



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104145322 B

(45)授权公告日 2017.05.17

(21)申请号 201380011983.2

(22)申请日 2013.02.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104145322 A

(43)申请公布日 2014.11.12

(30)优先权数据

61/605,231 2012.03.01 US

13/779,056 2013.02.27 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.09.01

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/028214 2013.02.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/130737 EN 2013.09.06

(73)专利权人 诺发系统公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 卡尔·利泽

(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 21/205(2006.01)

(56)对比文件

JP 2002270663 A, 2002.09.20, 全文.

JP 2001102281 A, 2001.04.13, 全文.

JP 2011233707 A, 2011.11.17, 全文.

US 2010256809 A1, 2010.10.07, 全文.

CN 1637283 A, 2005.07.13, 全文.

US 4725204 A, 1988.02.16, 全文.

审查员 李静

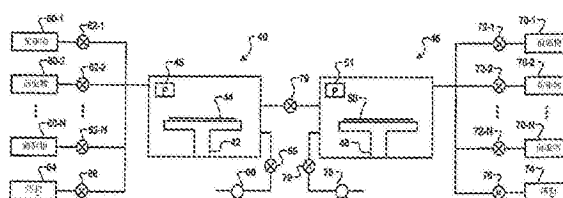
权利要求书4页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

作为化学再使用策略的反应体积的顺序级联

(57)摘要

一种衬底处理系统包括限定N个反应体积的一个或多个处理室。N-1个第一阀被布置在N个反应体积之间。控制器与N-1第一阀连通并被配置成：利用前驱物气体加压N个反应体积中的第一个至第一目标压力，等待第一预定的浸泡时期，排空N个反应体积中的第二个至低于第一目标压力的第二目标压力，以及打开N个反应体积中的第一个与N个反应体积中的第二个之间的N-1个第一阀中的一个。



1. 一种衬底处理系统,其包括:
一个或多个处理室,其限定N个反应体积,其中N是大于1的整数;
N-1个第一阀,其被布置在所述N个反应体积之间;
控制器,其与所述N-1个第一阀连通并且被配置成:
利用前驱物气体加压所述N个反应体积中的第一个至第一目标压力;
等待第一预定的浸泡时期;
排空所述N个反应体积中的第二个至低于所述第一目标压力的第二目标压力;
打开所述N个反应体积中的所述第一个与所述N个反应体积中的第二个之间的所述N-1个第一阀中的一个;
等待直到所述N个反应体积中的所述第一个与所述N个反应体积中的所述第二个之间存在预定的压力关系,并关闭所述N-1个第一阀中的一个;以及
引入额外量的所述前驱物气体至所述N个反应体积中的所述第二个以在关闭所述N-1个第一阀中的所述一个之后达到第三目标压力;以及
布置在所述N个反应体积之间的N-1个压缩机和N-1个第二阀,其中:
所述控制器进一步与所述N-1个压缩机和所述N-1个第二阀连通;以及
所述控制器被配置成:
在排空所述N个反应体积中的所述第二个至所述第二目标压力之后,打开所述N个反应体积中的所述第一个与所述N个反应体积中的所述第二个之间的所述N-1个第二阀中的一个;以及
操作所述N-1个压缩机中的一个以从所述N个反应体积中的所述第一个驱动所述前驱物气体至所述N个反应体积中的所述第二个。
2. 根据权利要求1所述的衬底处理系统,其进一步包括分别测量在所述N个反应体积中的压力的N个压力传感器,其中所述控制器被配置成与所述N个压力传感器连通。
3. 根据权利要求1所述的衬底处理系统,其进一步包括经由N个第二阀与所述N个反应体积流体连通的N个泵,其中所述控制器被配置成选择性地操作所述N个泵和所述N个第二阀。
4. 根据权利要求1所述的衬底处理系统,其中所述控制器被配置成:
响应于存在于所述N个反应体积中的所述第一个与所述N个反应体积中的所述第二个之间的所述预定的压力关系执行所述关闭所述N-1个第一阀中的所述一个。
5. 根据权利要求4所述的衬底处理系统,其中所述预定的压力关系是压力平衡。
6. 根据权利要求4所述的衬底处理系统,其中所述控制器被配置成从所述N个反应体积中的所述第一个清扫出残留的前驱物气体。
7. 根据权利要求1所述的衬底处理系统,其中所述控制器被配置成:
等待第二预定的浸泡时期;以及
使在所述N个反应体积中的所述第二个中的所述前驱物气体级联至所述N个反应体积中的额外的一个。
8. 根据权利要求1所述的衬底处理系统,其中所述控制器被配置成关闭所述N-1个第一阀中的所述一个以及所述N-1个第二阀中的所述一个。
9. 根据权利要求8所述的衬底处理系统,其中所述控制器被配置成添加额外量的所述

前驱物气体至所述N个反应体积中的所述第二个以达到第三目标压力。

10. 根据权利要求8所述的衬底处理系统,其中所述控制器被配置成从所述N个反应体积中的所述第一个清扫出残留的前驱物。

11. 一种衬底处理系统,其包括:

处理室,其限定反应体积;

第一阀,其被布置在所述反应体积与存储体积之间;

控制器,其与所述第一阀连通并且被配置成:

利用前驱物气体加压所述反应体积至第一目标压力;

等待预定的浸泡时期;

排空所述存储体积至低于所述第一目标压力的压力;以及

打开所述第一阀;

第二阀,其被布置在所述第一阀与所述存储体积之间;

压缩机,其被布置在所述第一阀和所述第二阀之间,

其中所述控制器连通所述第二阀和所述压缩机,并且被配置成操作所述第一阀、所述第二阀和所述压缩机以从所述反应体积驱动所述前驱物气体至所述存储体积;以及

N个额外的反应体积;

N个额外的阀,其连接所述N个额外的反应体积至所述压缩机,

其中所述控制器被配置成:

打开所述第一阀中的一个或所述N个额外的阀中的一个;

打开所述第二阀;以及

操作所述压缩机以从所述存储体积泵送所述前驱物气体至所述反应体积中的一个或所述N个额外的反应体积中的一个。

12. 根据权利要求11所述的衬底处理系统,其进一步包括:

压力传感器,其测量在所述反应体积中的压力;以及

泵,其经由第三阀与所述反应体积流体连通,

其中所述控制器连通所述压力传感器、所述泵和所述第三阀。

13. 根据权利要求11所述的衬底处理系统,其中所述控制器被配置成关闭所述第一阀和所述第二阀。

14. 根据权利要求11所述的衬底处理系统,其中所述控制器被配置成从所述反应体积清扫出残留的前驱物。

15. 根据权利要求14所述的衬底处理系统,其中所述控制器被配置成:

打开在所述反应体积与所述存储体积之间的所述第一阀和所述第二阀;以及

操作所述压缩机以从所述存储体积驱动所述前驱物气体至所述反应体积。

16. 一种操作衬底处理系统方法,其包括:

