



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109148616 B

(45) 授权公告日 2024. 09. 13

(21) 申请号 201710461478.8

(22) 申请日 2017.06.16

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109148616 A

(43) 申请公布日 2019.01.04

(73) 专利权人 国家电投集团新能源科技有限公司

地址 330096 江西省南昌市高新技术产业  
开发区瑶湖西大道光电产业园1号楼

(72) 发明人 赵晓霞 王恩宇 王伟 田宏波  
周永谋 杨瑞鹏 宗军 李洋

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事  
务所(普通合伙) 11201

专利代理师 赵天月

(51) Int.Cl.

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 31/074 (2012.01)

H01L 31/18 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103730532 A, 2014.04.16

CN 105006316 A, 2015.10.28

CN 205231076 U, 2016.05.11

CN 207398154 U, 2018.05.22

US 2011277825 A1, 2011.11.17

US 9496429 B1, 2016.11.15

审查员 贾翠乐

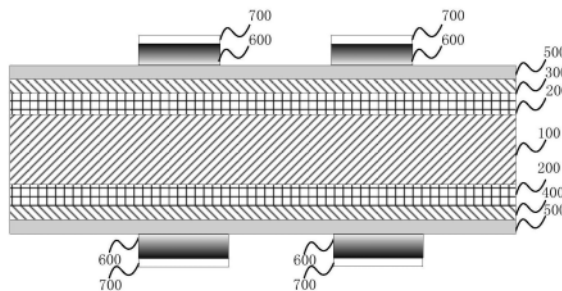
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

硅异质结太阳能电池及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了硅异质结太阳能电池及其制备方法。其中,该太阳能电池包括:n型晶硅衬底层;轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层,氢化非晶硅缓冲层形成在衬底层的上、下两侧表面上;重掺杂p型氢化非晶硅发射极层,氢化非晶硅发射极层形成在一侧轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上;重掺杂n型氢化非晶硅背场层,氢化非晶硅背场层形成在另一侧氢化非晶硅缓冲层的表面上;透明导电氧化物层,透明导电氧化物层分别形成在氢化非晶硅发射极层和氢化非晶硅背场层的表面上;合金栅线电极层,合金栅线电极层形成在透明导电氧化物层、氢化非晶硅背场层和氢化非晶硅发射极层的至少一层的表面上;以及电极保护层,电极保护层形成在合金栅线电极层的表面上。



1. 一种硅异质结太阳电池,其特征在于,包括:  
n型晶硅衬底层;  
轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层,所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层形成在所述n型晶硅衬底层的上、下两侧表面上;  
重掺杂p型氢化非晶硅发射极层,所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层形成在一侧所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上;  
重掺杂n型氢化非晶硅背场层,所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层形成在另一侧所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上;  
透明导电氧化物层,所述透明导电氧化物层形成在所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层或所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层的至少部分表面上;  
合金栅线电极层,所述合金栅线电极层形成在所述透明导电氧化物层、所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层和所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层的至少一层的表面上;以及  
电极保护层,所述电极保护层形成在所述合金栅线电极层的表面上,所述电极保护层是由锡合金形成的;所述锡合金含有Sn和选自Cu、Ag、Zn、Bi和In中的至少一种元素,所述电极保护层含有不低于50质量%的锡,所述电极保护层进一步含有选自B、P、Ga和Al中的至少一种元素。
2. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述轻掺杂n型氢化非晶硅层的掺杂浓度为 $10^8-10^{17}/\text{cm}^3$ 。
3. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述合金栅线电极层包括:  
合金过渡层,所述合金过渡层形成在所述透明导电氧化物层、所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层和所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层的至少一层的表面上;以及  
含铜导电合金层,所述含铜导电合金层形成在所述合金过渡层的表面上。
4. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述合金过渡层含有选自Cu、Mo、W、Ti、Ni、Cr、Al、Mg、Ta、Sn、Zn和Ag中的至少两种金属。
5. 根据权利要求3所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述含铜导电合金层含有Cu和选自Mo、W、Ti、Ni、Cr、Al、Mg、Ta、Sn、Zn和Ag中的至少一种金属。
6. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述衬底层的厚度为50-200  $\mu\text{m}$ 。
7. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述氢化非晶硅缓冲层的厚度为1-15nm。
8. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述氢化非晶硅发射极层的厚度为5-25nm。
9. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述氢化非晶硅背场层的厚度为5-25nm。
10. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述透明导电氧化物层的厚度为50-300nm。
11. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述合金过渡层的厚度为5-300nm。
12. 根据权利要求3所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述含铜导电合金层的厚

度为1-100 $\mu\text{m}$ 。

13. 根据权利要求1所述的硅异质结太阳电池,其特征在于,所述电极保护层的厚度为0.3-25 $\mu\text{m}$ 。

14. 一种制备权利要求1-13任一项所述的硅异质结太阳电池的方法,其特征在于,包括:

提供n型晶硅衬底层;

在所述n型晶硅衬底层的上、下两侧表面上形成轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层;

在一侧所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上形成重掺杂p型氢化非晶硅发射极层;

在另一侧所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上形成重掺杂n型氢化非晶硅背场层;

在所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层和所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层的表面上形成透明导电氧化物层;

在所述透明导电氧化物层、所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层和所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层的至少一层的表面上形成合金栅线电极层;以及

在所述合金栅线电极层的表面上形成电极保护层。

15. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述合金栅线电极层含有合金过渡层和含铜导电合金层。

16. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述合金过渡层是利用物理气相沉积法形成的。

17. 根据权利要求15所述的方法,其特征在于,所述含铜导电合金层是利用电镀法形成的。

18. 根据权利要求16所述的方法,其特征在于,所述物理气相沉积法为蒸发沉积法和溅射沉积法。

19. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述电极保护层含有Sn和选自Cu、Ag、Zn、Bi和In中的至少一种元素,且其中锡的含量不低于50质量%。

20. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述电极保护层是利用熔融锡在电极表面涂覆形成的。

21. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述电极保护层是利用丝网印刷法或喷印法形成的。

22. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述电极保护层是利用物理气相沉积法形成的。

23. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述电极保护层是利用非电镀的化学沉积法形成的。

24. 根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述电极保护层是利用电镀法形成的。

25. 根据权利要求22所述的方法,其特征在于,所述物理气相沉积法为蒸发沉积法和溅射沉积法。

## 硅异质结太阳电池及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及太阳能电池领域,具体而言,涉及含有合金电极保护层的硅异质结太阳电池及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 光伏电池的电极通常位于电池的前或后表面,与电池表面形成紧密的物理或化学接触,并作为收集电池产生的光生电流的导体。电极,也称为栅线,以一定的排布图案分布在光伏电池表面,目的是提供低电阻的导电通路,并尽量降低电极本身对光线的遮挡以减小入射光损失。

