



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105374942 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201510740540. 8

(22) 申请日 2015. 11. 04

(71) 申请人 中国科学院上海应用物理研究所  
地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路 2019 号

(72) 发明人 姜文龙 杨铁莹 高兴宇 潘子兰  
种晓 麻祥才

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司  
31002  
代理人 邓琪 宋丽荣

(51) Int. Cl.

H01L 51/46(2006. 01)

H01L 51/48(2006. 01)

H01L 51/42(2006. 01)

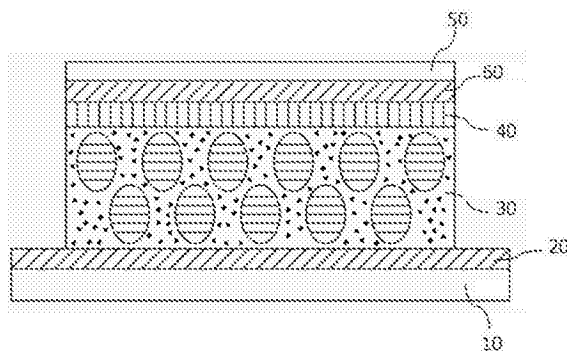
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种钙钛矿基太阳能电池及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供一种钙钛矿基太阳能电池,包括依次连接的衬底、电子传输层、钙钛矿光吸收层、空穴传输层和背电极,其中,所述空穴传输层包括导电聚合物,选自由以下聚合物组成的组中的至少一种聚合物:聚吡咯、聚苯撑乙炔、聚苯乙炔、聚对苯撑、聚对苯撑乙烯和聚噻吩。本发明还提供一种钙钛矿基太阳能电池的制备方法。由于导电聚合物相对于 spiro-OMeTAD 价格便宜,而其自身结构提供导电载流子,其导电率可以和金属相媲美,由此可以获得廉价的空穴传输材料,从而降低钙钛矿基太阳能电池的成本而使其商业化推广成为可能。另外,由于导电聚合物不易受外界环境的影响,本发明提供的钙钛矿基太阳能电池的稳定性获得提高。



1. 一种钙钛矿基太阳能电池,包括依次连接的衬底、电子传输层、钙钛矿光吸收层、空穴传输层和背电极,其特征在于,所述空穴传输层包括导电聚合物,选自由以下聚合物组成的组中的至少一种聚合物:聚吡咯、聚苯撑乙炔、聚苯乙炔、聚对苯撑、聚对苯撑乙烯和聚噻吩。

2. 根据权利要求1所述的钙钛矿基太阳能电池,其特征在于,所述衬底为氧化铟锡导电玻璃/聚萘二甲酸乙二醇酯柔性导电基片。

3. 根据权利要求1所述的钙钛矿基太阳能电池,其特征在于,所述空穴传输层中不包括2,2',7,7'-四[N,N-二(4-甲氧基苯基)氨基]-9,9'-螺二芴。

4. 根据权利要求1所述的钙钛矿基太阳能电池,其特征在于,所述空穴传输层的厚度为30~400nm。

5. 根据权利要求1所述的钙钛矿基太阳能电池,其特征在于,该钙钛矿基太阳能电池还包括介于空穴传输层和背电极之间的阻挡层。

6. 根据权利要求5所述的钙钛矿基太阳能电池,其特征在于,该阻挡层为三氧化二铬层。

7. 根据权利要求5所述的钙钛矿基太阳能电池,其特征在于,所述阻挡层的厚度为5~20nm。

8. 一种钙钛矿基太阳能电池的制备方法,包括以下步骤:

S1,提供一衬底;

S2,在所述衬底的上方形成电子传输层;

S3,在所述电子传输层的上方形成钙钛矿光吸收层;

S4,在所述钙钛矿光吸收层的上方形成空穴传输层;以及

S5,在所述空穴传输层的上方形成背电极,

其特征在于,

将含有导电聚合物的溶液滴加在钙钛矿光吸收层上进行旋涂得到所述空穴传输层,所述导电聚合物为选自由以下聚合物组成的组中的至少一种聚合物:聚吡咯、聚苯撑乙炔、聚苯乙炔、聚对苯撑、聚对苯撑乙烯和聚噻吩。

9. 根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于,在所述步骤S4之后和步骤S5之前,该制备方法还包括在空穴传输层的上方形成阻挡层,背电极形成在该阻挡层的上方。

