



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104659123 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 27

(21) 申请号 201310601907. 9

(22) 申请日 2013. 11. 25

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

(72) 发明人 唐江 周英 冷美英 刘新胜
韩珺 罗苗

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 曹葆青

(51) Int. Cl.

H01L 31/032(2006. 01)

H01L 31/072(2012. 01)

H01L 31/18(2006. 01)

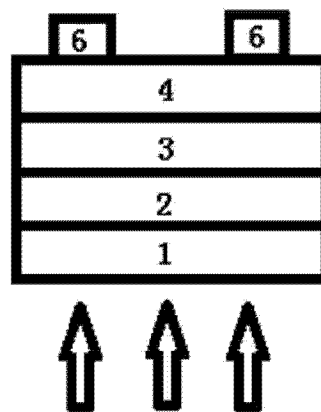
权利要求书2页 说明书13页 附图14页

(54) 发明名称

化合物薄膜太阳能电池及其制备方法

(57) 摘要

化合物薄膜太阳能电池及其制备方法,属于半导体光电材料与薄膜太阳能电池制备领域,解决现有化合物薄膜太阳能电池中所需材料在地壳中含量较少、价格昂贵、对人体有毒的问题。本发明的化合物薄膜太阳能电池,包括衬底及透明电极层、N型缓冲层、P型吸收层和背电极层,P型吸收层材料为 Sb_2Se_3 、 Cu_3SbS_3 或 Cu_3SbS_4 ;本发明的制备方法包括沉积透明电极层步骤、沉积N型缓冲层步骤、沉积P型吸收层步骤、沉积电极层步骤;还可以加入沉积空穴传导层步骤。本发明中构成P型吸收层的各种材料均选自地壳中资源丰富且不含有毒成分的元素,在制造和使用过程中不会造成环境污染,由它们构成的P型吸收层材料的禁带宽度范围约为 $0.5\text{eV} \sim 2.5\text{eV}$,光谱响应范围较广,吸光系数高达 10^5cm^{-1} 。



1. 一种化合物薄膜太阳能电池,包括衬底(1)及在其上依次沉积的透明电极层(2)、N型缓冲层(3)、P型吸收层(4)和背电极层(6),其特征在于:

所述P型吸收层(4)材料为 Sb_2Se_3 、 Cu_3SbS_3 或 Cu_3SbS_4 。

2. 如权利要求1所述的化合物薄膜太阳能电池,其特征在于:

所述P型吸收层(4)上沉积有空穴传导层(5),空穴传导层(5)上再沉积背电极层(6)。

3. 如权利要求1所述的化合物薄膜太阳能电池,其特征在于:

所述衬底(1)为玻璃材料;所述透明电极层(2)为 $SnO_2:F$ 、 $In_2O_3:Sn$ 或 $ZnO:Al$ 材料;所述N型缓冲层(3)为 TiO_2 、 CdS 、 $Zn(S, O)$ 、 ZnO 、 In_2S_3 、 $In_2(S, O, OH)_3$ 、 Sb_2S_2 或 $BaTiO_3$ 材料;所述背电极层(6)为 Mo 、 Cu 、 Au 、 Ni 、 Ag 、 C 或 Al 材料或者它们的二元组合,所述二元组合为在一种材料的背电极层上再沉积另一种材料的背电极层。

4. 如权利要求3所述的化合物薄膜太阳能电池,其特征在于:

所述衬底(1)厚度为 $0.01cm \sim 3.2cm$;所述透明电极层(2)厚度为 $10nm \sim 1000nm$;所述N型缓冲层(3)厚度为 $10nm \sim 500nm$;所述P型吸收层(4)厚度为 $0.2\mu m \sim 3\mu m$;所述背电极层(6)厚度为 $0.2\mu m \sim 10\mu m$;所述背电极层形状为连续平面。

5. 如权利要求2所述的化合物薄膜太阳能电池,其特征在于:

所述衬底(1)为玻璃材料;所述透明电极层(2)为 $SnO_2:F$ 、 $In_2O_3:Sn$ 或 $ZnO:Al$ 材料;所述N型缓冲层(3)为 TiO_2 、 CdS 、 $Zn(S, O)$ 、 ZnO 、 In_2S_3 、 $In_2(S, O, OH)_3$ 、 Sb_2S_3 或 $BaTiO_3$ 材料;所述空穴传导层(5)为 MoO_3 、 NiO 、 WO_3 、 V_2O_5 、 $CuAlO_2$ 或 CuI 材料;所述背电极层(6)为 Mo 、 Cu 、 Au 、 Ni 、 Ag 、 C 或 Al 材料或者它们的二元组合,所述二元组合为在一种材料的背电极层上再沉积另一种材料的背电极层。

6. 如权利要求5所述的化合物薄膜太阳能电池,其特征在于:

所述衬底(1)厚度为 $0.01cm \sim 3.2cm$;所述透明电极层(2)厚度为 $10nm \sim 1000nm$;所述N型缓冲层(3)厚度为 $10nm \sim 500nm$;所述P型吸收层(4)厚度为 $0.2\mu m \sim 3\mu m$;所述空穴传导层(5)厚度为 $2nm \sim 200nm$;所述背电极层(6)厚度为 $0.2\mu m \sim 10\mu m$;所述背电极层形状为连续平面。

7. 权利要求1、3或4所述的化合物薄膜太阳能电池的制备方法,包括沉积透明电极层步骤、沉积N型缓冲层步骤、沉积P型吸收层步骤、沉积背电极层步骤,其特征在于:

一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积法在衬底(1)表面沉积透明电极层(2);

二、沉积N型缓冲层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积、电化学沉积、化学水浴沉积、溶液涂膜、喷雾热解、金属有机化合物化学气相沉积和原子层沉积法在透明电极层(2)上沉积N型缓冲层(3);

三、沉积P型吸收层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积、电化学沉积或溶液涂膜法,在N型缓冲层(3)上沉积P型吸收层(4);

四、沉积背电极层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、喷涂或丝网印刷法,在P型吸收层(4)上沉积背电极层(6),从而制得PN结构的化合物薄膜太阳能电池。

8. 如权利要求7所述的化合物薄膜太阳能电池的制备方法,其特征在于:

所述衬底(1)厚度为 $0.01cm \sim 3.2cm$;所述透明电极层(2)厚度为 $10nm \sim 1000nm$;所述N型缓冲层(3)厚度为 $10nm \sim 500nm$;所述P型吸收层(4)厚度为 $0.2\mu m \sim 3\mu m$;所述

背电极层 (6) 厚度为 $0.2\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$; 所述背电极层形状为连续平面。

9. 权利要求 2、5 或 6 所述的化合物薄膜太阳能电池的制备方法, 包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤, 其特征在于:

一、沉积透明电极层步骤: 采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积法在衬底 (1) 表面沉积透明电极层 (2);

二、沉积 N 型缓冲层步骤: 采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积、电化学沉积、化学水浴沉积、溶液涂膜、喷雾热解、金属有机化合物化学气相沉积和原子层沉积法在透明电极层 (2) 上沉积 N 型缓冲层 (3);

三、沉积 P 型吸收层步骤: 采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积、电化学沉积或溶液涂膜法, 在 N 型缓冲层 (3) 上沉积 P 型吸收层 (4);

四、沉积空穴传导层步骤: 采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、原子层沉积、化学水浴沉积、激光脉冲沉积、金属有机化合物化学气相沉积法在 P 型吸收层 (4) 上沉积空穴传导层 (5);

五、沉积背电极层步骤: 采用磁控溅射、电阻加热蒸发、喷涂或丝网印刷法, 在 P 型吸收层 (4) 上沉积背电极层 (6), 从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池。

10. 如权利要求 9 所述的化合物薄膜太阳能电池的制备方法, 其特征在于:

所述衬底 (1) 厚度为 $0.01\text{cm} \sim 3.2\text{cm}$; 所述透明电极层 (2) 厚度为 $10\text{nm} \sim 1000\text{nm}$; 所述 N 型缓冲层 (3) 厚度为 $10\text{nm} \sim 500\text{nm}$; 所述 P 型吸收层 (4) 厚度为 $0.2\ \mu\text{m} \sim 3\ \mu\text{m}$; 所述空穴传导层 (5) 厚度为 $2\text{nm} \sim 200\text{nm}$; 所述背电极层 (6) 厚度为 $0.2\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$; 所述背电极层形状为连续平面。

化合物薄膜太阳能电池及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于半导体光电材料与薄膜太阳能电池制备领域,具体涉及铋基化合物薄膜太阳能电池及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着全球能源危机的来临,以及日益严重的环境污染问题,清洁无污染能源的研究已是迫在眉睫。太阳能作为一种清洁且储量丰富的能源,已引起人们的广泛关注。如何制备出成本较低,转换效率较高的太阳能电池则是其中的研究重点。太阳能电池是一种利用光生伏特效应将太阳能直接转化为电能的器件。多元化合物薄膜太阳能电池因其材料用量少、制备耗能低、弱光 and 高温性能好、质量较轻、可制作柔性电池、应用范围较广等优点受到更多的重视。但现有薄膜太阳能电池(CIGS、CdTe、CZTS)含有镉,见 Wu X, et al. "16.5 % -efficient CdS / CdTe polycrystalline thin film solar cell"(Conference Proceedings,17th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Munich,22-26 October 2001 ;995-1000) ;并见美国专利 US20130074912 A1 : Band structure engineering for improved efficiency of cdte based photovoltaics。镉有剧毒,大范围应用有很大的环境风险,且所含部分元素在地壳中含量较少以致价格昂贵。

发明内容

[0003] 本发明提供化合物薄膜太阳能电池及其制备方法,解决现有化合物薄膜太阳能电池中所需材料蕴含的元素在地壳中含量较少、价格昂贵、对人体有毒或生产工艺复杂的问题。

[0004] 本发明所提供的化合物薄膜太阳能电池,包括衬底(1)及在其上依次沉积的透明电极层(2)、N型缓冲层(3)、P型吸收层(4)和背电极层(6),其特征在于:

[0005] 所述P型吸收层(4)材料为 Sb_2Se_3 、 Cu_3SbS_3 或 Cu_3SbS_4 。

[0006] 所述的化合物薄膜太阳能电池,所述P型吸收层(4)上可以沉积有空穴传导层(5),空穴传导层(5)上再沉积背电极层(6)。

[0007] 所述的化合物薄膜太阳能电池,所述衬底(1)可以为玻璃材料;所述透明电极层(2)可以为 $SnO_2:F$ 、 $In_2O_3:Sn$ 或 $ZnO:Al$ 材料;所述N型缓冲层(3)可以为 TiO_2 、 CdS 、 $Zn(S, O)$ 、 ZnO 、 In_2S_3 、 $In_2(S, O, OH)_3$ 、 Sb_2S_3 或 $BaTiO_3$ 材料;所述空穴传导层(5)可以为 MoO_3 、 NiO 、 WO_3 、 V_2O_5 、 $CuAlO_2$ 或 CuI 材料;所述背电极层(6)可以为 Mo 、 Cu 、 Au 、 Ni 、 Ag 、 C 或 Al 材料或者它们的二元组合,所述二元组合为在一种材料的背电极层上再沉积另一种材料的背电极层。

[0008] 所述的化合物薄膜太阳能电池,其进一步特征在于:

[0009] 所述衬底(1)厚度为 $0.01cm \sim 3.2cm$;所述透明电极层(2)厚度为 $10nm \sim 1000nm$;所述N型缓冲层(3)厚度为 $10nm \sim 500nm$;所述P型吸收层(4)厚度为 $0.2 \mu m \sim$

3 μm ;所述空穴传导层 (5) 厚度为 2nm ~ 200nm ;所述背电极层 (6) 厚度为 0.2 μm ~ 10 μm ;所述背电极层形状为连续平面。

[0010] 所述的化合物薄膜太阳能电池的制备方法,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积电极层步骤,其特征在于:

[0011] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积法在衬底 (1) 表面沉积透明电极层 (2);

[0012] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积、电化学沉积、化学水浴沉积、溶液涂膜、喷雾热解、金属有机化合物化学气相沉积和原子层沉积法在透明电极层 (2) 上沉积 N 型缓冲层 (3);

[0013] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积、电化学沉积或溶液涂膜法,在 N 型缓冲层 (3) 上沉积 P 型吸收层 (4);

[0014] 四、沉积背电极层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、喷涂或丝网印刷法,在 P 型吸收层 (4) 上沉积背电极层 (6),从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池。

[0015] 所述的化合物薄膜太阳能电池的制备方法,所述衬底 (1) 厚度可以为 0.01cm ~ 3.2cm ;所述透明电极层 (2) 厚度可以为 10nm ~ 1000nm ;所述 N 型缓冲层 (3) 厚度可以为 10nm ~ 500nm ;所述 P 型吸收层 (4) 厚度可以为 0.2 μm ~ 3 μm ;所述背电极层 (6) 厚度可以为 0.2 μm ~ 10 μm ;所述背电极层形状为连续平面。

[0016] 当具有空穴传导层时,所述的化合物薄膜太阳能电池的制备方法,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤,其特征在于:

[0017] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积法在衬底 (1) 表面沉积透明电极层 (2);

[0018] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积、电化学沉积、化学水浴沉积、溶液涂膜、喷雾热解、金属有机化合物化学气相沉积和原子层沉积法在透明电极层 (2) 上沉积 N 型缓冲层 (3);

[0019] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积、电化学沉积或溶液涂膜法,在 N 型缓冲层 (3) 上沉积 P 型吸收层 (4);

[0020] 四、沉积空穴传导层 (5) 步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、原子层沉积、化学水浴沉积、激光脉冲沉积、金属有机化合物化学气相沉积法在 P 型吸收层 (4) 上沉积空穴传导层 (5);

[0021] 五、沉积背电极层步骤:采用磁控溅射、电阻加热蒸发、喷涂或丝网印刷法,在 P 型吸收层 (4) 上沉积背电极层 (6),从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池。

[0022] 所述的化合物薄膜太阳能电池的制备方法,所述衬底 (1) 厚度可以为 0.01cm ~ 3.2cm ;所述透明电极层 (2) 厚度可以为 10nm ~ 1000nm ;所述 N 型缓冲层 (3) 厚度可以为 10nm ~ 500nm ;所述 P 型吸收层 (4) 厚度可以为 0.2 μm ~ 3 μm ;所述空穴传导层 (5) 厚度可以为 2nm ~ 200nm ;所述背电极层 (6) 厚度可以为 0.2 μm ~ 10 μm ;所述背电极层形状为连续平面。

[0023] 本发明具有优异的光伏性能且对环境友好并有望实现低成本生产,其中构成 P 型吸收层的各种材料均选自地壳中资源丰富且不含有毒成分的元素,在制造和使用过程中不

会造成环境污染,由它们构成的 P 型吸收层材料的禁带宽度范围约为 0.5eV ~ 2.5eV,光谱响应范围较广,吸光系数高达 10^5cm^{-1} ;同时, P 型吸收层可通过磁控溅射、电阻加热蒸发、电子束蒸发、激光脉冲沉积、电化学沉积或溶液涂膜法等多种方法制备,为产业化生产提供了可能。

附图说明

[0024] 图 1 为本发明实施例 1 ~ 实施例 10 制备的的化合物薄膜太阳能电池的横截面示意图;

[0025] 图 2 为本发明实施例 11 ~ 实施例 20 制备的的化合物薄膜太阳能电池的横截面示意图;

[0026] 图 3 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的电子扫描显微镜下的表面形貌;

[0027] 图 4 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的电子扫描显微镜下的截面形貌;

[0028] 图 5 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的 X 射线衍射图谱;

[0029] 图 6 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的拉曼图谱;

[0030] 图 7 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上形成的晶体中 Sb 元素的 XPS 图谱;

[0031] 图 8 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上形成的晶体中 Se 元素的 XPS 图谱;

[0032] 图 9 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 的 TGA 图谱;

[0033] 图 10 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在制备程中的饱和蒸汽压图谱;

[0034] 图 11 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的循环伏安曲线;

[0035] 图 12 为实施例 1 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的光电相应图谱;

[0036] 图 13 为实施例 1 制备得到的太阳能电池所测得的效率图;

[0037] 图 14 为实施例 2 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 ZnO 上的电子扫描显微镜下的表面形貌;

[0038] 图 15 为实施例 2 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 ZnO 上的电子扫描显微镜下的截面形貌;

[0039] 图 16 为实施例 3 中 N 型缓冲层材料 TiO_2 在透明电极层 $\text{SnO}_2 : \text{F}$ 上的电子扫描显微镜下的表面形貌;

[0040] 图 17 为实施例 3 中 N 型缓冲层材料 TiO_2 在透明电极层 $\text{SnO}_2 : \text{F}$ 上的电子扫描显微镜下的截面形貌;

[0041] 图 18 为实施例 3 中 N 型缓冲层材料 TiO_2 在透明电极层 $\text{SnO}_2 : \text{F}$ 上测量透射图谱并通过透射图谱计算出的禁带宽度;

[0042] 图 19 为实施例 3 中 N 型缓冲层材料 TiO_2 在透明电极层 $\text{SnO}_2 : \text{F}$ 上的拉曼图谱;

[0043] 图 20 为实施例 3 中 N 型缓冲层材料 TiO_2 在透明电极层 $\text{SnO}_2 : \text{F}$ 上的循环伏安曲线;

[0044] 图 21 为实施例 3 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的电子扫描显微镜下的截面形貌；

[0045] 图 22 为实施例 3 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的 X 射线衍射图谱；

[0046] 图 23 为实施例 3 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的拉曼图谱；

[0047] 图 24 为实施例 3 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上测量透射图谱并通过透射图谱计算出的禁带宽度；

[0048] 图 25 为实施例 3 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 TiO_2 上的循环伏安曲线；

[0049] 图 26 为实施例 3 制备得到的太阳能电池所测得的效率图；

[0050] 图 27 为实施例 4 中 P 型吸收层材料 Sb_2Se_3 在 N 型缓冲层 CdS 上的电子扫描显微镜下的截面形貌；

[0051] 图 28 为实施例 4 制备得到的太阳能电池所测得的效率图；

具体实施方式

[0052] 以下结合附图和实施例对本发明详细说明。

[0053] 如图 1 所示,本发明实施例 1 ~ 实施例 10 制备的化合物薄膜太阳能电池,包括衬底 1 及其上依次沉积的透明电极层 2、N 型缓冲层 3、P 型吸收层 4 和背电极 6。

[0054] 实施例 1,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤：

[0055] 一、沉积透明电极层步骤：采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2；

[0056] 所述衬底为玻璃,厚度为 3.2cm；

[0057] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$,厚度为 800nm；

[0058] 二、沉积 N 型缓冲层步骤：采用溶液涂膜法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3；

[0059] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料,厚度为 500nm；

[0060] 向烧瓶中依次加入 50ml 无水乙醇,7.5ml 三乙醇胺,8.5ml 钛酸四正丁酯,将烧瓶密封搅拌 2 小时,依次加入 10ml 冰醋酸,10ml 去离子水,搅拌 24 小时,向溶液中通入氮气并搅拌,待溶液体积减小至 30ml 时停止,用涂膜机将制备好的二氧化钛溶胶凝胶旋涂在透明电极 2 上,厚度为 500nm,将二氧化钛预制薄膜在 120℃退火 15 分钟,200℃退火 15 分钟,400℃退火 15 分钟,520℃退火 1 小时,即在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3；

[0061] 三、沉积 P 型吸收层步骤：采用溶液涂膜法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4；

[0062] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 1 μm ；

[0063] 采用溶液涂膜法将 Sb : Se 按照 1 : 3 的比例溶解在肼中形成 Sb_2Se_3 前驱体,用涂膜机将 Sb_2Se_3 前驱体分五层旋涂在 N 型缓冲层 3 上,厚度为 1 μm ,将前驱体置于氮气氛围中,在 450℃退火 10 分钟,形成沉积 P 型吸收层 4；本实施例 P 型吸收层材料在电子扫描显微镜下的表面形貌如图 3 所示,截面形貌如图 4 所示,X 射线衍射图谱如图 5 所示,拉曼图谱如图 6 所示,Sb 元素的 XPS 图谱如图 7 所示；Se 元素的 XPS 图谱如图 8 所示,TGA 图谱如图 9 所示,饱和蒸汽压图谱如图 10 所示,循环伏安曲线如图 11 所示,光电响应图谱如图 12 所示；

[0064] 四、沉积背电极层步骤：采用丝网印刷法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而

制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$,背电极层形状为连续平面。

[0065] 所制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,其效率曲线图如图 13 所示。

[0066] 本实施例中,所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Ag 的二元组合,在厚度为 $0.2\ \mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.3\ \mu\text{m}$ 的 Ag 电极层。

[0067] 实施例 2,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤:

[0068] 一、沉积透明电极层步骤:采用电子束蒸发法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2;

[0069] 所述衬底为玻璃,厚度为 3.2cm ;

[0070] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$,厚度为 1000nm ;

[0071] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用溶液涂膜法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0072] 所述 N 型缓冲层为 ZnO 材料,厚度为 500nm ;

[0073] 1.1g 的 $\text{Zn}(\text{Ac})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 和 0.29g 的 $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分别溶解在 50mL 的无水乙醇中,冷却至 0°C ,用 10 分钟将 LiOH 溶液滴定到 $\text{Zn}(\text{Ac})_2$ 中,搅拌 1 小时后取六分之一用乙醇分散,取正辛烷和正己烷的 1 : 1 混合溶剂沉淀,得到 ZnO 纳米粒子,将 ZnO 纳米粒子分散在乙醇中形成前驱体,旋涂前驱体并在 150°C 退火 10 分钟即在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0074] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用溶液涂膜法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4;

[0075] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $1\ \mu\text{m}$;

[0076] 采用溶液涂膜法将 Sb : Se 按照 1 : 3 的比例溶解在肼中形成 Sb_2Se_3 前驱体,用涂膜机将 Sb_2Se_3 前驱体分五层旋涂在 N 型缓冲层 3 上,厚度为 $1\ \mu\text{m}$,将前驱体置于氮气氛围中,在 450°C 退火 10 分钟,形成沉积 P 型吸收层 4;本实施例 P 型吸收层材料在电子扫描显微镜下的表面形貌如图 14 所示,截面形貌如图 15 所示;

[0077] 四、沉积背电极层步骤:采用电阻加热蒸发法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$,所述背电极层形状为连续平面。

[0078] 本实施例中,所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Al 的二元组合,在厚度为 $0.2\ \mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.3\ \mu\text{m}$ 的 Al 电极层。

[0079] 实施例 3,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤:

[0080] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2;

[0081] 所述衬底为玻璃,厚度为 3.2cm ;

[0082] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$,厚度为 800nm ;

[0083] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用电子束蒸发法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0084] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料,厚度为 120nm ;

[0085] 采用 TiO_2 靶,将腔体抽至真空 $5 \times 10^{-4}\text{Pa}$,转速 3rpm 旋转基片台,待基片温度加热至 350°C ,电子束预熔 TiO_2 靶面 5 分钟,电子束束流调至 80mA ,以 $0.5\ \text{\AA}/\text{s}$ 沉积速率开始蒸发,蒸发结束将样品在马弗炉中 450°C 退火 30 分钟,即在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层

3;本实施例 N 型缓冲层材料在电子扫描显微镜下的表面形貌如图 16 所示,截面形貌如图 17 所示,测量透射图谱并通过透射图谱计算出的禁带宽度如图 18 所示,拉曼图谱如图 19 所示,循环伏安曲线如图 20 所示;

[0086] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用电阻加热蒸发法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4;

