



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103201848 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 10

(21) 申请号 201180054451. 8

代理人 齐杨

(22) 申请日 2011. 09. 09

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

61/381, 984 2010. 09. 11 US

H01L 31/04 (2006. 01)

H01L 35/00 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 05. 10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/051065 2011. 09. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02012/034059 EN 2012. 03. 15

(71) 申请人 彼得·米伦·欧蓝

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 彼得·米伦·欧蓝

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司

责任公司 11287

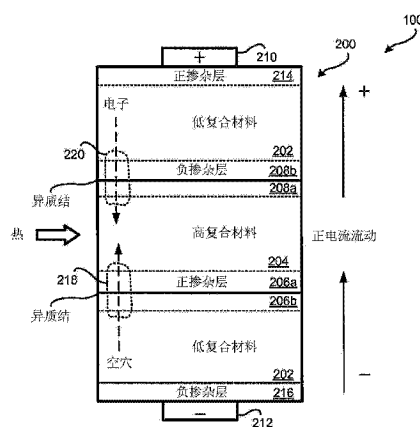
权利要求书4页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

用于从热产生电力的装置、系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及可操作以从热产生电力的系统及方法。示范性直接热电转换器实施例包含具有第一复合率的至少第一复合材料；邻近于所述第一复合材料且具有第二复合率的第二复合材料，其中所述第二复合率不同于所述第一复合率；及邻近于所述第二复合材料且具有与所述第一复合率大体上相同的第三复合率的第三复合材料。热的施加产生在所述第一复合材料与所述第二复合材料之间迁移的至少第一电荷载流子，且产生在所述第三复合材料与所述第二复合材料之间迁移的至少第二电荷载流子。所述第一电荷载流子的所述迁移及所述第二电荷载流子的所述迁移产生电流。



1. 一种直接热电转换器,其包括:

第一复合材料,其具有第一复合率;

第二复合材料,其邻近于所述第一复合材料且具有第二复合率,其中所述第二复合率不同于所述第一复合率;及

第三复合材料,其邻近于所述第二复合材料且具有与所述第一复合率大体上相同的第三复合率,

其中热的施加产生在所述第一复合材料与所述第二复合材料之间迁移的至少第一电荷载流子,

其中热的所述施加产生在所述第三复合材料与所述第二复合材料之间迁移的至少第二电荷载流子,其中所述第二电荷载流子在极性上与所述第一电荷载流子相反,且

其中所述第一电荷载流子的所述迁移与所述第二电荷载流子的所述迁移产生电流。

2. 根据权利要求1所述的直接热电转换器,其中所述第一复合材料及所述第三复合材料为低复合材料,且其中所述第二复合材料为高复合材料。

3. 根据权利要求2所述的直接热电转换器,其中所述第一复合材料与所述第二复合材料在第一异质结处接合,且其中所述第二复合材料与所述第三复合材料在第二异质结处接合:

其中所述第一复合材料包括:

负掺杂半导体层,其邻近于所述第一异质结;及

低复合半导体材料层,其邻近于所述第一复合材料的所述负掺杂半导体层且在所述第一复合材料的所述负掺杂半导体层的相对侧上;

其中所述第二复合材料包括:

负掺杂半导体层,其邻近于所述第一异质结;

正掺杂半导体层,其邻近于所述第二异质结;及

高复合半导体层,其在所述第二复合材料的所述负掺杂半导体层与所述第二复合材料的所述正掺杂半导体层之间;

其中所述第三复合材料包括:

正掺杂半导体层,其邻近于所述第二异质结;及

低复合半导体材料,其邻近于所述第三复合材料的所述正掺杂半导体层且在所述第三复合材料的所述正掺杂半导体层的相对侧上,

其中响应于接收到热,至少在所述第一复合材料的所述低复合半导体材料层内产生电子,其中所述电子迁移穿过所述第一复合材料及所述第二复合材料的所述负掺杂半导体层,

其中响应于接收到热,至少在所述第三复合材料的所述低复合半导体材料层内产生空穴,其中所述空穴迁移穿过所述第三复合材料及所述第二复合材料的所述正掺杂半导体层,且

其中所述电子的所述迁移及所述空穴的所述迁移产生所述电流。

4. 根据权利要求3所述的直接热电转换器,其中所述第一异质结在所述第一复合材料的所述负掺杂半导体层与所述第二复合材料的所述负掺杂半导体层之间居中。

5. 根据权利要求3所述的直接热电转换器,其中所述第二异质结在所述第二复合材料

的所述正掺杂半导体层与所述第三复合材料的所述正掺杂半导体层之间居中。

6. 根据权利要求 3 所述的直接热电转换器,其中所述第一复合材料的所述负掺杂半导体层的厚度不同于所述第二复合材料的所述负掺杂半导体层的厚度。

7. 根据权利要求 3 所述的直接热电转换器,其中所述第一复合材料及所述第三复合材料包括具有大体上 50% 的 Al 的 AlGaAs,且其中所述第二复合材料包括具有大体上 30% 的 Al 的 AlGaAs。

