



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106611799 B

(45)授权公告日 2018.02.02

(21)申请号 201710020815.X

H01L 31/0216(2014.01)

(22)申请日 2017.01.12

H01L 31/0224(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H01L 31/0236(2006.01)

申请公布号 CN 106611799 A

H01L 31/0368(2006.01)

(43)申请公布日 2017.05.03

H01L 31/0376(2006.01)

(73)专利权人 合肥海润光伏科技有限公司

H01L 31/068(2012.01)

地址 230000 安徽省合肥市新站综合开发

H01L 31/20(2006.01)

实验区大禹路1288号

B82Y 30/00(2011.01)

(72)发明人 黄石明 孙海平 陈文浩 刘仁中

王海超 张斌

(56)对比文件

CN 203503678 U,2014.03.26,全文.

CN 104795127 A,2015.07.22,全文.

CN 102447064 A,2012.05.09,全文.

US 2015/0068591 A1,2015.03.12,全文.

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司

11332

代理人 张海英 林波

审查员 张权林

(51)Int.Cl.

H01L 31/02(2006.01)

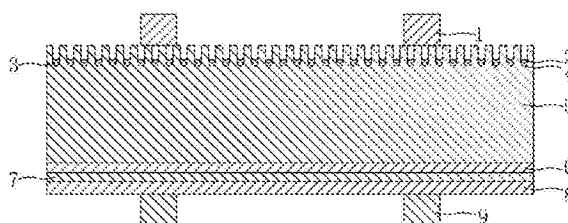
权利要求书1页 说明书10页 附图2页

(54)发明名称

一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,包括P型硅基体,P型硅基体的正面设有磷扩散层、绒面织构、减反钝化膜、正面银电极,背面设置有纳米氧化硅层、非晶或多晶P⁺层、透明导电薄膜层、背面银电极;其能够有效改进光线吸收和电流收集,减少光学和电学损失。本发明还公开了一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的制备方法,其通过增加纳米氧化硅层、非晶或多晶P⁺层、透明导电薄膜层,采用喷墨打印技术形成全黑的太阳能电池,从而有效改进光线吸收和电流收集,减少光学和电学损失。



1. 一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,包括P型硅基体,其特征在于,所述P型硅基体的正面设置有磷扩散层,所述磷扩散层的正面设置有绒面织构,所述绒面织构的正面设置有减反钝化膜,所述减反钝化膜的正面设置有正面银电极;

所述P型硅基体的背面设置有纳米氧化硅层,所述纳米氧化硅层的背面设置有非晶或多晶P⁺层,所述非晶或多晶P⁺层的背面设置有透明导电薄膜层,所述透明导电薄膜层的背面设置有背面银电极。

2. 根据权利要求1所述的喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,其特征在于,所述P型硅基体为p型硅片,其电阻率为 $0.5-6 \Omega \cdot \text{cm}$;

所述减反钝化膜为SiN_x钝化膜或SiO₂/SiN_x叠层钝化膜。

3. 根据权利要求1所述的喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,其特征在于,所述纳米氧化硅层的厚度为0.3-5nm;

所述非晶或多晶P⁺层的厚度为10-1000nm,掺杂浓度为 $10^{17} \sim 10^{22} \text{cm}^{-3}$;

所述透明导电薄膜层的厚度为10-500nm。

4. 一种如权利要求1-3任一项所述的喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 去除P型硅基体表面的损伤层并制绒;

2) 在步骤1)中得到的产品的表面进行刻蚀,形成全黑凹凸表面结构,并进行绒面修饰,形成绒面织构;

3) 在步骤2)中得到的产品的表面进行磷扩散制结,形成磷扩散层;

4) 在步骤3)中得到的产品的边缘进行刻蚀,背面进行去结和去PSG;

5) 在步骤4)中得到的产品的正面进行减反钝化膜沉积,形成减反钝化膜;

6) 在步骤5)中得到的产品的背面进行纳米氧化硅生长,形成纳米氧化硅层;

7) 在步骤6)中得到的产品的背面进行掺杂硼非晶或多晶硅沉积,形成非晶或多晶P⁺层;

8) 在步骤7)中得到的产品的背面进行透明导电薄膜沉积,形成透明导电薄膜层;

9) 在步骤8)中得到的产品的正面采用喷墨打印方式,形成正面银电极;

10) 在步骤9)中得到的产品的背面采用喷墨打印方式,形成背面银电极。

5. 根据权利要求4所述的制备方法,其特征在于,步骤1)中,所述制绒具体为:采用槽式热碱方式。

6. 根据权利要求4所述的制备方法,其特征在于,步骤2)中,所述刻蚀具体为:采用SF₆气体的反应离子刻蚀、激光刻蚀或金属离子催化反应方式;

所述绒面修饰具体为:采用碱溶液清洗方式。

7. 根据权利要求4所述的制备方法,其特征在于,步骤4)中,所述刻蚀、去结和去PSG具体为:采用在线式水上漂清洗方式。

8. 根据权利要求4所述的制备方法,其特征在于,步骤6)中,所述纳米氧化硅生长具体为:采用湿法氧化、臭氧氧化、热氧化、原子层沉积生长或低压化学气相沉积方式。

9. 根据权利要求4所述的制备方法,其特征在于,步骤7)中,所述掺杂硼非晶或多晶硅沉积具体为:采用低压化学气相沉积方式。

10. 根据权利要求4所述的制备方法,其特征在于,步骤8)中,所述透明导电薄膜沉积具体为:采用磁控溅射方式。

一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及晶体硅太阳能电池制造技术领域,尤其涉及一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着太阳能电池技术的提高,其工业化生产逐渐朝着高效、低成本方向发展。然而,制约太阳能电池效率的两个主要因素分别为光学损失和电学损失。

