



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102141318 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 30

(21) 申请号 201110034086. 6

CN 1800748 A, 2006. 07. 12,

(22) 申请日 2011. 01. 31

CN 1606680 A, 2005. 04. 13,

(30) 优先权数据

CN 101067523 A, 2007. 11. 07,

022473/2010 2010. 02. 03 JP

CN 101329114 A, 2008. 12. 24,

(73) 专利权人 住友重机械工业株式会社

CN 1975289 A, 2007. 06. 06,

地址 日本东京都

JP 2006266603 A, 2006. 10. 05,

(72) 发明人 中野恭介

JP 2006284061 A, 2006. 10. 19,

US 5711156 A, 1998. 01. 27,

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

审查员 何楚

72002

代理人 徐殿军

(51) Int. Cl.

F25B 9/14 (2006. 01)

F25B 39/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1818507 A, 2006. 08. 16,

CN 1918441 A, 2007. 02. 21,

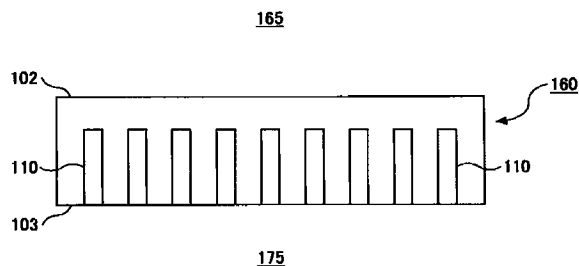
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

脉冲管制冷机

(57) 摘要

本发明提供一种脉冲管制冷机,其抑制在蓄冷管与脉冲管之间的空间内产生对流。该脉冲管制冷机具有:蓄冷管;脉冲管;及冷凝器,具备气氨气体的冷凝功能,并作为所述蓄冷管及所述脉冲管的低温端的冷却台发挥作用,其中,蓄冷管的低温端和脉冲管的低温端通过所述冷凝器内的流通道连接,所述冷凝器具有相互对置的第1表面及第2表面,在第1表面上设置所述流通道的第1端及第2端用的2个开口,第2表面具有从该第2表面延伸的多个槽,当从与所述蓄冷管或脉冲管的轴向平行的方向观察时,所述槽在作为在连结所述流通道的2个开口的中心的直线上具有中心的圆的、包含所述2个开口的最小圆或与所述2个开口内接的圆的区域内未贯穿至所述第1表面。



