



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103306936 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201310073415. 7

JP H0315676 A, 1991. 01. 24, 全文 .

(22) 申请日 2013. 03. 07

US 2003024252 A1, 2003. 02. 06, 全文 .

(30) 优先权数据

CN 102165192 A, 2011. 08. 24, 全文 .

2012-050725 2012. 03. 07 JP

审查员 詹巧月

(73) 专利权人 住友重机械工业株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 松井孝聪

(74) 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司

44202

代理人 温旭 郝传鑫

(51) Int. Cl.

F04B 37/08(2006. 01)

F04B 49/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP S58143179 A, 1983. 08. 25, 全文 .

US 6116032 A, 2000. 09. 12, 全文 .

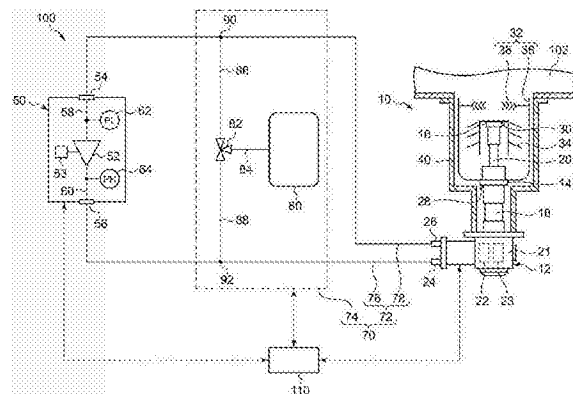
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

低温泵系统、低温泵系统的运行方法以及压缩机单元

(57) 摘要

本发明提供一种低温泵系统、低温泵系统的运行方法以及压缩机单元,其由适当的工作气体压力运行。本发明的低温泵系统(100)具备:低温泵(10),用于执行包括从室温向超低温降温的准备运行和超低温的真空排气运行;低温泵(10)用的工作气体的压缩机单元(50);气体管路(72),连接低温泵(10)和压缩机单元(50);气体容量调整部(74),构成为与准备运行相比增加真空排气运行时的气体管路(72)的工作气体量;及控制装置(110),用于控制压缩机单元(50),以便对气体管路(72)提供压力控制。



1. 一种低温泵系统,其特征在于,具备:
低温泵,用于执行准备运行和超低温的真空排气运行,其中所述准备运行包括从室温向超低温的降温;
用于所述低温泵的工作气体的压缩机;
气体管路,连接所述低温泵和所述压缩机;
气体容量调整部,构成为与所述准备运行相比增加所述真空排气运行时的所述气体管路的工作气体量;及
控制装置,用于控制所述压缩机,以便对所述气体管路提供压力控制。
2. 如权利要求 1 所述的低温泵系统,其特征在于,
所述准备运行包括所述低温泵的再生,
所述气体容量调整部构成为,与所述真空排气运行相比减少所述准备运行时的所述气体管路的工作气体量。
3. 如权利要求 1 所述的低温泵系统,其特征在于,
所述气体容量调整部构成为,回收从所述气体管路排出的工作气体,并向所述气体管路补充工作气体。
4. 如权利要求 2 所述的低温泵系统,其特征在于,
所述气体容量调整部构成为,回收从所述气体管路排出的工作气体,并向所述气体管路补充工作气体。
5. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的低温泵系统,其特征在于,
所述控制装置控制所述压缩机的转速,以使所述压缩机的高压与低压的差压与目标值一致。
6. 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的低温泵系统,其特征在于,
所述气体容量调整部调整所述工作气体量,以使所述压缩机的高压停留在已设定的上限以下。
7. 如权利要求 5 所述的低温泵系统,其特征在于,
所述气体容量调整部调整所述工作气体量,以使所述压缩机的高压停留在已设定的上限以下。
8. 一种低温泵系统的运行方法,该低温泵系统具备低温泵和用于该低温泵的压缩机,所述低温泵系统的运行方法的特征在于,包括:
为了开始所述低温泵的真空排气运行,增加在所述低温泵和所述压缩机中循环的工作气体量,
为了控制在所述低温泵和所述压缩机中循环的工作气体的压力而控制所述压缩机。
9. 一种压缩机单元,其是用于超低温装置的工作气体的压缩机单元,其特征在于,具备:
压缩机;
气体容量调整部,为了调整在所述超低温装置和所述压缩机中循环的工作气体量而设置;及
控制部,控制所述压缩机,以便提供工作气体的压力控制,
所述气体容量调整部将用于所述超低温装置的通常运行的所述工作气体量从初始气

体量调整至比该初始气体量进一步增加的通常气体量,其中,所述初始气体量用于所述超低温装置的准备运行,且该准备运行包括从室温向超低温的冷却。

10. 一种低温泵系统,其特征在于,具备:

低温泵;

压缩机;

气体管路,连接所述低温泵和所述压缩机;及

气体容量调整部,构成为与所述低温泵的真空排气运行时相比减少所述低温泵的再生时的所述气体管路的工作气体量。

低温泵系统、低温泵系统的运行方法以及压缩机单元

技术领域

[0001] 本发明涉及一种低温泵系统及其运行方法以及适用于低温泵系统的压缩机单元。

背景技术

[0002] 已知具备超低温制冷装置和用于向该制冷装置供给压缩气体的压缩机的制冷系统。在容许制冷性能下降时,压缩机的气体回路的静充气压力因气体流入缓冲容积而减少。若再次要求大功率的制冷,则通过从缓冲容积排放气体而使静充气压力恢复。只有静充气压力发生变化,压缩机以恒定速度动作。这样,容许制冷性能下降时的电力消耗也被降低。

[0003] 专利文献 1:日本特开 2009-150645 号公报

[0004] 低温泵在相当宽的温度范围内动作。为了真空排气而冷却至超低温,相反,在再生时加热至室温或者稍微高于室温的温度。工作气体温度依据低温泵的运行温度而改变。低温泵和其压缩机一般由封闭的工作气体回路连接,容纳于其中的工作气体量恒定。由此,若工作气体温度变低,则压缩机的运行压力也下降。运行压力与消耗电力相关。低温泵系统中,近来最重要的要求之一是提供高节能性能。

[0005] 若工作气体温度增高,则压缩机的运行压力也增高。压缩机上都预备有用于警告脱离规格上的动作范围的设定。例如,电性或机械性地确定用于警告工作气体的过度高压的高压设定值。因此,当工作气体温度较高时,运行压力达到其高压设定值的可能性较大。

发明内容

[0006] 本发明的某一方式的示例性目的之一在于,提供一种由适当的工作气体压力运行的低温泵系统及适于该种系统的运行方法以及压缩机单元。

[0007] 本发明的某一方式的低温泵系统具备:低温泵,用于执行准备运行和超低温的真空排气运行,其中所述准备运行包括从室温向超低温的降温;所述低温泵用的工作气体的压缩机;气体管路,连接所述低温泵和所述压缩机;气体容量调整部,构成为与所述准备运行时相比增加所述真空排气运行时的所述气体管路的工作气体量;及控制装置,用于控制所述压缩机,以便对所述气体管路提供压力控制。

[0008] 根据该方式,在准备运行时冷却工作气体,在气体管路中循环的工作气体的压力即压缩机的运行压力下降。通过增加工作气体量,能够使用于真空排气运行的运行压力适当地恢复。

[0009] 压缩机以恒定速度动作时,较低的运行压力减少消耗电力。但是,决定消耗电力的主要原因不只这一个。例如,压缩机的压缩比也与消耗电力相关,较小的压缩比减少消耗电力。在某一目标压力下控制压缩机时,运行压力越高,其压缩比变小。与使压缩机恒定地动作时相比,在这种压力控制下较高的运行压力反而具有减少消耗电力的效果。因此,通过增加工作气体量来使运行压力恢复,由此能够降低压缩机的消耗电力。

[0010] 所述准备运行可以包括所述低温泵的再生。所述气体容量调整部可以构成为,与

所述真空排气运行时相比减少所述准备运行时的所述气体管路的工作气体量。

[0011] 根据该方式,通过低温泵的再生而工作气体升温,压缩机的运行压力也上升。通过减少工作气体量,能够抑制运行压力的过度上升,并使其恢复到适当的水平。

[0012] 所述气体容量调整部可以构成为,回收从所述气体管路排出的工作气体,并向所述气体管路补充工作气体。

[0013] 根据该方式,已回收的工作气体用于补充,因此气体容量调整部能够反复执行工作气体向气体管路的进出。

[0014] 所述控制装置可以控制所述压缩机的转速,以使所述压缩机的高压与低压的差压与目标值一致。

[0015] 这种差压控制是用于向系统提供恒定的制冷能力的有效方法之一。在差压控制下,运行压力越高,压缩比越变小。由此,既能够保证系统的制冷能力的同时,又能够降低消耗电力。

