



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102299263 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 28

(21) 申请号 201110074768. X

(22) 申请日 2011. 02. 08

(30) 优先权数据

61/302794 2010. 02. 09 US

(71) 申请人 香港大学

地址 中国香港薄扶林道

(72) 发明人 支志明 向海峰

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 刘锴 林森

(51) Int. Cl.

H01L 51/46(2006. 01)

C09K 11/06(2006. 01)

C07F 15/00(2006. 01)

H01L 51/48(2006. 01)

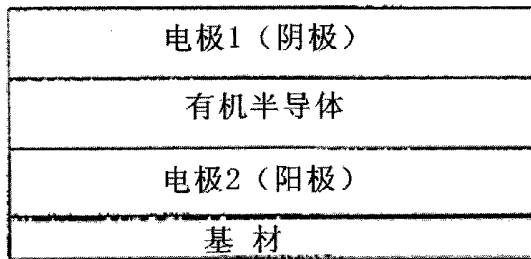
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54) 发明名称

基于双-(8-羟基喹啉合-N, O) 铂(II) 的有机光电池

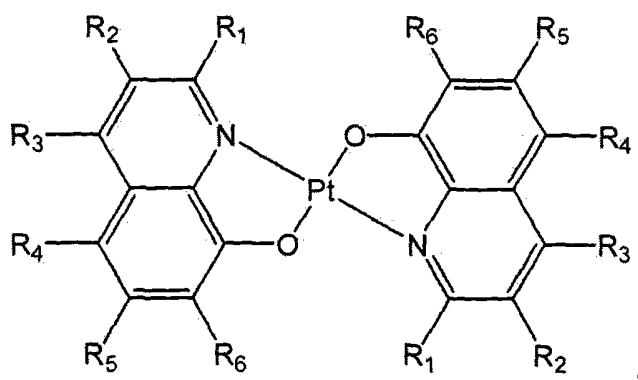
(57) 摘要

本发明涉及基于双-(8-羟基喹啉合-N, O) 铂(II) 的有机光电池, 具体地提供了有机光电池(OPV) 和形成所述光电池的方法。有机光电池可以包括有机光活性层, 其包含具有如结构 I 所公开通式的双-(8-羟基喹啉合-N, O) 铂(II) (PtQ₂)。形成有机光电池的方法可以包括在基材上形成有机光活性层, 所述基材可以包括透明电极。所述有机光活性层可以包含具有结构 I 通式结构的 PtQ₂。



1. 一种有机光电池,其包含
基材;
透明电极;
有机光活性层;和
金属电极;

其中所述有机光活性层包含具有结构 I 的双-(8-羟基喹啉合-N,O)铂(II) (PtQ_2) 化合物:

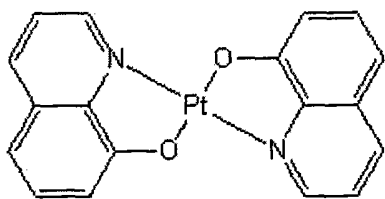


结构 I

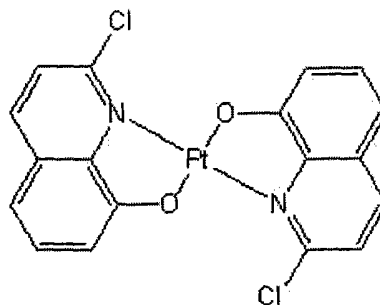
其中 R_1 - R_6 独立地选自氢、卤素、羟基、未被取代的烷基、被取代的烷基、环烷基、未被取代的芳基、被取代的芳基、酰基、烷氧基、酰氧基、氨基、硝基、酰胺基、芳烷基、氰基、羧基、硫、巯基、苯乙烯基、氨基羰基、氨基甲酰基、芳氧基羰基、苯氧基羰基、或烷氧基羰基。

2. 如权利要求 1 所述的有机光电池,其中 R_1 - R_6 独立地选自氢、氟、氯、溴、碘、 C_1 - C_6 烷基、 C_3 - C_6 环烷基或 C_6 - C_{12} 芳基。

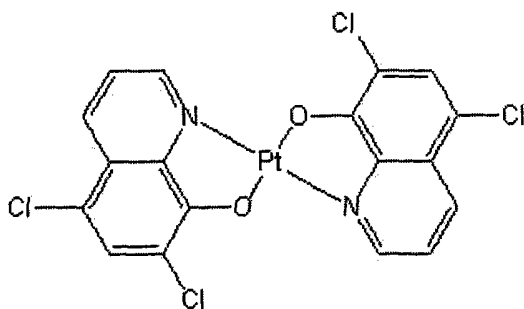
3. 如权利要求 1 或 2 所述的有机光电池,其中所述双-(8-羟基喹啉合-N,O)铂(II) 化合物选自以下化合物:



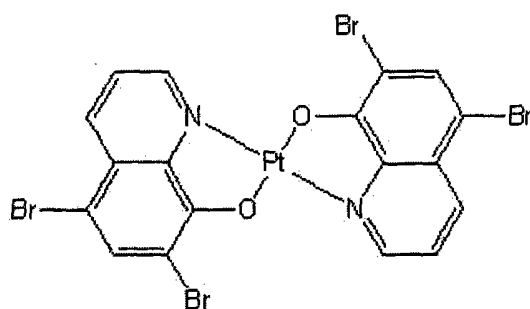
配合物 1



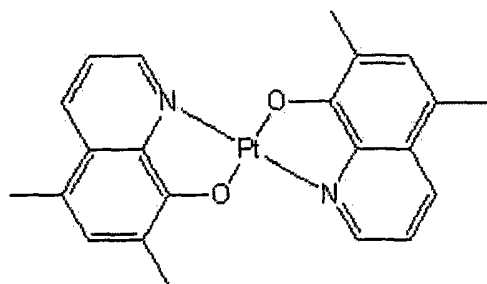
配合物 2



配合物 3



配合物 4



配合物 5

4. 如权利要求 1 所述的有机光电池,其中所述有机光电池为单层电池、多层电池、串叠型电池或分散异质结电池。

5. 如权利要求 1 所述的有机光电池,其中所述透明电极在所述基材上并与所述基材相接触,并且其中所述有机光活性层在所述透明电极上并与所述透明电极相接触,并且其中所述金属电极在所述有机光活性层上。

