



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112239472 A

(43) 申请公布日 2021.01.19

(21) 申请号 202010690232.X

C09K 11/06 (2006.01)

(22) 申请日 2020.07.17

H01L 51/54 (2006.01)

(30) 优先权数据

10-2019-0086572 2019.07.17 KR

(71) 申请人 乐金显示有限公司

地址 韩国首尔

申请人 高丽大学校产学协力团

(72) 发明人 尹旻辰 尹大伟 J·A·李

崔树娜 崔东勋 赵民柱 尹芝媛

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 蔡胜有 冷永华

(51) Int.Cl.

C07D 491/20 (2006.01)

C07D 495/20 (2006.01)

权利要求书6页 说明书39页 附图7页

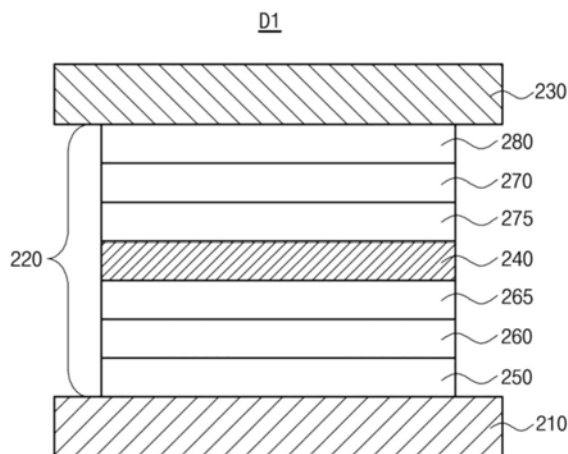
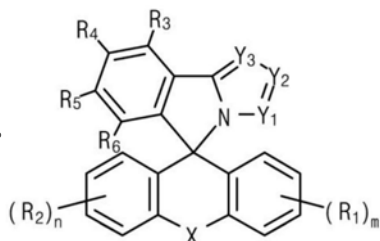
(54) 发明名称

有机化合物、包括有机化合物的有机发光二极管和有机发光装置

(57) 摘要

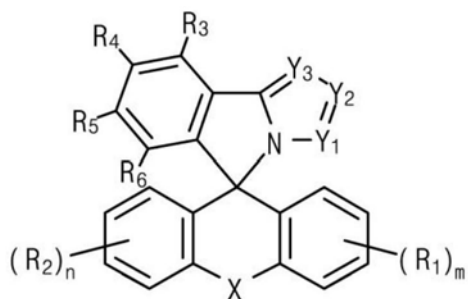
本公开涉及具有以下结构的有机化合物、包括该有机化合物的有机发光二极管(OLED)和有机发光装置。有机化合物是具有p型部分和n型部分的双极性化合物,并且对于OLED的发光层具有高能级和适当的能带隙。随着有机化合物应用到发光层中,OLED可以使其发光性能最大化,原因是空穴和电子在EML中的整个区域上均匀地复

合。



1. 一种具有以下化学式1的结构有机化合物：

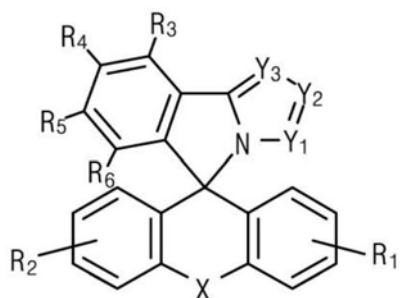
[化学式1]



其中R₁和R₂各自独立地为氢、未经取代或经取代的C₁至C₂₀烷基、或者未经取代或经取代的具有一至三个稠合杂芳族部分的杂芳族基团，其中R₁和R₂中的至少一者为所述杂芳族基团；m和n各自为取代基的数量并且各自独立地为0至4的整数；R₃至R₆各自独立地为氢、未经取代或经取代的C₁至C₂₀烷基、未经取代或经取代的C₁至C₂₀烷氧基、未经取代或经取代的C₆至C₃₀芳族基团或者未经取代或经取代的C₃至C₃₀杂芳族基团；X为O或S；以及Y₁至Y₃各自独立地为N或CR₇，其中R₇为氢、未经取代或经取代的C₁至C₂₀烷基、未经取代或经取代的C₁至C₂₀烷氧基、未经取代或经取代的C₆至C₃₀芳族基团或者未经取代或经取代的C₃至C₃₀杂芳族基团，其中Y₁至Y₃的至少一者为N。

2. 根据权利要求1所述的有机化合物，其中所述有机化合物包括具有以下化学式2的结构有机化合物：

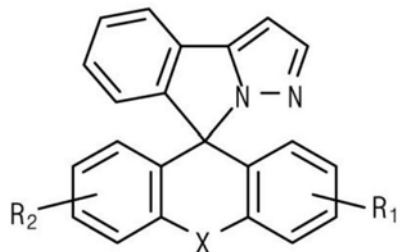
[化学式2]



其中R₁至R₆、X和Y₁至Y₃中的每一个均与化学式1中定义的相同。

3. 根据权利要求1所述的有机化合物，其中所述有机化合物包括具有以下化学式3的结构有机化合物：

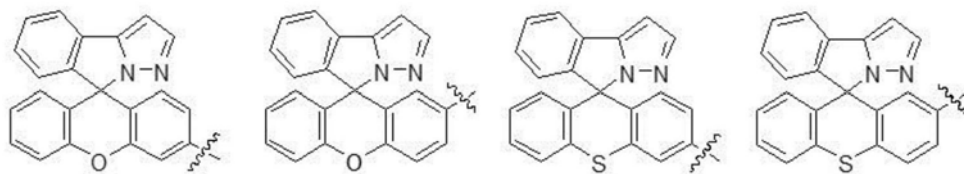
[化学式3]



其中R₁、R₂和X中的每一个与化学式1中定义的相同。

4. 根据权利要求1所述的有机化合物，其中R₁是杂芳族基团，而包括X的螺环部分包含以下化学式4的结构之一：

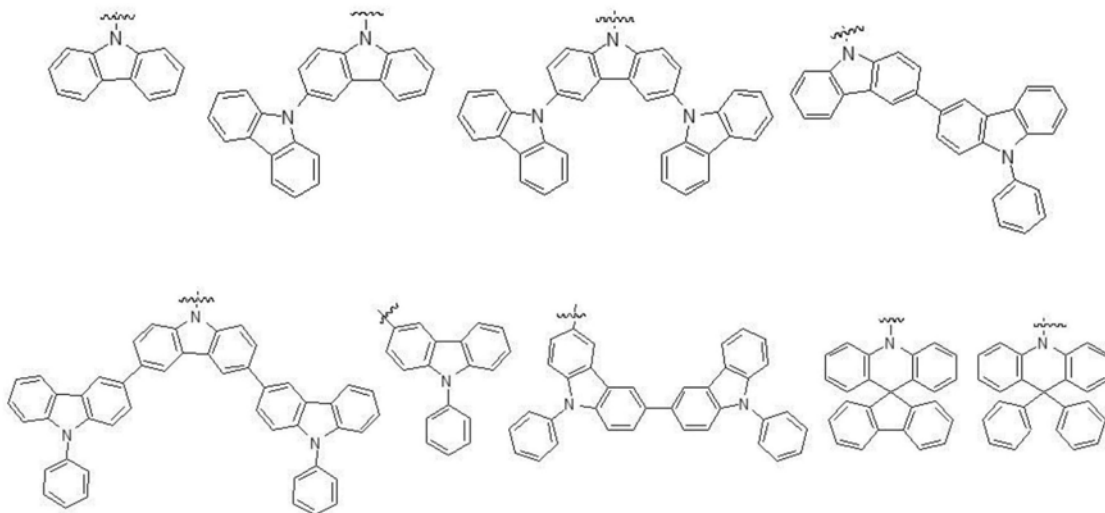
[化学式4]



其中波浪部分表示与R₁的连接位点。

5. 根据权利要求1所述的有机化合物, 其中R₁是具有以下化学式5的结构的一者:

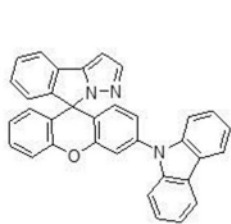
[化学式5]



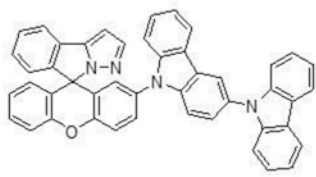
其中波浪部分表示与包括X的螺环部分的连接位点。

6. 根据权利要求1所述的有机化合物, 其中所述有机化合物包括具有以下化学式6的结构的一者:

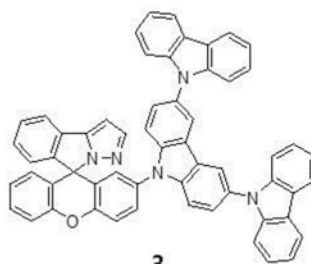
[化学式6]



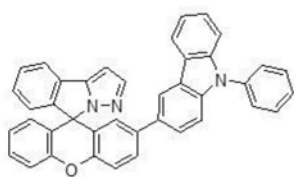
1



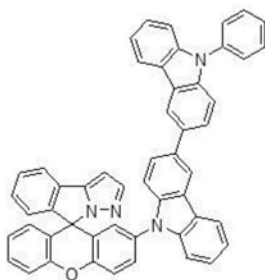
2



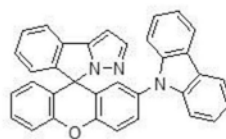
3



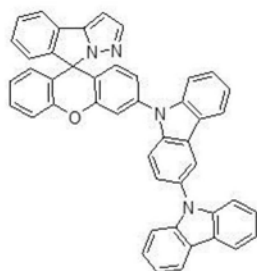
4



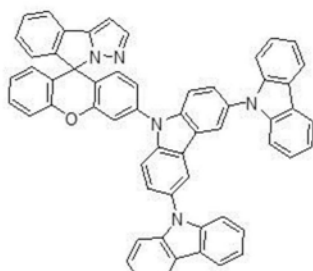
5



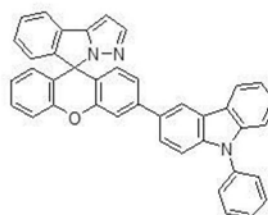
6



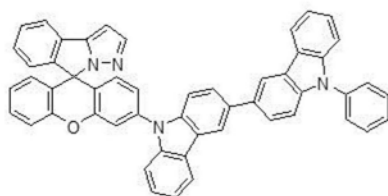
7



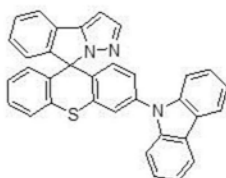
8



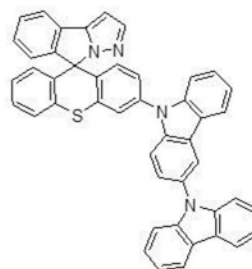
9



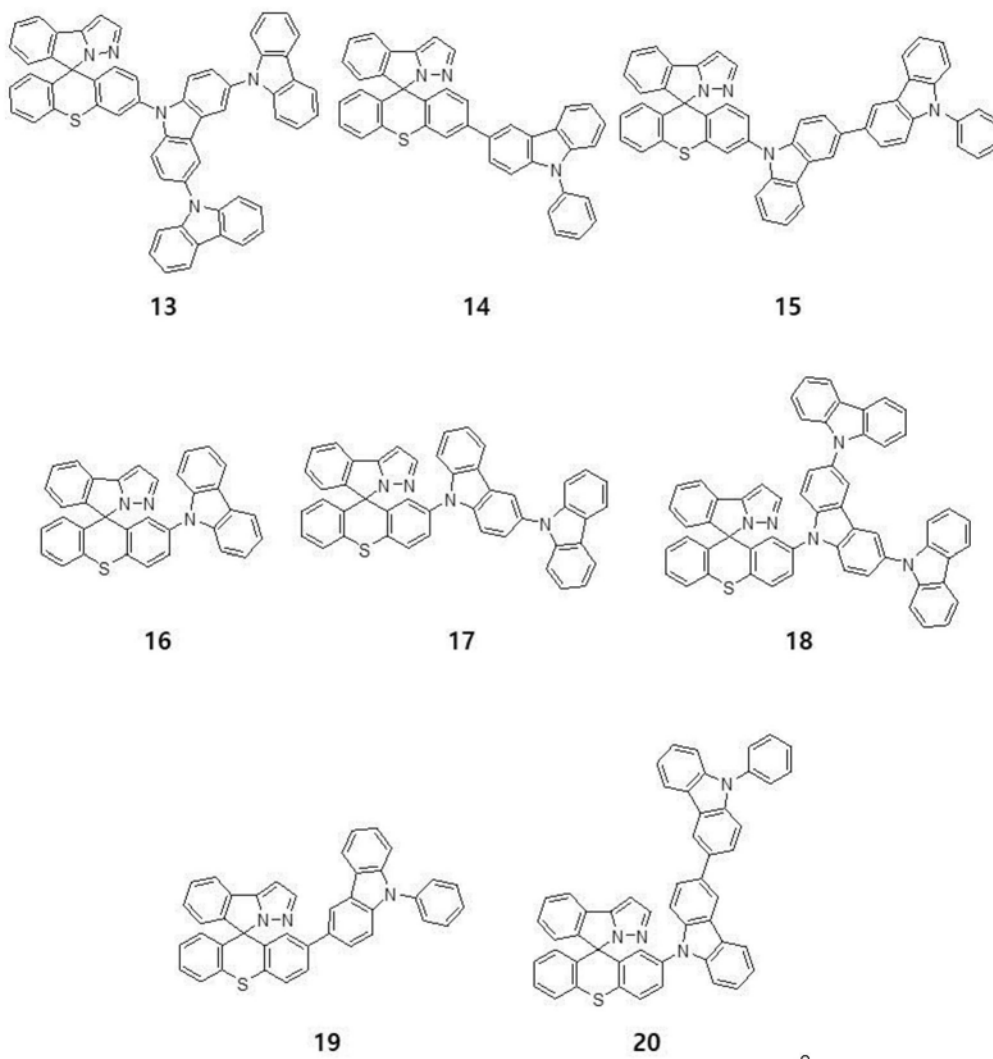
10



11



12



7. 一种有机发光二极管, 包括:

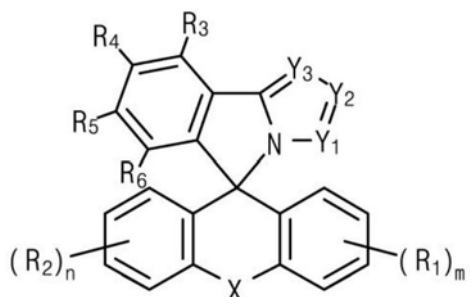
第一电极;

面向所述第一电极的第二电极; 以及

设置在所述第一电极和所述第二电极之间的至少一个发光单元,

其中所述至少一个发光单元包括具有以下化学式1的结构有机化合物:

[化学式1]

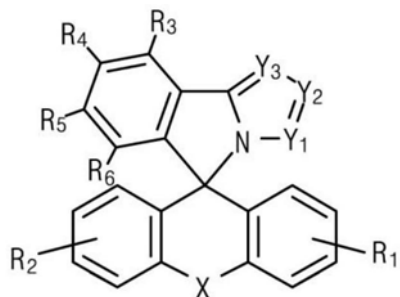


其中 R_1 和 R_2 各自独立地为氢、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷基、或者未经取代或经取代的具有一至三个稠合杂芳族部分的杂芳族基团, 其中 R_1 和 R_2 中的至少一者为所述杂芳族基团; m 和 n 各自为取代基的数量并且各自独立地为0至4的整数; R_3 至 R_6 各自独立地为氢、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷基、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷氧基、未经取代或经取代的 C_6

至C₃₀芳族基团或者未经取代或经取代的C₃至C₃₀杂芳族基团；X为O或S；以及Y₁至Y₃各自独立地为N或CR₇，其中R₇为氢、未经取代或经取代的C₁至C₂₀烷基、未经取代或经取代的C₁至C₂₀烷氧基、未经取代或经取代的C₆至C₃₀芳族基团或者未经取代或经取代的C₃至C₃₀杂芳族基团，其中Y₁至Y₃的至少一者为N。

8. 根据权利要求7所述的有机发光二极管，其中所述有机化合物包括具有以下化学式2的结构有机化合物：

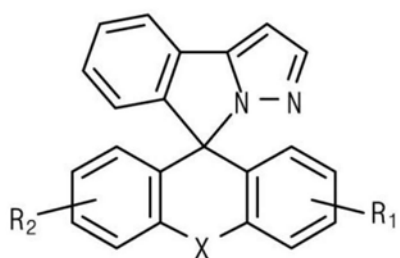
[化学式2]



其中R₁至R₆、X和Y₁至Y₃中的每一个均与化学式1中定义的相同。

9. 根据权利要求7所述的有机发光二极管，其中所述有机化合物包括具有以下化学式3的结构有机化合物：

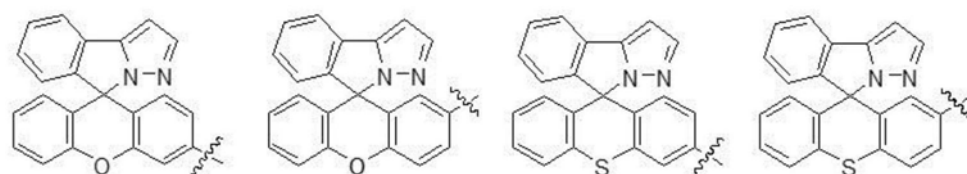
[化学式3]



其中R₁、R₂和X中的每一个与化学式1中定义的相同。

10. 根据权利要求7所述的有机发光二极管，其中R₁是杂芳族基团，而包括X的螺环部分包括以下化学式4的结构之一：

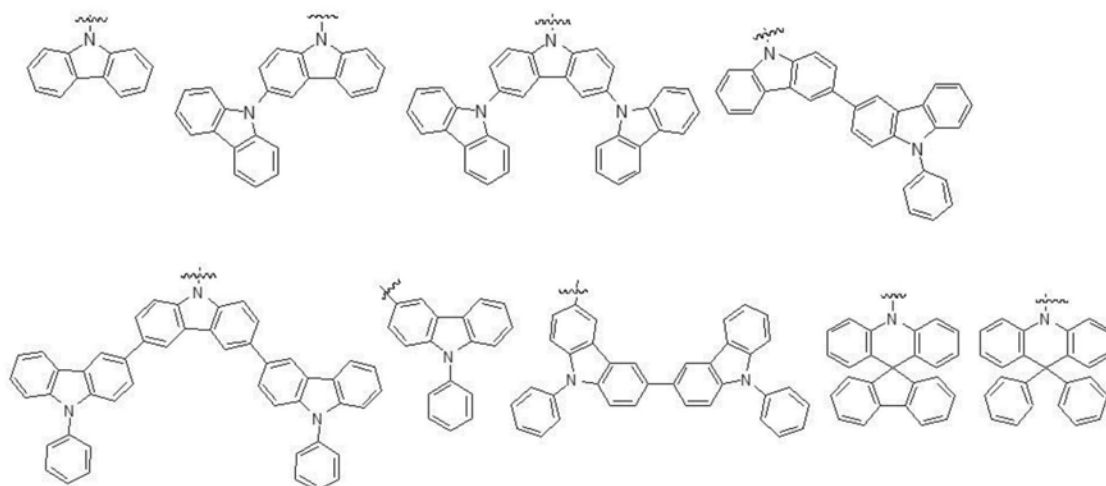
[化学式4]



其中波浪部分表示与R₁的连接位点。

11. 根据权利要求7所述的有机发光二极管，其中R₁是具有以下化学式5的结构任一者：

[化学式5]



其中波浪部分表示与包括X的螺环部分的连接位点。

12. 根据权利要求7所述的有机发光二极管, 其中所述至少一个发光单元包括被设置在所述第一电极和所述第二电极之间的第一发光材料层, 以及其中所述第一发光材料层包含所述有机化合物。

13. 根据权利要求12所述的有机发光二极管, 其中所述第一发光材料层包含第一化合物和第二化合物, 并且其中所述第一化合物包括所述有机化合物。

14. 根据权利要求13所述的有机发光二极管, 其中所述第一发光材料层还包含第三化合物。

15. 根据权利要求13所述的有机发光二极管, 其中所述至少一个发光单元还包括第二发光材料层, 所述第二发光材料层被设置在所述第一电极与所述第一发光材料层之间或者被设置在所述第一发光材料层与所述第二电极之间, 以及其中所述第二发光材料层包含第四化合物和第五化合物。

16. 根据权利要求15所述的有机发光二极管, 其中所述第四化合物包括所述有机化合物。

17. 根据权利要求15所述的有机发光二极管, 其中所述至少一个发光单元还包括第三发光材料层, 所述第三发光材料层设置为相对于所述第一发光材料层而与所述第二发光材料层相反, 以及其中所述第三发光材料层包含第六化合物和第七化合物。

18. 根据权利要求17所述的有机发光二极管, 其中所述第四化合物和所述第六化合物中的至少之一包括所述有机化合物。

19. 根据权利要求12所述的有机发光二极管, 其中所述至少一个发光单元包括: 布置在所述第一电极和所述第二电极之间的第一发光单元; 以及布置在所述第一发光单元和所述第二电极之间的第二发光单元, 其中所述第一发光单元包括下部发光材料层, 以及所述第二发光单元包括上部发光材料层, 其中所述下部发光材料层和所述上部发光材料层中的至少之一包括所述第一发光材料层, 以及所述有机发光二极管还包括设置在所述第一发光单元与所述第二发光单元之间的电荷产生层。

20. 一种有机发光装置, 其包括:

基板; 和

在所述基板上方的根据权利要求7至19中任一项所述的有机发光二极管。

有机化合物、包括有机化合物的有机发光二极管和有机发光装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年7月17日在韩国提交的韩国专利申请第10-2019-0086572号的优先权利益,其全部内容通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本公开涉及有机化合物,更具体地,涉及具有增强发光性能的有机化合物、包括该化合物的有机发光二极管和有机发光装置。

背景技术

[0004] 随着显示装置变得越来越大,需要具有较低空间要求的平板显示装置。在目前广泛使用的平板显示装置中,有机发光二极管(OLED)正在快速地替代液晶显示装置(LCD)。

[0005] OLED可以形成为厚度小于2000 Å的薄膜,并且可以通过电极配置实现单向图像或双向图像。另外,OLED可以形成在诸如塑料基板的柔性透明基板上,使得OLED可以容易地实现柔性或可折叠显示器。此外,可以在10V或更小的较低电压下驱动OLED。此外,与等离子体显示面板和无机电致发光装置相比,OLED具有相对较低的驱动功耗,并且OLED的颜色纯度非常高。特别地,OLED可以实现红色、绿色和蓝色,因此OLED作为发光装置已经引起了很多关注。

[0006] 在发光过程中仅涉及单线态激子的常规荧光材料的发光效率低。在发光过程中涉及三线态激子和单线态激子的磷光材料的发光效率相对高。然而,金属络合物——代表性磷光材料——发光寿命太短而不能应用于商业装置。特别地,用于实现蓝色发光的发光材料的发光性能和发光寿命劣化。

发明内容

[0007] 因此,本公开的实施方案涉及有机化合物、包括所述有机化合物的OLED和有机发光装置,其基本上消除了由于现有技术的局限性和缺点而导致的问题中的一个或多个。

[0008] 本公开的一个方面是提供一种具有高激发三线态能级以及双极性性质的有机化合物、应用了所述有机化合物的OLED和有机发光装置。

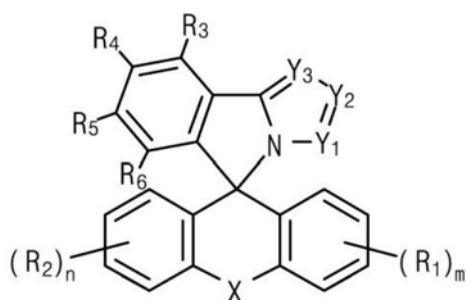
[0009] 本公开的另一个方面是提供一种具有优异的热稳定性以及高电子亲和力的有机化合物、具有所述化合物的OLED和有机发光装置。

[0010] 另外的特征和方面将在下面的描述中被阐述,并且部分地将从描述中显而易见,或者可以通过实践本文提供的发明构思而获知。本发明构思的其他特征和方面可以通过在书面描述中特别指出的或从其可得到的结构、其权利要求和附图来实现和获得。

[0011] 为了实现本发明构思的这些和其他方面,如被体现和广泛描述的,本公开提供了一种具有以下化学式1的结构有机化合物:

[0012] [化学式1]

[0013]



[0014] 其中 R_1 和 R_2 各自独立地为氢、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷基、或者未经取代或经取代的具有一至三个稠合杂芳族部分的杂芳族基团,其中 R_1 和 R_2 中的至少一者为杂芳族基团; m 和 n 各自为取代基的数量并且各自独立地为0(零)至4的整数; R_3 至 R_6 各自独立地为氢、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷基、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷氧基、未经取代或经取代的 C_6 至 C_{30} 芳族基团或者未经取代或经取代的 C_3 至 C_{30} 杂芳族基团; X 为O或S;以及 Y_1 至 Y_3 各自独立地为N或 CR_7 ,其中 R_7 为氢、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷基、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷氧基、未经取代或经取代的 C_6 至 C_{30} 芳族基团或者未经取代或经取代的 C_3 至 C_{30} 杂芳族基团,其中 Y_1 至 Y_3 的至少一者为N。

[0015] 在另一方面中,本公开提供了一种OLED,所述OLED包括:第一电极;面向第一电极的第二电极;设置在第一和第二电极之间的至少一个发光单元,其中所述至少一个发光单元包括有机化合物。

[0016] 例如,电子传输层(ETL)、空穴阻挡层(HBL)、发光材料层(EML)和电荷产生层(CGL)中的至少一个可以包括有机化合物。

[0017] 作为示例,EML可以包括有机化合物作为主体,在这种情况下,EML还可以包括至少一种掺杂剂,例如延迟荧光材料、荧光材料和磷光材料。

[0018] 在又一方面中,如上所述,本公开提供了一种有机发光装置,例如有机发光显示装置和有机发光照明装置,所述有机发光装置包括基板和设置在所述基板上方的OLED。

[0019] 应该理解,前面的一般描述和下面的详细描述两者都是示例性和说明性的,并且旨在提供对所要求保护的发明构思的进一步说明。

附图说明

[0020] 被包括以提供对本公开的进一步理解的附图被并入本申请中并且构成本申请的一部分,附图示出了本公开的实施方案,并且与说明书一起用于说明本公开的原理。

[0021] 图1是示出本公开的有机发光显示装置的示意性截面视图。

[0022] 图2是示出根据本公开的示例性方面的OLED的示意性截面视图。

[0023] 图3是示出当使用常规主体时被注入到EML中的空穴和电子之间的复合区的示意图。

[0024] 图4是示出当使用本公开的有机化合物时被注入到EML中的空穴和电子之间的复合区的示意图。

[0025] 图5是示出延迟荧光材料的发光机理的示意图。

[0026] 图6是通过根据本公开的示例性方面的发光材料之间的能级带隙示出发光机理的示意图。

[0027] 图7是示出根据本公开的另一示例性方面的OLED的示意性截面视图。

[0028] 图8是通过根据本公开的另一示例性方面的发光材料之间的能级带隙示出发光机理的示意图。

[0029] 图9是示出根据本公开的另一示例性方面的OLED二极管的示意性截面视图。

[0030] 图10是通过根据本公开的另一示例性方面的发光材料之间的能级带隙示出发光机理的示意图。

[0031] 图11是示出根据本公开的另一示例性方面的OLED的示意性截面视图。

[0032] 图12是通过根据本公开的另一示例性方面的发光材料之间的能级带隙示出发光机理的示意图。

[0033] 图13是示出根据本公开的另一示例性方面的OLED的示意性截面视图。

具体实施方式

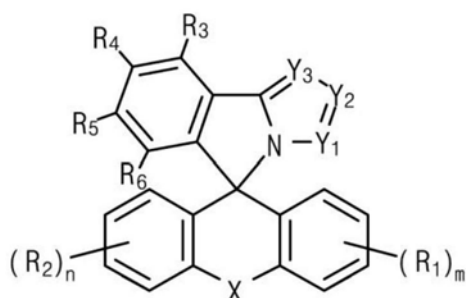
[0034] 现在将详细参考本公开的各方面,其实例在附图中示出。

[0035] [有机化合物]

[0036] 应用于有机发光二极管 (OLED) 的有机化合物应该具有优异的发光性能、高的电荷亲和力以及在驱动OLED时保持稳定的性能。特别地,应用于二极管的发光材料是决定OLED的发光效率的最重要的因素。相对于应用在相同层或相邻层中的其他材料,发光材料应该具有高量子效率、大的电荷迁移率和足够的能级。根据本公开的有机化合物可以具有以下化学式1的结构:

[0037] [化学式1]

[0038]



[0039] 在化学式1中, R_1 和 R_2 各自独立地为氢、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷基、或者未经取代或经取代的具有一至三个稠合杂芳族部分的杂芳族基团,其中 R_1 和 R_2 中的至少一者为杂芳族基团; m 和 n 各自为取代基的数量并且各自独立地为0(零)至4的整数; R_3 至 R_6 各自独立地为氢、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷基、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷氧基、未经取代或经取代的 C_6 至 C_{30} 芳族基团或者未经取代或经取代的 C_3 至 C_{30} 杂芳族基团; X 为O或S;以及 Y_1 至 Y_3 各自独立地为N或 CR_7 ,其中 R_7 为氢、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷基、未经取代或经取代的 C_1 至 C_{20} 烷氧基、未经取代或经取代的 C_6 至 C_{30} 芳族基团或者未经取代或经取代的 C_3 至 C_{30} 杂芳族基团,其中 Y_1 至 Y_3 的至少一者为N。

[0040] 如本文中所使用的,术语“未经取代的”意指连接氢,并且在这种情况下,氢包括氕、氘和氚。

[0041] 如本文中所使用的,术语“经取代的”中的取代基包括但不限于未经取代或经卤素取代的 C_1 至 C_{20} 烷基、未经取代或经卤素取代的 C_1 至 C_{20} 烷氧基、卤素、氰基、 $-CF_3$ 、羟基、羧基、

羰基、氨基、C₁至C₁₀烷基氨基、C₆至C₃₀芳基氨基、C₃至C₃₀杂芳基氨基、C₆至C₃₀芳基、C₃至C₃₀杂芳基、硝基、偕胺肼基、磺酸酯基、C₁至C₂₀烷基甲硅烷基、C₆至C₃₀芳基甲硅烷基和C₃至C₃₀杂芳基甲硅烷基。

[0042] 如本文中所使用的,在例如“杂芳族环”、“杂环烯基”、“亚杂芳基”、“亚杂芳基烷基”、“亚杂芳氧基”、“杂环烷基”、“杂芳基”、“杂芳基烷基”、“杂芳氧基”、“杂芳基氨基”中的术语“杂”意指构成芳族环或脂环族环的至少一个碳原子例如1至5个碳原子被选自N、O、S、P及其组合的至少一个杂原子取代。

[0043] 具有化学式1的结构有机化合物具有:具有包含至少两个氮原子的刚性螺环结构的一个部分、和具有与螺环部分连接的至少一个稠合杂芳族环的杂芳族部分。更具体地,有机化合物包括:其中具有至少一个(优选至少两个)氮原子的稠合杂芳族环与咕吨或嚟吨环形成螺环结构的部分(螺环部分)、以及具有一至三个与螺环部分的咕吨或嚟吨环直接连接或间接连接的稠合杂芳族部分的杂芳族基团(部分)。

[0044] 螺环部分包括与异吲哚部分稠合的5元环。由于Y₁至Y₃中的氮原子的数量和位置,五元环可以具有吡唑、咪唑、三唑或四唑结构。由于包括5元环的螺环部分对电子具有优异的亲和力,因此螺环部分可以具有诱导电子注入和迁移的n型特性。

[0045] 具有一至三个稠合杂芳族环的杂芳族部分对空穴具有优异的结合亲和力,其可以具有诱导空穴注入和迁移的p型特性。因此,有机化合物具有双极性特性。

[0046] 在一个示例性方面中,R₁至R₇中的每一者中的C₆至C₃₀芳族基团可以包括C₆至C₃₀芳基、C₇至C₃₀芳基烷基、C₆至C₃₀芳氧基和C₆至C₃₀芳基氨基。R₁至R₇中的每一者中的C₃至C₃₀杂芳族基团可以包括C₃至C₃₀杂芳基、C₄至C₃₀杂芳基烷基、C₃至C₃₀杂芳氧基和C₃至C₃₀杂芳基氨基。

[0047] 在一个示例性方面中,R₁至R₇中的每一者中的C₆至C₃₀芳基可以独立地包括但不限于非稠合或稠合的芳基例如苯基、联苯基、三联苯基、萘基、蒽基、戊搭烯基、茛基、茛并茛基、庚搭烯基、亚联苯基、引达省基(indacenyl)、非那烯基、菲基、苯并菲基、二苯并菲基、萹基(azulenyl)、茛基、茛蒽基、三亚苯基、茛基、四亚苯基、并四苯基、七曜烯基(pleiadenyl)、茛基(picenyl)、五亚苯基、并五苯基、茛基、茛并茛基和螺茛基。

[0048] 在另一个示例性方面中,R₁至R₇中的每一者中的C₃至C₃₀杂芳基可以独立地包括但不限于非稠合或稠合的杂芳基例如吡咯基、吡啶基、嘧啶基、吡嗪基、哒嗪基、三嗪基、四嗪基、咪唑基、吡唑基、吲哚基、异吲哚基、吲唑基、吲嗪基、吡咯嗪基、呋唑基、苯并呋唑基、二苯并呋唑基、吲哚呋唑基、茛并呋唑基、苯并呋喃并呋唑基、苯并嚟吩并呋唑基、呋啉基、喹啉基、异喹啉基、酞嗪基、喹喔啉基、噌啉基、喹唑啉基、喹嗪基、嘌呤基、苯并喹啉基、苯并异喹啉基、苯并喹唑啉基、苯并喹喔啉基、吡啶基、吩嗪基、吩𪔐嗪基、吩嚟嗪基、菲咯啉基、啮啉基(perimidinyl)、菲啶基、蝶啶基、蔡啶基、呋喃基、吡喃基、𪔐嗪基、𪔐唑基、𪔐二唑基、三唑基、二𪔐英基、苯并呋喃基、二苯并呋喃基、嚟喃基、咕吨基、色烯基(chromenyl)、异色烯基、嚟嗪基、嚟吩基、苯并嚟吩基、二苯并嚟吩基、二呋喃并吡嗪基、苯并呋喃并二苯并呋喃基、苯并嚟吩并苯并嚟吩基、苯并嚟吩并二苯并嚟吩基、苯并嚟吩并苯并呋喃基、苯并嚟吩并二苯并呋喃基、连接咕吨的螺吡啶基、经至少一个C₁至C₁₀烷基取代的二氢吡啶基和N-取代的螺茛基。

[0049] 作为示例,R₁至R₇中的每一者中的芳族基团和杂芳族基团各自可以独立地具有一

至三个芳族环或杂芳族环。当R₁至R₇中的每一者中的芳族环或杂芳族环的数量变大时,整个分子内的共轭结构太长,因此有机化合物可以具有过度减小的能量带隙。关于电荷注入和转移特性,芳族基团和杂芳族基团各自可以包含5元环、6元环或7元环。作为示例,R₁至R₇各自中的芳基和杂芳基各自可以独立地包括但不限于苯基、联苯基、萘基、蒽基、吡咯基、三嗪基、咪唑基、吡唑基、吡啶基、吡嗪基、嘧啶基、哒嗪基、呋喃基、苯并呋喃基、二苯并呋喃基、噻吩基、苯并噻吩基、二苯并噻吩基、呋唑基、吡啶基、呋啉基、吩嗪基、吩噻嗪基和/或吩噻嗪基。

[0050] R₁和/或R₂中的杂芳族基团可以具有未经取代或经取代的一至三个稠合杂芳族部分。在一个示例性方面中,稠合杂芳族部分可以包含氮、氧和/或硫原子作为环的核原子(nuclear atom)。例如,稠合杂芳族部分可以选自但不限于呋唑基、吡啶基、二苯并呋喃基和二苯并噻吩基。

[0051] 在另一个示例性方面中,稠合杂芳族部分进一步与其他芳族环或杂芳族环稠合成稠合芳族环。在这种情况下,进一步稠合成稠合芳族环的其他芳族环或杂芳族环可以为芳族环(例如苯环、萘环和/或茚环)或者稠合杂芳族环(例如苯并呋喃环、苯并噻吩环和吡啶环)。例如,以上稠合杂芳族部分可以与其他芳族或杂芳族部分结合成苯并呋唑基、二苯并呋唑基、茚并呋唑基、苯并呋喃并呋唑基、苯并噻吩并呋唑基、吡啶并呋唑基、苯并吡啶基、二苯并吡啶基、茚并吡啶基、苯并呋喃并吡啶基、苯并噻吩并吡啶基、茚并二苯并呋喃基、苯并呋喃并苯并呋喃基、苯并噻吩并苯并呋喃基、吡啶并二苯并呋喃基、茚并二苯并噻吩基、苯并呋喃并二苯并噻吩基、苯并噻吩并苯并呋喃基、吡啶并二苯并呋喃基、茚并二苯并噻吩基、苯并呋喃并二苯并噻吩基、苯并噻吩并二苯并呋喃基和吡啶并二苯并噻吩基。

[0052] 或者,稠合杂芳族部分可以形成螺环结构。螺环结构不是特定的结构并且包括但不限于螺茚结构和螺苯并茚结构,其各自未经取代或经C₁至C₂₀烷基、C₆至C₃₀芳族基团和C₆至C₃₀芳族氨基的至少一者取代。例如,稠合杂芳族部分可以形成螺茚并呋唑基和螺茚并吡啶基。

[0053] 具有化学式1的结构的有机化合物具有刚性化学构象,以及具有包含其中并入有至少一个、优选至少两个氮原子的5元环的螺环部分、和包含一至三个稠合杂芳族环并且与螺环部分连接的杂芳族部分。

[0054] 螺环部分具有n型特性,而杂芳族部分具有p型特性,因此有机化合物具有双极性特性。由于具有n型特性的螺环部分(电子受体部分)中的碳原子具有sp³或sp²杂化轨道并且与具有优异的空穴亲和力的杂芳族部分连接,因此有机化合物具有高激发三线态能级和优异的热稳定性。

[0055] 在有机化合物被引入例如EML的发光层中时,可以平衡地将空穴和电子注入到EML中,因此,空穴和电子之间的复合区被均匀地设置在EML的整个区域上(参见图4)。因此,EML可以使其发光效率最大化。

[0056] 另外,与EML中的掺杂剂相比,有机化合物在HOMO(最高占据分子轨道)能级和LUMO(最低未占据分子轨道)能级之间具有相对较宽的能带隙和高激发三线态能级。在有机化合物用作EML中的主体时,激子能量从有机化合物被有效地转移到掺杂剂,由于主体或掺杂剂的三线态/单线态激子与位于邻近处的空穴(或电子)一极化子的相互作用,激子猝灭。

[0057] 有机化合物可以在发光过程中将激子能量转移到掺杂剂而没有能量损失,因此它

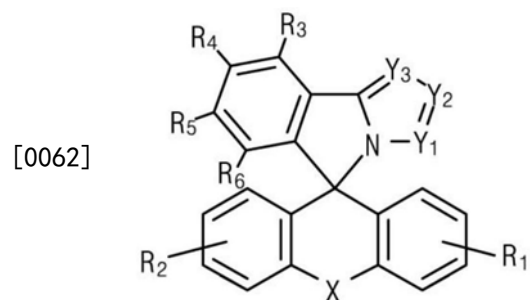
可以实现非常高的发光效率。作为示例,当EML包括作为主体的有机化合物和掺杂剂例如延迟荧光材料和/或具有窄FWHM(半高全宽)的荧光材料时,OLED可以提高其颜色纯度并降低其在发光波长下的驱动电压和功耗。随着驱动电压降低,对OLED而言存在更小的应力,OLED可以提高其发光效率并延长其发光寿命。换句话说,EML包括作为主体的有机化合物、具有延迟荧光性质的另一种发光材料和任选的第三发光材料作为具有窄的FWHM的荧光材料,可以实现具有优异的发光效率和发光寿命以及提高的颜色纯度的OLED和有机发光装置。

[0058] 此外,有机化合物具有优异的电子亲和力和深的HOMO能级,因此可以在发光单元之间的ETL、HBL和N-CGL中的至少一种中使用有机化合物。

[0059] 在一个示例性方面中,具有化学式1的结构有机化合物可以具有但不限于:等于或大于约3.2eV的激发单线态能级 S_1 和等于或大于约2.8eV的激发三线态能级 T_1 。此外,有机化合物可以具有但不限于:在约-5.3eV和约-6.3eV之间、优选地在约-5.7eV和约-6.1eV之间的HOMO能级;在约-2.0eV和约-3.0eV之间、优选地在约-2.1eV和约-2.8eV之间的LUMO能级;以及在约3.0eV和约4.5eV之间、优选地在约3.4eV和约4.0eV之间的在HOMO能级和LUMO能级之间的能级带隙。

[0060] 在一个示例性方面中,有机化合物可以具有一个或两个与螺环部分连接的杂芳族基团。这样的有机化合物可以具有以下化学式2的结构:

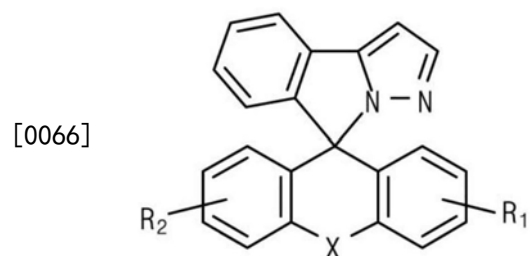
[0061] [化学式2]



[0063] 在化学式2中, R_1 至 R_6 、X和 Y_1 至 Y_3 中的每一个均与化学式1中定义的相同。

[0064] 在另一个示例性方面中,与螺环部分的吡啶部分稠合的5元环可以具有吡唑结构。在这种情况下,通过螺环结构连接至螺环部分的咕吨或噻吨环的稠合杂芳环可以形成异吡啶-吡唑环。这样的有机化合物可以具有以下化学式3的结构:

[0065] [化学式3]



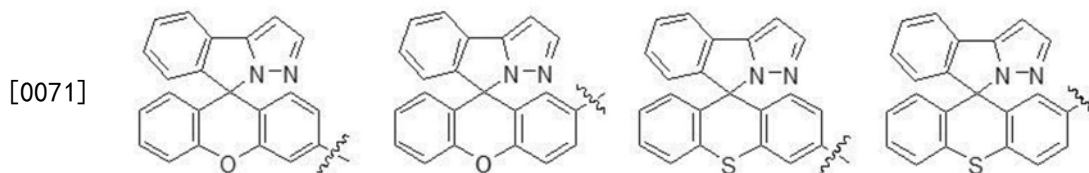
[0067] 在化学式3中, R_1 、 R_2 和X中的每一个与化学式1中定义的相同。

[0068] 具有化学式3的结构有机化合物的螺环部分包含异吡啶-吡唑环,因此允许分子改善其n型性质。另外,有机化合物包含具有p型性质的稠合杂芳族部分,因此有机化合物具有双极性性质。螺环部分中的碳原子包括 sp^3 或 sp^2 杂化轨道,这使得有机化合物能够具有优异的热稳定性和高激发三线态能级。由于有机化合物在HOMO能级和LUMO能级之间具有宽的

能级带隙并且具有相对深的HOMO能级,因此它可以被用作EML中的主体或者ETL、HBL和N-CGL中的至少一者中的电荷转移或控制材料。作为示例,当将具有化学式2和3的结构有机化合物与掺杂剂一起使用时,激子能量可被有效地转移至掺杂剂,而在发光过程中没有任何能量损失。

[0069] 在一个示例性方面中,化学式1至3中的 R_1 可以是杂芳族基团。在这种情况下,包含X的螺环部分可以包括具有以下化学式4的结构任一者:

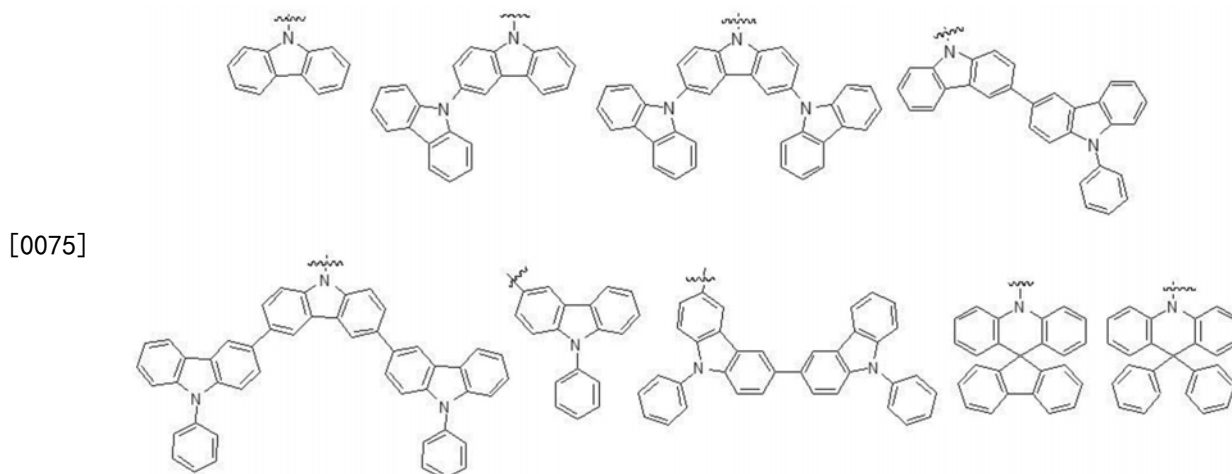
[0070] [化学式4]



[0072] 在化学式4中,波浪部分表示与 R_1 的连接位点。

[0073] 在另一个示例性方面中,稠合的杂芳族部分可以具有一至三个未经取代或经取代的咪唑基部分和/或吡啶基部分。在这种情况下, R_1 作为稠合的杂芳族部分可以包括具有以下化学式5的结构中的任一者:

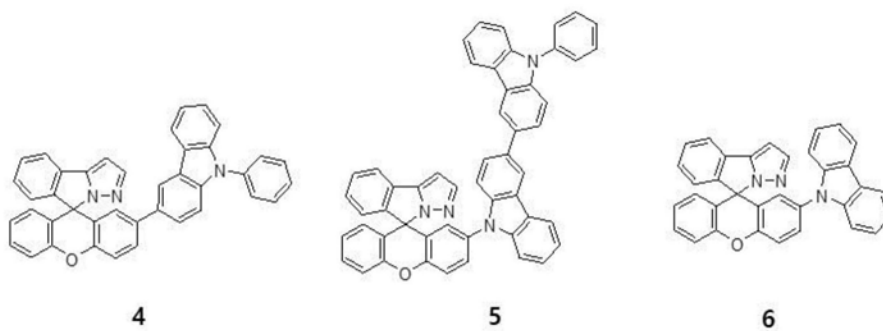
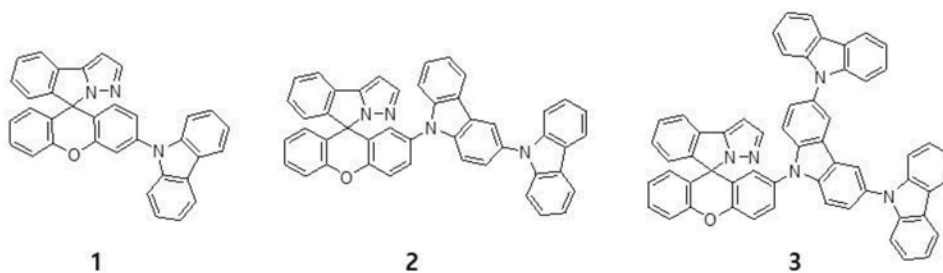
[0074] [化学式5]



