(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102568845 B
(45)授权公告日 2015.10.28

(21)申请号 201110033264.3

(22)申请日 2011.01.30

(66)本国优先权数据
201010597863.3 2010.12.21 CN

(73)专利权人 北京大学
地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号

(72)发明人 邹德春 傅永平 简蓉

(74)专利代理机构 北京君尚知识产权代理事务所(普通合伙) 11200
代理人 李稚婷

(51)Int.Cl.
H01L 31/0352(2006.01)
H01L 31/054(2014.01)
H02S 40/22(2014.01)

(56)对比文件
CN 101179099 A ,2008.05.14, 全文.
CN 101677112 A ,2010.03.24, 全文.
CN 101719525 A ,2010.06.02, 说明书第[0003]-[0027]段、附图5A-5C.
CN 101728444 A ,2010.06.09, 全文.
JP 特开平7-221335 A ,1995.08.18, 全文.
JP 特开平8-97458 A ,1996.04.12, 说明书第[0002]-[0090]段、附图1-4,8-10.

审查员 刘茵

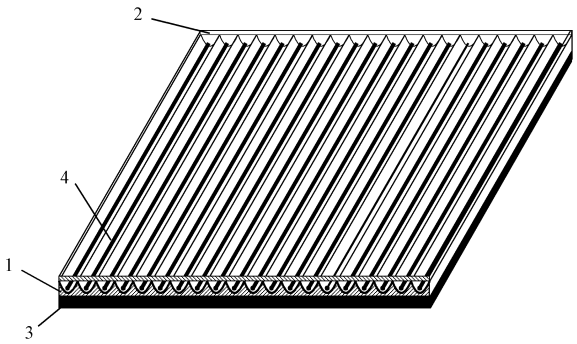
权利要求书1页 说明书8页 附图8页

(54)发明名称

一种太阳能电池模块

(57)摘要

本发明公开了一种太阳能电池模块,包括光电转换单元、光采集单元、底座和面板,其中光电转换单元由一个或多个细长形状的或网状的,受光角度大于180度的太阳能电池基元组成,光电转换单元置于光采集单元之上,光采集单元固定在底座上,面板置于光电转换单元之上。光采集单元把光电转换单元投影面之外的光线聚集到光电转换单元上,光电转换单元大于180度的受光角能高效率地收集到达电池上的所有光线,实现高效率的光电转换,获得大功率输出。该太阳能电池模块价廉、轻便和环保,而且整个太阳能电池模块由多根太阳能电池基元组合而成,便于局部修补,长期使用成本大大降低。



CN 102568845 B

1. 一种聚光型染料敏化太阳能电池模块，包括光电转换单元、基于表面漫反射的光采集单元、底座和面板，其中：光电转换单元由一个或多个细长形状的或网状的染料敏化太阳能电池基元组成；光电转换单元置于光采集单元的漫反射面之上，距该漫反射面的距离在0-30mm之间，并大于0；光采集单元固定在底座上；面板置于光电转换单元之上；细长形状的太阳能电池基元的长度为10mm-1000mm，直径为0.5mm-30mm。

2. 如权利要求1所述的太阳能电池模块，其特征在于，所述染料敏化太阳能电池基元为管状、棒状、纤维状或网状。

3. 如权利要求2所述的太阳能电池模块，其特征在于，所述染料敏化太阳能电池的对电极的主要材料为碳纤维或者是碳纤维与金属的复合导电材料。

4. 如权利要求1所述的太阳能电池模块，其特征在于，所述光采集单元包括固定于底座之上的支撑部分，在支撑部分之上是光漫反射层；或者在支撑部分之上是光反射层，在光反射层之上是光漫反射层。

一种太阳能电池模块

技术领域

[0001] 本发明属于太阳能电池技术领域，特别涉及一种适用于管状、棒状结构的太阳能电池单元的太阳能电池模块。

背景技术

[0002] 传统的太阳能电池板只在一个平面上具有采光和发生光电转换的能力。当需要利用直射到太阳能电池板以外的区域的太阳光线时，通常采用聚光结构和反射板结构将这些光线聚集到太阳能电池板上来。常采用的聚光元件有凸透镜、菲涅尔透镜等，常使用的反射结构有 V 型槽、抛物线曲面。这些结构都能够高效率地提高太阳能电池模块对太阳光的收集能力，从而提升电池模块的总发电能力。但是在传统的聚光模块中，聚光镜都非常庞大和厚重，整体体积大，成本高，安装精度要求高，而且还存在聚光光斑不均匀、透镜易老化等问题。V 型槽及抛物线曲面反射结构的尺寸也非常庞大，运输、安装成本也高，而且使用都还不够方便。聚光型太阳能电池模块的发电效率会因太阳光的照射角度变化而大幅波动，需要太阳光方向跟踪台架。所有以上因素也都会提高成本，因而使得基于平板电池单元的聚光型太阳能电池模块至今没有得到大规模的应用。特别值得提出的是，传统聚光型太阳能电池的聚光倍数必须在数十倍以上，否则就无法获得高的平均高效率以平衡整体的成本上升。

[0003] 在太阳能电池基元研究方面，本发明的发明者们曾创新性地发明了一种以导电丝状基底、敏化半导体薄膜、电荷传输层、对电极为基本结构单元的纤维状太阳能电池（中国发明专利，专利号：ZL200610114454.7）。这种电池具有高度的轴对称性，可以沿其轴的四周（360 度）均一采光和进行光电转换，具有平板电池所不具有的立体采光功能。其后本发明的发明者们又发明了具有高度立体采光特性的高效率管状染料敏化太阳能电池（中国发明专利申请，专利申请号：201010241512.9）。

发明内容

[0004] 针对传统平板结构的太阳能电池单元在构成聚光太阳能电池模块时存在的前述不足和发挥本发明者们已发明的管状太阳能电池所特有的特点，本发明的目的是提供一种轻薄、性价比高、制造和使用都非常简单，而且绿色环保的太阳能电池模块技术。它尤其适用于基于管状、棒状、纤维状及网状太阳能电池基元的太阳能电池模块。

[0005] 本发明的上述目的是通过如下的技术方案予以实现的：

[0006] 一种太阳能电池模块，包括光电转换单元、光采集单元、底座和面板，其中：光电转换单元由一个或多个细长形状的或网状的，受光角度大于 180 度的太阳能电池基元组成；光电转换单元置于光采集单元之上；光采集单元固定在底座上；面板置于光电转换单元之上。

[0007] 上述光电转换单元中，所述太阳能电池基元可以是基于任意光电转换原理的细长形状的或网状的，受光角度大于 180 度的太阳能电池。比如说，它可以是基于外曲面基底的

硅太阳能电池、基于外曲面基底的CIGS类太阳能电池、基于外曲面基底的化合物半导体类太阳能电池（如CdTe类太阳能电池）、基于外曲面基底的有机／高分子类太阳能电池、基于外曲面基底的染料敏化太阳能电池等各种原理的太阳能电池，只要是其基底形状是非平板结构的管状、棒状、纤维状、网状，就不影响本发明的效果。优选的是目前已经研发成功的管状、纤维状和丝网状染料敏化太阳能电池，棒状、纤维状有机太阳能电池。对于管状、纤维状等细长形状的太阳能电池基元，其长度、横截面表观直径原则上没有限制，但从集成效率、性价比、电池的轻便性方面考虑，电池的长度一般在10mm-1000mm，直径在0.5mm-30mm之间最为合适。光电转换单元的太阳能电池基元与后述的光采集单元上的聚光槽相结合。一条聚光槽中至少有一个太阳能电池基元。太阳能电池基元置于聚光槽的聚光中心线上能使其受光量达到最大的位置。对于采用漫反射聚光的情形，太阳能电池基元按一定间距排列在漫反射面上方，距漫反射面的距离在0-30mm之间。每根太阳能电池基元的正负极按输出电流、电压的设计要求接入到相应的模块电极。对于采用漫反射聚光的情形，光电转换单元还可以是网状电池，即将电池网铺设在漫反射面之上，间距为0-30mm。

