如有效面积模型(effective area model)(诸如使气体流率与腔室压力相关的模型)可用作排放阀126的模型。一旦选择了适合气流通过排放阀126的模型,即可凭经验解系统模型302,以确定一个或更多个未知参数。例如,一个或更多个未知参数具体可以是作为阀角度的函数的排放阀的有效开放面积、处理腔室102的特殊几何形状、腔室容积、阀随压力的传导性变化或类似参数。图4的流程图描述凭经验解系统模型302或预先确定处理容积中的压力与排放阀126的位置之间的关系的示例性方法。

[0036] 图4图示用于预先确定处理容积104中的压力与排放阀126的位置之间的关系的示例性方法400的流程图。例如,方法400始于选择系统模型302,系统模型302包括上述用于排放阀126的模型。在步骤402中,将排放阀126设定到打开位置。例如,排放阀126的打开位置可为排放阀126能够达到的全开位置或在处理腔室102处理期间将利用的任何适合的最大打开位置。例如,在一些实施方式中,排放阀的打开位置可被设定以使腔室102的基础压力(base pressure)为约0.1托或以下。

[0037] 在步骤404中,一旦已设定打开位置并且腔室压力已稳定,即可将工艺参数设为第一测试值。例如,第一测试值可以是单一的工艺参数(诸如流率)或多个工艺参数(诸如流率、温度、RF功率或类似工艺参数),诸如以上所列工艺参数的适当组合。例如,在一些实施方式中,第一测试值可以是第一处理气体的第一流率。

[0038] 例如,在步骤404中,可以稳态或瞬态方式来监测腔室压力。例如,在稳态方式中,当排放阀126处于打开位置时,允许腔室压力稳定在第一测试值(例如第一处理气体的第一流率)。接着,一旦条件已经稳定,即记录腔室压力。稳态方式接着可进行到下述步骤406。例如,在瞬态方式中,当将阀126设定到打开位置时,一旦腔室稳定在基础压力,即可将工艺参数设为第一测试值,并在第一时间周期下监测腔室压力,例如约15秒。第一时间周期结束时,可停止监测(turned off)该工艺参数(例如第一处理气体在第一流率下的流量),并且允许腔室重新稳定在基础压力,接着瞬态方式可进行到下述步骤406。例如,在瞬态方式中,可就各阀的位置生成压力响应曲线。

[0039] 在步骤406中,可反复移动排放阀126的位置以从排放阀126的打开位置经由多个中间位置至关闭位置。处于多个中间位置中的每一个中间位置时,可允许处理容积中的压力达稳定。可就第一测试值的工艺参数,记录排放阀126的多个中间位置中的每一个中间位置的对应压力或压力响应曲线。中间位置的范围不需要终止于关闭位置。例如,排放阀126可利用任何适合的位置范围(诸如在腔室操作期间通常使用的位置或类似位置),以产生所需的腔室条件。

[0040] 在步骤408中,利用工艺参数的多个测试值可重复进行步骤402-406。例如,一旦已记录处于作为多个测试值的函数的多个中间位置的多个对应压力或压力响应曲线,即可通过确定一个或更多个未知参数来解系统模型302。例如,可利用诸如非线性最佳化法或类似方法,凭经验解系统模型302。例如,采用稳态或瞬态方式将排放阀126模型化为孔时,需以非线性最佳化法解系统模型302。或者,例如相对于其他用于排放阀126的模型,系统模型302采用用于排放阀126的有效面积模型时,可减少未知参数的数目,并且可直接就未知参数解系统模型302。因此,一旦如上述解系统模型302,作为工艺参数的函数的排放阀126的位置与处理容积中104的压力之间的预定关系(例如解的系统模型302)即可用于腔室工艺。

[0041] 预先确定处理容积104中的压力与排放阀126的位置之间的关系的方法400仅为示例性的,亦可采用其他适合的方法。在任何一个或更多个定期或随机初始腔室启动、排定腔室维修、改变处理气体类型、改变工艺配方、改变系统部件或类似工艺期间,可执行方法400或类似方法。

[0042] 回到图2,确定预定关系后,方法200可进行到步骤204,其中可将处理腔室102设定成第一状态,第一状态具有处理容积104中的第一压力和工艺参数的第一值。例如,为达到第一状态,可依据预定关系将排放阀126设定到第一位置,以在工艺参数的第一值下产生处理容积中的第一压力。第一值可代表单一的工艺参数(诸如流率)或许多的工艺参数(诸如上述流率、温度、RF功率幅值或类似参数)。

[0043] 在步骤206中,当将处理腔室102从第一状态设定成第二状态时,可确定压力控制分布以控制处理容积104中的压力,其中第二状态具有第二压力和工艺参数的第二值。在一些实施方式中,第二压力可与第一压力一样,并且第二值可不同于第一值。或者,在一些实施方式中,第一和第二状态的第一与第二压力可不同,并且工艺参数的第一值与第二值可不同。用于处理腔室的第一和第二状态的实施方式的压力控制分布的实施方式将描述如下。

