



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111196802 A

(43)申请公布日 2020.05.26

(21)申请号 201911117538.X

C07D 401/14(2006.01)

(22)申请日 2019.11.15

C07D 221/18(2006.01)

(30)优先权数据

C07D 401/04(2006.01)

18206770.2 2018.11.16 EP

C09K 11/06(2006.01)

H01L 51/50(2006.01)

(71)申请人 诺瓦尔德股份有限公司

H01L 51/54(2006.01)

地址 德国德累斯顿

(72)发明人 斯特芬·伦格 本杰明·舒尔策

欧姆莱恩·法德尔

格雷戈尔·施瓦茨

沃洛季米尔·森科维斯基 吴超

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 郭国清 宫方斌

(51)Int.Cl.

C07D 401/10(2006.01)

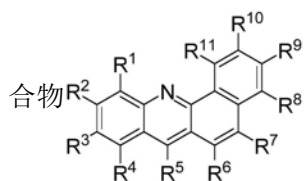
权利要求书2页 说明书27页 附图2页

(54)发明名称

化合物、包含所述化合物的有机电子器件和包含所述有机电子器件的显示设备和照明设备

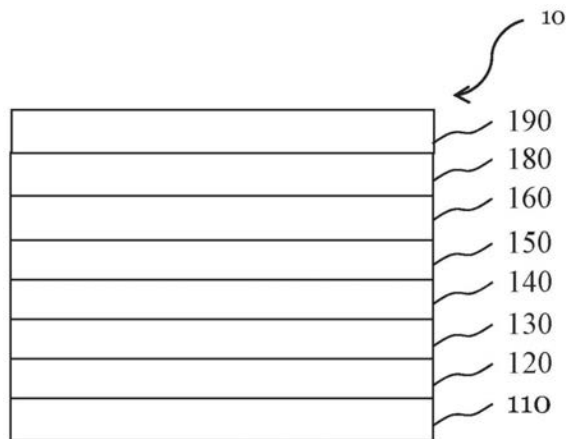
(57)摘要

本发明涉及化合物、包含所述化合物的有机电子器件和包含所述有机电子器件的显示设备和照明设备。具体地,本发明涉及一种式(I)的化

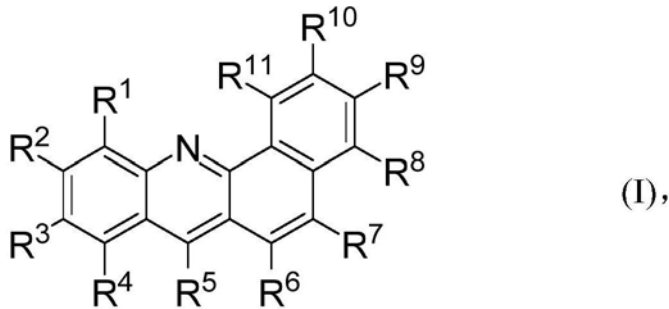


(I) 本发明还涉

及包含所述化合物的有机电子器件和包含所述有机电子器件的显示设备或照明设备。



## 1. 一种式 (I) 的化合物



其中所有的 $R^1$ 至 $R^{11}$ ,除了一个之外,都独立地选自H、D、F、取代或未取代的 $C_1$ 至 $C_{18}$ 烷基、取代或未取代的 $C_6$ 至 $C_{42}$ 芳基、取代或未取代的 $C_3$ 至 $C_{42}$ 杂芳基,并且相邻的基团 $R^1$ 至 $R^{11}$ 可以彼此连接以形成稠合环,

其中 $R^1$ 至 $R^{11}$ 中不选自上述基团的一个是基团G,其中

-所述基团G包含一个在其p-轨道中具有电子对的原子A;

-所述基团G包含连接到所述原子A的两个6元芳基环,其中所述两个6元芳基环中的每个分别通过单键连接到所述原子A,并且其中连接到所述原子A的所述两个6元芳基环可以通过单键彼此连接;

-所述基团G包含总共12至66个碳原子;

-所述基团G通过单键或通过 $C_6$ 至 $C_{18}$ 芳亚基连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分,其中所述 $C_6$ 至 $C_{18}$ 芳亚基是所述基团G的一部分;并且

-所述基团G是未取代的或者被一个或多个取代基取代,所述取代基独立地选自D、F、 $C_1$ 至 $C_{18}$ 烷基、 $C_6$ 至 $C_{42}$ 芳基、 $C_6$ 至 $C_{42}$ 杂芳基、 $(R^{12})_2P=O$ 、CN或 $G'$ ,其中所述基团 $G'$ 与所述基团G定义相同,区别在于所述基团 $G'$ 不被连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分,而是通过单键或通过 $C_6$ 至 $C_{18}$ 芳亚基连接到所述基团G,其中所述 $C_6$ 至 $C_{18}$ 芳亚基是所述基团 $G'$ 的一部分,前提是在所述基团G通过所述 $C_6$ 至 $C_{18}$ 芳亚基连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分的情况下,可以连接到所述 $C_6$ 至 $C_{18}$ 芳亚基的取代基只选自 $C_1$ 至 $C_{18}$ 烷基、 $C_6$ 至 $C_{42}$ 芳基、 $(R^{12})_2P=O$ 和CN;

其中在不是所述基团G的 $R^1$ 至 $R^{11}$ 中的至少一个被取代的情况下,相应的一个或多个取代基独立地选自D、F、 $C_1$ 至 $C_{18}$ 烷基、 $C_6$ 至 $C_{36}$ 芳基、 $C_6$ 至 $C_{42}$ 杂芳基、 $(R^{12})_2P=O$ 、CN;并且

其中 $R^{12}$ 独立地选自 $C_1$ 至 $C_{18}$ 烷基和 $C_6$ 至 $C_{24}$ 芳基。

2. 根据权利要求1所述的化合物,其中所述基团G包含1至5个选自N、S和O的杂原子。

3. 根据权利要求1所述的化合物,其中所述原子A选自N、S和O。

4. 根据权利要求1所述的化合物,其中所述基团G包含所述原子A和以二芳基氨基形式或以咪唑基形式连接到所述原子A的所述两个6元芳基环。

5. 根据权利要求1所述的化合物,其中包含在所述式(I)的化合物中的芳族环的总数为6至21。

6. 根据权利要求1所述的化合物,其中 $R^1$ 与 $R^2$ 、或 $R^2$ 与 $R^3$ 、或 $R^3$ 与 $R^4$ 连接以形成芳基环结构。

7. 根据权利要求1所述的化合物,其中 $R^5$ 或 $R^{10}$ 是所述基团G。

8. 一种有机电子器件,所述有机电子器件包含有机半导体层,其中所述有机半导体层

包含根据前述权利要求中的任一项所述的式(I)的化合物。

9. 根据权利要求8所述的有机电子器件,所述有机电子器件还包含第一电极和第二电极,其中所述有机半导体层布置在所述第一电极与所述第二电极之间。

10. 根据权利要求8所述的有机电子器件,其中所述有机半导体层是发光层。

11. 根据权利要求8所述的有机电子器件,其中所述有机半导体层是空穴阻挡层。

12. 根据权利要求8所述的有机电子器件,其中所述有机半导体层是电子传输层。

13. 根据权利要求8所述的有机电子器件,其中所述有机半导体层还包含至少一种不是式(I)的化合物的第二化合物。

14. 一种显示设备,所述显示设备包含根据权利要求8所述的有机电子器件。

15. 一种照明设备,所述照明设备包含根据权利要求8所述的有机电子器件。

## 化合物、包含所述化合物的有机电子器件和包含所述有机电子器件的显示设备和照明设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种化合物和包含所述化合物的有机电子器件。本发明还涉及包含所述有机电子器件的显示设备或照明设备。

### 背景技术

[0002] 作为自发光器件的有机发光二极管 (OLED) 具有广视角、出色的对比度、快速响应、高亮度、出色的驱动电压特性和色彩再现。典型的 OLED 包括阳极、空穴传输层 (HTL)、发光层 (EML)、电子传输层 (ETL) 和阴极, 它们被顺序堆叠在基底上。就此而言, 所述 HTL、EML 和 ETL 是基本上由有机和/或有机金属化合物形成的薄膜。

[0003] 当向所述阳极和阴极施加电压时, 从所述阳极注入的空穴通过所述 HTL 向所述 EML 移动, 从所述阴极注入的电子通过所述 ETL 向所述 EML 移动。所述空穴和电子主要在所述 EML 中重合, 以产生激子。当所述激子从激发态下降到基态时, 发射光。空穴和电子的注入和流动应该是平衡的, 使得具有上述结构的 OLED 具有出色的效率。

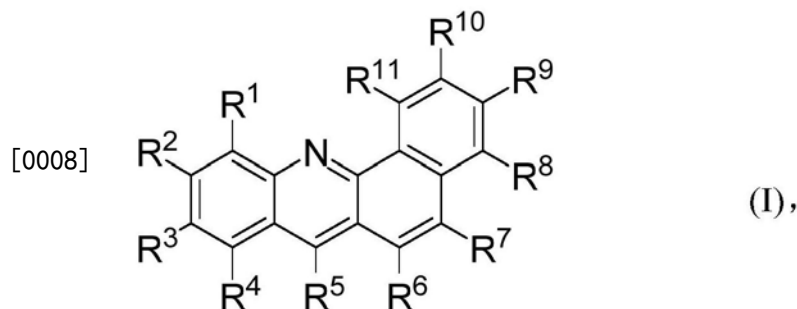
[0004] 各种不同的有机发光二极管和包含它们的设备在本领域中是已知的。此外, 在其一个或多个层中包含苯并吡啶化合物的相应 OLED 的使用, 在本领域中是已知的。

[0005] 然而, 对于改进用于有机电子器件的相应化合物的电子性能, 特别是提供适合于改进 OLED 的性能、特别是在相当电压下的工作寿命方面的性能的化合物, 仍存在着需求。

[0006] 因此, 本发明的目的是提供克服了现有技术的缺点的用于有机电子器件的新的化合物, 特别是适合于在工作寿命方面改进顶部发光 OLED 和底部发光 OLED 的性能的化合物。

### 发明内容

[0007] 上述目的通过一种式 (I) 的化合物得以实现



[0009] 其中所有的 R<sup>1</sup> 至 R<sup>11</sup>, 除了一个之外, 都独立地选自 H、D、F、取代或未取代的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>18</sub> 烷基、取代或未取代的 C<sub>6</sub> 至 C<sub>42</sub> 芳基、取代或未取代的 C<sub>3</sub> 至 C<sub>42</sub> 杂芳基, 并且相邻的基团 R<sup>1</sup> 至 R<sup>11</sup> 可以彼此连接以形成稠合环,

[0010] 其中所述 R<sup>1</sup> 至 R<sup>11</sup> 中不选自上述基团的一个是基团 G, 其中

[0011] -所述基团 G 包含一个在其 p-轨道中具有电子对的原子 A;

[0012] -所述基团 G 包含连接到所述原子 A 的两个 6 元芳基环, 其中所述两个 6 元芳基环中

的每个分别通过单键连接到所述原子A,并且其中连接到所述原子A的所述两个6元芳基环可以通过单键彼此连接;

[0013] -所述基团G包含总共12至66个碳原子;

[0014] -所述基团G通过单键或通过C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分,其中所述C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基是所述基团G的一部分;并且

[0015] -所述基团G是未取代的或者被一个或多个取代基取代,所述取代基独立地选自D、F、C<sub>1</sub>至C<sub>18</sub>烷基、C<sub>6</sub>至C<sub>42</sub>芳基、C<sub>6</sub>至C<sub>42</sub>杂芳基、(R<sup>12</sup>)<sub>2</sub>P=O、CN或G',其中所述基团G'与所述基团G定义相同,区别在于所述基团G'不被连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分,而是通过单键或通过C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基连接到所述基团G,其中所述C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基是所述基团G'的一部分,前提是在所述基团G通过所述C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分的情况下,可以连接到所述C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基的取代基只选自C<sub>1</sub>至C<sub>18</sub>烷基、C<sub>6</sub>至C<sub>42</sub>芳基、(R<sup>12</sup>)<sub>2</sub>P=O和CN;

[0016] 其中在不是所述基团G的R<sup>1</sup>至R<sup>11</sup>中的至少一个被取代的情况下,相应的一个或多个取代基独立地选自D、F、C<sub>1</sub>至C<sub>18</sub>烷基、C<sub>6</sub>至C<sub>36</sub>芳基、C<sub>6</sub>至C<sub>42</sub>杂芳基、(R<sup>12</sup>)<sub>2</sub>P=O、CN;并且

[0017] 其中R<sup>12</sup>独立地选自C<sub>1</sub>至C<sub>18</sub>烷基和C<sub>6</sub>至C<sub>24</sub>芳基。

