



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112952013 B

(45) 授权公告日 2024. 07. 23

(21) 申请号 202110222496.7

H10K 71/16 (2023.01)

(22) 申请日 2021.02.26

H10K 59/10 (2023.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112952013 A

(56) 对比文件

CN 111969119 A, 2020.11.20

CN 209104191 U, 2019.07.12

(43) 申请公布日 2021.06.11

CN 104934542 A, 2015.09.23

(73) 专利权人 京东方科技集团股份有限公司

CN 105576146 A, 2016.05.11

地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路10号

CN 110459688 A, 2019.11.15

(72) 发明人 郝艳军 屈财玉 文官印 吴淞全

左鹏飞 杜小波 李彦松

审查员 邓辉

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

专利代理师 魏艳新 姜春咸

(51) Int. Cl.

H10K 50/18 (2023.01)

H10K 50/10 (2023.01)

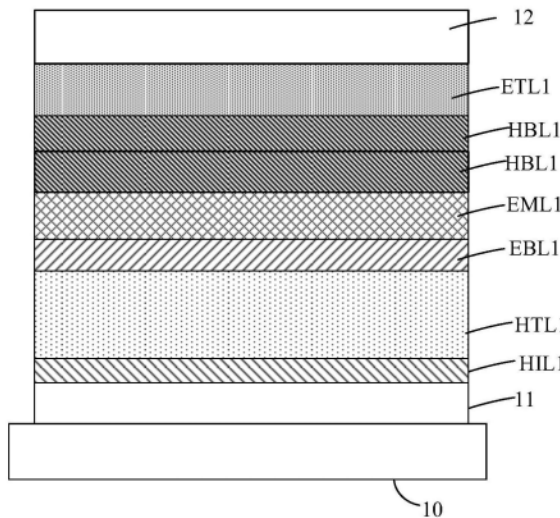
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

有机发光二极管及其制作方法、显示基板和显示装置

(57) 摘要

公开一种有机发光二极管及其制作方法、显示基板和显示装置,其中,有机发光二极管包括:相对设置的第一电极和第二电极;位于所述第一电极与所述第二电极之间、且沿靠近所述第二电极的方向依次设置的:第一空穴传输层、第一电子阻挡层、蓝色发光层、至少一层第一空穴阻挡层以及第一电子传输层,所有第一空穴阻挡层的总厚度大于所述第一电子阻挡层的厚度。



1. 一种有机发光二极管,其中,包括:
相对设置的第一电极和第二电极;
位于所述第一电极与所述第二电极之间、且沿靠近所述第二电极的方向依次设置的:第一空穴传输层、第一电子阻挡层、蓝色发光层、至少一层第一空穴阻挡层以及第一电子传输层,所有第一空穴阻挡层的总厚度大于所述第一电子阻挡层的厚度;
沿靠近所述第一电子传输层的方向,各层所述第一空穴阻挡层的电子迁移率逐渐增大;
所述第一空穴阻挡层的数量为两层,两层所述第一空穴阻挡层的材料不同,其中一层所述第一空穴阻挡层的电子迁移率在 $1.5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs} \sim 2.5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之间,另一层所述第一空穴阻挡层的电子迁移率在 $7.0 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs} \sim 8.0 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之间。
2. 根据权利要求1所述的有机发光二极管,其中,所述第一空穴阻挡层的材料包括:具有大共轭结构的平面芳香族化合物。
3. 根据权利要求1所述的有机发光二极管,其中,所有的第一空穴阻挡层的总厚度为所述第一电子阻挡层厚度的1.5倍以上。
4. 根据权利要求1所述的有机发光二极管,其中,每层所述第一空穴阻挡层的厚度在2nm~10nm之间。
5. 一种显示基板,包括:
衬底;
设置在所述衬底上的多个有机发光二极管,其中,多个有机发光二极管包括至少一个蓝色有机发光二极管,所述蓝色有机发光二极管采用权利要求1至4中任意一项所述的有机发光二极管。
6. 根据权利要求5所述的显示基板,其中,多个有机发光二极管还包括红色有机发光二极管和绿色有机发光二极管,
所述红色有机发光二极管包括:
相对设置的第三电极和第四电极;
位于所述第三电极和第四电极之间、且沿靠近所述第四电极的方向依次设置的:第二空穴传输层、第二电子阻挡层、红色发光层、第二空穴阻挡层以及第二电子传输层;
所述绿色有机发光二极管包括:
相对设置的第五电极和第六电极;
位于所述第五电极和第六电极,且沿靠近所述第六电极的方向依次设置的:第三空穴传输层、第三电子阻挡层、绿色发光层、第三空穴阻挡层以及第三电子传输层;
其中,所述第三电极、所述第五电极与所述第一电极同层设置;所述第四电极、所述第六电极与所述第二电极同层设置;所述第二空穴传输层、第三空穴传输层与所述第一空穴传输层同层设置;所述第二电子传输层、第三电子传输层与所述第一电子传输层同层设置;所述第二空穴阻挡层、所述第三空穴阻挡层均与所述第一空穴阻挡层一一对应地同层设置。
7. 根据权利要求6所述的显示基板,其中,所述绿色发光层的厚度大于所述蓝色发光层的厚度,且小于所述红色发光层的厚度。
8. 根据权利要求6所述的显示基板,其中,所述第三电子阻挡层的厚度大于所述第一电

子阻挡层的厚度,且小于所述第二电子阻挡层的厚度。

9. 根据权利要求5至8中任意一项所述的显示基板,其中,所述第一电极位于所述蓝色发光层与所述衬底之间,所述第二电极位于所述蓝色发光层远离所述衬底的一侧。

10. 一种显示装置,包括权利要求5所述的显示基板。

11. 一种有机发光二极管的制作方法,包括:

形成第一电极;

分别形成第一空穴传输层、第一电子阻挡层、蓝色发光层、至少一层第一空穴阻挡层以及第一电子传输层,其中,所述第一空穴传输层、所述第一电子阻挡层、所述第一发光层、所述第一空穴阻挡层以及所述第一电子传输层沿远离第一电极的方向排列;所有第一空穴阻挡层的总厚度大于所述第一电子阻挡层的厚度;

形成第二电极,所述第二电极与所述第一电极相对设置;

沿靠近所述第一电子传输层的方向,各层所述第一空穴阻挡层的电子迁移率逐渐增大;

所述第一空穴阻挡层的数量为两层,两层所述第一空穴阻挡层的材料不同,其中一层所述第一空穴阻挡层的电子迁移率在 $1.5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ~ $2.5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之间,另一层所述第一空穴阻挡层的电子迁移率在 $7.0 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ~ $8.0 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之间。

12. 根据权利要求11所述的制作方法,其中,每层所述第一空穴阻挡层采用蒸镀工艺形成。

有机发光二极管及其制作方法、显示基板和显示装置

技术领域

[0001] 本公开涉及显示技术领域,具体涉及一种有机发光二极管及其制作方法、显示基板和显示装置。

背景技术

[0002] 随着有机发光二极管(Organic Light Emitting Display,OLED)显示技术的发展,OLED显示装置得到广泛应用。在OLED显示装置中,每个像素包括红色发光二极管、蓝色发光二极管和绿色发光二极管。

[0003] 目前的显示装置在显示低灰阶画面时,容易出现色偏。

发明内容

[0004] 本公开旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一,提出了一种有机发光二极管及其制作方法、显示基板和显示装置。

[0005] 为了实现上述目的,本公开提供一种有机发光二极管,其中,包括:

[0006] 相对设置的第一电极和第二电极;

[0007] 位于所述第一电极与所述第二电极之间、且沿靠近所述第二电极的方向依次设置的:第一空穴传输层、第一电子阻挡层、蓝色发光层、至少一层第一空穴阻挡层以及第一电子传输层,所有第一空穴阻挡层的总厚度大于所述第一电子阻挡层的厚度。

