



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103262258 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201180060387. 4

(22) 申请日 2011. 09. 22

(30) 优先权数据

12/970, 230 2010. 12. 16 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 06. 14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/052788 2011. 09. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/091771 EN 2012. 07. 05

(73) 专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 A·斯特里特

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

代理人 赵蓉民 张全信

(51) Int. Cl.

H01L 31/048(2014. 01)

H01L 31/18(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102575034 A, 2012. 07. 11, 全文.

JP 特开 2008-47815 A, 2008. 02. 28, 全文.

US 4542257 A, 1985. 09. 17, 全文.

审查员 贾翠乐

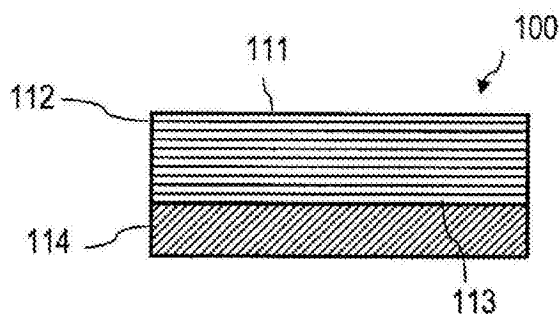
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

直接将太阳能电池粘合至聚酰亚胺的方法

(57) 摘要

公开了一种构建太阳能电池板的方法,包括提供具有正面和背面的太阳能电池,其中在正常运行期间,所述正面面对太阳;加热热塑性聚酰亚胺到至少其回流温度;当被加热到至少其回流温度时,使热塑性聚酰亚胺流动至太阳能电池的背面上;以及将热塑性聚酰亚胺冷却至低于其回流温度的温度,以将热塑性聚酰亚胺直接粘合至太阳能电池。不借助粘合剂如RTV粘合剂,完成热塑性聚酰亚胺与太阳能电池的直接粘合。方法还可包括将基底直接粘合至与太阳能电池相对的热塑性聚酰亚胺。



1. 一种构建太阳能电池板的方法,所述方法包括:
提供具有正面和背面的太阳能电池,在正常运行期间,所述太阳能电池的正面对太阳;
加热热塑性聚酰亚胺到至少其回流温度;
当被加热到至少其回流温度时,使所述热塑性聚酰亚胺流动至所述太阳能电池的背面上;
冷却所述热塑性聚酰亚胺至低于其回流温度的温度,以将所述热塑性聚酰亚胺直接粘合至所述太阳能电池;
将基底粘合至与所述太阳能电池的背面相对的所述热塑性聚酰亚胺;
其中所述热塑性聚酰亚胺包括:
至少一种二胺单体和至少两种二酐单体,至少两种二胺单体和至少一种二酐单体,或至少两种二胺单体和两种二酐单体,其中二胺单体选自 2,2-双[4-(4-氨基苯氧基)苯基]-六氟丙烷和 4,4'-二氨基 N-苯甲酰苯胺,且二酐单体选自 4,4'-(六氟异亚丙基)二-邻苯二甲酸酐和 3,3',4,4'-联苯四羧酸二酐。
2. 根据权利要求 1 中所述方法,其进一步包括提供多个太阳能电池,将所述多个太阳能电池中的每个电连接至形成阵列的至少一个其他的太阳能电池。
3. 根据权利要求 1 或 2 中所述方法,其中所述热塑性聚酰亚胺所具有的热膨胀系数与所述太阳能电池的热膨胀系数充分匹配。
4. 根据权利要求 3 中所述方法,其中所述太阳能电池的所述热膨胀系数为 3 至 8ppm/°C。
5. 根据权利要求 1 中所述方法,其中所述回流温度大于 300°C 且小于 400°C。
6. 根据权利要求 1 所述方法,其中加热包括将所述热塑性聚酰亚胺加热至 300°C 至 375°C。
7. 根据权利要求 1 所述方法,其中冷却所述热塑性聚酰亚胺包括冷却至环境温度。
8. 根据权利要求 1、2、或 7 中任一项所述方法,其进一步包括提供所述热塑性聚酰亚胺作为聚酰亚胺板,且在加热、流动和冷却所述热塑性聚酰亚胺之前,将所述聚酰亚胺板放在所述太阳能电池上。
9. 根据权利要求 1 中所述方法,其中将所述基底粘合至所述热塑性聚酰亚胺包括在所述冷却步骤后向其施加加热和压力。
10. 根据权利要求 1 所述方法,其进一步包括:
 - a. 在冷却所述热塑性聚酰亚胺之前,将所述基底放在所述热塑性聚酰亚胺上。
11. 根据权利要求 1 所述方法,其中所述基底包括石墨、芳族聚酰胺基材料、碳纤维、金属或金属合金,以及其组合。
12. 根据权利要求 1 所述方法,其中所述基底为复合材料。
13. 根据权利要求 1 所述方法,其中所述太阳能电池的背面包括金属或陶瓷。
14. 根据权利要求 1 所述方法,其进一步包括:在使所述热塑性聚酰亚胺流动之前,将导线电连接至所述太阳能电池的背面,所述导线可连接至另一个太阳能电池、太阳能电池板、或导线。
15. 一种根据权利要求 1 至 14 中的任一项所制备的太阳能电池板。

16. 一种包括根据权利要求 1 至 14 中的任一项所制备的太阳能电池板的模块太阳能电池阵列。

直接将太阳能电池粘合至聚酰亚胺的方法

技术领域

[0001] 本申请涉及太阳能电池,且更具体地,涉及直接将热塑性聚酰亚胺粘合至太阳能电池的方法。

背景技术

[0002] 如图 1 中所示,航天器 10 包括许多刚性太阳能板 12,如在其展开位置所示。利用太阳能电池阵列 14——其可包括数百或数千个被粘合至每个太阳能板 12 的太阳能电池 16——提供电能,以驱动多种航天器系统并为其电池充电。航天器旋转太阳能板 12,以便太阳能板 12 接收太阳 18 的直接光照,来提高效率。

[0003] 太阳能电池 16 包括平坦的光伏晶片——其由 n 型或 p 型结晶的半导体材料制得,例如,硅、砷化镓或锗,其中或其上形成了具有相反导电率类型的薄表面层。表面层和晶片的主区域之间的界面限定半导体结。照射薄表面层促使载流子——包括半导体结区域中的电子和空穴——释放,其朝相反表面迁移,以在太阳能电池上产生电势。

[0004] 太阳能板 12 具有三个主要功能。第一,太阳能板提供具有足够轴向和弯曲劲度的刚性支撑结构,通过动态活跃的发射环境将太阳能电池阵列 14 输送至轨道中并对其进行定位,以接收光照。第二,太阳能板 12 的前表面——电池被粘合至此——具有电惰性,从而单个太阳能电池 16 被电隔离。最后,太阳能板 12 用作太阳能电池阵列的面向空间侧(对着太阳 18)的吸热器。图 1 中的航天器 10 为如所述的刚性阵列。薄膜太阳能电池阵列也是可能的,在发射期间其利用不同的装载结构——其比刚性板更轻且装载效率更高,其可包括轻薄的展开结构,保持太阳能电池在薄膜太阳能电池阵列上的空间之外。

[0005] 无论是刚性阵列、薄膜阵列还是柔性阵列,均存在许多与太阳能板的设计相关的重要问题。基底的散热能力必须足够冷却太阳能电池阵列,以保持能效。相比太阳能电池,太阳能板应该具有低的和/或相匹配的热膨胀性能。阵列的照射侧的温度可高达 +70℃,且面对深空的背面上的薄膜阵列可低至 -180℃或更低。由于这些热膨胀性能,可使太阳能板发生翘曲或损坏。

