



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109004053 B

(45) 授权公告日 2024.03.29

(21) 申请号 201710416600.X

CN 201699034 U, 2011.01.05

(22) 申请日 2017.06.06

CN 101937944 A, 2011.01.05

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 105097978 A, 2015.11.25

申请公布号 CN 109004053 A

CN 106024964 A, 2016.10.12

(43) 申请公布日 2018.12.14

CN 207282509 U, 2018.04.27

(73) 专利权人 通威太阳能(成都)有限公司

WO 2015137152 A1, 2015.09.17

地址 610200 四川省成都市双流区西南航空
港经济开发区工业集中发展区六期
内

CN 106057926 A, 2016.10.26

CN 103915523 A, 2014.07.09

(72) 发明人 刘正新 孟凡英 张丽平 石建华

CN 104393121 A, 2015.03.04

俞健 刘金宁 刘毓成

CN 102738291 A, 2012.10.17

CN 203351632 U, 2013.12.18

(74) 专利代理机构 华进联合专利商标代理有限

CN 101197399 A, 2008.06.11

公司 44224

WO 2004084282 A1, 2004.09.30

专利代理师 周孝湖

CN 105810771 A, 2016.07.27

US 2005056312 A1, 2005.03.17

(51) Int. Cl.

CN 204315606 U, 2015.05.06

US 2013061915 A1, 2013.03.14

(续)

H01L 31/072 (2012.01)

审查员 郭超

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102956723 A, 2013.03.06

权利要求书3页 说明书12页 附图5页

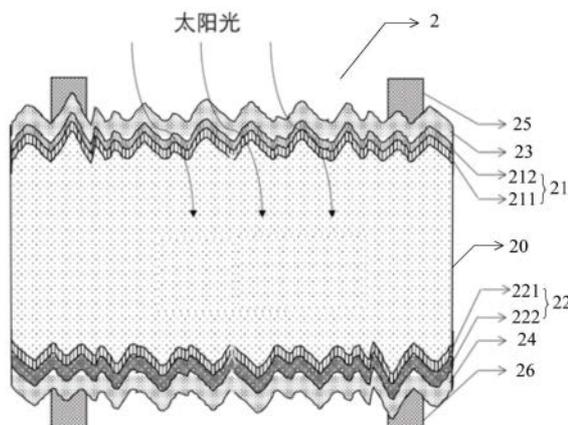
(54) 发明名称

双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池及制作方法

输出。与现有的HIT电池相比,本发明具有更宽的工艺窗口,有利于大批量生产的工艺控制和管理。

(57) 摘要

本发明提供一种双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池及制作方法,包括:n型硅衬底;窗口层,包括具有宽光学带隙的本征非晶硅或者微晶硅以及n型掺杂的非晶硅或者微晶硅;背场层,包括本征非晶硅或者微晶硅以及p型掺杂的非晶硅或者微晶硅;第一透明导电薄膜;第二透明导电薄膜;第一电极;以及第二电极。本发明的双面受光太阳能电池使用具有宽光学带隙、低缺陷密度的本征非晶硅或者微晶硅以及n型非晶硅或者微晶硅薄膜叠层作为窗口层,有效降低窗口层的缺陷密度,减少对太阳光的吸收损失,提高太阳能电池和光伏组件的光电转换效率和发电功率



CN 109004053 B

[接上页]

(56) 对比文件

Hussain, B等.Zinc oxide as an active n-layer and antireflection coating for silicon based heterojunction solar cell.SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS.2015,第139卷95-100.

韩兵;周炳卿;郝丽媛;王立娟;那日苏.微晶硅/晶体硅HIT结构异质结太阳能电池的模拟计算与分析.内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版).2010,(03),257-262.

齐晓光;雷青松;杨瑞霞;薛俊明;柳建平.用于HIT太阳能电池的非晶硅薄膜制备与性能研究.人工晶体学报.2013,(11),2230-2234.

1. 一种双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池,其特征在于,所述太阳电池由以下结构组成:

n型晶体硅衬底,其具有相对的第一表面及第二表面;

窗口层,形成于所述n型晶体硅衬底的第一表面,其包括具有宽光学带隙的本征非晶硅或者微晶硅薄膜以及n型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜,所述窗口层中的本征非晶硅或者微晶硅薄膜位于所述n型晶体硅衬底与所述n型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜之间;所述n型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜中掺入有碳原子,形成非晶或者微晶硅碳薄膜;

背场层,形成于所述n型晶体硅衬底的第二表面,其包括本征非晶硅或者微晶硅薄膜以及p型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜,所述背场层的本征非晶硅或者微晶硅薄膜位于所述n型晶体硅衬底与所述p型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜之间;所述窗口层和所述背场层中的本征非晶硅或者微晶硅中掺入有氧原子形成硅氧薄膜;

第一透明导电薄膜,形成于所述窗口层表面;

第二透明导电薄膜,形成于所述背场层表面;

第一电极,制作于所述第一透明导电薄膜上;

第二电极,制作于所述第二透明导电薄膜上。

2. 根据权利要求1所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池,其特征在于:

在所述n型晶体硅衬底的第一表面及第二表面分别沉积本征非晶硅或者微晶硅薄膜,形成晶体硅/薄膜硅的异质结界面,利用本征非晶硅或者微晶硅对所述n型晶体硅衬底表面的悬挂键形成良好的钝化效果,使得所述n型晶体硅衬底的表面复合速率在 10cm/s 以下,其中,本征非晶硅或者微晶硅薄膜的厚度范围为 $3\sim 20\text{nm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池,其特征在于:

所述硅氧薄膜中氧原子的掺入量为 $5\times 10^{19}\sim 5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 。

4. 根据权利要求1所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池,其特征在于:

在所述n型晶体硅衬底第一表面的本征非晶硅或者微晶硅薄膜表面沉积n型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜,与所述n型晶体硅衬底之间形成内建电场,通过内建电场的作用收集n型晶体硅衬底第一表面附近的光生载流子,其中,窗口层的厚度范围为 $4\sim 10\text{nm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池,其特征在于:

所述非晶或者微晶硅碳薄膜中碳的掺入量为 $7\times 10^{19}\sim 2\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 。

6. 根据权利要求1所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池,其特征在于:

在所述n型晶体硅衬底第二表面的本征非晶硅或者微晶硅薄膜表面沉积p型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜,与所述n型晶体硅衬底之间形成内建电场,通过内建电场的作用收集n型晶体硅衬底第二表面附近的光生载流子,其中,背场层的厚度范围为 $4\sim 20\text{nm}$ 。

7. 根据权利要求1所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池,其特征在于:

在n型晶体硅衬底第一表面的窗口层表面沉积第一透明导电薄膜,该透明导电薄膜具有良好的光学透过率、高的导电性能、以及适当的折射率的透明导电薄膜或者薄叠层材料,用于收集第一表面的载流子,同时减少太阳光在窗口层表面的反射损失,所述第一透明导电薄膜包括掺锡氧化铟、掺铝氧化铟、掺钨氧化铟、掺钛氧化铟、掺铯氧化铟、掺铝氧化锌、掺镓氧化锌、掺铝镓氧化锌、石墨烯中的一种或多种薄膜材料的叠加组合。

8. 根据权利要求1所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池,其特征在于:

在n型晶体硅衬底第二表面的背场层表面沉积第二透明导电薄膜,该透明导电薄膜具有良好导电性能和高功函数的透明导电薄膜或者薄叠层材料,用于提供收集第二表面的载流子,所述第二透明导电薄膜包括掺锡氧化铟、掺铝氧化铟、掺钨氧化铟、掺钛氧化铟、掺铯氧化铟、掺铝氧化锌、掺镓氧化锌、掺铝镓氧化锌、石墨烯中的一种或多种薄膜材料的叠加组合。

9. 一种光伏组件,其特征在于:

所述光伏组件利用金属互联线或者金属互联条把多个如权利要求1~8任意一项所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池串联或者并联而成,所述太阳能电池的窗口层朝向光伏组件的受光面方向,背场层朝向光伏组件的背面方向进行排列,使所述太阳能电池的窗口层成为主要受光面。

10. 根据权利要求9所述的光伏组件,其特征在于:

所述光伏组件的前表面封装材料选用为具有高光学透过率、低光学反射率、高载荷能力的钢化白板玻璃或者透明树脂材料,用以保证向封装在内部的太阳能电池提供太阳光辐照,并提供承载光伏组件运输、安装、风压、积雪所产生的负荷。

11. 根据权利要求9所述的光伏组件,其特征在于:

所述光伏组件的背面封装材料选用为具有高光学反射率的材料,以使封装在内部的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池接受背面封装材料的反射光而获得光电转换效率和发电功率的增益。

12. 根据权利要求9所述的光伏组件,其特征在于:

所述光伏组件的背面封装材料选用为具有高光学透过率的材料,以使封装在内部的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池接受背面环境的反射光以及散射光获得光电转换效率和发电功率的增益。

13. 一种双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池的制作方法,其特征在于,步骤为:

提供一n型晶体硅衬底,其具有相对的第一表面及第二表面;

于所述n型晶体硅衬底的第一表面沉积第一本征非晶硅或微晶硅薄膜;于所述n型晶体硅衬底的第一表面沉积本征非晶硅或微晶硅薄膜的同时,掺入氧原子,以于所述第一本征非晶硅或微晶硅薄膜中形成非晶或者微晶硅氧薄膜;

