一种线型光伏电池组件

技术领域

[0001]本发明属于光伏电池领域，具体涉及一种线型光伏电池组件。

背景技术

[0002]光伏电池是一种 1 用光伏效应将光能转化为电能的装置，能够通过吸收光线并直接进行发电的光电半导体薄片。光伏电池的主要应用就是太阳能发电，故也称太阳能电池。传统的太阳能电池采用硅片作为基材，由于硅片的结构形态，制备的太阳能电池是一种硬质平面结构。近年来，随着薄膜电池技术的发展，柔性电池因具有可弯曲，质量轻，应用范围广等特点被广泛研究。通常的柔性电池是将电池薄膜材料制备在柔性透明薄膜上形成，能够大幅降低产品重量的同时具有一定的柔软性。随着技术的发展，为了可以随时随地利用太阳光转换为可使用的电能，方便个人利用太阳能，可穿戴设备更是得到了广泛的关注。因此，能够进行编织的纤维状柔性太阳能电池被提了出来，也称为线型光伏电池。线型光伏电池是在柔性线型基底上构建工作电极，沉积多层功能层和对电极，组装成完整的器件以实现光电转换。与柔性平面电池相比，线型电池的除了轻便、可弯折，还可以承受各种三维变形如扭曲和打结，应用范围更广。

[0003]然而，现有线型光伏电池的透明外电极由于需要保持较好的透光性，因此其厚度通常较薄，往往只在 nm 厚度级别，因此具有强度低，电阻率大的问题。因此，现有线型光伏电池通过透明外电极将电荷从电池的一端传输到另一端就存在电阻过大的问题，使得线型电池长度受限。此外，极薄的透明外电极强度较低，与外部电路连接较为困难，甚至不够牢固。

发明内容

[0004]本发明的目的是解决现有线型光伏电池通过透明外电极将电荷从电池的一端传输到另一端存在电阻过大的问题。

[0005]本发明的目的是采取下述技术方案来实现的：

[0006]一种线型光伏电池组件，所述光伏电池组件包括：

[0007]第一内电极，为线状导电体；

[0008]第一功能感光层，包覆于所述第一内电极；

[0009]第二内电极，为线状导电体；

[0010]第二功能感光层，包覆于所述第二内电极；

[0011]所述第一功能感光层与所述第二功能感光层平行或绞合设置且电连接；第一功能感光层和第二功能感光层具有光伏效应，产生的输出电压极性相反。

[0012]优选的，所述光伏电池组件还包括套设于所述第一功能感光层和第二功能感光层外侧的透明外电极。

[0013]优选的，所述光伏电池组件还包括套设于组件外侧的透明保护层。

[0014]优选的，所述光伏电池组件还包括设置于所述第一功能感光层和第二功能感光层外侧的连接电极。

[0015]优选的，所述线型光伏电池组件中的多个子线型光伏电池平行或绞合放置，并通过连接电极连接其透明外电极。

[0016]可选的，部分感光功能发电层外侧没有透明外电极，则连接电极直接连接到感光功能发电层。

[0017]优选的，所述第一功能感光层和第二功能感光层分别是由多层材料形成的异质结或同质结，具有 pn、np、pin、nip、nn+,pp+，nn-,pp-等结构，或者是基于这些结构的多叠层，但两类功能感光层在光照下的输出电压极性相反。

[0018]优选的，所述连接电极的结构形式包括：导电丝捆绑、缠绕、绞合，导电卡环，导电胶带粘贴、导电胶水涂敷，导电薄膜包覆等。

[0019]优选的，所述透明外电极的材料包括透明氧化物薄膜如 ITO、FTO，透明金属薄膜如金、银膜，纳米材料薄膜如纳米银、导电栅网、透明碳膜等。

[0020]优选的，所述第一内电极和第二内电极为实芯或空芯导线。其形式和材质可以是金属线/丝/条如 Au 线，Ag 线，Cu 线，Al 线，Ti 线、碳纤维、导电纤维等，也可以是在绝缘线/丝/纤维/条、绝缘管表面包覆有导电层的多层结构，如包覆有导电层的高分子纤维、玻璃纤维、棉线、麻线、塑料管等。

