



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103718326 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 27

(21) 申请号 201280038018. X

(22) 申请日 2012. 07. 26

(30) 优先权数据

MI2011A001447 2011. 07. 29 IT

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 01. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2012/053815 2012. 07. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/018000 EN 2013. 02. 07

(73) 专利权人 E. T. C. 有限责任公司

地址 意大利博洛尼亚

(72) 发明人 R·卡佩尔利 M·姆西尼

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 陈华成

(51) Int. Cl.

H01L 51/52(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1652350 A, 2005. 08. 10,

CN 1459877 A, 2003. 12. 03,

US 6720572 B1, 2004. 04. 13,

US 2006/0188745 A1, 2006. 08. 24,

Bin Wei 等人. Integrating
organic light-emitting diode and
field-effect-transistor in a single device.
《ORGANIC ELECTRONICS》. 2008, 第9卷(第3期),

审查员 刘婧

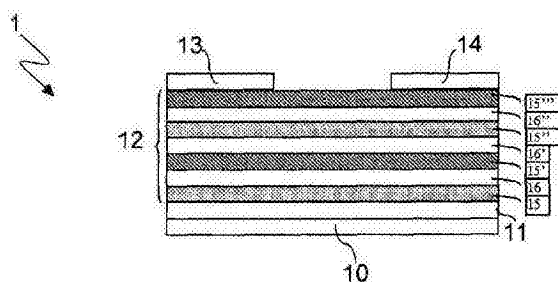
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

电致发光有机晶体管

(57) 摘要

一种电致发光有机晶体管(1), 其中存在由
多层 p- 型和 n- 型半导体材料(15、15'、15''、
15''') 及至少两层发射材料(16、16'、16'') 构成
的半导体异质结构(12), 所述半导体材料层分别
用于空穴和电子在所述异质结构(12) 中的传导,
而每个发射材料层都位于所述 p- 型半导体材料
层之一和所述 n- 型半导体材料层之一(15、15'、
15''、15''') 之间并且与之直接接触。



1. 一种电致发光有机晶体管,包括:

至少一个控制电极;

半导体结构;

至少一个第一介电材料层,位于所述至少一个控制电极和所述半导体结构之间;

至少一个源极电极,适于把第一种类型的电荷注入所述半导体结构;以及

至少一个漏极电极,适于把第二种类型的电荷注入所述半导体结构,其中

所述半导体结构包括至少一个 p- 型半导体材料层、至少一个 n- 型半导体材料层及至少两个发射材料层,其中所述至少两个发射材料层中的每一层都直接与所述至少一个 p- 型半导体材料层中的一个层和所述至少一个 n- 型半导体材料层中的一个层接触,其中所述 p- 型半导体材料层或所述 n- 型半导体材料层被置于所述半导体结构的最外侧。

2. 如权利要求 1 所述的电致发光有机晶体管,其中所述至少一个源极电极和所述至少一个漏极电极都与相同的半导体材料层接触。

3. 如权利要求 2 所述的电致发光有机晶体管,其中所述至少一个源极电极和所述至少一个漏极电极都与离和所述至少一个第一介电材料层接触的半导体材料层最远的半导体材料层接触。

4. 如权利要求 2 所述的电致发光有机晶体管,其中所述半导体结构位于所述至少一个第一介电材料层与所述至少一个源极电极和所述至少一个漏极电极之间。

5. 如权利要求 1 所述的电致发光有机晶体管,还包括第二介电材料层,其中所述半导体结构位于所述至少一个第一介电材料层和所述第二介电材料层之间。

6. 如权利要求 5 所述的电致发光有机晶体管,还包括与所述第二介电材料层接触的第二控制电极、适于把第一种类型的电荷注入所述半导体结构的第二源极电极及适于把第二种类型的电荷注入所述半导体结构的第二漏极电极;所述第二源极电极和所述第二漏极电极与离所述第一源极电极和所述第一漏极电极所接触的半导体材料层最远的半导体材料层接触。