[0008] 上述的光采集单元包括固定于底座之上的支撑部分，在支撑部分之上可以包括光反射层和／或具有高的光漫反射能力的光漫反射层。所述光漫反射层可以是平板或曲面板，也可以是在其表面上形成有平行排列的凹槽的曲表面板。漫反射层的吸光系数越小越好，漫反射效率尽量高，漫反射层的材料可以是白色泡沫塑料、金属氧化物、金属硫化物等，其中白色泡沫塑料对于降低成本非常有利。漫反射层的厚度一般为10微米-5毫米。为了提高光的利用率，可以考虑在漫反射层下面铺设一层光反射层。光采集单元的上表面可以具有聚光槽，聚光槽深度一般在1-50mm，开口宽度在2-100mm之间，多个聚光槽平行排列。槽的横截面形状可以是抛物线形、梯形、圆弧形、椭圆弧形、V字型，其中优选的是抛物线形。槽的表面优选覆盖有具有高的光反射能力的反光膜层，可以是纯的金属面，也可以在光滑塑料表面镀金属。光采集单元的主体材料可以选用泡沫塑料或其它轻质塑料等，以减轻电池模块的总重量。如图1、图2和图3所示的光采集单元，在支撑部分1-1之上依次是光反射层1-2和光漫反射层1-3，在图1中光漫反射层1-3为平板结构，在图2和图3中光漫反射层1-3的上表面具有平行排列的聚光槽，聚光槽的横截面形状分别是梯形和抛物线形。图4所示的光采集单元在支撑部分1-1之上是具有聚光槽的光反射层1-2，该光反射层是在形成凹槽结构的主体材料（例如泡沫塑料）上表面覆盖了一层反光膜。图5所示的光采集单元直接在支撑部分1-1的上表面形成聚光槽，在聚光槽表面覆盖有光反射层1-2。.

[0009] 上述底座可以是硬质塑料板，也可以是轻质金属板。底座主要起对电池模块整体的支撑作用，防止模块变形和便于固定安装。底座厚度根据模块强度设计而定，一般在2mm-50mm。

[0010] 上述面板可以是透明塑料板或玻璃板，也可以是塑料薄膜，从透光性和耐候性方面考虑，优选材料是玻璃。面板与光采集单元及底座一起构成电池模块的主体结构。面板还可以兼有采光功能。在这种情形下，面板可以做成具有聚光透镜条阵列的非平板结构，如图6所示。每一条聚光透镜条的聚光焦点（线）与其下的光电转换单元的电池基元相对应，焦点（线）就落在细长形状的电池基元的轴线上。为了高效率的利用上部聚光透镜汇聚的光，在对应的光电转换单元下方还可再加一条反光板（相当于光采集单元的光反射层），使穿过光电转换单元的光线再次被反射到光电转换单元去得到再利用（参见图12）。

[0011] 图 7-15 显示了上述不同结构的光电转换单元 4、光采集单元 1、底座 3 和面板 2 构成的几种太阳能电池模块，其中：图 7-12 和图 15 中的光电转换单元 4 由平行排列的管状太阳能电池基元组成；图 13 和图 14 中的光电转换单元 4 为网状电池。图 16 显示了一种太阳能电池模块中的光电转换单元 4 的布局方式。

[0012] 从以上结构设计可以看出，这类聚光太阳能电池模块的最大厚度也不会超过 150mm。而且，还由于这类电池的聚光结构简单、原材料价格便宜，使得这类聚光太阳能电池在数十倍，甚至数倍的聚光倍数下也能获得很好的性价比。

[0013] 对于上述光电转换单元为染料敏化太阳能电池的情形，其对电极可以是具有导电性的任何固体材料，其中优选其材料主要成分为碳纤维。碳纤维具有质量轻、比表面积大、耐腐蚀、成本低、易纺丝、柔软等突出优点，是对电极材料的首选。为了提高对电极的导电性，还可以将碳纤维与金属材料复合，降低电池阻抗；甚至还可以根据电池中氧化还原电对的性质不同，在碳纤维对电极或碳纤维 / 金属复合对电极上附着具有催化作用的物质，比如金属铂等。催化层的附着方法可以是喷涂法，化学法或电化学法。碳纤维对电极或碳纤维 / 金属复合对电极紧密缠绕在光阳极外表，并在端部分别与电极引线连接。

[0014] 对于上述光电转换单元为管状染料敏化太阳能电池的情形，所用管材可以是硬质玻璃，也可以是软质塑料管，其中优选玻璃管或含氟透明塑料管。

[0015] 对于上述光电转换单元为网状染料敏化太阳能电池的情形，该网结构可以由已经具有独立的光电转换功能的电池基元编织而成；也可以由多根的涂有电荷传输层的光阳极和多根的对电极相互编织而成；还可以由多根的光阳极和多根的对电极相互编织后置于由电池模块的漫反射板和面板构成的密封层之间，然后再封入相应的液态、半固态、凝胶态或固态电解质而成。

[0016] 本发明的技术效果：

[0017] 本发明的太阳能电池模块，光采集单元把光电转换单元投影面之外的光线聚集到光电转换单元上，光电转换单元由几乎可以全方位受光的管状、棒状及网状等形状的太阳能电池基元组成，可以充分利用来自任何方向的光线，实现高效率的光电转换，获得大功率输出。其光采集单元是简单的漫反射板，或具有小尺寸聚光槽。漫反射板和小尺寸聚光槽都保证了这类电池模块可以做得非常轻薄。漫反射板和聚光槽的主体材料都可以是廉价轻质环保的泡沫塑料，即使采用聚光透镜条，其材料也可以采用廉价的玻璃材料，所以本发明提供的太阳能电池模块的成本非常低，而且轻便，在低聚光倍数下也能获得高的性价比。此外，在整个太阳能电池模块的光电转换单元是由多根太阳能电池基元集成而成的情况下，对电池模块可以进行局部修理，出现故障时不需更换整块板子。总之，本发明的太阳能电池模块具有光电转换效率高、原材料来源广、结构简单、轻薄、成本低等优点，是一种廉价而高效的太阳能电池解决方案。

