



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116314356 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 23

(21) 申请号 202310115424.1

(22) 申请日 2021.02.23

(62) 分案原申请数据

202110204252.6 2021.02.23

(71) 申请人 浙江晶科能源有限公司

地址 314416 浙江省嘉兴市海宁市袁花镇
袁溪路58号

申请人 晶科能源股份有限公司

(72) 发明人 李文琪 杨洁 张昕宇 金浩

(74) 专利代理机构 上海晨皓知识产权代理事务
所(普通合伙) 31260

专利代理师 成丽杰

(51) Int. Cl.

H01L 31/0216 (2014.01)

H01L 31/068 (2012.01)

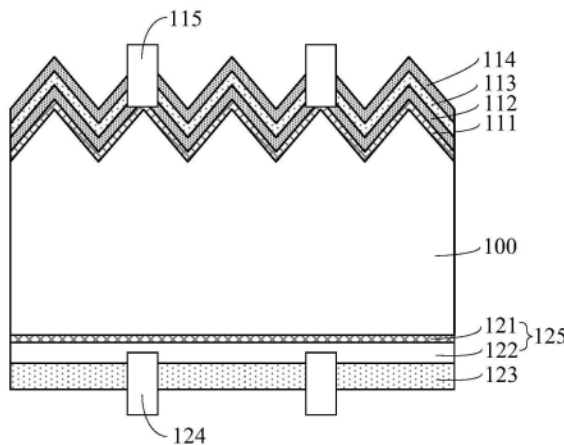
权利要求书1页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

太阳能电池及其制作方法、太阳能组件

(57) 摘要

本发明实施例提供一种太阳能电池及其制作方法、太阳能组件,太阳能电池包括:N型基底以及位于所述基底前表面的P型发射极;位于所述基底前表面且在远离所述P型发射极的方向上依次设置有第一钝化层、第二钝化层和第三钝化层,其中所述第一钝化层包括第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料,其中 $x>y$,所述第二钝化层包括第一氮化硅 Si_mN_n 材料,其中 $m>n$,所述第三钝化层包括第二氮化硅 SiO_iN_j 材料,其中 $i/j \in [0.97, 7.58]$;位于所述基底后表面的钝化接触结构。本发明实施例有利于提高太阳能电池的性能。



1. 一种太阳能电池,其特征在于,包括:

N型基底;

位于所述N型基底前表面上依次设置有第一钝化层、第二钝化层和第三钝化层,其中所述第一钝化层包括第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料,其中 $x>y$, x/y 表示为所述第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料中氧原子的数量与氮原子的数量比值, x/y 的第一比值为1.53~2.58,所述第二钝化层包括第一氮化硅 Si_mN_n 材料,其中 $m>n$, m/n 表示为所述第一氮化硅 Si_mN_n 材料中硅原子的数量与氮原子的数量比值, m/n 的第二比值为3.12~5.41,所述第三钝化层包括第二氮氧化硅 SiO_iN_j 材料,其中 i/j 的第三比值为0.97~7.58; i/j 表示为第二氮氧化硅 SiO_iN_j 材料中氧原子的数量与氮原子的数量比值;

位于所述N型基底后表面的钝化接触结构。

2. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其特征在于,在垂直于所述N型基底的方向上,所述第一钝化层的厚度为8nm~20nm。

3. 根据权利要求1或2所述的太阳能电池,其特征在于,在垂直于所述N型基底的方向上,所述第二钝化层的厚度为40nm~60nm。

4. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其特征在于,在垂直于所述N型基底的方向上,所述第三钝化层的厚度不大于50nm。

5. 根据权利要求4所述的太阳能电池,其特征在于,在垂直于所述N型基底的方向上,所述第三钝化层的厚度为10nm~20nm。

6. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其特征在于,所述第二钝化层的第二折射率大于所述第一钝化层的第一折射率以及所述第三钝化层的第三折射率。

7. 根据权利要求6所述的太阳能电池,其特征在于,所述第一折射率为1.61~1.71,所述第二折射率为1.98~2.2,所述第三折射率为1.56~1.87。

8. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其特征在于,还包括:第四钝化层,覆盖所述钝化接触结构背离所述N型基底的表面,所述第四钝化层的材料包括第二氮化硅 Si_aN_b 材料,其中 a/b 的第四比值为3.82~6.37。

9. 根据权利要求8所述的太阳能电池,其特征在于,所述第四钝化层的折射率为2.04~2.2,在垂直于所述N型基底后表面的方向上,所述第四钝化层的厚度为60nm~100nm。

10. 一种太阳能组件,其特征在于,包括权利要求1至9中任一项所述的太阳能电池。

太阳能电池及其制作方法、太阳能组件

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及半导体领域,特别涉及一种太阳能电池及其制作方法、太阳能组件。

背景技术

[0002] 电池界面复合是抑制电池效率提升的关键因素。目前业内钝化晶硅太阳能电池,常采用等离子体增强化学气相沉积法(PECVD)在硅片表面生长一层氮化硅薄膜,通过调整多层氮化硅膜层的折射率,使其获得最优的界面钝化效果和光学减反效果。但是,该钝化材料具有较高的固定正电荷,仅可应用在P型电池的磷扩散层表面和非扩散表面,无法被应用于N型电池的硼扩散层表面钝化。

[0003] 为解决该问题,行业内引入带有固定负电荷的氧化铝薄膜材料,当氧化铝沉积在P型电池的磷扩散层表面时,可提供足够数量的固定负电荷以钝化电池界面的缺陷,从而提升电池的钝化效果。然而在N型硅片的硼扩散层上沉积氧化铝薄膜,将会带来较高的界面态缺陷密度,弱化氧化铝的场钝化效果,需要通过电退火等过程才能提升其钝化效果。于是,沉积氧化铝薄膜所需的设备以及退火工序,无疑增加了N型电池制备的设备成本和工艺时长,且对电池良率管控造成不良影响。因此,希望开发一种非氧化铝钝化体系且保持高效率的新型N型电池以取代氧化铝钝化体系的N型电池。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供一种太阳能电池及其制作方法、太阳能组件,太阳能电池采用非非氧化铝钝化体系,且同时保持高效率。

[0005] 为解决上述问题,本发明实施例提供一种太阳能电池,包括:N型基底以及位于所述基底前表面的P型发射极;位于所述基底前表面且在远离所述P型发射极的方向上依次设置有第一钝化层、第二钝化层和第三钝化层,其中所述第一钝化层包括第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料,其中 $x>y$,所述第二钝化层包括第一氮化硅 Si_mN_n 材料,其中 $m>n$,所述第三钝化层包括第二氮氧化硅 SiO_iN_j 材料,其中 $i/j \in [0.97, 7.58]$;位于所述基底后表面的钝化接触结构。