[0016] 所述气体容量调整部可以调整所述工作气体量,以使所述压缩机的高压停留在已设定的上限以下。

[0017] 根据该方式,能够使压缩机的运行压力保持在适当的水平,以免压缩机的高压超过已设定的上限。由于能够避免过度高压,因此有助于系统的运行连续性。

[0018] 本发明的另一方式是低温泵系统的运行方法,该低温泵系统具备低温泵和用于该低温泵的压缩机。该方法包括:为了开始所述低温泵的真空排气运行,增加在所述低温泵和所述压缩机中循环的工作气体量;为了进行在所述低温泵和所述压缩机中循环的工作气体的压力控制而控制所述压缩机。

[0019] 本发明的另一方式是压缩机单元,其是超低温装置用的工作气体的压缩机单元。该压缩机单元具备:压缩机;气体容量调整部,为了调整在所述超低温装置和所述压缩机中循环的工作气体量而设置;及控制部,控制所述压缩机,以便提供工作气体的压力控制。所述气体容量调整部将所述工作气体量从初始气体量调整为比该初始气体量进一步增加的通常气体量,其中,所述工作气体量用于所述超低温装置的通常运行,所述初始气体量用于所述超低温装置的准备运行,且该准备运行包括从室温向超低温的冷却。

[0020] 本发明的另一方式的低温泵系统具备:低温泵;压缩机;气体管路,连接所述低温泵和所述压缩机;及气体容量调整部,构成为与所述低温泵的真空排气运行时相比减少所述低温泵的再生时的所述气体管路的工作气体量。

[0021] 此外,在方法、装置、系统、程序等之间相互替换以上的构成要件的任意的组合或本发明的构成要件或表现的方式也作为本发明的方式有效。

[0022] 发明效果

[0023] 根据本发明,能够提供一种由适当的工作气体压力运行的低温泵系统及适于该种系统的运行方法以及压缩机单元。

附图说明

[0024] 图 1 是示意地表示本发明的一实施方式所涉及的低温泵系统的整体结构的图。

[0025] 图 2 是表示用于本发明的一实施方式所涉及的低温泵系统的控制装置的结构概略的框图。

- [0026] 图 3 是与本发明的一实施方式相关并用于说明低温泵的运行方法的流程图。
- [0027] 图 4 是用于说明本发明的一实施方式所涉及的低温泵系统的运行方法的流程图。
- [0028] 图 5 是用于说明本发明的一实施方式所涉及的气体容积调整处理的流程图。
- [0029] 图 6 是表示本发明的一实施方式所涉及的压缩机单元的运行压力变化的概略的图。
- [0030] 图 7 是示意地表示本发明的另一实施方式所涉及的低温泵系统的整体结构的图。
- [0031] 图 8 是示意地表示本发明的另一实施方式所涉及的低温泵系统的整体结构的图。
- [0032] 图 9 是示意地表示本发明的另一实施方式所涉及的低温泵系统的整体结构的图。
- [0033] 图中 :10- 低温泵,12- 制冷机,50- 压缩机单元,52- 压缩机,72- 气体管路,74- 气体容量调整部,100- 低温泵系统,110- 控制装置,114- 压缩机控制器。

具体实施方式

[0034] 图 1 是示意地表示本发明的一实施方式所涉及的低温泵系统 100 的整体结构的图。低温泵系统 100 用于进行真空腔室 102 的真空排气。真空腔室 102 为了对真空处理装置(例如为离子注入装置或溅射装置等半导体制造工序中使用的装置)提供真空环境而设置。

[0035] 低温泵系统 100 具备 1 台或多台低温泵 10。低温泵 10 安装于真空腔室 102,并用于将其内部的真空度提高至所希望的水平。

[0036] 低温泵 10 具备制冷机 12。制冷机 12 例如为吉福德-麦克马洪式制冷机(所谓 GM 制冷机)等超低温制冷机。制冷机 12 为具备第 1 冷却台 14 及第 2 冷却台 16 的二级式制冷机。

[0037] 制冷机 12 具备在内部划分 1 级膨胀室的第 1 缸 18 和在内部划分与 1 级膨胀室连通的 2 级膨胀室的第 2 缸 20。第 1 缸 18 与第 2 缸 20 串联连接。第 1 缸 18 连接马达壳体 21 和第 1 冷却台 14,第 2 缸 20 连接第 1 冷却台 14 和第 2 冷却台 16。第 1 缸 18 及第 2 缸 20 中分别内置有相互连结的第 1 置换器及第 2 置换器(未图示)。第 1 置换器及第 2 置换器的内部组装有蓄冷材料。

[0038] 制冷机 12 的马达壳体 21 中容纳有制冷机马达 22 和气体流路切换机构 23。制冷机马达 22 是用于第 1 及第 2 置换器、以及气体流路切换机构 23 的驱动源。制冷机马达 22 以使第 1 置换器及第 2 置换器分别能够在第 1 缸 18 及第 2 缸 20 的内部中往返移动的方式而连接于第 1 置换器及第 2 置换器。

[0039] 气体流路切换机构 23 构成为,为了周期性地反复进行 1 级膨胀室及 2 级膨胀室中的工作气体的膨胀而周期性地切换工作气体的流路。制冷机马达 22 连接于该阀,以使气体流路切换机构 23 的可动阀(未图示)能够正反运行。可动阀例如为回转阀。

[0040] 马达壳体 21 上设置有高压气体入口 24 及低压气体出口 26。高压气体入口 24 形成于气体流路切换机构 23 的高压流路的末端,低压气体出口 26 形成于气体流路切换机构 23 的低压流路的末端。

[0041] 制冷机 12 使高压工作气体(例如氦气)在内部膨胀而在第 1 冷却台 14 及第 2 冷却台 16 产生寒冷。高压工作气体从压缩机单元 50 通过高压气体入口 24 供给至制冷机 12。此时,制冷机马达 22 切换气体流路切换机构 23,以使高压气体入口 24 与膨胀室连接。若制

冷机 12 的膨胀室被高压工作气体填满,则制冷机马达 22 切换气体流路切换机构 23,以使膨胀室与低压气体出口 26 连接。工作气体绝热膨胀,通过低压气体出口 26 排出至压缩机单元 50。第 1 及第 2 置换器与气体流路切换机构 23 的动作同步地在膨胀室中往返移动。通过反复进行这种热循环来冷却第 1 冷却台 14 及第 2 冷却台 16。

[0042] 第 2 冷却台 16 被冷却成低于第 1 冷却台 14 的温度。第 2 冷却台 16 例如被冷却至 10K ~ 20K 左右,第 1 冷却台 14 例如被冷却至 80K ~ 100K 左右。第 1 冷却台 14 上安装有用于测定第 1 冷却台 14 的温度的第 1 温度传感器 28,第 2 冷却台 16 上安装有用于测定第 2 冷却台 16 的温度的第 2 温度传感器 30。

[0043] 制冷机 12 构成为,通过制冷机 22 的反转运行提供所谓反转升温。制冷机 12 构成为,通过使气体流路切换机构 23 的可动阀向上述冷却运行的反方向工作,从而使工作气体产生绝热压缩。制冷机 12 能够由这样得到的压缩热来加热第 1 冷却台 14 及第 2 冷却台 16。

[0044] 低温泵 10 具备第 1 低温板 32 和第 2 低温板 34。第 1 低温板 32 以热连接于第 1 冷却台 14 的方式固定,第 2 低温板 34 以热连接于第 2 冷却台 16 的方式固定。第 1 低温板 32 具备热护罩 36 和挡板 38,并包围第 2 低温板 34。第 2 低温板 34 在表面具备吸附剂。第 1 低温板 32 容纳于低温泵壳体 40,低温泵壳体 40 的一端安装于马达壳体 21。低温泵壳体 40 的另一端的凸缘部安装于真空腔室 102 的闸阀(未图示)。低温泵 10 其本身可以为任意一个众所周知的低温泵。

[0045] 低温泵系统 100 具备压缩机单元 50 和连接低温泵 10 与压缩机单元 50 的工作气体回路 70。压缩机单元 50 为了使工作气体在工作气体回路 70 中循环而设置。工作气体回路 70 是包括低温泵 10 的封闭的流体回路。

[0046] 压缩机单元 50 具备用于压缩工作气体的压缩机 52 和用于使压缩机 52 工作的压缩机马达 53。并且,压缩机单元 50 具备用于引进低压工作气体的低压气体入口 54 和用于排放高压工作气体的高压气体出口 56。低压气体入口 54 经由低压流路 58 连接于压缩机 52 的吸入口,高压气体出口 56 经由高压流路 60 连接于压缩机 52 的吐出口。