[0021]优选的，所述线型光伏电池组件，所包含的内电极有多根，并在每根内电极表面覆盖具有光伏功能的功能感光层，其中部分根内电极表面的功能感光层产生的输出电压与其它根产生的输出电压极性相反。

[0022]优选的，多个所述的线型光伏电池组件，可以通过串联和并联形成更

大规模的光伏电池组件。

[0023]与现有技术相比，本发明的有益效果为：

[0024]本发明与通常的线型光伏电池组件的主要区别是：通常的线型光伏电池的功能感光层产生的光电流经由内电极和透明外电极传出，内电极因仅需要满足柔软和导电性，其粗细可以根据需求设计，因此其电阻通常非常小；然而外电极需要优先满足透光性，因此其厚度极薄，因此其单位长度电阻较大，电流沿线型电池外电极轴向传输时损耗较大，影响电池性能的提高。此外，透明外电极因为较薄，因此极难引出，难以与外部电路连接，或者连接不牢固。本发明采用两种不同极性电池的一端正负电荷经由外电极和连接电极而复合，而另一端则分别从各自的内电极引出，其电流路径主要经过内电极，因此电阻较小，能够大幅度减少电能损耗，有利于提高电池效率。此外，由于内电极通常具有一定的尺寸和强度，因此将其引出到外电路相较于透明外电极，将更为简单。

附图说明

[0025]图 1 为本发明一种线型光伏电池组件实施例 1 的结构示意图；

[0026]图 2 为单芯光伏电池的结构示意图；

[0027]图 3 为本发明一种线型光伏电池组件实施例 2 的结构示意图；

[0028]图 4 为本发明的一种四绞型光伏电池组结构示意图；

[0029]其中：1-第一内电极、2-第一功能感光层、3-第一透明外电极、4-第二内电极、5-第二功能感光层、6-第二透明外电极、7-连接电极、8-透明保护层、10-内电极、20-功能感光层、30-透明外电极、80-透明外保护层、201-P 层、202-I 层、203-N 层、A1-1 号第一内电极、A2-2 号第一内电极、Am-m 号第一内电极、B1-1 号第二内电极、B2-2 号第二内电极、Bn-n 号第二内电极、100-A 型子电池、200-B 型子电池。

具体实施方式

[0030]下面结合附图和具体实施例对技术方案做进一步说明，以助于理解本发明的内容。

[0031]本发明的目的是采取下述技术方案来实现的：

[0032]如图 1 所示，本发明提供一种线型光伏电池组件，所述光伏电池组件包括：

[0033]第一内电极 1，为线状导电体；

[0034]第一功能感光层 2，包覆于所述第一内电极 1；

[0035]第二内电极 4，为线状导电体；

[0036]第二功能感光层 5，包覆于所述第二内电极；

[0037]所述第一功能感光层与所述第二功能感光层平行或绞合设置且电连接；第一功能感光层和第二功能感光层具有光伏效应，产生的输出电压极性相反。

[0038]所述光伏电池组件还包括套设于所述第一功能感光层 2 的第一透明外电极 3，以及套设于所述第二功能感光层 5 外侧第二透明外电极 6，透明外电极可如图 1 所示分别单独包裹，或者将第一透明外电极 3 和第二透明外电极 6 合并为单一的透明外电极同时包裹所述第一功能感光层 2 和第二功能感光层 5。

[0039]所述光伏电池组件还包括套设于所述透明外电极外侧的透明保护层 8。

[0040]所述光伏电池组件还包括设置于所述第一功能感光层 2 和第二功能感光层 5 外侧的连接电极 7。如图 1 所示，当所述光伏电池组件还包括透明外电极 3 和 6 时，也可将所述连接电极 7 设置于所述透明外电极的外侧。