10. 根据权利要求9所述的制备方法,其特征在于,在空穴传输层的上方旋涂一层三氧化二铬得到厚度为5~20nm的阻挡层。

## 一种钙钛矿基太阳能电池及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能电池,更具体地涉及一种钙钛矿基太阳能电池及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 随着世界人口的增长、工业的发展和城市化步伐的加快,全球范围的能源消耗持续增长,环境污染日益严重,用清洁的可再生能源替代传统能源迫在眉睫。其中,太阳能作为清洁的可再生能源由于分布广泛且用之不竭而备受关注。

[0003] 太阳能最主要的利用方式是太阳能电池。近几年来一种以钙钛矿为吸光材料的新型太阳能电池发展迅猛,经过美国国家可再生能源实验室(NREL)认证的最高效率可达20.1%。已知的钙钛矿基太阳能电池具有多层结构,如图1所示,该钙钛矿基太阳能电池包括衬底1、电子传输层2、钙钛矿光吸收层3、空穴传输层4和背电极5,其具体工作过程原理包括:钙钛矿光吸收层3接受光照,产生的导带电子注入到电子传输层2中,进一步传输到衬底1(阳极)和与该衬底1连接的外电路;钙钛矿光吸收层3的空穴注入到空穴传输层4中,进一步传输到背电极5(阴极)和与该背电极5连接的外电路;最后通过负载完成光能向电能的转变。现有的钙钛矿基太阳能电池的空穴传输层4均是采用spiro-OMeTAD作为其空穴传输材料。spiro-OMeTAD为2,2',7,7'-四[N,N-二(4-甲氧基苯基)氨基]-9,9'-螺二芴(2,2',7,7'-tetrakis(N,N-p-dimethoxy-phenylamino)-9,9'-spirobifluorene),其合成工艺相当复杂,价格约为黄金的10倍,因此不利于钙钛矿基太阳能电池的商业化推广。

### 发明内容

[0004] 为了解决上述现有技术中存在的价格昂贵的问题,本发明旨在提供一种新型的钙钛矿基太阳能电池及其制备方法。

[0005] 本发明提供一种钙钛矿基太阳能电池,包括依次连接的衬底、电子传输层、钙钛矿光吸收层、空穴传输层和背电极,其中,所述空穴传输层包括导电聚合物,选自以下聚合物组成的组中的至少一种聚合物:聚吡咯、聚苯撑乙炔、聚苯乙炔、聚对苯撑、聚对苯撑乙烯和聚噻吩。

[0006] 所述衬底为氧化铟锡导电玻璃/聚萘二甲酸乙二醇酯柔性导电基片。

[0007] 所述空穴传输层中不包括2,2',7,7'-四[N,N-二(4-甲氧基苯基)氨基]-9,9'-螺二芴。

[0008] 所述空穴传输层的厚度为30~400nm。

[0009] 该钙钛矿基太阳能电池还包括介于空穴传输层和背电极之间的阻挡层。

[0010] 该阻挡层为三氧化二铬层。

[0011] 所述阻挡层的厚度为5~20nm。

[0012] 本发明还提供一种钙钛矿基太阳能电池的制备方法,包括以下步骤:S1,提供一衬底;S2,在所述衬底的上方形成电子传输层;S3,在所述电子传输层的上方形成钙钛矿光吸

收层；S4，在所述钙钛矿光吸收层的上方形成空穴传输层；以及 S5，在所述空穴传输层的上方形成背电极，其中，将含有导电聚合物的溶液滴加在钙钛矿光吸收层上进行旋涂得到所述空穴传输层，所述导电聚合物为选自由以下聚合物组成的组中的至少一种聚合物：聚吡咯、聚苯撑乙炔、聚苯乙炔、聚对苯撑、聚对苯撑乙烯和聚噻吩。