[0006] 另外,在垂直于所述基底的方向上,所述第一钝化层的厚度为8nm~20nm。

[0007] 另外,在垂直于所述基底的方向上,所述第二钝化层的厚度为40nm~60nm。

[0008] 另外,在垂直于所述基底的方向上,所述第三钝化层的厚度不大于50nm。

[0009] 另外,在垂直于所述基底的方向上,所述第三钝化层的厚度为10nm~20nm。

[0010] 另外,所述第二钝化层的第二折射率大于所述第一钝化层的第一折射率以及所述第三钝化层的第三折射率。

[0011] 另外,所述第一折射率为1.61~1.71,所述第二折射率为1.98~2.2,所述第三折射率为1.56~1.87。

[0012] 另外, x/y 的第一比值为1.53~2.58, m/n 的第二比值为3.12~5.41。

[0013] 另外,太阳能电池还包括:第四钝化层,覆盖所述钝化接触结构背离所述基底的表

面,所述第四钝化层的材料包括第二氮化硅 Si_aN_b 材料,其中 $a/b \in [3.82, 6.37]$ 。

[0014] 另外,所述第四钝化层的折射率为 $2.04 \sim 2.2$,在垂直于所述基底后表面的方向上,所述第四钝化层的厚度为 $60\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 。

[0015] 相应地,本发明实施例还提供一种太阳能组件,包括上述任一项所述的太阳能电池。

[0016] 相应地,本发明实施例还提供一种太阳能电池的制作方法,包括:提供N型基底以及位于所述基底前表面的P型发射极;在所述基底前表面且在远离所述P型发射极的方向上依次设置第一钝化层、第二钝化层和第三钝化层,其中所述第一钝化层包括第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料,其中 $x > y$,所述第二钝化层包括第一氮化硅 Si_mN_n 材料,其中 $m > n$,所述第三钝化层包括第二氮氧化硅 SiO_iN_j 材料,其中 $i/j \in [0.97, 7.58]$;在所述基底后表面形成钝化接触结构。

[0017] 另外,在形成所述第二钝化层之前,向反应腔室内通入氨气并进行电离,以向所述第一钝化层内注入氢离子,其中,氨气流量为 $6000\text{sccm} \sim 8000\text{sccm}$,通入时长为 $5\text{min} \sim 10\text{min}$,射频功率为 $4000\text{W} \sim 8000\text{W}$ 。

[0018] 另外,在注入所述氢离子之后,对所述第一钝化层进行光退火处理;其中,退火温度为 $150^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$,光强为 $1 \sim 6$ 倍的太阳光强度,退火时长 $1\text{min} \sim 6\text{min}$ 。

[0019] 另外,在同一工艺步骤中,向所述第一钝化层内注入氮离子和所述氢离子,所述第一钝化层远离所述基底的表层的氮离子浓度大于靠近所述基底的表层的氮离子浓度。

[0020] 另外,形成所述第一钝化层的工艺设备与形成所述第二钝化层的工艺设备相同。

[0021] 与现有技术相比,本发明实施例提供的技术方案具有以下优点:

[0022] 上述技术方案中,通过控制第一钝化层中氮氧化硅的成分比例,使得第一钝化层呈现较弱的正电性,作为缓冲层减小强正电性的第二钝化层对P型发射极的影响,进而应用于P型发射极表面;同时,相较于氧化铝,氮氧化硅与基底的性质相近,有利于降低P型发射极的界面态缺陷密度以及受到的应力损伤,进而降低基底前表面的载流子复合率,提高太阳能电池的光电转换效率;进一步地,具有正电性的第一钝化层可排斥迁入的正离子,避免正离子迁移至基底表面,有利于抑制太阳能电池的PID现象,提高组件性能。

[0023] 另外,合理设置第一钝化层的厚度,有利于减小第一钝化层引入的正面陷光损失;此外,合理设置第一钝化层的折射率,有利于使第一钝化层内的正电荷数量保持在合适范围,既保证第一钝化层对迁入的正离子具有良好的排斥作用,从而抑制PID现象,又保证第一钝化层可用于P型发射极表面钝化;进一步地,有利于将第一钝化层与基底之间的应力控制在合理范围内,既保证第一钝化层与基底之间的有效结合,又减小基底受到的应力损伤。

附图说明

[0024] 一个或多个实施例通过与之对应的附图中的图片进行示例性说明,除非有特别说明,附图中的图不构成比例限制。

[0025] 图1为本发明实施例提供的太阳能电池;

[0026] 图2和图3为本发明实施例提供的太阳能电池的外观示意图;

[0027] 图4为本发明实施例提供的太阳能电池的光线反射率对比图;

[0028] 图5至图14为本发明实施例提供的太阳能电池的制作方法各步骤对应的剖面结构

示意图。

具体实施方式

[0029] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明的各实施例进行详细的阐述。然而,本领域的普通技术人员可以理解,在本发明各实施例中,为了使读者更好地理解本申请而提出了许多技术细节。但是,即使没有这些技术细节和基于以下各实施例的种种变化和修改,也可以实现本申请所要求保护的技术方案。

[0030] 参考图1,太阳能电池包括:N型基底100以及位于基底100前表面的P型发射极111;位于基底100前表面且在远离P型发射极111的方向上依次设置有第一钝化层112、第二钝化层113和第三钝化层114,其中第一钝化层112包括第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料,其中 $x>y$,第二钝化层113包括第一氮化硅 Si_mN_n 材料,其中 $m>n$,第三钝化层114包括第二氮氧化硅 SiO_iN_j 材料,其中 $i/j \in [0.97, 7.58]$;位于基底100后表面的钝化接触结构125。

[0031] 在一些实施例中,基底100为掺杂有N型离子(例如,磷等五主族元素)的硅基底,基底100的电阻率范围为 $0.1 \sim 10 \text{ohm} \cdot \text{cm}$,优选为 $0.3 \sim 2 \text{ohm} \cdot \text{cm}$,采用优选的电阻率值,有利于提高太阳能电池的光电转换效率;基底100前表面为基底100朝向阳光的表面,基底100后表面为基底100背离阳光的表面,P型发射极111位于基底100朝阳侧的至少部分表层空间,P型发射极111的扩散方阻范围可设置为 $110 \Omega \sim 140 \Omega$,表面扩散浓度可设置为 $E19 \sim E20 / \text{cm}^3$ 。P型发射极111掺杂有P型离子(例如,硼等三主族元素)。N型基底100与P型发射极111形成PN结。

[0032] 硅基底的材料包括单晶硅、多晶硅、非晶硅以及微晶硅;在其他实施例中,基底的材料还可以为碳单质、有机材料以及多元化合物,多元化合物包括砷化镓、碲化镉、铜铟硒等。

[0033] 在一些实施例中,第一钝化层112的材料包括第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料,由于第一钝化层112与基底100都包含有硅元素,因此,第一钝化层112的材料特性与基底100的材料特性相近,采用第一氮氧化硅材料作为第一钝化层112的材料,有利于降低P型发射极111与第一钝化层112之间的界面态缺陷密度,提高光生载流子的传输效率,以及降低第一钝化层112施加于基底100的应力,避免基底100受到应力损伤,保证太阳能电池具有较高的光电转换效率;同时,氮氧化硅材料具有良好的绒面覆盖性,以及兼具化学钝化效应和场钝化效应,有利于提升钝化叠层的钝化效果。

[0034] 由于材料禁带宽度的要求,基底100材料一般选用半导体材料,或者材料特性与半导体材料相近的材料,当选用金属化合物(例如氧化铝)作为第一钝化层112的材料时,由于第一钝化层112的材料特性与基底100的材料特性差异较大,第一钝化层112容易对基底100施加较大的应力甚至造成应力损伤,不利于光生载流子的生成与传输,不利于进一步提升太阳能电池的光电转换效率。