[0041]如图 1 所示，本发明实际上采用的是并排串联结构的方式。取两种线型光伏电池 A 和 B，A 电池的第一内电极 1 为正极，第一透明外电极 3 为负极；B 电池的第二内电极 4 为负极，第二透明外电极 6 为正极。将 A、B 电池并排放置，在 A、B 电池之间适当的位置制作连接电极 7，最后再制作透明保护层 8。其主要工作原理为，当光照在所述光伏电池组件上，穿过透明保护层 8 和透明外电极 4 和 6，到达功能感光层 2 和 5 时，在功能感光层中产生光伏效应，形成电子空穴对，分别在内电极和透明外电极上累积产生电压。对于 A 电池，空穴流向内电极 1，电子流向透明外电极 3，因此内电极 1 为正极，透明外电极 3 为负极；对于 B 电池，电子流向内电极 4，空穴流向透明外电极 6，因此其内电极 4 为负极，透明外电极 6 为正极。由于连接电极 7 连接有两个电池的透明外电极 3 和 6，因此，相当于将 A 电池的负极与 B 电池的正极相连，则 A、B 电池形成串联结构。串联后的电池组其正极为 A 电池的内电极 1，负极为 B 电池的内电极 4。当需要使用此电池组时，只需要将两个内电极连接外电路即可。

[0042]本发明与通常的线型光伏电池组件的主要区别是：通常的线型光伏电池为图 2 所示结构，包括内电极 10、功能感光层 20、透明外电极 30、透明外保

护层 80。功能感光层中某位置产生的电荷先沿法向到达内电极和透明外电极，然后再沿内电极和透明外电极的轴向运动，并最终在一端的引线处传出。因此，对于一个距离引线很远的点来说，其产生的电荷必须经过较长的轴向传输路径才能传出，而由于透明外电极对透光的要求，其厚度通常极薄，因此其电阻率较高。当线型电池较长时，透明外电极轴向电阻很大，电流传输损耗极大。当采用如图 1 所示的结构时，A 电池功能感光层 2 中某位置产生的空穴先沿法向流动到内电极 1，然后沿内电极的轴向运动，同时产生的电子沿法向到达透明外电极 3；B 电池功能感光层 5 中某位置产生的电子先沿法向流动到内电极 4，然后沿内电极的轴向运动，同时产生的空穴沿法向到达透明外电极 6；由于相对位置的 A、B 电池的透明外电极 3 和 6 距离很近，并且每隔一段距离有连接电极 7 相连，因此 A 电池透明外电极 3 的电子仅需要跨过较短距离的连接电极 7 即可联通 B 电池的透明外电极 6，与 B 电池透明外电极上的空穴复合。至此，当此串联电池对外供电时，空穴主要经由 A 电池的内电极 1 流动，电子主要经由 B 电池的内电极 4 流动。由于内电极因仅需要满足柔软和导电性，其粗细可以很好的设计，因此其电阻通常非常小。然而，外电极需要优先满足透光性，因此其厚度极薄，因此其单位长度电阻较大，电流沿线型电池外电极轴向传输时损耗较大。因此采用本发明的方法，两种不同极性电池的一端正负电荷经由外电极和连接电极而复合，而另一端则分别从各自的内电极引出，其电流路径主要经过内电极，因此电阻较小，有利于提高电池效率。此外，由于内电极通常具有一定的尺寸和强度，因此将其引出到外电路相较于透明外电极，将更为简单。

[0043]图 1 所示为本发明的一种最简单实例,每一根内电极和对应的功能感光层以及透明外电极可以视作一个子线型光伏电池。本发明在具体实施时需因实际需要对子线型光伏电池进行调整,包括子线型光伏电池数量、粗细、长短、各子线型光伏电池中各层的材质、制作方式，各子线型光伏电池的排布方式，连接电极的形态和制作方式，内电极引出方式等。

[0044]对于子线型光伏电池数量，图 1 所示为具有 A、B 两种各一个子线型光伏电池的形式。在实际应用中，作为具有相反输出极性的两类电池，都可以包含 1 个或多个子线型光伏电池。即两部分极性不同的子线型光伏电池数量，可以是 1:1，一对多，或多对多的。无论所述的光伏电池组件内包含几个子线型光伏

电池，其中必须有一部分了线型光伏电池的输出电压极性与另一部分了线型光伏电池的输出电压极性相反。这些子线型光伏电池的透明外电极通过连接电极相连；或者某些线型电池没有透明外电极，则连接电极直接与感光功能层相连。两部分极性不同的子线型光伏电池数量，可以是 1:1，一对多，或多对多的，其比例数量是根据两类子线型光伏电池的总光电流决定。为使光伏组件效率较高，其配比应确保两类子线型光伏电池产生的总光电流大小接近。具有相同极性的多个子线型光伏电池应具有相近的输出电压，以确保在连接后并联电压没有较大衰减。