[0047] 压缩机单元 50 具备第 1 压力传感器 62 和第 2 压力传感器 64。第 1 压力传感器 62 为了测定低压工作气体的压力而设置于低压流路 58,第 2 压力传感器 64 为了测定高压工作气体的压力而设置于高压流路 60。此外,第 1 压力传感器 62 及第 2 压力传感器 64 也可以在压缩机单元 50 的外部设置于工作气体回路 70 的适合部位。

[0048] 工作气体回路 70 具备气体管路 72 和用于调整气体管路 72 的工作气体量的气体容量调整部 74。以下,为了便于说明,有时将容纳于气体管路 72 中的工作气体的物质量(摩尔)或质量称为“气体容量”。在某一基准温度及基准压力下占给定容积的工作气体的物质量或质量唯一确定。气体管路 72 的容积实际上为恒定。因此,某一气体容量容纳于气体管路 72 中时,若工作气体温度下降,则气体压力也下降,若气体温度增高,则气体压力也上升。

[0049] 气体管路 72 具备:高压管路 76,用于从压缩机单元 50 向低温泵 10 供给工作气体;及低压管路 78,用于使工作气体从低温泵 10 返回到压缩机单元 50。高压管路 76 是连接低温泵 10 的高压气体入口 24 与压缩机单元 50 的高压气体出口 56 的配管。低压管路 78 是连接低温泵 10 的低压气体出口 26 与压缩机单元 50 的低压气体入口 54 的配管。

[0050] 压缩机单元 50 通过低压管路 78 回收从低温泵 10 排出的低压工作气体。压缩机 52 压缩低压工作气体,生成高压工作气体。压缩机单元 50 通过高压管路 76 将高压工作气体供给至低温泵 10。

[0051] 气体容量调整部 74 具备缓冲容积例如至少一个缓冲罐 80。气体容量调整部 74 具备用于选择缓冲罐 80 与气体管路 72 的连接流路的流路选择部 82。流路选择部 82 具备至少一个控制阀。气体容量调整部 74 具备用于将缓冲罐 80 连接于流路选择部 82 的缓冲流路 84。此外,可以设置有用于测定缓冲罐 80 的气体压力的缓冲压力传感器。

[0052] 并且,气体容量调整部 74 具备:气体补充路 86,用于使工作气体从缓冲罐 80 向低压管路 78 流出;及气体回收路 88,用于使工作气体从高压管路 76 流入缓冲罐 80。气体补充路 86 将流路选择部 82 连接于低压管路 78 的第 1 分支部 90,气体回收路 88 将流路选择部 82 连接于高压管路 76 的第 2 分支部 92。

[0053] 流路选择部 82 构成为能够选择补充状态和回收状态。补充状态是,气体补充路 86 与低压管路 78 连通,且气体回收路 88 被截断的状态。相反地,在回收状态下,气体补充路 86 被截断,气体回收路 88 与高压管路 76 连通。

[0054] 如图示,流路选择部 82 例如具备三通阀。三通阀的 3 个端口分别与缓冲流路 84、气体补充路 86 及气体回收路 88 连接。这样,流路选择部 82 能够将缓冲流路 84 连接于气体补充路 86 来呈补充状态,将缓冲流路 84 连接于气体回收路 88 来呈回收状态。

[0055] 气体容量调整部 74 设置于压缩机单元 50,可视为构成压缩机单元 50 的一部分。气体容量调整部 74 可以内置于压缩机单元 50。作为代替方案,气体容量调整部 74 可以与压缩机单元 50 分体地构成,且设置于气体管路 72 的任意部位。

[0056] 低温泵系统 100 具备用于管理其运行的控制装置 110。控制装置 110 与低温泵 10 (或者压缩机单元 50)一体或分体地设置。控制装置 110 例如具备执行各种运算处理的 CPU、储存各种控制程序的 ROM、作为用于储存数据或执行程序的作业区来利用的 RAM、输入输出界面、存储器等。控制装置 110 能够使用具备这种结构的众所周知的控制器。控制装置 110 可以由单一的控制装置构成,也可包含各自发挥相同或不同功能的多个控制装置。

[0057] 图 2 是表示用于本发明的一实施方式所涉及的低温泵系统 100 的控制装置 110 的结构概略的框图。图 2 表示与本发明的一实施方式相关的低温泵系统 100 的主要部分。

[0058] 控制装置 110 为了控制低温泵 10 (即制冷机 12)、压缩机单元 50 及气体容量调整部 74 而设置。控制装置 110 具备:低温泵控制器(以下,还称作 CP 控制器) 112,用于控制低温泵 10 的运行;及压缩机控制器 114,用于控制压缩机单元 50 的运行。

[0059] CP 控制器 112 构成为接收表示低温泵 10 的第 1 温度传感器 28 及第 2 温度传感器 30 的测定温度的信号。CP 控制器 112 例如根据接收的测定温度控制低温泵 10。这时例如,CP 控制器 112 控制制冷机马达 22 的转速(例如运行频率),以使第 1 (或第 2)温度传感器 28 (30)的测定温度与第 1 (或第 2)低温板 32 (34)的目标温度一致。由于能够依据热负荷适当地调整制冷机马达 22 的转速,因此这种控制起到降低低温泵 10 的消耗电力的作用。

[0060] 压缩机控制器 114 构成为对气体管路 72 提供压力控制。为了提供压力控制,压缩机控制器 114 构成为接收表示第 1 压力传感器 62 及第 2 压力传感器 64 的测定压力的信号。压缩机控制器 114 控制压缩机马达 53 的转速(例如运行频率),以使压力测定值与压力目标

值一致。

[0061] 并且,压缩机控制器 114 构成为对气体容量调整部 74 的流路选择部 82 进行控制。压缩机控制器 114 根据必要信息选择上述的补充状态或回收状态,并依据选择结果控制流路选择部 82。参考图 4 及图 5,对压缩机单元 50 及气体容量调整部 74 的控制的详细内容进行后述。

[0062] 图 3 是与本发明的一实施方式相关而用于说明低温泵 10 的运行方法的流程图。该运行方法包括准备运行(S10)和真空排气运行(S12)。真空排气运行为低温泵 10 的通常运行。准备运行包含通常运行之前执行的任意的运行状态。CP 控制器 112 适时地反复执行该运行方法。

[0063] 准备运行(S10)例如为低温泵 10 的启动。低温泵 10 的启动包括将低温板 32、34 从低温泵 10 设置的环境温度(例如为室温)冷却至超低温的降温。降温的目标冷却温度是为了进行真空排气运行而设定的标准运行温度。如上所述,关于第 1 低温板 32,该标准运行温度例如选自 80K ~ 100K 左右的范围,关于第 2 低温板 34,该标准运行温度例如选自 10K ~ 20K 左右的范围。

[0064] 准备运行(S10)还可以为低温泵 10 的再生。在这次的真空排气运行终止后,为了准备下次的真空排气运行而执行再生。再生是对第 1 低温板 32 及第 2 低温板 34 进行再生的所谓完全再生,或者是对第 2 低温板 34 进行再生的部分再生。

[0065] 再生包括升温工序、排出工序及冷却工序。升温工序包括将低温泵 10 升温至高于上述标准运行温度的再生温度的步骤。当完全再生时,再生温度例如为室温或稍高于室温的温度(例如为约 290K ~ 约 300K)。用于升温工序的热源例如为制冷机 12 的反转升温和/或附设于制冷机 12 的加热器(未图示)。

[0066] 排出工序包括将从低温板表面再气化后的气体排出至低温泵 10 的外部的步骤。再气化后的气体依据需要与导入的吹扫气体一同从低温泵 10 排出。在排出工序中,停止制冷机 12 的运行。冷却工序包括为了重新开始真空排气运行而再冷却低温板 32、34 的步骤。冷却工序作为制冷机 12 的运行状态与用于启动的降温相同。

[0067] 准备运行期间相当于低温泵 10 的停歇时间(即,停止真空排气运行的期间),因此优选尽量较短。另一方面,通常的真空排气运行是用于保持标准运行温度的稳定的运行状态。为此,与通常运行相比,准备运行对低温泵 10(即制冷机 12)的负荷变大。例如,与通常运行相比,降温运行要求制冷机 12 具备更高的制冷能力。同样,反转升温运行要求制冷机 12 具备较高的升温能力。由此,在大部分情况下,在准备运行时制冷机马达 22 以相当高的转速(例如,容许的最高转速的附近)运行。

[0068] 可以与低温泵 10 的准备运行并行地进行压缩机单元 50 的准备运行。压缩机单元 50 的准备运行可包括用于进行本发明的一实施方式所涉及的气体容量调整的准备动作。该准备动作可包括用于使缓冲罐 80 的压力复原至初始压力的复位动作。该初始压力相当于工作气体向工作气体回路 70 的封入压力。