[0006] 在太阳能板的设计中,最关注的是重量。现有的航天器可具有八个太阳能板,每侧四个,其中对于每块板而言,结构组件的重量约为 10 磅(4.5 千克)。目前,在航天器的整个生命周期中,航天器的飞行成本估计可每磅高达 \$25,000 或更高。因此,太阳能板的重量影响了航天器的总运行成本。

[0007] 太阳能电池通常由石墨面板和绝缘层面板支撑,石墨面板和绝缘层面板通过称为“RTV”粘合剂的硅氧烷基粘合剂粘合至太阳能电池。该太阳能电池的横截面从顶部到底部通常在蜂巢状基底上包括太阳能电池 CIC(玻璃罩、互连(interconnects)、电池)、RTV 粘合剂层、绝缘层面板(例如, DuPont™ Tedlar® 聚氟乙烯(PVF)薄膜或聚酰亚胺,如 Dupont™ Kapton® 聚酰亚胺薄膜)、以及石墨或 Kevlar® 面板。RTV 是工业中认可的在太阳能电池阵列的整个生命周期的降解源。试图降低太阳能电池阵列的降解包括开发超低除气

作用的 RTV。

[0008] RTV 具有的热膨胀系数(“CTE”) 在 100-200ppm/°C 范围内。Kapton[®] 聚酰亚胺薄膜具有的 CTE 大约为 17-20ppm/°C 且一些太阳能电池具有的 CTE 大约为 3-8ppm/°C。在将该认可的粘合剂用作构建太阳能电池阵列的标准粘合剂时, 太阳能电池、RTV 粘合剂和 Kapton[®] 聚酰亚胺薄膜之间的 CTE 固有地存在不匹配情况。为了消除这种不匹配情况, 其中一个方法就是对 RTV 的厚度进行优化。但是, 增加厚度会使太阳能电池阵列的重量增加, 取决于太阳能电池阵列的预期应用, 这可能是不期望的。

发明内容

[0009] 根据本公开提供的一方面, 所公开的方法包括, 通过提供具有正面和背面的太阳能电池(在正常运行期间, 所述正面面对太阳) 构建太阳能电池板, 对热塑性聚酰亚胺加热到至少其回流温度, 当被加热到至少其回流温度时, 使热塑性聚酰亚胺流动至太阳能电池的背面上, 将热塑性聚酰亚胺冷却至低于其回流温度的温度, 以将热塑性聚酰亚胺直接粘合至太阳能电池, 以及将基底粘合至与太阳能电池的背面相对的热塑性聚酰亚胺。热塑性聚酰亚胺包括: 至少一种二胺单体和至少两种二酐单体, 至少两种二胺单体和至少一种二酐单体, 或至少两种二胺单体和两种二酐单体, 其中二胺单体选自 2, 2'-双[4-(4-氨基苯氧基) 苯基]-六氟丙烷和 4, 4'-二氨基 N- 苯甲酰苯胺, 且二酐单体选自 4, 4'-(六氟异亚丙基)二-邻苯二甲酸酐和 3, 3', 4, 4'-联苯四羧酸二酐。不借助粘合剂, 如 RTV 粘合剂, 将热塑性聚酰亚胺直接粘合至太阳能电池。方法可用在薄膜折叠的或柔性的太阳能电池阵列上, 从而使刚性或柔性太阳能电池阵列具有同样的优势。特别地, 排除 RTV 粘合剂降低了太阳能电池阵列的总重量并减少了相邻层的 CTE 值的差异, 这最终降低了太阳能电池阵列在热循环期间的热应力并提供了延长的阵列的使用寿命。

[0010] 有利地, 方法进一步包括提供多个太阳能电池, 将多个太阳能电池中的每个电连接至形成阵列的至少一个其他的太阳能电池。

[0011] 优选地, 热塑性聚酰亚胺具有的热膨胀系数与太阳能电池的热膨胀系数充分匹配。

[0012] 优选地, 太阳能电池的热膨胀系数为约 3 至 8ppm/°C。

[0013] 优选地, 回流温度大于约 300°C 且小于约 400°C。

[0014] 优选地, 加热包括将热塑性聚酰亚胺加热至约 300°C 至约 375°C。

[0015] 优选地, 冷却热塑性聚酰亚胺包括冷却至环境温度。

[0016] 优选地, 方法进一步包括提供热塑性聚酰亚胺作为聚酰亚胺板, 且在加热、流动和冷却热塑性聚酰亚胺之前, 将聚酰亚胺板放置在太阳能电池上。

[0017] 有利地, 不借助粘合剂, 将基底粘合至热塑性聚酰亚胺。

[0018] 优选地, 将基底粘合至热塑性聚酰亚胺包括在冷却步骤后向其施加热和压力。

[0019] 优选地, 方法进一步包括在冷却热塑性聚酰亚胺之前, 将基底放置在热塑性聚酰亚胺上。

[0020] 优选地, 基底包括石墨、芳族聚酰胺基材料、碳纤维、金属或金属合金, 以及其组合。

[0021] 优选地,基底为复合材料。

[0022] 优选地,太阳能电池的背面包括金属或陶瓷。

[0023] 优选地,方法进一步包括在使热塑性聚酰亚胺流动之前,将导线电连接至太阳能电池的背面,导线可连接至另一个太阳能电池、太阳能电池板、或导线。

[0024] 在其他方面,方法可包括将基底直接粘合至与太阳能电池相对的热塑性聚酰亚胺。可在进行热塑性聚酰亚胺的流动和冷却之后发生该粘合步骤。

[0025] 在提供的进一步方面,公开了构建模块化的太阳能电池阵列的方法,该方法包括,提供多个具有正面和背面的太阳能电池(其中在正常运行期间,所述正面面对太阳),对热塑性聚酰亚胺加热到至少其回流温度,当被加热到至少其回流温度时,使热塑性聚酰亚胺流动至多个太阳能电池的背面上,将热塑性聚酰亚胺冷却至低于其回流温度的温度,以将热塑性聚酰亚胺直接粘合至多个太阳能电池,将基底粘合至与太阳能电池背面相对的热塑性聚酰亚胺;然后将多个太阳能电池电连接至阵列内的至少一个其他的太阳能电池。热塑性聚酰亚胺包括:至少一种二胺单体和至少两种二酐单体,至少两种二胺单体和至少一种二酐单体,或至少两种二胺单体和两种二酐单体,其中二胺单体选自 2,2-双[4-(4-氨基苯氧基)苯基]-六氟丙烷和 4,4'-二氨基 N-苯甲酰苯胺,且二酐单体选自 4,4'-(六氟异丙基)二-邻苯二甲酸酐和 3,3',4,4'-联苯四羧酸二酐。

[0026] 根据本公开的进一步方面,提供了太阳能电池板,包括:具有正面和背面的太阳能电池,在正常运行期间,太阳能电池的正面面对太阳;不借助粘合剂被直接粘合至太阳能电池的背面的热塑性聚酰亚胺。

[0027] 有利地,热塑性聚酰亚胺基本覆盖了太阳能电池的背面作为具有厚度在约 0.5mil 至约 10mil 的层。

[0028] 有利地,热塑性聚酰亚胺具有的热膨胀系数与太阳能的热膨胀系数充分匹配,且太阳能电池的热膨胀系数都为 3 至 8ppm/°C。

[0029] 有利地,热塑性聚酰亚胺具有的回流温度大于约 300°C 且小于约 400°C,且为绝缘材料,具有的绝缘强度为约 1000V/mil 或更大。

[0030] 有利地,热塑性聚酰亚胺包括:至少一种二胺单体和至少两种二酐单体,至少两种二胺单体和至少一种二酐单体,或至少两种二胺单体和两种二酐单体,其中二胺单体选自 2,2-双[4-(4-氨基苯氧基)苯基]-六氟丙烷和 4,4'-二氨基 N-苯甲酰苯胺,且二酐单体选自 4,4'-(六氟异丙基)二-邻苯二甲酸酐和 3,3',4,4'-联苯四羧酸二酐。