7. 如权利要求 1 所述的电致发光有机晶体管,其中所述电致发光有机晶体管包括五至十一层半导体材料。

电致发光有机晶体管

技术领域

[0001] 本发明涉及电致发光有机晶体管(在本领域中以首字母缩写称为 OLET :Organic Light-Emitting Transistor)。

背景技术

[0002] 近年来,在有机晶体管工程领域中对于使用由两种或多种材料形成的异质结构的兴趣不断增长。在 Advanced Materials1996 年第 8 卷第 853-855 页上由 Dodabalapur 等人所写的标题为“Molecular orbital energy level engineering in organic transistors”的科技出版物显示了包括由涂覆有有机 n- 型半导体(即能够传输电子的半导体)的有机 p- 型半导体(即能够携带空穴的半导体)的结构的极性的可能性。这些结构通常定义为 p-n 异质结构。但是,在该出版物中,只假设采用这种行为对发光设备发展的可能性,而没有解决这种应用的具体技术问题,也没有识别出最适合这种目的的异质结构的结构和成分特点。

[0003] 从专利申请 US2008/0116450 知道一种包括第一电极、第二电极和半导体结构的电致发光设备,其中半导体结构包括具有更高电荷移动性的两层半导体材料和位于上述两层之间的、具有较低电荷移动性的一层半导体材料。与简单的 p-n- 型异质结构相比,这种类型结构的使用被描述为足以提高电荷传输,因此重组处理速率提高而且设备效率提高。无论如何,这个专利申请也间接地提出了提高设备照明效率的问题并且描述了包括一个叠在另一个之上、电极插在半导体结构之间的三个半导体结构的电致发光设备。但是,具有带插入电极的二极管分层结构的设备具有与有机层厚度限制关联的显著的技术可行性问题。

[0004] 在 Organic Electronics2008 年第 9 卷第 323-327 页发表的由 Wei 等人所写的标题为“Integrating organic light-emitting diode and field-effect transistor in a single device”的科技出版物教导了使用具有 FET 结构的 OLED,以便控制和操纵到达 OLED 堆叠的发射层的电荷载体,其目的是避免使用 OLET 结构并且因此克服在有些 OLET 结构中出现的边缘发射和漏极电极附近的光淬灭(quenching)。无论如何,由于使用 OLED 作为发射结构,因此由 Wei 等人描述的设备没有考虑到有效的驱动电路简化。

[0005] 在 Nature Materials2010 年第 9 卷第 496-503 页由 Capelli 等人所写的标题为“Organic light-emitting transistors with an efficiency that outperforms the equivalent light-emitting diodes”的科技出版物公开了 OLET 设备中三层异质结构的使用,特征在于位于 p- 型半导体层和 n- 型半导体层之间的一层发射材料 r (即,由于电荷重组过程而具有发光属性)的存在。虽然,与现有技术的体系架构相比,这种体系架构已经示出了关于发光效率的显著改进,但它仍然显示出与栅极电压的阈值关联的、与可以注入半导体结构的电流密度关联的及与亮度关联的技术问题。该已知结构的技术特点与大部分商业应用不兼容。这些限制都被本发明克服。

[0006] 因此,目前需要开发具有改进的电致发光特征,尤其是能够更有效地累积并更好地平衡电荷、具有更高亮度和效率的有机晶体管。

发明内容

[0007] 因此,本发明的一个目的是提供关于现有技术而言改进的电致发光有机晶体管。所述目的是利用其主要特征在第一个权利要求中公开而其它特征在其余权利要求中公开的电致发光有机晶体管实现的。

[0008] 根据本发明的电致发光有机晶体管的第一个优点在于,由于电荷更有效的累积而允许实现施加到控制电极(称为术语“栅极”)的电压阈值减小,及由于多个半导体结构的存在而允许相应更高的电荷密度。特别地,第一种类型的电荷在多层结构中的累积便于第二种类型的电荷在多层结构中的注入和累积,因而关于一种结构(例如只有其中施加相同电压的三层)提高可获得的电荷密度和平衡。根据本发明的电致发光有机晶体管实际上还允许电流流量与所使用的半导体结构数量成比例增长,既由于更大的电荷密度又由于其最好的平衡而允许所发射光强度的最大化,并且允许发射层 r 个数的增加并由此允许发射材料体积的增加。

[0009] 根据本发明的电致发光有机晶体管特征还在于各层之间出色的电荷平衡。

[0010] 令人吃惊的是,已经发现连接到单对源极和漏极电极的多个半导体结构的存在没有由于界面入射现象(incidence of interface phenomena)的增加而不利地影响横向电场。相反并且非预期地,发现根据本发明的晶体管的功能可以通过半导体层和形成所述层的材料的数量的合适选择来保持,而不用使用周期性地位于半导体结构中的多个电极,而是通过专门与所述多个半导体结构中第一或最后一层接触来定位所述电极,或者另选地与所述第一和最后一层都接触,因而还获得以上提到的关于电荷累计和平衡及电流流量增加的优点。从结构性的观点看,这是有可能的,因为与现有技术相比,根据本发明的设备具有特征在于重复的 r 发射类型层存在的半导体结构,每一层都设置成与至少一个 p -型半导体材料层和至少一个 n -型半导体材料层接触。

