



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114823968 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 29

(21) 申请号 202210239678.X

H01L 31/0352 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.11

H01L 31/0216 (2014.01)

(71) 申请人 浙江爱旭太阳能科技有限公司

H01L 31/0224 (2006.01)

地址 322009 浙江省金华市义乌市苏溪镇
好派路655号

H01L 31/068 (2012.01)

B23K 26/53 (2014.01)

申请人 珠海富山爱旭太阳能科技有限公司
天津爱旭太阳能科技有限公司
广东爱旭科技有限公司

(72) 发明人 王永谦 许文理 丁森 朱玮
陈刚

(74) 专利代理机构 杭州信与义专利代理有限公司
33450

专利代理师 马育妙

(51) Int. Cl.

H01L 31/18 (2006.01)

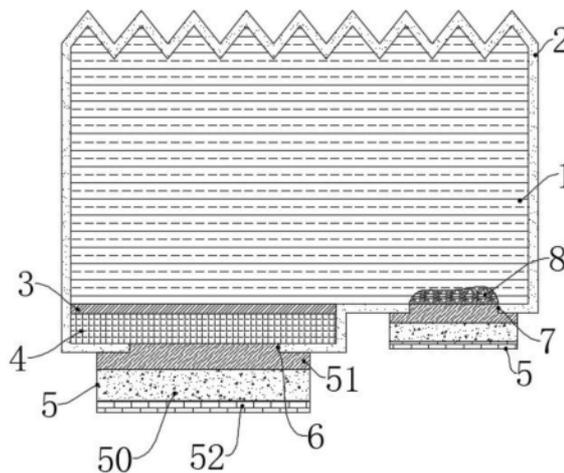
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

一种P型背接触太阳能电池的制备方法及其
电池结构、组件、发电系统

(57) 摘要

本发明公开了一种P型背接触太阳能电池的
制备方法及其电池结构、组件、发电系统,属于光伏
电池技术领域,包括导电层,所述导电层用于联结
于所述太阳能电池上的一端设有种子层,所述
种子层的宽度小于所述导电层的宽度;通过保障
导电层的宽度大于种子层的宽度,达到低的线电
阻,同时,避免导电层向所述太阳能电池扩散的
风险,保障电池本身的光电转换效率。



1. 一种P型背接触太阳能电池的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1)、选取待制备电极的P型背接触太阳能电池,该背接触太阳能电池包括位于背面的第一区域和第二区域,以及覆盖于该电池表面的钝化膜;

步骤2)、对待制备电极的P型背接触太阳能电池的第一区域进行开窗,构成第一开孔;

步骤3)、对待制备电极的P型背接触太阳能电池的第二区域进行局部激光IIIA族元素掺杂,以及同时进行激光开窗,构成第二开孔;

其中,步骤1)中所述第一区域为在衬底与所述钝化膜之间设有隧穿氧化层,以及设于所述隧穿氧化层上的N型掺杂层;所述第二区域为在衬底上直接覆盖所述钝化膜。

2. 如权利要求1所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法,其特征在于,所述制备方法还包括:

步骤4)、形成种子层,所述种子层通过第一开孔与第一区域,和/或通过第二开孔与第二区域形成导电接触。

3. 根据权利要求2所述的太阳能电池的制备方法,其特征在于,所述种子层以物理气相沉积法、丝网印刷法、化学气相沉积、电镀、化学镀、离子镀中的任意一项制备方法形成在所述衬底上。

4. 如权利要求3所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法,其特征在于,所述种子层采用物理气相沉积法制备而成。

5. 如权利要求2所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法,其特征在于,所述制备方法还包括:

步骤5)、水平传输经由步骤4)所制的P型背接触太阳能电池,阴极电镀刷与水平传输的所述太阳能电池上的所述种子层接触,使得所述种子层形成电镀体系的阴极,阳极件设置于电镀槽的电镀液中,设于所述电镀槽内的移动机构带动所述太阳能电池自所述太阳能电池移动机构的入口向出口方向移动,以使所述太阳能电池在通电及水平传输中实现电镀。

6. 如权利要求3所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法,其特征在于,所述制备方法还包括:

步骤6)、对步骤5)所制的P型背接触太阳能电池的第一区域和第二区域上的电镀电极形成绝缘隔离。

7. 如权利要求1-5中任一项所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法,其特征在于:所述步骤1)的具体制备步骤包括如下:

S1、对P型硅片表面湿化学处理形成织构化;

S2、沉积隧穿氧化层与N型掺杂层;

S3、在N型掺杂层上沉积第一掩膜,保留第一区域的第一掩膜,去除第二区域的第一掩膜;

S4、湿法学刻蚀祛除第二区域的N型掺杂层以及隧穿氧化层;

S5、双面镀膜。

8. 如权利要求5或6所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法,其特征在于:所述步骤3)包括采用丝网印刷将含IIIA族元素浆料印刷于所述第二区域上,构成IIIA族元素源层,通过激光扫描作用于所述IIIA族元素源层,形成激光硼掺杂。

9. 如权利要求7所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法,其特征在于:所述制备

方法还包括：

3-1)、清洗IIIA族元素源层以及热处理。

10. 如权利要求1-9中任一项所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法，其特征在于：所述IIIA族元素为硼或镓中的一种。

11. 如权利要求2-5中任一项所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法，其特征在于：所述种子层由合金制成，其组分包括功能成分以及强化成分，所述功能成分以及所述强化成分按照一定比例进行混合制成。

12. 如权利要求11所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法，其特征在于：所述功能成分为波长范围在850nm-1200nm之间平均折射率低于2的金属材料。

13. 如权利要求12所述的一种P型背接触太阳能电池的制备方法，其特征在于：所述功能成分为Al、Ag、Cu、Mg中的一种或多种，所述强化成分包括Mo、Ni、Ti、W、Cr、Si、Mn、Pd、Bi、Nb、Ta、Pa、V中的任意一种或多种，其中，按照含量占比，所述功能成分 $>50\%$ 。

