



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102446991 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201110417916. 3

(22) 申请日 2011. 12. 14

(73) 专利权人 杭州赛昂电力有限公司

地址 311215 浙江省杭州市萧山区建设一路
66 号 1104 室

(72) 发明人 傅建明 杨瑞鹏

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 骆苏华

(51) Int. Cl.

H01L 31/0352(2006. 01)

H01L 31/077(2012. 01)

H01L 31/20(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101233620 A, 2008. 07. 30, 说明书第 3 页
最后 1 段 - 第 7 页第 4 段、第 8 页第 3 段 - 第 9 页

第 4 段及附图 1、2.

WO 2011/129708 A1, 2011. 10. 20, 说明书第
6 页第 15 行 - 第 7 页第 22 行、权利要求 9 及附图
1B.

CN 101438420 A, 2009. 05. 20, 说明书第 3 页
第 2 段 - 第 4 页第 4 段及附图 1-2D.

CN 102208493 A, 2011. 10. 05, 说明书第 3 页
第 1 段 - 第 5 页第 3 段及附图 1-5.

审查员 张思秘

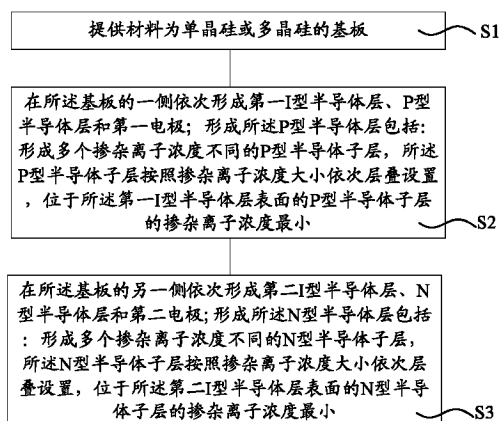
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

基于晶硅的薄膜太阳能电池及其制造方法

(57) 摘要

一种基于晶硅的薄膜太阳能电池及其制造方法。所述基于晶硅的薄膜太阳能电池包括：基板；依次位于基板一侧的第一 I 型半导体层、P 型半导体层和第一电极；依次位于基板另一侧的第二 I 型半导体层、N 型半导体层和第二电极；P 型半导体层包括多个掺杂离子浓度不同的 P 型半导体子层，P 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置，位于第一 I 型半导体层表面的 P 型半导体子层的掺杂离子浓度最小；N 型半导体层包括多个掺杂离子浓度不同的 N 型半导体子层，N 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置，位于第二 I 型半导体层表面的 N 型半导体子层的掺杂离子浓度最小。本发明可以提高薄膜太阳能电池的光电转换效率。



1. 一种基于晶硅的薄膜太阳能电池的制造方法,其特征在于,包括:

提供材料为单晶硅或多晶硅的基板;

在所述基板的一侧依次形成第一遂穿氧化层、第一 I 型半导体层、P 型半导体层、热氧化硅层、第一抗反射层和第一电极;形成所述 P 型半导体层包括:形成多个掺杂离子浓度不同的 P 型半导体子层,所述 P 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置,位于所述第一 I 型半导体层表面的 P 型半导体子层的掺杂离子浓度最小;

在所述基板的另一侧依次形成第二遂穿氧化层、第二 I 型半导体层、N 型半导体层、热氧化硅层、第二抗反射层和第二电极;形成所述 N 型半导体层包括:形成多个掺杂离子浓度不同的 N 型半导体子层,所述 N 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置,位于所述第二 I 型半导体层表面的 N 型半导体子层的掺杂离子浓度最小;

所述第一抗反射层和所述第二抗反射层的材料为氮化硅、硫化锌或二氧化钛中的一种或多种;

其中,所述 P 型半导体层采用多次离子注入方式形成,所述多次离子注入包括:

在所述第一遂穿氧化层的上表面形成本征非晶硅层;

在所述本征非晶硅层中进行离子注入,以形成多层的 P 型半导体子层;

所述多次离子注入的能量依次减小;所述多次离子注入的剂量依次增大;

其中,形成所述多层的 P 型半导体子层的具体方式如下:

在本征非晶硅层中进行第一次离子注入,形成第一 P 型非晶硅子层,第一 P 型非晶硅子层中硼离子的掺杂浓度为 $1E10/cm^3$;

在本征非晶硅层中进行第二次离子注入,形成第二 P 型非晶硅子层,第二 P 型非晶硅子层中硼离子的掺杂浓度为 $1E12/cm^3$,第二次离子注入的能量小于第一次离子注入的能量,第二次离子注入的剂量大于第一次离子注入的剂量;

在本征非晶硅层中进行第三次离子注入,形成第三 P 型非晶硅子层,第三 P 型非晶硅子层中硼离子的掺杂浓度为 $1E17/cm^3$,第三次离子注入的能量小于第二次离子注入的能量,第三次离子注入的剂量大于第二次离子注入的剂量;

在本征非晶硅层中进行第四次离子注入,形成第四 P 型非晶硅子层,第四 P 型非晶硅子层中硼离子的掺杂浓度为 $1E20/cm^3$,第四次离子注入的能量小于第三次离子注入的能量,第四次离子注入的剂量大于第三次离子注入的剂量。

2. 如权利要求 1 所述的基于晶硅的薄膜太阳能电池的制造方法,其特征在于,所述 P 型半导体层的厚度范围包括: $20\text{\AA}\sim 5000\text{\AA}$;所述 N 型半导体层的厚度范围包括: $20\text{\AA}\sim 5000\text{\AA}$ 。

基于晶硅的薄膜太阳能电池及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及薄膜太阳能电池技术领域,尤其涉及一种基于晶硅的薄膜太阳能电池及其制造方法。

背景技术

[0002] 薄膜太阳能电池是在玻璃、金属或塑料等基板上沉积很薄(几微米至几十微米)的光电材料而形成的一种太阳能电池。薄膜太阳能电池具备弱光条件下仍可发电、生产过程能耗低及可大幅度降低原料和制造成本等一系列优势,已成为近年来的研究热点,其市场发展潜力巨大。

