



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110911575 A

(43)申请公布日 2020.03.24

(21)申请号 201911207530.2

(22)申请日 2019.11.29

(71)申请人 昆山国显光电有限公司

地址 215300 江苏省苏州市昆山市开发区  
龙腾路1号4幢

(72)发明人 李国孟 魏金贝 孙磊 徐超

(74)专利代理机构 北京远智汇知识产权代理有限公司 11659

代理人 范坤坤

(51)Int.Cl.

H01L 51/50(2006.01)

H01L 27/32(2006.01)

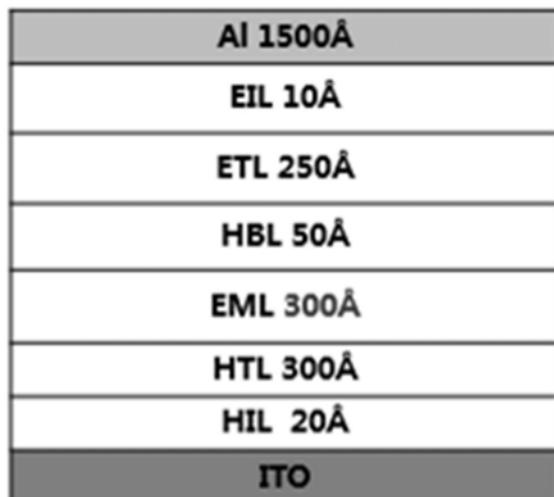
权利要求书14页 说明书26页 附图1页

(54)发明名称

一种有机电致发光器件及显示装置

(57)摘要

本发明涉及一种有机电致发光器件及显示装置,所述有机电致发光器件包括第一电极、第二电极以及位于所述第一电极和第二电极之间的有机层;所述有机层包括发光层,不包括电子阻挡层;所述发光层中含有主体材料、热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料;所述主体材料的三线态能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的三线态能级,且所述主体材料的LUMO能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的LUMO能级。本发明通过使用较高三线态能级和LUMO能级的主体材料,有效的避免了发光层载流子进入其他传输层,且可以省去电子阻挡层,最终使器件具有高发光效率、低驱动电压。



1. 一种有机电致发光器件,其特征在于,所述有机电致发光器件包括第一电极、第二电极以及位于所述第一电极和第二电极之间的有机层;

所述有机层包括发光层,不包括电子阻挡层;

所述发光层中含有主体材料、热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料;

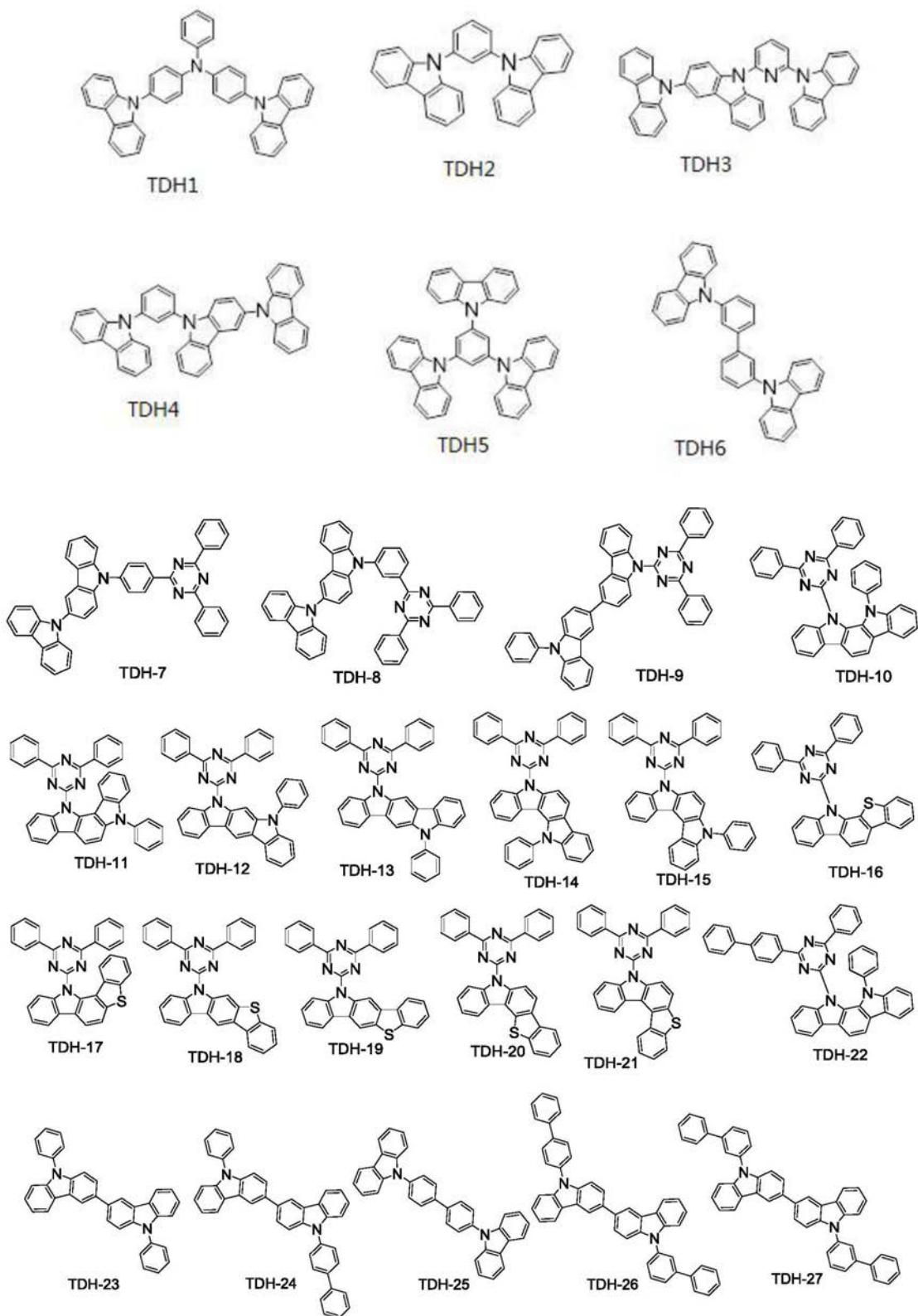
所述主体材料的三线态能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的三线态能级,且所述主体材料的LUMO能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的LUMO能级。

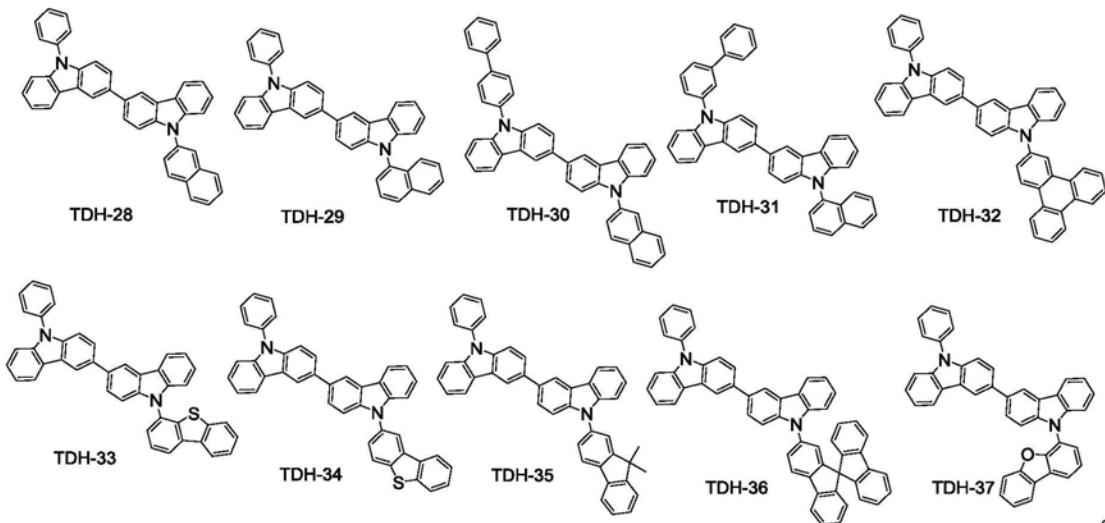
2. 根据权利要求1所述的有机电致发光器件,其特征在于,所述主体材料与热活化延迟荧光敏化剂的三线态能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ ,和/或,所述主体材料与荧光染料的三线态能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ ;

优选地,所述主体材料的三线态能级 $\geq 2.6\text{eV}$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的有机电致发光器件,其特征在于,所述主体材料与热活化延迟荧光敏化剂的LUMO能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ ,和/或,所述主体材料与荧光染料的LUMO能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ 。

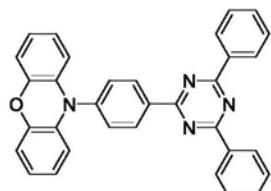
4. 根据权利要求1~3中任一项所述的有机电致发光器件,其特征在于,所述主体材料选自如下TDH1至TDH37所示的化合物中的任意一种或至少两种组合:



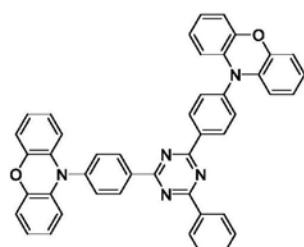


5. 根据权利要求1~4中任一项所述的有机电致发光器件，其特征在于，所述热活化延迟荧光敏化剂的单线态能级与三线态能级差 $<0.3\text{eV}$ ；

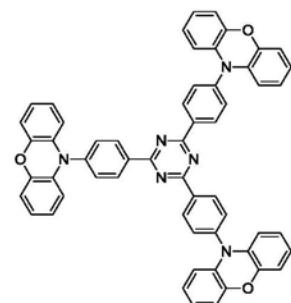
优选地，所述热活化延迟荧光敏化剂选自如下T-1至T-99所示的化合物中的任意一种或至少两种组合：



