



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107919442 A

(43)申请公布日 2018.04.17

(21)申请号 201710954966.2

(22)申请日 2017.10.13

(71)申请人 瑞声科技(新加坡)有限公司

地址 新加坡宏茂桥65街10号通聚科技大楼
1楼8号

(72)发明人 谢再锋

(74)专利代理机构 广东广和律师事务所 44298

代理人 陈巍巍

(51)Int.Cl.

H01L 51/50(2006.01)

H01L 51/54(2006.01)

H01L 51/56(2006.01)

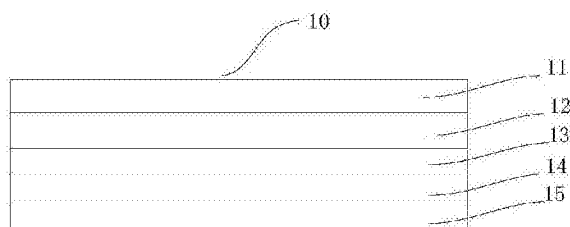
权利要求书2页 说明书13页 附图3页

(54)发明名称

一种发光器件及其显示装置

(57)摘要

本发明涉及有机发光技术领域,具体讲,涉及一种发光器件及其显示装置。本发明的发光器件包括第一电极、第二电极及设置于第一电极和第二电极之间的至少一个发光层,发光层包含至少一个主体材料、至少一个能级过渡层材料和至少一个客体材料;能级过渡层材料可接收主体材料的能量并将能量转移给客体材料,从而解决了当主体材料 T_1 能量与客体材料之间的 T_1 能量差较大时,当电致发光过程中,在主体材料上形成的能量无法有效传递给客体材料进行高效率发光的缺陷,从而显著提高了发光器件的发光效率。



1. 一种发光器件,所述发光器件包括第一电极、第二电极及设置于所述第一电极和所述第二电极之间的至少一个发光层,其特征在于,

所述发光层包含至少一个主体材料、至少一个能级过渡层材料和至少一个客体材料;

所述能级过渡层材料为接收所述主体材料的能量并将所述能量转移给所述客体材料的材料。

2. 根据权利要求1所述的发光器件,其特征在于,所述能级过渡层材料直接接受所述主体材料的能量,且接受所述主体材料向所述客体材料能量传递过程中损失的能量。

3. 根据权利要求1所述的发光器件,其特征在于,所述客体材料为具有光线取向的发光材料,所述具有光线取向的发光材料为垂直于所述发光材料的跃迁偶极距方向的出光比例大于平行于所述发光材料的跃迁偶极距方向的出光比例的材料。

4. 根据权利要求1所述的发光器件,其特征在于,

所述发光层包含至少一个能级过渡层材料 $L_1, L_2, \dots, L_n$, n 为大于等于1的整数,所述主体材料的三线态能级为 $T_{1,H}$,所述能级过渡层材料的三线态能级为 $T_{1,Ln}$,所述客体材料的三线态能级为 $T_{1,G}$;

所述 $T_{1,H}$ 、所述 $T_{1,Ln}$ 、所述 $T_{1,G}$ 满足: $T_{1,H} > T_{1,Ln} > T_{1,G}$ 。

5. 根据权利要求1所述的发光器件,其特征在于,所述发光层包含至少一个能级过渡层材料 $L_1, L_2, \dots, L_n$, n 为大于等于1的整数;

当所述主体材料、所述能级过渡层材料选自荧光材料或热延迟荧光材料时;所述主体材料的单线态能级为 $S_{1,H}$,所述能级过渡层材料的单线态能级为 $S_{1,Ln}$,所述 $S_{1,H}$ 、所述 $S_{1,Ln}$ 满足 $S_{1,H} > S_{1,Ln}$;

当所述能级过渡层材料、所述客体材料选自荧光材料或热延迟荧光材料时;所述能级过渡层材料的单线态能级为 $S_{1,Ln}$,所述客体材料的单线态能级为 $S_{1,G}$;所述 $S_{1,Ln}$ 、所述 $S_{1,G}$ 满足 $S_{1,Ln} > S_{1,G}$;

当所述主体材料、所述客体材料选自荧光材料或热延迟荧光材料时;所述主体材料的单线态能级为 $S_{1,H}$,所述客体材料的单线态能级为 $S_{1,G}$;所述 $S_{1,H}$ 、所述 $S_{1,G}$ 满足 $S_{1,H} > S_{1,G}$;当所述主体材料、所述能级过渡层材料、所述客体材料选自荧光材料或热延迟荧光材料时,所述主体材料的单线态能级为 $S_{1,H}$,所述能级过渡层材料的单线态能级为 $S_{1,Ln}$,所述客体材料的单线态能级为 $S_{1,G}$;所述 $S_{1,H}$ 、所述 $S_{1,Ln}$ 、所述 $S_{1,G}$ 满足 $S_{1,H} > S_{1,Ln} > S_{1,G}$ 。

6. 根据权利要求1、4或5所述的发光器件,其特征在于,所述能级过渡层材料为磷光发光材料。

7. 根据权利要求1所述的发光器件,其特征在于,

所述主体材料的光致发光光谱为 PL_H ,所述能级过渡层材料的光致发光光谱为 PL_{Ln} ,所述 PL_H 的发射主峰、所述 PL_{Ln} 的发射主峰满足:

PL_H 的发射主峰的波长 $< PL_{Ln}$ 的发射主峰的波长。

8. 根据权利要求1或7所述的发光器件,其特征在于,所述主体材料的光致发光光谱为 PL_H ,所述客体材料的光致发光光谱为 PL_G ,所述 PL_H 的发射主峰、所述 PL_{Ln} 的发射主峰满足:

PL_{Ln} 的发射主峰的波长 $< PL_G$ 的发射主峰的波长。

9. 根据权利要求1中任一项所述的发光器件,其特征在于,

所述主体材料的光致发光光谱为 PL_H ,所述客体材料的紫外吸收光谱为 Abs_G ,所述能级

过渡层材料的光致发光光谱为 PL_{Ln} ,

Abs_G-PL_H 表示 Abs_G 与 PL_H 的光谱重叠区域, FL_G-PL_{Ln} 表示 Abs_G 与 PL_{Ln} 的光谱重叠区域;所述 Abs_G-PL_H 、所述 FL_G-PL_{Ln} 满足:

$Abs_G-PL_H > Abs_G-PL_{Ln}$ 。

10. 根据权利要求1或9所述的发光器件,其特征在于,

所述能级过渡层材料的紫外吸收光谱为 Abs_{Ln} ,所述主体材料的光致发光光谱为 PL_H , $Abs_{Ln}-PL_H$ 表示 Abs_{Ln} 与 PL_H 的光谱重叠区域,所述 $Abs_{Ln}-PL_H$ 满足: $Abs_{Ln}-PL_H > 0$ 。

11. 根据权利要求1所述的发光器件,其特征在于,所述发光层中所述客体材料的质量百分比含量为1%~20%。

12. 根据权利要求1或11所述的发光器件,其特征在于,所述发光层中所述能级过渡层材料的质量百分比含量为1%~30%。

13. 根据权利要求12所述的发光器件,其特征在于,当发光层中设置有n个所述能级过渡层材料时,n个所述能级过渡层材料的质量总和不超过所述主体材料的50%。

14. 一种显示装置,其特征在于,包括如权利要求1~13任一权利要求所述的发光器件。

一种发光器件及其显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及有机发光技术领域,具体讲,涉及一种发光器件及其显示装置。