[0031] 有利地,太阳能电池的背面包括覆盖其全部或一部分的金属或陶瓷。

[0032] 有利地,太阳能电池包括多个彼此互连的所述太阳能电池板以限定阵列。

[0033] 有利地,太阳能电池进一步包括被连至太阳能电池的背面的电导线,其中导线的一部分放置在太阳能电池的背面和热塑性聚酰亚胺之间且导线的一部分延伸穿过热塑性聚酰亚胺,其中导线可电连接至另一个太阳能电池、太阳能电池板、或第二个导线。

[0034] 在本公开提供的另一方面,所提供的多个太阳能电池各自包括被电连接至太阳能电池的导线(harness)。在另一个实施方式中,方法包括将基底粘合至与太阳能电池的背面相对的热塑性聚酰亚胺。

[0035] 仍根据本公开的进一步方面,所提供的太阳能电池板包括:具有正面和背面的太阳能电池,在正常运行期间,太阳能电池的正面面对太阳;不借助粘合剂被直接粘合至太阳

能电池的背面的热塑性聚酰亚胺；以及不借助粘合剂被直接粘合至与太阳能电池的背面相对的热塑性聚酰亚胺的基底。

[0036] 有利地，基底包括石墨、芳族聚酰胺基材料、碳纤维、以及其组合。

[0037] 有利地，基底为复合材料。

[0038] 有利地，基底包括含石墨面板或芳族聚酰胺基面板的蜂巢状复合材料。

[0039] 有利地，热塑性聚酰亚胺大体覆盖了太阳能电池的背面作为具有厚度在约 0.5mil 至约 10mil 的层。

[0040] 有利地，热塑性聚酰亚胺具有的热膨胀系数与太阳能的热膨胀系数充分匹配，且太阳能电池的热膨胀系数为约 3 至 8ppm/°C。

[0041] 有利地，热塑性聚酰亚胺具有的回流温度大于约 300°C 且小于约 400°C，且为绝缘材料，具有的绝缘强度为约 1000V/mil 或更大。

[0042] 有利地，热塑性聚酰亚胺包括：至少一种二胺单体和至少两种二酐单体，至少两种二胺单体和至少一种二酐单体，或至少两种二胺单体和两种二酐单体，其中二胺单体选自 2,2-双[4-(4-氨基苯氧基)苯基]-六氟丙烷和 4,4'-二氨基 N-苯甲酰苯胺，且二酐单体选自 4,4'-(六氟异亚丙基)二-邻苯二甲酸酐和 3,3',4,4'-联苯四羧酸二酐。

[0043] 有利地，太阳能电池的背面包括覆盖其全部或一部分的金属或陶瓷。

[0044] 有利地，太阳能电池板进一步包括多个彼此互连的所述太阳能电池板以限定阵列。

[0045] 有利地，太阳能电池板进一步包括被连至太阳能电池的背面的电导线，其中导线的一部分放置在太阳能电池的背面和热塑性聚酰亚胺之间且导线的一部分延伸穿过热塑性聚酰亚胺，其中导线可电连接至另一个太阳能电池、太阳能电池板、或第二个导线。

[0046] 优选地，模块太阳能电池阵列包括通过其各自的导线彼此可拆卸地互连的多个太阳能电池板。

[0047] 优选地，太阳能电池板包括 1 个至约 20 个太阳能电池。

[0048] 所述特征、功能以及优势可独立地实现于不同实施方式中或可结合于另外的其他实施方式中，其中的进一步细节可参照下面的描述和附图。

[0049] 附图简述

[0050] 图 1 示出了太阳能板处于展开位置的航天器的透视图。

[0051] 图 2 示出了太阳能电池板的一个实施方式的横截面图，其具有被直接层压至热塑性聚酰亚胺的太阳能电池。

[0052] 图 3 示出了太阳能电池板的一个实施方式的横截面图，其具有通过热塑性聚酰亚胺直接层压至支撑结构的太阳能电池。

[0053] 图 4 示出了图 3 的刚性太阳能电池板的透视图和分解图。

[0054] 图 5 示出了太阳能电池板的一个实施方式的横截面图，其具有被嵌入热塑性聚酰亚胺内的导线。

[0055] 图 6 示出了太阳能电池板的另一个实施方式的横截面图，其具有被嵌入热塑性聚酰亚胺内的导线。

[0056] 图 7 示出了本文所公开方法的一个实施方式的流程图。

[0057] 图 8 示出了本文所公开方法的另一个实施方式的流程图。

具体实施方式

[0058] 下面的详细描述说明了本发明的一般原理,附图中额外地示出了其实例。在附图中,相同的参考数字表示相同或功能类似的元件。

[0059] 参照图 2,其示出了太阳能电池板——一般指定为 100——的一个实施方式的横截面图。太阳能电池板 100 包括具有正面 111 和背面 113 的太阳能电池 112,热塑性聚酰亚胺 114 被直接粘合至太阳能电池 112 的背面 113 (不借助粘合剂)。在正常运行中,太阳能电池 112 的正面 111 面对太阳且热塑性聚酰亚胺 114 用作太阳能电池板 100 内的绝缘层。如图 2 中所示,在聚酰亚胺下方,太阳能电池板 100 不包括基底或面板。在该实施方式中,板 100 适合包含在柔性阵列中。

[0060] 在另一个实施方式中,板 100 可包括基底,如图 3 中所示,且适合包含在刚性阵列中。参照图 3,所示出的太阳能电池板——指定为 100' 并以其横截面图示出——具有太阳能电池 112,其具有热塑性聚酰亚胺 114 直接粘合至背面 113 并具有被直接粘合至与太阳能电池 112 相对的热塑性聚酰亚胺 114 的基底 116。热塑性聚酰亚胺 114 具有第一主表面 118 和第二主表面 120,第一主表面 118 被层压至太阳能电池 112 且第二主表面 120 被层压至基底 116。与图 2 类似,在太阳能电池板 100' 的任何层之间未使用粘合剂。反而,热塑性聚酰亚胺 114 用作绝缘层并用作粘附剂,将太阳能电池板 100' 的组件粘合在一起。

[0061] 去除在太阳能电池 112 和聚酰亚胺 114 之间以及聚酰亚胺 114 和基底 116 之间的粘合剂(如果存在)减小太阳能板的质量 (mass) 并缩短其生产周期,这可以以更低生产成本提供更高的产量。去除粘合剂可使刚性太阳能电池阵列的总质量降低约 6% 至 10% 且使柔性太阳能电池阵列的质量降低约 33% 至 38%。去除 RTV 粘合剂还可通过提供具有更紧密地对齐(即,减少其之间的差异)的 CTE 的相邻层(太阳能电池和聚酰亚胺)来改进太阳能电池阵列。具有直接粘合至太阳能电池的聚酰亚胺减少热循环过程中的疲劳,提高太阳能板的热效和能效,并使其能够用于多个陆地、航空和航空航天应用。将太阳能电池 112 直接粘合至聚酰亚胺 114 的进一步优势在于为太阳能电池 112 提供了更直接的热路径,这降低了太阳能电池 112 的温度并倒转地提高了其效率。

[0062] 图 2 和图 3 中的太阳能电池 112 可为任何类型的太阳能电池。在一个实施方式中,太阳能电池 112 的背面 113 包括金属或陶瓷(即,硅(Si)、锗(Ge)、砷化镓(GaAs))。金属或陶瓷可覆盖太阳能电池 112 的整个背面 113,以便更均匀地粘合至聚酰亚胺层 114。在另一个实施方式中,金属或陶瓷可仅覆盖背面 113 的一部分。金属包括,但不局限于,银、金和/或锌。这里所使用的“金属”包括金属或金属合金或包含至少一种金属或金属合金的化合物或复合材料。