[0044] 例如,利用基于模型的控制算法(例如压力控制发生器304)可生成压力控制分布,控制算法使用第一压力、第二压力、第一值、第二值和第一位置作为输入参数。图5的流程图图示用来确定压力控制分布的示例性方法500。方法500仅为示例性的,亦可采用其他生成压力控制分布的方法。

[0045] 方法500始于步骤502:当将处理腔室102设定成第二状态时,从预定关系确定排放阀126的第二位置,这将在工艺参数的第二值下产生处理容积104的第二压力。例如,产生处理容积104的第二压力的第二位置可很容易地例如从存储器140取得,或可通过输入第二压力和工艺参数的第二值作为系统模型302的输入而计算得到,以从预定关系确定排放阀126的第二位置。

[0046] 在步骤504中,当第二压力大于第一压力时,可计算排放阀126从关闭位置移到第二位置所需的第一时间。例如,当第二压力大于第一压力时,通过在排放阀126移到第二位置前使排放阀126移到关闭位置,可以较高的速率实现所需压力从第一压力增加至第二压力。可从排放阀126移动的速率和阀126从关闭位置移到第二位置的必要距离计算第一时间。

[0047] 或者,当第二压力小于第一压力时,可计算排放阀从打开位置移到第二位置所需的第二时间。例如,打开位置可为排放阀126的全开位置。例如,通过在排放阀126移到第二

位置前使排放阀126移到打开位置,可以较高的速率实现所需压力从第一压力下降至第二压力。可从排放阀126移动的速率和阀126从打开位置移到第二位置的必要距离计算第二时间。

[0048] 在步骤506中,可计算触发压力(trigger pressure)。触发压力可以是当第二压力大于第一压力时,排放阀126开始从关闭位置移到第二位置的压差。或者,触发压力可以是当第二压力小于第一压力时,排放阀126开始从打开位置移到第二位置的压差。例如,通过解诸如 $P_{tg}=P_{cmd}-dP_{tg}/dt(T/2)$ 的方程式可确定触发压力,其中 P_{tg} 是触发压力, P_{cmd} 是第二压力, dP_{tg}/dt 是触发压力下的压差, T 是上述第一或第二时间。例如,通过解用于每个触发压力估计值下的压差的系统模型302,可确定触发压力下的压差。可以任何适合的方法解触发压力方程式,诸如非线性最佳化法或类似方法。

[0049] 例如,尚未超过触发压力时,可利用触发压力下的一组初始条件和第二压力下的一组最终条件,确定压力与时间之间的第二关系。例如,确定第二关系可包括利用触发压力下的该组初始条件和第二压力下的该组最终条件解多项式方程式。例如,多项式方程式可以是压力作为时间的函数的二阶多项式方程式。然而,亦可采用其他高阶多项式方程式或其他类型的方程式。

[0050] 例如,尚未超过触发压力并且第二压力大于第一压力时,触发压力下的该组初始条件可以是时间(t)=0,压力(P)=触发压力(P_{tg}),压差(dP/dt)=触发压力下的压差(dP_{tg}/dt),该组最终条件可以是 t =于步骤504计算的第一时间, P =第二压力, $dP/dt=0$ 。当第二压力小于第一压力时,一组类似的初始条件和最终条件可用于解多项式方程式,其中该组最终条件可以是 t =于步骤504计算的第二时间, P =第二压力,并且 $dP/dt=0$ 。因此,在解多项式方程式时,在尚未超过触发压力时第二压力大于第一压力或第二压力小于第一压力的任何一种情况下,触发压力与第二压力之间的压力控制分布即可得以确定。

[0051] 或者,已超过触发压力时,确定压力控制分布可包括计算排放阀从第一位置移到第二位置所需的第三时间。例如,可由排放阀126移动的速率和阀126从第一位置移到第二位置的必要距离计算第三时间。例如,不像上述尚未超过触发压力的实施方式,可利用压力控制分布将阀126从第一位置直接移到第二位置。例如,尚未超过触发压力时,可确定打开或关闭位置与第二位置之间的压力控制分布。

[0052] 已超过触发压力时,可利用第一压力下的一组初始条件和第二压力下的一组最终条件确定压力与时间的第二关系。例如,确定第二关系可包括利用第一压力下的该组初始条件和第二压力下的该组最终条件解多项式方程式。

[0053] 例如,已超过触发压力时,第一压力下的该组初始条件可以是 $t=0$, P =第一压力,并且 $dP/dt=2(\text{第二压力}-\text{第一压力})/\text{第三时间}$,该组最终条件可以是 t =第三时间, P =第二压力,并且 $dP/dt=0$ 。因此,在解多项式方程式时,在已超过触发压力时第二压力大于第一压力或第二压力小于第一压力的任何一种情况下,第一压力与第二压力之间的压力控制分布即可得以确定。