[0003] 太阳电池表面的金属电极不仅影响电池的串联电阻,进而影响最终电池的效率,而且在一定程度上影响着电池的成本,因而高性价比的金属化是高效电池研究中一个非常重要的方向。目前工业上最成熟、应用最广泛的电极制备方法是丝网印刷Ag浆,该方法可实现大规模自动化连续生产,因而备受企业的青睐。但是该方法要形成Ag与基底Si之间的良好的欧姆接触,需要对印刷的Ag浆进行高温( $>700^{\circ}\text{C}$ )烧结,并不适用于硅异质结这种要求所有工艺均在低温下完成的电池。而且,这种方法所形成的电极具有材料昂贵、线宽较宽而线高有限、以及金属与硅接触界面处少子复合速率较高的特点,并且限制了更薄硅片的应用,正成为进一步降低电池成本和提高效率的限制因素之一。

[0004] 针对上述的问题,无论从材料、结构还是制备方法上,在太阳电池的电极设计方面涌现出了一些其它的方案。比如材料方面采用非贵金属的Cu来代替Ag,由于Cu的电导率与Ag接近而成本却大约只是Ag的百分之一,所以Cu是一种很有前景的电极材料。但是,Cu原子极易向硅中扩散,导致电池性能下降,因此在Cu与Si之间需形成一个高质量的势垒层以阻挡Cu的扩散。在此基础上,可采用的电极结构是Ni/Cu体系形成的堆叠金属层,金属Ni作为势垒层可以阻挡Cu向硅中的扩散。这种电极具有较细的栅线和较低的接触电阻,然而,在潮湿环境中,Cu易被氧化和腐蚀,使电阻大幅上升,强度降低。

[0005] 由此,现有的太阳电池有待改进。

### 发明内容

[0006] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此,本发明的一个目的在于针对具有合金栅线电极层的硅异质结太阳电池,为改善合金电极抗环境影响能力及焊接性,发明人对该合金栅线电极层增加电极保护层,使合金栅线电极层具有良好的抗氧化、耐腐蚀、及焊接性。

[0007] 根据本发明的一个方面,本发明提供了一种硅异质结太阳电池。根据本发明的实施例,该太阳电池包括:

[0008] n型晶硅衬底层;

[0009] 轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层,所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层形成在所述衬底层的上、下两侧表面上;

[0010] 重掺杂p型氢化非晶硅发射极层,所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层形成在一侧所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上;

[0011] 重掺杂n型氢化非晶硅背场层,所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层形成在另一侧所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上;

[0012] 透明导电氧化物层,所述透明导电氧化物层形成在所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层或所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层的至少部分表面上;

[0013] 合金栅线电极层,所述合金栅线电极层形成在所述透明导电氧化物层、所述氢化非晶硅背场层和所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层的至少一层的表面上;以及

[0014] 电极保护层,所述电极保护层形成在所述合金栅线电极层的表面上。

[0015] 根据本发明实施例的太阳电池,通过对太阳电池的合金栅线电极层增加电极保护层,改善合金电极抗环境影响能力及焊接性,解决了合金栅线电极,尤其是铜合金栅线电极在潮湿环境中易被腐蚀和氧化的问题,使合金栅线电极层具有良好的抗氧化、耐腐蚀及焊接性。

[0016] 另外,根据本发明上述实施例的硅异质结太阳电池,还可以具有如下附加的技术特征:

[0017] 根据本发明的实施例,合金栅线电极层含有合金过渡层和含铜导电合金层。

[0018] 根据本发明的实施例,所述合金过渡层含有选自Cu、Mo、W、Ti、Ni、Cr、Al、Mg、Ta、Sn、Zn和Ag中的至少两种金属,优选地,所述合金过渡层含有Ni-Cu-Sn合金、Ni-Cu-In合金或Ni-Al合金。

[0019] 根据本发明的实施例,所述含铜导电合金层含有Cu和选自Mo、W、Ti、Ni、Cr、Al、Mg、Ta、Sn、Zn和Ag中的至少一种金属。

[0020] 根据本发明的实施例,所述电极保护层是由锡或锡合金形成的。

[0021] 根据本发明的实施例,锡合金含有Sn和选自Cu、Ag、Zn、Bi和In中的至少一种元素。

[0022] 根据本发明的实施例,所述电极保护层还可进一步含有选自B、P、Ga和Al中的元素。

[0023] 根据本发明的实施例,所述电极保护层含有不低于50质量%的锡。

[0024] 根据本发明的实施例,所述轻掺杂n型氢化非晶硅层的掺杂浓度为 $10^8$ - $10^{17}/\text{cm}^3$ 。

[0025] 根据本发明的实施例,所述衬n型晶硅底层的厚度为50-200 $\mu\text{m}$ 。

[0026] 根据本发明的实施例,所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层钝化层的厚度为1-15nm。

[0027] 根据本发明的实施例,所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层的厚度为5-25nm。

[0028] 根据本发明的实施例,所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层的厚度为5-25nm。

[0029] 根据本发明的实施例,所述透明导电氧化物层的厚度为50-300nm。

[0030] 根据本发明的实施例,所述合金过渡层的厚度为5-300nm。

[0031] 根据本发明的实施例,所述含铜导电合金层的厚度为1-100 $\mu\text{m}$ 。

[0032] 根据本发明的实施例,所述电极保护层的厚度为0.3-25 $\mu\text{m}$ 。

[0033] 根据本发明的另一方面,本发明提供了一种制备前述的硅异质结太阳电池的方法。根据本发明的实施例,该方法包括:

[0034] 提供n型晶硅衬底层;

[0035] 在所述衬底层的上、下两侧表面上形成轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层;

[0036] 在一侧所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上形成重掺杂p型氢化非晶硅发射极层;

[0037] 在另一侧所述轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上形成重掺杂n型氢化非晶硅背场层;

[0038] 在所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层和所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层的表面上形成透明导电氧化物层;

[0039] 在所述透明导电氧化物层、所述重掺杂n型氢化非晶硅背场层和所述重掺杂p型氢化非晶硅发射极层的至少一层的表面上形成合金栅线电极层;以及

[0040] 在所述合金栅线电极层的表面上形成电极保护层。

[0041] 根据本发明实施例的制备前述的太阳电池的方法,通过对硅异质结太阳电池的合金栅线电极层表面形成电极保护层,改善合金电极抗环境影响能力及焊接性,解决了合金栅线电极,尤其是铜合金栅线电极在潮湿环境中易被腐蚀和氧化的问题,使合金栅线电极层具有良好的抗氧化、耐腐蚀及焊接性。

[0042] 另外,根据本发明上述实施例的制备太阳电池的方法,还可以具有如下附加的技术特征:

[0043] 根据本发明的实施例,合金栅线电极层含有合金过渡层和含铜导电合金层。

[0044] 根据本发明的实施例,所述合金过渡层是采用物理气相沉积法形成的,优选地,所述物理气相沉积法为蒸发沉积法和溅射沉积法。

[0045] 根据本发明的实施例,所述含铜导电合金层是采用电镀法形成的。

[0046] 根据本发明的实施例,所述电极保护层含有Sn和选自Cu、Ag、Zn、Bi和In中的至少一种元素,且其中锡的含量不低于50质量%。

[0047] 根据本发明的实施例,所述电极保护层是利用熔融锡在电极表面涂覆形成的。

[0048] 根据本发明的实施例,所述电极保护层是利用丝网印刷法或喷印法形成的。

[0049] 根据本发明的实施例,所述电极保护层是利用物理气相沉积法形成的,优选地,所述物理气相沉积法为蒸发沉积法和溅射沉积法。

[0050] 根据本发明的实施例,所述电极保护层是利用非电镀的化学沉积法形成的。

[0051] 根据本发明的实施例,所述电极保护层是利用电镀法形成的。

[0052] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

## 附图说明

[0053] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0054] 图1显示了根据本发明一个实施例的太阳电池的结构示意图;

