



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103219413 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201310122729. 1

(22) 申请日 2013. 04. 10

(71) 申请人 中国科学院微电子研究所

地址 100083 北京市朝阳区北土城西路 3 号

(72) 发明人 贾锐 乔秀梅 丁武昌 陈晨

崔冬萌 金智 刘新宇

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 任岩

(51) Int. Cl.

H01L 31/072(2012. 01)

H01L 31/18(2006. 01)

H01L 31/20(2006. 01)

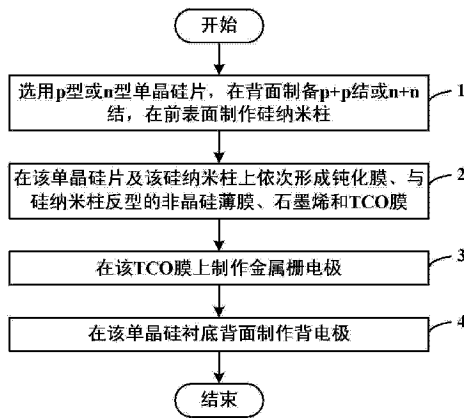
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种石墨烯径向异质结太阳能电池及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种石墨烯径向异质结太阳能电池及其制备方法,该太阳能电池包括:单晶硅衬底及形成于该单晶硅衬底上的 p 型或 n 型硅纳米柱;在该单晶硅衬底及该 p 型或 n 型硅纳米柱上依次形成的钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜;在该 TCO 膜上制作的金属栅电极;以及在该单晶硅衬底背面制作的背电极。本发明综合了径向结电池和异质结电池的优点,利用异质结电池的高效率和低温工艺,间接降低了生产成本,同时径向结有效提高了光的吸收利用,提高光生载流子的收集效率,从而有效地提高电池的效率,同时利用异质结的低温工艺,制备工艺简单,温度稳定性好,适合于大规模推广应用。



1. 一种石墨烯径向异质结太阳能电池,其特征在于,包括:
单晶硅衬底及形成于该单晶硅衬底上的 p 型或 n 型硅纳米柱;
在该单晶硅衬底及该 p 型或 n 型硅纳米柱上依次形成的钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜;
在该 TCO 膜上制作的金属栅电极;以及
在该单晶硅衬底背面制作的背电极。
2. 根据权利要求 1 所述的石墨烯径向异质结太阳能电池,其特征在于,所述单晶硅衬底为 n 型单晶硅衬底或 p 型单晶硅衬底,其纯度为 6N。
3. 根据权利要求 1 所述的石墨烯径向异质结太阳能电池,其特征在于,所述 p 型或 n 型硅纳米柱,其直径为 50nm-4000nm,高度为 10nm-5000nm。
4. 根据权利要求 1 所述的石墨烯径向异质结太阳能电池,其特征在于,该 p 型或 n 型硅纳米柱与其上依次形成的钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜构成的径向异质结。
5. 根据权利要求 1 或 4 所述的石墨烯径向异质结太阳能电池,其特征在于,所述钝化膜为单层钝化薄膜或叠层钝化薄膜。
6. 根据权利要求 5 所述的石墨烯径向异质结太阳能电池,其特征在于,所述钝化膜为本征非晶硅,厚度为 5nm。
7. 根据权利要求 1 所述的石墨烯径向异质结太阳能电池,其特征在于,在硅纳米柱为 p 型硅纳米柱时所述与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜为 n 型非晶硅薄膜,在硅纳米柱为 n 型硅纳米柱时所述与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜为 p 型非晶硅薄膜。
8. 根据权利要求 1 所述的石墨烯径向异质结太阳能电池,其特征在于,所述与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜是掺杂非晶硅薄膜,对于 p 型单晶硅衬底该掺杂非晶硅薄膜是掺磷非晶硅薄膜,对于 n 型单晶硅衬底该掺杂非晶硅薄膜是掺硼非晶硅薄膜。
9. 一种制备权利要求 1 至 8 中任一项所述的石墨烯径向异质结太阳能电池的方法,其特征在于,包括:
选用 p 型或 n 型单晶硅片,在背面制备 p+p 结或 n+n 结,在前表面制作硅纳米柱;
在该单晶硅片及该硅纳米柱上依次形成钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜;
在该 TCO 膜上制作金属栅电极;以及
在该单晶硅衬底背面制作背电极。
10. 根据权利要求 9 所述的制备石墨烯径向异质结太阳能电池的方法,其特征在于,所述在该单晶硅片及该硅纳米柱上依次形成钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜,包括:
在该单晶硅片及该硅纳米柱上生长本征非晶钝化膜,该本征非晶钝化膜为单层或叠层钝化膜;
在该本征非晶钝化膜上生长 n 型或 p 型重掺非晶硅膜;
在该 n 型或 p 型重掺非晶硅膜上转移生长石墨烯层;
在该石墨烯层上生长 TCO 膜,该硅纳米柱与其上依次形成的本征非晶钝化膜、n 型或 p 型重掺非晶硅膜、石墨烯层和 TCO 膜构成的径向异质结。

