



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104993059 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201510283480. 1

(22) 申请日 2015. 05. 28

(71) 申请人 中山大学

地址 510275 广东省广州市海珠区新港西路
135 号

(72) 发明人 沈辉 吴伟梁 包杰 邱开富

(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 李海波

(51) Int. Cl.

H01L 51/46(2006. 01)

H01L 51/48(2006. 01)

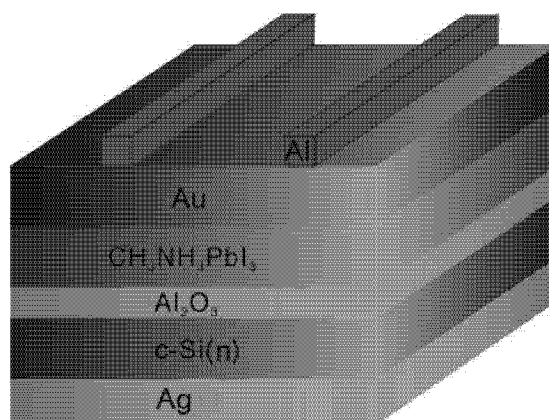
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种硅基钙钛矿异质结太阳能电池及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种硅基钙钛矿异质结太阳能电池, 该太阳能电池的结构从上至下为: 铝电极、金导电膜、钙钛矿、氧化铝、n 型硅片和银电极, 其中钙钛矿为 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。本发明硅基钙钛矿异质结太阳能电池与传统硅基异质结太阳能电池材料相比具有更优越的电学与光学性能, 作为钙钛矿 / 硅异质结太阳能电池的发射极, 可实现对光谱的分段吸收, 钙钛矿吸收可见光部分, 硅吸收红外部分, 使得太阳光的利用更加充分。本发明还公开了上述硅基钙钛矿异质结太阳能电池的制备方法。



1. 一种硅基钙钛矿异质结太阳电池,其特征是该太阳电池的结构从上至下依次为:铝电极、金导电膜、钙钛矿、氧化铝、n型硅片和银电极,其中钙钛矿为 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。

2. 权利要求1所述的硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,其特征是包括以下步骤:

(1) 选取n型晶体硅片,清洗后干燥;

(2) 在干燥后硅片的前表面沉积氧化铝;

(3) 在氧化铝表面沉积 PbI_2 ;

(4) 将沉积有 PbI_2 的硅片置于反应容器中,通入 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$,采用化学气相沉积法,使硅片上的 PbI_2 与 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 发生反应生成钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$;

(5) 在钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 上蒸镀金导电膜;

(6) 在金导电膜表面设置铝作为前电极,在n型晶体硅的背面设置银作为背电极,即制得硅基钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (p)/c-Si(n)异质结太阳电池。

3. 根据权利要求1所述的硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,其特征是:步骤(1)中清洗采用RCA清洗方式,干燥采用 N_2 干燥。

4. 根据权利要求1所述的硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,其特征是:步骤(2)中采用原子层沉积ALD法在干燥后硅片的前表面沉积氧化铝,氧化铝的厚度为2~5nm。

5. 根据权利要求4所述的硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,其特征是:采用原子层沉积ALD法沉积氧化铝的工艺参数为:沉积温度为180~220℃,Al、 N_2 和 H_2O 的脉冲时间分别为0.1s、10s和0.1s,流速分别为140~155sccm、140~155sccm和195~205sccm,进行20~50个循环。

6. 根据权利要求1所述的硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,其特征是:步骤(3)中采用蒸镀法在氧化铝表面沉积 PbI_2 , PbI_2 的厚度为100~400nm。

7. 根据权利要求6所述的硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,其特征是:采用蒸镀法在氧化铝表面沉积 PbI_2 的工艺参数为:基底温度为25~30℃,真空度为 $4\sim 8\times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发速率为1~4Å/s。

8. 根据权利要求1所述的硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,其特征是:步骤(4)中所述的反应容器为石英管,石英管的温度为120~150℃,反应时间为3~6h。

9. 根据权利要求1所述的硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,其特征是:步骤(5)中蒸镀金导电膜时,基底温度为25~35℃,真空度为 $1\sim 4\times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发速率为0.2~0.4Å/s。

10. 根据权利要求1所述的硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,其特征是:步骤(6)中在金导电膜表面局部区域设置铝作为前电极,前电极的厚度为80~100nm,背电极的厚度为120~300nm。

一种硅基钙钛矿异质结太阳能电池及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于异质结太阳能电池技术领域,具体涉及一种硅基钙钛矿异质结太阳能电池及其制备方法。