[0008] 在一些实施例中,所述第一空穴阻挡层的层数为多层,多层所述第一空穴阻挡层的材料相同。

[0009] 在一些实施例中,所述第一空穴阻挡层的层数为多层,不同所述第一空穴阻挡层的材料不同;

[0010] 沿靠近所述第一电子传输层的方向,各层所述第一空穴阻挡层的电子迁移率逐渐增大。

[0011] 在一些实施例中,所述第一空穴阻挡层的数量为两层,其中一层所述第一空穴阻挡层的电子迁移率在 $1.5 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs} \sim 2.5 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 之间,另一层所述第一空穴阻挡层的电子迁移率在 $7.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs} \sim 8.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 之间。

[0012] 在一些实施例中,所述第一空穴阻挡层的材料包括:具有大共轭结构的平面芳香族化合物。

[0013] 在一些实施例中,所有的第一空穴阻挡层的总厚度为所述第一电子阻挡层厚度的1.5倍以上。

[0014] 在一些实施例中,每层所述第一空穴阻挡层的厚度在2nm~10nm之间。

[0015] 本公开实施例还提供一种显示基板,包括:

[0016] 衬底;

[0017] 设置在所述衬底上的多个有机发光二极管,其中,多个有机发光二极管包括至少一个蓝色有机发光二极管,所述蓝色有机发光二极管采用权利要求1至7中任意一项所述的

有机发光二极管。

[0018] 在一些实施例中,多个有机发光二极管还包括红色有机发光二极管和绿色有机发光二极管,

[0019] 所述红色有机发光二极管包括:

[0020] 相对设置的第三电极和第四电极;

[0021] 位于所述第三电极和第四电极之间、且沿靠近所述第四电极的方向依次设置的:第二空穴传输层、第二电子阻挡层、红色发光层、第二空穴阻挡层以及第二电子传输层;

[0022] 所述绿色有机发光二极管包括:

[0023] 相对设置的第五电极和第六电极;

[0024] 位于所述第五电极和第六电极,且沿靠近所述第六电极的方向依次设置的:第三空穴传输层、第三电子阻挡层、绿色发光层、第三空穴阻挡层以及第三电子传输层;

[0025] 其中,所述第三电极、所述第五电极与所述第一电极同层设置;所述第四电极、所述第六电极与所述第二电极同层设置;所述第二空穴传输层、第三空穴传输层与所述第一空穴传输层同层设置;所述第二电子传输层、第三电子传输层与所述第一电子传输层同层设置;所述第二空穴阻挡层、所述第三空穴阻挡层均与所述第一空穴阻挡层一一对应地同层设置。

[0026] 在一些实施例中,所述绿色发光层的厚度大于所述蓝色发光层的厚度,且小于所述红色发光层的厚度。

[0027] 在一些实施例中,所述第三电子阻挡层的厚度大于所述第一电子阻挡层的厚度,且小于所述第二电子阻挡层的厚度。

[0028] 在一些实施例中,所述第一电极位于所述蓝色发光层与所述衬底之间,所述第二电极位于所述蓝色发光层远离所述衬底的一侧。

[0029] 本公开实施例还提供一种显示装置,包括上述的显示基板。

[0030] 本公开实施例还提供一种有机发光二极管的制作方法,包括:

[0031] 形成第一电极;

[0032] 分别形成第一空穴传输层、第一电子阻挡层、蓝色发光层、至少一层第一空穴阻挡层以及第一电子传输层,其中,所述第一空穴传输层、所述第一电子阻挡层、所述第一发光层、所述第一空穴阻挡层以及所述第一电子传输层沿远离第一电极的方向排列;所有第一空穴阻挡层的总厚度大于所述第一电子阻挡层的厚度;

[0033] 形成所述第二电极,所述第二电极与所述第一电极相对设置。

[0034] 在一些实施例中,每层所述第一空穴阻挡层采用蒸镀工艺形成。

附图说明

[0035] 附图是用来提供对本公开的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本公开,但并不构成对本公开的限制。在附图中:

[0036] 图1为一对比例中的发光二极管的结构示意图。

[0037] 图2为不同有机发光二极管的光度效率随亮度的变化曲线图。

[0038] 图3A为理想情况下各颜色有机发光二极管的色度效率随亮度的变化曲线图。

[0039] 图3B为实际情况下各颜色有机发光二极管的色度效率随亮度的变化曲线图。

- [0040] 图4A为本公开的一些实施例中提供的发光二极管的结构示意图。
- [0041] 图4B为本公开的另一一些实施例中提供的发光二极管的结构示意图。
- [0042] 图5为本公开的一些实施例中提供的有机发光二极管的能级示意图。
- [0043] 图6为本公开的两个示例中的有机发光二极管与对比例中的有机发光二极管的发光效率曲线图。
- [0044] 图7本公开的两个示例中的有机发光二极管与对比例中的发光二极管的寿命和色度效率的对比图。
- [0045] 图8为本公开的示例三中的有机发光二极管与对比例中的有机发光二极管的发光效率曲线图。
- [0046] 图9为本公开的一些实施例中提供的显示基板的示意图。
- [0047] 图10为本公开的一些实施例中提供的有机发光二极管的制作方法流程图。

具体实施方式

[0048] 为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本公开实施例的附图,对本公开实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例是本公开的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本公开的实施例,本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本公开保护的范围。

[0049] 这里用于描述本公开的实施例的术语并非旨在限制和/或限定本公开的范围。例如,除非另外定义,本公开使用的技术术语或者科学术语应当为本公开所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。应该理解的是,本公开中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的组成部分。除非上下文另外清楚地指出,否则单数形式“一个”、“一”或者“该”等类似词语也不表示数量限制,而是表示存在至少一个。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现在“包括”或者“包含”前面的元件或者物件涵盖出现在“包括”或者“包含”后面列举的元件或者物件及其等同,并不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接,而是可以包括电性的连接,不管是直接的还是间接的。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于表示相对位置关系,当被描述对象的绝对位置改变后,则所述相对位置关系也可能相应地改变。

[0050] 在下面的描述中,当元件或层被称作“在”另一元件或层“上”或“连接到”另一元件或层时,该元件或层可以直接在所述另一元件或层上、直接连接到所述另一元件或层,或者可以存在中间元件或中间层。然而,当元件或层被称作“直接在”另一元件或层“上”、“直接连接到”另一元件或层时,不存在中间元件或中间层。术语“和/或”包括一个或更多个相关列出项的任意和全部组合。

[0051] 在OLED显示装置中,每个像素单元包括红色发光二极管、绿色发光二极管和蓝色发光二极管。图1为一对比例中的发光二极管的结构示意图,如图1所示,发光二极管包括:沿远离衬底10的方向依次设置的第一电极11、空穴注入层HIL、空穴传输层HTL、电子阻挡层EBL、发光层EML、空穴阻挡层HBL、电子传输层ETL、电子注入层EIL和第二电极12。在第一电极11和第二电极12上加载电压后,空穴(如图5中的空心圆圈所示)与电子(如图5中的实心圆点所示)分别从第一电极11和第二电极12注入,并分别进入空穴传输层HTL的HOMO(分子最高占据轨道)能级和电子传输层ETL的LUMO(分子最低空置轨道)能级,然后跃迁到发光层

EML相遇形成电子-空穴对,也就是激子。处于分子激发态的激子以光子形式释放出来,发出可见光。其中,在发光波长较长的有机发光二极管中,电子阻挡层EBL的厚度较大;在发光波长较短的有机发光二极管中,电子阻挡层EBL的厚度较小。空穴阻挡层HBL的厚度小于或等于电子阻挡层EBL的厚度,例如,在蓝色有机发光二极管中,空穴阻挡层HBL的厚度与电子阻挡层EBL的厚度相同,在红色和绿色的有机发光二极管中,空穴阻挡层HBL的厚度小于电子阻挡层EBL的厚度。

