



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102201480 B

(45) 授权公告日 2013.04.24

(21) 申请号 201110123811.7

(22) 申请日 2011.05.13

(73) 专利权人 苏州阿特斯阳光电力科技有限公司

地址 215129 江苏省苏州市苏州高新区鹿山路 199 号

专利权人 阿特斯(中国)投资有限公司

(72) 发明人 吴坚 王栩生 章灵军

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务有限公司 32103

代理人 陶海锋 陆金星

(51) Int. Cl.

H01L 31/0747(2012.01)

H01L 31/0352(2006.01)

H01L 31/0328(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101621084 A, 2010.01.06, 权利要求 1-3, 6-9.

JP 昭 62-20380 A, 1987.01.28, 参见英文摘

要, 图 3.

KR 10-2010-0013689 A, 2010.02.10, 全文.

CN 101752449 A, 2010.06.23, 全文.

审查员 王丽

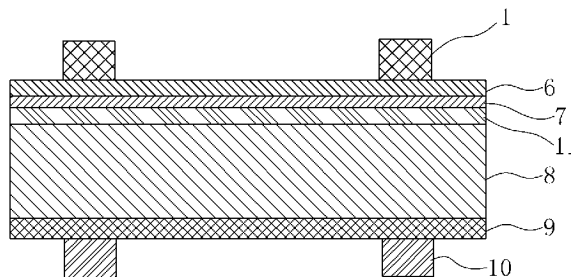
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池

(57) 摘要

本发明公开了一种基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池, 包括依次叠层结合的受光面电极、透明导电层、P 型碲化镉半导体薄膜、N 型晶体硅、N⁺背表面场和背金属电极, 形成 PNN⁺ 的异质结结构。本发明采用 P 型碲化镉半导体薄膜与 N 型晶体硅形成异质 PN 结, 得到的太阳电池具有更高的开路电压和填充因子, 其光电转化效率在 21% 左右。



1. 一种基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,其特征在于:包括依次叠层结合的受光面电极 (1)、透明导电层 (6)、P 型碲化镉半导体薄膜 (7)、N 型晶体硅 (8)、N⁺ 背表面场 (9) 和背金属电极 (10),形成 PNN⁺ 的异质结结构。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,其特征在于:所述受光面电极 (1) 为 Al、Ag、Au、Ni、Cu、Cu/Ni 叠层、Al/Ni 叠层或 Ti/Pd/Ag 叠层电极,其厚度为 100 nm~400 μm。

3. 根据权利要求 1 所述的基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,其特征在于:所述透明导电层 (6) 为 ITO、SnO₂:F (FTO)、CdSnO₄、CuGaO₂、CuInO₂、SrCu₂O₂、SnO₂、In₂O₃ 或掺杂的 ZnO 层,其厚度为 80~1000 nm。

4. 根据权利要求 1 所述的基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,其特征在于:所述 P 型碲化镉半导体薄膜的厚度为 5 nm~10 μm。

5. 根据权利要求 1 所述的基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,其特征在于:所述 N⁺ 背表面场 (9) 的厚度为 0.1~10 μm,并采用重磷掺杂,掺杂浓度为 $1 \times 10^{18} \sim 9 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 。

6. 根据权利要求 1 所述的基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,其特征在于:所述背金属电极 (10) 为 Al、Ag、Au、Ni、Cu/Ni 叠层、Al/Ni 叠层或 Ti/Pd/Ag 叠层电极,其厚度为 100 nm~400 μm。

7. 根据权利要求 1 所述的基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,其特征在于:所述 N 型晶体硅 (8) 为太阳能级单晶或多晶硅、精炼冶金级单晶或多晶硅,其厚度为 100~350 μm,掺杂浓度为 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 。

8. 根据权利要求 1 所述的基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,其特征在于:在所述 P 型碲化镉半导体薄膜和 N 型晶体硅之间还设有一层本征硅薄膜层 (11),形成 PINN⁺ 的异质结结构,所述本征硅薄膜层的厚度为 3~50 nm。

基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳能电池

技术领域

[0001] 本发明涉及一种太阳能电池,具体涉及一种基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳能电池,属于晶体硅太阳能电池制造领域。

