

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101807670 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 29

(21) 申请号 201010112184. 2

CN 101411001 A, 2009. 04. 15, 全文.

(22) 申请日 2010. 02. 09

审查员 吴海涛

(73) 专利权人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌珞珈山

(72) 发明人 方国家 郑巧 秦平力 孙南海

樊细 程飞 白卫斌

(74) 专利代理机构 武汉天力专利事务所 42208

代理人 程祥 冯卫平

(51) Int. Cl.

H01L 51/42(2006. 01)

H01L 51/48(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2009-269830 A, 2009. 11. 19, 全文.

US 2009/0267060 A1, 2009. 10. 29, 全文.

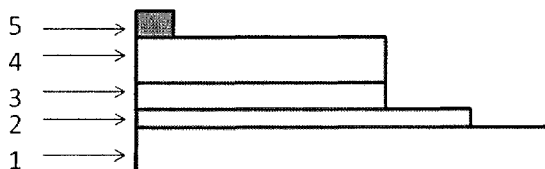
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种杂化光伏电池及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于六丁氧基苯并菲为插入层的有机无机杂化光伏电池,包括透明导电衬底、空穴传输层、有机活性层和金属电极,其要点是:在空穴传输层与有机活性层之间插入有六丁氧基苯并菲层。本发明还提供了上述以六丁氧基苯并菲为插入层的有机无机杂化光伏电池的制备方法,包括:(1)清洗透明导电衬底并烘干;(2)在透明导电衬底上制备空穴传输层;(3)在空穴传输层上沉积六丁氧基苯并菲薄膜;(4)在空气中或在惰性气体保护下,在六丁氧基苯并菲薄膜上甩上有机活性层;(5)在有机活性层表面蒸发金属电极,退火。本发明成本低廉、工艺简单、易于大面积生产。相对于传统结构的有机太阳能电池,光电转换效率有普遍提高。



1. 一种杂化光伏电池,包括透明导电衬底、空穴传输层、有机活性层和金属电极,其特征是:在空穴传输层与有机活性层之间插入有六丁氧基苯并菲层;所述有机活性层为 P3HT:PCBM。

2. 根据权利要求 1 所述的有机光伏电池,其特征是:所述透明导电衬底为 FTO 或 ITO 导电玻璃。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的有机光伏电池,其特征是:所述空穴传输层为 PEDOT:PSS 或 NiO 或 MoO₃ 或 Cr₂O₃ 薄膜层。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的有机光伏电池,其特征是:金属电极为 Al 电极。

5. 权利要求 1 所述杂化光伏电池的制备方法,包括:

(1) 清洗透明导电衬底并烘干;

(2) 用磁控溅射方法在透明导电衬底上沉积空穴传输层或用匀胶甩胶的方法制备空穴传输层;

(3) 用热蒸发沉积方法在空穴传输层上沉积六丁氧基苯并菲薄膜;

(4) 在空气中或在惰性气体保护下,在六丁氧基苯并菲薄膜上用匀胶甩胶的方法甩上有机活性层;

(5) 电极的制备:在有机活性层表面蒸发金属电极,通过惰性气体保护下后退火。

6. 根据权利要求 5 所述的制备方法,其特征是:用热沉积方法在空穴传输层上沉积六丁氧基苯并菲薄膜条件为:

(1) 本底真空度 1.5×10^{-3} Pa;

(2) 蒸发六丁氧基苯并菲的质量为 5 ~ 44mg;

(3) 蒸发电流为 10 ~ 40A;

(4) 蒸发时间为 3-5 分钟。

7. 根据权利要求 5 或 6 所述的制备方法,其特征是:所述磁控溅射方法沉积的空穴传输层为 Cr₂O₃ 或 NiO 或 MoO₃ 透明薄膜;用匀胶甩胶的方法制备的空穴传输层为 PEDOT:PSS。

一种杂化光伏电池及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于六丁氧基苯并菲为插入层的有机无机杂化光伏电池及其制备方法,既属于薄膜材料与器件领域,也属于新能源材料领域。

背景技术

[0002] 太阳能电池是通过光电效应或者光化学效应直接把光能转化成电能的装置。目前,太阳能电池的应用已从军事领域、航天领域进入工业、商业、农业、通信、家用电器以及公用设施等部门,尤其可以分散地在边远地区、高山、沙漠、海岛和农村使用,以节省造价很贵的输电线路。当电力、煤炭、石油等不可再生能源频频告急,能源问题日益成为制约国际社会经济发展的瓶颈时,越来越多的国家开始实行“阳光计划”,开发太阳能资源,寻求经济发展的新动力。太阳能电池是解决这一问题的方法之一。

[0003] 太阳能电池根据所用材料的不同,太阳能电池还可分为:硅太阳能电池、多元化合物薄膜太阳能电池、聚合物多层修饰电极型太阳能电池,其中硅太阳能电池是目前发展最成熟的,在应用中居主导地位。由于硅成本价格高,大幅度降低其成本很困难。