[0052] 通常,在红色有机发光二极管和绿色有机发光二极管中,发光层EML采用磷光材料;而在蓝色有机发光二极管中,发光层EML采用荧光材料,而荧光材料和磷光材料的效率与亮度的关系并不一致。图2为不同有机发光二极管的光度效率随亮度的变化曲线图,如图2所示,红色有机发光二极管和绿色有机发光二极管在低亮度显示时,发光效率快速达到最大;随着亮度的增大,红色有机发光二极管和绿色有机发光二极管的效率出现明显的Ro11-off(滚降)现象。而蓝色有机发光二极管的光度效率在达到最大之前,会存在明显的“爬坡”现象,也就是说,当蓝色有机发光二极管在实现较低亮度的显示时,光度效率较低。图3A为理想情况下各颜色有机发光二极管的效率与亮度的关系曲线,图3B为实际情况下各颜色有机发光二极管的效率与亮度的关系曲线,其中,图3A中和图3B中蓝色有机发光二极管的效率与亮度的关系曲线为:色度效率随亮度的变化曲线,色度效率为光度效率(单位为cd/A)与发光颜色(即CIE色坐标中的y值)之比;图3A和图3B中红色有机发光二极管和绿色有机发光二极管的效率与亮度的关系曲线为:光度效率随亮度的变化曲线。通过图2至图3B可知,由于蓝色有机发光二极管在亮度较低时的光度效率较低,因此,显示装置在显示低灰阶画面时,容易发生白光配比失衡,从而发生色偏。

[0053] 发明人发现,蓝色有机发光二极管的光度效率存在明显“爬坡”的原因在于:低电流密度时,空穴会大量堆积在电子阻挡层EBL与发光层EML的界面,当电子向发光层EML注入时,会在电子阻挡层EBL与发光层EML的界面产生大量激子,产生激子浓度淬灭,激子跃迁发光减弱,从而导致有机发光二极管的光度效率较低。而当电流密度增加时,空穴注入到发光层EML内部,此时激子较均匀地分散在整个发光层EML中,淬灭减小,激子跃迁发光增加。

[0054] 图4A为本公开的一些实施例中提供的发光二极管的结构示意图,图4B为本公开的另一一些实施例中提供的发光二极管的结构示意图,该发光二极管为蓝色发光二极管。如图4A和图4B所示,该有机发光二极管包括:相对设置的第一电极11和第二电极12。其中,第一电极11为阳极,其可以采用氧化铟锡(ITO)等透明导电材料制成;或者,第一电极11也可以采用多层导电材料的复合膜层,例如,第一电极11包括ITO/Ag/ITO的复合层,其中,ITO层的厚度例如为8nm,Ag层的厚度例如为10nm。第二电极12为阴极,其可以采用反射率较高的金属材料制成,例如,Al、Ag。第二电极12的厚度例如在10nm~20nm之间,例如为16nm。

[0055] 有机发光二极管还包括位于第一电极11与第二电极12之间、且沿靠近第二电极12的方向依次设置的:第一空穴传输层HTL1、第一电子阻挡层EBL1、蓝色发光层EML1、至少一层第一空穴阻挡层HBL1以及第一电子传输层ETL1,蓝色发光层EML1采用荧光材料制成。其中,图4A和图4B中第一空穴阻挡层HBL1的层数仅为示例,还可以设置为其他数量,例如,1层、4层等。应当理解的是,第一空穴阻挡层HBL1的层数为多层时,多层第一空穴阻挡层HBL1均位于蓝色发光层EML1与第一电子传输层ETL1之间。在一些实施例中,有机发光二极管还包括第一空穴注入层HIL1,该第一空穴注入层HIL1位于第一空穴传输层HTL1与第一电极11

之间。

[0056] 在一些实施例中,所有第一空穴阻挡层HBL1的总厚度大于第一电子阻挡层EBL1的厚度。例如,第一空穴阻挡层HBL1的层数为一层,则该层第一空穴阻挡层HBL1的厚度大于第一电子阻挡层EBL1的厚度。或者,第一空穴阻挡层HBL1的层数为多层,则多层第一空穴阻挡层HBL1的总厚度大于第一电子阻挡层EBL1的厚度。

[0057] 在一些实施例中,所有第一空穴阻挡层HBL1的总厚度大于5nm。

[0058] 图5为本公开的一些实施例中提供的有机发光二极管的能级示意图,如图5所示,在第一电极11和第二电极12上加载电压后,空穴与电子分别从第一电极11和第二电极12注入,并分别进入第一空穴传输层HTL1的HOMO能级和第一电子传输层ETL1的LUMO能级,然后向蓝色发光层EML1跃迁。当电流密度较低时,空穴会大量堆积在电子阻挡层EBL与发光层EML的界面处。而在本公开中,蓝色发光层EML1与第一电子传输层ETL1之间的第一空穴阻挡层HBL1的总厚度较大,这样,可以增大电子由第一电子传输层ETL1到蓝色发光层EML1的迁移路程,从而降低低灰阶下注入到第一电子阻挡层EBL1和蓝色发光层EML1界面处的电子的浓度,进而改善低灰阶下因第一电子阻挡层EBL1与蓝色发光层EML1之间的激子淬灭而引起的发光效率低的问题,从而防止显示装置在低灰阶显示时出现色偏,提高显示品质。

[0059] 在一些实施例中,第一空穴阻挡层HBL1的材料包括:具有大共轭结构的平面芳香族化合物。例如,第一空穴阻挡层HBL1的材料可以是多芳基取代吡啶衍生物、1,10-菲罗啉衍生物等,可以是一种或多种材料的混合。

[0060] 在一些实施例中,第一空穴阻挡层HBL1的总厚度为第一电子阻挡层EBL1厚度的1.5倍以上,例如为第一电子阻挡层EBL1厚度的2~5倍。

[0061] 在一些实施例中,第一空穴阻挡层HBL1的层数为多层,不同第一空穴阻挡层HBL1的厚度可以相同,也可以不同。可选地,每层第一空穴阻挡层HBL1的厚度在2nm~10nm之间。例如,每层第一空穴阻挡层HBL1的厚度均为5nm。

[0062] 在一些示例中,第一空穴阻挡层HBL1的层数为多层,多层第一空穴阻挡层HBL1的材料相同。

[0063] 例如,第一空穴阻挡层HBL1的层数为两层,该两层第一空穴阻挡层HBL1的材料相同,其电子迁移率为 $2.1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$,HOMO=6.22eV,LUMO=2.65eV。

[0064] 在另一些示例中,第一空穴阻挡层HBL1为多层,不同的第一空穴阻挡层HBL1的材料不同。其中,沿靠近第一电子传输层ETL1的方向,第一空穴阻挡层HBL1的电子迁移率逐渐增大,这样有利于电子向蓝色发光层EML1中进行注入,从而在进行高亮度显示时,防止电子跃迁路程过长而导致发光效率降低,进而保证了显示装置在高亮度时的显示效果。

[0065] 例如,第一空穴阻挡层HBL1的层数为两层,远离第一电子传输层ETL1的第一空穴阻挡层HBL1的电子迁移率在 $1.5 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs} \sim 2.5 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 之间,靠近第一电子传输层ETL1的第一空穴阻挡层HBL1的电子迁移率在 $7.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs} \sim 8.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 之间。例如,远离第一电子传输层ETL1的第一空穴阻挡层HBL1的电子迁移率为 $2.1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$;靠近第一电子传输层ETL1的第一空穴阻挡层HBL1的电子迁移率为 $7.64 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 。