1. 一种脉冲管制冷机,具有:蓄冷管;脉冲管;及冷凝器,具备气氛气体的冷凝功能,并作为所述蓄冷管及所述脉冲管的低温端的冷却台发挥作用,其特征在于,

所述蓄冷管的低温端和所述脉冲管的低温端通过形成于所述冷凝器内的流通道连接,

所述冷凝器具有相互对置的第1表面及第2表面,在所述第1表面上设置所述流通道的第1端及第2端用的2个开口,所述第2表面具有从该第2表面延伸的多个槽,

当从与所述蓄冷管或脉冲管的轴向平行的方向观察时,

所述槽在作为在连结所述流通道的2个开口的中心的直线上具有中心的圆中的、包含所述2个开口的最小圆或与所述2个开口内接的圆的区域内未贯穿至所述第1表面,

在包含所述2个开口的最小圆或与所述2个开口内接的圆的区域外,所述槽贯穿至所述第1表面。

2. 一种脉冲管制冷机,具有:蓄冷管;脉冲管;及冷凝器,具备气氛气体的冷凝功能,并作为所述蓄冷管及所述脉冲管的低温端的冷却台发挥作用,其特征在于,

所述蓄冷管的低温端和所述脉冲管的低温端通过形成于所述冷凝器内的流通道连接,

所述冷凝器具有相互对置的第1表面及第2表面,在所述第1表面上设置所述流通道的第1端及第2端用的2个开口,所述第2表面具有从该第2表面延伸的多个槽,

当从与所述蓄冷管或脉冲管的轴向平行的方向观察时,

所述槽在作为在连结所述流通道的2个开口的中心的直线上具有中心的圆中的、包含所述2个开口的最小圆或与所述2个开口内接的圆的区域内未贯穿至所述第1表面,

所述冷凝器具有连结所述第1表面和所述第2表面的侧面,

所述槽中的至少一个在所述侧面具有开口。

3. 如权利要求2所述的脉冲管制冷机,其特征在于,

所述冷凝器具有连结所述第1表面和所述第2表面的侧面,

所述侧面具有沿外周的凹部,

所述槽中的至少一个在所述凹部具有开口。

4. 一种脉冲管制冷机,具有气氛气体的冷凝器、和设置于该冷凝器上的冷却台,蓄冷管的低温端和脉冲管的低温端通过形成于该冷却台的流通道连接,其特征在于,

所述冷却台具有相互对置的第1表面及第2表面,所述第1表面上设置所述流通道的第1端及第2端用的2个开口,

所述冷凝器具有相互对置的第3表面及第4表面、和从所述第4表面延伸的多个槽,

与所述第4表面相比,所述冷凝器的所述第3表面更靠近所述冷却台的所述第2表面,

当从与所述蓄冷管或脉冲管的轴向平行的方向观察时,

所述槽在作为在连结所述流通道的2个开口的中心的直线上具有中心的圆中的、包含所述2个开口的最小圆或与所述2个开口内接的圆的区域内未贯穿至所述第1表面。

5. 如权利要求1至3中的任一项所述的脉冲管制冷机,该脉冲管制冷机为多级式脉冲管制冷机,其特征在于,

所述气氛气体为氦气。

6. 如权利要求5所述的脉冲管制冷机,其特征在于,

所述冷却台为最低温用冷却台。

7. 如权利要求1至3中的任一项所述的脉冲管制冷机,其特征在于,

在所述冷凝器的所述第 2 表面侧设置有液氦槽。

8. 如权利要求 5 所述的脉冲管制冷机,其特征在于,
在所述冷凝器的所述第 2 表面侧设置有液氦槽。

9. 如权利要求 6 所述的脉冲管制冷机,其特征在于,
在所述冷凝器的所述第 2 表面侧设置有液氦槽。

10. 如权利要求 1 至 4 中的任一项所述的脉冲管制冷机,该脉冲管制冷机为单级式脉冲管制冷机,其特征在于,
所述气氛气体为氮气。

脉冲管制冷机

技术领域

[0001] 本申请主张基于 2010 年 2 月 3 日申请的日本专利申请第 2010-022473 号的优先权。将该申请的全部内容通过参照援用于本说明书中。

[0002] 本发明是涉及一种脉冲管制冷机,尤其涉及一种具有气氛气体的冷凝功能的脉冲管制冷机。

背景技术

[0003] 以往,当冷却需要超低温环境的装置,例如,核磁共振诊断装置(MRI)等时,使用脉冲管制冷机。

[0004] 在脉冲管制冷机中,反复进行由压缩机压缩的作为工作流体的冷媒气(例如,氦气)流入蓄冷管及脉冲管的动作、和通过压缩机回收工作流体并从脉冲管及蓄冷管流出的动作,从而在蓄冷管及脉冲管的低温端形成寒冷。并且,在这些低温端设置冷却台,并使该冷却台热接触于作为被冷却对象的被冷却体,而能够从被冷却体夺走热。

[0005] 例如,脉冲管制冷机适用于 MRI 用低温恒温器时,脉冲管制冷机的冷却台配置于与容纳有 MRI 磁铁的液氦槽连通的空间内,由此 MRI 磁铁冷却至超低温。

[0006] 另外,为了将 MRI 磁铁持续维持在超低温,需要将通过换热而气化的量的液氦不断地向液氦槽补充。因此,一般的情况下,为了将气化的氦气再次返回到液体状态,在冷却台附近(例如,冷却台的正下方)设置冷凝器。并且,专利文献 1 中示有将这样的冷凝器与冷却台一体构成的脉冲管制冷机。

[0007] 专利文献 1:日本特开 2006-214717 号公报

[0008] 就冷凝器而言,与氦气的热接触机会越多,冷凝效率(氦气的冷却效率)越高。因此,一般的情况下,冷凝器上设置多个用于增加表面积的槽。

[0009] 图 1 表示具有多个这种槽并作为冷却台发挥作用的冷凝器的示意立体图。

[0010] 图 1 中,作为冷却台的冷凝器 60 具有上面 2 和下面 3,上面 2 与蓄冷管 41 的低温端 42b 及脉冲管 46 的低温端 47b 连接。蓄冷管 41 的低温端 42b 与脉冲管 46 的低温端 47b 通过形成于冷凝器 60 内的气体流通道 48 连通。并且,冷凝器 60 具有向附图上下贯穿的多个贯穿槽 10,由此冷凝器 60 的表面积增加。

[0011] 另外,虽然图 1 中未表示,但冷凝器 60 容纳于绝热容器内。并且,冷凝器 60 的下面 3 的下侧设置有容纳有 MRI 磁铁的液氦槽。因此,壳体内成为氦气气氛。

[0012] 若温度通过与 MRI 磁铁的换热而上升,则液氦槽中的液氦气化而成为氦气。该氦气在与冷凝器 60 接触时再次被冷却而成为液体,并返回到液氦槽中。从而,液氦槽内通过冷凝器 60 始终供给有补充气化氦的量的液氦,由此维持 MRI 磁铁的超低温(例如 4K 左右)。

[0013] 然而,在这种冷凝器 60 的结构中具有如下问题:由液氦槽气化的氦气的一部分经过设置于冷凝器 60 的贯穿槽 10,比较容易地从图 1 的下部空间 75 到达蓄冷管 41 与脉冲管 46 之间的空间附近。由此,蓄冷管 41 与脉冲管 46 之间的空间的氦气流速增高,对流热损失增大,并且若这种对流的产生变得显著,则具有脉冲管制冷机的蓄冷管 41 及脉冲管 46

的温度发生变化,且脉冲管制冷机整体的冷却性能下降的忧虑。

发明内容

[0014] 本发明是鉴于这种问题而完成的,在本发明中,其目的在于,提供一种具有冷凝器类型的脉冲管制冷机,其能够有效地抑制在蓄冷管与脉冲管之间的空间内产生对流。

[0015] 在本发明中,提供一种脉冲管制冷机,具有:蓄冷管;脉冲管;冷凝器,具备气氛气体的冷凝功能,并作为所述蓄冷管及所述脉冲管的低温端的冷却台发挥作用,其特征在于,

[0016] 所述蓄冷管的低温端和所述脉冲管的低温端通过形成于所述冷凝器内的流通道连接,

[0017] 所述冷凝器具有相互对置的第1表面及第2表面,在所述第1表面上设置所述流通道的第1端及第2端用的2个开口,所述第2表面具有从该第2表面延伸的多个槽,

[0018] 当从与所述蓄冷管或脉冲管的轴向平行的方向观察时,

[0019] 所述槽在包含所述2个开口的最小圆或与所述2个开口内接的圆区域内未贯穿至所述第1表面,所述圆为在连结所述流通道的2个开口的中心的直线上具有中心的圆。

[0020] 在基于本发明的脉冲管制冷机中,也可以为如下:所述冷凝器具有连结所述第1表面和所述第2表面的侧面,

[0021] 所述槽中的至少一个在所述侧面具有开口。

[0022] 并且,在基于本发明的脉冲管制冷机中,也可以为如下:所述冷凝器具有连结所述第1表面和所述第2表面的侧面,

[0023] 所述侧面具有沿外周的凹部,

[0024] 所述槽中的至少一个在所述凹部具有开口。

[0025] 并且,在基于本发明的脉冲管制冷机中,也可以为如下:所述多个槽均未贯穿。

[0026] 并且,在本发明中,提供一种脉冲管制冷机,其具有气氛气体的冷凝器、和设置于该冷凝器上的冷却台,蓄冷管的低温端和脉冲管的低温端通过形成于该冷却台的流通道连接,其特征在于,