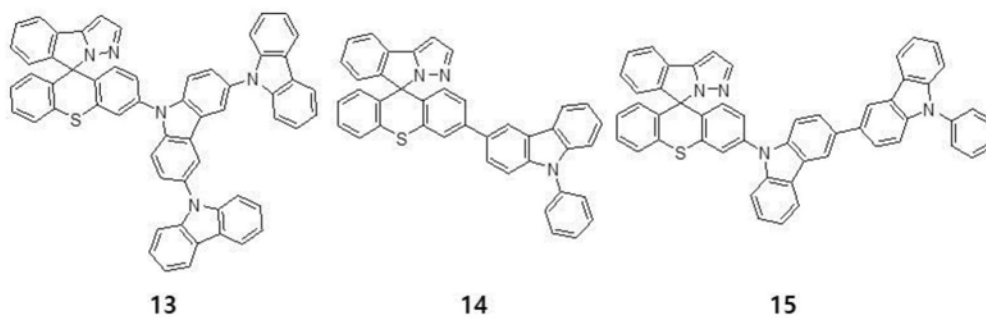
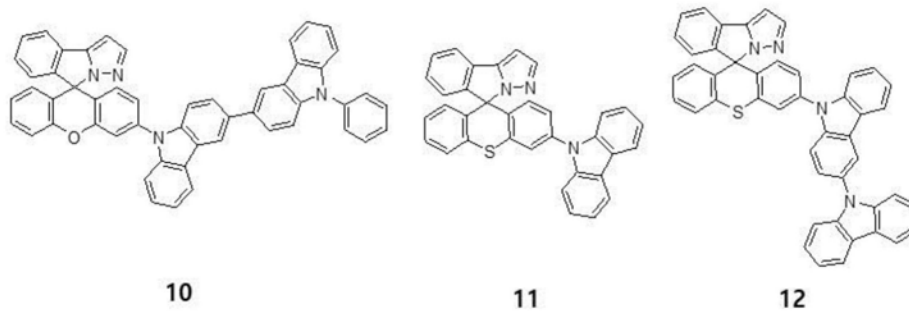
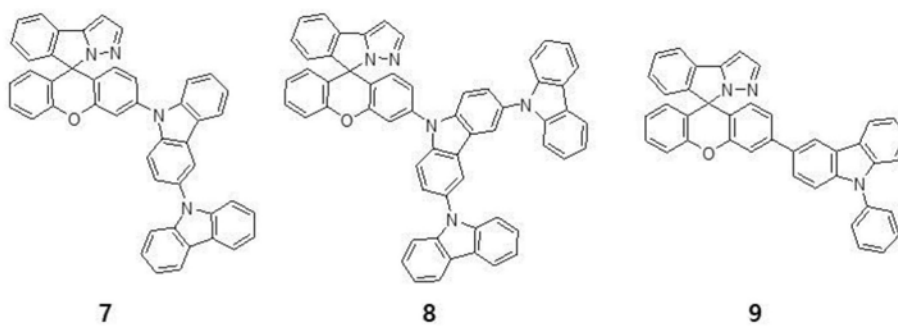
[0076] 在化学式5中,波浪部分表示与包括X的螺环部分的连接位点。

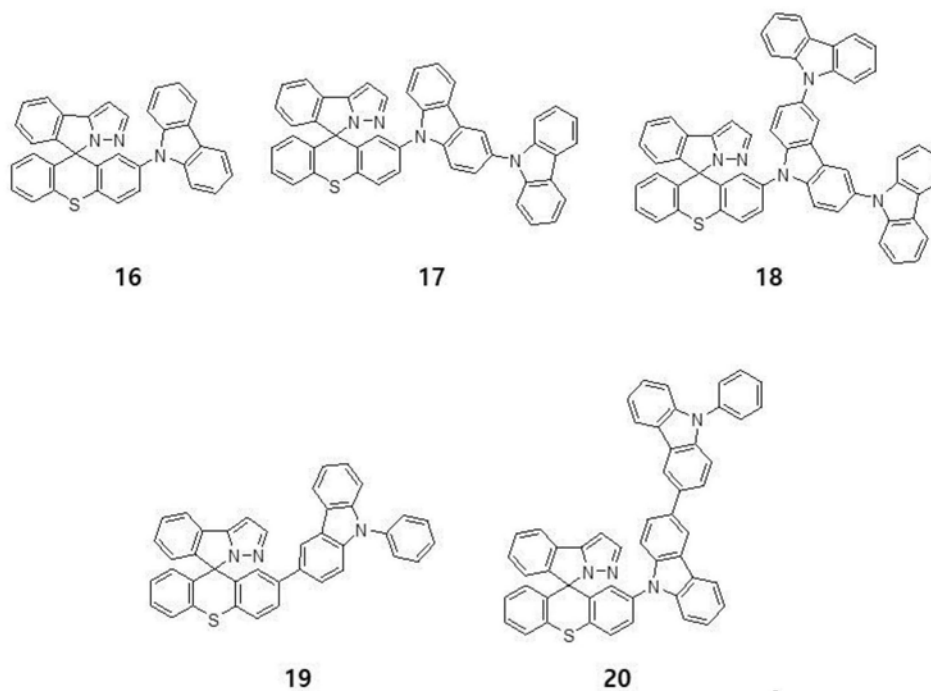
[0077] 更具体地,具有化学式1至3的结构有机化合物可以包括具有以下化学式6的结构任一者:

[0078] [化学式6]



[0079]





[0080]

[0081] [有机发光装置和OLED]

[0082] 具有化学式1至3和化学式6的结构有机化合物具有优异的热稳定性和增强的发光性能。通过将有机化合物应用至OLED的发光层中,可以实现降低其驱动电压并提高其发光效率的OLED和有机发光装置。本公开的OLED可以应用于诸如有机发光显示装置或有机发光照明装置的有机发光装置。将说明包括OLED的有机发光显示装置。图1是本公开的有机发光显示装置的示意性截面视图。

[0083] 如图1所示,有机发光显示装置100包括基板110、在基板110上的薄膜晶体管Tr以及连接至该薄膜晶体管Tr的有机发光二极管(OLED)D。

[0084] 基板110可以包括但不限于玻璃、薄的柔性材料和/或聚合物塑料。例如,柔性材料可以选自但不限于聚酰亚胺(PI)、聚醚砜(PES)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚碳酸酯(PC)及其组合。在其上布置有薄膜晶体管Tr和OLED D的基板110形成阵列基板。

[0085] 缓冲层122可以被设置在基板110上方,并且薄膜晶体管Tr被设置在缓冲层122上方。可以省略缓冲层122。

[0086] 半导体层120被设置在缓冲层122上方。在一个示例性方面中,半导体层120可以包括但不限于氧化物半导体材料。在这种情况下,可以在半导体层120下方设置遮光图案,并且该遮光图案可以防止光朝向半导体层120入射,从而防止半导体层120由于光而劣化。可替代地,半导体层120可以包括但不限于多晶硅。在这种情况下,半导体层120的相对边缘可以掺杂有杂质。

[0087] 由绝缘材料形成的栅极绝缘层124被设置在半导体层120上。栅极绝缘层124可以包括但不限于无机绝缘材料,例如硅氧化物(SiO_x)或硅氮化物(SiN_x)。

[0088] 由诸如金属的导电材料制成的栅电极130被设置在栅极绝缘层124上方,以对应于半导体层120的中心。虽然栅极绝缘层124在图1中被设置在基板110的整个区域上方,栅极绝缘层124可以与栅电极130相同地被图案化。

[0089] 由绝缘材料形成的层间绝缘层132被设置在栅电极130上,并覆盖在基板110的整个表面上。层间绝缘层132可以包括但不限于诸如硅氧化物(SiO_x)或硅氮化物(SiN_x)的无机绝缘材料或者诸如苯并环丁烯或光-亚克力的有机绝缘材料。

[0090] 层间绝缘层132具有暴露半导体层120的两侧的第一半导体层接触孔134和第二半导体层接触孔136。第一半导体层接触孔134和第二半导体层接触孔136被设置在栅电极130的相反侧上,与栅电极130间隔开。第一半导体层接触孔134和第二半导体层接触孔136在图1中形成在栅极绝缘层124内。可替代地,当栅极绝缘层124与栅电极130相同地被图案化时,仅在层间绝缘层132内形成第一半导体层接触孔134和第二半导体层接触孔136。

[0091] 由诸如金属的导电材料形成的源电极144和漏电极146被设置在层间绝缘层132上。源电极144和漏电极146相对于栅电极130彼此间隔开,并且源电极144和漏电极146分别通过第一半导体层接触孔134和第二半导体层接触孔136接触半导体层120的两侧。

[0092] 半导体层120、栅电极130、源电极144和漏电极146构成充当驱动元件的薄膜晶体管Tr。图1中的薄膜晶体管Tr具有如下共面结构,在该共面结构中,栅电极130、源电极144和漏电极146被设置在半导体层120上方。可替代地,薄膜晶体管Tr可以具有反交错结构,在该反交错结构中,栅电极被设置在半导体层下方,并且源电极和漏电极被设置在半导体层上方。在这种情况下,半导体层可以包括非晶硅。

[0093] 还可以在图1的像素区域中形成彼此交叉以限定像素区域的栅极线 and 数据线,以及连接至栅极线和数据线的开关元件。开关元件连接至作为驱动元件的薄膜晶体管Tr。此外,电源线与栅极线或数据线平行地间隔开,并且薄膜晶体管Tr还可以包括存储电容器,该存储电容器被配置成恒定地保持栅电极的电压持续一帧。

[0094] 另外,有机发光显示装置100可以包括滤色器,该滤色器包括用于透射从OLED D发射的特定波长的光的染料或颜料。例如,滤色器可以透射诸如红色(R)、绿色(G)、蓝色(B)和/或白色(W)的特定波长的光。红色、绿色和蓝色的滤色器中的每一者可以分别形成在每个像素区域中。在这种情况下,有机发光显示装置100可以通过滤色器实现全色。

[0095] 例如,当有机发光显示装置100是底部发光型时,滤色器可以与OLED D相对应地设置在层间绝缘层132上。可替代地,当有机发光显示装置100是顶部发光型时,滤色器可以被设置在OLED D上方,即,第二电极230上方。

[0096] 钝化层150被设置在整个基板110上方的源电极144和漏电极146上。钝化层150具有平坦的顶表面和漏极接触孔152,该漏极接触孔152暴露薄膜晶体管Tr的漏电极146。虽然漏极接触孔152被设置在第二半导体层接触孔136上,但是它可以与第二半导体层接触孔136间隔开。

[0097] OLED D包括第一电极210,该第一电极210被设置在钝化层150上并连接至薄膜晶体管Tr的漏电极146。OLED D还包括发光层220和第二电极230,该发光层220包括至少一个发光单元,发光层220和第二电极230中的每一个依次被设置在第一电极210上。

[0098] 第一电极210被设置在每个像素区域中。第一电极210可以是阳极并且包括具有相对高的功函数值的导电材料。例如,第一电极210可以包括但不限于透明导电材料,例如氧化铟锡(ITO)、氧化铟锌(IZO)、氧化铟锡锌(ITZO)、氧化锡(SnO)、氧化锌(ZnO)、氧化铟铋(ICO)、掺杂铝的氧化锌(AZO)等。

[0099] 在一个示例性方面中,当有机发光显示装置100是顶部发光型时,反射电极或反射

层可以被设置在第一电极210下方。例如,反射电极或反射层可以包括但不限于铝铍铜(APC)合金。

[0100] 另外,在钝化层150上设置有堤层160以覆盖第一电极210的边缘。堤层160暴露第一电极210的中心。

[0101] 发光层220被设置在第一电极210上。在一个示例性方面中,发光层220可以具有发光材料层(EML)的单层结构。可替代地,发光层220可以具有空穴注入层(HIL)、空穴传输层(HTL)、电子阻挡层(EBL)、EML、空穴阻挡层(HBL)、电子传输层(ETL)和/或电子注入层(EIL)的多层结构(参见图2、图7、图9、图11和图13)。在一方面中,OLED D可以具有一个发光单元。可替代地,OLED D可以具有多个发光单元以形成串联结构。

[0102] 发光层220包括具有化学式1至3和化学式6的结构任一者。作为示例,具有化学式1至3和化学式6的结构的有机化合物可以被应用至EML中的主体中或者可以被应用至ETL、HBL和N-CGL中。

[0103] 第二电极230被设置在基板110上方,在基板110上方设置有发光层220。第二电极230可以被设置在显示区域上方,并且可以包括与第一电极210相比具有相对较低的功函数值的导电材料。第二电极230可以是阴极。例如,第二电极230可以包括但不限于铝(Al)、镁(Mg)、钙(Ca)、银(Ag)、其合金或其组合例如铝镁合金(Al-Mg)。

[0104] 另外,封装膜170可以被设置在第二电极230上方,以防止外部湿气渗透到OLED D中。封装膜170可以具有但不限于第一无机绝缘膜172、有机绝缘膜174和第二无机绝缘膜176的层叠结构。

[0105] 此外,偏光器可以被附接至封装膜170以减少外部光反射。例如,偏光器可以是圆偏光器。另外,盖窗可以附接到封装膜170或偏光器。在这种情况下,基板110和盖窗可以具有柔性特性,因此有机发光显示装置100可以是柔性显示装置。

[0106] 如上所述,OLED D在发光层220中包括具有化学式1至3和化学式6的结构任一者。有机化合物具有优异的热稳定性和发光性能,因此OLED D可以提高其发光效率,降低其驱动电压和功耗,并且可以通过将有机化合物应用到OLED D中来增加其发光寿命。

[0107] 现在,我们将更详细地描述OLED。图2是示出根据本公开的一个示例性方面的OLED的示意性截面视图。如图2所示,OLED D1包括面向彼此的第一电极210和第二电极230,在第一电极210和第二电极230之间设置有单个发光单元的发光层220。在一个示例性方面中,发光层220包括被设置在第一电极210和第二电极230之间的EML 240。此外,发光层220还包括:在第一电极210和EML 240之间依次层叠的HIL 250和HTL 260以及在EML 240和第二电极230之间依次层叠的ETL 270和EIL 280。

[0108] 可替代地,发光层220还可以包括第一激子阻挡层即被布置在HTL 260和EML 240之间的EBL 265,和/或第二激子阻挡层即被布置在EML 240和ETL 270之间的HBL 275。

[0109] 第一电极210可以是提供空穴至EML 240中的阳极。第一电极210可以包括但不限于具有相对高的功函数值的导电材料,例如透明导电氧化物(TCO)。在一个示例性方面中,第一电极210可以包括但不限于ITO、IZO、ITZO、SnO、ZnO、ICO、AZO等。

[0110] 第二电极230可以是提供电子至EML 240中的阴极。第二电极230可以包括但不限于具有相对低的功函数值的导电材料,即高反射材料,例如Al、Mg、Ca、Ag、其合金、其组合等。例如,第一电极210和第二电极230中的每一个可以具有但不限于约30nm至约300nm的厚

度。

[0111] HIL250设置在第一电极210与HTL 260之间并且改善无机的第一电极210与有机的HTL 260之间的界面特性。在一个示例性方面中,HIL 250可以包含但不限于4,4',4''-三(3-甲基苯基氨基)三苯胺(MTDATA)、4,4',4''-三(N,N-二苯基-氨基)三苯胺(NATA)、4,4',4''-三(N-(萘-1-基)-N-苯基-氨基)三苯胺(1T-NATA)、4,4',4''-三(N-(萘-2-基)-N-苯基-氨基)三苯胺(2T-NATA)、铜酞菁(CuPc)、三(4-咔唑基-9-基-苯基)胺(TCTA)、N,N'-二苯基-N,N'-双(1-萘基)-1,1'-联苯基-4,4''-二胺(NPB;NPD)、1,4,5,8,9,11-六氮杂苯并菲六腈(二吡嗪并[2,3-f:2'3'-h]喹啉-2,3,6,7,10,11-六腈;HAT-CN)、1,3,5-三[4-(二苯基氨基)苯基]苯(TDAPB)、聚(3,4-乙烯二氧噻吩)聚苯乙烯磺酸(PEDOT/PSS)和/或N-(联苯基-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺。可以根据OLED D1的结构省去HIL 250。

[0112] HTL 260在第一电极210与EML 240之间与EML 240相邻设置。在一个示例性方面中,HTL260可以包含但不限于N,N'-二苯基-N,N'-双(3-甲基苯基)-1,1'-联苯基-4,4'-二胺(TPD)、NPB、4,4'-双(N-咔唑基)-1,1'-联苯(CBP)、聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)-联苯胺](聚-TPD)、聚[(9,9-二辛基芴基-2,7-二基)-共聚-(4,4'-(N-(4-仲丁基苯基)二苯基胺))] (TFB)、二-[4-(N,N-二-对甲苯基-氨基)-苯基]环己烷(TAPC)、N-(联苯基-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺和/或N-(联苯基-4-基)-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)联苯基-4-胺。

[0113] 在一个示例性方面中,HIL 250和HTL 260中的每一个可以具有但不限于约5nm至约200nm的厚度,优选约5nm至约100nm的厚度。

[0114] 在第一方面中,EML 240可以包括第一化合物和第二化合物。例如,第一化合物可以是(第一)主体,第二化合物可以是掺杂剂,例如荧光材料、磷光材料和延迟荧光材料。在下文中,将说明第二化合物是延迟荧光材料的EML 240。作为示例,可以使用具有化学式1至3和化学式6的结构有机化合物作为主体。例如,EML 240可以发射红色(R)、绿色(G)或蓝色(B)的光。

[0115] ETL 270和EIL 280可以依次层叠在EML 240和第二电极230之间。ETL 270包括具有高电子迁移率的材料,以通过快速电子传输而稳定地向EML 240提供电子。

[0116] 在一个示例性方面中,ETL 270可以包含但不限于基于**噻**二唑的化合物、基于三唑的化合物、基于菲咯啉的化合物、基于苯并**噻**唑的化合物、基于苯并噻唑的化合物、基于苯并咪唑的化合物、基于三嗪的化合物等。

[0117] 作为示例,ETL270可以包含但不限于三-(8-羟基喹啉铝)(Alq₃)、2-联苯基-4-基-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-**噻**二唑(PBD)、螺-PBD、喹啉锂(Liq)、1,3,5-三(N-苯基苯并咪唑-2-基)苯(TPBi)、双(2-甲基-8-羟基喹啉-N1,08)-(1,1'-联苯基-4-羟基)铝(BAlq)、4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(Bphen)、2,9-双(萘-2-基)4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(NBphen)、2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-菲咯啉(BCP)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-叔丁基苯基-1,2,4-三唑(TAZ)、4-(萘-1-基)-3,5-二苯基-4H-1,2,4-三唑(NTAZ)、1,3,5-三(对吡啶-3-基-苯基)苯(TpPyPB)、2,4,6-三(3'-(吡啶-3-基)联苯基-3-基)1,3,5-三嗪(TmPPPyTz)、聚[9,9-双(3'-(N,N-二甲基)-N-乙基铵)-丙基]-2,7-芴]-交替-2,7-(9,9-二辛基芴)](PFNBr)、三

(苯基喹喔啉) (TPQ) 和/或二苯基-4-三苯基甲硅烷基-苯基氧化膦 (TSP01)。

[0118] 在另一个示例性方面中,ETL 270可以包括具有化学式1至3和化学式6的结构任何化合物。有机化合物具有优异的电子亲和力。在这种情况下,ETL 270可以仅包括具有化学式1至3和化学式6的结构的有机化合物,或者可以包括混合或掺杂有所述有机化合物的上述电子传输材料。

[0119] EIL 280被设置在第二电极230和ETL 270之间,并且可以改善第二电极230的物理性质,因此可以提高OLED D1的寿命。在一个示例性方面中,EIL 280可以包括但不限于诸如LiF、CsF、NaF、BaF₂等的碱金属卤化物和/或诸如喹啉锂、苯甲酸锂、硬脂酸钠等的有机金属化合物。例如,ETL 270和EIL 280中的每一个可以具有但不限于约10nm至约200nm的厚度,优选约10nm至约100nm的厚度。

[0120] 当空穴经由EML 240被转移到第二电极230以及/或者电子经由EML240被转移到第一电极210时,OLED D1可能具有短的寿命和降低的发光效率。为了防止这些现象,根据本公开的该方面的OLED D1可以具有与EML 240相邻的至少一个激子阻挡层。

[0121] 例如,示例性方面的OLED D1包括在HTL 260与EML 240之间的EBL 265以便控制和防止电子转移。在一个示例性方面中,EBL265可以包含但不限于TCTA、三[4-(二乙基氨基)苯基]胺、N-(联苯基-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺、TAPC、MTDATA、1,3-双(咔唑-9-基)苯(mCP)、3,3'-双(N-咔唑基)-1,1'-联苯基(mCBP)、CuPc、N,N'-双[4-(双(3-甲基苯基)氨基)苯基]-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯基]-4,4'-二胺(DNTPD)、TDAPB、3,5-二(9H-咔唑-9-基)-N,N'-二苯基胺(DCDPA)和/或2,8-双(9-苯基-9H-咔唑-3-基)二苯并[b,d]噻吩。

[0122] 此外,OLED D1还可以包括HBL 275作为在EML 240与ETL 270之间的第二激子阻挡层,使得空穴无法从EML 240转移至ETL 270。在一个示例性方面中,HBL 275可以包含但不限于基于**噻**二唑的化合物、基于三唑的化合物、基于菲咯啉的化合物、基于苯并**噻**唑的化合物、基于苯并噻唑的化合物、基于苯并咪唑的化合物、和基于三嗪的化合物,其每一者可以用于ETL 270中

[0123] 例如,HBL275可以包含与EML 240中的发光材料相比具有相对低的HOMO能级的化合物。HBL 275可以包含但不限于mCBP、BCP、BA1q、Alq₃、PBD、螺-PBD、Li₂q、双-4,5-(3,5-二-3-吡啶基苯基)-2-甲基嘧啶(B3PYMPM)、DPEPO、9-(6-(9H-咔唑-9-基)吡啶-3-基)-9H-3,9'-联咔唑、TSP01及其组合。

[0124] 在另一个示例性方面中,HBL 275可以包括具有化学式1至3和化学式6的结构任一者。有机化合物具有深的HOMO能级,用于阻挡空穴。在这种情况下,HBL 275可以仅包括具有化学式1至3和化学式6的结构的有机化合物,或者可以包括混合或掺杂有所述有机化合物的上述空穴阻挡材料。

[0125] 如上所述,在第一方面中的EML 240包括第一化合物和第二化合物,所述第一化合物是具有化学式1至3和化学式6的结构任一者,所述第二化合物可以具有延迟荧光性质。

[0126] 在现有技术中,EML 240使用了具有优异的空穴亲和力的p型主体。如图3中示意性地所示,当p型主体被应用在EML 240中时,由于p型主体相对于电子与空穴更亲和,因此在EML 240和HBL 275之间的界面处形成了空穴和电子之间的复合区。在这种情况下,被注入到EML 240中的电荷中的一些无法与相反的电荷复合而被猝灭从而不参与发光过程,因此,

发光效率劣化。

[0127] 相反,具有化学式1至3和化学式6的结构有机化合物是双极性化合物,其包括具有n型性质的螺环部分和具有p型性质的杂芳族基团。如图4所示,当该有机化合物被施加到EML 240中的主体中时,空穴和电子之间的复合区均匀地分布在EML 240的包括EML 240和EBL 265之间的界面在内的整个区域中。换句话说,当将有机化合物施加到EML 240中时,被注入到EML 240中的大多数空穴和电子复合而不会猝灭,因此OLED D1可以使其发光效率最大化。另外,当具有延迟荧光性质的第二化合物被应用到EML 240中时,OLED D1可以进一步提高其发光效率和发光寿命并降低其驱动电压。

[0128] 在OLED中,从阳极注入的空穴和从阴极注入的电子在EML中复合而形成激发态的激子,然后在激子转移至稳定的基态时发光。可以通过以下等式来计算OLED的外部量子效率(EQE, η_{ext}):

$$[0129] \quad \eta_{\text{ext}} = \eta_{\text{S/T}} \times \Gamma \times \Phi \times \eta_{\text{输出耦合}}$$

[0130] 其中, $\eta_{\text{S/T}}$ 是单线态/三线态比率; Γ 是电荷平衡因子; Φ 是辐射效率;以及 $\eta_{\text{输出耦合}}$ 是输出耦合效率。

[0131] 当空穴和电子相遇而形成激子时,理论上会以1:3的比率生成具有成对自旋态的单线态激子和具有不成对自旋态的三线态激子。由于在荧光材料中仅单线态激子参与发光并且其余的75%三线态激子不能参与发光,因此在常规荧光材料中从激子到光的转变比是0.25。因此,当将在上式中定义的所有四个因素考虑在内时,使用常规荧光材料的OLED的最大发光效率仅为约5%。

[0132] 另一方面,磷光材料具有将单线态激子和三线态激子二者都转换为光的发光机理。磷光材料通过系间窜越(ISC)将单线态激子转换为三线态激子。因此,当使用利用单线态激子和三线态激子二者的磷光材料时,可以改善荧光材料的低发光效率。然而,蓝色磷光材料具有太低的颜色纯度和太短的寿命而不能应用于商业显示装置。因此,有必要改善磷光材料的缺点和蓝色发光材料的低发光效率。