6. 如权利要求 5 所述的有机光电池,进一步包含激子阻挡层,其在所述有机光活性层上并与该有机光活性层相接触,其中所述金属电极在所述激子阻挡层上并与所述激子阻挡层相接触。

7. 如权利要求 6 所述的有机光电池,其中所述激子阻挡层包含浴铜灵衍生物、红菲绕啉衍生物、三-8-羟基喹啉合铝衍生物或 2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-邻二氮杂菲衍生物。

8. 如权利要求 6 所述的有机光电池,其中所述激子阻挡层的厚度为 7.5nm-10nm。

9. 如权利要求 1 所述的有机光电池,其中所述有机光活性层的厚度为 20nm-120nm。

10. 如权利要求 1 所述的有机光电池,其中所述有机光活性层还包含电子接受体层。

11. 如权利要求 13 所述的有机光电池,其中所述电子接受体层包含茈萘衍生物、3,4,9,

10- 茈四羧基双苯并咪唑 (PTCBI)、喹啉衍生物、聚(苯基喹啉)(PPQ)、 C_{60} 、或含有 C_{60} 的复合聚合物。

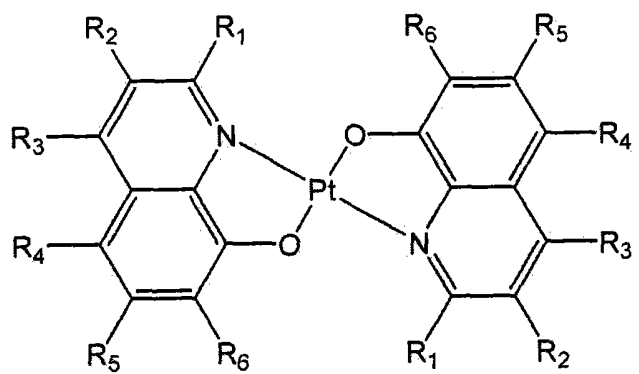
12. 如权利要求 1 所述的有机光电池,其中所述透明电极在所述基材之上并与所述基材相接触;并且

所述金属电极在所述活性层之上,

其中所述活性层在所述透明电极之上并与所述透明电极相接触。

13. 一种形成有机光电池的方法,包括:

在基材上形成有机光活性层,其中所述有机光活性层包含具有结构 I 的双-(8-羟基喹啉合-N, O)铂(II) (PtQ_2):



结构 I

其中 R_1 - R_6 独立地是氢、卤素、羟基、未被取代的烷基、被取代的烷基、环烷基、未被取代的芳基、被取代的芳基、酰基、烷氧基、酰氧基、氨基、硝基、酰胺基、芳烷基、氰基、羧基、硫、巯基、苯乙烯基、氨基羰基、氨基甲酰基、芳氧基羰基、苯氧基羰基、或烷氧基羰基。

14. 如权利要求 13 所述的方法,进一步包含:

在形成所述有机光活性层之前,形成在所述基材之上并与该基材相接触的透明电极,从而形成在所述透明电极之上并与该透明电极相接触的有机光活性层;并且

在所述有机光活性层之上形成金属电极。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其中所述有机光活性层和所述金属电极通过真空沉积顺序地形成,而不必中断真空。

16. 如权利要求 13 所述的方法,其中形成所述有机光活性层包括:

在冰醋酸中回流四氯铂酸钾 (K_2PtCl_4) 与 8-羟基喹啉的混合物以得到悬浮物;

用水和丙酮洗涤所述悬浮物;以及

在 CH_2Cl_2 或 DMF 中重结晶所述悬浮物以得到具有结构 I 的 PtQ_2 配合物。

基于双-(8-羟基喹啉合-N, O) 铂(II) 的有机光电池

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2010 年 2 月 9 日提交的美国临时申请 No. 61/302, 794 的权益, 其在此全部引入作为参考。

技术领域

[0003] 本发明涉及使用双-(8-羟基喹啉合-N, O) 铂(II) (PtQ₂) 作为活性材料的有机光电池(OPV)。

背景技术

[0004] 众所周知, 化石燃料, 如石油和煤炭, 将很快会耗尽。此外, 由于温室气体如二氧化碳使由化石燃料所产生的副产品造成全球变暖问题。降低了地球的自然净化能力, 从而对人类的生存有害。因此, 全世界都在努力发展环境友好的能源和具有低的能量消耗的装置和 / 或由可再生能源如太阳能所驱动的装置。太阳能电池或光伏(PV) 电池是一类通过吸收电磁辐射(紫外、可见和红外辐射) 来产生电流的光电装置。迄今为止, 光电池是由无机半导体, 如 Si, CdTe, 和 CuIn_xGa_{1-x}Se 制成的, 其在太阳能电池工业具有支配地位。特别地, 多晶硅(poly-Si) 和单晶硅(SC-Si) 一起贡献了接近 90% 的市场份额。但是, 硅材料的缺乏, 以及无机半导体材料的高的工艺成本已经对太阳能电池工业的发展构成了阻碍。

[0005] 相反, 有机半导体潜在的低成本、在大规模生产时易于制造、以及对柔性基材的适用性对于光电池应用来说是有利的。有机光电池(OPV) 包括至少一种使用了有机或有机金属小分子或聚合物材料的组分, 用于光的吸收和充电。通过利用化学合成, 可以合成很多种不同的有机分子或聚合物(其具有不同的带隙和吸收系数), 以使光的吸收和从所述光电池产生的功率最大化。这样, 所述有机光电池作为一类新的太阳能电池技术而出现。(Prog. Photovolt :Res. Appl. 2007 ;15, 659)。

