



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1773190 B

(45) 授权公告日 2010.05.05

(21) 申请号 200410009780.2

[0013]-[0017], [0022]-[0024] 段, 图 1B、2B.

(22) 申请日 2004.11.12

CN 1420322 A, 2003.05.28, 全文.

CN 2304078 Y, 1999.01.13, 全文.

(73) 专利权人 中国科学院电工研究所

CN 1160441 A, 1997.09.24, 第 5 页第 15-23

地址 100080 北京市海淀区中关村北二条 6 号

行, 第 7 页第 21-30 行, 图 4、15.

审查员 郭云枝

(72) 发明人 李鑫 李安定 郑飞 李斌  
臧春城

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责  
任公司 11251

代理人 关玲 刘秀娟

(51) Int. Cl.

F24J 2/12 (2006.01)

F24J 2/38 (2006.01)

H01L 31/052 (2006.01)

(56) 对比文件

WO 2004/015335 A2, 2004.02.19, 第

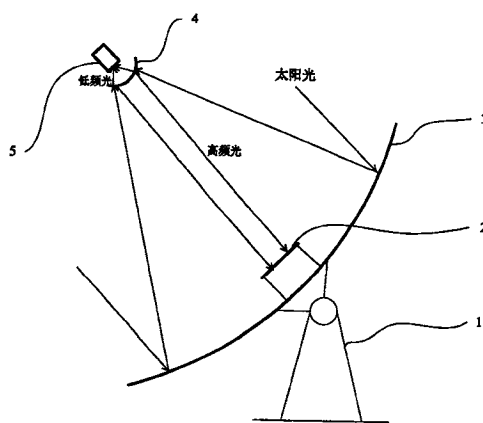
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种太阳能热电联供系统

(57) 摘要

一种太阳能热电联供系统。包括旋转抛物面碟式聚光镜 (3)、旋转双曲面光谱控制系统 (4)、聚光光伏电池组 (2)、热管式热水器 (5)。旋转双曲面光谱控制系统 (4) 的旋转双曲面的基体 (7) 的凸面涂有光谱选择性涂层 (6), 背面平面涂有减反射涂层 (8)。聚光光伏电池组 (2) 以回形水管冷却, 冷却管和光伏电池组一起封装在壳体里面, 形成整体封装结构, 顶部的玻璃 (10) 下面涂有高频光选择性吸收涂层 (11)。热管式热水器 (5) 以热管换热器 (21) 作为热管式热水器的主体, 热管换热器 (21) 上面被涂有低频光选择性吸收涂层 (20) 的玻璃 (10) 覆盖。本发明使太阳光谱在旋转双曲面光谱控制系统中被分割, 高于光伏电池禁带宽度的光子发电, 而低于禁带宽度的光子用来供热, 大大提高了太阳能利用效率。



1. 一种太阳能热电联供系统,包括:旋转抛物面聚光镜(3),支撑架(1),旋转双曲面光谱控制系统(4),聚光光伏电池组(2),热管式热水器(5);旋转抛物面聚光镜(3)安装在支撑架(1)上;旋转双曲面光谱控制系统(4)的焦点轴与旋转抛物面聚光镜(3)的焦点轴重合,旋转双曲面光谱控制系统(4)的左焦点与旋转抛物面聚光镜(3)的焦点重合;旋转双曲面光谱控制系统(4)安装在旋转抛物面聚光镜(3)的焦点之前,旋转抛物面聚光镜(3)的焦点与旋转双曲面光谱控制系统(4)的左焦点重合之处;旋转双曲面光谱控制系统(4)的凸面朝向旋转抛物面聚光镜(3)的凹面;旋转双曲面光谱控制系统(4)的背面平面面积大于旋转抛物面聚光镜(3)与焦点形成的圆锥在旋转双曲面光谱控制系统(4)相应安装位置的横截面的面积;旋转双曲面光谱控制系统(4)的双曲面左右焦点之间的距离大于旋转抛物面聚光镜(3)的焦距;聚光光伏电池组(2)的中心线与旋转抛物面聚光镜(3)的焦点轴重合,安装在旋转抛物面聚光镜(3)和旋转双曲面光谱控制系统(4)之间的任意位置上;聚光光伏电池组(2)的迎光面面积大于其相应安装位置上由旋转双曲面光谱控制系统(4)的凸面反射回来的光的焦面面积的大小;热管式热水器(5)安装在旋转双曲面光谱控制系统(4)的焦点上,其特征在于,所述的旋转双曲面光谱控制系统(4)由旋转双曲面镜面基体(7)、光谱选择性涂层(6)和减反射涂层(8)组成;所述的旋转双曲面镜面基体(7)的凸面涂有光谱选择性涂层(6),背面平面涂有减反射涂层(8);所述的热管式热水器(5)中的热管换热器(21)上面覆盖涂有减低频光反射涂层(20)的玻璃(10)。

