



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103607166 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 30

(21) 申请号 201310611668. 5

(22) 申请日 2013. 11. 26

(73) 专利权人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区回龙观朱辛庄 2 号

(72) 发明人 巨星 徐超 杜小泽 杨勇平 王志峰

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 张文宝

(51) Int. Cl.

H02S 10/10(2014. 01)

H02S 30/10(2014. 01)

H02S 40/42(2014. 01)

F03G 6/06(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102518571 A, 2012. 06. 27, 说明书第 14

段 - 第 19 段, 附图 1.

CN 203116311 U, 2013. 08. 07, 说明书第 10 段 - 第 14 段, 附图 1, 2.

US 2004/0103680 A1, 2004. 06. 03, 说明书第 85 段 - 第 104 段, 附图 1-9.

CN 101608606 A, 2009. 12. 23, 全文.

CN 103392101 A, 2013. 11. 13, 全文.

WO 2010/138606 A2, 2010. 12. 02, 全文.

CN 101479856 A, 2009. 07. 08, 全文.

审查员 辛义剑

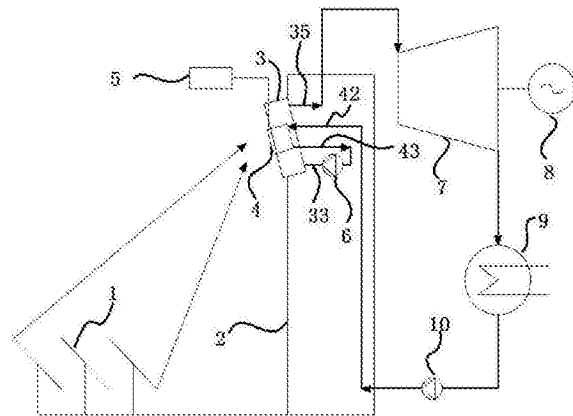
权利要求书2页 说明书6页 附图8页

(54) 发明名称

一种聚光光伏光热复合发电系统

(57) 摘要

一种聚光光伏光热复合发电系统属于太阳能利用技术领域。该系统包括跟踪聚光系统、光伏光热模块及热力循环部分, 光伏光热模块包括密集阵列电池模块、吸热器模块、保温层、连接回路和支撑结构, 吸热器模块布置于密集阵列电池模块外围, 将聚光光斑中心能流密度较高的部分投射于密集阵列电池模块的表面, 其余的部分投射于吸热器模块表面。冷却液在冷却密集阵列电池模块后温度上升, 并作为吸热工质泵入吸热器模块继续吸收能量, 产生一定温度的蒸汽并通过热力循环进行发电。光伏光热模块四周也可布置有二次聚光器模块, 利用二次聚光器模块可进一步改善系统的光学特性。本发明有利于提高光伏光热发电的效率和经济性, 也有利于减弱光伏发电对电网的冲击。



1. 一种聚光光伏光热复合发电系统,包括跟踪聚光系统、光伏光热模块以及热力循环部分,其特征在于:光伏光热模块包括密集阵列电池模块(4)、吸热器模块(3)、吸热器保温层(36)、连接回路和支撑结构;吸热器模块(3)布置于密集阵列电池模块(4)的外围,保温层(36)布置在吸热器模块(3)的背面和外侧;密集阵列电池模块(4)与逆变器(5)连接,对外输出所产生的电能;吸热器模块(3)的出口总管与汽轮机(7)连接,汽轮机(7)与发电机(8)连接,膨胀做功后产生电能并输送到电网,汽轮机(7)的排气端与凝汽器(9)连接,再通过循环泵(10)与密集阵列电池模块(4)的冷却系统连接,最后通过升压泵(6)接回吸热器模块(3)的入口总管,构成热力循环部分;

所述光伏光热模块的外围设置二次聚光器(11),在二次聚光器(11)的外部安装有 SC 冷却管束(12),连接在升压泵(6)与吸热器模块(3)的入口总管之间;

所述密集阵列电池模块(4)包括若干个 CPV 子模块(41),所述 CPV 子模块(41)包括由前到后依次叠合的玻璃盖板(411)、密集聚光电池阵列(412)、单面覆铜陶瓷基板(413)、冷板主结构(414)以及密封盖板(415);所述密集聚光电池阵列(412)由多个聚光电池片密集布置而成,其背面焊接在单面覆铜陶瓷基板(413)带有铜镀层的一侧,在单面覆铜陶瓷基板(413)陶瓷一侧蚀刻加工有平行的微通道结构,形成微通道热沉(419);所述冷板主结构(414)正面加工有冷板歧管(418),微通道热沉(419)安装于在冷板主结构(414)正面一侧,其顶端表面贴附于冷板歧管(418)表面,冷板主结构(414)使用密封盖板(415)封闭;

所述 CPV 子模块(41)的冷却系统包括 CPV 冷却系统入口总管(42)、CPV 冷却系统出口总管(43)、CPV 冷却系统分流器(44)和 CPV 冷却系统收集器(45),所述密封盖板(415)的背面设置 CPV 子模块冷板入口(421)和 CPV 子模块冷板出口(431);CPV 冷却系统入口总管(42)连接 CPV 冷却系统分流器(44),CPV 冷却系统分流器(44)的末端连接 CPV 子模块冷板入口(421);同时 CPV 冷却系统出口总管(43)连接 CPV 冷却系统收集器(45),CPV 冷却系统收集器(45)的末端连接 CPV 子模块冷板出口(431);冷却工质从 CPV 冷却系统入口总管(42)进入 CPV 冷却系统分流器(44),经分流后从 CPV 子模块冷板入口(421)流入冷板主结构(414),冷却工质完成冷却后从 CPV 子模块冷板出口(431)流出,经 CPV 冷却系统收集器(45)收集后汇流到 CPV 冷却系统出口总管(43);

所述冷板歧管(418)分为入口歧管(418a)和出口歧管(418b);冷板主结构(414)背面加工有冷板分流槽(416)和冷板收集槽(417);冷却工质进入冷板主结构(414)后,沿树状的冷板分流槽(416)均匀分为多股,分别进入入口歧管(418a),在冷板入口歧管中进一步分流后,流入微通道热沉(419),并向微通道热沉(419)两侧流动,并与来自相邻入口歧管(418a)的冷却工质汇合后从出口歧管(418b)流出,再由冷板收集槽(417)收集后送出。

2. 根据权利要求 1 所述的一种聚光光伏光热复合发电系统,其特征在于,所述吸热器模块(3)包括吸热器排管(31),由多根管束并联或串联而成,吸热器排管(31)的两端分别设置吸热器入口分流器(32)、吸热器入口总管(33),和吸热器出口收集器(34)、吸热器出口总管(35);吸热器排管(31)面向聚光器的表面喷涂或镀有太阳能选择性吸收涂层,吸热器排管(31)的横截面形状为方形或圆形。

3. 根据权利要求 1 所述的一种聚光光伏光热复合发电系统,其特征在于,所述密集阵列电池模块(4)为方形、圆形或扇形,其中使用的聚光电池片为砷化镓电池、背接触硅电池或多结叠层 III-V 族电池。