[0006] 在有机光电池领域中, 已经开发出了不同的装置体系, 包括染料敏化的电阻能电池(DSSC), 有机 / 无机混杂有机电池, 以及具有异质结的有机光电池。在 1986 年, C. W. Tang 在 Eastman Kodak 发现由铜酞菁(CuPc) 和茈四羧酸衍生物制成的双层异质结结构得到了 0.95% 的功率转换效率(PCE)。其它的小分子如并五苯、并四苯以及金属酞菁(PCs) 也是被研究最多的给体材料。(Appl. Phys. Lett., 2004, 85, 5427 ;Appl. Phys. Lett., 2004, 85, 6272 ;Appl., Phys. Lett., 2005, 86, 243506) 引人注目的是, 富勒烯(C₆₀) 或茈与有机半导体的结合, 其自从 20 世纪 90 年代发展起来用于电子材料应用, 是最为常见的有机太阳能电池结构。从 2000 年开始, 已经得到超过 6% 的 PCE (Principles of Solar Cells, Hongreung Publication)。

[0007] 近来, 基于作为电子给体的 π -共轭半导体(p-type) 材料的有机光电池的发展取得了显著的进步, 所述材料如立体规则聚(3-烷基噻吩)(P3HTs), (Adv. Mater. 2006, 18, 572 ;Appl. Phys. Lett. 2005, 87, 083506 ;Nat. Mater. 2006, 5, 197) 铂(II) 聚炔烃聚合物, (Nature Mater. 2007, 6, 521), 以及低聚噻吩(Adv. Mater. 2006, 18, 2872)。通过给体 / 接受

体聚合物互穿网络的纳米结构,已经实现了具有大于 5% PCE 的装置,其是通过限制溶剂的蒸发速率或在制造之后进行热退火而实现的。(Adv. Funct. Mater. 2003, 13, 85 ;Appl. Phys. Lett. 2005, 86, 063502 ;Adv. Funct. Mater. 2005, 15, 1617 ;Nat. Mater. 2005, 4, 864)

[0008] 双-(8-羟基喹啉合-N,O)铂(II)(PtQ₂)配合物首先由 R. Ballardini 等在 1978 年制备 (Inorganica Chimica Acta 1978, 31, 1, L423-L424), 其在稀溶液中显示出橙色到红色的发射。但是,直到 2008 年并没有对于 PtQ₂ 配合物的实际应用。2008 年, Che 由 PtQ₂ 配合物制造了深红色到近红外的有机发光二极管 (OLEDs) (Applied Physics Letter 2008, 92, 16, 163305)。由于所述装置的效率较低 (至多 0.32cd/A), 在 OLED 领域并没有发展出更多的应用。

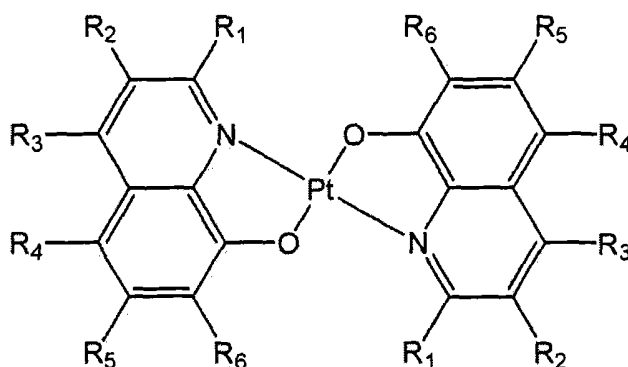
[0009] 上述参考文献引入本申请作为参考。

发明内容

[0010] 本发明涉及有机光电池,其在有机光活性层中含有作为光吸收和电荷传递材料的至少一种双-(8-羟基喹啉合-N,O)铂(II)(PtQ₂)配合物以及对应的衍生物。所公开的双-(8-羟基喹啉合-N,O)铂(II)(PtQ₂)配合物及其衍生物具有光电流/功率产生特性。本发明涉及基于有机金属喹吡啶酮双-(8-羟基喹啉合-N,O)铂(II)(PtQ₂)配合物衍生物的光电池,其潜在地应用于电池组、能量存储以及电器驱动。

[0011] 本发明涉及使用作为活性材料的具有结构 I 的双-(8-羟基喹啉合-N,O)铂(II)(PtQ₂)的有机光电池(OPV):

[0012]



结构 I

[0013] 其中 R₁-R₆ 独立地是氢、卤素、羟基、未被取代的烷基、被取代的烷基、环烷基、未被取代的芳基、被取代的芳基、酰基、烷氧基、酰氧基、氨基、硝基、酰胺基、芳烷基、氰基、羧基、硫、巯基、苯乙烯基、氨基羰基、氨基甲酰基、芳氧基羰基、苯氧基羰基、或烷氧基羰基。

[0014] 所述有机光电池可为单层电池、多层电池、串叠型 (tandem) 结构电池和 / 或分散异质结 (heterojunction) 有机光电池。

[0015] 在一个实施方案中,有机光电池(OPV)可以包括有机光活性层,其包含具有结构 I 的双-(8-羟基喹啉合-N,O)铂(II)(PtQ₂),其中 R₁-R₆ 独立地是氢、卤素、羟基、未被取代的烷基、被取代的烷基、环烷基、未被取代的芳基、被取代的芳基、酰基、烷氧基、酰氧基、氨基、硝基、酰胺基、芳烷基、氰基、羧基、硫、巯基、苯乙烯基、氨基羰基、氨基甲酰基、芳氧基羰基、苯氧基羰基、或烷氧基羰基。

[0016] 在另一个实施方案中,有机光电池(OPV)可以包括配合物1-5其中之一,作为其中的活性层。

[0017] 在另一个实施方案中,形成有机光电池(OPV)的方法可包括在基材(其可以包括透明电极)上形成有机光活性层的步骤,其中所述有机光活性层包含具有结构I的双-(8-羟基喹啉合-N,O)铂(II)(PtQ₂),其中R₁-R₆独立地是氢、卤素、羟基、未被取代的烷基、被取代的烷基、环烷基、未被取代的芳基、被取代的芳基、酰基、烷氧基、酰氧基、氨基、硝基、酰胺基、芳烷基、氰基、羧基、硫、巯基、苯乙烯基、氨基羰基、氨基甲酰基、芳氧基羰基、苯氧基羰基、或烷氧基羰基。

