



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102272940 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 23

(21) 申请号 200980153483. 6

代理人 杨晓光 于静

(22) 申请日 2009. 11. 04

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01L 35/22(2006. 01)

61/198, 256 2008. 11. 04 US

H01L 35/26(2006. 01)

H01L 35/30(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H02S 10/10(2014. 01)

2011. 07. 01

(86) PCT国际申请的申请数据

审查员 张弓

PCT/US2009/063288 2009. 11. 04

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/053997 EN 2010. 05. 14

(73) 专利权人 伊顿公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 H·胡

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

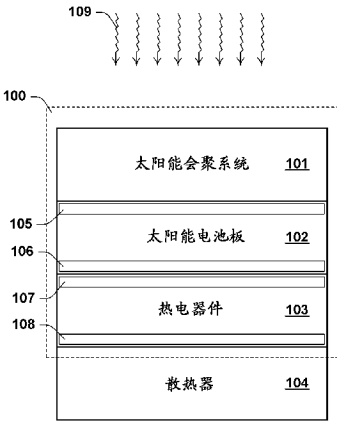
权利要求书4页 说明书15页 附图6页

(54) 发明名称

用于住宅和工业建筑的太阳能 / 热 (CHP) 热电联产

(57) 摘要

一种太阳能供能的发电机 (100) 具有热电元件, 所述热电元件邻近太阳能电池且位于所述太阳能电池下方。提供会聚的太阳光。温度或效率可变的散热器 (104) 与所述热电器件 (103) 的冷结 (108) 接触。关于能量通量设计热阻率, 从而所述热电器件 (103) 形成几百开尔文的梯度。优选所述太阳能电池包括高带隙能半导体。所述发电机 (100) 在冷结 (108) 温度范围内保持相对恒定的效率。所述散热器 (104) 可以为热水系统。使用纳米复合物热电材料实现高效率。在高度热绝缘材料的基质中均匀地但很薄地分散热电区段可以减少所述区段所需的材料量而不牺牲性能。所述太阳能电池和热电元件的整体结构提供进一步的优点。



1. 一种太阳能供能的发电机 (100), 包括:

太阳能电池板 (102), 其具有顶侧 (105) 和底侧 (106) 并用于从太阳光 (109) 产生电力;

热电器件 (103), 其邻近所述太阳能电池板 (102) 并位于所述太阳能电池板 (102) 下方, 所述热电器件 (103) 包括热结 (107) 和冷结 (108), 所述热结 (107) 与所述太阳能电池板 (102) 的所述底侧 (106) 紧密热耦合, 所述热电器件 (103) 用于在所述热结 (107) 比所述冷结 (108) 热时产生电力; 以及

一个或多个电互连, 其用于电耦合到所述太阳能电池板 (102) 和从所述太阳能电池板 (102) 抽取电力, 并用于电耦合到所述热电器件 (103) 和从所述热电器件 (103) 抽取电力;

其中所述热电器件 (103) 包括 n 型臂 (219) 和 p 型臂 (220), 所述 n 型臂 (219) 被配置为将热从所述热结 (107) 传导到所述冷结 (108), 所述 p 型臂 (220) 被配置为将热从所述热结 (107) 传导到所述冷结 (108);

所述 n 型臂 (219) 包括 n 掺杂的半导体材料的一个或多个区段;

所述 p 型臂 (220) 包括 p 掺杂的半导体材料的一个或多个区段; 且

所述区段中的至少一个由纳米复合物材料形成, 在所述纳米复合物材料中, 载流子的量子限制降低了所述区段的热导率,

所述热电器件具有其面积约等于所述太阳能电池板的背面的面积的平行于所述太阳能电池板的背面 (106) 的横截面 (A-A'), 所述横截面切割通过所述热电器件的所述臂 (219, 220);

小于 10% 的所述横截面的面积被所述臂 (219, 220) 占据; 以及

大于 90% 的所述横截面具有选自真空、气体和气凝胶的高度热绝缘组成 (222), 所述热绝缘组成填充所述臂 (219, 220) 之间的空间。

2. 根据权利要求 1 的太阳能供能的发电机 (100), 还包括太阳能会聚系统 (101), 所述太阳能会聚系统 (101) 被配置为将太阳光 (109) 会聚到所述太阳能电池板 (102) 的顶部, 所述系统 (101) 具有最大太阳能会聚因子 f 。

3. 根据权利要求 2 的太阳能供能的发电机 (100), 其中 f 为 100 或更大。

4. 根据权利要求 3 的太阳能供能的发电机 (100), 其中所述太阳能电池板 (102) 包括单结或双结薄膜型的薄膜太阳能电池, 所述电池具有半导体材料的最上结, 所述半导体材料在单结情况下具有大于 1.8eV 的带隙能量或者在双结情况下具有大于 2.0eV 的带隙能量。

5. 根据权利要求 2 的太阳能供能的发电机 (100), 其中所述太阳能供能的发电机 (100) 在 f 和所述热电器件 (103) 的热阻率方面被配置为当在地球表面处的环境条件下操作时在太阳光的影响下将所述太阳能电池板 (102) 加热到超过 675K 的温度, 其中通过散热器 (104) 将所述冷结 (108) 的温度保持为低于 100°C。

6. 根据权利要求 2 的太阳能供能的发电机 (100), 还包括:

散热器 (104), 其与所述冷结 (108) 接触;

其中所述发电机 (100), 包括非限制性的 f 、所述热电器件 (103) 的厚度和热导率、所述散热器 (104) 的尺寸和类型、以及结构的材料, 被配置、适应和通过设计起作用, 以在地球表面处的环境条件和晴天下连续操作所述发电机 (100), 以便将所述太阳能电池板 (102)

升高到这样的温度,在该温度下,所述热电器件 (103) 产生至少两倍于所述太阳能电池板 (102) 的电力。

7. 根据权利要求 2 的太阳能供能的发电机 (100),还包括:

散热器 (104),其与所述冷结 (108) 接触;

其中所述发电机 (100),包括非限制性的 f、所述热电器件 (103) 的厚度和热导率、所述散热器 (104) 的尺寸和类型、以及结构的材料,被配置、适应和通过设计起作用,以在地球表面处的环境条件和晴天下连续操作所述发电机 (100),以便将所述太阳能电池板 (102) 升高到至少 575K 的温度。

8. 根据权利要求 1 的太阳能供能的发电机 (100),其中所述 n 型臂 (219) 和所述 p 型臂 (220) 中的至少一个包括不同组成的两个区段 (219a, 219b, 219c, 220a, 220c),每种组成具有这样的操作温度范围,在该操作温度范围中,其热电品质因数优于另一组成的热电品质因数。

9. 根据权利要求 1 的太阳能供能的发电机 (100),还包括:

散热器 (104),其与所述冷结 (108) 接触;

其中所述散热器 (104) 包括热水管 (979)、热水罐 (974) 和封闭的环道 (974, 979, 978),通过所述封闭的环道,水在所述热水罐 (974) 与所述冷结 (108) 之间再循环。

10. 根据权利要求 9 的太阳能供能的发电机 (100),还包括:

太阳能收集器 (971);以及

一个或多个光纤 (972),其被配置为将太阳能从所述太阳能收集器 (971) 传输到所述太阳能电池板 (102);

其中所述太阳能电池板 (102)、所述热电器件 (103) 和所述热水罐 (974) 被设置在住宅或工业建筑物 (973) 内,所述住宅或工业建筑物 (973) 被配置为利用来自所述罐 (974) 的热水。

11. 根据权利要求 10 的太阳能供能的发电机 (100),还包括:

水混合系统 (980),其被耦合到所述热水罐 (974) 和冷水源 (981);

其中所述混合系统 (980) 被配置为从所述热水罐 (974) 和所述冷水源 (981) 分离地抽取水并供应从这些源 (974, 981) 抽取的水的混合物 (982);以及

所述混合系统 (980) 被配置为根据需要自动调整来自所述罐 (974) 的水和来自所述冷水源 (981) 的水之间的混合比,以将由所述混合系统供应的水 (982) 保持为低于预设的最大温度。

12. 根据权利要求 2 的太阳能供能的发电机 (100),其中

其中所述会聚因子 f 为 10 或更大,从而所述太阳能会聚系统 (101) 在太阳当空的晴天向下向所述太阳能电池板 (102) 提供大于 10 千瓦每平方米的太阳辐射;

其中所述热电器件 (103) 的所述热结 (107) 与所述太阳能电池板 (102) 的背侧 (106) 紧密热耦合,其中所述系统被配置为使通过所述热电器件 (103) 的热传输为用于在稳定状态操作期间冷却所述太阳能电池板 (102) 的主要路径;

其中所述热电器件 (103) 在室温下具有小于 $f/100$ 千瓦每 m^2 每开尔文的在其热结与冷结 (108) 之间的热传递系数,从而所述系统被配置为在晴天在所述冷结 (108) 温度之上的 100 开尔文或更高的稳定状态温度下利用所述太阳能电池板 (102) 操作。

13. 根据权利要求 12 的太阳能供能的发电机 (100), 其中 f 为 100 或更大。

14. 根据权利要求 1 的太阳能供能的发电机 (100), 其中所述发电机包括生长在所述热电器件的部件上的半导体材料层, 或者所述热电器件包括生长在所述太阳能电池板的部件上的半导体材料层。

15. 一种太阳能供能的发电机 (100, 200), 包括:

太阳能电池板 (202), 其具有顶侧 (105) 和底侧 (106) 并用于从太阳光 (109) 产生电力;

热电器件 (203), 其邻近所述太阳能电池板 (202) 并位于所述太阳能电池板 (202) 下方, 所述热电器件 (203) 包括热结 (207) 和冷结 (208), 所述热结 (207) 与所述太阳能电池板 (202) 的所述底侧 (106) 紧密热耦合, 所述热电器件 (203) 用于在所述热结 (207) 比所述冷结 (208) 热时产生电力; 以及

一个或多个电连接, 其用于电耦合到所述太阳能电池板 (202) 和从所述太阳能电池板 (202) 抽取电力, 并用于电耦合到所述热电器件 (203) 和从所述热电器件 (203) 抽取电力;

其中所述热电器件 (203) 包括 n 型臂 (219) 和 p 型臂 (220), 所述 n 型臂 (219) 被配置为将热从所述热结 (207) 传导到所述冷结 (208), 所述 p 型臂 (220) 被配置为将热从所述热结 (207) 传导到所述冷结 (208);

所述 n 型臂 (219) 包括 n 掺杂的半导体材料的一个或多个区段;