附图说明

[0018] 下面结合附图，对本发明作详细描述。

[0019] 图 1-5 是本发明的太阳能电池模块的几种光采集单元横向剖面的结构示意图；

[0020] 图 6 是本发明的太阳能电池模块的一种面板的横向剖面的结构示意图；

[0021] 图 7-13 是本发明的几种太阳能电池模块的横向剖面的结构示意图；

[0022] 图 14-15 是本发明的两种太阳能电池模块的平面结构示意图；

[0023] 图 16 是本发明的一种太阳能电池模块中的光电转换单元布局示意图；

[0024] 图 17 是本发明的一种管状染料敏化太阳能电池基元的轴向剖面的结构示意图；

[0025] 图 18 是本发明的一种管状染料敏化太阳能电池基元的横向剖面的结构示意图；

[0026] 图 19 是本发明的一种由管状染料敏化太阳能电池基元组成的的光电转换单元的示意图；

[0027] 图 20 是本发明中按照图 11 设计的一种染料敏化太阳能电池模块的测试电流 - 电压关系曲线。

[0028] 图 1- 图 19 中 ;1- 光采集单元,其中 1-1 是光采集单元的支撑部分,1-2 是光反射层,1-3 是光漫反射层 ;2- 面板 ;3- 底座 ;4- 光电转换单元 ;4-1- 光阳极基底 ;4-2- 染料敏化半导体薄膜,4-3- 对电极 ;4-4- 电解质 ;4-5- 外套管 ;4-6- 进液侧管 ;4-7- 出液侧管 ;4-8- 模块正电极 ;4-9- 模块负电极。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图,通过实施例来进一步描述本发明,但不以任何方式限制本发明的范围。

[0030] （一）本发明的光电转换单元及其制备方法

[0031] 本发明的光电转换单元可以是由基于任意光电转换原理的细长形状或网状的,受光角度大于 180 度的太阳能电池基元组成。比如说,该太阳能电池基元可以是基于外曲面基底的硅太阳能电池、基于外曲面基底的 CIGS 类太阳能电池、基于外曲面基底的化合物半导体类太阳能电池、基于外曲面基底的有机 / 高分子类太阳能电池、基于外曲面基底的染料敏化太阳能电池等各种原理的太阳能电池,只要是其基底形状是非平板结构的管状、棒状、纤维状、网状就不影响本发明的效果。优选的是目前已经研发成功的管状、纤维状和丝网状染料敏化太阳能电池,以及棒状、纤维状有机太阳能电池。对于细长形状的太阳能电池基元,其长度、横截面表观直径原则上没有限制,但从集成效率、性价比、电池的轻便性方面考虑,电池的长度一般在 10mm-1000mm,直径在 0.5mm-30mm 之间最为合适。当光采集单元具有聚光槽时,光电转换单元与聚光槽相对应,一条聚光槽中至少有一个细长形状的太阳能电池基元。太阳能电池基元置于聚光槽的聚光中心线上能使其受光量达到最大的位置。对于采用漫反射聚光的情形,光电转换单元按一定间距排列在漫反射面上方,与漫反射面的距离在 0-30mm 之间。每个太阳能电池基元的正负极按输出电流、电压的设计要求接入相应的模块电极。此外,对于采用漫反射聚光的情形,光电转换单元还可以是网状电池,电池网铺设在漫反射面之上,间距为 0-30mm。

[0032] 下面以管状的染料敏化太阳能电池为例具体说明其结构。

[0033] 如图 17、图 18 所示,该管状染料敏化太阳能电池包括导电性丝状光阳极基底 4-1,敏化半导体薄膜（即功能层）4-2,对电极 4-3,电解质 4-4 和外套管 4-5。敏化半导体薄膜 4-2 为由吸附敏化染料分子的多孔薄膜结构,敏化半导体薄膜 4-2 包附在导电性丝状基底 4-1 外表面。对电极 4-3 缠绕在敏化半导体薄膜 4-2 的外表面上。导电性丝状基底 4-1、功能层 4-2 和对电极 4-3 共同构成电池主体。电池主体插入外套管 4-5 后,在外套管 4-5 内再填充电解质 4-4,构成一个完整的染料敏化太阳能电池。

[0034] 染料敏化太阳能电池工作电极中敏化半导体薄膜的制备方法为：在导电性丝状基底上多次涂覆和烧结半导体材料，或是使用相应的金属（如 Ti 等）进行阳极氧化，或者是电化学沉积或生长制备出多孔的半导体层，将带有烧结好的或阳极氧化制备好的半导体材料的导电丝状基底置于染料中敏化即可。

[0035] 其中所述半导体材料为适合于染料敏化太阳能电池的工作电极的任何半导体材料，最具代表性的就是纳米级的 TiO_2，ZnO 等。纳米粒子的大小及分布与用于通常的染料敏化太阳能电池的纳米粒子相同。其涂敷方法也可延用通常的方法，如：喷涂、印刷、浸泡、提拉、刮涂等方式。用阳极氧化制备半导体层的丝可以是纯的钛丝，也可以是芯部为其它导电材料，外层为钛的复合纤维。半导体纳米结构也可以通过电化学方法在导电丝基底上沉积或生长。

[0036] 所有适合于传统染料敏化太阳能电池的染料也都适合于本工作电极的半导体材料敏化，并且可以使用完全相同的敏化方法。

[0037] 附着在导电丝状基底 4-1 上的敏化半导体薄膜 4-2 的厚度在 1 ～ 100 微米。

[0038] 在保证足够的机械强度以及导电性的同时，为了保证良好的柔性，导电丝状基底 4-1 的直径原则上不超过 1mm，其表观电阻率＜ 100 欧姆 cm-1。

[0039] 导电丝状基底 4-1 可采用金属丝，如采用不锈钢丝、合金丝等制作的丝状结构，也可以使用非金属导电丝线，如碳纤维、导电高分子纤维、无机导电化合物纤维以及有机 / 无机导电复合纤维等。还可以在导电性材料或非导电性材料制成的丝状芯外层包裹导电性材料皮，或导电丝状基底 4-1 还可以是在气体介质或真空介质外包裹导电性材料制成。

[0040] 导电丝状基底 4-1 的横切面形状可以是圆形的，也可以是其它任何形状，比如长方形、椭圆形。

[0041] 参考图 17、图 18，采用直径约为 250 微米钛丝为工作电极的导电丝状基底 4-1；采用直径约为 40 微米的 Pt 丝作对电极 4-3，所制备的电池的有效长度为 10cm。

[0042] 为了改善工作电极的导电性、活性和稳定性，以及从半导体到导电丝状基底的电荷传递特性、界面粘结特性等，可以考虑对丝状结构的导电丝状基底 4-1 的表面进行物理或化学修饰，如表面处理、表面涂层等。比如，为了改善电池性能，可以在导电丝状基底 4-1 的表面上涂上由半导体或绝缘材料制成的致密层，防止电解质 4-4 与导电丝状基底 4-1 直接接触。制备致密层的方法有溅射法、真空热蒸镀法、喷涂法、电化学法和直接烧结法。

[0043] 另外，对电极 4-3 既可以是由导电性材料制成的实心结构或空心结构，也可以是由芯和若干层皮组成，芯和内层的皮可以由导电性材料或非导电性材料制成，包裹在最外层的皮由导电性材料制成。对电极 4-3 中所用到的导电性材料可以为有机导电材料、无机导电材料（含金属类材料）或有机 / 无机复合导电材料、碳纤维、碳纤维与金属丝的符合导电材料。

