

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2013 年 6 月 20 日 (20.06.2013)



(10) 国际公布号
W O 2013/086963 A 1

- (51) 国际分类号 :
H01L 31/076 (2012.01) H01L 31/20 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN2012/086350
- (22) 国际申请日 : 2012 年 12 月 11 日 (11.12.2012)
- (25) 申报语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 :
201110414526.0 2011 年 12 月 13 日 (13.12.2011) CN
- (71) 申请人 : 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园 , Beijing 100084 (CN)。

- (72) 发明人 : 韦进全 (WEI, Jinqun); 中国北京市海淀区清华园 , Beijing 100084 (CN)。王红光 (WANG, Hongguang); 中国北京市海淀区清华园 , Beijing 100084 (CN)。白曦 (BAI, Xi); 中国北京市海淀区清华园 , Beijing 100084 (CN)。贾怡 (JIA, Yi); 中国北京市海淀区清华园 , Beijing 100084 (CN)。朱宏伟 (ZHU, Hongwei); 中国北京市海淀区清华园 , Beijing 100084 (CN)。王昆林 (WANG, Kunlin); 中国北京市海淀区清华园 , Beijing 100084 (CN)。吴德海 (WU, Dehai); 中国北京市海淀区清华园 , Beijing 100084 (CN)。

- (74) 代理人 : 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区清华园清华大学熙澜院商业楼 301 室 , Beijing 100084 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[见续页]

(54) Title: SOLAR CELL AND METHOD FOR PREPARING SAME

(54) 发明名称 : 太阳能电池及其制备方法

(57) Abstract: Provided are a solar cell and a method for preparing the same. The solar cell comprises a transparent substrate (5), a transparent conductive thin film layer (4), a silicon thin film layer (31), a carbon nanotube thin film layer (2) and a back electrode (1) laminated in sequence. The silicon thin film layer (31) is formed by at least two layers of silicon thin films (311, 312), and the silicon in the silicon thin film layers (311, 312) is amorphous silicon or microcrystalline silicon. The silicon thin film layer (31) forms a heterogeneous junction with the carbon nanotube thin film layer (2).

(57) 摘要 : 提供了一种太阳能电池及其制备方法, 该太阳能电池包括依序层叠的透明衬底 (5)、透明导电薄膜层 (4)、硅薄膜层 (31)、碳纳米管薄膜层 (2) 和背电极 (1)。硅薄膜层 (31) 由至少两层硅薄膜 (311、312) 形成, 硅薄膜层 (311、312) 中的硅为非晶硅或微晶硅, 硅薄膜层 (31) 与碳纳米管薄膜层 (2) 构成异质结。

100

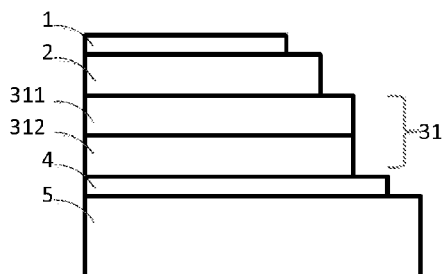


图 1 / Fig.1



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区
保护):ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 叙亚 AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG)。

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

太阳能电池及其制备方法

优先权信息

本申请请求 2011 年 12 月 13 日向中国国家知识产权局提交的、专利申请号为
5 201110414526.0 的专利申请的优先权和权益，并且通过参照将其全文并入此处。

技术领域

本发明涉及纳米技术和太阳能光伏技术领域，具体而言，涉及一种基于碳纳米管-
硅薄膜叠层的太阳能电池及其制备方法。

10

背景技术

随着能源危机的出现，人们开始发现可再生能源的重要性，可再生能源成为了大家
越来越关注的问题。太阳能作为其中一种可再生的清洁能源，在很多领域得到了应用。
其中，太阳能光伏电池的应用尤为广泛，当前市场上的太阳能电池主要以硅基为主。硅
15 太阳能电池主要分为单晶硅电池，多晶硅电池和非晶（微晶）硅薄膜电池。其中，硅薄
膜电池具有制作材料消耗少，面积大，制作能耗低，成本低的优点，近年来得到了迅速
的发展。目前大面积、批量生产的非晶硅薄膜太阳能电池的光电转换效率为 5~8%，其
中单节硅薄膜电池的开路电压为 0.8 V 左右。

碳纳米管（Carbon nanotube, CNT）是由一层或多层石墨烯卷曲而成、直径为纳米量
20 级的管状全碳分子。碳纳米管是迄今合成的最黑材料，表明了碳纳米管吸收太阳光的能力
可比现有的所有材料都高。碳纳米管可将吸收的光能转变成电能，在碳纳米管内部产生
光生电子-空穴对。Stewart DA 等人的理论计算表明，碳纳米管光电转换的量子效率
可达 18%（Stewart DA, et al., Phys. Rev. Lett., 93: 107401, 2004; Nano Lett., 5: 219,
2005）。碳纳米管的光电响应的光谱范围很宽，可以覆盖从紫外、可见到红外的全光谱
25 范围。

韦进全等人研究发现（Wei et al, Small, 2: 988, 2006），碳纳米管宏观体具有很强的
的光生电流和光电导行为，如直径为 0.39 mm 的碳纳米管宏观体，其光致电流可达 mA
量级，并且光致电流的响应区间涵盖了可见光和红外光区。由此表明，碳纳米管在入射
光的辐照下可以激发电子跃迁，引起电子-空穴对的分离和迁移，产生光生载流子，从
30 而形成光电流。研究还发现，当光照射在双壁和多壁碳纳米管连接处或者碳纳米管与金
属结时，碳纳米管的光致电流明显增强（Sun JL, et al., Appl. Phys. Lett., 88: 131 107,
2006）。由此表明，如果构建出适当的碳纳米管异质结，便有可能大幅度提高光电流，
构成高效的太阳电池。

研究人员已经开展了碳纳米管在无机异质结太阳能电池、有机太阳能电池及染料敏
35 化太阳能电池等领域的应用研究工作。韦进全等人则利用 p 型碳纳米管与 n 型硅，构建
了碳纳米管-硅异质结太阳电池太阳电池（Wei JQ, et al, Nano Lett. 7:23 17, 2007）。韦

进全研究小组将碳纳米管薄膜与 n 型单晶硅结合，构成异质结太阳能电池，其转换效率在 5 ~ 7%（Jia Y et al, Adv. Mater., 20, 4594-4598, 2008）；而在异质结界面上滴加稀硝酸或者稀硫酸，可以将碳纳米管-硅异质结太阳能电池的转换效率提高至 13.8%（Jia Y, et al, Nano Lett, 11:1901, 2011）。该碳纳米管-硅异质结太阳能电池的结构中，太阳光从碳纳米管一侧入射到异质结表面；碳纳米管薄膜均既作为异质结的结材料，又充当了透明导电的上电极。研究人员也在尝试用不同的方法对碳纳米管-硅异质结太阳能电池进行处理和改进，以进一步提高电池效率。