所述 p 型臂 (220) 包括 p 掺杂的半导体材料的一个或多个区段; 且

所述太阳能电池板 (202) 包括生长在所述热电器件 (203) 的部件上的半导体材料层, 或者所述热电器件 (203) 包括生长在光伏器件的部件上的半导体材料层,

所述热电器件 (203) 具有其面积约等于所述太阳能电池板 (202) 的背面的面积的平行于所述太阳能电池板 (202) 的背面 (106) 的横截面 (A-A'), 所述横截面切割通过所述热电器件 (203) 的所述臂 (219, 220);

小于 10% 的所述横截面的面积被所述臂 (219, 220) 占据; 以及

大于 90% 的所述横截面具有选自真空、气体和气凝胶的高度热绝缘组成 (222), 所述热绝缘组成填充所述臂 (219, 220) 之间的空间。

16. 一种太阳能供能的发电机 (100, 200), 包括:

太阳能电池板 (202), 其具有顶侧 (105) 和底侧 (106) 并用于从太阳光 (109) 产生电力;

热电器件 (203), 其邻近所述太阳能电池板 (202) 并位于所述太阳能电池板 (202) 下方, 所述热电器件 (203) 包括热结 (207) 和冷结 (208), 所述热结 (207) 与所述太阳能电池板 (202) 的所述底侧 (106) 紧密热耦合, 所述热电器件 (203) 用于在所述热结 (207) 比所述冷结 (208) 热时产生电力; 以及

一个或多个电连接, 其用于电耦合到所述太阳能电池板 (202) 和从所述太阳能电池板 (202) 抽取电力, 并用于电耦合到所述热电器件 (203) 和从所述热电器件 (203) 抽取电力;

其中所述热电器件 (203) 包括 n 型臂 (219) 和 p 型臂 (220), 所述 n 型臂 (219) 被配置为将热从所述热结 (207) 传导到所述冷结 (208), 所述 p 型臂 (220) 被配置为将热从所述热结 (207) 传导到所述冷结 (208);

所述 n 型臂 (219) 包括 n 掺杂的半导体材料的一个或多个区段;

所述 p 型臂 (220) 包括 p 掺杂的半导体材料的一个或多个区段；

所述热电器件 (203) 具有其面积约等于所述太阳能电池板 (202) 的背面 (106) 的面积
的平行于所述太阳能电池板 (202) 的背面 (106) 的横截面 (A-A'), 所述横截面切割通过所
述热电器件 (203) 的所述臂；

小于 10% 的所述横截面的面积被所述臂 (219, 220) 占据；以及

大于 90% 的所述横截面具有选自真空、气体和气凝胶的高度热绝缘组成 (222), 所述
热绝缘组成填充所述臂 (219, 220) 之间的空间。

用于住宅和工业建筑的太阳能 / 热 (CHP) 热电联产

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是 2008 年 11 月 4 日提交的美国临时申请 61/198,256 的部分延续,通过引用将其全部内容并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及太阳能供电的装置以及将太阳能电力转换成可用的能量形式的方法。

背景技术

[0004] 存在对成本有效的可再生能源的长期认可和持续需要。为了该目标,已做出了很大的努力来开发成本有效的太阳能供能的发电机以收获太阳能。这些努力的主要焦点为制造高效率低成本的太阳能电池板。

[0005] 太阳能电池板是被设计为将太阳能直接转换成电的光伏设备。基本的太阳能电池板技术是基于 p-n 结。半导体材料的 p 掺杂区和 n 掺杂区之间的载流子浓度的差异使载流子扩散,从而在半导体内产生静电场。半导体具有为其导带的最小值与其价带的最大值之间的能量差的带隙能量。许多半导体具有位于太阳辐射光谱的界限内的带隙能量。具有大于带隙能量的能量的光子可被半导体吸收并使载流子从其价带上升到其导带。受激载流子由于电场而流动并提供电力。

[0006] 当前应用中的太阳能电池板大致可分为晶体硅和薄膜技术。与在薄膜技术中使用的诸如碲化镉 (CdTe) 和砷化镓 (GaAs) 的材料相比,晶体硅是相对差的光吸收体并需要相对大的材料厚度(几百微米)。目前,晶体硅太阳能电池板提供比薄膜太阳能电池板高的效率,但制造成本更高。此时商业可得的太阳能电池板的良好转换效率在 14-19% 的范围内。更高的转换效率是可能的。

[0007] 根据公知的 Shockley-Queissar 极限,在室温下使用单结太阳能电池板将未会聚的太阳辐射转换成电能的最大效率为约 31%。该极限考虑了热动力学上不可避免的载流子复合率以及半导体的带隙能量与太阳能光谱之间的失配。

[0008] 失配涉及光中的能量的量化。具有低于带隙能量的能量的光的波长不能激发载流子。具有带隙能量之上的能量的光的波长可激发载流子,但超过带隙能量的能量快速转换为热。在室温下,对于单结太阳能电池板而言,约 1.3eV 的带隙能量提供最高的理论效率。

[0009] 可通过提供多结而超过单结太阳能电池板的 Shockley-Queissar 极限。典型的多结太阳能电池板包括具有不同带隙能量的两种或更多种半导体材料的层叠。最上层具有最大的带隙能量。理想情况下,最上层吸收具有等于或大于上层的带隙能量的能量的光谱部分,而将较长的波长放过去供下面的层使用。

[0010] 层叠结构的光学透明度通常要求所有的层具有相似的晶体结构和晶格常数。晶格常数描述了晶体结构中的原子位置的间距。不同层之间的晶格常数的失配往往产生位错并显著地恶化多结太阳能电池板的效率。

[0011] 虽然多结太阳能电池板的材料的选择受到限制,但已经发现了许多合适的组合,

并且这些组合已经证明了优于单结电池。通过适当地划分吸收光谱,已利用二结、三结和四结电池获得了优良结果。例如,在二十世纪九十年代,包括 InGaP(1.9eV) 和砷化镓(1.4eV)的二结电池保持了接近 30% 的创纪录的效率。包括 GaInP(1.85eV) 的砷化镓层(1.42eV) 和锗(0.67eV) 的三结电池已被用于证实接近 40% 的效率。

[0012] 改善太阳能电池板效率的另一种方式是通过将太阳光会聚到太阳能电池板表面上。除了提供更多的每单位面积光的明显益处之外,由聚光器提供的直射光(与通过直接暴露到太阳的电池板接收的散射光相比)允许更高的效率。41% 是单结电池的理论极限,而 55% 是二结电池的理论极限。对于直射的太阳光,最优的室温带隙能量为 1.1eV。对于标准串联配置的二结电池,0.77eV 和 1.55eV 的配对是近似的最优配对。对于三结,0.61eV、1.15eV 和 1.82eV 近似为理想的,如由 M. A. Green 在 Third-Generation Photovoltaics: Advanced Solar Energy Conversion, pp 60-63 (Springer: Heidelberg, 2003) 中所报导的。

[0013] 提高电转换效率的另一种改进涉及从在具有超过带隙能量的能量的光子激发电子时吸收的过剩能量获得电能。最初,该能量是由载流子保持的,导致“热载流子”。存在两种基本方式来将热载流子用于提高电能产生的效率。一种方式产生提高的电压,另一种方式产生提高的电流。前者要求在载流子冷却之前提取载流子,而后者要求具有足够能量的热载流子通过碰撞电离而产生第二电子-空穴对。为了使任一过程有效,必须以可与本身极快的载流子冷却速率相匹敌的速率执行该过程。

[0014] 可以通过在纳米复合物材料内产生载流子而极大地降低载流子冷却速率,该纳米复合物材料通过量子效应而改变弛豫动力学。纳米复合物材料包括量子阱、量子线和量子点。这些结构将载流子限制到这样的空间区域,所述空间区域小于或相当于载流子的德布罗意波长或在半导体体中的激子的波尔半径。对于这一点量子点是最有效的。

[0015] 由一种半导体(例如砷化镓)的基质内的另一种半导体(例如砷化铟镓)的极小晶体构成的量子点可以将载流子冷却减慢到碰撞电离变为很大的点。热载流子放弃其能量的一部分时的碰撞电离将第二载流子从价带激发到导带而其自身保持足够的能量以保留在导带中。还可通过由分散在有机半导体聚合物基质中的极小半导体晶体构成的量子点实现碰撞电离。

[0016] 可以通过以对于强电子耦合和微带形成发生足够的紧密间距将量子点排序为紧密间隔的三维阵列而实现热载流子提取。微带允许长程电子输运。微带为将以高于正常的导带电势的电势抽出的热载流子电流提供足够快速的输运。为了理解该机理,注意到以下方面是有帮助的,热载流子能量以比能量以其他方式朝向热平衡扩展的时间尺度短的时间尺度在导带中的所有载流子当中扩展。由此,整个载流子流是“热的”。

[0017] 为了避免与以上机理混淆,值得注意的是存在量子阱在提高太阳能电池板效率方面的另一用途。量子阱可被用于调整和精细地调制其被并入的半导体的带隙能量。这允许半导体带隙能量适于更好地匹配太阳光谱并提供在选择材料方面的灵活性。

[0018] 更进一步地,半导体复合物中的纳米晶体具有高度尺寸依赖性的带隙能量。这些被用于获得介于基质材料的价带与导带之间的电荷载流子能量状态。这些中间带允许复合物通过从价带到中间带和从中间带到导带的激发电荷的两步过程而实现具有低于基质半导体的带隙能量的能量的光子的电转换。

[0019] 上述结构的改进中的很多改进仅仅与太阳光会聚一起才是经济的。商业可得的太阳聚光器提供了具有 500 的会聚度的太阳能。虽然这样高的会聚度证明了高度设计的半导体材料的使用是有道理的,但其引入了管理强热的问题。发热是对太阳能电池板性能非常不利的。

[0020] 上面引用的理论最大效率都随升高的温度而减小。所有的太阳能电池板都经历随温度升高而效率降低的问题。根据 National Aeronautics and Space Administration (NASA), 如美国专利 7, 148, 417 所报导的, 温度每升高一摄氏度, 典型的硅太阳能电池板损失约 0.45% 的电力。在 250℃ 以上, 硅太阳能电池板实质上不产生电力。GaAs 太阳能电池板的情况稍好些, 每摄氏度仅损失约 0.21%。多结薄膜太阳能电池板的情况通常更糟糕, 这是因为层厚度通常是精致匹配的以均衡由每层产生的电流。即使是 5% 的失配也可严重地破坏多结太阳能电池板的操作。如由 M. A. Green 在 Third-Generation Photovoltaics: Advanced Solar Energy Conversion, p, 63 (Springer: Heidelberg, 2003) 中所报导的。该问题的常规解决方法使提供冷却。

