



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104681654 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 03

(21) 申请号 201510035931. X

(22) 申请日 2015. 01. 23

(71) 申请人 华南师范大学

地址 510006 广东省广州市大学城华南师范大学先进光电子研究院

(72) 发明人 高进伟 容齐坤 韩兵 李若朋 彭强 林振炫

(74) 专利代理机构 广州知友专利商标代理有限公司 44104

代理人 宣国华

(51) Int. Cl.

H01L 31/076(2012. 01)

H01L 31/0352(2006. 01)

H01L 31/0288(2006. 01)

H01L 31/20(2006. 01)

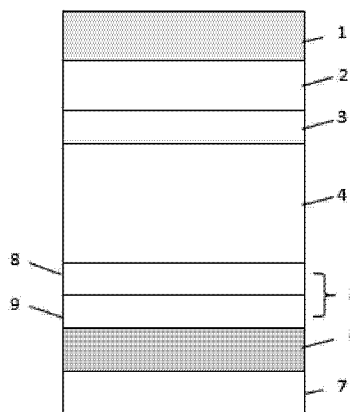
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种双 n 层结构非晶硅太阳能电池及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种双 n 层结构非晶硅太阳能电池,包括玻璃基体,依次设置在玻璃基体上的透明导电膜、P 型非晶硅层、缓冲层、非晶硅本征层 i 层、双层 n 型非晶硅层、背反射层和背电极,所述的双层 n 型非晶硅层是由轻掺杂 n 型非晶硅层与重掺杂 n 型非晶硅层两层构成的双 n 层结构。该双 n 层结构非晶硅太阳能电池具有较高的电流密度和光电转换效率。本发明还公开了上述双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法,该制备方法工艺简洁、不需要增加新的设备投资成本。



1. 一种双 n 层结构非晶硅太阳能电池, 包括玻璃基体, 依次设置在玻璃基体上的透明导电膜、P 型非晶硅层、缓冲层、非晶硅本征层 i 层、双层 n 型非晶硅层、背反射层和背电极, 其特征是: 所述的双层 n 型非晶硅层是由轻掺杂 n 型非晶硅层与重掺杂 n 型非晶硅层两层构成的双 n 层结构。

2. 根据权利要求 1 所述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池, 其特征是: 所述的透明导电膜为具有绒面结构的 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 薄膜; 所述的 P 型非晶硅层为 p-a-SiC:H 薄膜; 所述的缓冲层为 a-SiC:H 薄膜; 所述的非晶硅本征层 i 层为 i-a-Si:H 薄膜; 所述的轻掺杂 n 型非晶硅层为轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜; 所述的重掺杂 n 型非晶硅层为重掺杂 n-a-Si:H 薄膜; 所述的背反射层为氧化锌掺铝 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 薄膜; 所述的背电极为银电极。

3. 根据权利要求 2 所述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池, 其特征是: 所述的 p-a-SiC:H 薄膜的膜厚为 10 ~ 30nm; 所述的 a-SiC:H 薄膜的膜厚为 10 ~ 20nm; 所述的 i-a-Si:H 薄膜的膜厚为 400 ~ 540nm; 所述的轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜的膜厚为 40 ~ 60nm; 所述的重掺杂 n-a-Si:H 薄膜的膜厚为 10 ~ 20nm; 所述的氧化锌掺铝 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 薄膜的厚度为 60 ~ 80nm; 所述的银电极的厚度为 150 ~ 300nm。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池, 其特征是: 所述的 p-a-SiC:H 薄膜、a-SiC:H 薄膜、i-a-Si:H 薄膜、轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜和重掺杂 n-a-Si:H 薄膜采用 PECVD 方式制成。

5. 根据权利要求 4 所述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池, 其特征是: 所述的氧化锌掺铝 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 薄膜和银电极通过磁控溅射方式制备获得。

6. 权利要求 1-5 任一项所述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法, 其特征是含以下步骤:

(1) 装片: 在玻璃基体上设置透明导电膜即具有绒面结构的 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 薄膜, 置于 PECVD 系统的真空室中;

(2) 沉积 P 型非晶硅层 p-a-SiC:H 薄膜: 将设有 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 薄膜的玻璃基体即衬底温度加热至 240 ~ 280°C, 真空室真空度抽至 $3.0 \times 10^{-7}\text{Torr} \sim 3.0 \times 10^{-6}\text{Torr}$, 通入硅烷、甲烷、硼烷和氢气, 调节反应气压为 0.6 ~ 0.8Torr, 放电功率为 70 ~ 150mW/cm², 沉积时间为 20 ~ 60 秒, 制得 P 型非晶硅层 p-a-SiC:H 薄膜;