8. 根据权利要求 2 所述的直接热电转换器,

其中所述第一复合材料包括:

第一阳离子膜,其邻近于所述第二复合材料且与所述第二复合材料接触;及

第一阴离子膜,其邻近于所述第一阳离子膜且与所述第一阳离子膜接触;

其中所述第二复合材料至少包括水;

其中所述第三复合材料包括:

第二阴离子膜,其邻近于所述第二复合材料且与所述第二复合材料接触;及

第二阳离子膜,其邻近于所述第二阳离子膜且与所述第二阳离子膜接触,

其中响应于接收到热,产生氢氧根离子且从所述第一复合材料迁移到所述第二复合材料中,

其中响应于接收到热,产生氢离子且从所述第三复合材料迁移到所述第二复合材料中,且

其中所述氢氧根离子的所述迁移及所述氢离子的所述迁移产生所述电流。

9. 根据权利要求 1 所述的直接热电转换器,其中所述第一复合材料及所述第三复合材料为具有高复合率的高复合半导体材料,且其中所述第二复合材料为具有低复合率的低复合半导体材料。

10. 根据权利要求 9 所述的直接热电转换器,

其中所述第一复合半导体材料与所述第二复合半导体材料在第一异质结处接合,且其中所述第一复合半导体材料的邻近于所述第一异质结的一部分被正掺杂,且其中所述第二复合半导体材料的邻近于所述第一异质结的一部分被正掺杂,且

其中所述第三复合半导体材料与所述第二复合半导体材料在第二异质结处接合,且其中所述第三复合半导体材料的邻近于所述第二异质结的一部分被负掺杂,且其中所述第二复合半导体材料的邻近于所述第二异质结的一部分被负掺杂。

11. 根据权利要求 1 所述的直接热电转换器,其进一步包括:

第四复合材料,其邻近于所述第一复合材料且具有与所述第二复合率大体上相同的第四复合率;及

第五复合材料,其邻近于所述第四复合材料且具有与所述第一复合率大体上相同的第五复合率,

其中热的施加产生在所述第五复合材料与所述第四复合材料之间迁移的至少第一电荷载流子,

其中热的所述施加产生在所述第四复合材料与所述第一复合材料之间迁移的至少第二电荷载流子。

12. 一种用于使用直接热电转换器产生电流的方法,所述方法包括:

将热施加到直接热电转换器,所述直接热电转换器包含具有第一复合率的至少第一复合材料、邻近于所述第一复合材料的具有第二复合率的第二复合材料、邻近于所述第二复合材料且具有第三复合率的第三复合材料,其中所述第二复合率不同于所述第一复合率,且其中所述第三复合率与所述第一复合率大体上相同;及

将电流从所述直接热电转换器供应到负载,

其中热的施加产生在所述第一复合材料与所述第二复合材料之间迁移的至少负电荷载流子,

其中热的所述施加产生在所述第三复合材料与所述第二复合材料之间迁移的至少正电荷载流子,且

其中所述正电荷载流子的所述迁移及所述负电荷载流子的所述迁移产生从所述直接热电转换器供应到所述负载的所述电流。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,

其中所述第一复合材料、所述第二复合材料及所述第三复合材料为半导体材料,

其中所述第一复合材料与所述第二复合材料在第一异质结处接合,且所述第二复合材料与所述第三复合材料在第二异质结处接合,

其中各自邻近于所述第一异质结的所述第一复合材料的一部分及所述第二复合材料的第一部分被负掺杂,且各自邻近于所述第二异质结的所述第三复合材料的一部分及所述第二复合材料的第二部分被正掺杂,且

其中通过热的所述施加而产生的所述负电荷载流子为电子且通过热的所述施加而产生的所述正电荷载流子为空穴。

14. 根据权利要求 12 所述的方法,

其中所述第二复合材料包括水;

其中所述第一复合材料包括:

第一阳离子膜,其邻近于所述第二复合材料且与所述第二复合材料接触;及

第一阴离子膜,其邻近于所述第一阳离子膜且与所述第一阳离子膜接触;

其中所述第一复合材料包括:

第二阴离子膜,其邻近于所述第二复合材料且与所述第二复合材料接触;及

第二阳离子膜,其邻近于所述第二阴离子膜且与所述第二阴离子膜接触,

其中通过热的所述施加而产生的所述负电荷载流子为氢氧根离子,且其中通过热的所述施加而产生的所述正电荷载流子为氢离子。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,其进一步包括:

收集从所述直接热电转换器排出的所述氢离子。

16. 一种直接热电转换器,其包括:

第一低复合材料,其包括:

负掺杂半导体层,其邻近于第一异质结;及

低复合半导体材料层,其邻近于所述第一低复合材料的所述负掺杂半导体层且在所述第一低复合材料的所述负掺杂半导体层的相对侧上;

高复合材料,其包括:

负掺杂半导体层,其邻近于所述第一异质结;