[0035] 除具备上述特点外,氮氧化硅材料还具有折射率可调以及电性可调的优势。具体地,可通过调整第一氮氧化硅的折射率大小,使得第一钝化层112与第二钝化层113和第三钝化层114具有良好的折射率匹配性,减小因折射率匹配性差(例如折射率差值较大)而导致的光反射损失,实现光学损失的最小化;此外,可通过调整第一氮氧化硅的电性强弱,保证第一钝化层112与P型发射极111之间具有较小的电荷排斥力,从而使得第一钝化层112可

较好地适配N型基底100表面的P型发射极111(比如,利用硼扩散形成的P型发射极111),保证第一钝化层112具有良好的钝化效果。

[0036] 关于氮氧化硅材料的具体应用,以下将结合实施例进行详细说明。

[0037] 第一钝化层112中第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料的氧原子的数量 x 和氮原子的数量 y 的比值 x/y 为第一比值,通过控制第一比值的大小,可调整第一钝化层112的电性强弱和折射率。

[0038] 在一些实施例中,通过控制第一比值为 $1.5\sim 3$,具体可以为 $1.53\sim 2.58$,例如为 1.86 、 2.13 或 2.35 ,以使得第一氮氧化硅呈现较弱的正电性,进而使得第一钝化层112的表面电荷整体呈现弱正电性甚至中性。当第一钝化层112的表面电荷整体呈现弱正电性时,第一钝化层112对第二钝化层113的场钝化效果的影响较小,第一钝化层112具有良好的能带弯曲效果,有利于减小载流子在基底100前表面的复合速率,从而提升光电转换效率;以及,P型发射极111与第一钝化层112之间因电荷极性相同而形成的排斥力较弱,第一钝化层112可较好地适配N型基底100表面,具体体现为,第一钝化层112与基底100的结合力更强,第一钝化层112与基底100之间的界面态缺陷密度更低,第一钝化层112具有更高的均匀性。同时,第一钝化层112呈现正电性,还有利于阻隔从组件封装材料(例如塑料和玻璃)中迁入的正离子,避免正离子迁移至基底100表面,进而抑制太阳能电池的PID现象,提升光伏组件的性能。

[0039] 当光伏组件的边缘发生受潮时,光伏组件的封装材料的玻璃内部会生成大量的自由移动的 Na^+ ,且钠离子会穿过封装材料而迁移至太阳能电池表面。当采用氧化铝作为第一钝化层112的材料时,由于氧化铝携带电荷的极性与钠离子的极性相反,无法阻拦钠离子的进一步迁移,因此,钠离子可进一步迁移至基底100表面而破坏PN结,从而导致太阳能电池的功率衰减和光电转换效率降低;而采用特定的第一氮氧化硅材料作为第一钝化层112,第一钝化层112整体呈现正电性,可以利用同性相斥原理阻隔钠离子的迁移,避免钠离子聚集在基底100表面,保证第一钝化层112和第二钝化层113的钝化效果,提高太阳能电池的光电转换效率。

[0040] 在一些实施例中,通过调整第一比值的大小,使得第一氮氧化硅材料以及第一钝化层112具有相对较高的第一折射率。如此,在后续引入第三钝化层114时,可使得第一钝化层112的第一折射率大于第三钝化层114的第三折射率,或者与第三折射率相近,从而提高入射光线的利用效率和太阳能电池的光电转换效率;相应地,在保证入射光线利用效率的前提下,第三钝化层114的第三折射率具有相对较大的可选范围,即有利于扩大第三钝化层114的材料选用范围,以及提高第三钝化层114的第三折射率在一定范围内可调的灵活性,使得第三钝化层114可进一步与第二钝化层113匹配,优化太阳能电池对不同波段太阳光的吸收性能,提升太阳能电池的短路电流和电池效率。

[0041] 其中,当第一比值为 $1.5\sim 3$ 时,第一钝化层112的第一折射率可设置为 $1.61\sim 1.71$,例如 1.63 、 1.66 或 1.69 。

[0042] 第一钝化层112的厚度与第一钝化层112的钝化效果和入射光利用率有关。具体地,通过调整第一钝化层112的厚度,可改变第一钝化层112携带的正电荷数量,从而改变第一钝化层112与P型发射极111之间的适配性,以及改变第一钝化层112对外部迁入的正离子的排斥力,进而控制第一钝化层112的钝化效果;此外,通过调整第一钝化层112的厚度,还

可以调整第一钝化层112施加于基底100的应力,进而改变第一钝化层112与基底100之间的界面态缺陷密度,界面态缺陷密度越大,陷光能力越强,入射光利用率越低。

[0043] 在一些实施例中,在垂直于N型基底100前表面的方向上,第一钝化层112的厚度为8nm~20nm,例如为12nm、15nm或18nm。当第一钝化层112的厚度在8nm~20nm区间,既有利于避免第一钝化层112内的正电荷数量过多,保证第一钝化层112对P型发射极111具有良好的场钝化效果,又有利于避免第一钝化层112内的正电荷数量过少,保证第一钝化层112对迁入的正离子具有良好的排斥作用,从而抑制PID现象;同时,有利于将第一钝化层112与基底100之间的应力控制在合理范围内,既保证第一钝化层112与基底100之间的有效结合,又减小基底100受到的应力损伤以及减少应力损伤导致的界面态缺陷,从而提升正面入射光的利用率以及载流子生成与传输效率,实现太阳能电池光电转换效率的提升。

[0044] 第二钝化层113由第一氮化硅 Si_mN_n 材料组成,第一氮化硅 Si_mN_n 材料中的氮化硅的硅原子的数量与氮原子的数量具有第二比值,通过调整第二比值的大小,可调整第二钝化层113的电性强弱和折射率大小;其中,电性强弱可采用单位体积内携带的正电荷数量进行表征,单位体积内携带的正电荷数量越多,电性越强。

[0045] 在一些实施例中,第二比值为3~5,具体为3.12~5.41,例如为3.72、4.32或4.92。具有上述原子数量比的氮化硅材料呈现较强的正电性。如此,有利于使得第二钝化层113具有良好的氢钝化效果,掺杂的氢离子可扩散到基底100前表面减小载流子复合速率,提高太阳能电池的光电转换效率;同时,具有上述原子数量比的氮化硅具有较高的折射率,有利于减少光线的反射和出射,增强可见光的吸收,便于制备黑色或者暗蓝色太阳能电池,使其满足黑色组件的要求。

[0046] 在一些实施例中,在第一比值的基础上设定第二比值,以使得在第一钝化层112表面电荷的影响下,第二钝化层113具有良好的氢钝化效果,且使得第二钝化层113的第二折射率大于第一折射率和第三折射率,保证第一钝化层112和第二钝化层113作为一个整体相对于第三钝化层114具有较高的折射率,从而减少光线的反射和出射,提升太阳能电池的光电转换效率。

[0047] 需要说明的是,光电转换效率具有上限值,当入射光线的反射量和出射量接近最小值时,厚度继续增厚作用较小。

[0048] 第二钝化层113的厚度与第二钝化层113的氢钝化效果有关,氢钝化效果影响太阳能电池的转换效率,还与太阳能电池的成本有关,厚度越厚,成本越高。

[0049] 在一些实施例中,在垂直于N型基底100的方向上,第二钝化层113的厚度为40nm~60nm,例如为45nm、50nm或55nm。当第二钝化层113的厚度在40nm~60nm区间时,有利于保证第二钝化层113携带的正电荷数量满足界面氢钝化要求,降低载流子的表面复合速率;此外,有利于减薄太阳能电池的封装尺寸,降低成本。