利用前驱物气体加压N个反应体积中的第一个至第一目标压力;

等待第一预定的浸泡时期;

排空所述N个反应体积中的第二个至低于所述第一目标压力的第二目标压力;

打开所述N个反应体积中的所述第一个与所述N个反应体积中的第二个之间的N-1个第一阀中的一个;

在排空所述N个反应体积中的所述第二个至所述第二目标压力之后,打开所述N个反应体积中的所述第一个与所述N个反应体积中的所述第二个之间的N-1个第二阀中的一个;

操作所述N-1个第一阀中的一个与所述N-1个第二阀中的一个之间的N-1个压缩机中的一个以从所述N个反应体积中的所述第一个驱动所述前驱物气体至所述N个反应体积中的所述第二个;

关闭所述N-1个第一阀中的所述一个以及所述N-1个第二阀中的所述一个;以及

添加额外量的所述前驱物气体至所述N个反应体积中的所述第二个以达到第三目标压力。

17.根据权利要求16所述的方法,其进一步包括:

等待直到所述N个反应体积中的所述第一个与所述N个反应体积中的所述第二个之间产生预定的压力关系;以及

关闭所述N-1个第一阀中的所述第一个。

18.根据权利要求17所述的方法,其中所述预定的压力关系是压力平衡。

19.根据权利要求17所述的方法,其进一步包括引入额外量的所述前驱物气体至所述N个反应体积中的所述第二个以在关闭所述N-1个第一阀中的所述第一个之后达到第三目标压力。

20.根据权利要求17所述的方法,其进一步包括从所述N个反应体积中的所述第一个清扫出残留的前驱物气体。

21.根据权利要求19所述的方法,其进一步包括:

等待第二预定的浸泡时期;以及

使所述前驱物气体级联至所述N个反应体积中的额外的一个。

22.根据权利要求16所述的方法,其进一步包括从所述N个反应体积中的所述第一个清扫出残留的前驱物气体。

23.一种操作衬底处理系统的方法,其包括:

利用前驱物气体加压反应体积至第一目标压力;

等待预定的浸泡时期;

排空存储体积至低于所述第一目标压力的压力;

打开位于所述反应体积与所述存储体积之间的第一阀;

打开所述第一阀与所述存储体积之间的第二阀;

操作所述第一阀与所述第二阀之间的压缩机以从所述反应体积驱动所述前驱物气体至所述存储体积,以及

打开所述第一阀或N个额外的阀中的一个,其中所述N个额外的阀连接N个额外的反应体积至所述压缩机;

打开所述第二阀;以及

操作所述压缩机以从所述存储体积泵送所述前驱物气体至所述反应体积中的一个或所述N个额外的反应体积中的一个。

24.根据权利要求23所述的方法,其进一步包括关闭所述第一阀和所述第二阀。

25.根据权利要求23所述的方法,其进一步包括从所述反应体积清扫出残留的前驱物气体。

26. 根据权利要求23所述的方法,其进一步包括:
打开在所述反应体积和所述存储体积之间的所述第一阀和所述第二阀;以及
操作所述压缩机以从所述存储体积驱动所述前驱物气体至所述反应体积。

作为化学再使用策略的反应体积的顺序级联

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2013年2月27日提交的申请号为13/779,056的美国实用新型申请的优先权,以及要求于2012年3月1日提交的申请号为61/605,231的美国临时申请的权益。以上所引用的申请的全部公开内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及衬底处理室,并且更具体地涉及半导体处理室。

背景技术

[0004] 本文提供的背景技术描述是为了总体上呈现本发明的上下文的目的。在本背景技术部分所描述的范围内的目前署名的发明人的工作、以及在提交申请时可能未以其它方式认定为现有技术的本说明书的各方面,既没有明示地也没有暗示地被承认为是相对于本发明的现有技术。

[0005] 一些基于气相的反应技术及其相关应用(例如介电常数(k)恢复和原子层沉积(ALD))需要昂贵的前驱物气体。这些处理涉及将衬底暴露于在目标压力下的前驱物气体,使该衬底被浸泡,然后排放该前驱物气体(暴露/浸泡/排放的顺序)。为了使前驱物气体的使用最小化,已经付出显著的努力以最大限度地减少反应体积,其减少每个晶片的前驱物气体消耗。然而,较小的反应体积可能导致其它不期望有的反应器设计妥协,其可能会增加基于所通过的每个晶片的成本。

[0006] 现在参考图1,示出了第一反应体积10。基座12被布置在第一反应体积10中并且为诸如半导体晶片之类的衬底14提供支撑。前驱物气体20-1、20-2、...和20-N(统称为前驱物气体20)经由阀22-1、22-2、...和22-N(统称为阀22)被供应至第一反应体积10,其中N是整数。清扫气体24经由阀26被供应至第一反应体积10。泵30可以被用于从第一反应体积10选择性地抽取前驱物气体和/或清扫气体。

[0007] 现在参考图2,示出了用于操作第一反应体积10的方法。在31中,N=1。在32中,衬底14被布置在第一反应体积10中并且在目标压力下暴露于第一前驱物气体。在34中,使衬底14在前驱物气体中浸泡持续预定的时间。在36中,将前驱物气体从第一反应体积10清扫出并丢弃。在38中,如果将使用另一种前驱物气体,则控制返回到32。任选地,顺序可以经由39和41循环。否则结束该处理。

发明内容

[0008] 一种衬底处理系统包含限定n个反应体积的一个或多个处理室,其中N是大于1的整数。N-1个第一阀被布置于该N个反应体积之间。控制器与该N-1个第一阀连通并且被配置成利用前驱物气体加压该N个反应体积中的第一个至第一目标压力,等待第一预定浸泡时期,排空该N个反应体积中的第二个到低于该第一目标压力的第二目标压力,并打开该N个反应体积中的第一个与该N个反应体积中的第二个之间的该N-1个第一阀中的一个。

[0009] 在其它特征中,N个压力传感器分别测量在N个反应体积中的压力。控制器被配置成与该N个压力传感器连通。N个泵经由N个第二阀与该N个反应体积流体连通。控制器被配置成选择性地操作该N个泵和该N个第二阀。

[0010] 在其它特征中,控制器被配置成等待直到该N个反应体积中的第一个与该N个反应体积中的第二个之间存在预定的压力关系,并关闭该N-1个第一阀中的一个。该预定的压力关系是压力平衡。

[0011] 在其它特征中,控制器被配置成引入额外量的该前驱物气体至该N个反应体积中的第二个以在关闭该N-1个第一阀中的一个之后获得第三目标压力。

[0012] 在其它特征中,控制器被配置成从该N个反应体积中的第一个清扫出残留的前驱物气体。

[0013] 在其它特征中,控制器被配置成等待第二预定浸泡时期并且使在该N个反应体积中的第二个中的该前驱物气体级联至该N个反应体积中的另外一个中。

[0014] 在还有的其它特征中,N-1个压缩机和N-1个第二阀被布置在该N个反应体积之间。控制器进一步与该N-1个压缩机和该N-1个第二阀连通。控制器被配置成,在排空该N个反应体积中的第二个至该第二目标压力之后,打开在该N个反应体积中的第一个与该N个反应体积中的第二个之间的该N-1个第二阀中的一个,并操作该N-1个压缩机中的一个以从该N个反应体积中的第一个驱动该前驱物气体至该N个反应体积中的第二个。

