



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103109378 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 01

(21) 申请号 201180044936. 9

(22) 申请日 2011. 09. 14

(30) 优先权数据

61/383, 867 2010. 09. 17 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 03. 15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/051509 2011. 09. 14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/037191 EN 2012. 03. 22

(73) 专利权人 陶氏环球技术有限责任公司

地址 美国密歇根州

(72) 发明人 M·W·德格鲁特 M·E·米尔斯

T·J·帕尔森斯 N·拉梅施

M·斯坦普基 D·J·沃辛

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 吴亦华

(51) Int. Cl.

H01L 31/05(2014. 01)

H01L 31/048(2014. 01)

(56) 对比文件

WO 2006/104107 A1, 2006. 10. 05,

WO 2006/104107 A1, 2006. 10. 05,

US 2010/0224230 A1, 2010. 09. 09,

US 2008/0128018 A1, 2008. 06. 05,

CN 1274174 A, 2000. 11. 22,

FR 2930556 A1, 2009. 10. 30,

EP 0769818 A2, 1997. 04. 23,

审查员 刘东

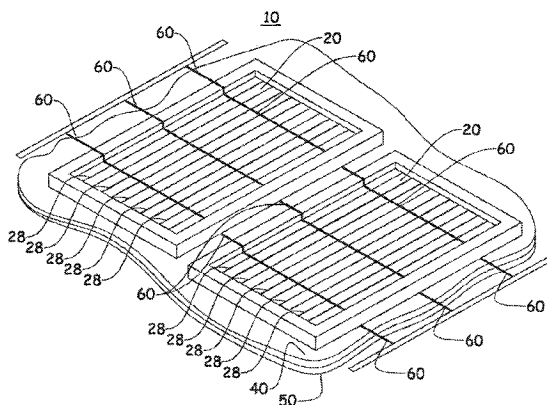
权利要求书2页 说明书12页 附图10页

(54) 发明名称

改进的光伏电池组件和方法

(57) 摘要

本发明提供了一种改进的光伏电池组件(10),其包括至少多个光伏电池(20)。所述电池包括光活性部分(24),其夹置在顶部导电结构(28)与相对的导电基底层(22)之间,所述顶部导电结构(28)位于所述光活性部分的顶表面(28)的某些区域上而在其他区域上留下暴露的顶表面。所述改进的光伏电池组件还包括多个导电元件(80)、与所述顶部导电结构和所述光活性部分的暴露的顶表面接触的第一封装材料层(40)以及与所述相对的导电基底层接触的第二封装材料层(50),所述封装材料将导电元件保持于电池层上。



1. 一种光伏电池组件,其包括:  
多个光伏电池,所述光伏电池包括:  
光活性部分,其夹置在:  
顶部导电结构,所述顶部导电结构直接位于所述光活性部分的顶表面的某些区域上而在其他区域上留下暴露的顶表面,与  
相对的导电基底层之间;其中所述电池的至少一部分外围边缘部分包括非导电层部分;  
多个导电元件;  
与所述顶部导电结构和所述光活性部分的暴露的顶表面直接接触的第一包封材料层;  
以及  
与所述相对的导电基底层接触的第二包封材料层;  
其中所述多个导电元件的一端直接接触所述顶部导电结构和所述暴露的顶表面,且所述多个导电元件的相反端接触相邻光伏电池的所述导电基底层,并且两端都通过相应的包封材料层保持与电池层接触;  
其中所述非导电层部分起到胶粘剂的作用以在所述电池组件制造期间施加所述包封材料层之前将所述多个导电元件固定在适当位置,使得所述导电元件不使用导电胶粘剂和/或焊料而连接到所述光伏电池元件。
2. 权利要求1的光伏电池组件,其中所述顶部导电结构包括一系列平行的材料线,其具有比所述暴露的顶表面低的薄层电阻,并且其中所述的一系列平行的线总体上垂直于所述多个导电元件的方向,且顶部导电结构的平行的线与导电元件相接触,使得所述导电元件形成顶部导电结构与相邻光伏电池的导电基底层之间的电桥。
3. 权利要求1的光伏组件,其中所述顶部导电结构占与光捕获相关的光活性部分的总表面积的5%或更低。
4. 权利要求1的光伏组件,其中所述导电元件的横截面宽度大于所述第一和第二包封材料层的厚度。
5. 权利要求1的光伏组件,其中所述导电元件的横截面宽度小于0.5mm并大于0.1mm。
6. 权利要求1的光伏组件,其中所述导电元件连接到所述组件两端处的末端连接条。
7. 权利要求1的光伏组件,其中所述第一包封材料层和所述第二包封材料层包括多个层,其中最接近于电池顶部和底部表面的第一层是具有比随后的层更高的熔点的热塑性材料。
8. 权利要求1的光伏组件,其中所述顶表面包含透明导电氧化物。
9. 权利要求1的光伏电池组件,其中所述光伏电池组件包含至少5个光伏电池和至少3个与每个光伏电池相接触的导电元件。
10. 权利要求1的光伏电池组件,其中所述导电元件在所述导电基底层上的重叠具有至少2.0mm的长度。
11. 权利要求1的光伏电池组件,其中所述非导电层部分包含通过UV辐射固化的液体电介质。
12. 权利要求1的光伏电池组件,其中所述第一包封材料层、所述第二包封材料层或两者包含至少第一和第二层,其中所述第一层具有比所述第二层更高的熔化温度( $T_m$ ),并且

其中所述导电元件在所述导电基底层上的重叠长度为2.0mm至100mm。

13. 一种形成光伏组件的方法,所述方法包括如下步骤:

提供第一包封材料层和第二包封材料层;

提供一系列平行的导电元件;

提供多个光伏电池,所述光伏电池包括光活性层、相对的导电基底层以及包含透明导电层和集电结构两者的顶部导电层;

将所述一系列平行的导电元件的每一个导电元件的一端直接接触所述透明导电层和所述集电结构两者;

将所述一系列平行的导电元件的每一个导电元件的相反端接触相邻光伏电池的导电基底层使得所述多个光伏电池以头尾相接的方式连接;和

保持所述一系列平行的导电元件的每一个导电元件的一端和相反端通过所述第一包封材料层和所述第二包封材料层直接接触电池层;

其中所述集电结构包括一系列平行的线,所述电池的外围边缘部分包括非导电层部分,并且两端通过相应的包封材料层保持与电池层直接接触;

其中所述非导电层部分起到胶粘剂的作用以在所述电池组件制造期间施加所述包封材料层之前将所述多个导电元件固定在适当位置,使得所述导电元件不使用导电胶粘剂和/或焊料而连接到所述光伏电池元件。

## 改进的光伏电池组件和方法

### [0001] 优先权要求

[0002] 本申请要求美国临时申请号61/383,867(2010年9月17日提交)的申请日的权益,所述美国临时申请的内容在此以其全文通过引用并入本文。

### 发明领域

[0003] 本发明涉及改进的光伏(PV)电池组件,更具体地,涉及不使用焊料或导电胶粘剂将多个电池互连的改进的光伏电池组件。

### 背景技术

[0004] 光伏制品通常包含多个电学互连的光伏电池。除了确保电学互连之外,这些电池有时被包装起来以保护电池免于操作或环境引起的损伤。光伏电池电学互连的常规方法是所谓的串-接片(string&tab)方法,其中使用锡或焊料涂覆的扁平线(总线)将太阳能电池彼此相连,并通过软焊和/或其他胶粘材料例如导电环氧树脂将其粘结。带状导线通常粘结到施加于电池表面的导电格栅上的汇流条位置。据信,导线的横截面可能受到限制,因为较厚的电线过于刚性,且薄和宽的电线遮挡过多的光。最终结果是互连电阻损失以及被带状导线阻挡的电池活性表面积的量可能造成光伏电池组件(且因此PV装置)的性能的显著降低。串接方法可能也难以用于薄的电池,因为得到的电池串联串可能易碎,并且易于发生PV条带与太阳能电池接触的丧失。此外,PV装置表面上的大的总线的外观对于顾客来说可能不够美观。

[0005] 与这种技术有关的文献包括下列专利文件:U.S.6,936,761,U.S.7,022,910,U.S.7,432,438,U.S.公布2007/0251570,2009/00025788和2009/0255565,所有文献为所有目的通过引用并入本文。

### [0006] 发明概述

[0007] 本发明涉及改进的光伏电池组件,其解决上面段落中描述的至少一个或多个问题。

[0008] 据信,本发明与现有技术相比的一个潜在优点是,本发明的光伏电池组件以不需导电胶粘剂和/或焊料将电池串保持在一起的方式进行构造和配置。设想了在施加导电线期间或施加导电线之后立即将电池串包封在聚合物层压体(laminate)中。取消导电胶粘剂可能是理想的,因为导电胶粘剂可能是昂贵的,并需要相当长的停机时间以进行维护和清洁。所设想的另一个优点可以是优于胶粘剂或软焊连接的对热循环和湿热处理的提高的耐受性,胶粘剂或软焊连接在这些类型的环境压力下易于降解。本文中描述的光伏电池组件也不存在阻碍光进入电池的大的总线。不存在总线也使PV装置与使用串-接片方式制备的常规产品相比在美学上更具吸引力。此外,使用这种方法可以通过消除通常应用于使用串-接片方式制备的光伏电池组件的大的银汇流条而减少格栅应用中银导电墨的量。这种方法的另一个出人意料的优点可能是,使用本发明组装的太阳能电池串(例如多个电池,例如5电池组件/串)可能重复地表现出相对于用于其生产中的单个电池更高的效率和生成

电流以及更低的串联电阻,这是因为相对于不具有导电元件的单个电池,添加导电元件降低了电阻。相反,正如在本说明书后面讨论的实验实施例中看到的,用带状扁平线和导电环氧树脂连接的5电池串表现出相反的趋势,具有相对于单个组成电池更低的效率和电流以及更高的串联电阻。

[0009] 因此,根据本发明的一个方面,设想了一种光伏电池组件,其包括至少多个光伏电池,所述电池包括至少:光活性部分,其夹置在顶部导电结构与相对的导电基底层之间,所述顶部导电结构位于所述光活性部分的顶表面的某些区域上而在其他区域上留下暴露的顶表面,其中所述电池的至少一部分外围边缘部分包括非导电层部分;多个导电元件;与所述顶部导电结构和所述光活性部分的暴露的顶表面接触的第一包封材料层;以及与所述相对的导电基底层接触的第二包封材料层;其中所述多个导电元件的一端接触所述顶部导电结构和所述暴露的顶表面,和所述多个导电元件的相反端接触相邻光伏电池的导电基底层,并且两端都通过相应的包封材料层保持与电池层接触。

