



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107123737 B

(45)授权公告日 2019.09.10

(21)申请号 201710301803.4

审查员 朱波

(22)申请日 2017.05.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107123737 A

(43)申请公布日 2017.09.01

(73)专利权人 杨茗晰

地址 318000 浙江省台州市椒江区章安街
道古桥村菜市场路117号

(72)发明人 晋佳佳

(51)Int.Cl.

H01L 51/42(2006.01)

(56)对比文件

CN 103730588 A,2014.04.16,

CN 101882664 A,2010.11.10,

EP 2329543 A1,2011.06.08,

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

非掺杂高效率有机光伏电池

(57)摘要

本发明公开了一种非掺杂高效率有机光伏电池,包括透明绝缘衬底、在透明绝缘衬底上依次层叠形成的透明阳极电极层、阳极修饰层、基质层、阴极修饰层、阴极电极层,以及设置在基质层中的若干个劈裂层所组成。所述的劈裂层为激子提供了若干解离界面,能够有效提高有机太阳能电池的能量转换效率。

阴极电极层
阴极修饰层
基质层
第N劈裂层
基质层
⋮
第二劈裂层
基质层
第一劈裂层
基质层
阳极修饰层
透明阳极电极层
透明绝缘衬底

1. 一种非掺杂高效率有机光伏电池,其特征在於:所述的非掺杂高效率有机光伏电池,包括透明绝缘衬底、在透明绝缘衬底上依次层叠形成的透明阳极电极层、阳极修饰层、基质层、阴极修饰层、阴极电极层,以及设置在基质层中的第一劈裂层、第二劈裂层、……、第N劈裂层所组成,N为大于等于1的整数;所述的劈裂层每层的厚度为2~5 nm;所述的第一劈裂层距离阳极修饰层的距离大于5 nm;所述的第N劈裂层距离阴极修饰层的距离大于5 nm;相邻劈裂层的距离大于5 nm,所述的基质层为C60或者C70,厚度40~100 nm。

2. 根据权利要求1所述的一种非掺杂高效率有机光伏电池,其特征在於:所述的透明绝缘衬底的材质为石英玻璃、硅酸盐玻璃、高硅氧玻璃、钠钙玻璃、聚氯乙烯、聚碳酸酯或聚酯;所述透明绝缘衬底的厚度为1.1~1.5 mm。

3. 根据权利要求1所述的一种非掺杂高效率有机光伏电池,其特征在於:所述的透明阳极电极层的材质为氧化铟锡;所述透明阳极电极层的厚度为80~200 nm。

4. 根据权利要求1所述的一种非掺杂高效率有机光伏电池,其特征在於:所述的阳极修饰层为三氧化钼、三氧化钨或五氧化二钒中的一种,厚度2~10 nm。

5. 根据权利要求1所述的一种非掺杂高效率有机光伏电池,其特征在於,所述的劈裂层为TPD、TAPC、CBP、NPB、2-TNATA中的一种或几种。

6. 根据权利要求1所述的一种非掺杂高效率有机光伏电池,其特征在於:所述的阴极修饰层为BCP、Bphen或LiF,厚度1~10 nm。

7. 根据权利要求1所述的一种非掺杂高效率有机光伏电池,其特征在於:所述阴极电极层的材质为 Ag、Al、Ca-Al 合金、Mg-Ag 合金、ITO;所述阴极电极层的厚度为80~120 nm。