[0069] 为了进行复位动作,在压缩机单元 50 停止运行且气体管路 72 的高压和低压大致均匀化时,压缩机控制器 114 向气体管路 72 开放缓冲罐 80。这样,能够使缓冲罐 80 复原至压缩机单元 50 的高压与低压之间的中间压力。在制冷机 12 的运行停止期间(例如,再生的排出工序)进行准备动作。

[0070] 真空排气运行(S12)是通过将从真空腔室 102 朝向低温泵 10 飞来的气体分子冷凝或吸附在被冷却至超低温的低温板 32、34 的表面来进行捕捉的运行状态。在该冷却温度下蒸汽压充分变低的气体(例如水分等)被冷凝于第 1 低温板 32 (例如挡板 38)上。在挡板 38 的冷却温度下蒸汽压不会充分变低的气体通过挡板 38 进入热护罩 36。在该冷却温度下蒸汽压充分变低的气体(例如氩等)被冷凝于第 2 低温板 34 上。在第 2 低温板 34 的冷却温度下蒸汽压也不会充分变低的气体(例如氢等)被第 2 低温板 34 的吸附剂吸附。这样,低温泵 10 能够使真空腔室 102 的真空度达到所希望的水平。

[0071] 图 4 是用于说明本发明的一实施方式所涉及的低温泵系统 100 的运行方法的流程图。该运行方法包括气体容量调整(S20)和压力控制(S22)。压缩机控制器 114 适时反复执行该运行方法。

[0072] 气体容量调整(S20)是调整气体容量即在低温泵 10 和压缩机单元 50 中循环的工作气体量的处理。参考图 5 对一例进行后述。

[0073] 压力控制(S22)是在已调整的气体容量的基础上控制压缩机马达 53 的转速(例如运行频率)以使压力测定值与压力目标值一致的处理。与低温泵 10 的准备运行或真空排气运行并行地持续执行该压力控制。

[0074] 压力目标值例如为压缩机 52 的高压与低压之间的差压的目标值。此时,压缩机控制器 114 执行差压恒定控制,该差压恒定控制控制压缩机马达 53 的转速,以使第 1 压力传感器 62 的测定压和第 2 压力传感器 64 的测定压的差压与差压目标值一致。此外,可以在执行压力控制时改变压力目标值。

[0075] 根据压力控制,能够依据制冷机 12 的所需气体量而适当地调整压缩机马达 53 的转速,因此起到降低低温泵系统 100 的消耗电力的作用。并且,制冷机 12 的制冷能力由差压决定,因此根据差压恒定控制,能够使制冷机 12 保证目标的制冷能力。因此,从能够兼顾保证制冷机 12 的制冷能力和降低系统的消耗电力的观点考虑,差压恒定控制尤其适合于低温泵系统 100。

[0076] 作为代替方案,压力目标值也可以为高压目标值(或低压目标值)。此时,压缩机控制器 114 执行高压恒定控制(或低压恒定控制),该高压恒定控制(或低压恒定控制)控制压缩机马达 53 的转速,以使第 2 压力传感器 64 (或第 1 压力传感器 62)的测定压与高压目标值(或低压目标值)一致。

[0077] 图 5 是用于说明本发明的一实施方式所涉及的气体容量调整处理的流程图。如上所述,为了进行气体容量调整(图 4 的 S20),压缩机控制器 114 控制流路选择部 82。因此,压缩机控制器 114 首先接受用于气体容量调整的必要信息的输入(S30)。

[0078] 必要信息可包含第 1 压力传感器 62 的测定压及第 2 压力传感器 64 的测定压。并且,压缩机控制器 114 可以从 CP 控制器 112 获得该必要信息。即,必要信息可包含第 1 温度传感器 28 的测定温度及第 2 温度传感器 30 的测定温度以及低温泵 10 的运行状态。

[0079] 压缩机控制器 114 根据已输入的必要信息判定是否进行气体容量调整(S32)。压缩机控制器 114 例如从低温泵 10 的运行状态判定是否进行气体容量调整。此时,压缩机控制器 114 也可在降温运行结束时刻或真空排气运行的开始时刻,判定需增加气体容量。若如此,能够使运行压力从经降温运行后压缩机单元 50 的运行压力被最小化的状态有效地恢复。

[0080] 另一方面,压缩机控制器 114 在真空排气运行终止时刻或再生开始时刻,可判定需减少气体容量。在再生开始最初,有运行压力较大提高之类的经验见解。因此,若如此,能够使运行压力有效地恢复至适当水平。此外,当随着真空排气运行终止而停止制冷机 12 的运行时(即未实施反转升温时),压缩机控制器 114 在降温运行之前的任意时刻,可判定需减少气体容量。

[0081] 某一实施例中,压缩机控制器 114 可以根据低温泵 10 的运行温度判定是否进行气体容量调整。压缩机控制器 114 可以将第 2 温度传感器 30 的测定温度用作低温泵 10 的运行温度。此时,当测定温度低于第 1 阈值温度时,压缩机控制器 114 可判定需增加气体容量。并且,当测定温度超过第 2 阈值温度时,压缩机控制器 114 可判定需减少气体容量。

[0082] 与真空排气运行的标准运行温度相关地设定第 1 阈值温度及第 2 阈值温度。例如,第 1 阈值温度可设定为降温运行的目标冷却温度。若如此,能够结束降温运行的同时增加气体容量。第 2 阈值温度高于标准运行温度且选自例如 20K (或 30K) 以下的温度范围。若如此,能够开始再生的同时减少气体容量。

[0083] 此外,压缩机控制器 114 可以代替低温泵 10 的运行温度根据工作气体回路 70 的测定压判定是否进行气体容量调整。如上所述,由于在工作气体回路 70 中工作气体的温度和压力连动,因此在基于测定压时也同样能够适当地判定是否进行气体容量调整。

[0084] 继判定是否进行气体容量调整之后,压缩机控制器 114 执行缓冲连接流路选择(S34)。当判定为需要进行气体容量调整时,压缩机控制器 114 切换缓冲罐 80 向气体管路 72 的连接流路。另一方面,当判定为无需进行气体容量调整时,压缩机控制器 114 将缓冲罐 80 向气体管路 72 的连接流路保持原状。

[0085] 当判定为需增加气体容量时,压缩机控制器 114 截断气体回收路 88,打开气体补充路 86 将缓冲罐 80 连接于低压管路 78(参考图 1)。缓冲罐 80 作为相对于低压管路 78 的高压气体源发挥作用。积存于缓冲罐 80 中的工作气体通过气体补充路 86 补充于低压管路 78。气体管路 72 的工作气体量从初始气体量增加至通常气体量。初始气体量是用于进行低温泵 10 的准备运行的气体容量,通常气体量是用于进行通常运行(即真空排气运行)的气体容量。从缓冲罐 80 向低压管路 78 排放工作气体,从而缓冲罐 80 降压。

[0086] 另一方面,当判定为需减少气体容量时,压缩机控制器 114 截断气体补充路 86,打开气体回收路 88 将缓冲罐 80 连接于高压管路 76。缓冲罐 80 作为相对于高压管路 76 的低压气体源发挥作用。工作气体从高压管路 76 排出至气体回收路 88,并回收于缓冲罐 80。如此,气体管路 72 的工作气体量从通常气体量减少至初始气体量。从高压管路 76 向缓冲罐 80 填充工作气体,从而缓冲罐 80 升压。

[0087] 这样,气体容量调整(图 4 的 S20)终止,在已调整的气体容量下执行压力控制(图 4 的 S22)。此外,为了进行气体容量调整而开放的气体补充路 86 或气体回收路 88 可以保持原状地开放至进行下次调整为止,也可以在之前及时关闭。

[0088] 此外,CP 控制器 112 可以代替压缩机控制器 114 控制气体容量调整部 74 的流路选择部 82。此时,CP 控制器 112 可以从压缩机控制器 114 获得测定压,并利用该测定压和/或其他必要信息来控制流路选择部 82。

[0089] 图 6 是表示本发明的一实施方式所涉及的压缩机单元 50 的运行压力变化的概略的图。图 6 中纵轴表示压力,横轴表示时间。关于压缩机单元 50 的高压 PH (即,压缩机 52

的吐出压力)和压缩机单元 50 的低压 PL (即,压缩机 52 的吸入压力),示出通过低温泵 10 的降温运行期间 A、真空排气运行期间 B 及再生运行期间 C 后的变动。图示的例子中,压缩机单元 50 通过差压恒定控制来运行。因此,高压 PH 与低压 PL 的差压 ΔP 保持恒定。

