(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102817809 B
(45)授权公告日 2016.02.03

(21)申请号 201210186688.8

(22)申请日 2012.06.07

(30)优先权数据
128662/2011 2011.06.08 JP

(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 田中秀和

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 胡建新

(51)Int.Cl.
F04B 37/08(2006.01)

(56)对比文件
JP 特开 2002-243294 A,2002.08.28, 说明书第 [003]-[0011] 段、第 [0036]-[0038] 段、图 1,2,5.
JP 特开 2002-243294 A,2002.08.28, 说明书第 [003]-[0011] 段、第 [0036]-[0038] 段、图 1,2,5.
JP 特开 2006-90648 A,2006.04.06, 说明书第 [0019]-[0061] 段、图 2.
JP 特开平 6-207754 A,1994.07.26, 说明书第 [0012]-[0025] 段、图 1-4.
JP 特开平 6-207754 A,1994.07.26, 说明书第 [0012]-[0025] 段、图 1-4.
JP 特开平 9-178278 A,1997.07.11, 全文.
CN 1319753 A,2001.10.31, 全文.

审查员 何卿

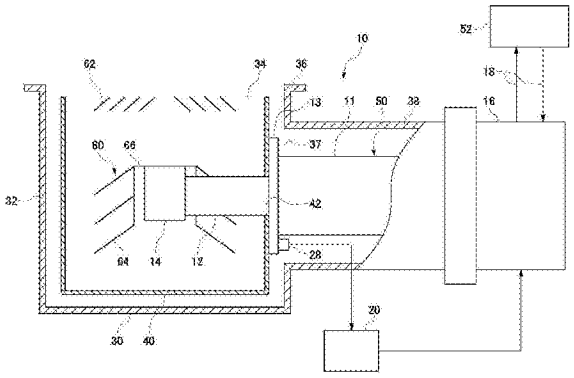
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

低温泵及超低温制冷机

(57)摘要

本发明提供一种能够实现更适于应用对象的设计的低温泵及超低温制冷机。本发明的制冷机(50)具备2个在长边方向上邻接的置换器，高温侧的置换器包括用于蓄冷材料的主容纳区段和副容纳区段。2个置换器之间形成有工作气体的直通流路。低温泵(10)具备低温低温板(60)、冷却成高于低温低温板(60)的温度的放射屏蔽(40)及制冷机(50)。



CN 102817809 B

1. 一种低温泵，其特征在于，具备：

低温低温板；

高温低温板，冷却成高于低温低温板的温度；及

制冷机，具备：第 2 冷却台，用于冷却低温低温板；第 1 冷却台，用于冷却高温低温板；第 1 缸，在低温端具有第 1 冷却台，且沿长边方向延伸；以及第 2 缸，在低温端具有第 2 冷却台，且沿所述长边方向延伸，所述制冷机中，第 1 缸的低温端与第 2 缸的高温端连接，第 2 冷却台与第 1 冷却台在所述长边方向上排列，

该制冷机具备：第 1 置换器，在所述长边方向上能够往复移动地被收容在第 1 缸中；及第 2 置换器，在所述长边方向上能够往复移动地被收容在第 2 缸中，且在所述长边方向上与该第 1 置换器的低温侧邻接而与第 1 置换器连结，

第 1 置换器具备：

主蓄冷器，从第 1 置换器的高温端向低温端填充蓄冷材料而成；

直通流路，设置在第 1 置换器的低温端，用于从所述主蓄冷器的低温端沿所述长边方向朝向第 2 置换器的蓄冷器引导工作气体；及

副蓄冷器，设置于该直通流路，在所述长边方向上被配置在相比所述主蓄冷器靠低温侧，

通过该副蓄冷器而形成为，用于向所述第 2 置换器的蓄冷器送出工作气体的冷却流路比用于向第 1 膨胀空间送出工作气体的冷却路径长，

第 1 膨胀空间为通过所述第 1 置换器、所述第 1 缸以及所述第 2 置换器包围的空间。

2. 如权利要求 1 所述的低温泵，其特征在于，

所述直通流路包括至少 1 个开口，所述开口形成于第 1 置换器的低温端的面向第 2 置换器的对置部分，所述副蓄冷器设置于该至少 1 个开口。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的低温泵，其特征在于，

在第 1 缸的内部与第 1 置换器的低温端邻接地形成有第 1 膨胀空间，

第 1 置换器的低温端包括不与第 2 置换器对置的非对置部分，该非对置部分具有独立流路，所述独立流路用于从所述主蓄冷器的低温端朝向第 1 膨胀空间引导工作气体。

4. 如权利要求 3 所述的低温泵，其特征在于，

至少将从所述主蓄冷器向所述独立流路的进入部分的方向规定为，使从所述主蓄冷器向所述独立流路的流出方向与从所述主蓄冷器向所述直通流路的流动方向一致。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的低温泵，其特征在于，

所述直通流路包括凹部，所述凹部为了收容所述第 2 置换器的高温端而形成于第 1 置换器的低温端，该高温端与该凹部的间隙被调整为，在第 1 置换器与第 2 置换器之间通过该直通流路的流动成为主流。

6. 一种超低温制冷机，其特征在于，

所述超低温制冷机具备在长边方向上邻接的低温侧置换器、高温侧置换器和能够往复移动地容纳该高温侧置换器的第 1 缸，

高温侧置换器包括用于从高温侧置换器的高温端向低温端遍及的蓄冷材料的主容纳区段和用于在所述长边方向与该主容纳区段的低温侧连续的蓄冷材料的副容纳区段，

副容纳区段的与所述长边方向垂直的截面积小于主容纳区段的截面积，且以气体能够

流通的方式设置于主容纳区段与低温侧置换器之间，

通过所述副容纳区段，向所述低温侧置换器供给气体的温度比向由所述低温侧置换器、所述高温侧置换器和所述第 1 缸包围的区域即第一膨胀空间供给的工作气体的温度低。

7. 一种超低温制冷机，其特征在于，

所述超低温制冷机具备 ：

高温侧置换器，其具备用于冷却来自高温侧的工作气体而向低温侧送出的第 1 蓄冷器，且能够在长边方向往复移动 ；和

低温侧置换器，其具备用于进一步冷却由第 1 蓄冷器冷却了的工作气体的第 2 蓄冷器，并能够与第 1 置换器一起在所述长边方向上往复移动，

第 1 蓄冷器具备从其高温端向低温端延伸的蓄冷材料容器、填充于该蓄冷材料容器的蓄冷材料、第 1 蓄冷器的高温端的朝向所述蓄冷材料的工作气体入口、从所述蓄冷材料朝向与第 1 蓄冷器的低温端邻接的膨胀空间的工作气体出口和从第 1 蓄冷器的低温端朝向第 2 蓄冷器的工作气体通路，

第 1 蓄冷器在所述工作气体通路中具备蓄冷材料延伸部分，以使得所述长边方向的从所述工作气体入口向所述工作气体通路的蓄冷材料的长度比从所述工作气体入口向所述工作气体出口的蓄冷材料的长度长。

8. 一种低温泵，其特征在于，所述低温泵具备 ：

低温低温板 ；

高温低温板，冷却成高于低温低温板的温度 ；及

权利要求 6 或 7 所述的制冷机，

所述制冷机具备 ：第 2 冷却台，用于冷却低温低温板 ；第 1 冷却台，用于冷却高温低温板 ；第 1 缸，在低温端具有第 1 冷却台，且沿所述长边方向延伸 ；以及第 2 缸，在低温端具有第 2 冷却台，且沿所述长边方向延伸，所述制冷机中，第 1 缸的低温端与第 2 缸的高温端连接，第 2 冷却台与第 1 冷却台在所述长边方向上排列，

高温侧置换器被收容于能够在所述长边方向上往复移动的第 1 缸中，低温侧置换器被收容于能够在所述长边方向上往复移动的第 2 缸中，且沿所述长边方向与高温侧置换器的低温侧邻接而连接于高温侧置换器。

低温泵及超低温制冷机

[0001] 本申请主张基于 2011 年 6 月 8 日申请的日本专利申请第 2011-128662 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。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种低温泵及超低温制冷机。

背景技术

[0003] 例如专利文献 1 中记载有具有将第 1 级置换器与第 2 级置换器之间的连接部中的工作气体流路分支成 2 个工作气体流路的制冷机的低温泵。第 1 工作气体流路从第 1 级蓄冷器中的低温侧端部连接于第 1 级膨胀室。第 2 工作气体流路从第 1 级蓄冷器中的低温侧端部直接连接于第 2 级蓄冷器。向第 2 级蓄冷器流入的气体的一部分是通过第 2 工作气体流路流入的，而并不经由第 1 级膨胀室内。

[0004] 专利文献 1 ：日本特开 2002-243294 号公报

[0005] 有时期待作为超低温制冷机的典型应用对象之一的低温泵具有冷却成不同温度水平的低温板，且使其温度差较大。低温的低温板和高温的低温板的空间配置上有一定程度的限制。例如，为了抑制来自外部的辐射热的影响，低温低温板被高温低温板围住。这种限制还影响到用于冷却低温板的制冷机的结构，例如提供较低的冷却温度的冷却位置与提供较高的冷却温度的冷却位置的位置关系。该位置关系是决定这两者的温度差的主要因素之一。

发明内容

[0006] 本发明是鉴于这种状况而完成的，其某一方式的例示目的之一在于提供一种能够实现更适于应用对象的设计的超低温制冷机及应用该制冷机的低温泵。

[0007] 本发明的某一方式的低温泵具备 ：低温低温板 ；高温低温板，冷却成高于低温低温板的温度 ；及制冷机，提供用于冷却低温低温板的低温冷却位置和用于冷却高温低温板的高温冷却位置，低温冷却位置和高温冷却位置在长边方向上排列。该制冷机具备 ：第 1 置换器 ；及第 2 置换器，在所述长边方向上与该第 1 置换器的低温侧邻接。第 1 置换器具备 ：低温端，具有用于从该第 1 置换器的主蓄冷器朝向第 2 置换器的蓄冷器引导工作气体的直通流路 ；及副蓄冷器，设置于该直通流路。