[0066] 图6为本公开的两个示例中的有机发光二极管与对比例中的有机发光二极管的发光效率曲线图,每条曲线为有机发光二极管的发光效率随电流密度的变化曲线。其中,对比例中的有机发光二极管为图1中的有机发光二极管,其中的空穴阻挡层的厚度为5nm,穴阻

挡层的迁移率 $\mu_e = 2.1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$, HOMO=6.22eV, LUMO=2.65eV。本公开的示例一中的有机发光二极管采用图4A中的结构,其中,第一空穴阻挡层HBL1的层数为两层,每层空穴阻挡层HBL1的厚度均为5nm。本公开的示例二中的有机发光二极管采用图4B中的结构,其中,第一空穴阻挡层HBL1的层数为三层,每层第一空穴阻挡层HBL1的厚度均为5nm。另外,本公开的两个示例中,有机发光二极管的每层第一空穴阻挡层HBL1的材料均与图1中有机发光二极管中的空穴阻挡层HBL相同,其他膜层的材料和厚度均与图1中有机发光二极管的相应膜层一致。表1为本公开的两个示例中的有机发光二极管与对比例中的有机发光二极管的“爬坡”比例。其中,以发光二极管在 $0.01 \text{mA}/\text{cm}^2$ 与 $1 \text{mA}/\text{cm}^2$ 电流密度下的光度效率之比来表示“爬坡”比例。

[0067] 表1

[0068]	结构	对比例	本公开示例一	本公开示例二
	“爬坡”比例	0.54	0.87	0.84

[0069] 从图6和表1可以看出,对比例中的有机发光二极管在低电流密度(小于 $0.01 \text{mA}/\text{cm}^2$)下的光度效率较低,随着电流密度的增大,光度效率会出现明显的“爬坡”。具体地,对比例中的有机发光二极管的“爬坡”比例在0.5左右,可以预测采用此结构的显示装置在在低灰阶下蓝色效率较低,容易产生色偏和画质缺失的不良。而本公开的示例一和示例二中的有机发光二极管,在低电流密度下的光度效率较大,随着电流密度的增大,光度效率“爬坡”相对不明显,两个示例中的有机发光二极管的“爬坡”比例均在0.8以上。可以预测采用示例一或示例二的显示装置在低灰阶下更不容易产生色偏和画质缺失的不良。

[0070] 图7本公开的两个示例中的有机发光二极管与对比例中的发光二极管的寿命和色度效率的对比图,其中,图7中的发光二极管的寿命和色度效率分别是针对电流密度为 $15 \text{mA}/\text{cm}^2$ 下的寿命和色度效率。从图7可以看出,本公开的示例一和示例二中的有机发光二极管的寿命有所提高,色度效率并不受影响。

[0071] 图8为本公开的示例三中的有机发光二极管与对比例中的有机发光二极管的发光效率曲线图,每条曲线为有机发光二极管的发光效率随电流密度的变化曲线。其中,对比例中的有机发光二极管为图1中的有机发光二极管,其中的空穴阻挡层HBL的厚度为5nm,电子迁移率为 $2.1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$, HOMO=6.22eV, LUMO=2.65eV。本公开的示例三中的有机发光二极管采用图4A中的结构,其中,第一空穴阻挡层HBL1的层数为两层,每层第一空穴阻挡层HBL1的厚度均为5nm,远离第一电子传输层ETL1的第一空穴传输层HTL1的电子迁移率为 $2.1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$, HOMO=6.22eV, LUMO=2.65eV;靠近第一电子传输层ETL1的第一空穴传输层HTL1的电子迁移率为 $7.64 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$, HOMO=6.13eV, LUMO=2.78eV。示例三中其余膜层的材料和厚度均与对比例中相应膜层一致。

[0072] 表2为本公开的示例三中的有机发光二极管与对比例中的有机发光二极管的“爬坡”比例。

[0073] 表2

[0074]	结构	对比例	本公开示例三
	“爬坡”比例	0.55	0.96

[0075] 通过图8和表2可以看出,和对比例相比,本公开示例三中的有机发光二极管在低电流密度下的光度效率较大,随着电流密度的增大,光度效率“爬升”相对不明显,“爬升”比

例为0.96,可见,采用本公开示例三中有机发光二极管的显示装置在低灰阶下更不易产生色偏和画质缺失。

[0076] 图9为本公开的一些实施例中提供的显示基板的示意图,如图9所示,该显示基板包括:衬底10和设置在衬底10上的多个有机发光二极管,其中,多个有机发光二极管中的至少一者为蓝色有机发光二极管B_OLED,该蓝色有机发光二极管B_OLED采用上述实施例中的有机发光二极管。在一些实施例中,第一电极11位于蓝色发光层EML1与衬底10之间,第二电极12位于蓝色发光层EML1远离衬底10的一侧。

[0077] 如图9所示,多个有机发光二极管还包括至少一个红色有机发光二极管R_OLED和至少一个绿色有机发光二极管G_OLED。

[0078] 在一些实施例中,红色有机发光二极管R_OLED包括:相对设置的第三电极13和第四电极14,还包括位于第三电极13和第四电极14之间、且沿靠近第四电极14的方向依次设置的:第二空穴注入层HIL2、第二空穴传输层HTL2、第二电子阻挡层EBL2、红色发光层EML2、至少一层第二空穴阻挡层HBL2以及第二电子传输层ETL2。

[0079] 绿色有机发光二极管G_OLED包括:相对设置的第五电极15和第六电极16,位于第五电极15和第六电极16之间、且沿靠近第六电极16的方向依次设置的:第三空穴注入层HIL3、第三空穴传输层HTL3、第三电子阻挡层EBL3、绿色发光层EML3、至少一层第三空穴阻挡层HBL3以及第三电子传输层ETL3。

[0080] 其中,第三电极13、第五电极15与第一电极11同层设置。“同层设置”是指,为了简化制作工艺,使多个结构是由同一个材料层经过构图工艺而形成,故这些结构在层叠关系上是处于同一个层之中的;但这并不表示这些结构与衬底10间的距离必定相同。

[0081] 另外,第四电极14、第六电极16与第二电极12同层设置,例如,第四电极14、第六电极16与第二电极12形成为一体结构。第二空穴传输层HTL2、第三空穴传输层HTL3与第一空穴传输层HTL1同层设置,例如,第二空穴传输层HTL2、第三空穴传输层HTL3与第一空穴传输层HTL1形成为一体结构。第二电子传输层ETL2、第三电子传输层ETL3与第一电子传输层ETL1同层设置,例如,第二电子传输层ETL2、第三电子传输层ETL3与第一电子传输层ETL1形成为一体结构。第二空穴阻挡层HBL2、第三空穴阻挡层HBL3均与第一空穴阻挡层HBL1一一对应地同层设置,例如,每层第二空穴阻挡层HBL2、每层第三空穴阻挡层HBL3均与相应的第一空穴阻挡层HBL1形成为一体结构。

[0082] 如图9所示,红色发光层EML2的厚度大于绿色发光层EML3的厚度,绿色发光层EML3的厚度大于蓝色发光层EML1的厚度。例如,红色发光层EML2的厚度在40~50nm之间,例如为45nm;绿色发光层EML3的厚度在30~40nm之间,例如为35nm;蓝色发光层EML1的厚度在15~25nm之间,例如为25nm。

[0083] 在一些实施例中,第三电子阻挡层EBL3的厚度大于所述第一电子阻挡层EBL1的厚度,且小于第二电子阻挡层EBL2的厚度。例如,第一电子阻挡层EBL1的厚度在2nm~10nm之间,例如为5nm;第二电子阻挡层EBL2的厚度在70nm~80nm之间,例如为76nm;第三电子阻挡层EBL3的厚度在40nm~50nm之间,例如为47nm。

[0084] 图10为本公开的一些实施例中提供的有机发光二极管的制作方法流程图,如图10所示,该制作方法包括:

[0085] S1、形成第一电极。

[0086] S2、分别形成第一空穴传输层、第一电子阻挡层、蓝色发光层、至少一层第一空穴阻挡层以及第一电子传输层,其中,所述第一空穴传输层、所述第一电子阻挡层、所述第一发光层、所述第一空穴阻挡层以及所述第一电子传输层沿远离第一电极的方向排列;所有第一空穴阻挡层的总厚度大于所述第一电子阻挡层的厚度。

[0087] 在一些实施例中,第一空穴传输层、第一电子阻挡层、蓝色发光层、至少一层第一空穴阻挡层以及第一电子传输层均可以采用蒸镀工艺形成。

[0088] S3、形成第二电极,该第二电极与第一电极相对设置。

[0089] 需要说明的是,步骤S1~S3的顺序不作具体限定,例如,可以先形成第一电极,之后,依次形成第一空穴传输层、第一电子阻挡层、蓝色发光层、至少一层第一空穴阻挡层以及第一电子传输层;之后,再形成第二电极。当然,也可以先形成第二电极,之后,依次形成第一电子传输层、至少一层第一空穴阻挡层、蓝色发光层、第一电子阻挡层、第一空穴传输层;之后,再形成第一电极。

[0090] 在一些实施例中,还可以包括形成第一空穴注入层的步骤,该第一空穴注入层位于第一电极与第一空穴传输层之间。

[0091] 本公开实施例还提供一种显示装置,该显示装置包括上述显示基板,另外还包括用于对各个有机发光二极管进行封装的封装层。

[0092] 该显示装置可以为:电子纸、OLED面板、手机、平板电脑、电视机、显示器、笔记本电脑、数码相框、导航仪等任何具有显示功能的产品或部件。

[0093] 可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本公开的原理而采用的示例性实施方式,然而本公开并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本公开的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本公开的保护范围。