[0003] 基本的薄膜太阳能电池结构,包括单 P-N 结、P-I-N/N-I-P 以及多结。典型的单结 P-N 结构包括 P 型掺杂层和 N 型掺杂层。单结 P-N 结太阳能电池有同质结和异质结两种结构。P 型掺杂层和 N 型掺杂层都由相似材料(材料的能带隙相等)构成。异质结结构包括具有不同带隙的材料至少两层。P-I-N/N-I-P 结构包括 P 型掺杂层、N 型掺杂层和夹于 P 层和 N 层之间的本征半导体层(即未掺杂的 I 层)。多结结构包括具有不同带隙的多个半导体层,所述多个半导体层堆叠于彼此顶部上。在薄膜太阳能电池中,光在 P-N 结附近被吸收。由此所得的载流子扩散进入所述 P-N 结并被内建电场分开,从而生成穿过所述器件和外部电路系统的电流。

[0004] 在公告号为 201699033U 的中国专利中公开了一种双面受光型晶体硅太阳能电池,如图 1 所示。所述双面受光型晶体硅太阳能电池依次包括:正面栅线 1、正面减反射膜 2、掺磷层 3、单晶硅衬底 4、掺硼层 5、背面减反射膜 6 和背面栅线 7。所述掺磷层 3、单晶硅衬底 4 和掺硼层 5 组成太阳能电池本体。

[0005] 现有技术一般在等离子体增强化学气相沉积(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD)装置中形成上述太阳能电池本体,且在形成掺磷层 3 或掺硼层 5 的过程中,保持反应气体的流量基本不变,从而掺磷层 3 中的磷离子或掺硼层 5 中的硼离子均匀分布。

[0006] 但是上述技术存在以下缺陷:当掺磷层 3 中的磷离子或掺硼层 5 中的硼离子的掺杂浓度较高时,则掺磷层 3 或掺硼层 5 会污染单晶硅衬底 4,从而降低薄膜太阳能电池的光电转换效率;当掺磷层 3 中的磷离子或掺硼层 5 中的硼离子的掺杂浓度较低时,则会降低薄膜太阳能电池的带隙宽度,从而也会降低薄膜太阳能电池的光电转换效率。类似地,在其他薄膜太阳能电池中也存在上述缺陷。

[0007] 因此,如何提高薄膜太阳能电池的光电转换效率成为本领域技术人员亟待解决的问题。

发明内容

[0008] 本发明解决的问题是提供一种具有高光电转换效率的基于晶硅的薄膜太阳能电池及其制造方法。

[0009] 为解决上述问题,本发明提供了一种基于晶硅的薄膜太阳能电池,包括:

[0010] 基板,所述基板材料为单晶硅或多晶硅;

[0011] 依次位于所述基板一侧的第一 I 型半导体层、P 型半导体层和第一电极;所述 P 型半导体层包括多个掺杂离子浓度不同的 P 型半导体子层,所述 P 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置,位于所述第一 I 型半导体层表面的 P 型半导体子层的掺杂离子浓度最小;

[0012] 依次位于所述基板另一侧的第二 I 型半导体层、N 型半导体层和第二电极;所述 N 型半导体层包括多个掺杂离子浓度不同的 N 型半导体子层,所述 N 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置,位于所述第二 I 型半导体层表面的 N 型半导体子层的掺杂离子浓度最小。

[0013] 可选地,所述基板为 N 型基板,所述第一电极为正面电极,所述第二电极为背面电极;或者,所述基板为 P 型基板,所述第一电极为背面电极,所述第二电极为正面电极。

[0014] 可选地,所述 P 型半导体层或 N 型半导体层的厚度范围包括: $20\text{\AA}\sim 5000\text{\AA}$ 。

[0015] 可选地,所述 N 型半导体层或 P 型半导体层中掺杂离子浓度的取值范围包括: $1\text{E}10/\text{cm}^3\sim 1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。

[0016] 可选地,所述基于晶硅的薄膜太阳能电池还包括:位于所述基板与所述第一 I 型半导体层之间的第一隧穿氧化层;位于所述基板与所述第二 I 型半导体层之间的第二隧穿氧化层。

[0017] 可选地,所述基于晶硅的薄膜太阳能电池还包括:位于所述 P 型半导体层和所述第一电极之间的第一抗反射层;位于所述 N 型半导体层和所述第二电极之间的第二抗反射层。

[0018] 为了解决上述问题,本发明还提供了一种基于晶硅的薄膜太阳能电池的制造方法,包括:

[0019] 提供材料为单晶硅或多晶硅的基板;

[0020] 在所述基板的一侧依次形成第一 I 型半导体层、P 型半导体层和第一电极;形成所述 P 型半导体层包括:形成多个掺杂离子浓度不同的 P 型半导体子层,所述 P 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置,位于所述第一 I 型半导体层表面的 P 型半导体子层的掺杂离子浓度最小;

[0021] 在所述基板的另一侧依次形成第二 I 型半导体层、N 型半导体层和第二电极;形成所述 N 型半导体层包括:形成多个掺杂离子浓度不同的 N 型半导体子层,所述 N 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置,位于所述第二 I 型半导体层表面的 N 型半导体子层的掺杂离子浓度最小。

[0022] 可选地,所述 P 型半导体层或 N 型半导体层采用多次离子注入方式形成。

[0023] 可选地,所述 P 型半导体层的厚度范围包括: $20\text{\AA}\sim 5000\text{\AA}$;所述 N 型半导体层的厚度范围包括: $20\text{\AA}\sim 5000\text{\AA}$ 。

[0024] 可选地,所述 P 型半导体层中掺杂离子浓度的取值范围包括: $1\text{E}10/\text{cm}^3\sim 1\text{E}20/\text{cm}^3$;所述 N 型半导体层中掺杂离子浓度的取值范围包括: $1\text{E}10/\text{cm}^3\sim 1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:提供一种基于晶硅的薄膜太阳能电池,其中, P 型半导体层包括多个掺杂离子浓度不同的 P 型半导体子层, N 型半导体层包括多个掺

杂离子浓度不同的 N 型半导体子层, P 型半导体子层和 N 型半导体子层均按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置, 且离 I 型半导体层最近的 P 型半导体子层或 N 型半导体子层的掺杂离子浓度最小。

[0026] 一方面, P 型半导体层靠近第一 I 型半导体层的区域掺杂离子浓度最低, 因此可以减小 P 型半导体层对第一 I 型半导体层的污染, N 型半导体层靠近第二 I 型半导体层的区域掺杂离子浓度也最低, 因此可以减小 N 型半导体层对第二 I 型半导体层的污染。