[0050] 需要说明的是,关于第二钝化层113的折射率以及厚度的限定属于对第二钝化层113的整体限定,实际上,第二钝化层113即可以是单层膜层,也可以是由依次层叠的多层膜层组成。具体来说,第二钝化层113可以由2~4层子膜层构成,在第二钝化层113朝向基底100的方向上,不同子膜层的折射率递增,每一子膜层的折射率都满足关于第二钝化层113的折射率的限定,如此,有利于进一步提高入射光的利用率。

[0051] 在一些实施例中,第三钝化层114包括第二氮氧化硅 SiO_iN_j 材料,其中 $i/j \in [0.97,$

7.58],例如为2.5、5或6.5,第三钝化层114的第三折射率小于第二钝化层113的第二折射率,有利于减少光线的反射和出射,增强可见光的吸收,便于制备黑色或者暗蓝色太阳能电池板呈现的颜色。

[0052] 进一步地,第二氮氧化硅 SiO_iN_j 材料中 i/j 的第三比值与第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料中 x/y 的第一比值的比值范围为 $0.57\sim 4.95$,例如0.98、1.86或3.67,当比值范围小于等于1时,第三钝化层114的第三折射率大于等于第一钝化层112的第一折射率,太阳能电池具有相对较高的光电转换效率;当比值范围大于1时,第三钝化层114的第三折射率小于第一钝化层112的第一折射率,如此,第三钝化层114的反射光线或出射光线可通过第一钝化层112重新入射至基底100内,从而进一步提高太阳能电池的光电转换效率。

[0053] 在一些实施例中,受相邻膜层折射率匹配性以及光电转换效率要求的限定,可将第一折射率设置为 $1.61\sim 1.71$,例如1.63、1.66或1.69,将第二折射率设置为 $1.98\sim 2.2$,例如为2.05、2.1或2.15,将第三折射率设置为 $1.56\sim 1.87$,例如1.1.61、1.67或1.75。如此,有利于太阳能电池具有较高的光电转换效率,相对于采用氧化铝作为第一钝化层112的材料,本发明提供的太阳能电池的短路电流 I_{sc} 可提升 $20\sim 40\text{mA}$,进而有助于提升太阳能电池的转化效率。

[0054] 太阳能电池吸收光线的的能力主要体现在第二钝化层113的折射率和厚度以及第三钝化层114的折射率和厚度上。由于第二钝化层113的折射率和厚度以及第三钝化层114的折射率已经确定,为进一步保证太阳能电池具有较高的吸光能力,可设置第三钝化层114的厚度不大于 50nm 。

[0055] 根据第三钝化层114的厚度不同,太阳能电池的吸光能力不同,太阳能电池呈现的颜色也不同。在一些实施例中,第三钝化层114具有第一厚度阈值范围和第二厚度阈值范围,第二厚度阈值范围的最大值小于等于第一厚度阈值范围的最小值。当第三钝化层114的厚度处于第一厚度阈值范围时,入射光容易从第三钝化层114的边缘出射,人眼可接收更多的出射光,从而使得太阳能电池表面在可见光状态下呈现亮蓝色,参考图2;当第三钝化层114的厚度处于第二厚度阈值范围时,入射光更多地进入基底100,太阳能电池表面在可见光状态下呈现接近于黑色的暗蓝色,甚至于呈现黑色,参考图3,暗蓝色或者黑色太阳能电池可以满足黑色组件的要求。

[0056] 其中,第一厚度阈值范围为 $20\text{nm}\sim 50\text{nm}$,例如 30nm 、 37nm 或 45nm ,第二厚度阈值范围为 $10\text{nm}\sim 20\text{nm}$,例如为 13nm 、 15nm 或 17nm 。

[0057] 通过设计第一钝化层112的弱正电性、折射率和厚度,第二钝化层113的强正电性、渐变式折射率膜层结构和厚度,以及设计第三钝化层114的折射率和厚度,由于优化太阳能电池对不同波段的太阳光的入射和吸收,从而提高太阳能电池的短路电流和电池效率。参考图4,相对于现有氧化铝钝化叠层,本申请提供的改进钝化叠层对近紫外的可见光波段、紫外光波段具有较低的反射率,例如,波长约为 390nm 的光线的反射率由 30% 左右下降至 10% 左右,下降了一倍以上,改进的钝化叠层对光的利用率更高。

[0058] 在一些实施例中,钝化接触结构125至少包括:在远离基底100的方向上依次设置的界面钝化层121和场钝化层122。其中,界面钝化层121的材料为电介质材料,用于实现基底100背面的界面钝化,例如,界面钝化层121为隧穿氧化层(比如,氧化硅层)。场钝化层122的材料为实现场钝化效应的材料,比如掺杂硅层,掺杂硅层具体可以为掺杂多晶硅层、掺杂

微晶硅层或掺杂非晶硅层的一种或多种。对于N型硅基底100,场钝化层122可以为N型掺杂多晶硅层。

[0059] 在一些实施例中,在场钝化层122背离基底100的表面还设置有第四钝化层123。第四钝化层123的材料包括实现减反射功能材料,例如,第二氮化硅 Si_aN_b 材料。第四钝化层123中的氮化硅的硅原子的数量 a 与氮原子的数量 b 的第四比值 a/b 可设置为 $3\sim 8$,进一步地,设置为 $3.82\sim 6.37$,例如 4.32 、 5.02 或 5.87 。

[0060] 进一步地,可限定第四钝化层123的折射率范围为 $2.04\sim 2.2$,例如为 2.08 、 2.12 或 2.16 ,在垂直于基底100后表面的方向上,第四钝化层123的厚度范围可设置为 $60\text{nm}\sim 100\text{nm}$,例如 70nm 、 80nm 或 90nm 。具有上述参数的第四钝化层123,可较好地吸收后表面的光线,有利于保证基底100后表面具有较高的光线利用率。

[0061] 在一些实施例中,第四钝化层123可以是类似于第二钝化层113的多层子膜层,即在第四钝化层123朝向基底100的方向上,不同子膜层的折射率逐渐升高,每一子膜层受第四钝化层123的整体折射率的限制。

[0062] 此外,太阳能电池还包括第一电极115和第二电极124,第一电极115与P型发射极111电连接,第二电极124贯穿第四钝化层123与场钝化层122电连接。在一些实施例中,第一电极115和/或所述第二电极124可以通过导电浆料(银浆、铝浆或者银铝浆)烧结印刷而成。

[0063] 在一些实施例中,通过控制第一钝化层中氮氧化硅的成分比例,使得第一钝化层呈现较弱的正电性,从而减小氮氧化硅对第二钝化层的场钝化效果的影响,进而匹配应用于P型发射极表面;同时,相较于氧化铝,氮氧化硅与基底的性质相近,有利于降低P型发射极的界面态缺陷密度以及受到的应力损伤,进而降低基底前表面的载流子复合率,改善太阳能电池的短路电路,提高太阳能电池的光电转换效率;进一步地,具有正电性的第一钝化层可排斥迁入的正离子,避免正离子迁移至基底表面,有利于抑制太阳能电池的PID现象,提高组件性能。另外,包括第一钝化层、第二钝化层和第三钝化层的钝化叠层有助于提升电池的入射光利用率,尤其是近紫外的可见光波段以及紫外光波段。