背景技术

[0002] 发光器件——有机发光二极管 (Organic Light-Emitting Diode, OLED) 作为新一代的平板显示技术应运而生并逐渐进入了人们的视野。OLED的特性是自己发光,不像薄膜晶体管液晶显示器 (TFT-LCD) 需要背光,因此可视度和亮度均高,其次是电压需求低且省电效率高,加上反应快、重量轻、厚度薄,构造简单,成本低等,被视为21世纪最具前途的产品之一。目前在手机屏幕的应用中, OLED替代液晶显示器 (Liquid Crystal Display, LCD) 成为大势所趋,三星公司的部分型号的手机已经使用了OLED显示屏,苹果公司也宣布2018年的全部手机都会采用OLED显示屏。

[0003] 在研发初期, OLED的结构非常简单,就是阳极/发光层 (一个发光材料) EML/阴极。这样的器件结构的器件性能非常差,例如, 启亮电压需要14V。这是因为,一般而言,发光材料的HOMO和LUMO与阳极或阴极是非常不匹配的,造成空穴或电子注入的困难,因此, 启亮电压需要非常高。另外,发光层EML只有一种发光材料,在电致发光过程,发光的激子浓度非常高而导致激子猝灭,造成发光效率非常低。而对于OLED显示或照明应用而言,这样的器件结构是需要改进的,尤其是需要低启亮电压、高发光效率、高量子效率和长寿命。

[0004] 为此,提出很多改进的器件结构,比较常见的为采用多层结构和主客体掺杂体系这两种技术手段。例如,现在的OLED的基本器件结构为阳极/空穴注入层 (HIL) /空穴传输层 (HTL) /发光层 (EML) /电子传输层 (ETL) /电子注入层 (EIL) /阴极。在这样的器件中,各个功能层负责单一的功能,导致OLED的性能有了很大的提升。例如, HIL是空穴注入,降低阳极和HTL空穴传输层之间能垒,降低启亮电压; EIL是电子在注入层,降低阴极和ETL电子传输层之间的能垒,使之更加匹配。EML采用主客体掺杂体系,从阳极注入的空穴和从阴极注入的电子在主体材料上进行复合形成三线态和单线态激子,这样激子再转移给客体材料的三线态或单线态,当客体材料的三线态或单线态得到能量后,由于不稳定,需要光辐射进行退激发而发光。这样的多层器件结构,显著地改善了OLED性能。然而,传统的OLED结构还有需要在降低启亮电压,提高OLED发光效率和延长OLED发光寿命等方面进一步改善的需求。

[0005] 在传统的OLED器件中,含有一个主体材料和一个客体材料,其能量传递示意图如图1所示,其中, K_F 代表主体到客体能量传递的过程, K_R 代表客体到主体能量传递的过程, $\Delta E = T_{1,H} - T_{1,G}$ 。主体材料和客体材料的能量传递过程存在如下四种情况:

[0006] (1) ΔE 远大于0。主体材料能级 $T_{1,H}$ 远远大于客体材料能级 $T_{1,G}$, 甚至是 K_F 远大于 K_R , 以至于二者无法产生能量共振,因此,当电致发光过程中,在主体材料上形成的能量无法有效传递给客体材料进行高效率发光。

[0007] (2) $\Delta E > 0$ 。这是最理想的一种能量传递体系,在这种器件结构中, $K_F > K_R$, 主体材料与客体材料之间形成有效能量共振,因此,可以发生良好的主客体能量传递过程。

[0008] (3) $\Delta E < 0$ 。在这种体系中,由于客体能级高于主体材料时, $K_F < K_R$, 这将导致体系部

分能量从客体材料传递给主体材料,从而发生能量反转。

[0009] (4) ΔE 远小于0。在这种体系中, K_F 远小于 K_R ,此时,体系能量将全部从客体转移到主体材料上,从而发生三线态能量猝灭过程。

[0010] 发光层中激子浓度猝灭是降低OLED器件性能表现的一个重要因素,激子猝灭类型主要由STA(triplet-triplet annihilation)、TTA(triplet-polar annihilation)和TPA(singlet-triplet annihilation)三种。TTA和TPA主要发生在磷光OLED器件中。STA主要发生在荧光OLED器件中。

[0011] 但无论磷光OLED还是荧光OLED,激子密度过大(掺杂浓度过高)往往会导致上述现象发生,但是如果掺杂浓度降低,主客体间的能量传递就会不完全,器件效率也会降低。为了进一步提高OLED器件的发光效率,技术人员需要在OLED器件外部使用光萃取技术,就是将OLED器件内部的光线尽可能提取到器件外部,这种技术往往需要器件外部制作或贴合散射层scattering方法layer或micro-lens arrays,这会增加OLED制作工艺复杂度和增加制作成本。

发明内容

[0012] 鉴于此,本发明第一方面提出一种发光器件,所述发光器件包括第一电极、第二电极及设置于所述第一电极和所述第二电极之间的至少一个发光层,所述发光层包含至少一个主体材料、至少一个能级过渡层材料和至少一个客体材料;所述能级过渡层材料为接收所述主体材料的能量并将所述能量转移给所述客体材料的材料。

[0013] 本发明第二方面提出包括第一方面的发光器件。

[0014] 本发明的技术方案至少具有以下有益的效果:

[0015] 本发明发光器件的发光层包含至少一个主体材料、至少一个能级过渡层材料和至少一个客体材料;能级过渡层材料可接收主体材料的能量并将能量转移给客体材料,是一种兼具有捕获主体材料激子并将获得的激子高效率转移给光取向客体材料。从而解决了当主体材料 T_1 能量与客体材料之间的 T_1 能量差较大时,当电致发光过程中,在主体材料上形成的能量无法有效传递给客体材料进行高效率发光的缺陷,从而提高了发光器件的发光效率。

附图说明

[0016] 图1为传统的OLED器件中的能量传递示意图;

[0017] 图2为本发明实施例的发光器件的结构示意图;

[0018] 图3为本发明实施例的显示装置的结构示意图;

[0019] 图4为本发明实施例一种发光器件的能量传递示意图;

[0020] 图5为本发明实施例又一种发光器件的能量传递示意图;

[0021] 图6为本发明实施例光取向客体材料的示意图;

[0022] 图7为本发明实施例光取向客体材料测试系统的示意图;

[0023] 图8为本发明实施例器件1#的能级结构图;

[0024] 图9为本发明实施例器件1#发光层中主体材料、能级过渡层材料以及光取向客体材料的光谱图。

- [0025] 其中：
- [0026] 1-主体材料的光致发光光谱；
- [0027] 2-能级过渡层材料的光致发光光谱；
- [0028] 3-客体材料的光致发光光谱；
- [0029] 4-能级过渡层材料的紫外吸收光谱；
- [0030] 5-客体材料的紫外吸收光谱；
- [0031] 10-发光器件；
- [0032] 11-第一电极；
- [0033] 12-空穴传输层；
- [0034] 13-发光层；
- [0035] 14-电子传输层；
- [0036] 15-第二电极；
- [0037] 16-基板；
- [0038] 100-偏光片；
- [0039] 200-椭偏仪。

具体实施方式

[0040] 下面结合具体实施例，进一步阐述本申请。应理解，这些实施例仅用于说明本申请而并不用于限制本申请的范围。

[0041] 本发明实施例提出一种发光器件10，其结构示意图如图2所示，包括第一电极11、第二电极15及设置于第一电极11和第二电极15之间的至少一个发光层13；还包括空穴传输层12以及相对于空穴传输层12的电子传输层14，空穴传输层12与电子传输层14设置于第一电极11以及第二电极15之间；发光有机层13设置于空穴传输层12与电子传输层14之间。

[0042] 本发明实施例还涉及一种显示装置，如图3所示，包括本发明的发光器件10。

[0043] 本发明实施例发光器件的发光层包含至少一个主体材料、至少一个能级过渡层材料和至少一个客体材料；能级过渡层材料可接收主体材料的能量并将能量转移给客体材料，是一种兼具有捕获主体材料激子并将获得的激子高效率转移给光取向客体材料。从而解决了背景技术中提到的当 ΔE 远大于0时，当电致发光过程中，在主体材料上形成的能量无法有效传递给客体材料进行高效率发光的缺陷，从而提高了发光器件的发光效率。