[0133] 近来,已经开发了可以解决常规技术的荧光和/或磷光材料所伴随的问题的延迟荧光材料。代表性的延迟荧光材料是热活化延迟荧光(TADF)材料。由于延迟荧光材料通常在其分子结构内具有电子给体部分和电子受体部分二者,因此其可以被转换为分子内电荷转移(ICT)状态。在使用延迟荧光材料作为掺杂剂的情况下,与常规的荧光材料不同,可以在发光过程期间使用单线态能量和三线态能量二者。

[0134] 将参照图5来说明延迟荧光材料的发光机理,图5是示出EML中的延迟荧光材料的发光机理的示意图。如图5所示,延迟荧光材料TD中的单线态能级 S_1^{TD} 的激子以及三线态能级 T_1^{TD} 的激子可以被转移到中间能级状态,即ICT状态,然后中间状态的激子可以被转变到基态($S_0^{\text{TD}}; S_1^{\text{TD}} \rightarrow \text{ICT} \leftarrow T_1^{\text{TD}}$)。由于延迟荧光材料TD中的单线态能级 S_1^{TD} 的激子以及三线态能级 T_1^{TD} 的激子参与了发光过程,因此延迟荧光材料TD可以提高其发光效率。

[0135] 由于HOMO和LUMO二者均广泛地分布在普通荧光材料内的整个分子上,因此不可能在普通荧光材料内的单线态能级和三线态能级之间互换激子能量(选择规则)。相反,由于可以被转换成ICT状态的延迟荧光材料TD在HOMO和LUMO之间几乎没有轨道重叠,因此HOMO状态和LUMO状态之间几乎没有相互作用。因此,电子的自旋状态的变化对其他电子没有影响,并且在延迟荧光材料内形成了不遵循选择规则的新的电荷转移带(CT带)。

[0136] 换句话说,由于延迟荧光材料TD具有在分子内与电子给体部分间隔开的电子受体部分,因此它可以在分子内具有大的偶极矩的极化状态存在。由于在偶极矩被极化的状态下HOMO和LUMO之间的相互作用变小,因此三线态激子和单线态激子可以被转换为ICT状态。换句话说,ICT配合物可以被激发到CT状态,在CT状态下,单线态激子和三线态激子可以相互转换,因此三线态激子和单线态激子可以参与发光过程。在驱动包括延迟荧光材料TD的OLED的情况下,通过热或电场将25%的单线态激子和75%的三线态激子都转换为ICT状态,然后转换后的激子落至基态 S_0 而发光。因此,理论上延迟荧光材料TD可以具有100%的内量子效率。

[0137] 延迟荧光材料TD在激发单线态能级 S_1^{TD} 和激发三线态能级 T_1^{TD} 之间必须具有等于或小于约0.3eV、例如约0.05eV至约0.3eV的能级带隙 ΔE_{ST}^{TD} ,从而使得激发单线态能级 S_1^{TD} 和激发三线态能级 T_1^{TD} 二者中的激子能量都可以被转移到ICT状态。单线态能级 S_1^{TD} 和三线态能级 T_1^{TD} 之间的能级带隙小的材料可以显示出普通荧光,在该普通荧光中,单线态能级 S_1^{TD} 的激子可以直接被转移到基态 S_0^{TD} ;以及具有反向系间窜越(RISC)的延迟荧光,在该延迟荧光中,三线态能级 T_1^{TD} 的激子可以被向上转移到单线态能级 S_1^{TD} 的激子,然后从三线态能级 T_1^{TD} 转移的单线态能级 S_1^{TD} 的激子可以被转移到基态 S_0^{TD} 。

[0138] 由于理论上延迟荧光材料TD获得100%的发光效率,因此与常规的磷光材料一样,延迟荧光材料TD可以实现优异的内量子效率。在这种情况下,主体可以在延迟荧光材料处诱导三线态激子参与发光过程,而不会发生猝灭或非辐射复合。为此,应该调节主体和延迟荧光材料之间的能级。

[0139] 图6是通过根据本公开的示例性方面的发光材料之间的能级带隙示出发光机理的示意图。如图6所示,可以作为EML240中的主体的第一化合物(化合物1)的激发单线态能级 S_1^H 和激发三线态能级 T_1^H 分别高于具有延迟荧光性质的第二化合物(化合物2)的激发单线态能级 S_1^{TD} 和激发三线态能级 T_1^{TD} 。作为示例,第一化合物的激发三线态能级 T_1^H 可以比第二化合物的激发三线态能级 T_1^{TD} 高至少约0.2eV;优选地高至少约0.3eV;更优选地高至少约0.5eV。

[0140] 当第一化合物的激发三线态能级 T_1^H 和激发单线态能级 S_1^H 中的每一个不是足够高于第二化合物TD的激发三线态能级 T_1^{TD} 和激发单线态能级 S_1^{TD} 中的每一个时,第二化合物TD的三线态激子能量可以被反向转移到第一化合物的激发三线态能级 T_1^H 。在这种情况下,被反向转移到无法发射三线态激子的第一化合物的三线态激子由于不发光而被猝灭,使得具有延迟荧光性质的第二化合物TD的三线态激子能量无法有助于发光。作为示例,第一化合物具有但不限于:等于或大于约3.2eV的激发单线态能级 S_1^H 和等于或大于约2.9eV的激发三线态能级 T_1^H 。

[0141] 具有延迟荧光性质的第二化合物的在激发单线态能级 S_1^{TD} 和激发三线态能级 T_1^{TD} 之间的能级带隙 ΔE_{ST}^{TD} 可以等于或小于约0.3eV,例如,在约0.05eV和约0.3eV之间(参见图5)。

[0142] 另外,有必要适当地调节第一化合物和第二化合物的HOMO能级和LUMO能级。例如,优选地,第一化合物的HOMO能级($HOMO^H$)和第二化合物的HOMO能级($HOMO^{TD}$)之间的能级带隙($|HOMO^H-HOMO^{TD}|$),或者第一化合物的LUMO能级($LUMO^H$)和第二化合物的LUMO能级($LUMO^{TD}$)之间的能级带隙($|LUMO^H-LUMO^{TD}|$)可以等于或小于约0.5eV,例如,在约0.1eV至约0.5eV之

间。在这种情况下,可以将电荷从作为主体的第一化合物有效地传输到作为延迟荧光材料的第二化合物,从而提高EML 240中的最终发光效率。

[0143] 此外,第一化合物的HOMO能级(HOMO^{H})和LUMO能级(LUMO^{H})之间的能级带隙(Eg^{H})可以大于第二化合物的HOMO能级(HOMO^{TD})和LUMO能级(LUMO^{TD})之间的能级带隙(Eg^{TD})。作为示例,第一化合物的HOMO能级(HOMO^{H})比第二化合物的HOMO能级(HOMO^{TD})更深,而第一化合物的LUMO能级(LUMO^{H})比第二化合物的LUMO能级(LUMO^{TD})更浅。

[0144] 具有化学式1至3和化学式6的结构 of 有机化合物包含作为n型部分的螺环部分和作为p型部分的杂芳族基团。螺环部分中的碳原子包括 sp^3 或 sp^2 杂化轨道,并且具有优异的空穴亲和力的杂芳族基团连接至螺环部分,因此有机化合物具有优异的热稳定性,因此可以防止或最小化在驱动OLED D1时由焦耳热引起的其结晶。当将具有双极性性质的有机化合物作为第一化合物引入EML 240中时,空穴和电子之间的复合区分布在EML 240中的整个区域上。

[0145] 另外,有机化合物具有高的激发单线态能级和激发三线态能级以及宽的能级带隙。有机化合物可以适合用于EML 240中的主体以及ETL 270和HBL 275中的至少一个中的电荷转移或电荷控制层。特别地,当EML 240包括有机化合物和具有延迟荧光性质的第二化合物时,激子能量可以在发光过程中被转移到第二化合物而没有能量损失。

[0146] 换句话说,当具有化学式1至3和化学式6的结构 of 任一者被用作OLED D1的EML 240中的主体时,可以使由于主体激子和相邻极化子之间的相互作用而导致的激子猝灭最小化并且防止由于电氧化和光氧化而引起的发光寿命降低。另外,该有机化合物具有优异的抗热性能、宽的能级带隙和高的激发三线态能级。

[0147] 因此,当具有化学式1至3和化学式6的结构 of 有机化合物被用作EML 240中的主体时,在有机化合物处生成的激子能量可以被有效地转移到作为掺杂剂的第二化合物。可替代地,有机化合物可以被用作ETL 270和/或HBL 275的材料。在将有机化合物施加到发光层220中的情况下,OLED D1可以提高其发光效率。随着对施加到EML 240中的材料的损害减小,可以制造具有长的发光寿命和优异的颜色纯度的OLED。

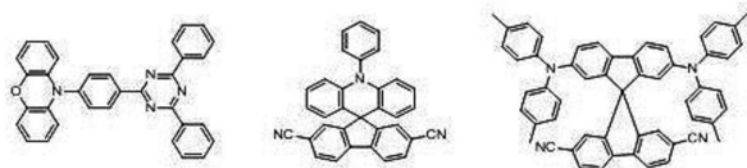
[0148] 在一个示例性方面中,当使用具有化学式1至3和化学式6的结构 of 有机化合物作为第一化合物时,优选地使用相对于第一化合物具有延迟荧光性质和足够的能级的第二化合物。例如,作为第二化合物的延迟荧光材料可以发出蓝色(B)、绿色(G)或红色(R)的光。作为示例,第二化合物可以具有但不限于在约2.7eV和约2.75eV之间的激发单线态能级 S_1^{TD} 以及在约2.4eV和约2.5eV之间的激发三线态能级 T_1^{TD} 以实现可适用于显示装置的发光。

[0149] 例如,具有延迟荧光性质的第二化合物可以具有在约-5.0eV和约-6.0eV之间,优选地在约-5.0eV和约-5.5eV之间的HOMO能级 HOMO^{TD} ;在约-2.5eV和约-3.5eV之间,优选地在约-2.5eV和约-3.0eV之间的LUMO能级 LUMO^{TD} ;以及在约2.2eV和约3.0eV之间,优选地在约2.4eV和约2.8eV之间的HOMO能级和LUMO能级之间的能级带隙 Eg^{TD} 。另一方面,第一化合物(其可以是具有化学式1至3和化学式6的结构 of 有机化合物)可以具有在约-5.3eV和约-6.3eV之间,优选地在约-5.7eV和约-6.1eV之间的HOMO能级 HOMO^{H} ;在约-2.0eV和约-3.0eV之间,优选地在约-2.1eV和约-2.8eV之间的LUMO能级 LUMO^{H} ;以及在约3.0eV和约4.5eV之间,优选地在约3.4eV和约4.0eV之间的HOMO能级和LUMO能级之间的能级带隙 Eg^{H} 。

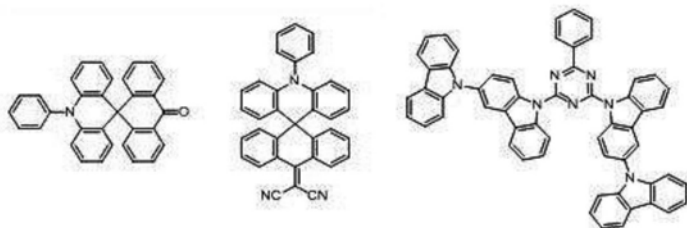
[0150] 根据示例性方面可以被用作EML 240的第二化合物的延迟荧光材料可以具有以下

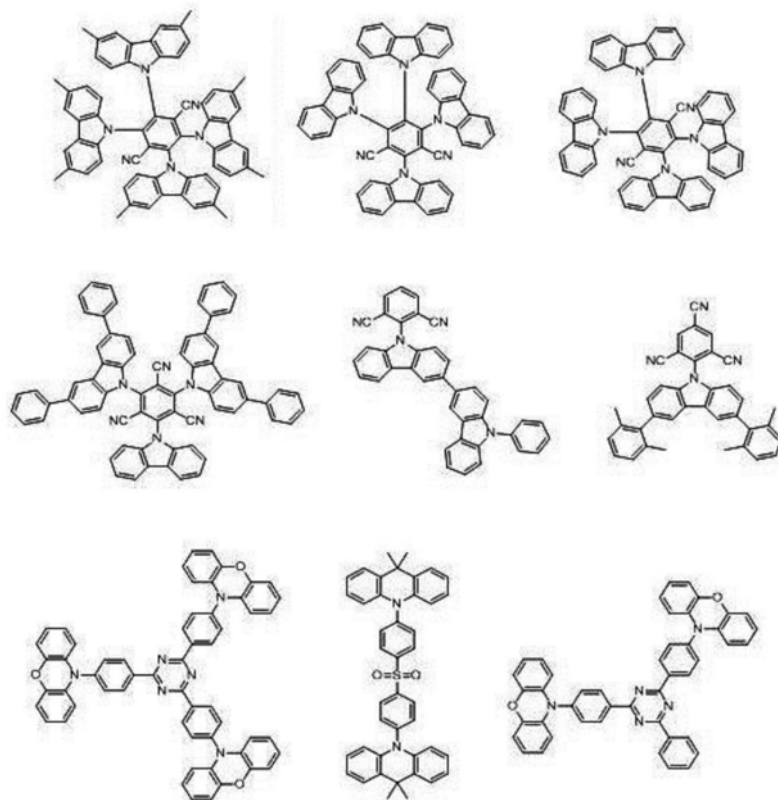
化学式7的结构:

[0151] [化学式7]

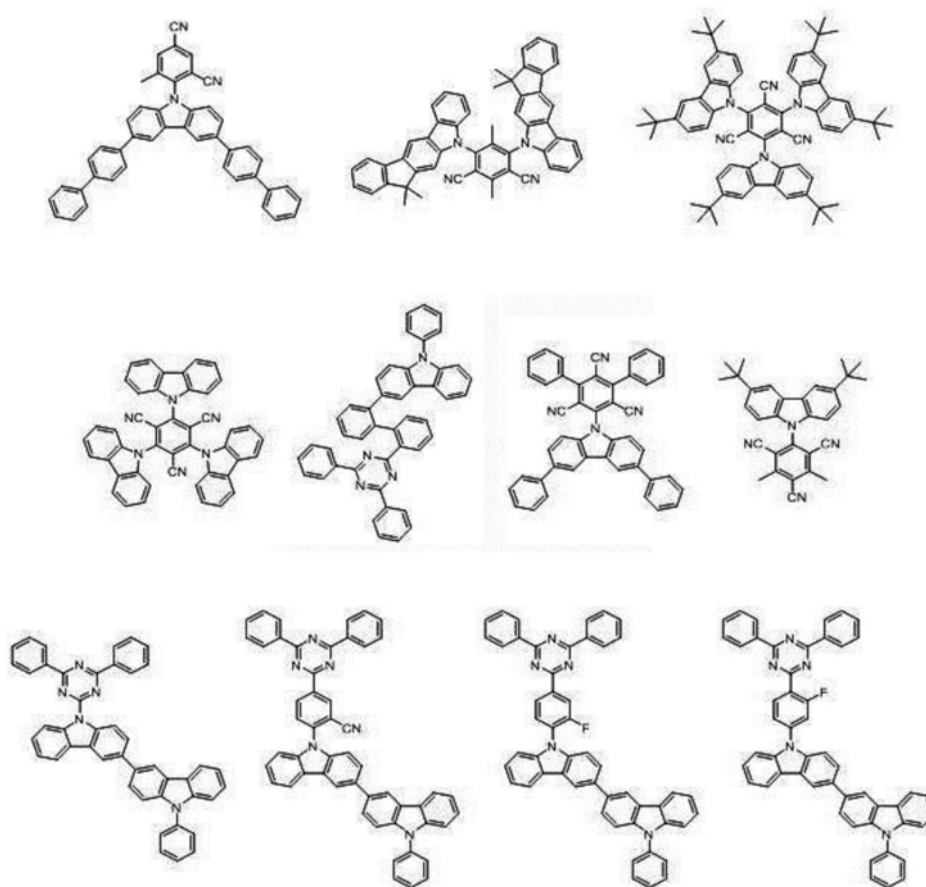


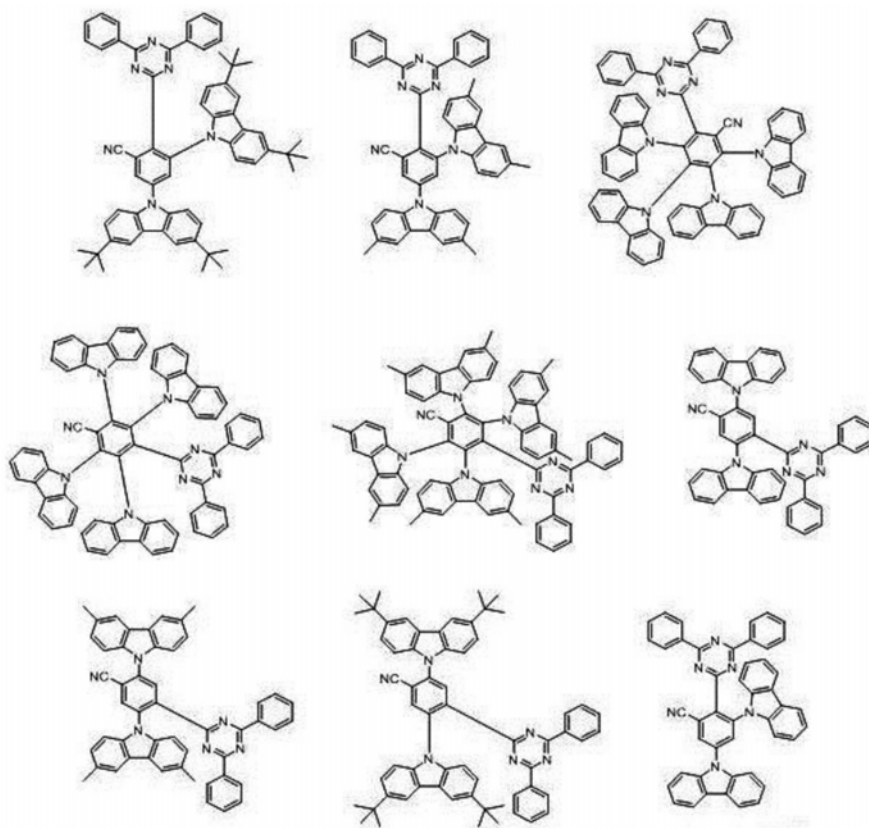
[0152]



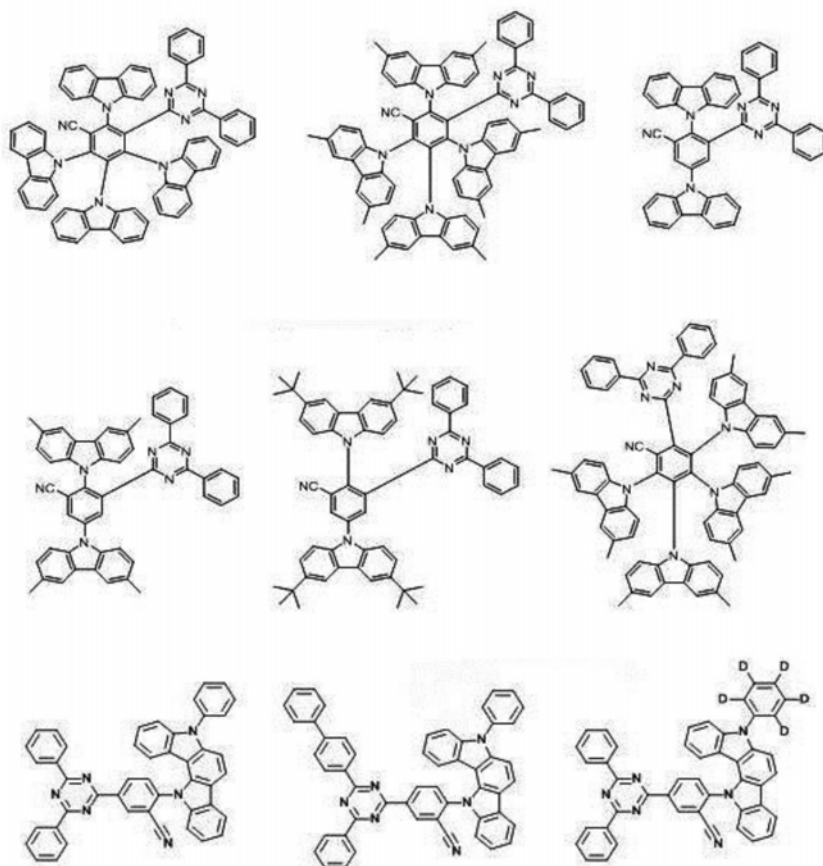


[0153]

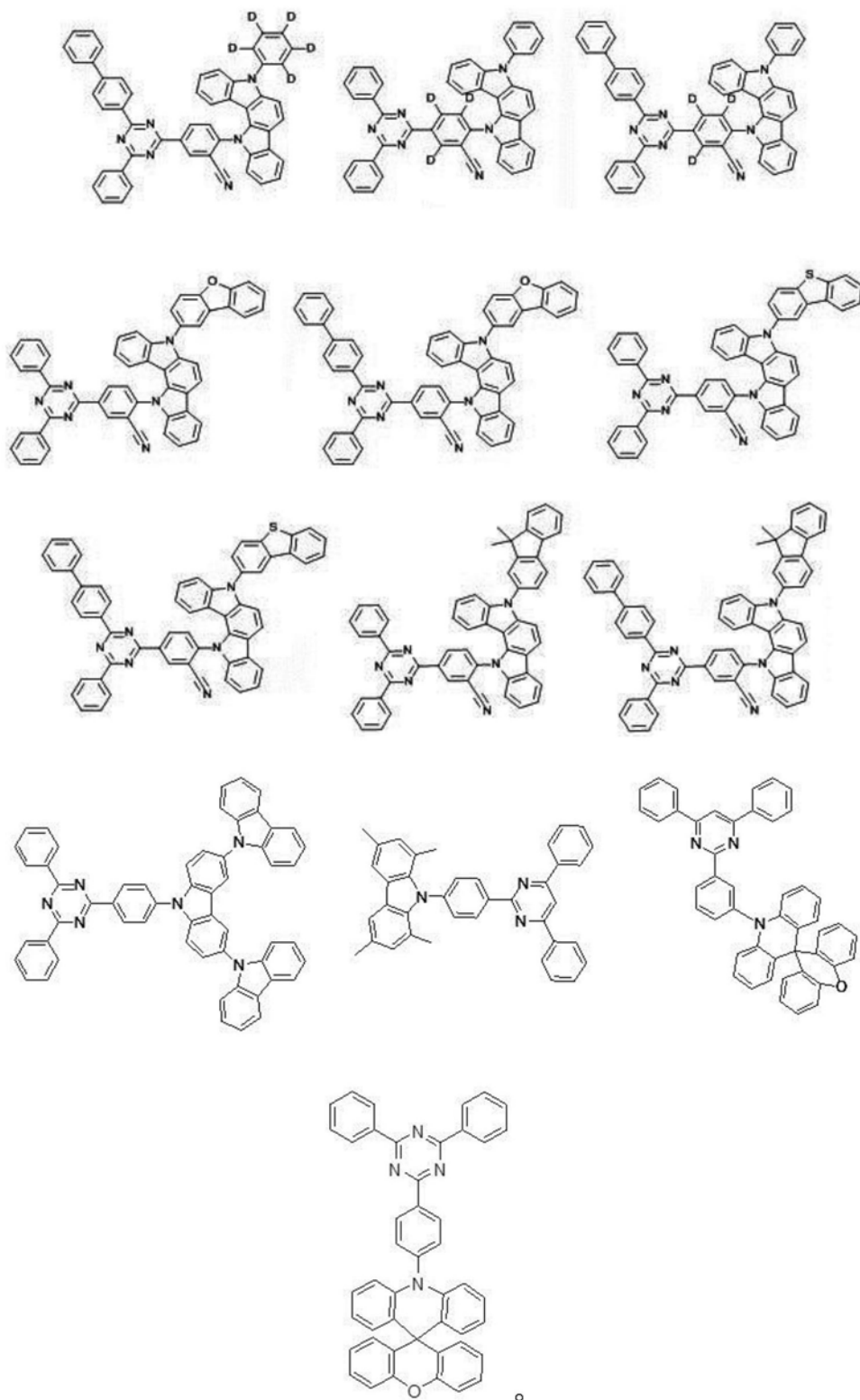




[0154]