背景技术

[0002] 当今世界,常规能源的持续使用带来了能源紧缺以及环境恶化等一系列经济和社会问题,解决上述问题的最好途径是大力发展和推广可再生能源。在可再生能源中,太阳能发电由于地域性限制小、应用范围广、基本无污染、可持续利用率高等优点,成为世界各国竞相发展的目标。目前,太阳能发电在可再生能源中所占比重还很小,主要原因是使用成本过高。因此,开发高效率、低成本的太阳能电池,使其成本接近甚至低于常规能源成本,将有着举足轻重而又意义深远的作用。

[0003] 目前,现有的各类太阳能电池中,晶体硅太阳能电池占了 90% 的市场份额,其中单晶硅电池的转化效率超过了 18%,多晶硅电池转化效率也接近 17%。尽管在实验室中小面积的晶体硅电池的最高转化效率接近 25%,但由于其工艺与结构过于复杂,不利于规模化生产及应用。因此,在成本不太高,工艺不太复杂的前提下,各国都在从新的器件结构努力,开发效率更高的晶体硅类太阳能电池及其产业化技术。其中,基于晶体硅的异质结太阳能电池是一个热点的方向。如日本 Sanyo 株式会社开发了一种 HIT 结构的太阳能电池,参见附图 1 所示,包括依次叠层结合的受光面电极 1、P 型非晶硅层 2、本征非晶硅层 3、N 型硅衬底 4 和背电极 5。其实验室转化效率已经突破 22%,产业化的电池片的转化效率也已经达到 19%。该类电池具有如下几大优点:(1) 由于非晶硅的带隙在 1.7eV 以上,与晶体硅的 1.12eV 相比更高,从而形成更强的内建电场,大幅度地提高开路电压;(2) 采用低温(200℃以内)沉积方式形成 PIN 结,避免了常规硅电池工艺的高温扩散(约 900℃)工艺,既减少了生产能耗,又避免了高温产生的形变及热损伤,减少了碎片率;(3) 在沉积非晶硅层形成 PIN 结的同时,带来了很好的表面钝化作用。

[0004] 然而,上述 HIT 结构的太阳能电池存在如下问题:(1) 由于非晶硅材料有很多的界面态和缺陷,载流子迁移率比较低,影响了光生电流的收集;(2) 非晶硅材料本身有光致衰退作用;(3) 非晶硅材料和晶体硅材料的光吸收系数都不是很高,而要提高长波响应,就要求硅片的厚度不能太薄,从而限制了电池向薄型化方向发展的潜力。

[0005] 除了上述 HIT 异质结太阳能电池外,中国发明专利 CN101621084B 公开了一种基于 N 型硅片的黄铜矿类半导体薄膜异质结太阳能电池,虽然其具有良好的光电转化效率,但由于黄铜矿半导体是四元化合物,其制造工艺比较复杂,并且其包含稀有贵重金属,如银、铟、镓等,因此制造成本也较高。

发明内容

[0006] 本发明目的是提供一种基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳能电池,以降低制造成本,提高转换效率。

[0007] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:一种基于N型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳能电池,包括依次叠层结合的受光面电极、透明导电层、P型碲化镉半导体薄膜、N型晶体硅、N⁺背表面场和背金属电极,形成PNN⁺的异质结结构。

[0008] 上文中,所述P型碲化镉半导体薄膜与N型晶体硅形成异质PN结,有如下优点:(1) 由于有高的光吸收系数,P型层可以比较薄,N型晶体硅的厚度也可以进一步减薄;(2) 由于有高的光吸收系数,再加上透明导电层兼有减反射作用,P型层无需做类似绒面的陷光结构;(3) 由于P型碲化镉半导体薄膜本身载流子迁移率比较高,再加上可以做成很高结晶质量,因而可以更好地收集光生电流;(4) 由于P型碲化镉半导体薄膜和N型硅的光致衰退都很弱,因而该类异质结电池可以实现低衰退;(5) 碲化镉薄膜制造工艺成熟、成本低廉,适合于大规模产业化生产。

[0009] 上述技术方案中,所述受光面电极为Al、Ag、Au、Ni、Cu、Cu/Ni叠层、Al/Ni叠层或Ti/Pd/Ag叠层电极,其厚度为100 nm~400 μm。该受光面电极主要起到收集电流的作用。

[0010] 上述技术方案中,所述透明导电层为ITO、SnO₂:F (FTO)、CdSnO₄、CuGaO₂、CuInO₂、SrCu₂O₂、SnO₂、In₂O₃或掺杂的ZnO层,其厚度为80~1000 nm。优选的厚度为100~500 nm。所述掺杂的ZnO层为掺B、Al、Ga或In等的ZnO层。该透明导电层具有较高的透光性和电导率,除了起到收集电流的作用外,还可通过优化厚度起到良好的减弱表面反射的作用。

