



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102214720 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201110155026. X

审查员 韩颖妹

(22) 申请日 2011. 06. 10

(73) 专利权人 山东力诺太阳能电力股份有限公司

地址 250103 山东省济南市历城区经十东路  
30766 号力诺科技园

(72) 发明人 张黎明 李玉花 刘鹏 姜言森  
杨青天 高岩 徐振华 张春艳  
王兆光 程亮 任现坤

(74) 专利代理机构 济南舜源专利事务有限公司  
37205

代理人 宋玉霞

(51) Int. Cl.

H01L 31/0747(2012. 01)

H01L 31/0352(2006. 01)

H01L 31/0224(2006. 01)

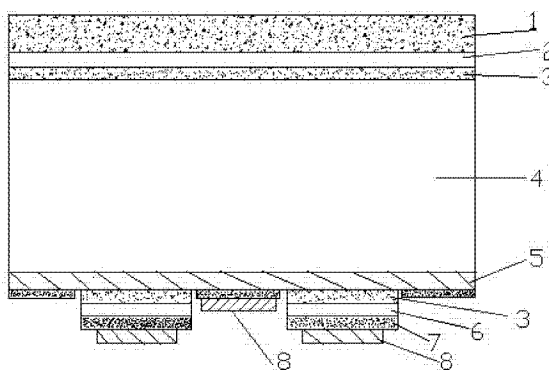
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

基于P型硅片的背接触异质结太阳能电池

(57) 摘要

本发明涉及一种太阳能电池,具体涉及一种基于P型硅片的背接触异质结太阳能电池。从背面特征分为N型区域和P型区域,N型区域形成P+a-si/i-a-si/P-c-si/P+c-si/i-a-si/N-a-si异质结结构,P型区域形成P+a-si/i-a-si/P-c-si/P+c-si异质结结构,具有更好的光谱响应,太阳光在电池内传播光程更长,电池较常规晶硅太阳能电池厚度大大减薄;电极全部印刷在电池背面,即避免了常规太阳能电池正面电极遮光的问题,提高了太阳能电池短路电流,进而大大提高太阳能电池的转化效率,低温烧结工艺大大简化生产工艺、降低生产成本,适用于产业化生产。



1. 一种基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池,从背面特征分为 N 型区域和 P 型区域,其特征在于:P 型区域包括由上到下依次叠层结合的受光面减反射膜、P+ a-Si P+ 非晶硅薄膜、i-a-Si 本征非晶硅薄膜、P-C-Si P 型晶体硅、P+ c-Si P+ 晶硅层、透明导电薄膜 TCO 和背电极,形成 P+ a-si/ i- a-si/P-c-si/P+c-si 异质结结构,N 型区域包括由上到下依次叠层结合的受光面减反射膜、P+ a-Si P+ 非晶硅薄膜、i-a-Si 本征非晶硅薄膜、P-C-Si P 型晶体硅、P+ c-Si P+ 晶硅层、i-a-Si 本征非晶硅薄膜、N-a-Si 非晶硅薄膜、透明导电薄膜 TCO 和背电极,形成 P+ a-si/ i- a-si/P-c-si/P+c-si/i-a-si/N-a-si 异质结结构。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池,其特征在于:所述的受光面减反射膜为  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  或  $\text{TiO}_2$ ,减反射膜厚度为 70~90nm,折射率为 1.5~2.5。

3. 根据权利要求 1 所述的基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池,其特征在于:采用化学气相沉积工艺在 P 型晶体硅上面和 N 型区域的 P+ 晶硅层下面制作本征非晶硅薄膜,厚度为 1~50nm。

4. 根据权利要求 1 所述的基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池,其特征在于:所述的 P 型晶体硅为单晶硅、太阳能级或金属级多晶硅、带状硅,其厚度为 120~220um,掺杂浓度为  $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 。

5. 根据权利要求 1 所述的基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池,其特征在于:所述的 P+ 晶硅层,其厚度为 0.1~0.5um,浓硼掺杂浓度为  $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 。

