

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 31/06 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810116535.X

[43] 公开日 2008年12月17日

[11] 公开号 CN 101325224A

[22] 申请日 2008.7.11

[21] 申请号 200810116535.X

[71] 申请人 中国科学院电工研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村北二条6号

[72] 发明人 王文静 赵雷

[74] 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任公司

代理人 关玲 成金玉

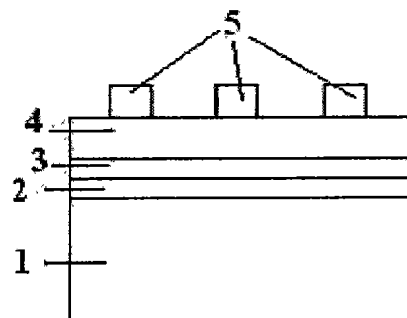
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

[54] 发明名称

一种提高晶硅太阳能电池效率的发射极结构

[57] 摘要

一种提高晶硅太阳能电池效率的发射极结构。所述发射极结构依次包括一种掺杂类型的晶硅衬底1，在所述晶硅衬底1上制备的与所述晶硅衬底1掺杂类型相反的晶硅层2，在所述晶硅层2上制备的与晶硅层2掺杂类型相同的薄膜硅层3，在所述薄膜硅层3上制备的透明导电电极层4，在透明导电电极层4上制备的金属栅线5。



1、一种提高晶硅太阳能电池效率的发射极结构，其特征在于，所述发射极结构包括一种掺杂类型的晶硅衬底（1），在所述晶硅衬底（1）上制备的与所述晶硅衬底（1）掺杂类型相反的晶硅层（2），在所述晶硅层（2）上制备的与所述晶硅层（2）掺杂类型相同的薄膜硅层（3），在所述薄膜硅层（3）上制备的透明导电电极层（4），在透明导电电极层（4）上制备的金属栅线（5）。

2、根据权利要求1所述的发射极结构，其特征在于所述晶硅层（2）的方块电阻在 $100 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上；所述薄膜硅层（3）与晶硅衬底（1）之间的费米能级差大于所述晶硅层（2）与晶硅衬底（1）之间的费米能级差。

3、根据权利要求1或2所述的发射极结构，其特征在于所述薄膜硅层（3）的厚度在 1 nm 到 20 nm 之间。

4、根据权利要求1至3的任何一项所述的发射极结构，其特征在于所述的晶硅衬底（1）为单晶硅衬底或多晶硅衬底；晶硅衬底（1）表面是平面或具有绒面减反射特征结构；所述薄膜硅层（3）是非晶硅或纳米晶硅或微晶硅。

5、根据权利要求1至4的任何一项所述的发射极结构，其特征在于在所述晶硅层（2）和所述薄膜硅层（3）之间可含有一层本征非晶硅层（6）。

6、根据权利要求5所述的发射极结构，其特征在于所述的本征非晶硅层（6）的厚度在 1 nm 到 20 nm 之间。

一种提高晶硅太阳能电池效率的发射极结构

技术领域

本发明涉及一种提高晶硅太阳能电池效率的发射极结构。

背景技术

硅太阳能电池的研究和利用是实现可再生能源的主要途径之一，晶硅电池占光伏市场总份额的 90%以上。尽管硅太阳能电池的理论转换效率接近 30%，实验室获得的最高效率也已经达到了 24.5%，但是市场上的晶硅电池转换效率只有 16%左右。造成这种低效率的原因是，产业太阳能电池扩散制备的发射极方块电阻在 $40 \Omega \cdot \text{cm}$ 左右。这样的发射极具有较大的结深和较高的掺杂浓度，为的是后续金属栅线烧结时获得良好的欧姆接触，并防止烧穿。尽管有此好处，但这种发射极由于深而重的掺杂而具有较差的光电性能，造成光电流损耗，因而限制了太阳能电池的效率。