[0055] 图2显示了根据本发明又一个实施例的太阳电池的结构示意图;

[0056] 图3显示了根据本发明一个实施例的制备太阳电池的方法的流程示意图;

[0057] 图4显示了根据本发明一个实施例的制备太阳电池的方法的流程示意图;

[0058] 图5显示了根据本发明一个实施例的制备太阳电池的方法的流程示意图;

[0059] 图6显示了根据本发明一个实施例的合金栅线电极层的结构示意图;

[0060] 图7显示了根据本发明一个实施例的制备太阳能电池的方法的流程示意图。

### 具体实施方式

[0061] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0062] 在本发明的描述中,术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”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而不是要求本发明必须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。

[0063] 需要说明的是,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。进一步地,在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0064] 根据本发明的一个方面,本发明提供了一种太阳能电池。参考图1,根据本发明的实施例,对该太阳能电池进行解释说明,该太阳能电池包括:n型晶硅衬底层100、轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层200、重掺杂p型氢化非晶硅发射极层300、重掺杂n型氢化非晶硅背场层400、透明导电氧化物层500、合金栅线电极层600和电极保护层700。根据本发明实施例的太阳能电池,通过对太阳能电池的合金栅线电极层增加电极保护层,改善合金电极抗环境影响能力及焊接性,解决了合金栅线电极,尤其是铜合金栅线电极在潮湿环境中易被腐蚀和氧化的问题,使合金栅线电极层具有良好的抗氧化、耐腐蚀及焊接性。

[0065] 下面参考图1和2对本发明实施例的太阳能电池进行解释说明,具体如下:

[0066] n型晶硅衬底层100:根据本发明的实施例,该衬底层100为太阳能电池的其它结构提供附着的载体。

[0067] 根据本发明的实施例,该衬底层100的厚度为50-200 $\mu\text{m}$ 。

[0068] 轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层200:根据本发明的实施例,该轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层200形成在衬底层100的上、下两侧表面上。由此,氢化非晶硅缓冲层可以通过引入氢原子来修复沉积的硅薄膜中的悬挂键,减少晶格中的缺陷,从而,利用氢化非晶硅层替代本征非晶硅作为钝化层可以保证良好的界面钝化作用的前提下,使氢化非晶硅层的可允许厚度范围增加,从而使制备工艺窗口变宽,降低电池制造难度,且可以显著改善串联电阻,提高电池性能。

[0069] 根据本发明的实施例,该轻掺杂n型氢化非晶硅层的掺杂浓度为 $10^8-10^{17}/\text{cm}^3$ 。

[0070] 根据本发明的实施例,该轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层200的厚度为1-15nm。由于氢化非晶硅缓冲层可以综合钝化效果并减小势垒,氢化非晶硅缓冲层的厚度可允许适当增加,从而可以拓宽工艺窗口。

[0071] 重掺杂p型氢化非晶硅发射极层300:根据本发明的实施例,该重掺杂p型氢化非晶硅发射极层300形成在一侧轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层200的表面上,也就是说,在轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层200的两个外表面中的一个表面上形成重掺杂p型氢化非晶硅发射极层300。

[0072] 根据本发明的实施例,该氢化非晶硅发射极层300的厚度为5-25nm。重掺杂p型氢化非晶硅发射极层可以用于与n型晶硅衬底层形成p-n结内建电场。作为发射极,由于高载流子浓度的p层对于短波光有较强的吸收,且p型的B掺杂形成的内部缺陷较多,使吸收的光子所形成的空穴对容易在缺陷处复合,造成短波光的损失,所以重掺杂p型氢化非晶硅发射极层中的非晶硅既需要有足够高的掺杂浓度,又需要有尽量小的厚度。另一方面,如果重掺杂p型氢化非晶硅发射极层的厚度过小,则可能使重掺杂p型氢化非晶硅发射极层很大一部分区域的载流子由于位于p-n结附近而被贫化,影响电流的输出,而通过将第一轻掺杂n型氢化非晶硅层设置在重掺杂p型氢化非晶硅发射极层与n型晶硅衬底之间,可以有效降低载流子的受贫化作用的影响,从而进一步提高电池的性能。

[0073] 重掺杂n型氢化非晶硅背场层400:根据本发明的实施例,该重掺杂n型氢化非晶硅背场层400形成在另一侧轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层200的表面上。也就是说,在轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层两个外表面中的另一个表面上形成重掺杂n型氢化非晶硅背场层400。

[0074] 由此,重掺杂n型氢化非晶硅背场层与n型晶硅衬底层之间形成的电场可以帮助载流子有效地传递到导电层,而设置在重掺杂n型氢化非晶硅背场层与n型晶硅衬底层之间的轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层可以减少载流子复合,从而提高电池的性能。

[0075] 根据本发明的实施例,该重掺杂n型氢化非晶硅背场层300的厚度为5-25nm。由此,载流子在电池表面复合显著降低,太阳电池的效率更高。

[0076] 透明导电氧化物层500:根据本发明的实施例,该透明导电氧化物层500形成在重掺杂p型氢化非晶硅发射极层300和重掺杂n型氢化非晶硅背场层400的表面上。

[0077] 合金栅线电极层600:根据本发明的实施例,该合金栅线电极层600形成在透明导电氧化物层500、重掺杂n型氢化非晶硅背场层400和重掺杂p型氢化非晶硅发射极层300的至少一层的表面上。由此,栅线电极层通过采用合金材料,提高电池表面的附着力、改善电池材料与电极材料之间的热膨胀系数的匹配度等,还可以通过掺杂元素对电池与电极接触的位置起到局部掺杂的作用,降低发射极与栅线的串联电阻,从而实现了提高电池填充因子及电池效率的作用。

[0078] 其中,需要说明的是,电极保护层700可以形成在合金栅线电极层600的全部表面上,也可以形成在部分表面上。例如,合金栅线电极层600包括横向的、较细较密集的为副栅线,主要功能是电池中的电流导出,以及纵向的、较粗的为主栅线,主要功能是收集导出的电流,并在后续组件制作中,通过焊接与其它电池相连。由于副栅线较多、较细,对形成电极保护层的要求也较高,若能仅在主栅线上制作保护层,则能够降低精度要求,进一步拓宽工艺窗口。

