



(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 I812963 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 08 月 21 日

(21)申請案號：110121669

(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)**C07D405/10 (2006.01)**C07D405/14 (2006.01)**C07D471/04 (2006.01)**C07F9/53 (2006.01)**C09K11/06 (2006.01)**H01L51/00 (2006.01)**H01L51/50 (2006.01)*

(30)優先權：2020/06/12

歐洲專利局

20179711.5

(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)；盧吉 史帝芬 RUNGE,

STEFFEN (DE)；路西汀內茲 雷吉那 LUSCHTINETZ, REGINA (DE)

(74)代理人：蔡清福；蔡駁理

(56)參考文獻：

CN 108701773A

審查人員：陳依微

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：2 共 132 頁

(54)名稱

有機發光二極體及含此之裝置

(57)摘要

本發明與包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊的有機發光二極體有關；且與包括同者的顯示裝置或照明裝置有關。

The present invention relates to an organic light emitting diode comprising a non-transparent substrate, an anode, a cathode, an emission layer, an electron injection layer and an electron transport layer stack; and to a display device or lighting device comprising the same.

指定代表圖：

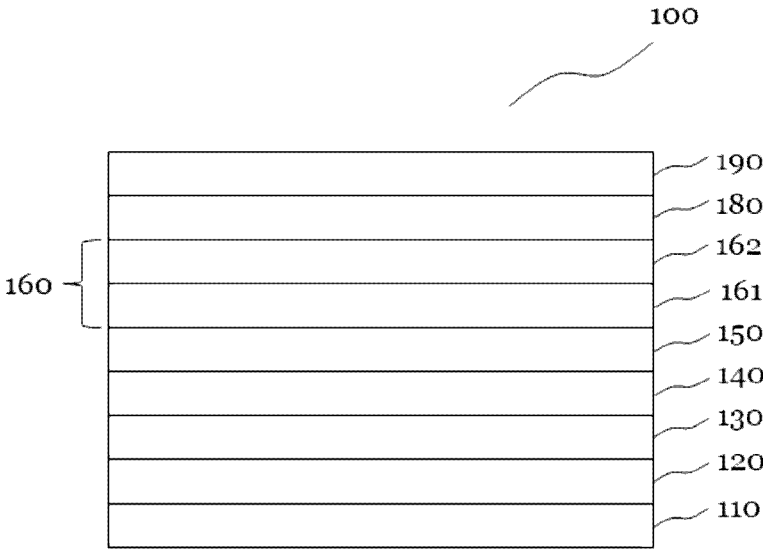


圖 1

- 符號簡單說明：
- 100:有機發光二極體 (OLED)
 - 110:基板
 - 120:陽極
 - 130:電洞注入層
 - 140:電洞傳輸層
 - 150:發射層
 - 160:電子傳輸層堆疊
 - 161:第一電子傳輸層
 - 162:第二電子傳輸層
 - 180:電子注入層
 - 190:陰極電極



I812963

【發明摘要】

公告本

【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】

本發明與包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊的有機發光二極體有關；且與包括同者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 a non-transparent substrate, an anode, a cathode, an emission layer, an electron injection layer and an 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】

100：有機發光二極體（OLED）

110：基板

120：陽極

130：電洞注入層

140：電洞傳輸層

150：發射層

160：電子傳輸層堆疊

161：第一電子傳輸層

162：第二電子傳輸層

180：電子注入層

190：陰極電極

【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包括同者的裝置有關。

【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是由有機化合物及/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，自陽極電極注入的電洞經由HTL移動至EML，且自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。當激子自激發狀態下降到基態時，光線發出。應當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。

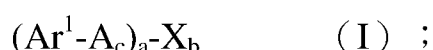
【0004】 包括不同電子傳輸材料的多種有機電子二極體為本領域中所習知。然而，仍然有需要改良此等裝置的效能，特別是具體地針對效率及電壓改良單發射層頂發射OLED的效能。

【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，特別是提供了一種具改良效能，亦即具改良效率及改良電壓的單發射層頂發射OLED。

【發明內容】

【0006】該目的藉由包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊的有機發光二極體達成；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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；

-Ar¹獨立地選自C₆至C₆₀芳基或C₂至C₄₂雜芳基，

-其中每一個Ar¹都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₁雜芳基、及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆分支烷基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆分支烷氧基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆環烷氧基、部分或全氙化的C₁至C₆烷基、部分或全氙化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆環烷氧基、部分或全氙化的C₁至C₆

烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基；

-其中Ar¹上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基及Ar¹上的每一個C₃至C₁₁雜芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

-A獨立地選自C₆至C₃₀芳基，

-其中每一個A都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：C₆至C₁₂芳基及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆分支烷基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆分支烷氧基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基；

-其中A上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

-X獨立地選自C₂至C₄₂雜芳基及C₆至C₆₀芳基組成之群組，

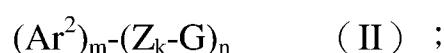
-其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₁雜芳基、及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆分支烷基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆分支烷氧基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的

C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氙化的C₁至C₆烷基、部分或全氙化的C₁至C₆烷氧基；

- 其中X上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基及X上的每一個C₃至C₁₁雜芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

-式(I)化合物的分子偶極矩為 ≥ 0 D及 ≤ 4 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；

-Ar²獨立地選自C₂至C₄₂雜芳基及C₆至C₆₀芳基組成之群組，

-其中每一個Ar²都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₁雜芳基、及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆分支烷基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆分支烷氧基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氙化的C₁至C₆烷基、部分或全氙化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氙化的C₁至C₆烷基、部分或全氙化的C₁至C₆烷氧基；

-其中Ar²上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基及Ar²上的每一個C₃至C₁₁雜芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

-Z獨立地選自C₆至C₃₀芳基，

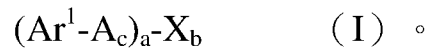
第4頁，共117頁(發明說明書)

- 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：C₆至C₁₂芳基及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆分支烷基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆分支烷氧基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基；
- 其中Z上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；
- G被選定，使得化合物G-苯基的偶極矩為≥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】該目的藉由包括本發明有機發光二極體的裝置進一步達成，其中該裝置為顯示裝置或照明裝置。

第一電子傳輸層

【0008】第一電子傳輸層包括式(I)化合物



【0009】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，前提是另外化合物都不是電摻雜物。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。可含的範例性另外電子傳輸基質化合物被揭露於下面。

【0010】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，該基團可獨立地包括亦可不獨立地包括間隔體 A。

【0011】在式(I)化合物中，a 及 b 獨立地為 1 或 2。替代地，a 及 b 二者都可為 1。

【0012】在式(I)化合物中，c 獨立地為 0 或 1。

【0013】 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。

【0014】 Ar^1 可獨立地為 C_6 至 C_{54} 芳基，可選的 C_6 至 C_{48} 芳基，可選的 C_6 至 C_{42} 芳基，可選的 C_6 至 C_{36} 芳基，可選的 C_6 至 C_{30} 芳基，及可選的 C_6 至 C_{24} 芳基。

【0015】 Ar^1 可獨立地為 C_2 至 C_{42} 雜芳基，可選的 C_2 至 C_{40} 雜芳基，可選的 C_2 至 C_{36} 雜芳基，可選的 C_2 至 C_{30} 雜芳基，及可選的 C_2 至 C_{24} 雜芳基。

【0016】在實施方式中， Ar^1 不同於 X。

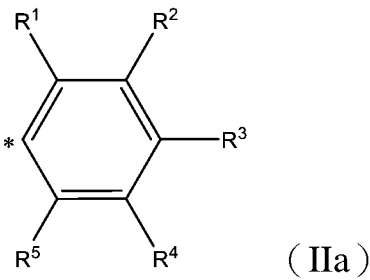
【0017】 Ar^1 可包括二或更多含稠環(anellated)芳香環（較佳地三或更多含稠環芳香環）的系統。

【0018】 Ar^1 可包括至少一 sp^3 雜化的碳原子。

【0019】 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。在 Ar^1 獨立地選自未取代的 C_2 至 C_{42} 雜芳基的實施方式中，雜原子藉由單鍵被結合至 Ar^1 的分子結構內。

【0020】 Ar^1 可獨立地選自以下者組成之群組：苯基(phenyl)、萘基(naphthyl)、蒽基(anthracenyl)、丙二烯合萘基(fluoranthenyl)、二苯並呋喃基(xanthenyl)、

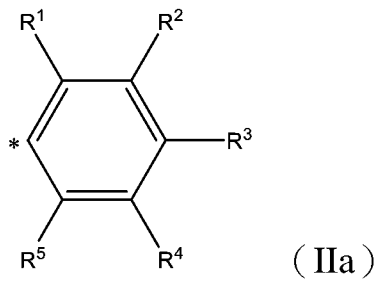
螺-二苯並呋喃基(spiro-xanthenyl)、萸基(fluorenyl)、螺-萸基(spiro-fluorenyl)、三苯矽基(triphenylsilyl)、四苯矽基(tetraphenylsilyl)、二苯並-呋喃基(dibenzo-furanyl)、二-二苯並呋喃基(di-dibenzofuranyl)、嘧啶基(pyrimidinyl)、吡嗪基(pyrazinyl)、芳基-烯基(aryl-alkenyl)或具有式 (IIa) 的基團



其中

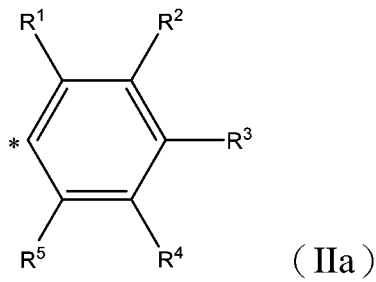
- 星號“*”表示式 (IIa) 基團與 A 結合的結合位置；及
- R¹ 至 R⁵ 獨立地選自以下者組成之群組：H、C₆ 至 C₁₂ 芳基及 C₃ 至 C₁₀（替代地，C₄ 至 C₅）雜芳基。

【0021】Ar¹ 可獨立地選自以下者組成之群組：苯基、蔥基、萸基或式 (IIa) 基團



其中 R¹ 至 R⁵ 獨立地選自 H 及苯基。

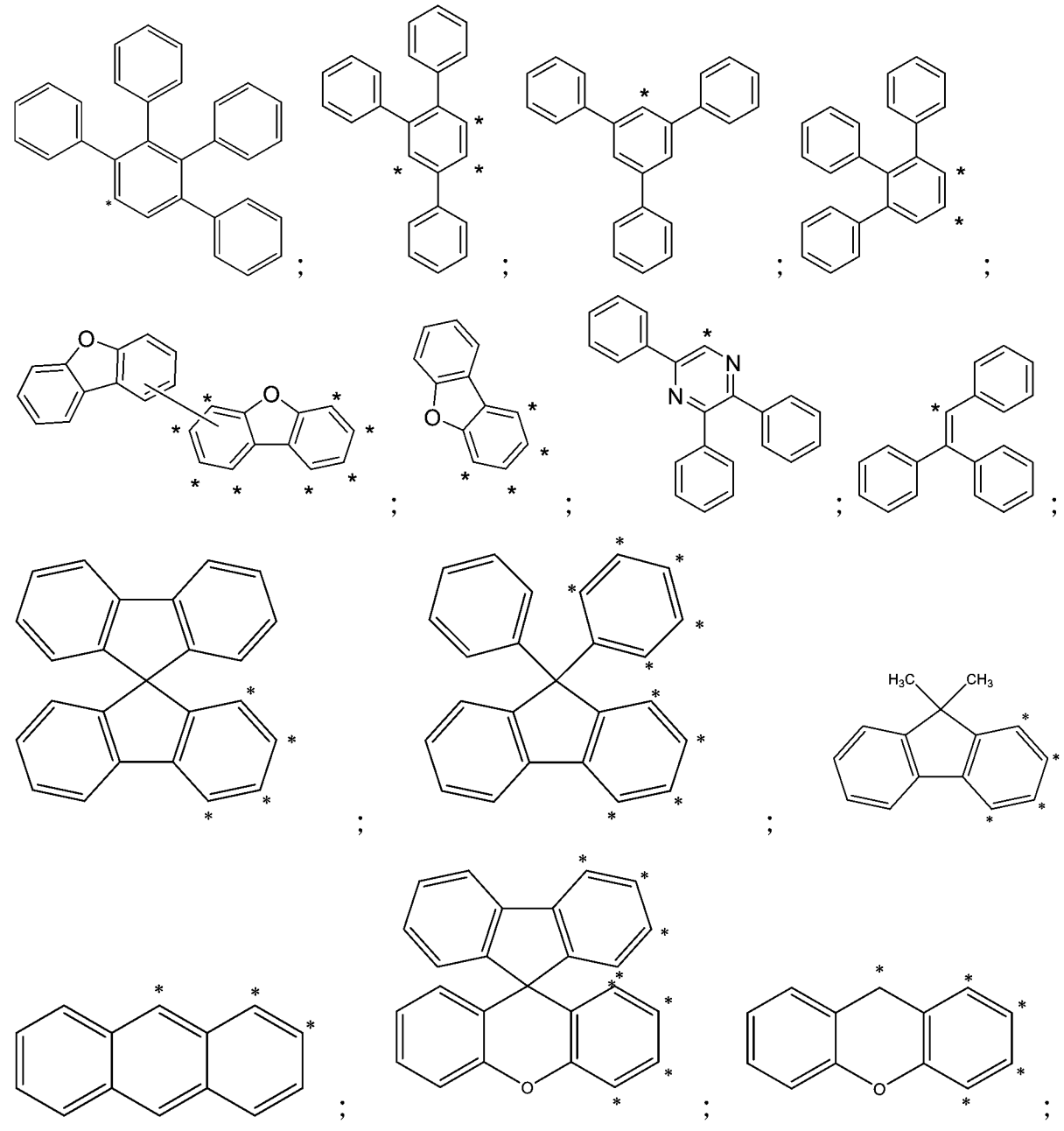
【0022】Ar¹ 可為式 (IIa) 基團



及 R¹ 至 R⁵ 中至少二者不是 H。

【0023】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) 苯環的相鄰碳原子則互相處於鄰位。

【0024】 Ar^1 可獨立地選自下面的基團中一者



其中星號“*”分別表示與 A 結合的結合位置。

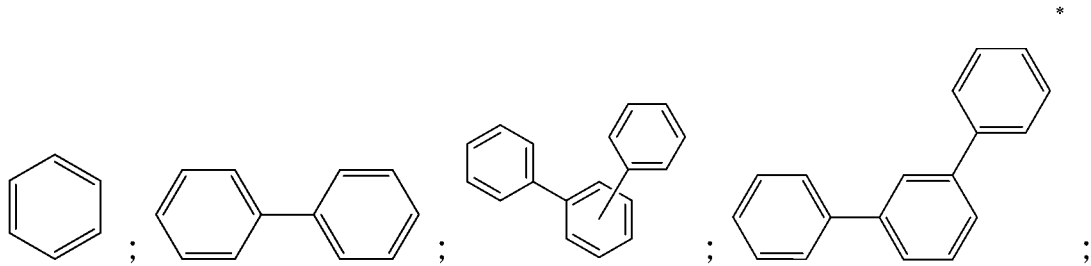
【0025】在 Ar^1 為取代的情況中，取代基中每一者都可獨立地選自以下者組成之群組：苯基(phenyl)、萘基(naphtyl)、聯苯(biphenyl)、吡啶基(pyridyl)、

皮考啉基(picolinyI)、盧剔啉基(lutidinyI)、二苯並呋喃基(dibenzofuranyI)、二苯並噻吩-基(dibenzothiophene-yl)、及苯並噻吩-基(benzothiophene-yl)。

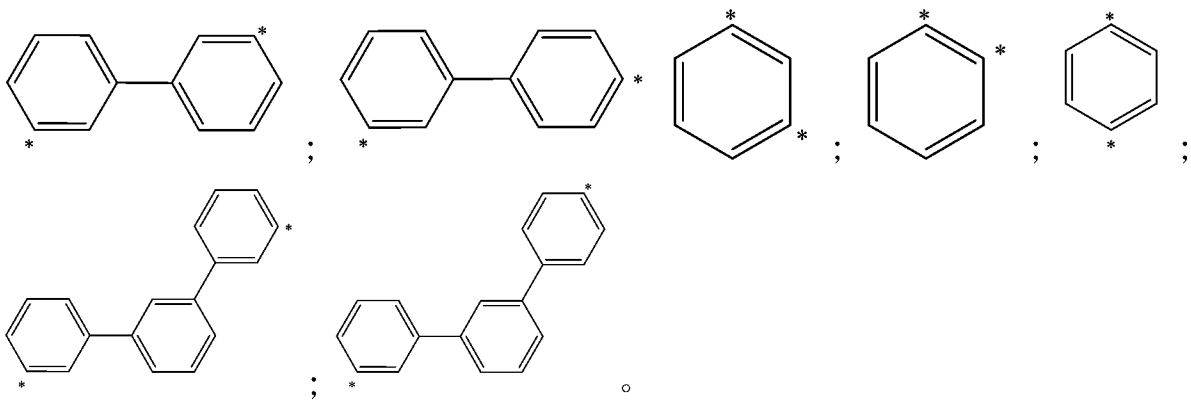
【0026】A 可獨立地選自取代的或未取代的 C₆ 至 C₃₀ 芳基，替代的 C₆ 至 C₂₄ 芳基，替代的 C₆ 至 C₁₈ 芳基。

【0027】A 可獨立地選自分別為取代的或未取代的以下者組成之群組：伸苯基(phenylene)、伸萘基(naphthylene)、伸聯苯(biphenylene)及伸聯三苯(terphenylene)。

【0028】A 可獨立地選自下面的基團或其組合物中一者



其中與 Ar¹ 及 X 結合的結合位置可被自由地選擇，較佳地為



【0029】在 A 為取代的情況中，A 上的每一個取代基都可獨立地選自苯基及 C₁ 至 C₄ 烷基組成之群組。

【0030】X 可獨立地選自以下者組成之群組：C₂ 至 C₃₉ 雜芳基及 C₆ 至 C₅₄ 芳基，可選的 C₂ 至 C₃₆ 雜芳基及 C₆ 至 C₄₈ 芳基，可選的 C₃ 至 C₃₀ 雜芳基及 C₆ 至 C₄₂ 芳基，可選的 C₃ 至 C₂₇ 雜芳基及 C₆ 至 C₃₆ 芳基，可選的 C₃ 至 C₂₄

雜芳基及 C₆ 至 C₃₀ 芳基，及可選的 C₃ 至 C₂₁ 雜芳基及 C₆ 至 C₂₄ 芳基，其中各自基團可為取代的或未取代的。

【0031】X 可獨立地選自以下者組成之群組：C₂ 至 C₃₉ 含 N 雜芳基、C₂ 至 C₃₉ 含 O 雜芳基及 C₆ 至 C₅₄ 芳基，可選的 C₂ 至 C₃₆ 含 N 雜芳基、C₂ 至 C₃₆ 含 O 雜芳基及 C₆ 至 C₄₈ 芳基，可選的 C₃ 至 C₃₀ 含 N 雜芳基、C₃ 至 C₃₀ 含 O 雜芳基及 C₆ 至 C₄₂ 芳基，可選的 C₃ 至 C₂₇ 含 N 雜芳基、C₃ 至 C₂₇ 含 O 雜芳基及 C₆ 至 C₃₆ 芳基，可選的 C₃ 至 C₂₄ 含 N 雜芳基、C₃ 至 C₂₄ 含 O 雜芳基及 C₆ 至 C₃₀ 芳基，及可選的 C₃ 至 C₂₁ 含 N 雜芳基、C₃ 至 C₂₁ 含 O 雜芳基及 C₆ 至 C₂₄ 芳基。

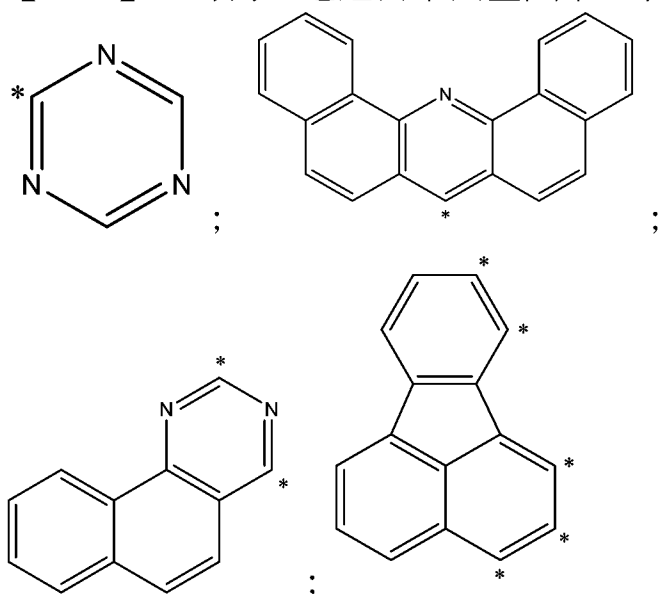
【0032】X 可獨立地選自以下者組成之群組：C₂ 至 C₃₉ 含 N 雜芳基及 C₆ 至 C₅₄ 芳基，可選的 C₂ 至 C₃₆ 含 N 雜芳基，及 C₆ 至 C₄₈ 芳基，可選的 C₃ 至 C₃₀ 含 N 雜芳基及 C₆ 至 C₄₂ 芳基，可選的 C₃ 至 C₂₇ 含 N 雜芳基及 C₆ 至 C₃₆ 芳基，可選的 C₃ 至 C₂₄ 含 N 雜芳基及 C₆ 至 C₃₀ 芳基，及可選的 C₃ 至 C₂₁ 含 N 雜芳基及 C₆ 至 C₂₄ 芳基。在此方面，可設想各自含 N 雜芳基包括一或更多 N 原子為僅有（複數）雜原子。

【0033】X 可獨立地選自可分別為取代的或未取代的以下者組成之群組：三嗪基(triazinyl)、1,2-二嗪基(1,2-diazinyl)、1,3-二嗪基(1,3-diazinyl)、1,4-二嗪基(1,4-diazinyl)、喹唑啉基(quinazolinyl)、苯並喹唑啉基(benzoquinazolinyl)、苯並咪唑基(benzimidazolyl)、喹啉基(quinolinyl)、苯並喹啉基苯並吡啶基(benzoquinolinyl benzoacridinyl)、二苯並吡啶基(dibenzoacridinyl)、丙二烯合萘基(fluoranthenyl)、蒽基(anthracenyl)、萘基(naphthyl)、聯三伸苯基(triphenylenyl)、二氮雜菲基(phenathrolinyl)、及二萘並呋喃基(dinaphthofuranyl)。

【0034】X 可獨立地選自可分別為取代的或未取代的以下者組成之群組：
三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、
苯並吡啶基、二苯並吡啶基、丙二烯合萸基、蒽基、萘基、聯三仲苯基、
二氮雜菲基、及二萘並呋喃基。

【0035】X 可獨立地選自可分別為取代的或未取代的以下者組成之群組：
三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、
苯並吡啶基、二苯並吡啶基、丙二烯合萸基。

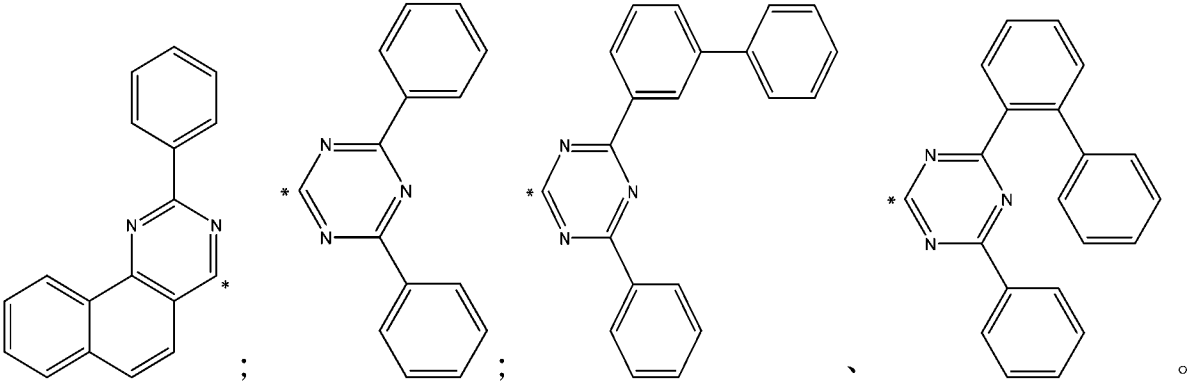
【0036】X 可獨立地選自下面基團中一者



其中星號“*”分別表示基團與 A 結合的結合位置。

【0037】在 X 為取代的情況中，X 上的每一個取代基都可獨立地選自以下者組成之群組：苯基、萘基及聯苯基。在 X 為取代的情況中，X 上的每一個取代基都可獨立地選自以下者組成之群組：苯基及聯苯基。

【0038】在 X 為取代的情況中，各自取代的 X 基團可為

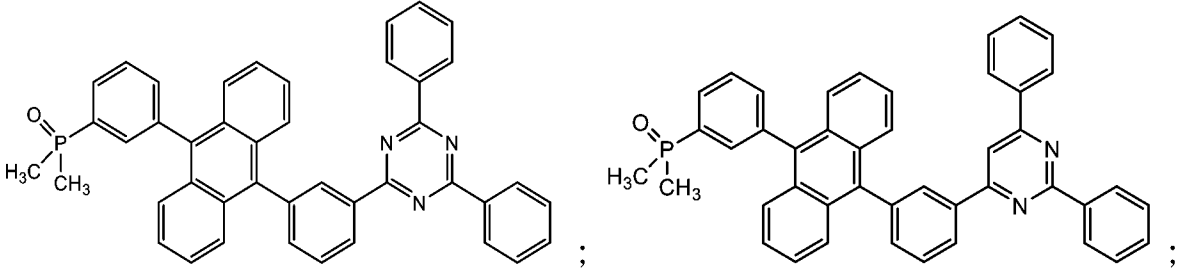


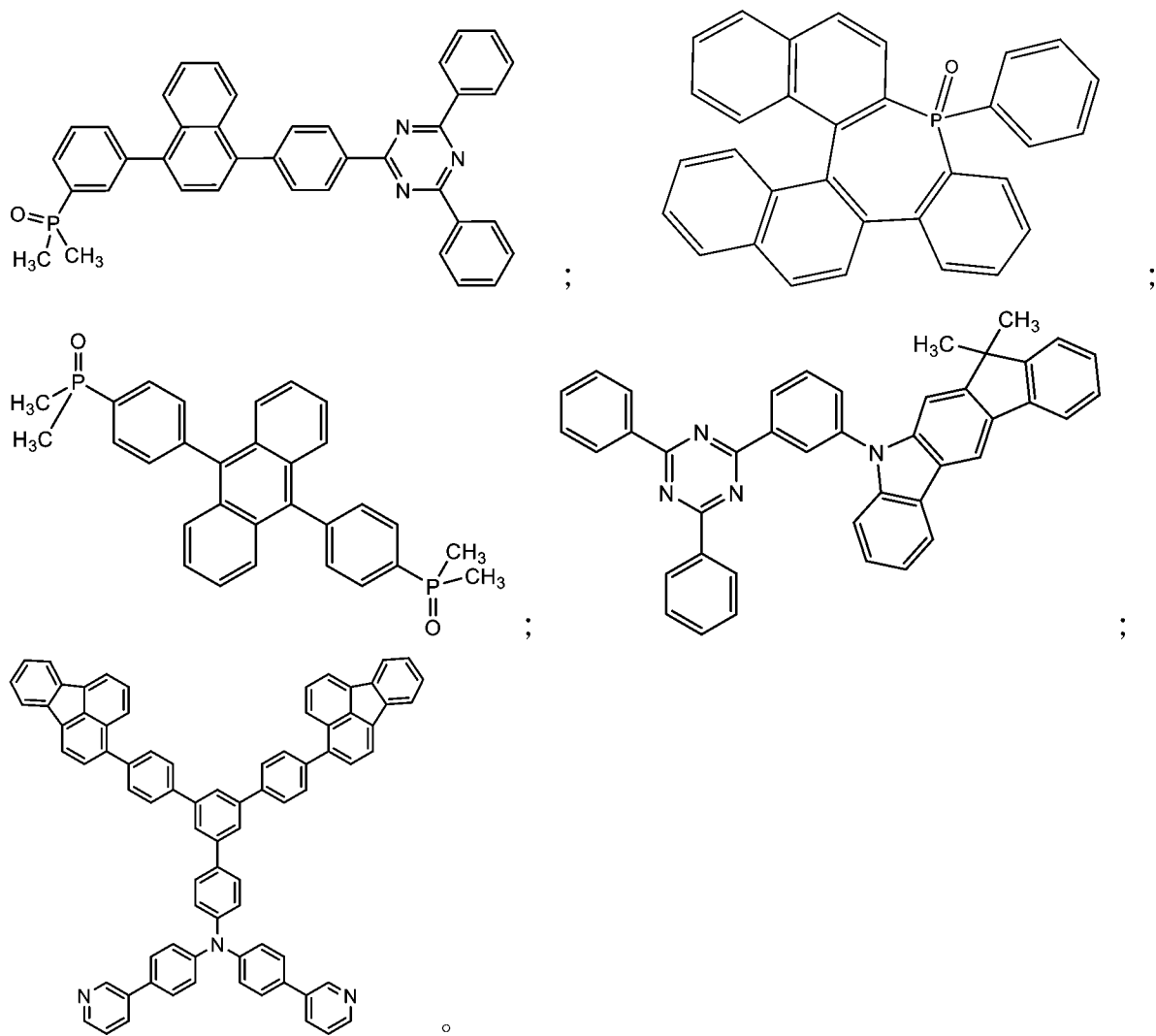
其中星號“*”分別表示基團與 A 結合的結合位置。

【0039】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₂。可設想式(I)化合物不含 $P(=O)$ 烷基₂。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，不含氧化膦環（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。

