



(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 I656675 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 04 月 11 日

(21)申請案號：106117652

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 04 月 08 日

(51)Int. Cl. : H01L51/54 (2006.01)

H01L51/50 (2006.01)

(30)優先權：2012/04/13 日本

2012-091615

2013/03/11 日本

2013-048051

(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)；瀨尾広美 SEO, HIROMI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

WO 2011/042443A1

審查人員：吳漢傑

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：19 共 97 頁

(54)名稱

發光元件、發光裝置、電子裝置及照明設備

LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-EMITTING DEVICE, ELECTRONIC DEVICE, AND
LIGHTING DEVICE

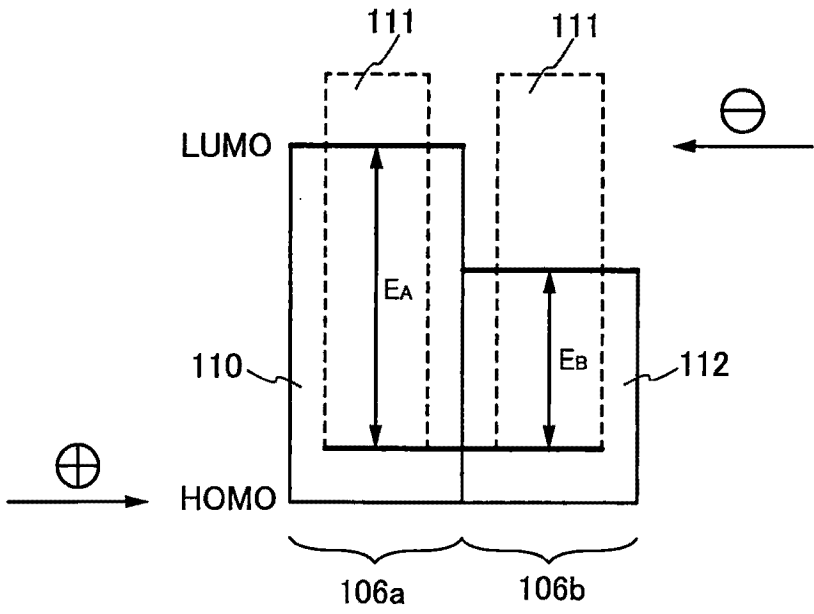
(57)摘要

本發明提供一種外部量子效率高的發光元件。另外，本發明提供一種壽命長的發光元件。本發明的一個方式是一種發光元件，包括：陽極與陰極之間的發光層，其中，發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質、具有電子傳輸性的第一有機化合物及具有電洞傳輸性的第二有機化合物，並具有第一發光層和第二發光層的疊層結構，該第一發光層形成在陽極一側，且該第二發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質、第二有機化合物及具有電子傳輸性的第三有機化合物，第一有機化合物的 LUMO 能階高於第三有機化合物的 LUMO 能階，且第一發光物質是其波長比從第二發光物質發射的光的波長短的物質，並且，第一有機化合物和第二有機化合物以及第二有機化合物和第三有機化合物分別形成激態複合物。

A light-emitting layer, which is a stack of a first light-emitting layer and a second light-emitting layer, is provided between an anode and a cathode. The first light-emitting layer is formed on the anode side and contains a first light-emitting substance converting triplet excitation energy into light emission, a first organic compound having an electron-transport property, and a second organic compound having a hole-transport property. The second light-emitting layer contains a second light-emitting substance converting triplet excitation energy into light emission, the second organic compound, and a third organic compound having an electron-transport property. The first organic compound has a higher LUMO level than the third organic compound. The first light-emitting substance emits light with a wavelength shorter than that of light emitted from the second light-emitting substance. The first and the second organic compounds form an exciplex. The second and the third organic compounds form an exciplex.