11. 根据权利要求 10 所述的制备石墨烯径向异质结太阳能电池的方法,其特征在于,所述本征非晶钝化膜、n 型或 p 型重掺非晶硅膜、石墨烯层或 TCO 膜均采用掠角沉积法制备。

一种石墨烯径向异质结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技术领域,具体涉及一种石墨烯径向异质结太阳能电池及其制备方法。

背景技术

[0002] 太阳能作为一种可再生能源,被认为是能有效替代化石燃料的一种新型能源。同时,全球对太阳能的需求逐年增加。太阳能电池是一种有效的光电转换器件,被认为是能有效保护环境,有效利用清洁能源,最有前途的新型技术之一。而太阳能电池的效率和制作成本是限制太阳能电池发展的两个关键因素,因此,为了提高太阳能电池的效率并降低其制造成本,近几年来各种太阳能电池技术和新型结构相继涌出。异质结太阳能电池作为一种高效率太阳能电池有望成为未来太阳能电池产业化的主导方向,而径向结太阳能电池作为一种新型结构有很大的发展前景,石墨烯作为一种新型导电材料在太阳能电池上有很广阔的应用范围。

[0003] 异质结太阳能电池是日本三洋公司创造的一种高效太阳能电池,据文献【Kinoshita, T. ;Fujishima, D. ;Yano, A. The approaches for high efficiency HITTM solar cell with very thin ($< 100 \mu\text{m}$) silicon wafer over 23%. The 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Hamburg, Germany, 2011: 871-874】报道其效率目前已达 23.7%。异质结太阳能电池在制造工艺中利用了薄膜工艺的优势,结合了非晶硅和晶体硅材料的特点,该太阳能电池的最大优势是低温工艺,对硅衬底的要求较低,同时有利于硅衬底的减薄,有效地节省了太阳能电池的制作成本,高的稳定性,电池性能不会随温度升高而衰减,不会出现类似非晶硅太阳能电池的因光照而衰退的现象,且其制备工艺简单,同时低温工艺不仅有利于节约能源,而且可以优化器件特性,避免了高温处理过程中可能产生的性能退化。

[0004] 径向结太阳能电池其对光的吸收发生在轴向,可以有效地提高光的利用,同时载流子的分离发生在径向,减少输运距离,减少电子空穴的复合,有效提高载流子的收集效率,从而显著地提高了太阳能电池的短路电流和转换效率。

[0005] 石墨烯是一种新型发展起来的具有良好透光性和导电性的材料,其在室温下具有高速的电子迁移率,达 $1.5 \times 10^4 \text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,文献【Becerril, H. A. ;Mao, J. ;Liu, Z. F. ; Stoltenberg, R. M. ;Bao, Z. N. ;Chen, Y. S. Evaluation of Solution-Processed Reduced Graphene Oxide Films as Transparent Conductors. ACSNano, 2008, 2(3) :463-470】中指出,作者等人把石墨烯氧化物旋涂到石英表面并对其进行热还原处理后,其电导率为 $10^2 \text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$,并且在 400-1800nm 波长范围内透光率可达 80%,表明该材料有很好的透光导电性,因此有很大的潜能应用于太阳能电池上,可以用来替代 ITO 作为透明导电氧化膜。

[0006] 据此,本发明设计了一种石墨烯径向异质结太阳能电池,该太阳能电池充分结合了异质结和径向结太阳能电池的优势,提高载流子收集效率的同时利用异质结界面的优化性能减少复合效应,有效提高太阳能电池的转换效率,间接地降低太阳能电池的生产成本,

