



(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 I610477 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：100141039

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 11 月 10 日

(51)Int. Cl. : *H01L51/50 (2006.01)**H05B33/12 (2006.01)*

(30)優先權：2010/11/11 美國

61/412,505

(71)申請人：日東電工股份有限公司 (日本) NITTO DENKO CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：馬立平 MA, LIPING (CN)；鄭世俊 ZHENG, SHIJUN (CN)；賴倩茜 LAI, QIANXI (CN)；望月天音 MOCHIZUKI, AMANE (JP)

(74)代理人：詹銘文；葉璟宗

(56)參考文獻：

TW I284009

US 7345300B1

US 2009/0236974A1

US 2010/0213452A1

WO 2008/131750A2

審查人員：邱青松

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：8 共 49 頁

(54)名稱

混成複合材料發光結構及使用其的發光元件

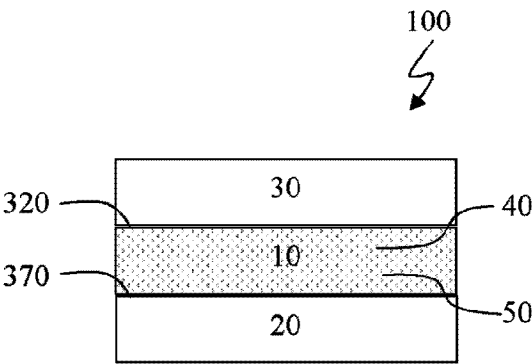
HYBRID COMPOSITE EMISSIVE CONSTRUCT AND LIGHT-EMITTING DEVICES USING THE SAME

(57)摘要

描述具有三個發光層且三個發光層各具有相同螢光主體的發光結構。所述層中的至少一者更包括磷光摻質。也描述包括這些發光結構的發光元件。

Emissive constructs having three emissive layers, each having the same fluorescent host are described. At least one of the layers further includes a phosphorescent dopant. Light-emitting devices including these emissive constructs are also described.

指定代表圖：



- 符號簡單說明：
- 10 . . . 第一發光層
 - 20 . . . 第二發光層
 - 30 . . . 第三發光層
 - 40 . . . 第一磷光摻質
 - 50 . . . 第二磷光摻質
 - 100 . . . 發光結構
 - 320 . . . 第二界面
 - 370 . . . 第一界面

圖 1A

六、發明說明：

【相關申請案的交互參照】

本申請案主張於 2010 年 11 月 11 日提申之美國暫時申請案第 61/412,505 號的優先權，所述申請案以引用方式全文併入本文。

【發明所屬之技術領域】

本文所述的實施例是有關於發光元件，例如包括一種含螢光主體以及磷光摻質的發光結構的發光元件。

【先前技術】

白色有機發光元件 (white organic light-emitting device, WOLED) 是取代螢光管與白熾燈泡藉此節約能源的潛力選擇。然而，現今 WOLED 的科技仍有進步空間。舉例來說，可改善 WOLED 的功率效率以更進一步節約能源。磷光 WOLED (phosphorescent WOLED, PH-WOLED) 元件具有全磷光發射體 (exclusively phosphorescent emitter)，與僅具有螢光發射體的元件相比，其具有顯著改善的效率。然而，磷光藍色發射體可能具有短的使用壽命。可使用更穩定的螢光藍色發射體取代不穩定的磷光體藍色發射體，同時使用綠色至紅色的磷光發射體，以處理磷光藍色發射體的不穩定性。具有藍色螢光發射體以及綠色至紅色的磷光發射體的 OLED 元件可稱為混成 WOLED (hybrid WOLED, HY-WOLED)。相較於 PH-WOLED，HY-WOLED 的效率較低，還可以進一步改善。

【發明內容】

包括螢光主體材料與磷光摻質的發光結構可對諸如發光元件等元件提供改善的效率。

一些實施例可包括發光結構，所述發光結構包括：第一發光層（emissive layer），其配置於第二發光層與第三發光層之間，其中，第一發光層可包括第一主體材料，第二發光層可包括第二主體材料，而第三發光層可包括第三主體材料；其中，第一主體材料、第二主體材料以及第三主體材料各可藉由螢光效應（fluorescence）發射藍光；第一發光層、第二發光層以及第三發光層中至少一者可更包括第一磷光摻質；且第一發光層、第二發光層以及第三發光層中至少一者可未經摻雜。

一些實施例可包括發光結構，所述發光結構包括：第一發光層，其可配置於第二發光層與第三發光層之間；其中，第一發光層可包括主體材料，第二發光層可包括所述主體材料，而第三發光層可包括所述主體材料；其中：所述主體材料可藉由螢光效應發射藍光；第一發光層、第二發光層以及第三發光層中至少一者可包括第一磷光摻質；且第一發光層、第二發光層以及第三發光層中至少一者可為單純層（neat layer）或可未經摻雜。

一些實施例可包括發光結構，所述發光結構可包括：第一發光層，其配置於第二發光層與第三發光層之間；其中第一發光層可包括主體材料，第二發光層可包括所述主體材料，而第三發光層可包括所述主體材料；其中所述主體材料可藉由螢光效應發射藍光；且其中第一發光層可包

括第一磷光摻質，而第二發光層以及第三發光層可未經摻雜；或第一發光層可未經摻雜，第二發光層可包括第一磷光摻質，而第三發光層可包括第二磷光摻質。

一些實施例可包括發光結構，所述發光結構包括：第一發光層，其配置於第二發光層與第三發光層之間；其中第一發光層包括主體材料，第二發光層包括所述主體材料，而第三發光層包括所述主體材料；其中所述主體材料藉由螢光效應發射藍光；且其中第一發光層包括第一磷光摻質，而第二發光層以及第三發光層未經摻雜；或第一發光層未經摻雜，第二發光層包括第一磷光摻質，而第三發光層包括第二磷光摻質；且主體材料的三重態能量（triplet energy）大於第一磷光摻質的三重態能量；且存在以下關係中至少一者：第一磷光摻質的 HOMO 能階高於主體材料的 HOMO 能階；第一磷光摻質的 LUMO 能階低於主體材料的 LUMO 能階。

一些實施例可包括一種含本文所述之發光結構的發光元件。

【實施方式】

術語「T1」或「三重態能量」具有所屬技術領域中具通常知識者所知的一般意義，且包括從激子（exciton）的最低能量三重態轉換至基態（ground state）的能量。在所屬技術領域中，有許多已知的方法可以用來得到三重態能量，例如藉由獲得磷光光譜。

術語「最高填滿分子軌域能階（highest occupied molecular orbital energy level）」或「HOMO 能階」具有所

屬技術領域中具通常知識者所知的一般意義。在一些實施例中，材料的 HOMO 能階可包括被至少一個處於基態的電子佔據的最高能量的分子軌域的能階。

術語「最低未填滿分子軌域能階 (lowest unoccupied molecular orbital energy level)」或「LUMO 能階」具有所屬技術領域中具通常知識者所知的一般意義。在一些實施例中，材料的 LUMO 能階可包括不含有處於基態的電子的最低能量的分子軌域的能階。

金屬或電性導體的「功函數」可為將電子從所述金屬或所述電性導體的表面提取所需的最小能量。

圖 1A 與圖 1B 是發光結構 100 的兩個實例的示意圖。在圖 1A 與圖 1B 中，發光結構 100 可包括第一發光層 10，其可配置於第二發光層 20 與第三發光層 30 之間。在第一發光層 10 與第二發光層 20 之間可存在第一界面 370。在第一發光層 10 與第三發光層 30 之間還可存在第二界面 320。另外，一或多個可選層 (optional layer) 可存在於第一發光層 10 與第二發光層 20 之間，及／或存在於第一發光層 10 與第三發光層 30 之間。第一發光層 10、第二發光層 20 以及第三發光層 30 中的每一者獨立地包括主體材料 (未繪示)。在一些實施例中，第一發光層 10、第二發光層 20 以及第三發光層 30 三者都具有相同的主體材料 (未繪示)。

在圖 1A 中，第一發光層 10 可包括第一磷光摻質 40，第二發光層 20 可未經摻雜，而第三發光層 30 可未經摻雜。

在一些實施例中，第一發光層 10 可更包括第二磷光摻質 50。

在圖 1B 中，第一發光層 10 可未經摻雜，第二發光層 20 可包括第一磷光摻質 40，而第三發光層可包括第二磷光摻質 50。第一磷光摻質 40 與第二磷光摻質 50 可包括實質上相同的材料或可包括不同的材料。

在一些實施例中，藉由建構發光結構使得激子在包括磷光摻質的發光層中形成及／或在包括磷光摻質的發光層與未摻雜的發光層之間的界面形成，可改善發光結構的效率。如果電荷被捕捉（trap）於磷光摻質中，激子可在摻雜層與未摻雜層之間的界面形成，或在界面附近形成。接著，摻質的三重態激子可藉由磷光發光返回（relax）基態。

然而，如果電荷未被捕捉於磷光摻質中，三重態激子不會被侷限至界面或界面附近的產生區。其結果是要控制所產生的顏色可能更加困難。另一結果是發光結構的效率可能降低。

如果三重態激子在離摻雜發光層太遠的地方形成，三重態激子可能無法到達磷光摻質，這可能會降低元件效率。因此，激子在包括磷光摻質的層中形成，或在包括磷光摻質的層的邊界或邊界附近形成，可改善發光結構的效率。

在一些實施例中，主體的三重態能量可為：至少比磷光摻質的三重態能量高約 0.05 eV、約 0.1 eV 或約 0.2 eV；

及／或至多比磷光摻質的三重態能量高約 0.3 eV、約 0.70 eV 或約 1.6 eV。

圖 2A 與圖 2B 是圖 1A 與圖 1B 中的實例的三重態能量結構的示意圖，其中三個發光層都包括相同的主體材料。在圖 2A 與圖 2B 兩者中，對第一發光層 10、第二發光層 20 以及第三發光層 30 來說，最低未填滿分子軌域（lowest unoccupied molecular orbital, LUMO）的能量 210、最高填滿分子軌域（highest occupied molecular orbital, HOMO）的能量 220 以及主體材料的三重態能量 230 可約相同，因為這三種材料都具有相同的螢光主體。主體材料的三重態能量 230 可低於主體材料的 HOMO-LUMO 能量間隙（energy gap）。