[0003] 现有技术中,高效背钝化太阳能电池是背钝化与金属化区域局域重掺杂技术相结合的代表,其优势在于:

[0004] 1) 具有优异的反反射器:由于电池背面介质膜的存在,使得内部背反射从常规的全铝背场65%增加到92-95%,其一方面增加长波光的吸收,另一方面对未来薄片电池的发展提供了技术上的保证;

[0005] 2) 介质薄膜优越的背面钝化技术:由于背面介质膜良好的钝化作用,介质薄膜区域的背面复合速率降低至10-50cm/s。

[0006] 上述高效背钝化太阳能电池结构,虽早在上世纪九十年代已由澳大利亚新南威尔士大学提出,并获得了世界纪录25%的晶硅太阳能电池。但由于其采用背面点接触的设计,使得电池串联电阻增加,电学损失加大,不利于光线吸收和电流收集。

发明内容

[0007] 本发明的目的之一在于提出一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,能够有效改进光线吸收和电流收集,减少光学和电学损失。

[0008] 本发明的目的之二在于提出一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的制备方法,其采用喷墨打印技术形成全黑的太阳能电池,从而有效改进光线吸收和电流收集,减少光学和电学损失。

[0009] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0010] 一方面,本发明提供一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,包括P型硅基体,所述P型硅基体的正面设置有磷扩散层,所述磷扩散层的正面设置有绒面织构,所述绒面织构的正面设置有减反钝化膜,所述减反钝化膜的正面设置有正面银电极;所述P型硅基体的背面设置有纳米氧化硅层,所述纳米氧化硅层的背面设置有非晶或多晶P⁺层,所述非晶或多晶P⁺层的背面设置有透明导电薄膜层,所述透明导电薄膜层的背面设置有背面银电极。

[0011] 该喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,通过在P型硅基体的背面设置纳米氧化硅层、非晶或多晶P⁺层以及透明导电薄膜层,其中,纳米氧化硅层可以提供电池背面的高质量钝化,而非晶或多晶P⁺层可以用于形成隧穿结构,再配合透明导电薄膜层,可以显著提高电池背钝化质量和电流导出性能,降低背面复合损失和电流导出损失;进一步地,配合以P型硅基体的正面的绒面织构,增加电池的光线吸收和电流收集,减少光学和电学损失,提高晶体硅太阳能电池的转换效率。

[0012] 优选地,所述P型硅基体为p型硅片,其电阻率为 $0.5\sim 6\ \Omega\cdot\text{cm}$;例如为 $0.5\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $0.8\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $1.0\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $1.3\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $1.5\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $1.9\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $2.0\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $2.2\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $2.6\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $2.8\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $3.0\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $3.5\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $3.7\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $4.0\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $4.1\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $4.4\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $4.9\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $5.0\ \Omega\cdot\text{cm}$ 、 $5.6\ \Omega\cdot\text{cm}$ 或 $6.0\ \Omega\cdot\text{cm}$ 等。

[0013] 优选地,所述减反钝化膜为 SiN_x 钝化膜或 $\text{SiO}_2/\text{SiN}_x$ 叠层钝化膜。

[0014] 优选地,所述纳米氧化硅层的厚度为 $0.3\sim 5\text{nm}$;例如为 0.3nm 、 0.35nm 、 0.5nm 、 0.8nm 、 1.0nm 、 1.1nm 、 1.3nm 、 1.6nm 、 1.9nm 、 2.0nm 、 2.2nm 、 2.4nm 、 2.7nm 、 3.0nm 、 3.3nm 、 3.5nm 、 3.9nm 、 4.0nm 、 4.6nm 、 4.7nm 或 5.0nm 等。

[0015] 优选地,所述非晶或多晶p+层的厚度为 $10\sim 1000\text{nm}$,掺杂浓度为 $10^{17}\sim 10^{22}\text{cm}^{-3}$;例如厚度为 10nm 、 13nm 、 17nm 、 20nm 、 25nm 、 30nm 、 36nm 、 40nm 、 47nm 、 50nm 、 51nm 、 58nm 、 60nm 、 76nm 、 82nm 、 94nm 、 100nm 、 113nm 、 119nm 、 125nm 、 134nm 、 150nm 、 176nm 、 181nm 、 190nm 、 200nm 、 222nm 、 235nm 、 245nm 、 260nm 、 279nm 、 298nm 、 315nm 、 340nm 、 400nm 、 416nm 、 482nm 、 500nm 、 538nm 、 597nm 、 600nm 、 636nm 、 684nm 、 700nm 、 756nm 、 800nm 、 837nm 、 900nm 、 901nm 、 957nm 、 968nm 、 978nm 或 1000nm 等,例如掺杂浓度为 10^{17}cm^{-3} 、 10^{18}cm^{-3} 、 10^{19}cm^{-3} 、 10^{20}cm^{-3} 、 10^{21}cm^{-3} 或 10^{22}cm^{-3} 等。

[0016] 优选地,所述透明导电薄膜层的厚度为 $10\sim 500\text{nm}$;例如为 10nm 、 13nm 、 15nm 、 19nm 、 25nm 、 30nm 、 34nm 、 36nm 、 40nm 、 49nm 、 65nm 、 71nm 、 75nm 、 83nm 、 90nm 、 100nm 、 103nm 、 106nm 、 109nm 、 110nm 、 126nm 、 137nm 、 142nm 、 168nm 、 179nm 、 198nm 、 200nm 、 215nm 、 236nm 、 249nm 、 268nm 、 300nm 、 306nm 、 325nm 、 378nm 、 395nm 、 400nm 、 411nm 、 456nm 、 468nm 、 479nm 、 480nm 、 485nm 、 498nm 或 500nm 等。