非掺杂高效率有机光伏电池

技术领域

[0001] 本发明属于光电转换器件技术领域,具体的说是涉及一种非掺杂高效率有机光伏电池。

背景技术

[0002] 有机太阳能电池的研究始于 1958 年, Kearns 和 Calvin 将镁酞菁染料 (MgPc) 夹在两个不同功函数的电极之间,制成“三明治”结构,从而得到了 200 mV 的开路电压,但是其短路电流输出则非常低,所以其能量转换效率也相对较低。这种单层有机太阳能电池结构,在 1986 年被 C.W.Tang 采用双层异质结结构所替代,得到了 1% 的能量转换效率。能量转换效率得到大幅提升的原因即是认为双层异质结结构提供一个高效的激子拆分的界面,也即是说双层异质结结构使得中性的电子-空穴对拆分成自由载流子变得更加的容易。但是由于双层介质结构电池中只存在一个异质结界面,而常见的有机材料的激子扩散长度均较短,远小于其光学吸收长度,那些远离异质结界面的光生激子无法解离形成光电流,这大大限制了有机光伏电池的能量转换效率。为此,人们开发出基于两种材料掺杂的给受体异质结器件结构。体异质结结构大大增加了异质结的界面,可以有效促进激子的解离,但是电池的结构也更加的复杂。同时,电池的性能受两种给受体材料的混合比例影响较大,需要精确控制给体或者受体的掺杂比例,增加了器件制备的难度,不利于大规模的工业化生产。本发明就是要克服背景技术中双层异质结结构有机光伏电池中激子解离界面少,电池效率低和混合体异质结结构电池器件制备工艺复杂的问题,提出一种新型的非掺杂高效率有机光伏电池。

发明内容

[0003] 为了克服背景技术中现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种非掺杂高效率有机光伏电池,该光伏电池中设置了劈裂层,增加了激子解离界面,同时避免了复杂的掺杂工艺。

[0004] 为了实现上述发明目的,本发明的技术方案如下:

[0005] 一种非掺杂高效率有机光伏电池,其特征在于所述的非掺杂高效率有机光伏电池,包括透明绝缘衬底、在透明绝缘衬底上依次层叠形成的透明阳极电极层、阳极修饰层、基质层、阴极修饰层、阴极电极层,以及设置在基质层中的第一劈裂层、第二劈裂层、、、第N劈裂层(N为大于等于1的整数)所组成;所述的劈裂层每层的厚度为2~5 nm;所述的第一劈裂层距离阳极修饰层的距离大于5 nm;所述的第N修饰层距离阴极修饰层的距离大于5 nm;相邻劈裂层的距离大于5 nm。

[0006] 进一步的,所述的透明绝缘衬底的材质为石英玻璃、硅酸盐玻璃、高硅氧玻璃、钠钙玻璃、聚氯乙烯、聚碳酸酯或聚酯;所述透明绝缘衬底的厚度为 1.1~1.5 mm。

[0007] 进一步的,所述的透明阳极电极层是材质为氧化铟锡、氧化锌铝、氧化锌镓、氧化铟锌、金、铝、银或碳纳米管的导电薄膜;所述透明阳极电极层的厚度为 80~120 nm。

[0008] 进一步的,所述的阳极修饰层为高功函数透明金属氧化物,包括MoO₃、W₂O₃、V₂O₅,厚度2~10 nm。

[0009] 进一步的,所述的基质层为富勒烯,包括C₆₀和C₇₀,厚度40~100 nm。

[0010] 进一步的,所述的劈裂层为TPD、TAPC、CBP、NPB、2-TNATA中的一种或几种。

[0011] 进一步的,所述的阴极修饰层为BCP、Bphen或LiF,厚度1~10 nm。

[0012] 进一步的,所述阴极电极层的材质为 Ag、Al、Ca-Al 合金、Mg-Ag 合金、ITO;所述阴极电极层的厚度为 80~120 nm。

[0013] 本发明中所述的劈裂层厚度极薄,在2~5 nm,激子解离后,劈裂层与阳极之间的电子以及劈裂层与阴极之间的空穴,既可以通过能级输运,也可以通过隧穿的方式越过劈裂层,并最终被各自的电极所收集。本发明通过在受体基质层中设置劈裂层,增加激子解离界面。每增加一个劈裂层,就会增加两个激子解离界面。与传统的双层异质结电池比较,激子的解离界面大大增多,提高了电池的能量转换效率。与体异质结电池比较,避免了复杂的掺杂工艺,电池结构更加简单,适宜于有机光伏电池的工业化生产。

附图说明

[0014] 图 1 是本发明实施例的非掺杂高效率有机光伏电池结构示意图。

具体实施方式

[0015] 为了使本发明要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0016] 请参阅图 1,显示发明实施例的一种非掺杂高效率有机光伏电池结构示意图。