[0079] 根据本发明的实施例,该合金栅线电极层600包括:合金过渡层610和含铜导电合金层620,其中,合金过渡层610形成在透明导电氧化物层500、氢化非晶硅背场层400和重掺杂p型氢化非晶硅发射极层300的至少一层的表面上,含铜导电合金层620形成在合金过渡层610的表面上。其中,需要说明的是,太阳电池的合金过渡层610可以分别独立地形成在透明导电氧化物层500或氢化非晶硅背场层400或重掺杂p型氢化非晶硅发射极层300上,也可以分别形成在其中的任意的两层或者三层上。由此,以铜为主要成分的合金栅线电极层,在保持较低的电阻率的同时极大地降低了Ag等贵金属的使用,而且一定程度的合金化能有效提高单一金属的抗氧化抗腐蚀等性能,增强电极的环境稳定性。同时,合金过渡层还能增加



电极在电池表面的附着力、改善电池材料与电极材料之间的热膨胀系数的匹配度等,并且可以通过掺杂元素对电池与电极接触的位置起到局部掺杂的作用,降低发射极与栅线的串联电阻,从而实现了提高电池填充因子及电池效率的作用。

[0080] 根据本发明的实施例,该透明导电氧化物层500的厚度为50-200nm。

[0081] 根据本发明的实施例,该合金过渡层610含有选自Cu、Mo、W、Ti、Ni、Cr、Al、Mg、Ta、Sn、Zn和Ag中的至少两种金属。根据本发明的优选实施例,合金过渡层610含有Ni-Cu-Sn合金、Ni-Cu-In合金或Ni-Al合金,其中,合金中的Ni可以提供与硅形成良好的附着力,Ni-Cu-Sn或Ni-Cu-In合金中的Cu可以降低合金电极的电阻率并且提供后续电镀的基础层,Ni-Cu-Sn合金中的Sn可以与掺锡氧化钢形成欧姆接触,Ni-Al合金中的三族元素Al经退火扩散后,可与p型氢化非晶硅发射极层形成良好的接触,降低电阻率。进一步地,根据本发明的实施例,Ni-Cu-Sn合金含30-50质量%的Ni,35-55质量%的Cu和15-25质量%的Sn,Ni-Cu-In合金含30-50质量%的Ni,35-55质量%的Cu和15-25质量%的In,Ni-Al合金含3-6质量%的Al和94-97质量%的Ni。由此,上述合金具有较低的熔点,有利于在后续的低温热处理中形成性能良好的合金电极。

[0082] 根据本发明的实施例,该合金过渡层610的厚度为5-300nm。

[0083] 根据本发明的实施例,该含铜导电合金层620含有Cu和选自Mo、W、Ti、Ni、Cr、Al、Mg、Ta、Sn、Zn和Ag中的至少一种金属。由此,通过选择合适的金属与Cu形成合金,在基本不影响电导率的同时显著改善电极的耐候性。

[0084] 根据本发明的实施例,该含铜导电合金层620的厚度为1-100 $\mu$ m。

[0085] 电极保护层700:根据本发明的实施例,该电极保护层700形成在合金栅线电极层600的表面上。由此,电极保护层可以改善合金电极抗环境影响能力及焊接性,解决了合金栅线电极,尤其是铜合金栅线电极在潮湿环境中易被腐蚀和氧化的问题,使合金栅线电极层具有良好的抗氧化、耐腐蚀及焊接性。

[0086] 根据本发明的实施例,该电极保护层700是由锡或锡合金形成的。由此,电极保护层可以显著改善合金电极抗环境影响能力及焊接性,使合金栅线电极层具有良好的抗氧化、耐腐蚀及焊接性。根据本发明的优选实施例,该电极保护层700是由锡合金形成的。锡合金较于单一锡元素的焊接层,合金化的保护层与合金电极的导电层间的结合力显著的增强。

[0087] 根据本发明的实施例,锡合金含有Sn和选自Cu、Ag、Zn、Bi和In中的至少一种元素。由此,不仅锡合金化的保护层与合金电极的导电层间的结合力更增强,而且该保护层的合金中不含Pb,更加环保,对人体的危害也大大降低。

[0088] 根据本发明的实施例,该电极保护层700含有不低于50质量%的锡。由此,通过提高合金中锡的含量,在保证电极保护层与合金电极的良好附着的情况下,增强保护层的耐候性和可焊性,降低合金熔点。

[0089] 根据本发明的另一方面,本发明提供了一种制备前述的太阳电池的方法。根据本发明的实施例,对该制备前述的太阳电池的方法进行解释说明,该方法包括:

[0090] S100提供n型晶硅衬底层

[0091] 根据本发明的实施例,提供n型晶硅衬底层。具体地,对衬底层进行清洗,并在衬底层的上表面和下表面制作绒面结构。

[0092] 根据本发明的实施例,该衬底层为n型晶硅衬底层。进一步地,根据本发明的实施例,n型晶硅衬底层中晶硅的种类并不受特别限制,本领域技术人员可以根据实际需要进行选择,根据本发明的具体实施例,n型晶硅衬底层为n型单晶硅衬底或n型多晶硅衬底。

[0093] S200形成轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层

[0094] 根据本发明的实施例,在衬底层的上、下两侧表面上形成轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层。具体地,根据本发明的实施例,利用化学沉积法形成该氢化非晶硅缓冲层。氢化非晶硅缓冲层钝化层可以通过引入氢原子来修复沉积的硅薄膜中的悬挂键,减少晶格中的缺陷。

[0095] S300形成重掺杂p型氢化非晶硅发射极层

[0096] 根据本发明的实施例,在一侧轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层的表面上形成重掺杂p型氢化非晶硅发射极层。

[0097] S400形成重掺杂n型氢化非晶硅背场层

[0098] 根据本发明的实施例,在另一侧轻掺杂n型氢化非晶硅层的表面上形成重掺杂n型氢化非晶硅背场层。

[0099] S500形成透明导电氧化物层

[0100] 根据本发明的实施例,在重掺杂p型氢化非晶硅发射极层和重掺杂n型氢化非晶硅背场层的表面上形成透明导电氧化物层。根据本发明的实施例,重掺杂p型氢化非晶硅发射极层和重掺杂n型氢化非晶硅背场层的表面上的两层透明导电氧化物层的种类可以相同也可以不同。

[0101] 根据本发明的实施例,轻掺杂n型氢化非晶硅缓冲层、重掺杂p型氢化非晶硅发射极层、和重掺杂n型氢化非晶硅背场层均是采用离子增强化学气相沉积法、热丝化学气相沉积、微波等离子体化学气相沉积或电子回旋共振化学气相沉积其中的至少一种形成的。

[0102] S600形成合金栅线电极层

[0103] 根据本发明的实施例,在透明导电氧化物层、重掺杂n型氢化非晶硅背场层和重掺杂p型氢化非晶硅发射极层的至少一层的表面上形成合金栅线电极层。由此,栅线电极层通过采用合金材料,提高电池表面的附着力、改善电池材料与电极材料之间的热膨胀系数的匹配度等,还可以通过掺杂元素对电池与电极接触的位置起到局部掺杂的作用,降低发射极与栅线的串联电阻,从而实现了提高电池填充因子及电池效率的作用。

