



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118317618 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 09

(21) 申请号 202410431387.X

H01L 31/055 (2014.01)

(22) 申请日 2024.04.11

(71) 申请人 云南师范大学

地址 650500 云南省昆明市呈贡区聚贤街
768号(72) 发明人 杨培志 杨雯 杨启鸣 张云博
孟广昊 王琴 章维格(74) 专利代理机构 西安研实知识产权代理事务
所(普通合伙) 61300

专利代理师 陈伊苒

(51) Int. Cl.

H10K 30/88 (2023.01)

H10K 71/00 (2023.01)

H01L 31/048 (2014.01)

H01L 31/18 (2006.01)

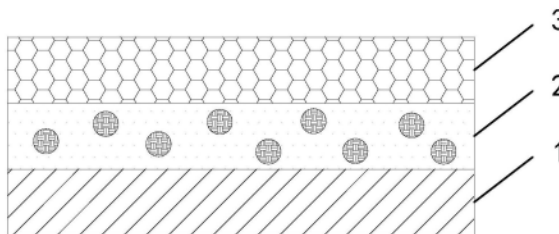
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装
结构及封装方法

(57) 摘要

本申请涉及太阳能电池封装技术领域,具体涉及一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构及封装方法。该封装结构包括自下而上钙钛矿太阳能电池、紫外线转换层、疏水层。紫外线转换层包括封装胶膜和量子点,量子点掺杂在封装胶膜中,量子点将紫外线转换为可见光。疏水层的表面具有疏水特性。本发明中的量子点吸收紫外线并通过量子点的荧光发生过程,将紫外线转换为钙钛矿太阳能电池更高吸收效率的可见光频段;这种能量的转换提高了太阳能电池的光谱范围内光子的比例,从而提高了光能的利用。另外,通过设置紫外线转换层,减少了直接到达钙钛矿材料的紫外光,减少了紫外线对钙钛矿太阳能电池的损伤,延长了钙钛矿太阳能电池的使用寿命。



1. 一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构,其特征在于:包括自下而上钙钛矿太阳能电池、紫外线转换层、疏水层;所述紫外线转换层包括封装胶膜和量子点,所述量子点掺杂在所述封装胶膜中,所述量子点将紫外线转换为可见光,所述疏水层的表面具有疏水特性。

2. 如权利要求1所述的提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构,其特征在于:所述封装胶膜的材料为聚乙烯醇。

3. 如权利要求1所述的提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构,其特征在于:所述量子点为硒化镉量子点、硫化锌量子点、硫化镉量子点、磷化铟量子点、碳量子点、硅量子点。

4. 如权利要求1所述的提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构,其特征在于:所述疏水层的材料为氟聚合物。

5. 一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1、制备紫外线转换材料;

步骤2、将紫外线转换材料设置在钙钛矿太阳能电池上;

步骤3、将疏水材料设置在紫外线转换材料上。

6. 如权利要求5所述的提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装方法,其特征在于:所述步骤1包括:

步骤11、将聚乙烯醇粉末溶解于水中;

步骤12、将量子点悬浮液缓慢加入聚乙烯醇溶液中,并不断搅拌,形成紫外线转换材料。

7. 如权利要求6所述的提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装方法,其特征在于:在步骤2中,将紫外线转换材料旋涂、刷涂或喷涂在钙钛矿太阳能电池上。

8. 如权利要求7所述的提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装方法,其特征在于:在步骤3中,使用溶液加工法将疏水材料设置在紫外线转换材料上。

9. 如权利要求7所述的提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装方法,其特征在于:在步骤3中,使用冷压法将疏水材料设置在紫外线转换材料上。

10. 如权利要求7-9任一项所述的提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装方法,其特征在于:在步骤12中,还同时掺入氧化铝纳米颗粒。

一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构及封装方法

技术领域

[0001] 本申请涉及太阳能电池封装技术领域,具体涉及一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构及封装方法。

