



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109638619 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201910054122.1

(22)申请日 2019.01.21

(71)申请人 中国人民解放军国防科技大学  
地址 410073 湖南省长沙市开福区德雅路  
109号

(72)发明人 李霄 许晓军 韩凯 习锋杰  
王鹏 杨轶 杜少军

(74)专利代理机构 长沙国科天河知识产权代理  
有限公司 43225

代理人 邱轶

(51)Int.Cl.

H01S 3/04(2006.01)

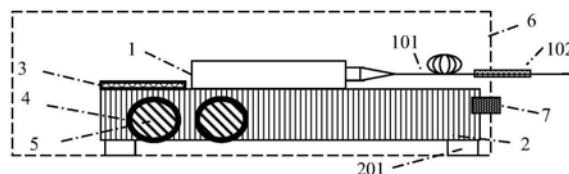
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种相变制冷高功率激光器热管理装置

(57)摘要

本发明提供一种相变制冷高功率激光器热管理装置及激光器系统,包括壳体、蒸发器、加热器、激光器与输出光纤;蒸发器由金属材料制成,蒸发器内设有能够循环相变材料的冷却管路,蒸发器通过绝热悬空固定在壳体内,冷却管路的两端均穿过蒸发器的壁、壳体的壁后位于壳体外;加热器、激光器均设在蒸发器上,加热器位于蒸发器上靠近激光器的位置,输出光纤的一端与激光器的输出端相连,另一端穿过壳体的壁后位于壳体外。以相变制冷方式降低激光器工作介质温度,通过压缩机做功实现热量由低温区向高温区的传导,再利用冷热分流结构提高激光器系统与外界的对流换热效率,降低激光器系统的体积、重量、功耗和噪声。本发明应用于激光设备领域。



1. 一种相变制冷高功率激光器热管理装置,其特征在于,包括壳体、蒸发器、加热器、激光器与输出光纤;

所述蒸发器由金属材料制成,所述蒸发器内设有能够循环相变介质的冷却管路,所述蒸发器悬空设置在壳体内,所述冷却管路的两端均穿过蒸发器的壁、壳体的壁后位于壳体外;

所述加热器、激光器均设在蒸发器上,所述加热器位于蒸发器上靠近激光器的位置,所述输出光纤的一端与激光器的输出端相连,另一端穿过壳体的壁后位于壳体外。

2. 根据权利要求1所述相变制冷高功率激光器热管理装置,其特征在于,所述壳体的内壁上设有隔热层。

3. 根据权利要求1所述相变制冷高功率激光器热管理装置,其特征在于,所述输出光纤位于壳体外的部分上设有隔热套。

4. 根据权利要求1所述相变制冷高功率激光器热管理装置,其特征在于,所述壳体上设有温度传感器。

5. 一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,其特征在于,包括机架、冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇与权利要求1至4任一项所述的相变制冷高功率激光器热管理装置;

所述相变制冷高功率激光器热管理装置的壳体固定设在机架的一侧,所述冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇固定设在机架的另一侧;

所述冷却管路、压缩机、冷凝器与节流阀循环相连并组成循环制冷结构。

6. 根据权利要求5所述左右隔离全风冷高功率激光器系统,其特征在于,所述机架上设有能够将机架分为左右两层的隔离板,所述壳体位于隔离板的一侧,所述冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇位于隔离板的另一侧。

7. 一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,其特征在于,包括机架、冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇与权利要求1至4任一项所述的相变制冷高功率激光器热管理装置;

所述机架上设有能够将机架分为上下两层的隔板,所述相变制冷高功率激光器热管理装置的壳体固定设在机架的上层,所述冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇固定设在机架的下层;

所述冷却管路、压缩机、冷凝器与节流阀循环相连并组成循环制冷结构。

8. 根据权利要求7所述上下隔离全风冷高功率激光器系统,其特征在于,所述机架的上层设有安装板,所述壳体固定设在安装板底部,所述安装板的顶部设有螺旋结构的光纤槽,所述输出光纤穿过安装板后盘绕在光纤槽内。