[0011] 根据本发明的电致发光有机晶体管的半导体结构可以包括,例如,五至十一个如上定义的半导体层,其中有至少两个发射半导体层 r 和至少三个是 n -型或 p -型的半导体层。优选地,所述半导体结构包括 5 个半导体层。

附图说明

[0012] 参考附图,从以下对其实施例的具体且非限制性描述,根据本发明的设备的进一步的优点和特征将对本领域技术人员变得显然,附图中:

[0013] 图 1 示出了根据本发明最通用的实施例的电致发光有机晶体管的示例性截面图;

[0014] 图 2 示出了根据本发明第一种实施例的电致发光有机晶体管的示意性截面图;

[0015] 图 3 示出了根据本发明第二种实施例的电致发光有机晶体管的示意性截面图。

[0016] 附图的特征不是按比例绘制的,而是它们的尺寸为了增加图的清晰度被放大或缩小。

具体实施例

[0017] 参考图 1,显示根据本发明的电致发光有机晶体管 1 包括至少一个控制电极 10,第一层介电材料 11 淀积在其上面。

[0018] 晶体管还包括半导体结构 12 和一对电极,所述一对电极包括适于把第一种类型的电荷(例如电子)注入所述半导体结构的源极电极 13 及适于把第二种类型的电荷(例如空穴)注入所述半导体结构的漏极电极 14。

[0019] 所述第一层介电材料 11 位于控制电极 10 和所述半导体结构 12 之间,即,根据本领域中称为“底栅 / 顶接触”的晶体管结构。

[0020] 根据本发明,电致发光有机晶体管 1 的半导体结构 12 包括至少一个 p- 型半导体材料层、至少一个 n- 型半导体材料层及至少两层发射材料,其中每层发射材料都设置成与一个 p- 型半导体材料层并与一个 n- 型半导体材料层直接接触。

[0021] 因此,半导体结构包括在图中通过标号 15'、15''、15'''、...指示的多层半导体材料,所述每一层都由 p- 型半导体材料或 n- 型半导体材料形成。此外,还存在至少两个被至少一个 n- 型或 p- 型半导体层 15'、15''、15'''、...隔开的 r 发射半导体层 16、16'、...。

[0022] 在本说明书和权利要求中,术语“p- 型半导体材料”意指具有至少 $10^6 \text{cm}^2/\text{Vs}$ 的 p- 型电荷载体移动性值的半导体材料(这是在场效应传输的条件下测量的)。优选地,p- 型电荷载体的这个移动性值是在场效应传输的条件下测出的至少 $10^1 \text{cm}^2/\text{Vs}$ 。

[0023] 术语“n- 型半导体材料”意指具有至少 $10^6 \text{cm}^2/\text{Vs}$ 的 n- 型电荷载体移动性值的半导体材料(这是在场效应传输的条件下测量的)。优选地,n- 型电荷载体的这个移动性值是在场效应传输的条件下测出的至少 $10^1 \text{cm}^2/\text{Vs}$ 。

[0024] 根据本发明的电致发光有机晶体管的半导体结构 12 包括 N 层如上定义的半导体材料,其中至少两层 r 是发射半导体,其中每一层都与两层半导体材料(一层是 p- 型另一层是 n- 型)直接接触。

[0025] 半导体结构中所包含的 p- 型半导体材料优选地是由四苯晶体(oligoacenes)、低聚噻吩(oligothiophenes)、寡聚芴(oligofluorenes)、低聚噻吩的嘧啶衍生物、在 α - 和 ω - 位置用烷基链代替的四噻吩(tetrathiophenes)、低聚噻吩的二酰亚胺衍生物、低聚噻吩的嘧啶衍生物、具有噻唑核的低聚噻吩形成的。所述 p- 型半导体材料层优选地具有 5 至 20nm 之间的厚度。

[0026] 所述结构中包含的 n- 型半导体材料优选地是由二萘嵌苯(perylenes)的二酰亚胺衍生物、具有噻唑核的低聚噻吩、蒽衍生物及在 α - 和 ω - 位置用氟链代替的四噻吩的衍生物。所述 n- 型半导体材料层优选地具有 5 至 20nm 之间的厚度。