[0017] 一种非掺杂高效率有机光伏电池,其特征在于所述的非掺杂高效率有机光伏电池,包括透明绝缘衬底、在透明绝缘衬底上依次层叠形成的透明阳极电极层、阳极修饰层、基质层、阴极修饰层、阴极电极层,以及设置在基质层中的第一劈裂层、第二劈裂层、、、第N劈裂层(N为大于等于1的整数)所组成;所述的劈裂层每层的厚度为2~5 nm;所述的第一劈裂层距离阳极修饰层的距离大于5 nm;所述的第N修饰层距离阴极修饰层的距离大于5 nm;相邻劈裂层的距离大于5 nm。、

[0018] 上述透明绝缘衬底的材质优选为石英玻璃、硅酸盐玻璃、高硅氧玻璃或钠钙玻璃等透明玻璃,或者聚氯乙烯(PVC)、聚碳酸酯(PC)或聚酯(PET)等透明绝缘塑胶,其厚度优选为 1.1~1.5 mm。

[0019] 上述透明阳极电极层的材质优选为氧化铟锡(ITO),其厚度优选为 80~200 nm。由于该透明阳极电极层采用透明的导电材质或者金属薄膜构成,且厚度薄,因此既能起到电极的作用,又不影响太阳光的透过。该透明阳极电极层也即是非掺杂高效率有机光伏电池的阳极,并可采用光刻腐蚀方法将其腐蚀成条纹图样,从而形成条纹图样电极。

[0020] 上述阳极修饰层优选为高功函数无机金属氧化物材料,例如采三氧化钼(MoO₃)、三氧化钨(W₂O₃)或五氧化二钒(V₂O₅)中的至少一种,该阳极修饰层的厚度优选为2~10 nm。由于阳极修饰层,在可见光区域几乎没有光吸收,因而其对太阳光的损耗很小,可以忽略不计,所以大部分太阳光仍为光敏层所吸收。阳极修饰层的存在是对透明阳极电极层进

行修饰,提高透明阳极电极层的功函数。增加电池的内建电场,促进电极对解离的电子和空穴的收集。

[0021] 上述基质层优选为富勒烯,包括C60和 C70 等,其厚度优选为40~100 nm。该基质层作为吸收光产生光电流的主要光敏区域,其作用是光敏层吸收光子能量之后,产生具有一定束缚力的电子~空穴对,也就是激子,激子呈电中性。激子在劈裂层与基质层的界面电场作用下被拆分成自由载流子,该自由载流子在基质层中分别向两个电极漂移,从而形成光电流输出。

[0022] 上述劈裂层为TPD、TAPC、CBP、NPB、2-TNATA中的一种或几种。

[0023] 上述阴极修饰层为BCP、Bphen或LiF,厚度1-10 nm。

[0024] 上述阴极电极层由 Ag、Al、Ca-Al 合金、Mg-Ag 合金等金属薄膜,该阴极电极层的厚度为 80~120nm。该阴极电极层也即是单层有机太阳能电池的阴极。

[0025] 传统双层有机太阳能电池之所以效率不高,其主要原因是电池中的光生激子不能得到有效的拆分。激子拆分这一过程主要发生在给体和受体界面处。然而在双层有机太阳能电池中,只存在一个激子拆分的给体~受体界面。绝大多数不能扩散到此界面处的激子会发生复合,对于光生电流毫无作用,这也是双层有机太阳能电池效率较低的最主要的原因。基于此理论,本实施例在基质层中设置一个或者多个劈裂层,增加了激子解离的界面数,提供了更多的激子解离区域,增大了电池的光电流和能量转换效率。当使用C70作为基质层时,本实施例非掺杂有机光伏电池能量转换效率高达 2%以上,而对于双层有机太阳能电池来说,由于缺少有效的激子拆分界面,因而其效率普遍都很低,如现有的没有设置劈裂层的有机太阳能电池的能量转换效率在 1%以下。当使用C60作为基质层时,本实施例非掺杂有机光伏电池能量转换效率高达 1%以上,而对于双层有机太阳能电池来说,由于缺少有效的激子拆分界面,因而其效率普遍都很低,没有设置劈裂层的有机太阳能电池的能量转换效率在 0.5%以下。相对现有的双层有机太阳能电池而言,本实施例有机太阳能电池的能量转换效率提高显著。