[0004] 多元化合物薄膜太阳能电池材料为无机盐,其主要包括砷化镓 III-V 族化合物、硫化镉、碲化镉及铜铟硒薄膜电池等。但由于镉有剧毒,会对环境造成严重的污染,因此,并不是晶体硅太阳能电池最理想的替代产品。

[0005] 以有机聚合物代替无机材料是刚刚开始的一个太阳能电池制造的研究方向。由于有机材料柔性好,制作容易,材料来源广泛,成本底等优势,从而对大规模利用太阳能,提供廉价电能具有重要意义。

[0006] 目前,国内外研究学者认为,有机聚合物应用于太阳能电池中较为理想的结构是:

[0007] ITO 导电玻璃 / 空穴传输层 / 聚 3- 己基噻吩 : C60 衍生物 / (P3HT : PCBM) / 铝 (Al)

[0008] 其中:ITO 是掺锡的氧化铟,作为电池的阳极。由 P3HT (聚 3- 己基噻吩) 组成的网构成电子施主,由 PCBM (C60 衍生物) 组成的网构成了电子受体和电子传输层,P3HT 和 PCBM 组成的混合溶液作为光敏层 (有机活性层)。Al 是阴极。目前,用 NiO、MoO₃、PEDOT:PSS (聚二氧乙基噻吩:聚对苯乙烯磺酸) 作为空穴传输层有机太阳能电池都有过报道。但由于能带匹配和吸光范围等问题的限制,使该结构的太阳能电池的效率有所限制。

[0009] 苯并菲是一种盘状液晶分子,基于苯并菲的盘状液晶近年来是人们研究的热点,此类化合物合成简单,物性稳定,相变区间宽。该类化合物的分子结构以苯并菲为刚性中心核,常常在 2,3,6,7,10,11 位置上带有 6 个相同或不同的柔性侧链。六丁氧基苯并菲 (制备方法见参考文献:J. Mater. Chem., 2003, 13, 470-474) C₄₂H₆₀O₆ (2,3,6,7,10,11-HexabutoxyTriphenylene) 简称 HAT4,它是一种苯并菲的衍生物。由于盘状液晶特殊的物理特性而引起人们极大的兴趣,例如一维性电子迁移和能量传输,电致发光效应,铁电性质与表面自组装等特性。这些性质使得盘状液晶在光存储,有机半导体,液晶显示,电子传

输等方面有着潜在的应用。

发明内容

[0010] 针对上述 PEDOT:PSS、NiO、MoO₃、Cr₂O₃ 作为空穴传输层对太阳能转化效率的限制，本发明所要解决的问题是提供一种以六丁氧基苯并菲 (HAT4) 为插入层的有机无机杂化光伏电池及其制备方法，该方法成本低廉、性能稳定、易于大面积生产，得到的光伏电池转化效率较高。

[0011] 本发明提供的技术方案是：一种杂化光伏电池，包括透明导电衬底、空穴传输层、有机活性层和金属电极，其要点是：在空穴传输层与有机活性层之间插入有六丁氧基苯并菲层。

[0012] 所述透明导电衬底为 FTO 或 ITO 导电玻璃。

[0013] 所述空穴传输层为 PEDOT:PSS 或 NiO 或 MoO₃ 或 Cr₂O₃ 薄膜层。

[0014] 所述有机活性层为 P3HT:PCBM (由聚 3-己基噻吩和 C60 衍生物组成的混合溶液作为光敏层)。

[0015] 金属电极为 Al 电极。

[0016] 所述空穴传输层是以磁控溅射的方法在透明导电衬底 FTO 上分别沉积的 NiO 薄膜或 MoO₃ 薄膜或 Cr₂O₃ 薄膜或用匀胶甩胶的方式制备 PEDOT:PSS 的薄膜。

[0017] 本发明还提供了上述以六丁氧基苯并菲为插入层的有机无机杂化光伏电池的制备方法，包括：

[0018] (1) 清洗透明导电衬底并烘干；

[0019] (2) 用磁控溅射方法在透明导电衬底上沉积空穴传输层或用匀胶甩胶的方法制备空穴传输层；

[0020] (3) 用热蒸发沉积方法在空穴传输层上沉积六丁氧基苯并菲薄膜；

[0021] (4) 在空气中或在惰性气体保护下，在六丁氧基苯并菲薄膜上用匀胶甩胶的方法甩上有机活性层；

[0022] (5) 电极的制备：在有机活性层表面蒸发金属电极，通过惰性气体保护下后退火 (120-150℃ 下烘烤 5-10min)。

[0023] 本发明用热沉积方法在空穴传输层上沉积六丁氧基苯并菲薄膜条件为：

[0024] (1) 本底真空度 1.5×10^{-3} Pa；

[0025] (2) 蒸发六丁氧基苯并菲的质量为 5 ~ 44mg；

[0026] (3) 蒸发电流为 10 ~ 40A；

[0027] (4) 蒸发时间为 3-5 分钟。

[0028] 本发明所述磁控溅射方法沉积的空穴传输层为 Cr₂O₃ 或 NiO 或 MoO₃ 透明薄膜；用匀胶甩胶的方法制备的空穴传输层为 PEDOT:PSS。

[0029] 本发明用热蒸发沉积 HAT4 薄膜的方法，在不同的空穴传输层与有机层之间插入 HAT4，得到一种以六丁氧基苯并菲为插入层的有机无机杂化光伏电池及其制备方法，其成本低廉、工艺简单、易于大面积生产。相对于传统结构 (空穴传输层 / 有机活性层) 的有机太阳能电池，光电转换效率有普遍提高：在以 Cr₂O₃ 为空穴传输层的太阳能电池中，插入 HAT4 后效率提高了 22%；在以 NiO 为空穴传输层的太阳能电池中，插入 HAT4 后效率提

