



(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 I673340 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：104123410

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 20 日

(51)Int. Cl. : C09K11/06 (2006.01)

H01L51/50 (2006.01)

C07D401/14 (2006.01)

(30)優先權：2014/07/25 日本

2014-151493

(71)申請人：日商半導體能源研究所股份有限公司 (日本) SEMICONDUCTOR ENERGY
LABORATORY CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)；濱田孝夫 HAMADA, TAKAO (JP)；高橋辰義
TAKAHASHI, TATSUYOSHI (JP)；北野靖 KITANO, YASUSHI (JP)；鈴木宏記
SUZUKI, HIROKI (JP)；井上英子 INOUE, HIDEKO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201321374A

Hui Wang et al., "Current efficiency in organic light-emitting
diodes with a hole-injection layer", Appl. Phys. Lett., 93, 093306,
published online 5 September 2008.

審查人員：林孟薇

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：56 共 153 頁

(54)名稱

發光元件、發光裝置、電子裝置、照明設備及有機化合物

(57)摘要

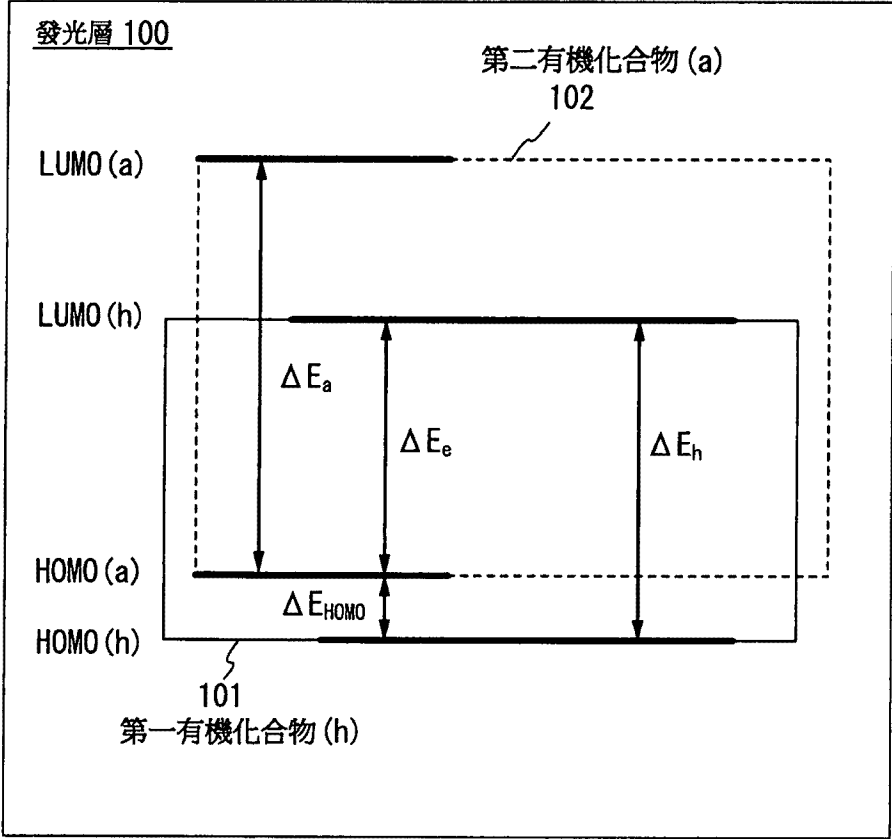
本發明的一個實施方式提供一種可靠性得到提高的發光元件。另外，本發明的一個實施方式提供一種電流效率(或量子效率)高的發光元件。本發明的一個實施方式還提供一種較佳為用於本發明的一個實施方式的發光元件的新穎的二苯并[f,h]喹啉衍生物。本發明的一個實施方式的發光元件包括：陽極與陰極之間的 EL 層，EL 層包括發光層，發光層包括具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物、具有電洞傳輸性的第二有機化合物、發光物質，第一有機化合物和第二有機化合物是形成激態錯合物的組合，第一有機化合物的 HOMO 能階低於第二有機化合物的 HOMO 能階，第一有機化合物的 HOMO 能階與第二有機化合物的 HOMO 能階之差為 0.4eV 以下。

To provide a light-emitting element with an improved reliability, a light-emitting element with a high current efficiency (or a high quantum efficiency), and a novel dibenzo[f,h]quinoxaline derivative that is favorably used in a light-emitting element which is one embodiment of the present invention. A light-emitting element includes an EL layer between an anode and a cathode. The EL layer includes a light-emitting layer; the light-emitting layer contains a first organic compound having an electron-transport property and a hole-transport property, a second organic compound having a hole-transport property, and a light-emitting substance; the combination of the first organic compound and the second organic compound forms an exciplex; the HOMO level of the first organic compound is lower than the HOMO level of the

second organic compound; and a difference between the HOMO level of the first organic compound and the HOMO level of the second organic compound is less than or equal to 0.4 eV.

指定代表圖：

圖 1



符號簡單說明：

100 . . . 發光層

101 . . . 第一有機化合物(h)

102 . . . 第二有機化合物(a)

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件、發光裝置、電子裝置、照明設備及有機化合物

Light-emitting element, light-emitting device, electronic device, lighting device, and organic compound

【技術領域】

[0001] 本發明係關於一種物體、方法或製造方法。或者，本發明係關於一種製程（process）、機器（machine）、產品（manufacture）或組合物（composition of matter）。尤其是，本發明的一個實施方式係關於一種發光元件、發光裝置、電子裝置、照明設備以及它們的驅動方法或製造方法。本發明的一個實施方式還係關於一種能夠用於發光元件、發光裝置、電子裝置及照明設備的有機化合物。

【先前技術】

[0002] 具有薄型輕量、高速回應性及直流低電壓驅動等特徵的使用有機化合物作為發光體的發光元件被期待應用於下一代平板顯示器。尤其是，認為將發光元件配置為矩陣狀的顯示裝置與習知的液晶顯示裝置相比具有視角廣且可見度優異的優點。

[0003] 發光元件的發光機制被認為如下：藉由在一對電極之間夾著包含發光體的電致發光層（EL 層）並對該一對電極之間施加電壓，從陰極注入的電子和從陽極注入的電洞在 EL 層的發光中心再結合而形成分子激子，當該分子激子返回到基態時釋放出能量而發光。已知激發態有單重激發態和三重激發態，並且認為無論經過上述任一種激發態都可以實現發光。

[0004] 關於這種發光元件，為了提高其元件特性，正積極地進行元件結構的改進、材料的開發等（例如，參照專利文獻 1）。

[0005] [專利文獻 1] 日本專利申請公開第 2010-182699 號公報

【發明內容】

[0006] 在發光元件的開發中，提高元件的可靠性是邁向商品化的重要事項之一。為了提高元件的可靠性，需要能夠控制發光元件的 EL 層中的載子平衡或能夠提高載子再結合的概率的元件結構。於是，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種藉由將 EL 層形成為所希望的元件結構來提高發光層中的載子移動率的可靠性高的發光元件。另外，從降低驅動時所需的電流量及提高可靠性這一觀點看來，實現高電流效率（或量子效率）也是很重要的。

[0007] 於是，本發明的一個實施方式的目的之一是

提供一種可靠性得到提高的發光元件。本發明的一個實施方式的另一個目的是提供一種電流效率（或量子效率）高的發光元件。本發明的一個實施方式的另一個目的是提供一種較佳為適用於本發明的一個實施方式的發光元件的新穎的有機化合物。另外，本發明的另一個實施方式的目的之一是提供一種將上述有機化合物用作 EL 材料的發光效率及可靠性都高的發光元件、發光裝置、電子裝置或照明設備。或者，本發明的另一個實施方式的目的之一是提供一種新穎的材料。或者，本發明的另一個實施方式的目的之一是提供一種新穎的發光元件及發光裝置。注意，這些目的的記載並不妨礙其他目的的存在。此外，本發明的一個實施方式並不需要實現所有上述目的。另外，上述以外的目的從說明書、圖式及申請專利範圍等的記載看來顯而易見，並且可以從說明書、圖式及申請專利範圍等的記載中抽取上述以外的目的。

[0008] 本發明的一個實施方式是一種發光元件，包括：陽極與陰極之間的 EL 層，EL 層包括發光層，發光層包括具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物、具有電洞傳輸性的第二有機化合物、發光物質，第一有機化合物和第二有機化合物是形成激態錯合物的組合，第一有機化合物的 HOMO 能階低於第二有機化合物的 HOMO 能階，第一有機化合物的 HOMO 能階與第二有機化合物的 HOMO 能階之差為 0.4eV 以下。

[0009] 本發明的另一個實施方式是一種發光元件，

包括：陽極與陰極之間的 EL 層，EL 層包括發光層，發光層包括具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物、具有電洞傳輸性的第二有機化合物、發光物質，第一有機化合物和第二有機化合物是形成激態錯合物的組合，第一有機化合物包括六員環的含氮雜芳環及呋唑骨架且不包括三芳胺骨架，第二有機化合物包括三芳胺骨架。

[0010] 本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：陽極與陰極之間的 EL 層，EL 層包括發光層，發光層包括具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物、具有電洞傳輸性的第二有機化合物、發光物質，第一有機化合物和第二有機化合物是形成激態錯合物的組合，第一有機化合物包括六員環的含氮雜芳環及聯呋唑骨架且不包括三芳胺骨架，第二有機化合物包括三芳胺骨架。

[0011] 另外，在上述結構中，聯呋唑骨架為 3,3'-聯呋唑骨架或 2,3'-聯呋唑骨架。

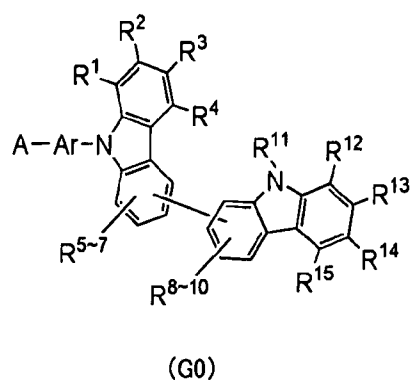
[0012] 另外，在上述各結構中，發光物質為磷光性化合物。

[0013] 另外，在上述各結構中，EL 層包括電洞傳輸層，電洞傳輸層與發光層彼此接觸，電洞傳輸層包括具有電洞傳輸性的第三有機化合物，第三有機化合物的 HOMO 能階低於第二有機化合物的 HOMO 能階。

[0014] 另外，在上述各結構中，第一有機化合物由如下通式（G0）表示。

[0015]

[化學式 1]

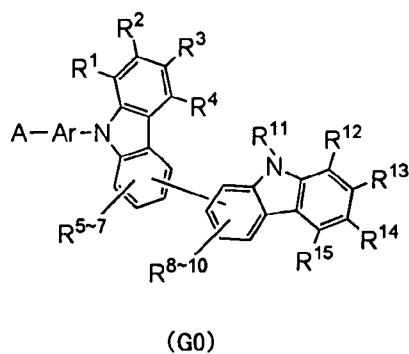


[0016] 注意，在通式中，A 表示二苯并[f,h]喹啉基， R^1 至 R^{15} 分別獨立表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基、取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。此外，Ar 的伸芳基較佳為不包括亞蒽基基團 (anthracenylene group)。

[0017] 另外，本發明的另一個實施方式是由如下通式 (G0) 表示的有機化合物。

[0018]

[化學式 2]



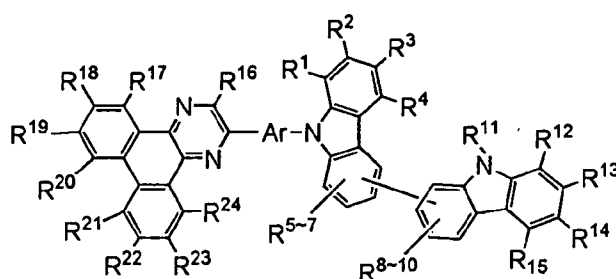
[0019] 注意，在通式中，A 表示二苯并[f,h]喹啉基

基， R^1 至 R^{15} 分別獨立表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基、取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。此外，Ar 的伸芳基較佳為不包括亞蔥基基團。

[0020] 另外，本發明的另一個實施方式是由如下通式 (G1) 表示的有機化合物。

[0021]

[化學式 3]



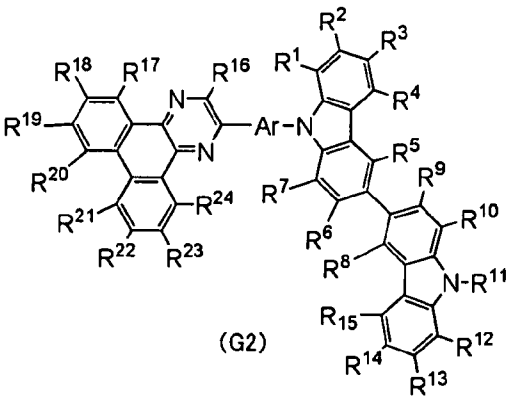
(G1)

[0022] 注意，在通式中， R^1 至 R^{24} 分別獨立表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基、取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。此外，Ar 的伸芳基較佳為不包括亞蔥基基團。

[0023] 另外，本發明的另一個實施方式是由如下通式 (G2) 表示的有機化合物。

[0024]

[化學式 4]

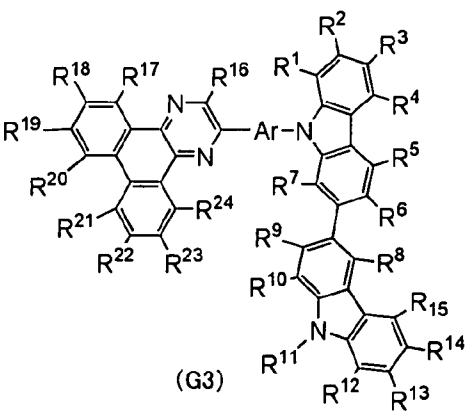


[0025] 注意，在通式中， R^1 至 R^{24} 分別獨立表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基、取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。此外，Ar 的伸芳基較佳為不包括亞蔥基基團。

[0026] 另外，本發明的另一個實施方式是由如下通式 (G3) 表示的有機化合物。

[0027]

[化學式 5]



[0028] 注意，在通式中， R^1 至 R^{24} 分別獨立表示

氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基、取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。此外，Ar 的伸芳基較佳為不包括亞蔥基基團。

[0029] 另外，作為上述通式（G0）、通式（G2）及通式（G3）中的碳原子數為 1 至 6 的烷基，例如可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、二級丁基、三級丁基、戊基、異戊基、己基等。另外，作為碳原子數為 5 至 7 的環烷基，例如可以舉出環戊基、環己基、環庚基等。作為碳原子數為 6 至 13 的芳基，例如可以舉出苯基、甲苯基、二甲苯基、聯苯基、茛基、萘基、蒽基等。另外，作為 Ar 中的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基，可以舉出 1,2-或 1,3-或 1,4-伸苯基、2,6-或 3,5-或 2,4-甲代伸苯基（toluylene）、4,6-二甲苯-1,3-二基、2,4,6-三甲苯-1,3-二基、2,3,5,6-四甲苯-1,4-二基、3,3'-或 3,4'-或 4,4'-聯苯基、1,1':3',1''-三聯苯（terbenzene）-3,3''-二基、1,1':4',1''-三聯苯-3,3''-二基、1,1':4',1''-三聯苯-4,4''-二基、1,1':3',1'':3'',1'''-聯四苯-3,3'''-二基、1,1':3',1'':4'',1'''-聯四苯-3,4'''-二基、1,1':4',1'':4'',1'''-聯四苯-4,4'''-二基、1,4-或 1,5-或 2,6-或 2,7-伸萘基、2,7-伸蒽基、9,9-二甲基-2,7-伸蒽基、9,9-二苯基-2,7-伸蒽基、9,9-二甲基-1,4-伸蒽基、螺-9,9'-聯蒽-2,7-二基、9,10-二氫-2,7-亞菲基（phenanthrenylene）、2,7-亞菲基、3,6-亞菲

基、9,10-亞菲基、2,7-亞聯伸三苯基 (triphenylenylene group)、3,6-亞聯伸三苯基、2,8-亞苯并[a]菲基、2,9-亞苯并[a]菲基、5,8-亞苯并[c]菲基等。

[0030] 另外，上述碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 5 至 7 的環烷基、碳原子數為 6 至 13 的芳基、碳原子數為 6 至 25 的伸芳基也可以具有取代基，作為該取代基，較佳為使用：甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、二級丁基、三級丁基、戊基、異戊基、己基等碳原子數為 1 至 6 的烷基；環戊基、環己基、環庚基等碳原子數為 5 至 7 的環烷基；或者苯基、甲苯基、二甲苯基、聯苯基、茚基、萘基、蒽基、菲基、9,9'-二甲基蒽基等形成環的碳原子數為 6 至 13 的芳基。

[0031] 本發明的另一個實施方式是使用上述通式 (G0) 至 (G3) 中的任一個有機化合物的發光元件。

[0032] 本發明的另一個實施方式是包括上述各結構所示的發光元件及外殼的發光裝置。

[0033] 注意，本發明的一個實施方式不僅是具有發光元件的發光裝置，還包括使用該發光元件或該發光裝置的電子裝置（明確而言，是包括該發光元件或該發光裝置以及連接端子或操作鍵的電子裝置）及照明設備（明確而言，是包括該發光元件或該發光裝置以及外殼的照明設備）。因此，本說明書中的發光裝置是指影像顯示裝置或光源（包括照明設備）。此外，發光裝置還包括如下模組：將連接器諸如 FPC (Flexible printed circuit：撓性印

刷電路)、TCP (Tape Carrier Package: 捲帶式封裝) 安裝到發光裝置的模組; 將印刷線路板設置於 TCP 的端部的模組; 或者將 IC (積體電路) 藉由 COG (Chip On Glass: 晶粒玻璃接合) 方式直接安裝到發光元件的模組。

[0034] 本發明的一個實施方式可以提供一種新穎的二苯并[f,h]喹啉衍生物。另外, 本發明的一個實施方式可以提供一種將上述二苯并[f,h]喹啉衍生物用作 EL 材料的發光效率及可靠性高的發光元件、發光裝置、電子裝置或照明設備。另外, 本發明的一個實施方式可以提供一種新穎的材料。或者, 本發明的另一個實施方式可以提供一種新穎的發光元件及發光裝置。注意, 這些效果的記載並不妨礙其他效果的存在。此外, 本發明的一個實施方式並不一定必須要具有所有上述效果。上述以外的效果從說明書、圖式及申請專利範圍等的記載看來顯而易見, 並且可以從說明書、圖式及申請專利範圍等的記載中抽取上述以外的效果。

【圖式簡單說明】

[0035] 在圖式中:

圖 1 是說明發光元件的發光層的圖;

圖 2 是說明發光元件的發光層的圖;

圖 3A 及圖 3B 是說明發光元件的結構的圖;

圖 4A 及圖 4B 是說明發光元件的結構的圖;

圖 5 是說明發光裝置的圖；

圖 6A 及圖 6B 是說明發光裝置的圖；

圖 7A、圖 7B、圖 7C、圖 7D、圖 7D'1 及圖 7D'2 是說明電子裝置的圖；

圖 8A 至圖 8C 是說明電子裝置的圖；

圖 9 是說明照明設備的圖；

圖 10A 及圖 10B 是結構式 (100) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的 $^1\text{H-NMR}$ 圖；

圖 11 示出結構式 (100) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

圖 12 示出結構式 (100) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

圖 13A 及圖 13B 是結構式 (101) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的 $^1\text{H-NMR}$ 圖；

圖 14 示出結構式 (101) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

圖 15 示出結構式 (101) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

圖 16A 及圖 16B 是結構式 (102) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的 $^1\text{H-NMR}$ 圖；

圖 17 示出結構式 (102) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

圖 18 示出結構式 (102) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

圖 19A 及圖 19B 是結構式 (103) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的 $^1\text{H-NMR}$ 圖；

圖 20 示出結構式 (103) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的紫外-可見吸收光譜及發射光譜；

圖 21 示出結構式 (103) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的紫外-可見吸收光譜及發射光譜；

圖 22 是說明發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的結構的圖；

圖 23 是示出發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 24 是示出發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的電壓-亮度特性的圖；

圖 25 是示出發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 26 是示出發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的電壓-電流特性的圖；

圖 27 是示出發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的發射光譜的圖；

圖 28A 及圖 28B 是示出發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的可靠性的圖；

圖 29 是示出發光元件 4 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 30 是示出發光元件 4 的電壓-亮度特性的圖；

圖 31 是示出發光元件 4 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 32 是示出發光元件 4 的電壓-電流特性的圖；

圖 33 是示出發光元件 4 的發射光譜的圖；

圖 34A 及圖 34B 是示出發光元件 4 的可靠性的圖；

圖 35A 及圖 35B 是結構式 (122) 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的 $^1\text{H-NMR}$ 圖；

圖 36 是示出發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 37 是示出發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的電壓-亮度特性的圖；

圖 38 是示出發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 39 是示出發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的電壓-電流特性的圖；

圖 40 是示出發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的發射光譜的圖；

圖 41A 及圖 41B 是示出發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的可靠性的圖；

圖 42 是示出發光元件 8 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 43 是示出發光元件 8 的電壓-亮度特性的圖；

圖 44 是示出發光元件 8 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 45 是示出發光元件 8 的電壓-電流特性的圖；

圖 46 是示出發光元件 8 的發射光譜的圖；

圖 47 是示出發光元件 1A 的保存測試中的電壓-電流特性的圖；

圖 48 是示出發光元件 1A 的保存測試中的亮度-外部

量子效率特性的圖；

圖 49 是示出發光元件 2A 的保存測試中的電壓-電流特性的圖；

圖 50 是示出發光元件 2A 的保存測試中的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 51 是示出對比發光元件 3A 的保存測試中的電壓-電流特性的圖；

圖 52 是示出對比發光元件 3A 的保存測試中的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 53 是示出發光元件 4A 的保存測試中的電壓-電流特性的圖；

圖 54 是示出發光元件 4A 的保存測試中的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 55 是示出發光元件 8A 的保存測試中的電壓-電流特性的圖；

圖 56 是示出發光元件 8A 的保存測試中的亮度-外部量子效率特性的圖。

【實施方式】

[0036] 下面，參照圖式詳細地說明本發明的實施方式。注意，本發明不侷限於以下說明，其方式及詳細內容在不脫離本發明的精神及其範圍的情況下可以被變換為各種各樣的形式。因此，本發明不應該被解釋為僅限定在下面所示的實施方式所記載的內容中。

[0037] 另外，根據情況或狀態，可以互相調換“膜”和“層”。例如有時可以將“導電層”換稱為“導電膜”。或者，例如有時可以將“絕緣膜”換稱為“絕緣層”。

[0038]

實施方式 1

在本實施方式中，對本發明的一個實施方式的發光元件進行說明。

[0039] 在本實施方式所示的發光元件中，在一對電極（第一電極（陽極）與第二電極（陰極））之間夾有包含發光層的 EL 層，除了發光層以外，EL 層還包括電洞（或者 Hole）注入層、電洞（或者 Hole）傳輸層、電子傳輸層、電子注入層等。

[0040] 當對發光元件施加電壓時，從第一電極一側注入的電洞與從第二電極一側注入的電子在發光層中再結合，由此產生的能量使發光層所包含的發光物質發光。

[0041] 此時，如圖 1 所示，發光層 100 包括具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物（h）101、具有電洞傳輸性的第二有機化合物（a）102 及發光物質（未圖示）。注意，第一有機化合物（h）101 與第二有機化合物（a）102 是形成激態錯合物（也稱為 exciplex）的組合。也就是說，至少第一有機化合物（h）101 的最低未占分子軌域（LUMO：Lowest Unoccupied Molecular Orbital）能階低於第二有機化合物（a）102 的 LUMO 能