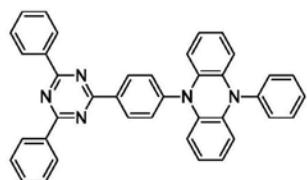
T-1



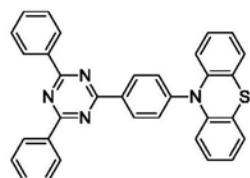
T-2



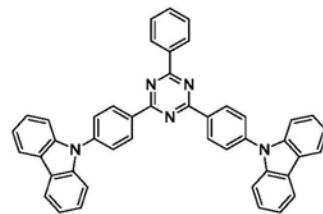
T-3



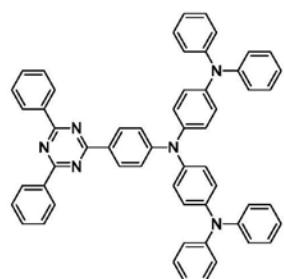
T-4



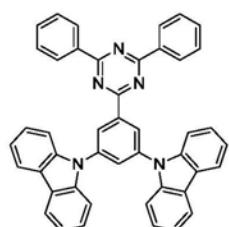
T-5



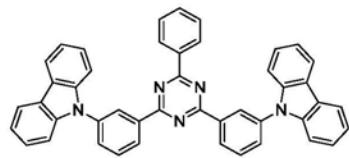
T-6



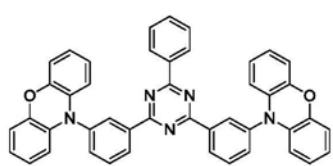
T-7



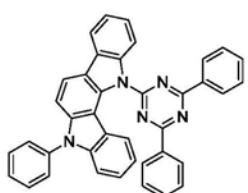
T-8



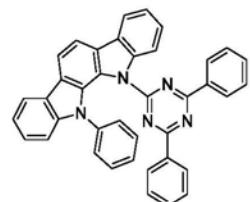
T-9



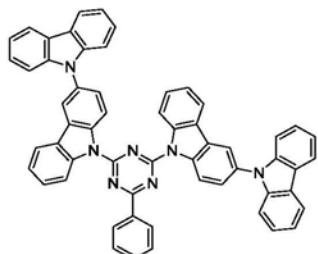
T-10



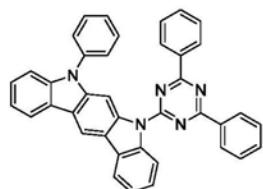
T-11



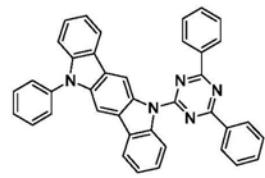
T-12



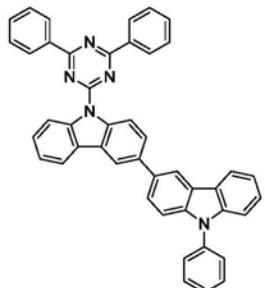
T-13



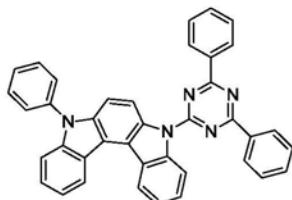
T-14



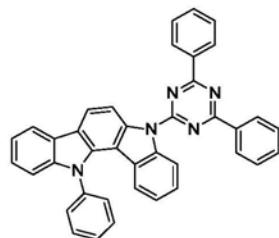
T-15



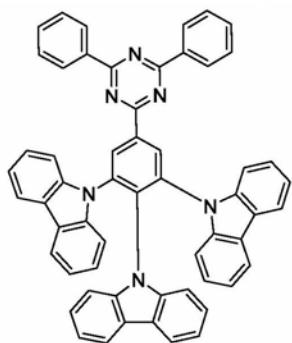
T-16



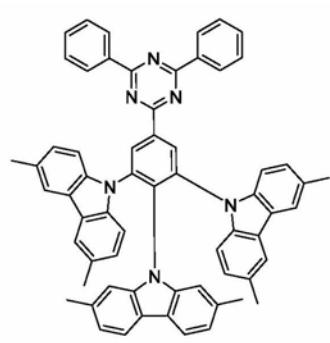
T-17



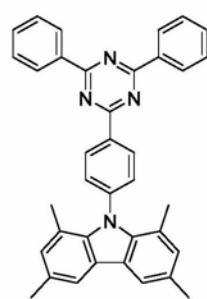
T-18



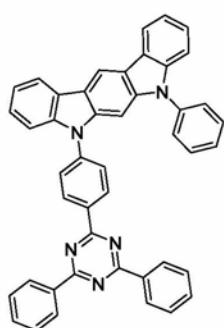
T-19



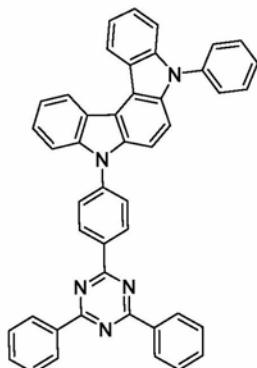
T-20



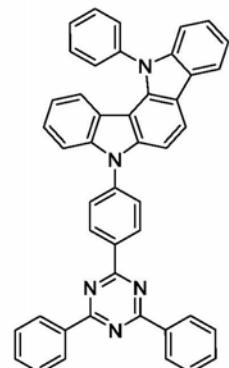
T-21



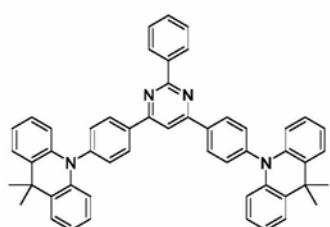
T-22



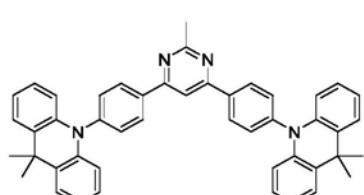
T-23



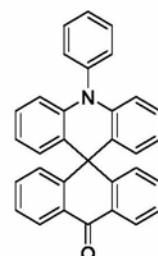
T-24



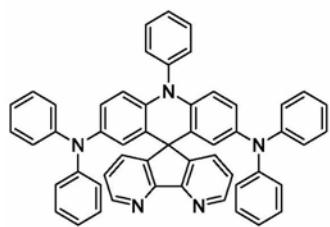
T-25



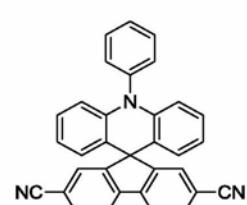
T-26



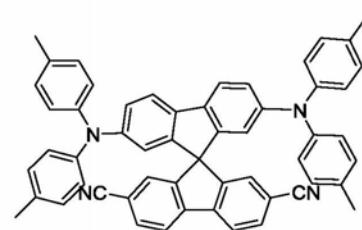
T-27



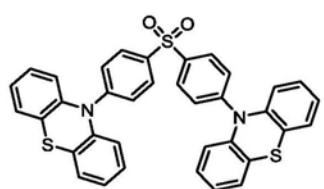
T-28



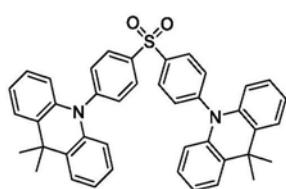
T-29



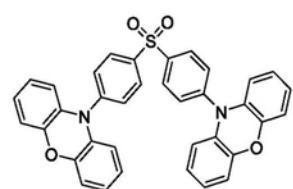
T-30



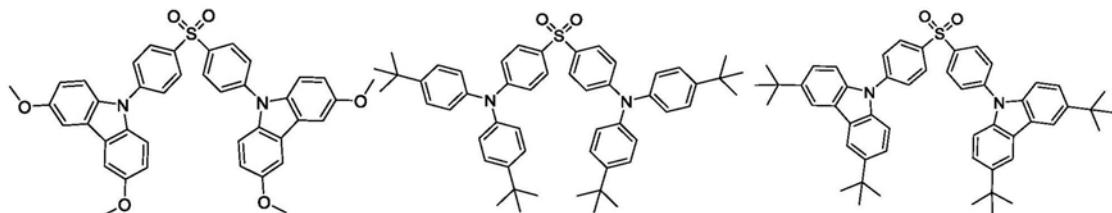
T-31



T-32



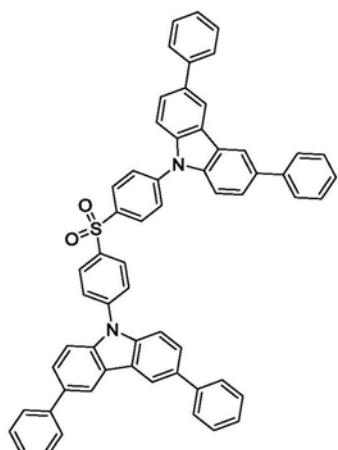
T-33



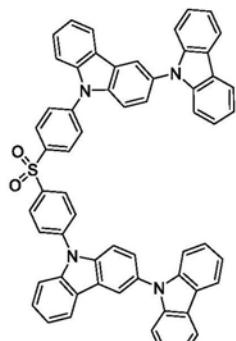
T-34

T-35

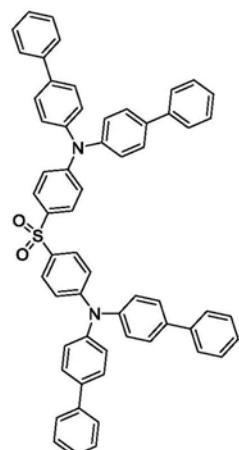
T-36



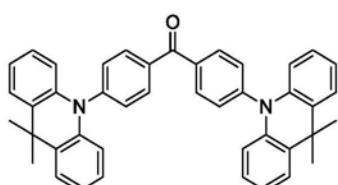
T-37



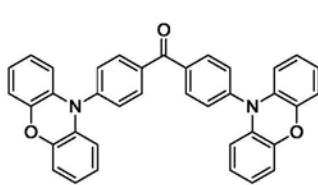
T-38



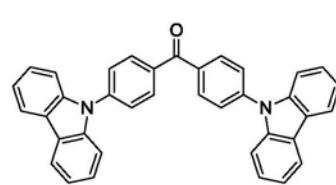
T-39



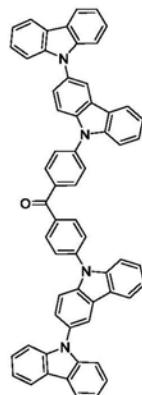
T-40



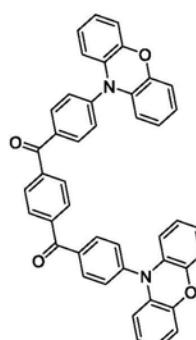
T-41



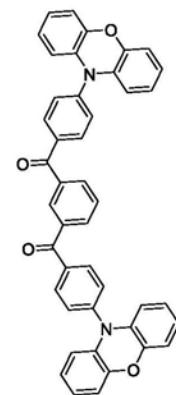
T-42



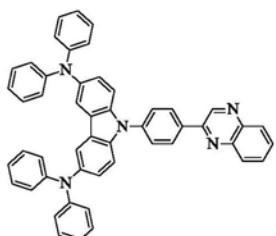
T-43



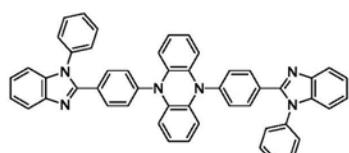
T-44



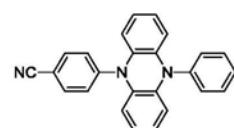
T-45



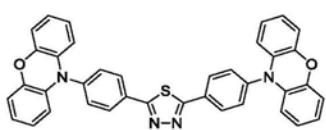
T-46



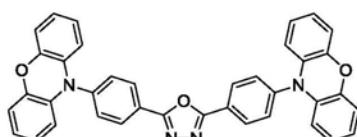
T-47



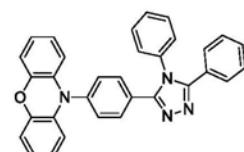
T-48



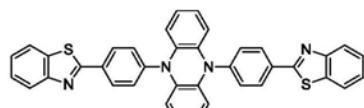
T-49



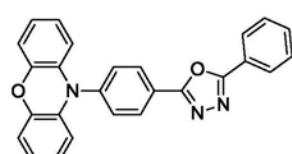
T-50



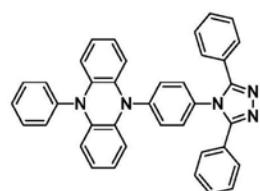
T-51



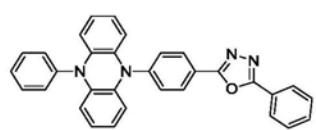
T-52



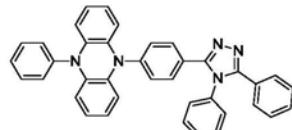
T-53



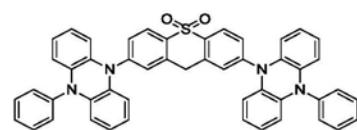
T-54



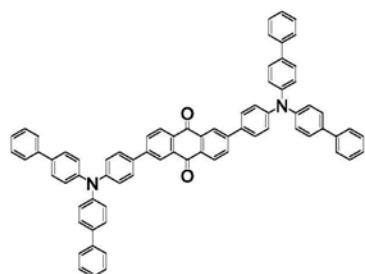
T-55



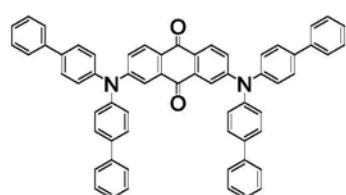
T-56



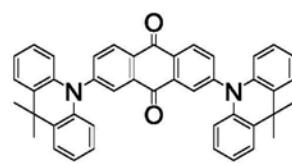
T-57



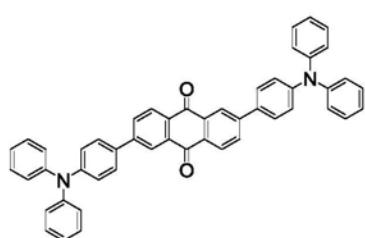
T-58



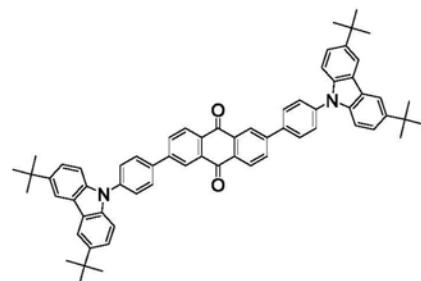
T-59



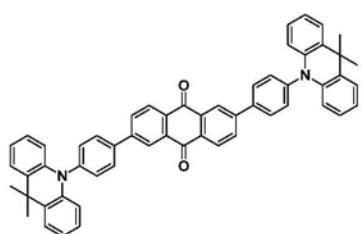
T-60



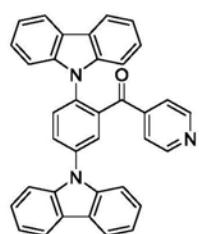
T-61



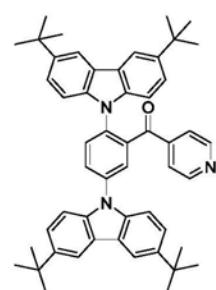
T-62



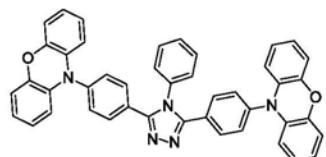
T-63



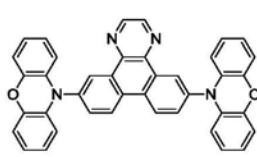
T-64



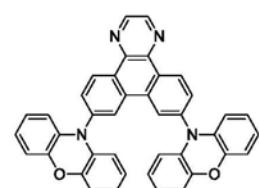
T-65



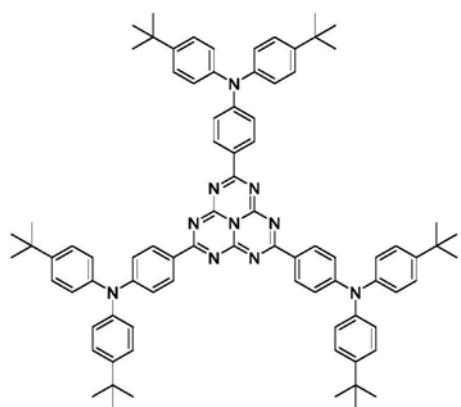
T-66



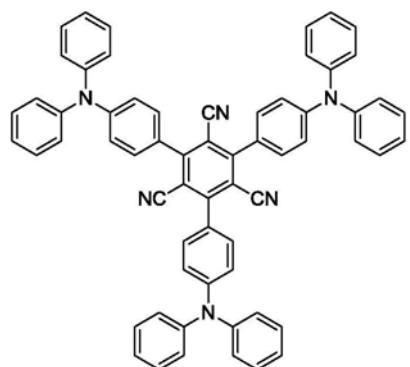
T-67



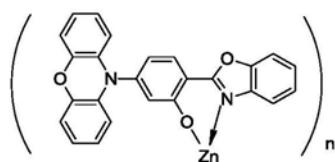
T-68



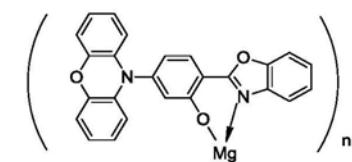
T-69



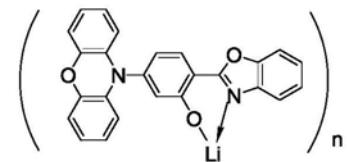
T-70



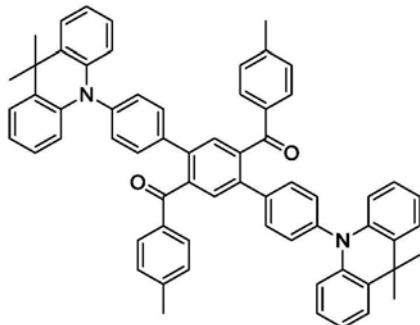
T-71



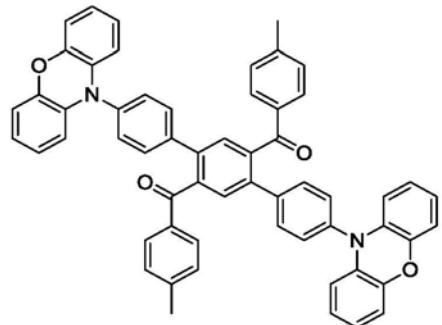
T-72



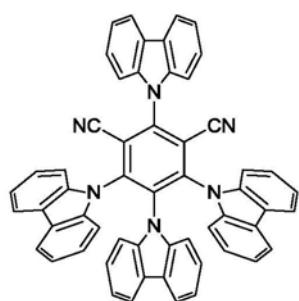
T-73



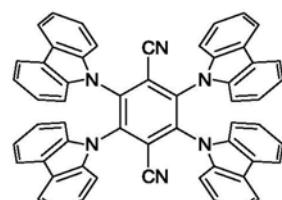
T-74



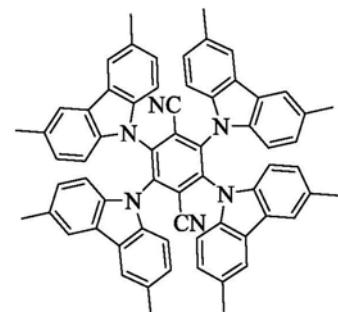
T-75



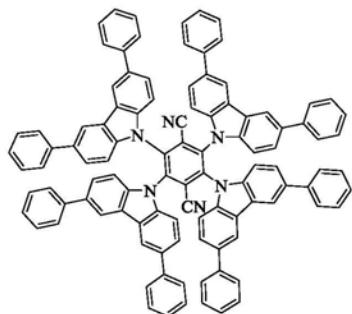
T-76



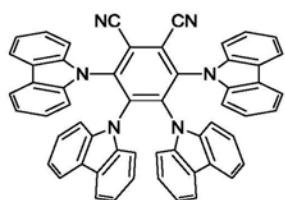
T-77



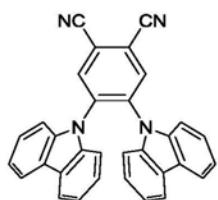
T-78



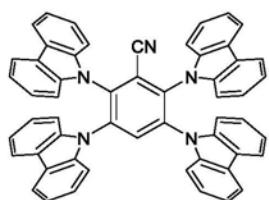
T-79



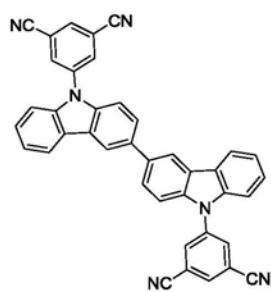
T-80



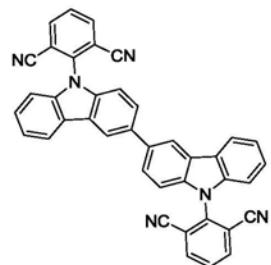
T-81



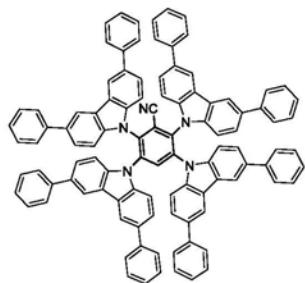
T-82



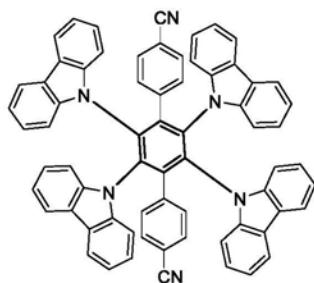
T-83



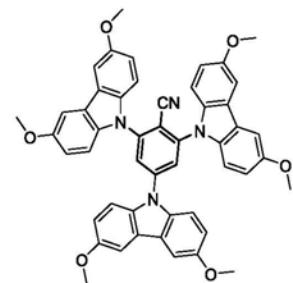
T-84



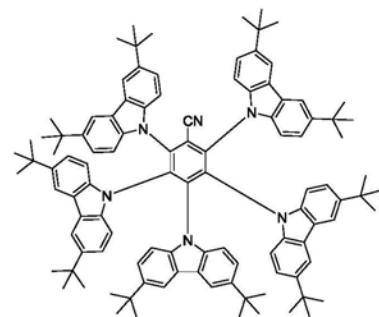
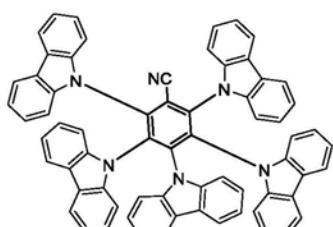
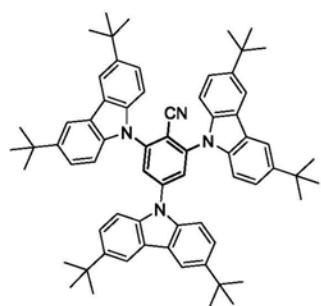
T-85



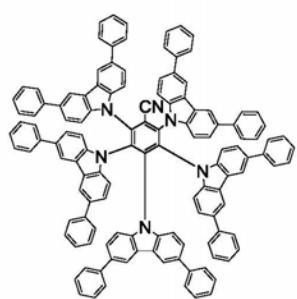
T-86



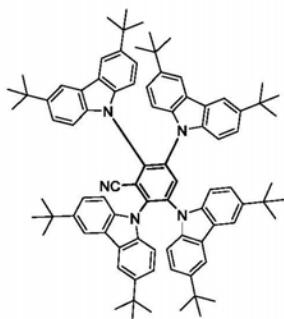
T-87



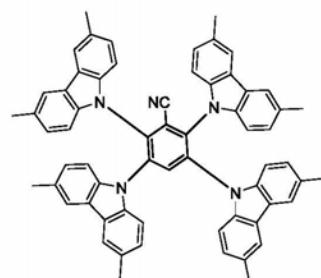
T-88



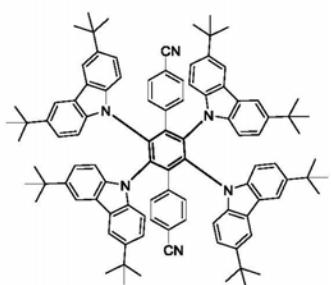
T-89



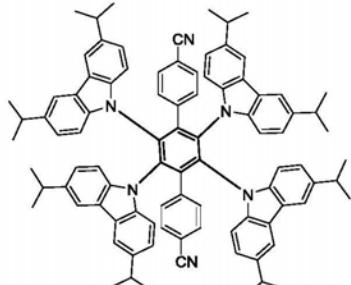
T-90



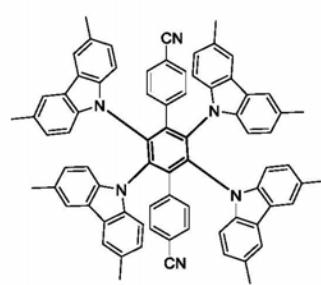
T-91



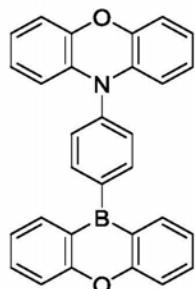
T-92



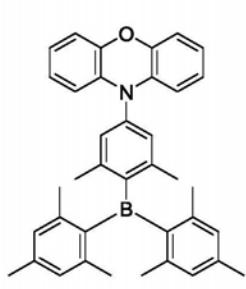
T-93



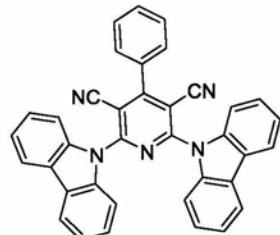
T-94



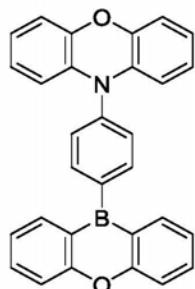
T-95



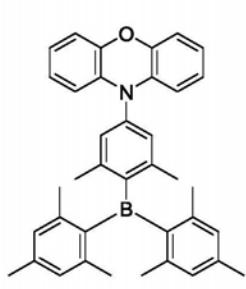
T-96



T-97



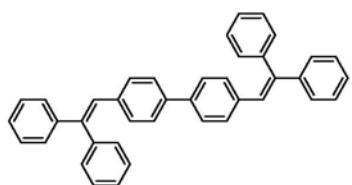
T-98



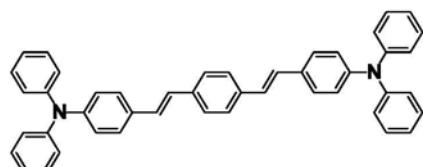
T-99;