[0010] 本发明可以进一步以本文描述的特征之一或其任何组合为特征,所述特征例如集电结构,其包括一系列基本上平行的材料线(其与所述暴露的顶表面相比具有较低的薄层电阻);所述的一系列基本上平行的线总体上垂直于所述多个导电元件的方向;对所述导电元件的数目和所述导电元件的横截面宽度进行选择以使得按照下述方程,由于所述导电元件的线路电阻和所述导电元件的荫蔽(shading)造成的总功率损失低于6%:

[0011] 总功率损失=[由荫蔽造成的功率损失]+[由阻抗线路损失造成的功率损失]

[0012] 
$$= [\{\rho(I/n)(l)\}/(V)(A)] + [n(l')(d)]$$

[0013] 其中 $\rho$ 是导电元件的电阻率, $I$ 是由PV装置产生的电流, $n$ 是导电元件的数目, $l$ 是导电元件的长度, $V$ 是由PV装置产生的电压, $A$ 是导电元件的横截面积, $l'$ 是导电元件覆盖PV电池的顶表面的长度,和 $d$ 是导电元件的直径;所述集电结构和所述多个导电元件的总表面积小于PV电池的总表面积的4%;由荫蔽造成的功率损失在由荫蔽和电阻损失引起的总功率损失的30-70%之间;所述导电元件的横截面宽度大于所述第一和第二包封材料层的厚度;所述导电元件的横截面宽度小于0.5mm并大于0.1mm;所述导电元件连接到所述组件两端处的末端条上;所述导电元件通过软焊或焊接连接到所述末端条;所述导电元件通过激光焊接连接到末端条;所述第一包封材料层和所述第二包封材料层包括多个层,其中最接近电池顶部和底部表面的第一层是具有比后续层更高的熔点的热塑性材料;所述顶表面包含透明导电氧化物;所述光伏电池组件包含至少5个光伏电池和至少3个导电元件;所述光伏电池组件包含至少10个导电元件;所述导电元件与所述导电基底层的重叠的长度为至少2.0mm;所述非导电层部分包含通过UV辐射固化的液体电介质;所述第一包封材料层、所述第二包封材料层或两者包括至少第一和第二层,其中所述第一层具有比所述第二层更高的熔化温度( $T_m$ );熔化温度( $T_m$ )之差为至少10°C。

[0014] 因此,根据本发明的另一个方面,设想了一种形成光伏组件的方法,所述方法至少包括下述步骤:提供第一包封材料层和第二包封材料层;提供一系列基本上平行的导电元件;提供多个光伏电池,所述光伏电池包括光活性层、相对的导电基底层以及包含透明导电层和集电结构两者的顶部导电层;将所述多个光伏电池以头尾相接的方式连接;所述集电结构包含一系列基本上平行的线,所述电池的外围边缘部分包括非导电层部分,所述多个导电元件的一端接触所述透明导电层和所述集电结构两者,而所述多个导电元件的相反端

接触相邻光伏电池的导电基底层,并且两端都通过相应的包封材料层保持与电池层接触。  
[0015] 应该认识到,上面提到的方面和实例是非限制性的,因为如本文中所示和所描述的,在本发明中还存在其他的方面和实例。

## 附图说明

- [0016] 图1是本发明的一个示例性实施例的顶部透视图。  
[0017] 图2是图1中示出的实施例的侧视图。  
[0018] 图3是图1中示出的实施例的部件分解侧视图。  
[0019] 图4是图1中示出的实施例的更详细的侧视图。  
[0020] 图5是单个电池的顶部透视图。  
[0021] 图5A-A是图5的电池的详细剖视图,其示出了示例的层。  
[0022] 图6是其中包括4个电池的光伏电池组件的PV装置的顶部透视图。  
[0023] 图7是实施例1的顶部透视图。  
[0024] 图8是实施例2的顶部透视图。  
[0025] 图9是实施例3和4的顶部透视图。  
[0026] 图10是实施例5的顶部透视图。  
[0027] 图11是与实施例5相关的电线电阻率对电池组件的串联电阻和归一化效率的影响的图形示例。  
[0028] 图12是示出了如何能够通过导电元件数目的优化实验性地最小化功率损失(归一化效率)的实例的图形示例。  
[0029] 图13是与实施例1相关的表。  
[0030] 图14是与实施例3相关的表。  
[0031] 图15是与实施例4相关的表。  
[0032] 图16是与实施例6和7相关的表。  
[0033] 图17A-C示出了单个电池和互连组件的示例性I-V特征数据。  
[0034] 优选实施方案的详细描述  
[0035] 本发明涉及如图1至图5A-A和图7-10中所示的改进的光伏电池组件10,并且通常可描述为在经受太阳辐照(例如日光)时发挥提供电能的功能的多个部件和部件集合体的组件。在一个实例中,改进的光伏电池组件10可以整合到更大的光伏装置中,例如图6中所示的太阳能屋顶板100中。  
[0036] 本公开的特别关注和主要焦点是一种改进的光伏电池组件10,其包括至少多个光伏电池20、第一和第二包封材料层40,50以及与光伏电池20电连接的导电元件60(优选为多个导电元件60)。  
[0037] 一般来说,多个光伏电池可以由多个邻接的层构建。这些层可以被进一步定义(例如从下往上)为包括至少:导电基底层22、光活性层24和顶部集电结构28。此外,优选情况下至少沿着电池的一部分外围边缘包括非导电层部分30,例如在图4中所示。  
[0038] 此外,组件10被配置成使得导电元件60的一端62与集电结构28和光活性层24的顶表面26两者接触,和导电元件60的相反端64与相邻光伏电池20的导电基底层22接触。优选情况下,两端62、64都通过相应的包封材料层保持与电池层接触。

[0039] 设想部件和部件集合体之间的关系(例如至少几何性质和材料性质)对于解决上面背景部分中讨论的一个或多个问题来说具有出人意料的重要性。在下面的段落中,更详细并具体地公开了各个部件和部件集合体及其关系。

[0040] 本发明中设想的光伏电池20可以由可商购的任何数量的已知光伏电池构建,或者可以选自某些将来开发的光伏电池。

[0041] 导电基底层22

[0042] 导电基底层22在传导由光活性部分产生的电能方面发挥类似于顶部导电层24的功能。导电基底层22可以是刚性或柔性的,但理想情况下是柔性的,特别是在得到的光伏装置可以与非平坦表面结合使用的实施方案中。导电基底层可以是单一的整体层,或者可以从一个或多个由宽范围的材料包括金属、金属合金、金属间组合物和/或它们的组合形成的层形成。对于需要柔性基底层的应用来说,层22通常为金属箔片。其实例包括包含Cu、Al、Ti、Mo或不锈钢的金属箔片。典型情况下,该导电基底层由不锈钢形成,并且在基底层上方形成光活性部分24,尽管也设想其他配置并且它们不是必然影响本文中提出的电池互连的概念。在示例性实施方案中,不锈钢是优选的。

[0043] 导电基底层22可以在一个或两个侧面上涂覆宽范围的导电材料,包括Cu、Mo、Ag、Al、Cr、Ni、Ti、Ta、Nb、W和/或它们的组合中的一种或多种。在示例性实施方案中可以使用掺有Mo的导电组合物。在导电基底层上紧邻光活性层形成的背接触层122有助于将光活性层24与支持体隔开以最小化支持体成分迁移到光活性层中。例如,背接触层22可以帮助阻断不锈钢支持体的Fe和Ni成分迁移到光活性层24中。在导电基底层22的一个或两个侧面上形成的导电金属层也可以保护基底层免于可能在光活性层24形成过程中引起的降解,例如如果在光活性区域24的形成中使用S或Se,提供针对S或Se的保护。

[0044] 光活性部分24

[0045] 光伏电池20的光活性层或部分24含有将光能转变成电能的材料。可以使用任何已知提供这种功能的材料,包括晶体硅、无定形硅、CdTe、GaAs、染料敏化太阳能电池(所谓的Graetzel电池)、有机/聚合物太阳能电池,或通过光电效应将太阳光转变成电的任何其他材料。然而,光伏电池优选为基于IB-III A硫属化物的电池,例如IB-III A硒化物、IB-III A硫化物或IB-III A硒化物硫化物(即吸收层是IB-III A硫属化物,优选为铜的硫属化物)。更具体的实例包括铜铟硒化物、铜铟镓硒化物、铜镓硒化物、铜铟硫化物、铜铟镓硫化物、铜镓硒化物、铜铟硫化物硒化物、铜镓硫化物硒化物和铜铟镓硫化物硒化物(其在本文中全都称为CIGS)。它们也可以用化学式 $CuIn_{(1-x)}Ga_xSe_{(2-y)}S_y$ 表示,其中x是0至1且y是0至2。铜铟硒化物和铜铟镓硒化物是优选的。除了吸收层之外,所述部分24还可以包含多个层,例如本技术领域已知用于基于CIGS的电池中的一个或多个发射(缓冲)层、导电层(例如透明导电层)等,在本文中也考虑到了。这些电池可以是柔性或刚性的,并可以具有多种形状和尺寸,但通常是易碎的,并易于发生环境降解。在优选实施方案中,光伏电池20是可以被弯曲而不显著开裂和/或没有显著功能损失的电池。示例性的光伏电池被教导并描述在多个美国专利和公开中,包括US3767471、US4465575、US20050011550 A1、EP841706 A2、US20070256734 A1、EP1032051A2、JP2216874、JP2143468和JP10189924A,在此为所有目的通过引用并入。

[0046] 在示例性实施方案中,光活性层24也可以进一步由任何数量的层构造而成,例如:背接触层122(通常为Mo),吸收层124(通常为CuInGaSe(S)),缓冲层126(通常为CdS),窗口

层128(通常为ZnO)和透明导电层130(通常为氧化铟锡(ITO)或铝锌氧化物(AZO))。据信这种构型的电池20通常被称为“CIGS太阳能电池”,参见图5A-A。

[0047] 设想了光伏电池20可以由其他已知太阳能电池技术形成。它们的实例包括基于无定形硅或碲化镉的太阳能电池装置。此外,如上所述的光伏电池20中的部件可以用可选材料代替。例如,缓冲层126可以用Cd、Zn、In、Sn及其组合的硫化物、硒化物或氧化物代替;在缓冲区126与透明导电层130之间可以包括由例如Zn、Cd、In、Sn的抗性透明氧化物构成的任选窗口层。优选情况下,窗口层是本征氧化锌。