[0011] 上述技术方案中,所述P型碲化镉半导体薄膜的厚度为5 nm~10 μm。优选的厚度为100~2000nm。

[0012] 所述P型碲化镉半导体薄膜具有如下特点:

[0013] (1) 是直接带隙半导体,其光吸收系数在可见与紫外光区都在10⁵/cm,平均比晶体硅高2个数量级;

[0014] (2) 价格低廉,制造工艺及制造设备成熟,易于大规模推广;

[0015] (3) 没有光致衰退效应,且有很好的抗辐射性能,适合于太空应用。

[0016] 上述技术方案中,所述N⁺背表面场的厚度为0.1~10 μm,并采用重磷掺杂,掺杂浓度为1×10¹⁸~9×10²¹/cm³。优选的厚度为0.1~2 μm。N⁺背表面场的作用是形成高低结,进一步提升开路电压,同时还可起到背表面钝化的作用。

[0017] 上述技术方案中,所述背金属电极为Al、Ag、Au、Ni、Cu/Ni叠层、Al/Ni叠层或Ti/Pd/Ag叠层电极,其厚度为100 nm~400 μm。优选的厚度为20~200 μm。背金属电极采用背部全覆盖,其作用是收集背电流,同时增加长波反射,提高N型硅片对长波的吸收。

[0018] 上述技术方案中,所述N型晶体硅为太阳能级(SOG)单晶或多晶硅、精炼冶金级(UMG)单晶或多晶硅,其厚度为100~350 μm,掺杂浓度为1×10¹⁵~5×10¹⁷/cm³。

[0019] 上述技术方案中,在所述P型碲化镉半导体薄膜和N型晶体硅之间还设有一层本征硅薄膜层,形成PINN⁺的异质结结构,所述本征硅薄膜层的厚度为3~50 nm。优选的,所述本征硅薄膜层的厚度为5~15 nm。该本征硅薄膜层的作用是减少界面缺陷态,增加表面钝化效应;特别是对于金属含量较高或缺陷态密度较多的低级别N型硅片(如精炼冶金级硅片)。

[0020] 由于上述技术方案运用,本发明与现有技术相比具有下列优点:

[0021] 1. 本发明采用P型碲化镉半导体薄膜与N型晶体硅形成异质PN结,得到的太阳能电池具有更高的开路电压和填充因子,其光电转化效率在21%左右。

[0022] 2. 本发明采用的 P 型碲化镉半导体薄膜价格低廉,其制造工艺及制造设备成熟,易于大规模推广,因此本发明的太阳电池的制造成本较低,适于大规模产业化生产。

附图说明

[0023] 附图 1 是背景技术中太阳能电池的结构示意图;

[0024] 附图 2 是本发明实施例一的结构示意图;

[0025] 附图 3 是本发明实施例一的 J-V 曲线图;

[0026] 附图 4 是本发明实施例二的 J-V 曲线图;

[0027] 附图 5 是本发明实施例三的结构示意图;

[0028] 附图 6 是本发明实施例三的 J-V 曲线图;

[0029] 其中:1、受光面电极;2、P 型非晶硅层;3、本征非晶硅层;4、N 型硅衬底;5、背电极;6、透明导电层;7、P 型碲化镉半导体薄膜;8、N 型晶体硅;9、N⁺ 背表面场;10、背金属电极;11、本征硅薄膜层。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步描述:

[0031] 实施例一

[0032] 参见附图 2~3 所示,一种基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,包括依次叠层结合的受光面电极 1、透明导电层 6、P 型碲化镉半导体薄膜 7、N 型晶体硅 8、N⁺ 背表面场 9 和背金属电极 10,形成 PNN⁺ 的异质结结构。

[0033] 上文中,所述受光面电极为 Ag 电极,其厚度为 20 μm;该受光面电极主要起到收集电流的作用。所述透明导电层为 ITO 层,其厚度为 200nm;该透明导电层具有较高的透光性和电导率,除了起到收集电流的作用外,还可通过优化厚度起到良好的减弱表面反射的作用。

