



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103811581 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 18

(21) 申请号 201210445259. 8

CN 101447531 A, 2009. 06. 03,

(22) 申请日 2012. 11. 08

审查员 卢青

(73) 专利权人 上海神舟新能源发展有限公司

地址 201112 上海市闵行区三鲁公路 719 弄
58 号 315 室 K 座

(72) 发明人 胡剑豪 张忠卫 周利荣 马贤芳
尹振忠

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限
公司 31225

代理人 林君如

(51) Int. Cl.

H01L 31/18(2006. 01)

B41M 5/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102709394 A, 2012. 10. 03,

US 2012/0129332 A1, 2012. 05. 24,

CN 102555521 A, 2012. 07. 11,

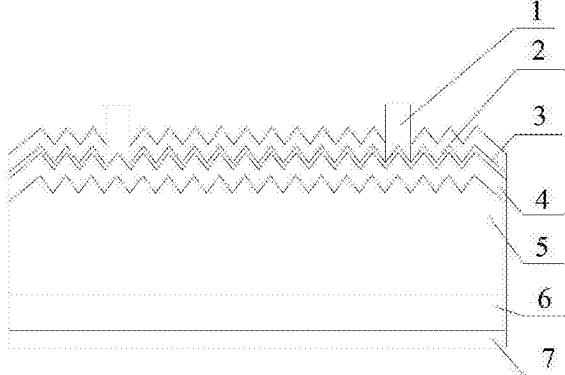
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电
池的方法，对 P 型单晶硅片的表面进行清洗制绒；
对制绒后的 P 型单晶硅片的一面进行磷元素掺杂
形成 PN 结；在 N 型表面继续沉积一层钝化和减反
膜；采用喷墨印刷实现表面金属化；经过烧结处
理制作得到晶体硅太阳电池。与现有技术相比，本
发明具有印刷分辨率高、栅线高宽比高、非接触式
印刷、分层金属化、工艺灵活、均匀性和重复性好
等优点。



1. 一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

- (1) 对 P 型单晶硅片的表面进行清洗制绒;
- (2) 对制绒后的 P 型单晶硅片的一面进行磷元素掺杂形成 PN 结;
- (3) 在 N 型表面继续沉积一层钝化和减反膜;
- (4) 采用喷墨印刷实现表面金属化;
- (5) 经过烧结处理制作得到晶体硅太阳电池;

步骤(4)所述的喷墨印刷利用压电陶瓷的压电效应,使银墨透过喷嘴喷射到硅片表面,墨滴的直径在 20 ~ 40nm,具体包括以下步骤:先喷印副栅线种子层 10 ~ 50 层,再喷印副栅线导电层 40 ~ 60 层;接着喷印主栅线种子层 1 ~ 10 层,最后喷印主栅线导电层 1 ~ 10 层;

所述的副栅线种子层及主栅线种子层的银墨与硅片形成良好的欧姆接触,配方为以下组分及重量份含量:银 20 ~ 55,乙二醇醚混合物 50 ~ 60,玻璃粉及有机混合物 10 ~ 20,所述的副栅线导电层及主栅线导电层的银墨导电能力强,配方为以下组分及重量份含量:银 50 ~ 70,乙二醇醚混合物 40 ~ 50,玻璃粉及有机混合物 10 ~ 20。

2. 根据权利要求 1 所述的一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法,其特征在于,步骤(1)中所述的清洗制绒制作得到的绒面为尺寸在 0.1 ~ 100 微米的金字塔、倒金字塔或凹坑状结构所形成的表面。

3. 根据权利要求 1 所述的一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法,其特征在于,所述的有机混合物为起分散和粘合的作用的乙基纤维素松油醇体系或硝化纤维素乙酸乙脂体系。

4. 根据权利要求 1 所述的一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法,其特征在于,喷墨印刷过程中,喷头是固定的,硅片在载物平台上移动,可以实现连续化生产;载物平台有温控装置,保持 200 ~ 300℃,使墨滴能够烘干并快速塑形。