[0044] 为了改善对电极 4-3 的电化学活性，同时降低对电极成本，可以在对电极 4-3 表面增加高效催化层，比如在对电极表面镀 Pt 等。

[0045] 根据以上的电池设计思想，我们制备了管状染料敏化太阳能电池和网状染料敏化太阳能电池。具体制作过程如下：

[0046] (1) 管状电池的制备

[0047] 将 15 根准备好的 12cm 长的钛丝先用丙酮超声波清洗 5 分钟，然后用基板清洗剂

超声波清洗 5 分钟；在 400℃ -500℃的温度下灼烧 15 分钟，自然冷却至室温后取出；于红外灯烘烤下，在该灼烧后的钛丝上喷涂钛酸四乙酯 / 乙酰丙酮的乙醇溶液，再于 500℃下烧结 30 分钟，并自然冷却，这样在钛丝上得到厚度约为 0.9 微米的半导体材料 TiO_2致密层。在 TiO_2致密层上喷涂染料敏化太阳能电池常用的半导体材料 TiO_2乳液，然后在 500℃下烧结 30 分钟。重复以上的 TiO_2乳液喷涂和烧结过程两次后，包覆在钛丝上的半导体材料 TiO_2层总厚度达到 6-9 微米。将烧结好的带有 TiO_2半导体材料层的导电丝基底置于浓度为 5×10^{-4}mol/L 的 N719 染料 / 乙醇溶液中敏化 12 小时以上，取出室温下风干得到 15 根敏化好的工作电极。

[0048] 接着，将一个重量为 2 克的重锤挂在一根直径为 40 微米的铂丝的一端，并悬空。铂丝的另一端通过 PMMA（聚甲基丙烯酸甲酯）溶液与工作电极的一端粘在一起，等 PMMA 溶液的溶剂挥发后实现固定。然后保持工作电极与挂有悬垂的铂丝间的夹角为 45° 状态旋转工作电极，使得铂丝对电极紧密缠绕在工作电极上。当铂丝缠绕到距离工作电极的另一端 1.5cm 时，同样通过 PMMA 溶液将铂丝与工作电极固定在一起，形成电池主体。将电池主体插入内径为 0.5mm 外径为 0.82mm 的玻璃外套管，向管内灌注通常液态染料敏化太阳能电池的电解液（电解液成分：0.6M BMII、0.04M I_2、0.28M TBP、0.025M LiI 和 0.05M GSCN，溶剂为纯乙腈），使其充满整个管内，制得本发明的管状染料敏化太阳能电池。

[0049] (2) 网状电池的制备

[0050] 将 20 根准备好的 12cm 长的钛丝先用丙酮超声波清洗 5 分钟，然后用基板清洗剂超声波清洗 5 分钟；在 400℃ -500℃的温度下灼烧 15 分钟，自然冷却至室温后取出；于红外灯烘烤下，在该灼烧后的钛丝上喷涂钛酸四乙酯 / 乙酰丙酮的乙醇溶液，再于 500℃下烧结 30 分钟，并自然冷却，这样在钛丝上得到厚度约为 0.9 微米的半导体材料 TiO_2致密层。在 T_iO_2致密层上喷涂染料敏化太阳能电池通常用的半导体材料 TiO_2乳液，然后在 500℃下烧结 30 分钟，重复以上的 TiO_2乳液喷涂和烧结过程两次后，包覆在钛丝上的半导体材料 TiO_2层总厚度达到 6-9 微米。将烧结好的带有 TiO_2半导体材料层的导电丝基底置于浓度为 5×10^{-4}mol/L 的 N719 染料 / 乙醇溶液中敏化 12 小时以上，取出室温下风干得到 15 根敏化好的工作电极。

[0051] 接着，取另外的 20 根长度 12cm、直径 250 微米的镀铂的不锈钢丝（事先磁控溅射厚度 100nm 金属铂，作为对电极）。然后，将 15 根工作电解和 15 根对电极垂直相互交错，编织成一金属网。所有的工作电极（或对电极）通过一根导电金属丝相连成为网状电池的正极（或负极）。最后，将编织成的金属网放入一个平行的玻璃夹套中，向夹套灌注通常液态染料敏化太阳能电池的标准电解液（电解液成分：0.6M BMII、0.04M I_2、0.28M TBP、0.025MLiI 和 0.05M GSCN，溶剂为纯乙腈），使其充满整个夹套，制得本发明的网状染料敏化太阳能电池。

[0052] （二）本发明中的面板结构及其制备方法

[0053] 本发明中的面板可以是透明塑料板或玻璃板，也可以是塑料薄膜，从透光性和耐候性方面考虑，优选材料是玻璃。面板与光采集单元及底座一起构成电池模块的主体结构。

[0054] 上述面板还可以集采光功能于一体。在这种情形下，面板为具有一系列超短焦点的聚光透镜的非平板结构，光电转换单元的太阳能电池管或棒内置于面板的下方。为了能高效率地利用上部聚光透镜汇聚的光，在光电转换单元下方还可再加一条反光板，使穿过

光电转换单元的光线再次被反射到光电转换单元去，提高光的利用效率。

[0055] 面板的制备可以直接采用市场化的有机或无机玻璃板，厚度在 0.1-10mm 均可。而对于面板和光采集单元一体化结构，则通过先切割制备与该一体化结构互补的模具，然后再通过浇筑的方法制备得到。以图 6 为例，浇筑液为聚丙烯酸甲酯，具体制备过程为：首先，先对丙烯酸甲酯进行预聚，形成粘稠的液体；然后将液体灌入模具中，过夜，移除模具即可得到如图 6 设计的结构。

[0056] （三）本发明中的采光结构及其制备方法

[0057] 本发明中的光采集单元可以是具有高的光漫反射能力的平板或曲面板，也可以是在其表面上形成有平行排列的凹槽（称为聚光槽）的曲表面板。对于漫反射板，其漫反射层的吸光系数越小越好，漫反射效率尽量高，漫反射层的材料可以是白色泡沫塑料、金属氧化物、金属硫化物等，其中白色泡沫塑料对于降低成本非常有利。漫反射层的厚度一般为 10 微米 -5 毫米。为了提高光的利用率，可以考虑在漫反射层下面铺设一层反光膜层。对于具有聚光槽的板子，聚光槽深度一般在 1-50mm，开口宽度在 2-100mm 之间。聚光槽的横截面形状可以是抛物线形、梯形、圆弧形、椭圆弧形、V 字型，其中优选的是抛物线形。聚光槽的表面应具有高的光反射能力。反光面可以是纯的金属面，也可以在光滑塑料表面镀金属。光采集单元的其它部分的材料可以选用泡沫塑料或其它轻质塑料等，以减轻电池模块的总重量。

[0058] 抛物线型聚光槽阵列的制备方法如下：先利用线切割技术制得抛物线型聚光槽阵列的模具，其包括 20 个开口并列的切面为 p ＝ 0.8mm 抛物线型、长度为 10cm 的模具；而后，对模具表面进行精密抛光；接着将模具竖直放入一切面为凹型的有机玻璃板中，其中有机玻璃板凹入部分的长度为 10cm、宽度为 10cm、深度为 3.95mm；然后再往凹型槽中剩余的空间灌注聚丙烯酸甲酯的预聚液，放置过夜，移除模具，即可得到抛物线槽状的聚光槽阵列；最后在聚光槽的表面镀一层铝箔。其它形状的聚光槽采用同样的方法制得。

[0059] 漫反射板除了直接使用商品包装箱的白色泡沫板状外，还通过下面的制备方式进行了制备。首先，在一平板上贴一层铝箔作为反光层，然后将配制好的硫酸钡乳浊液或工业上砌墙的白色浆料均匀的旋涂在铝箔表面，适当烘干即可。

[0060] （四）本发明中的底座结构及其制备方法

[0061] 本发明中，底座可以是硬质塑料板，也可以使轻质金属板。底座主要起对电池模块整体的支撑作用，防止模块变形和便于固定安装。底座厚度根据模块强度设计而定，一般在 2mm-10mm。可直接采用了市场上购买的 3mm 厚的有机玻璃板。

