



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109417132 A

(43)申请公布日 2019.03.01

(21)申请号 201680000978.5

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.09.30

H01L 51/52(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.10.08

H01L 51/56(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2016/101076 2016.09.30

(87)PCT国际申请的公布数据
W02018/058524 EN 2018.04.05

(71)申请人 京东方科技集团股份有限公司
地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路10号
申请人 合肥鑫晟光电科技有限公司

(72)发明人 贾文斌 孙力 许名宏

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理
有限公司 11112

代理人 汪源 陈源

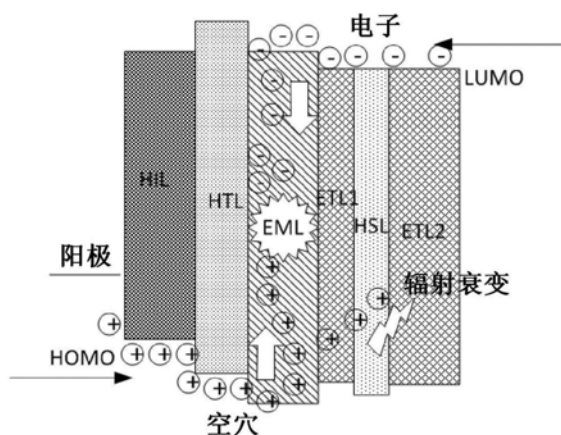
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54)发明名称

有机发光二极管及其制造方法、显示面板和显示设备

(57)摘要

一种有机发光二极管,包括:发光层;第一电子传输层,其在所述发光层上并包括第一电子传输材料;空穴清除层,其在所述第一电子传输层的远离所述发光层的一侧上并包括空穴清除材料;以及第二电子传输层,其在所述空穴清除层的远离所述第一电子传输层的一侧上并包括第二电子传输材料;所述空穴清除材料包括第一发光材料,其能够将所述第一电子传输层或所述第二电子传输层中的过量空穴所产生的激子通过辐射衰变转化为基态。



1. 一种有机发光二极管,包括:
发光层;
第一电子传输层,其在所述发光层上并包括第一电子传输材料;
空穴清除层,其在所述第一电子传输层的远离所述发光层的一侧上并包括空穴清除材料;以及
第二电子传输层,其在所述空穴清除层的远离所述第一电子传输层的一侧上并包括第二电子传输材料;
其中,所述空穴清除材料包括第一发光材料,其能够将所述第一电子传输层或所述第二电子传输层中的过量空穴所产生的激子通过辐射衰变转化为基态。
2. 如权利要求1所述的有机发光二极管,其中所述空穴清除层的厚度在大约1nm至大约5nm的范围内。
3. 如权利要求1所述的有机发光二极管,其中所述空穴清除材料包括主体材料和发光客体材料。
4. 如权利要求3所述的有机发光二极管,其中所述发光客体材料与所述主体材料的比率按重量在大约1%至大约3%的范围内。
5. 如权利要求3所述的有机发光二极管,还包括电子注入层,其在所述第二电子传输层的远离所述空穴清除层的一侧上并包括电子注入材料;
其中所述发光层包括第二发光材料;所述主体材料的最低未占分子轨道(LUMO)能级处在所述第二发光材料的LUMO能级与所述电子注入材料的LUMO能级之间。
6. 如权利要求3所述的有机发光二极管,其中所述第一电子传输材料和所述第二电子传输材料为具有不同LUMO能级的两种不同的电子传输材料,所述主体材料的LUMO能级处在所述第一电子传输材料的LUMO能级与所述第二电子传输材料的LUMO能级之间。
7. 如权利要求3所述的有机发光二极管,其中所述主体材料的LUMO能级处在所述第一电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围内;并且所述主体材料的LUMO能级处在所述第二电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围内。
8. 如权利要求3所述的有机发光二极管,其中所述主体材料的LUMO能级与所述第一电子传输材料的LUMO能级之差处在大约-0.6eV至大约0.6eV的范围内;并且所述主体材料的LUMO能级与所述第二电子传输材料的LUMO能级之差处在大约-0.6eV至大约0.6eV的范围内。
9. 如权利要求1所述的有机发光二极管,其中所述发光层包括第二发光材料;并且所述第一发光材料和所述第二发光材料包括相同的发光材料。
10. 如权利要求1所述的有机发光二极管,其中所述发光层包括第二发光材料;并且所述第一发光材料和所述第二发光材料为不同的发光材料。
11. 如权利要求10所述的有机发光二极管,其中所述第二发光材料为蓝色发光材料,并且所述第一发光材料为绿色磷光发光材料。
12. 如权利要求1所述的有机发光二极管,其中所述第一发光材料为磷光发光客体材料。
13. 如权利要求12所述的有机发光二极管,其中所述第一发光材料为黄色磷光发光材料。

14. 如权利要求1所述的有机发光二极管,其中所述第一发光材料为荧光发光材料。

15. 如权利要求1所述的有机发光二极管,其中所述第一发光材料的LUMO能级在所述第一电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围内;并且所述第一发光材料的LUMO能级在所述第二电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围内。

16. 如权利要求1所述的有机发光二极管,其中所述第一发光材料的LUMO能级与所述第一电子传输材料的LUMO能级之差处在大约-0.6eV至大约0.6eV的范围内;并且所述第一发光材料的LUMO能级与所述第二电子传输材料的LUMO能级之差处在大约-0.6eV至大约0.6eV的范围内。

17. 如权利要求1所述的有机发光二极管,其中所述第一电子传输层和所述第二电子传输层由相同的电子传输材料制成。

18. 一种显示面板,包括权利要求1至17中任一项所述的有机发光二极管。

19. 一种显示设备,包括权利要求18所述的显示面板。

20. 一种制造有机发光二极管的方法,包括:

形成发光层;

