



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110476247 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 30

(21) 申请号 201780089192.X

(22) 申请日 2017.04.04

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110476247 A

(43) 申请公布日 2019.11.19

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.09.27

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2017/014015 2017.04.04

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/185822 JA 2018.10.11

(73) 专利权人 三菱电机株式会社  
地址 日本东京

(72) 发明人 牛岛光一 齐藤省二

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112  
专利代理师 何立波 张天舒

(51) Int.Cl.  
H01L 23/473 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2005279491 A1, 2005.12.22  
CN 103929070 A, 2014.07.16  
US 2009044928 A1, 2009.02.19  
US 2013025831 A1, 2013.01.31

审查员 孙丽

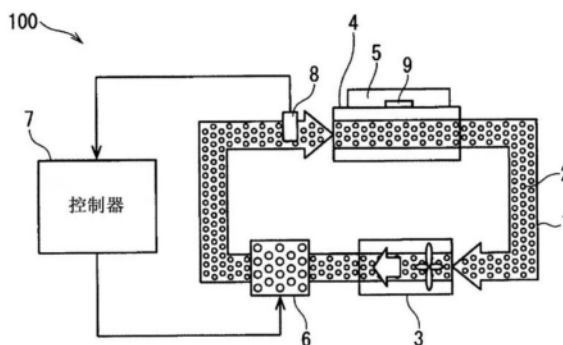
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

## (54) 发明名称

半导体冷却装置、电力控制系统及移动体

## (57) 摘要

目的在于提供使冷媒中的微泡的混合量保持为最佳,防止半导体模块的冷却效果降低的半导体冷却装置。本发明涉及的半导体冷却装置具备:冷媒循环路径,冷媒在该冷媒循环路径循环;热交换器,其设置于冷媒循环路径,在热交换器能够设置半导体模块,热交换器在冷媒和半导体模块之间进行热交换;微泡产生机,其设置于冷媒循环路径,在冷媒中生成微泡;控制器,其对微泡产生机进行控制;以及冷媒传感器,其对在冷媒循环路径循环的冷媒的温度、流量、流速或压力进行测定。控制器基于由冷媒传感器测定的测量结果,对微泡产生机进行控制,对微泡的生成量进行调节。



1. 一种半导体冷却装置,其具备:

冷媒循环路径,冷媒在该冷媒循环路径循环;

热交换器,其设置于所述冷媒循环路径,在该热交换器能够设置半导体模块,该热交换器在所述冷媒和所述半导体模块之间进行热交换;

微泡产生机,其设置于所述冷媒循环路径,在所述冷媒中生成微泡;

控制器,其对所述微泡产生机进行控制;以及

冷媒传感器,其对在所述冷媒循环路径循环的所述冷媒的冷媒温度、冷媒流量、冷媒流速或冷媒压力进行测定,

所述控制器基于由所述冷媒传感器测定的测量结果,对所述微泡产生机进行控制,对所述微泡的生成量进行调节,

所述冷媒传感器包含对所述冷媒温度进行测定的冷媒温度传感器、在所述冷媒循环路径内的多个位置分别对所述冷媒压力进行测定的冷媒压力传感器,

所述控制器基于由所述冷媒温度传感器测定的所述冷媒温度和由所述冷媒压力传感器分别测定的所述冷媒压力,对所述微泡产生机进行控制。

2. 根据权利要求1所述的半导体冷却装置,其中,

所述冷媒传感器内置于所述热交换器。

3. 根据权利要求1或2所述的半导体冷却装置,其中,

还具备模块温度传感器,该模块温度传感器对能够设置于所述热交换器的所述半导体模块的模块温度进行测定,

所述控制器基于由所述冷媒温度传感器测定的所述冷媒温度和由所述模块温度传感器测定的所述模块温度,对所述微泡产生机进行控制。

4. 根据权利要求1或2所述的半导体冷却装置,其中,

所述控制器还包含输入与能够设置于所述热交换器的所述半导体模块的模块温度关联的信号的输入端子,

所述控制器基于由所述冷媒温度传感器测定的所述冷媒温度和通过所述输入端子输入的所述信号,对所述微泡产生机进行控制。

5. 根据权利要求1或2所述的半导体冷却装置,其中,

所述冷媒传感器还包含对所述冷媒流量进行测定的冷媒流量传感器,

所述控制器基于由所述冷媒温度传感器测定的所述冷媒温度和由所述冷媒流量传感器测定的所述冷媒流量,对所述微泡产生机进行控制。

6. 根据权利要求1或2所述的半导体冷却装置,其中,

所述冷媒传感器还包含对所述冷媒流速进行测定的冷媒流速传感器,

所述控制器基于由所述冷媒温度传感器测定的所述冷媒温度和由所述冷媒流速传感器测定的所述冷媒流速,对所述微泡产生机进行控制。

7. 一种电力控制系统,其具备:

权利要求1至6中任一项所述的半导体冷却装置;

半导体模块,其设置于所述热交换器;

电池,其将电力供给至所述半导体模块;以及

电动机,其通过由所述半导体模块控制的所述电力受到驱动。

8. 一种移动体,其具备:  
权利要求7所述的电力控制系统;以及  
车轮,其由所述电动机驱动。

## 半导体冷却装置、电力控制系统及移动体

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体冷却装置、电力控制系统及移动体。

### 背景技术

[0002] 为了提高半导体模块的可靠性,需要有效地对半导体模块进行冷却。例如,专利文献1所记载的电力转换装置在半导体模块的冷却中采用了水冷式的冷却方法。

[0003] 另外,在专利文献2中提出了如下调温装置,该调温装置通过含有微泡的液体冷媒对被调温体的温度进行调节。

[0004] 专利文献1:日本特开2006-166604号公报

[0005] 专利文献2:日本特开2009-44100号公报

### 发明内容

[0006] 混入至液体冷媒的微泡能够降低冷媒的压力损失。但是,存在如下这样的问题,即,含有微泡的液体冷媒由于微泡的崩溃等,因此冷媒中的微泡的浓度随时间减少,压力损失的降低效果及散热改善效果降低。另一方面,在微泡的浓度过高的情况下,由于微泡的破裂或飞散,因此在冷媒流道内产生气泡,散热效果降低。在微泡产生装置不具有对供给至该冷媒流道内的微泡的生成量进行调整的功能的情况下,上述压力损失的降低效果及散热改善效果无法恢复。

[0007] 本发明就是为了解决上述那样的课题而提出的,其目的在于提供使冷媒中的微泡的混合量保持为最佳,防止半导体模块的冷却效果降低的半导体冷却装置。

[0008] 本发明涉及的半导体冷却装置具备:冷媒循环路径,冷媒在该冷媒循环路径循环;热交换器,其设置于冷媒循环路径,在该热交换器能够设置半导体模块,该热交换器在冷媒和半导体模块之间进行热交换;微泡产生机,其设置于冷媒循环路径,在冷媒中生成微泡;控制器,其对微泡产生机进行控制;以及冷媒传感器,其对在冷媒循环路径循环的冷媒的冷媒温度、冷媒流量、冷媒流速或冷媒压力进行测定。控制器基于由冷媒传感器测定的测量结果,对微泡产生机进行控制,对微泡的生成量进行调节。