[0045]内部各子线型光伏电池可以是如图 2 或图 3 所示的平行并排，也可以是呈双绞(1:1)或多绞(一对多或多对多)的方式。

[0046]内部各子线型光伏电池的内电极、功能感光层和透明外电极的材质可以是相同的，也可以是不同的，但单个子线型光伏电池的最外层与其它子线型光伏电池的最外层以及连接电极之间应不发生破坏电池性能的反应。

[0047]所述的内电极，可以为实心结构也可以为空心结构。可以整体为导电材料也可以为多层结构，如果是多层结构，需保证其外表面为导电层。常用的内电极如金属线/丝/条如 Au 线，Ag 线，Cu 线，Al 线，Ti 线等、碳纤维、导电纤维等，也可以是在绝缘线/丝/纤维/条、绝缘管表面包覆有导电层的多层结构，如包覆有导电层的高分子纤维、玻璃纤维、棉线、麻线、尼龙线、塑料管等。内电极的长度决定了线型电池及组件的长度。

[0048]所述的光伏电池组件内子线型光伏电池的内电极可以是一端引出，也可以是两端引出。一端引出时，可以从相同端引出，也可以从不同端引出。

[0049]所述的功能感光层通常是由多层材料形成的异质结或同质结，具有 pn、np、pin、nip、nn+,pp+，nn-,pp-等结构，或者是基于这些结构的多叠层，但两类功能感光层在光照下的输出电压极性相反。各层半导体材料可以是当前薄膜光伏电池采用的各种材料：IV 族半导体材料如硅基、硒基半导体，III-V 族半导体材料如 GaAs、InP、AlSb 等，II-VI 族半导体材料如 CdSe、CdTe、CdS、ZnTe、ZnS、CdZnTe 等,I-III-VI 族化合物材料如 CIGS、CuInSe2、CuGaSe2、AgInS2 等，碘化物材料如 PbI2、钙钛矿类材料如 FAPbI3、AmPbI3、SnPbI3、SnPbI3、CsPbI3、CsA2gBiBr6，染料敏化电池材料，有机化合物电池材料等等。有时，为了提高电池转换效率，还需要对半导体结界面以及半导体层与内外电极界面层进行优化，

增加传输层/修饰层,以便功能感光层与内外电极层保持良好的能级匹配，确保电荷能良好地导出。图 2 所示的功能感光层 20 包括 P 层 201、I 层 202、N 层 203 是一个典型的 pin 结构,其与内电极的接触层为 p 层，因此内电极 10 为正极，透明外电极 30 为负极。如果将图 2 的线型电池作为图 1 所示线型光伏电池组件的子线型光伏电池，则其相当于所述的线型光伏电池组件的 A 电池。由感光层产生的空穴就流向第一内电极 1，电子就流向第一透明外电极 3。对于 B 电池，则制作相反的 nip 电池，则其电子流向第二内电极 4，空穴流向第二透明外电极 6。将 A、B 电池并排摆放，然后在其表面制作连接电极 7。连接电极 7 将 A 电池和 B 电池的外电极相连，以方便从 A 电池外电极流出的电子可以和 B 电池外电极的空穴以复合。至此，A 电池的空穴经由 A 电池的内电极沿轴向传出，A 电池外电极的电子经由连接电极与 B 电池外电极的空穴复合，B 电池的电子则经由 B 电池的内电极沿轴向传出。因此，A、B 电池的内电极则形成整个电池组的正负极，A、B 电池形成串联结构，电压相加，电流相同。最后在整个电池组表面制作透明防护层。

[0050]根据需要，A 电池并非一定是 pin 结构，B 电池也并非一定是 nip 结构，他们可以是 pn、np、pin、nip、nn+、pp+、nn-、pp-等半导体结中的一种。A 电池和 B 电池也可以有机分子类施主-受主型电池。A、B 电池的感光功能层还可以是由这些结构组成的叠层。无论何种形式感光层结构，其最终仅需 A、B 电池的输出极性相反，而不限于其功能感光层的材料和结构。