[0034] 上述技术方案中,所述 P 型碲化镉半导体薄膜为 P 型,带隙为 1.45eV,厚度为 2 μm。

[0035] 所述 N⁺ 背表面场的厚度为 0.2 μm,并采用重磷掺杂,掺杂浓度为 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$;N⁺ 背表面场的作用是形成高低结,进一步提升开路电压,同时还可起到背表面钝化的作用。

[0036] 所述背金属电极为 Ag 电极,其厚度为 20 μm。

[0037] 上述技术方案中,所述 N 型晶体硅为太阳能级 (SOG) 单晶硅,其厚度为 200 μm,掺杂浓度 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。

[0038] 所述 P 型碲化镉半导体薄膜与 N 型晶体硅形成异质 PN 结,有如下优点:(1) 由于有高的光吸收系数,P 型层可以比较薄,N 型晶体硅的厚度也可以进一步减薄;(2) 由于有高的光吸收系数,再加上透明导电层兼有减反射作用,P 型层无需做类似绒面的陷光结构;(3) 由于 P 型碲化镉半导体薄膜本身载流子迁移率比较高,再加上可以做成很高结晶质量,因而可以更好地收集光生电流;(4) 由于 P 型碲化镉半导体薄膜和 N 型硅的光致衰退都很弱,因而该类异质结电池可以实现低衰退。

[0039] 经过 AMPS-1D 计算拟合,本实施例的太阳电池的电流密度为 26.73mA/cm²,开路电压为 0.96V,填充因子为 84.4%,得到的理论转化效率达到 21.63%。详见图 3。

[0040] 实施例二

[0041] 一种基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,包括依次叠层结合的受光面电极、透明导电层、P 型碲化镉半导体薄膜、N 型晶体硅、 N^+ 背表面场和背金属电极,形成 PNN^+ 的异质结结构。

[0042] 上述技术方案中,所述受光面电极为 Ag 电极,其厚度为 $20\ \mu\text{m}$;所述透明导电层为 ITO 层,其厚度为 200nm ;所述 P 型碲化镉半导体薄膜为 P 型,带隙为 1.45eV ,厚度为 $5\ \mu\text{m}$;所述 N^+ 背表面场的厚度为 $0.2\ \mu\text{m}$,并采用重磷掺杂,掺杂浓度为 $2\times 10^{20}/\text{cm}^3$;所述背金属电极为 Ag 电极,其厚度为 $100\ \mu\text{m}$ 。所述 N 型晶体硅为精炼冶金级 (UMG) 硅片,其厚度为 $200\ \mu\text{m}$ 。掺杂浓度 $5\times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。

[0043] 经过 AMPS-1D 计算拟合,本实施例的太阳电池的电流密度为 $25.91\text{mA}/\text{cm}^2$,开路电压为 0.947V ,填充因子为 82.9% ,得到的理论转化效率达到 20.34% 。详见图 4。

[0044] 实施例三

[0045] 参见附图 5~6 所示,一种基于 N 型硅片的碲化镉半导体薄膜异质结太阳电池,包括依次叠层结合的受光面电极 1、透明导电层 6、P 型碲化镉半导体薄膜 7、N 型晶体硅 8、 N^+ 背表面场 9 和背金属电极 10,在所述 P 型碲化镉半导体薄膜和 N 型晶体硅之间还设有一层本征硅薄膜层 11,形成 $PINN^+$ 的异质结结构,所述本征硅薄膜层的厚度为 5nm 。

[0046] 上文中,所述受光面电极为 Ag 电极,其厚度为 $20\ \mu\text{m}$;该受光面电极主要起到收集电流的作用。所述透明导电层为 FTO 层,其厚度为 200nm ;该透明导电层具有较高的透光性和电导率,除了起到收集电流的作用外,还可通过优化厚度起到良好的减弱表面反射的作用。

[0047] 上述技术方案中,所述 P 型碲化镉半导体薄膜为带隙 1.5eV ,厚度为 $4\ \mu\text{m}$ 。

[0048] 所述 N^+ 背表面场的厚度为 $0.2\ \mu\text{m}$,并采用重磷掺杂,掺杂浓度为 $2\times 10^{19}/\text{cm}^3$; N^+ 背表面场的作用是形成高低结,进一步提升开路电压,同时还可起到背表面钝化的作用。

[0049] 所述背金属电极为 Ag 电极,其厚度为 $30\ \mu\text{m}$ 。

[0050] 上述技术方案中,所述 N 型晶体硅为太阳能级 (SOG) 多晶硅,其厚度为 $200\ \mu\text{m}$ 。掺杂浓度 $5\times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。