[0013] 在所述步骤 S4 之后和步骤 S5 之前，该制备方法还包括在空穴传输层的上方形成阻挡层，背电极形成在该阻挡层的上方。

[0014] 在空穴传输层的上方旋涂一层三氧化二铬得到厚度为 5 ~ 20nm 的阻挡层。

[0015] 由于导电聚合物相对于 spiro-OMeTAD 价格便宜，而其自身结构提供导电载流子，其导电率可以和金属相媲美，由此可以获得廉价的空穴传输材料，从而降低钙钛矿基太阳能电池的成本而使其商业化推广成为可能。另外，由于导电聚合物不易受外界环境的影响，本发明提供的钙钛矿基太阳能电池的稳定性获得提高。本发明通过选用氧化铟锡导电玻璃 / 聚萘二甲酸乙二醇酯柔性导电基片作为衬底，具有质量轻、韧性高、成本低、可进行各种形状或表面设计等优点，另外，还可采用成卷连续生产、快速涂布等技术，便于大面积生产；本发明通过在空穴传输层和背电极之间的阻挡层，防止外界空气与电池内部材料接触的阻挡层，例如使得钙钛矿光吸收层中的甲基碘化铵最大限度不受外界环境的影响，保持了活性，延长了钙钛矿基太阳能电池的使用寿命。而且，本发明的钙钛矿基太阳能电池的制备方法简单易行，大幅度节约成本。

## 附图说明

[0016] 图 1 是现有技术的钙钛矿基太阳能电池的结构示意图；

[0017] 图 2 是根据本发明的钙钛矿基太阳能电池的结构示意图。

## 具体实施方式

[0018] 下面结合附图，给出本发明的较佳实施例，并予以详细描述。

[0019] 图 2 是根据本发明的钙钛矿基太阳能电池的结构示意图，包括依次连接的衬底 10、电子传输层 20、钙钛矿光吸收层 30、空穴传输层 40 和背电极 50，所述空穴传输层 40 包括导电聚合物，选自由以下聚合物组成的组中的至少一种聚合物：聚吡咯、聚苯撑乙炔、聚苯乙炔、聚对苯撑、聚对苯撑乙烯和聚噻吩。

[0020] 所述衬底 10 为氧化铟锡导电玻璃 / 聚萘二甲酸乙二醇酯柔性导电基片 ITO/PEN。ITO/PEN 是一种导电柔性基片，具有质量轻、韧性高、成本低、可进行各种形状或表面设计等优点，另外，由于该材料可采用成卷连续生产、快速涂布等技术，便于大面积生产。在一个优选的实施例中，所述衬底 10 的厚度为 60 ~ 500nm。

[0021] 所述电子传输层 20 为二氧化钛或氧化锌在衬底 10 的上方形成的均匀致密层。在一个优选的实施例中，所述电子传输层 20 的厚度为 30 ~ 200nm。

[0022] 所述钙钛矿光吸收层 30 包括三氧化二铝、二氧化钛或者二氧化锡在电子传输层 20 的上方形成的多孔结构和掺杂在其中的  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{(3-X)}\text{Y}_X$  所形成的混合结构，其中， $X = 0 \sim 2$ ，Y 为 Cl 或 Br。在一个优选的实施例中，所述钙钛矿光吸收层 30 包括二氧化钛形成的多孔结构和  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。在一个优选的实施例中，所述钙钛矿光吸收层 30 的厚度为 100 ~ 1000nm。

[0023] 所述空穴传输层 40 中不包括 spiro-OMeTAD。所述导电聚合物为聚吡咯。在更优选的一个实施例中,该聚吡咯的分子量为 2000 ~ 50000。在一个优选的实施例中,该空穴传输层 40 的厚度为 30 ~ 400nm。

[0024] 该钙钛矿基太阳能电池还包括介于空穴传输层 40 和背电极 50 之间的阻挡层 60,该阻挡层 60 为三氧化二铬在空穴传输层 40 的上方形成的防止外界空气与电池内部材料接触的阻挡层,例如使得钙钛矿光吸收层 30 中的甲基碘化铵最大限度不受外界环境的影响,保持了活性,延长了钙钛矿基太阳能电池的使用寿命。在一个优选的实施例中,所述阻挡层 60 的厚度为 5 ~ 20nm。

[0025] 所述背电极 50 为金、银或碳中的至少一种蒸镀在阻挡层 60 上的结构。在一个优选的实施例中,所述背电极 50 为碳。在一个优选的实施例中,所述背电极 50 的厚度为 50 ~ 200nm。

[0026] 本发明还提供一种钙钛矿基太阳能电池的制备方法,包括以下步骤:S1,提供一衬底 10;S2,在所述衬底 10 的上方形成电子传输层 20;S3,在所述电子传输层 20 的上方形成钙钛矿光吸收层 30;S4,在所述钙钛矿光吸收层 30 的上方形成空穴传输层 40;以及 S5,在所述空穴传输层 40 的上方形成背电极 50,其特征在于,将含有导电聚合物的溶液滴加在钙钛矿光吸收层 30 上进行旋涂得到所述空穴传输层 40,所述导电聚合物为选自以下聚合物组成的组中的至少一种聚合物:聚吡咯、聚苯撑乙炔、聚苯乙炔、聚对苯撑、聚对苯撑乙烯和聚噻吩。