[0027] 所述冷却台具有相互对置的第1表面及第2表面,所述第1表面上设置所述流通道的第1端及第2端用的2个开口,

[0028] 所述冷凝器具有相互对置的第3表面及第4表面、和从所述第4表面延伸的多个槽,

[0029] 与所述第4表面相比,所述冷凝器的所述第3表面更靠近所述冷却台的所述第2表面,

[0030] 当从与所述蓄冷管或脉冲管的轴向平行的方向观察时,

[0031] 所述槽在作为在连结所述流通道的2个开口的中心的直线上具有中心的圆的、包含所述2个开口的最小圆或与所述2个开口内接的圆的区域内未贯穿至所述第1表面。

[0032] 在基于本发明的脉冲管制冷机中,也可以为如下:该脉冲管制冷机为多级式脉冲管制冷机,

[0033] 所述气氛气体为氦气。

[0034] 此时,所述冷却台也可以是最低温用冷却台。

[0035] 并且,在基于本发明的脉冲管制冷机中,也可以为如下:在所述冷凝器的所述第4

表面侧设置液氦槽。

[0036] 或者,在基于本发明的脉冲管制冷机中,也可以为如下:该脉冲管制冷机为单级式脉冲管制冷机,

[0037] 所述气氛气体为氮气。

[0038] 发明效果

[0039] 在本发明中,能够提供一种具有冷凝器类型的脉冲管制冷机,其能够有效地抑制在蓄冷管与脉冲管之间的空间内产生对流。

附图说明

[0040] 图 1 是以往的脉冲管制冷机中的冷凝器附近的示意立体图。

[0041] 图 2 是简要地表示基于本发明的脉冲管制冷机的一例的剖视图。

[0042] 图 3 是表示基于本发明的脉冲管制冷机的冷凝器的一例的剖视图。

[0043] 图 4 是表示基于本发明的脉冲管制冷机的冷凝器的另外一例的俯视图及仰视图。

[0044] 图 5 是示意地表示基于本发明的脉冲管制冷机的冷凝器的另外一例的立体图。

[0045] 图 6 是示意地表示基于本发明的脉冲管制冷机的冷凝器的另外一例的立体图。

[0046] 图 7 是示意地表示基于本发明的脉冲管制冷机的冷凝器的另外一例的剖视图。

[0047] 图中:2- 冷凝器的上面,3- 冷凝器的下面,10- 贯穿槽,41- 蓄冷管,42b- 蓄冷管的低温端,46- 脉冲管,47b- 脉冲管的低温端,48- 气体流通道,65- 上部空间,75- 下部空间,100- 脉冲管制冷机,102- 冷凝器的上面,103- 冷凝器的下面,104- 冷凝器的侧面,105- 筐体,110- 上部壳体部,111- 压缩机,112- 开关阀,113- 开关阀,114、116- 配管,115A- 第 1 级贮存器,115B- 第 2 级贮存器,117- 小孔,118a、118b、119a、119b- 换热器,120- 冷头部,121- 法兰,130- 第 1 级冷却台 (cooling stage),131- 第 1 级蓄冷管,132、137、142、147- 气缸,132a、137a- 高温端,132b、137b- 低温端,133- 蓄冷材料,136- 第 1 级脉冲管,138- 气体流通道,141- 第 2 级蓄冷管,142a、147a- 高温端,142b、147b- 低温端,143- 蓄冷材料,146- 第 2 级脉冲管,148- 气体流通道,150- 第 1 绝热容器,152- 第 2 绝热容器,153- 液氦槽,154- 液氦,155-MRI 磁铁,160- 第 2 级冷却台、冷凝器,165- 上部空间,175- 下部空间,190- 凹部,210- 第 1 部分,215- 第 1 部分的水平面,220- 第 2 部分,225- 第 2 部分的水平面,230- 凹部的侧部。

具体实施方式

[0048] 以下对本发明进行详细说明。

[0049] 图 2 表示基于本发明的脉冲管制冷机的简要的结构剖视图。图 2 的例子中,基于本发明的脉冲管制冷机为 2 级式脉冲管制冷机。

[0050] 如图 2 所示,基于本发明的 2 级式脉冲管制冷机 100 具备压缩机 111、上部壳体部 110 及通过法兰 121 连结于该上部壳体部 110 的冷头部 120。

[0051] 上部壳体部 110 具有筐体 105,在该筐体 105 内容纳有第 1 级贮存器 115A、第 2 级贮存器 115B、开关阀 112、开关阀 113 及小孔 117 等。开关阀 112 及开关阀 113 通过配管 114 连接于压缩机 111。

[0052] 冷头部 120 具有第 1 级蓄冷管 131、第 1 级脉冲管 136、第 1 级冷却台 130、第 2 级

蓄冷管 141、第 2 级脉冲管 146 及第 2 级冷却台 160。

[0053] 第 1 级蓄冷管 131 例如由不锈钢中空状气缸 132 和填充于其内部的铜或不锈钢制金属丝网等蓄冷材料 133 构成。第 1 级脉冲管 136 例如由不锈钢中空状气缸 137 构成。这些气缸 132、137 的高温端 132a、137a 固定于法兰 121，这些气缸 132、137 的低温端 132b、137b 连接于第 1 级冷却台 130。第 1 级脉冲管 136 的高温端 137a 上设置有换热器 118a，低温端 137b 上设置有换热器 118b。第 1 级冷却台 130 在其内部形成有气体流通道 138，第 1 级脉冲管 136 的低温端 137b 与第 1 级蓄冷管 131 的低温端 132b 通过气体流通道 138 连接。

[0054] 并且，第 2 级蓄冷管 141 例如由不锈钢中空状气缸 142 和填充于其内部的铜或不锈钢制金属丝网等蓄冷材料 143 构成。第 2 级脉冲管 146 例如由不锈钢中空状气缸 147 构成。第 2 级蓄冷管 141 的高温端 142a 通过第 1 级冷却台 130 连接于第 1 级蓄冷管 131 的气缸 132 的低温端 132b，第 2 级蓄冷管 141 的低温端 142b 连接于第 2 级冷却台 160。第 2 级脉冲管 146 的高温端 147a 固定于法兰 121，低温端 147b 连接于第 2 级冷却台 160。第 2 级脉冲管 146 的高温端 147a 上设置有换热器 119a，第 2 级脉冲管 146 的低温端 147b 上设置有换热器 119b。第 2 级冷却台 160 的内部形成有气体流通道 148，第 2 级脉冲管 146 的低温端 147b 与第 2 级蓄冷管 141 的低温端 142b 通过气体流通道 148 连接。