其中, T-71、T-72和T-73中,n各自独立地为1、2或3。

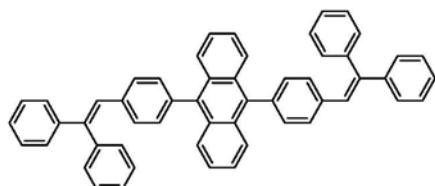
6. 根据权利要求1~5中任一项所述的有机电致发光器件,其特征在于,所述荧光染料选自如下F-1至F-32所示的化合物中的任意一种或至少两种组合:



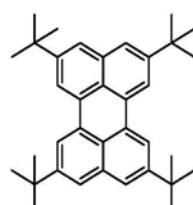
(F-1)



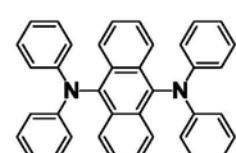
(F-2)



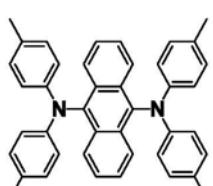
(F-3)



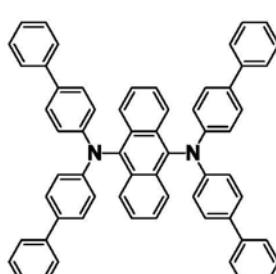
(F-4)



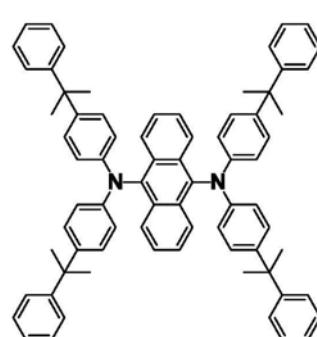
(F-5)



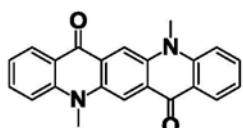
(F-6)



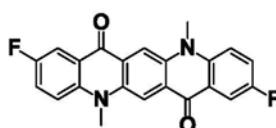
(F-7)



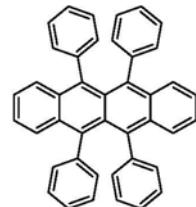
(F-8)



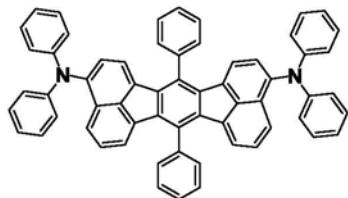
(F-9)



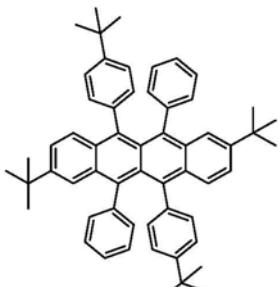
(F-10)



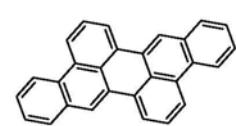
(F-11)



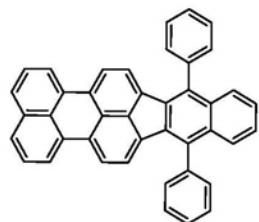
(F-12)



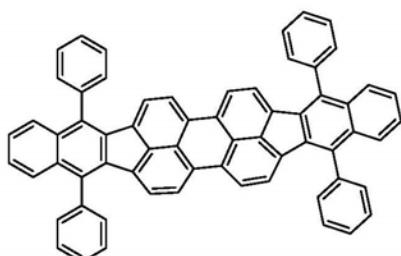
(F-13)



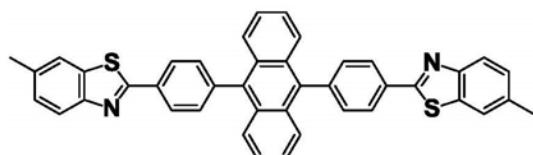
(F-14)



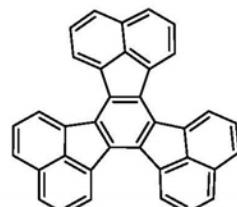
(F-15)



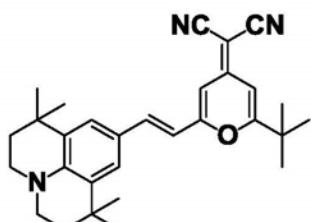
(F-16)



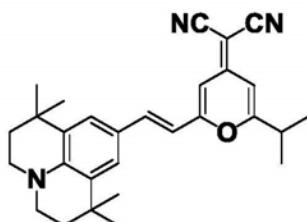
(F-17)



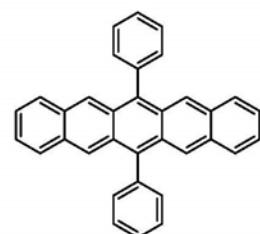
(F-18)



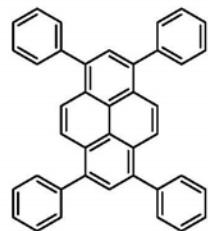
(F-19)



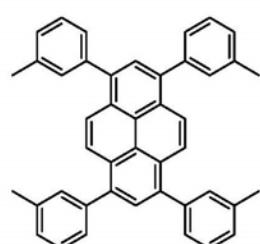
(F-20)



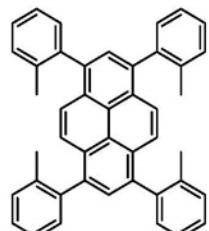
(F-21)



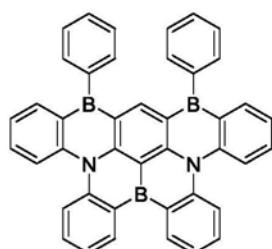
(F-22)



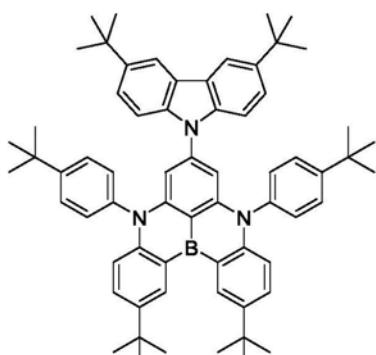
(F-23)



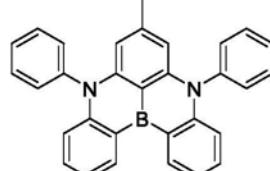
(F-24)



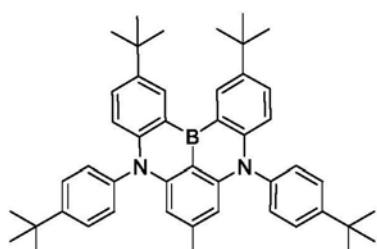
(F-25)



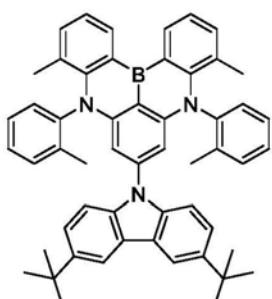
(F-26)



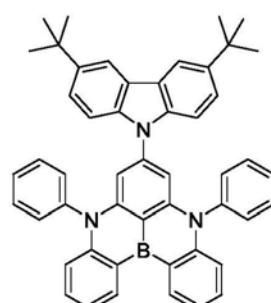
(F-27)



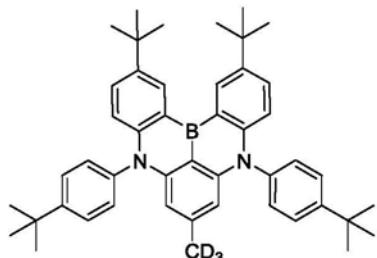
(F-28)



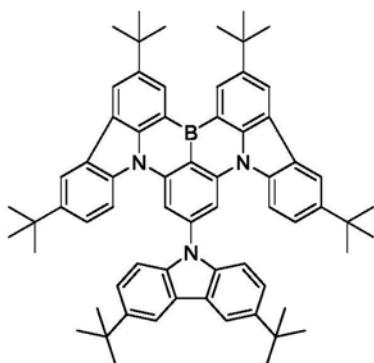
(F-29)



(F-30)



(F-31)



(E-32)

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的有机电致发光器件，其特征在于，所述热活化延迟荧光敏化剂占发光层材料的质量百分比为1wt%~99wt%，优选所述热活化延迟荧光敏化剂占发光层材料的质量百分比为1wt%~50wt%；

优选地，所述荧光染料占发光层材料的质量百分比为0.1wt%~20wt%。

8.根据权利要求1~7中任一项所述的有机电致发光器件，其特征在于，所述发光层的厚度为1nm~100nm。

9. 根据权利要求1~8中任一项所述的有机电致发光器件，其特征在于，所述有机层还包括空穴注入层、空穴传输层、空穴阻挡层、电子传输层和电子注入层中的任意一种或至少两种组合。

10. 一种显示装置,其特征在于,所述显示装置中包含权利要求1~9中任一项所述的有机电致发光器件。

## 一种有机电致发光器件及显示装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及有机电致发光技术领域,尤其涉及一种有机电致发光器件及显示装置。

### 背景技术

[0002] 在热活化延迟荧光发光(TASF, Thermally Activated Sensitized Fluorescence)体系中,当TADF材料作为敏化剂使用时,主体材料能量传递给TADF材料,然后其三线态能量通过反向系间窜越(RISC)过程回到单线态,进而将能量传递给染料发光,这样可以实现主体向染料分子完全的能量传递,使传统荧光掺杂染料也可以突破25%的内量子效率限制。

[0003] 目前热活化延迟荧光(Thermally Activated Delayed Fluorescence,TADF)电致发光器件中,往往存在器件效率滚降较大,寿命较低的情况存在。

[0004] 因此,本领域亟待开发一种新型的有机电致发光器件,使其具有较低的驱动电压。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明的目的之一在于提供一种有机电致发光器件,所述有机电致发光器件驱动电压较低,且发光效率高。

[0006] 为达此目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 本发明提供一种有机电致发光器件,所述有机电致发光器件包括第一电极、第二电极以及位于所述第一电极和第二电极之间的有机层;

[0008] 所述有机层包括发光层(EML),不包括电子阻挡层(EBL);

[0009] 所述发光层中含有主体材料、热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料;

[0010] 所述主体材料的三线态能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的三线态能级,且所述主体材料的LUMO能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的LUMO能级。

[0011] 优选地,所述主体材料与热活化延迟荧光敏化剂的三线态能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ ,和/或,所述主体材料与荧光染料的三线态能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ 。

[0012] 优选地,所述主体材料的三线态能级 $\geq 2.6\text{eV}$ 。

[0013] 优选地,所述主体材料与热活化延迟荧光敏化剂的LUMO能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ ,和/或,所述主体材料与荧光染料的LUMO能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ 。

[0014] 优选地,所述主体材料选自TDH1至TDH37所示的化合物中的任意一种或至少两种组合。

[0015] 优选地,所述热活化延迟荧光敏化剂的单线态能级与三线态能级差 $<0.3\text{eV}$ 。

[0016] 优选地,所述热活化延迟荧光敏化剂选自T-1至T-99所示的化合物中的任意一种或至少两种组合,其中所述T-71、T-72和T-73中,n各自独立地为1、2或3。

[0017] 优选地,所述荧光染料选自F-1至F-32所示的化合物中的任意一种或至少两种组合。

[0018] 优选地,所述热活化延迟荧光敏化剂占发光层材料的质量百分比为1wt%~99wt%,优选热活化延迟荧光敏化剂占发光层材料的质量百分比为1wt%~50wt%。其中,发光层材料指的是主体材料、热激活延迟荧光敏化剂和荧光染料的总和。

[0019] 优选地,所述荧光染料占发光层材料的质量百分比为0.1wt%~20wt%。

[0020] 优选地,所述发光层的厚度为1nm~100nm。

[0021] 优选地,所述有机层还包括空穴注入层(HIL)、空穴传输层(HTL)、空穴阻挡层(HBL)、电子传输层(ETL)和电子注入层(EIL)中的任意一种或至少两种组合。

[0022] 本发明的目的之二在于提供一种显示装置,所述显示装置中包含目的之一所述的有机电致发光器件。

[0023] 相比于现有技术,本发明具有如下有益效果:

[0024] 本发明提供了一种新型的有机电致发光器件,使用三线态能级和LUMO能级均高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的主体材料,通过这种方式,有效的避免了发光层载流子进入其他传输层,解决了载流子湮灭的问题,进而提高器件的发光效率;此外,较高三线态能级和LUMO能级的主体材料自身具备一定的阻挡能力,可以省去电子阻挡层,有效降低器件的驱动电压,且可以减少一个蒸镀腔室,简化蒸镀工艺步骤,降低成本。

## 附图说明

[0025] 图1是实施例1提供的有机电致发光器件的结构示意图。

[0026] 图2是对比例1-2提供的有机电致发光器件的结构示意图。

## 具体实施方式

[0027] 为便于理解本发明,本发明列举实施例如下。本领域技术人员应该明了,所述实施例仅仅是帮助理解本发明,不应视为对本发明的具体限制。

[0028] 目前热活化延迟荧光电致发光器件中,往往存在器件效率滚降较大,寿命较低的情况存在,这一情况出现的原因较多,发明人发现一个主要原因是器件发光层的激子扩散导致的。由于TADF材料的单三线态能级差较小(特别是蓝光TASF器件中),使得含有TADF材料的发光层的三线态激子能级较高,容易产生激子扩散至其他功能层,与其他功能层的载流子发生碰撞,产生湮灭。从而使得器件的发光效率较低,对器件寿命也有所影响,同时存在驱动电压较高问题。

[0029] 为此,本发明提供一种有机电致发光器件,包括第一电极、第二电极以及位于第一电极和第二电极之间的有机层;有机层包括发光层(EML),不包括电子阻挡层(EBL);发光层中含有主体材料、热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料;主体材料的三线态能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的三线态能级,且主体材料的LUMO能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的LUMO能级。

[0030] 本发明提供了一种新型的有机电致发光器件,使用三线态能级和LUMO能级均高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的主体材料,通过这种方式,有效的避免了发光层载流子进入其他传输层,解决载流子湮灭的问题,进而降低器件的工作电压,提高器件的发光效率。进一步地,这类较高三线态能级主体材料自身具备一定的阻挡能力,其三线态能级高于敏化剂及染料的三线态能级,这样在器件发光层中,可以有效将激子复合区域控制在发光

层,避免高能激子扩散。

[0031] 一般器件中都需单独的电子阻挡层,需要具有高三线态能级与较高LUMO能级,防止器件发光层中激子及电子扩散至空穴传输区域,但是电子阻挡层和发光层之间往往存在能级势垒,这样会有载流子注入能障,势必导致器件的工作电压增加;而本申请中的这类主体材料有着较高的LUMO能级,这样可以避免器件中的电子扩散到空穴传输区域(比如空穴传输层),自身就可以具有电子阻挡作用,从而可以在器件中不加入电子阻挡层,有效降低器件的驱动电压。

[0032] 在一种可选地实施方式中,主体材料与热活化延迟荧光敏化剂的三线态能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ ,和/或,主体材料与荧光染料的三线态能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ 。

[0033] 进一步地,主体材料与热活化延迟荧光敏化剂的三线态能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ ,例如 $0.22\text{eV}$ 、 $0.26\text{ eV}$ 、 $0.3\text{eV}$ 、 $0.41\text{eV}$ 、 $0.42\text{eV}$ 、 $0.46\text{eV}$ 等,和/或,主体材料与荧光染料的三线态能级差 $\geq 0.2\text{ eV}$ ,例如 $0.23\text{eV}$ 、 $0.25\text{eV}$ 、 $0.44\text{eV}$ 、 $0.46\text{eV}$ 、 $0.48\text{eV}$ 、 $0.5\text{eV}$ 等。

[0034] 当主体材料与热活化延迟荧光敏化剂的三线态能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ 时,主体材料可以实现对热活化延迟荧光敏化剂较好的能量传递,且热活化延迟荧光敏化剂中的三线态激子不会将能量回传至主体,这样有利于提高器件的发光效率、降低器件的驱动电压,特别是上述列举的点值范围内( $0.22\sim 0.46\text{eV}$ )效果更佳。

[0035] 当主体材料与荧光染料的三线态能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ 时,主体材料可以实现对荧光染料较好的能量传递,且染料中的三线态激子不会将能量回传至主体,这样可以提高器件的发光效率、降低器件的驱动电压,特别是上述列举的点值范围内( $0.23\sim 0.5\text{eV}$ )效果更佳。