14. 一种p型背接触太阳能电池，其特征在于：包括：

p型硅片衬底；衬底上具有面向太阳的正面与背向太阳的背面；背面上间隔分布着第一区域与第二区域，第一区域与第二区域掺杂极性相反；

第一区域上覆盖隧穿氧化层，隧穿氧化层上覆盖有掺杂极性与衬底相反的多晶硅层，第二区域为激光掺杂形成的含硼或镓背表面场；

电池正面及背面均覆盖有钝化膜；

第一区域及第二区域上的钝化膜上设有用于电镀的种子层及电镀Cu电极，所述电镀种子层通过钝化膜上的开窗与第一区域及第二区域形成连接。

15. 一种太阳能电池组件，其特征在于，应用如权利要求1-14所述的制备方法制备而成。

16. 一种太阳能发电系统，其特征在于，包括如权利要求15所述的太阳能电池组件。

一种P型背接触太阳能电池的制备方法及其电池结构、组件、发电系统

技术领域

[0001] 本发明属于光伏电池技术领域,特别涉及一种P型背接触太阳能电池的制备方法及其电池结构、组件、发电系统。

背景技术

[0002] 太阳能电池,是一种利用太阳光直接发电的光电半导体薄片,又称为“太阳能芯片”或“光电池”,它只要被满足一定照度条件的光照度,瞬间就可输出电压及在有回路的情况下产生电流。在物理学上称为太阳能光伏(Photovoltaic,缩写为PV),简称光伏。

[0003] 目前市面上的太阳能电池,其硅基底上直接覆盖一层金属层,如:含Al的金属氧化层,但由于在制备过程中,会形成Al-BSF的复合,导致电极和金属层的接触电阻率增大的同时,影响电池的转化效率以及使用寿命。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种P型背接触太阳能电池的制备方法,以解决上述背景技术中提出的问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种P型背接触太阳能电池的制备方法,包括如下步骤:

[0007] 1)、选取待制备电极的P型背接触太阳能电池,该背接触太阳能电池包括位于背面的第一区域和第二区域,以及覆盖于该电池表面的钝化膜;

[0008] 2)、对待制备电极的P型背接触太阳能电池的第一区域进行开窗,构成第一开孔;

[0009] 3)、对待制备电极的P型背接触太阳能电池的第二区域进行局部激光IIIA族元素掺杂,以及同时进行激光开窗,构成第二开孔;

[0010] 其中,步骤1)中所述第一区域为在衬底与所述钝化膜之间设有隧穿氧化层,以及设于所述隧穿氧化层上的N型掺杂层;所述第二区域为在衬底上直接覆盖所述钝化膜。

[0011] 与现有技术相比,本技术方案具有如下效果:

[0012] 激光掺杂形成的boron-BSF(back surface field背表面场),可以有效降低Al-BSF的复合,以及电极与金属层的接触电阻率,一个是因为B-O复合对相对Al-O复合对寿命更高;另外激光掺杂可形成高浓度的表面掺杂层而Al-BSF表面掺杂浓度较低,即激光硼掺杂可以降低表面复合以及降低接触电阻率(结合图9和图10),从而提高电池的转化效率。

[0013] 作为优选,所述制备方法还包括:

[0014] 步骤4)、沉积种子层,所述种子层通过第一开孔与第一区域,和/或通过第二开孔与第二区域形成导电接触。

[0015] 作为优选,所述种子层采用物理气相沉积法制备而成。

[0016] 作为优选,所述制备方法还包括:

[0017] 步骤5)、水平传输经由步骤4)所制的P型背接触太阳能电池,阴极电镀刷与水平传输的所述太阳能电池上的所述种子层接触,使得所述种子层形成电镀体系的阴极,阳极件设置于电镀槽的电镀液中,设于所述电镀槽内的移动机构带动所述太阳能电池自所述太阳能电池移动机构的入口向出口方向移动,以使所述太阳能电池在通电及水平传输中实现电镀。

[0018] 作为优选,所述制备方法还包括:

[0019] 步骤6)、对步骤5)所制的P型背接触太阳能电池的第一区域和第二区域上的电镀电极形成绝缘隔离。

[0020] 作为优选,所述步骤1)的具体制备步骤包括如下:

[0021] S1、对P型硅片表面湿化学处理形成织构化;

[0022] S2、沉积隧穿氧化层与N型掺杂层;

[0023] S3、在N型掺杂层上沉积第一掩膜,保留第一区域的第一掩膜,去除第二区域的第一掩膜;

[0024] S4、湿法学刻蚀祛除第二区域的N型掺杂层以及隧穿氧化层;

[0025] S5、双面镀膜。

[0026] 作为优选,所述步骤3)包括采用丝网印刷将含IIIA族元素印刷于所述第二区域上,构成IIIA族元素源层,通过激光扫描作用于所述IIIA族元素源层,形成激光IIIA族元素掺杂。

[0027] 作为优选,所述制备方法还包括:

[0028] 3-1)、清洗硼层以及热处理。

[0029] 作为优选,所述IIIA族元素为硼或镓中的一种。

[0030] 作为优选,所述种子层由合金制成,其组分包括功能成分以及强化成分,所述功能成分以及所述强化成分按照一定比例进行混合制成。

[0031] 作为优选,所述功能成分为波长范围在850nm-1200nm之间平均折射率低于2的金属材料。

[0032] 作为优选,所述功能成分为AL、Ag、Cu、Mg中的一种或多种,所述强化成分包括Mo、Ni、Ti、W、Cr、Si、Mn、Pd、Bi、Nb、Ta、Pa、V中的任意一种或多种,其中,按照含量占比,所述功能成分>50%。

[0033] 本发明还公开了一种p型背接触太阳能电池,包括:p型硅片衬底;衬底上具有面向太阳的正面与背向太阳的背面;背面上间隔分布着第一区域与第二区域,第一区域与第二区域掺杂极性相反;第一区域上覆盖隧穿氧化层,隧穿氧化层上覆盖有掺杂极性与衬底相反的多晶硅层,第二区域为激光掺杂形成的含硼或镓背表面场;电池正面及背面均覆盖有钝化膜;第一区域及第二区域上的钝化膜上设有电镀种子层及电镀Cu电极,所述电镀种子层通过钝化膜上的开窗与第一区域及第二区域形成连接。