背景技术

[0002] 我国长期以煤炭为代表的化石能源为主,这不仅加剧化石能源的枯竭,而且其燃烧排放的废气和颗粒物给环境造成了严重的污染,对社会的可持续发展造成了极大的困扰。太阳能是洁净、可再生能源,是传统化石能源的最重要替代能源之一。近年来,全球大力研究发展利用太阳能发电的光伏技术,制备成本低廉、工艺简单、高效的太阳能电池成为各国科学工作者研究的焦点。

[0003] 常规的晶体硅太阳能电池在扩散和烧结过程需要高温,扩散制结过程中温度峰值为 875°C ,在烧结过程中将会再次遇到高温过程。同时,晶体硅太阳能电池通过热扩散在衬底上形成n型或p型发射极,发射极属于重掺杂层,会引起严重俄歇复合,使得电池开路电压的极限值只有 $\sim 750\text{mV}$ 。而异质结太阳能电池可以避免高温扩散过程,在低温下形成p-n结。异质结(heterojunction,HJ)的概念在1951年由Gubanov等人提出,是指将两种不同的半导体材料组成的p-n结。目前硅基异质结太阳能电池主要包括:a-Si:H/c-Si异质结太阳能电池(Heterojunction with intrinsic Thinlayer,HIT)、a-C/Si异质结太阳能电池、InP/Si异质结太阳能电池、GaAs/Si异质结太阳能电池、 $\beta\text{-FeSi}_2/\text{Si}$ 异质结太阳能电池等。以上硅基异质结太阳能电池中最成功的是HIT太阳能电池,于2014年取得了25.6%的效率。但是HIT太阳能电池目前存在以下问题:一、设备昂贵,并且原材料属于高危险性化学物品。二、为获得低界面态的非晶硅/晶体硅界面,对工艺和设备要求比较高。三、非晶硅薄膜体内存在大量的缺陷,引起严重的复合。因此,寻找新的光学与电学性能优异的材料与硅形成上下双吸收层的异质结太阳能电池,对提高光谱吸收效率,进而提高太阳能电池效率有重要意义。

[0004] 2013年以来,钙钛矿太阳能电池引起人们的广泛关注,被science评为“2013年度国际十大科技进展之一”。2014年钙钛矿太阳能电池的效率已经达到20.1%。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ ($X = \text{Br}, \text{I}$)是一类具有钙钛矿晶体结构类型的有机-无机杂合(organic-inorganic hybrid)半导体材料,具有较大的光吸收系数和电子-空穴扩散长度。其中 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 具有 $1.50 \sim 1.55\text{eV}$ 的直接带隙,能吸收波长小于 800nm 的光子,对应AM1.5G光谱中的可见光部分。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜在可见光部分的吸收系数达到 $10^4 \sim 10^5\text{cm}^{-1}$,与无机半导体材料GaAs、CdTe和CIGS相近。而且 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜具有成本低廉、载流子迁移率高、扩散长度大、晶体缺陷少等优点,是制备硅基异质结太阳能电池的理想材料。

[0005] 但目前并未有人进行将钙钛矿与硅基体相结合制成钙钛矿-硅异质结太阳能电池方面的研究。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的第一个技术问题是提供一种硅基钙钛矿异质结太阳能电池,该太

阳电池能提高硅材料对可见光波段光子的吸收,实现钙钛矿薄膜吸收 300 ~ 800nm 的光,硅吸收 800 ~ 1100nm 的光,从而使制成的硅基钙钛矿异质结太阳电池具有宽光谱响应值,进而提高光谱吸收效率和提高太阳电池的光电转换效率。

[0007] 目前,常规的晶体硅太阳电池尚不能充分利用 300 ~ 800nm 波段范围的可见光,本发明通过在硅基体上设置钙钛矿薄膜,可以充分吸收 300 ~ 800nm 波段范围的可见光,让太阳光分段吸收和利用。

[0008] 本发明所要解决的第二个技术问题是提供上述硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,该制备方法原料安全,可直接应用现有设备,成本相对较低。

[0009] 本发明的第一个技术问题是通过以下技术方案来实现的:一种硅基钙钛矿异质结太阳电池,该太阳电池的结构从上至下为:铝电极、金导电膜、钙钛矿、氧化铝、n 型硅片和银电极,其中钙钛矿为 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。

[0010] 钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 通过采用化学气相沉积法,使 PbI_2 与 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 发生反应生成钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。