为了降低太阳能电池的成本，研究人员将碳纳米管与硅薄膜相结合，以构成碳纳米管-硅薄膜的异质结太阳能电池。Gobbo SD 等人（Gobbo SD, et al., Appl. Phys. Lett., 98, 1831-1833, 2011）将单壁碳纳米管分散到溶液中，然后与非晶薄膜结合，构成了异质结太阳能电池，但其性能很低，开路电压为 0.2 ~ 0.5 V，转换效率 < 0.1%，无法实际应用。该电池为单结的异质结电池，且碳纳米管均位于硅薄膜的上表面，太阳光先穿透碳纳米管薄膜，然后才照射在硅薄膜上，为了使太阳光尽可能多地照射在异质结上，碳纳米管薄膜不能太厚。

发明内容

本发明旨在解决现有叠层电池技术中存在的叠层材料匹配、制作工艺复杂性和稳定性等技术问题中的至少一个。

本发明的目的是提供一种基于碳纳米管-硅薄膜叠层太阳能电池及其制备方法。旨在利用碳纳米管优异的光学电学性能与硅薄膜电池相结合，以提高太阳能电池的转换效率，同时降低太阳能电池的制作成本。

根据本发明的一个方面，本发明提供了一种太阳能电池。根据本发明的一个实施例，该太阳能电池包括：透明衬底；透明导电薄膜层，所述透明导电薄膜层层叠在所述透明衬底上；硅薄膜层，所述硅薄膜层层叠在所述透明导电薄膜层上；碳纳米管（CNT）薄膜层，所述碳纳米管薄膜层层叠在所述硅薄膜层上；以及背电极，所述背电极层叠在所述碳纳米管薄膜层上，其中所述硅薄膜层包括至少两层硅薄膜，且所述硅薄膜层中的硅为非晶硅或微晶硅，所述硅薄膜层与所述碳纳米管薄膜层构成异质结。

根据本发明的一个实施例的太阳能电池，通过将碳纳米管薄膜层和至少两层的硅薄膜结合起来，形成由碳纳米管-硅薄膜以及硅薄膜本身组成的叠层电池。在该具有碳纳米管-硅薄膜叠层结构的太阳能电池中，太阳光从硅薄膜一侧入射，碳纳米管薄膜层作为最后的吸光层，因此碳纳米管薄膜层可以较厚，以充分吸收太阳光。

所述碳纳米管薄膜层连续地覆盖在硅薄膜层上方，用于吸收穿透硅薄膜层的太阳光。且与所述硅薄膜层构成异质结电池，同时与多层硅薄膜结构成叠层太阳能电池。

本发明的太阳能电池开路电压及转换效率高，具体地，其开路电压可达 1.3 V，短路电流可达 17 mA/cm²，转换效率可达 7.0%，且成本低廉，具有广阔的应用前景。

根据本发明的一个实施例，本发明的太阳能电池还具有以下附加技术特征：

根据本发明的一个实施例，所述硅薄膜层为选自PN型双层硅薄膜、PIN型三层硅薄膜、NPN型三层硅薄膜和NPIN型四层硅薄膜组成的组的至少一种。

根据本发明的一个实施例，所述硅薄膜层的厚度为 $0.2 \sim 2 \mu\text{m}$ 或者 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。

5 根据本发明的一个实施例，所述硅薄膜层为PN型双层硅薄膜，所述PN型双层硅薄膜与所述碳纳米管薄膜层形成CNT/P+-P/N结构，其中所述PN型双层硅薄膜中的P层与所述碳纳米管薄膜层结合。

10 根据本发明的一个实施例，所述硅薄膜层为PIN型三层硅薄膜，所述PIN型三层硅薄膜与所述碳纳米管薄膜层形成CNT/P+-P/I/N结构，其中所述PIN型三层硅薄膜中的P层与所述碳纳米管薄膜层结合。

根据本发明的一个实施例，所述硅薄膜层为NPN型三层硅薄膜，所述NPN型三层硅薄膜与所述碳纳米管薄膜层形成CNT/P+-N/P/N结构，其中所述NPN型三层硅薄膜中的N层与所述碳纳米管薄膜层结合。

15 根据本发明的一个实施例，所述硅薄膜层为NPIN型四层硅薄膜，所述NPIN型四层硅薄膜与所述碳纳米管薄膜层形成CNT/P+-N/P/I/N结构，其中所述NPIN型四层硅薄膜中的N层与所述碳纳米管薄膜层结合。

20 根据本发明的一个实施例，所述碳纳米管薄膜层为单壁碳纳米管薄膜层、双壁碳纳米管薄膜层或者多壁碳纳米管薄膜层。需要说明的是，本发明中所用的碳纳米管薄膜层是一种柔性薄膜，能够连续地铺展到硅薄膜层表面，构成异质结电池，并与多层硅薄膜构成叠层太阳能电池，从而提高了电池的开路电压。且碳纳米管薄膜为高导电性材料，则本发明的太阳能电池中所具备的碳纳米管薄膜层有利于电荷的传递，能够提高电池的短路电流。

此外，在根据本发明的一个实施例的太阳能电池中，碳纳米管薄膜层能够提高该太阳能电池对红外光、可见光的吸收，有助于提高太阳能电池的转换效率等。

25 根据本发明的一个实施例，碳纳米管薄膜层的厚度不受特别限制。根据本发明的具体示例，所述碳纳米管薄膜层的厚度为 $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ 。该碳纳米管薄膜层在本发明的太阳能电池中既作为导电薄膜，也作为异质结的组成部分，同时还作为重要的光电转换材料。

30 根据本发明的一个实施例，透明导电薄膜层的种类不受特别限制。根据本发明的具体示例，所述透明导电薄膜层为氧化铟锡薄膜、氧化锌铝薄膜、掺氟氧化锡薄膜或石墨烯薄膜。

根据本发明的一个实施例，透明导电薄膜层的厚度不受特别限制。根据本发明的具体示例，所述透明导电薄膜层的厚度为 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。

根据本发明的一个实施例，透明衬底及背电极的种类不受特别限制。根据本发明的具体示例，所述透明衬底由刚性材料或柔性材料制成；以及所述背电极由 Al、Mo、Ag、Au 或石墨烯制成。

5 根据本发明的又一方面，本发明还提供了一种制备太阳能电池的方法。根据本发明的一个实施例，该方法包括下述步骤：在透明衬底上形成透明导电薄膜层；在所述透明导电薄膜层上形成硅薄膜层；在所述硅薄膜层上形成碳纳米管薄膜层；以及在所述碳纳米管薄膜层上形成背电极，以获得所述太阳能电池。

10 与现有技术相比，本发明的制备太阳能电池的方法，工艺简单、生产成本低，且制备获得的太阳能电池开路电压及转换效率高，具体地，开路电压可达 1.3V，短路电流可达 17 mA/cm^2 ，转换效率可达 7.0%。从而，本发明的制备太阳能电池的方法适于实际应用推广。

根据本发明的一个实施例，本发明的制备太阳能电池的方法还具有以下附加技术特征：
根据本发明实施例，形成硅薄膜层的具体步骤不受特别限制，即这些步骤。

15 根据本发明的一个实施例，形成所述硅薄膜层的步骤包括：在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、P 型硅薄膜，以形成 PN 型双层硅薄膜。