高了 35% ;在以 MoO_3 为空穴传输层的太阳能电池中,插入 HAT4 后效率提高了 43% ;在以 PEDOT:PSS 为空穴传输层的太阳能电池中,插入 HAT4 后效率提高了 43%。

附图说明

[0030] 附图 1 为以 HAT4 作为插入层的有机太阳能电池结构示意图 ;1- 透明导电衬底, 2- 空穴传输层 :可分别为 NiO 、 MoO_3 、 Cr_2O_3 、PEDOT:PSS, 3-HAT4 层, 4-P3HT:PCBM 体异质结光活性层, 5- 铝电极 ;

[0031] 附图 2 为无 HAT4 插入层的典型结构有机太阳能电池结构示意图 ;1- 透明导电衬底, 2- 空穴传输层 :可分别为 NiO 、 MoO_3 、 Cr_2O_3 、PEDOT:PSS, 3-P3HT:PCBM 体异质结光活性层, 4- 铝电极 ;

[0032] 附图 3 为以结构分别为 $\text{ITO}/\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{HAT4}/\text{P3HT:PCBM}/\text{Al}$ 和 $\text{ITO}/\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{P3HT:PCBM}/\text{Al}$ 的有机太阳能电池的 J-V 曲线。

[0033] 附图 4 为以结构分别为 $\text{FTO}/\text{NiO}/\text{HAT4}/\text{P3HT:PCBM}/\text{Al}$ 和 $\text{FTO}/\text{NiO}/\text{P3HT:PCBM}/\text{Al}$ 有机太阳能电池 J-V 曲线。

[0034] 附图 5 为以结构分别为 $\text{FTO}/\text{MoO}_3/\text{HAT4}/\text{P3HT:PCBM}/\text{Al}$ 和 $\text{FTO}/\text{MoO}_3/\text{P3HT:PCBM}/\text{Al}$ 有机太阳能电池 J-V 曲线。

[0035] 附图 6 为以结构分别为 $\text{FTO}/\text{PEDOT:PSS}/\text{HAT4}/\text{P3HT:PCBM}/\text{Al}$ 和 $\text{FTO}/\text{PEDOT:PSS}/\text{P3HT:PCBM}/\text{Al}$ 有机太阳能电池 J-V 曲线。

具体实施方式

[0036] 本发明以六丁氧基苯并菲为插入层的有机无机杂化光伏电池可采取下述步骤 :

[0037] 1 衬底处理

[0038] 试验中采用的基片是 FTO 和 ITO 导电玻璃,在试验前应首先对基片进行清洗。首先将导电玻璃片切成所需的形状,用清洁剂将其清洗干净,然后自来水冲洗,去离子水冲洗,接着将其放在超声波清洗器中依次用去离子水、乙醇、丙酮各超声清洗 20 分钟,最后用去离子水冲洗,用干燥的高纯氮气吹干并烘干即可得到表面洁净的衬底。将导电塑料切成所需的形状,用清洁剂清洗,然后去离子水冲洗,乙醇清洗,用干燥的高纯氮气吹干待用。

[0039] 2 空穴传输层薄膜工艺过程

[0040] 2.1 NiO , MoO_3 , Cr_2O_3 薄膜的制备

[0041] (1) 将靶和洁净的导电玻璃衬底放入沉积室中的相应位置,调整样品架位置,使之与靶面对准,并保持适当的距离。

[0042] (2) 将真空系统抽真空。首先开冷却水。开启机械泵抽低真空,当系统真空度低于 10Pa 以后,开分子泵抽高真空,直至系统真空度优于 $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 。

[0043] (3) 向沉积室内通入适量的高纯氧气和氩气,使氧气和氩气气压达到所需的沉积气压。

[0044] (4) 采用通用的射频平面磁控溅射工艺。高纯 Ar 与 O_2 气分别作为溅射与反应气体,整个过程中氧含量在 30%—50% 变化。溅射时衬度温度在 30—200℃ 变化,溅射气压在 1.0Pa,溅射功率在 80—130W 变化,通过沉积时间控制薄膜厚度。溅射时间为 2—6 分钟。