正掺杂半导体层,其邻近于第二异质结;及

高复合半导体层,其在所述高复合材料的所述负掺杂半导体层与所述高复合材料的所述正掺杂半导体层之间;及

第二低复合材料,其包括:

负掺杂半导体层,其邻近于所述第二异质结;及

低复合半导体材料,其邻近于所述第二低复合材料的所述负掺杂半导体层且在所述第二低复合材料的所述负掺杂半导体层的相对侧上,

其中响应于接收到热,至少在所述第一低复合材料的所述低复合半导体材料层内产生电子,其中所述电子迁移穿过所述负掺杂半导体层,

其中响应于接收到热,至少在所述第二低复合材料的所述低复合半导体材料层内产生空穴,其中所述空穴迁移穿过所述正掺杂半导体层,且

其中所述电子的所述迁移及所述空穴的所述迁移产生电流。

17. 根据权利要求 16 所述的直接热电转换器,其中所述第一低复合材料进一步包括:

正掺杂层,其邻近于所述低复合半导体材料层,其中所述正掺杂层形成与所述直接热电转换器的正端子的欧姆类型接触。

18. 根据权利要求 16 所述的直接热电转换器,其中所述第二低复合材料进一步包括:

负掺杂层,其邻近于所述低复合半导体材料层,其中所述负掺杂层形成与所述直接热电转换器的负端子的欧姆类型接触。

19. 根据权利要求 16 所述的直接热电转换器,其进一步包括:

多个其它高复合材料层,其与多个其它低复合材料层交替分层,其中所述其它高复合材料层及所述其它低复合材料层的交替层在相应异质结处接合,

其中所述其它高复合材料层及所述其它低复合材料层中的每一者包括:

负掺杂半导体层,其邻近于相应异质结;

正掺杂半导体层,其邻近于相对的相应异质结;及

高复合半导体层,其在所述负掺杂半导体层与所述正掺杂半导体层之间。

用于从热产生电力的装置、系统及方法

技术领域

背景技术

[0001] 热为一种很容易获得的能量来源。热可从周围环境来源（例如，大气层、流水、太阳或地热流体）获得。热也可为例如蒸汽动力发电或工业制造、操作半导体装置或类似物的过程的副产物。

[0002] 然而，迄今难以将获得的热能转换成电能。例如，热可用于使用驱动发电机涡轮的辅助流体（例如，蒸汽或类似物）而产生电力。

[0003] 通常，例如在发电站及工业制造设施中，热被视为必须消除的废弃副产物。例如，当热为废弃副产物时，使用冷却塔或类似物将所述废热消散到大气中。

[0004] 因此，至少为了改进热效率且可能降低系统复杂性，在此项技术中需要从可用的热得到电力。

发明内容

[0005] 本发明揭示直接热电转换的系统及方法。示范性实施例包含具有第一复合率的至少第一复合材料、邻近于所述第一复合材料且具有第二复合率的第二复合材料，其中所述第二复合率不同于所述第一复合率，及邻近于所述第二复合材料且具有与所述第一复合率大体上相同的第三复合率的第三复合材料。热的施加产生在所述第一复合材料与所述第二复合材料之间迁移的至少第一电荷载流子，且产生在所述第三复合材料与所述第二复合材料之间迁移的至少第二电荷载流子。所述第二电荷载流子在极性方面与所述第一电荷载流子相反。所述第一电荷载流子的迁移及所述第二电荷载流子的迁移产生电流。

附图说明

[0006] 参考下列图式，优选实施例及替代实施例在下文中予以详细描述：

[0007] 图 1 为直接热电转换器的实施例的框图；

[0008] 图 2 为直接热电转换器的示范性半导体实施例的框图；

[0009] 图 3 概念性地说明移动电荷载流子从低复合材料迁移到正掺杂层中，且接着空穴从正掺杂层伴随迁移到高复合材料中；

[0010] 图 4 概念性地说明移动电荷载流子从低复合材料迁移到负掺杂层中，且接着电子从负掺杂层伴随迁移到高复合材料中；

[0011] 图 5 为直接热电转换器的替代半导体实施例的框图；

[0012] 图 6 为直接热电转换器的另一替代半导体实施例的框图；及

[0013] 图 7 为直接热电转换器的电化学实施例的框图。

具体实施方式

[0014] 图 1 为直接热电转换器 100 的实施例的框图。直接热电转换器 100 的实施例经配

置以从热源 102 接收热,且经配置以从所述所接收的热产生电力。所述电力(电流及电压)可输送到负载 104。在一些实施例中,所述所产生的电力以直流(DC)形式输出。在包含电力调节设备的其它实施例中,所述所产生的电力可以交流(AC)形式输出。

[0015] 各种半导体实施例经配置以通过使不同材料的耗尽区域彼此抵靠地凹陷而俘获二极管的“内建”电势(VD)。用于半导体中的载流子密度的整体公式在等式 1 中证明。

$$[0016] \quad n \cdot p = C \cdot T^3 e^{(-E_g/kb \cdot T)} \quad (1)$$

[0017] 在等式 1 中,n 及 p 分别为电子浓度及空穴浓度,C 为材料特定常数,T 为温度(以开尔文为单位), E_g 为能带间隙,及 kb 为波兹曼(Boltzmann)常数。在常温下, $kb \cdot T$ 为约 0.025eV。