在所述发光层上形成包括第一电子传输材料的第一电子传输层;

在所述第一电子传输层的远离所述发光层的一侧上形成包括空穴清除材料的空穴清除层;以及

在所述空穴清除层的远离所述第一电子传输层的一侧上形成包括第二电子传输材料的第二电子传输层;

其中,所述空穴清除材料包括第一发光材料,其能够将所述第一电子传输层或所述第二电子传输层中的过量空穴所产生的激子通过辐射衰变转化为基态。

有机发光二极管及其制造方法、显示面板和显示设备

技术领域

[0001] 本发明涉及显示技术,更具体地涉及有机发光二极管、包括该有机发光二极管的显示面板和显示设备、以及制造该有机发光二极管的方法。

背景技术

[0002] 有机发光二极管(OLED)通常包括阴极和阳极以及处于阴极与阳极之间的发光单元。OLED可以是单一单元OLED也可以是串列式OLED。单一单元OLED仅具有一个发光单元,其包括空穴注入层、空穴传输层、发光层、电子传输层和电子注入层。在OLED中,在阳极与阴极之间施加电场以将电子从阴极注入发光层中并将空穴从阳极注入发光层中。电子和空穴随后在发光层中复合到一起以产生激子。当激子返回基态时,其能量以光的形式释放。

发明内容

[0003] 在一个方面,本发明提供了一种有机发光二极管,包括:发光层;第一电子传输层,其在所述发光层上并包括第一电子传输材料;空穴清除层,其在所述第一电子传输层的远离所述发光层的一侧上并包括空穴清除材料;以及第二电子传输层,其在所述空穴清除层的远离所述第一电子传输层的一侧上并包括第二电子传输材料;其中,所述空穴清除材料包括第一发光材料,其能够将所述第一电子传输层或所述第二电子传输层中的过量空穴所产生的激子通过辐射衰变转化为基态。

[0004] 可选地,所述空穴清除层的厚度在大约1nm至大约5nm的范围内。

[0005] 可选地,所述空穴清除材料包括主体材料和发光客体材料。

[0006] 可选地,所述发光客体材料与所述主体材料的比率按重量在大约1%至大约3%的范围内。

[0007] 可选地,所述有机发光二极管还包括电子注入层,其在所述第二电子传输层的远离所述空穴清除层的一侧上并包括电子注入材料;其中所述发光层包括第二发光材料;所述主体材料的最低未占分子轨道(LUMO)能级处在所述第二发光材料与所述电子注入材料的LUMO能级之间。

[0008] 可选地,所述第一电子传输材料和所述第二电子传输材料为具有不同LUMO能级的两种不同的电子传输材料,所述主体材料的LUMO能级处在所述第一电子传输材料与所述第二电子传输材料的LUMO能级之间。

[0009] 可选地,所述主体材料的LUMO能级处在所述第一电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围内;并且所述主体材料的LUMO能级处在所述第二电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围内。

[0010] 可选地,所述主体材料的LUMO能级与所述第一电子传输材料的LUMO能级之差处在大约-0.6eV至大约0.6eV的范围内;并且所述主体材料的LUMO能级与所述第二电子传输材料的LUMO能级之差处在大约-0.6eV至大约0.6eV的范围内。

[0011] 可选地,所述发光层包括第二发光材料;并且所述第一发光材料和所述第二发光

材料包括相同的发光材料。

[0012] 可选地,所述发光层包括第二发光材料;并且所述第一发光材料和所述第二发光材料为不同的发光材料。

[0013] 可选地,所述第二发光材料为蓝色发光材料,并且所述第一发光材料为绿色磷光发光材料。

[0014] 可选地,所述第一发光材料为磷光发光客体材料。

[0015] 可选地,所述第一发光材料为黄色磷光发光材料。

[0016] 可选地,所述第一发光材料为荧光发光材料。

[0017] 可选地,所述第一发光材料的LUMO能级在所述第一电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围内;并且所述第一发光材料的LUMO能级在所述第二电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围内。

[0018] 可选地,所述第一发光材料的LUMO能级与所述第一电子传输材料的LUMO能级之差处在大约-0.6eV至大约0.6eV的范围内;并且所述第一发光材料的LUMO能级与所述第二电子传输材料的LUMO能级之差处在大约-0.6eV至大约0.6eV的范围内。

[0019] 可选地,所述第一电子传输层和所述第二电子传输层由相同的电子传输材料制成。

[0020] 在另一方面,本发明提供了一种制造有机发光二极管的方法,包括:形成发光层;在所述发光层上形成包括第一电子传输材料的第一电子传输层;在所述第一电子传输层的远离所述发光层的一侧上形成包括空穴清除材料的空穴清除层;以及在所述空穴清除层的远离所述第一电子传输层的一侧上形成包括第二电子传输材料的第二电子传输层;其中,所述空穴清除材料包括第一发光材料,其能够将所述第一电子传输层或所述第二电子传输层中的过量空穴所产生的激子通过辐射衰变转化为基态。

[0021] 在另一方面,本发明提供了一种显示面板,包括本文所述的或由本文所述的方法制造的有机发光二极管。

[0022] 在另一方面,本发明提供了一种显示设备,包括本文所述的显示面板。

附图说明

[0023] 以下附图仅为根据所公开的各种实施例的用于说明性目的的示例,并不意在限制本发明的范围。

[0024] 图1是示出传统有机发光二极管的结构以及传统有机发光二极管中的激子非辐射衰变途径的示意图;

[0025] 图2是示出一些实施例中的有机发光二极管的结构示意图;

[0026] 图3是示出一些实施例中的有机发光二极管的结构以及有机发光二极管中的激子辐射衰变途径的示意图。

具体实施方式

[0027] 现在将参照以下实施例更具体地描述本公开。要注意的是,在本文中呈现的对一些实施例的以下描述仅出于示例性和说明性的目的。其并不意在穷尽的或者限制为所公开的精确形式。