[0087] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $1\mu m$;

[0088] 采用 Sb_2Se_3 靶,将腔体抽至真空 $5\times 10^{-4}Pa$,转速 3rpm 旋转基片台,室温蒸发,调节电阻丝电流, $3\text{\AA}/s$ 沉积速率开始蒸发,厚度为 600nm 时在真空腔室 $350^\circ C$ 退火 60 分钟,形成沉积 P 型吸收层 4;本实施例 P 型吸收层材料在电子扫描显微镜下的截面形貌如图 21, X 射线衍射图谱如图 22 所示,拉曼图谱如图 23 所示,测量透射图谱并通过透射图谱计算出的禁带宽度如图 24 所示,循环伏安曲线如图 25 示;

[0089] 四、沉积背电极层步骤:采用磁控溅射法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $1\mu m$,所述背电极层形状为连续平面。

[0090] 所制得的 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,其效率曲线图如图 26 所示。

[0091] 本实施例中,所述背电极层也可以为 Au 和 Al 的二元组合,在厚度为 $0.5\mu m$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.5\mu m$ 的 Al 电极层。

[0092] 实施例 4,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤:

[0093] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2;

[0094] 所述衬底为玻璃,厚度为 3.2cm;

[0095] 所述透明电极层为 $SnO_2:F$,厚度为 1000nm;

[0096] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用化学水浴沉积法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0097] 所述 N 型缓冲层为 CdS 材料,厚度为 80nm;

[0098] 配置 1.5M 的硫脲溶液,0.015M 的硫酸镉溶液,待水浴循环系统的水温达到 $65^\circ C$,依次加入 366ml 去离子水、50ml 硫酸镉溶液、25ml 硫脲溶液、65.2ml 氨水,迅速将片子浸入水中并固定,打开搅拌,反应 12 分钟,待停止反应,将片子提出并泡在去离子水中 2 分钟,用吹风吹干片子,即在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0099] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用电阻加热蒸发法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4;

[0100] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $1\mu m$;

[0101] 采用 Sb_2Se_3 靶,将腔体抽至真空 $5\times 10^{-4}Pa$,转速 $3r\mu m$ 旋转基片台,室温蒸发,调节电阻丝电流, $3\text{\AA}/s$ 沉积速率开始蒸发,厚度为 600nm 时在真空腔室 $350^\circ C$ 退火 60 分钟,形成沉积 P 型吸收层 4;本实施例 P 型吸收层材料在电子扫描显微镜下的截面形貌如图 27;

[0102] 四、沉积背电极层步骤:采用电阻加热蒸发法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $1\mu m$,所述背电极层形状为连续平面。

[0103] 所制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,其效率曲线图如图 28 所示。

[0104] 本实施例中,所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Al 的二元组合,在厚度为 $0.5\mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.5\mu\text{m}$ 的 Al 电极层。

[0105] 实施例 5,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤:

[0106] 一、沉积透明电极层步骤:采用电阻加热蒸发法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2;

[0107] 所述衬底为玻璃,厚度为 2cm ;

[0108] 所述透明电极层为 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$,厚度为 100nm ;

[0109] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用喷雾热解法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0110] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料,厚度为 10nm ;

[0111] 将有机钛源与乙醇按体积比 $1:9$ 混合,用喷笔将混合液体喷在 450°C 的透明电极层 $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ 上,在空气中 500°C 退火 10 分钟,即在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0112] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用磁控溅射法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4;

[0113] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $0.2\mu\text{m}$;

[0114] 四、沉积背电极层步骤:采用电阻加热蒸发法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $0.2\mu\text{m}$,所述背电极层形状为连续平面。

[0115] 本实施例中,所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Mo 二元组合,在厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 的 Mo 电极层。

[0116] 实施例 6,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤:

[0117] 一、沉积透明电极层步骤:采用激光脉冲沉积法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2;

[0118] 所述衬底为玻璃,厚度为 0.01cm ;

[0119] 所述透明电极层为 $\text{ZnO}:\text{Al}$,厚度为 10nm ;

[0120] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用喷雾热解法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0121] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料,厚度为 10nm ;

[0122] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用磁控溅射法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4;

[0123] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $0.5\mu\text{m}$;

[0124] 四、沉积背电极层步骤:采用电阻加热蒸发法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $0.2\mu\text{m}$,所述背电极层形状为连续平面。

[0125] 本实施例中,所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Mo 二元组合,在厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 的 Mo 电极层。

[0126] 实施例 7,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤:

[0127] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2;

[0128] 所述衬底为玻璃,厚度为 2cm ;

[0129] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2:\text{F}$,厚度为 500nm ;

[0130] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用电阻加热蒸发法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

- [0131] 所述 N 型缓冲层为 Sb_2S_3 材料,厚度为 150nm ;
- [0132] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用电子束蒸发法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4 ;
- [0133] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $1.5 \mu m$;
- [0134] 四、沉积背电极层步骤:采用喷涂法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 C 材料,厚度为 $10 \mu m$,所述背电极层形状为连续平面。
- [0135] 实施例 8,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤:
- [0136] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2 ;
- [0137] 所述衬底为玻璃,厚度为 2cm ;
- [0138] 所述透明电极层为 $SnO_2 : F$,厚度为 800nm ;
- [0139] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用电化学沉积法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3 ;
- [0140] 所述 N 型缓冲层为 $Zn(S, O)$ 材料,厚度为 180nm ;
- [0141] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用电阻加热蒸发法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4 ;
- [0142] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $1.5 \mu m$;
- [0143] 四、沉积背电极层步骤:采用喷涂法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $1 \mu m$,所述背电极层形状为连续平面。
- [0144] 实施例 9,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤:
- [0145] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2 ;
- [0146] 所述衬底为玻璃,厚度为 2cm ;
- [0147] 所述透明电极层为 $SnO_2 : F$,厚度为 800nm ;
- [0148] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用溶液涂膜法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3 ;
- [0149] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料,厚度为 500nm ;
- [0150] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用溶液涂膜法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4 ;
- [0151] 所述 P 型吸收层材料为 Cu_3SbS_3 ,厚度为 $3 \mu m$;
- [0152] 采用溶液涂膜法将 Cu : Sb : S 按照 2.8 : 1 : 3 的比例溶解在肼中形成 Cu_3SbS_3 前驱体,用涂膜机将 Cu_3SbS_3 前驱体分五层旋涂在 N 型缓冲层 2,厚度为 $3 \mu m$,将前驱体置于氮气氛围中,在 $500^\circ C$ 退火 10 分钟,形成沉积 P 型吸收层 ;
- [0153] 四、沉积背电极层步骤:采用丝网印刷法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Al,厚度为 $1 \mu m$,所述背电极层形状为连续平面。
- [0154] 实施例 10,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积背电极层步骤:
- [0155] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2 ;

- [0156] 所述衬底为玻璃,厚度为 2cm ;
- [0157] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$,厚度为 800nm ;
- [0158] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用溶液涂膜法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3 ;
- [0159] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料,厚度为 500nm ;
- [0160] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用溶液涂膜法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4 ;
- [0161] 所述 P 型吸收层材料为 Cu_3SbS_4 ,厚度为 $3 \mu\text{m}$;
- [0162] 采用溶液涂膜法将 $\text{Cu} : \text{Sb} : \text{S}$ 按照 2.8 : 1 : 9 的比例溶解在肼中形成 Cu_3SbS_4 前驱体,用涂膜机将 Cu_3SbS_4 前驱体分五层旋涂在 N 型缓冲层 2,厚度为 $3 \mu\text{m}$,将前驱体置于氮气氛围中,加 5mg 硫在 500°C 退火 10 分钟,形成沉积 P 型吸收层 ;
- [0163] 四、沉积背电极层步骤:采用丝网印刷法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Ag,厚度为 $1 \mu\text{m}$,所述背电极层形状为连续平面。
- [0164] 如图 2 所示,本发明实施例 11 ~ 实施例 20 制备的化合物薄膜太阳能电池,包括衬底 1 及在其上依次沉积的透明电极层 2、N 型缓冲层 3、P 型吸收层 4、空穴传导层 5 和背电极 6。
- [0165] 实施例 11,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤 :
- [0166] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2 ;
- [0167] 所述衬底为玻璃,厚度为 3.2cm ;
- [0168] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$,厚度为 800nm ;
- [0169] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用溶液涂膜法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3 ;
- [0170] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料,厚度为 500nm ;
- [0171] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用溶液涂膜法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4 ;
- [0172] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $1 \mu\text{m}$;
- [0173] 四、沉积空穴传导层步骤:采用磁控溅射法,在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5 ;
- [0174] 所述空穴传导层材料为 MoO_3 ,厚度为 100nm ;
- [0175] 五、沉积背电极层步骤:采用丝网印刷法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $0.5 \mu\text{m}$,所述背电极层形状为连续平面。
- [0176] 本实施例中,所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Ag 的二元组合,在厚度为 $0.2 \mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.3 \mu\text{m}$ 的 Ag 电极层。
- [0177] 实施例 12,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤 :
- [0178] 一、沉积透明电极层步骤:采用电子束蒸发法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2 ;
- [0179] 所述衬底为玻璃,厚度为 3.2cm ;
- [0180] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$,厚度为 1000nm ;
- [0181] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用磁控溅射法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3 ;
- [0182] 所述 N 型缓冲层为 ZnO 材料,厚度为 500nm ;
- [0183] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用溶液涂膜法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4 ;

- [0184] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 , 厚度为 $1\ \mu\text{m}$;
- [0185] 四、沉积空穴传导层步骤 : 采用电阻加热蒸发法, 在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5 ;
- [0186] 所述空穴传导层材料为 WO_3 , 厚度为 120nm ;
- [0187] 五、沉积背电极层步骤 : 采用电阻加热蒸发法, 在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6, 从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池, 所述背电极层 6 为 Au 材料, 厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$, 所述背电极层形状为连续平面。
- [0188] 本实施例中, 所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Al 的二元组合, 在厚度为 $0.2\ \mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.3\ \mu\text{m}$ 的 Al 电极层。
- [0189] 实施例 13, 包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤 :
- [0190] 一、沉积透明电极层步骤 : 采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2 ;
- [0191] 所述衬底为玻璃, 厚度为 3.2cm ;
- [0192] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$, 厚度为 800nm ;
- [0193] 二、沉积 N 型缓冲层步骤 : 采用电子束蒸发法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3 ;
- [0194] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料, 厚度为 120nm ;
- [0195] 三、沉积 P 型吸收层步骤 : 采用电阻加热蒸发法, 在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4 ;
- [0196] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 , 厚度为 $1\ \mu\text{m}$;
- [0197] 四、沉积空穴传导层步骤 : 采用电子束蒸发法, 在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5 ;
- [0198] 所述空穴传导层材料为 NiO , 厚度为 200nm ;
- [0199] 五、沉积背电极层步骤 : 采用磁控溅射法, 在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6, 从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池, 所述背电极层 6 为 Au 材料, 厚度为 $1\ \mu\text{m}$, 所述背电极层形状为连续平面。
- [0200] 本实施例中, 所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Al 的二元组合, 在厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$ 的 Al 电极层。
- [0201] 实施例 14, 包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤 :
- [0202] 一、沉积透明电极层步骤 : 采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2 ;
- [0203] 所述衬底为玻璃, 厚度为 3.2cm ;
- [0204] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$, 厚度为 1000nm ;
- [0205] 二、沉积 N 型缓冲层步骤 : 采用化学水浴沉积法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3 ;
- [0206] 所述 N 型缓冲层为 CdS 材料, 厚度为 80nm ;
- [0207] 三、沉积 P 型吸收层步骤 : 采用电阻加热蒸发法, 在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4 ;
- [0208] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 , 厚度为 $1\ \mu\text{m}$;

[0209] 四、沉积空穴传导层步骤：采用激光脉冲沉积法，在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5；