【0040】可設想式(I)化合物不含二部分 $P=O$ 。可設想其中式(I)化合物不含二 $P(=O)$ 芳基₂。可設想其中式(I)化合物不含二 $P(=O)$ 烷基₂。可設想其中式(I)化合物不含二 $P(=O)Ph_2$ 。可設想其中式(I)化合物不含二 $P(=O)(CH_3)_2$ 。可設想其中式(I)化合物不含 CN。

【0041】可設想下面的式中的一或更多者被排除在式(I)化合物範疇之外





【0042】式 (I) 化合物可包括 6 至 14 芳香或雜芳香環，可選的 7 至 13 芳香或雜芳香環，可選的 7 至 12 芳香或雜芳香環，可選的 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，諸如，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，每一個環都被理解為單環。例如，萘包括二芳香環。

【0043】藉由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式，使用混合功能 B3LYP 及高斯 6-31G* 基組計算的式 (I) 化合物分子偶極矩可為 ≥ 0 D 及 ≤ 4 D；替代的 ≥ 0 D 及 ≤ 3.5 D；替代的 ≥ 0 D 及 ≤ 3.0 D；替代的 ≥ 0 D 及 ≤ 2.5 D；替代的 ≥ 0 D 及 ≤ 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：

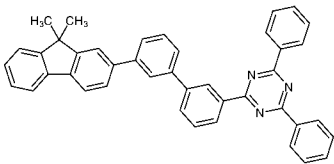
$$\vec{\mu} = \sum_i^N q_i \vec{r}_i$$
$$|\vec{\mu}| = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2}$$

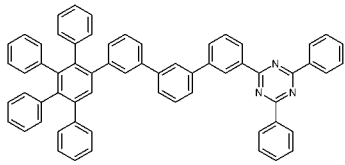
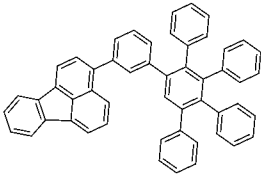
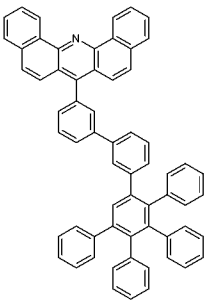
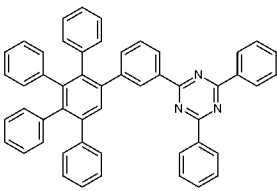
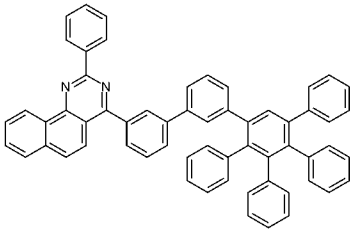
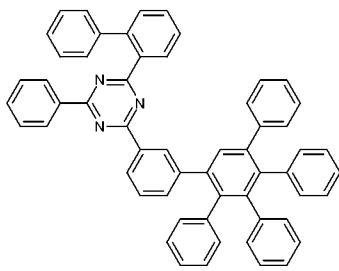
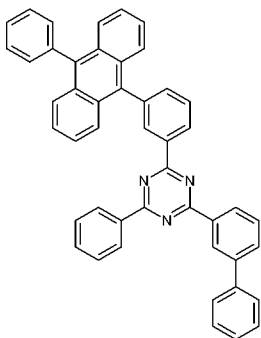
其中 q_i 及 $\vec{r}_i$ 為原子 i 在分子中的局部電荷及位置。偶極矩藉由半經驗分子軌道法（semi-empirical molecular orbital method）確定。如在套裝程式 TURBOMOLE V6.5（TURBOMOLE GmbH，Litzenhardtstrasse 19，76135 Karlsruhe，德國）中實施的，使用在氣相中具有 6-31G*基組的混合功能 B3LYP 來最佳化分子結構的幾何。如果多於一個構形是可行的，則選擇具有最低總能量的構形來確定分子的鍵長。

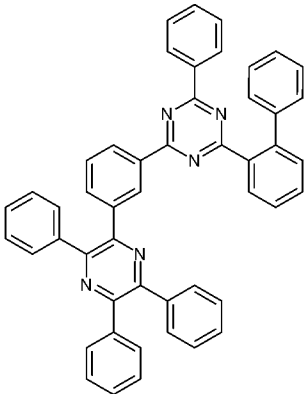
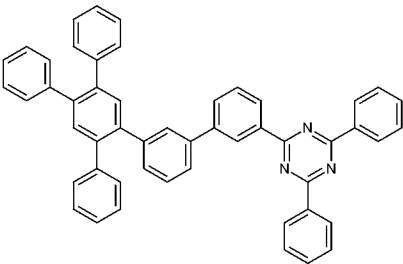
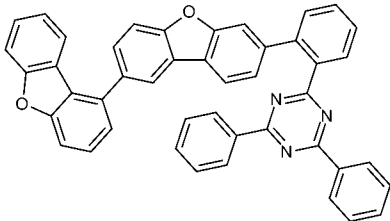
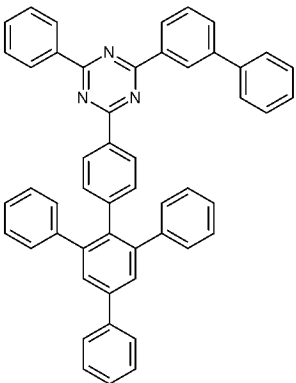
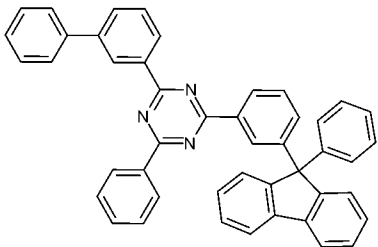
【0044】在實施方式中，藉由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式，使用混合功能 B3LYP 及高斯 6-31G*基組計算的(以取真空能階為 0 的絕對標度而計) 式(I)化合物的 LUMO 能階在-1.90 eV 至-1.60 eV，較佳地在-1.87 eV 至-1.65 eV，較佳地在-1.85 eV 至-1.65 eV 的範圍內。

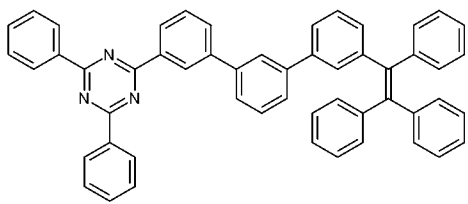
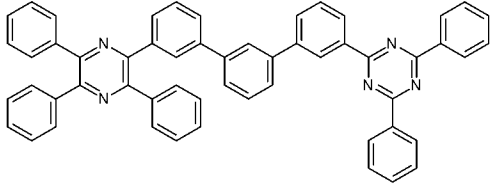
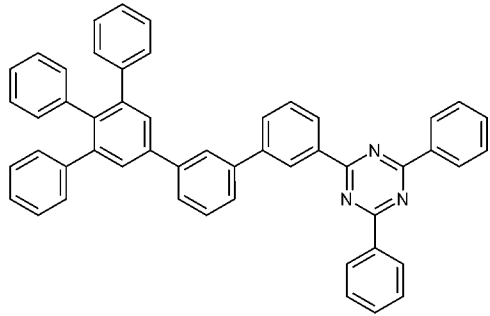
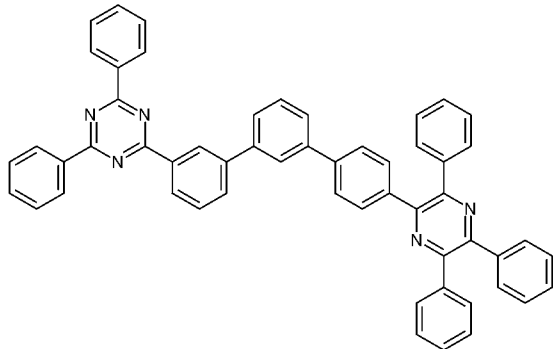
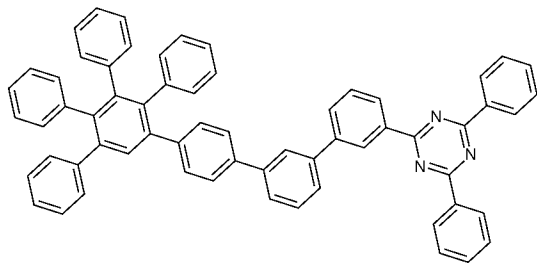
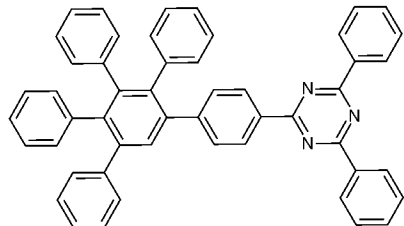
【0045】式（I）化合物可選自下表1的化合物A-1至A-29。

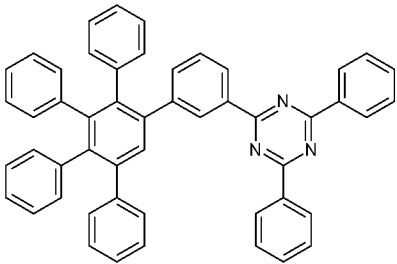
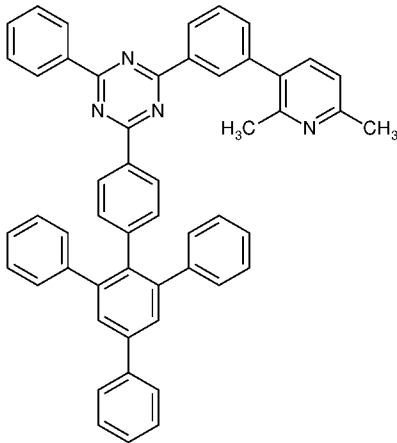
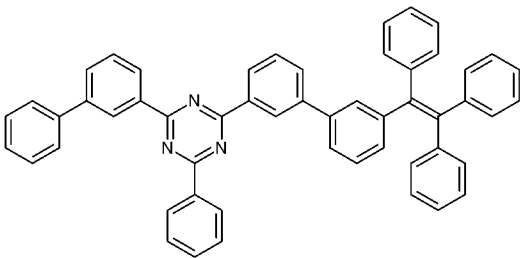
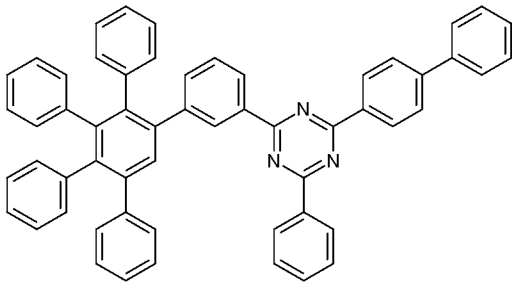
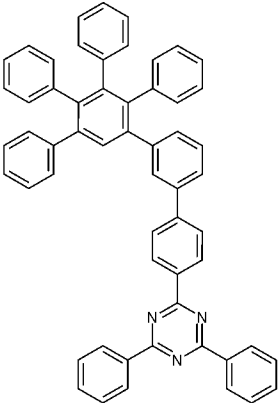
表1：

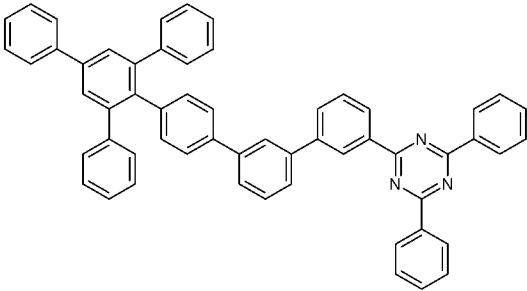
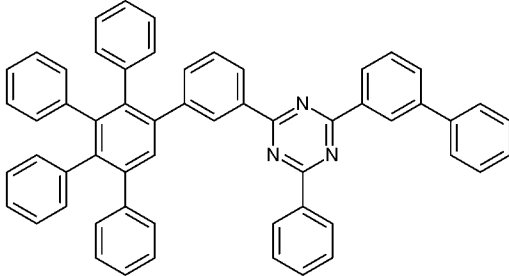
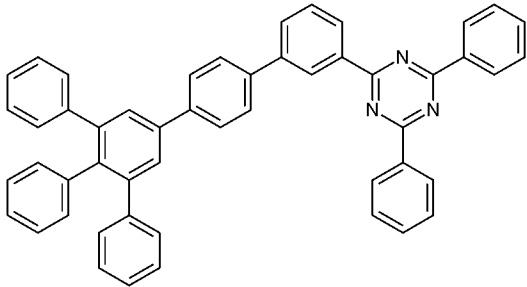
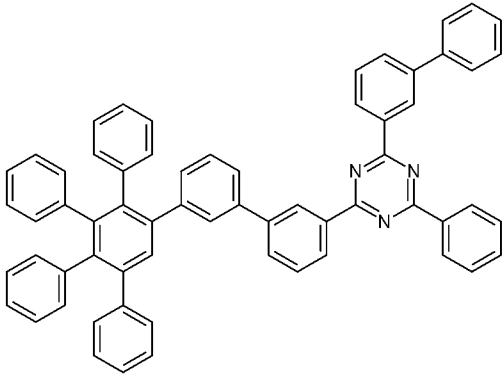
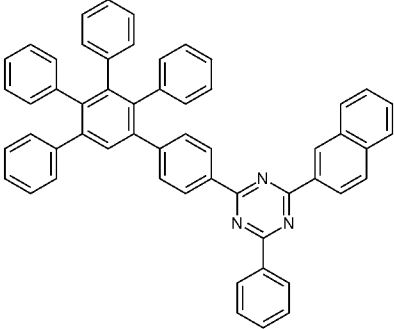
名稱	結構	HOMO	LUMO	偶極矩
		[eV]	[eV]	[D]
A-1		-5.57	-1.84	0.48
A-2		-5.72	-1.82	0.30

				
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

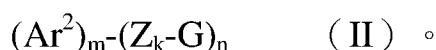
【0046】在實施方式中，藉由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式，使用混合功能 B3LYP 及高斯 6-31G*基組計算的（取真空能階為 0 的絕對標度）式（I）化合物的 LUMO 能階在 -1.90 eV 至 -1.60 eV，較佳地在 -1.85 eV 至 -1.65 eV 的範圍內。

【0047】第一電子傳輸層可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成與發射層直接接觸。第一電子傳輸層可被設置成“夾在”發射層與第二電子傳輸層之間“接觸”。

【0048】第一電子傳輸層可具有 <50 nm，可選地在 1 與 30 nm 之間，可選地在 1 與 10 nm 之間，可選地在 1 與 5 nm 之間的厚度。

第二電子傳輸層

【0049】第二電子傳輸層包括式（II）化合物



【0050】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，前提是另外化合物都不是電摻雜物。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。可含的範例性另外電子傳輸基質化合物被揭露於下面。

【0051】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 Ar^2 與 G 的間隔體部分。在式（II）化合物包括多於一個基團 (Z_k-G) 的情況中，該基團可獨立地包括亦可不獨立地包括間隔體 Z。

【0052】在式（II）中，m 及 n 獨立地為 1 或 2。在式（II）中，m 及 n 可為 1。

【0053】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。

【0054】 Ar^2 可獨立地選自以下者組成之群組： C_2 至 C_{39} 雜芳基及 C_6 至 C_{54} 芳基，可選的 C_2 至 C_{36} 雜芳基及 C_6 至 C_{48} 芳基，可選的 C_3 至 C_{30} 雜芳基及 C_6 至 C_{42} 芳基，可選的 C_3 至 C_{27} 雜芳基及 C_6 至 C_{36} 芳基，可選的 C_3 至 C_{24} 雜芳基及 C_6 至 C_{30} 芳基，及可選的 C_3 至 C_{21} 雜芳基及 C_6 至 C_{24} 芳基。

【0055】 Ar^2 可獨立地選自以下者組成之群組： C_2 至 C_{39} 含 N 雜芳基及 C_6 至 C_{54} 芳基，可選的 C_2 至 C_{36} 含 N 雜芳基及 C_6 至 C_{48} 芳基，可選的 C_3 至 C_{30} 含 N 雜芳基及 C_6 至 C_{42} 芳基，可選的 C_3 至 C_{27} 含 N 雜芳基及 C_6 至 C_{36} 芳基，可選的 C_3 至 C_{24} 含 N 雜芳基及 C_6 至 C_{30} 芳基，及可選的 C_3 至 C_{21} 含 N 雜芳基及 C_6 至 C_{24} 芳基。在此方面，可設想各自含 N 雜芳基包括一或更多 N 原子為僅有（複數）雜原子。

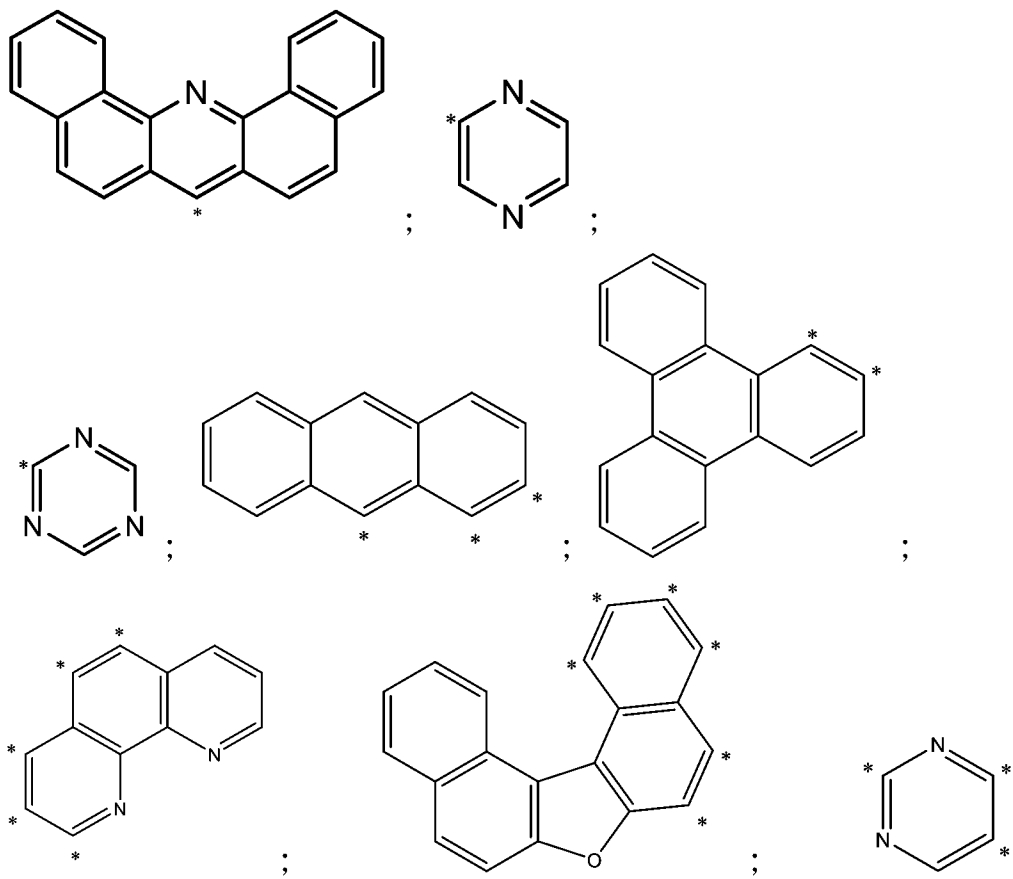
【0056】 Ar^2 可包括至少二環節化(annelated)5 或 6 元環。

【0057】 Ar^2 可獨立地選自分別為取代的或未取代的以下者組成之群組：吡啶基(pyridinyl)、三嗪基(triazinyl)、1,2-二嗪基(1,2-diazinyl)、1,3-二嗪基(1,3-diazinyl)、1,4-二嗪基(1,4-diazinyl)、喹啉基(quinazolinyl)、苯並喹啉基(benzoquinazolinyl)、苯並咪唑基(benzimidazolyl)、喹啉基(quinolinyl)、苯並喹啉基苯並吡啶基(benzoquinolinyl benzoacridinyl)、二苯並吡啶基(dibenzoacridinyl)、丙二烯合萘基(fluoranthenyl)、蒽基(anthracenyl)、萘基(naphthyl)、聯三伸苯基(triphenylenyl)、二氮雜菲基(phenathrolinyl)、及二萘並呋喃基(dinaphthofuranyl)。

【0058】 Ar^2 可獨立地選自以下者組成之群組：二苯並吡啶基(dibenzoacridinyl)、1,3-二嗪基(1,3-diazinyl)、1,4-二嗪基(1,4-diazinyl)、蒽基

(anthracenyl)、三嗪基(triazinyl)、二氮雜菲基(phenathrolinyl)、聯三伸苯基(triphenylenyl)、吡啶基 (pyridinyl)、二萘並呋喃基(dinaphthofuranyl)。

【0059】 Ar² 可獨立地選自下面基團中一者



其中星號“*”分別表示與 Z 結合的結合位置。

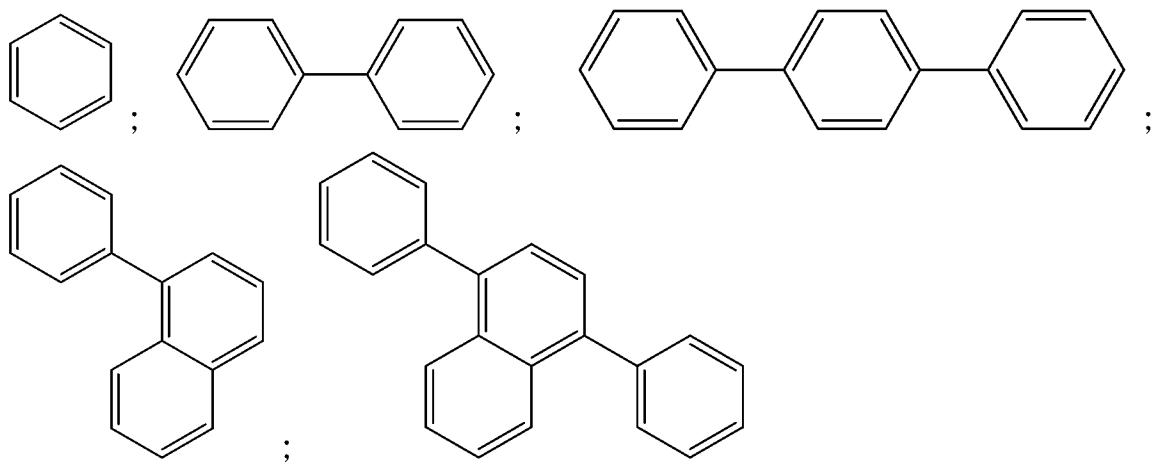
【0060】 在 Ar² 為取代的情況中，Ar² 上的每一個取代基都可獨立地選自分別可為取代的或未取代的以下者組成之群組：苯基、萘基、可選的 β 萘基、吡啶基及聯苯基。

【0061】 在 Ar² 為取代的情況中，Ar² 上的每一個取代基都可獨立地選自以下者組成之群組：苯基、吡啶基及聯苯基、可選的對-聯苯-基 (para-biphenyl-yl)。

【0062】 Z 可獨立地選自可為取代的或未取代的不包含的 C₆ 至 C₂₄ 芳基，替代的 C₆ 至 C₁₈ 芳基，替代的 C₆ 至 C₁₂ 芳基。

【0063】Z 可選自分別可為取代的或未取代的以下者組成之群組：伸苯基(phenylene)、伸萘基(naphthylene)、伸苯基-伸萘基(phenylene-naphthylene)、伸聯苯(biphenylene)及伸聯三苯(terphenylene)。

【0064】Z 可獨立地選自下面基團中一者



其中可自由地選擇與 Ar^2 及 G 結合的結合位置。

【0065】在 Z 為取代的情況中，Z 上的每一個取代基都可獨立地選自以下者組成之群組：苯基及 C_1 至 C_4 烷基。

【0066】G 被選定，使得藉由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式，使用混合功能 B3LYP 及高斯 6-31G* 基組計算的化合物 G-苯基的偶極矩可為 $\geq 1 \text{ D}$ 及 $\leq 7 \text{ D}$ 。用符號“D”簡寫偶極矩的單位“德拜 (Debye)”。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。所以反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 $|\vec{\mu}|$ 藉由如下給出：

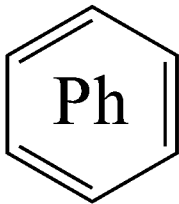
$$\vec{\mu} = \sum_i^N q_i \vec{r}_i$$
$$|\vec{\mu}| = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2}$$

其中 q_i 及 $\vec{r}_i$ 為原子 i 在分子中的局部電荷及位置。偶極矩藉由半經驗分子軌道法確定。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*基組的混合功能 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確定分子的鍵長。在此方面，整個部分 G 涵蓋可包括的所有可能取代基。

【0067】 G 可被選擇，使得化合物 G-苯基的偶極矩為 >1 D；可選的 ≥2 D；可選的 ≥2.5 D，可選的 ≥2.5 D，可選的 ≥3 D，及可選的 ≥3.5 D。G 可被選定，使得化合物 G-苯基的偶極矩為 ≤7 D，可選的 ≤6.5 D，可選的 ≤6 D，可選的 ≤5.5 D，可選的 ≤5 D。如果化合物 G-苯基的多於一個構形異構體是可行的，則在此範圍內選擇 G-苯基的構形異構體的偶極矩的平均值。構形異構性為立體異構性形式的，其中異構體僅是藉由繞形式單鍵旋轉而可被轉化 (interconverted)。

【0068】 藉由選擇 G 使得化合物 G-苯基的偶極矩落入上述範圍內，可設想自相鄰、相異電子注入層 (EIL) 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。

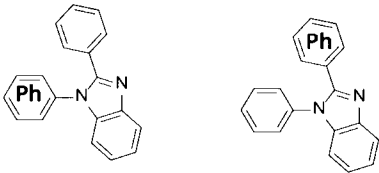
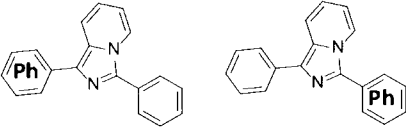
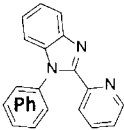
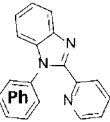
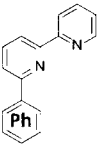
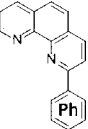
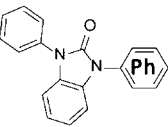
【0069】 範例性化合物“G-苯基”列於下面的表2中，其中各自化合物中的部分

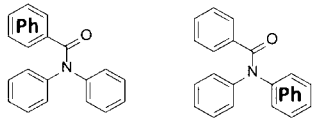
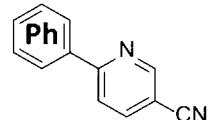
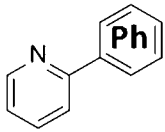
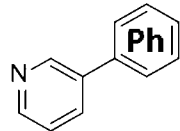
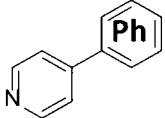
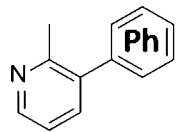
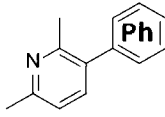
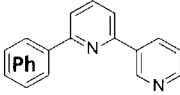


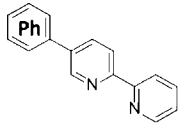
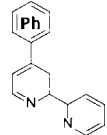
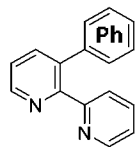
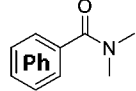
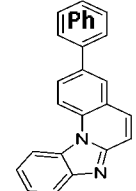
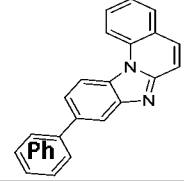
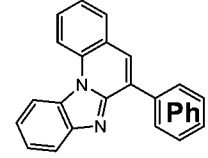
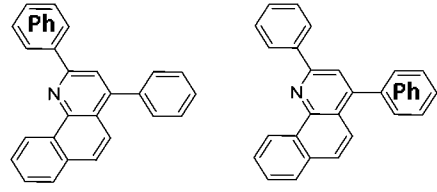
指“G-苯基”中的“苯基”部。