[0021] 除了电力之外, 太阳能电池板还已被用于提供家用热水。美国专利 2004/0055631 注意到, 以该方式使用太阳能电池板要求在至少约 60℃ 的温度下操作太阳能电池板, 这显著折衷了电池的电产生效率。由该申请提出的解决方案是使太阳能电池板制造为对应于低于半导体的带隙能量的能量的太阳能光谱的一部分。该太阳能电池板与发热元件绝缘, 而发热元件利用不能被转换成太阳能电池板的太阳能光谱的一部分。该解决方案据说比使用单独的用于电产生和水加热的太阳能收集器的备选更空间有效。产生热水的另一方式是从太阳能收集系统提取热。当使用高程度的太阳能会聚时, 废热是相当多的。

发明内容

[0022] 本发明提供了太阳能供能的发电机和相关方法。本发明的一个方面是太阳能供能的发电机, 其包括太阳能电池板和邻近所述太阳能电池板并位于所述太阳能电池板下方的热电器件。所述热电器件的热结与所述太阳能电池板的底侧紧密热耦合。散热器被设置为与所述热电器件的冷结接触以对其进行冷却。所述热电器件具有 n 型和 p 型臂, 所述臂具有掺杂的半导体材料的一个或多个区段。所述区段中的至少一个由纳米复合物材料形成, 在所述纳米复合物材料中, 载流子的量子限制显著地降低了所述区段的热导率。

[0023] 一般而言, 不希望将热电器件设置在太阳能电池板与散热器之间。直接冷却太阳能电池板更简单也更能量有效。本发明产生对一般原则的例外。首先, 本发明通过使用最近开发的用于热电器件的极大地提高这些器件的性能的材料而减少了由热电器件引入的能量转换效率损失。其次, 发明人认识到, 在一些情况下, 不能以实际方式设置将太阳能电池板保持在希望的温度下的适当的散热器。在这些情况下, 很大程度的发热是不可避免的。当仅仅可得的散热器不足以有效地将太阳能电池板的温度保持在窄的工作温度范围内时, 本发明的性能更好, 这是因为, 即使太阳能发电机由于散热器的性能不佳而发热时, 热电器件也可保持太阳能电转换效率。由于太阳能电池板可以为实质上的太阳能热供能的热电发电机提供冷启动性能, 因此本发明也是有用的。

[0024] 在根据本发明的方法中, 太阳能电池板被配置为接收会聚的太阳光, 并且热电器件被配置为从所述太阳能电池板提取热并将其传递到散热器。在没有很多日照的黎明和其

他时间,所述太阳能电池板产生比所述热电器件多的电力。在阳光充足的日子,允许所述太阳能电池板在很大程度上发热。当所述太阳能电池板发热时,其产生逐渐减小的电力而所述热电器件产生逐渐增多的电力。允许所述太阳能电池板发热达到高温。可允许所述太阳能电池板达到这样的温度,在该温度下,所述热电器件是发电的主要模式。

[0025] 本发明的另一方面是太阳能供能的发电机,其包括整体结构的光伏器件和热电器件。或者所述光伏器件包括生长在所述热电器件的部件上的半导体材料层,或者所述热电器件包括生长在所述光伏器件的部件上的半导体材料层。该整体结构降低了材料要求并使得热电器件的热结快速加热达到热能能量转换高效的温度。

[0026] 本发明的另一方面还涉及太阳能供能的发电机,其包括光伏器件和热电器件,其中所述热电器件邻近所述太阳能电池板并位于所述太阳能电池板下方,其中热结与所述太阳能电池板的底侧紧密热耦合。所述热电器件具有n型和p型臂,所述臂包括掺杂的半导体材料的一个或多个区段。所述热电器件与所述太阳能电池板的表面共形并跨过近似相同的面积。所述热电器件的所述臂很薄地分散在高热绝缘材料的基质中,所述高热绝缘材料选自真空、气体和气凝胶。所述臂占据不足10%的横截面积,而所述绝热材料占据大于90%的横截面积。该配置极大地减少了所述臂所需的半导体材料的量,这在使用纳米复合物材料时是特别重要的。由于所述臂相对于所述太阳能电池板表面均匀地分散,非常小且被紧密间隔,并且由于所述臂非常短,因此尽管所述臂具有低的空间密度和低的热导率,所述臂也有效地冷却所述太阳能电池板。

[0027] 该概要的主要目的是以简化的方式给出本公开的部分主要构思,以便于理解下面的更详细的描述和权利要求书。该概要不会是全面的,且不能涵盖被视为创造性的或用于勾勒创造性事物的每个思想和细节。通过以下描述、附图和作为整体的该公开来传达产生并应用上述构思的其他思想和细节。下面的权利要求中保留了发明人请求保护的最终声明。可通过专利进程的一般过程来修改这些权利要求。

附图说明

[0028] 附图根据特定的约定使用参考标号。在不同的图中出现的相同参考标号表明在不同的位置、用途或透视图示出了相同的要素。如果两个参考标号不同但在其两个最不重要的数字相同,则仍表明这样的关系:所表示的对象由于是相同的类而相关联,或者由于是相同的物种和类而相关联。附图本身和描述的上下文将澄清适用什么关系以及关于一个要素的标记是否可等效地适用于相关联的要素。使用后面的字母来区分单个附图或实例内的重复的要素。

[0029] 图1是利用散热器和太阳光工作的示例性太阳能供能的发电机100的示意图;

[0030] 图2是整体结构的示例性太阳能电池板和热电器件的示意图;

[0031] 图3是示例出在热电器件的设计中的分段的示意图;

[0032] 图4是示出作为几种半导体材料的温度的函数的热电品质因数的图;

[0033] 图5是示出p-Si/p-SiGe纳米复合物的热电品质因数的图;

[0034] 图6提供了以优选方式操作的太阳能供能的发电机100的有限状态机图;

[0035] 图7对应于穿过图2的线A-A'的横截面,并示例出广泛、均匀且精细地分布在高热绝缘基质中的热电器件的臂;以及

[0036] 图 8 示例出采用上述附图中的每一个的构思的示例性家用热水加热和发电系统。

具体实施方式

[0037] 图 1 提供了从太阳光 109 产生电的示例性太阳能供能的发电机 100 的示意图。太阳能供能的发电机 100 包括可选的太阳能会聚系统 101、太阳能电池板 102 和热电器件 103。发电机 100 需要散热器 104 来操作。散热器 104 可被设置作为太阳能供能的发电机 100 的一部分。发电机 100 从太阳能电池板 102 和热电器件 103 二者产生电力。这些源通常被引到相同的电压,被组合和耦合到负载。

[0038] 太阳能会聚系统 101 可以是用于会聚太阳光的任何合适的器件。太阳能会聚系统 101 可以提供低程度、中程度和高程度的太阳能会聚。低程度是范围从约 2 到约 10 的会聚因子 f 。中程度的会聚在约 10 到约 100 的范围。超过 100 的会聚因子为相当高的。在没有太阳能会聚的情况下, f 为 1。

[0039] 太阳辐射以峰值为约 $1.3\text{kW}/\text{m}^2$ 的会聚度入射在地球表面。该值有时被用作太阳能通量密度的单位“1 个太阳”。具有会聚因子 f 的太阳能会聚系统 101 以峰值在约 $f*1.3\text{kW}/\text{m}^2$ 的能量密度 (f 个太阳) 照射太阳能电池板 102 的上表面 105。在任何给定的时间由太阳能会聚系统 101 提供的太阳光的实际会聚度可根据诸如太阳在天空中的位置的因素而变化,但可预期每个太阳能会聚系统具有代表其容量的相当严格定义的最大会聚因子和其可预期交付的最大太阳光强度。

[0040] 可以利用反射镜和 / 或折射透镜实现太阳能会聚。这里优先选择最简单的但仍可提供高太阳能会聚度的系统。不需要分割光谱。太阳能会聚系统 101 可包括太阳能跟踪器,以随着太阳移动而调整定位来保持焦距。太阳能会聚系统 101 可具有冷却系统以使其部件在强光下避免过度发热。系统 101 可包括光纤束,从而太阳能会聚系统 101 可被定位于为远离太阳能供能的发电机 100 的其他部件。在该方面,应理解,对太阳能电池板 102 的“顶部”和“底部”的引用不意味着对电池板的定位位置的限制。系统 101 可包括镜腔或类似的元件,以再次反射从表面 105 反射或从太阳能电池板 102 发射的光。

[0041] 太阳能电池板 102 可以包括且通常包括串联或并联连接的多个单独的太阳能电池。太阳能电池是适合从太阳辐射发电的光伏器件。太阳能电池板可包括较小的太阳能电池板的阵列。太阳能电池板 102 可以为这样的类型,其所提供的每个较小电池板具有热电器件 103。对于阵列的每个单独的元件,太阳能电池板 102 与热电器件 103 之间的在邻接性 (adjacency) 和热传递方面的关系是重复的。于是太阳能电池板 102 和热电器件 103 的整体结构被理解为意味着关于阵列中的每个元件的统一。

[0042] 太阳能电池板 102 (或者阵列中的每个单元) 是薄的,仅仅为太阳能电池板 102 提供两个主侧面。这些侧面称为前侧和后侧或者顶侧和底侧。前表面或顶表面 105 为面向光的一面。顶表面 105 和底表面 106 基本上共形,尽管有任何凸起。它们具有近似相等的总表面积。

[0043] 太阳能电池板 102 可以包括适合使用环境的任何类型的光伏电池。在背景技术部分中讨论的实例在广义上是适用的,但优选在高温下起光伏作用的改进。对高温耐久性和耐受热循环的能力的需求也缩窄了实际选择。利用本发明设计太阳能供能的发电机 100,以便太阳能将太阳能电池板 102 加热到诸如 475K、575K、675K 或更高的高温。鼓励高温的发

展以提供用于热电器件 103 的高温加热的源。

[0044] 太阳能电池板 102 优选适于在高温下的光伏性能。适于仅仅在环境条件下的操作的太阳能电池板包括体单晶硅太阳能电池板和商业可得的串联连接的多结薄膜太阳能电池板。任一类型都随着温度的升高而快速地损失效率。