[0062] （五）太阳能电池模块的制备

[0063] 参见图 19，将图 17 所示的染料敏化太阳能电池按一定密度平行排列组成太阳能电池基元组，每一个染料敏化太阳能电池的外套管 4-5 的一端与进液侧管 4-6 联通，另一端与出液侧管 4-7 联通。正电极 4-8 和负电极 4-9 在进液侧管 4-6 内分别与所有电池的对电极 4-3 和导电性丝状基底 4-1 连接。进液侧管 4-6 和出液侧管 4-7 内都充满电解质 4-4 并与每个染料敏化太阳能电池的外套管 4-5 内的电解质 4-4 连成一体。在进液侧管 4-6 和出液侧管 4-7 上分别有一个开口供电解质灌注和清洗时使用。

[0064] 上述太阳能电池基元组的具体制造过程如下：使用一根内径为 3mm，长度为 10cm 的玻璃管 4-7（一端封口，另一端敞开），在其一侧的壁上钻一排直径约为 0.85mm 左右的圆

孔，圆孔间距离根据光采集单元的间距而定。将未灌电解液的一根根电池并列的插入到圆孔中形成一个由多根电池组成的电池排，然后用熔点为摄氏 360 度的低温玻璃粉将插入接口处的空隙密封。之后，在电池排的另一端将每一根电池的正极和负极分别接到两根直径为 0.2mm、长度为 15cm 的金丝上。使用一根内径为 4mm、长度为 10cm 的玻璃管 4-6（一端封口，另一端口敞开），在其一侧的壁上用精密砂轮切开一个宽度为 0.85mm、长度与玻璃管 4-6 平行并贯穿整根玻璃管 4-6 的开口，形成一个侧槽。将已经与输出的正负电极连接好的电池排的另一端嵌入玻璃管 4-6 的侧槽内，并同样用低温玻璃粉密封玻璃管 4-6 侧槽与电池排间的缝隙，正负电极 4-8，4-9 从敞开的端口引出后用低温玻璃粉将端口密封，最终形成一个由 54 根电池组成的光电转换单元。首先将玻璃管 4-6 的开口用低温固化树脂密封，使用一个带联通选择阀的三通，三通结构的软管一端与玻璃侧管 4-7 的开口端连接，一端与电解液输出管连接，再有一端与真空泵连接。首先旋转三通管的方向阀，使得真空泵与侧管 4-7 的开口联通，对电池组抽真空，保持 5 分钟后旋转三通管的方向阀，使得电解液的输出管与侧管 4-7 的开口联通，对电池组灌注电解液，灌满电解液后将侧管 4-7 的开口用低温固化树脂密封，形成一个完整的可以工作的太阳能电池基元组，即为本发明电池模块的光电转换单元。

[0065] 最后，制备好的光电转换单元放入相应的光采集单元中，盖上面板，边缘用封装胶封住。对于具有抛物线型聚光槽阵列的光采集单元，将图 19 所示的整块的光电转换单元嵌入预先制备好的抛物线型聚光槽阵列，调整好相对高度，使太阳能电池基元正处于抛物线槽的焦点（线）上。

[0066] 此外，电池模块的另一种制备方法如下，参见图 17，按照上述管状电池的制备方法制备得到单根的管状染料敏化电池，电池的两端分别用环氧树脂胶封住；接着，将一根根的管状电池依次放入相应的聚光槽中，参见图 15；然后，将每根电池中的正极和负极分别接到两条铝丝上，作为电池模块的正负极；最后盖上面板，边缘用封装胶封住。此外，还可以参见图 16 的排列方式对电池基元进行布局，这种排列方法可以在不加长光电转换单元的长度的条件下，将太阳能电池模块的宽度加宽近一倍，提高模块的集成效率。

[0067] （六）本发明中的几种太阳能电池模块的性能参数

[0068] 按照图 7 设计的太阳能电池模块，光电转化单元中各电池基元的间距为 0.85mm（两电池基元中心的距离），各项性能参数为：短路电流 24.71mA/cm^2；开路电压 0.719V；填充因子 0.769；表观转化效率 13.66%。按照图 8 设计的太阳能电池模块，光电转化单元中各电池基元的间距 0.85mm（两电池基元中心的距离），各项性能参数为：27.96mA/cm^2；开路电压 0.711V；填充因子 0.720；表观转化效率 14.30%。按照图 9 设计的太阳能电池模块，各项性能参数为：短路电流 29.12mA/cm^2；开路电压 0.707V；填充因子 0.690；表观转化效率 14.20%。按照图 11 设计的太阳能电池模块，聚光槽为抛物线形状，开口为 4.5mm，各项性能参数为：短路电流 64.64mA/cm^2；开路电压 0.744V；填充因子 0.684；表观转化效率 32.95%（参见图 20）。按照图 13 设计的太阳能电池模块，各项性能参数为：短路电流 10.74mA/cm^2；开路电压 0.640V；填充因子 0.517；表观转化效率 3.55%。

[0069] 综上所述，本发明公开了一种太阳能电池模块结构。上面描述的应用场景和实施例，并非用于限定本发明，任何本领域技术人员，在不脱离本发明的精神和范围内，可做各种的更动和润饰，因此本发明的保护范围视权利要求范围所界定。