6. 根据权利要求 1 所述的基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池,其特征在于:在 N 型区域中,采用化学气相沉积工艺在本征非晶硅薄膜下面沉积一层 N-a-Si 非晶硅薄膜,厚度为 1~50nm。

7. 根据权利要求 1 所述的基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池,其特征在于:透明导电薄膜 TCO 为氧化物透明导电材料体系,为  $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Mo}$ 、 $\text{SnO}_2:\text{Sb}$ 、 $\text{SnO}_2:\text{F}$ 、 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 、 $\text{ZnO} \cdot \text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO} \cdot \text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CdSb}_2\text{O}_6$ 、 $\text{MgIn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{In}_4\text{Sn}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{Zn}_2\text{In}_2\text{O}_5$ 、 $\text{CdIn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Cd}_2\text{SnO}_4$ 、 $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$ 、 $\text{GaInO}_3$  中的一种,其厚度为 50nm~900nm。

8. 根据权利要求 1 所述的基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池,其特征在于:所述的背电极为 Al、Ag、Au、Ni、Cu/Ni、Al/Ni 或 Ti/Pd/Ag 电极,其厚度为 50nm~600um。

## 基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种太阳电池,具体涉及一种基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池。

### 背景技术

[0002] 二十一世纪,能源危机和环境污染已经成为亟待解决的全球问题。开发绿色能源成为解决危机的主要方法。其中太阳电池因其洁净、安全、可再生成为世界各国竞相发展的目标。目前太阳电池主要发展方向是降低成本、增加效率。

[0003] 新型非晶硅和晶硅构成的异质结太阳电池具有结构简单、工艺简易、它将晶体硅具有高载流子迁移率优点与低温化学气相沉积非晶硅工艺优势相结合,成为太阳能行业的热点发展方向。如日本三 sanyo 集团开发的以 N 型晶体硅为衬底的 HIT 电池实验室装换效率已经突破 22%,产业化电池片转化效率达到 19%。

[0004] 上述 HIT 结构的太阳电池存在以下问题:第一非晶硅薄膜的缺陷较多,增加了薄膜体内的载流子复合缺陷密度,影响光生电流的收集及传输;第二正面的栅线设计是电池受光面积减少,从而降低短路电流,影响太阳电池最终的转化效率。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的就是针对上述存在的缺陷而提供一种基于 P 型硅片的背接触异质结太阳能电池。本发明太阳电池具有更好的光谱响应特性,太阳光在电池内传播光程更长,电池较常规晶硅太阳电池厚度大大减薄;电极全部印刷在电池背面,即避免了常规太阳能电池正面电极遮光的问题,又降低了对电极印刷精度和高宽比的要求,提高了太阳电池短路电流,进而大大提高晶体硅太阳能电池的效率,低温烧结工艺大大简化生产工艺、降低生产成本,适用于产业化生产。

[0006] 本发明采用的技术方案为,一种基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池,从背面特征分为 N 型区域和 P 型区域,P 型区域包括由上到下依次叠层结合的受光面减反射膜、P+ a-Si P+ 非晶硅薄膜、i-a-Si 本征非晶硅薄膜、P-C-Si P 型晶体硅、P+ c-Si P+ 晶硅层、透明导电薄膜 TCO 和背电极,形成 P+ a-si/ i- a-si/P-c-si/P+c-si 异质结结构,N 型区域包括由上到下依次叠层结合的受光面减反射膜、P+ a-Si P+ 非晶硅薄膜、i-a-Si 本征非晶硅薄膜、P-C-Si P 型晶体硅、P+ c-Si P+ 晶硅层、i-a-Si 本征非晶硅薄膜、N-a-Si 非晶硅薄膜、透明导电薄膜 TCO 和背电极,形成 P+ a-si/ i- a-si/P-c-si/P+c-si/i-a-si/N-a-si 异质结结构。

[0007] 所述的受光面减反射膜为  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  或  $\text{TiO}_2$ ,减反射膜厚度为 70~90nm,折射率为 1.5~2.5。