[0015] 在其它特征中,控制器被配置成关闭该N-1个第一阀中的一个以及该N-1个第二阀中的一个。控制器被配置成添加额外量的该前驱物气体至该N个反应体积中的第二个以获得第三目标压力。控制器被配置成从该N个反应体积中的第一个清扫出残留的前驱物气体。

[0016] 一种衬底处理系统,其包括限定反应体积的处理室。第一阀被设置在该反应体积和存储体积之间。控制器与该第一阀连通并被配置成利用前驱物气体加压该反应体积至第一目标压力,等待预定的浸泡时期,排空该存储体积至低于该第一目标压力的压力,并打开该第一阀。

[0017] 在其它特征中,控制器与第二阀和压缩机连通,并且被配置成操作该第一阀、该第二阀和该压缩机以从该反应体积驱动该前驱物气体至该存储体积。

[0018] 在其它特征中,压力传感器测量在反应体积中的压力。泵经由第二阀与该反应体积流体连通。控制器与该压力传感器、该泵和该第二阀连通。控制器被配置成关闭该第一阀和该第二阀。控制器被配置成从该反应体积清扫出残留的前驱物。控制器被配置成打开在该反应体积与该存储体积之间的该第一阀和该第二阀,并且操作压缩机以从该存储体积驱动该前驱物气体至该反应体积。

[0019] 在其它特征中,N个额外的反应体积和N个额外的阀连接该N个额外的反应体积至该压缩机。控制器被配置成打开该第一阀中的一个或该N个额外的阀中的一个,打开该第二阀,并操作该压缩机以从该存储体积泵送该前驱物气体至该反应体积中的一个或N个额外的反应体积中的一个。

[0020] 本发明的应用的进一步领域将从具体实施方式、权利要求书和附图中变得显而易见。具体实施方式和具体实施例仅旨在为说明的目的,而不是旨在限制本发明的范围。

附图说明

- [0021] 本发明将从具体实施方式和附图被更充分地理解,其中:
- [0022] 图1是根据现有技术的第一反应体积的功能方框图;
- [0023] 图2是根据现有技术示出第一反应体积的操作的流程图;
- [0024] 图3是根据本发明的第一反应体积和第二反应体积的功能方框图;
- [0025] 图4是根据本发明的三个或更多个级联反应体积的功能方框图;
- [0026] 图5是根据本发明的控制器的功能方框图;
- [0027] 图6是示出用于操作图3的第一反应体积和第二反应体积的方法的流程图;
- [0028] 图7是对根据本发明的第一反应体积和第二反应体积的另一种布置的功能方框图;
- [0029] 图8是根据本发明的另一种控制器的功能方框图;
- [0030] 图9是示出用于操作图7的第一反应体积和第二反应体积的方法的流程图;
- [0031] 图10是根据本发明的反应体积的另一种布置的功能方框图;以及
- [0032] 图11是示出用于操作图10的反应体积的方法的流程图。

具体实施方式

[0033] 根据本发明,使衬底在第一反应体积中于第一目标压力下暴露于前驱物气体。让该衬底浸泡前驱物气体中。然后,打开从第一反应体积至被排空且在低于第一目标压力的压力下的第二反应体积(或存储体积)的阀。在压力平衡后,关闭该阀且添加前驱物气体至第二反应体积以达到可能与第一目标压力相同或者可能与第一目标压力不相同的第二目标压力。

[0034] 现在参考图3,示出了第一反应体积40。基座42被布置在第一反应体积40中并且为诸如半导体晶片之类的衬底44提供支撑。压力传感器45可以被布置在第一反应体积40中以监测压力。还示出了第二反应体积46。基座48被布置在第二反应体积46中并且为诸如半导体晶片之类的衬底50提供支撑。压力传感器51可以被布置在第二处理体积46中以监测压力。替代地,可以省略压力传感器45和压力传感器51,并且可以使用定时器以基于时间和/或其它参数来估计压力。

[0035] 前驱物气体60-1、60-2、...、和60-N(统称为前驱物气体60)经由阀62-1、62-2、...、和62-N(统称为阀62)被选择性地供应至第一反应体积40。清扫气体64经由阀66被供应至第一反应体积40。泵68和阀69可以被用于从第一反应体积40选择性地抽取前驱物气体和/或清扫气体。

[0036] 前驱物气体70-1、70-2和70-N(统称为前驱物气体70)经由阀72-1、72-2、...、和72-N(统称为阀72)被选择性地供应至第二反应体积46。清扫气体74经由阀76被选择性地供应至第二反应体积46。泵78和阀79可以被用于从第二反应体积46选择性地抽取前驱物气体和/或清扫气体。

[0037] 如将在下面进一步描述的,使衬底44在第一反应体积40中暴露于前驱物气体。使衬底44于第一目标压力下浸泡在前驱物气体中。然后,打开在第一反应体积40与第二反应体积46之间的阀79。在打开阀79之前,该第二反应体积46被排空并且维持在低于第一反应体积40压力的压力下。在压力平衡后,添加前驱物气体至第二反应体积46以达到可能与第一目标压力相同或者可能与第一目标压力不相同的第二目标压力。使衬底50被浸泡。可以

理解的是,前驱物气体可以被清扫和排放或在反应体积40中再使用。

[0038] 虽然图3示出了第一反应体积40和第二反应体积46,但是可以使用三个或更多个级联反应体积。现在参照图4,示出了包括三个或更多个级联反应体积82-1、82-2和82-M的系统80,其中M是大于2的整数。此外,虽然对于每个处理室示出了一个反应体积,但是每个处理室可以与一个或多个反应体积结合。

[0039] 现在参考图5,示出了可以用于控制采用多个反应体积的处理的控制器90。控制器90与一个或多个阀(如统一表示为图5中的92的阀62、阀72和阀79)、一个或多个泵(如统一表示为图5中的94的泵68和泵78)和/或一个或多个压力传感器(如统一表示为图5中的96的压力传感器45和压力传感器51)连通和/或控制一个或多个阀(如统一表示为图5中的92的阀62、阀72和阀79)、一个或多个泵(如统一表示为图5中的94的泵68和泵78)和/或一个或多个压力传感器(如统一表示为图5中的96的压力传感器45和压力传感器51)。