[0064] 相应地,本发明实施例还提供一种太阳能组件,太阳能组件包括上述太阳能电池,太阳能组件具有P型发射极,且采用非氧化铝钝化体系,相较于N型发射极和氧化铝钝化体系的组合,本发明实施例提供的太阳能组件具有近似的高光电转换效率,且能够抑制太阳能电池的PID现象。

[0065] 相应地,本发明实施例还提供一种太阳能电池的制作方法,可用于制作上述太阳能电池。

[0066] 参考图5和图6,提供N型基底100并进行双面制绒。

[0067] 具体地,对N型基底100进行清洗,并采用湿法化学腐蚀的方式制备金字塔绒面,金字塔绒面可以降低基底100表面对光线的反射,从而增加基底100对光线的吸收利用率,提升太阳能电池的转换效率;此外,绒面制备可采用成熟的产线碱制绒工艺,形成 45° 正金字塔绒面。

[0068] 参考图7,形成P型发射极111。

[0069] 在双面制绒之后,对基底100前表面进行硼扩散处理,形成P型发射极111,P型发射极111占据基底100朝阳侧的部分表层空间,P型发射极111与基底100构成PN结。

[0070] 需要说明的是,硼扩散处理还会同时在基底100前表面、后表面以及侧面生成不必

要的硼硅玻璃,硼硅玻璃对基底100有一定的保护作用,可避免某些工艺制程对基底100表面造成损伤。换句话说,不必要的硼硅玻璃可作为基底100的掩膜层。

[0071] 参考图8,对基底100后表面进行平坦化工艺(例如,抛光)。

[0072] 后表面为太阳能电池背离阳光的一面,平坦化工艺可形成用于沉积后表面膜层所需的平坦表面。在进行平坦化工艺的过程中,后表面的硼硅玻璃被一并去除。

[0073] 参考图9和图10,形成界面钝化层121和场钝化层122。

[0074] 在一些实施例中,采用沉积工艺形成界面钝化层121,具体来说,界面钝化层121的材料包括氧化硅,沉积工艺包括化学气相沉积工艺;在其他实施例中,还可以采用原位生成工艺形成界面钝化层,具体来说,可以在硅基底的基础上,采用热氧化工艺以及硝酸钝化等工艺原位生成界面钝化层。

[0075] 在一些实施例中,在形成界面钝化层121之后,沉积本征多晶硅以形成多晶硅层,并通过离子注入以及源扩散的方式掺杂磷离子,形成N型掺杂多晶硅层,掺杂多晶硅层作为场钝化层122。

[0076] 当采用沉积工艺形成界面钝化层121以及场钝化层122时,由于前表面有硼硅玻璃作为掩膜层对基底100前表面进行保护,因此,在进行沉积工艺时无需通过掩膜将沉积区域限定在后表面,后续可采用同一工艺同时去除前表面的硼酸玻璃以及沉积在前表面的氧化硅和多晶硅。如此,无需设置额外的掩膜,有利于减少工艺步骤,缩短工艺流程,降低工艺成本。

[0077] 在其他实施例中,当界面钝化层采用原位生成工艺形成时,沉积在基底前表面的硼硅玻璃表面的只有多晶硅。

[0078] 参考图11,在基底100前表面形成第一钝化层112。

[0079] 在一些实施例中,在形成第一钝化层112之前,需要去除绕镀在基底100前表面的多余的硼硅玻璃、氧化硅和多晶硅;在其他实施例中,在形成第一钝化层之前,需要去除绕镀在基底前表面的多余的硼硅玻璃和多晶硅。

[0080] 进一步地,在其他实施例中,在去除多余材料之后,还会在基底前表面生长薄氧化硅层。薄氧化硅层的形成工艺包括自然氧化、热氧化、湿法氧化、原子层沉积、等离子体增强化学气相沉积等工艺,在垂直于基底表面的方向上,薄氧化硅层的厚度为0~3nm,例如1nm、1.5nm或2nm。

[0081] 在一些实施例中,第一钝化层112的材料包括第一氮氧化硅 SiO_xN_y 材料,第一钝化层112中氮氧化硅的氧原子的数量 x 和氮原子的数量 y 的第一比值 x/y 为1.5~3,以满足第一钝化层112的电荷特性需求。具体地,第一比值可以为1.53~2.58,例如为1.86、2.13或2.35。具有上述原子比范围的氮氧化硅呈现较弱的正电性。

[0082] 第一钝化层112可采用化学气相沉积工艺、等离子体增强化学气相沉积工艺以及磁控溅射工艺形成,化学气相沉积工艺包括低压化学气相沉积工艺,等离子体增强化学气相沉积工艺包括直接等离子体沉积工艺和远程等离子体沉积工艺。由等离子体化学气相沉积等方式沉积的第一钝化层112,具有较为致密的特性,可从物理阻隔方式抵抗钠离子的迁移。

[0083] 在一些实施例中,在形成第一钝化层112之后,向反应腔室内通入氨气并进行电离以形成氨气等离子体,进而向第一钝化层112内注入氢离子和氮离子。其中,氨气流量为

6000sccm~8000sccm,例如为6500sccm、7000sccm或7500sccm,持续通入时间为5min~10min,例如为6min、7min或8min,射频功率为4000W~8000W,例如为5000W、6000W或7000W。

[0084] 具体地,向第一钝化层112内注入氢离子,氢离子可向基底100表面迁移,进而钝化基底100与第一钝化层112之间的界面缺陷,提升第一钝化层112的钝化效果;此外,通过向第一钝化层112内注入氮离子,可在第一钝化层112远离基底100的表层形成富氮氮氧化硅。具体来说,在第一钝化层112朝向基底100的方向上,第一类氮氧化硅中氮原子和氧原子的数量比依次降低,富氮氮氧化硅的设置有利于提升第一钝化层112与后续形成的第二钝化层之间的晶格匹配,第二钝化层覆盖于第一钝化层112表面且以氮化硅为主要原料,提升第一钝化层112的钝化作用。

[0085] 需要说明的是,可采用同一离子注入工艺以相同注入能量同时注入氢离子和氮离子。由于氮离子的质量大于氢离子的质量,因此氮离子的射程小于氢离子的射程,采用相同注入能量同时注入氢离子和氮离子,可同时实现氮离子集中在第一钝化层112背离基底100的表层以及氢离子集中在第一钝化层112靠近基底100的表层,从而在提升第一钝化层112与第二钝化层之间的晶格匹配的同时,减少基底100与第一钝化层112之间的晶界缺陷,进而提高第一钝化层112的钝化效果以及太阳能电池的光电转换效率。

[0086] 此外,氮离子和氢离子的离子注入还可以通过氮氢混合气氛热处理工艺(Forming gas annealing,FGA)实现。

[0087] 参考图12,形成覆盖第一钝化层112表面的第二钝化层113。

[0088] 在一些实施例中,第二钝化层113的材料包括第一氮化硅 Si_mN_n 材料,其中 $m>n$,可通过硅烷和氨气反应生成第二钝化层113,具体工艺包括化学气相沉积工艺、等离子体增强化学气相沉积工艺或磁控溅射工艺;其中,化学气相沉积工艺包括低压化学气相沉积工艺,等离子体增强化学气相沉积工艺包括直接等离子体沉积工艺和远程等离子体沉积工艺。