[0044] 进一步可选的，能级过渡层材料除可以直接接受主体材料的能量外，还可以捕获主体材料向客体材料能量传递过程中损失的能量，即捕获原本从主体材料转移给光取向客体材料所耗损的激子能量，从而极大的提高了发光器件的发光效率。

[0045] 本发明实施例发光器件的能量传递示意图如图4所示。其中， X_G 代表客体材料 (guest material, G) 从主体材料 (host material, H) 中获得激子能量的比例， X_L 代表能量过渡层材料 (L) 从主体材料获得激子能量的比例， η_{L-G} 代表从能量过渡层材料到客体发光材料的能量转移效率， E_H 代表主体材料的能级， E_G 代表具有光取向的客体材料的能级， E_L 代表能量过渡层的能级， S_0 代表基态能级。

[0046] 对于发光器件最终的外部量子效率，可以表示为如下公式：

[0047]
$$\eta_{\text{ext}} = \gamma \eta_{\text{oc}} \{ i_G X_G \Phi_{\text{PL},G} + (1 - \eta_{L-G}) \Phi_{\text{PL},L} \}$$

[0048] 其中, η_{ext} 代表发光器件的外部量子效率, γ 代表电荷平衡系数, η_{oc} 代表光萃取效率, i 代表电致发光形成的激子被发光材料捕获而减少的比例, Φ_{PL} 代表材料的绝对量子效率。

[0049] 如果EML层中含有两个能量过渡层,即含有一个主体材料,第一个能级过渡层材料 E_{L1} ,第二个能级过渡层材料 E_{L2} ,以及一个光取向客体材料 E_G ,其能量传递示意图如图5所示。

[0050] 由于传统发光器件中,传统主体材料与客体材料两者之间的能级过大,即使二者的吸收光谱与光致发光光谱有较好的重叠特性,电致发光过程中在主体材料上形成的能量不能够完全转移到客体材料上,从而造成了能量损失。并且由于传统发光器件中,只含有一个客体材料和一个主体材料,当高亮度下(或高电流驱动下)的,处于发光层内的客体材料激子数量激增,激子密度过大,导致发生STA、TTA、TPA等猝灭机制,因而观察到明显的效率滚降。

[0051] 由图4和图5所示的能量传递示意图可知,至少一个能级过渡层材料采用 $L_1, L_2, \dots, L_n$ 表示, n 为大于等于1的整数,主体材料的三线态能级为 $T_{1,H}$,能级过渡层材料的三线态能级为 $T_{1,Ln}$,客体材料的三线态能级为 $T_{1,G}$; $T_{1,H}, T_{1,Ln}, T_{1,G}$ 满足: $T_{1,H} > T_{1,Ln} > T_{1,G}$ 。

[0052] 当主体材料、能级过渡层材料选自荧光材料或热延迟荧光材料时;主体材料的单线态能级为 $S_{1,H}$,能级过渡层材料的单线态能级为 $S_{1,Ln}$, $S_{1,H}, S_{1,Ln}$ 满足 $S_{1,H} > S_{1,Ln}$;

[0053] 当能级过渡层材料、客体材料选自荧光材料或热延迟荧光材料时;能级过渡层材料的单线态能级为 $S_{1,Ln}$,客体材料的单线态能级为 $S_{1,G}$; $S_{1,Ln}, S_{1,G}$ 满足 $S_{1,Ln} > S_{1,G}$;

[0054] 当主体材料、客体材料选自荧光材料或热延迟荧光材料时;主体材料的单线态能级为 $S_{1,H}$,客体材料的单线态能级为 $S_{1,G}$; $S_{1,H}, S_{1,G}$ 满足 $S_{1,H} > S_{1,G}$;

[0055] 当主体材料、能级过渡层材料、客体材料选自荧光材料或热延迟荧光材料时,主体材料的单线态能级为 $S_{1,H}$,能级过渡层材料的单线态能级为 $S_{1,Ln}$,客体材料的单线态能级为 $S_{1,G}$; $S_{1,H}, S_{1,Ln}, S_{1,G}$ 满足 $S_{1,H} > S_{1,Ln} > S_{1,G}$ 。

[0056] 并且,本发明实施例发光层中同时含有上述三种类型的材料,即这三种类型的材料共混后制备得到发光层,能级过渡层材料和客体材料均匀掺杂于该发光层中,即每个客体材料分子周围都被主体材料,或与能级过渡层材料分子所包围,从而可以降低客体材料在高电流下的接触机会,改善激子猝灭现象。

[0057] 下面从光谱角度进一步说明本发明实施例的发光器件。

[0058] 本发明实施例发光器件主体材料的光致发光光谱为 PL_H ,能级过渡层材料的光致发光光谱为 PL_{Ln} , PL_H 的发射主峰、 PL_{Ln} 的发射主峰满足: PL_H 的发射主峰的波长 $< PL_{Ln}$ 的发射主峰的波长。

[0059] 进一步可选的, $380\text{nm} < PL_H$ 的发射主峰的波长 $< PL_{Ln}$ 的发射主峰的波长 $< 800\text{nm}$ 。当 PL_H 和 PL_{Ln} 较为接近的话,能量的转换率更高。 PL_H 的发射主峰的波长和 PL_{Ln} 的发射主峰的波长不能完全一样或差值小于1nm之差内,因为主峰之间的差值越小,不能完全保证主峰两侧的能量传递也一定最好。因此, PL_H 的发射主峰的波长比 PL_{Ln} 的发射主峰的波长至少小1nm。

[0060] 进一步可选的, PL_H 的发射主峰的波长与 PL_{Ln} 的发射主峰的波长之间的差值为1~200nm。

[0061] 进一步可选的, PL_H 的发射主峰的波长比 PL_{Ln} 的发射主峰的波长至少小50nm,即 PL_H 的发射主峰的波长与 PL_{Ln} 的发射主峰的波长之间的差值为50~200nm。如果二者差值太大,

能量转化效率太低,二者太接近,能量传递也受到影响,可能还会出现能量反转。

[0062] 本发明实施例发光器件客体材料的光致发光光谱为 PL_G , PL_H 的发射主峰、 PL_{Ln} 的发射主峰满足: PL_{Ln} 的发射主峰的波长 $<PL_G$ 的发射主峰的波长。

[0063] 进一步可选的, $380nm < PL_{Ln}$ 的发射主峰的波长 $<PL_G$ 的发射主峰的波长 $<800nm$ 。

[0064] 进一步可选的, PL_{Ln} 的发射主峰的波长比 PL_G 的发射主峰的波长至少小 $1nm$ 。

[0065] 进一步可选的, PL_{Ln} 的发射主峰的波长与 PL_G 的发射主峰的波长之间的差值为 $1 \sim 200nm$ 。

[0066] 进一步可选的, PL_{Ln} 的发射主峰的波长比 PL_G 的发射主峰的波长至少小 $5nm$, 即 PL_{Ln} 的发射主峰的波长与 PL_G 的发射主峰的波长之间的差值为 $5 \sim 200nm$ 。

[0067] 本发明实施例发光器件主体材料的发射主峰波长小于能级过渡层材料发射主峰的波长, 能级过渡层材料发射主峰的波长小于客体材料发射主峰的波长。

[0068] 并且, 本发明实施例发光器件主体材料的光致发光光谱分别与能级过渡层的紫外吸收光谱和客体材料的紫外吸收光谱有非常好的光谱重叠性。

[0069] 本发明实施例发光器件主体材料的光致发光光谱为 PL_H , 能级过渡层材料的光致发光光谱为 PL_{Ln} , 客体材料的紫外吸收光谱为 Abs_G , 能级过渡层材料的紫外吸收光谱为 Abs_{Ln} ;