[0034] 本发明还公开了一种太阳能电池组件,采用如上述任一项方案制备而成。

[0035] 本发明还公开了一种太阳能发电系统,采用上述公开的太阳能电池组件。

附图说明

[0036] 图1是本发明中P型背接触太阳能电池整体结构第一实施例示意图;

- [0037] 图2是本发明中P型背接触太阳能电池整体结构第二实施例示意图；
- [0038] 图3是本发明中整体工艺流程图；
- [0039] 图4是本发明中待制备电极的P型背接触太阳能电池的制备工艺流程图；
- [0040] 图5是本发明中第一区域的结构示意图；
- [0041] 图6是本发明中第二区域的结构示意图；
- [0042] 图7是本发明中水平电镀设备局部结构示意图；
- [0043] 图8是Cu与其他金属的扩散系数的对比图；
- [0044] 图9是Al-BSF表面掺杂浓度曲线；
- [0045] 图10是Boron-BSF表面掺杂浓度曲线。
- [0046] 图中:A-第一区域;B-第二区域;1-衬底;2-钝化膜;3-隧穿氧化层;4-N型掺杂层;5-电极组件;50-导电层;51-种子层;52-保护层;6-第一开孔;7-第二开孔;8-背表面场。

具体实施例

[0047] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚,完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部实施例。

[0048] 实施例:

[0049] 如图1所示的一种P型背接触太阳能电池,包括p型硅片衬底1,衬底1上具有面向太阳的正面与背向太阳的背面,所述衬底1的正面以及背面均覆盖有钝化膜2,且所述衬底1的背面设置有第一区域A和第二区域B,在第一区域A和第二区域B上均设有电极结构5;其中,第一区域与第二区域掺杂极性相反,第一区域A上覆盖隧穿氧化层3,隧穿氧化层3上覆盖有掺杂极性与衬底1相反的N型掺杂层4,第二区域B为激光掺杂形成的含硼或镓背表面场8,在本实施例中,为硼源层;

[0050] 电极结构5自上向下依次堆叠设置有种子层51、导电层50和保护层52,需要注意的是,在本发明中提供两种电极结构5,二者的差异在于种子层51的宽度为导电层50的宽度的10%-98%,所述导电层50的上表面距离所述钝化膜2下表面的平均高度范围为10nm-50 μ m,其次,两种极性的电极结构5中所述导电层50宽度-所述种子层51的宽度 $>5\mu$ m;

[0051] 在另一实施例中,二者的差异在于种子层51的宽度为导电层50的宽度的30%-90%,所述导电层50的上表面距离所述钝化膜2下表面的平均高度范围为10nm-50 μ m,其次,两种极性的电极结构5中所述导电层50宽度-所述种子层51的宽度 $>10\mu$ m。

[0052] 值得一提的是,在本发明中,所述种子层51由合金材料制成,其组分包括功能成分以及强化成分,所述功能成分以及所述强化成分按照一定比例进行混合,通过物理气相沉积制成,且所述功能成分为波长范围在850nm-1200nm之间平均折射率低于2的金属,具体来说,所述功能成分为Al、Ag、Cu、Mg中的一种或多种,所述强化成分包括Mo、Ni、Ti、W、Cr、Si、Mn、Pd、Bi、Nb、Ta、Pa、V中的任意一种或多种,其中,按照含量占比,所述功能成分 $>50\%$;其作用是,通过功能成分增强背反射的效果,强化成分提高导电层50和第一区域A的粘结效果。

[0053] 所述保护层52由Sn或Ag中的一种制备而成,所述保护层52的制备采用物理气相沉积、丝网印刷、化学气相沉积、电镀或化学镀中的一种;在本实施例中,该保护层52选用Sn进行电镀或化学镀制备而成,其作用是,通过Sn层对导电层50进行保护,避免其氧化,

同时在后续进行电池片组件组装时,提高和焊带的连接强度。

[0054] 其中关于第一区域A和第二区域B,结合附图5和附图6以及下述的制备流程,共同理解;

[0055] 该P型背接触太阳能电池的制备方法,包括如下步骤:

[0056] 步骤1)、选取待制备电极的P型背接触太阳能电池,该背接触太阳能电池包括衬底1位于背面的第一区域A和第二区域B,以及覆盖于该电池表面的钝化膜2;在本实施例中,中所述第一区域A为在衬底1与所述钝化膜2之间设有隧穿氧化层3,以及设于所述隧穿氧化层3上的N型掺杂层4;所述第二区域B为在衬底1上直接覆盖所述钝化膜2;

[0057] 在本实施例中,步骤1)中待制备电极的P型背接触太阳能电池的制备步骤如下:

[0058] S1、对衬底1表面湿法学处理形成织构化,在本实施例中选用为P型硅片;

[0059] S2、沉积隧穿氧化层3与N型掺杂层4;

[0060] S3、在N型掺杂层4上沉积掩膜,保留第一区域A的掩膜,祛除第二区域B的掩膜;

[0061] S4、湿法学刻蚀祛除第二区域B的N型掺杂层4以及隧穿氧化层3;其中,N型掺杂层4阻挡了后续物理气相沉积种子层51过程中的粒子轰击,促使增物理气相沉积种子层51技术应用与太阳电池中,实现大批量规模生产;

[0062] S5、双面镀膜,即镀钝化膜2。

[0063] 步骤2)、对待制备电极的P型背接触太阳能电池的第一区域A通过激光开窗,构成第一开孔6;

[0064] 步骤3)、对待制备电极的P型背接触太阳能电池的第二区域B进行局部激光硼掺杂,以及同时进行激光开窗,构成第二开孔7;