[0055] 脉冲管制冷机 100 中，高压冷媒气从压缩机 111 通过开关阀 112 及配管 114 供给至第 1 级蓄冷管 131，并且，低压冷媒气从第 1 级蓄冷管 131 通过配管 114 及开关阀 113 排出到压缩机 111。第 1 级脉冲管 136 的高温端 137a 上通过小孔 117 及配管 116 连接有第 1 级贮存器 115A。并且，第 2 级脉冲管 146 的高温端 147a 上通过小孔 117 及配管 116 连接有第 2 级贮存器 115B。小孔 117 在第 1 级脉冲管 136 及第 2 级脉冲管 146 上发挥调整周期性变化的冷媒气的压力变动与体积变化之间的相位差的功能。

[0056] 在脉冲管制冷机 100 的冷头部 120 中，法兰 121 ~ 第 1 级冷却台 130 之间的空间容纳于填充有氦气的第 1 绝热容器 150 内。

[0057] 并且，脉冲管制冷机 100 的冷头部 120 中，第 1 级冷却台 130 ~ 第 2 级冷却台 160 之间的空间（上部空间 165）容纳于第 2 绝热容器 152 内。并且，第 2 绝热容器 152 具备收容有液氮槽 153 的、第 2 级冷却台 160 的下侧的空间（下部空间 175）。液氮槽 153 中容纳有液氮 154 及 MRI 磁铁 155。液氮槽 153 通过下部空间 175 以与第 2 级冷却台 160 对置的方式设置于第 2 绝热容器 152 中。

[0058] 第 2 级冷却台 160 也作为冷凝器发挥作用。从而在以下的说明中第 2 级冷却台 160 也称为冷凝器 160。

[0059] 接着，简单说明这样构成的脉冲管制冷机 100 的动作。首先，若开关阀 112 成为开状态，开关阀 113 成为关状态，则高压冷媒气从压缩机 111 流入第 1 级蓄冷管 131。通过蓄冷材料 133 冷却流入第 1 级蓄冷管 131 内的冷媒气而使温度下降的同时，从第 1 级蓄冷管 131 的低温端 132b 经过气体流通道 138，流入第 1 级脉冲管 136 的内部。此时，通过所流入的高压冷媒气压缩预先存在于第 1 级脉冲管 136 内部的低压冷媒气。由此，第 1 级脉冲管 136 内的冷媒气的压力变得高于第 1 级贮存器 115A 内的压力，冷媒气经过小孔 117 及配管 116 流入第 1 级贮存器 115A。

[0060] 并且，由第 1 级蓄冷管 131 冷却的高压冷媒气的一部分也流入到第 2 级蓄冷管

141。该冷媒气通过蓄冷材料 143 更进一步被冷却而使温度下降的同时,从第 2 级蓄冷管 141 的低温端 142b 经过气体流通道 148,流入第 2 级脉冲管 146 的内部。此时,通过所流入的高压冷媒气压缩预先存在于第 2 级脉冲管 146 内部的低压冷媒气。由此,第 2 级脉冲管 146 内的冷媒气的压力变得高于第 2 级贮存器 115B 内的压力,冷媒气经过小孔 117 及配管 116 流入到第 2 级贮存器 115B。

[0061] 接着,若关闭开关阀 112,打开开关阀 113,则第 1 级脉冲管 136 及第 2 级脉冲管 146 内的冷媒气分别冷却蓄冷材料 133 及 143 的同时,经过第 1 级蓄冷管 131 及第 2 级蓄冷管 141。并且,经过第 2 级蓄冷管 141 的冷媒气进一步经过第 1 级蓄冷管 131。之后,冷媒气从第 1 级蓄冷管 131 的高温端 132a 经过开关阀 113 返回到压缩机 111。在此,第 1 级脉冲管 136 及第 2 级脉冲管 146 分别通过小孔 117 与第 1 级贮存器 115A 及第 2 级贮存器 115B 连接,所以冷媒气的压力变动的相位与冷媒气的体积变化的相位以一定的相位差发生变化。因该相位差,在第 1 级脉冲管 136 的低温端 137b 及第 2 级脉冲管 146 的低温端 147b 产生基于冷媒气膨胀的寒冷。脉冲管制冷机 100 通过反复上述动作而作为制冷机来发挥作用。

[0062] 在此,液氦槽 153 内的液氦 154 的一部分通过与 MRI 磁铁 155 的换热来气化,所以下部空间 175 及与下部空间 175 连通的上部空间 165 成为氦气气氛。并且,该氦气若与冷却台 160 即冷凝器 160 接触,则再次被夺走热而被冷却液化,返回到液氦槽 153。通过这种循环周期,向液氦槽 153 依次补充气化的量的液氦,而能够将 MRI 磁铁 155 维持在超低温。

[0063] 在此,就冷凝器而言,与氦气的热接触机会越多,冷凝效率(氦气的冷却效率)越高。因此,一般的情况下,冷凝器上设置多个用于增加表面积的槽。

[0064] 然而,如前所述,为如图 1 结构的冷凝器 60 时,由液氦槽气化的氦气的一部分经过设置于冷凝器 60 的贯穿槽 10,从图 1 的下部空间 75 比较容易地到达第 2 级蓄冷管 141 与第 2 级脉冲管 146 之间的空间附近。结果,在上部空间 65 的第 2 级蓄冷管 141 与第 2 级脉冲管 146 之间的空间,氦气流速增高,对流热损失增大。并且,若这种对流的产生变得显著,则存在脉冲管制冷机的蓄冷管 41 及脉冲管 46 的温度发生变化,且脉冲管制冷机整体的冷却性能下降的忧虑。

[0065] 与此相反,本发明中冷凝器 160 构成为,经气化的氦气不会通过设置于冷凝器 160 内的槽简单地供给至对流产生问题的第 2 级蓄冷管 141 与第 2 级脉冲管 146 之间的空间附近。因此,在本发明中有效地抑制在第 2 级蓄冷管 141 与第 2 级脉冲管 146 之间的空间内产生对流。

[0066] 图 3 表示基于本发明的脉冲管制冷机 100 的用作第 2 级冷却台 160 的冷凝器 160 的示意剖视图的一例。图 3 中省略第 2 级蓄冷管 141 及第 2 级脉冲管 146 等部件。并且,为了明确化,还省略连接第 2 级蓄冷管 141 的低温端 142b 与第 2 级脉冲管 146 的低温端 147b 的气体流通道 148。