[0104] 根据本发明的实施例,合金栅线电极层含有合金过渡层和含铜导电合金层。

[0105] 根据本发明的实施例,合金过渡层是采用物理气相沉积法形成的。根据本发明的优选实施例,合金过渡层是采用物理气相沉积法为蒸发沉积法和溅射沉积法形成的。

[0106] 根据本发明的实施例,含铜导电合金层是采用电镀法形成的。

[0107] S700形成电极保护层

[0108] 根据本发明的实施例,在合金栅线电极层的表面上形成电极保护层。由此,通过对太阳能电池的合金栅线电极层表面形成电极保护层,改善合金电极抗环境影响能力及焊接性,解决了合金栅线电极,尤其是铜合金栅线电极在潮湿环境中易被腐蚀和氧化的问题,使合金栅线电极层具有良好的抗氧化、耐腐蚀及焊接性。

[0109] 根据本发明的实施例,形成电极保护层的方法不受特别的限制,本领域技术人员可以根据实际生产情况进行选择。根据本发明的一些实施例,该电极保护层是利用熔融锡

在电极表面涂覆形成的。

[0110] 根据本发明的一些实施例,该电极保护层是利用丝网印刷法或喷印法形成的。根据本发明的一些实施例,该电极保护层是利用物理气相沉积法形成的。根据本发明的优选实施例,物理气相沉积法为蒸发沉积法和溅射沉积法。根据本发明的一些实施例,该电极保护层是利用非电镀的化学沉积法形成的。根据本发明的一些实施例,该电极保护层是利用电镀法形成的。由此,上述形成电极保护层的方法简单,形成的电极保护层均匀的包覆在合金栅线电极层的表面上,对合金电极层起到了良好的保护作用,也有利于后续焊接工艺的完成。

[0111] 下面参考具体实施例,对本发明进行说明,需要说明的是,这些实施例仅仅是说明性的,而不能理解为对本发明的限制。

[0112] 实施例1

[0113] 按照下列步骤制备硅异质结太阳能电池的主体层:

[0114] (1) 提供n型晶硅衬底100,对n型晶硅衬底100进行清洗,并在上表面和下制作绒面结构。

[0115] (2) 将n型晶硅衬底置于氢气气氛中进行氢化预处理。

[0116] (3) 在n型晶硅衬底100的上下表面沉积轻掺杂n型氢化非晶硅(a-Si:H)缓冲层,该轻掺杂n型氢化非晶硅层使用磷元素(P)作为掺杂元素,掺杂浓度为 $10^{14}/\text{cm}^3$ ,厚度为6nm。

[0117] (4) 在位于上表面的轻掺杂n型氢化非晶硅(a-Si:H)缓冲层的表面上沉积重掺杂p型a-Si:H发射极层,该重掺杂p型a-Si:H发射极层300使用硼元素(B)作为掺杂元素,掺杂浓度为 $10^{18}/\text{cm}^3$ ,厚度为15nm。

[0118] (5) 在位于下表面的轻掺杂n型氢化非晶硅(a-Si:H)缓冲层的表面上沉积重掺杂n型a-Si:H背场层,该重掺杂n型a-Si:H背场层400使用磷元素(P)作为掺杂元素,掺杂浓度为 $10^{17}/\text{cm}^3$ 范围,厚度为10nm。

[0119] 其中,第一轻掺杂n型a-Si:H层、第二轻掺杂n型a-Si:H层、重掺杂p型a-Si:H发射极层和重掺杂n型a-Si:H背场层采用PECVD制备,其沉积的等离子体功率密度为 $1 \sim 200\text{mW}/\text{cm}^2$ 。

[0120] (6) 在重掺杂p型a-Si:H发射极层300的上表面和重掺杂n型a-Si:H背场层400的下表面分别沉积透明导电氧化物层500,该透明导电氧化物层为掺锡氧化铟(ITO),厚度为200nm,从而,得到太阳能电池的主体层。

[0121] 实施例2

[0122] 参考图3,利用本发明实施例的制备太阳能电池的方法制备硅异质结太阳能电池的步骤如下:

[0123] (1) 采用磁控溅射方法在实施例1制备的主体层的透明导电氧化物表面形成一层20nm厚度的Ti-Al合金过渡层610。

[0124] (2) 用旋涂法在Ti-Al合金过渡层610表面形成一层光阻膜630,并加热烘干形成干膜。

[0125] (3) 用具有电极图案的掩模板及光刻法在干膜上形成预定电极的图案的位置开孔。

[0126] (4) 用电镀法在干膜开孔处形成 $30\mu\text{m}$ 厚度的Cu金属层620,由干膜为电绝缘的,因

此开孔之外的部分不会镀上Cu。

[0127] (5) 用溶剂去除干膜,同时暴露干膜下的过渡层金属。用酸去除过渡层金属薄膜,需要注意的是,在移除所述过渡金属层610的过程中,不可避免地会对已形成的含铜导电合金层620产生一定的腐蚀作用。由于所述铜导电金属层620的厚度远高于过渡金属层610,因此,该腐蚀作用相对较为轻微,不会对后续电极的性能造成不利的影

[0128] (6) 用丝网印刷法在开孔位置涂助焊剂,然后涂成分为Sn-30Bi-5In的2 $\mu$ m厚的低温浆料。

[0129] (7) 在真空或惰性气体保护环境加热电极到220 $^{\circ}$ C,并保温45分钟,使锡浆烧结固化,并且合金过渡层610与Cu金属层620形成合金栅线电极层600。此步骤处理后,形成轻掺杂硅异质结的合金电极上的电极保护层700。

[0130] 实施例3

[0131] 参考图4,利用本发明实施例的制备太阳能电池的方法制备硅异质结太阳能电池的步骤如下:

[0132] (1) 采用磁控溅射方法在实施例1制备的主体层的透明导电氧化物表面形成一层20nm厚度的Ti-Al合金过渡层610。

[0133] (2) 用旋涂法在Ti-Al合金过渡层610表面形成一层光阻膜630,并加热烘干形成干膜。

[0134] (3) 用具有电极图案的掩模板及光刻法在干膜上形成预定电极的图案的位置开孔。

[0135] (4) 用电镀法在干膜开孔处形成30 $\mu$ m厚度的Cu金属层620,由干膜为电绝缘的,因此开孔之外的部分不会镀上Cu。

[0136] (5) 利用锡电镀法进行第二次电镀,在Cu金属层620之上形成一层金属Sn。

[0137] (6) 用溶剂去除干膜以及干膜覆盖下的过渡金属层。方法详见实施例2的“步骤(5)”。

[0138] (7) 在真空或惰性气体保护环境加热电极到220 $^{\circ}$ C,并保温45分钟,合金过渡层610与Cu金属层620形成合金栅线电极层600,锡浆烧结固化,形成轻掺杂硅异质结的合金电极上的保护层700。

[0139] 实施例4

[0140] 参考图5,利用本发明实施例的制备太阳能电池的方法制备硅异质结太阳能电池的步骤如下:

[0141] (1) 移除部分透明导电氧化物层500,形成预定图案的透明导电氧化物层500,其中,该透明导电氧化物层500为近重掺杂p型氢化非晶硅发射极层300的透明导电氧化物层500。