[0017] 另一方面,本发明还提供一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的制备方法,包括以下步骤:

[0018] 1) 去除P型硅基体表面的损伤层并制绒;

[0019] 2) 在步骤1)中得到的产品的表面进行刻蚀,形成全黑凹凸表面结构,并进行绒面修饰,形成绒面结构;

[0020] 3) 在步骤2)中得到的产品的表面进行磷扩散制结,形成磷扩散层;

[0021] 4) 在步骤3)中得到的产品的边缘进行刻蚀,背面进行去结和去PSG;

[0022] 5) 在步骤4)中得到的产品的正面进行减反钝化膜沉积,形成减反钝化膜;

[0023] 6) 在步骤5)中得到的产品的背面进行纳米氧化硅生长,形成纳米氧化硅层;

[0024] 7) 在步骤6)中得到的产品的背面进行掺杂硼非晶或多晶硅沉积,形成非晶或多晶P⁺层;

[0025] 8) 在步骤7)中得到的产品的背面进行透明导电薄膜沉积,形成透明导电薄膜层;

[0026] 9) 在步骤8)中得到的产品的正面采用喷墨打印方式,形成正面银电极;

[0027] 10) 在步骤9)中得到的产品的背面采用喷墨打印方式,形成背面银电极。

[0028] 优选地,步骤1)中,所述制绒具体为:采用槽式热碱方式,也即为碱制绒。

[0029] 优选地,步骤2)中,所述刻蚀具体为:采用 SF_6 气体反应离子刻蚀、激光刻蚀或金属离子催化反应方式。

[0030] 其中,反应离子腐蚀(Reactive Ion Etching,简称RIE)中,反应气体(如 CF_4)在RF或直流电场中被激发分解,产生活性粒子(如游离的F原子),活性粒子与被腐蚀材料反应,

生成挥发性物质,再用抽气泵将挥发性物质排除反应腔室。RIE常用的反应气体有 SF_6 、 CHF_3 、 CCl_4 等。

[0031] SF_6 为六氟化硫,该气体已有百年历史,它是法国两位化学家Moissan和Lebeau于1900年合成的人造惰性气体。 SF_6 对硅的腐蚀主要是由 SF_6 分解产生的游离F基引起的。腐蚀硅产生的挥发性物质挥发将硅带走,其中其主要作用的是 SiF_4 。氟的等离子体硅腐蚀反应自发进行,不需要离子轰击。因此自由氟基产生高的腐蚀速率,但由于是自发腐蚀,腐蚀外形近似各向同性。

[0032] 优选地,步骤2)中,所述绒面修饰具体为:采用碱溶液清洗方式。

[0033] 优选地,步骤4)中,所述刻蚀、去结和去PSG(磷硅玻璃)具体为:采用在线式水上漂清洗方式。

[0034] 其中,在线式水上漂清洗方式为:通过滚轮传动硅片使得硅片在腐蚀性溶液的表面漂浮,使硅片只有背面和边缘能够与溶液接触并反应以实现刻蚀。

[0035] 优选地,步骤6)中,所述纳米氧化硅生长具体为:采用湿法氧化、臭氧氧化、热氧化、原子层沉积生长或低压化学气相沉积方式。

[0036] 其中,纳米氧化硅生长是指在硅片表面生长厚度为纳米级(0~100nm)的氧化硅膜层;

[0037] 优选地,步骤7)中,所述掺杂硼非晶或多晶硅沉积具体为:采用低压化学气相沉积方式。

[0038] 其中,非晶或多晶 P^+ 层的意思是,该层的晶体形式可以为非晶,也可以为多晶,掺杂非晶硅和多晶硅层都能与硅片基底形成优良 PP^+ 高低结背场,只是非晶硅层沉积后,后续步骤不能有高于300度的高温过程,而多晶硅层可以耐高温过程并不影响性能。

[0039] 优选地,步骤8)中,所述透明导电薄膜沉积具体为:采用磁控溅射方式。

[0040] 其中,透明导电薄膜为ITO(锡掺杂三氧化铟)或AZO(铝掺杂氧化锌)。

[0041] 该制备方法,通过在P型硅基体的背面进行纳米氧化硅生长形成纳米氧化硅层,在纳米氧化硅层的背面掺杂硼非晶或多晶硅沉积,形成非晶或多晶 P^+ 层,在非晶或多晶 P^+ 层的背面进行透明导电薄膜沉积,形成透明导电薄膜层,利用纳米氧化硅层可以提供电池背面的高质量钝化,而非晶或多晶 P^+ 层可以用于形成隧穿结构,再配合透明导电薄膜层,可以显著提高电池背钝化质量和电流导出性能,降低背面复合损失和电流导出损失;进一步地,在P型硅基体的表面通过刻蚀,形成全黑凹凸表面结构,再利用喷墨打印技术制备正面银电极和背面银电极,从而可以增加电池的光线吸收和电流收集,减少光学和电学损失,提高晶体硅太阳能电池的转换效率。

附图说明

[0042] 图1是本发明的喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的结构示意图。

[0043] 图中:1-正面银电极;2-减反钝化膜;3-绒面织构;4-磷扩散层;5-P型硅基体;6-纳米氧化硅层;7-非晶或多晶 p^+ 层;8-透明导电薄膜层;9-背面银电极。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0045] 实施例1

[0046] 如图1所示,一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,包括P型硅基体5,所述P型硅基体5的正面设置有磷扩散层4,所述磷扩散层4的正面设置有绒面织构3,所述绒面织构3的正面设置有减反钝化膜2,所述减反钝化膜2的正面设置有正面银电极1;所述P型硅基体5的背面设置有纳米氧化硅层6,所述纳米氧化硅层6的背面设置有非晶或多晶P⁺层7,所述非晶或多晶P⁺层7的背面设置有透明导电薄膜层8,所述透明导电薄膜层8的背面设置有背面银电极9。

