

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01H 1/02

H01L 51/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510016721.2

[43] 公开日 2005 年 11 月 16 日

[11] 公开号 CN 1697104A

[22] 申请日 2005.4.18

[21] 申请号 200510016721.2

[71] 申请人 中国科学院长春应用化学研究所

地址 130022 吉林省长春市人民大街 5625 号

[72] 发明人 闫东航 王海波 王 军 代继光

姜晓霞 严铨俊

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司

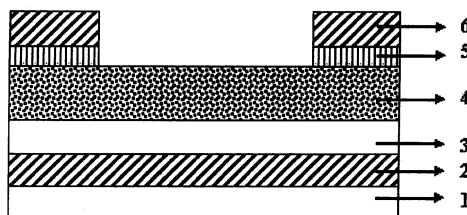
代理人 马守忠

权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 7 页

[54] 发明名称 含有有机异质结的电接触材料及其器件

[57] 摘要

本发明涉及一种改善有机半导体与金属电极之间接触的含有有机异质结的电接触材料。本发明的特征是所采用的含有有机异质结的电接触材料是由电子型和空穴型有机半导体及其构成的异质结组成。本发明还涉及到采用这种含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机二极管、有机场效应晶体管以及有机光伏器件。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1、一种含有有机异质结的电接触材料，其特征在于所述的含有有机异质结的电接触材料是由电子型和空穴型有机半导体及其构成的异质结组成。

2、按权利要求1所述的含有有机异质结的电接触材料，其特征在于所述的电子型和空穴型有机半导体属于同类衍生物。

3、按权利要求2所述的含有有机异质结的电接触材料，其特征在于所述的空穴型半导体层分别由酞菁铜、酞菁镍、酞菁锌、酞菁钴、酞菁铂、自由酞菁之一或至少两种材料构成，电子型半导体层分别由氟代酞菁铜、氟代酞菁锌、氟代酞菁铁和氟代酞菁钴之一或至少两种材料构成。

4、按权利要求2所述的含有有机异质结的电接触材料，其特征在于所述的空穴型半导体层分别由噻吩齐聚物、聚噻吩、二(联苯-4, 4')-2, 2'-二噻吩之一或至少两种材料构成，电子型半导体层由氟代齐聚噻吩构成。

5、按权利要求1所述金属电极，其特征是功函大于4.3电子伏特、小于5.7电子伏特。

6、按权利要求5所述金属电极，其特征是ITO、Al、Mg、Ag、Ta、Cr、Mo、Cu、Au、Pt中的一种或其中两种以上的金属合金。

7、一种采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机场效应晶体管，包括，基板(1)，与基板(1)接触的栅电极(2)，与栅电极(2)接触的绝缘栅(3)，与绝缘栅(3)接触的有机半导体活性层(4)，与有机半导体活性层(4)接触的含有有机异质结的电接触材料所构成的缓冲层(5)，与缓冲层(5)接触的源/漏电极(6)。

8、一种采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机薄膜光伏电池，包括，基板(1)，与基板(1)接触的透明电极(2)，与透明电极(2)接触的含有有机异质结的电接触材料所构成的缓冲层(3)，与缓冲层(3)接触的有机半导体活性层(4)，与有机半导体活性层(4)接触的有机半导体活性层(5)，与有机半导体活性层(5)接触的金属电极(6)。

含有有机异质结的电接触材料及其器件

技术领域

本发明涉及采用有机半导体异质结(organic heterojunction)的电接触材料,实现金属电极与有机半导体的有效接触。本发明还涉及采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机场效应晶体管器件和有机光伏器件。

背景技术

近年来,有关有机半导体材料的研究异常活跃,在信息显示和光伏电池等方面显示出广阔的应用前景。中国专利 02129458.5 公开了一种夹心型的有机场效应晶体管,提供了采用二种或二种以上有机半导体材料构成新型半导体的方法,采用这种方法可以有效提高有机场效应晶体管的综合性能,特别是可以有效降低阈值电压。中国专利 03102064.x 公开了一种采用有机半导体异质结实现双极型有机场效应晶体管的方法,并利用有机半导体的异质结的导电性质还实现了常开型场效应晶体管的方法。在化学物理快报 (Chemical Physics Letters)的 2005 年第 407 卷 87 页,王军等人报道了有机异质结界面具有高电导性,并利用有机异质结实现了常开型和双极型场效应晶体管。因此,采用两种有机半导体复合做为活性层的有机半导体器件表现出了与单一材料不同的器件性能。中国专利 200410010768.3 公开了一种采用非反应活性缓冲层来实现金属电极与半导体的有效接触的方法,该方法是采用高电导性材料作为器件的缓冲层,提高了有机场效应晶体管中的载流子注入效率。

发明内容

本发明的目的之一是提供一种含有有机异质结的电接触材料;

本发明的另一目的是提供一种采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机场效应晶体管器件;

本发明的第三个目的是提供一种采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机光伏器件。

本发明利用有机半导体异质结的界面具有高导电性质,克服金属和有机半导体界面偶极作用和能级失配对电荷注入和导出的限制。有机半导体异质结界面的高导电性来源于有机半导体接触后所产生界面偶极,这种界面偶极会形成很强的偶极电场,其诱导载流子在界面处累积,导致界面处形成高电导区域。这一高电导区域有效的降低了电荷的注入势垒,增强了电荷从金属电极到有机半导体的隧穿几率。因此,采用有机半导体异质结作为电接触材料能够显著的提高电荷注入和导出性质。