[0067] 如图 3 所示,为了增加表面积,冷凝器 160 具有多个槽 110。这些槽 110 在冷凝器 160 的下面 103 具有开口,并朝向冷凝器 160 的上面 102 延伸。但槽 110 并非贯穿至上面 102,而成为非贯穿槽。

[0068] 为这种冷凝器 160 时,与图 1 所示的冷凝器 60 不同,氦气通过冷凝器 160 的槽 110 无法从下部空间 175 直接流通至上部空间 165。从而在本发明中能够有效地抑制在第 2 级

蓄冷管 141 与第 2 级脉冲管 146 之间的空间内产生对流,并能够抑制脉冲管制冷机整体的冷却性能下降。另外,此时,上部空间 165 与下部空间 175 之间的氦气的流通通过第 2 级冷却台 160 的外周部(即,第 2 绝热容器 152 的内壁与第 2 级冷却台 160 之间的间隙)进行。

[0069] 在此,在图 3 所示的冷凝器 160 的例子中,冷凝器 160 的上面 102 具有相对于铅直方向大致水平的平面。然而,在冷凝器 160 中,上面 102 可以是相对于水平方向倾斜一定角度的表面,或者也可以具有“圆锥”形状或“圆锥台”形状的表面。此时,容易使在冷凝器 160 的上面 102 冷凝的液氦向液氦槽 153 落下。

[0070] 并且,在图 3 所示的冷凝器 160 的例子中,形成于冷凝器 160 的槽 110 均成为非贯穿槽。然而,在本发明中,冷凝器 160 的槽 110 的形成状态并不限于这种形态。

[0071] 图 4 中表示本发明中的冷凝器的其他例子。图 4 的上图相当于冷凝器 160-2 的俯视图,图 4 的下图相当于冷凝器 160-2 的仰视图。即,图 4 的上图中示有冷凝器 160-2 的上面 102,图 4 的下图中示有冷凝器 160-2 的下面 103。另外,为了明确化,图 4 的上图中分别用虚线圆示有第 2 级蓄冷管 141 的低温端 142b 部分的轮廓和第 2 级脉冲管 146 的低温端 147b 部分的轮廓。并且,在两个图中用虚线示有气体流通道 148。

[0072] 如图 4 所示,冷凝器 160-2 具有 2 种槽 110a 及 110b。第 1 槽 110a 为非贯穿槽,不在冷凝器 160-2 的上面 102 侧开口。另一方面,第 2 槽 110b 为贯穿槽,从冷凝器 160-2 的下面 103 贯穿至上面 102。

[0073] 第 1 槽 110a 的设置部位没有特别限定,只要是不干涉气体流通道 148 的位置,则可以设置在任意位置。与此相反,第 2 槽 110b 仅设置于用曲线 R 表示的线划分的区域 S 的外侧。

[0074] 另外,在图 4 中,曲线 R 为在直线 L 上具有中心 O 的圆,该圆内接于气体流通道 148 的 2 个开口 148A、148B,该直线 L 是从上(或从下)观察冷凝器 160-2 时连结形成于上面 102 的气体流通道 148 的 2 个开口 148A、148B 的中心 O1、O2 的直线。但是一般情况下,气体流通道 148 的 2 个开口 148A、148B 具有圆以外的形状时,曲线 R 通常是包含 2 个开口 148A、148B 的最小圆。

[0075] 在具有这样构成的槽 110a、110b 的冷凝器 160-2 中也可以得到如前所述的本发明的效果是显而易见的。这是因为在该冷凝器 160-2 中,在冷凝器 160-2 内贯穿的氦气不会直接供给到对流产生问题的第 2 级蓄冷管 141 与第 2 级脉冲管 146 之间的空间附近。

[0076] 由此很明显,本发明中重要的是不在区域 S 的内侧形成贯穿槽 110b,只要满足此条件,则槽 110 的配置没有特别限定。并且,槽 110 的形态(贯穿槽或非贯穿槽)也没有特别限定。

[0077] 然而,从第 2 级蓄冷管 141 与第 2 级脉冲管 146 之间的空间内的对流抑制的观点考虑,越是抑制贯穿槽 110b 的个数,越能得到更大的效果,这是不言而喻的。

[0078] 图 5 表示本发明中的冷凝器的另一其他例子。图中为了明确化,而省略气体流通道 148。在该冷凝器 160-3 中,各槽 110c 在冷凝器 160-3 的下面 103 和侧面 104 具有开口部,并形成“倒 L 字形”的“弯曲”形状。另外,在各槽 110c 中,横向延伸的部分和纵向延伸的部分未必一定以 90° 的角度正交。并且,各槽 110c 可以具有“倒 L 字形”的“弯曲”形状以外的形状,各槽 110c 例如也可以从侧面 104 到下面 103 大致直线延伸。

[0079] 并且,图中仅示有“倒 L 字形”的“弯曲”形状的槽 110c,但除此之外,冷凝器 160-3

还可以具有多个在下面 103 具备开口的非贯穿槽。并且,如前所述,若是区域 S(图 5 中未示出)的外侧,则也可以具有贯穿槽。

[0080] 即使在这种结构中,由于在冷凝器 160-3 内贯穿的氦气不会直接供给到对流产生问题的第 2 级蓄冷管 141 与第 2 级脉冲管 146 之间的空间附近,所以能够得到前述效果。

[0081] 图 6 表示本发明中的冷凝器的另一其他例子。图中为了明确化,而省略气体流通道 148。该冷凝器 160-4 具有在中央部分具备凹部 190 的侧面 104。即,通过凹部 190 在冷凝器 160-4 上形成第 1 部分 210(凹部 190 的上侧部分)及第 2 部分 220(凹部 190 的下侧部分)。第 1 部分 210 上形成与冷凝器 190-4 的上面 102 及下面 103 平行的水平面 215。第 2 部分 220 上形成与冷凝器 190-4 的上面 102 及下面 103 平行的水平面 225。并且,第 2 部分 220 具有多个贯穿槽 110d,这些贯穿槽从下面 103 贯穿至水平面 225。