階，並且，至少第一有機化合物（h）101 的最高佔據分子軌域（HOMO：Highest Occupied Molecular Orbital）能階低於第二有機化合物（a）102 的 HOMO 能階。因此，如圖 1 所示，所產生的激態錯合物的激發能受到第一有機化合物（h）101 的 LUMO 能階（LUMO（h））與第二有機化合物（a）102 的 HOMO 能階（HOMO（a））的能量差（即圖 1 中的 ΔE_e ）的影響。

[0042] 在這樣的發光層 100 中，可以利用激態錯合物的發射光譜與發光物質（客體材料）的吸收光譜的重疊來進行能量轉移，因此可以實現能量轉移效率及外部量子效率高的發光元件。另外，為了使激態錯合物電激發，需要相當於 ΔE_e 的電能（即電壓），但是該 ΔE_e 比使第一有機化合物（h）101 電激發所需的能量 ΔE_h 或使第二有機化合物（a）102 電激發所需的能量 ΔE_a 小。也就是說，在這樣的發光層 100 中，可以降低發光元件的驅動電壓（發光開始電壓）。

[0043] 此時，在發光層 100 中不使用第一有機化合物（h）101 或第二有機化合物（a）102，而使用具有相當於 ΔE_e 的 HOMO-LUMO 能隙的一種有機化合物也可以得到與發光層 100 同樣的低驅動電壓（發光開始電壓）。但是，當使用一種有機化合物時，三重激發能大幅度地低於單重激發能，因此難以將三重激發能轉移到發光物質（客體材料），並以此對發光作出貢獻。另一方面，激態錯合物具有單重激發能與三重激發能幾乎位於相同位置的特

徵，因此可以將單重激發能和三重激發能的兩者轉移到發光物質。其結果，除了上述低電壓化的效果以外，還可以得到高效率化的效果。下面詳細說明在此所述的高效率化的機制。

[0044] 當發光物質是磷光性化合物時，激態錯合物的單重激發能及三重激發能同時轉移到該磷光性化合物的三重激發態，並且變換為來自該三重激發態的發光（即磷光發光），因此從高效率的觀點來看是最佳的。

[0045] 當發光物質是熱活化延遲螢光性化合物時，激態錯合物的單重激發能轉移到發光物質的單重激發態，並且可以變換為來自該單重激發態的發光（即螢光發光）。另外，雖然激態錯合物的三重激發能轉移到發光物質的三重激發態，但是該三重激發態的一部分或全部因熱活化而逆系間跨越到發光物質的單重激發態，並且最後變換為螢光發光，因此可以實現高效率。

[0046] 當發光物質是螢光性化合物時，激態錯合物的單重激發能轉移到發光物質的單重激發態，並且可以變換為來自該單重激發態的發光（即螢光發光）。另一方面，激態錯合物的三重激發能轉移到發光物質的三重激發態且熱失活，因此看起來似乎無法實現高效率。然而，由於作為能量施體的激態錯合物的單重激發能與三重激發能的差小，所以激態錯合物自身就具有呈現熱活化延遲螢光的性質。換言之，激態錯合物的三重激發態的一部分或全部逆系間跨越到單重激發態，從而單重態激子的比例比通

常高。由於作為能量施體的激態錯合物的單重態激子的比例增高且其單重激發能轉移到發光物質的單重激發態，所以即使將螢光性化合物用作發光物質，發光效率也會增高。這樣的現象也是本發明的特徵之一。

[0047] 如此，將激態錯合物用作發光層中的能量施體的發光元件在作為發光物質使用磷光性化合物、熱活化延遲螢光性化合物、螢光性化合物中的任一種化合物時都是有用的，但是在發光區域的控制這一觀點上有可能發生問題。

[0048] 如上所述，作為第一有機化合物 (h) 101 與第二有機化合物 (a) 102 形成激態錯合物的條件，至少第一有機化合物 (h) 101 的 LUMO 能階 (LUMO (h)) 要低於第二有機化合物 (a) 102 的 LUMO 能階 (LUMO (a))，並且第一有機化合物 (h) 101 的 HOMO 能階 (HOMO (h)) 要低於第二有機化合物 (a) 102 的 HOMO 能階 (HOMO (a))。尤其是，以往在將激態錯合物用作發光層 100 中的能量施體的發光元件中，藉由充分擴大第一有機化合物 (h) 101 的 HOMO 能階 (HOMO (h)) 與第二有機化合物 (a) 102 的 HOMO 能階 (HOMO (a)) 的能量差 ΔE_{HOMO} 來形成激態錯合物。例如，當作為第一有機化合物 (h) 101 使用 2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2mDBTBPDBq-II)，且作為第二有機化合物 (a) 102 使用 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-

第-2-胺（簡稱：PCBBiF）時，第一有機化合物（h）101的HOMO能階（HOMO（h））為-6.22eV，而第二有機化合物（a）102的HOMO能階（HOMO（a））則為-5.36eV，因此 ΔE_{HOMO} 有0.86eV。

[0049] 如此，在第一有機化合物（h）101的HOMO能階（HOMO（h））與第二有機化合物（a）102的HOMO能階（HOMO（a））的差（ ΔE_{HOMO} ）大的情況下，載子的平衡容易因第二有機化合物（a）102中的發光層100的含量而大幅度地變化。換言之，若第二有機化合物（a）102太少則電子過多，也就是說發光區域會偏於陽極一側，但即使第二有機化合物（a）102只稍微超出最適量一點，也會導致電洞過多，也就是說電洞會傳輸到陰極一側。在這樣的寬容量少的裝置中，即使將第一有機化合物（h）101與第二有機化合物（a）102以最佳的比例混合，但若載子的平衡因長期驅動而稍微被破壞，再結合的效率也會受其影響而下降，由此亮度降低。另外，當 ΔE_{HOMO} 大時，電洞積累在第二有機化合物（a）102中，因此發光層100內的再結合的區域寬度也變窄。相反地，當發光層100內的再結合的區域大時，由於能夠利用整個發光層100，所以可以說可靠性會進一步提高。

[0050] 另外，在發光元件中，隨著電子注入電極（陰極）的劣化等而電子注入性下降，因此，常常因長期驅動而再結合的區域偏離到陰極一側。此時，由於將電洞傳輸到再結合的區域的平均距離變長，所以若發光層100

的電洞傳輸性低，發光元件的電阻則變高。換言之，在進行恆電流驅動時，驅動電壓會隨時間大幅度地上升。當第一有機化合物（h）的 HOMO 能階（HOMO（h））與第二有機化合物（a）的 HOMO 能階（HOMO（a））的差（ ΔE_{HOMO} ）大時，在發光層 100 內電洞不容易前進，由此導致該問題容易變得更明顯，這也是一個問題。

[0051] 本發明的發光元件的一個實施方式就是針對上述將激態錯合物用作發光層 100 中的能量施體的發光元件中的問題的。也就是說，本發明的發光元件的一個實施方式是一種發光元件，該發光元件包括陽極與陰極之間的 EL 層，EL 層包括發光層 100，發光層 100 包括具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物（h）101、具有電洞傳輸性的第二有機化合物（a）102 及發光物質，第一有機化合物（h）101 和第二有機化合物（a）102 是形成激態錯合物的組合，第一有機化合物（h）的 HOMO 能階（HOMO（h））低於第二有機化合物（a）的 HOMO 能階（HOMO（a）），第一有機化合物（h）的 HOMO 能階（HOMO（h））與第二有機化合物（a）的 HOMO 能階（HOMO（a））的差為 0.4eV 以下。

[0052] 藉由採用這種結構，電洞的一部分不僅注入到第二有機化合物（a）102 中，還注入到第一有機化合物（h）101 中。其結果，電洞不容易在第二有機化合物（a）102 中積累，因此容易保持載子的平衡，並且可以實現發光層 100 內的再結合的區域大的發光元件。另外，

還可以抑制長期驅動（恆電流驅動）所導致的電壓上升。此時，在發光層 100 的一部分中，在第一有機化合物（h）101 中再結合，甚至形成第一有機化合物的激發態，但是這迅速變換為激態錯合物，因此也可以享受使用上述激態錯合物所得的高效率效果。另外，由於電洞主要注入到第二有機化合物（a）102 中，所以降低驅動電壓（發光開始電壓）的效果也得到維持。

[0053] 如此，在將 ΔE_{HOMO} 設定為 0.4eV 以下（且大於 0eV ）的同時，使第一有機化合物（h）101 和第二有機化合物（a）102 形成激態錯合物，由此可以解決上述問題。考慮到不僅對第二有機化合物（a）102，而且對第一有機化合物（h）101 也注入電洞， ΔE_{HOMO} 較佳為 0.3eV 以下。

[0054] 另外，下面示出適於實現上述概念的化合物。首先，第一有機化合物（h）101 較佳為包含六員環的含氮雜芳環及呋唑骨架且不包含三芳胺骨架。也就是說，較佳為使用如下化合物：在利用六員環的含氮雜芳環賦予電子傳輸性的同時，藉由包含呋唑骨架且不包含三芳胺骨架而具有適當的電洞傳輸性的化合物。另一方面，第二有機化合物（a）102 是具有電洞傳輸性的化合物，並且其 HOMO 能階高於第一有機化合物（h）101，因此較佳為包含三芳胺骨架。

[0055] 大部分的包含三芳胺骨架的化合物在循環伏安法（CV）測定中具有 -5.5eV 附近或 -5.5eV 以上的

HOMO 能階。另一方面，單純的 9-苯基咔唑的 HOMO 能階為 -5.88eV ，因此在大多情況下其差為 0.4eV 以上。於是，在本發明的一個實施方式中，作為第一有機化合物 (h) 101 的咔唑骨架較佳為包括聯咔唑骨架。這是因為聯咔唑的 HOMO 能階高於 9-苯基咔唑的緣故。尤其是，當引入 3,3'-聯咔唑骨架或 2,3'-聯咔唑骨架時，HOMO 能階變為 -5.6 至 -5.7eV 附近，因此適用於本發明的一個實施方式的第一有機化合物 (h) 101。

[0056] 另外，作為上述六員環的含氮雜芳環，除了吡啶以外，還可以舉出吡嗪、嘧啶、噻嗪等二嗪、三嗪或四嗪。這些六員環的含氮雜芳環還可以與苯環等稠合。例如，作為與苯環稠合的六員環的含氮雜芳環，可以舉出喹啉、異喹啉、二苯并[f,h]喹啉。另外，以喹啉、喹唑啉、酞嗪為代表的萘啶、二苯并[f,h]喹啉、二苯并[f,h]喹唑啉等也是有用的。

[0057] 另外，在本發明的一個實施方式中，如上所述，較佳為不僅對第二有機化合物 (a) 102，而且對第一有機化合物 (h) 101 也注入電洞且傳輸。因此，如圖 2 所示，由於能夠提高發光層 100 中的第一有機化合物 (h) 101 及第二有機化合物 (a) 102 的兩者的電洞注入性，所以較佳為在接觸於發光層 100 的電洞傳輸層 104 中使用具有電洞傳輸性的第三有機化合物 (p) 105，從而使第三有機化合物 (p) 105 的 HOMO 能階 (HOMO (p)) 低於第二有機化合物 (a) 102 的 HOMO 能階 (HOMO

(a))。尤其較佳的是，以第三有機化合物 (p) 105 的 HOMO 能階 (HOMO (p)) 位於第二有機化合物 (a) 102 的 HOMO 能階 (HOMO (a)) 與第一有機化合物 (h) 101 的 HOMO 能階 (HOMO (h)) 之間的方式選擇第三有機化合物 (p) 105。

[0058] 下面，參照圖 3A 及圖 3B 對具有上述結構的本發明的一個實施方式的發光元件的具體的一個例子進行說明。

[0059] 可以將金屬、合金、導電性化合物及它們的混合物等用於第一電極 (陽極) 201 及第二電極 (陰極) 203。明確而言，除了氧化銦-氧化錫 (Indium Tin Oxide)、包含矽或氧化矽的氧化銦-氧化錫、氧化銦-氧化鋅 (Indium Zinc Oxide)、包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦、金 (Au)、鉑 (Pt)、鎳 (Ni)、鎢 (W)、鉻 (Cr)、鉬 (Mo)、鐵 (Fe)、鈷 (Co)、銅 (Cu)、鈀 (Pd)、鈦 (Ti) 之外，還可以使用屬於元素週期表中第 1 族或第 2 族的元素，即鹼金屬諸如鋰 (Li) 和銫 (Cs) 等、鹼土金屬諸如鈣 (Ca) 和銣 (Sr) 等、鎂 (Mg)、包含它們的合金 (MgAg、AlLi)、稀土金屬諸如鎔 (Eu) 和鐿 (Yb) 等、包含它們的合金及石墨烯等。另外，第一電極 (陽極) 201 及第二電極 (陰極) 203 例如可以利用濺射法或蒸鍍法 (包括真空蒸鍍法) 等形成。

[0060] 電洞注入層 211 為將電洞經由電洞傳輸性高

的電洞傳輸層 212 注入至發光層 213 的層，包含電洞傳輸性高的物質（也稱為電洞傳輸性化合物）及受體性物質。由於包含電洞傳輸性高的物質及受體性物質，因此受體性物質將電子從電洞傳輸性高的物質抽出生成電洞（電洞），該電洞經由電洞傳輸層 212 注入至發光層 213。電洞傳輸層 212 藉由使用電洞傳輸性高的物質形成。

[0061] 作為用於電洞注入層 211 及電洞傳輸層 212 的電洞傳輸性高的物質，例如可例舉 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：NPB 或 α -NPD）、N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺（簡稱：TPD）、4,4',4''-三(咔唑-9-基)三苯胺（簡稱：TCTA）、4,4',4''-三(N,N-二苯基胺基)三苯胺（簡稱：TDATA）、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基胺基]三苯胺（簡稱：MTDATA）、4,4'-雙[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：BSPB）等芳香胺化合物、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA1）、3,6-雙[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA2）、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCN1）等。除上述以外，還可以使用 4,4'-二(N-咔唑基)聯苯（簡稱：CBP）、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯（簡稱：TCPB）、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（簡稱：CzPA）等咔唑衍生物等。在此所述的物質主要是電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。但是，

只要是電洞傳輸性比電子傳輸性高的物質，就可以使用上述物質之外的物質。

[0062] 再者，還可以使用聚（N-乙基基吡啶）（簡稱：PVK）、聚（4-乙基基三苯胺）（簡稱：PVTPA）、聚[N-（4-（N'-[4-（4-二苯基胺基）苯基]苯基-N'-苯基胺基）苯基）甲基丙烯醯胺]（簡稱：PTPDMA）、聚[N,N'-雙（4-丁基苯基）-N,N'-雙（苯基）聯苯胺]（簡稱：Poly-TPD）等高分子化合物。

[0063] 作為用於電洞注入層 211 的受體性物質，可例舉屬於元素週期表中第 4 族至第 8 族的金屬的氧化物。明確地說，特別較佳為氧化鋇。

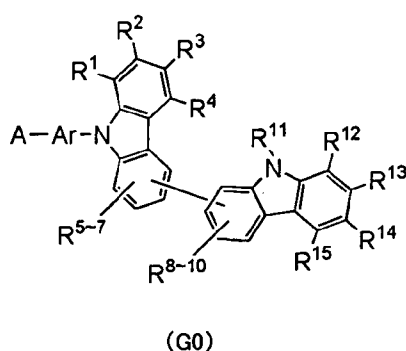
[0064] 發光層 213 是包含發光物質的層。注意，當發光層 213 具有圖 1 所示的結構時，發光層 213 包括後面說明的具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物、上述具有電洞傳輸性的第二有機化合物以及發光物質。另外，第一有機化合物和第二有機化合物是能夠在發光層中的載子（電子及電洞）再結合時形成激態錯合物（exciplex）的組合。在發光層中，由於激態錯合物的形成，第一有機化合物的螢光光譜及第二有機化合物的螢光光譜被轉換為位於更長波長一側的激態錯合物的發射光譜。並且，藉由以使激態錯合物的發射光譜與客體材料的吸收光譜重疊的部分變大的方式選擇第一有機化合物和第二有機化合物，可以最大限度地提高由單重激發態的能量轉移。另外，關於三重激發態，也可以認為會產生來自激

態錯合物的能量轉移，而不是來自主體材料的能量轉移。

[0065] 作為第一有機化合物和第二有機化合物，只要是能夠產生激態錯合物的組合即可，較佳為組合容易接收電子的化合物（電子俘獲化合物）和容易接收電洞的化合物（電洞俘獲化合物）。第一有機化合物較佳為不僅能夠俘獲（或傳輸）電子而且還能夠俘獲（或傳輸）電洞，因此較佳為採用包含由六員環構成的含氮雜芳環及聯吡啶骨架且不包含三芳胺骨架的化合物。例如，較佳為採用由如下通式（G0）表示的化合物。

[0066]

[化學式 6]



[0067] （在通式中，A表示二苯并[f,h]喹啉基， R^1 至 R^{15} 分別獨立表示氫、取代或未取代的碳原子數為1至6的烷基、取代或未取代的碳原子數為5至7的環烷基、取代或未取代的碳原子數為6至13的芳基中的任一個，Ar表示取代或未取代的碳原子數為6至25的伸芳基或單鍵。此外，Ar的伸芳基較佳為不包括亞蔥基基團。）

[0068] 另外，當Ar包含亞蔥基基團時，有時化合物的三重激發能會大幅度地降低（降低到1.7eV以下），使

得激態錯合物的三重激發能淬滅。因此，Ar 的伸芳基較佳為不包括亞蔥基基團。

[0069] 更明確而言，較佳為使用由上述通式 (G1) 至 (G3) 表示的化合物。更具體地，例如可以舉出 2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2PCCzPDBq)、2-{3-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2mPCCzPDBq)、2-{4-[2-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2PCCzPDBq-02) 以及 2-{3-[2-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2mPCCzPDBq-02)。

[0070] 另外，作為容易接受電洞的化合物，例如可以舉出 4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺 (簡稱：PCBA1BP)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)胺基]-9-苯基咔唑 (簡稱：PCzPCN1)、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]三苯胺 (簡稱：1'-TNATA)、2,7-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-螺-9,9'-聯萘 (簡稱：DPA2SF)、N,N'-雙(9-苯基咔唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺 (簡稱：PCA2B)、N-(9,9-二甲基-2-N',N'-二苯基胺基-9H-萘-7-基)二苯基胺 (簡稱：DPNF)、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基咔唑-3-基)苯-1,3,5-三胺 (簡稱：PCA3B)、2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基胺基]-螺-9,9'-聯萘 (簡稱：

PCASF)、2-[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-螺-9,9'-聯萘(簡稱:DPASF)、N,N'-雙[4-(吡啶-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基萘-2,7-二胺(簡稱:YGA2F)、4,4'-雙[N-(3-甲基苯基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱:TPD)、4,4'-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱:DPAB)、N-(9,9-二甲基-9H-萘-2-基)-N-{9,9-二甲基-2[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-萘-2-基)胺基]-9H-萘-7-基}苯基胺(簡稱:DFLADFL)、3-[N-(9-苯基吡啶-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基吡啶(簡稱:PCzPCA1)、3-[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-9-苯基吡啶(簡稱:PCzDPA1)、3,6-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-9-苯基吡啶(簡稱:PCzDPA2)、4,4'-雙(N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基胺基]苯基}-N-苯基胺基)聯苯(簡稱:DNTPD)、3,6-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-(1-萘基)胺基]-9-苯基吡啶(簡稱:PCzTPN2)、3,6-雙[N-(9-苯基吡啶-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基吡啶(簡稱:PCzPCA2)等具有三芳胺骨架的化合物。

[0071] 上述第一有機化合物和第二有機化合物的組合不侷限於這些具體例子，只要是能夠形成激態錯合物的組合，並且該激態錯合物的發射光譜與發光物質的吸收光譜重疊，該激態錯合物的發射光譜的峰值比發光物質的吸收光譜的峰值位於長波長一側，即可。

[0072] 另外，在由容易接收電子的化合物和容易接

收電洞的化合物構成第一有機化合物和第二有機化合物時，可以根據其混合比控制載子平衡。明確而言，較佳為第一有機化合物和第二有機化合物的比例的範圍為 1:9 至 9:1。

[0073] 作為可用於發光層 213 中的發光物質及發光中心物質的材料，可以單獨或組合使用能夠將單重激發能量轉換為發光的發光物質或者能夠將三重激發能量轉換為發光的發光物質等。作為這種發光物質及發光中心物質，例如可例舉以下材料。

[0074] 作為能夠將單重激發能量轉換為發光的發光物質，例如可例舉發射螢光的物質（螢光性化合物）。

[0075] 作為發射螢光的物質，可例舉 N,N'-雙[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基芪-4,4'-二胺（簡稱：YGA2S）、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺（簡稱：YGAPA）、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺（簡稱：2YGAPPA）、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺（簡稱：PCAPA）、芪、2,5,8,11-四-三級丁基芪（簡稱：TBP）、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺（簡稱：PCBAPA）、N,N''-(2-三級丁基蒽-9,10-二基二-4,1-伸苯基)雙[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺]（簡稱：DPABPA）、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺（簡稱：2PCAPPA）、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺

(簡稱 : 2DPAPPA) 、 N,N,N',N',N'',N'',N''',N''''-八 苯
基 二 苯 并 [g,p] 蒽 (chrysene) -2,7,10,15-四 胺 (簡稱 :
DBC1) 、 香 豆 素 30 、 N- (9,10-二 苯 基 -2-蒽 基) -N,9-二
苯 基 -9H-呋 啉 -3-胺 (簡稱 : 2PCAPA) 、 N-[9,10-雙
 (1,1'-聯 苯 -2-基) -2-蒽 基]-N,9-二 苯 基 -9H-呋 啉 -3-胺
 (簡稱 : 2PCABPhA) 、 N- (9,10-二 苯 基 -2-蒽 基) -
N,N',N'-三 苯 基 -1,4-苯 二 胺 (簡稱 : 2DPAPA) 、 N-[9,10-雙
 (1,1'-聯 苯 -2-基) -2-蒽 基]-N,N',N'-三 苯 基 -1,4-苯 二 胺
 (簡稱 : 2DPABPhA) 、 9,10-雙 (1,1'-聯 苯 -2-基) -N-[4-
 (9H-呋 啉 -9-基) 苯 基]-N-苯 基 蒽 -2-胺 (簡稱 :
2YGABPhA) 、 N,N,9-三 苯 基 蒽 -9-胺 (簡稱 :
DPhAPhA) 、 香 豆 素 545T 、 N,N'-二 苯 基 喹 吖 酮 (簡稱 :
DPQd) 、 紅 螢 烯 、 5,12-雙 (1,1'-聯 苯 -4-基) -6,11-二 苯
基 稠 四 苯 (簡稱 : BPT) 、 2- (2- { 2-[4- (二 甲 胺 基) 苯
基] 乙 烯 基 } -6-甲 基 -4H-吡 喃 -4-亞 基) 丙 烷 二 腈 (簡稱 :
DCM1) 、 2- { 2-甲 基 -6-[2- (2,3,6,7-四 氫 -1H, 5H-苯 并 [ij]
喹 啉 -9-基) 乙 烯 基]-4H-吡 喃 -4-亞 基 } 丙 烷 二 腈 (簡稱 :
DCM2) 、 N,N,N',N'-四 (4-甲 基 苯 基) 稠 四 苯 -5,11-二 胺
 (簡稱 : p-mPhTD) 、 7,14-二 苯 基 -N,N,N',N'-四 (4-甲 基
苯 基) 蒽 并 [1,2-a] 丙 二 烯 合 萸 -3,10-二 胺 (簡稱 : p-
mPhAFD) 、 { 2-異 丙 基 -6-[2- (1,1,7,7-四 甲 基 -2,3,6,7-四
氫 -1H, 5H-苯 并 [ij]喹 啉 -9-基) 乙 烯 基]-4H-吡 喃 -4-亞 基 }
丙 烷 二 腈 (簡稱 : DCJTI) 、 { 2-三 級 丁 基 -6-[2- (1,1,7,7-
四 甲 基 -2,3,6,7-四 氫 -1H,5H-苯 并 [ij]喹 啉 -9-基) 乙 烯 基]-