主體的三重態能量可大於任一磷光摻質的三重態能量。舉例而言，在圖 1A 至圖 2B 中，如果第一磷光摻質 40 及／或第二磷光摻質 50 存在，主體材料的三重態能量 230 可大於第一磷光摻質的三重態能量 240 以及第二磷光摻質的三重態能量 250。另外，在一些實施例中，第一磷光摻質 40 的三重態能量 240 可大於第二磷光摻質 50 的三重態能量 250。

因此，可調整磷光摻質的相對三重態能量（相對於非磷光主體的三重態能量）來增加三重態激子的發光效率。可改變發光結構的多個參數以及發光結構的材料來增加在一特定層（例如摻雜發光層）或在此特定層附近形成的激

子。一些所述參數可包括相對 HOMO/LUMO 能階、電子遷移率 (mobility)、電洞遷移率、層厚等。

磷光摻質的一個或多個 HOMO 與 LUMO 能階可幫助捕捉電洞及／或電子，因此摻雜發光層或其與非摻雜發光層的對應界面可作為激子產生區。

舉例而言，針對如圖 1A 所繪示之具有第一磷光摻質 40 的元件之實例，圖 3 提供 HOMO 與 LUMO 能階的能量圖 (energy diagram)，其中三個發光層的主體材料都相同。第一磷光摻質 40 的 HOMO 能階 340 可高於主體材料的 HOMO 能階 220。在此特定實例中，電洞 305 可沿著示為 310 的方向移動，亦即穿過第二發光層 20，穿過第一發光層 10，接著移至第一發光層 10 與第三發光層 30 的第二界面 320。當第二發光層 20 中的電洞 305 到達第二發光層 20 與第一發光層 10 的第一界面 370 時，第一磷光摻質 40 的 HOMO 能階 340 中的電子可輕易的落入能量較低的主體的 HOMO 能階 220 中，藉此使電洞 305 轉移進入第一磷光摻質 40 的 HOMO 能階 340 中。

一旦電洞 305 位於第一磷光摻質的 HOMO 能階 340 中，它們不再能輕易重返主體的 HOMO 能階 220。這可能是因為將電洞從摻質的 HOMO 能階 340 轉移至主體的 HOMO 能階 220 可能需要將在主體的 HOMO 能階 220 中的電子轉移至第一磷光摻質 40 的 HOMO 能階 340。如果第一磷光摻質 40 的 HOMO 能階 340 實質上高於主體的 HOMO 能階 220，前述電子轉移可能被嚴重阻礙。因為將

電洞從第一發光層 10 轉移至第二發光層 20 或第三發光層 30 可能需要將電洞從第一磷光摻質的 HOMO 能階 340 轉移至主體的 HOMO 能階 220，電洞可能被捕捉在第一發光層中。

另外，針對圖 3，第一磷光摻質 40 的 LUMO 能階 350 可低於主體材料的 LUMO 能階 210。在此特定實例中，電子 315 可沿著示為 360 的方向移動，亦即穿過第三發光層 30，穿過第一發光層 10，接著移至第一發光層 10 與第二發光層 20 的第一界面 370。當第三發光層 30 中的電子 315 到達第三發光層 30 與第一發光層 10 的第二界面 320 時，主體的 LUMO 能階 210 中的電子 315 可落入能量較低的第一磷光摻質 40 的 LUMO 能階 350 中。一旦電子 315 位於能量較低的第一磷光摻質的 LUMO 能階 350 中，它們可能因此不具足夠的能量而不能轉移至能量較高的主體的 LUMO 能階 210。因此，電子可能被限制至第一發光層 10，因為要將電子 315 轉移至第二發光層 20 或第三發光層 30 可能需要電子 315 獲得足夠的能量以將其提昇至能量較高的主體的 LUMO 能階 210。

因此，在圖 3 的元件實例或任一元件中（其中：磷光摻質具有高於主體 HOMO 能階的 HOMO 能階，以及磷光摻質具有低於主體 LUMO 能階的 LUMO 能階），電子 315 與電洞 305 可同時被捕捉於第一發光層。電子 315 與電洞 305 在第一發光層中積聚可創造激子產生區 380，所述激子產生區 380 可包括第一發光層 10、介於第一發光層 10 與

第二發光層 20 之間的第一界面 370 及／或介於第一發光層 10 與第三發光層 30 之間的第二界面 320。

然而，即使主體的 HOMO 能階 220 與第一磷光摻質 40 的 HOMO 能階 340 相似，電荷捕捉也可能發生。在此狀況中，雖然材料的 HOMO 能階可能不會將電洞 305 限制於第一發光層 10，但如果第一磷光摻質 40 的 LUMO 能階 350 顯著低於主體的 LUMO 能階 210，電子 315 在第一發光層 10 中的積聚仍可能創造類似的激子產生區 380。因此，在一些實施例中，主體的 LUMO 能階 210 可為：至少比磷光摻質的 LUMO 能階 350 高（或負得較少（less negative））約 0.05 eV、約 0.1 eV 或約 0.2 eV；及／或至多比磷光摻質的 HOMO 能階高約 0.3 eV、約 0.70 eV 或約 1.6 eV。

同樣地，即使主體的 LUMO 能階 210 與第一磷光摻質 40 的 LUMO 能階 350 相似，電荷捕捉也可能發生。在此狀況中，雖然材料的 LUMO 能階可能不會將電子 315 限制於第一發光層 10，但如果第一磷光摻質 40 的 HOMO 能階 340 顯著高於主體的 HOMO 能階 220，電洞 305 在第一發光層 10 中的積聚仍可能創造類似的激子產生區 380。因此，在一些實施例中，磷光摻質的 HOMO 能階可為：至少比主體的 HOMO 能階高（負得較少）約 0.05 eV、約 0.1 eV 或約 0.2 eV；及／或至多比主體的 HOMO 能階高約 0.3 eV、約 0.70 eV 或約 1.6 eV。

可存在額外的磷光摻質，且於圖 3 為第一磷光摻質所解釋的原則也同樣適用。然而，為了簡單描述這些原則，這些額外磷光摻質並未繪示於圖 3 中。

磷光摻質可降低穿過層的電洞及／或電子遷移率。因此，與包括相同主體材料但未摻雜之層相比，經磷光摻質摻雜的發光層可具有以下述倍數降低的電洞遷移率及／或電子遷移率：至少約 2、約 4、約 5、約 10、約 100 或約 1000；及／或至多約 10,000、100,000、500,000 或約 1,000,000。舉例而言，與第二發光層 20 和第三發光層 30 相較，圖 1A 中的第一發光層 10 可具有降低的電洞遷移率及／或電子遷移率。同樣地，在圖 1B 中，與第二發光層 20 和第三發光層 30 相較，第一發光層 10 可具有較高的電洞遷移率及／或電子遷移率。

當電子及／或電洞的濃度增加，及／或當電子及／或電洞遷移率增加時，激子的形成可能增加。在摻雜發光層中顯著下降的電洞及／或電子遷移率可能導致電洞及／或電子在摻雜發光層中累積，因為降低的移動速率增加了電洞及／或電子存在於摻雜發光層中的時間。這種電洞及／或電子的相對濃度或群體的增加可能增加摻雜發光層相對於其他層的激子產生數目，還可能增加激子在與具較高的電洞及／或電子遷移率的材料之界面形成的數目。這可能是因為高電洞及／或電子濃度以及高遷移率都有利於激子形成，且所述界面因為低遷移率層而具有高的電洞及／或

電子濃度，而因為高遷移率層而具有高的電子及／或電洞遷移率。

針對如圖 3 所繪示的發光結構，具有約相當於電洞遷移率之電子遷移率的主體材料可增加激子在激子產生區 380 中形成的傾向。具有約相當於第三發光層 30 之厚度的第二發光層 20 也可增加激子在激子產生區 380 中形成的傾向。在一些實施例中，第二發光層 20 可為約 2 nm 厚至約 50 nm 厚，及／或第三發光層 30 可為約 2 nm 厚度至約 50 nm 厚。

在返回基態前，激子移動的平均距離可稱為「擴散長度（diffusion length）」。相較於單重態（singlet）的擴散長度（可在小於約 10 nm 的範圍中），三重態的擴散長度可大出甚多（在約 10 nm 至約 100 nm 的範圍中）。因此，在一些實施例中，可增加未摻雜層的厚度以增加螢光發光，螢光發光可增加發光結構中藍色發光的量。因為三重態的擴散長度可相當長，因此前述情形可在不降低三重態發光的狀況下完成。因此，在一些實施例中，未摻雜的發光層可具有如下所述的厚度：至少約 1 nm、至少約 2 nm、至少約 5 nm 或至少約 10 nm；至多約 50 nm、約 70 nm、約 100 nm 或約 150 nm；及／或約 15 nm 至約 20 nm。

在一些實施例中，包括磷光摻質的發光層可具有如下所述的厚度：至少約 1 nm、約 2 nm 或約 5 nm；及／或至多約 10 nm、約 15 nm 或約 20 nm。在一些實施例中，未

摻雜發光層可為約 15 nm 至約 20 nm 厚；及／或摻雜發光層可為約 2 nm 至約 10 nm 厚。

在一些實施例中，本文所述的元件可用以發射白光。白光可藉由單色主體材料的發光、第二色的第一磷光摻質的發光以及第三色的第二磷光摻質的發光之組合來提供。

藉由螢光效應來發光的任一材料可作為主體材料（包括第一主體材料、第二主體材料、第三主體材料等）使用。在一些實施例中，主體材料可藉由螢光效應發射藍光。舉例來說，主體材料可具有下述值的螢光發射峰波長：至少約 400 nm、約 420 nm、約 440 nm 或約 450 nm；至多 480 nm、約 490 nm、約 495 nm 或約 500 nm；及／或約 460 nm 至約 480 nm，或約 470 nm。在一些發光結構中，主體材料可存在於所有的發光層（例如第一發光層、第二發光層以及第三發光層）中。