2. 根据权利要求1所述的太阳能热电联供系统,其特征在于所述的聚光光伏电池组(2)为一个封装在箱体(9)里面的整体的封装结构,顶部是玻璃(10),玻璃(10)下面涂有高频光选择性吸收涂层(11),聚光光伏电池(12)安装在冷却管基材(15)上,光伏电池(12)下部被保温层(14)覆盖,上下两块冷却管基材(15)的凹陷形成冷却管道(13)。

## 一种太阳能热电联供系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种热电联供系统,特别涉及到利用太阳能供电和热的联供系统。

### 背景技术

[0002] 目前,公知的太阳能光伏发电使用平板式光伏电池,具有接受光照密度低,对太阳光谱的使用范围有限从而导致整个系统效率低的缺点。同时光伏电池的价格昂贵也制约了平板式光伏电站的大规模推广使用。在中国专利 98117671.2 中,公开了一种利用透镜实现高聚光比太阳光入射降低光伏电池的使用面积,冷却水冷却光伏电池提供热水,从而提高光伏发电效率,实现热电联供的方法。但是这种方法仍然把所有太阳光都投射到光伏电池上,使低于半导体光伏电池禁带宽度的光子成为自由载荷。大大高于半导体电池禁带宽度的光子转换为热电子进而转换为废热。对于废热再进行冷却。是一种先造成危害,然后再治理的方法。这也造成了光伏电池的光电转换效率仍然不够高,太阳光热量的利用不充分的缺点。同时使用透镜作为聚光器,并且不对太阳进行跟踪,导致其聚光比的提升空间受到很大限制,使其聚光光伏发电节约光伏发电成本,提高光伏电池光电转换效率的优点的发挥受到限制。

### 发明内容

[0003] 为了克服上述透镜聚光器成本高,聚光比的提升空间受限制,太阳光光谱能量利用没有针对性,太阳能利用不充分的缺点,本发明提出一种利用旋转抛物面聚光镜作为一次聚光器,聚光直射高聚光比光伏电池,旋转双曲面光谱控制系统作为二次反光兼光谱分割系统,分割光谱分别发电和供热,对聚光光伏电池采用主动冷却方式的太阳能热电联供系统。

[0004] 为达到本发明的目的,本发明采用了如下技术方案:

[0005] 本发明主要由支撑架,旋转抛物面聚光镜,聚光光伏电池组,旋转双曲面光谱控制系统和热管式热水器组成。旋转抛物面聚光镜安装在支撑架上,旋转双曲面光谱控制系统的焦点轴与旋转抛物面聚光镜的焦点轴重合,安装在旋转抛物面聚光镜的焦点之前,旋转抛物面聚光镜的焦点与旋转双曲面光谱控制系统的左焦点重合之处。旋转双曲面光谱控制系统的凸面朝向旋转抛物面聚光镜的凹面。旋转双曲面光谱控制系统的背面平面面积大于旋转抛物面聚光镜与焦点形成的圆锥在旋转双曲面光谱控制系统相应安装位置的横截面的面积。旋转双曲面光谱控制系统的双曲面左右焦点之间的距离应该大于旋转抛物面聚光镜的焦距。聚光光伏电池组的中心线与旋转抛物面聚光镜的焦点轴重合,安装在旋转抛物面聚光镜和旋转双曲面光谱控制系统之间的任意位置上,靠近旋转抛物面聚光镜的位置较好。聚光光伏电池组的迎光面面积的大小应该大于其相应安装位置上由旋转双曲面光谱控制系统的凸面反射回来的光的焦面面积的大小。热管式热水器则安装在旋转双曲面光谱控制系统的焦点上。旋转抛物面聚光镜对太阳光进行双轴跟踪,聚集的太阳光被反射到旋转双曲面光谱控制系统上,经过旋转双曲面光谱控制系统的光谱分割以后,一部分高于光伏

电池禁带宽度的太阳光被反射到聚光光伏电池组上,进行发电,另一部分低于光伏电池禁带宽度的太阳光投射到热管式热水器上,供应热水或者蒸汽。

[0006] 本发明具有以下特点:

[0007] 1. 采用旋转抛物面聚光镜为一次聚光镜,该镜面采用双轴驱动跟踪太阳的方式;

[0008] 2. 采用旋转双曲面光谱控制系统。旋转双曲面光谱控制系统由旋转双曲面镜面基体,光谱选择性涂层和减反射涂层组成。旋转双曲面镜面基体的凸面涂有光谱选择性涂层,背面平面涂有减反射涂层;

[0009] 3. 采用了聚光光伏电池组,它以回形水管冷却,冷却管和光伏电池组一起封装在壳体里面,形成整体封装结构,聚光光伏电池组安装在旋转抛物面聚光镜和旋转双曲面光谱分割系统中间,其中心线与旋转抛物面聚光镜和旋转双曲面光谱分割系统的焦点轴重合;

[0010] 4. 采用了热管式热水器,它以热管换热器作为热管式热水器的主体,换热流体从热管换热器中交换热量,热水器置于旋转双曲面的焦点处;

[0011] 本发明的有益效果是:使用双轴跟踪的旋转抛物面聚光镜作为一次聚光系统大大提高了聚光比和跟踪精度,太阳光谱在旋转双曲面光谱控制系统中被分割,使高于光伏电池禁带宽度的光子发电,而低于禁带宽度的光子用来供热,大大提高了太阳能利用效率,对光伏电池板的主动冷却既有利于提高光伏电池的光电转换效率,又可以产生热,使太阳能利用效率进一步提高。

## 附图说明

[0012] 图 1 所示太阳能热电联供系统的系统图,图中:1 支撑架,2 聚光光伏电池组,3 旋转抛物面聚光镜,4 旋转双曲面光谱控制系统,5 热管式热水器。

[0013] 图 2 所示为旋转双曲面光谱控制系统主视图 (a) 和 A-A 剖面图 (b),图中:7 旋转双曲面镜面基体,6 光谱选择性涂层,8 减反射涂层;

[0014] 图 3 所示为聚光光伏电池组结构图的主视图 (a) 和 B-B 剖面图 (b),图中:9 箱体,10 玻璃,11 高频光选择性吸收涂层,12 聚光光伏电池,13 冷却管道,14 保温层,15 冷却管基材,16 冷却管入口流入,17 冷却管出口。

[0015] 图 4 所示为热管式热水器结构图,图中:18 热管式热水器壳体,19 热管式热水器 5 的出水口,10 玻璃,20 低频光选择性吸收涂层,21 热管换热器,22 热管式热水器 5 的进水口。

[0016] 图 5 为双轴驱动跟踪示意图。23,29 高度角圆环旋转轴,24 高度角驱动单元,25 方位角圆环,26 平台,27 方位角圆环驱动单元,28 中心轴,30 高度角圆环。