且利用石墨烯的透光导电性提高了短路电流的收集效率,同时该电池的制作工艺温度较低,利用薄膜制造工艺的优势又发挥了晶硅非晶硅材料性能的优点,适合大规模推广。

发明内容

[0007] (一) 要解决的技术问题

[0008] 有鉴于此,本发明结合了异质结太阳能电池和径向结太阳能电池的优势,在完全与已有的太阳能电池制备工艺兼容的前提下,提出创新结构及工艺流程,提供了一种石墨烯径向异质结太阳能电池及其制备方法,利用掠角沉积法在单晶硅纳米柱上生长钝化膜、反型非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜,形成由内至外的 p(n)-C-Si/a-Si 钝化膜 /n(p)-a-Si/石墨烯 /TCO 径向结构(如图 1),最后在电池顶端制作金属栅线作为电极,在电池的底端制作背场,通过这种新型结构以期提高太阳能电池的转化效率、降低成本。

[0009] (二) 技术方案

[0010] 为达到上述目的,本发明提供了一种石墨烯径向异质结太阳能电池,包括:单晶硅衬底及形成于该单晶硅衬底上的 p 型或 n 型硅纳米柱;在该单晶硅衬底及该 p 型或 n 型硅纳米柱上依次形成的钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜;在该 TCO 膜上制作的金属栅电极;以及在该单晶硅衬底背面制作的背电极。

[0011] 上述方案中,所述单晶硅衬底为 n 型单晶硅衬底或 p 型单晶硅衬底,其纯度为 6N。

[0012] 上述方案中,所述 p 型或 n 型硅纳米柱,其直径为 50nm-4000nm,高度为 10nm-5000nm。

[0013] 上述方案中,该 p 型或 n 型硅纳米柱与其上依次形成的钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜构成的径向异质结。

[0014] 上述方案中,所述钝化膜为单层钝化薄膜或叠层钝化薄膜。所述钝化膜为本征非晶硅,厚度为 5nm。

[0015] 上述方案中,在硅纳米柱为 p 型硅纳米柱时所述与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜为 n 型非晶硅薄膜,在硅纳米柱为 n 型硅纳米柱时所述与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜为 p 型非晶硅薄膜。

[0016] 上述方案中,所述与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜是掺杂非晶硅薄膜,对于 p 型单晶硅衬底该掺杂非晶硅薄膜是掺磷非晶硅薄膜,对于 n 型单晶硅衬底该掺杂非晶硅薄膜是掺硼非晶硅薄膜。

[0017] 为达到上述目的,本发明还提供了一种制备石墨烯径向异质结太阳能电池的方法,包括:选用 p 型或 n 型单晶硅片,在背面制备 p+p 结或 n+n 结,在前表面制作硅纳米柱;在该单晶硅片及该硅纳米柱上依次形成钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜;在该 TCO 膜上制作金属栅电极;以及在该单晶硅衬底背面制作背电极。

[0018] 上述方案中,所述在该单晶硅片及该硅纳米柱上依次形成钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜,包括:在该单晶硅片及该硅纳米柱上生长本征非晶钝化膜,该本征非晶钝化膜为单层或叠层钝化膜;在该本征非晶钝化膜上生长 n 型或 p 型重掺非晶硅膜;在该 n 型或 p 型重掺非晶硅膜上转移生长石墨烯层;在该石墨烯层上生长 TCO 膜,该硅纳米柱与其上依次形成的本征非晶钝化膜、n 型或 p 型重掺非晶硅膜、石墨烯层和 TCO 膜构成的径向异质结。

[0019] 上述方案中,所述本征非晶钝化膜、n型或p型重掺非晶硅膜、石墨烯层或TCO膜均采用掠角沉积法制备。

[0020] (三)有益效果

[0021] 从上述技术方案可以看出,本发明具有以下有益效果:

[0022] 1、本发明提供的这种石墨烯径向异质结太阳能电池及其制备方法,本征非晶钝化膜、n型或p型重掺非晶硅膜、石墨烯层或TCO膜均采用掠角沉积法制备,可生长比较均匀的薄膜,避免了传统的VLS高温技术,与异质结的低温工艺相兼容,有利于电池效率的提高。在钝化薄膜和反型非晶硅薄膜生长过程中通过调节气体流量比、沉积温度和射频功率来控制薄膜的结构和性能。