[0027] 在所述步骤 S1 中,ITO/PEN 被清洗干燥以形成衬底 10。具体地,将导电柔性基片 ITO/PEN 剪裁后浸泡在乙醇溶液中,24h 后取出,在 95%的乙醇液中反复荡洗数次以清洗基片表面杂质,吹干后即获得衬底 10。

[0028] 在所述步骤 S2 中,在衬底 10 的上表面丝网印刷一层二氧化钛或氧化锌的透明导电层以形成电子传输层 20。具体地,控制温度为 400 ~ 500℃,加热 1 ~ 3h,即得到厚度为 30 ~ 200nm 的电子传输层 20。

[0029] 在所述步骤 S3 中,在电子传输层 20 上旋涂三氧化二铝、二氧化钛或者二氧化锡多孔层浆料形成多孔结构;然后将  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{(3-x)}\text{Y}_x$  结合到多孔结构以形成钙钛矿光吸收层 30。具体地,三氧化二铝、二氧化钛或者二氧化锡多孔层浆料滴加到电子传输层 20 上,4000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,在马弗炉中 500℃烧结 20 ~ 50min,冷却至室温,制得多孔疏松的多孔结构;然后将含有  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$  的异丙醇溶液滴加在多孔结构上,2000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,然后在 3000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,在加热板中 50 ~ 120℃加热 30min,冷却至室温;调节温度为 50 ~ 120℃,在多孔结构上再旋涂含有  $\text{PbI}_2$  的 DMF 溶液,持续加热 1h,即得到厚度为 100 ~ 1000nm 的钙钛矿光吸收层 30。

[0030] 在一个优选的实施例中,将含有聚吡咯的 DMF 溶液滴加在钙钛矿光吸收层上。具体地,3000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,然后在干燥器中过夜氧化,得到厚度为 30 ~ 400nm 的空穴传输层 40。

[0031] 在所述步骤 S4 之后和步骤 S5 之前,该制备方法还包括在空穴传输层 40 的上方形成阻挡层 60,背电极 50 形成在该阻挡层 60 的上方。具体地,在空穴传输层 40 的上方旋涂一层  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,即得到厚度为 5 ~ 20nm 的阻挡层 60。

[0032] 在所述步骤 S5 中,通过高温烧结电极材料形成背电极 50。

[0033] 电池效率测量方法:将制备好的太阳能器件的光阳极和光阴极分别与恒电位/恒电流仪的工作电极和对电极连接。光源使用 500w 氙灯,入射光强为 100mw/cm<sup>2</sup>,光照面积为 0.1cm<sup>2</sup>。

[0034] 实施例 1

[0035] S1,将导电柔性基片 ITO/PEN 剪裁后浸泡在乙醇溶液中,24h 后取出,在 95%的乙醇液中反复荡洗数次以清洗基片表面杂质,吹干即获得厚度为 60nm 的衬底 10。

[0036] S2,在衬底 10 的上表面丝网印刷一层二氧化钛的透明导电层,控制温度为 450℃,加热 1h,即得到厚度为 30nm 的电子传输层 20。

[0037] S3,用二氧化钛浆料与乙醇按质量比 2:7 配制二氧化钛多孔层浆料,将该二氧化钛多孔层浆料滴加到电子传输层 20 上,4000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,在马弗炉中 500℃ 烧结 20min,冷却至室温,制得多孔疏松的二氧化钛多孔结构;然后将含有 5g 甲基碘化铵(CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>I)的异丙醇溶液滴加到二氧化钛多孔结构上,2000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,然后再 3000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,在加热板中 70℃ 加热 30min,冷却至室温;调节温度为 70℃,在多孔结构上再旋涂 5g 含有碘化铅(PbI<sub>2</sub>)的 DMF 溶液,持续加热 1h 使得甲基碘化铵和碘化铅反应生成 CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>,即得到厚度为 100nm 的钙钛矿光吸收层 30。

[0038] S4,在手操箱中,将 10g 含 80%聚吡咯(分子量为 20000)的 DMF 溶液滴加在钙钛矿光吸收层 30 上,3000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,然后在干燥器中过夜氧化,得到厚度为 30nm 的空穴传输层 40。