[0047] 一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的制备方法,包括以下步骤:

[0048] 1) 去除P型硅基体5表面的损伤层并制绒;其中,步骤1)中,所述制绒具体为:采用槽式热碱方式。

[0049] 具体地,选择156mm的P型单晶硅片作为P型硅基体5,其电阻率为1 Ω · cm。

[0050] 对P型硅基体5去损伤后,用质量浓度分数为0.5%的氢氧化钠或氢氧化钾溶液,在75℃下,对P型硅基体5的表面进行化学腐蚀,制备出金字塔形状的绒面,随后用质量浓度分数为1%的氢氟酸进行清洗去除杂质。

[0051] 2) 在步骤1)中得到的产品的表面进行刻蚀,形成全黑凹凸表面结构,并进行绒面修饰,形成绒面织构3;

[0052] 其中,步骤2)中,所述刻蚀具体为:采用SF₆气体,利用反应离子刻蚀方式;具体地,采用反应离子刻蚀的方法,使用SF₆气体形成等离子体与硅片表面反应,在已有绒面形成纳米级的绒面织构3,该绒面织构3的表面为凹凸不平的结构,从而光反射时表面会显示全黑。

[0053] 其中,所述绒面修饰具体为:采用碱溶液清洗方式;具体地,使用质量浓度分数为0.5%的氢氧化钠或氢氧化钾溶液,在25℃下,对P型硅基体5的表面进行化学腐蚀,修饰表面多孔硅结构,降低表面缺陷。

[0054] 3) 在步骤2)中得到的产品的表面进行磷扩散制结,形成磷扩散层4;

[0055] 具体地,通过管式高温热扩散方式,采用POCl₃对硅片的正面进行磷扩散,形成方阻为95 Ω /sq的N型层;

[0056] 其中,POCl₃为三氯氧磷,是一种工业化工原料,为无色透明、具有刺激性臭味的液体,在潮湿空气中剧烈发烟,水解成磷酸和氯化氢,进一步生成HP₂O₄Cl₃。

[0057] 4) 在步骤3)中得到的产品的边缘进行刻蚀,背面进行去结和去PSG;

[0058] 其中,步骤4)中,所述刻蚀、去结和去PSG具体为:采用在线式水上漂清洗方式。具体地,采用湿法in line设备(也即,在线滚轮式设备)去除背面磷硅玻璃(PSG)(虽然仅仅在硅片的正面进行磷扩散形成磷硅玻璃,但是磷硅玻璃会渗透进入硅片的背面),实现背面抛光,然后去除正面磷硅玻璃,然后采用质量浓度分数为5%的氢氟酸溶液清洗。

[0059] 5) 在步骤4)中得到的产品的正面进行减反钝化膜2沉积,形成减反钝化膜2;其中,所述减反钝化膜2为SiN_x钝化膜;

[0060] 具体地,在P型硅基体5的正面用PECVD(等离子化学气相沉积)的方法生长氮化硅减反膜,钝化减反膜的厚度为80nm。

[0061] 6) 在步骤5)中得到的产品的背面进行纳米氧化硅生长,形成纳米氧化硅层6;其中,步骤6)中,所述纳米氧化硅生长具体为:采用湿法氧化方式。具体地,所述纳米氧化硅层6的厚度为1.2nm。

[0062] 7) 在步骤6)中得到的产品的背面进行掺杂硼非晶或多晶硅沉积,形成非晶或多晶P⁺层7;其中,步骤6)中,所述掺杂硼非晶或多晶硅沉积具体为:采用低压化学气相沉积(LPCVD)方式;优选的,非晶或多晶p⁺层7的晶体形式为多晶形式,所述非晶或多晶P⁺层7的厚度为40nm,掺杂浓度为 $3 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

[0063] 8) 在步骤7)中得到的产品的背面进行透明导电薄膜沉积,形成透明导电薄膜层8;

[0064] 其中,步骤8)中,所述透明导电薄膜沉积具体为:采用磁控溅射方式。

[0065] 优选的,所述透明导电薄膜层8的厚度为100nm。

[0066] 9) 在步骤8)中得到的产品的正面采用喷墨打印方式,形成正面银电极1;

[0067] 10) 在步骤9)中得到的产品的背面采用喷墨打印方式,形成背面银电极9。

[0068] 具体地,通过喷墨打印背面电极及细栅线后烘干,然后喷墨打印正面电极及细栅线。

[0069] 最后烧结,测试,最终可以形成喷墨打印双面晶体硅太阳能电池。

[0070] 该实施例中,电池转换效率批次平均效率达到22.3%,且光衰减,正面主栅,背面电极和铝背场拉力,以及组件端可靠性测试均符合TUV标准。

[0071] 实施例2

[0072] 如图1所示,一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,包括P型硅基体5,所述P型硅基体5的正面设置有磷扩散层4,所述磷扩散层4的正面设置有绒面织构3,所述绒面织构3的正面设置有减反钝化膜2,所述减反钝化膜2的正面设置有正面银电极1;所述P型硅基体5的背面设置有纳米氧化硅层6,所述纳米氧化硅层6的背面设置有非晶或多晶P⁺层7,所述非晶或多晶P⁺层7的背面设置有透明导电薄膜层8,所述透明导电薄膜层8的背面设置有背面银电极9。

[0073] 一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的制备方法,包括以下步骤:

[0074] 1) 去除P型硅基体5表面的损伤层并制绒;其中,步骤1)中,所述制绒具体为:采用槽式热碱方式。

[0075] 具体地,选择156mm的P型单晶硅片作为P型硅基体5,其电阻率为 $1 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0076] 对P型硅基体5去损伤后,用质量浓度分数为0.5%的氢氧化钠或氢氧化钾溶液,在75℃下,对P型硅基体5的表面进行化学腐蚀,制备出金字塔形状的绒面,随后用质量浓度分数为1%的氢氟酸进行清洗去除杂质。

[0077] 2) 在步骤1)中得到的产品的表面进行刻蚀,形成全黑凹凸表面结构,并进行绒面修饰,形成绒面织构3;

[0078] 其中,步骤2)中,所述刻蚀具体为:利用金属离子催化反应方式;具体地,采用金属离子催化反应的方法,使用硝酸银溶液与硅片表面反应生产纳米银颗粒,在通过HF/HNO₃混合溶液在表面纳米银颗粒催化下在有绒面形成纳米级的绒面织构3,该绒面织构3的表面为凹凸不平的结构,从而光反射时表面会显示全黑。

[0079] 其中,所述绒面修饰具体为:采用碱溶液清洗方式;具体地,使用质量浓度分数为0.5%的氢氧化钠或氢氧化钾溶液,在25℃下,对P型硅基体5的表面进行化学腐蚀,修饰表面多孔硅结构,降低表面缺陷。

[0080] 3) 在步骤2)中得到的产品的表面进行磷扩散制结,形成磷扩散层4;

[0081] 具体地,通过管式高温热扩散方式,采用POCl₃对硅片的正面进行磷扩散,形成方

阻为 $100\ \Omega/\text{sq}$ 的N型层；

[0082] 其中， POCl_3 为三氯氧磷，是一种工业化工原料，为无色透明、具有刺激性臭味的液体，在潮湿空气中剧烈发烟，水解成磷酸和氯化氢，进一步生成 $\text{HP}_2\text{O}_4\text{Cl}_3$ 。

[0083] 4) 在步骤3)中得到的产品的边缘进行刻蚀，背面进行去结和去PSG；

[0084] 其中，步骤4)中，所述刻蚀、去结和去PSG具体为：采用在线式水上漂清洗方式。具体地，采用湿法in line设备(也即，在线滚轮式设备)去除背面磷硅玻璃(PSG)(虽然仅仅在硅片的正面进行磷扩散形成磷硅玻璃，但是磷硅玻璃会渗透进入硅片的背面)，实现背面抛光，然后去除正面磷硅玻璃，然后采用质量浓度分数为5%的氢氟酸溶液清洗。

[0085] 5) 在步骤4)中得到的产品的正面进行减反钝化膜2沉积，形成减反钝化膜2；其中，所述减反钝化膜2为 $\text{SiO}_2/\text{SiN}_x$ 叠层钝化膜；

[0086] 具体地，在P型硅基体5的正面用PECVD(等离子化学气相沉积)的方法生长氮化硅减反膜，钝化减反膜的厚度为80nm。

[0087] 6) 在步骤5)中得到的产品的背面进行纳米氧化硅生长，形成纳米氧化硅层6；其中，步骤6)中，所述纳米氧化硅生长具体为：采用ALD(原子层沉积生长)方式。具体地，所述纳米氧化硅层6的厚度为1.3nm。

[0088] 7) 在步骤6)中得到的产品的背面进行掺杂硼非晶或多晶硅沉积，形成非晶或多晶 P^+ 层7；其中，步骤7)中，所述掺杂硼非晶或多晶硅沉积具体为：采用低压化学气相沉积(LPCVD)方式；优选的，非晶或多晶 P^+ 层7的晶体形式为非晶形式，所述非晶或多晶 P^+ 层7的厚度为40nm，掺杂浓度为 10^{20}cm^{-3} 。

[0089] 8) 在步骤7)中得到的产品的背面进行透明导电薄膜沉积，形成透明导电薄膜层8；

[0090] 其中，步骤8)中，所述透明导电薄膜沉积具体为：采用磁控溅射方式。

[0091] 优选的，所述透明导电薄膜层8的厚度为100nm。

[0092] 9) 在步骤8)中得到的产品的正面采用喷墨打印方式，形成正面银电极1；

[0093] 10) 在步骤9)中得到的产品的背面采用喷墨打印方式，形成背面银电极9。

[0094] 具体地，通过喷墨打印背面电极及细栅线后烘干，然后喷墨打印正面电极及细栅线。

[0095] 最后烧结，测试，最终可以形成喷墨打印双面晶体硅太阳能电池。

[0096] 该实施例中，电池转换效率批次平均效率达到21.1%，且光衰减，正面主栅，背面电极和铝背场拉力，以及组件端可靠性测试均符合TUV标准。

[0097] 实施例3

[0098] 如图1所示，一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池，包括P型硅基体5，所述P型硅基体5的正面设置有磷扩散层4，所述磷扩散层4的正面设置有绒面织构3，所述绒面织构3的正面设置有减反钝化膜2，所述减反钝化膜2的正面设置有正面银电极1；所述P型硅基体5的背面设置有纳米氧化硅层6，所述纳米氧化硅层6的背面设置有非晶或多晶 P^+ 层7，所述非晶或多晶 P^+ 层7的背面设置有透明导电薄膜层8，所述透明导电薄膜层8的背面设置有背面银电极9。

[0099] 一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的制备方法，包括以下步骤：

[0100] 1) 去除P型硅基体5表面的损伤层并制绒；其中，步骤1)中，所述制绒具体为：采用槽式热碱方式。

[0101] 具体地,选择156mm的P型单晶硅片作为P型硅基体5,其电阻率为 $1\ \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0102] 对P型硅基体5去损伤后,用质量浓度分数为0.5%的氢氧化钠或氢氧化钾溶液,在75℃下,对P型硅基体5的表面进行化学腐蚀,制备出金字塔形状的绒面,随后用质量浓度分数为1%的氢氟酸进行清洗去除杂质。