附图说明

[0018] 图1是属于本发明的一种有机光电池的示意图;

[0019] 图2显示了由配合物5制造的有机光电池在黑暗中和在光线下的电流密度~电压(J-V)曲线;

[0020] 图3在二氧化硅表面上的配合物1的扫描电镜照片;

[0021] 图4在二氧化硅表面上的配合物2的扫描电镜照片;

[0022] 图5在二氧化硅表面上的配合物3的扫描电镜照片;

[0023] 图6在二氧化硅表面上的配合物4的扫描电镜照片;

[0024] 图7在二氧化硅表面上的配合物5的扫描电镜照片;以及

[0025] 图8是薄膜5(50nm)在不同温度(a)25°C;(b)80°C;和(c)100°C下退火后的粉末X射线衍射图谱。

具体实施方式

[0026] 参考所述附图,对本发明优选的实施方案进行描述。所述实施方案仅仅是对于实施本发明所做的示例,其是非限制性的。

[0027] 本文中所使用的术语“在.....上”或“在.....之上”或“在.....上面”,当其指的是层、区域、图案或结构时,应理解为所述层、区域、图案或结构可以直接在另外的层或结构的上面(并与其接触),或者也可以存在中间的层、区域、图案或结构。术语“在.....下”或“在.....之下”或“在.....下面”,当其指的是层、区域、图案或结构时,应理解为所述层、区域、图案或结构可以直接在另外的层或结构的下面(并与其接触),或者也可以存在中间的层、区域、图案或结构。

[0028] 图1显示了根据本发明实施方案的合并了有机光活性层的光电池的横截面图。所述有机光活性层可以在透明电极或基材上的载体材料上。所述基材并无特别地限制,只要它是透明的,并且其可以由,例如,玻璃、塑料、聚合物箔、晶体或类似材料制成。本发明的电极2可以由任何透明导电材料制成。电极2(阳极)可以包括例如铟-锡-氧化物(ITO)、其它透明金属氧化物、碳纳米管、导电聚合物如聚亚乙基二氧基噻吩、聚(3,4-亚乙基二氧基噻吩)聚(苯乙烯-磺酸盐)(PEDOT:PSS)、聚乙炔、聚吡咯、聚噻吩、聚苯胺,以及在其它例子中为具有碳纳米管的复合聚合物。在沉积所述有机光活性层之后沉积电极1。对电极1并无具体限制,并且其例子可以包括Al, Ag, Mg, Cu, Au, In, Zn, 碱金属(第1族金属), 碱土金属(第2族金属), 过渡金属, 稀土金属或合金。在一个实施方案中,电极1(阴极)的

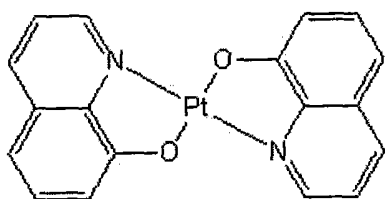
厚度可以为 20nm-1000nm。

[0029] 所述有机光活性层可以包括至少一种有机金属 PtQ₂ 半导体,其具有结构 I 的化学结构;或者具有结构 I 的化学结构的有机半导体,其起到电子给体和电子受体层的作用(给体-受体异质结)。在本发明的一个实施方案中,所述给体-受体异质结可以为本体异质结、共混异质结,或者串联连接作为电池组或串叠型电池。在一个实施方案中,所述 PtQ₂ 层的厚度可以为 20nm-40nm。

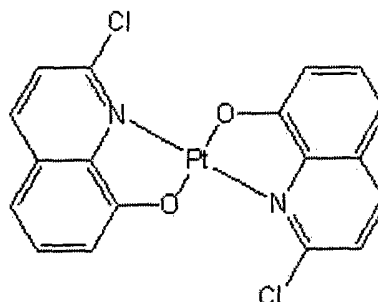
[0030] 在本发明的有机光活性层中的所述电子受体层可以是任何表现出电子接受性质或电子传导性质的有机半导体。电子受体层的例子可包括但不限于茈萘生物,3,4,9,10-茈萘四羧基双苯并咪唑(3,4,9,10-perylenetetracarboxylic bis-benzimidazole)(PTCBI),喹啉生物,聚(苯基喹啉)(PPQ),C₆₀,以及含有 C₆₀ 的复合聚合物。在一个实施方案中,所述电子受体层的厚度可为 20nm-80nm。

[0031] 所述具有结构 I 的化学结构的 PtQ₂ 配合物可以被看作是环金属化的(cyclometallated)配合物。在结构 I 中的铂中心处于+2 价的氧化态并具有正方平面几何形状。所述铂中心的配位位点被两个去质子化的 8-羟基喹啉单元通过一个氮原子和一个氧原子所占据。基于结构 I 的 PtQ₂ 配合物的代表性实例(配合物 1-5)如下所示:

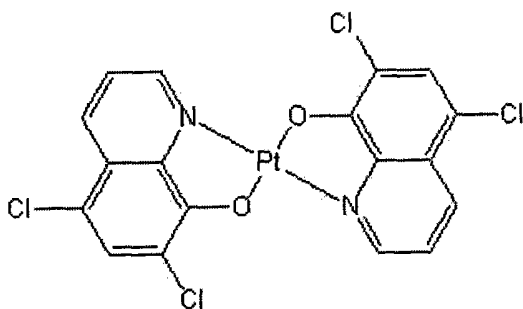
[0032]