[0027] 形成半导体结构中所包含的层 16、16'、...的 r 发射半导体材料是一种发射材料或者发射材料的组合,可选地是主 - 客体类型,诸如可以掺杂例如 4-(二氰)-2- 甲基 -6-(p- 二甲基氨基)-4H- 吡喃、铂八乙基卟啉(platinum octaethyl-porphyrins)、乙酰丙酮铱苯基异喹啉(acetylacetonate iridium phenyl isochinoline)的喹啉铝(aluminum quinoline)的基体。

[0028] 这些 r 发射半导体层优选地具有 10 至 40nm 之间的厚度。

[0029] 作为用于所述源极电极 13 的材料,可以使用氧化铟锡(ITO)、金、铜、银、铝、钙、镁、铬、铁及与聚(苯乙烯磺酸)(poly(styrenesulfonate))结合的聚乙撑二氧噻吩(poly(3,4-ethylenedioxythiophene))(PEDOT:PSS)。优选地,使用铝、钙、镁或金。

[0030] 作为用于所述漏极电极 14 的材料,可以使用氧化铟锡(ITO)、金、铜、银、铝、钙、镁、铬、铁及与聚(苯乙烯磺酸)(poly(styrenesulfonate))结合的聚乙撑二氧噻吩(poly(

3,4-ethylenedioxythiophene)) (PEDOT:PSS)。优选地,使用金或氧化铟锡(ITO)。

[0031] 根据本发明的一种优选实施例,所述源极电极 13 和所述漏极电极 14 都与相同的半导体层材料层接触,即,优选地它们都与,关于所述半导体结构的半导体材料层,离所述第一层介电材料最远的半导体材料层接触。换句话说,半导体结构位于所述第一层介电材料和所述源极及漏极电极之间。

[0032] 源极和漏极电极 13 和 14 可以位于它们与之接触的半导体材料层的基本上平的表面上,或者每个电极位于半导体材料层的合适凹口中。

[0033] 在本发明的其它实施例中,这种电极可以嵌入半导体材料中,或者可以具有与它们所接触的这层半导体材料相同的厚度并且“盖住”所述层的侧面。

[0034] 优选地,在根据本发明的电致发光有机晶体管中,所述源极电极 13 和所述漏极电极 14 与半导体材料层共面,或者所述电极 13 和 14 都位于与所述半导体材料层所处的平面平行的平面上。

[0035] 根据本发明的电致发光有机晶体管 1 还可以包括关于第一层介电材料位于半导体结构 12 相对侧的第二层介电材料和第二控制电极。以这种方式,半导体结构位于所述第一层介电材料 11 和所述第二层介电材料之间。第二控制电极位于所述第二层介电材料之上,即,与之接触。第一介电层 11 及可能的第二介电层的材料可以选自用于电致发光有机晶体管的常规介电材料。特别地,可以使用二氧化硅、聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate) (PMMA)、氧化锌、氧化锆、氧化铅、含氟聚合物(fluoropolymer),诸如像商用产品 Cytop™、聚乙烯醇(polyvinyl alcohol) (PVA)、聚苯乙烯(polystyrene) (PS)及锆和有机物分子的自组纳米结构(Zr-SAND:锆自组纳米电介质)。优选地,所述第一介电层 11 包括两层氧化锆和聚甲基丙烯酸甲酯,而所述第二介电层由聚甲基丙烯酸甲酯或 Cytop™形成。

[0036] 控制电极 10 及可能的第二控制电极的材料可以选自氧化铟锡(ITO)、金、铜、银、铝。优选地,可以使用氧化铟锡和 / 或金。

[0037] 参考图 2,在本发明一种可能的实施例中,使用半导体结构 12,其中有两个 r 发射半导体层 16 和 16'。发射半导体层 16 位于 p- 型半导体材料层 15 之上,而 p- 型半导体材料层 15 位于与控制电极 10 接触的介电层 11 之上。所述发射半导体材料层 16 被一层 n- 型半导体材料 15' 覆盖,而该层 n- 型半导体材料 15' 又被第二层 r 发射半导体材料 16' 覆盖。然后,通过在源极电极 13 和 14 所定位的表面的 p- 型半导体材料 15'' 层,半导体结构 12 完成。因而,基于各层不同类型材料(p、n 或 r)彼此淀积的次序,这种具有 5 层的半导体结构的体系架构可以描述为类型 p-r-n-r-p。