本发明采用两种或两种以上有机半导体材料所构成的有机异质结作为电接触材料,并且在有机场效应晶体管器件和有机光伏器件中采用这种含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层实现了金属电极与有机半导体的有效接触。

含有有机异质结的电接触材料是由电子型和空穴型有机半导体及其构成的异质结组成。这里的空穴型半导体层分别由酞菁铜、酞菁镍、酞菁锌、酞菁钴、酞菁铂、自由酞菁、四聚噻吩、五聚噻吩、六聚噻吩、二(联苯-4,4')-2,2'-二噻吩之一或至少两种材料构成,电子型半导体层分别由氟代酞菁铜、氟代酞菁锌、氟代酞菁铁、氟代酞菁钴和氟代六聚噻吩之一或至少两种材料构成。含有有机异质结的电接触材料的制备均采用真空分子气相沉积方法,总体厚度为零到五十纳米。

采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层能够有效改善金属电极和有机半导体的接触效应。金属电极的特征是功函大于 4.3 电子伏特、小于 5.7 电子伏特,包括氧化铟锡 (ITO)、镁(Mg)、铝(Al)、银(Ag)、钽(Ta)、铬(Cr)、钼(Mo)、铜(Cu)、金(Au)和铂(Pt)中的一种或其中两种以上的金属合金。采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的晶体管的接触电阻被显著的降低,从而增强了电荷注入效率,晶体管的器件性能被明显提高。采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机光伏器件,实现了电荷的有效导出,器件性能被大幅度地提高。

附图说明

图 1a 是本发明采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的二极管结构示意图。其中,1 是基板,2 和 5 是电极,3 是有机半导体活性层,4 是含有有机异质结的电接触材料所构成的缓冲层。

图 1b 是不含缓冲层的二极管结构示意图。其中，1 是基板，2 和 4 是电极，3 是有机半导体活性层。

图 1c 是本发明实施例 1 含有含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的二极管结构在暗态(曲线(b))和光照(曲线(c))条件下的电流-电压曲线，以及不含缓冲层的二极管结构在暗态(曲线(a))下的电流-电压曲线。

图 2a 采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机场效应晶体管器件结构示意图。其中，1 是基板，2 是栅电极，3 是绝缘层，4 是有机半导体活性层，5 是含有有机异质结的电接触材料所构成的缓冲层。6 是源/漏电极。图 2a 也是说明书摘要附图。

图 2b 是本发明实施例 2 的输出特性曲线。

图 2c 是本发明实施例 2 的转移特性曲线。

图 3a 采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机光伏器件结构示意图。其中，1 是基板，2 和 6 是电极，3 是含有有机异质结的电接触材料所构成的缓冲层，4 和 5 是有机半导体活性层。

图 3b 是本发明实施例 3 中不含缓冲层有机光伏器件在暗态(曲线(a))和光照下(曲线(b))和含有缓冲层的有机光伏器件在暗态(曲线(c))和光照下(曲线(d))的电流-电压曲线。

具体实施方式

下面结合附图描述本发明。

图 1a 是采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的二极管结构示意图。将导电材料设置于基板 1 上构成电极 2，空穴型和(或)电子型半导体材料设置于电极 2 上形成有机活性层 3，空穴型和(或)电子型半导体材料设置于有机活性层 3 上形成含有有机异质结的电接触材料，构成缓冲层 4，电极 5 设置于缓冲层 4 上。

图 2a 采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机场效应晶体管器件结构示意图。将导电材料层设置于衬底 1 上构成栅电极 2，绝缘材料设置于栅电极 2 上构成绝缘层 3，电子型和(或)空穴型半导体材料设置于绝缘层 3 上构成半导体层活性层 4，空穴型和(或)电子型半导体材料设置于半导体活性层 4 上形成含有有机异质结的电接触材料，构成缓冲层 5，源漏电

极 6 设置于缓冲层 5 上。

图 3a 采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机光伏器件结构示意图。将导电材料设置于基板 1 上构成电极 2，空穴型和(或)电子型半导体材料设置于电极 2 上形成含有有机异质结的电接触材料，构成缓冲层 3，半导体活性层 4 设置于缓冲层 3 上，半导体活性层 5 设置于半导体活性层 4 上，在半导体活性层 5 上形成电极 6。

下面通过实施例进一步描述本发明。

实施例 1:

所用酞菁铜(CuPc)、酞菁锌(ZnPc)、酞菁镍(NiPc)、酞菁钴(CoPc)、自由酞菁(H₂Pc)、酞菁铂(PtPc)、氟代酞菁铜(F₁₆CuPc)、氟代酞菁锌(F₁₆ZnPc)、氟代酞菁铁(F₁₆FePc)和氟代酞菁钴(F₁₆CoPc)是商业产品，经过升华纯化后使用。四聚噻吩(4T)、五聚噻吩(5T)、六聚噻吩(6T)、二(联苯-4,4')-2,2'-二噻吩(BP2T)和氟代六聚噻吩(DFH-6T)是合成材料，经过升华纯化后使用。导电薄膜氧化铟锡(ITO)做为电极 2 覆盖在玻璃基板 1 上，含有导电薄膜的玻璃整体是商业产品。