4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈（簡稱：DCJTB）、2-（2,6-雙{2-[4-（二甲胺基）苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亞基）丙烷二腈（簡稱：BisDCM）、2-{2,6-雙[2-（8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H, 5H-苯并[ij]喹啉-9-基）乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈（簡稱：BisDCJTM）等。

[0076] 作為將三重激發能量轉換為發光的發光物質，例如可例舉發射磷光的物質（磷光性化合物）、呈現熱活化延遲螢光（TADF）的 TADF 材料（熱活化延遲螢光性化合物）。TADF 材料所呈現的延遲螢光是指其光譜與一般的螢光相同但其壽命極長的發光。其壽命為 10^{-6} 秒以上，較佳為 10^{-3} 秒以上。

[0077] 作為發射磷光的物質，可例舉雙{2-[3',5'-雙（三氟甲基）苯基]吡啶-N,C^{2'}}銱（III）吡啶甲酸鹽（簡稱：Ir(CF₃ppy)₂(pic)）、雙[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶-N,C^{2'}]銱（III）乙醯丙酮化物（簡稱：FIracac）、三（2-苯基吡啶）銱（III）（簡稱：Ir(ppy)₃）、雙（2-苯基吡啶）銱（III）乙醯丙酮化物（簡稱：Ir(ppy)₂(acac)）、三（乙醯丙酮）（一啡啉）銩（III）（簡稱：Tb(acac)₃(Phen)）、雙（苯并[h]喹啉）銱（III）乙醯丙酮化物（簡稱：Ir(bzq)₂(acac)）、雙（2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,C^{2'}）銱（III）乙醯丙酮化物（簡稱：Ir(dpo)₂(acac)）、雙{2-[4'-（全氟苯基）苯基]吡啶-N,C^{2'}}銱（III）乙醯丙酮化物（簡稱：Ir(p-PF-ph)₂(acac)）、雙（2-苯基苯并噻

唑 -N,C^{2'}) 銱 (III) 乙醯丙酮化物 (簡稱 : Ir(bt)₂(acac)) 、 雙 [2- (2'- 苯并 [4,5-a] 噻吩基) 吡啶 -N,C^{3'}] 銱 (III) 乙醯丙酮化物 (簡稱 : Ir(btp)₂(acac)) 、 雙 (1- 苯基異喹啉 -N,C^{2'}) 銱 (III) 乙醯丙酮化物 (簡稱 : Ir(piq)₂(acac)) 、 (乙醯丙酮) 雙 [2,3- 雙 (4- 氟苯基) 喹啉合 (quinoxalinato)] 銱 (III) (簡稱 : Ir(Fdpq)₂(acac)) 、 (乙醯丙酮) 雙 (3,5- 二甲基 -2- 苯基吡嗪) 銱 (III) (簡稱 : [Ir(mppr-Me)₂(acac)]) 、 (乙醯丙酮) 雙 (5- 異丙基 -3- 甲基 -2- 苯基吡嗪) 銱 (III) (簡稱 : [Ir(mppr-iPr)₂(acac)]) 、 (乙醯丙酮) 雙 (2,3,5- 三苯基吡嗪) 銱 (III) (簡稱 : Ir(tppr)₂(acac)) 、 雙 (2,3,5- 三苯基吡嗪) (二新戊醯甲烷) 銱 (III) (簡稱 : [Ir(tppr)₂(dpm)]) 、 (乙醯丙酮) 雙 (6- 三級丁基 -4- 苯基嘧啶) 銱 (III) (簡稱 : [Ir(tBuppm)₂(acac)]) 、 (乙醯丙酮) 雙 (4,6- 二苯基嘧啶) 銱 (III) (簡稱 : [Ir(dppm)₂(acac)]) 、 2,3,7,8,12,13,17,18- 八乙基 -21H,23H- 卟啉鉑 (II) (簡稱 : PtOEP) 、 三 (1,3- 二苯基 -1,3- 丙二酮) (一啡啉) 鎔 (III) (簡稱 : Eu(DBM)₃(Phen)) 、 三 [1- (2- 噻吩甲醯基) -3,3,3- 三氟丙酮] (一啡啉) 鎔 (III) (簡稱 : Eu(TTA)₃(Phen)) 等。

[0078] 另外，作為 TADF 材料，例如可例舉富勒烯、其衍生物、普羅黃素等吡啶衍生物、伊紅等。此外，可例舉包含鎂 (Mg) 、鋅 (Zn) 、鎘 (Cd) 、錫 (Sn) 、鉑 (Pt) 、銦 (In) 或鈮 (Pd) 等的含金屬卟

啉。作為該含金屬卟啉，例如可例舉原卟啉-氟化錫錯合物（ SnF_2 （Proto IX））、中卟啉-氟化錫錯合物（ SnF_2 （Meso IX））、血卟啉-氟化錫錯合物（ SnF_2 （Hemato IX））、糞卟啉四甲基酯-氟化錫錯合物（ SnF_2 （Copro III-4Me））、八乙基卟啉-氟化錫錯合物（ SnF_2 （OEP））、初卟啉-氟化錫錯合物（ SnF_2 （Etio I））、八乙基卟啉-氯化鉑錯合物（ PtCl_2OEP ）等。還可以使用 2-（聯苯-4-基）-4,6-雙（12-苯基吡啶并[2,3-a]吡啶-11-基）-1,3,5-三嗪（PIC-TRZ）等具有富 π 電子型雜芳環及缺 π 電子型雜芳環的雜環化合物。另外，在富 π 電子型雜芳環和缺 π 電子型雜芳環直接鍵合的物質中，富 π 電子型雜芳環的施體性和缺 π 電子型雜芳環的受體性都強，而 S_1 和 T_1 的能量差變小，所以是特別較佳的。

[0079] 此外，發光層 213 也可以具有如圖 3B 所示的疊層結構。注意，此時採用從所層疊的各層得到發光的結構。例如，可以採用從第一層的發光層 213（a1）得到螢光發光且從層疊在第一層上的第二層的發光層 213（a2）得到磷光發光的結構。注意，疊層順序也可以與此相反。此外，較佳為在能夠得到磷光發光的層中，具有可獲得從激態錯合物到摻雜物的能量轉移所引起的發光的結構。此外，至於發光顏色，在採用能夠從一個層得到藍色發光的結構的情況下，可以採用能夠從另一個層得到橙色發光或黃色發光等的結構。此外，在各層中，也可以具有包含多個摻雜物的結構。

[0080] 電子傳輸層 214 是包含電子傳輸性高的物質（也稱為電子傳輸性化合物）的層。電子傳輸層 214 可以使用三（8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：Alq₃）、三（4-甲基-8-羥基喹啉合）鋁（III）（簡稱：Almq₃）、雙（10-羥基苯并[h]-喹啉合）鉍（簡稱：BeBq₂）、雙（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基苯酚）鋁（III）（簡稱：BAlq）、雙[2-（2-羥基苯基）苯并噁唑]鋅（II）（簡稱：Zn(BOX)₂）、雙[2-（2-羥基苯基）-苯并噻唑]鋅（II）（簡稱：Zn(BTZ)₂）等金屬錯合物。此外，也可以使用 2-（4-聯苯基）-5-（4-三級丁基苯基）-1,3,4-噁二唑（簡稱：PBD）、1,3-雙[5-（對三級丁基苯基）-1,3,4-噁二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、3-（4'-三級丁基苯基）-4-苯基-5-（4''-聯苯基）-1,2,4-三唑（簡稱：TAZ）、3-（4-三級丁基苯基）-4-（4-乙基苯基）-5-（4-聯苯基）-1,2,4-三唑（簡稱：p-EtTAZ）、紅啡啉（簡稱：Bphen）、浴銅靈（簡稱：BCP）、4,4'-雙（5-甲基苯并噁唑-2-基）二苯乙烯（簡稱：BzOs）等雜芳族化合物。另外，還可以使用聚（2,5-吡啶二基）（簡稱：PPy）、聚[（9,9-二己基芴-2,7-二基）-共-（吡啶-3,5-二基）]（簡稱：PF-Py）、聚[（9,9-二辛基芴-2,7-二基）-共-（2,2'-聯吡啶-6,6'-二基）]（簡稱：PF-BPy）等高分子化合物。在此所述的物質主要是電子移動率在 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。注意，只要是電子傳輸性比電洞傳輸性高的物質，就可以將上述物質之外的物質用於電子傳輸層

214。

[0081] 電子傳輸層 214 既可以為單層，又可以為由上述物質構成的層的兩層以上的疊層。

[0082] 電子注入層 215 是包含電子注入性高的物質的層。電子注入層 215 可以使用氟化鋰 (LiF)、氟化銫 (CsF)、氟化鈣 (CaF_2)、鋰氧化物 (LiO_x) 等鹼金屬、鹼土金屬或它們的化合物。此外，可以使用氟化鉬 (ErF_3) 等稀土金屬化合物。此外，也可以將電子鹽用於電子注入層 215。作為該電子鹽，例如可例舉對氧化鈣-氧化鋁以高濃度添加電子的物質等。另外，也可以使用如上所述的構成電子傳輸層 214 的物質。

[0083] 另外，也可以將有機化合物與電子予體（施體）混合形成的複合材料用於電子注入層 215。這種複合材料因為藉由電子予體在有機化合物中產生電子而具有優異的電子注入性和電子傳輸性。在此情況下，有機化合物較佳為在傳輸所產生的電子方面性能優異的材料，明確而言，例如，可以使用如上所述的構成電子傳輸層 214 的物質（金屬錯合物、雜芳族化合物等）。作為電子予體，只要是對有機化合物呈現電子供給性的物質即可。明確而言，較佳為鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬，可例舉鋰、銫、鎂、鈣、鉬、釷等。另外，較佳為鹼金屬氧化物、鹼土金屬氧化物，可例舉鋰氧化物、鈣氧化物、鉬氧化物等。此外，可以使用氧化鎂等路易士鹼。另外，也可以使用四硫富瓦烯（簡稱：TTF）等有機化合物。

[0084] 上述電洞注入層 211、電洞傳輸層 212、發光層 213、電子傳輸層 214 以及電子注入層 215 分別可以藉由蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗佈法等方法形成。

[0085] 在上述發光元件中，在 EL 層 202 中電洞和電子再結合而發光。而且，該發光穿過第一電極 201 和第二電極 203 中的任一者或兩者被提取到外部。因此，第一電極 201 和第二電極 203 中的任一者或兩者成為具有透光性的電極。

[0086] 本實施方式所示的發光元件可以利用激態錯合物的發射光譜與磷光性化合物（客體材料）的吸收光譜的重疊來進行能量轉移，因此可以實現能量轉移效率及外部量子效率高的發光元件。

[0087] 注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

[0088]

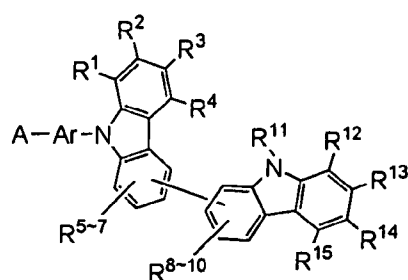
實施方式 2

在本實施方式中，對能夠用於發光元件的本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物進行說明。

[0089] 本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物由如下通式（G0）表示。

[0090]

[化學式 7]



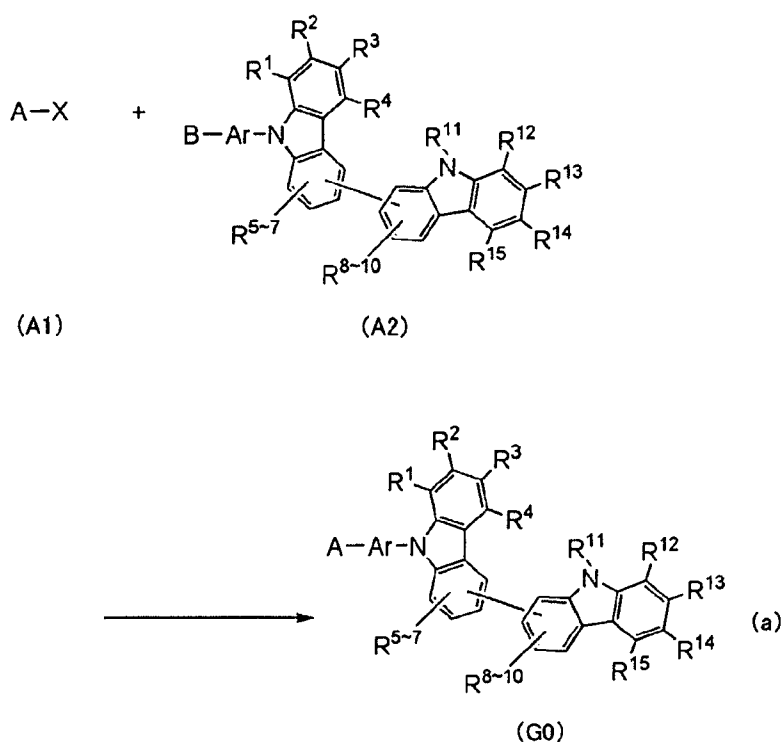
(G0)

[0091] 注意，在通式中，A 表示二苯并[f,h]喹啉基， R^1 至 R^{15} 分別獨立表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基、取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。此外，Ar 的伸芳基較佳為不包括亞蔥基基團。

[0092] 另外，上述通式 (G0) 所表示的二苯并[f,h]喹啉衍生物可以利用下面所示的合成方法合成。首先，如合成方案 (a) 所示，藉由使二苯并[f,h]喹啉衍生物的鹵素化合物 (A1) 與聯吡啶衍生物的芳基硼酸化合物 (A2) 起反應，可以得到二苯并[f,h]喹啉衍生物 (G0)。

[0093]

[化學式 8]



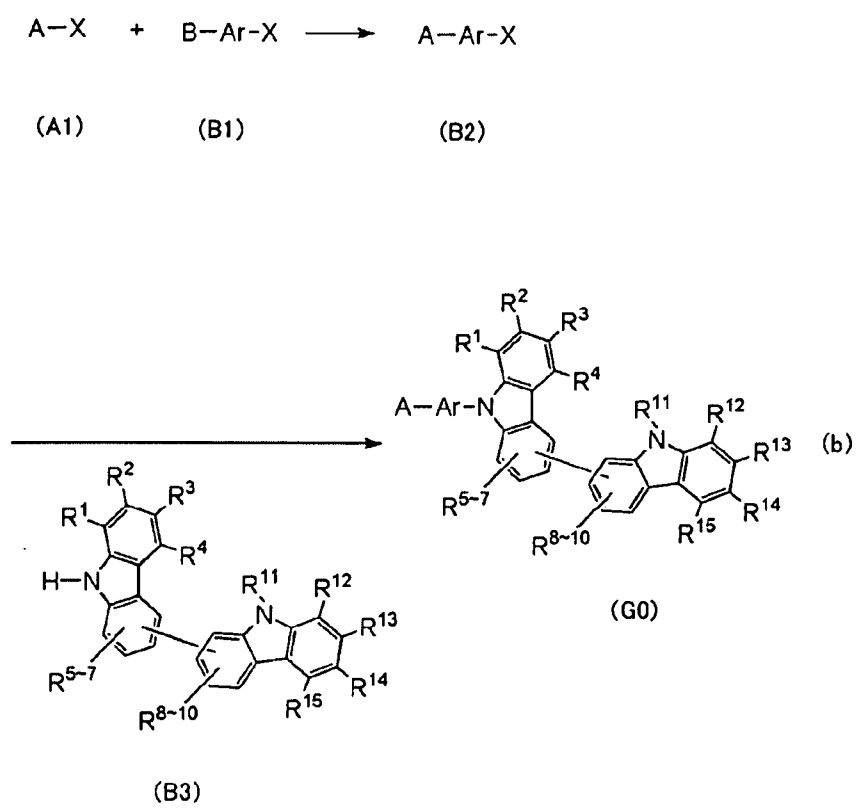
[0094] 注意，在通式中，A 表示二苯并[f,h]喹啉基， R^1 至 R^{15} 分別獨立表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基、取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。此外，Ar 的伸芳基較佳為不包括亞苄基基團。另外，X 表示鹵素。另外，當 Ar 為取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基時，B 表示硼酸、硼酸酯或環狀三醇硼酸鹽（cyclic triolborate salt）等。另外，作為環狀三醇硼酸鹽可以使用鋰鹽之外，還可使用鉀鹽及鈉鹽。當 Ar 為單鍵時，B 表示氫。

[0095] 此外，如下合成方案（b）所示，也可以藉由使二苯并[f,h]喹啉衍生物的鹵素化合物（A1）與被鹵素

取代的芳基硼酸（B1）起反應來得到中間體（B2），然後使其與聯咔唑衍生物（B3）起反應來得到二苯并[f,h]喹啉衍生物（G0）。

[0096]

[化學式 9]



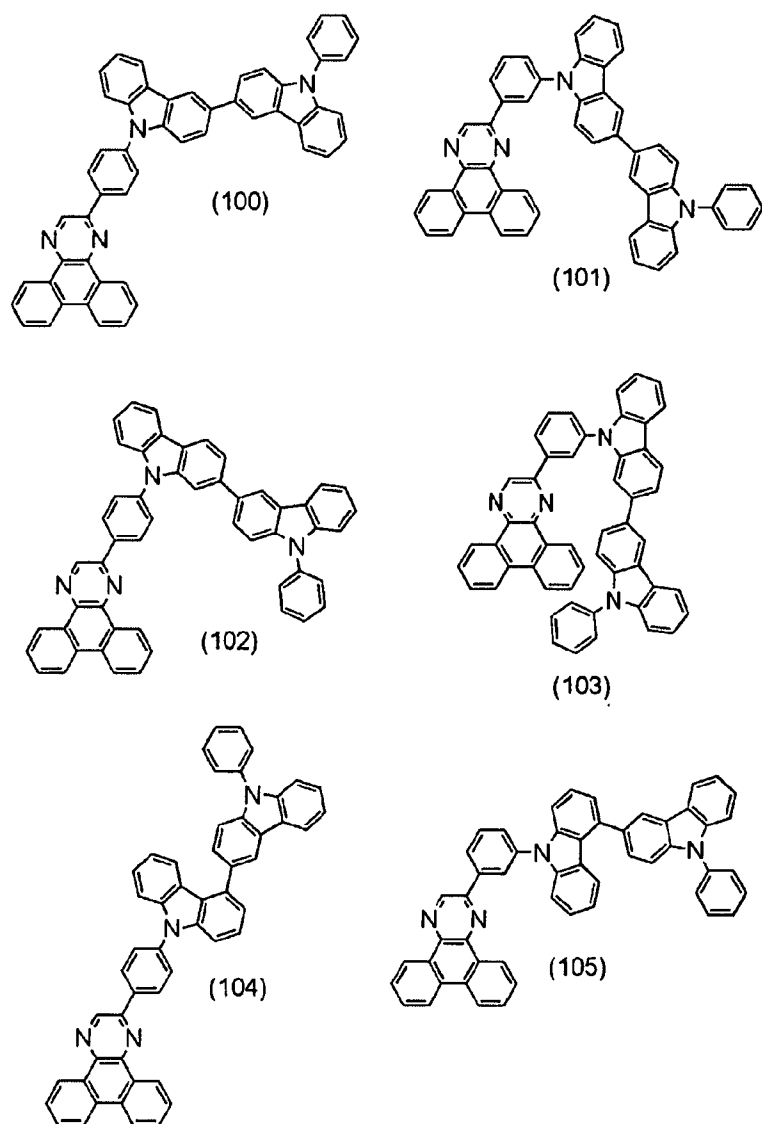
[0097] 注意，在通式中，A 表示二苯并[f,h]喹啉基，R¹ 至 R¹⁵ 分別獨立表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基、取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。此外，Ar 的伸芳基較佳為不包括亞蒽基基團。另外，X 表示鹵素。B 表示硼酸、硼酸酯或環狀三醇硼酸鹽等。

[0098] 另外，當通式 (G0) 的 Ar 表示單鍵時，使 (A1) 與 (B3) 起反應即可。

[0099] 接著，能夠以上述合成方法等合成的本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物更佳為由上述通式 (G1) 至 (G3) 表示的化合物。另外，下面示出由通式 (G0) 至 (G3) 表示的本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物的具體結構式 (如下結構式 (100) 至 (131))。注意，本發明並不侷限於此。

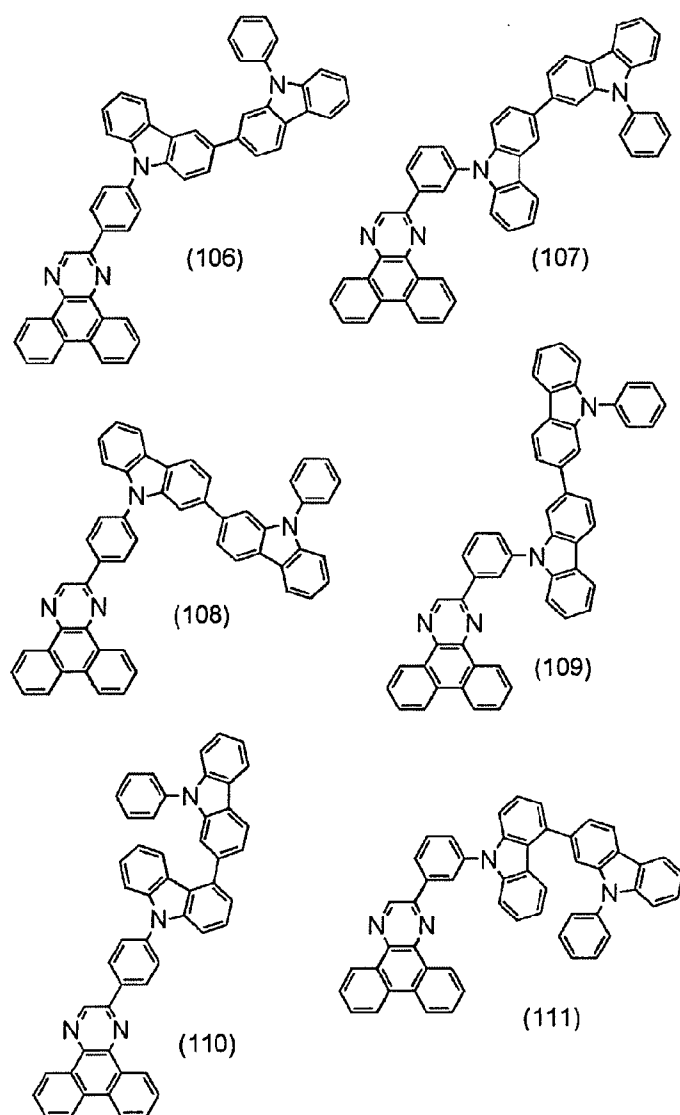
[0100]

[化學式 10]