[0155]



[0156] 在一个示例性方面中, EML 240中作为发射蓝色的延迟荧光材料的第二化合物可以包括但不限于10-(4-(二苯基磷酰基)苯基)-10H-吩噻嗪(SPXPZO)、10,10'-(4,4'-(苯基磷酰基)双[4,1-亚苯基])双(10H-吩噻嗪)(DPXPZO)、10,10',10''-(4,4',4''-磷酰基三(苯-4,1-二基))三(10H-吩噻嗪)(TPXPZO)、9,9'-(5-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)-1,3-亚苯基)双(9H-咔唑)(DcZTrz)、9,9',9'',9'''-((6-苯基-1,3,5-三嗪-2,4-二基)双(苯-

5,3,1-三基))四(9H-咔唑)(DDczTrz)、2,7-双(9,9-二甲基吡啶-10(9H)-基)-9,9-二甲基-9H-噻吨-10,10-二氧化物(DMTDAc)、9,9'-(4,4'-磺酰基双(4,1-亚苯基))双(3,6-二甲氧基-9H-咔唑)(DMOC-DPS)、10,10'-(4,4'-磺酰基双(4,1-亚苯基))双(9,9-二甲基-9,10-二氢吡啶(DMAC-DPS)、10-(4-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基)-9,9-二甲基-9,10-二氢吡啶(DMAC-TRZ)、10-苯基-10H,10'H-螺[吡啶-9,9'-噻]-10'-酮(ACRSA)、3,6-二苯甲酰基-4,5-二(1-甲基-9-苯基-9H-咔唑基)-2-乙炔基苄腈(Cz-VPN)、9,9',9''-(5-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯-1,2,3-三基)三(9H-咔唑)(TczTrz)、2'-(10H-吩噻嗪-10-基)-[1,1':3',1''-三联苯基]-5'-腈(mPTC)、双(4-(9H-3,9'-联咔唑-9-基)苯基)甲酮(CC2BP)、9'-[4-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-3,3'',6,6''-四苯基-9,3':6',9''-三-9H-咔唑(BDPCC-TPTA)、9'-[4-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9,3':6',9''-三-9H-咔唑(BCC-TPTA)、9-(4-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基)-3',6'-二苯基-9H-3,9'-联咔唑(DPCC-TPTA)、10-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)-10H-吩噻嗪(Phen-TRZ)、9-(4-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基)-9H-咔唑(Cab-Ph-TRZ)、10-(4-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基)-10H-螺[吡啶-9,9'-茚](SpiroAC-TRZ)、4,6-二(9H-咔唑-9-基)间苯二腈(DczIPN)、3CzFCN和2,3,4,6-四(9H-咔唑-9-基)-5-氟苄腈(4CzFCN)。

[0157] 在另一个方面中,EML 240中的作为发射绿色的延迟荧光材料的第二化合物可以包括但不限于5'-(吩噻嗪-10-基)-[1,1':3',1''-三联苯基]-2'-腈(oPTC);2-联苯基-4,6-双(12-苯基吡啶并[2,3-a]咔唑-11-基)-1,3,5-三嗪(PIC-TRZ)、9,9',9''-(5-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯-1,2,3-三基)三(3,6-二甲基-9H-咔唑)(TmCzTrz)、2,5-双(4-(10H-吩噻嗪-10-基)苯基)-1,3,4-噻二唑(2PXZ-OXD)、双(4-(9,9-二甲基吡啶-10(9H)-基)苯基)甲酮(DMAC-BP)、2-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-10,10-二氧化物-9H-噻吨-9-酮(TX0-PhCz)、2,4,5,6-四(9H-咔唑-9-基)间苯二甲腈(4CzIPN)、3,4,5,6-四(9H-咔唑-9-基)间苯二甲腈(4CzPN)、2,3,4,6-四(9H-咔唑-9-基)-5-氟苄腈(4CzFCN)、6,6-(9H,9'H-[3,3'-联咔唑]-9,9'-二基)双(4-(9H-咔唑-9-基)间苯二甲腈(33TczPN)、4,5-双(5H-苯并呋喃并[3,2-c]咔唑-5-基)邻苯二甲腈(BFCz-2CN)、4,5-双(5H-苯并[4,5]噻吩并[3,2-c]咔唑-5-基)邻苯二甲腈(BTCz-2CN)、4,4''-双(9,9-二甲基吡啶-10(9H)-基)-[1,1':2',1''-三联苯基]-4',5'-二甲腈(Ac-VPN)、4,4''-二(10H-吩噻嗪-10-基)-[1,1':2',1''-三联苯基]-4',5'-二甲腈(Px-VPN)、5,5'-(9H,9'H-[3,3'-联咔唑]-9,9'-二基)二间苯二甲腈(35IPNDcz)、2,5'-(9H,9'H-[3,3'-联咔唑]-9,9'-二基)二间苯二甲腈(26IPNDcz)、9,9',9''-(5-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯-1,2,3-三基)-三(9H-咔唑)(TczTrz)和32a1CTRZ。

[0158] 在又一个示例性方面中,EML 240中的作为发射红色的延迟荧光材料的第二化合物可以包括但不限于1,3-双[4-(10H-吩噻嗪-10-基)苯甲酰基]苯(mPx2BBP)、2,3,5,6-四(3,6-二苯基咔唑-9-基)-1,4-二氰基苯(4CzTPN-Ph)、10,10'-(磺酰基双(4,1-亚苯基))双(5-苯基-5,10-二氢吩噻)(PPZ-DPS)、5,10-双(4-(苯并[d]噻唑-2-基)苯基)-5,10-二氢吩噻(DHPZ-2BTZ)、5,10-双(4-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基)-5,10-二氢吩噻(DHPZ-2TRZ)和7,10-双(4-(二苯基氨基)苯基)-2,3-二氰基吡嗪并菲(TPA-DCPP)。

[0159] 当EML 240包括作为主体的第一化合物和作为延迟荧光材料的第二化合物时,EML

240中的第二化合物的含量可以是但不限于约1wt%至约70wt%，优选地约10wt%至约50wt%，更优选地约20wt%至约50wt%。EML 240可以具有但不限于约20nm至约200nm的厚度，优选地约20nm至约100nm的厚度，更优选地约30nm至约50nm的厚度。

[0160] 在以上第一方面中，EML 240仅包括作为主体的第一化合物和作为掺杂剂的第二化合物。与该方面不同，EML可以包括具有不同发光性能的多种掺杂剂。图7是示出根据本公开的另一示例性方面的OLED的示意性截面视图。如图7所示，OLED D2包括第一电极210、面向第一电极210的第二电极230以及被设置在第一电极210和第二电极230之间的发光层220A。具有单个发光单元的发光层220A包括EML 240A。此外，发光层220A包括：HIL 250和HTL 260，HIL 250和HTL 260中的每一个依次被设置在第一电极210和EML 240A之间；以及ETL 270和EIL 280，ETL 270和EIL 280中的每一个依次被设置在EML 240A和第二电极230之间。可替代地，发光层220A还可以包括被设置在HTL 260和EML 240A之间的EBL 265和/或被设置在EML 240A和ETL 270之间的HBL 275。第一电极210和第二电极230以及发光层220A中的除了EML 240A以外的其他层的配置与OLED D1中的相应电极和层基本上相同。

[0161] 在第二方面中，EML 240A包括第一化合物、第二化合物和第三化合物。第一化合物可以是主体，第二化合物可以是延迟荧光材料（第一掺杂剂），第三材料可以是荧光材料（第二掺杂剂）。第一化合物可以包括具有化学式1至3和化学式6的结构的所有有机化合物。当EML 240A还包括作为掺杂剂的荧光材料以及延迟荧光材料时，OLED D2可以通过调节这些发光材料之间的能级来进一步提高其发光效率和颜色纯度。

[0162] 当EML仅包括具有延迟荧光性质的第二化合物作为掺杂剂时，因为理论上该掺杂剂可以表现出100%的内量子效率，因此与包括重金属的现有技术磷光材料一样，EML可以实现高的内量子效率。

[0163] 然而，由于延迟荧光材料内的电子受体与电子供体之间的键形成和构象扭曲，由此引起延迟荧光材料内的另外的电荷转移跃迁（CT跃迁），并且延迟荧光材料具有各种几何结构。因此，延迟荧光材料在发光过程中表现出具有非常宽的FWHM（半高全宽）的发光光谱，这导致差的颜色纯度。此外，延迟荧光材料在发光过程中使其分子结构内的各部分旋转的情况下利用三线态激子能量和单线态激子能量，这导致扭曲的内电荷转移（Twisted Internal Charge Transfer, TICT）。因此，仅包含延迟荧光材料的OLED的发光寿命可能由于延迟荧光材料间的分子结合力减弱而降低。

[0164] 在第二方面，EML 240A还包括可以是荧光或磷光材料的第三化合物，以便防止在仅使用延迟荧光材料作为掺杂剂的情况下降低颜色纯度和发光寿命。如图8中所示，具有延迟荧光性质的第二化合物的三线态激子能量通过RISC机制向上转换为其自身的单线态激子能量，然后第二化合物的转换的单线态激子能量可以通过福斯特共振能量转移（FRET）机制转移到相同的EML 240A中的可以是荧光或磷光材料的第三化合物，以实现超荧光。

[0165] 当EML 240A包括可以是具有化学式1至3和化学式6的结构的所有有机化合物的第一化合物（化合物1）、具有延迟荧光性质的第二化合物（化合物2）以及作为荧光或磷光材料的第三化合物（化合物3）时，有必要适当地调整那些发光材料之间的能级。图8是通过根据本公开的另一示例性方面的发光材料之间的能级带隙示出发光机制的示意图。

[0166] 作为延迟荧光材料的第二化合物TD的激发单线态能级 S_1^{TD} 与激发三线态能级 T_1^{TD} 之间的能级带隙 ΔE_{ST}^{TD} 可以等于或小于约0.3eV，以便实现延迟荧光（见图5）。另外，作为主

体的第一化合物H的激发单线态能级 S_1^H 和激发三线态能级 T_1^H 分别高于作为延迟荧光材料的第二化合物TD的激发单线态能级 S_1^{TD} 和激发三线态能级 T_1^{TD} 。例如,第一化合物H的激发三线态能级 T_1^H 可以比第二化合物TD的激发三线态能级 T_1^{TD} 高至少约0.2eV。

[0167] 此外,第二化合物TD的激发三线态能级 T_1^{TD} 高于作为荧光或磷光材料的第三化合物FD的激发三线态能级 T_1^{FD} 。在一个示例性方面,第二化合物TD的激发单线态能级 S_1^{TD} 可以高于第三化合物FD的激发单线态能级 S_1^{FD} 。

[0168] 另外,作为主体的第一化合物H的HOMO能级($HOMO^H$)与作为延迟荧光化合物的第二化合物TD的HOMO能级($HOMO^{TD}$)之间的能级带隙($|HOMO^H-HOMO^{TD}|$),或者第一化合物H的LUMO能级($LUMO^H$)与第二化合物TD的LUMO能级($LUMO^{TD}$)之间的能级带隙($|LUMO^H-LUMO^{TD}|$)可以等于或小于约0.5eV。

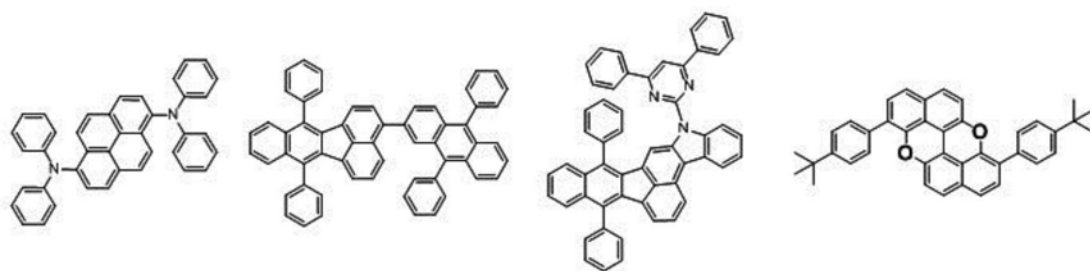
[0169] 例如,可以作为主体的第一化合物H可以包括具有化学式1至3和化学式6的结构任何有机化合物。可以作为延迟荧光材料TD的第二化合物TD可以包括具有化学式7的结构有机化合物。

[0170] 例如,作为发射蓝色的延迟荧光材料的第二化合物TD可以包括SPXZPO、DPXZPO、TPXZPO、DcZTrz、DDczTrz、DMTDAc、DMOC-DPS、DMAC-DPS、DMAC-TRZ、ACRSA、Cz-VPN、TcZTrz、mPTC、CC2BP、BDPCC-TPTA、BCC-TPTA、DPCC-TPTA、Phen-TRZ、Cab-Ph-TRZ、SpiroAC-TRZ、3CzFCN和4CzFCN。作为发射绿色的延迟荧光材料的第二化合物TD可以包括oPTC、PIC-TRZ、TmCzTrz、2PXZ-OXD、DMAC-BP、TXO-PhCz、4CzIPN、4CzPN、4CzFCN、33TczPN、BFCz-2CN、BTCz-2CN、Ac-VPN、Px-VPN、35IPNDcz、26IPNDcz、TcZTrz和32a1CTRZ。作为发射红色的延迟荧光材料的第二化合物TD可以包括mPx2BBP、4CzTPN-Ph、PPZ-DPS、DHPZ-2BZT、DHPZ-2TRZ和TPA-DCPP。

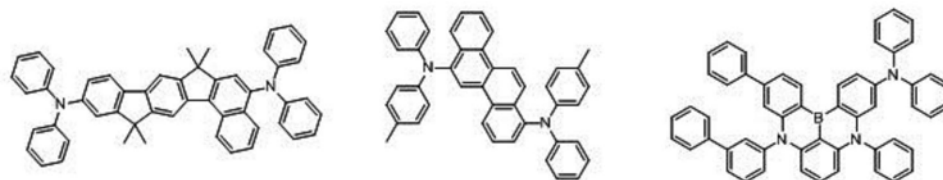
[0171] 为了实现超荧光,应将激子能量从作为延迟荧光材料的第二化合物有效地转移至作为荧光或磷光材料的第三化合物。关于从延迟荧光材料到荧光或磷光材料的能量转移效率,可以考虑延迟荧光材料的发光光谱与荧光或磷光材料的吸收光谱之间的重叠。作为示例,可以将吸收光谱与具有延迟荧光性质的第二化合物的发光光谱具有大的重叠区域的荧光或磷光材料用作第三化合物,以便将激子能量从第二化合物有效地转移至第三化合物。

[0172] 第三化合物FD可以发射蓝(B)光、绿(G)光或红(R)光。在一个示例性方面,作为第三化合物的荧光材料可以发射蓝光。在这种情况下,第三化合物可以包括但不限于茈基化合物、蒽基化合物、荧蒽基化合物和硼基化合物。例如,作为发射蓝色的荧光材料的第三化合物可以包括具有以下化学式8的结构任一者:

[0173] [化学式8]



[0174]



[0175] 可替代地,可以将作为发射蓝色、绿色或红色的磷光材料的金属络合物用作第三化合物。

[0176] 在一个示例性方面,EML 240A中的第一化合物的含量可以大于第二化合物和第三化合物的含量。此外,第二化合物的含量可以大于第三化合物的含量。例如,第一化合物的含量大于第二化合物的含量,并且第二化合物的含量大于第三化合物的含量。在这种情况下,可以通过FRET机制将激子能量从第二化合物有效地转移至第三化合物。例如,EML 240A中的第一化合物至第三化合物的含量中的每一个可以分别是但不限于约60wt%至约75wt%、约20wt%至约40wt%以及约0.1wt%至约5wt%。

[0177] 当将具有化学式1至3和化学式6的结构的双极性有机化合物引入EML 240A中时,空穴和电子平衡地注入到EML 240A中,在EML 240A的整个区域上形成复合区。OLED D2可以以较低的电压驱动,因此其可以降低其功耗并提高其发光效率和颜色纯度。

[0178] 根据前述方面的OLED具有单层EML。可替代地,根据本公开的OLED可以包括多层EML。图9是示出根据本公开的另一示例性方面的具有双层EML的OLED的示意性截面视图。图10是通过根据本公开的另一示例性方面的发光材料之间的能级带隙示出发光机制的示意图。

[0179] 如图9中所示,根据本公开的示例性第三方面的OLED D3包括彼此面对的第一电极310和第二电极330以及设置在第一电极310与第二电极330之间的具有单个发光单元的发光层320。

[0180] 在一个示例性方面,发光层320包括EML 340。此外,发光层320包括:HIL 350和HTL 360,HIL 350和HTL 360中的每一个依次设置在第一电极310与EML 340之间;以及ETL 370和EIL 380,ETL 370和EIL 380中的每一个依次设置在EML 340与第二电极330之间。可替代地,发光层320还可以包括设置在HTL 360与EML 340之间的EBL 365和/或设置在EML 340与ETL 370之间的HBL 375。

[0181] 如上所述,第一电极310可以是阳极,并且可以包括但不限于具有相对大的功函数值的导电材料,例如ITO、IZO、SnO、ZnO、ICO、AZO等。第二电极330可以是阴极,并且可以包括但不限于具有相对小的功函数值的导电材料,例如Al、Mg、Ca、Ag、其合金或其组合。

[0182] HIL350设置在第一电极310与HTL 360之间。HIL 350可以包含但不限于MTDATA、NATA、1T-NATA、2T-NATA、CuPc、TCTA、NPB (NPD)、HAT-CN、TDAPB、PEDOT/PSS和/或N-(联苯基-

4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺。可以根据OLED D3的结构省略HIL 350。

[0183] HTL 360在第一电极310与EML 340之间与EML340相邻设置。HTL 360可以包含但不限于TPD、NPD(NPB)、CBP、聚-TPD、TFB、TAPC、DCDPA、N-(联苯基-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺和/或N-(联苯基-4-基)-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)联苯基-4-胺。

[0184] EML 340包括第一EML(EML1)342和第二EML(EML2)344。EML1 342设置在EBL 365与HBL 375之间,并且EML2 344设置在EML1 342与HBL 375之间。EML1 342和EML2 344中的一个包括作为延迟荧光材料的第二化合物(化合物2,第一掺杂剂),而EML1 342和EML2 344中的另一个包括作为荧光或磷光材料的第五化合物(化合物5,第二掺杂剂)。此外,EML1 342和EML2 344中的每一个分别包括第一化合物(化合物1,第一主体(主体1))和第四化合物(化合物4,第二主体(主体2))。下面将更详细地说明EML 340中发光材料之间的配置和能级。

[0185] ETL 370设置在EML 340与EIL 380之间。在一个示例性方面,ETL 370可以包括但不限于基于二唑的化合物、基于三唑的化合物、基于菲咯啉的化合物、基于苯并二唑的化合物、基于苯并噻唑的化合物、基于苯并咪唑的化合物、基于三嗪的化合物等。例如,ETL 370可以包括但不限于Alq₃、PBD、螺-PBD、Liq、TPBi、BAIq、Bphen、NBphen、BCP、TAZ、NTAZ、TpPyPB、TmPPPyTz、PFNBr和/或TPQ。可替代地,ETL 370可以包括具有化学式1至3和化学式6的结构任一者。在这种情况下,ETL 370可以仅包括具有化学式1至3和化学式6的结构有机化合物,或者包括混合或掺杂有所述有机化合物的上述电子传输材料。

[0186] EIL 380设置在第二电极330与ETL 370之间。在一个示例性方面,EIL380可以包括但不限于例如LiF、CsF、NaF、BaF₂等的碱金属卤化物,和/或例如苯甲酸锂、硬脂酸钠等的有机金属化合物。

[0187] EBL 365设置在HTL 360与EML 340之间以控制和防止电子在HTL 360与EML 340之间传输。作为示例,EBL 365可以包含但不限于TCTA、三[4-(二乙基氨基)苯基]胺、N-(联苯基-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺、TAPC、MTDATA、mCP、mCBP、CuPc、DNTPD、TDAPB、DCDPA和/或2,8-双(9-苯基-9H-咔唑-3-基)二苯并[b,d]噻吩。

[0188] HBL 375设置在EML 340与ETL 370之间以防止空穴在EML 340与ETL370之间传输。在一个示例性方面中,HBL375可以包含但不限于基于二唑的化合物、基于三唑的化合物、基于菲咯啉的化合物、基于苯并二唑的化合物、基于苯并噻唑的化合物、基于苯并咪唑的化合物、和基于三嗪的化合物。作为示例,HBL 375可以包含与EML 340中的发光材料相比具有相对低的HOMO能级的化合物。HBL 375可以包含但不限于BCP、BAIq、Alq₃、PBD、螺-PBD、Liq、B3PYMPM、DPEPO、9-(6-(9H-咔唑-9-基)吡啶-3-基)-9H-3,9'-联咔唑、TSP01及其组合。

[0189] 可替代地,HBL375可以包括具有化学式1至3和化学式6的结构任何化合物。在这种情况下,HBL 375可以仅包括具有化学式1至3和化学式6的结构有机化合物,或者包括混合或掺杂有所述有机化合物的上述空穴阻挡材料。

[0190] 在示例性的第三方面,EML1 342包括可以是第一主体的第一化合物H1和可以是延迟荧光材料的第二化合物TD。EML2 344包括可以是第二主体的第四化合物H2和可以是荧光

或磷光材料的第五化合物FD。

[0191] 更具体地, EML1 342包括作为具有化学式1至3和化学式6的结构的所有有机化合物的第一化合物和作为延迟荧光材料的第二化合物。EML1 342中第二化合物TD的激发单线态能级 S_1^{TD} 与激发三线态能级 T_1^{TD} 之间的能级带隙(ΔE_{ST}^{TD})等于或小于约0.3eV(见图5),使得第二化合物TD的三线态激子能量可以通过RISC机制转换为其自身的单线态激子能量。虽然第二化合物TD具有高的内量子效率,但其由于其宽的FWHM(半高全宽)而具有不良的颜色纯度。

[0192] 相比之下, EML2 344可以包括可以是第二主体的第四化合物H2和作为荧光或磷光材料的第五化合物FD。虽然作为荧光材料的第五化合物FD由于其窄的FWHM而在颜色纯度方面具有优势,但是因为其三线态激子无法参与发光过程,所以其内量子效率低。

[0193] 然而,在该示例性方面, EML1 342中具有延迟荧光性质的第二掺杂剂的单线态激子能量和三线态激子能量可以通过FRET机制转移到与EML1 342相邻设置的EML2 344中的可以是荧光或磷光材料的第五化合物, FRET机制通过偶极-偶极相互作用通过电场非径向地转移能量。因此,最终的光发射发生在EML2 344内的第五化合物中。

[0194] 换言之,第二化合物的三线态激子能量通过RISC机制在EML1 342中向上转换为其自身的单线态激子能量。然后,第二化合物的经转换的单线态激子能量转移到EML2 344中的第五化合物的单线态激子能量,原因是第二化合物具有高于第五化合物的激发单线态能级 S_1^{FD} 的激发单线态能级 S_1^{TD} (见图10)。EML2 344中的第五化合物可以使用三线态激子能量以及单线态激子能量来发光。

[0195] 由于在EML1 342中具有延迟荧光性质的第二化合物处生成的激子能量从第二化合物有效地转移到EML2 344中作为荧光或磷光材料的第五化合物,因此可以实现超荧光。在这种情况下,在包括第五化合物的EML2 344中发生实质光发射,所述第五化合物是荧光或磷光材料并且具有窄的FWHM。因此,由于窄的FWHM, OLED D3能够增强其量子效率并改善其颜色纯度。

[0196] EML1 342和EML2 344分别包括作为第一主体的第一化合物和作为第二主体的第四化合物。在第一化合物和第四化合物处生成的激子能量应转移到作为延迟荧光材料第二化合物以发光。

[0197] 如图10中所示,第一化合物和第四化合物的激发单线态能级 S_1^{H1} 和 S_1^{H2} 以及激发三线态能级 T_1^{H1} 和 T_1^{H2} 中的每一个应分别高于作为延迟荧光材料的第二化合物的激发单线态能级 S_1^{TD} 和激发三线态能级 T_1^{TD} 中的每一个。