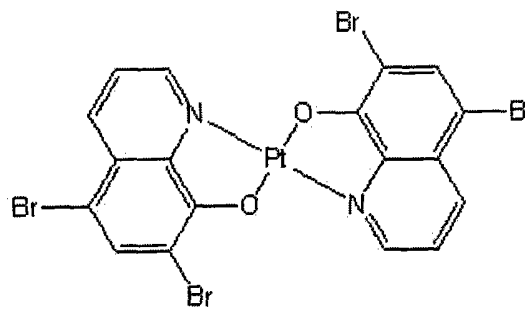
配合物 1



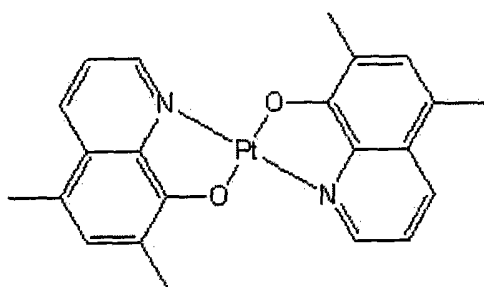
配合物 2



配合物 3



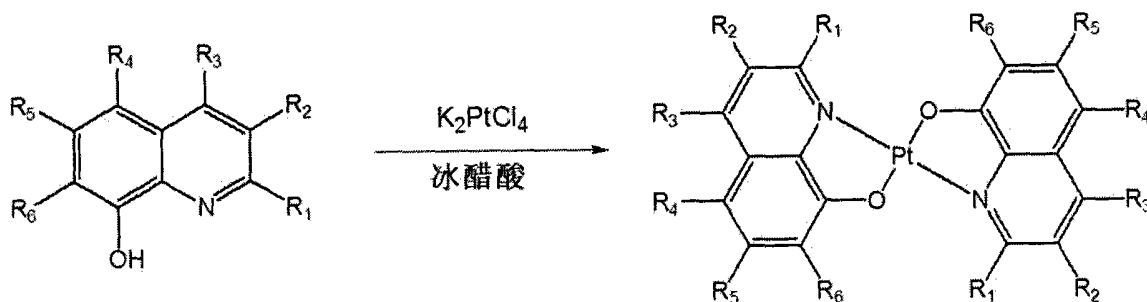
配合物 4



配合物 5

[0033] 在优选的实施方案中,具有在代表性的实例中用相应的 8-羟基喹啉来制备 PtQ_2 配合物的通用方法。为制备这些 PtQ_2 配合物,在冰醋酸中的四氯铂酸钾 (K_2PtCl_4) 与 8-羟基喹啉的混合物被回流 24 小时并得到红色的悬浮物。所述红色固体用水和丙酮洗涤,并在 CH_2Cl_2 或 DMF 中重结晶。下面的反应 1 举例说明了在形成中性铂配合物中优选使用醋酸作为溶剂。

[0034]



反应 I

[0035] 在一个实施方案中,可以在有机光活性层和电极 1(阴极)之间引入激子阻挡层

(exciton blocking layer), 以作为双异质结构。所述激子阻挡层的例子可以包括, 但不限于浴铜灵衍生物、红菲绕啉衍生物、三-8-羟基喹啉合铝衍生物和 2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-邻二氮杂菲衍生物。在一个实施方案中, 所述光活性层的厚度可以为 20nm-120nm。在一个实施方案中, 所述激子阻挡层的厚度可以为 7.5nm-10nm。

[0036] 在一个实施方案中, 所述有机光活性层, 包括所述 PtQ_2 配合物和电子受体层, 可以通过真空沉积、电子束沉积、溅射、喷涂、旋涂、倾注 (dropcasting) 和浸涂来制造。所述激子阻挡层和电极可以通过真空沉积、电子束沉积和溅射来制造。

[0037] 在另一个优选的实施方案中, 所述有机光活性层、激子阻挡层、以及电极可以通过真空沉积顺序地沉积到所述透明电极基材之上, 而在所述制造工艺中不用中断所述真空。

[0038] 更优选地, 所述用于有机光电池中的 PtQ_2 配合物应当在所述基材上形成结晶或多晶薄膜。

[0039] 在有机光电池中使用的所述 PtQ_2 配合物应在日光光谱内具有高的吸收系数, 例如 $\alpha > 10^5 \text{cm}^{-1}$, 以及大的光谱范围。

[0040] 在一个实施方案中, 所述电极 2 (阳极) 是透明的, 其直接位于所述基材之上并与所述基材接触。所述有机光活性层直接位于所述电极 2 之上并与电极 2 接触, 并且所述电极 1 (阴极) 为金属, 其直接位于有机光活性层之上并与之接触。在一个替代实施方案中, 在所述有机光活性层和电极 1 之间可以存在激子阻挡层, 从而激子阻挡层同时与所述有机光活性层和电极 1 接触。

[0041] 以下实施例说明对本发明的实施, 但并不能认为是对本发明保护范围的限制。

[0042] 材料和方法

[0043] 将本文中所参考或引用的所有的专利、专利申请、临时申请、以及出版物, 包括所有的附图和表格, 只要它们不与本申请文件中的内容相抵触都全部引入作为参考。

[0044] 以下实施例说明了对本发明的实施过程。这些实施例不应被认为是对本发明的限制。除非特别指出, 所有的百分数都是基于重量的并且所有的溶剂混合物比例都是基于体积的。

[0045] 实施例 1-

[0046] 在图 1 中示意性显示了本发明中所述基于双-(8-羟基喹啉合-N,0) 铂(II) (PtQ_2) 的有机光电池的结构。如图所示, 所述有机光电池具有多个层。所述透明电极基材优选为在玻璃上的铟-锡氧化物 (ITO-玻璃基材)。含有至少一种 PtQ_2 配合物的有机光活性层通过真空沉积被沉积到所述 ITO 玻璃上。优选包含 C_{60} 的电子给体层可以被沉积到 PtQ_2 配合物上, 或者与所述 PtQ_2 配合物共同沉积。然后将优选包含浴铜灵 (BCP) 的激子阻挡层沉积到有机光活性层上, 而没有中断所述真空。然后将所述金属电极, 优选包含铝, 置于所述激子阻挡层和有机光活性层的上面。

[0047] 实施例 2-

[0048] 在真空沉积之前进行热重分析 (TGA), 来表征所述 PtQ_2 配合物的热稳定性。在氮气气氛下以 $15^\circ\text{C}/\text{min}$ 的扫描速率来测量所述分解温度 (T_d)。所述配合物 1 和 5 的分解温度分别为 477°C 和 461°C 。