[0008] 本发明的另一方式为超低温制冷机。该超低温制冷机具备在长边方向上邻接的低温侧置换器和高温侧置换器，高温侧置换器包括用于蓄冷材料的主容纳区段和副容纳区段，副容纳区段的与所述长边方向垂直的截面积小于主容纳区段的截面积，且以气体能够流通的方式设置于主容纳区段与低温侧置换器之间。

[0009] 本发明的另一方式为超低温制冷机。该超低温制冷机具备蓄冷器，所述蓄冷器包括用于冷却来自高温侧的工作气体并向低温侧送出的冷却路径，该蓄冷器的用于向邻接的蓄冷器送出工作气体的冷却路径比用于向邻接的膨胀空间送出工作气体的冷却路径长。

[0010] 发明效果：

[0011] 根据本发明能够提供一种能够实现更适于应用对象的设计的超低温制冷机及应用该制冷机的低温泵。

附图说明

[0012] 图 1 是示意地表示本发明的一实施方式所涉及的低温泵的图。

[0013] 图 2 是表示本发明的一实施方式所涉及的制冷机的主要部分的图。

[0014] 图 3 是表示本发明的一实施方式所涉及的制冷机的吸气工序的工作气体流动的图。

[0015] 图 4 是表示本发明的一实施方式所涉及的制冷机的排气工序的工作气体流动的图。

[0016] 图 5 是表示其他一例的制冷机的吸气工序的工作气体流动的图。

[0017] 图 6 是表示其他一例的制冷机的排气工序的工作气体流动的图。

[0018] 图中：10- 低温泵，11- 第 1 缸，12- 第 2 缸，13- 第 1 冷却台，14- 第 2 冷却台，20- 控制部，30- 低温泵容器，40- 放射屏蔽，50- 制冷机，60- 低温低温板，68- 第 1 置换器，70- 第 2 置换器，72- 连结部，88- 第 1 蓄冷器，114- 第 2 蓄冷器，132- 凹部，134- 主蓄冷器，136- 副蓄冷器，138- 主容纳区段，140- 副容纳区段，G- 间隙。

具体实施方式

[0019] 在本发明的一实施方式中，为了冷却低温低温板 60 及高温低温板 40，用于低温泵 10 的制冷机 50 以与各自对应的配置提供低温冷却位置及高温冷却位置。在制冷机 50 中，形成有从高温侧的第 1 置换器 68 向低温侧的第 2 置换器 70 的直通流路，该直通流路上附加有副蓄冷器 136。工作气体从第 1 置换器 68 经由主蓄冷器 134 和副蓄冷器 136 供给至第 2 置换器 70。工作气体从主蓄冷器 134 供给至与第 1 置换器 68 邻接的第 1 膨胀空间 94 时并不经由副蓄冷器 136。

[0020] 这样，能够相对升高向第 1 膨胀空间 94 供给的气体温度，且相对降低向第 2 置换器 70 供给的气体温度。这有助于提高制冷机的第 2 级制冷能力。并且，能够保持制冷机 50 的外观形状的同时加大低温冷却位置与高温冷却位置的温度差。

[0021] 图 1 是示意地表示本发明的一实施方式所涉及的低温泵 10 的图。低温泵 10 安装于例如离子注入装置或溅射装置等的真空腔室，为了将真空腔室内部的真空度提高至所希望的工艺中所要求的水平而使用低温泵 10。低温泵 10 包括低温泵容器 30、放射屏蔽 40 及制冷机 50 而构成。

[0022] 制冷机 50 例如为吉福德 - 麦克马洪式制冷机（所谓 GM 制冷机）等制冷机。制冷机 50 具备第 1 缸 11、第 2 缸 12、第 1 冷却台 13、第 2 冷却台 14 及阀驱动马达 16。第 1 缸 11 和第 2 缸 12 串联连接。在第 1 缸 11 的与第 2 缸 12 的结合部侧设置第 1 冷却台 13，在第 2 缸 12 的远离第 1 缸 11 的一侧的端设置第 2 冷却台 14。

[0023] 图 1 所示的制冷机 50 为二级式制冷机，通过将缸串联且二级组合来实现更低温度。制冷机 50 可以为三级缸串联连接的三级式制冷机或多于三级的多级制冷机。制冷机 50 通过制冷剂管 18 连接于压缩机 52。

[0024] 压缩机 52 压缩例如氦等制冷剂气体即工作气体并通过制冷剂管 18 供给至制冷机 50。制冷机 50 通过使工作气体穿过蓄冷器来进行冷却。使工作气体在第 1 缸 11 内部的膨胀室及第 2 缸 12 内部的膨胀室膨胀来进一步进行冷却。蓄冷器组装于膨胀室内部。设置于第 1 缸 11 的第 1 冷却台 13 冷却成第 1 冷却温度水平，设置于第 2 缸 12 的第 2 冷却台 14 冷却成低于第 1 冷却温度水平的温度的第 2 冷却温度水平。例如，第 1 冷却台 13 冷却成 65K ～ 120K 左右，优选冷却成 80K ～ 100K，第 2 冷却台 14 冷却成 10K ～ 20K 左右。

[0025] 这样，制冷机 50 提供用于冷却低温低温板的低温冷却位置和用于冷却高温低温板的高温冷却位置。低温冷却位置和高温冷却位置在长边方向即缸排列方向上排列。1 个或多个提供中间冷却温度的中间冷却位置可排列于低温冷却位置与高温冷却位置之间。

[0026] 通过在膨胀室膨胀来吸热而冷却各冷却台的工作气体再次穿过蓄冷器，经过制冷剂管 18 返回到压缩机 52 中。从压缩机 52 向制冷机 50 的工作气体的流动及从制冷机 50 向压缩机 52 的工作气体的流动通过制冷机 50 内的回转阀(未图示)进行切换。阀驱动马达 16 从外部电源接受电力供给来使回转阀旋转。

[0027] 设置有用于控制制冷机 50 的控制部 20。控制部 20 根据第 1 冷却台 13 或第 2 冷却台 14 的冷却温度控制制冷机 50。为此，第 1 冷却台 13 或第 2 冷却台 14 上可设置有温度传感器 28。控制部 20 可通过控制阀驱动马达 16 的运行频率来控制冷却温度。为此，控制部 20 可具备用于控制阀驱动马达 16 的逆变器。控制部 20 可构成为控制压缩机 52。控制部 20 可以一体地设置于低温泵 10，也可以作为与低温泵 10 分体的控制装置来构成。

[0028] 图 1 所示的低温泵 10 为所谓卧式低温泵。卧式低温泵一般是制冷机的第 2 冷却台 14 沿着与筒状放射屏蔽 40 的轴向交叉的方向(通常是正交方向)插入于放射屏蔽 40 内部的低温泵。此外，本发明同样也能够应用于所谓立式低温泵。立式低温泵是制冷机沿着放射屏蔽的轴向插入的低温泵。

[0029] 低温泵容器 30 具备形成为一端具有开口而另一端闭塞的圆筒状形状的部位(以下称为“胴部”)32。开口作为应从溅射装置等的真空腔室排气的气体所进入的吸气口 34 而设置。吸气口 34 由低温泵容器 30 的胴部 32 的上端部内表面划定。并且，胴部 32 上形成有用于插通制冷机 50 的开口 37。胴部 32 的开口 37 上安装有圆筒状制冷机容纳部 38 的一端，另一端安装于制冷机 50 的壳体。制冷机容纳部 38 容纳制冷机 50 的第 1 缸 11。

[0030] 另外，安装法兰 36 在低温泵容器 30 的胴部 32 的上端朝向径向外侧延伸。低温泵 10 使用安装法兰 36 被安装于排气对象容积即溅射装置等的真空腔室。

[0031] 为了将低温泵 10 的内部和外部隔开而设置低温泵容器 30。如上所述，低温泵容器 30 包括胴部 32 和制冷机容纳部 38 而构成，胴部 32 及制冷机容纳部 38 的内部气密地保持为共同的压力。在低温泵 10 的动作中，即制冷机工作期间，低温泵容器 30 的外表面也暴露在低温泵 10 外部的环境中。因此，低温泵容器 30 的外表面维持为高于放射屏蔽 40 的温度。典型地，低温泵容器 30 的温度维持为环境温度。其中，环境温度是指设置有低温泵 10 的部位的温度或接近该温度的温度，例如室温左右。

[0032] 放射屏蔽 40 配设于低温泵容器 30 的内部。放射屏蔽 40 形成为一端具有开口而另一端闭塞的圆筒状形状即杯状形状。放射屏蔽 40 可构成为如图 1 所示的一体的筒状，另外也可以由多个零件构成为整体呈筒状形状。这些多个零件可相互保持间隙而配设。

[0033] 低温泵容器 30 的胴部 32 及放射屏蔽 40 均形成为大致圆筒状，且同轴配设。低温

泵容器 30 的胴部 32 的内径稍超出放射屏蔽 40 的外径，放射屏蔽 40 在与低温泵容器 30 的胴部 32 的内表面之间隔着若干间隔以与低温泵容器 30 非接触的状态配置。即，放射屏蔽 40 的外表面与低温泵容器 30 的内表面对置。此外，低温泵容器 30 的胴部 32 及放射屏蔽 40 的形状不限于圆筒形状，可以是多角柱形状或椭圆筒形状等任意截面的筒形状。典型地，放射屏蔽 40 的形状呈与低温泵容器 30 的胴部 32 的内表面形状相似的形状。

[0034] 放射屏蔽 40 作为主要从来自低温泵容器 30 的辐射热保护第 2 冷却台 14 及与此热连接的低温低温板 60 的高温低温板而设置。放射屏蔽 40 包围低温低温板 60。第 2 冷却台 14 在放射屏蔽 40 的内部配置于放射屏蔽 40 的大致中心轴上。放射屏蔽 40 以热连接于第 1 冷却台 13 的状态固定，冷却成与第 1 冷却台 13 相同程度的温度。

[0035] 低温低温板 60 例如包括多个板 64。板 64 例如分别具有圆锥台侧面的形状，譬如伞状形状。各板 64 安装于板安装部件 66，板安装部件 66 安装于第 2 冷却台 14。各板 64 上通常设置有活性炭等吸附剂(未图示)。吸附剂例如粘结于板 64 的背面。