[0051] 经过 AMPS-1D 计算拟合,本实施例的太阳电池的电流密度为 $25.03\text{mA}/\text{cm}^2$,开路电压为 0.985V ,填充因子为 84.0% ,得到的理论转化效率达到 20.70% 。详见图 6。

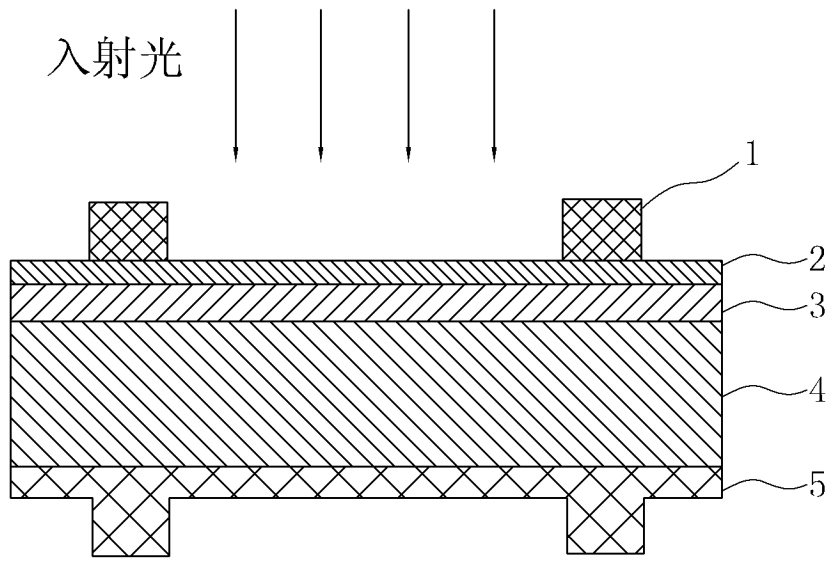


图 1

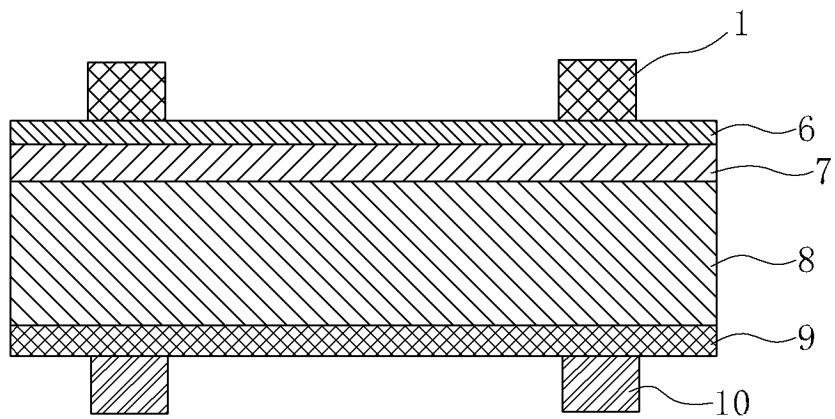


图 2

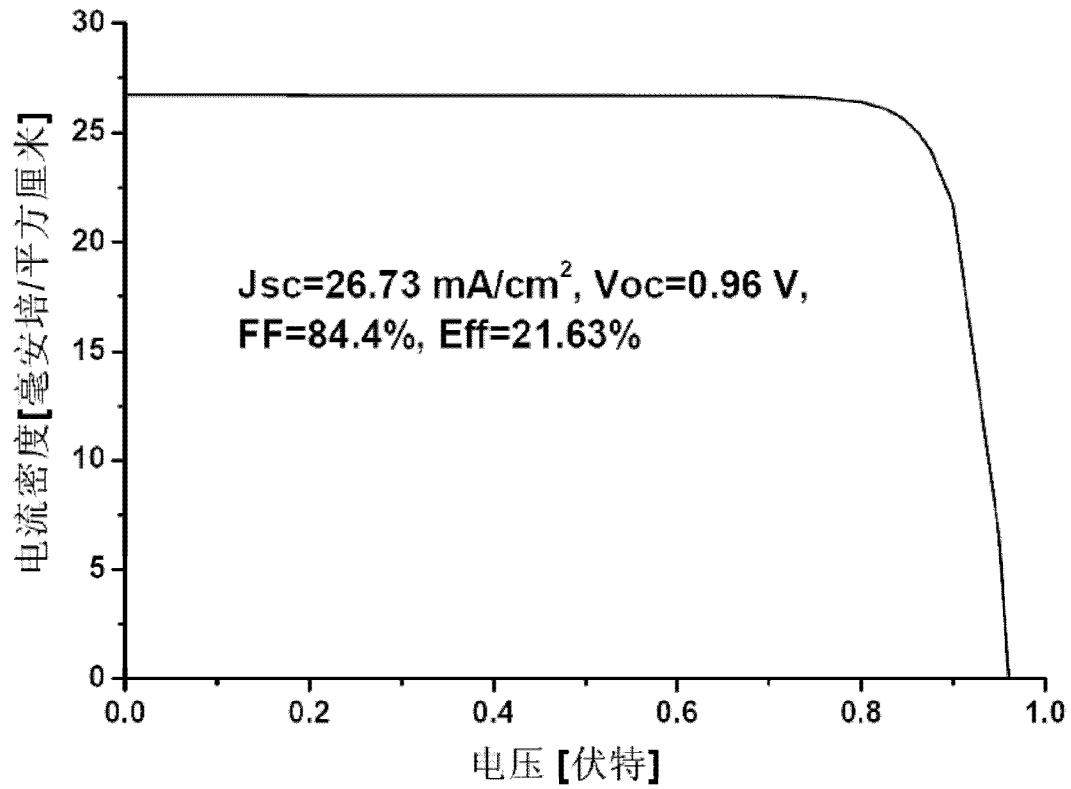


图 3