[0048] 透明导电层130可以被设置为光活性层24的顶层。在透明导电层中可以掺入广泛的透明导电氧化物或其组合。在典型实施方案中,透明导电层130是透明导电氧化物(TCO),其代表性实例包括氟掺杂的氧化锡、氧化锡、氧化铟、氧化铟锡(ITO)、铝掺杂氧化锌(AZO)、氧化锌、它们的组合等。在一个示例性实施方案中,透明导电层是氧化铟锡。透明导电层可以通过溅射或其他合适的沉积技术方便地形成。

[0049] 设想了在某些光伏电池20中,可能不需要独立的透明导电层130。例如,GaAs型电池通常不需要透明导体,因为GaAs层可以充分地导电。出于本发明的目的,紧接集电结构28下方的层应该被视为电池20的顶表面26。

[0050] 这些替代对于本领域技术人员来说是已知的,并且不影响本文提出的电池互连的概念。

[0051] 顶部集电结构28

[0052] 顶部集电结构28的功能是收集由光活性部分22产生的电能并将其集中到导电通路中。集电结构28可以被沉积在光活性层24上方(例如顶表面26上)以降低该层(例如TCO层130)的薄层电阻。集电结构28典型地包含光学上不透明的材料,并可以作为一系列基本上平行的导电迹线施加(尽管也可以设想其他构型,并且它们不必定影响本文提出的电池互连的概念),其中迹线之间的间隔使得该格栅占据表面上相对小的覆盖区。例如,在某些实施方案中,集电结构占使光活性材料暴露于入射光中的与光捕获相关的总表面积约5%或更低,甚至约2%或更低,或甚至约1%或更低。集电结构28优选包括导电金属例如Ag、Al、Cu、Cr、Ni、Ti、Ta和/或其组合。在一个示例性实施方案中,格栅具有包含镍和银的双层构造。集电结构可以由多种技术形成,包括丝网印刷、喷墨印刷、电镀和使用物理气相沉积技术例如蒸发或溅射通过荫罩掩模进行的金属化。

[0053] 非导电层部分30

[0054] 非导电层部分30起到绝缘体或电介质的作用,其将导电元件60与太阳能电池的边缘电隔离。据设想,非导电层部分的存在减少了太阳能电池边缘处可能由与导电元件60的接触所引起的电短路的发生。此外,非导电层部分30可以起到胶粘剂的作用以在在电池组件制造期间施加包封材料层之前将多个导电元件60固定在适当位置。在太阳能电池组件中的各单个太阳能电池的前缘或后缘之一或两者处,可以向太阳能电池或向导电元件60施加绝缘体。绝缘体可以沿着装置的边缘在导电元件跨越太阳能电池边缘的位置处作为离散的区域形成,或者它可以沿着电池20边缘的整个长度或主要部分作为单一的层施加以便它可以包括在电池与导电元件60之间的离散的层。绝缘体可以是能够作为液体沉积并固化或交联以形成固体材料的合成聚合物的类型。固化或交联可以通过例如施加热能或紫外(UV)能量来实现。对于可UV固化的组合物来说,期望的是固化过程可以在短的时间段内完成,例如



短于10秒,更具体来说可以短于约3秒。许多可光固化的聚合物需要在200-400nm范围内的至少300mJ/cm<sup>2</sup>的能量,更典型为约500-1200mJ/cm<sup>2</sup>的UV能量。示例性的实施方案包括基于丙烯酸酯和环氧树脂的组合物。可选地,非导电层部分30可以作为固体材料施加,例如以胶带的形式。适合的可选方案可以包括氟碳聚合物例如乙烯-四氟乙烯共聚物(ETFE)、可以涂覆在电池或互连材料上的可固化绝缘聚合物或可施加于太阳能电池或互连材料上的无机介电材料。设想了它也可以使用用作包封材料层40、50的材料例如聚乙烯薄膜来代替。在优选实施方案中,非导电层部分30是通过UV辐射固化的液体电介质环氧树脂组合物。在一个示例性实施方案中,所述部分30是聚酰亚胺胶带。一种这样的可商购胶带是由Dupont®提供的Kapton®带。一般来说,非导电层部分30可以表现出大于约2的介电常数,并且甚至可以大于约4。示例性电绝缘材料具有大于约4.8的介电常数和大于约3×10<sup>14</sup>Ω-cm的体积电阻率。

[0055] 导电元件60

[0056] 导电元件60起到光伏电池20之间的电桥的作用。在本发明中设想了在一个电池的顶部(例如集电结构28和/或顶表面26)与邻接电池的导电基层26之间形成电桥。理想的是,这些元件具有相对低的电阻率(优选低于约1.0Ω/m,更优选低于约0.33Ω/m,最优选低于0.15Ω/m)。图11示出了电线电阻率对电池组件的串联电阻和归一化效率的影响的实例。它们可以采取传统金属导线(实心或有镀层的)、导电箔、涂覆的聚合物丝或执行上述桥接功能的任何类似结构的形式。示例性的导电元件包括镀有Ag、Sn或Ni的铜线。元件60不含具有相对低熔点的合金(例如熔点低于电池组件所期望的加工温度,典型低于约200°C)、焊料或导电胶粘剂组分。

[0057] 设想了每个单个电池使用的导电元件60的数目可以在低至两个(2)(例如一个在顶部上,一个在底部上)至多达几十个之间变化。导电元件60的数目和相对间隔可以随着许多因素而变化,例如:元件的类型和电阻率,电池20的尺寸,集电结构28中线的类型、电阻率和间隔,顶表面26的薄层电阻,集电结构28的单个元件的间隔以及所有相关界面(例如集电结构/顶表面、集电结构/导电元件、顶表面/导电元件)的接触电阻。这些值可以各自测量并用于确定优选构型,以便最小化总功率损失并平衡由导电元件和集电结构造成的与荫蔽相关的功率损失的影响和与相关界面的电阻损失相关的影响。在优选实施方案中,每100cm<sup>2</sup>的电池20的表面存在四(4)个导电元件60,并且它们近似均匀地间隔开(例如彼此的间隔值在约5至25%以内)。图12示出了如何通过导电元件数目的优化实验性地最小化功率损失(归一化效率)的实例。

[0058] 据设想,在元件60与导电基层22之间应该存在充分的接触以满足电阻率的目标(例如小于约1.0Ω,更优选小于约0.2Ω)。可以想象,元件60与导电基层22的重叠部分“CA”(参见图4)可以在小至约2.0mm至多达电池的整个宽度“W”的范围内。在优选实施方案中,重叠部分“CA”在约2.0mm至100.0mm、更优选约5.0mm至80.0mm、最优选约20.0mm至50.0mm的范围内。

[0059] 据设想,可以对导电元件的数目和导电元件的横截面宽度进行选择以使得按照下述方程,由导电元件的线路电阻和导电元件的荫蔽造成的总功率损失低于约3%至6%:

[0060] 总功率损失=[由荫蔽造成的功率损失]+[由阻抗线路损失造成的功率损失]

[0061] =[{ρ(I/n)(1)}/(V)(A)]+[n(l')(d)]

[0062] 其中 $\rho$ 是导电元件的电阻率,  $I$ 是由PV装置产生的电流,  $n$ 是导电元件的数目,  $l$ 是导电元件的长度,  $V$ 是由PV装置产生的电压,  $A$ 是导电元件的横截面积,  $l'$ 是导电元件覆盖PV电池的顶表面的长度, 和 $d$ 是导电元件的直径。

[0063] 在优选实施方案中, 导电元件的横截面宽度可以为约0.1mm至2.0mm, 更优选约0.2mm至1.0mm, 且最优选约0.3mm至0.5mm。在优选实施方案中, 由荫蔽造成的功率损失可以由荫蔽和电阻损失引起的总功率损失的约25-75%, 更优选约30-70%。

[0064] 第一包封材料层40

[0065] 据设想, 第一包封材料层40可以执行几种功能。例如, 该层40可以起到粘结机构的作用, 从而帮助将相邻层保持在一起(例如电池20, 多个导电元件60和/或第二包封材料层50)。它还允许所期望量和类型的光能透过以到达光伏电池20(例如光活性部分24)。第一包封材料层40也可以起到补偿相邻层几何形状的不规则性或通过那些层表现出来的不规则性(例如厚度变化)的作用。它也可以起到允许由环境因素(例如温度变化、湿度等)及物理移动和弯曲造成的挠曲和层之间的移动的作用。优选情况下, 该层40被构造成保持多个导电元件60与顶表面26和集电结构28电接触。在优选实施方案中, 第一包封材料层40可以基本上由胶粘薄膜或网构成, 但优选为热塑性材料例如EVA(乙烯-乙酸乙烯酯)、热塑性聚烯烃或类似材料。据设想, 该层40可以由单层构成, 或者可以由多层(例如第一、第二、第三、第四、第五层等)构成。在层40由多层构成的情况下, 设想了紧邻电池的顶表面(例如与顶表面26、顶部集电结构28和导电元件60接触)而形成的第一层具有比与紧邻第一层形成的第二层更高的熔化温度( $T_m$ )。据设想, 这种构型能够提供下述优点, 即可以选择加工温度以使得第一层在热处理期间不被完全熔化, 但是达到足够的温度以使得第一层粘附于电池顶部。这种构型防止由于热处理期间导电元件与顶部导电层之间包封材料的下溢造成的导电元件与顶部导电层的接触的损坏。该层40的优选厚度可以为约0.1mm至1.0mm、更优选约0.2mm至0.8mm、最优选约0.25mm至0.5mm。对于多层构型来说, 设想了该层40应该由熔化温度( $T_m$ )的差异为至少10°C的不同层构成。加工温度应该被选择为比第一层的 $T_m$ 低约5°C或更多并且比第二层的 $T_m$ 高至少5°C。例如, 一种这样的组合可以是由熔化温度在105-130°C范围内的聚烯烃热塑性材料组成的第一层和由标称熔化温度为50-100°C的EVA共聚物类型组成的第二层。

[0066] 据设想, 通过包封材料层与所有待接触表面的吸附获得的“良好”粘附对于维持包封组件的完整性来说是重要的。作为一般性准则, 对与玻璃的吸附所测量的粘附力应该高于约20N/15mm, 更优选高于约30N/15mm, 且甚至更优选高于约40N/15mm。粘附强度可以使用如ASTM D903-98中所述的标准180°牵拉试验来测定。