[0065] 在本实施例中,所述步骤3)采用丝网印刷将含硼浆料印刷于所述第二区域B上,构成硼源层8,然后,通过激光扫描作用于所述硼源层,形成激光硼掺杂。

[0066] 另外,为了激活钝化膜2的钝化效果以及修复激光处理过程中带来的损伤,在步骤3)开窗完成后,可以进行硼源层8清洗以及热处理。

[0067] 值得一提的是,步骤2)和步骤3)并无先后顺序,因此,仅通过对步骤2)以及步骤3)的先后顺序进行调整均在本申请的保护范围内。

[0068] 值得注意的是,激光掺杂形成的boron-BSF(backsurfacefield背表面场),可以有效降低A1-BSF的复合,以及电极与金属层的接触电阻率,一个是因为B-0复合对相对A1-0复合对寿命更高,同时B的原子尺寸相对A1更小,其引起的晶格变化更小;另外激光掺杂可形成高浓度的表面掺杂层而A1-BSF表面掺杂浓度较低,即激光硼掺杂可以减低表面复合(表面SRH复合与表面掺杂浓度呈负相关)以及降低接触电阻率(浓度越高隧穿几率越高)

[0069] 所述制备方法还包括:

[0070] 步骤4)、采用物理气相沉积种子层51,所述种子层51通过第一开孔6与第一区域A,和/或通过第二开孔7与第二区域B形成导电接触;其作用是,采用物理气相沉积的方式解决了电极宽度与开膜损伤的矛盾,使得电极宽度可大幅增加,一方面降低了线电阻,同时解决了长期以来电镀电极因线宽过窄引起的栅线脱落问题。

[0071] 步骤5)、水平传输经由步骤4)所制的P型背接触太阳能电池,水平传输经由步骤4)所制的P型背接触太阳能电池,阴极电镀刷与水平传输的所述太阳能电池上的所述种子

层51接触,使得所述种子层51形成电镀体系的阴极,阳极件设置于电镀槽的电镀液中,设于所述电镀槽内的移动机构带动所述太阳能电池自所述太阳能电池移动机构的入口向出口方向移动,以使所述太阳能电池在通电及水平传输中实现电镀;该水平电镀设备参考图7,图中箭头指向为电镀时的电池片在设备中的流转方向。

[0072] 值得一提的是,水平电镀技术的引入解决了电镀技术产能低的问题,使得电镀方案适用于太阳能电池的规模化生产,同时解决了电镀电极压针点电极缺失引起的效率减低及外观问题以及压针点大面积开膜导致的效率损失;

[0073] 同时,相较于传统的制备方式,引入电镀技术,基于A1浆料印刷的基础上,难以引入电镀技术,首先,A1浆料作为阴极电镀在A1上的金属层粘附力不足会脱落导致短路,其次,A1浆料不作为阴极会在电镀液中被刻蚀掉,但如果没有A1那么将无法形成BSF,导致严重的复合,激光硼掺杂完美地解决了这个问题,其掺杂的B形成了BSF,同时无外侧金属层覆盖。

[0074] 步骤6)、对步骤5)所制的P型背接触太阳能电池的第一区域A和第二区域B上的电镀电极形成绝缘隔离。

[0075] 为了讲明其效果,进一步展开阐述,种子层51为合金材料,其包括主组分与强化组分,主组分为波长范围在850nm-1200nm之间平均折射率低于2的一种或多种金属(优选为Al(铝)、Ag(银)、Cu(铜)、Mg(镁)中的任意一种或多种),强化组分包括Mo(钼)、Ti(钛)、W(钨)、Ni(镍)、Cr、Si、Mn、Pd、Bi、Nb、Ta、Pa、V中的任意一种或多种。种子层中主组分的含量优选>50%。更优选地,种子层的主组分为Al,其含量为 $\geq 70\%$;强化组分为Ti,含量为 $\leq 30\%$,或者,主组分为Al,含量为 $\geq 70\%$;强化组分为W,含量为 $\leq 30\%$,或者,主组分为Al,含量为 $\geq 70\%$;强化组分为Ti,含量为 $\leq 30\%$,或者,主组分为Al,含量为 $\geq 70\%$;强化组分为Mo,含量为 $\leq 30\%$ 。

[0076] 目前量产化晶体硅太阳能电池中使用到Ag浆料作为电极材料,其中Ag浆料的成本占电池非硅成本接近30%的比例。减少Ag用量或者不使用Ag的生产技术将可有效降低太阳能电池的生产成本。其中Cu便为Ag的很好替代品,Cu相比较Ag作为导电材料的优势对比请见下表a:

金属	Ag	Cu
体电阻率 (ohm.cm)	1.60E-06	1.70E-06
价格(元/吨)	5101000	70970

[0078] 表a

[0079] 由上表a可知,Cu具有相对稳定的化学特性、优良的延展性、足够低的体电阻以及可大量获取且价格低廉(接近1/72的Ag材料价格)这些优良的特性,使得其成为Ag的有效替代品。但Cu有两个重要的特点限制了其在太阳能电池中的应用,第一个是Cu的扩散系数过大,图3为常见金属的扩散系数示意图,图3中的横、纵坐标分别表示温度(单位开尔文K)的倒数、金属元素的扩散系数,由图3可以看到,Cu的扩散系数远高于其它金属,较Ag/Al等高了>5个数量级。

[0080] 第二个是,Cu缺陷对空穴有较大的捕获截面,其会大幅降低少子寿命,进而降低太阳能电池的电性能,Cu含量对少子寿命以及电池性能的影响请见下表b:

3ohm.cm n 型硅片		
Cu 含量 (1/cm ³)	体少子寿命@1E15	对电池效率的影响 (%)
0	33.25	—
1.00E+12	15.15	-0.29
5.00E+12	4.48	-1.35
1.00E+13	2.35	-2.28
1.50E+13	1.49	-2.81

[0082] 表b

[0083] 由上表b可知,随着Cu含量的增加,体少子寿命大幅降低,电池效率也大幅降低。即使只有1E12/cm³的Cu杂质,电池效率也降低 0.29%。

[0084] 现有技术中,通常采用Ni (镍) 作为Cu扩散的阻挡层,同时能很好的粘连衬底以及Cu电极,其实现方案大致流程为:准备好镀膜后的衬底—激光开膜—电镀Ni—电镀Cu层。但我们在研究过程中发现Ni作为Cu的阻挡层存在一个较大的缺陷,其长波段反射效果较低,降低了电池的陷光效果,进一步降低了电池的转换效率。