(3) 沉积缓冲层 a-SiC:H 薄膜: 将衬底温度加热至 240 ~ 280°C, 真空室真空度抽至 $3.0 \times 10^{-7}\text{Torr} \sim 3.0 \times 10^{-6}\text{Torr}$, 通入硅烷、甲烷和氢气, 调节反应气压为 0.6 ~ 0.8Torr, 放电功率为 70 ~ 150mW/cm², 起辉光时关闭甲烷气体, 沉积时间为 0.5 ~ 1 分钟, 制得缓冲层 a-SiC:H 薄膜;

(4) 沉积非晶硅本征层 i 层 i-a-Si:H 薄膜: 将衬底温度加热至 240 ~ 280°C, 真空室真空度抽至 $3.0 \times 10^{-7}\text{Torr} \sim 3.0 \times 10^{-6}\text{Torr}$, 通入硅烷和氢气, 调节反应气压为 0.6 ~ 0.8Torr, 放电功率为 70 ~ 150mW/cm², 沉积时间为 20 ~ 25 分钟, 制得非晶硅本征层 i 层 i-a-Si:H 薄膜;

(5) 沉积轻掺杂 n 型非晶硅层轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜: 将衬底温度加热至 240 ~ 280°C, 真空室真空度抽至 $3.0 \times 10^{-7}\text{Torr} \sim 3.0 \times 10^{-6}\text{Torr}$, 通入硅烷、磷烷和氢气, 其中硅烷占气体总流量的 10 ~ 15%, 磷烷与硅烷的体积流量比为 1 ~ 6:1, 氢气的体积流量为硅烷和磷烷总体积流量的 2 ~ 4 倍, 反应气压为 0.4 ~ 0.6Torr, 放电功率为 70 ~ 150mW/cm², 沉积

时间为 2 ~ 3 分钟,制得轻掺杂 n 型非晶硅层轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜;

(6) 沉积重掺杂 n 型非晶硅层重掺杂 n-a-Si:H 薄膜:将衬底温度加热至 240 ~ 280°C,真空室真空度抽至 3.0×10^{-7} Torr ~ 3.0×10^{-6} Torr,通入硅烷、磷烷和氢气,其中硅烷占气体总流量的 3 ~ 15%,磷烷与硅烷的体积流量比为 4 ~ 12:1,氢气的体积流量为硅烷和磷烷总体积流量的 2 ~ 4 倍,反应气压为 0.4 ~ 0.6Torr,放电功率为 70 ~ 150mW/cm²,沉积时间为 10 ~ 60 秒,制得重掺杂 n 型非晶硅层重掺杂 n-a-Si:H 薄膜;

(7) 采用磁控溅射法制备背反射层氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜:将真空室抽至 3.0×10^{-7} Torr ~ 3.0×10^{-6} Torr,采用铝的质量百分含量为 1 ~ 2%的氧化锌陶瓷作为靶材,反应气体为氧气,溅射气体为氩气,溅射压力为 4 ~ 6mTorr,溅射功率为 200W,溅射温度为 200°C,溅射时间为 15 ~ 20 分钟,制得背反射层氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜;

(8) 采用磁控溅射法制备背电极:靶材为金属银,溅射气体为氩气,溅射压力为 4 ~ 6mTorr,溅射功率为 200W,溅射时间为 5 ~ 10 分钟,制得银电极。

7. 根据权利要求 6 所述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法,其特征是:步骤(2)中所述的硼烷的体积浓度 ($[B_2H_6]/[B_2H_6+H_2]$) 为 2% ~ 4%,步骤(5) ~ 步骤(6)中所述的磷烷的体积浓度为 ($[PH_3]/[PH_3+H_2]$) 为 0.5% ~ 1%。

8. 根据权利要求 6 所述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法,其特征是:步骤(2)中硅烷占气体总流量的 3.0 ~ 5.0%,甲烷与硅烷的体积流量比为 1.0 ~ 1.5:1,硼烷与硅烷的体积流量比为 0.7 ~ 1:1,氢气的体积流量为硅烷、甲烷和硼烷总体积流量的 11 ~ 15 倍;步骤(3)中硅烷占气体总流量的 3.0 ~ 5.0%,甲烷与硅烷的体积流量比为 1.0 ~ 1.5:1,氢气的体积流量为与甲烷和硅烷总体积流量的 11 ~ 16 倍;步骤(4)中硅烷占气体总流量的 10 ~ 15%。

9. 根据权利要求 6 所述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法,其特征是:步骤(7)中氩气和氧气的体积流量比为 80 ~ 90:1。

10. 根据权利要求 6 所述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法,其特征是:步骤(8)中氩气流量为 16 ~ 18sccm。