[0045] 使太阳能电池板 102 适于高温操作通常包括选择大带隙能量的半导体材料。GaN(3.2eV)、SiC、GaP(2.26eV) 是具有高带隙能量的半导体的实例,其可被用于形成适于高温的太阳能电池。诸如常见的串联多结设计的温度敏感设计或者被避免,或者被调制到极高的温度。

[0046] 适于高温性能的太阳能电池板 102 包括位于层叠配置的最上层且具有高于为在环境温度下操作所选择的带隙能量的至少一个半导体结。较高带隙能量半导体利用比较低带隙能量半导体少的太阳光谱,然而,随着温度升高,较高带隙能量半导体比较低带隙能量半导体损失更少的效率。高带隙能量太阳能电池牺牲室温性能以保持在高温下的更多性能。

[0047] 在背景技术部分中提到的最优带隙能量不是对于本申请最优的带隙能量。理想的带隙能量是与应用相关的,但可以基于理论或实验做出适当的选择。在单结太阳能电池板中,大于 1.6 的带隙能量将表明适于高温用途,1.8eV 以上的带隙能量当然更是如此。在双结器件中,2.0eV 的带隙能量是指示性的,其中 2.2eV 的带隙能量更是如此。

[0048] 单结 GaAs 单晶或薄膜太阳能电池板比多数太阳能电池板适于高温操作,但仍不适于高温操作。GaAs 带隙能量(1.4eV)比硅带隙能量高,这使其对温度没有硅敏感。如在该公开中将使用的术语那样,GaAs 适于中温操作,但不适于高温操作。

[0049] 在本公开中,高温为至少 475K。以太阳能电池板 102 的峰值超过 675 开尔文(Kelvin)的温度来操作对于太阳能供能的发电机 100 是典型的,以便于通过热电器件 103 发电。适于在这样的高温下操作并不意味着与在 300 开尔文的环境温度下的性能相比太阳能电池板 102 将不具有在 475 开尔文下的降低的性能。几乎任何(或每个)太阳能电池板将经历随温度升高的效率降低。适于高温包括牺牲在环境温度下的性能以改善在高温下的性能。

[0050] 串联连接的多结太阳能电池板中的高温适应的良好指示是作为温度的函数的各种结的相对电流输出。这些结通常被串联连接且是电流匹配的。电流匹配包括调整结层厚度,直到每个结产生近似相同的电流为止。当电流不匹配时,结果对性能相当不利。由于温度影响电流的程度在多结器件中使用的不同结当中变化很大,因此必须为特定的温度进行电流匹配。在太阳照射下每个层都产生相同量的电流时的温度是太阳能电池板适于操作的温度。关于电流匹配的这些评价适用于串联连接的多结器件。可通过并联连接避免对电流匹配的需求。由于其实现需要复杂的结构,因此在多结太阳能电池板中通常不适用并联连接。本申请的折衷是使用并联连接但将最大结数限制为两个。

[0051] 与热电器件 103 相比,太阳能电池板 102 具有对将热传递通过其厚度的低抵抗力。如果太阳能电池板 102 过厚或具有对其厚度不足够的热导率,则在其顶表面 105 与其底表面 106 之间发生显著的温度梯度。部分温度梯度是对于将热输送到热电器件 103 所必需的,但在优选设计中,该梯度非常小。大梯度将不会减小热电器件 103 的稳态能量产生,但其导致在太阳能电池板 102 中的不必要的高温。

[0052] 依赖于由太阳能供能的发电机 100 所使用的太阳能会聚的程度,在设计太阳能电池板 102 时考虑热阻率是重要的。在低太阳能会聚度下,普通材料有可能足够,但应小心的是,设置有太阳能电池板 102 的基底或支持材料不引入过高的热阻率。

[0053] 用于太阳能电池板 102 的低热容量通常是有利的,但在具有高热容量时存在优点。高热容量减轻温度波动和温度变化速率,这减轻了材料上的应力并提高耐久性。除了会限定最小所需热容量的耐久性问题之外,需要考虑的因素更复杂。

[0054] 高热容量的优点(例如,金属板可提供但不引入过量的热阻率)包括温度稳定性和在低温下的更多的光电能量产生。虽然高热容量意味着高温和低温都花费较长时间耗散,但与从低温到高温相关的暂态对应于光的可用性,而与从高温到低温相关的暂态与已损失的太阳光有关。净结果是在低温下平均的较多的光和在高温下平均的较少的光。如果太阳能电池板 102 是唯一考虑的因素,则高热容量将是有益的。

[0055] 对于热电器件 103,考虑因素则相反。当太阳能电池板 102 到达稳态最高温度时,热电器件 103 提供最高的效率。如果这些部件快速达到太阳光产出的条件,则从热电器件 103 产生的能量将是最大的。如果预热(warm-up)周期长,则很多的热以较低的温度差分被传递通过热电器件 103,由此具有较低的热电转换效率。同样地,由太阳能电池板 102 存储的热将在冷却期间被传递而不是在温度差分仍处于其最大值时被传递。

[0056] 给定上述考虑因素,在太阳能电池板 102 中和太阳能电池板 102 周围的热容量是涉及与其他设计选择无关的多种考虑因素的问题。根据应用来确保对减小或增加热容量的适应性。

[0057] 可以在太阳能电池板 102 与热电器件 103 之间的界面处或表面 105 之上提供增加的热容量。为了不增加太阳能电池板 102 与热电器件 103 之间的热阻率这一优点,优选在表面 105 之上的具有与表面 105 的良好热接触的透明盖,但该优点必须与由该盖层的光吸收引起的光电产生的任何损失相权衡。

[0058] 如果需要附加的热容量,则可以将不会过度干扰太阳能电池板 102 与热结 107 之间的热传输的任何结构用于提供该附加的热容量。适合的结构包括金属层。金属具有高热容量和高热导率的有利组合。

[0059] 本文中使用的术语热电器件是这样的器件,其包括热结和冷结并用于在将热结保持为高于冷结的温度时直接从热能发电。热电器件 103 包括 p 型和 n 型掺杂的半导体区域。这些区域内的载流子浓度取决于温度。当从热结 107 到冷结 108 施加温度梯度时,该温度梯度横贯这些区域,由此产生电荷载流子梯度。电荷载流子梯度导致电力的流动。

[0060] 图 2 提供了热电器件 103 的实例 203。热电器件 203 包括:p 臂 219,其包括至少一个 p 掺杂的半导体区段;以及 n 臂 220,其包括 n 掺杂的半导体区域的至少一个区段。臂 219 和 220 跨过热结 207 与冷结 208 之间的间隙。电绝缘体 222 隔离这些臂。金属互连 218 被设置为邻近热结 207 或在热结 207 内。欧姆接触将每个臂 219 和 220 连接到互连 218 的金属,从而 p 臂 219、金属互连 218 以及 n 臂 220 提供 p-i-n 结。该 p-i-n 结通过臂 219 和 220 而产生电场。在冷结 208 处,臂 219 和 220 具有与引线 221a 和 221b 的欧姆接触。这些引线彼此电隔离,但它们可以是单个金属互连层的一部分,互连层是电介质的平面矩阵形式的金属图形。

[0061] 当热结 207 保持在比冷结 208 高的温度下时,在臂中形成电荷载流子梯度,导致电

子在 p 臂 219 向下流动且空穴（有效地）在 n 臂 220 向下流动。依赖于热结与冷结之间的温度差，引线之间的电势差不同。电压近似与温度差成比例。电流乘以电压给出了由热电器件 203 提供的可用功率。

[0062] 这样的器件将热能转换为电能理想效率由公知的公式给出，该公式表明对热结与冷结之间的温度差、几何形状以及构成 p 臂和 n 臂的材料的特性的依赖性。效率 η 由下式给出：

$$[0063] \quad \eta = \left(\frac{T_h - T_c}{T_h} \right) \left(\frac{M - 1}{M + \frac{T_c}{T_h}} \right) \quad (1)$$

[0064] 其中 T_h 为热结温度， T_c 为冷结温度，且 M 由下式给出：

$$[0065] \quad M = \sqrt{1 + ZT} \quad (2)$$

[0066] 其中 ZT 为公知为热电品质因数的无量纲材料特性。 Z 由下式给出：

$$[0067] \quad Z = \frac{\sigma S^2}{\kappa} \quad (3)$$

[0068] 其中 σ 为电阻率， κ 为热阻率，且 S 为塞贝克系数。 T 为平均温度。通过将 ZT 处理为常数，简化在此给出的公式。更详细的公式需要考虑通过每个臂 219 和 220 的 ZT 的温度依赖性变化以及半导体材料对于每个臂不同，或者必要地在每个臂内不同。这不应损害下面给出的各点。

[0069] 等式 (1) 中的第一项为卡诺效率。卡诺效率是熵的结果，将热能转换成电能的任何类型的器件都不能避免。等式 (1) 中的第二项表明热电器件与理想器件之间的差别。该项的主要依从关系是对 ZT 的依赖性，其中，值越高越好。直到最近， ZT 的最佳值为约 1.0，并将热电器件的效率限制为卡诺效率的约 20%。

[0070] 图 4 示出了几种半导体材料在温度范围内的品质因数。从该图可以看出，不同的半导体材料在不同的温度范围内有效。这使半导体材料的选择复杂化，这是因为，热电器件 103 旨在利用贯穿臂 219 和 220 的温度梯度操作：预期温度在臂的长度内极大地变化。高温将发生臂 219 和 220 的顶部处，低温将发生在底部处。提供良好品质因数的材料会在底部处提供差的性能，反之亦然。

[0071] 图 3 示例出优选方案和材料的优选选择。该方案为使每个臂 219 和 220 由多个区段形成，每个区段对应于不同的半导体材料。下区段 219c 和 220c 被选择为在较低温度下具有高品质因数，而上区段 219a 和 220a 被选择为在高温下具有高品质因数。

[0072] 许多半导体材料的品质因数，包括图 4 中示出的那些，可通过引入载流子的量子限制而得到极大的改善。这样的载流子限制的主要效果是热导率的显著降低。在许多情况下，品质因数可接近双倍。图 5 提供了与图 4 相比较的示例性结果。由在半导体基质中形成的纳米尺寸结构提供量子限制。对于图 5 的复合物，纳米结构为范围在 1-200nm 的混合尺寸的 p-SiGe 晶体的颗粒。纳米尺寸结构包括量子阱、量子线和量子点。量子点提供最多的益处。这些纳米尺寸结构为复合物结构：点为在另一种半导体的基质中形成的第二种适当选择的半导体材料的小晶体。对于每种基质材料，可以发现用于纳米结构的适合材料。一