[0009] 发明的效果

[0010] 根据本发明,能够提供使冷媒中的微泡的混合量保持为最佳,防止半导体模块的冷却效果降低的半导体冷却装置。

[0011] 通过下面的详细的说明和附图,本发明的目的、特征、方案、及优点会变得更加明了。

### 附图说明

[0012] 图1是示意性地表示前提技术涉及的半导体冷却装置的结构图。

[0013] 图2是示意性地表示实施方式1中的半导体冷却装置的结构图。

[0014] 图3是表示实施方式1中的微泡混合量的调整方法的流程图。

- [0015] 图4是表示实施方式1中的微泡生成量和  $\Delta T_3$  的关系的图。
- [0016] 图5是示意性地表示实施方式2中的半导体冷却装置的结构图。
- [0017] 图6是表示实施方式2中的微泡混合量的调整方法的流程图。
- [0018] 图7是表示最佳的冷媒状态下的冷媒温度和冷媒流量的相关关系的图。
- [0019] 图8是示意性地表示实施方式3中的半导体冷却装置的结构图。
- [0020] 图9是表示实施方式3中的微泡混合量的调整方法的流程图。
- [0021] 图10是表示最佳的冷媒状态下的冷媒温度和  $\Delta P_1$  的相关关系的图。
- [0022] 图11是示意性地表示实施方式5中的半导体冷却装置的结构图。
- [0023] 图12是示意性地表示实施方式6中的电力控制系统及移动体的结构的图。

### 具体实施方式

[0024] 在说明本发明涉及的半导体冷却装置的实施方式前,对本发明的前提技术进行说明。

[0025] 图1是示意性地表示本发明的前提技术涉及的半导体冷却装置900的结构图。半导体冷却装置900由供包含微泡的冷媒92循环的冷媒循环路径91、在冷媒循环路径91内使冷媒92循环的循环器93以及冷却鳍片94构成。冷却鳍片94在冷媒92和设置于冷却鳍片94的半导体模块95之间进行热交换。微泡降低冷媒92的流体摩擦,降低冷媒92的压力损失。由于半导体冷却装置900能够提高冷媒2的流速,因此半导体模块5和冷媒2之间的热阻 $R_{th}(j_w)$ 降低,其结果,散热效果提高。

[0026] 以下所记载的各实施方式中的半导体冷却装置除了上述半导体冷却装置900所具有的效果之外,还具有使冷媒中的微泡的混合量保持为最佳,防止针对半导体模块的冷却效果降低的效果。

[0027] <实施方式1>

[0028] 图2是示意性地表示实施方式1中的半导体冷却装置100的结构图。

[0029] 半导体冷却装置100由供冷媒2循环的冷媒循环路径1、循环器3、对冷媒2的物理状态进行测定的冷媒传感器即本实施方式1中的冷媒温度传感器8、作为热交换器的冷却鳍片4、模块温度传感器9、微泡产生机6以及控制器7构成。

[0030] 冷媒2包含微泡,例如,是在防冻液(LLC)和水的混合液中混合有微泡的冷媒。

[0031] 循环器3设置于冷媒循环路径1,使冷媒循环路径1内的冷媒2循环。

[0032] 冷媒温度传感器8设置于冷媒循环路径1的冷却鳍片4的入口或出口,对冷媒温度 $T_w$ 进行测定。在实施方式1中,冷媒温度传感器8设置于冷却鳍片4的入口。

[0033] 作为热交换器的冷却鳍片4设置于冷媒循环路径1,在冷媒2和半导体模块5之间进行热交换。例如,冷却鳍片4的一个面设置为与冷媒循环路径1内的冷媒2接触,在另一面设置半导体模块5。此外,冷却鳍片4只是热交换器的一个例子,热交换器并不限于冷却鳍片4。

[0034] 半导体模块5例如为功率半导体模块,包含作为主要材料而包含Si、SiC或GaN的半导体器件。该半导体器件例如为MOSFET或IGBT。

[0035] 模块温度传感器9对设置于冷却鳍片4的半导体模块5的模块温度 $T_j$ 进行测定。模块温度传感器9例如设置于冷却鳍片4的对半导体模块5进行设置的一个面。优选模块温度传感器9所测定的模块温度 $T_j$ 为半导体器件的温度,进一步优选为半导体器件的结部的温

度。

[0036] 微泡产生机6生成混合于冷媒2的微泡。

[0037] 虽然省略了图示,但控制器7包含进行各种运算处理及判定处理的处理器和对各种数据进行存储的存储器。控制器7对微泡产生机6进行控制,对微泡的生成量进行调节。在实施方式1中,控制器7基于由冷媒温度传感器8测定的冷媒温度 $T_w$ 和由模块温度传感器9测定的模块温度 $T_j$ ,对微泡产生机6的输出进行控制。

[0038] 这里虽然省略了图示,但也可以替代上述的模块温度传感器9,在控制器7设置对与半导体模块5的模块温度 $T_j$ 关联的信号进行输入的输入端子。该输入端子例如输入从设置于半导体模块5的模块温度传感器输出的信号。该信号可以是包含模块温度 $T_j$ 的值的信号,也可以是表示模块温度 $T_j$ 比规定的值高或低的信号。控制器7基于由冷媒温度传感器8测定的冷媒温度 $T_w$ 和通过输入端子输入的信号,对微泡产生机6进行控制。

[0039] 接着,对半导体冷却装置100的动作及微泡混合量的调整方法进行说明。图3是表示实施方式1中的微泡混合量的调整方法的流程图。

[0040] 首先,在步骤S10中,准备出冷媒2所包含的微泡的混合量为最佳的状态。在该最佳的冷媒2的状态下,将半导体模块5保持为任意的一定的通电状态。

[0041] 在步骤S11中,控制器7取得由冷媒温度传感器8测定的冷媒温度 $T_{w1}$ 和由模块温度传感器9测定的模块温度 $T_{j1}$ 。

[0042] 在步骤S12中,控制器7对冷媒温度 $T_{w1}$ 和模块温度 $T_{j1}$ 的温度差即 $\Delta T1 = T_{j1} - T_{w1}$ 进行计算,作为基准数据存储于存储器。该 $\Delta T1$ 表示微泡的混合量为最佳状态下的冷却效果的大小。

[0043] 在步骤S13中,在从步骤S11起经过一段时间后不清楚冷媒2的状态是否为最佳的状态,即,不清楚微泡的混合量的状态是否为最佳的状态下,以与取得了基准数据的一定的通电状态相同的状态对半导体模块5进行驱动。

[0044] 在步骤S14中,控制器7从冷媒温度传感器8取得冷媒温度 $T_{w2}$ ,从模块温度传感器9取得模块温度 $T_{j2}$ 。

[0045] 在步骤S15中,控制器7对冷媒温度 $T_{w2}$ 和模块温度 $T_{j2}$ 的温度差即 $\Delta T2 = T_{j2} - T_{w2}$ 进行计算。

[0046] 在步骤S16中,控制器7从存储器读出在冷媒2所包含的微泡为最佳状态下计算出的 $\Delta T1$ ,根据在不清楚冷媒2是否为最佳的状态下计算出的 $\Delta T2$ 和该 $\Delta T1$ ,对 $\Delta T3 = \Delta T1 - \Delta T2$ 进行计算。在微泡的混合量不是最佳的状态的情况下,在 $\Delta T1$ 和 $\Delta T2$ 间产生差异。例如,冷媒2的冷却效果越降低则 $\Delta T3$ 变得越大。

[0047] 在步骤S17中,控制器7对计算出的 $\Delta T3$ 是否处在规定的允许范围内进行判定。在 $\Delta T3$ 处在允许范围内的情况下,即,在步骤S17中为YES的情况下,本调整方法结束。在 $\Delta T3$ 超过允许范围的情况下,即,在步骤S17中为NO的情况下,本调整方法跳转到步骤S18。

[0048] 在步骤S18中,控制器7对微泡产生机6进行驱动。图4是表示用于将微泡设为最佳混合量的微泡生成量或微泡产生机6的运转时间与 $\Delta T3$ 的相关关系的图。控制器7根据该相关关系,与 $\Delta T3$ 对应地对微泡的生成量进行控制。其结果,冷媒2所包含的微泡的混合量恢复为最佳状态。在步骤S18中,在微泡的调整后,可以结束本调整方法,也可以如图3所示,为了对 $\Delta T3$ 是否收敛于允许范围内进行确认,再次跳转到步骤S14。