于位于所述第一表面的第一本征非晶硅或微晶硅薄膜表面沉积n型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜,且于所述第一表面沉积n型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜时掺入碳原子,以于所述n型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜中形成非晶或者微晶硅硅碳薄膜;其中,所述第一本征非晶硅或微晶硅薄膜以及所述n型掺杂非晶硅或者微晶硅构成窗口层;

于所述n型晶体硅衬底的第二表面沉积第二本征非晶硅或微晶硅薄膜;于所述n型晶体硅衬底的第二表面沉积本征非晶硅或微晶硅薄膜的同时,掺入氧原子,以于所述第二本征非晶硅或微晶硅薄膜中形成非晶或者微晶硅氧薄膜;

于位于所述第二表面的第二本征非晶硅或微晶硅薄膜表面沉积p型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜;其中,所述第二本征非晶硅或微晶硅薄膜以及所述p型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜构成背场层;

于所述n型掺杂的非晶硅或者微晶硅表面形成第一透明导电薄膜;

于所述p型掺杂的非晶硅或者微晶硅表面形成第二透明导电薄膜；
于所述第一透明导电薄膜上制作第一电极；
于所述第二透明导电薄膜上制作第二电极。

14. 根据权利要求13所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池的制作方法, 其特征在于,

提供n型晶体硅衬底还包括于所述n型晶体硅衬底的第一表面及第二表面进行制绒并进行清洗的步骤。

15. 根据权利要求13所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池的制作方法, 其特征在于,

制作所述第一本征非晶硅或微晶硅薄膜、第二本征非晶硅或微晶硅薄膜、n型掺杂的非晶硅或者微晶硅、p型掺杂的非晶硅或者微晶硅的方法包括等离子体增强气相沉积法PE-CVD、金属热催化化学气相沉积法Cat-CVD、以及热丝化学气相沉积法Hot-wire CVD中的一种。

16. 根据权利要求13所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池的制作方法, 其特征在于,

所述第一本征非晶硅或微晶硅薄膜及第二本征非晶硅或微晶硅薄膜中所述氧原子的掺入量为 $5 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 。

双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池及制作方法

技术领域

[0001] 本发明属于光电转换的光伏领域,特别是涉及一种双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池及制作方法。

背景技术

[0002] 太阳能电池是一种光电转换器件,其基本特性是接受太阳光直接转化为电能。太阳能电池的基本结构是由两种不同导电类型的半导体材料组成的大面积p-n结,半导体材料对太阳光具有很高的吸收能力,p-n结的内部电场分离半导体材料所产生的光生载流子,即电子-空穴对,形成势垒,通过金属电极收集并导出载流子,形成电力。为了提高太阳能电池对光的吸收能力,通常半导体材料的表面制作成凹凸结构,通过对太阳光的多次折射和多重吸收,减少太阳光在表面反射,同时,在表面制作具有减反射功能的电介质或者其他光学薄膜材料,即,表面减反射薄膜,进一步减少表面反射所引起的光学损失,提高对太阳光的吸收能力。

[0003] 太阳能电池以晶体硅为主,利用半导体的工艺技术进行加工制作。首先利用化学试剂或者物理方法对晶体硅表面进行腐蚀或者刻蚀制作具有规则性的金字塔结构,利用气态或者固态扩散在表面制作p-n结,在前表面沉积光学薄膜减少太阳光的反射损失,最后制作金属电极完成太阳能电池基本机构的加工制作。

[0004] 为了获得电力输出,有效保护太阳能电池,适应大规模安装使用,通常利用金属线或者金属带把多个太阳能电池进行串联或者并联,然后,在接受太阳光的前表面利用高透光率的玻璃,背面利用具有较好密封性的高分子树脂材料,在玻璃、电池、背板之间加入具有较强粘接和密封性能的封装材料把玻璃、电池和背板结合在一起,制作成有多个电池组成的发电单元,即光伏组件。为了便于搬运和安装,同时具有一定的承载和抗风能力,通常在组件的边缘安装金属边框。

[0005] 随着太阳能电池技术的发展和大规模应用,太阳能电池材料和结构也发生了很大的变化,除晶体硅太阳能电池以外,出现了多种化合物材料的太阳能电池,例如,砷化镓(GaAs)、铜铟镓硒(CIGS)、碲化镉(CdTe)等。这些太阳能电池大部分都不是由同一种材料组成p-n结,即同质结(homo junction)太阳能电池,而是由这些光吸收材料与其他材料组成异质结(Hetero junction)p-n结的结构。在硅材料系列中,除最初的单晶硅太阳能电池以外,还出现了多晶硅和薄膜硅太阳能电池。多晶硅太阳能电池除在制作表面凹凸结构所使用的方法与单晶硅不同以外,其他工艺技术基本相同。薄膜硅太阳能电池中又有非晶硅、微晶硅、甚至纳米硅薄膜太阳能电池。由于这些薄膜的结构不完整,存在大量的结构缺陷,最具代表性的是没有形成接合键的硅原子的悬挂键(Dangling-bond),单纯由p型和n型薄膜形成太阳能电池在p-n结耗尽区域的复合速率非常高,电池的转换效率很低。因此,又发明了p-i-n结构的太阳能电池,即,在p和n型薄膜材料之间加入非掺杂的本征(Intrinsic)非晶硅薄膜作为光吸收层,使载流子在p-n结区域的复合大幅度降低,太阳能电池的转换效率获得有效提高。然而,由于非晶硅和微晶硅薄膜在光照条件下发生变化,尤其在吸收高能量的紫外光后硅和氢的结合键会

产生裂解,使薄膜内部的结构缺陷增加,导致太阳能电池的转换效率下降,即光致衰减。

[0006] 为了解决薄膜硅太阳能电池的基本技术问题,提高晶体硅太阳能电池的转换效率,日本三洋电机株式会社把非晶硅薄膜的特性与晶体硅的表面处理技术相结合,研究开发了带有本征非晶硅薄膜层的晶体硅异质结太阳能电池,其英文表述为Heterojunction with an Intrinsic Thin-layer,简称HIT太阳能电池,在中国多称为SHJ太阳能电池,对应Silicon Heterojunction。HIT电池是一种转换效率极高的晶体硅太阳能电池,实验室最高转换效率达到25.1%,在日本的大批量生产平均转换效率达到22%以上。HIT结构如图1所示,其基本结构是以n型单晶硅片30为基板,首先对其进行化学清洗和表面制绒,使表面形成提高光吸收的凹凸结构,也就是通常所说的表面陷光金字塔结构,再次经过化学清洗后形成清洁的表面,利用等离子体化学气相沉积(PECVD)等方法在硅片前表面沉积本征非晶硅薄膜321和p型掺杂硅基薄膜322叠层,在背面沉积本征非晶硅薄膜311和n型掺杂非晶硅薄膜312叠层,然后在两面沉积透明导电氧化物(TCO)薄膜33、34,再通过丝网印刷技术制作金属电极35、36形成具有对称结构的太阳能电池3。使用时,采用金属边框106、上层胶膜102、钢化玻璃103、下层胶膜104以及背板105对所述太阳能电池3进行封装,如图2所示。HIT太阳能电池中,本征非晶硅和掺杂非晶硅薄膜叠层对晶体硅表面形成良好的钝化,分离并且收集光生载流子,因此,非晶硅薄膜是HIT电池的重要组成部分,其结构和特性对太阳能电池的转换效率和稳定性至关重要。但是,由于非晶硅薄膜的结构不确定性,从非晶到微晶的过渡区域非常大,得到的结构因子、光学带隙和导电性能的变化区间也非常大,使制作本征非晶硅和掺杂非晶硅层的工艺窗口难以确定。尤其是硼掺杂的p型非晶硅,由于硼原子掺杂最常用的原材料气体(B_2H_6)在化学气相沉积中的分解过程复杂,分解反应的中间体(Precursor)难以控制,硼原子和未经完全分解的中间体在p型非晶硅薄膜中更容易形成晶格缺陷,因此,p型非晶硅中一般包含更高的结构缺陷和悬挂键密度,使p型非晶硅层的光学吸收以及载流子复合速率增加,导致HIT电池的制作工艺控制困难,实际生产过程中难以找到实现高效率的工艺窗口,电池效率的分布区间比较宽,影响了HIT电池的大批量生产和产业化推广。

[0007] 为了解决HIT电池中非晶硅薄膜,尤其是p型掺杂非晶硅薄膜沉积的工艺窗口以及工艺控制的技术难题,降低窗口层对太阳光的吸收以及对载流子的复合,很多企业和科研机构进行了大量的研究,主要集中在采用不同的非晶硅薄膜沉积技术,例如,等离子体增强化学气相沉积(PE-CVD)技术、金属热催化化学气相沉积(Cat-CVD)技术、热丝化学气相沉积(Hot-wire CVD)技术等,改变非晶硅薄膜的沉积条件,包括选择工艺气体、等离子体的功率密度、压力、温度等,进行薄膜沉积后的处理,包括等离子体处理,热处理等,但是,这些都没有取得好的效果,HIT电池的大批量生产仍然面临很大的困难,在太阳能电池产业大规模扩产背景下,HIT电池并没有得到推广。

发明内容

[0008] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池及制作方法,用于解决HIT电池中p型非晶硅窗口层薄膜制作工艺难以控制,光学吸收和载流子复合速率高的技术难题,扩宽非晶硅薄膜的工艺窗口,提高太阳能电池的转换效率。