4. 根据权利要求 1 所述的一种聚光光伏光热复合发电系统,其特征在于,所述跟踪聚光系统为塔式或碟式聚光系统。

5. 根据权利要求 1 所述的一种聚光光伏光热复合发电系统,其特征在于,所述热力循环部分还采用传统蒸汽轮机发电系统、有机朗肯循环发电系统或螺杆膨胀发电系统。

6. 根据权利要求 1 所述的一种聚光光伏光热复合发电系统,其特征在于,所述吸热器模块 (3) 及密集阵列电池模块 (4) 的冷却系统内采用的冷却工质和吸热工质为水、氨和有机工质中的一种或多种,其中有机工质为直链式烃类、芳香族烃类、全氟化烃类、氟代直链烃类以及硅氧烷类物质。

## 一种聚光光伏光热复合发电系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能利用技术领域,尤其是一种新型的太阳能聚光光伏光热复合发电系统。

### 背景技术

[0002] 太阳能是重要的可再生能源利用方式,太阳能发电通常有两种方式——光伏发电和光热发电。光伏发电系统利用半导体材料的光伏效应进行发电,具有效率较高、系统简单灵活的优势,但由于光伏系统的输出不稳定,会对电网产生一定冲击。光热发电系统则利用聚光器、吸热器将太阳辐射能量转化为热能,通过传统的热力循环方式进行发电,具有稳定发电的特点,适合于集中化、规模化。光伏和光热两种发电方式有着不同的特点,在各国的持续推动下,均呈现迅速发展的趋势。目前,太阳能光伏发电系统已成为第三大可再生能源利用方式,而大规模太阳能热发电站已开始进入商业化运行阶段。

[0003] 相比于聚光光热发电年平均效率 12-15%,在同样的聚光面积和聚光比下,聚光光伏(CPV)发电具有较高的效率和输出功率。但太阳辐射经光伏电池后大部分能量仍然以热的形式耗散。一方面,当光伏电池温度升高时,电池的转换效率呈现下降趋势,并可能损害电池寿命,影响光伏系统正常运行;另一方面,若能有效利用耗散的热能,可提高系统的总体效率。因此,近年来出现了一些光伏热(PV/T)复合系统以及光伏/光热复合发电系统的技术方法。对光伏热复合系统而言,由于电池工作温度的限制导致热吸热工质温度较低(通常低于 100℃),吸热工质的热能应用区域较为狭窄。对光伏光热复合发电系统而言,目前的方式有:1)中国专利号 CN101608606 公开一种太阳能低温热发电与光伏发电复合系统。该专利基于 PV/T 思想,利用流体带走光伏电池耗散的热能,并将这些光伏发电的废热通过有机朗肯循环的低温发电技术进行发电。这种方式与光伏热复合系统并无太大区别,利用低温工质进行发电;2)国际专利号 W02012038566A1 公开了一种太阳能塔式光热与光伏发电复合系统。该专利利用太阳能塔式光热电站中的定日镜,将定日镜中的部分镜片替换为光伏电池,从而提高了光热电站的发电量。这种方式中光伏光热的结合方式完全基于光的分配,光伏发电的废热没有得到有效利用。

[0004] 现有其它技术包括数个有关 CPV 技术的实例。以下内容并非有关技术的完整列表。

[0005] 美国专利号 US20040103680A1 公开了一种光伏电池的冷却循环系统。该专利为一种密集阵列聚光光伏电池模块提供冷却方法,实现光伏电池表面温度不超过 80℃。

[0006] 美国专利号 US20070215198A1 公开了一种太阳能电池热管理系统。该专利使用主动式或被动式冷却装置以去除光伏电池耗散的能量。

[0007] 国际专利号 W02010138606A2 公开了一种太阳能收集方法。该专利中将太阳辐射集中到一个太阳能接收器,太阳辐射的一部分通过光伏电池转换为电能,其余部分通过接收器收集到传热流体中,通过控制流速和初始温度,最大限度地提高电功率输出和从太阳能电池收集的热量的总价值。

## 发明内容

[0008] 本发明提出一种基于密集阵列电池的聚光光伏光热复合发电系统。其目的在于结合目前光伏、光热两种不同的发电形式，提高太阳能发电效率和经济性，并降低光伏发电对电网运行的冲击。

[0009] 具体的技术方案如下：

[0010] 该系统包括跟踪聚光系统、光伏光热模块以及热力循环部分。光伏光热模块包括密集阵列电池模块、吸热器模块、吸热器保温层、连接回路和支撑结构；吸热器模块布置于密集阵列电池模块的外围，以适应太阳能聚光后的光斑能流密度分布，将光斑中心能流密度较高的部分配合于密集阵列电池模块表面。保温层布置在吸热器模块的背面和外侧，用于减少吸热器模块向外界环境的热损；密集阵列电池模块与逆变器连接，所产生的电能从直流变为交流，对外输出到电网；吸热器模块的出口总管与汽轮机连接，汽轮机与发电机连接，膨胀做功后产生电能并输送到电网，汽轮机的排气端与凝汽器连接，再通过循环泵与密集阵列电池模块的冷却系统连接，最后通过升压泵接回吸热器模块的入口总管，构成热力循环部分。吸热器模块排出的蒸汽也可用于热利用领域。

[0011] 所述光伏光热模块的外围设置二次聚光器，在二次聚光器的外部安装有 SC 冷却管束，以避免二次聚光器表面温度过高。SC 冷却管束连接在升压泵与吸热器模块的入口总管之间。

[0012] 所述密集阵列电池模块包括若干个 CPV 子模块，所述 CPV 子模块包括由前到后依次叠合的玻璃盖板、密集聚光电池阵列、单面覆铜陶瓷基板、冷板主结构以及密封盖板；所述密集聚光电池阵列由多个聚光电池片密集布置而成，其背面焊接在单面覆铜陶瓷基板带有铜镀层的一侧，在单面覆铜陶瓷基板陶瓷一侧蚀刻加工有平行的微通道结构，形成微通道热沉；所述冷板主结构正面加工有冷板歧管，微通道热沉安装于在冷板主结构正面一侧，其顶端表面贴附于冷板歧管表面，冷板主结构使用密封盖板封闭。

[0013] 所述 CPV 子模块的冷却系统包括 CPV 冷却系统入口总管、CPV 冷却系统出口总管、CPV 冷却系统分流器和 CPV 冷却系统收集器，所述密封盖板的背面设置 CPV 子模块冷板入口和 CPV 子模块冷板出口；CPV 冷却系统入口总管连接 CPV 冷却系统分流器，CPV 冷却系统分流器的末端连接 CPV 子模块冷板入口；同时 CPV 冷却系统出口总管连接 CPV 冷却系统收集器，CPV 冷却系统收集器的末端连接 CPV 子模块冷板出口；冷却工质从 CPV 冷却系统入口总管进入 CPV 冷却系统分流器，经分流后从 CPV 子模块冷板入口流入冷板主结构，冷却工质完成冷却后从 CPV 子模块冷板出口流出，经 CPV 冷却系统收集器收集后汇流到 CPV 冷却系统出口总管。

[0014] 所述冷板歧管分为入口歧管和出口歧管；冷板主结构背面加工有冷板分流槽和冷板收集槽；冷却工质进入冷板主结构后，沿树状的冷板分流槽均匀分为多股，分别进入冷板入口歧管，在冷板入口歧管中进一步分流后，流入微通道热沉，并向微通道热沉两侧流动，并与来自相邻入口歧管的冷却工质汇合后从冷板出口歧管流出，再由冷板收集槽收集后送出。