[0027] 另一方面, P 型半导体层远离第一 I 型半导体层的区域掺杂离子浓度可以很高, N 型半导体层远离第二 I 型半导体层的区域掺杂离子浓度也可以很高, 因此可以增加薄膜太阳能电池的带隙宽度。

[0028] 从而, 本发明既可以减小 P 型半导体层对于第一 I 型半导体层的污染和 N 型半导体层对于第二 I 型半导体层的污染, 也可以提高带隙宽度, 因此可以提高薄膜太阳能电池的光电转换效率。

附图说明

[0029] 图 1 是现有技术中一种双面受光型晶体硅太阳能电池的结构示意图;

[0030] 图 2 是本发明实施方式中基于晶硅的薄膜太阳能电池的制造方法的流程示意图;

[0031] 图 3 至图 12 是本发明基于晶硅的薄膜太阳能电池的制造方法一实施例的示意图;

[0032] 图 13 是本发明一个实施例中 P 型半导体层和 N 型半导体层中掺杂离子浓度的示意图;

[0033] 图 14 是本发明另一个实施例中 P 型半导体层和 N 型半导体层中掺杂离子浓度的示意图。

具体实施方式

[0034] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂, 下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0035] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明, 但是本发明还可以采用不同于此处的其它方式来实现, 因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0036] 正如背景技术部分所述, 现有技术中 P 型半导体层和 N 型半导体层都是均匀掺杂。为了减小对 I 型半导体层的污染, 需要降低 P 型半导体层和 N 型半导体层的掺杂离子浓度; 为了提高带隙宽度, 需要提高 P 型半导体层和 N 型半导体层的掺杂离子浓度。对 I 型半导体层的污染和带隙宽度较小都会导致薄膜太阳能电池的光电转换效率。

[0037] 为了克服上述缺陷, 参考图 2 所示, 本发明实施方式提供了一种基于晶硅的薄膜太阳能电池的制造方法, 包括:

[0038] 步骤 S1, 提供材料为单晶硅或多晶硅的基板;

[0039] 步骤 S2, 在所述基板的一侧依次形成第一 I 型半导体层、P 型半导体层和第一电极; 形成所述 P 型半导体层包括: 形成多个掺杂离子浓度不同的 P 型半导体子层, 所述 P 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置, 位于所述第一 I 型半导体层表面的 P 型半导体子层的掺杂离子浓度最小;

[0040] 步骤 S3, 在所述基板的另一侧依次形成第二 I 型半导体层、N 型半导体层和第二电极; 形成所述 N 型半导体层包括: 形成多个掺杂离子浓度不同的 N 型半导体子层, 所述 N 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置, 位于所述第二 I 型半导体层表面的 N 型半导体子层的掺杂离子浓度最小。

[0041] 本发明通过设置掺杂离子浓度呈阶梯状分布的 P 型半导体层和 N 型半导体层, 既可以减小 P 型半导体层污染第一 I 型半导体层和 N 型半导体层污染第二 I 型半导体层, 也可以具有较大的带隙宽度, 因此薄膜太阳能电池的光电转换效率很高。

[0042] 下面结合附图进行详细说明。

[0043] 本实施例以形成基于晶硅的非晶硅薄膜太阳能电池为例, 即: P 型半导体层为 P 型非晶硅层, N 型半导体层为 N 型非晶硅层, I 型半导体层为 I 型非晶硅层。但其不限制本发明的保护范围。

[0044] 在本发明的其他实施例中, 所述基于晶硅的薄膜太阳能电池还可以是基于晶硅的微晶硅薄膜太阳能电池 (即 P 型半导体层为 P 型微晶硅层, N 型半导体层为 N 型微晶硅层, I 型半导体层为 I 型微晶硅层) 等, 其不限制本发明的保护范围。

[0045] 首先, 参考图 3 所示, 提供基板 100。

[0046] 所述基板 100 的材料可以为单晶硅或多晶硅。

[0047] 所述基板 100 可以为 N 型基板, 则: 第一电极为正面电极, 第二电极为背面电极; 所述基板 100 也可以为 P 型基板, 则: 第一电极为背面电极, 第二电极为正面电极。

[0048] 本实施例中所述基板 100 为 N 型单晶硅。

[0049] 需要说明的是, 本实施例还可以在提供基板 100 之前, 对所述基板 100 进行清洗, 以去除基板 100 上的杂质, 从而避免基板 100 上的杂质影响太阳能电池的性能。

[0050] 优选地, 为了降低表面态浓度, 进而减小隧穿电流, 还可以在所述基板 100 的上表面和下表面分别形成第一隧穿氧化层 710 和第二隧穿氧化层 720。

[0051] 其中, 所述第一隧穿氧化层 710 和第二隧穿氧化层 720 可以采用低温热氧化工艺或湿氧化工艺形成。

[0052] 具体地, 所述第一隧穿氧化层 710 和第二隧穿氧化层 720 的材料可以均为氧化硅, 其厚度范围可以包括: $10\text{\AA}$ ~ $1000\text{\AA}$, 如: $10\text{\AA}$ 、 $100\text{\AA}$ 、 $500\text{\AA}$ 或 $1000\text{\AA}$ 。

[0053] 接着, 参考图 4 所示, 在所述第一隧穿氧化层 710 的上表面依次形成第一 I 型非晶硅层 210 和 P 型非晶硅层 300。

[0054] 本实施例中所述 P 型非晶硅层 300 从下至上依次包括: 第一 P 型非晶硅子层 310、第二 P 型非晶硅子层 320、第三 P 型非晶硅子层 330 和第四 P 型非晶硅子层 340。其中, 所述第一 P 型非晶硅子层 310、第二 P 型非晶硅子层 320、第三 P 型非晶硅子层 330 和第四 P 型非晶硅子层 340 的掺杂离子浓度不同, 且第一 P 型非晶硅子层 310、第二 P 型非晶硅子层 320、第三 P 型非晶硅子层 330 和第四 P 型非晶硅子层 340 的掺杂离子浓度依次增大, 即位于所述第一 I 型非晶硅层 210 表面的第一 P 型非晶硅子层 310 的掺杂离子浓度最小。此处, P 型非晶硅层 300 包括四个层叠设置的 P 型非晶硅子层仅为举例, 本发明对 P 型非晶硅子层的数量不作限制。