[0054] 回到图2,在步骤208中,在将处理腔室102从第一状态设定成第二状态时,可通过改变排放阀126的位置,来应用上述确定的压力控制分布以控制处理容积中的压力。例如,图6图示根据本发明的一些实施方式,应用压力控制分布的示例性方法600的流程图。

[0055] 例如,方法600可始于步骤602:尚未超过触发压力时,如果第二压力大于第一压

力,则将排放阀126设定到关闭位置,或如果第二压力小于第一压力,则将排放阀126设定到打开位置。如上所述,关闭位置或打开位置可用于实现较高的压力变化率。

[0056] 在步骤604中,当第二压力大于第一压力并且已达触发压力时,依据确定的第二关系(例如压力控制分布),使排放阀126在第一时间从关闭位置移到第二位置,或当第二压力小于第一压力且已达触发压力时,依据确定的第二关系,使排放阀126在第二时间内从打开位置移到第二位置。

[0057] 例如,使排放阀126在第一时间从关闭位置移到第二位置可包括反复移动排放阀126,以从排放阀126的关闭位置经由多个中间位置至第二位置。可使用对应的中间压力和对应的中间压差作为预定关系的输入,以从预定关系确定各中间位置,其中对应的中间压力和对应的中间压差是利用在介于压力已达触发压力的初始时间与第一时间之间的对应的中间时间下的第二关系确定的。

[0058] 同样地,使排放阀126在第二时间内从打开位置移到第二位置可包括反复移动排放阀126,以从排放阀126的打开位置经由多个中间位置至第二位置。可使用对应的中间压力和对应的中间压差作为预定关系的输入,以从预定关系确定各中间位置,其中对应的中间压力和对应的中间压差是利用在介于压力已达触发压力的初始时间与第二时间之间的对应的中间时间下的第二关系确定的。

[0059] 或者,已超过触发压力时,可依据上述确定的第二关系,使排放阀126在第三时间内从第一位置移到第二位置。

[0060] 例如,使排放阀126在第三时间内从第一位置移到第二位置可包括反复移动排放阀126,以从排放阀126的第一位置经由多个中间位置至第二位置。可使用对应的中间压力和对应的中间压差作为预定关系的输入,以从预定关系确定各中间位置,其中对应的中间压力和对应的中间压差是利用在介于排放阀处于第一位置的初始时间与第三时间之间的对应的中间时间下的第二关系确定的。

[0061] 操作中,可利用图3所示的示例性指令流程图实行方法600的实施方式。例如,可如上所述利用压力分布发生器304来确定压力分布。已达到触发压力或已超过触发压力时,压力分布发生器304可输出在各中间时间的指令压力(P_{cmd})和压差(P_{cmd}/dt), P_{cmd} 和 P_{cmd}/dt 可用作系统模型302的输入。系统模型302(即预定关系)使用 P_{cmd} 与 P_{cmd}/dt 和工艺参数作为输入,以确定排放阀126的指令位置(θ_{cmd})。指令位置(θ_{cmd})可输入到电动驱动器132,使排放阀126的位置变成介于关闭、打开或第一位置与第二位置之间的中间位置。测量排放阀126处于中间位置时的腔室102的压力,并与指令压力(P_{cmd})相比。如果测量压力与指令压力的差未落在所需的容限程度范围内,则可利用标准的比例-积分-微分(PID)控制方案306,调节指令压力(P_{cmd})和/或排放阀126的指令位置(θ_{cmd}),以实现所需的容限程度范围。操作持续反复进行,直到在第一、第二或第三时间内到达第二位置为止。

[0062] 或者,在一些实施方式中,第二压力可等于第一压力,工艺参数的第一值可不同于第二值。因此,在此实施方式中,指令压力可以是恒定的,压差可以是零,即压力控制分布可以是平坦的。在压力控制分布呈平坦的实施方式中,可利用预定关系(即系统模型302),控制排放阀126从第一位置移到第二位置。另外,排放阀126需从第一位置移到第二位置,以于工艺参数的第一值变成第二值时,维持处理容积104中的恒定压力。例如,当压力为恒定并且在第一与第二状态之间第一值不同于工艺参数的第二值时,移动排放阀126可包括反复

移动排放阀126,以从排放阀126的第一位置经由多个中间位置至第二位置。使用恒定压力和工艺参数的对应的中间值作为预定关系的输入,以从预定关系确定各中间位置。对应的中间值可介于工艺参数的第一值与第二值之间。或者,第一值和第一位置可在不通过多个中间值逐步改变的情况下,快速变成第二值和第二位置。