[0038] 以上所述在图 2 中给出的体系架构并不是允许两层 r 发射半导体材料存在的实施例的唯一模式。作为例子,在图 3 中,示出了 p-r-n-p-r-n 类型的体系架构。与为图 2 半导体结构 p-r-n-r-p 所描述的结构不同,在这里,n- 型半导体材料层 15' 被 p- 型半导体材料层 15'' 覆盖,而 p- 型半导体材料层 15'' 又被第二层 r 发射半导体材料 16' 覆盖。然后,通过在源极电极 13 和 14 所定位的表面的 n- 型半导体材料 15''' ,半导体结构 12 完成。

[0039] 在其进一步的实施例中,电致发光有机晶体管还可以包括适于把第一种类型的电荷注入所述半导体结构的第二源极电极和适于把第二种类型的电荷注入所述半导体结构的第二漏极电极,其特征在于所述第二源极电极和所述第二漏极电极与离与所述第一源极

电极和所述第一漏极电极接触的半导体层最远的半导体材料接触。从实践的观点看,在存在与半导体结构的最后一层对应的等效于图 2 和 3 中所示的源极(S1)和漏极(D1)电极对的同时,这种实施例导致与第二介电层接触的第二栅极电极(G2)的存在及与形成半导体多层结构的第一层对应的附加的一对源极(S2)和漏极(D2)电极存在。

[0040] 在仍属于以下权利要求范围的同时,可以由本领域技术人员对以上公开和说明的实施例进行可能的修改和 / 或添加。

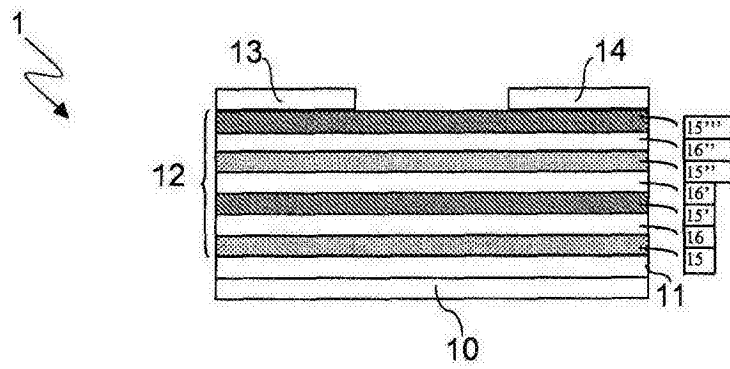


图 1

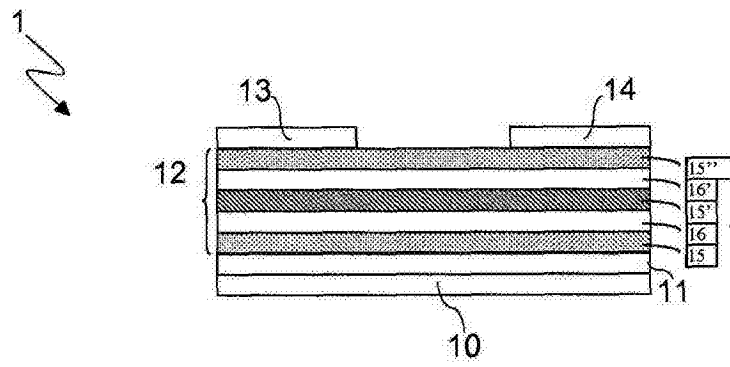


图 2

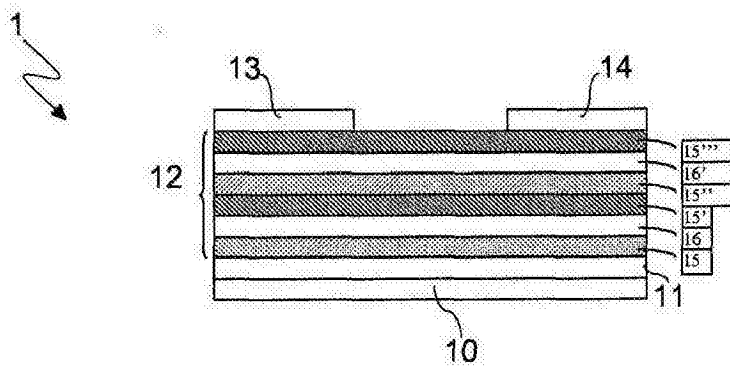


图 3