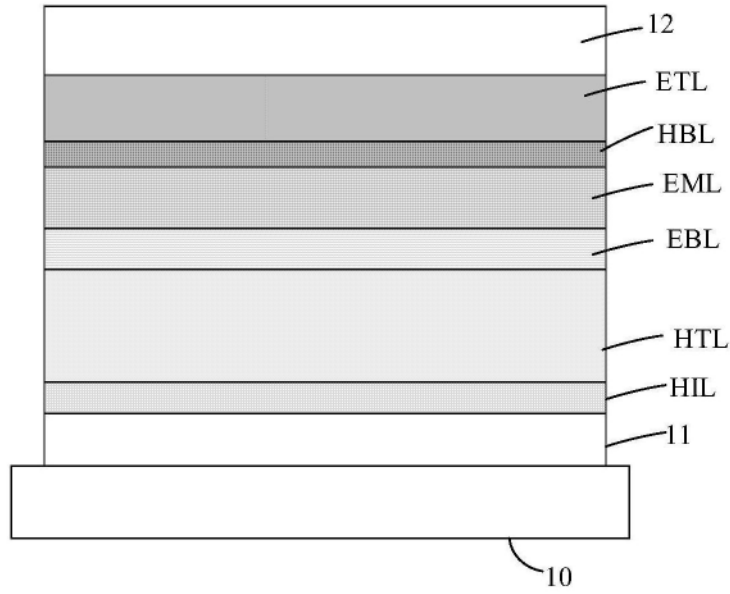


图1

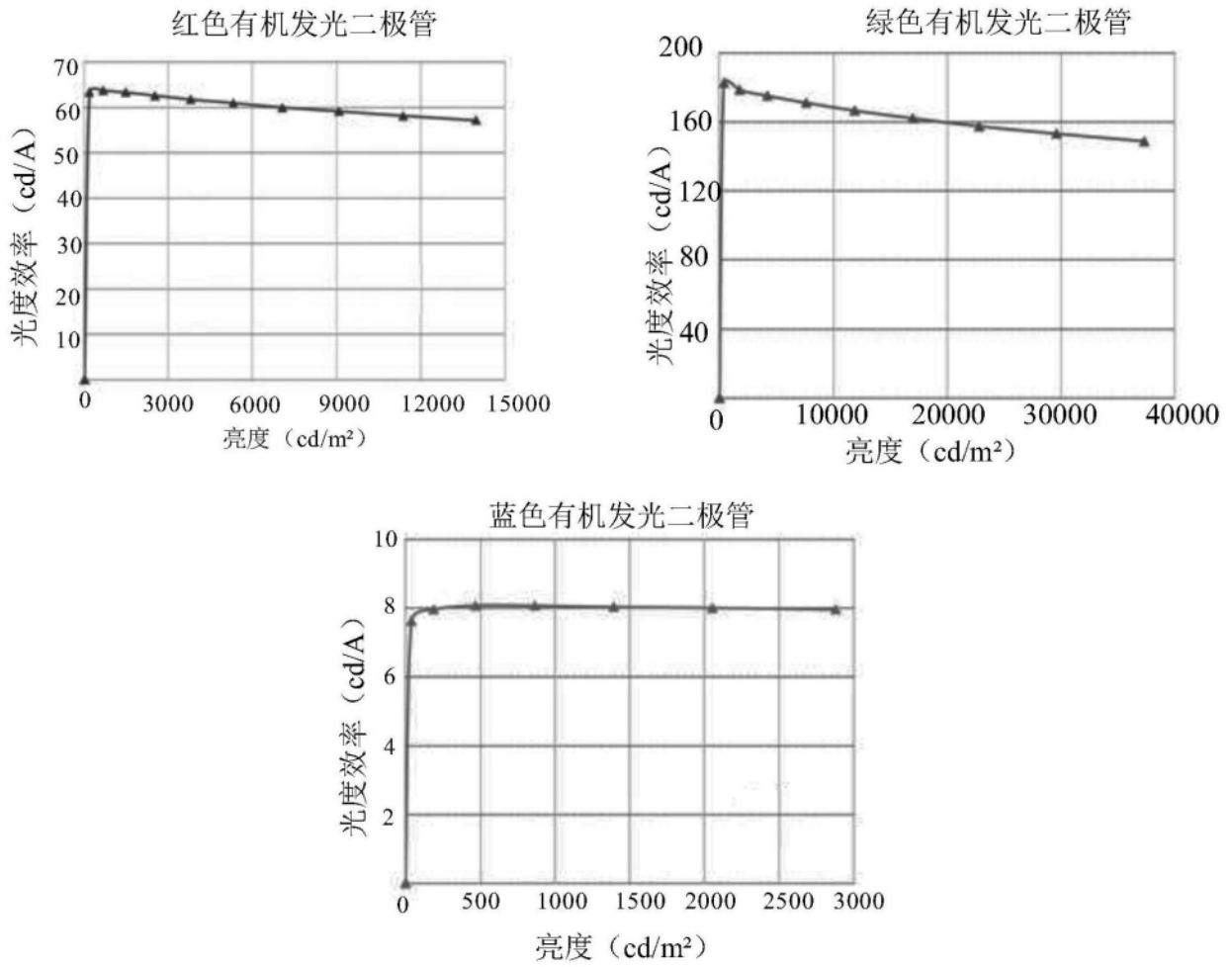


图2

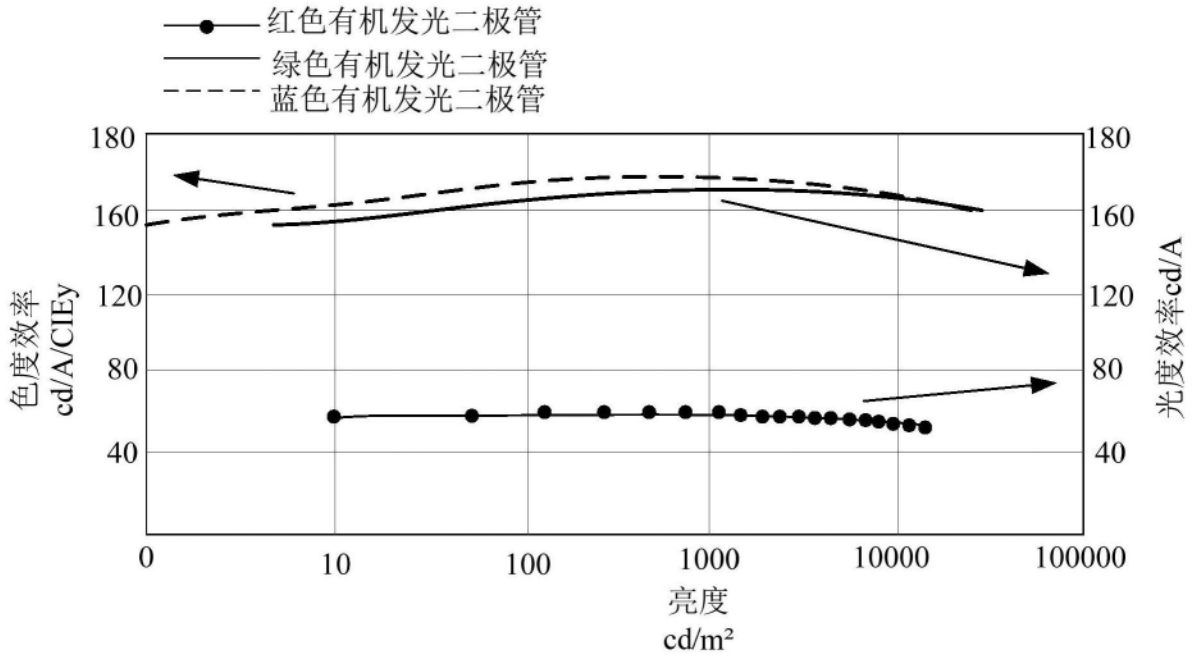


图3A

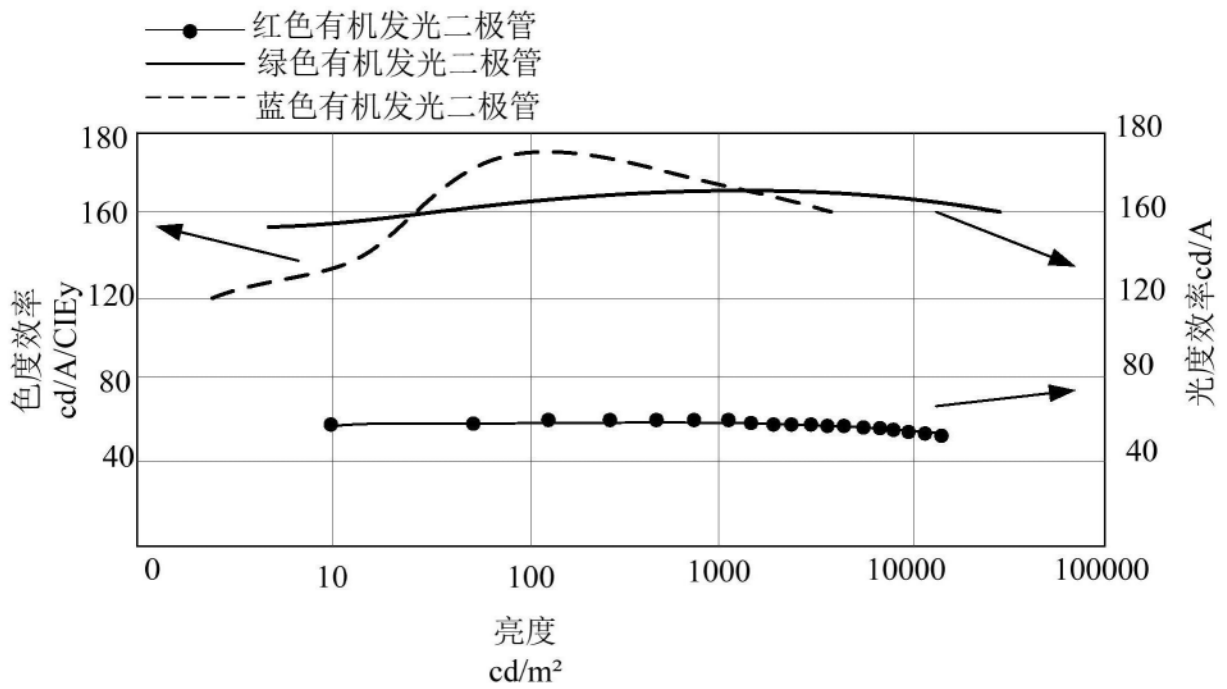


图3B