[0063] 也可采用确定和应用压力控制分布的方法600的替代方法。例如,替代方法可基于排放阀126可以达到的最大速度或加速度。例如,替代方法可依据可以实现的最大腔室压力变化率的原理运作,实现最大腔室压力变化率的方式为使排放阀126以最大速度或加速度朝打开或关闭位置(根据第一与第二压力的相对值)移动,接着将排放阀126移回第二位置,使排放阀126大约在实现第二压力的精确时刻到达第二位置。例如,如果在第一压力变成第二压力期间,排放阀126到达全开或关闭位置,则在移到第二位置前,排放阀126应尽可能长时间地保持处于打开或关闭位置。例如,该替代方法可能需要上述系统动力学模型来模拟对系统100的响应。例如,该替代方法可能需要反复方式来确定压力控制分布。例如,可假定阀移动(motion)分布,并且利用系统动力学模型模拟由此产生的压力响应。可依据就一个或更多个反复产生的压力响应,精制阀移动分布,直到实现所需压力响应为止。可在线或离线执行此替代方法。例如,根据计算的复杂度,这可能需要一秒或更多秒完成,可离线执行该确定压力分布的替代方法。

[0064] 因此,本文提供利用基于模型的控制来处理基板的方法和设备。本发明的方法和设备的实施方式可有利于提供更快的瞬态响应,诸如当腔室压力因处理条件或类似条件改变而变化时,使腔室压力稳定在新设定值。另外,本发明的方法和设备可有助于预测基板处理系统的工艺变化。预测或前馈控制有利于促进更有效率的基板处理和/或更高的产量。本发明的方法有助于改善系统之间的腔室匹配。

