



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I886291 B

(45) 公告日：中華民國 114 (2025) 年 06 月 11 日

(21) 申請案號：110121694

(22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 06 月 15 日

(51) Int. Cl. :

*C07C13/66 (2006.01)**C07D221/18 (2006.01)**C07D235/08 (2006.01)**C07D239/70 (2006.01)**C07D251/24 (2006.01)**C07D401/10 (2006.01)**C07D401/14 (2006.01)**C07D403/10 (2006.01)**C07F9/53 (2006.01)**C09K11/06 (2006.01)**H10K99/00 (2023.01)**H10K50/00 (2023.01)*

(30) 優先權：2020/06/12

歐洲專利局

20179726.3

(71) 申請人：德商諾瓦發光二極體有限公司 (德國) NOVALED GMBH (DE)

德國

(72) 發明人：維爾納 安斯加爾 WERNER, ANSGAR (DE)；加尼爾 傑羅姆 GANIER, JEROME

(DE)；帕菲西格 多門戈伊 PAVICIC, DOMAGOJ (DE)；加西亞 伊蘭納 加蘭

GARCIA, ELENA GALAN (DE)；丹克 烏里希 DENKER, ULRICH (DE)

(74) 代理人：蔡清福；蔡駁理

(56) 參考文獻：

EP 3182478A1

EP 3208861A1

審查人員：葉獻全

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：2 共 131 頁

(54) 名稱

有機發光二極體及含此之裝置

(57) 摘要

本發明與包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊的有機發光二極體有關；且與包括該有機發光二極體的顯示裝置或照明裝置有關。

The present invention relates to an organic light emitting diode comprising an anode, a cathode, a first emission layer, a second emission layer, a first charge generation layer and a first electron transport layer stack ; and to a display device or lighting device comprising the same.

指定代表圖：

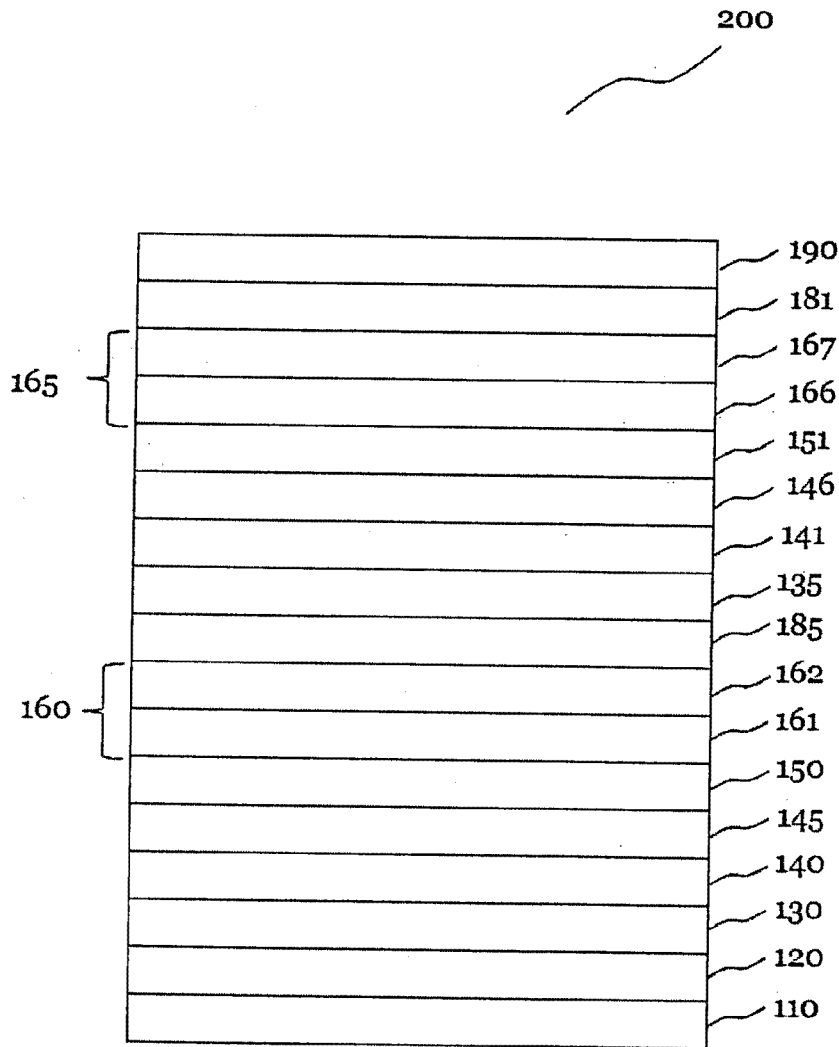


圖 1

符號簡單說明：

- 110:基板
- 120:陽極
- 130:第一電洞注入層(HIL-1)
- 135:電洞傳輸層(p型電荷產生層(p-type GCL))
- 140:第一電洞傳輸層(HTL-1)
- 141:第二電洞傳輸層(HTL-2)
- 145:第一電子阻擋層(EBL-1)
- 146:第二電子阻擋層(EBL-2)
- 150:第一發射層(EML-1)
- 151:第二發射層(EML-2)
- 160:第一電子傳輸層(ETL-1)堆疊
- 161:第一堆疊的第一電子傳輸層
- 162:第一堆疊的第二電子傳輸層
- 165:第二電子傳輸層(ETL-2)堆疊
- 166:第三電子傳輸層(=第二堆疊的第一電子傳輸層)
- 167:第四電子傳輸層(=第二堆疊的第二電子傳輸層)
- 181:電子注入層(EIL)
- 185:n型電荷產生層(n型CGL)
- 190:陰極

I886291

TW I886291 B

200:有機發光二極體  
(OLED)



I886291

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 有機發光二極體及含此之裝置

【英文發明名稱】 Organic Light Emitting Diode And Device Comprising The Same

### 【中文】

本發明與包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊的有機發光二極體有關；且與包括該有機發光二極體的顯示裝置或照明裝置有關。

### 【英文】

The present invention relates to an organic light emitting diode comprising an anode, a cathode, a first emission layer, a second emission layer, a first charge generation layer and a first electron transport layer stack ; and to a display device or lighting device comprising the same.

【指定代表圖】 圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

110：基板

120：陽極

130：第一電洞注入層(HIL-1)

135：電洞傳輸層(p型電荷產生層(p-type GCL))

140：第一電洞傳輸層(HTL-1)

141：第二電洞傳輸層(HTL-2)

145：第一電子阻擋層(EBL-1)

第 1 頁，共 2 頁(發明摘要)

- 146：第二電子阻擋層(EBL-2)
- 150：第一發射層(EML-1)
- 151：第二發射層(EML-2)
- 160：第一電子傳輸層(ETL-1)堆疊
- 161：第一堆疊的第一電子傳輸層
- 162：第一堆疊的第二電子傳輸層
- 165：第二電子傳輸層(ETL-2)堆疊
- 166：第三電子傳輸層(=第二堆疊的第一電子傳輸層)
- 167：第四電子傳輸層(=第二堆疊的第二電子傳輸層)
- 181：電子注入層(EIL)
- 185：n型電荷產生層(n型CGL)
- 190：陰極
- 200：有機發光二極體(OLED)

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 有機發光二極體及含此之裝置

【英文發明名稱】 Organic Light Emitting Diode And Device Comprising The Same

### 【技術領域】

【0001】 本發明與一種有機發光二極體及一種包括有機發光二極體的裝置有關。

### 【先前技術】

【0002】 為自發光裝置的有機發光二極體(OLED)具有廣視角、優異對比度、快速反應、高亮度、優異驅動電壓特性以及色彩再現。典型的 OLED 包括依序地堆疊於基板上的：陽極、電洞傳輸層(HTL)、發射層(EML)、電子傳輸層(ETL)以及陰極。在此方面，HTL、EML 及 ETL 為由有機化合物及/或有機金屬化合物形成的薄膜。

【0003】 當對該陽極及陰極施加電壓時，從陽極電極注入的電洞經由 HTL 移動至 EML，且從陰極電極注入的電子經由 ETL 移動至 EML。電洞及電子於 EML 中重新結合，以產生激子。當激子從激發狀態下降到基態時，光線發出。應該使電洞及電子的注入及流動平衡，使得具有上述結構的 OLED 具有優異效率。

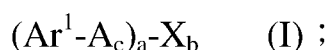
【0004】 包括不同電子傳輸材料的多種有機電子二極體為本領域中已知的。然而，仍然有需要改良此等裝置的特性，特別是具體地針對效率及電壓改良多發射層 OLED 的特性。

【0005】因此，本發明的目的在於提供一種克服先前技術的缺陷的有機發光二極體，特別是一種具有改良特性(亦即具有改良效率及改良電壓)的多發射層頂發射 OLED。

### 【發明內容】

【0006】該目的藉由包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊的有機發光二極體達成；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物

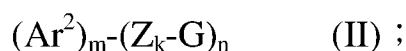


- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- $\text{Ar}^1$  獨立地選自  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{60}$  芳基或  $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{42}$  雜芳基，
  - 其中每一個  $\text{Ar}^1$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代： $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{11}$  雜芳基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、D、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷氧基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、鹵素、CN 或  $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及  $\text{R}^{10}$  獨立地選自  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{12}$  雜芳基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或

- 全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基；
- 其中 Ar<sup>1</sup> 上的每一個 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基取代基及 Ar<sup>1</sup> 上的每一個 C<sub>3</sub> 至 C<sub>11</sub> 雜芳基取代基可用 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基或鹵素取代；
  - A 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>30</sub> 芳基，
    - 其中每一個 A 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、D、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及 R<sup>10</sup> 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>12</sub> 雜芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基；
    - 其中 A 上的每一個 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基取代基可用 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基或鹵素取代；
  - X 獨立地選自由 C<sub>2</sub> 至 C<sub>42</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>60</sub> 芳基組成的群組，
    - 其中每一個 X 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>11</sub> 雜芳基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、D、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較

佳地為 O，及  $R^{10}$  獨立地選自  $C_6$  至  $C_{12}$  芳基、 $C_3$  至  $C_{12}$  雜芳基、 $C_1$  至  $C_6$  烷基、 $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氬化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氬化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基；

- 其中 X 上的每一個  $C_6$  至  $C_{12}$  芳基取代基及 X 上的每一個  $C_3$  至  $C_{11}$  雜芳基取代基可用  $C_1$  至  $C_4$  烷基或鹵素取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為  $\geq 0D$  及  $\leq 4D$ ；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物



- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 0、1 或 2；
- $\text{Ar}^2$  獨立地選自由  $C_2$  至  $C_{42}$  雜芳基及  $C_6$  至  $C_{60}$  芳基組成的群組，
  - 其中每一個  $\text{Ar}^2$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代： $C_6$  至  $C_{12}$  芳基、 $C_3$  至  $C_{11}$  雜芳基及  $C_1$  至  $C_6$  烷基、D、 $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、 $C_3$  至  $C_6$  分支烷基、 $C_3$  至  $C_6$  環烷基、 $C_3$  至  $C_6$  分支烷氧基、 $C_3$  至  $C_6$  環烷氧基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氬化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氬化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、鹵素、CN 或  $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及  $R^{10}$  獨立地選自  $C_6$  至  $C_{12}$  芳基、 $C_3$  至  $C_{12}$  雜芳基、 $C_1$  至  $C_6$  烷基、 $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氬化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氬化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基；
  - 其中  $\text{Ar}^2$  上的每一個  $C_6$  至  $C_{12}$  芳基取代基及  $\text{Ar}^2$  上的每一個  $C_3$  至  $C_{11}$  雜芳基取代基可用  $C_1$  至  $C_4$  烷基或鹵素取代；

- Z 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>30</sub> 芳基，
  - 其中每一個 Z 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、D、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及 R<sup>10</sup> 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>12</sub> 雜芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基；
  - 其中 Z 上的每一個 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基取代基可用 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基或鹵素取代；
- G 被選擇，使得 G-苯基化合物的偶極矩為 ≥1 D 及 ≤7 D；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

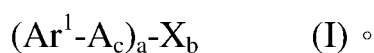
【0007】該目的進一步由包括本發明有機發光二極體的裝置達成，其中該裝置為顯示裝置或照明裝置。

【0008】在顯示裝置或照明裝置中，光線可經由透明陰極發出。

【0009】在顯示裝置或照明裝置中，光線可經由透明陽極發出。

第一電子傳輸層

【0010】第一電子傳輸層包括式(I)化合物



【0011】第一電子傳輸層可由式(I)化合物組成。替代地，第一電子傳輸層可由式(I)化合物及一或更多另外化合物的混合物組成，前提是另外化合物不是

電摻雜物。第一電子傳輸層可包括多於一個式(I)化合物。特別是，第一電子傳輸層可由式(I)化合物及本領域中已知為電子傳輸基質化合物的另外化合物的混合物組成。可含有的範例性另外電子傳輸基質化合物被揭露於下。

**【0012】** 在式(I)化合物中，基團“A”為連接(在  $c>1$  的情況中，如果存在)基團  $Ar^1$  與 X 的間隔體部分。在式(I)化合物包括多於一個基團( $Ar^1-A_c$ )的情況中，該些基團可獨立地包括或可不獨立地包括間隔體 A。

**【0013】** 在式(I)化合物中，a 及 b 獨立地為 1 或 2。替代地，a 及 b 二者可為 1。

**【0014】** 在式(I)化合物中，c 獨立地為 0 或 1。

**【0015】**  $Ar^1$  獨立地選自  $C_6$  至  $C_{60}$  芳基或  $C_2$  至  $C_{42}$  雜芳基，替代地  $C_6$  至  $C_{54}$  芳基或  $C_2$  至  $C_{39}$  雜芳基，替代地  $C_6$  至  $C_{48}$  芳基或  $C_2$  至  $C_{36}$  雜芳基，替代地  $C_6$  至  $C_{42}$  芳基或  $C_2$  至  $C_{36}$  雜芳基，替代地  $C_6$  至  $C_{36}$  芳基或  $C_2$  至  $C_{30}$  雜芳基，替代地  $C_6$  至  $C_{30}$  芳基或  $C_2$  至  $C_{24}$  雜芳基。

**【0016】**  $Ar^1$  可獨立地為  $C_6$  至  $C_{54}$  芳基，可選地  $C_6$  至  $C_{48}$  芳基，可選地  $C_6$  至  $C_{42}$  芳基，可選地  $C_6$  至  $C_{36}$  芳基，可選地  $C_6$  至  $C_{30}$  芳基，及可選地  $C_6$  至  $C_{24}$  芳基。

**【0017】**  $Ar^1$  可獨立地為  $C_2$  至  $C_{42}$  雜芳基，可選地  $C_2$  至  $C_{40}$  雜芳基，可選地  $C_2$  至  $C_{36}$  雜芳基，可選地  $C_2$  至  $C_{30}$  雜芳基，及可選地  $C_2$  至  $C_{24}$  雜芳基。

**【0018】** 在實施方式中， $Ar^1$  不同於 X。

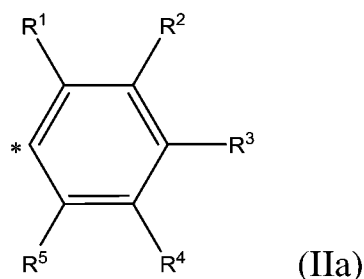
**【0019】**  $Ar^1$  可包括二或更多稠合芳香環(較佳地三或更多稠合芳香環)的系統。

**【0020】**  $Ar^1$  可包括至少一  $sp^3$  雜化的碳原子。

**【0021】**  $Ar^1$  可包括未被整合於芳香環結構內的至少一碳-碳  $sp^2$  烯烴鍵。

【0022】在  $\text{Ar}^1$  獨立地選自未取代的  $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{42}$  雜芳基的實施方式中，雜原子藉由單鍵被結合至  $\text{Ar}^1$  的分子結構中。

【0023】 $\text{Ar}^1$  可獨立地選自由以下者組成的群組：苯基、萘基、蔥基、丙二烯合萘基、咕吨基(xanthenyl)、螺-咕吨基、萘基、螺-萘基、三苯矽基、四苯矽基、二苯并-呋喃基、二-二苯并呋喃基、嘧啶基、吡嗪基、芳基-烯基或具有式(IIa)的基團

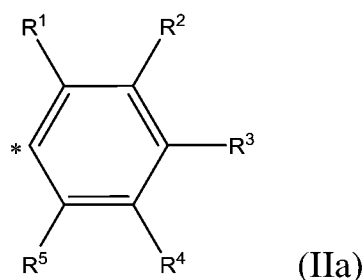


其中

- 星號“\*”表示式(IIa)基團與 A 結合的結合位置；及
- $\text{R}^1$  至  $\text{R}^5$  獨立地選自由以下者組成的群組： $\text{H}$ 、 $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基及  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{10}$  (替代地  $\text{C}_4$  至  $\text{C}_5$ ) 雜芳基。

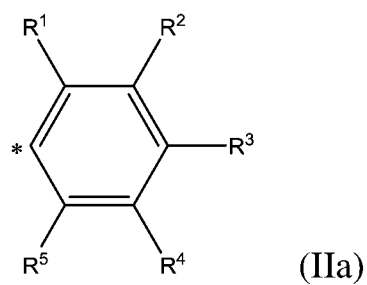
【0024】 $\text{Ar}^1$  可獨立地選自由以下者組成的群組：苯基、蔥基、萘基或式(IIa)

基團



其中  $\text{R}^1$  至  $\text{R}^5$  獨立地選自 H 及苯基。

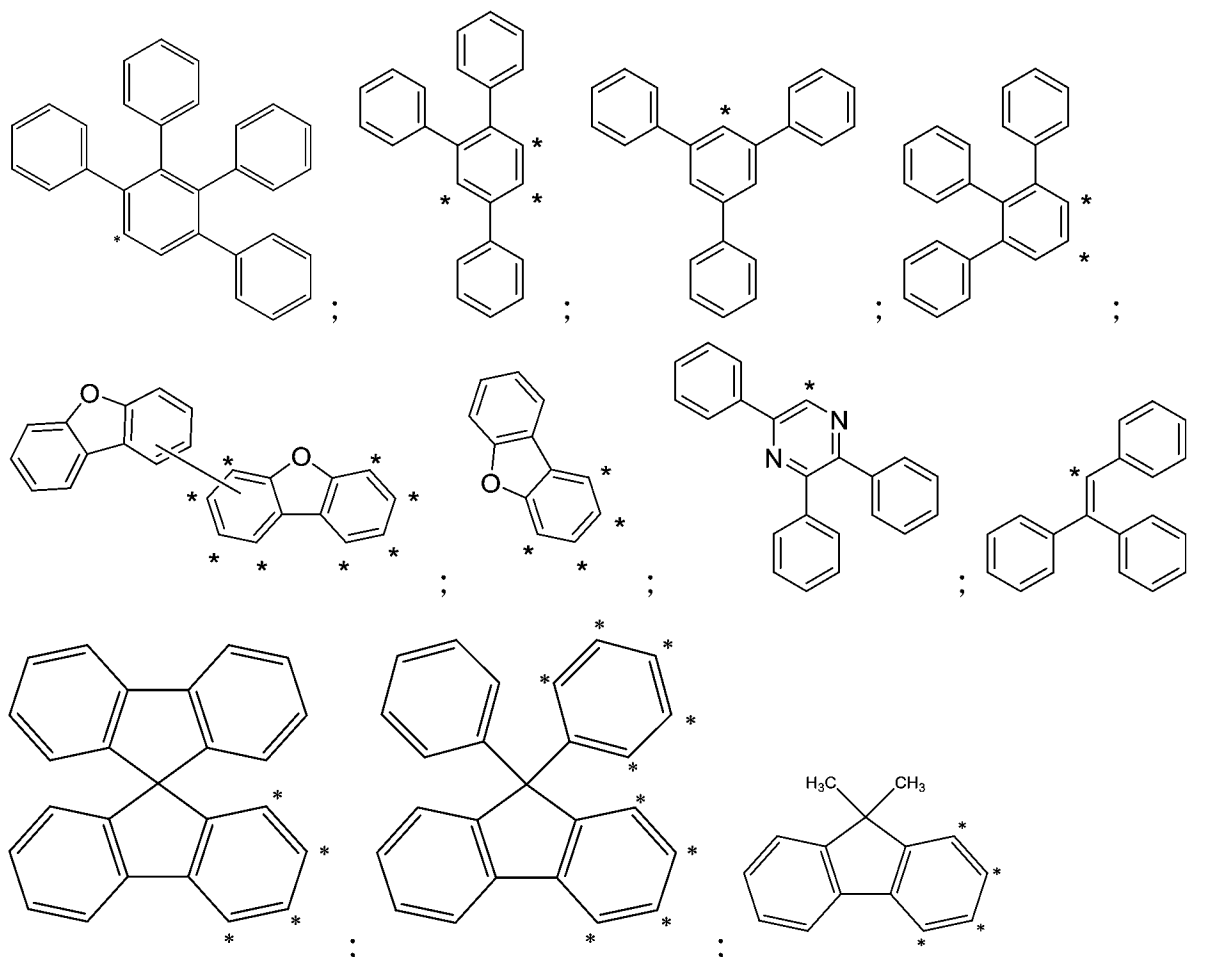
【0025】 $\text{Ar}^1$  可為式(IIa)的基團

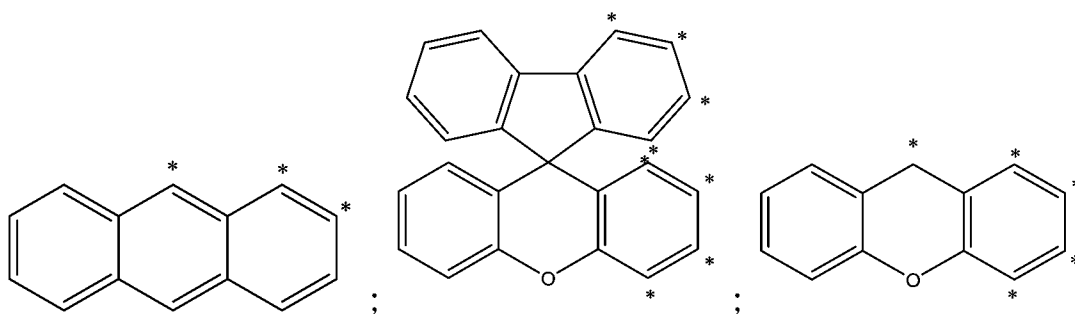


及  $R^1$  至  $R^5$  中至少二者不是 H。

【0026】在式(IIa)基團中， $R^1$  至  $R^5$  中不是 H 的至少二者可互相處於鄰位。  
 $R^1$  至  $R^5$  中不是 H 的至少一者可與\*-位置處於鄰位。在此方面，二基團如果分別結合至式(IIa)的苯環的相鄰碳原子則互相處於鄰位。

【0027】 $Ar^1$  可獨立地選自以下基團中的一者





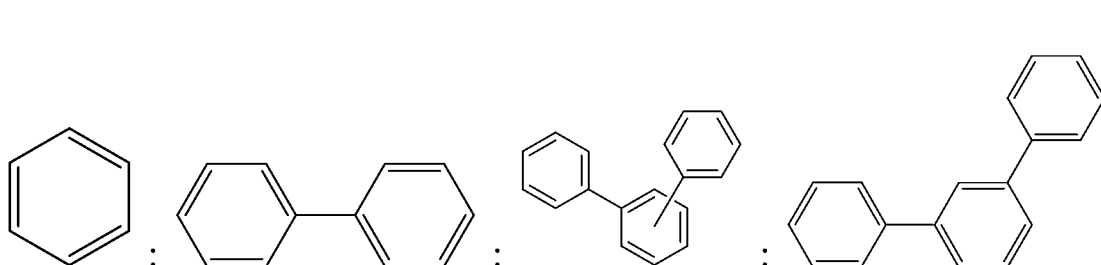
其中星號“\*”分別表示與 A 結合的結合位置。

【0028】在  $Ar^1$  為取代的情況中，取代基中每一者可獨立地選自由以下者組成的群組：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基(picolinyl)、盧剔啶基(lutidinyl)、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基。

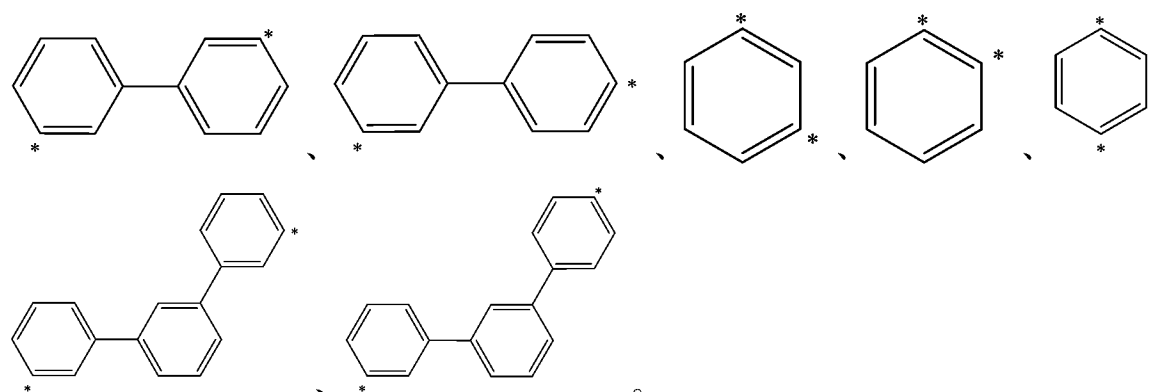
【0029】A 可獨立地選自取代的或未取代的  $C_6$  至  $C_{30}$  芳基，替代地  $C_6$  至  $C_{24}$  芳基，替代地  $C_6$  至  $C_{18}$  芳基。

【0030】A 可獨立地選自由分別為取代的或未取代的伸苯基、伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組。

【0031】A 可獨立地選自以下基團或其組合物中的一者



其中與  $Ar^1$  及 X 結合的結合位置可被自由地選擇，較佳地為



【0032】在 A 為取代的情況中，A 上的每一個取代基可獨立地選自由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組。

【0033】X 可獨立地選自由以下者組成的群組：C<sub>2</sub> 至 C<sub>39</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>54</sub> 芳基，可選地 C<sub>2</sub> 至 C<sub>36</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>48</sub> 芳基，可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>30</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>42</sub> 芳基，可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>27</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>36</sub> 芳基，可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>24</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>30</sub> 芳基，及可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>24</sub> 芳基，其中各個基團可為取代的或未取代的。

【0034】X 可獨立地選自由以下者組成的群組：C<sub>2</sub> 至 C<sub>39</sub> 含 N 雜芳基、C<sub>2</sub> 至 C<sub>39</sub> 含 O 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>54</sub> 芳基，可選地 C<sub>2</sub> 至 C<sub>36</sub> 含 N 雜芳基、C<sub>2</sub> 至 C<sub>36</sub> 含 O 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>48</sub> 芳基，可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>30</sub> 含 N 雜芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>30</sub> 含 O 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>42</sub> 芳基，可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>27</sub> 含 N 雜芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>27</sub> 含 O 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>36</sub> 芳基，可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>24</sub> 含 N 雜芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>24</sub> 含 O 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>30</sub> 芳基，及可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 含 N 雜芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 含 O 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>24</sub> 芳基。

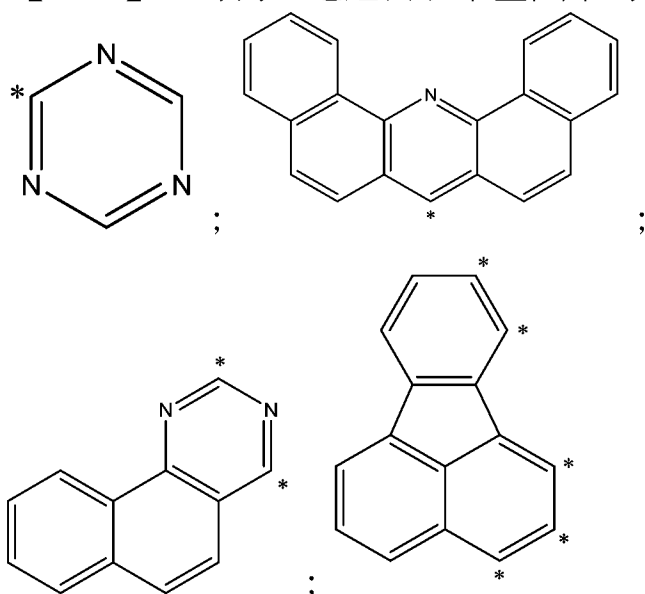
【0035】X 可獨立地選自由以下者組成的群組：C<sub>2</sub> 至 C<sub>39</sub> 含 N 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>54</sub> 芳基，可選地 C<sub>2</sub> 至 C<sub>36</sub> 含 N 雜芳基，及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>48</sub> 芳基，可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>30</sub> 含 N 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>42</sub> 芳基，可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>27</sub> 含 N 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>36</sub> 芳基，可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>24</sub> 含 N 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>30</sub> 芳基，及可選地 C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 含 N 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>24</sub> 芳基。在此方面，可設想各自的含 N 雜芳基包括一或更多 N 原子為僅(一或多個)雜原子。

【0036】X 可獨立地選自由可分別為取代的或未取代的以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并咪唑基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基、蔥基、蔡基、聯三仲苯基、二氮雜菲基(phenathrolyl)及二蔡并呋喃基。

【0037】X 可獨立地選自由可分別為取代的或未取代的以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基、蔥基、蔡基、聯三伸苯基、二氮雜菲基及二蔡并呔喃基。

【0038】X 可獨立地選自由可分別為取代的或未取代的以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基。

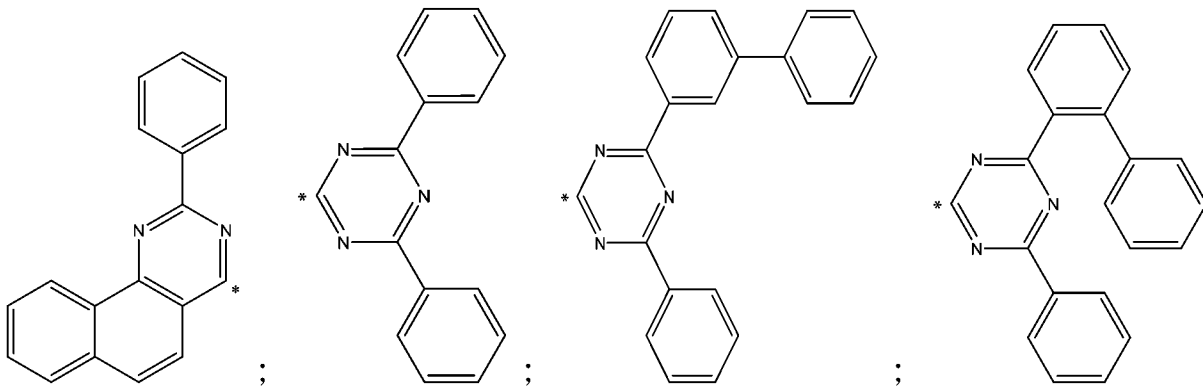
【0039】X 可獨立地選自以下基團中的一者



其中星號“\*”分別表示基團與 A 結合的結合位置。

【0040】在 X 為取代的情況中，X 上的每一個取代基可獨立地選自由苯基、蔡基及聯苯-基組成的群組。在 X 為取代的情況中，X 上的每一個取代基可獨立地選自由苯基及聯苯-基組成的群組。