[0103] 2) 在步骤1)中得到的产品的表面进行刻蚀,形成全黑凹凸表面结构,并进行绒面修饰,形成绒面织构3;

[0104] 其中,步骤2)中,所述刻蚀具体为:采用 SF_6 气体,利用RIE(反应离子刻蚀)反应方式;具体地,采用RIE反应的方法,使用 SF_6 气体形成等离子体与硅片表面反应,在已有绒面形成纳米级的绒面织构3,该绒面织构3的表面为凹凸不平的结构,从而光反射时表面会显示全黑。

[0105] 其中,所述绒面修饰具体为:采用碱溶液清洗方式;具体地,使用质量浓度分数为0.5%的氢氧化钠或氢氧化钾溶液,在25℃下,对P型硅基体5的表面进行化学腐蚀,修饰表面多孔硅结构,降低表面缺陷。

[0106] 3) 在步骤2)中得到的产品的表面进行磷扩散制结,形成磷扩散层4;

[0107] 具体地,通过管式高温热扩散方式,采用 POCl_3 对硅片的正面进行磷扩散,形成方阻为 $110\ \Omega/\text{sq}$ 的N型层;

[0108] 其中, POCl_3 为三氯氧磷,是一种工业化工原料,为无色透明、具有刺激性臭味的液体,在潮湿空气中剧烈发烟,水解成磷酸和氯化氢,进一步生成 $\text{HP}_2\text{O}_4\text{Cl}_3$ 。

[0109] 4) 在步骤3)中得到的产品的边缘进行刻蚀,背面进行去结和去PSG;

[0110] 其中,步骤4)中,所述刻蚀、去结和去PSG具体为:采用在线式水上漂清洗方式。具体地,采用湿法in line设备(也即,在线滚轮式设备)去除背面磷硅玻璃(PSG)(虽然仅仅在硅片的正面进行磷扩散形成磷硅玻璃,但是磷硅玻璃会渗透进入硅片的背面),实现背面抛光,然后去除正面磷硅玻璃,然后采用质量浓度分数为5%的氢氟酸溶液清洗。

[0111] 5) 在步骤4)中得到的产品的正面进行减反钝化膜2沉积,形成减反钝化膜2;其中,所述减反钝化膜2为 $\text{SiO}_2/\text{SiN}_x$ 叠层钝化膜;

[0112] 具体地,在P型硅基体5的正面用PECVD(等离子化学气相沉积)的方法生长氮化硅减反膜,钝化减反膜的厚度为80nm。

[0113] 6) 在步骤5)中得到的产品的背面进行纳米氧化硅生长,形成纳米氧化硅层6;其中,步骤6)中,所述纳米氧化硅生长具体为:采用湿法氧化方式。具体地,所述纳米氧化硅层6的厚度为1.2nm。

[0114] 7) 在步骤6)中得到的产品的背面进行掺杂硼非晶或多晶硅沉积,形成非晶或多晶 P^+ 层7;其中,步骤7)中,所述掺杂硼非晶或多晶硅沉积具体为:采用低压化学气相沉积(LPCVD)方式;优选的,非晶或多晶 P^+ 层7的晶体形式为多晶形式,所述非晶或多晶 P^+ 层7的厚度为50nm,掺杂浓度为 $5 \times 10^{20}\ \text{cm}^{-3}$ 。

[0115] 8) 在步骤7)中得到的产品的背面进行透明导电薄膜沉积,形成透明导电薄膜层8;

[0116] 其中,步骤8)中,所述透明导电薄膜沉积具体为:采用磁控溅射方式。

[0117] 优选的,所述透明导电薄膜层8的厚度为100nm。

[0118] 9) 在步骤8)中得到的产品的正面采用喷墨打印方式,形成正面银电极1;

[0119] 10) 在步骤9)中得到的产品的背面采用喷墨打印方式,形成背面银电极9。

[0120] 具体地,通过喷墨打印背面电极及细栅线后烘干,然后喷墨打印正面电极及细栅线。

[0121] 最后烧结,测试,最终可以形成喷墨打印双面晶体硅太阳能电池。

[0122] 该实施例中,电池转换效率批次平均效率达到21.2%,且光衰减,正面主栅,背面电极和铝背场拉力,以及组件端可靠性测试均符合TUV标准。

[0123] 实施例4

[0124] 如图1所示,一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池,包括P型硅基体5,所述P型硅基体5的正面设置有磷扩散层4,所述磷扩散层4的正面设置有绒面织构3,所述绒面织构3的正面设置有减反钝化膜2,所述减反钝化膜2的正面设置有正面银电极1;所述P型硅基体5的背面设置有纳米氧化硅层6,所述纳米氧化硅层6的背面设置有非晶或多晶P⁺层7,所述非晶或多晶P⁺层7的背面设置有透明导电薄膜层8,所述透明导电薄膜层8的背面设置有背面银电极9。

[0125] 一种喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的制备方法,包括以下步骤:

[0126] 1) 去除P型硅基体5表面的损伤层并制绒;其中,步骤1)中,所述制绒具体为:采用槽式热碱方式。

[0127] 具体地,选择156mm的P型单晶硅片作为P型硅基体5,其电阻率为 $1\ \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0128] 对P型硅基体5去损伤后,用质量浓度分数为0.5%的氢氧化钠或氢氧化钾溶液,在75℃下,对P型硅基体5的表面进行化学腐蚀,制备出金字塔形状的绒面,随后用质量浓度分数为1%的氢氟酸进行清洗去除杂质。