[0067] 第二包封材料层50

[0068] 在包封材料层的另一个实例中, 第二包封材料层50通常连接性置于光伏电池20下方, 尽管在某些情况下它可以直接接触第一包封材料层40。设想了第二包封材料层50可以起到与第一包封材料层类似的作用, 尽管它不必需透射电磁辐射或光能。优选情况下, 第二包封材料层50被配置成保持多个导电元件60与导电基底层22电接触。在层50由多层构成的情况下, 设想了紧邻电池的底表面(例如与导电基底层22和导电元件60接触)而形成的第一层具有比与紧邻第一层形成的第二层更高的熔化温度( $T_m$ )。据设想, 这种构型能够提供下述优点, 即可以选择加工温度以使得第一层在热处理期间不被完全熔化, 但是达到足够的

温度以引起第一层粘附于电池底部。这种构型防止由热处理期间导电元件与顶部导电层之间包封材料的下溢造成的导电元件与导电基底层22的接触的损失。

## 实施例

[0069] 在下面的段落中,展示了本发明的五(5)个实施例和一(1)个比较例。提供下面的实施例是为了说明本发明,而不旨在限制其范围。

### [0070] 实施例总述

[0071] 出于这些实施例的目的,从Global Solar Inc获得了在不锈钢基底(例如导电基底层22)上的CIGS型太阳能电池(50mm X 210mm)。将所述电池切成较小的电池50mm(“L”)X 25mm(“W”)。将Ni/Ag格栅(例如集电结构28)施加到透明导电层(ITO)上的电池的顶表面26上。在这种情况下,30根线跨过电池的较大维度。在电池20上靠近电池边缘划线直到Mo层(122)(例如距外缘向内约1.0至2.0mm)。据信由于切割电池20造成的损伤,使用这样的划线在工业中是常见的。

[0072] 本文中的符号和简写表示定义如下:

[0073]  $V_{oc}$  = 开路电压

[0074]  $I_{sc}$  = 短路电流

[0075] FF = 填充因子

[0076] Eff = 效率

[0077]  $R_s$  = 串联电阻

[0078]  $R_{sh}$  = 分流(并联)电阻

[0079]  $R_p = R_{sh}$

[0080]  $P_{max}$  = 功率(瓦)

[0081]  $J_{sc}$  = 每单位面积的短路电流( $mA/cm^2$ )

### [0082] 实施例1

[0083] 将图7中所示的具有格栅的两个电池在所有4个边缘上用聚酰亚胺(“kapton”®)带(例如非导电层部分30)以使得它围绕边缘卷绕并覆盖电池顶部上的划线部分的方式进行处理。然后将3根镀银电线(30AWG;例如导电元件60)施加到电池A的表面并延伸到电池B的底部,在那里使用kapton带将末端局部地附接到不锈钢基底上(在施加包封材料40、50之前)。采取类似方式,将3根30AWG锡涂覆的导线施加到电池A的表面并延伸到电池边缘之外。导线以与银格栅的指状物的方向垂直的方向施加。未使用粘合材料将电线粘附于电池表面(尽管可以使用小块胶带将元件60固定定位直到进行层压处理)。然后以使得电池A的不锈钢基底与延伸到电池B之外的电线可用于通过线夹电连接的方式,将两个电池组件包封在顶部和底部上的400 $\mu$ m厚的DNP PV-FS Z68聚乙烯片(例如包封材料40、50,未示出)之间。然后将DNP/太阳能电池/DNP组件在150°C下层压。单独的电池A和电池B以及互连组件的电流/电压(I-V)特征数据显示在图13中。

### [0084] 实施例2

[0085] 在本实施例中,如图8所示,制备了另外两(2)个具有格栅的电池20,并将它们添加到实施例1的两(2)个电池上。该电池被称为电池C和D。这些电池以及连接在一起的电池C和D的数据概括在图13中。然后使用同样的方法将电池组件A+B与C+D彼此相连以产生4电池的

串。

[0086] 单个电池A、B、C和D以及互连组件的数据的概述显示在图13中。

[0087] 实施例3

[0088] 在本实施例中,如前面实施例所述制备了五(5)个具有格栅的电池20。在本实施例中,如图9中所示,使用十(10)根镀银铜线(30AWG;例如导电元件60)将电池20以首尾相接的方式组装。同样地,未使用粘合材料将导线粘附于电池表面。电池20/元件60组件以使得导线延伸到末端电池的边缘之外的方式包封在顶部和底部上的DNP PV-FS Z68聚乙烯片(例如包封材料40、50)之间。然后使用Sn/Pb焊料通过软焊将导线60附接于锡涂覆的铜汇流条(“BB”)上。然后将DNP/太阳能电池/DNP组件在110°C下层压。单个电池和互连组件的I-V特征数据显示在图14中。

[0089] 实施例4

[0090] 在本实施例中,与实施例3中一样制备五(5)个具有格栅的电池20。如图9中所示,将电池20以首尾相接的方式组装,区别在于30AWG镀银铜线(元件60)用28AWG锡涂覆铜线(元件60)代替。单个电池和互连组件的I-V特征数据显示在图15中。

[0091] 实施例5

[0092] 以与实施例3和4相似的方式构造了三(3)个五(5)电池组件。在本实施例中,格栅设计具有跨过电池较大维度的14根线,并且如图11中所示,使用8根28AWG镀锡铜线以首尾相接的方式组装。单个电池和互连组件的I-V特征数据概述在图17A-C中。

[0093] 实施例6(比较例)

[0094] 使用导电环氧树脂以常规的串-接片方式互连的5电池Global Solar组件通过I-V测量进行表征。然后通过切断电池之间的条带将所述串切成5个电池,并获取各个电池的I-V测量值。图16中概述的数据显示,所述串的性能明显比单个电池差,这与通过本文描述的方法连接的电池所获得的数据相反。

[0095] 实施例7(比较例)

[0096] 使用导电环氧树脂以常规的串-接片方式互连的几个5电池Global Solar组件通过I-V测量进行表征,然后如实施例6中所述通过切断电池之间的条带将所述串切成5个电池。使用实施例3中描述的方法将5个电池用8根30AWG重新组装成串。获取各个电池的I-V测量值。图16中概述的数据显示,所述串的性能明显比单个电池差,这与通过本文描述的方法连接的电池所获得的数据相反。

[0097] 方法

[0098] 据设想,将光伏电池20组装成组件10的方法也具有创造性。设想提供上述所有部件,并且用于制造组件10的组装方法至少包括如下步骤。

[0099] 第一步可以包括向各个光伏电池的顶表面26施加多个导电元件60。太阳能电池可以成批或成堆提供,并手动或自动提供到卸载站。可选地,太阳能电池20可以以包含多个太阳能电池的连续卷的形式提供,并在即将组装之前在被称为切单颗(singulation)的步骤中从卷中分离。切成单颗的太阳能电池20可以被提供到按照光伏性能分类的组件屉(bin)中。提供在组件屉中的电池可以由操作人员单个地手工装载,或者更优选情况下可以使用工业机器人从组件屉中拣出单个电池,并置于检查区中。然后可以使用图像系统指导工业机器人将光伏电池精确地拣出并以正确定向放置在平顶真空传送带上。在一个实施方案

中,图像系统包括获取电池顶表面的图片的相机,并将关于电池准确定向的信息传送至机器人,使得机器人能够将其拣出并以精确定位的方向置于传送带上。

[0100] 随后电池20可以随着传送带移动,在此期间可以靠近电池的一个或两个边缘,作为可热固化或可UV固化的液体电介质或以胶带形式施加非导电层部分30。如果以胶带形式施加非导电层,优选情况下胶带是在两个侧面上包含胶粘剂的类型,以使得粘性表面可用于接触电池的顶表面26和多个导电元件60两者。

[0101] 当带有非导电层部分30的电池随着传送带向下传送时,多个导电元件60可以以连续形式施加到顶表面26上。可以利用非导电层部分的胶粘性质将多个导电元件在两个外围边缘处固定于电池的顶表面上。如果非导电层部分是双面胶带,则可以利用胶带上的胶粘剂帮助将多个导电元件固定在适当位置。如果非导电部分是可UV固化的液体电介质,那么多个导电元件可以部分地包埋非导电层部分中。然后将液体电介质固化以将导电元件在两个外围边缘处固定于电池的顶表面上。

[0102] 上述过程产生了连续的电池“串”,其中多个导电元件接触顶表面26。将电池隔开足够的间隙以允许期望长度的导电元件延伸到各电池的后外缘之外。该长度由最终产品中所期望的元件60与导电基底层22的重叠部分“Ca”决定。然后将多个导电元件在各个太阳能电池的前缘处切割以产生具有与顶表面26接触并延伸到太阳能电池的后缘之外的多个导电元件的单个电池。切割过程可以通过机械操作执行,例如使用虎钳(nip),或使用激光在特定位置处切割导线。

[0103] 在制造电池“串”的同时,可以以类似的方式制造类似的总线或末端条的“串”,其中多个导电元件通过焊接或软焊附接于多个末端条。在优选实施方案中,该过程通过激光焊接来进行。将导电元件切割以产生附接有多个导电元件并沿背向延伸的单一末端条。

[0104] 在太阳能电池中切割导电元件并对末端条进行加工后,附接有导电元件的末端条可以通过捡拾和安置机构输送到互连区中。互连区可以包含用于保持第二包封材料50的夹具。可以将末端条固定在适当位置。然后将带有延伸到后缘之外的导电元件的电池放置在第二包封材料层上,以使得延伸到末端条的后缘之外的多个导电元件接触到第一太阳能电池的背面。然后可以安置第二电池以使得延伸到第一电池的后缘之外的多个导电元件接触第二电池的背面。重复该过程直至期望数量的电池被安置于互连组件中。然后,将未附接导电元件的第二末端条紧固在第二包封材料上的适当位置。使用软焊或焊接将延伸到最后一个电池的后缘之外的导电元件附接于第二末端条。在优选实施方案中,该过程通过激光焊接来进行。

[0105] 在完成相反端附接有末端条的互连组件后,可以将第一包封材料40安置于互连组件顶部上。将具有第一包封材料层、太阳能电池、多个导电元件和末端条的产品在例如真空层压机中层压,并由此完成组件10。

[0106] 除非另有陈述,否则在本文中描述的各种结构的维度和几何形状不意图限制本发明,其他的维度或几何形状也是可能的。多个结构部件可以由单个整体结构提供。可选地,单个整体结构可以分割成单独的多个部件。此外,尽管本发明的特征可能已经描述在仅仅一个示例性实施方案的情形中,但这样的特征可以与其他实施方案的一个或多个其他特征组合而用于任何给定的应用。从上述内容还应该认识到,本文中的独特结构的制造及其操作也构成了本发明的方法。