[0142] (2) 采用磁控溅射方法在步骤(1)所得的表面形成一层20nm厚度的Ti-Al合金过渡层610。

[0143] (3) 用旋涂法在Ti-Al合金过渡层610表面形成一层光阻膜630,并加热烘干形成干膜。

[0144] (4) 用具有电极图案的掩模板及光刻法在干膜上形成预定电极的图案的位置开孔。

[0145] (5) 用电镀法在干膜开孔处形成30 $\mu\text{m}$ 厚度的Cu金属层620,由干膜为电绝缘的,因此开孔之外的部分不会镀上Cu。

[0146] (6) 将上述形成了合金过渡层610和含铜导电合金层620的电池浸入镀液中,在30-90 $^{\circ}\text{C}$ ,反应时间为5-60min,形成含Sn-Zn合金薄膜700。该合金薄膜经过后续步骤即形成合金保护层,镀液配方如下表所示,镀液中含有 $\text{Sn}^{2+}$ 化合物、 $\text{Zn}^{2+}$ 化合物、还原剂、络合剂硫脲和表面活性剂柠檬酸等。镀液温度在30-90 $^{\circ}\text{C}$ ,反应时间为5-60min。

	镀液组成	浓度 (g/L)
	SnO	60
	ZnSO <sub>4</sub>	8
[0147]	硫脲	38
	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	20
	NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	53
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100

[0148] (7) 采用化学试剂去除干膜,同时干膜开孔位置以外的Sn-Zn合金保护层镀膜会连同干膜被一起剥落。用酸去除干膜下方的过渡金属层。

[0149] (8) 在真空或惰性气体保护环境中加热电极到220 $^{\circ}\text{C}$ ,并保温45分钟,使锡浆烧结固化,并且合金过渡层610与Cu金属层620形成合金栅线电极层600。此步骤处理后,形成轻掺杂硅异质结的合金电极上的电极保护层700。

[0150] 实施例5

[0151] 利用本发明实施例的制备太阳能电池的方法制备硅异质结太阳能电池,如图6所示,该太阳能电池的栅线电极层由主栅线和副栅线构成,参考图7步骤如下:

[0152] (1) 在实施例1制备的主体层的透明导电氧化物层500表面,使用PVD方法沉积过渡金属层,该过渡金属层610是由Ni-Cu-Sn合金形成的,该Ni-Cu-Sn合金的成分为含Ni30-50%wt,含Cu 35-55%wt,含Sn15-25%wt,厚度为50-80nm。

[0153] (2) 在过渡金属层610的表面制备光阻膜作为掩膜层630,并在630层上的电极位置形成开口,形成开口的的方法详见实施例2的步骤(2)和(3)。

[0154] (3) 使用电镀技术,在过渡金属层表面沉积铜导电金属层620,从而形成主栅线和副栅线,其中,较粗的电极表示主栅线,较细的电极表示副栅线。

[0155] (4) 移除掩膜层630与非电极区域的过渡金属层610,其中,移除的方法铜实施例2的步骤(5)

[0156] (5) 使用丝网印刷的方法,将锡焊剂印刷在电极的顶部,形成保护层700,然后在真空或保护气氛中退火处理,丝网印刷和退火处理的方法同实施例2的步骤(6)和(7),主要差别在于丝网图案不同,丝网对应的副栅线不做开孔,因此锡焊剂仅印刷在主栅线的顶部,其中,无铅锡焊剂的成分为Sn-Ag-Cu合金,其中,Sn含量96.5%wt,Ag含量3.0%wt,Cu含量0.5%wt,从而获得硅异质结太阳能电池。