含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的二极管结构见图 1a。所有有机层的制备均采用真空分子气相沉积方法，其真空度为 10⁻⁵ 帕。玻璃基板 1 上的 ITO 电极作为阳极，构成电极 2。首先，在 ITO 电极 2 上采用真空分子气相沉积方法沉积 40 纳米酞菁锌，构成有机半导体活性层 3。然后，在有机半导体活性层 3 上采用真空分子气相沉积方法沉积含有有机异质结的电接触材料构成缓冲层 4。这里的电接触材料是由电子型和空穴型有机半导体及其构成的异质结组成，其中空穴型半导体层分别由酞菁铜、酞菁镍、酞菁锌、酞菁钴、酞菁铂、自由酞菁、四聚噻吩(4T)、五聚噻吩(5T)、六聚噻吩(6T)、二(联苯-4,4')-2,2'-二噻吩(BP2T)之一或至少两种材料构成，电子型半导体层分别由氟代酞菁铜、氟代酞菁锌、氟代酞菁铁、氟代酞菁钴和氟代六聚噻吩之一或至少两种材料构成。缓冲层 4 的制作方法是先采用真空分子气相沉积方法沉积一种类型的有机半导体，基底温度为 150 摄氏度，厚度为 2 纳米，形成分立的晶粒，然后在同样条件下采用与上述同样的方法再沉积另一种有机半导体，厚度为 2 纳米，它们共同形成有机异质结互

穿网络结构，构成含有有机异质结的电接触材料，作为缓冲层。最后，采用真空热蒸镀的方法在缓冲层 4 上沉积不同的金属形成电极 5，作为阴极，热蒸镀时的真空为 10^{-4} 帕。

为了对比缓冲层对电接触性能的改善效果，制作了不含缓冲层的器件，其器件结构见图 1b。有机层的制备均采用真空分子气相沉积方法，其真空度为 10^{-5} Pa。玻璃基板 1 上的 ITO 电极作为阳极，构成电极 2。首先，在电极 2 上采用真空分子气相沉积方法沉积 40 纳米酞菁锌，构成有机半导体活性层 3。然后，采用真空热蒸镀的方法在有机半导体活性层 3 上沉积不同的金属形成电极 4，作为阴极，热蒸镀时的真空为 10^{-4} 帕。

表 1 列出了对于低功函金属电极的图 1a 和图 1b 所述两种结构器件的电导率。表中电导率为在阳极正 1 伏的情况下测得，eV 代表电子伏特，S/cm 代表西门子每厘米。对于低功函的金属电极，镁(Mg)和铝(Al)，无论含有缓冲层还是不含缓冲层的器件均表现出肖特基接触，但对比于不含缓冲层的器件，相应的含有缓冲层器件的电导率均有所提高。

表 1

缓冲层	阴极	阴极 功函 (eV)	电导率 (S/cm) (不含缓 冲层)	电导率 (S/cm) (含缓冲 层)	接触特性
ZnPc/F ₁₆ CuPc	Mg	2.87	1.1×10^{-8}	2.5×10^{-8}	肖特基接触
ZnPc/F ₁₆ CuPc	Al	4.28	0.8×10^{-8}	1.6×10^{-8}	肖特基接触
CuPc/F ₁₆ CuPc	Al	4.28	1.0×10^{-8}	3.1×10^{-8}	肖特基接触
6T/DFH-6T	Al	4.28	6.1×10^{-8}	1.2×10^{-7}	肖特基接触
6T/CuPc/F ₁₆ CuPc	Al	4.28	4.4×10^{-8}	8.3×10^{-8}	肖特基接触
BP2T/F ₁₆ CuPc	Al	4.28	5.4×10^{-8}	2.1×10^{-7}	肖特基接触

表 2 列出了对于高功函金属电极的图 1a 和图 1b 所述两种结构器件的电导率。对于电极功函在 4.3eV 到 5.1eV，银(Ag)，钽(Ta)，铬(Cr)，钼(Mo)，

铜(Cu), 含有缓冲层器件的电导率均高于不含缓冲层器件电导率的2到3倍, 并且全部表现为欧姆传输。对于更高功函的金属电极, 金(Au)和铂(Pt), 所有器件的电学特性均表现为欧姆传输, 含有缓冲层器件的电导率略有提高。因此, 采用含有有机异质结的电接触材料所构成的缓冲层, 能够有效改善金属电极与有机半导体之间的接触, 其适用范围为所有功函大于 4.3eV、小于 5.7eV 的电极材料。