## 具体实施方式

[0017] 以下结合附图和具体实施方式进一步说明本发明。

[0018] 图 1 所示太阳能热电联供系统的系统图。本发明主要由 1 支撑架,旋转抛物面聚光镜 3,聚光光伏电池组 2,旋转双曲面光谱控制系统 4 和热管式热水器 5 组成。旋转抛物面聚光镜 3 安装在支撑架 1 上,旋转双曲面光谱控制系统 4 的焦点轴与旋转抛物面聚光镜 3 的焦点轴重合,安装在旋转抛物面聚光镜 3 的焦点之前,旋转抛物面聚光镜 3 的焦点与旋转

双曲面光谱控制系统 4 的左焦点重合的地方。旋转双曲面光谱控制系统 4 的凸面朝向旋转抛物面聚光镜 3 的凹面。旋转双曲面光谱控制系统 4 的背面平面面积的大小应该大于旋转抛物面聚光镜 3 与焦点形成的圆锥在旋转双曲面光谱控制系统 4 相应安装位置的横截面的面积。旋转双曲面光谱控制系统 4 的双曲面左右焦点之间的距离应该大于旋转抛物面聚光镜 3 的焦距。这样可以防止反射回来的会聚的高频光在旋转抛物面聚光镜 3 的中心点之前聚焦。聚光光伏电池组 2 的中心线与旋转抛物面聚光镜 3 的焦点轴重合,安装在旋转抛物面聚光镜 3 和旋转双曲面光谱控制系统 4 之间的任意位置上,靠近旋转抛物面聚光镜 3 的位置较好。聚光光伏电池组 2 的迎光面面积的大小应该大于其相应安装位置上由旋转双曲面光谱控制系统 4 的凸面反射回来的光的焦面面积的大小。这样可以保证反射回来的高频光完全被聚光光伏电池组 2 接收。热管式热水器 5 则安装在旋转双曲面光谱控制系统 4 的焦点上。旋转抛物面聚光镜 3 对太阳光进行双轴跟踪,聚集的太阳光被反射到旋转双曲面光谱控制系统 4 上,经过旋转双曲面光谱控制系统 4 的光谱分割以后,一部分高于光伏电池禁带宽度的太阳光被反射到聚光光伏电池组 2 上,进行发电,另一部分低于光伏电池禁带宽度的太阳光投射到热管式热水器 5 上,供应热水或者蒸汽。

[0019] 旋转抛物面聚光镜 3 采用碟式 / 斯特林太阳能热发电系统的结构和双轴驱动跟踪系统。双轴驱动跟踪系统如图 5 所示。由于太阳运行的轨迹体现为其高度角和方位角的变化规律,高度角圆环 30 在高度角圆环驱动单元 24 的作用下绕高度角旋转轴 23, 29 旋转,实现对太阳高度角的跟踪。方位角圆环 25 在方位角圆环驱动单元 27 的作用下绕中心轴 28 在平台 26 上旋转实现对太阳方位角的跟踪。

[0020] 图 2 所示为旋转双曲面光谱控制系统主视图 (a) 和 A-A 剖面图 (b)。旋转双曲面光谱控制系统 4 的焦点轴和左焦点与旋转抛物面聚光镜 3 的焦点轴和焦点重合,旋转双曲面光谱控制系统由旋转双曲面镜面基体 7, 光谱选择性涂层 6 和减反射涂层 8 组成。旋转双曲面镜面基体 7 的凸面涂有光谱选择性涂层 6, 背面平面涂有减反射涂层 8。如果使用 GaSb 半导体做成聚光光伏电池 12, 其禁带宽度为 0.69eV, 所以只要波长小于  $1.8 \mu\text{m}$  的光就可以激发电伏效应发电。这样光谱选择性涂层 6 只要具有透过波长大于  $1.8 \mu\text{m}$  的低频光, 反射波长小于  $1.8 \mu\text{m}$  的高频光的特性就可以了。而不同的光学材料对特定波长的光谱有不同的透过率, 锗对于波长大于  $1.8 \mu\text{m}$  的光可以有很好的透过率, 小于这个波长的光则几乎完全被反射。这样就可以使用锗来作为光谱选择性涂层 6 的一个实施例。光谱选择性涂层 6 的表面应该尽量光滑, 以减少散射。太阳光首先照射到光谱选择性涂层 6 上, 被分割成高于光伏电池半导体禁带宽度的高能光子和低于禁带宽度的低能光子, 高能光子被反射到光伏电池组 2 上, 低能光子经过减反射涂层 8 聚集到热管式热水器 5 上。配合锗 Ge 作为光谱选择性涂层 6 的材料, 减反射涂层 8 可采用二氧化锡  $\text{SnO}_2$ , 对于波长高于  $1.8 \mu\text{m}$  有很高的透过率, 可以减少低频光的反射, 保证低频光会聚到旋转双曲面光谱控制系统的左焦点。