[0063] 聚酰亚胺与其直接粘合的这种类型的太阳能电池 112 一般不受限制。合适的太阳能电池包括先进的三结太阳能电池、单结或多结或多晶硅太阳能电池、双结太阳能电池、倒变质(IMM)太阳能电池、非晶硅太阳能电池、有机或无机太阳能电池、CIGS 太阳能电池、单结 GaAs 太阳能电池和 CdTe 太阳能电池,以及下面所开发的太阳能电池。

[0064] 在一个实施方式中,太阳能电池具有的 CTE 可为约 3 至 8ppm/°C,其取决于温度。

[0065] 聚酰亚胺 114 可为任何热塑性聚酰亚胺。在一个实施方式中,热塑性聚酰亚胺的 CTE 与太阳能电池的 CTE 充分匹配。充分匹配的 CTE 提供优越的太阳能电池板,由于在热

循环过程中其经历较少的疲劳,所以具有提高的使用寿命。为了进行充分匹配,聚酰亚胺的 CTE 可为太阳能电池 CTE 值的约 $\pm 1\%$ 至 5% 。例如,如果太阳能电池的 CTE 为 $8\text{ppm}/^\circ\text{C}$,那么聚酰亚胺的 CTE 为 $8\text{ppm}/^\circ\text{C} \pm 0.08\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 至 $8\text{ppm}/^\circ\text{C} \pm 0.4\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。

[0066] 热塑性聚酰亚胺可具有的 CTE 约为 3 至 $8\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。在一个实施方式中,太阳能电池具有的 CTE 约为 $3\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 且热塑性聚酰亚胺具有的 CTE 约为 $3\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。在另一个实施方式中,太阳能电池具有的 CTE 约为 $4\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 且热塑性聚酰亚胺具有的 CTE 约为 $4\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。在另一个实施方式中,太阳能电池具有的 CTE 约为 $5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 且热塑性聚酰亚胺具有的 CTE 约为 $5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。在另一个实施方式中,太阳能电池具有的 CTE 约为 $6\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 且热塑性聚酰亚胺具有的 CTE 约为 $6\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。在另一个实施方式中,太阳能电池具有的 CTE 约为 $7\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 且热塑性聚酰亚胺具有的 CTE 约为 $7\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。在另一个实施方式中,太阳能电池具有的 CTE 约为 $8\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 且热塑性聚酰亚胺具有的 CTE 约为 $8\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。

[0067] 热塑性聚酰亚胺还可具有的特征在于可回流且回流温度约为 300°C 或更高,但其低于液化或分解热塑性聚酰亚胺的温度和 / 或破坏选定的太阳能电池的温度(通常大于 400°C)。在一个实施方式中,热塑性聚酰亚胺的回流温度为约 300°C 至约 375°C 或在约 300°C 至约 375°C 之间。在另一个实施方式中,热塑性聚酰亚胺的回流温度为约 315°C 至约 350°C 或在约 315°C 至约 350°C 之间。由于热塑性聚酰亚胺可流成不规则的形状和 / 或在不规则的形状上流动,所以可回流的热塑性聚酰亚胺允许太阳能板和太阳能电池阵列设计中的灵活性。还能够制造出具有均匀或非均匀厚度的层。

[0068] 热塑性聚酰亚胺还具有的特征在于绝缘性。太阳能板应用的合适绝缘的热塑性聚酰亚胺可具有的绝缘强度约为 $1000\text{V}/\text{mil}$ 或大于 $1000\text{V}/\text{mil}$ 。在一个实施方式中,绝缘的热塑性聚酰亚胺可具有的绝缘强度约为或大于 $1800\text{V}/\text{mil}$ 或 $2000\text{V}/\text{mil}$ 。

[0069] 一旦粘合至太阳能电池,热塑性聚酰亚胺以层的形式存在,厚度为约 $1/2\text{mil}$ (0.0005in) 至约 10mil (0.01in)。在一个实施方式中,热塑性聚酰亚胺层的厚度可为约 1mil (0.001in) 至约 2mil (0.02in)。

[0070] 在一个实施方式中,热塑性聚酰亚胺可为可购自 Alabama, Huntsville, ManTech SRS Technologies 公司的 Novastrat[®] 聚酰亚胺。Novastrat[®] 聚酰亚胺产品线提供了具有可调节 CTE 的聚酰亚胺。可将 Novastrat[®] 聚酰亚胺的 CTE 调节至 $-16\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 至 $53\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 之间,包括 $0\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、 $10\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、 $17\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 和 $25\text{ppm}/^\circ\text{C}$, (分别) 对应于石墨 / 环氧树脂、碳钢、铜和铝的 CTE 匹配。热塑性聚酰亚胺可为包含二胺和四羧酸(例如,但不限于,二酐)组分的组合的聚酰亚胺组合物,其被特别设计以便具有期望特性,例如 CTE。在一个实施方式中,聚酰亚胺组合物包括至少一种二胺单体和至少两种二酐单体类型,通过改变至少两种二酐组分相对于彼此的摩尔比,聚酰亚胺组合物被设计具有期望的特性。在可选实施方式中,聚酰亚胺组合物包含至少两种二胺单体类型和至少一种二酐单体,通过改变至少两种二胺组分相对于彼此的摩尔比,聚酰亚胺组合物被设计具有期望的特性。仍在另一个实施方式中,聚酰亚胺组合物包含至少两种二胺单体类型和至少两种二酐单体类型,通过改变至少两种二酐组分相对于彼此的摩尔比,通过改变至少两种二胺组分相对于彼此的摩尔比,或通过改变至少两种二酐组分相对于彼此的摩尔比并改变至少两种二胺组分相对于彼此的摩尔比,聚酰亚胺组合物被设计具有所需的特性。

[0071] 二胺和二酐组分可为本领域内所熟知的任何二胺或二酐组分。在一个实施方式中,二胺单体为 2,2-双[4-(4-氨基苯氧基)苯基]-六氟丙烷(BDAF)或 4,4'-二氨基 N-苯甲酰苯胺(DABA),或上述组合且二酐单体为 4,4'-(六氟异亚丙基)二-邻苯二甲酸酐(6-FDA)和 3,3',4,4'-联苯四羧酸二酐(s-BPDA),或上述组合。在一个实施方式中,提高含有 DABA (89 至 50 摩尔%)和 s-BPDA 作为二酐(100 摩尔%)的聚酰亚胺组合物中的 BDAF 的摩尔百分数提高聚酰亚胺组合物的 CTE 值(在 25℃至 200℃下测得),使其从 -15.1ppm/K (11 摩尔%BDAF)提高至 26.6ppm/K (50 摩尔%BDAF)。在另一个实施方式中,提高含有 DABA (100 摩尔%)和 s-BPDA (89 和 55 摩尔%)的聚酰亚胺组合物中的 6-FDA 的摩尔百分数提高聚酰亚胺组合物的 CTE 值(在 25℃至 200℃下测得),使其从 -16.5ppm/K (11 摩尔%6-FDA)提高至 12.3ppm/K (45 摩尔%6-FDA)。在另一个实施方式中,提高含有 DABA (67 摩尔%)、BDAF (33 摩尔%)和 s-BPDA (11 至 33 摩尔%)的聚酰亚胺组合物中的 6-FDA 的摩尔百分数提高聚酰亚胺组合物的 CTE 值(在 25℃至 200℃下测得),使其从 15.6ppm/K (11 摩尔%6-FDA)提高至 31.8ppm/K (33 摩尔%6-FDA)。仍在另一个实施方式中,提高含有 DABA (100 和 67 摩尔%)、s-BPDA (89 摩尔%)和 6-FDA (89 摩尔%)的聚酰亚胺组合物中的 BDAF 的摩尔百分数提高聚酰亚胺组合物的 CTE 值(在 25℃至 200℃下测得),使其从 -16.5ppm/K (0 摩尔%BDAF)提高至 15.6ppm/K (33 摩尔%6-FDA)。