[0015] 所述吸热器模块包括吸热器排管，由多根管束并联或串联而成，吸热器排管的两端分别设置吸热器入口分流器、吸热器入口总管，和吸热器出口收集器、吸热器出口总管；

吸热器排管面向聚光器的表面喷涂或镀有太阳能选择性吸收涂层,吸热器排管的横截面形状为方形或圆形。

[0016] 所述密集阵列电池模块为方形、圆形或扇形,其中使用的聚光电池片为砷化镓电池、背接触硅电池或多结叠层 III-V 族电池。

[0017] 所述跟踪聚光系统为塔式或碟式聚光系统。

[0018] 所述热力循环部分还采用传统蒸汽轮机发电系统、有机朗肯循环发电系统或螺杆膨胀发电系统。

[0019] 所述吸热器模块及密集阵列电池模块的冷却系统内采用的冷却工质和吸热工质为水、氨和有机工质中的一种或多种,其中有机工质为直链式烃类、芳香族烃类、全氟化烃类、氟代直链烃类以及硅氧烷类物质,如 R12、R13、R32、R113、R134、R134a、C<sub>5</sub>F<sub>12</sub>、CF<sub>3</sub>I、C<sub>6</sub>F<sub>6</sub>、RE347mcc、MM。

[0020] 所述二次聚光器将光斑能流密度较低区域的能量收集并投射在光伏光热模块上,其形状可以是复合抛物面光漏斗和锥形光漏斗等。

[0021] 所述太阳能热利用领域包括太阳能热水、采暖、制冷空调、海水淡化、工业加热。

[0022] 本发明的作用和创新点在于:

[0023] 本发明提供一种光伏与光热复合的发电系统,通过使用不同规模和类型的聚光器,可用于大规模和小规模电力、热量提供。可用于分布式发电和热电联供,以及并网发电和热电联供。可用于工厂、家庭、城市等需要电能或同时需要电能和热能的地方。

[0024] 本发明的创新点体现在,结合光伏发电和光热发电两种不同的方式,根据聚光光斑的特点和光伏、光热系统对能量、温度的不同需求,实现 1) 对光斑不同能流密度区域的梯级利用,将高能流密度区域用于光伏发电,将低能流密度区域用于光热发电;2) 吸热工质对热量的梯级吸收,将吸热工质首先用于光伏系统冷却,吸热工质温度随上升后进入光热系统,进一步提高参数以用于发电或热利用。本发明通过这种方式实现复合系统的合理布置,从而提高系统总体效率和经济性。

[0025] 与现有太阳能发电技术相比,具有如下优点:

[0026] (1) 与光伏发电相比:利用了聚光光伏发电产生的废热,将聚光光伏发电系统冷却产生的高温水作为光热发电吸热器的给水,并通过吸热器吸收光斑外围不适宜于光伏发电的能量,提高吸热工质的参数,经热力循环后进行发电或热利用,充分利用了这一部分废热,减少了能量损耗,提高了系统效率和经济性;由于同时存在光伏发电和光热发电两种形式,这种系统可有效缓解大规模光伏发电带来的调峰问题,稳定输出电力。

[0027] (2) 与光热发电相比:利用聚光光伏电池在高倍聚光下具有较高效率的优点,提高了系统的总体效率和输出。

## 附图说明

[0028] 图 1 为本发明系统结构示意图;

[0029] 图 2 为光伏光热模块结构图;

[0030] 图 3 为光斑能流密度分布及其在光伏光热模块上的分配示意图;

[0031] 图 4 为吸热器模块与密集阵列电池模块装配正面结构图;

[0032] 图 5 为吸热器模块与密集阵列电池模块装配背面结构图;

- [0033] 图 6 为 CPV 子模块装配结构图；
- [0034] 图 7 为冷板主结构与密封盖板装配结构图；
- [0035] 图 8 为 CPV 子模块的冷板出口歧管流动方向剖面图；
- [0036] 图 9 为 CPV 子模块的冷板入口歧管流动方向剖面图；
- [0037] 图 10 为 CPV 子模块的内部流动方向三维示意图；
- [0038] 图 11 为圆形布置的光伏光热模块示意图；
- [0039] 图 12 为带有 CPC 聚光及冷却设备的光伏光热模块示意图。
- [0040] 附图标记说明：

[0041] 1- 定日镜, 2- 接收塔, 3- 吸热器模块, 4- 密集阵列电池模块, 5- 逆变器, 6- 升压泵, 7- 汽轮机, 8- 发电机, 9- 凝汽器, 10- 循环泵, 11- 二次聚光器, 31- 吸热器排管, 32- 吸热器入口分流器, 33- 吸热器入口总管, 34- 吸热器出口收集器, 35- 吸热器出口总管, 36- 保温层, 37- 圆形排管, 12- SC 冷却管束, 13- SC 冷却管束分流器, 14- SC 冷却管束入口总管, 15- SC 冷却管束收集器, 16- SC 冷却管束出口总管, 41- CPV 子模块, 42- CPV 冷却系统入口总管, 43- CPV 冷却系统出口总管, 44- CPV 冷却系统分流器, 45- CPV 冷却系统收集器, 46- 扇形 CPV 子模块, 47- 圆形 CPV 子模块, 411- 玻璃盖板, 412- 密集聚光电池阵列, 413- 单面覆铜陶瓷基板, 414- 冷板主结构, 415- 密封盖板, 416- 冷板分流槽, 417- 冷板收集槽, 418- 冷板歧管, 418a- 入口歧管, 418b- 出口歧管, 419- 微通道热沉, 421- CPV 子模块冷板入口, 431- CPV 子模块冷板出口。

## 具体实施方式

[0042] 本发明提供了一种聚光光伏光热复合发电系统, 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步详细说明。

### [0043] 实施例一

[0044] 请参阅图 1 所示, 一种基于密集阵列电池的聚光光伏光热复合发电系统, 包括有由定日镜 1 和接收塔 2 组成的跟踪聚光系统, 光伏光热模块及其热力循环部分。光伏光热模块还包括有密集阵列电池模块 4、吸热器模块 3 及它们的保温层 36、连接回路和支撑结构, 吸热器模块 3 布置于密集阵列电池模块 4 的外围, 以适应太阳能聚光后的光斑能流密度分布(请参阅图 3 所示), 将光斑中心能流密度较高的部分配合于密集阵列电池模块 4 表面, 将光斑边缘能流密度较低的部分配合于吸热器模块 3 表面。请参阅图 2 所示, 在吸热器模块 3 的背面和外侧布置有保温层 36, 用于减少吸热器模块 3 向外界环境的热损。冷却工质自 CPV 冷却系统入口总管 42 流入密集阵列电池模块 4, 冷却电池阵列后被加热从 CPV 冷却系统出口总管 43 流出, 然后经过升压泵 6 升压后作为吸热器模块 3 的吸热工质流入吸热器入口总管 33, 经吸热器模块 3 加热后变成蒸汽从吸热器出口总管 35 流出。再请参阅图 1 所示, 所述密集阵列电池模块 4 所产生的电能通过逆变器 5 从直流变为交流, 并输送到电网; 而吸热工质通过吸热器模块 3 吸热蒸发后产生的高温蒸汽从吸热器出口总管 35 排出, 然后进入汽轮机 7, 膨胀做功后通过发电机 8 产生电能并输送到电网, 而汽轮机 7 的排气通过凝汽器 9 冷凝成液态, 然后通过循环泵 10 作为冷却工质再次由 CPV 冷却系统入口总管 42 进入密集阵列电池模块 4。