[0021] 图 3 所示为聚光光伏电池组结构图的主视图 (a) 和 B-B 剖面图 (b)。聚光光伏电池组 2 位于旋转抛物面聚光镜 3 和旋转双曲面光谱控制系统 4 中间, 中心轴线与旋转抛物面聚光镜 3 的焦点轴重合, 整个聚光光伏电池组 2 为一个封装在箱体 9 里面的整体的封装结构, 顶部是玻璃 10, 玻璃的下面涂有高频光选择性吸收涂层 11, 聚光光伏电池 12 安装在冷却管基材 15 上, 光伏电池 12 下部被保温层 14 覆盖, 上下两块冷却管基材 15 的凹陷形成冷却管道 13。这样一方面可以增强对聚光光伏电池 12 的冷却, 减低了聚光光伏电池 12 的

温度,提高光伏转换效率;另一方面可以对冷却吸收来的热量进行保温较少热损失,提高热利用效率。经过旋转双曲面光谱控制系统 4 分割的高能光子投射过来,经过玻璃 10 和高频光选择性吸收涂层 11 以后,照射到聚光光伏电池 12 上,并发生光电转化完成发电过程,同时在这个过程中由于一些光子没有发电而产生热量,这些热量经过聚光光伏电池 12 下面的导热良好的冷却管基材 15 将热量传导下来,然后由冷却管入口 16 流入,冷却管出口 17 流出的冷却流体将热量带走,底部的保温层 14 可以减少冷却流体的热损失,这样即冷却了光伏电池又提供了热量,聚光光伏电池组内为真空,以减少光和热损失。配合 GaSb 作为聚光光伏电 12、锗作为光谱选择性涂层 6 的材料,可以使用 Ge/Si/Al 组合材料作为高频光选择性吸收涂层 11 的材料,它对波长低于  $1.8\mu\text{m}$  的光有非常高的吸收率和非常低的发射率,可以保证高于聚光光伏电池 12 禁带宽度的高频光被有效吸收。

[0022] 图 4 所示为热管式热水器。热管换热器 21 是热管式热水器 5 的主要部件,上面被涂有低频光选择性吸收涂层 20 的玻璃 10 覆盖,22 和 19 分别为热管式热水器 5 的进水口和出水口,开在热管式热水器壳体 18 上,经过旋转双曲面光谱控制系统分割的低能光子投射穿过玻璃 10,经过低频光选择性吸收涂层 20,落到热管换热器 21 上,热量被其吸收,冷水由进水口 22 进入,吸收热量以后从出水口 19 流出。配合锗作为光谱选择性涂层 6 的材料,可以选用 Al-N-Al 作为低频光选择性吸收涂层 20 的一个实施例,它对波长高于  $1.8\mu\text{m}$  的低频光有非常高的吸收率和很低的发射率,可以有效吸收低于聚光光伏电池 12 禁带宽度的低频光,减少低频光的散失。