[0036] 板安装部件 66 例如具有一端闭塞而另一端开放的筒形状，闭塞的端部安装于第 2 冷却台 14 的上端，其以筒状侧面围绕第 2 冷却台 14 的方式朝向放射屏蔽 40 的底部延伸。板安装部件 66 的侧面相互隔开间隔安装有多个板 64。板安装部件 66 的侧面形成有用于使制冷机 50 的第 2 缸 12 穿过的开口。或者，板安装部件 66 可具备用于向第 2 冷却台 14 安装的端部和从该端部朝向放射屏蔽 40 的底部延伸的用于安装板的平板。

[0037] 为了从来自真空腔室等的辐射热保护第 2 冷却台 14 及与此热连接的低温低温板 60，放射屏蔽 40 的吸气口上设置有挡板 62。挡板 62 例如形成为百叶窗结构或人字形结构。挡板 62 可形成为以放射屏蔽 40 的中心轴为中心的同心圆状，或者，也可以形成为格子状等其他形状。挡板 62 安装于放射屏蔽 40 的开口侧的端部，冷却成与放射屏蔽 40 相同程度的温度。此外，在挡板 62 与真空腔室之间可设置有闸阀(未图示)。该闸阀例如在低温泵 10 再生时被关闭，在通过低温泵 10 对真空腔室进行排气时被打开。

[0038] 放射屏蔽 40 的侧面形成有制冷机安装孔 42。制冷机安装孔 42 在放射屏蔽 40 的中心轴方向上形成于放射屏蔽 40 侧面的中央部。放射屏蔽 40 的制冷机安装孔 42 与低温泵容器 30 的开口 37 同轴设置。制冷机 50 的第 2 缸 12 及第 2 冷却台 14 从制冷机安装孔 42 沿着与放射屏蔽 40 的中心轴方向垂直的方向插入。放射屏蔽 40 在制冷机安装孔 42 中以热连接于第 1 冷却台 13 的状态固定。

[0039] 此外，放射屏蔽 40 可通过连接用套筒安装于第 1 冷却台 13，以此代替放射屏蔽 40 直接安装于第 1 冷却台 13。该套筒例如为用于包围第 2 缸 12 的第 1 冷却台 13 侧的端部且将放射屏蔽 40 热连接于第 1 冷却台 13 的传热部件。与将放射屏蔽 40 直接安装于第 1 冷却台 13 时相比，能够通过该结构加长第 2 缸 12。且能够加大第 1 冷却台 13 与第 2 冷却台 14 的温度差。

[0040] 以下说明基于上述结构的低温泵 10 的动作。低温泵 10 工作时，首先，在其工作之前用其他适当的粗抽泵将真空腔室内部粗抽至 1Pa 左右。之后使低温泵 10 工作。第 1 冷却台 13 及第 2 冷却台 14 通过制冷机 50 的驱动而被冷却，与它们热连接的放射屏蔽 40、挡板 62 及低温低温板 60 也被冷却。

[0041] 被冷却的挡板 62 对从真空腔室朝向低温泵 10 内部飞来的气体分子进行冷却，并将在该冷却温度下蒸气压充分变低的气体(例如水分等)凝缩于表面而被排气。在挡板 62

的冷却温度下蒸气压未充分变低的气体穿过挡板 62 进入放射屏蔽 40 内部。进入的气体分子中在低温低温板 60 的冷却温度下蒸气压充分变低的气体凝缩于低温低温板 60 的表面而被排气。在该冷却温度下蒸气压也未充分变低的气体(例如氢等)通过粘结于低温低温板 60 的表面且被冷却的吸附剂吸附而被排气。这样,低温泵 10 能够使真空腔室的真空度达到所希望的水平。

[0042] 图 2 至图 4 是表示本发明的一实施方式所涉及的制冷机 50 的主要部分的图。分别表示包括制冷机 50 的中心轴的截面。图 3 以箭头示意地表示吸气工序中的工作气体流动,图 4 以箭头示意地表示排气工序中的工作气体流动。

[0043] 制冷机 50 具备沿着中心轴方向即长边方向相互邻接的第 1 置换器 68 及第 2 置换器 70。高温侧的第 1 置换器 68 和低温侧的第 2 置换器 70 通过连结部 72 连结。制冷机 50 具备第 2 置换器 70 的高温侧的末端(附图中为上端)稍微进入第 1 置换器 68 的低温端而连结的置换器连结结构。

[0044] 详细内容如后述,第 1 置换器 68 具备第 1 蓄冷器 88。第 1 蓄冷器 88 包括冷却路径,所述冷却路径用于对从高温侧流入的工作气体进行冷却并向低温侧送出。第 1 蓄冷器 88 具备适于高温侧的置换器的蓄冷材料 86 和用于该蓄冷材料 86 的蓄冷材料容器 87。第 1 蓄冷器 88 能够划分为主蓄冷器 134 和副蓄冷器 136。形成有从第 1 置换器 68 通过主蓄冷器 134 及副蓄冷器 136 朝向第 2 蓄冷器 114 引导工作气体的直通流路。通过设置副蓄冷器 136,第 1 蓄冷器 88 的用于向第 2 蓄冷器 114 送出工作气体的冷却路径变得长于用于向第 1 膨胀空间 94 送出工作气体的冷却路径。

[0045] 第 1 置换器 68 的中空结构兼作蓄冷材料容器 87。蓄冷材料容器 87 包括用于填充蓄冷材料 86 的主容纳区段 138 和副容纳区段 140。主容纳区段 138 中容纳主蓄冷器 134,副容纳区段 140 中容纳副蓄冷器 136。副容纳区段 140 以气体能够在与主容纳区段 138 之间流通的方式设置于主容纳区段 138 的低温侧。副容纳区段 140 的与长边方向垂直的截面积小于主容纳区段 138。由此,能够在副容纳区段 140 的外侧与直通流路隔开形成从主蓄冷器 134 朝向第 1 膨胀空间 94 引导工作气体的独立流路。

[0046] 第 1 缸 11 和第 2 缸 12 形成为一体,第 1 缸 11 的低温端和第 2 缸 12 的高温端通过第 1 缸底部 74 连接。第 1 缸 11 及第 2 缸 12 分别在长边方向上串联排列。第 2 缸 12 为与第 1 缸 11 同轴配置且直径小于第 1 缸 11 的圆筒部件。第 1 缸 11 能够往复移动地容纳第 1 置换器 68,第 2 缸 12 能够往复移动地容纳第 2 置换器 70。

[0047] 第 1 缸 11 的低温端的外周部安装有第 1 冷却台 13,第 2 缸 12 的低温端的外周部安装有第 2 冷却台 14。第 1 缸底部 74 为将第 1 缸 11 和第 2 缸 12 以各自的末端连接的圆环状部件。第 2 缸 12 的低温端被第 2 缸底部 76 闭塞。第 1 缸 11 的高温端的外周部形成有法兰部 78。

[0048] 与第 1 缸 11 的高温端邻接设置有阀驱动马达 16 或具备回转阀、止转棒轭机构的驱动机构(未图示)。第 1 置换器 68 连接于止转棒轭机构。该止转棒轭机构通过阀驱动马达 16 驱动。马达的旋转通过止转棒轭机构转换成直线往复运动,由此第 1 置换器 68 沿着第 1 缸 11 的内侧面往复移动。第 1 置换器 68 和第 2 置换器 70 连结,因此第 2 置换器 70 也与第 1 置换器 68 联动而沿着第 2 缸 12 的内侧面往复移动。

[0049] 第 1 置换器 68 为与第 1 缸 11 的内部容积形状对应地形成为大致圆筒状的部件。

第 1 置换器 68 的最大径部分的外径实际上稍小于或等于第 1 缸 11 的内径，由此第 1 置换器 68 能够沿着第 1 缸 11 滑动，或者能够保持微小间隙而非接触地移动。

[0050] 第 1 置换器 68 包括第 1 高温端 80、第 1 圆筒部分 82 及第 1 低温端 84 而构成。第 1 高温端 80 及第 1 低温端 84 分别闭塞第 1 圆筒部分 82 的相互对置的端面。如后述，用于连接第 1 置换器 68 的内部和外部的开口分别形成于第 1 高温端 80 及第 1 低温端 84。

[0051] 第 1 置换器 68 的第 1 高温端 80 与第 1 圆筒部分 82 的连接部的径向外侧形成有用于装配密封垫的圆环槽，此处装配有圆环状第 1 密封垫 90。第 1 密封垫 90 能够滑动地粘附于第 1 缸 11，其截断第 1 缸 11 的高温端与第 1 膨胀空间 94 之间的工作气体在第 1 置换器 68 外侧的流通。为了提高与缸外部的绝热性，在第 1 置换器 68 的第 1 圆筒部分 82 的外周部分形成有极浅的凹部 92。

[0052] 第 1 圆筒部分 82 的内部填充有第 1 级蓄冷材料 86。蓄冷材料 86 例如为金属（例如铜或铜与其他金属例如锌的合金）的金属丝网层叠体。或者，蓄冷材料 86 可以为这种金属制的具有多个开口的板层叠体。可以说被第 1 高温端 80、第 1 圆筒部分 82 及第 1 低温端 84 围住的第 1 置换器 68 的内部容积是保持蓄冷材料 86 的第 1 蓄冷器 88。

[0053] 第 1 置换器 68 在其内部划定主容纳区段 138 和副容纳区段 140。主容纳区段 138 被第 1 高温端 80、第 1 圆筒部分 82 及第 1 低温端 84 围住，占第 1 置换器 68 的容积的一大半。副容纳区段 140 为与主容纳区段 138 的低温侧连续的空间，其形成于第 1 低温端 84。副容纳区段 140 可以是将主容纳区段 138 连接于第 1 置换器 68 外侧的单一开口部分，也可以是多个开口。

[0054] 主容纳区段 138 是大径圆筒空间，副容纳区段 140 是直径小于主容纳区段的圆筒空间。主容纳区段 138 和副容纳区段 140 同轴排列，副容纳区段 140 与主容纳区段 138 的低温侧的中心部相连结。副容纳区段 140 是用于在第 1 置换器 68 中收容第 2 置换器 70 的凹部 132 的至少一部分，例如是凹部 132 中连接器部件 128 与主容纳区段 138 之间的区域。