[0011] 本发明中的硅基钙钛矿异质结太阳电池将钙钛矿材料与硅基体相结合,优选在 n 型 (100) 晶向的单晶硅衬底上生长钙钛矿薄膜,形成 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3(\text{p})/\text{c-Si}(\text{n})$ 异质结太阳电池,不仅提高硅材料对可见光波段光子的吸收,实现钙钛矿薄膜吸收 300 ~ 800nm 的光,硅吸收 800 ~ 1100nm 的光;而且能够低温形成 p-n 结,节约能源,是一种潜在的高效太阳电池。

[0012] 其中铝电极的厚度优选为 80 ~ 100nm,金导电膜的厚度优选为 8 ~ 12nm,钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 的厚度优选为 200 ~ 600nm,氧化铝的厚度优选为 2 ~ 5nm,n 型硅片的厚度优选为 180 ~ 200 μm ,银电极的厚度优选为 120 ~ 300nm。

[0013] 本发明的第二个技术问题是通过以下技术方案来实现的:上述硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法,包括以下步骤:

[0014] (1) 选取 n 型晶体硅片,清洗后干燥;

[0015] (2) 在干燥后硅片的前表面沉积氧化铝;

[0016] (3) 在氧化铝表面沉积 PbI_2 ;

[0017] (4) 将沉积有 PbI_2 的硅片置于反应容器中,通入 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$,采用化学气相沉积法,使硅片上的 PbI_2 与 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 发生反应生成钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$;

[0018] (5) 在钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 上蒸镀金导电膜;

[0019] (6) 在金导电膜表面设置铝作为前电极,在 n 型晶体硅的背面设置银作为背电极,即制得硅基钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3(\text{p})/\text{c-Si}(\text{n})$ 异质结太阳电池。

[0020] 在上述硅基钙钛矿异质结太阳电池的制备方法中:

[0021] 步骤 (1) 中清洗优选采用 RCA 清洗方式,干燥优选采用 N_2 干燥。

[0022] 步骤 (2) 中优选采用原子层沉积 ALD 法在干燥后硅片的前表面沉积氧化铝,氧化铝的厚度为 2 ~ 5nm。

[0023] 进一步的,采用原子层沉积 ALD 法沉积氧化铝的工艺参数为:沉积温度为 180 ~ 220 $^{\circ}\text{C}$,Al、 N_2 和 H_2O 的脉冲时间分别为 0.1s、10s 和 0.1s,流速分别为 140 ~ 155sccm、140 ~ 155sccm 和 195 ~ 205sccm,进行 20 ~ 50 个循环。

[0024] 步骤 (3) 中优选采用蒸镀法在氧化铝表面沉积 PbI_2 , PbI_2 的厚度优选为 100 ~

400nm。

[0025] 进一步的,采用蒸镀法在氧化铝表面沉积 PbI_2 的工艺参数为:基底(指蒸镀机夹持硅片的基底)温度为 $25 \sim 30^\circ\text{C}$,真空度为 $4 \sim 8 \times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发的速率为 $1 \sim 4 \text{ \AA/s}$ 。

[0026] 步骤(4)中所述的反应容器优选为石英管,石英管的温度优选为 $120 \sim 150^\circ\text{C}$,反应时间优选为 $3 \sim 6\text{h}$ 。

[0027] 步骤(5)中蒸镀金导电膜时,基底温度优选为 $25 \sim 35^\circ\text{C}$ (指蒸镀机夹持硅片的基底),真空度优选为 $1 \sim 4 \times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发速率优选为 $0.2 \sim 0.4 \text{ \AA/s}$ 。

[0028] 步骤(6)中在金导电膜表面局部区域设置铝作为前电极,前电极的厚度优选为 $80 \sim 100\text{nm}$,背电极的厚度为 $120 \sim 300\text{nm}$ 。

[0029] 进一步的,步骤(6)中通过在步骤(5)中的金导电膜表面加上电极掩模板,蒸镀铝(A1)作为前电极。

[0030] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0031] (1) 本发明钙钛矿材料与传统硅基异质结太阳能电池材料(如:碳、非晶碳、 CuO 、 FeSi_2 等)相比具有更优越的电学与光学性能,作为钙钛矿/硅异质结太阳能电池的发射极,可实现对光谱的分段吸收,钙钛矿吸收可见光部分,硅吸收红外部分,使得太阳光的利用更加充分;

[0032] (2) 本发明硅基钙钛矿异质结太阳能电池的制备方法整个制备工艺避免高温处理过程,大大简化了太阳能电池制备工艺,同时节约成本,降低了能耗,且制备过程中无污染物质的排放,对环境保护与节约能源非常有利。

附图说明

[0033] 图1是本发明实施例1-3中化学气相沉积法制备钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 的装置示意图;