[0072] 可如本领域内一般所熟知的制备聚酰亚胺组合物(例如,见美国专利 No. 3,179,630 和 3,179,634,“Polyimides-Thermally Stable Polymers”, Plenum Publishing(1987),“Synthesis and Characterization of Thermosetting polyimide Oligomers for Microelectronics Packaging”, Dunson D.L., (提交给 Virginia Polytechnic Institute and State University 的教师的论文, Apr. 21, 2000)以及如美国公布专利申请 No. 2008/0214777, Poe (转让给 SRS Technologies)中所述)。

[0073] 热塑性聚酰亚胺可为散装源,将其加热至其回流温度并倒在太阳能电池上,以形成聚酰亚胺层。可选地,热塑性聚酰亚胺可为聚酰亚胺板,可将其放在太阳能电池上并加热至回流温度,使得聚酰亚胺流动至太阳能电池上和/或在太阳能电池上流动。所述“板”可为许多不同形式,例如,但不限于,网状物或疏松状物 (scrim)、板条或薄膜,其具有均匀或非均匀的主表面。可对热塑性聚酰亚胺板进行“B 阶段”固化,使得聚酰亚胺作为板进行操作,但一旦加热至特定聚酰亚胺的回流温度,仍可回流。

[0074] 基底 116 可以是用于航空航天、航空和/或陆地应用的任何合适材料以及今后所开发的材料。根据应用,基底的特性可不同。在航空航天应用中,例如,适宜的基底可为提供高劲度且重量轻的基底。当基底 116 存在并提供劲度时,可利用多个太阳能电池板形成刚性的太阳能电池阵列,例如,太阳能电池板 110'。在航空应用中,适宜的基底可为任何适用于飞机蒙皮或其他航空设备或装置的材料。在陆地应用中,适宜的基底可为去除太阳能电池中的热量的基底。基底还可提供实心 (solid) 表面,以便对其安装太阳能电池-聚酰亚胺复合材料和/或将该复合材料安装至太阳能电池阵列中。

[0075] 基底 116 可为或包括石墨、芳族聚酰胺基材料、碳纤维材料、金属或金属合金,和/或其他材料,包括含有这些材料中的一个或多个材料的复合材料。在太阳能电池板用于航空航天应用的一个实施例中,基底可为或包括石墨和/或芳族聚酰胺基材料。在太阳能电池板用于航空应用的一个实施例中,基底可为或包括石墨、芳族聚酰胺基材料、碳纤维材料

和 / 或铝金属或金属合金材料。在航空应用的另一个实施例中,基底可为或包括复合材料,例如碳纤维 / 环氧树脂复合材料或陶瓷复合材料。在太阳能电池板用于陆地应用的一个实施例中,基底可为或包括铜和 / 或铝金属或金属合金。

[0076] 在另一个实施方式中,如图 4 所示,太阳能板 110' 包括粘合至基底 116 的聚酰亚胺 114,该基底可为蜂巢状复合材料基底。蜂巢状复合材料基底 116 可包括面板 132 和蜂巢状核心 130,其被共固化、层压或直接粘合至聚酰亚胺层 114。在一个实施方式中,石墨或芳族聚酰胺基材料为蜂巢状复合材料基底 116 的面板 132。蜂巢状核心 130 用作吸热器和加固结构。如本文所使用的,术语蜂巢状指的是任何非实心型式。优选具有六边形的型式,即,“蜂窝”形状的电池。可选地,型式可为方形或一些其他几何形状。优选地,核心由重量轻的高导热性材料例如铝形成。

[0077] 现参照图 5 至图 6,通过传统的互连,将太阳能电池 112 互连至至少一个其他的太阳能电池。另外或可选地,对于太阳能电池的互连,图 5 至图 6 中的太阳能电池板——一般指定为 120 和 120' ——可分别包括至少一个嵌入式导线 122、123,以便将太阳能电池和 / 或太阳能电池板彼此互连。太阳能电池板 120(图 5)与图 2 中的太阳能电池板 100 类似,但是图 5 包含导线 122。导线 122 嵌入在聚酰亚胺层 114 内,以便将导线与太阳能电池 112 电接触。导线 122 可包括第一引线 124,该引线延伸穿过聚酰亚胺层 114 并离开聚酰亚胺 114 的主表面或与太阳能电池 112 相对的板 120。在另一个实施方式中,可存在第二引线 126,该引线伸出聚酰亚胺层 114 的边缘(相对于页面上的图示的左侧或右侧)。在另一个实施方式中,导线 122 既可包括第一引线 124 还可包括第二引线 126。虽然第一和第二引线 124、126 均已示出,但是导线不限制于此。本领域内的技术人员可意识到,许多的引线可适于将多个太阳能电池 112 和 / 或太阳能板 120 连接一起。

[0078] 图 5 中的导线 122 可具有任何形状或构型,其允许将导线嵌入热塑性聚酰亚胺 114 内或将热塑性聚酰亚胺在导线 122 周围和太阳能电池 112 上流动。例如,导线 122 可为网状物或疏松状物形式,其具有从其中延伸出的引线,例如引线 124、126。导线 122 可为平坦的柔性铜或铝导线或其他薄的导线材料 / 合金。优选地,选择与太阳能电池和 / 或热塑性聚酰亚胺的 CTE 值充分 CTE 匹配的导线材料。

[0079] 现参照图 6,太阳能电池板 120' 与图 3 的具有基底 116 的太阳能电池板 100' 类似,但是其包括导线 123。类似于图 5 的导线 122,图 6 的导线 123 嵌入聚酰亚胺层 114 内,使得导线 123 与太阳能电池 112 电接触。导线 123 可包括第一引线 124,该引线离开与太阳能电池 112 相对的基底 116 的主表面,第二引线 126,其伸出聚酰亚胺层 114 的边缘(相对于页面上的图示的左侧或右侧),和 / 或第三引线 128,其离开或伸出基底 116 的边缘。引线 124、126 和 128 的位置不受限制,且对于引线 126、128 而言,可在沿着聚酰亚胺 114 边缘的任何位置处,对于引线 124 而言,可在沿着基底 116 的主表面的任何位置处。虽然对于导线 123 的第一引线 124、第二引线 126 以及第三引线中的每个已示出了两个引线,但是导线不限制于此。本领域内的技术人员可意识到,可利用许多的引线将多个太阳能电池 112 和 / 或太阳能板 120' 连接一起。

[0080] 类似于导线 122,导线 123 可具有任何形状或构型,其允许将导线嵌入热塑性聚酰亚胺 114 内或使热塑性聚酰亚胺流动至导线 123 周围和太阳能电池 112 上。例如,导线 123 可为网状物或疏松状物形式,其具有从其中延伸出的引线,例如引线 124、126。导线 123 可

为平坦的柔性铜或铝导线或其他薄的金属丝导线材料 / 合金。

[0081] 在本发明中,为了使维修更容易并最大限度地降低成本,可将太阳能电池板形成在模块单元——其具有一个太阳能电池至约 20 个太阳能电池通过热塑性聚酰亚胺粘合一起——中。在一个实施方式中,模块单元包括一个至八个太阳能电池。因此,模块单元可包括八个太阳能电池、七个太阳能电池、六个太阳能电池、五个太阳能电池、四个太阳能电池、三个太阳能电池、二个太阳能电池或一个太阳能电池。在具有数百个太阳能电池的电池阵列中,当一个模块单元被破坏或缺损时,可对其进行替换。上述的导线可提供对模块单元的连接并还有助于其可替换性。

[0082] 现参照图 7,其所示出的流程图描述了构建太阳能电池板的方法 200,步骤如下:步骤 202——提供具有正面和背面的太阳能电池,其中在正常运行期间,正面面对太阳;步骤 204——加热热塑性聚酰亚胺到至少其回流温度;步骤 206——使热塑性聚酰亚胺流动至太阳能电池的背面上;步骤 208——将热塑性聚酰亚胺冷却至低于其回流温度的温度,以将热塑性聚酰亚胺直接粘合至太阳能电池。所提供的太阳能电池可为任何类型的太阳能电池,如上所述。