[0040] 现在参考图6,示出了用于操作图3的第一反应体积和第二反应体积的控制器的方法100的实施例。在104中,利用前驱物气体加压第一反应体积至第一目标压力。在108中,使衬底浸泡持续预定的时间。在112中,排空第二反应体积至低于第一反应体积压力的压力。在116中,打开阀79。在120中,设置预定的周期的时间,以允许产生压力平衡。如本文中所使用的,平衡表示相等或基本上相等的压力。在一些实施例中,基本上相等的压力表示彼此的压力在10%、5%、2%、1%或更低之内。该平衡压力将低于在第二反应体积中的目标浸泡压力。如果体积是相等的,则在假设处理体积相等的情况下平衡压力将大约为目标压力的一半。

[0041] 在124中,关闭阀79。在128中,引入额外的前驱物气体至第二反应体积中以达到第二目标压力。在132中,可以排放在第一反应体积中的残留的前驱物气体。使衬底浸泡在第二反应体积中。在136中,在第二反应体积中的前驱物气体可以被清扫和排放或如果有需要则级联至额外的反应体积。

[0042] 现在参考图7-8,示出了第一反应体积和第二反应体积的另一种布置。压缩机150被布置在阀151(其连接到第一反应体积40)和阀152(其连接到第二反应体积46)之间。在图8中,控制器90可以进一步被连接至压缩机150。

[0043] 现在参考图9,示出了用于操作图7的第一反应体积和第二反应体积的控制器的方法200的实施例。在204中,利用前驱物气体加压第一反应体积至第一目标压力。在208中,使衬底在前驱物气体中浸泡持续预定的周期。在212中,排空第二反应体积至低于第一反应体积压力的压力。在216中,打开至压缩机150的阀151和阀152。压缩机150利用增加的能量压缩前驱物以驱动它进入第二反应体积46。

[0044] 第二反应体积的加压将遵循一阶指数响应曲线。此外,由于因为压缩引起的热力损耗,稳态最大可达到的压力将低于第二反应体积的目标压力,但高于在图3和图6中所述的处理提供的压力。

[0045] 在220中,关闭阀151和阀152。在224中,引入额外的前驱物气体至第二反应体积以达到第二目标压力。在228中,可以排放在第一反应体积中的残留的前驱物气体。使在第二反应体积中的衬底被浸泡。在232中,如果有需要,则在第二反应体积中的前驱物气体可以被级联到额外的反应体积。

[0046] 反应体积的实施例包括但不限于衬底处理室或衬底处理室的站点。处理的实施例

包括但不限于：共形膜沉积、原子层沉积、等离子体增强原子层沉积、以及介电常数(k)恢复处理。基座可以被实施温度控制和/或由RF偏置施加偏置。虽然上述处理包括浸泡步骤，但是可以执行额外的操作。

[0047] 现在参考图10，示出了另一种衬底处理系统300。处理气体304-1、304-2、...、和304-T分别经由阀306-1、306-2、...、和306-T被选择性地供应至反应体积310-1、310-2、...、和310-T。压力传感器312-1、312-2、...、和312-T分别监测在反应体积310-1、310-2、...、310-T中的压力。反应体积310-1、310-2、...、及310-T可以分别利用阀318-1、318-2、...、及318-T和泵320-1、320-2、...、及320-T被排空。阀324-1、324-2、...、和324-T、压缩机326和第二阀330被连接在相应的反应体积310-1、310-2、...、及310-T与存储体积334之间。可以利用阀338和泵340排空存储体积334。

[0048] 控制器350与压力传感器312和336、泵320和340、阀318、324、330及338和压缩机326连通。控制器350利用前驱物加压反应体积310-1的反应体积至第一目标压力。控制器350等待预定的浸泡时期。控制器350排空存储体积334至低于第一目标压力的压力。控制器350打开在反应体积310-1与存储体积334之间的阀324-1和阀330。控制器350操作压缩机326以从反应体积310-1泵送前驱物气体至存储体积334。

[0049] 控制器350关闭阀324-1和阀330。控制器350可以从第一反应体积清扫残留的前驱物。控制器350可以打开在反应体积310-1、310-2、...、和310-T中的一个与存储体积334之间的阀324-1、324-2、...、和324-T中的任何一个和阀330并且操作压缩机326以从存储体积334泵回前驱物至反应体积310-1、310-2、...、和310-T中的一个。额外的前驱物气体可以被添加到上述所选择的反应体积。

[0050] 可以理解的是，T个处理室可以被连接至S个存储体积，其中T和S是整数并且 $T \geq S$ 。例如，在图10中，T个处理室可以被连接到1个共享的存储体积。前驱物气体可以返回到相同的处理室或不同的处理室。

[0051] 现在参考图11，示出了用于操作图10的反应体积和存储体积的方法400的实施例。在404中，利用前驱物气体加压第一反应体积至第一目标压力。在408中，使衬底浸泡在前驱物气体中持续预定的周期。在412中，排空存储体积至低于第一反应体积压力的压力。在416中，打开阀并且操作压缩机。压缩机利用增加的能量压缩前驱物以驱动它进入存储体积。

[0052] 在420中，控制关闭阀。在428中，可以排放在第一反应体积中的残留的前驱物气体。第一反应体积中可以进行一个或多个操作。在432中，打开从存储体积至第一反应体积或其它反应体积中的任何一个的阀并且操作压缩机以输送前驱物气体至所选择的反应体积。

[0053] 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发明、其应用、或使用。本发明的广泛教导可以以各种形式来实现。因此，虽然本发明包括具体的实施例，但是本发明的真实范围不应当受此限制，因为对于附图、说明书和以下权利要求书的研究将使其它的修改变得显而易见。为清楚起见，将在附图中使用相同的附图标记以标识类似的元件。如本文所使用地，短语A、B和C中的至少一个应该被解释为使用非排他性的逻辑上的“或”来意指逻辑上的(A或B或C)。但是应当理解的是，在方法内的一个或多个步骤可以在不改变本发明的原理的情况下以不同的顺序(或同步地)执行。

[0054] 如本文所使用地，术语控制器可以指专用集成电路(ASIC)、电子电路、组合逻辑电

路、现场可编程门阵列 (FPGA)、执行代码的处理器 (共享、专用或组)、提供所述功能的其它合适的硬件部件、或如在系统级芯片中的上述一些或所有的组合;可以是专用集成电路 (ASIC)、电子电路、组合逻辑电路、现场可编程门阵列 (FPGA)、执行代码的处理器 (共享、专用或组)、提供所述功能的其它合适的硬件部件、或如在系统级芯片中的上述一些或所有的组合的部分;或者可以包括专用集成电路 (ASIC)、电子电路、组合逻辑电路、现场可编程门阵列 (FPGA)、执行代码的处理器 (共享、专用或组)、提供所述功能的其它合适的硬件部件、或如在系统级芯片中的上述一些或所有的组合。术语控制器可以包括存储由处理器执行的代码的存储器 (共享, 专用或组)。