些附加实例包括 $\text{Bi}_{0.3}\text{Sb}_{1.7}\text{Te}_{3.0}$ 。

[0073] 用于形成量子点的一种技术是在沉积若干个基质材料层和沉积若干个包括基质材料和第二材料的阱的层之间交替。推荐已由麻省理工学院 (MIT) 的工作者描述的材料和方法。不熟悉这些材料和方法的人可在多个公开文件中找到对它们的描述, 这些公开文件包括美国专利 6, 444, 896 和美国专利公开 2006/0118158、2008/0202575、2009/0068465。通过引用将这些专利和专利公开的全部内容并入本文中。

[0074] 为了改善效果而可调制的参数包括量子阱结构的厚度、其间距、以及合金的原子比例。如图 3 所示的区段对于纳米复合物而言仍是希望的, 但应注意: 这些复合物使其在温度范围内的峰值 ZT 从源材料的峰值 ZT 偏移。调整纳米结构合金的组成是使发生高 ZT 值的温度偏移的一种方式。

[0075] 可以将两个参数用于均衡臂 219 和 220 的热通量和能量产生。一种类型的臂可被制造为宽于另一种类型的臂; 宽度为在较大横截面积意义上的。调整的另一种方式是在一个臂或另一个臂下面设置基座以使一个臂比另一个臂短。基座是由诸如金属的导热材料制成的臂区段。

[0076] 太阳能供能的发电机 100 的结构确定将跨过热电器件 103 发生的温度梯度的量值。确定该梯度的主要因素为太阳能会聚度 f 和热电发电机 103 的热阻率。可以通过调整臂 219 和 220 的高度来调制该热阻率。

[0077] 太阳能会聚度 f 与太阳辐射的强度一起确定所需的热通量。实际程度的整个太阳光谱将被会聚和聚焦在太阳能电池板 102 的表面上。虽然部分能量将转换成电, 但大多数, 典型地, 90% 到 95%, 将变为热能。该配置用于在向下垂直于太阳能电池板 102 的表面的一个方向上行进的所有热。热电器件 103 与太阳能电池板 102 共形。通过热电器件 103 的能量通量密度与通过太阳能电池板 102 的底表面的能量通量密度近似相同。

[0078] 通过在地球表面上的太阳辐射的峰值强度 (约 1.3kW/m) 乘以太阳能会聚因子 f 而给出通过热电器件 103 的热通量率的最大值。可以对到通过太阳能电池板 102 产生的电和寄生 (不希望的) 热损失的能量转换进行修正, 但结果仍大致为热电器件 103 必须被设计输送的每单位面积的热通量。

[0079] 在此点要考虑的重要设计选择为在热结 207 与冷结 208 之间的温度差分 ΔT 的目标。较大的温度差分导致较高效的热电能量产生, 较小的温度差分导致较凉的太阳能电池板 102 和较大的光伏能量产生。

[0080] 这里优选选择大的 ΔT , 以进入热电转换效率高的范围, 而总能量产生对冷结温度的灵敏度低。优选地, ΔT 为至少 200°C , 更优选至少 300°C 。希望诸如 500°C 和 600°C 的更高值, 这是因为, 即使在光水平已降到远低于其峰值时, ΔT 仍很高。温度差分越来越高的主要缺点在于, 峰值温度升高, 材料开始劣化甚至损坏。

[0081] 可以如下计算用于实现目标温度差分 ΔT 的近似臂高度 h :

$$[0082] \quad h = \Delta T / \left(f * \kappa * 1.3 \frac{\text{kW}}{\text{m}} \right) \quad (4)$$

[0083] 其中 κ 是为臂 219 和 220 适当计算的平均热阻率。从该式可以看出, 高热阻率允许臂较短。高的太阳能会聚因子 f 极大地减小了所需的臂高度。材料成本是该系统的总成本的重大贡献部分, 因此减少所需的半导体材料的量是非常有利的。等式 (4) 表明, 100 的

太阳能会聚因子将热电器件 103 中的半导体材料的所需量减少了 100 倍。这与处理 100 倍的增益配合作为每单位面积的太阳光。热电材料要求的总减少量近似为 f 的平方,在该实例中为 10000。太阳能会聚使得否则将过于昂贵的材料的使用变得可行。由于该原因,低的太阳能会聚优于没有太阳能会聚,更优选中度太阳能会聚,进一步更优选高的太阳能会聚。太阳能会聚的另一优点在于,其便于快速达到目标温度差分;其具有类似于使热容量较小的效果。

[0084] 优选地,从热结 207 到冷结 208 的所有热行进通过臂 219 和 220。行进通过绝缘体 222 的任何热对热电能量产生都没有贡献。臂 219 和 220 的材料本身通常为良好绝缘体,即使它们仅仅为普通的半导体。当将它们制成为纳米复合物时,它们变成更好的绝缘体:通过将热阻率增加为大于复合物材料的热导率,纳米结构改善了热电品质因数。存在仅仅若干个类型的显著更好的绝缘体。特别地,显著更好的绝缘体为空气、真空和气凝胶。“真空”被包含在“绝缘材料”的术语内。

[0085] 热电器件 103 与太阳能电池板 102 共形,以便其从背面 106 均匀地散热。这规定了器件 103 的横截面积。由热电器件 103 提供的热阻率也受到限制。如果热阻率过低,则不能发生所希望的温度差。如果热阻率过高,则太阳能电池板 102 将过度发热。

[0086] 图 7 示例出用于减少热电器件 10 所需的和实际上被设计为以预定的温度梯度提供预定的每单位面积的热通量的任何热电器件所需的半导体材料量的构思,图 7 对应于通过图 2 的线 A-A' 的热电器件 203 的横截面。

[0087] 根据该构思,大部分的截面积(至少 50%)和体积(优选至少 90%)被高度有效的绝缘材料填充,该材料优选为选自真空、空气和气凝胶的材料。这将可用于通过臂 219 和 220 热传导的面积减小到小部分面积(小于 50%),优选小于 10%。如果臂 219 和 220 的横截面积减小 50%,则热结 207 与冷结 208 之间的热阻率近似为双倍。为了保持设计温度差分 and 热通量,臂的高度 h 减半。如果使用多个区段,则将该调整应用于每个区段。将横截面积减半和将高度 h 减半使所需的材料量减少 75%。将横截面积减小 90%和将高度 h 减小 90%使所需的材料量减少 100 倍。如果使用昂贵的材料,则这是特别重要的优点。

[0088] 为了防止在热结 207 周围发生过量的温度梯度,在热电器件 203 的整个区域内通过绝缘体 222 的矩阵均匀地且紧密地分隔臂 219 和 220。通过在臂尺寸减小的同时增加臂数目,可以在减小由臂 219 和 220 占据的面积的比例的同时保持紧密的分隔。应理解,存在满足这些几何形状限制的无数方式。例如,臂 219 和 220 可具有如线那样细长的横截面。

[0089] 随着由绝缘体 222 占据的面积百分比变大,通过绝缘体的热损失变得更显著且最终超过了半导体面积和材料使用的进一步减小的益处。对材料处理的限制也可造成极限以及随尺寸改变的电特性,包括在尝试形成逐渐减小的结构的形状时非故意地改变的特性。然而,图 7 所示的结构使得能够使用纳米阱(nano-well)复合物,该纳米阱复合物是通过包括沉积许多纳米厚层中的每个层的单独步骤的工艺制成的。能够使用较短的臂 219 和 220 减少了工艺步骤的所需数目。

[0090] 散热器 104 可以为任何用于以使太阳能供能的发电机 100 可在连续全日照下达到稳态操作的速率连续地从冷结 208 抽取热的任何物体。散热器 104 可包括例如固定的材料体、水体,或者包括将热从冷结 208 传递到实质上无穷尽的流的热交换器,如具有叶片的热交换器和稳定空气流的情况那样。虽然太阳能发电机 100 在散热器 104 的类型方面不受限

制,但对特定级别的散热器而言其具有特别的效用。

[0091] 一种这种级别的散热器是这样限制的容量以吸收热的部分封闭的系统,以便在全日照条件下散热器 104 被太阳能供能的发电机 100 显著加温。在该上下文中,显著意味着在太阳能发电机 100 内的作为结果而发生的温度的实质改变。例如,显著改变将使冷结 108 变热至少 40℃,更显著的改变将使冷结 108 变热至少 100℃。这种改变将在整个太阳能供能的发电机 100 内实现稳态温度。如果使用普通的太阳能电池板材料,由于这将引起的效率降低,因此使太阳能电池板 102 的温度升高 40℃或更高的散热器 104 的温度的任何改变是显著的。在该方面,100℃的改变将是非常显著的。

[0092] 当散热器 104 的容量被限制为使这些量级的温度改变为常规性的,则太阳能供能的发电机 100 可提供与常规太阳能废热发电系统相比有价值的改进,常规太阳能废热发电系统缺乏热电器件 103 或促使比所希望的热热水温度高出多于几度的加热的设计。该太阳能供能的发电机 100 被设计为使热电器件 103 是电能产生的主要模式。发电机 100 在面对将破坏常规太阳能电池板的效率的温度变化时保持高的功能性。

[0093] 因此,根据本发明的方法,太阳能发电机 100 被连接到散热器 104,散热器 104 本质上在效力方面受限制或其温度可变,从而太阳能供能的发电机 100 将以变化 40 开尔文或更高,可选地 100 开尔文或更高的冷结 108 的温度操作。该方法包括跨过热电器件 103 发生大的温度梯度,从而热电器件 103 是发电的主要模式,产生比太阳能电池板 102 多的能量。通过以足够高的太阳能会聚因子 f 将太阳能电池板 102 暴露到太阳光来引起大的温度梯度。足够高的太阳能会聚因子的构成依赖于热电器件 103 的热阻率,该热阻率被选择为允许以由太阳能会聚系统 101 提供的或利用太阳能会聚系统 101 实现的太阳能会聚因子 f 产生所希望的梯度。该方法的优点在于,其为具有对散热器性能和冷结温度波动的低灵敏度的能量产生提供了效率。

[0094] 具有有限的容量的散热器 104 可以是家用热水系统,这依赖于该家用热水系统相对于发电机 100 的容量而包含的水的量。如果太阳能供能的发电机仅仅为补充加热系统,从而热水保持在实质上恒定的温度,则散热器 104 将是有效地,普通的太阳能热产生器很有可能服务更好。另一方面,如果在其作为散热器的必然过程中热水温度在 50℃与 95℃之间或 25℃与 95℃之间变化,则是有限容量的散热器。