[0129] 2) 在步骤1)中得到的产品的表面进行刻蚀,形成全黑凹凸表面结构,并进行绒面修饰,形成绒面织构3;

[0130] 其中,步骤2)中,所述刻蚀具体为:采用SF₆气体,利用RIE反应方式;具体地,采用RIE刻蚀的方法,使用SF₆气体形成等离子体与硅片表面反应,在已有绒面形成纳米级的绒面织构3,该绒面织构3的表面为凹凸不平的结构,从而光反射时表面会显示全黑。

[0131] 其中,所述绒面修饰具体为:采用碱溶液清洗方式;具体地,使用质量浓度分数为0.5%的氢氧化钠或氢氧化钾溶液,在25℃下,对P型硅基体5的表面进行化学腐蚀,修饰表面多孔硅结构,降低表面缺陷。

[0132] 3) 在步骤2)中得到的产品的表面进行磷扩散制结,形成磷扩散层4;

[0133] 具体地,通过管式高温热扩散方式,采用POCl₃对硅片的正面进行磷扩散,形成方阻为 $120\ \Omega/\text{sq}$ 的N型层;

[0134] 其中,POCl₃为三氯氧磷,是一种工业化工原料,为无色透明、具有刺激性臭味的液体,在潮湿空气中剧烈发烟,水解成磷酸和氯化氢,进一步生成HP₂O₄Cl₃。

[0135] 4) 在步骤3)中得到的产品的边缘进行刻蚀,背面进行去结和去PSG;

[0136] 其中,步骤4)中,所述刻蚀、去结和去PSG具体为:采用在线式水上漂清洗方式。具体地,采用湿法in line设备(也即,在线滚轮式设备)去除背面磷硅玻璃(PSG)(虽然仅仅在硅片的正面进行磷扩散形成磷硅玻璃,但是磷硅玻璃会渗透进入硅片的背面),实现背面抛光,然后去除正面磷硅玻璃,然后采用质量浓度分数为5%的氢氟酸溶液清洗。

[0137] 5) 在步骤4)中得到的产品的正面进行减反钝化膜2沉积,形成减反钝化膜2;其中,所述减反钝化膜2为SiO₂/SiN_x叠层钝化膜;

[0138] 具体地,在P型硅基体5的正面用PECVD(等离子化学气相沉积)的方法生长氮化硅减反膜,钝化减反膜的厚度为80nm。

[0139] 6) 在步骤5)中得到的产品的背面进行纳米氧化硅生长,形成纳米氧化硅层6;其中,步骤6)中,所述纳米氧化硅生长具体为:采用LPCVD沉积方式。具体地,所述纳米氧化硅层6的厚度为1.2nm。

[0140] 7) 在步骤6)中得到的产品的背面进行掺杂硼非晶或多晶硅沉积,形成非晶或多晶P⁺层7;其中,步骤7)中,所述掺杂硼非晶或多晶硅沉积具体为:采用低压化学气相沉积(LPCVD)方式;优选的,非晶或多晶P⁺层7的晶体形式为10nm非晶与40nm多晶形式,所述非晶或多晶P⁺层7的组合厚度为50nm,掺杂浓度为 $8 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

[0141] 8) 在步骤7)中得到的产品的背面进行透明导电薄膜沉积,形成透明导电薄膜层8;

[0142] 其中,步骤8)中,所述透明导电薄膜沉积具体为:采用磁控溅射方式。

[0143] 优选的,所述透明导电薄膜层8的厚度为100nm。

[0144] 9) 在步骤8)中得到的产品的正面采用喷墨打印方式,形成正面银电极1;

[0145] 10) 在步骤9)中得到的产品的背面采用喷墨打印方式,形成背面银电极9。

[0146] 具体地,通过喷墨打印背面电极及细栅线后烘干,然后喷墨打印正面电极及细栅线。

[0147] 最后烧结,测试,最终可以形成喷墨打印双面晶体硅太阳能电池。

[0148] 该实施例中,电池转换效率批次平均效率达到22.15%,且光衰减,正面主栅,背面电极和铝背场拉力,以及组件端可靠性测试均符合TUV标准。

[0149] 对比例1

[0150] 常规喷墨打印双面晶体硅太阳能电池的制备方法,包括以下步骤:

[0151] 1) 去除P型硅基体表面的损伤层并制绒;

[0152] 2) 在步骤1)中得到的产品的背表面进行硼扩散制结,形成硼扩散层;

[0153] 具体地,通过管式高温热扩散方式,采用 BBr_3 对硅片的背面进行硼扩散,形成方阻为 $40 \Omega / \text{sq}$ 的P⁺型层;

[0154] 3) 在步骤2)中得到的产品的正面进行单面去结;

[0155] 其中,步骤3)中,所述去结具体为:采用在线式滚轮带液清洗方式。具体地,采用湿法in line设备(也即,在线滚轮式设备)去除正面硼硅玻璃(BSG)。

[0156] 5) 在步骤4)中得到的产品的正面进行磷扩散制结,形成磷掺杂层;

[0157] 具体地,通过管式高温热扩散方式,采用 POCl_3 对硅片的正面进行磷扩散,形成方阻为 $100 \Omega / \text{sq}$ 的N型层。

[0158] 6) 在步骤5)中得到的产品进行边缘刻蚀和BSG及PSG去除;

[0159] 具体地,采用在线式水上漂清洗方式。具体地,采用湿法in line设备(也即,在线滚轮式设备)去除边结、正面磷硅玻璃(PSG)和背面硼硅玻璃(BSG)。

[0160] 7) 在步骤6)中得到的产品的双面进行氮化硅沉积,厚度为80nm;

[0161] 8) 在步骤7)中得到的产品的正面制备正面银电极;