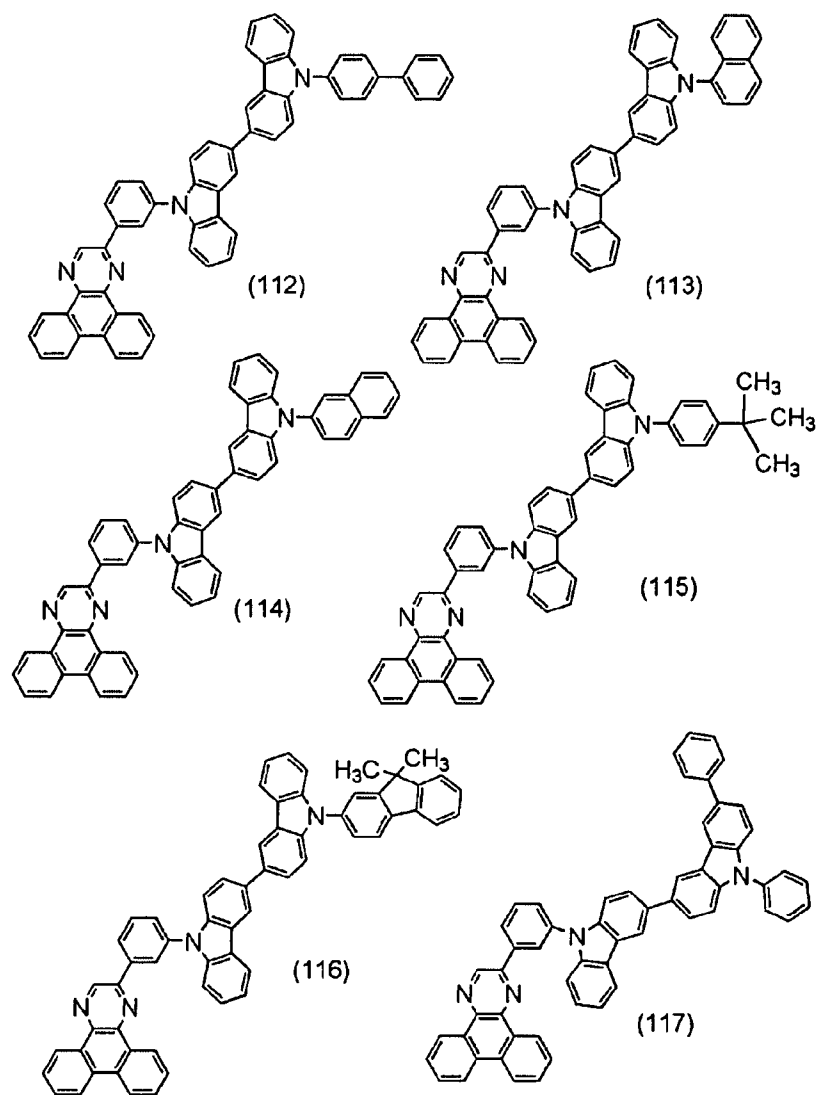
[0101]

[化學式 11]



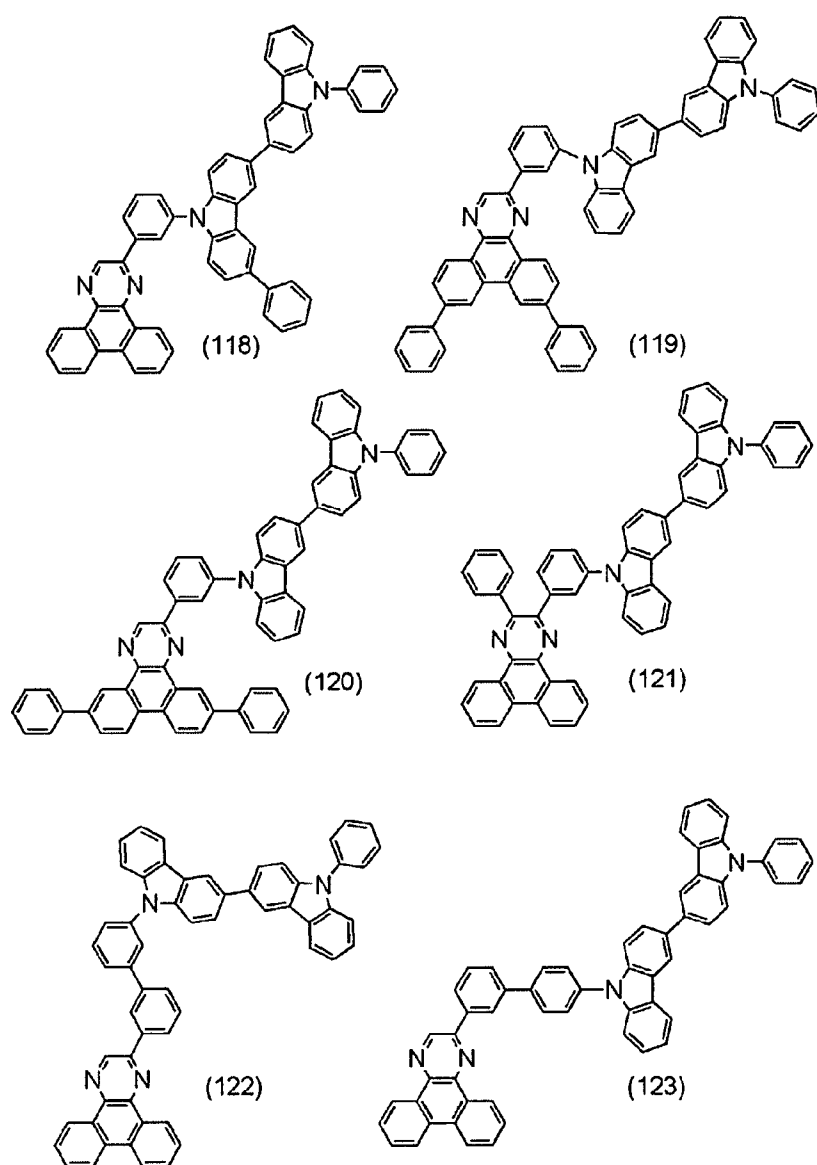
[0102]

[化學式 12]



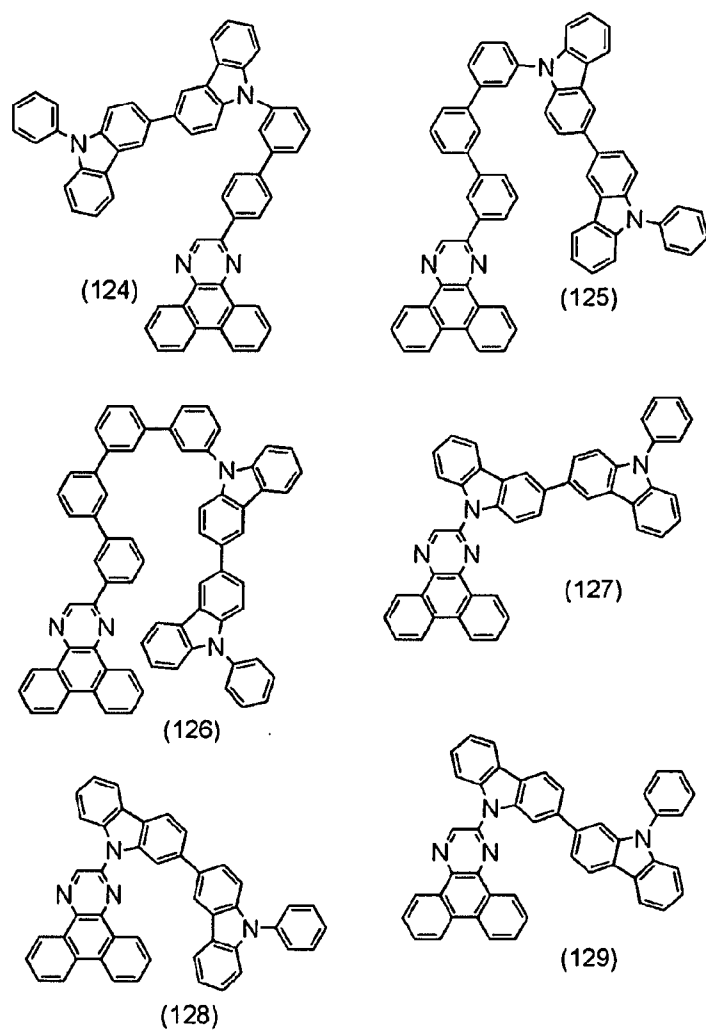
[0103]

[化學式 13]



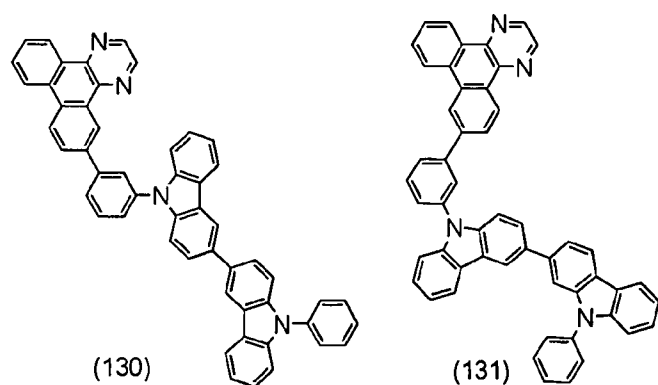
[0104]

[化學式 14]



[0105]

[化學式 15]



[0106] 藉由將本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物用於本發明的一個實施方式的發光元件，可

以實現發光效率及可靠性高的發光元件、發光裝置、電子裝置或照明設備。另外，還可以實現耗電量低的發光元件、發光裝置、電子裝置或照明設備。

[0107] 另外，由通式（G0）至（G3）表示的二苯并[f,h]喹啉衍生物具有電子傳輸性及電洞傳輸性，因此可以用作發光層的主體材料或用於電子傳輸層、電洞傳輸層。另外，由於其呈現螢光發光，所以可以直接用作發光元件的發光物質。如此，作為用於發光元件的材料，由通式（G0）至（G3）表示的二苯并[f,h]喹啉衍生物是利用方法的範圍廣的有用的新穎化合物，因此，包含由通式（G0）至（G3）表示的二苯并[f,h]喹啉衍生物的發光元件是本發明的一個實施方式的發光元件。

[0108] 注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

[0109]

實施方式 3

在本實施方式中，作為本發明的一個實施方式的發光元件，對具有夾著電荷產生層具有多個 EL 層的結構的發光元件（以下，稱為疊層型發光元件）進行說明。如圖 4A 所示，疊層型發光元件在一對電極（第一電極 401 與第二電極 404）之間具有多個 EL 層（第一 EL 層 402（1）和第二 EL 層 402（2））。

[0110] 在本實施方式中，第一電極 401 是用作陽極的電極，第二電極 404 是用作陰極的電極。另外，作為第

一電極 401 及第二電極 404，可以採用與實施方式 1 相同的結構。此外，多個 EL 層（第一 EL 層 402（1）和第二 EL 層 402（2））既可以具有與實施方式 1 所示的 EL 層的結構相同的結構，又可以上述 EL 層中的任一方具有與實施方式 1 所示的 EL 層的結構相同的結構。換言之，第一 EL 層 402（1）和第二 EL 層 402（2）既可以具有相同結構，又可以具有互不相同的結構，作為其結構，可以適用與實施方式 1 相同的結構。還可以將實施方式 2 所示的二苯并[f,h]喹啉衍生物用於多個 EL 層（第一 EL 層 402（1）和第二 EL 層 402（2））中的任一方。

[0111] 另外，在多個 EL 層（第一 EL 層 402（1）和第二 EL 層 402（2））之間設置有電荷產生層 405。電荷產生層 405 具有如下功能：當對第一電極 401 和第二電極 404 施加電壓時，將電子注入到一方 EL 層中，且將電洞注入到另一方 EL 層中。在本實施方式中，當對第一電極 401 施加電位高於第二電極 404 的電壓時，電子從電荷產生層 405 被注入到第一 EL 層 402（1）中，且電洞被注入到第二 EL 層 402（2）中。

[0112] 另外，從光提取效率的觀點來看，電荷產生層 405 較佳為具有使可見光透射的性質（明確而言，電荷產生層 405 的可見光的透射率為 40%以上）。另外，電荷產生層 405 即使其導電率小於第一電極 401 或第二電極 404 也可以發揮作用。

[0113] 電荷產生層 405 既可以具有對電洞傳輸性高

的有機化合物添加有電子受體（接受體）的結構，又可以具有對電子傳輸性高的有機化合物添加有電子予體（施體）的結構。或者，也可以層疊有這兩種結構。

[0114] 在採用對電洞傳輸性高的有機化合物添加有電子受體的結構的情況下，作為電洞傳輸性高的有機化合物，例如可以使用芳族胺化合物等諸如 NPB、TPD、TDATA、MTDATA、4,4'-雙[N-（螺-9,9'-二芴-2-基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：BSPB）等。在此所述的物質主要是電洞移動率在 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。注意，只要是電洞傳輸性比電子傳輸性高的有機化合物，就可以使用上述物質之外的物質。

[0115] 另外，作為電子受體，可例舉 7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氰醌二甲烷（簡稱：F₄-TCNQ）、氯醌等。還可以舉出過渡金屬氧化物。另外，可例舉屬於元素週期表中第 4 族至第 8 族的金屬的氧化物。明確而言，較佳為使用氧化釩、氧化鈮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鉬、氧化鎢、氧化錳和氧化銻，這是因為它們具有高電子接收性。尤其較佳為使用氧化鉬，因為氧化鉬在大氣中也穩定，吸濕性低，且操作容易。

[0116] 另一方面，在採用對電子傳輸性高的有機化合物添加有電子予體的結構的情況下，作為電子傳輸性高的有機化合物，例如可以使用具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金屬錯合物等，諸如 Alq₃、Almq₃、BeBq₂、BAIq 等。除此之外，還可以使用具有嘔唑基配體、噻唑基配體

的金屬錯合物等，諸如 $\text{Zn}(\text{BOX})_2$ 、 $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ 等。再者，除了金屬錯合物之外，還可以使用 PBD、OXD-7、TAZ、BPhen、BCP 等。在此所述的物質主要是電子移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。另外，只要是電子傳輸性比電洞傳輸性高的有機化合物，就可以使用上述物質之外的物質。

[0117] 另外，作為電子予體，可以使用鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、或屬於元素週期表中第 2、第 13 族的金屬及它們的氧化物或碳酸鹽。明確而言，較佳為使用鋰 (Li)、銫 (Cs)、鎂 (Mg)、鈣 (Ca)、鐿 (Yb)、銦 (In)、氧化鋰、碳酸銫等。此外，也可以將如四硫稠四苯 (tetrathianaphthacene) 的有機化合物用作電子予體。

[0118] 另外，藉由使用上述材料形成電荷產生層 405，可以抑制層疊 EL 層時造成的驅動電壓的增大。

[0119] 雖然在本實施方式中，對具有兩個 EL 層的發光元件進行說明，但是，如圖 4B 所示，本發明的一個實施方式可以同樣地應用於層疊 n 個（其中， n 是 3 以上）EL 層（402 (1) 至 402 (n)）的發光元件。當如根據本實施方式的發光元件那樣在一對電極之間具有多個 EL 層時，藉由將電荷產生層 405 (1) 至 405 ($n-1$) 設置在 EL 層與 EL 層之間，可以在保持低電流密度的同時實現高亮度區域中的發光。因為可以保持低電流密度，所以可以實現長壽命的元件。當應用於具有大發光面的發光裝置、

電子裝置及照明設備等時，可以減少由於電極材料的電阻導致的電壓下降，所以可以實現大面積的均勻發光。

[0120] 此外，藉由使各 EL 層的發光顏色互不相同，可以使發光元件整體發射所需顏色的光。例如，在具有兩個 EL 層的發光元件中，使第一 EL 層的發光顏色和第二 EL 層的發光顏色處於補色關係，因此還可以得到發光元件整體發射白色光的發光元件。注意，“補色”表示在顏色混合時得到非彩色的顏色關係。也就是說，藉由混合處於補色關係的顏色的光，可以得到白色發光。明確而言，可例舉從第一 EL 層得到藍色發光，從第二 EL 層得到黃色發光（或橙色發光）的組合。此時，並不一定需要藍色發光和黃色發光（或橙色發光）都為螢光發光或磷光發光，也可以採用藍色發光為螢光發光而黃色發光（或橙色發光）為磷光發光的組合、或者與此相反的組合。並且，藉由採用適於發光元件的光程長的調整的疊層結構（例如，從第一發光層得到黃色發光，且從第二發光層得到藍色發光的結構），可以進一步提高元件特性，所以是較佳的。

[0121] 另外，具有三個 EL 層的發光元件的情況也與此相同，例如，當第一 EL 層的發光顏色是紅色，第二 EL 層的發光顏色是綠色，第三 EL 層的發光顏色是藍色時，發光元件作為整體可以得到白色發光。

[0122] 注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

[0123]

實施方式 4

在本實施方式中，說明將實施方式 1 所說明的發光元件與彩色層（濾色片等）組合時的發光裝置的一個實施方式。另外，在本實施方式中，對發光裝置的像素部的結構參照圖 5 進行說明。

[0124] 在圖 5 中，在基板 501 上形成多個 FET（電晶體）502，每個 FET502 與每個發光元件（507R、507G、507B 及 507Y）電連接。明確而言，每個 FET502 與作為發光元件的像素電極的第一電極 503 電連接。另外，以覆蓋相鄰的第一電極 503 的端部的方式設置分隔壁 504。

[0125] 另外，本實施方式中的第一電極 503 具有反射電極的功能。另外，在第一電極 503 上形成有 EL 層 505，在 EL 層 505 上形成有第二電極 510。另外，EL 層 505 具有呈現多種單色光的多個發光層，第二電極 510 是具有半透射·半反射電極的功能的電極。

[0126] 從每個發光元件（507R、507G、507B 及 507Y）都發射出不同的光。明確而言，發光元件 507R 以得到紅色光的方式被光學調整，在以 506R 表示的區域中穿過彩色層 508R 向箭頭方向射出紅色光。另外，發光元件 507G 以得到綠色光的方式被光學調整，在以 506G 表示的區域中穿過彩色層 508G 向箭頭方向射出綠色光。另外，發光元件 507B 以得到藍色光的方式被光學調整，在

以 506B 表示的區域中穿過彩色層 508B 向箭頭方向射出藍色光。另外，發光元件 507Y 以得到黃色光的方式被光學調整，在以 506Y 表示的區域中穿過彩色層 508Y 向箭頭方向射出黃色光。

[0127] 另外，如圖 5 所示，在設有各發光元件（507R、507G、507B 及 507Y）的基板 501 的上方配置的透明密封基板 511 上設置有各彩色層（508R、508G、508B 及 508Y）。注意，每個彩色層（508R、508G、508B 及 508Y）都設置在與呈現各個發光顏色的各發光元件（507R、507G、507B 及 507Y）對應地重疊的位置。

[0128] 另外，以重疊於相鄰的每個彩色層（508R、508G、508B 及 508Y）的端部的方式設置黑色層（黑矩陣）509。另外，每個彩色層（508R、508G、508B 及 508Y）及黑色層 509 都被使用透明材料的外覆層覆蓋。

[0129] 在上述說明的結構中，該發光裝置是向密封基板 511 一側提取光的結構（頂部發射型）的發光裝置，但也可以是向形成有 FET 的基板 501 一側提取光的結構（底部發射型）的發光裝置。注意，當採用本實施方式所示的頂部發射型發光裝置時，作為基板 501 可以使用遮光性基板及透光性基板，而當採用底部發射型發光裝置時，作為基板 501 需要使用透光性基板。

[0130] 例如在本說明書等中，可以使用各種基板形成電晶體或發光元件。對基板的種類沒有特別的限制。作為該基板的一個例子，例如可以使用半導體基板（例如，

單晶基板或矽基板）、SOI 基板、玻璃基板、石英基板、塑膠基板、金屬基板、不鏽鋼基板、具有不鏽鋼箔的基板、鎢基板、具有鎢箔的基板、撓性基板、貼合薄膜、包含纖維狀的材料的紙或者基材薄膜等。作為玻璃基板的一個例子，有鋇硼矽酸鹽玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、鈉鈣玻璃等。作為撓性基板、貼合薄膜、基材薄膜等，可以舉出如下例子。例如可以舉出以聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚萘二甲酸乙二醇酯（PEN）、聚醚砜（PES）、聚四氟乙烯（PTFE）為代表的塑膠。或者，可以舉出丙烯酸等的合成樹脂或聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯、氯乙烯等的薄膜、聚醯胺、聚醯亞胺、芳族聚醯胺、環氧樹脂等的薄膜、無機蒸鍍薄膜、紙類等。尤其是，藉由使用半導體基板、單晶基板或 SOI 基板等製造電晶體，可以製造特性、尺寸或形狀等的不均勻性小、電流供應能力高且尺寸小的電晶體。當利用上述電晶體構成電路時，可以實現電路的低功耗化或電路的高集成化。

[0131] 另外，也可以作為基板使用撓性基板，並在撓性基板上直接形成電晶體或發光元件。或者，也可以在基板與電晶體等之間設置剝離層。當剝離層上製造半導體裝置的一部分或全部，然後將其從基板分離並轉置到其他基板上時可以使用剝離層。此時，也可以將電晶體等轉置到耐熱性低的基板或撓性基板上。另外，作為上述剝離層，例如可以使用鎢膜與氧化矽膜的無機膜的疊層結構或基板上形成有聚醯亞胺等有機樹脂薄膜的結構等。

[0132] 也就是說，也可以使用一個基板來形成電晶體或發光元件，然後將電晶體或發光元件轉置到另一個基板上。作為電晶體或發光元件被轉置的基板，不僅可以使用上述可以形成電晶體等的基板，還可以使用紙基板、玻璃紙基板、芳族聚醯胺薄膜基板、聚醯亞胺薄膜基板、石材基板、木材基板、布基板（包括天然纖維（絲、棉、麻）、合成纖維（尼龍、聚氨酯、聚酯）或再生纖維（醋酸纖維、銅氨纖維、人造纖維、再生聚酯）等）、皮革基板、橡膠基板等。藉由使用上述基板，可以實現特性良好的電晶體等、耗電量小的電晶體等、不易損壞的裝置、耐熱性的提高、輕量化或薄型化。

[0133] 注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

[0134]

實施方式 5

在本實施方式中，對具有將本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物用於 EL 層的發光元件的發光裝置進行說明。

[0135] 上述發光裝置既可以是被動矩陣型發光裝置，也可以是主動矩陣型發光裝置。此外，可以將其他實施方式所示的發光元件應用於本實施方式所示的發光裝置。

[0136] 在本實施方式中，參照圖 6A 及圖 6B 說明主動矩陣型發光裝置。

[0137] 圖 6A 是發光裝置的俯視圖，圖 6B 是沿圖 6A 中的點劃線 A-A' 進行切割的剖面圖。本實施方式的主動矩陣型發光裝置具有設置在元件基板 601 上的像素部 602、驅動電路部（源極線驅動電路）603 以及驅動電路部（閘極線驅動電路）604a 及 604b。將像素部 602、驅動電路部 603 以及驅動電路部 604a、604b 由密封材料 605 密封在元件基板 601 與密封基板 606 之間。

[0138] 在元件基板 601 上設置引導佈線 607，該引導佈線 607 用來連接對驅動電路部 603 及驅動電路部 604a、604b 傳遞來自外部的信號（例如，視訊信號、時脈信號、啟動信號或重設信號等）或電位的外部輸入端子。在此，示出作為外部輸入端子設置 FPC（撓性印刷電路）608 的例子。雖然在此只圖示 FPC，但是該 FPC 也可以安裝有印刷線路板（PWB）。本說明書中的發光裝置不僅包括發光裝置主體，而且還包括安裝有 FPC 或 PWB 的發光裝置。

[0139] 接著，參照圖 6B 說明剖面結構。在元件基板 601 上形成有驅動電路部及像素部，在此示出作為源極線驅動電路的驅動電路部 603 及像素部 602。

[0140] 在此示出組合 FET609 和 FET610 構成驅動電路部 603 的例子。驅動電路部 603 既可以由包含單極性（N 型或 P 型）電晶體的電路形成，又可以由包含 N 型電晶體及 P 型電晶體的 CMOS 電路形成。在本實施方式中，雖然示出將驅動電路形成在基板上的驅動器一體型，但是

也可以將驅動電路形成在基板的外部。

[0141] 此外，像素部 602 由包括開關用 FET611、電流控制用 FET612 及與電流控制用 FET612 的佈線（源極電極或汲極電極）電連接的第一電極（陽極）613 的多個像素形成。此外，雖然在本實施方式中示出由開關用 FET611、電流控制用 FET612 的兩個 FET 構成像素部 602 的例子，但不侷限於此。例如，像素部 602 也可以包括三個以上的 FET 及電容元件。