[0009] 为实现上述目的及其他相关目的,本发明提供一种双面受光的晶体硅/薄膜硅异

质结太阳电池,所述太阳电池包括:n型硅衬底,其具有相对的第一表面及第二表面;窗口层,形成于所述n型硅衬底的第一表面,其包括具有宽光学带隙的本征非晶硅或者微晶硅以及n型掺杂的非晶硅或者微晶硅;背场层,形成于所述n型硅衬底的第二表面,其包括本征非晶硅或者微晶硅以及p型掺杂的非晶硅或者微晶硅;第一透明导电薄膜,形成于所述窗口层表面;第二透明导电薄膜,形成于所述背场层表面;第一电极,制作于所述第一透明导电薄膜上;以及第二电极,制作于所述第二透明导电薄膜上。

[0010] 优选地,所述硅衬底为n型晶体硅。

[0011] 优选地,在所述n型晶体硅衬底的第一及第二表面分别沉积本征非晶硅或者微晶硅薄膜,形成晶体硅/薄膜硅异质结界面,利用本征非晶硅或者微晶硅对所述n型晶体硅衬底表面的悬挂键形成良好的钝化,使得所述n型硅衬底的表面复合速率在10cm/s以下,其中,本征非晶硅或者微晶硅的厚度范围为3~20nm。

[0012] 优选地,在所述本征非晶硅或者微晶硅薄膜沉积中掺入氧原子,形成硅氧薄膜,抑制非晶硅或者微晶硅薄膜在n型硅衬底表面的晶体外延生长,同时获得高的光学透过率和低缺陷的本征层,其中,氧原子的掺入量为 $5 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

[0013] 优选地,在所述n型晶体硅衬底第一表面的本征非晶硅或者微晶硅薄膜表面沉积n型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜,与所述n型衬底之间形成内建电场,通过内建电场的作用收集n型晶体硅衬底第一表面附近的光生载流子,其中,窗口层的厚度范围为4~10nm。

[0014] 优选地,向所述n型窗口层中掺入碳原子,形成非晶或者微晶硅碳薄膜,以减少n型窗口层的缺陷密度,扩展光学带隙宽度,其中,碳的掺入量为 $7 \times 10^{19} \sim 2 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

[0015] 优选地,在所述n型晶体硅衬底第二表面的本征非晶硅或者微晶硅薄膜表面沉积p型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜,与所述n型衬底之间形成内建电场,通过内建电场的作用收集n型晶体硅衬底第二表面附近的光生载流子,其中,背场层的厚度范围为4~20nm。

[0016] 优选地,在窗口层表面沉积第一透明导电薄膜,该透明导电薄膜具有良好的光学透过率、高的导电性能、以及适当的折射率的透明导电薄膜或者薄叠层材料,用于收集第一表面的载流子,同时减少太阳光在窗口层表面的反射损失,所述第一透明导电薄膜包括掺锡氧化铟、掺铝氧化铟、掺钨氧化铟、掺钛氧化铟、掺铯氧化铟、掺铝氧化锌、掺镓氧化锌、掺铝镓氧化锌、石墨烯中的一种或多种薄膜材料的叠加组合。

[0017] 优选地,在背场层表面沉积第二透明导电薄膜,该透明导电薄膜具有良好导电性能和高功函数的透明导电薄膜或者薄叠层材料,用于提供收集第二表面的载流子,所述第二透明导电薄膜包括掺锡氧化铟、掺铝氧化铟、掺钨氧化铟、掺钛氧化铟、掺铯氧化铟、掺铝氧化锌、掺镓氧化锌、掺铝镓氧化锌、石墨烯中的一种或多种薄膜材料的叠加组合。

[0018] 本发明还提供一种光伏组件,所述光伏组件利用金属互联线或者金属互联条把多个所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池串联或者并联而成,所述太阳电池的窗口层朝向光伏组件的受光面方向,背场层朝向光伏组件的背面方向进行排列,使所述太阳电池的窗口层成为主要受光面。

[0019] 优选地,所述光伏组件前表面封装材料选用为具有高光学透过率、低光学反射率、高载荷能力的钢化白板玻璃或者透明树脂材料,用以保证向封装在内部的太阳电池提供太阳光辐照,并提供承载光伏组件运输、安装、风压、积雪所产生的负荷。

[0020] 优选地,所述光伏组件的背面封装材料选用为具有高光学反射率的材料,以使封

装在内部的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池接受背面封装材料的反射光而获得光电转换效率和发电功率的增益。

[0021] 优选地,所述光伏组件的背面封装材料选用为具有高光学透过率的材料,以使封装在内部的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池接受背面环境的反射光以及散射光获得光电转换效率和发电功率的增益。

[0022] 优选地,在光伏组件边缘安装金属边框,涂覆高强度密封材料,进一步提高光伏组件的密封性和载荷能力。

[0023] 本发明还提供一种双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池的制作方法,包括步骤:提供一n型晶体硅衬底,其具有相对的第一表面及第二表面;于所述n型晶体硅衬底的第一表面沉积第一本征非晶硅或微晶硅薄膜;于位于所述第一表面的第一本征非晶硅或微晶硅薄膜表面沉积n型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜;于所述n型晶体硅衬底的第二表面沉积第二本征非晶硅或微晶硅薄膜;于位于所述第二表面的第二本征非晶硅或微晶硅薄膜表面沉积p型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜;于所述n型掺杂的非晶硅或者微晶硅表面形成第一透明导电薄膜;于所述p型掺杂的非晶硅或者微晶硅表面形成第二透明导电薄膜;于所述第一透明导电薄膜上制作第一电极;于所述第二透明导电薄膜上制作第二电极。

[0024] 优选地,提供一n型硅衬底还包括于所述n型硅衬底的第一表面及第二表面进行制绒并进行清洗的步骤。

[0025] 优选地,制作所述第一非晶硅或微晶硅薄膜、第二非晶硅或微晶硅薄膜、n型掺杂的非晶硅或者微晶硅、p型掺杂的非晶硅或者微晶硅的方法包括等离子体增强气相沉积法PE-CVD、金属热催化化学气相沉积法Cat-CVD、以及热丝化学气相沉积法Hot-wire CVD中的一种。

[0026] 优选地,于所述n型晶体硅衬底的第一表面及第二表面沉积本征非晶硅或微晶硅薄膜的同时,掺入氧原子,以于所述第一及第二本征非晶硅或微晶硅薄膜中形成非晶或者微晶硅氧或者硅碳薄膜。

[0027] 优选地,于位于所述第一表面的本征非晶硅或微晶硅薄膜表面沉积n型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜,同时掺入碳原子,以于所述n型掺杂的非晶硅或微晶硅薄膜中形成非晶或者微晶硅碳薄膜。

[0028] 优选地,于位于所述第二表面的第二非晶硅或微晶硅薄膜表面沉积p型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜。

[0029] 如上所述,本发明的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池及制作方法,具有以下有益效果:

[0030] 本发明利用本征非晶硅或者微晶硅薄膜对晶体硅表面形成有效的钝化效果,降低晶体硅表面的复合速率,利用掺杂n型非晶硅或者微晶硅作为窗口层,利用掺杂p型非晶硅或者微晶硅作为背场层,进一步提高晶体硅的表面钝化效果,同时收集晶体硅产生的光生载流子。尤其利用具有宽光学带隙、低缺陷密度的n型非晶硅或者微晶硅作为表面窗口层,可以有效降低窗口层内的载流子复合,同时有利于第一表面透明导电氧化物(TCO)薄膜或者薄膜叠层的优化以获得光电性能优异的减反射表面,减少对太阳光的吸收损失特别是改善短波响应;利用掺杂p型非晶硅或者微晶硅作为背场层,可以通过有效调控p型非晶硅或者微晶硅薄膜的导电性和功函数,同时有利于第二表面TCO薄膜或者薄膜叠层的功函数优

化以减小甚至消除p型非晶硅或者微晶硅TCO薄膜接触时所形成肖特基势垒,最终达到提高太阳能电池的填充因子、减小电池到组件的封装损失以及组件损耗,提高光伏组件的光电转换效率和发电功率输出。由于n型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜的制作方法和工艺窗口优于掺杂p型非晶硅或者微晶硅薄膜,本发明的技术具有更宽的工艺窗口,有利于大批量生产的工艺控制和管理,有利于推广高效率晶体硅薄膜硅异质结太阳能电池的大规模产业化和应用推广,对促进高效率晶体硅薄膜硅异质结太阳能电池的产业化和光伏的产业升级具有促进作用。

附图说明

[0031] 图1显示为现有技术的双面受光晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池的基本结构示意图。

[0032] 图2显示为现有技术中利用双面受光晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池制作光伏组件的基本结构示意图。

[0033] 图3显示为本发明技术的双面受光晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池的基本结构示意图。

[0034] 图4显示为本发明技术与现有技术的双面受光晶体硅/薄膜硅异质结在AM1.5, 100mW/cm²标准光照条件下的电流-电压曲线比较。

[0035] 图5显示为本发明技术与现有技术的双面受光晶体硅/薄膜硅异质结内量子效率(Internal Quantum Efficiency:IQE)曲线比较。

[0036] 图6显示为本发明技术中利用双面受光晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池制作光伏组件的基本结构示意图。