[0210] 所述空穴传导层材料为 CuAlO_2 ，厚度为 200nm；

[0211] 五、沉积背电极层步骤：采用电阻加热蒸发法，在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6，从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池，所述背电极层 6 为 Au 材料，厚度为 $1\ \mu\text{m}$ ，所述背电极层形状为连续平面。

[0212]

[0213] 本实施例中，所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Al 的二元组合，在厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$ 的 Al 电极层。

[0214] 实施例 15，包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤：

[0215] 一、沉积透明电极层步骤：采用电阻加热蒸发法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2；

[0216] 所述衬底为玻璃，厚度为 2cm；

[0217] 所述透明电极层为 In_2O_3 : Sn，厚度为 100nm；

[0218] 二、沉积 N 型缓冲层步骤：采用喷雾热解法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3；

[0219] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料，厚度为 10nm；

[0220] 三、沉积 P 型吸收层步骤：采用磁控溅射法，在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4；

[0221] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ，厚度为 $0.2\ \mu\text{m}$ ；

[0222] 四、沉积空穴传导层步骤：采用电阻加热蒸发法，在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5；

[0223] 所述空穴传导层材料为 V_2O_5 ，厚度为 80nm；

[0224] 五、沉积背电极层步骤：采用电阻加热蒸发法，在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6，从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池，所述背电极层 6 为 Au 材料，厚度为 $0.2\ \mu\text{m}$ ，所述背电极层形状为连续平面。

[0225] 本实施例中，所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Mo 二元组合，在厚度为 $0.1\ \mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.1\ \mu\text{m}$ 的 Mo 电极层。

[0226] 实施例 16，包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤：

[0227] 一、沉积透明电极层步骤：采用激光脉冲沉积法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2；

[0228] 所述衬底为玻璃，厚度为 0.01cm；

[0229] 所述透明电极层为 ZnO : Al，厚度为 10nm；

[0230] 二、沉积 N 型缓冲层步骤：采用喷雾热解法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3；

[0231] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料，厚度为 20nm；

[0232] 三、沉积 P 型吸收层步骤：采用磁控溅射法，在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4；

[0233] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ，厚度为 $0.5\ \mu\text{m}$ ；

[0234] 四、沉积空穴传导层步骤：采用电阻加热蒸发法，在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5；

[0235] 所述空穴传导层材料为 V_2O_5 ，厚度为 2nm；

[0236] 五、沉积背电极层步骤：采用电阻加热蒸发法，在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6，

从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $0.2\ \mu\text{m}$,所述背电极层形状为连续平面。

[0237] 本实施例中,所述背电极层 6 也可以为 Au 和 Mo 二元组合,在厚度为 $0.1\ \mu\text{m}$ 的 Au 电极层上再沉积厚度为 $0.1\ \mu\text{m}$ 的 Mo 电极层。

[0238] 实施例 17,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤:

[0239] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2;

[0240] 所述衬底为玻璃,厚度为 2cm;

[0241] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2:\text{F}$,厚度为 500nm;

[0242] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用电阻加热蒸发法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0243] 所述 N 型缓冲层为 Sb_2S_3 材料,厚度为 150nm;

[0244] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用电子束蒸发法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4;

[0245] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $1.5\ \mu\text{m}$;

[0246] 四、沉积空穴传导层步骤:采用金属有机化合物化学气相沉积法,在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5;

[0247] 所述空穴传导层材料为 CuI,厚度为 180nm;

[0248] 五、沉积背电极层步骤:采用喷涂法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 C 材料,厚度为 $10\ \mu\text{m}$,所述背电极层形状为连续平面。

[0249] 实施例 18,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤:

[0250] 一、沉积透明电极层步骤:采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2;

[0251] 所述衬底为玻璃,厚度为 2cm;

[0252] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2:\text{F}$,厚度为 800nm;

[0253] 二、沉积 N 型缓冲层步骤:采用电化学沉积法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3;

[0254] 所述 N 型缓冲层为 $\text{Zn}(\text{S}, 0)$ 材料,厚度为 180nm;

[0255] 三、沉积 P 型吸收层步骤:采用电阻加热蒸发法,在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4;

[0256] 所述 P 型吸收层材料为 Sb_2Se_3 ,厚度为 $1.5\ \mu\text{m}$;

[0257] 四、沉积空穴传导层步骤:采用电阻加热蒸发法,在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5;

[0258] 所述空穴传导层材料为 MoO_3 ,厚度为 200nm;

[0259] 五、沉积背电极层步骤:采用喷涂法,在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6,从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池,所述背电极层 6 为 Au 材料,厚度为 $1\ \mu\text{m}$,所述背电极层形状为连续平面。

[0260] 实施例 19,包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、

沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤：

[0261] 一、沉积透明电极层步骤：采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2；

[0262] 所述衬底为玻璃，厚度为 2cm；

[0263] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$ ，厚度为 800nm；

[0264] 二、沉积 N 型缓冲层步骤：采用溶液涂膜法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3；

[0265] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料，厚度为 500nm；

[0266] 三、沉积 P 型吸收层步骤：采用溶液涂膜法，在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4；

[0267] 所述 P 型吸收层材料为 Cu_3SbS_3 ，厚度为 $3\ \mu\text{m}$ ；

[0268] 四、沉积空穴传导层步骤：采用电阻加热蒸发法，在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5；

[0269] 所述空穴传导层材料为 MoO_3 ，厚度为 200nm；

[0270] 五、沉积背电极层步骤：采用丝网印刷法，在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6，从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池，所述背电极层 (6) 为 Al，厚度为 $1\ \mu\text{m}$ ，所述背电极层形状为连续平面。

[0271] 实施例 20，包括沉积透明电极层步骤、沉积 N 型缓冲层步骤、沉积 P 型吸收层步骤、沉积空穴传导层步骤、沉积背电极层步骤：

[0272] 一、沉积透明电极层步骤：采用磁控溅射法在衬底 1 表面沉积透明电极层 2；

[0273] 所述衬底为玻璃，厚度为 2cm；

[0274] 所述透明电极层为 $\text{SnO}_2 : \text{F}$ ，厚度为 800nm；

[0275] 二、沉积 N 型缓冲层步骤：采用溶液涂膜法在透明电极层 2 上沉积 N 型缓冲层 3；

[0276] 所述 N 型缓冲层为 TiO_2 材料，厚度为 500nm；

[0277] 三、沉积 P 型吸收层步骤：采用溶液涂膜法，在 N 型缓冲层 3 上沉积 P 型吸收层 4；

[0278] 所述 P 型吸收层材料为 Cu_3SbS_4 ，厚度为 $3\ \mu\text{m}$ ；

[0279] 四、沉积空穴传导层步骤：采用电阻加热蒸发法，在 P 型吸收层 4 上沉积空穴传导层 5；

[0280] 所述空穴传导层材料为 MoO_3 ，厚度为 200nm；

[0281] 五、沉积背电极层步骤：采用丝网印刷法，在 P 型吸收层 4 上沉积背电极层 6，从而制得 PN 结结构的化合物薄膜太阳能电池，所述背电极层 6 为 Ag，厚度为 $1\ \mu\text{m}$ ，所述背电极层形状为连续平面。