[0142] 作為 FET609、610、611、612，例如可以適當地使用交錯型電晶體或反交錯型電晶體。作為可以用於 FET609、610、611、612 的半導體材料，例如可以使用第 13 族（銻等）半導體、第 14 族（矽等）半導體、化合物半導體、氧化物半導體、有機半導體材料。此外，對該半導體材料的結晶性也沒有特別的限制，例如可以使用非晶半導體膜或結晶半導體膜。尤其是，FET609、610、611、612 較佳為使用氧化物半導體。作為該氧化物半導體，例如可例舉 In-Ga 氧化物、In-M-Zn 氧化物（M 為 Al、Ga、Y、Zr、La、Ce 或 Nd）等。作為 FET609、610、611、612，例如使用能隙為 2eV 以上，較佳為 2.5eV 以上，更佳為 3eV 以上的氧化物半導體材料，由此可以降低電晶體的關態電流（off-state current）。

[0143] 另外，以覆蓋第一電極 613 的端部的方式形成有絕緣物 614。在此，使用正型光敏丙烯酸樹脂形成絕緣物 614。此外，在本實施方式中，將第一電極 613 用作

陽極。

[0144] 較佳為將絕緣物 614 的上端部或下端部形成為具有曲率的曲面。藉由將絕緣物 614 形成為上述形狀，可以提高形成在絕緣物 614 上的膜的覆蓋性。例如，作為絕緣物 614 的材料，可以使用負型光敏樹脂或正型光敏樹脂，不侷限於有機化合物，還可以使用無機化合物諸如氧化矽、氧氮化矽、氮化矽等。

[0145] 在第一電極（陽極）613 上層疊形成有 EL 層 615 及第二電極（陰極）616。在 EL 層 615 中至少設置有發光層。另外，在 EL 層 615 中，除了發光層之外，還可以適當地設置電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層、電子注入層、電荷產生層等。

[0146] 另外，由第一電極（陽極）613、EL 層 615 及第二電極（陰極）616 的疊層結構形成發光元件 617。作為用於第一電極（陽極）613、EL 層 615 及第二電極（陰極）616 的材料，可以使用實施方式 2 所示的材料。此外，雖然在此未圖示，但是第二電極（陰極）616 與外部輸入端子 FPC608 電連接。

[0147] 雖然在圖 6B 所示的剖面圖中僅示出一個發光元件 617，但是，在像素部 602 中多個發光元件被配置為矩陣狀。藉由在像素部 602 中分別選擇性地形成能夠得到三種（R、G、B）顏色的發光的發光元件，可以形成能夠進行全彩色顯示的發光裝置。此外，除了可以得到三種（R、G、B）顏色的發光的發光元件以外，例如也可以形

成能夠得到白色（W）、黃色（Y）、洋紅色（M）、青色（C）等顏色的發光的發光元件。例如，藉由對能夠得到三種（R、G、B）顏色的發光的發光元件追加能夠得到上述多種發光的發光元件，可以獲得色純度的提高、電力消耗的降低等效果。此外，也可以藉由與濾色片組合來實現能夠進行全彩色顯示的發光裝置。再者，也可以實現藉由與量子點組合來提高發光效率，且耗電量得到降低的發光裝置。

[0148] 再者，藉由使用密封材料 605 將密封基板 606 與元件基板 601 貼合在一起，在由元件基板 601、密封基板 606 和密封材料 605 圍繞的空間 618 中設置發光元件 617。空間 618 可以填充有惰性氣體（如氮氣或氬氣等），也可以填充有密封材料 605。

[0149] 較佳為將環氧類樹脂或玻璃料用作密封材料 605。此外，這些材料較佳為儘量不使水分和氧透過的材料。此外，作為元件基板 601 或密封基板 606，除了玻璃基板和石英基板之外，還可以使用由 FRP（Fiber-Reinforced Plastics：玻璃纖維強化塑膠）、PVF（polyvinyl fluoride：聚氟乙烯）、聚酯或丙烯酸等構成的塑膠基板。從黏合性的觀點來看，在作為密封材料使用玻璃料的情況下，作為元件基板 601 及密封基板 606 較佳為使用玻璃基板。

[0150] 如上所述，可以得到主動矩陣型發光裝置。

[0151] 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式

所示的結構適當地組合而實施。

[0152]

實施方式 6

在本實施方式中，使用圖 7A、圖 7B、圖 7C、圖 7D、圖 7D'1 及圖 7D'2 對適用本發明的一個實施方式的發光裝置而完成的各種各樣的電子裝置的一個例子進行說明。

[0153] 作為適用發光裝置的電子裝置，例如可例舉電視機（也稱為電視或電視接收機）、用於電腦等的監視器、數位相機、數位攝影機等相機、數位相框、行動電話機（也稱為行動電話、行動電話裝置）、可攜式遊戲機、可攜式資訊終端、音頻再生裝置、彈珠機等大型遊戲機等。圖 7A、圖 7B、圖 7C、圖 7D、圖 7D'1 及圖 7D'2 示出這些電子裝置的具體例子。

[0154] 圖 7A 示出電視機的一個例子。在電視機 7100 中，外殼 7101 中組裝有顯示部 7103。由顯示部 7103 能夠顯示影像，也可以採用安裝有觸控感測器（輸入裝置）的觸控面板（輸入輸出裝置）。此外，可以將本發明的一個實施方式的發光裝置用於顯示部 7103。在此示出利用支架 7105 支撐外殼 7101 的結構。

[0155] 藉由利用外殼 7101 所具備的操作開關、或另外提供的遙控器 7110 可以進行電視機 7100 的操作。藉由利用遙控器 7110 所具備的操作鍵 7109，可以進行頻道、音量的操作，並可以對在顯示部 7103 上顯示的影像進行

操作。此外，也可以採用在遙控器 7110 中設置顯示從該遙控器 7110 輸出的資訊的顯示部 7107 的結構。

[0156] 電視機 7100 採用具備接收機、數據機等的結構。藉由接收機可以接收一般的電視廣播。再者，藉由數據機連接到有線或無線方式的通信網路，可以進行單向（從發送者到接收者）或雙向（發送者和接收者之間或接收者彼此之間等）的資訊通信。

[0157] 圖 7B 為電腦，該電腦包括主體 7201、外殼 7202、顯示部 7203、鍵盤 7204、外部連接埠 7205、指向裝置 7206 等。該電腦可以藉由將本發明的一個實施方式的發光裝置用於其顯示部 7203 來製造。此外，顯示部 7203 也可以為安裝有觸控感測器（輸入裝置）的觸控面板（輸入輸出裝置）。

[0158] 圖 7C 是智慧手錶，該智慧手錶包括外殼 7302、顯示面板 7304、操作按鈕 7311、操作按鈕 7312、連接端子 7313、腕帶 7321、錶帶扣 7322 等。

[0159] 安裝在兼作框架（bezel）部分的外殼 7302 中的顯示面板 7304 具有非矩形狀的顯示區域。顯示面板 7304 可以顯示表示時間的圖示 7305 以及其他圖示 7306 等。此外，顯示面板 7304 也可以為安裝有觸控感測器（輸入裝置）的觸控面板（輸入輸出裝置）。

[0160] 在圖 7C 所示的智慧手錶可以具有各種功能。例如，可以具有在顯示部分上顯示多種資訊（靜態影像、運動影像、文字影像等）的功能，觸控面板功能，顯示日

曆、日期或時間等的功能，以多種軟體（程式）控制處理的功能，無線通訊功能，使用無線通訊功能與多種電腦網路連接的功能，使用無線通訊功能發送及接收多種資料的功能，以及讀取儲存於儲存介質內的程式或資料並且將該程式或資料顯示於顯示部分上的功能等。

[0161] 外殼 7302 的內部可具有揚聲器、感測器（包括測定如下因素的功能：力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉速、距離、光、液、磁、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電力、輻射線、流量、濕度、斜率、振動、氣味或紅外線）、麥克風等。另外，智慧手錶可以藉由將發光裝置用於其顯示面板 7304 來製造。

[0162] 圖 7D 示出行動電話機（包括智慧手機）的一個例子。行動電話機 7400 在外殼 7401 中具備顯示部 7402、麥克風 7406、揚聲器 7405、照相機 7407、外部連接部 7404、操作按鈕 7403 等。當將本發明的一個實施方式的發光元件形成在具有撓性的基板來製造發光裝置時，可以應用於如圖 7D 所示那樣的具有曲面的顯示部 7402。

[0163] 圖 7D 所示的行動電話機 7400 可以用手指等觸摸顯示部 7402 來輸入資訊。此外，可以用手指等觸摸顯示部 7402 來進行打電話或寫電子郵件等的操作。

[0164] 顯示部 7402 的螢幕主要有如下三種模式：第一是以影像顯示為主的顯示模式；第二是以文字等資訊輸入為主的輸入模式；第三是混合顯示模式與輸入模式的兩

種模式的顯示及輸入模式。

[0165] 例如，在打電話或寫電子郵件的情況下，將顯示部 7402 設定為以文字輸入為主的文字輸入模式，並進行顯示在螢幕的文字的輸入操作即可。在此情況下，較佳的是，在顯示部 7402 的螢幕的大部分上顯示鍵盤或號碼按鈕。

[0166] 另外，藉由在行動電話機 7400 內部設置陀螺儀和加速度感測器等檢測裝置，判斷行動電話機 7400 的方向（縱向或橫向），由此可以對顯示部 7402 的螢幕顯示進行自動切換。

[0167] 藉由觸摸顯示部 7402 或對外殼 7401 的操作按鈕 7403 進行操作，切換螢幕模式。或者，可以根據顯示在顯示部 7402 上的影像的類型而切換螢幕模式。例如，當顯示在顯示部上的影像信號為運動影像時，將螢幕模式切換成顯示模式，而當顯示在顯示部上的影像為文字時，將螢幕模式切換成輸入模式。

[0168] 另外，當在輸入模式下藉由獲得顯示部 7402 的光感測器所檢測的信號並在一定時間內未進行顯示部 7402 的觸摸操作輸入時，也可以進行控制將畫面模式從輸入模式切換成顯示模式。

[0169] 還可以將顯示部 7402 用作影像感測器。例如，可以藉由用手掌或手指觸摸顯示部 7402 來拍攝掌紋、指紋等，進行個人識別。另外，還可以藉由將發出近紅外光的背光或發出近紅外光的感測用光源用於顯示部，

拍攝手指靜脈、手掌靜脈等。

[0170] 再者，作為行動電話機（包括智慧手機）的其他結構，也可以對圖 7D'1 和圖 7D'2 所示的行動電話機應用本發明的一個實施方式的發光元件。

[0171] 在具有圖 7D'1 和圖 7D'2 所示結構的行動電話機中，不僅在外殼 7500（1）、外殼 7500（2）的第一面 7501（1）、第一面 7501（2）上，而且還在第二面 7502（1）、第二面 7502（2）上顯示文字資訊或影像資訊等。借助於這種結構，使用者能夠在將行動電話機收納在上衣口袋中的狀態下容易確認在第二面 7502（1）、第二面 7502（2）等上顯示的文字資訊或影像資訊等。

[0172] 圖 8A 至圖 8C 示出能夠折疊的可攜式資訊終端 9310。圖 8A 示出展開狀態的可攜式資訊終端 9310。圖 8B 示出從展開狀態和折疊狀態中的一個狀態變為另一個狀態的中途的狀態的可攜式資訊終端 9310。圖 8C 示出折疊狀態的可攜式資訊終端 9310。可攜式資訊終端 9310 在折疊狀態下可攜性好，在展開狀態下因為具有無縫拼接的較大的顯示區域所以顯示一覽性強。

[0173] 顯示面板 9311 由鉸鏈部 9313 所連接的三個外殼 9315 來支撐。此外，顯示面板 9311 也可以為安裝有觸控感測器（輸入裝置）的觸控面板（輸入輸出裝置）。此外，顯示面板 9311 藉由鉸鏈部 9313 使兩個外殼 9315 之間彎折，由此可以使可攜式資訊終端 9310 從展開狀態可逆性地變為折疊狀態。可以將本發明的一個實施方式的

發光裝置用於顯示面板 9311。顯示面板 9311 中的顯示區域是位於折疊狀態的可攜式資訊終端 9310 的側面的顯示區域。在顯示區域中可以顯示資訊圖示或者使用頻率高的應用軟體或程式的快捷方式等，能夠順利地進行資訊的確認或軟體的開啟。

[0174] 如上所述，可以適用本發明的一個實施方式的發光裝置來得到電子裝置。能夠應用的電子裝置不侷限於在本實施方式中所示的電子裝置，可以應用於各種領域的電子裝置。

[0175] 注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

[0176]

實施方式 7

在本實施方式中，使用圖 9 對適用本發明的一個實施方式的發光裝置的照明設備的一個例子進行說明。

[0177] 圖 9 是將發光裝置用於室內照明設備 8001 的例子。另外，因為發光裝置可以實現大面積化，所以也可以形成大面積的照明設備。此外，也可以藉由使用具有曲面的外殼來形成包括外殼、覆蓋物或支撐體且發光區域具有曲面的照明設備 8002。包括在本實施方式所示的發光裝置中的發光元件為薄膜狀，所以外殼設計的彈性高。因此，可以形成能夠對應各種設計的照明設備。再者，室內的牆面也可以設置有大型的照明設備 8003。

[0178] 另外，藉由將發光裝置用於桌子的表面，可

以提供具有桌子的功能的照明設備 8004。此外，藉由將發光裝置用於其他家具的一部分，可以提供具有家具的功能的照明設備。

[0179] 如上所述，可以得到適用發光裝置的各種各樣的照明設備。另外，這種照明設備包括在本發明的一個實施方式中。

[0180] 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

實施例 1

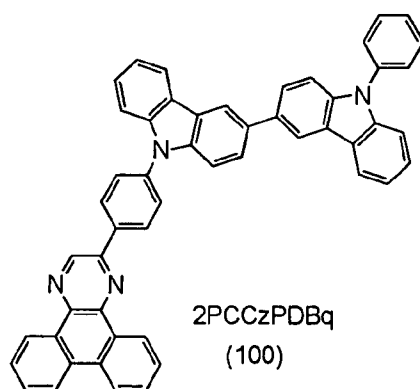
[0181]

〈〈合成例 1〉〉

在本實施例中，作為本發明的一個實施方式的合成方法，說明 2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2PCCzPDBq）（結構式（100））的合成方法。下面示出 2PCCzPDBq 的結構。

[0182]

[化學式 16]



[0183]

〈2PCCzPDBq 的合成〉

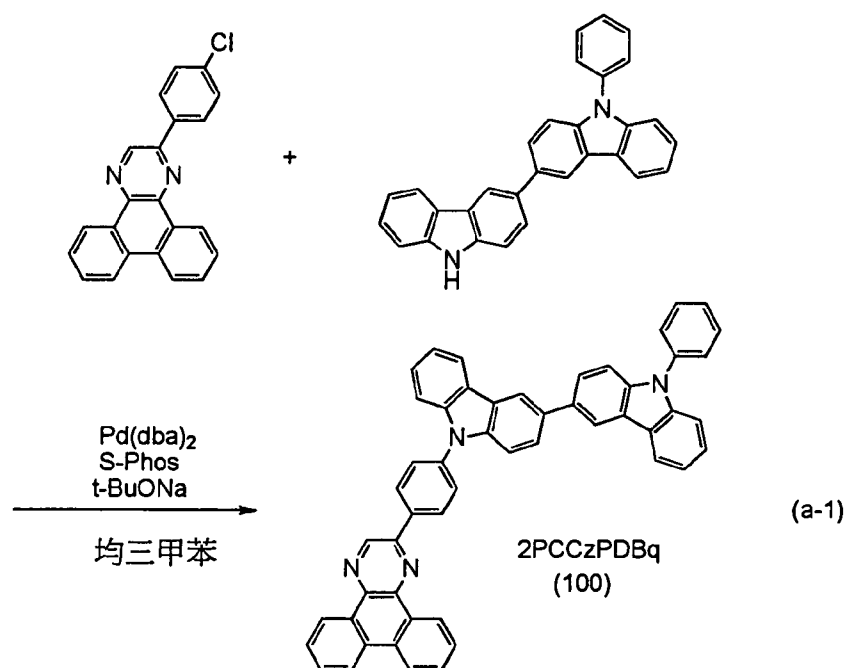
首先，將 1.0g (2.8mmol) 的 2-(4-氯苯基)二苯并[f,h]喹啉、1.1g (2.8mmol) 的 3-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)-9H-吡啶、0.54g (5.6mmol) 的三級丁醇鈉、23mg (0.10mmol) 的 2-二環己基膦基-2',6'-二甲氧基聯苯 (S-Phos) 放入 200mL 的三頸燒瓶中混合，並對燒瓶內進行氬氣置換。對該混合物添加 14mL 的均三甲苯，將燒瓶內減壓，藉由攪拌進行脫氣。

[0184] 接著，對該混合物添加 16mg (0.028mmol) 的雙(二亞苺基丙酮)鈀(0) (簡稱: Pd(dba)₂)。在氬氣流下以 150℃ 攪拌該混合物 5 小時，就會析出固體。藉由吸引過濾來收集所析出的固體。將收集的固體溶解於大約 400mL 的被加熱的甲苯，利用矽藻土和礬土的疊層物對該溶液進行吸引過濾。利用甲苯使濃縮所得到的濾液而得到的固體重結晶，以 80% 的產率得到 1.6g 的目的物的黃色粉末。

[0185] 利用梯度昇華法對所得到的 1.4g 的目的物的黃色粉末狀固體進行昇華純化。昇華純化條件如下：壓力為 3.8Pa，氬氣流量為 10mL/min，加熱溫度為 380℃。在昇華純化後，以 79% 的收集率得到 1.1g 的 2PCCzPDBq 的黃色玻璃狀固體。下面示出本步驟的合成方案 (a-1)。

[0186]

[化學式 17]



[0187] 下面示出經上述步驟得到的黃色粉末狀固體的核磁共振光譜法 ($^1\text{H-NMR}$) 的分析結果。另外，圖 10A 及圖 10B 示出 $^1\text{H-NMR}$ 圖。圖 10B 是圖 10A 的橫軸 (δ) 的 7.0 (ppm) 至 10 (ppm) 的範圍的放大圖。由此可知，在上述步驟中得到了 2PCCzPDBq (結構式 (100))。

[0188] $\delta=7.32$ (t, $J=5.7\text{Hz}$, 1H), 7.37 (t, $J=8.0\text{Hz}$, 1H), 7.43-7.53 (m, 5H), 7.58-7.66 (m, 6H), 7.72-7.89 (m, 8H), 8.25 (d, $J=7.4\text{Hz}$, 1H), 8.30 (d, $J=8.1\text{Hz}$, 1H), 8.44 (d, $J=7.5\text{Hz}$, 1H), 8.50 (d, $J=5.4\text{Hz}$, 2H), 8.64-8.67 (m, 3H), 9.25 (d, $J=8.0\text{Hz}$, 1H), 9.37 (d, $J=6.3\text{Hz}$, 1H), 9.47 (s, 1H)。

[0189] 接著，圖 11 示出 2PCCzPDBq 的甲苯溶液的

吸收光譜及發射光譜，圖 12 示出薄膜的吸收光譜及發射光譜。在光譜的測定中使用紫外可見分光光度計（日本分光株式會社製造，V550 型）。將 2PCCzPDBq 的甲苯溶液放入石英皿來測定甲苯溶液的光譜。另外，將 2PCCzPDBq 蒸鍍於石英基板而製造樣本來測定 2PCCzPDBq 薄膜中的 2PCCzPDBq 的光譜。注意，圖示的甲苯溶液的吸收光譜是減去只將甲苯放入到石英皿而測定出的吸收光譜的吸收光譜，圖示的薄膜的吸收光譜是減去石英基板的吸收光譜的吸收光譜。

[0190] 由圖 11 可知，2PCCzPDBq 的甲苯溶液在 305nm、385nm 附近可觀察到吸收峰值，發光波長的峰值為 450nm（激發波長為 305nm）。另外，由圖 12 可知，2PCCzPDBq 的薄膜在 209nm、258nm、307nm、336nm 及 396nm 附近可觀察到吸收峰值，發光波長的峰值為 502nm（激發波長為 396nm）。

實施例 2

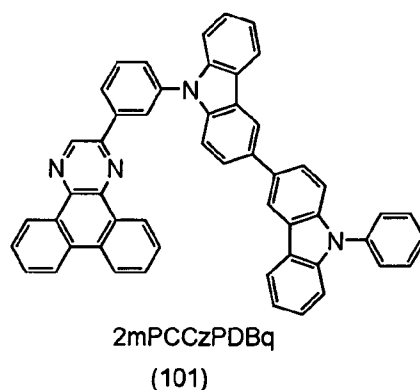
[0191]

〈〈合成例 2〉〉

在本實施例中，作為本發明的一個實施方式的合成方法，說明 2-{3-[3-(N-苯基-9H-吡啶-3-基)-9H-吡啶-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2mPCCzPDBq）（結構式（101））的合成方法。下面示出 2mPCCzPDBq 的結構。

[0192]

[化學式 18]



[0193]

〈2mPCCzPDBq 的合成〉

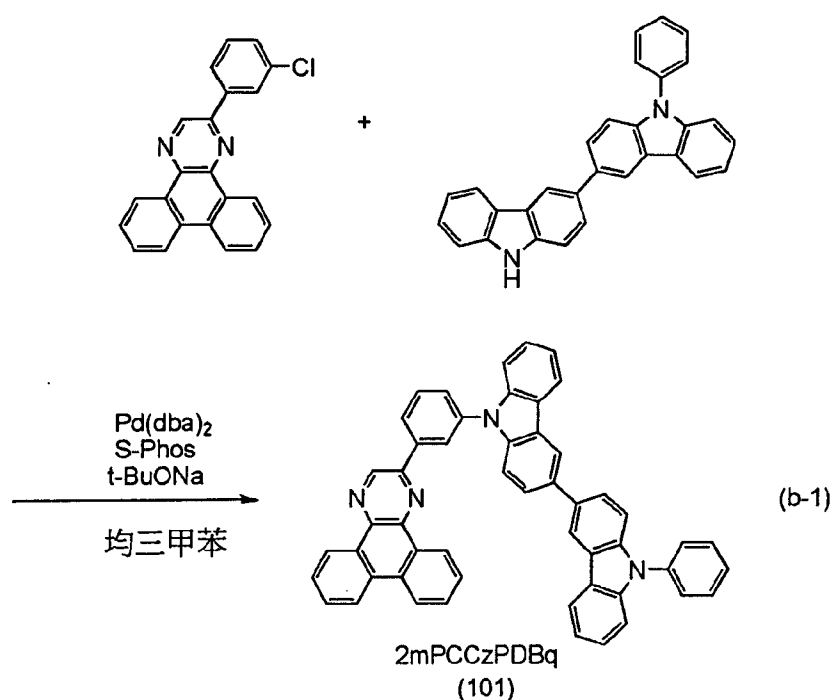
首先，將 1.7g (5.0mmol) 的 2-(3-氯苯基)二苯并[f,h]喹啉、2.0g (5.0mmol) 的 3-(9-苯基-9H-卡啉-3-基)-9H-卡啉、0.96g (10mmol) 的三級丁醇鈉、41mg (0.10mmol) 的 2-二環己基膦基-2',6'-二甲氧基聯苯 (S-Phos) 放入 200mL 的三頸燒瓶中混合，並對燒瓶內進行氮氣置換。對該混合物添加 25mL 的均三甲苯，將燒瓶內減壓，藉由攪拌進行脫氣。

[0194] 接著，對該混合物添加 29mg (0.050mmol) 的雙(二亞苄基丙酮)鈀(0) (簡稱：Pd(dba)₂)。在氮氣流下以 150℃ 攪拌該混合物 5 小時，就會析出固體。藉由吸引過濾來收集所析出的固體。將收集的固體溶解於大約 400mL 的被加熱的甲苯，利用矽藻土和礬土的疊層物對該溶液進行吸引過濾。利用甲苯使濃縮所得到的濾液而得到的固體重結晶，以 79% 的產率得到 2.8g 的目的物的黃色粉末。