[0049] 综上所述,本实施方式1中的半导体冷却装置100具备:冷媒循环路径1,冷媒2在该冷媒循环路径1循环;作为热交换器的冷却鳍片4,其设置于冷媒循环路径1,在该冷却鳍片4能够设置半导体模块5,该冷却鳍片4在冷媒2和半导体模块5之间进行热交换;微泡产生机6,其设置于冷媒循环路径1,在冷媒2中生成微泡;控制器7,其对微泡产生机6进行控制;以及冷媒传感器,其对在冷媒循环路径1循环的冷媒2的状态进行测定。在本实施方式1中,该冷媒传感器为对冷媒温度 $T_w$ 进行测定的冷媒温度传感器8。

[0050] 另外,半导体冷却装置100还具备对能够设置于作为热交换器的冷却鳍片4的半导体模块5的模块温度 $T_j$ 进行测定的模块温度传感器9。控制器7基于由冷媒温度传感器8测定的冷媒2的冷媒温度 $T_w$ 和由模块温度传感器9测定的半导体模块5的模块温度 $T_j$ ,对微泡产生机6进行控制。

[0051] 或者,控制器7还包含输入与能够设置于热交换器的半导体模块5的模块温度 $T_j$ 关联的信号的输入端子。控制器7基于由冷媒温度传感器8测定的冷媒温度 $T_w$ 和通过输入端子而输入的信号,对微泡产生机6进行控制。

[0052] 根据以上那样的结构,半导体冷却装置100将冷媒2所包含的微泡的混合量保持为最佳状态。即,半导体冷却装置100能够降低冷媒2的压力损失,提高冷媒2的流速。其结果,半导体模块5和冷媒2之间的热阻 $R_{th}(j\_w)$ 降低,散热效果提高。

[0053] <实施方式2>

[0054] 对实施方式2中的半导体冷却装置进行说明。此外,关于与实施方式1相同的结构及动作省略说明。

[0055] 图5是示意性地表示实施方式2中的半导体冷却装置200的结构的图。在半导体冷却装置200中,在冷媒循环路径1的任意位置,设置对冷媒温度 $T_w$ 进行检测的冷媒温度传感器8、对冷媒流量 $L$ 进行测定的冷媒流量传感器10或对冷媒流速 $V$ 进行测定的冷媒流速传感器11。优选冷媒温度传感器8配置于冷媒流量传感器10或冷媒流速传感器11的附近。通过这样的配置而测定的冷媒温度 $T_w$ 和冷媒流量 $L$ 或冷媒流速 $V$ 减少了由与冷媒循环路径1内的位置相关的冷媒2的物理状态的波动导致的测定误差。

[0056] 控制器7基于冷媒温度 $T_w$ 和冷媒流量 $L$ 或冷媒流速 $V$ ,对微泡产生机6的输出进行控制。

[0057] 接着,对半导体冷却装置200的动作及微泡混合量的调整方法进行说明。图6是表示实施方式2中的微泡混合量的调整方法的流程图。

[0058] 首先,在步骤S20中,准备出冷媒2所包含的微泡的混合量为最佳的状态。在该最佳的冷媒2的状态下,将半导体模块5保持为任意的一定的通电状态。

[0059] 在步骤S21中,控制器7取得由冷媒温度传感器8测定的冷媒温度 $T_{w1}$ 、以及由冷媒流量传感器10测定的冷媒流量 $L_1$ 或由冷媒流速传感器11测定的冷媒流速 $V_1$ 。此时,优选控制器7取得与多个冷媒温度 $T_{w1}$ 对应的多个冷媒流量 $L_1$ 或多个冷媒流速 $V_1$ 。由此,得到最佳的冷媒状态下的冷媒温度 $T_{w1}$ 和冷媒流量 $L_1$ 的相关关系、或冷媒温度 $T_{w1}$ 和冷媒流速 $V_1$ 的相关关系。控制器7将取得的冷媒温度 $T_{w1}$ 与冷媒流量 $L_1$ 或冷媒流速 $V_1$ 的相关关系的数据作为基准数据而存储于存储器。此外,图6示出对冷媒流量 $L$ 进行测定的情况下的各步骤。

[0060] 在步骤S22中,在从步骤S21起经过一段时间后不清楚冷媒2的状态是否为最佳的状态,即,不清楚微泡的混合量的状态是否为最佳的状态下,以与取得了基准数据的一定的

通电状态相同的状态对半导体模块5进行驱动。

[0061] 在步骤S23中,控制器7从冷媒温度传感器8取得冷媒温度 $T_w2$ ,从冷媒流量传感器10取得冷媒流量 $L2$ 或从冷媒流速传感器11取得冷媒流速 $V2$ 。

[0062] 在步骤S24中,控制器7从存储器读出在冷媒2所包含的微泡为最佳状态下测定出的冷媒流量 $L1$ ,根据在不清楚冷媒2是否为最佳的状态下测定出的冷媒流量 $L2$ 和该 $L1$ ,对 $\Delta L3=L1-L2$ 进行计算。在通过冷媒流速 $V$ 进行控制的情况下也是同样的,控制器7从存储器读出在冷媒2所包含的微泡为最佳状态下测定出的冷媒流速 $V1$ ,根据在不清楚冷媒2是否为最佳的状态下测定出的冷媒流速 $V2$ 和该 $V1$ ,对 $\Delta V3=V1-V2$ 进行计算。在微泡的混合量不是最佳的状态的情况下,由于由微泡导致的压力损失的降低效果降低,因此 $\Delta L3$ 或 $\Delta V3$ 变大。

[0063] 在步骤S25中,控制器7对计算出的 $\Delta L3$ 或 $\Delta V3$ 是否处在规定的允许范围内进行判定。在 $\Delta L3$ 或 $\Delta V3$ 处在允许范围内的情况下,即,在步骤S25中为YES的情况下,本调整方法结束。在 $\Delta L3$ 或 $\Delta V3$ 超过允许范围的情况下,即,在步骤S25中为NO的情况下,本调整方法跳转到步骤S26。

[0064] 在步骤S26中,控制器7对微泡产生机6进行驱动。图7示出在步骤S21中取得的最佳的冷媒状态下的冷媒温度 $T_w1$ 和冷媒流量 $L1$ 的相关关系。另外,在图7中图示出在步骤S23中取得的冷媒温度 $T_w2$ 和冷媒流量 $L2$ 。控制器7对微泡的生成量进行控制,以使得冷媒温度 $T_w2$ 及冷媒流量 $L2$ 的值接近表示冷媒温度 $T_w1$ 和冷媒流量 $L1$ 的关系的图形上的目标值。就该控制而言,直至收敛于包含目标值的允许范围内为止,重复执行步骤S23至步骤S26。通过这样的控制,冷媒2所包含的微泡的混合量恢复为最佳状态。在通过冷媒流速 $V1$ 及冷媒流速 $V2$ 对微泡的生成量进行控制的情况下,也执行与上述同样的控制。

[0065] 综上所述,本实施方式2中的半导体冷却装置200所包含的冷媒传感器包含对冷媒温度 $T_w$ 进行测定的冷媒温度传感器8、对冷媒流量 $L$ 进行测定的冷媒流量传感器10。控制器7基于由冷媒温度传感器8测定的冷媒温度 $T_w$ 和由冷媒流量传感器10测定的冷媒流量 $L$ ,对微泡产生机6进行控制。

[0066] 或者,半导体冷却装置200所包含的冷媒传感器包含对冷媒温度 $T_w$ 进行测定的冷媒温度传感器8、对冷媒流速 $V$ 进行测定的冷媒流速传感器11。控制器7基于由冷媒温度传感器8测定的冷媒温度 $T_w$ 和由冷媒流速传感器11测定的冷媒流速 $V$ ,对微泡产生机6进行控制。