[0095] 可以推动太阳能发电机的使用的其他类型的散热器包括在散热器温度或热传递系数方面自动地大幅改变温度的那些散热器。例如,散热器 104 可以是车辆的冷却系统。当车辆的引擎停止时,太阳能发电机 100 可以用于保持冷却剂,以便在冷天时易于起动并减少冷起动排放。另一潜在的用途是在引擎不运行时的座舱加热,从而避免使引擎空转的需要。如果可提供足够的冷却以防止过热,例如通过运转引擎扇,可以在引擎关断时对空调供电。

[0096] 当车辆正在运行时,太阳能发电机 100 可提供辅助动力,由此改善车辆的效率。如果存在过热的危险,则运行引擎扇就足够了。这些应用靠温度高度可变且可超过 100℃的散热器来维持。太阳能供能的发电机 100 将典型地利用温度范围为 100℃到 200℃的散热器有效地工作。

[0097] 为了防止过热,可以提供装置来减慢或关断太阳能供能的发电机 100。如果使用,则太阳能跟踪器是适合的装置。如果希望远离太阳以防止过热的话,跟踪系统可使聚光器

取向为远离太阳。如果太阳能会聚系统 101 提供可控的太阳能会聚因子 f , 则可以减小该因子。然而, 通常, 希望太阳能会聚系统 101 向太阳能电池板 102 提供其能够提供的那么多的光。

[0098] 可涉及车辆的另一应用使用空气流来进行冷却。在该实例中, 散热器 104 为将热从冷结 108 传递到环境的热交换器。这样的散热器可具有依赖于环境温度以及车辆是在移动还是停止的高度可变的性能。

[0099] 依赖于太阳能发电机 100 和散热器 104 的相对尺寸, 散热器 104 会不足以保持充分恒定的温度以将常规太阳能电池板保持在有效操作模式下。与仅仅使用太阳能电池板的类似装置相比, 太阳能供能的发电机 100 可以靠少得多的冷却来维持。太阳能供能的发电机 100 可被设计为在宽的散热器温度范围内有效地操作。用于通过热电器件 103 的高温梯度的设计将电力产生偏移 to 热电器件 103 并降低了对太阳能电池板 102 的依赖性。

[0100] 可以将太阳能电池板 102 的有效作用限制到预热周期, 在该预热周期期间, 热电器件 103 尚未发生其有效操作所需的温度梯度。太阳能供能的发电机 100 可被用于驱动车辆或作为混合驱动系统的一部分。在这样的系统中, 一旦太阳出来就具有电能是有利的。

[0101] 热电发生器 103 在随着热结 107 与冷结 108 之间的温度差变化的电压下产生其电流。太阳能供能的发电机 100 在任何给定的日子的过程内接收变化量的光, 从而热通量、温度梯度和所产生的电压必要地显著改变。因此, 优选太阳能供能的发电机 100 具有这样的电系统, 该电系统包括用于在其供给的电压下从热电器件 103 抽取电流并在恒定电压下输出电流的电压调节器。

[0102] 太阳能电池板 102 与热电发生器 103 分离地提供电力。通常希望使来自太阳能电池板 102 的输出与来自太阳能发生器 103 的输出组合以形成单一源。这可通过向太阳能供能的发电机 100 提供用于组合和匹配来自这两种源的电压的电部件而实现。

[0103] 可选地, 太阳能供能的发电机 100 包括电能存储系统。该能量存储系统可包括电池或电容器。有用的另一选项是标准耦合以插入太阳能供能的发电机 100 中。还可包括变压器以将直流转换成具有标准频率和电压的交流。

[0104] 当太阳能供能的发电机 100 正在操作时, 太阳能会聚系统 101 将太阳光 109 会聚到太阳能电池板 102 的表面 105 上。太阳能电池板 102 吸收该太阳光 (辐射) 的大部分并以随温度升高而减小的效率产生电能。

[0105] 太阳能电池板 102 的底表面 106 邻接热电器件 103。热电器件 103 包括热结 107 和冷结 108。热结 107 邻近太阳能电池板 102 的底表面 106 并与其紧密热接触。在该设置中, 热电器件 103 提供太阳能电池板 102 释放其热的主要路径。如果必要, 可以使太阳能电池板 102 包含在封闭的和 / 或绝热的空间内以减少其他热损失路径。通过消除或减少热耗散的其他路径, 由太阳能电池板 102 吸收的绝大部分热能可被导引通过热电器件 103, 从而其可被用于电力产生。

[0106] 部分入射光将从太阳能电池板 102 反射。另外, 太阳能电池板 102 将通过辐射而释放能量。反射器可被设置为再次导引该发射和反射的光以将该光再次反射回到表面 105 上。这些反射器可包括在表面 105 上方有显著空间的镜腔。这样的反射器可提供显著的效率增加。

[0107] 来自热结 107 的热流到冷结 108。通过热电器件 103 将以该方式传输的热能的一

部分转换成电。由此,太阳能供能的发电机 100 在至少两个部位发电。使用与太阳能供能的发电机 100 分离或成整体的电子部件将来自这些源的电力变压并组合,而以恒定电压提供整体电力供给。

[0108] 散热器 104 将从冷结 108 抽走热。散热器 104 可以是高效的并将冷结 108 保持在与太阳光 109 的强度无关的恒定温度下。备选地,散热器 104 可以为低效的,从而冷结 108 的温度变化。由于温度差分由热通量率确定而与冷结温度基本无关,因此热结 107 的温度相应地变化。当冷结温度升高时,热结温度升高以进行匹配。热结温度升高,直到对太阳能电池 102 的热输入匹配对热结 108 的热输出。该匹配发生在近似相同的温度差分下而与冷结温度无关。由此,冷结温度的升高不久就导致热结 107 和太阳能电池板 102 的温度的近似相等的升高。

[0109] 通过图 6 的有限状态机图示例太阳能供能的发电机 100 的性能。发电机 100 始于非活动状态 240,太阳能供能的发电机 100 的所有部件为近环境温度。在该方面,应理解,本申请的主要焦点是用于陆地应用的装置。非活动状态 240 典型被用于夜间。

[0110] 引起从非活动状态 240 偏离的主要事件是太阳升起。该事件将装置 100 移动到低温操作状态 241。在低温操作状态 241 下,太阳能电池板 102 产生接近其峰值效率的电力,而热电器件 103 提供很少的电力或不提供电力。

[0111] 当光水平保持低时,发电机 100 保持在低温操作状态 241。当光水平增加时,发电机 100 立即开始产生更多电力。增加的光水平迅速使太阳能电池板 102 温热,发电机 100 过渡到中温操作状态 242。当发电机 100 温热到状态 242 时,由热电器件 103 产生的电力将通常超过由太阳能电池 102 产生的电力。

[0112] 当太阳能电池板 102 温热时,跨过热电器件 103 的温度梯度增加。太阳能电池板 102 的效率降低,而热电器件 103 的电力产生增加。优选地,在中温操作状态 242 下,随着温度波动,通过热电器件 103 的效率增益平衡太阳能电池板 102 的效率损失,反之亦然,从而即使光和电力水平波动时,效率也保持在窄范围内。然而,可选地,在该周期期间太阳能电池板 102 的效率降低到这样的范围,在该范围中,与热电器件 103 的电力产生相比,太阳能电池板 102 的电力产生非常低,总效率基本上为热电器件 103 的效率,其随温度单调地大幅增加。

[0113] 在持续的全日照下,太阳能供能的发电机 100 达到高温稳定态 243。太阳能电池板 102 的温度大致在其设计最大值处,但太阳能电池板 102 的温度还取决于散热器 104 的可变化的温度。通过热电器件 103 的温度梯度也近似处于设计最大值处,这依赖于诸如季节和白天的时间。光输入接近其最大值,且热电器件 103 的效率接近其峰值。依赖于太阳能电池板 102 是否适于高温操作,太阳能电池板 102 的效率中度或极大程度降低。即使在太阳能电池板 102 适于高温操作的情况下,热电器件 103 典型地产生为太阳能电池板 102 的 2、3、或 4 倍那么多的电力。

[0114] 太阳能供能的发电机 100 中的效率以及电力产生典型地在高温稳定状态 243 下最高。材料考虑因素有可能是妨碍用于更高温度和温度梯度从而接近更高水平效率的设计的因素。

[0115] 当全日照可得时向高温稳定状态 243 的快速过渡通常将提供更高的效率。该过渡根据太阳能电池板 102 和用于在太阳能电池板 102 与热电器件 103 之间形成接触的任何材

料的热质量而减慢。在太阳能电池板 102 与热电器件 103 分离地制成的情况下,可以使用焊料或热膏来确保良好接触。在界面处的小空气隙可使太阳能电池板 102 的温度显著升高到热结 107 的温度之上,这会降低太阳能电池板 102 的性能而不向热电器件 103 提供任何益处。更严重的接触断开可快速地导致破坏性的温度漂移,在存在太阳能会聚因子的情况下更是如此。这样的断开可以由接触表面之一的变形引起,该变形本身可能是温度循环的结果。

[0116] 通过具有整体结构的太阳能电池板 202 和热电器件 203 来提供解决这些问题中的若干问题的构思。在这样的结构中,太阳能电池板 202 和热电器件 203 是与集成电路相似的复合结构的层。这些层通过一系列工艺步骤而一个形成在另一个之上。可以以各种方式组合掩蔽、蚀刻和沉积的工艺以产生希望的结果。多数步骤是或者可以是与通常用于分别形成器件 102 和 103 的步骤相同的,在太阳能电池板 102 为薄膜太阳能电池且热电器件 103 包括通过许多单独的层沉积步骤而形成的纳米复合物区段的情况下尤其如此。

[0117] 制造集成器件 200 的工艺从下到上或者从上到下开始。从形成热电器件 203 的点开始,主要修改是确保互连层 207 为平面的以及以使基底不容易分层的方式在互连层之上沉积半导体基底层。一种途径是在互连层 207 之上沉积金属层。在这样的金属层之上形成 GaP 太阳能电池是常规工艺。

[0118] 备选地,可首先形成太阳能电池。一种选择是使用临时基底,例如 Ge,作为在其上构造太阳能电池的结构。在 Ge 基底上形成太阳能电池 202 的全部或者仅仅底部层。然后构造包括热电器件 203 的层。最后,去除临时基底,如果需要,提供附加的处理以使太阳能电池 202 变为完备。

[0119] 该整体结构提供了各种优点,包括由较低的热质量引起的较高的热电效率、太阳能电池板 203 与热结 207 之间的优良热接触、以及通过层数的减少和厚层的避免而引起的耐受热循环的更优能力。