[0055] 如上所使用地, 术语代码可以包括软件、固件、和/或微代码, 并且可以指程序、例行程序、函数、类、和/或对象。如上所使用地, 术语共享是指可以利用单个 (共享) 处理器执行来自多个控制器的一些或全部代码。此外, 可以通过单个 (共享) 存储器存储来自多个控制器的一些或全部代码。如上所使用地, 术语组是指可以利用成组的处理器执行来自单个控制器的一些或全部代码。此外, 可以利用成组的存储器存储来自单个控制器的一些或全部代码。

[0056] 本文所述的装置和方法可以通过由一个或多个处理器执行的一个或多个计算机程序来实现。计算机程序包括存储在非临时性的有形计算机可读介质上的处理器可执行的指令。该计算机程序还可以包括所存储的数据。非临时性的有形计算机可读介质的非限制性实施例是非易失性存储器、磁存储器和光存储器。

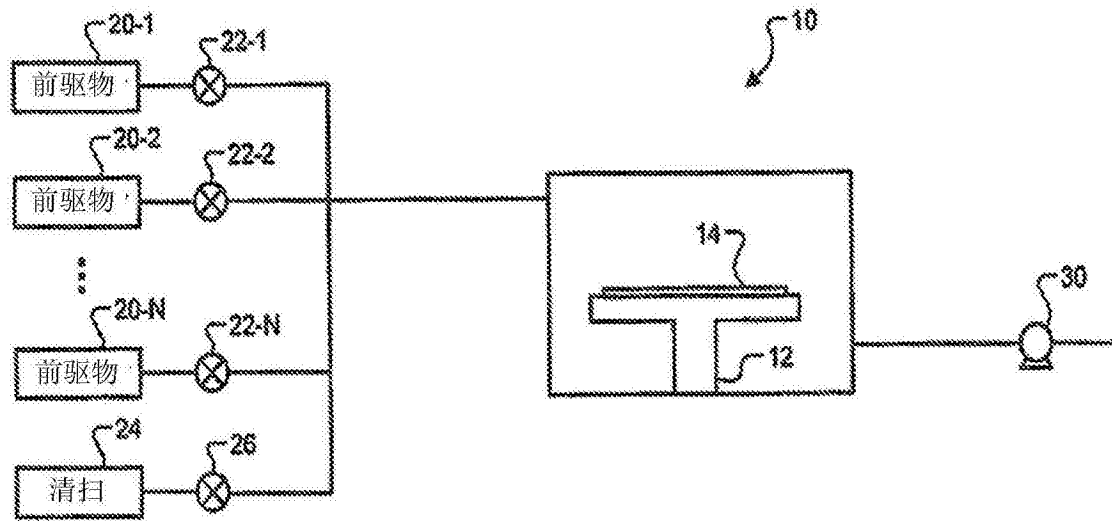


图1
现有技术

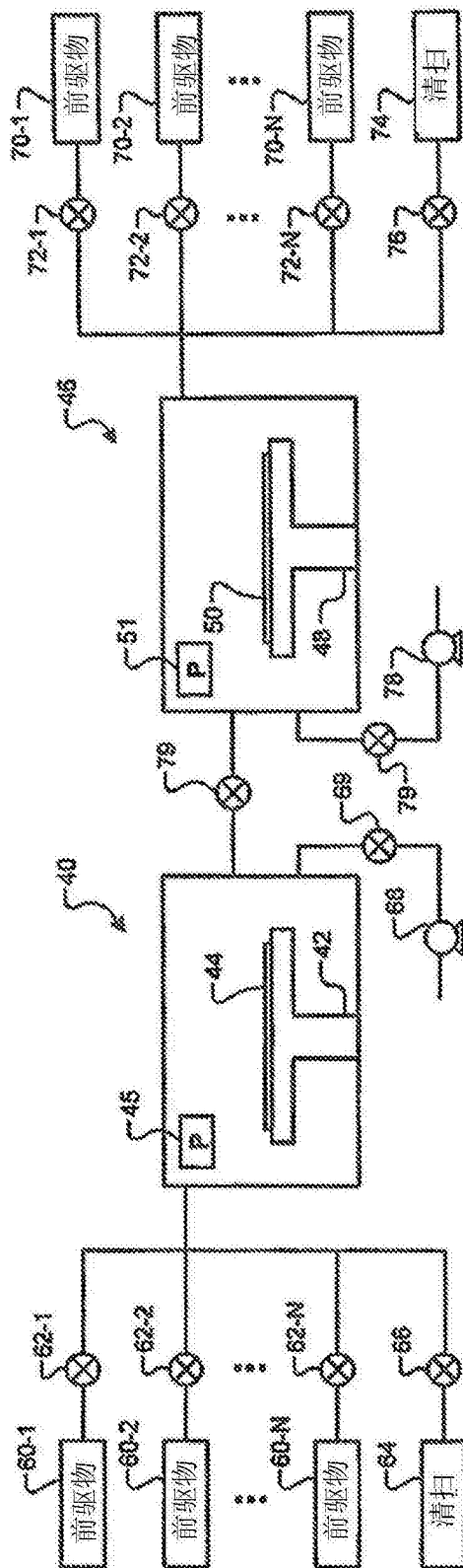
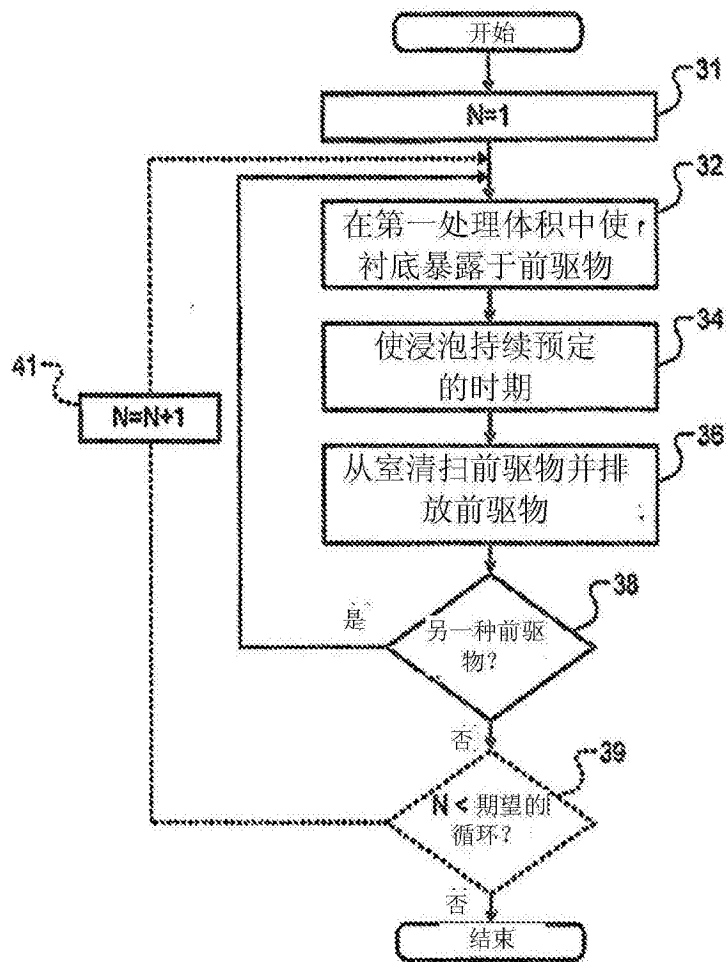