[0008] 采用化学气相沉积工艺在 P 型晶体硅上面和 N 型区域的 N+ 晶硅层下面制作本征非晶硅薄膜,厚度为 1~50nm。

[0009] 所述的 P 型晶体硅为单晶硅、太阳能级或金属级多晶硅、带状硅,其厚度为

120~220um, 掺杂浓度为  $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 。

[0010] 所述的 P<sup>+</sup> 型晶体硅层, 其厚度为 0.1~0.5um, 浓硼掺杂浓度为  $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 。

[0011] 在 N 型区域中, 采用化学气相沉积工艺在本征非晶硅薄膜下面沉积一层 P-a-Si 非晶硅薄膜, 厚度为 1~50nm。

[0012] 透明导电薄膜 TCO 为氧化物透明导电材料体系, 为  $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$  (ITO)、 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Mo}$  (IMO)、 $\text{SnO}_2:\text{Sb}$  (ATO)、 $\text{SnO}_2:\text{F}$  (FTO)、 $\text{ZnO}:\text{Al}$  (ZnO)、 $\text{ZnO} \cdot \text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO} \cdot \text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CdSb}_2\text{O}_6$ 、 $\text{MgIn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{In}_4\text{Sn}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{Zn}_2\text{In}_2\text{O}_5$ 、 $\text{CdIn}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Cd}_2\text{SnO}_4$ 、 $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$ 、 $\text{GaInO}_3$  中的一种, 其厚度为 50nm~900nm。

[0013] 所述的背电极为 Al、Ag、Au、Ni、Cu/Ni、Al/Ni 或 Ti/Pd/Ag 电极, 其厚度为 50nm~600um。

[0014] 本发明的基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池具有以下有益效果: 一是太阳电池具有更好的光谱响应, 太阳光在电池内传播光程更长, 电池较常规晶硅太阳电池厚度大大减薄; 二是电极全部印刷在电池背面, 即避免了常规太阳能电池正面电极遮光的问题, 提高太阳电池短路电流, 进而大大提高了太阳电池的转化效率; 三是低温烧结工艺, 大大简化了太阳电池生产工艺, 有效降低生产成本, 适合产业化发展。

[0015] 本发明的基于 P 型硅片的背接触异质结太阳电池, 从背面特征分为 N 型区域和 P 型区域, P 型区域包括由上到下依次叠层结合的受光面减反射膜、P+ a-Si P+ 非晶硅薄膜、i-a-Si 本征非晶硅薄膜、P-C-Si P 型晶体硅、P+ c-Si P+ 晶硅层、透明导电薄膜 TCO 和背电极, 形成 P+ a-si/ i- a-si/P-c-si/P+c-si 异质结结构, N 型区域包括由上到下依次叠层结合的受光面减反射膜、P+ a-Si P+ 非晶硅薄膜、i-a-Si 本征非晶硅薄膜、P-C-Si P 型晶体硅、P+ c-Si P+ 晶硅层、i-a-Si 本征非晶硅薄膜、N-a-Si 非晶硅薄膜、透明导电薄膜 TCO 和背电极, 形成 P+ a-si/ i- a-si/P-c-si/P+c-si/i-a-si/N-a-si 异质结结构。该结构的具体作用如下:

[0016] 背接触电极主要起到收集电流作用。

[0017] 所述的透明导电薄膜 TCO 具有较高的透光性和电导率, 主要起到收集电流的作用, 另外还将透过电池体内的太阳光反射回去, 增加太阳电池光吸收的作用。

[0018] 采用化学气相沉积工艺在 P 型晶体硅上面和 N 型区域的 N+ 晶硅层下面制作本征非晶硅薄膜, 厚度为 1~50nm。主要起到减少界面缺陷态, 增加表面钝化效应。

[0019] 所述的 N-a-Si 非晶硅薄膜采用化学气相沉积工艺在本征非晶硅薄膜上再沉积一层, 厚度为 1~50nm。N-a-si 非晶硅薄膜沉积在 i-a-si 本征非晶硅薄膜层上与 P 型晶硅电池形成核心结构 HIT 异质结。

[0020] 所述的 P<sup>+</sup> 型晶体硅层, 其厚度为 0.1~0.5um, 浓硼掺杂浓度为  $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 。其作用是形成高低结, 提升开路电压, 同时起到背面钝化的作用。