[0028] 图1是示出传统有机发光二极管的结构以及传统有机发光二极管中的激子非辐射衰变途径的示意图。参照图1,传统的OLED从左至右包括空穴注入层(HIL)、空穴传输层(HTL)、发光层(EML)和电子传输层(ETL)。该OLED还可以包括电子注入层(EIL)、阴极和阳极。在发光层中,电子被注入有机材料的导带中,空穴被注入有机材料的价带中。电子和空穴扩散穿越有机材料,并相互复合形成激子。激子辐射性地衰变,从而产生光发射以用于图像显示。在一些实施例中,空穴通过空穴传输层输送到复合点,电子通过电子传输层输送到复合点。

[0029] 如图1所示,当传输并注入发光层中的空穴超过了传输并注入发光层中的电子时,发生空穴漏电流。空穴漏电流从发光层传送到电子传输层。过量的空穴与电子传输层中的电子复合,在电子传输层中形成激子。由于电子传输层中的量子效率非常低,因此其中的激子经由非辐射衰变途径转化为基态。非辐射衰变过程中产生的热使得电子传输层变得不稳定,缩短了OLED的寿命。

[0030] 因此,本发明致力于一种有机发光二极管、具有该有机发光二极管的显示面板和显示设备、以及该有机发光二极管的制造方法,其实质上消除了由于现有技术的局限和缺陷而导致的一个或多个问题。在一个方面中,本公开提供了一种有机发光二极管。在一些实施例中,该有机发光二极管包括这样的有机发光二极管,其包括:发光层;第一电子传输层,其处于发光层上并包括第一电子传输材料;空穴清除层,其处于第一电子传输层的远离发光层的一侧上并包括空穴清除材料;以及第二电子传输层,其处于空穴清除层的远离第一电子传输层的一侧上并包括第二电子传输材料。空穴清除材料是能够将第一或第二电子传输层中的过量空穴所产生的激子通过辐射衰变转化为基态的材料。

[0031] 图2是示出一些实施例中的有机发光二极管的结构示意图。参照图2,有机发光二极管包括第一电子传输层6、第二电子传输层8、和处于第一电子传输层6与第二电子传输层8之间的空穴清除层7。具体地,如图2所示,实施例中的有机发光二极管包括衬底基板1、在衬底基板1上的第一电子层2、在第一电子层2的远离衬底基板1的一侧上的空穴注入层3、在空穴注入层3的远离第一电子层2的一侧上的空穴传输层4、在空穴传输层4的远离空穴注入层3的一侧上的发光层5、在发光层5的远离空穴传输层4的一侧上的第一电子传输层6、在第一电子传输层6的远离发光层5的一侧上的空穴清除层7、在空穴清除层7的远离第一电子传输层6的一侧上的第二电子传输层8、在第二电子传输层8的远离空穴清除层7的一侧上的电子注入层9、和在电子注入层9的远离第二电子传输层8的一侧上的第二电子层10。可选地,第一电子层2是阳极,第二电子层10是阴极。

[0032] 图3是示出一些实施例中的有机发光二极管的结构以及所述有机发光二极管中的激子辐射衰变途径的示意图。参照图3,实施例中的有机发光二极管从左至右包括空穴注入层(HIL)、空穴传输层(HTL)、发光层(EML)、第一电子传输层(ETL1)、空穴清除层(HSL)和第二电子传输层(ETL2)。传输并注入发光层EML中的空穴超过了传输并注入发光层EML中的电子。过量的空穴从发光层EML传送到第一电子传输层ETL1,并到达空穴清除层HSL。过量的空穴在空穴清除层HSL中与电子复合,在空穴清除层HSL中形成激子。空穴清除层HSL中的激子经由辐射衰变途径转化为基态。由于通过辐射衰变而不是热量形式的非辐射衰变来释放能量,因此消除了传统有机发光二极管中的非辐射衰变引起的电子传输层ETL1和ETL2中的热降解。本发明的有机发光二极管实现了更长的寿命。

[0033] 可以使用各种适当的空穴清除材料来制作空穴清除层。适当的空穴清除材料的例

子包括但不限于荧光发光材料和磷光发光材料。可选地,荧光发光材料包括主体材料和用于发出荧光的客体材料。可选地,磷光发光材料包括主体材料和用于发射磷光的客体材料。

[0034] 在一些实施例中,空穴清除材料是磷光发光材料。可选地,磷光发光材料是能够发出与相同子像素中的发光层发出的光的颜色同色的光的磷光发光材料。例如,如果子像素为红色子像素,则磷光发光材料可以是红色磷光发光材料。如果子像素为绿色子像素,则磷光发光材料可以是绿色磷光发光材料。如果子像素为蓝色子像素,则磷光发光材料可以是蓝色磷光发光材料。在一些情况下,磷光发光材料可以是能够发出与相同子像素中的发光层发出的光的颜色不同色的光的磷光发光材料。例如,如果子像素为蓝色子像素,则磷光发光材料可以是发射绿光(例如浅绿色的光)的磷光发光材料。在另一示例中,磷光发光材料可以是发射黄光的磷光发光材料。由黄色磷光发光材料制成的空穴清除层可以用在例如红色子像素、绿色子像素和蓝色子像素中。

[0035] 在一些实施例中,用于制作空穴清除层的发光材料包括主体材料和客体材料。由于空穴清除层的功能是通过辐射衰变途径将过量空穴在电子传输层中形成的激子转化为基态,因此相对低的掺杂剂浓度就足够。可选地,该掺杂剂浓度(即客体材料浓度)低于相同子像素中的发光层的掺杂剂浓度。例如,该掺杂剂浓度(即空穴清除层中的客体材料浓度)可以在按重量大约1%至大约5%的范围内,例如,按重量大约1%至大约2%的范围内、按重量大约2%至大约3%的范围内、按重量大约3%至大约4%的范围内、按重量大约1%至大约3%的范围内、和按重量大约3%至大约5%的范围内。