[0051]在感光功能层外部覆盖有透明外电极，所述的透明外电极具有极好的导电性，且对光具有较好的透过性。述透明外电极的材料包括透明氧化物薄膜如 ITO、FTO，透明金属薄膜如金、银膜，纳米材料薄膜如纳米银、导电栅网、透明碳膜等。透明外电极与功能感光层具有良好的导电接触，主要用于提取功能感光层电荷。

[0052]根据需要，A 电池和 B 电池的透明外电极也可以取消。当某一子线型光伏电池的透明外电极取消后，则连接电极还承担了透明电极的提取电荷能力，此时连接电极 7 应布置得更密一些，以便能更大程度地从子线型光伏电池提取电荷。

[0053]所述的连接电极的目的是连接各子线型光伏电池的最外层，确保相同

极性子线型光伏电池形成并联结构，不同极性子线型光伏电池形成串联结构。因此，其形式不受限制，可以采用如图 1 分散一段间隔排布的连接导电圈，也可以是连续环绕的导线，也可以与子线型光伏电池多绞在一起，或者是其他导电材料导电胶带粘贴、导电胶水涂敷，导电薄膜包覆等。

[0054]所述的连接电极可以是透明或不透明的。如果是不透明的，则连接电极应极细并保持一定的间隔，以避免阻挡过多的光线。

[0055]为了制作的方便，也可以将制作完成的裹覆有感光功能层的内电极平行或绞合在一起，再统一在其外部制作透明外电极，此时透明外电极可以起到连接电极的作用，可以根据需要减少或取消连接电极。

[0056]在整个线型光伏组件外部包裹有透明保护层。所述的透明保护层为一种绝缘材料，其还应具有良好的透光性、防水、防氧化、耐腐蚀、耐磨性能，主要用于对电池表面进行保护。常用的透明保护层有玻璃涂层，有机涂层、薄膜等。

[0057]由于线型电池的柔软性，要将子线型光伏电池平行排列有时有一定的困难，此时可以将各子线型光伏电池以及导线形式的连接电极相互缠绕绞合。

[0058]本发明在具体实施时需因实际需要进行调整,主要为子线型光伏电池数量、粗细、长短、各子线型光伏电池中各层的材质、制作方式，各子线型光伏电池的排布方式，连接电极的形态和制作方式，内电极引出方式等。但无论何种形式，其必须在组件内部形成具有不同极性的两类电池 A 和 B，形成串联结构。

[0059]所述内电极为实芯或空芯导线，可以是金属导线如 Au 线，Ag 线，Cu 线，Al 线等或导电纤维如碳纤维、导电管状等。对于 A 电池，在其内电极表面制作 pin 型电池，其中 i 层为感光层，通常为当前薄膜电池采用的各种材料，如硅基、硒基等 IV 族半导体材料，GaAs 等 III-V 族半导体材料，CdTe 等 II-VI 族半导体材料，CIGS 等化合物材料，碘化物材料、钙钛矿类材料，染料敏化电池材料，有机化合物电池材料等等，而 p 层为空穴传输层，n 层为电子传输层，这样由感光层产生的空穴就流向内电极 A1，电子就流向透明外电极 A3。对于 B 电池，则制作相反的 nip 电池，则其电子流向内电极 B1，空穴流向透明外电极 B3。将 A、B 电池并排摆放，然后在其表面制作连接电极。连接电极将 A 电池和 B 电池的外电极相连，以方便从 A 电池外电极流出的电子可以和 B 电池外电极的空穴以复合。至此，A 电池的空穴经由 A 电池的内电极沿轴向传出，A 电

池外电极的电子经由连接电极与B电池外电极的空穴复合，B电池的电子则经由B电池的内电极沿轴向传出。因此，A、B电池的内电极则形成整个电池组的正负极，A、B电池形成串联结构，电压相加，电流相同。最后在整个电池组表面制作透明防护层。

[0060]根据需要，A电池并非一定是pin结构，B电池也并非一定是nip结构，他们可以是pn结构、np结构，或者是有机分子施主-受主型电池。仅需A、B电池的输出极性相反，而不限于其功能感光层的材料和结构。

[0061]连接电极7一般可以采用以下方式，每间隔一段距离使用导电丝捆绑、缠绕，使用导电卡环卡扣，使用导电胶带粘贴，使用导电胶水涂敷；或者将A、B并排固定后，在其侧面紧贴处添加导电膜，导电胶水等。