[0083] 步骤 204 可包括将热塑性聚酰亚胺加热至高于约 300℃ 的回流温度,但其低于液化或分解热塑性聚酰亚胺的温度和 / 或损坏选定的太阳能电池的温度。因而,温度可根据所使用的热塑性材料的熔化或回流温度进行变化。例如,适宜的热塑性材料可具有的熔点可在约 100℃ 至约 400℃ 范围内,且加热步骤的温度可在约 100℃ 至约 400℃ 变化。在一个实施方式中,热塑性聚酰亚胺的回流温度为约 300℃ 至约 375℃ 或在约 300℃ 至约 375℃ 之间。因此,步骤 204 包括将其加热至约 300℃ 至约 375℃ 的温度或约 300℃ 至约 375℃ 之间的温度。在另一个实施方式中,热塑性聚酰亚胺的回流温度为约 315℃ 至约 350℃ 或在约 315℃ 至约 350℃ 之间。另外,热塑性材料具有的回流温度应该高于太阳能电池板随后所处理和 / 或使用的温度。如此,使得热塑性材料在形成附接后不进行回流。

[0084] 应该理解,加热步骤 204 可在用于控制被施加至热塑性聚酰亚胺的热的任何合适的设备或机械中或通过该任何合适的设备或机械实施。在一个实施方式中,加热步骤可通过烤炉、微波炉或其他形式的辐射、热水浴,或其他的设备或方法进行实施。对于方法 200 的步骤而言,一般地,不必要施加压力,且如此,步骤可在环境压力下进行。如果需要对压力进行改变或控制,可利用任何合适的手段进行施加。

[0085] 使热塑性聚酰亚胺流动的步骤 206 可通过任何熟知的或今后所开发的机制或方法进行实施。在一个实施方式中,可将太阳能电池、多个太阳能电池和 / 或太阳能电池板放在铸造工作台上(任选地,利用脱模剂进行处理),使太阳能电池的背面朝上并将被加热至回流温度后的热塑性聚酰亚胺倒在太阳能电池上或在太阳能电池上流动。然后将热塑性聚酰亚胺冷却至环境温度。此后,可从铸造工作台上移去太阳能板(一个或多个)。在另一个实施方式中,利用所已知的或今后所开发的涂布技术,对太阳能电池、多个太阳能电池和 / 或太阳能电池板进行暂停(suspend)或运输,以便连续地或不连续地施加可流动的热塑性聚酰亚胺。借助可流动的热塑性聚酰亚胺对太阳能电池(一个或多个)进行涂布后,可将聚酰亚胺冷却至环境温度。

[0086] 实施步骤 202 至 208 后,太阳能电池板形成了与图 2 类似的横截面。这些太阳能电池板可包括在太阳能板的柔性电池阵列中。

[0087] 如果需要刚性阵列,方法 200 可包括任选步骤 210——将基底粘合至与太阳能电池的背面相对的热塑性聚酰亚胺。可在将热塑性聚酰亚胺粘合至太阳能电池(步骤 204 至步骤 206)之后,实施步骤 210,或者两者同时进行。如果随后进行粘合,步骤 210 可包括施加加热和压力,以将基底粘合至热塑性聚酰亚胺。应该理解,粘合步骤 210 可在任何合适的设备或机构中或通过任何合适的设备或机构进行实施,包括,但不限于,高压釜或其他用于控制被施加至太阳能电池和聚酰亚胺的热和压力的类似设备。在一个实施方式中,加热步骤可通过烤炉、热水浴、微波炉或其他形式的辐射,或其他的设备或方法进行实施。如果基底与太阳能电池同时粘合,可在冷却步骤 208 之前,优选地在流动步骤 206 之后,将基底放置在热塑性聚酰亚胺上。

[0088] 仍参照图 7,步骤 202 所提供的太阳能电池可包括与太阳能电池电连接的导线,其通常连接至太阳能电池的背面。因此,方法可包括将导线电连接至太阳能电池的步骤。优选地,在其上流动热塑性聚酰亚胺之前,将导线电连接至太阳能电池。导线具有的特征在于其可连接至另一个太阳能电池、太阳能电池板,或导线。

[0089] 用于方法 200 的适宜的太阳能电池、热塑性聚酰亚胺、基底以及导线如上图 2 至图 6 中所讨论的。

[0090] 现参照图 8,其所示出的流程图描述了构建模块太阳能电池阵列的方法 300,步骤如下:步骤 302——提供多个太阳能电池,其每个均具有正面和背面,其中在正常运行期间,正面面对太阳;步骤 304——加热热塑性聚酰亚胺到至少其回流温度;步骤 306——使热塑性聚酰亚胺流动至多个太阳能电池的背面上;步骤 308——将热塑性聚酰亚胺冷却至低于其回流温度的温度,以将热塑性聚酰亚胺直接粘合至多个太阳能电池;以及步骤 309——将多个太阳能电池电连接至电池阵列中的至少一个其他的太阳能电池。

[0091] 所提供的太阳能电池可为如上所述的任何合适的太阳能电池 112。在一个实施方式中,每个太阳能电池 112 可包括与其电连接的导线 120 或 120'。通常,导线 120、120' 被电连接至太阳能电池 112 的背面。因此,方法 300 可包括将导线电连接至每个太阳能电池的步骤。优选地,在其上流动热塑性聚酰亚胺 114 之前,将导线 120、120' 电连接至太阳能电池 112。导线具有的特征在于其可连接至另一个太阳能电池、太阳能电池板或导线。在一个实施方式中,如图 5 至图 6 所示,导线 120、120' 可为将太阳能电池板 100 或 100' 连接至至少一个其他的太阳能电池板 100 或 100' 的延伸导线。还可提供太阳能电池 112 与太阳能电池 112 互连的单独连接。导线 120、120' 可将能量运回其上安装板的平台,例如航天器、飞机或地面结构。在另一个实施方式中,导线 120、120' 既可提供太阳能电池 112 与太阳能电池 112 的互连,还能提供多个太阳能电池板的互连,以将能量运回其上安装板的平台。

[0092] 加热步骤 304、流动步骤 306 和冷却步骤 308 可与上述方法 200 步骤 204 至 208 类似。

[0093] 仍参照图 8,方法 300 还包括步骤 309,其中多个太阳能电池被各自电连接至电池阵列中的至少一个其他的太阳能电池。步骤 309 可包括将导线的引线——如上图 5 和图 6 中所述——电连接至另一个太阳能电池板的导线或直接连至另一个太阳能电池或太阳能电池板的任何方法。在一个实施方式中,步骤 309 可包括将引线焊接一起或将其焊接至另一个太阳能电池或太阳能电池板。在另一个实施方式中,步骤 309 可包括利用金属丝帽将两个或多个太阳能电池板的引线缠绕在一起。在另一个实施方式中,步骤 309 可包括将第

一个太阳能电池板的导线的引线插入另一个导线上的接收器中或第二个太阳能电池板中。

[0094] 方法 300 还可包括任选步骤,步骤 310,其与图 7 的步骤 210 类似,将基底粘合至多层聚酰亚胺的表面,例如与太阳能电池相对的表面。与方法 200 类似,粘合基底可在将太阳能电池粘合至热塑性聚酰亚胺之后发生,或者两者同时进行。

[0095] 对于方法 300 的步骤而言,一般地,不必要施加压力,且如此,步骤可在环境压力下进行。如果需要对压力进行改变或控制,可利用任何合适的手段进行实施。在一个实施方式中,基底包括复合材料基体,并且可在流动步骤 306 期间施加压力,以确保热塑性聚酰亚胺流动至复合材料基体上 / 中存在的任何空隙中。