[0018] 图 2 为直接热电转换器 100 的示范性半导体实施例 200 的框图。示范性半导体实施例 200 包括低复合材料 202(可互换地称为低复合半导体材料)及高复合材料 204(可互换地称为高复合半导体材料)的交替层。低复合材料 202 与高复合材料 204 在异质结处接合。

[0019] 高复合材料 204 可掺杂有正掺杂材料以在一端处且邻近于所述异质结形成正掺杂层 206a。高复合材料 204 可掺杂有负掺杂材料以在另一端处且邻近于另一异质结形成负掺杂层 208a。因此,一层高复合材料 204 保持不掺杂(且因此在正掺杂层 206a 及负掺杂层 208a 的相对侧上)。

[0020] 低复合材料 202 也可掺杂有正掺杂材料以在一端处且邻近于所述异质结形成正掺杂层 206b。低复合材料 202 也可掺杂有负掺杂材料以在另一端处且邻近于所述另一异质结形成负掺杂层 208b。因此,一层低复合材料 202 保持不掺杂。

[0021] 如图 2 中所说明,高复合材料 204 及低复合材料 202 被正掺杂层 206a/b 或负掺杂层 208a/b 分离。电子可穿过负掺杂层 208a/b 迁移越过所述异质结。空穴可穿过正掺杂层 206a/b 迁移越过所述异质结。在本文中,电子及/或空穴漂移、扩散及热离子发射(指示越过所述异质结)可互换地被用于术语“迁移”。

[0022] 正端子 210 及负端子 212 提供附接点(肖特基(Schottky)接触或类似物)以递送所产生的 DC 电力。在替代实施例中,任选的正掺杂层 214 及/或任选的负掺杂层 216 可分别包含于低复合材料 202 及/或高复合材料 204 的端处,以提供与端子 210、212 的欧姆类型接触。

[0023] 可使用任何合适的低复合材料 202 及高复合材料 204。在各种实施例中,可使用任何合适的掺杂材料类型、掺杂层深度及/或杂质浓度。在一些实施例中,可使用不同掺杂材料。

[0024] 低复合材料 202、高复合材料 204、正掺杂层 206a/b 及负掺杂层 208a/b 为半导体类型材料,其中(与绝缘体类型材料相比),传导带与价电子带之间的能带间隙相对较小。与低复合材料 202 相比,在高复合材料 204 中,电子及空穴可更容易复合或可被湮灭。由于电子及空穴复合的速率分别与传导带及价电子带中的电子及空穴浓度成反比,所以与高复合材料 204 相比,低复合材料 202 在任何给定温度下具有相对更自由的电子及空穴。因此,(与高复合材料 204 相比),存在可用于从低复合材料 202 迁移的相对较大数目的自由电子及空穴。使用所关注的具有相对较高的复合率及相对较低的复合率的经选择的材料形成各种实施例,以在半导体实施例 200 中实现所需电流及/或电压。

[0025] 当将热能施加或传输到半导体材料 202、204、206a/b 及 / 或 208a/b 中时,若干移动电荷载流子(电子)能从其价电子带一直迁移到其相应传导带。一旦电子迁移到其传导带,所述电子可轻易移动到邻近原子或分子的传导带。通过所述电子产生的相关联的空穴也为可轻易迁移到邻近原子或分子的移动电荷载流子。

[0026] 由于倾向于抵抗电子及空穴对的复合的低复合材料 202 的固有性质,低复合材料 202 的移动电荷载流子(电子)倾向于保持于传导带中。因此,低复合材料 202 的移动电荷载流子迁移到邻近原子或分子的其它传导带是相对容易的。

[0027] 相反,已迁移到高复合材料 204 中的电子及 / 或空穴倾向于复合。由于倾向于促进电子及 / 或空穴的复合的高复合材料 204 的固有性质,电子移动电荷载流子退出传导带进入价电子带的可用空穴中。即,传导带中的电子与价电子带的空穴复合是相对容易的。

[0028] 可以在直接热电转换器 100 的半导体实施例 200 中诱发(产生)聚集电流流动及伴随电压的方式导引、引导、限制及 / 或约束移动电荷载流子(电子及 / 或空穴)的迁移。接着在端子 210、212 处获得的电流及电压可被提供到负载 104(图 1)。

[0029] 图 3 展示半导体实施例 200 的一部分 214,其概念性地说明移动电荷载流子(电子及空穴)从低复合材料 202 迁移到正掺杂层 206a/b 中,且接着空穴从正掺杂层 206a/b 伴随迁移到高复合材料 204 中。图 4 展示半导体实施例 200 的一部分 216,其概念性地说明移动电荷载流子(电子及空穴)从低复合材料 202 迁移到负掺杂层 208a/b 中,且接着电子从负掺杂层 208a/b 伴随迁移到高复合材料 204 中。在图 3 及 4 中,空穴概念性地说明为“o”且电子概念性地说明为“e”。所述空穴在极性方面与所述电子相反。