[0018] 本发明人令人吃惊地发现,上述化合物当用于有机电子器件例如OLED中的某些层时,适合于改进其性能,特别是在工作寿命方面。

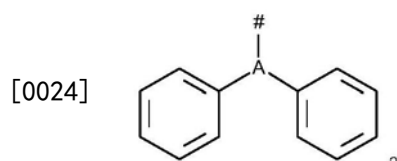
[0019] 所述p-轨道是非杂化轨道。

[0020] 在连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分的基团G被其它基团G'取代的情况下,这个未直接连接到所述苯并吡啶部分的其它基团G'可不包含另一个基团G'作为其取代基。

[0021] 根据本发明,所述基团G和基团G',对于所述原子A、通过单键连接到所述原子A的所述两个6元芳基环和连接到所述原子A的其它基团,基本上是平面的。

[0022] 所述两个6元芳基环可以包含选自碳和氮的环原子。在一个实施方式中,所述两个6元芳基环的环原子是碳。

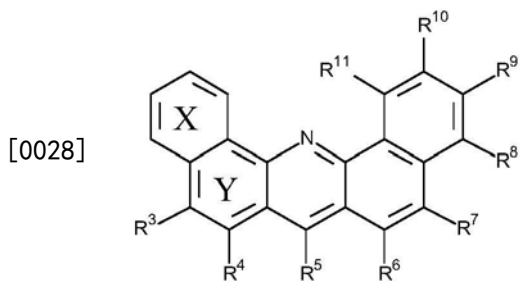
[0023] 所述基团G可以包含下述结构单元



[0025] 所述基团G可以在由“#”指示的位置处连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分。

[0026] 在所述基团G中,特别是在上述结构单元中,所述两个6元芳基环可以通过单键彼此连接。

[0027] 根据本发明,所述基团R<sup>1</sup>至R<sup>11</sup>中彼此相邻的两个(例如基团R<sup>1</sup>和R<sup>2</sup>)可一起形成稠合环。就此而言,稠合环是与所述两个相邻的R<sup>n</sup>基团所键合的环一起形成稠合环体系的第二个环。通过这种方式,所述两个R<sup>n</sup>基团所键合至的两个碳原子被彼此稠合的两个相邻环共有。参考其中R<sup>1</sup>和R<sup>2</sup>形成稠合环的实例,得到的结构可以如下所示,其中环X被稠合到共有两个碳原子的相邻环Y:

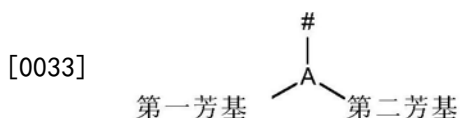


[0029] 然而,必须指出,上述其中 $R^1$ 和 $R^2$ 一起形成6元芳族环(其是稠合环)的实施方式在本质上仅仅是示例性的,并且包括其它稠合环(例如5或7元环、非芳族环等)的形成。然而优选地,由两个相邻 $R^n$ 基团形成的稠合环是如上所描绘的6元芳族环。

[0030] 对于本发明的化合物来说,所述基团 $R^1$ 至 $R^{11}$ 中的恰好一个是本文中所定义的基团G。所有的其它基团 $R^1$ 至 $R^{11}$ 不同地选自上面提到的基团。

[0031] 所述基团G包含一个在其p-轨道中具有电子对的原子A。所述原子A在其p-轨道中具有电子对这一事实,产生了对于所述原子A和直接连接到所述原子A的部分基本上是平面的化学结构,这意味着A到#、A到第一芳基和A到第二芳基的三个键位于仅仅几度( $^\circ$ )偏差结构内的同一分子平面中。所述偏差可以是 $10^\circ$ 或 $5^\circ$ 或 $<1^\circ$ 。

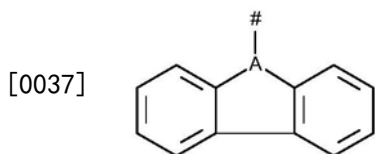
[0032] 这将通过参考下述结构来示例:



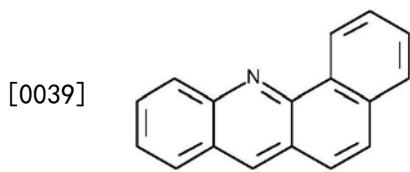
[0034] 在上述示例性结构中,正如根据本发明所要求的,所述原子A直接连接到两个6元芳基环(在上图中被标记为“第一芳基”和“第二芳基”)。在上述情形中,其中所述原子A是三价原子例如氮原子N,将所述第一芳基连接到原子A的键与将所述第二芳基连接到基团A的键之间的角度为约 $120^\circ$ ,例如 $110^\circ$ 至 $120^\circ$ ,或 $115^\circ$ 至 $120^\circ$ ,或 $119^\circ$ 至 $120^\circ$ 。对于#到所述原子A的键与A到所述第一芳基、相应的第二芳基的相应键来说,也是如此。

[0035] 连接到所述原子A的所述两个6元芳基环可以不彼此连接,或者可以通过单键彼此连接。在第一种情况(不连接)下,相应的结构可以如上所描绘。

[0036] 在所述两个6元芳基环通过单键彼此连接的情况下,所述基团G或G'可以包含下述结构:



[0038] 所述基团G可以在键合位置“#”处通过单键或通过 $C_6$ 至 $C_{18}$ 芳亚基连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分



[0040] 所述 $C_6$ 至 $C_{18}$ 芳亚基(如果存在的话)是所述基团G的一部分。也就是说,在所述基团

G被取代的情况下,所述连接到基团G的取代基可以被连接到C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基部分,所述C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基部分将所述基团G连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分。

[0041] 所述基团G只包含一个原子A。然而,在所述基团G被本文中所定义的另一个基团G'取代的情况下,所述通式(I)的化合物(而不是所述基团G)可包含另一个原子A。所述基团G'不可被连接到C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基,所述C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基作为所述基团G的一部分并将基团G连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分。

[0042] 在所述式(I)的化合物中,所述基团G可以包含1至5个选自N、S和O的杂原子。通过这种方式,所述式(I)化合物的改进包含它的有机电子器件的工作寿命的能力被进一步提高。

[0043] 在所述式(I)的化合物中,所述原子A可以选自N、S和O。通过这种方式,所述式(I)化合物的改进包含它的有机电子器件的工作寿命的能力被进一步提高。

[0044] 在所述式(I)的化合物中,所述原子A可以是N。通过这种方式,所述式(I)化合物的改进包含它的有机电子器件的工作寿命的能力被进一步提高。

[0045] 在所述式(I)的化合物中,所述基团G可以包含所述原子A和以二芳基氨基的形式或以咪唑基的形式连接到所述原子A的所述两个6元芳基环。通过这种方式,所述式(I)化合物的改进包含它的有机电子器件的工作寿命的能力被进一步提高。

[0046] 在所述式(I)的化合物中,包含在所述式(I)的化合物中的芳族环的总数可以为6至21。通过这种方式,所述式(I)化合物的改进包含它的有机电子器件的工作寿命的能力被进一步提高。

[0047] 在所述式(I)的化合物中,R<sup>1</sup>与R<sup>2</sup>、或R<sup>2</sup>与R<sup>3</sup>、或R<sup>3</sup>与R<sup>4</sup>可以一起形成芳基环。就此而言,上述成对的相邻基团R<sup>n</sup>中只有一对形成稠合环。通过这种方式形成的稠合环是上文提到的稠合环。通过这种方式,所述式(I)化合物的改进包含它的有机电子器件的工作寿命的能力被进一步提高。

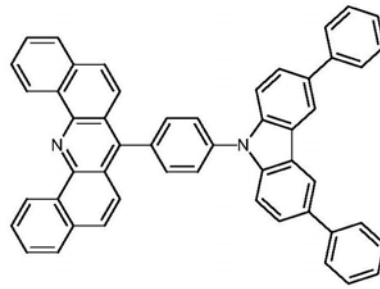
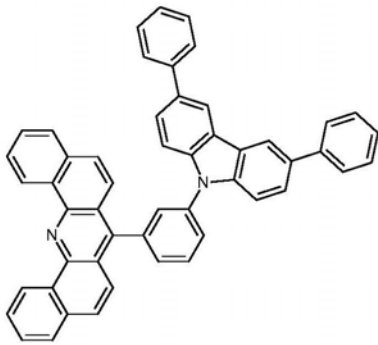
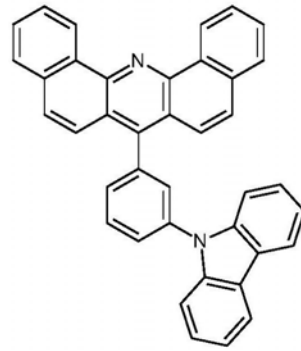
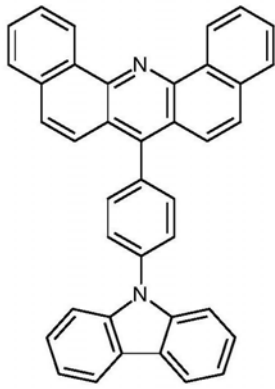
[0048] 在一个实施方式中,R<sup>1</sup>与R<sup>2</sup>、或R<sup>3</sup>与R<sup>4</sup>可以形成稠合环。优选地,R<sup>1</sup>和R<sup>2</sup>可以形成稠合环。

[0049] 在所述式(I)的化合物中,所述由R<sup>1</sup>与R<sup>2</sup>、或R<sup>2</sup>与R<sup>3</sup>、或R<sup>3</sup>与R<sup>4</sup>形成的稠合环可以是C<sub>6</sub>-芳基环。通过这种方式,所述式(I)化合物的改进包含它的有机电子器件的工作寿命的能力被进一步提高。

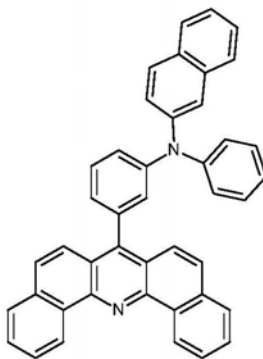
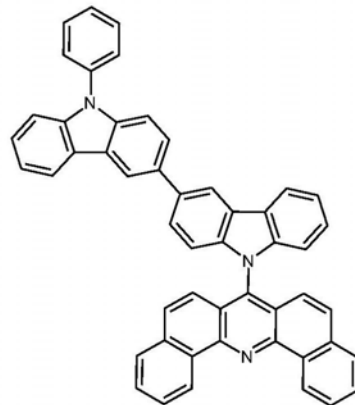
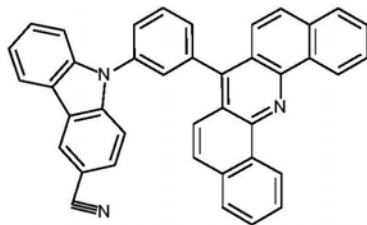
[0050] 在所述式(I)的化合物中,所述基团G可以通过未取代的C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分。就此而言,将所述基团G连接到所述苯并吡啶部分的未取代的C<sub>6</sub>至C<sub>18</sub>芳亚基可以是苯亚基。通过这种方式,所述式(I)化合物的改进包含它的有机电子器件的工作寿命的能力被进一步提高。

[0051] 在所述通式(I)的化合物中,R<sup>5</sup>或R<sup>10</sup>可以是所述基团G。换句话说,优选地所述基团G在R<sup>5</sup>或R<sup>10</sup>位置处被连接到所述式(I)的化合物的苯并吡啶部分。通过这种方式,所述通式(I)化合物的改进包含它的有机电子器件的工作寿命的能力被进一步提高。