【0041】在 X 為取代的情況中，各自的取代的 X 基團可為

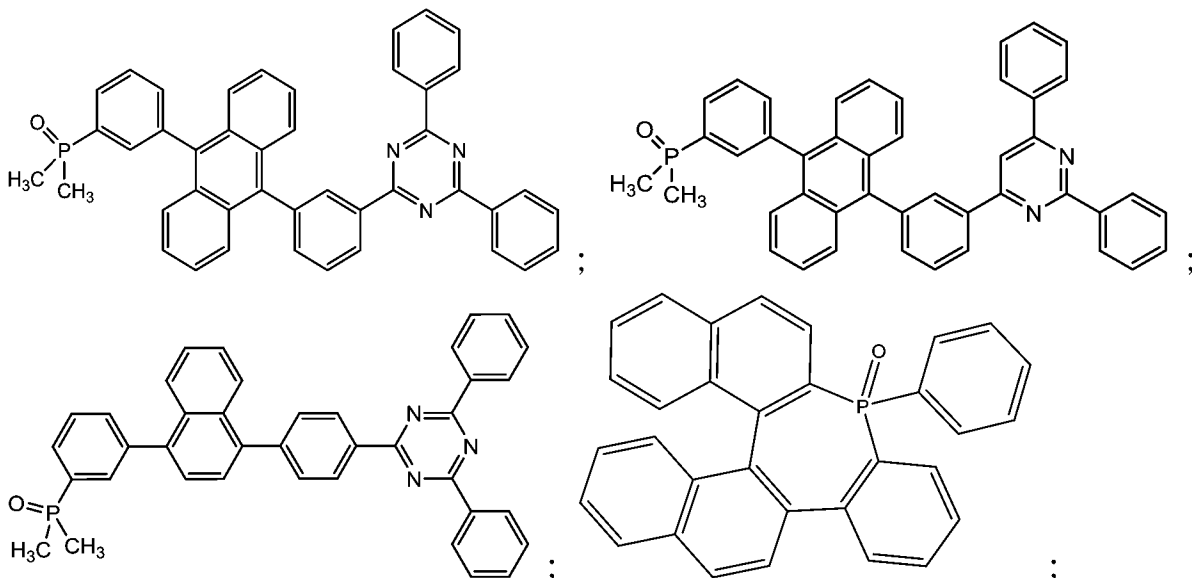


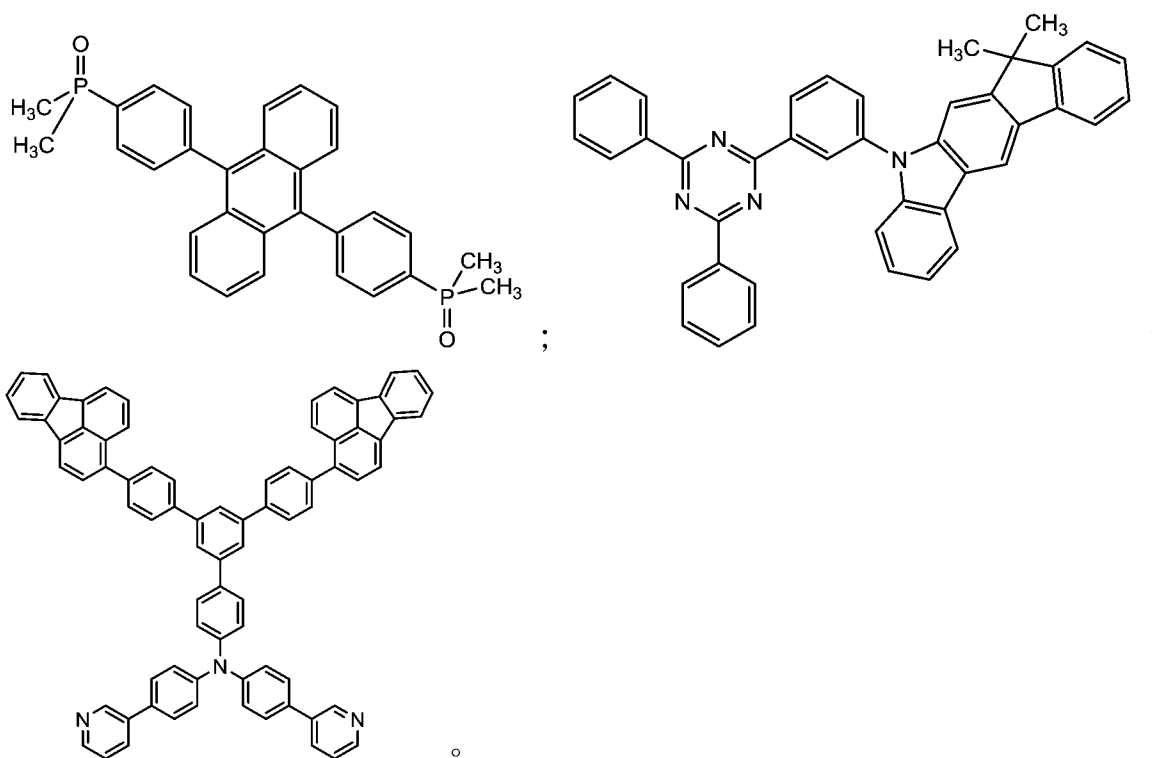
其中星號“\*”分別表示基團與 A 結合的結合位置。

**【0042】** 可設想式(I)化合物不含部分  $P=O$ 。可設想式(I)化合物不含  $P(=O)$  芳基<sub>2</sub>。可設想式(I)化合物不含  $P(=O)$  烷基<sub>2</sub>。可設想式(I)化合物不含  $P(=O)Ph_2$ 。可設想式(I)化合物不含  $P(=O)(CH_3)_2$ 。可設想式(I)化合物不含  $R'P(=O)R''$ ，其中  $R'$  與  $R''$  互相連接，以形成環，亦即，不含氧化磷環(ring-phosphine oxide)。可設想式(I)化合物不含  $R'P(=O)R''$ ，其中  $R'$  與  $R''$  互相連接，以形成 7 元環。

**【0043】** 可設想式(I)化合物不含二個  $P=O$  部分。可設想其中式(I)化合物不含二個  $P(=O)$  芳基<sub>2</sub>。可設想其中式(I)化合物不含二個  $P(=O)$  烷基<sub>2</sub>。可設想其中式(I)化合物不含二個  $P(=O)Ph_2$ 。可設想其中式(I)化合物不含二個  $P(=O)(CH_3)_2$ 。可設想其中式(I)化合物不含 CN。

**【0044】** 可設想下面的式中之一或更多者被排除在式(I)化合物範圍之外





【0045】式(I)化合物可包括 6 至 14 芳香或雜芳香環，可選地 7 至 13 芳香或雜芳香環，可選地 7 至 12 芳香或雜芳香環，可選地 9 至 11 芳香或雜芳香環。在此方面，芳香、雜芳香環分別為單芳香環，例如 6 元芳香環，例如苯基、6 元雜芳香環，實例可為吡啶基(pyridyl)、5 元雜芳香環，實例可為吡咯基(pyrrolyl)等等。在此方面，在縮合(雜)芳香環系統中，每一個環被理解為單環。例如，萘包括二芳香環。

【0046】使用混合函數 B3LYP 及高斯 6-31G\*基組、由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式計算的式(I)化合物的分子偶極矩可為 $\geq 0$  D 及 $\leq 4$  D；替代地 $\geq 0$  D 及 $\leq 3.5$  D；替代地 $\geq 0$  D 及 $\leq 3.0$  D；替代地 $\geq 0$  D 及 $\leq 2.5$  D；替代地 $\geq 0$  D 及 $\leq 2.0$  D。在此方面，含 N 原子的分子的偶極矩 $|\vec{\mu}|$ 藉由如下給出：

$$\vec{\mu} = \sum_i^N q_i \vec{r}_i$$

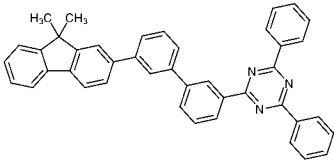
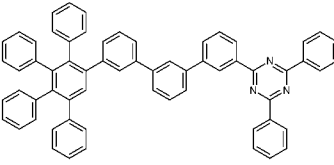
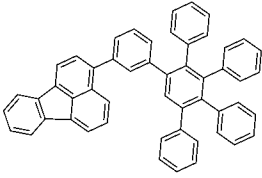
$$|\vec{\mu}| = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2}$$

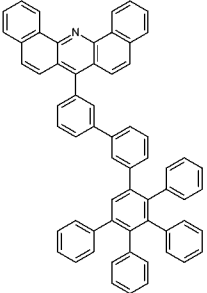
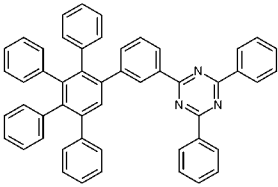
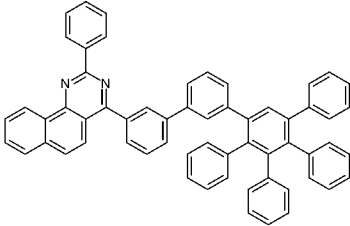
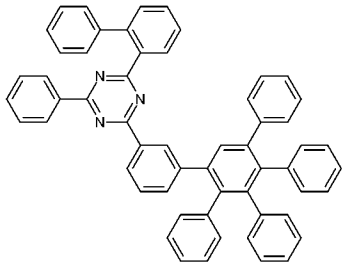
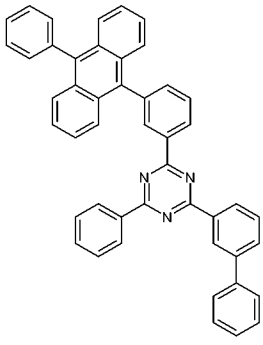
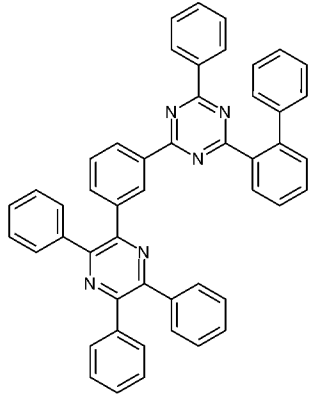
其中  $q_i$  及  $r_i$  為在分子中原子  $i$  的局部電荷及位置。偶極矩藉由半經驗分子軌域法測定。如在套裝程式 TURBOMOLE V6.5(TURBOMOLE GmbH, Litzenhardtstrasse 19, 76135 Karlsruhe, 德國)中實施的, 使用在氣相中具有 6-31G\* 基組的混合函數 B3LYP 來最佳化分子結構的幾何。如果多於一個構形是可行的, 則選擇具有最低總能量的構形來測定分子的鍵長。

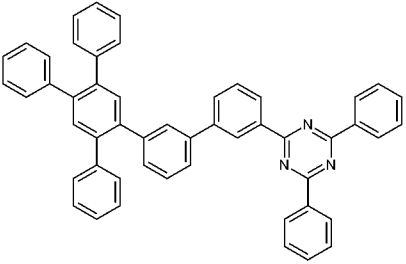
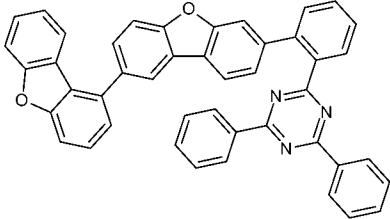
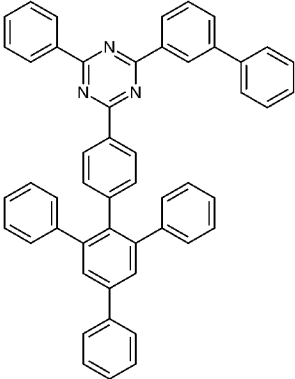
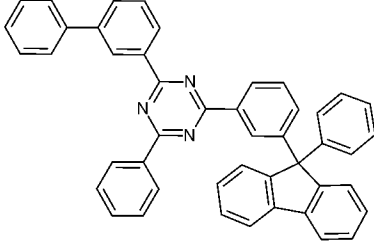
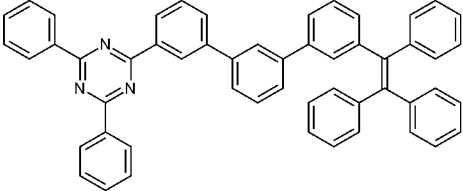
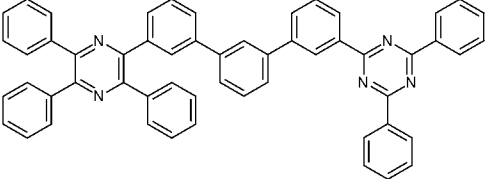
【0047】在實施方式中, 使用混合函數 B3LYP 及高斯 6-31G\* 基組、由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式計算取真空能階為 0 的絕對標度的式(I)化合物的 LUMO 能階在 -1.90 eV 至 -1.60 eV 的範圍內, 較佳地在 -1.87 eV 至 -1.65 eV, 較佳地在 -1.85 eV 至 -1.65 eV 的範圍內。

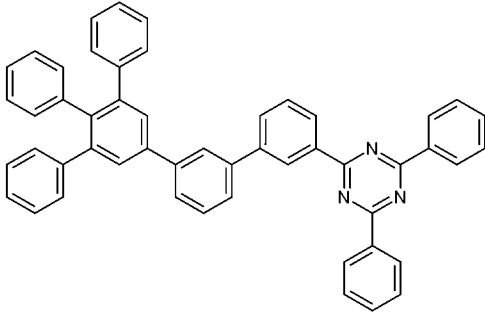
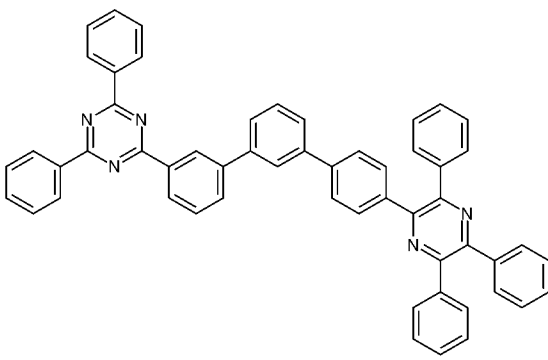
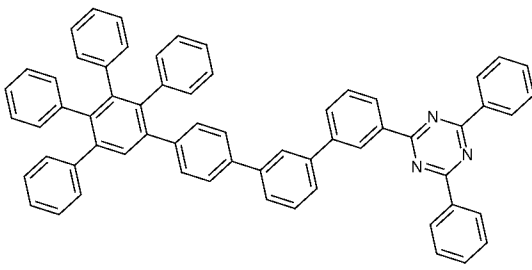
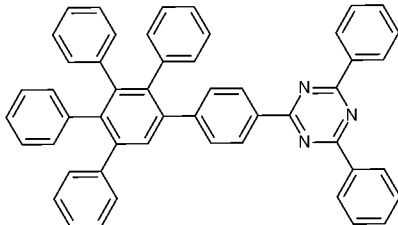
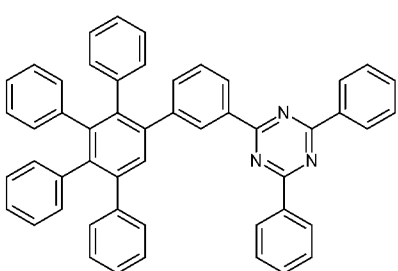
【0048】式(I)化合物可選自下表 1 的化合物 A-1 至 A-29。

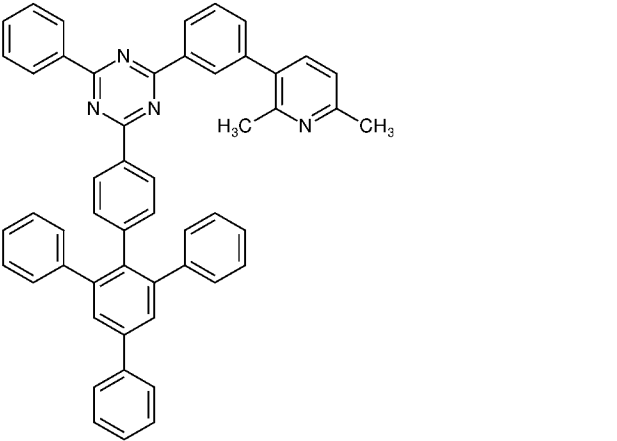
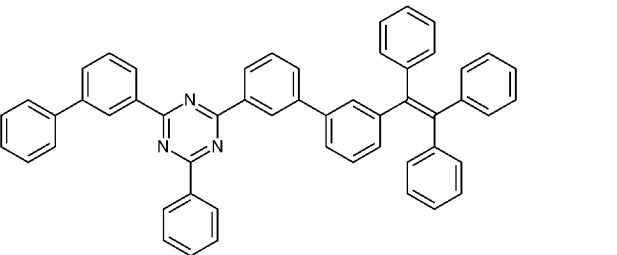
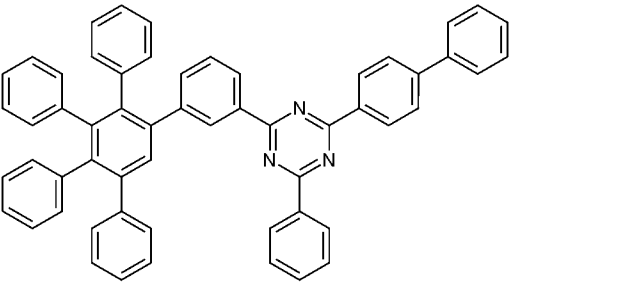
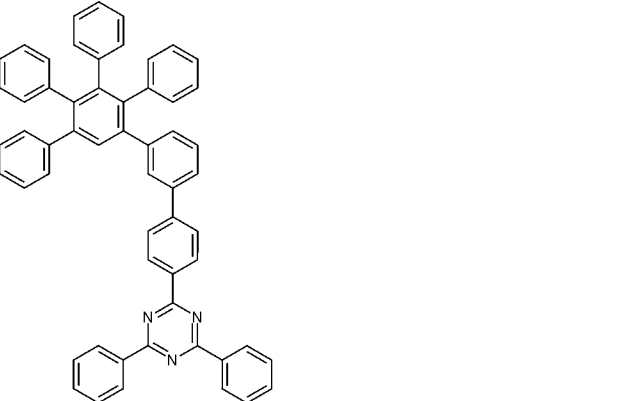
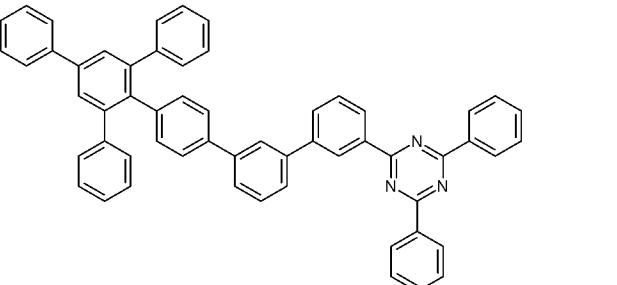
表 1:

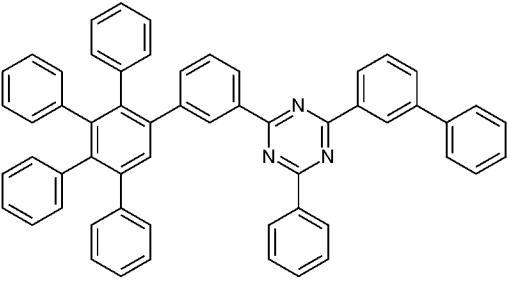
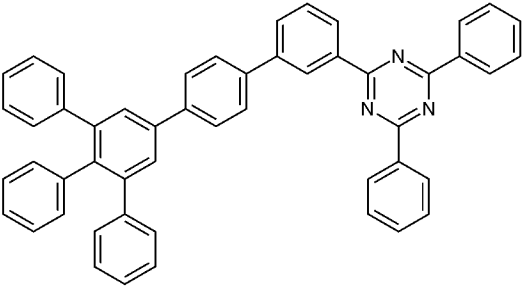
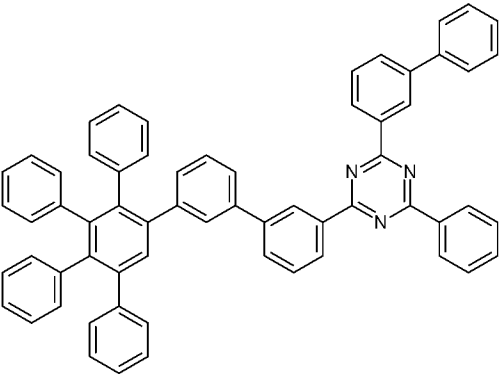
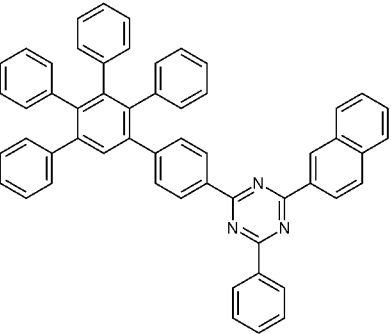
名稱	結構	HOMO [eV]	LUMO [eV]	偶極矩 [D]
A-1		-5.57	-1.84	0.48
A-2		-5.72	-1.82	0.30
A-3		-5.57	-1.78	1.02

A-4		-5.60	-1.70	2.74
A-5		-5.82	-1.76	0.57
A-6		-5.77	-1.75	1.59
A-7		-5.82	-1.69	0.50
A-8		-5.19	-1.84	0.37
A-9		-5.79	-1.78	0.25

A-10		-5.67	-1.82	0.22
A-11		-5.75	-1.79	0.83
A-12		-5.82	-1.83	0.37
A-13		-5.81	-1.80	0.27
A-14		-5.32	-1.81	0.28
A-15		-5.75	-1.87	0.42

A-16		-5.77	-1.82	0.36
A-17		-5.56	-1.83	0.12
A-18		-5.67	-1.82	0.70
A-19		-5.84	-1.81	0.86
A-20		-5.82	-1.76	0.57

A-21		-5.83	-1.86	1.61
A-22		-5.35	-1.81	0.18
A-23		-5.82	-1.84	0.69
A-24		-5.84	-1.83	1.03
A-25		-5.71	-1.79	0.45

A-26		-5.82	-1.78	0.66
A-27		-5.68	-1.83	0.43
A-28		-5.83	-1.77	0.97
A-29		-5.83	-1.89	0.67

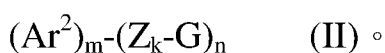
【0049】在實施方式中，使用混合函數 B3LYP 及高斯 6-31G\*基組、由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式計算取真空能階為 0 的絕對標度的式(I)化合物的 LUMO 能階在-1.90 eV 至-1.60 eV 的範圍內，較佳地在-1.85 eV 至-1.65 eV 的範圍內。

【0050】第一電子傳輸層可被設置於發射層與第二電子傳輸層之間。第一電子傳輸層可被設置為與發射層直接接觸。第一電子傳輸層可被設置為“夾在”發射層與第二電子傳輸層之間“接觸”。

【0051】第一電子傳輸層可具有<50 nm的厚度，可選地在 1 與 30 nm 之間的厚度，可選地在 1 與 10 nm 之間的厚度，可選地在 1 與 5 nm 之間的厚度。

#### 第二電子傳輸層

【0052】第二電子傳輸層包括式(II)化合物



【0053】第二電子傳輸層可由式(II)化合物組成。替代地，第二電子傳輸層可由式(II)化合物及一或更多另外化合物的混合物組成，前提是另外化合物不是電摻雜物。第一電子傳輸層可包括多於一個式(II)化合物。第二電子傳輸層可由式(II)化合物及本領域中已知為電子傳輸基質化合物的另外化合物的混合物組成。可包含的範例性另外電子傳輸基質化合物被揭露於下。

【0054】在式(II)化合物中，基團“Z”為連接(在  $k>1$  的情況中，如果存在)基團  $\text{Ar}^2$  與 G 的間隔體部分。在式(II)化合物包括多於一個基團 $(\text{Z}_k-\text{G})$ 的情況中，該基團可獨立地包括或可不獨立地包括間隔體 Z。

【0055】在式(II)中，m 及 n 獨立地為 1 或 2。替代地，m 及 n 可為 1。

【0056】在式(II)中，k 獨立地為 0、1 或 2。在式(II)中，k 可獨立地為 1 或 2。

【0057】 $\text{Ar}^2$  可獨立地選自由以下者組成的群組： $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{39}$  雜芳基及  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{54}$  芳基，可選地  $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{36}$  雜芳基及  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{48}$  芳基，可選地  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{30}$  雜芳基及  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{42}$  芳基，可選地  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{27}$  雜芳基及  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{36}$  芳基，可選地  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{24}$  雜芳基及  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{30}$  芳基，及可選地  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{21}$  雜芳基及  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{24}$  芳基。

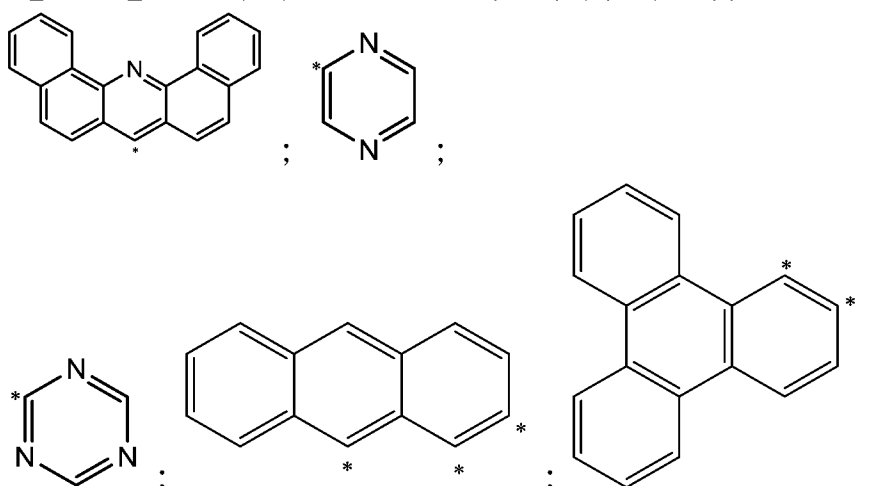
【0058】 $Ar^2$  可獨立地選自由以下者組成的群組： $C_2$  至  $C_{39}$  含 N 雜芳基及  $C_6$  至  $C_{54}$  芳基，可選地  $C_2$  至  $C_{36}$  含 N 雜芳基及  $C_6$  至  $C_{48}$  芳基，可選地  $C_3$  至  $C_{30}$  含 N 雜芳基及  $C_6$  至  $C_{42}$  芳基，可選地  $C_3$  至  $C_{27}$  含 N 雜芳基及  $C_6$  至  $C_{36}$  芳基，可選地  $C_3$  至  $C_{24}$  含 N 雜芳基及  $C_6$  至  $C_{30}$  芳基，及可選地  $C_3$  至  $C_{21}$  含 N 雜芳基及  $C_6$  至  $C_{24}$  芳基。在此方面，可設想各自的含 N 雜芳基包括一或更多 N 原子為僅有(一或多個)雜原子。

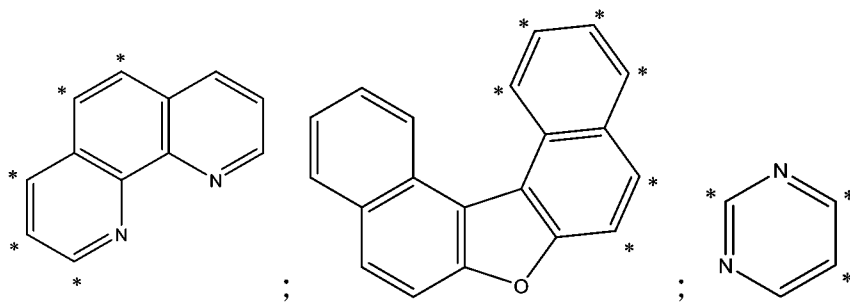
【0059】 $Ar^2$  可包括至少二稠合的 5 或 6 元環。

【0060】 $Ar^2$  可獨立地選自由分別為取代的或未取代的以下者組成的群組：吡啶基(pyridinyl)、三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并咪唑基、喹啉基、苯并喹啉基、二苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基、蔥基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基及二萘并呋喃基。

【0061】 $Ar^2$  可獨立地選自由以下者組成的群組：二苯并吡啶基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、蔥基、三嗪基、二氮雜菲基、聯三伸苯基、吡啶基(pyridinyl)、二萘并呋喃基。

【0062】 $Ar^2$  可獨立地選自以下基團中的一者





其中星號“\*”分別表示與 Z 結合的結合位置。

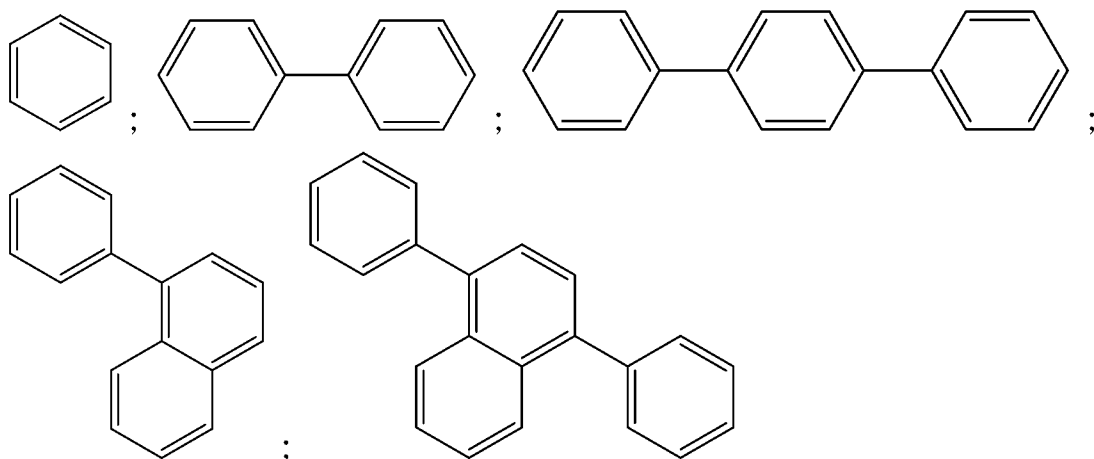
【0063】在  $Ar^2$  為取代的情況中， $Ar^2$  上的每一個取代基可獨立地選自由分別可為取代的或未取代的苯基、萘基、可選地  $\beta$  萘基、吡啶基及聯苯基組成的群組。

【0064】在  $Ar^2$  為取代的情況中， $Ar^2$  上的每一個取代基可獨立地選自由苯基、吡啶基及聯苯基、可選地對位-聯苯-基(para-biphenyl-yl)組成的群組。

【0065】Z 可獨立地選自可為取代的或未取代的  $C_6$  至  $C_{24}$  芳基，替代地  $C_6$  至  $C_{18}$  芳基，替代地  $C_6$  至  $C_{12}$  芳基。

【0066】Z 可選自由分別可為取代的或未取代的伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組。

【0067】Z 可獨立地選自以下基團中的一者



其中可自由地選擇與  $Ar^2$  及 G 結合的結合位置。

【0068】在 Z 為取代的情況中，Z 上的每一個取代基可獨立地選自由苯基及  $C_1$  至  $C_4$  烷基組成的群組。

【0069】G 被選擇，使得使用混合函數 B3LYP 及高斯 6-31G\*基組、由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式計算的 G-苯基化合物的偶極矩可為 $\geq 1$  D 及 $\leq 7$  D。偶極矩的單位“德拜(Debye)”被縮寫為符號“D”。本發明人已發現，如果式(II)化合物包括具有某個極性的基團，亦即，具有上述範圍或下面提及的範圍內的特定偶極矩，則是有利的。進一步發現，如果式(II)化合物除此之外還包括適合平衡第一極性基團的偶極矩而使得式(II)化合物的總偶極矩低的另外極性基團(第二極性基團)，則式(II)化合物包括此極性基團(第一極性基團)仍有利，在該化合物為包括相同的第一極性基團及第二極性基團的對稱分子的情況中，偶極矩可為 0 德拜。因此，式(II)化合物的特徵可不涉及該化合物的總偶極矩。因此，而要提及包括極性基團“G”及非極性基團“苯基”的人工化合物。在此方面，含 N 原子的化合物的偶極矩 $|\vec{\mu}|$ 由下列等式給出：

$$\vec{\mu} = \sum_i^N q_i \vec{r}_i$$

$$|\vec{\mu}| = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2}$$

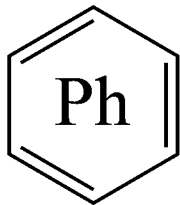
其中  $q_i$  及  $\vec{r}_i$  為在分子中原子 i 的局部電荷及位置。偶極矩由半經驗分子軌域法測定。如在套裝程式 TURBOMOLE V6.5(TURBOMOLE GmbH, Litzenhardtstrasse 19, 76135 Karlsruhe, 德國)中實施的，使用在氣相中具有 6-31G\* 基組的混合函數 B3LYP 來最佳化分子結構的幾何。如果多於一個構形是可行的，則選擇具有最低總能量的構形來測定分子的鍵長。在此方面，整個 G 部分涵蓋可包括的所有可能取代基。

【0070】G 可被選擇，使得 G-苯基化合物的偶極矩為 $>1$  D；可選地 $\geq 2$  D；可選地 $\geq 2.5$  D，可選地 $\geq 2.5$  D，可選地 $\geq 3$  D，及可選地 $\geq 3.5$  D。G 可被選擇，使得 G-苯基化合物的偶極矩為 $\leq 7$  D，可選地 $\leq 6.5$  D，可選地 $\leq 6$  D，可選地 $\leq 5.5$  D，

可選地 $\leq 5$  D。如果 G-苯基化合物的多於一個構形異構體是可行的，則 G-苯基的構形異構體的偶極矩的平均值可被選擇為在此範圍內。構形異構性為立體異構性形式的，其中異構體可以僅藉由繞形式單鍵旋轉而被轉換。

【0071】藉由選擇 G 使得 G-苯基化合物的偶極矩落入上述範圍內，可設想自相鄰、相異電荷產生層(CGL)的電子注入被改良，且 OLED 裝置的電壓被降低，且 OLED 裝置的 cd/A 效率被提高。

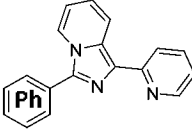
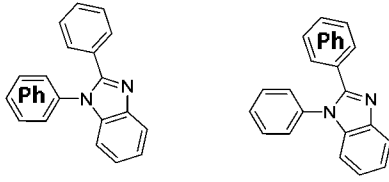
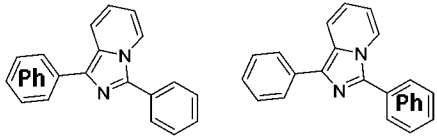
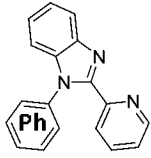
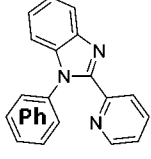
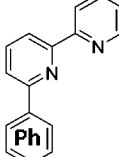
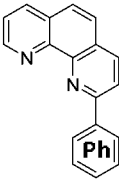
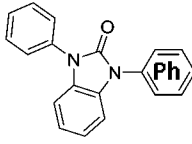
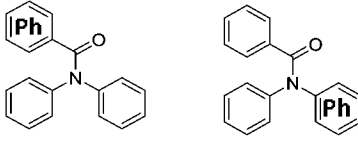
【0072】範例性化合物“G-苯基”列於下面的表 2 中，其中各自的化合物中的部分

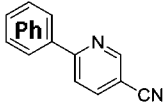
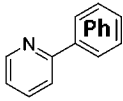
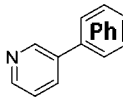
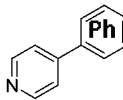
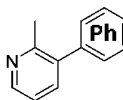
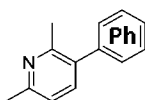
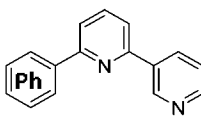
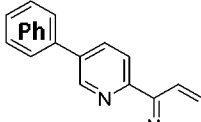
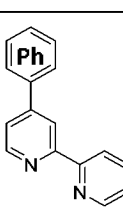
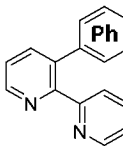