[0049] 实施例 3-

[0050] 通过扫描电镜 (SEM) 来表征在二氧化硅表面上 PtQ_2 配合物 1-5 的薄膜形态 (图

3-7)。图 3 显示了配合物 1, 图 4 显示了配合物 2, 图 5 显示了配合物 3, 图 6 显示了配合物 4, 并且图 7 显示了配合物 5。所述薄膜全部以 2 \AA s^{-1} 的沉积速率来沉积。如图 3 所示, 配合物 1 表现由了具有微米尺寸结晶颗粒的薄膜, 并且配合物 2-5 表现出具有纳米尺寸结晶颗粒的连续薄膜 (图 4-7)。为了证明所述薄膜的结晶性质, 在真空沉积的薄膜 5 中进行了粉末 X 射线衍射实验。配合物 5 的薄膜在 $2\theta = 9.2^\circ$ 显示了尖锐的粉末 X 射线衍射峰, 其表明所述薄膜是晶状的, 并且所述分子以 d 间隔为 9.60 \AA 而排列。如通过衍射强度的增强 (图 8) 所示, 在 80°C 和 100°C 下退火后, 所述薄膜 5 变得更为结晶化。

[0051] 实施例 4-

[0052] 分别测量了所述用 PtQ_2 配合物制造的有机光电池的功率转换效率 (power conversion efficiency) (η)、填充因子 (fill factor) (FF)、开路电流电压 (open-current voltage) (V_{oc}) 和短路电流密度 (short-circuit current density) (J_{sc}), 并在表 1 中列出所述性能。通过真空沉积来制造所述基于 PtQ_2 的光电池装置。所述光电池装置在光照时产生直流电流, 并且其功率转换效率和填充因子可以与其它有机光电池装置相比。使用 C_{60} 和 BCP 分别作为电子给体层与激子阻挡层的本体异质结装置实现了 2.03% 的最大功率转换效率。

[0053] 实施例 5-

[0054] 本发明所描述的使用有机铂 (II) (PtQ_2) 配合物作为有机光电池的例子以如下装置结构而制造:

[0055] ITO/PtQ_2 配合物 ($X \text{ nm}$)/ C_{60} ($Y \text{ nm}$)/BCP (7.5 nm)/Al (100 nm)。在所述光活性层中使用配合物 1 作为电子给体, 制造装置 A。通过以 2 \AA s^{-1} 的速率进行真空沉积, 将配合物 1 沉积到预先制成的透明 ITO 玻璃上。所述薄膜 1 的厚度为 30 nm 。 C_{60} (40 nm) 和 BCP 层 (7.5 nm) 顺序地被沉积到所述 PtQ_2 层之上, 而没有中断所述真空。沉积 100 nm 的铝层以作为金属电极。装置 A 得到的功率转换效率 $\eta = 0.17\%$, 填充因子 $\text{FF} = 30\%$, 开路电流电压 $V_{oc} = 0.25 \text{ V}$, 以及短路电流密度 $J_{sc} = 2.25 \text{ mA cm}^{-2}$ 。

[0056] 实施例 6-

[0057] 在所述有机光电池的光活性层中使用配合物 5 作为电子给体, 制造本发明实施方案的一个实例。用与在实施例 5 中所描述的制造装置 A 相同的方式来制造装置 B。装置 B 所得到的功率转换效率 $\eta = 1.70\%$, 填充因子 $\text{FF} = 40\%$, 开路电流电压 $V_{oc} = 0.32 \text{ V}$, 以及短路电流密度 $J_{sc} = 13.3 \text{ mA cm}^{-2}$ 。

[0058] 实施例 7-

[0059] 研究了电子接受层厚度对有机光电池性能的影响。在本发明所描述的光活性层中使用配合物 5 (30 nm) 作为电子给体, 并以 C_{60} 作为电子接受层, 来制造装置 B、C 和 D。所述装置 B、C 和 D 的 C_{60} (电子接受层) 的厚度分别为 40 、 50 和 60 nm 。装置 B 所得到的功率转换效率 $\eta = 1.70\%$, 填充因子 $\text{FF} = 40\%$, 开路电流电压 $V_{oc} = 0.32 \text{ V}$, 并且短路电流密度 $J_{sc} = 13.3 \text{ mA cm}^{-2}$, 而同时装置 C 和 D 的功率转换效率分别稍低为 1.45% 和 1.13% 。

[0060] 实施例 8-

[0061] 研究了在制备之后的退火对有机光电池性能的影响。用配合物 5 按照实施例 5 中所描述的过程以 $\text{ITO/配合物 5 (30nm)/C}_{60}$ (50 nm)/BCP (7.5 nm)/Al (100 nm) 的装置结构来制造装置 E。然后在氮气气氛中 80°C 下将装置 E 退火 1 小时。装置 E 所得功率转换效率 $\eta =$

1.93%，填充因子 $FF = 38\%$ ，开路电压 $V_{oc} = 0.47V$ ，并且短路电流密度 $J_{sc} = 10.7mA/cm^2$ 。对退火的薄膜 5 进行的粉末 X 射线衍射研究（图 8）显示在 $80^\circ C$ 下退火后衍射强度有所提高，表明所述薄膜在退火工艺之后变得更为结晶化。而装置 F 以相同的装置构造与过程制造，在经过在 $80^\circ C$ 退火 2 小时后，得到了提高的功率转换效率（2.07%）以及填充因子（42.9%）。

[0062] 表 1

[0063]

装置	配合物	退火条件	C_{60} 厚度	J_{sc} (mA/cm^2)	V_{oc} (V)	FF (%)	H (%)
A	1	n/a	40	2.25	0.25	30	0.17
B	5	n/a	40	13.3	0.32	40	1.70
C	5	n/a	50	8.08	0.57	31	1.45
D	5	n/a	60	5.65	0.44	46	1.13
E	5	$80^\circ C$, 1 小时	50	10.7	0.47	38	1.93
F	5	$80^\circ C$, 2 小时	50	8.14	0.58	43	2.03