[0070] Abs_G-PL_H 表示 Abs_G 与 PL_H 的光谱重叠区域, PL_G-PL_{Ln} 表示 Abs_G 与 PL_{Ln} 的光谱重叠区域: $Abs_G-PL_H > Abs_G-PL_{Ln}$ 。

[0071] $Abs_{Ln}-PL_H$ 表示 Abs_{Ln} 与 PL_H 的光谱重叠区域: $Abs_{Ln}-PL_H > 0$ 。

[0072] 客体材料的紫外吸收光谱与主体材料的光致发光光谱的重叠区域大于客体材料的紫外吸收光谱与能级过渡层材料的光致发光光谱的重叠区域。

[0073] 下面从材料进一步说明本发明实施例的发光器件。

[0074] 进一步可选的, 本发明实施例的客体材料为具有光线取向的发光材料(简称光取向客体材料), 即具有光线取向的发光材料为垂直于发光材料的跃迁偶极距方向的出光比例大于平行于发光材料的跃迁偶极距方向的出光比例的材料。

[0075] 在发光器件中发光层的每一个发光材料的分子都可以视为是一个振动偶极子(oscillating dipole)。当光线出光方向与偶极距方向垂直时, 光线能够更多的逃逸散发出去; 当光线的出光方向与偶极距方向平行时, 光线的出光强度就会明显降低。对于发光器件来说, 一个发光振子的偶极距方向对PWM(实际波导模型, parasitic waveguide mode)中的出光强度影响非常大。因此, 提高OLED出光效率的最直接方法就是让一个发光器件的发光分子的跃迁偶极距(transition dipole moment, TDM)与其出光方向平行, 也就是说, 在实际的发光器件中, 要求发光器件的发光分子的跃迁偶极距TDM平行于ITO基板的方向。

[0076] 光取向客体材料的示意图如图6所示。在图6中, 第一电极11为阴极, 第二电极12为阳极, 在发光层13中, 椭圆表示客体材料, 客体材料分散于主体材料内, X、Y轴是平行于基板的方向, Z轴是垂直于基板的方向。

[0077] 对于单一个发光分子而言, 其跃迁偶极距TDM, $P = (P_x, P_y, P_z)$ 。为了评估每个发光分子的跃迁偶极距与基板方向的角度, 引入一个角度因子 θ , 且 θ 满足:

[0078]
$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^n a_i p_{i,j}^2}{\sum_{i=1}^n a_i p_i^2}, \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1。$$

[0079] 其中, a_i 为跃迁偶极距TDM在每个方向上的贡献系数。

[0080] 测试设备采用角度分辨椭偏仪 (angle-resolved spectroscopy, SMS-500) 或时间分辨椭偏仪 (Time-resolved spectroscopy) 进行评估。测试系统如图7所示。在图7中,

[0081] 为了进一步评估偶极距大小的相对大小, 以经典绿光材料 $1r(\text{ppy})_3$ 为参考, 根据下面公式, 进行理论模拟计算:

[0082]
$$U(\mu, r) \propto -\frac{\mu^2}{r^3}。$$

[0083] 其中, U 为偶极-偶极距, μ 偶极距, r 为分子半径。

[0084] 根据理论模拟, 采用高斯09软件, 使用DFT方法, 在B3LYP/LANL2DZ水平下进行模拟计算。得到部分光取向客体材料的数据如表1所示。

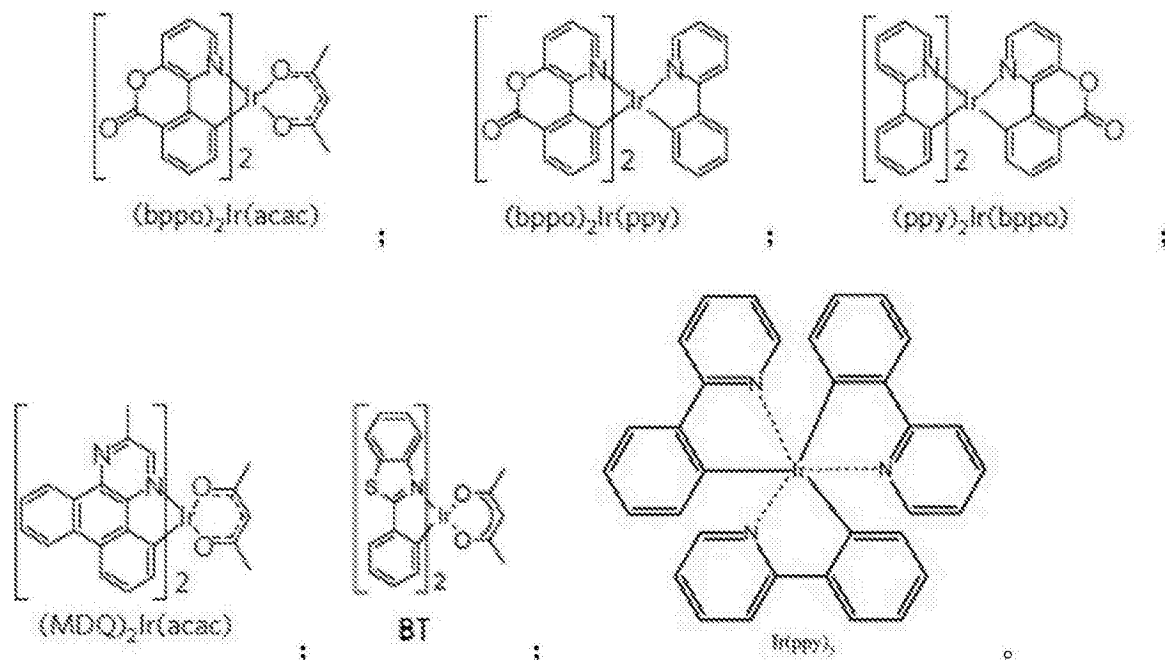
[0085] 表1

[0086]

光取向客体材料	T_1 (eV)	r (Å)	μ (D)	U	θ	$U/U_{1r(\text{ppy})_3}$
$1r(\text{ppy})_3$	2.43	11.95	6.31	0.023	0.33	1.00
$1r(\text{ppy})_2(\text{acac})$	2.36	11.82	2.19	0.003	0.24	0.12
$1r(\text{bppo})_2(\text{acac})$	2.34	11.98	6.21	0.022	0.22	0.96
$1r(\text{bppo})_2(\text{ppy})$	2.28	11.99	8.37	0.041	0.33	1.74
$1r(\text{ppy})_2(\text{bppo})$	2.18	11.97	8.29	0.040	0.32	1.72
$1r(\text{chpy})_3$	2.31	11.6	2.02	0.002	0.23	0.09
$1r(\text{BT})_2(\text{acac})$	2.20	12.6	1.76	0.001	0.22	0.05
$1r(\text{MDQ})_2(\text{acac})$	2.00	13.8	1.75	0.0008	0.24	0.04
$1r(\text{piq})_3$	1.94	13.5	5.2	0.009	0.22	0.39
$1r(\text{tfmppy})_2(\text{tpip})$	2.37	11.56	8.25	0.041	0.21	1.12

[0087] 其中, 部分化学结构如下:

[0088]



[0089] 可选的,能级过渡层材料可为磷光发光材料、荧光材料或热延迟荧光材料。进一步可选的,能级过渡层材料为磷光发光材料。

[0090] 进一步可选的,发光层中能级过渡层材料的质量百分比含量为1%~30%。能级过渡层材料的掺杂量可根据器件的具体要求进行选择。具体的,能级过渡层材料的掺杂上限可为发光层总质量的30%、28%、25%、20%、15%、10%,能级过渡层材料的掺杂下限可为发光层总质量的1%、2%、5%、8%、9%。发光层中能级过渡层材料的质量百分比含量的范围可由上述数值组成。