[0107] 已经公开了本发明的优选实施方案。然而,本领域的普通技术人员将意识到,某些修改将在本发明的教导范围内。因此,应该研究下面的权利要求来确定本发明的真正范围和内容。

[0108] 在上述应用中列举的任何数值包括从较小值至较大值以一个单位的增量递增的所有值,只要在任何较小值与任何较大值之间相隔至少2个单位即可。例如,如果说到某组分的量或过程变量例如温度、压力、时间等的值为例如1至90、优选20至80、更优选30至70,则意图的是诸如15至85、22至68、43至51、30至32等值也明确地列举在本说明书中。对于小于1的值来说,适当情况下一个单位被认为是0.0001、0.001、0.01或0.1。这些仅仅是具体意图指示的数值的实例,并且在最低值与最高值之间的数值的所有可能的组合都应该被认为以类似的方式在本说明书中明确地陈述。

[0109] 除非另有说明,否则所有范围包括两个端点和端点之间的所有数字。与范围相结合使用的“约”或“近似”适用于所述范围的两个端值。因此,“约20至30”旨在覆盖“约20至约30”,并包括至少指明的端点。

[0110] 所有文章和参考文献(包括专利申请和公开)的公开内容为所有目的通过引用并入。

[0111] 用于描述组合的术语“基本上由……构成”应该包括指明的要素、成分、部件或步骤,以及不实质性影响该组合的基本和新颖特征的这类其他要素、成分、部件或步骤。

[0112] 在本文中使用的描述要素、成分、部件或步骤的组合的术语“包含”或“包括”也涵盖基本上由所述要素、成分、部件或步骤构成的实施方案。

[0113] 多个要素、成分、部件或步骤可以由单一的整体要素、成分、部件或步骤提供。可选地,单一的整体要素、成分、部件或步骤可以分割成独立的多个要素、成分、部件或步骤。用来描述要素、成分、部件或步骤的“一(a)”或“一个”不意图排除其他的要素、成分、部件或步骤。本文中对属于某个族的元素或金属的所有指称指的是由CRC Press, Inc., 1989出版并具有版权的元素周期表。对一个或多个族的任何指称应该是如在该元素周期表中使用IUPAC系统进行族编号而反映的一个或多个族。