[0055] 其中, 所述第一 I 型非晶硅层 210 的厚度范围可以包括 $20\text{\AA}$ ~ $5000\text{\AA}$, 如: $20\text{\AA}$ 、 $300\text{\AA}$ 、 $1000\text{\AA}$ 、 $2500\text{\AA}$ 或 $5000\text{\AA}$ 。

[0056] 其中,所述 P 型非晶硅层 300 的厚度(即四个 P 型非晶硅子层的厚度之和)范围可以包括 20Å~5000Å,如:20Å、300Å、1000Å、2500Å 或 5000Å。每个 P 型半导体子层的厚度可以相同,也可以不同。

[0057] 其中,所述 P 型非晶层 300 中掺杂离子可以包括硼、镓、铟和铝中的一种或多种。本实施例中 P 型非晶硅层 300 中掺杂离子为硼。

[0058] 在保证第四 P 型非晶硅子层 340 中硼离子的掺杂浓度>第三 P 型非晶硅子层 330 中硼离子的掺杂浓度>第二 P 型非晶硅子层 320 中硼离子的掺杂浓度>第一 P 型非晶硅子层 310 中硼离子的掺杂浓度的前提下,所述 P 型非晶硅层 300 中掺杂离子浓度的取值范围可以包括: $1\text{E}10/\text{cm}^3 \sim 1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。如:第一 P 型非晶硅子层 310 中硼离子的掺杂浓度为 $1\text{E}10/\text{cm}^3$,第二 P 型非晶硅子层 320 中硼离子的掺杂浓度为 $1\text{E}12/\text{cm}^3$,第三 P 型非晶硅子层 330 中硼离子的掺杂浓度为 $1\text{E}17/\text{cm}^3$,第四 P 型非晶硅子层 340 中硼离子的掺杂浓度为 $1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。

[0059] 具体地,本实施例中可以采用多次离子注入方式形成 P 型非晶硅层 300,大致包括以下步骤:

[0060] 结合参考图 5 所示,在所述第一隧穿氧化层 710 的上表面形成本征非晶硅层 200。所述本征非晶硅层 200 的厚度等于所述 P 型非晶硅层 300 的厚度与第一 I 型非晶硅层 210 的厚度之和。

[0061] 结合参考图 6 所示,在本征非晶硅层 200 中进行第一次硼离子注入,形成第一 P 型非晶硅子层 310,其中第一次离子注入的能量和剂量决定了第一 P 型非晶硅子层 310 中硼离子的深度和浓度。第一 P 型非晶硅子层 310 下方的本征非晶硅层作为第一 I 型非晶硅层 210。离子注入的能量越大,掺杂离子进入本征非晶硅层 200 的深度越大;离子注入的剂量越大,P 型非晶硅子层中离子的浓度越大。

[0062] 参考图 7 所示,在本征非晶硅层 200 中进行第二次硼离子注入,形成第二 P 型非晶硅子层 320,其中第二次离子注入的能量和剂量决定了第二 P 型非晶硅子层 320 中硼离子的深度和浓度,且第二次离子注入的能量小于第一次离子注入的能量,但第二次离子注入的剂量大于第一次离子注入的剂量。

[0063] 参考图 8 所示,在本征非晶硅层 200 中进行第三次硼离子注入,形成第三 P 型非晶硅子层 330,其中第三次离子注入的能量和剂量决定了第三 P 型非晶硅子层 330 中硼离子的深度和浓度,且第三次离子注入的能量小于第二次离子注入的能量,但第三次离子注入的剂量大于第二次离子注入的剂量。

[0064] 结合参考图 9 所示,在本征非晶硅层 200 中进行第四次硼离子注入,形成第四 P 型非晶硅子层 340,其中第四次离子注入的能量和剂量决定了第四 P 型非晶硅子层 340 中硼离子的深度和浓度,且第四次离子注入的能量小于第三次离子注入的能量,但第四次离子注入的剂量大于第三次离子注入的剂量。

[0065] 接着,参考图 10 所示,在所述第二隧穿氧化层 720 的下表面依次形成第二 I 型非晶硅层 220 和 N 型非晶硅层 400。

[0066] 本实施例中所述 N 型非晶硅层 400 从上至下依次包括:第一 N 型非晶硅子层 410、第二 N 型非晶硅子层 420、第三 N 型非晶硅子层 430 和第四 N 型非晶硅子层 440。其中,所述第一 N 型非晶硅子层 410、第二 N 型非晶硅子层 420、第三 N 型非晶硅子层 430 和第四 N

型非晶硅子层 440 的掺杂离子浓度不同,且第一 N 型非晶硅子层 410、第二 N 型非晶硅子层 420、第三 N 型非晶硅子层 430 和第四 N 型非晶硅子层 440 的掺杂离子浓度依次增大,即位于所述第二 I 型非晶硅层 220 下表面的第一 N 型非晶硅子层 410 的掺杂离子浓度最小。此处,N 型非晶硅层 400 包括四个层叠设置 N 型非晶硅子层仅为举例,本发明对 N 型非晶硅子层的数量不作限制。本实施例中 N 型非晶硅子层的个数与 P 型非晶硅子层的个数可以相同,也可以不同。

[0067] 其中,所述第二 I 型非晶硅层 220 的厚度范围可以包括 $20\text{\AA}\sim 5000\text{\AA}$,如: $20\text{\AA}$ 、 $300\text{\AA}$ 、 $1000\text{\AA}$ 、 $2500\text{\AA}$ 或 $5000\text{\AA}$ 。本实施例中所述第一 I 型非晶硅层 210 的厚度与所述第二 I 型非晶硅层 220 的厚度可以相同,也可以不同。

[0068] 其中,所述 N 型非晶硅层 400 的厚度(即四个 N 型非晶硅子层的厚度之和)范围可以包括 $20\text{\AA}\sim 5000\text{\AA}$,如: $20\text{\AA}$ 、 $300\text{\AA}$ 、 $1000\text{\AA}$ 、 $2500\text{\AA}$ 或 $5000\text{\AA}$ 。每个 N 型半导体子层的厚度可以相同,也可以不同。本实施例中所述 P 型非晶硅层 300 的厚度与所述 N 型非晶硅层 400 的厚度可以相同,也可以不同。