一种双 n 层结构非晶硅太阳能电池及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于非晶硅太阳能电池技术领域,具体涉及一种双 n 层结构非晶硅太阳能电池及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着煤炭、石油等不可再生资源的日益枯竭,世界经济对新能源的需求使太阳能电池技术得到了迅猛的发展,太阳能电池通过把太阳光光能转换成电能,是一种可再生的洁净能源技术。

[0003] 目前市场上工业化生产以单晶硅和多晶硅太阳电池为主,单晶硅的电池效率为 18.5%,多晶硅电池效率为 16.7%左右。但目前这两种电池存在所需要的硅材料的短缺以及硅材料制备过程存在环境污染等问题,而非晶硅薄膜太阳电池具有耗材少、制备简单、环境友好、成本低等优势,使得近年来科研、高校和企业单位纷纷将非晶硅太阳能电池作为研发主方向。

[0004] 在保持成本不显著提高的条件下,晶体硅电池的效率很难进一步提高。目前市场上的非晶硅电池光电效率大约是 8%,具有大幅度的提升空间。因此,研究人员一直在探索提升非晶硅电池效率的新工艺新方法。

[0005] 非晶硅太阳能电池的结构以 p-i-n 型为主,这种非晶硅太阳能电池的结构层包括制备太阳能电池的基体、导电薄膜、PIN 型非晶硅薄膜以及背电极等。目前非晶硅太阳能电池存在的主要问题是如何提高转化效率和降低光致衰退效应,现有技术中,对 P 型非晶硅薄膜和 I 型非晶硅薄膜的界面处理技术较多。2014 年,南开大学张晓丹教授等在 Solar Energy Materials&Solar Cells 专业期刊上发表了研究论文《Improvement in performance of hydrogenated amorphous silicon solar cells with hydrogenated intrinsic amorphous silicon oxide p/i buffer layers》,报道了他们在 p/i 之间 SiO_x 作为缓冲层制备的单节非晶硅太阳能电池效率达到 10.64%,多节太阳能电池效率达到 12.24%,但其电流密度最高只有 12.58mA/cm²。这是由于导电薄膜呈现弱 N 型,与 P 型非晶硅薄膜形成反向的 PN 结,造成太阳能电池的电流、电压等损失,如何解决这一问题有待于做更深入的研究。

[0006] 目前,不管市面上销售的还是研究机构研发的非晶硅电池,均采用单 n 层薄膜电池结构的形式,该单 n 层薄膜被均匀掺杂,在均匀单一掺杂的半导体中不存在内建电场或内建电场极弱,不利于太阳能电池内部载流子的收集从而增强光电流,提高太阳能电池转换效率。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种双 n 层结构非晶硅太阳能电池,该双 n 层结构非晶硅太阳能电池具有较高的电流密度和光电转换效率。

[0008] 本发明的目的还在于提供上述双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法,该制备

方法工艺简洁、不需要增加新的设备投资成本。

[0009] 本发明的第一个目的是通过以下技术方案来实现的：一种双 n 层结构非晶硅太阳能电池，包括玻璃基体，依次设置在玻璃基体上的透明导电膜、P 型非晶硅层、缓冲层、非晶硅本征层 i 层、双层 n 型非晶硅层、背反射层和背电极，其特征是：所述的双层 n 型非晶硅层是由轻掺杂 n 型非晶硅层与重掺杂 n 型非晶硅层两层构成的双 n 层结构。

[0010] 本发明所述的透明导电膜优选为具有绒面结构的 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 薄膜；所述的 P 型非晶硅层优选为 p-a-SiC:H 薄膜；所述的缓冲层优选为 a-SiC:H 薄膜；所述的非晶硅本征层 i 层优选为 i-a-Si:H 薄膜；所述的轻掺杂 n 型非晶硅层优选为轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜；所述的重掺杂 n 型非晶硅层优选为重掺杂 n-a-Si:H 薄膜；所述的背反射层优选为氧化锌掺铝 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 薄膜；所述的背电极优选为银电极。

[0011] 本发明所述的 p-a-SiC:H 薄膜的膜厚优选为 10 ~ 30nm；所述的 a-SiC:H 薄膜的膜厚优选为 10 ~ 20nm；所述的 i-a-Si:H 薄膜的膜厚优选为 400 ~ 540nm；所述的轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜的膜厚优选为 40 ~ 60nm；所述的重掺杂 n-a-Si:H 薄膜的膜厚优选为 10 ~ 20nm；所述的氧化锌掺铝 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 薄膜的厚度优选为 60 ~ 80nm；所述的银电极的厚度优选为 150 ~ 300nm。