[0067] 根据这样的结构,半导体冷却装置200将冷媒2所包含的微泡的混合量保持为最佳状态。即,半导体冷却装置200能够降低冷媒2的压力损失,提高冷媒2的流速。其结果,半导体模块5和冷媒2之间的热阻 $R_{th}(j\_w)$ 降低,散热效果提高。

[0068] <实施方式3>

[0069] 对实施方式3中的半导体冷却装置进行说明。此外,关于与实施方式1相同的结构及动作省略说明。

[0070] 图8是示意性地表示实施方式3中的半导体冷却装置300的结构的图。在半导体冷却装置300中,在冷媒循环路径1的任意位置设置对冷媒温度 $T_w$ 进行检测的冷媒温度传感器8,在冷却鳍片4的冷媒入口设置对冷媒压力 $P_a$ 进行测定的冷媒压力传感器12a,在冷却鳍片4的冷媒出口设置对冷媒压力 $P_b$ 进行测定的冷媒压力传感器12b。

[0071] 控制器7基于冷媒温度 $T_w$ 和冷媒压力差 $\Delta P=P_b-P_a$ ,对微泡产生机6的输出进行控制。



[0072] 接着,对半导体冷却装置300的动作及微泡混合量的调整方法进行说明。图9是表示实施方式3中的微泡混合量的调整方法的流程图。

[0073] 首先,在步骤S30中,准备出冷媒2所包含的微泡的混合量为最佳的状态。在该最佳的冷媒2的状态下,将半导体模块5保持为任意的一定的通电状态。

[0074] 在步骤S31中,控制器7取得由冷媒温度传感器8测定的冷媒温度 $T_{w1}$ 、由冷媒压力传感器12a测定的冷媒压力 $P_{a1}$ 、由冷媒压力传感器12b测定的冷媒压力 $P_{b1}$ 。此时,优选控制器7取得与多个冷媒温度 $T_{w1}$ 对应的多个冷媒压力 $P_{a1}$ 及多个冷媒压力 $P_{b1}$ 。

[0075] 在步骤S32中,控制器7对冷媒压力 $P_{a1}$ 和冷媒压力 $P_{b1}$ 的压力差即 $\Delta P1 = P_{b1} - P_{a1}$ 进行计算。 $\Delta P1$ 表示微泡的混合量为最佳的状态下的压力损失的降低效果的大小。在步骤S31中,通过取得与多个冷媒温度 $T_{w1}$ 对应的多个冷媒压力 $P_{a1}$ 及多个冷媒压力 $P_{b1}$ ,从而得到最佳的冷媒状态下的冷媒温度 $T_{w1}$ 和 $\Delta P1$ 的相关关系。控制器7将取得的冷媒温度 $T_{w1}$ 与 $\Delta P1$ 的相关关系的数据作为基准数据而存储于存储器。

[0076] 在步骤S33中,在从步骤S31起经过一段时间后不清楚冷媒2的状态是否为最佳的状态,即,不清楚微泡的混合量的状态是否为最佳的状态下,以与取得了基准数据的一定的通电状态相同的状态对半导体模块5进行驱动。

[0077] 在步骤S34中,控制器7从冷媒温度传感器8取得冷媒温度 $T_{w2}$ ,从冷媒压力传感器12a取得冷媒压力 $P_{a2}$ ,从冷媒压力传感器12b取得冷媒压力 $P_{b2}$ 。

[0078] 在步骤S35中,控制器7对冷媒压力 $P_{a2}$ 和冷媒压力 $P_{b2}$ 的压力差即 $\Delta P2 = P_{b2} - P_{a2}$ 进行计算。

[0079] 在步骤S36中,控制器7对计算出的 $\Delta P2$ 是否处在规定的允许范围内进行判定。在 $\Delta P2$ 处在允许范围内的情况下,即,在步骤S36中为YES的情况下,本调整方法结束。在 $\Delta P2$ 超过允许范围的情况下,即,在步骤S36中为NO的情况下,本调整方法跳转到步骤S37。

[0080] 在步骤S37中,控制器7对微泡产生机6进行驱动。图10示出在步骤S32中取得的最佳的冷媒状态下的冷媒温度 $T_{w1}$ 和 $\Delta P1$ 的相关关系。另外,在图7中图示出在步骤S34中取得的冷媒温度 $T_{w2}$ 和在步骤S35中计算出的 $\Delta P2$ 。控制器7对微泡的生成量进行控制,以使得冷媒温度 $T_{w2}$ 及冷媒压力差 $\Delta P2$ 的值接近表示冷媒温度 $T_{w1}$ 和冷媒压力差 $\Delta P1$ 的关系的图形上的目标值。就该控制而言,直至收敛于包含目标值的允许范围内为止,重复执行步骤S34至步骤S37。通过这样的控制,冷媒2所包含的微泡的混合量恢复为最佳状态。

[0081] 综上所述,本实施方式3中的半导体冷却装置300所包含的冷媒传感器包含对冷媒温度 $T_w$ 进行测定的冷媒温度传感器8、在冷媒循环路径1内的多个位置分别对冷媒压力进行测定的冷媒压力传感器。在本实施方式3中,在冷却鳍片4的冷媒入口设置对冷媒压力 $P_a$ 进行测定的冷媒压力传感器12a,在冷却鳍片4的冷媒出口设置对冷媒压力 $P_b$ 进行测定的冷媒压力传感器12b。控制器7基于由冷媒温度传感器8测定的冷媒温度 $T_w$ 和由冷媒压力传感器12a及冷媒压力传感器12b分别测定的冷媒压力 $P_a$ 及冷媒压力 $P_b$ ,对微泡产生机6进行控制。

[0082] 根据这样的结构,半导体冷却装置300将冷媒2所包含的微泡的混合量保持为最佳状态。即,半导体冷却装置300能够降低冷媒2的压力损失,提高冷媒2的流速。其结果,半导体模块5和冷媒2之间的热阻 $R_{th}(j\_w)$ 降低,散热效果提高。

[0083] <实施方式4>

[0084] 实施方式4中的半导体冷却装置是组合了以上所记载的实施方式1中的半导体冷

却装置100的结构、实施方式2中的半导体冷却装置200的结构及实施方式3中的半导体冷却装置300的结构中的任意2种结构的半导体冷却装置、或包含全部结构的半导体冷却装置。

[0085] 实施方式4中的半导体冷却装置针对由于崩溃等而减少的冷媒2中的微泡的混合浓度的降低,通过组合了任意2种冷媒传感器的结构而得到的结构、或组合了全部冷媒传感器而得到的结构对微泡产生机6进行控制,使冷媒循环路径1中的微泡的混合浓度恢复。

[0086] <实施方式5>

[0087] 对实施方式5中的半导体冷却装置进行说明。图11是示意性地表示实施方式5中的半导体冷却装置500的结构图。

[0088] 在半导体冷却装置500中,与实施方式3所示的半导体冷却装置300同样地,设置有冷媒温度传感器8、冷媒压力传感器12a和冷媒压力传感器12b。但是,这些冷媒温度传感器8、冷媒压力传感器12a和冷媒压力传感器12b内置于作为热交换器的冷却鳍片4。

[0089] 通过这样的结构,简化了构成冷媒循环路径1的冷却系统配管的构建。另外,冷媒传感器通过对位于热交换器内的冷媒2的状态进行测定,从而准确地检测冷媒2的压力损失的降低效果的降低及冷却效果的降低。

[0090] 实施方式1所示的半导体冷却装置100所包含的冷媒温度传感器8、或实施方式2所示的半导体冷却装置200所包含的冷媒温度传感器8及冷媒流量传感器10或冷媒流速传感器11被内置于冷却鳍片4的半导体冷却装置也会取得与上述同样的效果。