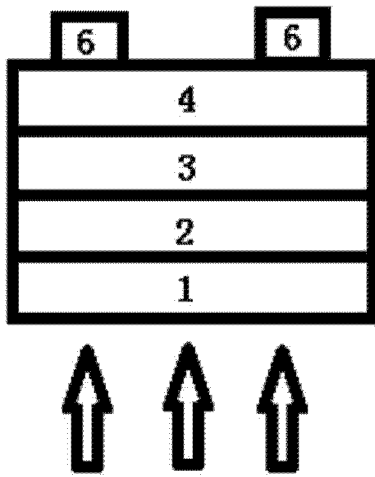


图 1

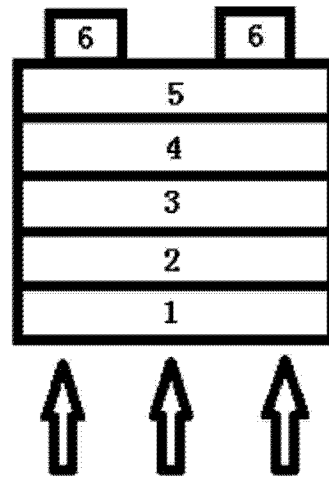


图 2

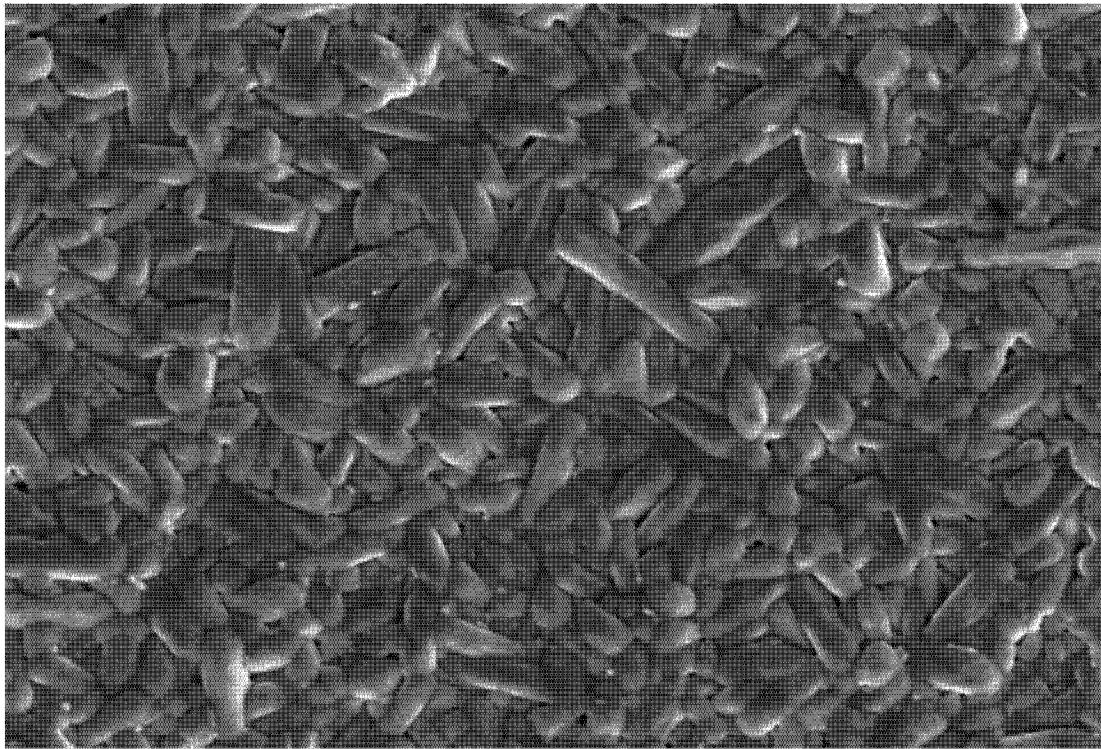


图 3

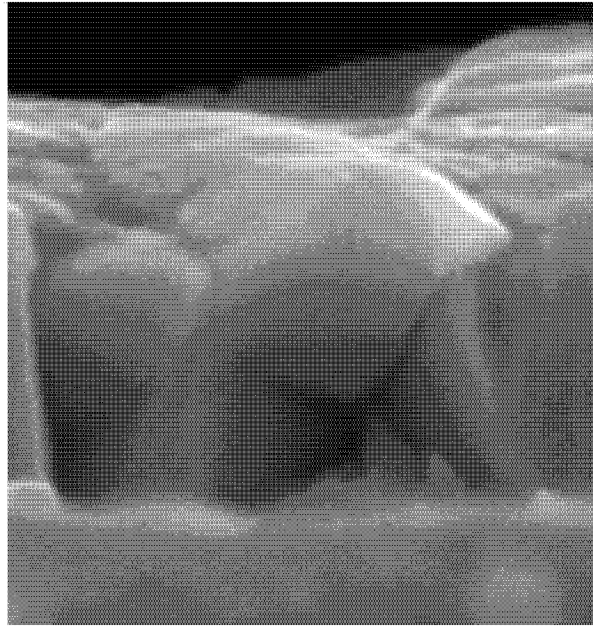


图 4

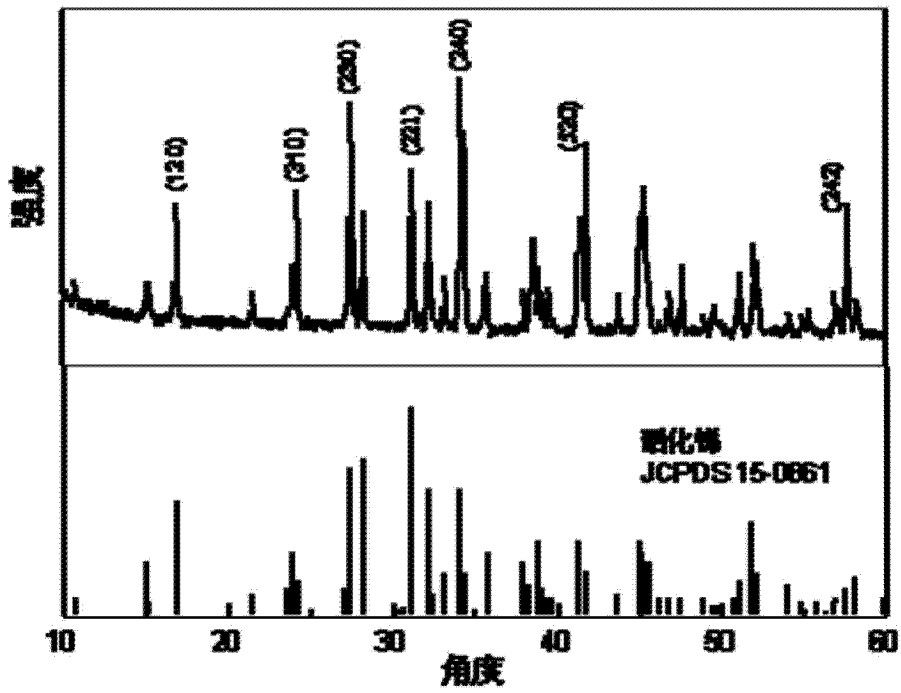


图 5

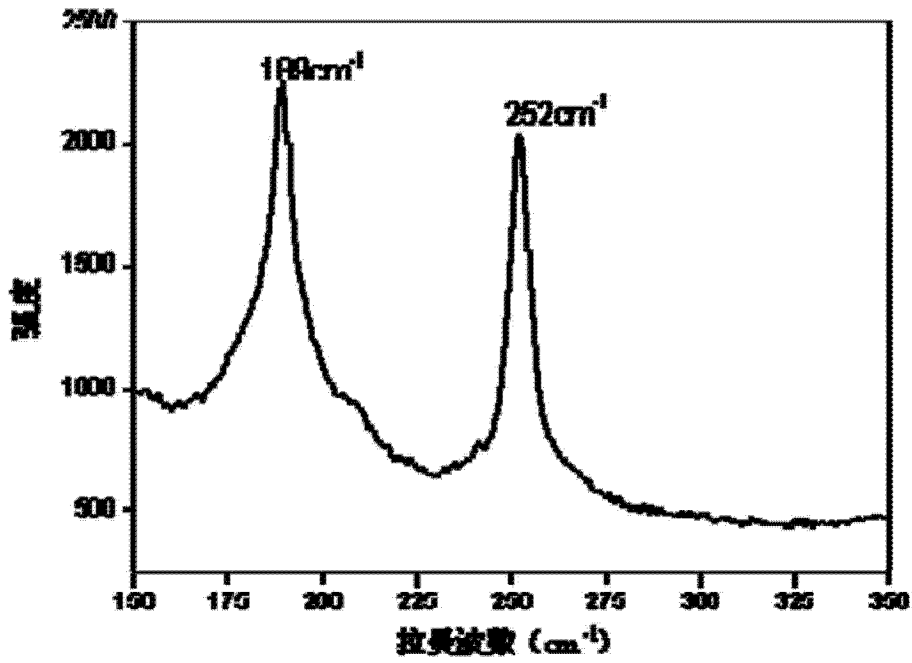


图 6

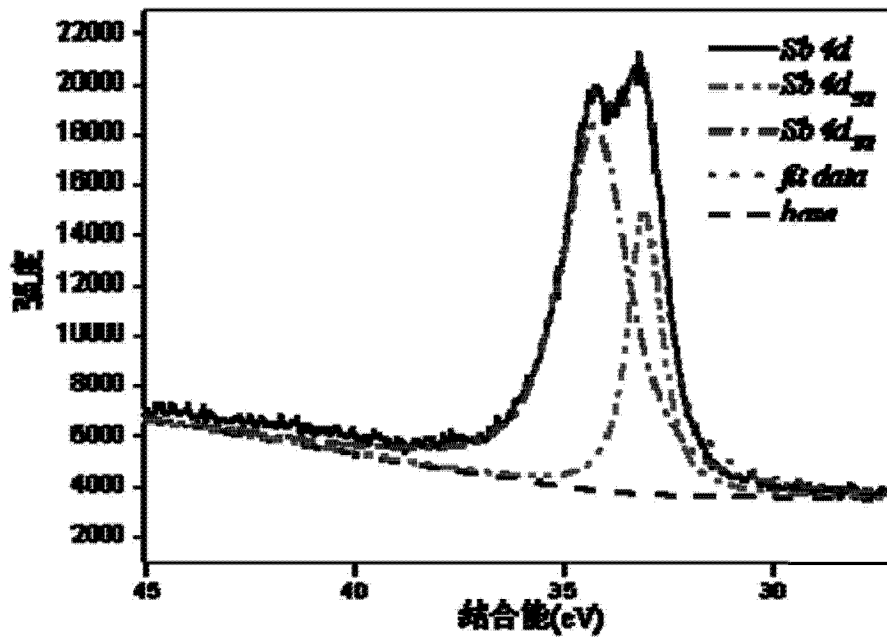


图 7