[0045] 其各个模块的结构的具体阐述如下：

[0046] 请参阅图 4 和图 5 所示,所述密集阵列电池模块 4 包括多个 CPV 子模块 41,CPV 冷却系统入口总管 42,CPV 冷却系统出口总管 43,CPV 冷却系统分流器 44 和 CPV 冷却系统收集器 45。CPV 冷却系统入口总管 42 连接 CPV 冷却系统分流器 44,CPV 冷却系统分流器 44 末端连接 CPV 子模块冷板入口 421。同时 CPV 冷却系统出口总管 43 则连接 CPV 冷却系统收集器 45,CPV 冷却系统收集器 45 末端连接 CPV 子模块冷板出口 431。冷却工质从 CPV 冷却系统入口总管 42 进入 CPV 冷却系统分流器 44,经分流后从 CPV 子模块冷板入口 421 流入 CPV 子模块冷板。冷却工质完成 CPV 子模块 41 的冷却后从 CPV 子模块冷板出口 431 流出,经 CPV 冷却系统收集器 45 收集后汇流到 CPV 冷却系统出口总管 43。

[0047] 请参阅图 6 所示,所述 CPV 子模块 41 包括玻璃盖板 411,密集聚光电池阵列 412,单面覆铜陶瓷基板 413,冷板主结构 414,密封盖板 415。玻璃盖板 411 位于电池上方,起到保护密集聚光电池阵列 412 的作用。密集聚光电池阵列 412 由多个聚光电池片密集布置而成。其背面焊接在单面覆铜陶瓷基板 413 带有铜镀层的一侧。在单面覆铜陶瓷基板 413 陶瓷一侧蚀刻加工有平行的微通道结构,从而形成微通道热沉 419。微通道热沉 419 安装于在冷板主结构 414 正面一侧,微通道顶端表面贴附于冷板歧管 418 表面,冷板使用密封盖板 415 封闭。

[0048] 请参阅图 6 和图 7 所示,所述冷板主结构 414 正面加工有冷板歧管 418,冷板歧管 418 分为入口歧管 418a 和出口歧管 418b。冷板主结构 414 背面加工有冷板分流槽 416 和冷板收集槽 417。请参阅图 7,图 8,图 9 和图 10 所示,冷却工质进入 CPV 子模块冷板入口 421 后,进入树状冷板分流槽 416 均匀分为多股,分别进入冷板入口歧管 418a,在冷板入口歧管中进一步分流后,流入微通道热沉 419,并向微通道热沉 419 两侧流动,并与来自相邻入口歧管 418a 的冷却工质汇合后从出口歧管 418b 流出。多股来自出口歧管 418b 的冷却工质由冷板收集槽 417 收集后通过 CPV 子模块冷板出口 431 流出。

[0049] 请参阅图 4 和图 5 所示,所述吸热器模块 3 包括吸热器排管 31,吸热器入口分流器 32,吸热器入口总管 33,吸热器出口收集器 34,吸热器出口总管 35。来自升压泵 6 的吸热工质自吸热器入口总管 33 进入吸热器入口分流器 32 流入吸热器排管 31,在吸热器排管 31 内充分吸收太阳能所转化的热能后变成蒸汽,然后通过吸热器出口收集器 34,汇集到吸热器出口总管 35 排出。所述吸热器排管 31 可由多根管束并联或串联而成,其面向聚光器的表面喷涂或镀有具有高耐候性和耐腐蚀性的太阳能选择性吸收涂层。其形状可布置为方形,圆形,长方体状或圆柱状等。

[0050] 所述热力循环部分包括升压泵 6、汽轮机 7、发电机 8、凝汽器 9、循环泵 10 及相连的管道阀门等。其中所述密集阵列电池模块 4 与吸热器模块 3 的连接回路包括升压泵 6 以及连接的管路,阀门等,可通过调节吸热工质流量和压力来调整光伏电池表面温度以及吸热器模块 3 产生的蒸汽温度和流量。

[0051] 所述冷却和吸热工质,可以由以下材料或多种材料混合物提供,(1) 水  $H_2O$ ; (2) 氨  $NH_3$ ; (3) 有机工质,主要是一些直链式烃类,芳香族烃类,全氟化烃类,氟代直链烃类以及硅氧烷类物质,如 R12、R13、R32、R113、R134、R134a、 $C_5F_{12}$ 、 $CF_3I$ 、 $C_6F_6$ 、RE347mcc、MM 等。

[0052] 所述聚光光伏电池包括但不限于砷化镓电池,背接触硅电池,多结叠层 III-V 族电池。所述密集阵列电池模块形状可以是方形,圆形,扇形等。

[0053] 所述热力循环系统包括但不限于传统蒸汽轮机发电系统,有机朗肯循环发电系



统,螺杆膨胀发电系统。

#### [0054] 实施例二

[0055] 本实施例的吸热器模块 3 和密集阵列电池模块 4 的形状与实施例一不同,其余系统组成结构和连接方式与实施例一相同。

[0056] 请参阅图 11 所示,本实施例中光伏光热模块按照光斑特点布置为圆形,其中布置在外部的圆环形的吸热器模块 3 由绕成圆形的圆形排管 37 组成,排管之间可串联或并联连接;密集阵列电池模块 4 由一个圆形 CPV 子模块 47 及多个扇形 CPV 子模块 46 组成。

#### [0057] 实施例三

[0058] 请参阅图 12 所示,本实施例中,光伏光热模块包括有密集阵列电池模块 4、吸热器模块 3,吸热器模块 3 布置于密集阵列电池模块 4 的外围。光伏光热模块的四周还布置有二次聚光器(SC) 11,二次聚光器 11 将光斑能流密度较低区域的能量收集并投射在光伏光热模块上,其形状可以是复合抛物面光漏斗和锥形光漏斗等。在二次聚光器 11 外部还安装有 SC 冷却管束 12,以避免二次聚光器 11 表面温度过高。冷却工质自 CPV 冷却系统入口总管 42 流入密集阵列电池模块 4,冷却电池阵列后被加热从 CPV 冷却系统出口总管 43 流出,然后经过升压泵 6 升压后流入 SC 冷却管束入口总管 14,经 SC 冷却管束分流器 13 进入各 SC 冷却管束 12。冷却工质在冷却管束 12 中被进一步加热,然后通过 SC 冷却管束收集器 15 汇流至 SC 冷却管束出口总管 16,再作为吸热器模块 3 的吸热工质流入吸热器入口总管 33,经吸热器模块 3 加热后变成蒸汽从吸热器出口总管 35 流出。吸热器出口总管 35 排出的蒸汽可以直接输送到汽轮机 7,膨胀做功后通过发电机 8 产生电能并输送到电网,而汽轮机 7 的排气通过凝汽器 9 冷凝成液态,然后通过循环泵 10 作为冷却工质再次由 CPV 冷却系统入口总管 42 进入密集阵列电池模块 4;吸热器出口总管 35 排出的蒸汽也可用于热利用领域。