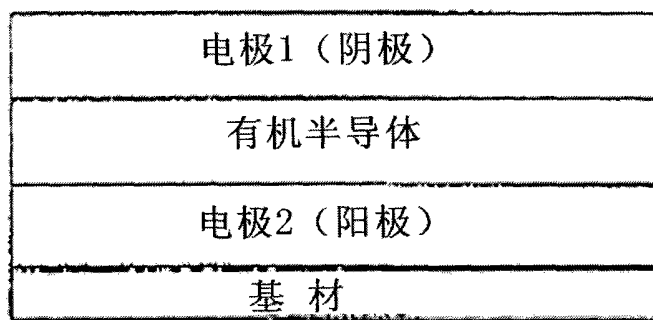


图 1

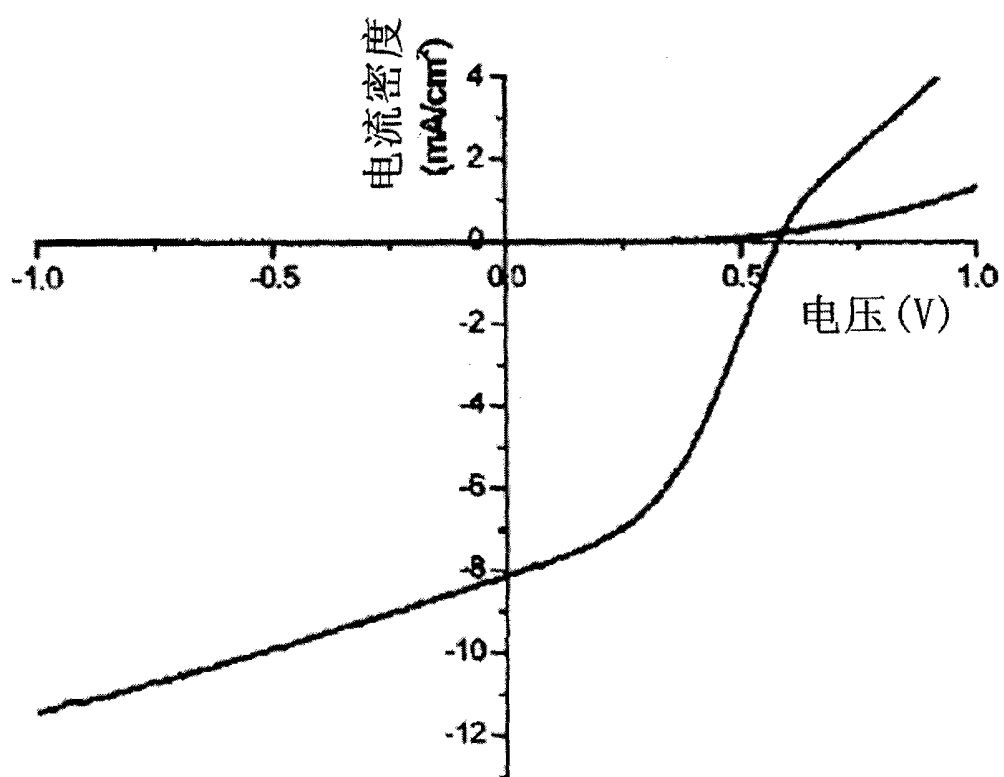


图 2

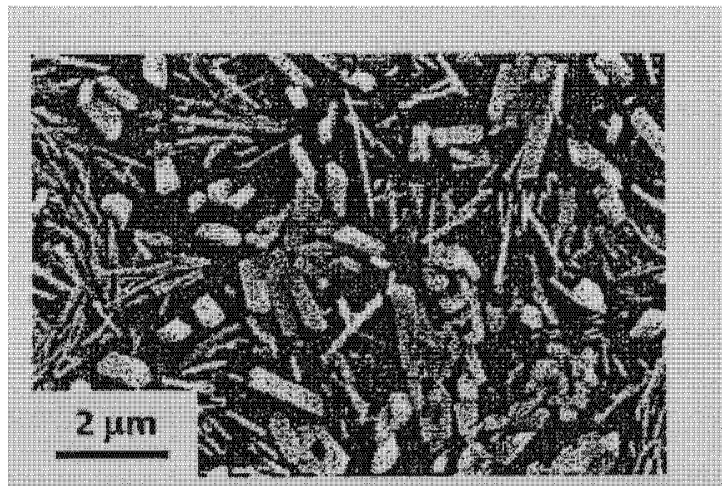


图 3

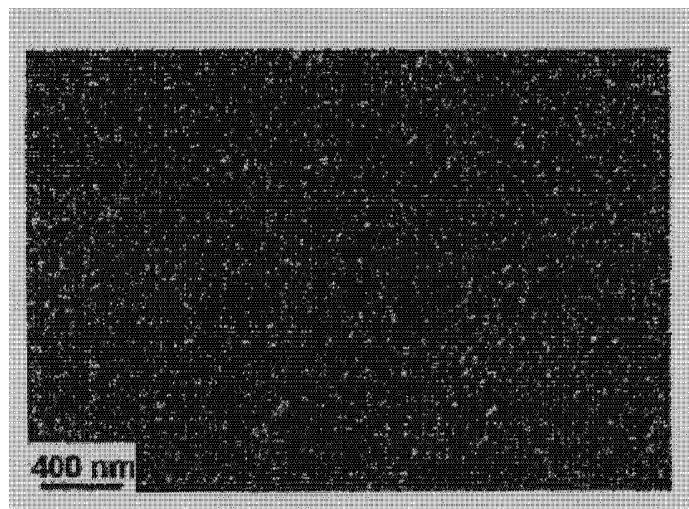


图 4