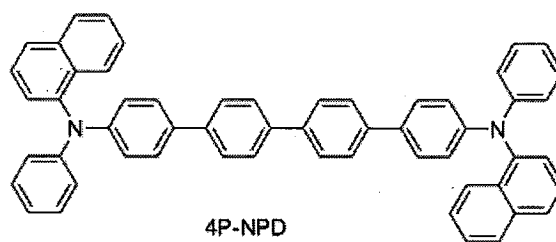
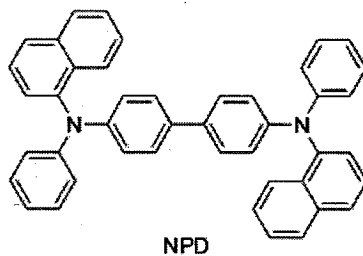
如前所述，任一主體材料可具有高於任一磷光摻質的三重態能量。舉例來說，主體材料可具有如下所述的三重態能量：至少約 2.0 eV、約 2.2 eV、約 2.5 eV 或約 2.6 eV；及／或至多約 2.8 eV、約 2.9 eV 或約 3.2 eV。

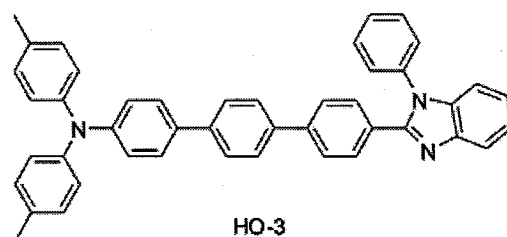
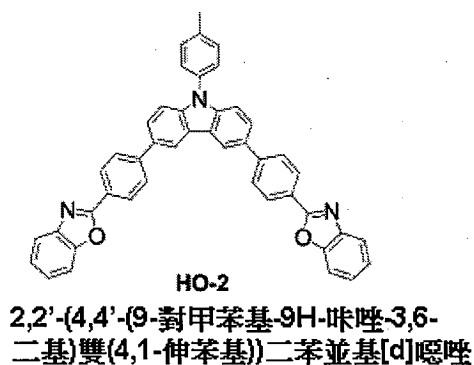
任一主體材料可為雙極性（ambipolar），且因而能傳送電洞與電子兩者。在一些實施例中，電子遷移率對電洞遷移率的比例可為：至少約 0.001、約 0.01、約 0.1、約 0.5 或約 0.9；及／或可至多為約 1.1、約 5、約 10、約 100 或約 1000；及／或可為約 1。主體材料的一些實例與其 HOMO 與 LUMO 能量的估計值呈現於表 1 中。在一些實施例中，

主體包括 HO-3、HO-2、NPD 以及 4PNPD 中的至少一者。
 舉例來說，第一主體材料、第二主體材料及／或第三主體材料可包括 HO-3、HO-2、NPD 以及 4PNPD 中的至少一者。

表 1

主體材料	LUMO 能階 (eV)	HOMO 能階 (eV)
NPD	-2.7	-5.2
4PNPD	-2.7	-5.6
HO-2	-2.88	-5.96
HO-3	-2.33	-5.23





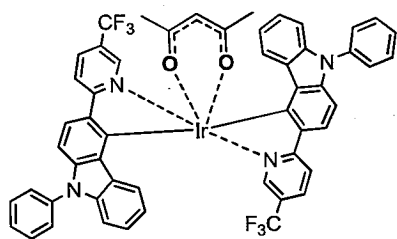
對於其他材料（包括其他主體材料）而言，HOMO 與 LUMO 能階可藉由數種所屬技術領域中已知的傳統方法來獲得，例如溶液電化學法、紫外光電子能譜（ultraviolet photoelectron spectroscopy, UPS）、逆光子放射能譜（inverse photoemission spectroscopy）等。在一些實施例中，待用於 OLED 的有機材料的 HOMO 與 LUMO 能階可藉由使用 Metrohm USA（Riverview, FLA, USA）製造的循環伏安（cyclic voltammetry, CV）儀器（model μ Autolab type II），搭配 GPES/FRA 軟體（版本 4.9）來獲得。

磷光摻質可為藉由磷光效應發光的任一材料。用於第一磷光摻質、第二磷光摻質以及任一可額外存在的磷光摻質的材料是可互換的，且第一磷光摻質與第二磷光摻質可為相同材料。

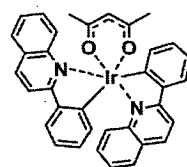
在一些實施例中，磷光摻質可發射在綠色至紅色範圍（例如約 480 nm 至約 800 nm）中的光子。舉例來說，一些綠光光子的波長可在下述範圍中：至少約 480 nm 或約 490 nm 至約 560 nm 或約 570 nm；一些黃光光子的波長可在下述範圍中：至少約 560 nm 或約 570 nm 至約 580 nm 或約 590 nm；一些橘光光子的波長可在下述範圍中：至少約 580 nm 或約 590 nm 至約 620 nm 或約 630 nm；一些紅光光子的波長可在下述範圍中：至少約 620 nm 或約 630 nm 至約 760 nm 或約 800 nm 等。自磷光摻質（其發射峰波長在前述範圍中）發射的光可呈現與該範圍相關的顏色。

由發光結構發射的光的顏色可根據所使用的任一磷光摻質來調整。舉例來說，發射光的顏色可取決於從磷光摻質發射的光的顏色。發射光的顏色還可取決磷光摻質的濃度。舉例來說，綠光磷光摻質的濃度增加可使得由發光結構發射的光變得更綠，或者橘光磷光摻質的濃度增加可使得由發光結構發射的光變得更橘等等。因此可調整顏色以獲得白光發光結構或者可發射任一期望的顏色的發光結構。

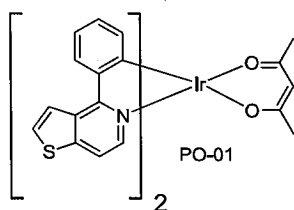
在一些實施例中，磷光摻質可包括 Ir 錯合物（Ir complex）。包括 Ir 錯合物的磷光摻質的一些實例可包括 Ir-(pq)2acac、Ir(phq)2acac、Ir(piq)2acac、Ir(piq)3、YE-1、PO-01 等。舉例來說，第一磷光摻質及／或第二磷光摻質可包括 Ir-(pq)2acac、Ir(phq)2acac、Ir(piq)2acac、Ir(piq)3、YE-1 以及 PO-01 中的至少一者。



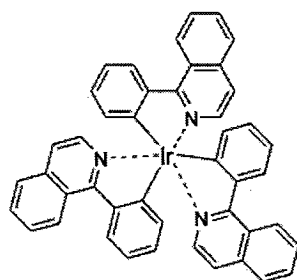
YE-1



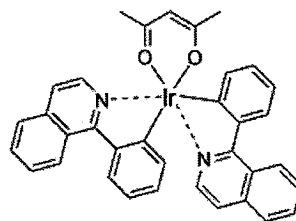
[Ir(pq)2(acac)]



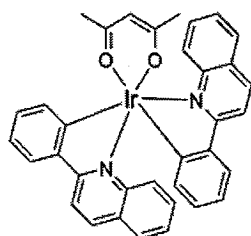
PO-01



Ir(piq)3



Ir(piq)2acac



Ir(phq)2acac

在一些實施例中，可將螢光客體 (guest) 加入任一發光層，例如第一發光層、第二發光層、第三發光層等。

在一些實施例中，發光元件可包括本文所述的發光結構。舉例來說，發光元件可包括陽極、陰極以及發光結構，其中發光結構可配置於陽極與陰極之間。

陽極可為層結構，且可包括功函數高於陰極的任一材料，包括習知的材料，例如金屬、混合金屬 (mixed metal)、合金、金屬氧化物或混合金屬氧化物，或者導電高分子。適當金屬的實例包括第 1 族金屬、第 4、5、6 族的金屬以及第 8~10 族的過渡金屬。如果陽極層將要作為透光層，可使用第 12、13 以及 14 族之金屬的混合金屬氧化物或其氧化物的組合，例如 Au、Pt 與銦錫氧化物 (ITO)。陽極層可包括有機材料，例如聚苯胺 (polyaniline) (例如描述於「Flexible light-emitting diodes made from soluble conducting polymer」，Nature，第 357 卷，第 477~479 頁 (1992 年 6 月 11 日))；石墨烯(例如描述於 H.P. Boehm、R. Setton 與 E. Stumpp (1994)「Nomenclature and terminology of graphite intercalation compounds」Pure and Applied Chemistry 66: 1893-1901)；及／或奈米碳管(例如發明人為 Juni 與他人之美國專利申請案第 20080152573 (WO/2008/140505))。適當的高功函數電性導體的實例包括(但不限於) Au、Pt、銦錫氧化物 (ITO) 或其合金。陽極層可具有適於執行其功能的任意厚度，諸如在約 1 nm 至約 1000 nm 的範圍內的厚度。

下列表 2 包括可用於陽極的一些材料的近似功函數。

表 2

金屬	功函數（eV）
銦錫氧化物（ITO）	4.7
銦鋅氧化物（IZO）	4.7
Al	4.28
Ag	4.26
Zn	4.33
Zr	4.05
Sn	4.42
V	4.3
Hg	4.49
In	4.12
Ti	4.3

陰極可為層結構，且可包括功函數低於陽極的材料。用於陰極的適當材料的實例可包括第 1 族鹼金屬；第 2 族金屬；包括稀土元素的第 12 族金屬；鑰系元素以及鈷系元素；諸如鋁、銦、鈣、鋇、釷與鎂的材料；其前述者的組合。含 Li 的有機金屬化合物、LiF、以及 Li₂O 可視情況沉