[0059] 本实施例涉及的密集阵列电池模块 4、CPV 子模块 41、冷板主结构 414 以及吸热器模块 3 的组成结构与实施例一相同。

[0060] 上列详细说明是针对本发明可行实施例的具体说明,该实施例并非用以限制本发明的专利范围,凡未脱离本发明所为的等效实施或变更,均应包含于本案的专利范围内。

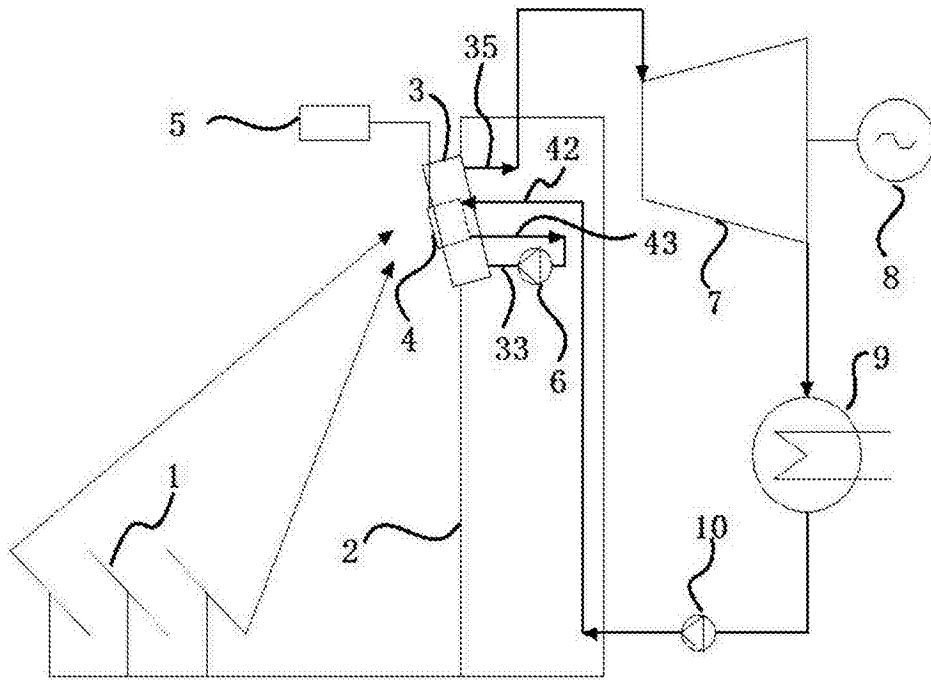