[0082] 另外,图中仅示有形成于第 2 部分 220 的贯穿槽 110d,但除此之外,第 2 部分 220 还可以具有多个在下面 103 具备开口的非贯穿槽。并且,第 1 部分 210 也可以具有多个在水平面 215 具有开口的非贯穿槽。另外,第 1 部分 210 若是前述区域 S(图 6 中未示出)的外侧,则也可以具有贯穿槽。

[0083] 即使在这种结构中,由于在冷凝器 160-4 内贯穿的氦气不会直接供给到对流产生问题的第 2 级蓄冷管 141 与第 2 级脉冲管 146 之间的空间附近,所以也能够得到前述效果。

[0084] 图 7 表示本发明中的冷凝器的另一其他例子。图 7 中为了明确化,而省略气体流通道 148。该冷凝器 160-5 与前述冷凝器 160-4 相同地构成。但是,为该冷凝器 160-5 时,第 2 部分 220(凹部 190 的下侧部分)上形成在凹部 190 的侧部 230 具有开口的多个“倒 L 字形”的“弯曲”形状的贯穿槽 110e。另外,图 7 中还示有多个贯穿槽 110d,但也可以不形成这些贯穿槽 110d。并且,与图 6 的冷凝器 160-4 相同,第 2 部分 220 除贯穿槽之外,还可以具有多个在下面 103 具备开口的非贯穿槽。并且,第 1 部分 210 也可以具有多个在水平面 215 具备开口的非贯穿槽。

[0085] 以上,作为脉冲管制冷机,举出 2 级式装置为例子说明了本发明的特征。然而,在本发明中,脉冲管制冷机也可以是 3 级以上的多级式或单级式脉冲管制冷机。

[0086] 并且,上述记载中作为第 1 绝热容器 150、第 2 绝热容器 152 内的气氛气体,以使用氦气的情况为例子说明了本发明的特征。然而,各绝热容器内的气氛也可以是氦气以外的气氛。例如在单级式脉冲管制冷机中,由于冷却台的温度为 40K ~ 50K 左右,所以可以使用氮气作为气氛气体。此时,液氮槽被取代成液氮槽。

[0087] 并且,在上述记载中,以冷凝器与冷却台一体构成的情况为例子进行了说明。但是,冷凝器和冷却台也可以为分别的部件。此时,图 2 中,也可以在冷却台的下侧抵接冷凝器。

[0088] [实施例]

[0089] 以下,对本发明实施例进行说明。

[0090] 实际对图 2 结构的 2 级式脉冲管制冷机进行运转,而测量第 1 级冷却台和第 2 级冷却台的温度并掌握本发明的效果。

[0091] 就冷凝器而言,使用了图 1 结构的冷凝器,即从冷凝器的下面到上面具有多个相对于这些平面大致垂直地延伸的贯穿槽的冷凝器(实验 1)、及图 3 结构的冷凝器,即从冷

凝器的下面相对于该面大致垂直地延伸,但并未贯穿至上面的冷凝器(实验2)。实验1、2中,槽个数及配置相同地设定。槽总数设定为约30个,槽直径均设定为约4mm。就槽而言,既避开形成有脉冲管及蓄冷管用气体流通道的区域,又尽量以等间隔配置。另外,使用了氦气作为第1及第2绝热容器150、152内的气氛气体。

[0092] 表1中表示所得到的结果。

[0093] [表1]

[0094]

实验	第1级冷却台温度	第2级冷却台温度
实验1	45.9K	4.35K
实验2	45.5K	4.31K

[0095] 如表中所示,将第1级冷却台的热负荷设定为30W,并将第2级冷却台的热负荷设定为1.0W时,在实验1中,第1级冷却台的温度成为45.9K,第2级冷却台的温度成为4.35K。另一方面,在实验2中,第1级冷却台的温度成为45.5K,第2级冷却台的温度成为4.31K。