[0091] <实施方式6>

[0092] 对实施方式6中的电力控制系统及移动体进行说明。图12是示意性地表示实施方式6中的电力控制系统600及移动体700的结构图。

[0093] 电力控制系统600具备实施方式5所示的半导体冷却装置500、在该半导体冷却装置500的冷却鳍片4设置的半导体模块5、作为初级侧电源将电力供给至半导体模块5的电池15、通过由半导体模块5控制的电力受到驱动的电动机16。

[0094] 移动体700具备电力控制系统600、由电力控制系统所包含的电动机16驱动的车轮17。电力控制系统600由移动体700的上级控制器控制。

[0095] 通过这样的结构,半导体冷却装置500防止了半导体模块5所包含的半导体器件和在冷媒循环路径1内循环的冷媒2之间的热阻 $R_{th}(j\_w)$ 的恶化,使半导体模块5长寿命化。其结果,实现电力控制系统600及移动体700的可靠性的提高和长寿命化。

[0096] 另外,替代半导体冷却装置500,具备实施方式1至实施方式4的任意者所示的半导体冷却装置的电力控制系统或移动体也会取得与上述同样的效果。

[0097] 此外,本发明可以在其发明的范围内将各实施方式自由地组合,对各实施方式适当进行变形、省略。虽然对本发明进行了详细说明,但上述的说明在所有方面都是例示,本发明并不限于此。应当理解为,在不脱离本发明的范围的情况下,会设想到未例示的无数的变形例。

[0098] 标号的说明

[0099] 1冷媒循环路径,2冷媒,3循环器,4冷却鳍片,5半导体模块,6微泡产生机,7控制器,8冷媒温度传感器,9模块温度传感器,10冷媒流量传感器,11冷媒流速传感器,12a冷媒压力传感器,12b冷媒压力传感器,15电池,16电动机,17车轮,100半导体冷却装置,500半导体冷却装置,700电力控制系统,800移动体,L冷媒流量,Pa冷媒压力,Pb冷媒压力,Tj模块温