[0198] 例如,当第一化合物和第四化合物的激发三线态能级 T_1^{H1} 和 T_1^{H2} 中的每一个不是足够高于第二化合物的激发三线态能级 T_1^{TD} 时,第二化合物的三线态激子可以反向转移到第一化合物和第四化合物的激发态三线态能级 T_1^{H1} 和 T_1^{H2} ,其中的每一个都无法利用三线态激子能量。因此,第二化合物TD的三线态能级 T_1^{TD} 的激子可以由于非辐射复合而被猝灭,并且第二化合物TD的三线态激子无法参与发光。作为示例,第一化合物和第四化合物的激发三线态能级 T_1^{H1} 和 T_1^{H2} 中的每一个可以比第二化合物的激发三线态能级 T_1^{TD} 高至少约0.2eV。

[0199] 第四化合物的激发单线态能级 S_1^{H2} 高于第五化合物的激发单线态能级 S_1^{FD} 。在这种情况下,在第四化合物处生成的单线态激子能量可以转移到第五化合物的激发单线态能级 S_1^{FD} 。可替代地,第四化合物的激发三线态能级 T_1^{H2} 可以高于第五化合物的激发的三重态能

级 T_1^{FD} 。

[0200] 另外, EML340必须实现高的发光效率和颜色纯度以及将激子能量从EML1 342中的通过RISC机制转换为ICT配合物的第二化合物TD有效地转移到EML2 344中的作为荧光或磷光材料的第五化合物。为了实现这样的OLED D3, 第二化合物TD的激发三线态能级 T_1^{TD} 高于第五化合物FD的激发三线态能级 T_1^{FD} 。可替代地, 第二化合物TD的激发单线态能级 S_1^{TD} 可以高于第五化合物FD的激发单线态能级 S_1^{FD} 。

[0201] 此外, 第一化合物和/或第四化合物的HOMO能级($HOMO^H$)与第二化合物的HOMO能级($HOMO^{TD}$)之间的能级带隙($|HOMO^H-HOMO^{TD}|$), 或第一化合物和/或第四化合物的LUMO能级($LUMO^H$)与第二化合物的LUMO能级($LUMO^{TD}$)之间的能级带隙($|LUMO^H-LUMO^{TD}|$)可以等于或小于约0.5eV。当发光材料不满足如上所述的所需能级时, 激子能量在第二化合物和第五化合物处猝灭, 或者激子能量无法有效地从第一化合物和第四化合物转移到第二化合物和第五化合物, 使得OLED D3可能具有降低的量子效率。

[0202] 第一化合物H1和第四化合物H2可以彼此相同或不同。例如, 第一化合物和第四化合物中的每一个可以独立地包括具有化学式1至3和化学式6的结构的所有有机化合物。具有延迟荧光性质的第二化合物可以包括具有化学式7的结构的所有者。

[0203] 例如, 作为发射蓝色的延迟荧光材料的第二化合物可以包括SPXZPO、DPXZPO、TPXZPO、DcZTrz、DDcZTrz、DMTDAc、DMOC-DPS、DMAC-DPS、DMAC-TRZ、ACRSA、Cz-VPN、TcZTrz、mPTC、CC2BP、BDPCC-TPTA、BCC-TPTA、DPCC-TPTA、Phen-TRZ、Cab-Ph-TRZ、SpiroAC-TRZ、3CzFCN和4CzFCN。作为发射绿色的延迟荧光材料的第二化合物可以包括oPTC、PIC-TRZ、TmCzTrz、2PXZ-OXD、DMAC-BP、TXO-PhCz、4CzIPN、4CzPN、4CzFCN、33TczPN、BFCz-2CN、BTCz-2CN、Ac-VPN、Px-VPN、35IPNDcz、26IPNDcz、TcZTrz和32a1CTRZ。作为发射红色的延迟荧光材料的第二化合物可以包括mPx2BBP、4CzTPN-Ph、PPZ-DPS、DHPZ-2BZT、DHPZ-2TRZ和TPA-DCPP。

[0204] 第五化合物FD可以具有窄的FWHM, 并且吸收光谱与第二化合物TD的发光光谱具有大的重叠区域。第五化合物FD可以是发射蓝光、绿光或红光的荧光或磷光材料。例如, 第五化合物FD可以包括作为具有化学式8的结构的所有者的发射蓝色的荧光材料。可替代地, 第五化合物FD可以包括发射蓝光、绿光或红光的金属络合物。

[0205] 在一个示例性实施方案中, EML1 342和EML2 344中的第一化合物和第四化合物的含量可以大于或等于同一层中的第二化合物和第五化合物的含量。另外, EML1 342中的第二化合物的含量可以大于EML2 344中的第五化合物的含量。在这种情况下, 可以通过FRET机制将激子能量从第二化合物有效地转移到第五化合物。作为示例, EML1 342中的第二化合物的含量可以是但不限于约1wt%至约70wt%, 优选地约10wt%至约50wt%, 以及更优选地约20wt%至约50wt%。另外, EML2 344中的第四化合物的含量可以为约90wt%至约99wt%, 优选地95wt%至约99wt%, 并且EML2 344中的第五化合物的含量可以为约1wt%至约10wt%, 优选地约1wt%至约5wt%。EML1 342和EML2 344中的每一个可以具有但不限于约5nm至约100nm, 优选地约10nm至约30nm, 以及更优选地约10nm至约20nm的厚度。

[0206] 当在一个示例性方面中EML2 344与HBL 375相邻设置时, 与第五化合物一起被包括在EML2 344中的第四化合物可以是与HBL 375相同的材料。在这种情况下, EML2 344可以具有空穴阻挡功能以及发光功能。换言之, EML2 344可以用作用于阻挡空穴的缓冲层。在一

个方面,在EML2 344可以是空穴阻挡层以及发光材料层的情况下,可以省略HBL 375。

[0207] 当在另一个示例性方面中EML2 344与EBL 365相邻设置时,第四化合物可以是与EBL 365相同的材料。在这种情况下,EML2 344可以具有电子阻挡功能以及发光功能。换言之,EML2 344可以用作用于阻挡电子的缓冲层。在一个方面,在EML2 344可以是电子阻挡层以及发光材料层的情况下,可以省略EBL 365。

[0208] 当将具有化学式1至3和化学式6的结构的双极性有机化合物引入EML 340中时,空穴和电子平衡地注入到EML 340中,在EML340的整个区域上形成复合区。OLED D3可以以较低的电压驱动,因此其可以降低其功耗并提高其发光效率和颜色纯度。

[0209] 将说明具有三层EML的OLED。图11是示出根据本公开的另一示例性方面的具有三层EML的OLED的示意性截面视图。图12是通过根据本公开的另一示例性方面的发光材料之间的能级带隙示出发光机制的示意图。

[0210] 如图11中所示,根据本公开的第四方面的OLED D4包括彼此面对的第一电极410和第二电极430以及设置在第一电极410与第二电极430之间的具有单个发光单元的发光层420。

[0211] 在一个示例性方面,发光层420包括三层EML 440。发光层420包括:HIL 450和HTL 460,HIL 450和HTL 460中的每一个依次设置在第一电极410与EML 440之间;以及ETL 470和EIL 480,ETL 470和EIL 480中的每一个依次设置在EML 440与第二电极430之间。可替代地,发光层420还可以包括设置在HTL 460与EML 440之间的EBL 465和/或设置在EML 440与ETL 470之间的HBL 475。第一电极410和第二电极430以及发光层420中除EML 440之外的其他层的配置与OLED D1、D2和D3中的相应电极和层基本上相同。

[0212] EML440包括第一EML (EML1) 442、第二EML (EML2) 444和第三EML (EML3) 446。EML1 442设置在EBL 465与HBL 475之间,EML2 444设置在EBL 465与EML1 442之间,并且EML3 446设置在EML1 442与HBL 475之间。

[0213] EML1 442包括可以是延迟荧光材料的第二化合物(化合物2,第一掺杂剂)。EML2 444和EML3 446中的每一个分别包括第五化合物(化合物5,第二掺杂剂)和第七化合物(化合物7,第三掺杂剂),第五化合物和第七化合物中的每一个可以分别是荧光或磷光材料。另外,EML1 442、EML2 444和EML3 446中的每一个还分别包括第一化合物(化合物1,主体1)、第四化合物(化合物4,主体2)和第六化合物(化合物6,主体3),第一化合物、第四化合物和第六化合物中的每一个可以分别是第一主体至第三主体。

[0214] 根据这个方面,EML1 442中的第二化合物(即延迟荧光材料)的单线态能量以及三线态能量可以通过FRET机制被转移到第五化合物和第七化合物(即荧光或磷光材料),第五化合物和第七化合物中的每一个被包括在与EML1 442相邻设置的EML2 444和EML3 446中。因此,最终的发光发生在EML2 444和EML3 446中的第五化合物和第七化合物中。

[0215] 换言之,EML1 442中具有延迟荧光性质的第二化合物TD的三线态激子能量通过RISC机制向上转换为其自身的单线态激子能量,然后第二化合物的单线态激子能量转移到EML2 444和EML3 446中的第五化合物FD1和第七化合物FD2的单线态激子能量,原因是第二化合物TD具有高于第五化合物FD1和第七化合物FD2的激发单线态能级 S_1^{FD1} 和 S_1^{FD2} 中的每一个的激发单线态能级 S_1^{TD} (见图12)。EML1 442中的第二化合物TD的单线态激子能量通过FRET机制转移到与EML1 442相邻设置的EML2 444和EML3 446中的第五化合物FD1和第七化

合物FD2。

[0216] EML2 444和EML3 446中的第五化合物FD1和第七化合物FD2可以使用从第二化合物TD衍生的单线态激子能量和三线态激子能量来发光。与第二化合物TD相比,第五化合物FD1和第七化合物FD2中的每一个可以具有较窄的FWHM。当在EML1 442中具有延迟荧光性质的第二化合物TD处生成的激子能量转移到EML2 444和EML3 446中的第五化合物FD1和第七化合物FD2时,可以实现超荧光。特别地,第五化合物FD1和第七化合物FD2中的每一个的发光光谱可以与第二化合物TD的吸收光谱具有大的重叠区域,使得第二化合物TD的激子能量可以有效地转移到第五化合物FD1和第七化合物FD2中的每一个。在这种情况下,在EML2444和EML3 446中发生实质光发射。

[0217] 为了在EML 440中实现有效的发光,需要适当地调整EML1 442、EML2 444和EML3 446中的发光材料之间的能级。如图12中所示,第一化合物、第四化合物和第六化合物的激发单线态能级 S_1^{H1} 、 S_1^{H2} 和 S_1^{H3} 以及激发三线态能级 T_1^{H1} 、 T_1^{H2} 和 T_1^{H3} 中的每一个应分别高于可以是延迟荧光材料的第二化合物TD的激发单线态能级 S_1^{TD} 和激发三线态能级 T_1^{TD} 中的每一个,第一化合物、第四化合物和第六化合物中的每一个可以分别是第一主体至第三主体。

[0218] 例如,当第一化合物、第四化合物和第六化合物的激发三线态能级 T_1^{H1} 、 T_1^{H2} 和 T_1^{H3} 中的每一个不是足够高于第二化合物TD的激发三线态能级 T_1^{TD} 时,第二化合物TD的三线态激子可以反向转移到第一化合物、第四化合物和第六化合物的激发三线态能级 T_1^{H1} 、 T_1^{H2} 和 T_1^{H3} ,其中的每一个无法利用三线态激子能量。因此,第二化合物TD的三线态能级 T_1^{TD} 的激子可以由于非辐射复合而被猝灭,并且第二化合物TD的三线态激子无法参与发光。

[0219] 另外,EML 440必须实现高发光效率和颜色纯度以及将激子能量从EML1 442中的通过RISC机制转换为ICT配合物的第二化合物TD有效地转移到EML2 444和EML3 446中的第五化合物FD1和第七化合物FD2,第五化合物FD1和第七化合物FD2中的每一个是荧光或磷光材料。为了实现这样的OLED D4,EML1 442中的第二化合物TD的激发三线态能级 T_1^{TD} 高于第五化合物FD1和第七化合物FD2的激发三线态能级 T_1^{FD1} 和 T_1^{FD2} 中的每一个。可替代地,第二化合物TD的激发单线态能级 S_1^{TD} 可以高于作为荧光或磷光材料的第五化合物FD1和第七化合物FD2的激发单线态能级 S_1^{FD1} 和 S_1^{FD2} 中的每一个。

[0220] 此外,为了实现有效的光发射,从第二化合物TD转移到第五化合物FD1和第七化合物FD2中的每一个的激子能量不应转移到第四化合物和第六化合物。作为示例,第四化合物和第六化合物的激发单线态能级 S_1^{H2} 和 S_1^{H3} 中的每一个可以分别高于第五化合物FD1和第七化合物FD2的激发单线态能级 S_1^{FD1} 和 S_1^{FD2} 中的每一个。在一个示例性方面,第二化合物TD的激发单线态能级 S_1^{TD} 与激发三线态能级 T_1^{TD} 之间的能级带隙可以等于或小于约0.3eV,以便实现延迟荧光(见图5)。

[0221] 另外,第一化合物、第四化合物和第六化合物的HOMO能级($HOMO^H$)与第二化合物TD的HOMO能级($HOMO^{TD}$)之间的能级带隙($|HOMO^H-HOMO^{TD}|$),或者第一化合物、第四化合物和第六化合物的LUMO能级($LUMO^H$)与第二化合物TD的LUMO能级($LUMO^{TD}$)之间的能级带隙($|LUMO^H-LUMO^{TD}|$)可以等于或小于约0.5eV,第一化合物、第四化合物和第六化合物中的每一个可以分别是第一主体至第三主体。

[0222] EML1 442、EML2 444和EML3 446可以包括第一化合物、第四化合物和第六化合物,第一化合物、第四化合物和第六化合物中的每一个可以分别是第一主体至第三主体。例如,

第一化合物、第四化合物和第六化合物中的每一个可以彼此相同或不同。例如,第一化合物、第四化合物和第六化合物中的每一个可以独立地包括具有化学式1至3和化学式6的结构任何有机化合物。具有延迟荧光性质的第二化合物TD可以包括具有化学式7的结构任一者。

[0223] 例如,作为发射蓝色的延迟荧光材料的第二化合物TD可以包括SPXZPO、DPXZPO、TPXZPO、DcZTrz、DDczTrz、DMTDAc、DMOC-DPS、DMAC-DPS、DMAC-TRZ、ACRSA、Cz-VPN、TcZTrz、mPTC、CC2BP、BDPCC-TPTA、BCC-TPTA、DPCC-TPTA、Phen-TRZ、Cab-Ph-TRZ、SpiroAC-TRZ、3CzFCN和4CzFCN。作为发射绿色的延迟荧光材料的第二化合物TD可以包括oPTC、PIC-TRZ、TmCzTrz、2PXZ-0XD、DMAC-BP、TXO-PhCz、4CzIPN、4CzPN、4CzFCN、33TczPN、BFCz-2CN、BTCz-2CN、Ac-VPN、Px-VPN、35IPNDcz、26IPNDcz、TcZTrz和32a1CTRZ。作为发射红色的延迟荧光材料的第二化合物TD可以包括mPx2BBP、4CzTPN-Ph、PPZ-DPS、DHPZ-2BZT、DHPZ-2TRZ和TPA-DCPP。

[0224] 第五化合物FD1和第七化合物FD2中的每一个可以具有窄的FWHM,并且吸收光谱与第二化合物TD的发光光谱具有大的重叠区域。第五化合物FD1和第七化合物FD2中的每一个可以是发射蓝光、绿光或红光的荧光或磷光材料。例如,第五化合物FD1和第七化合物FD2中的每一个可以独立地包括作为具有化学式8的结构任一者的发射蓝色的荧光材料。可替换地,第五化合物FD1和第七化合物FD2中的每一个可以包括发射蓝光、绿光或红光的金属络合物。

[0225] 在一个示例性方面,EML2 444和EML3 446中的第四化合物和第六化合物的含量中的每一个可以大于或等于同一层中的第五化合物和第七化合物的含量中的每一个。此外,EML1 442中的第二化合物TD的含量可以大于EML2 444和EML3 446中的第五化合物FD1和第七化合物FD2的含量中的每一个。在这种情况下,激子能量可以通过FRET机制从第二化合物有效地传递到第五化合物和第七化合物。例如,EML1 442中的第二化合物TD的含量可以是但不限于约1wt%至约70wt%,优选地约10wt%至约50wt%,以及更优选地约20wt%至约50wt%。另外,EML2 444和EML3 446中的第四化合物和第六化合物的含量中的每一个可以为约90wt%至约99wt%,优选地95wt%至约99wt%,并且EML2 444和EML3 446中的第五化合物FD1和第七化合物FD2的含量中的每一个可以为约1wt%至约10wt%,优选地约1wt%至约5wt%。EML1 442可以具有但不限于约2nm至约100nm,优选地约2nm至约30nm,以及更优选地约2nm至约20nm的厚度。此外,EML2 444和EML3 446中的每一个可以具有但不限于约5nm至约100nm,优选地约10nm至约30nm,以及更优选地约10nm至约20nm的厚度。

[0226] 当在一个示例性方面中EML2 444与EBL 465相邻设置时,与第五化合物FD1一起包括在EML2 444中的第四化合物可以是与EBL 465相同的材料。在这种情况下,EML2 444可以具有电子阻挡功能以及发光功能。换言之,EML2 444可以用作用于阻挡电子的缓冲层。在一方面,在EML2 444可以是电子阻挡层以及发光材料层的情况下,可以省略EBL 465。

[0227] 当在另一个示例性方面中EML3 446与HBL475相邻设置时,与第七化合物FD2一起包括在EML3 446中的第六化合物可以是与HBL 475相同的材料。在这种情况下,EML3 446可以具有空穴阻挡功能以及发光功能。换言之,EML3 446可以用作用于阻挡空穴的缓冲层。在一方面,在EML3 446可以是空穴阻挡层以及发光材料层的情况下,可以省略HBL 475。

[0228] 在又一个示例性方面,EML2 444中的第四化合物可以是与EBL 465相同的材料,并

且EML3 446中的第六化合物可以是与HBL 475相同的材料。在这个方面,EML2 444可以具有电子阻挡功能以及发光功能,并且EML3 446可以具有空穴阻挡功能以及发光功能。换言之,EML2 444和EML3 446中的每一个分别可以充当用于阻挡电子或空穴的缓冲层。在一方面,在EML2 444可以是电子阻挡层以及发光材料层并且EML3 446可以是空穴阻挡层以及发光材料层的情况下,可以省略EBL 465和HBL 475。

[0229] 当将具有化学式1至3和化学式6的结构的双极性有机化合物引入EML 440中时,空穴和电子平衡地注入到EML 440中,在EML 440的整个区域上形成复合区。OLED D4可以以较低的电压驱动,因此可以降低其功耗并提高其发光效率和颜色纯度。

[0230] 在以上方面,描述了具有单个发光单元的OLED。与上述方面不同,OLED可以具有多个发光单元以形成串联结构。图13是示出根据本公开的又一方面的OLED的截面视图。

[0231] 如图13中所示,OLED D5包括彼此面对的第一电极510和第二电极530、设置在第一电极510与第二电极530之间的第一发光单元520、设置在第一发光单元520与第二电极530之间的第二发光单元620以及设置在第一发光单元520与第二发光单元620之间的电荷生成层(CGL) 590。

[0232] 第一电极510可以是阳极,并且包括但不限于具有相对大的功函数值的导电材料。作为示例,第一电极510可以包括但不限于ITO、IZO、SnO、ZnO、ICo、AZO等。第二电极530可以是阴极,并且可以包括但不限于具有相对小的功函数值的导电材料,诸如Al、Mg、Ca、Ag、其合金或其组合。第一电极510和第二电极530中的每一个可以以但不限于约30nm至约300nm的厚度层叠。

[0233] 第一发光单元520包括下部EML 540。此外,第一发光单元包括HIL550和第一HTL (HTL1) 560、设置在下部EML 540与CGL 590之间的第一ETL (ETL1) 570,HIL 560和第一HTL (HTL1) 中的每一个依次设置在第一电极510与下部EML 540之间。可替代地,第一发光单元520还可以包括设置在HTL1 560与下部EML 540之间的第一EBL (EBL1) 565,和/或设置在下部EML 540与ETL1 570之间的第一HBL (HBL1) 575。

[0234] 第二发光单元620包括上部EML 640。第二发光单元620包括设置在CGL 590与上部EML 640之间的第二HTL (HTL2) 660以及第二ETL (ETL2) 670和EIL 680,第二ETL (ETL2) 670和EIL 680中的每一个依次设置在上部EML 640与第二电极530之间。可替代地,第二发光单元620还可以包括设置在HTL2 660与上部EML 640之间的第二EBL (EBL2) 665和/或设置在上部EML 640与ETL2 670之间的第二HBL (HBL2) 675。

[0235] 下部EML 540和上部EML 640中的至少一个可以包括具有化学式1至3和化学式6的结构任何有机化合物,并且发射蓝色(B)、绿色(G)和红色(R)中的任何一种,而下部EML 540和上部EML 640中的另一个发射其他颜色。例如,下部EML 540和上部EML 640中的一个可以发射蓝(B)光,而下部EML 540和上部EML 640中的另一个可以发射红(R)光和/或绿(G)光。在下文中,将说明下部EML 540发射蓝光并且上部EML 640发射绿光和/或红光的OLED D5。

[0236] HIL550设置在第一电极510与HTL1 560之间并且改善无机的第一电极510与有机的HTL1 560之间的界面特性。在一个示例性方面中,HIL 550可以包含但不限于MTDATA、NATA、1T-NATA、2T-NATA、CuPc、TCTA、NPB (NPD)、HAT-CN、TDAPB、PEDOT/PSS和/或N-(联苯基-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺。可以根据OLED D5的

结构省略HIL550。

[0237] HTL1 560和HTL2 660各自可以独立地包含但不限于TPD、NPD(NPB)、CBP、聚-TPD、TFB、TAPC、N-(联苯基-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺和/或N-(联苯基-4-基)-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)联苯基-4-胺。

[0238] ETL1 570和ETL2 670中的每一个分别促进电子在第一发光单元520和第二发光单元620中的传输。ETL1 570和ETL2 670中的每一个可以分别独立地包括但不限于基于噁二唑的化合物、基于三唑的化合物、基于菲咯啉的化合物、基于苯并噁唑的化合物、基于苯并噻唑的化合物、基于苯并咪唑的化合物、基于三嗪的化合物等。作为示例,ETL1 570和ETL2 670中的每一个可以分别独立地包括但不限于Alq3、PBD、spiro-PBD、Liq、TPBi、BAIq、Bphen、NBphen、BCP、TAZ、NTAZ、TpPyPB、TmPPPyTz、PFNBr和/或TPQ。

[0239] 可替代地,ETL1 570和ETL2 670中的至少一个可以包括具有化学式1至3和化学式6的结构任一者。在这种情况下,ETL1 570和ETL2 670中的至少一个可以仅包括具有化学式1至3和化学式6的结构的有机化合物,或者包括混合或掺杂有所述有机化合物的上述电子传输材料。

[0240] EIL680设置在第二电极530与第二ETL 670之间,并且可以改善第二电极530的物理特性,因此可以增强OLED D5的寿命。在一个示例性方面,EIL580可以包括但不限于例如LiF、CsF、NaF、BaF₂等的碱金属卤化物和/或例如苯甲酸锂、硬脂酸钠等的有机金属化合物。

[0241] EBL1 565和EBL2 665各自分别可以独立地包含但不限于TCTA、三[4-(二乙基氨基)苯基]胺、N-(联苯基-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺、TAPC、MTDATA、mCP、mCBP、CuPc、N,N'-双[4-(双(3-甲基苯基)氨基)苯基]-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯基]-4,4'-二胺(DNTPD)、TDAPB和/或3,6-双(N-咔唑基)-N-苯基-咔唑。

[0242] HBL1 575和HBL2 675各自可以独立地包含但不限于基于噁二唑的化合物、基于三唑的化合物、基于菲咯啉的化合物、基于苯并噁唑的化合物、基于苯并噻唑的化合物、基于苯并咪唑的化合物、和基于三嗪的化合物。作为示例,HBL1 575和HBL2 675各自分别可以独立地包含但不限于BCP、BAIq、Alq3、PBD、螺-PBD、Liq、B3PYMPM、DPEPO、9-(6-(9H-咔唑-9-基)吡啶-3-基)-9H-3,9'-联咔唑及其组合。

[0243] 或者,HBL1 575和HBL2 675中的至少一者可以包含具有化学式1至3和6的结构任一者。在这种情况下,HBL1 575和HBL2 675中的至少一者可以仅包含具有化学式1至3和6的结构的有机化合物,或者可以包含混合有或掺杂有所述有机化合物的上述电子传输材料。