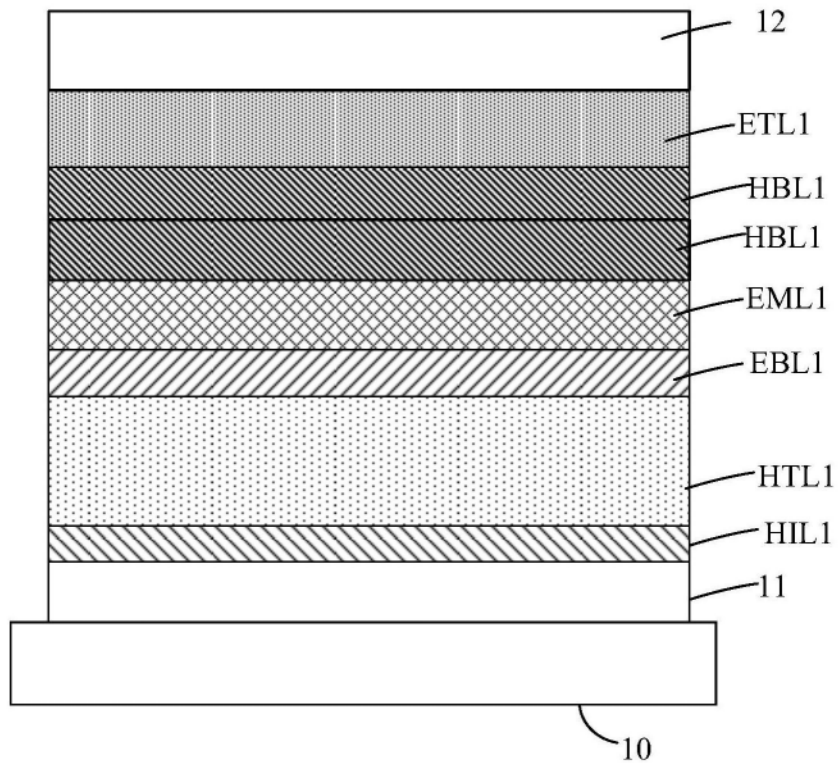


图4A

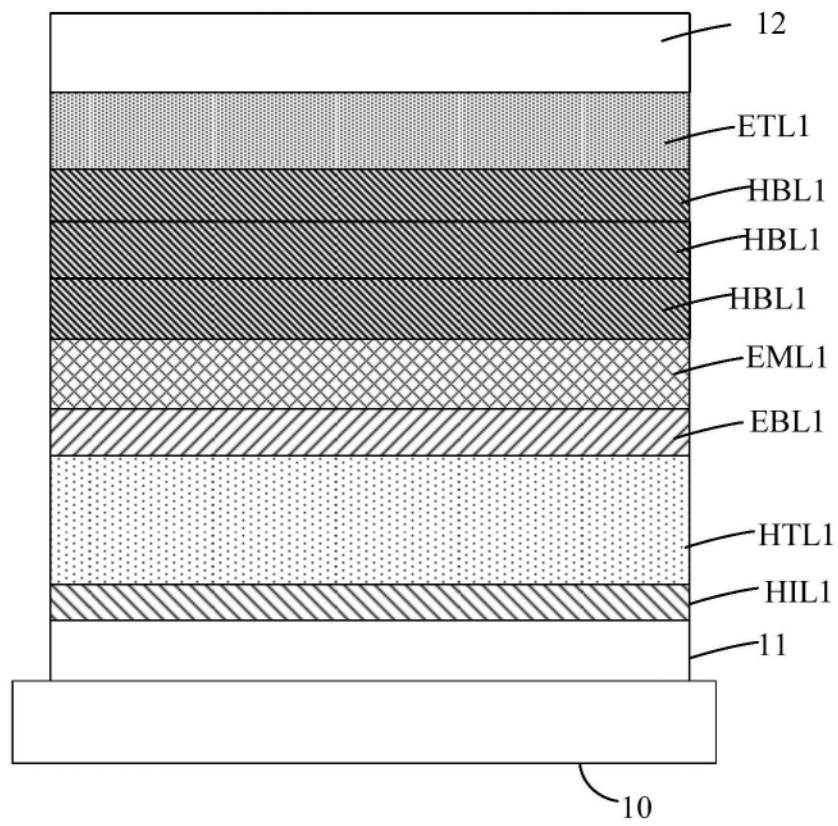


图4B

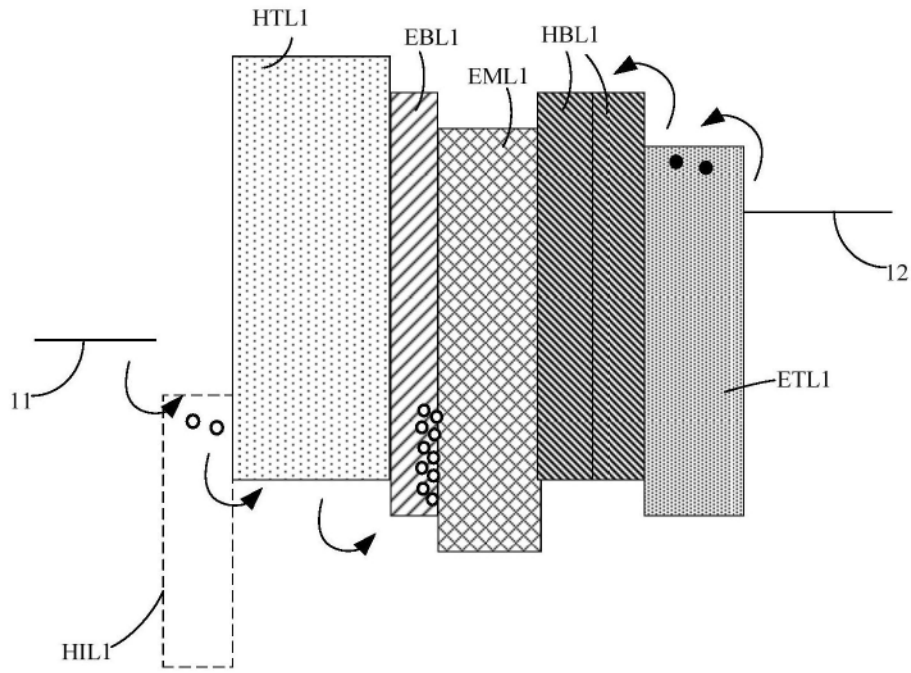


图5

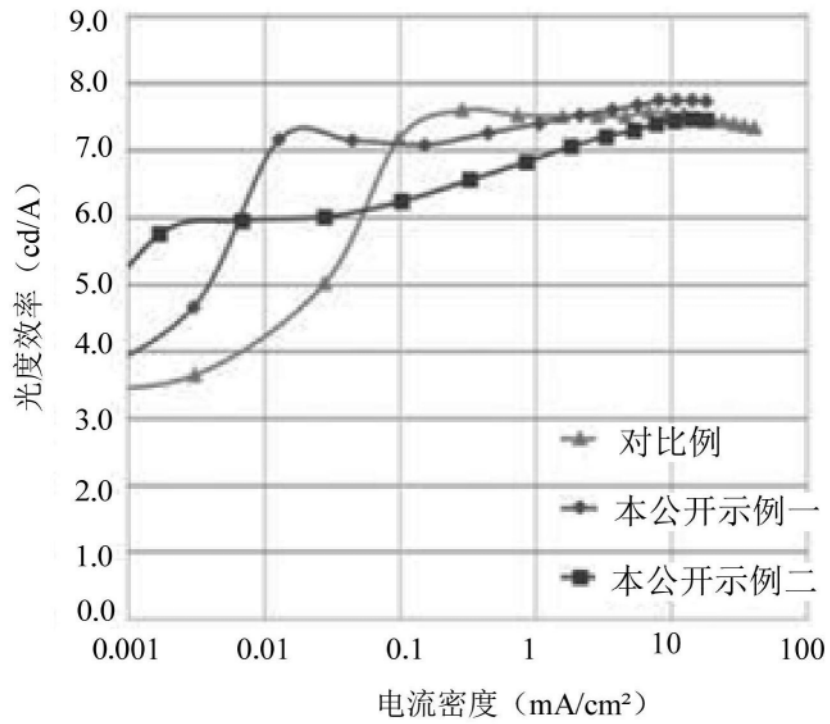