[0085] Ni+Cu与Ag作为电极材料的电池光学性能对比数据请见下表c:

	电池短路电流 (Jsc/cm ²)	
	实验结果	光学模拟结果
Ag 电极路线	42.09	42.12
Ni+Cu	40.73	41.37

[0087] 表c

[0088] 由上表c可知,Ni+Cu的组合使得电池的短路电流大幅降低,其中模拟结果中预测,短路电流密度将降低0.75mA/cm²,实验结果降低了1.36mA/cm²的短路电流密度,比理论预测更大。

[0089] 下面我们对常见的金属陷光效果进行分析:

[0090] 目前成品电池硅片厚度大约在150um,>850nm波长的光即可有效穿透此厚度,同时因为Si的禁带宽度为1.12eV,所以>1200nm的光将难以激发电子空穴对,因此我们考虑陷光效果时主要关注 850-1200nm波段。下表d为不同金属的界面反射率以及2022年2月份查到的市场价格:

材料	硅与材料界面 850-1200nm 波段平均 反射率模拟结果 (%)	价格 (元/吨)	短路电流模拟结果 (mA/cm ²)
Ag	96.6	5,101,000	42.18
Al	80.7	22,800	42.04
Cu	91.6	70,970	42.09
Mg	80.2	50,800	41.91

[0092]	Cr	22.3	67,100	41.17
	Mo	33.2	370,000	41.29
	Ni	38.8	180,200	41.35
	Sn	51.9	339,000	41.52
	Ti	18.1	80,000	41.17
	W	21.6	171,500	41.20

[0093] 表d

[0094] 由上表d可以看到,不同金属之间界面反射率差异较大,其中 Ag/Al/Cu/Mg四种金属可以获得相对理想的短路电流结果,用于种子层中都能形成有效的陷光效果;进一步分析:Cu不能应用为种子层,因为种子层一个重要的作用就是阻挡Cu;Mg化学性质过于活泼也不是很好的一种选择;Ag价格则较高,也不是较好的选择;Al则是一个理想的种子层金属,其具有优良的背反射率效果,同时化学性质相对稳定,且其价格低廉,仅为Ag的1/223,Cu的1/3。

[0095] 但单纯Al金属做为种子层,却引入另外一个问题:Al与其它金属之间的粘连较弱,使用单纯Al作为种子层的技术会使得产品可靠性不达标,产品在冷热交替或者弯曲的情况,或者组件焊接中焊点的应力都会导致Al与外层金属分离,产生脱落,引起失效。

[0096] Al与Cu之间结合力差,容易形成成片的栅线掉落。为解决此问题,我们尝试了多种改善方法,例如增加Al/衬底接触面积、给样品升温促进金属间互扩散、Al/Cu材料之间插入新材料例如TiW等,效果均不理想;最终发现若在Al材料中添加与Cu能形成良好互连的强化组分作为种子层,在Cu电镀之后甚至不需要额外的退火处理,即已形成良好种子层/电镀层交连,大幅提升电镀层的粘附力,最终解决此问题。

[0097] 其中经实验验证,Ni、Mo、Ti、W这四种强化组分起到明显的粘附力提升效果。

[0098] 进一步地我们通过表d了解到,Ni、Mo、Ti、W这四种材料其反射率偏低,若添加过多,则导致光学性能的降低,其中以W为例,我们简单的假定合金成分的性能为成分的加权平均值,则得到如下表e所示的推算结果:

[0099]	W含量比例(%)	电池短路电流(J _{sc} /cm ²)
	100	40.8
	90	40.92
	80	41.04
	70	41.16
	60	41.28
	50	41.4
	40	41.52
	30	41.64
	20	41.76
	10	41.88
	0	42.00

[0100] 表e

[0101] 其中当W含量为30%时,其电流损失为0.36mA/cm²,这引起约0.2%的电池转换效

率降低,此虽然较大但综合Cu替代Ag带来的成本降低以及对可靠性问题的解决上来看,值得接受,因此认为,强化组分 $\leq 30\%$ 为推荐值。

[0102] 进一步地,我们种子层中强化组分的比值可以呈现不均匀分布,这样将获得更佳的性能效果,其原理为:与衬底接近的部分降低强化组分的含量,这样可以增强光的反射,而与导电层金属接触的部分可以相对含有更高的强化组分以提高与导电层金属的结合力。

[0103] 下表f为不同电极技术的焊接拉力对比:

电极技术	焊接拉力 (N/mm)
常规 Ag 电极	1.3
Al+Cu 电极	0.2
Al+TiW+Cu 电极	0.5
本专利中 Al 合金+Cu 电极	1.7

[0105] 表f

[0106] 由上表f可以看出,单纯Al种子层其栅线拉力较低,远低于常规的Ag电极,而Al与Cu直接插入TiW材料后焊接拉力有所提升,但依然存在不足,本发明中采用Al合金种子层制作的太阳能电池,其焊接拉力甚至表现比常规Ag电极更高。

[0107] 进一步地,种子层51厚度优选 $\geq 30\text{nm}$,经实验发现,30nm厚度的种子层51足以阻挡Cu金属的扩散,而厚度 $\leq 300\text{nm}$,主要考虑因素为控制成本,例如采用物理气相沉积的方法制作种子层51,即使Al相对其它金属价格较低,但Al靶材的成本影响依然不可忽视,另外种子层51厚度越高设备侧产能越低,不利于大规模生产地推广,因此,种子层51厚度优选为30-300nm之间

[0108] 进一步地,为节省合金靶材地成本且进一步限制Cu金属往衬底扩散,我们可以在合金种子层与衬底之间添加一层透明导电氧化物层,长波段的光可穿透明导电氧化物层,在合金层界面进行有效反射,同样能获得理想地性能及可靠性结果。

[0109] 本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“横向”、“上”、“下”、“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。此外,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。在本发明的描述中,除非另有说明,“若干个”的含义是两个或两个以上。另外,术语“包括”及其任何变形,意图在于覆盖不排他的包含。