[0023] 2、本发明提供的这种石墨烯径向异质结太阳能电池及其制备方法,太阳光的吸收发生在轴向,有效地增加了太阳光在电池内的传播光程,且非晶硅的吸收系数大于晶硅,提高了光的吸收利用。

[0024] 3、本发明提供的这种石墨烯径向异质结太阳能电池及其制备方法,采用晶硅/非晶硅异质结不会出现非晶硅电池常见的光致衰退效应,同时在晶硅和非晶硅之间添加钝化层可降低界面态密度,减少表面复合,解决了径向结表面复合大的问题,提高了开路电压和填充因子,同时该种电池在低温环境制作,对衬底要求较低,且径向结在载流子的运输和收集上都有很大的优势,在很大程度上提高了少数载流子寿命。

[0025] 4、本发明提供的这种石墨烯径向异质结太阳能电池及其制备方法,结合了新发展起来的石墨烯材料,充分利用了其优良的透光性和导电性,提高了载流子的传输,却不增加对光的吸收,对载流子的收集起到很好的作用。

[0026] 综上所述,本发明的电池结构具有诸多的优点及实用价值,在技术上有较大的进步,有很好的效果,适合推广。

附图说明

[0027] 图1是依照本发明实施例的石墨烯径向异质结太阳能电池的结构示意图;其中,示出的是单根硅纳米柱,其各层分别是:1、p型单晶硅,2、钝化膜,3、n型重掺非晶硅薄膜,4、石墨烯薄层,5、TCO膜,6、金属栅极,7、背场;

[0028] 图2是依照本发明实施例的制备石墨烯径向异质结太阳能电池的方法流程图;

[0029] 图3是依照本发明实施例的Ag电极/TCO/石墨烯/np异质结/Al背场结构示意图,其各层分别是:1、p型单晶硅,2、SiO₂和i-a-Si叠层钝化膜,3、n型重掺非晶硅薄膜,4、石墨烯薄层,5、TCO膜,6、Ag电极,7、Al背场;

[0030] 图4是依照本发明实施例的Ag电极/TCO/石墨烯/npp+结/石墨烯/TCO/Ag电极结构示意图,其各层分别是:1、p型单晶硅,2、i-a-Si薄膜,3、n型重掺非晶硅薄膜,4、p+非晶硅薄膜,5、石墨烯薄层,6、TCO膜,7、Ag电极。

具体实施方式

[0031] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0032] 如图1所示,图1是依照本发明实施例的石墨烯径向异质结太阳能电池的结构示

意图,该太阳能电池包括:单晶硅衬底及形成于该单晶硅衬底上的 p 型或 n 型硅纳米柱;在该单晶硅衬底及该 p 型或 n 型硅纳米柱上依次形成的钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和透明导电氧化物 (transparent conductive oxide, TCO) 膜;在该 TCO 膜上制作的金属栅电极;以及在该单晶硅衬底背面制作的背电极。

[0033] 其中,所述单晶硅衬底为 n 型单晶硅衬底或 p 型单晶硅衬底,其纯度为 6N。所述 p 型或 n 型硅纳米柱,其直径为 50nm-4000nm,高度为 10nm-5000nm。该 p 型或 n 型硅纳米柱与其上依次形成的钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜构成的径向异质结。所述钝化膜为单层钝化薄膜或叠层钝化薄膜。所述钝化膜为本征非晶硅,厚度为 5nm。在硅纳米柱为 p 型硅纳米柱时所述与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜为 n 型非晶硅薄膜,在硅纳米柱为 n 型硅纳米柱时所述与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜为 p 型非晶硅薄膜。所述与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜是掺杂非晶硅薄膜,对于 p 型单晶硅衬底该掺杂非晶硅薄膜是掺磷非晶硅薄膜,对于 n 型单晶硅衬底该掺杂非晶硅薄膜是掺硼非晶硅薄膜。

[0034] 基于图 1 所示的石墨烯径向异质结太阳能电池,图 2 示出了制备该石墨烯径向异质结太阳能电池的方法,包括以下步骤:

[0035] 步骤 1:选用 p 型或 n 型单晶硅片,在背面制备 p+p 结或 n+n 结,在前表面制作硅纳米柱;

[0036] 步骤 2:在该单晶硅片及该硅纳米柱上依次形成钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜;