根据本发明的一个实施例，形成所述硅薄膜层的步骤包括：在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、I 型硅薄膜、P 型硅薄膜，以形成 PIN 型三层硅薄膜。

根据本发明的一个实施例，形成所述硅薄膜层的步骤包括：在在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、P 型硅薄膜、N 型硅薄膜，以形成 NPN 型三层硅薄膜。

20 根据本发明的一个实施例，形成所述硅薄膜层的步骤包括：在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、I 型硅薄膜、P 型硅薄膜、N 型硅薄膜，以形成 NPIN 型四层硅薄膜。

根据本发明的一个实施例，所述透明导电薄膜层被蒸镀在所述透明衬底上，且用导线引出。

25 根据本发明的再一方面，本发明还提供了一种碳纳米管-硅薄膜叠层太阳能电池，其包括依序层叠的：透明衬底、透明导电薄膜、硅薄膜层、碳纳米管薄膜和背电极，其特征在于：所述硅薄膜层由至少两层硅薄膜组成，所述硅薄膜层中的硅为非晶硅或微晶硅；所述硅薄膜层与所述碳纳米管薄膜构成异质结。

该碳纳米管-硅薄膜叠层电池可以有效提高电池的开路电压、转换效率等，并且具有工艺简单，成本低廉的特点。

30 本发明与现有技术相比，本发明有具有如下优点和突出效果：本发明中所用的碳纳米管薄膜碳纳米管薄膜层是一种柔性薄膜，能够连续的铺展到硅薄膜表面，构成异质结电池，与多层硅薄膜构成叠层太阳能电池，提高了电池的开路电压。碳纳米管薄膜碳纳米管薄膜层高导电性，有利于电荷的传递，能够提高短路电流。此外，碳纳米管薄膜碳纳米管薄膜层提高了电池对红外光，可见光的吸收，有助于提高太阳能电池的转换效率

等。该基于碳纳米管薄膜层-硅薄膜叠层的太阳能电池，其开路电压可达 1.3 V，短路电流可达 17 mA/cm²，转换效率可达 7.0%，具有广阔的应用前景。

本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

5

附图说明

本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 为根据本发明的第一实施例的太阳能电池的结构示意图；

10

图 2 为根据本发明的第二实施例的太阳能电池的结构示意图；

图 3 为根据本发明的第三实施例的太阳能电池的结构示意图；

图 4 为根据本发明的第四实施例的太阳能电池的结构示意图；

图 5 显示了根据本发明的一个实施例的制备太阳能电池的方法的示意流程图；

图 6 为根据本发明一个实施例的碳纳米管转移在硅薄膜上的扫描电镜照片示意图；

15

图 7 为根据本发明的一个实施例的太阳能电池在标准光源 (AM1.5, 100 mW/cm²) 下测试的电流密度—电压曲线；

图 8 为根据本发明的另一个实施例的太阳能电池在标准光源 (AM1.5, 100 mW/cm²) 下测试的电流密度—电压曲线；以及

20

图 9 为根据本发明的再一个的太阳能电池在标准光源 (AM1.5, 100 mW/cm²) 下测试的电流密度—电压曲线。

具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

25

在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

30

需要说明的是，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。进一步地，在本发明的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是两个或两个以上。

下述实施例中的测试方法，如无特殊说明，均为常规检测方法，下文所提及的试剂和材料如无特殊说明，均可从商业途径获得。

下述实施例中所采用的硅薄膜可从市场购买到的硅薄膜，也可以通过等离子体增强化学气相沉积（PECVD）或者物理气相沉积（PCVD）等方法制备。

下面结合附图，对本发明的太阳能电池及其制备方法进行详细描述。其中图 1 为根据本发明一个实施例的一种基于碳纳米管-硅薄膜叠层的太阳能电池结构示意图。

根据本发明的一个方面，本发明提供了一种太阳能电池。根据本发明的一个实施例，该太阳能电池包括：透明衬底 5、透明导电薄膜层 4、硅薄膜层、碳纳米管（CNT）薄膜层 2 以及背电极 1。根据本发明的一个实施例，所述透明导电薄膜层 4 层叠在所述透明衬底 5 上，所述硅薄膜层层叠在所述透明导电薄膜层 4 上，所述碳纳米管薄膜层 2 层叠在所述硅薄膜层上，所述背电极 1 层叠在所述碳纳米管薄膜层 2 上。如图 1 中所示，所述硅薄膜层包括至少两层硅薄膜，且所述硅薄膜层中的硅为非晶硅或微晶硅，所述硅薄膜层与所述碳纳米管薄膜层 2 构成异质结。

根据本发明的一个实施例的太阳能电池，通过将碳纳米管薄膜层和至少两层的硅薄膜结合起来，形成由碳纳米管-硅薄膜以及硅薄膜本身组成的叠层电池。在该具有碳纳米管-硅薄膜叠层结构的太阳能电池中，太阳光从硅薄膜一侧入射，碳纳米管薄膜层作为最后的吸光层，因此碳纳米管薄膜层可以较厚，以充分吸收太阳光。

本发明的太阳能电池开路电压及转换效率高，具体地，其开路电压可达 1.3 V，短路电流可达 17 mA/cm²，转换效率可达 7.0%，且成本低廉，具有广阔的应用前景。

根据本发明的一个实施例，碳纳米管薄膜层 2 的种类不受特别限制。根据本发明的具体示例，所述碳纳米管薄膜层 2 为单壁碳纳米管薄膜层、双壁碳纳米管薄膜层或者多壁碳纳米管薄膜层。需要说明的是，本发明中所用的碳纳米管薄膜层 2 是一种柔性薄膜，能够连续地铺展到硅薄膜层表面，构成异质结电池，并与多层硅薄膜构成叠层太阳能电池，从而提高了电池的开路电压。且碳纳米管薄膜为高导电性材料，则本发明的太阳能电池中所具备的碳纳米管薄膜层 2 有利于电荷的传递，能够提高电池的短路电流。

此外，碳纳米管薄膜层 2 能够提高本发明的太阳能电池对红外光、可见光的吸收，有助于提高太阳能电池的转换效率等。

根据本发明的一个实施例，碳纳米管薄膜层 2 的厚度不受特别限制。根据本发明的具体示例，所述碳纳米管薄膜层 2 的厚度为 0.05 ~ 2 μm。该碳纳米管薄膜层 2 在本发明的太阳能电池中既作为导电薄膜，也作为异质结的组成部分，同时还作为重要的光电转换材料。根据本发明的一个实施例，透明导电薄膜层 4 的厚度不受特别限制。根据本发明的具体示例，所述透明导电薄膜层 4 的厚度为 0.1 ~ 2 μm。此外，透明导电薄膜层 4 的种类不受特别限制。根据本发明的具体示例，所述透明导电薄膜层 4 为氧化铟锡薄膜、氧化锌铝薄膜、掺氟氧化锡薄膜或石墨烯薄膜。

根据本发明的一个实施例，透明衬底 5 及背电极 1 的种类不受特别限制。根据本发明的具体示例，透明衬底 5 可以由刚性材料或柔性材料制成。根据本发明的一个实施例，背电极 1 可以由 Al、Mo、Ag、Au 或石墨烯制成。