[0090] 降温运行期间 A 的最初,由于低温泵 10 的运行温度为高温(例如为室温),因此压缩机单元 50 的运行压力也较高。随着通过降温运行进行冷却,在制冷机 12 中工作气体降温并收缩。为此,停留于制冷机 12 的膨胀室中的气体量逐渐增加。可以说,工作气体从气体管路 72 被吸入制冷机 12 的膨胀室。这样,气体管路 72 的工作气体量逐渐减少,如图示,压缩机单元 50 的高压 PH 及低压 PL 也分别逐渐下降。

[0091] 若达到降温的目标冷却温度,则降温运行期间 A 终止。在降温运行期间 A 的结束时刻达到本运行的最低温度。在之后的真空排气运行期间 B,低温泵 10 以保持该冷却温度的方式稳定地运行。因此,在降温运行期间 A 的结束时刻,压缩机单元 50 的运行压力也同样变得最低。

[0092] 在从降温过渡至真空排气运行时,进行气体容量增加调整。气体容量调整部 74 呈补充状态,由此气体管路 72 的工作气体量从初始气体量增加至通常气体量。换言之,从缓冲罐 80 通过流路选择部 82 向低压管路 78 开放缓冲压力。这样,如图示,在降温运行期间 A 与真空排气运行期间 B 的边界,压缩机单元 50 的高压 PH 及低压 PL 间断地升压。

[0093] 在真空排气运行期间 B,压缩机单元 50 在通常气体量下稳定地执行差压恒定控制。压缩机单元 50 的运行压力保持在通过气体容量的增加调整而提高的压力水平。与保持初始气体量以较低压力水平执行差压恒定控制时相比,压缩机单元 50 的压缩比变小。能够通过较小的压缩机转速实现较小压缩比。因此,气体容量的增加调整具有降低真空排气的消耗电力的效果。

[0094] 在从真空排气运行过渡至再生时,进行气体容量减少调整。气体容量调整部 74 呈回收状态,由此气体管路 72 的工作气体量从通常气体量减少至初始气体量。换言之,从高压管路 76 通过流路选择部 82 向缓冲罐 80 填充工作气体,从而恢复缓冲压力。这样,如图示,在真空排气运行期间 B 与再生运行期间 C 的边界,压缩机单元 50 的高压 PH 及低压 PL 间断地降压。

[0095] 若开始再生,则进行低温泵 10 的反转升温。与降温时相反,从制冷机 12 向气体管路 72 释放工作气体。气体管路 72 的工作气体量增加,如图示,压缩机单元 50 的高压 PH 及低压 PL 也分别逐渐增高。

[0096] 由气体容量调整形成的运行压力的变化量根据缓冲容积及缓冲压力而改变。缓冲压力取决于工作气体向工作气体回路 70 的封入压力。因此,缓冲容积及工作气体封入压力被设计成对运行压力带来所希望的变化。例如,缓冲容积及工作气体封入压力被设计成,使工作气体因降温而产生的降压量的至少一部分恢复。或者,缓冲容积及工作气体封入压力还可设计成,通过气体容量增加调整升压并超出上述降压量。

[0097] 但是,当压缩机单元 50 的高压 PH 达到规格上的界限压力时,压缩机单元 50 有时构成为,从稳定运行(例如差压恒定控制)强制切换至用于降低压力的保护运行或运行停止。该界限压力例如为为了警告工作气体的过度高压而电性或机械性地设定的高压设定值。

[0098] 为了防止这些情况,如图示,以升压后的压缩机单元 50 的高压 PH 停留在已设定的

上限压力 P_{\max} 以下的方式确定运行压力的升压量。设定上限压力 P_{\max} 例如从压缩机单元 50 的界限压力减去预定余量来设定。若这样,能够使运行压力保持于适当水准。能够防止压缩机单元 50 的偶发的运行停止或保护运行。

[0099] 同样,缓冲容积及工作气体封入压力被设计成,通过气体容量减少调整吸收工作气体因升温而产生的升压量的至少一部分。在该情况下,也以升压后的压缩机单元 50 的高压 PH 停留在设定上限压力 P_{\max} 以下的方式决定升压量。

[0100] 如以上说明,根据本实施方式,为了进行低温泵 10 的准备运行而减少气体容量,为了进行通常运行而增加气体容量。这样,能够依据低温泵 10 的运行状态将压缩机单元 50 的运行压力调整至适当的水平。提供一种具有降低通常运行时的消耗电力且提高准备运行时的运行持续性的压缩机单元 50 的低温泵系统 100。

[0101] 以上,根据实施例对本发明进行了说明。本发明并不限于上述实施方式,本领域技术人员可以理解可进行各种设计变更,可实现各种变形例,并且这种变形例也属于本发明的范围内。

[0102] 气体容量调整部 74 并不限于图 1 所示的具体结构。例如,如图 7 所示,流路选择部 82 可以具备多个控制阀。如图示,流路选择部 82 具备第 1 控制阀 120 和第 2 控制阀 122。第 1 控制阀 120 及第 2 控制阀 122 是双通阀。第 1 控制阀 120 设置于气体补充路 86 的中途,气体补充路 86 将缓冲罐 80 连接于低压管路 78。第 2 控制阀 122 设置于气体回收路 88 的中途,气体回收路 88 将缓冲罐 80 连接于高压管路 76。

[0103] 并且,如图 8 所示,气体容量调整部 74 可以具备多个缓冲罐。如图示,气体容量调整部 74 具备第 1 缓冲罐 124 和第 2 缓冲罐 126。第 1 缓冲罐 124 通过气体补充路 86 连接于低压管路 78,第 2 缓冲罐 126 通过气体回收路 88 连接于高压管路 76。与图 7 所示的实施例同样,气体补充路 86 上设置有第 1 控制阀 120,气体回收路 88 上设置有第 2 控制阀 122。

[0104] 图 8 所示的实施例中,第 1 缓冲罐 124 的压力通过气体容量增加调整而下降。第 1 缓冲罐 124 的压力通过气体容量减少调整而上升。因此,优选适时进行已经叙述的复位动作。即,在压缩机单元 50 的运行停止时,向气体管路 72 分别开放第 1 缓冲罐 124 及第 2 缓冲罐 126,将各自的气体压力复原至初始压力。

[0105] 图 8 所示的实施例中,还能够视为气体容量调整部 74 具备气体补充部 128 和气体回收部 130。气体补充部 128 具备第 1 缓冲罐 124 和第 1 控制阀 120。气体回收部 130 具备第 2 缓冲罐 126 和第 2 控制阀 122。气体补充部 128 可以具备比低压管路 78 高压的工作气体源来代替第 1 缓冲罐 124。气体回收部 130 可以具备用于从高压管路 76 引进工作气体的贮槽来代替第 2 缓冲罐 126。

[0106] 某一实施例中,气体容量调整部 74 可以只具备气体补充部 128 或气体回收部 130 中的任一个。通过具备气体补充部 128,能够提供用于真空排气运行的气体容量增加调整。例如,当再生中不实施反转升温时,这种结构也可能有用。另一方面,通过具备气体回收部 130,能够提供用于准备运行的气体容量减少调整。

[0107] 并且,与缓冲罐 80 的气体管路 72 的改接时刻及低温泵运行状态的切换无需完全同步。例如,当从降温过渡至真空排气运行时,可以在降温时执行气体容量增加调整。此时,可以与低温泵 10 的降温连动而阶段性(或连续性)地从气体容量调整部 74 向气体管路 72 补充工作气体。因此,气体容量调整部 74 可以在气体补充路 86 上具备依据测定温度(或测

定压力)而进行控制的流量控制阀。另外,还可以在真空排气运行开始后执行气体容量增加调整。

[0108] 同样,当从真空排气运行过渡至再生时,可以在再生时执行气体容量减少调整。此时,可以与低温泵 10 的升温连动而阶段性(或连续性)地将工作气体从气体管路 72 回收至气体容量调整部 74。因此,气体容量调整部 74 可以在气体回收路 88 上具备依据测定温度(或测定压力)而进行控制的流量控制阀。另外,还可以在真空排气运行终止前执行气体容量减少调整。

[0109] 并且,如图 9 所示,低温泵系统 100 可以具备多个低温泵 10。相对于压缩机单元 50 及气体容量调整部 74 并列设置有多个低温泵 10。基于气体容量增加调整的消耗电力降低效果与 1 台压缩机单元 50 控制的低温泵 10 的数量成比例而增加。因此,本发明适合于具备多个低温泵 10 的低温泵系统 100。

[0110] 某一实施例中,可以设置具备制冷机 12 的超低温装置来代替低温泵 10。本领域技术人员显然知道本发明的一实施方式所涉及的气体容量调整还可适用于具备这种超低温装置的超低温系统。