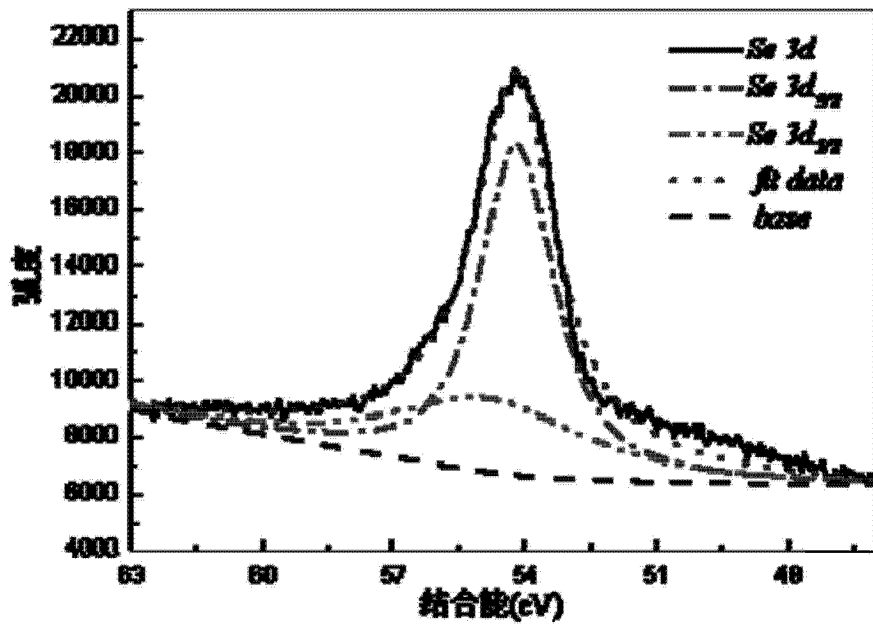


图 8

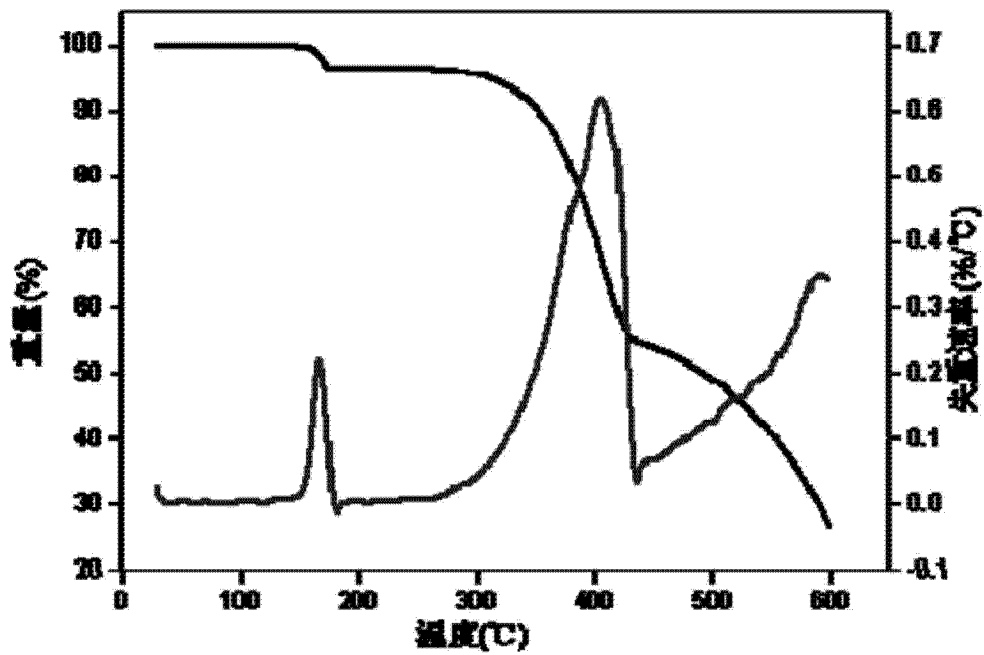


图 9

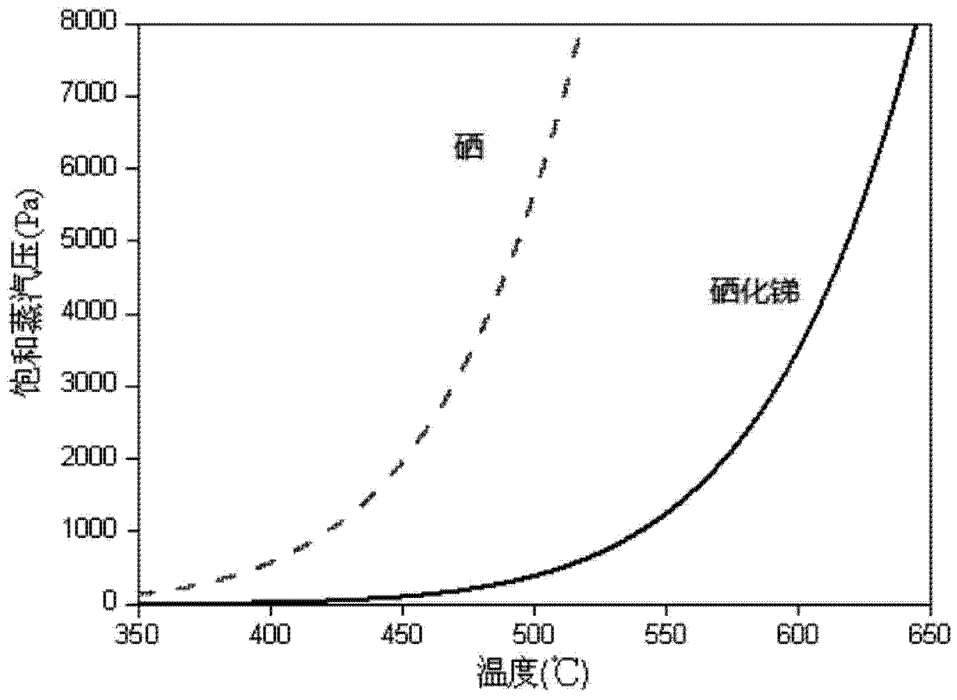


图 10

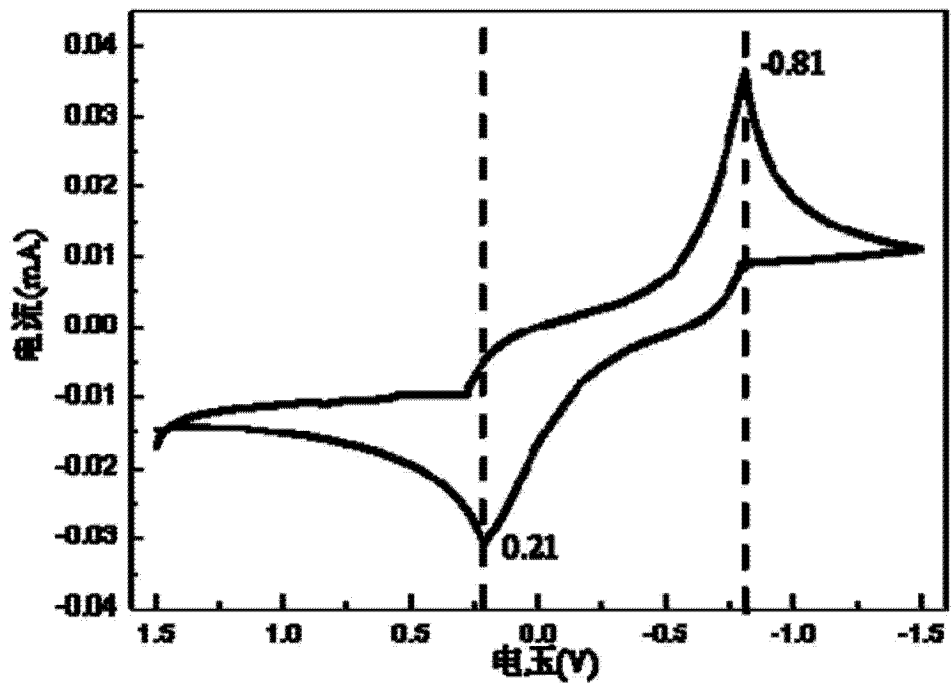


图 11

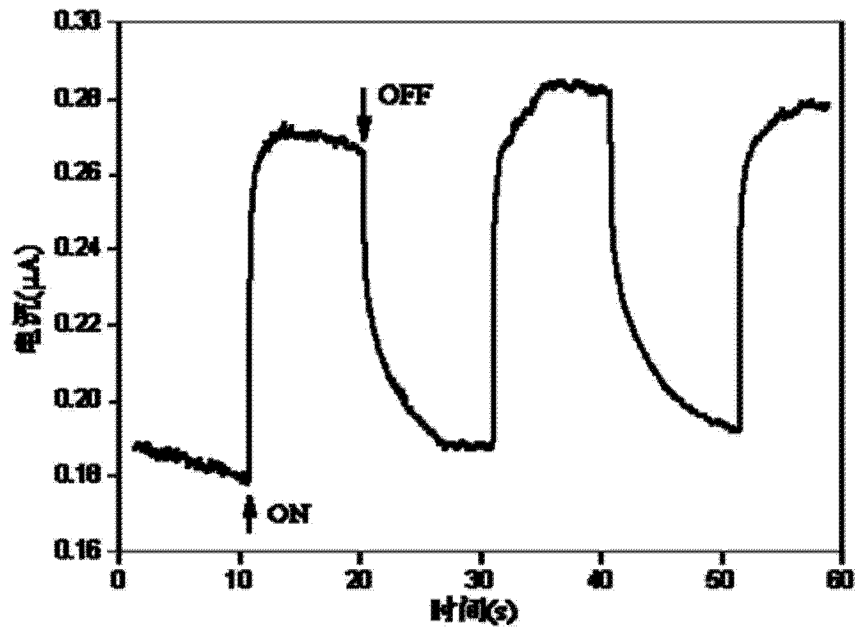


图 12

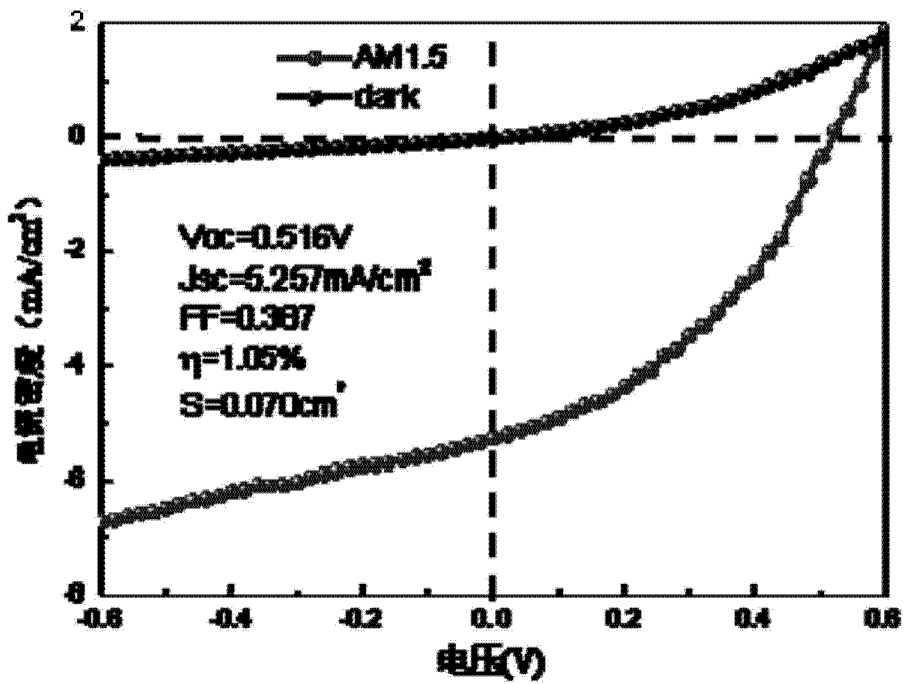


图 13

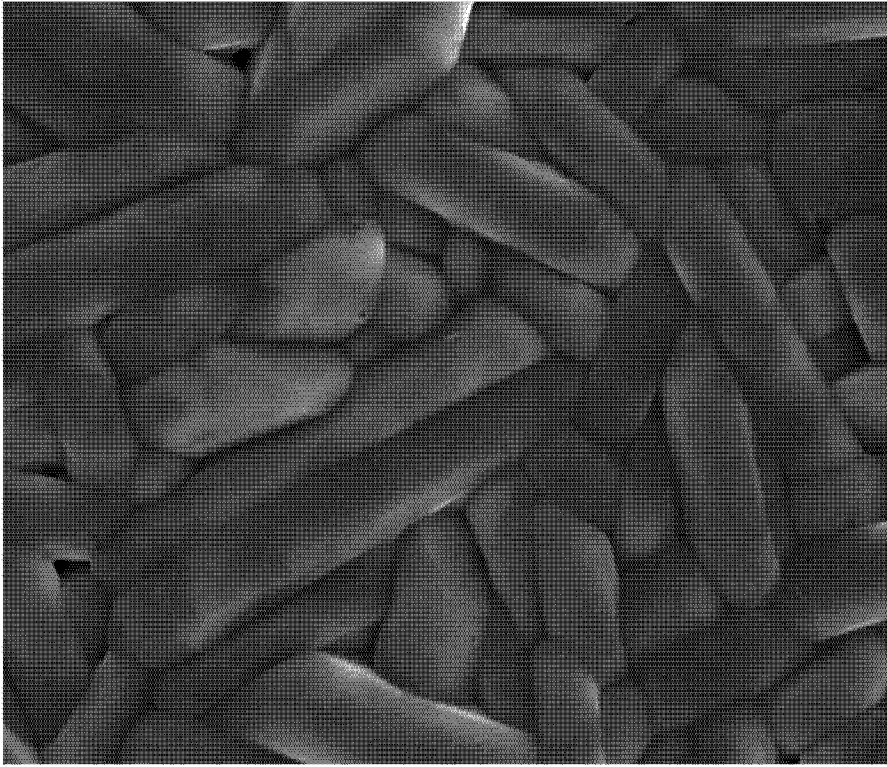


图 14