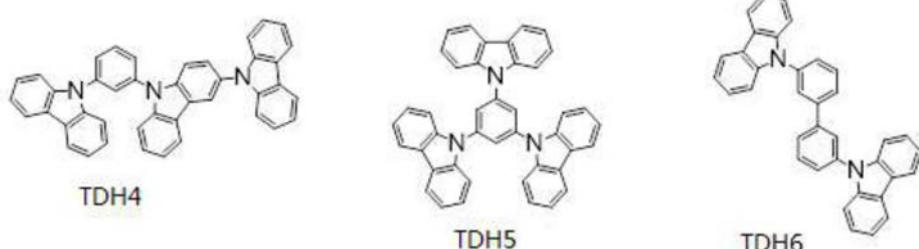
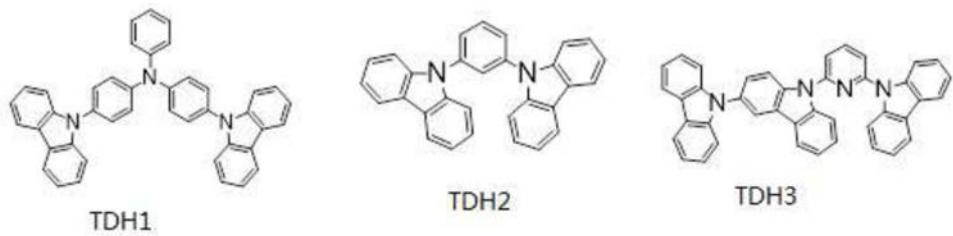
[0036] 进一步地,主体材料的三线态能级 $\geq 2.6\text{eV}$ ,例如 $2.60\text{eV}$ 、 $2.72\text{eV}$ 、 $2.76\text{eV}$ 、 $2.95\text{eV}$ 、 $2.99\text{eV}$ 等。在该条件下,主体材料有着良好的电子阻挡能力,防止电子传递到空穴传输区域,从而提升器件性能,特别是上述列举的点值范围内( $2.60\sim 2.99\text{eV}$ )效果更佳。尤其适用于蓝光器件。

[0037] 在一种可选地实施方式中,主体材料与热活化延迟荧光敏化剂的LUMO能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ ,例如 $0.36\text{eV}$ 、 $0.37\text{eV}$ 、 $0.41\text{eV}$ 、 $0.49\text{eV}$ 、 $0.62\text{eV}$ 、 $0.64\text{eV}$ 、 $0.67\text{eV}$ 、 $0.71\text{eV}$ 等,和/或,主体材料与荧光染料的LUMO能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ ,例如 $0.26\text{eV}$ 、 $0.46\text{eV}$ 、 $0.53\text{eV}$ 、 $0.6\text{eV}$ 、 $0.67\text{ eV}$ 、 $0.71\text{eV}$ 、 $1.02\text{eV}$ 等。

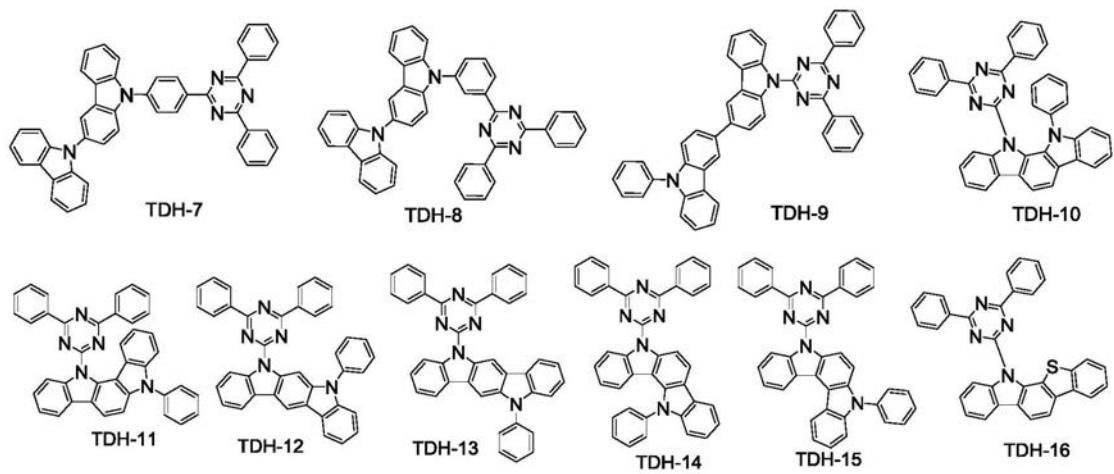
[0038] 当主体材料与热活化延迟荧光敏化剂的LUMO能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ 时,主体材料有着良好的电子阻挡能力,能够有效防止电子传递到空穴传输区域,从而有利于提升器件性能,特别是上述列举的点值范围内( $0.36\sim 0.71\text{eV}$ )效果更佳。

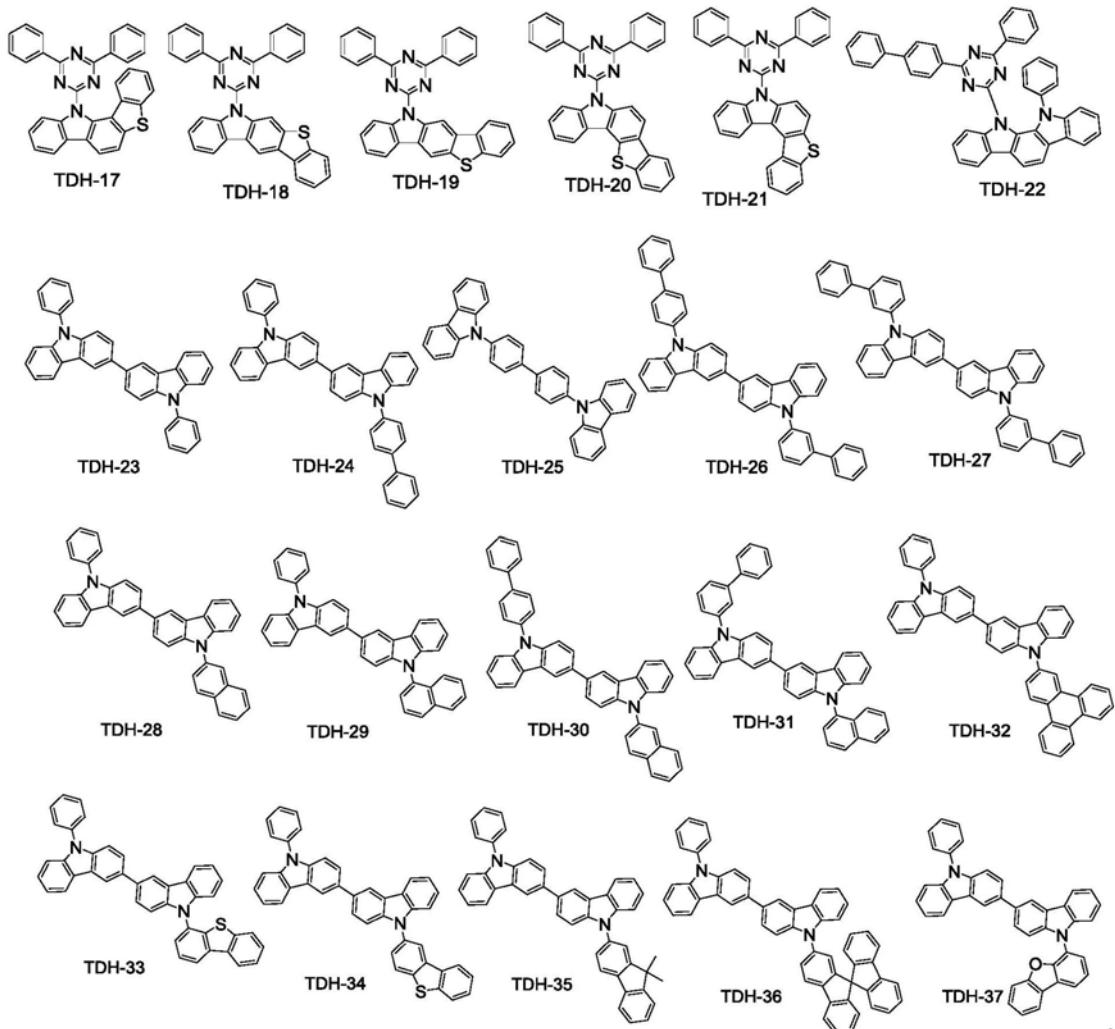
[0039] 当主体材料与荧光染料的LUMO能级差 $\geq 0.2\text{eV}$ 时,主体材料有着良好的电子阻挡能力,防止电子传递到空穴传输区域,从而可以提升器件性能,特别是上述列举的点值范围内( $0.26\sim 1.02\text{eV}$ )效果更佳。

[0040] 在一种可选地实施方式中,主体材料选自如下TDH1至TDH37所示的化合物中的任意一种或至少两种组合:



[0041]

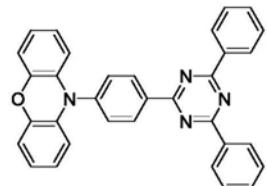




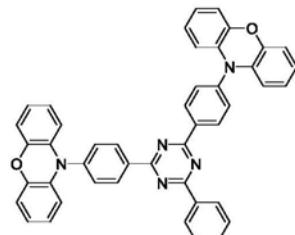
[0042] 上述系列主体材料均为咔唑类化合物,该类化合物具有较好的载流子传输能力,且具有较高的三线态能级,能够有效的与敏化剂和染料进行组合搭配,降低驱动电压,提高发光效率。

[0043] 进一步地,热活化延迟荧光敏化剂的单线态能级与三线态能级差 $<0.3\text{eV}$ ,例如 $0.11\text{eV}$ 、 $0.17\text{eV}$ 、 $0.18\text{eV}$ 、 $0.2\text{eV}$ 等。本发明优选敏化剂的特定单线态和三线态能级差( $<0.3\text{eV}$ ),在该条件下由于单线态与三线态间的能级差较小,能够有效的实现三线态到单线态能量的上转换过程(RISC),从而再将能量传递给染料进行发射,实现100%的内量子效率,特别是上述列举的点值范围内( $0.11\sim0.2\text{eV}$ )效果更佳。

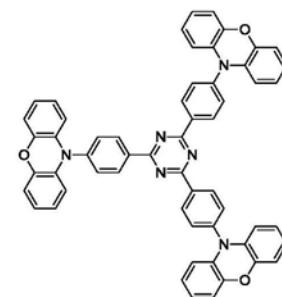
[0044] 优选地,热活化延迟荧光敏化剂选自如下T-1至T-99所示的化合物中的任意一种或至少两种组合(例如T-1和T-2的组合,T-5、T-7和T-12的组合,T-3、T-60、T-70和T-80的组合等):