[0195] 利用梯度昇華法對所得到的 2.2g 的目的物的黃色粉末狀固體進行昇華純化。昇華純化條件如下：壓力為 2.5Pa，氬氣流量為 10mL/min，加熱溫度為 360℃。在昇華純化後，以 55%的收集率得到 1.2g 的 2mPCCzPDBq 的黃色玻璃狀固體。下面示出本步驟的合成方案（b-1）。

[0196]

[化學式 19]



[0197] 下面示出經上述步驟得到的黃色粉末狀固體的核磁共振光譜法（ $^1\text{H-NMR}$ ）的分析結果。另外，圖 13A 及圖 13B 示出 $^1\text{H-NMR}$ 圖。圖 13B 是圖 13A 的橫軸（ δ ）的 7.0（ppm）至 10（ppm）的範圍的放大圖。由此可知，在上述步驟中得到了 2-〔3-〔3-（N-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑-9-基〕苯基〕二苯并[f,h]喹啉（簡稱：

2mPCCzPDBq) (結構式 (101))。

[0198] ^1H NMR (CDCl_3 , 500MHz) : δ (ppm) = 7.31-7.54 (m, 7H), 7.58-7.67 (m, 6H), 7.73-7.90 (m, 8H), 8.25 (d, $J=8.0\text{Hz}$, 1H), 8.30 (d, $J=8.1\text{Hz}$, 1H), 8.45 (d, $J=6.3\text{Hz}$, 1H), 8.49 (d, $J=3.7\text{Hz}$, 2H), 8.65-8.68 (m, 3H), 9.25 (d, $J=2.0\text{Hz}$, 1H), 9.37 (d, $J=6.9\text{Hz}$, 1H), 9.48 (s, 1H)。

[0199] 接著，圖 14 示出 2mPCCzPDBq 的甲苯溶液的吸收光譜及發射光譜，圖 15 示出薄膜的吸收光譜及發射光譜。在光譜的測定中使用紫外可見分光光度計（日本分光株式會社製造，V550 型）。將 2mPCCzPDBq 的甲苯溶液放入石英皿來測定甲苯溶液的光譜。另外，將 2mPCCzPDBq 蒸鍍於石英基板而製造樣本來測定 2mPCCzPDBq 薄膜中的 2mPCCzPDBq 的光譜。注意，圖示的甲苯溶液的吸收光譜是減去只將甲苯放入到石英皿而測定出的吸收光譜的吸收光譜，圖示的薄膜的吸收光譜是減去石英基板的吸收光譜的吸收光譜。

[0200] 由圖 14 可知，2mPCCzPDBq 的甲苯溶液在 305nm、374nm 附近可觀察到吸收峰值，發光波長的峰值為 480nm（激發波長為 305nm）。另外，由圖 15 可知，2mPCCzPDBq 的薄膜在 208nm、257nm、308nm、361nm 及 379nm 附近可觀察到吸收峰值，發光波長的峰值為 515nm（激發波長為 380nm）。

實施例 3

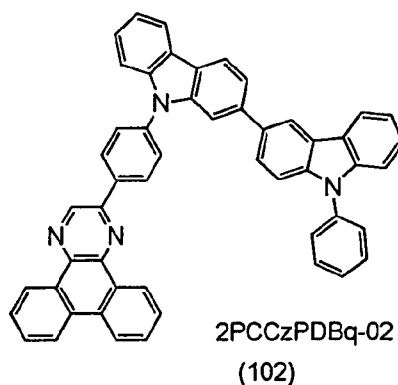
[0201]

〈〈合成例 3〉〉

在本實施例中，作為本發明的一個實施方式的合成方法，說明 2-{4-[2-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2PCCzPDBq-02）（結構式（102））的合成方法。下面示出 2PCCzPDBq-02 的結構。

[0202]

[化學式 20]



[0203]

〈2PCCzPDBq-02 的合成〉

首先，將 1.4g（4.2mmol）的 2-（4-氯苯基）二苯并[f,h]喹啉、1.7g（4.2mmol）的 2-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑、0.81g（8.4mmol）的三級丁醇鈉、34mg（0.10mmol）的 2-二環己基膦基-2',6'-二甲氧基聯苯（S-Phos）放入 200mL 的三頸燒瓶中混合，並對燒瓶內進行

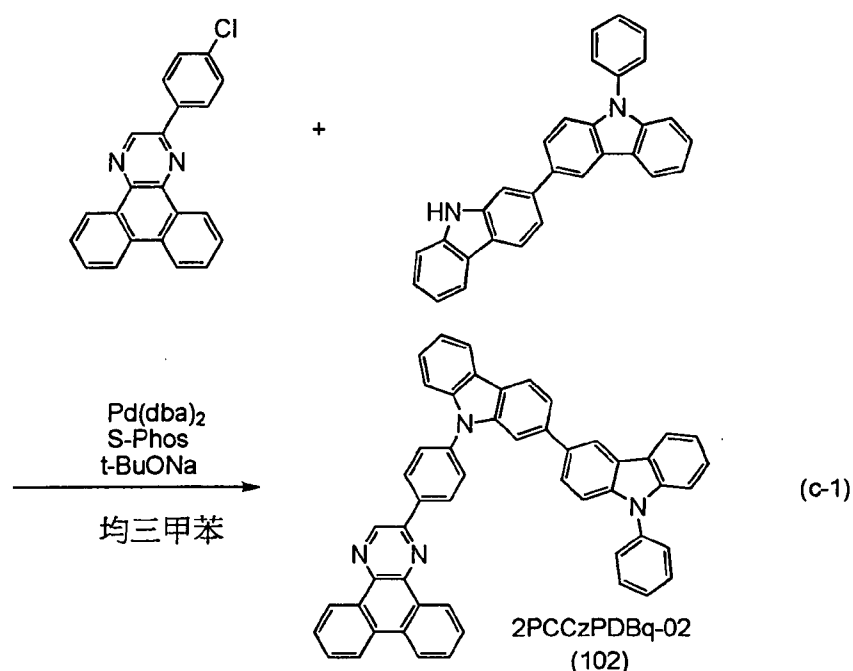
氬氣置換。對該混合物添加 21mL 的均三甲苯，將燒瓶內減壓，藉由攪拌進行脫氣。

[0204] 接著，對該混合物添加 24mg (0.042mmol) 的雙(二亞苺基丙酮)鈀(0) (簡稱： $\text{Pd}(\text{dba})_2$)。在氬氣流下以 150℃ 攪拌該混合物 5 小時，就會析出固體。藉由吸引過濾來收集所析出的固體。將收集的固體溶解於大約 400mL 的被加熱的甲苯，利用矽藻土和礬土的疊層物對該溶液進行吸引過濾。利用甲苯使濃縮所得到的濾液而得到的固體重結晶，以 84% 的產率得到 2.5g 的目的物的黃色粉末。

[0205] 利用梯度昇華法對所得到的 2.0g 的目的物的黃色粉末狀固體進行昇華純化。昇華純化條件如下：壓力為 3.7Pa，氬氣流量為 10mL/min，加熱溫度為 390℃。在昇華純化後，以 85% 的收集率得到 1.7g 的 2PCCzPDBq-02 的黃色玻璃狀固體。下面示出本步驟的合成方案 (c-1)。

[0206]

[化學式 21]



[0207] 下面示出經上述步驟得到的黃色粉末狀固體的核磁共振光譜法 ($^1\text{H-NMR}$) 的分析結果。另外，圖 16A 及圖 16B 示出 $^1\text{H-NMR}$ 圖。圖 16B 是圖 16A 的橫軸 (δ) 的 7.0 (ppm) 至 10 (ppm) 的範圍的放大圖。由此可知，在上述步驟中得到了 2-{4-[2-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2PCCzPDBq-02) (結構式 (102))。

[0208] $\delta=7.25-7.48$ (m, 7H), $7.71-7.75$ (m, 2H), $7.71-7.75$ (m, 5H), 7.91 (d, $J=8.6\text{Hz}$, 2H), 8.21 (d, $J=7.4\text{Hz}$, 1H), 8.26 (d, $J=8.0\text{Hz}$, 2H), 8.42 (sd, $J=1.7\text{Hz}$, 2H), $8.63-8.69$ (m, 4H), 9.27 (d, $J=8.0\text{Hz}$, 1H), 9.46 (d, $J=6.3\text{Hz}$, 1H), 9.51 (s, 1H)。

[0209] 接著，圖 17 示出 2PCCzPDBq-02 的甲苯溶液

的吸收光譜及發射光譜，圖 18 示出薄膜的吸收光譜及發射光譜。在光譜的測定中使用紫外可見分光光度計（日本分光株式會社製造，V550 型）。將 2PCCzPDBq-02 的甲苯溶液放入石英皿來測定甲苯溶液的光譜。另外，將 2PCCzPDBq-02 蒸鍍於石英基板而製造樣本來測定 2PCCzPDBq-02 薄膜中的 2PCCzPDBq-02 的光譜。注意，圖示的甲苯溶液的吸收光譜是減去只將甲苯放入到石英皿而測定出的吸收光譜的吸收光譜，圖示的薄膜的吸收光譜是減去石英基板的吸收光譜的吸收光譜。

[0210] 由圖 17 可知，2PCCzPDBq-02 的甲苯溶液在 323nm、381nm 附近可觀察到吸收峰值，發光波長的峰值為 421nm（激發波長為 320nm）。另外，由圖 18 可知，2PCCzPDBq-02 的薄膜在 209nm、257nm、311nm、326nm、351nm 及 389nm 附近可觀察到吸收峰值，發光波長的峰值為 473nm（激發波長為 396nm）。

實施例 4

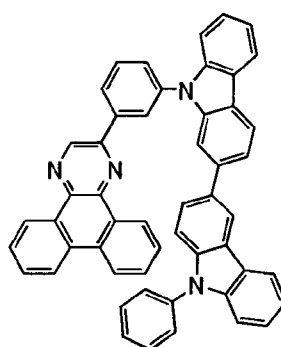
[0211]

〈〈合成例 4〉〉

在本實施例中，作為本發明的一個實施方式的合成方法，說明 2-{3-[2-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2mPCCzPDBq-02）（結構式（103））的合成方法。下面示出 2mPCCzPDBq-02 的結構。

[0212]

[化學式 22]



2mPCCzPDBq-02

(103)

[0213]

〈2mPCCzPDBq-02 的合成〉

首先，將 1.7g (5.0mmol) 的 2-(3-氯苯基)二苯并[f,h]喹啉、2.0g (5.0mmol) 的 2-(9-苯基-9H-卡啉-3-基)-9H-卡啉、0.96g (10mmol) 的三級丁醇鈉、41mg (0.10mmol) 的 2-二環己基膦基-2',6'-二甲氧基聯苯 (S-Phos) 放入 200mL 的三頸燒瓶中混合，並對燒瓶內進行氮氣置換。對該混合物添加 25mL 的均三甲苯，將燒瓶內減壓，藉由攪拌進行脫氣。

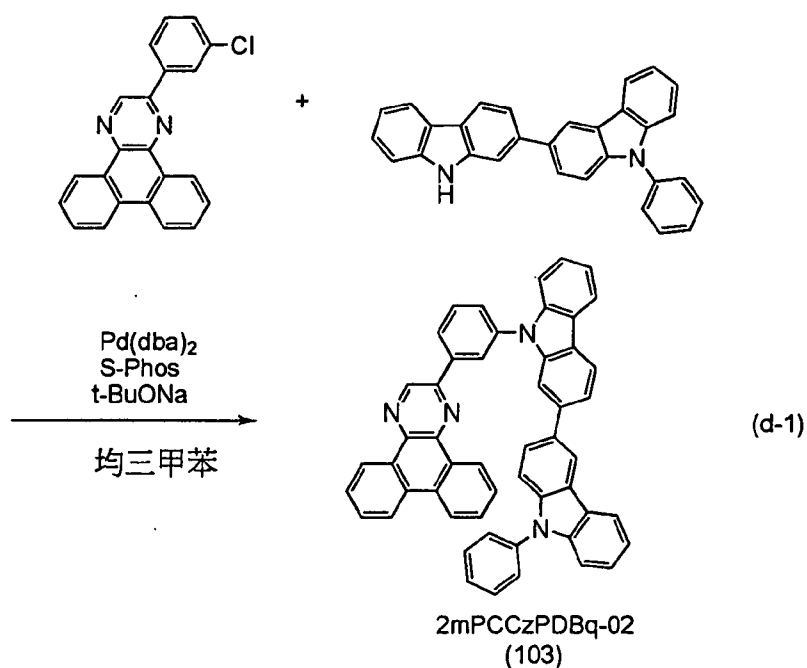
[0214] 接著，對該混合物添加 29mg (0.050mmol) 的雙(二亞苄基丙酮)鈀(0) (簡稱：Pd(dba)₂)。在氮氣流下以 150℃ 攪拌該混合物 4 小時，就會析出固體。藉由吸引過濾來收集所析出的固體。將收集的固體溶解於大約 400mL 的被加熱的甲苯，利用矽藻土、礬土和矽酸鎂的疊層物對該溶液進行吸引過濾。利用甲苯使濃縮所得到的濾液而得到的固體重結晶，以 87% 的產率得到 3.1g 的

目的物的白色粉末。

[0215] 利用梯度昇華法對所得到的 3.0g 的目的物的白色粉末狀固體進行昇華純化。昇華純化條件如下：壓力為 10Pa，氬氣流量為 5.0mL/min，加熱溫度為 360℃。在昇華純化後，以 65%的收集率得到 2.0g 的 2mPCCzPDBq-02 的黃色玻璃狀固體。下面示出本步驟的合成方案（d-1）。

[0216]

[化學式 23]



[0217] 下面示出經上述步驟得到的白色粉末狀固體的核磁共振光譜法（ $^1\text{H-NMR}$ ）的分析結果。另外，圖 19A 及圖 19B 示出 $^1\text{H-NMR}$ 圖。圖 19B 是圖 19A 的橫軸（ δ ）的 7.0（ppm）至 10（ppm）的範圍的放大圖。由此可知，在上述步驟中得到了 2mPCCzPDBq-02（結構式（103））。

[0218] ^1H NMR (DMSO- d_6 , 500MHz) : δ (ppm) = 7.17 (t, $J_1=7.5\text{Hz}$, 1H), 7.31-7.39 (m, 4H), 7.47-7.52 (m, 2H), 7.56-7.57 (m, 3H), 7.63-7.66 (m, 3H), 7.75-7.92 (m, 7H), 7.98 (t, $J_1=2.5\text{Hz}$, 1H), 8.19 (d, $J_1=7.5\text{Hz}$, 1H), 8.30 (d, $J_1=7.5\text{Hz}$, 1H), 8.37 (d, $J_1=8.0\text{Hz}$, 1H), 8.54 (sd, $J_1=1.5\text{Hz}$, 1H), 8.62 (d, $J_1=8.0\text{Hz}$, 1H), 8.79-8.82 (m, 3H), 9.19 (d, $J_1=8.0\text{Hz}$, 1H), 9.25 (d, $J_1=9.0\text{Hz}$, 1H), 9.75 (s, 1H)。

[0219] 接著，圖 20 示出 2mPCCzPDBq-02 的甲苯溶液的吸收光譜及發射光譜，圖 21 示出薄膜的吸收光譜及發射光譜。在光譜的測定中使用紫外可見分光光度計（日本分光株式會社製造，V550 型）。將 2mPCCzPDBq-02 的甲苯溶液放入石英皿來測定甲苯溶液的光譜。另外，將 2mPCCzPDBq-02 蒸鍍於石英基板而製造樣本來測定 2mPCCzPDBq-02 薄膜中的 2mPCCzPDBq-02 的光譜。注意，圖示的甲苯溶液的吸收光譜是減去只將甲苯放入到石英皿而測定出的吸收光譜的吸收光譜，圖示的薄膜的吸收光譜是減去石英基板的吸收光譜的吸收光譜。

[0220] 由圖 20 可知，2mPCCzPDBq-02 的甲苯溶液在 281nm、305nm、319nm 及 374nm 附近可觀察到吸收峰值，發光波長的峰值為 389nm 及 410nm。另外，由圖 21 可知，2mPCCzPDBq-02 的薄膜在 209nm、257nm、309nm、327nm、354nm 及 386nm 附近可觀察到吸收峰

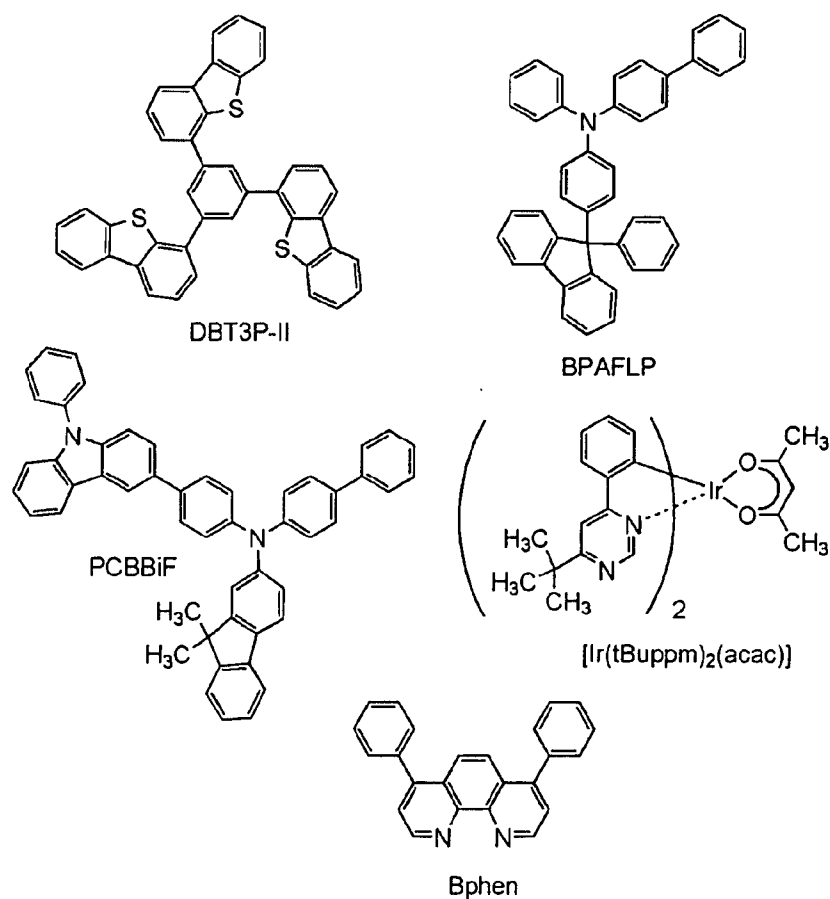
值，發光波長的峰值為 484nm（激發波長為 381nm）。

實施例 5

[0221] 在本實施例中，製造使用本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物的發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3。參照圖 22 對各發光元件的結構進行說明。另外，下面示出在本實施例中使用的材料的化學式。

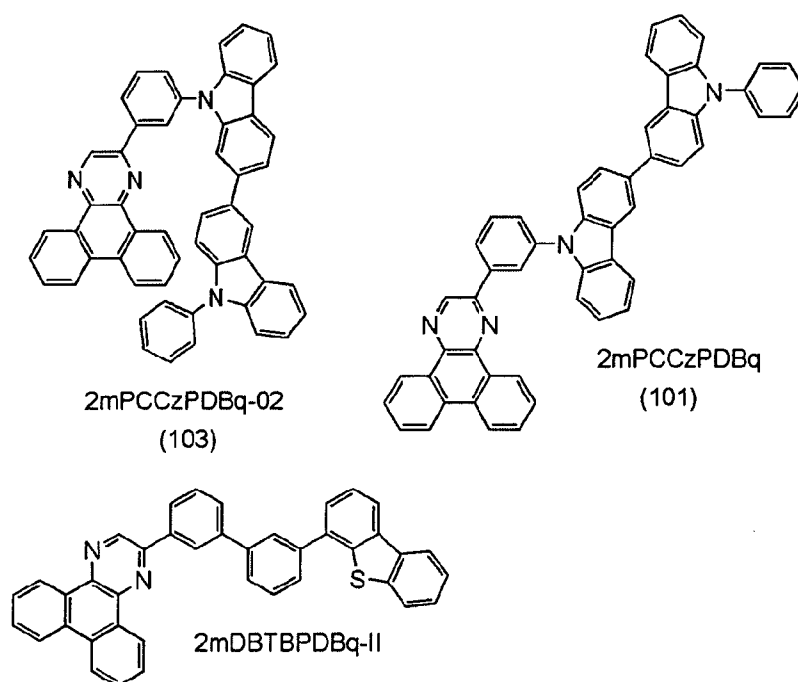
[0222]

[化學式 24]



[0223]

[化學式 25]



[0224]

〈〈發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的製造〉〉

首先，利用濺射法在玻璃基板 1100 上形成包含氧化矽的銦錫氧化物（ITSO），由此形成用作陽極的第一電極 1101。其膜厚度為 110nm，電極面積為 2mm×2mm。

[0225] 接著，作為用來在基板 1100 上形成發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的預處理，在用水洗滌基板表面並以 200°C 進行焙燒 1 小時之後，進行 UV 臭氧處理 370 秒。

[0226] 然後，將基板 1100 放進到真空蒸鍍裝置中，其內部被減壓到 10^{-4} Pa 左右。在真空蒸鍍裝置內的加熱室中，以 170°C 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後將基板 1100 冷卻 30 分鐘左右。

[0227] 接著，以使形成有第一電極 1101 的面朝下的方式將基板 1100 固定到設置於真空蒸鍍裝置內的支架。在本實施例中，說明藉由真空蒸鍍法依次形成構成 EL 層 1102 的電洞注入層 1111、電洞傳輸層 1112、發光層 1113、電子傳輸層 1114 及電子注入層 1115 的情況。

[0228] 將真空蒸鍍裝置的內部減壓到 10^{-4} Pa 之後，藉由將 1,3,5-三（二苯并噻吩-4-基）-苯（簡稱：DBT3P-II）和氧化鋁以 DBT3P-II:氧化鋁=4:2（質量比）的比例共蒸鍍，從而在第一電極 1101 上形成電洞注入層 1111。膜厚為 20nm。注意，共蒸鍍是指使多個不同的物質分別從不同的蒸發源同時蒸發的蒸鍍法。

[0229] 接著，以厚度為 20nm 的方式蒸鍍 4-苯基-4'-（9-苯基芴-9-基）三苯胺（簡稱：BPAFLP）來形成電洞傳輸層 1112。

[0230] 接著，在電洞傳輸層 1112 上形成發光層 1113。在發光元件 1 中，將 2-{3-[2-（N-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2mPCCzPDBq-02（結構式（103）））、N-（1,1'-聯苯-4-基）-N-[4-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺（簡稱：PCBBiF）、（乙醯丙酮根）雙（6-三級丁基-4-苯基嘧啶根）銦（III）（簡稱： $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ）以 2mPCCzPDBq-02:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ =0.7:0.3:0.05（質量比）的比例共蒸鍍以形成 20nm 的膜厚，然後以 2mPCCzPDBq-02:PCBBiF: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ =0.8:0.2:0.05

(質量比)的比例共蒸鍍以形成 20nm 的膜厚，由此形成膜厚為 40nm 的具有疊層結構的發光層 1113。

[0231] 在發光元件 2 中，將 2-{3-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mPCCzPDBq(結構式(101)))、PCBBiF、[Ir(tBuppm)₂(acac)]以 2mPCCzPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(質量比)的比例共蒸鍍以形成 20nm 的膜厚，然後以 2mPCCzPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(質量比)的比例共蒸鍍以形成 20nm 的膜厚，由此形成膜厚為 40nm 的具有疊層結構的發光層 1113。

[0232] 另外，在對比發光元件 3 中，將 2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPDBq-II)、PCBBiF、[Ir(tBuppm)₂(acac)]以 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(質量比)的比例共蒸鍍以形成 20nm 的膜厚，然後以 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(質量比)的比例共蒸鍍以形成 20nm 的膜厚，由此形成膜厚為 40nm 的具有疊層結構的發光層 1113。