[0069] 其中,所述 N 型非晶层 400 中掺杂离子可以包括:磷、砷和锑中的一种或多种。本实施例中 N 型非晶硅层 400 中掺杂离子为磷。

[0070] 在保证第四 N 型非晶硅子层 440 中磷离子的掺杂浓度 > 第三 N 型非晶硅子层 430 中磷离子的掺杂浓度 > 第二 N 型非晶硅子层 420 中磷离子的掺杂浓度 > 第一 N 型非晶硅子层 410 中磷离子的掺杂浓度的前提下,所述 N 型非晶硅层 400 中掺杂离子浓度的取值范围可以包括: $1\text{E}10/\text{cm}^3 \sim 1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。如:第一 N 型非晶硅子层 410 中磷离子的掺杂浓度为 $1\text{E}10/\text{cm}^3$,第二 N 型非晶硅子层 420 中磷离子的掺杂浓度为 $1\text{E}12/\text{cm}^3$,第三 N 型非晶硅子层 430 中磷离子的掺杂浓度为 $1\text{E}17/\text{cm}^3$,第四 N 型非晶硅子层 440 中磷离子的掺杂浓度为 $1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。

[0071] 具体地,本实施例也采用多次离子注入方式形成所述 N 型非晶硅层 400,具体可参考形成 P 型非晶硅层 300 的步骤,在此不再赘述。

[0072] 接着,参考图 11 所示,在所述 P 型非晶硅层 300 的上表面和所述 N 型非晶硅层 400 的下表面分别形成第一抗反射层 510 和第二抗反射层 520。

[0073] 本实施例在形成第一抗反射层 510 和第二抗反射层 520 之前,还可以先采用热氧化工艺分别在 P 型非晶硅层 300 的上表面和 N 型非晶硅层 400 的下表面形成一层厚度范围位于 $10\text{\AA}\sim 300\text{\AA}$ 的二氧化硅(图中未示出),从而可以进一步降低少数载流子表面复合。因为采用热氧化工艺形成二氧化硅的过程中,可以有效去除硅表面的间隙缺陷,从而钝化未饱和悬挂键。

[0074] 本实施例可以采用 PECVD、磁控溅射或电子束的蒸发等方法形成第一抗反射层 510 和第二抗反射层 520。所述第一抗反射层 510 或第二抗反射层 520 的材料可以为氮化硅、硫化锌或二氧化钛中的一种或多种,其厚度范围可以包括 $500\text{\AA}\sim 1000\text{\AA}$ 。所述第一抗反射层 510 或第二抗反射层 520 除了抗反射的作用外,还可以起到钝化表面的作用。

[0075] 需要说明的是,在本发明的其他实施例中,还可以仅形成第一抗反射层 510 或仅形成第二抗反射层 520。

[0076] 最后,参考图 12 所示,在所述第一抗反射层 510 的上表面形成正面电极 610,在所述第二抗反射层 520 的上表面形成背面电极 620。

[0077] 形成正面电极 610 和背面电极 620 的具体工艺对于本领域的技术人员是熟知的，在此不再赘述。

[0078] 本实施例中硼离子和磷离子的掺杂浓度都是阶梯状分布的，具体参考图 13 所示。一方面，P 型非晶硅层靠近第一 I 型非晶硅层的区域（即第一 P 型非晶硅子层）掺杂离子浓度最低（如： $1\text{E}10/\text{cm}^3$ ），因此可以减小 P 型非晶硅层对第一 I 型非晶硅层的污染，N 型非晶硅层靠近第二 I 型非晶硅层的区域（即第一 N 型非晶硅子层）掺杂离子浓度也最低（如： $1\text{E}10/\text{cm}^3$ ），因此可以减小 N 型非晶硅层对第二 I 型非晶硅层的污染。另一方面，P 型非晶硅层远离第一 I 型非晶硅层的区域（即第四 P 型非晶硅子层）掺杂离子浓度可以很高（如： $1\text{E}20/\text{cm}^3$ ），N 型非晶硅层远离第二 I 型非晶硅层的区域（即第四 N 型非晶硅子层）掺杂离子浓度也可以很高（如： $1\text{E}20/\text{cm}^3$ ），因此可以增加非晶硅薄膜太阳能电池的带隙宽度。最终可以提高薄膜太阳能电池的光电转换效率。

[0079] 上述实施例中基板为 N 型基板，第一电极为正面电极，第二电极为背面电极。

[0080] 当基板为 P 型基板，第一电极为背面电极，第二电极为正面电极时，参考图 14 所示，此时，同样可以提高薄膜太阳能电池的光电转换效率。

[0081] 相应地，本发明还提供了一种基于晶硅的薄膜太阳能电池，包括：

[0082] 基板，所述基板的材料为单晶硅或多晶硅；

[0083] 依次位于所述基板一侧的第一隧穿氧化层、第一 I 型半导体层、P 型半导体层和第一电极；所述 P 型半导体层包括多个掺杂离子浓度不同的 P 型半导体子层，所述 P 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置，位于所述第一 I 型半导体层表面的 P 型半导体子层的掺杂离子浓度最小；

[0084] 依次位于所述基板另一侧的第二隧穿氧化层、第二 I 型半导体层、N 型半导体层和第二电极；所述 N 型半导体层包括多个掺杂离子浓度不同的 N 型半导体子层，所述 N 型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置，位于所述第二 I 型半导体层表面的 N 型半导体子层的掺杂离子浓度最小。

[0085] 在一个例子中，所述基板为 N 型基板，所述第一电极为正面电极，所述第二电极为背面电极。

[0086] 在另一个例子中，所述基板为 P 型基板，所述第一电极为背面电极，所述第二电极为正面电极。

[0087] 其中，所述 P 型半导体层的厚度范围可以包括： $20\text{\AA}\sim 5000\text{\AA}$ 。

[0088] 其中，所述 N 型半导体层的厚度范围可以包括： $20\text{\AA}\sim 5000\text{\AA}$ 。

[0089] 其中，所述 P 型半导体层中掺杂离子浓度的取值范围可以包括： $1\text{E}10/\text{cm}^3\sim 1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。