度,  $T_w$ 冷媒温度,  $V$ 冷媒流速。

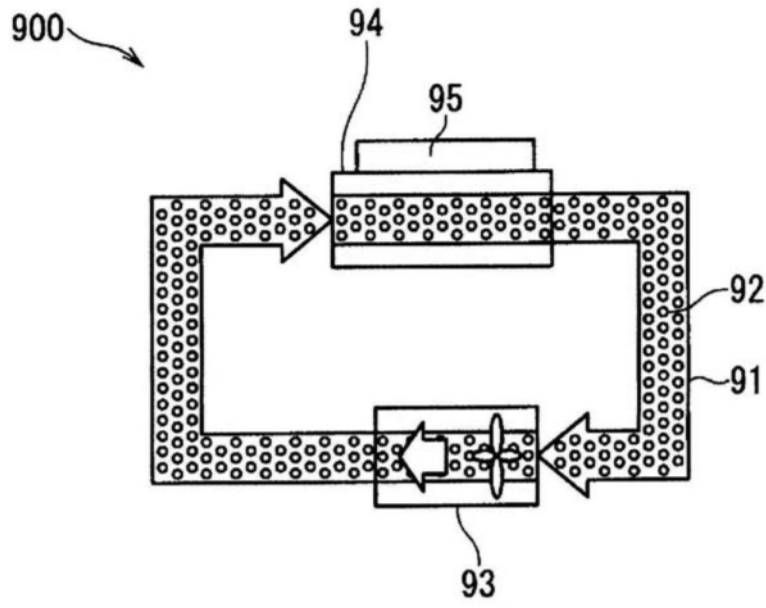


图1

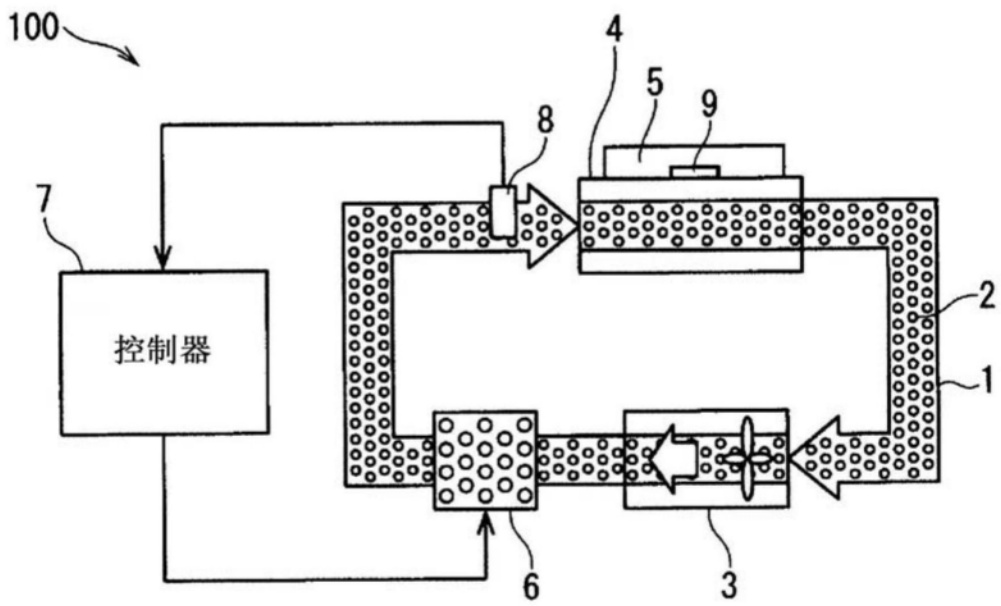


图2

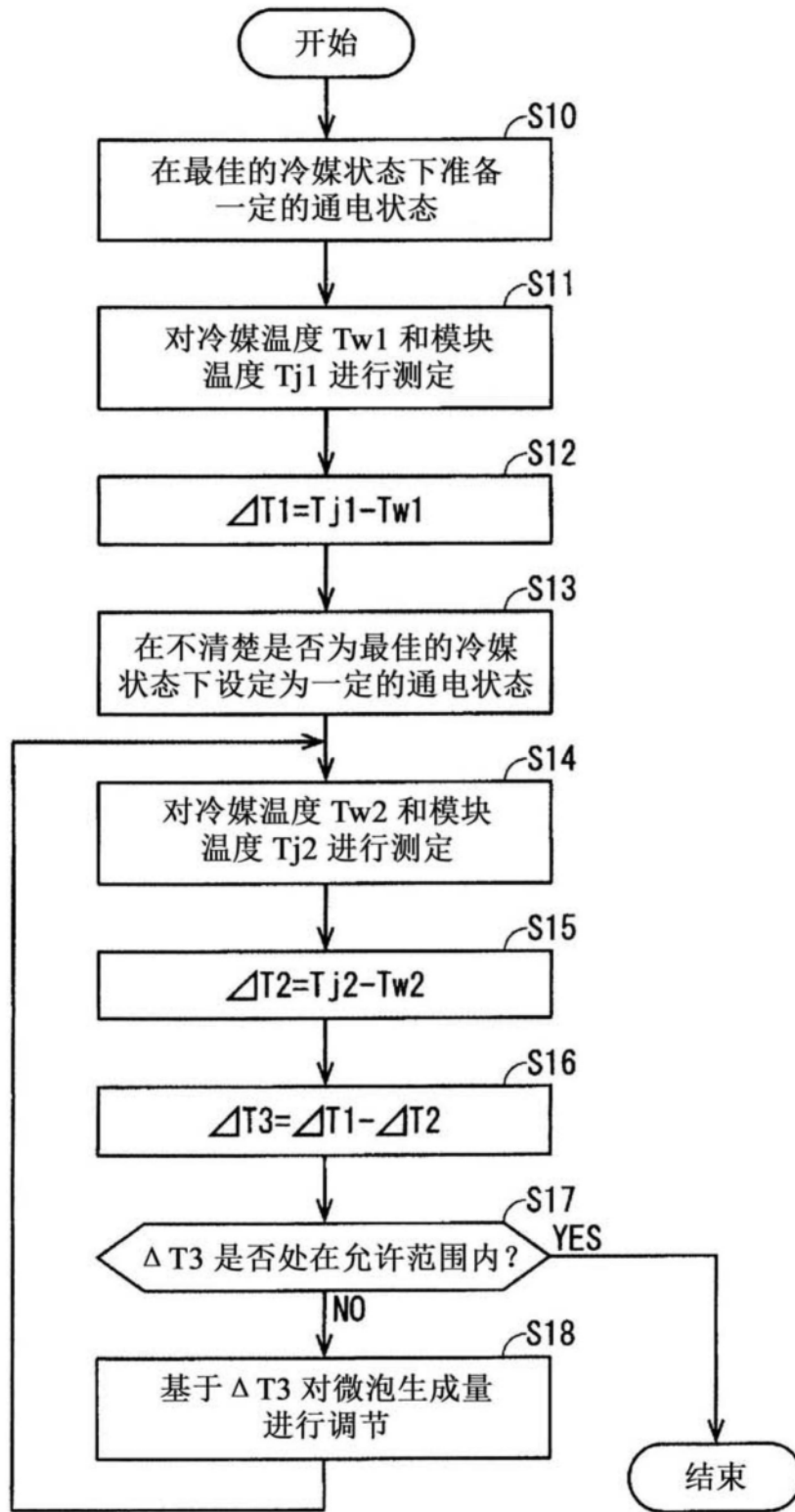


图3

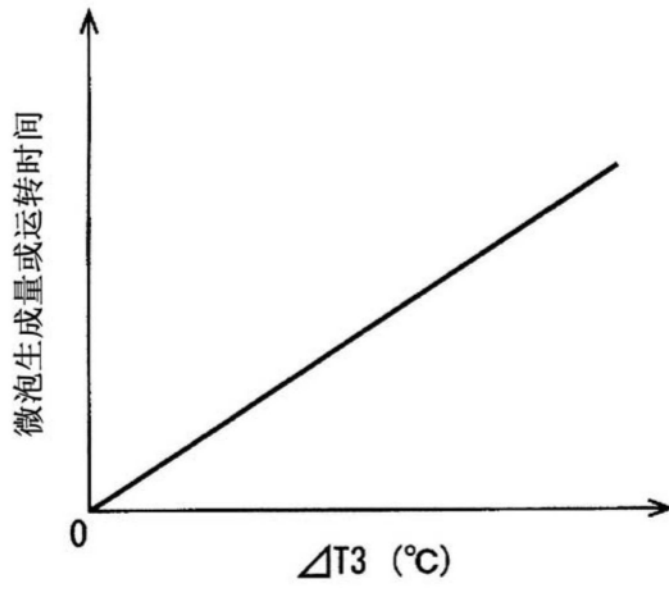