[0233] 接著，在發光元件 1 中，在發光層 1113 上蒸鍍 20nm 的 2mPCCzPDBq-02 後，蒸鍍 10nm 的紅啡啉(簡稱：Bphen)來形成電子傳輸層 1114。在發光元件 2 中，在發光層 1113 上蒸鍍 20nm 的 2mPCCzPDBq 後，蒸鍍 10nm 的紅啡啉(簡稱：Bphen)來形成電子傳輸層 1114。在對比發光元件 3 中，在發光層 1113 上蒸鍍 20nm

的 2mDBTBPDq-II 後，蒸鍍 10nm 的紅啡啉（簡稱：Bphen）來形成電子傳輸層 1114。

[0234] 並且，在電子傳輸層 1114 上蒸鍍 1nm 的氟化鋰來形成電子注入層 1115。

[0235] 最後，在電子注入層 1115 上蒸鍍 200nm 的鋁膜來形成用作陰極的第二電極 1103，從而得到發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3。作為上述蒸鍍過程中的蒸鍍，都採用電阻加熱法。

[0236] 表 1 示出藉由上述步驟得到的發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的元件結構。

[0237]

[表 1]

	第一電極	電洞注入層	電洞傳輸層	發光層	電子傳輸層		電子注入層	第二電極
發光元件1	ITSO (110 nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	*	2mPCCzPDBq-02 (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
發光元件2	ITSO (110 nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	**	2mPCCzPDBq (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
對比 發光元件3	ITSO (110 nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	***	2mDBTBPDq-II (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)

* 2mPCCzPDBq-02 : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20 nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20 nm))
** 2mPCCzPDBq : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20 nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20 nm))
*** 2mDBTBPDq-II : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20 nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20 nm))

[0238] 另外，以不暴露於大氣的方式在氮氛圍的手套箱中密封所製造的發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3（明確而言，將密封材料塗佈於元件的周圍，並進行 UV 處理及 80℃ 下的 1 小時的加熱處理）。

[0239]

<<發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的工作特性>>

測定所製造的發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的工作特性。測定在室溫（保持於 25℃ 的氛圍）下進行。圖 23 至圖 26 示出結果。

[0240] 下面，表 2 示出 1000cd/m² 附近的發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的主要初始特性值。

[0241]

[表 2]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
發光元件1	2.9	0.038	1.0	(0.42,0.57)	1100	110	120	29
發光元件2	2.8	0.033	0.8	(0.41,0.58)	920	110	120	29
對比 發光元件3	2.9	0.035	0.88	(0.42,0.57)	980	110	120	30

[0242] 另外，圖 27 示出以 2.5mA/cm² 的電流密度使電流流過發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 時的發射光譜。如圖 27 所示，發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 都呈現出在起因於 [Ir(tBuppm)₂(acac)] 的 546nm 附近具有峰值的光譜。

[0243] 另外，圖 28A 示出發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3 的可靠性測試的結果。在圖 28A 中，縱軸表示初期亮度為 100% 時的正規化亮度（%），橫軸表示元件的驅動時間（h）。在可靠性測試中，將初始亮度設定為 5000cd/m²，在電流密度恆定的條件下驅動發光元件 1、發光元件 2 及對比發光元件 3。

[0244] 其結果，可知使用本發明的一個實施方式的

2mPCCzPDBq-02 的發光元件 1 及使用 2mPCCzPDBq 的發光元件 2 是比使用 2mDBTBPDBq-II 的對比發光元件 3 可靠性高且使用壽命長的發光元件。

[0245] 另外，圖 28B 示出可靠性測試時的電壓變化量的測定結果。縱軸表示電壓變化量（V），橫軸表示元件的驅動時間（h）。由該結果可知，發光元件 1 及發光元件 2 在恆電流驅動時的電壓的上升比對比發光元件 3 小。例如，就大約 500 小時的驅動後的電壓上升量來看，對比發光元件 3 的電壓上升量大約為 0.08V，而發光元件 1 的電壓上升量大約為 0.05V，發光元件 2 的電壓上升量大約為 0.02V。也就是說，與對比發光元件 3 相比，發光元件 1 的電壓上升量被抑制為其一半左右，發光元件 2 的電壓上升量被抑制為其四分之一左右，由此可知效果是顯著的。

[0246] 注意，2mPCCzPDBq-02、2mPCCzPDBq、2mDBTBPDBq-II 都與 PCBBiF 形成激態錯合物（這是因為這些二苯并喹啉化合物和 PCBBiF 的混合膜都呈現比單獨二苯并喹啉化合物的膜或單獨 PCBBiF 的膜長波長的黃綠色的發光）。另外，2mPCCzPDBq-02、2mPCCzPDBq、2mDBTBPDBq-II 及 PCBBiF 的 HOMO 能階分別為 -5.69eV、-5.63eV、-6.22eV、-5.36eV。HOMO 能階利用循環伏安法（CV）測定而算出。

[0247] 由 HOMO 能階的測定結果算出各發光元件的發光層中的 ΔE_{HOMO} 。表 3 總結結果。

[0248]

[表 3]

	ΔE_{HOMO} (eV)
發光元件1	0.33
發光元件2	0.27
對比發光元件3	0.86

[0249] 由該結果可知，重要的是使 ΔE_{HOMO} 為 0.4eV 以下，較佳為 0.3eV 以下。

[0250] 另外，用於電洞傳輸層的 BPAFLP 的 HOMO 能階為 -5.51eV。因此，可知用於電洞傳輸層的第三有機化合物的 HOMO 能階比第二有機化合物的 PCBBiF 的 HOMO 能階低，並且位於第二有機化合物的 PCBBiF 的 HOMO 能階與第一有機化合物（2mPCCzPDBq-02 或 2mPCCzPDBq）的 HOMO 能階之間。從將電洞不僅注入第二有機化合物，而將其一部分也注入第一有機化合物的觀點來看，這是很重要的。

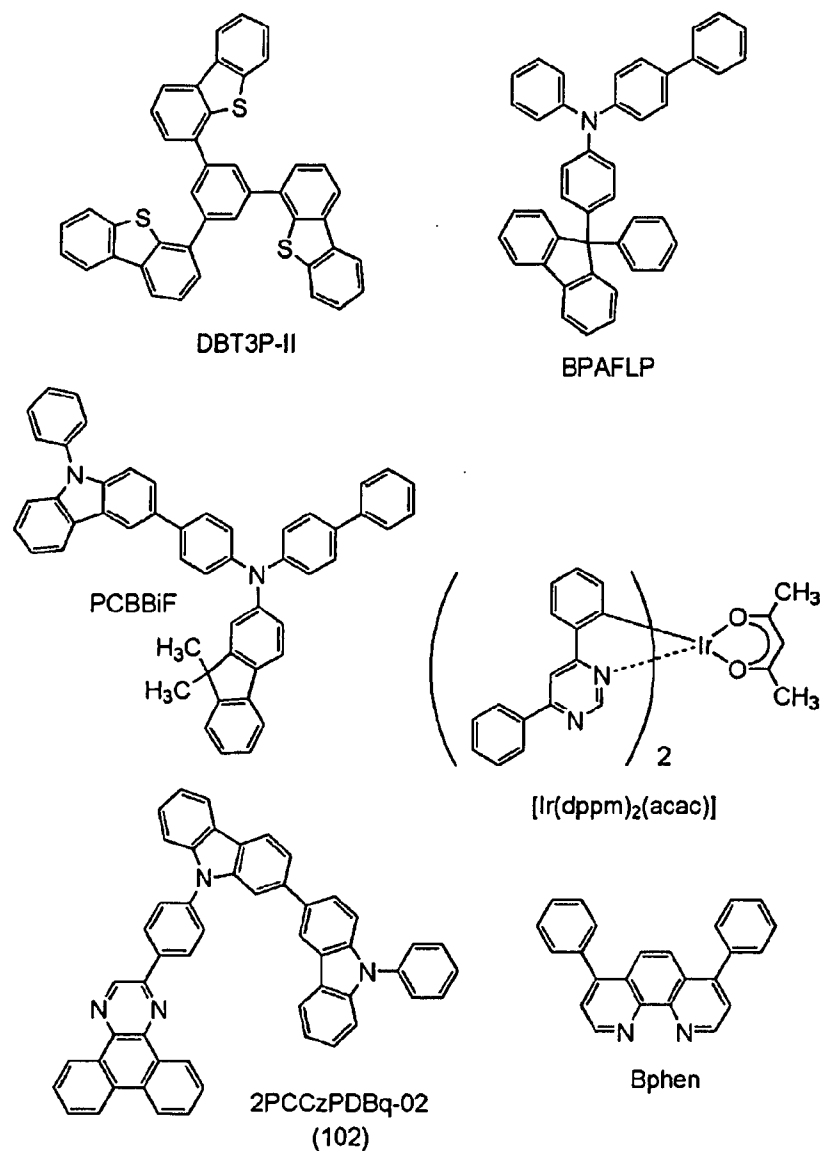
實施例 6

[0251] 在本實施例中，製造使用本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物的發光元件 4。參照在實施例 5 中示出的圖 22 對發光元件的結構進行說明。另外，下面示出在本實施例中使用的材料的化學式。

[0252]

602

[化學式 26]



[0253]

〈〈發光元件 4 的製造〉〉

首先，利用濺射法在玻璃基板 1100 上形成包含氧化矽的銦錫氧化物（ITSO），由此形成用作陽極的第一電極 1101。其膜厚度為 110nm，電極面積為 2mm×2mm。

[0254] 接著，作為用來在基板 1100 上形成發光元件 4 的預處理，在用水洗滌基板表面並以 200°C 進行焙燒 1

小時之後，進行 UV 臭氧處理 370 秒。

[0255] 然後，將基板 1100 放進到真空蒸鍍裝置中，其內部被減壓到 10^{-4} Pa 左右。在真空蒸鍍裝置內的加熱室中，以 170°C 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後將基板 1100 冷卻 30 分鐘左右。

[0256] 接著，以使形成有第一電極 1101 的面朝下的方式將基板 1100 固定到設置於真空蒸鍍裝置內的支架。在本實施例中，說明藉由真空蒸鍍法依次形成構成 EL 層 1102 的電洞注入層 1111、電洞傳輸層 1112、發光層 1113、電子傳輸層 1114 及電子注入層 1115 的情況。

[0257] 將真空蒸鍍裝置的內部減壓到 10^{-4} Pa 之後，藉由將 1,3,5-三（二苯并噻吩-4-基）苯（簡稱：DBT3P-II）和氧化鋁以 DBT3P-II:氧化鋁=4:2（質量比）的比例共蒸鍍，從而在第一電極 1101 上形成電洞注入層 1111。膜厚為 20nm。注意，共蒸鍍是指使多個不同的物質分別從不同的蒸發源同時蒸發的蒸鍍法。

[0258] 接著，以厚度為 20nm 的方式蒸鍍 4-苯基-4'-（9-苯基芴-9-基）三苯胺（簡稱：BPAFLP）來形成電洞傳輸層 1112。

[0259] 接著，在電洞傳輸層 1112 上形成發光層 1113。2-{4-[2-（N-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2PCCzPDBq-02（結構式（102）））、N-（1,1'-聯苯-4-基）-N-[4-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺（簡稱：PCBBiF）、（

乙醯丙酮根) 雙(4,6-二苯基嘧啶根) 銱(III) (簡稱:[Ir(dppm)₂(acac)]) 以 2PCCzPDBq-02:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05 (質量比) 的比例共蒸鍍以形成 20nm 的膜厚, 然後以 2PCCzPDBq-02:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05 (質量比) 的比例共蒸鍍以形成 20nm 的膜厚, 由此形成膜厚為 40nm 的具有疊層結構的發光層 1113。

[0260] 接著, 在發光層 1113 上蒸鍍 20nm 的 2PCCzPDBq-02 後, 蒸鍍 10nm 的紅啡啉 (簡稱: Bphen) 來形成電子傳輸層 1114。

[0261] 並且, 在電子傳輸層 1114 上蒸鍍 1nm 的氟化鋰來形成電子注入層 1115。

[0262] 最後, 在電子注入層 1115 上蒸鍍 200nm 的鋁膜來形成用作陰極的第二電極 1103, 從而得到發光元件 4。作為上述蒸鍍過程中的蒸鍍, 都採用電阻加熱法。

[0263] 表 4 示出藉由上述步驟得到的發光元件 4 的元件結構。

[0264]

[表 4]

	第一電極	電洞注入層	電洞傳輸層	發光層	電子傳輸層		電子注入層	第二電極
發光元件4	ITSO (110 nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	*	2PCCzPDBq-02 (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)

* 2PCCzPDBq-02:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20 nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20 nm))

[0265] 另外, 以不暴露於大氣的方式在氮氛圍的手套箱中密封所製造的發光元件 4 (明確而言, 將密封材料塗佈於元件的周圍, 並進行 UV 處理及 80℃ 下的 1 小時的

加熱處理）。

[0266]

<<發光元件 4 的工作特性>>

測定所製造的發光元件 4 的工作特性。測定在室溫（保持於 25℃ 的氛圍）下進行。圖 29 至圖 32 示出結果。

[0267] 下面，表 5 示出 1000cd/m² 附近的發光元件 4 的主要初始特性值。

[0268]

[表 5]

	電壓(V)	電流(mA)	電流密度(mA/cm ²)	色度(x,y)	亮度(cd/m ²)	電流效率(cd/A)	功率效率(lm/W)	外部量子效率(%)
發光元件4	2.8	0.045	1.1	(0.56,0.44)	910	81	91	30

[0269] 另外，圖 33 示出以 2.5mA/cm² 的電流密度使電流流過發光元件 4 時的發射光譜。如圖 33 所示，發光元件 4 呈現出在起因於[Ir(dppm)₂(acac)]的 581nm 附近具有峰值的光譜。

[0270] 另外，圖 34A 示出發光元件 4 的可靠性測試的結果。在圖 34A 中，縱軸表示初期亮度為 100%時的正規化亮度（%），橫軸表示元件的驅動時間（h）。在可靠性測試中，將初始亮度設定為 5000cd/m²，在電流密度恆定的條件下驅動發光元件 4。

[0271] 其結果，可知使用本發明的一個實施方式的 2PCCzPDBq-02 的發光元件 4 是可靠性高且使用壽命長的發光元件。

[0272] 另外，圖 34B 示出可靠性測試時的電壓變化量的測定結果。縱軸表示電壓變化量（V），橫軸表示元件的驅動時間（h）。由該結果可知，發光元件 4 在恆電流驅動時的電壓的上升小。例如，就大約 500 小時的驅動後的電壓上升量來看，發光元件 4 的電壓上升量大約為 0.01V。另一方面，當製造將發光元件 4 中的 2PCCzPDBq-02 換為 2mDBTBPDq-II 來使用的對比發光元件 9 並進行同樣的驅動時，大約 500 小時的驅動後的電壓上升量大約為 0.06V。也就是說，與對比發光元件 9 相比，發光元件 4 的電壓上升量被抑制為其六分之一左右，由此可知效果是顯著的。

[0273] 注意，2PCCzPDBq-02 與 PCBBiF 形成激態錯合物（這是因為該二苯并喹啉化合物和 PCBBiF 的混合膜呈現比單獨二苯并喹啉化合物的膜或單獨 PCBBiF 的膜長波長的綠色的發光）。另外，由於 2PCCzPDBq-02 的 HOMO 能階為 -5.68eV，所以發光元件 4 的發光層的 ΔE_{HOMO} 為 0.32eV。由該結果可知，重要的是使 ΔE_{HOMO} 為 0.4eV 以下。

[0274] 另外，用於電洞傳輸層的 BPAFLP 的 HOMO 能階為 -5.51eV。因此，可知用於電洞傳輸層的第三有機化合物的 HOMO 能階比第二有機化合物的 PCBBiF 的 HOMO 能階低，並且位於第二有機化合物的 PCBBiF 的 HOMO 能階與第一有機化合物（2PCCzPDBq-02）的 HOMO 能階之間。從將電洞不僅注入第二有機化合物，而

且將其一部分也注入第一有機化合物的觀點來看，這是很重要的。

實施例 7

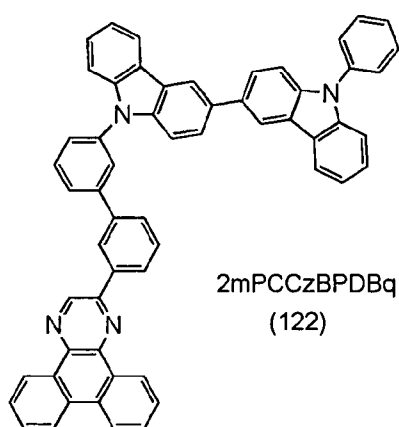
[0275]

<<合成例 5>>

在本實施例中，作為本發明的一個實施方式的合成方法，說明 2-{3'-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]聯苯-3-基}二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2mPCCzBPDBq）（結構式（122））的合成方法。下面示出 2mPCCzBPDBq 的結構。

[0276]

[化學式 27]



[0277]

<2-{3'-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]聯苯-3-基}二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2mPCCzBPDBq）的合成>

首先，將 2.0g（4.3mmol）的 2-（3'-溴聯苯-3-基）二苯并[f,h]喹啉、1.8g（4.3mmol）的 3-（9-苯基-9H-咔

唑-3-基)-9H-吡唑、0.83g (8.6mmol) 的三級丁醇鈉放入 100mL 的三頸燒瓶中混合，並對燒瓶內進行氮氣置換。對該混合物添加 22mL 的均三甲苯，將燒瓶內減壓，藉由攪拌進行脫氣。

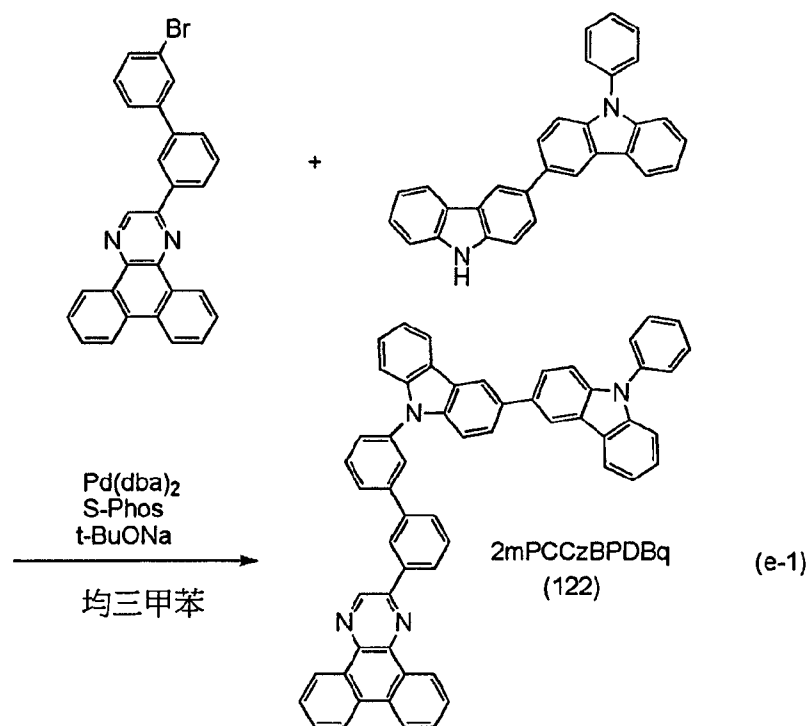
[0278] 接著，對該混合物添加 25mg (0.040mmol) 的雙(二亞苺基丙酮)鈀(0) (簡稱： $\text{Pd}(\text{dba})_2$) 及 35mg (0.09mmol) 的 2-二環己基膦基-2',6'-二甲氧基聯苯 (S-Phos)。將該混合物在氮氣流下以 150℃ 攪拌 23 小時。在經過指定的時間後，對該混合物添加水和甲苯，用甲苯對所得到的濾液的水層進行萃取，將所萃取的溶液和有機層合併，利用碳酸氫鈉水溶液及飽和食鹽水洗滌，然後使用硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行自然過濾，並濃縮濾液來得到油狀物。將油狀物溶解於甲苯，利用矽藻土和礬土的疊層物對該溶液進行吸引過濾。濃縮所得到的濾液來得到褐色油狀物。利用高效液相層析法對該油狀物進行精製。作為展開劑使用氯仿來進行管柱層析法 (壓力為 4.5Mpa、流速為 100mL/分、保持時間為 45 分鐘、注入量為 0.9g/30mL)。濃縮所得到的餾分，再用己烷重結晶，就會以 18% 的產率得到 0.66g 的目的物的黃色粉末。

[0279] 利用梯度昇華法對所得到的 0.66g 的目的物的黃色粉末狀固體進行昇華純化。昇華純化條件如下：壓力為 2.6Pa，氫氣流量為 5mL/min，加熱溫度為 385℃。在昇華純化後，以 83% 的收集率得到 0.5g 的 2mPCCzBPDBq

的黃色玻璃狀固體。下面示出本步驟的合成方案（e-1）。

[0280]

[化學式 28]



[0281] 下面示出經上述步驟得到的黃色粉末狀固體的核磁共振光譜法（ $^1\text{H-NMR}$ ）的分析結果。另外，圖 35A 及圖 35B 示出 $^1\text{H-NMR}$ 圖。圖 35B 是圖 35A 的橫軸（ δ ）的 7.0（ppm）至 10（ppm）的範圍的放大圖。由此可知，在上述步驟中得到了 2-{3'-[3-（N-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑-9-基]聯苯-3-基}二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2mPCCzBPDBq）（結構式（122））。

[0282] $^1\text{H NMR}$ （ CDCl_3 ，500MHz）： δ （ppm）= 7.30-7.37（m，2H），7.41-7.53（m，5H），7.59-7.89（m，18H），8.04（dd， $J=1.7\text{Hz}$ ，1H），8.23（d，