图 1

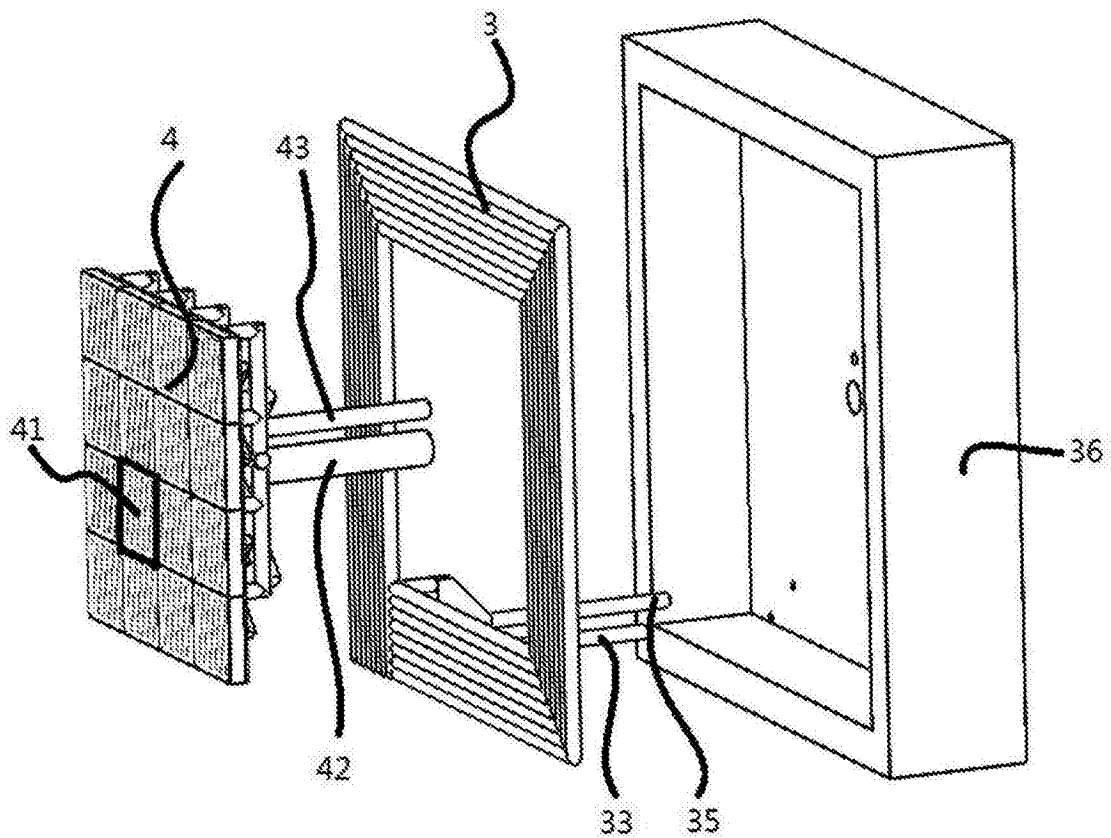


图 2

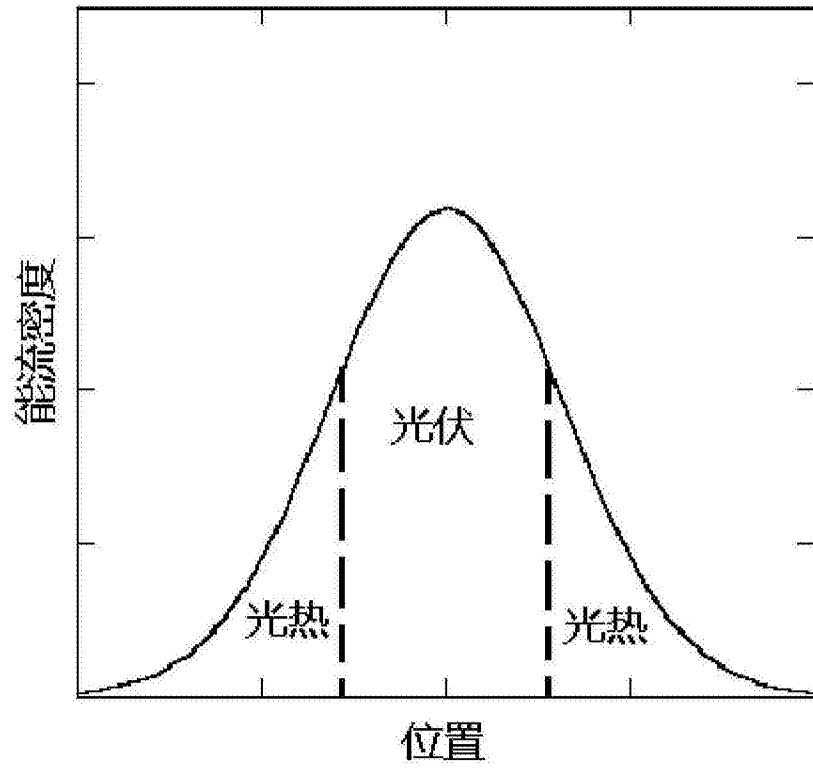


图 3

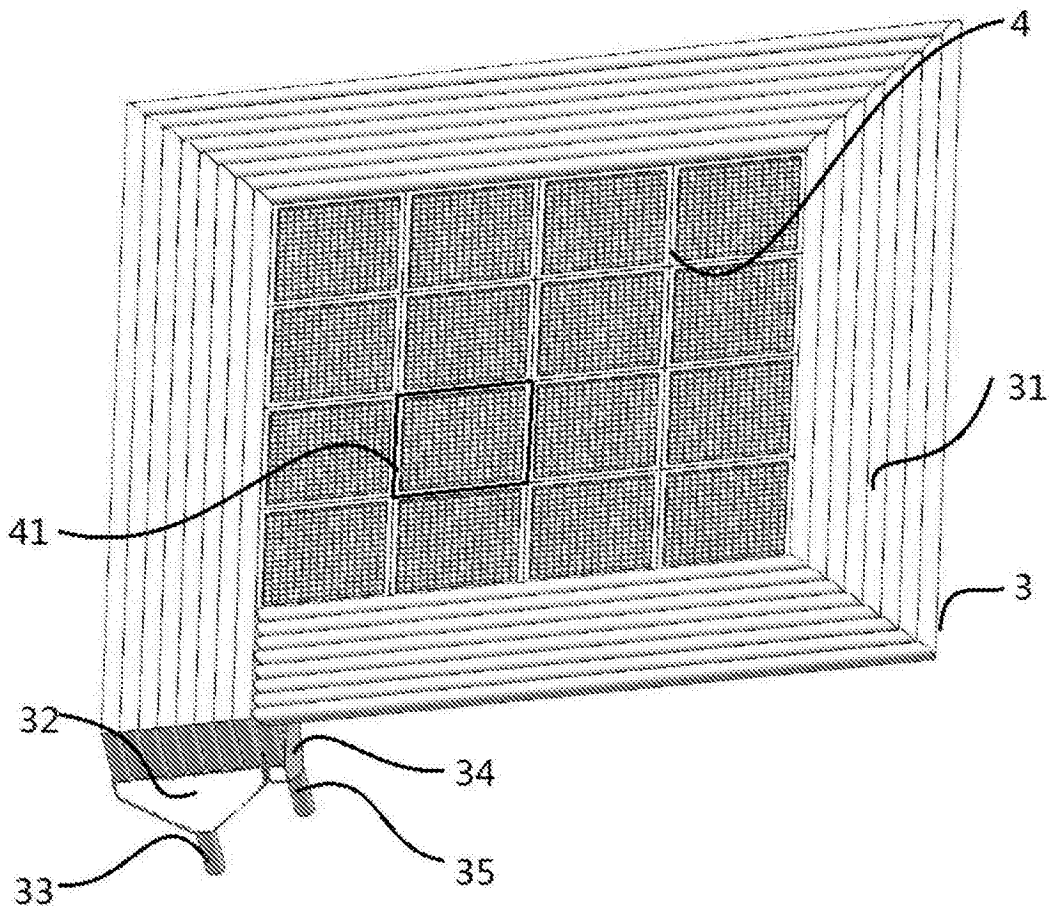


图 4