## 一种相变制冷高功率激光器热管理装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及激光设备领域,尤其涉及一种相变制冷高功率激光器热管理装置及激光器系统。

### 背景技术

[0002] 高功率激光可广泛应用于工业加工、国防军事、科学研究等领域,特别是在工业方面已经出现了成熟的激光切割、激光涂敷、激光焊接等装置,为推动我国工业发展起到了重要作用。半导体激光器、光纤激光器和固体激光器是使用最为广泛的高功率激光器方案。在激光器工作过程中,激光介质会散发大量的热量,必须采用高效散热技术将热量导出,使激光介质工作于恒定工作温度。中低功率激光器可采用全风冷结构散热,市售高功率激光器均采用水冷方式对工作介质进行散热,需要额外配置激光冷水机,不仅体积庞大,而且高纬度地区冬天温度易达到零度以下,必须在水中添加防冻液降低凝结点,给使用带来巨大的后勤维护压力。此前也有部分应用于极端环境的无水冷却激光器报道(如:专利号CN201310718940,一种无水冷却热容高功率光纤激光器),但主要集中利于制冷介质相变过程直接热传导实现高效传热,并未采用压缩机工作实现热量搬运,更未涉及结构设计提高整机与外界对流散热效率。

### 发明内容

[0003] 针对现有技术中高功率激光器工作过程中的散热需求较大的问题,本发明的目的是提供一种相变制冷高功率激光器热管理装置及激光器系统,以相变制冷方式降低激光器工作介质温度,通过压缩机做功实现热量由低温区向高温区的传导,再利用冷热分流结构提高激光器系统与外界的对流换热效率,降低激光器系统的体积、重量、功耗和噪声,提高激光器性能和环境适应性。

[0004] 为了实现上述发明目的,本发明提供了一种相变制冷高功率激光器热管理装置,其本发明采用的技术方案是:

[0005] 一种相变制冷高功率激光器热管理装置,包括壳体、蒸发器、加热器、激光器与输出光纤;

[0006] 所述蒸发器由金属材料制成,所述蒸发器内设有能够循环相变介质的冷却管路,所述蒸发器悬空设置在壳体内,所述冷却管路的两端均穿过蒸发器的壁、壳体的壁后位于壳体外;

[0007] 所述加热器、激光器均设在蒸发器上,所述加热器位于蒸发器上靠近激光器的位置,所述输出光纤的一端与激光器的输出端相连,另一端穿过壳体的壁后位于壳体外。

[0008] 作为上述技术方案的进一步改进,所述壳体的内壁上设有隔热层。

[0009] 作为上述技术方案的进一步改进,所述输出光纤位于壳体外的部分上设有隔热套。

[0010] 作为上述技术方案的进一步改进,所述壳体上设有温度传感器。

[0011] 为了实现上述发明目的,本发明还提供了一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,其采用的技术方案是:

[0012] 一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,包括机架、冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇与上述的相变制冷高功率激光器热管理装置;

[0013] 上述相变制冷高功率激光器热管理装置的壳体固定设在机架的一侧,所述冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇固定设在机架的另一侧;

[0014] 所述冷却管路、压缩机、冷凝器与节流阀循环相连并组成循环制冷结构。

[0015] 作为上述技术方案的进一步改进,所述机架上设有能够将机架分为左右两层的隔离板,所述壳体位于隔离板的一侧,所述冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇位于隔离板的另一侧。

[0016] 为了实现上述发明目的,本发明还提供了另外一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,其采用的技术方案是:

[0017] 一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,包括机架、冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇与上述的相变制冷高功率激光器热管理装置;

[0018] 所述机架上设有能够将机架分为上下两层的隔板,上述相变制冷高功率激光器热管理装置的壳体固定设在机架的上层,所述冷凝器、节流阀、压缩机、散热风扇固定设在机架的下层;

[0019] 所述冷却管路、压缩机、冷凝器与节流阀循环相连并组成循环制冷结构。

[0020] 作为上述技术方案的进一步改进,所述机架的上层设有安装板,所述壳体固定设在安装板底部,所述安装板的顶部设有螺旋结构的光纤槽,所述输出光纤穿过安装板后盘绕在光纤槽内。

[0021] 本发明的有益技术效果:

[0022] 本发明以相变制冷方式降低激光器工作介质温度,通过压缩机做功实现热量由低温区向高温区的传导,使得壳体内形成一个低温舱,壳体外的机架形成一个高温舱,实现冷热分流结构,利用冷热分流结构提高激光器系统与外界的对流换热效率,降低激光器系统的体积、重量、功耗和噪声,提高激光器性能和环境适应性。

## 附图说明

[0023] 图1是相变制冷高功率激光器热管理装置的结构示意图;

[0024] 图2是蒸发器内部结构示意图;

[0025] 图3是第一种冷热分流全风冷高功率激光器系统的结构示意图;

[0026] 图4是第二种冷热分流全风冷高功率激光器系统的结构示意图。

## 具体实施方式

[0027] 为了便于本发明的实施,下面结合具体实例作进一步的说明。

[0028] 如图1所示的一种相变制冷高功率激光器热管理装置,包括壳体6、蒸发器2、加热器3、激光器1与输出光纤101。激光器1用于产生高功率激光,蒸发器2用于提供激光器1所需低温环境。壳体6用于隔绝热对流,维持激光器1和蒸发器2温度,使其不受外界温度影响,壳体6可以是与金属材料或陶瓷材料制成,也可以是采用双层玻璃或玻璃纤维或具体有同类

功能的其他器件。

[0029] 具体的,蒸发器2由金属材料制成的,例如由铝合金平板或钛合金平板或铜板拼接组成,也可以采用内嵌毛细管结构的平板热管拼接组成以提高换热能力,或采用同类功能其他结构。参考图2,蒸发器2内设有冷却管路4,冷却管路4用于传输相变介质5,可以是铜管,也可以是同类功能其他金属管或软管;相变介质5随压力变化发生相变以实现热量的搬运,包括在蒸发器2内蒸发并吸热使温度降低,在冷凝器内凝结并放热使温度升高,可以是二氟一氯甲烷(制冷剂R22)也可以是液氨或其他功能同类材料。蒸发器2悬空设置在壳体6内,冷却管路4的两端均穿过蒸发器2的壁、壳体6的壁后位于壳体6外;加热器3、激光器1均设在蒸发器2上,加热器3位于蒸发器2上靠近激光器1的位置,输出光纤101的一端与激光器1的输出端相连,另一端穿过壳体6的壁后位于壳体6外。

[0030] 加热器3固定于蒸发器2上靠近激光器1的位置,用于在环境温度低于激光器1工作温度时加热使激光器1能够正常启动,可以是加热棒,也可以是加热片或同类功能其他器件。冷却管路4内嵌或焊接入蒸发器2中,相变介质5在冷却管路4内流动,激光器1工作时激光器1产生高功率激光的同时会发热,当温度达到相变介质5的沸点时,相变介质5在冷却管路4内蒸发并迅速带走热量使蒸发器2降温,进而在壳体6内形成低温环境。

[0031] 蒸发器2通过垫脚201悬空个固定于壳体6内,因此尽管蒸发器2为金属材料,但由于与壳体6接触区仅垫脚201,接触面积较小,因此壳体6外热量传入较少,有一定冷热隔离的作用。

[0032] 进一步优选的,壳体6的内壁上设有并未图示的隔热层,如石棉或塑料或双层玻璃等,进一步的提高壳体6的隔热效果。

[0033] 本实施例中,激光由激光器1产生,并通过输出光纤101穿透壳体6的壁导出,由于壳体6内外存在温差,输出光纤101的外壁很可能存在结露甚至结霜等现象,因此在输出光纤101位于壳体6外的部分上设有隔热套102以避免结露,本结构中激光在光纤纤芯内传播,可以有效避免结露等现象对光路的影响。

[0034] 激光器1是系统中用于产生激光的最大发热源,本实施例中激光器1为尾纤耦合的半导体激光器,也可以是光纤激光器1中的掺杂光纤,也可以是固体激光器1中的激光晶体或其他功能的同类器件。本实施例中的输出光纤101可以是玻璃光纤,也可以是晶体光纤或同类功能其他器件。