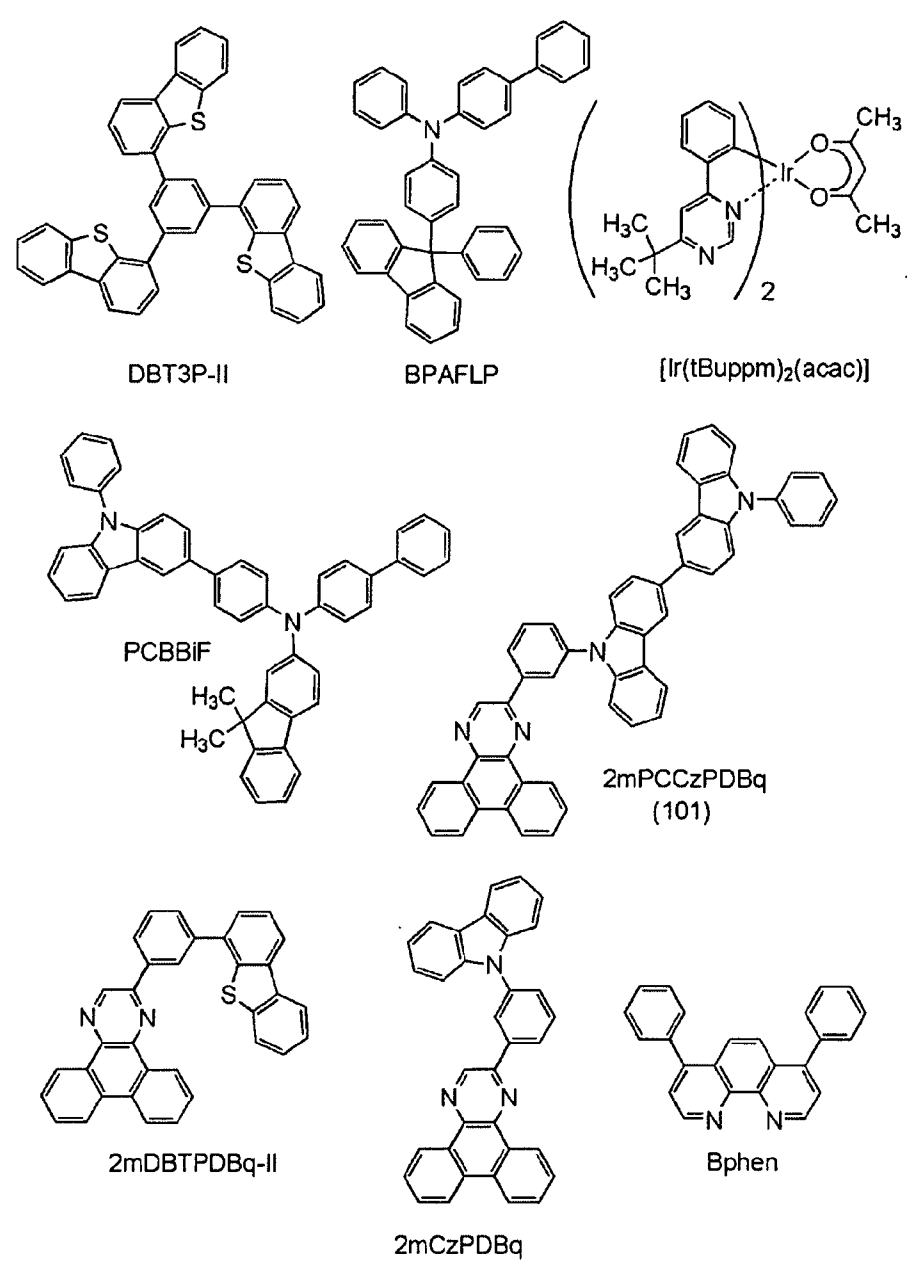
$J=7.5\text{Hz}$, 1H) , 8.28 (d , 8.0Hz , 1H) , 8.35 (d , $J=8.0\text{Hz}$, 1H) , 8.48 (dd , $J=11.4\text{Hz}$, $J=1.7\text{Hz}$, 2H) , 8.66 (d , $J=8.1\text{Hz}$, 1H) , 8.70 (s , 1H) , 9.25 (dd , $J=6.3\text{Hz}$, $J=1.1\text{Hz}$, 1H) , 9.43 (dd , $J=7.5\text{Hz}$, $J=1.7\text{Hz}$, 1H) , 9.47 (s , 1H) 。

實施例 8

[0283] 在本實施例中，製造使用本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物 2mPCCzPDBq (結構式 (101)) 的發光元件 5、使用對比材料 2mDBTPDBq-II 的對比發光元件 6 及使用對比材料 2-[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2mCzPDBq) 的對比發光元件 7。各發光元件的製造基本上與實施例 5 相同，所以省略其描述。另外，下面示出在本實施例中使用的材料的化學式。

[0284]

[化學式 29]



[0285]

〈〈發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的製造〉〉

表 6 示出在本實施例中製造的發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的元件結構。

[0286]

[表 6]

	第一電極	電洞注入層	電洞傳輸層	發光層	電子傳輸層		電子注入層	第二電極
發光元件5	ITO (110 nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	*	2mPCCzPDBq (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
對比 發光元件6	ITO (110 nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	**	2mDBTPDBq-II (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
對比 發光元件7	ITO (110 nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 20 nm)	BPAFLP (20 nm)	***	2mCzPDBq (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)

* 2mPCCzPDBq : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20 nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20 nm))

** 2mDBTPDBq-II : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20 nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20 nm))

*** 2mCzPDBq : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20 nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20 nm))

[0287] 另外，以不暴露於大氣的方式在氮氛圍的手套箱中密封所製造的發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7（將密封材料塗佈於元件的周圍，並在密封時進行 UV 處理及 80℃ 下的 1 小時的加熱處理）。

[0288]
<<發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的工作特性>>

測定所製造的發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的工作特性。測定在室溫（保持於 25℃ 的氛圍）下進行。

[0289] 圖 36 示出各發光元件的電流密度-亮度特性，圖 37 示出電壓-亮度特性，圖 38 示出亮度-電流效率特性，圖 39 示出電壓-電流特性。

[0290] 下面，表 7 示出 1000cd/m² 附近的發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的主要初始特性值。

[0291]

[表 7]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
發光元件5	2.8	0.047	1.2	(0.42,0.57)	1100	95	110	25
對比 發光元件6	3.0	0.044	1.1	(0.43,0.56)	990	90	94	24
對比 發光元件7	2.9	0.060	1.5	(0.41,0.58)	940	63	68	16

[0292] 另外，圖 40 示出以 2.5mA/cm^2 的電流密度使電流流過發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 時的發射光譜。如圖 40 所示，發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 都呈現出在起因於 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 544nm 附近具有峰值的光譜。

[0293] 另外，圖 41A 示出發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7 的可靠性測試的結果。在圖 41A 中，縱軸表示初期亮度為 100% 時的正規化亮度（%），橫軸表示元件的驅動時間（h）。在可靠性測試中，將初始亮度設定為 5000cd/m^2 ，在電流密度恆定的條件下驅動發光元件 5、對比發光元件 6 及對比發光元件 7。

[0294] 其結果，可知使用本發明的一個實施方式的 2mPCCzPDBq 的發光元件 5 是比使用 2mDBTPDBq-II 的對比發光元件 6 及使用 2mCzPDBq 的對比發光元件 7 可靠性高且使用壽命長的發光元件。

[0295] 另外，圖 41B 示出可靠性測試時的電壓變化量的測定結果。縱軸表示電壓變化量（V），橫軸表示元件的驅動時間（h）。由該結果可知，發光元件 5 在恆電流驅動時的電壓的上升比對比發光元件 6 及對比發光元件

7 小。例如，就大約 1000 小時的驅動後的電壓上升量來看，對比發光元件 6 的電壓上升量大約為 0.31V，對比發光元件 7 的電壓上升量大約為 0.50V，而發光元件 5 的電壓上升量大約為 0.04V。也就是說，與對比發光元件 6 或對比發光元件 7 相比，發光元件 5 的電壓上升量得到極大的抑制，由此可知效果是顯著的。

[0296] 注意，2mPCCzPDBq、2mDBTPDBq-II、2mCzPDBq 都與 PCBBiF 形成激態錯合物（這是因為這些二苯并喹啉化合物和 PCBBiF 的混合膜都呈現比單獨二苯并喹啉化合物的膜或單獨 PCBBiF 的膜長波長的黃綠色的發光）。另外，2mPCCzPDBq、2mDBTPDBq-II、2mCzPDBq 及 PCBBiF 的 HOMO 能階分別為 -5.63eV、-6.22eV、-5.91eV、-5.36eV。HOMO 能階利用循環伏安法（CV）測定而算出。

[0297] 由 HOMO 能階的測定結果算出各發光元件的發光層中的 ΔE_{HOMO} 。表 8 總結結果。

[0298]

[表 8]

	ΔE_{HOMO} (eV)
發光元件5	0.27
對比發光元件6	0.86
對比發光元件7	0.55

[0299] 由該結果可知，重要的是使 ΔE_{HOMO} 為 0.4eV 以下，較佳為 0.3eV 以下。

[0300] 另外，用於電洞傳輸層的 BPAFLP 的 HOMO

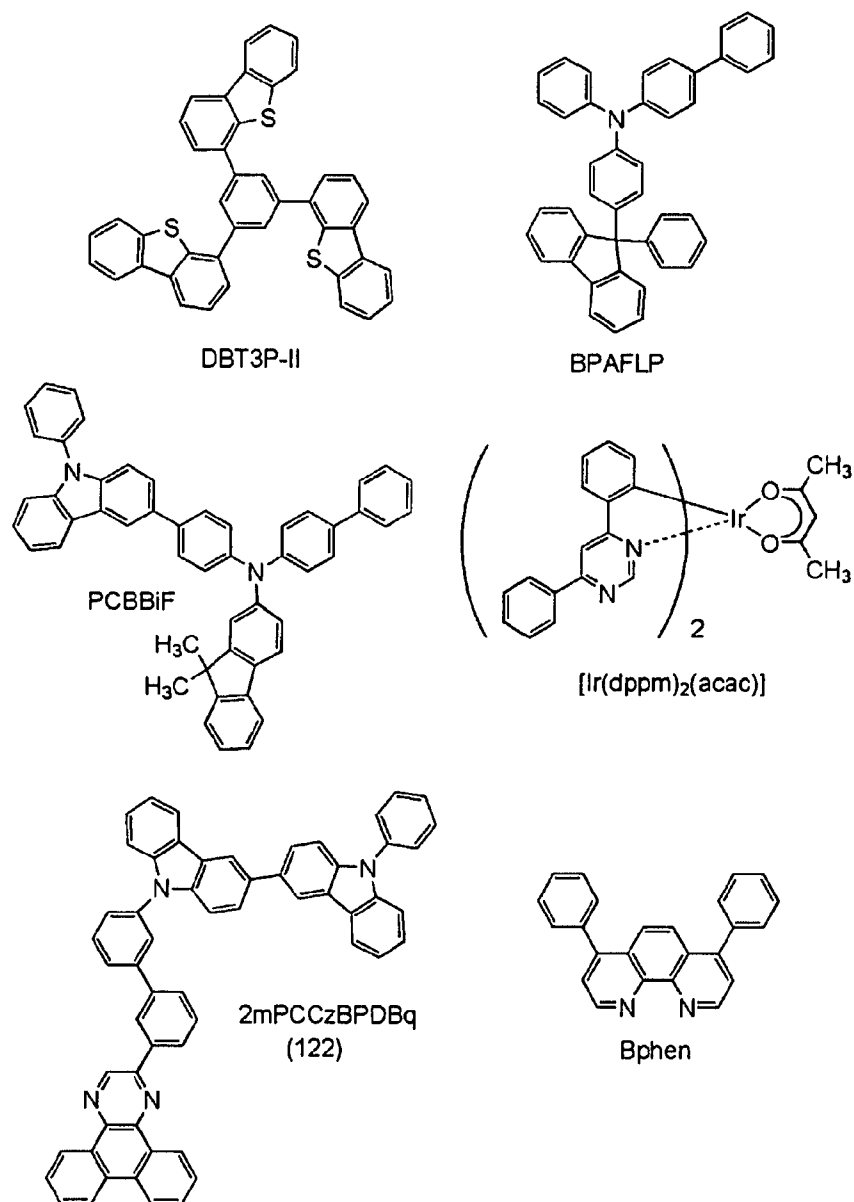
能階為 -5.51eV 。因此，可知用於電洞傳輸層的第三有機化合物的 HOMO 能階比第二有機化合物的 PCBBiF 的 HOMO 能階低，並且位於第二有機化合物的 PCBBiF 的 HOMO 能階與第一有機化合物（2mPCCzPDBq）的 HOMO 能階之間。從將電洞不僅注入第二有機化合物，而且將其一部分也注入第一有機化合物的觀點來看，這是很重要的。

實施例 9

[0301] 在本實施例中，製造使用本發明的一個實施方式的二苯并[f,h]喹啉衍生物 2mPCCzBPDBq 的發光元件 8。發光元件 8 的製造基本上與實施例 5 相同，所以省略其描述。另外，下面示出在本實施例中使用的材料的化學式。

[0302]

[化學式 30]



[0303]

<<發光元件 8 的製造>>

表 9 示出在本實施例中製造的發光元件 8 的元件結構。

[0304]

[表 9]

	第一電極	電洞注入層	電洞傳輸層	發光層	電子傳輸層		電子注入層	第二電極
發光元件8	ITO (110 nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60 nm)	BPAFLP (20 nm)	*	2mPCCzBPDBq (20 nm)	Bphen (10 nm)	LiF (1 nm)	Al (200 nm)
* 2mPCCzBPDBq :PCBBiF : [Ir(dppm) ₂ (acac)] (0.7:0.3:0.05 (20 nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20 nm))								

[0305] 另外，以不暴露於大氣的方式在氮氛圍的手套箱中密封所製造的發光元件 8（將密封材料塗佈於元件的周圍，並在密封時進行 UV 處理及 80℃ 下的 1 小時的加熱處理）。

[0306]
〈〈發光元件 8 的工作特性〉〉

測定所製造的發光元件 8 的工作特性。測定在室溫（保持於 25℃ 的氛圍）下進行。

[0307] 圖 42 示出發光元件 8 的電流密度-亮度特性，圖 43 示出電壓-亮度特性，圖 44 示出亮度-電流效率特性，圖 45 示出電壓-電流特性。

[0308] 下面，表 10 示出 1000cd/m² 附近的發光元件 8 的主要初始特性值。

[0309]

[表 10]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
發光元件8	3.0	0.046	1.2	(0.56,0.44)	900	78	82	30

[0310] 另外，圖 46 示出以 2.5mA/cm² 的電流密度使電流流過發光元件 8 時的發射光譜。如圖 46 所示，發光元件 8 呈現出在起因於[Ir(dppm)₂(acac)]的 584nm 附近具

有峰值的光譜。

實施例 10

[0311] 在本實施例中，製造本發明的一個實施方式的發光元件，並進行保存測試。

[0312] 在本實施例中，製造發光元件 1A、發光元件 2A、對比發光元件 3A、發光元件 4A 及發光元件 8A。發光元件 1A 以與實施例 5 的發光元件 1 相同的結構及製造方法製造。另外，發光元件 2A 與實施例 5 的發光元件 2、對比發光元件 3A 與實施例 5 的對比發光元件 3、發光元件 4A 與實施例 6 的發光元件 4、發光元件 8A 與實施例 9 的發光元件 8 分別以相同的結構及製造方法製造。

[0313] 在本實施例的保存測試中，在保持為 100℃ 的恆溫槽中保存各發光元件，在經過指定的時間後，測定工作特性。從恆溫槽取出發光元件之後在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下測定工作特性。

[0314] 首先，圖 47 示出以 100℃ 保存指定的時間時的發光元件 1A 的電壓-電流特性，圖 48 示出亮度-外部量子效率特性。在圖 47 中，橫軸表示電壓（V），縱軸表示電流（mA）。另外，在圖 48 中，橫軸表示亮度（cd/m²），縱軸表示外部量子效率（%）。

[0315] 接著，圖 49 示出以 100℃ 保存指定的時間時的發光元件 2A 的電壓-電流特性，圖 50 示出亮度-外部量子效率特性。在圖 49 中，橫軸表示電壓（V），縱軸表示

電流 (mA)。另外，在圖 50 中，橫軸表示亮度 (cd/m^2)，縱軸表示外部量子效率 (%)。

[0316] 接著，圖 51 示出以 100°C 保存指定的時間時的對比發光元件 3A 的電壓-電流特性，圖 52 示出亮度-外部量子效率特性。在圖 51 中，橫軸表示電壓 (V)，縱軸表示電流 (mA)。另外，在圖 52 中，橫軸表示亮度 (cd/m^2)，縱軸表示外部量子效率 (%)。另外，在圖 52 中，在保存了超過 20 小時的發光元件中沒有觀察到發光，因此沒有得到超過 20 小時的保存後的資料。

[0317] 接著，圖 53 示出以 100°C 保存指定的時間時的發光元件 4A 的電壓-電流特性，圖 54 示出亮度-外部量子效率特性。在圖 53 中，橫軸表示電壓 (V)，縱軸表示電流 (mA)。另外，在圖 54 中，橫軸表示亮度 (cd/m^2)，縱軸表示外部量子效率 (%)。

[0318] 接著，圖 55 示出以 100°C 保存指定的時間時的發光元件 8A 的電壓-電流特性，圖 56 示出亮度-外部量子效率特性。在圖 55 中，橫軸表示電壓 (V)，縱軸表示電流 (mA)。另外，在圖 56 中，橫軸表示亮度 (cd/m^2)，縱軸表示外部量子效率 (%)。

[0319] 由圖 47 至 50 及圖 53 至 56 可知，即使發光元件 1A、發光元件 2A、發光元件 4A 及發光元件 8A 以 100°C 被保存 500 小時，其電壓-電流特性及亮度-外部量子效率特性的變化也少，也就是說高溫保存所導致的元件特性的劣化少。另一方面，由圖 51 及圖 52 可知，在以

100℃ 保存對比發光元件 3A 後，其電壓-電流特性及亮度-外部量子效率特性發生很大的變化，也就是說因高溫保存而元件特性發生了劣化。由圖 51 可知，對比發光元件 3A 在保存 100 小時後無法保持初期的絕緣性而產生洩漏電流，由圖 52 可知，發生了導致不發光的不良現象。由此可知，藉由使用本發明的化合物，可以顯著提高發光元件的高溫保存中的耐熱性。

【符號說明】

[0320]

100：發光層

101：第一有機化合物（h）

102：第二有機化合物（a）

103：磷光性化合物（g）

104：電洞傳輸層

105：電洞傳輸性化合物（p）

201：第一電極

202：EL 層

203：第二電極

211：電洞注入層

212：電洞傳輸層

213：發光層

214：電子傳輸層

215：電子注入層

- 401：第一電極
- 402（1）：第一 EL 層
- 402（2）：第二 EL 層
- 402（n-1）：第（n-1）的 EL 層
- 402（n）：第（n）的 EL 層
- 404：第二電極
- 405：電荷產生層
- 405（1）：第一電荷產生層
- 405（2）：第二電荷產生層
- 405（n-1）：第（n-1）電荷產生層
- 501：基板
- 502：FET
- 503：第一電極
- 504：分隔壁
- 505：EL 層
- 506R、506G、506B、506Y：發光區域
- 507R、507G、507B、507Y：發光元件
- 508R、508G、508B、508Y：彩色層
- 509：黑色層（黑矩陣）
- 510：第二電極
- 511：密封基板
- 601：元件基板
- 602：像素部
- 603：驅動電路部（源極線驅動電路）

- 604a、604b：驅動電路部（閘極線驅動電路）
- 605：密封材料
- 606：密封基板
- 607：佈線
- 608：FPC（撓性印刷電路）
- 609：FET
- 610：FET
- 611：開關用 FET
- 612：電流控制用 FET
- 613：第一電極（陽極）
- 614：絕緣物
- 615：EL 層
- 616：第二電極（陰極）
- 617：發光元件
- 618：空間
- 1100：基板
- 1101：第一電極
- 1102：EL 層
- 1103：第二電極
- 1111：電洞注入層
- 1112：電洞傳輸層
- 1113：發光層
- 1114：電子傳輸層
- 1115：電子注入層

7100：電視機
7101：外殼
7103：顯示部
7105：支架
7107：顯示部
7109：操作鍵
7110：遙控器
7201：主體
7202：外殼
7203：顯示部
7204：鍵盤
7205：外部連接埠
7206：指向裝置
7302：外殼
7304：顯示面板
7305：表示時間的圖示
7306：其他圖示
7311：操作按鈕
7312：操作按鈕
7313：連接端子
7321：腕帶
7322：錶帶扣
7400：行動電話機
7401：外殼

7402：顯示部
7403：操作按鈕
7404：外部連接部
7405：揚聲器
7406：麥克風
7407：照相機
8001：照明設備
8002：照明設備
8003：照明設備
8004：照明設備
9310：可攜式資訊終端
9311：顯示面板
9313：鉸鏈部
9315：外殼

※申請案號：104123410

※申請日：104 年 07 月 20 日

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件、發光裝置、電子裝置、照明設備及有機化合物

Light-emitting element, light-emitting device, electronic device, lighting device, and organic compound

【中文】

本發明的一個實施方式提供一種可靠性得到提高的發光元件。另外，本發明的一個實施方式提供一種電流效率（或量子效率）高的發光元件。本發明的一個實施方式還提供一種較佳為用於本發明的一個實施方式的發光元件的新穎的二苯并[f,h]喹啉衍生物。本發明的一個實施方式的發光元件包括：陽極與陰極之間的 EL 層，EL 層包括發光層，發光層包括具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物、具有電洞傳輸性的第二有機化合物、發光物質，第一有機化合物和第二有機化合物是形成激態錯合物的組合，第一有機化合物的 HOMO 能階低於第二有機化合物的 HOMO 能階，第一有機化合物的 HOMO 能階與第二有機化合物的 HOMO 能階之差為 0.4eV 以下。

【 英文 】

To provide a light-emitting element with an improved reliability, a light-emitting element with a high current efficiency (or a high quantum efficiency), and a novel dibenzo[*f,h*]quinoxaline derivative that is favorably used in a light-emitting element which is one embodiment of the present invention. A light-emitting element includes an EL layer between an anode and a cathode. The EL layer includes a light-emitting layer; the light-emitting layer contains a first organic compound having an electron-transport property and a hole-transport property, a second organic compound having a hole-transport property, and a light-emitting substance; the combination of the first organic compound and the second organic compound forms an exciplex; the HOMO level of the first organic compound is lower than the HOMO level of the second organic compound; and a difference between the HOMO level of the first organic compound and the HOMO level of the second organic compound is less than or equal to 0.4 eV.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100：發光層

101：第一有機化合物（h）

102：第二有機化合物（a）

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

申請專利範圍

1. 一種發光元件，包括：

陽極與陰極之間的 EL 層，

其中，該 EL 層包括發光層，

該發光層係混合層，其包括具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物、具有電洞傳輸性的第二有機化合物、發光物質，

該第一有機化合物和該第二有機化合物的組合形成激態錯合物，

該第一有機化合物的 HOMO 能階低於該第二有機化合物的 HOMO 能階，

並且，該第一有機化合物的該 HOMO 能階與該第二有機化合物的該 HOMO 能階之差為 0.4eV 以下。

2. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，

其中該第一有機化合物包括六員環的含氮雜芳環及呋唑骨架且不包括三芳胺骨架。

3. 一種發光元件，包括：

陽極與陰極之間的 EL 層，

其中，該 EL 層包括發光層，

該發光層係混合層，其包括具有電子傳輸性及電洞傳輸性的第一有機化合物、具有電洞傳輸性的第二有機化合物、發光物質，

該第一有機化合物和該第二有機化合物的組合形成激態錯合物，

該第一有機化合物包括六員環的含氮雜芳環及聯吡啶骨架且不包括三芳胺骨架，

該第二有機化合物包括三芳胺骨架，並且

其中該第一有機化合物的該 HOMO 能階與該第二有機化合物的該 HOMO 能階之差為 0.4eV 以下。

4. 根據申請專利範圍第 1 或 3 項之發光元件，其中該聯吡啶骨架為 3,3'-聯吡啶骨架或 2,3'-聯吡啶骨架。

5. 根據申請專利範圍第 1 或 3 項之發光元件，其中該發光物質為磷光性化合物。

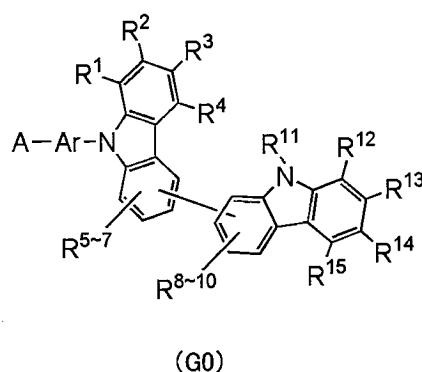
6. 根據申請專利範圍第 1 或 3 項之發光元件，

其中該 EL 層包括電洞傳輸層，該電洞傳輸層與該發光層接觸且包括具有電洞傳輸性的第三有機化合物，

並且該第三有機化合物的 HOMO 能階低於該第二有機化合物的該 HOMO 能階。

7. 根據申請專利範圍第 1 或 3 項之發光元件，

其中該第一有機化合物由通式 (G0) 表示，



並且 A 表示二苯并[f,h]喹啉基， R^1 至 R^{15} 分別獨立表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基或者取代或未取代

的碳原子數為 6 至 13 的芳基，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。

8. 一種發光裝置，包括：

申請專利範圍第 1 或 3 項之發光元件；以及
外殼。

9. 一種電子裝置，包括：

申請專利範圍第 8 項之發光裝置；以及
連接端子或操作鍵。

10. 一種照明設備，包括：

申請專利範圍第 1 或 3 項之發光元件；以及
外殼。