5. 根据权利要求 1 所述的一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法,其特征在于,经过喷墨印刷得到的栅电极的栅线宽度在 35 微米以下,高度在 30 微米以上。

6. 根据权利要求 1 所述的一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法,其特征在于,步骤(5)所述的烧结处理的温度为 850 ~ 1000℃。

一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种制作晶体硅太阳电池的方法,尤其是涉及一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法。

背景技术

[0002] 太阳电池是一种将光能转换为电能的装置,目前占晶硅材料的太阳电池占据市场90%以上的份额。晶硅电池主要分为单晶硅电池和多晶硅电池,由于单晶硅的纯度和晶体质量要高于多晶硅,所以单晶硅电池的光电转换效率一般要高于多晶硅太阳电池。目前,常规的商业晶体硅太阳电池工艺技术路线如下:首先进行来料分选,然后将晶体硅表面的损伤层清洗干净,并进行制绒以形成一定绒面来减少晶体硅表面反射率;再进行高温扩散制得PN结;采用PECVD方法在电池的扩散面沉积70~80nm厚的氮化硅薄膜,起到减反和钝化的作用;最后经过金属化制备电极和电场,经烧结后制得晶体硅太阳电池片。采用这种方法生产的单晶硅电池片效率一般在18%~18.5%左右(2012年)。

[0003] 在日趋激烈的市场竞争中,晶体硅电池正在迈向高效率低成本的发展方向,金属化工艺是其除硅片外成本最高的环节其中,并且先进电极金属化工艺可以有效提高光电转换效率。制作太阳电池金属化通常有以下要求:接触电阻小、收集效率高;遮蔽面积小;能与硅形成牢固的接触,即结合力好;电极金属稳定性好;易于加工生产;成本低;易于引线,可焊性强;体电阻小;污染小。

[0004] 在商业化规模生产的晶体硅太阳电池的制备工艺中,最主要的金属化工艺方法是丝网印刷。目前量产型丝网印刷方法可以印刷出线宽度80~100μm的栅线,厚度15~20μm,但是丝网印刷技术因存在以下几种情况的局限性,其持续优化已达到技术瓶颈的状态。第一,丝网印刷的栅线高宽比受限,难以实现更细更高的栅线。第二,丝网印刷需要与硅片直接接触,碎片率较高,这会影响应用低成本的薄片技术(<160μm以下)。第三,丝网印刷的网版寿命在10000次左右,每次刮刀都会造成丝网松弛和凹陷,这显然限制了印刷精度。第四,丝网印刷过程中需要通过按下丝网刮刀来实现对金属浆料的挤压,所以不可能保证通过丝网的浆料是均匀的,导致硅片不同区域浆料量是不同的,进而影响电池转换效率。第五,丝网印刷难以实现低成本的分层金属化,同时实现低接触电阻和高导电率的要求。

[0005] 理想的电极应该具有较低的串联电阻和较小的表面覆盖率(遮光面积)。丝网印刷电极的宽度有极限,目前低于80微米会出现严重的断栅现象。高效电池的研究常采用光刻和热蒸发方法制备细栅电极,但是工艺步骤复杂,成本很高,无法实现产业化。现在光伏产业界推出了利用激光烧蚀或丝网印刷腐蚀浆料来刻蚀掉SiN薄膜,然后进行化学镀和电镀制备细栅电极。虽然这种技术有较大进步,但仍存在一系列问题,如激光烧蚀带来损失层、化学刻蚀SiN薄膜不完全、化学镀工艺复杂等。

发明内容

[0006] 本发明的一个目的是提供一种先进的晶体硅太阳电池金属化方法,其不仅能改善太阳电池电极的高宽比,而且还能降低遮光面积,从而提高单晶硅太阳电池的转换效率。

[0007] 本发明的另一个目的是提供一种先进的晶体硅太阳电池金属化方法,可以实现非接触式金属化,有效降低碎片率,尤其适合与匹配今后薄片技术的应用与发展,从而有效降低制造成本。