[0021] 所述的减反射膜为  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$  中的一种, 减反射膜厚度为 70~90nm, 折射率为 1.5~2.5。其作用主要是增加光吸收, 减低太阳光在电池表面的反射损失, 另外, 减反射膜还具有表面钝化的作用。

[0022] 采用以上技术方案制作的 P 型硅片的背接触式 HIT 太阳电池, 本发明的制备工艺将常规晶硅生产工艺和薄膜太阳电池生产工艺结合, 方法简单, 能够迅速产业化。另外其背

接触的结构在太阳电池的受光面无栅线覆盖,不仅增加了太阳电池的受光面积,还在在组件生产中可简化了焊接工序外观要求,节约生产时间,降低组件生产成本。

#### 附图说明

[0023] 图 1 所示为本发明电池结构示意图;

[0024] 图 2 所示为本发明实施例 1 中背面电极的示意图;

[0025] 图 3 所示为本发明工艺流程示意图。

[0026] 图中,1、受光面减反射膜,2、P+ a-Si 非晶硅薄膜,3、本征非晶硅薄膜,4、P 型晶体硅,5、P+ 晶硅层,6、N-a-Si 非晶硅薄膜,7、透明导电薄膜 TCO,8、背电极。

[0027] 具体实施方式:

[0028] 下面结合附图和实例来说明本发明的技术方案,但是本发明并不局限于此。

[0029] 实施例 1

[0030] P 型晶体硅 4 选用 P 型单晶硅片,采用半导体清洗工艺对 P 型晶体硅 4 表面预清洗和表面织构。所用 P 型晶体硅 4 厚度在 200um,电阻率为  $0.5 \sim 3 \Omega \cdot \text{cm}$ ,用 1~5% 的氢氟酸去除硅片表面的二氧化硅层,在浓度小于 3% 的 NaOH 和 IPA (异丙醇)的混合液中 80°C 左右制备金字塔形状绒面。增加对太阳光的吸收,增加 PN 结面积,提高短路电流。再用酸清洗工艺将之后的 P 型晶体硅 4 清洗干净-甩干。将制绒后 P 型晶体硅 4 放入扩散炉中用硼烷在 850°C 左右进行单面重扩散,在 P 型晶体硅 4 下表面形成一层 P<sup>+</sup> 重掺杂层 P<sup>+</sup>c-si 5,经等离子刻蚀后,用 HF 溶液清洗,去离子水清洗后甩干;

[0031] 用等离子体增强化学气相沉积(PECVD)工艺,在 250°C 扩散后晶硅的上下表面分别沉积一层本征非晶硅薄膜 3,厚度约 5nm,有钝化作用。在晶硅的上表面沉积高浓度 P<sup>+</sup> a-Si 非晶硅薄膜 2,厚度为 5~10nm;在背表面沉积一层 N-a-si 非晶硅薄层 6,厚度为 5~10nm;在 400°C 下,用 PECVD 在硅片正表面生长氮化硅受光面减反射膜 1,厚度为 85nm,折射率为 2.05;其作用减少电池表面的反射损失,镀膜后的太阳能电池光反射损失可以减少到 4% 以内;同时对电池进行有效地表面钝化和体钝化,减少复合中心,提高少子寿命,增加光电流。在硅片背面印刷上腐蚀性浆料,腐蚀掉印刷区域的 N-a-si 非晶硅薄层 6 和本征非晶硅薄膜 3,露出 P<sup>+</sup> 晶硅层 5 表面,未腐蚀区域的 HIT 结构被保存下来。最后用去离子水超声清洗干净后,烘干。通过磁控溅射工艺在硅片的背面沉积一层厚度为 30~100nm 的透明导电层薄膜 TCO 7。再用激光将 P 型区域与 N 型区域分割。在背表面的 N 型区域和 P 型区域分别丝网印刷导电浆料经低温烧结制成背电极 8。电池背面图形 2 所示。N 型区域上采用的电极印刷材料为银浆;P 型区域上采用的电极印刷材料为银浆、银铝浆,或者是类似常规太阳能电池背面银铝浆结构的一种。