[0055] 同种蓄冷材料 86 填充于主容纳区段 138 和副容纳区段 140 双方。填充于主容纳区段 138 的蓄冷材料 86 构成主蓄冷器 134，填充于副容纳区段 140 的蓄冷材料 86 构成副蓄冷器 136。副蓄冷器 136 是使凹部 132 从主蓄冷器 134 朝向第 2 置换器 70 延伸的蓄冷材料延长部分。即，第 1 置换器 68 在第 1 低温端 84 具备蓄冷材料延长部分。

[0056] 副蓄冷器 136 的蓄冷材料可通过例如从凹部 132 的内壁突出的按压部（未图示）保持于副容纳区段 140。或者，副蓄冷器 136 的蓄冷材料也可以通过连结部 72 的连接器部件 128 的上端保持于副容纳区段 140。

[0057] 主容纳区段 138 和副容纳区段 140 中可填充有不同种类的蓄冷材料。或者，主容纳区段 138 和副容纳区段 140 的至少一方可进一步划分为多个用于不同种类的蓄冷材料的小区段。此时，可以在主容纳区段 138 与副容纳区段 140 的边界或相邻小区段的边界设置用于分隔不同种类的蓄冷材料的分隔部件或空隙。

[0058] 在第 1 缸 11 的内部与第 1 低温端 84 邻接形成有第 1 膨胀空间 94。第 1 膨胀空间 94 的容积通过第 1 置换器 68 的往复移动而变化。第 1 膨胀空间 94 是被第 1 置换器 68、第 1 缸 11 及第 2 置换器 70 围住的区域。具体而言，第 1 膨胀空间 94 通过第 1 置换器 68 的第 1 低温端 84、第 1 缸 11 的内表面及从第 1 置换器 68 的凹部 132 延伸的第 2 置换器 70 的第 2 圆筒部分 108 划定。第 1 膨胀空间 94 和第 1 低温端 84 的末端部围绕第 2 置换器 70 的高

温端 106。

[0059] 第 1 置换器 68 的第 1 高温端 80 形成有用于使工作气体在第 1 置换器 68 的外侧(即第 1 缸 11 的高温侧)与第 1 蓄冷器 88 之间流通的第 1 开口 96。第 1 开口 96 沿着围绕中心轴的周向设置于多处。

[0060] 第 1 置换器 68 的第 1 低温端 84 形成有用于使工作气体在第 1 蓄冷器 88 与第 1 膨胀空间 94 之间流通的第 2 开口 98。第 2 开口 98 沿着围绕中心轴的周向在第 1 低温端 84 的外周部设置于多处。第 2 开口 98 的入口部分 100 形成于第 1 蓄冷器 88 的低温端,出口部分 102 形成于第 1 低温端 84 的侧面。弯曲流路从入口部分 100 向出口部分 102 形成于第 1 低温端 84。

[0061] 在此,仅为了方便而这样称呼入口部分 100 及出口部分 102,第 2 开口 98 不仅容许从入口部分 100 朝向出口部分 102 的工作气体流动,而且还容许从出口部分 102 朝向入口部分 100 的工作气体流动。此外,第 2 开口 98 可以不是弯曲流路,可以是在第 1 蓄冷器 88 的低温端例如沿着中心轴方向或其正交方向形成的直线贯穿孔。

[0062] 第 1 置换器 68 的第 1 低温端 84 的直径稍小于第 1 圆筒部分 82 的低温侧末端。由此,在第 1 低温端 84 的侧面与第 1 缸 11 的内表面之间形成连接第 2 开口 98 和第 1 膨胀空间 94 的圆环状第 1 通道 104。第 1 通道 104 还可以看作是第 1 膨胀空间 94 的一部分。第 2 开口 98 的出口部分 102 通过第 1 通道 104 连接于第 1 膨胀空间 94。

[0063] 第 1 通道 104 沿着第 1 冷却台 13 向长边方向延伸。如图所示,第 1 冷却台 13 的长边方向的长度包括第 2 开口 98 的出口部分 102 的长边方向的可动范围。由此,即使在第 1 置换器 68 处于任一长边方向位置时第 1 冷却台 13 也会与第 2 开口 98 的出口部分 102 对置。这样,流过第 1 通道 104 的工作气体和第 1 冷却台 13 能够通过第 1 缸 11 有效地进行热交换。

[0064] 这样,形成用于使工作气体从第 1 置换器 68 穿过第 2 开口 98 流向第 1 膨胀空间 94 的第 1 流路。该第 1 流路从压缩机 52 及制冷剂管 18 (参考图 1)穿过第 1 开口 96、主蓄冷器 134、第 2 开口 98、第 1 通道 104 向第 1 膨胀空间 94 输送工作气体(参考图 3)。并且,使工作气体向反方向从第 1 膨胀空间 94 返回到压缩机 52 中(参考图 4)。

[0065] 上述第 1 流路包括与从第 1 置换器 68 向第 2 置换器 70 的直通流路相独立的流路。独立流路使第 1 置换器 68 的主蓄冷器 134 与第 1 膨胀空间 94 相连结。第 1 置换器 68 的第 1 低温端 84 包括不与第 2 置换器 70 对置的非对置部分。该非对置部分是露出在第 1 膨胀空间 94 的第 1 低温端 84 的外周部 130。独立流路形成于该非对置部分。这样,独立流路从形成于第 1 低温端 84 的与第 2 置换器 70 的对置部分的直通流路分离。

[0066] 第 2 置换器 70 是与第 2 缸 12 的内部容积形状对应地形成为大致圆筒状的部件。第 2 置换器 70 的最大径部分的外径实际上稍小于或等于第 2 缸 12 的内径,由此第 2 置换器 70 能够沿着第 2 缸 12 滑动,或者能够保持微小间隙而非接触地移动。

[0067] 第 2 置换器 70 包括第 2 高温端 106、第 2 圆筒部分 108 及第 2 低温端 110 而构成。第 2 高温端 106 及第 2 低温端 110 分别闭塞第 2 圆筒部分 108 的相互对置的端面。如后述,用于连接第 2 置换器 70 的内部和外部的开口分别形成于第 2 高温端 106 及第 2 低温端 110。

[0068] 第 2 圆筒部分 108 的内部填充有第 2 级蓄冷材料 112。可以说被第 2 高温端 106、

第 2 圆筒部分 108 及第 2 低温端 110 围住的第 2 置换器 70 的内部容积是保持蓄冷材料 112 的第 2 蓄冷器 114。第 2 蓄冷器 114 的高温侧设置有用于按压蓄冷材料 112 的毛毡或金属丝网 124。同样地，低温侧也可容纳有用于按压蓄冷材料 112 的毛毡或金属丝网。

[0069] 第 2 置换器 70 的第 2 圆筒部分 108 的径向外侧形成有用于装配密封垫的圆环槽，此处装配有圆环状第 2 密封垫 116。第 2 密封垫 116 遍及第 2 置换器 70 的可动范围能够滑动地粘附于第 2 缸 12，其截断第 1 膨胀空间 94 与第 2 膨胀空间 120 之间的工作气体在第 2 置换器 70 外侧的流通。为了提高与缸外部的绝热性，在第 2 置换器 70 的第 2 圆筒部分 108 的外周部分形成有极浅的凹部 118。在第 2 缸 12 的内部与第 2 低温端 110 邻接地形成有第 2 膨胀空间 120。第 2 膨胀空间 120 的容积通过第 2 置换器 70 的往复运动而变化。

[0070] 第 2 置换器 70 的第 2 高温端 106 形成有用于使工作气体在第 2 置换器 70 的外侧(即第 1 置换器 68 的低温侧)与第 2 蓄冷器 114 之间流通的第 3 开口 122。第 3 开口 122 沿着围绕中心轴的周向设置于多处或设置于整周。

[0071] 第 2 置换器 70 的第 2 低温端 110 形成有用于使工作气体在第 2 蓄冷器 114 与第 2 膨胀空间 120 之间流通的第 4 开口 126。第 4 开口 126 形成于第 2 低温端 110 侧面的多处。与第 1 通道 104 相同，使第 4 开口 126 连接于第 2 膨胀空间 120 的流路也是沿着第 2 冷却台 14 而设置，从第 2 膨胀空间 120 流向第 2 蓄冷器 114 的工作气体和第 2 冷却台 14 能够有效地进行热交换。

[0072] 如上所述，第 1 置换器 68 和第 2 置换器 70 通过连结部 72 沿着长边方向相互连结。连结部 72 包括连接器部件 128。第 1 置换器 68 的第 1 低温端 84 和第 2 置换器 70 的第 2 高温端 106 通过圆柱状或棱柱状的连接器部件 128 连结。

[0073] 连接器部件 128 的两端插通有 2 个相互正交的方向的结合销，一个销连结第 1 置换器 68 的第 1 低温端 84 和连接器部件 128，另一个销连结第 2 置换器 70 的第 2 高温端 106 和连接器部件 128。2 个销的插通方向均为与制冷机 50 的长边方向正交的方向。在一实施例中，连结部 72 可包括所谓万能联轴器。

[0074] 这样，第 1 置换器 68 和连接器部件 128 能够由结合销相互摆动连接，第 2 置换器 70 和连接器部件 128 能够在与它们正交的方向上由结合销摆动连接。由此，在制冷机 50 的组装工序中，将第 1 置换器 68 及第 2 置换器 70 插入到第 1 缸 11 及第 2 缸 12 时，第 2 置换器 70 能够相对于第 1 置换器 68 稍微相对移动或偏心。因此，可缓合缸制造上的公差，有助于制冷机 50 的低成本化。

[0075] 第 1 置换器 68 的第 1 低温端 84 具有外周部 130。外周部 130 作为从第 1 圆筒部分 82 朝向第 1 缸底部 74 突出的环状凸部而形成。外周部 130 的侧面还是第 1 低温端 84 的侧面。由此，外周部 130 的侧面与第 1 缸 11 的内表面对置，在外周部 130 的侧面与第 1 缸 11 的内表面之间形成上述第 1 通道 104。被外周部 130 围住的中心部分成为凹部 132。凹部 132 向第 1 蓄冷器 88 开放。外周部 130 包围至少 1 个形成副容纳区段 140 的开口。