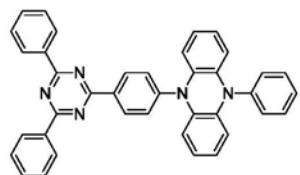
T-1



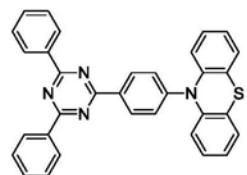
T-2



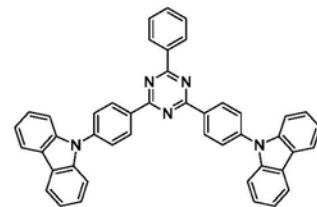
T-3



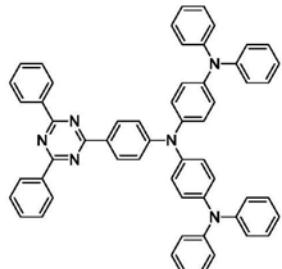
T-4



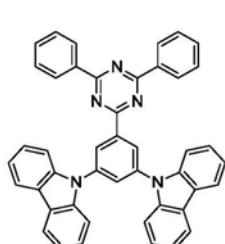
T-5



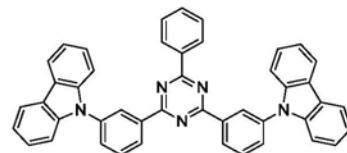
T-6



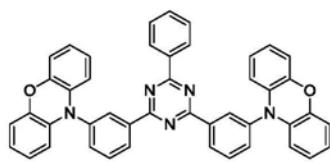
T-7



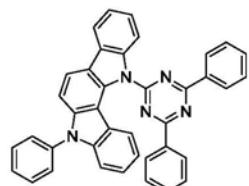
T-8



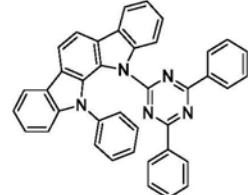
T-9



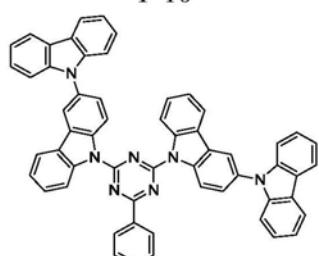
T-10



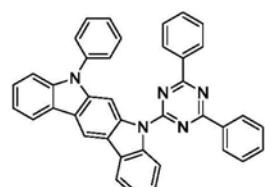
T-11



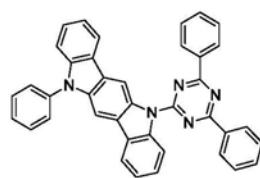
T-12



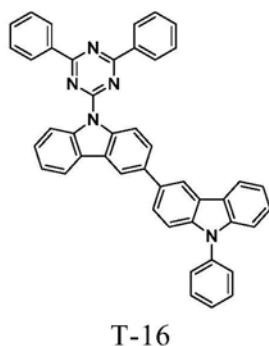
T-13



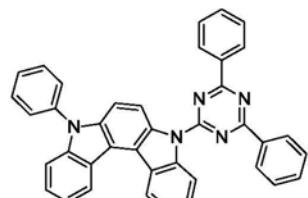
T-14



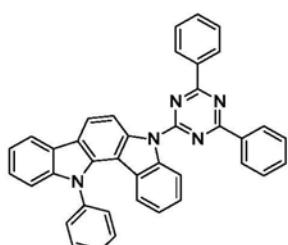
T-15



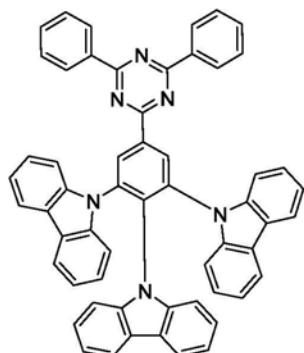
T-16



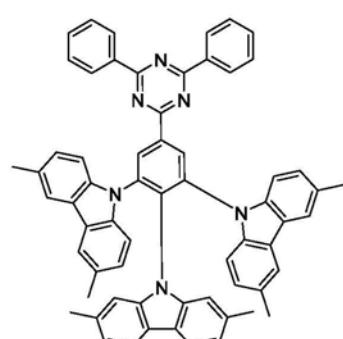
T-17



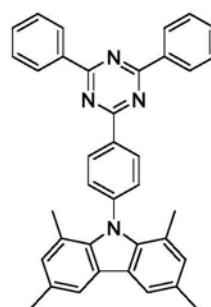
T-18



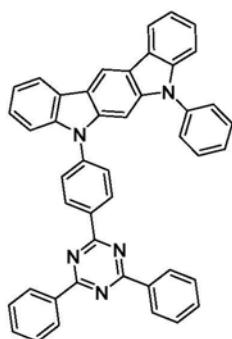
T-19



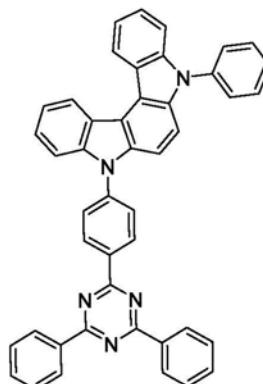
T-20



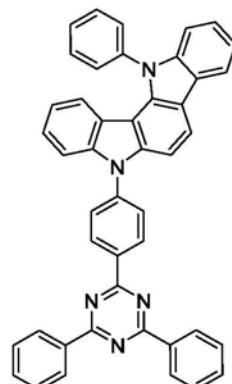
T-21



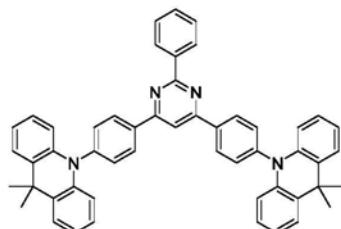
T-22



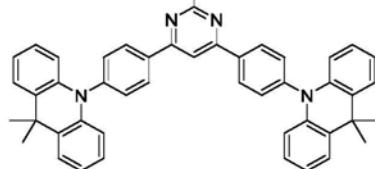
T-23



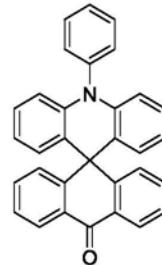
T-24



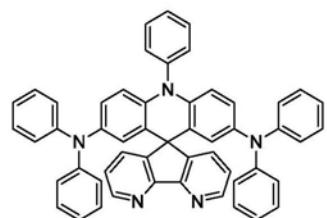
T-25



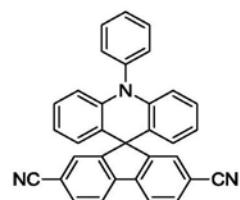
T-26



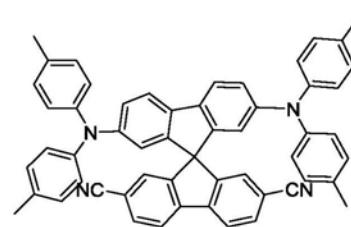
T-27



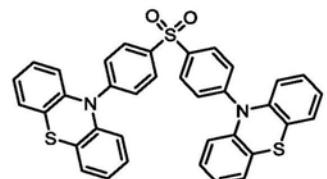
T-28



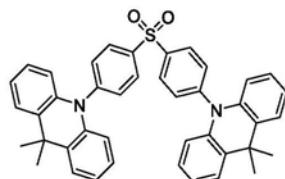
T-29



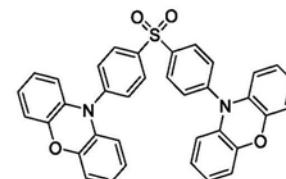
T-30



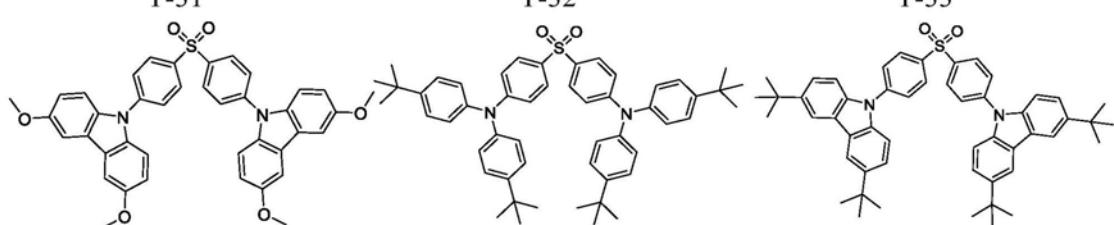
T-31



T-32



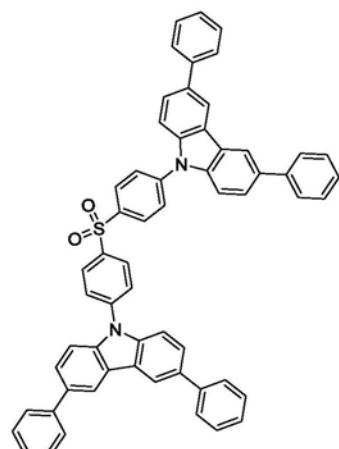
T-33



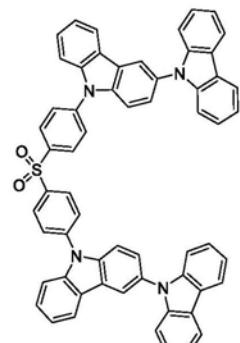
T-34

T-35

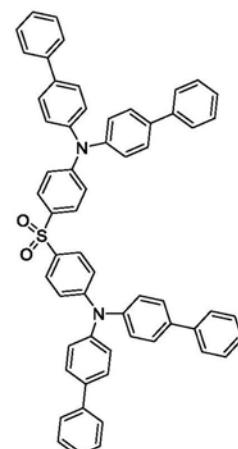
T-36



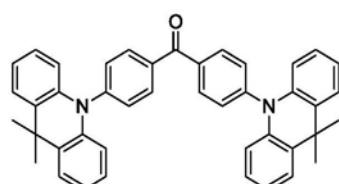
T-37



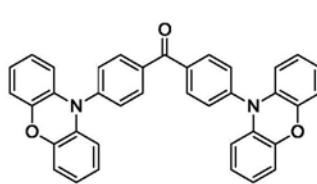
T-38



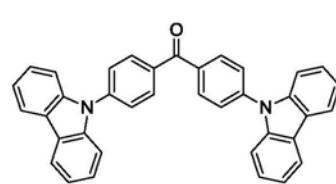
T-39



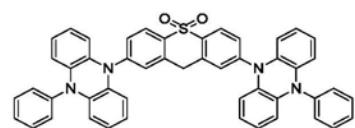
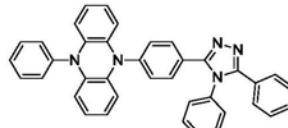
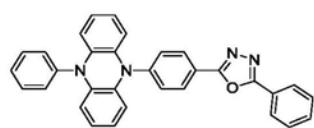
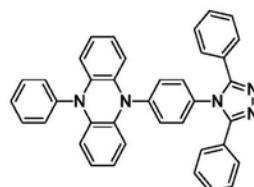
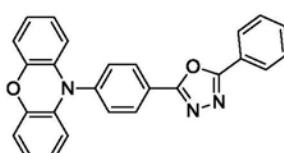
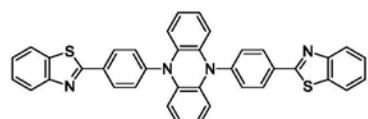
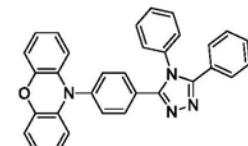
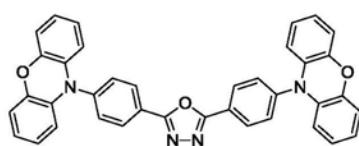
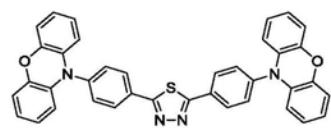
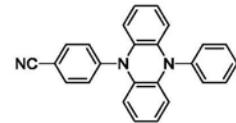
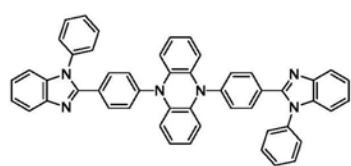
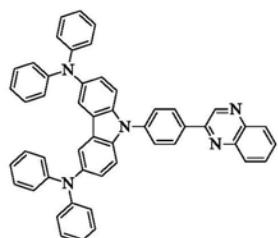
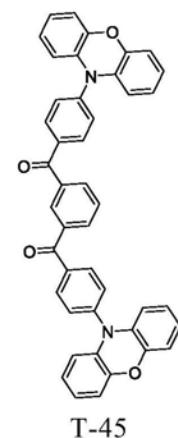
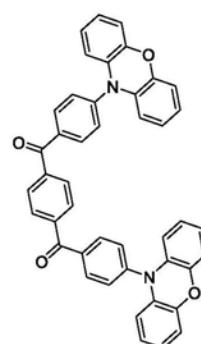
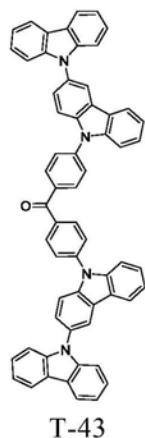
T-40

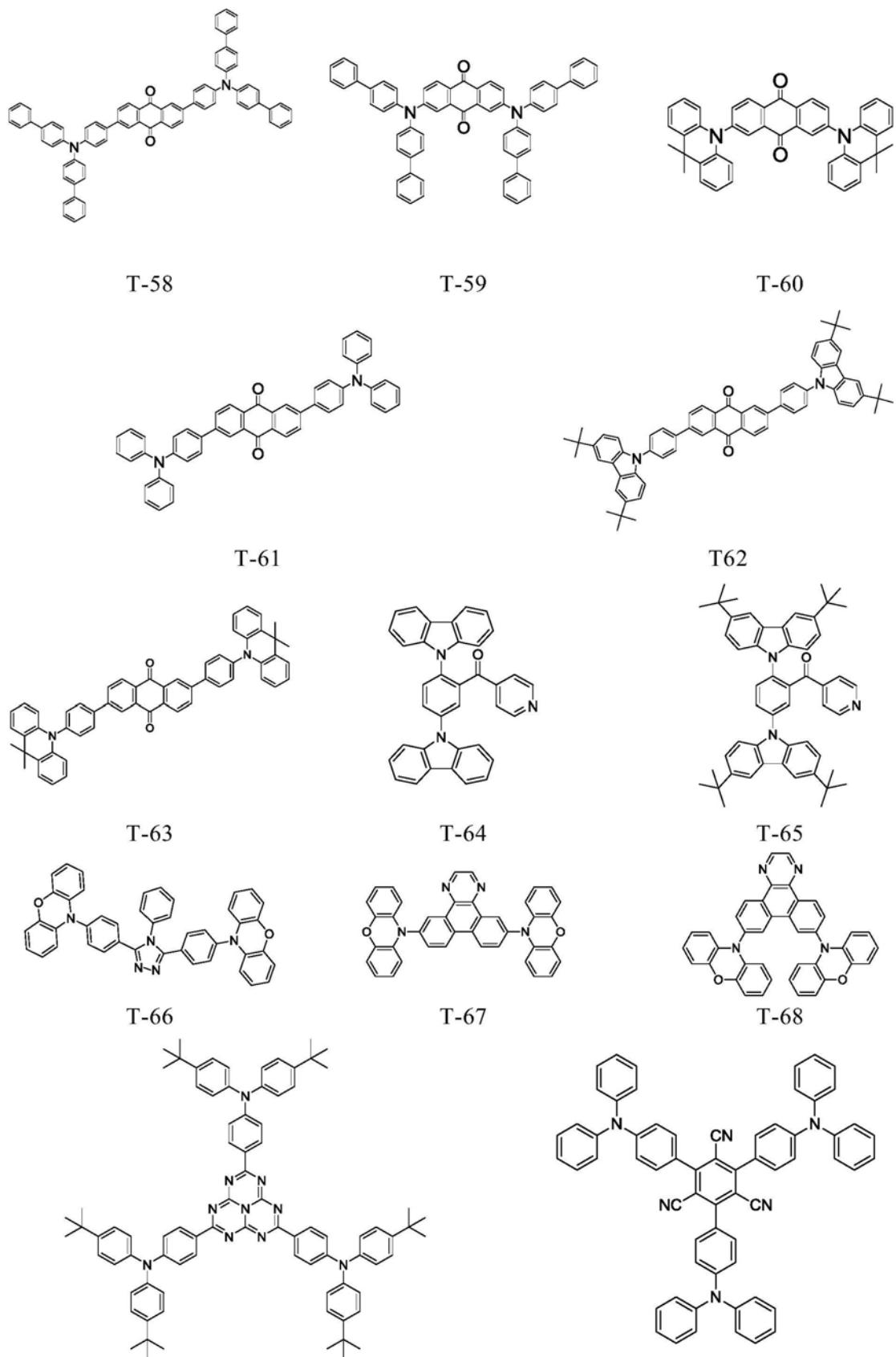


T-41

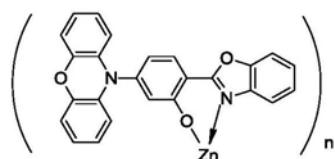


T-42

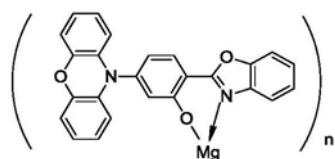




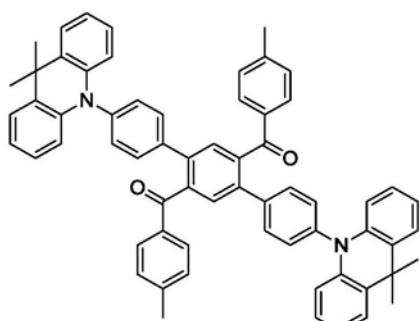
T-69



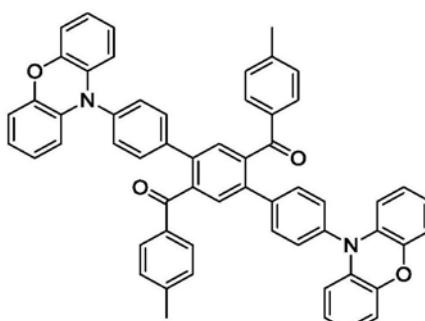
T-70



T-71

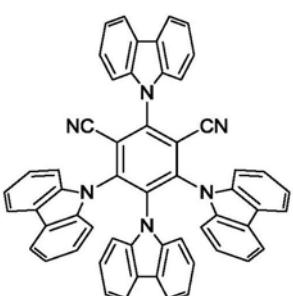


T-72

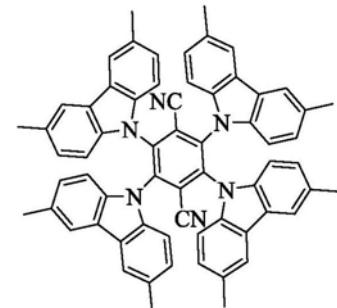
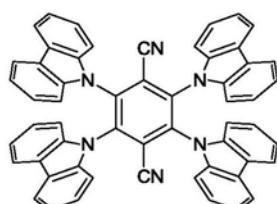


T-73

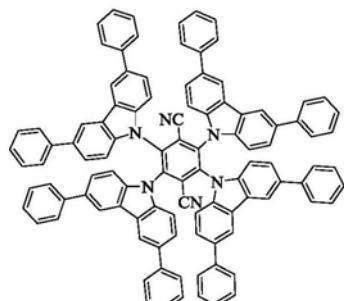
T-74



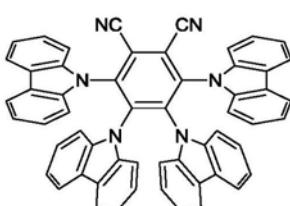
[0051]



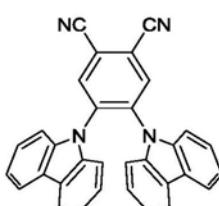
T-76



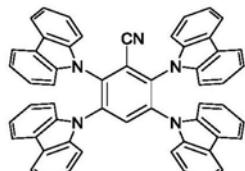
T-77



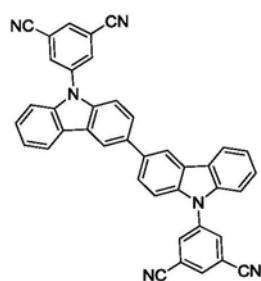
T-78



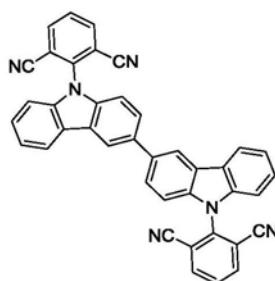
T-79

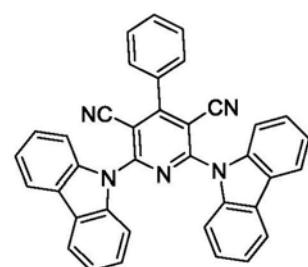
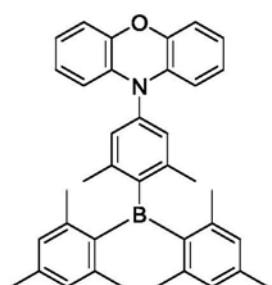
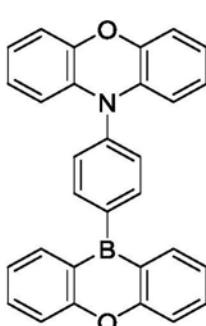
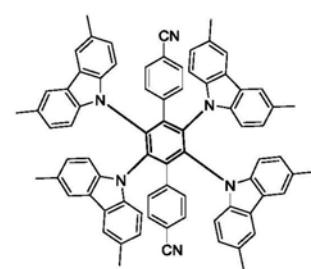
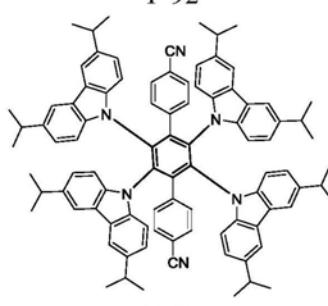
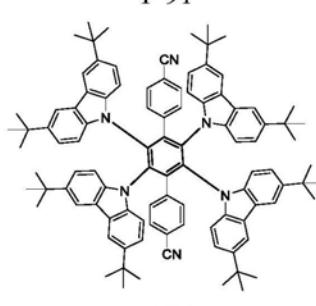
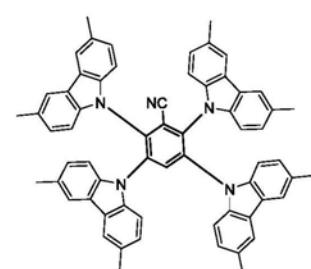
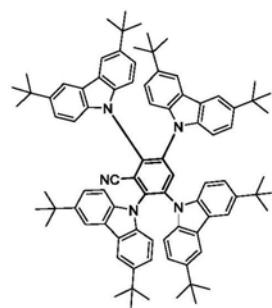
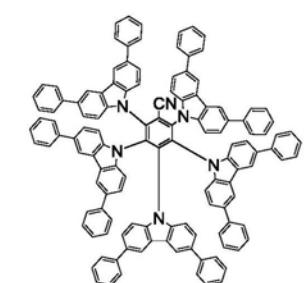
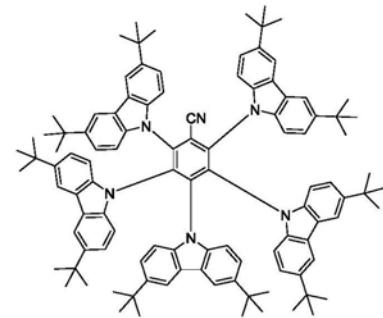
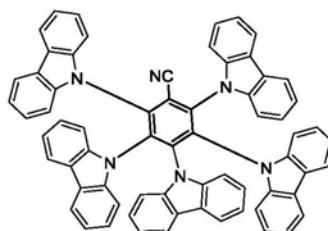
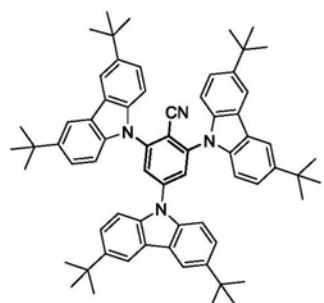
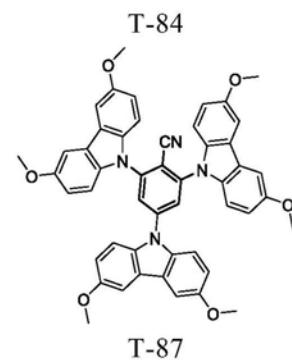
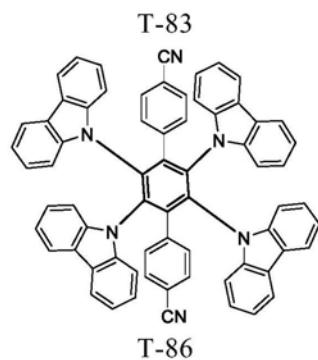
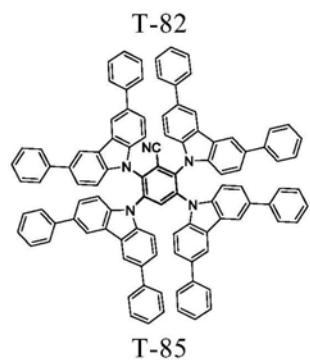