積在有機層和陰極層之間，以降低操作電壓。適當的低功函數金屬可包括（但不限於）Al、Ag、Mg、Ca、Cu、Mg/Ag、LiF/Al、CsF、CsF/Al 或其合金。陰極層可具有適於執行其功能的任意厚度，例如在約 1 nm 至約 1000 nm 之間的厚度。

下列表 3 包括可用於陰極的一些材料的近似功函數。

表 3

金屬	功函數（eV）
LiF/Al	3.6
Mg	3.72
Mg/Ag	4.12
Al	4.28

在一些實施例中，發光元件還可包括電洞傳輸層（hole-transport layer, HTL），其可配置於發光結構與陽極之間。電洞傳輸層可包括任一電洞傳輸材料，包括所屬技術領域中所知的那些電洞傳輸材料。對於一些元件來說，在 HTL 中材料的 HOMO 能階與陽極層的功函數的差值可小到足以允許電洞有效地從陽極傳輸。HTL 可視情況包括作為電子阻擋層及／或激子阻擋層的材料。

電洞傳輸材料的一些實例可包括下列物質中的至少一者：經芳香族取代的胺（aromatic-substituted amine）；

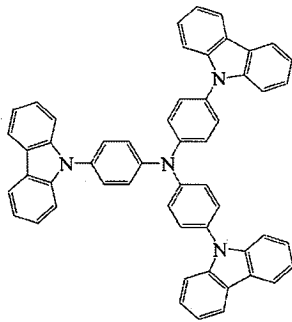
咔唑(carbazole)；聚乙烯咔唑(polyvinylcarbazole, PVK)，例如聚(9-乙烯咔唑)；N,N'-雙(3-甲基苯基)N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺(N,N'-bis(3-methylphenyl)N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamine, TPD)；聚萘(polyfluorene)；聚萘共聚物；聚(9,9-二-正辛基萘-交替-苯並噻二唑)(poly(9,9-di-n-octylfluorene-alt-benzo thiadiazole))；聚(對苯)(poly(paraphenylene))；聚[2-(5-氰基-5-甲基己基氧基)-1,4-伸苯基](poly[2-(5-cyano-5-methylhexyloxy)-1,4-phenylene])；1,1-雙(4-雙(4-甲基苯基)胺基苯基)環己烷(1,1-Bis(4-bis(4-methylphenyl)aminophenyl)cyclohexane)；2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-啡啉(2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline)；3,5-雙(4-第三丁基-苯基)-4-苯基[1,2,4]三唑(3,5-Bis(4-tert-butyl-phenyl)-4-phenyl[1,2,4]triazole)；3,4,5-三苯基-1,2,3-三唑(3,4,5-Triphenyl-1,2,3-triazole)；4,4',4''-參(N-(伸萘基-2-基)-N-苯基胺基)三苯胺(4,4',4''-Tris(N-(naphthyl-2-yl)-N-phenylamino)triphenylamine)；4,4',4'-參(3-甲基苯基苯基胺基)三苯胺(4,4',4'-tris(3-methylphenylphenyl amino)triphenylamine, MTDATA)；4,4'-雙[N-(萘基)-N-苯基-胺基]聯苯(4,4'-bis[N-(naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl, α -NPD)；4,4'-雙[N,N'-(3-甲苯基)胺基]-3,3'-二甲基聯苯(4,4'-bis[N,N'-(3-tolyl)amino]-3,3'-dimethylbiphenyl, HMTDP)；4,4'-N,N'-二咔唑-聯苯(4,4'-N,N'-dicarbazole-biphenyl, CBP)；1,3-N,N-二咔唑-苯(1,3-N,N-dicarbazole-

benzene, mCP) ； 聯 苯 胺 (benzidine) ； 苯 二 胺 (phenylenediamine) ； 酞 菁 (phthalocyanine) 金 屬 錯 合 物 ； 聚 乙 炔 (polyacetylene) ； 聚 噻 吩 (polythiophene) ； 三 苯 胺 (triphenylamine) ； 噁 二 唑 (oxadiazole) ； 銅 酞 菁 (copper phthalocyanine) ； N,N',N''-1,3,5- 三 卞 唑 基 苯 (N,N',N''-1,3,5- tricarbazoloylbenzene, tCP) ； N,N'-雙 (4- 丁 基 苯 基)-N,N'-雙 (苯 基) 聯 苯 胺 (N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine) ； 其 混 合 物 ； 以 及 類 似 物 。

下 列 表 4 包 括 可 用 於 電 洞 傳 輸 材 料 的 一 些 材 料 的 近 似 LUMO 能 階 與 HOMO 能 階 。

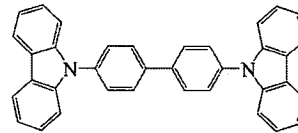
表 4

電洞傳輸材料	LUMO 能階 (eV)	HOMO 能階 (eV)
DTASi	-2.20	-5.60
TCTA	-2.43	-5.83
CBP	-2.80	-6.10
α -NPD	-2.40	-5.50
4CzPBP	-2.60	-6.06



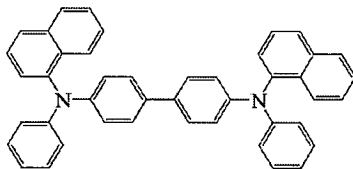
TCTA

4,4',4''-參(咔唑-9-基)-
三苯基胺
(4,4',4''-tris(carbazol-9-yl)-
triphenylamine)



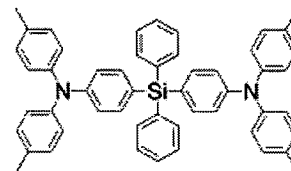
CBP

4,4'-N,N'-二咔唑-聯苯
(4,4'-N,N'-dicarbazole-biphenyl)



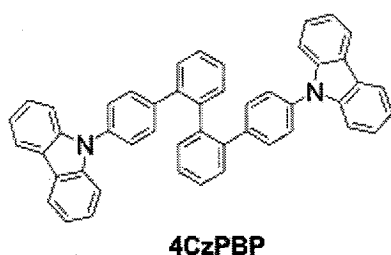
α-NPD

4,4'-雙[N-(萘基)-N-苯基-胺基] 矽烷
聯苯
(4,4'-bis[N-(naphthyl)-N-phenyl-
amino]biphenyl)



DTASI

雙[4-(二對甲苯基-胺基)苯基]二苯基
矽烷
Bis[4-(p,p'-ditolyl-amino)phenyl]diphenylsilane



2,2'-雙(4-咔唑基苯基)-1,1'-聯苯

2,2'-bis(4-carbazolylphenyl)-1,1'-biphenyl

在一些實施例中，發光元件可包括電子傳輸層（electron-transport layer, ETL），其可配置於陰極層與發光結構之間。ETL 可包括任一電子傳輸材料，包括所屬技術領域中具有通常知識者熟知的那些。對於一些元件來說，ETL 中材料的 LUMO 能階和陰極層的功函數的差值可能小到足以允許電子有效地從陰極傳輸。視情況，ETL 也可由作為電洞阻擋層及／或激子阻擋層的材料形成。

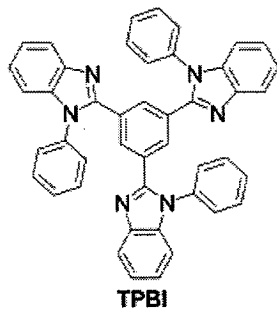
電子傳輸材料的一些實例可包括下列物質中的至少一者：2-(4-聯苯基)-5-(4-第三丁基苯基)-1,3,4-噁二唑（2-(4-biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole, PBD）；1,3-雙(N,N-第三丁基-苯基)-1,3,4-噁二唑（1,3-bis(N,N-t-butyl-phenyl)-1,3,4-oxadiazole, OXD-7）；參(8-羥基喹啉基)鋁（aluminum tris(8-hydroxyquinolate), Alq3）；以及 1,3,5-參(2-N-苯基苯並咪唑基)苯（1,3,5-tris(2-N-phenylbenzimidazolyl) benzene）；1,3-雙[2-(2,2'-聯吡啶-6-基)-1,3,4-噁二唑-5-基]苯（1,3-bis[2-(2,2'-bipyridine-6-yl)-1,3,4-oxadiazole-5-yl]

benzene, BPY-OXD) ; 3-苯基-4-(1'-萘基)-5-苯基-1,2,4-三唑 (3-phenyl-4-(1'-naphthyl)-5-phenyl-1,2,4-triazole, TAZ) ; 2,9-二甲基-4,7-二苯基-啡啉 (2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-phenanthroline, 浴銅靈 (bathocuproine) 或 BCP) ; 以及 1,3,5-參[2-N-苯基苯並咪唑-2-基]苯 (1,3,5-tris[2-N-phenylbenzimidazol-2-yl]benzene, TPBI) 。在一些實施例中，電子傳遞層可為喹啉鋁 (aluminum quinolate, Alq₃) 、2-(4-聯苯基)-5-(4-第三丁基苯基)-1,3,4-噁二唑 (PBD) 、啡啉 (phenanthroline) 、喹喏啉 (quinoxaline) 、1,3,5-參[N-苯基苯并咪唑-2-基]苯 (TPBI) 或其衍生物或其混合物 (mixture) 。

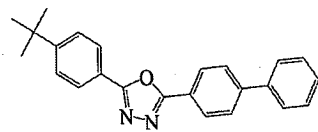
下列表 5 包括可用作電子傳輸材料的一些材料的 LUMO 能階與 HOMO 能階。

表 5

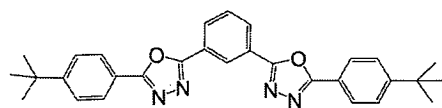
電子傳輸材料	LUMO 能階 (eV)	HOMO 能階 (eV)
TPBI	-2.70	-6.20
PBD	-2.60	-6.20
OXD-7	-2.60	-6.40
TAZ	-2.70	-6.30
AlQ3	-3.00	-5.70
BCP	-2.80	-6.10