[0037] 图7显示为双面受光光伏组件在户外条件下,利用黑色遮挡材料把背面遮挡、正面遮挡以及没有遮挡条件下所测得的电流-电压特性曲线。

[0038] 图8显示为本发明技术与现有技术的双面受光晶体硅/薄膜硅异质结光伏组件在某一天的实际发电量比较。

[0039] 图9显示为使用高光学反射率背板封装材料制作光伏组件的基本结构示意图。

[0040] 元件标号说明

[0041]	2	太阳电池
[0042]	21	窗口层
[0043]	211	本征非晶硅或者微晶硅
[0044]	212	n型掺杂的非晶硅或者微晶硅
[0045]	22	背场层
[0046]	221	本征非晶硅或者微晶硅
[0047]	222	p型掺杂的非晶硅或者微晶硅
[0048]	23	第一透明导电薄膜
[0049]	24	第二透明导电薄膜
[0050]	25	第一电极
[0051]	26	第二电极
[0052]	3	密封材料

[0053]	4	表面封装玻璃
[0054]	5	密封材料
[0055]	6	背面封装材料
[0056]	7	金属边框
[0057]	8	背面封装材料

具体实施方式

[0058] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

[0059] 请参阅图2~图9。需要说明的是,本实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,遂图示中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的形状及尺寸绘制,其实际实施时各组件的型态及比例可为一种随意的改变,且其组件布局型态也可能更为复杂。

[0060] 如图3所示,本实施例提供一种双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池2,所述太阳电池2包括:n型硅衬底,其具有相对的第一表面及第二表面;窗口层21,形成于所述n型硅衬底的第一表面,其包括具有宽光学带隙的本征非晶硅或者微晶硅211以及n型掺杂的非晶硅或者微晶硅212;背场层22,形成于所述n型硅衬底的第二表面,其包括本征非晶硅或者微晶硅221以及p型掺杂的非晶硅或者微晶硅222;第一透明导电薄膜23,形成于所述窗口层21表面;第二透明导电薄膜24,形成于所述背场层22表面;第一电极25,制作于所述第一透明导电薄膜23上;以及第二电极26,制作于所述第二透明导电薄膜24上。

[0061] 作为示例,所述硅衬底为n型晶体硅。

[0062] 作为示例,所述n型硅衬底表面利用化学试剂腐蚀或者物理方法刻蚀制作规则的凹凸结构,即表面制绒,以减少n型硅衬底表面对太阳光的反射损失,并且利用化学试剂或者臭氧水溶液,或者利用紫外光源对表面进行清洁处理,得到清洁的n型硅衬底表面。

[0063] 作为示例,在n型晶体硅第一表面沉积窗口层21的本征非晶硅或者微晶硅薄膜211,在第二表面沉积背场层22的本征非晶硅或者微晶硅薄膜212,形成晶体硅/薄膜硅异质结界面,利用本征非晶硅或者微晶硅薄膜对n型晶体硅衬底表面的悬挂键形成良好的钝化,使得所述n型晶体硅衬底的表面复合速率在10cm/s以下,其中,本征非晶硅或者微晶硅的厚度范围为3~20nm。

[0064] 作为示例,在沉积窗口层21的本征非晶硅或者微晶硅薄膜211及所述背场层22的本征非晶硅或者微晶硅薄膜221中掺入氧原子形成宽光学带隙的硅基薄膜,抑制非晶硅或者微晶硅薄膜在n型硅衬底表面的晶体外延生长,同时获得高的光学透过率和低缺陷的本征层,其中,氧原子的掺入量为 $5 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0065] 作为示例,在n型晶体硅衬底第一表面的本征非晶硅或者微晶硅薄膜211表面沉积n型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜212,与所述n型衬底之间形成内建电场,通过内建电场的作用收集n型晶体硅衬底第一表面附近的光生载流子,其中,窗口层的厚度范围为4~10nm。

[0066] 作为示例,向所述n型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜212中掺入碳原子,形成非晶或

者微晶硅碳薄膜,以减少n型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜的缺陷密度,扩展光学带隙宽度,其中,碳的掺入量为 $7 \times 10^{19} \sim 2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0067] 作为示例,在所述n型晶体硅衬底第二表面的本征非晶硅或者微晶硅薄膜221表面沉积p型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜222,与所述n型衬底之间形成内建电场,通过内建电场的作用收集n型晶体硅衬底第二表面附近的光生载流子,其中,p型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜222的厚度范围为4~20nm。

[0068] 作为示例,在窗口层21表面沉积第一透明导电薄膜23,该透明导电薄膜23具有良好的光学透过率、高的导电性能、以及适当的折射率的透明导电薄膜或者薄叠层材料,用于收集第一表面的载流子,同时减少太阳光在窗口层表面的反射损失,所述第一透明导电薄膜23包括掺锡氧化铟、掺铝氧化铟、掺钨氧化铟、掺钛氧化铟、掺铯氧化铟、掺铝氧化锌、掺镓氧化锌、掺铝镓氧化锌、石墨烯中的一种或多种薄膜材料的叠加组合。

[0069] 作为示例,在背场层22表面沉积第二透明导电薄膜24,该透明导电薄膜24具有良好导电性能和高功函数的透明导电薄膜或者薄叠层材料,用于提供收集第二表面的载流子,所述第二透明导电薄膜24包括掺锡氧化铟、掺铝氧化铟、掺钨氧化铟、掺钛氧化铟、掺铯氧化铟、掺铝氧化锌、掺镓氧化锌、掺铝镓氧化锌、石墨烯中的一种或多种薄膜材料的叠加组合。

[0070] 本发明还提供一种光伏组件,所述光伏组件利用金属互联线或者金属互联条把多个所述的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池2串联或者并联而成,所述太阳电池2的窗口层21朝向光伏组件的受光面方向,背场层22朝向光伏组件的背面方向进行排列,使所述太阳电池2的窗口层21成为主要受光面。

[0071] 作为示例,所述光伏组件前表面封装材料选用为具有高光学透过率、低光学反射率、高载荷能力的钢化白板玻璃或者透明树脂材料,用以保证向封装在内部的太阳电池2提供太阳光辐照,并提供承载光伏组件运输、安装、风压、积雪所产生的负荷。

[0072] 作为示例,所述光伏组件的背面封装材料选用为具有高光学反射率的材料,以使封装在内部的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池2接受背面封装材料的反射光而获得光电转换效率和发电功率的增益。

[0073] 作为示例,所述光伏组件的背面封装材料选用为具有高光学透过率的材料作,以使封装在内部的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池2接受背面环境的反射光以及散射光获得光电转换效率和发电功率的增益。

[0074] 作为示例,在光伏组件边缘安装金属边框,涂覆高强度密封材料,进一步提高光伏组件的密封性和载荷能力。

[0075] 本发明还提供一种双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳电池2的制作方法,包括步骤:提供一n型晶体硅衬底,其具有相对的第一表面及第二表面;于所述n型硅衬底的第一表面沉积第一本征非晶硅或微晶硅薄膜211,同时掺入氧原子,以于所述第一本征非晶硅或微晶硅薄膜中形成非晶或者微晶硅氧或者硅碳薄膜;于位于所述第一表面的第一本征非晶硅或微晶硅薄膜表面沉积n型掺杂的非晶硅或者微晶硅212,同时掺入碳原子,以于所述n型掺杂的非晶硅或微晶硅薄膜212中形成非晶或者微晶硅碳薄膜;于所述n型晶体硅衬底的第二表面沉积第二本征非晶硅或微晶硅薄膜221;于位于所述第二表面的第二非晶硅或微晶硅薄膜表面沉积p型掺杂的非晶硅或者微晶硅222;于所述n型掺杂的非晶硅或者微晶硅212

表面形成第一透明导电薄膜23;于所述p型掺杂的非晶硅或者微晶硅222表面形成第二透明导电薄膜24;于所述第一透明导电薄膜23上制作第一电极25;于所述第二透明导电薄膜24上制作第二电极26。

[0076] 作为示例,提供一n型晶体硅衬底还包括于所述n型硅衬底的第一表面及第二表面进行制绒并进行清洗的步骤。

[0077] 作为示例,制作所述第一本征非晶硅或微晶硅薄膜211、第二本征非晶硅或微晶硅薄膜221、n型掺杂的非晶硅或者微晶硅212、p型掺杂的非晶硅或者微晶硅222的方法包括等离子体增强气相沉积法PE-CVD、金属热催化化学气相沉积法Cat-CVD、以及热丝化学气相沉积法Hot-wire CVD中的一种。

[0078] 作为示例,于所述n型晶体硅衬底的第一表面及第二表面沉积本征非晶硅或微晶硅薄膜211和221,同时掺入氧原子,以于所述第一及第二本征非晶硅或微晶硅薄膜211和221中形成非晶或者微晶硅氧薄膜。

[0079] 作为示例,于位于所述第一表面的第一本征非晶硅或微晶硅薄膜211表面沉积n型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜212,同时,掺入碳原子,以于所述n型掺杂的非晶硅或微晶硅薄膜212中形成非晶或者微晶硅碳薄膜。