[0032] 本实施例制备的基于 N 型多晶硅片的背接触异质结太阳能电池的电性能输出参数:在标准测量条件下:测量温度 25°C,光强  $1000\text{W}/\text{m}^2$ , AM1.5 光谱测试,短路电流密度  $40\text{mA}/\text{cm}^2$ ;开路电压 681mV,填充因子 79%;光电转换效率 21.1 %。

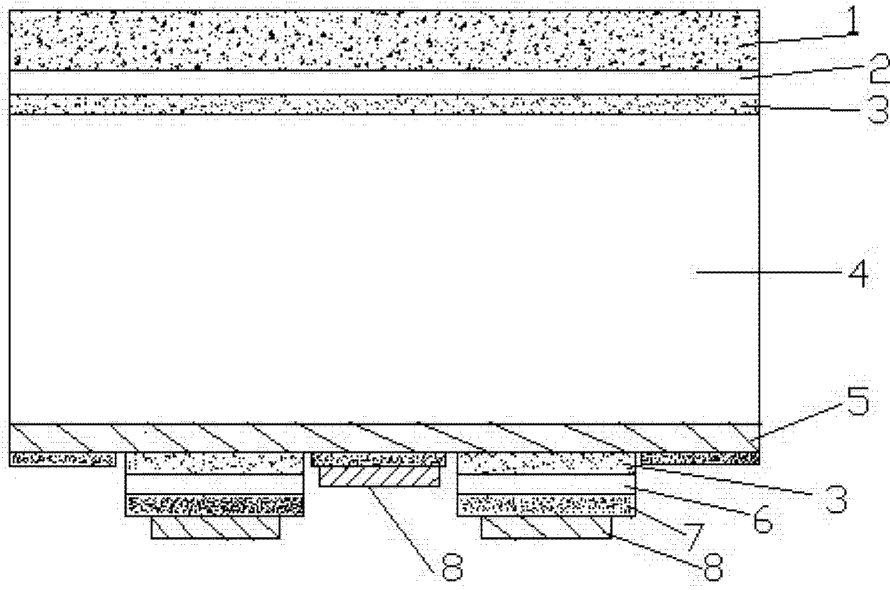


图 1

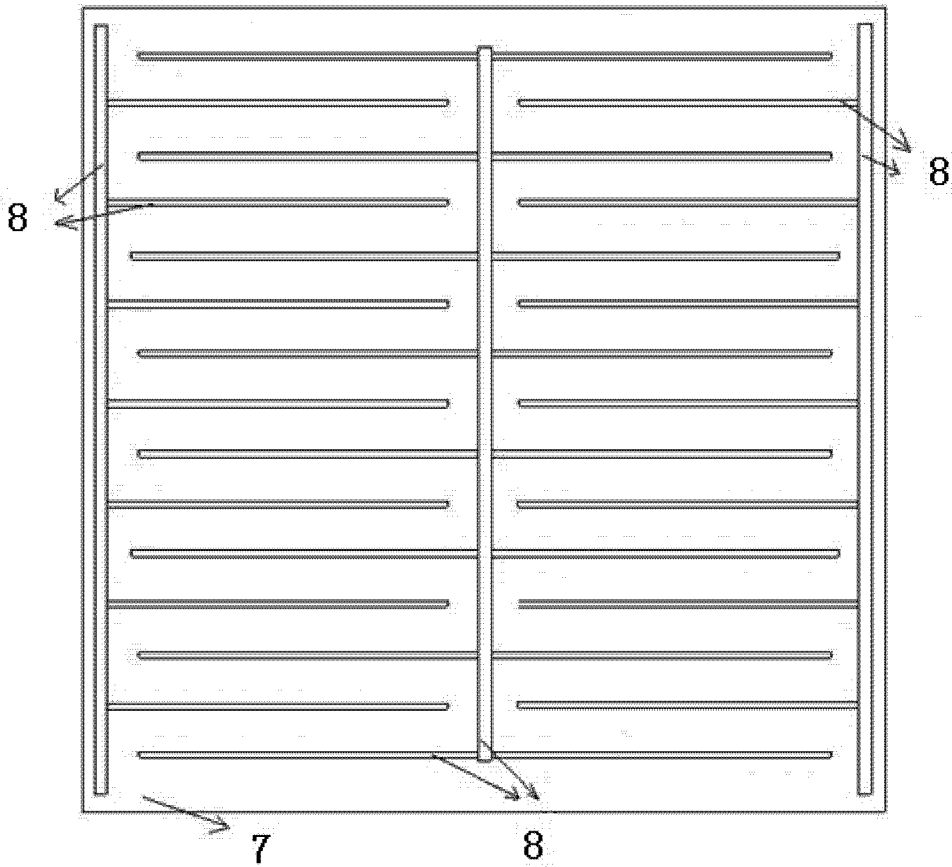
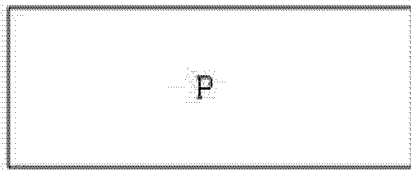