背景技术

[0002] 紫外线能量大概占太阳总辐射能量的5%至10%。钙钛矿材料对可见光的光电转换非常有限,但对紫外线的吸收导致钙钛矿材料降解,从而影响钙钛矿太阳能电池的稳定性和寿命。

[0003] 具体地,紫外线具有较高的能量,能够引发一系列对钙钛矿材料有害的化学和物理过程:紫外线的高能量打断钙钛矿材料中的化学键,导致材料结构的直接破坏,在钙钛矿材料中产生缺陷,如离子位移和空穴积累,从而影响材料的电子特性和稳定性;钙钛矿材料吸收紫外线,将紫外线能量转化为热能,导致材料温度升高。高温加速了钙钛矿材料的不稳定反应,如钙钛矿材料的分解或相变,进一步破坏了钙钛矿材料的整体结构;紫外线照射引起钙钛矿材料中的离子迁移,进而引起晶格缺陷,进一步降低钙钛矿材料的稳定性。

[0004] 由以上分析可以看出,对钙钛矿太阳能电池来说,太阳辐射中的紫外线不仅浪费了太阳光利用率,而且紫外线还破坏了钙钛矿的稳定性。

[0005] 针对上述问题,研究者采用了多结构设计,将钙钛矿太阳能电池与其他类型的太阳能电池(如硅或铜铟镓硒)结合,形成串联或并联的多结构太阳能电池(参考文献:Recent Progress in Perovskite Tandem Solar Cells, Vol.13, pp.1886, 2023;迈向效率大于30%的钙钛矿/晶硅叠层太阳能电池技术的研究进展,物理学报,第72卷第5期,2023年;高效率双结钙钛矿叠层太阳能电池研究进展,复合材料学报,第40卷第2期,2023年)。在这种设计中,每种材料的电池层都可以优化吸收太阳光谱中的不同部分:一个层专门吸收紫外线;另一层专注于可见光或近红外线。虽然多层结构设计一定程度解决了紫外线问题,但是多层结构设计复杂,研究者需要精确控制每层的厚度、组成和界面,增加了成本;另外,不同的材料层具有不同的热膨胀系数,温度变化时,不同材料层之间容易产生应力积累,从而影响电池的长期稳定性和性能。

[0006] 因此,探索消除紫外线问题的其他技术路径具有重要意义。

发明内容

[0007] 为解决以上问题,本发明一方面提供了一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构,该封装结构包括自下而上钙钛矿太阳能电池、紫外线转换层、疏水层。紫外线转换层包括封装胶膜和量子点,量子点掺杂在封装胶膜中,量子点将紫外线转换为可见光。疏水层的表面具有疏水特性。

[0008] 本发明中的量子点具有特定的能带结构,能够吸收紫外线并通过量子点的荧光发生过程,将紫外线转换为钙钛矿太阳能电池更高吸收效率的可见光频段;这种能量的转换提高了太阳能电池的光谱范围内光子的比例,从而提高了光能的利用。另外,通过设置紫外线转

换层,减少了直接到达钙钛矿材料的紫外光,减少了紫外线对钙钛矿太阳电池的损伤,延长了钙钛矿太阳电池的使用寿命。

[0009] 更进一步地,封装胶膜的材料为聚乙烯醇。聚乙烯醇(PVA)具有较高的透明度,可以有效地传递太阳光中的可见光和紫外线,使得紫外线转换层中的量子点能够高效地接收并转换紫外线为可见光,提高钙钛矿太阳电池的光利用率。另外,聚乙烯醇的折射率适中,可以减少界面反射和散射,进一步提高了钙钛矿太阳电池的光捕获效率。另外,聚乙烯醇还具有抗化学侵蚀、环境稳定性高、方便加工等特点,便于在本发明中的应用。

[0010] 更进一步地,量子点为硒化镉量子点、硫化锌量子点、硫化镉量子点、磷化铟量子点、碳量子点、硅量子点。这些量子点的尺寸为纳米尺度,大小在几纳米至几十纳米之间,电子和空穴的运动受到强烈的空间限制,导致能级出现离散化,即产生量子限域效应。硒化镉、硫化锌、硫化镉、磷化铟、碳量子点和硅量子点等材料本身具有较宽的带隙,这些材料能够吸收紫外线,并通过量子点内部的电子重新组合过程释放出能量较低的可见光。另外,可以选择适当的量子点材料和调整量子点的尺寸,实现对紫外线到特定可见光波长范围的转换。