[0062]根据需要，A电池和B电池的透明外电极也可以取消。当某一子电池的透明外电极取消后，则连接电极还承担了透明电极的提取电荷能力，此时连接电极7应布置得更密一些，以便能更大程度地从子电池提取电荷。

[0063]由于A电池和B电池形成了串联结构，因此其电压相加，电流相同。为了确保整个电池组的性能，应保证A电池和B电池的光生电流是相同的。然而，由于A、B电池的膜层结构不同，两种电池的性能往往有所差异，要解决这个问题可以采用一对多或多对多的结构。如图3所示，A电池包括1号第一内电极A1、2号第一内电极A2、更多至m号第一内电极Am，B电池包括1号第二内电极B1、2号第二内电极B2、更多至n号第二内电极Bn。这些子线型光伏电池的制作工艺和组成材质可以相似也可以不同，但在组合成所述的光伏电池组件时应优化其配比。M个A类子线型光伏电池的光伏电压分别为UA1，UA2…UAm，电流为IA1,IA2，…IAm。N个B类子线型光伏电池的光伏电压分别为UB1，UB2…UBn,电流为IB1,IB2，…IBn。由于相同类子线型光伏电池相当于并联，因此应确保相同类子线型光伏电池的光生电压应较为接近，即UA=UA1=UA2=…=UAm，UB= UB1=UB2=…=UBn,其各自电流相加，即IA=IA1+IA2+…+IAm, IB=IB1+IB2+…+IBn。理论上，由于组成光伏电池组件后，两类子线型光伏电池相当于串联，因此所述的光伏电池组件电压 $U_{cell}=U_A+U_B$，电池组电流为 I_A 和 I_B 中的较小者，即Icell=min(IA,IB)。然而实际上，对于光伏电池，在未采用本发明所述方法时，由于透明电极电阻较大，感光功能层产生的

电荷无法充分的导出，了电池的电压和电流较小。采用本方法形成组件后，感光功能层产生的电荷能够更好的导出，系统的电压和电流增加，而并非简单的叠加。

[0064]图 1 和图 3 所示的多个子线型电池，其 A、B 电池均成一排平行排列。实际上，由于线型电池的柔软性，要将子电池并排排列有时有一定的困难，此时也可以采用缠绕或绞线结构，如图 4 给出了一种四绞型结构的示例，其中包含 A 型子电池 100 两个，B 型子电池 200 两个，将四根线型子电池绞合在一起。在整个四根子线型电池的外侧包裹有透明导电网，作为连接电极 7，在连接电极 7 的外侧包裹有透明保护层 8。在与外部电路连接时，1 号第一内电极 A1 和 2 号第一内电极 A2 合并连接，形成正极；1 号第二内电极 B1 和 2 号第二内电极 B2 合并连接，形成负极。图 4 给出的 A、B 子电池的内电极从同一端引出，实际上根据需要也可以从两端引出，方便连接外电路。

[0065]作为本发明的一个实际应用，发明人制作了一个线型光伏组件，包含两根子线性光伏电池。其制作方法如下：取 200umCu 丝一根，对其表面进行处理后，依次制作 p 型传输层 Pedot:PSS、i 型半导体层钙钛矿 MAPbI3 和 n 型传输层 PCBM 层，最后在其表面涂敷纳米银薄膜形成透明外电极，形成 A 子线型电池。A 电池内电极为 Cu 丝，pedot:PSS/MAPbI3/PCBM 形成 pin 型感光功能层，纳米银层形成透明外电极。再取相同长度 200umTi 丝一根，对其表面进行处理后，n 型传输层 TiO2,i 型钙钛矿半导体层 FAPbI3，p 型传输层 Spiro-Ometd，最后在其表面涂敷纳米银薄膜形成透明外电极，形成 B 子线型电池。B 电池内电极为 Ti 丝，TiO2/FAPbI3/Spiro-Ometd 形成 nip 型感光功能层，纳米银层形成透明外电极。将子线型电池 A 和 B 并排放置，在其外表面缠绕 9um 银丝，形成连接电极，最后在其外部制作透明保护层环氧树脂。由于 A 电池为 pin 结构，因此其内电极为正极，透明外电极为负极；B 电池为 nip 结构,其内电极为负极，透明外电极为正极，经连接电极连接后形成光伏电池组件，该光伏电池组件以 A 电池的内电极为正极，B 电池的内电极为负极。直接测量 A 电池的内电极和透明外电极之间的电压和电流，由于透明外电极的传导性较差，其开路电压为 0.08V,短路电流未测出；测得 B 电池开路电压为 0.27V,短路电流为 31uA。但是，当将两个子线型电池采用本专利方法形成线型光伏电池组件后，测量 A、B 电池的两个内电极之间，其开路电压为 0.36V,短路电流为 33uA。可以看到，组件的开路