[0012] 本发明所述的 p-a-SiC:H 薄膜、a-SiC:H 薄膜、i-a-Si:H 薄膜、轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜和重掺杂 n-a-Si:H 薄膜优选采用 PECVD 方式制成。

[0013] 本发明所述的氧化锌掺铝 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 薄膜和银电极优选通过磁控溅射方式制备获得。

[0014] 本发明的第二个目的是通过以下技术方案来实现的：上述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法，含以下步骤：

[0015] (1) 装片：在玻璃基体上设置透明导电膜即具有绒面结构的 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 薄膜，置于 PECVD 系统的真空室中；

[0016] (2) 沉积 P 型非晶硅层 p-a-SiC:H 薄膜：将设有 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 薄膜的玻璃基体即 FTO（掺氟氧化锡）衬底温度加热至 240 ~ 280℃，真空室真空度抽至 $3.0 \times 10^{-7} \sim 3.0 \times 10^{-6}$ Torr，通入硅烷、甲烷、硼烷和氢气，调节反应气压为 0.6 ~ 0.8 Torr，放电功率为 70 ~ 150mW/cm²，沉积时间为 20 ~ 60 秒，制得 P 型非晶硅层 p-a-SiC:H 薄膜；

[0017] (3) 沉积缓冲层 a-SiC:H 薄膜：将衬底（设有 P 型非晶硅层 p-a-SiC:H 薄膜和 FTO 的玻璃基体）温度加热至 240 ~ 280℃，真空室真空度抽至 $3.0 \times 10^{-7} \sim 3.0 \times 10^{-6}$ Torr，通入硅烷、甲烷和氢气，调节反应气压为 0.6 ~ 0.8 Torr，放电功率为 70 ~ 150mW/cm²，起辉光时关闭甲烷气体，沉积时间为 0.5 ~ 1 分钟，制得缓冲层 a-SiC:H 薄膜；

[0018] (4) 沉积非晶硅本征层 i 层 i-a-Si:H 薄膜：将衬底（沉积有上述 3 种薄膜的玻璃基体）温度加热至 240 ~ 280℃，真空室真空度抽至 $3.0 \times 10^{-7} \sim 3.0 \times 10^{-6}$ Torr，通入硅烷和氢气，调节反应气压为 0.6 ~ 0.8 Torr，放电功率为 70 ~ 150mW/cm²，沉积时间为 20 ~ 25 分钟，制得非晶硅本征层 i 层 i-a-Si:H 薄膜；

[0019] (5) 沉积轻掺杂 n 型非晶硅层轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜：将衬底（沉积有上述 4 种薄膜的玻璃基体）温度加热至 240 ~ 280℃，真空室真空度抽至 3.0×10^{-7} Torr ~ 3.0×10^{-6} Torr，通入硅烷、磷烷和氢气，其中硅烷占气体总流量的 10 ~ 15%，磷烷与硅烷的体积流量比为 1 ~ 6 : 1，氢气的体积流量为硅烷和磷烷总体积流量的 2 ~ 4 倍（即氢气的稀

释比为 2 ~ 4), 反应气压为 0.4 ~ 0.6Torr, 放电功率为 70 ~ 150MW/cm², 沉积时间为 2 ~ 3 分钟, 制得轻掺杂 n 型非晶硅层轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜;

[0020] (6) 沉积重掺杂 n 型非晶硅层重掺杂 n-a-Si:H 薄膜: 将衬底 (即设有上述 5 种薄膜的玻璃基体) 温度加热至 240 ~ 280 °C, 真空室真空度抽至 3.0×10^{-7} Torr ~ 3.0×10^{-6} Torr, 通入硅烷、磷烷和氢气, 其中硅烷占气体总流量的 3 ~ 15%, 磷烷与硅烷的体积流量比为 4 ~ 12 : 1, 氢气的体积流量为硅烷和磷烷总体积流量的 2 ~ 4 倍 (即氢气的稀释比为 2 ~ 4), 反应气压为 0.4 ~ 0.6Torr, 放电功率为 70 ~ 150mW/cm², 沉积时间为 10 ~ 60 秒, 制得重掺杂 n 型非晶硅层重掺杂 n-a-Si:H 薄膜;

[0021] (7) 采用磁控溅射法制备背反射层氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜: 将真空室抽至 3.0×10^{-7} Torr ~ 3.0×10^{-6} Torr, 采用铝的质量百分含量为 1 ~ 2% 的氧化锌陶瓷作为靶材, 反应气体为氧气, 溅射气体为氩气, 溅射压力为 4 ~ 6mTorr, 溅射功率为 200W, 溅射温度为 200 °C, 溅射时间为 15 ~ 20 分钟, 在衬底 (即设有上述 6 种薄膜的玻璃基体) 上制得背反射层氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜;