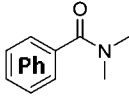
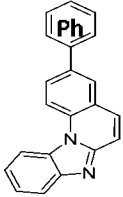
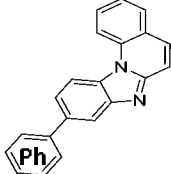
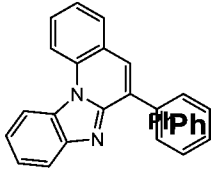
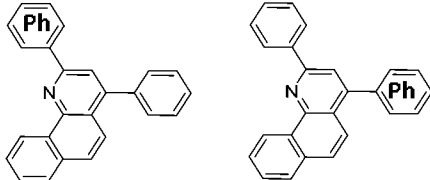
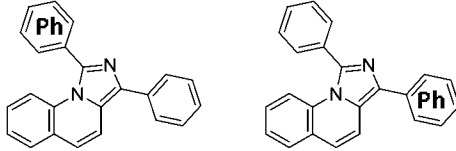
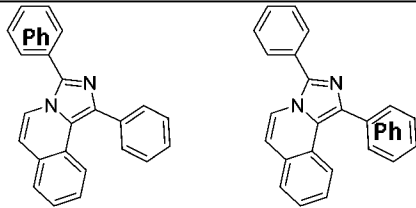
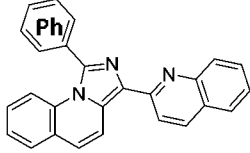
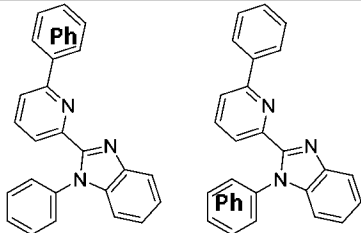
指定“G-苯基”中的“苯基”部。

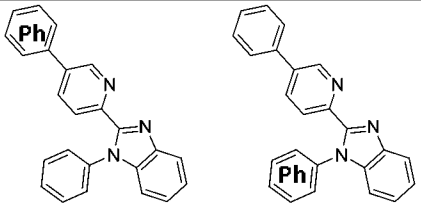
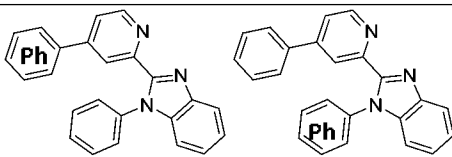
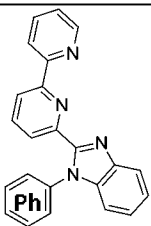
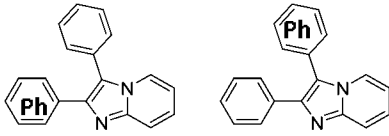
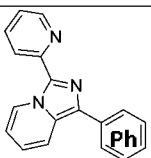
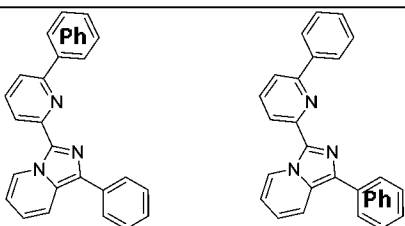
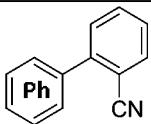
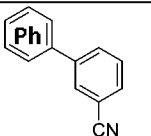
表 2：

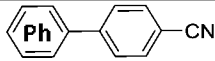
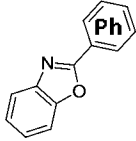
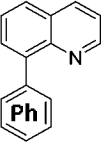
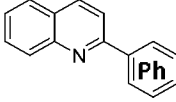
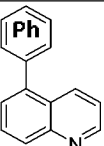
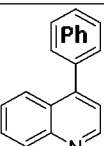
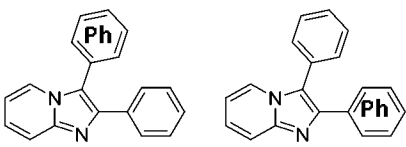
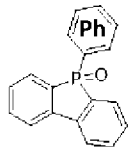
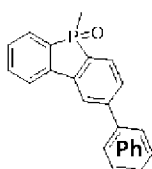
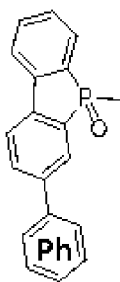
	G-苯基的結構	HOMO [eV]	LUMO [eV]	偶極矩 [D]
G-苯基-1		-6.88	-0.62	<b>4.16</b>
G-苯基-2		-6.74	-0.86	<b>4.19</b>
G-苯基-3		-8.97	1.00	<b>4.56</b>
G-苯基-4		-5.82	-0.62	<b>3.97</b>

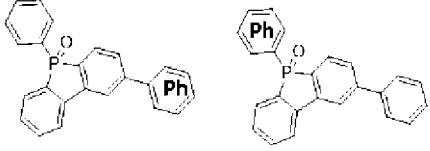
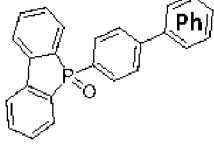
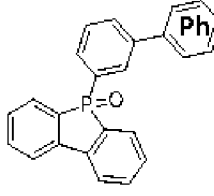
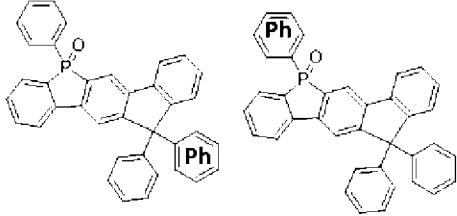
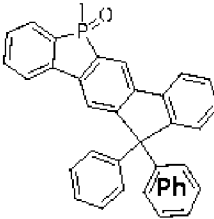
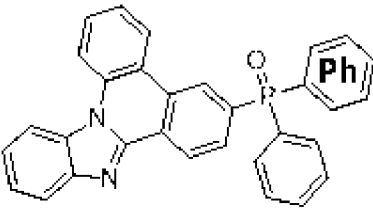
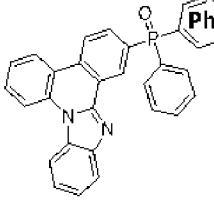
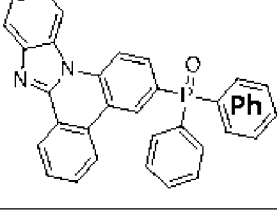
G-苯基-5		-5.04	-1.18	<b>3.86</b>
G-苯基-6		-5.70	-1.02	<b>3.70</b>
G-苯基-7		-4.92	-1.11	<b>3.11</b>
G-苯基-8		-5.86	-1.19	<b>5.14</b>
G-苯基-9		-5.76	-1.33	<b>2.61</b>
G-苯基-10		-5.96	-1.35	<b>2.69</b>
G-苯基-11		-5.83	-1.59	<b>2.67</b>
G-苯基-12		-5.54	-0.48	<b>2.12</b>
G-苯基-13		-5.79	-1.06	<b>3.33</b>

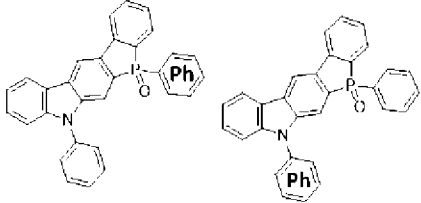
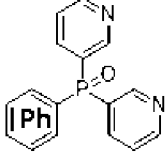
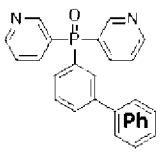
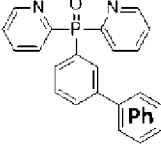
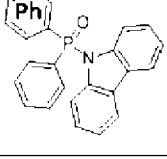
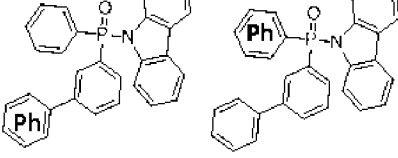
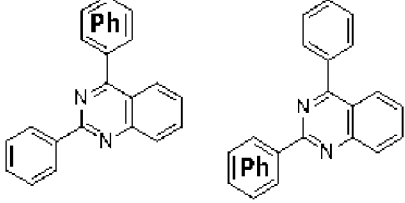
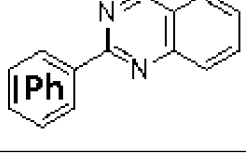
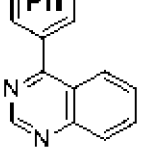
G-苯基-14		-6.59	-2.08	<b>4.79</b>
G-苯基-15		-6.12	-1.13	<b>1.71</b>
G-苯基-16		-6.32	-0.98	<b>2.31</b>
G-苯基-17		-6.57	-1.19	<b>2.75</b>
G-苯基-18		-6.28	-0.77	<b>2.00</b>
G-苯基-19		-6.12	-0.69	<b>1.50</b>
G-苯基-20		-6.10	-1.41	<b>3.51</b>
G-苯基-21		-6.10	-1.38	<b>2.98</b>
G-苯基-22		-6.47	-1.31	<b>3.46</b>
G-苯基-23		-6.19	-1.03	<b>3.02</b>

G-苯基-24		-6.35	-0.17	<b>3.62</b>
G-苯基-25		-5.54	-1.58	<b>3.49</b>
G-苯基-26		-5.60	-1.61	<b>3.39</b>
G-苯基-27		-5.48	-1.67	<b>2.76</b>
G-苯基-28		-5.63	-1.56	<b>1.84</b>
G-苯基-29		-5.02	-1.39	<b>2.96</b>
G-苯基-30		-5.08	-1.13	<b>2.70</b>
G-苯基-31		-5.07	-1.58	<b>2.29</b>
G-苯基-32		-5.81	-1.19	<b>4.61</b>

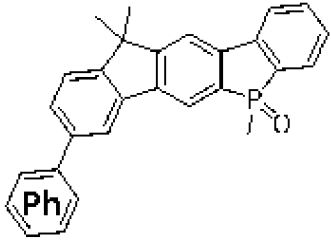
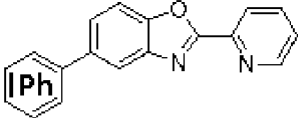
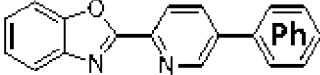
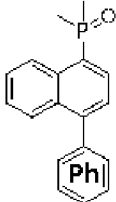
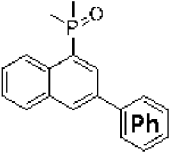
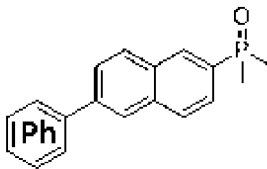
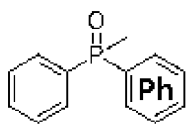
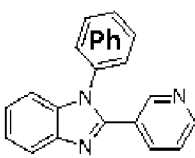
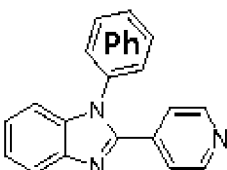
G-苯基-33		-5.78	-1.42	<b>5.20</b>
G-苯基-34		-5.84	-1.38	<b>5.63</b>
G-苯基-35		-5.83	-1.35	<b>3.37</b>
G-苯基-36		-5.37	-0.98	<b>3.32</b>
G-苯基-37		-4.94	-1.15	<b>1.81</b>
G-苯基-38		-4.94	-1.16	<b>2.12</b>
G-苯基-39		-6.52	-1.47	<b>4.17</b>
G-苯基-40		-6.56	-1.46	<b>4.85</b>

G-苯基-41		-6.53	-1.67	<b>5.27</b>
G-苯基-42		-6.00	-1.43	<b>1.14</b>
G-苯基-43		-5.84	-1.47	<b>1.94</b>
G-苯基-44		-5.97	-1.56	<b>1.53</b>
G-苯基-45		-6.01	-1.42	<b>2.31</b>
G-苯基-46		-6.09	-1.47	<b>2.57</b>
G-苯基-47		-5.37	-0.98	<b>3.32</b>
G-苯基-48		-6.22	-1.47	<b>4.49</b>
G-苯基-49		-6.15	-1.55	<b>4.79</b>
G-苯基-50		-5.95	-1.58	<b>4.45</b>

G-苯基-51		-6.10	-1.57	<b>4.65</b>
G-苯基-52		-6.14	-1.47	<b>4.59</b>
G-苯基-53		-6.12	-1.48	<b>4.26</b>
G-苯基-54		-5.71	-1.60	<b>4.55</b>
G-苯基-55		-5.74	-1.60	<b>4.73</b>
G-苯基-56		-5.75	-1.62	<b>-6.70</b>
G-苯基-57		-5.68	-1.61	<b>6.58</b>
G-苯基-58		-5.71	-1.45	<b>4.34</b>

G-苯基-59		-5.42	-1.34	<b>4.33</b>
G-苯基-60		-6.89	-1.25	<b>3.44</b>
G-苯基-61		-6.32	-1.28	<b>3.20</b>
G-苯基-62		-5.96	-1.24	<b>4.42</b>
G-苯基-63		-5.63	-0.96	<b>4.10</b>
G-苯基-64		-5.64	-1.05	<b>4.23</b>
G-苯基-65		-6.00	-1.88	<b>2.46</b>
G-苯基-66		-6.12	-1.82	<b>2.22</b>
G-苯基-67		-6.36	-1.87	<b>3.04</b>

G-苯基-68		-6.03	-1.46	<b>3.58</b>
G-苯基-69		-6.09	-1.46	<b>3.67</b>
G-苯基-70		-6.17	-1.85	<b>4.56</b>
G-苯基-71		-5.50	-1.74	<b>4.45</b>
G-苯基-72		-5.55	-1.76	<b>4.44</b>
G-苯基-73		-5.58	-1.64	<b>4.98</b>
G-苯基-74		-5.60	-1.66	<b>4.81</b>
G-苯基-75		-5.70	-1.60	<b>5.11</b>

G-苯基-76		-5.66	-1.58	<b>4.90</b>
G-苯基-77		-5.95	-1.70	<b>1.25</b>
G-苯基-78		-5.92	-1.91	<b>1.83</b>
G-苯基-79		-5.84	-1.41	<b>4.28</b>
G-苯基-80		-5.81	-1.40	<b>3.98</b>
G-苯基-81		-5.84	-1.61	<b>4.50</b>
G-苯基-82		-6.85	-0.85	<b>4.00</b>
G-苯基-83		-5.88	-1.27	<b>2.59</b>
G-苯基-84		-6.02	-1.48	<b>4.35</b>

【0073】G 可選自由以下者組成的群組：二烷基氧磷基、二芳基氧磷基、烷基芳基氧磷基、二雜芳基氧磷基、芳基雜芳基氧磷基、環二芳基氧磷基、氧化磷、含芳基氧化磷、含雜芳基氧化磷、環芳基雜芳基氧磷基、含環雜芳基氧化磷、腈、苯甲腈、菸鹼甲腈、醯胺、脲及 C<sub>2</sub> 至 C<sub>42</sub> 雜芳基；其中 G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由 C<sub>6</sub> 至 C<sub>18</sub> 芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>10</sub> 烷基、C<sub>2</sub> 至 C<sub>14</sub> 雜芳基組成的群組。在此方面，“環”意指氧磷基的“P=O”，氧化磷分別為以該基團的另外部分形成的環的一部分。

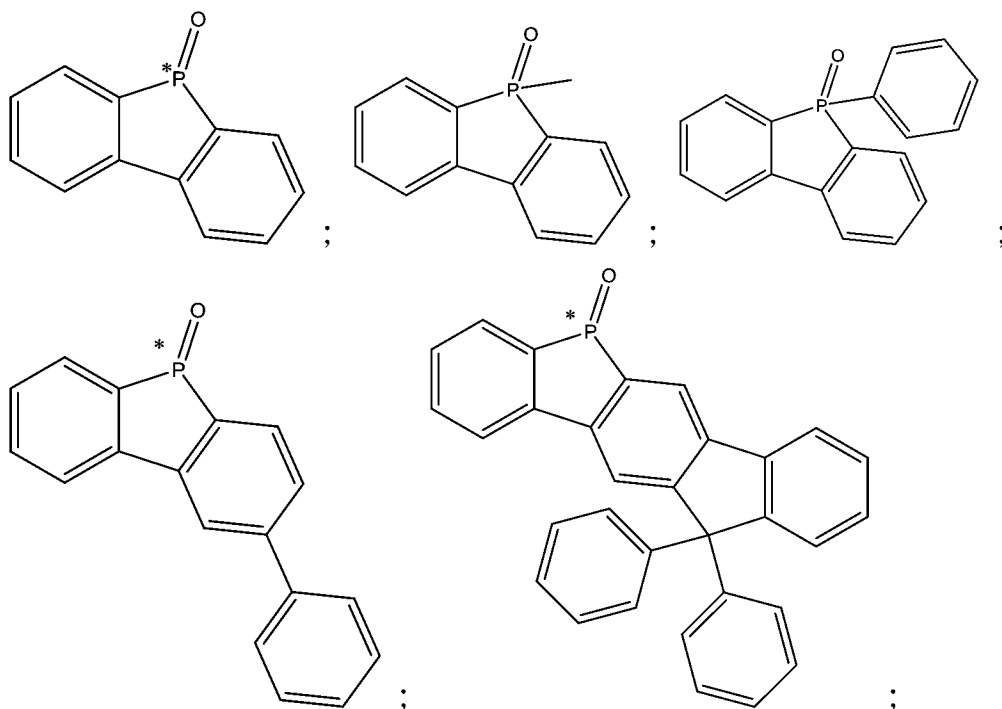
【0074】G 可選自由以下者組成的群組：二-C<sub>1</sub> 至 C<sub>10</sub>-烷基氧磷基、二-C<sub>6</sub> 至 C<sub>10</sub>-芳基氧磷基、C<sub>10</sub>-C<sub>42</sub> 二雜芳基氧磷基、C<sub>7</sub>-C<sub>42</sub> 芳基雜芳基氧磷基、C<sub>8</sub>-C<sub>42</sub> 氧化磷、含 C<sub>8</sub>-C<sub>42</sub> 芳基氧化磷、含 C<sub>8</sub>-C<sub>63</sub> 雜芳基氧化磷、C<sub>12</sub>-C<sub>63</sub> 環芳基氧磷基、C<sub>7</sub>-C<sub>42</sub> 環芳基雜芳基氧磷基、含 C<sub>7</sub>-C<sub>42</sub> 環雜芳基氧化磷、及 C<sub>2</sub> 至 C<sub>39</sub> 雜芳基、可選地 C<sub>2</sub> 至 C<sub>35</sub> 雜芳基、可選地 C<sub>2</sub> 至 C<sub>32</sub> 雜芳基、可選地 C<sub>2</sub> 至 C<sub>29</sub> 雜芳基、可選地 C<sub>2</sub> 至 C<sub>25</sub> 雜芳基；G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、C<sub>2</sub> 至 C<sub>11</sub> 雜芳基組成的群組。

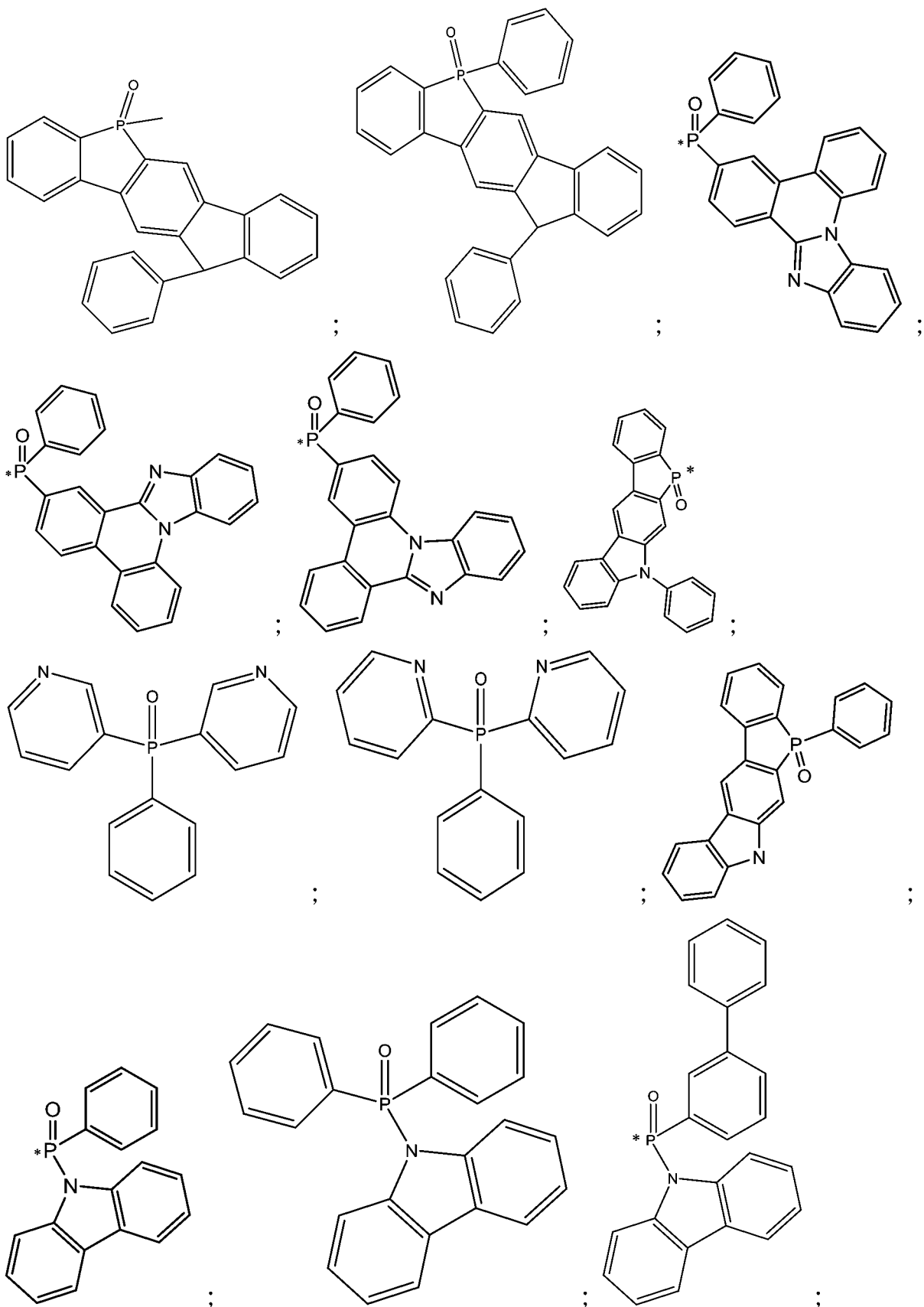
【0075】G 可選自由以下者組成的群組：二-C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub>-烷基氧磷基、二-C<sub>6</sub> 至 C<sub>10</sub>-芳基氧磷基、C<sub>10</sub> 二雜芳基氧磷基、C<sub>7</sub>-C<sub>25</sub> 芳基雜芳基氧磷基、C<sub>8</sub>-C<sub>42</sub> 氧化磷、含 C<sub>8</sub>-C<sub>42</sub> 芳基氧化磷、含 C<sub>8</sub>-C<sub>24</sub> 雜芳基氧化磷、C<sub>12</sub>-C<sub>42</sub> 環芳基氧磷基、C<sub>7</sub>-C<sub>25</sub> 環芳基雜芳基氧磷基、含 C<sub>7</sub>-C<sub>25</sub> 環雜芳基氧化磷及 C<sub>2</sub> 至 C<sub>25</sub> 雜芳基；其中各自的 G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由 C<sub>6</sub> 至 C<sub>10</sub> 芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基、C<sub>2</sub> 至 C<sub>5</sub> 雜芳基組成的群組。

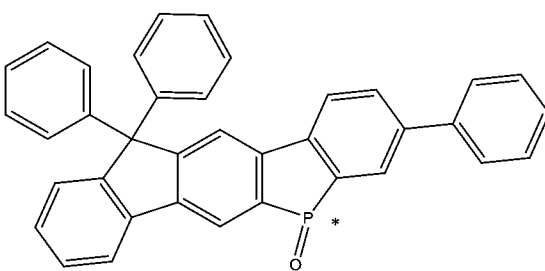
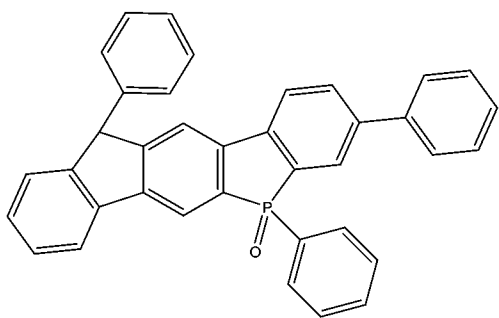
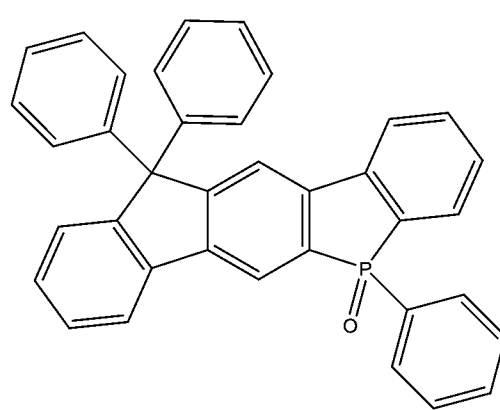
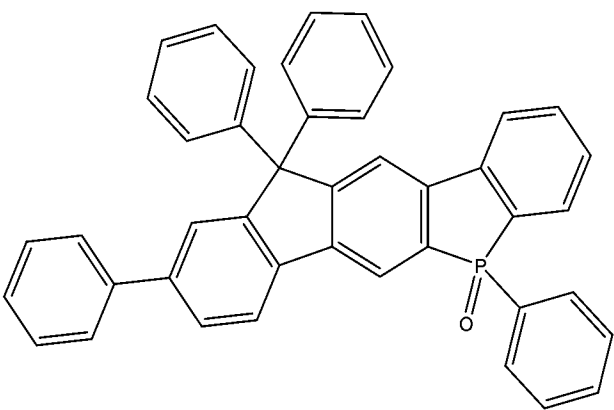
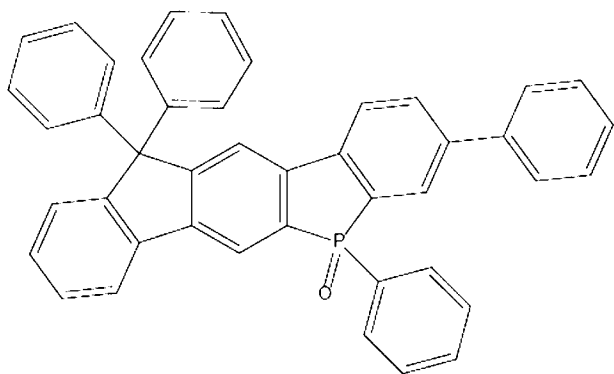
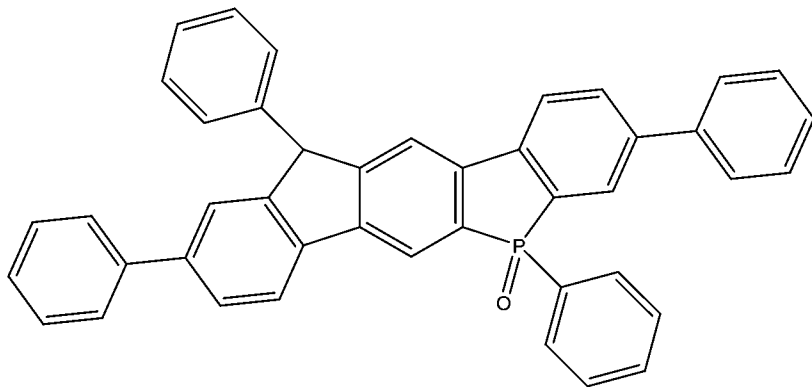
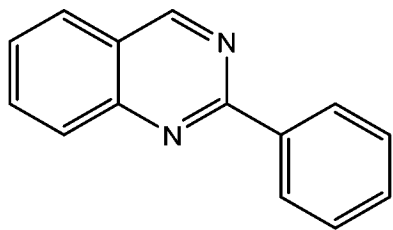
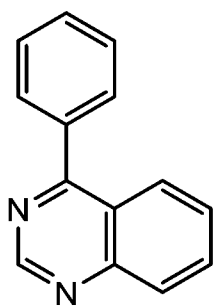
【0076】G 選自由以下者組成的群組：二烷基氧磷基、二芳基氧磷基、烷基芳基氧磷基、二雜芳基氧磷基、芳基雜芳基氧磷基、環二芳基氧磷基、氧化磷、含芳基氧化磷、含雜芳基氧化磷、環芳基雜芳基氧磷基、含環雜芳基氧化磷、腈、苯甲腈、菸鹼甲腈、醯胺-基、脲-基及 C<sub>2</sub> 至 C<sub>17</sub> 雜芳基；其中各自的 G

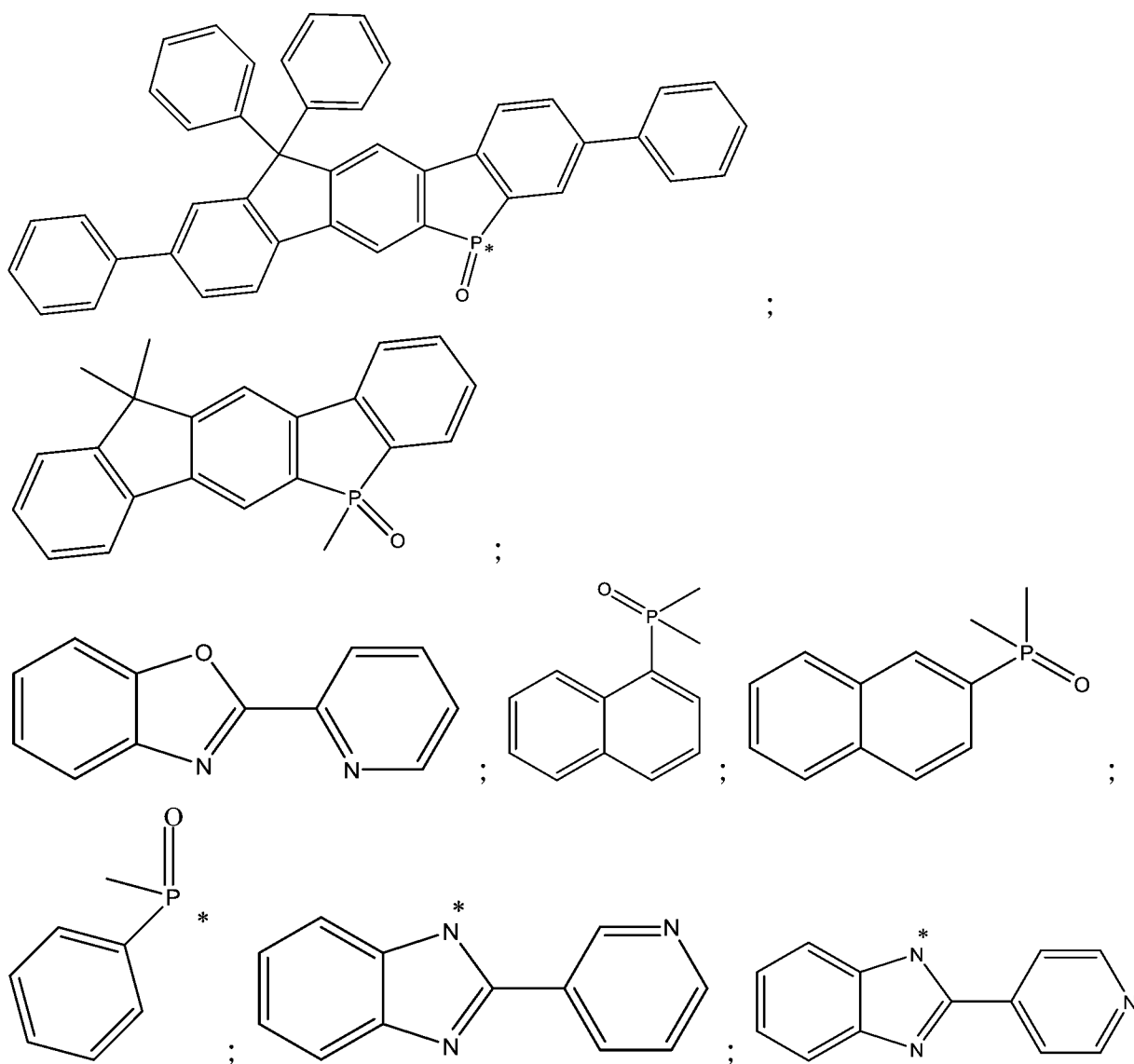
可包括附接至該基團之一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由苯基、甲基、乙基及吡啶基組成的群組。

【0077】G 可獨立地選自由以下者組成的群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、膦、苯甲膦、菸鹼甲膦、二-氫-苯并咪唑酮-基 (di-hydro-benzoimidazolone-yl)、二苯基-丙烷-基、*N,N*-二甲基乙醯胺、醯胺、脲、咪唑基、苯基苯并咪唑基、乙基苯并咪唑基、苯基苯并喹啉基、苯基苯并咪唑并喹啉基 (phenylbenzoimidazoquinolinyl)、吡啶基 (pyridinyl)、聯吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基 (lutidenyl)、噁嗪基 (pyridazinyl)、嘧啶基、吡嗪基、三苯基-吡嗪基、苯并喹啉基、啡啉基、苯基啡啉基、喹啉基 (phenylphenanthrolinyl quinazolinyl)、苯并噁唑基、苯并咪唑基、吡啶基-咪唑并吡啶基 (benzimidazolyl pyridinyl-imidazopyridinyl)；