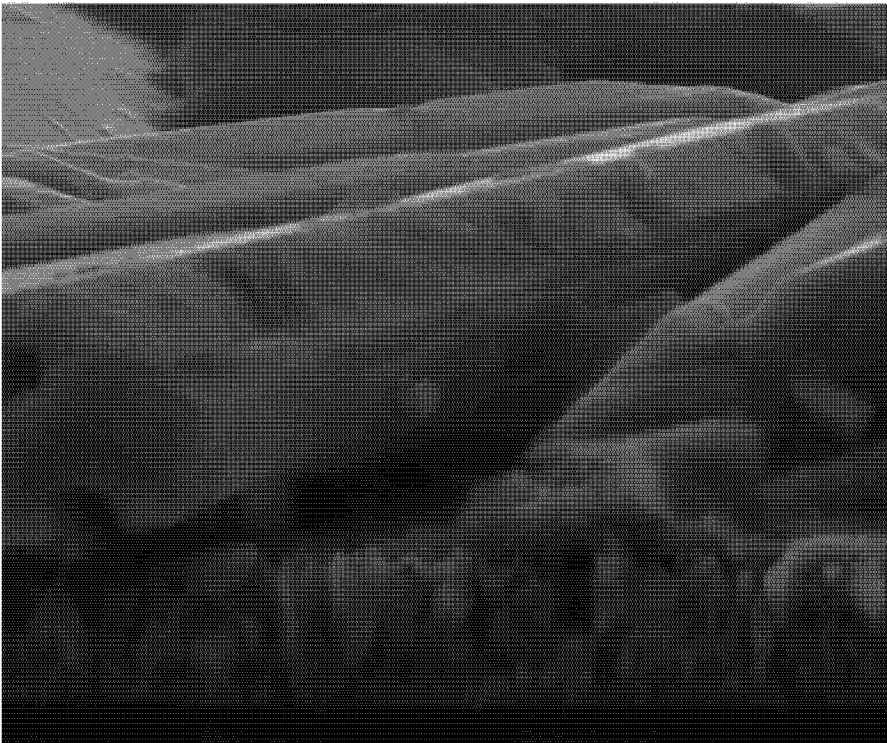


图 15

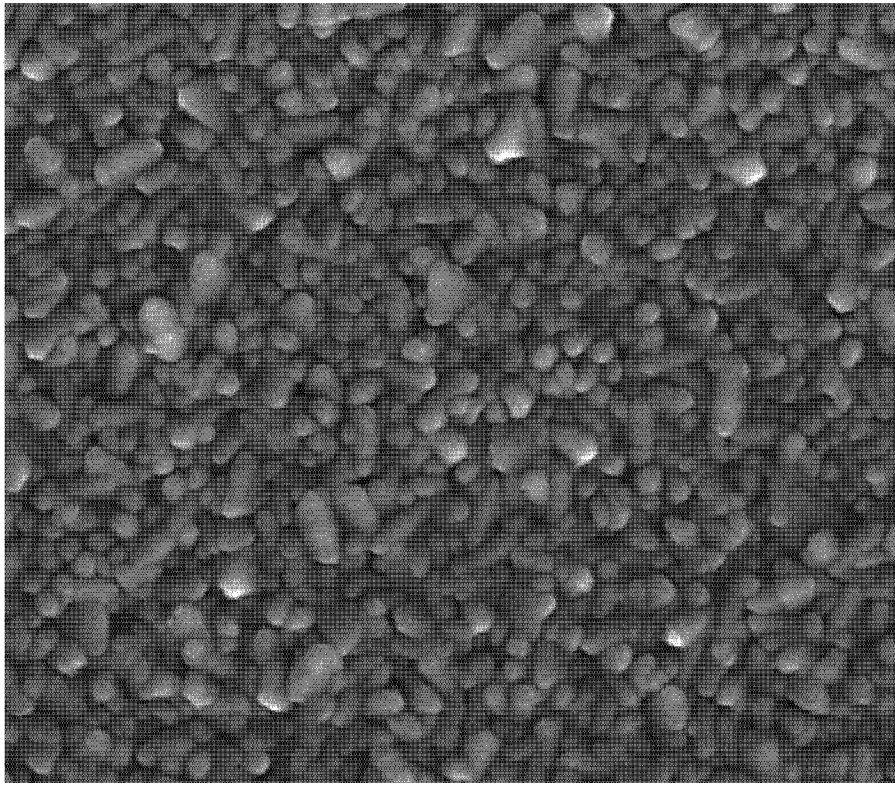


图 16

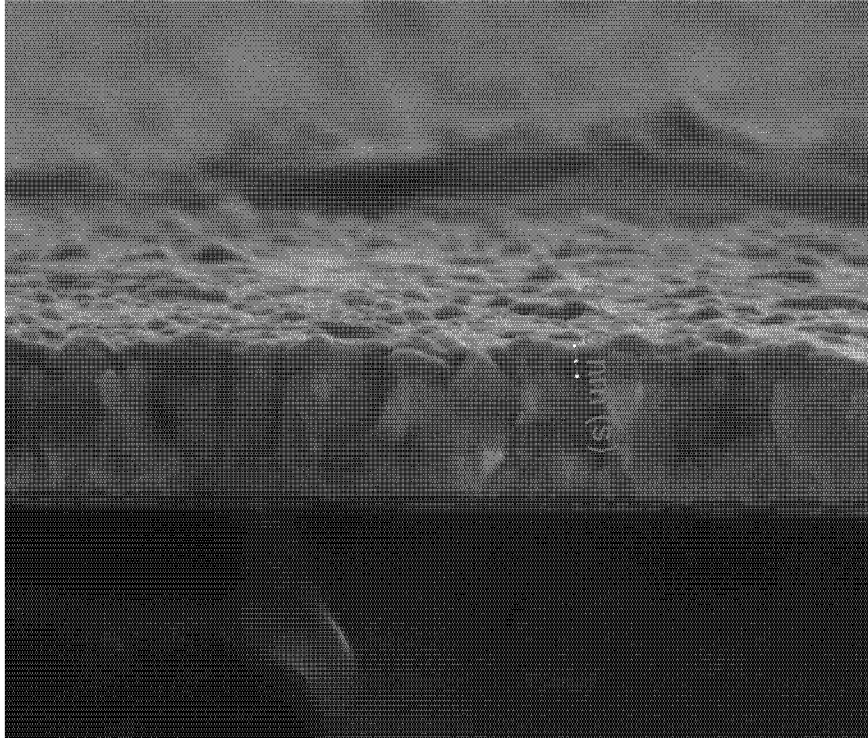


图 17

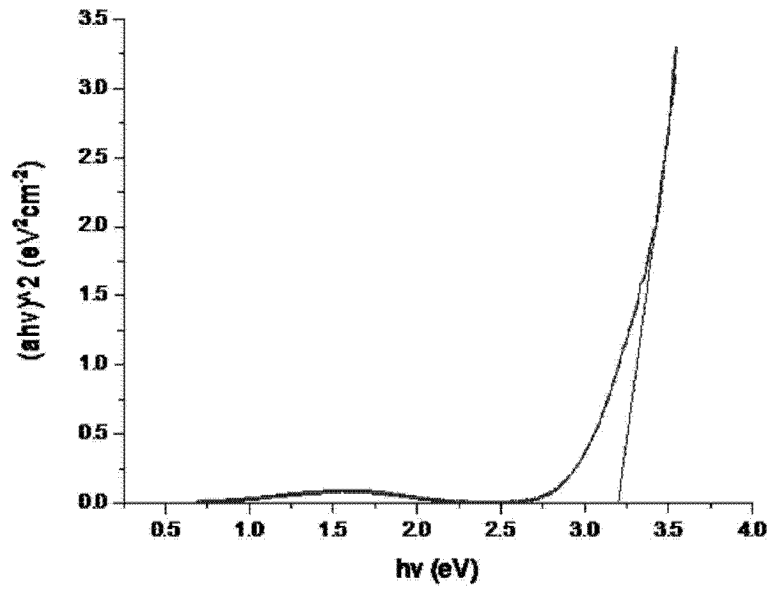


图 18

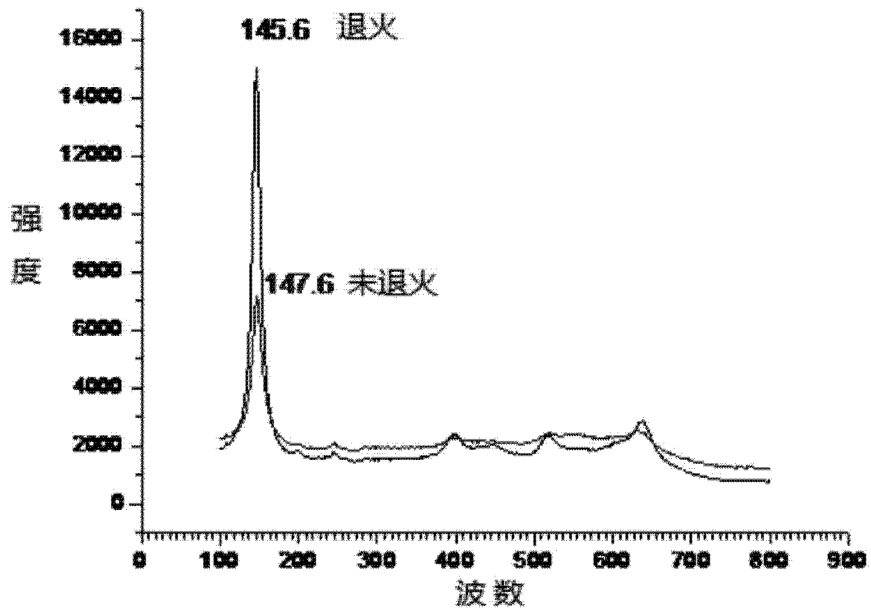


图 19

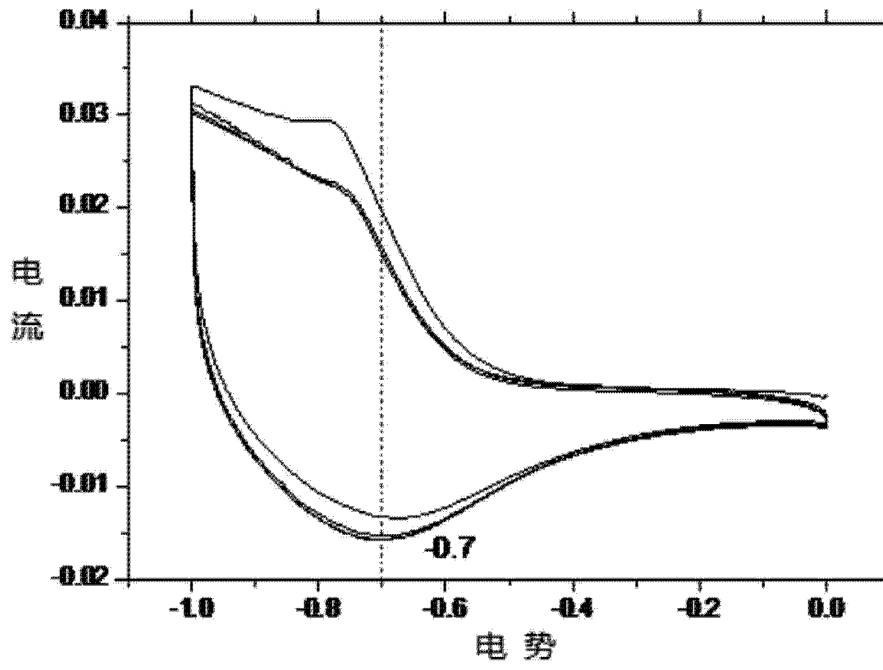


图 20

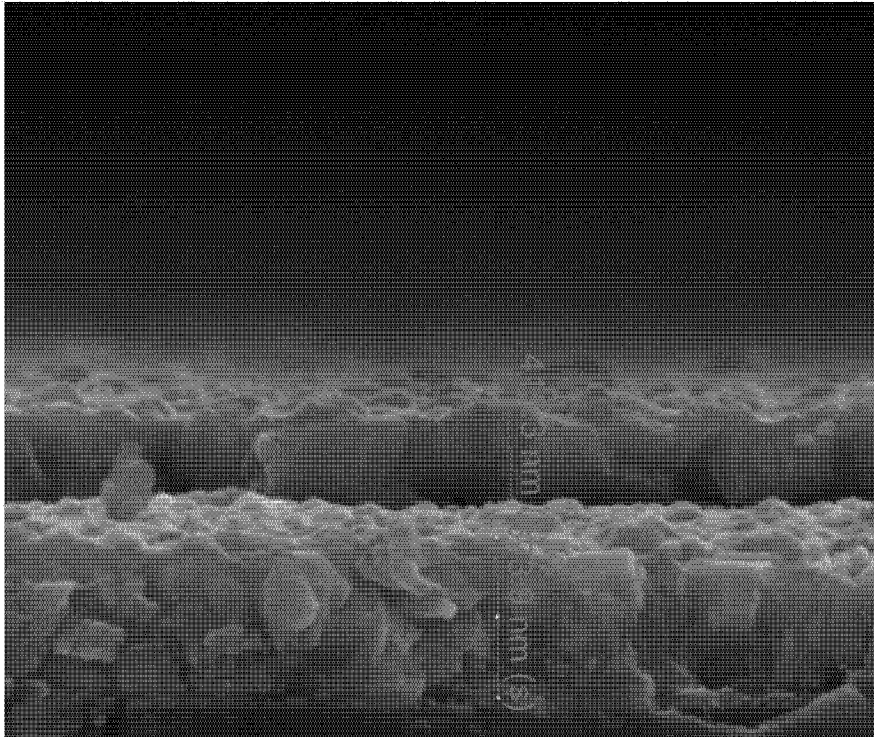


图 21