[0090] 其中，所述 N 型半导体层中掺杂离子浓度的取值范围可以包括： $1\text{E}10/\text{cm}^3\sim 1\text{E}20/\text{cm}^3$ 。

[0091] 具体地，所述基于晶硅的薄膜太阳能电池可以采用上述制造方法形成，在此不再赘述。

[0092] 虽然本发明已较佳的实施例披露如上，但本发明并非限定于此。任何本领域技术人员，在不脱离本发明的精神和范围内，均可做各种更动与修改，因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

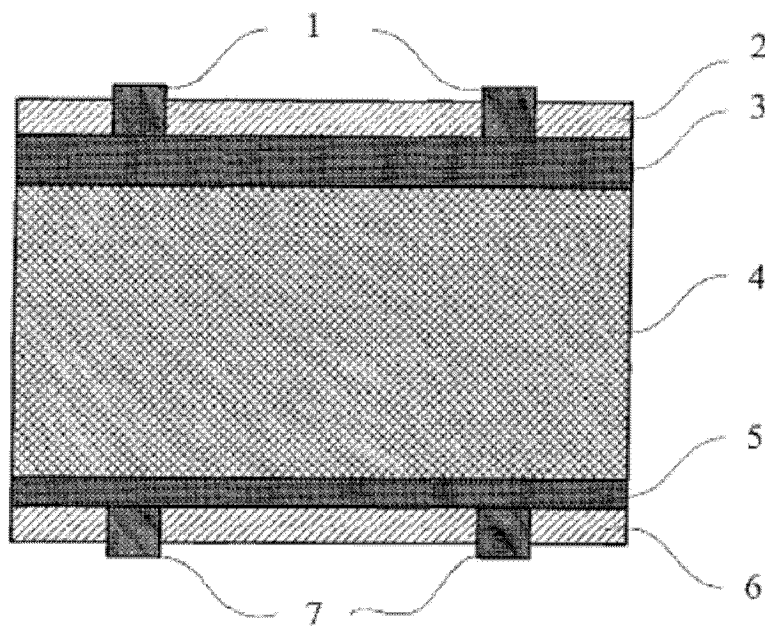


图 1

提供材料为单晶硅或多晶硅的基板

S1

在所述基板的一侧依次形成第一I型半导体层、P型半导体层和第一电极；形成所述P型半导体层包括：形成多个掺杂离子浓度不同的P型半导体子层，所述P型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置，位于所述第一I型半导体层表面的P型半导体子层的掺杂离子浓度最小

S2

在所述基板的另一侧依次形成第二I型半导体层、N型半导体层和第二电极；形成所述N型半导体层包括：形成多个掺杂离子浓度不同的N型半导体子层，所述N型半导体子层按照掺杂离子浓度大小依次层叠设置，位于所述第二I型半导体层表面的N型半导体子层的掺杂离子浓度最小