[0011] 更进一步地,疏水层的材料为氟聚合物。氟聚合物具有高度的疏水性,水难以在其表面形成连续的膜,而是倾向于形成珠状滴落或滚落,有助于保持表面的干燥和清洁,减少水蒸气和液态水对钙钛矿材料的损害。另外,氟聚合物还具有耐腐蚀、耐紫外线、耐极端气候等特点,便于在本发明中的应用。

[0012] 另一方面,本发明提供了一种提高光利用率的钙钛矿太阳电池封装方法,包括如下步骤:

[0013] 步骤1、制备紫外线转换材料;

[0014] 步骤2、将紫外线转换材料设置在钙钛矿太阳电池上;

[0015] 步骤3、将疏水材料设置在紫外线转换材料上。

[0016] 本发明采用分步封装的方法采用不同的材料和技术进行优化,每一步都可以独立调控和优化,简化了生产流程,降低了生产难度和成本。

[0017] 更进一步地,步骤1包括:

[0018] 步骤11、将聚乙烯醇粉末溶解于水中;

[0019] 步骤12、将量子点悬浮液缓慢加入聚乙烯醇溶液中,并不断搅拌,形成紫外线转换材料。

[0020] 这种方法不需要复杂的设备或高温条件,只需将量子点悬浮液加入到聚乙烯醇溶液中并搅拌,就能制备出具有紫外线转换功能的复合材料,适合大规模生产。聚乙烯醇是一种稳定的高分子材料,为量子点提供了稳定的微环境,防止量子点的氧化和光腐蚀,延长紫外线转换材料的使用寿命。

[0021] 更进一步地,在步骤2中,将紫外线转换材料旋涂、刷涂或喷涂在钙钛矿太阳电池上。旋涂、刷涂或喷涂技术能够在钙钛矿太阳电池表面形成均匀一致的紫外线转换材料薄膜,确保光电转换效率的一致性和最大化。另外,使用旋涂、刷涂或喷涂技术可以简化紫外线转换材料在钙钛矿太阳电池上的应用过程,易于实现工业化生产,降低成本。

[0022] 更进一步地,在步骤3中,使用溶液加工法将疏水材料设置在紫外线转换材料上。溶液加工法是指,选择合适的溶剂将疏水材料溶解,使用旋涂、喷涂或刷涂等方法将疏水材

料溶液均匀地涂覆在已经形成的紫外线转换材料上;涂覆后,蒸发溶剂,疏水材料形成均匀的薄膜。这种方法制备疏水层厚度均匀,生产效率高,适合工业化生产。

[0023] 更进一步地,在步骤3中,使用冷压法将疏水材料设置在紫外线转换材料上。冷压法是指,将疏水材料制备成适合冷压的薄片,将疏水材料均匀铺设在紫外线转换材料上,使用压力机械在室温下施加压力,使得疏水层贴附在紫外线转换材料上。冷压法不需要高温,避免了高温导致的钙钛矿材料性能降低或损坏;另外,冷压法操作过程温和,保持了紫外线转换材料和钙钛矿材料原有的光学和电学性能不受损害。

[0024] 更进一步地,在步骤12中,还同时掺入氧化铝纳米颗粒。氧化铝纳米颗粒的加入从多个方面提升了钙钛矿太阳能电池的性能:(1)氧化铝纳米颗粒的加入通过紫外线散射增加了紫外线的光程路径长度,从而增加了量子点吸收紫外线的机会,提高了钙钛矿太阳能电池的转换效率;(2)氧化铝纳米颗粒具有较高的硬度和较高的热导率,加入氧化铝纳米颗粒提高了紫外线转换层的热稳定性和机械强度,使得所封装的钙钛矿太阳能电池适合在各种环境条件下的使用;(3)氧化铝纳米颗粒具有一定的防潮性能,加入氧化铝纳米颗粒减少聚乙烯醇基体对水汽的吸收,提升了整个紫外线转换层的防潮性和潮湿环境中的稳定性。