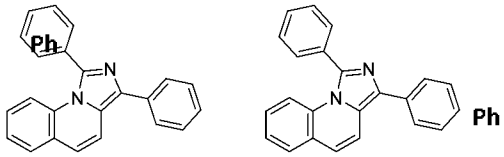
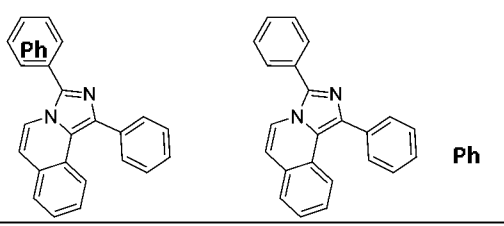
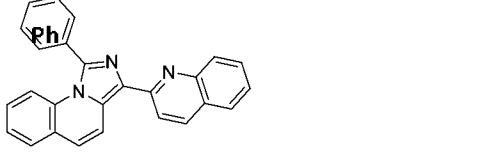
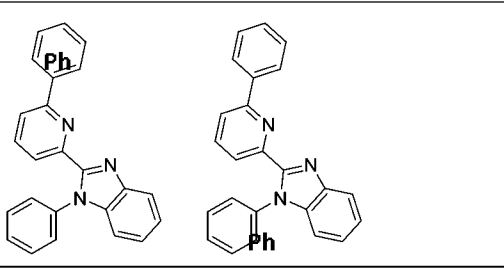
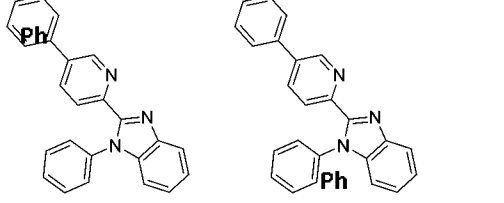
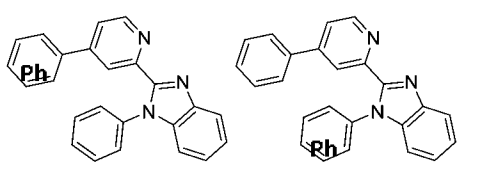
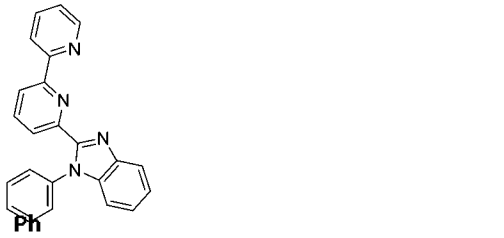
表2：

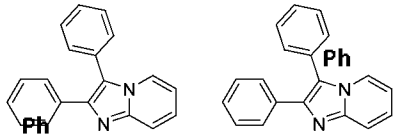
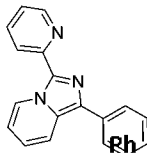
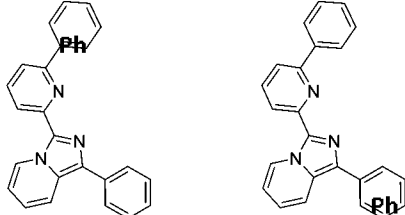
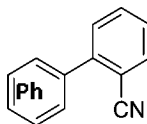
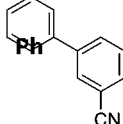
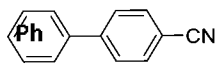
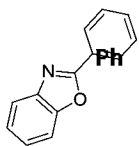
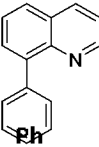
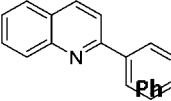
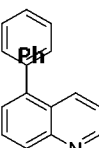
	G-苯基的結構	HOMO [eV]	LUMO [eV]	偶極矩 [D]
G-苯基-1		-6.88	-0.62	4.16
G-苯基-2		-6.74	-0.86	4.19
G-苯基-3		-8.97	1.00	4.56
G-苯基-4		-5.82	-0.62	3.97
G-苯基-5		-5.04	-1.18	3.86

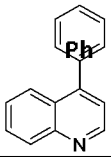
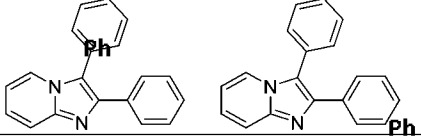
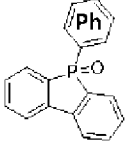
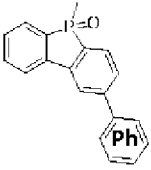
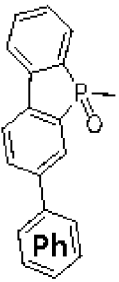
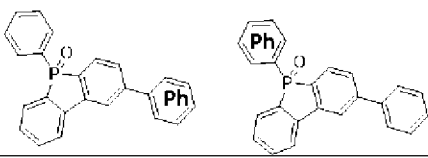
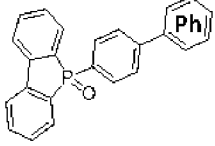
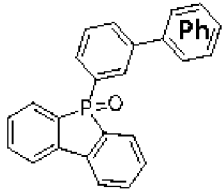
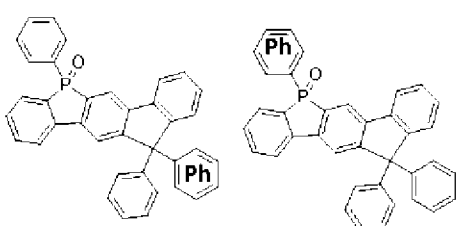
G-苯基-6		-5.70	-1.02	3.70
G-苯基-7		-4.92	-1.11	3.11
G-苯基-8		-5.86	-1.19	5.14
G-苯基-9		-5.76	-1.33	2.61
G-苯基-10		-5.96	-1.35	2.69
G-苯基-11		-5.83	-1.59	2.67
G-苯基-12		-5.54	-0.48	2.12

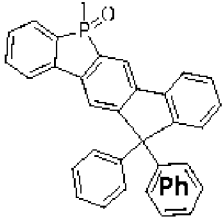
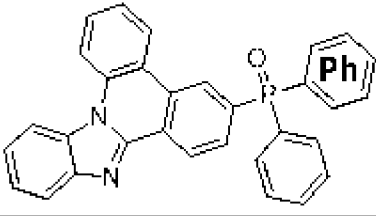
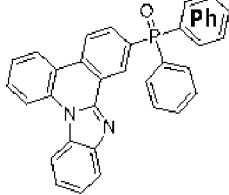
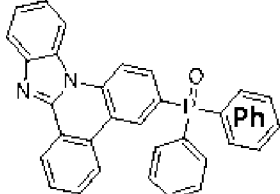
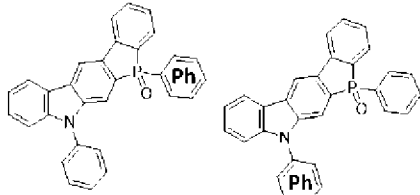
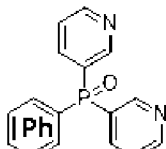
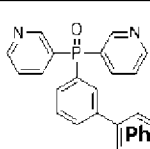
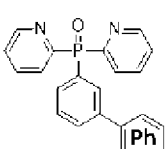
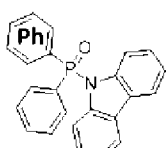
G-苯基-13		-5.79	-1.06	3.33
G-苯基-14		-6.59	-2.08	4.79
G-苯基-15		-6.12	-1.13	1.71
G-苯基-16		-6.32	-0.98	2.31
G-苯基-17		-6.57	-1.19	2.75
G-苯基-18		-6.28	-0.77	2.00
G-苯基-19		-6.12	-0.69	1.50
G-苯基-20		-6.10	-1.41	3.51

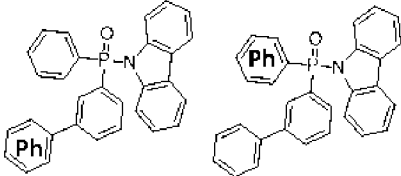
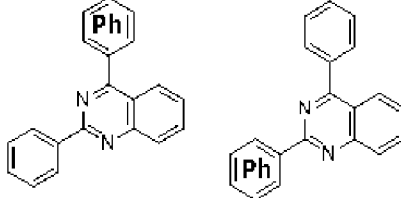
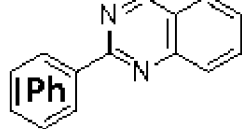
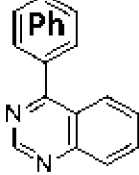
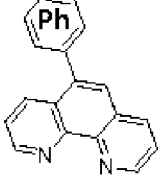
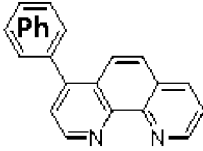
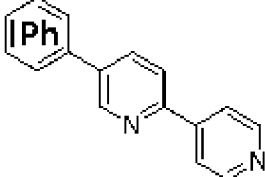
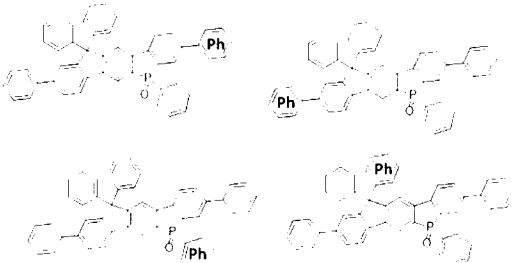
G-苯基-21		-6.10	-1.38	2.98
G-苯基-22		-6.47	-1.31	3.46
G-苯基-23		-6.19	-1.03	3.02
G-苯基-24		-6.35	-0.17	3.62
G-苯基-25		-5.54	-1.58	3.49
G-苯基-26		-5.60	-1.61	3.39
G-苯基-27		-5.48	-1.67	2.76
G-苯基-28		-5.63	-1.56	1.84

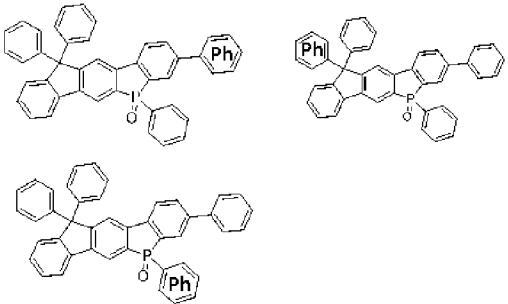
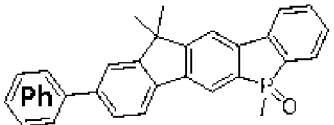
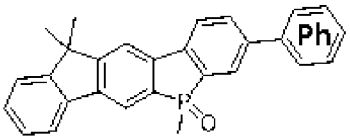
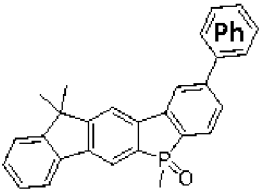
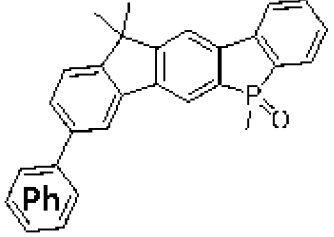
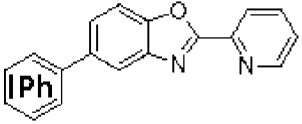
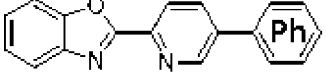
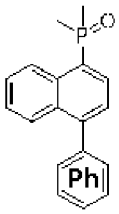
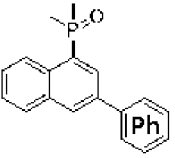
G-苯基-29		-5.02	-1.39	2.96
G-苯基-30		-5.08	-1.13	2.70
G-苯基-31		-5.07	-1.58	2.29
G-苯基-32		-5.81	-1.19	4.61
G-苯基-33		-5.78	-1.42	5.20
G-苯基-34		-5.84	-1.38	5.63
G-苯基-35		-5.83	-1.35	3.37

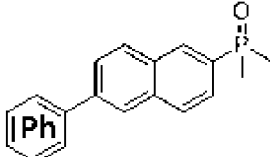
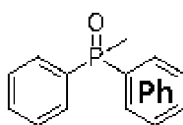
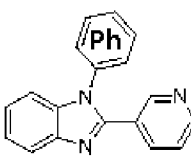
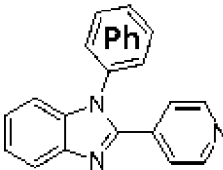
G-苯基-36		-5.37	-0.98	3.32
G-苯基-37		-4.94	-1.15	1.81
G-苯基-38		-4.94	-1.16	2.12
G-苯基-39		-6.52	-1.47	4.17
G-苯基-40		-6.56	-1.46	4.85
G-苯基-41		-6.53	-1.67	5.27
G-苯基-42		-6.00	-1.43	1.14
G-苯基-43		-5.84	-1.47	1.94
G-苯基-44		-5.97	-1.56	1.53
G-苯基-45		-6.01	-1.42	2.31

G-苯基-46		-6.09	-1.47	2.57
G-苯基-47		-5.37	-0.98	3.32
G-苯基-48		-6.22	-1.47	4.49
G-苯基-49		-6.15	-1.55	4.79
G-苯基-50		-5.95	-1.58	4.45
G-苯基-51		-6.10	-1.57	4.65
G-苯基-52		-6.14	-1.47	4.59
G-苯基-53		-6.12	-1.48	4.26
G-苯基-54		-5.71	-1.60	4.55

G-苯基-55		-5.74	-1.60	4.73
G-苯基-56		-5.75	-1.62	-6.70
G-苯基-57		-5.68	-1.61	6.58
G-苯基-58		-5.71	-1.45	4.34
G-苯基-59		-5.42	-1.34	4.33
G-苯基-60		-6.89	-1.25	3.44
G-苯基-61		-6.32	-1.28	3.20
G-苯基-62		-5.96	-1.24	4.42
G-苯基-63		-5.63	-0.96	4.10

G-苯基-64		-5.64	-1.05	4.23
G-苯基-65		-6.00	-1.88	2.46
G-苯基-66		-6.12	-1.82	2.22
G-苯基-67		-6.36	-1.87	3.04
G-苯基-68		-6.03	-1.46	3.58
G-苯基-69		-6.09	-1.46	3.67
G-苯基-70		-6.17	-1.85	4.56
G-苯基-71		-5.50	-1.74	4.45

G-苯基-72		-5.55	-1.76	4.44
G-苯基-73		-5.58	-1.64	4.98
G-苯基-74		-5.60	-1.66	4.81
G-苯基-75		-5.70	-1.60	5.11
G-苯基-76		-5.66	-1.58	4.90
G-苯基-77		-5.95	-1.70	1.25
G-苯基-78		-5.92	-1.91	1.83
G-苯基-79		-5.84	-1.41	4.28
G-苯基-80		-5.81	-1.40	3.98

G-苯基-81		-5.84	-1.61	4.50
G-苯基-82		-6.85	-0.85	4.00
G-苯基-83		-5.88	-1.27	2.59
G-苯基-84		-6.02	-1.48	4.35

【0070】 G可選自以下者組成之群組：二烷基氧磷基（dialkylphosphinyl），二芳基氧磷基(diarylphosphinyl)、烷基芳基氧磷基(alkylarylphosphinyl)、二雜芳基氧磷基(diheteroarylphosphinyl)、芳基雜芳基氧磷基(arylheteroarylphosphinyl)、環二芳基氧磷基(cyclic diarylphosphinyl)、氧化磷(phosphine oxide)、含芳基氧化磷(aryl-containing phosphine oxide)、含雜芳基氧化磷(heteroaryl-containing phosphine oxide)、環芳基雜芳基氧磷基(cyclic arylheteroarylphosphinyl)、含環雜芳基氧化磷(cyclic heteroaryl-containing phosphine oxide)、腈(nitrile)、苯甲腈(benzonitrile)、菸鹼腈（nicotinonitrile）、醯胺(amide)、碳醯胺(carbamide)、及C₂至C₄₂雜芳基；其中G可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中該一或更多取代基選自以下者組成之群組：C₆至C₁₈芳基、C₁至C₁₀烷基、C₂至C₁₄雜芳基。在此方面，“環”意指氧磷基(phosphinyl)的“P=O”，氧化磷(phosphine)分別為該基團的另外部分形成的環的局部。

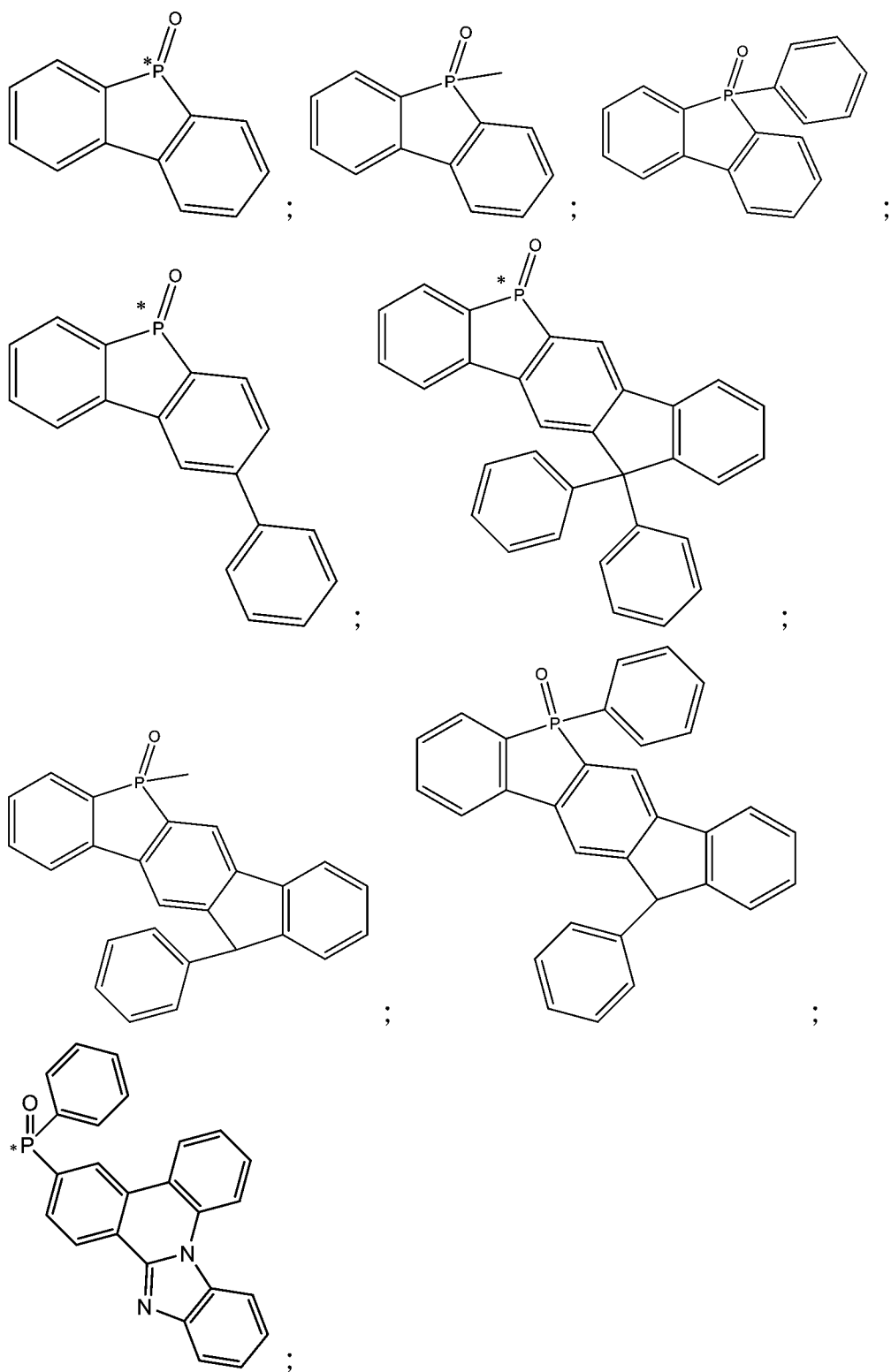
【0071】G可選自以下者組成之群組：二-C₁至C₁₀-烷基氧磷基(di-C₁ to C₁₀-alkylphosphinyl)、二-C₆至C₁₀-芳基氧磷基、C₁₀-C₄₂二雜芳基氧磷基、C₇-C₄₂芳基雜芳基氧磷基、C₈-C₄₂氧化磷、含C₈-C₄₂芳基氧化磷、含C₈-C₆₃雜芳基氧化磷(C₈-C₆₃ heteroaryl-containing phosphine oxide)、C₁₂-C₆₃環芳基氧磷基、C₇-C₄₂環芳基雜芳基氧磷基、含C₇-C₄₂環雜芳基氧化磷、及C₂至C₃₉雜芳基、可選的C₂至C₃₅雜芳基、可選的C₂至C₃₂雜芳基、可選的C₂至C₂₉雜芳基、可選的C₂至C₂₅雜芳基；G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以下者組成之群組：C₆至C₁₂芳基、C₁至C₆烷基、C₂至C₁₁雜芳基。

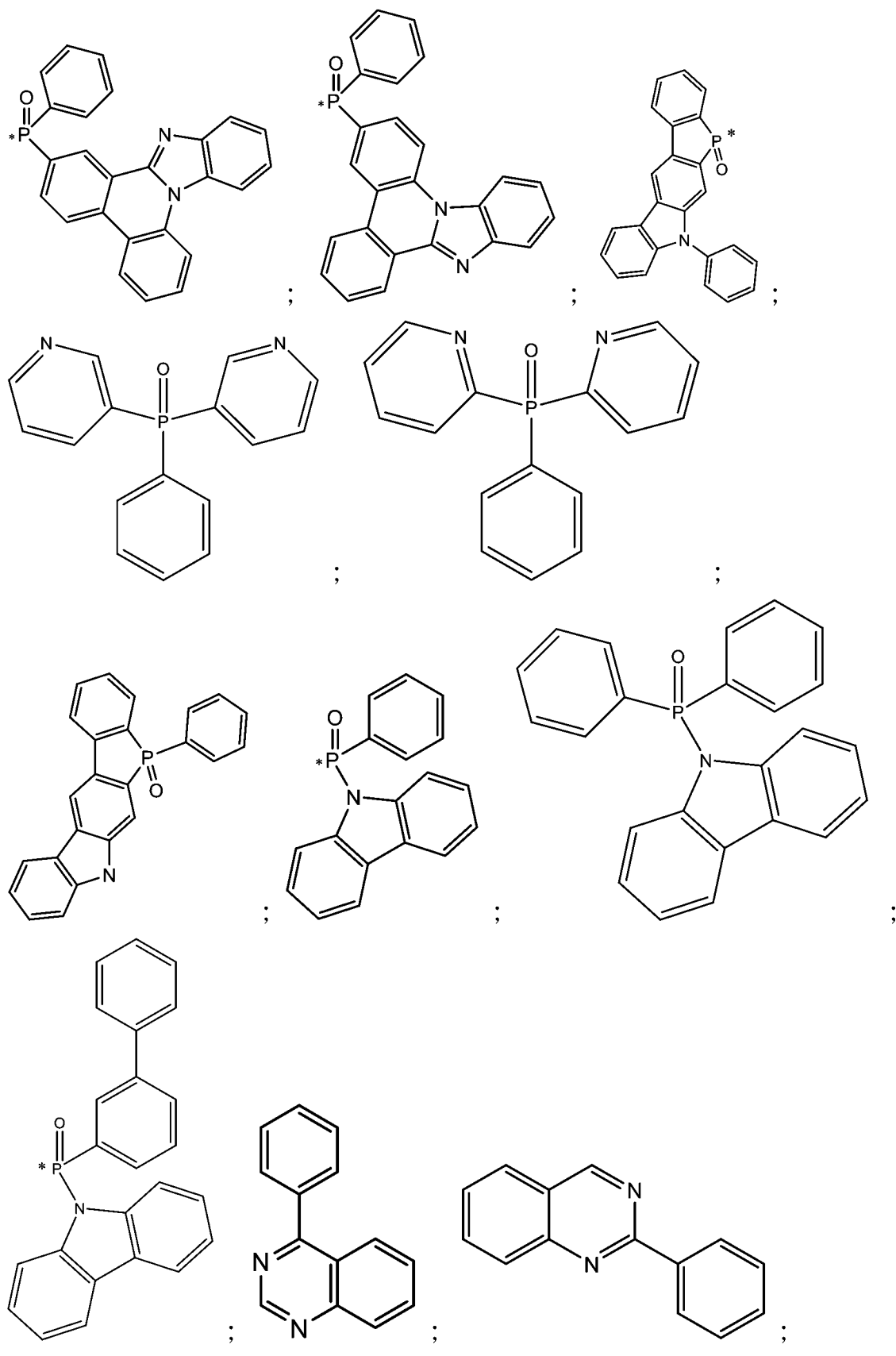
【0072】G可選自以下者組成之群組：二-C₁至C₄-烷基氧磷基、二-C₆至C₁₀-芳基氧磷基、C₁₀二雜芳基氧磷基、C₇-C₂₅芳基雜芳基氧磷基、C₈-C₄₂氧化磷、含C₈-C₄₂芳基氧化磷、含C₈-C₂₄雜芳基氧化磷、C₁₂-C₄₂環芳基氧磷基、C₇-C₂₅環芳基雜芳基氧磷基、含C₇-C₂₅環雜芳基氧化磷、及C₂至C₂₅雜芳基；其中分別G可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自以下者組成之群組：C₆至C₁₀芳基、C₁至C₄烷基、C₂至C₅雜芳基。

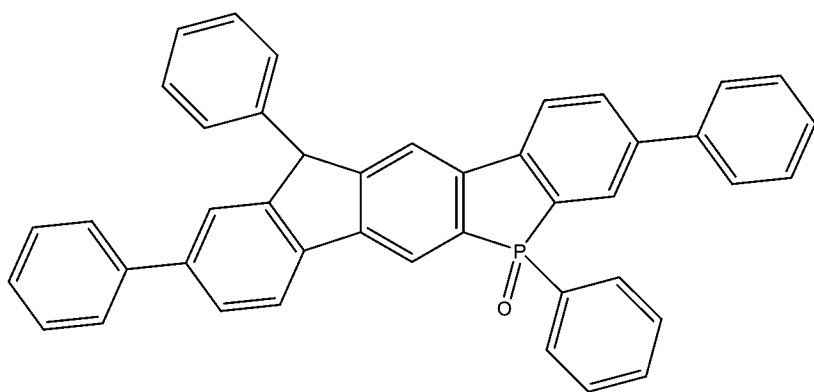
【0073】G選自以下者組成之群組：二烷基氧磷基(dialkylphosphinyl)、二芳基氧磷基(diarylphosphinyl)、烷基芳基氧磷基(alkylarylphosphinyl)、二雜芳基氧磷基(diheteroarylphosphinyl)、芳基雜芳基氧磷基(arylheteroarylphosphinyl)、環二芳基氧磷基(cyclic diarylphosphinyl)、氧化磷(phosphine oxide)、含芳基氧化磷(aryl-containing phosphine oxide)、含雜芳基氧化磷(heteroaryl-containing phosphine oxide)、環芳基雜芳基氧磷基(cyclic arylheteroarylphosphinyl)、含環雜芳基氧化磷(cyclic heteroaryl-containing phosphine oxide)、腈(nitrile)、苯甲腈(benzonitrile)、菸

鹼腈(nicotinonitrile)、醯胺-基 (amide-yl)、碳醯胺-基 (carbamide-yl) 及 C₂ 至 C₁₇ 雜芳基；其中分別 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以下者組成之群組：苯基(phenyl)、甲基(methyl)、乙基(ethyl)、及吡啶基(pyridyl)。

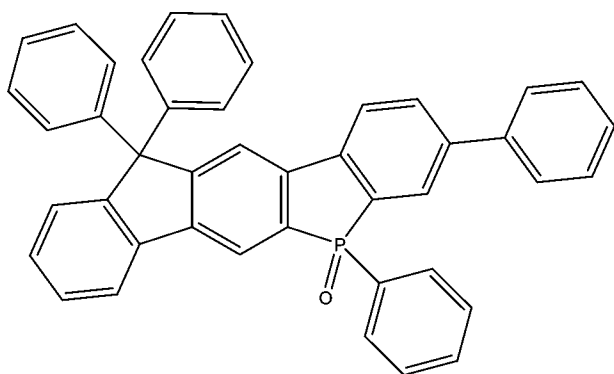
【 0074 】 G 可獨立地選自以下者組成之群組：二甲基氧磷基(dimethylphosphinyl)、二苯基氧磷基(diphenylphosphinyl)、腈(nitrile)、苯甲腈 (benzonitrile)、菸鹼腈 (nicotinonitrile)、二-氫-苯並咪唑酮-基 (di-hydro-benzoimidazolone-yl)、二苯基-丙烷-基(diphenyl-propane-yl)、*N,N*-二甲基乙醯胺(*N,N*-dimethylacetamid)、醯胺()、碳醯胺(carbamide)、咪唑基(imidazolyl)、苯基苯並咪唑基(phenylbenzoimidazolyl)、乙基苯並咪唑基苯基苯並喹啉基 (ethylbenzoimidazolyl phenylbenzoquinoliny) 、苯基苯並咪唑並喹啉基 (phenylbenzoimidazoquinoliny) 、吡啶基 (pyridiny) 、聯吡啶基(bipyridiny) 、皮考啉基(picoliny) 、盧剔密定基 (lutidenyl) 、嗒嗒基 (pyridaziny) 、嘧啶基(pyrimidiny) 、吡嗪基(pyraziny) 、三苯基-吡嗪基 (triphenyl-pyraziny) 、苯並喹啉基 (benzoquinoliny) 、菲啉基 (phenanthroliny) 、苯基菲啉基(phenylphenanthroliny) 、喹啉基 (quinazoliny) 、苯並噁唑基(benzoxazolyl)、苯並咪唑基 (benzimidazolyl) 、吡啶基-咪唑並吡啶基 (pyridiny-imidazopyridiny) ；