图3

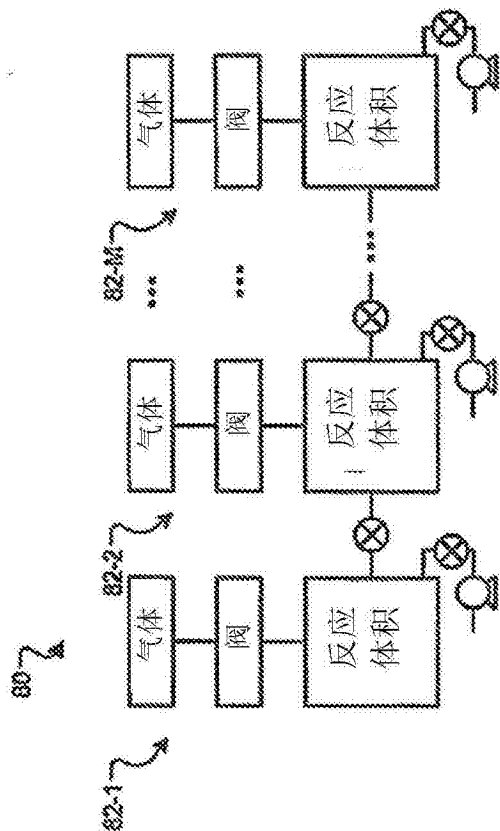


图4

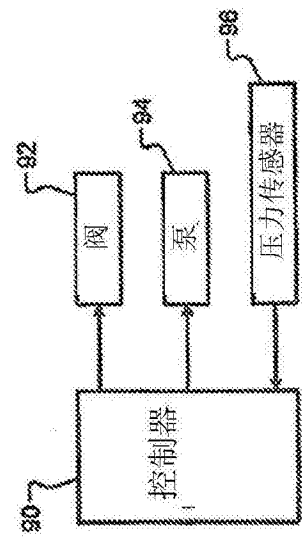


图5

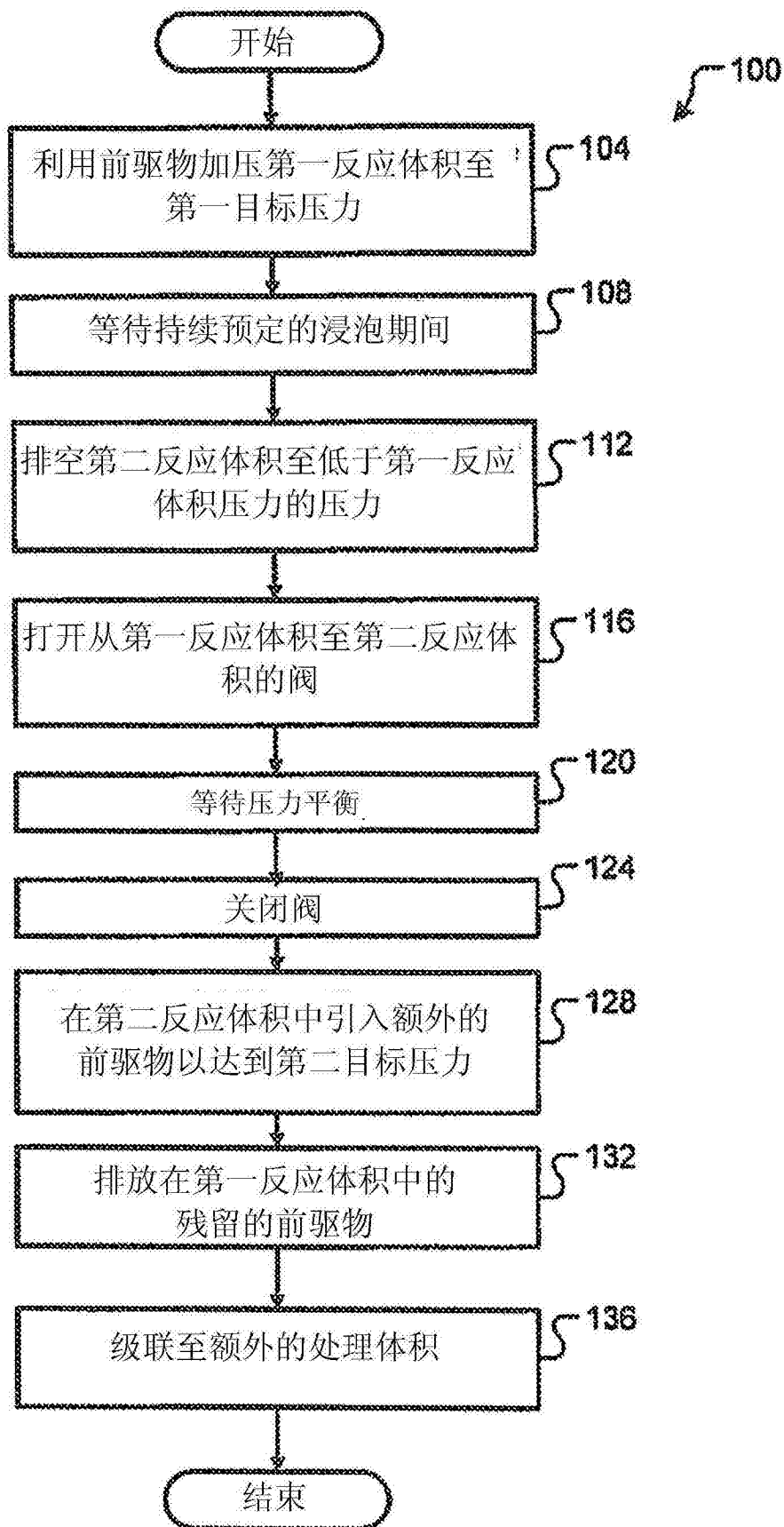