理想的发射极结构应该具有掺杂重而结深浅的掺杂分布，我们的研究结果表明方块电阻在 $100 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上，表面掺杂浓度在 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上的发射极可以使晶硅太阳能电池获得高效率。但浅结深对后续的金属栅线欧姆接触带来难度，很容易造成金属栅线的烧穿而形成漏电。而且，重掺浅结对扩散工艺也提出了更高的要求。

为了解决这个问题，提出了一种选择性发射极结构，其基本原理是在发射极非接触区采用较轻的掺杂，而在接触区采用重掺杂，形成欧姆接触。比如，中国发明专利 98123579.4 以及中国发明专利申请 200710025032.7 中所公开的都是这种选择性发射极太阳能电池的例子。但这种结构需要多次扩散，制作栅线时需要严格的对正工艺以使栅线刚好制作在重掺杂区上，制作工艺比较复杂。

另一种方法是日本 Sanyo 公司开发的 HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin Layer) 异质结电池结构，利用掺杂非晶硅薄膜在晶硅上制作 pn 结，并在其间插入一层本征非晶硅层来钝化异质结界面。正如美国专利 US2005062041-A1 和 US2004182433-A1 中所公开的结构。通过这种方法，利用掺杂非晶硅层得到薄而重掺的发射极。但是，这种结构极大的受到非晶硅/晶体硅异质结界面质量的影响，界面态密度过高，会使电池效率大大降低。常规硅片清洗工艺很难得到特别低的界面态密度，因此，这种电池对界面处理工艺要求苛刻。目前，也只有 Sanyo 公司自己掌握了一定的解决办法。

中国发明专利申请 200610024876.5 公开了一种非晶/晶硅太阳能电池，其中包含非晶/晶硅高低结的结构。在 p 型衬底的 n 型发射极上再淀积一层 n 型非晶硅层，利用掺杂非晶硅层作

为较高能量光子的吸收区，认为可以提高太阳能电池转换效率。

发明内容

本发明的目的是为了克服现有传统太阳能电池发射极掺杂重，结深大所造成的对光电流的限制，提供一种提高晶硅太阳能电池效率的发射极结构。本发明所述发射极结构依次包括一种掺杂类型的晶硅衬底，在晶硅衬底上制备的与所述晶硅衬底掺杂类型相反的晶硅层，在所述晶硅层上制备的与该晶硅层掺杂类型相同的薄膜硅层，在所述薄膜硅层上制备的透明导电电极层，以及在透明导电电极层上制备的金属栅线。所述晶硅层的方块电阻在 $100\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上。所述薄膜硅层与晶硅衬底之间的费米能级差大于所述晶硅层与晶硅衬底之间的费米能级差。所述薄膜硅层的厚度在 1 nm 到 20nm 之间。

所述的晶硅衬底可以是单晶硅衬底，也可以是多晶硅衬底，其表面可以是平面的，也可以是具有绒面减反射特征结构的。所述晶硅层可以是在晶硅衬底上扩散制备的，也可以是在晶硅衬底上外延生长的。所述薄膜硅层可以是非晶硅或纳米晶硅或微晶硅，是通过各种化学气相淀积工艺，比如低压化学气相淀积 (LPCVD), 热丝化学气相淀积 (HWCVD), 等离子体辅助化学气相淀积 (PECVD) 等淀积制备的。所述透明导电电极层是采用各种薄膜淀积工艺，比如磁控溅射，热蒸发，电子束蒸发等工艺淀积制备的；所述金属栅线是采用各种薄膜淀积工艺，比如磁控溅射，热蒸发，电子束蒸发等工艺淀积制备的。

在本发明的发射极结构中，所述晶硅层只要在保证方块电阻大于 $100\ \Omega\cdot\text{cm}$ 的条件下，可以采用轻掺杂，从而减少光生载流子在晶硅层中的复合，提高电池的光生电流。所述薄膜硅层具有比所述晶硅层更重的掺杂，重掺杂的薄膜硅层一方面可以与所述的透明导电电极层形成良好的欧姆接触，一方面可以与所述的晶硅层构成高低结，在一定程度上提高电池的开路电压。但是由于重掺杂的薄膜硅层光电性能较差，因此在实现上述两种作用的前提下，所述薄膜硅层应该具有尽可能薄的厚度，以保证光尽可能多的进入到晶硅衬底吸收区中。所述的透明导电电极层不但起到减小发射极侧向电阻的作用，而且可以起到金属栅线阻挡层的作用，通过调节透明导电电极层的厚度，还可以进一步起到减反射层的作用。