[0039] S4',在空穴传输层 40 的上方旋涂一层 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,即得到厚度为 5nm 的阻挡层 60。

[0040] S5,在阻挡层 60 的上方通过高温烧结碳电极材料形成厚度为 50nm 的背电极 50。

[0041] 该电池最终光电测试效率为 3.95%,电流密度 12.40mA/cm<sup>2</sup>,开路电压 0.86V,1000h 后电池效率为 3.8%,保持了初始效率的 96.20%。

[0042] 实施例 2

[0043] S1,将导电柔性基片 ITO/PEN 剪裁后浸泡在乙醇溶液中,24h 后取出,在 95%的乙醇液中反复荡洗数次以清洗基片表面杂质,吹干即获得厚度为 300nm 的衬底 10。

[0044] S2,在衬底 10 的上表面丝网印刷一层二氧化钛的透明导电层,控制温度为 500℃,加热 1h,即得到厚度为 100nm 的电子传输层 20。

[0045] S3,用二氧化钛浆料与乙醇按质量比 2:7 配制二氧化钛多孔层浆料,将该二氧化钛多孔层浆料滴加到电子传输层 20 上,4000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,在马弗炉中 480℃ 烧结 30min,冷却至室温,制得多孔疏松的二氧化钛多孔结构;然后将含有 8g 甲基碘化铵(CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>I)的异丙醇溶液滴加到二氧化钛多孔结构上,2000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,然后再 3000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,在加热板中 50℃ 加热 30min,冷却至室温;调节温度为 120℃,在多孔结构上再旋涂 8g 含有碘化铅(PbI<sub>2</sub>)的 DMF 溶液,持续加热 1h 使得甲基碘化铵和碘化铅反应生成 CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>,即得到厚度为 500nm 的钙钛矿光吸收层 30。

[0046] S4,在手操箱中,将 10g 含 80%聚苯乙炔(分子量为 30000)的 DMF 溶液滴加在钙钛矿光吸收层 30 上,3000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s,然后在干燥器中过夜氧化,得到厚度为 200nm 的空穴传输层 40。

[0047] S4',在空穴传输层 40 的上方旋涂一层 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,即得到厚度为 10nm 的阻挡层 60。

[0048] S5,在阻挡层 60 的上方通过高温烧结银电极材料形成厚度为 100nm 的背电极 50。

[0049] 该电池最终光电测试效率为8.64%，电流密度18.4mA/cm<sup>2</sup>，开路电压0.98V，1000h后电池效率为7.73%，保持了初始效率的89.47%。

[0050] 实施例3

[0051] S1,将导电柔性基片ITO/PEN剪裁后浸泡在乙醇溶液中,24h后取出,在95%的乙醇液中反复荡洗数次以清洗基片表面杂质,吹干即获得厚度为500nm的衬底10。

[0052] S2,在衬底10的上表面丝网印刷一层氧化锌的透明导电层,控制温度为400℃,加热1h,即得到厚度为200nm的电子传输层20。

[0053] S3,用三氧化二铝作为多孔层浆料,将该三氧化二铝多孔层浆料滴加到电子传输层20上,4000r·min<sup>-1</sup>旋涂30s,在马弗炉中480℃烧结50min,冷却至室温,制得多孔疏松的三氧化二铝多孔结构;然后将含有10g甲基碘化铵(CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>I)的异丙醇溶液滴加到三氧化二铝多孔结构上,2000r·min<sup>-1</sup>旋涂30s,然后再3000r·min<sup>-1</sup>旋涂30s,在加热板中100℃加热30min,冷却至室温;调节温度为70℃,在多孔结构上再旋涂10g含有碘化铅(PbI<sub>2</sub>)的DMF溶液,持续加热1h使得甲基碘化铵和碘化铅反应生成CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>,即得到厚度为1000nm的钙钛矿光吸收层30。

[0054] S4,在手操箱中,将12g含80%聚噻吩(分子量为50000)的DMF溶液滴加在钙钛矿光吸收层30上,3000r·min<sup>-1</sup>旋涂30s,然后在干燥器中过夜氧化,得到厚度为400nm的空穴传输层40。

[0055] S4',在空穴传输层40的上方旋涂一层Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,即得到厚度为20nm的阻挡层60。