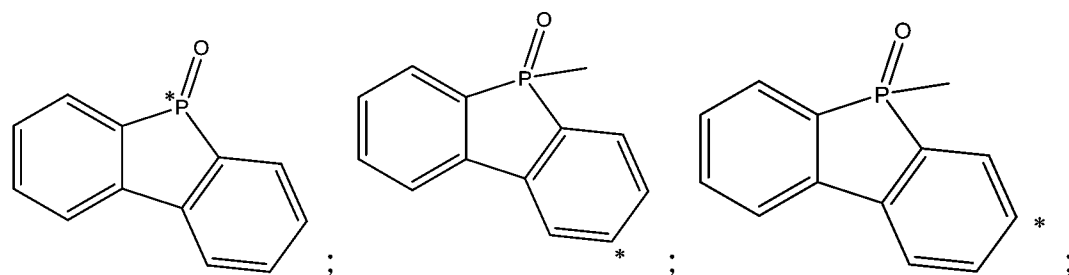




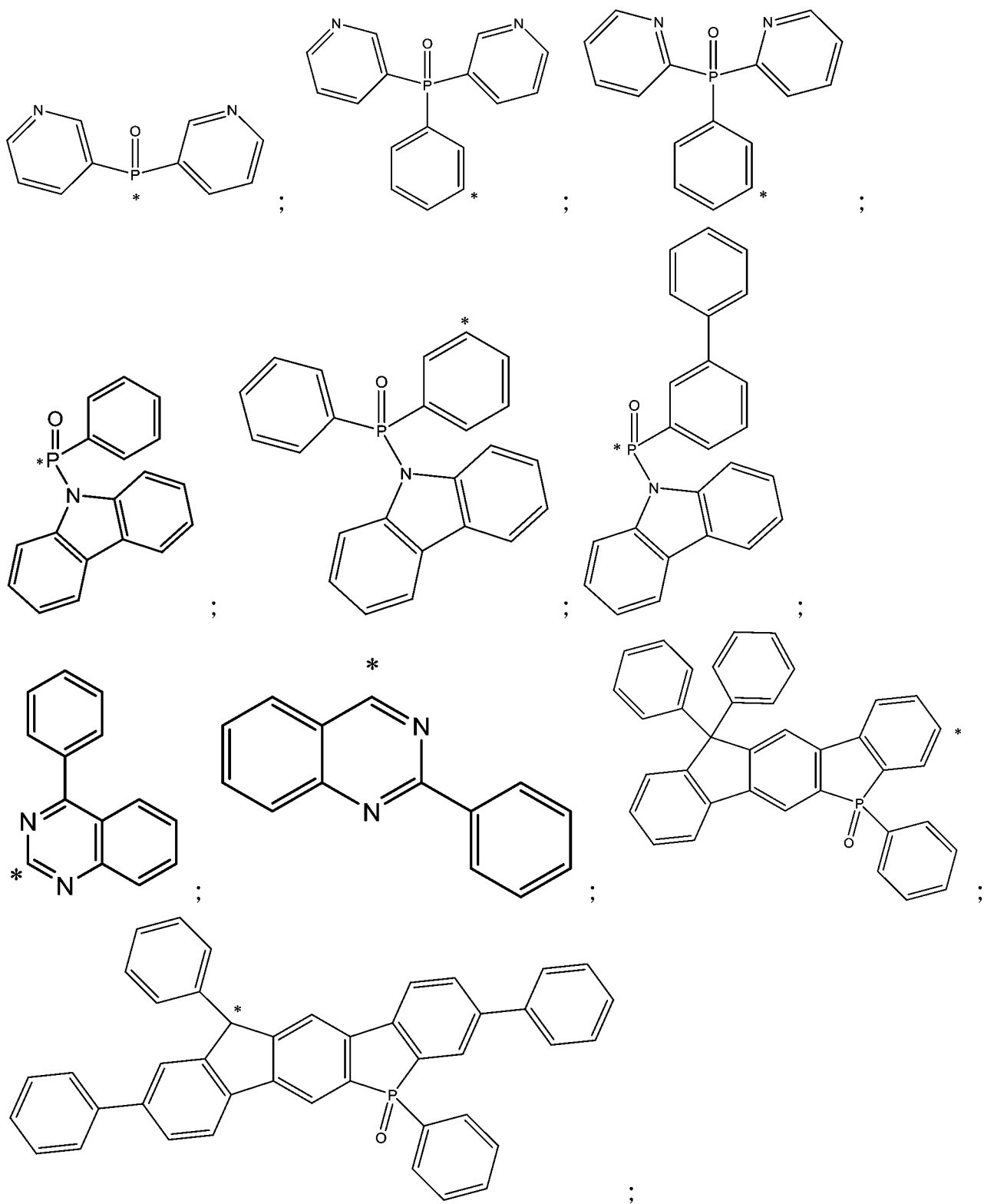


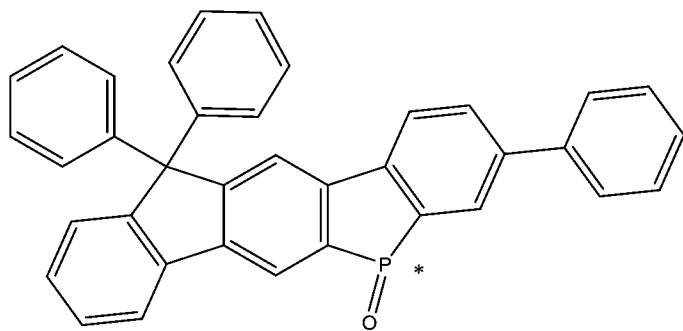
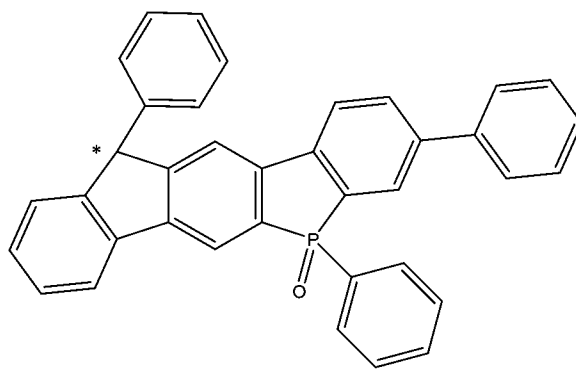
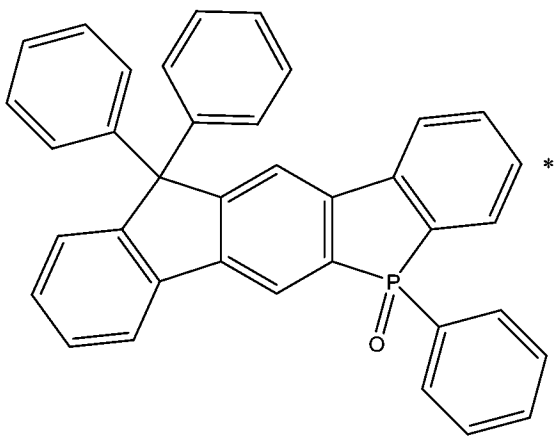
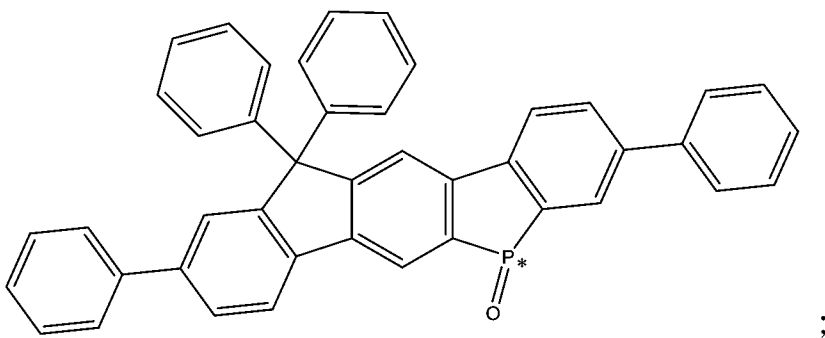
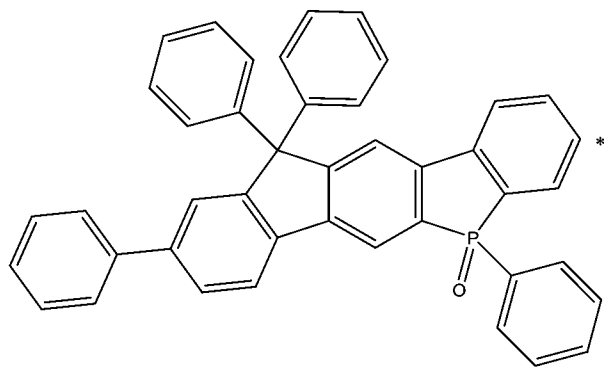
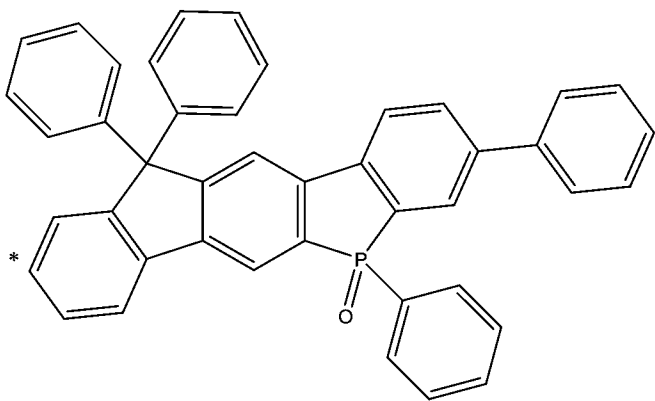
其中星號“\*”表示結合位置。

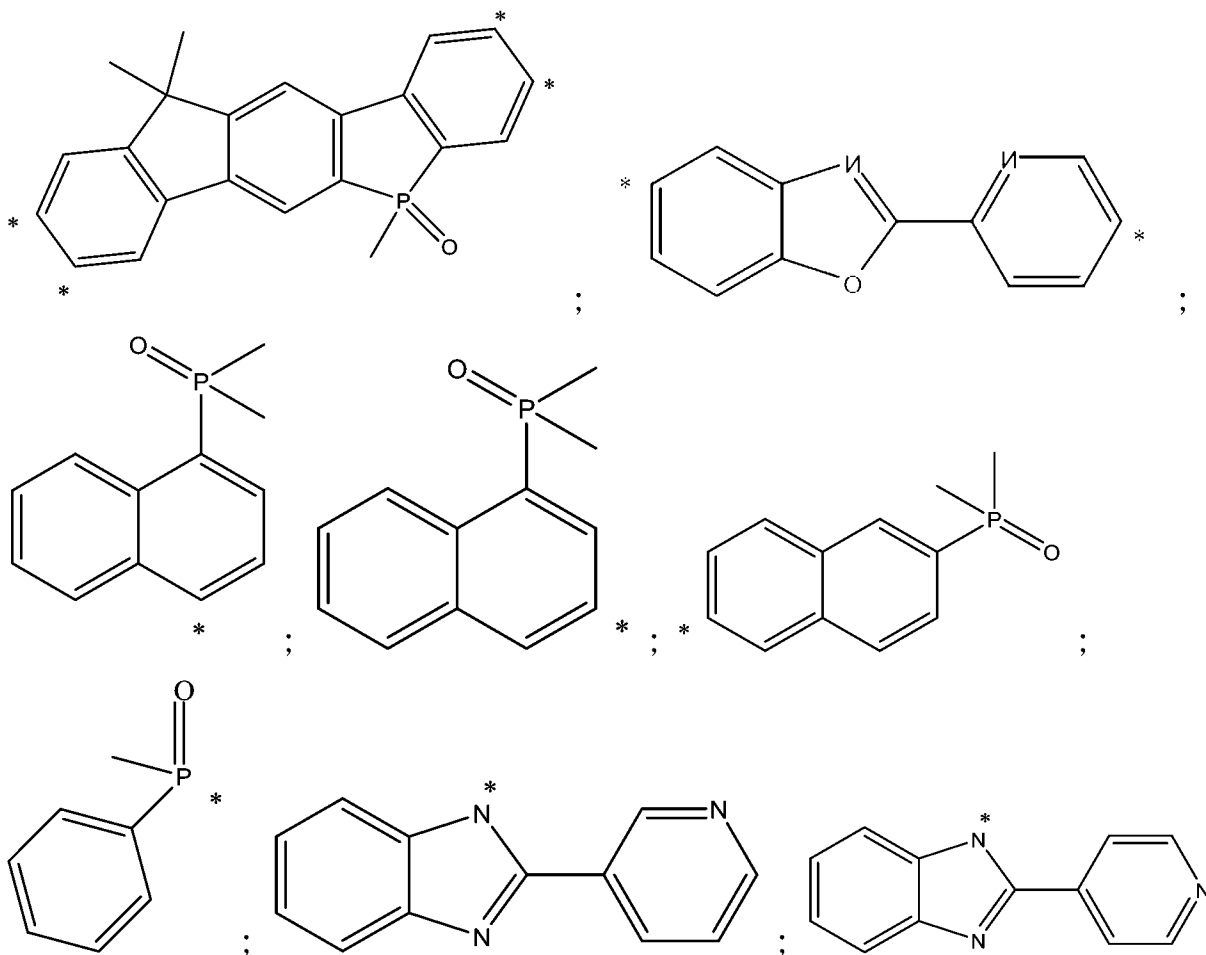
【0078】G 可獨立地選自由以下者組成的群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、2-苯基-1H-苯并[d]咪唑基(2-phenyl-1H-benzo[d]imidazolyl)、2-乙基-1H-苯并[d]咪唑基、2-苯基苯并[h]喹啉基、吡啶基(pyridinyl)、2,2'-聯吡啶基(2,2'-bipyridinyl)、5-苯基苯并[4,5]咪唑并[1,2-a]喹啉基、9-苯基-1,10-啡啉基、2-噻唑啉基、4-噻唑啉基、4-苯基-2-噻唑啉基及(吡啶-2-基)咪唑并[1,5-a]吡啶基；







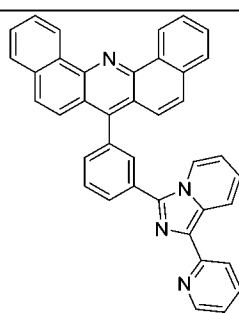


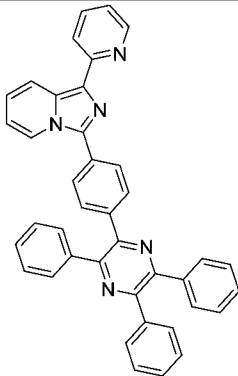
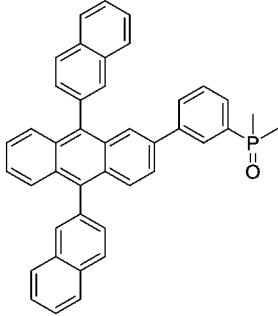
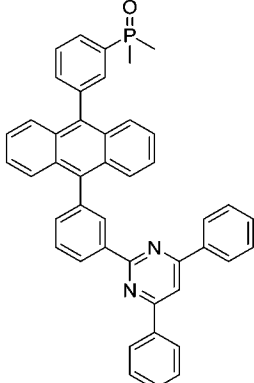
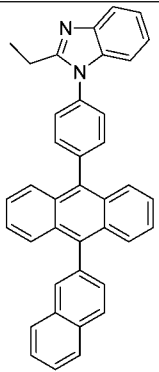
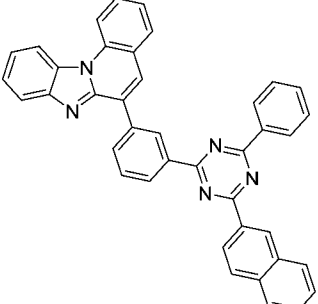


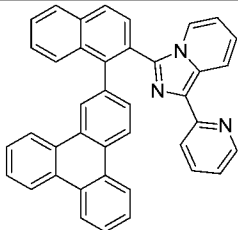
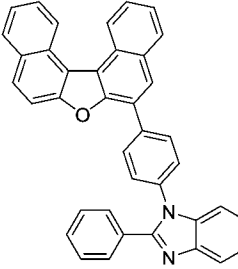
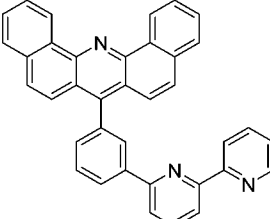
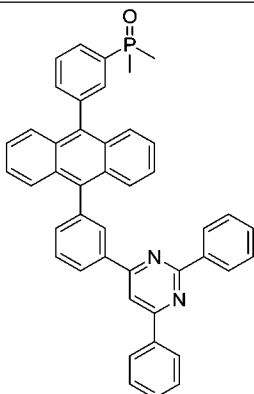
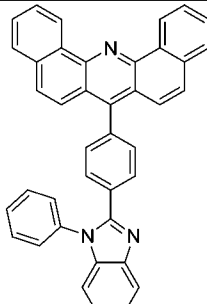
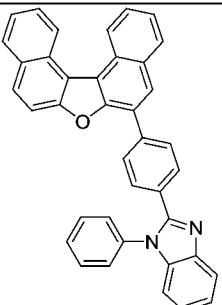
其中星號“\*”表示結合位置。

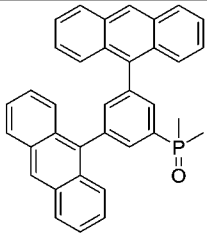
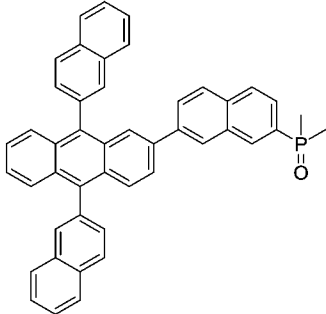
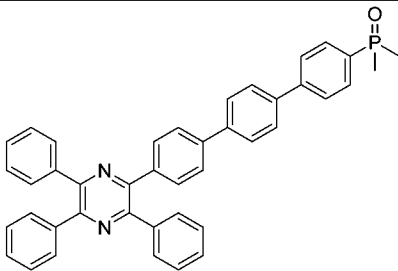
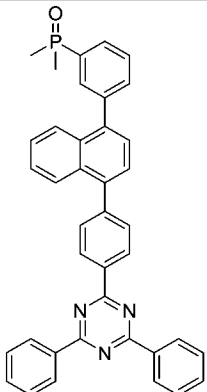
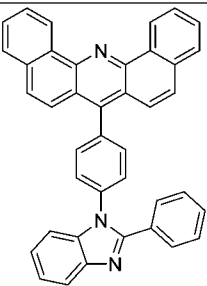
【0079】式(II)化合物可選自下表 3 的化合物 B-1 至 B-25。

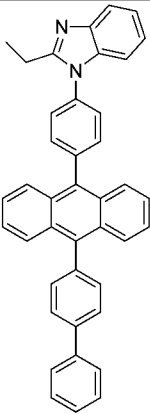
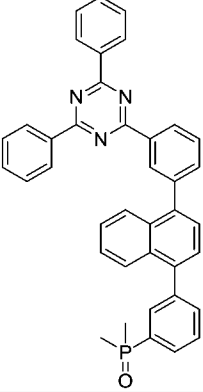
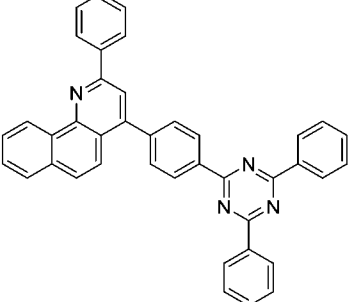
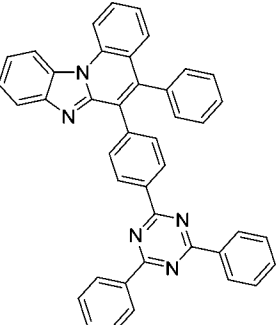
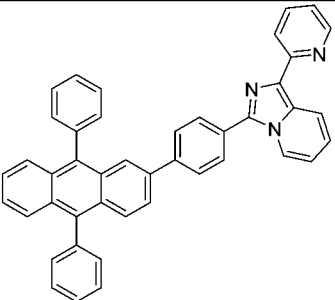
表 3：

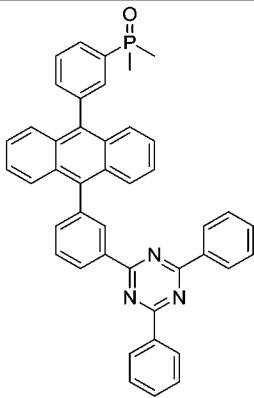
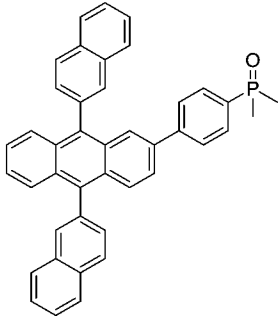
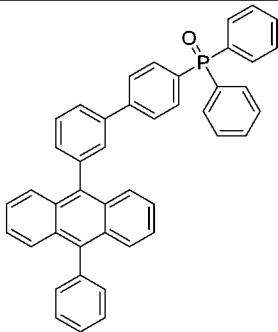
名稱	結構	HOMO [eV]	LUMO [eV]	偶極矩 [D]
B-1		-5.03	-1.81	0.98

B-2		-4.94	-1.61	1.77
B-3		-5.11	-1.75	3.78
B-4		-5.20	-1.75	6.15
B-5		-5.26	-1.81	-/-
B-6		-5.56	-1.85	3.39

B-7		-5.11	-1.28	3.89
B-8		-5.48	-1.69	4.58
B-9		-5.48	-1.59	4.68
B-10		-5.34	-1.86	2.59
B-11		-5.61	-1.79	3.80
B-12		-5.33	-1.61	3.86

B-13		-5.19	-1.81	4.11
B-14		-5.11	-1.80	3.84
B-15		-5.69	-1.67	4.37
B-16		-5.76	-1.97	4.27
B-17		-5.77	-1.91	2.15

B-18		-5.29	-1.80	4.46
B-19		-5.73	-1.90	4.49
B-20		-5.67	-2.04	1.82
B-21		-5.49	-1.89	3.36
B-22		-4.86	-1.77	2.03

B-23		-5.28	-1.90	4.47
B-24		-5.17	-1.84	4.22
B-25		-5.16	-1.67	4.13

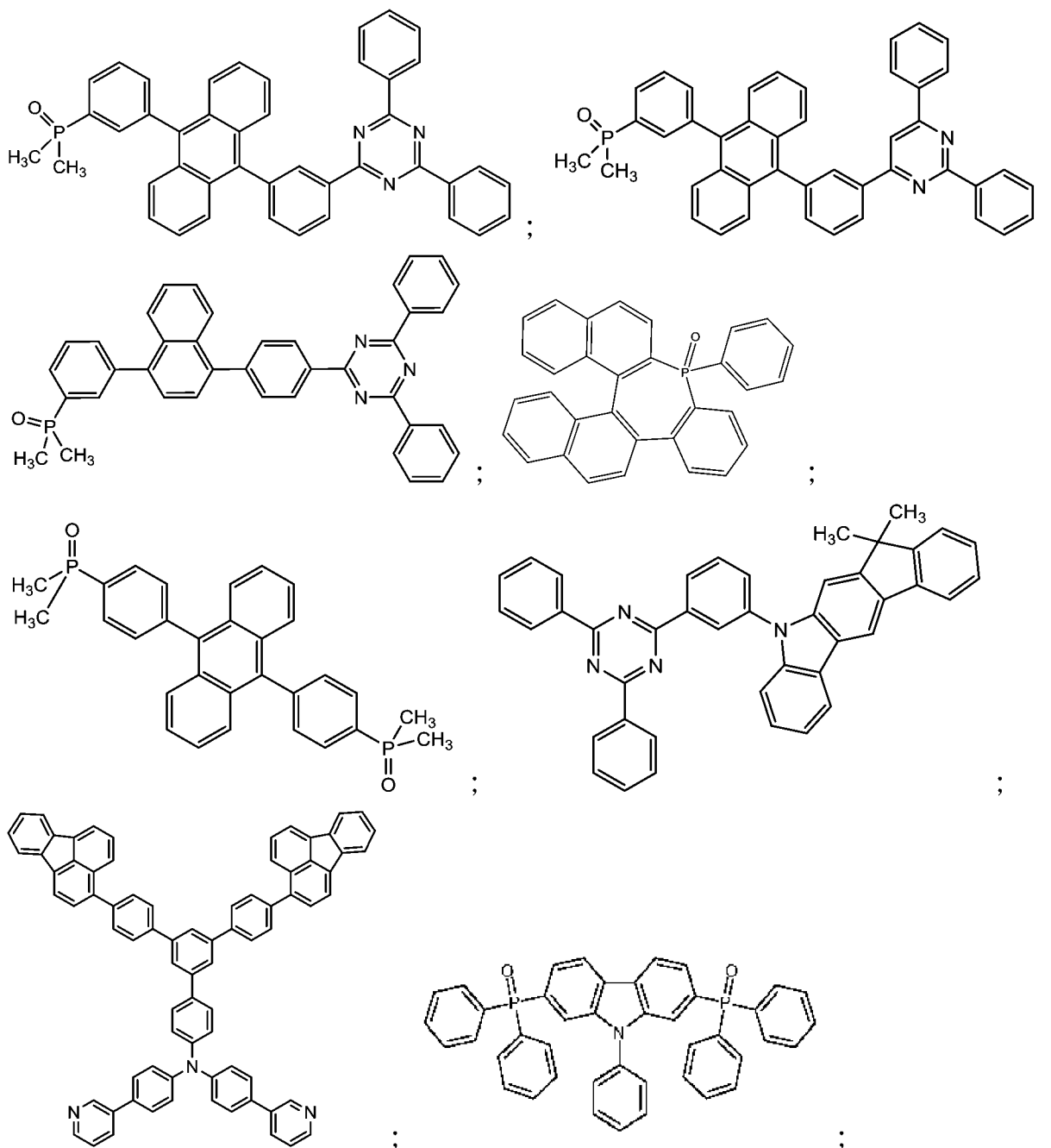
【0080】在實施方式中，使用混合函數 B3LYP 及高斯 6-31G\*基組、由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式計算、取真空能階為 0 的絕對標度的式(II)化合物的 LUMO 能階在-2.30 eV 至-1.20 eV 的範圍內，較佳地在-2.10 eV 至-1.28 eV 的範圍內。

【0081】在實施方式中，式(II)化合物包括極性基團“G”。

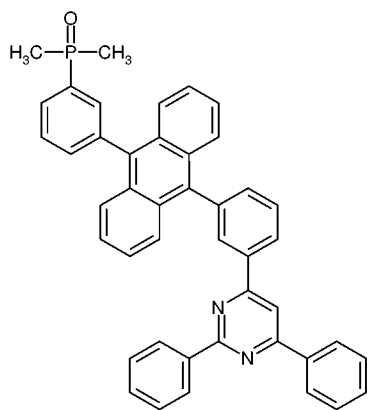
【0082】可設想式(II)化合物不含部分 P=O。可設想式(II)化合物不含 P(=O)芳基<sub>2</sub>。可設想式(II)化合物不含 P(=O)烷基<sub>2</sub>。可設想式(II)化合物不含 P(=O)Ph<sub>2</sub>。可設想式(II)化合物不含 P(=O)(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>。可設想式(II)化合物不含 R'P(=O)R''，其中 R'與 R''互相連接，以形成環，亦即，不含氧化磷環。可設想式(II)化合物不含 R'P(=O)R''，其中 R'與 R''互相連接，以形成 7 元環。

【0083】可設想式(II)化合物不含二個部分  $P=O$ 。可設想其中式(II)化合物不含二個  $P(=O)$ 芳基<sub>2</sub>。可設想其中式(II)化合物不含二個  $P(=O)$ 烷基<sub>2</sub>。可設想其中式(II)化合物不含二個  $P(=O)Ph_2$ 。可設想其中式(II)化合物不含二個  $P(=O)(CH_3)_2$ 。可設想其中式(II)化合物不含 CN。

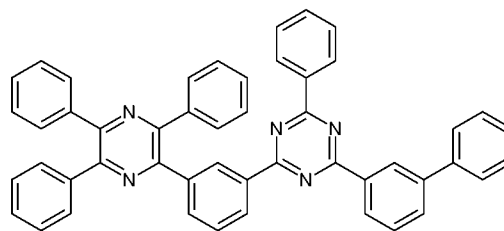
【0084】可設想下面的式中的一或更多者被排除在式(II)化合物範圍之外



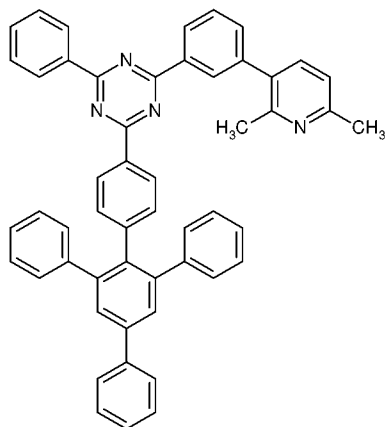




B-10



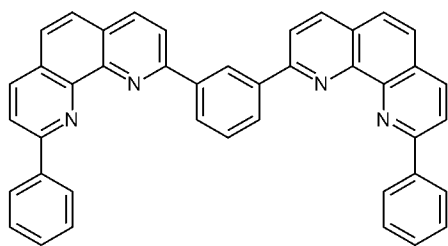
C-6



C-5

可被排除：

- a) 串接 OLED，其中電子傳輸層被設置為與由化合物 E 及金屬鋰以重量比 E : Li 等於 98 : 2 製成的 n 型摻雜的電荷產生層相鄰且直接接觸，



E

電子傳輸層的組成物選自：B-23 : C-3、B-10 : C-3、B-23 : C-5、B-10 : C-5、B-23 : C-6、B-10 : C-6；及這些組成物中的每一者中的第一者與組成的重量比為 30 : 70；

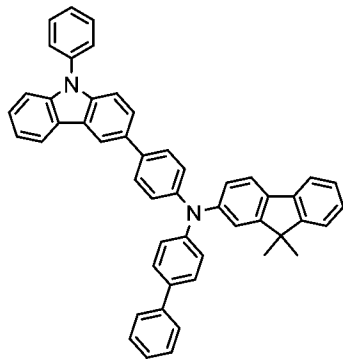
- b) 頂部藍色發光 OLED，具有結構

層	材料	d [nm]
---	----	--------

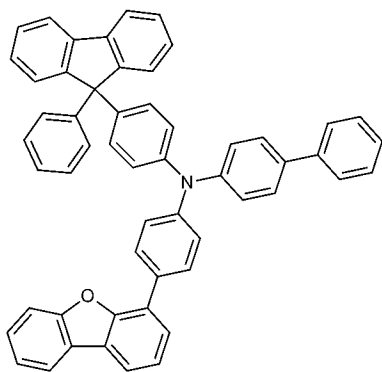
陽極	Ag	100
HIL	HT-3 : D-1 (92 : 8 v/v)	10
HTL	HT-3	118
EBL	F2	5
EML	H09 : BD200 (97 : 3 v/v)	20
HBL	C-1	5
ETL	B-23 : C-3 (30 : 70 v/v)	31
EIL	Yb	2
陰極	Ag : Mg (90 : 10)	13
帽層	HT-3	70

其中

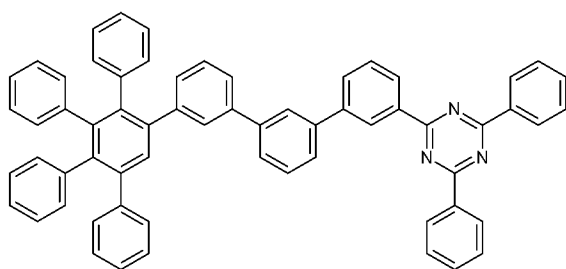
HT-3 為



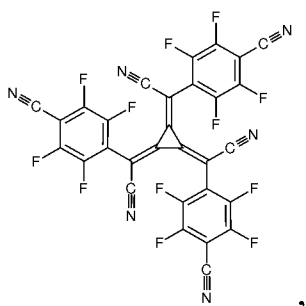
F2 為



C-1 為



D-1 為



H09 為市售的藍色發射體主體，及 BD200 為市售的藍色發射體，二者由韓國的 SFC 供應。

【0087】第二電子傳輸層可進一步包括化合物(III)，其中化合物(III)包括 8 至 13 個芳香或雜芳香環，可選地 8 至 11 個芳香或雜芳香環，可選地 9 至 11 個芳香或雜芳香環，及可選地 9 個芳香或雜芳香環，其中芳香或雜芳香環中一或更多者可用 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基取代。在此方面，芳香環、雜芳香環分別為單芳香環，例如，例如苯基之類的 6 元芳香環、例如吡啶基(pyridyl)之類的 6 元雜芳香環、例如吡咯基之類的 5 元雜芳香環等等。在此方面，在縮合(雜)芳香環系統中，每一個環被理解為單環。例如，萘包括二個芳香環。

【0088】化合物(III)可包括至少一雜芳香環，可選地 1 至 5 雜芳香環，可選地 1 至 4 雜芳香環，可選地 1 至 3 雜芳香環，及可選地 1 或 2 雜芳香環。

【0089】化合物(III)的芳香環或雜芳香環可為 6 元環。

【0090】化合物(III)的雜芳香環可為含 N 雜芳香環，可選地所有雜芳香環為含 N 雜芳香環，可選地所有雜芳香環雜芳香環含 N，作為僅有的雜原子類型。

【0091】化合物(III)可包括在每一個雜芳香環上含有一至三個 N 原子的至少一 6 元雜芳香環，可選地分別在每一個雜芳香環上含有一至三個 N 原子的一至三個 6 元雜芳香環。