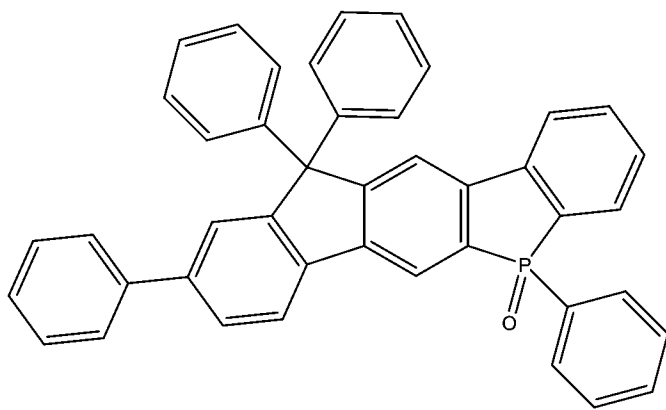




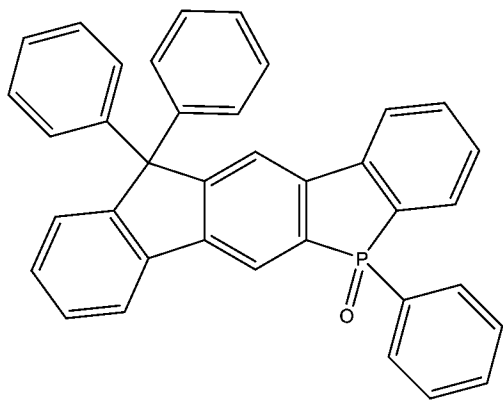
;



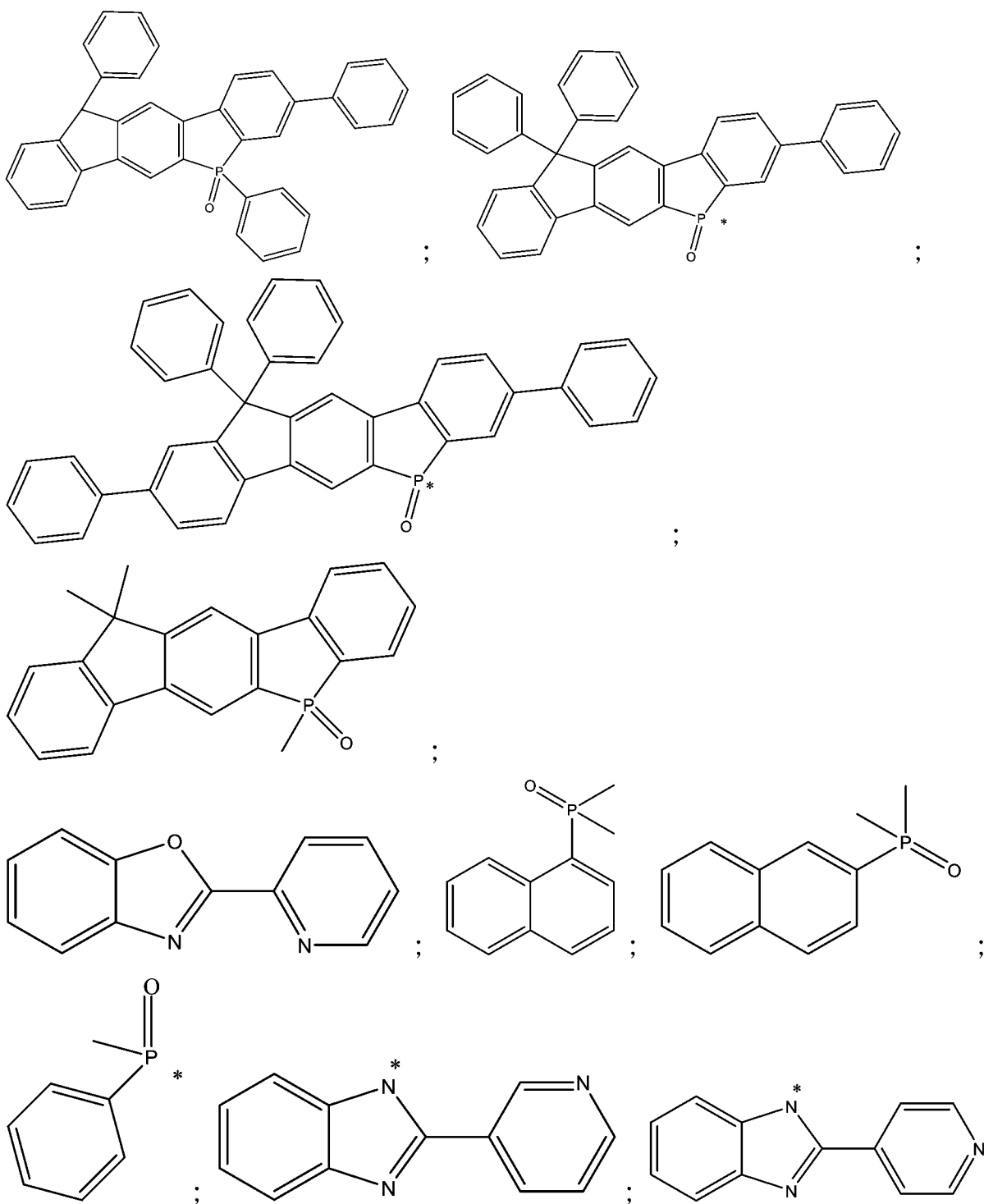
;



;



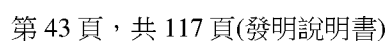
;

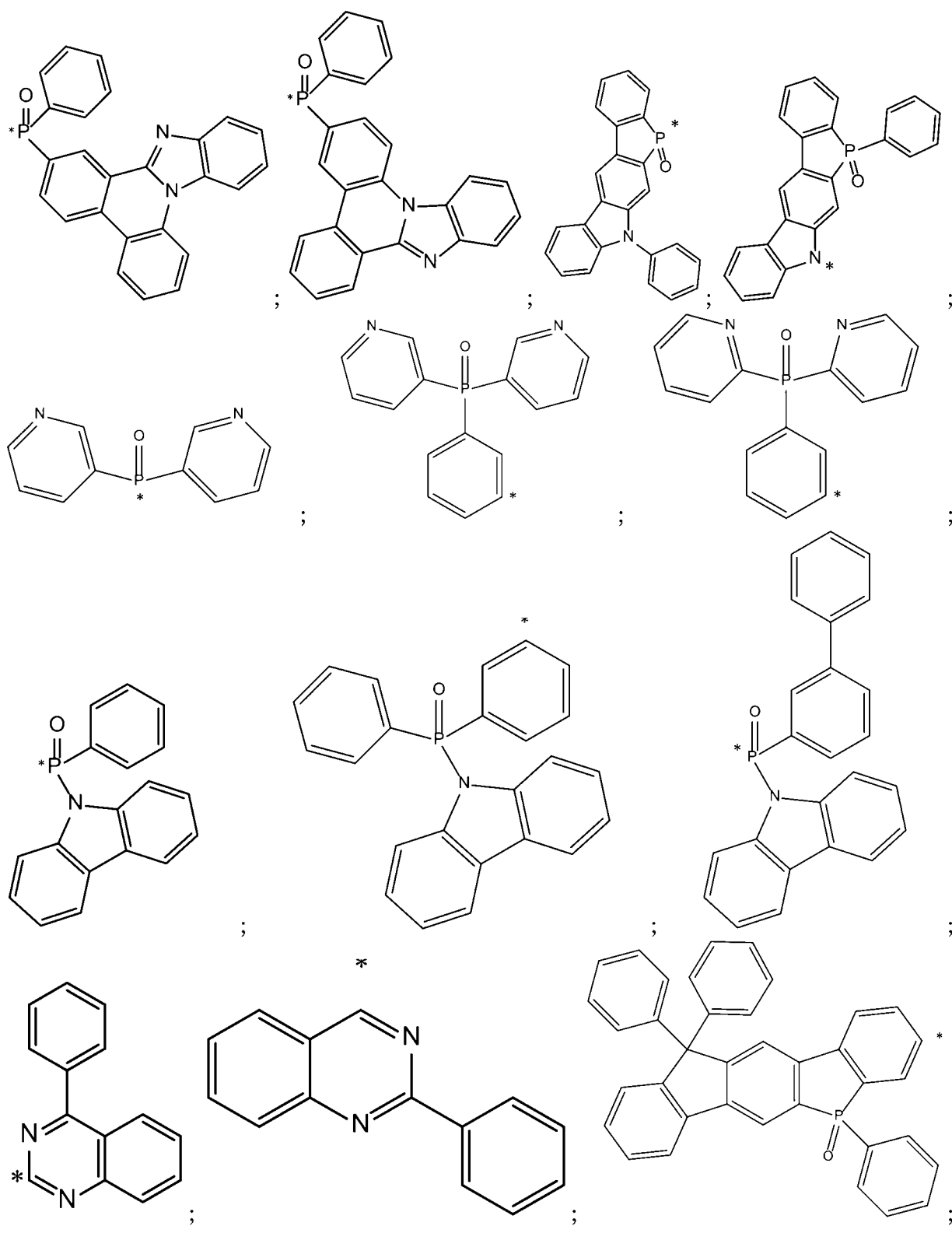


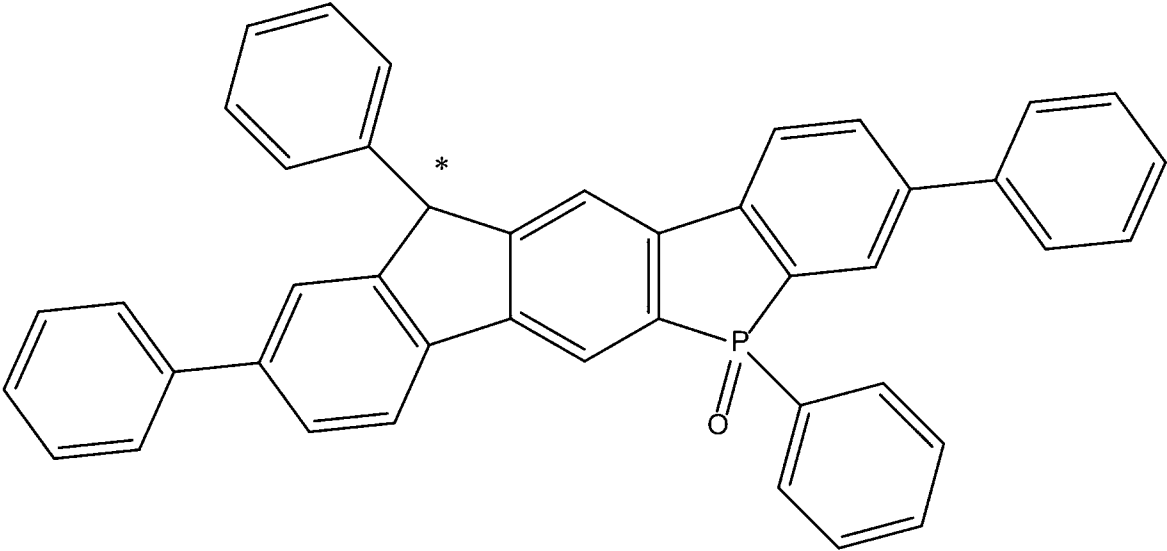
其中星號“*”表示結合位置。

【0075】G 可獨立地選自以下者組成之群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、2-苯基-1H-苯並[d]咪唑基（2-phenyl-1H-benzo[d]imidazolyl）、2-乙基-1H-苯並[d]咪唑基（2-ethyl-1H-benzo[d]imidazolyl）、2-苯基苯並[h]喹啉基（2-phenylbenzo[h]quinolinylyl）、吡啶基（pyridinyl）、2,2'-聯吡啶基

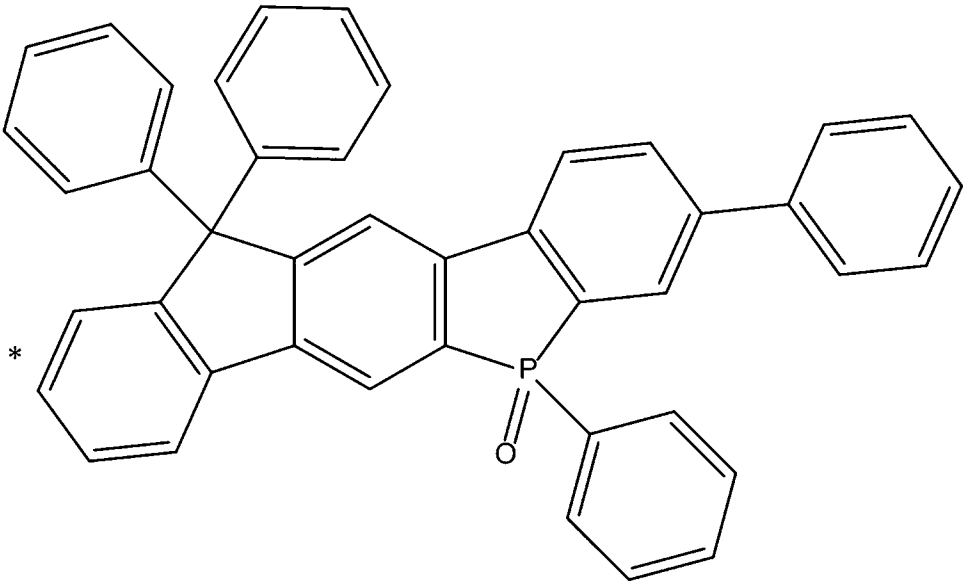
(2,2'-bipyridinyl) 、 5- 苯 基 苯 並 [4,5] 咪 唑 並 [1,2-a] 喹 啉 基
(5-phenylbenzo[4,5]imidazo[1,2-a]quinolinyl) 、 9-苯基-1,10-菲啉基、2-喹
啉基、4-喹啉基、4-苯基-2-喹啉基及(吡啶-2-基)咪唑並[1,5-a]吡啶基
((pyridine-2-yl)imidazo[1,5-a]pyridinyl) ；



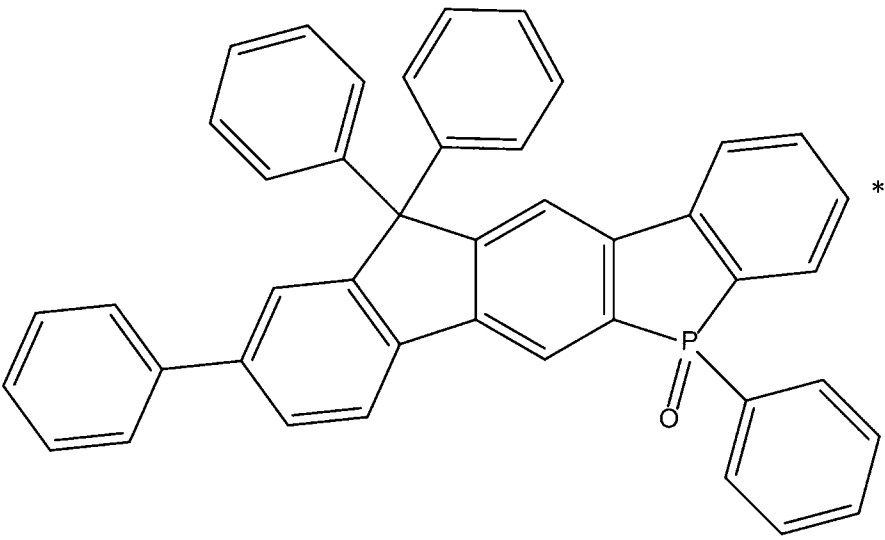




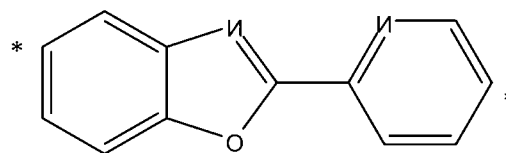
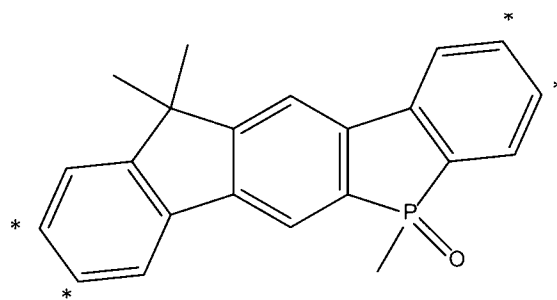
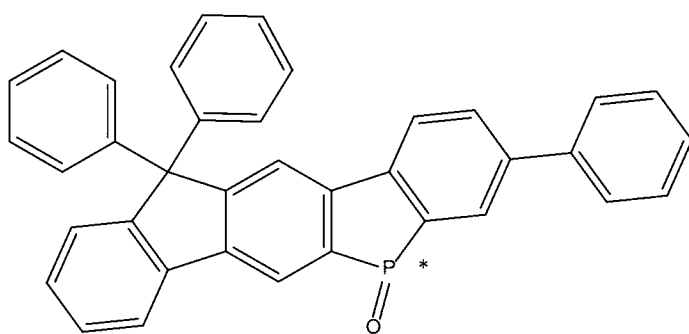
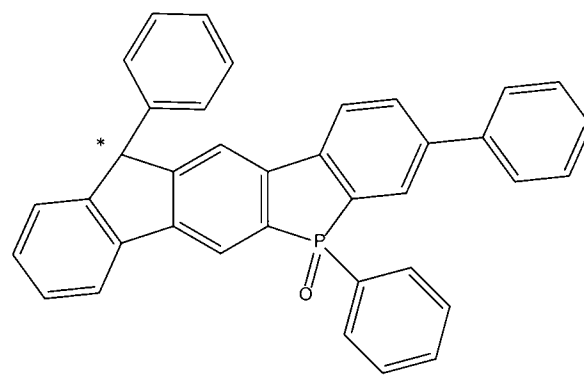
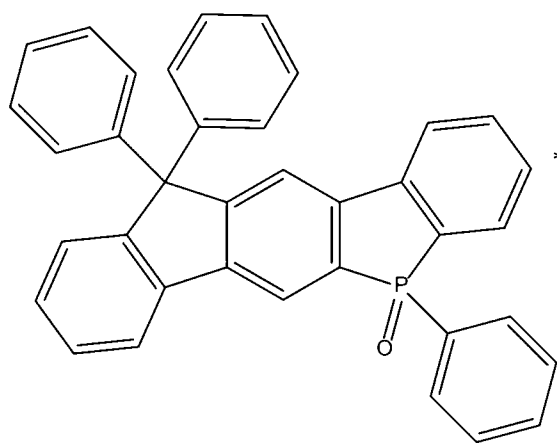
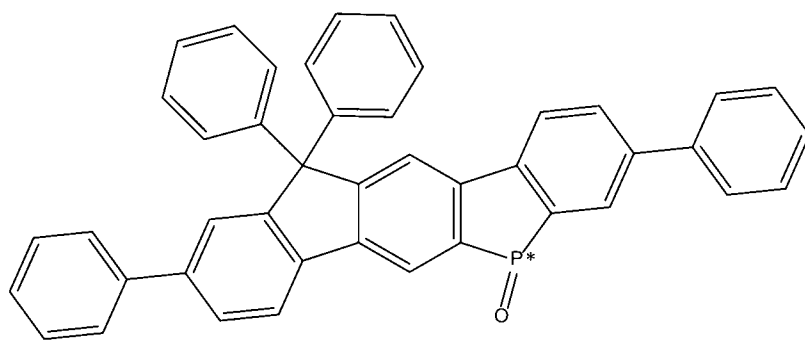
;

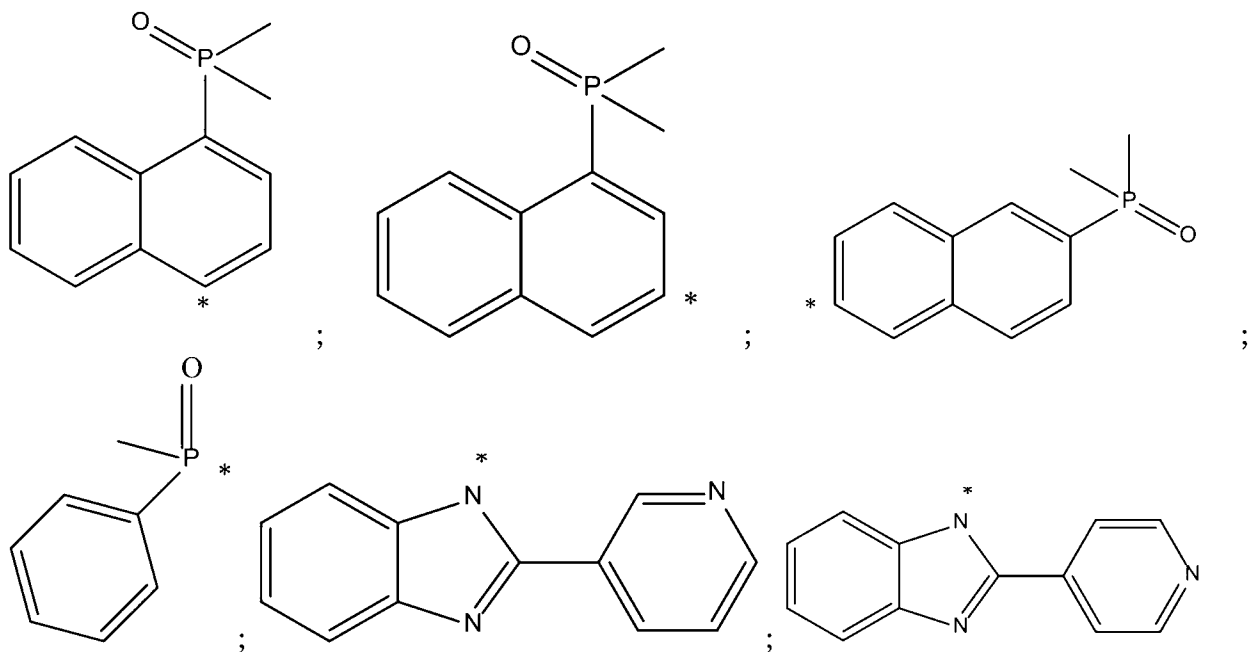


;



;



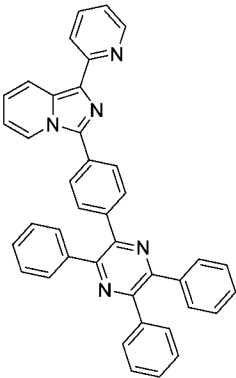
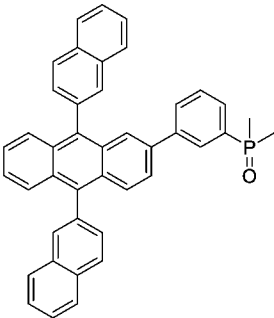
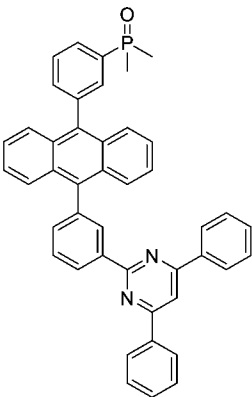
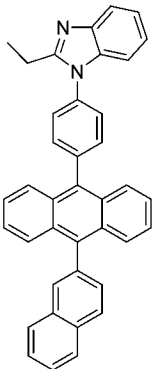
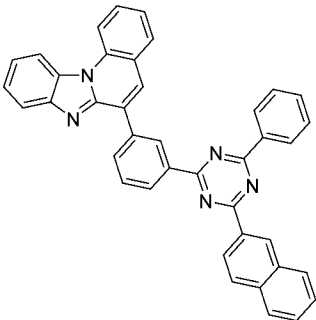


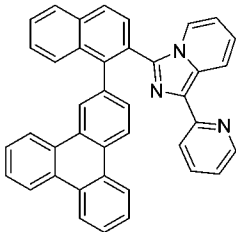
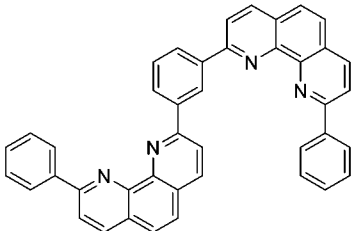
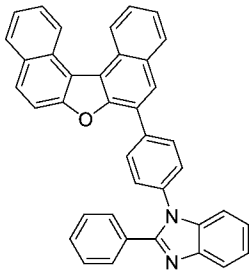
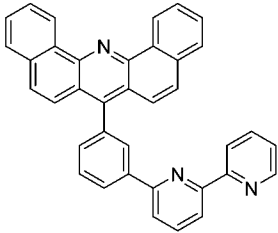
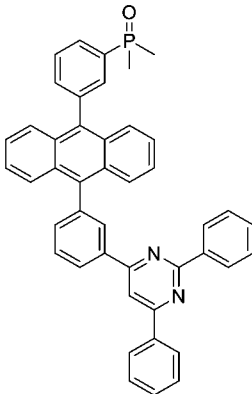
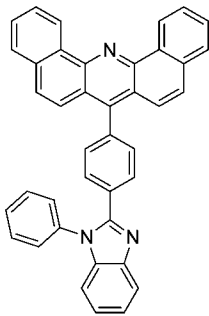
其中星號“*”表示結合位置。

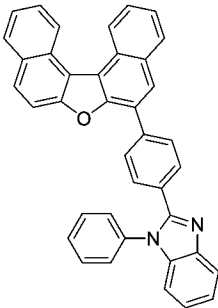
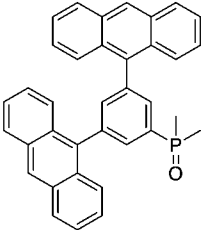
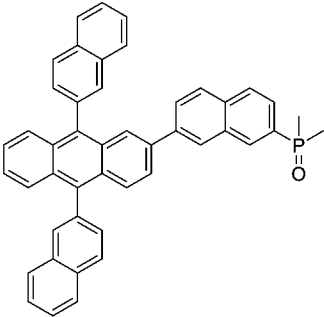
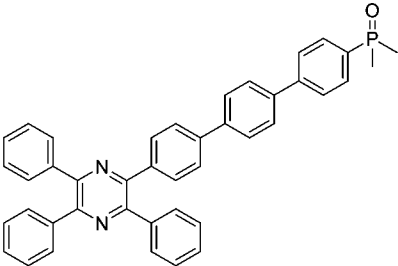
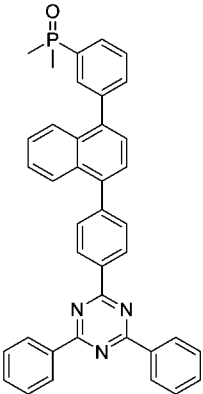
【0076】式（II）化合物可選自下表3化合物B-1至B-26。

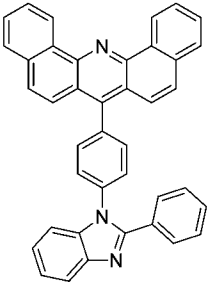
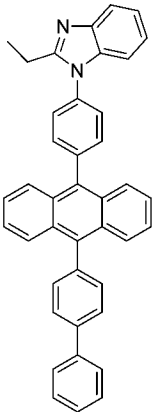
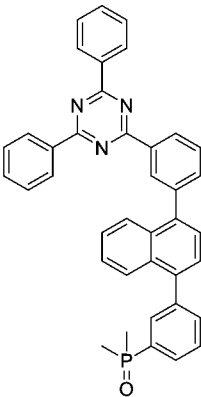
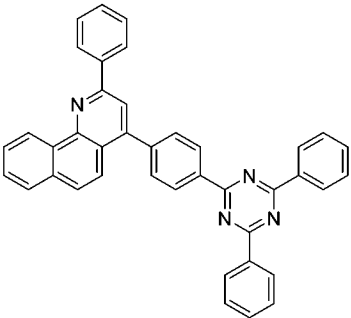
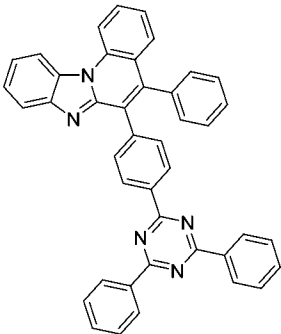
表3：

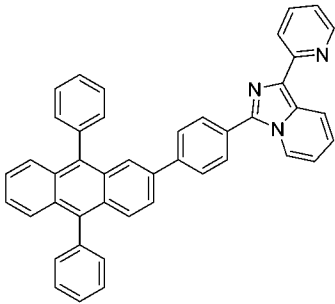
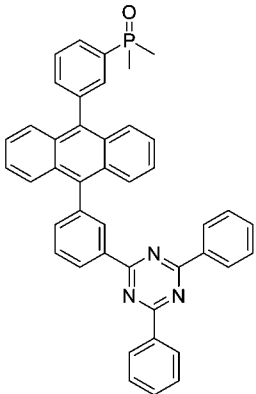
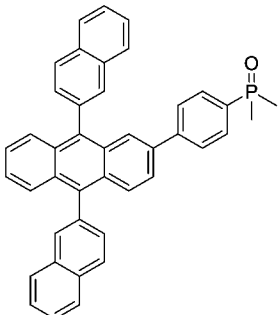
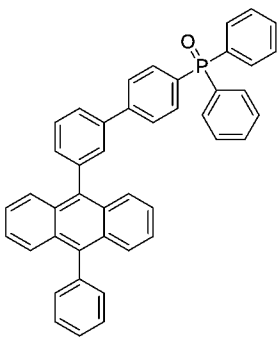
名稱	結構	HOMO [eV]	LUMO [eV]	偶極矩 [D]
B-1	<chem>c1ccc2c(c1)c1ccccc1n2-c3ccc(cc3-c4ccccc4n5c6ccccc6n5-c7ccccc7n8)cc9ccccc9n8</chem>	-5.03	-1.81	0.98