根据本发明的一个实施例，所述硅薄膜层的厚度可以为 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。根据本发明的一个实施例，所述硅薄膜层的厚度可以为 $0.2 \sim 2 \mu\text{m}$ 。

根据本发明的一个实施例，所述硅薄膜层为选自 PN 型双层硅薄膜、PIN 型三层硅薄膜、NPN 型三层硅薄膜和 NPIN 型四层硅薄膜组成的组的至少一种。

下面将结合图 1-4 详细描述上述的硅薄膜层。

图 1 为根据本发明的第一实施例的太阳能电池 100 的结构示意图。参照图 1，该硅薄膜层 31 为 PN 型双层硅薄膜 311、312，该 PN 型双层硅薄膜 311、312 与碳纳米管薄膜层 2 形成 CNT/P+-P/N 结构，其中该 PN 型双层硅薄膜 311、312 中的 P 层 311 与碳纳米管薄膜层 2 结合。

图 2 为根据本发明的第二实施例的太阳能电池 200 的结构示意图。参照图 2，该硅薄膜层 32 为 PIN 型三层硅薄膜 321、322、323。该 PIN 型三层硅薄膜 321、322、323 与碳纳米管薄膜层 2 形成 CNT/P+-P/I/N 结构，其中该 PIN 型三层硅薄膜 321、322、323 中的 P 层 321 与碳纳米管薄膜层 2 结合。

图 3 为根据本发明的第三实施例的太阳能电池 300 的结构示意图。参照图 3，该硅薄膜层 33 为 NPN 型三层硅薄膜 331、332、333，该 NPN 型三层硅薄膜 331、332、333 与碳纳米管薄膜层 2 形成 CNT/P+-N/P/N 结构，其中该 NPN 型三层硅薄膜 331、332、333 中的 N 层 331 与碳纳米管薄膜层 2 结合。

图 4 为根据本发明的第四实施例的太阳能电池 400 的结构示意图。参照图 4，该硅薄膜层 34 为 NPIN 型四层硅薄膜 341、342、343、344，该 NPIN 型四层硅薄膜 341、342、343、344 与碳纳米管薄膜层 2 形成 CNT/P+-N/P/I/N 结构，其中该 NPIN 型四层硅薄膜 341、342、343、344 中的 N 层 341 与碳纳米管薄膜层 2 结合。

通过将碳纳米管薄膜层和至少两层的硅薄膜结合起来，形成由碳纳米管-硅薄膜以及硅薄膜本身组成的叠层电池，这样提高了该太阳能电池的开路电压。

下面将对制备上述的太阳能电池的方法进行详细描述。

根据本发明的一个实施例，参照图 5，该方法包括下述步骤：在透明衬底上形成透明导电薄膜层 (S100)；在所述透明导电薄膜层上形成硅薄膜层 (S200)；在所述硅薄膜层上形成碳纳米管薄膜层 (S300)；以及在所述碳纳米管薄膜层上形成背电极，以获得所述太阳能电池 (S400)。

通过上述方法制造的太阳能电池，通过将碳纳米管薄膜层和至少两层的硅薄膜结合起来，形成由碳纳米管-硅薄膜以及硅薄膜本身组成的叠层电池。与现有技术相比，本

发明的制备太阳能电池的方法，工艺简单、生产成本低，且制备获得的太阳能电池开路电压及转换效率高，具体地，开路电压可达 1.3 V，短路电流可达 17 mA/cm²，转换效率可达 7.0%。

需要说明的是，在上述的方法中的各步骤的执行顺序并不特别受到限制，即不受限于特定的执行顺序，只要能实现上述的太阳能电池的制造即可。

根据本发明的一个实施例，形成所述硅薄膜层的步骤 S200 可以包括：在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、P 型硅薄膜，以形成 PN 型双层硅薄膜。

根据本发明的另一个实施例，形成所述硅薄膜层的步骤 S200 包括：在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、I 型硅薄膜、P 型硅薄膜，以形成 PIN 型三层硅薄膜。

根据本发明的又一个实施例，形成所述硅薄膜层的步骤 S200 包括：在在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、P 型硅薄膜、N 型硅薄膜，以形成 NPN 型三层硅薄膜。

根据本发明的再一个实施例，形成所述硅薄膜层的步骤 S200 包括：在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、I 型硅薄膜、P 型硅薄膜、N 型硅薄膜，以形成 NPIN 型四层硅薄膜。

根据本发明的一个实施例，所述透明导电薄膜层可以被蒸镀在所述透明衬底上，且用导线引出。

需要说明的是，与现有技术相比，本发明的制备太阳能电池的方法具有如下优点效果：工艺简单、生产成本低；制备获得的太阳能电池开路电压及转换效率高，具体地，开路电压可达 1.3 V，短路电流可达 17 mA/cm²，转换效率可达 7.0%。

此外，根据本发明的实施例的制备太阳能电池的方法所用的碳纳米管薄膜层是一种柔性薄膜，能够连续地铺展到硅薄膜层表面，构成异质结电池，并与多层硅薄膜构成叠层太阳能电池，从而能够提高电池的开路电压。且碳纳米管薄膜为高导电性材料，则本发明制备太阳能电池的方法所采用的碳纳米管薄膜层有利于电荷的传递，能够提高制备获得的电池的短路电流。此外，碳纳米管薄膜层能够提高太阳能电池对红外光、可见光的吸收，有助于提高太阳能电池的转换效率等。

下面将结合具体示例对本发明的上述的太阳能电池及其制备方法进行说明。本领域技术人员将会理解，下面的示例仅用于说明本发明，而不应视为限定本发明的范围。实施例中未注明具体技术或条件的，按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者，均为可以通过市购获得的常规产品。

示例 1

根据本发明的制备太阳能电池的方法，按照以下步骤制备太阳能电池 200:

1) 在玻璃透明衬底 5 上蒸镀一层 200 nm 厚的氧化铟锡透明导电薄膜层 4，并用导线引出；

2) 在透明导电薄膜层 4 上用等离子增强化学气相沉积方法依次沉积 50 nm 厚的 N 型非晶硅层, 5 nm 厚的 I 型非晶硅层和 50 nm 厚的 P 型非晶硅层, 以便形成具有 PIN 型三层硅薄膜结构的硅薄膜层 32;

3) 将厚度 200 nm 的单壁碳纳米管薄膜层 2 铺展到 P 型非晶硅层上, 并使碳纳米管薄膜层 2 与硅薄膜层 32 紧密接触;

4) 在碳纳米管薄膜层 2 上蒸镀 20 nm 厚的铝电极作为背电极 1, 并用导线引出。

由此, 制备获得如图 2 所示的太阳能电池 200。

下面将对通过上述工艺获得的太阳能电池 200 的性能进行测试。

在标准光源 (AM1.5, 100 mW/cm²) 下, 对上述制备获得的太阳能电池 200 进行性能测试, 结果见图 7。图 7 显示了本实施例制备获得的太阳能电池 200 在标准光源 (AM1.5, 100 mW/cm²) 下测试的电流密度—电压曲线。如图 7 所示, 测得该太阳能电池 200 的开路电压为 1.3 V, 短路电流为 16.7 mA/cm², 光电转换效率为 7.0 %。