[0030] 正掺杂层 206a/b 为用导致所述正掺杂层 206a/b 中的相对较大数目的空穴的杂质而制造的半导体层。如图 3 中概念性地说明,当来自邻近低复合材料 202 的移动电荷载流子(电子及 / 或空穴)迁移到正掺杂层 206a/b 中时,所述迁移电子分别倾向于排斥正掺杂层 206a/b 的空穴或与正掺杂层 206a/b 的空穴复合。然而,来自低复合材料 202 的迁移空穴倾向于穿过正掺杂层 206a/b 迁移到高复合材料 204 中。空穴从低复合材料 202 穿过正掺杂层 206a/b 且接着进入高复合材料 204 中的此净移动导致所产生的电流及电压。

[0031] 用导致负掺杂层 208a/b 中的相对较大数目的电子的杂质来制造负掺杂层 208a/b。如图 4 中概念性地说明,当来自邻近低复合材料 202 的移动电荷载流子(电子及 / 或空穴)迁移到负掺杂层 208a/b 中时,所述迁移空穴分别倾向于排斥负掺杂层 208a/b 的电子或与负掺杂层 208a/b 的电子复合。然而,来自低复合材料 202 的迁移电子倾向于穿过负掺杂层 208a/b 迁移到高复合材料 204 中。电子从低复合材料 202 穿过负掺杂层 208a/b 且接着进入高复合材料 204 中的此净移动导致所产生的电流及电压。

[0032] 穿过正掺杂层 206a/b 迁移到高复合材料 204 中的空穴倾向于与穿过负掺杂层 208a/b 迁移到高复合材料 204 中的电子组合。当所述电子及空穴在高复合材料 204 中复合时,额外的移动电荷载流子(电子及 / 或空穴)倾向于进一步迁移到高复合材料 204 中。只要在低复合材料 202 中具有足够的热能以产生移动电荷载流子且存在负载以吸收电流,所述移动电荷载流子连续迁移到高复合材料 204 中的倾向导致可持续的所产生的电流及电压。如果不存在负载,那么将达到最大开路电压,从而将净迁移减小到零。

[0033] 图 5 为直接热电转换器 100 的替代半导体实施例 500 的框图。半导体实施例 500 包括被正掺杂层 206a/b 或负掺杂层 208a/b 分离的高复合材料 204 及低复合材料 202 的若

干交替层。正端子 210 及负端子 212 提供附接点以递送所产生的 DC 电力。在替代实施例中,取决于半导体材料的端部分的材料复合类型,正掺杂层及 / 或负掺杂层(未展示)可任选地被包含于半导体实施例 500 的端处。

[0034] 图 6 为直接热电转换器 100 的替代半导体实施例 600 的框图。半导体实施例 600 包括被正掺杂层 206a/b 或负掺杂层 208a/b 分离的高复合材料 204 及多个低复合材料 202 的多个交替层。正端子 210 及负端子 212 提供附接点以递送所产生的 DC 电力。在替代实施例中,取决于半导体材料的端部分的材料复合类型,正掺杂层 214 及 / 或负掺杂层 216 可任选地被包含于半导体实施例 200 的端处。

[0035] 交替高复合材料 204 及低复合材料 202 的多个层允许在所述端子 210、212 处产生较高电压及 / 或电流。因此,半导体实施例 500 的设计及制造可经工程设计以提供所关注的任何合适的电压及 / 或电流。可在端子处使用任一材料,而不管在相对端子处所使用的材料。

[0036] 在一些应用中,半导体实施例 200、500、600 的群组可以并联连接配置及 / 或串联连接配置布置以进一步提供所关注的电压及 / 或电流。因此,一些半导体实施例 200、500、600 可经配置以获取低电压及 / 或低电流负载 104。其它半导体实施例 200、500、600 可经配置以获取高电压及 / 或高电流负载 104。一些实施例可经配置以补充或甚至取代公用事业电网或私人电力系统中所使用的发电站。在废热为可得的情况下,半导体实施例 200、500、600 可用于能量转换、绿色电力及 / 或热电联产。

[0037] 在作业中的半导体实施例 600 中,使用分子束外延制造三英寸晶片,其具有总共 21 层(10.5 对),各层 0.25 微米厚,在 n 掺杂的 GaAs 晶片上交替着 0.50AlGaAs(50%的 Al) 及 0.33AlGaAs(30%的 Al)。通过在各异质结处交替掺杂,各层的顶部及底部的 10% (25nm) 在 $1.0E+18$ 下掺杂。端子 210、212 沉积于所述所完成的晶片的顶部及底部上且被退火。表 1 说明所述作业中的半导体实施例 600 的所测量的测试性能结果。

[0038]