图6

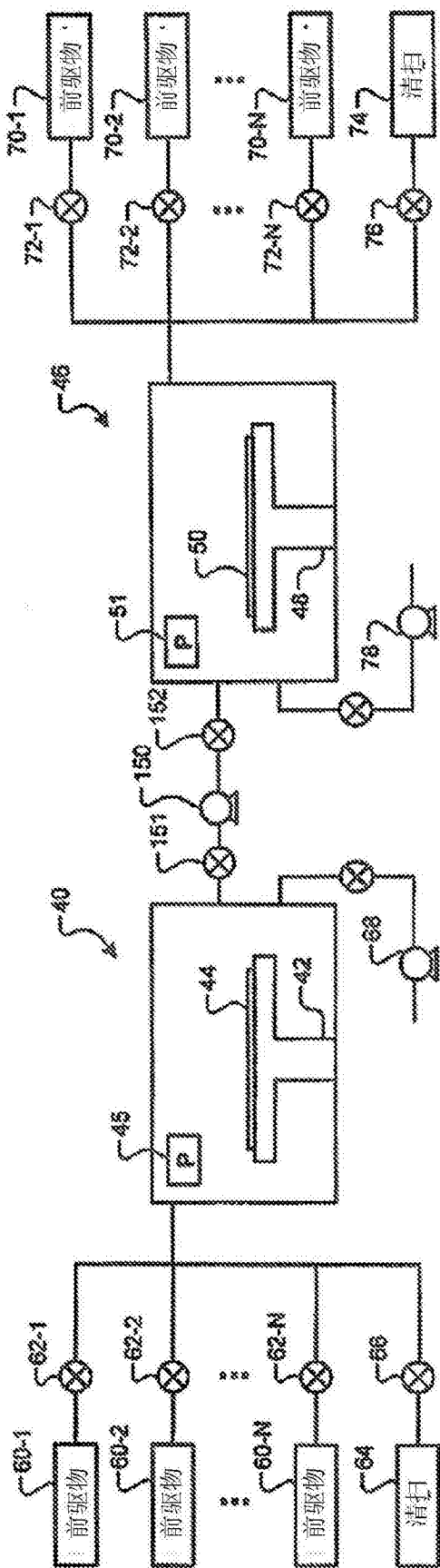


图7

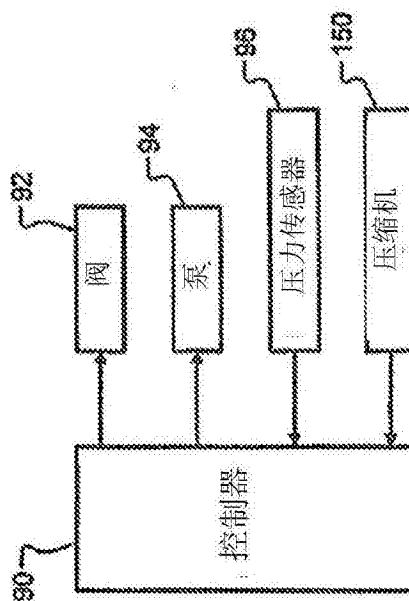


图8