示例 2

根据本发明的制备太阳能电池的方法, 按照以下步骤制备太阳能电池 200:

1) 在玻璃透明衬底 5 上蒸镀一层 100 nm 厚的氧化铟锡透明导电薄膜层 4;

2) 在透明导电薄膜层 4 上用等离子增强化学气相沉积方法依次沉积 500 nm 厚的 N 型硅薄膜层、10 nm 厚 I 型硅薄膜层和 1500 nm 厚 P 型硅薄膜层, 以便形成具有 PIN 型三层硅薄膜结构的硅薄膜层 32;

3) 将厚度 200 nm 的单壁碳纳米管薄膜层 2 转移到 P 型硅薄膜层 321 上;

4) 在碳纳米管薄膜层 2 上蒸镀 20 nm 厚的铝电极作为背电极 1, 并用导线引出。

由此, 制备获得如图 2 所示的太阳能电池 200。

然后, 在扫描电镜下对制备获得的太阳能电池 200 进行检测与分析, 观察碳纳米管转移在硅薄膜上的状况并进行成像, 结果如图 6 所示。图 6 显示了碳纳米管转移在硅薄膜层上的扫描电镜照片示意图。如图 6 所示, 碳纳米管薄膜层 2 与 P 型硅薄膜层 321 接触紧密。

下面将对通过上述工艺获得的太阳能电池 200 的性能进行测试。

在标准光源 (AM1.5, 100 mW/cm²) 下, 对上述制备获得的太阳能电池 200 进行性能测试, 结果见图 8。图 8 显示了本实施例制备获得的太阳能电池 200 在标准光源 (AM1.5, 100 mW/cm²) 下测试的电流密度—电压曲线。如图 8 所示, 测得该开路电压为 1.1 V, 短路电流为 11.1 mA/cm², 光电转换效率为 3.8 %。

示例 3

根据本发明的制备太阳能电池的方法，按照以下步骤制备太阳能电池 400:

1) 在玻璃透明衬底 5 上蒸镀一层 200 nm 厚的氧化铟锡透明导电薄膜层 4，并用导线引出；

2) 在透明导电薄膜层 4 上用等离子增强化学气相沉积方法依次沉积 100 nm 厚的 N 型非晶硅层，8 nm 厚的 I 型非晶硅层，100 nm 厚的 P 型非晶硅层和 50 nm 厚的 N 型非晶硅层，以便形成具有 NPIN 型四层硅薄膜结构的硅薄膜层 34；

3) 将厚度 300 nm 的单壁碳纳米管薄膜层 2 铺展到 N 型非晶硅层上，并使碳纳米管薄膜层 2 与硅薄膜层 34 紧密接触；

4) 在碳纳米管薄膜层 2 上蒸镀 50 nm 厚的铝电极作为背电极 1，并用导线引出。

由此，制备获得如图 4 所示的太阳能电池 400。

下面将对通过上述工艺获得的太阳能电池 400 的性能进行测试。

在标准光源 (AM1.5, 100mW/cm²) 下，对上述制备获得的太阳能电池 400 进行性能测试，结果见图 9。图 9 显示了本实施例制备获得的太阳能电池 400 在标准光源 (AM1.5, 100 mW/cm²) 下测试的电流密度—电压曲线。如图 9 所示，测得开路电压为 1.6 V，短路电流为 4.6 mA/cm²，转换效率为 5.7 %。

工业实用性

本发明的制备太阳能电池的方法，可以与传统的硅薄膜太阳电池工艺相结合，工艺简单、生产成本低，适于进行大规模推广应用。并且制备获得的太阳能电池开路电压及转换效率高、成本低廉。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示意性实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

尽管已经示出和描述了本发明的实施例，本领域的普通技术人员可以理解：在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

权利要求书

1、一种太阳能电池，包括：

透明衬底；

5 透明导电薄膜层，所述透明导电薄膜层层叠在所述透明衬底上；

硅薄膜层，所述硅薄膜层层叠在所述透明导电薄膜层上；

碳纳米管（CNT）薄膜层，所述碳纳米管薄膜层层叠在所述硅薄膜层上；以及

背电极，所述背电极层叠在所述碳纳米管薄膜层上，其中

10 所述硅薄膜层包括至少两层硅薄膜，且所述硅薄膜层中的硅为非晶硅或微晶硅，所述硅薄膜层与所述碳纳米管薄膜层构成异质结。

2、根据权利要求1所述的太阳能电池，其特征在于，所述硅薄膜层为选自PN型双层硅薄膜、PIN型三层硅薄膜、NPN型三层硅薄膜和NPIN型四层硅薄膜组成的组的至少一种。

15 3、根据权利要求1所述的太阳能电池，其特征在于，所述硅薄膜层的厚度为 $0.2 \sim 2 \mu\text{m}$ 或者 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。

4、根据权利要求2所述的太阳能电池，其特征在于，所述硅薄膜层为PN型双层硅薄膜，所述PN型双层硅薄膜与所述碳纳米管薄膜层形成CNT/P+-P/N结构，其中所述PN型双层硅薄膜中的P层与所述碳纳米管薄膜层结合。

20 5、根据权利要求2所述的太阳能电池，其特征在于，所述硅薄膜层为PIN型三层硅薄膜，所述PIN型三层硅薄膜与所述碳纳米管薄膜层形成CNT/P+-P/I/N结构，其中所述PIN型三层硅薄膜中的P层与所述碳纳米管薄膜层结合。

6、根据权利要求2所述的太阳能电池，其特征在于，所述硅薄膜层为NPN型三层硅薄膜，所述NPN型三层硅薄膜与所述碳纳米管薄膜层形成CNT/P+-N/P/N结构，其中所述NPN型三层硅薄膜中的N层与所述碳纳米管薄膜层结合。

25 7、根据权利要求2所述的太阳能电池，其特征在于，所述硅薄膜层为NPIN型四层硅薄膜，所述NPIN型四层硅薄膜与所述碳纳米管薄膜层形成CNT/P+-N/P/I/N结构，其中所述NPIN型四层硅薄膜中的N层与所述碳纳米管薄膜层结合。

8、根据权利要求1-7中任一项所述的太阳能电池，其特征在于，所述碳纳米管薄膜层为单壁碳纳米管薄膜层、双壁碳纳米管薄膜层或者多壁碳纳米管薄膜层。

30 9、根据权利要求8所述的太阳能电池，其特征在于，所述碳纳米管薄膜层的厚度为 $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ 。

10、根据权利要求1-7中任一项所述的太阳能电池，其特征在于，所述透明导电薄膜层

为氧化铟锡薄膜、氧化锌铝薄膜、掺氟氧化锡薄膜或石墨烯薄膜。

11、根据权利要求 10 所述的太阳能电池，其特征在于，所述透明导电薄膜层的厚度为 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。