[0091] 可选的,当发光层中设置有n个能级过渡层材料时,n个能级过渡层材料的质量总和不应超过主体材料的50%。

[0092] 可选的,客体材料可为磷光发光材料、荧光材料或热延迟荧光材料。进一步可选的,客体材料为磷光发光材料。

[0093] 进一步可选的,发光层中客体材料的质量百分比含量为1%~20%。发光层中客体材料的掺杂量可根据器件的具体要求进行选择。具体的,客体材料的掺杂上限可为发光层总质量的20%、18%、15%、12%、10%、5%,客体材料的掺杂下限可为发光层总质量的1%、2%、3%、4%、4.5%。发光层中客体材料的质量百分比含量的范围可由上述数值组成。

[0094] 下面通过具体方式对本发明实施例的内容作进一步的说明。在以下具体实施方式中,示例性的可选用以下主体材料、客体材料以及能级过渡层材料,并不对本发明实施例的内容构成限制,本领域技术人员根据本发明实施例所介绍的内容,可选用其它种类的材料制备具有本发明实施例效果的发光器件。为了便于解释本发明的技术优势和器件原理,本发明仅是以最简单的器件结构来说明。

[0095] 器件制作:

[0096] 1T0基板是30mm×30mm尺寸的底发射玻璃,有四个发光区域,发光面积AA区为2mm×2mm,1T0薄膜的透光率为90%@550nm,表面粗糙度Ra<1nm,1T0膜厚为1300Å,方电阻为10欧姆每平方。

[0097] IT0基板的清洗方式是,首先放置在盛有丙酮溶液的容器中,将该容器放置于在超声波清洗机进行超声清洗,清洗时间为30分钟,主要是将附着在IT0表面的有机物进行溶解和祛除;然后将清洗完毕的IT0基板取出放置在热板上进行高温120℃烘烤半个小时,主要是移除IT0基板表面的有机溶剂和水汽;然后将烘烤完毕的IT0基板迅速转移到UV-ZONE设备中进行O₃Plasma处理,将IT0表面难以除尽的有机物或异物进一步使用等离子处理,处理时间为15分钟,处理完毕的IT0要迅速转移到OLED蒸镀设备成膜室中。

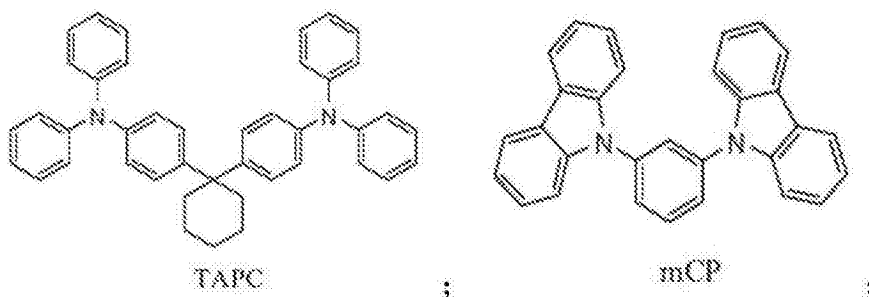
[0098] OLED蒸镀前准备:首先对OLED蒸镀设备进行洁净处理,使用IPA进行擦拭成膜室的腔体内壁,保证整个成膜腔体没有异物或粉尘。然后,将装有OLED有机材料的坩埚和装有金属铝粒的坩埚依次放置在有机蒸发源和无机蒸发源位置上。关闭腔体,进行初抽真空和抽高真空步骤,使得OLED蒸镀设备内部蒸镀度达到 $10E^{-7}$ Torr。

[0099] OLED蒸镀成膜:打开OLED有机蒸发源,对OLED有机材料进行100℃预热,预热时间为15分钟,保证进一步移除OLED有机材料中的水汽。然后对需要蒸镀的有机材料进行快速升温加热处理,并打开蒸发源上方的挡板,直到该材料的蒸发源有有机材料跑出,同时晶振片检测器检测到蒸发速率时,然后进行缓慢升温,升温幅度为1~5℃,直到蒸发速率稳定在1A/秒时,打开掩模板板正下方的挡板,进行OLED成膜,当电脑端观测到IT0基板上的有机膜达到预设膜厚时,关闭掩模板挡板和蒸发源正上方挡板,关闭该有机材料的蒸发源加热器。其它有机材料和阴极金属材料的蒸镀工艺如上所述。当蒸镀发光层中的主体材料和辅助材料时,通过控制主体材料与辅助材料的蒸发速率,从而形成激子络合物的固态膜。

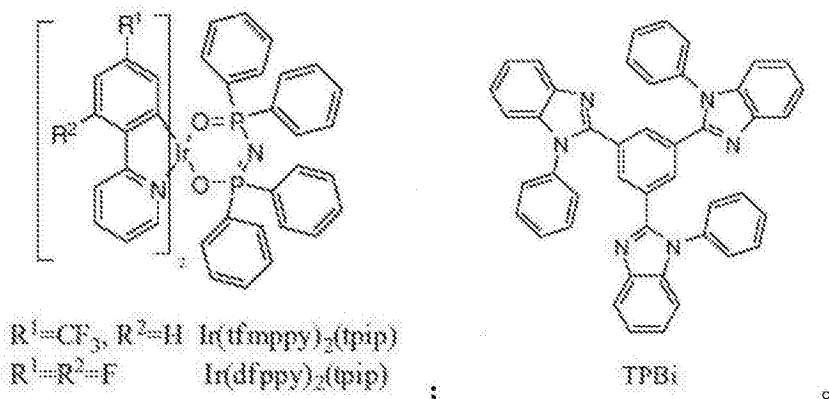
[0100] OLED封装流程:20mm×20mm的封装盖的清洁处理方式如IT0基板前处理方式。在清洁完毕的封装盖外延四周进行UV胶材涂覆或点胶,然后,将点完UV胶材的封装盖转移到真空贴合设备中,与成膜OLED有机膜的IT0基板进行真空贴合,然后,转移到UV固化腔体中,使用365nm波段的紫外光进行光固化。光固化的IT0器件,还需要进行80℃半小时的后热处理,使得UV胶材完全固化。

[0101] 实施例1:

[0102] 构筑IT0/HIL/HTL/阶梯式光取向发光层/ETL/EIL/阴极的多层器件结构,所用到部分有机材料的化学结构式如下所示:



[0103]



[0104] 其中,采用MoO₃作为空穴注入层材料,采用TAPC作为空穴传输层材料,采用mCP作为主体材料,Ir(dfppy)₂(tpip)作为能级过渡层材料,掺杂量为15wt.%,Ir(tfmpppy)₂(tpip)作为绿光光取向客体材料,掺杂量为5wt.%.采用TPBi作为电子传输层兼空穴阻挡层材料,LiF作为电子注入层材料,Al作为阴极.Ir(tfmpppy)₂(tpip)是一个异环配体金属螯合物,具有较大的垂直跃迁偶极矩DVT可以作为光取向客体材料。

[0105] 能级及光谱特性分析:

[0106] TAPC的三线态能级 $T=2.87\text{eV}$,TPBi的三线态能级 $T_1=2.74\text{eV}$,

[0107] 主体材料mCP的三线态能级 $T_1=2.9\text{eV}$;

[0108] 能级过渡层材料Ir(dfppy)₂(tpip)的三线态能级 $T_1=2.54\text{eV}$;

[0109] 光取向客体材料Ir(tfmpppy)₂(tpip)的三线态能级 $T_1=2.36\text{eV}$ 。

[0110] 满足 $T_{1,H}>T_{1,Ln}>T_{1,G}$ 。

[0111] 因此,因为空穴传输层和电子传输层的三线态 T_1 能级都高于主体材料、能级过渡层材料、客体材料的 T_1 能级,因此可以将电致产生的激子严格限制在EML层内。