[0111] 本申请主张基于 2012 年 3 月 7 日申请的日本专利申请第 2012-050725 号的优先权。其申请的全部内容通过参考援用于本说明书中。

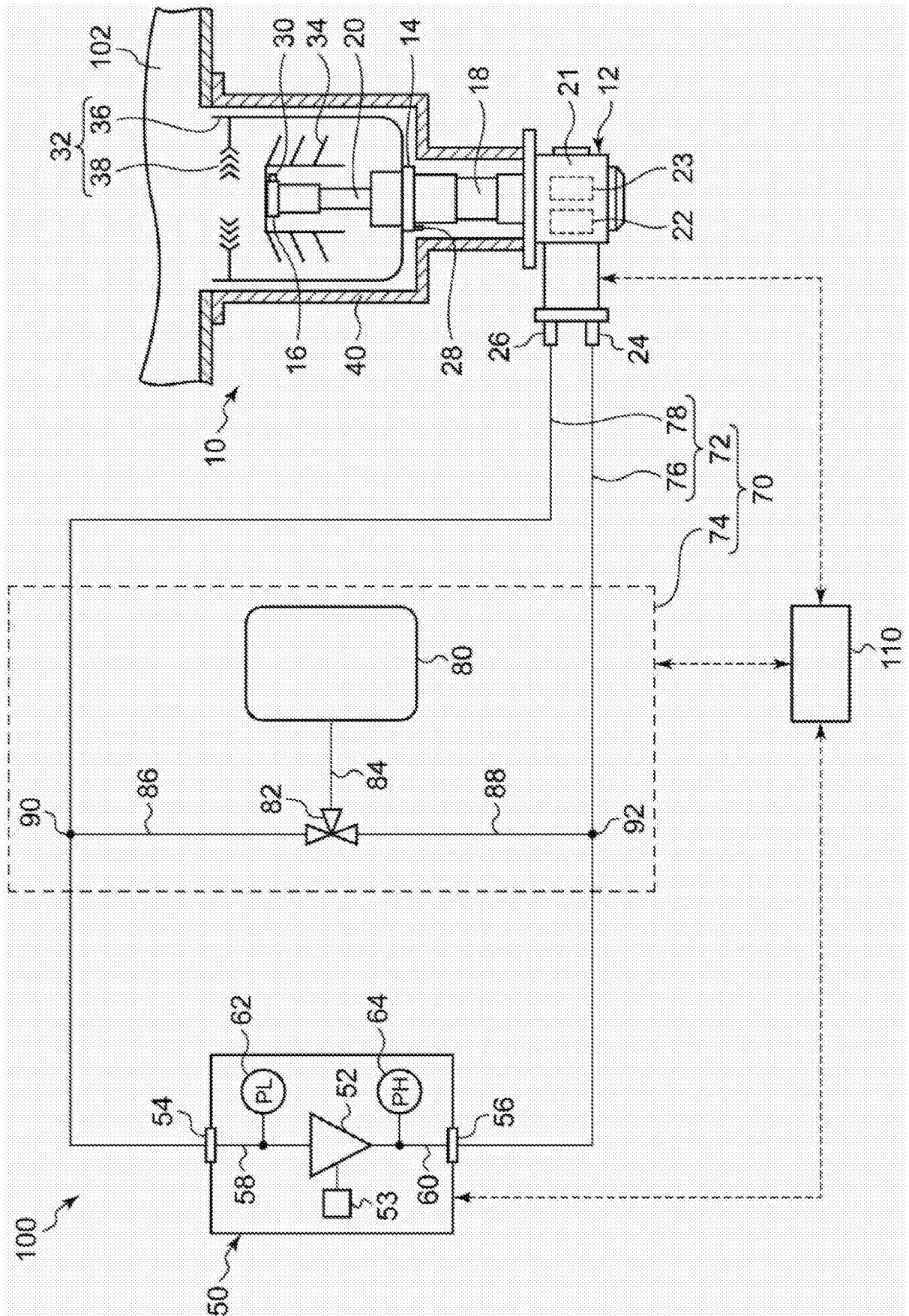


图 1

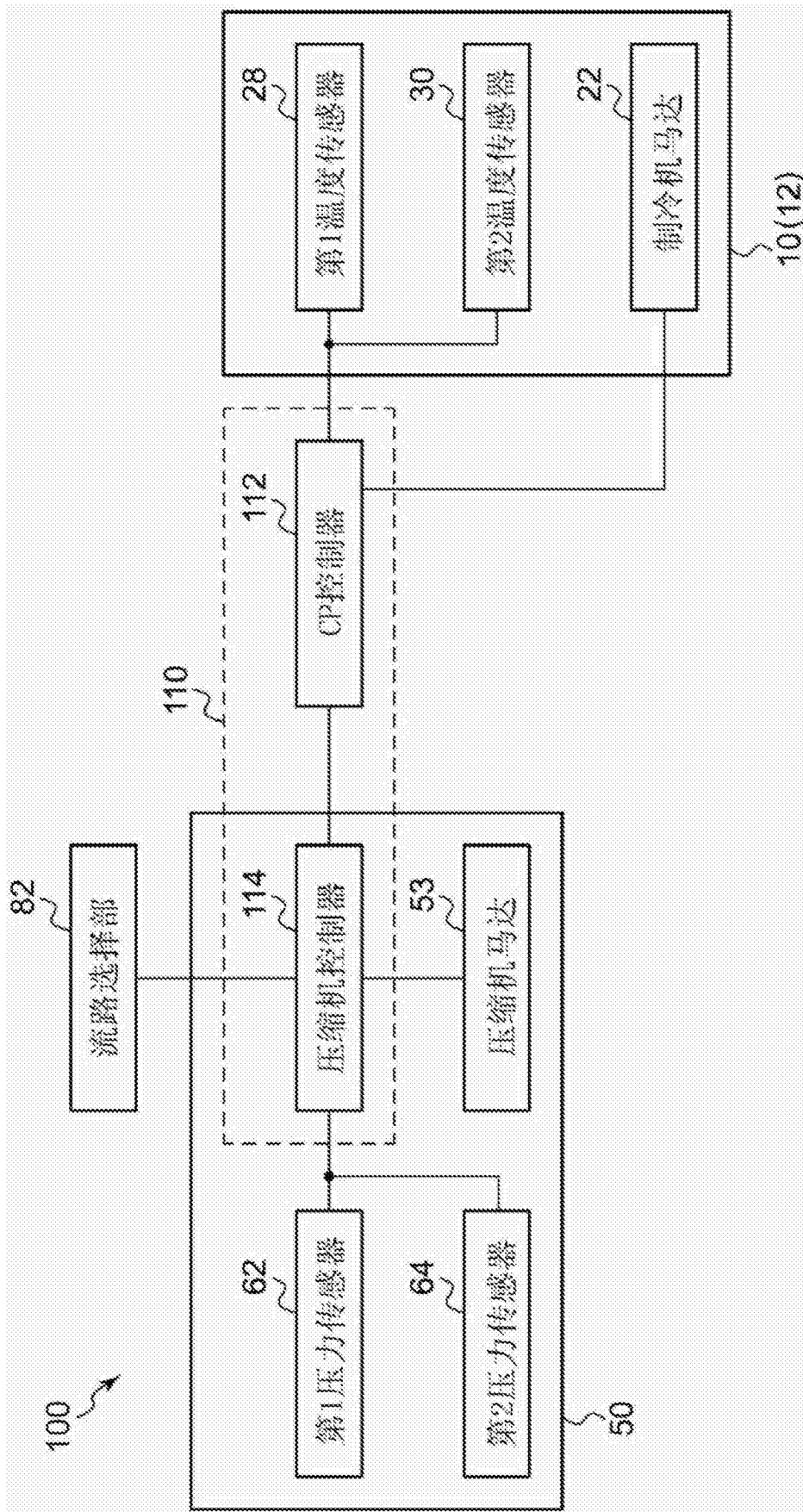