[0080] 作为示例,于位于所述第二表面的第二本征非晶硅或微晶硅薄膜221表面沉积p型掺杂的非晶硅或者微晶硅薄膜222。

[0081] 本发明披露一种晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池2和光伏组件的基本结构和制作方法,参考图3和图6,针对电池和组件制作过程中的技术和工艺细节,包括晶体硅的表面制绒和清洗,非晶硅或者微晶硅薄膜的沉积,透明导电薄膜(以下简称TCO薄膜)的沉积,金属电极的形成,导电互联焊带以及制作方法的制作可以有多种选择,本专利不作具体的规定和限制,根据薄膜制作工艺和太阳能电池2结构的具体需要,从制作工艺成本,设备甚至承担人员的技术偏好等因素考量,不影响电池和组件的效果,也不偏离本专利所涉及的基本物理思想和实施效果,例如,晶体硅片可以选择直拉单晶(CZ)或者铸造的类单晶硅片、甚至区熔(FZ)单晶的硅片。单晶硅片的制绒既可选择碱溶液加添加剂腐蚀,也可选择等离子体刻蚀。清洗可以选择常规的RCA清洗,也可选择以臭氧水溶液,甚至直接用紫外光照射处理,等。非晶硅或者微晶硅薄膜沉积可以选择等离子体增强化学气相沉积(以下简称PE-CVD)、微波诱导化学气相沉积(以下MW-CVD)、金属热催化化学气相沉积(以下Cat-CVD)、热丝化学气相沉积(以下简称Hot-wire CVD),等。TCO薄膜沉积可以采用等离子体反应沉积(RPD)或者磁控溅射(PVD)、电子束镀膜等多种方法和设备。金属电极则可以采用常规的丝网印刷,也可采用金属线直接复合技术,等。光伏组件的制作过程和工艺除背板封装材料需要根据双面寿光太阳能电池2的特性进行选择以外,其他密封材料和工艺与常规组件制作中选择的材料和技术相同,不是本专利所限制的专有技术,不影响本专利的具体实施以及对电池和组件的效果。

[0082] 实施例1

[0083] 本实施例利用PE-CVD非晶硅薄膜沉积设备和RPD透明导电薄膜为主制作晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池2,背板封装材料采用玻璃制作双面受光光伏组件进行说明。

[0084] 请参阅图3和图6,显示为本实施例所制作太阳能电池2和光伏组件的基本结构。

[0085] 选择CZ法制作的n型单晶硅片作为太阳能电池2的基本原材料,硅片的电阻率在0.1

至 $20\ \Omega\ \text{cm}$ 之间,厚度在100至200微米之间,厚度的大小主要取决于设备所能承载的能力,以维持硅片不破损、不影响电池的成品率为原则。

[0086] 首先对硅片进行表面腐蚀,去除在制作硅片过程中所引起的表面损伤,在经过纯水清洗后,采用氢氧化钾或者氢氧化钠水溶液,添加表面活性剂等制绒添加剂,对硅片进行制绒处理,在硅片表面形成均匀的“金字塔”绒面结构,金字塔的尺寸以四面体的底边为基准,在2至15微米之间,金字塔尺寸的大小根据后续薄膜沉积设备的特性和电极制作设备的性能确定。

[0087] 制绒后的单晶硅片经过RCA1和RCA2清洗后,利用氢氟酸的水溶液去除表面氧化硅层,经过充分的纯水漂洗后导入到非晶硅薄膜沉积设备中。

[0088] 非晶硅薄膜沉积设备选择射频或甚高频等离子体增强化学气相沉积设备,等离子体的频率为13.56MHz,即RF PE-CVD,n型和p型掺杂非晶硅或者微晶硅薄膜沉积也可选择频率为27.12MHz或者40MHz的甚高频VHF-CVD设备。PE-CVD设备有四个单独的工艺腔,每个腔室之间由真空阀门隔开,通过传输机构的自动化设备实现托盘的搬运。常态下,真空泵维持在工作状态,使所有工艺腔室保持在真空状态。

[0089] 把单晶硅片放置在托盘上,把托盘传输到第一个工艺腔,首先进行背场层22的第二本征非晶硅薄膜层221的沉积。对硅片进行加热达到设定温度后,通入工艺气体开始薄膜沉积,硅片表面温度在150之间200度之间。工艺气体为高纯度 SiH_4 , H_2 和 CO_2 的混合气体,设定非晶硅薄膜沉积条件的目标是尽量增加本征非晶硅层的无序度,使非晶硅薄膜对晶体硅表面具有良好的钝化效果,通入 CO_2 气体的目的是使本征非晶硅薄膜掺入少量氧原子,形成非晶硅氧,同时抑制非晶硅在晶体硅表面形成晶体结构。第二本征非晶硅薄膜层221的厚度在3至10纳米之间,光学带隙宽度在1.6至1.8eV之间,薄膜中的氢含量在8至20%之间。

[0090] 把托盘传输到第二个工艺腔进行背场层22p型非晶硅薄膜222沉积。同样,对硅片进行加热达到设定温度后,通入工艺气体开始薄膜沉积。硅片表面温度在150之间250度之间,工艺气体为高纯度 SiH_4 , H_2 和 B_2H_6 的混合气体,设定非晶硅薄膜沉积条件的目标是使p型非晶硅层结构因子具有微晶硅结构的特征。p型非晶硅薄膜层222的厚度在4至20纳米之间,光学带隙宽度在1.6eV附近,薄膜中的氢含量在8至20%之间。

[0091] 把托盘从第二个工艺腔移出,把硅片翻转,使已经沉积非晶硅薄膜的面朝下,然后把托盘传输到第三个工艺腔进行窗口层21的本征非晶硅薄膜层211的沉积。该本征非晶硅薄膜211的工艺条件及薄膜特性与第一个工艺腔的背场层22的本征非晶硅薄膜层221相同。

[0092] 把托盘传输到第四个工艺腔进行窗口层21n型非晶硅薄膜层212沉积。同样,对硅片进行加热达到设定温度后,通入工艺气体开始薄膜沉积。硅片表面温度在150之间250度之间,工艺气体为高纯度 SiH_4 , H_2 , PH_3 和 CO_2 的混合气体,设定非晶硅薄膜沉积条件的目标是使n型非晶硅层结构因子具有微晶硅结构的特征,通入 CO_2 气体的目的是在n型非晶硅薄膜中掺入碳原子,形成硅碳薄膜,扩宽n型窗口层212的带隙,降低薄膜内的缺陷密度。n型非晶硅碳薄膜的厚度在4至10纳米之间,光学带隙宽度在1.6至2.4eV附近,薄膜中的氢含量在8至15%之间。

[0093] 把两面已经沉积非晶硅薄膜叠层的硅片传输到RPD设备,在硅片两面沉积TCO薄膜。

[0094] 把硅片放置在设有开口的托盘上,p型背场层22朝下,对硅片进行加热达到设定温

度后,通入工艺气体开始薄膜沉积,硅片表面温度在80-200度之间,工艺气体为氩气和氧气的混合气体,靶材为掺钨氧化铟(IWO),薄膜的有效厚度根据光伏组件应用场景进行设置,原则上在40至120nm之间调节,面电阻率在20-100 Ω /square之间。

[0095] p型背场层22面沉积结束后,把硅片翻转,在n型窗口层21面沉积TCO薄膜,工艺条件与以上基本相同,TCO薄膜的厚度80nm左右,面电阻率30-80 Ω /square,光波长350-1200nm之间的平均光学透过率在90%以上。

[0096] 利用丝网印刷分别在背场层22面和窗口层21面制作金属电极,原材料为低温固化银浆。首先在背场层22面印刷细栅线和主栅线,经过低温干燥后,在窗口层21面印刷表面电极,经过低温干燥后进行高温固化。低温干燥温度在100至160度之间,高温固化温度因所使用的银浆材料不同有较大的差异,一般在180至250度之间。

[0097] 经过以上工艺过程,完成了双面受光晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池2的制作,经过测试分选后,进行光伏组件的制作,其基本结构如图3所示。

[0098] 图4显示本发明技术(曲线a)与现有技术(曲线b)的双面受光晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池2在AM1.5,100mW/cm²标准光照条件下的电流-电压曲线比较,可以明显看出,前者的电流、电压和填充因子都有或多或少的增加,最终效果使电池的转换效率提高0.5%以上。

[0099] 图5显示本发明技术(曲线a)与现有技术(曲线b)的双面受光晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池2的内量子效率(Internal Quantum Efficiency:IQE)曲线比较,可以明显看出,前者在短波长和可见光区域的光谱响应明显得到改善,这与图4所显示的结果相一致。

[0100] 把测试分档后的电池按照n型窗口层21朝上、p型背场层22朝下的方向排列,利用金属焊带把电池串联,即,把一个电池的正面电极与相邻电池的背面电极相连,如此类推形成电池子串,每一个子串中电池的数量根据电池的电流、电压以及相关的标准确定,把多个电池子串进行串联或者并联,形成一个规则的方阵,并引出电极。

[0101] 按照从上到下的顺序,把表面封装玻璃4、密封材料3、电池方阵2、密封材料5、背面封装材料6叠加在一起,放入具有加热环境的真空层压机中加热到密封材料所需温度,利用真空和机械负荷施加一定的压力,使封装玻璃和电池片紧密地结合在一起。所述光伏组件的背面封装材料选用为具有高光学透过率的材料作,以使封装在内部的双面受光的晶体硅/薄膜硅异质结太阳能电池2接受背面环境的反射光以及散射光获得光电转换效率和发电功率的增益,所述背面封装材料的光学透过率在85%以上

[0102] 从背面或者边缘部分的接线孔引出导线,在边缘涂覆密封胶并且安装金属边框7,制作成双面受光的光伏组件,其基本结构如图6所示。

[0103] 图7显示该光伏组件在户外条件下,利用黑色遮光板把背面遮挡(曲线a)、正面遮挡(曲线b)以及没有遮挡(曲线c)条件下的电流-电压曲线,可以明显看出,在正面没有太阳光照射的条件下,光伏组件的背面也有电流-电压输出特征,说明背面接受地面的反射光和周围环境的散射光也产生发电输出。在正面和背面同时接受光照射的条件下,光伏组件总的发电输出,几乎是正面发电输出和背面发电输出的叠加。