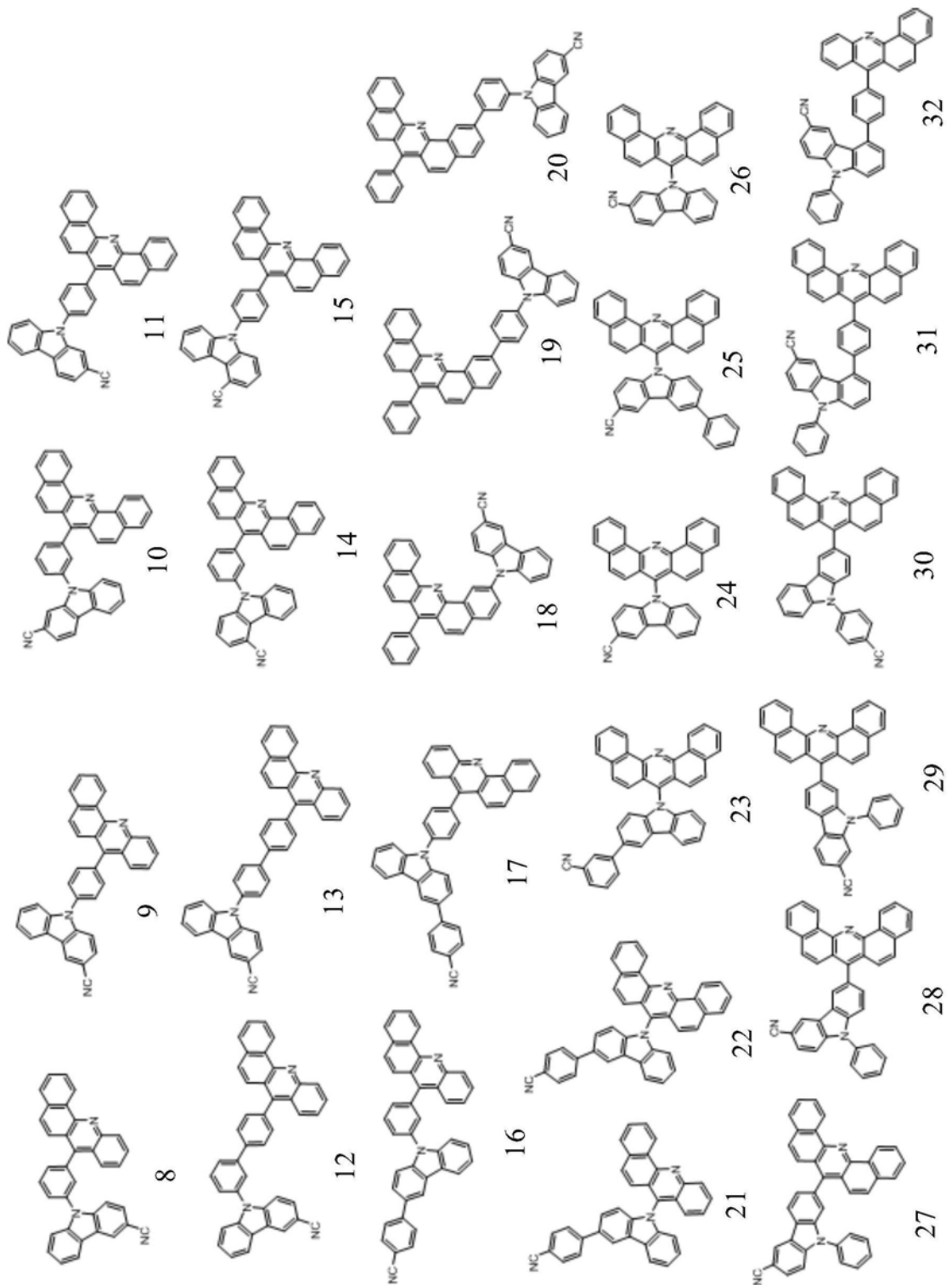
[0052] 在一个非常优选的实施方式中,所述式(I)的化合物是选自下述化合物中的一种,



[0053]



[0054]



[0055] 在一个实施方式中,所述式(I)的化合物具有低于3.89eV的能隙LUMO-HOMO。

[0056] 所述目标还通过包含有机半导体层的有机电子器件得以实现,其中所述有机半导体层包含如本文中所描述的通式(I)的化合物。

[0057] 所述有机电子器件还可以包含第一电极和第二电极,其中所述有机半导体层布置在所述第一电极与第二电极之间。

[0058] 在所述有机电子器件中,所述有机半导体层可以是发光层。也就是说,根据本发明的一个实施方式,所述有机电子器件在其发光层中包含所述式(I)的化合物。

[0059] 在另一个实施方式中,所述有机半导体层是空穴阻挡层。也就是说,在本发明的一个实施方式中,所述有机电子器件在其空穴阻挡层中包含所述式(I)的化合物。

[0060] 就此而言,所述空穴阻挡层可以不包含掺杂剂或添加剂。

[0061] 在另一个实施方式中,所述有机半导体层是电子传输层。也就是说,在这个实施方式中,所述有机电子器件在其电子传输层中包含所述式(I)的化合物。

[0062] 就此而言,所述电子传输层还(除了所述式(I)的化合物之外)可以包含掺杂剂或添加剂。

[0063] 就此而言,适合的添加剂或掺杂剂可以是n型添加剂或n型掺杂剂,例如LiQ、稀土元素金属、碱金属、碱土金属、硼酸盐(CAS 14728-62-2)、酚盐(例如CAS 1440864-50-5)、膦亚胺(例如CAS 51870-56-5)、胍类(例如CAS 1623748-16-2)、如US2009212280中所公开的金属络合物、US2007252140中公开的杂环化合物等。

[0064] 在所述有机电子器件中,所述有机半导体层除了所述式(I)的化合物之外还可以包含至少一种第二化合物。就此而言,所述至少一种第二化合物可以是金属、金属盐、金属络合物、US2007252140中公开的杂环化合物、有机或金属有机发光体化合物或其混合物。所述金属络合物可以是有机碱金属络合物或US2009212280中公开的络合物。所述有机碱金属络合物可以是碱金属硼酸盐和/或酚盐和/或8-羟基喹啉锂。

[0065] 所述目的还通过包含如本文中定义的有机电子器件的显示设备得以实现。

[0066] 所述目的还通过包含如本文中定义的有机电子器件的照明设备得以实现。

[0067] 本申请的实施例部分的结构是最优选的。

[0068] 其它层

[0069] 根据本发明,所述有机电子器件除了上面已经提到的层之外,还可以包含其它层。相应的层的示例性实施方式在下文中描述:

[0070] 基底

[0071] 所述基底可以是在电子器件例如有机发光二极管的制造中常用的任何基底。如果光穿过所述基底发射,则所述基底应该是透明或半透明材料,例如玻璃基底或透明塑料基底。如果光通过顶部表面发射,则所述基底可以是透明以及不透明材料两者,例如玻璃基底、塑料基底、金属基底或硅基底。

[0072] 阳极

[0073] 包含在本发明的有机电子器件中的第一电极或第二电极中的任一者可以是阳极。所述阳极可以通过沉积或溅射用于形成阳极的材料来形成。所述用于形成阳极的材料可以是高逸出功材料,以便促进空穴注入。所述阳极材料也可以选自低逸出功材料(即铝)。所述阳极可以是透明或反射电极。透明导电氧化物例如氧化锡铟(ITO)、氧化铟锌(IZO)、二氧化锡(SnO<sub>2</sub>)、氧化锌铝(AlZO)和氧化锌(ZnO),可用于形成所述阳极。所述阳极也可以使用金属、通常为银(Ag)、金(Au)或金属合金来形成。

[0074] 空穴注入层

[0075] 空穴注入层(HIL)可以通过真空沉积、旋涂、印刷、浇注、狭缝式涂布、Langmuir-Blodgett(LB)沉积等形成在所述阳极上。当所述HIL使用真空沉积来形成时,沉积条件可根据用于形成所述HIL的化合物以及所述HIL的所需结构和热学性质而变化。然而,一般来说,用于真空沉积的条件可以包括100℃至500℃的沉积温度、10<sup>-8</sup>至10<sup>-3</sup>托(1托等于

133.322Pa)的压力和0.1至10nm/秒的沉积速率。

[0076] 当所述HIL使用旋涂或印刷来形成时,涂布条件可根据用于形成所述HIL的化合物以及所述HIL的所需结构和热学性质而变化。例如,所述涂布条件可以包括约2000rpm至约5000rpm的涂布速度和约80°C至约200°C的热处理温度。在所述涂布进行后,热处理除去溶剂。

[0077] 所述HIL可以由常用于形成HIL的任何化合物来形成。可用于形成所述HIL的化合物的实例包括酞菁化合物例如铜酞菁(CuPc)、4,4',4''-三(3-甲基苯基苯基氨基)三苯基胺(m-MTDATA)、TDATA、2T-NATA、聚苯胺/十二烷基苯磺酸(Pani/DBSA)、聚(3,4-乙叉二氧基噻吩)聚(4-苯乙烯磺酸酯)(PEDOT/PSS)、聚苯胺/樟脑磺酸(Pani/CSA)和聚苯胺/聚(4-苯乙烯磺酸酯)(PANI/PSS)。

[0078] 所述HIL可以包含p型掺杂剂或由p型掺杂剂构成,并且所述p型掺杂剂可以选自四氟-四氰基醌二甲烷(F4TCNQ)、2,2'-(全氟代萘-2,6-二亚基)二丙二腈或2,2',2''-(环丙烷-1,2,3-三亚基)三(2-(对氰基四氟苯基)乙腈),但不限于此。所述HIL可以选自掺杂有p型掺杂剂的空穴传输基质化合物。已知的掺杂的空穴传输材料的典型实例是:HOMO能级约为-5.2eV的铜酞菁(CuPc),其掺杂有LUMO能级约为-5.2eV的四氟-四氰基醌二甲烷(F4TCNQ);掺杂有F4TCNQ的锌酞菁(ZnPc)(HOMO=-5.2eV);掺杂有F4TCNQ的 $\alpha$ -NPD(N,N'-双(萘-1-基)-N,N'-双(苯基)-联苯胺);掺杂有2,2'-(全氟代萘-2,6-二亚基)二丙二腈的 $\alpha$ -NPD。所述p型掺杂剂的浓度可以选自1至20重量%,更优选为3重量%至10重量%。

[0079] 所述HIL的厚度可以在约1nm至约100nm,例如约1nm至约25nm的范围内。当所述HIL的厚度在这个范围内时,所述HIL可以具有出色的空穴注入特性而没有驱动电压的实质性劣化。

[0080] 空穴传输层

[0081] 空穴传输层(HTL)可以通过真空沉积、旋涂、狭缝式涂布、印刷、浇注、Langmuir-Blodgett(LB)沉积等形成在所述HIL上。当所述HTL通过真空沉积或旋涂来形成时,用于沉积和涂布的条件可以与用于形成所述HIL的条件相似。然而,用于真空或溶液沉积的条件可以根据用于形成所述HTL的化合物而变化。

[0082] 所述HTL可以由常用于形成HTL的任何化合物形成。可以适合地使用的化合物公开在例如Yasuhiko Shirota和Hiroshi Kageyama,Chem.Rev.2007,107,953-1010中,并通过引用并入本文。可用于形成所述HTL的化合物的实例是:咪唑衍生物,例如N-苯基咪唑或聚乙烯基咪唑;联苯胺衍生物,例如N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1-联苯]-4,4'-二胺(TPD)或N,N'-二(萘-1-基)-N,N'-二苯基联苯胺( $\alpha$ -NPD);和基于三苯基胺的化合物,例如4,4',4''-三(N-咪唑基)三苯基胺(TCTA)。在这些化合物中,TCTA可以传输空穴并抑制激子扩散到EML中。

[0083] 所述HTL的厚度可以在约5nm至约250nm、优选地约10nm至约200nm、更优选地约20nm至约190nm、更优选地约40nm至约180nm、更优选地约60nm至约170nm、更优选地约80nm至约160nm、更优选地约100nm至约160nm、更优选地约120nm至约140nm的范围内。

[0084] 当所述HTL的厚度在这个范围内时,所述HTL可以具有出色的空穴传输特性而没有驱动电压的实质性劣化。

[0085] 电子阻挡层

[0086] 电子阻挡层 (EBL) 的功能是阻止电子从发光层转移到所述空穴传输层, 并因此将电子禁闭到所述发光层。由此提高了效率、工作电压和/或寿命。通常, 所述电子阻挡层包含三芳基胺化合物。所述三芳基胺化合物可以具有比所述空穴传输层的LUMO能级更接近真空能级的LUMO能级。所述电子阻挡层可以具有比所述空穴传输层的HOMO能级更远离真空能级的HOMO能级。所述电子阻挡层的厚度可以在2至20nm之间选择。

[0087] 如果所述电子阻挡层具有高的三重态能级, 则它也可以被描述为三重态控制层。

[0088] 所述三重态控制层的功能是在使用绿色或蓝色磷光发光层的情况下减少三重态的淬灭。由此, 可以实现从磷光发光层的更高效率的发光。所述三重态控制层选自三重态能级比相邻发光层中的磷光发光体的三重态能级更高的化合物。用于三重态控制层的适合的化合物、特别是三芳基胺化合物, 描述在EP 2 722 908 A1中。

[0089] 发光层 (EML)

[0090] 所述EML可以通过真空沉积、旋涂、狭缝式涂布、印刷、浇铸、LB沉积等形成在所述HTL上。当所述EML使用真空沉积或旋涂来形成时, 用于沉积和涂布的条件可以与用于形成所述HIL的条件相似。然而, 用于沉积和涂布的条件可以根据用于形成所述EML的化合物而变化。