[0036] 在一些实施例中,空穴清除材料是荧光发光材料。可选地,荧光发光材料是能够发出与相同子像素中的发光层发出的光的颜色同色的光的荧光发光材料。例如,如果子像素为红色子像素,则荧光发光材料可以是红色荧光发光材料。如果子像素为绿色子像素,则荧光发光材料可以是绿色荧光发光材料。如果子像素为蓝色子像素,则荧光发光材料可以是蓝色荧光发光材料。在一些情况下,荧光发光材料可以是能够发出与相同子像素中的发光层发出的光的颜色不同色的光的荧光发光材料。

[0037] 在一些实施例中,荧光发光材料包括主体材料和用于发射荧光的客体材料。可选地,掺杂剂浓度(即客体材料浓度)低于相同子像素中的发光层的掺杂剂浓度。例如,掺杂剂浓度(即空穴清除层中的客体材料浓度)可以在按重量大约1%至大约5%的范围内,例如,按重量大约1%至大约2%的范围内、按重量大约2%至大约3%的范围内、按重量大约3%至大约4%的范围内、按重量大约1%至大约3%的范围内、和按重量大约3%至大约5%的范围内。

[0038] 可以选择空穴清除材料来使得可以实现空穴清除材料与电子传输材料之间的优良的能级匹配。具体地,可以选择空穴清除材料(例如发光材料和/或主体材料)来使得空穴清除材料的最低未占分子轨道(LUMO)能级基本上与电子传输层中的电子传输材料的LUMO能级匹配。当空穴清除材料包括主体材料和客体材料时,可以选择主体材料来使得主体材料的LUMO能级基本上与电子传输层中的电子传输材料的LUMO能级匹配。因此,在一些实施例中,空穴清除材料(例如发光材料和/或主体材料)的LUMO能级处于发光层的LUMO能级与电子注入层的LUMO能级之间。

[0039] 在一些实施例中,空穴清除材料(例如空穴清除材料的主体材料)的LUMO能级与电子传输材料的LUMO能级相差0.6eV以内(例如,0.5eV以内,0.4eV以内,0.3eV以内,0.2eV以

内)。在一些实施例中,空穴清除材料(例如空穴清除材料的主体材料)的LUMO能级处于电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围以内,例如,电子传输材料的LUMO能级的大约80%至大约120%的范围内,大约85%至大约115%的范围内,大约90%至大约110%的范围内,大约95%至大约105%的范围内,或者大约99%至大约101%的范围内。

[0040] 在一些实施例中,可以选择电子传输材料(例如,第一电子传输材料和/或第二电子传输材料)来使得可以实现电子传输材料与空穴清除材料之间的优良的能级匹配。具体地,可以选择电子传输材料来使得电子传输材料的最低未占分子轨道(LUMO)能级基本上与空穴清除材料的LUMO能级匹配。当空穴清除材料包括主体材料和客体材料时,可以选择电子传输材料来使得电子传输材料的LUMO能级基本上与空穴清除材料中的主体材料的LUMO能级匹配。

[0041] 例如,电子传输材料的LUMO能级典型地处在大约2.0至大约3.5eV的范围内。可选地,可以选择具有相对较低的LUMO能级的电子传输材料。可选地,电子传输材料具有在大约2.0eV至大约2.5eV范围内的LUMO能级。可选地,电子传输材料具有在大约2.5eV至大约3.0eV范围内的LUMO能级。可选地,电子传输材料具有在大约3.0eV至大约3.5eV范围内的LUMO能级。可选地,电子传输材料和空穴清除材料(例如,空穴清除材料的主体材料)两者均具有在大约2.0eV至大约2.5eV范围内的LUMO能级。可选地,电子传输材料和空穴清除材料(例如,空穴清除材料的主体材料)两者均具有在大约2.5eV至大约3.0eV范围内的LUMO能级。可选地,电子传输材料和空穴清除材料(例如,空穴清除材料的主体材料)两者均具有在大约3.0eV至大约3.5eV范围内的LUMO能级。

[0042] 在一些实施例中,第一电子传输层和第二电子传输层由相同的电子传输材料制成。可选地,空穴清除材料(例如,空穴清除材料的主体材料)的LUMO能级与该相同的电子传输材料的LUMO能级相差0.6eV以内(例如,0.5eV以内,0.4eV以内,0.3eV以内,0.2eV以内)。可选地,空穴清除材料(例如空穴清除材料的主体材料)的LUMO能级处于该相同的电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围以内,例如,该相同的电子传输材料的LUMO能级的大约80%至大约120%的范围内,大约85%至大约115%的范围内,大约90%至大约110%的范围内,大约95%至大约105%的范围内,或者大约99%至大约101%的范围内。

[0043] 在一些实施例中,第一电子传输层和第二电子传输层由不同的电子传输材料制成。例如,第一电子传输层由第一电子传输材料制成,而第二电子传输层由第二电子传输材料制成。可选地,空穴清除材料(例如,空穴清除材料的主体材料)的LUMO能级与第一电子传输材料的LUMO能级相差0.6eV以内(例如,0.5eV以内,0.4eV以内,0.3eV以内,0.2eV以内)。可选地,空穴清除材料(例如,空穴清除材料的主体材料)的LUMO能级与第二电子传输材料的LUMO能级相差0.6eV以内(例如,0.5eV以内,0.4eV以内,0.3eV以内,0.2eV以内)。可选地,空穴清除材料(例如空穴清除材料的主体材料)的LUMO能级处于第一电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围以内,例如,第一电子传输材料的LUMO能级的大约80%至大约120%的范围内,大约85%至大约115%的范围内,大约90%至大约110%的范围内,大约95%至大约105%的范围内,或者大约99%至大约101%的范围内。可选地,空穴清除材料(例如空穴清除材料的主体材料)的LUMO能级处于第二电子传输材料的LUMO能级的大约75%至大约125%的范围以内,例如,第二电子传输材料的LUMO能级的大约80%至大约120%的范围内,大约85%至大约115%的范围内,大约90%至大约110%的范围内,大约