[0089] 在一些实施例中,形成第一钝化层112的工艺设备与形成第二钝化层113的工艺设备相同,无需引出额外的设备以形成氧化铝层,有利于降低硬件成本。

[0090] 参考图13,形成覆盖第二钝化层113表面的第三钝化层114。

[0091] 在一些实施例中,第三钝化层114的材料包括第二氮氧化硅 SiO_iN_j 材料,其中 $i/j \in [0.97, 7.58]$,第二氮氧化硅材料可通过硅烷、笑气以及氨气反应生成,具体工艺可采用化学气相沉积工艺、等离子体增强化学气相沉积工艺或磁控溅射工艺;其中,化学气相沉积工艺包括低压化学气相沉积工艺,等离子体增强化学气相沉积工艺包括直接等离子体沉积工艺和远程等离子体沉积工艺。

[0092] 参考图14,在场钝化层122背离基底100的表面形成第四钝化层123。

[0093] 在一些实施例中,第四钝化层123可分为多层子膜层,例如2~4层膜层,在第四钝化层123朝向基底100的方向上,不同子膜层的折射率依次增加,如此,有利于提高太阳能电池的减反效果,使得太阳能电池后表面呈现全黑的效果;在其他实施例中,第四钝化层不同位置的折射率相同。

[0094] 参考图1,形成第一电极115以及第二电极124。

[0095] 在形成第四钝化层123之后,进行金属化处理,具体包括丝网印刷工艺和高温烧结工艺,以形成与P型发射极111连接的第一电极115以及和场钝化层122连接的第二电极124。

[0096] 在一些实施例中,在形成电极之后,对电池片进行光退火处理。具体包括:将电池

片放置在400℃~700℃环境下预热1min~6min,随后同时在150℃~400℃温度环境下以及1-6个太阳光照强度下对电池片进行1min~6min的退火处理。在上述温度环境下和光照强度下进行退火处理,可有效增大电池片的晶粒尺寸,同时缩短退火处理时间。光退火处理可进一步调整膜层晶粒的形态和大小,降低不同膜层内部以及不同膜层之间的应力,从而在不采用氧化铝钝化体系的情况下,减少膜层内部缺陷密度和膜层间界面缺陷密度,减小载流子的表面复合速率和保障载流子的有效传输,使得太阳能电池具有相对较高的光电转换效率。

[0097] 在一些实施例中,通过控制第一钝化层中氮氧化硅的成分比例,使得第一钝化层呈现较弱的正电性,作为缓冲层减小强正电性的第二钝化层对P型发射极的影响,进而应用于P型发射极表面;同时,相较于氧化铝,氮氧化硅与基底的性质相近,有利于降低P型发射极的界面态缺陷密度以及受到的应力损伤,进而降低基底前表面的载流子复合率,提高太阳能电池的光电转换效率;进一步地,具有正电性的第一钝化层可排斥迁入的正离子,避免正离子迁移至基底表面,有利于抑制太阳能电池的PID现象,提高组件性能。

[0098] 本领域的普通技术人员可以理解,上述各实施方式是实现本发明的具体实施例,而在实际应用中,可以在形式上和细节上对其作各种改变,而不偏离本发明的精神和范围。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各自更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求限定的范围为准。