[0037] 步骤 3:在该 TCO 膜上制作金属栅电极;以及

[0038] 步骤 4:在该单晶硅衬底背面制作背电极。

[0039] 步骤 2 中所述在该单晶硅片及该硅纳米柱上依次形成钝化膜、与硅纳米柱反型的非晶硅薄膜、石墨烯和 TCO 膜,包括:

[0040] 在该单晶硅片及该硅纳米柱上生长本征非晶钝化膜,该本征非晶钝化膜为单层或叠层钝化膜;

[0041] 在该本征非晶钝化膜上生长 n 型或 p 型重掺非晶硅膜;

[0042] 在该 n 型或 p 型重掺非晶硅膜上转移生长石墨烯层;

[0043] 在该石墨烯层上生长 TCO 膜,该硅纳米柱与其上依次形成的本征非晶钝化膜、n 型或 p 型重掺非晶硅膜、石墨烯层和 TCO 膜构成的径向异质结。

[0044] 其中,所述本征非晶钝化膜、n 型或 p 型重掺非晶硅膜、石墨烯层或 TCO 膜均采用掠角沉积法制备。掠角沉积技术是将衬底以一定角度倾斜放置在可水平旋转的装置上,然后利用电子束蒸发、磁控溅射、化学沉积等工艺在衬底上生长材料,能够使得材料更为均匀生长在表面结构较为复杂的衬底上。

[0045] 下面通过具体实施例的操作步骤对本发明做进一步详细描述,但本发明不仅仅局限于以下实施例:

[0046] 实例一

[0047] 参照图 1,图 1 是单根硅纳米柱的示意图,其各层分别是:1、p 型单晶硅,2、钝化膜,3、n 型重掺非晶硅薄膜,4、石墨烯薄层,5、TCO 膜,6、金属栅极,7、背场。图 1 所示太阳能电池的制备方法如下:

[0048] 步骤 1:在 p 型单晶硅上制作硅纳米柱;

- [0049] 步骤 2:将制有纳米柱的单晶硅用标准的 RCA 法清洗;
- [0050] 步骤 3:热丝气相沉积 (hot wire chemical vapor deposition,HWCVD) 掠角沉积 SiO_2 纳米薄膜,厚度大约为 5-8nm;
- [0051] 步骤 4:HWCVD 掠角沉积本征非晶硅薄膜,厚度大约为 3-10nm;
- [0052] 步骤 5:HWCVD 掠角沉积 N 型重掺非晶硅薄膜,厚度大约为 5-20nm;
- [0053] 步骤 6:CVD 掠角沉积石墨烯薄层,厚度大约为 10nm 左右;
- [0054] 步骤 7:磁控溅射掠角沉积 TCO 膜;
- [0055] 步骤 8:丝网印刷低温 Ag 电极;
- [0056] 步骤 9:丝网印刷 Al 背场。
- [0057] 上述步骤中,本征非晶硅层和 SiO_2 薄膜作为叠层钝化薄膜,减少表面的复合。
- [0058] 在本实例中的具体制备工艺过程如下:
- [0059] ①清洗工艺
- [0060] 清洗过程中用标准的 RCA 法清洗,清洗后的硅片用氮气吹干,要无水迹、斑点。
- [0061] ② HWCVD 工艺
- [0062] 使用多腔室 HWCVD 分别掠角沉积 SiO_2 纳米薄膜,本征非晶硅, n 型非晶硅,沉积过程中衬底旋转,沉积温度大约为 $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ 。
- [0063] ③磁控溅射工艺
- [0064] 利用磁控溅射掠角沉积 TCO,沉积过程中衬底旋转,沉积温度 $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$, TCO 薄膜厚度大约 80nm。
- [0065] ④丝印工艺
- [0066] 用丝网印刷机丝印低温 Ag 浆、Al 浆,形成 Ag 电极和 Al 背场,避免高温烧结步骤。
- [0067] 实例二
- [0068] 如图 3 所示,图 3 是依照本发明实施例的 Ag 电极 /TCO/ 石墨烯 /np 异质结 /Al 背场结构示意图,其各层分别是:1、p 型单晶硅,2、 SiO_2 和 i-a-Si 叠层钝化膜,3、n 型重掺非晶硅薄膜,4、石墨烯薄层,5、TCO 膜,6、Ag 电极,7、Al 背场。图 3 所示太阳能电池的制备方法如下:
- [0069] 步骤 1:在 p 型单晶硅上制作硅纳米柱;
- [0070] 步骤 2:将制有纳米柱的单晶硅用标准的 RCA 法清洗;
- [0071] 步骤 3:用 HWCVD 在单晶硅片双面掠角沉积氧化硅和本征非晶硅薄膜,厚度分别大约为 3-10nm;
- [0072] 步骤 4:用 HWCVD 在硅纳米柱方向上掠角沉积 n 型重掺非晶硅薄膜,厚度大约为 5-20nm;
- [0073] 步骤 5:用 HWCVD 在硅片背面沉积 p+ 非晶硅薄膜,厚度大约为 5-20nm;
- [0074] 步骤 6:用 CVD 在 n 型非晶硅上掠角沉积石墨烯薄层,厚度大约为 10nm 左右;
- [0075] 步骤 7:双面磁控溅射掠角沉积 TCO 膜;
- [0076] 步骤 8:在 TCO 膜上丝网印刷低温 Ag 电极;
- [0077] 上述步骤中,在硅片背面沉积的 p+ 非晶硅薄膜与 p 型晶硅构成的异质结用作背场,钝化膜为单层本征非晶硅薄膜。
- [0078] 在本实例中的具体制备工艺过程如下:

[0079] ①清洗工艺

[0080] 清洗过程中用标准的 RCA 法清洗,清洗后的硅片用氮气吹干,要无水迹、斑点。

[0081] ②HWCVD 工艺

[0082] 使用多腔室 HWCVD 分别掠角沉积本征非晶硅, n 型非晶硅, p+ 非晶硅, 沉积过程中衬底旋转, 沉积温度大约为 200℃~300℃。

[0083] ③磁控溅射工艺

[0084] 利用磁控溅射掠角沉积 TCO, 沉积过程中衬底旋转, 沉积温度 200℃~300℃, TCO 薄膜厚度大约 80nm。

[0085] ④丝印工艺

[0086] 用丝网印刷机丝印低温 Ag 浆, 形成 Ag 电极, 避免高温烧结步骤。

[0087] 实例三

[0088] 如图 4 所示, 图 4 是依照本发明实施例的 Ag 电极 /TCO/ 石墨烯 /npp+ 结 / 石墨烯 /TCO/Ag 电极结构示意图, 其各层分别是: 1、p 型单晶硅, 2、i-a-Si 薄膜, 3、n 型重掺非晶硅薄膜, 4、p+ 非晶硅薄膜, 5、石墨烯薄层, 6、TCO 膜, 7、Ag 电极。图 4 所示太阳能电池的制备方法如下:

[0089] 步骤 1: 在 p 型单晶硅上制作硅纳米柱;

[0090] 步骤 2: 将制有纳米柱的单晶硅用标准的 RCA 法清洗;

[0091] 步骤 3: 用 HWCVD 在单晶硅片双面掠角沉积本征非晶硅薄膜, 厚度大约为 3-10nm;

[0092] 步骤 4: 用 HWCVD 在硅纳米柱方向上掠角沉积 n 型重掺非晶硅薄膜, 厚度大约为 5-20nm;

[0093] 步骤 5: 用 HWCVD 在硅片背面沉积 p+ 非晶硅薄膜, 厚度大约为 5-20nm;

[0094] 步骤 6: 用 CVD 在 n 型非晶硅上掠角沉积石墨烯薄层, 厚度大约为 10nm 左右;

[0095] 步骤 7: 双面磁控溅射掠角沉积 TCO 膜;

[0096] 步骤 8: 在 TCO 膜上丝网印刷低温 Ag 电极;

[0097] 上述步骤中, 在硅片背面沉积的 p+ 非晶硅薄膜与 p 型晶硅构成的异质结用作背场, 钝化膜为单层本征非晶硅薄膜。

[0098] 在本实例中的具体制备工艺过程如下:

[0099] ①清洗工艺

[0100] 清洗过程中用标准的 RCA 法清洗,清洗后的硅片用氮气吹干,要无水迹、斑点。

[0101] ②HWCVD 工艺

[0102] 使用多腔室 HWCVD 分别掠角沉积本征非晶硅, n 型非晶硅, p+ 非晶硅, 沉积过程中衬底旋转, 沉积温度大约为 200℃~300℃。

[0103] ③磁控溅射工艺

[0104] 利用磁控溅射掠角沉积 TCO, 沉积过程中衬底旋转, 沉积温度 200℃~300℃, TCO 薄膜厚度大约 80nm。

[0105] ④丝印工艺

[0106] 用丝网印刷机丝印低温 Ag 浆, 形成 Ag 电极, 避免高温烧结步骤。

[0107] 从上述实施例可以看出, 本发明是关于一种石墨烯径向异质结太阳能电池及制备方法。本发明的制备工艺将径向结太阳能电池的生产工艺和异质结太阳能电池的生产工艺

相结合,该种结构的电池包括 p 或者 n 型单晶硅纳米柱,钝化膜, n 型或者 p 型重掺非晶硅膜,石墨烯薄层,TCO 膜,电池顶端的金属栅极作为电极以及背场,通过这种方法制备的电池可以综合径向结电池和异质结电池的优点,利用异质结电池的高效率和低温工艺,可以间接降低生产成本,同时径向结可以有效提高光的吸收利用,提高光生载流子的收集效率,从而有效地提高电池的效率,且利用石墨烯的导电性提高电极对电流的收集作用,提高短路电流,同时利用异质结的低温工艺,制备工艺简单,温度稳定性好,适合于大规模推广应用。