【0092】化合物(III)中包括的至少一 6 元雜芳香環可為吡嗪(azine)。化合物(III)中包括的至少一 6 元雜芳香環可為三嗪、二嗪、吡嗪。

【0093】如果化合物(III)包括二或更多雜芳香環，則雜芳香環可由無雜原子的至少一芳香環被互相分離。

【0094】在實施方式中，化合物(III)的雜芳香環中的雜原子由至少一雙鍵結合於化合物(III)的分子結構內。

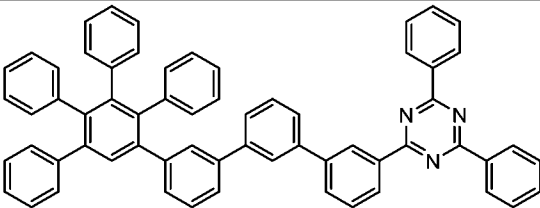
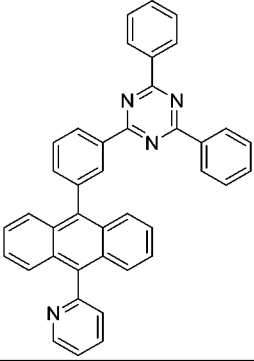
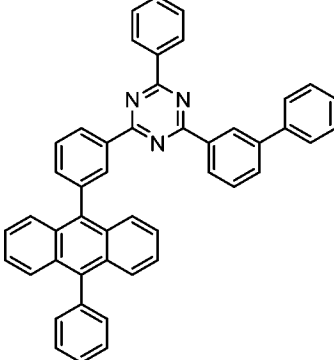
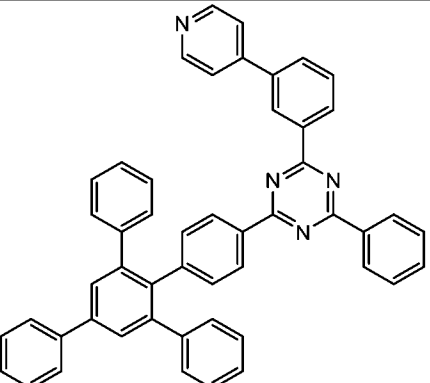
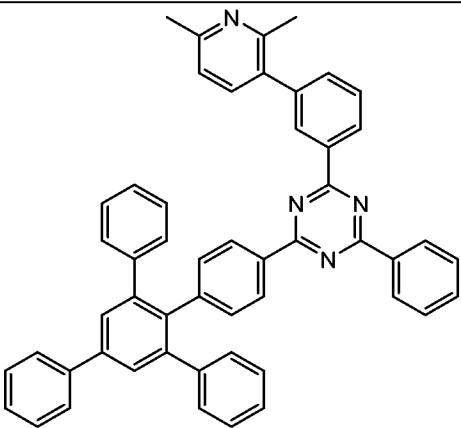
【0095】使用混合函數 B3LYP 及高斯 6-31G\*基組、由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式計算的化合物(III)的分子偶極矩可  $\geq 0$  D 及  $\leq 4$  D；替代地  $\geq 0.1$  D 及  $\leq 3.9$  D；替代地  $\geq 0.2$  D 及  $\leq 3.7$  D；替代地  $\geq 0.3$  D 及  $\leq 3.5$  D。

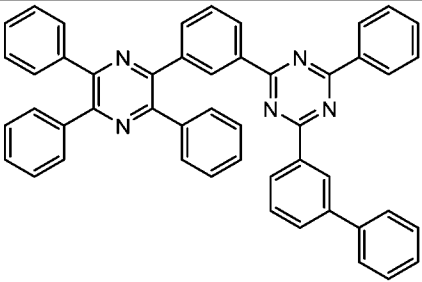
【0096】藉由選擇根據這些實施方式的化合物(III)，提供了第二電子傳輸層的遷移率被進一步改良，且 OLED 裝置的電壓被降低，及 OLED 裝置的 cd/A 效率被提高。

【0097】在實施方式中，化合物(III)不是式(II)化合物。式(III)化合物選自下表 4 的化合物 C-1 至 C-6。

表 4：

名稱	結構	HOMO [eV]	LUMO [eV]	偶極矩 [D]

C-1		-5.72	-1.82	0.30
C-2		-5.11	-1.83	1.98
C-3		-5.19	-1.84	0.37
C-4		-5.87	-1.94	3.24
C-5		-5.83	-1.86	1.61

C-6		-5.67	-1.85	0.40
-----	---	-------	-------	------

【0098】在第二電子傳輸層包括式(II)化合物及化合物(III)二者的情況中，式(II)化合物與式(III)化合物的重量比可為 1:99 至 99:1，替代地 10:90 至 60:40，替代地 20:80 至 50:50，替代地 25:75 至 40:60，替代地約 30:70。

【0099】在實施方式中，使用混合函數 B3LYP 及高斯 6-31G\*基組、由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式計算取真空能階為 0 的絕對標度的式(III)化合物的 LUMO 能階在 -2.00 eV 至 -1.70 eV 的範圍內，較佳地在 -1.95 eV 至 -1.80 eV 的範圍內。

【0100】在實施方式中，化合物(III)包括一個含氮六元環。

【0101】在另一實施方式中，化合物(III)包括二個含氮六元環。

【0102】在實施方式中，式(I)化合物不是式(II)化合物。在另外的實施方式中，式(II)化合物不是化合物(III)。在另一實施方式中，式(I)化合物不是化合物(III)。在本發明的另外的實施方式中，所有三個化合物，亦即，式(I)化合物、式(II)化合物及化合物(III)，彼此不同之處在於它們具有不同的分子結構式。

【0103】第二電子傳輸層可被設置於第一電子傳輸層與電子注入層之間。第二電子傳輸層可被設置為與第一電子傳輸層直接接觸。

【0104】第二電子傳輸層可被設置為“夾在”第一電子傳輸層與電子注入層之間“接觸”。

【0105】第二電子傳輸層可被設置於第一電子傳輸層與電荷產生層之間。第二電子傳輸層可被設置為與電荷產生層直接接觸。第二電子傳輸層可被設置為與 n 型 CGL 直接接觸。

【0106】第二電子傳輸層可被設置為“夾在”第一電子傳輸層與 n 型 CGL 之間“接觸”。

【0107】第二電子傳輸層可具有的厚度 $<100$  nm，可選地在 10 與 90 nm 之間，可選地在 10 與 60 nm 之間，可選地在 10 與 50 nm 之間。

OLED 的另外的可能特性

【0108】根據本發明的有機發光二極體包括至少二發射層，亦即，第一發射層及第二發射層。此外，有機發光二極體還可包括另外的發射層(第三發射層、第四發射層等等)。在有機發光二極體包括兩個以上發射層的情況中，在發射層中的二發射層之間可提供僅一電子傳輸層堆疊。替代地，可存在多於一個電子傳輸層堆疊。例如，在有機發光二極體包括第一發射層、第二發射層及第三發射層的情況中，第一電子傳輸層堆疊可被設置於第一發射層與第二發射層之間，及第二電子傳輸層堆疊可被設置於第二發射層與第三發射層之間。

【0109】在有機發光二極體包括兩個以上發射層的情況中，可存在多於一個電荷產生層。例如，在有機發光二極體包括第一發射層、第二發射層及第三發射層的情況中，第一電荷產生層可被設置於第一發射層與第二發射層之間，及第二電荷產生層可設置於第二發射層與第三發射層之間。

【0110】依照本揭露，層堆疊為二或更多不同層的佈置。層堆疊的層可藉由包括於各自的層中包括的材料的化學性質互相區別，亦即可由不同化合物製成。依照本揭露的電子傳輸層堆疊包括分別由電子傳輸材料製成的至少二不同層。

【0111】式(I)化合物與式(II)化合物可彼此不同。亦即，式(I)化合物與式(II)化合物可在至少一結構方面彼此不同，特別是彼此之間不同可在於至少一原子及/或基團。

【0112】第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。在此方面，“無”意指各自的化合物(電摻雜物)僅被包含在各自的層中，在各自的層的製備期間，標準純化方法及常用技術手段其不能被避開。在此方面，電摻雜物特別是而不限於為電 n 型摻雜物。電 n 型摻雜物可選自金屬，替代地鹼金屬；金屬鹽，替代地鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽；或有機鹼金屬錯合物，替代地鹼金屬錯合物，替代地 LiF、LiCl、LiBr、LiI、LiQ；金屬硼酸鹽或其混合物。特別是，第一電子傳輸層及第二電子傳輸層可無電 n 型摻雜物。電 n 型摻雜物可為包括至少一金屬陽離子及至少一陰離子的金屬鹽。金屬鹽的金屬陽離子可選自由鹼金屬、鹼土金屬及稀土金屬組成的群組，替代地選自由 Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr 及 Ba 組成的群組；替代地選自：Li、Mg、Ca 及 Sr。金屬鹽的陰離子可選自由喹啉鹽(quinolinolate)、氧化磷、酚鹽及硼酸鹽組成的群組。

【0113】在此方面，電 n 型摻雜物特別是而不限於為：元素金屬，替代地選自鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬及過渡金屬的正電性金屬；金屬鹽，替代地鹼金屬鹽、鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽；或金屬錯合物，替代地鹼金屬錯合物、鹼土金屬錯合物、過渡金屬錯合物及/或稀土金屬錯合物。n 型摻雜金屬鹽的實例可為 LiF、LiCl、LiBr、LiI、金屬硼酸鹽、金屬喹啉鹽或其混合物。電 n 型摻雜物的另外實例為強化學還原劑。此類“氧化還原”n 型摻雜物一般可以最高佔據分子軌域(HOMO)能階與對應電子傳輸基質的最低未佔據分子軌域能階相當為特徵，在通常的 OLED 傳輸材料中其約為-3.0 eV 或更低。應該理解，用語“約-3.0 eV 或更低”意指較-3.0 eV 低的負值，例如，-2.8 eV、-2.5 eV、-2.3 eV、-2.1 eV 或較-2.0 eV 低的負值。

【0114】電 n 型摻雜物可為如 EP1837926A1、WO07107306A1 或 WO07107356A1 中所揭露的有機化合物。

【0115】可設想，電摻雜物為基本上非發射性的。

第 57 頁，共 115 頁(發明說明書)

【0116】第一電子傳輸層與第二電子傳輸層可彼此直接接觸。

【0117】電子傳輸層堆疊可由第一電子傳輸層及第二電子傳輸層組成。

【0118】第二電子傳輸層可與電子注入層直接接觸。

【0119】電子注入層可由大量單獨的電子注入子層組成。

【0120】電子注入層可包括：金屬、替代地鹼金屬；金屬鹽，替代地鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽；或有機鹼金屬錯合物，替代地鹼金屬錯合物，替代地 LiF、LiCl、LiBr、LiI、LiQ；金屬硼酸鹽；或其混合物。

【0121】電子注入層可由金屬、替代地鹼金屬；金屬鹽，替代地鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽；或有機鹼金屬錯合物，替代地鹼金屬錯合物，替代地 LiF、LiCl、LiBr、LiI、LiQ；金屬硼酸鹽；或其混合物組成。

【0122】可設想式(II)化合物不被包括在電子注入層中。可設想式(I)化合物不被包括在電子注入層中。可設想式化合物(III)不被包括在電子注入層中。

【0123】式(I)化合物、式(II)化合物及化合物(III)可彼此不同、及/或可分別不被包括在電子注入層中。

【0124】第一電子傳輸層堆疊可被設置於第一發射層與第一電荷產生層之間。第一電子傳輸層堆疊的第二電子傳輸層可與第一電荷產生層直接接觸。

【0125】第一電子傳輸層與第二電子傳輸層彼此直接接觸。

【0126】電子傳輸層堆疊可由第一電子傳輸層及第二電子傳輸層組成。

【0127】電荷產生層可包括 p 型子層及 n 型子層，且第二電子傳輸層可與 n 型子層直接接觸。

【0128】第一電荷產生層可包括：金屬、替代地鹼金屬；金屬鹽、替代地鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽；或有機鹼金屬錯合物、替代地鹼金屬錯合物、替代地 LiF、LiCl、LiBr、LiI、LiQ；金屬硼酸鹽；或其混合物。

【0129】電荷產生層在其 n 型子層中可包括：金屬、替代地鹼金屬；金屬鹽、替代地鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽；或有機鹼金屬錯合物、替代地鹼金屬錯合物、替代地 LiF、LiCl、LiBr、LiI、LiQ；金屬硼酸鹽；或其混合物。

【0130】第一電荷產生層可由金屬、替代地鹼金屬；金屬鹽、替代地鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽；或有機鹼金屬錯合物、替代地鹼金屬錯合物、替代地 LiF、LiCl、LiBr、LiI、LiQ；金屬硼酸鹽；或其混合物組成。

【0131】第一電荷產生層的 n 型子層可由金屬、替代地鹼金屬、金屬鹽、替代地鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽、或有機鹼金屬錯合物、替代地鹼金屬錯合物、替代地 LiF、LiCl、LiBr、LiI、LiQ、金屬硼酸鹽、或其混合物組成。

【0132】有機發光二極體可進一步包括電子注入層及第二電子層堆疊，且第二電子層堆疊與電子注入層直接接觸。第二電子傳輸層堆疊可與第一層堆疊含有相同的化合物(I)、(II)及(III)，亦即，如本揭露定義的，其中各自的化合物可被獨立地選擇。

【0133】可設想，式(II)化合物不被包括在第一電荷產生層中。可設想，式(I)化合物不被包括在第一電荷產生層中。可設想，化合物(III)不被包括在第一電荷產生層中。

【0134】式(I)化合物、式(II)化合物及化合物(III)可彼此不同、及/或可分別不被包括在第一電荷產生層中。

【0135】在有機發光裝置包括多於一個電子傳輸層堆疊(亦即，除了第一電子傳輸層堆疊外，還包括其他電子傳輸層堆疊)的情況中，關於第一電子傳輸層堆疊的所有上述特徵可獨立地適用於每一個電子傳輸層堆疊。

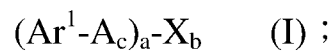
【0136】在有機發光裝置包括多於一個電荷產生層(亦即，除了第一電荷產生層，還包括其他電荷產生層)的情況中，關於第一電荷產生層的所有上述特徵可獨立地適用於每一個電荷產生層。

【0137】有機發光二極體可進一步包括基板，其中基板可為透明的或不透明的。

#### 範例性實施方式

【0138】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



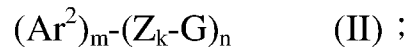
- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- $\text{Ar}^1$  獨立地選自  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{30}$  芳基或  $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{24}$  雜芳基，
- 其中每一個  $\text{Ar}^1$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代： $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{11}$  雜芳基、及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、D、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷氧基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、鹵素、CN 或  $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及  $\text{R}^{10}$  獨立地選自  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{12}$  雜芳基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基；

- 其中  $Ar^1$  上的每一個  $C_6$  至  $C_{12}$  芳基取代基及  $Ar^1$  上的每一個  $C_3$  至  $C_{11}$  雜芳基取代基可用  $C_1$  至  $C_4$  烷基或鹵素取代；
- A 獨立地選自  $C_6$  至  $C_{18}$  芳基，
- 其中每一個 A 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代： $C_6$  至  $C_{12}$  芳基及  $C_1$  至  $C_6$  烷基、D、 $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、 $C_3$  至  $C_6$  分支烷基、 $C_3$  至  $C_6$  環烷基、 $C_3$  至  $C_6$  分支烷氧基、 $C_3$  至  $C_6$  環烷氧基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氘化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、鹵素、CN 或  $PY(R^{10})_2$ ，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及  $R^{10}$  獨立地選自  $C_6$  至  $C_{12}$  芳基、 $C_3$  至  $C_{12}$  雜芳基、 $C_1$  至  $C_6$  烷基、 $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氘化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基；
- 其中 A 上的每一個  $C_6$  至  $C_{12}$  芳基取代基可用  $C_1$  至  $C_4$  烷基或鹵素取代；
- X 獨立地選自由  $C_3$  至  $C_{21}$  雜芳基及  $C_6$  至  $C_{24}$  芳基組成的群組，
- 其中每一個 X 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代： $C_6$  至  $C_{12}$  芳基、 $C_3$  至  $C_{11}$  雜芳基、及  $C_1$  至  $C_6$  烷基、D、 $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、 $C_3$  至  $C_6$  分支烷基、 $C_3$  至  $C_6$  環烷基、 $C_3$  至  $C_6$  分支烷氧基、 $C_3$  至  $C_6$  環烷氧基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氘化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、鹵素、CN 或  $PY(R^{10})_2$ ，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及  $R^{10}$  獨立地選自  $C_6$  至  $C_{12}$  芳基、 $C_3$  至  $C_{12}$  雜芳基、 $C_1$  至  $C_6$  烷基、 $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氟化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $C_1$  至  $C_6$  烷基、部分或全氘化的  $C_1$  至  $C_6$  烷氧基；

- 其中 X 上的每一個 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基取代基及 X 上的每一個 C<sub>3</sub> 至 C<sub>11</sub> 雜芳基取代基可用 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基或鹵素取代；

- 式(I)化合物的分子偶極矩為  $\geq 0$  D 及  $\leq 3.5$  D；

- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物



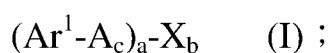
- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 0、1 或 2；
- Ar<sup>2</sup> 獨立地選自由 C<sub>3</sub> 至 C<sub>30</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>42</sub> 芳基組成的群組，
- 其中每一個 Ar<sup>2</sup> 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>11</sub> 雜芳基、及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、D、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及 R<sup>10</sup> 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>12</sub> 雜芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基；
- 其中 Ar<sup>2</sup> 上的每一個 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基取代基及 Ar<sup>2</sup> 上的每一個 C<sub>3</sub> 至 C<sub>11</sub> 雜芳基取代基可用 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基或鹵素取代；
- Z 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>18</sub> 芳基，
- 其中每一個 Z 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、D、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 分支烷氧基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>6</sub> 環烷氧基、部分或

全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氙化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氙化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及 R<sup>10</sup> 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>12</sub> 雜芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氙化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氙化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基；

- 其中 Z 上的每一個 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基取代基可用 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基或鹵素取代；
- G 被選擇，使得 G-苯基化合物的偶極矩為 ≥2 D 及 ≤6 D；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

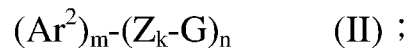
【0139】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- Ar<sup>1</sup> 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>30</sub> 芳基，
- 其中每一個 Ar<sup>1</sup> 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；
- A 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>18</sub> 芳基，

- 其中每一個 A 可用從由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- X 獨立地選自由以下者組成的群組：C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 含 N 雜芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 含 O 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>24</sub> 芳基，
- 其中每一個 X 可用從由苯基、萘基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為 ≥0 D 及 ≤3.0 D；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物

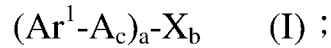


- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 0、1 或 2；
- Ar<sup>2</sup> 獨立地選自由 C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>24</sub> 芳基組成的群組，
- 其中每一個 Ar<sup>2</sup> 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基、可選地對-聯苯-基；
- Z 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>18</sub> 芳基，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由以下者組成的群組：二烷基氧磷基、二芳基氧磷基、烷基芳基氧磷基、腈、苯甲腈、菸鹼甲腈、醯胺、脲及 C<sub>2</sub> 至 C<sub>42</sub> 雜芳基；其中 G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由以下者組成的群組：C<sub>6</sub> 至 C<sub>18</sub> 芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>10</sub> 烷基、C<sub>2</sub> 至 C<sub>14</sub> 雜芳基；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

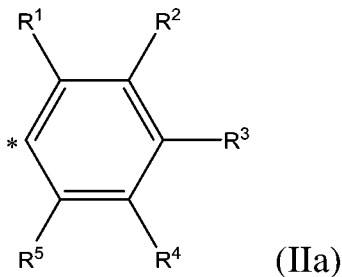
【0140】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

第 64 頁，共 115 頁(發明說明書)

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



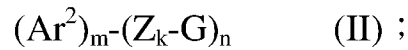
- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- $\text{Ar}^1$  獨立地選自苯基、萘基、蔥基、丙二烯合萘基、咕吨基、螺-咕吨基、萘基、螺-萘基、三苯矽基、四苯矽基或具有式(IIa)的基團，



其中

- 星號“\*”表示式(IIa)基團與 A 結合的結合位置；及
- $\text{R}^1$  至  $\text{R}^5$  獨立地選自由 H、 $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基及  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{10}$ (替代地  $\text{C}_4$  至  $\text{C}_5$ ) 雜芳基組成的群組，
- 其中每一個  $\text{Ar}^1$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；
- A 獨立地選自伸苯基、伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯，
- 其中每一個 A 可用從由苯基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- X 獨立地選自由  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{21}$  含 N 雜芳基及  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{24}$  芳基組成的群組，

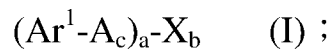
- 其中每一個 X 可用從由苯基、萘基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為 $\geq 0 D$  及 $\leq 2.5 D$ ；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物



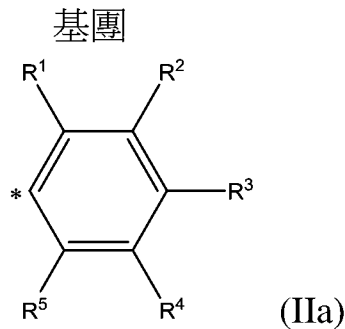
- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 1 或 2；
- $\text{Ar}^2$  獨立地選自由  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{21}$  含 N 雜芳基及  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{24}$  芳基組成的群組，
- 其中每一個  $\text{Ar}^2$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基、可選地對-聯苯-基；
- Z 獨立地選自由伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由  $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{25}$  雜芳基組成的群組；G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由以下者組成的群組： $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、 $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{11}$  雜芳基；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0141】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物

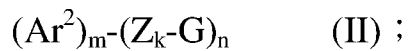


- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- $\text{Ar}^1$  獨立地選自由以下者組成的群組：苯基、萸基、萸基或式(IIa)的



其中  $\text{R}^1$  至  $\text{R}^5$  獨立地選自 H 及苯基，

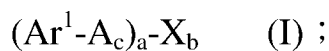
- 其中每一個  $\text{Ar}^1$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萸基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；
- A 獨立地選自伸苯基、伸萸基、伸聯苯及伸聯三苯，
- 其中每一個 A 可用從由苯基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- X 獨立地選自由以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并咪唑基、喹啉基、苯并喹啉基、二苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基、萸基、萸基、聯三伸苯基、二氮雜萸基及二萸并呋喃基，
- 其中每一個 X 可用從由苯基、萸基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為  $\geq 0 \text{ D}$  及  $\leq 2.0 \text{ D}$ ；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物



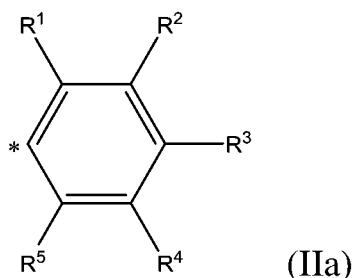
- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 1 或 2；
- $\text{Ar}^2$  獨立地選自由以下者組成的群組：吡啶基、三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并咪唑基、喹啉基、苯并喹啉基、吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基、蔥基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基及二萘并呋喃基，
- 其中每一個  $\text{Ar}^2$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、吡啶基及聯苯-基、可選地對-聯苯-基；
- Z 獨立地選自由以下者組成的群組：伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由以下者組成的群組：二- $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$ -烷基氧磷基、二- $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{10}$ -芳基氧磷基及  $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{25}$  雜芳基；其中各自的 G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由以下者組成的群組： $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{10}$  芳基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基、 $\text{C}_2$  至  $\text{C}_5$  雜芳基；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

**【0142】** 根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物

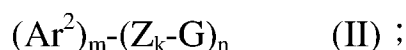


- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- $\text{Ar}^1$  為式(IIa)基團



及  $\text{R}^1$  至  $\text{R}^5$  中至少二者不是 H；

- 其中每一個  $\text{Ar}^1$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；
- A 獨立地選自伸苯基及伸聯苯；
- 其中每一個 A 可用從由苯基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- X 獨立地選自由以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萘基、蔥基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基及二萘并呋喃基，
- 其中每一個 X 可用從由苯基、萘基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為  $\geq 0 \text{ D}$  及  $\leq 2.0 \text{ D}$ ；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物

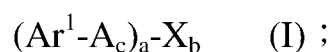


- m 及 n 獨立地為 1 或 2；

- k 獨立地為 1 或 2；
- $Ar^2$  獨立地選自由以下者組成的群組：二苯并吡啶基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、蔥基、三嗪基、二氮雜菲基、聯三伸苯基、吡啶基、二萘并呋喃基，
- 其中每一個  $Ar^2$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、吡啶基及聯苯-基、可選地對-聯苯-基；
- Z 獨立地選自由伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及  $C_1$  至  $C_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由以下者組成的群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、腈、苯甲腈、菸鹼甲腈、二-氫-苯并咪唑酮-基、二苯基-丙烷-基、*N,N*-二甲基乙醯胺、醯胺、脲、咪唑基、苯基苯并咪唑基、乙基苯并咪唑基、苯基苯并喹啉基、苯基苯并咪唑并喹啉基、吡啶基、聯吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基(lutidenyl)、噻嗪基、嘧啶基、吡嗪基、三苯基-吡嗪基、苯并喹啉基、啡啉基、苯基啡啉基及吡啶基-咪唑并吡啶基；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

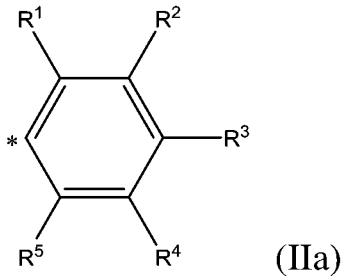
【0143】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



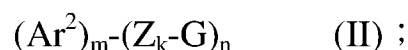
第 70 頁，共 115 頁(發明說明書)

- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- Ar<sup>1</sup> 為式(IIa)基團



及 R<sup>1</sup> 至 R<sup>5</sup> 中至少二者不是 H，其中 R<sup>1</sup> 至 R<sup>5</sup> 中不是 H 的至少二者互相處於鄰位及/或 R<sup>1</sup> 至 R<sup>5</sup> 中不是 H 的至少二者與\*-位置處於鄰位；

- 其中每一個 Ar<sup>1</sup> 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；
- A 獨立地選自伸苯基及伸聯苯；
- 其中每一個 A 可用從由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- X 獨立地選自由以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基，
- 其中每一個 X 可用從由苯基、萘基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為 ≥0 D 及 ≤2.0 D；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物



- m 及 n 獨立地為 1 或 2；

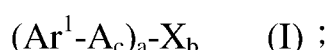
- k 獨立地為 1 或 2；
- $Ar^2$  獨立地選自由以下者組成的群組：二苯并吡啶基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、蔥基、三嗪基、二氮雜菲基、聯三伸苯基、吡啶基、二萘并呋喃基，
- 其中每一個  $Ar^2$  可用從由苯基、吡啶基及聯苯-基、可選地對-聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- Z 獨立地選自由伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及  $C_1$  至  $C_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由以下者組成的群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、2-苯基-1H-苯并[d]咪唑基、2-乙基-1H-苯并[d]咪唑基、2-苯基苯并[h]喹啉基、吡啶基、2,2'-聯吡啶基、5-苯基苯并[4,5]咪唑并[1,2-a]喹啉基、9-苯基-1,10-啡啉基及 ( 吡啶 -2- 基 ) 咪唑并 [1,5-a] 吡啶基 ((pyridine-2-yl)imidazo[1,5-a]pyridinyl)；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0144】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括從表 1 所示化合物 A-1 至 A-8 選出的化合物；
- 第二電子傳輸層包括從表 3 所示化合物 B-1 至 B-25 選出的化合物；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0145】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

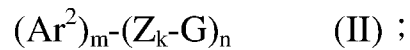
- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- $\text{Ar}^1$  獨立地選自  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{30}$  芳基或  $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{24}$  雜芳基；
- 其中每一個  $\text{Ar}^1$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代： $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{11}$  雜芳基、及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、D、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷氧基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、鹵素、CN 或  $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及  $\text{R}^{10}$  獨立地選自  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{12}$  雜芳基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基；
- 其中  $\text{Ar}^1$  上的每一個  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基取代基及  $\text{Ar}^1$  上的  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{11}$  雜芳基取代基可用  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基或鹵素取代；
- A 獨立地選自  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{18}$  芳基，

- 其中每一個 A 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基及 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、D、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及 R<sup>10</sup>獨立地選自 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至 C<sub>12</sub>雜芳基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基；
- 其中 A 上的每一個 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基取代基可用 C<sub>1</sub>至 C<sub>4</sub>烷基或鹵素取代；
- X 獨立地選自由 C<sub>3</sub>至 C<sub>21</sub>雜芳基及 C<sub>6</sub>至 C<sub>24</sub>芳基組成的群組，
- 其中每一個 X 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至 C<sub>11</sub>雜芳基、及 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、D、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及 R<sup>10</sup>獨立地選自 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至 C<sub>12</sub>雜芳基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基；
- 其中 X 上的每一個 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基取代基及 X 上的每一個 C<sub>3</sub>至 C<sub>11</sub>雜芳基取代基可用 C<sub>1</sub>至 C<sub>4</sub>烷基或鹵素取代；
  - 式(I)化合物的分子偶極矩為 $\geq 0 D$ 及 $\leq 3.5 D$ ；

- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物



- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 0、1 或 2；
- $\text{Ar}^2$  獨立地選自由  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{30}$  雜芳基及  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{42}$  芳基組成的群組，
- 其中每一個  $\text{Ar}^2$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代： $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{11}$  雜芳基、及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、D、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷氧基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、鹵素、CN 或  $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及  $\text{R}^{10}$  獨立地選自  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{12}$  雜芳基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基；
- 其中  $\text{Ar}^2$  上的每一個  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基取代基及  $\text{Ar}^2$  上的每一個  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{11}$  雜芳基取代基可用  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基或鹵素取代；
- Z 獨立地選自  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{18}$  芳基，
- 其中每一個 Z 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代： $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、D、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  分支烷氧基、 $\text{C}_3$  至  $\text{C}_6$  環烷氧基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氟化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷基、部分或全氘化的  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_6$  烷氧基、鹵素、CN 或  $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，其中 Y 選自 O、S 或 Se，較佳地為 O，及  $\text{R}^{10}$  獨立地選自  $\text{C}_6$

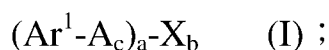
第 75 頁，共 115 頁(發明說明書)

至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>12</sub> 雜芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷氧基；

- 其中 Z 上的每一個 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基取代基可用 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基或鹵素取代；
- G 被選擇，使得 G-苯基化合物的偶極矩為 ≥2 D 及 ≤6 D；
- 第二電子傳輸層可進一步包括化合物(III)，其中化合物(III)包括 8 至 13 個芳香或雜芳香環；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

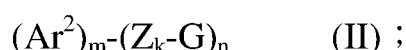
【0146】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- Ar<sup>1</sup> 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>30</sub> 芳基，
- 其中每一個 Ar<sup>1</sup> 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧別啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；
- A 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>18</sub> 芳基，
- 其中每一個 A 可用從由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；

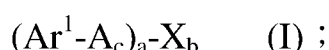
- X 獨立地選自由以下者組成的群組：C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 含 N 雜芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 含 O 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>24</sub> 芳基，
- 其中每一個 X 可用從由苯基、萘基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為 ≥0 D 及 ≤3.0 D；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物



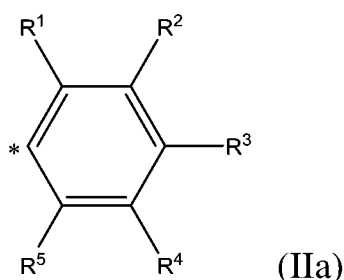
- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 0、1 或 2；
- Ar<sup>2</sup> 獨立地選自由 C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>24</sub> 芳基組成的群組，
- 其中每一個 Ar<sup>2</sup> 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基、可選地對-聯苯-基；
- Z 獨立地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>18</sub> 芳基，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由以下者組成的群組：二烷基氧磷基、二芳基氧磷基、烷基芳基氧磷基、腈、苯甲腈、菸鹼甲腈、醯胺、脲及 C<sub>2</sub> 至 C<sub>42</sub> 雜芳基；其中 G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由 C<sub>6</sub> 至 C<sub>18</sub> 芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>10</sub> 烷基、C<sub>2</sub> 至 C<sub>14</sub> 雜芳基組成的群組；
- 第二電子傳輸層可進一步包括化合物(III)，其中化合物(III)包括 8 至 13 個芳香或雜芳香環；
- 化合物(III)包括至少一雜芳香環；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0147】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



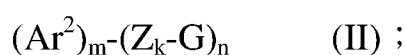
- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- $\text{Ar}^1$  獨立地選自苯基、萘基、蔥基、丙二烯合萘基、咕吨基、螺-咕吨基、萘基、螺-萘基、三苯矽基、四苯矽基或具有式(IIa)的基團



其中

- 星號“\*”表示式(IIa)基團與 A 結合的結合位置；及
- $\text{R}^1$  至  $\text{R}^5$  獨立地選自由以下者組成的群組：H、 $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{12}$  芳基及  $\text{C}_3$  至  $\text{C}_{10}$ (替代地  $\text{C}_4$  至  $\text{C}_5$ )雜芳基，
- 其中每一個  $\text{Ar}^1$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；
- A 獨立地選自伸苯基、伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯，

- 其中每一個 A 可用從由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- X 獨立地選自由 C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 含 N 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>24</sub> 芳基組成的群組，
- 其中每一個 X 可用從由苯基、萘基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為 ≥0 D 及 ≤2.5 D；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物

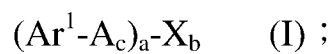


- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 1 或 2；
- Ar<sup>2</sup> 獨立地選自由 C<sub>3</sub> 至 C<sub>21</sub> 含 N 雜芳基及 C<sub>6</sub> 至 C<sub>24</sub> 芳基組成的群組，
- 其中每一個 Ar<sup>2</sup> 可用從由苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基、可選地對聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- Z 獨立地選自由伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由以下者組成的群組：C<sub>2</sub> 至 C<sub>25</sub> 雜芳基；G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由以下者組成的群組：C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、C<sub>2</sub> 至 C<sub>11</sub> 雜芳基；
- 第二電子傳輸層可進一步包括化合物(III)，其中化合物(III)包括 8 至 13 個芳香或雜芳香環；
- 化合物(III)包括至少一雜芳香環；
- 化合物(III)的芳香或雜芳香環為 6 元環；及

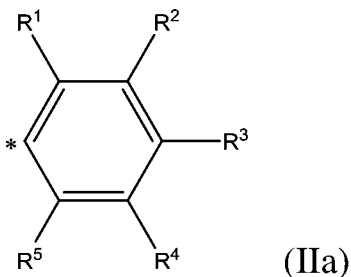
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0148】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- $\text{Ar}^1$  獨立地選自由苯基、蔥基、萸基或式(IIa)的基團組成的群組

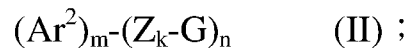


其中  $\text{R}^1$  至  $\text{R}^5$  獨立地選自 H 及苯基，

- 其中每一個  $\text{Ar}^1$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萸基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；
- A 獨立地選自伸苯基、伸萸基、伸聯苯及伸聯三苯，
- 其中每一個 A 可用從由苯基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- X 獨立地選自由以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并咪唑基、喹啉基、苯并喹

啉基苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基、蔥基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基及二萘并呔喃基，