[0091] 所述发光层可以包含式 (I) 的化合物。

[0092] 所述EML可以由主体材料与发光体掺杂剂的组合形成。所述EML可以包含单一主体材料或多种主体材料。所述EML可以包含单一发光体掺杂剂或多种发光体掺杂剂。所述主体材料的实例是Alq<sub>3</sub>、4,4'-N,N'-二咔唑-联苯 (CBP)、聚 (n-乙烷基咔唑) (PVK)、9,10-二(萘-2-基) 蒽 (ADN)、4,4',4''-三(咔唑-9-基)-三苯基胺 (TCTA)、1,3,5-三(N-苯基苯并咪唑-2-基) 苯 (TPBI)、3-叔丁基-9,10-二-2-萘基蒽 (TBADN)、二(苯乙烷基) 芳亚基 (DSA)、双(2-(2-羟基苯基) 苯并噻唑) 锌 (Zn (BTZ)<sub>2</sub>) 或式 (I) 的化合物。

[0093] 在所述EML包含多种主体材料以形成主体混合物的情况下, 所述主体材料的混合物中的每种主体材料的量可以在0.01至99.99重量份之间变化。

[0094] 所述发光体掺杂剂可以是磷光或荧光发光体。由于它们较高的效率, 磷光发光体和通过热激活延迟荧光 (TADF) 机制发光的发光体是优选的。所述发光体可以是小分子或聚合物。

[0095] 红光发光体掺杂剂的实例是PtOEP、Ir (piq)<sub>3</sub>和Btp<sub>2</sub>Ir (acac), 但不限于此。这些化合物是磷光发光体, 然而也可以使用红色荧光发光体掺杂剂。

[0096] 绿色磷光发光体掺杂剂的实例是Ir (ppy)<sub>3</sub> (ppy = 苯基吡啶)、Ir (ppy)<sub>2</sub> (acac)、Ir (mpyp)<sub>3</sub>。

[0097] 蓝色磷光发光体掺杂剂的实例是F<sub>2</sub>Irp<sub>ic</sub>、(F<sub>2</sub>ppy)<sub>2</sub>Ir (tmd) 和Ir (dfppz)<sub>3</sub>以及三苄。4,4'-双(4-二苯基氨基苯乙烯基) 联苯 (DPAVBi)、2,5,8,11-四-叔丁基蒽 (TBPe) 是蓝色荧光发光体掺杂剂的实例。

[0098] 基于100重量份的主体或主体混合物, 所述发光体掺杂剂的量可以在约0.01至约50重量份的范围内。或者, 所述发光层可以由发光聚合物构成。所述EML可以具有约10nm至约100nm、例如约20nm至约60nm的厚度。当所述EML的厚度在这一范围内时, 所述EML可以具有出色的发光, 而没有驱动电压的实质性劣化。

[0099] 空穴阻挡层 (HBL)

[0100] 可以将空穴阻挡层 (HBL) 通过使用真空沉积、旋涂、狭缝式涂布、印刷、浇铸、LB沉积等形成在所述EML上,以便阻止空穴扩散到所述ETL中。当所述EML包含磷光掺杂剂时,所述HBL也可以具有三重态激子阻挡功能。所述空穴阻挡层可以是本发明的有机半导体层,其包含由如上所定义的通式 (I) 表示的本发明的化合物,或者其由所述通式 (I) 表示的化合物构成。

[0101] 所述HBL可以是包含所述式 (I) 的化合物的层 (或多个层中的一个)。

[0102] 所述HBL也可以称为辅助ETL或a-ETL。

[0103] 当所述HBL使用真空沉积或旋涂来形成时,用于沉积和涂布的条件可以与用于形成所述HIL的条件类似。然而,用于沉积和涂布的条件可以根据用于形成所述HBL的化合物而变化。可以使用常用于形成HBL的任何化合物。用于形成所述HBL的化合物的实例包括噁二唑衍生物、三嗪衍生物、三唑衍生物和菲咯啉衍生物。

[0104] 所述HBL可以具有约5nm至约100nm、例如约10nm至约30nm范围内的厚度。当所述HBL的厚度在这一范围内时,所述HBL可以具有出色的空穴阻挡性能,而没有驱动电压的实质性劣化。

[0105] 电子传输层 (ETL)

[0106] 根据本发明的OLED可以包含电子传输层 (ETL)。根据本发明,所述电子传输层可以是包含由如上所定义的通式 (I) 表示的本发明化合物的本发明有机半导体层。在一个实施方式中,所述ETL可以由式 (I) 的化合物构成。

[0107] 根据多种不同实施方式,所述OLED可以包含电子传输层或电子传输层叠层结构,所述叠层结构包含至少一个第一电子传输层和至少一个第二电子传输层。

[0108] 通过适当地调整所述ETL的特定层的能级,可以控制电子的注入和传输,并且可以高效地阻挡空穴。因此,所述OLED可以具有长寿命。

[0109] 所述有机电子器件的电子传输层可以包含由如上所定义的通式 (I) 表示的化合物作为有机电子传输基质 (ETM) 材料。除了所述由通式 (I) 表示的化合物之外,所述电子传输层还可以包含本领域中已知的其它ETM材料。同样地,所述电子传输层可以包含所述由通式 (I) 表示的化合物作为唯一电子传输基质材料。在本发明的有机电子器件包含超过一个电子传输层的情况下,所述由通式 (I) 表示的化合物可以被包含在所述电子传输层中的仅仅一层中、在所述电子传输层中的超过一个层中、或在所述电子传输层中的所有层中。根据本发明,除了所述ETM材料之外,所述电子传输层还可以包含至少一种如本文中定义的添加剂。

[0110] 此外,所述电子传输层可以包含一种或多种n型掺杂剂。添加剂可以是n型掺杂剂。所述添加剂可以是碱金属、碱金属化合物、碱土金属、碱土金属化合物、过渡金属、过渡金属化合物或稀土元素金属。在另一个实施方式中,所述金属可以是选自Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、La、Ce、Sm、Eu、Tb、Dy和Yb中的一种。在另一个实施方式中,所述n型掺杂剂可以是选自Cs、K、Rb、Mg、Na、Ca、Sr、Eu和Yb中的一种。在一个实施方式中,所述碱金属化合物可以是8-羟基喹啉锂 (LiQ)、四 (1H-吡唑-1-基) 硼酸锂或2- (二苯基磷酰基) 苯酚锂。适合用于ETM的化合物 (其可以在除了由如上所定义的通式 (I) 表示的本发明的化合物之外使用) 没有特别限制。在一个实施方式中,所述电子传输基质化合物由共价键合的原子构成。优选地,所述电子传输基质化合物包含至少6个、更优选地至少10个离域电子的共轭体系。在一

个实施方式中,所述离域电子的共轭体系可以被包含在芳族或杂芳族结构部分中,正如在例如文献EP 1 970 371 A1或WO 2013/079217 A1中所公开的。

[0111] 电子注入层(EIL)

[0112] 可以促进电子从所述阴极的注入的任意的EIL,可以形成在所述ETL上,优选地直接形成在所述电子传输层上。用于形成所述EIL的材料的实例包括在本领域中已知的8-羟基喹啉锂(LiQ)、LiF、NaCl、CsF、Li<sub>2</sub>O、BaO、Ca、Ba、Yb、Mg。用于形成所述EIL的沉积和涂布条件与用于形成所述HIL的条件类似,但是所述沉积和涂布条件可以根据用于形成所述EIL的材料而变化。所述EIL可以是包含所述式(I)的化合物的有机半导体层。

[0113] 所述EIL的厚度可以在约0.1nm至约10nm的范围内,例如在约0.5nm至约9nm的范围内。当所述EIL的厚度在这个范围内时,所述EIL可以具有令人满意的电子注入性能,而没有驱动电压的实质性劣化。

[0114] 阴极

[0115] 如果存在EIL的话,所述阴极被形成在所述EIL上。所述阴极可以由金属、合金、导电化合物或其混合物形成。所述阴极可以具有低逸出功。例如,所述阴极可以由锂(Li)、镁(Mg)、铝(Al)、铝(Al)-锂(Li)、钙(Ca)、钡(Ba)、镱(Yb)、镁(Mg)-铟(In)、镁(Mg)-银(Ag)等形成。或者,所述阴极可以由透明导电氧化物例如ITO或IZO形成。

[0116] 所述阴极的厚度可以在约5nm至约1000nm的范围内,例如在约10nm至约100nm的范围内。当所述阴极的厚度在约5nm至约50nm的范围内时,所述阴极可以是透明或半透明的,即使其由金属或金属合金形成。

[0117] 应该理解,所述阴极不是电子注入层或电子传输层的一部分。

[0118] 电荷产生层

[0119] 所述电荷产生层(CGL)可以包含p型和n型层。在所述p型层与n型层之间可以布置中间层。所述CGL可以包含所述由通式(I)表示的化合物。

[0120] 通常,所述电荷产生层是联结n型电荷产生层(电子产生层)和空穴产生层的p-n结。所述p-n结的n侧产生电子并将它们注入到在朝向阳极的方向上与p-n结相邻的层中。类似地,所述p-n结的p侧产生空穴并将它们注入到在朝向阴极的方向上与p-n结相邻的层中。

[0121] 电荷产生层可用于串联器件中,例如在两个电极之间包含两个或更多个发光层的串联OLED中。在包含两个发光层的串联OLED中,所述n型电荷产生层为布置在阳极附近的第一发光层提供电子,而所述空穴产生层向布置在所述第一发光层与阴极之间的第二发光层提供空穴。

[0122] 适合用于所述空穴产生层的基质材料可以是常规用作空穴注入和/或空穴传输基质材料的材料。此外,用于所述空穴产生层的p型掺杂剂可以使用常规材料。例如,所述p型掺杂剂可以是选自四氟-7,7,8,8-四氰基醌二甲烷(F4-TCNQ)、四氰基醌二甲烷的衍生物、轴烯衍生物、碘、FeCl<sub>3</sub>、FeF<sub>3</sub>和SbCl<sub>5</sub>中的一种。此外,主体材料可以是选自N,N'-二(萘-1-基)-N,N'-二苯基-联苯胺(NPB)、N,N'-二苯基-N,N'-双(3-甲基苯基)-1,1-联苯-4,4'-二胺(TPD)和N,N',N'-四萘基-联苯胺(TNB)中的一种。所述p型电荷产生层可以由CNHAT构成。

[0123] 所述n型电荷产生层可以是包含所述式(I)的化合物的层。所述n型电荷产生层可以是纯净n型掺杂剂例如电正性金属的层,或者可以由掺杂有n型掺杂剂的有机基质材料构成。在一个实施方式中,所述n型掺杂剂可以是碱金属、碱金属化合物、碱土金属、碱土金属

化合物、过渡金属、过渡金属化合物或稀土元素金属。在另一个实施方式中,所述金属可以是选自Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、La、Ce、Sm、Eu、Tb、Dy和Yb中的一种。更具体来说,所述n型掺杂剂可以是选自Cs、K、Rb、Mg、Na、Ca、Sr、Eu和Yb中的一种。适用于电子产生层的基质材料可以是常规作为基质材料用于电子注入或电子传输层的材料。所述基质材料可以是例如选自三嗪化合物、羟基喹啉衍生物如三(8-羟基喹啉)铝、苯并唑类衍生物和硅杂环戊烷衍生物中的一种。

[0124] 所述空穴产生层布置成直接接触所述n型电荷产生层。

[0125] 有机发光二极管(OLED)

[0126] 根据本发明的有机电子器件可以是有机发光器件。

[0127] 根据本发明的一个方面,提供了一种有机发光二极管(OLED),其包含:基底,形成在所述基底上的阳极,空穴注入层,空穴传输层,发光层,包含式(I)的化合物或由式(I)的化合物构成的有机半导体层,以及阴极。

[0128] 根据本发明的另一方面,提供了一种OLED,其包含:基底,形成在所述基底上的阳极,空穴注入层,空穴传输层,电子阻挡层,发光层,空穴阻挡层,包含式(I)的化合物或由式(I)的化合物构成的有机半导体层,以及阴极。

[0129] 根据本发明的另一方面,提供了一种OLED,其包含:基底,形成在所述基底上的阳极,空穴注入层,空穴传输层,电子阻挡层,发光层,空穴阻挡层,包含式(I)的化合物或由式(I)的化合物构成的有机半导体层,电子注入层,以及阴极。