[0110] 本发明按照实施例进行了说明,在不脱离本原理的前提下,本装置还可以作出若干变形和改进。应当指出,凡采用等同替换或等效变换等方式所获得的技术方案,均落在本发明的保护范围内。

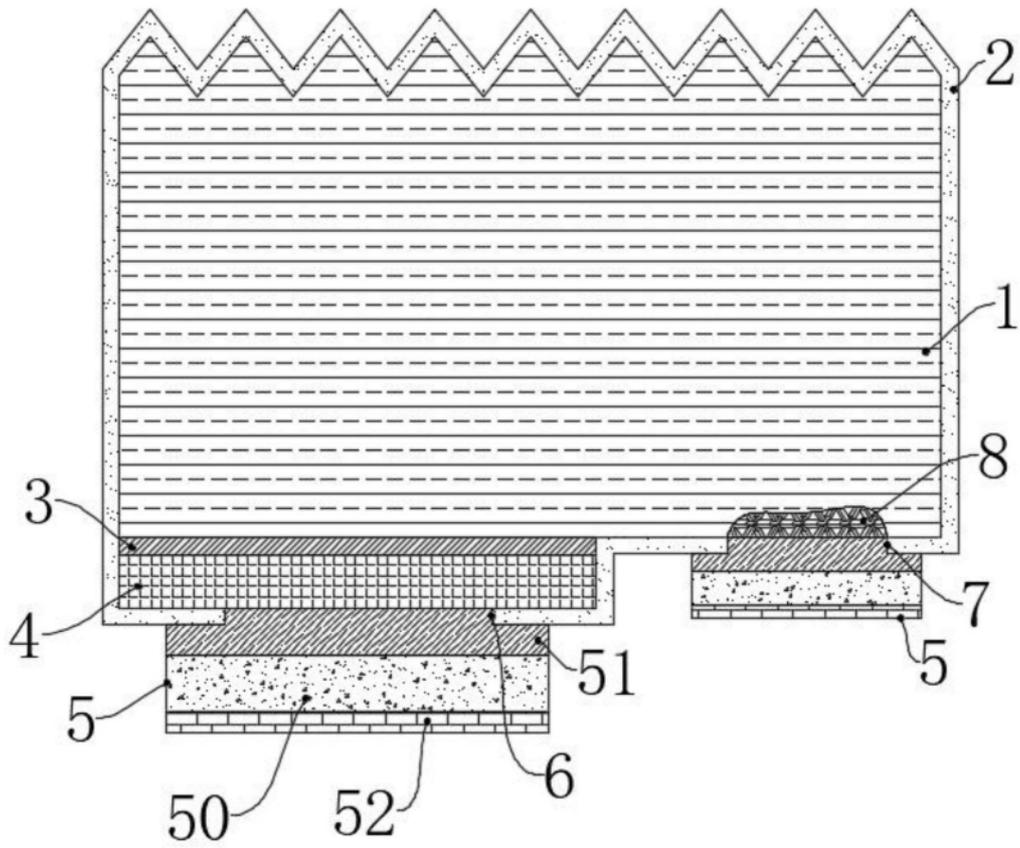


图1

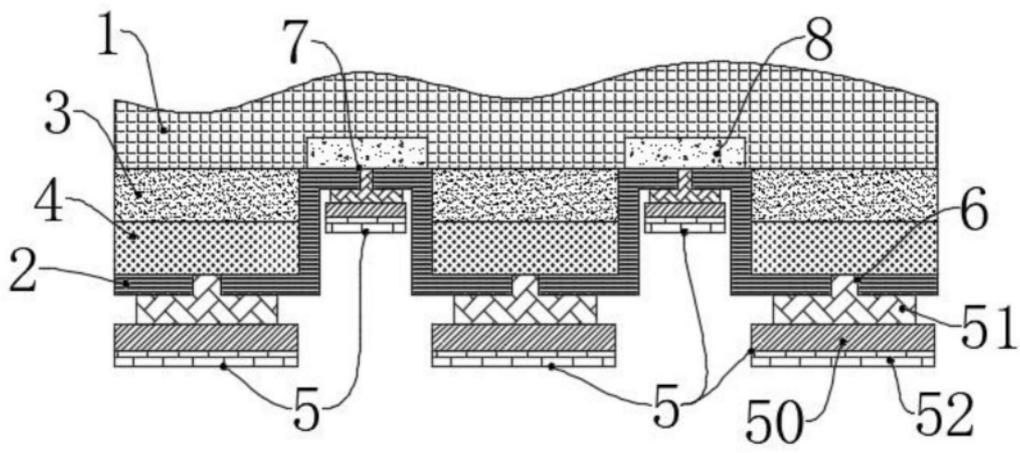


图2