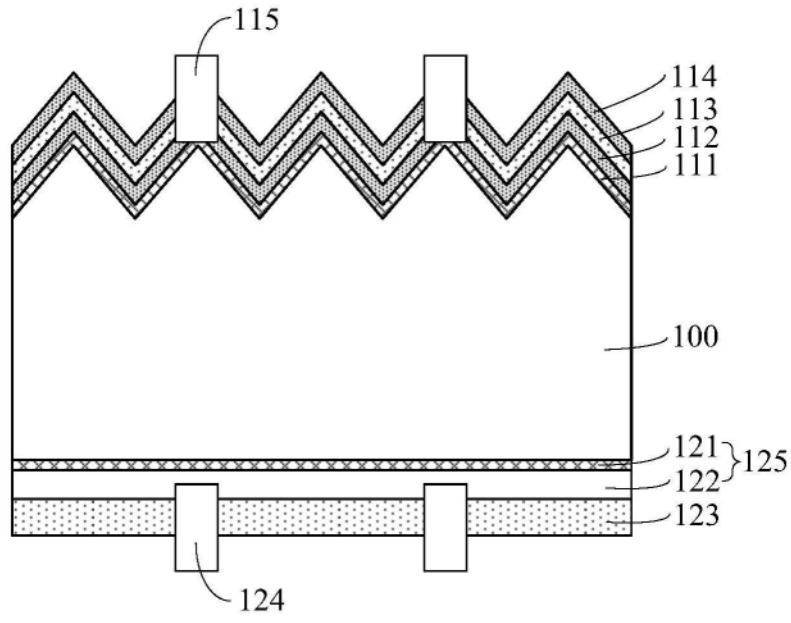


图1

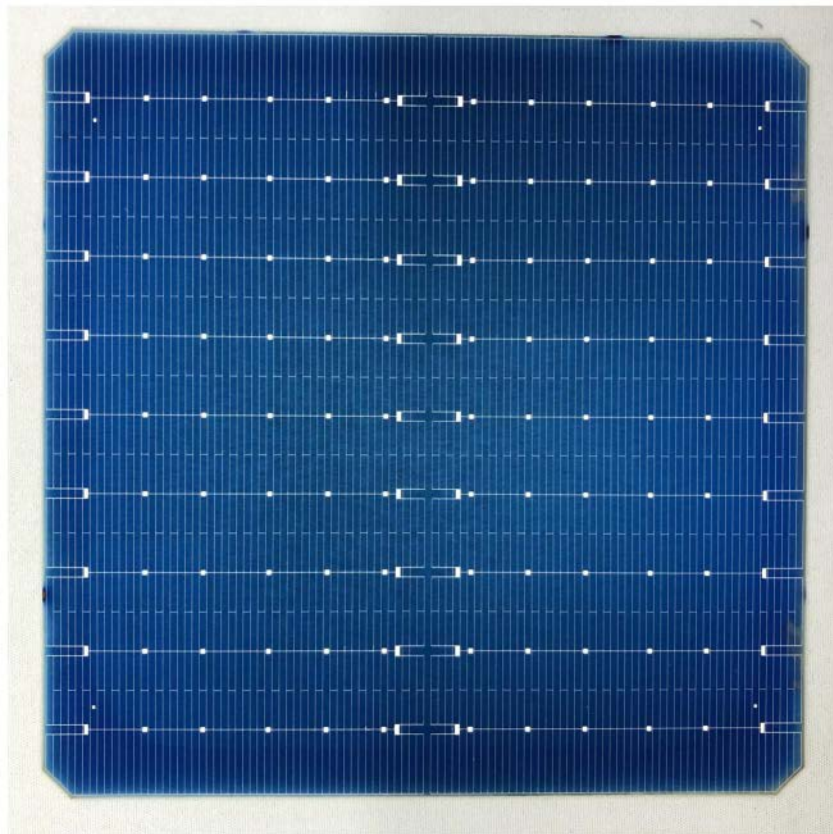


图2

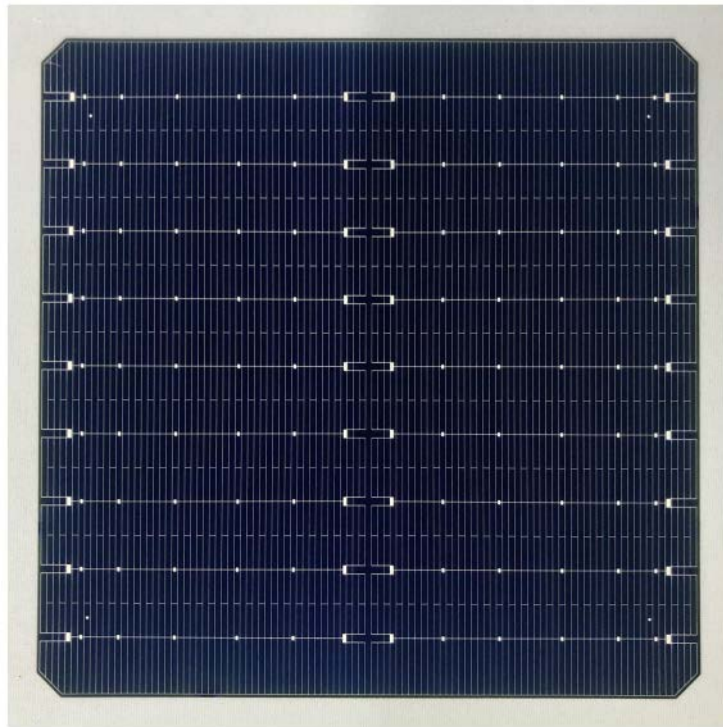


图3

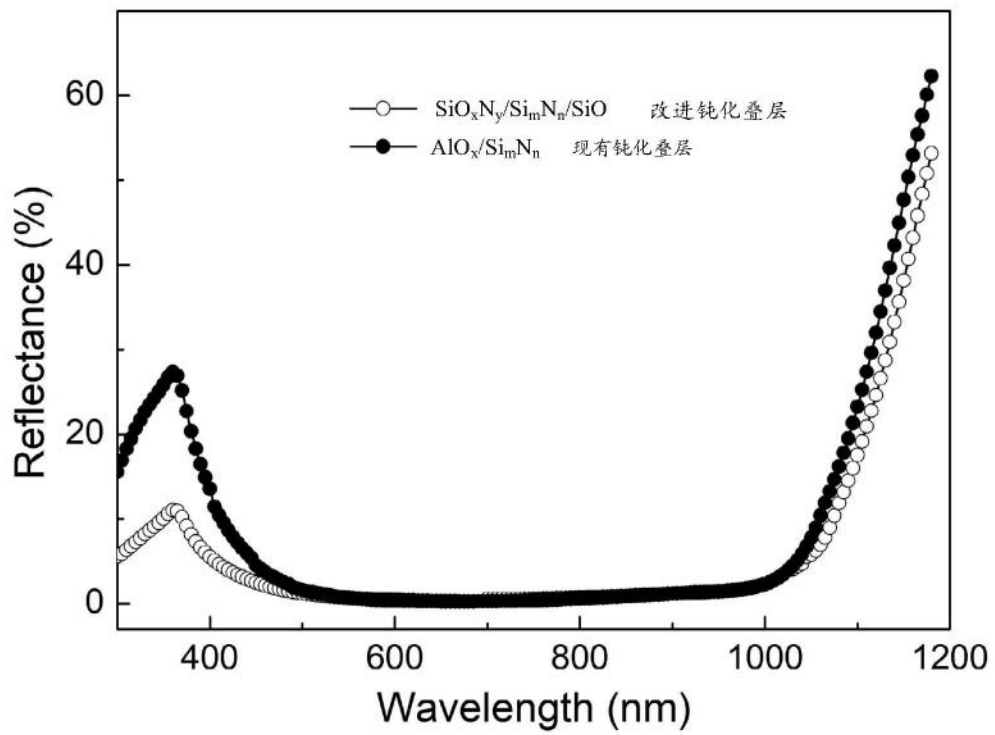


图4

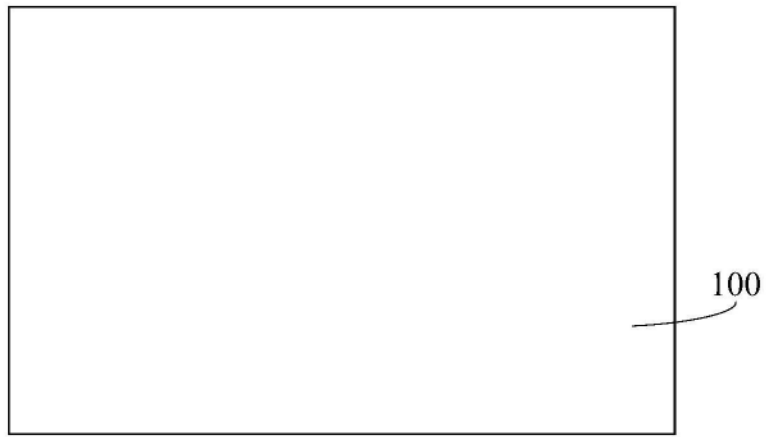


图5

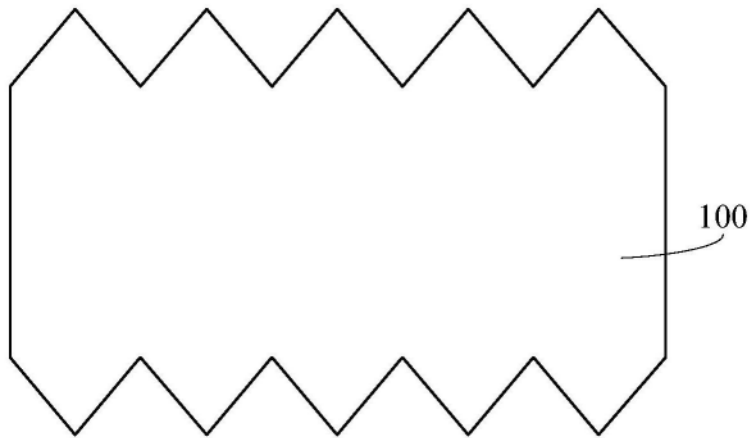


图6

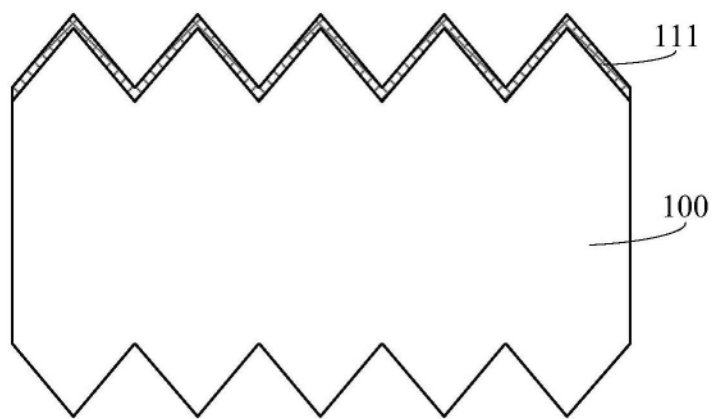


图7