95%至大约105%的范围内,或者大约99%至大约101%的范围内。可选地,空穴清除材料(例如空穴清除材料的主体材料)的LUMO能级处于第一电子传输材料的LUMO能级与第二电子传输材料的LUMO能级之间。

[0044] 空穴清除层可以制成为任何适当的厚度。在一些实施例中,空穴清除层的厚度在大约1nm至大约5nm的范围内,例如,大约1nm至大约2nm的范围内,大约2nm至大约3nm的范围内,大约3nm至大约4nm的范围内,大约4nm至大约5nm的范围内。当选择空穴清除材料来使得从空穴清除材料发出的光与从相同子像素中的发光层发出的光具有相同颜色时,空穴清除层可以具有相对较大的厚度。当选择空穴清除材料来使得从空穴清除材料发出的光与从相同子像素中的发光层发出的光具有不同颜色时,空穴清除层可以具有相对较小的厚度。可选地,电子传输层的厚度在大约10nm至大约40nm的范围内,例如,大约10nm至大约20nm的范围内,大约20nm至大约30nm的范围内,和大约30nm至大约40nm的范围内。在一些情况下,第一电子传输层和第二电子传输层的总厚度在大约10nm至大约40nm的范围内,例如,大约10nm至大约20nm的范围内,大约20nm至大约30nm的范围内,和大约30nm至大约40nm的范围内。可选地,第一电子传输层的厚度在大约5nm至大约25nm的范围内,例如,大约5nm至大约10nm的范围内,大约10nm至大约15nm的范围内,大约15nm至大约20nm的范围内,和大约20nm至大约25nm的范围内。可选地,第二电子传输层的厚度在大约5nm至大约25nm的范围内,例如,大约5nm至大约10nm的范围内,大约10nm至大约15nm的范围内,大约15nm至大约20nm的范围内,和大约20nm至大约25nm的范围内。可选地,第一电子传输层的厚度在大约5nm至大约25nm的范围内,而第二电子传输层的厚度在大约35nm至大约15nm的范围内。

[0045] 可以使用各种适当的电子传输材料来制作电子传输层。适当的电子传输材料的示例包括但不限于4,7-二苯基-1,10-邻二氮杂菲、2,9-双(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-邻二氮杂菲、2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-邻二氮杂菲、8-羟基喹啉铝、8-羟基喹啉锂、双(8-羟基-2-甲基喹啉)-(4-苯基苯氧基)铝、三(8-羟基喹啉)铝、3-(二苯基-4-基)-5-(4-叔丁基苯基)-4-苯基-4H-1,2,4-三唑、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍、和1,3,5-三(N-苯基苯并咪唑-2-基)苯。

[0046] 可以使用各种空穴清除材料来制作空穴清除层。在一些实施例中,空穴清除材料包括红色发光材料。可选地,空穴清除材料还包括用于红色发光材料(客体材料)的主体材料。可选地,红色发光材料为红色荧光发光材料。可选地,红色发光材料为红色磷光发光材料。可选地,主体材料为用于红色荧光发光材料的主体材料。可选地,主体材料为用于红色磷光发光材料的主体材料。

[0047] 用于制造空穴清除层的红色荧光发光材料的例子包括但不限于二萘嵌苯衍生物、钼配合物、苯并吡喃衍生物、若丹明衍生物、苯并噻吨衍生物、卟啉衍生物、尼罗红、2-(1,1-二甲基乙基)-6-(2-(2,3,6,7-四氢-1,1,7,7-四甲基-1H,5H-苯并(ij)喹啉-9-基)乙烯基)-4H-吡喃-4H-二价基)丙二腈(DCJTb)、和4-(二氰甲基)-2-甲基-6-(二甲基氨基苯乙烯基)-4H-吡喃(DCM)。

[0048] 用于制造空穴清除层的红色磷光发光材料的例子包括但不限于诸如铱、钇、铂、钼、铕和钐之类金属的金属配合物。在这些金属配合物中,它们的配体中的至少一个可以具有例如苯基吡啶主链、联吡啶主链或者卟啉主链。具体例子包括三(1-苯基异喹啉)铱、双[2-2'-苯并[4,5-a]噻吩基吡啶-N,C3']铱(乙酰丙酮化物)(btp2Ir(acac))、2,3,7,8,12,

13,17,18-八乙基-12H,23H-卟啉-铂(Ir I),双[2-(2'-苯并[4,5-a]噻吩基)吡啶-N,C3']铱、和双(2-苯基吡啶)铱(乙酰丙酮化物)。

[0049] 在一些实施例中,空穴清除材料包括绿色发光材料。可选地,空穴清除材料还包括用于绿色发光材料(客体材料)的主体材料。可选地,绿色发光材料为绿色荧光发光材料。可选地,绿色发光材料为绿色磷光发光材料。可选地,主体材料为用于绿色荧光发光材料的主体材料。可选地,主体材料为用于绿色磷光发光材料的主体材料。

[0050] 用于制造空穴清除层的绿色荧光发光材料的例子包括但不限于香豆素衍生物,噻吡啶酮衍生物,9,10-双[(9-乙烷基-3-吡唑基)-乙烯基]-蒽、聚(9,9-十二烷基-2,7-乙烯基亚苋基)(poly(9,9-dihexyl-2,7-vinylene-fluorenylene))、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-取代基)-co-(1,4-二苯撑-乙烯基-2-甲氧基-5-{2-乙氧基}苯)]、和聚[(9,9-二辛基-2,7-双乙烯基亚苋基)-alt-co-(2-甲氧基-5-(2-乙氧基)-1,4-亚苯基)]。