图4

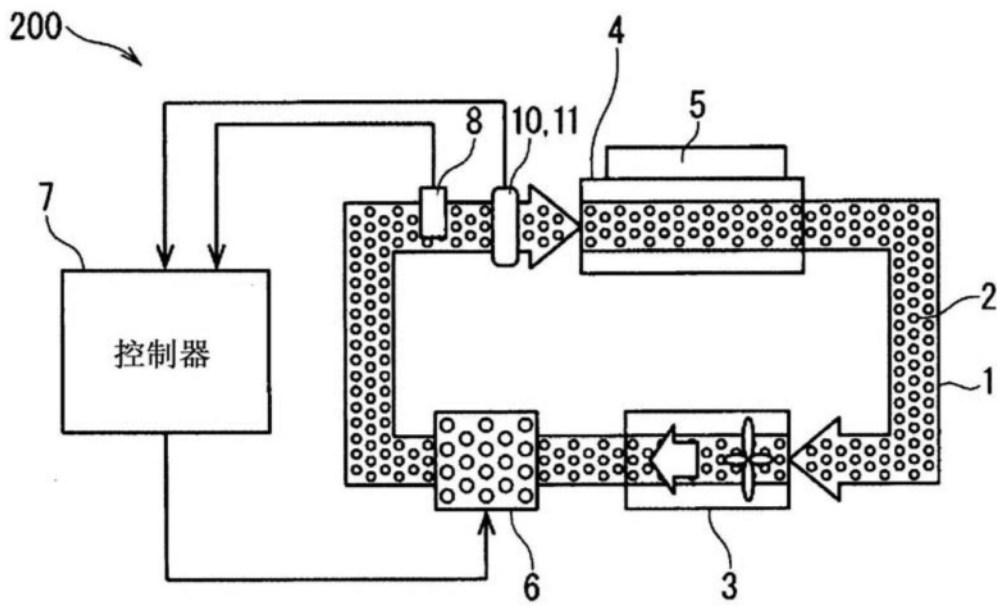


图5

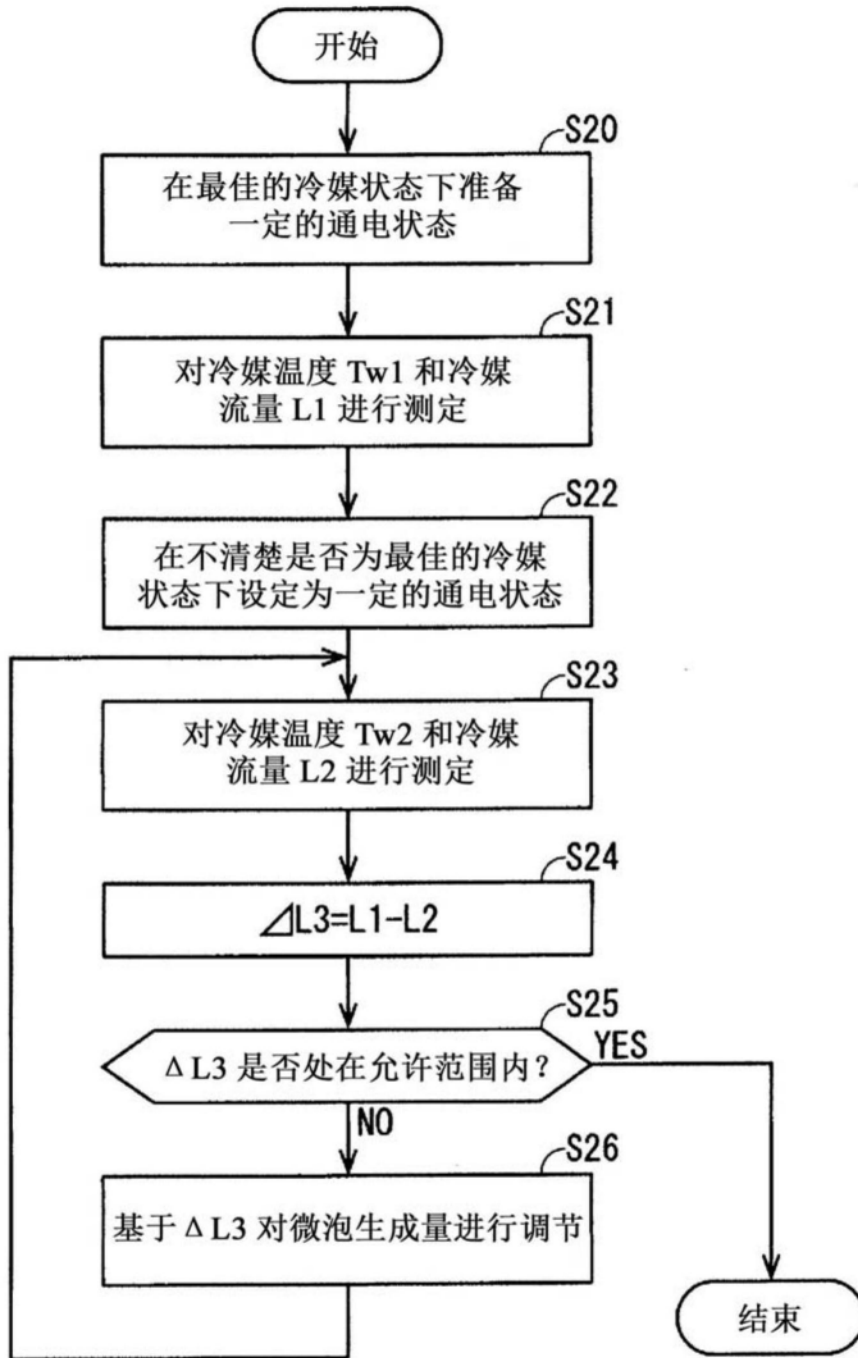


图6

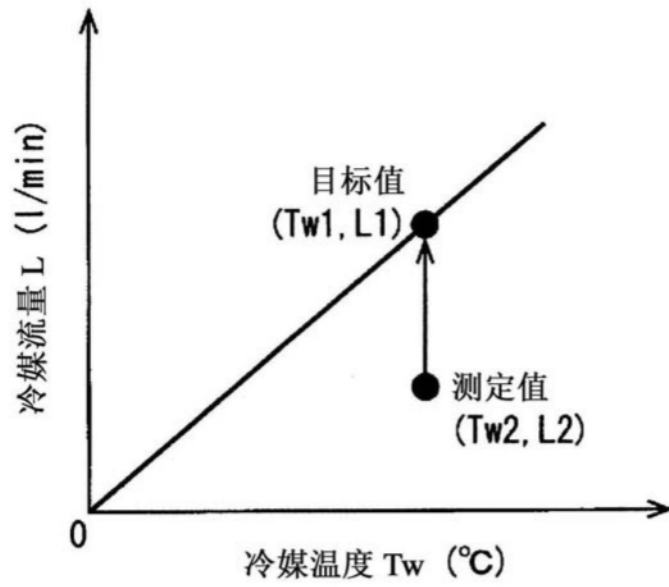


图7

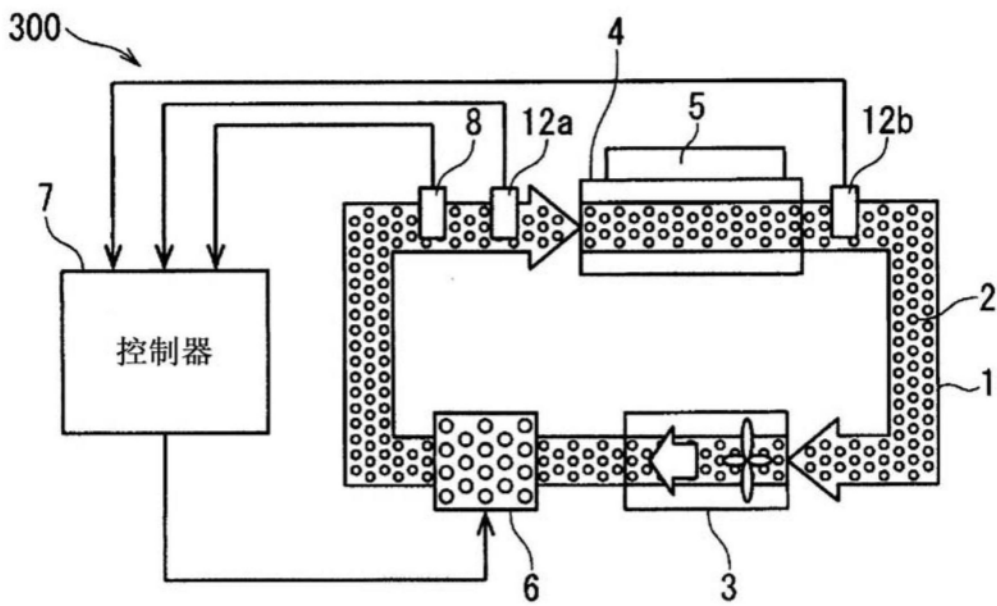