[0096] 方法 300 中所使用的合适的太阳能电池、热塑性聚酰亚胺、基底和导线如上图 2 至图 6 所讨论的。

[0097] 所详细描述的本发明实施方式以及所提到的太阳能电池板的具体示例性实施方式以及方法均在所附权利要求的范围内。应该考虑到,利用所公开的方法,可创建太阳能电池板和方法的许多其他的修改和变化。简言之,本申请人的意图在于,由此发行的专利的保护范围仅受所附的权利要求的范围限制。

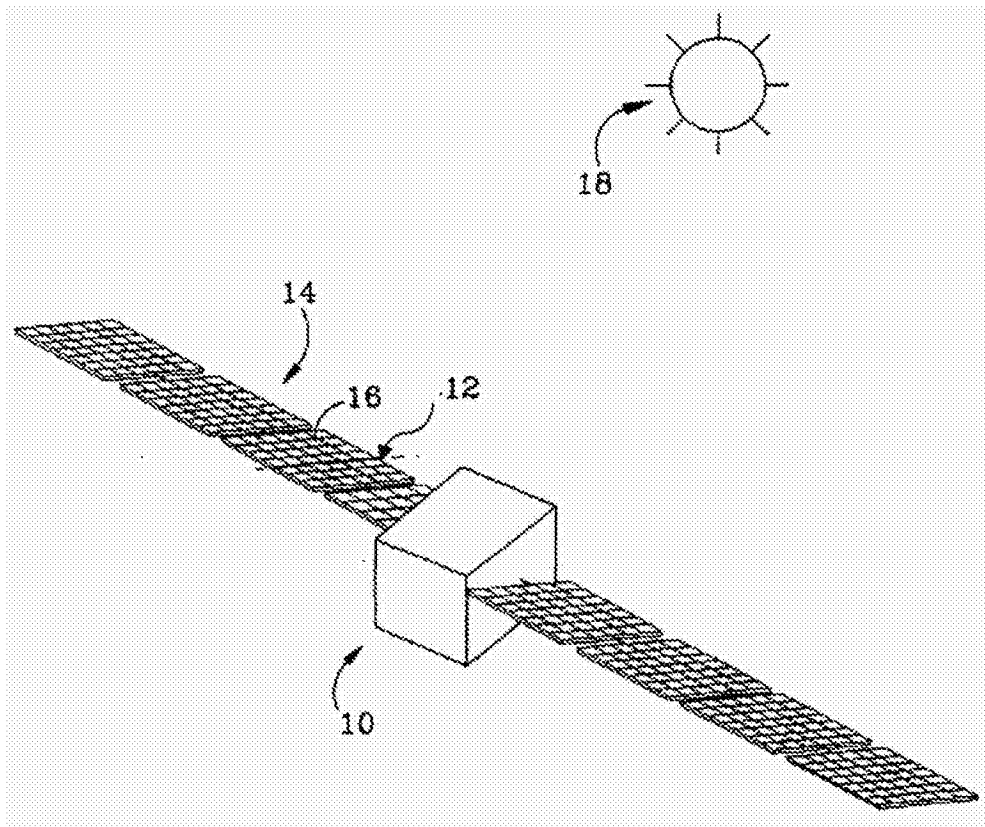


图 1(现有技术)