[0114] 元素编号列表

[0115] 光伏电池组件10

[0116] 光伏电池20

[0117] 导电基底层22

[0118] 光活性层24

[0119] 顶表面26

[0120] 集电结构28

[0121] 非导电层部分30

[0122] 第一封装材料层40

[0123] 第二封装材料层50

[0124] 导电元件60

[0125] 导电元件60的一端62

[0126] 导电元件60的相反端64

[0127] 背接触层122

- [0128] CuInGaSe(S)吸收层124
- [0129] 缓冲层126
- [0130] 窗口层128
- [0131] 透明导电层130

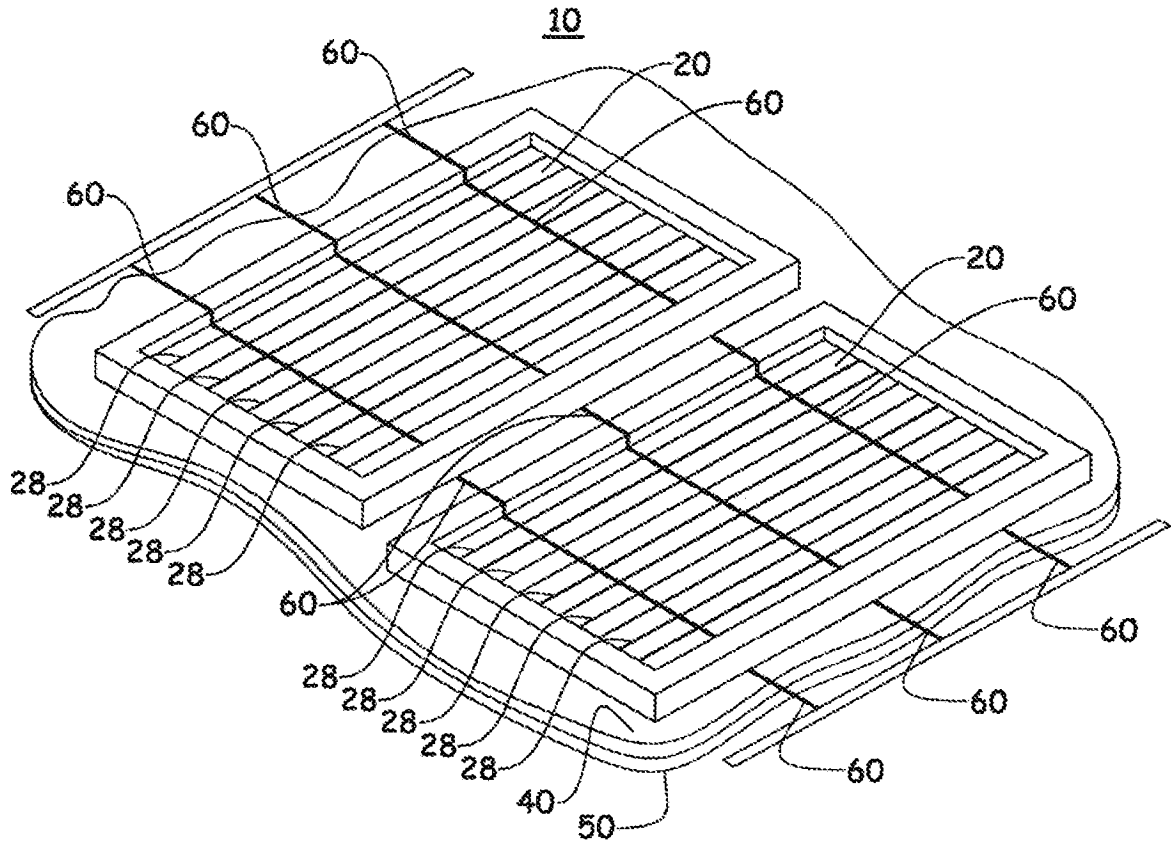


图1

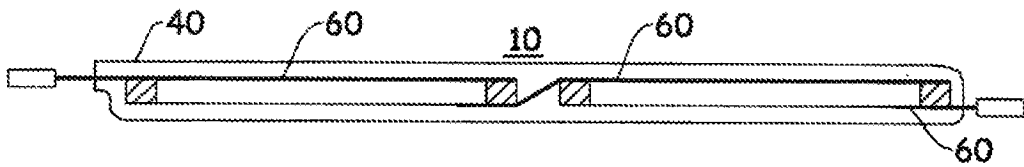


图2

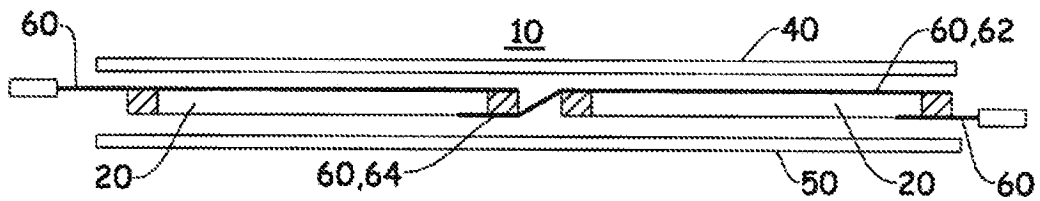


图3



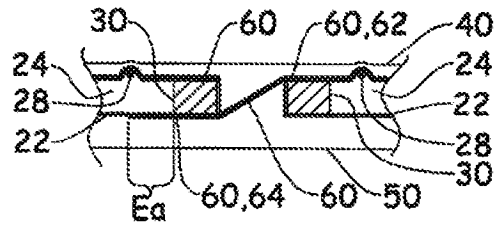


图4

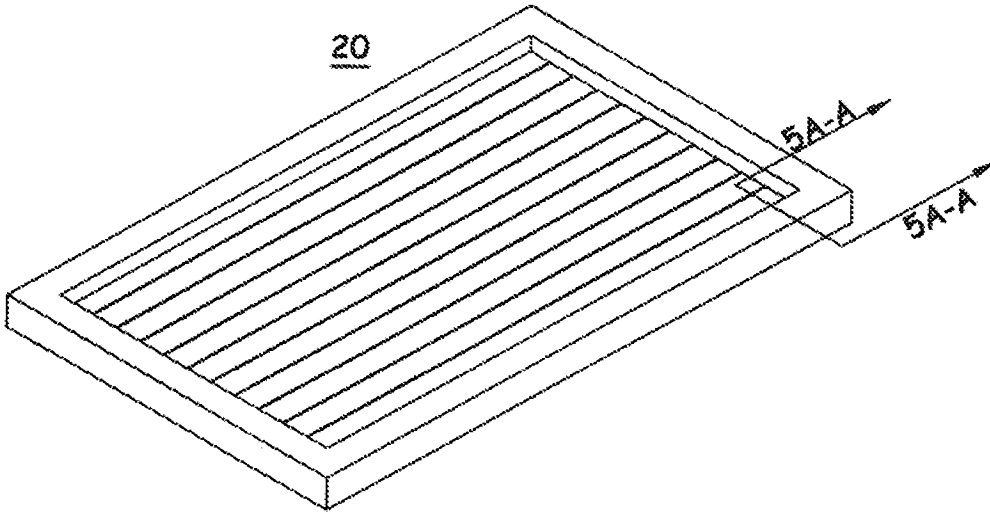


图5

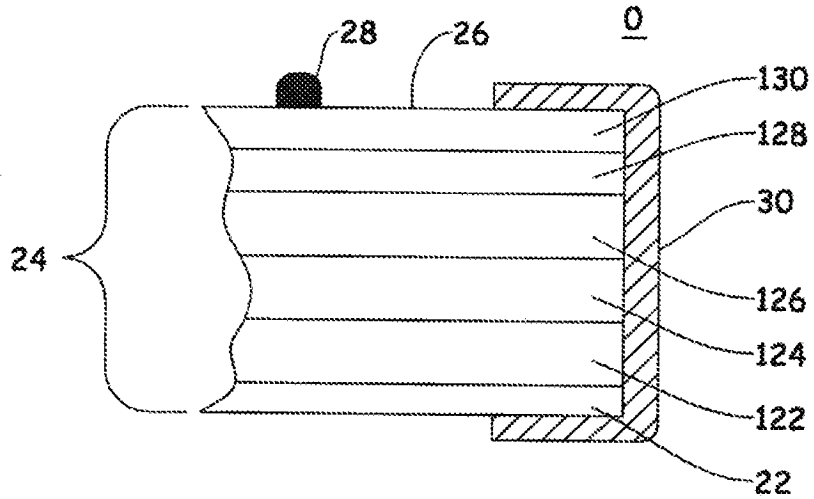


图5A-A

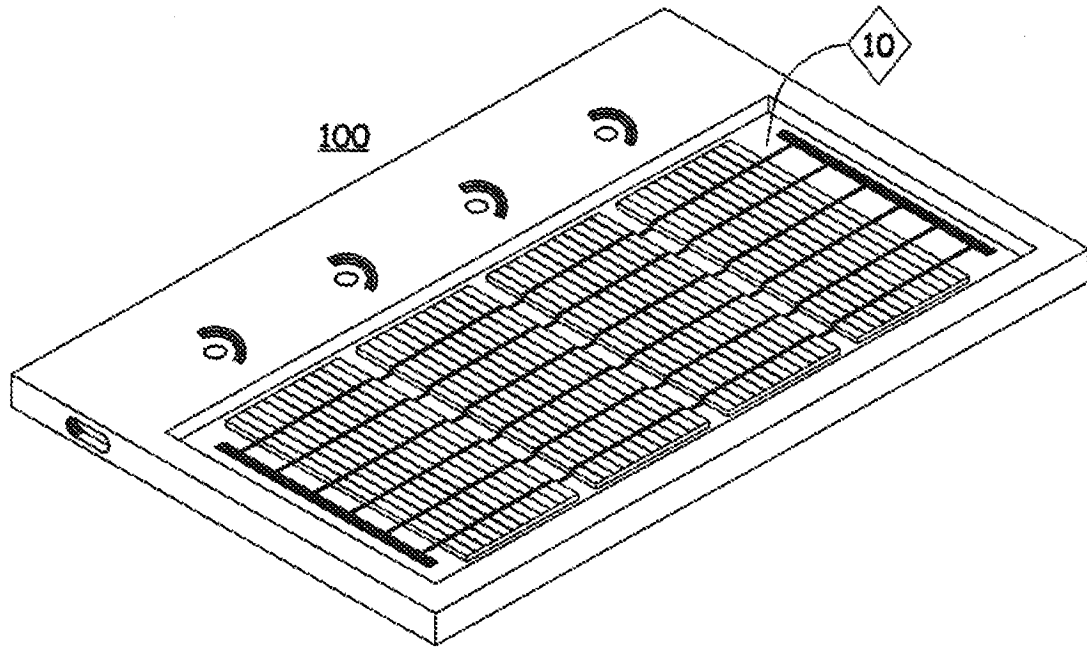


图6

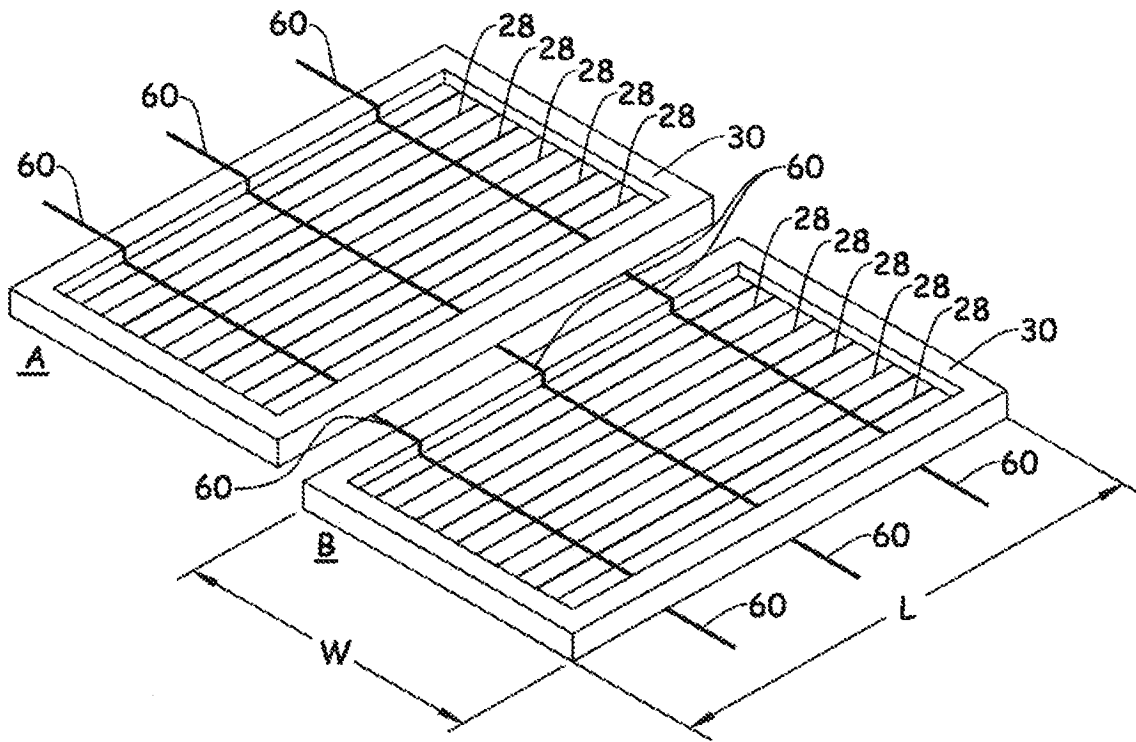


图7