[0034] 图2是本发明实施例1-3中钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 的X射线衍射图;

[0035] 图3是本发明实施例1-3中 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3(\text{p})/\text{c-Si}(\text{n})$ 异质结的截面扫描电子显微镜图;

[0036] 图4是本发明实施例1-3中 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3(\text{p})/\text{c-Si}(\text{n})$ 异质结的正面扫描电子显微镜图;

[0037] 图5是本发明实施例1-3中钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 的反射光谱和透射光谱;

[0038] 图6是本发明实施例1-3中钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 对不同波长光的吸收系数图谱;

[0039] 图7是本发明实施例1-3中钙钛矿/硅异质结太阳能电池结构示意图。

具体实施方式

[0040] 下面将结合具体实施例进一步阐明本发明的内容,但这些实施例并不限制本发明的保护范围。

[0041] 实施例1

[0042] 如图7中所示,本实施例提供的硅基钙钛矿异质结太阳能电池,该太阳能电池的结构从上至下为:铝电极、金导电膜、钙钛矿、氧化铝、n型硅片和银电极,其中钙钛矿为

$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。

[0043] 该硅基钙钛矿异质结太阳能电池,其制备方法如下:

[0044] (1) 采用 RCA 清洗工艺将 n 型硅片清洗干净,然后用 N_2 将硅片吹干;

[0045] 其中 RCA 清洗工艺具体如下:

[0046] ①将硅片浸入 20wt% 的 KOH 溶液中 3min,并保持溶液温度为 80°C ,然后用去离子水清洗;

[0047] ②将硅片浸入浓 H_2SO_4 和 H_2O_2 (vol% = 3:1) 的混合溶液中 30min,其中 H_2O_2 的浓度为 58%,然后用去离子水清洗;

[0048] ③接着浸入 10% 的 HF 溶液中 2min,然后用去离子水清洗;

[0049] ④接着浸入 10% 的 HCl 和 10% H_2O_2 混合溶液中 6min,其中 H_2O_2 的浓度为 58%,然后用去离子水清洗;

[0050] ⑤接着浸入 10vol% 的 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 和 10vol% H_2O_2 混合溶液中 6min,并保持溶液温度为 80°C ,然后用去离子水清洗;

[0051] ⑥接着浸入 5vol% 的 HCl 和 5vol% 的 HF 混合溶液中 3min,然后用去离子水清洗;

[0052] ⑦最后将硅片浸入 10vol% 的 HF 溶液中,然后用去离子水清洗干净。

[0053] (2) 使用原子层沉积 (ALD) 技术,设置沉积温度为 200°C ,Al (TMA)、 N_2 、 H_2O 的脉冲时间分别为:0.1s、10s 和 0.1s,流速分别为:150sccm、150sccm 和 200sccm,进行 20 个循环,在硅片表面沉积 2nm 的氧化铝 Al_2O_3 ;

[0054] (3) 接着采用电阻蒸发镀膜机,设置基底温度为 25°C ,真空度为 $4 \times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发的速率为 $1\text{\AA}/\text{s}$ 在硅片表面沉积 100nm 的 PbI_2 ;

[0055] (4) 然后在石英管中,设置温度为 150°C ,采用化学气相沉积法让硅片上面的 PbI_2 与 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 发生反应生成钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$,反应时间设置为 3h;

[0056] 图 1 为化学气相沉积法制备钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 的装置示意图,如图 1 中所示,小的石英管 2 套在大的石英管里面,在大的石英管中不停地通入 N_2 ,将蒸镀有 PbI_2 的硅片与 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 白色晶体粉末放入小石英管中,接通外部加热源 1,保持大石英管中的温度,在 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 的气氛中,硅片上的 PbI_2 逐渐发生反应转变为钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。

[0057] 图 2 为化学沉积法制备钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 的 X 射线衍射图,经过与标准卡片对比,衍射图中所有的衍射峰均很好的对应于 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 材料。

[0058] 图 3 和图 4 分别为 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3/\text{c-Si}$ 异质结的侧面和正面扫描电镜图,从图 3 和图 4 中可以看出钙钛矿薄膜平整致密,与硅衬底紧密接触,钙钛矿晶粒尺寸均匀,大小达到 1 μm 。

[0059] 图 5 为钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 的反射光谱和透射光谱。

[0060] 图 6 为钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 对不同波长光的吸收系数图,从图 6 中可以看出钙钛矿材料对可见光波段的光 (360nm ~ 760nm) 有很强的吸收,吸收系数超过 10^5cm^{-1} ;对于近红外波长的光子有较高的透过率,有 70% 的光子可以透过让硅材料吸收,实现太阳光谱的充分利用。