[0026] 本实施例单层有机太阳能电池的工作原理如下:当太阳光射到从透明绝缘衬底后,由于透明绝缘衬底为透明、透明阳极电极层采用透明的导电材质,同时阳极修饰层为透明,因而其对太阳光的损耗很小,可以忽略不计,因此,绝大部分太阳光透过透明绝缘衬底、透明阳极电极层和电场增强层射到基质层上,并被基质层所吸收,基质层吸收太阳光的光子能量之后,产生具有一定束缚力的电子~空穴对,也就是激子。激子在距离其最近的劈裂层与基质层的界面处解离为自由电子和空穴,由于透明阳极电极层和阴极电极层之间存在功函数差,从而有机太阳能电池器件的内部产生内建电场。自由电子和空穴在上述的内建电场作用下,在光敏层中分别向透明阳极电极层和阴极电极层漂移,从而形成光电流输出。

[0027] 下面给出几个本发明的具体实施例,应该了解以下实施例只是本发明的具体应用,并不用于限定本发明。

[0028] 实施例一

[0029] 非掺杂高效率有机光伏电池,器件结构为:透明绝缘衬底Glass 1.2 mm/透明阳极电极层ITO 200 nm/阳极修饰层MoO₃ 5 nm/C70 15 nm/第一劈裂层TAPC 5 nm/ C70 15 nm/ 第二劈裂层TAPC 5 nm/ C70 15 nm/ 第三劈裂层TAPC 5 nm/ C70 15 nm/阴极修饰层Bphen 5 nm/ 阴极电极Al 100 nm,其中基质层为60 nm的C70,电池中设置有三个劈裂层,

即 $N=3$,可以形成6个有机异质结界面供激子解离,第一劈裂层距离 MoO_3 阳极修饰层的距离大于5 nm,第三劈裂层距离 Bphen 阴极修饰层的距离大于5 nm,第一劈裂层与第二劈裂层间的距离大于5 nm,第二劈裂层与第三劈裂层之间的距离大于5 nm。

[0030] 实施例二

[0031] 非掺杂高效率有机光伏电池,器件结构为:透明绝缘衬底Glass 1.2 mm/透明阳极电极层ITO 200 nm/阳极修饰层 MoO_3 5 nm/C60 10 nm/第一劈裂层NPB 2 nm/ C60 10 nm/第二劈裂层NPB 2 nm/ C60 10 nm/ 第三劈裂层NPB 2 nm/ C60 10 nm/第四劈裂层NPB 2 nm/ C60 10 nm/阴极修饰层BCP 10 nm/ 阴极电极Ag 80 nm,其中基质层为40 nm的C60,电池中有四个劈裂层,即 $N=4$,可以形成8个有机异质结界面供激子解离。

[0032] 实施例三

[0033] $N=1$,Glass 1.2 mm/透明阳极电极层ITO 200 nm/阳极修饰层 MoO_3 5 nm/C70 25 nm/第一劈裂层TPD 5 nm/ C70 25 nm/阴极修饰层BCP 10 nm/ 阴极电极Ag 80 nm,其中基质层为50 nm的C70,电池中的劈裂层为5 nm的TPD,可以形成2个有机异质结界面供激子解离。

[0034] 实施例四

[0035] $N=2$,Glass 1.2 mm/透明阳极电极层ITO 200 nm/阳极修饰层 MoO_3 5 nm/C60 20 nm/第一劈裂层CBP 2 nm/ C60 20 nm/第二劈裂层 CBP 2 nm/C60 20 nm/阴极修饰层BCP 10 nm/阴极电极Ag 80 nm,其中基质层为60 nm的C60层,电池中的劈裂层为5 nm的TPD,有2个劈裂层,可以形成4个有机异质结界面供激子解离。



图1