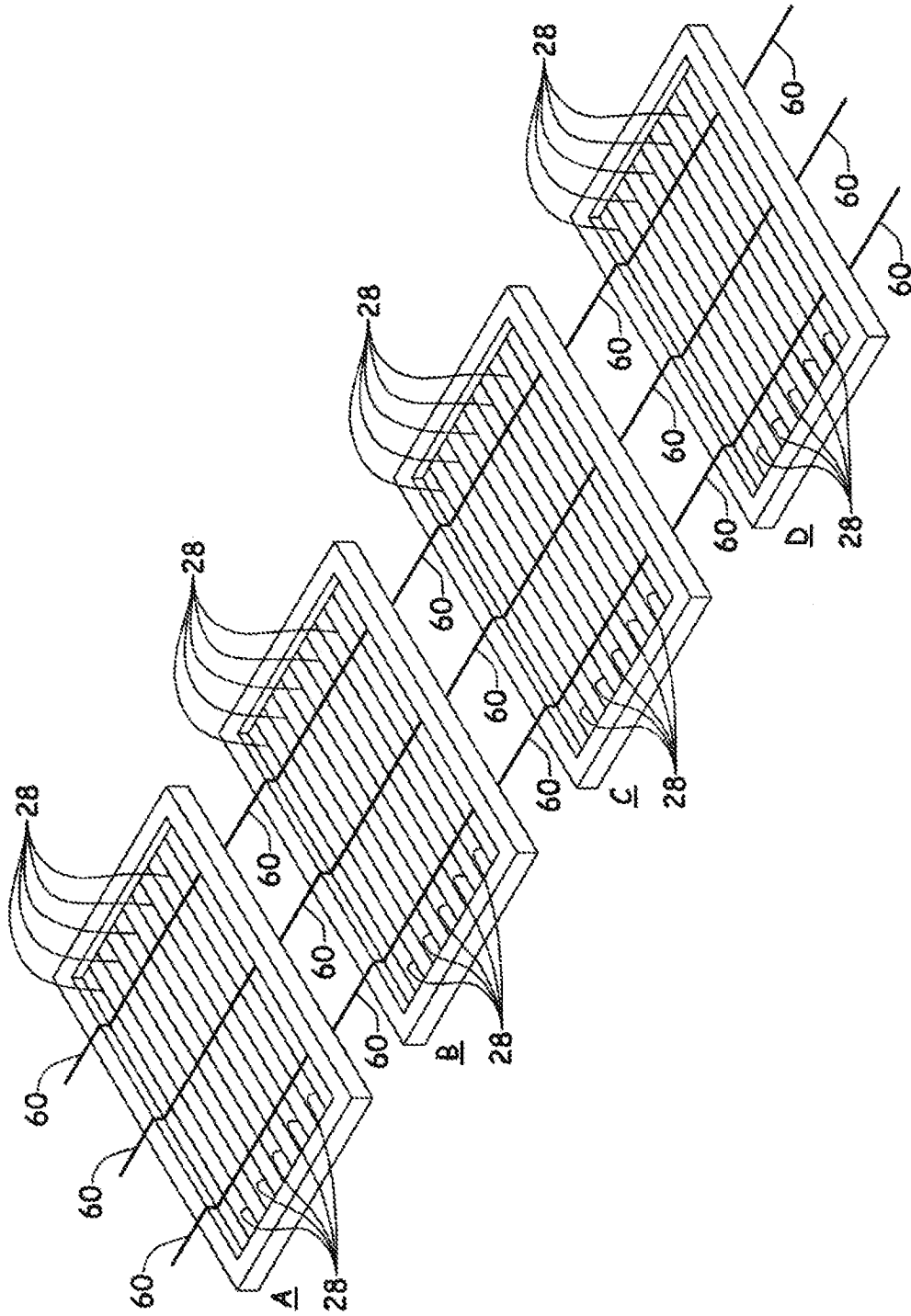


图8

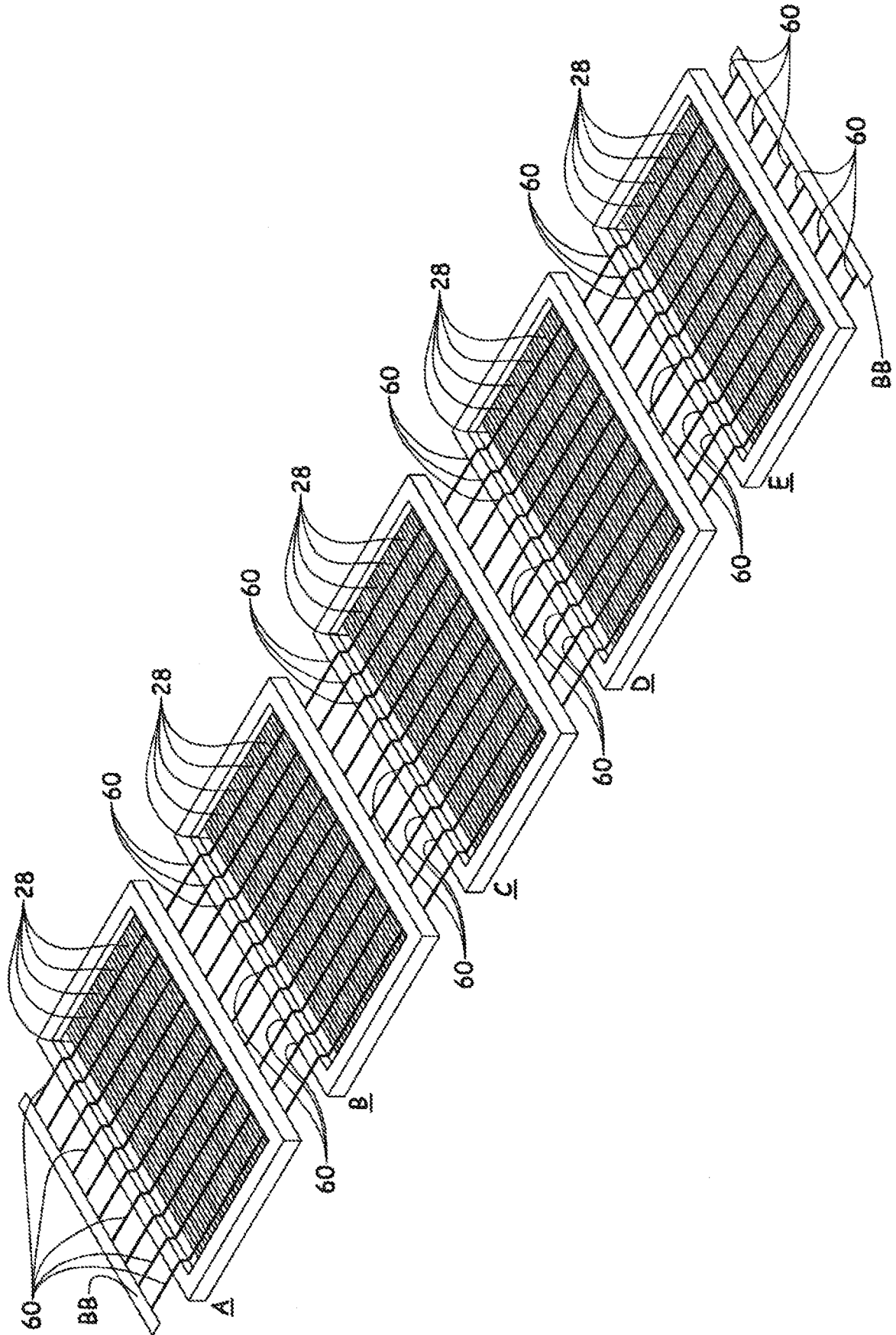


图9

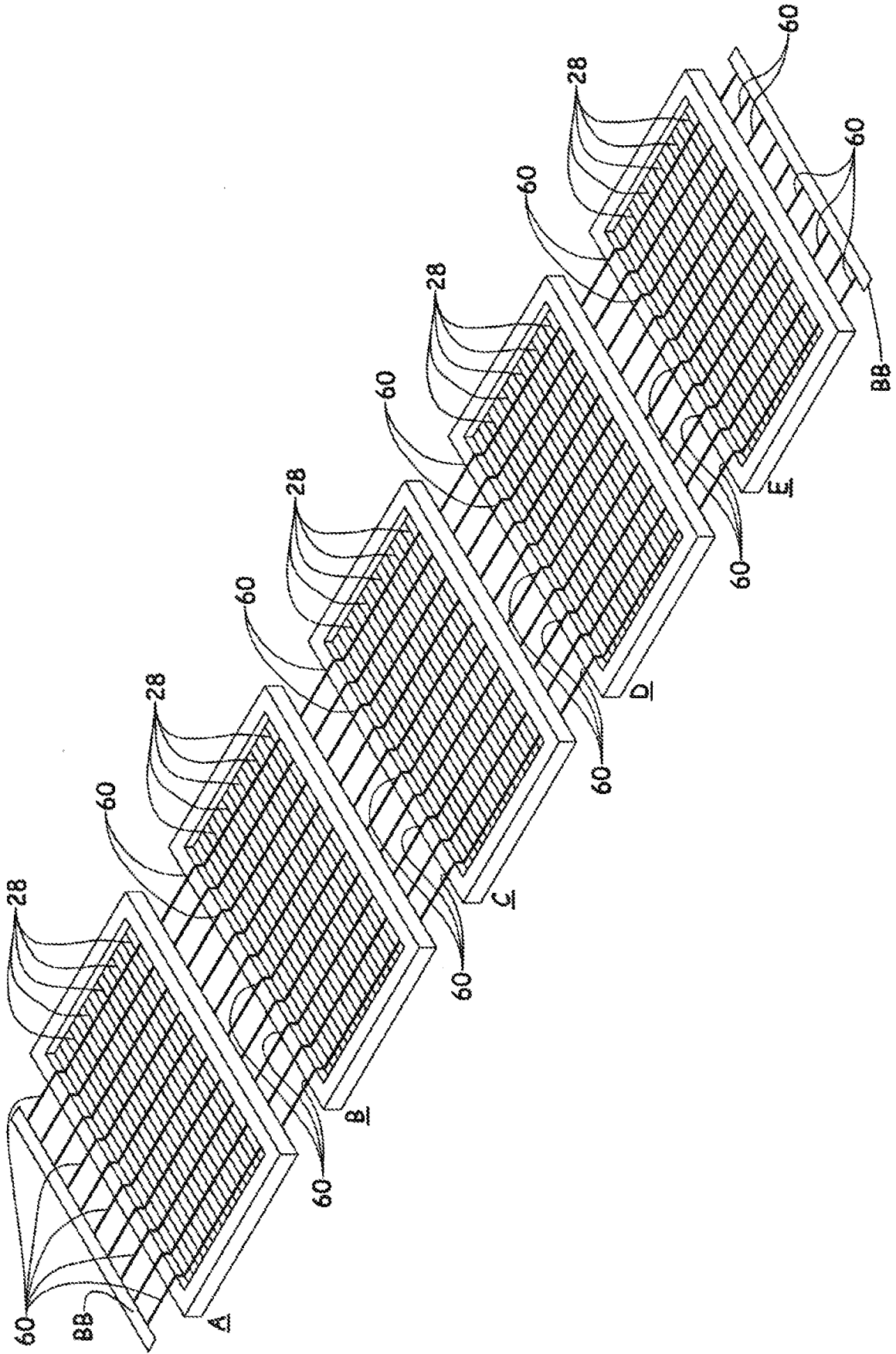


图10

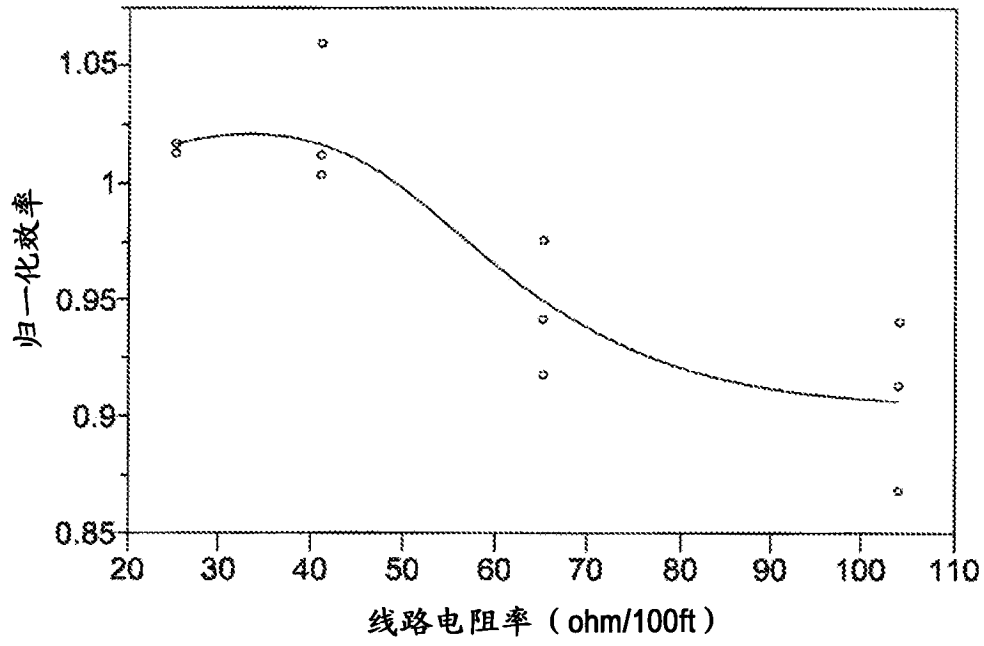


图11

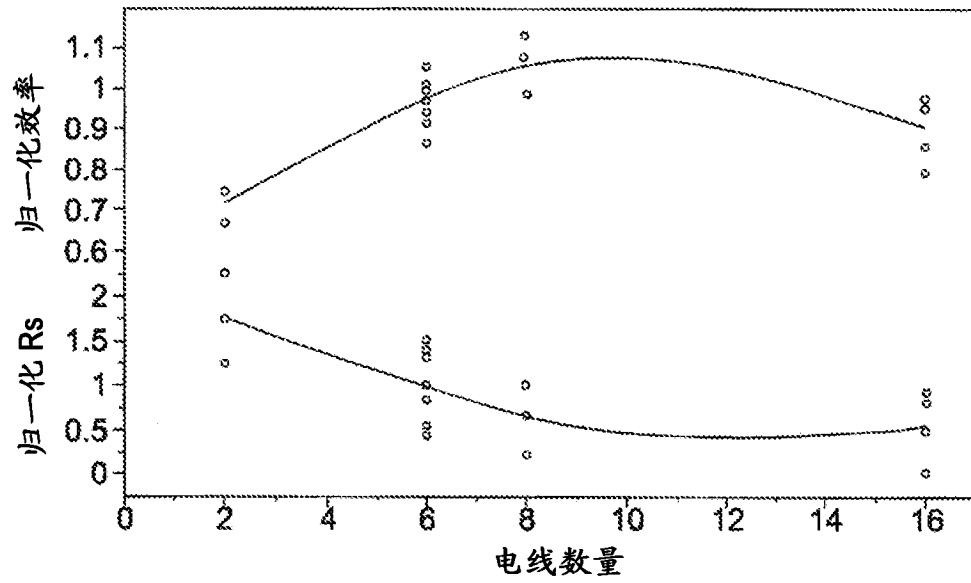


图12

	电池 A	电池 B	组件 (A+B)	电池 C	电池 D	组件 (C+D)	组件 (A+B+C+D)	电池 E	电池 F	组件 (E+F)
效率	9.36	9.36	9.46	8.48	9.075	9.57	9.512	9.29	9.33	8.86
填充因子 (%)	66.5	65.5	62.9	53.8	58.0	65.7	62.3	54.6	55.9	58.6
Voc (V)	0.56	0.57	1.13	0.57	0.58	1.14	2.27	0.57	0.58	1.14
Isc (A)	0.19	0.20	0.02	0.22	0.21	0.20	0.20	0.23	0.22	0.20
Rs(Ω)	0.11	0.15	0.84	0.70	0.67	0.81	1.79	0.35	0.37	1.17
Rp(Ω)	91	70	189	20	117	185	319	1316	1216	419
Pmax (W)	71.0	73.6	146.0	65.7	71.7	148.8	288.8	71.2	72.6	135.2