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	4.32
B-6		-5.56	-1.85	3.39

B-7		-5.11	-1.28	3.89
B-8		-5.62	-1.75	2.66
B-9		-5.48	-1.69	4.58
B-10		-5.48	-1.59	4.68
B-11		-5.34	-1.86	2.59
B-12		-5.61	-1.79	3.80

B-13		-5.33	-1.61	3.86
B-14		-5.19	-1.81	4.11
B-15		-5.11	-1.80	3.84
B-16		-5.69	-1.67	4.37
B-17		-5.76	-1.97	4.27

B-18		-5.77	-1.91	2.15
B-19		-5.29	-1.80	4.46
B-20		-5.73	-1.90	4.49
B-21		-5.67	-2.04	1.82
B-22		-5.49	-1.89	3.36

B-23		-4.86	-1.77	2.03
B-24		-5.28	-1.90	4.47
B-25		-5.17	-1.84	4.22
B-26		-5.16	-1.67	4.13

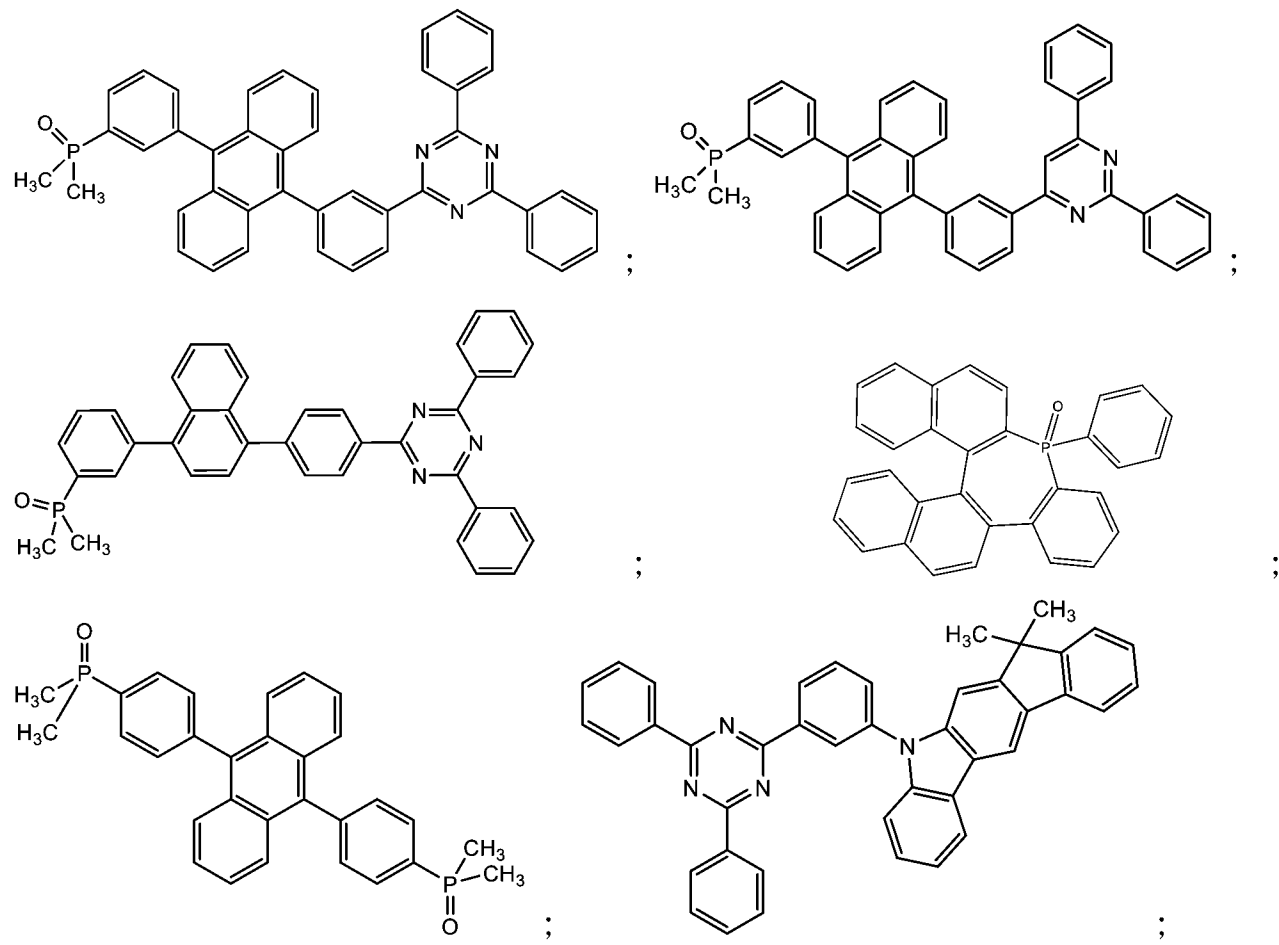
【0077】在實施方式中，藉由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式，使用混合功能 B3LYP 及高斯 6-31G*基組計算的(以取真空能階為 0 的絕對標度而計)式 (II) 化合物的 LUMO 能階在-2.30 eV 至-1.20 eV，較佳地在-2.10 eV 至 -1.28 eV 的範圍內。

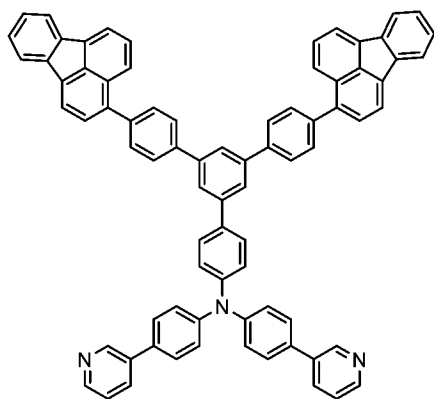
【0078】在實施方式中，式 (II) 化合物包括一極性基團“G”。

【0079】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₂。可設想式(II)化合物不含 $P(=O)$ 烷基₂。可設想式(II)化合物不含 $P(=O)Ph_2$ 。可設想式(II)化合物不含 $P(=O)(CH_3)_2$ 。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，不含氧化膦環。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。

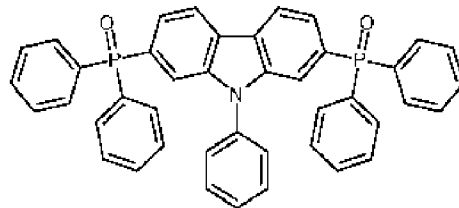
【0080】可設想式(II)化合物不含二部分 $P=O$ 。可設想其中式(II)化合物不含二 $P(=O)$ 芳基₂。可設想其中式(II)化合物不含二 $P(=O)$ 烷基₂。可設想其中式(II)化合物不含二 $P(=O)Ph_2$ 。可設想其中式(II)化合物不含二 $P(=O)(CH_3)_2$ 。可設想其中式(II)化合物不含 CN 。

【0081】可設想下面的式中的一或更多者被排除在式(II)化合物範疇之外

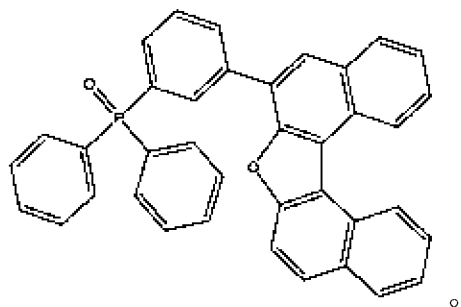




;



;



。

【0082】可設想，如果第二電子傳輸層包括式(II)化合物及化合物(III)，則排除下面特定量的化合物組合(參考表3及4)：

B-24:C-3 30:70 v:v;

C-3:B-11 30:70 v:v;

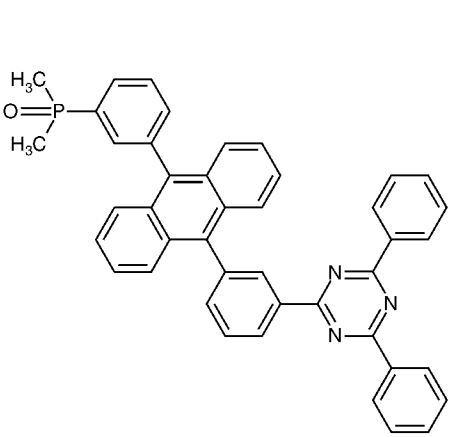
B-24:C-5 30:70 v:v;

B-11:C-5 30:70 v:v;

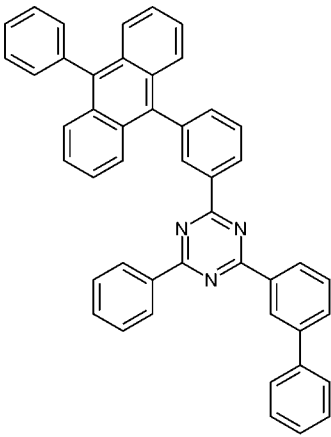
B-24:C-6 30:70 v:v;

B-11:C-6 30:70 v:v。

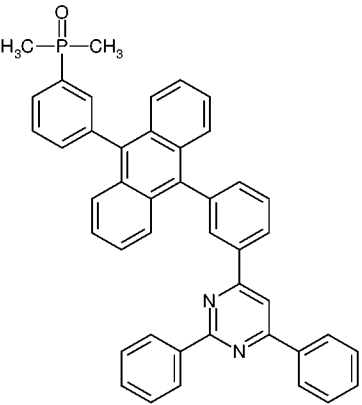
【0083】包括下面化合物的下面有機發光二極體a)及b)



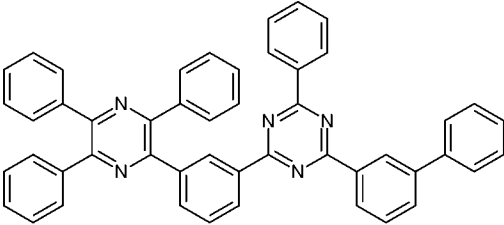
B-24



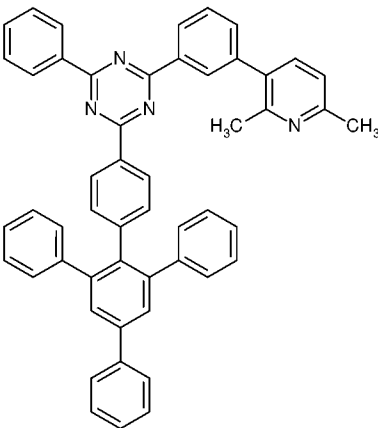
C-3



B-11



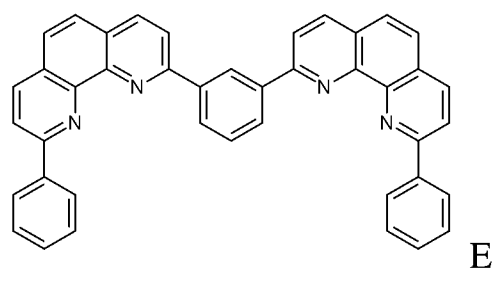
C-6



C-5

可被排除：

- a) 串聯OLED，其中與化合物E及金屬鋰以重量比E:Li等於98:2製成的n型摻雜電荷產生層相鄰且直接接觸地設置電子傳輸層，



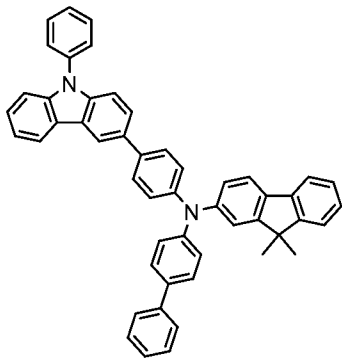
電子傳輸層的組成物選自B-24:C-3、B-10:C-3、B-24:C-5、B-11:C-5、
B-24:C-6、B-11:C-6；及此等組成物中每一者中的第一者與組成的重量
比為30:70；

b) 頂藍色發光OLED，具有結構

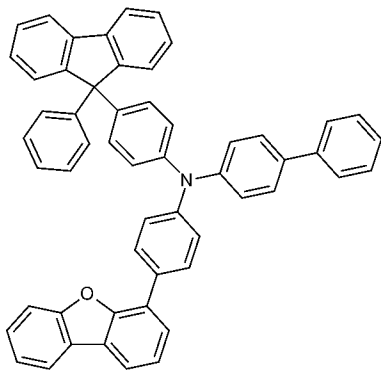
層	材料	d [nm]
陽極	Ag	100
HIL	HT-3:D-1 (92:8 v/v)	10
HTL	HT-3	118
EBL	F2	5
EML	H09:BD200 (97:3 v/v)	20
HBL	C-1	5
ETL	B-24:C-3 (30:70 v/v)	31
EIL	Yb	2
陰極	Ag:Mg (90:10)	13
帽層	HT-3	70

其中

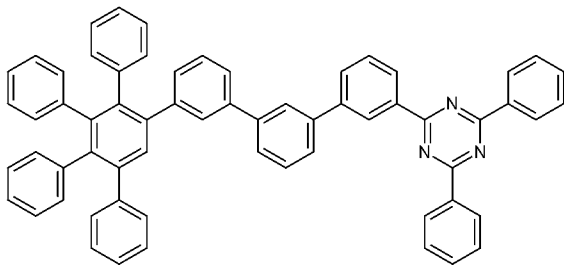
HT-3為



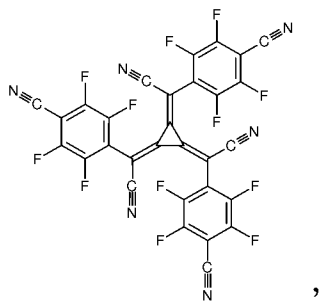
F2 為



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，二者都由韓國的SFC供應。

【0084】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芳香或雜芳香環，可選的8至11芳香或雜芳香環，可選的9至11芳香或雜芳香環，及可選的9芳香或雜芳香環，其中芳香或雜芳香環中一或更多者可用C₁至C₄烷基取代。在此方面，芳香環、雜芳香環分別為單芳香環，例如，諸如苯基的6元芳香環，諸如吡啶基(pyridyl)的6元雜芳香環，諸如吡咯基(pyrrolyl)的5元雜芳香環，等等。在此方面，在縮合(雜)芳香環系統中，每一個環都被理解為單環。例如，萘包括二芳香環。

【0085】化合物(III)可包括至少一雜芳香環，可選的1至5雜芳香環，可選的1至4雜芳香環，可選的1至3雜芳香環，及可選的1或2雜芳香環。

【0086】化合物(III)的芳香環或雜芳香環可為6元環。

【0087】化合物(III)的雜芳香環可為含N雜芳香環，可選的所有雜芳香環都為含N雜芳香環，可選的所有雜芳香環雜芳香環都含N，作為僅有類型的雜原子。

【0088】化合物(III)可包括至少一在每一個雜芳香環上都含有一至三N原子的6元雜芳香環，可選的一至三分別在每一個雜芳香環上都含有一至三N原子的6元雜芳香環。

【0089】包括於化合物(III)中的至少一6元雜芳香環可為吡嗪(azine)。包括於化合物(III)中的至少一6元雜芳香環可為三嗪(triazine)、二嗪(diazine)、吡嗪(pyrazine)。

【0090】如果化合物(III)包括二或更多雜芳香環，則雜芳香環可藉由至少一無雜原子的芳香環被互相分離。

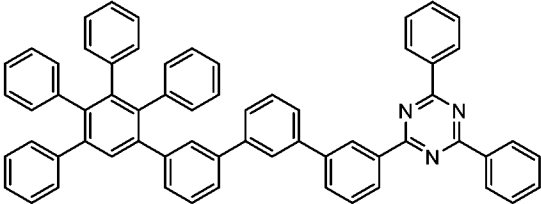
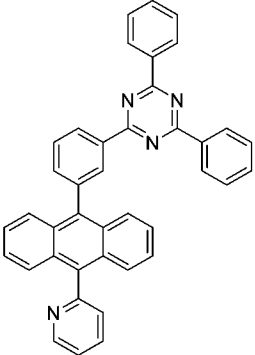
【0091】在實施方式中，化合物（III）的雜芳香環中的雜原子藉由至少一雙鍵結合於化合物（III）的分子結構內。

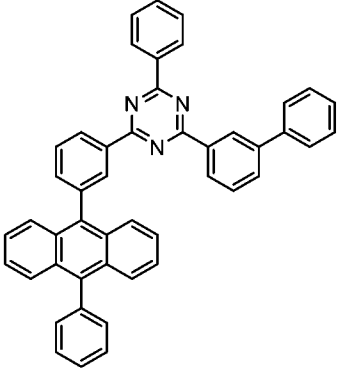
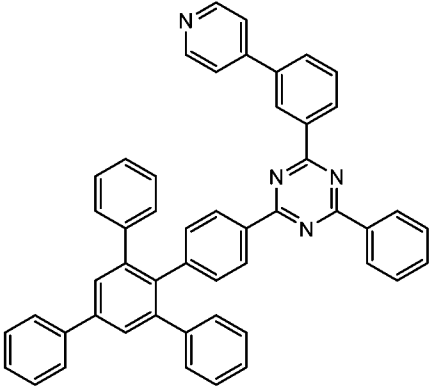
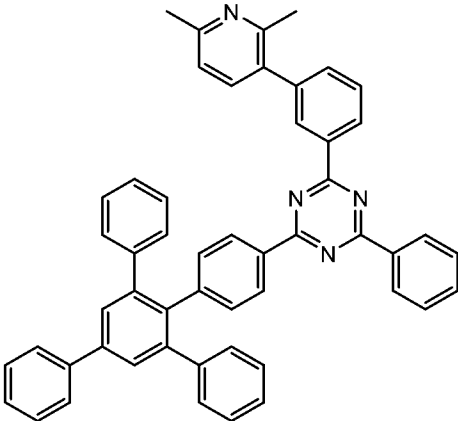
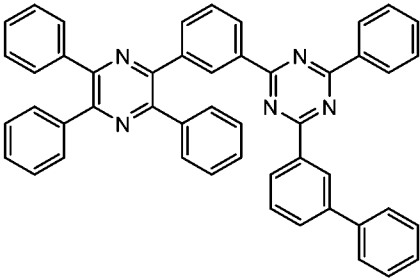
【0092】藉由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式，使用混合功能 B3LYP 及高斯 6-31G*基組計算的化合物（III）的分子偶極矩可 $\geq 0\text{ D}$ 及 $\leq 4\text{ D}$ ；替代的 $\geq 0.1\text{ D}$ 及 $\leq 3.9\text{ D}$ ；替代的 $\geq 0.2\text{ D}$ 及 $\leq 3.7\text{ D}$ ；替代的 $\geq 0.3\text{ D}$ 及 $\leq 3.5\text{ D}$ 。

【0093】藉由選定根據此等實施方式的化合物（III），可設想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。

【0094】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	LUMO	偶極矩
		[eV]	[eV]	[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

【0095】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）與化合物（III）之重量比可為 1:99 至 99:1，替代的 10:90 至 60:40，替代的 20:80 至 50:50，替代的 25:75 至 40:60，替代的約 30:70。

【0096】在實施方式中，藉由 TURBOMOLE V6.5 套裝程式，使用混合功能 B3LYP 及高斯 6-31G*基組計算的（以取真空能階為 0 的絕對標度）式（III）化合物的 LUMO 能階在-2.00 eV 至-1.70 eV，較佳地在-1.95 eV 至-1.80 eV 的範圍內。

【0097】在實施方式中，化合物（III）包括一含氮六元環。

【0098】在另一實施方式中，化合物（III）包括二含氮六元環。

【0099】在實施方式中，式（I）化合物不是式（II）化合物。在進一步實施方式中，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）。在本發明的進一步實施方式中，全部三個化合物，亦即，式（I）化合物、式（II）化合物及化合物（III）的互相不同之處在於它們具有不同的分子結構式。

【0100】第二電子傳輸層可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成與第一電子傳輸層直接接觸。第二電子傳輸層可被設置成“夾在”第一電子傳輸層與電子注入層之間“接觸”。

【0101】第二電子傳輸層可具有<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之間的厚度。

OLED的進一步可能特性

【0102】依照本揭露，層堆疊為二或更多相異層的佈置。層堆疊的層可藉由包括於各自層中的材料的化學性質互相區別開，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至少二分別由電子傳輸材料製成的不同層。

【0103】式（I）化合物與式（II）化合物可互相不同。亦即，式（I）化合物與式（II）化合物可在至少一結構方面互相不同，特別是互相之間的不同之處可在於至少一原子及/或基團。

【0104】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”意指各自化合物（電摻雜物）僅含於各自層中，在各自層的製備中，其藉由標準純化方法及常用技術手段不能被避開。在此方面，電摻雜物特別是而不限於為電 n 摻雜物。電 n 摻雜物可選自金屬，替代的鹼金屬，金屬鹽，替代的鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽，或有機鹼金屬錯合物，替代的鹼金屬錯合物，替代的 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 摻雜物。電 n 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以下者組成之群組：鹼金屬、鹼土金屬、及稀土金屬，替代地選自以下者組成之群組：Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr、及 Ba；替代地選自：Li、Mg、Ca、及 Sr。金屬鹽的陰離子可選自以下者組成之群組：喹啉鹽（quinolinolate）、氧化膦、苯酚鹽（phenolate）及硼酸鹽。

【0105】在此方面，電 n 摻雜物特別是而不限於為：元素金屬，替代的選自鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬及過渡金屬的正電性金屬；金屬鹽，替代的鹼金屬鹽、鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽，或金屬錯合物，替代的鹼金屬錯合物、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（metal quinolinolates）或其混合物。電 n 摻雜物的另外實例為強化學還原劑。此類“氧化還原反應”n 摻雜物大致可以最高佔據分子軌域（HOMO）能階與相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。應當理解，術語“約-3.0 eV 或更不負”意指較-3.0 eV 更不負的負值，例如，-2.8 eV、-2.5 eV、-2.3 eV、-2.1 eV 或較-2.0 eV 更不負的值。

【0106】電 n 摻雜物可為有機化合物，如 EP1837926A1、WO07107306A1 或 WO07107356A1 中所揭露的。

【0107】可設想，電摻雜物為基本上非發射性的。

【0108】第一電子傳輸層與第二電子傳輸層可互相直接接觸。

【0109】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。

【0110】第二電子傳輸層可與電子注入層直接接觸。

【0111】電子注入層可由一些個別電子注入子層組成。

【0112】電子注入層可包括：金屬、替代的鹼金屬、金屬鹽，替代的鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽，或有機鹼金屬錯合物，替代的鹼金屬錯合物，替代的 LiF、LiCl、LiBr、LiI、LiQ、金屬硼酸鹽、或其混合物。

【0113】電子注入層可由金屬、替代的鹼金屬、金屬鹽，替代的鹼土金屬鹽及/或稀土金屬鹽，或有機鹼金屬錯合物，替代的鹼金屬錯合物，替代的 LiF、LiCl、LiBr、LiI、LiQ、金屬硼酸鹽、或其混合物組成。

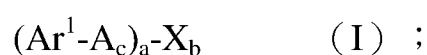
【0114】可設想式 (II) 化合物不包括於電子注入層中。可設想式 (I) 化合物不包括於電子注入層中。可設想化合物 (III) 不包括於電子注入層中。

【0115】式 (I) 化合物、式 (II) 化合物及化合物 (III) 可互相不同，及/或可分別不包括於電子注入層中。

範例性實施方式

【0116】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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



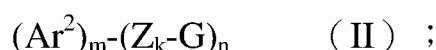
第 63 頁，共 117 頁(發明說明書)

- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；
- Ar^1 獨立地選自 C_6 至 C_{30} 芳基或 C_2 至 C_{24} 雜芳基，
- 其中每一個 Ar^1 都可用獨立地選自以下者組成之群組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、部分或全氙化的 C_1 至 C_6 烷基、部分或全氙化的 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、部分或全氙化的 C_1 至 C_6 烷基、部分或全氙化的 C_1 至 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} 雜芳基取代基都可用 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都可用獨立地選自以下者組成之群組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、部分或全氙化的 C_1 至 C_6 烷基、部分或全氙化的 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、部分或全氙化的 C_1 至 C_6 烷基、部分或全氙化的 C_1 至 C_6 烷氧基；
- 其中A上的每一個 C_6 至 C_{12} 芳基取代基都可用 C_1 至 C_4 烷基或鹵素取代；

- X獨立地選自以下者組成之群組：C₃至C₂₁雜芳基及C₆至C₂₄芳基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₁雜芳基，及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆分支烷基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆分支烷氧基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基；
- 其中X上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基及X上的每一個C₃至C₁₁雜芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

- 式(I)化合物的分子偶極矩為 ≥ 0 D及 ≤ 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；
- Ar²獨立地選自以下者組成之群組：C₃至C₃₀雜芳基及C₆至C₄₂芳基，
- 其中每一個Ar²都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₁雜芳基，及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆分支烷基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆分支烷氧基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂

雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基；

- 其中Ar²上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基及Ar²上的每一個C₃至C₁₁雜芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

- Z獨立地選自C₆至C₁₈芳基，

- 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：C₆至C₁₂芳基及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆分支烷基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆分支烷氧基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基；

- 其中Z上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

- G被選定，使得化合物G-苯基的偶極矩為≥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。

【0117】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；

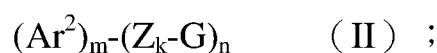
- 電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；

- 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^1 獨立地選自 C_6 至 C_{30} 芳基，
- 其中每一個 Ar^1 都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基(phenyl)、萘基(naphtyl)、聯苯(biphenyl)、吡啶基(pyridyl)、皮考啉基(picolinyl)、盧剔啶基(lutidinyl)、二苯並呋喃基(dibenzofuranyl)、二苯並噻吩-基(dibenzothiophene-yl)、及苯並噻吩-基(benzothiophene-yl)；
- A獨立地選自 C_6 至 C_{18} 芳基，
- 其中每一個A都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
- X獨立地選自以下者組成之群組： C_3 至 C_{21} 含N雜芳基、 C_3 至 C_{21} 含O雜芳基及 C_6 至 C_{24} 芳基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、萘基及聯苯-基(biphenyl-yl)；
- 式(I)化合物的分子偶極矩為 $\geq 0 \text{ D}$ 及 $\leq 3.0 \text{ D}$ ；
- 第二電子傳輸層包括式(II)化合物

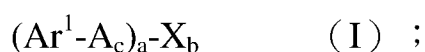


- m及n獨立地為1或2；
- k獨立地為0、1或2；
- Ar^2 獨立地選自以下者組成之群組： C_3 至 C_{21} 雜芳基及 C_6 至 C_{24} 芳基，
- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基(phenyl)、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基(biphenyl-yl)，可選的對-聯苯-基(para-biphenyl-yl)；
- Z獨立地選自 C_6 至 C_{18} 芳基，

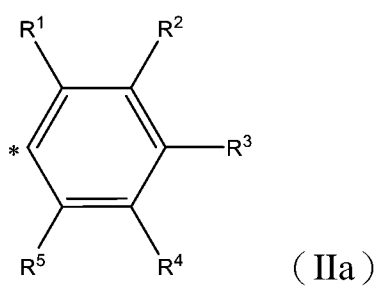
- 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基及C₁至C₄烷基；
- G選自以下者組成之群組：二烷基氧磷基(dialkylphosphinyl)、二芳基氧磷基(diarylphosphinyl)、烷基芳基氧磷基(alkylarylphosphinyl)、腈(nitrile)、苯甲腈(benzonitrile)、菸鹼腈(nicotinonitrile)、醯胺(amide)、碳醯胺(carbamide)、及C₂至C₄₂雜芳基；其中G可包括附接至該基團之一或更多取代基，其中一或更多取代基選自以下者組成之群組：C₆至C₁₈芳基、C₁至C₁₀烷基、C₂至C₁₄雜芳基；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0118】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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

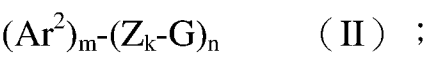


- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；
- Ar¹獨立地選自苯基(phenyl)、萘基(naphthyl)、蒽基(anthracenyl)、丙二烯合萘基(fluoranthenyl)、二苯並呋喃基(xanthenyl)、螺-二苯並呋喃基(spiro-xanthenyl)、萘基(fluorenyl)、螺-萘基(spiro-fluorenyl)、三苯矽基(triphenylsilyl)、四苯矽基(tetraphenylsilyl)或具有式(IIa)的基團，



其中

- 星號“*”表示式 (IIa) 基團與A結合的結合位置；及
- R¹至R⁵獨立地選自以下者組成之群組： H、C₆至C₁₂芳基及C₃至C₁₀，替代的C₄至C₅雜芳基，
- 其中每一個Ar¹都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代： 苯基(phenyl)、萘基(naphtyl)、聯苯(biphenyl)、吡啶基(pyridyl)、皮考啉基(picolinyl)、盧剔啶基(lutidinyl)、二苯並呋喃基(dibenzofuranyl)、二苯並噻吩-基(dibenzothiophene-yl)、及苯並噻吩-基(benzothiophene-yl)；
- 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都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代： 苯基及C₁至C₄烷基；
- X獨立地選自以下者組成之群組： C₃至C₂₁含N雜芳基及C₆至C₂₄芳基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代： 苯基、萘基及聯苯-基；
- 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；
- Ar²獨立地選自以下者組成之群組： C₃至C₂₁含N雜芳基及C₆至C₂₄芳基，