[0022] (8) 采用磁控溅射法制备背电极: 靶材为金属银, 溅射气体为氩气, 溅射压力为 4mTorr, 溅射功率为 200W, 溅射时间为 5 ~ 10 分钟, 在衬底 (即设有上述 7 种薄膜的玻璃基体) 上制得银电极。

[0023] 在上述的双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法中:

[0024] 步骤 (1) 中所述的玻璃基体在设置具有绒面结构的 SnO₂:F 薄膜前, 先采用半导体清洗工艺处理。

[0025] 本发明步骤 (1) 中 PECVD 系统先经过预抽真空处理。

[0026] 步骤 (2) 中所述的硼烷的体积浓度 ($[B_2H_6]/[B_2H_6+H_2]$) 为 2 ~ 4%, 步骤 (6) ~ 步骤 (6) 中所述的磷烷的体积浓度为 ($[PH_3]/[PH_3+H_2]$) 为 0.5 ~ 1%。

[0027] 步骤 (2) 中硅烷占气体总流量的 3.0 ~ 5.0%, 甲烷与硅烷的体积流量比为 1.0 ~ 1.5:1, 硼烷与硅烷的体积流量比为 0.7 ~ 1:1, 氢气的体积流量为硅烷、甲烷和硼烷总体积流量的 11 ~ 15 倍; 步骤 (3) 中硅烷占气体总流量的 3.0 ~ 5.0%, 甲烷与硅烷的体积流量比为 1.0 ~ 1.5:1, 氢气的体积流量为与甲烷和硅烷总体积流量的 11 ~ 16 倍; 步骤 (4) 中硅烷占气体总流量的 10 ~ 15%。

[0028] 本发明步骤 (5) ~ (6) 中的双层 n 型非晶硅层是由通过调节磷烷浓度沉积轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜和重掺杂 n-a-Si:H 薄膜构成。

[0029] 步骤 (7) 中氩气和氧气的体积流量比为 80 ~ 90 : 1。

[0030] 步骤 (8) 中氩气流量为 16 ~ 18sccm。

[0031] 本发明中采用的 PECVD 优选为具有至少一个单腔室的 PECVD 系统和具有至少一个真空室的磁控溅射系统, 所需工艺气体有高纯硅烷 SiH₄、高纯氢气 H₂、浓度 (BC = $[B_2H_6]/[B_2H_6+H_2]$) 优选为 2% 硼烷 B₂H₆、浓度 (PC = $[PH_3]/[PH_3+H_2]$) 优选为 0.5% 磷烷 PH₃, 高纯甲烷 CH₄。

[0032] 本发明具有如下优点:

[0033] (1) 本发明中的 n 型非晶硅层为轻掺杂 n 型非晶硅层与重掺杂 n 型非晶硅层构成的双 n 层结构, 这样的双 n 层结构电池与传统单 n 层结构非晶硅电池相比, 可以形成较强的内电场, 可以减少光生少子的复合损失, 提高少数载流子的收集率, 明显增加短路电流, 提

高太阳能电池的转化效率；

[0034] (2) 与背反射层接触的重掺杂 n 层, 掺杂浓度高, 电阻率低, 可以减少电极的接触电阻, 增加电极对光生载流子的收集效率；

[0035] (3) 本发明中的双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法, 这种方法简洁、不需增加新的设备改造成本, 制备的双 n 层结构的非晶硅电池具有更高的光电转换效率, 双 n 层非晶硅电池效率可达到 10.97%；

[0036] (4) 本发明中的双 n 层结构也适用于由其构成的双节或多节叠层非晶硅太阳能电池。

附图说明

[0037] 图 1 中是本发明中双 n 层非晶硅太阳能电池的结构示意图。

[0038] 其中: 1 代表设置在玻璃基体上的透明导电膜, 2 代表 p 型非晶硅层, 3 代表缓冲层, 4 代表本征 i 层, 5 代表双层 n 型非晶硅, 6 代表背反射层, 7 代表背电极, 8 代表轻掺杂 n 型非晶硅, 9 代表重掺杂 n 型非晶硅。

具体实施方式

[0039] 实施例 1

[0040] 本实施例提供的双 n 层结构非晶硅太阳能电池, 包括玻璃基体, 依次设置在玻璃基体上的透明导电膜 1、P 型非晶硅层 2、缓冲层 3、非晶硅本征层 i 层 4、双层 n 型非晶硅层 5、背反射层 6 和背电极 7, 该双层 n 型非晶硅层是由轻掺杂 n 型非晶硅层与重掺杂 n 型非晶硅层两层构成的双 n 层结构。