图 2

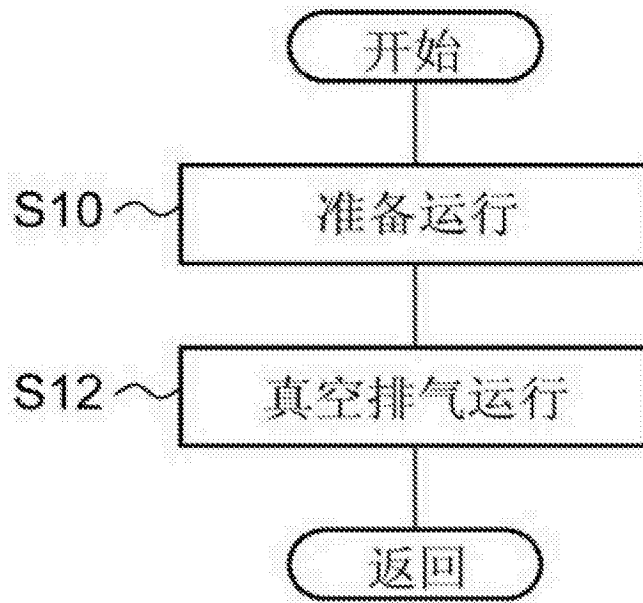


图 3

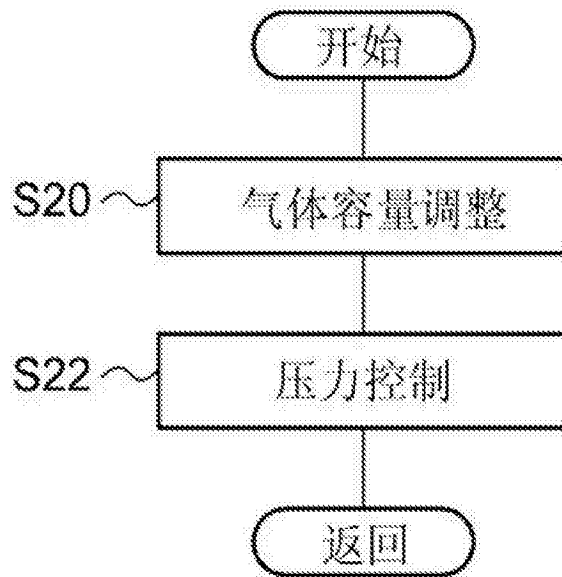


图 4

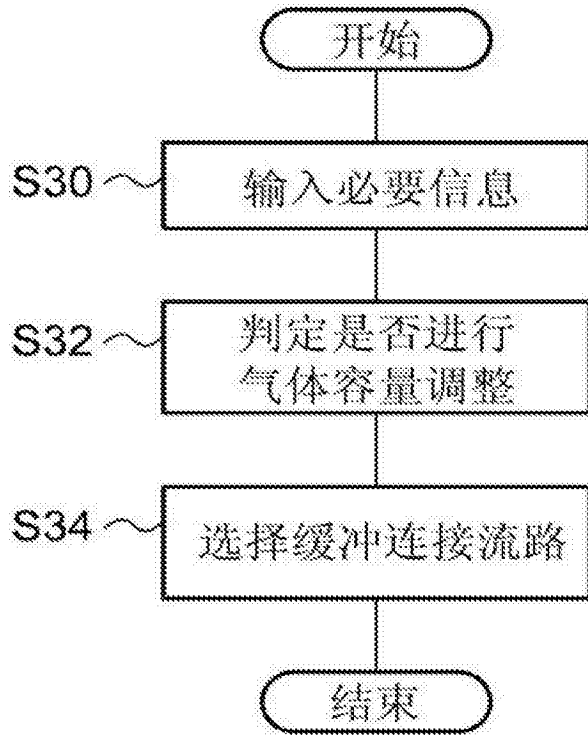


图 5