图13

两电池互连数据						电池 1 数据					电池 2 数据				
ID	Voc (V)	Isc (A)	FF (%)	Eff. (%)	Rs(Ω)	Voc (V)	Isc (A)	FF (%)	Eff. (%)	Rs(Ω)	Voc (V)	Isc (A)	FF (%)	Eff. (%)	Rs(Ω)
1	1.0	2.90	49.4	7.09	0.02	0.51	2.87	52.9	7.20	0.05	0.50	2.90	51.9	7.17	0.05
2	1.0	2.90	44.0	6.19	0.02	0.51	5.51	52.0	7.00	0.03	0.50	2.90	47.6	6.38	0.05
3	1.0	2.77	44.1	5.73	0.06	0.48	2.67	47.0	5.70	0.05	0.50	3.00	53.0	7.15	0.04
4	1.1	2.94	46.8	6.67	0.01	0.53	2.82	56.0	8.00	0.06	0.50	3.00	55.8	8.15	0.08
5	1.0	2.91	48.2	6.91	0.02	0.51	2.90	53.6	7.80	0.04	0.50	3.00	54.5	8.13	0.06
6	1.1	2.91	47.1	6.90	0.01	0.53	2.96	54.5	8.10	0.06	0.50	2.90	52.2	7.33	0.04
7	1.0	2.94	46.9	6.63	0.05	0.50	2.92	52.2	7.33	0.04	0.50	2.90	52.2	7.33	0.04
8	1.1	2.95	47.6	7.06	0.01	0.53	2.85	57.7	8.10	0.06	0.50	2.90	53.5	7.33	0.05
9	1.0	2.83	48.0	6.20	0.07	0.50	2.86	46.9	6.60	0.05	0.50	2.80	51.9	6.92	0.04
10	1.1	2.99	46.8	7.07	0.01	0.51	5.47	56.2	8.20	0.05	0.50	2.90	55.9	8.23	0.05

图14

两电池互连数据						电池 1 数据						电池 2 数据						
ID	Voc	Isc	FF	Eff.	Rs	Rsh	Voc	Isc	FF	Eff.	Rs	Rsh	Voc	Isc	FF	Eff.	Rs	Rsh
1	1.03	2.95	49.17	7.12	0.14	4.7	0.52	2.47	56.88	6.96	0.06	4.7	0.51	2.69	53.4	7.06	0.06	2.2
2	1.04	2.96	50.22	7.37	0.13	7.6	0.52	2.46	57.93	7.16	0.06	12	0.52	2.48	56.1	6.88	0.06	4.6

图15

	电池 1	电池 2	电池 3	电池 4	电池 5	5 电池串
Voc	0.58	0.58	0.58	0.58	0.59	2.93
Isc	5.44	5.53	5.56	5.62	5.48	5.58
FF	56.5	56.4	53	56.1	57.2	45.3
Eff.	8.5	8.64	8.1	8.73	8.73	7.05
Rs	0.025	0.026	0.03	0.025	0.027	0.2
Rsh	1.7	3.1	1.7	2.1	3.7	4.37

图16

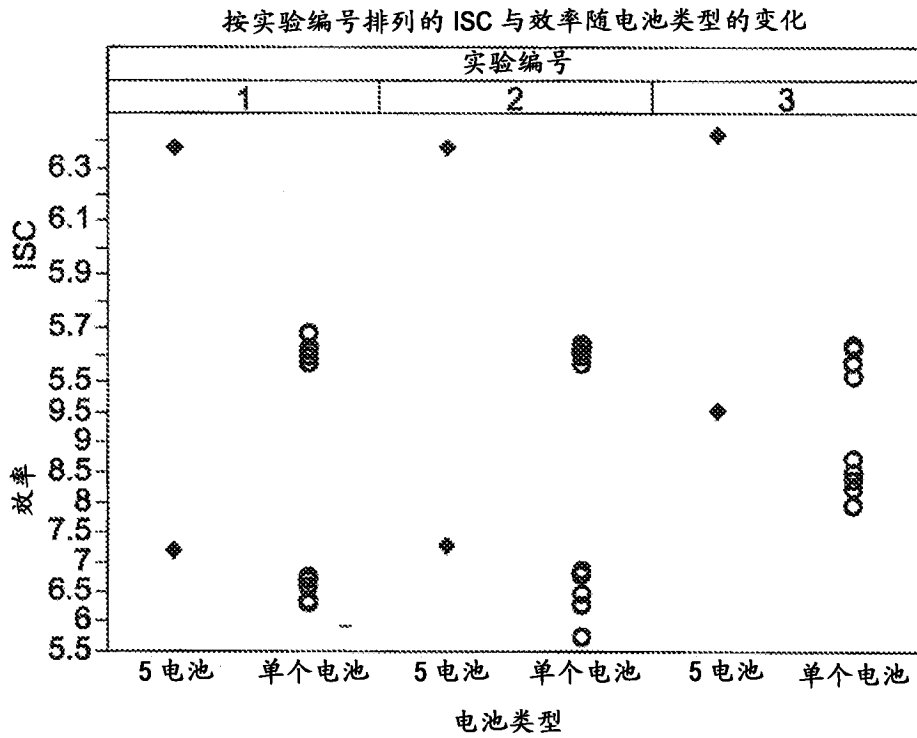


图17A



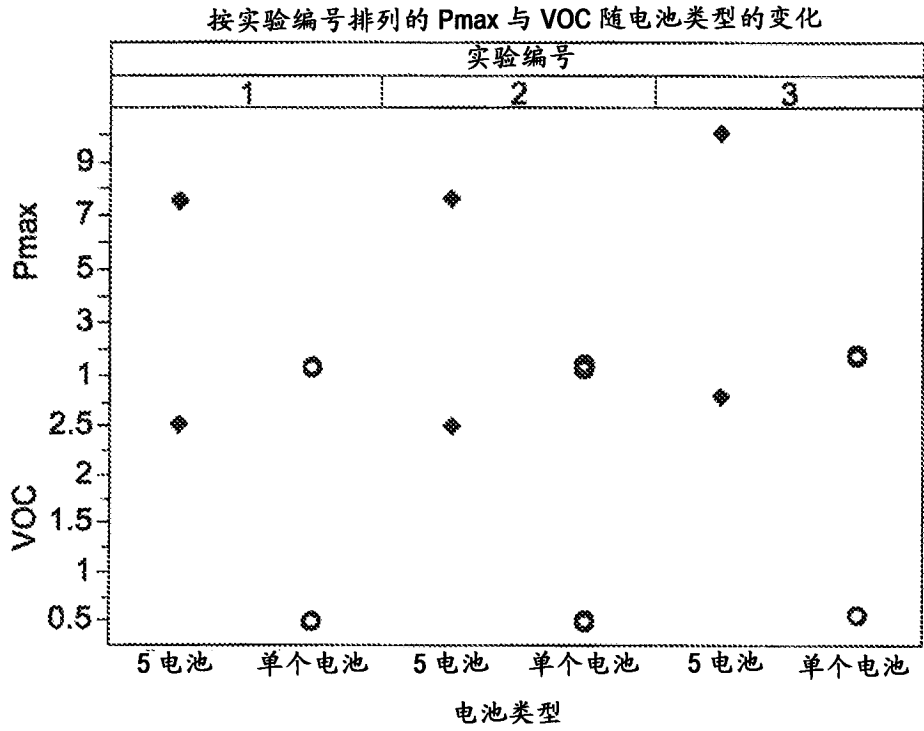


图17B

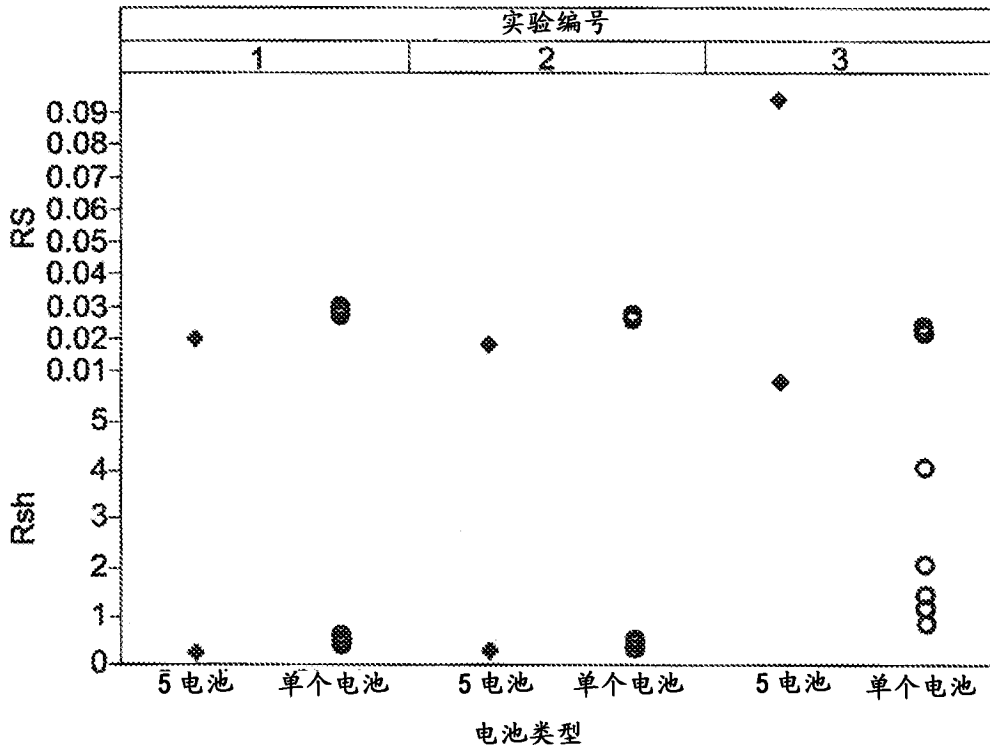


图17C