[0008] 本发明的又一个目的是提供一种先进的晶体硅太阳电池金属化方法,可以使用新型银墨材料,不使用昂贵的银浆,也不使用网版这种耗材,是降低制造成本的有效方法。

[0009] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0010] 一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法,包括以下步骤:

[0011] (1) 对 P 型单晶硅片的表面进行清洗制绒;

[0012] (2) 对制绒后的 P 型单晶硅片的一面进行磷元素掺杂形成 PN 结;

[0013] (3) 在 N 型表面继续沉积一层钝化和减反膜;

[0014] (4) 采用喷墨印刷实现表面金属化;

[0015] (5) 经过烧结处理制作得到晶体硅太阳电池。

[0016] 步骤(1)中所述的清洗制绒制作得到的绒面为尺寸在 0.1 ~ 100 微米的金字塔、倒金字塔或凹坑状结构所形成的表面。

[0017] 步骤(4)所述的喷墨印刷利用压电陶瓷的压电效应,使银墨透过喷嘴喷射到硅片表面,墨滴的直径在 20 ~ 40nm,具体包括以下步骤:先喷印副栅线种子层 10 ~ 50 层,再喷印副栅线导电层 40 ~ 60 层;接着喷印主栅线种子层 1 ~ 10 层,最后喷印主栅线导电层 1 ~ 10 层。

[0018] 所述的副栅线种子层及主栅线种子层的银墨与硅片形成良好的欧姆接触,配方为以下组分及重量份含量:银 20 ~ 55,乙二醇醚混合物 50 ~ 60,玻璃粉及有机混合物 10 ~ 20。

[0019] 所述的副栅线导电层及主栅线导电层的银墨导电能力强,配方为以下组分及重量份含量:银 50 ~ 70,乙二醇醚混合物 40 ~ 50,玻璃粉及有机混合物 10 ~ 20。

[0020] 所述的有机混合物为起分散和粘合的作用的乙基纤维素松油醇体系或硝化纤维素乙酸乙脂体系。

[0021] 在整个喷印过程中,喷头是固定的,硅片在载物平台上移动,可以实现连续化生产;载物平台有温控装置,保持 200 ~ 300℃,使墨滴能够烘干并快速塑形。

[0022] 经过喷墨印刷得到的栅电极的栅线宽度在 35 微米以下,高度在 30 微米以上。

[0023] 步骤(5)所述的烧结处理的温度为 850 ~ 1000℃。

[0024] 喷墨印刷是一种晶体硅太阳电池金属的方法,喷墨印刷的基本原理是将过滤后的墨水利用压电陶瓷的压电效应,使小墨水滴透过喷嘴喷射到器件表面。由喷墨印刷技术的原理可见,此种正面金属化方法是一种对硅片无压力、非接触的印刷方式,可以得到很细的栅线,并且碎片率较低,可以印刷较薄的硅片。利用不接触介质的喷墨,太阳电池成品将更薄、效率将更高。针对硅太阳电池的各种喷印技术应用中,电极金属化喷印是指采用喷印设备在硅片的前表面直接喷印出细栅电极图案,可实现栅指宽度 35 μm 以下,高度 30 μm 以上,从而电池的有效面积增大,短路电流获得提高。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0026] (1) 印刷分辨率高 :由于银墨尺寸为纳米级,故配合喷头可实现更高的印刷分辨率。

[0027] (2) 栅线高宽比高 :细栅电极图案,可实现栅指宽度 $35 \mu\text{m}$ 以下,高度 $30 \mu\text{m}$ 以上,在不影响电流收集的情况下,高宽比达到 0.85 以上。