[0065] 虽然以上是针对本发明的实施方式,但在不背离本发明基本范围的情况下,当设计本发明的其他和进一步的实施方式。

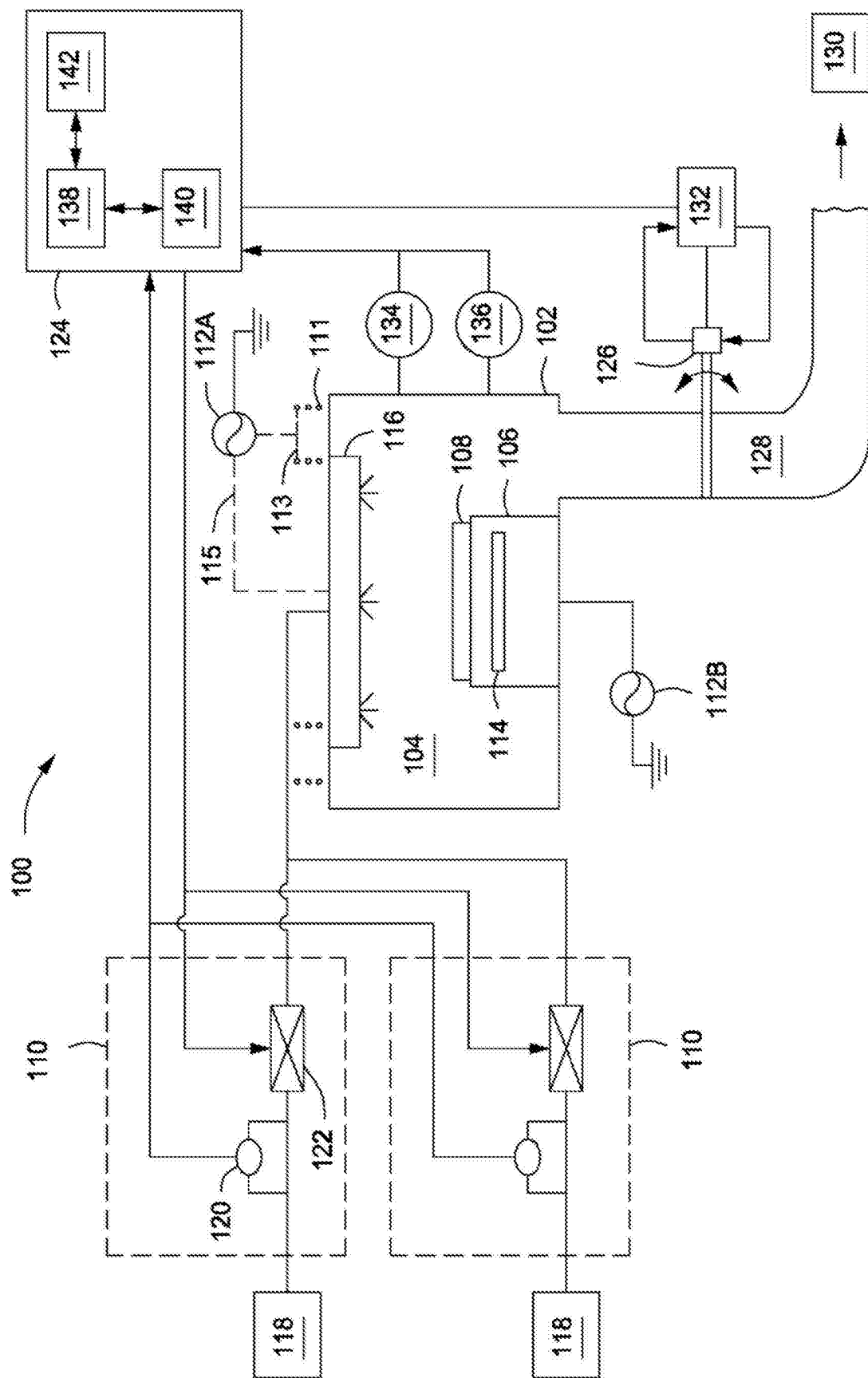