[0130] 根据本发明的多种不同实施方式,可以提供布置在上面提到的层之间、在所述基底上或在所述顶部电极上的OLED层。

[0131] 根据一个方面,所述OLED可以包含下述层结构:基底,其与阳极相邻布置,所述阳极与第一空穴注入层相邻布置,所述第一空穴注入层与第一空穴传输层相邻布置,所述第一空穴传输层与第一电子阻挡层相邻布置,所述第一电子阻挡层与第一发光层相邻布置,所述第一发光层与第一电子传输层相邻布置,所述第一电子传输层与n型电荷产生层相邻布置,所述n型电荷产生层与空穴产生层相邻布置,所述空穴产生层与第二空穴传输层相邻布置,所述第二空穴传输层与第二电子阻挡层相邻布置,所述第二电子阻挡层与第二发光层相邻布置,在所述第二发光层与阴极之间布置任意的电子传输层和/或任意的电子注入层。

[0132] 根据本发明的有机半导体层可以是发光层、空穴阻挡层、电子传输层、第一电子传输层、n型电荷产生层和/或第二电子传输层。

[0133] 例如,根据图2的OLED(10)可以通过下述方法形成,其中

[0134] 在基底(110)上,随后依次形成阳极(120)、空穴注入层(130)、空穴传输层(140)、电子阻挡层(145)、发光层(150)、空穴阻挡层(155)、电子传输层(160)、电子注入层(180)和阴极(190)。

[0135] 有机电子器件

[0136] 根据本发明的有机电子器件包含有机半导体层,所述有机半导体层含有根据式(I)的化合物或由式(I)的化合物构成。

[0137] 根据一个实施方式的有机电子器件可以包括基底、阳极层、包含式(I)的化合物或由式(I)的化合物构成的有机半导体层以及阴极层。

[0138] 根据一个实施方式的有机电子器件包含至少一个含有至少一种式(I)的化合物或由式(I)的化合物构成的有机半导体层、至少一个阳极层、至少一个阴极层和至少一个发光层,其中所述有机半导体层优选布置在所述发光层与阴极层之间。

[0139] 根据本发明的有机发光二极管(OLED)可以包括阳极、空穴传输层(HTL)、发光层(EML)、包含至少一种式(I)的化合物的电子传输层(ETL)和阴极,它们被顺序堆叠在基底上。就此而言,所述HTL、EML和ETL是由有机化合物形成的薄膜。

[0140] 根据一个实施方式的有机电子器件可以是发光器件、薄膜晶体管、电池组、显示设备或光伏电池,优选为发光器件。

[0141] 根据本发明的一个方面,提供了一种制造有机电子器件的方法,所述方法使用:

[0142] -至少一个沉积源,优选地两个沉积源,更优选地至少三个沉积源。

[0143] 可适合的用于沉积的方法包括:

[0144] -通过真空热蒸发的沉积;

[0145] -通过溶液加工的沉积,优选地所述加工选自旋涂、印刷、浇铸;和/或

[0146] -狭缝式涂布。

[0147] 根据本发明的多种不同实施方式,提供了一种方法,其使用:

[0148] -第一沉积源来释放根据本发明的式(I)的化合物,和

[0149] -第二沉积源来释放金属、金属络合物、有机金属化合物、金属盐或碱金属或碱土金属络合物,或有机碱金属或碱土金属络合物,或8-羟基喹啉锂或碱金属硼酸盐;

[0150] 所述方法包括形成所述有机半导体层的步骤,由此用于有机发光二极管(OLED):

[0151] -所述有机半导体层通过以下步骤来形成:从所述第一沉积源释放根据本发明的式(I)的化合物,并从所述第二沉积源释放金属、金属络合物、有机金属化合物、金属盐或碱金属或碱土金属络合物或者有机碱金属或碱土金属络合物或者8-羟基喹啉锂或碱金属硼酸盐。

[0152] 根据本发明的多种不同实施方式,所述方法还可以包括在所述阳极上形成发光层,并在所述阳极与所述第一电子传输层之间形成至少一个层,所述至少一个层选自形成空穴注入层、形成空穴传输层或形成空穴阻挡层。

[0153] 根据本发明的多种不同实施方式,所述方法还可以包括用于形成有机发光二极管(OLED)的步骤,其中:

[0154] -在基底上形成第一阳极,

[0155] -在所述第一阳极上形成发光层,

[0156] -在所述发光层上形成电子传输层叠层结构,任选地在所述发光层上形成空穴阻挡层并形成有机半导体层,

[0157] -最后形成阴极,

[0158] -在所述第一阳极与所述发光层之间依次形成任选的空穴注入层、空穴传输层和空穴阻挡层,

[0159] -在所述有机半导体层与所述阴极之间形成任选的电子注入层。

[0160] 根据本发明的多种不同实施方式,所述方法还可以包括在所述有机半导体层上形成电子注入层。然而,根据本发明的OLED的多种不同实施方式,所述OLED可以不包含电子注入层。

[0161] 根据多种不同实施方式,所述OLED可以具有下述层结构,其中所述层具有下述顺序:

[0162] 阳极,空穴注入层,第一空穴传输层,第二空穴传输层,发光层,任选的空穴阻挡层,包含根据本发明的式(I)的化合物的有机半导体层,任选的电子注入层和阴极,或

[0163] 阳极,空穴注入层,第一空穴传输层,第二空穴传输层,包含根据本发明的式(I)的化合物的有机半导体层,任选的空穴阻挡层,第一电子传输层,任选的电子注入层和阴极,或

[0164] 阳极,空穴注入层,第一空穴传输层,第二空穴传输层,发光层,包含根据本发明的式(I)的化合物的有机半导体层,第一电子传输层,任选的电子注入层和阴极。

[0165] 根据本发明的另一方面,提供了一种电子设备,其包含至少一个根据整个本申请中描述的任何实施方式的有机发光器件,优选地,所述电子设备包含在整个本申请中描述的实施方式之一中的有机发光二极管。更优选地,所述电子设备是显示设备。

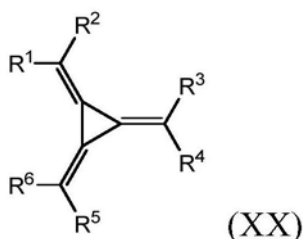
[0166] 在一个实施方式中,包含含有根据式(I)的化合物或由式(I)的化合物构成的有机半导体层的根据本发明的有机电子器件,还可以包含含有轴烯化合物和/或醌二甲烷化合物的层。

[0167] 在一个实施方式中,所述轴烯化合物和/或醌二甲烷化合物可以被一个或多个卤素原子和/或一个或多个吸电子基团取代。吸电子基团可以选自腈基团、卤代烷基,可替代地选自全卤代烷基,可替代地选自全氟代烷基。吸电子基团的其它实例可以是酰基、磺酰基或磷酰基。

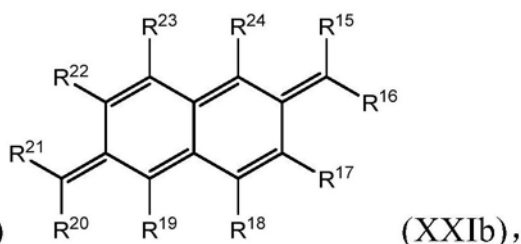
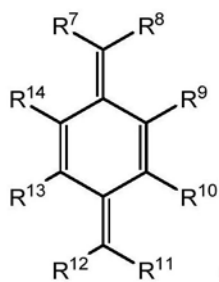
[0168] 可替代地,酰基、磺酰基和/或磷酰基可以包含卤代和/或全卤代烃基。在一个实施方式中,所述全卤代烃基可以是全氟代烃基。全氟代烃基的实例可以是全氟代甲基、全氟代乙基、全氟代丙基、全氟代异丙基、全氟代丁基、全氟代苯基、全氟代甲基;包含卤代烃基的磺酰基的实例可以是三氟甲基磺酰基、五氟乙基磺酰基、五氟苯基磺酰基、七氟丙基磺酰基、九氟丁基磺酰基等。

[0169] 在一个实施方式中,所述轴烯和/或醌二甲烷化合物可以被包含在空穴注入、空穴传输和/或空穴产生层中。

[0170] 在一个实施方式中,所述轴烯化合物可以具有式(XX),和/或所述醌二甲烷化合物可以具有式(XXIa)或(XXIb):



[0171]



[0172] 其中 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、 $R^4$ 、 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^{11}$ 、 $R^{12}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$ 、 $R^{20}$ 、 $R^{21}$ 独立地选自上面提到的吸电子基团,并且 $R^9$ 、 $R^{10}$ 、 $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{17}$ 、 $R^{18}$ 、 $R^{19}$ 、 $R^{22}$ 、 $R^{23}$ 和 $R^{24}$ 独立地选自H、卤素和上面提到的吸电子基团。

[0173] 在下文中,参考实施例对实施方式进行更详细的说明。然而,本公开不限于下述实施例。现在将详细参考所述示例性方面。

[0174] 本发明的详情和定义

[0175] 术语“稠合环”在本文中用于指称一种结合状况,其中两个相邻的 $R^1$ 至 $R^{11}$ 例如 $R^1$ 与 $R^2$ 、或 $R^2$ 与 $R^3$ 、或 $R^3$ 与 $R^4$ 一起形成稠合到具有式(I)的结构的其余部分的环。

[0176] 在本说明书中,当没有另外提供定义时,“烷基”可以是指脂族烃类基团。烷基可以是指没有任何双键或叁键的“饱和烷基”。当在本文中使用时,术语“烷基”将涵盖直链以及支链和环状的烷基。例如, $C_3$ -烷基可以选自正丙基和异丙基。同样地, $C_4$ -烷基涵盖了正丁基、仲丁基和叔丁基。同样地, $C_6$ -烷基涵盖正己基和环己基。

[0177]  $C_n$ 中的下标数字n涉及相应的烷基、芳亚基、杂芳亚基或芳基中碳原子的总数。

[0178] 当在本文中使用时,术语“芳基”或“芳亚基”将涵盖苯基( $C_6$ -芳基)、稠合的芳族化合物例如萘、蒽、菲、并四苯等。还涵盖联苯和寡聚苯或多聚苯,例如三联苯等。还将涵盖任何其它芳族烃类取代基例如苄基等。“芳亚基”和相应的“杂芳亚基”是指连接有另外两个部分的基团。在本说明书中,术语“芳基”或“芳亚基”可以是指包含至少一个芳族烃类部分的基团,并且所述芳族烃类部分的所有元素都可以具有形成共轭的p轨道,例如苯基、萘基、蒽基、菲基、芘基、苄基等。所述芳基或芳亚基可以包括单环或稠合环多环(即共有相邻的碳原子对的环)官能团。

[0179] 当在本文中使用时,术语“杂芳基”是指其中至少一个碳原子被优选地选自N、O、S、B或Si的杂原子代替的芳基。

[0180]  $C_n$ -杂芳基中的下标数字n仅仅是指不包括杂原子数目的碳原子的数目。在这种背景下,显然 $C_3$ 杂芳亚基是包含3个碳原子的芳族化合物例如吡啶、咪唑、噁唑、噻唑等。

[0181] 术语“杂芳基”可以是指具有至少一个杂原子的芳族杂环,并且所述杂芳族烃类部分的所有元素可以具有形成共轭的p-轨道。所述杂原子可以选自N、O、S、B、Si、P、Se,优选地选自N、O和S。杂芳亚基环可以包含至少1至3个杂原子。优选地,杂芳亚基环可以包含至少1至3个各自选自N、S和/或O的杂原子。

[0182] 当在本文中使用时,术语“杂芳基”将涵盖吡啶、喹啉、喹唑啉、吡啶、三嗪、苯并咪唑、苯并噻唑、苯并[4,5]噻吩并[3,2-d]噻啶、呋唑、咕吨、吩噻嗪、苯并吡啶、二苯并吡啶等。

[0183] 在本说明书中,单键是指直接键。

[0184] 当在本文中使用时,术语“氟代”是指烃类基团,其中所述烃类基团中包含的至少一个氢原子被氟原子取代。其中所有氢原子都被氟原子取代的氟代基团被称为全氟代基团,并特别用术语“全氟代”指称。

[0185] 根据本发明,如果一个基团中包含的氢原子之一被另一个基团代替,则该基团被另一个基团“取代”,其中所述另一个基团是取代基。

[0186] 根据本发明,对于一个层在另外两个层之间而言,表述“之间”不排除可布置在所述一个层与所述另外两个层之一之间的其它层的存在。根据本发明,对于两个层彼此直接

接触而言,表述“直接接触”意味着在那两个层之间没有布置其它层。一个层被沉积在另一个层顶部被视为与该层直接接触。

[0187] 对于本发明的有机半导体层以及对于本发明的化合物而言,在实验部分中提到的化合物是最优选的。

[0188] 本发明的有机电子器件可以是有机电致发光器件(OLED)、有机光伏器件(OPV)、照明设备或有机场效应晶体管(OFET)。照明设备可以是用于照明、辐射、发信号或投影的任何设备。它们被相应地分类为照明、辐射、信号和投影设备。照明设备通常由下述部分构成:光学辐射源,将辐射通量以所需方向传输到空间中的装置,以及将部件连接成单个设备并保护辐射源和光传输系统不受损坏和环境影响的外壳。