[0104] 图8显示为本发明技术(曲线a)与现有技术(曲线b)的双面受光晶体硅/薄膜硅异质结光伏组件在某一天的实际发电量比较。可以明显看出,前者在某一天的实际发电量明显提高。

[0105] 从以上过程可以看出,该光伏组件把宽光学带隙、低缺陷密度的n型非晶硅薄膜作为窗口层21,可以有效降低窗口层21对太阳光的吸收,提高太阳电池2的电流,从而提高光伏组件的转换效率和输出功率,同时,光伏组件的背面接受背面的反射光以及散射光产生电流和电压输出,叠加在正面的电流和电压输出之上,进一步提高光伏组件的发电输出,显示了双面受光太阳电池2和光伏组件在发电增益方面的优越性。

[0106] 以上,PE-CVD设备有四个独立的工艺腔,四层非晶硅薄膜分别在四个不同的工艺腔中分别进行沉积,这种构造的有点是可以提高工艺速率,避免不同薄膜之间的交叉影响,尤其p型和n型掺杂层之间以及掺杂层对本征非晶硅层的污染所造成的影响。然而,根据设备条件 and 生产要求,工艺腔的数量也可以缩减,例如,窗口层21和背场层22的本征非晶硅薄膜可以在同一个腔室中沉积,甚至n型非晶硅薄膜也可与本征非晶硅共用同一个工艺腔,这并不影响该专利内容的实施效果。

[0107] 同样,TCO薄膜采用RPD设备制备,在同样条件下,也可采用磁控溅射设备,甚至磁控溅射和RPD组合,这些变化也不影响改专利的实施效果。

[0108] 同样,金属电极除丝网印刷以外,也可采用电镀或者金属线直接复合的方法,这些变化也不影响电池和组件的性能,不偏离该专利的实施效果。相反,该专利更容易接受相关新技术的导入,在电池内部结构以外,提高电池和组件的性能。

[0109] 实施例2

[0110] 本实施例与实施例一不同之处在于,采用金属热催化化学气相沉积(Cat-CVD)设备代替PE-CVD设备制作非晶硅薄膜。与PE-CVD相比,Cat-CVD的沉积速率低,工艺稳定性和重复性好;非晶硅薄膜的结构因子更接近于微晶硅结构,可以获得更高的开路电压和填充因子,从而获得更高的转换效率。由于热丝化学气相沉积(Hot-wire CVD)与Cat-CVD的原理和构造基本相同,本实施例实际上包含Cat-CVD和Hot-wire CVD两种方法。

[0111] 该实施例中硅片的选择,制绒和清洗部分与实施例一相同,不再重复。

[0112] Cat-CVD有四个独立工艺腔,各个腔室之间由真空阀门隔开,分别用于沉积窗口层211本征非晶硅、窗口层212n型非晶硅、背场层221本征非晶硅、背场层222p型非晶硅,常态下,真空泵维持在工作状态,使所有工艺腔室保持在真空状态,各个腔室之间通过传输机构实现托盘的搬运。

[0113] 把经过制绒和清洗的硅片放置在Cat-CVD托盘里,导入Cat-CVD设备的预处理腔(L-腔),真空泵对腔室抽真空处理后,导入氢气,或者氢气与氩气的混合气体,开启腔室内的加热装置对硅片进行加热处理。预处理腔室的本底真空度达到0.1Pa以下,导入氢气后腔室内的压力维持在0.1Pa,硅片加热温度在120-250℃之间,加热时间240秒左右。

[0114] 加热处理后,把托盘传输到第一个工艺腔,进行第一表面第一本征非晶硅薄膜211沉积。向工艺腔中通入 SiH_4 和 H_2 的混合气体,达到设定压力后,热丝通电加热,热丝的温度既保证工艺气体的有效分解形成非晶硅薄膜沉积,其辐射热对硅片也具有加热功能,因此,达到设定温度过程中,自然开始非晶硅薄膜沉积。热丝表面温度在1500至2000度之间,硅片表面温度在150至200度之间。设定热丝温度的目标是使本征非晶硅的结构因子具有微晶硅结构的特征。本征非晶硅薄膜的有效厚度在3至20纳米之间,光学带隙宽度在1.6至1.8eV之间,薄膜中的氢含量在10至20%之间。

[0115] 把托盘传输到第二个工艺腔进行窗口层212n型非晶硅薄膜的沉积。同样,向工艺

腔中通入 SiH_4 、 H_2 和 PH_3 的混合气体,达到设定压力后,热丝通电加热。热丝的表面温度在1800至2400度之间,硅片表面温度在180-250度之间,设定沉积条件的目标是使n型非晶硅层结构因子具有微晶硅结构的特征。非晶硅薄膜的有效厚度在4至10纳米之间,光学带隙宽度在1.6至2.4eV附近,薄膜中的氢含量在8至20%之间。

[0116] 把托盘从第二个工艺腔移出,把硅片翻转,使已经沉积非晶硅薄膜的面朝下,然后把托盘传输到第三个工艺腔进行第二表面第二本征非晶硅薄膜221沉积。该本征非晶硅薄膜的工艺条件和薄膜特性与第一个工艺腔相同。

[0117] 把托盘传输到第四个工艺腔进行背场层222p型非晶硅薄膜沉积。同样,向工艺腔中通入 SiH_4 、 H_2 和 B_2H_6 的混合气体,达到设定压力后,热丝通电加热。热丝的表面温度在1800至2400度之间,硅片表面温度在150-250度之间,设定沉积条件的目标是使p型非晶硅层结构因子具有微晶硅结构的特征。非晶硅薄膜的有效厚度在4至20纳米之间,光学带隙宽度在1.6eV附近,薄膜中的氢含量在8至15%之间。

[0118] 把两面已经沉积非晶硅薄膜叠层的硅片传输到TCO薄膜制作设备,在硅片两面沉积TCO薄膜。TCO薄膜的沉积方法以及制作方法的结构和制作方法与实施例一相同,不再重复。

[0119] 实施例3

[0120] 如图9所示,本实施例与实施例一的不同之处在于,利用具有高光学反射率的背板封装材料8代替背板玻璃制作光伏组件。与双面使用高光学透过率的玻璃相比,背板材料把透过太阳能电池2以及入射到太阳能电池2之间的太阳光反射到太阳能电池2的背面,使太阳能电池2的背面产生发电输出,叠加到正面发电输出之上,增加光伏组件的发电功率。该光伏组件更适合于背面反光条件差的屋顶等场合。

[0121] 把测试分档后的电池按照n型窗口层21朝上、p型背场层22朝下的方向排列,利用金属焊带把电池串联,把一个电池的正面电极与相邻电池的背面电极相连,如此类推形成电池子串,每一个子串中电池的数量根据电池的电流、电压以及相关的标准确定,把多个电池子串进行串联或者并联,形成一个规则的方阵。为了光伏组件的安全,每一个子串的两端反向并联一个二极管或者其他保护元器件,并引出电极。

[0122] 按照从上到下的顺序,把封装玻璃、密封材料、电池方阵、密封材料、高反射率背板材料叠加在一起,放入具有加热环境的真空层压机中加热到密封材料所需温度,利用真空和机械负荷施加一定的压力,使封装玻璃和电池片紧密地结合在一起。