图6

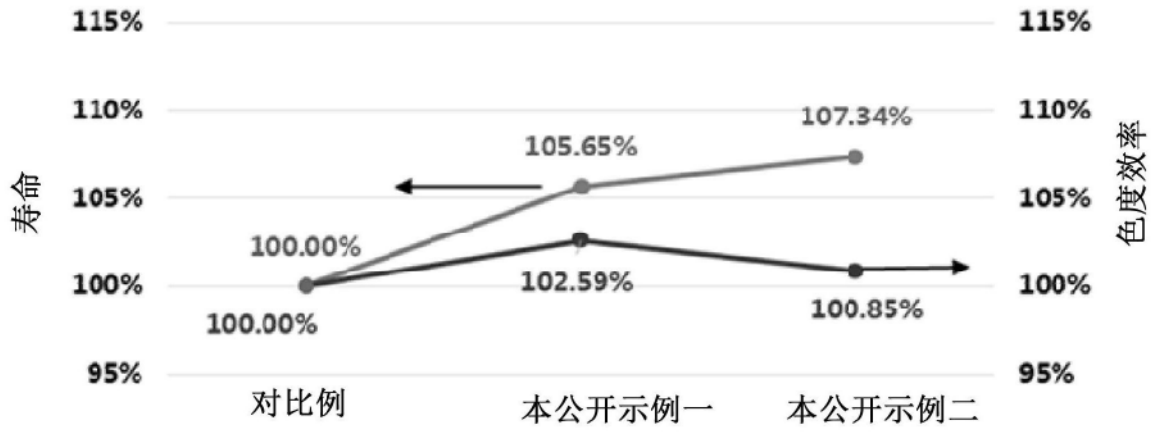


图7

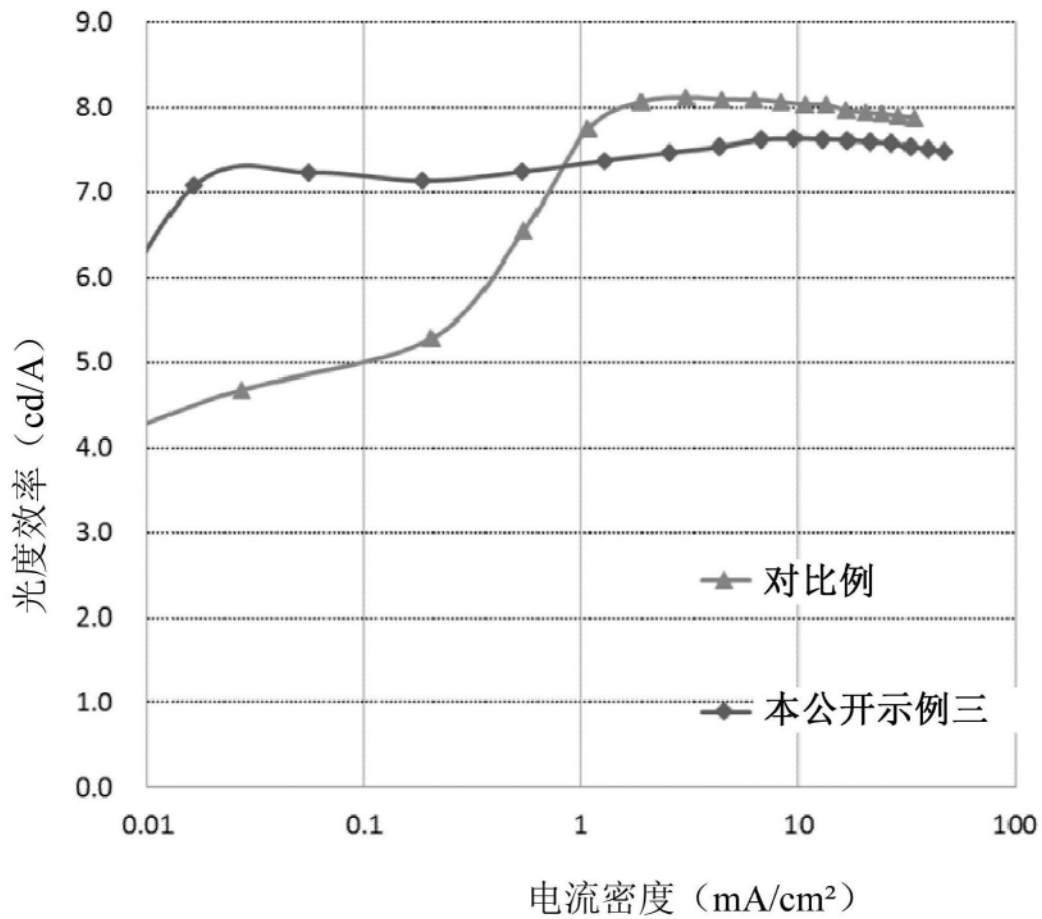


图8

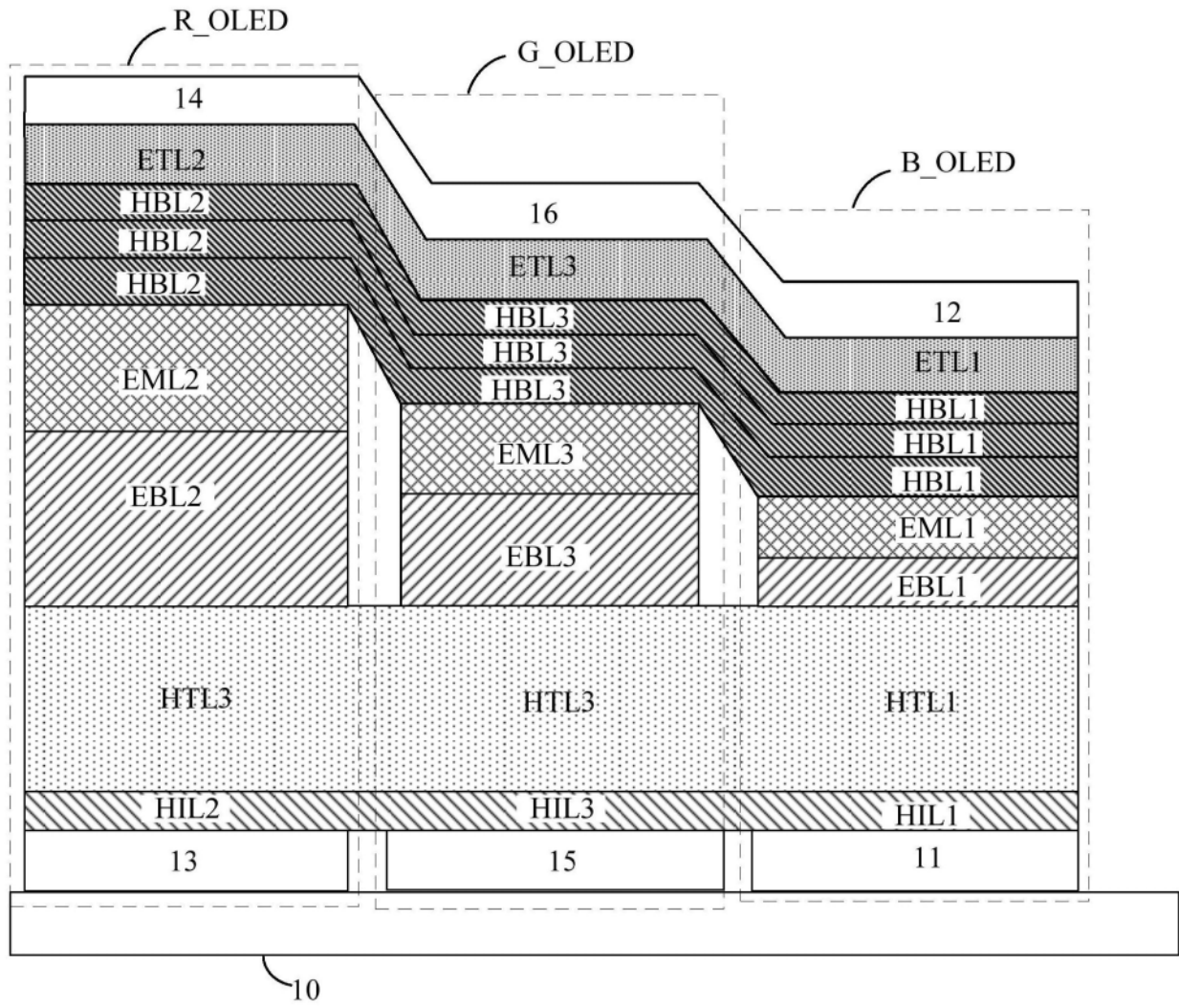


图9

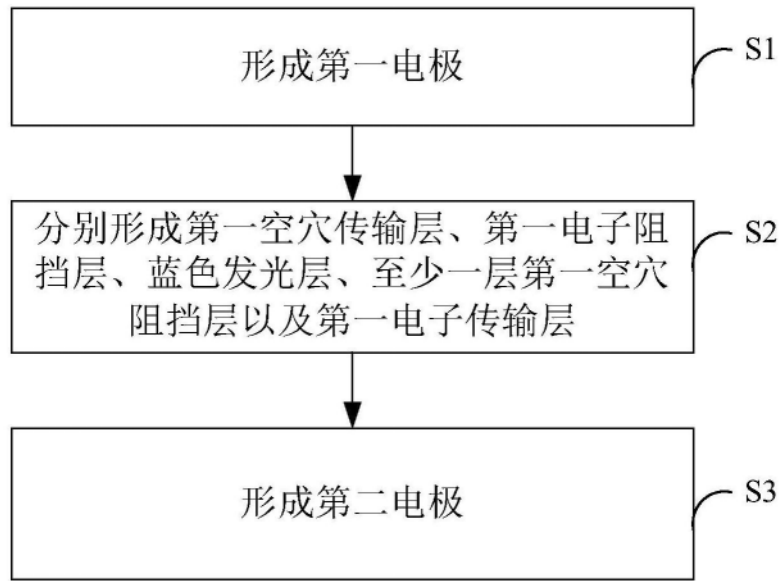


图10