[0108] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

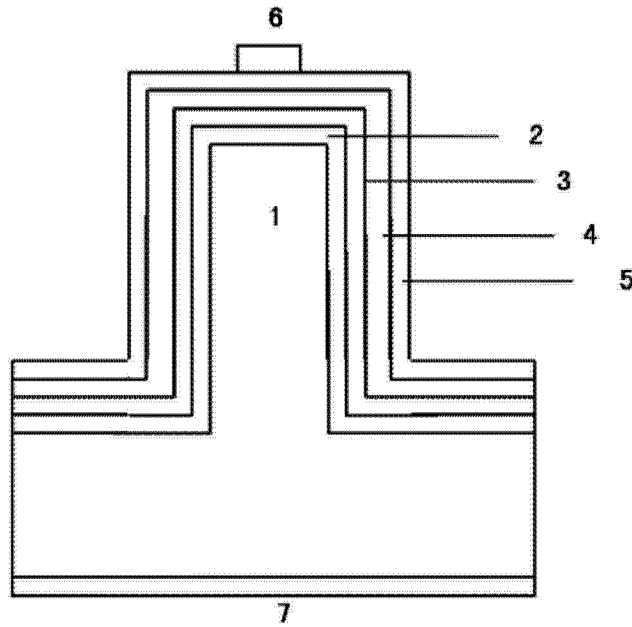


图 1

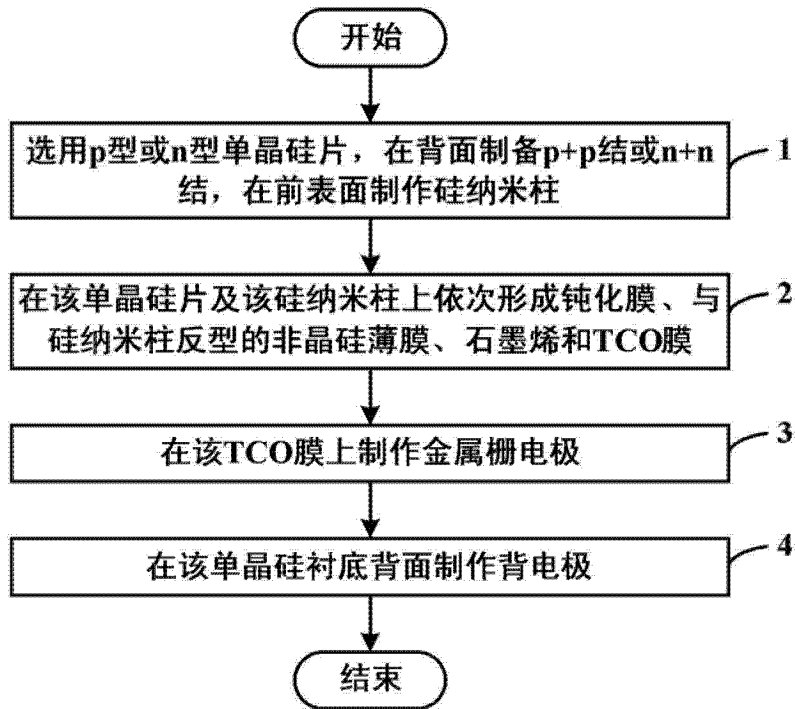


图 2

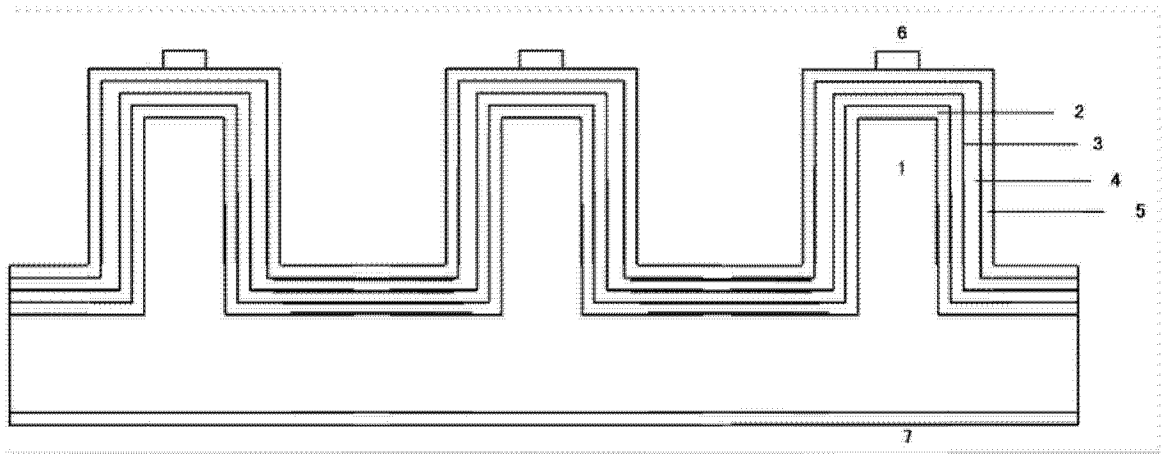


图 3

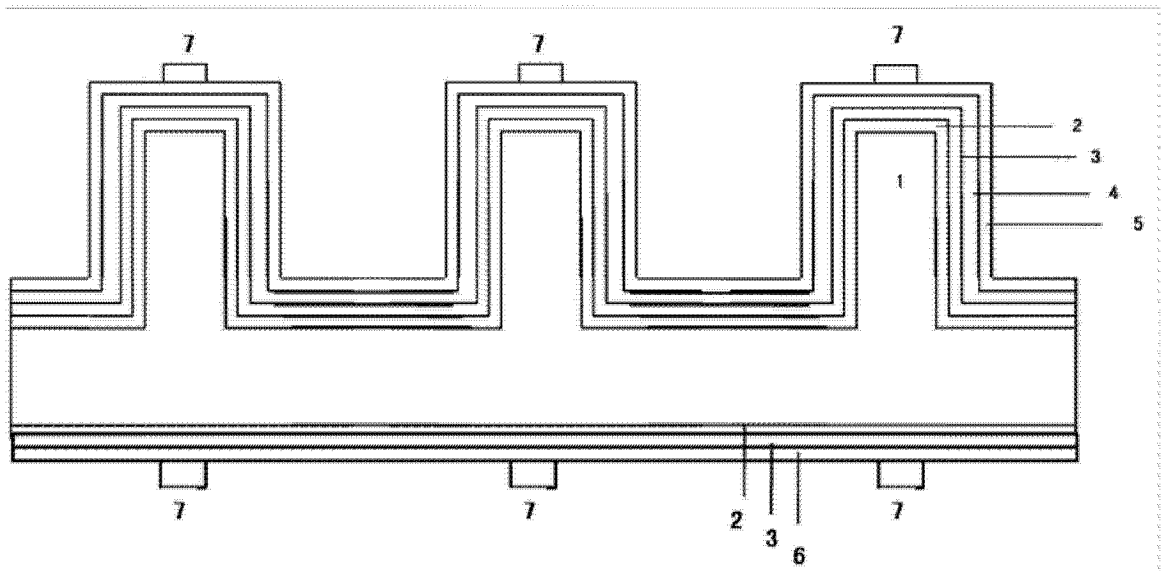


图 4