[0061] (5) 接着在钙钛矿表面以 $0.4\text{\AA}/\text{s}$ 的速率蒸镀一层金 (Au) 导电膜,厚度为 10nm,其中蒸镀机夹持硅片的基底温度为 25°C ,真空度为 $1 \times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发速率为 $0.2\text{\AA}/\text{s}$;

[0062] (6) 然后在金导电膜表面加上电极掩模板,蒸镀 80nm 的铝作为前电极;在硅的背

面蒸镀 120nm 的银 (Ag) 作为背电极,最终制得 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3(\text{p})/\text{c-Si}(\text{n})$ 异质结太阳电池。

[0063] 制成的钙钛矿/硅异质结太阳电池结构示意图如图 7 中所示,电池结构为:Al/Au/ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{n-Si}/\text{Ag}$ 。

[0064] 实施例 2

[0065] 如图 7 中所示,本实施例提供的硅基钙钛矿异质结太阳电池,该太阳电池的结构从上至下为:铝电极、金导电膜、钙钛矿、氧化铝、n 型硅片和银电极,其中钙钛矿为 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。

[0066] 该硅基钙钛矿异质结太阳电池,其制备方法如下:

[0067] (1) 采用 RCA 清洗工艺将硅片清洗干净,然后用 N_2 将硅片吹干;

[0068] (2) 使用原子层沉积 (ALD) 技术,设置沉积温度为 180°C ,Al (TMA)、 N_2 、 H_2O 的脉冲时间分别为:0.1s、10s 和 0.1s,流速分别为:140sccm、140sccm 和 195sccm,进行 30 个循环,在硅片表面沉积 3nm 的 Al_2O_3 ;

[0069] (3) 接着采用电阻蒸发镀膜机,设置基底温度为 28°C ,真空度为 $5 \times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发的速率为 $2\text{\AA}/\text{s}$ 在硅片表面沉积 150nm 的 PbI_2 ;

[0070] (4) 然后在石英管中,设置温度为 130°C ,采用化学气相沉积法让硅片上面的 PbI_2 与 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 发生反应 4h 生成钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$,具体试验过程和结果同实施例 1,制成的钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 的结构和各项性能参数如图 1-6 中所示;

[0071] (5) 接着在钙钛矿表面以 $0.4\text{\AA}/\text{s}$ 的速率蒸镀一层金 (Au) 导电膜,厚度为 10nm,其中蒸镀机夹持硅片的基底温度为 35°C ,真空度为 $2 \times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发速率为 $0.3\text{\AA}/\text{s}$;

[0072] (6) 然后在金导电膜表面加上电极掩模板,蒸镀 90nm 的铝作为前电极;在硅的背面蒸镀 200nm 的银 (Ag) 作为背电极,最终制得 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3(\text{p})/\text{c-Si}(\text{n})$ 异质结太阳电池。

[0073] 实施例 3

[0074] 如图 7 中所示,本实施例提供的硅基钙钛矿异质结太阳电池,该太阳电池的结构从上至下为:铝电极、金导电膜、钙钛矿、氧化铝、n 型硅片和银电极,其中钙钛矿为 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 。

[0075] 该硅基钙钛矿异质结太阳电池,其制备方法如下:

[0076] (1) 采用 RCA 清洗工艺将硅片清洗干净,然后用 N_2 将硅片吹干;

[0077] (2) 使用原子层沉积 (ALD) 技术,设置沉积温度为 220°C ,Al (TMA)、 N_2 、 H_2O 的脉冲时间分别为:0.1s、10s 和 0.1s,流速分别为:155sccm、155sccm 和 205sccm,进行 50 个循环,在硅片表面沉积 5nm 的 Al_2O_3 ;

[0078] (3) 接着采用电阻蒸发镀膜机,设置基底温度为 30°C ,真空度为 $8 \times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发的速率为 $4\text{\AA}/\text{s}$ 在硅片表面沉积 400nm 的 PbI_2 ;

[0079] (4) 然后在石英管中,设置温度为 120°C ,采用化学气相沉积法让硅片上面的 PbI_2 与 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 发生反应 4h 生成钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$,反应时间设置为 6h,具体试验过程和结果同实施例 1,制成的钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 的结构和各项性能参数如图 1-6 中所示;

[0080] (5) 接着在钙钛矿表面以 $0.2\text{\AA}/\text{s}$ 的速率蒸镀一层金 (Au) 导电膜,厚度为 10nm,其中蒸镀机夹持硅片的基底温度为 25°C ,真空度为 $2 \times 10^{-4}\text{Pa}$,蒸发速率为 $0.4\text{\AA}/\text{s}$;