图1

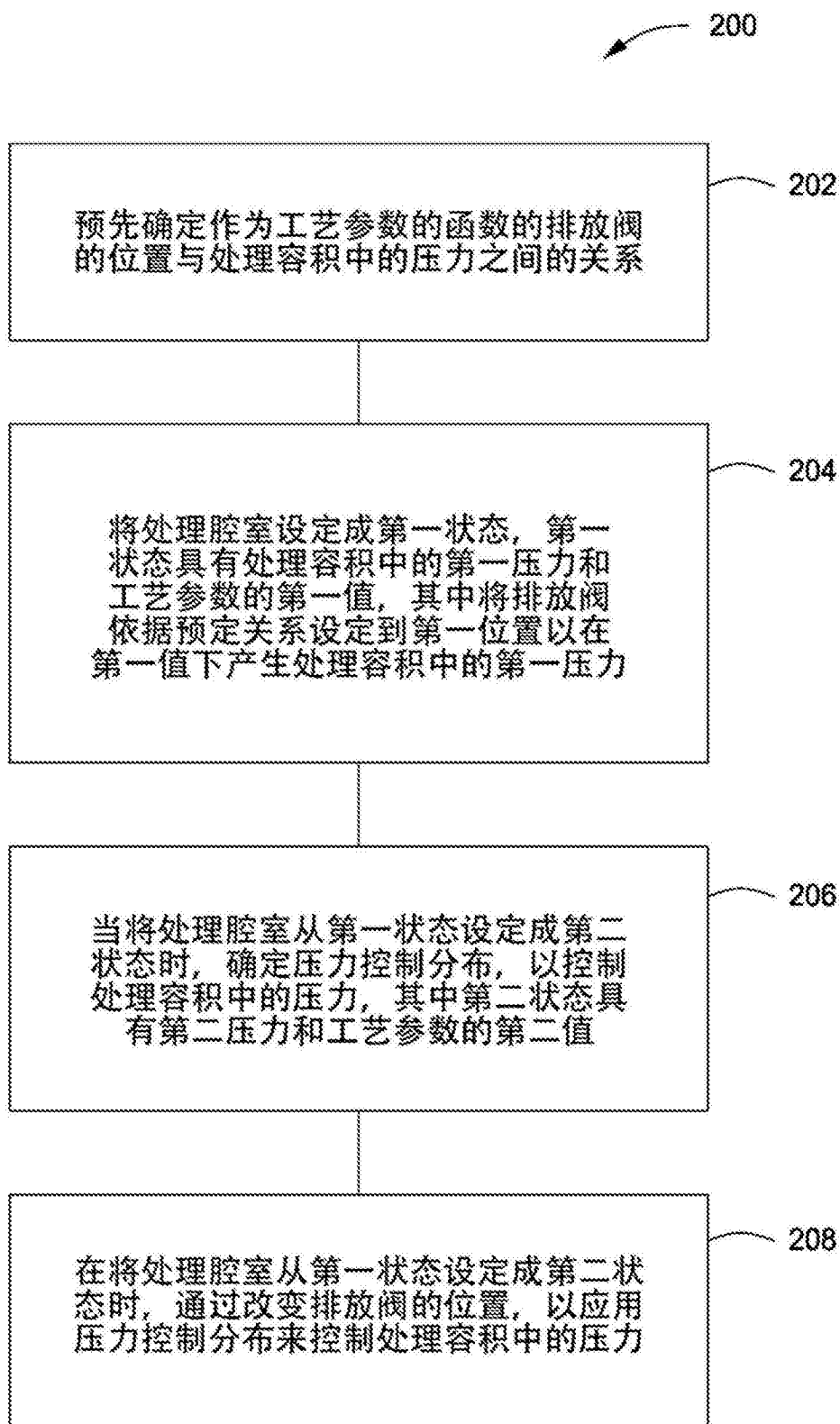


图2