表 2

缓冲层	阴极	阴极功函 (eV)	电导率 (S/cm) (不含缓冲 层)	电导率 (S/cm) (含缓冲层)	接触特性
ZnPc/F ₁₆ CuPc	Ag	4.26	5.2×10^{-10}	1.6×10^{-9}	欧姆接触
CuPc/F ₁₆ CuPc	Ag	4.26	2.7×10^{-9}	3.8×10^{-8}	欧姆接触
PtPc/F ₁₆ ZnPc	Ag	4.26	4.1×10^{-10}	1.1×10^{-9}	欧姆接触
5T/F ₁₆ CuPc	Ag	4.26	3.6×10^{-9}	6.9×10^{-9}	欧姆接触
4T/DFH-6T	Ag	4.26	8.9×10^{-8}	7.2×10^{-7}	欧姆接触
BP2T/F ₁₆ ZnPc	Ag	4.26	1.3×10^{-7}	8.8×10^{-7}	欧姆接触
NiPc/F ₁₆ CoPc	Ag	4.26	2.1×10^{-9}	5.8×10^{-8}	欧姆接触
ZnPc/CuPc/ F ₁₆ CuPc	Ag	4.26	4.2×10^{-9}	6.9×10^{-8}	欧姆接触
4T/5T/ DFH-6T	Ag	4.26	9.1×10^{-8}	8.0×10^{-7}	欧姆接触
CuPc/F ₁₆ CuPc / F ₁₆ ZnPc	Ag	4.26	6.2×10^{-9}	7.5×10^{-8}	欧姆接触
ZnPc/F ₁₆ CuPc	Ta	4.25	2.1×10^{-9}	6.2×10^{-9}	欧姆接触
CuPc/F ₁₆ FePc	Ta	4.25	1.0×10^{-9}	3.1×10^{-9}	欧姆接触
H ₂ Pc/F ₁₆ FePc	Ta	4.25	7.0×10^{-10}	1.5×10^{-9}	欧姆接触
NiPc/CuPc/ F ₁₆ CuPc	Ta	4.25	6.8×10^{-9}	9.1×10^{-9}	欧姆接触

F ₁₆ CuPc					
ZnPc/F ₁₆ CuPc	Cr	4.5	2.9×10 ⁻⁸	8.4×10 ⁻⁸	欧姆接触
CoPc/F ₁₆ ZnPc	Cr	4.5	1.1×10 ⁻⁸	7.3×10 ⁻⁸	欧姆接触
4T/DFH-6T	Cr	4.5	9.1×10 ⁻⁸	8.7×10 ⁻⁷	欧姆接触
ZnPc/F ₁₆ CuPc	Mo	4.6	2.8×10 ⁻⁸	9.1×10 ⁻⁸	欧姆接触
PtPc/F ₁₆ CuPc	Mo	4.6	3.3×10 ⁻⁸	1.3×10 ⁻⁷	欧姆接触
5T/DFH-6T	Mo	4.6	5.3×10 ⁻⁷	7.7×10 ⁻⁶	欧姆接触
ZnPc/F ₁₆ CuPc	Cu	4.65	5.3×10 ⁻⁸	1.3×10 ⁻⁷	欧姆接触
H ₂ Pc/F ₁₆ ZnPc	Cu	4.65	4.1×10 ⁻⁸	8.6×10 ⁻⁸	欧姆接触
CuPc/F ₁₆ FePc	Cu	4.65	3.0×10 ⁻⁸	7.5×10 ⁻⁸	欧姆接触
CoPc/F ₁₆ CuPc	Cu	4.65	4.9×10 ⁻⁸	1.3×10 ⁻⁷	欧姆接触
BP2T/F ₁₆ CuPc	Cu	4.65	7.5×10 ⁻⁸	3.1×10 ⁻⁷	欧姆接触
NiPc/CuPc/ F ₁₆ ZnPc	Cu	4.65	4.5×10 ⁻⁸	8.1×10 ⁻⁸	欧姆接触
CoPc/ZnPc/ F ₁₆ ZnPc	Cu	4.65	6.2×10 ⁻⁸	9.8×10 ⁻⁸	欧姆接触
ZnPc/F ₁₆ ZnPc/ DFH-6T	Cu	4.65	8.5×10 ⁻⁷	9.4×10 ⁻⁶	欧姆接触
ZnPc/F ₁₆ CuPc	Au	5.1	1.0×10 ⁻⁷	1.1×10 ⁻⁷	欧姆接触
CuPc/F ₁₆ CuPc	Au	5.1	1.2×10 ⁻⁷	1.4×10 ⁻⁷	欧姆接触
CoPc/F ₁₆ CoPc	Au	5.1	9.4×10 ⁻⁸	1.1×10 ⁻⁷	欧姆接触
CuPc/F ₁₆ ZnPc	Au	5.1	1.1×10 ⁻⁷	1.1×10 ⁻⁷	欧姆接触
6T/F ₁₆ CuPc	Au	5.1	2.9×10 ⁻⁷	3.1×10 ⁻⁷	欧姆接触
6T/F ₁₆ ZnPc	Au	5.1	2.8×10 ⁻⁷	3.3×10 ⁻⁷	欧姆接触
6T/DFH-6T	Au	5.1	8.2×10 ⁻⁷	9.2×10 ⁻⁷	欧姆接触
BP2T/F ₁₆ CuPc	Au	5.1	2.2×10 ⁻⁷	2.5×10 ⁻⁷	欧姆接触
6T/CuPc/ F ₁₆ CuPc	Au	5.1	2.6×10 ⁻⁷	3.1×10 ⁻⁷	欧姆接触

CoPc/CuPc/ F ₁₆ CuPc	Au	5.1	2.0×10^{-7}	2.2×10^{-7}	欧姆接触
CuPc/F ₁₆ CuPc / F ₁₆ CoPc	Au	5.1	2.1×10^{-7}	2.4×10^{-7}	欧姆接触
ZnPc/F ₁₆ CuPc	Pt	5.65	1.2×10^{-7}	1.2×10^{-7}	欧姆接触
ZnPc/F ₁₆ ZnPc	Pt	5.65	1.1×10^{-7}	1.1×10^{-7}	欧姆接触
CoPc/F ₁₆ FePc	Pt	5.65	1.0×10^{-7}	9.7×10^{-8}	欧姆接触
CuPc/F ₁₆ CuPc	Pt	5.65	2.1×10^{-7}	2.5×10^{-7}	欧姆接触
NiPc/F ₁₆ ZnPc	Pt	5.65	8.0×10^{-8}	8.1×10^{-8}	欧姆接触
6T/DFH-6T	Pt	5.65	1.1×10^{-6}	1.3×10^{-6}	欧姆接触
CoPc/CuPc/ F ₁₆ CuPc	Pt	5.65	1.4×10^{-7}	1.5×10^{-7}	欧姆接触
H ₂ Pc/CuPc/ F ₁₆ CuPc	Pt	5.65	1.3×10^{-7}	1.4×10^{-7}	欧姆接触