[0157] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特

点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

**[0158]** 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

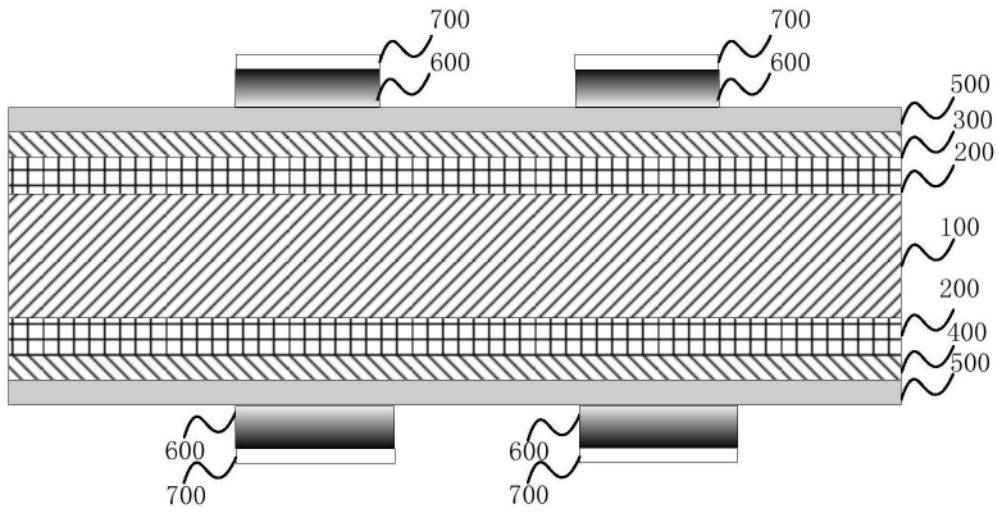


图1

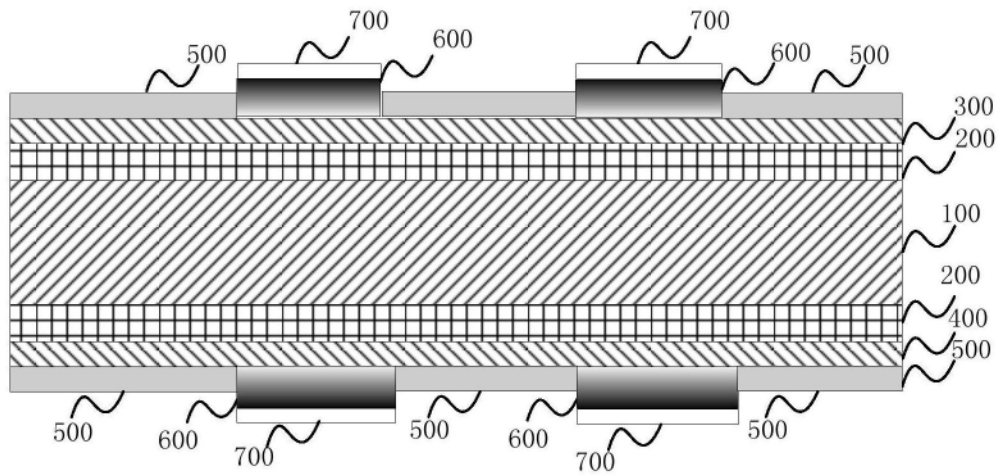