[0076] 连接器部件 128 配置于该凹部 132，其上侧的至少一部分容纳于凹部 132。连接器部件 128 的上端与副蓄冷器 136 之间有空隙而互不接触。连接器部件 128 的与第 2 置换器 70 的连接部容纳于第 2 置换器 70 的第 3 开口 122。在连接器部件 128 的下端与第 2 蓄冷器 114 或金属丝网 124 之间有空隙而互不接触。

[0077] 第 1 低温端 84 的凹部 132 为了收容第 2 置换器 70 而形成。第 2 置换器 70 的高

温侧，具体而言第 2 高温端 106 间隙插入于凹部 132。即，带着若干游隙而被插入。由此，在凹部 132 的侧面与第 2 置换器 70 的第 2 高温端 106 的侧面之间形成间隙 G。凹部 132 的直径与第 2 圆筒部分 108 的直径之差成为间隙 G。间隙 G 最大也不过在 0.5mm 以内。如图所示，第 2 置换器 70 的高温端 106 比第 1 低温端 84 的端面仅进入长度 A。该进入量例如最多也是 15mm 或者最多也是 10mm。

[0078] 这样，形成用于使工作气体从第 1 置换器 68 通过凹部 132 流向第 2 置换器 70 的直通流路。直通流路包括使第 1 置换器 68 的主蓄冷器 134 和第 2 置换器 70 的蓄冷器 114 相连结的中间部分。该直通流路的中间部分形成于第 1 置换器 68 的低温端 84 的面向第 2 置换器 70 的对置部分，包括至少 1 个设置有副蓄冷器 136 的开口。

[0079] 直通流路为了使工作气体从压缩机 52 及制冷剂管 18（参考图 1）通过第 1 开口 96、主蓄冷器 134、副蓄冷器 136、凹部 132、第 3 开口 122、第 2 蓄冷器 114、第 4 开口 126 输送到第 2 膨胀空间 120 而使用（参考图 3）。并且，为了使工作气体向反方向从第 2 膨胀空间 120 返回到压缩机 52 而使用（参考图 4）。

[0080] 间隙 G 的尺寸被调整为工作气体在第 1 置换器 68 与第 2 置换器 70 之间的流通中通过该直通流路的流动成为主流。若这样，则能够抑制第 1 蓄冷器 88 与第 2 蓄冷器 114 之间的工作气体流动通过间隙 G 泄漏。且能够增多从第 1 蓄冷器 88 直接流入第 2 蓄冷器 114 而并不经由第 1 膨胀空间 94 的工作气体。

[0081] 间隙 G 从凹部 132 通往第 1 膨胀空间 94。但是，间隙 G 的尺寸被调整为工作气体在第 1 膨胀空间 94 与第 1 置换器 68 之间的流通中通过第 2 开口 98 的流动成为主流。即，从第 1 置换器 68 通过第 2 开口 98 流入第 1 膨胀空间 94 的工作气体再次通过第 2 开口 98 返回到第 1 置换器 68 中。可充分抑制经由第 1 膨胀空间 94 并通过间隙 G 流入凹部 132 的流动。

[0082] 优选第 2 置换器 70 向第 1 置换器 68 的进入部分的间隙 G 可被密封为工作气体实际上不能流通。间隙 G 的至少一部分可通过在制冷机 50 的组装工作中第 1 置换器 68 与第 2 置换器 70 的摆动被完全闭塞。或者，也可以在第 1 置换器 68 或第 2 置换器 70 的间隙 G 的位置装配密封部件来截断间隙 G 的气体流通。还可以通过第 1 置换器 68 和第 2 置换器 70 波纹管连接来截断间隙 G 的气体流通。还可以通过第 1 置换器 68 与第 2 置换器 70 形成为一体来完全闭塞整个间隙 G 或其一部分。

[0083] 这样，分离工作气体向第 1 膨胀空间 94 的流动和工作气体向第 2 膨胀空间 120 的流动。由此，抑制流入第 1 膨胀空间 94 且与第 1 冷却台 13 进行了热交换的工作气体流入第 2 置换器 70。从第 1 置换器 68 供给且直接朝向第 2 膨胀空间 120 的工作气体不经由第 1 膨胀空间 94。这样，能够减小制冷机 50 的第 1 级冷却温度对第 2 级制冷能力带来的影响。

[0084] 这样分离流动的结构在不同冷却台所要求的温度差较大时尤其优选。当工作气体经由冷却成较高温的冷却台及其热交换部（即膨胀空间）朝向下一级的更低温的冷却台及其热交换部时，前级高温对后级带来的影响变大。能够通过分离流动来抑制对后级制冷能力的影响。

[0085] 由此，例如在二级式制冷机 50 中，当第 1 级冷却温度被设为 80K 以上优选设为 100K 以上，且第 2 级冷却温度被设为 30K 以下优选设为 20K 以下时，优选采用上述的流动分离结构。并且，当相邻冷却级的温度差至少被设为 50K 以上优选设为 80K 以上时，优选采用

流动分离结构。

[0086] 另外，就朝向第 2 膨胀空间 120 的直通流路而言，各流路构成为从第 1 置换器 68 流出的工作气体的流动方向与朝向第 1 膨胀空间 94 从第 1 置换器 68 流出的工作气体的流动方向一致。至少将从主蓄冷器 134 向独立流路的进入部分的方向规定为从主蓄冷器 134 向独立流路的流出方向与从主蓄冷器 134 向直通流路的流动方向一致。

[0087] 因此，凹部 132 形成为从第 1 蓄冷器 88 朝向第 2 蓄冷器 114 的流动向长边方向流动，第 2 开口 98 的入口部分 100 也形成为来自第 1 蓄冷器 88 的流动向长边方向流动。凹部 132 及第 2 开口 98 的入口部分 100 是与缸的中心轴方向平行地形成的开口部。此外，如上所述，流入第 2 开口 98 的工作气体从在第 2 开口 98 的内部向径向外向弯曲的出口部分 102 流出。即，流动方向在第 1 蓄冷器 88 的外部发生改变。

[0088] 这样，通过以使从第 1 蓄冷器 88 的主蓄冷器 134 的低温端向外侧的流动方向一致的方式形成开口，能够提高工作气体在主蓄冷器 134 的低温端的流动均匀性。通过使工作气体流动均匀性变得良好，第 1 蓄冷器 88 的低温端的温度分布均匀性也变得良好。认为这有助于在第 1 蓄冷器 88 的低温端整体上保持低温。

[0089] 本实施例所涉及的第 1 置换器 68 的蓄冷器结构中，局部加长用于冷却从高温侧流入的工作气体的冷却路径或热交换路径。针对此，典型的蓄冷器为简单圆筒形，工作气体的从流入口到流出口的路径长度是均匀的。

[0090] 本实施例所涉及的蓄冷器结构中，在长度方向上追加副蓄冷器 136，由此与第 2 置换器 70 对置的局部区域的冷却路径长于包括与第 1 膨胀空间 94 对置的区域在内的其他区域的冷却路径。由于能够向第 2 置换器 70 供给更低温的工作气体，因此能够提高制冷机 50 的第 2 级制冷能力。由于向第 1 膨胀空间 94 供给的气体为相对高温，因此能够加大制冷机 50 的第 1 级与第 2 级之间的温度差。

[0091] 第 1 置换器 68 的内部形成有副蓄冷器 136，因此能够维持现有的缸形状及尺寸。由此，也可保持置换器的可动范围(所谓行程)，因此也无需改变制冷机 50 的驱动机构的设计。并且，可保持现有的缸形状及尺寸即制冷机 50 的外形，因此对应用制冷机 50 的装置结构的设计的影响较少或不存在。例如，在低温泵 10 中，能够以保持放射屏蔽 40 与低温低温板 60 的位置关系的状态提高低温低温板 60 的排气能力。

[0092] 对制冷机 50 的动作进行说明。将图 3 所示的吸气工序及图 4 所示的排气工序设为 1 循环，制冷机 50 反复进行该循环。在吸气工序的某一时刻，第 1 置换器 68 及第 2 置换器 70 分别位于第 1 缸 11 及第 2 缸 12 内的下死点。与此同时或稍微错开时机，压缩机 52 的吐出侧与缸内部容积通过回转阀连接，由此，高压工作气体例如氦气从压缩机 52 流入第 1 置换器 68。

[0093] 高压氦气从第 1 开口 96 流入第 1 蓄冷器 88，且被蓄冷材料 86 冷却。被冷却的氦气的一部分通过第 2 开口 98、第 1 通道 104 流入第 1 膨胀空间 94。流入第 1 膨胀空间 94 的工作气体从主蓄冷器 134 供给，并不经由副蓄冷器 136。

[0094] 被冷却的氦气的剩余部分通过第 1 置换器 68 的凹部 132 及第 2 置换器 70 的第 3 开口 122 流入第 2 蓄冷器 114。流入第 2 蓄冷器 114 的氦气被主蓄冷器 134 和副蓄冷器 136 双方冷却。氦气被第 2 蓄冷器 114 的蓄冷材料 112 进一步冷却，通过第 4 开口 126 流入第 2 膨胀空间 120。

[0095] 这样，第 1 膨胀空间 94 及第 2 膨胀空间 120 分别成为高压状态。第 1 置换器 68 及第 2 置换器 70 向上死点移动，由此第 1 膨胀空间 94 及第 2 膨胀空间 120 被扩张。被扩张的第 1 膨胀空间 94 及第 2 膨胀空间 120 由高压氦气所充满。

[0096] 在排气工序的某一时刻，第 1 置换器 68 及第 2 置换器 70 分别位于第 1 缸 11 及第 2 缸 12 内的上死点。与此同时或稍微错开时机，压缩机 52 的吸入侧与缸内部容积通过回转阀的旋转连接。第 1 膨胀空间 94 及第 2 膨胀空间 120 的氦气被减压而膨胀。氦气通过膨胀而成低压，且产生降温。第 1 膨胀空间 94 的氦气从第 1 冷却台 13 吸收热来进行冷却，第 2 膨胀空间 120 的氦气从第 2 冷却台 14 吸收热来进行冷却。