[0025] 本发明的有益效果:

[0026] (1)本发明利用量子点将紫外线转换为可见光,提高了光利用率,并降低了紫外线对钙钛矿材料的伤害,不仅提高了钙钛矿太阳能电池的效率,而且提高了钙钛矿太阳能电池的稳定性。

[0027] (2)本发明中疏水层通过其疏水性特征减少了水滴和污染物在电池表面的停留时间和积累,带走表面的灰尘和污染物,减少了这些物质对太阳光吸收的阻碍,维持了钙钛矿太阳能电池的光电转换效率。

[0028] (3)本发明将量子点嵌入到封装胶膜内,防止了量子点因环境因素,例如水洗,而流失或分散;在紫外线转换层外设置疏水层,疏水层更进一步防止了量子点的流失,提高了器件的长期稳定性。

[0029] (4)本发明不是通过优化或设计新型钙钛矿太阳能电池的角度解决“紫外线”的问题,而是在钙钛矿太阳能电池的封装环节解决“紫外线”问题,具有实施简单,技术应用普适性强等优点。

[0030] 综合以上有益效果,本发明在钙钛矿太阳能电池封装领域具有良好的应用前景。

附图说明

[0031] 图1是一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构的示意图。

[0032] 图2是一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装方法的示意图。

[0033] 图中:1、钙钛矿太阳能电池;2、紫外线转换层;3、疏水层。

具体实施方式

[0034] 为使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下参照附图并举实施例,对本申请作进一步详细说明。

[0035] 实施例1

[0036] 本发明提供了一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构,如图1所示,该封装

结构包括自下而上钙钛矿太阳电池1、紫外线转换层2、疏水层3。紫外线转换层2包括封装胶膜和量子点,量子点掺杂在封装胶膜中,量子点将紫外线转换为可见光,疏水层3的表面具有疏水特性。其中,封装胶膜的材料为聚乙烯醇;量子点为硒化镉量子点、硫化锌量子点、硫化镉量子点、磷化铟量子点、碳量子点、硅量子点;疏水层3的材料为氟聚合物。

[0037] 在本发明中,紫外线转换层2位于钙钛矿太阳电池1的上方,由封装胶膜和掺杂的量子点组成。量子点为纳米尺寸,吸收紫外线并将紫外线转换为可见光,增加了太阳电池能够利用的光谱范围,提高了整个光电转换效率。

[0038] 优选地,紫外线转换层2的厚度大于10纳米、小于200纳米,以确保有足够的量子点参与到紫外线的吸收和转换过程中,也避免了光在紫外线转换层中传播损失。疏水层3的厚度大于50纳米、小于2微米,以便于能够形成有效的防水和防潮效果;但是,疏水层3的厚度也不易大于10微米,这会导致整个钙钛矿太阳电池1的重量和成本增加。当量子点为硒化镉量子点时,其尺寸大于2纳米、小于7纳米;当量子点为硫化锌量子点时,其尺寸大于2纳米、小于5纳米;当量子点为硫化镉量子点时,其尺寸大于2纳米、小于6纳米;当量子点为磷化铟量子点时,其尺寸大于2纳米、小于7纳米;当量子点为碳量子点时,其尺寸大于1纳米、小于10纳米;当量子点为硅量子点时,其尺寸大于2纳米、小于10纳米。当量子点在上述范围内时,量子点能够吸收紫外光,并将紫外光转换为可见光。优选地,量子点为硒化镉量子点或硫化镉量子点,这两种量子点具有高量子产率,能够有效地将吸收的紫外光转换为可见光。钙钛矿太阳电池1可以为有机-无机杂化钙钛矿太阳电池、全无机钙钛矿太阳电池、柔性钙钛矿太阳电池或钙钛矿太阳电池叠层结构。