图8



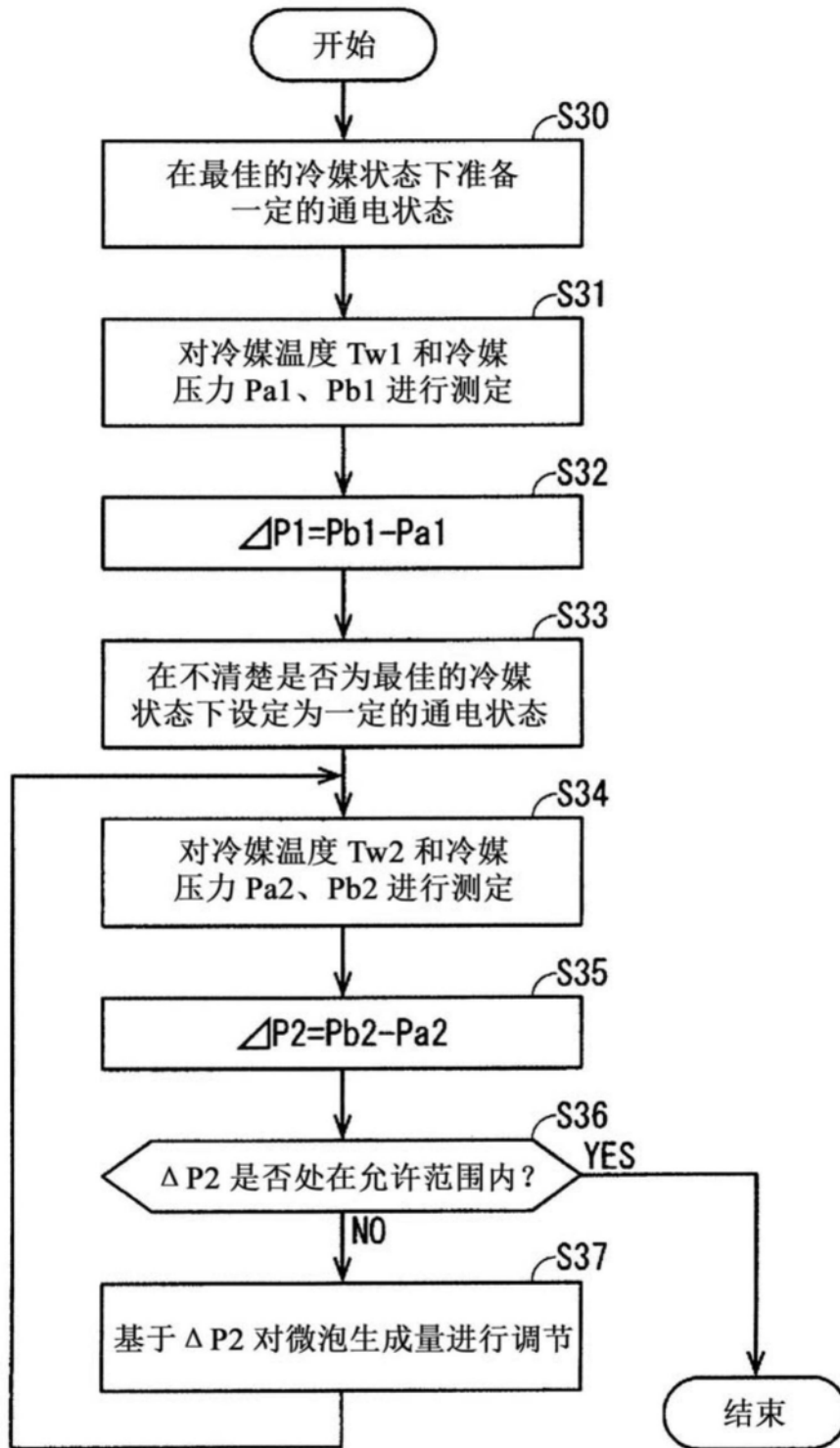


图9

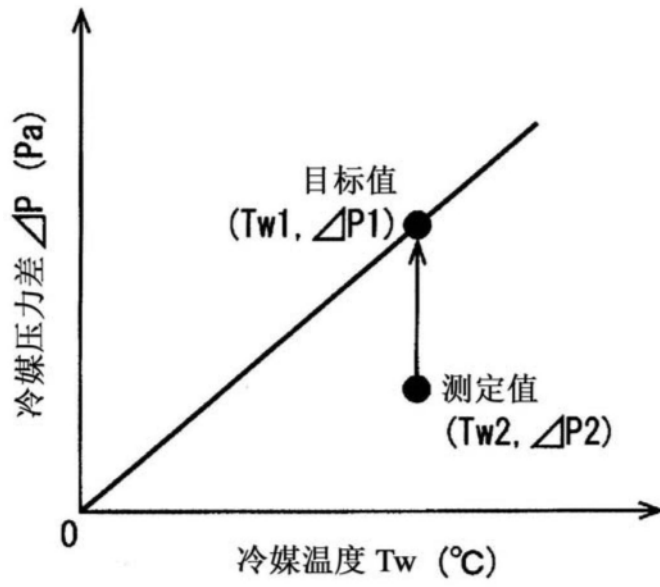


图10

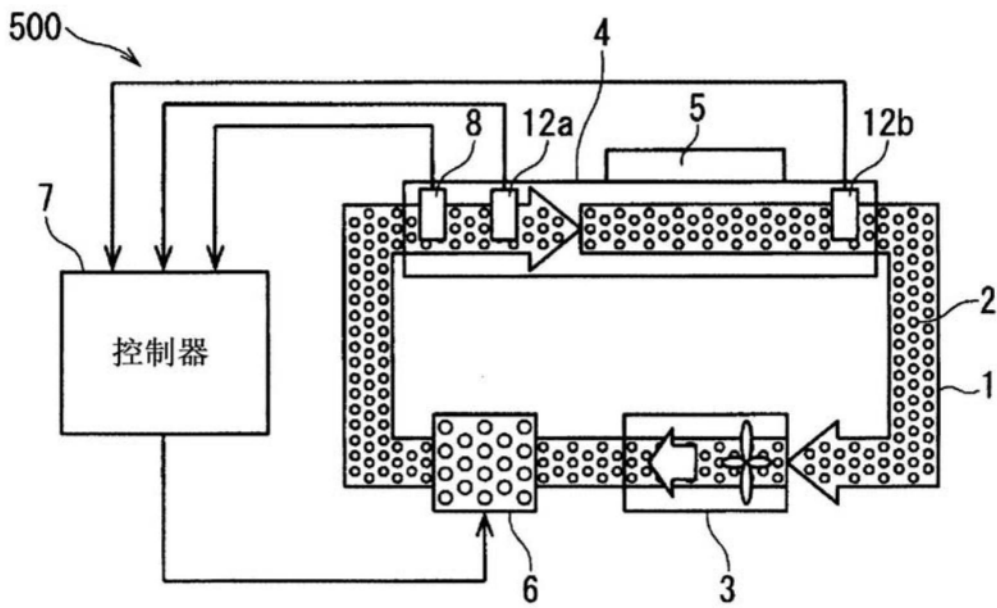


图11

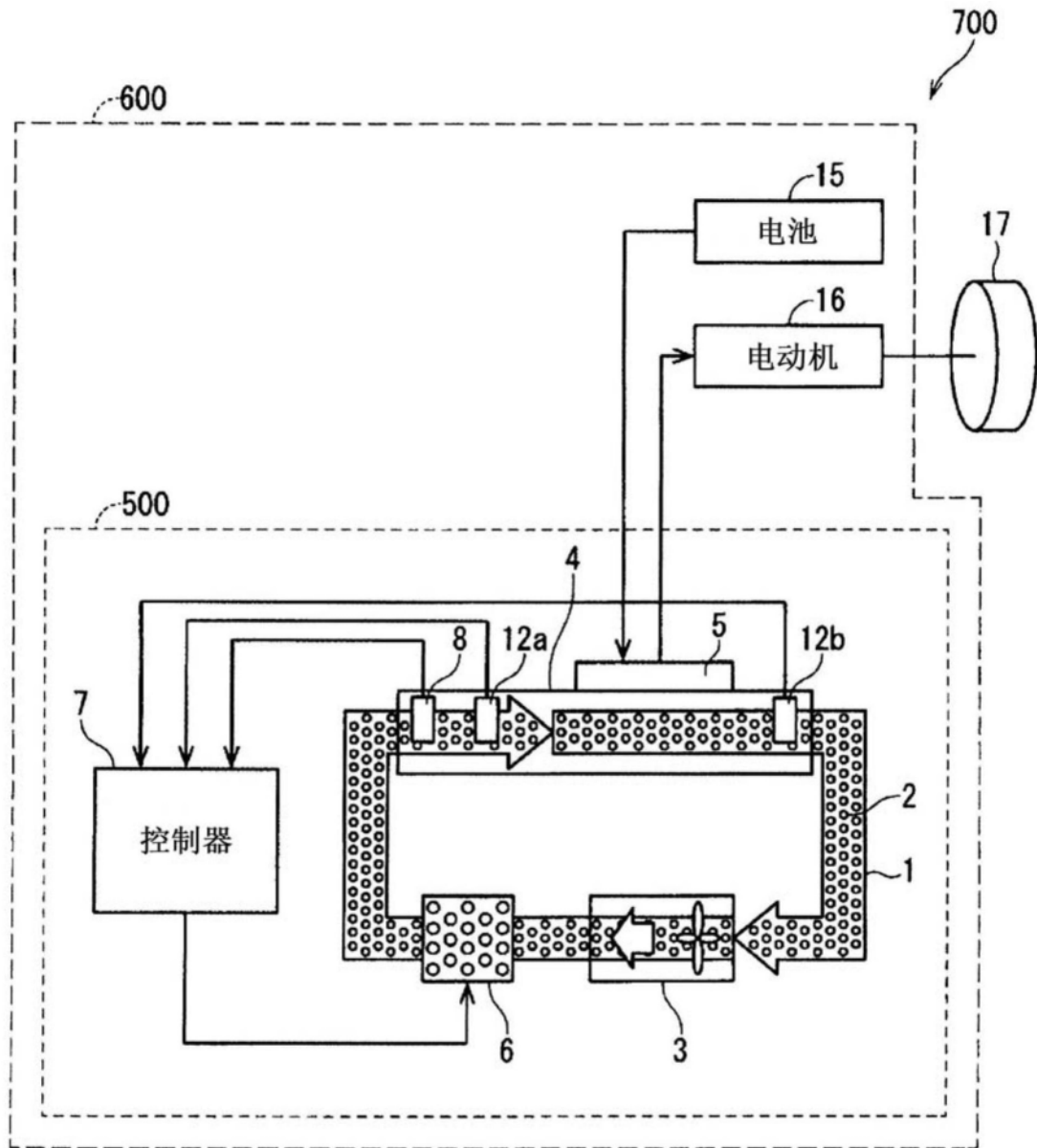


图12