[0244] 在一个示例性方面中,当上部EML 640发射绿色光时,上部EML 640可以发射绿色(G)或黄绿色(YG)光。在这种情况下,上部EML 640可以包含绿色主体和绿色掺杂剂。例如,绿色主体可以包括但不限于9,9'-二苯基-9H,9'H-3,3'-联咔唑(BCzPh)、CBP、1,3,5-三(咔唑-9-基)苯(TCP)、TCTA、4,4'-双(咔唑-9-基)-2,2'-二甲基联苯(CDBP)、2,7-双(咔唑-9-基)-9,9-二甲基芴(DMFL-CBP)、2,2',7,7'-四(咔唑-9-基)-9,9-螺芴(螺-CBP)、DPEPO、4'-(9H-咔唑-9-基)联苯基-3,5-二甲腈(PCzB-2CN)、3'-(9H-咔唑-9-基)联苯基-3,5-二甲腈(mCzB-2CN)、3,6-双(咔唑-9-基)-9-(2-乙基-己基)-9H-咔唑(TCz1)等。

[0245] 绿色掺杂剂可以包括但不限于[双(2-苯基吡啶)](吡啶基-2-苯并咪唑并[2,3-b]

吡啶) 铱)、面式-三(2-苯基吡啶) 铱(III)(面式-Ir(ppy)₃)、双(2-苯基吡啶)(乙酰丙酮) 铱(III)(Ir(ppy)₂(acac))、三[2-(对甲苯基)吡啶] 铱(III)(Ir(mppy)₃)、双(2-(萘-2-基)吡啶)(乙酰丙酮) 铱(III)(Ir(npy)₂acac)、三(2-苯基-3-甲基-吡啶) 铱(Ir(3mppy)₃)、面式-三(2-(3-对二甲苯基)苯基)吡啶 铱(III)(TEG)等。在这种情况下,上部EML 640可以发射具有约510nm至约590nm的波长的绿色光。

[0246] 在另一方面中,当上部EML 640为红色EML时,上部EML640可以为红色主体和红色掺杂剂。红色主体可以包括但不限于以上绿色主体以及双(2-羟基苯基)-吡啶) 铱(Bepp₂)、双(10-羟基苯并[h]喹啉) 铱(Bebq₂)、1,3,5-三(1-萘基)苯(TPB3)等。

[0247] 红色掺杂剂可以包括但不限于[双(2-(4,6-二甲基)苯基喹啉)](2,2,6,6-四甲基庚烷-3,5-二酮酸) 铱(III)、双[2-(4-正己基苯基)喹啉](乙酰丙酮) 铱(III)(Hex-Ir(phq)₂(acac))、三[2-(4-正己基苯基)喹啉] 铱(III)(Hex-Ir(phq)₃)、三[2-苯基-4-甲基喹啉] 铱(III)(Ir(Mphq)₃)、双(2-苯基喹啉)(2,2,6,6-四甲基庚烷-3,5-二酮酸) 铱(III)(Ir(dpm)PQ₂)、双(苯基异喹啉)(2,2,6,6-四甲基庚烷-3,5-二酮酸) 铱(III)(Ir(dpm)(piq)₂)、双[(4-正己基苯基)异喹啉](乙酰丙酮) 铱(III)(Hex-Ir(piq)₂(acac))、三[2-(4-正己基苯基)喹啉] 铱(III)(Hex-Ir(piq)₃)、三(2-(3-甲基苯基)-7-甲基-羟基喹啉) 铱(Ir(dmpq)₃)、双[2-(2-甲基苯基)-7-甲基-喹啉](乙酰丙酮) 铱(III)(Ir(dmpq)₂(acac))、双[2-(3,5-二甲基苯基)-4-甲基-喹啉](乙酰丙酮) 铱(III)(Ir(mphmq)₂(acac))等。在这种情况下,上部EML640可以发射具有约600nm至约650nm的波长的红色光。

[0248] 可替代地,第二发光单元620可以包括两个发光材料层,例如绿色发光材料层和红色发光材料层,以便增强OLED D5的红色效率。在这种情况下,第二发光单元620可以发射具有约510nm至约650nm的波长的光。

[0249] CGL590设置在第一发光单元520与第二发光单元620之间。CGL 590包括与第一发光单元520相邻设置的N型CGL 610和与第二发光单元620相邻设置的P型CGL 615。N型CGL 610将电子注入到第一发光单元520中,而P型CGL 615将空穴注入到第二发光单元620中。

[0250] 例如,N型CGL 610可以是掺杂有诸如Li、Na、K和/或Cs的碱金属和/或诸如Mg、Sr、Ba和/或Ra的碱土金属的有机层。例如,在N型CGL 610中使用的主体可以包括但不限于有机化合物,例如Bphen或MTDATA。碱金属或碱土金属可以以约0.01wt%至约30wt%掺杂。

[0251] 可替代地,N型CGL 610可以包括具有化学式1至3和化学式6的结构任何有机化合物。如上所述,具有化学式1至3和化学式6的结构任何有机化合物对电子具有高亲和力。在这种情况下,N型CTL 610可以仅包括具有化学式1至3和化学式6的结构有机化合物,或者还包括掺杂有所述有机化合物的碱金属或碱土金属。

[0252] P型CGL615可以包含但不限于选自钨氧化物(WO_x)、钼氧化物(MoO_x)、铍氧化物(Be₂O₃)、钒氧化物(V₂O₅)及其组合的无机材料,和/或选自NPD、HAT-CN、2,3,5,6-四氟-7,7,8,8-四氰基醌二甲烷(F4TCNQ)、TPD、N,N',N'-四萘基-联苯胺(TNB)、TCTA、N,N'-二辛基-3,4,9,10-花二甲酰亚胺(PTCDI-C8)及其组合的有机材料。

[0253] 下部EML540包含可以为主体的第一化合物和可以为掺杂剂的第二化合物例如延迟荧光材料。第一化合物可以包括具有化学式1至3和6的结构任何有机化合物。发射蓝色光的第二化合物可以包括SPXZPO、DPXZPO、TPXZPO、DcZTrz、DDczTrz、DMTDac、DMOC-DPS、DMAC-DPS、DMAC-TRZ、ACRSA、Cz-VPN、TcZTrz、mPTC、CC2BP、BDPCC-TPTA、BCC-TPTA、DPCC-

TPTA、Phen-TRZ、Cab-Ph-TRZ、螺AC-TRZ、3CzFCN和4CzFCN。

[0254] 与第一方面类似,下部EML 540中可以是主体的第一化合物处生成的单线态激子能量可以转移到可以是延迟荧光材料的第二化合物的单线态激子。第一化合物的激发单线态能级 S_1^H 和激发三线态能级 T_1^H 分别高于具有延迟荧光性质的第二化合物的激发单线态能级 S_1^D 和激发三线态能级 T_1^D (见图6)。例如,第一化合物的激发三线态能级 T_1^H 可以比第二化合物的激发三线态能级 T_1^D 高至少约0.2eV,例如至少约0.3eV,优选地至少约0.5eV。

[0255] 当从第一化合物转移到第二化合物的单线态激子能量转移到基态时,下部EML 540实现荧光发射。另外,当第二化合物的三线态激子能量通过RISC机制转换成其自身的单线态激子能量,然后经转换的单线态激子能量转移到基态时,下部EML540实现延迟荧光发射。由于第二化合物利用激发单线态激子和激发三线态激子两者来发光,因此OLED D5可以提高其发光效率。

[0256] 另外,当将具有化学式1至3和化学式6的结构并且具有双极性性质的任何有机化合物引入到下部EML 540中时,在下部EML 540中的整个区域上均匀地分布电子和空穴之间的复合区,从而提高了OLED D5的发光效率。此外,当将有机化合物引入到下部EML 540中时,OLED D5可以以较低的电压驱动,从而降低了功耗。

[0257] 在这种情况下,下部EML 540中的第二化合物的含量可以为约1wt%至约70wt%,优选地约10wt%至约50wt%,以及更优选地约20wt%至约50wt%。下部EML 540可以具有但不限于约10nm至约200nm,优选地约20nm至约100nm,以及更优选地约30nm至约50nm的厚度。

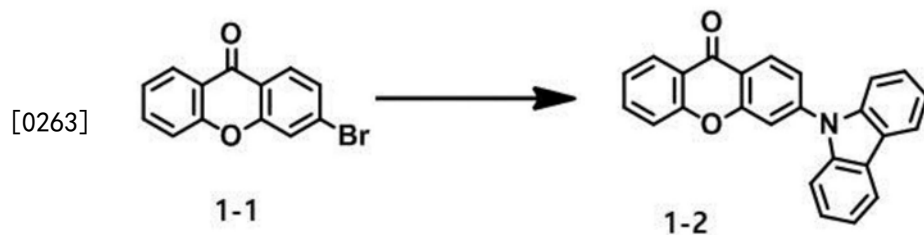
[0258] 在可替换方面中,下部EML 540可以包括可以是主体的第一化合物、可以是延迟荧光材料的第二化合物和可以是荧光或磷光材料的第三化合物(见图7)。在另一个示例性方面中,下部EML 540可以具有包括EML1和EML2的双层结构。在这种情况下,EML1可以包括可以是第一主体的第一化合物和可以是延迟荧光材料的第二化合物,而EML2可以包括可以是第二主体的第四化合物和可以是荧光或磷光材料的第五化合物(见图9)。在又一方面中,下部EML 540可以具有三层结构,该三层结构还包括相对于EML1与EML2相反设置的EML3。在这种情况下,EML3可以包括可以是第三主体的第六化合物和可以是荧光或磷光材料的第七化合物(见图11)。

[0259] 在又一个示例性方面,本公开的OLED可以包括三个或更多个发光单元。例如,OLED还可以包括设置在第二发光单元620与第二电极530之间的第三发光单元以及设置在第二发光单元620与第三发光单元之间的第二CGL。

[0260] 合成例1:化合物1的合成

[0261] (1) 中间体1-2的合成

[0262] [反应式1-1]

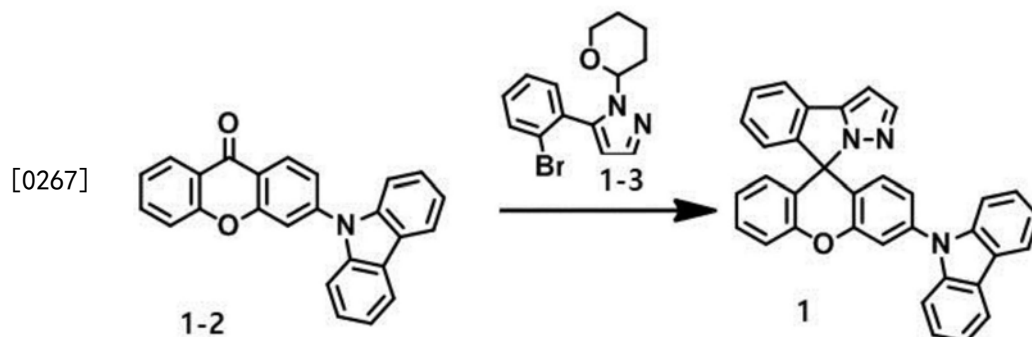


[0264] 将溶解于邻二甲苯(100mL)中的化合物1-1(10g,0.036mmol)、咪唑(7.89g,0.047mmol)和 K_2CO_3 放入反应器中,并在氮气气氛下搅拌溶液30分钟。将乙酸钯(II)(Pd

(OAc)₂, 160mg, 2mol%) 和三叔丁基膦 (P(t-Bu)₃, 400mg, 6mol%) 添加到反应器中, 并将溶液在 140℃ 下搅拌 24 小时。将反应器冷却至室温并除去反应溶剂后, 将粗产物用柱色谱法纯化, 得到浅黄色固体中间体 1-2 (10.4g, 收率: 79.2%)。

[0265] (2) 化合物 1 的合成

[0266] [反应式 1-2]

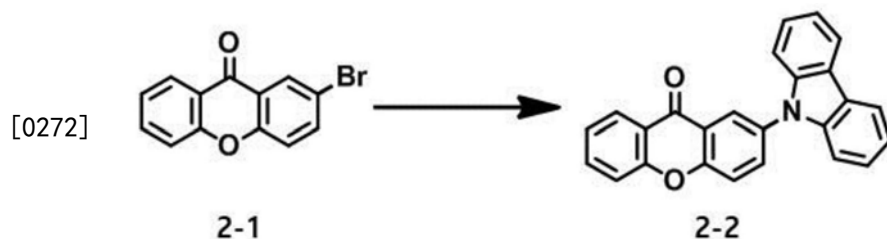


[0268] 将化合物 1-3 (6.76g, 0.022mmol) 在氮气气氛下溶解于 THF (60mL) 中, 然后将溶液冷却至 -78℃。将 2.5M 正丁基锂 (8mL) 缓慢滴加到反应溶液。在相同温度下搅拌 1 小时后, 将中间体 1-2 (7.22g, 0.02mmol) 一次添加到溶液。在室温下搅拌 6 小时后, 将溶液用二乙醚萃取以除去溶剂。将有机层不经纯化而溶解于乙酸 (50mL) 中, 然后将 HCl (2mL) 缓慢地添加至溶液。在室温下搅拌 1 小时后, 该溶液用 NaHCO₃ 水溶液中和, 然后用二氯甲烷萃取。除去溶剂后, 将粗产物用柱色谱法纯化, 得到白色固体化合物 1 (3.9g, 收率: 40%)。

[0269] 合成例 2: 化合物 6 的合成

[0270] (1) 中间体 2-2 的合成

[0271] [反应式 2-1]

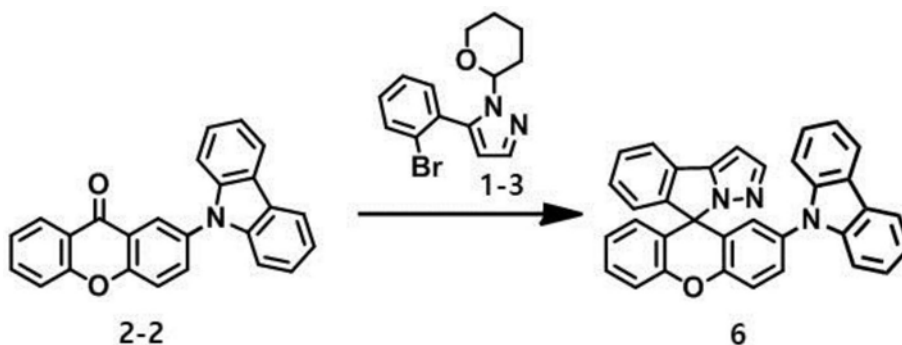


[0273] 将溶解于邻二甲苯 (100mL) 中的化合物 2-1 (10g, 0.036mmol)、咪唑 (7.89g, 0.047mmol) 和 K₂CO₃ 放入反应器中, 并在氮气气氛下搅拌溶液 30 分钟。将 Pd(OAc)₂ (160mg, 2mol%) 和 (P(t-Bu)₃) (400mg, 6mol%) 加入到反应器中, 并且将溶液在 140℃ 下搅拌 24 小时。将反应器冷却至室温并除去反应溶剂后, 将粗产物用柱色谱法纯化, 得到浅黄色固体中间体 2-2 (10.4g, 收率: 79.2%)。

[0274] (2) 化合物 6 的合成

[0275] [反应式 2-2]

[0276]



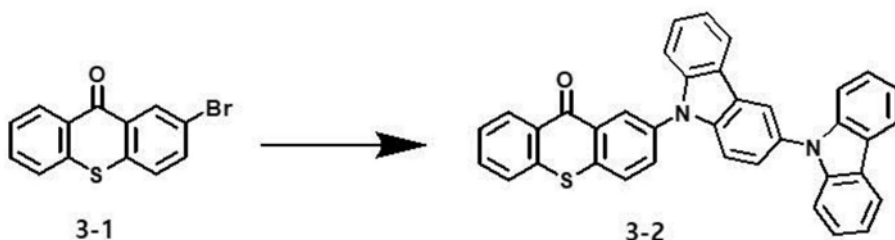
[0277] 在氮气气氛下将化合物1-3 (6.76g, 0.022mmol) 溶解于THF (60mL) 中, 然后将溶液冷却至 -78°C 。将2.5M正丁基锂 (8mL) 缓慢滴加到反应溶液。在相同温度下搅拌1小时后, 将中间体2-2 (7.22g, 0.02mmol) 一次添加到溶液。在室温下搅拌6小时后, 将溶液用二乙醚萃取以除去溶剂。将有机层不经纯化而溶于乙酸 (50mL) 中, 然后将HCl (2mL) 缓慢地添加至溶液。在室温下搅拌1小时后, 该溶液用 NaHCO_3 水溶液中和, 然后用二氯甲烷萃取。除去溶剂后, 将粗产物用柱色谱法纯化, 得到白色固体化合物6 (3.9g, 收率: 40%)。

[0278] 合成例3: 化合物17的合成

[0279] (1) 中间体3-2的合成

[0280] [反应式3-1]

[0281]

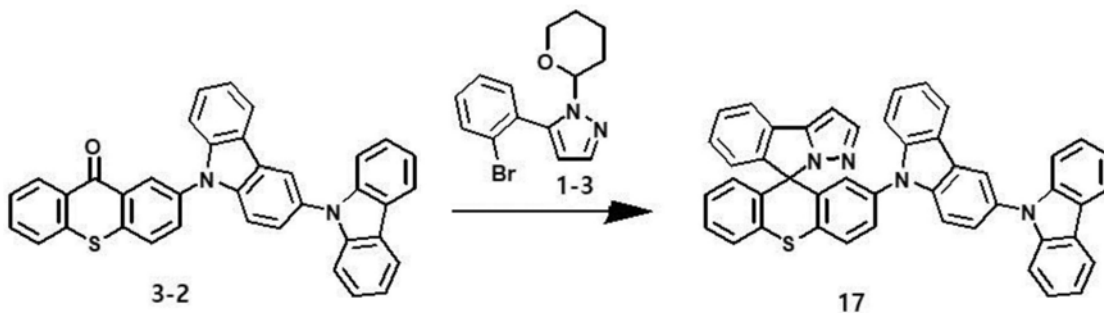


[0282] 将溶解在邻二甲苯 (100mL) 中的化合物3-1 (10g, 0.034mmol)、联咪唑 (15.86g, 0.047mmol) 和 K_2CO_3 放入反应器中, 并将溶液在氮气气氛下搅拌30分钟。向反应器中添加 $\text{Pd}(\text{OAc})_2$ (160mg, 2mol%) 和 $(\text{P}(\text{t-Bu})_3)$ (400mg, 6mol%), 并将溶液在 140°C 下搅拌24小时。在将反应器冷却至室温并除去反应溶剂之后, 将粗产物用柱色谱法纯化以得到黄色固体中间体3-2 (10.4g, 产率: 45%)。

[0283] (2) 化合物17的合成

[0284] [反应式3-2]

[0285]



[0286] 在氮气气氛下将化合物1-3 (5g, 0.016mmol) 溶于THF (60mL) 中, 然后将溶液冷却至 -78°C 。向反应溶液中缓慢滴加2.5M正丁基锂 (8mL)。在同一温度下搅拌1小时之后, 向溶液中一次添加中间体3-2 (7.05g, 0.013mmol)。在室温下搅拌6小时之后, 将溶液用乙醚萃取

以除去溶剂。将有机层溶于乙酸 (50mL) 中而未经纯化, 然后向溶液中缓慢添加HCl (2mL)。在室温下搅拌1小时之后, 将溶液用NaHCO₃水溶液中和, 然后用二氯甲烷萃取。在除去溶剂之后, 将粗产物用柱色谱法纯化以得到白色固体化合物17 (2.1g, 产率: 24%)。

[0287] 实验例1: 能级的测量

[0288] 通过模拟来测量合成例中合成的化合物以及常规主体CBP、如下所示的参照化合物1 (参照1)、参照化合物2 (参照2)、参照化合物3 (参照3) 和参照化合物4 (参照4) 的HOMO能级、LUMO能级、激发单线态能级 (S₁) 和激发三线态能级 (T₁)。测量结果示于下表1中。

[0289] [参照化合物]



[0291] 表1: 有机化合物的能级

[0292]

化合物	HOMO* (eV)	LUMO* (eV)	Eg* (eV)	T ₁ * (eV)	S ₁ (eV)	ΔE _{ST} *
1	-5.7	-2.1	3.6	2.92	3.29	0.37
6	-5.7	-2.2	3.5	2.93	3.50	0.57
17	-5.8	-2.2	3.6	2.87	3.29	0.42
CBP	-6.0	-2.9	3.1	2.58	-	-
参照1	-5.8	-2.9	2.9	2.75	2.76	0.01
参照2	-5.7	-2.5	3.2	2.79	2.86	0.07
参照3	-5.8	-2.9	2.9	2.72	2.76	0.04
参照4	-5.3	-2.6	2.7	2.41	2.79	0.38

*HOMO、LUMO、Eg: LUMO – HOMO、T₁、ΔE_{ST}
: 计算@薛定谔 (Schrodinger) 模拟

[0293] 如表1所示, 对于发光层, 合成例中合成的所有有机化合物具有合适的HOMO能级、LUMO能级、能带隙以及激发单线态能量和激发三线态能量。特别地, 所述有机化合物具有非常高的激发三线态能级并且考虑到S₁与T₁之间的能带隙适合用于EML中的主体和作为用于ETL和HBL的材料。相反, 参照化合物1至3的激发三线态能级相对不高并且不具有适用于EML中的主体的S₁与T₁之间的能级带隙。此外, 参照4具有如此低的激发三线态能级, 因此不适合

用作EML中的主体。

[0294] 实施例1 (Ex. 1) : OLED的制造

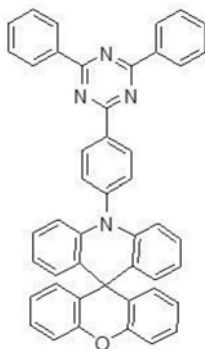
[0295] 制造了其中将化合物1用作EML的主体的OLED。将附着有ITO的玻璃基板(40mm X 40mm X 0.5mm)用异丙醇、丙酮和去离子水超声清洗5分钟,然后在100℃下的烤箱中干燥。在真空下用O₂等离子体处理基板2分钟,将其加载到蒸汽系统中,然后转移到真空沉积室,以便在基板上沉积其他层。通过加热的舟皿在10⁻⁷托下通过蒸发以1 Å的沉积速率按以下顺序沉积有机层:

[0296] HIL (HAT-CN; 50 Å); HTL (NPB, 500 Å); EBL (mCP; 100 Å); EML (化合物1 (主体): 以下基于三嗪的化合物 (掺杂剂) = 按重量计70:30; 300 Å); ETL (TPBi; 350 Å); EIL (LiF; 10 Å); 以及阴极 (Al; 1000 Å)。

[0297] 然后,在阴极上方沉积盖层(CPL),并用玻璃对装置进行封装。沉积发光层和阴极后,将OLED从沉积室转移到干燥箱以进行成膜,接下来使用可紫外线固化的环氧树脂和吸湿剂进行封装。

[0298] [掺杂剂]

[0299]



[0300] 实施例2至3 (Ex. 2至Ex. 3) : OLED的制造

[0301] 使用与实施例1相同的材料制造OLED,不同之处在于将化合物6 (Ex. 2) 或化合物17 (Ex. 3) 代替化合物1作为主体应用到EML中。

[0302] 比较例1至2 (Com. 1至Com. 2) : OLED的制造

[0303] 使用与实施例1相同的材料制造OLED,不同之处在于将CBP (Com. 1) 或参照2化合物 (Com. 2) 代替化合物1作为主体应用到EML中。

[0304] 实验例2: OLED的发光特性的测量

[0305] 由Ex. 1至Ex. 3和Com. 1至Com. 2制造的具有9mm²的发光面积的OLED中的每一个连接至外部电源,然后在室温下使用恒流源 (KEITHLEY) 和光度计PR650评估所有二极管的发光特性。特别地,测量在10mA/cm²的电流密度下的驱动电压 (V)、外量子效率 (EQE, %) 和CIE色坐标。其结果在以下表2中示出。

[0306] 表2: OLED的发光特性

[0307]

i. 项目	主体	V	EQE (%)	CIE _x , CIE _y
Com. 1	CBP	4.60	6.7	(0.171, 0.346)
Com. 2	参照2	4.52	10.0	(0.174, 0.353)
Ex. 1	化合物1	3.60	14.2	(0.173, 0.369)