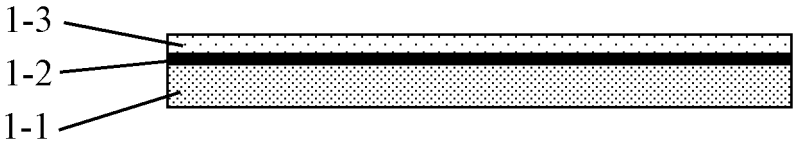


图 1

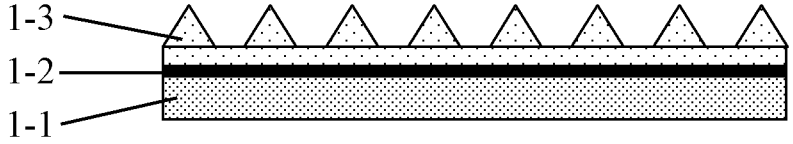


图 2

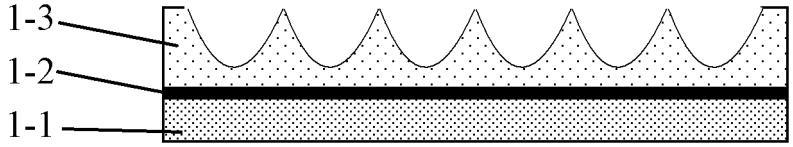


图 3

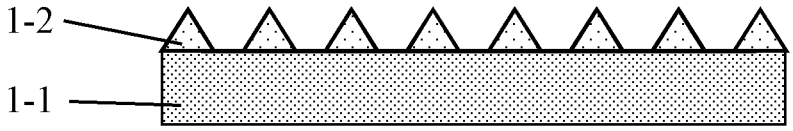


图 4

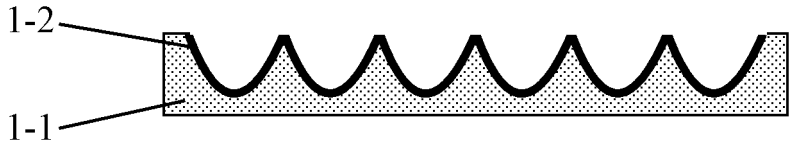


图 5

图 6

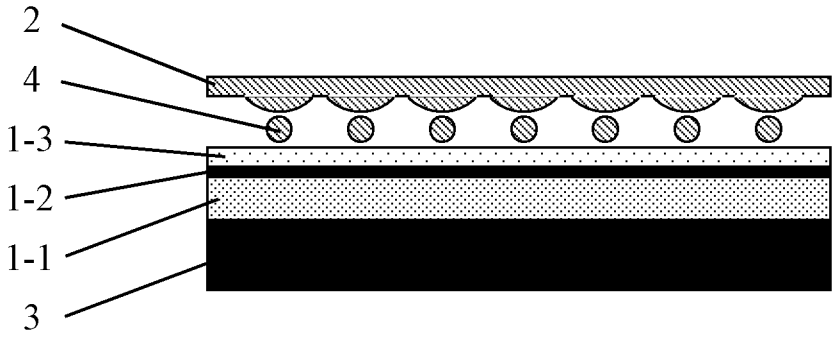


图 7