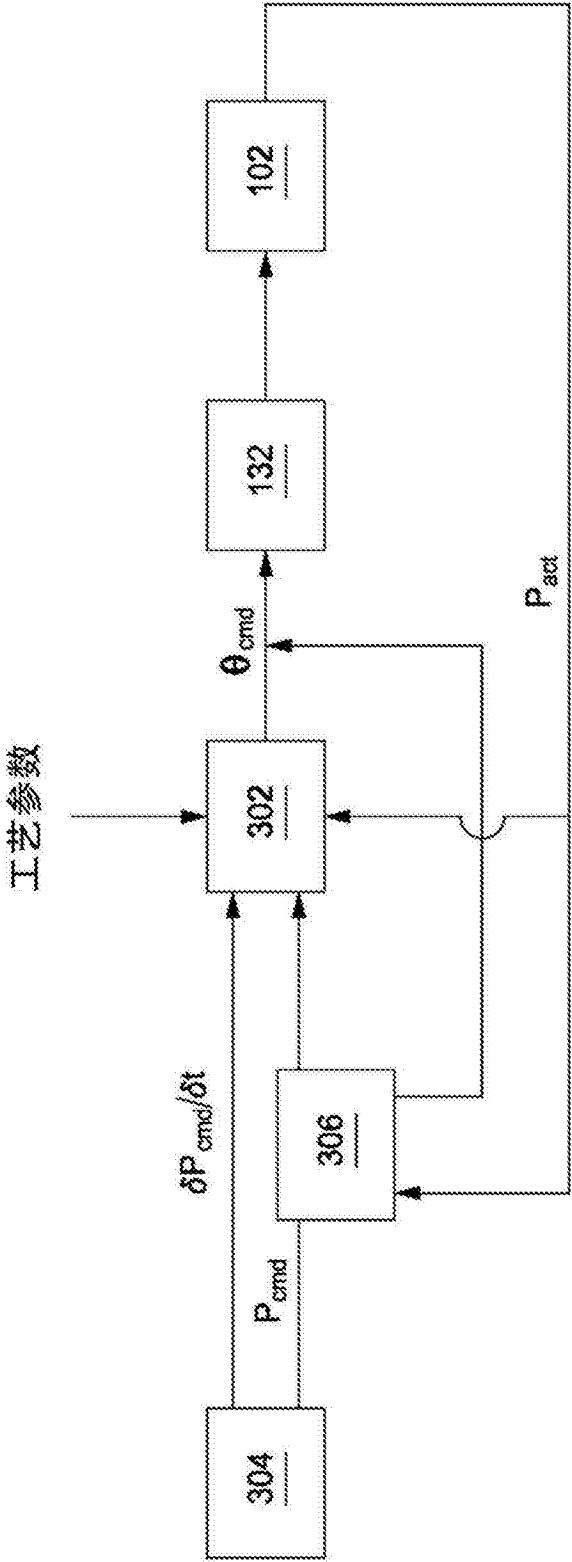


图3

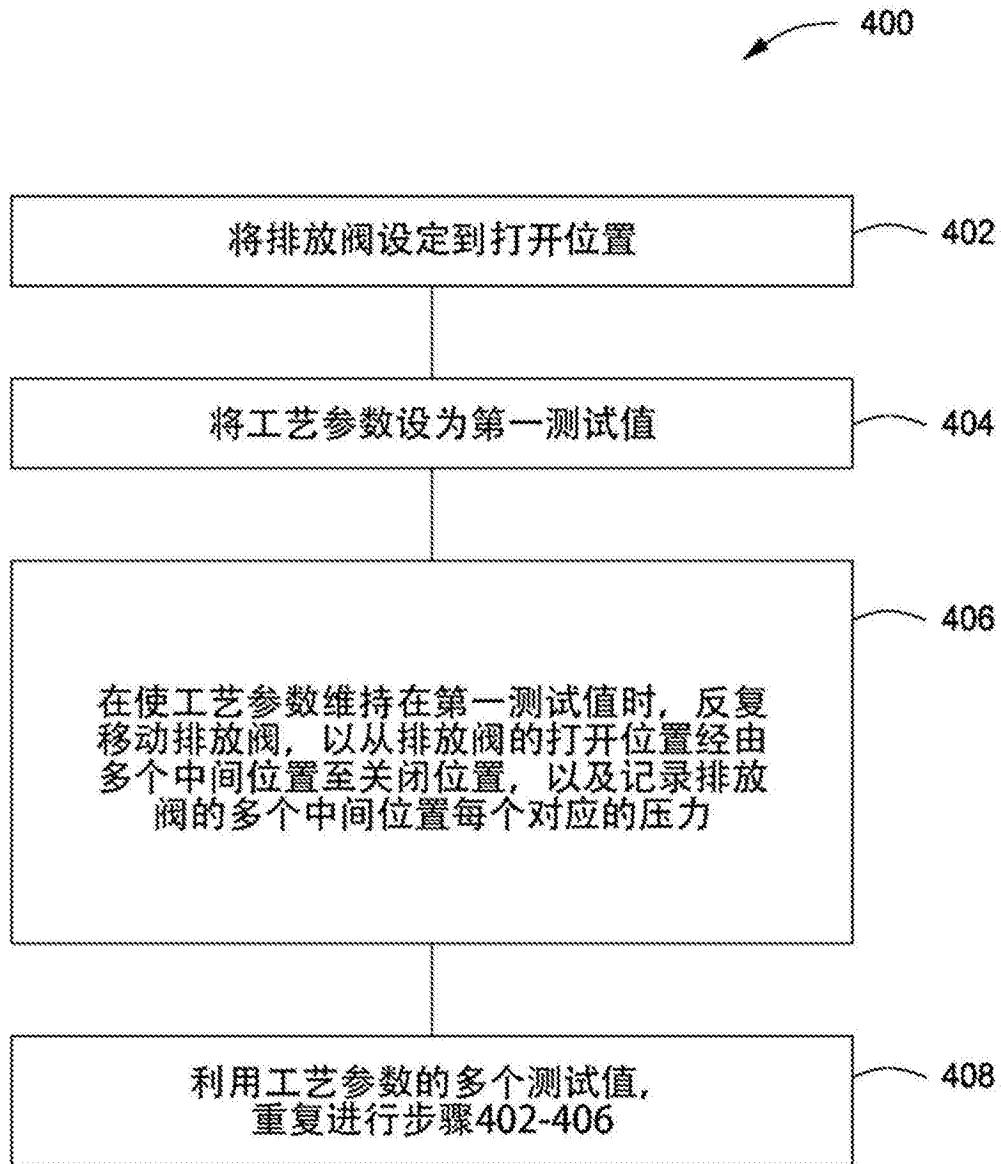


图4