- 其中每一個 X 可用從由苯基、萘基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為 $\geq 0$  D 及 $\leq 2.0$  D；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物

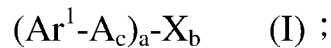


- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 1 或 2；
- $\text{Ar}^2$  獨立地選自由以下者組成的群組：吡啶基(pyridinyl)、三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并咪唑基、喹啉基、苯并喹啉基、二苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基、蔥基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基及二萘并呔喃基，
- 其中每一個  $\text{Ar}^2$  可用從由苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基、可選地對聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- Z 獨立地選自由伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由以下者組成的群組：二- $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$ -烷基氧磷基、二- $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{10}$ -芳基氧磷基及  $\text{C}_2$  至  $\text{C}_{25}$  雜芳基；其中各自的 G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自由  $\text{C}_6$  至  $\text{C}_{10}$  芳基、 $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基、 $\text{C}_2$  至  $\text{C}_5$  雜芳基組成的群組；

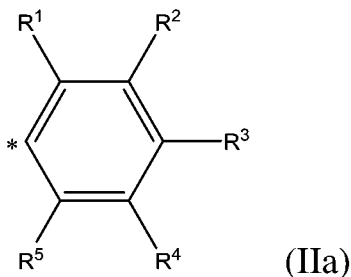
- 第二電子傳輸層可進一步包括化合物(III)，其中化合物(III)包括 8 至 13 個芳香或雜芳香環；
- 化合物(III)包括至少一雜芳香環；
- 化合物(III)包括至少一雜芳香環；
- 化合物(III)的雜芳香環為含 N 雜芳香環；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0149】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



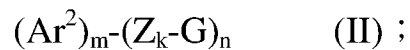
- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- $\text{Ar}^1$  為式(IIa)基團



及  $\text{R}^1$  至  $\text{R}^5$  中至少二者不是 H；

- 其中每一個  $\text{Ar}^1$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；

- A 獨立地選自伸苯基及伸聯苯；
- 其中每一個 A 可用從由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- X 獨立地選自由以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基、蔥基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基及二萘并咪喃基；
- 其中每一個 X 可用從由苯基、萘基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為  $\geq 0$  D 及  $\leq 2.0$  D；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物

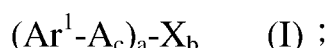


- m 及 n 獨立地為 1 或 2；

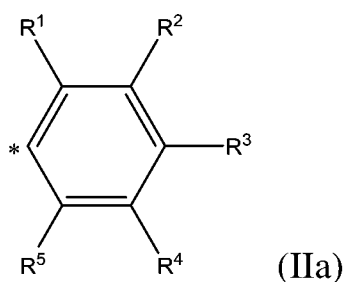
- k 獨立地為 1 或 2；
- $Ar^2$  獨立地選自由以下者組成的群組：二苯并吡啶基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、蔥基、三嗪基、二氮雜菲基、聯三伸苯基、吡啶基(pyridinyl)、二萘并呋喃基，
- 其中每一個  $Ar^2$  可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基、可選地對-聯苯-基；
- Z 獨立地選自由伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及  $C_1$  至  $C_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由以下者組成的群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、腈、苯甲腈、菸鹼甲腈、二-氫-苯并咪唑酮-基、二苯基-丙烷-基、*N,N*-二甲基乙醯胺、醯胺、脲、咪唑基、苯基苯并咪唑基、乙基苯并咪唑基、苯基苯并喹啉基、苯基苯并咪唑并喹啉基、吡啶基(pyridinyl)、聯吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基(lutidenyl)、噻嗪基、嘧啶基、吡嗪基、三苯基-吡嗪基、苯并喹啉基、啡啉基、苯基啡啉基及吡啶基-咪唑并吡啶基；
- 第二電子傳輸層可進一步包括化合物(III)，其中化合物(III)包括 8 至 13 個芳香或雜芳香環；
- 化合物(III)包括至少一雜芳香環；
- 化合物(III)的芳香或雜芳香環為 6 元環；
- 化合物(III)的雜芳香環為含 N 雜芳香環；
- 化合物(III)在每一個雜芳香環中可包括含有一至三 N 個原子的至少一 6 元雜芳香環；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0150】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括式(I)化合物



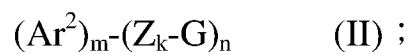
- a 及 b 獨立地為 1 或 2；
- c 獨立地為 0 或 1；
- Ar<sup>1</sup> 為式(IIa)基團



及 R<sup>1</sup> 至 R<sup>5</sup> 中至少二者不是 H，其中 R<sup>1</sup> 至 R<sup>5</sup> 中不是 H 的至少二者互相處於鄰位及/或 R<sup>1</sup> 至 R<sup>5</sup> 中不是 H 的至少一者與\*-位置處於鄰位；

- 其中每一個 Ar<sup>1</sup> 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯并呋喃基、二苯并噻吩-基及苯并噻吩-基；
- A 獨立地選自伸苯基及伸聯苯；
- 其中每一個 A 可用從由苯基及 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；

- X 獨立地選自由以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基，
- 其中每一個 X 可用從由苯基、萘基及聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為 $\geq 0$  D 及 $\leq 2.0$  D；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物



- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 1 或 2；
- $\text{Ar}^2$  獨立地選自由以下者組成的群組：二苯并吡啶基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、蔥基、三嗪基、二氮雜菲基、聯三伸苯基、吡啶基(pyridinyl)、二萘并呋喃基，
- 其中每一個  $\text{Ar}^2$  可用從由苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基、可選地對聯苯-基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- Z 獨立地選自由伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組，
- 其中每一個 Z 可用從由苯基及  $\text{C}_1$  至  $\text{C}_4$  烷基組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代；
- G 選自由以下者組成的群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、2-苯基-1H-苯并[d]咪唑基、2-乙基-1H-苯并[d]咪唑基、2-苯基苯并[h]喹啉基、吡啶基(pyridinyl)、2,2'-聯吡啶基、5-苯基苯并[4,5]咪唑并[1,2-a]喹啉基、9-苯基-1,10-啡啉基及(吡啶-2-基)咪唑并[1,5-a]吡啶基；

- 第二電子傳輸層可進一步包括化合物(III)，其中化合物(III)包括 8 至 13 個芳香或雜芳香環；
- 化合物(III)包括至少一雜芳香環；
- 化合物(III)的芳香或雜芳香環為 6 元環；
- 化合物(III)的雜芳香環為含 N 雜芳香環；
- 化合物(III)在每一個雜芳香環中可包括含有一至三個 N 原子的至少一 6 元雜芳香環；
- 化合物(III)包括二或更多雜芳香環；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

**【0151】** 根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括陽極、陰極、第一發射層、第二發射層、第一電荷產生層及第一電子傳輸層堆疊；其中

- 第一電荷產生層被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第二發射層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊被設置於第一發射層與第一電荷產生層之間；
- 第一電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；
- 第一電子傳輸層包括從表 1 所示化合物 A-1 至 A-8 選出的化合物；
- 第二電子傳輸層包括從表 3 所示化合物 B-1 至 B-25 選出的化合物；
- 第二電子傳輸層進一步包括從表 4 所示化合物 C-1 至 C-6 選出的化合物；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

另外的層

**【0152】** 依據本發明，除了上面已提及的層，該有機電子裝置還可包括另外的層。以下描述各個層的範例性實施方式：

基板

【0153】基板可為在製造例如有機發光二極體之類的電子裝置中通常使用的任何基板。如果光是經由該基板發出的，則該基板應是透明的或半透明的材料，例如玻璃基板或透明塑膠基板。如果光是經由頂表面發出的，則該基板可以是透明材料及不透明材料，例如玻璃基板、塑膠基板、金屬基板或矽基板。

#### 陽極電極

【0154】本發明的有機電子裝置中包括的第一電極或第二電極可為陽極電極。陽極電極可藉由沉積或濺鍍用於形成陽極電極的材料來形成。用於形成陽極電極的材料可為高功函數材料，以促進電洞注入。陽極材料亦可選自低功函數材料(亦即，鋁)。陽極電極可為透明或反射電極。可使用透明導電氧化物，例如銦錫氧化物(ITO)、銦鋅氧化物(IZO)、二氧化錫(SnO<sub>2</sub>)、氧化鋅鋁(AIZO)以及氧化鋅(ZnO)之類的來形成陽極電極。亦可使用金屬(典型地，銀(Ag)、金(Au))或金屬合金來形成陽極電極。透明或半透明電極可促進光經由陽極發出。

#### 電洞注入層

【0155】電洞注入層(HIL)可藉由真空沉積、旋轉塗佈、印刷、澆鑄、狹縫式塗佈、朗繆-布洛傑特沉積或類似者而於陽極電極上形成。當 HIL 是使用真空沉積形成時，沉積條件可根據用於形成 HIL 的化合物以及 HIL 的期望結構及熱性質而有所不同。然而，一般而言，用於真空沉積的條件可包括 100°C 至 500°C 的沉積溫度、10<sup>-8</sup> 至 10<sup>-3</sup> Torr 的壓力(1 Torr 等於 133.322 Pa)以及 0.1 至 10 nm/sec 的沉積速率。

【0156】當 HIL 是使用旋轉塗佈或印刷被形成時，塗佈條件可根據用於形成 HIL 的化合物以及 HIL 的期望結構及熱性質而有所不同。例如，塗佈條件可包括：約 2000 rpm 至約 5000 rpm 的塗佈速度以及約 80°C 至約 200°C 的熱處理溫度。執行塗佈後，熱處理移除溶劑。

【0157】HIL 可由形成 HIL 通常使用的任何化合物形成。可用於形成 HIL 的化合物的實例包括：酞青化合物(例如，銅酞青(CuPc))、4,4',4''-三(3-甲基苯基胺基)三苯基胺(m-MTDATA)、TDATA、2T-NATA、聚苯胺/十二烷基苯磺酸(Pani/DBSA)、聚(3,4-乙炔二氧噻吩)/聚(4-苯乙炔磺酸)(PEDOT/PSS)、聚苯胺/樟腦磺酸(Pani/CSA)以及聚苯胺/聚 4-苯乙炔磺酸(PANI/PSS)。

【0158】該 HIL 可包括 p 型摻雜物或可由 p 型摻雜物組成，且該 p 型摻雜物可選自：四氟四氰基醯二甲烷(F4TCNQ)、2,2'(全氟萘-2,6-二亞基)二丙二腈、4,4',4''-((1E,1'E,1''E)-環丙烷-1,2,3-三亞基三(氰甲基亞基))三(2,3,5,6-四氟苯甲腈)((4,4',4''-((1E,1'E,1''E)-cyclopropane-1,2,3-triylidenetris(cyanomethanylylidene))tris(2,3,5,6-tetrafluorobenzonitrile))或 2,2',2''-(環丙烷-1,2,3-三亞基)三(2-(對氰基四氟苯基)乙腈)，但並不限於此。HIL 可選自以 p 型摻雜物摻雜的電洞傳輸基質化合物。已知摻雜電洞傳輸材料的典型實例為：用四氟四氰基醯二甲烷(F4TCNQ)(其 LUMO 能階為約-5.2eV)摻雜的銅酞菁(CuPc)(其 HOMO 能階近似為-5.2eV)；用 F4TCNQ 摻雜的鋅酞菁(ZnPc)(HOMO=-5.2eV)；用 F4TCNQ 摻雜的  $\alpha$ -NPD(N,N'-雙(萘-1-基)-N,N'-雙(苯基)-聯苯胺)。用 2,2'(全氟萘-2,6-二亞基)二丙二腈摻雜  $\alpha$ -NPD。p 型摻雜物的濃度可選自 1 至 20 wt.-%、更佳地選自 3 wt.-% 至 10 wt.-%。

【0159】HIL 的厚度可在約 1 nm 至約 100 nm 的範圍中，且例如在約 1 nm 至約 25 nm 的範圍中。當 HIL 的厚度在此範圍內時，HIL 可具有優異的電洞注入特性，而驅動電壓無實質損失。

### 電洞傳輸層

【0160】電洞傳輸層(HTL)可藉由真空沉積、旋轉塗佈、狹縫式塗佈、印刷、澆鑄、朗繆-布洛傑特(LB)沉積或類似者而於 HIL 上形成。當 HTL 是藉由真空沉

積或旋轉塗佈形成時，沉積及塗佈的條件可與 HIL 的形成條件相似。然而，用於真空或溶液沉積的條件可根據用於形成 HTL 的化合物而有所不同。

【0161】HTL 可由用於形成 HTL 通常使用的任何化合物形成。可適合使用的化合物揭露於例如 Yasuhiko Shirota and Hiroshi Kageyama, Chem. Rev. 2007, 107, 953-1010 中，其藉由引用併入本文。可用於形成 HTL 的化合物的實例有：咪唑衍生物，例如，N-苯基咪唑或聚乙炔基咪唑；聯苯胺衍生物，例如，N,N'-雙(3-甲基苯)-N,N'-二苯基-[1,1-聯苯]-4,4'-二胺(TPD)、或 N,N'-二(萘-1-基)-N,N'-二苯基聯苯胺(alpha-NPD)；及三苯胺型化合物，例如，4,4',4''-三(N-咪唑基)三苯胺(TCTA)。在此等化合物中，TCTA 可傳輸電洞且抑制激子擴散入 EML 中。

【0162】HTL 的厚度可在約 5 nm 至約 250 nm 的範圍中、較佳在約 10 nm 至約 200 nm 的範圍中、進一步在約 20 nm 至約 190 nm 的範圍中、進一步在約 40 nm 至約 180 nm 的範圍中、進一步在約 60 nm 至約 170 nm 的範圍中、進一步在約 80 nm 至約 160 nm 的範圍中、進一步在約 100 nm 至約 160 nm 的範圍中、進一步在約 120 nm 至約 140 nm 的範圍中。HTL 的較佳厚度可為 170 nm 至 200 nm。

【0163】當 HTL 的厚度是在此範圍內時，HTL 可具有優異的電洞傳輸特性，而驅動電壓無實質損失。

#### 電子阻擋層

【0164】電子阻擋層(EBL)的功能是防止電子自發射層傳輸至電洞傳輸層，且因此將電子限定於發射層內。因此，效率、操作電壓及/或使用期限被改良。典型地，電子阻擋層包括三芳胺化合物。相較於電洞傳輸層的 LUMO 能階，三芳胺化合物可具有更接近真空能階的 LUMO 能階。與電洞傳輸層的 HOMO 能階相較下，該電子阻擋層可具有更偏離真空能階的 HOMO 能階。電子阻擋層的厚度可選自 2 與 20 nm 之間。

【0165】如果電子阻擋層具有高三重態能階，則其亦可被描述為三重態控制層。

【0166】如果使用綠色或藍色磷光發射層，則三重態控制層的功能是減少三重態的淬滅。因此，可達成自磷光發射層的較高光發射效率。三重態控制層選自具有三重態能階高於相鄰發射層中的磷光發射體的三重態能階的三芳胺化合物。用於三重態控制層的適合化合物(特別是三芳胺化合物)描述於 EP 2 722 908 A1 中。

### 發射層(EML)

【0167】EML 可藉由真空沉積、旋轉塗佈、狹縫式塗佈、印刷、澆鑄、LB 沉積或類似者於 HTL 上形成。當 EML 是使用真空沉積或旋轉塗佈被形成時，用於沉積及塗佈的條件可與用於形成 HIL 的條件相似。然而，沉積及塗佈的條件可根據用於形成 EML 的化合物而有所不同。

【0168】可設想，發射層不包括式(I)、(II)化合物及/或化合物(III)。

【0169】發射層(EML)可由主體(host)與發射體摻雜物的組合形成。主體的實例為 Alq3、4,4'-N,N'-二吡啶-聯苯(CBP)、聚(n-乙基吡啶)(PVK)、9,10-二(萘-2-基)蒽(ADN)、4,4',4''-三(吡啶-9-基)-三苯胺(TCTA)、1,3,5-三(N-苯基苯并咪唑-2-基)苯(TPBI)、3-三級丁基-9,10-二-2-萘基蒽(TBADN)、二苯乙烯伸芳基(DSA)及雙(2-(2-羥基苯基)苯并噻唑合)鋅(bis(2-(2-hydroxyphenyl)benzo-thiazolate)zinc)(Zn(BTZ)2)。

【0170】發射體摻雜物可為磷光或螢光發射體。磷光發射體及經由熱活化延遲螢光(TADF)機制發射光的發射體可為較佳的，這是由於其較高的效率。發射體可為小分子或聚合物。

【0171】紅色發射體摻雜物的實例為 PtOEP、Ir(piq)3 及 Btp2lr(acac)，但不限於此。這些化合物為磷光發射體，然而，紅色螢光發射體摻雜物亦可被使用。

【0172】綠色磷光發射體摻雜物的實例為  $\text{Ir(ppy)}_3$ (ppy= 苯吡啶)、 $\text{Ir(ppy)}_2(\text{acac})$ 、 $\text{Ir(mpyp)}_3$ 。

【0173】藍色磷光發射體摻雜物的實例為  $\text{F2Irpic}$ 、 $(\text{F2ppy})_2\text{Ir(tmd)}$ 及  $\text{Ir(dfppz)}_3$  及三萘。4,4'-雙(4-二苯基胺基苯乙烯基)聯苯(4,4'-bis(4-diphenylaminstyryl)biphenyl)(DPAVBi)、2,5,8,11-四-三級丁基芘(TBPe)為藍色螢光發射體摻雜物的實例。

【0174】發射體摻雜物的量可在基於 100 重量份的主體的約 0.01 至約 50 重量份的範圍中。替代地，發射層可由發光聚合物組成。EML 可具有約 10 nm 至約 100 nm 的厚度，例如約 20 nm 至約 60 nm 的厚度。當 EML 的厚度在此範圍內時，EML 可具有優異的光發射性，而驅動電壓無實質損失。

#### 電洞阻擋層(HBL)

【0175】電洞阻擋層(HBL)可藉由使用真空沉積、旋轉塗佈、狹縫式塗佈、印刷、澆鑄、LB 沉積或類似者而被形成於 EML 上，以防止電洞擴散至 ETL 中。當 EML 包括磷光摻雜物時，HBL 亦可具有三重態激子阻擋功能。

【0176】當 HBL 是使用真空沉積或旋轉塗佈而被形成時，用於沉積及塗佈的條件可與用於形成 HIL 的條件相似。然而，沉積及塗佈的條件可根據用於形成 HBL 的化合物而有所不同。可使用通常用於形成 HBL 的任何化合物。用於形成 HBL 的化合物的實例包括噁二唑衍生物、三唑衍生物及啡啉衍生物。

【0177】HBL 可具有在約 5 nm 至約 100 nm 的範圍中的厚度，例如在約 10 nm 至約 30 nm 範圍中的厚度。當 HBL 的厚度在此範圍內時，HBL 可具有優異的電洞阻擋性質，而驅動電壓無實質損失。

#### 電子傳輸層(ETL)

【0178】根據本發明的 OLED 可包括至少二電子傳輸層(ETL)。至少二電子傳輸層為本文定義的第一電子傳輸層及第二電子傳輸層。此外，OLED 可包括上

面定義的或上面未定義的另外的 ETL。如果附加的(一或多個)ETL 不是上面定義的，則其特性可以如下。

【0179】根據各種實施方式，OLED 可包括電子傳輸層堆疊，該電子傳輸層堆疊包括至少一第一電子傳輸層(ETL-1)及至少一第二電子傳輸層(ETL-2)，ETL-1 包括式(I)化合物，ETL-2 包括式(II)化合物。

【0180】藉由適合地調整 ETL 的特定層的能階，電子的注入及傳輸可被控制，且電洞可有效地被阻擋。因此，OLED 可具有長使用期限、改良的性能及穩定性。

#### 電子注入層(EIL)

【0181】可促進電子自陰極可選地注入第二電子傳輸層堆疊中的 EIL 可形成於第二電子傳輸層堆疊上，較佳地直接形成於第二電子傳輸層堆疊上，較佳地直接形成於第二電子傳輸層堆疊的第二電子傳輸層上，較佳地與第二電子傳輸層堆疊的第二電子傳輸層直接接觸。用於形成 EIL 的或 EIL 中包括的材料的事例包括本領域已知的 8-羥基喹啉-鋰(LiQ)、LiF、NaCl、CsF、Li<sub>2</sub>O、BaO、Ca、Ba、Yb、Mg。用於形成 EIL 的沉積及塗佈的條件與用於形成 HIL 的條件相似，但用於沉積及塗佈的條件可根據用於形成 EIL 的材料而有所不同。EIL 可包括用 n 型摻雜物摻雜的有機基質材料。基質材料可選自為一般用作電子傳輸層的基質材料。

【0182】EIL 可由若干 EIL 子層組成。在 EIL 由若干單一 EIL 子層組成的情況中，子層的數量較佳地為 2。單一 EIL 子層可包括用於形成 EIL 的不同材料。

【0183】EIL 的厚度可在約 0.1 nm 至約 10 nm 的範圍中，例如在約 0.5 nm 至約 9 nm 的範圍中。當 EIL 的厚度在此範圍內時，該 EIL 可具有令人滿意的電子注入性質，而驅動電壓無實質損失。

【0184】本發明的電子傳輸層堆疊不是電子注入層的一部分。

第 93 頁，共 115 頁(發明說明書)

### 陰極電極

【0185】陰極電極形成於 EIL(如果存在上，較佳地直接形成於 EIL 上，較佳地與 EIL 直接接觸。就本發明而言，可將陰極及 EIL 視為賦能電子注入電子傳輸層堆疊中的功能部。陰極電極可由金屬、合金、導電化合物或其混合物形成。陰極電極可具有低功函數。例如，陰極電極可由鋰(Li)、鎂(Mg)、鋁(Al)、鋁-鋰(Al-Li)、鈣(Ca)、鋇(Ba)、鐿(Yb)、鎂-銦(Mg-In)、鎂-銀(Mg-Ag)或類似物形成。替代地，陰極電極可由例如 ITO 或 IZO 之類的透明導電氧化物形成。

【0186】陰極電極的厚度可在約 5 nm 至約 1000 nm 的範圍中，例如在約 10 nm 至約 100 nm 的範圍中。當陰極電極的厚度在約 5 nm 至約 50 nm 的範圍中時，即使由金屬或金屬合金形成，陰極電極仍可為透明的或半透明的。透明的或半透明的陰極可促進光經由陰極發出。

【0187】應該理解，陰極電極及電子注入層不是電子傳輸層堆疊的第二電子傳輸層的或任何其他部分的一部分。

### 電荷產生層

【0188】本發明的 OLED 中包括的電荷產生層(CGL)，亦即，第一 CGL 以及任何其他 CGL 可包括 p 型 CGL 及 n 型 CGL。中間層可被設置於 p 型層與 n 型層之間。

【0189】典型地，電荷產生層 CGL 為 n 型電荷產生層(電子產生層，n 型 CGL)與 a 型電荷產生層(電洞產生層，p 型 CGL)接合的 pn 界面。pn 界面的 n 側產生電子並將其注入在方向上與陽極相鄰的層中。類似地，p-n 界面的 p 側產生電洞並將其注入在方向上與陰極相鄰的層中。

【0190】電荷產生層用於在陰極與陽極之間包括二或更多發射層的串接 OLED(例如本揭露的串接 OLED)中。在包括二發射層的串接 OLED 中，n 型電

荷產生層對被設置為接近陽極的第一光發射層提供電子，而電洞產生層對被設置於第一發射層與陰極之間的第二光發射層提供電洞。

【0191】用於電洞產生層的適合的基質材料可為一般用作電洞注入及/或電洞傳輸基質材料的材料。再者，用於電洞產生層的 p 型摻雜物可採用習用材料。例如，p 型摻雜物可選自由以下者組成的群組：四氟-7,7,8,8-四氰基醌二甲烷(F4-TCNQ)、四氰基醌二甲烷衍生物、軸烯衍生物、碘化合物、FeCl<sub>3</sub>、FeF<sub>3</sub> 及 SbCl<sub>5</sub>。再者，主體可為選自由以下者組成的群組中的一者：N,N'-二(萘-1-基)-N,N'-二苯基-聯苯胺(NPB), N,N'-二苯基-N,N'-雙(3-甲基苯)-1,1-聯苯-4,4'-二胺(TPD)及 N,N',N'-四萘基-聯苯胺(TNB)。p 型電荷產生層可由 CNHAT 組成。

【0192】n 型電荷產生層可為例如正電性金屬的純 n 型摻雜物的層、或可由用 n 型摻雜物摻雜的有機基質材料組成。在一個實施方式中，n 型摻雜物可為鹼金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬、鹼土金屬化合物、過渡金屬、過渡金屬化合物或稀土金屬。在另一個實施方式中，金屬可為選自由 Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、La、Ce、Sm、Eu、Tb、Dy 及 Yb 組成的群組中的一者。更具體地，n 型摻雜物可為選自 Cs、K、Rb、Mg、Na、Ca、Sr、Eu 及 Yb 組成的群組中的一者。對 n 型電荷產生層適合的基質材料可為一般用作電子注入或電子傳輸層的基質材料的材料。該基質材料可為例如選自由以下者組成的群組中的一者：如三嗪化合物的含 N 雜環化合物或例如化合物 E 的二氫雜菲(phenanthroline)化合物或聯吡啶基或聯三吡啶基化合物、或如三(8-羥基喹啉)鋁的羥基喹啉衍生物、苯并唑衍生物及矽咯(silole)衍生物。

【0193】電洞產生層可被設置為直接接觸 n 型電荷產生層。

【0194】本發明的電子傳輸堆疊不是電荷產生層的一部分。

*有機發光二極體(OLED)*

【0195】根據本發明的各種實施方式，可在基板上或上部電極上提供被設置於上面提及層之間的 OLED 層。

【0196】根據本發明的一個態樣，提供了一種有機發光二極體，包括：基板、陽極、第一電洞注入層、第一電洞傳輸層、第一電子阻擋層、第一發射層、第一可選電洞阻擋層、第一電子傳輸層堆疊、n 型電荷產生層、電洞產生層、第二電洞傳輸層、第二電子阻擋層、第二發射層、第二可選電洞阻擋層、第二電子傳輸層堆疊、第二電子注入層及陰極。

【0197】根據本發明的一個態樣，提供了一種有機發光二極體，包括：基板、陽極、電洞注入層、第一電洞傳輸層、第一電子阻擋層、第一發射層、包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層的第一電子傳輸層堆疊、第一電荷產生層、第二電洞傳輸層、第二電子阻擋層、第二發射層、包括第三電子傳輸層(=第二堆疊的第一電子傳輸層)及第四電子傳輸層(=第二堆疊的第二電子傳輸層)的第二電子傳輸層堆疊、第二電荷產生層、第三電洞傳輸層、第三電子阻擋層、第三發射層、包括第五電子傳輸層(第三堆疊的第一電子傳輸層)及第六電子傳輸層(=第三堆疊的第二電子傳輸層)的第三電子傳輸層堆疊、電子注入層及陰極。

【0198】根據一個態樣，OLED 可包括被設置為與陽極電極相鄰的基板的層結構，陽極電極被設置為與第一電洞注入層相鄰，第一電洞注入層被設置為與第一電洞傳輸層相鄰，第一電洞傳輸層被設置為與第一電子阻擋層相鄰，第一電子阻擋層被設置為與第一發射層相鄰，第一發射層被設置為與包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層的第一電子傳輸層堆疊相鄰，第一電子傳輸層堆疊被設置為與電子注入層相鄰，電子注入層被設置為與陰極電極相鄰。

【0199】例如，根據圖 1 的 OLED 可由製程形成，其中在基板 110 上，以如下順序依序地形成：陽極 120、第一電洞注入層 130、第一電洞傳輸層 140、第一電子阻擋層 145、第一發射層 150、第一電子傳輸層堆疊 160、n 型電荷產

第 96 頁，共 115 頁(發明說明書)

生層 185、電洞產生層 135、第二電洞傳輸層 141、第二電子阻擋層 146、第二發射層 151、第二電子傳輸層堆疊 165、第二電子注入層 181 及陰極 190。

【0200】例如，根據圖 2 的 OLED 可由製程形成，其中在陽極 120 上，以如下順序依序地形成：電洞注入層 130；第一電洞傳輸層 140；第一電子阻擋層 145；第一發射層 150；包括第一電子傳輸層 161 及第二電子傳輸層 162 的第一電子傳輸層堆疊 160；包括 n 型 CGL 子層 184a 及 P 型 CGL 子層 184b 的第一電荷產生層 184；第二電洞傳輸層 141；第二電子阻擋層 146；第二發射層 151；包括第三電子傳輸層(=第二堆疊的第一電子傳輸層)166 及第四電子傳輸層(=第二堆疊的第二電子傳輸層)167 的第二電子傳輸層堆疊 165；包括 n 型 CGL 子層 186a 及 P 型 CGL 子層 186b 的第二電荷產生層 186；第三電洞傳輸層 142；第三電子阻擋層 147；第三發射層 152；包括第五電子傳輸層(=第三堆疊的第一電子傳輸層)163 及第六電子傳輸層(=第三堆疊的第二電子傳輸層)164 的第三電子傳輸層堆疊 168；電子注入層 181；及陰極 190。

【0201】根據本發明的另一個態樣，提供一種製造有機電子裝置的方法，該方法使用：

- 至少一沉積源，較佳地二沉積源及更佳地至少三沉積源。

【0202】適合的沉積方法包括：

- 經由真空熱蒸鍍的沉積；
- 經由溶液處理的沉積，較佳地該處理選自旋轉塗佈、印刷、澆鑄；及/或
- 狹縫式塗佈。

【0203】在(一或更多)第二電子傳輸層包括化合物(III)及式(II)化合物的情況中，二化合物可藉由自二單獨的沉積源的共沉積而被沉積或作為一個單沉積源的預混物而被沉積。

【0204】根據本發明的各種實施方式，該方法可進一步包括於陽極電極上形成發射層及至少一層，形成至少一層從由於陽極電極與第一電子傳輸層之間形成電洞注入層、形成電洞傳輸層、或形成電子電洞阻擋層組成的群組選出。

【0205】根據本發明的各種實施方式，該方法可進一步包括用於形成有機發光二極體(OLED)的步驟，其中

- 於基板上形成第一陽極電極，
- 於第一陽極電極上形成發射層，
- 於發射層上形成電子傳輸層堆疊、及於電子傳輸層堆疊上形成電荷產生層，
- 及最後形成陰極電極，
- 可選的，電洞注入層、電洞傳輸層以此順序形成於第一陽極電極與發射層之間，
- 電荷產生層被形成於電子傳輸層堆疊與陰極電極之間。

【0206】根據各種實施方式，OLED 可具有以下的層結構，其中這些層具有以下的順序：

陽極、電洞注入層、電洞傳輸層、電子阻擋層、發射層、可選地電洞阻擋層、電子傳輸層堆疊、n 型 CGL、p 型 CGL、電洞傳輸層、電子阻擋層、發射層、可選地電洞阻擋層、電子傳輸層堆疊、n 型 CGL、p 型 CGL、電洞傳輸層、電子阻擋層、發射層、可選地電洞阻擋層、電子傳輸層堆疊、電子注入層及陰極。

【0207】根據本發明的另一個態樣，提供一種包括根據此申請案各處描述的任何實施方式的至少一有機發光裝置的電子裝置，較佳地，在此申請案各處描述的實施方式中的一者中，該電子裝置包括有機發光二極體。更佳地，該電子裝置為顯示裝置或照明裝置。

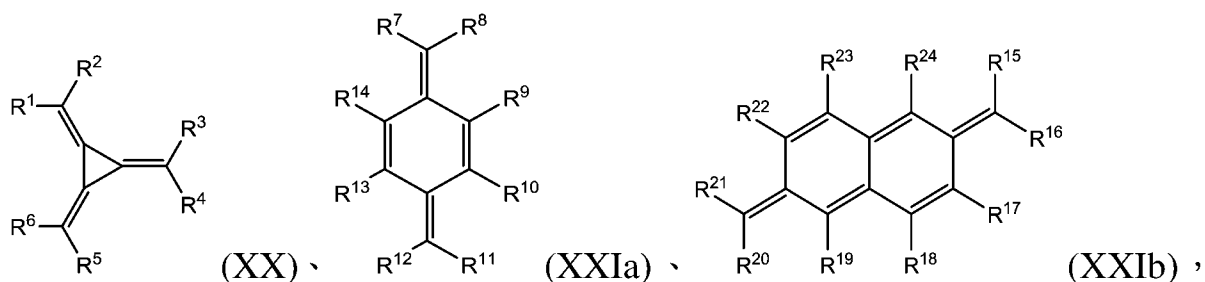
【0208】在一個實施方式中，根據本發明的有機電子裝置可進一步包括：包括軸烯(radialene)化合物及/或醌二甲烷(quinodimethane)化合物的層。

【0209】在一個實施方式中，可用一或更多鹵素原子及/或用一或更多拉電子基團取代軸烯化合物及/或醌二甲烷化合物。拉電子基團可選自腈基團、鹵化烷基基團，替代地，可選自全鹵化烷基基團，替代地，可選自全氟化烷基基團。拉電子基團的其他實例可為醯基、磺醯基基團或磷酸基基團。

【0210】替代地，醯基基團、磺醯基基團及/或磷酸基基團可包括鹵化及/或全鹵化烴基。在一個實施方式中，全鹵化烴基可為全氟化烴基。全氟化烴基的實例可為全氟化甲基、全氟化乙基、全氟化丙基、全氟化異丙基、全氟化丁基、全氟化苯基、全氟化氟甲苯基；包括鹵化烴基的磺醯基基團的實例可為三氟甲基磺醯基、五氟乙基磺醯基、五氟苯基磺醯基、庚氟丙基磺醯基、辛氟丁基磺醯基及類似者。