[0028] (3) 非接触式印刷 :对硅片无压力、非接触的印刷方式,可以得到很细的栅线,不会出现断栅现象,并且喷印过程不会造成碎片,可以印刷较薄的硅片。

[0029] (4) 分层金属化 ;通过喷印不同种类特性的银墨,可以方便地实现低接触电阻和高导电率的要求。

[0030] (5) 工艺灵活 :可根据计算机设计喷印图形,更改灵活,无需制作网版。

[0031] (6) 均匀性和重复性好 :喷印量为计算机精确控制,片间均匀性好 ;由于不存在网版使用寿命的问题,故批次间印刷重复性好。这在大规模生产应用中保证了晶体硅太阳电池的产品质量。

附图说明

[0032] 图 1 为本发明制作得到的晶体硅太阳电池的结构示意图。

[0033] 图中,1 为银正电极、2 为 SiN_x 薄膜、3 为 SiO_2 薄膜、4 为 n 型硅层、5 为 p 型硅层、6 为 p^+ 型硅层、7 为 Al 电场层。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0035] 实施例 1

[0036] 一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法,包括以下步骤 :

[0037] (1) 对 P 型单晶硅片的表面进行清洗制绒,制作得到的绒面为尺寸在 $0.1 \sim 100$ 微米的金字塔、倒金字塔或凹坑状结构所形成的表面;

[0038] (2) 对制绒后的 P 型单晶硅片的一面进行磷元素掺杂形成 PN 结;

[0039] (3) 在 N 型表面继续沉积一层钝化和减反膜;

[0040] (4) 采用喷墨印刷实现表面金属化,喷墨印刷利用压电陶瓷的压电效应,使小墨水滴透过喷嘴喷射到硅片表面,墨滴的直径在 30nm ,具体包括以下步骤 :先喷印副栅线种子层 20 层,再喷印副栅线导电层 50 层;接着喷印主栅线种子层 8 层,最后喷印主栅线导电层 8 层。

[0041] 其中,副栅线种子层及主栅线种子层的银墨与硅片形成良好的欧姆接触,配方为以下组分及重量份含量 :银 20,乙二醇醚混合物 50,玻璃粉及乙基纤维素松油醇体系 10;副栅线导电层及主栅线导电层的银墨导电能力强,配方为以下组分及重量份含量 :银 50,乙二醇醚混合物 40,玻璃粉及硝化纤维素乙酸乙酯体系 10。

[0042] 在整个喷印过程中,喷头是固定的,硅片在载物平台上移动,可以实现连续化生产;载物平台有温控装置,保持 300 度,使墨滴能够烘干并快速塑形。经过喷墨印刷得到的栅电极的栅线宽度在 35 微米以下,高度在 30 微米以上;

[0043] (5) 经过 850°C 烧结处理制作得到晶体硅太阳电池,其结构如图 1 所述,包括自下而上依次设置的 Al 电场层 7、 p^+ 型硅层 6、p 型硅层 5、n 型硅层 4、 SiO_2 薄膜 3 及 SiN_x 薄膜

2, 在 SiO_2 薄膜 3 及 SiN_x 薄膜 2 上设有喷墨印刷得到的银正电极 1。

[0044] 喷墨印刷是一种晶体硅太阳电池金属的方法, 喷墨印刷的基本原理是将过滤后的墨水利用压电陶瓷的压电效应, 使小墨水滴透过喷嘴喷射到器件表面。由喷墨印刷技术的原理可见, 此种正面金属化方法是一种对硅片无压力、非接触的印刷方式, 可以得到很细的栅线, 并且碎片率较低, 可以印刷较薄的硅片。利用不接触介质的喷墨, 太阳电池成品将更薄、效率将更高。针对硅太阳电池的各种喷印技术应用中, 电极金属化喷印是指采用喷印设备在硅片的前表面直接喷印出细栅电极图案, 可实现栅指宽度 $35 \mu\text{m}$ 以下, 高度 $30 \mu\text{m}$ 以上, 从而电池的有效面积增大, 短路电流获得提高。