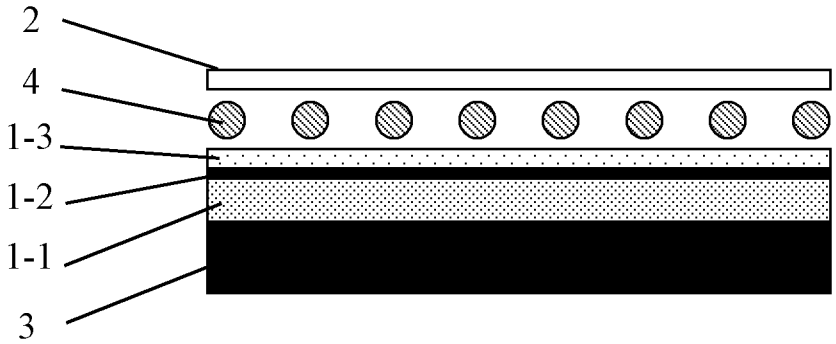


图 8

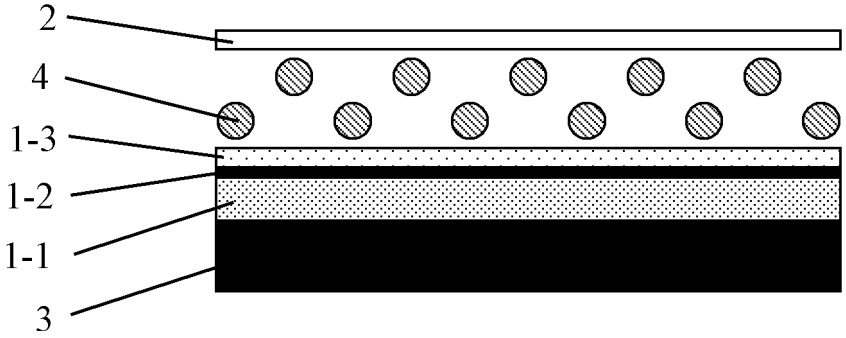


图 9

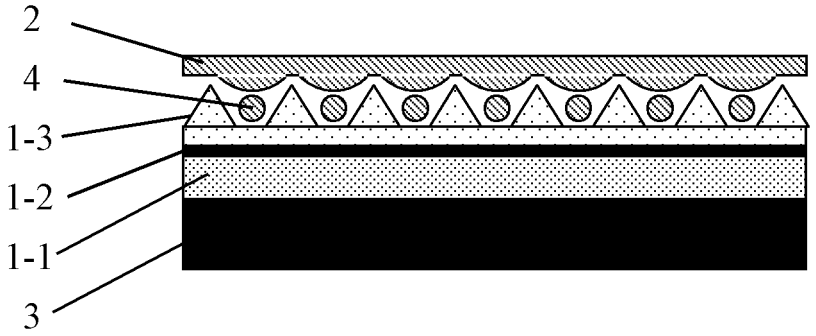


图 10

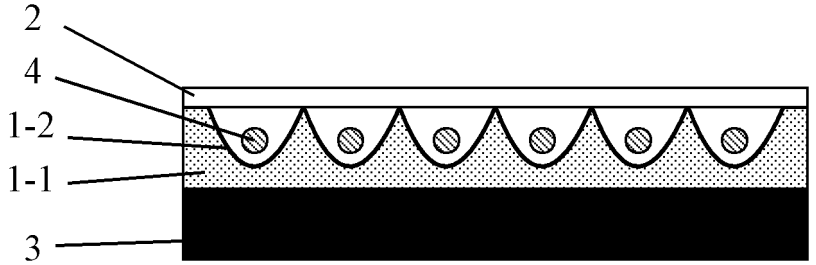


图 11

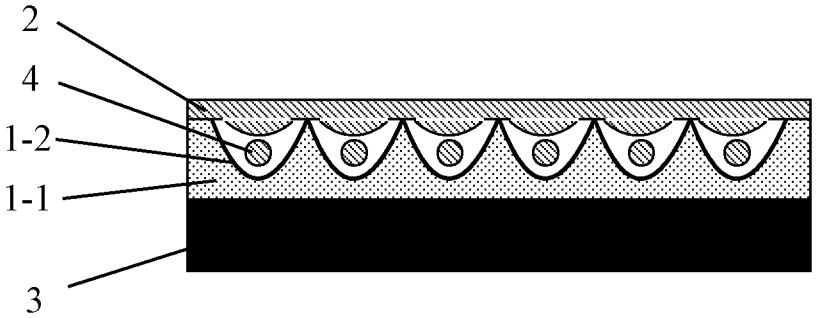


图 12

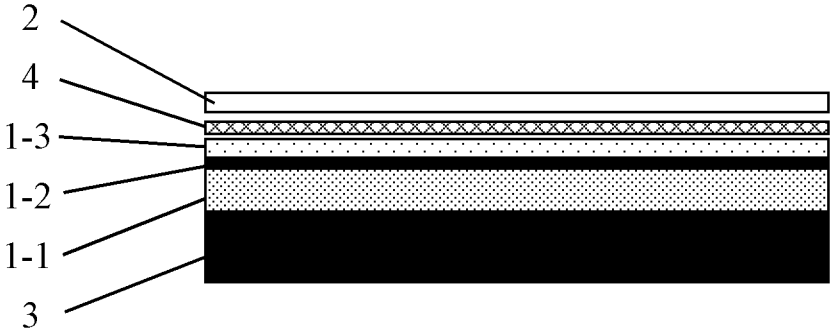


图 13

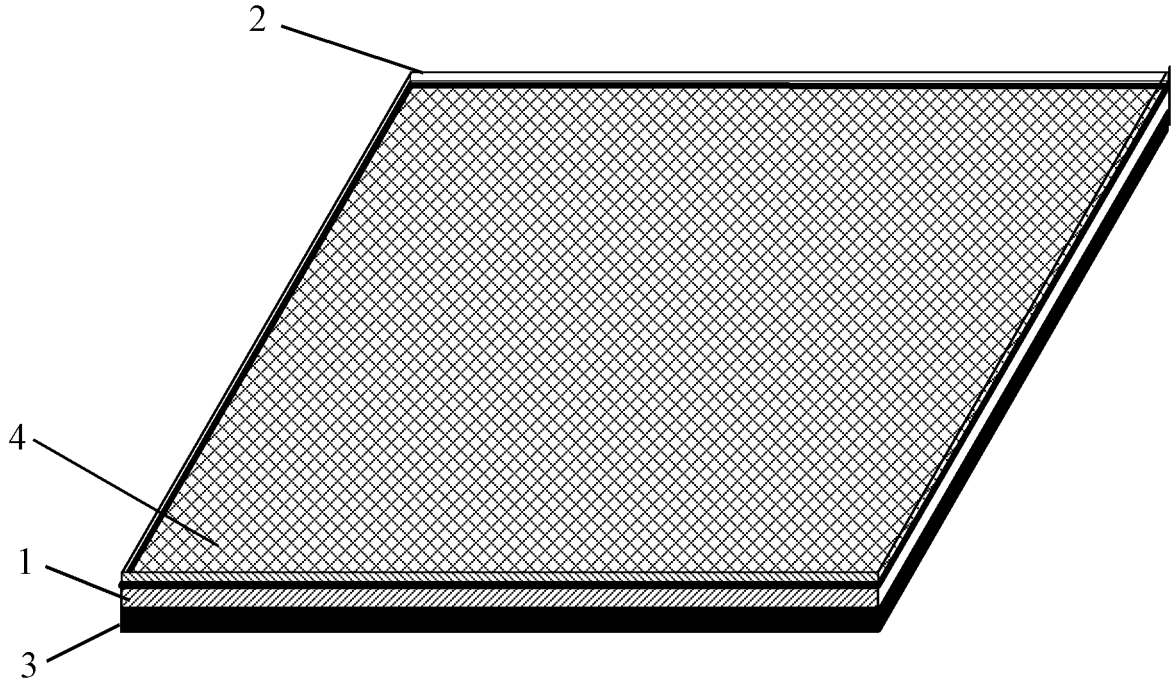