图 1c 表现了图 1a、图 1b 所示的两种器件结构的电流—电压曲线。对于图 1a 所示的器件结构，采用 ITO 作为电极 2，作为阳极，酞菁锌作为有机半导体活性层 3，酞菁锌和氟代酞菁铜构成缓冲层 4，电极 5 为银电极。对于图 1b 所示的器件结构，采用 ITO 作为电极 2，有机半导体活性层 3 为酞菁锌，电极 4 为银电极，作为阴极。电流随电压的增加而线性增加，表明其接触为欧姆接触。在暗态情况下，含有缓冲层的器件电导率明显大于不含缓冲层的器件电导率。在光照情况下，含有缓冲层器件的电流—电压曲线几乎与暗态情况下的电流—电压曲线重合，表明其对光照并不敏感。对光照的不敏感性使其适合使用在有机光伏器件中。

实施例 2:

所用酞菁铜(CuPc)和氟代酞菁铜(F₁₆CuPc)是商业产品，经过升华纯化后使用。

含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机场效应晶体管器件结

构见图 2a。在 7059 玻璃衬底 1 上用射频磁控溅射方法镀上一层 Ta 金属膜，溅射的条件为：本底真空 2×10^{-3} Pa，Ar 气气压 1 Pa，射频功率 500 W，并光刻成栅极 2。在栅极 2 上面用直流磁控溅射方法连续溅射一层 300 纳米的 Ta_2O_5 反应溅射：本底真空 2×10^{-3} Pa， O_2 气压 0.9 Pa，直流功率 500 W，作为绝缘层 3。然后采用分子气相沉积方法在绝缘层 3 上沉积厚度约 30 纳米的酞菁铜，真空度为 10^{-4} 帕，形成有机半导体活性层 4；在有机半导体活性层 4 上通过掩模版连续沉积厚度约 2 纳米的氟代酞菁铜薄膜形成有机异质结互穿网络结构，沉积方法和条件与上述相同，形成含有有机异质结的电接触材料所构成的缓冲层 5；最后采用真空热蒸镀的方法在缓冲层 5 上沉积 60 纳米 Au 并形成源漏电极 6，热蒸镀时的真空为 10^{-4} 帕。

采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机场效应晶体管和不含缓冲层的晶体管输出特性曲线见图 2b，其中(A)环内的两条曲线为不含缓冲层的器件，(B)环内的两条曲线为含有缓冲层的器件。在低的漏电压下，电流表现为线性增长。当栅源电压分别(V_G)在 30 伏和 50 伏时，比较两个曲线可以看见在 10 伏的漏源电压(V_D)范围内采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的晶体管显示出更高的漏源电流(I_D)。同时从图 2b 中也能看出含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的晶体管的电阻被显著的降低。相应的有机场效应晶体管器件的转移特性曲线见图 2c， I_D 显著的依赖于 V_G 。采用含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机场效应晶体管器件的电学参数是根据图 2c 所示曲线计算出的。其饱和区的空穴载流子迁移率为 $0.014 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ，开关电流比为 4×10^3 。

实施例 3：

所用氟代酞菁铜(F_{16}CuPc)，酞菁锌(ZnPc) 和富勒烯(C_{60})是商业产品，经过升华纯化后使用。导电薄膜 ITO 做为电极 2 覆盖在玻璃基板 1 上，含有导电薄膜的玻璃整体是商业产品。

含有有机异质结的电接触材料作为缓冲层的有机光伏器件的结构见图 3a。所有有机层的制备均采用真空分子气相沉积方法，其真空度为 10^{-5} 帕。首先，在 ITO 电极 2 上制备厚度为 4 纳米的缓冲层 3，缓冲层 3 由有机半导体材料氟代酞菁铜和酞菁锌构成，先采用真空分子气相沉积方法沉积氟代酞

菁铜，基底温度为 150 摄氏度，厚度为 2 纳米，形成分立的晶粒，然后再采用与上述同样的方法和条件沉积酞菁锌，厚度为 2 纳米，它们共同形成有机异质结互穿网络结构，构成含有有机异质结的电接触材料，作为缓冲层 3。然后，在缓冲层 3 上采用与上述同样的方法和条件沉积酞菁锌形成有机半导体层活性层 4。在有机半导体活性层 4 上采用与上述同样的方法和条件沉积 C₆₀ 形成有机半导体活性层 5。最后，在有机半导体活性层 5 上，采用真空热蒸镀的方法沉积金属电极铝形成电极 6，真空度为 10⁻⁴ 帕。