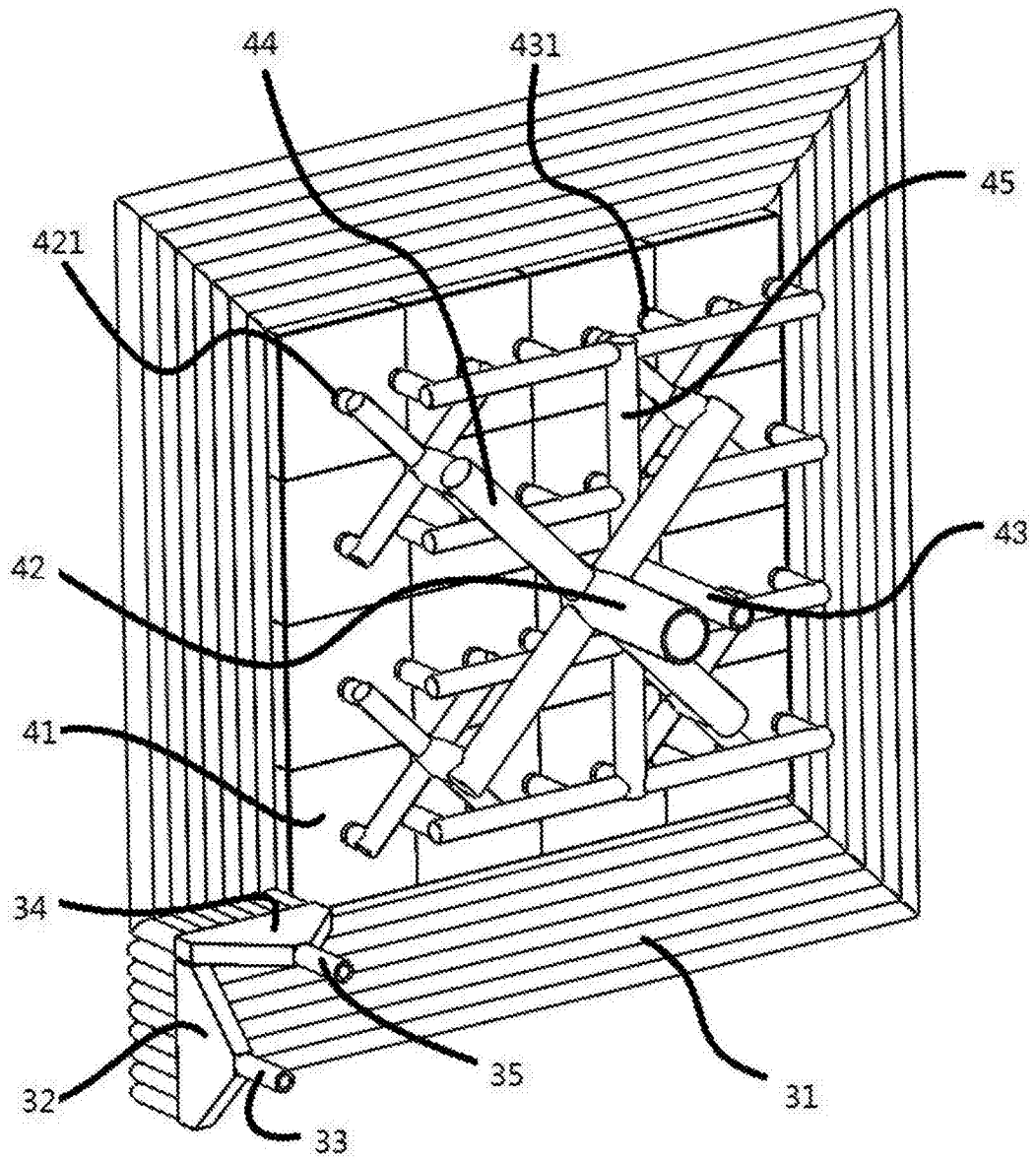


图 5

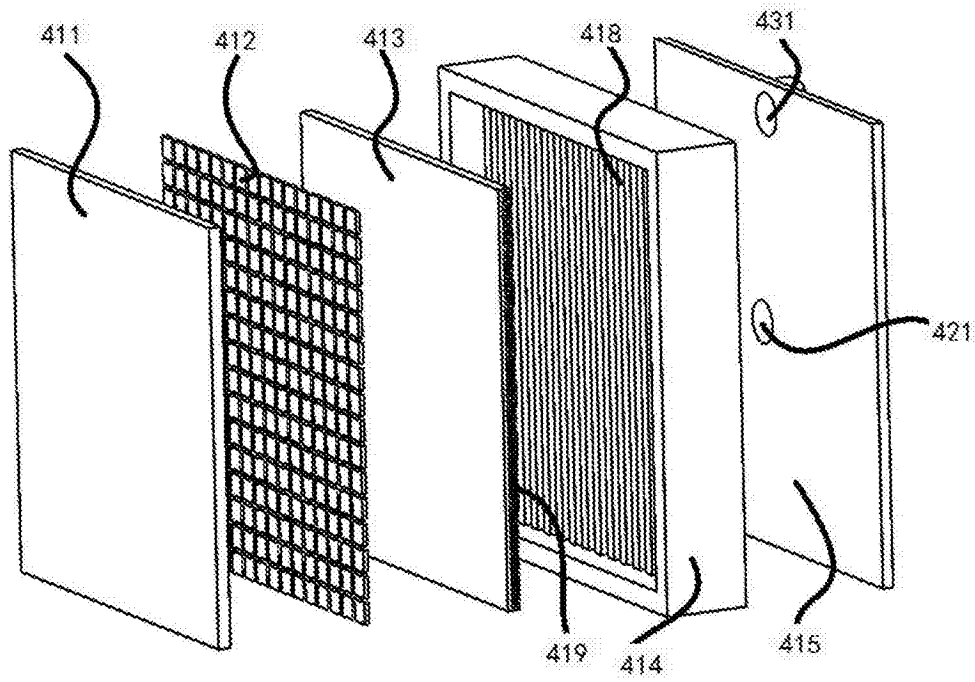


图 6

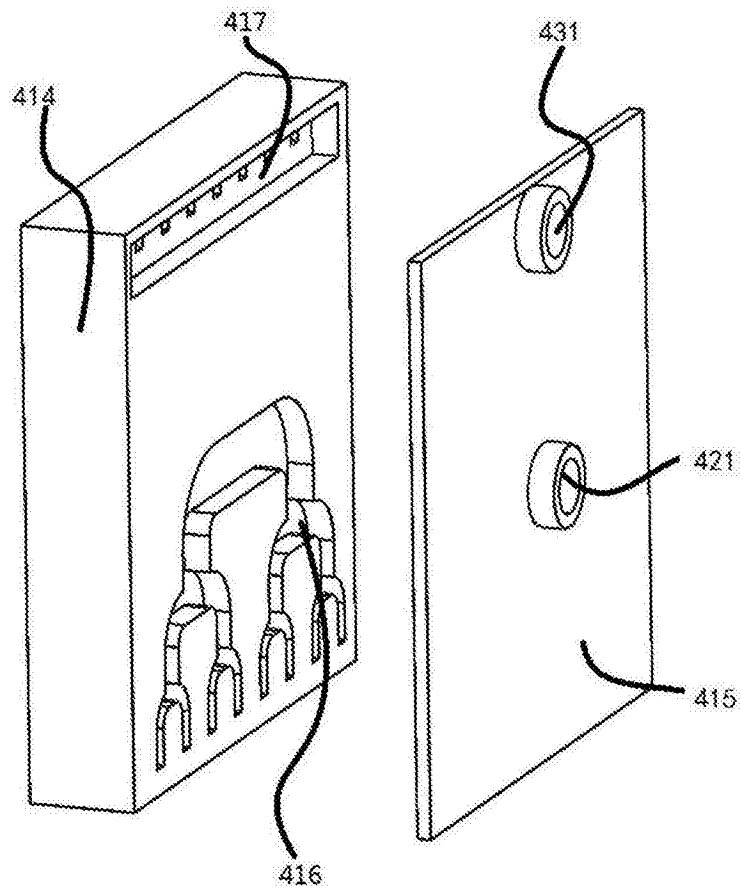


图 7

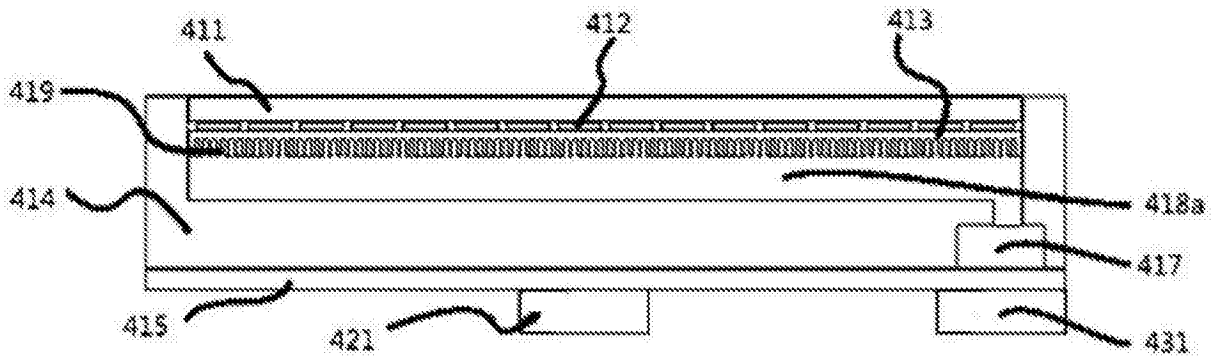


图 8