[0096] 从该结果确认到,通过本发明的冷凝器的结构,第2级冷却台的温度有效地降低。

[0097] 工业实用性

[0098] 本发明能够适用于具备气氛气体的冷凝器的各种蓄冷式制冷机,例如具备气氛气体的冷凝器的脉冲管制冷机等。

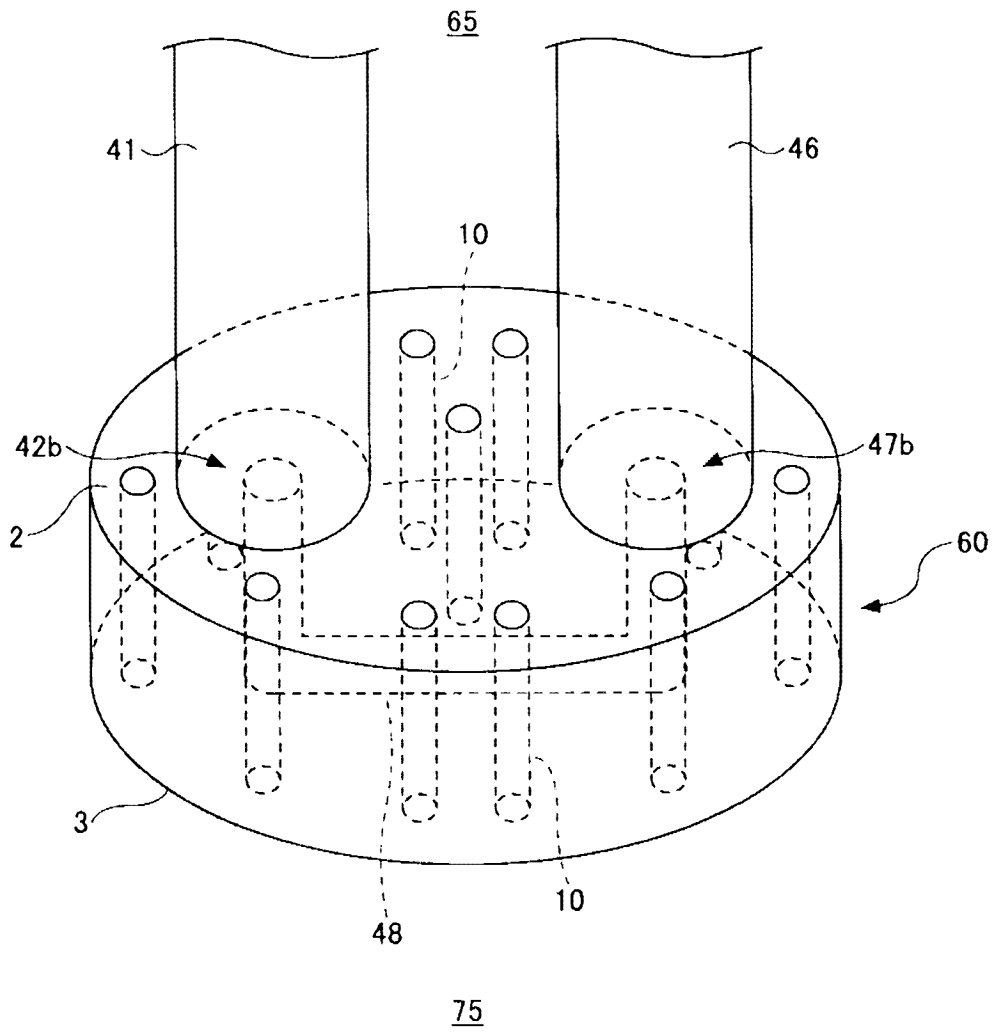


图 1

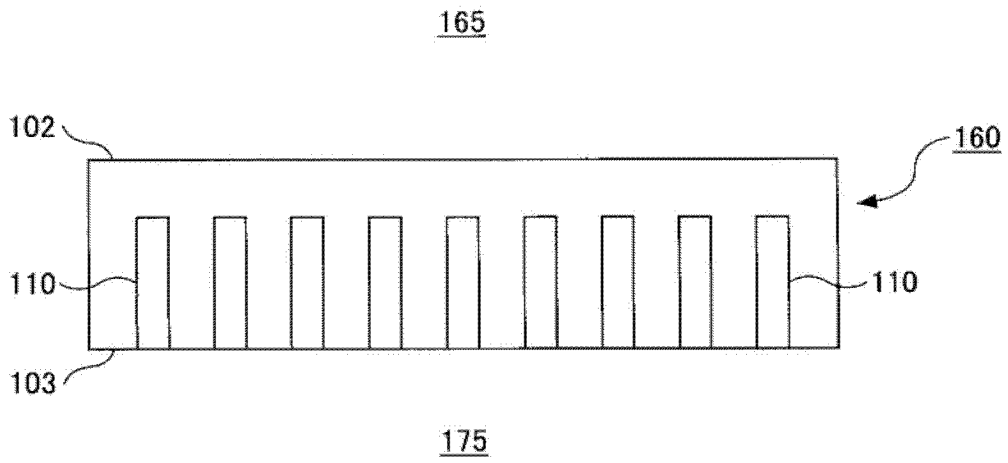


图 3

160-2

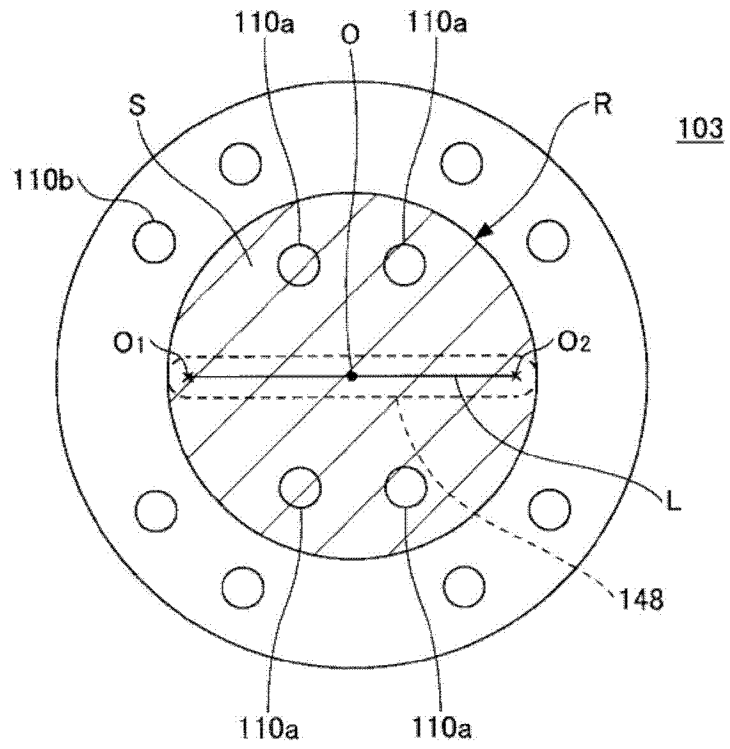
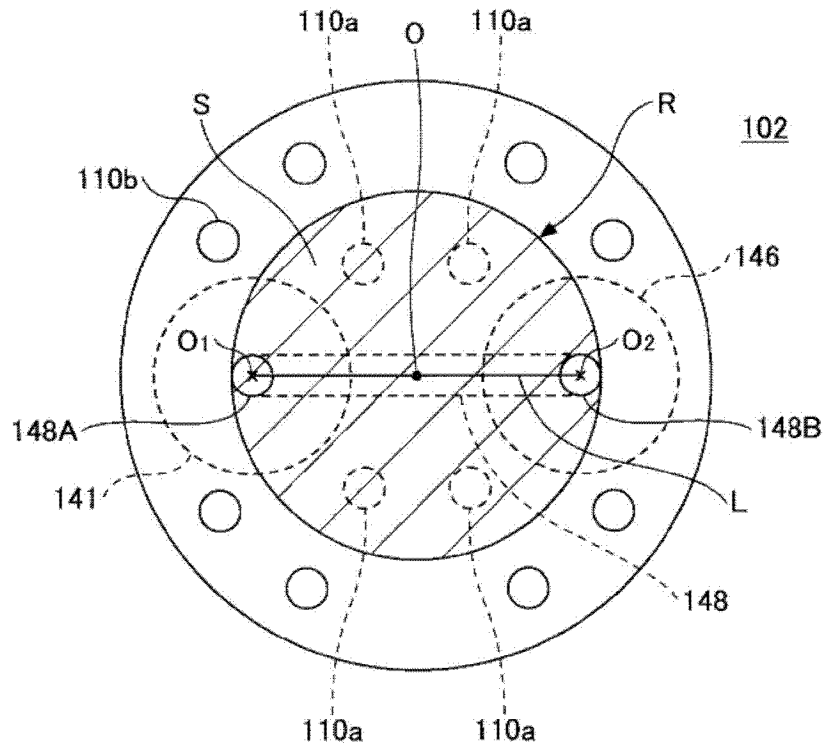