1,3,5-參[N-苯基苯並咪唑-2-基]苯
1,3,5-tris(N-phenylbenzimidazol-2-yl)benzene

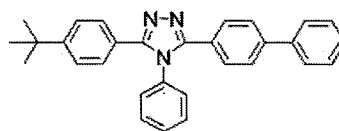


2-(4-聯苯基)-5-(4-第三丁基苯基)-1,3,4-噁二唑
(2-(4-biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole)



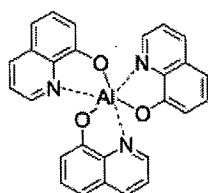
OXD-7

1,3-雙[(對第三丁基-苯基)-1,3,4-噁
二唑]苯
(1,3-bis[(p-t-butyl-phenyl)
-1,3,4-oxadiazole]benzene)



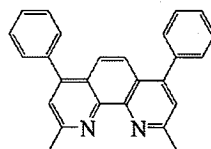
TAZ

3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-第三丁基
苯基-1,2,4-三唑
(3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-tert
-butylphenyl-1,2,4-triazole)



AlQ3

參(8-羥基喹啉基)鋁
(aluminum
tris(8-hydroxyquinolate))



BCP

2,9-二甲基-4,7-二苯基-啡啉
(2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-phena
nthroline)

在一些發光元件中，可以逐步（stepwise）組態安排連續層的 HOMO 與 LUMO 能階。在這些元件中，層的能階可自陽極的功函數至連續層的 HOMO 能階從陽極逐漸遞減。例如，功函數或 HOMO 能階的值可具有以下相對順序，如：陽極 > 電洞傳輸 > 發光主體 > 電子傳輸。在其他方向，層的能階可自陰極的功函數至連續層的 LUMO 能階從陰極逐漸遞增。例如，功函數或 LUMO 能階的值可具有

以下相對順序，如：陰極＜電子傳輸＜發光主體＜電洞傳輸。

在一些實施例中，發光結構相對元件的其他部份可為非逐步（anti-stepwise），使得激子可輕易地在發光結構中產生。非逐步的發光結構可具有：具較低 LUMO 能階的主體（相對於主體配置於其間的兩個層（例如電子傳輸層和電洞傳輸層））；及／或具較高 HOMO 能階的主體（相對於主體配置於其間的兩個層（例如電子傳輸層和電洞傳輸層））。

在發光結構為非逐步的實施例中，發光結構的主體之較低的 LUMO 能階可導致主體材料與電洞傳輸層之間的能量間隙大到足以實質上阻止電子從主體材料移入電洞傳輸層。因此，電子可在發光結構中積聚，這可增加激子的產生。同樣地，發光結構的主體之較高的 HOMO 能階可導致主體材料與電洞傳輸層之間的能量間隙大到足以實質上阻止電洞從主體材料移入電子傳輸層。因此，電洞可積聚在發光結構中，這可增加激子的產生。

在一些實施例中，發光元件可包括電洞注入層，其可配置於發光結構與陽極之間。可包括於電洞注入層之各種適當的電洞注入材料是所屬技術領域中具有通常知識者所熟知的，例如選自下述者的視情況經取代的化合物：聚噻吩（polythiophene）衍生物，例如聚(3,4-伸乙基二氧基噻吩（poly(3,4-ethylenedioxythiophene, PEDOT）/聚苯乙烯磺酸（polystyrene sulphonic acid, PSS）；聯苯胺衍生物

(benzidine derivative)，例如 N,N,N',N'-四苯基聯苯胺 (N, N, N', N'-tetraphenylbenzidine)、聚(N,N'-雙(4-丁基苯基)-N,N'-雙(苯基)聯苯胺) (poly(N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine))；三苯基胺 (triphenylamine) 或苯二胺 (phenylenediamine) 衍生物，例如 N,N'-雙(4-甲基苯基)-N,N'-雙(苯基)-1,4-苯二胺 (N,N'-bis(4-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-1,4-phenylenediamine)、4,4',4''-參(N-(伸萘-2-基)-N-苯基胺基)三苯胺 (4,4',4''-tris(N-(naphthyl-2-yl)-N-phenylamino) triphenylamin)；噁二唑 (oxadiazole) 衍生物例如 1,3-雙(5-(4-二苯基胺基)苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯 (1,3-bis(5-(4-diphenylamino)phenyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)benzene)；聚乙炔 (polyacetylene) 衍生物，例如聚(1,2-雙-苄基硫基-乙炔) (poly(1,2-bis-benzylthio-acetylene))；以及酞菁金屬錯合物 (phthalocyanine metal complex) 衍生物，例如酞菁銅 (phthalocyanine copper, CuPc)。在一些實施例中，電洞注入材料雖可輸送電洞，但可具有實質上低於傳統電洞傳輸材料的電洞遷移率的電洞遷移率。

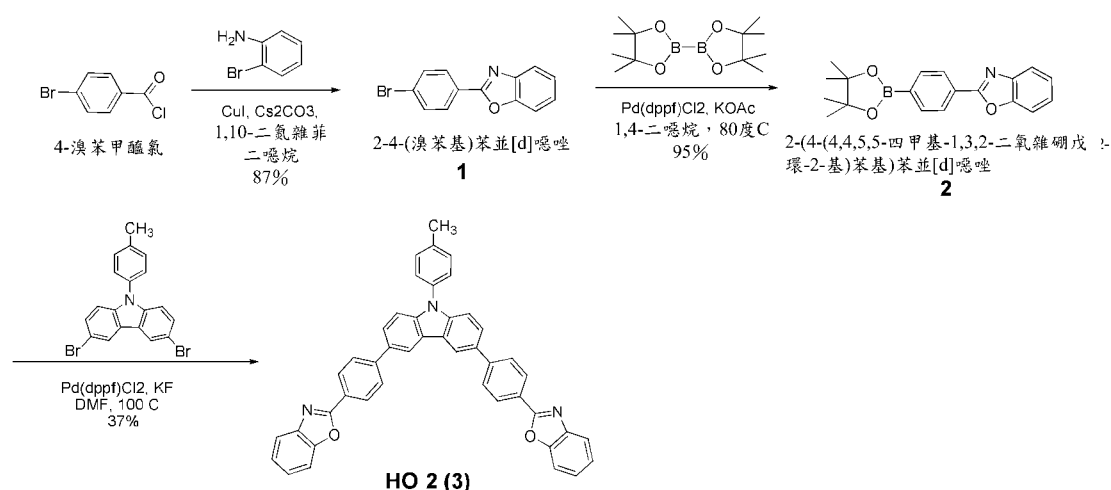
在一些實施例中，第一發光層、第二發光層及／或第三發光層的主體材料可包括 HO-2、HO-3、NPD 及／或 4PNPD；第一磷光摻質可包括 Ir(PIQ)₂(acac)、Ir-(pq)₂acac、Ir(phq)₂acac、Ir(piq)₃、YE-1 及／或 PO-01；第一發光層可具有約 1 nm 至約 20 nm 或約 5 nm 至約 15 nm 的厚度；第二發光層可具有約 1 nm 至約 20 nm 或約 5 nm

至約 15 nm 的厚度；第三發光層可具有約 1 nm 至約 20 nm 或約 5 nm 至約 15 nm 的厚度。包括此發光結構的一些元件可進一步包括電子傳輸層，所述電子傳輸層可包括 TBPI。此電子傳輸層可配置於第二發光層與陰極之間，且可具有約 30 nm 至約 50 nm，或約 40 nm 的厚度。在一些這類元件中，陰極可為 LiF/Al。一些包括此發光結構的元件可進一步包括電洞傳輸層，所述電洞傳輸層可包括 DTASi。此電洞傳輸層可配置於第三發光層與電洞注入層之間。電洞注入層可包括 PEDOT/PSS。電洞傳輸層可具有以下厚度：至少約 10 nm 或約 20 nm；及／或至多約 40 nm 或約 150 nm；或可為約 30 nm。電洞注入層可具有以下所述的厚度：至少約 2 nm、約 30 nm；及／或至多約 50 nm 或約 100 nm；或可為約 40 nm。電洞注入層可配置於電洞傳輸層與陽極之間。陽極可為 ITO。

本文所述之包括發光結構的發光元件可如本文提供之指示，根據所屬技術領域中已知的技術來製造。舉例來說，可將可作為陽極的高功函數金屬或金屬氧化物（例如 ITO）塗布於玻璃基板。在陽極層經圖案化後，發光結構的發光層可沈積於陽極上。可包括低功函數金屬的陰極層（例如 LiF/Al）可接著沈積在發光層上（例如藉由氣相蒸鍍）。如本文提供的指示，電子傳輸層及／或電洞傳輸層也可使用所屬技術領域中所知的技術加入元件。

實例 1

主體化合物的合成實例

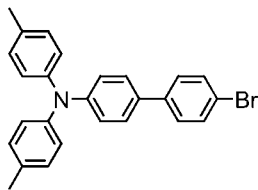
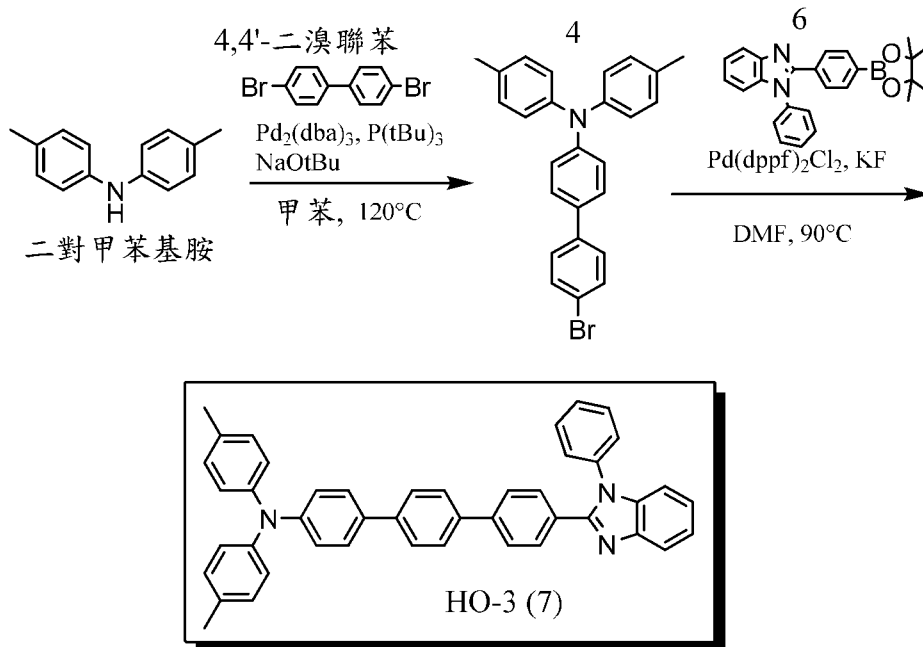