[0081] (6) 然后在金导电膜表面加上电极掩模板, 蒸镀 100nm 的铝作为前电极; 在硅的背面蒸镀 300nm 的银 (Ag) 作为背电极, 最终制得 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3(\text{p})/\text{c-Si}(\text{n})$ 异质结太阳电池。

[0082] 显然, 上述内容只是为了说明本发明的特点, 而并非对本发明的限制, 有关技术领域的普通技术人员根据本发明在相应的技术领域做出的变化应属于本发明的保护范畴。

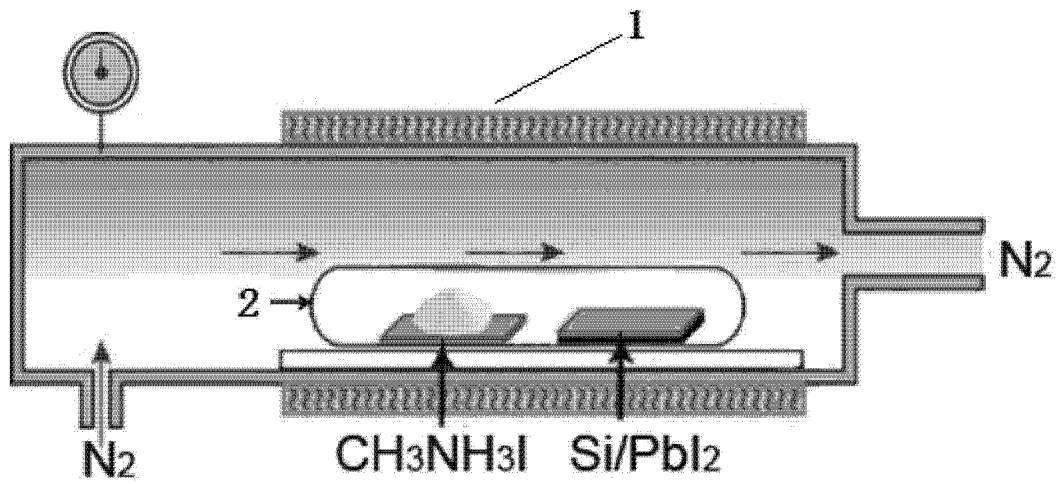


图 1

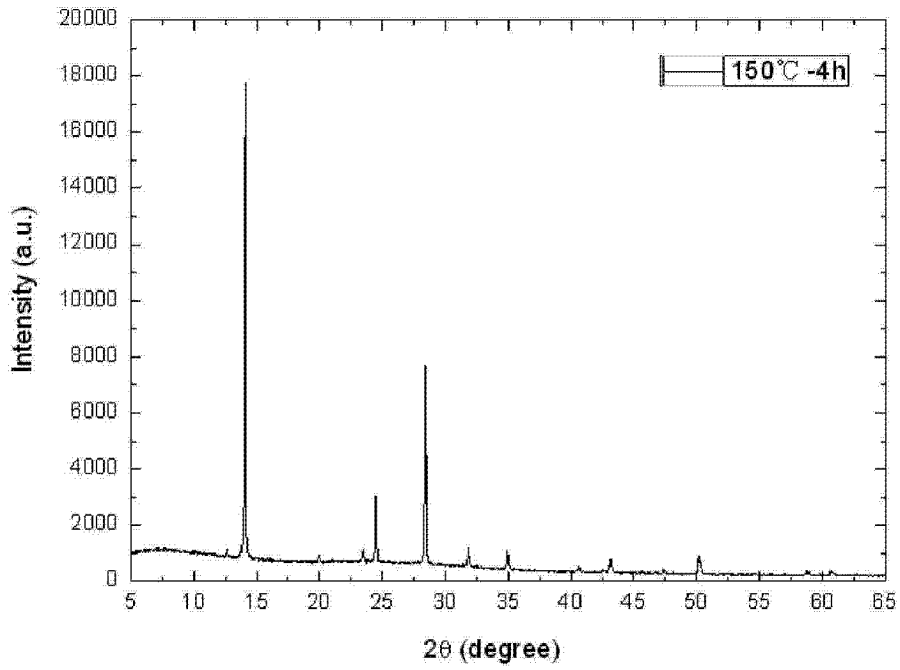


图 2

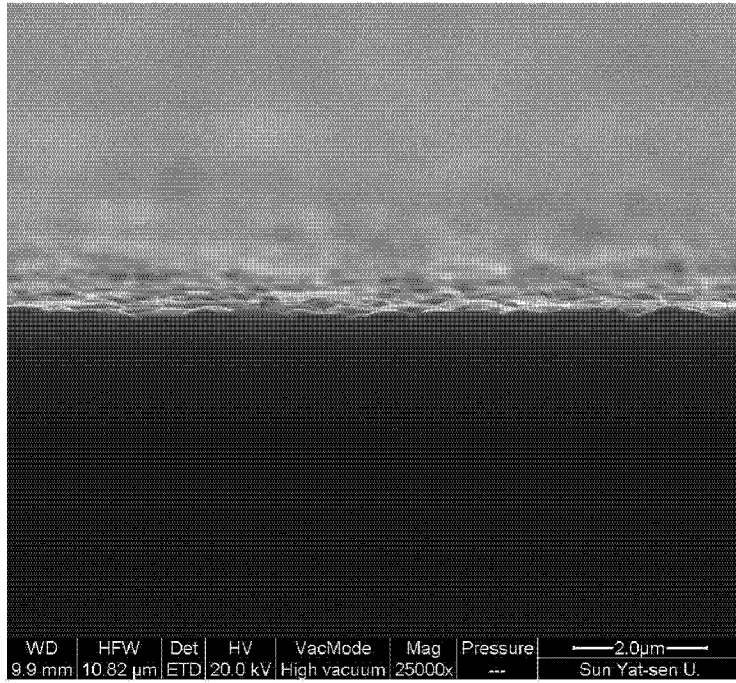