[0045] (5) 薄膜沉积完成后,关机取出样品。

[0046] 2. 2PEDOT:PSS 薄膜的制备

[0047] (1) 将洁净的玻璃衬底放入旋转托盘的中心位置,调整好前转和后转的时间及转数。

[0048] (2) 取 0.2ml 的 PEDOT:PSS 的溶液,滴在衬底上。

[0049] (3) 按甩胶机的启动开关,使之开始工作。

[0050] (4) 旋转停止后,取出玻璃放在热台上在空气中以 90℃烘干 20 分钟。

[0051] (5) 在空气中自然冷却后 PEDOT:PSS 薄膜制备成功,取出待用。

[0052] 3HAT4 薄膜沉积工艺过程

[0053] (1) 将分别镀有 NiO、MoO₃、Cr₂O₃ 或 PEDOT:PSS 薄膜的玻璃衬底放入沉积室中的相应位置,调整样品架位置,使之与蒸发舟对准,把 HAT4 粉末 (5-44mg) 放入蒸发舟内。

[0054] (2) 将真空系统抽真空。首先开冷却水。开启机械泵抽低真空,当系统真空度低于 10Pa 以后,开分子泵抽高真空,直至系统真空度优于 1.5×10^{-3} Pa。

[0055] (3) 打开蒸发电源,缓慢的提高蒸发电流,电流从 10A 逐渐上升到 40A。蒸发时间为 3-5 分钟。

[0056] (4) 薄膜沉积完成后,在真空中冷却 30 分钟后关机取出样品。

[0057] 4 太阳能电池制备

[0058] (1) 有机光敏层配方:用电子天平称 P3HT (Rieke Metals) 50.0 毫克,PCBM (Nano C) 40.0-60.0 毫克。混合后,将其溶解在 2.0 毫升的氯苯中。然后放在有温度控制的磁力搅拌器上,小于 50℃搅拌 48 小时。待用。

[0059] (2) 在惰性气体保护的气箱中,在沉积好的 HAT4 薄膜上用匀胶甩胶的方法甩一层 P3HT:PCBM。

[0060] (3) 电极的制备:在 P3HT:PCBM 表面分别蒸发金属铝。通过惰性气体保护下后退火 (120-150℃下烘烤 5-10min)。

[0061] 5 材料及器件性能测试

[0062] 为了评价以六丁氧基苯并菲为插入层的有机无机杂化光伏电池的光伏特性,我们利用 Keithley SMU 测试仪对有六丁氧基苯并菲为插入层的光伏电池和无六丁氧基苯并菲为插入层的光伏电池进行了 J-V 曲线的测试。

[0063] 下面结合实施例对本发明进一步描述,该描述只是为了更好的说明本发明而不是对其进行限制。本发明并不限于这里所描述的特殊实例和实施方案。任何本领域中的技术人员很容易在不脱离本发明精神和范围的情况下进行进一步的改进和完善,都落入本发明的保护范围。

[0064] 实施例一:

[0065] (1) 清洗 ITO (掺杂 SnO₂ 的 In₂O₃) 导电玻璃片:先将导电玻璃玻片放入盛有清洁剂 (如立白牌液体洗涤剂) 的溶液中浸泡 10 分钟,然后反复擦洗后清水冲干净;接着用抛光粉进行抛光处理;然后分别放入装有去离子水、丙酮和酒精的器皿中分别超声 20 分钟;最后放进去离子水冲洗两遍后,用氮气枪吹干并放入烘箱中 80 度烘干以消除应力。

[0066] (2) 将铬靶和基片装入磁控溅射设备中,用射频电源进行溅射。工作条件为:本底真空: 1×10^{-4} Pa; $O_2/(Ar+O_2) = 40\%$,衬底温度:200℃,溅射气压:1.0Pa,溅射功率在 100W,溅射时间 6min 得到镀有 Cr₂O₃ 薄膜的 ITO 玻璃衬底。

[0067] (3)HAT4 薄膜的制备 :将镀有 Cr_2O_3 薄膜的玻璃衬底放入沉积室中的相应位置,调整样品架位置,使之与蒸发锅对准,并保持 12cm 的距离,把 22mg 的 HAT4 粉末放入蒸发锅内。将真空系统抽真空。首先开冷却水。开启机械泵抽低真空,当系统真空度低于 10Pa 以后,开分子泵抽高真空,直至系统真空度优 $1.5 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 。打开蒸发电源,缓慢的提高蒸发电流,电流从 10A 逐渐上升到 40A。蒸发时间为 4 分钟。薄膜沉积完成后,在真空中冷却 30 分钟后关机取出样品。

[0068] (4) 有机光敏层配方 :用电子天平称 P3HT 50.0 毫克,PCBM 50.0 毫克。混合后,将其溶解在 2.0 毫升的氯苯中。然后放在有温度控制的磁力搅拌器上,50℃ 搅拌 48 小时。

[0069] (5) 在惰性气体保护的气箱中,在沉积好的 HAT4 薄膜上用匀胶甩胶的方法甩一层约 100nm 厚的 P3HT:PCBM。

[0070] (6) 电极的制备 :在 P3HT:PCBM 表面分别蒸发约 150nm 厚的金属铝。通过惰性气体保护下后退火 (150℃ 烘烤 5min)。得到如图 1 所示结构的有机光伏电池 :透明导电玻璃衬底 IT0-1, Cr_2O_3 薄膜 -2, HAT4 薄膜 -3, P3HT:PCBM 体异质结光活性层 -4, 铝电极 -5。