[0023] 本发明的工作原理和工作过程,旋转抛物面聚光镜 3 跟踪太阳的运动,收集太阳直射光,收集的太阳光在向焦点会聚的过程中照射到旋转双曲面光谱控制系统 4 上,在旋转双曲面光谱控制系统 4 前面的光谱选择性涂层 6 的作用下被分割成高频光子和低频光子。高频光子被反射到聚光光伏电池组 2 上,透过玻璃 10 和高频选择性吸收涂层 11 投射到聚光光伏电池 12 上,在光伏效应的作用下发电。没有发电的高频光子转换热能,被聚光光伏电池组 2 的冷却管道 13 吸收供应热能。而分割出来的低频光子,则在旋转双曲面光谱控制系统 4 的基体 7 的作用下透过减反射涂层 8 会聚的虚焦点。位于虚焦点处的热管式热水器收集低频光子将其转换成热能。

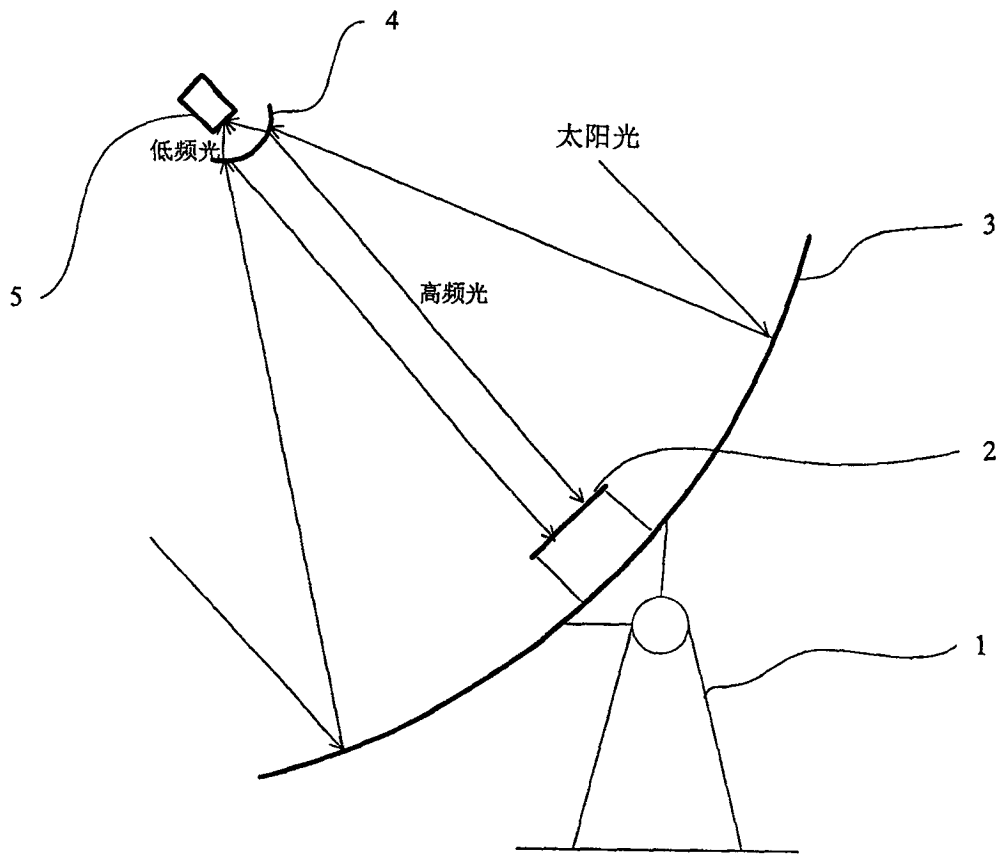


图 1

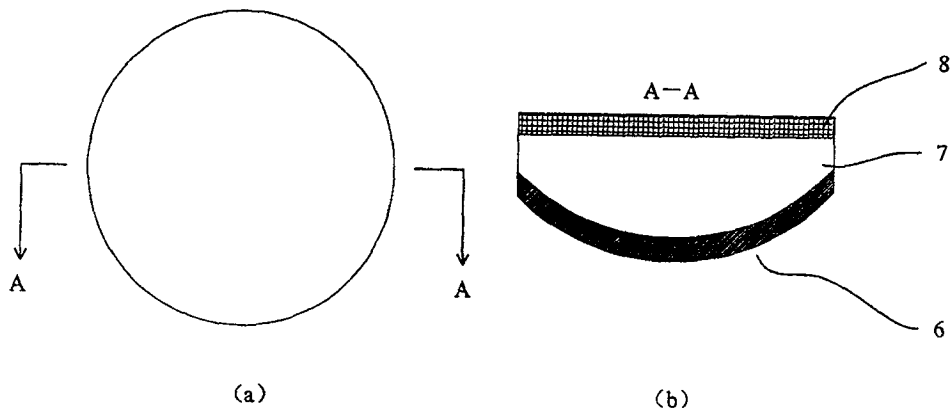


图 2

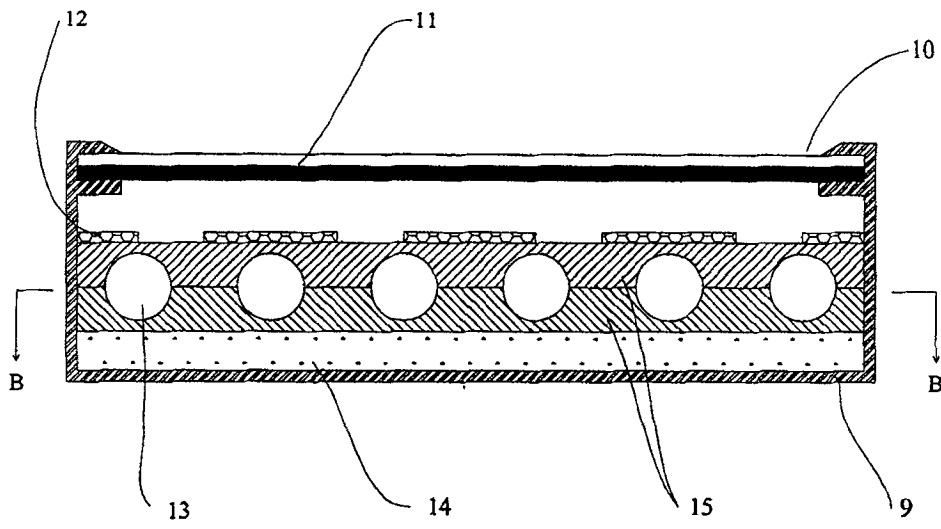


图 3(a)

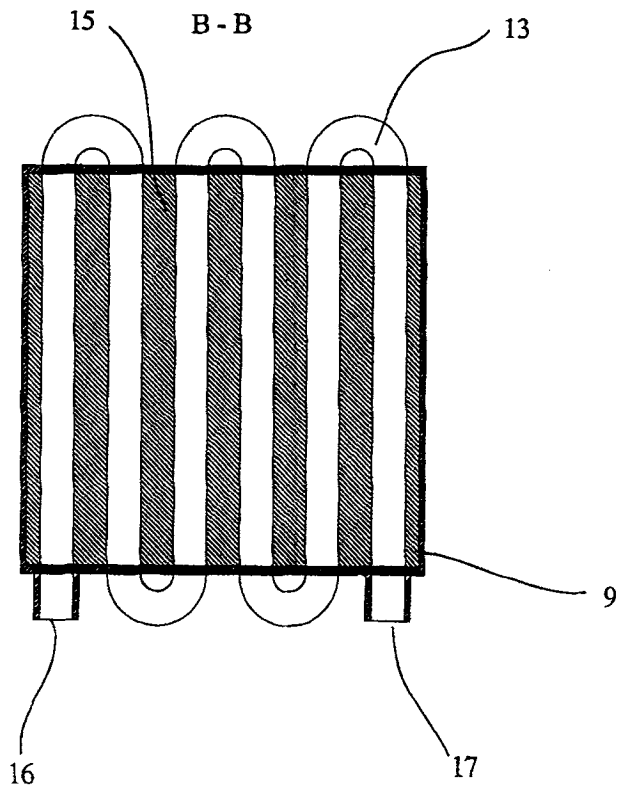


图 3(b)