采用异质结有机半导体作为缓冲层和不含缓冲层的有机光伏器件在暗态和光照条件下的电流—电压曲线见图 3b。光照条件为模拟太阳光 AM1.5，光照强度为 100 毫瓦每平方厘米。含有缓冲层的光伏器件在暗态无光照条件下，负向偏压时电流很小，而在正向电压下电流随电压的增加急剧增加，表现出很好的二极管整流特性，见图 3b 中的曲线(c)。在光照条件下，器件表现出光伏特性，见图 3b 中的曲线(d)。图 3b 中的曲线(a)和(b)为不含缓冲层的有机光伏器件在暗态和光照条件下的电流—电压曲线。含有缓冲层和不含缓冲层的有机光伏器件的性能参数见表 2。

表 2 含有缓冲层和不含缓冲层的有机光伏器件的性能参数

性能参数	不含缓冲层	含有缓冲层
V _{oc} (伏)	0.44	0.42
I _{sc} (毫安每平方厘米)	1.87	2.22
FF	0.31	0.38
η (%)	0.25	0.35
R _s (欧姆每平方厘米)	185	45
R _{sh} (欧姆每平方厘米)	500	667

本发明不限于上述实施例。一般来说，本专利所公开的异质结有机半导体缓冲层可以用于其他有机半导体器件中，是形成二维和三维的集成器件中的器件。这些集成器件可能应用在柔性集成电路、有源矩阵显示和光伏电池方面。使用基于本发明的电子器件可以实现低温加工。