[0071] (7) 电池性能说明 :如图 3 所示开路电压为 :0.55V ;电池的短路电流为 :8.9mA/ cm^2 , 填充因子为 :57%, 能量转换效率为 :2.8%。

[0072] 实施例二 :

[0073] (1) 清洗 IT0 导电玻璃片,同实施例一

[0074] (2) 制备 Cr_2O_3 薄膜,同实施例一。

[0075] (3) 有机光敏层配方,同实施例一。

[0076] (4) 在惰性气体保护的气箱中,在沉积好的透明 Cr_2O_3 薄膜上甩一层约 100nm 厚的 P3HT:PCBM。

[0077] (5) 电极的制备 :在 P3HT:PCBM 表面分别蒸发约 150nm 厚的金属铝。通过惰性气体保护下后退火 (150℃ 烘烤 5min)。得到如图 2 所示结构的有机光伏电池 :透明导电玻璃衬底 -1, Cr_2O_3 薄膜 -2, P3HT:PCBM 体异质结光活性层 -3, 铝电极 -4。

[0078] (6) 电池性能说明 :如图 3 所示开路电压为 :0.52V ;电池的短路电流为 :8.2mA/ cm^2 , 填充因子为 :54%, 能量转换效率为 :2.3%。

[0079] 实施例三 :

[0080] (1) 清洗 FTO (掺杂氟的 SnO_2) 玻璃 :同实施例一。

[0081] (2) 将镍靶和基片装入磁控溅射设备中,用射频电源进行溅射。工作条件为 :本底真空 : $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$, $\text{O}_2/(\text{Ar}+\text{O}_2) = 30\%$, 温度 :30℃, 溅射气压 :1.0Pa, 功率分别为,80W, 溅射时间 6min 得到镀有 NiO 薄膜的 FTO 玻璃衬底。

[0082] (3)HAT4 薄膜的制备 :将镀有 NiO 薄膜的玻璃衬底放入沉积室中的相应位置,调整样品架位置,使之与蒸发锅对准,并保持 12cm 的距离,把 44mg 的 HAT4 粉末放入蒸发锅内。将真空系统抽真空。首先开冷却水。开启机械泵抽低真空,当系统真空度低于 10Pa 以后,开分子泵抽高真空,直至系统真空度优 $1.5 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 。打开蒸发电源,缓慢的提高蒸发电流,电流从 10A 逐渐上升到 40A。蒸发时间为 5 分钟。薄膜沉积完成后,在真空中冷却 30 分钟后关机取出样品。

[0083] (4) 有机光敏层配方 :同实施例一。

[0084] (5) 在 HAT4 薄膜上甩有机膜 :同实施例一。

[0085] (6) 电极的制备 :同实施例一。通过惰性气体保护下后退火 (120℃烘烤 10min)。得到如图 1 所示结构的有机光伏电池 :透明导电玻璃衬底 FTO-1, NiO 薄膜 -2, HAT4 薄膜 -3, P3HT:PCBM 体异质结光活性层 -4, 铝电极 -5。

[0086] (7) 电池性能说明 :如图 4 所示开路电压为 :0.62V, 电池的短路电流为 :10.1mA/cm², 填充因子为 :56%, 能量转换效率为 :3.5%。

[0087] 实施例四 :

[0088] (1) 清洗 FTO(掺杂氟的 SnO₂) 导电玻璃片, 同实施例一

[0089] (2) 制备 NiO 薄膜, 同实施例三。

[0090] (3) 有机光敏层配方, 同实施例一。

[0091] (4) 在惰性气体保护的气箱中, 在沉积好的透明 NiO 薄膜上甩一层约 100nm 厚的 P3HT:PCBM。

[0092] (5) 电极的制备 :同实施例三。得到如图 2 所示结构的有机光伏电池 :透明导电玻璃衬底 -1, NiO 薄膜 -2, P3HT:PCBM 体异质结光活性层 -3, 铝电极 -4。

[0093] (6) 电池性能说明 :如图 4 所示开路电压为 :0.58V ; 电池的短路电流为 :8.8mA/cm², 填充因子为 :52%, 能量转换效率为 :2.6%。

[0094] 实施例五 :

[0095] (1) 清洗 FTO 玻璃 :同实施例一。

[0096] (2) 将钼靶和基片装入磁控溅射设备中, 用射频电源进行溅射。工作条件为 :本底真空 : 3×10^{-3} Pa, O₂/(Ar+O₂) = 50%, 温度 :100℃, 溅射气压 :1.0Pa, 功率分别为, 130W, 溅射时间 2min. 得到镀有 MoO₃ 薄膜的 FTO 玻璃衬底。