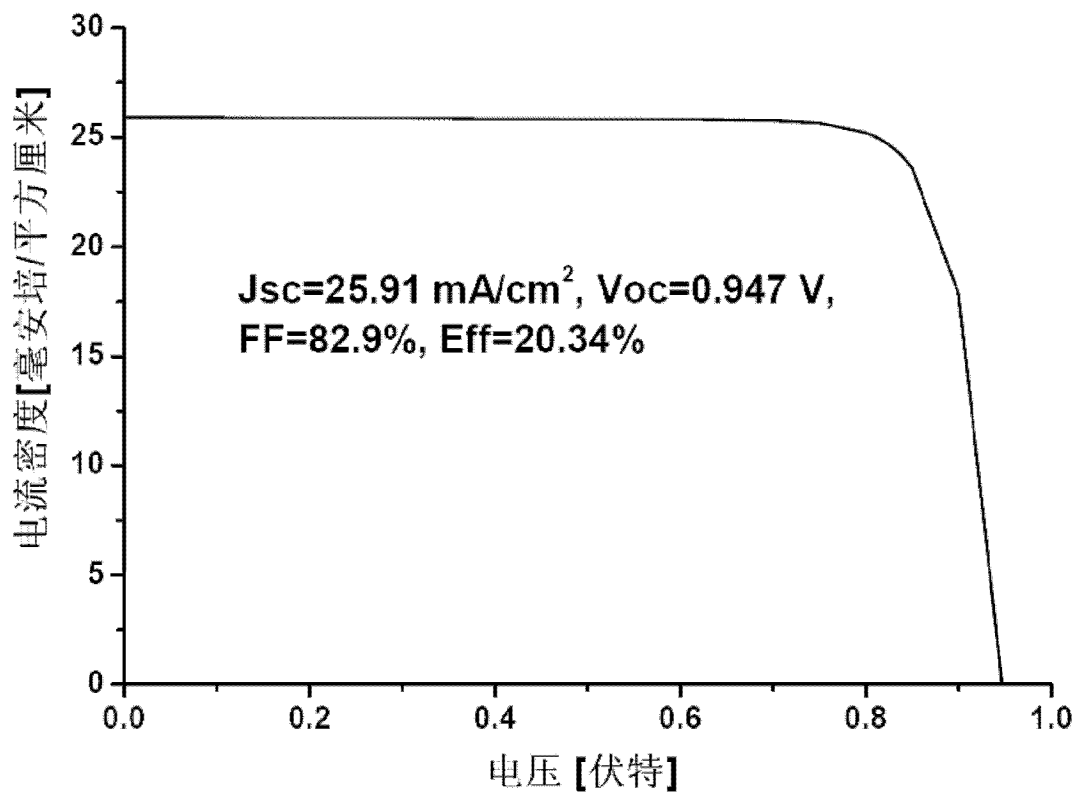


图 4

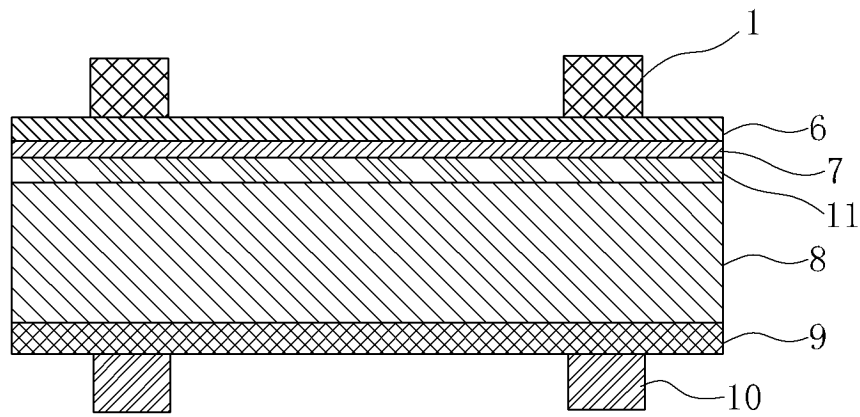


图 5

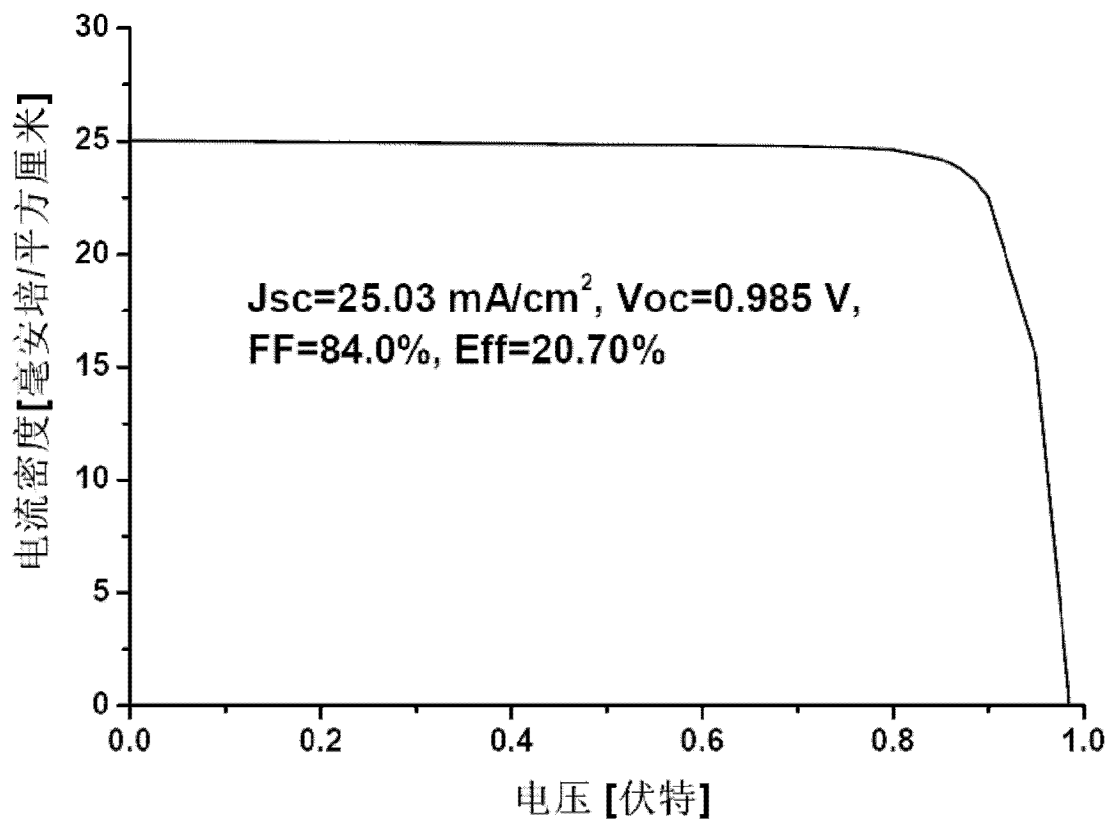


图 6