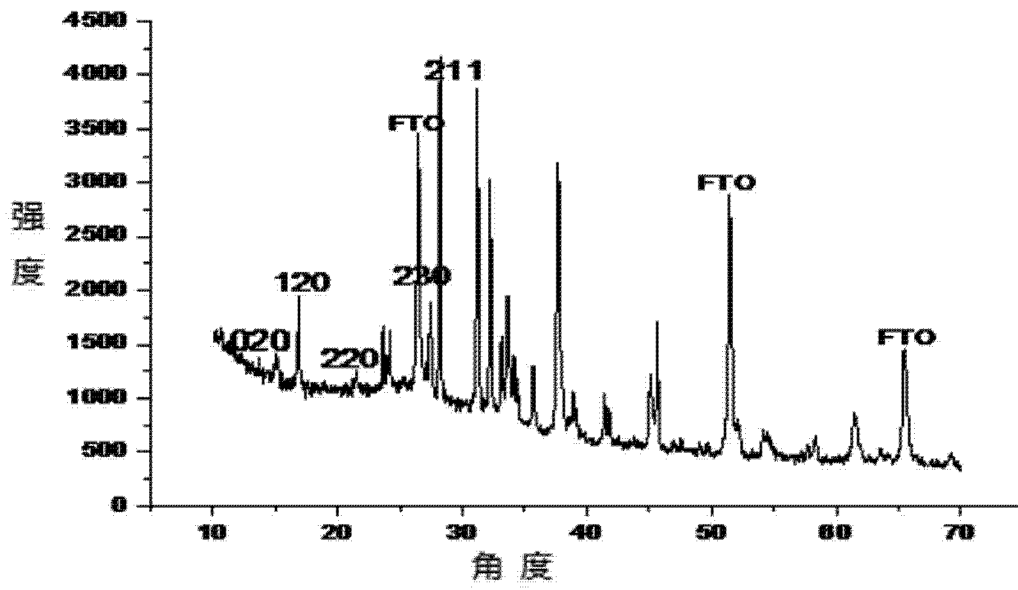


图 22

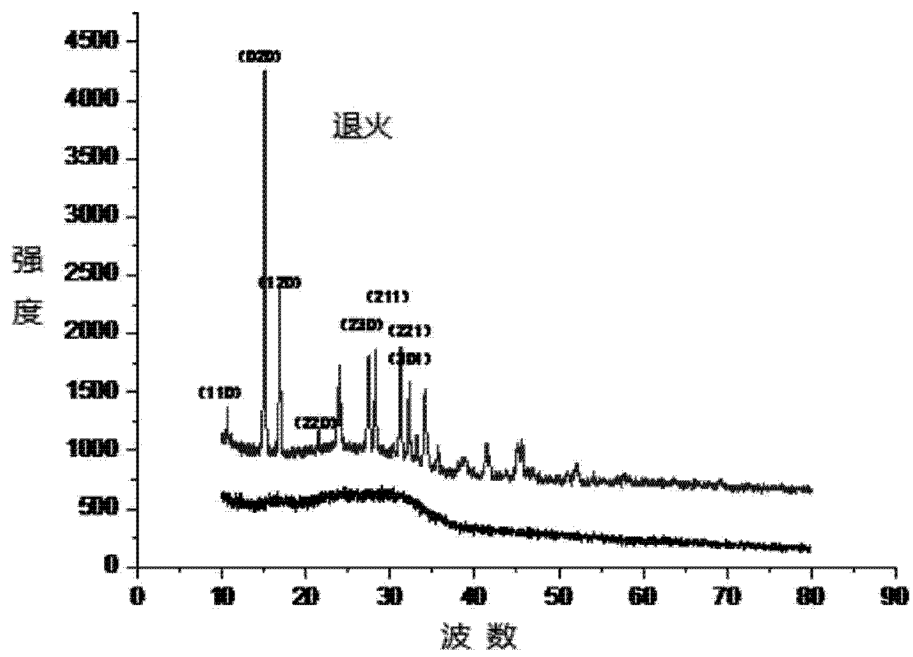


图 23

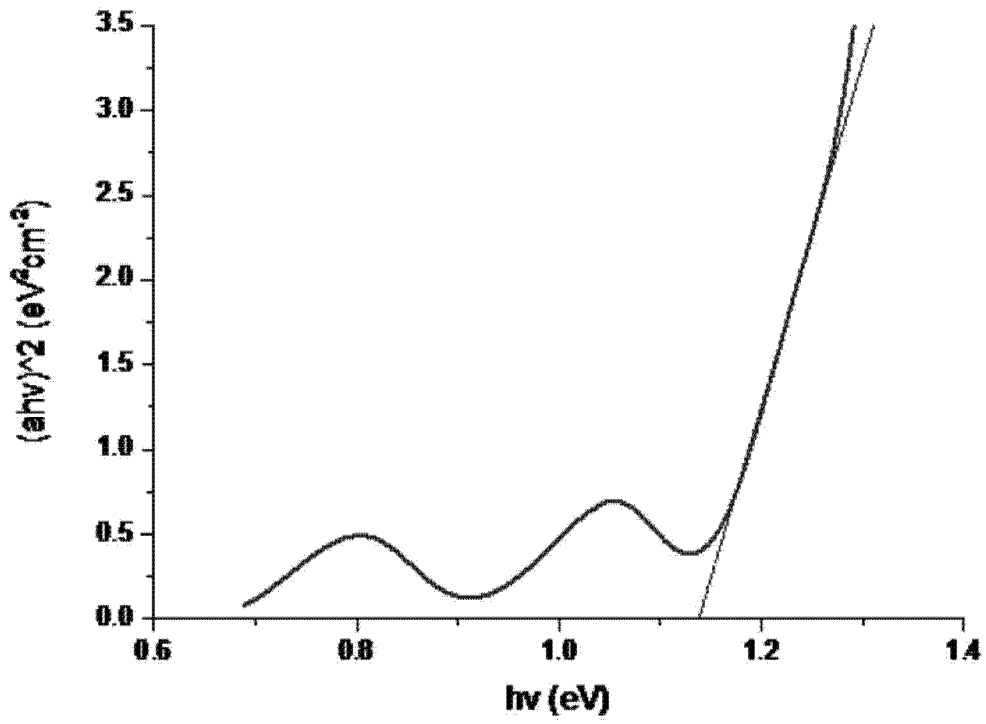


图 24

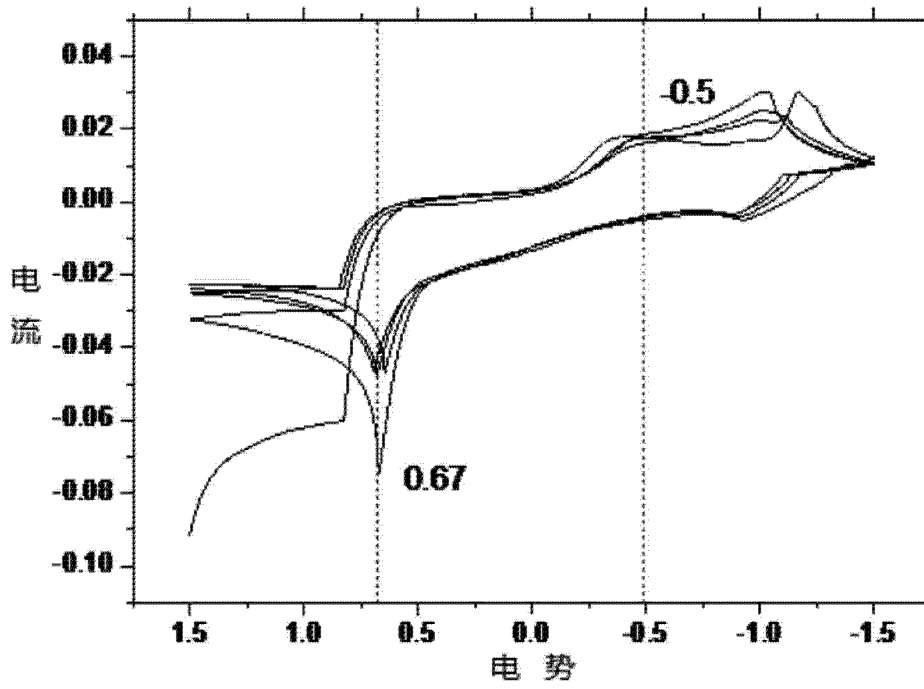


图 25

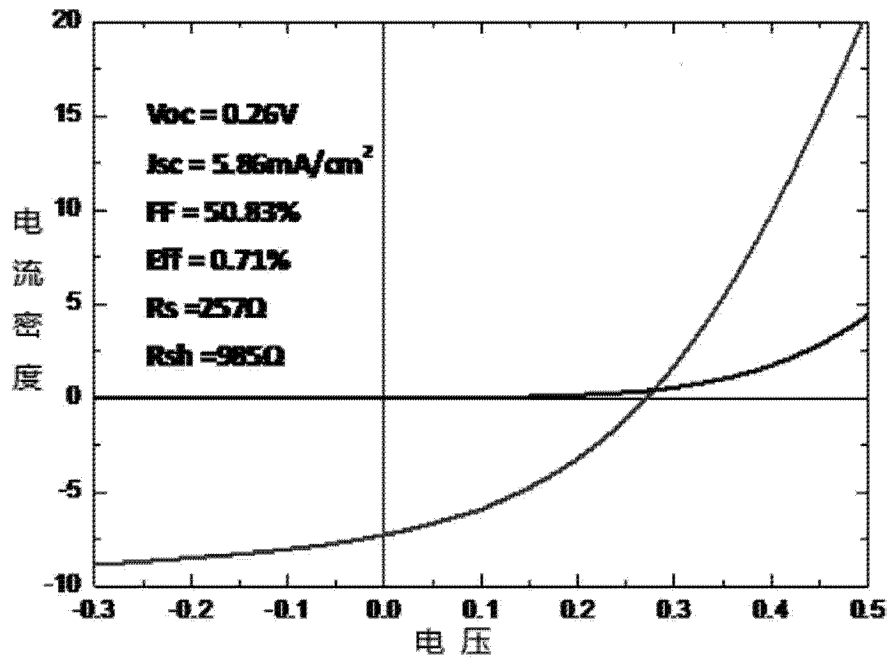


图 26

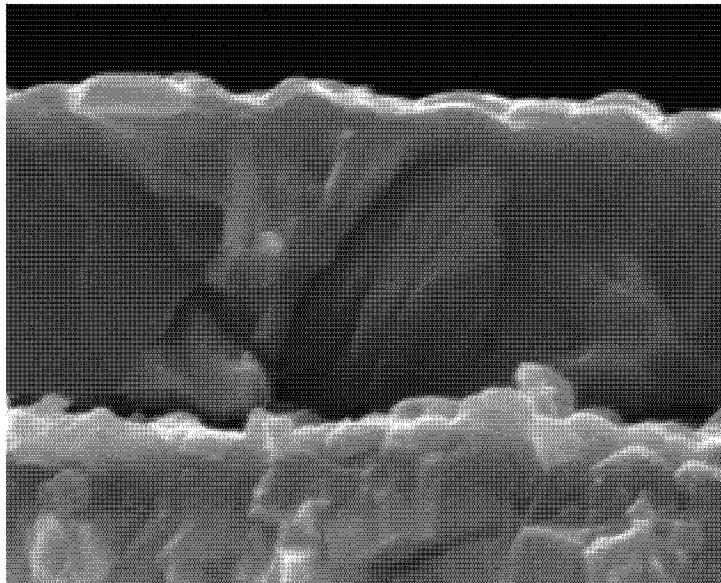


图 27

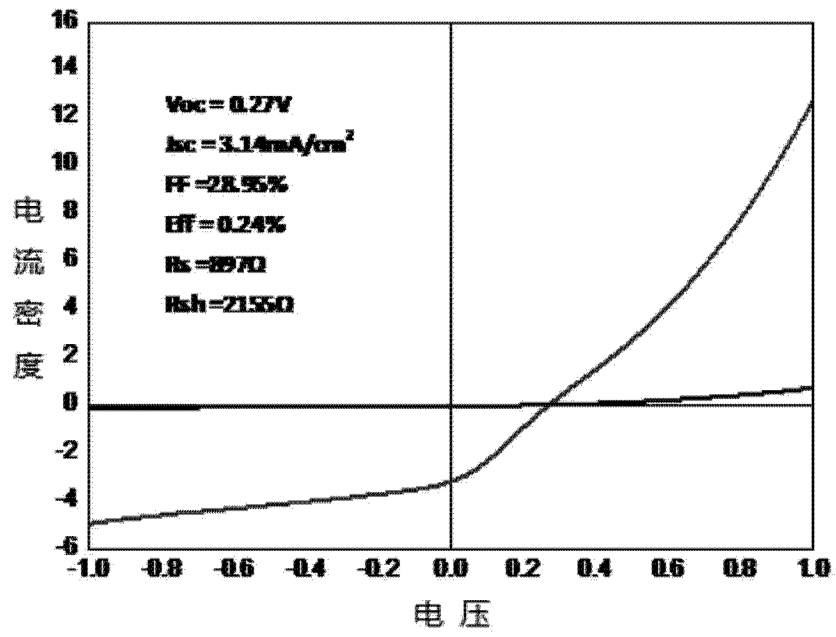


图 28