[0097] (3) HAT4 薄膜的制备 :将镀有 MoO₃ 薄膜的玻璃衬底放入沉积室中的相应位置, 调整样品架位置, 使之与蒸发锅对准, 并保持 12cm 的距离, 把 5mg 的 HAT4 粉末放入蒸发锅内。将真空系统抽真空。首先开冷却水。开启机械泵抽低真空, 当系统真空度低于 10Pa 以后, 开分子泵抽高真空, 直至系统真空度优 1.5×10^{-3} Pa。打开蒸发电源, 缓慢的提高蒸发电流, 电流从 10A 逐渐上升到 40A。蒸发时间为 3 分钟。薄膜沉积完成后, 在真空中冷却 30 分钟后关机取出样品。

[0098] (4) 有机光敏层配方 :同实施例一。

[0099] (5) 在 HAT4 薄膜上甩有机膜 :同实施例一。

[0100] (6) 电极的制备 :同实施例一, 得到如图 1 所示结构的有机光伏电池 :透明导电玻璃衬底 FTO-1, MoO₃ 薄膜 -2, HAT4 薄膜 -3, P3HT:PCBM 体异质结光活性层 -4, 铝电极 -5。

[0101] (7) 电池性能说明 :如图 5 所示开路电压为 :0.58V, 电池的短路电流为 :9.8mA/cm², 填充因子为 :53%, 能量转换效率为 :3.0%。

[0102] 实施例六 :

[0103] (1) 清洗 FTO(掺杂氟的 SnO₂) 导电玻璃片, 同实施例一

[0104] (2) 制备 MoO₃ 薄膜, 同实施例五。

[0105] (3) 有机光敏层配方, 同实施例一。

[0106] (4) 在惰性气体保护的气箱中, 在沉积好的透明 NiO 薄膜上甩一层约 100nm 厚的 P3HT:PCBM。

[0107] (5) 电极的制备 :同实施例一。得到如图 2 所示结构的有机光伏电池 :透明导电玻

璃衬底 -1, MoO₃ 薄膜 -2, P3HT:PCBM 体异质结光活性层 -3, 铝电极 -4。

[0108] (6) 电池性能说明:如图 5 所示开路电压为:0.58V;电池的短路电流为:7.9mA/cm²,填充因子为:47%,能量转换效率为:2.1%。

[0109] 实施例七:

[0110] (1) 清洗 FTO 玻璃:同实施例一。

[0111] (2) 将洁净的玻璃衬底 FTO 放入旋转托盘的中心位置,调整好前转为 700 转/秒,时间为 12 秒和后转为 2000/秒,时间为 30 秒。取 0.2ml 的 PEDOT:PSS(Clevios P) 溶液,滴在衬底上。按甩胶机的启动开关,使之开始工作。旋转停止后,取出玻璃放在热台上在空气中以 90℃烘干 20 分钟。然后在空气中自然冷却成膜。

[0112] (3) HAT4 薄膜的制备:将镀有 PEDOT:PSS 薄膜的玻璃衬底放入沉积室中的相应位置,调整样品架位置,使之与蒸发锅对准,并保持 12cm 的距离,把 11mg 的 HAT4 粉末放入蒸发锅内。将真空系统抽真空。首先开冷却水。开启机械泵抽低真空,当系统真空度低于 10Pa 以后,开分子泵抽高真空,直至系统真空度优 1.5×10^{-3} Pa。打开蒸发电源,缓慢的提高蒸发电流,电流从 10A 逐渐上升到 40A。蒸发时间为 4 分钟。薄膜沉积完成后,在真空中冷却 30 分钟后关机取出样品。

[0113] (4) 有机光敏层配方:同实施例一。

[0114] (5) 在 HAT4 薄膜上甩有机膜:同实施例一。

[0115] (6) 电极的制备:同实施例一。得到如图 1 所示结构的有机光伏电池:透明导电玻璃衬底 1, PEDOT:PSS 薄膜 2, HAT4 薄膜 3, P3HT:PCBM 体异质结光活性层 4, 铝电极 5。

[0116] (7) 电池性能说明:如图 6 所示开路电压为:0.57V,电池的短路电流为:8.8mA/cm²,填充因子为:57%,能量转换效率为:3.0%。

[0117] 实施例八:

[0118] (1) 清洗 FTO(掺杂氟的 SnO₂) 导电玻璃片,同实施例一

[0119] (2) 制备 PEDOT:PSS 薄膜,同实施例七。

[0120] (3) 有机光敏层配方,同实施例一。

[0121] (4) 在惰性气体保护的气箱中,在 PEDOT:PSS 薄膜上甩一层约 100nm 厚的 P3HT:PCBM。

[0122] (5) 电极的制备:同实施例一。得到如图 2 所示结构的有机光伏电池:透明导电玻璃衬底 1, PEDOT:PSS 薄膜 2,, P3HT:PCBM 体异质结光活性层 3, 铝电极 4。

[0123] (6) 电池性能说明:如图 6 所示开路电压为:0.55V;电池的短路电流为:8.1mA/cm²,填充因子为:47%,能量转换效率为:2.1%。

[0124] 以上实施例得到的数据说明,在以 Cr₂O₃ 或 NiO 或 MoO₃ 或 PEDOT:PSS 为空穴传输层的太阳能电池中,插入六丁氧基苯并菲薄层后,其电池的短路电流、填充因子和能量转换效率都有显著的提高。