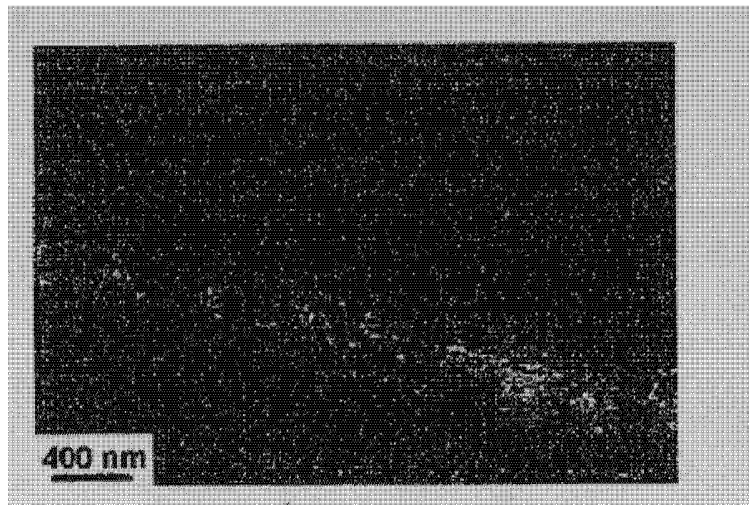


图 5

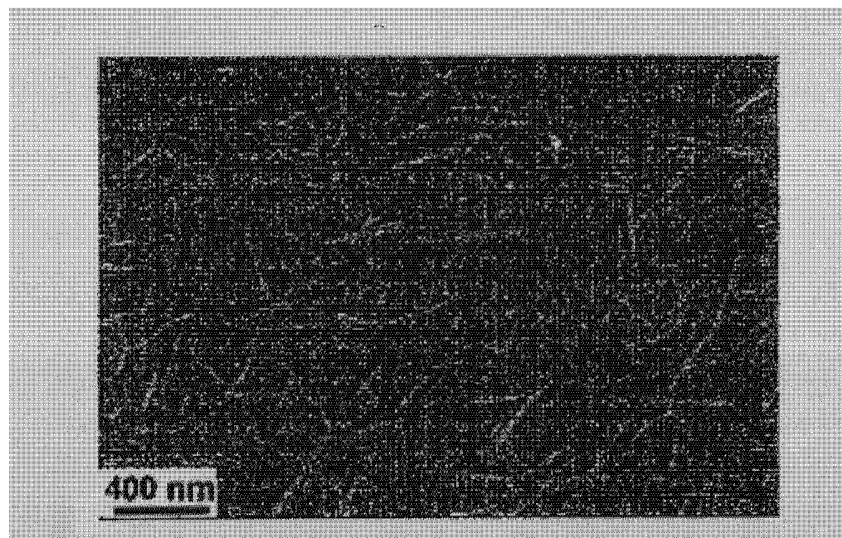


图 6

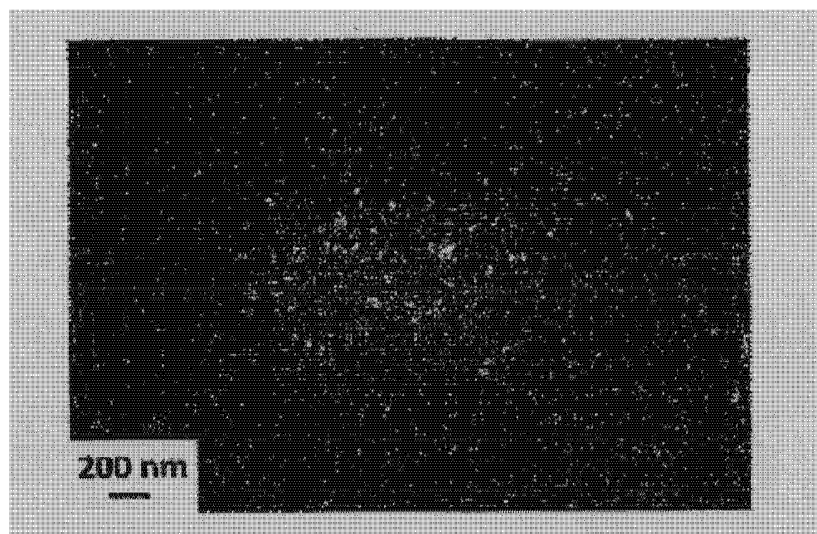


图 7

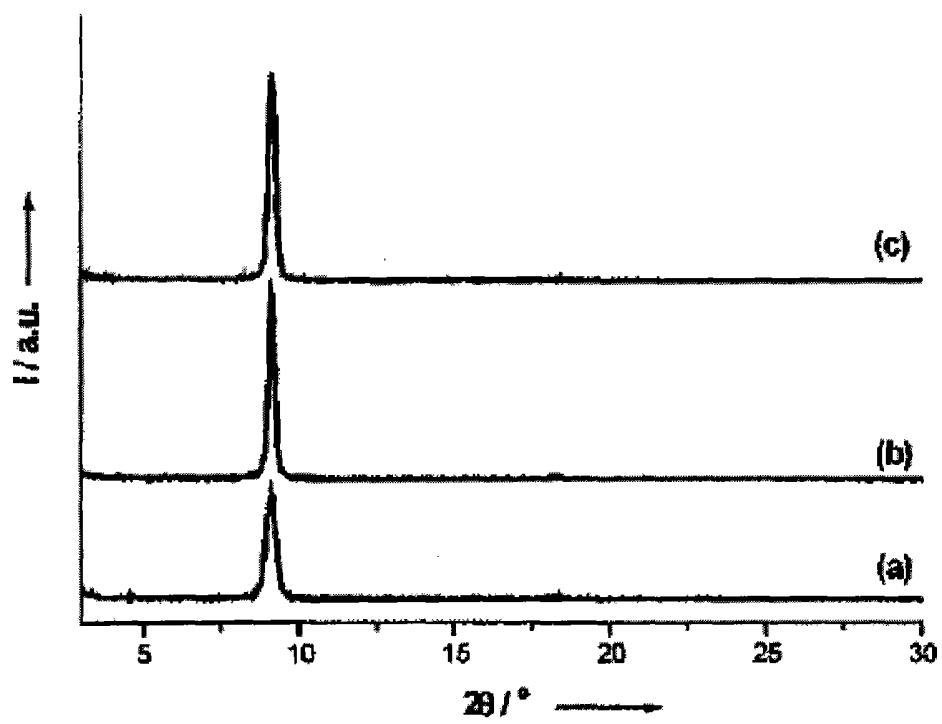


图 8