[0189] 根据另一方面,根据本发明的有机电致发光器件可以包含超过一个发光层,优选地两个或三个发光层。包含超过一个发光层的OLED也被描述为串联OLED或堆叠OLED。

[0190] 所述有机电致发光器件(OLED)可以是底部发光或顶部发光器件。

[0191] 另一方面涉及一种包含至少一个有机电致发光器件(OLED)的设备。

[0192] 包含有机发光二极管的设备是例如显示器或照明板。

[0193] 在本发明中,下面将定义术语,除非在权利要求书中或本说明书中的别处给出不同的定义,否则将以这些定义为准。

[0194] 在本说明书的上下文中,与基质材料相关的术语“不同”或“差异”意味着所述基质材料在它们的结构式上不同。

[0195] 术语“OLED”和“有机发光二极管”被同时使用并具有相同含义。当在本文中使用时,术语“有机电致发光器件”可以包含有机发光二极管和有机发光晶体管(OLET)两者。

[0196] 当在本文中使用时,“重量百分数”、“wt.-%”、“以重量计的百分数”、“重量%”、“重量份”及其变化形式是将组合物、组分、物质或试剂表示为相应的电子传输层的该组分、物质或试剂的重量除以所述相应电子传输层的总重量并乘以100。应该理解,相应的电子传输层和电子注入层的所有组分、物质和试剂的总重量百分数的量被选择成使其不超过100重量%。

[0197] 当在本文中使用时,“体积百分数”、“vol.-%”、“以体积计的百分数”、“体积%”及其变化形式是将组合物、组分、物质或试剂表示为相应的电子传输层的该组分、物质或试剂的体积除以所述相应电子传输层的总体积并乘以100。应该理解,所述阴极层的所有组分、物质和试剂的总体积百分数的量被选择成使其不超过100体积%。

[0198] 本文中的所有数值被假定用术语“约”修饰,不论是否明确指示。当在本文中使用时,术语“约”是指数值量可以发生的变化。不论是否用术语“约”修饰,权利要求都包括所述量的等同量。

[0199] 应该指出,当在本说明书和权利要求书中使用时,单数形式“一个”、“一种”、“该”和“所述”包括复数指称物,除非上下文明确指明不是如此。

[0200] 术语“没有”、“不含”、“不包括”不排除杂质。杂质对通过本发明所实现的目的而言没有技术效果。

[0201] 在本说明书的上下文中,术语“基本上不发光”或“不发光”意味着所述化合物或层对来自于所述器件的可见发光光谱的贡献相对于所述可见发光光谱低于10%,优选地低于5%。所述可见发光光谱是波长为约 $\geq 380\text{nm}$ 至约 $\leq 780\text{nm}$ 的发光光谱。

- [0202] 优选地,包含所述式I的化合物的有机半导体层是基本上不发光或不发光的。
- [0203] 工作电压,也被称为U,在10毫安每平方厘米( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )下以伏特(V)为单位测量。
- [0204] 每安培的坎德拉效率,也被称为cd/A效率,在10毫安每平方厘米( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )下以坎德拉/安培为单位测量。
- [0205] 外量子效率,也被称为EQE,以百分数(%)为单位度量。
- [0206] 颜色空间通过坐标CIE-x和CIE-y(国际照明委员会(International Commission on Illumination 1931)来描述。对于蓝色发光来说,CIE-y是特别重要的。更小的CIE-y表示更深的蓝色。
- [0207] 最高占据分子轨道,也被称为HOMO,和最低未占分子轨道,也被称为LUMO,以电子伏特(eV)为单位度量。
- [0208] 术语“OLED”、“有机发光二极管”、“有机发光器件”和“有机光电器件”被同时使用并具有相同含义。
- [0209] 术语“使用期限”和“寿命”被同时使用并具有相同含义。
- [0210] 所述阳极和阴极可以被描述为阳极/阴极或阳极电极/阴极电极或阳极层/阴极层。
- [0211] 室温,也被称为环境温度,是 $23^\circ\text{C}$ 。

### 附图说明

- [0212] 与附图结合,从下面示例性实施方式的描述,本发明的这些和/或其它方面和优点将变得明显并且更容易理解,在所述附图中:
- [0213] 图1是根据本发明的一个示例性实施方式的有机发光二极管(OLED)的示意性剖视图。
- [0214] 图2是根据本发明的一个示例性实施方式的OLED的示意性剖视图。
- [0215] 图3是根据本发明的一个示例性实施方式的包含电荷产生层的串联OLED的示意性剖视图。

### 具体实施方式

- [0216] 现在将详细参考本发明的示例性实施方式,其实例在附图中示出,其中相同的附图标记数字始终指相同的元件。为了解释本发明的多种情况,下面参考附图来描述所述示例性实施方式。
- [0217] 在本文中,当第一元件被称为是形成或布置在第二元件“上”时,所述第一元件可以被直接布置在所述第二元件上,或者可以在它们之间布置一个或多个其它元件。当第一元件被称为是“直接”形成或布置在第二元件“上”时,在它们之间不配置其它元件。
- [0218] 图1是根据本发明的一个示例性实施方式的有机发光二极管(OLED) 100的示意性剖视图。OLED 100包括基底110、阳极120、空穴注入层(HIL) 130、空穴传输层(HTL) 140、发光层(EML) 150、电子传输层(ETL) 160。电子传输层(ETL) 160形成在EML 150上。在电子传输层(ETL) 160上布置电子注入层(EIL) 180。阴极190被直接布置在电子注入层(EIL) 180上。
- [0219] 代替单个电子传输层160,可以任选地使用电子传输层叠层结构(ETL)。
- [0220] 图2是根据本发明的另一个示例性实施方式的OLED 100的示意性剖视图。图2与图

1的区别在于图2的OLED 100包含电子阻挡层 (EBL) 145和空穴阻挡层 (HBL) 155。

[0221] 参考图2, OLED 100包括基底110、阳极120、空穴注入层 (HIL) 130、空穴传输层 (HTL) 140、电子阻挡层 (EBL) 145、发光层 (EML) 150、空穴阻挡层 (HBL) 155、电子传输层 (ETL) 160、电子注入层 (EIL) 180和阴极190。

[0222] 优选地, 所述包含式 (I) 的化合物或由式 (I) 的化合物构成的有机半导体层可以是 EML、HBL或ETL。

[0223] 图3是根据本发明的另一个示例性实施方式的串联OLED 200的示意性剖视图。图3与图2的区别在于图3的OLED 200还包含电荷产生层 (CGL) 和第二发光层 (151)。

[0224] 参考图3, OLED 200包括基底110、阳极120、第一空穴注入层 (HIL) 130、第一空穴传输层 (HTL) 140、第一电子阻挡层 (EBL) 145、第一发光层 (EML) 150、第一空穴阻挡层 (HBL) 155、第一电子传输层 (ETL) 160、n型电荷产生层 (n型CGL) 185、空穴产生层 (p型电荷产生层、p型GCL) 135、第二空穴传输层 (HTL) 141、第二电子阻挡层 (EBL) 146、第二发光层 (EML) 151、第二空穴阻挡层 (EBL) 156、第二电子传输层 (ETL) 161、第二电子注入层 (EIL) 181和阴极190。

[0225] 优选地, 所述包含式 (I) 的化合物或由式 (I) 的化合物构成的有机半导体层可以是所述第一EML、第一HBL、第一ETL、n型CGL和/或第二EML、第二HBL、第二ETL。

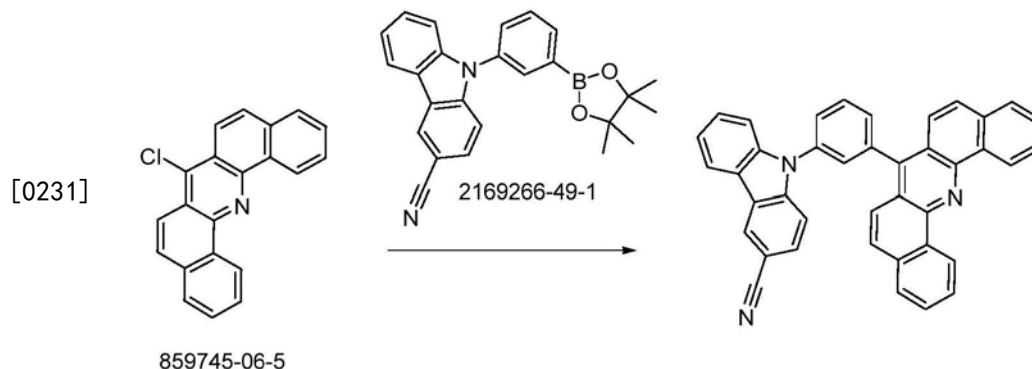
[0226] 尽管在图1、图2和图3中未示出, 但可以在阴极190上进一步形成密封层, 以便密封 OLED 100和200。此外, 可以对其进行多种不同的其它修改。

[0227] 在后文中, 将参考下述实施例详细描述本发明的一个或多个示例性实施方式。然而, 这些实施例不意欲限制本发明的所述一个或多个示例性实施方式的目的和范围。

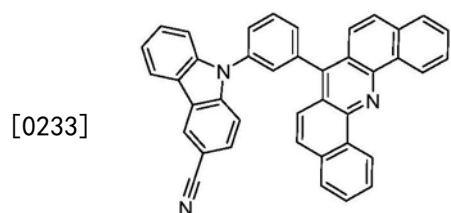
[0228] 实验部分

[0229] 通过下述实施例进一步说明本发明, 所述实施例仅仅是说明性而不是限制性的。

[0230] 式 (I) 的化合物的合成



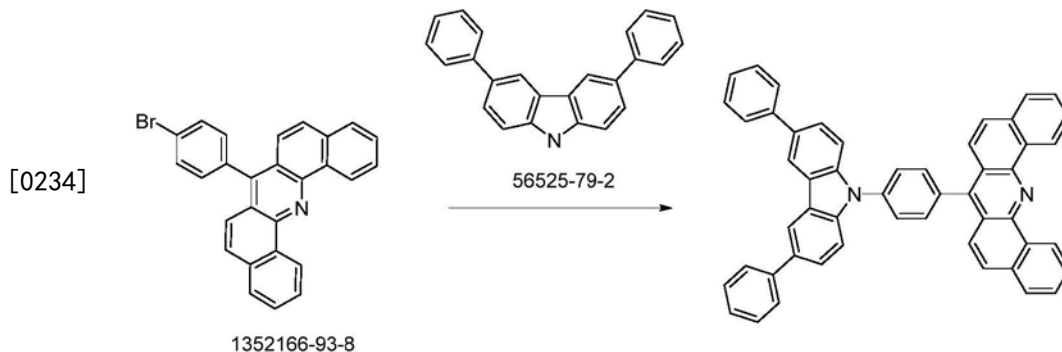
[0232] 9-(3-(二苯并[c,h]吡啶-7-基)苯基)-9H-咔唑-3-甲腈 (化合物5)



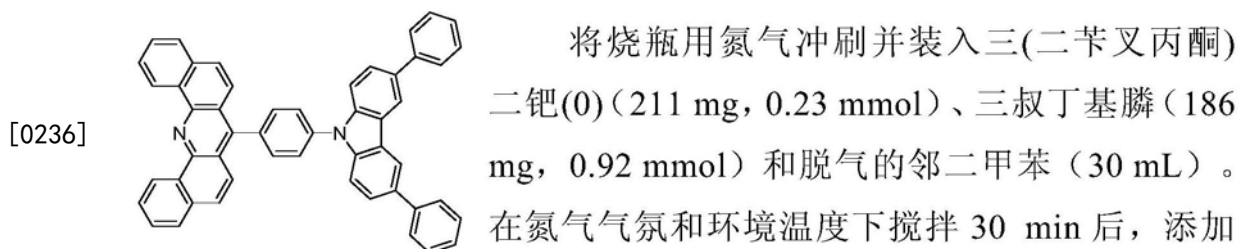
将烧瓶用氮气冲刷并装入 7-氯二苯并[c,h]吡啶 (12 g, 38.4 mmol)、9-(3-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧杂环戊硼烷-2-基)苯基)-9H-咔唑-3-甲腈 (15.9 g, 40 mmol)、Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>4</sub> (1.3 g, 1.15

mmol) 和K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (15.9g, 115mmol)。添加脱气的1,4-二噁烷/水 (3:1, 240mL) 的混合物, 并将所