图2

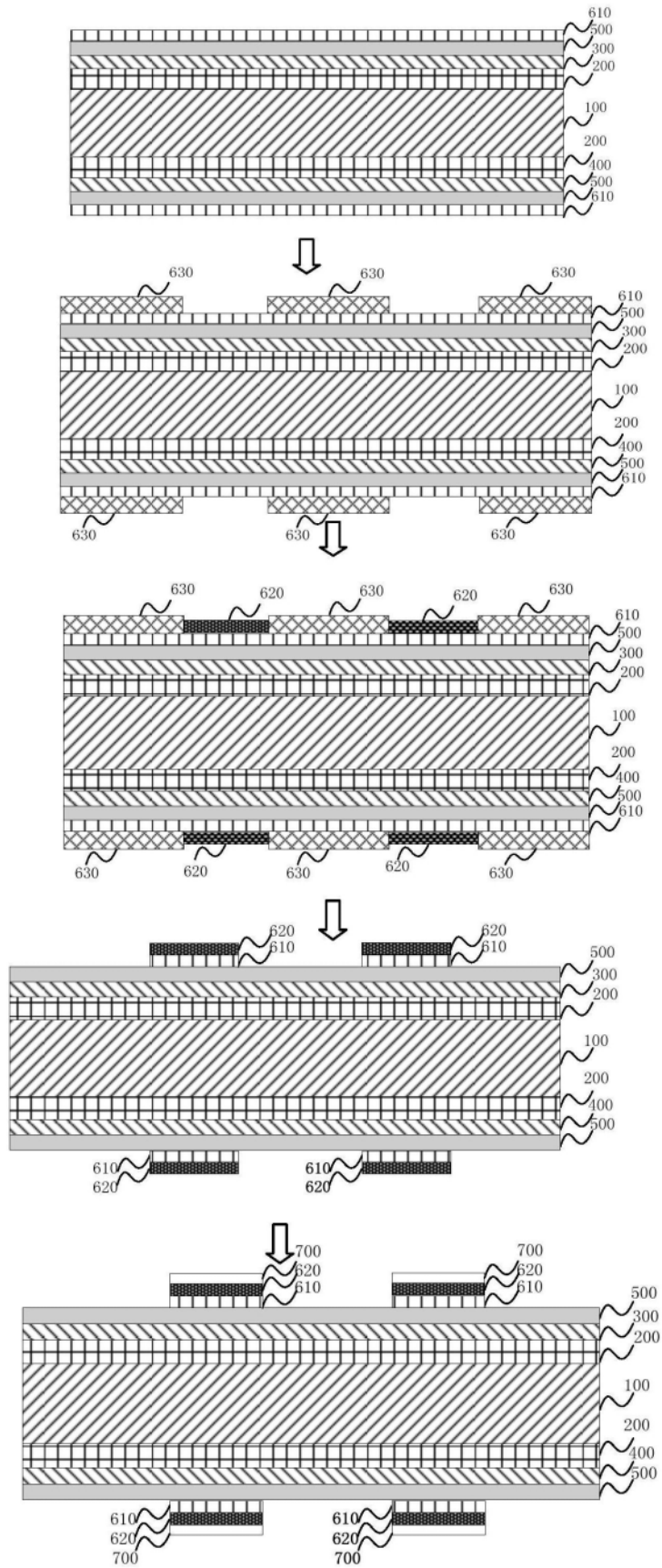


图3



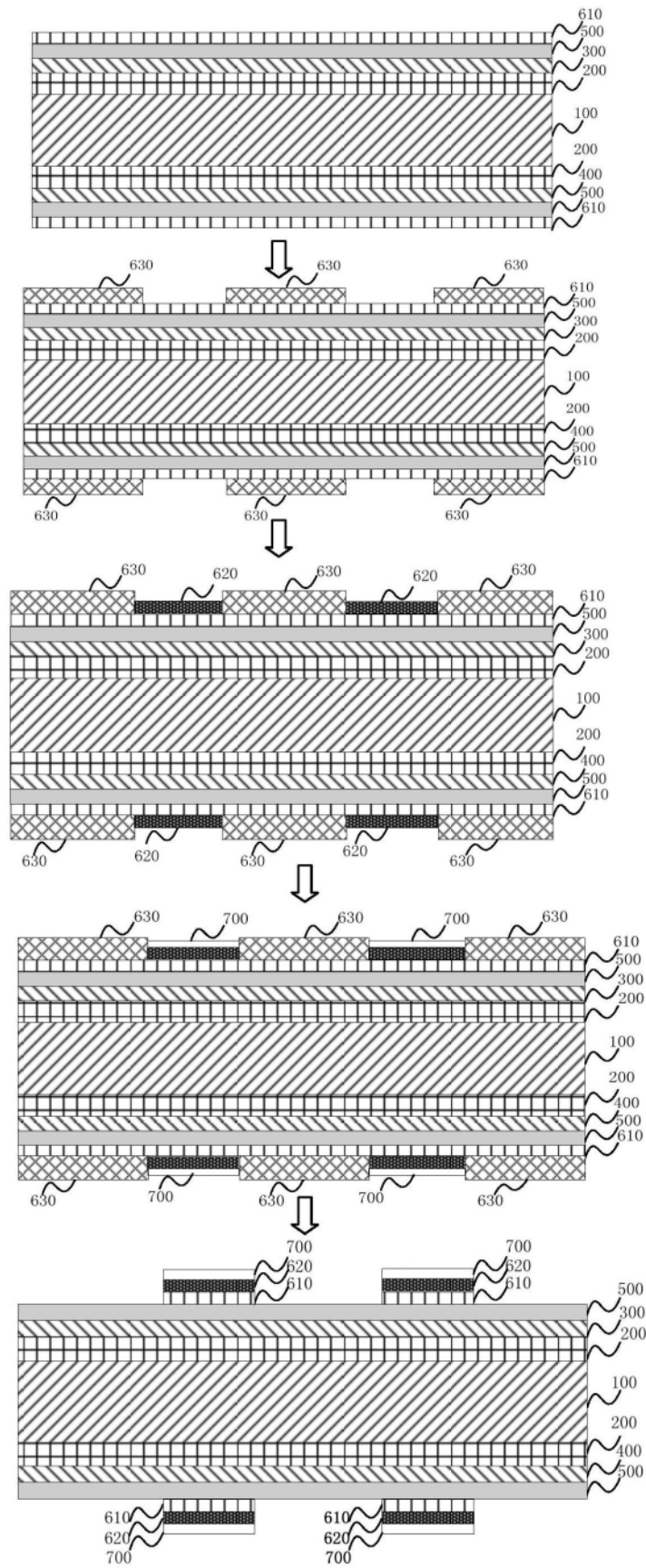


图4

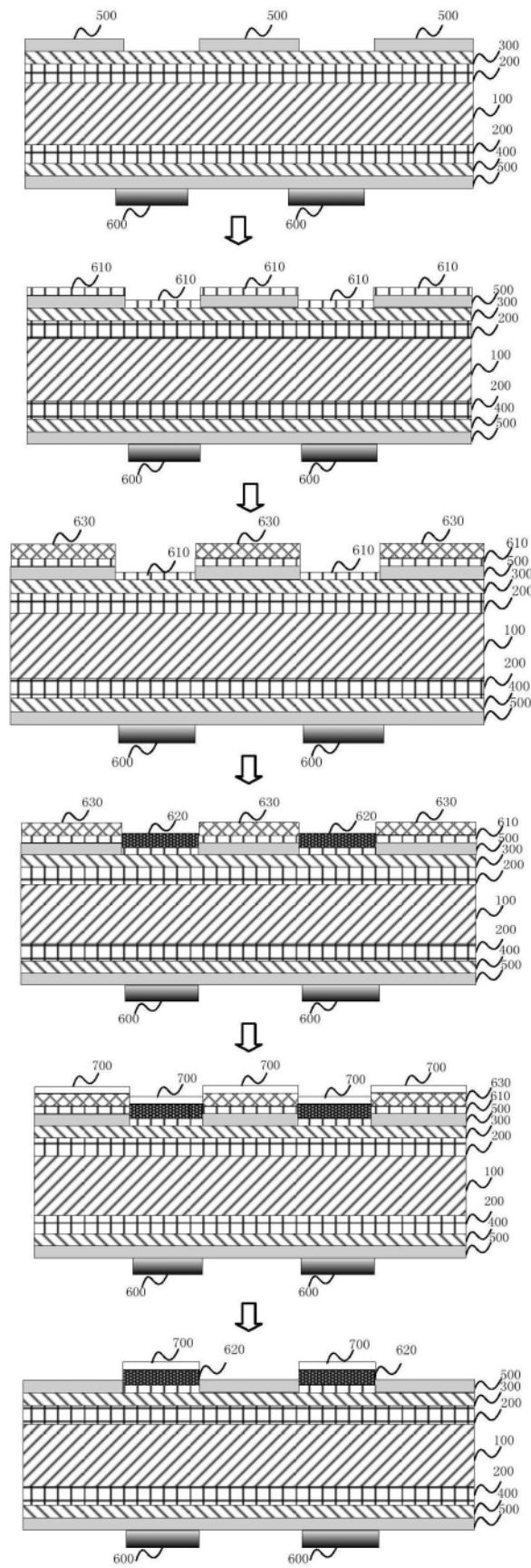


图5

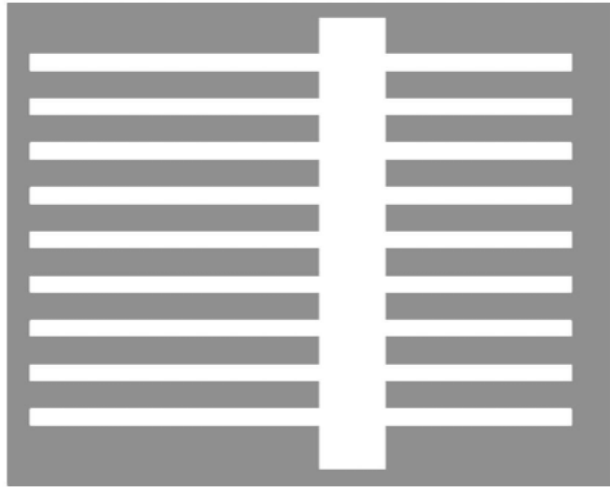


图6

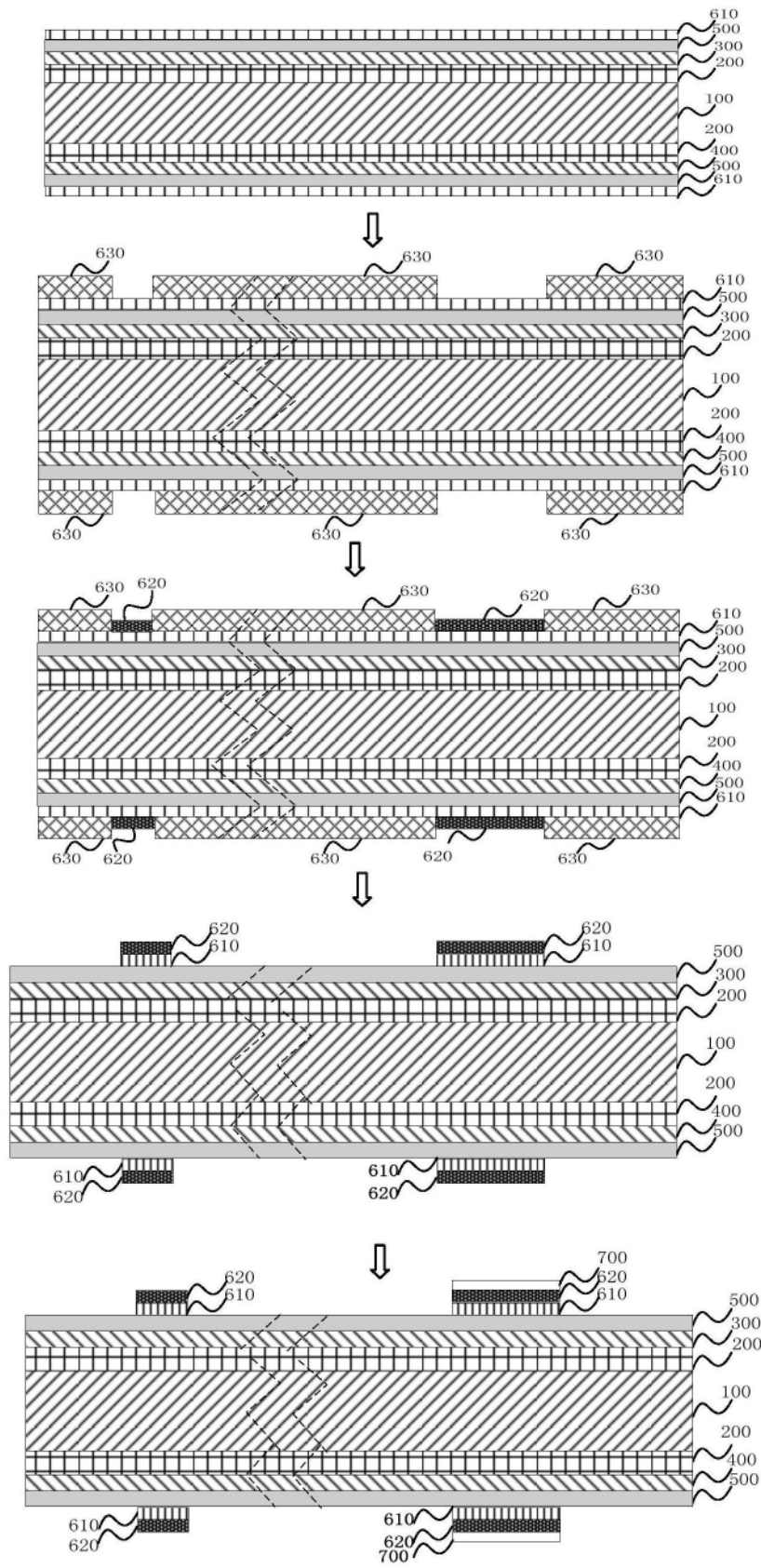


图7