[0112] 器件1#的能级结构图如图8所示,由图8可知,TAPC的HOMO和LUMO能级分别为5.5eV和2.0eV,TPBi的HOMO和LUMO能级分别为6.2eV和2.7eV;主体材料mCP的HOMO和LUMO能级分别为5.8eV和2.3eV;能级过渡层材料Ir(dfppy)₂(tpip)的HOMO和LUMO能级分别为5.51eV和2.87eV;光取向客体材料Ir(tfmpppy)₂(tpip)的HOMO和LUMO能级分别为5.44eV和2.98eV。

[0113] 上述主体材料、能级过渡层材料以及光取向客体材料的光谱图如图9所示:其中1为主体材料的光致发光光谱,2为能级过渡层材料的光致发光光谱,3为客体材料的光致发光光谱,4为能级过渡层材料的紫外吸收光谱,5为客体材料的紫外吸收光谱。分析图9可知:

[0114] (1) 主体材料的光致发光光谱1的发射主峰波长小于能级过渡层的光致发光光谱2的发射主峰波长,能级过渡层的光致发光光谱2的发射主峰波长小于客体材料的光致发光光谱3的发射主峰波长。

[0115] (2) 主体材料的光致发光光谱1与能级过渡层的吸收光谱4有非常好的光谱重叠性。

[0116] (3) 主体材料的光致发光光谱1与光取向客体材料的吸收光谱5有非常好的光谱重叠性。

[0117] (4) 客体材料的吸收光谱5与主体材料的光致发光光谱1的重叠区域大于客体材料的吸收光谱5与能级过渡层材料的光致发光光谱2的重叠区域。

[0118] (5) 能级过渡层材料的紫外吸收光谱4与主体材料的光致发光光谱1的光谱重叠区域 >0 。

[0119] 器件性能检测:

[0120] 1、构筑器件1#:1T0/H1L/HTL/阶梯式光取向发光层/ETL/E1L/阴极的多层器件结构:

[0121] 1T0/MoO₃ (10nm) /TAPC (30nm) /mCP:1r(dfppy)₂(tpip):1r(tfmppy)₂(tpip), 15wt.%, 5wt.%, (30nm) /TPBi (30nm) /LiF (1nm) /Al。

[0122] 对封装完毕的OLED器件进行启亮电压、最大外量子效率和效率滚降的性能进行检测,具体实验结果如表2所示。

[0123] 2、为了比较器件1#的技术优势,设计一个对比器件R1#,器件结构为:1T0/MoO₃ (10nm) /TAPC (30nm) /mCP:1r(tfmppy)₂(tpip) 5wt.%, (30nm) /TPBi (30nm) /LiF (1nm) /Al。

[0124] 对比器件R1#是一个传统的器件结构,含有单一主客体掺杂体系。对封装完毕的OLED器件进行启亮电压、最大外量子效率和效率滚降的性能进行检测,具体实验结果也如表2所示。

[0125] 检测方法为:通过McScience M6100和M6000设备测量启亮电压、外量子效率及效率滚降(0.1mA/cm²时的效率到100mA/cm²时的性能变化率)的实验数据。

[0126] 表2

[0127]

器件编号	启亮电压 (V)	最大外部量子效率EQE	效率滚降
1#	3.5	21.7%	10%
R1#	3.5	17.5%	30%

[0128] 表2可知,传统OLED器件的性能不如本发明实施例的阶梯式光取向器件的性能好。

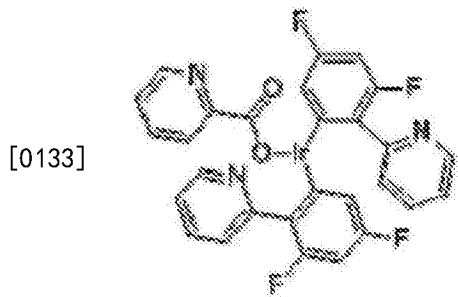
[0129] 这是因为,主体材料mCP与客体材料(或光取向客体材料)两者之间的能级过大,电致发光过程中在主体材料上形成的能量不能够完全转移到客体材料(或光取向客体材料)上(即便二者的吸收光谱与光致发光光谱有较好的重叠特性),因而造成了能量浪费。同时,由于传统发光器件中,只含有一个客体材料,一个主体材料,当高亮度下(或高电流驱动下)的,处于发光层内的客体材料激子数量激增,激子密度过大,导致发生STA、TTA、TPA等猝灭机制,因而观察到明显的效率滚降。

[0130] 本发明实施例的能量阶梯式光取向器件结构中具有阶梯式能级过渡层材料,可捕获主体材料激子并将获得的激子高效率转移给光取向客体材料。同时,阶梯式能级过渡层材料还具有捕获原本从主体材料转移给光取向客体材料所耗损的激子能量。并且,由于本发明实施例的能级阶梯式光取向器件结构中,每个光取向客体材料分子周围都被主体材料所包围,或被阶梯式能级过渡层材料分子所包围,可以降低客体材料在高电流下的接触机

会,改善激子猝灭现象。通过上述机制,可以显著提高发光器件的发光效率,并显著改善了效率滚降现象。

[0131] 实施例2:

[0132] 构筑ITO/HIL/HTL/阶梯式光取向发光层/ETL/EIL/阴极的多层器件结构。所用到部分有机材料的化学结构式如下所示:



Flrpic。

[0134] 绿光或黄绿光器件中采用mCP作为主体材料,Flrpic作为能级过渡层材料,绿光或黄绿光光取向客体材料取自1r(ppy)₃、1r(ppy)₂(acac)、1r(bppo)₂(acac)、1r(chpy)₃、1r(bppo)₂(ppy)。上述光取向客体材料的性质如表1所示。

[0135] 能级及光谱特性分析:

[0136] 主体材料mCP的三线态能级 $T_1=2.9\text{eV}$;

[0137] 能级过渡层Flrpic的三线态能级分别为 $T_1=2.61\text{eV}$,都高于绿光或黄绿光光取向客体材料的 T_1 能级(具体如表1所示)。

[0138] 根据上述主体材料、能级过渡层材料以及光取向客体材料的光谱数据可知:

[0139] (1) 主体材料mCP的光致发光光谱(主峰370nm)小于能级过渡层的光致发光光谱(主峰475nm),能级过渡层的光致发光光谱主峰波长小于光取向客体材料的光致发光光谱(主峰范围为500nm-560nm)。

[0140] (2) 主体材料mCP的光致发光光谱与能级过渡层Flrpic的吸收光谱有非常好的光谱重叠性。

[0141] (3) 主体材料mCP的光致发光光谱与绿光或黄绿光光取向客体材料的吸收光谱(紫外吸收波长均小于550nm)有非常好的光谱重叠性。

[0142] (4) 绿光或黄绿光光取向客体材料的吸收光谱(紫外吸收波长均小于550nm)与主体材料光致发光光谱(主峰位置370nm左右)的重叠区域大于光取向客体材料的吸收光谱与能级过渡层材料Flrpic的光致发光光谱(主峰位置475nm)的重叠区域。

[0143] (5) 能级过渡层材料的紫外吸收光谱与主体材料的光致发光光谱的光谱重叠区域 >0 。

[0144] 器件性能检测:

[0145] 1、构筑器件2#~6#:

[0146] ITO/Buffer layer(30nm)/MoO₃(10nm)/TAPC(30nm)/mCP:Flrpic:绿光或黄绿光光取向客体材料,15wt.%,5wt.%,(30nm)/TPBi(30nm)/LiF(1nm)/Al。其中缓冲层(Buffer layer)为采用PEDOT:PSS在ITO上形成平整的有机导电层。

[0147] 对封装完毕的OLED器件进行启亮电压、最大外量子效率和效率滚降的性能进行检测,具体采用光取向客体材料种类以及实验结果如表3所示。

[0148] 2、为了对比器件2#的技术优势,设计一个对比器件R2#,器件结构为:ITO/Buffer layer/MoO₃ (10nm) /TAPC (30nm) /mCP:Ir(ppy)₃/TPBi (30nm) /LiF (1nm) /阴极。