[0097] 第 1 置换器 68 及第 2 置换器 70 朝向下死点移动，第 1 膨胀空间 94 及第 2 膨胀空间 120 被缩小。低压氦气从第 1 膨胀空间 94 通过第 1 通道 104、第 2 开口 98、第 1 蓄冷器 88 及第 1 开口 96 回收至压缩机 52 中。并且，低压氦气从第 2 膨胀空间 120 通过第 4 开口 126、第 2 蓄冷器 114、第 3 开口 122、凹部 132、第 1 蓄冷器 88 及第 1 开口 96 回收至压缩机 52。此时，第 1 蓄冷器 88 的蓄冷材料 86 及第 2 蓄冷器 114 的蓄冷材料 112 也被冷却。

[0098] 图 5 是表示典型的其他制冷机 150 的吸气工序的图，图 6 是表示该制冷机 150 的排气工序的图。关于第 1 置换器 168 的蓄冷器结构，该制冷机 150 的结构不同于上述的图 2 所示的制冷机 50。对于第 1 置换器 168 与第 2 置换器 170 的连结部 172，其结构也有不同于上述的图 2 所示的制冷机 50 的部分。对于第 1 缸 11、第 2 缸 12、第 1 冷却台 13 及第 2 冷却台 14，在图 2 所示的制冷机 50 和图 5、图 6 所示的制冷机 150 中被设为同一尺寸及形状。

[0099] 如图 5 及图 6 所示，在制冷机 150 中，第 1 置换器 168 与第 2 置换器 170 之间的空间，即连结用凹陷 160 作为连接第 1 膨胀空间 194 和第 2 蓄冷器 114 的流路而形成。为了保证向第 2 置换器 170 的充分的流动，进入部分中的第 2 置换器 170 与第 1 置换器 168 的间隔至少大于 2mm ～ 3mm。

[0100] 由此，吸气工序中的工作气体流动经过第 1 开口 96、第 1 蓄冷器 88、第 2 开口 198、第 1 膨胀空间 194、连结用凹陷 160、第 2 蓄冷器 114 供给至第 2 膨胀空间 120（参考图 5）。排气工序中的工作气体流动成为与此相反的方向，从第 2 膨胀空间 120 向第 1 开口 96 返回（参考图 6）。这样，第 1 蓄冷器 88 与第 2 蓄冷器 114 之间的工作气体流动经由第 1 膨胀空间 194。因此，制冷机 150 的第 2 级制冷性能容易受第 1 级冷却温度的影响。

[0101] 此外，在制冷机 150 中，用于使第 1 置换器 168 的第 1 蓄冷器 88 与第 1 膨胀空间 194 连通的第 2 开口 198 形成于第 1 置换器 168 的低温侧侧面。第 2 开口 198 从制冷机 150 的中心轴以放射状形成于第 1 置换器 168 侧面的多处。该第 2 开口 198 还能够在图 2 所示的制冷机 50 中采用。

[0102] 如从与图 5 及图 6 所示的制冷机 150 的对比可知，图 2 ～图 4 所示的制冷机 50 的连结部 72 可以说具有对从与第 1 置换器 68 邻接的第 1 膨胀空间 94 通往第 2 置换器 70 的间隙 G 的气体流动进行密封的密封结构。

[0103] 作为表示该密封结构的密封性的指标之一可以考虑第 2 置换器 70 的进入长度 A 与间隙 G 之比 X。即，X=A/G。当第 2 置换器 70 的进入长度 A 较大且间隙 G 较小时，比 X 值变大。此时，工作气体变得很难流动。相反，当第 2 置换器 70 的进入长度 A 较小且间隙 G 较大时，比 X 值变小。此时，工作气体变得容易流动。

[0104] 在一实施例中，当进入长度 A 为 10mm、间隙 G 为 0.5mm 时比 X 成为 20，因此比 X 优选至少为 20 以上。当进入长度 A 为 15mm、间隙 G 为 0.5mm 时比 X 成为 30，因此比 X 更优选至少为 30 以上。与此相对，如图 5 及图 6 所示的制冷机 150，当进入长度 A 为 10mm 且间隙 G 为 2mm ～ 3mm 时，比 X 成为约 3.3 ～ 5。这样，与典型的制冷机的连结部分相比，能够通过将比 X 值设为 10 倍以上的大小来实现充分的密封性。

[0105] 在优选的一实施例中，进入长度 A 为 15mm 以下，间隙 G 为 0.5mm 以下，且比 X 为 30 以上。即，以比 X 设为 30 以上的方式，进入长度 A 选自 15mm 以下的范围，间隙 G 选自 0.5mm 以下的范围。根据这种结构，能够在用于副蓄冷器 136 的副容纳区段 140 确保充分的宽度的同时对间隙 G 赋予充分的密封性。

[0106] 如上所述，根据本发明的一实施方式，在 2 个冷却台位置及缸尺寸大致被规定的制冷机的结构中，形成从第 1 置换器 68 向第 2 置换器 70 的直通流路且附加副蓄冷器 136。从长边方向观察时，在第 1 蓄冷器 88 的中心部分形成有蓄冷材料 86 的较长部位，在第 1 蓄冷器 88 的外周部分形成有蓄冷材料 86 的较短部位。与第 1 膨胀空间 94 中停留的工作气体相比，能够降低向第 2 置换器 70 供给的气体温度。

[0107] 由此，能够加大制冷机 50 的第 1 级与第 2 级之间的温度差。并且，向第 2 级的工作气体温度下降，因此还能够提高第 2 级制冷能力。低温泵 10 具备位置关系已被规定的放射屏蔽 40 和其内部的低温低温板 60，因此成为这种制冷机 50 的优选应用对象。尤其在要求较大地设定放射屏蔽 40 与其内部的低温低温板 60 的温度差时适合。

[0108] 以上，根据实施例对本发明进行了说明，但本发明并不限于上述实施方式，本领域技术人员可理解能够进行各种设计变更、能够实现多种多样的变形例、及这种变形例也属本发明范围内。

[0109] 副蓄冷器 136 未必一定要设置于主蓄冷器 134 的低温侧。本发明的一实施方式所涉及的蓄冷器结构可以在高温端或其他部分具有在热交换方面没有效果或热交换作用小于蓄冷材料的局部部分。这样，蓄冷器结构可包括冷却路径相对较长的区域和较短的区域。例如，蓄冷器结构可具有蓄冷材料欠缺的区域来代替设置副蓄冷器 136，或者设置副蓄冷器 136 的同时具有蓄冷材料欠缺的区域。用于向邻接的膨胀空间送出工作气体的冷却路径可包括蓄冷材料欠缺区域。即使这样也能够对朝向膨胀空间的工作气体与朝向低温置换器的工作气体赋予温度差。

[0110] 本发明并不限于对二级式制冷机的应用，还可应用于比此更多级的制冷机。此时，可以由第 1 级和与此邻接的第 2 级中作为高温侧的第 1 级蓄冷器结构具备上述副蓄冷器 136，还可以由第 2 级和与此邻接的第 3 级中作为高温侧的第 2 级蓄冷器结构具备上述副蓄冷器 136。并且，本发明的一实施方式所涉及的制冷机不仅能够应用于低温泵，还能够应用于任意对象。