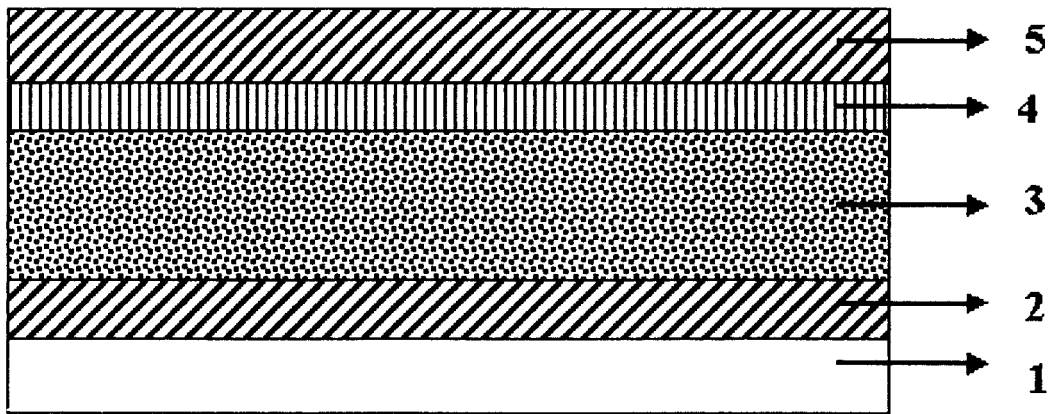


图 1a

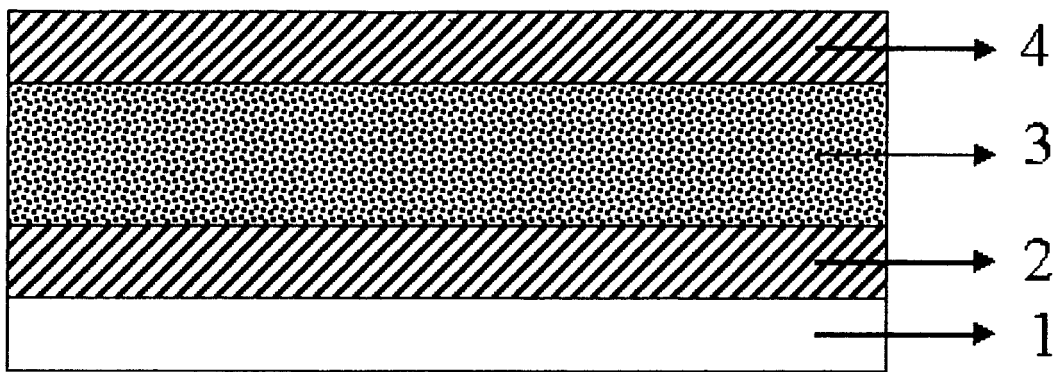


图 1b

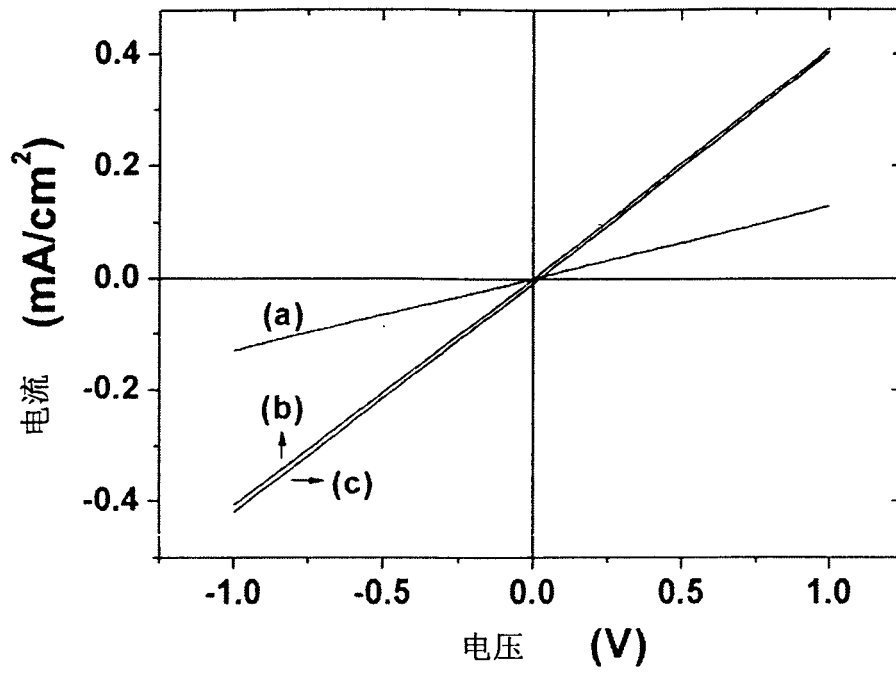


图 1c

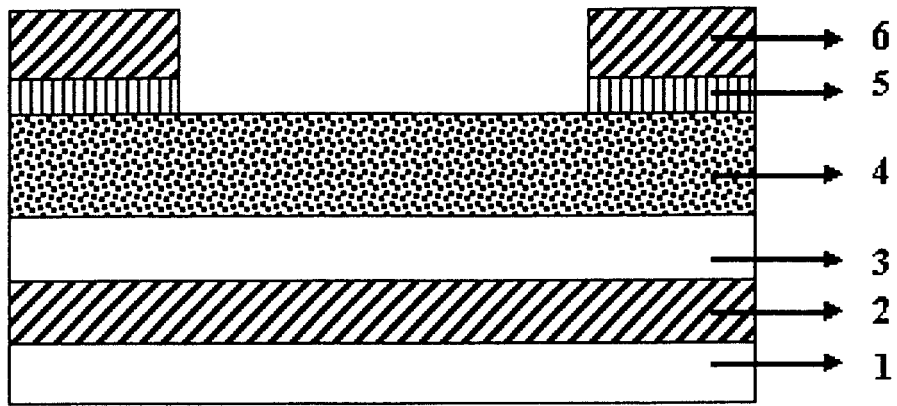


图 2a