[0056] S5,在阻挡层60的上方通过高温烧结碳电极材料形成厚度为200nm的背电极50。

[0057] 该电池最终光电测试效率为8.50%，电流密度20.7mA/cm<sup>2</sup>，开路电压0.96V，1000h后电池效率为7.73%，保持了初始效率的90.94%。

[0058] 实施例4

[0059] S1,将导电柔性基片ITO/PEN剪裁后浸泡在乙醇溶液中,24h后取出,在95%的乙醇液中反复荡洗数次以清洗基片表面杂质,吹干即获得厚度为400nm的衬底10。

[0060] S2,在衬底10的上表面丝网印刷一层二氧化钛的透明导电层,控制温度为400℃,加热1h,得到厚度为50nm的电子传输层20。

[0061] S3,用二氧化钛浆料与乙醇按质量比2:7配制二氧化钛多孔层浆料,将该二氧化钛多孔层浆料滴加到电子传输层20上,4000r·min<sup>-1</sup>旋涂30s,在马弗炉中480℃烧结50min,冷却至室温,制得多孔疏松的二氧化钛多孔结构;然后将含有10g甲基碘化铵(CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>I)的异丙醇溶液滴加到二氧化钛多孔结构上,2000r·min<sup>-1</sup>旋涂30s,然后再3000r·min<sup>-1</sup>旋涂30s,在加热板中100℃加热30min,冷却至室温;调节温度为70℃,在多孔结构上再旋涂10g含有碘化铅(PbI<sub>2</sub>)的DMF溶液,持续加热1h使得甲基碘化铵和碘化铅反应生成CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>,即得到厚度为600nm的钙钛矿光吸收层30。

[0062] S4,在手操箱中,将12g含80%聚对苯撑(分子量为50000)的DMF溶液滴加在钙钛矿光吸收层30上,3000r·min<sup>-1</sup>旋涂30s,然后在干燥器中过夜氧化,得到厚度为100nm的空穴传输层40。

[0063] S4',在空穴传输层40的上方旋涂一层Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,即得到厚度为20nm的阻挡层60。

[0064] S5,在阻挡层60的上方通过高温烧结碳电极材料形成厚度为200nm的背电极50。

[0065] 该电池最终光电测试效率为6.77%，电流密度16.35mA/cm<sup>2</sup>，开路电压0.743V，

1000h 后电池效率为 6.13%，保持了初始效率的 90.54%。

[0066] 实施例 5

[0067] S1, 将导电柔性基片 ITO/PEN 剪裁后浸泡在乙醇溶液中, 24h 后取出, 在 95% 的乙醇液中反复荡洗数次以清洗基片表面杂质, 吹干即获得厚度为 100nm 的衬底 10。

[0068] S2, 在衬底 10 的上表面丝网印刷一层氧化锌的透明导电层, 控制温度为 400℃, 加热 1h, 得到厚度为 60nm 的电子传输层 20。

[0069] S3, 用二氧化钛浆料与乙醇按质量比 2:7 配制二氧化钛多孔层浆料, 将该二氧化钛多孔层浆料滴加到电子传输层 20 上, 4000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s, 在马弗炉中 480℃ 烧结 50min, 冷却至室温, 制得多孔疏松的二氧化钛多孔结构; 然后将含有 10g 甲基碘化铵 (CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>I) 的异丙醇溶液滴加到二氧化钛多孔结构上, 2000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s, 然后再 3000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s, 在加热板中 100℃ 加热 30min, 冷却至室温; 调节温度为 70℃, 在多孔结构上再旋涂 10g 含有碘化铅 (PbI<sub>2</sub>) 的 DMF 溶液, 持续加热 1h 使得甲基碘化铵和碘化铅反应生成 CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>, 即得到厚度为 400nm 的钙钛矿光吸收层 30。

[0070] S4, 在手操箱中, 将 10g 含 80% 聚对苯撑乙烯 (分子量为 50000) 的 DMF 溶液滴加在钙钛矿光吸收层 30 上, 3000r·min<sup>-1</sup>旋涂 30s, 然后在干燥器中过夜氧化, 得到厚度为 100nm 的空穴传输层 40。

[0071] S4', 在空穴传输层 40 的上方旋涂一层 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 即得到厚度为 15nm 的阻挡层 60。