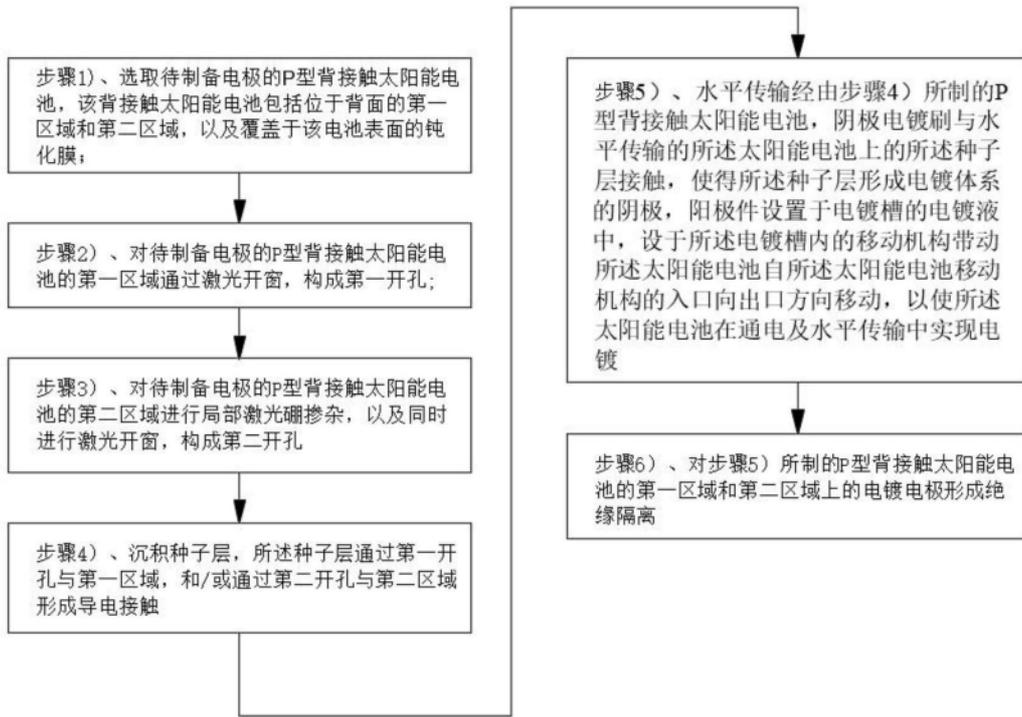


图3

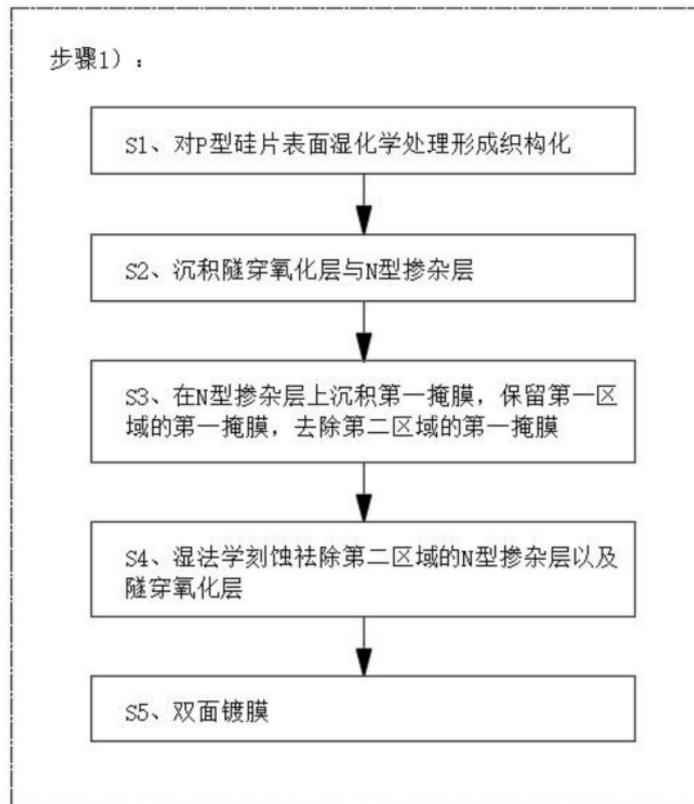


图4

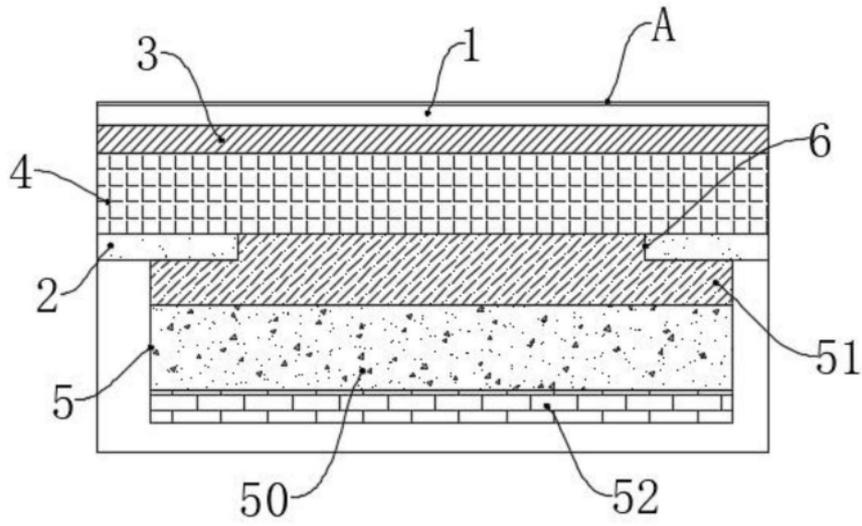


图5

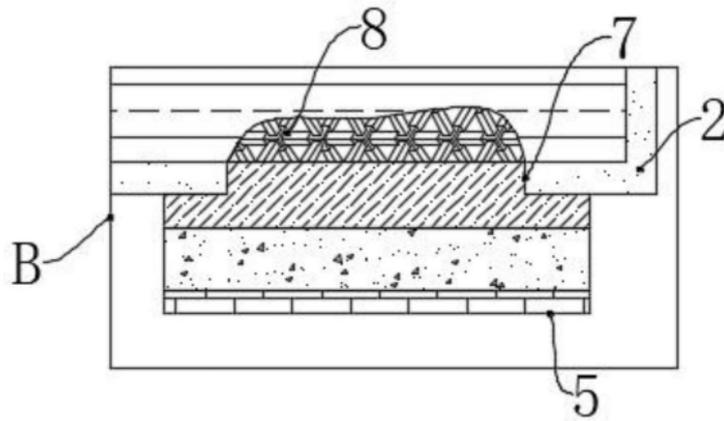


图6