[0149] 对比器件R2#是一个传统的器件结构,含有单一主客体掺杂体系。对封装完毕的OLED器件进行启亮电压、最大外量子效率和效率滚降的性能进行检测,具体实验结果也如表3所示。

[0150] 表3

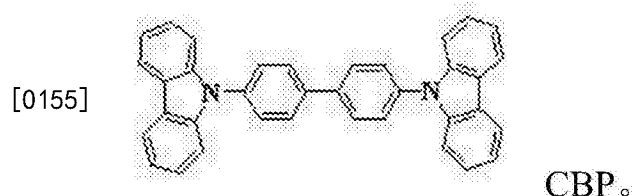
[0151]

器件编号	客体材料	启亮电压 (V)	最大外部量子效率 EQE	效率滚降
2#	Ir(ppy) ₃	3.8	19.7%	12.6%
3#	Ir(ppy) ₂ (acac)	3.4	13.4%	18%
4#	Ir(bppo) ₂ (acac)	3.4	18.5%	13.3%
5#	Ir(chpy) ₃	4.0	14.8%	21.4%
6#	Ir(bppo) ₂ (ppy)	3.7	23.1%	8.1%
R2#	—	3.8	13.5%	27.7%

[0152] 由表3可知,传统OLED器件的性能不如本发明实施例的阶梯式光取向器件的性能好。

[0153] 实施例3

[0154] 构筑ITO/HIL/HTL/阶梯式光取向发光层/ETL/EIL/阴极的多层器件结构。所用到部分有机材料的化学结构式如下所示:



[0156] 红光器件采用CBP作为主体材料,Ir(ppy)₃作为能级过渡层材料,红光光取向客体材料取自Ir(MDQ)₂(acac)、Ir(ppy)₂(bppo)、Ir(piq)₃。上述光取向客体材料的性质如表1所示。

[0157] 能级及光谱特性分析:

[0158] 主体材料CBP和能级过渡层Ir(ppy)₃的三线态能级都高于红光光取向客体材料的T1能级。

[0159] 为了进一步考察发光层中主体材料,能级过渡层材料以及光取向客体材料的能量转移效率,三者的光谱信息如下:

[0160] (1) 主体材料CBP的光致发光光谱(主峰470nm)小于能级过渡层的光致发光光谱(510nm)小于光取向客体材料的光致发光光谱(主峰在600nm~660nm),能级过渡层的光致发光光谱(510nm)小于光取向客体材料的光致发光光谱(600nm~660nm)。

[0161] (2) 主体材料CBP的光致发光光谱(主峰470nm左右)与能级过渡层Ir(ppy)₃的吸收

光谱有非常好的光谱重叠性。

[0162] (3) 主体材料CBP的光致发光光谱(主峰470nm左右)与红光光取向客体材料的吸收光谱有非常好的光谱重叠性。

[0163] (4) 红光光取向客体材料的吸收光谱与主体材料光致发光光谱(主峰位置470nm左右)的重叠区域大于光取向客体材料的吸收光谱与能级过渡层材料1r(ppy)₃的光致发光光谱(主峰位置510nm)的重叠区域。

[0164] (5) 能级过渡层材料的紫外吸收光谱与主体材料的光致发光光谱的光谱重叠区域>0。

[0165] 器件性能检测:

[0166] 构筑器件7#~10#:

[0167] 1、ITO/Buffer layer(30nm)/MoO₃(10nm)/TAPC(30nm)/CBP:1r(ppy)₃:红光光取向客体材料,15wt.%,5wt.%,(30nm)/TPBi(30nm)/LiF(1nm)/Al。

[0168] 对封装完毕的OLED器件进行启亮电压、最大外量子效率和效率滚降的性能进行检测,具体采用客体材料种类以及实验结果如表4所示。

[0169] 2、为了对比器件3#的技术优势,设计一个红光对比器件R3#,器件结构为:ITO/Buffer layer/MoO₃(10nm)/TAPC(30nm)/CBP:1r(dmpq)₃,5wt.%/TPBi(30nm)/LiF(1nm)/阴极。

[0170] 对比器件R3#是一个传统的器件结构,含有单一主客体掺杂体系。对封装完毕的OLED器件进行启亮电压、最大外量子效率和效率滚降的性能进行检测,具体采用客体材料种类以及实验结果如表4所示。

[0171] 表4

[0172]

器件编号	客体材料	启亮电压 (V)	最大外部量子效率 EQE	效率滚降
------	------	-------------	-----------------	------

[0173]

7#	Ir(ppy) ₂ (bppo)	3.3	24.7%	10.6%
8#	Ir(MDQ) ₂ (acac)	3.7	15.4%	16.4%
9#	Ir(piq) ₃	3.9	13.5%	13.8%
10#	非光取向的客体材料 Ir(dmpq) ₃	3.5	8.9%	19.7%
R3#	Ir(dmpq) ₃	4.1	7.8%	20.8%

[0174] 由表4可知,传统OLED器件的性能不如本发明实施例的阶梯式光取向器件的性能好。

[0175] 本申请虽然以较佳实施例公开如上,但并不是用来限定权利要求,任何本领域技术人员在不脱离本申请构思的前提下,都可以做出若干可能的变动和修改,因此本申请的保护范围应当以本申请权利要求所界定的范围为准。