温度 (F)	电压 (mV)	电流 (uA)
250	0.026	0.04
300	0.051	0.11
350+/-25(循环)		0.03 到 0.72
450+/-25(循环)		0.27 到 1.95
550+/-25(循环)		0.40 到 3.07

[0039] 表 1

[0040] 通常,间接半导体材料与直接半导体材料之间的分界线为约 41-43%。高于其为间接,低于其为直接。精确的 AL 百分比数可基于温度及制造而改变。示范性实施例以大体上 50%的 AL 及大体上 30%的 AL 制造。在使用 AlGaAs 制造的替代实施例中,可使用高于 50%的 AL 及低于 30%的 AL 的百分比。

[0041] 半导体实施例 200、500、600 可使用任何合适的半导体制造工艺而轻易制造。此外,在直接热电转换器 100 的制造中可使用任何合适的半导体材料。半导体材料的其它非限制性实例包含(但不限于)Ge、 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 、SiGe 超晶格、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 、GaSb、PbS、PbSe 或 PbTe。可使用包含 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}/\text{Bi}_y\text{Sb}_{1-y}$ 的间接窄间隙超晶格材料。

[0042] 甚至当两个半导体皆为直接(或间接)时,其仍可具有不同的复合率。具有不同有效的状态密度(指示不同的复合率)的窄间隙直接半导体特别受关注。不同的状态密度值可选择性地用于半导体层的制造中以控制输出电流及/或电压。特定来说,硫化铅(PbS)及碲化铅(PbTe)在常温下具有明显差异(例如,1.6 倍)。通常,可在一结构中一起生长的具有窄能带间隙及不相等的复合率的任何材料对可用于半导体实施例 200、500、600 中。

[0043] 此外或替代地,可改变半导体层及/或掺杂层的厚度以控制输出电流及/或电压。在一些实施例中,在不会不利地影响性能的情况下,额外层可插入于所述材料(例如,掺杂区域内的金属层)之间。在示范性实施例中,异质结在掺杂层 208a/b 之间居中或大体上居中。在其它实施例中,所述异质结可不居中。在一些实施例中,所述异质结可位于掺杂层 208a/b 之外。在此类实施例中,载流子的比率可保持由掺杂的效果支配。而且,在此类实施例中,固有地省略掺杂层 208a/b 中的一者。

[0044] 图 6 为直接热电转换器 100 的替代半导体实施例 600 的框图。半导体实施例 600 包括被正掺杂层 206a/b 或负掺杂层 208a/b 分离的高复合材料 204 及低复合材料 202 的多个交替层。正端子 210 及负端子 212 提供附接点以递送所产生的 DC 电力。在替代实施例中,取决于半导体材料的端部分的材料复合类型,正掺杂层 214 及/或负掺杂层 216 可任选地包含于半导体实施例 200 的端处。

[0045] 图 7 为直接热电转换器 100 的电化学实施例 700 的框图。电化学实施例 700 包括围封高复合材料 704 及低复合材料的多个交替层的围封体 702。所述低复合材料通过相互接触的阴离子膜 706 及阳离子膜 708 协作形成。正端子 210 及负端子 212 提供附接点以递送所产生的 DC 电力。

[0046] 在示范性实施例中,高复合材料 704 为水。优选地,高复合材料 704 的水为纯净的或大体上纯净的。在一些实施例中,可添加化学添加剂以调整复合。替代地或此外,另一类型的高复合流体或材料可用于所述高复合材料 704。

[0047] 当将热能添加到电化学实施例 700 时,在通过阴离子膜 706 及阳离子膜 708 协作形成的低复合材料中产生正电荷载流子及负电荷载流子。从阳离子膜 708 迁移到水中的负电荷载流子与位于水的相对侧上的从阴离子膜 706 迁移到水中的带正电载流子复合。

[0048] 在示范性电化学实施例 700 中,所述正电荷载流子为氢离子(H^+)。所述氢离子朝向其相应高复合材料 704(水)迁移。电化学实施例 700 中的负电荷载流子为氢氧根离子(OH^-)。所述氢氧根离子也朝向其相应高复合材料 704(水)迁移。这些带正电氢离子的移动及氢氧根离子的相对移动导致越过电化学实施例 700 的电荷的净迁移,从而导致电流及电压。所述氢离子在极性方面与所述氢氧根离子相反。

[0049] 任何合适的阴离子交换膜材料可用于阴离子膜 706。任何合适的阳离子交换膜材料可用于阳离子膜 708。使用 AMI-7001S 阴离子交换膜的示范性作业实施例夹着 CMI-7002 阳离子交换膜。九个膜对布置在托盘 702 中且蒸馏水用作所述高复合材料 704。

[0050] 在所述示范性实施例中,氢在接近所述正端子 210 处从围封体 702 排出。在一些

实施例中,围封体 702 可经配置以俘获所述所排出的氢以用于其它化学或电化学工艺。

[0051] 在所述示范性实施例中,氧在接近负端子 212 处从围封体 702 排出。在一些实施例中,围封体 702 可经配置以俘获所述所排出的氧以用于其它化学或电化学工艺。