图 4

160-3

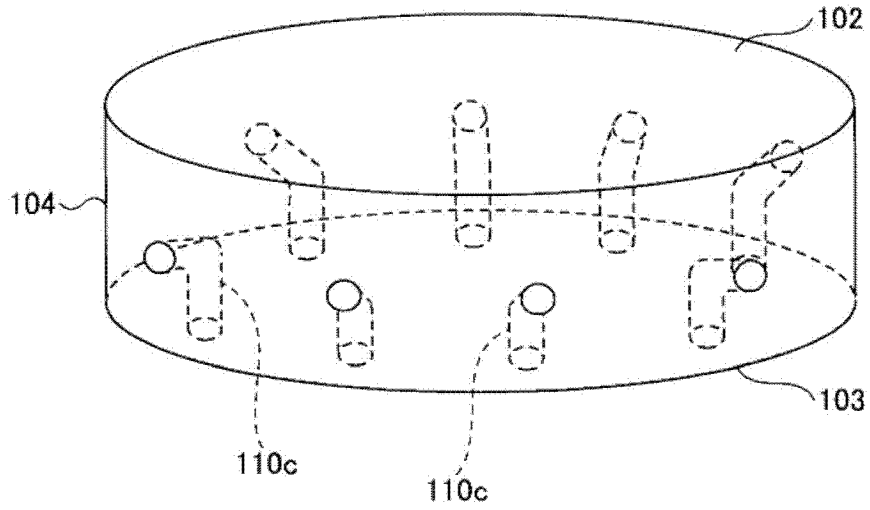


图 5

160-4

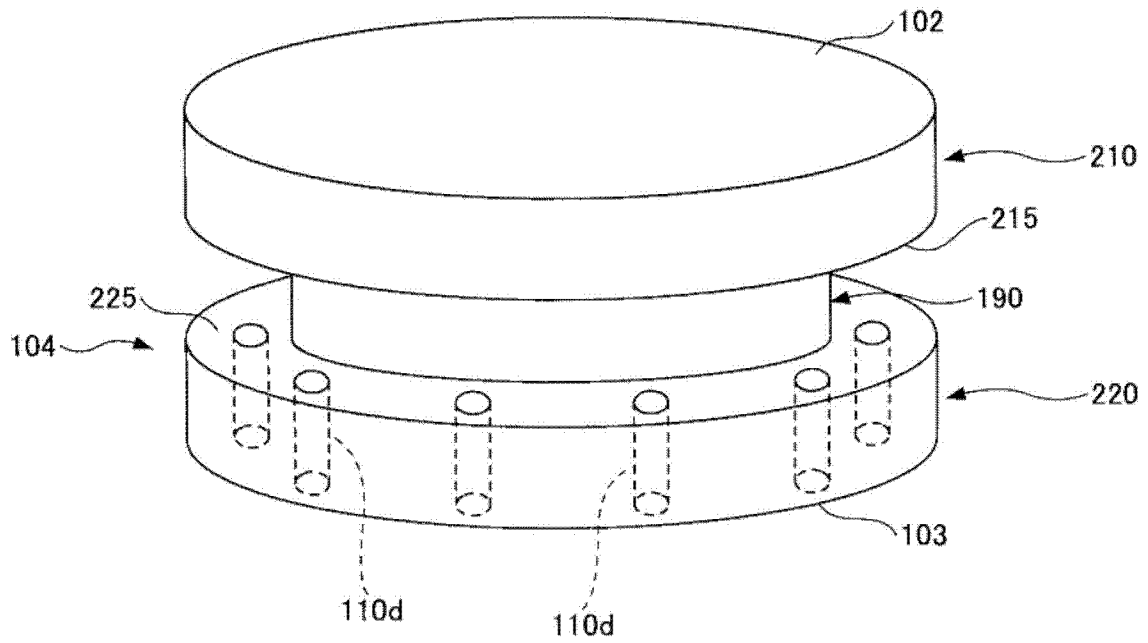


图 6

160-5

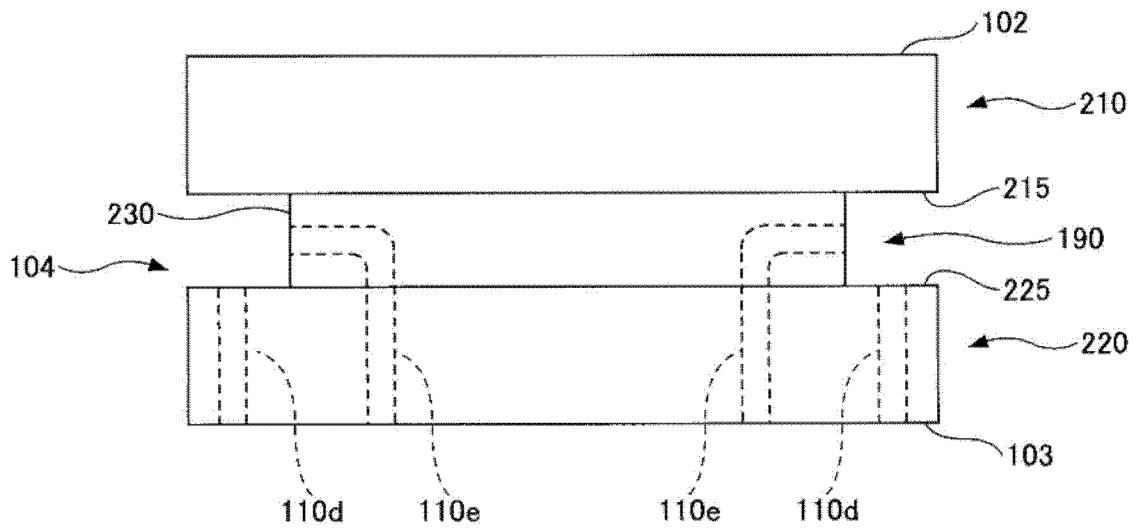


图 7