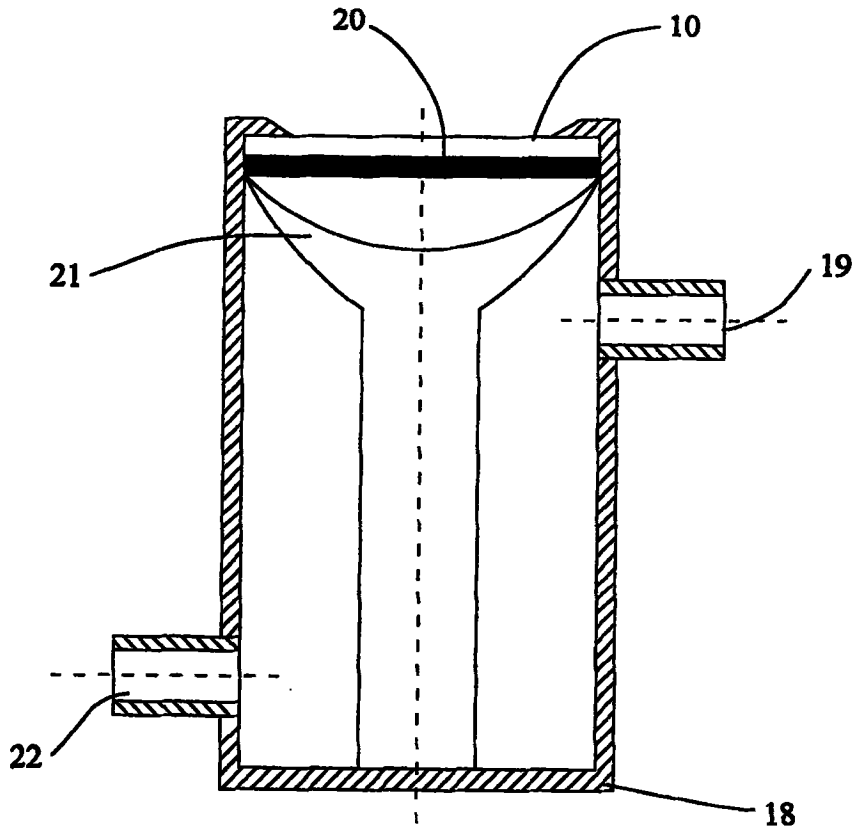


图 4

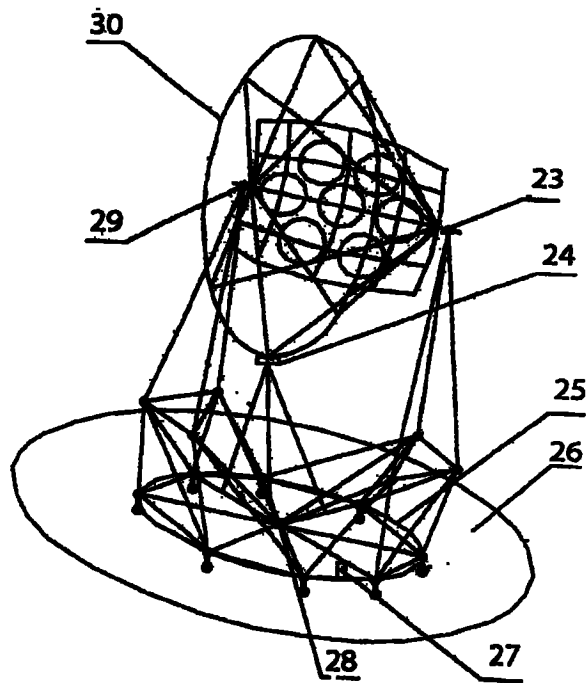


图 5