[0052] 在使用水作为高复合材料 704 的电化学实施例 700 中,所述所排出的氢及氧耗尽水。因此,必须不断地添加水以延长电化学实施例 700 的有用寿命。

[0053] 应强调的是,上述直接热电转换器 100 的实施例仅为本发明的实施方案的可能实例。可对上述实施例作许多变更及修改。在本文中,所有此类修改及变更意欲被包含于本发明的范围的內且受所附权利要求书保护。

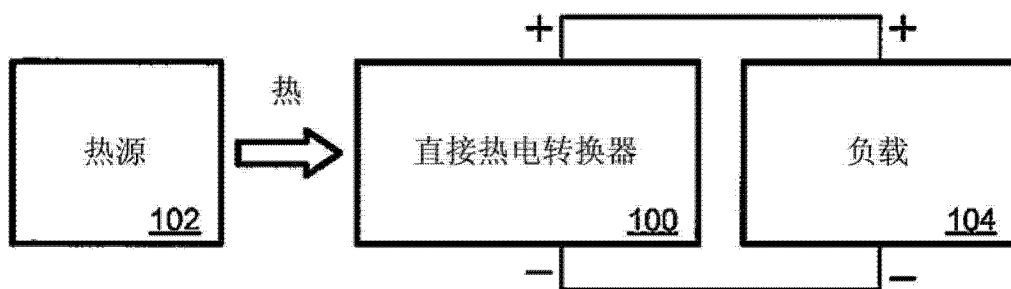