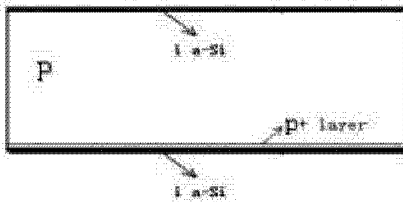
图 2



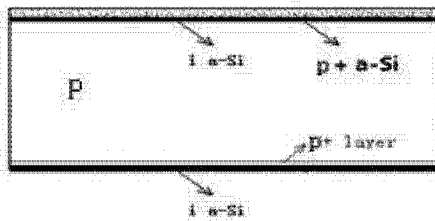
a. P型硅片检测、清洗及表面织构化



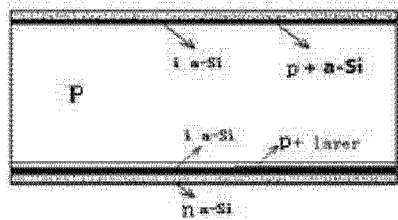
b. 在下表面扩散一层 P+型重掺杂层



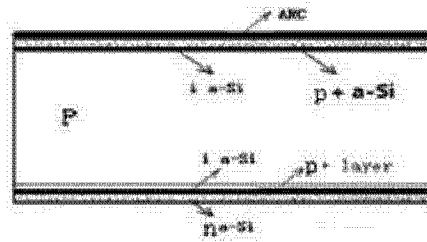
c. 在上下表面沉积一层本征非晶硅薄层



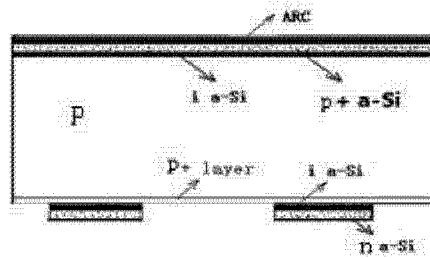
d. 在上表面沉积一层 P+型非晶硅薄层



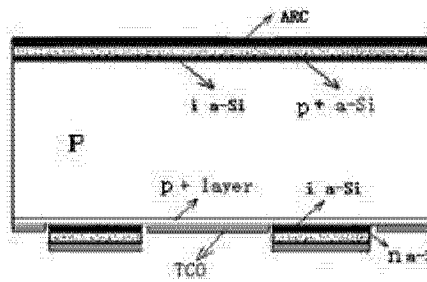
e. 在下表面沉积一层 n型非晶硅薄膜



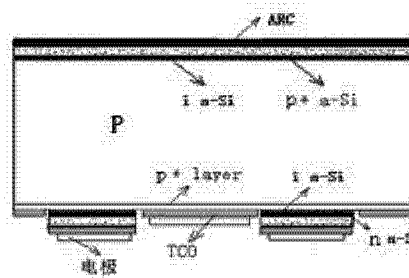
f. 在上表面 PECVD 制备氮化硅减反射膜



g. 使用腐蚀浆料腐蚀至露出 P型硅基体



h. 在下表面溅射一层 TCO 导电层, 用激光将 P 区和 n 区分开



i. 丝网印刷电极, 低温烧结

图 3