[0051] 用于制造空穴清除层的绿色磷光发光材料的例子包括但不限于诸如铱、钇、铂、钼、铈和钡之类金属的金属配合物。在这些金属配合物中,它们的配体中的至少一个最好具有例如苯基吡啶主链、联吡啶主链或者卟啉主链。具体例子包括面式-三(2-苯基吡啶)铱(Ir(ppy)₃)、双(2-苯基吡啶-N,C2')铱(乙酰丙酮化物)、和面式-三[5-氟代-2-(5-三氟甲基-2-吡啶基)苯基-C,N]铱。

[0052] 在一些实施例中,空穴清除材料包括蓝色发光材料。可选地,空穴清除材料还包括用于蓝色发光材料(客体材料)的主体材料。可选地,蓝色发光材料为蓝色荧光发光材料。可选地,蓝色发光材料为蓝色磷光发光材料。可选地,主体材料为用于蓝色荧光发光材料的主体材料。可选地,主体材料为用于蓝色磷光发光材料的主体材料。

[0053] 用于制造空穴清除层的蓝色荧光发光材料的例子包括但不限于联苯乙烯衍生物、荧蒽衍生物、芘衍生物、二萘嵌苯及其衍生物、蒽衍生物、苯并噻衍生物、苯并噻唑衍生物、苯并咪唑衍生物、屈衍生物、菲衍生物、均二苯乙烯衍生物、四苯基丁二烯、4,4'-双(9-乙基-3-吡唑乙烯基)-1,1'-联苯(BCzVBi)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-取代基)-co-(2,5-二甲氧基-1,4-取代基)]、聚[(9,9-双己氧基芴-2,7-取代基)-alt-co-(2-甲氧基-5-{2-乙氧基己氧基}亚苯基-1,4-取代基)]、和聚[(9,9-二辛基芴-2,7-取代基)-co-(乙炔苯)]。

[0054] 用于制造空穴清除层的蓝色磷光发光材料的例子包括但不限于诸如铱、钇、铂、钼、铈和钡之类金属的金属配合物。具体例子包括双[4,6-二氟苯基吡啶-N,C2']-吡啶甲酸-铱、三[2-(2,4-二氟苯基)吡啶-N,C2']铱、双[2-(3,5-三氟甲基)吡啶-N,C2']-吡啶甲酸-铱、和双(4,6-二氟苯基吡啶-N,C2')铱(乙酰丙酮化物)。

[0055] 用于制造空穴清除层的荧光发光材料(例如红色、绿色或蓝色荧光发光材料)的主体材料的例子包括但不限于双芪类衍生物、萘并萘衍生物、二萘嵌苯衍生物、均二苯乙烯衍生物、双取代基胺(distyrylamine)衍生物、诸如三(8-羟基喹啉)铝(Alq₃)之类的羟基喹啉金属配合物,诸如三苯胺四聚物之类的三芳基衍生物、恶二唑衍生物、噻咯衍生物、联咪唑衍生物、低聚噻吩衍生物、苯并吡喃衍生物、三唑衍生物、苯并噻衍生物、苯并噻唑衍生物、喹啉衍生物、和4,4'-双(2,2'-联苯乙烯基)联苯(DPVBi)。

[0056] 用于制造空穴清除层的磷光发光材料(例如红色、绿色或蓝色磷光发光材料)的主体材料的例子包括但不限于吡唑衍生物,比如3-苯基-4-(1'-萘基)-5-苯基吡唑和4,4'-N,N'-二吡唑联苯(CBP)。

[0057] 在一些实施例中,有机发光二极管包括具有第一发光材料的空穴清除层和具有第二发光材料的发光层。发光层可以由与空穴清除层相同的材料制成,例如,第一发光材料和第二发光材料相同。可选地,第一发光材料和第二发光材料是不同的发光材料。可选地,用于制造空穴清除层的第一发光材料是磷光发光材料。

[0058] 可选地,第一发光材料是红色发光材料,并且第二发光材料是红色发光材料。可选地,第一发光材料是绿色发光材料,并且第二发光材料是绿色发光材料。可选地,第一发光材料是蓝色发光材料,并且第二发光材料是蓝色发光材料。可选地,第一发光材料是白色发光材料,并且第二发光材料是白色发光材料。可选地,第二发光材料是磷光发光材料。

[0059] 可选地,用于制造空穴清除层的第一发光材料是黄色发光材料,并且用于制造发光层的第二发光材料可以是红色发光材料、蓝色发光材料和绿色发光材料中的任一种。可选地,第一发光材料是黄色磷光发光材料。

[0060] 可选地,用于制造发光层的第二发光材料是蓝色发光材料,并且用于制造空穴清除层的第一发光材料是绿色发光材料(例如,能够发出浅绿色光的发光材料)。可选地,第一发光材料是绿色磷光发光材料。

[0061] 可以使用各种适当的发光材料来制造发光层。例如,针对空穴清除材料讨论的各种发光材料可以用来制造发光层。在一些实施例中,用于制造发光层的第二发光材料包括主体材料和客体材料。由于发光层的功能是发光,因此可以使用与空穴清除层的掺杂剂浓度相比而言相对较高的掺杂剂浓度。可选地,用于发光层的掺杂剂浓度(即,客体材料浓度)在按重量大约1%至大约10%的范围内,例如,按重量大约1%至大约5%的范围内,和按重量大约5%至大约10%的范围内。