图 3

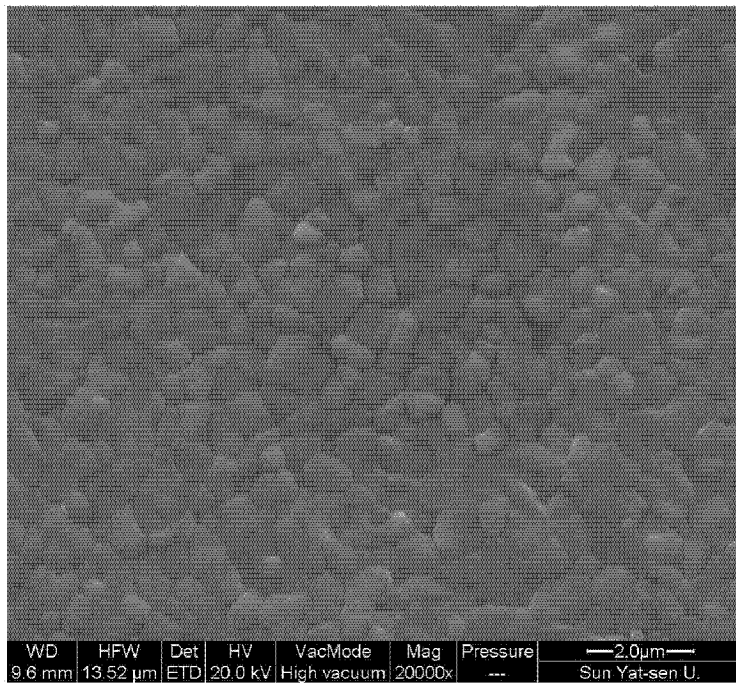


图 4

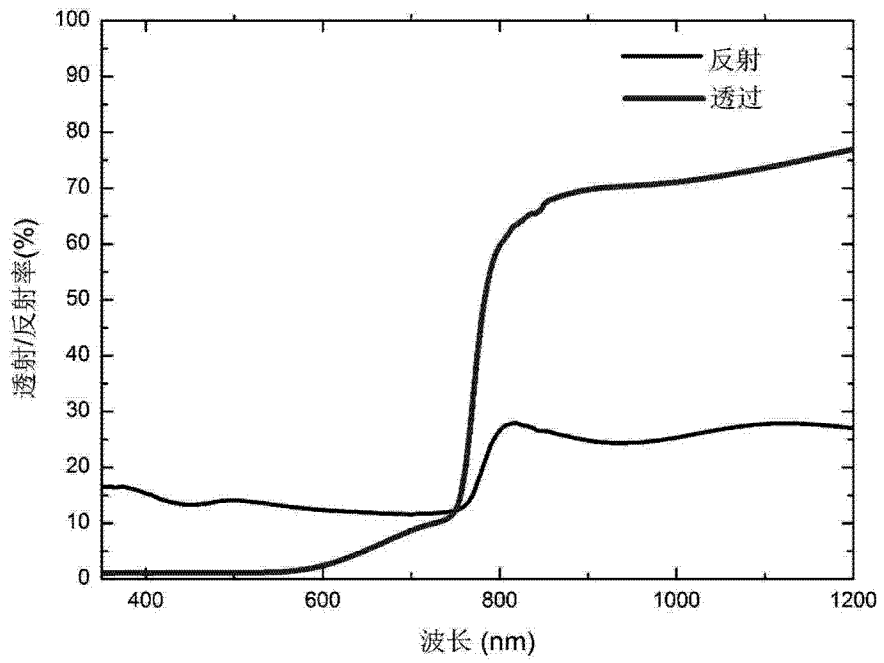


图 5

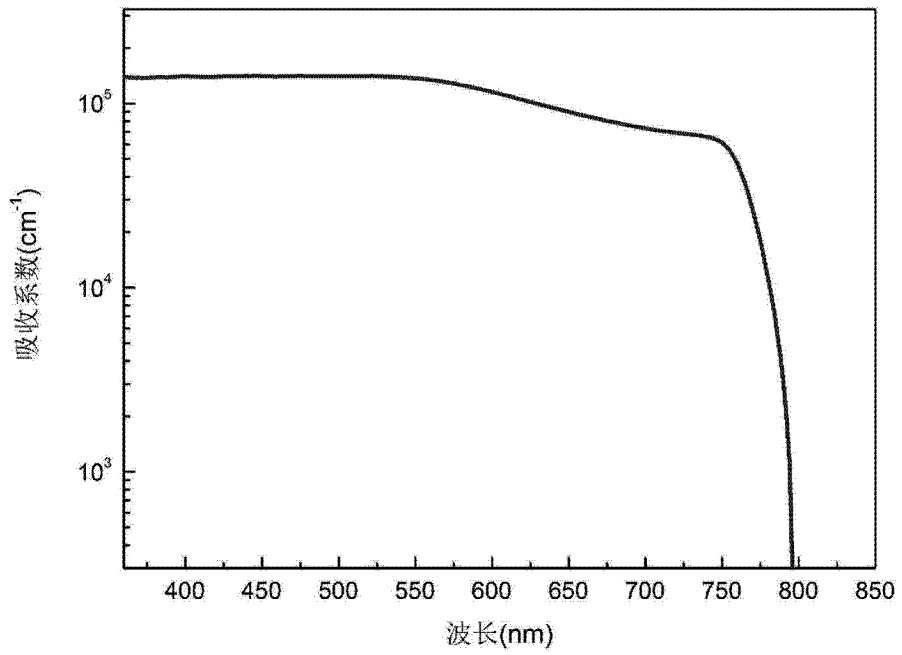


图 6

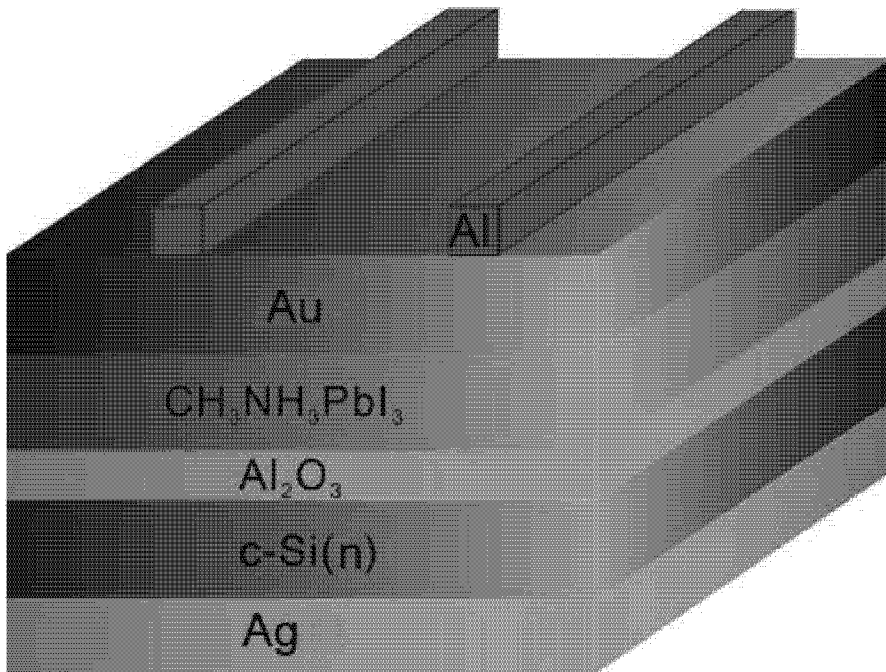


图 7