图 1

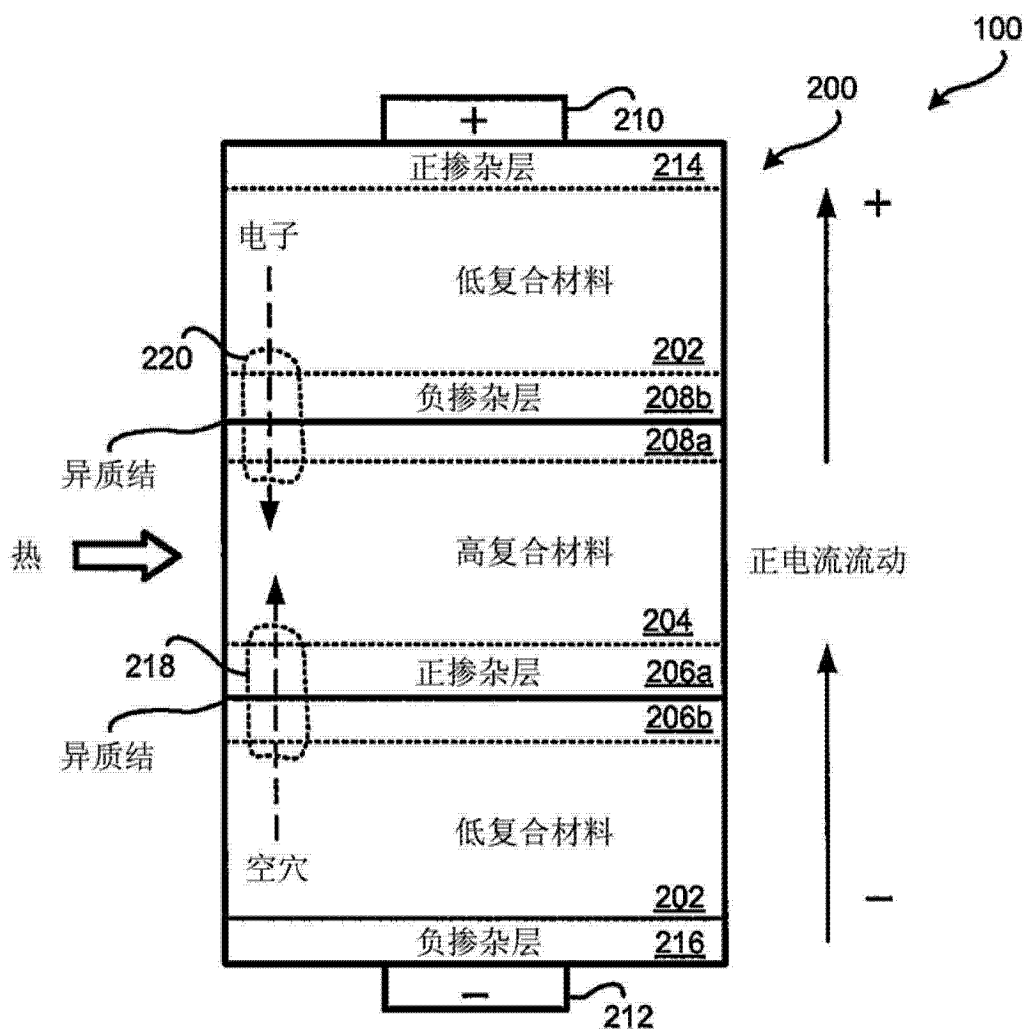


图 2

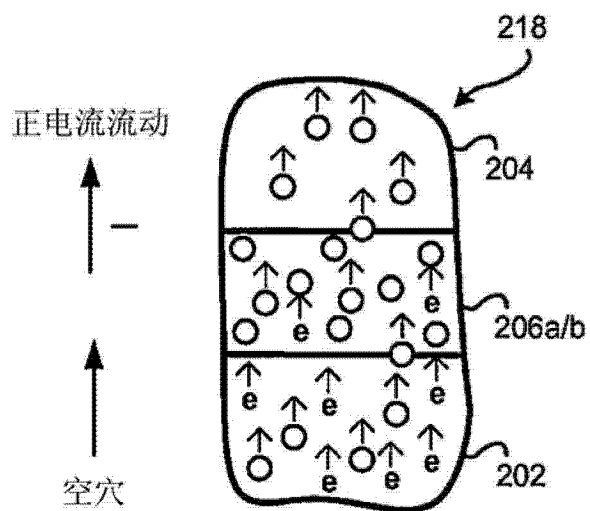


图 3

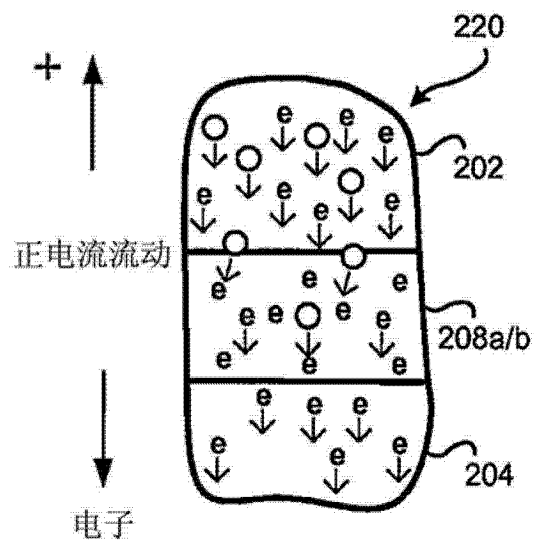


图 4

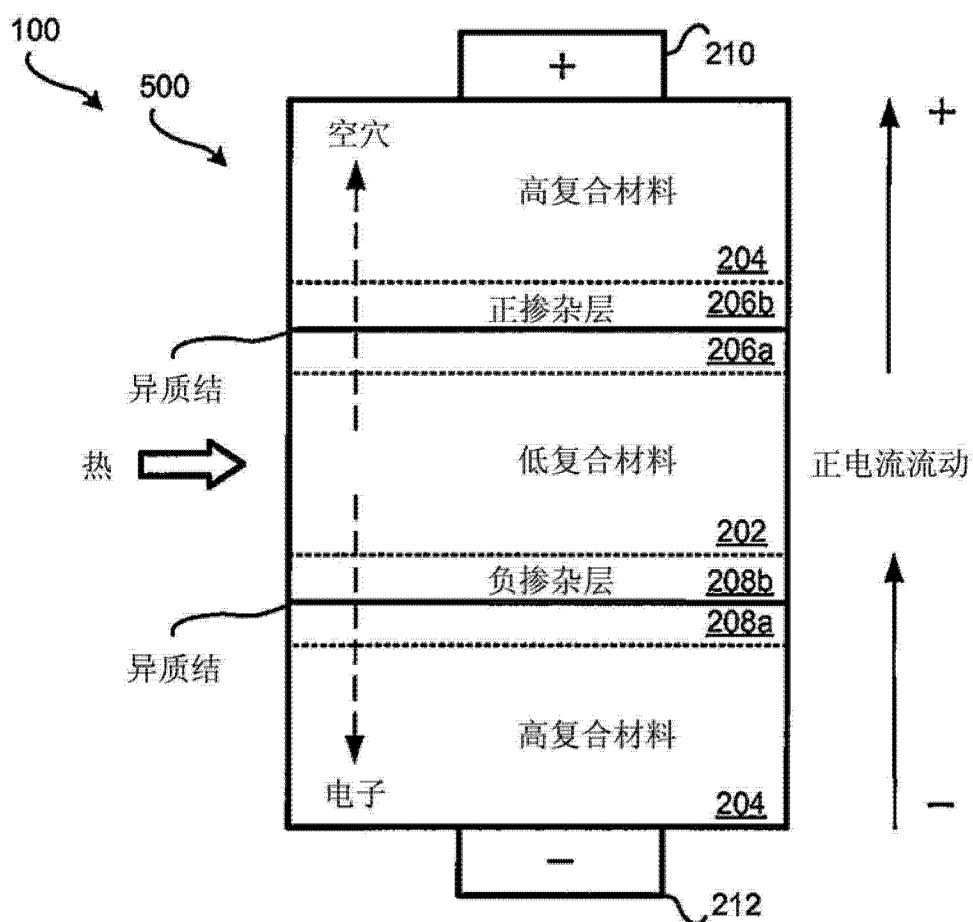


图 5