[0039] 实施例2

[0040] 本发明提供了一种提高光利用率的钙钛矿太阳电池封装方法,如图2所示,包括如下步骤:步骤1、制备紫外线转换材料;步骤2、将紫外线转换材料设置在钙钛矿太阳电池上;步骤3、将疏水材料设置在紫外线转换材料上。为了更清楚地说明本发明的封装方法,分步骤介绍如下:

[0041] 步骤1、制备紫外线转换材料。

[0042] 在本步骤中,首先将聚乙烯醇粉末溶解于水中(步骤11),具体地,选择分子量适中的聚乙烯醇,分子量在30000到70000之间,溶解度好,以便于形成良好的膜;在加热条件下溶解至水中,加热的温度大于80℃、小于90℃,以便于加速和完全溶解;在溶解的过程中,持续搅拌,直至聚乙烯醇粉末完全溶解,确保溶液无颗粒,均匀透明。然后,将量子点悬浮液缓慢加入聚乙烯醇溶液中,并不断搅拌,形成紫外线转换材料(步骤12),具体地,制备量子点水性悬浮液;将量子点悬浮液缓慢滴加到聚乙烯醇溶液中,同时不断搅拌,防止量子点聚集,搅拌的速度为200-500转/分钟;搅拌完成后,静置让溶液中的大颗粒或未分散的量子点沉降,取上清液用于后续的应用。

[0043] 此外,量子点还可以为掺杂铒(Er)、铥(Tm)和镱(Yb)的稀土离子纳米颗粒。稀土离子纳米颗粒具有较高的化学稳定性和热稳定性,有助于提高整个封装结构的稳定性和耐用性。

[0044] 步骤2、将紫外线转换材料设置在钙钛矿太阳电池上。

[0045] 在本步骤中,将紫外线转换材料旋涂、刷涂或喷涂在钙钛矿太阳电池上1。具体地,将上个步骤中的上清液旋涂、刷涂或喷涂在选定的钙钛矿太阳电池1上。当使用旋涂工艺

时,旋涂速度为1000至3000rpm,旋涂时间大于30秒、小于1分钟。当使用刷涂工艺时,需要严格控制刷涂的均匀性和厚度。当使用喷涂时,需要控制喷嘴大大小、喷涂压力以及喷涂距离来确保涂层的均匀性。涂覆上清液后,进行热处理以提高紫外线转换材料的结晶质量和钙钛矿太阳能电池1的结合强度,热处理的温度低于85℃,以免对钙钛矿太阳能电池产生损伤。

[0046] 步骤3、将疏水材料设置在紫外线转换材料上。

[0047] 在本步骤中,可以采用溶液加工法将疏水材料设置在紫外线转换材料上,也可以使用冷压法将疏水材料设置在紫外转换材料上。疏水材料为氟聚合物,如聚四氟乙烯(PTFE)。

[0048] 当采用溶液加工法时,将氟聚合物溶解与溶剂中,溶剂可以为氟化溶剂,例如全氟烷烃、全氟醚,溶剂还可以为二甲基亚砷或二甲基甲酰胺。溶解的过程中充分搅拌,形成均匀溶液。采用旋涂(旋涂速度2000至8000rpm、旋涂时间10秒至60秒)、喷涂(喷涂压力在10至100psi之间)或刷涂在已经形成的紫外线转换材料上。涂覆后,将溶剂蒸发,具体是在室温自然干燥或通过加热来加速溶剂的蒸发,加热时,加热的温度高于50℃、低于80℃。溶剂蒸发后,疏水材料形成均匀的薄膜,完成钙钛矿太阳能电池封装。

[0049] 当采用冷压法时,首先将疏水材料制备成薄片,将疏水材料薄片均匀铺设在紫外线转换材料上,使用压力机械在室温下时间压力,使得疏水薄片贴附在紫外线转换材料上。疏水材料薄片的厚度大于2微米、小于20微米。施加的压力大于20千帕、小于800千帕。施加压力的时间大于2秒、小于5分钟。施加压力时,环境温度高于20℃、低于30℃。