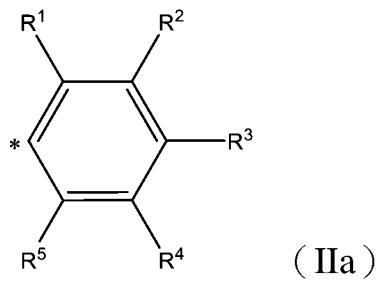
- 其中每一個Ar²都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、吡啶基（pyridinyl）及聯苯-基，可選的對-聯苯-基；
- Z獨立地選自以下者組成之群組：伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯，
- 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基及C₁至C₄烷基；
- G選自以下者組成之群組：C₂至C₂₅雜芳基；G可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自以下者組成之群組：C₆至C₁₂芳基、C₁至C₆烷基、C₂至C₁₁雜芳基；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0119】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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

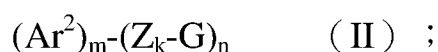


- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；
- Ar¹獨立地選自以下者組成之群組：苯基、萘基、蒽基或式（IIa）的基團



其中R¹至R⁵獨立地選自H及苯基，

- 其中每一個 Ar^1 都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯並呋喃基、二苯並噻吩-基、及苯並噻吩-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都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
- X獨立地選自以下者組成之群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並咪唑基、喹啉基、苯並喹啉基、二苯並呋喃基、二苯並吡啶基、丙二烯合萘基、蒽基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基、及二萘並呋喃基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、萘基及聯苯-基；
- 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

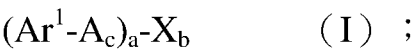


- m及n獨立地為1或2；
- k獨立地為1或2；
- Ar^2 獨立地選自以下者組成之群組：吡啶基(pyridinyl)、三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並咪唑基、喹啉基、苯並喹啉基、二苯並呋喃基、二苯並吡啶基、丙二烯合萘基、蒽基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基、及二萘並呋喃基，
- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基，可選的對-聯苯-基；

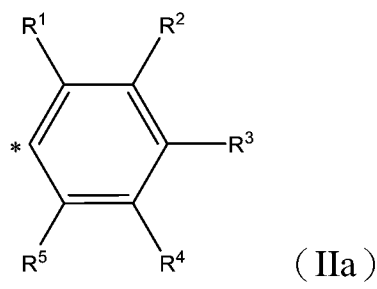
- Z獨立地選自以下者組成之群組：伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯，
- 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及C₁至C₄烷基；
- G選自以下者組成之群組：二-C₁至C₄-烷基氧磷基、二-C₆至C₁₀-芳基氧磷基、及C₂至C₂₅雜芳基；其中各自G可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中一或更多取代基選自以下者組成之群組：C₆至C₁₀芳基、C₁至C₄烷基、C₂至C₅雜芳基；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0120】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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

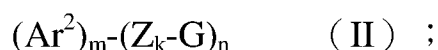


- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；
- Ar¹為式 (IIa) 基團



及R¹至R⁵中至少二者不是H；

- 其中每一個 Ar^1 都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯並呋喃基、二苯並噻吩-基、及苯並噻吩-基；
- A獨立地選自：伸苯基及伸聯苯；
- 其中每一個A都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
- X獨立地選自以下者組成之群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並吡啶基、二苯並吡啶基、丙二烯合萘基、蒽基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基、及二萘並呋喃基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、萘基及聯苯-基；
- 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

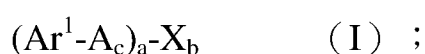


- m及n獨立地為1或2；
- k獨立地為1或2；
- Ar^2 獨立地選自以下者組成之群組：二苯並吡啶基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、蒽基、三嗪基、二氮雜菲基、聯三伸苯基、吡啶基(pyridinyl)、二萘並呋喃基，
- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基，可選的對-聯苯-基；
- Z獨立地選自以下者組成之群組：伸苯基、伸萘基、伸苯基-伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯，

- 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基及C₁至C₄烷基；
- G選自以下者組成之群組：二甲基氧磷基(dimethylphosphinyl)、二苯基氧磷基(diphenylphosphinyl)、腈(nitrile)、苯甲腈(benzonitrile)、菸鹼腈(nicotinonitrile)、二-氫-苯並咪唑酮-基(di-hydro-benzoimidazolone-yl)、二苯基-丙烷-基(diphenyl-propane-yl)、N,N-二甲基乙醯胺(N,N-dimethylacetamid)、醯胺(amide)、碳醯胺(carbamide)、咪唑基(imidazolyl)、苯基苯並咪唑基(phenylbenzoimidazolyl)、乙基苯並咪唑基苯基苯並喹啉基(ethylbenzoimidazolyl phenylbenzoquinolinylyl)、苯基苯並咪唑並喹啉基(phenylbenzoimidazoquinolinylyl)、吡啶基(pyridinyl)、聯吡啶基(bipyridinyl)、皮考啉基(picolinyl)、盧剔密定基(lutidenyl)、嗒嗒基(pyridazinyl)、嘧啶基(pyrimidinyl)、吡嗪基(pyrazinyl)、三苯基-吡嗪基(triphenyl-pyrazinyl)、苯並喹啉基(benzoquinolinylyl)、菲啉基(phenanthrolinylyl)、苯基菲啉(phenylphenanthrolinylyl)基及吡啶基-咪唑並吡啶基(pyridinyl-imidazopyridinyl)；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

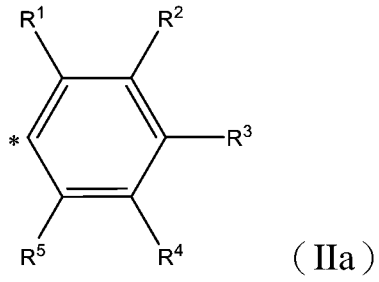
【0121】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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



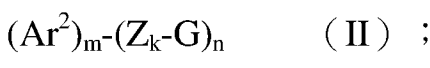
- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；

- Ar¹為式 (IIa) 基團



及R¹至R⁵中至少二者不是H，其中R¹至R⁵中不是H的至少二者互相處於鄰位及/或R¹至R⁵中不是H的至少二者與*-位置處於鄰位；

- 其中每一個Ar¹都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、萘基、聯苯、吡啶基、皮考啉基、盧剔啶基、二苯並呋喃基、二苯並噻吩-基、及苯並噻吩-基；
- A獨立地選自：伸苯基及伸聯苯；
- 其中每一個A都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基及C₁至C₄烷基；
- X獨立地選自以下者組成之群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並吡啶基、二苯並吡啶基、丙二烯合萘基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：苯基、萘基及聯苯-基；
- 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

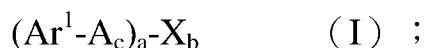


- m及n獨立地為1或2；
- k獨立地為1或2；

- Ar^2 獨立地選自以下者組成之群組：二苯並吡啶基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、蒽基、三嗪基、二氮雜菲基、聯三仲苯基、吡啶基 (pyridinyl)、二萘並呋喃基，
 - 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、吡啶基 (pyridinyl) 及聯苯-基，可選的對-聯苯-基；
 - Z 獨立地選自以下者組成之群組：仲苯基、仲萢基、仲苯基-仲萢基、仲聯苯及仲聯三苯，
 - 其中每一個 Z 都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
 - G 選自以下者組成之群組：二甲基氧磷基 (dimethylphosphinyl)、二苯基氧磷基 (diphenylphosphinyl)、2-苯基-1H-苯並[d]咪唑基、2-乙基-1H-苯並[d]咪唑基 (2-ethyl-1H-benzo[d]imidazolyl)、2-苯基苯並[h]喹啉基、吡啶基 (pyridinyl)、2,2'-聯吡啶基 (2,2'-bipyridinyl)、5-苯基苯並[4,5]咪唑並[1,2-a]喹啉基、9-苯基-1,10-菲啉基 (9-phenyl-1,10-phenanthrolinyl) 及(吡啶-2-基)咪唑並[1,5-a]吡啶基；及
 - 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。
- 【0122】** 根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中
- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
 - 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選自表1所示化合物A-1至A-8中的化合物；
 - 第二電子傳輸層包括選自表3所示化合物B-1至B-26中的化合物；及
 - 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0123】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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



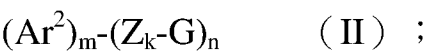
- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；
- Ar^1 獨立地選自 C_6 至 C_{30} 芳基或 C_2 至 C_{24} 雜芳基；
- 其中每一個 Ar^1 都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代： C_6 至 C_{12} 芳基、 C_3 至 C_{11} 雜芳基，及 C_1 至 C_6 烷基、D、 C_1 至 C_6 烷氧基、 C_3 至 C_6 分支烷基、 C_3 至 C_6 環烷基、 C_3 至 C_6 分支烷氧基、 C_3 至 C_6 環烷氧基、部分或全氟化的 C_1 至 C_6 烷基、部分或全氟化的 C_1 至 C_6 烷氧基、部分或全氘化的 C_1 至 C_6 烷基、部分或全氘化的 C_1 至 C_6 烷氧基、鹵素、CN或 $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，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 Ar^1 上的每一個 C_6 至 C_{12} 芳基取代基及 Ar^1 上的 C_3 至 C_{11} 雜芳基取代基都可用 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都可用獨立地選自以下者組成之群組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

C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氙化的C₁至C₆烷基、部分或全氙化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氙化的C₁至C₆烷基、部分或全氙化的C₁至C₆烷氧基；

- 其中A上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；
- X獨立地選自以下者組成之群組：C₃至C₂₁雜芳基及C₆至C₂₄芳基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₁雜芳基，及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆分支烷基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆分支烷氧基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氙化的C₁至C₆烷基、部分或全氙化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，較佳地為O，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氙化的C₁至C₆烷基、部分或全氙化的C₁至C₆烷氧基；
- 其中X上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基及X上的每一個C₃至C₁₁雜芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

- 式（I）化合物的分子偶極矩為≥0 D及≤3.5 D；

- 第二電子傳輸層包括式（II）化合物



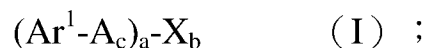
- m及n獨立地為1或2；
- k獨立地為0、1或2；
- Ar²獨立地選自以下者組成之群組：C₃至C₃₀雜芳基及C₆至C₄₂芳基，

- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代： 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 $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，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 Ar^2 上的每一個 C_6 至 C_{12} 芳基取代基及 Ar^2 上的每一個 C_3 至 C_{11} 雜芳基取代基都可用 C_1 至 C_4 烷基或鹵素取代；
- Z獨立地選自 C_6 至 C_{18} 芳基，
- 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代： 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 $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，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Z上的每一個 C_6 至 C_{12} 芳基取代基都可用 C_1 至 C_4 烷基或鹵素取代；
- G被選定，使得化合物G-苯基的偶極矩為 ≥ 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

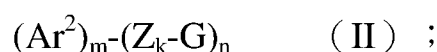
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0124】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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^1 獨立地選自 C_6 至 C_{30} 芳基，
- 其中每一個 Ar^1 都可用獨立地選自以下者組成之群組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、二苯並呋喃基、二苯並噻吩-基、及苯並噻吩-基；
- A獨立地選自 C_6 至 C_{18} 芳基，
- 其中每一個A都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
- X獨立地選自以下者組成之群組： C_3 至 C_{21} 含N雜芳基、 C_3 至 C_{21} 含O雜芳基及 C_6 至 C_{24} 芳基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、萘基及聯苯-基；
- 式（I）化合物的分子偶極矩為 $\geq 0 \text{ D}$ 及 $\leq 3.0 \text{ D}$ ；
- 第二電子傳輸層包括式（II）化合物

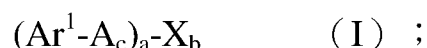


- m及n獨立地為1或2；

- k獨立地為0、1或2；
- Ar^2 獨立地選自以下者組成之群組：C₃至C₂₁雜芳基及C₆至C₂₄芳基，
- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、吡啶基（pyridinyl）及聯苯-基，可選的對-聯苯-基；
- Z獨立地選自C₆至C₁₈芳基，
- 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及C₁至C₄烷基；
- G選自以下者組成之群組：二烷基氧磷基、二芳基氧磷基、烷基芳基氧磷基、腈、苯甲腈、菸鹼腈、醯胺、碳醯胺、及C₂至C₄₂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以下者組成之群組：C₆至C₁₈芳基、C₁至C₁₀烷基、C₂至C₁₄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。

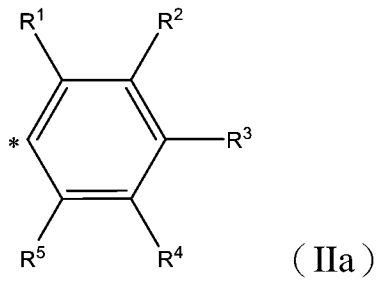
【0125】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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



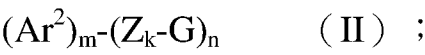
- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；

- Ar^1 獨立地選自苯基、萘基、蒽基、丙二烯合萘基、二苯並呋喃基、螺-二苯並呋喃基、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
- R^1 至 R^5 獨立地選自以下者組成之群組： H 、 C_6 至 C_{12} 芳基及 C_3 至 C_{10} ，替代的 C_4 至 C_5 雜芳基，
- 其中每一個 Ar^1 都可用獨立地選自以下者組成之群組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、二苯並呋喃基、二苯並噻吩-基、及苯並噻吩-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都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
- X獨立地選自以下者組成之群組： C_3 至 C_{21} 含N雜芳基及 C_6 至 C_{24} 芳基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、萘基及聯苯-基；
- 式 (I) 化合物的分子偶極矩為 $\geq 0 \text{ D}$ 及 $\leq 2.5 \text{ D}$ ；
- 第二電子傳輸層包括式 (II) 化合物

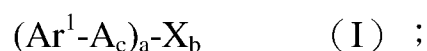


- m及n獨立地為1或2；

- k獨立地為1或2；
- Ar^2 獨立地選自以下者組成之群組： C_3 至 C_{21} 含N雜芳基及 C_6 至 C_{24} 芳基，
- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、吡啶基（pyridinyl）及聯苯-基，可選的對-聯苯-基；
- Z獨立地選自以下者組成之群組：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都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
- G選自以下者組成之群組： C_2 至 C_{25} 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以下者組成之群組： C_6 至 C_{12} 芳基、 C_1 至 C_6 烷基、 C_2 至 C_{11} 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。

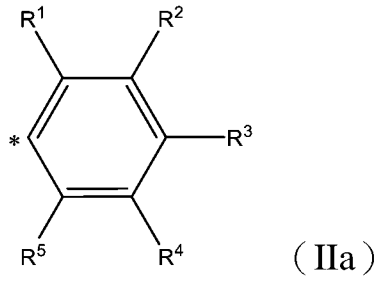
【0126】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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



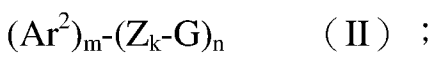
- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；

- Ar¹獨立地選自以下者組成之群組：苯基、蒽基、萸基或式（IIa）的基團



其中R¹至R⁵獨立地選自H及苯基，

- 其中每一個Ar¹都可用獨立地選自以下者組成之群組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、二苯並呋喃基、二苯並噻吩-基、及苯並噻吩-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都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及C₁至C₄烷基；
- X獨立地選自以下者組成之群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並咪唑基、喹啉基、苯並喹啉基、二苯並呋喃基、二苯並吡啶基、丙二烯合萸基、蒽基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基、及二萘並呋喃基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、萘基及聯苯-基；
- 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



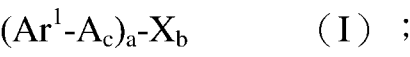
- m及n獨立地為1或2；
- k獨立地為1或2；

- Ar^2 獨立地選自以下者組成之群組：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、苯並喹啉基、苯並咪唑基、喹啉基、苯並喹啉基、二苯並吡啶基、二苯並吡啶基、丙二烯合茚基、蒽基、萘基、聯三仲苯基、二氮雜菲基、及二萘並呋喃基，
- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、吡啶基（pyridinyl）及聯苯-基，可選的對-聯苯-基；
- Z 獨立地選自以下者組成之群組：仲苯基、仲萘基、仲苯基-仲萘基、仲聯苯及仲聯三苯，
- 其中每一個 Z 都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
- G 選自以下者組成之群組：二- C_1 至 C_4 -烷基氧磷基、二- C_6 至 C_{10} -芳基氧磷基、及 C_2 至 C_{25} 雜芳基；其中各自 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以下者組成之群組： C_6 至 C_{10} 芳基、 C_1 至 C_4 烷基、 C_2 至 C_5 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；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0127】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 電子傳輸層堆疊包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層；

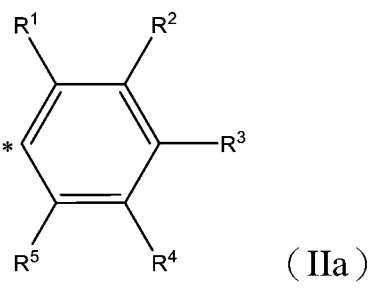
- 第一電子傳輸層包括式 (I) 化合物



- a及b獨立地為1或2；

- c獨立地為0或1；

- Ar¹為式 (IIa) 基團



及R¹至R⁵中至少二者不是H；

- 其中每一個Ar¹都可用獨立地選自以下者組成之群組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、二苯並呋喃基、二苯並噻吩-基、及苯並噻吩-基；

- A獨立地選自：伸苯基及伸聯苯；

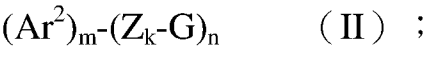
- 其中每一個A都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及C₁至C₄烷基；

- X獨立地選自以下者組成之群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並吡啶基、二苯並吡啶基、丙二烯合茱基、蔥基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基、及二萘並呋喃基，

- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、萘基及聯苯-基；

- 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

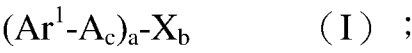


- m及n獨立地為1或2；
- k獨立地為1或2；
- Ar^2 獨立地選自以下者組成之群組：二苯並吡啶基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、蒽基、三嗪基、二氮雜菲基、聯三仲苯基、吡啶基 (pyridinyl)、二萘並呋喃基，
- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、吡啶基 (pyridinyl) 及聯苯-基，可選的對-聯苯-基；
- Z獨立地選自以下者組成之群組：仲苯基、仲萘基、仲苯基-仲萘基、仲聯苯及仲聯三苯，
- 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
- G選自以下者組成之群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、腓、苯甲腓、菸鹼腓、二-氫-苯並咪唑酮-基 (di-hydro-benzoimidazolone-yl)、二苯基-丙烷-基、*N,N*-二甲基乙醯胺、醯胺、碳醯胺、咪唑基、苯基苯並咪唑基、乙基苯並咪唑基、苯基苯並喹啉基、苯基苯並咪唑並喹啉基 (phenylbenzoimidazoquinolinyl)、吡啶基 (pyridinyl)、聯吡啶基、皮考啉基、盧剔密定基、嗒嗪基 (pyridazinyl)、嘧啶基、吡嗪基、三苯基-吡嗪基、苯並喹啉基、菲啉基、苯基菲啉基及吡啶基-咪唑並吡啶基 (pyridinyl-imidazopyridinyl)；
- 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；

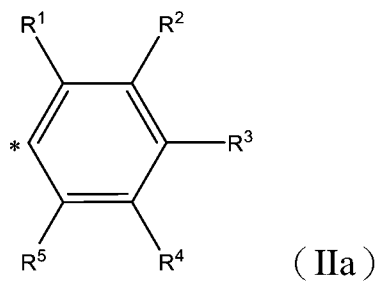
- 化合物 (III) 可包括在每一個雜芳香環中都含一至三N原子的至少一6元雜芳香環；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

【0128】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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

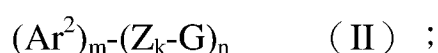


- a及b獨立地為1或2；
- c獨立地為0或1；
- Ar¹為式 (IIa) 基團



- 及R¹至R⁵中至少二者不是H，其中R¹至R⁵中不是H的至少二者互相處於鄰位及/或R¹至R⁵中不是H的至少一者與*-位置處於鄰位；
- 其中每一個Ar¹都可用獨立地選自以下者組成之群組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、二苯並呋喃基、二苯並噻吩-基、及苯並噻吩-基；
 - A獨立地選自：伸苯基及伸聯苯；
 - 其中每一個A都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及C₁至C₄烷基；

- X獨立地選自以下者組成之群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並吡啶基、二苯並吡啶基、丙二烯合茚基，
- 其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、萘基及聯苯-基；
- 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 獨立地選自以下者組成之群組：二苯並吡啶基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、蒽基、三嗪基、二氮雜菲基、聯三伸苯基、吡啶基(pyridinyl)、二萘並呋喃基，
- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基、吡啶基(pyridinyl)及聯苯-基，可選的對-聯苯-基；
- Z獨立地選自以下者組成之群組：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都可用獨立地選自以下者組成之群組的一或二取代基取代：苯基及 C_1 至 C_4 烷基；
- G選自以下者組成之群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、2-苯基-1H-苯並[d]咪唑基、2-乙基-1H-苯並[d]咪唑基(2-ethyl-1H-benzo[d]imidazolyl)、2-苯基苯並[h]喹啉基、吡啶基(pyridinyl)、2,2'-聯吡啶基(2,2'-bipyridinyl)、5-苯基苯並[4,5]咪唑並[1,2-a]喹啉基、9-苯基-1,10-菲啉基(9-phenyl-1,10-phenanthrolinyl)及吡啶-2-基咪唑並[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)可包括至少一在每一個雜芳香環中都含一至三N原子的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。

【0129】根據一個實施方式，提供了一種有機發光二極體，包括不透明基板、陽極、陰極、發射層、電子注入層及電子傳輸層堆疊；其中

- 電子傳輸層堆疊設置於發射層與電子注入層之間；
- 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選自表1所示化合物A-1至A-8中的化合物；
- 第二電子傳輸層包括選自表3所示化合物B-1至B-25中的化合物；
- 第二電子傳輸層進一步包括選自表4所示化合物1-1至C-6中的化合物；及
- 第一電子傳輸層及第二電子傳輸層無電摻雜物。

另外層

【0130】依據本發明，除了上面已經提及的層，該有機電子裝置還可包括另外層。下面描述各自層的範例性實施方式：

基板

【0131】該不透明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各自基板。由於光是透過頂表面發出的，所以該基板為不

透明材料，例如塑膠基板、金屬基板、塗佈有不透明層（例如不透明陽極層）的玻璃基板或矽基板。

陽極電極

【0132】包括於本發明的有機電子裝置中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_2)、氧化鋁鋅(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。

電洞注入層

【0133】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(Langmuir-Blodgett (LB) deposition)或類似者形成於陽極電極上。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的期望結構及熱性能而有所不同。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^{-8} 至 10^{-3} Torr的壓力（1 Torr 等於 133.322 Pa）、以及 0.1 至 10 nm/sec 的沉積速率。

【0134】當HIL是使用旋轉塗佈或印刷形成時，塗佈條件可根據用於形成HIL的化合物以及HIL的期望結構及熱性能而有所不同。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。

【0135】HIL 可由用於形成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（諸如，銅酞青(CuPc)）、4,4',4"-

三(3-甲苯基苯基胺基)三苯基胺 (m-MTDATA) 、TDATA、2T-NATA、聚苯胺 / 十二烷基苯磺酸 (polyaniline/dodecylbenzenesulfonic acid) (Pani/DBSA) 、聚 (3,4- 乙 烯 二 氧 噻 吩)/ 聚 (4- 苯 乙 烯 磺 酸 酯) (poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/poly(4-styrenesulfonate))(PEDOT/PSS) 、聚苯胺 / 樟腦磺酸 (Pani/CSA) 、以及聚苯胺 / 聚 4- 苯 乙 烯 磺 酸 酯 (PANI/PSS) 。

【0136】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：四氟四氰基醌二甲烷 (F4TCNQ) 、2,2'-(全氟萘-2,6-二亞基)二丙二腈 (2,2'-(perfluoronaphthalene-2,6-diylidene)dimalononitrile) 、4,4',4''-((1E,1'E,1''E)-環丙烷-1,2,3-三亞基三 (氰甲基亞基))三(2,3,5,6-四氟苯基) (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) (2,2',2''-(cyclopropane-1,2,3-triylidene)tris(2-(p-cyanotetrafluorophenyl)acetonitrile))，但並不限於此。HIL 可選自用 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：用四氟四氰基醌二甲烷 (tetrafluoro-tetracyanoquinonedimethane) (F4TCNQ) (其 LUMO 能階為約 -5.2eV) 摻雜的銅酞菁(copper phthalocyanine) (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 α -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 (2,2'-(perfluoronaphthalen-2,6-diylidene)dimalononitrile)摻雜 α -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.-%。

【0137】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

【0138】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）沉積或類似者形成於 HIL 上。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。

【0139】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：咔唑衍生物(carbazole derivative)，諸如，N- 苯基咔唑(N-phenylcarbazole)或聚乙烯基咔唑(polyvinylcarbazole)；聯苯胺衍生物(benzidine derivatives)，諸如，N,N'- 雙(3- 甲 苯 基)-N,N'- 二 苯 基-[1,1-聯 苯]-4,4'- 二 胺 (N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1-biphenyl]-4,4'-diamine ， (TPD)) ， 或 N,N'- 二 (萘 -1- 基)-N,N'- 二 苯 基 聯 苯 胺 (N,N'-di(naphthalen-1-yl)-N,N'-diphenyl benzidine ， (alpha-NPD)) ；及三苯胺型化合物(triphenylamine-based compound)，諸如，4,4',4''-三(N-咔唑基)三苯胺 (4,4',4''-tris(N-carbazolyl)triphenylamine ， (TCTA)) 。在此等化合物中，TCTA 可傳輸電洞且抑制激子擴散入 EML 內。

【0140】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

第 93 頁，共 117 頁(發明說明書)

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。

【0141】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

【0142】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，且藉此將電子限定於發射層內。藉此，效率、操作電壓及/或使用壽命被改良。典型地，電子阻擋層包括三芳胺化合物(triarylamine compound)。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。

【0143】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。

【0144】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。藉此，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)

【0145】EML 可藉由真空沉積、旋轉塗佈、狹縫式塗佈、印刷、澆鑄、LB 沉積或類似者形成於 HTL 上。當 EML 是使用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，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。

【0146】可設想，發射層不包括式 (I)、(II) 化合物及/或化合物 (III)。

【0147】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'-二咔唑-聯苯 (CBP)、聚(n-乙基基咔唑) (PVK)、9,10-二(萘-2-基)蒽 (ADN)、4,4',4''-三(咔唑-9-基)-三苯胺 (TCTA)、1,3,5-三(N-苯基苯並咪唑-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)苯並噻唑合)鋅 (bis(2-(2-hydroxyphenyl)benzo-thiazolate)zinc) (Zn(BTZ)2)。

【0148】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，因於其較高的效率。發射體可為小分子或聚合物。

【0149】紅色發射體摻雜物的實例為 PtOEP、Ir(piq)3、及 Btp2Ir(acac)，但不限於此。此等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。

【0150】綠色磷光發射體摻雜物的實例為 Ir(ppy)3 (ppy= 苯吡啶)、Ir(ppy)2(acac)、Ir(mpyp)3。

【0151】藍色磷光發射體摻雜物的實例為 F2Irpic、(F2ppy)2Ir(tmd) 及 Ir(dfppz)3 及三萘。4,4'-雙(4-二苯基胺基苯乙基)聯苯 (4,4'-bis(4-diphenylamiostyryl)biphenyl) (DPAVBi)、2,5,8,11-四-三級丁基萘 (2,5,8,11-tetra-tert-butyl perylene) (TBPe) 為藍色螢光發射體摻雜物的實例。

【0152】基於 100 重量份的該主體，發射體摻雜物的量可在約 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)

【0153】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 沉積或類似者形成於 EML 上，以防止電洞擴散入 ETL 內。當 EML 包括磷光摻雜物時，HBL 亦可具有三重態激子阻擋功能。

【0154】亦可將 HBL 稱為輔助 ETL 或 a-ETL。

【0155】當 HBL 是使用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，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、及菲啉 (phenanthroline) 衍生物。

【0156】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能，而驅動電壓無實質損失。

電子傳輸層 (ETL)

【0157】根據本發明的 OLED 可包括至少二電子傳輸層 (ETL)。如本文定義的，至少二電子傳輸層為第一電子傳輸層及第二電子傳輸層。除此之外，OLED 可包括上面定義的或上面未定義的另外 ETL。如果附加 (複數) ETL 不是上面定義的，則其特性如下。

【0158】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)，第一電子傳輸層 (ETL-1) 包括式 (I) 化合物，第二電子傳輸層 (ETL-2) 包括式 (II) 化合物。

【0159】藉由適合地調整 ETL 的特別層的能階，電子的注入及傳輸可被控制，且可有效阻擋電洞。由此，OLED 可具有長使用壽命，改良的效能及穩定性。

電子注入層 (EIL)

【0160】可促進電子自陰極注入電子傳輸層堆疊內的 EIL 可形成於電子傳輸層堆疊上，較佳地直接形成於電子傳輸層堆疊上，較佳地直接形成於第二電子傳輸層上，較佳地與第二電子傳輸層直接接觸。用於形成 EIL 的或包括於 EIL 中的材料的實例包括本領域已知的 8-羥基喹啉-鋰(LiQ)、LiF、NaCl、CsF、Li₂O、BaO、Ca、Ba、Yb、Mg。用於形成 EIL 的沉積及塗佈的條件與 HIL 的形成條件相似，但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。基質材料可選自為電子傳輸層的基質材料的習用材料。