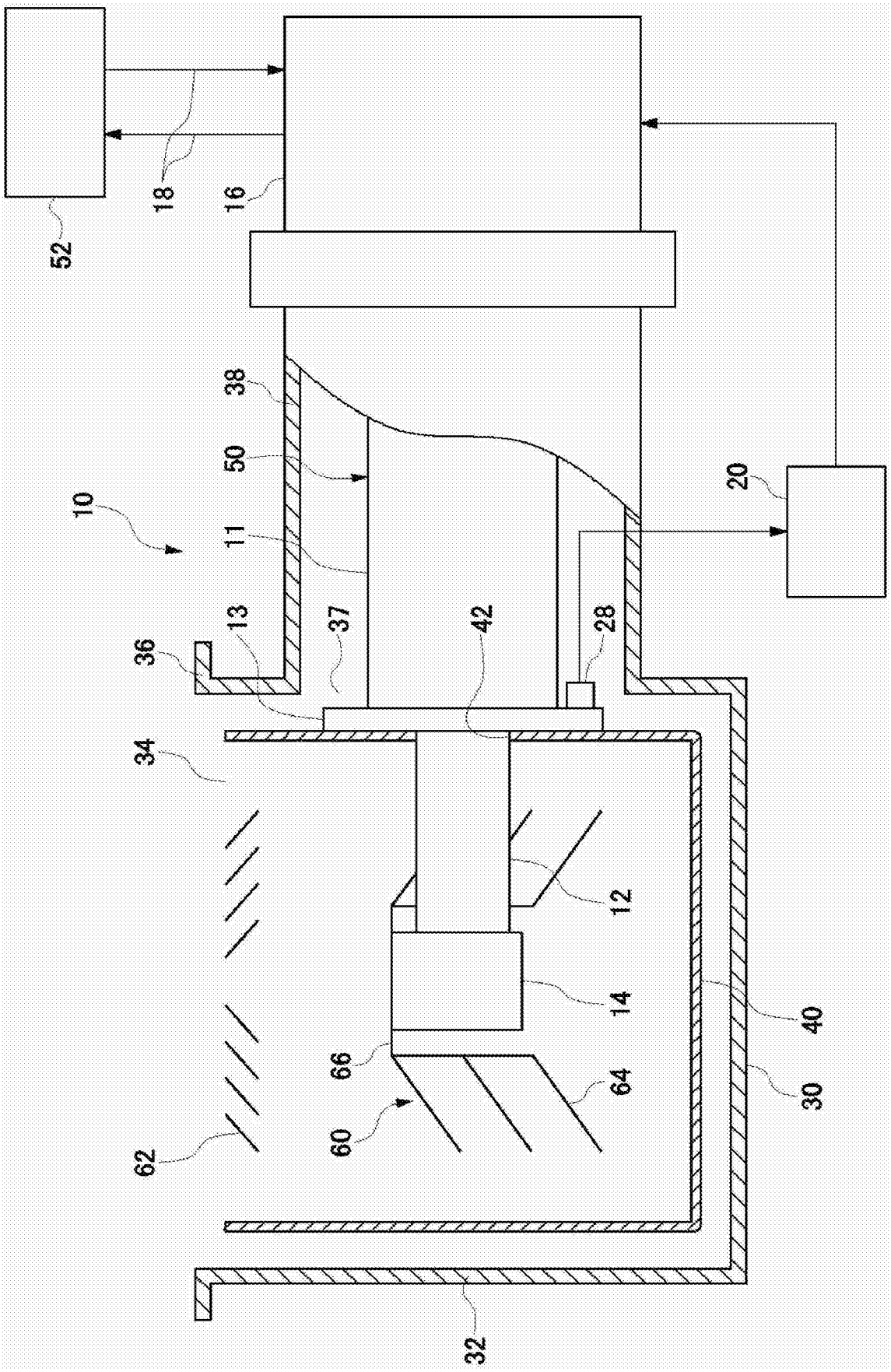


图 1

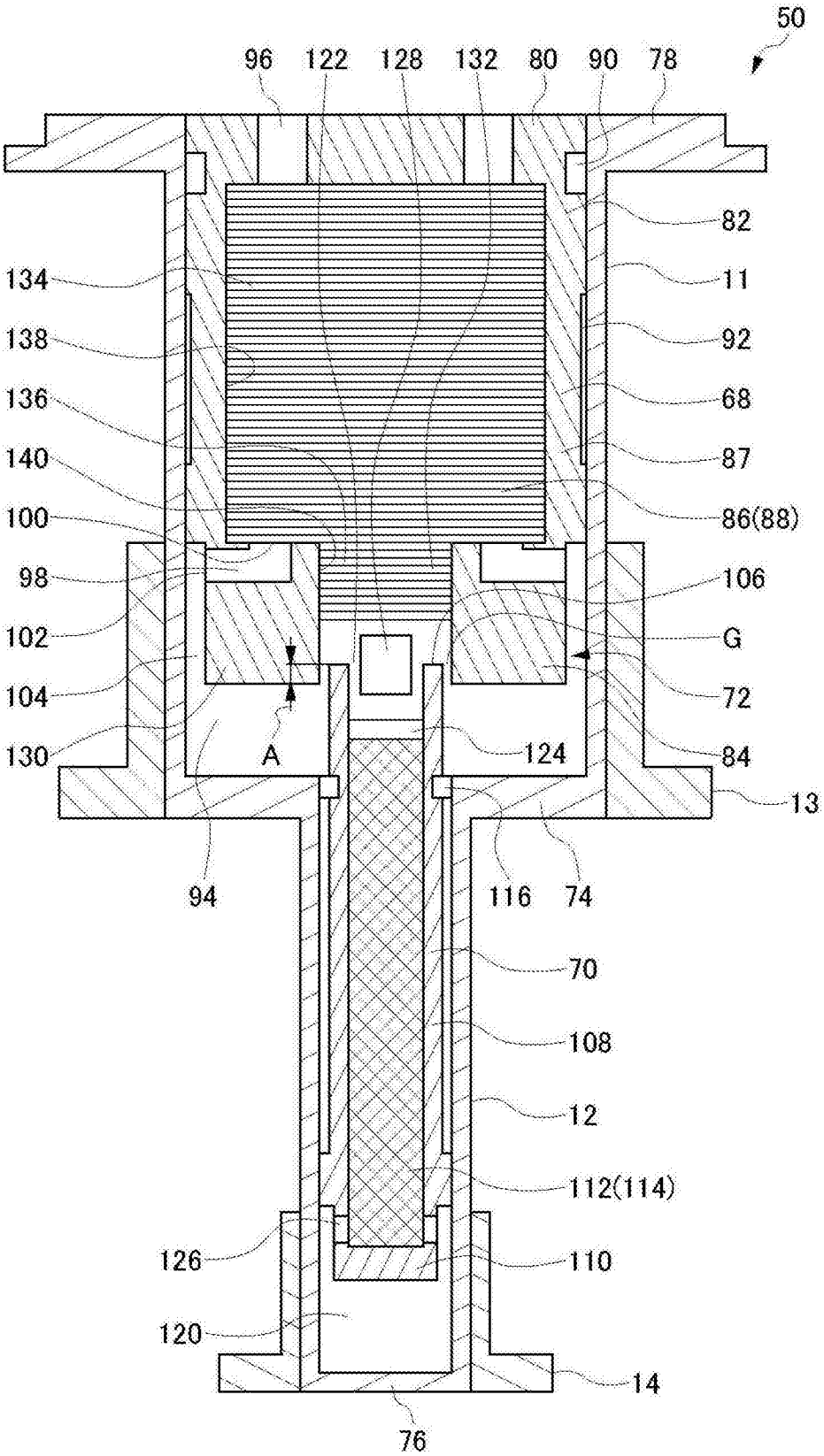

50
96
122
128
132
80
90
78
82
134
11
138
92
136
68
140
87
100
86(88)
98
106
102
G
104
72
130
A
124
84
13
94
116
74
70
108
12
112(114)
126
110
120
14
76