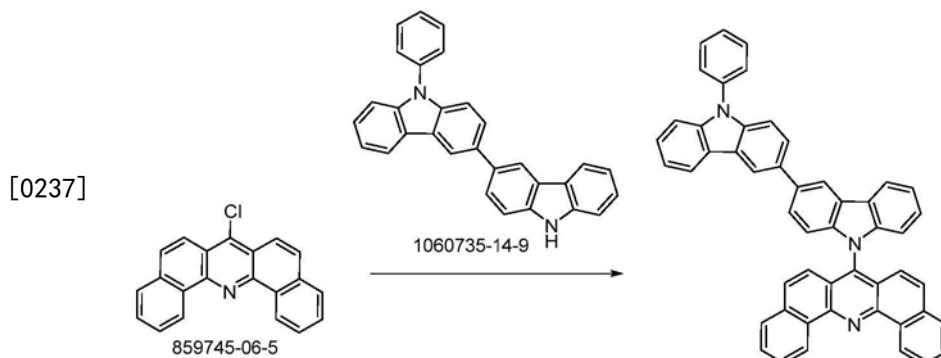
述反应混合物在氮气气氛下加热至95℃持续16h。在冷却至室温后,通过抽滤收集形成的沉淀物并将其用1,4-二噁烷、水和甲醇洗涤。将得到的固体溶解在热的二氯甲烷中,并通过硅胶垫过滤。在用另外的热的二氯甲烷清洗后,将滤液在减压下浓缩并添加正己烷。通过抽滤收集得到的沉淀物并用正己烷洗涤。在干燥后,得到19.2g (91%) 浅黄色固体。HPLC/ESI-MS:100%, $m/z=546$  ( $[M+H]^+$ )。



[0235] 7-(4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基)二苯并[c,h]吡啶(化合物4)

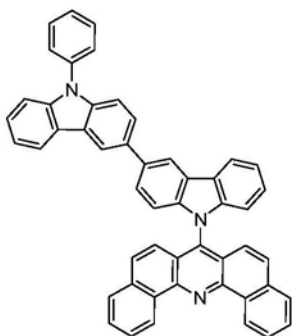


7-(4-溴苯基)二苯并[c,h]吡啶(10g,23mmol)、3,6-二苯基-9H-咔唑(8.8g,27.6mmol)、 $K_2CO_3$ (9.5g,69mmol)、18-冠-6(1.2g,0.46mmol)和另外的脱气邻二甲苯(200mL)。将得到的反应混合物在氮气气氛下加热至回流48h。在冷却至10℃后,通过抽滤收集形成的沉淀物并将其用正己烷洗涤。将得到的固体溶解在氯仿中并用水萃取5次。用 $MgSO_4$ 干燥后,将有机相过滤,在减压下浓缩并添加正己烷。通过抽滤收集得到的沉淀物并用正己烷洗涤。进一步的纯化通过从甲苯中重结晶来实现。在干燥后,得到11.7g (76%) 的浅黄色固体。最后的纯化通过升华来实现。HPLC/ESI-MS:99.6%, $m/z=673$  ( $[M+H]^+$ )。



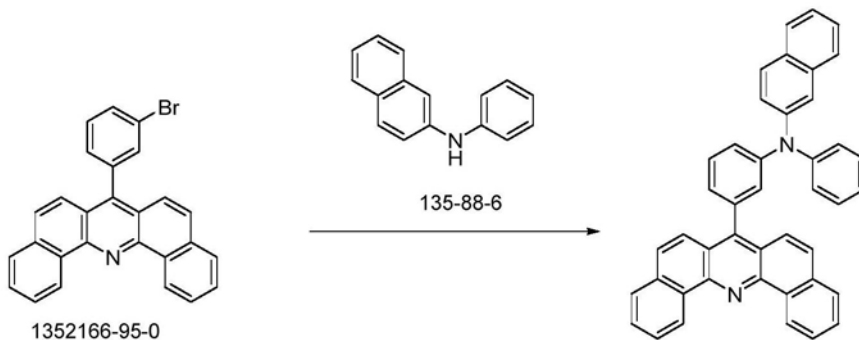
[0238] 7-(9'-苯基-9H,9'H-[3,3'-联咔唑]-9-基)二苯并[c,h]吡啶(化合物6)

[0239]



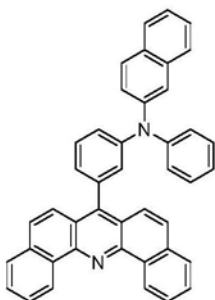
将烧瓶用氮气冲刷并装入氢氧化钠（616 mg，25.7 mmol）和无水二甲基甲酰胺（135 mL）。将所述悬浮液在 0℃ 搅拌 30 分钟。然后逐份添加 9-苯基-9H,9'H-3,3'-联咪唑（10.0g，24.5 mmol），并将所述反应混合物在室温搅拌 90 分钟。添加 7-氯二苯并[c,h]吡啶（8.5 g，26.9 mmol），并将反应混合物在 110℃ 搅拌 4 小时。将反应用甲醇（100mL）淬灭，将形成的沉淀物过滤并用甲醇洗涤。将得到的固体溶解在氯仿/甲苯 1/1（500mL）中，并通过硅胶垫过滤。在用另外的氯仿/甲苯 1/1 清洗后，将滤液在减压下浓缩，并将悬浮液在室温下搅拌过夜。通过抽滤收集得到的沉淀物并将其用甲苯洗涤。将粗品固体溶解在热 THF 中，缓慢添加乙醇，并将悬浮液在室温下搅拌过夜。通过抽滤收集得到的沉淀物并将其通过柱层析进一步纯化（用二氯甲烷/己烷 1/3 到最终的纯二氯甲烷来洗脱）。将固体溶解在热 THF 中，缓慢添加乙醇，并将悬浮液在室温下搅拌过夜，然后过滤固体。在干燥后，得到 8.8g（52%）固体。最终的纯化通过升华来实现。HPLC/ESI-MS: 100%， $m/z = 686$  ( $[M+H]^+$ )。

[0240]



[0241] N-(3-(二苯并[c,h]吡啶-7-基)苯基)-N-苯基萘-2-胺 (化合物7)

[0242]



将烧瓶用氮气冲刷并装入 7-(3-溴苯基)二苯并[c,h]吡啶（10.0 g，23.0 mmol）、N-苯基萘-2-胺（5.6 g，25.33 mmol）、 $KO^tBu$ （7.75 g，69.1 mmol）、双(二苯叉丙酮)钪（278 mg，0.46 mmol）、三叔丁基磷（140 mg，0.69 mmol）和脱气的甲苯（230 mL）。将得到的反应

混合物在氮气气氛下加热至 80℃ 持续 5 小时。在冷却至室温后，通过抽滤收集形成的沉淀物并将其用甲苯洗涤。将得到的固体在室温下在水中搅拌 30 分钟，然后将它过滤，用水洗涤并干燥。将粗品固体溶解在甲苯中，并通过硅胶垫过滤。在用另外的甲苯清洗后，将滤液在减压下浓缩，并将悬浮液在室温下搅拌过夜。通过抽滤收集得到的沉淀物并将其用正己烷洗涤。进一步的纯化通过从丙酮中重结晶来实现。最后，将固体溶解在热甲苯中，缓慢添加正己烷，并将悬浮液在室温下搅拌过夜，然后过滤出固体。在干燥后，得到 8.5g（64%）固体。最终的纯化通过升华来实现。HPLC/ESI-MS: 100%， $m/z = 573$  ( $[M+H]^+$ )。

[0243] 制造 OLED 的程序

[0244] 对于A型和B型顶部发光OLED器件(顶部发光器件)来说,将尺寸为150mm×150mm×0.7mm的玻璃基底用Deconex FPD 211的2%水溶液超声清洁7分钟,然后用纯水超声清洁5分钟,并在清洗旋干机中干燥15分钟。随后,在 $10^{-5}$ 至 $10^{-7}$ mbar的压力下沉积100nm的Ag作为阳极。对于底部发光OLED器件即C型OLED器件来说,使用UV-臭氧清洁的ITO/玻璃基底代替玻璃基底。

[0245] 然后,将HT-1和D-1以92:8的重量%比例真空共沉积在所述阳极上,以形成HIL。然后将HT-1真空沉积在所述HIL上,以形成HTL。然后将HT-2真空沉积在所述HTL上,以形成电子阻挡层(EBL)。

[0246] 随后,通过将主体-1和发光体-1以97:3的重量%比例共沉积,在所述EBL上形成发光层。

[0247] 然后,对于A型顶部发光OLED器件来说,将ET-1真空沉积在所述发光层上,以形成空穴阻挡层(HBL)。然后,通过将式(I)的化合物或比较化合物-1与喹啉锂(LiQ)以1:1的重量%比例共沉积,在所述空穴阻挡层上形成电子传输层。

[0248] 对于B型顶部发光OLED器件来说,将式(I)的化合物真空沉积在所述发光层上,以形成空穴阻挡层。然后,通过将ET-2与喹啉锂(LiQ)以1:1的重量%比例共沉积,在所述空穴阻挡层上形成电子传输层。

[0249] 然后,对于A型和B型顶部发光OLED器件两者来说,通过沉积Yb在所述电子传输层上形成电子注入层。

[0250] 将Ag在 $10^{-7}$ mbar下以0.01至1 Å/s的速率蒸发,以形成阴极。

[0251] 在所述阴极上形成N-([1,1'-联苯]-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺的覆盖层。

[0252] 对于底部发光OLED器件即C型OLED器件来说,将HT-1和D-1以97:3的重量%比例真空共沉积在所述ITO上,以形成HIL。然后将HT-1真空沉积在所述HIL上,以形成HTL。然后将HT-3真空沉积在所述HTL上,以形成电子阻挡层(EBL)。

[0253] 随后,通过将主体-2:式(I)的化合物:发光体-2以49:49:2的重量%比例共沉积,来沉积发光层。

[0254] 随后,将ET-1真空沉积在所述发光层上,以形成空穴阻挡层。然后,通过将ET-2与喹啉锂(LiQ)以1:1的重量%比例共沉积,在所述空穴阻挡层上形成电子传输层。

[0255] 然后,通过沉积LiQ在所述电子传输层上形成电子注入层。

[0256] 然后,将Ag在 $10^{-7}$ mbar下以0.01至1 Å/s的速率蒸发,以形成阴极。

[0257] 实施例

[0258] 表1:在ETL、辅助ETL或EML中包含式1的化合物的有机电致发光器件的性能。

[0259] 制备3种类型(A、B和C)的OLED器件,以便测试本发明的式(I)的化合物。所述OLED器件中层堆叠的详情在下文给出。斜线“/”将各个层分开。层厚度提供在方括号[... ]中,以重量%计的混合比例提供在圆括号(... )中:

[0260] A型OLED器件:所述式(I)的化合物或比较化合物被包含在电子传输层中。层堆叠:银[100nm]/HT-1:D-1(92:8)[10nm]/HT-1[118nm]/HT-2[5nm]/主体-1:发光体-1(97:3)[20nm]/ET-1[5nm]/式(I)的化合物:LiQ或比较化合物:LiQ(1:1)[31nm]/Yb[2nm]/银[11nm]

[0261] B型OLED器件:所述式(I)的化合物被包含在空穴阻挡层中。层堆叠:银[100nm]/HT-1:D-1(92:8)[10nm]/HT-1[125nm]/HT-2[5nm]/主体-1:发光体-1(97:3)[20nm]/式(I)的化合物[5nm]/ET-2:LiQ(1:1)[31nm]/Yb[2nm]/银[11nm]

[0262] C型OLED器件:所述式(I)的化合物被包含在发光层中。层堆叠:ITO/HT-1:D-1(97:3)[10nm]/HT-1[144nm]/HT-3[70nm]/主体-2:式(I)的化合物:发光体-2(49:49:2)[40nm]/ET-1[5nm]/ET-2:LiQ(1:1)[31nm]/LiQ[2nm]/银[100nm]

[0263] 发明的技术效果

[0264] 在下面的表1中,示出了式(I)的化合物和比较化合物的材料性能。

[0265] 在下面的表2中,示出了式(I)的化合物的偶极矩、HOMO能级和LUMO能级以及能隙LUMO-HOMO。式(I)的化合物具有低于3.89eV的能隙LUMO-HOMO。

[0266] 在下面的表3中,示出了包含式(I)的化合物的OLED在30mA/cm<sup>2</sup>下的工作电压和寿命LT97(h)。

[0267] 从表3明显看出,与比较例相比,所有实施例1至9在30mA/cm<sup>2</sup>下的工作寿命LT97(h)提高至少28%或更多。不受理论的限制,LT的提高可能是由于在OLED制造期间式(I)的化合物的降解减少导致的。