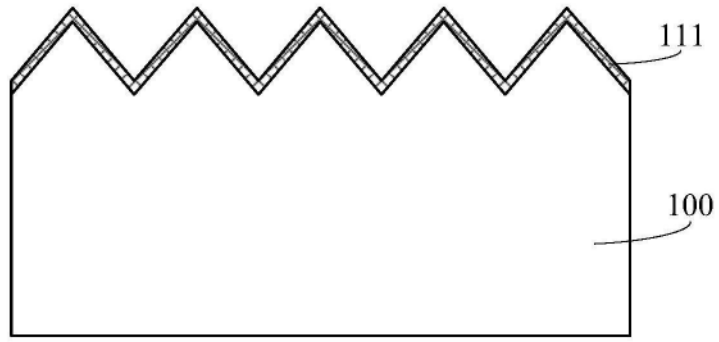


图8

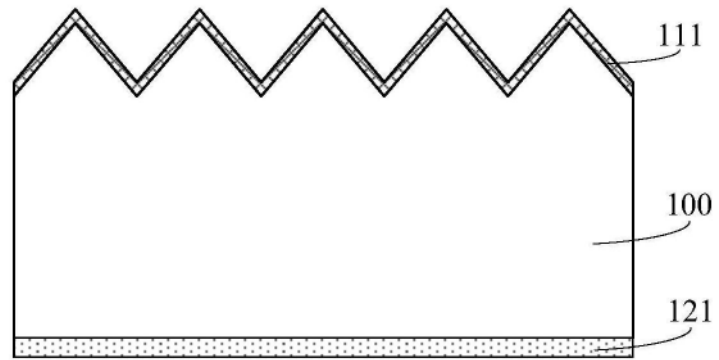


图9

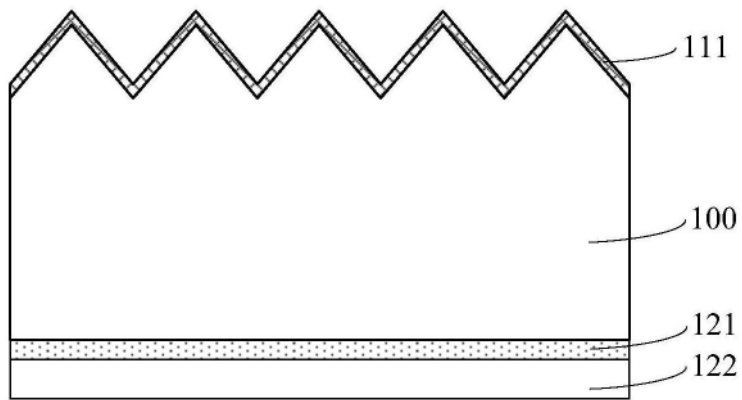


图10

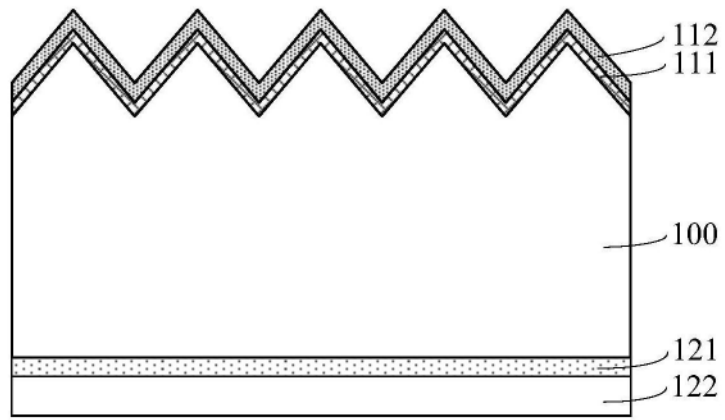


图11

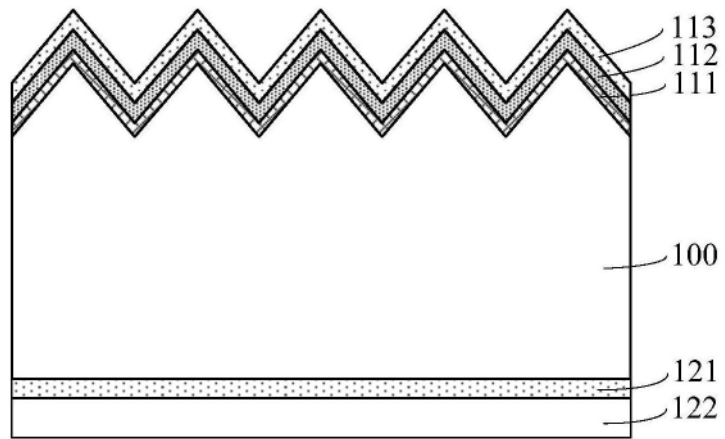


图12

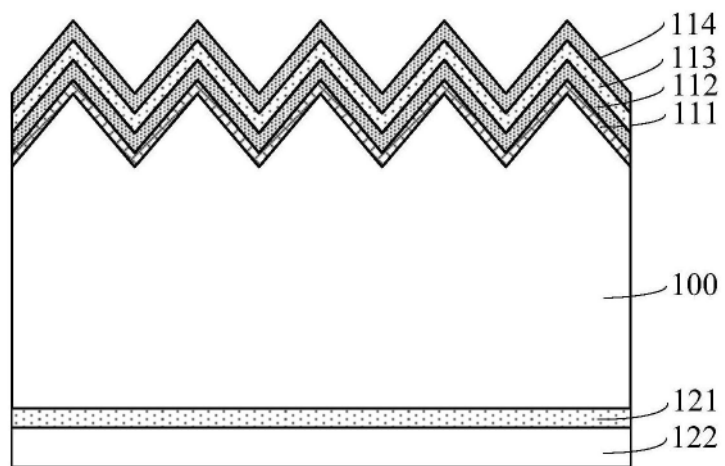


图13

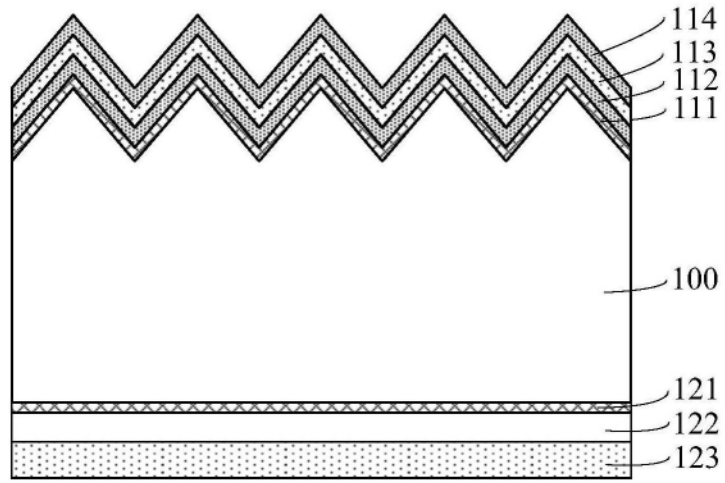


图14