在所述晶硅层和薄膜硅层之间可以含有一层本征非晶硅层，起到钝化异质结界面的作用。所述非晶硅层的厚度在 1 nm 到 20 nm 之间。所述本征非晶硅层是通过各种化学气相淀积工艺，比如低压化学气相淀积 (LPCVD), 热丝化学气相淀积 (HWCVD), 等离子体辅助化学气相淀积 (PECVD) 等淀积制备的。

附图说明

图 1 本发明所述的太阳能电池发射极结构示意图；

图 2 实施例 1 中的示例发射极结构示意图；

图 3 实施例 2 中的示例发射极结构示意图；

图 4 实施例 3 中的示例发射极结构示意图；

图 5 为实施例 4 中的示例发射极结构示意图。

具体实施方式

以下结合附图和具体实施方式对本发明作进一步说明。

如图 1 所示，本发明的基本结构包括：一种掺杂类型的晶硅衬底 1，在所述晶硅衬底 1 上制备的与所述晶硅衬底 1 掺杂类型相反的晶硅层 2，在所述晶硅层 2 上制备的与晶硅层 2 掺杂类型相同的薄膜硅层 3，在所述薄膜硅层 3 上制备的透明导电电极层 4，在透明导电电极层 4 上制备的金属栅线 5。所述晶硅层 2 的方块电阻在 $100\ \Omega\cdot\text{cm}$ 以上。所述薄膜硅层 3 与晶硅衬底 1 之间的费米能级差大于所述晶硅层 2 与晶硅衬底 1 之间的费米能级差。所述薄膜硅层 3 的厚度在 1 nm 到 20nm 之间。

所述的晶硅衬底 1 可以是单晶硅衬底，也可以是多晶硅衬底，其表面可以是平面的，也可以是具有绒面减反射特征结构的。所述晶硅层 2 可以是在晶硅衬底上扩散制备的，也可以是在晶硅衬底上外延生长的。所述薄膜硅层 3 可以是非晶硅或纳米晶硅或微晶硅，是通过各种化学气相淀积工艺，比如低压化学气相淀积 (LPCVD), 热丝化学气相淀积 (HWCVD), 等离子体辅助化学气相淀积 (PECVD) 等淀积制备的。所述透明导电电极层 4 是采用各种薄膜淀积工艺，比如磁控溅射，热蒸发，电子束蒸发等工艺淀积制备的；所述金属栅线 5 是采用各种薄膜淀积工艺，比如磁控溅射，热蒸发，电子束蒸发等工艺淀积制备的。

在所述晶硅层 2 和薄膜硅层 3 之间可以含有一层本征非晶硅层 6。所述本征非晶硅层 6 的厚度在 1nm 到 20 nm 之间，是通过各种化学气相淀积工艺，比如低压化学气相淀积 (LPCVD), 热丝化学气相淀积 (HWCVD), 等离子体辅助化学气相淀积 (PECVD) 等淀积制备的。

实施例 1

本实施例中的发射极结构如图 2 所示，晶硅衬底 1 是 p 型单晶硅衬底，表面具有绒面结构。在晶硅衬底 1 上是晶硅层 2，晶硅层 2 是扩散制备的 n 型单晶硅层，方块电阻 $200\ \Omega\cdot\text{cm}$ 。在晶硅层 2 上是薄膜硅层 3，薄膜硅层 3 是 n 型非晶硅层，厚度 1 nm。薄膜硅层 3 上是透明导电电极层 4，透明导电电极层 4 是 80nm 厚的 ITO 层。透明导电电极层 4 上是金属栅线 5，金属栅线 5 是 Ag 栅线。