【0161】EIL 可由一些個別 EIL 子層組成。在 EIL 由一些個別 EIL 子層組成的情況中，子層的數量較佳地為 2。個別 EIL 子層可包括不同材料，用於形成 EIL。

【0162】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能，而驅動電壓無實質損失。

【0163】本發明的電子傳輸堆疊不是電子注入層的一部分。

陰極電極

【0164】陰極電極形成於 EIL 上（如果存在），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內的一功能部。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。

【0165】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透過陰極發出。

【0166】應當理解，陰極電極及電子注入層不是電子傳輸層堆疊的一部分。有機發光二極體 (OLED)

【0167】根據本發明的有機電子裝置為有機發光裝置。

【0168】根據本發明的一個態樣，提供了一種有機發光二極體 (OLED)，包括：基板；陽極電極，形成於基板上；電洞注入層；電洞傳輸層；發射層；電子傳輸層堆疊及陰極電極。

【0169】根據本發明的一個態樣，提供了一種有機發光二極體 (OLED)，包括：基板；陽極電極，形成於基板上；電洞注入層；電洞傳輸層；電子阻擋層；發射層；電子傳輸層堆疊；電子注入層及陰極電極。

【0170】根據本發明的另一個態樣，提供了一種 OLED，包括：基板；陽極電極，形成於基板上；電洞注入層；電洞傳輸層；電子阻擋層；發射層；電洞阻擋層；電子傳輸層堆疊；及陰極電極。

【0171】根據本發明的另一個態樣，提供了一種 OLED，包括：基板；陽極電極，形成於基板上；電洞注入層；電洞傳輸層；電子阻擋層；發射層；電洞阻擋層；電子傳輸層堆疊；電子注入層；及陰極電極。

【0172】根據本發明的各種實施方式，可提供設置於上面提及的層之間、基板上或頂部電極上的 OLED 層。

【0173】根據一個態樣，該 OLED 可包括與陽極電極相鄰設置的基板的層結構，陽極電極與第一電洞注入層相鄰設置，第一電洞注入層與第一電洞傳輸層相鄰設置，第一電洞傳輸層與第一電子阻擋層相鄰設置，第一電子阻擋層與第一發射層相鄰設置，第一發射層與第一電子傳輸層相鄰設置，第一電子傳輸層與第二電子傳輸層相鄰設置，第二電子傳輸層與電子注入層相鄰設置，電子注入層與陰極電極相鄰設置。

【0174】例如，根據圖 1 的 OLED (100) 可由製程形成，其中在基板 (110) 上，以此順序依序地形成陽極 (120)；電洞注入層 (130)；電洞傳輸層 (140)；發射層 (150)；電子傳輸層堆疊 (160)，包括第一電子傳輸層 (161) 及第二電子傳輸層 (162)；電子注入層 (180) 及陰極電極 (190)。

【0175】例如，根據圖 2 的 OLED (100) 可由製程形成，其中在基板 (110) 上，陽極 (120)；電洞注入層 (130)；電洞傳輸層 (140)；電子阻擋層 (145)；發射層 (150)；電子傳輸層堆疊 (160)，包括第一電子傳輸層 (161) 及第二電子傳輸層 (162)；電子注入層 (180) 及陰極電極 (190) 以此順序依序地形成。

【0176】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，較佳地二沉積源且更佳地至少三沉積源。

【0177】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。

【0178】在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各別沉積源的共沉積來沉積或作為自一單沉積源的預

混合物來沉積。預混合物是至少二化合物的混合，且該混合物被製備，然後將其填入沉積源內。

【0179】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，於該陽極電極上形成發射層及至少一層選自以下者組成之群組：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。

【0180】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，可選地，於發射層上形成電洞阻擋層，及於電子傳輸層上，形成電子注入層，
- 及最後形成陰極電極，
- 可選地，電洞注入層、電洞傳輸層及電洞阻擋層以此順序形成於第一陽極電極與發射層之間，
- 電子注入層被形成於電子傳輸層堆疊與陰極電極之間。

【0181】根據本發明的各種實施方式，該方法可進一步包括於有機半導體層上形成電子注入層。根據各種實施方式，OLED 可具有下面的層結構，其中此等層具有下面的順序：

陽極、電洞注入層、第一電洞傳輸層、第二電洞傳輸層、發射層、可選的電洞阻擋層、電子傳輸層堆疊、電子注入層、及陰極。

【0182】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

各處描述的實方式例中的一者中，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。

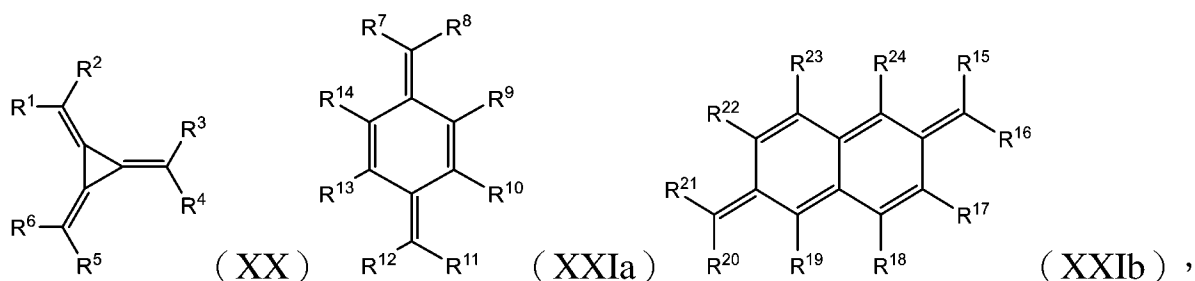
【0183】在一個實施方式中，根據本發明的有機電子裝置可進一步包括包括軸烯（radialene）化合物及/或醌二甲烷（quinodimethane）化合物的層。

【0184】在一個實施方式中，可用一或更多鹵素原子及/或用一或更多吸電子基團（electron withdrawing group）取代軸烯化合物(radialene compound)及/或醌二甲烷化合物(quinodimethane compound)。吸電子基團可選自腈基團(nitrile group)、鹵化烷基基團(halogenated alkyl group)，替代地，可選自全鹵化烷基基團(perhalogenated alkyl group)，替代地，可選自全氟化烷基基團(perfluorinated alkyl group)。吸電子基團的其他實例可為醯基(acyl)、磺醯基基團(sulfonyl group)或磷醯基基團(phosphoryl group)。

【0185】替代地，醯基基團(acyl groups)、磺醯基基團(sulfonyl groups)及/或磷醯基基團(phosphoryl groups)可包括鹵化(halogenated)及/或全鹵化烴基(perhalogenated hydrocarbyl)。在一個實施方式中，全鹵化烴基(perhalogenated hydrocarbyl)可為全氟化烴基(perfluorinated hydrocarbyl)。全氟化烴基(perfluorinated hydrocarbyl)的實例可為全氟化甲基(perfluoromethyl)、全氟化乙基(perfluorethyl)、全氟化丙基(perfluoropropyl)、全氟化異丙基(perfluorisopropyl)、全氟化丁基(perfluorobutyl)、全氟化苯基(perfluorophenyl)、全氟化甲苯基(perfluorotolyl)；包括鹵化烴基的磺醯基基團的實例可為三氟甲基磺醯基(trifluoromethylsulfonyl)、五氟乙基磺醯基(pentafluoroethylsulfonyl)、五氟苯基磺醯基(pentafluorophenylsulfonyl)、庚氟丙基磺醯基(heptafluoropropylsulfonyl)、九氟丁基磺醯基(nonafluorobutylsulfonyl)、及類似者。

【0186】在一個實施方式中，軸烯及/或醌二甲烷化合物可包括於電洞注入、電洞傳輸及/或電洞產生層中。

【0187】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^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^{11} 、 R^{12} 、 R^{15} 、 R^{16} 、 R^{20} 、 R^{21} 獨立地選自上面提及之吸電子基團，及 R^9 、 R^{10} 、 R^{13} 、 R^{14} 、 R^{17} 、 R^{18} 、 R^{19} 、 R^{22} 、 R^{23} 及 R^{24} 獨立地選自 H、鹵素及上面提及之吸電子基團。

【0188】在下文中，參考實例更詳細說明實施方式。然而，本揭露並不侷限於下面的實例。現在，將對範例性態樣進行詳細闡釋。

一般定義

【0189】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。烷基基團可指沒有雙鍵或三鍵的“飽和烷基基團”。本文中使用的術語“烷基”應涵蓋線性以及分支及環烷基。例如， C_3 烷基可選自正丁基及異丙基。而且， C_4 烷基涵蓋正丁基、二級丁基及三級丁基。而且， C_6 烷基涵蓋正己基及環己基。

【0190】如果未另外明確闡釋，如本文中使用的，星號“*”表示所標記的相應部分與另一個部分鍵結的結合位置。

【0191】 C_n 中的下標數目 n 與各自烷基、伸芳基、伸雜芳基或芳基基團中的碳原子的總數有關。

【0192】本文使用的術語“芳基”或“伸芳基”應涵蓋苯基（C₆-芳基）、稠芳香族化物（fused aromatics），諸如，萘、蒽、菲（phenanthrene）、稠四苯（tetracene）等等。進一步涵蓋的為聯苯及寡苯基或聚苯基，諸如，聯三苯、苯基取代的聯苯、苯基取代的聯三苯（諸如，四苯苯甲基基團）等等。“伸芳基”、“伸雜芳基”分別指二另外部分附接至的基團。在本說明書中，術語“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，且芳香烴部分的全部元素都可具有形成共軛的 p 軌，例如，苯基基團、萘基基團、蒽基基團、菲基基團、芘基（pyrenyl）基團、蒾基基團及類似者。進一步涵蓋的為二芳香部分經由螺原子互相連接的螺化合物，諸如，9,9'-螺二[9H-蒾]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。

【0193】本文使用的術語“雜芳基”指至少一碳原子用雜原子取代的芳基基團。術語“雜芳基”可指具至少一雜原子的芳香雜環，且雜芳香烴部分的全部元素都可具有形成共軛的 p 軌。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 1 至 3 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，術語“雜芳基”包括例如其中二芳香部分互相連接的螺化合物，諸如，螺[蒾-9,9'-二苯並呋喃]（spiro[fluorene-9,9'-xanthene]）。另外的範例性雜芳基基團為二噻吩、三噻吩、二苯並呋喃、二苯並硫呋喃（dibenzothiofurane）、吡啶（acridine）、苯並吡啶、二苯並吡啶等等。

【0194】如本文中使用的術語“烯基（alkenyl）”指包括碳碳雙鍵的基團- $\text{CR}^1=\text{CR}^2\text{R}^3$ 。

【0195】本文中使用的術語“全鹵化的”指烴基基團的全部氫原子藉由鹵素（F、Cl、Br、I）原子代替的烴基基團。

【0196】本文中使用的術語“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。

【0197】本文中使用的術語“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。

【0198】 C_n 雜芳基中的下標數目 n 僅指排除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，諸如，吡唑 (pyrazole)、咪唑 (imidazole)、噁唑 (oxazole)、噻唑 (thiazole) 及類似者。

【0199】此處使用的術語“雜芳基”應涵蓋吡啶 (pyridine)、喹啉、苯並喹啉、喹唑啉、苯並喹唑啉、嘧啶 (pyrimidine)、吡嗪 (pyrazine)、三嗪、苯並咪唑、苯並噻唑、苯並 [4,5] 噻吩並 [3,2-d] 嘧啶 (benzo[4,5]thieno[3,2-d]pyrimidine)、呋唑、二苯並呋喃、吩噻嗪 (phenoxazine)、苯並吡啶、二苯並吡啶及類似者。

【0200】在本說明書中，單鍵指直接鍵。

【0201】本文使用的術語“氟化的”指包括於烴基團中的至少一氫原子被氟原子取代的烴基團。其全部氫原子被氟原子取代的氟化基團被稱為全氟化基團，且特別是用術語“氟化的”來表達。

【0202】依照本發明，如果包括於此基團中的氫原子中一者由另一基團代替，則一基團用另一基團“取代”，其中另一基團為取代基。

【0203】依照本發明，針對一層介於二其他層之間用語“介於之間”不排除存在可設置於該一層與二個其他層中之一者之間的另外層。依照本發明，針對二層互相直接接觸的用語“直接接觸”意指沒有另外層設置於那二層之間。一層沉積於另一層頂上視為與此層直接接觸。

【0204】術語“夾在之間接觸”指三層的佈置，藉此處於中間的層與二個相鄰層直接接觸。

【0205】針對於本發明的電子傳輸層堆疊，實驗部分中提及之化合物為最佳。

【0206】照明裝置可為用於照明、照射、傳訊、或投影的裝置之任一者。它們被相應地分類為照明、照射、傳訊、以及投影裝置。照明裝置通常由光照射源、以想要的方向將輻射通量傳送至空間內的裝置、及將零件連結成單裝置且保護輻射源及透光系統不被周圍破壞及影響的殼體組成。

【0207】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）可透過透明陽極或透過透明陰極發出光。

【0208】另一個態樣針對包括至少一有機電致發光裝置（OLED）的裝置。

【0209】包括有機發光二極體的裝置為例如顯示器或照明板。

【0210】在本發明中，下面定義了術語，除非請求項或此說明書的其他地方給出不同定義，此等定義將被適用。

【0211】在本發明的上下文中，術語“不同（different）”或“不同（differs）”在與基質材料搭用時意指基質材料的結構式不同。

【0212】術語“OLED”及“有機發光二極體”被同時使用，且具有相同的涵義。本文使用的術語“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）。

【0213】如本文中使用的，“重量百分比（weight percent）”、“wt.-%”、“按照重量的百分比（percent by weight）”、“以重量計的%（% by weight）”及其變體將組成物、組成、物質或試劑稱為各自電子傳輸層的那個組成、物質或試劑的重量除以其各自電子傳輸層的總重量且乘以 100。應當理解，

選擇各自電子傳輸層及電子注入層的全部組成、物質及試劑的總重量百分數，藉以使得其不超過 100 wt.-%。

【0214】如本文使用的，“體積百分比（volume percent）”、“vol.-%”、“按照體積的百分比(percent by volume)”、“以體積計的百分比(% by volume)”、及其變體將組成物、組成、物質或試劑稱為各自電子傳輸層的那個組成、物質或試劑的體積除以其各自電子傳輸層的總體積且乘以 100。應當理解，選擇陰極層的全部組成、物質及試劑的總體積百分數，藉以使得其不超過 100 vol.-%。

【0215】本文假定全部數值都藉由術語“約”被修飾，而無論是否明確地指示。如本文使用的，術語“約”指數量可能發生的偏差。無論是否藉由術語“約”修飾，請求項都包括此等量的等效果。

【0216】應當指出，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(the)”包括複數提及物，除非本文內容另外有明確指示。

【0217】術語“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。

【0218】在本說明書的上下文中，術語“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相對該可見發射光譜小於 10%，較佳地小於 5%。該可見發射光譜為波長為約 ≥ 380 nm 至約 ≤ 780 nm 的發射光譜。

【0219】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。

【0220】在 10 毫安培/平方公分(mA/cm^2)下，以伏特(V)為單位測量操作電壓（亦稱為 U）。

【0221】在 10 毫安培/平方公分 (mA/cm^2) 下，以坎德拉/安培(candela per ampere)為單位測量坎德拉/安培效率（亦稱為 cd/A 效率）。

【0222】以百分比（%）測量外部量子效率（亦稱為 EQE）。

【0223】色彩空間藉由坐標 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。

【0224】以電子伏特(eV)為單位測量最高佔據分子軌域(亦稱為 HOMO)及最低未佔據分子軌域（亦稱為 LUMO）。

【0225】術語“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。

【0226】術語“壽命 (life-span)”及“使用壽命 (lifetime)”被同時使用，且具有相同的涵義。

【0227】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。

【0228】室溫（亦被稱為環境溫度）為 23°C 。

【圖式簡單說明】

【0229】

根據下面結合附圖對範例性實施方式的描述，本發明的此等及/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OLED的示意截面圖。

【實施方式】

【0230】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，相似的參考編號指相似的元件。下面將參考圖式描述範例性實施方式，以解釋本發明的態樣。

【0231】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。

【0232】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）100 的示意截面圖。OLED 100 包括：不透明基板 110、陽極 120、電洞注入層（HIL）130、電洞傳輸層（HTL）140、發射層（EML）150、包括第一電子傳輸層 161 及第二電子傳輸層 162 的電子傳輸層（ETL）堆疊 160。電子傳輸層（ETL）160 形成於 EML 150 上。在電子傳輸層（ETL）160 上，設置電子注入層（EIL）180。陰極 190 直接沉積於電子注入層（EIL）180 上。

【0233】圖 2 是根據本發明的另一範例性實施方式的 OLED 100 的示意截面圖。圖 2 與圖 1 的不同之處在於圖 2 的 OLED 100 包括電子阻擋層（EBL）145。

【0234】參考圖 2，OLED 100 包括：不透明基板 110、陽極 120、電洞注入層（HIL）130、電洞傳輸層（HTL）140、電子阻擋層（EBL）145、發射層（EML）150、包括第一電子傳輸層 161 及第二電子傳輸層 162 的電子傳輸層（ETL）堆疊 160、電子注入層（EIL）180 及陰極電極 190。

【0235】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 100 及 200。此外，可對其施加各種其他修飾。

【0236】在下文中，將參考下面的實例更詳細描述本發明的一或多個範例性實施方式。然而，此等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

【0237】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 $\vec{r}_i$ 為原子 i 在分子中的局部電荷及位置。

【0238】偶極矩藉由半經驗分子軌道法（semi-empirical molecular orbital method）確定。

【0239】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* 基組的混合功能 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確定分子的鍵長。

所計算的 HOMO 及 LUMO

【0240】利用套裝程式 TURBOMOLE V6.5（TURBOMOLE GmbH，Litzenhardtstrasse 19，76135 Karlsruhe，德國）計算 HOMO 及 LUMO。藉由應用在氣相中具有 6-31G* 基組的混合功能 B3LYP 來確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 效能的測量

【0241】為評估 OLED 裝置的效能，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 為單位獲取電壓且以 mA 為單位測量流過受測裝置的電流，確定電流-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 的步階變化。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 cd/m^2 為單位測量亮度(luminance)來確定亮度-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，確定 10 mA/cm^2 下的 cd/A 效率。

【0242】適當時，在環境條件（20°C）及 30 mA/cm^2 下，該裝置的使用壽命 LT 使用 Keithley 2400 sourcemeter 測量，且以小時為單位做記錄。

【0243】使用經校正的光電二極體（photo diode），測量該裝置的照度(brightness)。使用壽命 LT 被定義為直到該裝置的照度降低至其初始值的 97% 的時間。操作電壓的升高 ΔU 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裝置的操作開始時的操作電壓來確定此升高。

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

【0244】 ΔU 的值越小，操作電壓穩定性越佳。

製造 OLED 的一般程序

【0245】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% 水溶液以 7 分鐘、且接著用純水以 5 分鐘以超音波清潔，及在旋轉洗滌乾燥槽中乾燥 15 分鐘。接著，在 10^{-5} 至 10^{-7} mbar 的壓力下，沉積 Ag，作為陽極。

【0246】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，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）。

【0247】繼之，藉由 HOST-1 及 EMITTER-1 的共沉積，發射層被形成於 EBL 上。

【0248】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-12，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。

【0249】關於實例 OLED-13 至 OLED-20，藉由沉積式（II）預混化合物及化合物（III），第二電子傳輸層被形成於第一電子傳輸層上。

【0250】然後，藉由首先沉積 LiQ 及接著沉積 Yb，電子注入層形成於第二電子傳輸層上，作為雙層。

【0251】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。

【0252】HT-3 的帽層被形成於陰極上。

【0253】下面給出頂發射 OLED 裝置中的層堆疊詳情。斜線號“/”分離個別層。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詳情：

Ag [100nm] / HT-1:NDP-9 (wt% 92:8) [10nm] / HT-1 [130nm] / 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 [75nm]

表 7 的 OLED 裝置實例中使用的層堆疊詳情：

Ag [100nm] / HT-1:NDP-9 (wt% 92:8) [10nm] / HT-1 [130nm] / 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 [75nm]

表5：所使用的化合物清單

	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（藍色熒光主體材料）	南韓的 Sun Fine Chemicals, Inc 市售
EMITTER-1	BD200（藍色熒光發射體材料）	南韓的 Sun Fine Chemicals, Inc 市售
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-吡啶-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-苯基蒽-9-基)苯基)-1,3,5-三嗪 (2-([1,1'-biphenyl]-3-yl)-4-phenyl-6-(3-(10-p henylanthracen-9-yl)phenyl)-1,3,5-triazine)	表 4

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

OLED 裝置實例	式（I）化合物	式（II）或 C-3 化合物	EIL	10 mA/cm ² 下的相對操作電壓 (相較於比較例%)	10 mA/cm ² 下的相對 cd/A 效率 (相較於比較例%)
比較 OLED	A-2	C-3	LiQ	100,00	100,00
OLED-1	A-3	B-11	LiQ	57,79	128,97
OLED-2	A-1	B-11	LiQ	58,13	124,17
OLED-3	A-2	B-11	LiQ	57,27	130,81
OLED-4	A-2	B-1	LiQ	56,06	125,09

OLED 裝置實例	式 (I) 化合物	式 (II) 或 C-3 化合物	EIL	10 mA/cm ² 下的相對操作電壓 (相較於比較例%)	10 mA/cm ² 下的相對 cd/A 效率 (相較於比較例%)
OLED-5	A-2	B-10	LiQ	58,30	134,87
OLED-6	A-2	B-11	LiQ	57,27	130,81
OLED-7	A-2	B-19	LiQ	55,88	135,06
OLED-8	A-2	B-2	LiQ	56,92	118,45
OLED-9	A-2	B-23	LiQ	55,02	113,10
OLED-10	A-2	B-4	LiQ	62,28	116,79
OLED-11	A-2	B-5	LiQ	55,19	135,61
OLED-12	A-2	B-6	LiQ	61,07	121,40

表7：包括第一電子傳輸層中式 (I) 化合物及第二電子傳輸層中式 (II) 化合物及式 (III) 化合物的混合物的有機電致發光裝置的效能。

OLED 裝置實例	式 (I) 化合物	式 (II) 化合物	化合物 (III)	式 (II) 化合物: 式 (II) 化合物的混合比	EIL	10 mA/cm ² 下的相對 操作電壓 (相較於比較例%)	10 mA/cm ² 下的相對 cd/A 效率 (相較於比較例%)
OLED-13	A-2	B-17	C-3	30:70	LiQ	57,79	130,63
OLED-14	A-2	B-17	C-5	30:70	LiQ	57,44	137,45
OLED-15	A-2	B-2	C-3	30:70	LiQ	56,92	132,29
OLED-16	A-2	B-2	C-6	30:70	LiQ	56,57	133,03
OLED-17	A-2	B-3	C-5	30:70	LiQ	57,09	142,07
OLED-18	A-2	B-3	C-6	30:70	LiQ	57,96	135,06
OLED-19	A-2	B-4	C-3	30:70	LiQ	57,96	126,94
OLED-20	A-2	B-6	C-3	30:70	LiQ	60,90	134,13
OLED-21	A-9	B-17	C-3	20:80	LiQ	56,06	146,13
OLED-22	A-10	B-17	C-3	20:80	LiQ	56,75	143,91
OLED-23	A-11	B-17	C-3	20:80	LiQ	57,61	136,90
OLED-24	A-13	B-17	C-3	20:80	LiQ	56,57	134,50
OLED-25	A-14	B-17	C-3	20:80	LiQ	56,23	136,72
OLED-26	A-15	B-17	C-3	20:80	LiQ	57,61	130,81

OLED 裝置實例	式 (I) 化合物	式 (II) 化合物	化合物 (III)	式 (II) 化合物: 式 (II) 化合物的混合比	EIL	10 mA/cm ² 下的相對操作電壓 (相較於比較例%)	10 mA/cm ² 下的相對 cd/A 效率 (相較於比較例%)
OLED-27	A-16	B-17	C-3	20:80	LiQ	57,44	130,07

【0254】實例15、16、19及20顯示，如果在第二電子傳輸層中使用化合物（III），則cd/A效率在相當或較低電壓下被進一步提高。

【0255】前面的描述及附屬項中揭露的特徵可各別地且可以任意組合方式作為實現獨立項及其多種形式中所做揭露的態樣之素材。

【符號說明】

【0256】

- 100：有機發光二極體（OLED）
- 110：基板
- 120：陽極
- 130：電洞注入層
- 140：電洞傳輸層
- 145：電子阻擋層
- 150：發射層
- 160：電子傳輸層堆疊
- 161：第一電子傳輸層

162：第二電子傳輸層

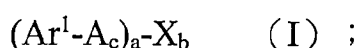
180：電子注入層

190：陰極電極

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種有機發光二極體，包括一不透明基板、一陽極、一陰極、一發射層、一電子注入層及一電子傳輸層堆疊；其中

- 該電子傳輸層堆疊設置於該發射層與該電子注入層之間；
- 該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^1 獨立地選自 C_6 至 C_{60} 芳基或 C_2 至 C_{42} 雜芳基，
 - 其中每一個 Ar^1 都可用獨立地選自以下者組成之群組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 環烷基、 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 $\text{PY}(\text{R}^{10})_2$ ，其中Y選自O、S或Se，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 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} 雜芳基取代基都可用 C_1 至 C_4 烷基或鹵素取代；
- A獨立地選自 C_6 至 C_{30} 芳基，
 - 其中每一個A都可用獨立地選自以下者組成之群組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 環烷基、 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

分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基；

-其中A上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

-X獨立地選自以下者組成之群組：C₂至C₄₂雜芳基及C₆至C₆₀芳基，

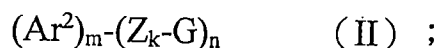
-其中每一個X都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：

C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₁雜芳基，及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基；

-其中X上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基及X上的每一個C₃至C₁₁雜芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；

-式(I)化合物的分子偶極矩為≥0 D及≤4 D；

-第二電子傳輸層包括式(II)之一化合物

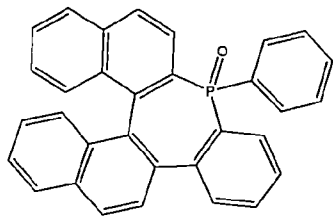


-m及n獨立地為1或2；

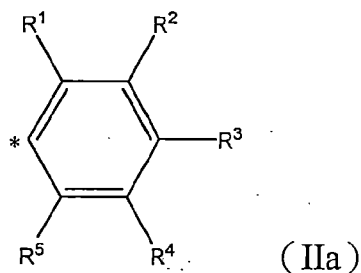
-k獨立地為0、1或2；

-Ar²獨立地選自以下者組成之群組：C₂至C₄₂雜芳基及C₆至C₆₀芳基，

- 其中每一個 Ar^2 都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：
C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₁雜芳基，及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基；
 - 其中 Ar^2 上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基及 Ar^2 上的每一個C₃至C₁₁雜芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；
 - Z獨立地選自C₆至C₃₀芳基，
 - 其中每一個Z都可用獨立地選自以下者組成之群組之一或二取代基取代：
C₆至C₁₂芳基及C₁至C₆烷基、D、C₁至C₆烷氧基、C₃至C₆環烷基、C₃至C₆環烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基、鹵素、CN或PY(R¹⁰)₂，其中Y選自O、S或Se，及R¹⁰獨立地選自C₆至C₁₂芳基、C₃至C₁₂雜芳基、C₁至C₆烷基、C₁至C₆烷氧基、部分或全氟化的C₁至C₆烷基、部分或全氟化的C₁至C₆烷氧基、部分或全氘化的C₁至C₆烷基、部分或全氘化的C₁至C₆烷氧基；
 - 其中Z上的每一個C₆至C₁₂芳基取代基都可用C₁至C₄烷基或鹵素取代；
 - G被選定，使得化合物G-苯基的偶極矩為 ≥ 1 D及 ≤ 7 D；
 - 該第一電子傳輸層及該第二電子傳輸層無一電摻雜物；
- 其中排除式(II)的該化合物是具有下式的一化合物



【請求項 2】如請求項 1 所述的有機發光二極體，其中 Ar^1 獨立地選自以下者組成之群組：苯基、萘基、蒽基、丙二烯合萘基、二苯並呋喃基、螺-二苯並呋喃基、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) 之該基團與 A 結合的該結合位置；及

- R^1 至 R^5 獨立地選自以下者組成之群組：H、 C_6 至 C_{12} 芳基及 C_4 至 C_{10} 雜芳基。

【請求項 3】如請求項 1 或請求項 2 所述的有機發光二極體，其中 A 選自可分別為取代的或未取代的以下者組成之群組：伸苯基、伸萘基、伸聯苯及伸聯三苯。

【請求項 4】如請求項 1 或請求項 2 所述的有機發光二極體，其中 X 獨立地選自可分別為取代的或未取代的以下者組成之群組：三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並咪唑基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並吡啶基、二苯並吡啶基、丙二烯合萘基、蒽基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基、及二萘並呋喃基。