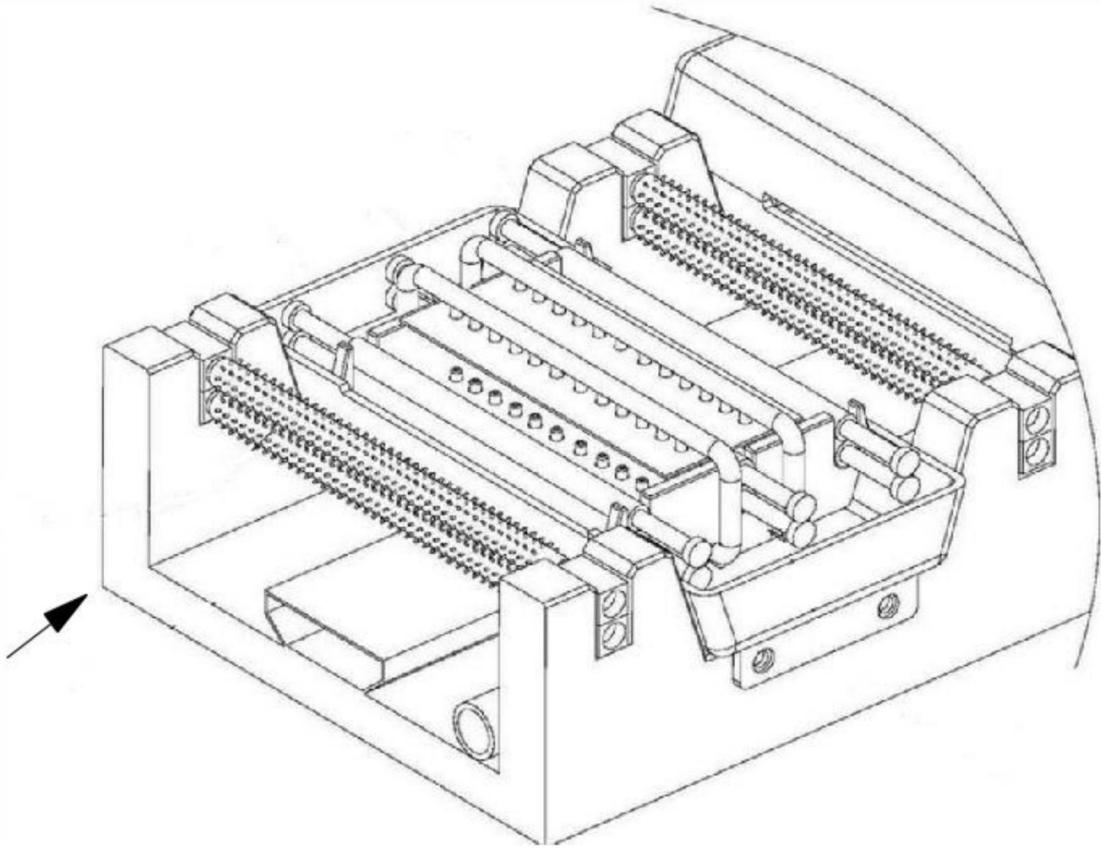


图7

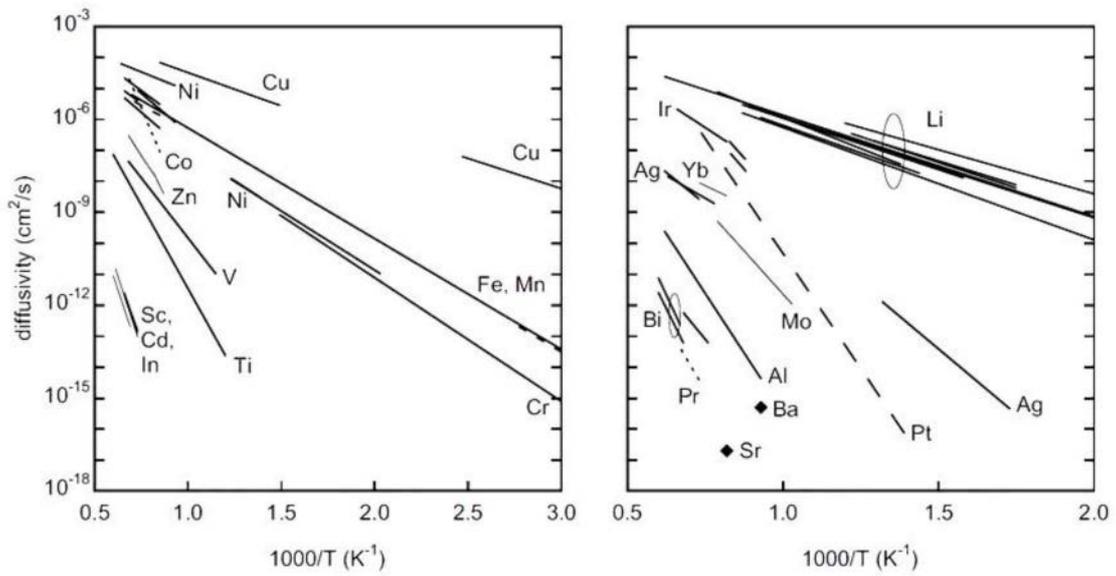


图8

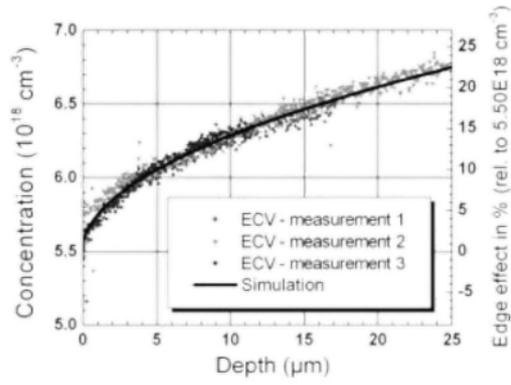


图9

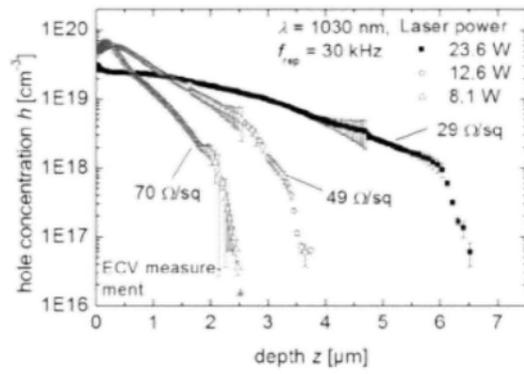


图10