[0041] 其中透明导电膜为具有绒面结构的 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 薄膜; P 型非晶硅层为 p-a-SiC:H; 缓冲层为 a-SiC:H 薄膜; 非晶硅本征层 i 层为 i-a-Si:H 薄膜; 轻掺杂 n 型非晶硅层为轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜; 重掺杂 n 型非晶硅层为重掺杂 n-a-Si:H 薄膜; 背反射层为氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜; 背电极为银电极。

[0042] p-a-SiC:H 薄膜的膜厚为 10 ~ 30nm; a-SiC:H 薄膜的膜厚为 10 ~ 20nm; i-a-Si:H 薄膜的膜厚为 400 ~ 540nm; 轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜的膜厚为 40 ~ 60nm; 重掺杂 n-a-Si:H 薄膜的膜厚为 10 ~ 20nm; 氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜的厚度为 60 ~ 80nm; 银电极的厚度为 150 ~ 300nm。

[0043] 其中 p-a-SiC:H、a-SiC:H 薄膜、i-a-Si:H 薄膜、轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜和重掺杂 n-a-Si:H 薄膜采用 PECVD 方式制成。

[0044] 其中氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜和银电极通过磁控溅射方式制备获得。

[0045] 该双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法, 含以下步骤:

[0046] (1) 装片: 将用半导体清洗工艺处理过的玻璃基体具有绒面结构的 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 薄膜, 通过预抽真空腔放入 PECVD 系统沉积真空腔;

[0047] (2) 沉积窗口层 P 型非晶硅层: 真空腔真空度抽至 3.0×10^{-6} Torr, FT0 衬底温度加热至 260°C, 通入硅烷气体流量为 4.5sccm、甲烷气体流量为 4.5sccm、硼烷气体流量为 3.2sccm、氢气气体流量为 138sccm, 匀气 8 分钟, 反应气压为 0.6Torr, 放电功率为 80mW/cm², 沉积时间为 28 秒, 此为窗口层 p 层, 厚度约为 10nm, 其中硼烷的体积浓度 ($[\text{B}_2\text{H}_6]$)/

[B₂H₆+H₂]) 为 2% ;

[0048] (3) 沉积缓冲层 SiC 层 : 真空腔真空度抽至 3.0×10^{-6} Torr, 衬底温度加热至 260℃, 通入硅烷气体流量为 4.5sccm、甲烷气体流量为 4.5sccm、氢气气体流量为 138sccm, 匀气 8 分钟, 反应气压为 0.6Torr, 放电功率为 80mW/cm², 起辉光的同时关闭甲烷气体流量, 沉积时间为 32 秒, 此为缓冲层 SiC 层, 厚度约为 12nm ;

[0049] (4) 沉积本征层 i 层 : 真空腔真空度抽至 3.0×10^{-6} Torr, 衬底温度加热至 260℃, 通入硅烷气体流量为 15sccm、氢气气体流量为 135sccm, 匀气 8 分钟, 反应气压为 0.6Torr, 放电功率为 80mW/cm², 沉积时间为 20 分钟, 此为本征层 i 层, 厚度约为 430nm ;

[0050] (5) 沉积第 1 层 n 层 : 真空腔真空度抽至 3.0×10^{-6} Torr, 衬底温度加热至 260℃, 通入硅烷气体流量为 15sccm、磷烷气体流量为 30sccm, 氢气气体流量为 105sccm, 匀气 8 分钟, 反应气压为 0.4Torr, 放电功率为 80mW/cm², 沉积时间为 2.5 分钟, 此为轻掺杂 n 层, 厚度约为 44nm, 其中磷烷的体积浓度为 ([PH₃]/[PH₃+H₂]) 为 0.5% ;

[0051] (6) 沉积第 2 层 n 层 : 真空腔真空度抽至 3.0×10^{-6} Torr, 衬底温度加热至 260℃, 通入硅烷气体流量为 10sccm、磷烷气体流量为 40sccm, 氢气气体流量为 100sccm, 匀气 8 分钟, 反应气压为 0.4Torr, 放电功率为 80mW/cm², 沉积时间为 10 秒钟, 此为重掺杂 n 层, 厚度约为 10nm, 其中磷烷的体积浓度为 ([PH₃]/[PH₃+H₂]) 为 0.5% ;

[0052] (7) 溅射背反射层 : 将制备完双 n 层非晶硅电池从 PECVD 系统取出, 放入磁控溅射系统真空腔, 真空腔抽至 3.0×10^{-6} Torr, 溅射靶材用直径 3.0 英寸, 厚度 0.25 英寸, 纯度为 99.99% 的铝含量为 2wt% 氧化锌陶瓷靶, 反应气体为纯度 99.99% 的高纯氧气 O₂, 溅射气体为纯度 99.999% 的氩气 Ar, 溅射参数为 : 溅射压力 4mTorr、溅射功率 200W、溅射温度 200℃, Ar : O₂ 比为 18sccm : 0.2sccm, 溅射时间 20 分钟, 此为 AZO 薄膜背反射层, 厚度约为 80nm ;