T-80



T-81

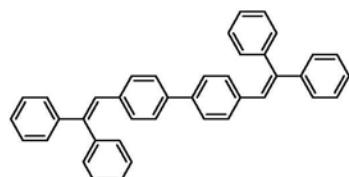




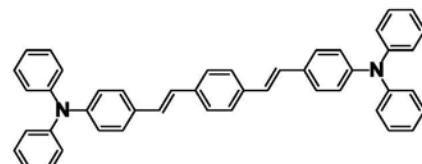
[0054] 其中, T-71、T-72和T-73中,n各自独立地为1、2或3。

[0055] 本发明优选上述特定的热活化延迟荧光敏化剂,该系列热活化延迟荧光敏化剂与主体材料配合,这类热活化延迟荧光敏化剂由于单线态与三线态间的能级差较小,能够有效的实现三线态到单线态能量的上转换过程(RISC),从而再将能量传递给染料进行发射,实现100%的内量子效率。

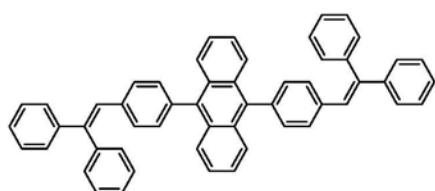
[0056] 优选地,荧光染料选自如下F-1至F-32所示的化合物中的任意一种或至少两种组合(例如F-1和F-2的组合,F-5、F-7和F-12的组合,F-3、F-30、F-7和F-8的组合等):



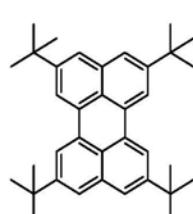
(F-1)



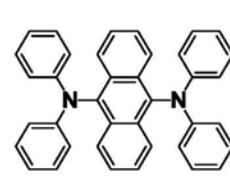
(F-2)



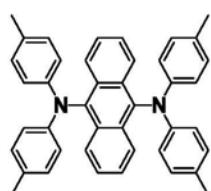
(F-3)



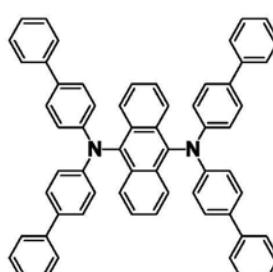
(F-4)



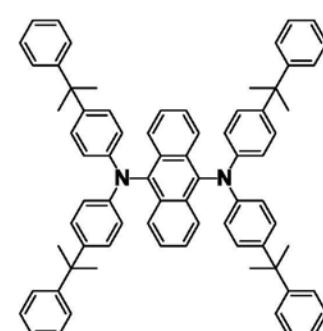
(F-5)



(F-6)

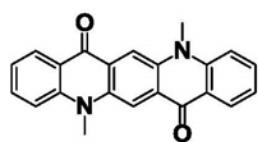


(F-7)

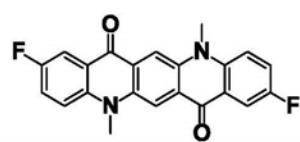


(F-8)

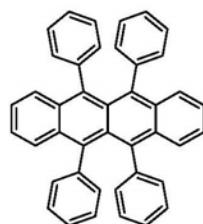
[0057]



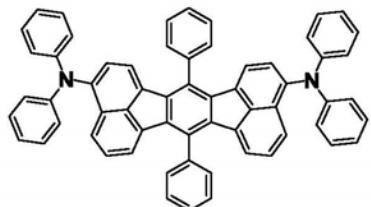
(F-9)



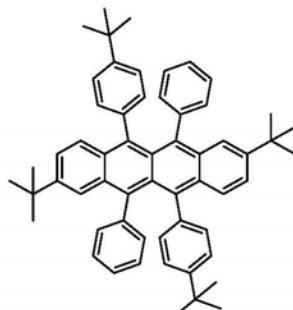
(F-10)



(F-11)

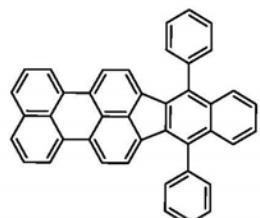


(F-12)

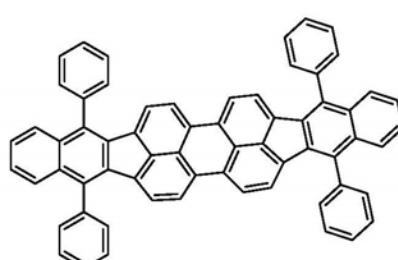


(F-13)

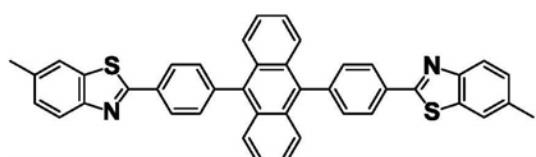
[0058]



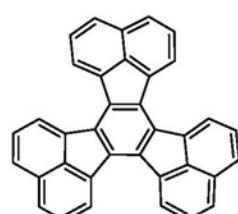
(F-15)



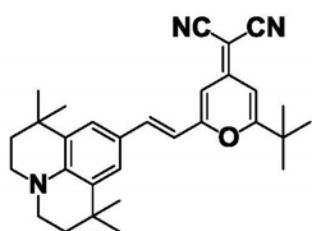
(F-16)



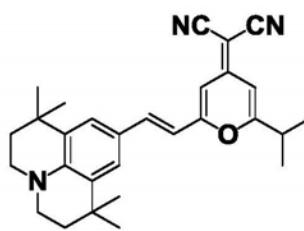
(F-17)



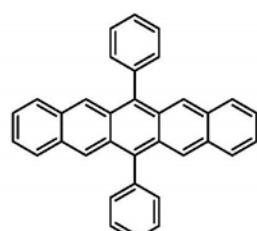
(F-18)



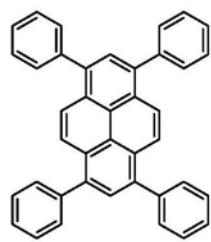
(F-19)



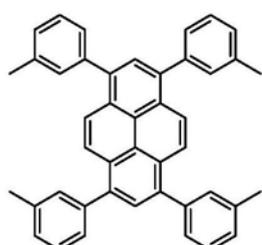
(F-20)



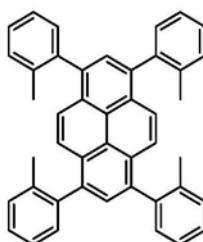
(F-21)



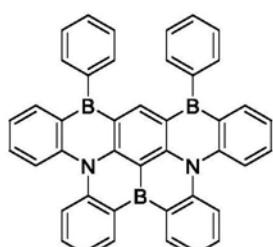
(F-22)



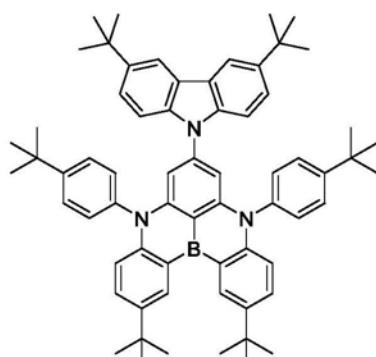
(F-23)



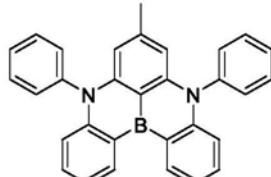
(F-24)



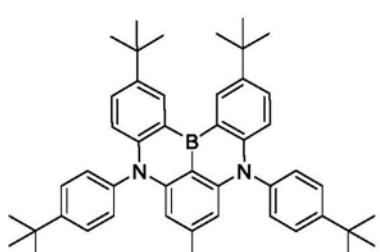
(F-25)



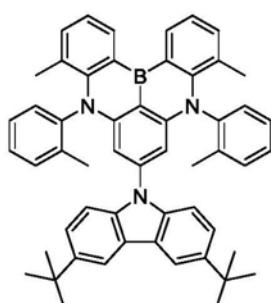
(F-26)



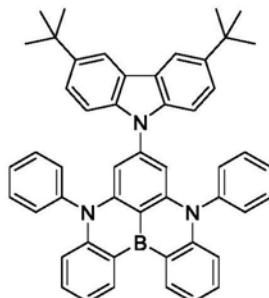
(F-27)



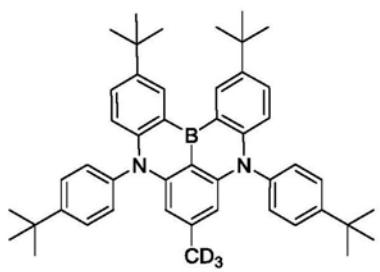
(F-28)



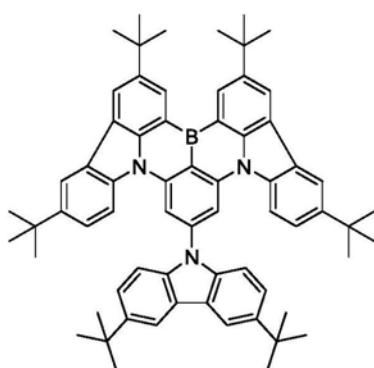
(F-29)



(F-30)



(F-31)



(F-32)

[0059]

[0060] 进一步地,在一种可选地实施方式中,热活化延迟荧光敏化剂占发光层材料的质量百分比(掺杂浓度)为1wt%~99wt%,例如2wt%、5wt%、10wt%、15wt%、20wt%、25wt%、30wt%、35wt%、40wt%、45wt%、48wt%等,优选热活化延迟荧光敏化剂的掺杂浓度为1wt%~50wt%。本发明优选敏化剂的特定掺杂浓度,在该范围内,更有利提升器件的性能,掺杂浓度过高会导致影响器件发光层传输性质,且容易产生敏化剂自身的聚集淬

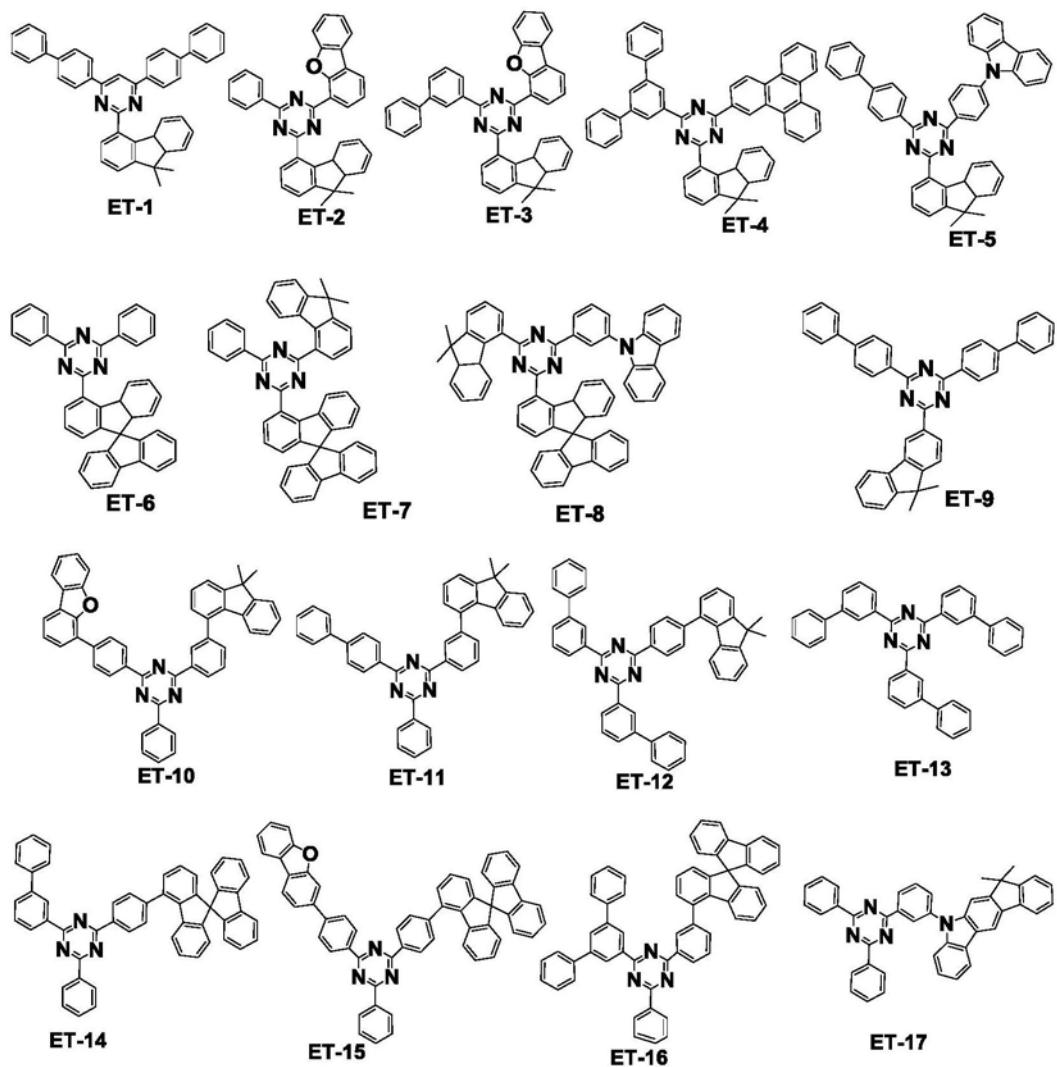
灭,影响器件寿命及效率,掺杂浓度过低会导致主体向敏化剂的能量转移不完全,影响器件光色及效率。

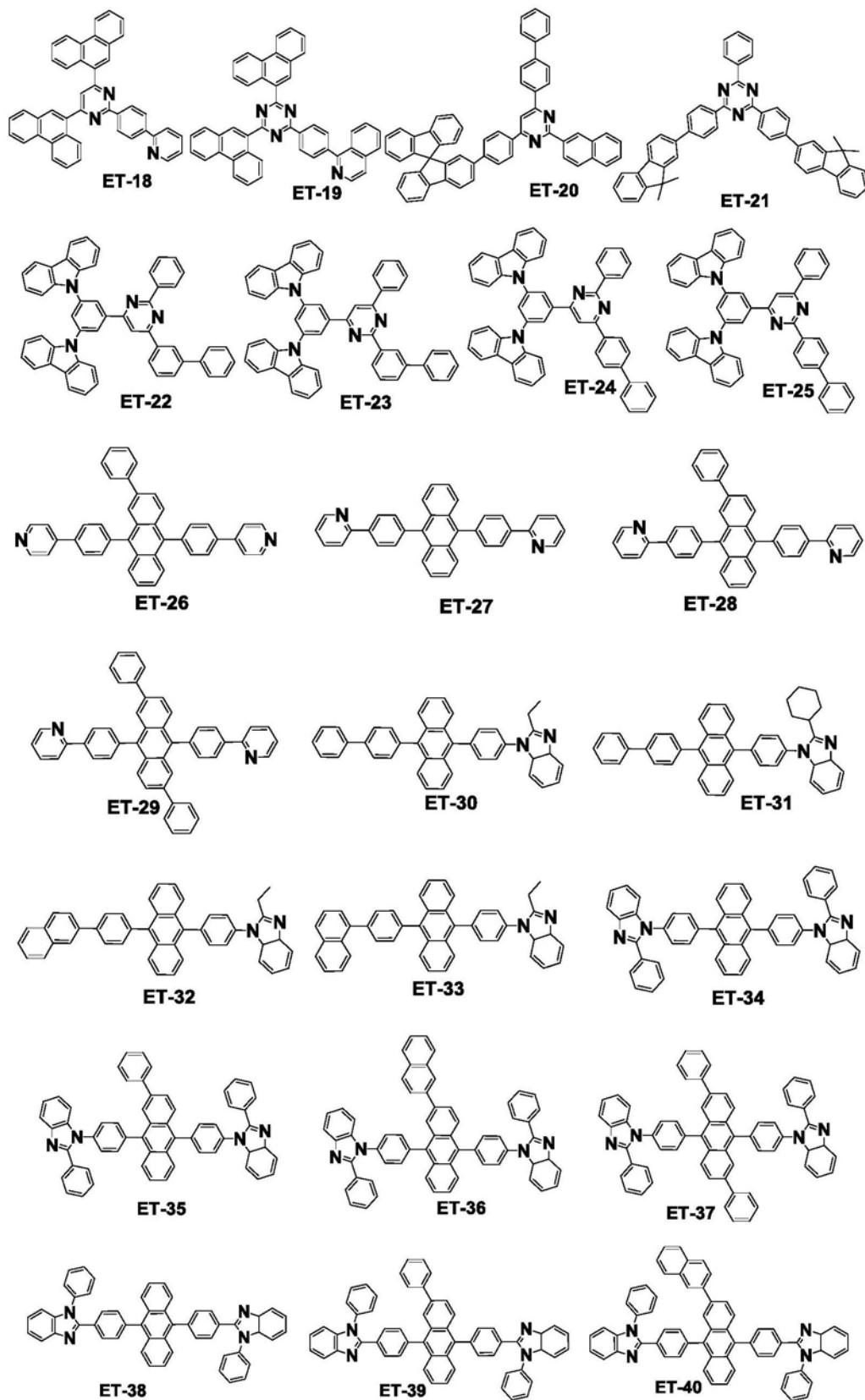
[0061] 进一步地,荧光染料占发光层材料的质量百分比(掺杂浓度)为0.1wt%~20wt%,例如1wt%、2wt%、3wt%、4wt%、5wt%、6wt%、7wt%、8wt%、9wt%、10wt%、11wt%、12wt%、13wt%、14wt%、15wt%、16wt%、17wt%、18wt%、19wt%等。本发明优选荧光染料的特定掺杂浓度,在该范围内,更有利于提升器件的性能,掺杂浓度过高会导致激子在染料上复合,出现淬灭,影响器件电压及效率,掺杂浓度过低会导致器件发光层能量向染料能量转移不完全,影响器件的光色及效率。