12、根据权利要求 1-7 中任一项所述的太阳能电池，其特征在于，所述透明衬底由刚性材料或柔性材料制成；以及

所述背电极由 Al、Mo、Ag、Au 或石墨烯制成。

13、一种制备太阳能电池的方法，包括下述步骤：

在透明衬底上形成透明导电薄膜层；

在所述透明导电薄膜层上形成硅薄膜层；

10 在所述硅薄膜层上形成碳纳米管薄膜层；以及

在所述碳纳米管薄膜层上形成背电极，以获得所述太阳能电池。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，形成所述硅薄膜层的步骤包括：

在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、P 型硅薄膜，以形成 PN 型双层硅薄膜。

15、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，形成所述硅薄膜层的步骤包括：

15 在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、I 型硅薄膜、P 型硅薄膜，以形成 PIN 型三层硅薄膜。

16、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，形成所述硅薄膜层的步骤包括：

在在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、P 型硅薄膜、N 型硅薄膜，以形成 NPN 型三层硅薄膜。

20 17、根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，形成所述硅薄膜层的步骤包括：

在所述透明导电薄膜层上依次沉积 N 型硅薄膜、I 型硅薄膜、P 型硅薄膜、N 型硅薄膜，以形成 NPIN 型四层硅薄膜。

18、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述透明导电薄膜层被蒸镀在所述透明衬底上，且用导线引出。

25 19、一种碳纳米管-硅薄膜叠层太阳能电池，其包括依序层叠的：透明衬底、透明导电薄膜、硅薄膜层、碳纳米管薄膜和背电极，其特征在于：所述硅薄膜层由至少两层硅薄膜组成，所述硅薄膜层中的硅为非晶硅或微晶硅；所述硅薄膜层与所述碳纳米管薄膜构成异质结。