[0053] (8) 溅射背电极 : 溅射靶材用直径 3.0 英寸, 厚度 0.25 英寸, 纯度为 99.99% 的金属银靶, 溅射气体为纯度 99.999% 的氩气 Ar, 溅射参数为 : 溅射压力 4mTorr、溅射功率 200W、Ar 流量为 18sccm, 溅射时间为 10 分钟, 此为银背电极, 厚度约为 300nm, 最后获得电池。

[0054] 在 AM1.5G 模拟太阳光测试的光伏性能如表 1 所示, 其性能比同等条件下制备的传统单 n 层非晶硅电池 (p 层沉积时间 28 秒, 约 10nm ; 缓冲层沉积时间 32 秒, 约为 12nm ; 本征 i 层沉积时间 20 分钟, 约 430nm ; 轻掺杂单 n 层沉积时间 2.5 分钟, 约为 54nm) 的光电转换效率相对高 13%。

[0055] 表 1 本实施例 AM1.5G 模拟太阳光测试的光伏性能

[0056]

非晶硅 电池结构	开路电压 (mV)	短路电流密度 (mA/cm ²)	填充因子 (%)	并联电阻 (ohms)	串联电阻 (ohms)	转换效率 (%)
双 n 层结构	877.09	18.91	66.16	6600	37.70	10.97
传统单 n 层	871.25	16.40	67.80	6500	37.80	9.69

[0057] 实施例 2

[0058] 本实施例提供的双 n 层结构非晶硅太阳能电池,包括玻璃基体,依次设置在玻璃基体上的透明导电膜、P 型非晶硅层、缓冲层、非晶硅本征层 i 层、双层 n 型非晶硅层、背反射层和背电极,该双层 n 型非晶硅层是由轻掺杂 n 型非晶硅层与重掺杂 n 型非晶硅层两层构成的双 n 层结构。

[0059] 其中透明导电膜为具有绒面结构的 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 薄膜;P 型非晶硅层为 p-a-SiC:H 薄膜;缓冲层为 a-SiC:H 薄膜;非晶硅本征层 i 层为 i-a-Si:H 薄膜;轻掺杂 n 型非晶硅层为轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜;重掺杂 n 型非晶硅层为重掺杂 n-a-Si:H 薄膜;背反射层为氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜;背电极为银电极。

[0060] p-a-Si:H 薄膜的膜厚为 10 ~ 30nm;a-SiC:H 薄膜的膜厚为 10 ~ 20nm;i-a-Si:H 薄膜的膜厚为 400 ~ 540nm;轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜的膜厚为 40 ~ 60nm;重掺杂 n-a-Si:H 薄膜的膜厚为 10 ~ 20nm;氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜的厚度为 60 ~ 80nm;银电极的厚度为 150 ~ 300nm。

[0061] 其中 p-a-SiC:H 薄膜、a-SiC:H 薄膜、i-a-Si:H 薄膜、轻掺杂 n-a-Si:H 薄膜和重掺杂 n-a-Si:H 薄膜采用 PECVD 方式制成。

[0062] 其中氧化锌掺铝 ZnO:Al 薄膜和银电极通过磁控溅射方式制备获得。

[0063] 该双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法与实施例 1 不同的是,改变步骤 (6),变化掺杂浓度,亦即真空腔真空度抽至 3.0×10^{-6} Torr,衬底温度加热至 260°C ,通入硅烷气体流量为 5sccm、磷烷气体流量为 45sccm,氢气气体流量为 100sccm,匀气 8 分钟,反应气压为 0.4Torr,放电功率为 $80\text{mW}/\text{cm}^2$,沉积时间为 10 秒钟。

[0064] 在 AM1.5G 模拟太阳光测试的光伏性能如表 2 所示,其性能比同等条件下制备的传统单 n 层非晶硅电池的光电转换效率相对高 6.9%。

[0065] 表 2 本实施例 AM1.5G 模拟太阳光测试的光伏性能

[0066]

非晶硅 电池结构	开路电压 (mV)	短路电流密度 (mA/cm^2)	填充因子 (%)	并联电阻 (ohms)	串联电阻 (ohms)	转换效率 (%)
双 n 层结构	878.76	17.78	66.30	6680	34.10	10.36
传统单 n 层	871.25	16.40	67.80	6500	37.80	9.69