[0162] 9) 在步骤8)中得到的产品的背面制备背面银电极。

[0163] 最后烧结,测试,最终形成双面晶体硅太阳能电池。

[0164] 这种制备方法中,电池转换效率批次平均效率仅仅为20.1%,其明显不如本发明

的制备方法的电池转换效率批次平均效率。

[0165] 申请人声明,本发明通过上述实施例来说明本发明的详细方法,但本发明并不局限于上述详细方法,即不意味着本发明必须依赖上述详细方法才能实施。所属技术领域的技术人员应该明了,对本发明的任何改进,对本发明产品各原料的等效替换及辅助成分的添加、具体方式的选择等,均落在本发明的保护范围和公开范围之内。

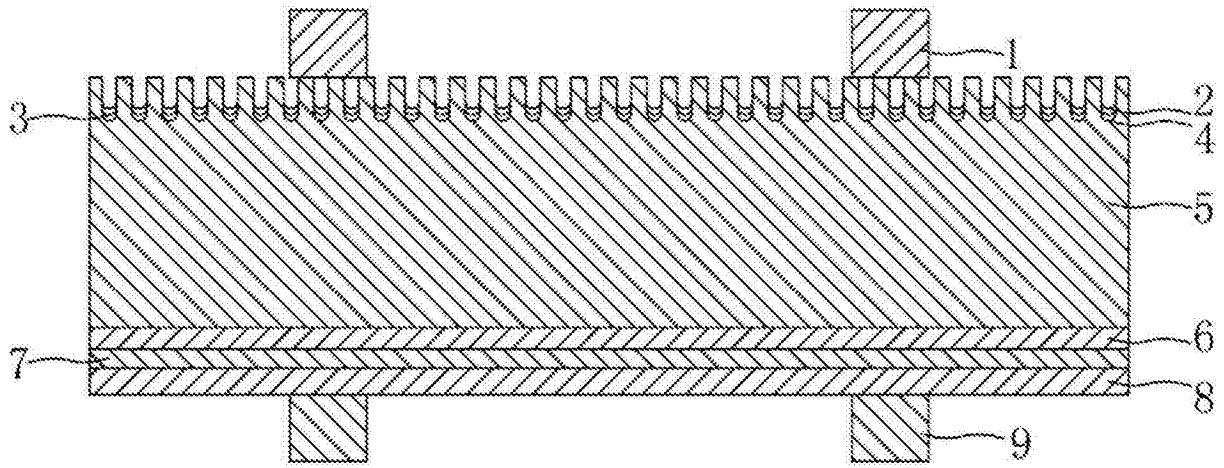


图1

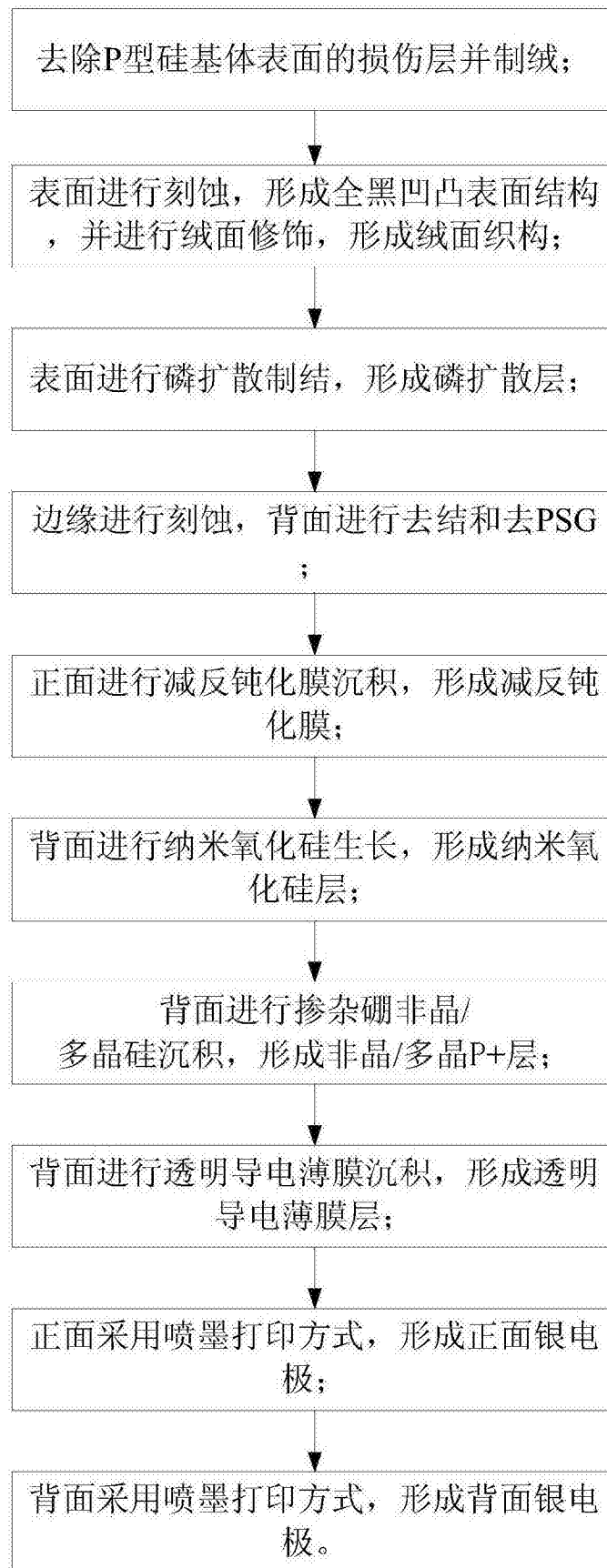


图2