【0211】在一個實施方式中，軸烯及/或醌二甲烷化合物可被包括於電洞注入、電洞傳輸及/或電洞產生層中。

【0212】在一個實施方式中，軸烯化合物可具有式(XX)，及/或醌二甲烷化合物可具有式(XXIa)或(XXIb)：



其中 R<sup>1</sup>、R<sup>2</sup>、R<sup>3</sup>、R<sup>4</sup>、R<sup>5</sup>、R<sup>6</sup>、R<sup>7</sup>、R<sup>8</sup>、R<sup>11</sup>、R<sup>12</sup>、R<sup>15</sup>、R<sup>16</sup>、R<sup>20</sup>、R<sup>21</sup> 獨立地選自上面提及的拉電子基團，及 R<sup>9</sup>、R<sup>10</sup>、R<sup>13</sup>、R<sup>14</sup>、R<sup>17</sup>、R<sup>18</sup>、R<sup>19</sup>、R<sup>22</sup>、R<sup>23</sup> 及 R<sup>24</sup> 獨立地選自 H、鹵素及上面提及的拉電子基團。

【0213】在下文中，參考實例更詳細說明實施方式。然而，本揭露並不限於以下實例。現在，將對範例性態樣進行詳細闡釋。

#### 一般定義

【0214】在本說明書中，當未另行提供定義時，“烷基基團”可指脂肪族烴基團。烷基基團可指沒有任何雙鍵或三鍵的“飽和烷基基團”。本文中使用的用語“烷基”應包含線性以及分支及環烷基。例如，C<sub>3</sub> 烷基可選自正丁基及異丙基。而且，C<sub>4</sub> 烷基包含正丁基、二級丁基及三級丁基。而且，C<sub>6</sub> 烷基包含正己基及環己基。

【0215】如果未另外明確闡釋，如本文中使用的，星號“\*”因此表示所標記的部分與另一個部分鍵結的結合位置。

【0216】C<sub>n</sub> 中的下標數目 n 與各個烷基、伸芳基、伸雜芳基或芳基基團中的碳原子的總數有關。

【0217】本文使用的用語“芳基”或“伸芳基”應包含苯基(C<sub>6</sub>-芳基)、稠芳香族，例如，萘、蒽、菲、稠四苯等等。進一步包含的為聯苯及寡苯基或聚苯基，例如聯三苯、苯基取代的聯苯、苯基取代的聯三苯(例如，四苯苯基團(tetraphenyl benzole group))等等。“伸芳基”、“伸雜芳基”分別指二個另外部分附接至的基團。在本說明書中，用語“芳基基團”或“伸芳基基團”可指包括至少一芳香烴(hydrocarbon aromatic)部分的基團，且芳香烴部分的所有元素可具有形成共軛的 p 軌域，例如苯基基團、萘基基團、蒽基基團、菲基基團、芘基基團、蒽基基團及類似者。進一步包含的為其中二芳香部分經由螺原子彼此連接的螺化合物，例如 9,9'-螺二[9H-芘]基。芳基或伸芳基基團可包括單環或稠環多環(亦即，共用相鄰碳原子對的鏈)官能基團。

【0218】本文使用的用語“雜芳基”指其中至少一碳原子用雜原子取代的芳基基團。用語“雜芳基”可指具至少一雜原子的芳香雜環，且雜芳香烴部分的所有

元素可具有形成共軛的 p 軌域。雜原子可選自 N、O、S、B、Si、P、Se，較佳地選自 N、O 及 S。伸雜芳基環可包括至少一雜原子。較佳地，伸雜芳基環可包括個別地選自 N、S 及/或 O 的至少 1 至 3 雜原子。正如“芳基”/“伸芳基”的情況中一樣，用語“雜芳基”包括例如其中二芳香部分互相連接的螺化合物，例如，螺[萸-9,9'-咕吨]。另外的範例性雜芳基基團為二嗪、三嗪、二苯并呋喃、二苯并硫代呋喃(dibenzothiofurane)、吡啶、苯并吡啶、二苯并吡啶等等。

**【0219】** 如本文中使用的用語“烯基”指包括碳碳雙鍵的基團- $CR^1=CR^2R^3$ 。

**【0220】** 本文中使用的用語“全鹵化的”指其中烴基基團的所有氫原子由鹵素(F、Cl、Br、I)原子代替的烴基基團。

**【0221】** 本文中使用的用語“烷氧基”指 R 為烴基(較佳地為烷基或環烷基)的式-OR 的結構片段。

**【0222】** 本文中使用的用語“硫烷基”指 R 為烴基(較佳地為烷基或環烷基)的式-SR 的結構片段。

**【0223】**  $C_n$  雜芳基中的下標數目僅指不含雜原子的數目的碳原子的數目。在此上下文中，顯然， $C_3$  伸雜芳基基團為包括三碳原子的芳香化合物，例如，吡唑、咪唑、噁唑、噻唑及類似者。

**【0224】** 此處使用的用語“雜芳基”應包含吡啶、喹啉、苯并喹啉、喹啉、苯并喹啉、嘧啶、吡嗪(pyrazine)、三嗪、苯并咪唑、苯并噻唑、苯并[4,5]噻吩并[3,2-d]嘧啶、呋唑、咕吨、吩噁嗪(phenoxazine)、苯并吡啶、二苯并吡啶及類似者。

**【0225】** 在本說明書中，單鍵指直接鍵。

**【0226】** 本文使用的用語“氟化的”指於其中烴基團中包括的至少一氫原子被氟原子取代的烴基團。其所有氫原子被氟原子取代的氟化基團被稱為全氟化基團，且特別是用用語“氟化的”來表示。

【0227】依照本發明，如果一基團中包括的氫原子中的一者由另一基團代替，則此基團是被另一基團“取代”，其中該另一基團為取代基。

【0228】依照本發明，針對一層在二其他層之間用語“在...之間”不排除存在可被設置於該一層與二個其他層中的之一者之間的另外層。依照本發明，針對二層彼此直接接觸的用語“直接接觸”意指沒有另外的層被設置於那二層之間。一層沉積於另一層的頂部上暗示與此層直接接觸。

【0229】用語“夾在之間接觸”指三層的佈置，其中在中間的層與二個相鄰層直接接觸。

【0230】針對本發明的電子傳輸層堆疊，實驗部分中提及的化合物為最佳。

【0231】照明裝置可為用於照明、照射、傳訊、或投影的任何裝置。它們被對應地分類為照明、照射、傳訊及投影裝置。照明裝置通常由光照射源、以期望方向將輻射通量傳送至空間內的裝置及將零件連結成單一裝置並保護輻射源及透光系統不被周圍破壞及影響的殼體組成。

【0232】根據另一個態樣，根據本發明的有機電致發光裝置包括二或三或更多發射層。包括多於一個發射層的 OLED 亦被描述為串接 OLED 或堆疊 OLED。

【0233】有機電致發光裝置(OLED)可為底發射裝置或頂發射裝置。有機電致發光裝置(OLED)可經由透明陽極或經由透明陰極發出光。

【0234】另一個態樣針對包括至少一有機電致發光裝置(OLED)的裝置。

【0235】包括有機發光二極體的裝置為例如顯示器或照明板。

【0236】在本發明中，下面定義了用語，除非請求項或此說明書的其他地方給出不同定義，這些定義將被適用。

【0237】在本發明的上下文中，用語“不同的”或“不同”在與基質材料結合時意指基質材料的結構式不同。

【0238】用語“OLED”及“有機發光二極體”被同時使用、且具有相同的涵義。本文使用的用語“有機電致發光裝置”可包括有機發光二極體以及有機發光電晶體(OLET)。

【0239】如本文中使用的，“重量百分比(weight percent)”、“wt.-%”、“重量百分比(percent by weight)”、“重量%”及其變形將組成物、組成、物質或試劑稱為各自的電子傳輸層的那個組成、物質或試劑的重量除以其各自的電子傳輸層的總重量並乘以 100。應該理解，選擇各自的電子傳輸層及電子注入層的所有組成、物質及試劑的總重量百分數，使得其不超過 100 wt.-%。

【0240】如本文使用的，“體積百分比(volume percent)”、“vol.-%”、“體積百分比(percent by volume)”、“體積%”及其變形將組成物、組成、物質或試劑稱為各自的電子傳輸層的那個組成、物質或試劑的體積除以其各自的電子傳輸層的總體積且乘以 100。應該理解，選擇陰極層的所有組成、物質及試劑的總體積百分數，使得其不超過 100 vol.-%。

【0241】本文假定所有數值由用語“約”修飾，而無論是否明確地指示。如本文使用的，用語“約”指數量可能發生的變化。無論是否由用語“約”修飾，請求項包括這些量的等效量。

【0242】應該指出，如在此說明書及所附請求項中使用的，單數形式“一(a)”、“一(an)”、及“該”包括多個提及物，除非內容另外有明確指定。

【0243】用語“無”、“不含有”、“不包括”並不排除雜質。雜質對本發明達成的目的沒有技術影響。

【0244】在本說明書的上下文中，用語“基本上非發射性的”或“非發射性”意指該化合物或層對該裝置的可見發射光譜的貢獻小於該可見發射光譜的 10%，較佳地小於 5%。該可見發射光譜為波長為約 $\geq 380$  nm 至約 $\leq 780$  nm 的發射光譜。

【0245】較佳地，包括式(I)化合物的有機半導體層為基本上非發射性的或非發射性的。

【0246】在 10 毫安培/平方公分( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )下，以伏特(v)為單位測得操作電壓(亦稱為 U)。

【0247】在 10 毫安培/平方公分( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )下，以坎德拉/安培為單位測得坎德拉/安培效率(亦稱為  $\text{cd}/\text{A}$  效率)。

【0248】以百分比(%)測得外部量子效率(亦稱為 EQE)。

【0249】色彩空間是藉由坐標 CIE-x 及 CIE-y 被描述(International Commission on Illumination 1931)。對於藍色發射，CIE-y 格外重要。較小的 CIE-y 代表較深的藍色色彩。將相同 CIE-y 處的效率值進行比較。

【0250】以電子伏特(eV)為單位測得最高佔據分子軌域(亦稱為 HOMO)及最低未佔據分子軌域(亦稱為 LUMO)。

【0251】用語“OLED”、“有機發光二極體”、“有機發光裝置”、“有機光電裝置”及“有機發光二極體”被同時使用、且具有相同的涵義。

【0252】用語“壽命(life-span)”及“使用期限(lifetime)”被同時使用、且具有相同的涵義。

【0253】陽極及陰極可被描述為陽極電極/陰極電極或陽極電極/陰極電極或陽極電極層/陰極電極層。

【0254】室溫(亦被稱為環境溫度)為  $23^\circ\text{C}$ 。

#### 【圖式簡單說明】

【0255】根據以下結合附圖對範例性實施方式的描述，本發明的這些及/或其他態樣及優點變得顯而易見且更容易理解，其中：

圖 1 是根據本發明的範例性實施方式的多發射層有機發光二極體(OLED)的示意截面圖；

圖 2 是根據本發明的範例性實施方式的多發射層 OLED 的示意截面圖。

### 【實施方式】

【0256】現在將詳細闡釋本發明的範例性實施方式，其實例例示於附圖中，其中於各處，相似的元件符號指相似的元件。以下將參考圖式描述範例性實施方式，以解釋本發明的態樣。

【0257】在本文中，當稱第一元件形成或設置於第二元件“上”或“之上”時，第一元件可直接設置於第二元件上，或一或更多其他元件可設置於它們之間。當稱第一元件“直接”形成或設置於第二元件“上”或“之上”時，沒有其他元件設置於它們之間。

【0258】圖 1 是根據本發明的範例性實施方式的有機發光二極體(OLED)200 的示意截面圖。OLED 200 包括：基板 110；陽極 120；第一電洞注入層(HIL-1)130；第一電洞傳輸層 (HTL-1)140；第一電子阻擋層 (EBL-1)145；第一發射層 (EML-1)150；第一電子傳輸層(ETL-1)堆疊 160，包括第一堆疊的第一電子傳輸層 161 及第一堆疊的第二電子傳輸層 162；n 型電荷產生層(n 型 CGL)185；電洞傳輸層(p 型電荷產生層；p-type GCL)135；第二電洞傳輸層(HTL-2)141；第二電子阻擋層(EBL-2)146；第二發射層(EML-2)151；第二電子傳輸層(ETL-2)堆疊 165，包括第三電子傳輸層(=第二堆疊的第一電子傳輸層)166 及第四電子傳輸層(=第二堆疊的第二電子傳輸層)167；電子注入層(EIL)181；以及陰極 190。

【0259】參考圖 2，OLED 200 包括：陽極 120；電洞注入層(HIL)130；第一電洞傳輸層 (HTL-1)140；第一電子阻擋層 (EBL-1)145；第一發射層 (EML-1)150；第一電子傳輸層(ETL-1)堆疊 160，包括第一電子傳輸層 161 及第

第 105 頁，共 115 頁(發明說明書)

二電子傳輸層 162；第一電荷產生層(CGL-1)184；第二電洞傳輸層(HTL-2)141；第二電子阻擋層(EBL-2)146；第二發射層(EML-2)151；第二電子傳輸層(ETL-2)堆疊 165，包括第三電子傳輸層(=第二堆疊的第一電子傳輸層)166 及第四電子傳輸層(=第二堆疊的第二電子傳輸層)167；第二電荷產生層(CGL-2)186；第三電洞傳輸層(HTL-3)142；第三電子阻擋層(EBL-3)147；第三發射層(EML-3)152；第三電子傳輸層(ETL-3)堆疊 168，包括第一電子傳輸層(=第三堆疊的第一電子傳輸層)163 及第六電子傳輸層(=第三堆疊的第二電子傳輸層)164；電子注入層(EIL)181；以及陰極 190。圖 2 所示的 OLED 具有第一發光部 A、第二發光部 B 及第三發光部 C。

【0260】儘管圖 1 及圖 2 中未示出，但在陰極電極 190 上可進一步形成密封層，以便密封 OLED 200。此外，可對其施加各種其他修飾。

【0261】在下文中，將參考以下實例更詳細描述本發明的一或多個範例性實施方式。然而，這些實例無意限制本發明的一或多個範例性實施方式的目的及範圍。

詳細描述

偶極矩

【0262】含 N 原子的分子的偶極矩  $|\vec{\mu}|$  給出如下：

$$\vec{\mu} = \sum_i^N q_i \vec{r}_i$$

$$|\vec{\mu}| = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2}$$

其中  $q_i$  及  $\vec{r}_i$  為原子 i 在分子中的局部電荷及位置。

【0263】偶極矩由半經驗分子軌域法測定。

【0264】如在套裝程式 TURBOMOLE V6.5(TURBOMOLE GmbH, Litzhardtstrasse 19, 76135 Karlsruhe, 德國)中實施的，使用在氣相中具有 6-31G\*

基組的混合函數 B3LYP 來最佳化分子結構的幾何。如果多於一個構形是可行的，則選擇具有最低總能量的構形來測定分子的鍵長。

#### 所計算的 HOMO 及 LUMO

【0265】利用套裝程式 TURBOMOLE V6.5(TURBOMOLE GmbH, Litztenhardtstrasse 19, 76135 Karlsruhe, 德國)計算 HOMO 及 LUMO。藉由應用在氣相中具有 6-31G\*基組的混合函數 B3LYP 來測定分子結構的最佳化幾何及 HOMO 和 LUMO 能階。如果多於一個構形是可行的，則選擇具有最低總能量的構形。

#### OLED 特性的測量

【0266】為評估 OLED 裝置的特性，在 20°C，測量電流效率。使用 Keithley 2635 電源供應及測量單元(Keithley 2635 source measure unit)、藉由以 V 為單位供應電壓並以 mA 為單位測量流經受測裝置的電流以測定電流-電壓特性。對該裝置施加的電壓在 0 V 與 10 V 之間的範圍中以 0.1 V 的階梯變化。而且，使用 Instrument Systems CAS-140CT 陣列式光譜儀(藉由 Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS)校正)對每一個電壓值以  $\text{cd}/\text{m}^2$  為單位測量亮度來測定亮度-電壓特性及 CIE 坐標。藉由分別內插亮度-電壓特性及電流-電壓特性，測定  $10 \text{ mA}/\text{cm}^2$  下的  $\text{cd}/\text{A}$  效率。

【0267】適當時，在環境條件(20°C)及  $30 \text{ mA}/\text{cm}^2$  下，使用 Keithley 2400 sourcemeter 測量該裝置的使用期限 LT、並以小時為單位進行記錄。

【0268】使用經校正的光電二極體，測量該裝置的亮度。使用期限 LT 被定義為直到該裝置的亮度降低至其初始值的 97% 的時間。操作電壓的升高  $\Delta U$  用作裝置的操作電壓穩定性的測量值。在 LT 測量期間藉由自 50 小時後的操作電壓減去裝置的操作開始時的操作電壓來測定此升高。

$$\Delta U = [U(50 \text{ h}) - U(0 \text{ h})]$$

【0269】 $\Delta U$  的值越小，操作電壓穩定性越佳。

製造 OLED 的一般程序

【0270】關於頂發射 OLED 裝置，將 150 mm x 150 mm x 0.7 mm 尺寸的基板用 Deconex FPD 211 的 2% 水溶液 7 分鐘、且接著用純水 5 分鐘以超音波清洗，及在旋轉清洗乾燥機中乾燥 15 分鐘。接著，在  $10^{-5}$  至  $10^{-7}$  mbar 的壓力下，沉積 Ag，作為陽極。

【0271】然後，HT-1 及 D-1 被真空共沉積於陽極上，以形成 HIL。然後，HT-1 被真空沉積於 HIL 上，以形成 HTL。然後，HT-2 被真空沉積於 HTL 上，以形成電子阻擋層(EBL)。

【0272】緊接著，藉由 HOST-1 及 EMITTER-1 的共沉積，第一發射層被形成於 EBL 上。

【0273】然後，式(I)化合物被真空沉積於發射層上，以形成第一電子傳輸層。然後，關於實例 OLED-1 至 OLED-4，藉由沉積式(II)化合物，第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。關於比較例 OLED，藉由沉積化合物 C-3，第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。

【0274】關於實例 OLED-5 至 OLED-15，藉由沉積式(II)化合物及化合物(III)的預混物，第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。

【0275】然後，藉由共沉積化合物 E 及鋰，n 型 CGL 被形成於第二電子傳輸層上。

【0276】然後，HT-1 及 D-1 被真空共沉積於 n 型 CGL 上，以形成 p 型 CGL。

【0277】然後，HT-1 被真空沉積於 p 型 CGL 上，以形成 HTL。然後，HT-2 被真空沉積於 HTL 上，以形成 EBL。

【0278】緊接著，藉由共沉積 HOST-1 及 EMITTER-1，第二發射層被形成於 EBL 上。

【0279】然後，式(I)化合物被真空沉積於發射層上，以形成第一電子傳輸層。然後，關於實例 OLED-1 至 OLED-4，藉由沉積式(II)化合物，第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。關於比較例 OLED，藉由沉積化合物 C-3，第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。

【0280】關於實例 OLED-5 至 OLED-15，藉由沉積式(II)化合物及化合物(III)的預混物，第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。

【0281】然後，藉由共沉積化合物 E 及鋰，n 型 CGL 被形成於第二電子傳輸層上。

【0282】然後，HT-1 及 D-1 被真空共沉積於 n 型 CGL 上，以形成 p 型 CGL。

【0283】然後，HT-1 被真空沉積於 HIL 上，以形成 HTL。然後，HT-2 被真空沉積於 HTL 上，以形成電子阻擋層(EBL)。

【0284】緊接著，藉由共沉積 HOST-1 及 EMITTER-1，第三發射層被形成於 EBL 上。

【0285】然後，式(I)化合物被真空沉積於發射層上，以形成第一電子傳輸層。然後，關於實例 OLED-1 至 OLED-4，藉由沉積式(II)化合物，第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。關於比較例 OLED，藉由沉積化合物 C-3，第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。

【0286】關於實例 OLED-5 至 OLED-15，藉由沉積式(II)化合物及化合物(III)的預混物，第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。

【0287】然後，藉由首先沉積 LiQ 及接著沉積 Yb，電子注入層被形成於電子傳輸層上，作為雙層。

【0288】然後，在  $10^{-7}$  mbar 下，Ag : Mg 以 0.01 至 1 Å/s 的速率被蒸發，以形成陰極。

【0289】HT-3 的帽層被形成於陰極上。

【0290】以下給出頂發射 OLED 裝置中的層堆疊細節。斜線號“/”分離單獨的層。方括號[...]中給出層厚，圓括號(...)中給出以 wt% 為單位的混合比：

表 6 的 OLED 裝置實例中使用的層堆疊細節：

Ag [100nm] / HT-1 : D-1 (wt% 92 : 8) [10nm] / HT-1 [24nm] / HT-2 [5nm] / H09 : BD200 (wt% 97 : 3) [20 nm] / 式(I)化合物[5nm] / 式(II)化合物或 C-3 [25nm] / E : Li (wt% 99 : 1) [15nm] / HT-1 : D-1 (wt% 90 : 10) [10nm] / HT-1 [36nm] / HT-2 [5nm] / H09 : BD200 (wt% 97 : 3) [20 nm] / 式(I)化合物[5nm] / 式(II)化合物或 C-3 [25nm] / E : Li (wt%99 : 1) [15nm] / HT-1 : D-1 (wt% 90 : 10) [10nm] / HT-1 [57nm] / HT-2 [5nm] / H09 : BD200 (wt% 97 : 3) [20 nm] / 式(I)化合物[5nm] / 式(II)化合物或 C-3 [30nm] / LiQ [1nm] / Yb [2nm] / Ag : Mg (wt% 90 : 10) [13 nm] / HT-3 [65nm]

表 7 的 OLED 裝置實例中使用的層堆疊細節：

Ag [100nm] / HT-1 : D-1 (wt% 92 : 8) [10nm] / HT-1 [24nm] / HT-2 [5nm] / H09 : BD200 (wt% 97 : 3) [20 nm] / 式(I)化合物 [5nm] / 式(II)化合物 : 式(III)化合物 (wt% 30 : 70) [25nm] / E : Li (wt% 99 : 1) [15nm] / HT-1 : D-1 (wt% 90 : 10) [10nm] / HT-1 [36nm] / HT-2 [5nm] / H09 : BD200 (wt% 97 : 3) [20 nm] / 式(I)化合物 [5nm] / 式(II)化合物 : 式(III)化合物 (wt% 30 : 70) [25nm] / E : Li (wt%99 : 1) [15nm] / HT-1 : D-1 (wt% 90 : 10) [10nm] / HT-1 [57nm] / HT-2 [5nm] / H09 : BD200 (wt% 97 : 3) [20 nm] / 式(I)化合物[5nm] / 式(II)化合物 : 式(III)化合物 (wt% 30 : 70) [30nm] / LiQ [1nm] / Yb [2nm] / Ag : Mg (wt% 90 : 10) [13 nm] / HT-3 [65nm]

表 5 : 所使用的化合物列表

	IUPAC 名稱	參考文獻
HT-1	N-([1,1'-聯苯]-2-基)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-9,9'-螺二[芴]-2-胺[CAS 1364603-07-5]	WO2012034627
HT-2	N-([1,1'-聯苯]-4-基)-9,9-二苯基-N-(4-(三苯矽基)苯基)-9H-芴-2-胺 [CAS 1613079-70-1]	WO2014088047
D-1	4,4',4''-((1E,1'E,1''E)-環丙烷-1,2,3-三亞基三(氰甲基亞基))三(2,3,5,6-四氟苯甲腈) [CAS 1224447-88-4]	US2008265216
HOST-1	H09(藍色螢光主體材料)	南韓的 Sun Fine Chemicals, Inc 市售
EMITTER-1	BD200(藍色螢光發射體材料)	南韓的 Sun Fine Chemicals, Inc 市售
E	1,3-雙(9-苯基-1,10-啡啉-2-基)苯 [CAS 721969-94-4]	JP 2004281390
LiQ	8-羥基喹啉-鋰 [CAS 850918-68-2]	WO2013079217
HT-3	N-([1,1'-聯苯]-4-基)-9,9-二甲基-N-(4-(9-苯基-9H-呋嗪-3-基)苯基)-9H-芴-2-胺 CAS 1242056-42-3	US2016322581
C-3	2-([1,1'-聯苯]-3-基)-4-苯基-6-(3-(10-苯基蔥-9-基)苯基)-1,3,5-三嗪	表 4

表 6：第一電子傳輸層中包括式(I)化合物及第二電子傳輸層中包括式(II)化合物或比較化合物 C-3 的有機電致發光裝置的特性。

OLED 裝置實例	式(I)化合物	式 (II) 或 C-3 化合物	n- 型 CGL	EIL	10 mA/cm <sup>2</sup> 下的相對操作電壓 (相較於比較例%)	10 mA/cm <sup>2</sup> 下的相對 cd/A 效率 (相較於比較例%)
比較	A-2	C-3	E : Li	LiQ	100	100

OLED 裝置實例	式(I)化合物	式 (II) 或 C-3 化合物	n- 型 CGL	EIL	10 mA/cm <sup>2</sup> 下的相對操作電壓 (相較於比較例%)	10 mA/cm <sup>2</sup> 下的相對 cd/A 效率 (相較於比較例%)
OLED						
OLED-1	A-3	B-10	E : Li	LiQ	<b>82.76</b>	<b>103.3</b>
OLED-2	A-1	B-18	E : Li	LiQ	<b>81.73</b>	<b>105.8</b>
OLED-3	A-2	B-1	E : Li	LiQ	<b>79.82</b>	<b>101.9</b>
OLED-4	A-2	B-10	E : Li	LiQ	<b>82.10</b>	<b>104.4</b>

表 7：第一電子傳輸層中包括式(I)化合物及第二電子傳輸層中包括式(II)化合物及式(III)化合物的混合物的有機電致發光串接裝置的特性。

OLED 裝置實例	式(I)化合物	式(II)化合物	化合物(III)	式(II)化合物：化合物(III)的 混合比	N 型 CGL	EIL	10 mA/cm <sup>2</sup> 下的相對操作電壓 (相較於比較例%)	10 mA/cm <sup>2</sup> 下的相對 cd/A 效率 (相較於比較例%)
OLED-5	A-4	B-23	C-3	30 : 70	E : Li	LiQ	82.14	105.0
OLED-6	A-5	B-23	C-3	30 : 70	E : Li	LiQ	80.97	107.5
OLED-7	A-6	B-23	C-3	30 : 70	E : Li	LiQ	82.60	108.3
OLED-8	A-2	B-1	C-3	30 : 70	E : Li	LiQ	79.10	105.7
OLED-9	A-2	B-1	C-6	30 : 70	E : Li	LiQ	79.19	107.9
OLED-10	A-2	B-10	C-5	30 : 70	E : Li	LiQ	80.58	105.9
OLED-11	A-2	B-16	C-3	30 : 70	E : Li	LiQ	83.57	103.8
OLED-12	A-2	B-16	C-5	30 : 70	E : Li	LiQ	81.90	107.7
OLED-13	A-2	B-23	C-3	30 : 70	E : Li	LiQ	82.22	103.8

OLED 裝置實例	式(D)化合物	式(II)化合物	化合物(III)	式(II)化合物：化合物(III)的混合比	N 型 CGL	EIL	10 mA/cm <sup>2</sup> 下的相對操作電壓 (相對於比較例%)	10 mA/cm <sup>2</sup> 下的相對 cd/A 效率 (相對於比較例%)
OLED-14	A-2	B-23	C-5	30 : 70	E : Li	LiQ	80.95	109.5
OLED-15	A-2	B-3	C-5	30 : 70	E : Li	LiQ	80.90	105.4
OLED-16	A-13	B-17	C-3	20 : 80	E : Li	LiQ	81,09	113,33
OLED-17	A-15	B-17	C-3	20 : 80	E : Li	LiQ	81,09	112.92
OLED-18	A-17	B-17	C-3	20 : 80	E : Li	LiQ	81.58	104.58
OLED-19	A-18	B-17	C-3	20 : 80	E : Li	LiQ	80.35	115.42
OLED-20	A-19	B-17	C-3	20 : 80	E : Li	LiQ	80.84	112.50
OLED-21	A-20	B-23	C-3	30 : 70	E : Li	LiQ	81.58	105.00

【0291】實例 8、9 及 10 顯示，如果在第二電子傳輸層中使用化合物(III)，則 cd/A 效率在較低電壓下被進一步提高。

【0292】前面的描述及附屬項中揭露的特徵可單獨地且可以任意組合方式作為實現附屬項及其多種形式中所做揭露的態樣。

### 【符號說明】

【0293】 110：基板

120：陽極

130：第一電洞注入層(HIL-1)

135：電洞傳輸層(p 型電荷產生層(p-type GCL))

140：第一電洞傳輸層(HTL-1)

141：第二電洞傳輸層(HTL-2)

- 142：第三電洞傳輸層(HTL-3)
- 145：第一電子阻擋層(EBL-1)
- 146：第二電子阻擋層(EBL-2)
- 147：第三電子阻擋層(EBL-3)
- 150：第一發射層(EML-1)
- 151：第二發射層(EML-2)
- 152：第三發射層(EML-3)
- 160：第一電子傳輸層(ETL-1)堆疊
- 161：第一堆疊的第一電子傳輸層
- 162：第一堆疊的第二電子傳輸層
- 163：第一電子傳輸層(=第三堆疊的第一電子傳輸層)
- 164：第六電子傳輸層(=第三堆疊的第二電子傳輸層)
- 165：第二電子傳輸層(ETL-2)堆疊
- 166：第三電子傳輸層(=第二堆疊的第一電子傳輸層)
- 167：第四電子傳輸層(=第二堆疊的第二電子傳輸層)
- 168：第三電子傳輸層(ETL-3)堆疊
- 181：電子注入層(EIL)
- 184：第一電荷產生層(CGL-1)
- 184a、186a：n型 CGL 子層
- 184b、186b：P型 CGL 子層
- 185：n型電荷產生層(n型 CGL)
- 186：第二電荷產生層(CGL-2)
- 190：陰極
- 200：有機發光二極體(OLED)

A：第一發光部

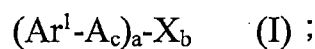
B：第二發光部

C：第三發光部

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種有機發光二極體，包括一陽極、一陰極、一第一發射層、一第二發射層、一第一電荷產生層及一第一電子傳輸層堆疊；其中

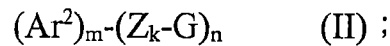
- 該第一電荷產生層被設置於該第一發射層與該第二發射層之間；
- 該第一電子傳輸層堆疊被設置於該第一發射層與該第二發射層之間；
- 該第一電子傳輸層堆疊包括一第一電子傳輸層及一第二電子傳輸層
- 該第一電子傳輸層包括一式(I)化合物



- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；
- Ar<sup>1</sup>獨立地選自C<sub>6</sub>至C<sub>60</sub>芳基或C<sub>2</sub>至C<sub>42</sub>雜芳基，
  - 其中每一個Ar<sup>1</sup>可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub>至C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至C<sub>11</sub>雜芳基、及C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷基、D、C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷氧基、C<sub>3</sub>至C<sub>6</sub>分支烷基、C<sub>3</sub>至C<sub>6</sub>環烷基、C<sub>3</sub>至C<sub>6</sub>分支烷氧基、C<sub>3</sub>至C<sub>6</sub>環烷氧基、部分或全氟化的C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氬化的C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷基、部分或全氬化的C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷氧基、鹵素、CN或PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中Y選自O、S或Se，及R<sup>10</sup>獨立地選自C<sub>6</sub>至C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至C<sub>12</sub>雜芳基、C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷基、C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氟化的C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氬化的C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷基、部分或全氬化的C<sub>1</sub>至C<sub>6</sub>烷氧基；
  - 其中Ar<sup>1</sup>上的每一個C<sub>6</sub>至C<sub>12</sub>芳基取代基及Ar<sup>1</sup>上的每一個C<sub>3</sub>至C<sub>11</sub>雜芳基取代基可用C<sub>1</sub>至C<sub>4</sub>烷基或鹵素取代；
- A獨立地選自C<sub>6</sub>至C<sub>30</sub>芳基，

- 其中每一個 A 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基及 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、D、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，及 R<sup>10</sup>獨立地選自 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至 C<sub>12</sub>雜芳基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基；
- 其中 A 上的每一個 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基取代基可用 C<sub>1</sub>至 C<sub>4</sub>烷基或鹵素取代；
- X獨立地選自由 C<sub>2</sub>至 C<sub>42</sub>雜芳基及 C<sub>6</sub>至 C<sub>60</sub>芳基組成的群組，
  - 其中每一個 X 可用從組成的群組以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至 C<sub>11</sub>雜芳基、及 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、D、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，及 R<sup>10</sup>獨立地選自 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至 C<sub>12</sub>雜芳基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氘化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基；

- 其中 X 上的每一個 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基取代基及 X 上的每一個 C<sub>3</sub>至 C<sub>11</sub>雜芳基取代基可用 C<sub>1</sub>至 C<sub>4</sub>烷基或鹵素取代；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為 ≥0 D 及 ≤4 D；
- 該第二電子傳輸層包括一式(II)化合物



- m 及 n 獨立地為 1 或 2；
- k 獨立地為 0、1 或 2；
- Ar<sup>2</sup> 獨立地選自由 C<sub>2</sub>至 C<sub>42</sub>雜芳基及 C<sub>6</sub>至 C<sub>60</sub>芳基組成的群組，
  - 其中每一個 Ar<sup>2</sup> 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至 C<sub>11</sub>雜芳基、及 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、D、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氬化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氬化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，及 R<sup>10</sup> 獨立地選自 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基、C<sub>3</sub>至 C<sub>12</sub>雜芳基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、部分或全氬化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、部分或全氬化的 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基；
  - 其中 Ar<sup>2</sup> 上的每一個 C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基取代基及 Ar<sup>2</sup> 上的每一個 C<sub>3</sub>至 C<sub>11</sub>雜芳基取代基可用 C<sub>1</sub>至 C<sub>4</sub>烷基或鹵素取代；
- Z 獨立地選自 C<sub>6</sub>至 C<sub>30</sub>芳基，
  - 其中每一個 Z 可用從由以下者組成的群組獨立地選出的一或二取代基取代：C<sub>6</sub>至 C<sub>12</sub>芳基及 C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷基、D、C<sub>1</sub>至 C<sub>6</sub>烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>分支烷氧基、C<sub>3</sub>至 C<sub>6</sub>環烷

氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷  
 氧基、部分或全氙化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氙化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷  
 氧基、鹵素、CN 或 PY(R<sup>10</sup>)<sub>2</sub>，其中 Y 選自 O、S 或 Se，及 R<sup>10</sup> 獨立  
 地選自 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基、C<sub>3</sub> 至 C<sub>12</sub> 雜芳基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷  
 氧基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氟化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷  
 氧基、部分或全氙化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷基、部分或全氙化的 C<sub>1</sub> 至 C<sub>6</sub> 烷  
 氧基；

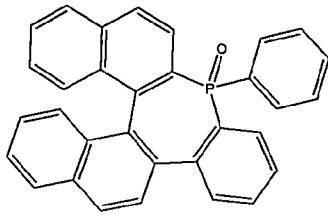
- 其中 Z 上的每一個 C<sub>6</sub> 至 C<sub>12</sub> 芳基取代基可用 C<sub>1</sub> 至 C<sub>4</sub> 烷基或鹵素取  
 代；
- G 被選擇，使得一 G-苯基化合物的一偶極矩  $|\vec{\mu}|$  為  $\geq 1$  D 及  $\leq 7$  D，其中該  
 G-苯基化合物的該偶極矩  $|\vec{\mu}|$  由下列等式給出：

$$\vec{\mu} = \sum_i^N q_i \vec{r}_i$$

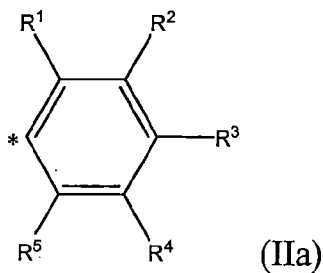
$$|\vec{\mu}| = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2}$$

其中  $q_i$  及  $\vec{r}_i$  為在分子中原子 i 的局部電荷及位置，該偶極矩  $|\vec{\mu}|$  由半經驗分  
 子軌域法測定，如在套裝程式 TURBOMOLE V6.5 中實施的，使用在氣相中  
 具有 6-31G\* 基組的混合函數 B3LYP 來最佳化分子結構的幾何，以及如果多  
 於一個構形是可行的，則選擇具有最低總能量的構形來測定分子的鍵長；

- 該第一電子傳輸層及該第二電子傳輸層無電摻雜物；
- 該式(I)化合物不是該式(II)化合物，且該式(I)化合物不同於該式(II)化  
 合物；以及
- 下面的式中的化合物被排除在該式(II)化合物範圍之外



【請求項2】如請求項1所述的有機發光二極體，其中  $Ar^1$  獨立地選自由以下者組成的群組：苯基、萘基、蔥基、丙二烯合萘基、咕吨基、螺-咕吨基、萘基、螺-萘基、三苯矽基、四苯矽基、或具有式(IIa)的一基團



其中

- 星號“\*”表示式(IIa)基團與 A 結合的結合位置；及
- $R^1$  至  $R^5$  獨立地選自由 H、 $C_6$  至  $C_{12}$  芳基及  $C_4$  至  $C_{10}$  雜芳基組成的群組。

【請求項3】如請求項1所述的有機發光二極體，其中 A 選自由可分別為取代的或未取代的伸苯基、伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯組成的群組。

【請求項4】如請求項1所述的有機發光二極體，其中 X 獨立地選自由可分別為取代的或未取代的以下者組成的群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并咪唑基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萘基、蔥基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜萘基及二萘并呋喃基。

【請求項5】如請求項1所述的有機發光二極體，其中  $Ar^2$  獨立地選自由可分別為取代的或未取代的以下者組成的群組：吡啶基、三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯并喹啉基、苯并咪唑基、喹啉基、苯并喹

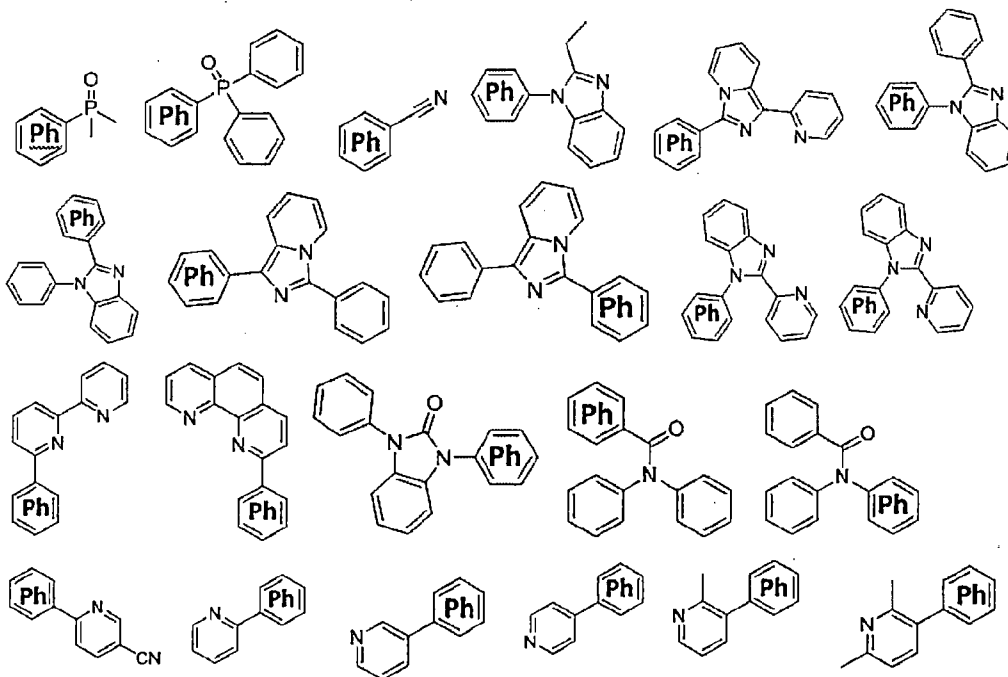
啉基苯并吡啶基、二苯并吡啶基、丙二烯合萸基、蔥基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基及二萘并呋喃基。

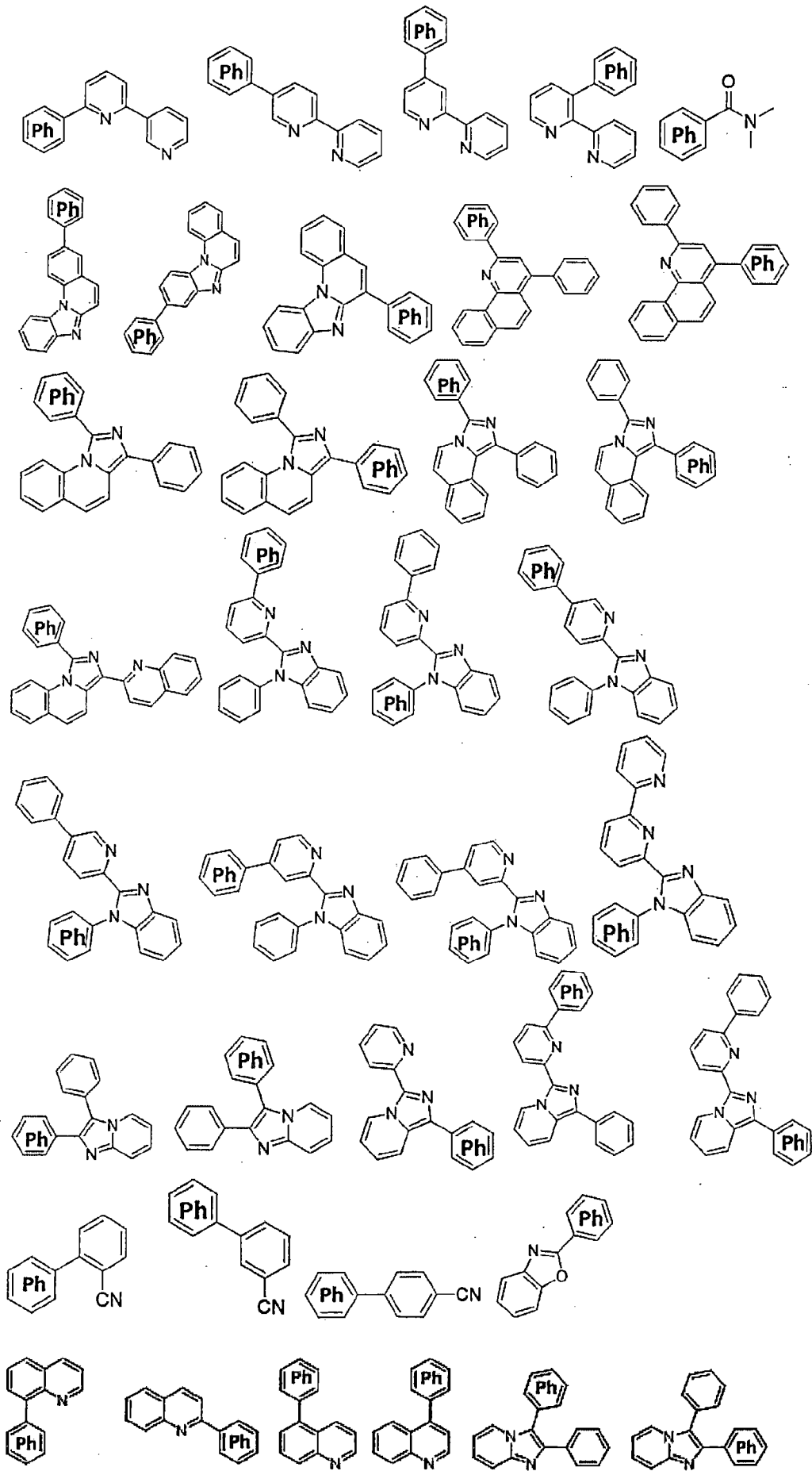
【請求項6】如請求項1所述的有機發光二極體，其中

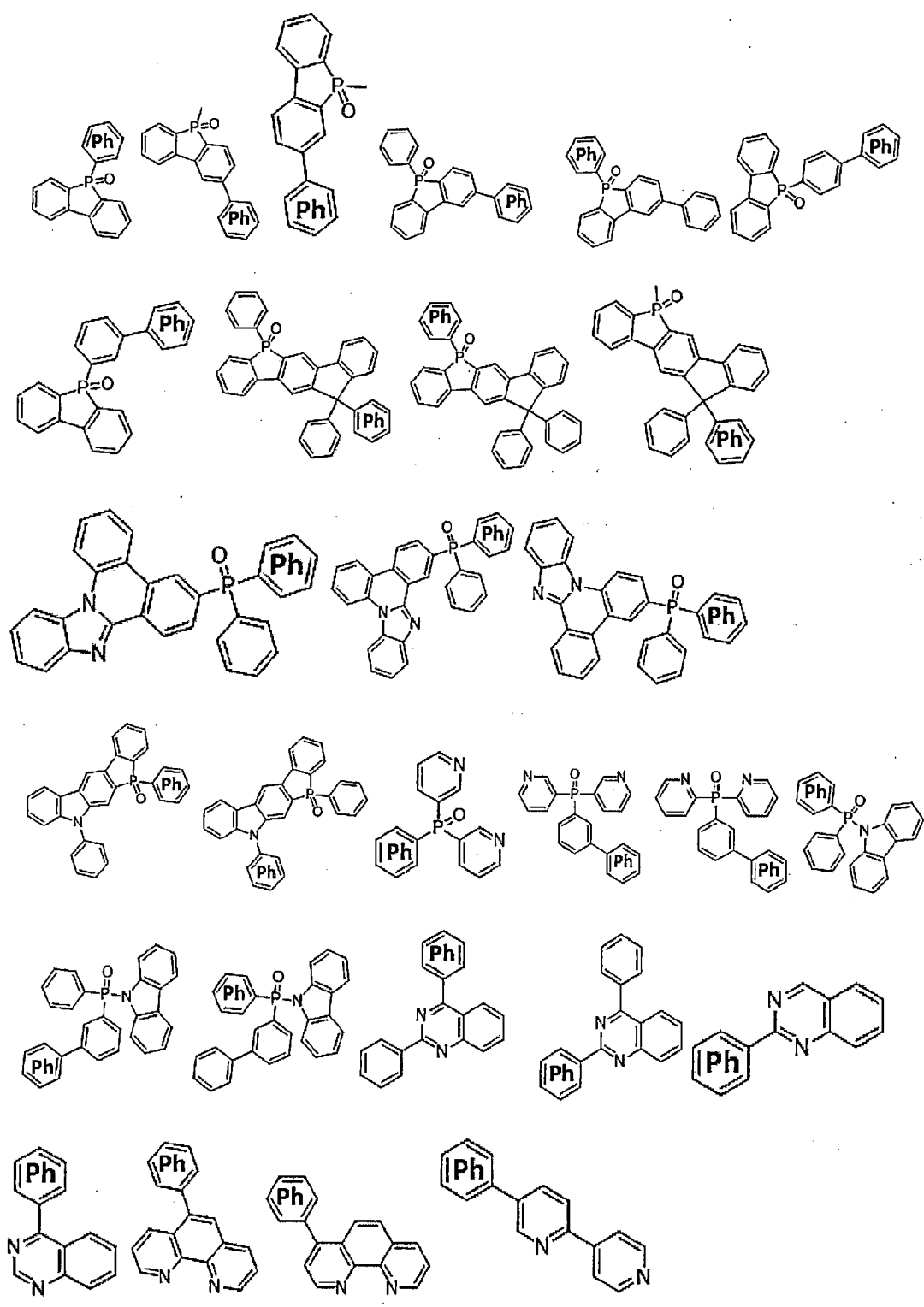
- G 選自由以下者組成的群組：二烷基氧磷基、二芳基氧磷基、烷基芳基氧磷基、膦、苯甲膦、菸鹼甲膦、醯胺-基、脲-基及 C<sub>2</sub> 至 C<sub>17</sub> 雜芳基；
- 該各自的 G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中該一或更多取代基選自由苯基、甲基、乙基及吡啶基組成的群組。

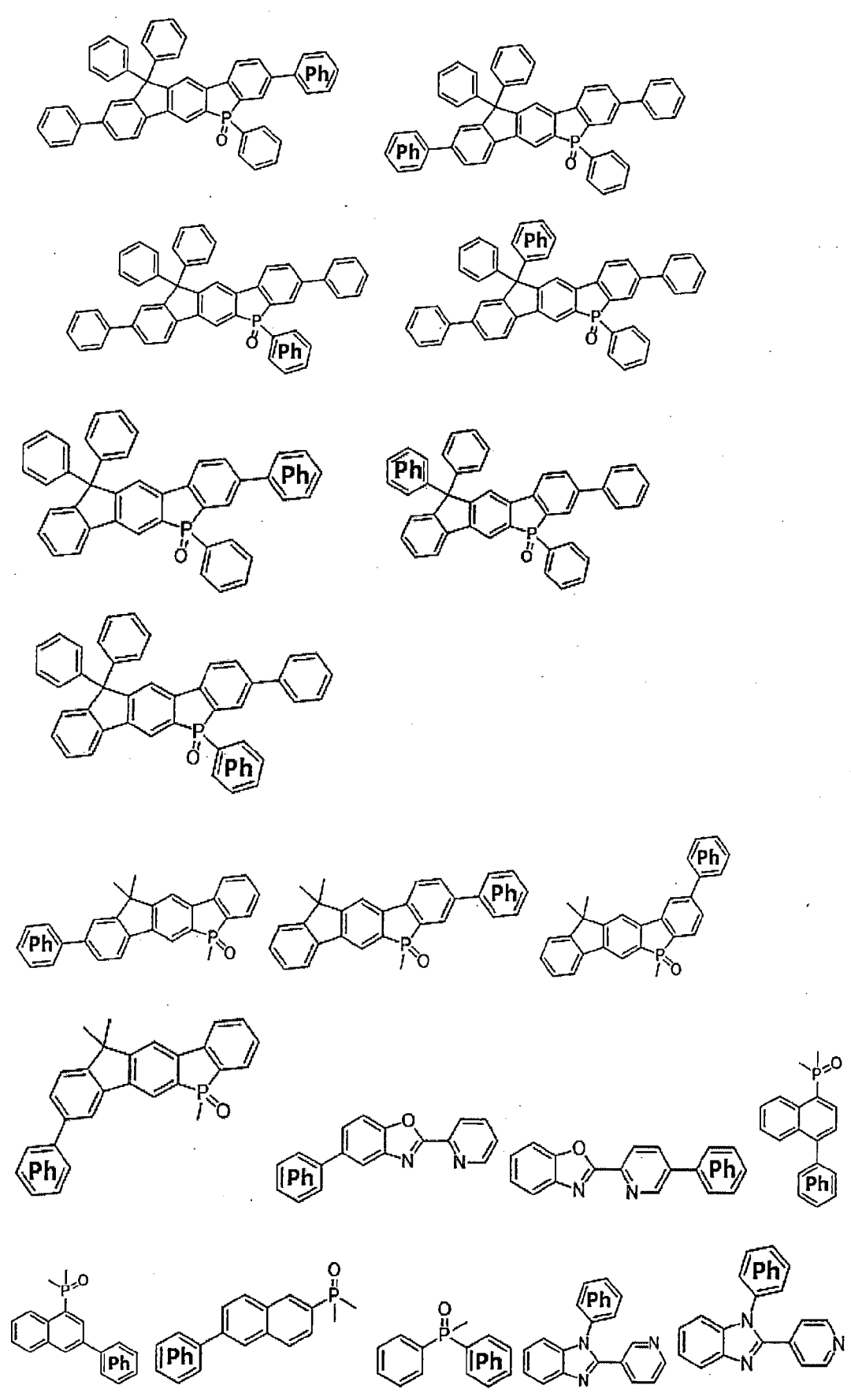
【請求項7】如請求項1所述的有機發光二極體，其中 G 獨立地選自由以下者組成的群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、2-苯基-1H-苯并[d]咪唑基、2-乙基-1H-苯并[d]咪唑基、2-苯基苯并[h]喹啉基、吡啶基、2,2'-聯吡啶基、5-苯基苯并[4,5]咪唑并[1,2-a]喹啉基、9-苯基-1,10-啡啉基及(吡啶-2-基)咪唑并[1,5-a]吡啶基。

【請求項8】如請求項1所述的有機發光二極體，其中 G 被選擇，使得該 G-苯基化合物藉由以下結構中的一者表示



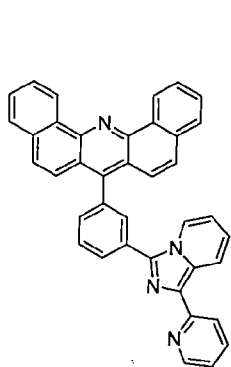




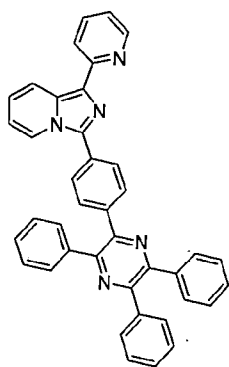


【請求項9】如請求項 1 所述的有機發光二極體，其中該式(II)化合物選自

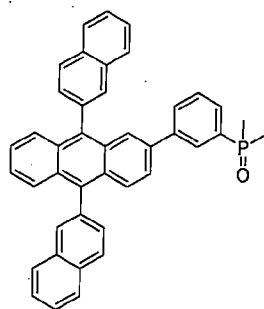
B-1 至 B-25



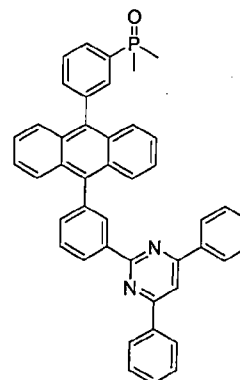
**B-1**



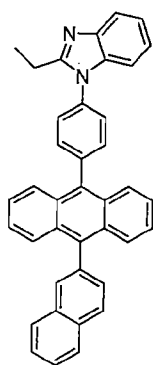
**B-2**



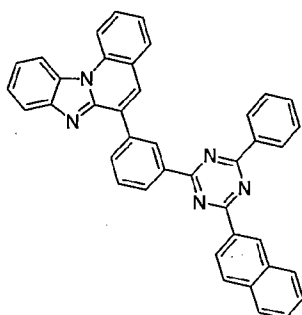
**B-3**



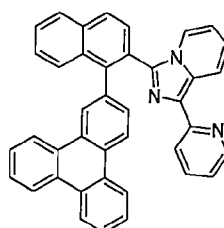
**B-4**



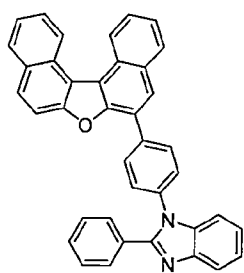
**B-5**



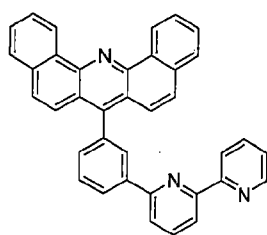
**B-6**



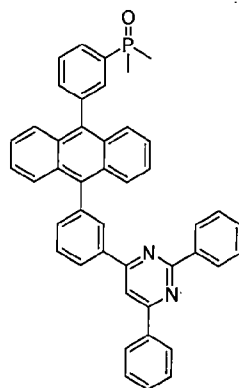
**B-7**



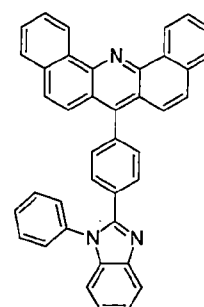
**B-8**



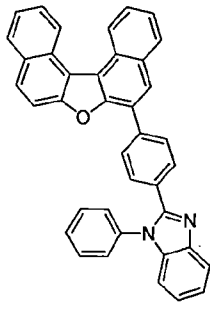
**B-9**



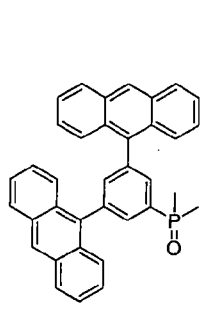
**B-10**



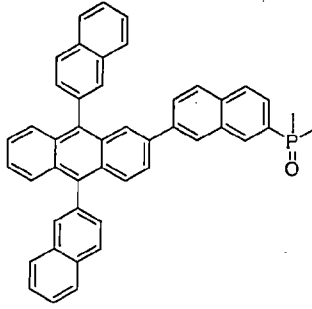
**B-11**



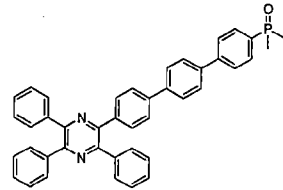
**B-12**



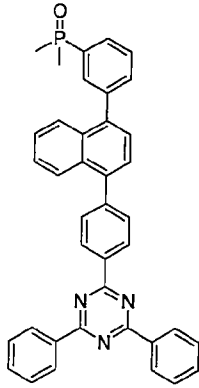
**B-13**



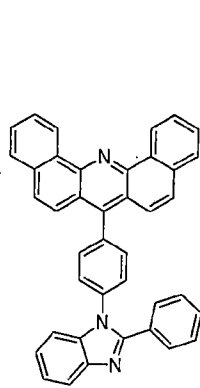
**B-14**



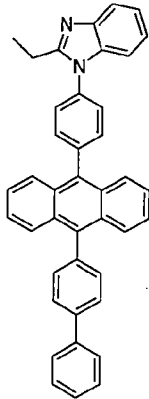
**B-15**



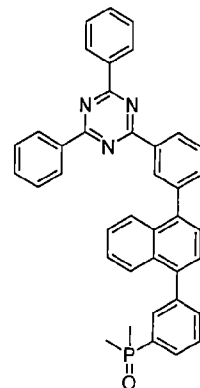
**B-16**



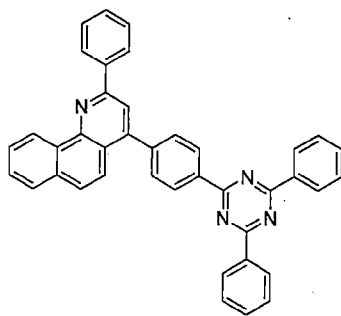
**B-17**



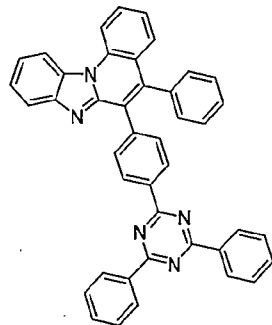
**B-18**



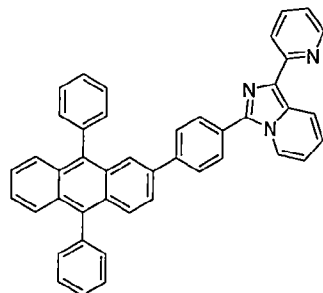
**B-19**



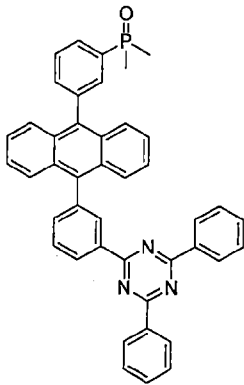
**B-20**



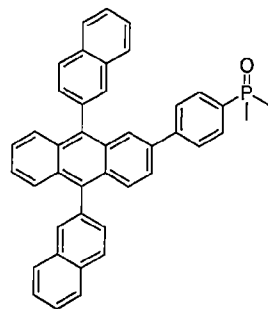
**B-21**



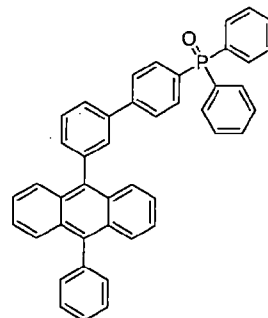
**B-22**



**B-23**



**B-24**



**B-25**

【請求項10】如請求項1所述的有機發光二極體，其中該第二電子傳輸層進一步包括化合物(III)，其中該化合物(III)包括8至13個芳香或雜芳香環。

【請求項11】如請求項10所述的有機發光二極體，其中該化合物(III)包括1至5雜芳香環。

【請求項12】如請求項10所述的有機發光二極體，其中，如果該化合物(III)包括二或更多雜芳香環，則該雜芳香環藉由無雜原子的至少一芳香環而彼此分離。

【請求項13】如請求項1所述的有機發光二極體，其中該第一電子傳輸層堆疊被設置於該第一發射層與該電荷產生層之間。

【請求項14】如請求項1所述的有機發光二極體，其中該第一電子傳輸層與該第二電子傳輸層彼此直接接觸。

【請求項15】如請求項1所述的有機發光二極體，其中該第二電子傳輸層與該電荷產生層直接接觸。

【請求項16】如請求項1所述的有機發光二極體，其中該電荷產生層包括一金屬、一金屬鹽、一有機鹼金屬錯合物、或其混合物。

【請求項17】一種包括如請求項1至請求項16中的任一項所述的有機發光二極體的裝置，其中該裝置為一顯示裝置或一照明裝置，及光是經由一透明陰極發出的。

【請求項18】一種包括如請求項1至請求項16中的任一項所述的有機發光二極體的裝置，其中該裝置為一顯示裝置或一照明裝置，及光是經由一透明陽極發出的。

【發明圖式】

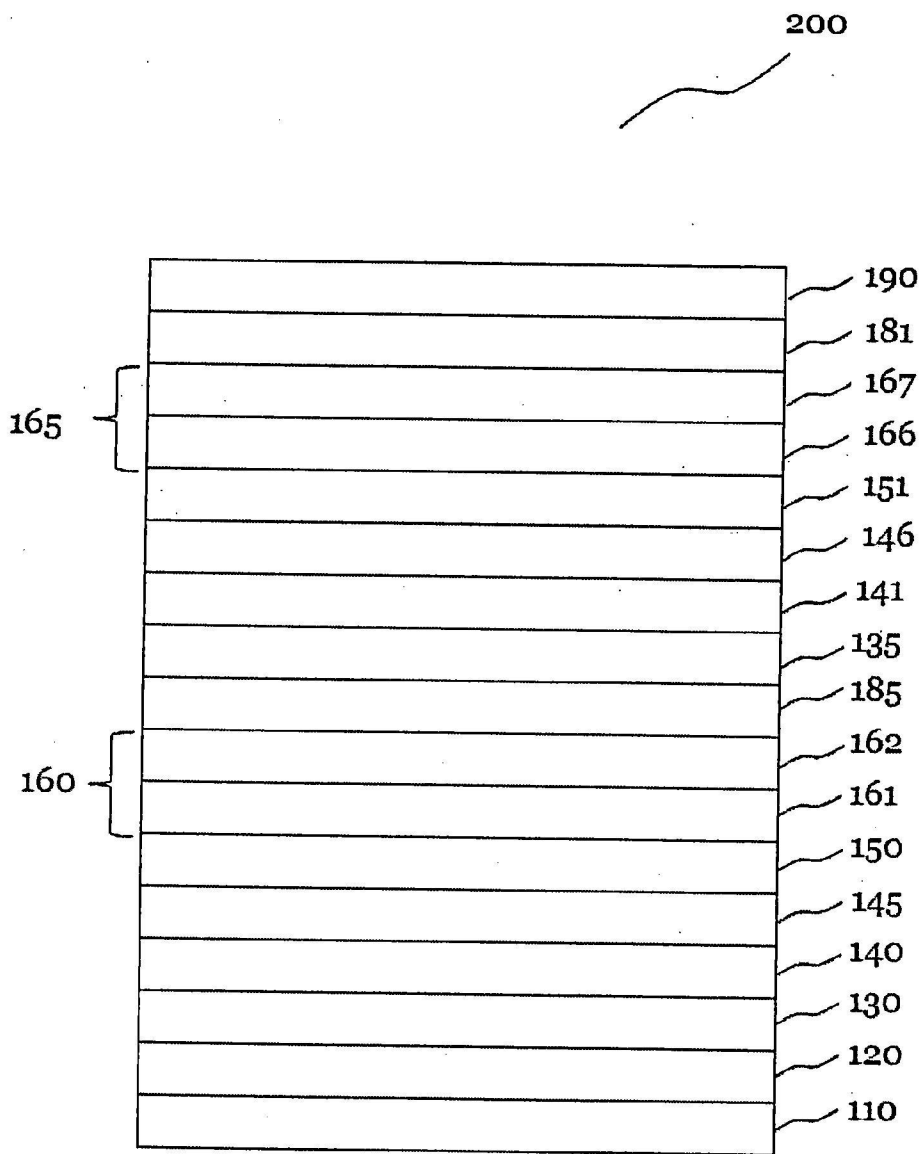


圖 1

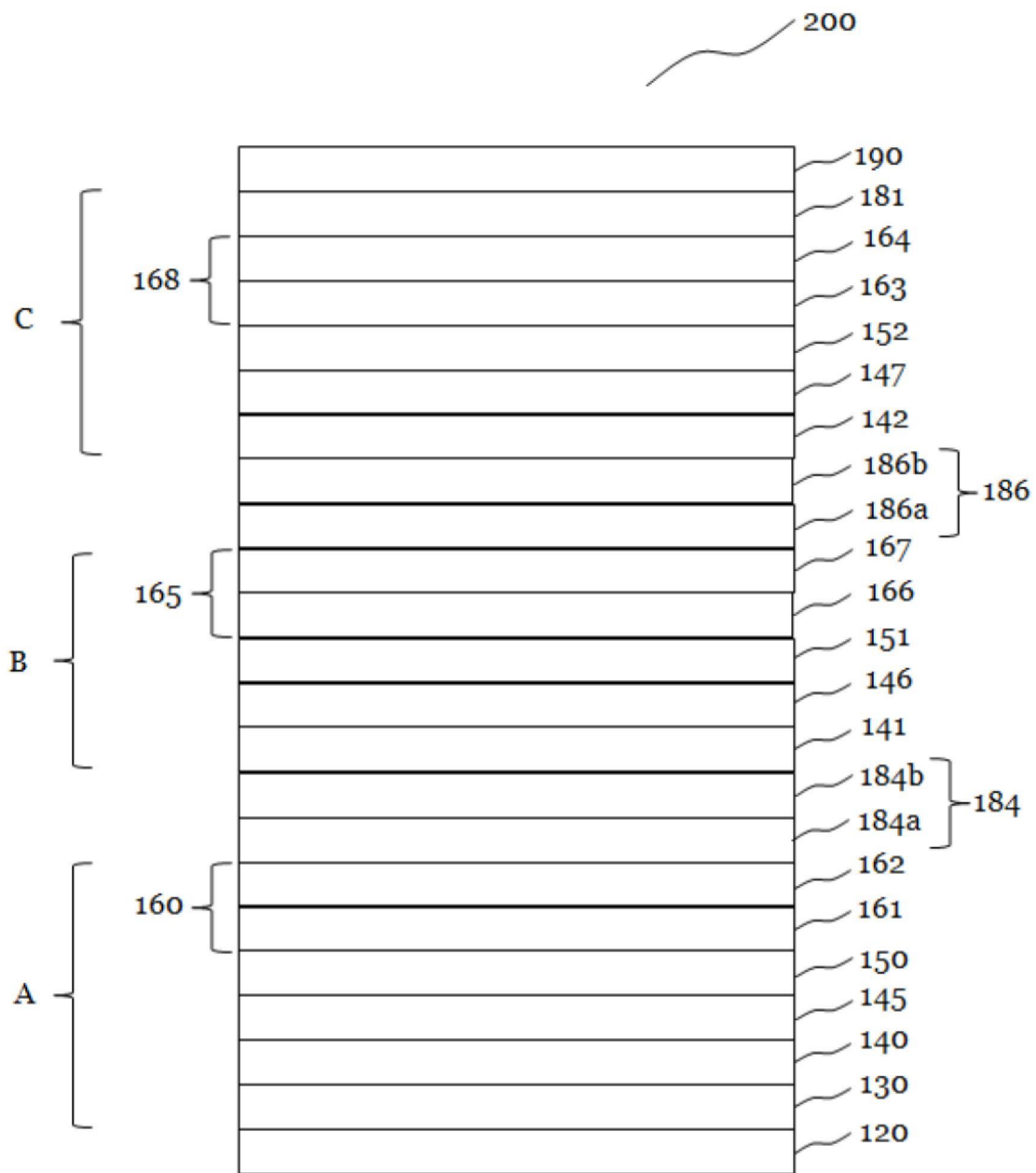


圖 2