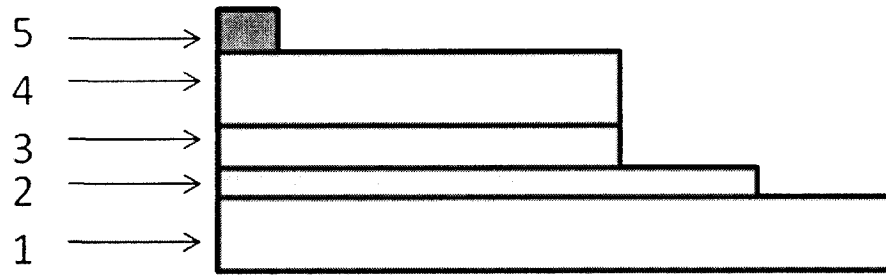


图 1

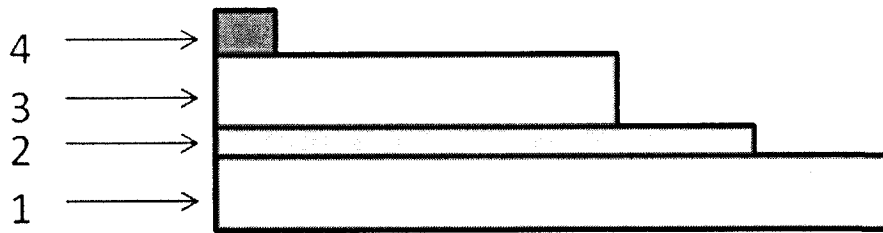


图 2

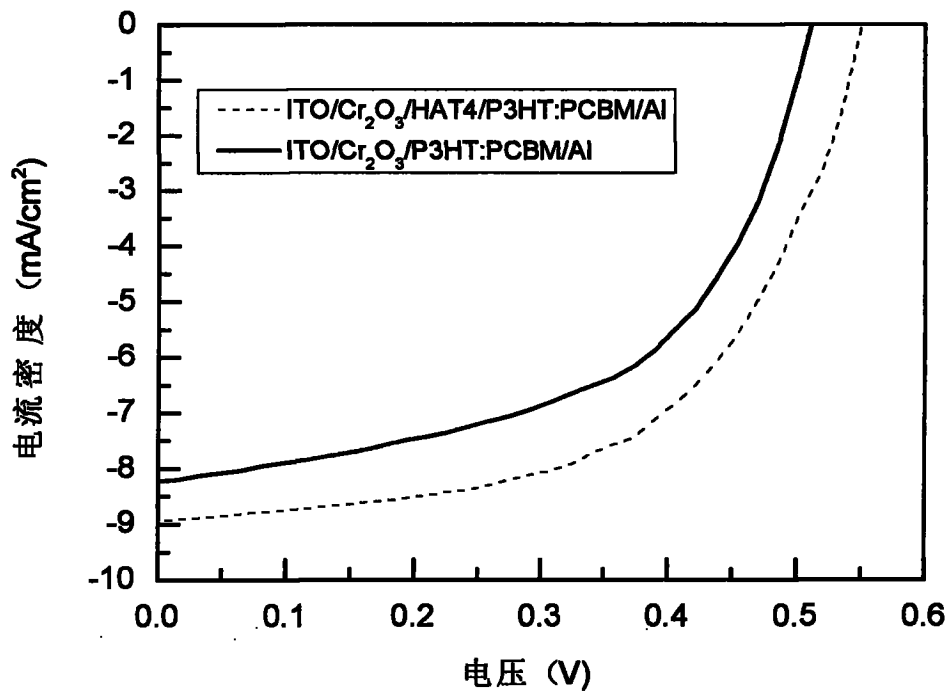


图 3