[0072] S5, 在阻挡层 60 的上方通过高温烧结碳电极材料形成厚度为 200nm 的背电极 50。

[0073] 该电池最终光电测试效率为 8.21%, 电流密度 21.51mA/cm<sup>2</sup>, 开路电压 0.70V, 1000h 后电池效率为 7.13%, 保持了初始效率的 86.85%。

[0074] 以上所述的, 仅为本发明的较佳实施例, 并非用以限定本发明的范围, 本发明的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰, 皆落入本发明专利的权利要求保护范围。本发明未详尽描述的均为常规技术内容。



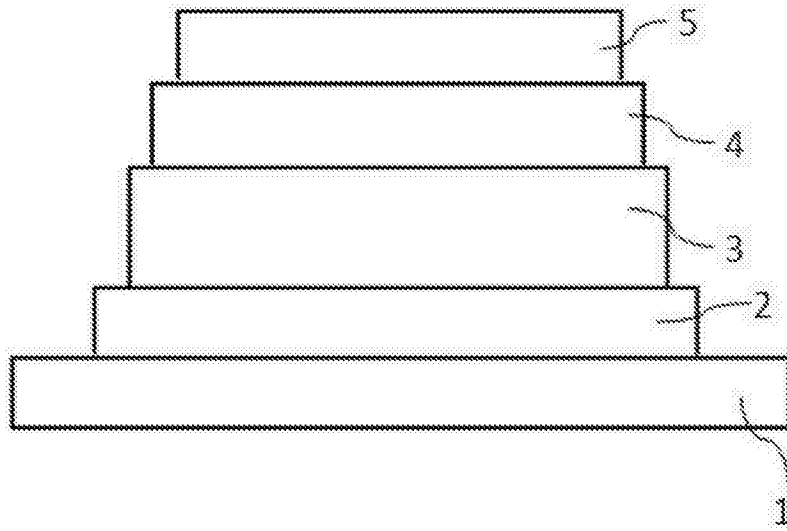


图 1

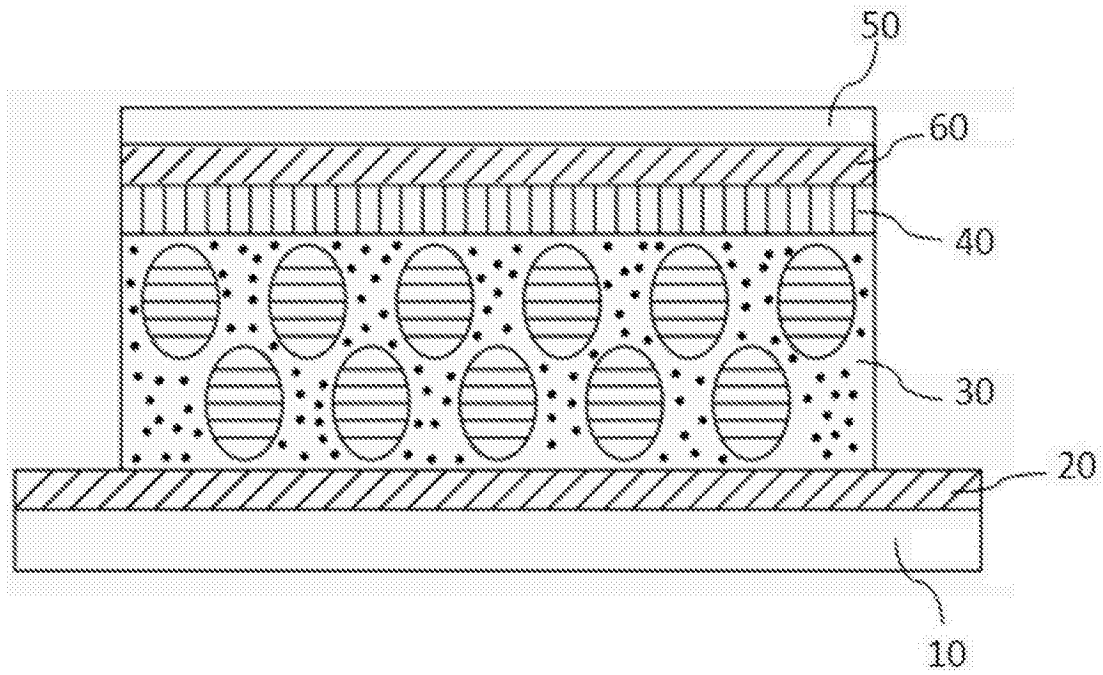


图 2