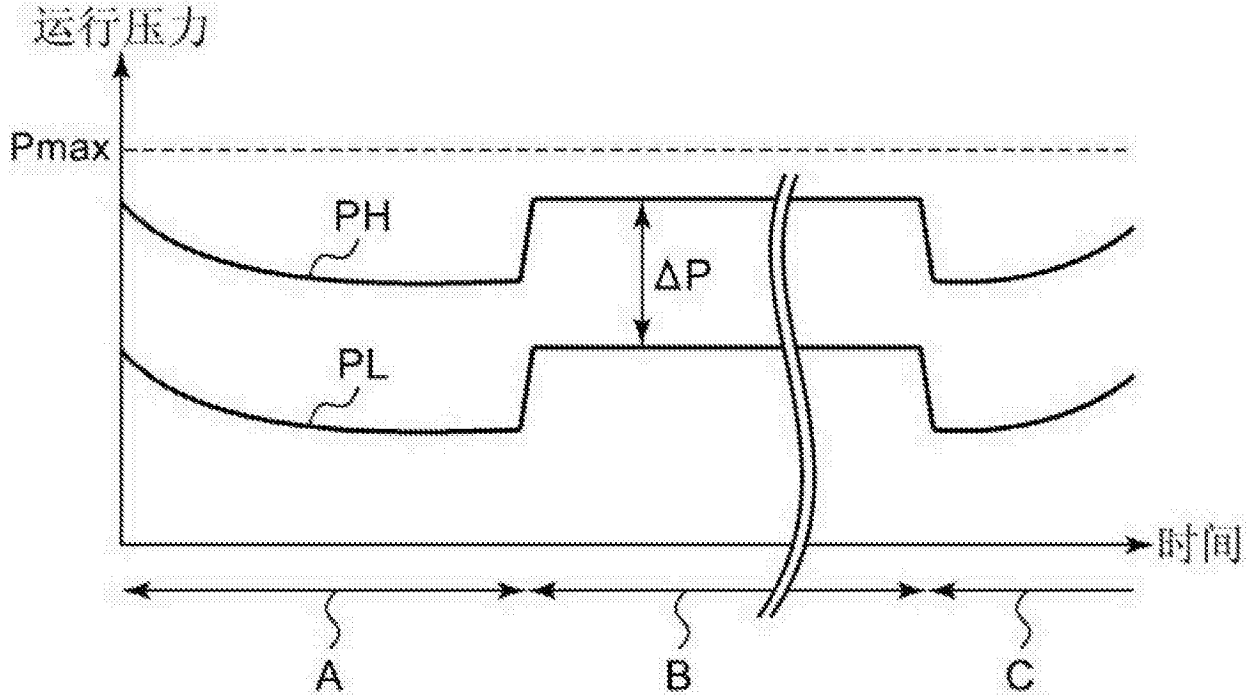


图 6

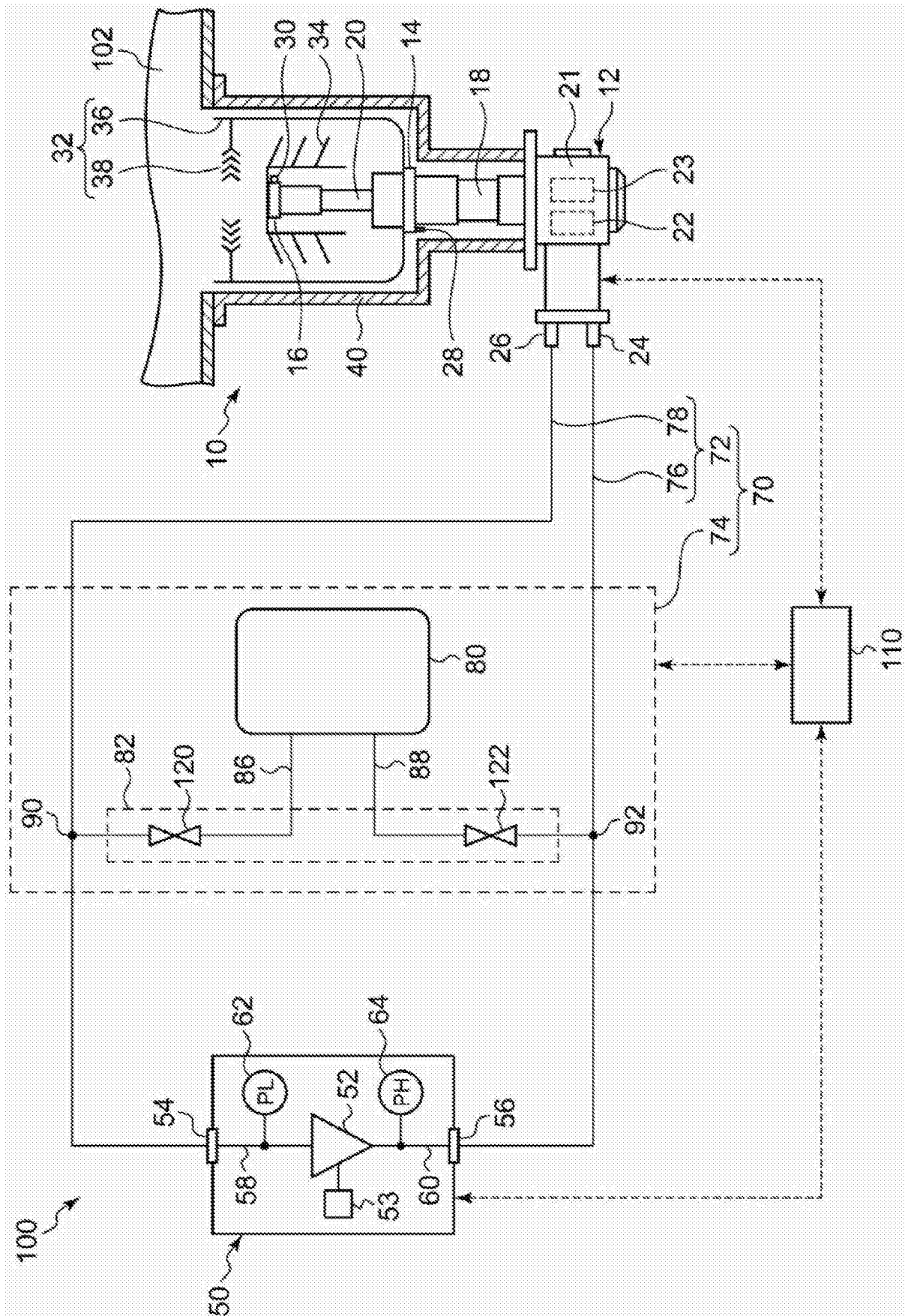


图 7

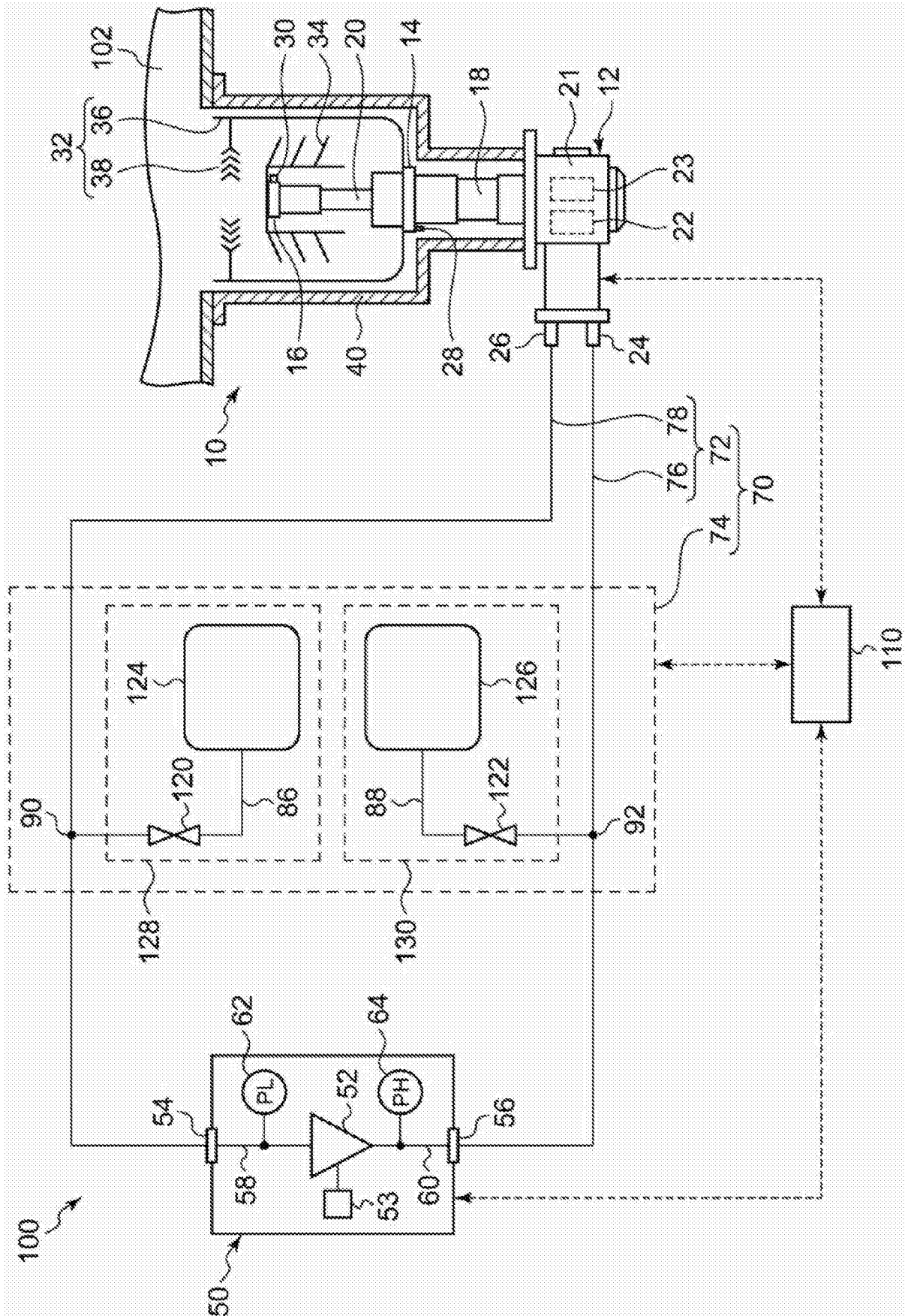


图 8

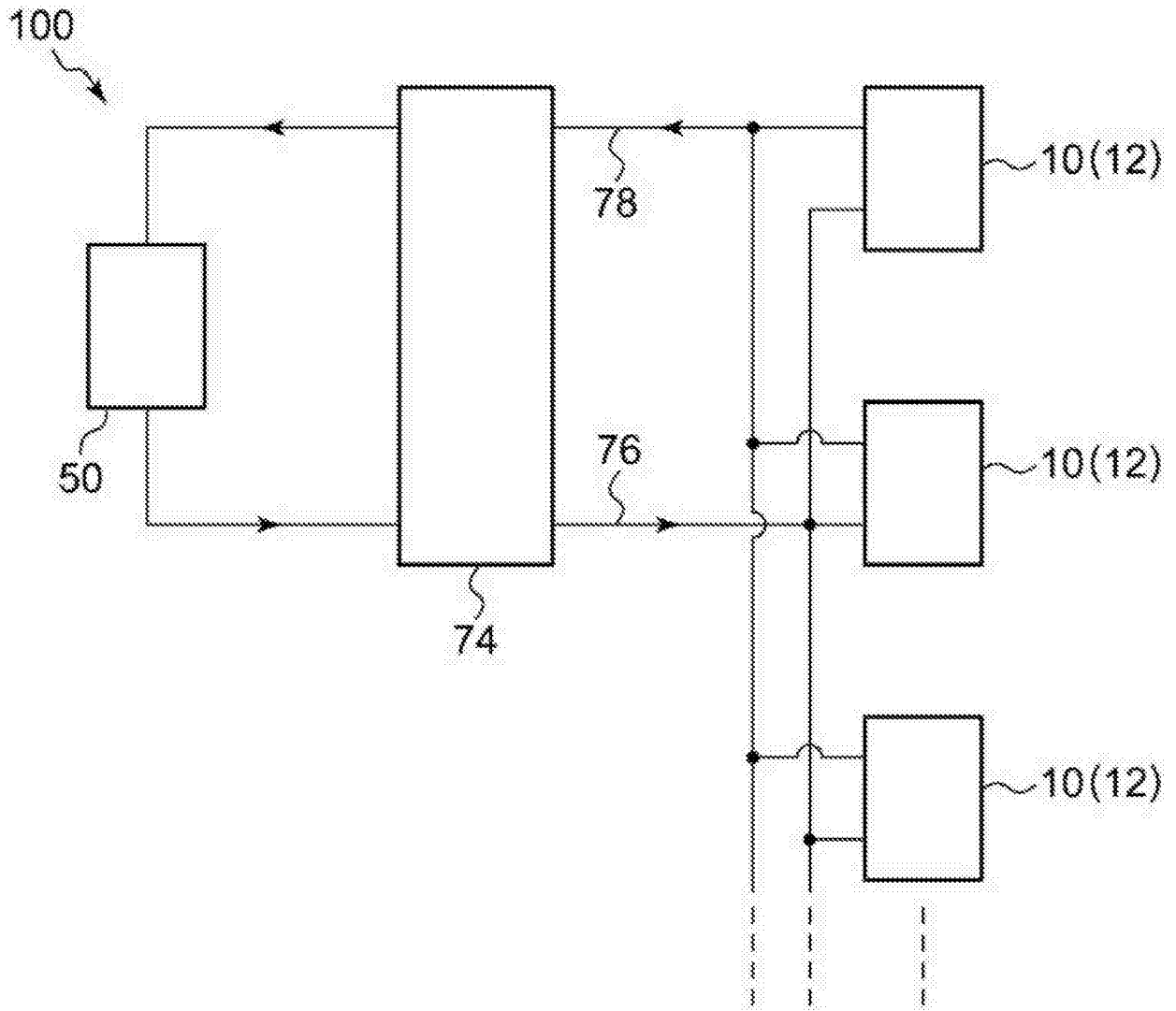


图 9