[0045] 试验采用 (100) 晶面 P 型 5' CZ 单晶硅片, 电阻率为 $1\text{--}3 \Omega \cdot \text{cm}$, 厚度为 $180\text{--}200 \mu\text{m}$ 。单晶硅太阳电池的制备流程如下: 碱制绒 — 扩散 — 刻边和去 PSG — PECVD 镀膜 — 丝网印刷背电极和背场 — 喷印正面电极 — 烧结。与常规工艺相比, 用喷印技术代替丝网印刷三号机来制备正面电极。喷墨印刷可实现细高栅线, 宽度仅为 $35 \mu\text{m}$, 高度可达 $54 \mu\text{m}$, 从结构上来说, 既减少了栅线遮挡面积又保证了电极的导电性。

[0046] 电池 IV 性能测试 (下表) 表明, 相对于丝网印刷产业平均 18.3% 的效率而言, 采用喷印技术, 由于栅线宽度从传统丝印的 $80\mu\text{m}$ 减至 $35\mu\text{m}$, 遮光面积大幅降低, 电池片效率提高明显, 短路电流达到 5.86A , 同时金属栅线的细化, 减小了金属 / 硅接触区域, 使表面复合降低, 从而提高开路电压至 638mV , 最高效率达到 19.02%。

[0047]

开路电压 (mV)	短路电流密度 (A)	串联电阻 (Ω)	并联电阻 (Ω)	填充因子 (%)	电池效率 (%)
638.08	5.86	0.0050	116.48	78.73	19.02

[0048] 实施例 2

[0049] 一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法, 包括以下步骤:

[0050] (1) 对 P 型单晶硅片的表面进行清洗制绒, 制作得到的绒面为尺寸在 $0.1\text{--}100$ 微米的金字塔、倒金字塔或凹坑状结构所形成的表面;

[0051] (2) 对制绒后的 P 型单晶硅片的一面进行磷元素掺杂形成 PN 结;

[0052] (3) 在 N 型表面继续沉积一层钝化和减反膜;

[0053] (4) 采用喷墨印刷实现表面金属化, 利用压电陶瓷的压电效应, 使银墨透过喷嘴喷射到硅片表面, 墨滴的直径在 20nm , 具体包括以下步骤: 先喷印副栅线种子层 10 层, 再喷印副栅线导电层 40 层; 接着喷印主栅线种子层 1 层, 最后喷印主栅线导电层 1 层。副栅线种子层及主栅线种子层的银墨与硅片形成良好的欧姆接触, 配方为以下组分及重量份含量: 银 30, 乙二醇醚混合物 55, 玻璃粉及起分散和粘合的作用的乙基纤维素松油醇体系 15; 副栅线导电层及主栅线导电层的银墨导电能力强, 配方为以下组分及重量份含量; 银 55, 乙二醇醚混合物 45, 玻璃粉及起分散和粘合的作用的乙基纤维素松油醇体系 15。在整个喷印过程中, 喷头是固定的, 硅片在载物平台上移动, 可以实现连续化生产; 载物平台有温控装置, 保持 200°C , 使墨滴能够烘干并快速塑形, 经过喷墨印刷得到的栅电极的栅线宽度在 35 微米以下, 高度在 30 微米以上。