[0050] 更进一步地,在步骤12中,还同时掺入氧化铝纳米颗粒。首先,合成氧化铝纳米颗粒,采用溶胶-凝胶法、水热合成法或者燃烧合成法制备氧化铝纳米颗粒;氧化铝纳米颗粒的直径大于10纳米、小于50纳米。然后,掺入氧化铝纳米颗粒:在溶剂中分散氧化铝纳米颗粒,分散时优选使用超声波分散技术,确保氧化铝纳米颗粒均匀分散;将均匀分散的氧化铝纳米颗粒溶液与聚乙烯醇溶液混合、搅拌,将氧化铝纳米颗粒和量子点均匀地掺入聚乙烯醇溶液。

[0051] 优选地,量子点外覆盖有二氧化硅层。二氧化硅层的厚度小于5纳米。二氧化硅层隔绝了量子点与外界环境的接触,减少光氧化和湿气侵蚀,提高了量子点的长期光学稳定性和化学稳定性。另外,二氧化硅层作为一种隔离层,减少了量子点之间的非辐射能量转移,从而提高了发光效率,最终提高了钙钛矿太阳能电池的转换效率。

[0052] 优选地,使用界面优化的方法使得疏水层和紫外线转换层光学匹配,从而减少界面处的光反射,提高光的透过效率。具体地,应用在紫外线转换层和疏水层之间制备过渡层,过渡层的折射率介于紫外线转换层和疏水层折射率之间。优选地,过渡层材料为有机硅材料,例如聚硅氧烷,聚硅氧烷具有良好的疏水性能和可调整的折射率,可以作为过渡层材料,实现聚乙烯醇和氟聚合物之间的有效衔接。另外,聚硅氧烷可以通过旋涂或喷涂的方法形成薄层,再通过热处理形成稳定的过渡层。

[0053] 总之,本发明提供了一种提高光利用率的钙钛矿太阳能电池封装结构,该封装结构包括自下而上钙钛矿太阳能电池1、紫外线转换层2、疏水层3。紫外线转换层2包括封装胶膜和量子点,量子点掺杂在封装胶膜中,量子点将紫外线转换为可见光。疏水层3的表面具有疏水特性。本发明中的量子点将紫外线转换为钙钛矿太阳能电池更高吸收效率的可见光频段,提高了光能的利用。另外,通过设置紫外线转换层2,减少了直接到达钙钛矿材料的紫外光,

减少了紫外线对钙钛矿太阳电池的损伤,延长了钙钛矿太阳电池的使用寿命,因此,本发明在钙钛矿太阳电池封装技术领域具有良好的应用前景。

[0054] 以上所述仅为本申请的较佳实施例而已,并不用以限制本申请,凡在本申请的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请保护的范围之内。

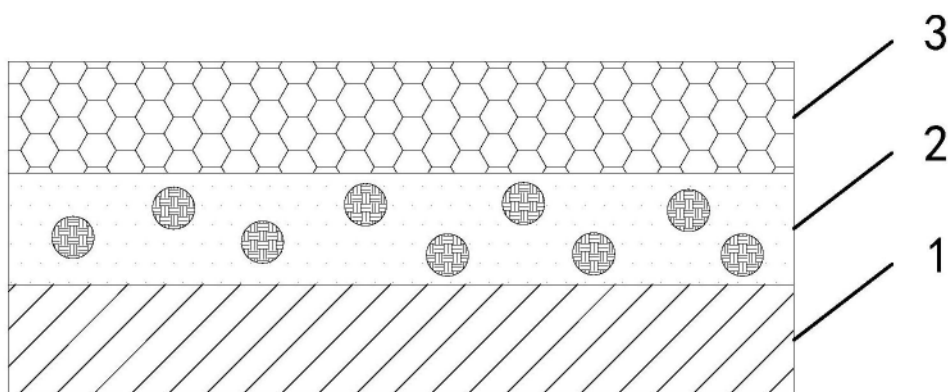


图1



图2