电压和短路电流相较于各子电池有较大提升。本实例中，A、B 两个子线型电池的内电极直径均为 200um，透明外电极是采用 28nm 的纳米银制成的薄膜，连接电极为 9um 的银线。在单独使用子线型电池时，必须将外部电路的一端连接到 200um 的内电极，另一端连接至透明外电极或连接电极，而透明外电极是纳米厚度的薄膜，连接电极的直径仅为 9um，因此连接十分困难。采用本发明的方法后，只需要将外部电路的两端连接到 A、B 电池的内电极，内电极的尺寸和强度远远高于透明外电极和连接电极，因此连接更加方便和牢固。

[0066]上述实施例仅给出了本发明的典型线型光伏电池组件的结果，实际上，因为内电极导电性极好，还可以通过两端继续连接以形成更长的复合线型光伏电池组。此外，由于内电极通常具有一定的尺寸和强度，因此将其引出到外电路相较于透明外电极，将更为简单。可以方便线型电池更广泛地使用，比如可以使用此线型电池组件进行编织，以形成大面积的电池模组，满足各种应用需求。

[0067]以上实施例仅仅是本发明所要求的线型光伏电池组件结构的几种典型应用方案，并不代表本发明所要求的全部权利，不应仅限于对这几种实施例的权利要求。尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的技术人员应当理解，其依然可以对当前所述的实施例技术方案进行修改或者对其中部分技术特征进行同等替代，而这些修改或替换，并不使相应的技术方案的本质脱离本发明技术方案的精神和范围，因此无法脱离本发明的权利要求。

权利要求书

1. 一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述光伏电池组件包括：

第一内电极，为线状导电体；

第一功能感光层，包覆于所述第一内电极；

第二内电极，为线状导电体；

第二功能感光层，包覆于所述第二内电极；

所述第一功能感光层与所述第二功能感光层平行或绞合设置且电连接；

第一功能感光层和第二功能感光层具有光伏效应，产生的输出电压极性相反。

2. 如权利要求 1 所述的一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述光伏电池组件还包括套设于所述第一功能感光层和第二功能感光层外侧的透明外电极。
3. 如权利要求 1 所述的一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述光伏电池组件还包括设置于所述第一功能感光层和第二功能感光层外侧的连接电极。
4. 如权利要求 1 所述的一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述光伏电池组件还包括在其外侧设置的透明保护层。
5. 如权利要求 1 所述的一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述第一功能感光层和第二功能感光层分别是由多层材料形成的异质结或同质结，包括 pn、np、pin、nip、nn+,pp+，nn-,pp-结构，或者是基于所述结构的多层组合。
6. 如权利要求 3 所述的一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述连接电极的结构形式包括：导电丝捆绑、缠绕、绞合、导电卡环、导电胶带粘贴、导电胶水涂敷、导电薄膜包覆。
7. 如权利要求 2 所述的一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述透明外电极的材料包括透明氧化物薄膜、透明金属薄膜、透明导电纳米薄膜、透明导电碳膜、导电栅网。
8. 如权利要求 1 所述的一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述第一内电极和第二内电极的材料包括金属线、碳纤维、导电纤维，也可采用外表面包覆有导电层的绝缘线。
9. 如权利要求 1 所述的一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述第一内电极和第二内电极为实芯或空芯导线。

10. 如权利要求 1 所述的一种线型光伏电池组件，其特征在于，所述光伏电池组件包括一或多组第一内电极和第一功能感光层，以及一或多组的第二内电极和第二功能感光层。