Ex.2	化合物6	3.68	15.4	(0.173,0.365)
Ex.3	化合物17	3.64	11.2	(0.174,0.352)

[0308] 如表2中所示,与Com.1中的使用CBP作为主体的OLED相比,Ex.1至Ex.3中的OLED降低其驱动电压高达21.7%,并且增强其EQE高达129.9%。此外,与Com.2中的使用参照2作为主体的OLED相比,Ex.1至Ex.3中的OLED降低其驱动电压高达20.4%,并且增强其EQE高达54%。可以制造OLED和具有该OLED的有机发光装置,其中的每一个降低其驱动电压和功耗并且增强其发光效率。

[0309] 对于本领域技术人员将明显的是,在不脱离本发明的范围的情况下,可以在本公开中进行各种修改和变型。因此,本公开旨在覆盖本公开的修改和变型,只要它们落在所附权利要求的范围内。

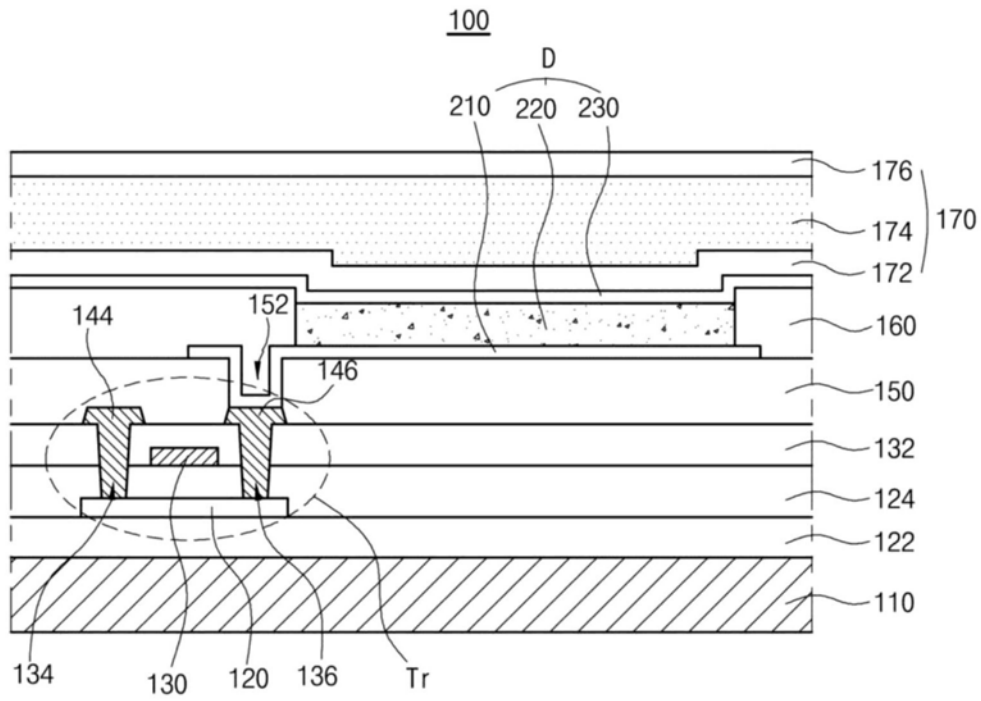


图1

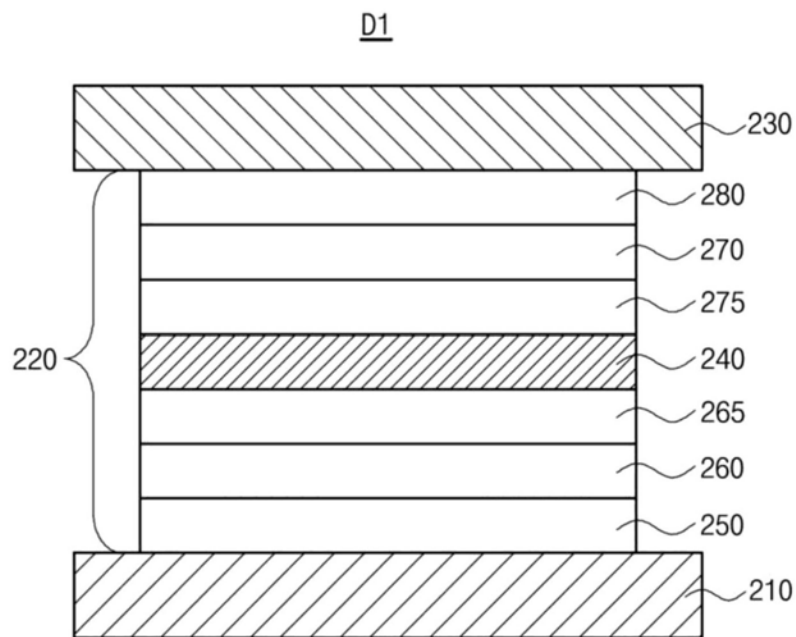


图2

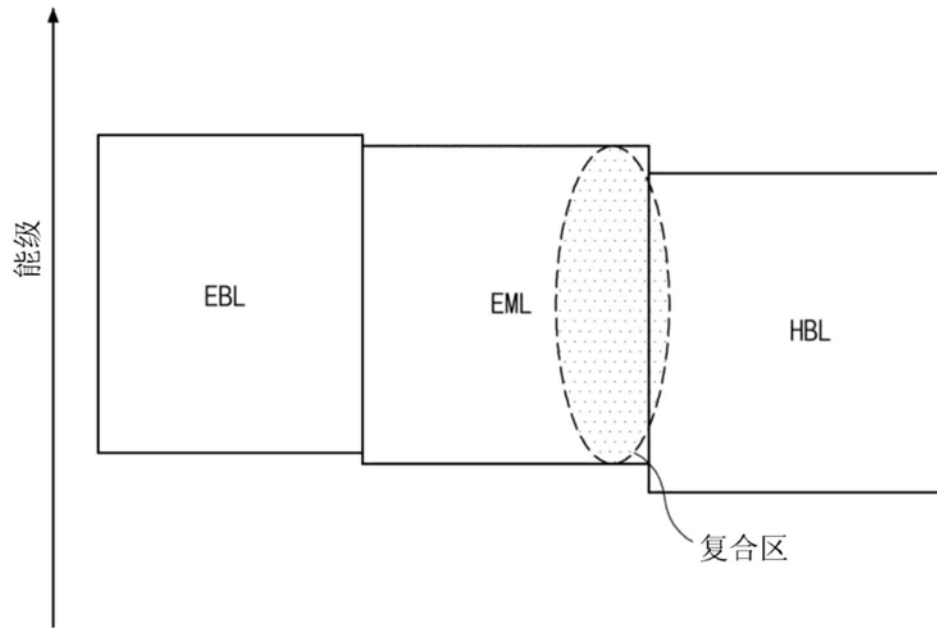


图3

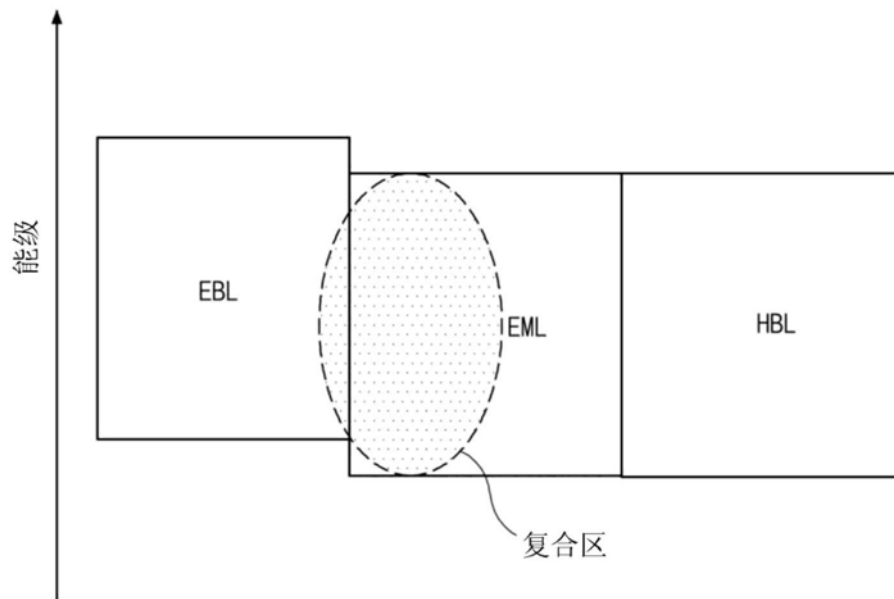


图4

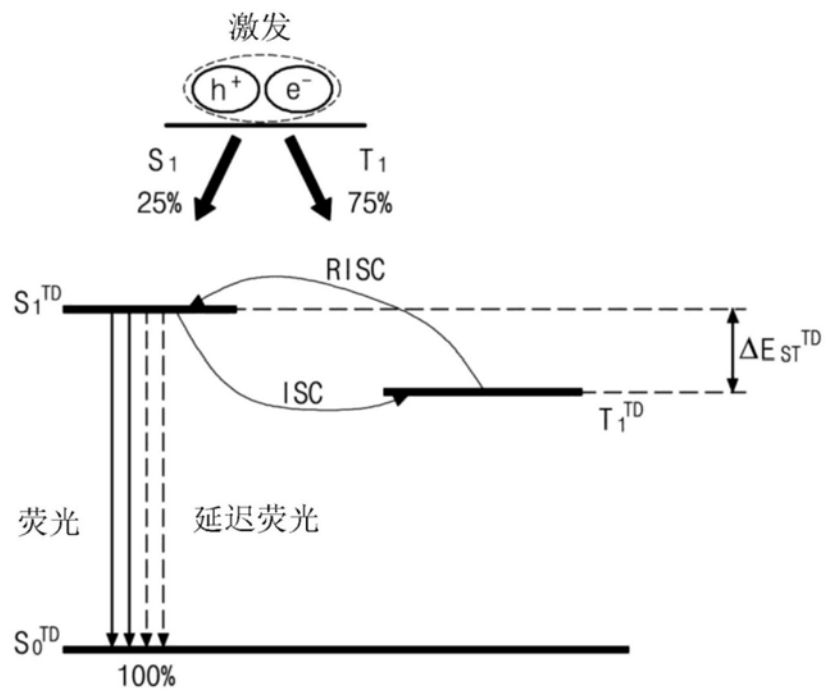


图5

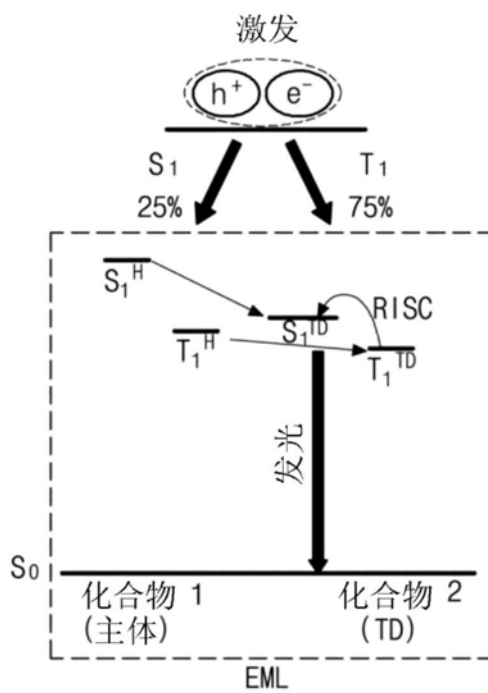


图6

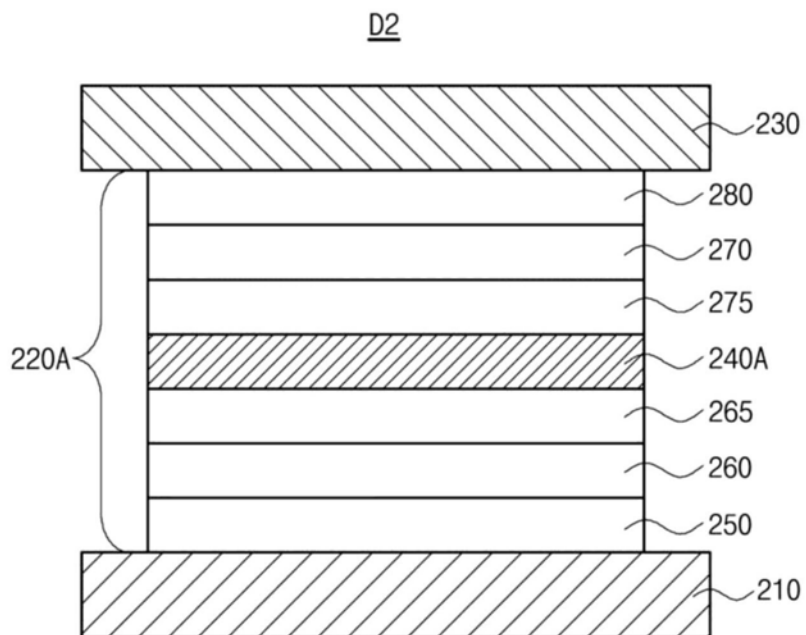


图7

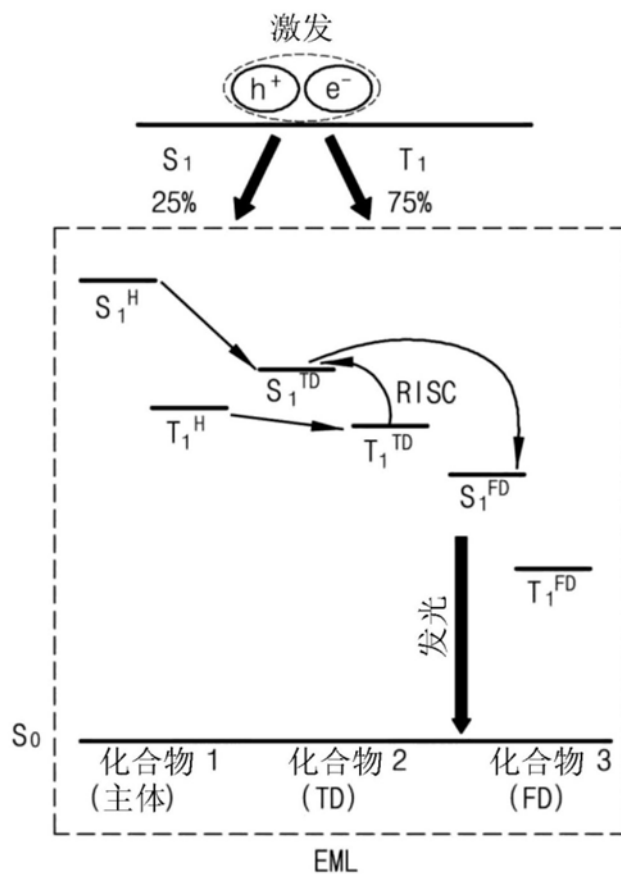


图8

D3

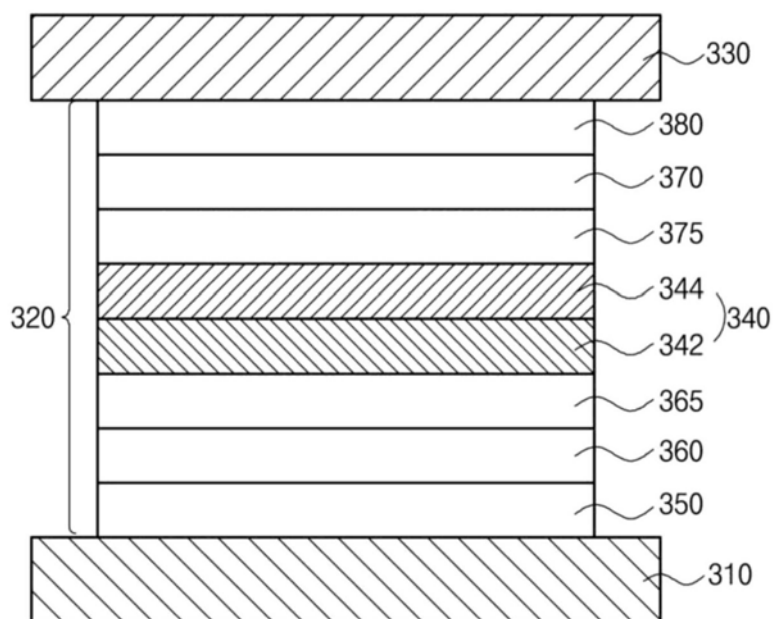


图9

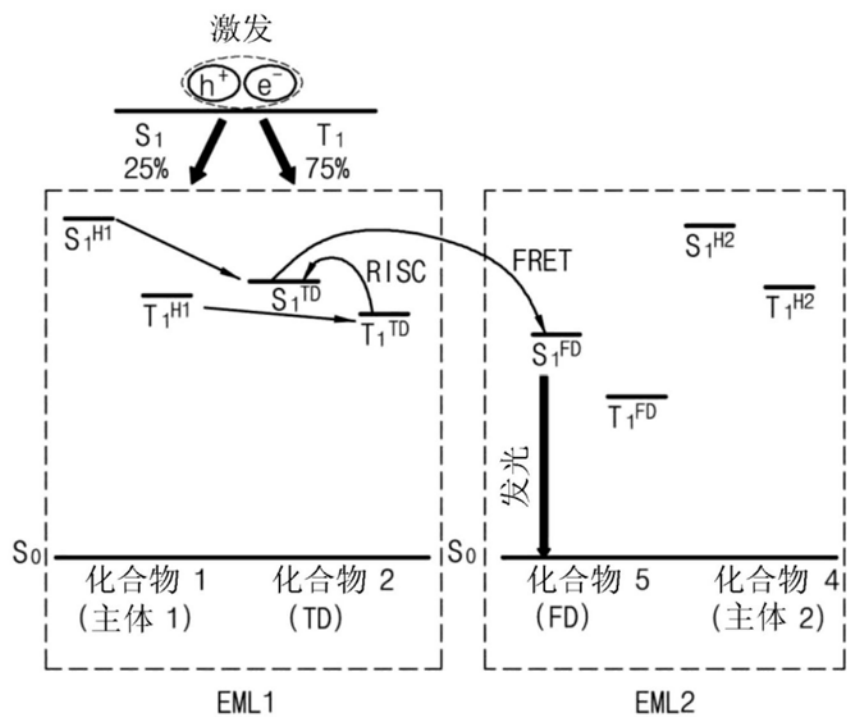


图10

D4

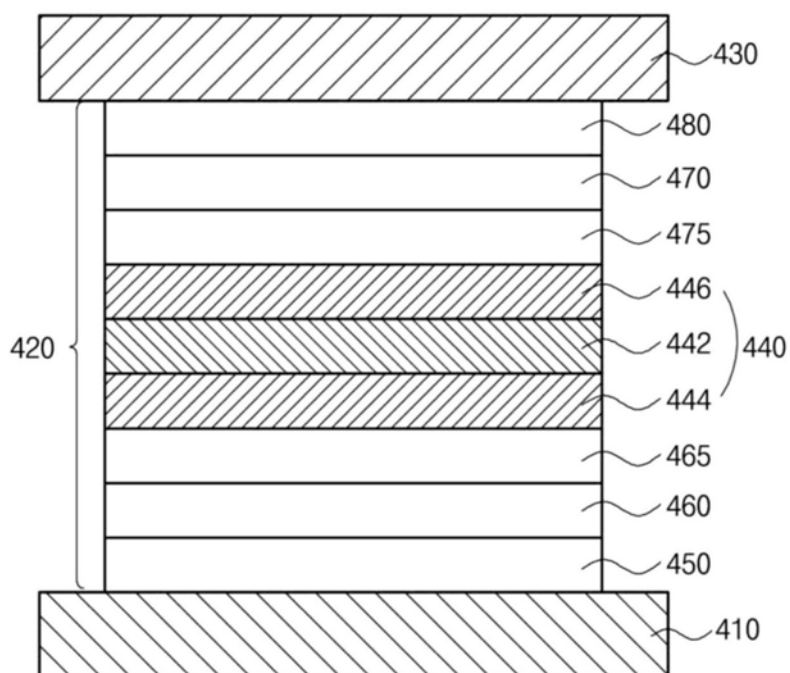


图11

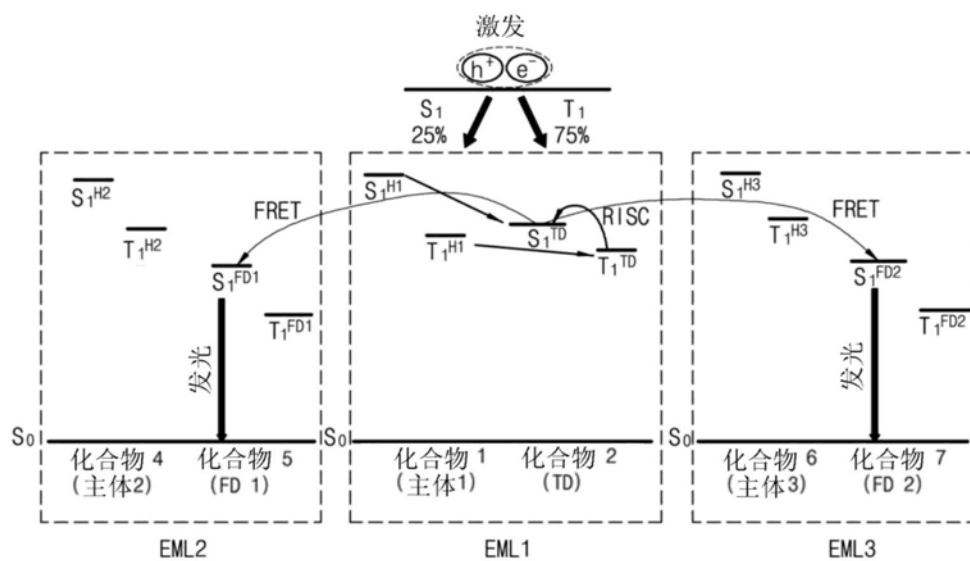


图12

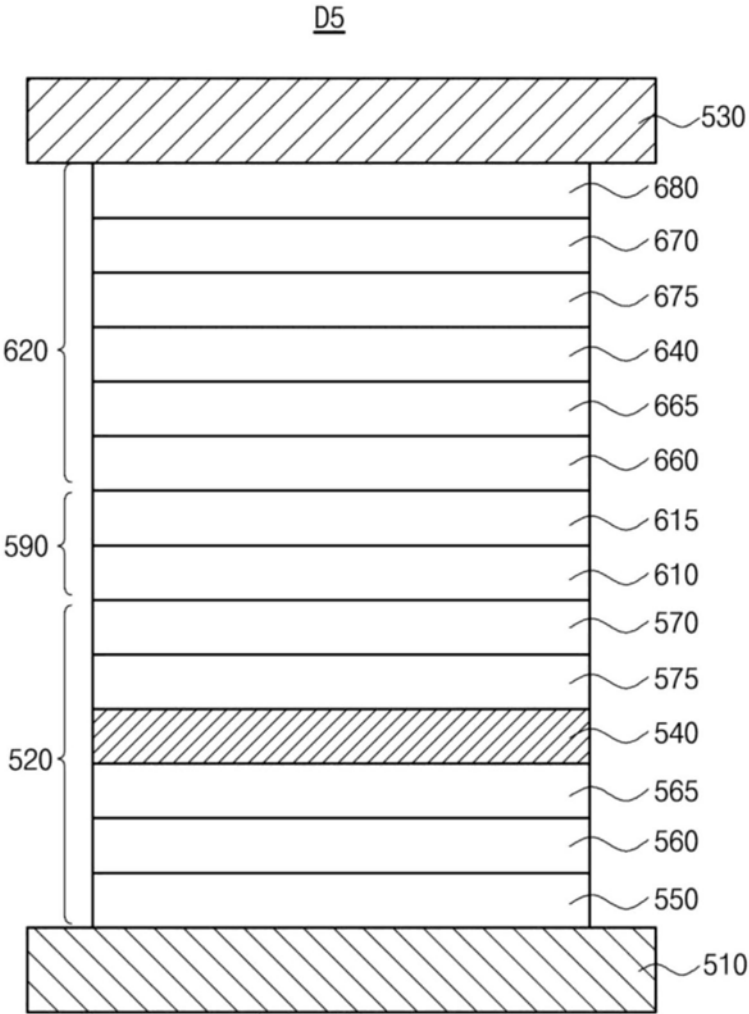


图13