100

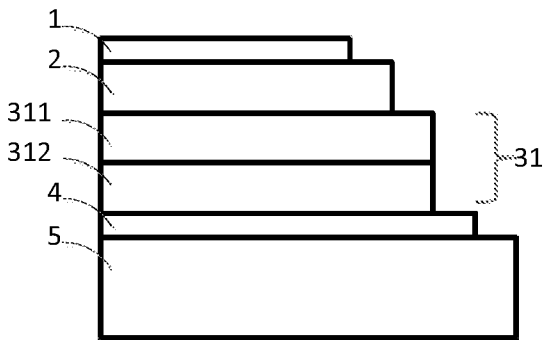


图 1

200

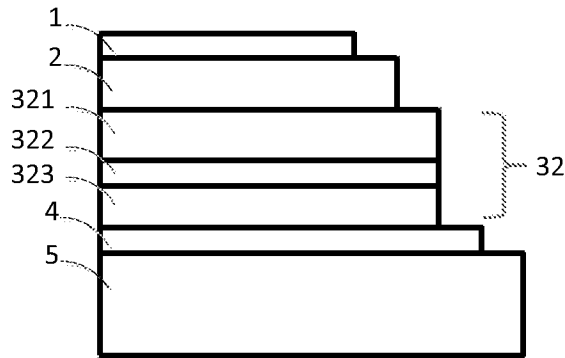


图 2

300

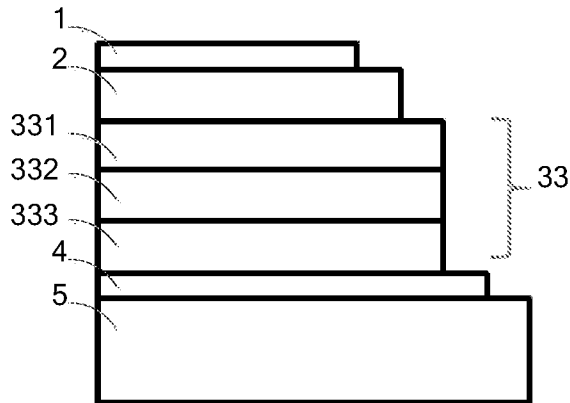


图 3

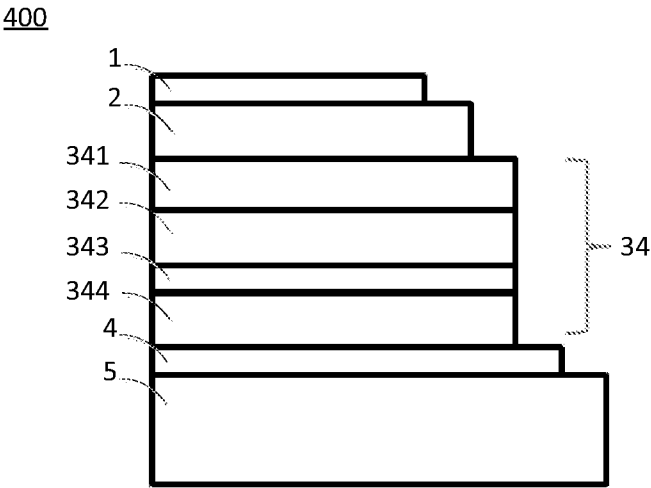


图 4

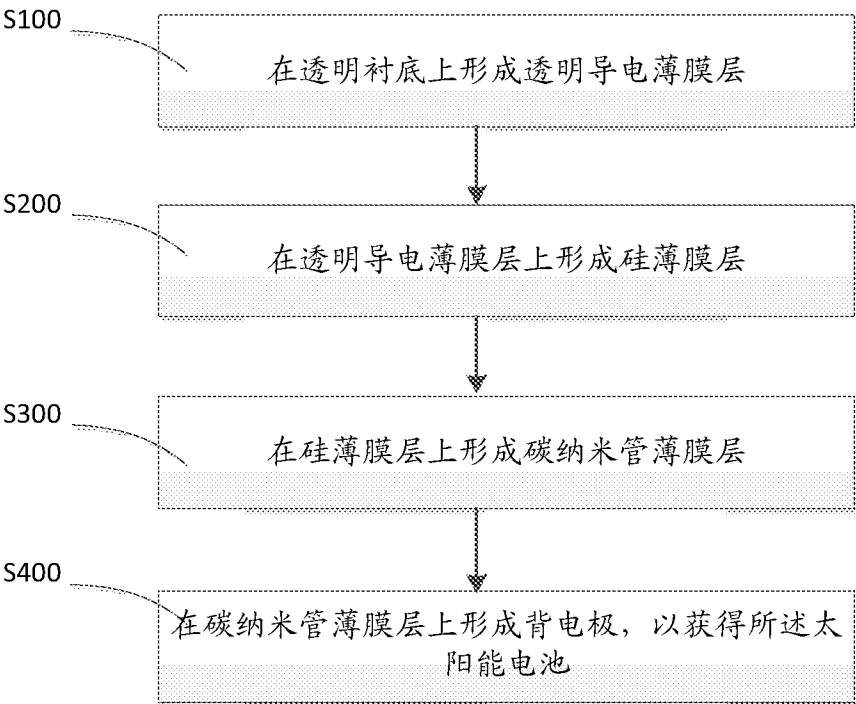


图 5

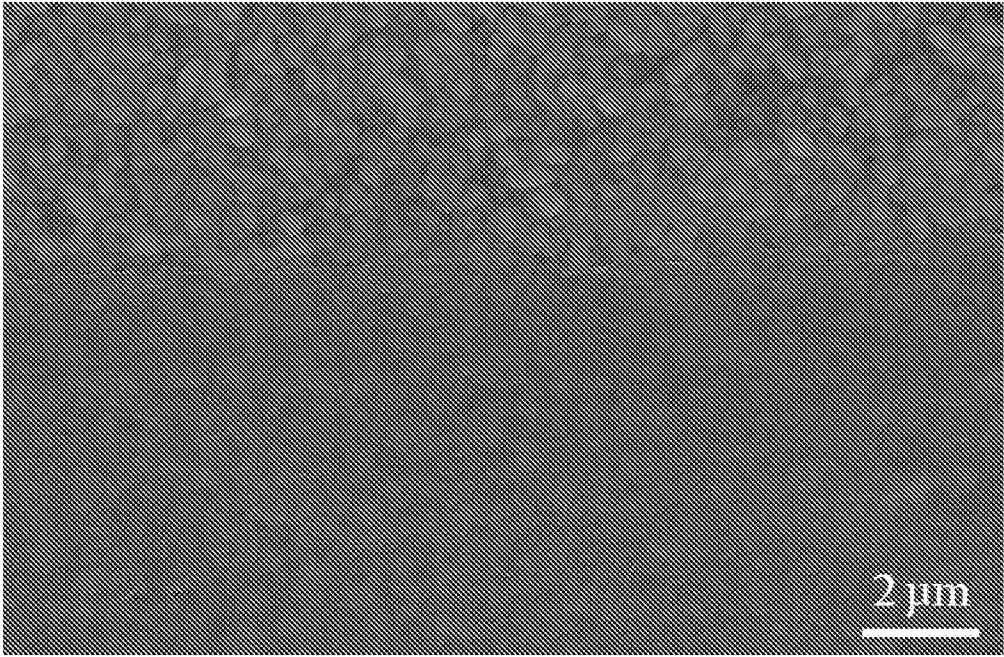


图 6

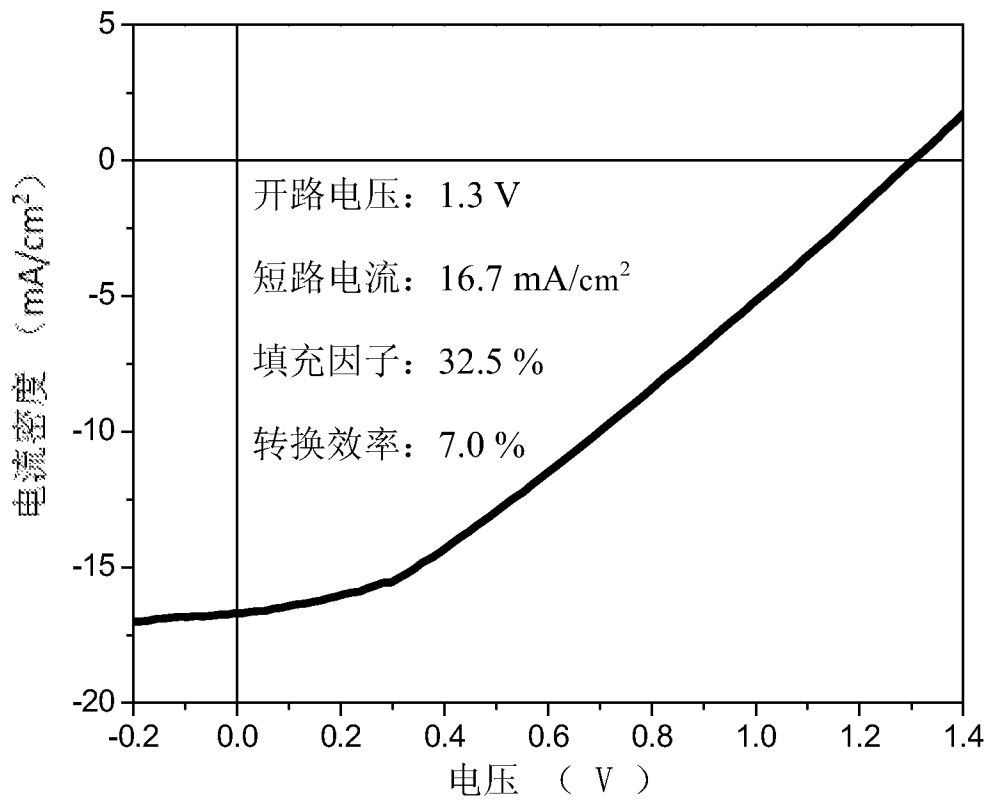


图 7

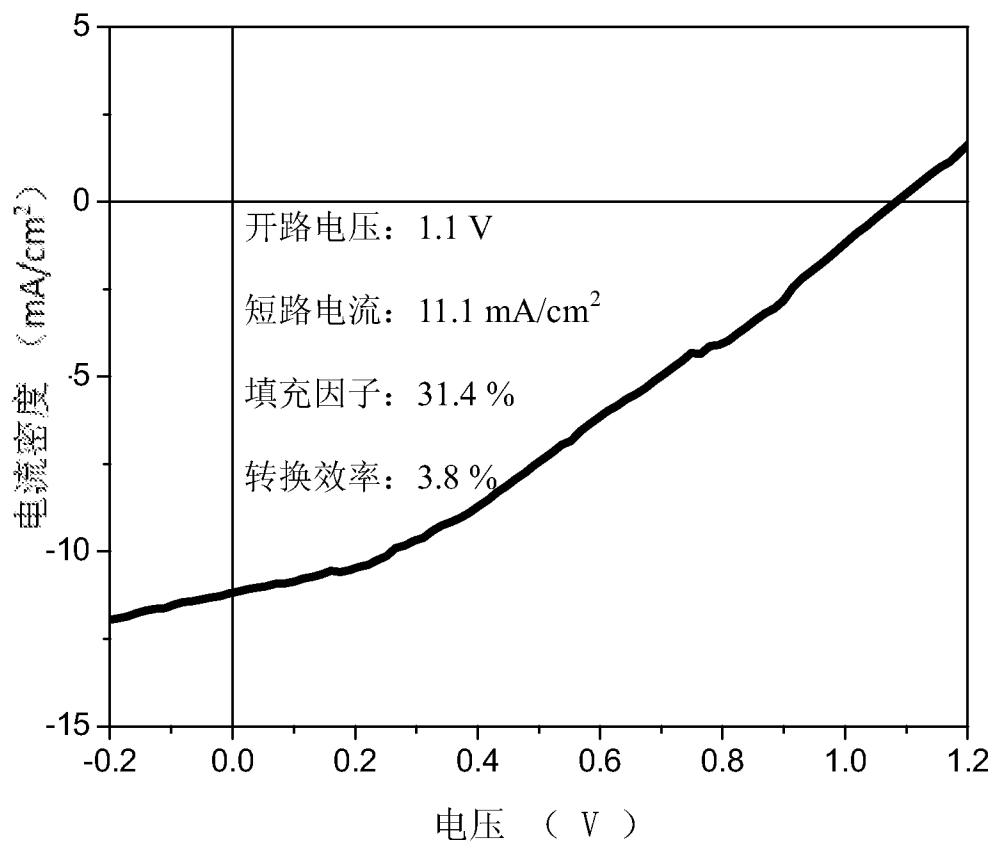


图 8

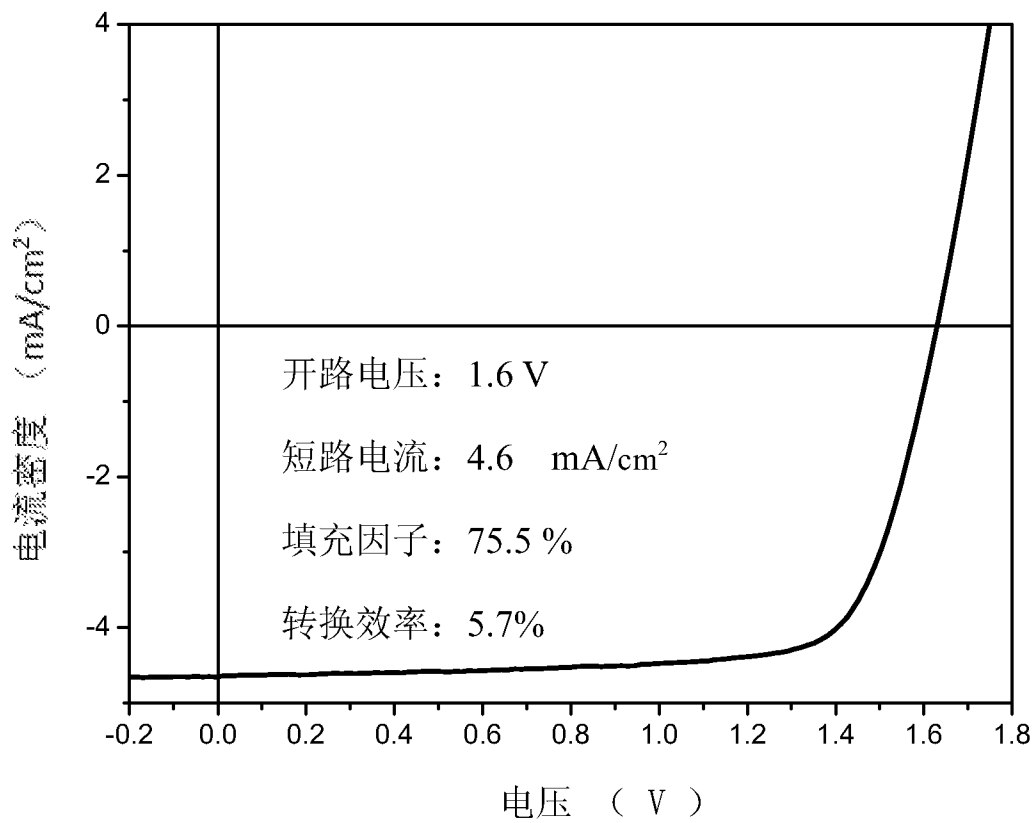


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2012/086350

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CNKI, DWPI: solar, cell, poly, amorphous, substrate, transparent, electrode, rear, back, carbon, nanotube, conduct

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 102437226 A (UNIV QINGHUA) 02 May 2012 (02.05.2012) the whole document	1-19
Y	CN 1866546 A (WEIHAI BLUE STAR GLASS GROUP CO LTD) 22 November 2006 (22.11.2006) description, pages 2-4 and figures 1-2	1-19
Y	WO 2010126314 A2 (UNIV HANYANG IND COOP FOUND) 04 November 2010 (04.11.2010) description, paragraphs [0032]-[0093] and figures 2-13	1-19
Y	CN 101740648 A (UNIV NANKAI) 16 June 2010 (16.06.2010) description, pages 1-2 and figure 1	1-19
A	CN 1996620 A (UNIV QINGHUA) 11 July 2007 (11.07.2007) the whole document	1-19

II Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 08 March 2013 (08.03.2013)	Date of mailing of the international search report 21 March 2013 (21.03.2013)
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10)62019451	Authorized officer XU, Jian Telephone No. (86-10)62411591

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2012/086350

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102437226 A	02.05.2012	None	
CN 1866546 A	22.11.2006	None	
WO 2010126314 A 2	04.11.2010	EP 2432027 A 2	21.03.2012
		CN 102414840 A	11.04.2012
		WO 2010126314 A 3	03.02.2011
		K R 20110039435 A	18.04.2011
		K R 20110039436 A	18.04.2011
		K R 1039156 B I	03.06.2011
		JP 2012525699 A	22.10.2012
		K R 1218452 B I	21.01 .2013
		K R 20100119516 A	09.11.2010
		US 2012042952 A I	23.02.2012
		K R 1218417 B I	21.01 .2013
CN 101740648 A	16.06.2010	None	