2-4-(溴苯基)苯並[d]噁唑 (2-(4-bromophenyl)benzo[d]oxazole) (**1**)：4-溴苯甲酰氯 (4-bromobenzoylchloride, 4.84 克, 22 毫莫耳)、2-溴苯胺 (2-bromoaniline, 3.8 克, 22 毫莫耳)、CuI (0.21 克, 1.1 毫莫耳)、Cs₂CO₃ (14.3 克, 44 毫莫耳) 以及 1,10 二氮雜菲 (1,10-phenathroline, 0.398 克, 2.2 毫莫耳) 在無水 1,4-二噁烷 (1,4-dioxane, 80 毫升) 中的混合物經除氣 (degas) 且在氬氣下於 125°C 加熱整夜 (overnight)。混合物經冷却、倒入乙酸乙酯 (約 200 毫升) 並過濾。濾液在矽膠 (silica gel) 上被吸收, 並以管柱色層分析法 (column chromatography) (己烷/乙酸乙酯 4:1) 純化, 且以己烷沈澱以得到白色固體 (5.2 克, 產率 87%)。

2-(4-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧雜硼戊環-2-基)苯基)苯並[d]噁唑 (2-(4-(4,4,5,5-tetramethyl-1,3,2-dioxaborolan-2-yl)phenyl)benzo[d]oxazole) (**2**) : **1** (4.45 克, 16 毫莫耳)、聯硼酸頻那醇酯 (bis(pinacolate)diborane) (4.09 克, 16.1 毫莫耳)、無水乙酸鉀 (potassium acetate, 3.14 克, 32 毫莫耳) 及 Pd(dppf)Cl₂ (0.48 克, 0.66 毫莫耳) 在無水 1,4-二噁烷 (80 毫升) 中的混合物除氣及在氬氣下於約 85°C 加熱約 48 小時。在冷卻至室溫以後, 混合物被倒入乙酸乙酯 (約 200 毫升) 並經過濾。濾液在矽膠上被吸收, 並以管柱色層分析法 (己烷/乙酸乙酯 4:1) 純化, 以得到白色固體 (4.15 克, 產率 81%)。

HO-2 (3) : 3,6-二溴-9-對-甲苯基-9H-咔唑 (3,6-dibromo-9-p-tolyl-9H-carbazole, 2.62 克, 6.35 毫莫耳)、**1** (4.08 克, 12.7 毫莫耳)、Pd(dppf)Cl₂ 及 KF (2.21 克, 38 毫莫耳) 在 DMF (100 毫升) 中的混合物在氬氣下於約 120°C 加熱整夜。在混合物冷卻到室溫之後, 將其倒入水 (約 200 毫升) 中並過濾。收集固體且於三氯甲烷 (chloroform, 約 200 毫升) 中再溶解。移除水之後, 三氯甲烷溶液經 Na₂SO₄ 乾燥。三氯甲烷溶液在矽膠上被吸收, 並利用管柱色層分析法 (二氯甲烷對二氯甲烷/乙酸乙酯之梯度為 20:1) 純化, 且於二氯甲烷中再結晶以得到淺黃色的結晶固體 (1.5 克, 產率 37%)。

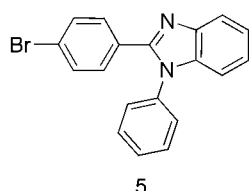
實例 2



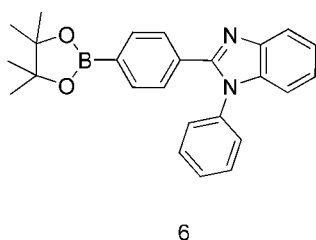
化合物 4

4'-溴-N,N-二對甲基聯苯-4-胺 (4'-bromo-N,N-di-*p*-tolylbiphenyl-4-amine) (化合物 4)：參(二亞苄基丙酮)二鈀 (tris(dibenzylideneacetone)dipalladium, 353 毫克, 0.385 毫莫耳) 及三第三丁基膦 (tri-*tert*-butyl phosphine, 3.11 克的 10% 的己烷溶液) 的混合物在甲苯 (無水, 50 毫升) 中除氣 20 分鐘。加入二對甲苯基胺 (Di-*p*-tolylamine, 3.00 克, 15.2 毫莫耳) 及 4,4'-二溴聯苯 (4.80 克, 15.4 毫莫耳), 且混合物再除氣 15 分鐘。加入第三

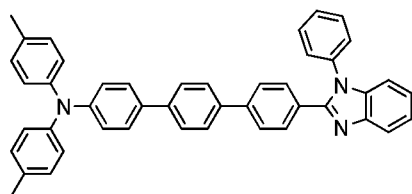
丁醇鈉 (sodium *tert*-butoxide, 2.4 克, 25 毫莫耳), 且混合物再除氣 10 分鐘。在氫氣下於 120°C 加熱整體混合物整夜。冷卻之後, 將混合物倒入至二氯甲烷 (DCM) 中, 然後過濾掉固體。濾液以水及滷水洗滌。收集有機層且經硫酸鈉乾燥, 然後加載於矽膠上。以快速管柱法 (乙酸乙酯在己烷中的梯度為 2~20%) 得到 190 毫克的產物 (產率 3%) ; 純度以 HNMR 確認。



2-(4- 溴 苯 基)-1- 苯 基 -1H- 苯 並 [d] 咪 唑
(2-(4-bromophenyl) -1-phenyl-1H-benzo[d]imidazole)
(**5**) : 將三氯氧磷 (phosphorous oxychloride, POCl₃, 9.2 毫升, 100 毫莫耳) 緩慢加入醯胺 **1** (9.6 公克, 26 毫莫耳) 與無水的 1,4-二噁烷 (100 毫升) 的懸浮液中。接著將整體混合物在 100°C 加熱整夜。冷卻到室溫後, 混合物邊攪拌邊倒入冰 (200 克) 中。過濾, 接著於 DCM/己烷中再結晶以得到灰白色固體 (化合物 **5**) (8.2 克, 產率 90%)。



1-苯基-2-(4-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧雜硼戊環-2-基)苯)-1H-苯並[d]咪唑 (1-phenyl-2-(4-(4,4,5,5-tetramethyl-1,3,2-dioxaborolan-2-yl)phenyl)-1H-benzo[d]imidazole) (6) : 化合物 5 (0.70 克, 2 毫莫耳)、聯硼酸頻那醇酯 (bis(pinacolate)diborane) (0.533 克, 2.1 毫莫耳)、[1,1'-雙(二苯基膦基)二茂鐵]二氯化鈀 (1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocene] dichloropalladium, Pd(dppf)Cl₂, 0.060 克, 0.08 毫莫耳) 及無水乙酸鉀 (potassium acetate, 0.393 克, 4 毫莫耳) 在 1,4-二噁烷 (20 毫升) 中之混合物在氬氣下於 80°C 加熱整夜。冷卻到室溫之後, 混合物整體以乙酸乙酯 (80 毫升) 稀釋, 然後過濾。溶液在矽膠上被吸收, 然後利用管柱色層分析法 (己烷/乙酸乙酯 5:1 到 3:1) 純化, 以得到白色固體 (化合物 6) (0.64 克, 產率 81%)。



化合物 HO-3 (7)

化合物 4 (170 毫克, 0.397 毫莫耳)、1-苯基-2-(4-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧雜硼戊環-2-基)苯)-1H-苯並[d]咪唑 (173 毫克, 0.436 毫莫耳)、[1,1'-雙(聯苯膦基)二茂鐵]二氯化鈀 (15 毫克, 0.02 毫莫耳) 及氟化鉀 (70

毫克，1.2 毫莫耳）之混合物在二甲基甲醯胺（無水，15 毫升）中除氣 30 分鐘。混合物在氬氣下於 90°C 加熱整夜。冷卻之後，混合物倒入至水中並過濾。固體在 DCM（50 毫升）中溶解，且溶液以水及滷水洗滌。自第一次過濾之濾液以 DCM（2×100 毫升）萃取。結合全部有機相，經硫酸鈉乾燥，且加載於矽膠上。以快速管柱法（乙酸乙酯在己烷中的梯度為 10%~20%）及於 DCM/甲醇中再沈澱以得到 146 毫克（產率 59%）的產物（化合物 **HO-2**）；以 HNMR 確認。

實例 3

混成白光發光元件實例（元件-A）的製造

依序在水、丙酮及 2-丙醇中利用超音波清潔經 ITO 塗佈之玻璃基板，在 110°C 烘烤 3 小時，接著用氧電漿處理 5 分鐘。將一層 PEDOT:PSS (Baytron P, 購自 H.C. Starck) 以 3000 rpm 旋轉塗佈在預清潔且經 O₂ 電漿處理之 (ITO) 基板上，且在 180°C 下退火 30 分鐘，得到約 55 nm 之厚度。在處於 10⁻⁷ torr (1 torr=133.322 Pa) 之壓力下的手套箱主體真空沈積系統 (glove-box hosted vacuum deposition system) 中，DTASi 先以 0.06 nm/s 的速度沈積在 PEDOT/PSS 層的頂部，產生厚 30 nm 的膜。接著，HO-3 經加熱並沈積在 DTASi 的頂部，產生厚 5 nm 的膜，接著 HO-3 與 YE-1、Ir(PIQ)₂(acac) 以約 0.06 nm/s 的沈積速率共沈積，產生厚 5 nm 的層，而後沈積另一厚度約 5 nm 的 HO-3 層。接著，以約 0.06 nm/s 的沈積速率將 1,3,5-參[N-