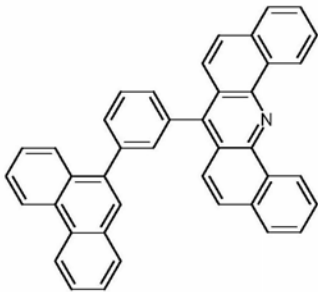
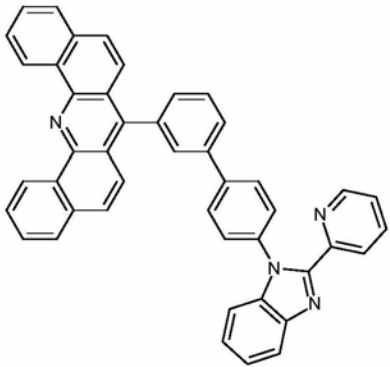
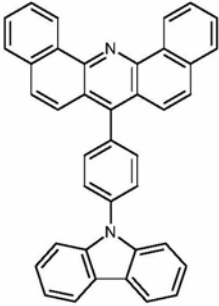
[0268] 使用的化合物列表

[0269]

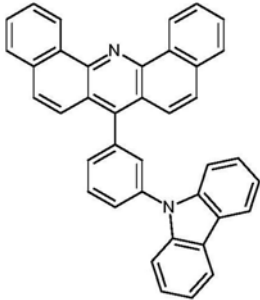
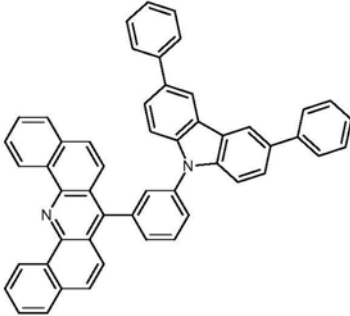
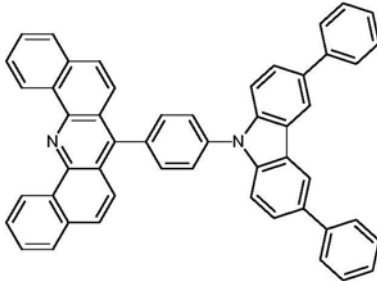
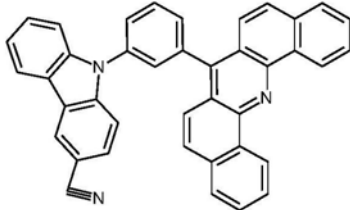
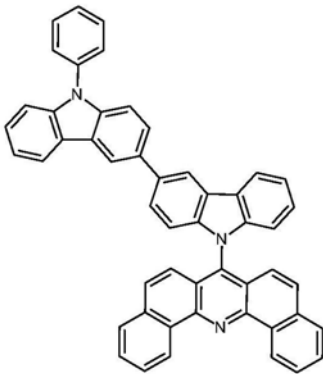
	IUPAC 名称	参考文献
HT-1	联苯-4-基(9,9-二苯基-9H-芴-2-基)-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-胺 (CAS 1242056-42-3)	US2016322581
HT-2	N,N-双(4-(二苯并[b,d]呋喃-4-基)苯基)-[1,1':4',1''-三联苯]-4-胺 (CAS 1198399-61-9)	JP2014096418
HT-3	N,N-二([1,1'-联苯]-4-基)-7,7-二甲基-7H-芴并[4,3-b]苯并呋喃-10-胺 (CAS 1616706-52-5)	US2015280136
D-1	4,4',4''-((1E,1'E,1''E)-环丙烷-1,2,3-三亚基三(氰基甲烷基亚基))三(2,3,5,6-四氟苯甲腈)	US2008265216
主体-1	H09 (蓝色荧光主体材料)	可以从韩国的 Sun Fine Chemicals 公司商购
主体-2	5,8-二([1,1'-联苯]-4-基)-5,8-二氢吡啶并[2,3-c]吡啶 (CAS 222044-79-3)	
发光体-1	BD200 (蓝色荧光发光体材料)	可以从韩国的 Sun Fine Chemicals 公司商购
发光体-2	双(2-(3,5-二甲基苯基)喹啉)(乙酰基丙酮)铱(III) (CAS 1056874-46-4)	

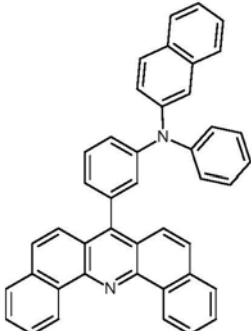
[0270]	ET-1	2,4-二苯基-6-(4',5',6'-三苯基-[1,1':2',1"':3",1"'':3"',1''':-五苯基]-3'''-基)-1,3,5-三嗪 (CAS 2032364-64-8)	WO2016171358
	ET-2	2-([1,1'-联苯]-4-基)-4-(9,9-二苯基-9H-芴-4-基)-6-苯基-1,3,5-三嗪 (CAS 1801992-44-8)	KR101537500
	LiQ	8-羟基喹啉锂 (CAS 850918-68-2)	WO2013079217

[0271] 表1: 式(I)的化合物和比较化合物的性质

	结构	mp (°C)	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>RO</sub> (°C)
[0272] 比较-1 参考文献: EP3312899 A1		251	123	218
比较-2 参考文献 WO2016180891		329	144	272
化合物 1		336	127	245

[0273]

化合物 2		277	119	214
化合物 3		312	156	288
化合物 4		308	139	291
化合物 5		281	141	238
化合物 6		-	181	280

[0274]	化合物 7		264	113	216
--------	-------	---	-----	-----	-----

[0275] 表2. 通过DFT (B3LYP\_Gaussian/6-31G\*, 气相) 模拟的式 (I) 的化合物和比较化合物的偶极矩、HOMO和LUMO能级、能隙LUMO-HOMO

	偶极矩 [德拜]	HOMO [eV]	LUMO [eV]	能隙 LUMO – HOMO [eV]
比较-1	1.89	-5.63	-1.74	3.89
比较-2	2.59	-5.67	-1.78	3.89
化合物 1	0.05	-5.43	-1.84	3.59
化合物 2	1.40	-5.42	-1.83	3.59
化合物 3	1.63	-5.26	-1.84	3.42
化合物 4	0.40	-5.28	-1.86	3.42
化合物 5	6.88	-5.84	-1.97	3.87
化合物 6	1.30	-5.04	-1.99	3.05
化合物 7	2.08	-5.05	-1.71	3.34

[0277] 表3. 包含式1的化合物和比较化合物的OLED器件

OLED 器件 实施例名 称	OLED 器 件类型	包含式(I)的化 合物的层中的 化合物	包含式(I)的化 合物的层中的化 合物的比例	在 10 mA/cm <sup>2</sup> 下的工作电压 (V)	在 30 mA/cm <sup>2</sup> 下的 LT97(h)
比较例 1	A	比较-1:LiQ	1:1	3.51	32
比较例 2	A	比较-2:LiQ	1:1	3.61	30
实施例-1	A	化合物 1:LiQ	1:1	3.47	<b>41</b>

[0279]

实施例-2	A	化合物 2:LiQ	1:1	3.62	<b>43</b>
实施例-3	A	化合物 3:LiQ	1:1	3.71	<b>49</b>
实施例-4	A	化合物 4:LiQ	1:1	3.66	<b>50</b>
实施例-5	A	化合物 5:LiQ	1:1	3.98	<b>101</b>
实施例-6	A	化合物 6:LiQ	1:1	3.48	<b>42</b>
实施例-7	B	化合物 3	1	3.69	<b>73</b>
实施例-8	B	化合物 4	1	3.72	<b>97</b>
实施例-9	C	化合物 6:主体 -2:发光体-2	49:49:2	3.69	<b>63</b>

[0280] 前述说明书和从属权利要求中公开的特征,可以单独地和以其任何组合作为用于以各种不同形式实现独立权利要求中所公开的方面的材料。

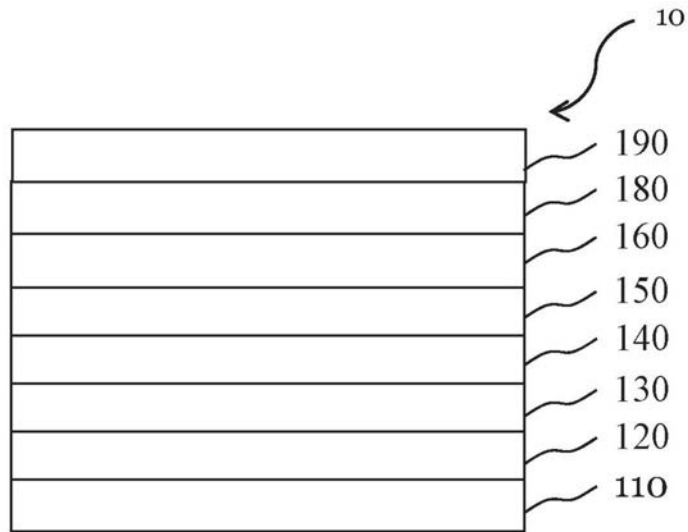


图1

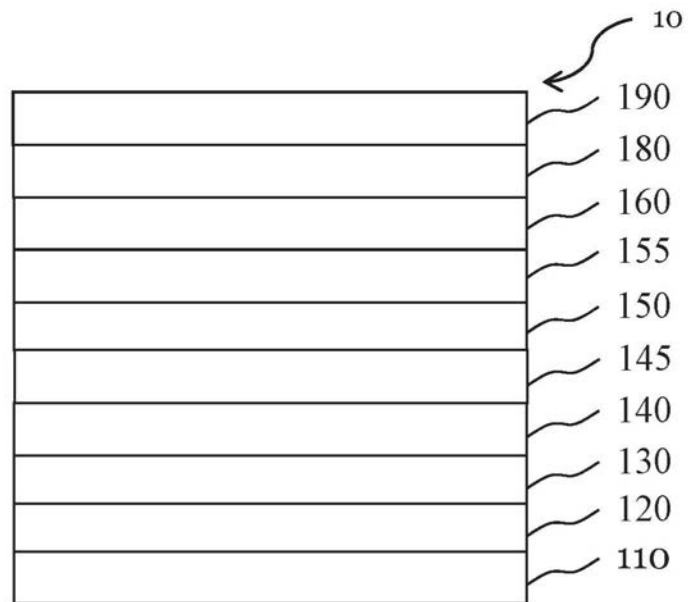


图2

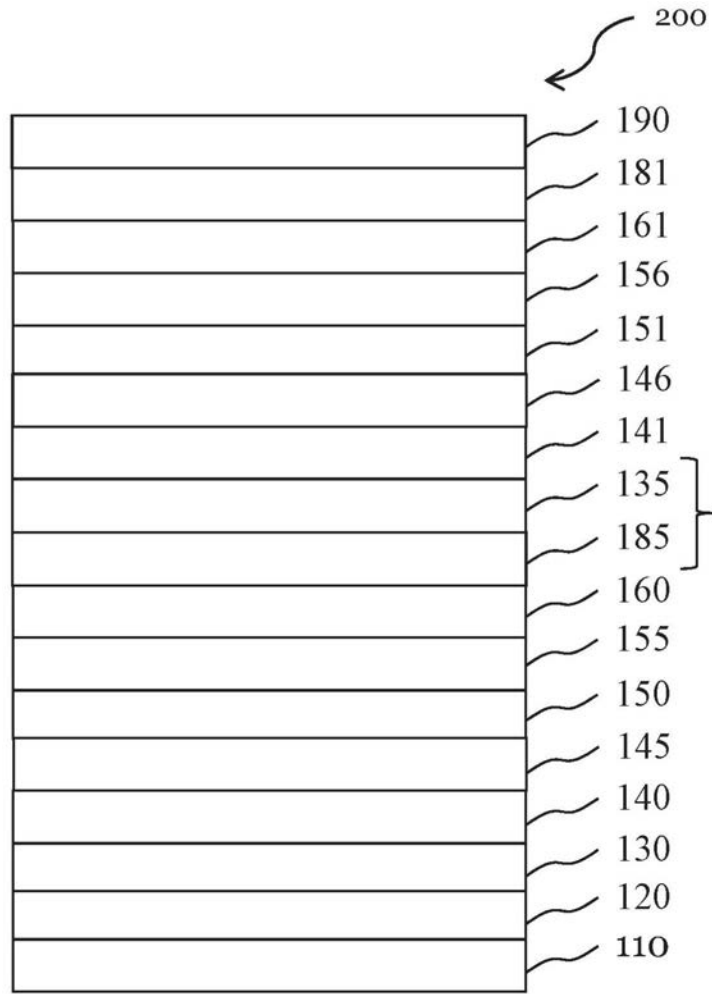


图3