CN 1996620 A	11.07.2007	US 2010078067 A I	01.04.2010
		CN 100405617 C	23.07.2008
		WO 2008086709 A I	24.07.2008

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/086350

Continuation of: A . CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER of second sheet

HOIL 31/076 (2012.01) i

HOIL 31/20 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2012/086350

A. 主题的分类

参见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H01L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称,和使用的检索词(如使用))

CNABS, CNTXT, CNKI, DWPI: 碳纳米管, 太阳能, 光伏, 电池, 硅, 衬底, 背电极, 非晶, 微晶, 透明, 导电, solar, cell, poly, amorphous, substrate, transparent, electrode, rear, back, carbon, nanotube, conduct

C. 相关文件

类型*	引用文件,必要时,指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN102437226A (清华大学) 02.5 月 2012 (02.05.2012) 全文	1-19
Y	CN1866546A (威海蓝星玻璃股份有限公司) 22.11 月 2006 (22.11.2006) 说明书第 2-4 页, 图 1-2	1-19
Y	WO2010126314 A2 (汉阳大学校产学协力团) 04.11 月 2010 (04.11.2010) 说明书第 32-93 段, 图 2-13	1-19
Y	CN101740648A (南开大学) 16.6 月 2010 (16.06.2010) 说明书 1-2 页, 图 1	1-19
A	CN 1996620 A (清华大学) 11.7 月 2007 (11.07.2007) 全文	1-19

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型 -

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布, 在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

08.3 月 2013 (08.03.2013)

国际检索报告邮寄日期

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: +(86:10)62019451

受权官员

徐健

电话号码: (86:10) 62411591

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2012/086350

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102437226A	02.05.2012	无	
CN1866546A	22.11.2006	无	
WO20101263 14 A 2	04.11.2010	EP2432027A2	21.03.2012
		CN102414840A	11.04.2012
		WO20101263 14A3	03.02.2011
		KR201 10039435A	18.04.2011
		KR201 10039436A	18.04.2011
		KR 1039 156B1	03.06.2011
		JP2012525699A	22.10.2012
		KR1218452B1	21.01.2013
		KR20100 1195 16A	09.11.2010
		US2012042952A1	23.02.2012
		KR12 184 17B 1	21.01.2013
CN10 1740648A	16.06.2010	无	
CN 1996620 A	11.07.2007	US20 10078067 A 1	01.04.2010
		CN100405617C	23.07.2008
		WO2008086709A1	24.07.2008

续：A. 主题的分类

H01L 31/076 (2012.01) i

H01L 31/20 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类