图 14

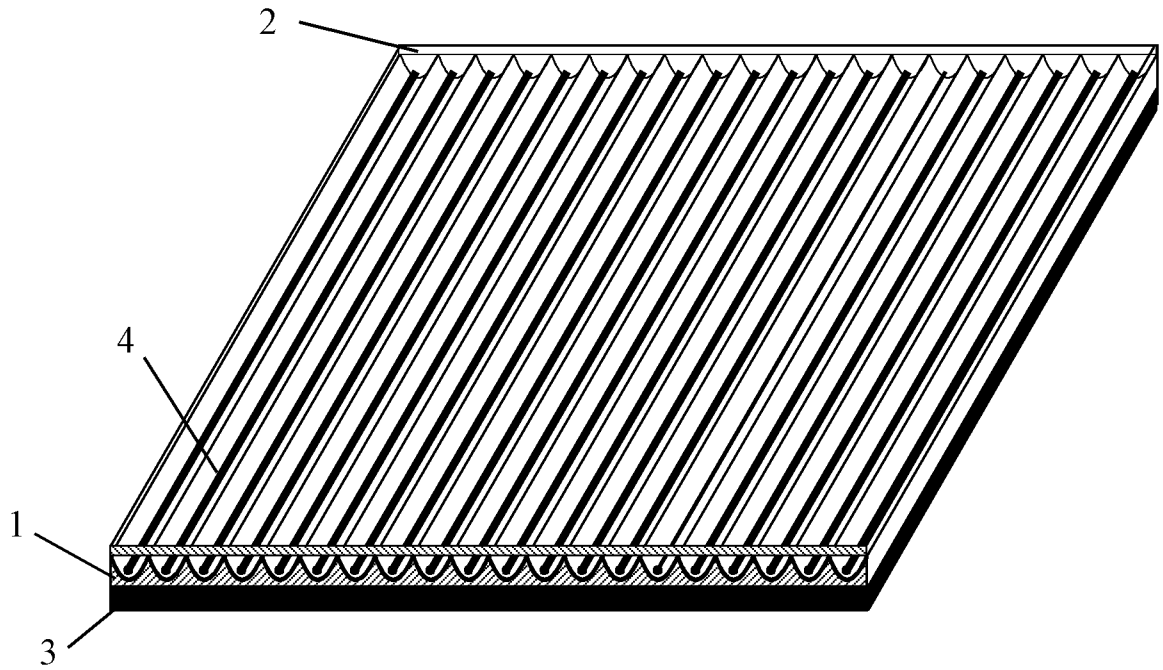


图 15

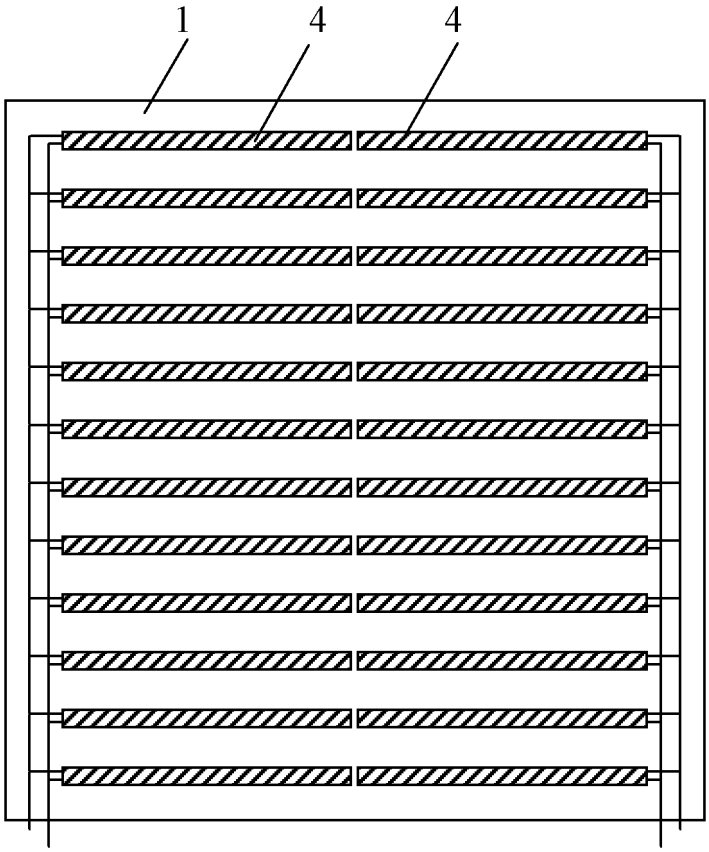


图 16

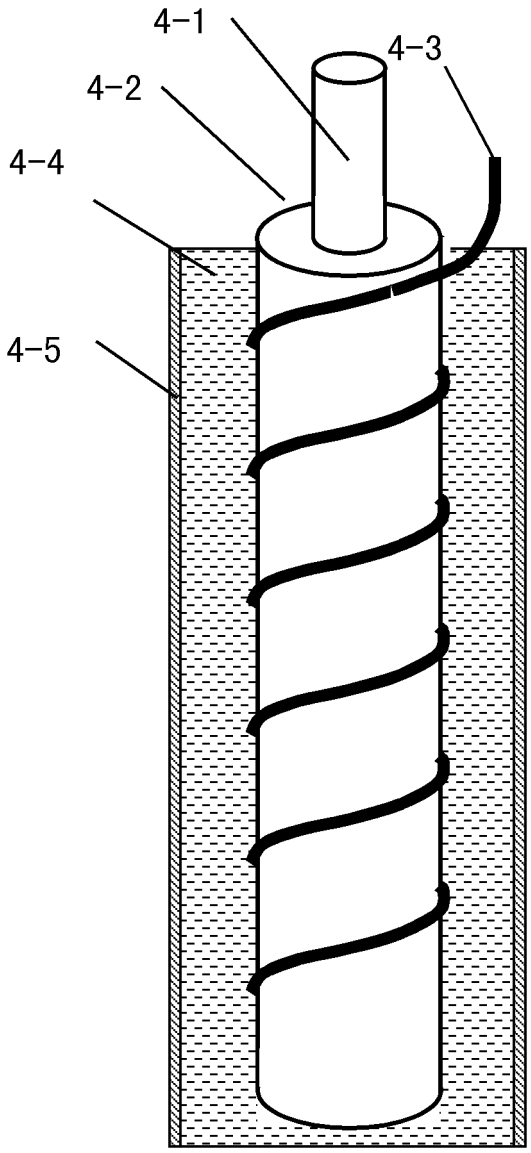


图 17

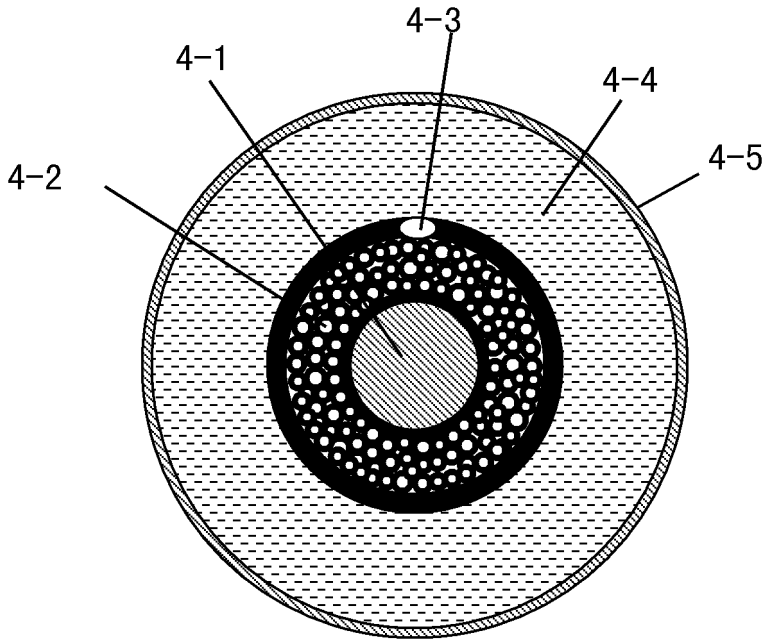


图 18

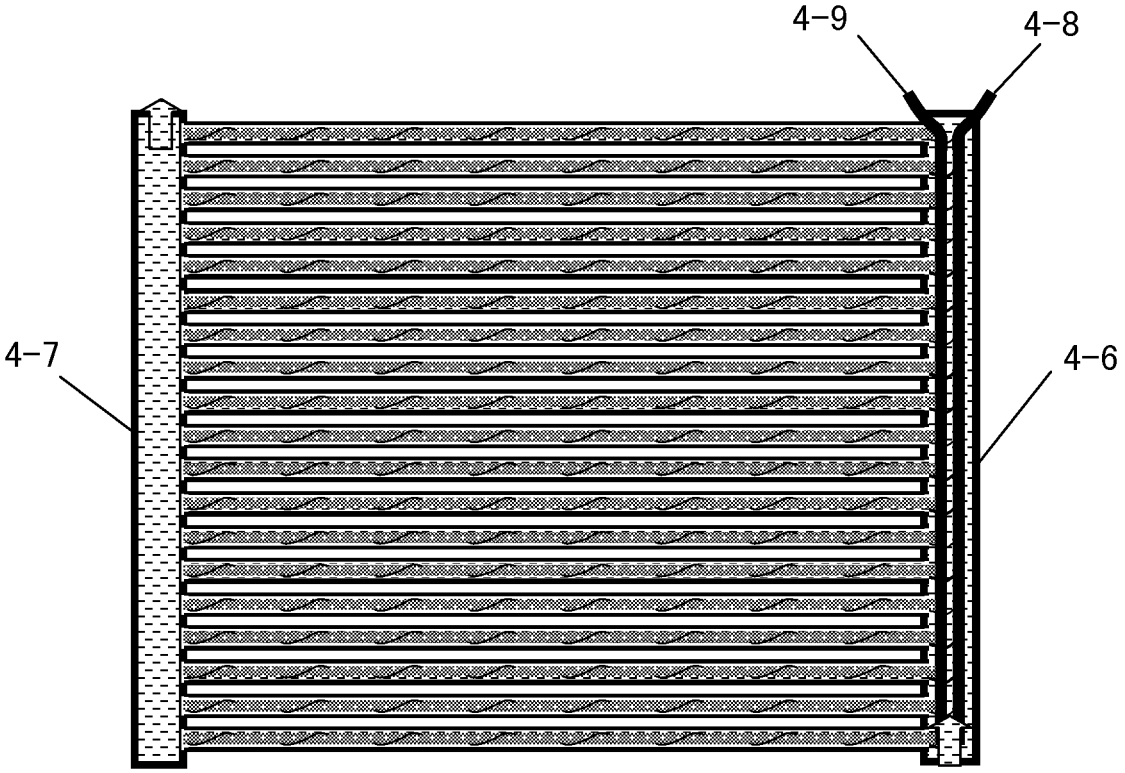


图 19

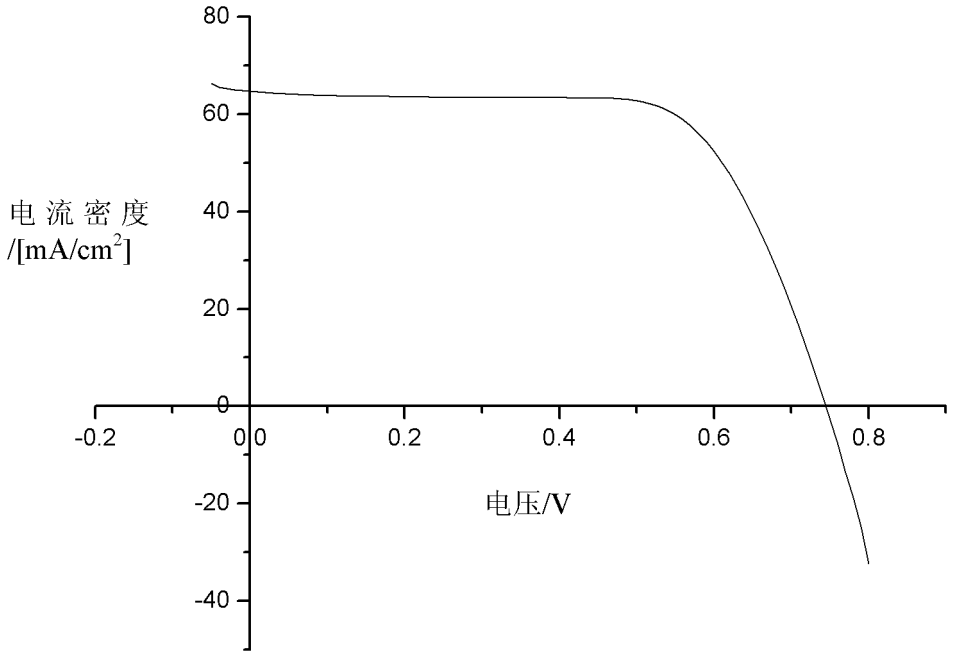


图 20