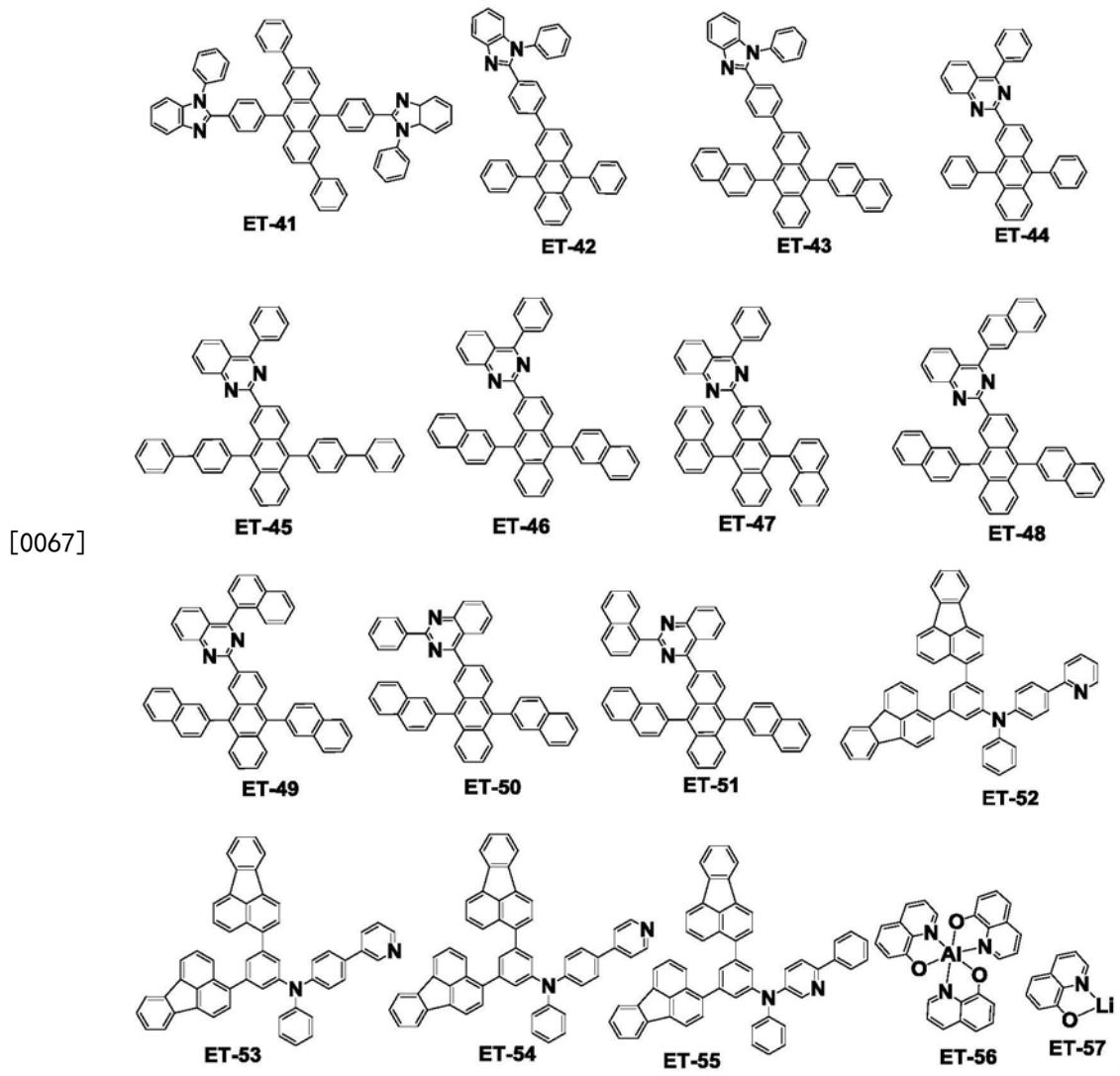
[0062] 进一步地,发光层的厚度为1nm~100nm,例如2nm、5nm、10nm、20nm、30nm、40nm、50nm、60nm、70nm、80nm、90nm等。在高三线态能级和LUMO能级的主体材料的基础上,优选发光层的厚度为1nm~100nm,在该厚度范围内,载流子可以较好的在器件发光层进行复合,能够进一步降低开启电压、提高发光效率。厚度过小或者过大均会使器件的性能降低。

[0063] 在一种可选地实施方式中,有机层还包括空穴注入层(HIL)、空穴传输层(HTL)、空穴阻挡层(HBL)、电子传输层(ETL)和电子注入层(EIL)中的任意一种或至少两种组合。

[0064] 优选地,电子传输材料选自如下ET-1至ET-57所示的化合物中的任意一种或至少两种组合(例如ET-1和ET-2的组合,ET-5、ET-10和ET-16的组合,ET-3、ET-30、ET-27和ET-18的组合等):



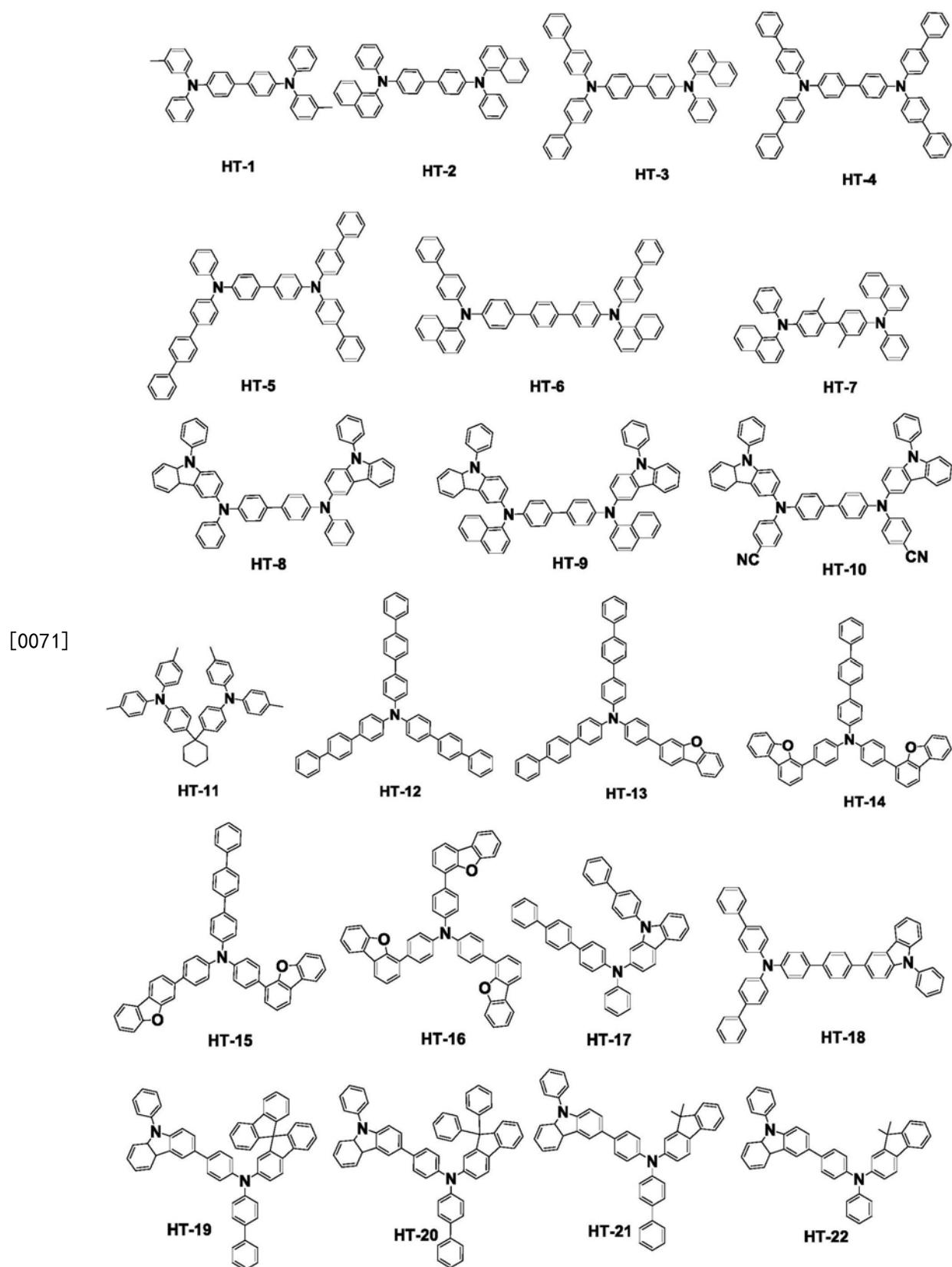


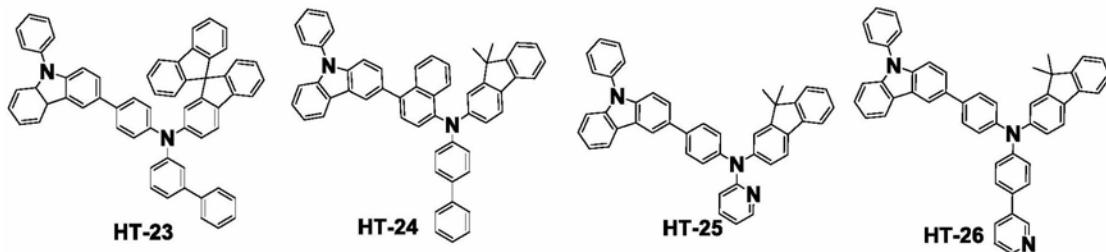


[0068] 优选地,空穴注入层中的空穴注入材料选自HT-1至HT-34或者如下HI-1至HI-3所示的化合物中的任意一种或至少两种组合(例如HI-1和HI-2的组合,HI-1、HI-2和HI-3的组合等):

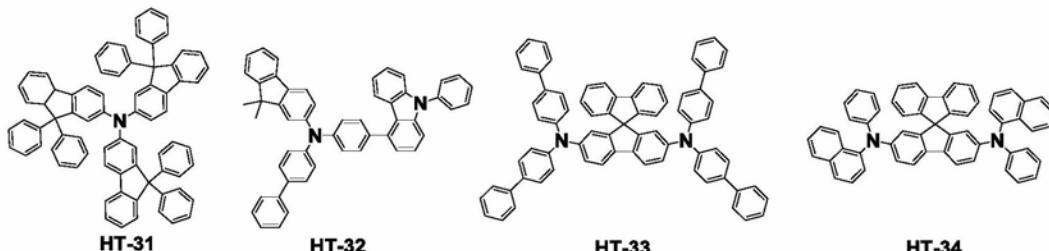
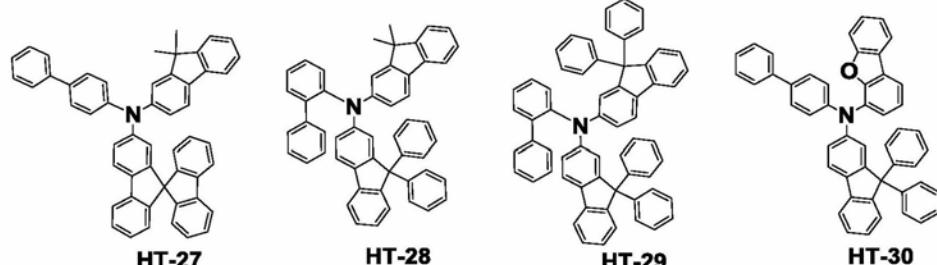


[0070] 优选地,空穴传输层中的空穴传输材料选自酞菁衍生物(如CuPc)、导电聚合物或含导电掺杂剂的聚合物(如聚苯撑乙烯、聚苯胺/十二烷基苯磺酸(Pani/DBSA)、聚(3,4-乙撑二氧噻吩)/聚(4-苯乙烯磺酸盐)(PEDOT/PSS)、聚苯胺/樟脑磺酸(Pani/CSA)、聚苯胺/聚(4-苯乙烯磺酸盐)(Pani/PSS)、芳香胺衍生物),或者选自HT-1至HT-34所示的化合物中的任意一种或至少两种组合(例如HT-1和HT-2的组合,HT-5、HT-10和HT-16的组合,HT-31、HT-3、HT-27和HT-28的组合等)。



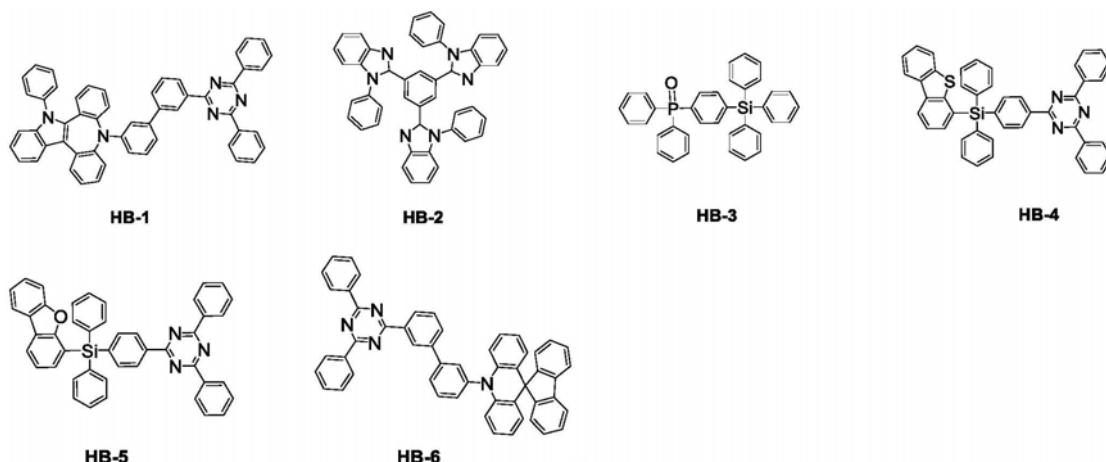


[0072]



[0073] 优选地,空穴阻挡层中的空穴阻挡材料选自如下HB-1至HB-6所示的化合物中的任意一种或至少两种组合(例如HB-1和HB-2的组合,HB-5、HB-6和HB-4的组合,HB-1、HB-3、HB-4和HB-6的组合等):

[0074]



[0075] 优选地,电子注入层中的电子注入材料选自如下化合物中的任意一种或至少两种组合(例如Li<sub>q</sub>和CsF的组合,Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、BaO和Li<sub>2</sub>O的组合,Mg、Ca、Yb和LiF的组合等):

[0076] Li<sub>q</sub>、LiF、NaCl、CsF、Li<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、BaO、Na、Li、Ca、Mg、Ag、Yb。

[0077] 可选地,在第一电极下方或者第二电极上方可以使用基板。基板均为具有机械强度、热稳定性、防水性、透明度优异的玻璃或聚合物材料。此外,作为显示器用的基板上也可以带有薄膜晶体管(TFT)。

[0078] 在一种可选的实施方式中,第一电极可以通过在基板上溅射或者沉积用作第一电极的材料的方式来形成。当第一电极作为阳极时,可以采用铟锡氧(ITO)、铟锌氧(IZO)、二

氧化锡(SnO<sub>2</sub>)、氧化锌(ZnO)等氧化物透明导电材料和它们的任意组合。第一电极作为阴极时,可以采用镁(Mg)、银(Ag)、铝(Al)、铝-锂(Al-Li)、钙(Ca)、镁-铟(Mg-In)、镁-银(Mg-Ag)等金属或合金以及它们之间的任意组合。

[0079] 本发明还提供该有机电致发光器件的制备方法,包括在基板上依次沉积第一电极、有机层、第二电极,然后封装。其中,在制备发光层时,可以利用多源共蒸的方法,调节主体材料的蒸镀速率和染料的蒸镀速率使染料达到预设掺杂比例。采用本申请的器件结构,在实际量产中可以减少一个蒸镀腔室,大大简化蒸镀工艺步骤,降低成本。

[0080] 本发明实施例还提供一种显示装置,所述显示装置包括如上述提供的有机电致发光器件。该显示装置具体可以为OLED显示器等显示器件,以及包括该显示器件的电视、数码相机、手机、平板电脑等任何具有显示功能的产品或者部件。该显示装置与上述有机电致发光器件相对于现有技术所具有的优势相同,在此不再赘述。

[0081] 以下通过具体实施例对本发明的有机电致发光器件进行进一步的介绍。

[0082] 实施例1-31、对比例3-4

[0083] 实施例1-28、对比例3-4分别提供一种有机电致发光器件,其器件结构依次包括ITO阳极、空穴注入层(HIL)、空穴传输层(HTL)、发光层(EML)、空穴阻挡层(HBL)、电子传输层(ETL)、电子注入层(EIL)和阴极。

[0084] 其中,空穴注入层的材料为HI-3,厚度为2nm。空穴传输层的材料为HT-28,厚度为30 nm。发光层的材料包括主体材料、敏化剂和荧光染料,发光层的厚度为30nm。空穴阻挡层的材料为HB-4,厚度为5nm。电子传输层的材料为ET-52,厚度为25nm。电子注入层的材料为LiQ(1nm)、阴极材料为Al(150nm)。

[0085] 实施例1-31、对比例3-4的有机电致发光器件制备方法如下:

[0086] (1)将涂布了ITO透明导电层的玻璃板在商用清洗剂中超声处理,在去离子水中冲洗,在丙酮:乙醇混合溶剂中超声除油,在洁净环境下烘烤至完全除去水份,用紫外光和臭氧清洗,并用低能阳离子束轰击表面;

[0087] (2)把上述带有阳极的玻璃基片置于真空腔内,抽真空至小于 $1 \times 10^{-5}$ Pa,在上述阳极层膜上真空蒸镀HI-3作为空穴注入层,蒸镀速率为0.1nm/s,蒸镀膜厚为2nm;