[0067] 实施例 3

[0068] 本实施例提供的双 n 层结构非晶硅太阳能电池同实施例 1。

[0069] 该双 n 层结构非晶硅太阳能电池的制备方法同实施例 1 不同的是:改变步骤 5) 和步骤 6),变化这两步的沉积时间,亦即

[0070] 步骤 (5) 真空腔真空度抽至 3.0×10^{-6} Torr,衬底温度加热至 260°C ,通入硅烷气体流量为 15sccm、磷烷气体流量为 30sccm,氢气气体流量为 105sccm,匀气 8 分钟,反应气压为 0.4Torr,放电功率为 $80\text{mW}/\text{cm}^2$,沉积时间为 2 分钟 25 秒;

[0071] 步骤 (6) 真空腔真空度抽至 3.0×10^{-6} Torr,衬底温度加热至 260°C ,通入硅烷气体流量为 10sccm、磷烷气体流量为 40sccm,氢气气体流量为 100sccm,匀气 8 分钟,反应气压为 0.4Torr,放电功率为 $80\text{mW}/\text{cm}^2$,沉积时间为 15 秒。

[0072] 在 AM1.5G 模拟太阳光测试的光伏性能如表 3 所示,其性能比同等条件下制备的传统单 n 层非晶硅电池的光电转换效率相对高 10.2%。

[0073] 表 3 本实施例 AM1.5G 模拟太阳光测试的光伏性能

[0074]

非晶硅 电池结构	开路电压 (mV)	短路电流密度 (mA/cm ²)	填充因子 (%)	并联电阻 (ohms)	串联电阻 (ohms)	转换效率 (%)
双 n 层结构	874.16	17.86	68.4	9780	26.70	10.68
传统单 n 层	871.25	16.40	67.80	6500	37.80	9.69

[0075] 实施例 4

[0076] 与实施例 1 不同的是,步骤 (2) ~ (6) 各衬底加热温度为 240℃,步骤 (2) ~ (7) 真空室真空度抽至 3.0×10^{-7} Torr,步骤 (2) 中硼烷的体积浓度 ($[B_2H_6]/[B_2H_6+H_2]$) 为 2%,步骤 (5) ~ 步骤 (6) 中磷烷的体积浓度为 ($[PH_3]/[PH_3+H_2]$) 为 1%。

[0077] 实施例 5

[0078] 与实施例 2 不同的是,步骤 (2) ~ (6) 各衬底加热温度为 280℃,步骤 (2) ~ (7) 真空室真空度抽至 1.0×10^{-6} Torr。

[0079] 实施例 6

[0080] 与实施例 3 不同的是,步骤 (2) ~ (4) 中反应气压为 0.8Torr,放电功率为 100mW/cm²,步骤 (2) 中沉积时间为 60 秒,步骤 (3) 中沉积时间为 50 秒,步骤 (4) 中沉积时间为 25 分钟。

[0081] 实施例 7

[0082] 与实施例 1 不同的是,步骤 (7) 中真空室抽至 3.0×10^{-7} Torr,采用铝的质量百分含量为 1% 的氧化锌陶瓷作为靶材,溅射时间为 15 分钟,溅射压力为 6mTorr, Ar :O₂比为 16sccm :0.2sccm ;步骤 (8) 中溅射时间为 10 分钟。

[0083] 上面列举一部分具体实施例对本发明进行说明,有必要在此指出的是以上具体实施例只用于对本发明作进一步说明,不代表对本发明保护范围的限制如步骤 (2) ~ (6) 中各气体的流量、真空室真空度、沉积时间、放电功率等都可以在本发明所要求的范围内进行适当的选择。其他人根据本发明做出的一些非本质的修改和调整仍属于本发明的保护范围。

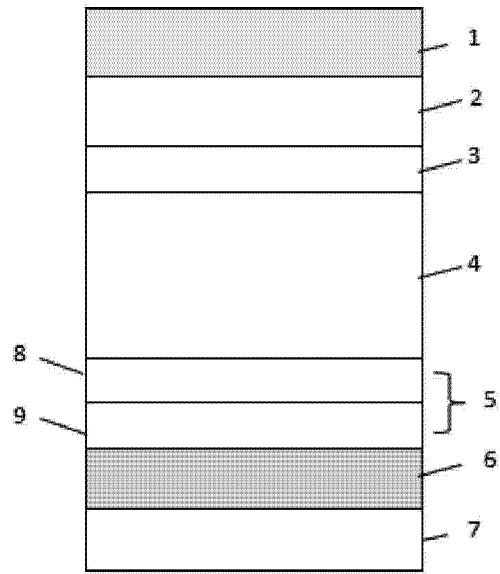


图 1