实施例 2

本实施例中的发射极结构如图 3 所示，晶硅衬底 1 是 n 型多晶硅衬底，表面为平面。在晶硅衬底 1 上是晶硅层 2，晶硅层 2 是外延制备的 p 型晶硅层，方块电阻 $300\ \Omega\cdot\text{cm}$ 。在晶硅

层2上是薄膜硅层3, 薄膜硅层3是p型微晶硅层, 厚度10 nm。薄膜硅层3上是本征非晶硅层6, 本征非晶硅层6的厚度是1 nm。本征非晶硅层6上是透明导电电极层4, 透明导电电极层4是80nm厚的ZnO·Al层。透明导电电极层4上是金属栅线5, 金属栅线5是Al栅线。

实施例3

本实施例中的发射极结构如图4所示, 晶硅衬底1是p型多晶硅衬底, 表面具有绒面结构。在晶硅衬底1上是晶硅层2, 晶硅层2是扩散制备的n型晶硅层, 方块电阻 $100\ \Omega\cdot\text{cm}$ 。在晶硅层2上是薄膜硅层3, 薄膜硅层3是n型纳米晶硅层, 厚度20 nm。薄膜硅层3上是本征非晶硅层6, 本征非晶硅层6的厚度是10 nm。本征非晶硅层6上是透明导电电极层4, 透明导电电极层4是80nm厚的ZnO·Al层。透明导电电极层4上是金属栅线5, 金属栅线5是Ag栅线。

实施例4

本实施例中的发射极结构如图5所示, 晶硅衬底1是n型单晶硅衬底, 表面为平面。在晶硅衬底1上是晶硅层2, 晶硅层2是外延制备的p型单晶硅层, 方块电阻 $400\ \Omega\cdot\text{cm}$ 。在晶硅层2上是薄膜硅层3, 薄膜硅层3是p型纳米晶硅层, 厚度10 nm。薄膜硅层3上是本征非晶硅层6, 本征非晶硅层6的厚度是20 nm。本征非晶硅层6上是透明导电电极层4, 透明导电电极层4是80nm厚的ITO层。透明导电电极层4上是金属栅线5, 金属栅线5是AgAl合金栅线。

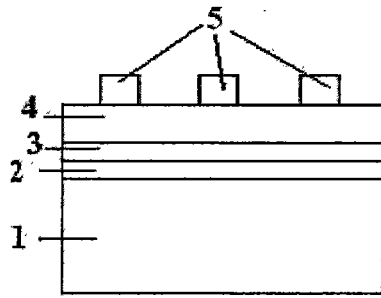


图 1

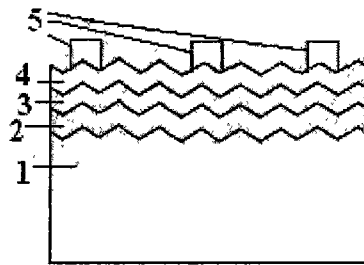


图 2

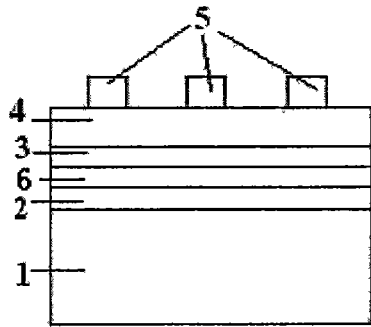


图 3

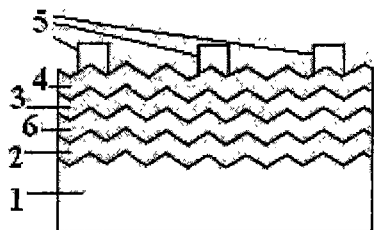


图 4

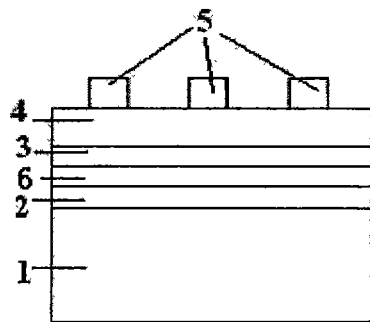


图 5