[0062] 可以使用各种适当的电子注入材料来制造电子注入层。适当的电子注入材料的例子包括但不限于氟化锂和8-羟基喹啉锂。

[0063] 可以使用各种适当的空穴传输材料来制造空穴传输层。适当的空穴传输材料的例子包括但不限于各种p型聚合体材料和各种p型低分子量材料,例如聚噻吩、聚苯胺、聚吡咯、和具有聚-3,4-乙烯二氧噻吩和聚(钠-p-苯乙烯磺酸)的混合物。

[0064] 可以使用各种适当的空穴注入材料来制造空穴注入层。适当的空穴注入材料的例子包括但不限于聚(3,4-乙烯二氧噻吩)聚苯乙烯磺酸(PEDOT:PSS)、聚噻吩、聚苯胺、聚吡咯、铜酞菁、和4,4',4''-三(N,N-苯基-3-碱性蓝)三苯胺(m-MTDATA)。

[0065] 在另一方面,本发明提供了一种制造有机发光二极管的方法。在一些实施例中,该方法包括:形成发光层;在发光层上形成包括第一电子传输材料的第一电子传输层;在第一电子传输层的远离发光层的一侧上形成包括空穴清除材料的空穴清除层;以及在空穴清除层的远离第一电子传输层的一侧上形成包括第二电子传输材料的第二电子传输层。空穴清除材料是能够将第一或第二电子传输层中的过量空穴所产生的激子通过辐射衰变转化为基态的材料。

[0066] 空穴清除材料的LUMO能级基本上与第一电子传输材料和第二电子传输材料的LUMO能级匹配。

[0067] 可以使用各种适当的方法来制造本发明的有机发光二极管。在一些实施例中,使用气相沉积工艺来形成空穴清除层。例如,可以通过在第一电子传输层的远离衬底基板的一侧上气相沉积空穴清除材料来形成空穴清除层。可选地,气相沉积在沉积室中执行。可以

调节沉积持续时间、压力和沉积速率来实现空穴清除层的特定厚度或其他特性。可选地，在沉积室中在小于 5×10^{-4} Pa的压力下执行气相沉积。

[0068] 在一些实施例中，使用基于溶液的工艺来形成空穴清除层。例如，可以通过在第一电子传输层的远离衬底基板的一侧上涂敷空穴清除材料以生成涂敷的基板，并将涂敷的基板烘干来形成空穴清除层。

[0069] 在一些实施例中，该方法还包括以下步骤中的一个或多个：在衬底基板上形成第一电极层；在第一电极层的远离衬底基板的一侧上形成空穴注入层；在空穴注入层的远离第一电极层的一侧上形成空穴传输层；在空穴传输层的远离空穴注入层的一侧上形成发光层；在第二电子传输层的远离空穴清除层的一侧上形成电子注入层；以及在电子注入层的远离第二电子传输层的一侧上形成第二电极层。可选地，第一电极层是阳极，第二电极层是阴极。

[0070] 在一个示例中，该方法包括：在衬底基板上形成第一电极层，在第一电极层的远离衬底基板的一侧上形成空穴注入层；在空穴注入层的远离第一电极层的一侧上形成空穴传输层；在空穴传输层的远离空穴注入层的一侧上形成发光层；在发光层的远离空穴传输层的一侧上形成第一电子传输层；在第一电子传输层的远离发光层的一侧上形成空穴清除层；在空穴清除层的远离第一电子传输层的一侧上形成第二电子传输层；在第二电子传输层的远离空穴清除层的一侧上形成电子注入层；以及在电子注入层的远离第二电子传输层的一侧上形成第二电极层。

[0071] 空穴清除层可以形成具有任何适当的厚度。在一些实施例中，空穴清除层形成为其厚度在大约1nm至大约5nm的范围内，例如，大约1nm至大约2nm的范围内，大约2nm至大约3nm的范围内，大约3nm至大约4nm的范围内，大约4nm至大约5nm的范围内。可选地，电子传输层形成为其厚度在大约107nm至大约40nm的范围内，例如，大约10nm至大约20nm的范围内，大约20nm至大约30nm的范围内，和大约30nm至大约40nm的范围内。可选地，第一电子传输层的厚度在大约5nm至大约25nm的范围内，例如，大约5nm至大约10nm的范围内，大约10nm至大约15nm的范围内，大约15nm至大约20nm的范围内，和大约20nm至大约25nm的范围内。可选地，第二电子传输层的厚度在大约5nm至大约25nm的范围内，例如，大约5nm至大约10nm的范围内，大约10nm至大约15nm的范围内，大约15nm至大约20nm的范围内，和大约20nm至大约25nm的范围内。可选地，第一电子传输层的厚度在大约5nm至大约25nm的范围内，而第二电子传输层的厚度在大约35nm至大约15nm的范围内。

[0072] 可选地，第一电子传输层和第二电子传输层由相同的电子传输材料制成。

[0073] 在一些实施例中，空穴清除材料包括主体材料和客体发光材料。可以使用气相沉积工艺来形成空穴清除层。例如，可以在腔室中执行沉积工艺。主体材料和客体发光材料分别放置在沉积材料容器中并同时导入腔室。在沉积工艺中，执行共沉积工艺，例如，在单个沉积工艺中并行或同时沉积主体材料和客体发光材料。

[0074] 在另一方面，本公开提供了一种具有本文所述的或由本发明所述的方法制造的有机发光二极管的显示面板。在另一方面，本公开提供一种具有本文所述的显示面板的显示设备。适当的显示设备的例子包括但不限于电子纸、移动电话、平板电脑、电视机、监视器、笔记本电脑、数字相框、GPS等。