[0054] (5) 经过 900°C 烧结处理制作得到晶体硅太阳电池。

[0055] 实施例 3

- [0056] 一种喷墨印刷制作晶体硅太阳电池的方法,包括以下步骤:
- [0057] (1) 对P型单晶硅片的表面进行清洗制绒,制作得到的绒面为尺寸在0.1~100微米的金字塔、倒金字塔或凹坑状结构所形成的表面;
- [0058] (2) 对制绒后的P型单晶硅片的一面进行磷元素掺杂形成PN结;
- [0059] (3) 在N型表面继续沉积一层钝化和减反膜;
- [0060] (4) 采用喷墨印刷实现表面金属化,利用压电陶瓷的压电效应,使银墨透过喷嘴喷射到硅片表面,墨滴的直径在40nm,具体包括以下步骤:先喷印副栅线种子层50层,再喷印副栅线导电层60层;接着喷印主栅线种子层10层,最后喷印主栅线导电层10层。副栅线种子层及主栅线种子层的银墨与硅片形成良好的欧姆接触,配方为以下组分及重量份含量:银55,乙二醇醚混合物60,玻璃粉及起分散和粘合的作用的硝化纤维素乙酸乙脂体系20;副栅线导电层及主栅线导电层的银墨导电能力强,配方为以下组分及重量份含量:银70,乙二醇醚混合物50,玻璃粉及起分散和粘合的作用的硝化纤维素乙酸乙脂体系20。在整个喷印过程中,喷头是固定的,硅片在载物平台上移动,可以实现连续化生产;载物平台有温控装置,保持300℃,使墨滴能够烘干并快速塑形,经过喷墨印刷得到的栅电极的栅线宽度在35微米以下,高度在30微米以上。
- [0061] (5) 经过1000℃烧结处理制作得到晶体硅太阳电池。
- [0062] 喷墨印刷是一种晶体硅太阳电池金属化的方法,喷墨印刷的基本原理是将过滤后的墨水利用压电陶瓷的压电效应,使小墨水滴透过喷嘴喷射到器件表面。由喷墨印刷技术的原理可见,此种正面金属化方法是一种对硅片无压力、非接触的印刷方式,可以得到很细的栅线,并且碎片率较低,可以印刷较薄的硅片。利用不接触介质的喷墨,太阳电池成品将更薄、效率将更高。针对硅太阳电池的各种喷印技术应用中,电极金属化喷印是指采用喷印设备在硅片的前表面直接喷印出细栅电极图案,可实现栅指宽度35μm以下,高度30μm以上,从而电池的有效面积增大,短路电流获得提高。

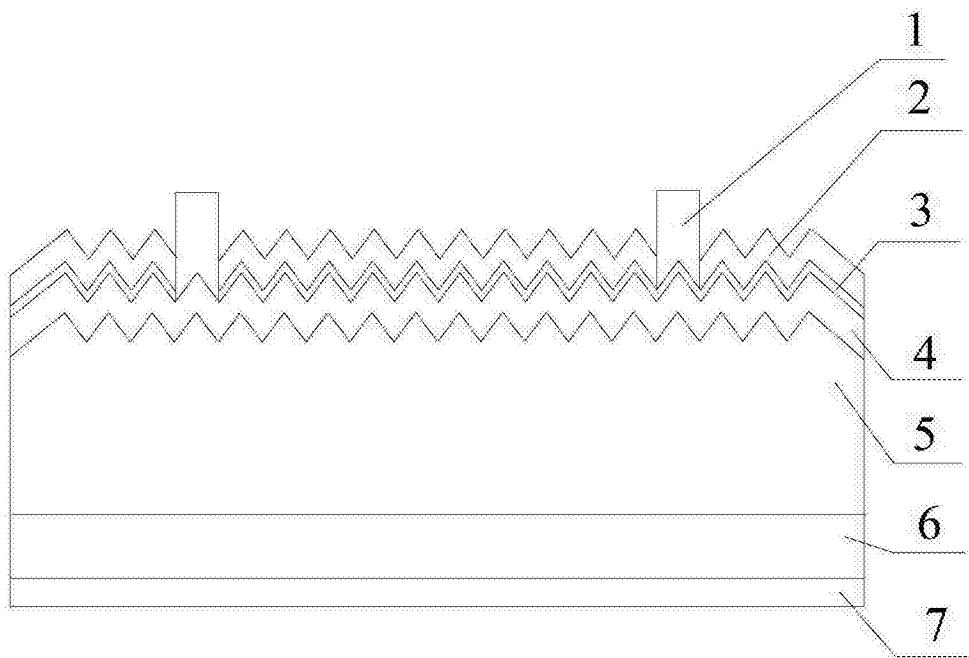


图 1