[0035] 进一步优选的,壳体6上设有温度传感器,可以是温敏电阻或同类功能其他器件,温度传感器探头部分安装于壳体6内,其信号输出端和供电接口穿透壳体6接出。本实施例中激光器1工作于 $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ,进一步的,由于半导体激光器在低温条件下可以实现更高转换效率,通过温度传感器检测壳体6内的温度,并控制壳体6内的温度在 $-30^{\circ}\text{C}$ ,进而提高激光器1整体电光转换效率。

[0036] 本实施例还提供了一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,其采用的技术方案是:

[0037] 如图3所示的一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,包括机架11、冷凝器7、节流阀10、压缩机9、散热风扇12与上述的相变制冷高功率激光器热管理装置;壳体6固定设在机架11的左半部,冷凝器7、节流阀10、压缩机9、散热风扇12固定设在机架11的右半部,其中,散热风扇12的进风端正对冷凝器7,用于增强气流使冷凝器7快速降温。

[0038] 激光由输出光纤从壳体6的壁穿出,温度传感器8和冷却管路4同样需要穿透壳体6,冷却管路4将蒸发器(位于低温舱6内)、节流阀10、冷凝器7和压缩机9联通,组成循环制冷结构:压缩机9把相变介质由低温低压气体压缩成高温高压气体,再经过冷凝器7冷凝成中温高压液体,经节流阀10节流后,则成为低温低压的液体相变介质送入蒸发器中,由于蒸发器与激光器贴合,激光器产生的热量由蒸发器中的相变介质吸收并蒸发为低温低压的蒸汽,再次输送进压缩机9,从而完成制冷循环,在此循环过程中,通过压缩机9做功,使蒸发器温度始终维持在低于环境温度状态,冷凝器7始终维持在高于环境温度状态。

[0039] 上述结构中,压缩机9用于给由蒸发器和冷凝器7组成的内循环通道加压使相变介质流动,通过在蒸发器和冷凝器7内部结构改变造成局部压强变化,从而使相变介质在循环至不同位置发生蒸发或凝结实现热量由壳体6内向壳体6外的传递;压缩机9可以是定频压缩机,即转速固定,依靠节流阀10和压缩机9启动/停止来调节系统散热量从而控制温度,也可以是变频压缩机,即通过调节压缩机9自身转速和节流阀10调节系统散热量从而控制温度。节流阀10用于控制相变介质的流量和流速,从而改变散热量,最终实现调节蒸发器温度的功能。散热风扇12可以改为流动的低温液体,用于浸泡冷凝器7使其快速降温。

[0040] 机架11上设有与冷凝器7、节流阀10、加热器、压缩机9、散热风扇12电性相连的控制电路13,控制电路13用于设定蒸发器温度,使激光器的工作环境处于恒温状态,根据温度传感器8实测的壳体6内的当前温度,控制加热器、节流阀10和压缩机9工作,当前温度高于设定温度时,控制电路13启动压缩机9并调节节流阀10控制相变介质流量使蒸发器温度降低到设定温度;当前温度低于设定温度时,控制电路13启动加热器使蒸发器温度升高至设定温度。

[0041] 本实施例中,蒸发器密闭于壳体6内,位于激光器系统左部,冷凝器7位于激光器系统右部,固定于金属骨架组成机架11内,通过散热风扇12向激光器系统外排风,实现高效散热。与直接风冷激光器相比,本实施例可以通过控制电路13调节压缩机9和节流阀10工作来降低蒸发器温度,使激光器工作于比环境温度更低、更稳定的温度条件下,同时还在冷凝器7形成高于环境温度的热源,提高散热风扇12对流散热的效果。综上所述,本实施例相对常规直接风冷激光器方案不仅可以给激光器实现更稳定、更低温的制冷效果,根据对流换热公式在相同的排风量情况下本发明可以实现更好的散热效果:

[0042]  $Q = hgAg(T_w - T_o)$

[0043] 式中h为表面对流传热系数,A为接触壁面面积,Q为单位时间内面积A上传热热量, $T_w$ 为固体表面温度, $T_o$ 为流体(即风扇吹动空气)表面温度。自然环境 $T_o$ 为室温约25℃,常见风冷激光器采用气流直接冷却元器件方法,对应器件工作温度(即 $T_w$ )约50℃,本发明采用压缩机9将热量搬运至冷凝器7散出,冷凝器7工作温度可达100℃,因此在室温25℃时,相同风量和面积条件下,本发明散热效率可达常规风冷激光器的3倍,大幅提高了激光器的功率水平,也意味着在相同功率条件下,本发明可采用风量较小的静音风扇,减小了噪声污染。

[0044] 进一步优选的,机架11上设有能够将机架11分为左右两层的隔离板,壳体6位于隔离板的一侧,冷凝器7、节流阀10、压缩机9、散热风扇12位于隔离板的另一侧。隔离板由陶瓷材料或玻璃材料制成,避免壳体6外的热空气对流影响壳体6的工作环境。

[0045] 本实施例还提供了另外一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,其采用的技术方案是:

[0046] 如图4所示的另外一种冷热分流全风冷高功率激光器系统,包括机架11、冷凝器7、节流阀、压缩机9、散热风扇12与上述的相变制冷高功率激光器热管理装置;机架11上设有能够将机架11分为上下两层的隔板601,隔板601由隔热材料制成。壳体6固定设在机架11的上层,冷凝器7、节流阀、压缩机9、散热风扇12固定设在机架11的下层;冷却管路4、压缩机9、冷凝器7与节流阀循环相连并组成循环制冷结构。机架11的上层设有安装板,壳体6固定设在安装板底部,安装板的顶部设有螺旋结构的光纤槽,输出光纤101穿过安装板后盘绕在光纤槽内,使得输出光纤101的光路具有足够的空间。

[0047] 本实施例中,输出光纤101为掺杂光纤,如掺镱光纤,也可以根据需要改为掺铈光纤或掺铒光纤或同类功能其他器件。掺杂光纤可以是激光晶体或激光陶瓷或同类功能其他器件,以Yb:YAG晶体为例,当激光介质为Yb:YAG晶体时,可通过设置低温舱温度至 $-30^{\circ}\text{C}$  (243K) 以下低温。此时Yb:YAG晶体的激光性能相对常见激光器 $30^{\circ}\text{C}$  (300K) 可以大幅提高,其热扩散系数提高了33%,受激发射截面增加了约25%,出光效率和光束质量均会得到相应的改进,有利于实现更高功率水平的激光输出。

[0048] 高功率掺镱光纤激光器通常可以选用波长为915nm和976nm的半导体激光器作为泵浦源,分别对应掺镱光纤不同的吸收峰,915nm处吸收峰较低,但带宽较宽,976nm处吸收峰较高(吸收系数约为915nm处3倍)但带宽较窄,因此用976nm泵浦源可以大幅提高掺杂光纤103的吸收效率,减小光纤长度需求从而节约成本。但由于半导体激光器工作波长随温度改变,976nm吸收峰带宽太窄,容易出现半导体激光器工作波长偏移出带宽的问题,因此风冷激光器一般采用915nm半导体激光器作为泵浦源。而本发明装置可以提供稳定的工作温度且不受外界环境影响,为采用976nm半导体激光器实现高效率高功率掺镱激光器提供了条件。

[0049] 对于上述的冷热分流全风冷高功率激光器系统,若该激光器系统在低温环境中工作时,蒸发器温度可降低至零下30度,大幅提升固体激光介质的热性能和出光性能,有利于实现更高光束质量的高功率激光输出;若该激光器系统在常温环境中工作时,自然环境下直接风冷即可使激光介质工作于稳定温度,精度可达 $0.1^{\circ}\text{C}$ ,能够满足波长稳定泵浦光源的工作需求,使泵浦波长稳定于光纤激光器的吸收峰,进一步提高光纤激光器效率。

[0050] 以上包含了本发明优选实施例的说明,这是为了详细说明本发明的技术特征,并不是想要将发明内容限制在实施例所描述的具体形式中,依据本发明内容主旨进行的其他修改和变型也受本专利保护。本发明内容的主旨是由权利要求书所界定,而非由实施例的具体描述所界定。