[0088] (3)在空穴注入层之上真空蒸镀HT-28作为空穴传输层,蒸镀速率为0.1nm/s,蒸镀总膜厚为30nm;

[0089] (4)在空穴传输层之上真空蒸镀发光层,发光层包括主体材料、敏化剂和荧光染料,利用多源共蒸的方法,蒸镀速率为0.1nm/s,蒸镀膜厚为30nm。

[0090] (5)在发光层之上真空蒸镀HB-4作为空穴阻挡层,蒸镀速率为0.1nm/s,蒸镀总膜厚为5nm;

[0091] (6)在空穴阻挡层之上真空蒸镀ET-52作为电子传输层,其蒸镀速率为0.1nm/s,蒸镀总膜厚为25nm;

[0092] (7)在电子传输层上真空蒸镀厚度为1nm的LiQ作为电子注入层,厚度为150nm的Al层作为器件的阴极。

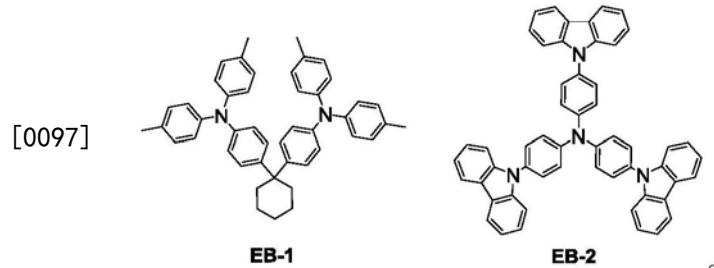
[0093] 实施例1-31、对比例3-4所提供的有机电致发光器件中,主体材料、敏化剂和染料及掺杂浓度的具体详见表1。

[0094] 实施例1提供的有机电致发光器件的具体结构如图1所示,图1中显示,该器件由下

至上包括ITO阳极层、HIL、HTL、EML、HBL、ETL、EIL和Al阴极层。

[0095] 对比例1-2

[0096] 对比例1-2提供一种有机电致发光器件,其器件结构与实施例10区别仅在于发光层和空穴传输层之间增加了一层电子阻挡层,厚度为5nm,其余相应功能层的参数与实施例10一致,对比例具体的电子阻挡层材料的选择如下所示:



[0098] 对比例1-2的制备方法与实施例10的区别在于,在步骤(3)和(4)之间进行步骤(3'):在空穴传输层之上真空蒸镀电子阻挡层,蒸镀速率为0.1nm/s,蒸镀总膜厚为5nm。

[0099] 对比例1-2提供的有机电致发光器件的具体结构如图2所示,图2中显示,该器件由下至上包括ITO阳极层、HIL、HTL、EML、HBL、ETL、EIL和Al阴极层。

[0100] 实施例29

[0101] 与实施例3的区别在于,荧光染料F-30的掺杂浓度为0.1wt%,敏化剂T-93的掺杂浓度为15wt%,发光层厚度为10nm。

[0102] 实施例30

[0103] 与实施例3的区别在于,荧光染料F-30的掺杂浓度为20wt%,敏化剂T-93的掺杂浓度为70wt%,发光层厚度为80nm。

[0104] 实施例31

[0105] 与实施例3的区别在于,敏化剂T-93的掺杂浓度为50wt%。

[0106] 器件性能测试:

[0107] 在同样亮度下,使用Photo Research公司的PR 750型光辐射计、ST-86LA型亮度计(北京师范大学光电仪器厂)及Keithley4200测试系统测定实施例和对比例中制备得到的有机电致发光器件的驱动电压和电流效率。具体而言,以每秒0.1V的速率提升电压,测定当有机电致发光器件的亮度达到1000cd/m<sup>2</sup>时的电压即驱动电压(V),同时测出此时的电流密度;亮度与电流密度的比值即为器件在1000cd/m<sup>2</sup>亮度下的电流效率(cd/A);

[0108] 上述性能测试结果如表1所示。

[0109] 表1

[0110]	EBL	发光层					亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	驱动电 压 (V)	电流 效率 (cd/A)	
		主体材 料	敏化 剂	敏化剂 掺杂浓 度	荧光 染料	染料 掺杂浓 度				
实施例 1	/	TDH-3	T-86	30%	F-30	1%	1000	4.9	19.2	
实施例 2	/	TDH-3	T-92	30%	F-30	1%	1000	4.8	19.6	
实施例 3	/	TDH-3	T-93	30%	F-30	1%	1000	5.1	18.7	
实施例 4	/	TDH-3	T-86	30%	F-30	3%	1000	5.4	18.6	
实施例 5	/	TDH-3	T-92	40%	F-30	1%	1000	5.3	20.1	
实施例 6	/	TDH-3	T-93	40%	F-30	3%	1000	5.6	21.6	
实施例 7	/	TDH-4	T-32	30%	F-30	1%	1000	5.1	19.2	
实施例 8	/	TDH-4	T-42	30%	F-30	1%	1000	4.9	19.9	
实施例 9	/	TDH-4	T-86	30%	F-30	1%	1000	5.3	21.9	
实施例 10	/	TDH-4	T-92	30%	F-30	1%	1000	5.4	20.6	
实施例 11	/	TDH-4	T-92	30%	F-30	3%	1000	5.5	20.2	
实施例 12	/	TDH-4	T-92	30%	F-30	5%	1000	5.7	18.9	
[0111]	实施例 13	/	TDH-4	T-92	30%	F-26	1%	1000	5.2	23.1
	实施例 14	/	TDH-4	T-92	30%	F-27	1%	1000	5.6	17.8
	实施例 15	/	TDH-4	T-92	20%	F-30	1%	1000	5.2	19.3
	实施例 16	/	TDH-4	T-92	40%	F-30	1%	1000	5.3	21.3
	实施例 17	/	TDH-23	T-92	30%	F-30	1%	1000	4.9	18.6
	实施例 18	/	TDH-23	T-93	30%	F-26	1%	1000	5.2	19.1
	实施例 19	/	TDH-25	T-92	30%	F-30	1%	1000	5.6	20.2
	实施例 20	/	TDH-25	T-92	35%	F-30	3%	1000	4.9	19.6
	实施例 21	/	TDH-3	T-86	30%	F-26	1%	1000	5.8	14.2
	实施例 22	/	TDH-3	T-92	30%	F-26	1%	1000	5.9	14.6
	实施例 23	/	TDH-3	T-42	30%	F-30	1%	1000	6.2	13.9
	实施例 24	/	TDH-3	T-36	30%	F-30	1%	1000	6.1	13.2
	实施例 25	/	TDH-4	T-92	30%	F-30	35%	1000	6.2	11.6
	实施例 26	/	TDH-4	T-92	80%	F-30	1%	1000	6.1	14.9
	实施例 27	/	TDH-25	T-92	30%	F-30	1%	1000	6.3	15.1
	实施例 28	/	TDH-4	T-36	30%	F-30	1%	1000	6.1	13.5
	实施例 29	/	TDH-3	T-93	15%	F-30	0.1%	1000	5.8	13.1
	实施例 30	/	TDH-3	T-93	70%	F-30	20%	1000	5.9	13.1
	实施例 31	/	TDH-3	T-93	50%	F-30	1%	1000	6.1	13.2
	对比例 1	EB-1	TDH-4	T-92	30%	F-30	1%	1000	6.9	18.1
	对比例 2	EB-2	TDH-4	T-92	30%	F-30	1%	1000	6.8	17.3
	对比例 3	/	TDH-6	T-32	30%	F-30	1%	1000	6.9	13.2
	对比例 4	/	TDH-27	T-36	30%	F-30	1%	1000	7.0	10.2

[0112] 表1中，“/”代表不设置该功能层。

[0113] 由表1可知，本发明提供的有机电致发光器件在保有良好的电流效率的前提下有效的降低了器件的驱动电压，驱动电压为4.9~6.3V，电流效率为11.6~23.1cd/A。

[0114] 对比例1-2相较于实施例10仅添加了电子阻挡层，器件的驱动电压分别为6.9V和6.8V，相较于实施例10的5.4V明显升高，且电流效率也有所下降。

[0115] 对比例3中，主体材料的三线态能级低于敏化剂、LUMO能级低于敏化剂和染料，器件的驱动电压较高，电流效率较低。

[0116] 对比例4中,主体材料的三线态能级低于敏化剂,器件的驱动电压较高,电流效率较低。

[0117] 上述结果证明,本发明选择特定能级关系的主体材料、敏化剂和染料以及取消电子阻挡层的技术方案能够有效的降低器件的驱动电压,提高电流效率,上述条件缺一不可。

[0118] 实施例21-22与实施例1-2相比,仅替换染料的种类,使主体材料和染料的LUMO能级差 $<0.2\text{eV}$ ,相较于实施例1-2驱动电压升高、电流效率降低,由此证明,当主体材料和染料的LUMO能级差 $\geq0.2\text{eV}$ 时(实施例1-2),器件具有更低的驱动电压和更高的电流效率。

[0119] 实施例23与实施例1-2相比,仅替换敏化剂的种类,使主体材料和敏化剂的LUMO能级差 $<0.2\text{eV}$ ,相较于实施例1-2驱动电压升高、电流效率降低,由此证明,当主体材料和敏化剂的LUMO能级差 $\geq0.2\text{eV}$ 时(实施例1-2),器件具有更低的驱动电压和更高的电流效率。

[0120] 实施例24与实施例1-2相比,仅替换敏化剂的种类,使主体材料和敏化剂的三线态能级差 $<0.2\text{eV}$ ,相较于实施例1-2驱动电压升高、电流效率降低,由此证明,当主体材料和敏化剂的三线态能级差 $\geq0.2\text{eV}$ 时(实施例1-2),器件具有更低的驱动电压和更高的电流效率。

[0121] 实施例25-26与实施例10相比,分别仅改变染料和敏化剂的掺杂浓度,实施例25中染料的掺杂浓度为35%,实施例26中敏化剂的掺杂浓度为80%,实施例25-26相较于实施例1-2驱动电压升高、电流效率降低,由此证明,敏化剂和染料的掺杂浓度不易过高,分别在0.1wt%~50wt%、0.1wt%~20wt%范围(实施例10)内性能最佳。

[0122] 实施例27-28与实施例10相比,分别仅改变主体材料和敏化剂的种类,实施例27使用三线态能级较低的主体材料TDH25,与敏化剂T-92差值不足0.2eV,实施例28使用三线态能级较高的敏化剂T-36,与主体材料TDH4差值不足0.2eV,进一步证明了当主体材料和敏化剂的三线态能级差 $\geq0.2\text{eV}$ 时(实施例10),器件具有更低的驱动电压和更高的电流效率。

[0123] 材料性能测试:

[0124] 针对以上实施例中所使用的主体材料、敏化剂和荧光染料分别进行单、三线态能级和 LUMO能级的测试,测试方法如下:

[0125] 本申请具体实施方式中,用于确定所用材料的三线态能级和LUMO能级的方法如下:

[0126] 相关材料的单线态能级通过下述方法计算:测试对应化合物的薄膜光致发光光谱的最左侧起峰点波长 $\lambda_{\text{onset}}$ ,然后通过公式 $S1=1241/\lambda_{\text{onset}}$ 计算得出对应的单线态能级。

[0127] 相关材料的三线态能级通过下述方法计算:测试对应化合物的低温下(77K)薄膜光致发光光谱的发光光谱,以磷光发射峰最左侧起峰点波长 $\lambda_{\text{onset}}$ 数值,然后通过公式 $T1=1241/\lambda_{\text{onset}}$ 计算得出对应的三线态能级。

[0128] 材料的LUMO能级测试使用电化学循环伏安法进行测试,测试设备为Princeton VerSTAT3。

[0129] 测试结果详见表2

[0130] 表2

	材料名称	单线态能级 (eV)	三线态能级 (eV)	LUMO 能级 (eV)
[0131]	TDH-3	3.35	2.99	-2.07
	TDH-4	3.33	2.95	-1.73
	TDH-6	2.99	2.72	-2.67
	TDH-10	2.92	2.76	-2.56
	TDH-23	3.07	2.72	-1.77
	TDH-25	3.10	2.76	-1.82
	TDH-27	2.99	2.60	-1.79
[0132]	T-32	2.89	2.78	-2.37
	T-36	3.02	2.82	-2.42
	T-42	2.93	2.73	-2.22
	T-86	2.86	2.69	-2.43
	T-92	2.70	2.53	-2.44
	T-93	2.69	2.58	-2.48
	T-94	2.79	2.61	-2.37
[0133]	F-26	2.59	2.47	-2.19
	F-27	2.74	2.51	-2.75
	F-30	2.70	2.49	-2.33

[0131] 申请人声明,本发明通过上述实施例来说明本发明的详细工艺设备和工艺流程,但本发明并不局限于上述详细工艺设备和工艺流程,即不意味着本发明必须依赖上述详细工艺设备和工艺流程才能实施。所属技术领域的技术人员应该明了,对本发明的任何改进,对本发明产品各原料的等效替换及辅助成分的添加、具体方式的选择等,均落在本发明的保护范围和公开范围之内。

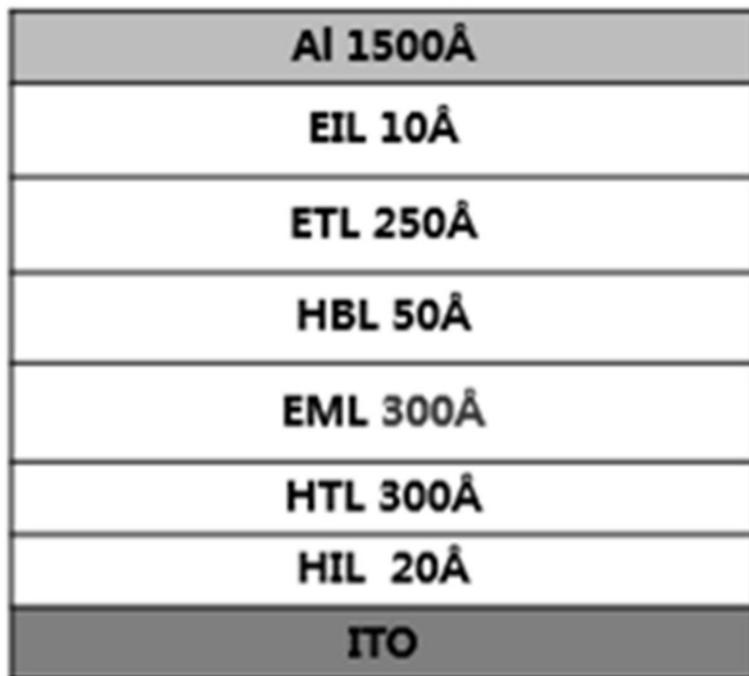


图1

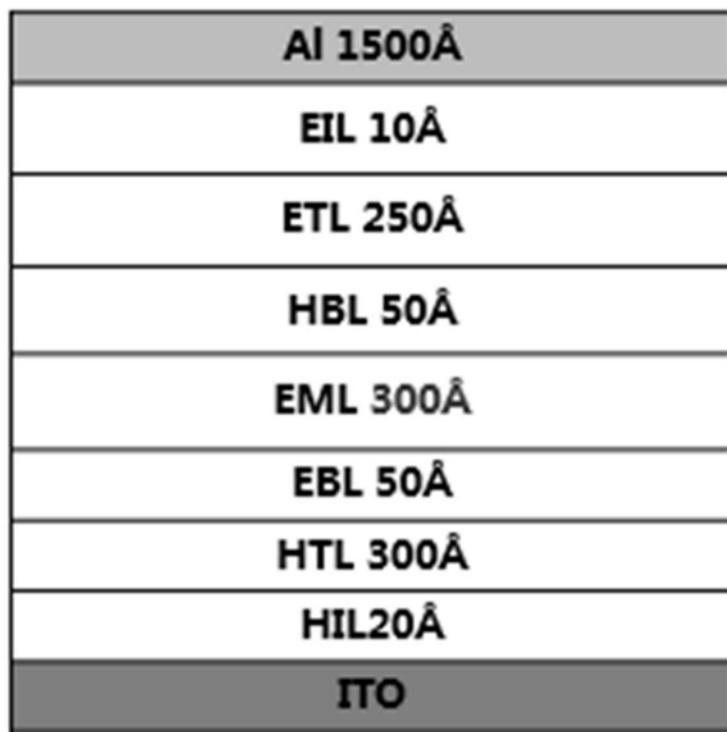


图2

专利名称(译)	一种有机电致发光器件及显示装置		
公开(公告)号	<a href="#">CN110911575A</a>	公开(公告)日	2020-03-24
申请号	CN201911207530.2	申请日	2019-11-29
[标]申请(专利权)人(译)	昆山国显光电有限公司		
申请(专利权)人(译)	昆山国显光电有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	昆山国显光电有限公司		
[标]发明人	李国孟 魏金贝 孙磊 徐超		
发明人	李国孟 魏金贝 孙磊 徐超		
IPC分类号	H01L51/50 H01L27/32		
CPC分类号	H01L27/32 H01L51/5004 H01L51/5024		
代理人(译)	范坤坤		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

**摘要(译)**

本发明涉及一种有机电致发光器件及显示装置，所述有机电致发光器件包括第一电极、第二电极以及位于所述第一电极和第二电极之间的有机层；所述有机层包括发光层，不包括电子阻挡层；所述发光层中含有主体材料、热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料；所述主体材料的三线态能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的三线态能级，且所述主体材料的LUMO能级高于热活化延迟荧光敏化剂和荧光染料的LUMO能级。本发明通过使用较高三线态能级和LUMO能级的主体材料，有效的避免了发光层载流子进入其他传输层，且可以省去电子阻挡层，最终使器件具有高发光效率、低驱动电压。