[0123] 从背面或者边缘部分的接线孔引出导线,在边缘涂覆密封胶并且安装金属边框,制作成双面受光的光伏组件,其基本结构如图9所示。

[0124] 所以,本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

[0125] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

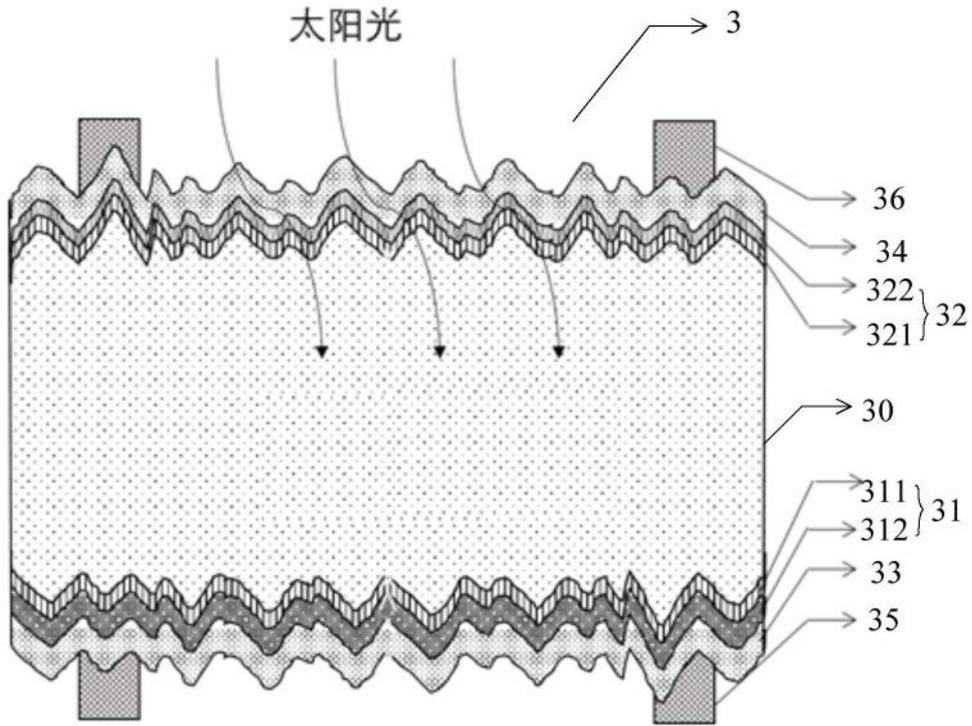


图1

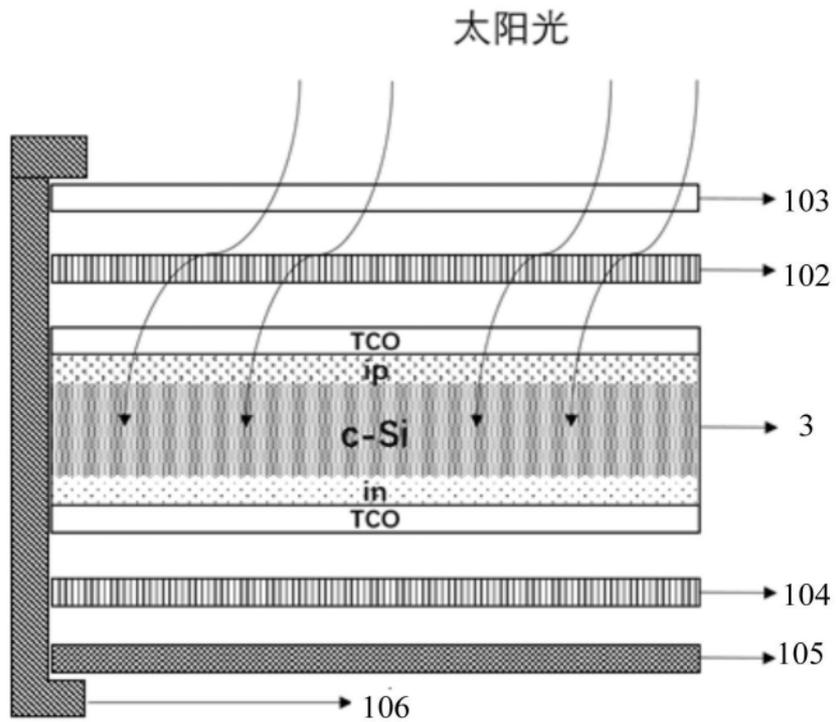


图2