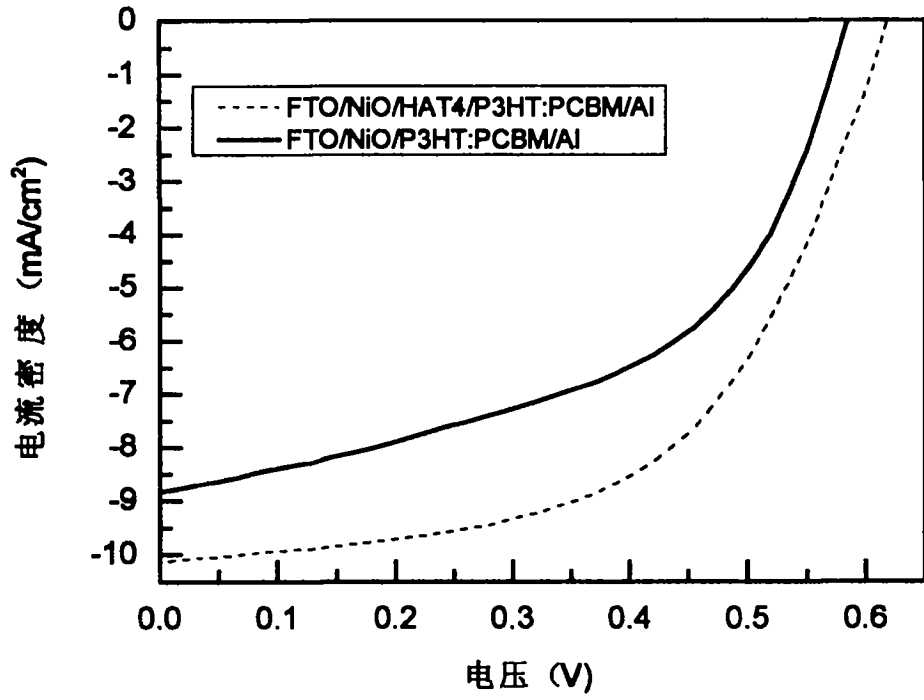


图 4

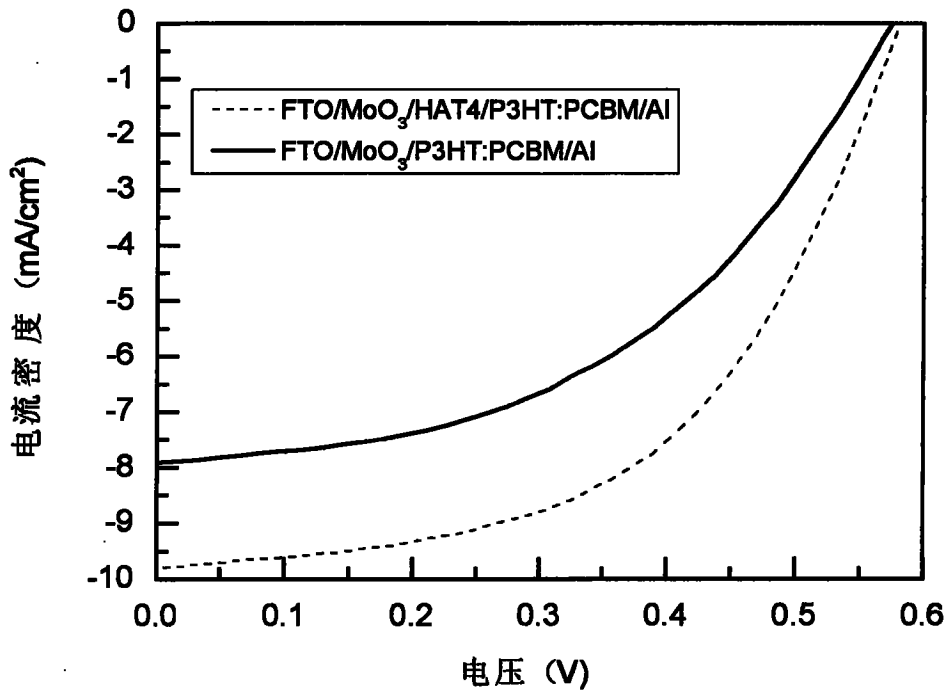


图 5

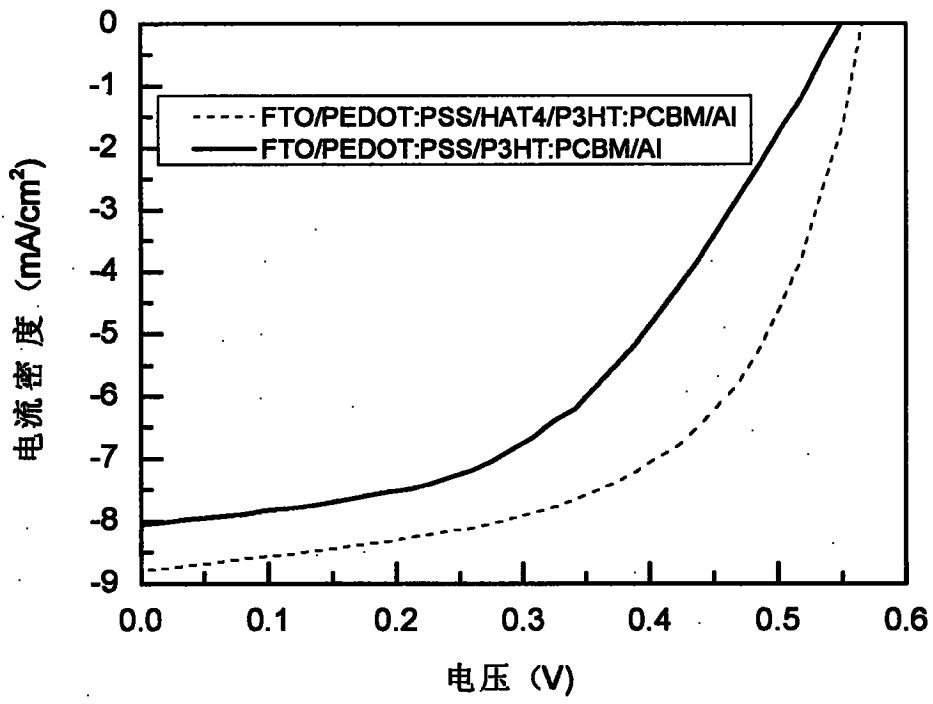


图 6