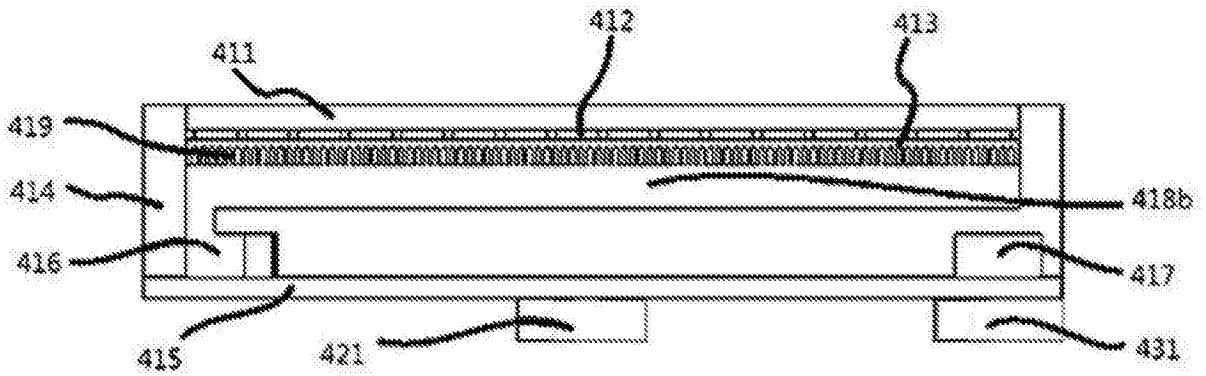


图 9

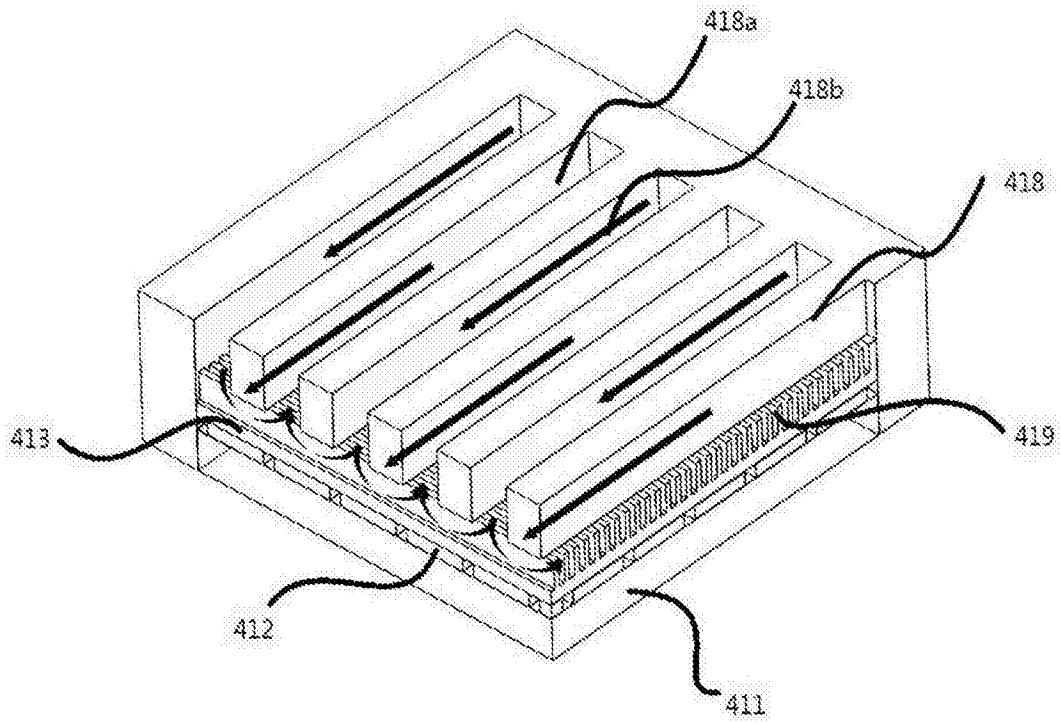


图 10

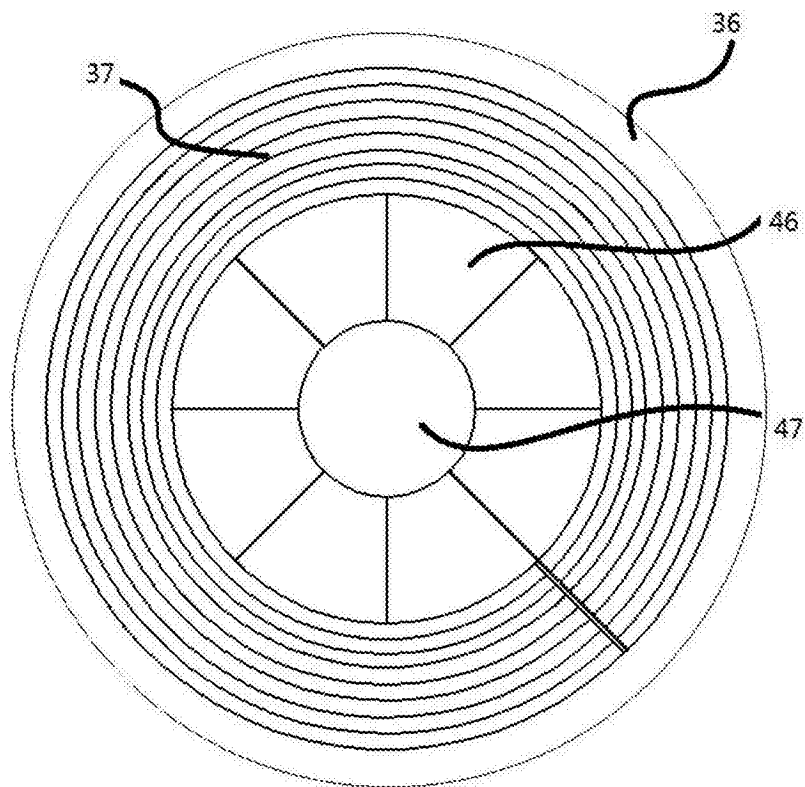


图 11



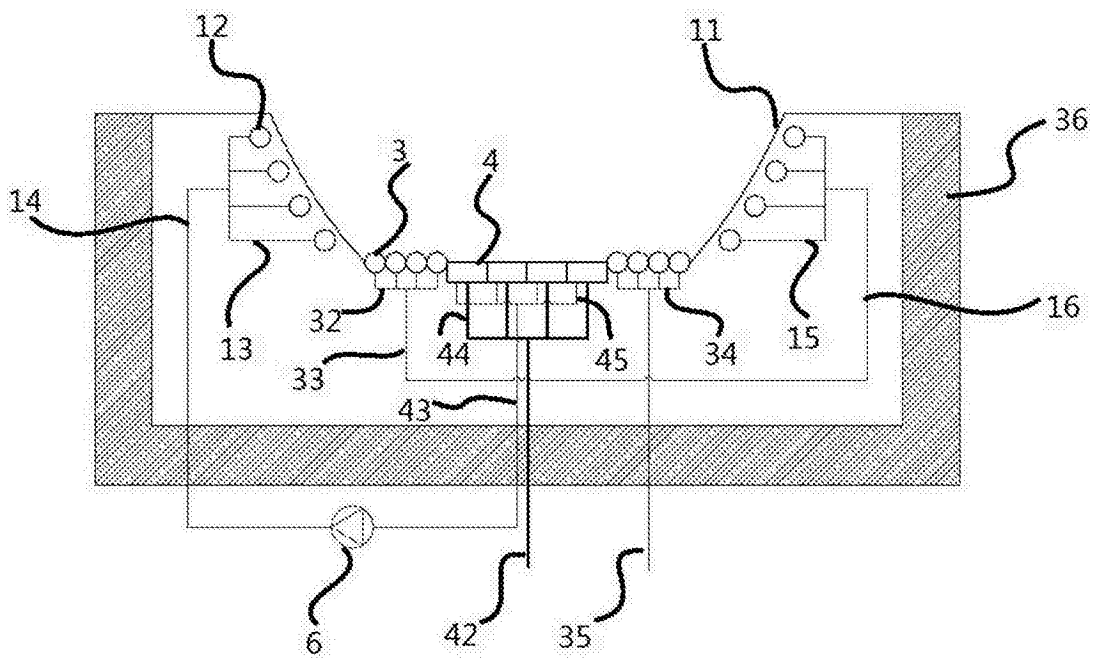


图 12