[0120] 太阳能供能的发电机的示例性应用为系统 900,其为家用太阳能热水加热与废热发电的组合系统。系统 970 包括被设计用于屋顶安装的太阳能收集器 971。收集器 971 收集太阳能 109 并通过光纤光缆 972 而将其传输到太阳能供能的发电机 900。相对于普通家庭将用于热水加热的能量的量来选择收集器 971 的尺寸。范围为约 1 到 10 平方米的尺寸是合适的,典型地范围为约 2 到约 6 平方米。

[0121] 太阳能供能的发电机 900 位于建筑物 973 内,优选邻近水罐 974。水罐通常在地下室 975 中,并优选避免通过长管道而造成的循环热水的能量浪费。为便于安装,阁楼 976 中的位置是优选的。罐 974 的合适尺寸在 100 到 1000 升的范围内,更典型地在约 200 到约 600 升的范围内。

[0122] 光纤光束 972 优选以高的太阳能会聚度将光照射到太阳能供能的发电机 900 的太阳能电池板的表面上。从 50 到 250 个太阳的范围的强度是优选的。在 100 个太阳时,优选范围为 100 到 1000cm²的太阳能电池板。在内侧包括镜子并被真空绝热双面玻璃包围的镜腔从太阳能电池板俘获热和光。在全日照时的稳定状态操作下,太阳能电池板形成其最大设计温度梯度,即,350 开尔文。

[0123] 通过热电发生器将来自太阳能电池板的热传输到热交换器 978。热交换器 978 形成环道 979 的一部分,通过环道 979,水在罐 974 与热交换器 978 之间再循环。通过将太阳

能供能的发电机 900 设置在罐的基部附近,可以热重地 (thermo-gravimetrically) 对再循环流供能。备选地,可以使用电泵。

[0124] 包括热交换器 978、环道 979 和罐 974 的热水系统提供散热器,该散热器为具有有限容量的封闭系统以吸收热。通过允许水温通过宽范围变化而部分地适应用户要求的变动。备用气体加热器可以位于发电机 900 的底部以提供 50℃ 的最低温度。然后,可以在采取释放过量的热的任何措施之前允许将水加热到 95℃。混合阀 980 被配置为自动调整来自罐 974 和冷水源 981 的水之间的混合比,以按要求提供处于预设温度的水。如果热水温度达到其允许的最大值,则可以通过倾倒热水或使太阳能收集器 971 散焦来放弃加热。当散热器从 50℃ 到 95℃ 循环时,预期太阳能电池板从 400℃ 到 445℃ 循环。预期该循环不影响电力产生。

[0125] 使用单结薄膜 GaP 太阳能电池和常规热电材料,在室温下从太阳能电池板的电力产生为约 10%。随着器件 900 升高到其操作温度,太阳能电池板产生效率降低到约 7%。从热电器件的发电随温度升高。如果采用具有 0.8ZT 的常规热电半导体,则预期热电器件效率在稳定状态下达到约 9%,给出 16% 的总效率。如果使用纳米复合物材料以提供 2.0ZT,则仅仅热电器件的效率就为 16%,而总效率为 25%。如果太阳能电池板温度下降 100℃,则总效率仅仅降低到 23%。由于由减少的光引起温度降低,因此功率会下降更多。在较低温度下效率降低更快,但在光水平和水罐温度的实质范围内保持为很高。高温差分设计、太阳能电池板对高温性能的适应性以及能够使用高 ZT 材料的半导体的有效使用相结合以提供经济高效的系统。工业适用性