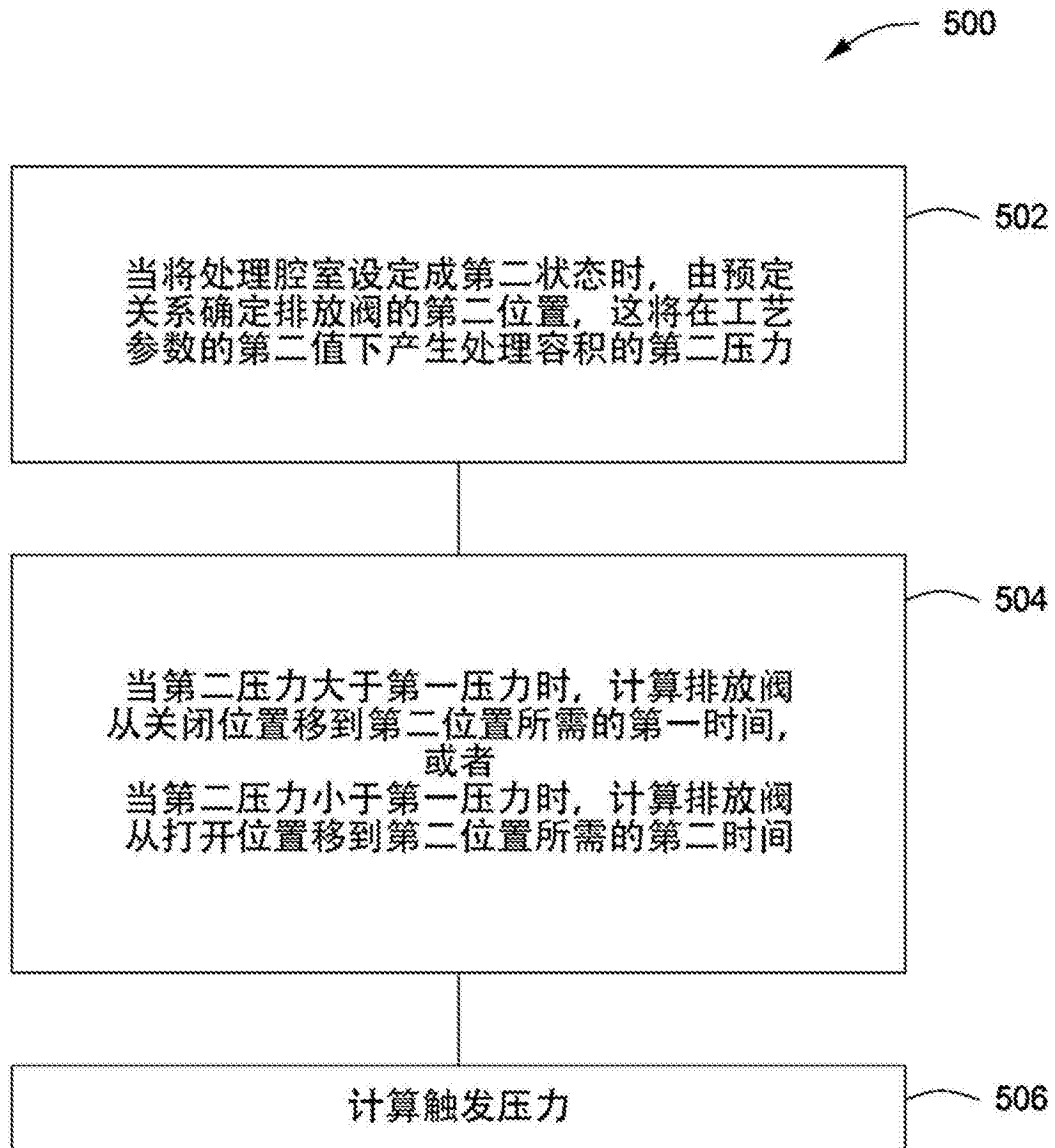


图5

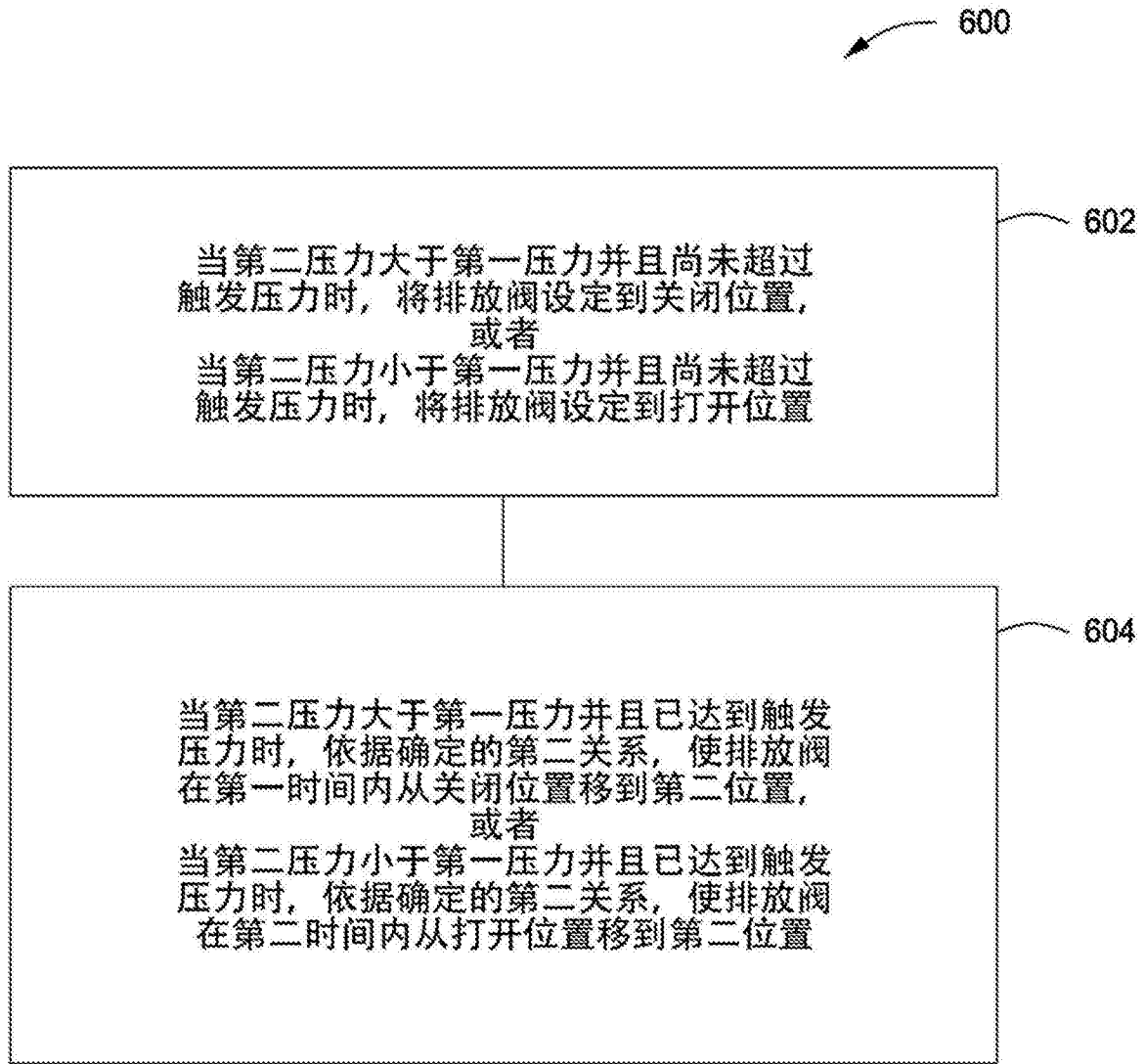


图6