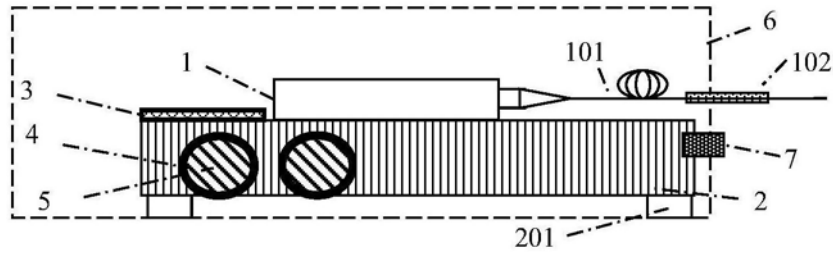


图1

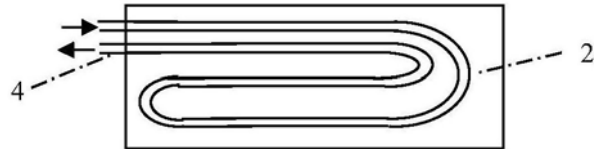


图2

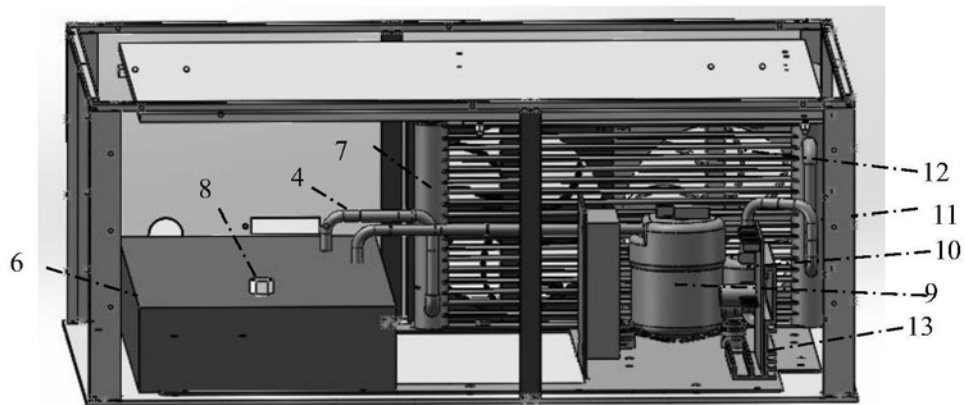


图3



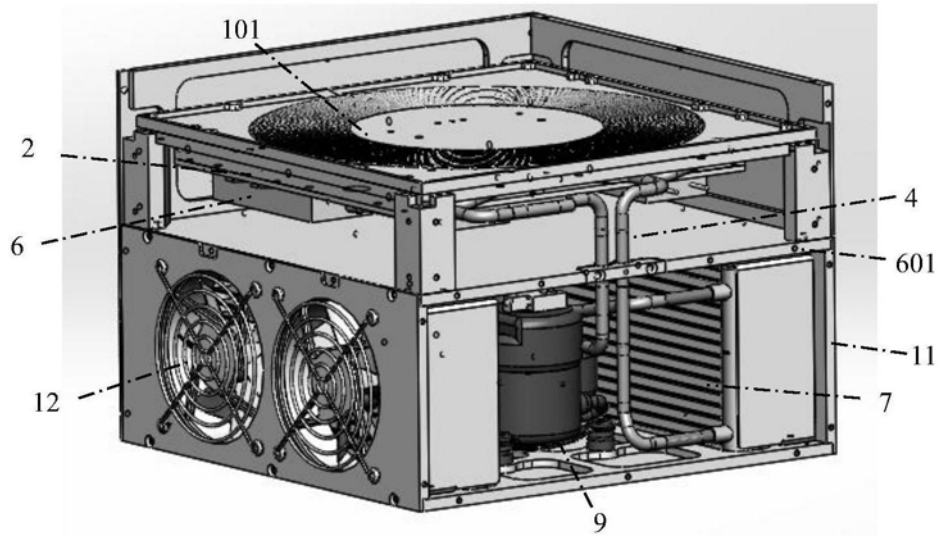


图4