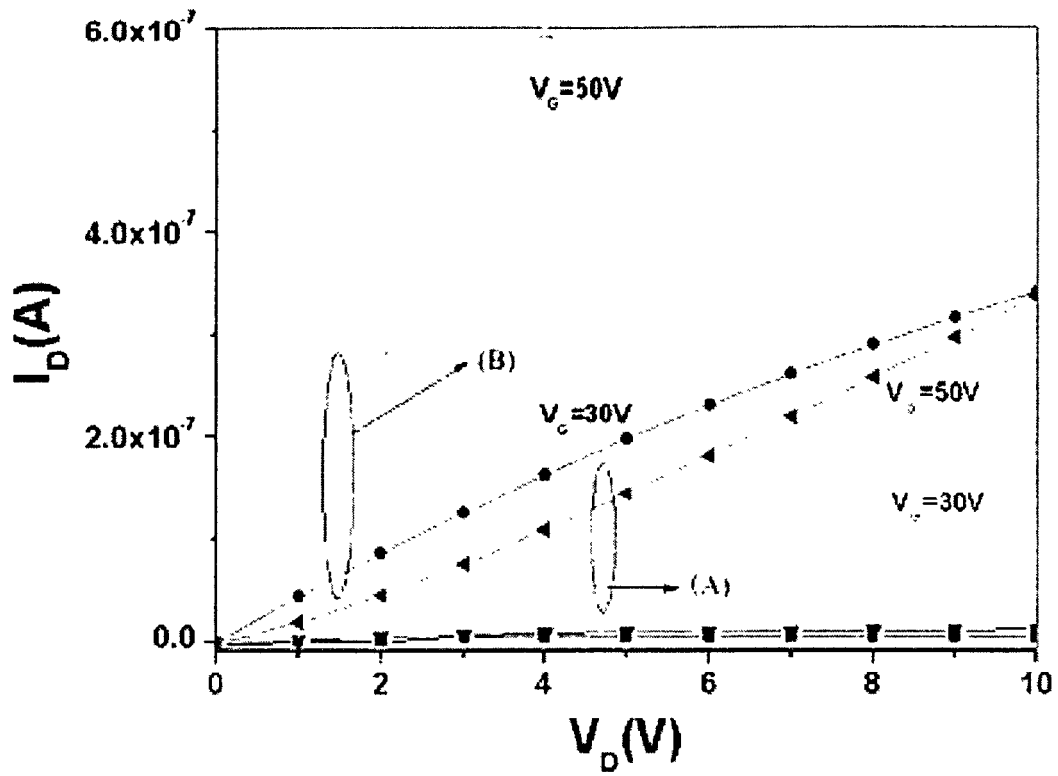


图 2b

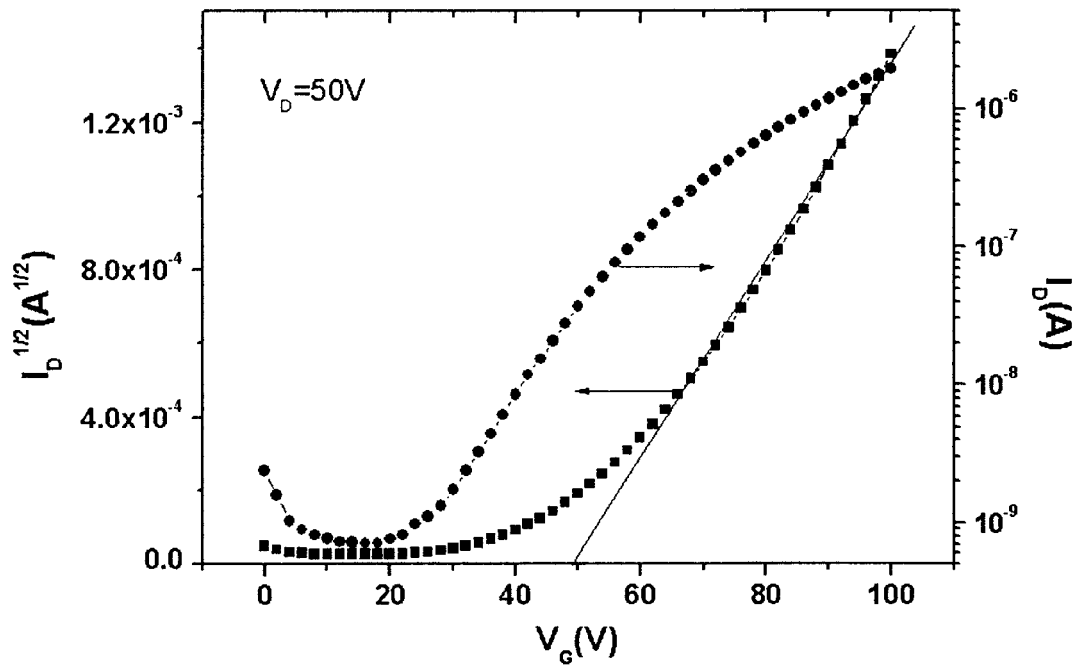


图 2c

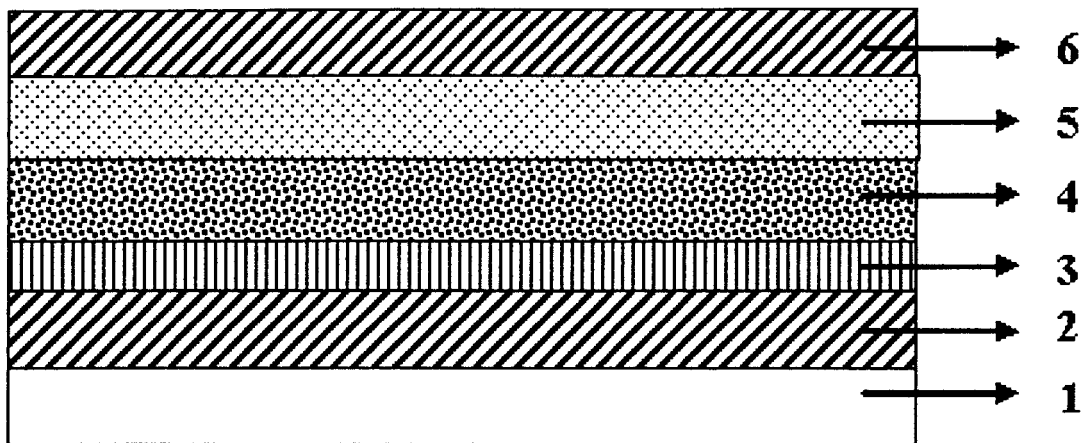


图 3a

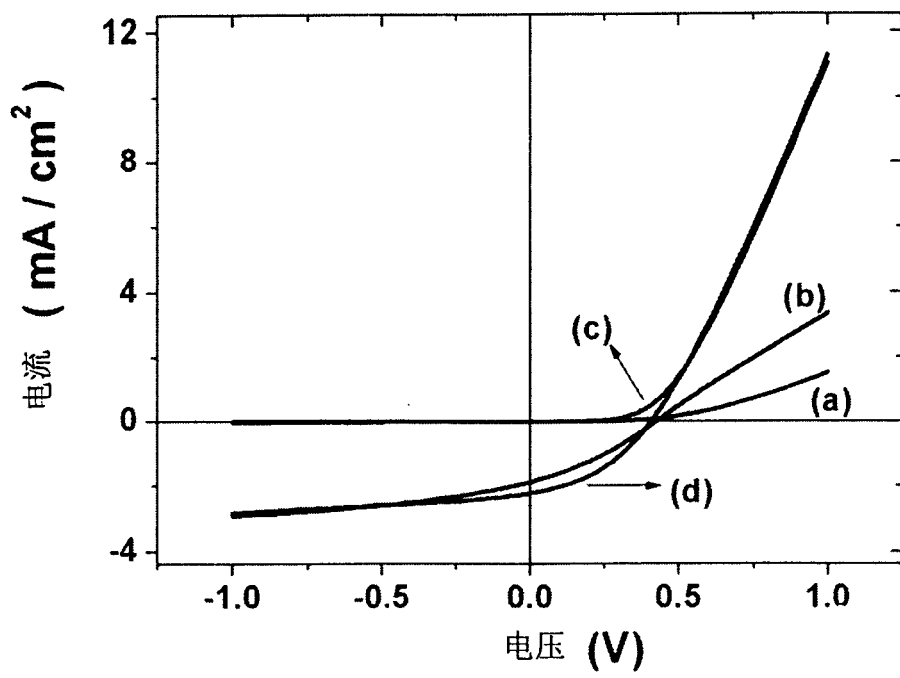


图 3b