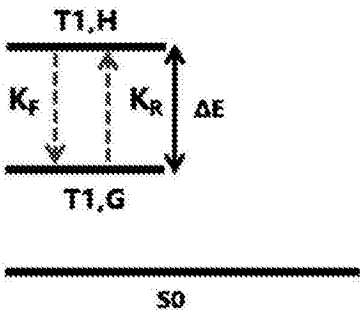


图1

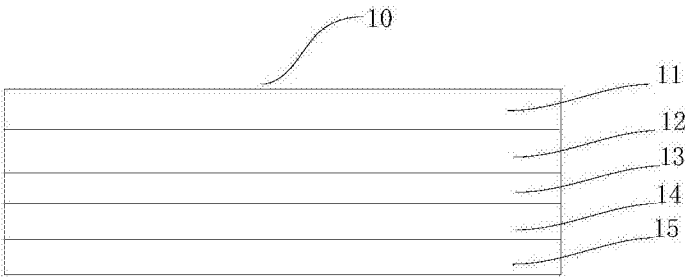


图2

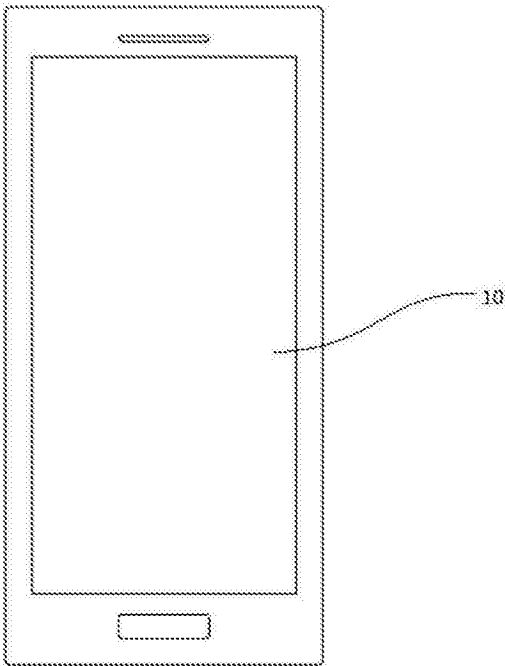


图3

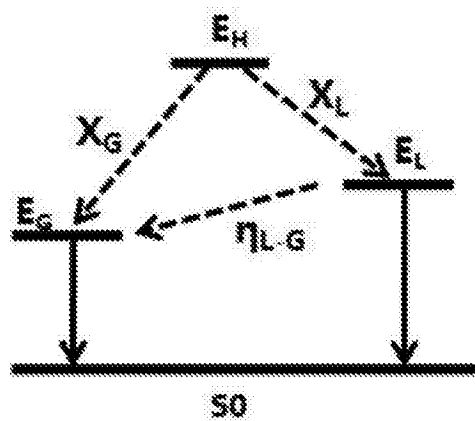


图4

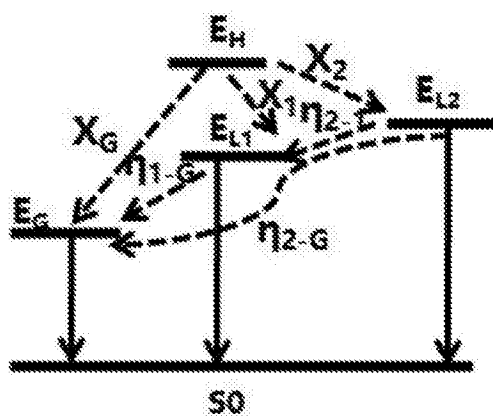


图5

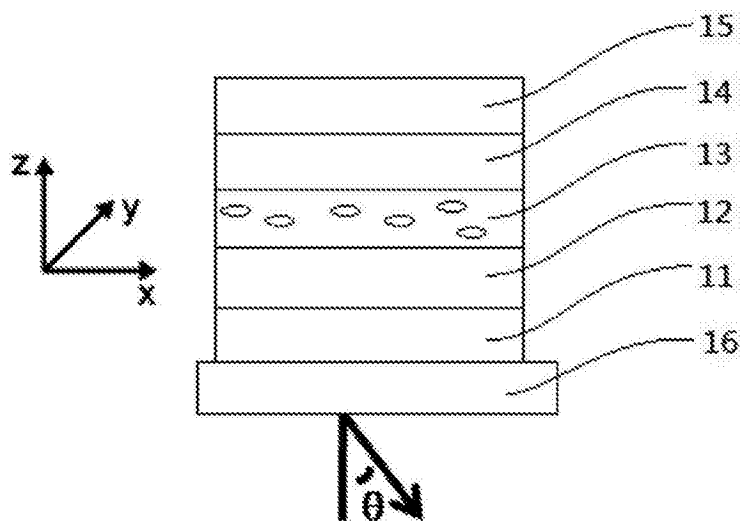


图6

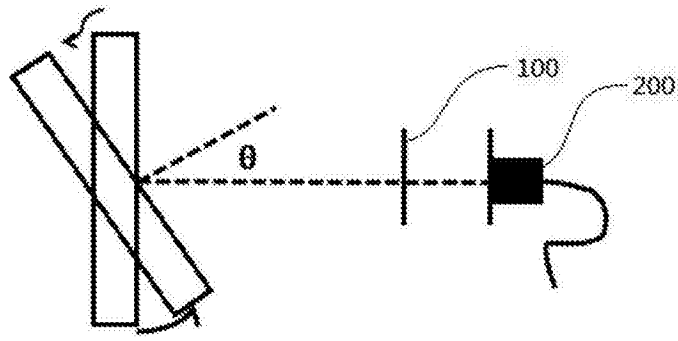


图7

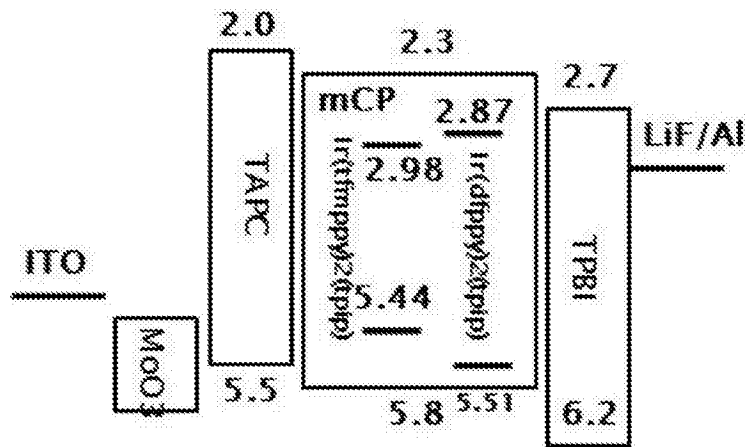


图8

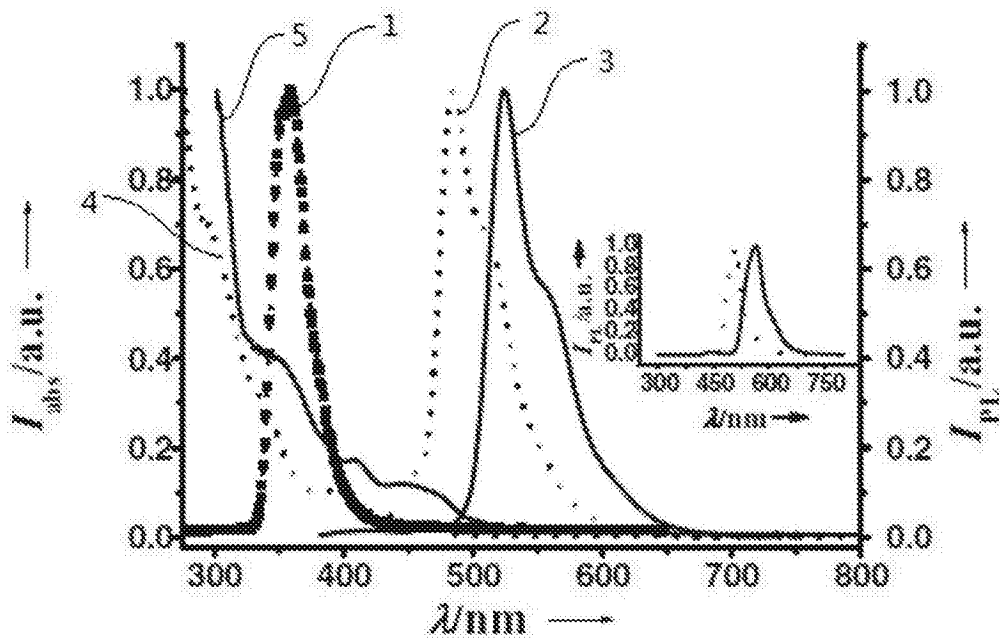


图9

专利名称(译)	一种发光器件及其显示装置		
公开(公告)号	CN107919442A	公开(公告)日	2018-04-17
申请号	CN2017110954966.2	申请日	2017-10-13
申请(专利权)人(译)	瑞声科技(新加坡)有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	瑞声科技(新加坡)有限公司		
[标]发明人	谢再锋		
发明人	谢再锋		
IPC分类号	H01L51/50 H01L51/54 H01L51/56		
CPC分类号	H01L51/5028 C09K11/06 C09K2211/1029 C09K2211/185 H01L51/001 H01L51/0059 H01L51/0072 H01L51/0085 H01L51/5004 H01L51/5016 H01L51/56 H01L2251/552 H01L51/0055 H01L51/0056 H01L51/5012		
代理人(译)	陈巍巍		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及有机发光技术领域，具体讲，涉及一种发光器件及其显示装置。本发明的发光器件包括第一电极、第二电极及设置于第一电极和第二电极之间的至少一个发光层，发光层包含至少一个主体材料、至少一个能级过渡层材料和至少一个客体材料；能级过渡层材料可接收主体材料的能量并将能量转移给客体材料，从而解决了当主体材料T1能量与客体材料之间的T1能量差较大时，当电致发光过程中，在主体材料上形成的能量无法有效传递给客体材料进行高效率发光的缺陷，从而显著提高了发光器件的发光效率。