S3

图 2

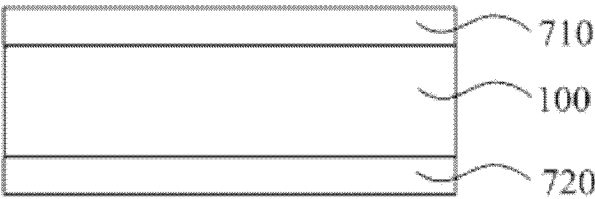


图 3

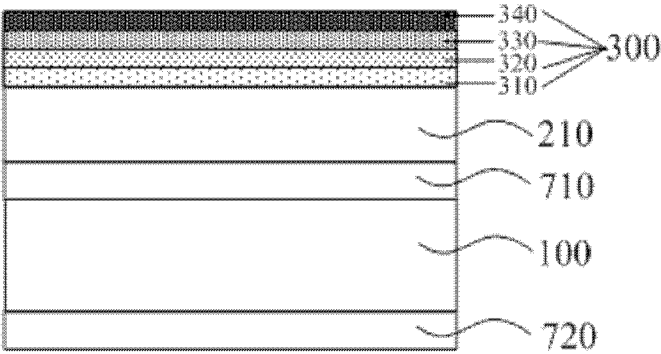


图 4

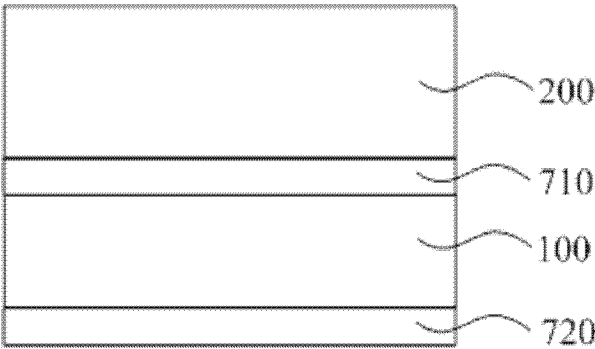


图 5

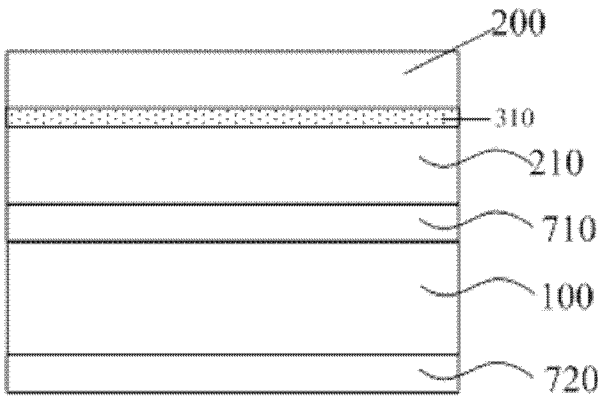


图 6

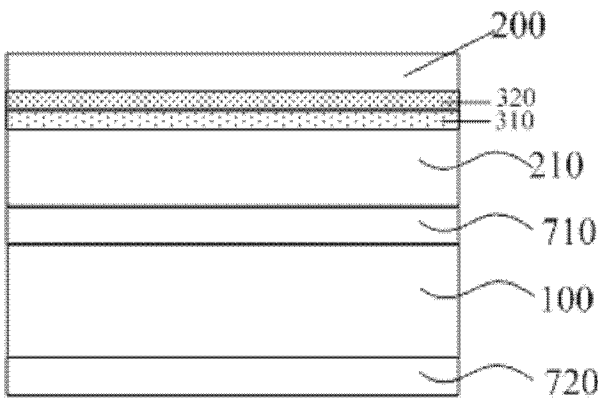


图 7

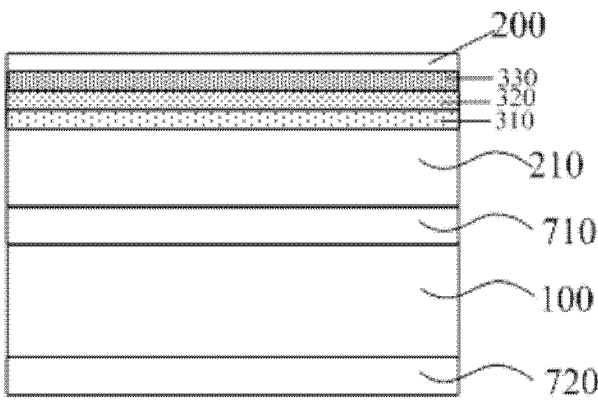