图 2

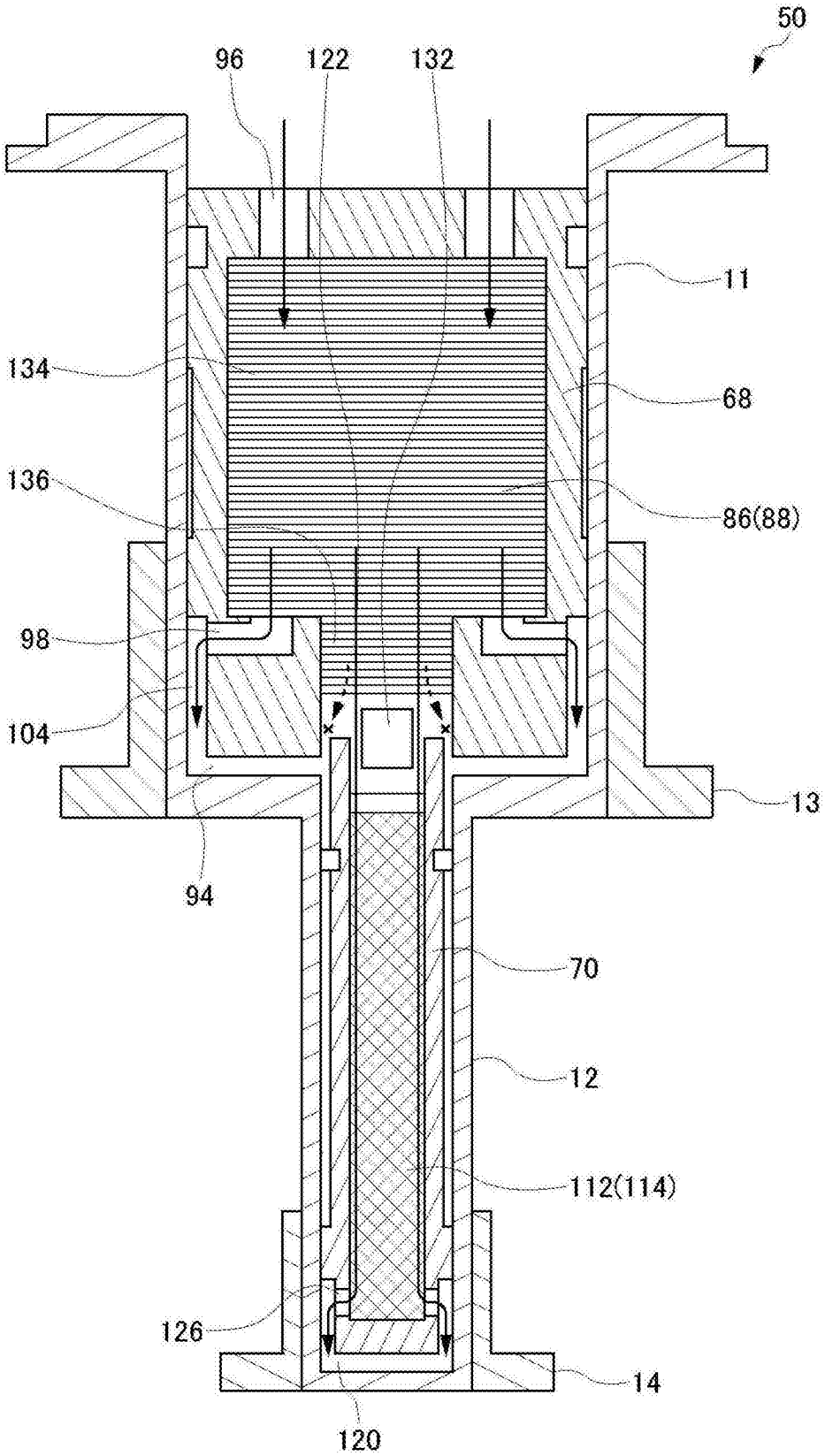

50
96
122
132
11
134
68
136
86(88)
98
104
13
94
70
12
112(114)
126
14
120

图 3

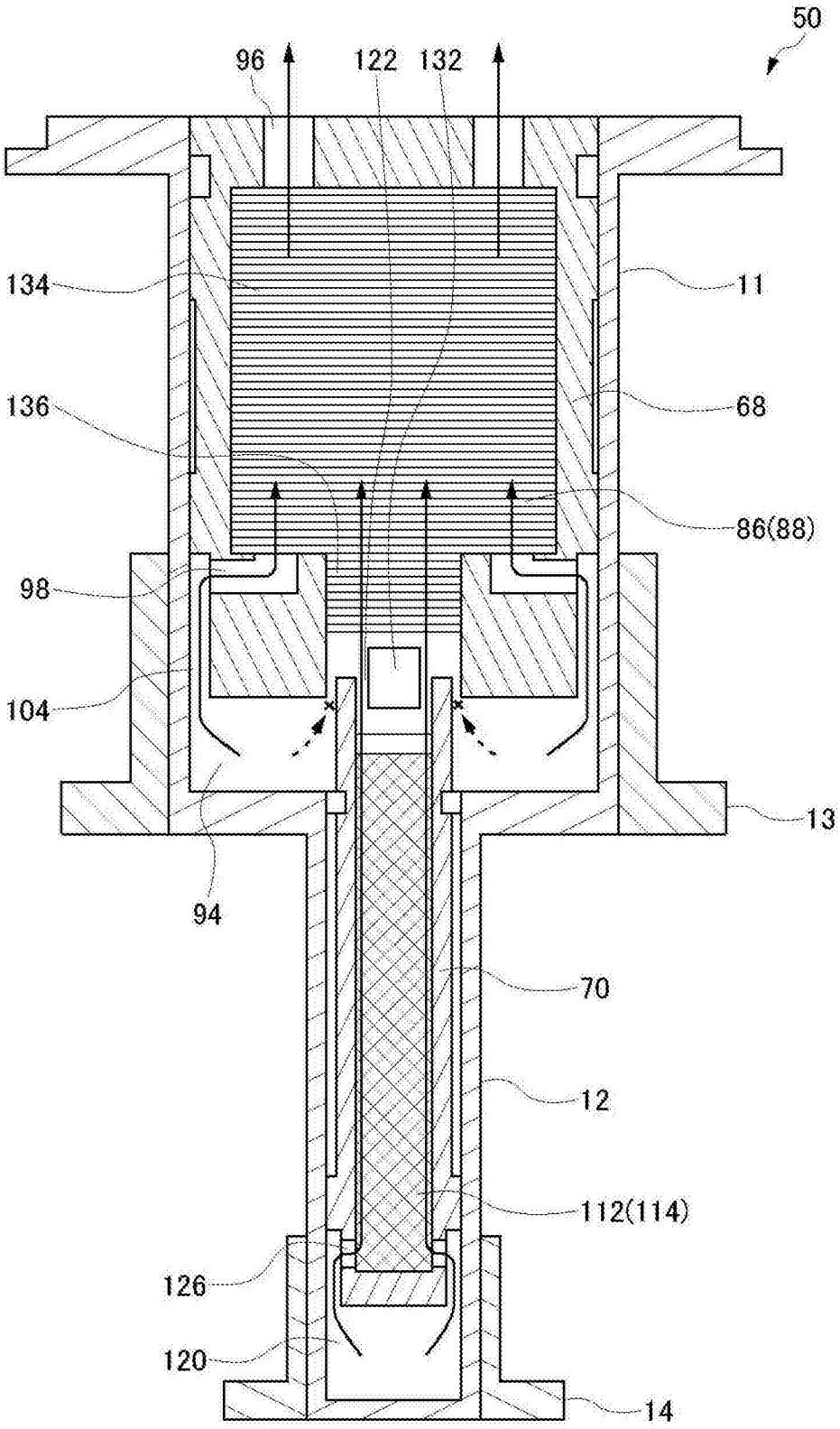

50
96
122
132
134
11
136
68
86(88)
98
104
13
94
70
12
112(114)
126
120
14

图 4

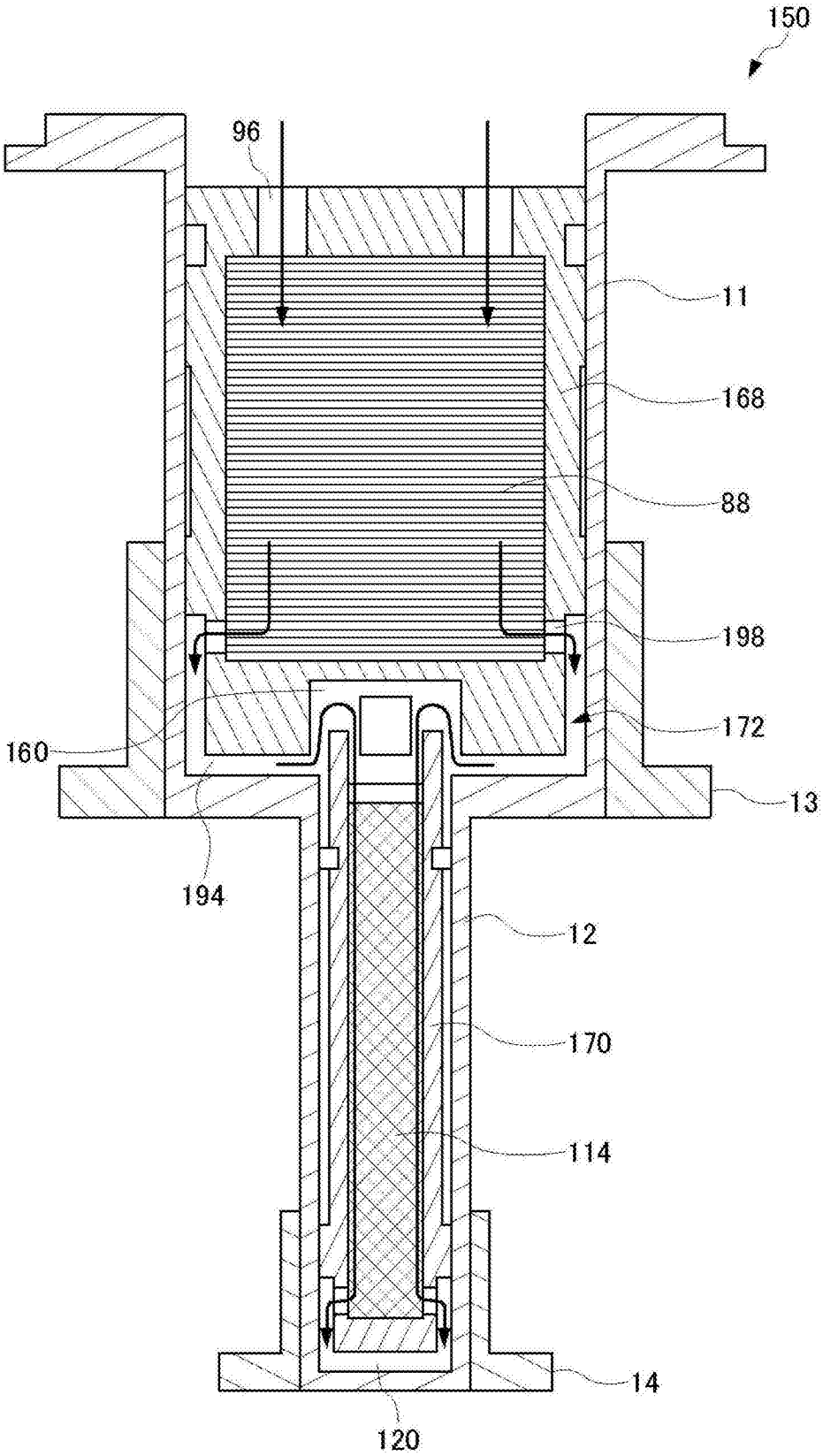


图 5

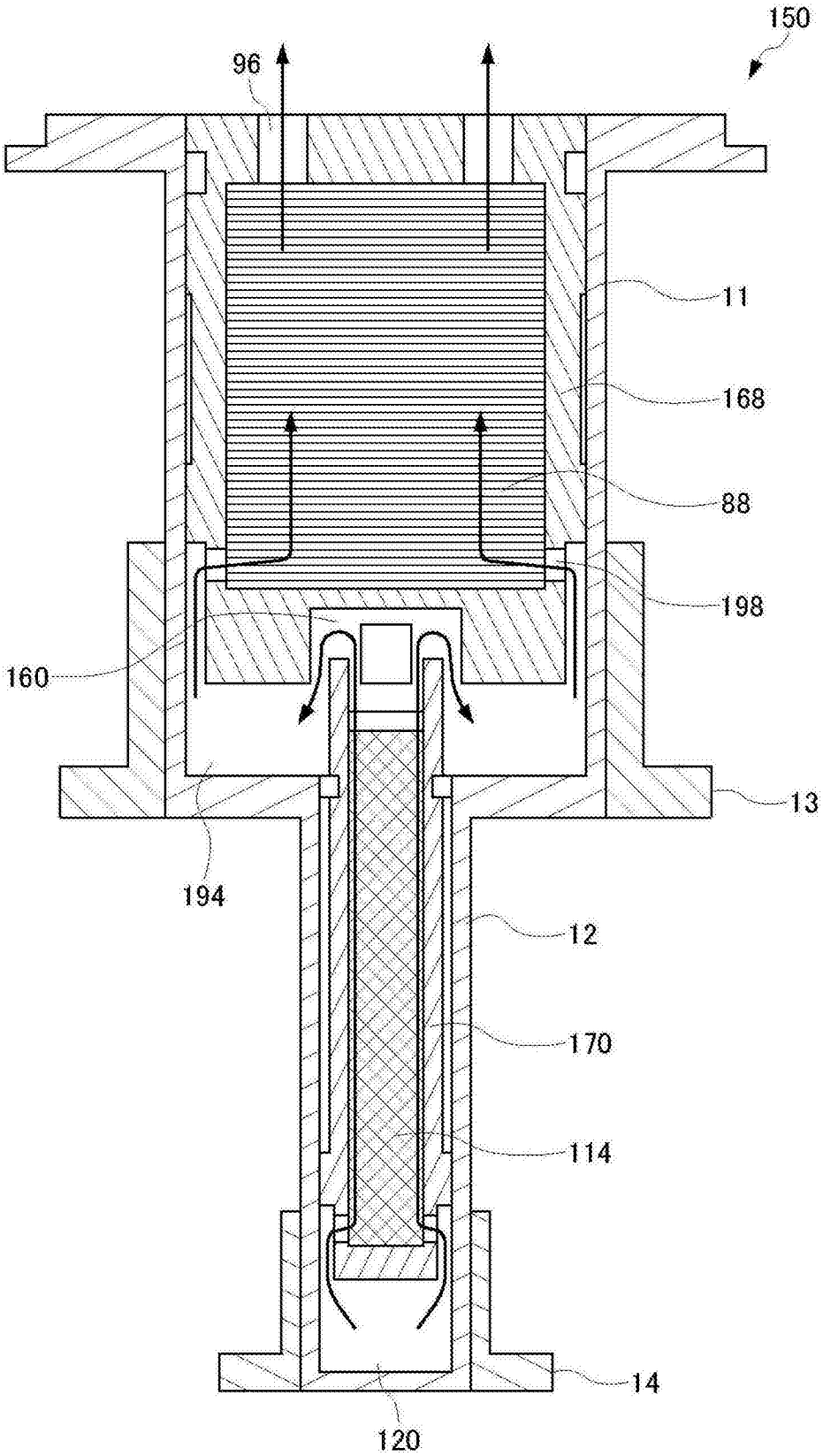


图 6