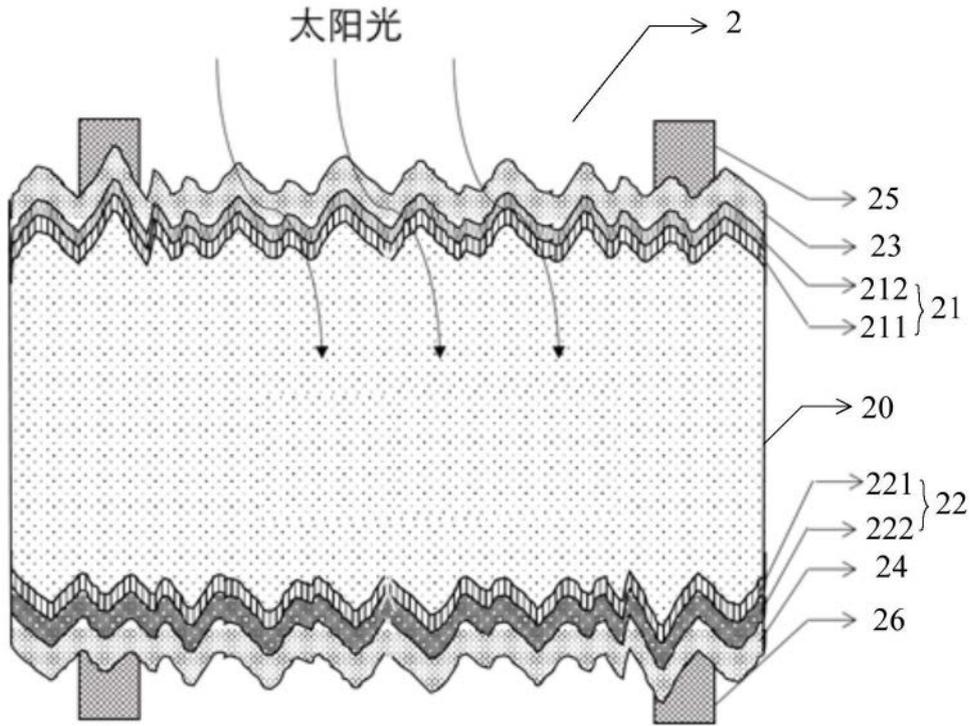


图3

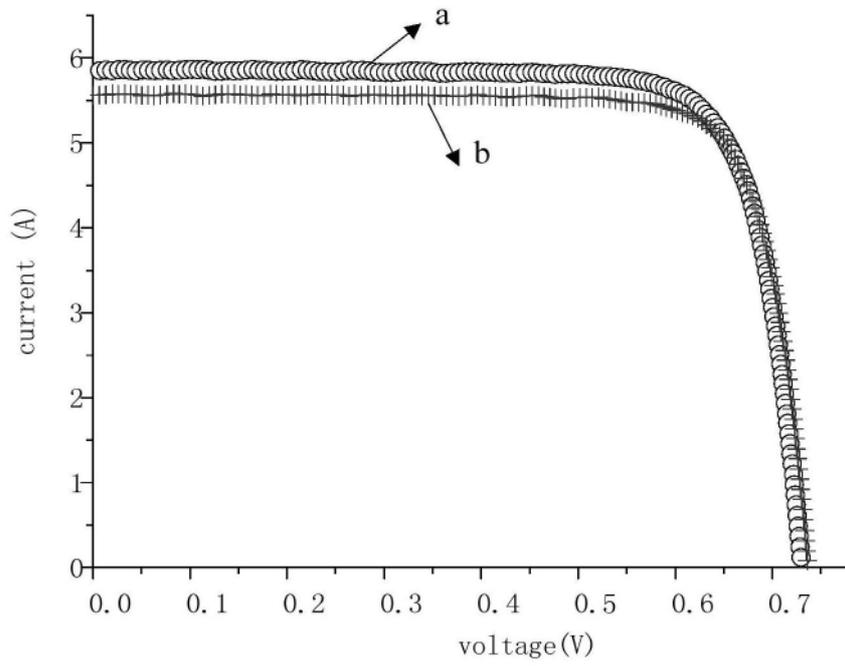


图4

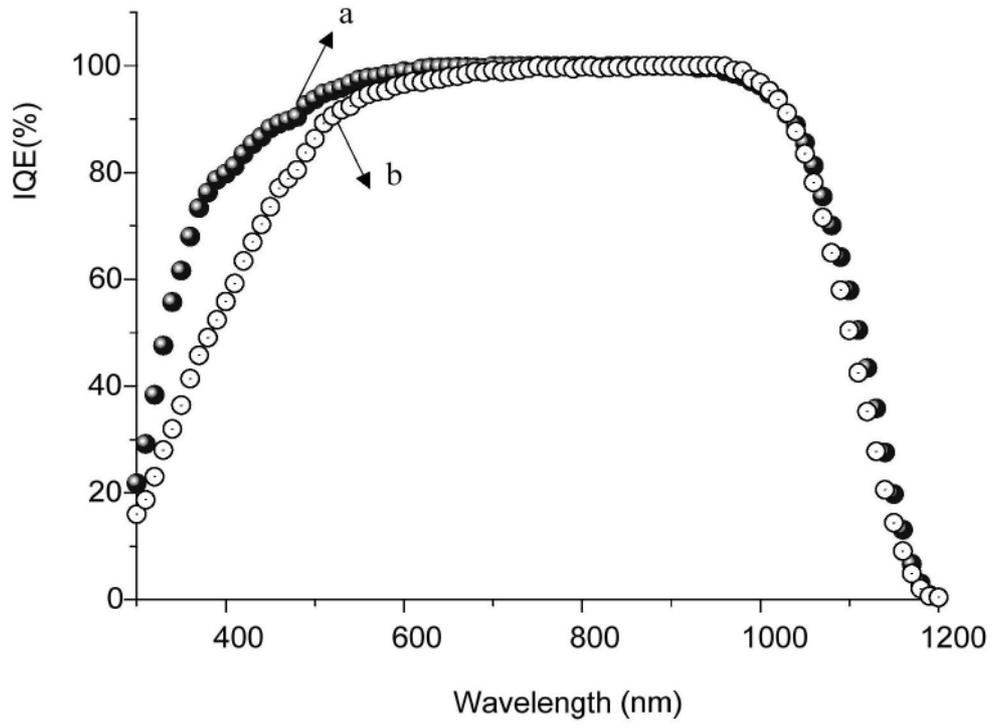


图5

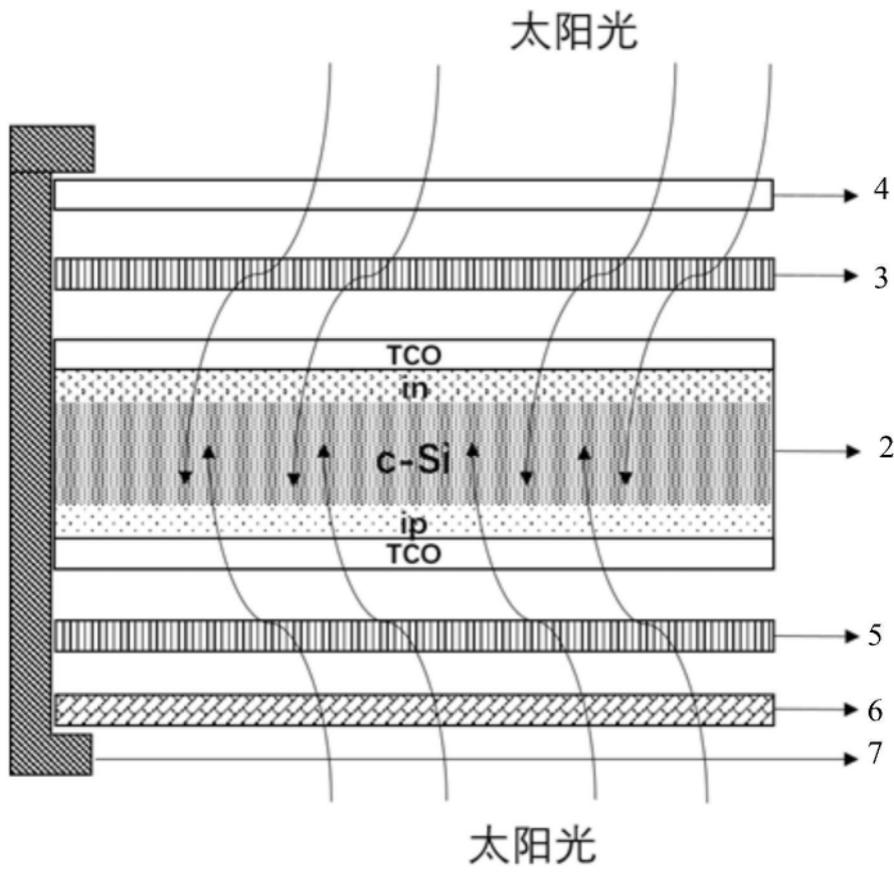


图6

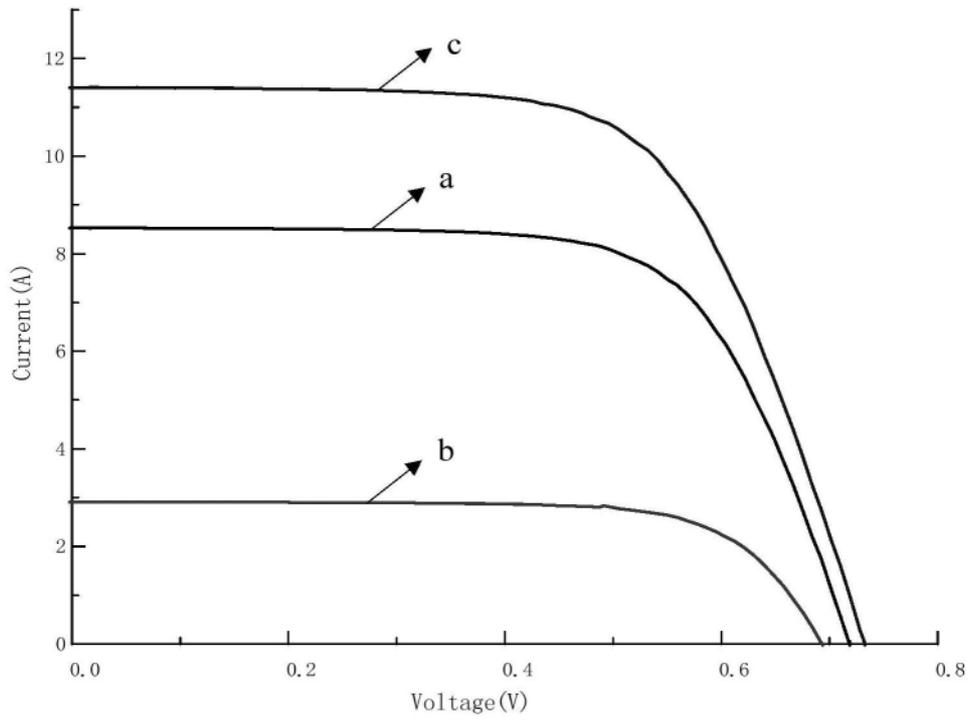


图7

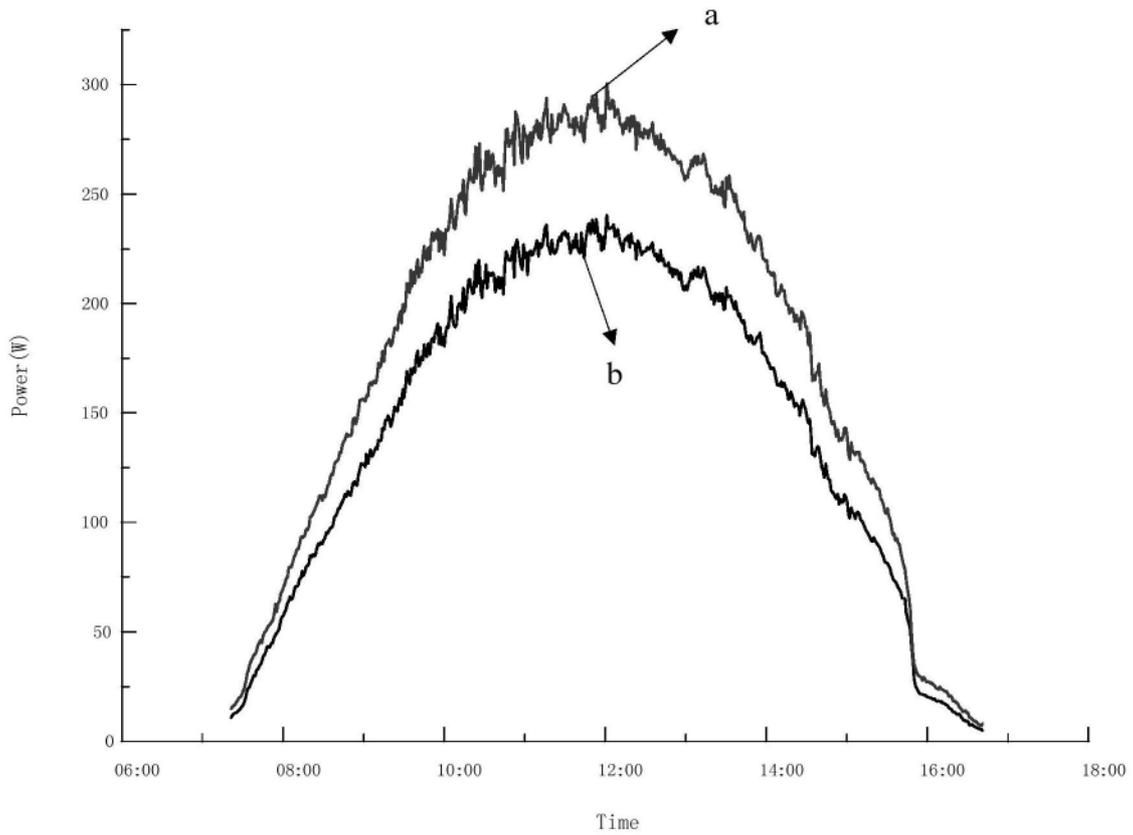


图8

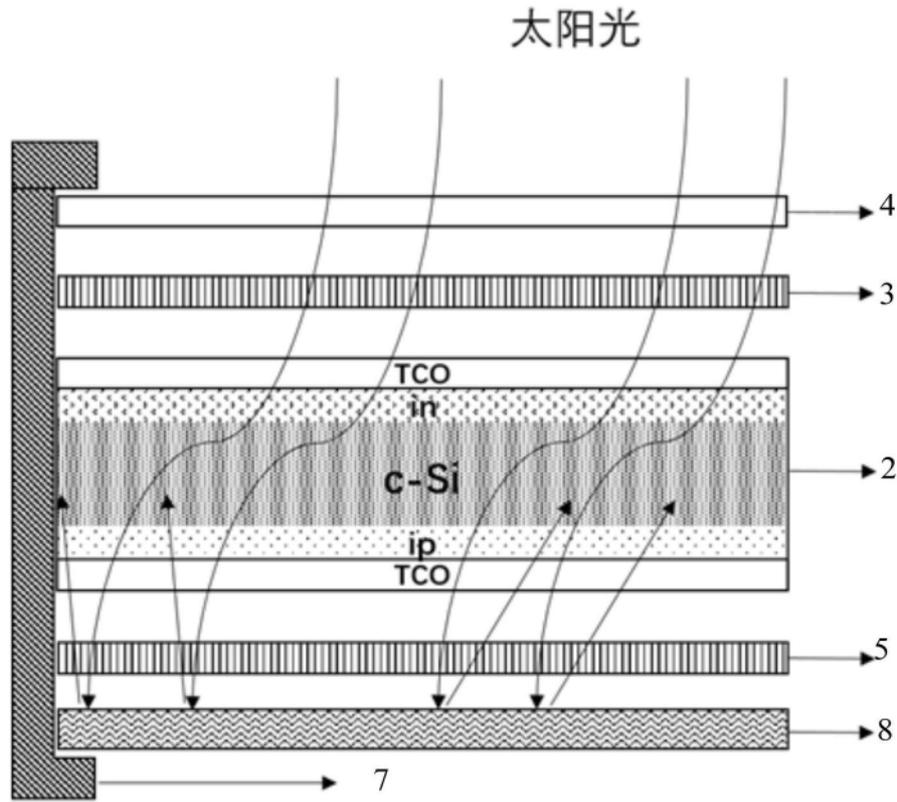


图9