图 8

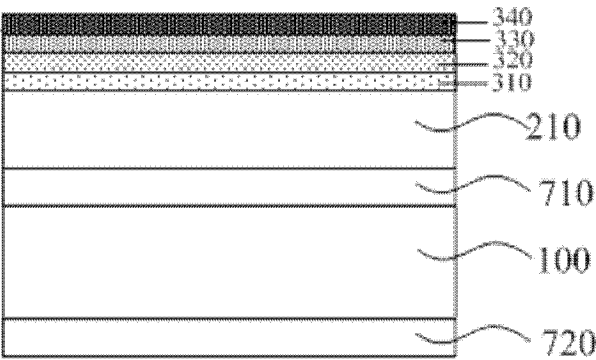


图 9

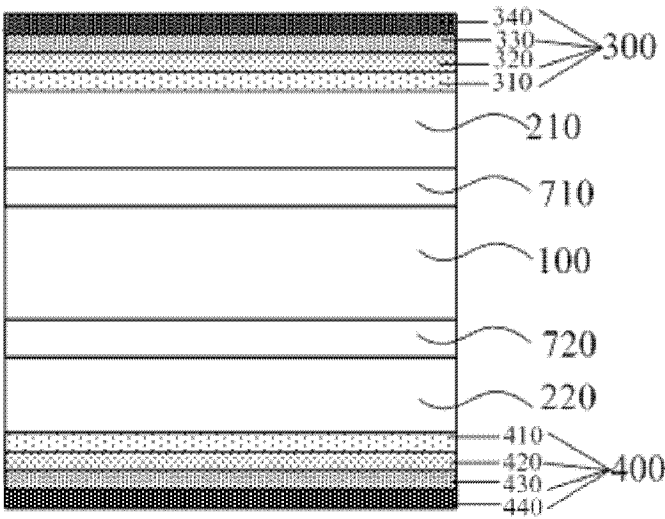


图 10

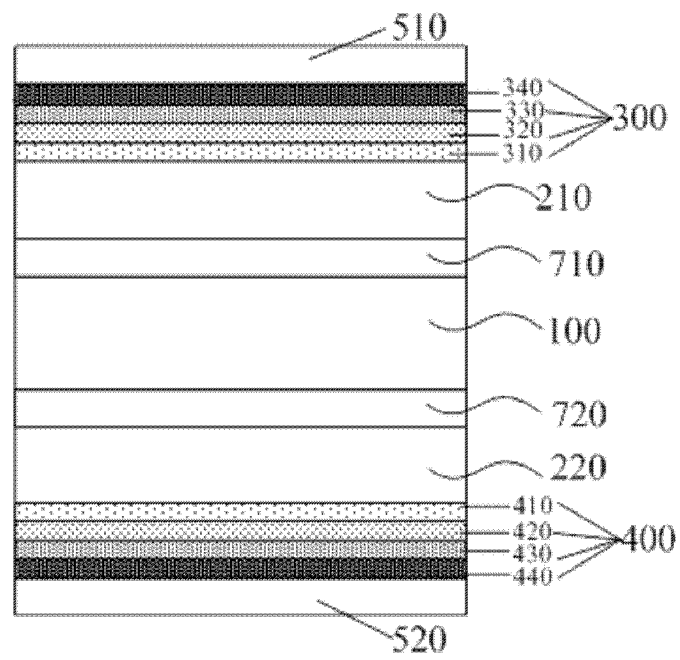


图 11

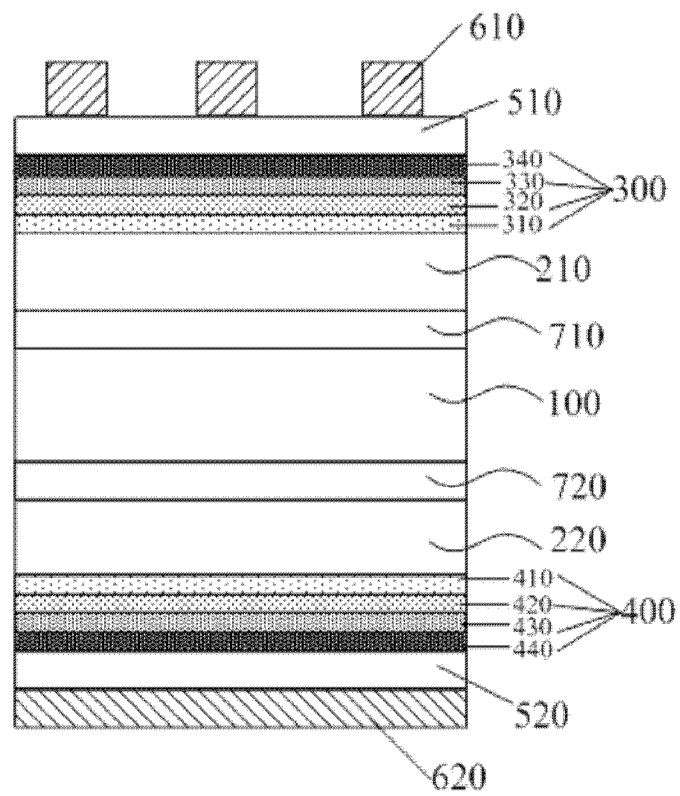


图 12

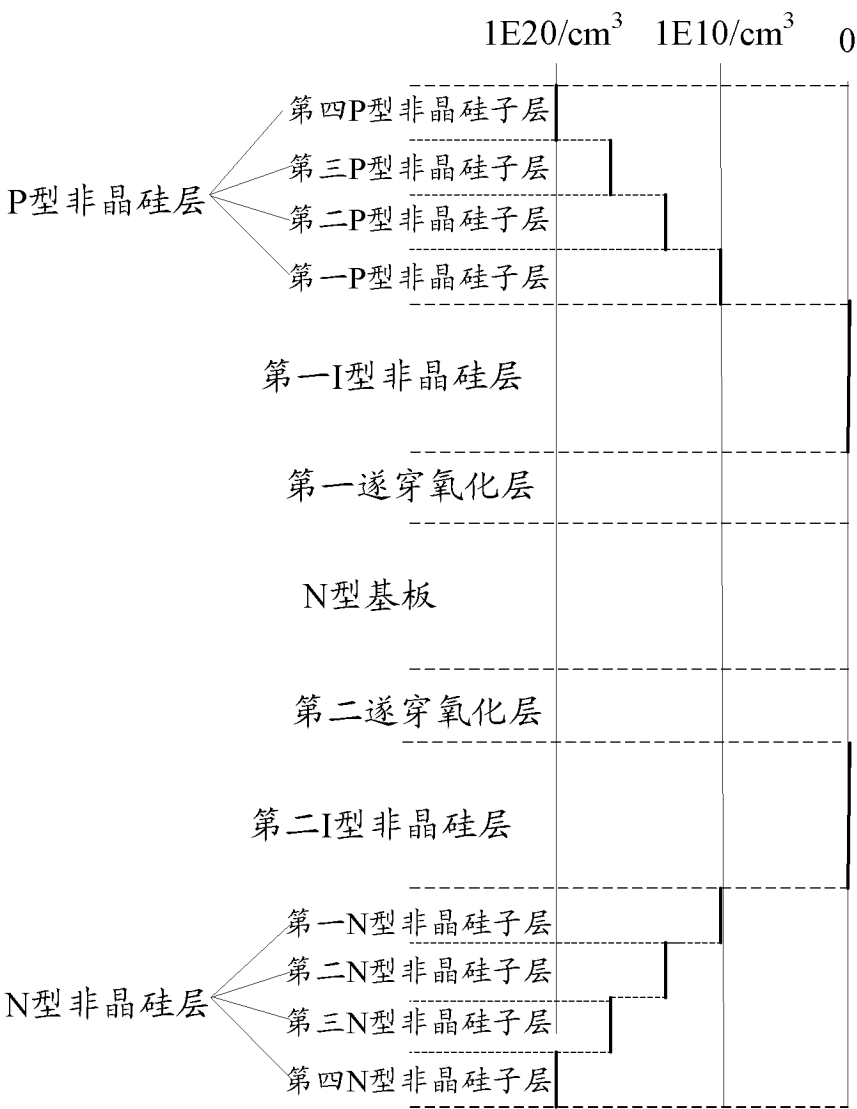


图 13

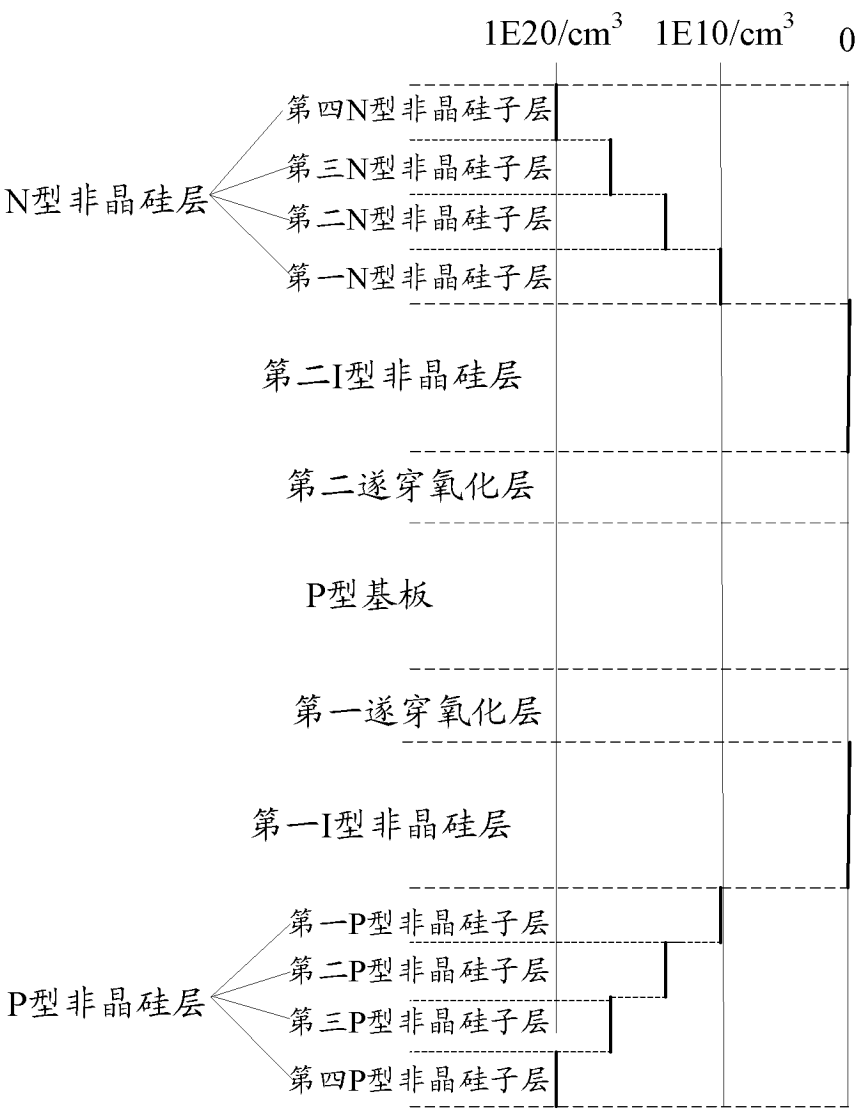


图 14