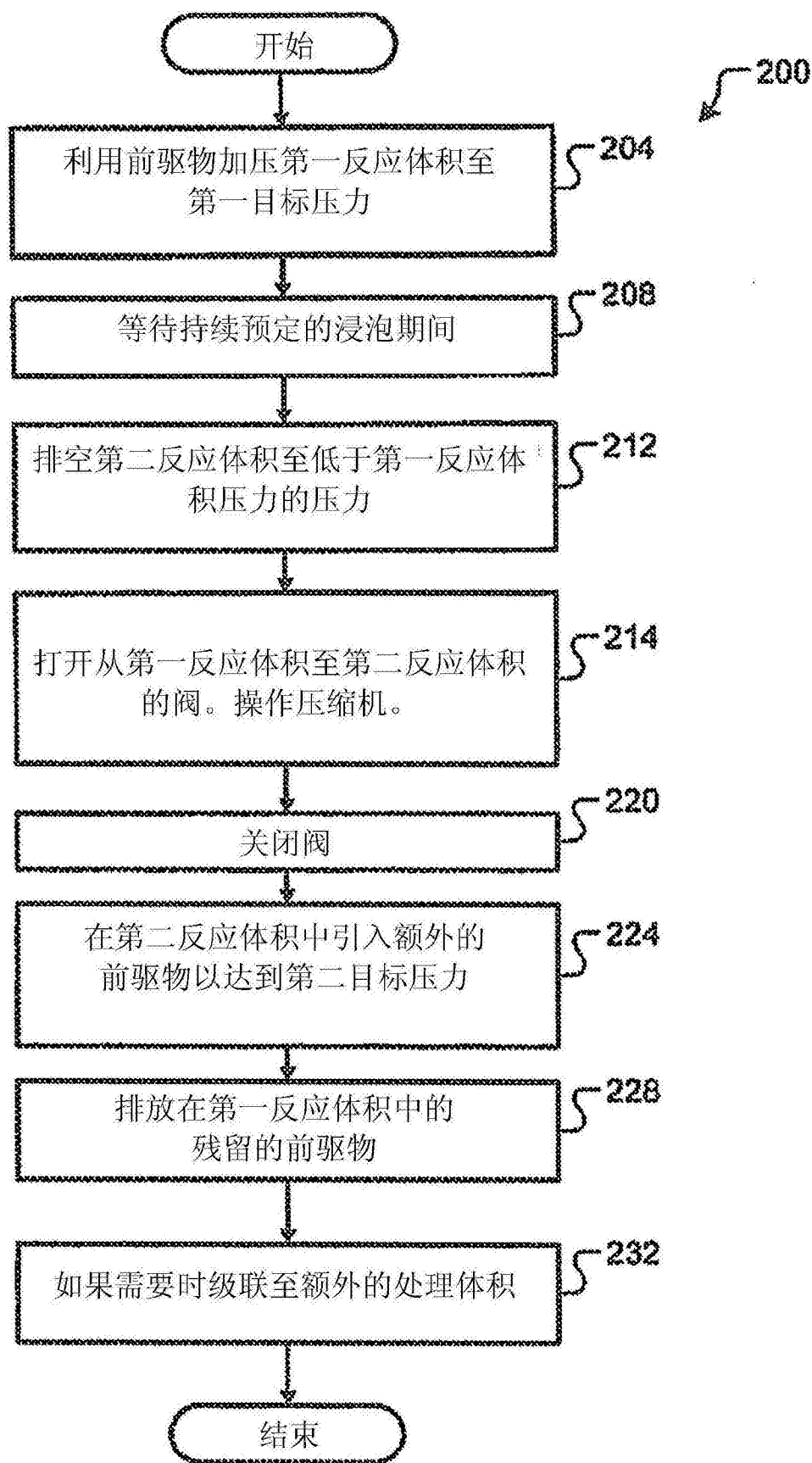


图9

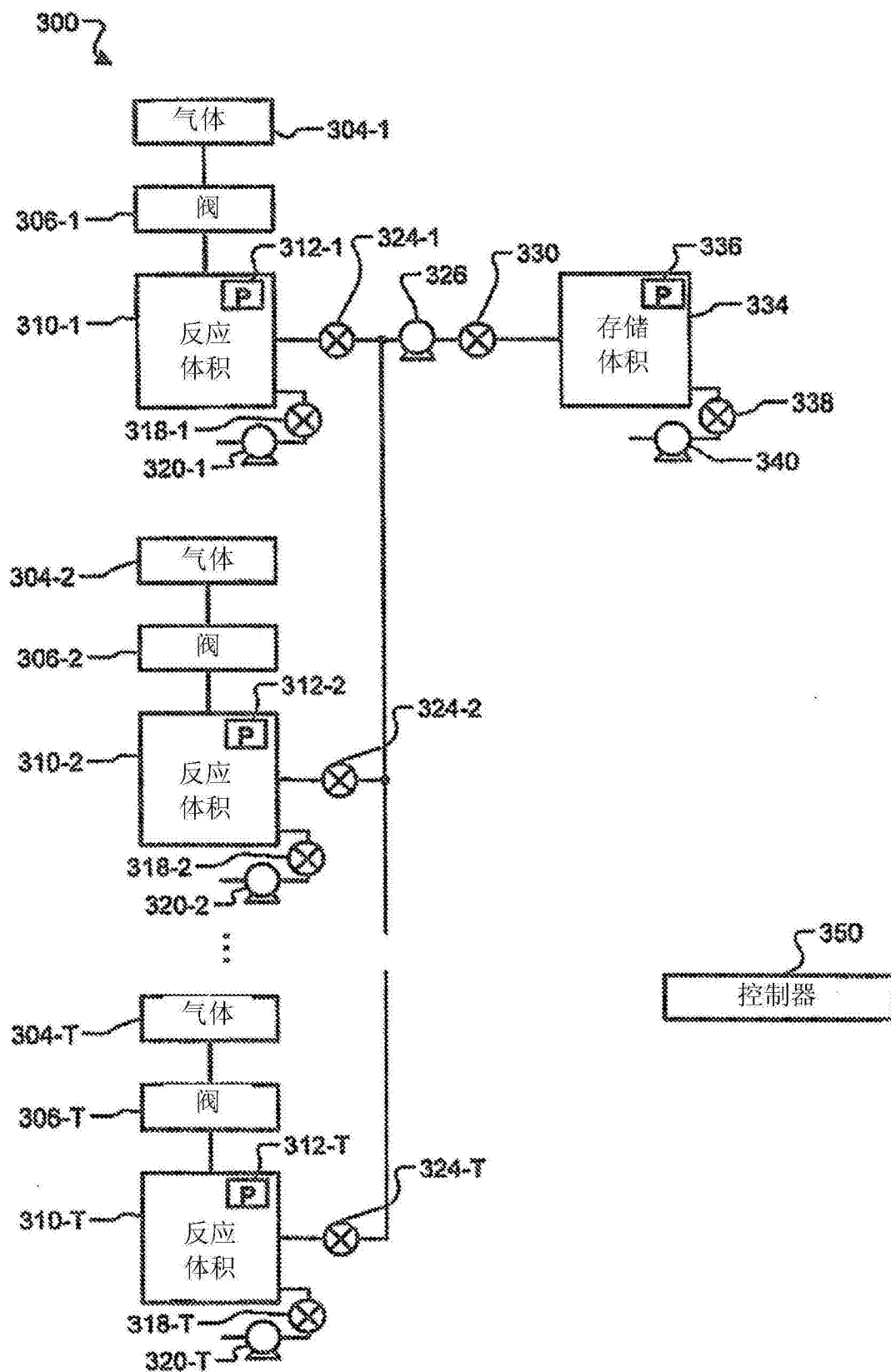


图10

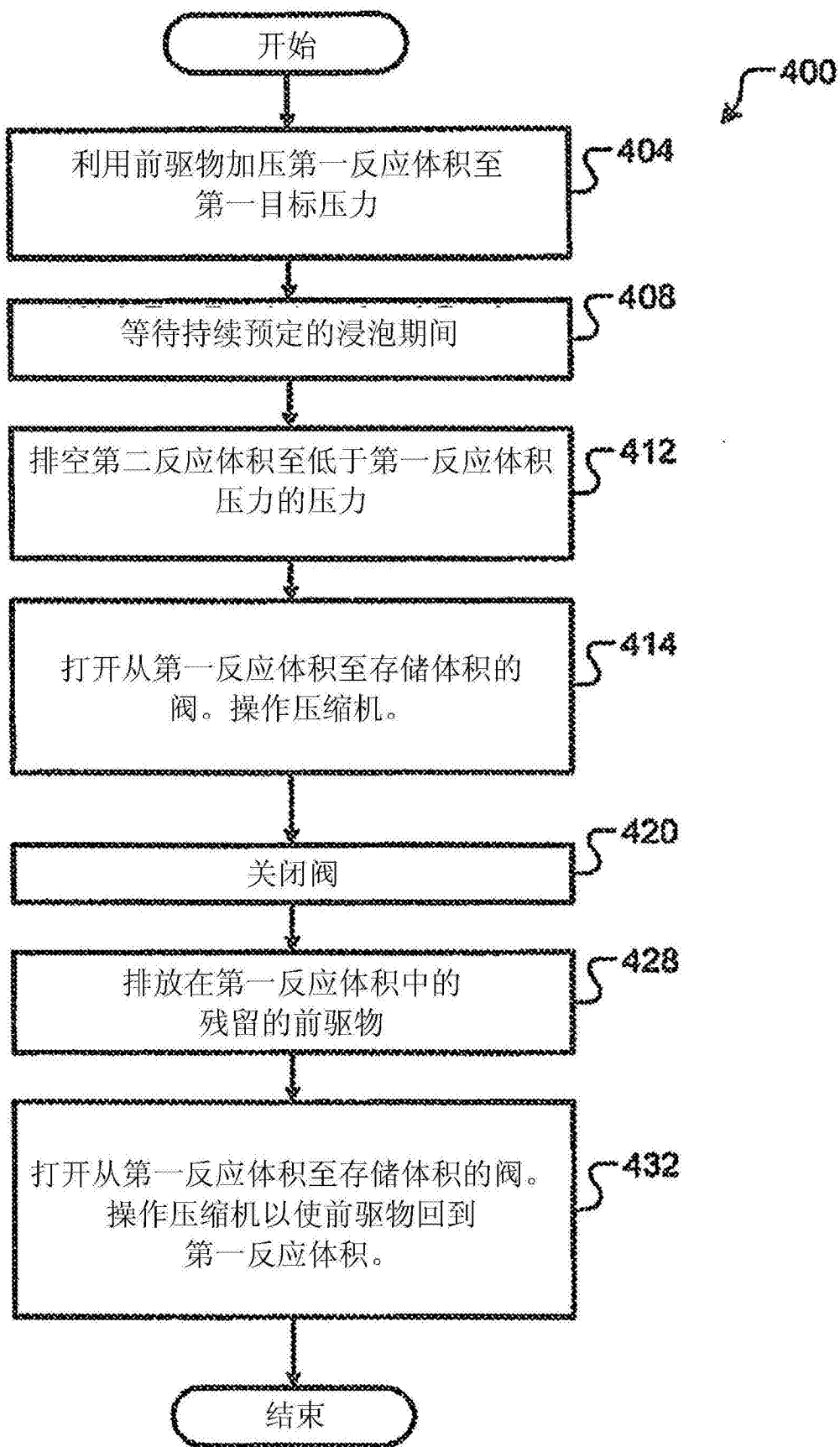


图11