苯基苯並咪唑-2-基]苯 (TPBI) 沈積在最後一層 HO-3 層上，形成 40 nm 厚的膜。LiF (1.0 nm) 與 Al (100 nm) 接著各自以 0.005 nm/s 以及 0.2 nm/s 的沈積速率連續沈積。各個獨立元件具有 0.08 cm² 的面積。

實例 4

除了兩個 HO-3 層各自為 15 nm 厚以外，元件 B (圖 4) 是以同方式製造。

實例 5

所有的光譜都是以海洋光學 (Ocean Optics) HR 4000 光譜儀 (spectrometer) 來測量；而 I-V-L 特性是以 Keithley 2400 電源量測器 (SourceMeter) 及 Newport 2832-C 功率計及 818 UV 偵測器來測量。所有的元件操作都是在填充氮氣之手套箱內進行。圖 4 呈現了元件結構 (元件-B) 的一實例。

一般相信，HY-WOLED 的最佳已知效率在 1000 cd/m² 下為 25 lm/W (由 Karl Leo 報導，Adv. Funct. Mater. 2009, 19, 1-15.)。圖 5 是元件-A 的發光效率與功率效率隨發光強度 (B) 而變的圖式。圖 5 呈現了元件-A 在 1000 cd/m² 的效率為約 35 lm/W。圖 6 是元件-A 的電致發光光譜的圖式。圖 7 是元件-B 的發光效率與功率效率隨發光強度 (B) 而變的圖式。圖 7 呈現元件-B 在 1000 cd/m² 的效率為約 36 lm/W。圖 8 呈現元件-B 的電致發光光譜。元件 B 的演色性指數 (color rendering index) CRI 為 69。

雖然已經在特定較佳實施例以及較佳實例的脈絡下

描述申請專利範圍，所屬技術領域中具有通常知識者應理解，申請專利範圍的範疇從特定揭露的實施例擴充至其他不同的實施例及／或用途及明顯的改變及其等效內容。

【圖式簡單說明】

圖 1A 與圖 1B 是發光結構的一些實施例的示意圖。

圖 2A 與圖 2B 是發光結構的一些實施例的能量結構的示意圖。

圖 3 是繪示發光結構的一實施例的 HOMO 與 LUMO 能階的能量圖。

圖 4 是實例 2 提及的發光元件的一實施例的示意圖。

圖 5 是元件-A 的發光效率與功率效率隨發光強度(B)而變的圖式。

圖 6 是元件-A 的電致發光光譜的圖式。

圖 7 是元件-B 的發光效率與功率效率隨發光強度(B)而變的圖式。

圖 8 是元件-B 的電致發光光譜的圖式。

【主要元件符號說明】

10：第一發光層

20：第二發光層

30：第三發光層

40：第一磷光摻質

50：第二磷光摻質

100：發光結構

210：LUMO 能階

220：HOMO 能階
230：三重態能量
240：三重態能量
250：三重態能量
305：電洞
310：方向
315：電子
320：第二界面
340：HOMO 能階
350：LUMO 能階
360：方向
370：第一界面
380：激子產生區

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100141039

※申請日：100/11/10

※IPC分類：H01L 51/50 (2006.01)
H05B 33/12 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

混成複合材料發光結構及使用其的發光元件

HYBRID COMPOSITE EMISSIVE CONSTRUCT
AND LIGHT-EMITTING DEVICES USING THE SAME

二、中文發明摘要：

描述具有三個發光層且三個發光層各具有相同螢光主體的發光結構。所述層中的至少一者更包括磷光摻質。也描述包括這些發光結構的發光元件。

三、英文發明摘要：

Emissive constructs having three emissive layers, each having the same fluorescent host are described. At least one of the layers further includes a phosphorescent dopant. Light-emitting devices including these emissive constructs are also described.

七、申請專利範圍：

1. 一種發光結構，包括：
第一發光層，配置於第二發光層與第三發光層之間；
其中所述第一發光層包括主體材料，所述第二發光層包括所述主體材料，且所述第三發光層包括所述主體材料，其中所述主體材料藉由螢光效應發射藍光；
其中所述第一發光層至少包括第一磷光摻質，而所述第二發光層與所述第三發光層未經摻雜；或
所述第一發光層未經摻雜，所述第二發光層至少包括所述第一磷光摻質，而所述第三發光層至少包括第二磷光摻質；以及
所述主體材料的三重態能量大於所述第一磷光摻質的三重態能量；且
所述第一磷光摻質的 LUMO 能階低於所述主體材料的 LUMO 能階。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述的發光結構，其中所述主體材料的三重態能量大於所述第二磷光摻質的三重態能量。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述的發光結構，其中所述主體材料為雙極性。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述的發光結構，其中所述第一發光層至少包括所述第一磷光摻質，而所述第二發光層以及所述第三發光層未經摻雜。
5. 如申請專利範圍第 4 項所述的發光結構，其中所述第一磷光摻質發射紅光、黃光或橘光光子。

6. 如申請專利範圍第4項所述的發光結構，其中所述第一發光層更包括所述第二磷光摻質。

7. 如申請專利範圍第6項所述的發光結構，其中所述第一磷光摻質與所述第二磷光摻質兩者發射紅光、黃光或橘光光子。

8. 如申請專利範圍第6項所述的發光結構，其中所述第一磷光摻質發射紅光光子，而所述第二磷光摻質發射綠光光子。

9. 如申請專利範圍第1項所述的發光結構，其中所述第一發光層未經摻雜，所述第二發光層至少包括所述第一磷光摻質，而所述第三發光層至少包括所述第二磷光摻質。

10. 如申請專利範圍第9項所述的發光結構，其中所述第一磷光摻質與所述第二磷光摻質兩者發射紅光、黃光或橘光光子。

11. 如申請專利範圍第9項所述的發光結構，其中所述第一磷光摻質發射紅光、黃光或橘光光子，而所述第二磷光摻質發射綠光光子。

12. 一種發光結構，包括：

第一發光層，配置於第二發光層與第三發光層之間；
其中所述第一發光層包括主體材料，所述第二發光層包括所述主體材料，而所述第三發光層包括所述主體材料；其中所述主體材料藉由螢光效應發射藍光；

所述第一發光層、所述第二發光層以及所述第三發光層中至少一者包括第一磷光摻質；且

所述第一發光層、所述第二發光層以及所述第三發光

層中至少一者未經摻雜；且

所述第一磷光摻質的 LUMO 能階低於所述主體材料的 LUMO 能階。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述的發光結構，其中：
所述第一發光層包括所述第一磷光摻質，而所述第二發光層與所述第三發光層未經摻雜；或