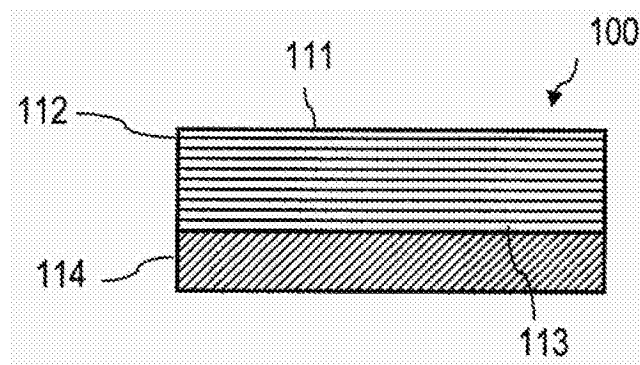


图 2

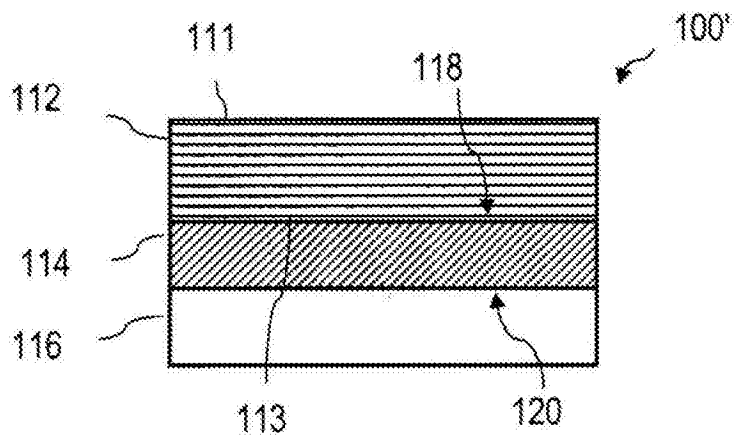


图 3

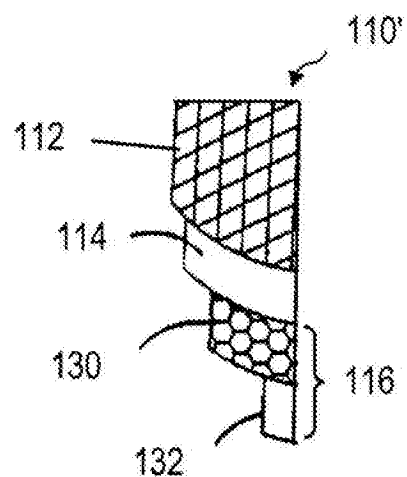


图 4

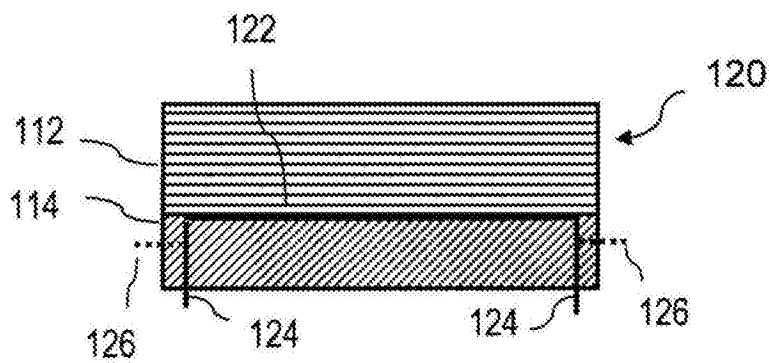


图 5

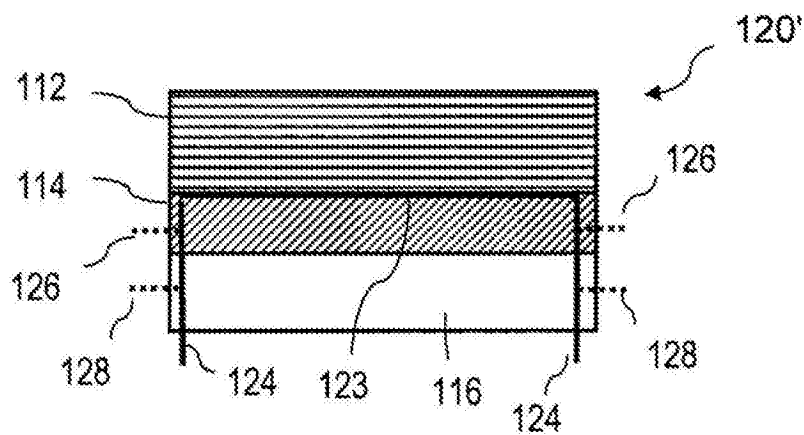


图 6

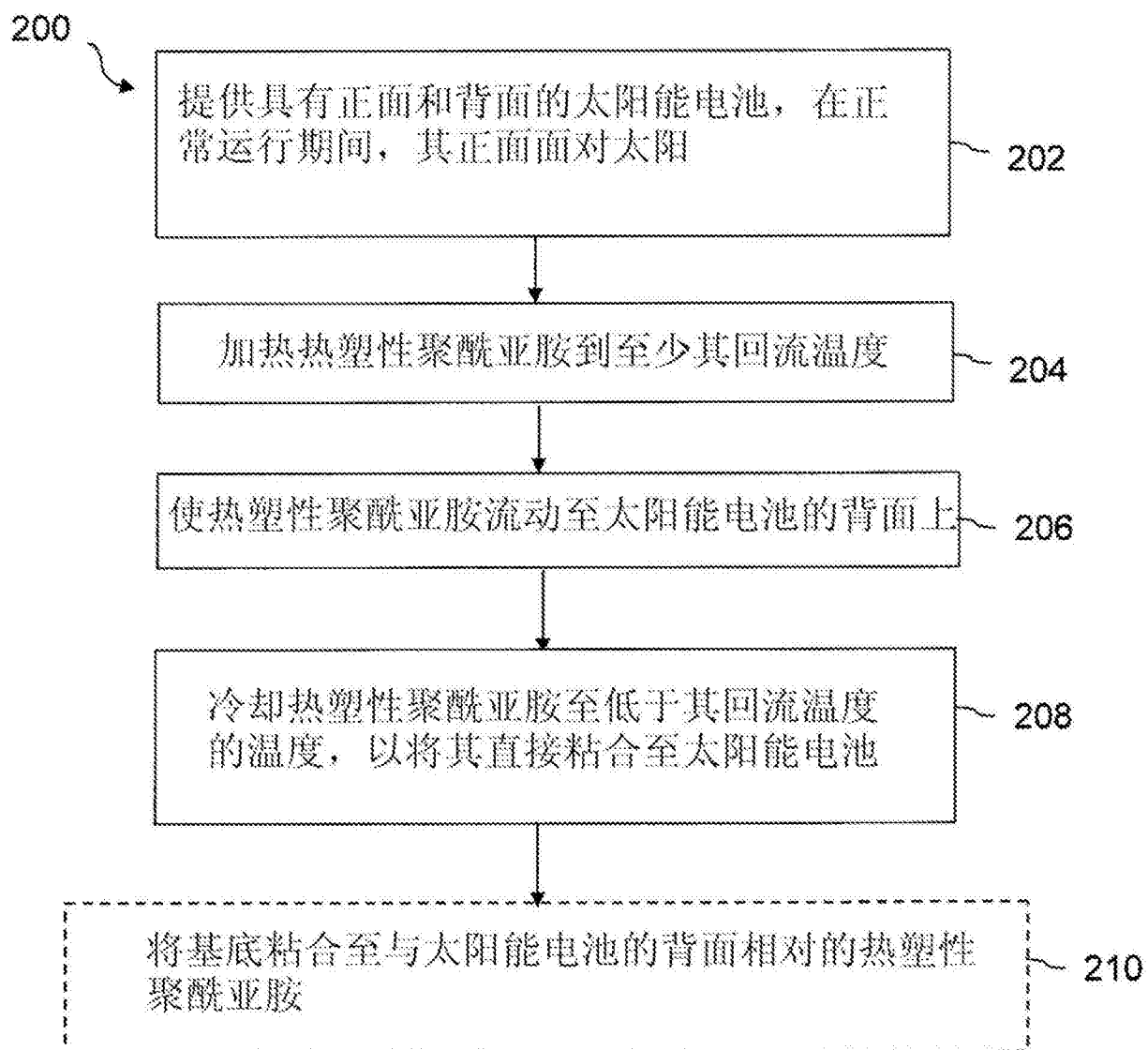


图 7

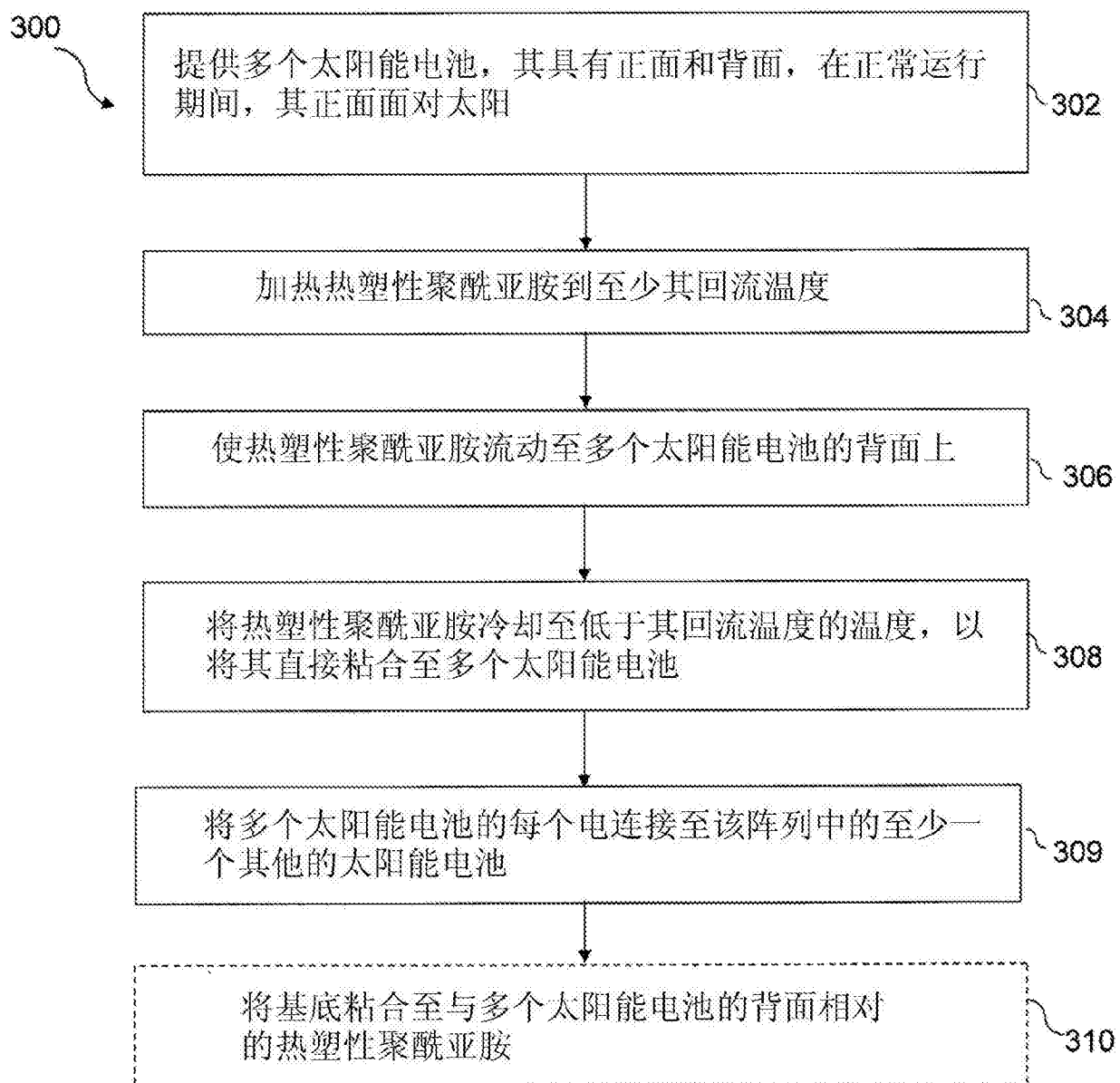


图 8