【請求項 5】如請求項 1 或請求項 2 所述的有機發光二極體，其中 Ar^2 獨立地選自可分別為取代的或未取代的以下者組成之群組：吡啶基、三嗪基、1,2-二嗪基、1,3-二嗪基、1,4-二嗪基、喹啉基、苯並喹啉基、苯並咪唑基、喹啉基、苯並

喹啉基苯並吡啶基、二苯並吡啶基、丙二烯合萸基、蒽基、萘基、聯三伸苯基、二氮雜菲基、及二萘並呋喃基。

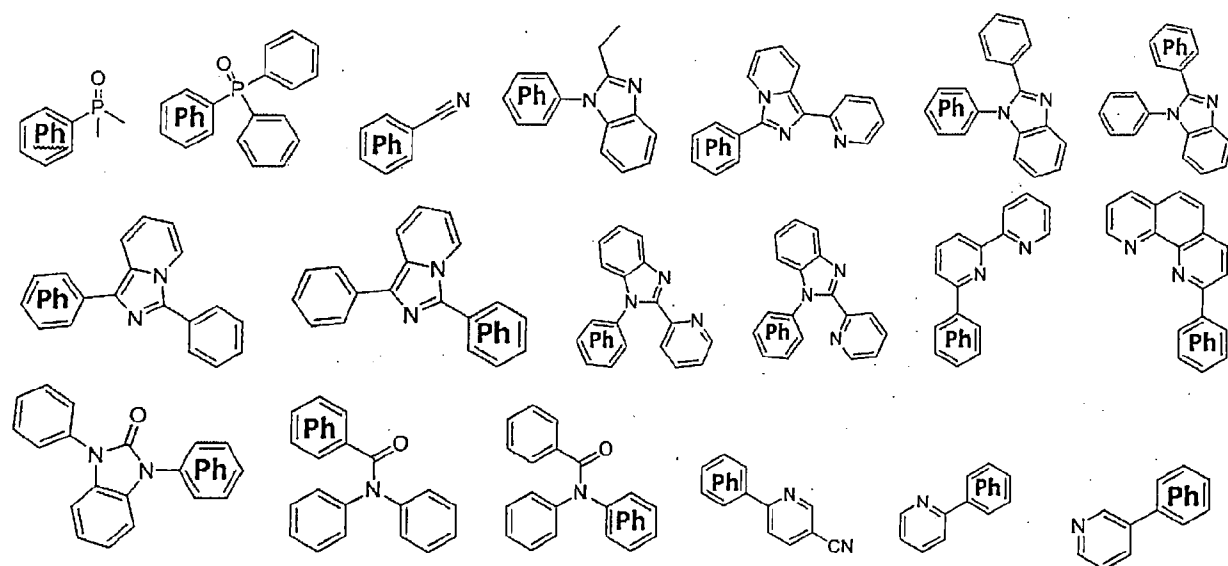
【請求項 6】如請求項 1 或請求項 2 所述的有機發光二極體，其中

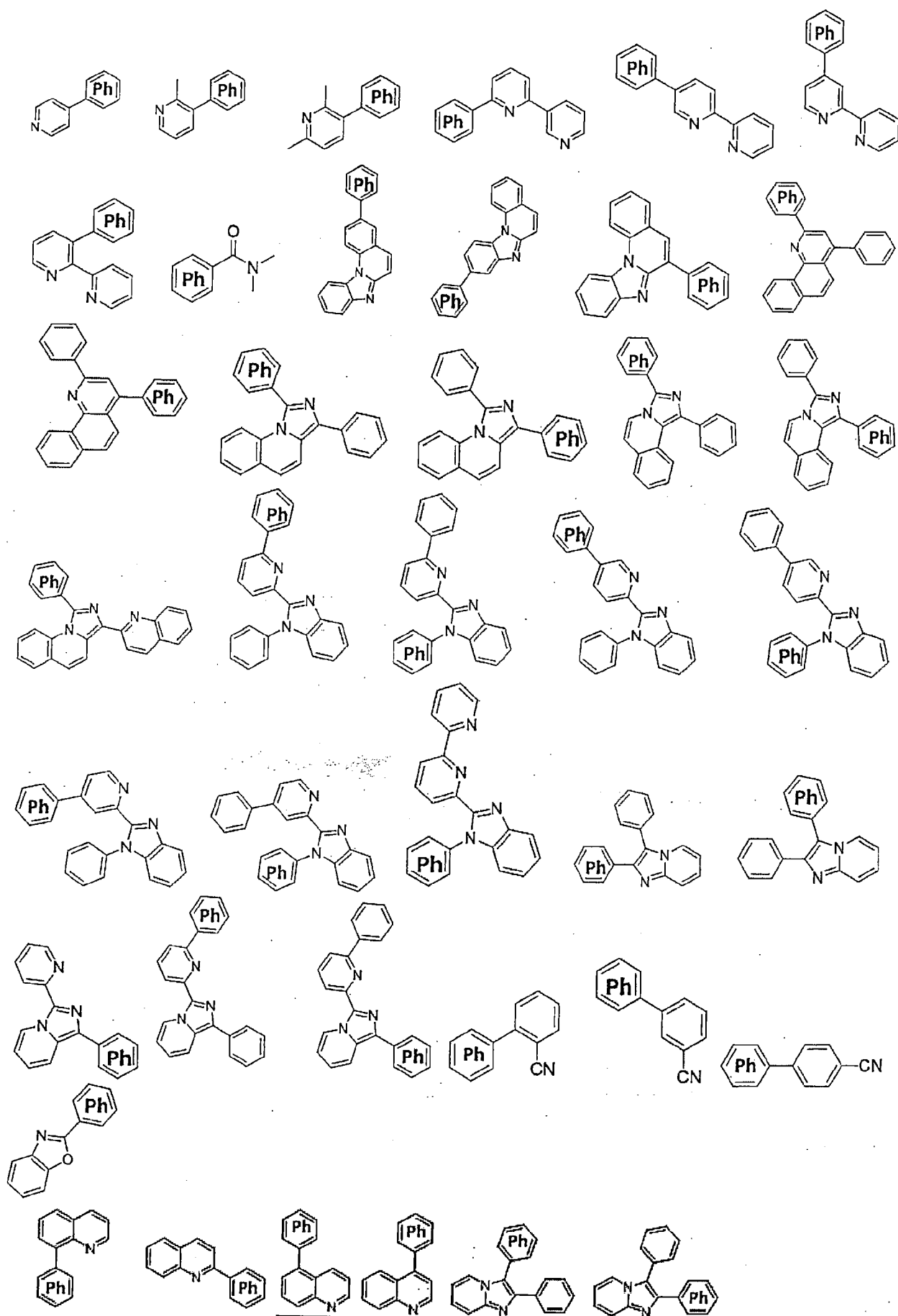
-G 選自以下者組成之群組：二烷基氧磷基、二芳基氧磷基、烷基芳基氧磷基、腈、苯甲腈、菸鹼腈、醯胺-基、碳醯胺-基及 C_2 至 C_{17} 雜芳基；

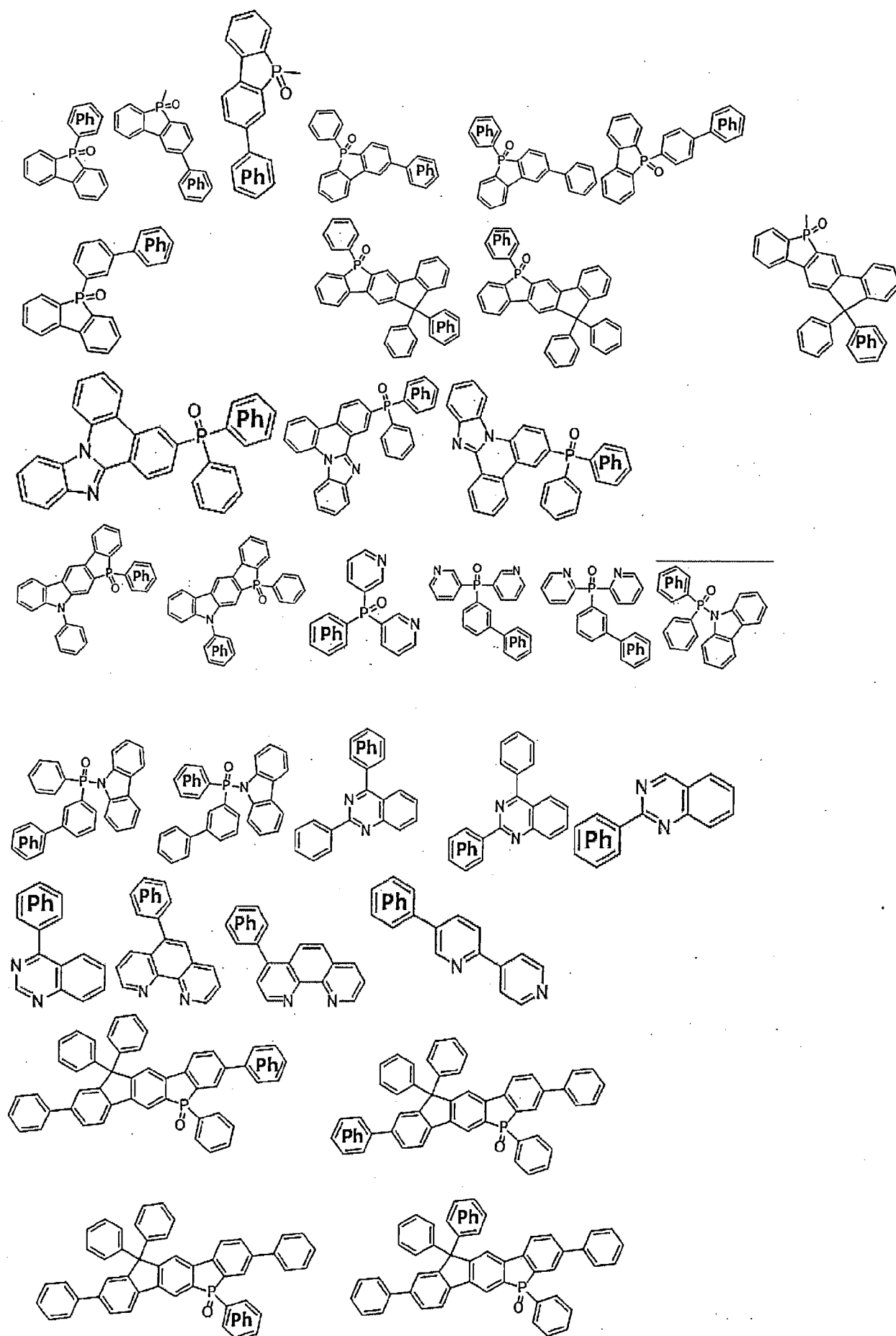
-該各自 G 可包括附接至該基團的一或更多取代基，其中該一或更多取代基選自以下者組成之群組：苯基、甲基、乙基及吡啶基。

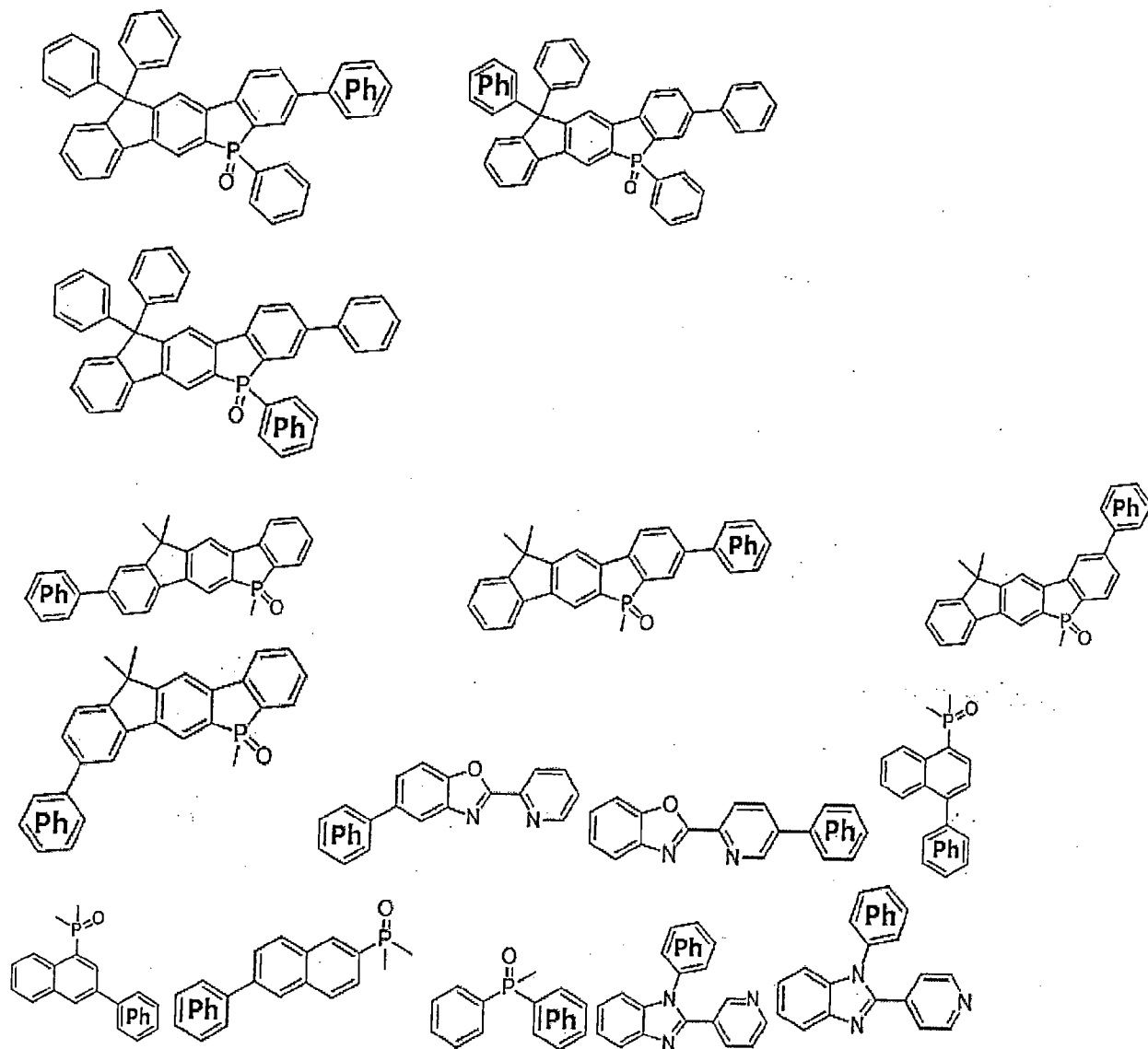
【請求項 7】如請求項 1 或請求項 2 所述的有機發光二極體，其中 G 獨立地選自以下者組成之群組：二甲基氧磷基、二苯基氧磷基、2-苯基-1H-苯並[d]咪唑基、2-乙基-1H-苯並[d]咪唑基、2-苯基苯並[h]喹啉基、吡啶基、2,2'-聯吡啶基、5-苯基苯並[4,5]咪唑並[1,2-a]喹啉基、9-苯基-1,10-菲啉基及(吡啶-2-基)咪唑並[1,5-a]吡啶基。

【請求項 8】如請求項 1 或請求項 2 所述的有機發光二極體，其中 G 被選定，藉以使得該化合物 G-苯基藉由下面的結構中一者表示

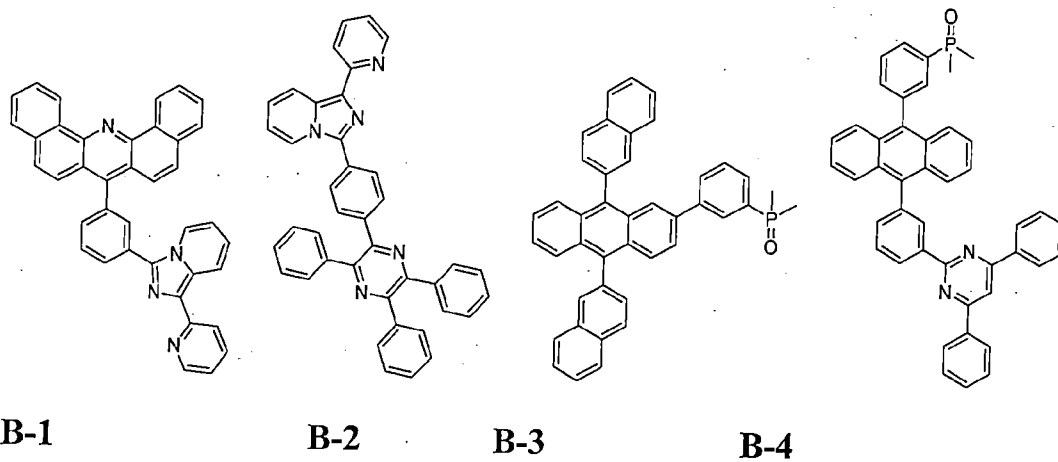


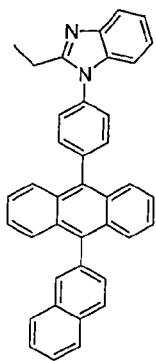




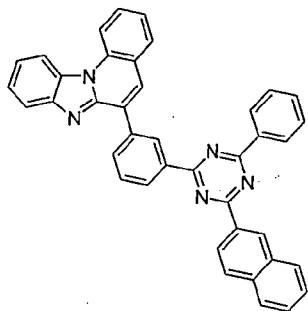


【請求項 9】如請求項 1 或請求項 2 所述的有機發光二極體，其中式 (II) 之該化合物選自 B-1 至 B-26

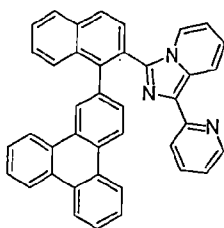




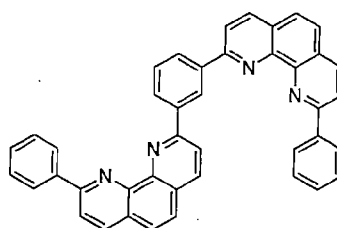
B-5



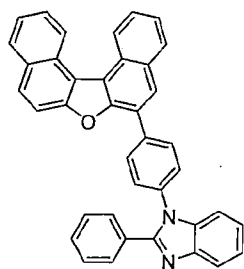
B-6



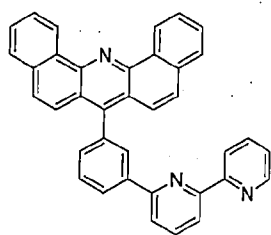
B-7



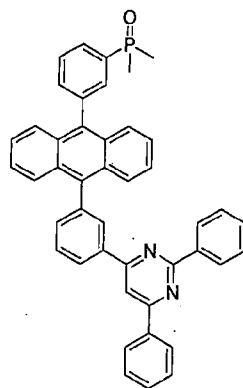
B-8



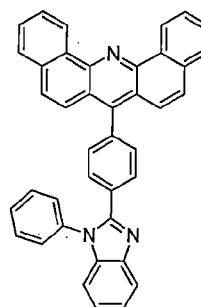
B-9



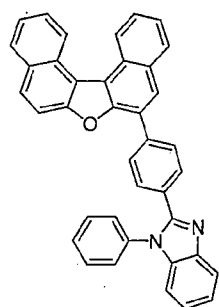
B-10



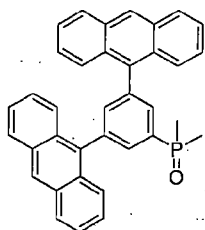
B-11



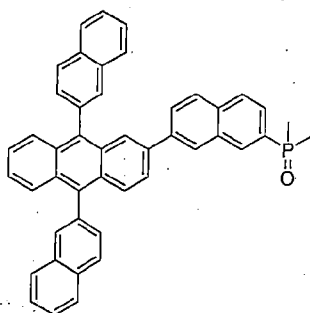
B-12



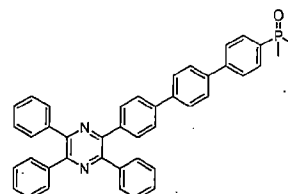
B-13



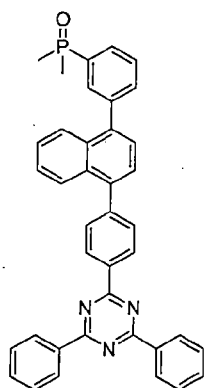
B-14



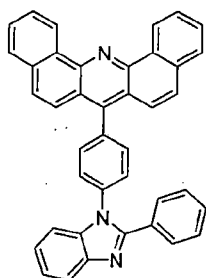
B-15



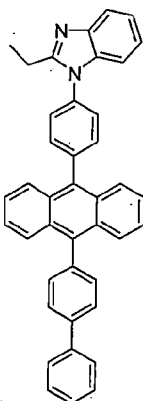
B-16



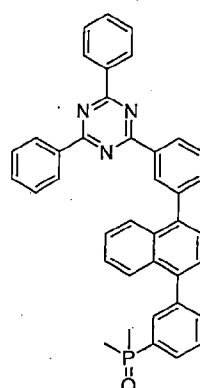
B-17



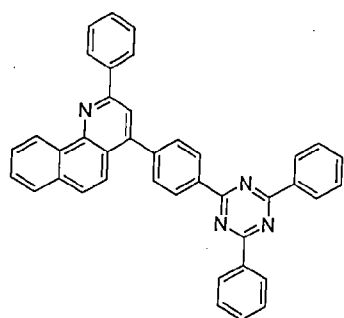
B-18



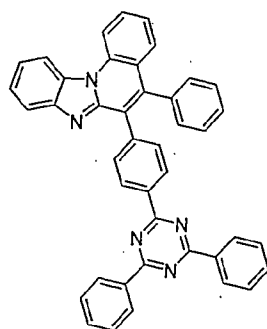
B-19



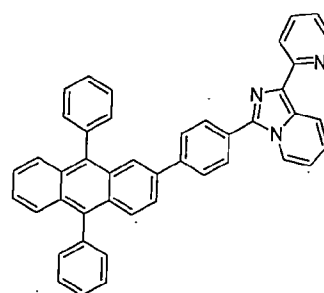
B-20



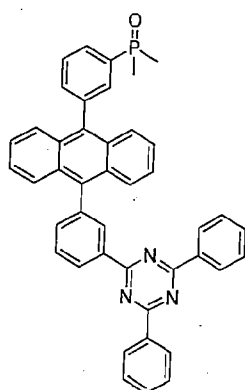
B-21



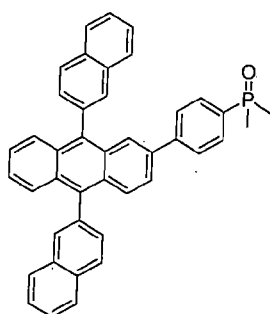
B-22



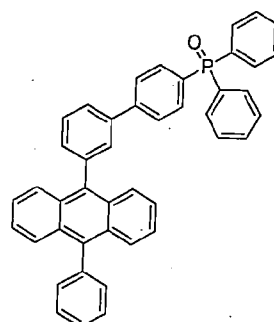
B-23



B-24



B-25



B-26

【請求項 10】如請求項 1 或請求項 2 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一化合物（III），其中該化合物（III）包括 8 至 13 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，則該等雜芳香環藉由至少一無一雜原子的芳香環而被互相分離。

【請求項 13】如前述請求項 1、2、11 和 12 中任一項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互相直接接觸。

【請求項 14】如前述請求項 1、2、11 和 12 中任一項所述的有機發光二極體，其中該第二電子傳輸層與該電子注入層直接接觸。

【請求項 15】如前述請求項 1、2、11 和 12 中任一項所述的有機發光二極體，其中該電子注入層包括一金屬、一金屬鹽、或一有機鹼金屬錯合物，或其混合物。

【請求項 16】如前述請求項 1、2、11 和 12 中任一項所述的有機發光二極體，其中式 (II) 之該化合物不包括於該電子注入層中。

【請求項 17】一種包括如前述請求項 1 至 16 中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。

【發明圖式】

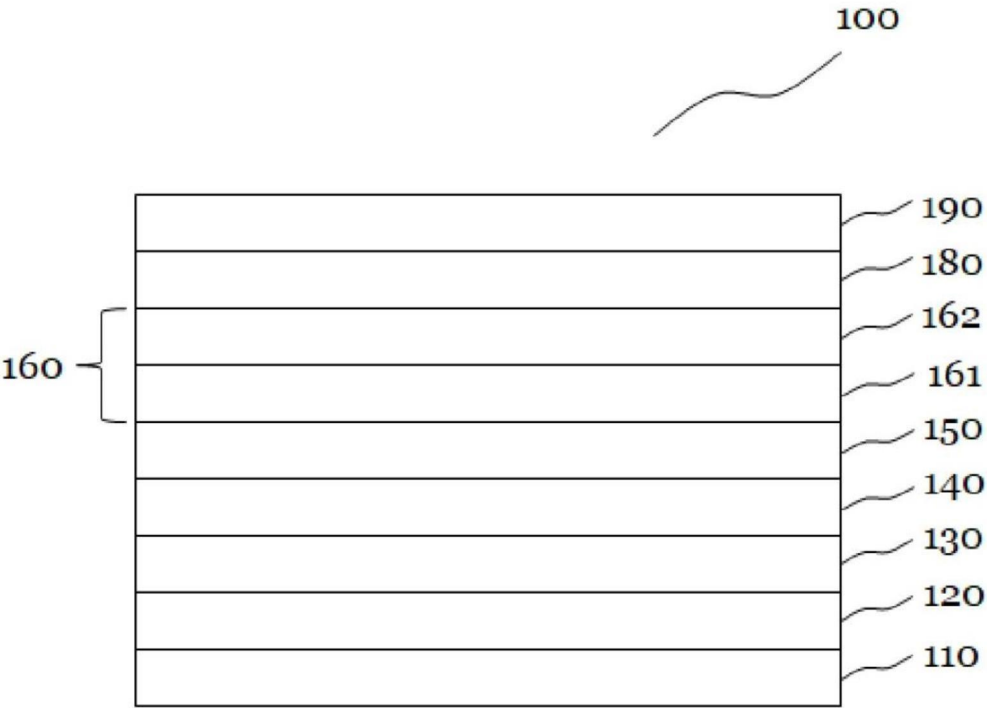


圖 1

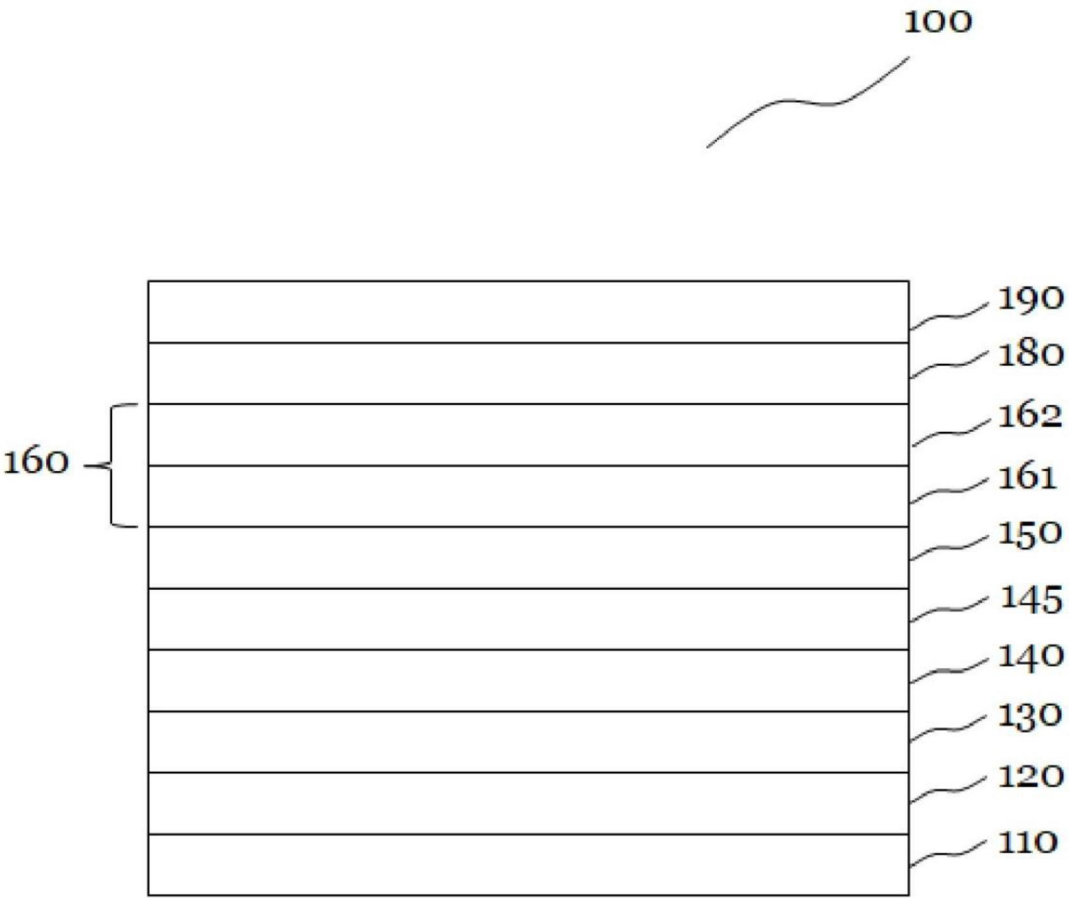


圖 2