所述第一發光層未經摻雜，所述第二發光層包括所述
第一磷光摻質，而所述第三發光層包括第二磷光摻質。

14. 如申請專利範圍第 12 項所述的發光結構，其中所述主體材料的三重態能量大於所述第一磷光摻質的三重態能量。

15. 如申請專利範圍第 12 項所述的發光結構，其中所述第一磷光摻質的 HOMO 能階高於所述主體材料的 HOMO 能階。

16. 如申請專利範圍第 13 項所述的發光結構，其中所述主體材料的三重態能量大於所述第二磷光摻質的三重態能量。

17. 如申請專利範圍第 12 項所述的發光結構，其中所述主體材料是雙極性。

18. 一種發光元件，包括如申請專利範圍第 1 項所述的發光結構。

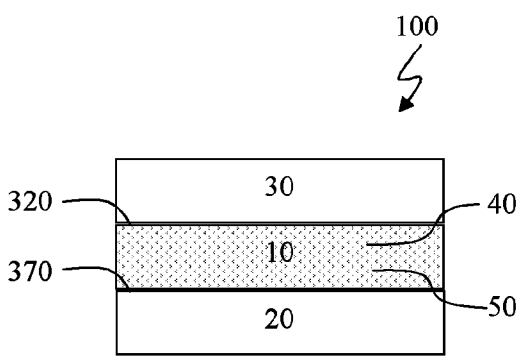


圖 1A

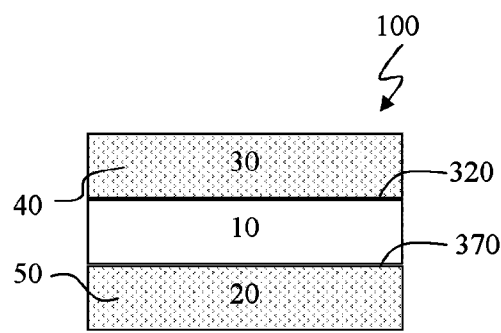


圖 1B

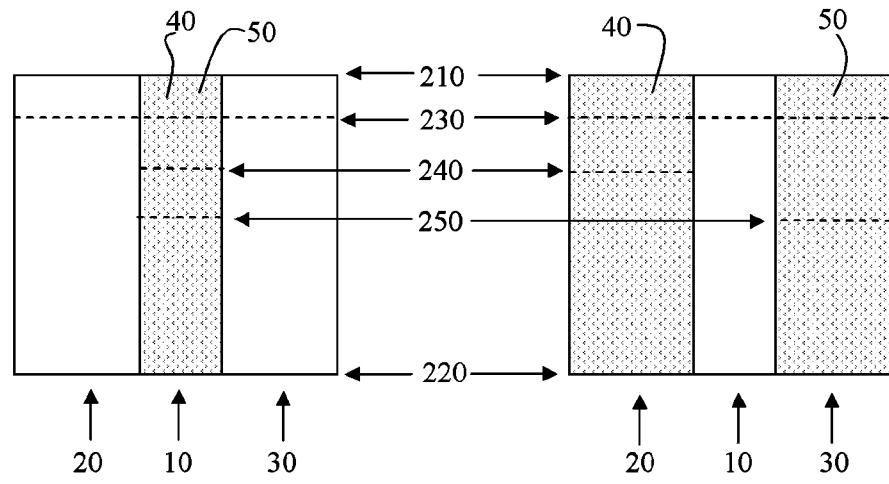


圖 2A

圖 2B

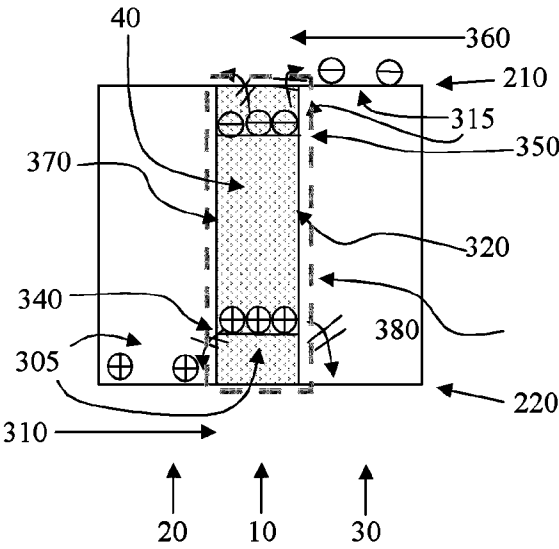


圖 3

LiF(1nm)/Al(100nm)
TBPI (40 nm)
HO-3 (15 nm)
HO-3:YE-1(5%):Ir(piq) ₂ (acac)(0.5%) (5nm)
HO-3 (15 nm)
DTASi (30 nm)
PEDOT(30nm)
ITO(55nm)

圖 4

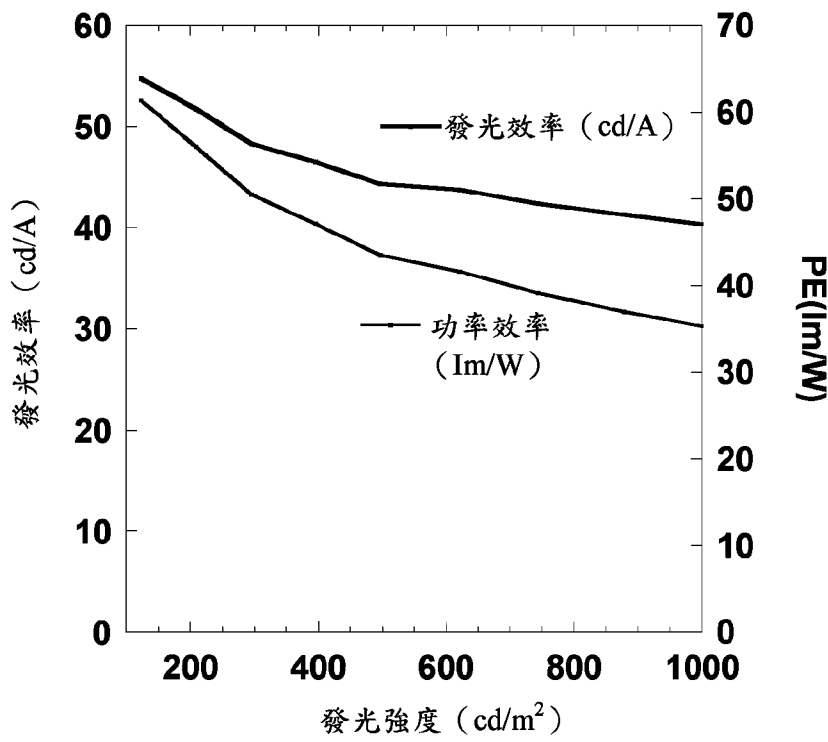


圖 5

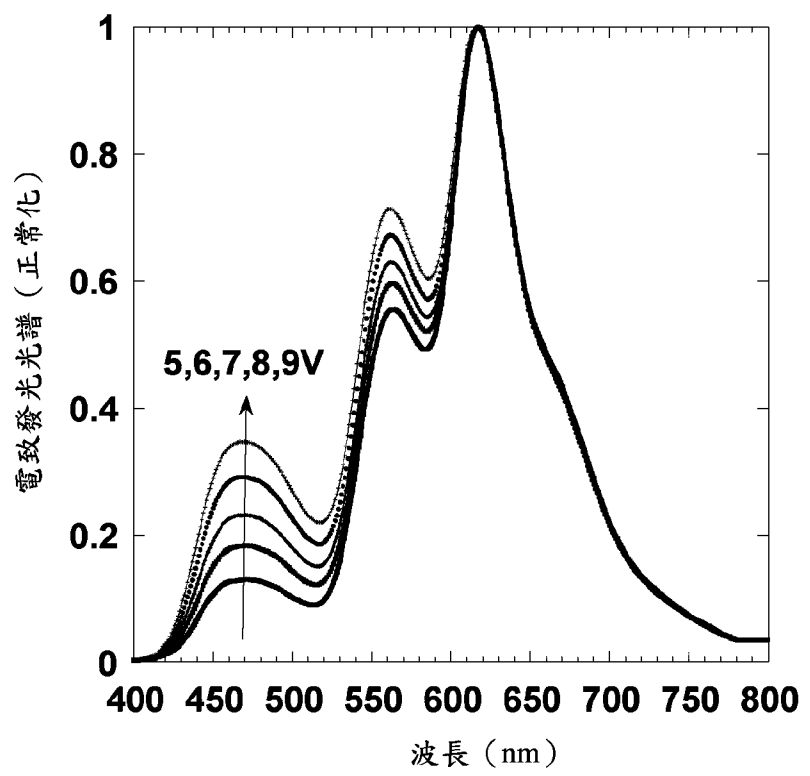


圖 6

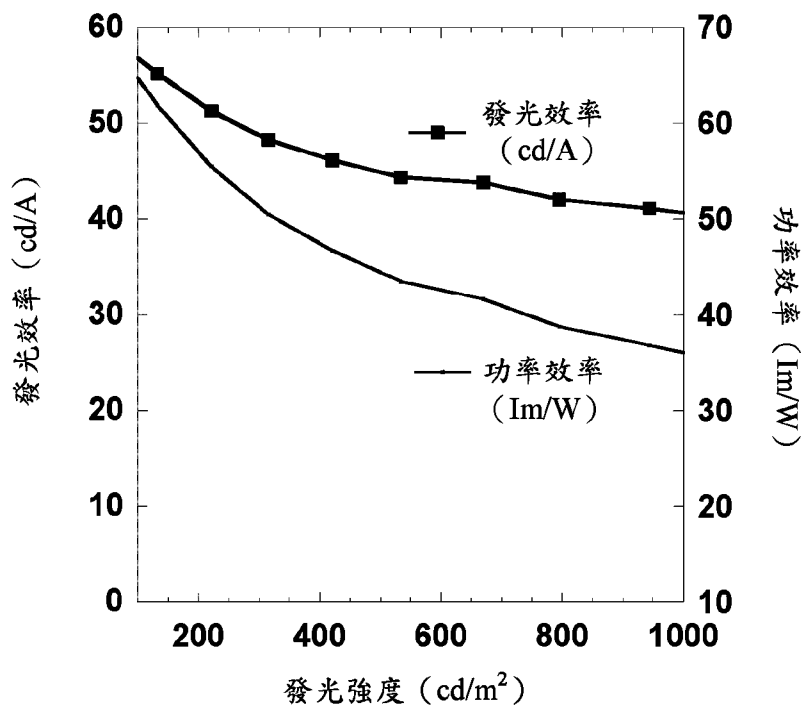


圖 7

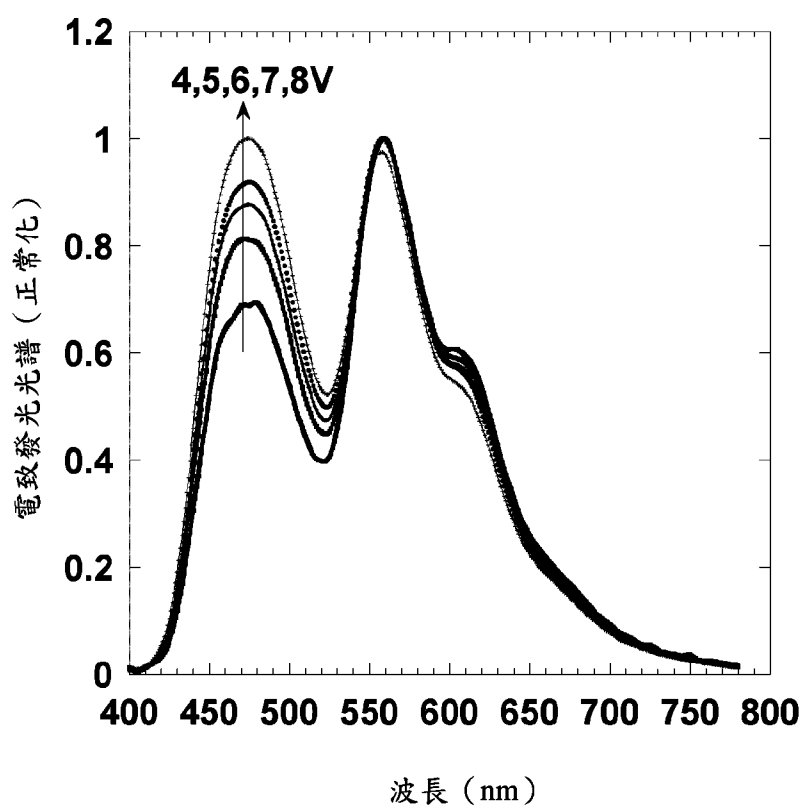


圖 8

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 1A。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

10：第一發光層

20：第二發光層

30：第三發光層

40：第一磷光摻質

50：第二磷光摻質

100：發光結構

320：第二界面

370：第一界面

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。