[0126] 本发明可用于绿色能量产生。

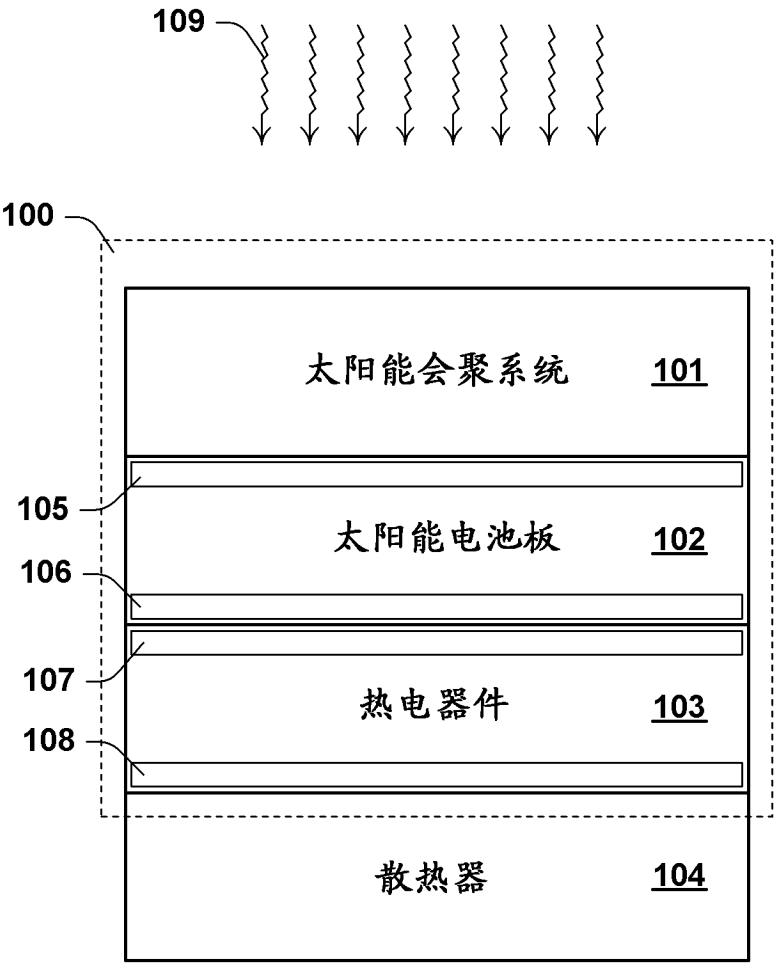


图 1

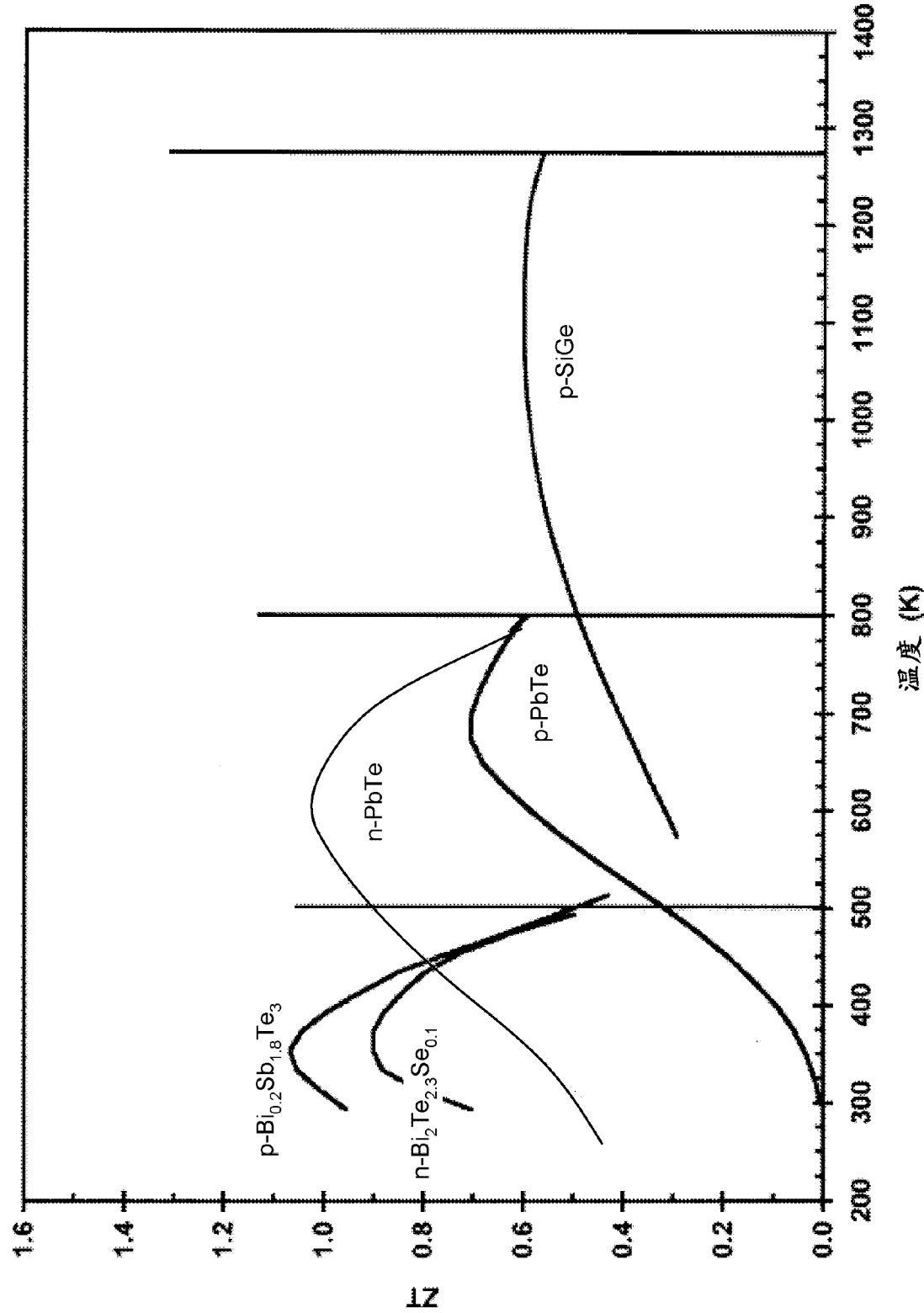


图 4

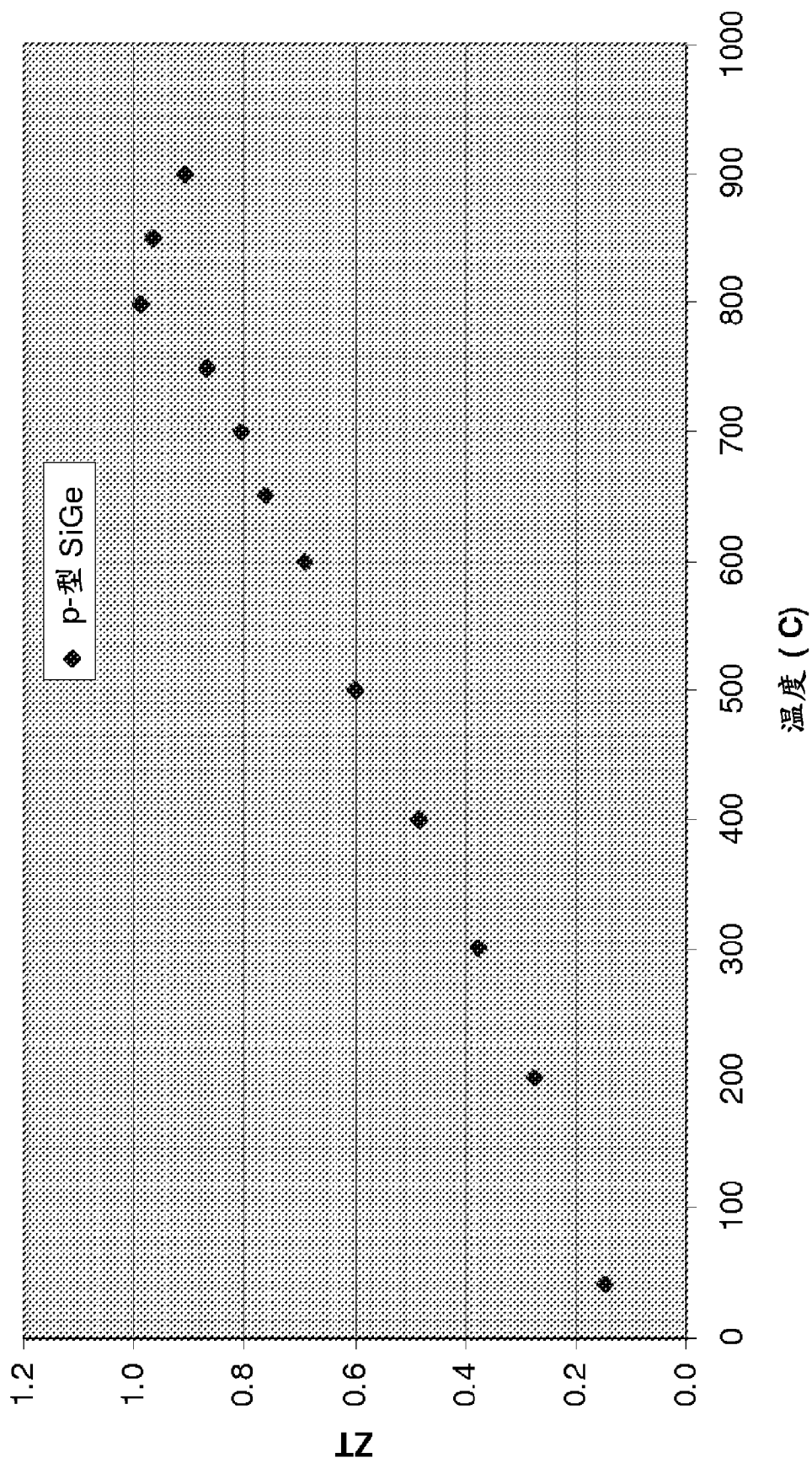


图 5

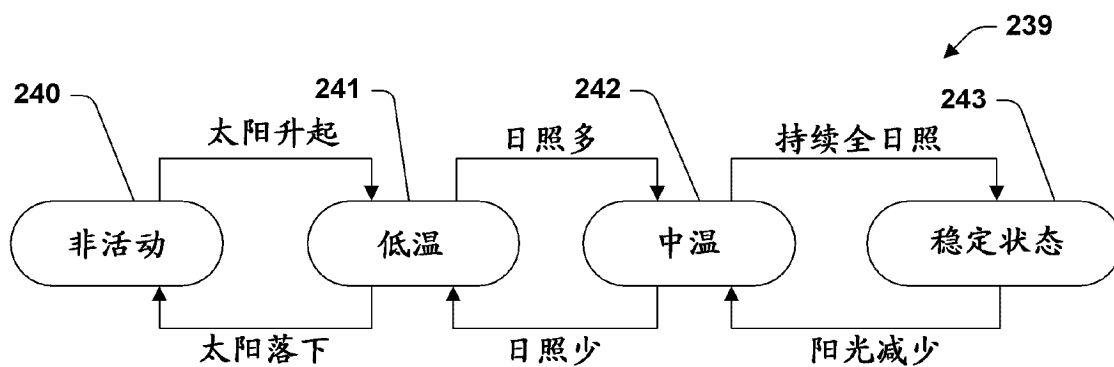


图 6

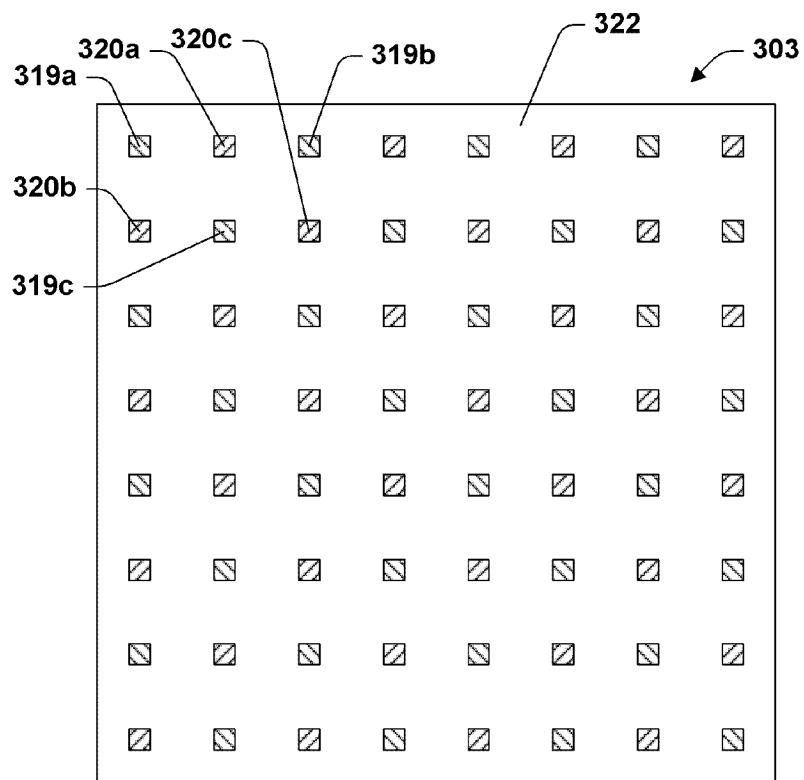


图 7

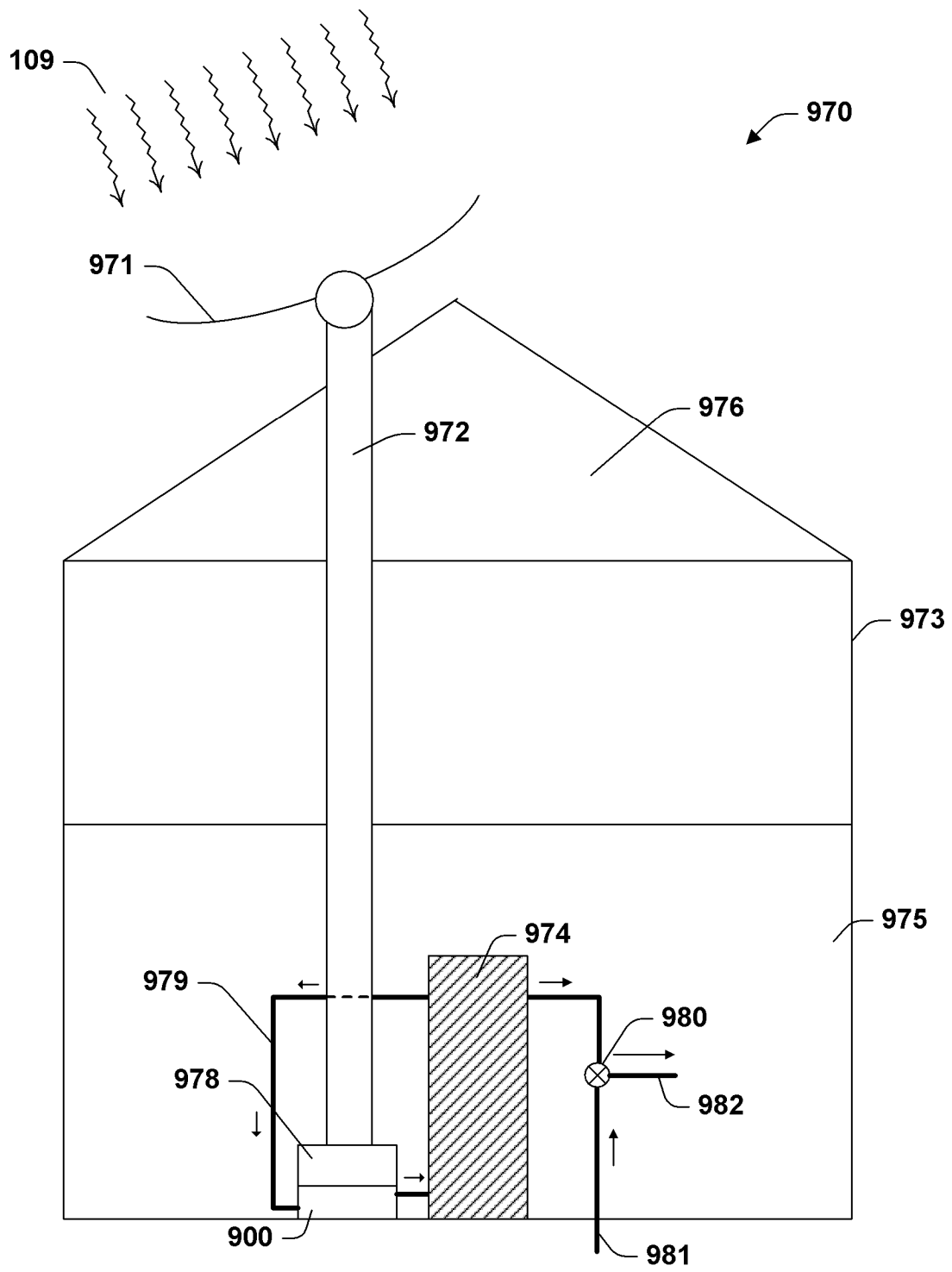


图 8