[0075] 已出于示意和描述目的示出了对本发明实施例的上述描述。其并非旨在穷举或将

本发明限制为所公开的确切形式或示例性实施例。因此,上述描述应当被认为是示意性的而非限制性的。显然,许多修改和变形对于本领域技术人员而言将是显而易见的。选择和描述这些实施例是为了解释本发明的原理和其最佳方式的实际应用,从而使得本领域技术人员能够理解本发明适用于特定用途或所构思的实施方式的各种实施例及各种变型。本发明的范围旨在由所附权利要求及其等同形式限定,其中除非另有说明,所有术语以其最宽的合理意义解释。因此,术语“发明”、“本发明”等不一定将权利范围限制为具体实施例,并且对本发明示例性实施例的参考不隐含对本发明的限制,并且不应推断出这种限制。本发明仅由随附权利要求的精神和范围限定。此外,这些权利要求可涉及使用跟随有名字或元素的“第一”、“第二”等术语。这种术语应当理解为一种命名方式而非意在对由这种命名方式修饰的元素的数量进行限制,除非给出具体数量。所描述的任何优点和益处不一定适用于本发明的全部实施例。应当认识到的是,本领域技术人员在不脱离随附权利要求所限定的本发明的范围的情况下可以对所描述的实施例进行变化。此外,本公开中的所有元件和组件都不意在奉献给公众,无论该元件或组件是否明确地记载在随附权利要求中。

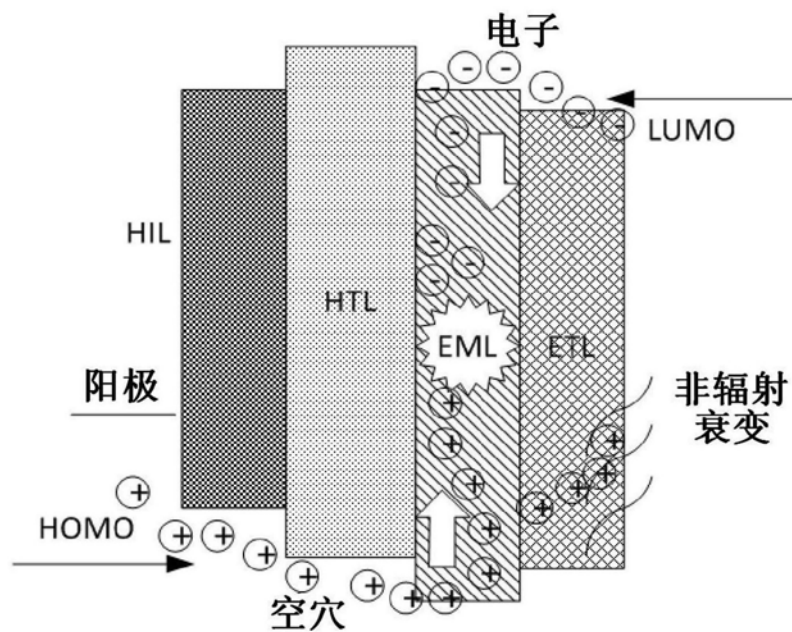


图1 (相关技术)

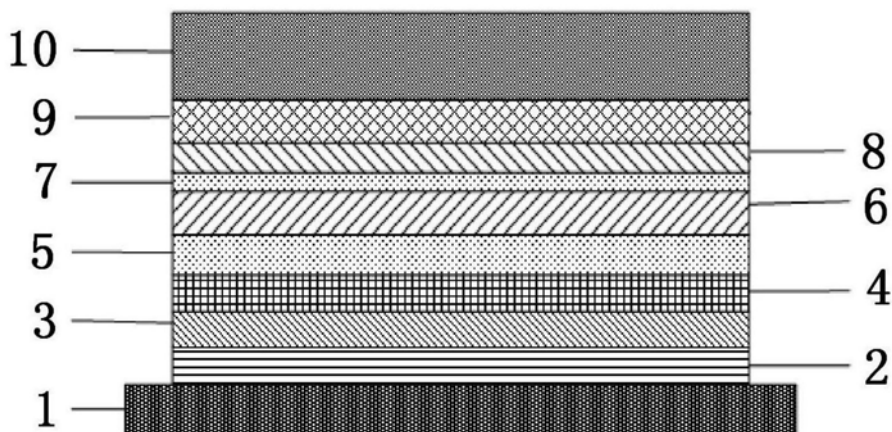


图2

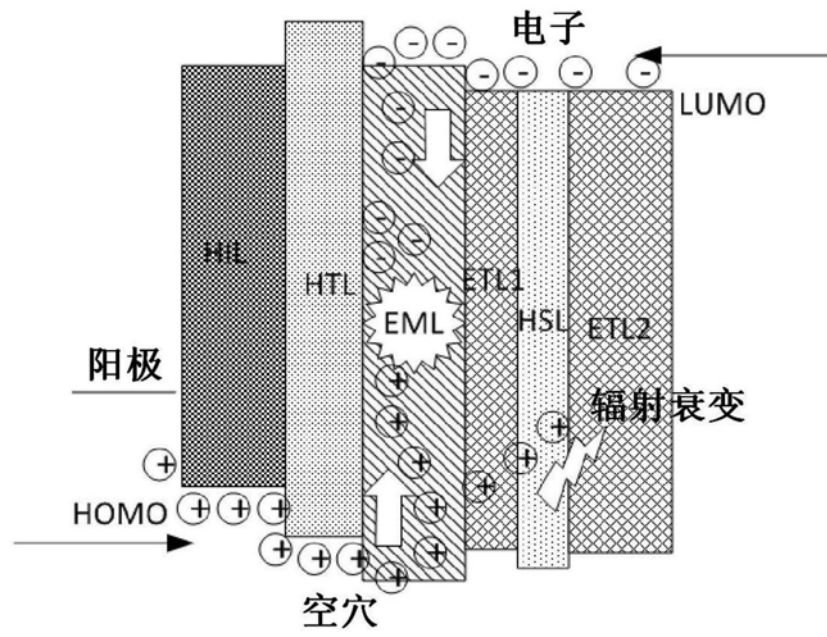


图3