指定代表圖：

圖 1B



符號簡單說明：

106a . . . 第一發光層

106b . . . 第二發光層

110 . . . 第一有機化合物

111 . . . 第二有機化合物

112 . . . 第三有機化合物

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、電子裝置及照明設備

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

【技術領域】

本發明的一個方式係關於一種藉由施加電場來獲得發光的有機化合物被夾在一對電極之間的發光元件。另外，本發明的一個方式係關於一種具有這種發光元件的發光裝置、電子裝置及照明設備。

【先前技術】

具有薄型輕量、高速回應性及直流低電壓驅動等的特徵的有機化合物用作發光體的發光元件被期待應用於下一代平板顯示器。一般認為：尤其是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寬且可見度優異的優點。

一般認為發光元件的發光機制是如下：藉由在一對電極之間夾著包含發光體的 EL 層並對該一對電極施加電壓，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，並且無論經過上述任一種激發態都可以實現發光。

關於這種發光元件，為了提高其元件特性，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）。

[專利文獻 1]

日本專利申請公開第 2010-182699 號公報

然而，被認為現狀的發光元件的光取出效率為 20%至 30%左右，即使考慮到反射電極或透明電極吸收光，也被認為使用磷光化合物的發光元件的外部量子效率的極限為 25%左右。

【發明內容】

於是，本發明的一個方式提供一種外部量子效率高的發光元件。另外，本發明的一個方式提供一種壽命長的發光元件。

本發明的一個方式是一種發光元件，該發光元件在一對電極（陽極與陰極）之間具有發光層，其中，發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質（客體材料）、具有電子傳輸性的第一有機化合物（主體材料）及具有電洞傳輸性的第二有機化合物（輔助材料），並具有第一發光層和第二發光層的疊層結構，該第一發光層形成在陽極一側，且該第二發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質（客體材料）、具有電子傳輸性的第三有機化合物（主體材料）及具有電洞傳輸性的第

二有機化合物（輔助材料），在第一發光層中，第一有機化合物（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）的組合是形成激態複合物的組合，並且，在第二發光層中，第三有機化合物（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）的組合是形成激態複合物的組合。

此外，本發明的其他方式是一種發光元件，該發光元件在陽極與陰極之間具有發光層，在陽極與發光層之間具有電洞傳輸層，在陰極與發光層之間具有電子傳輸層，其中，發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質、具有電子傳輸性的第一有機化合物及具有電洞傳輸性的第二有機化合物，並具有第一發光層和第二發光層的疊層結構，該第一發光層接觸於電洞傳輸層地形成，且該第二發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質、具有電子傳輸性的第三有機化合物及具有電洞傳輸性的第二有機化合物並接觸於電子傳輸層地形成，在第一發光層中，第一有機化合物（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）的組合是形成激態複合物的組合，並且，在第二發光層中，第三有機化合物（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）的組合是形成激態複合物的組合。

另外，在上述各結構中，與第一有機化合物（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）的每一個的發光波長（螢光波長）相比，由第一發光層的第一有機化合物（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）形成的激態複合物的發光波長位於長波長一側。因此，藉由形成激態複合

物，可以將第一有機化合物（主體材料）的螢光光譜及第二有機化合物（輔助材料）的螢光光譜變換為位於更長波長一側的發射光譜。此外，與第三有機化合物（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）的每一個的發光波長（螢光波長）相比，由第二發光層的第三有機化合物（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）形成的激態複合物的發光波長位於長波長一側。因此，藉由形成激態複合物，可以將第三有機化合物（主體材料）的螢光光譜及第二有機化合物（輔助材料）的螢光光譜變換為位於更長波長一側的發射光譜。

另外，在上述各結構中，在第一發光層中，由第一有機化合物的陰離子及第二有機化合物的陽離子形成激態複合物，在第二發光層中，由第三有機化合物的陰離子及第二有機化合物的陽離子形成激態複合物。

另外，在上述結構中，第一發光層和第二發光層的每一個包含相同的第二有機化合物（輔助材料），並且，包含在第一發光層中的第一有機化合物（主體材料）的最低空分子軌域能階（LUMO 能階）高於包含在第二發光層中的第三有機化合物（主體材料）的最低空分子軌域能階（LUMO 能階）。

再者，在上述結構中，包含在第一發光層中的第一發光物質是其波長比從包含在第二發光層中的第二發光物質發射的光的波長短的物質。

另外，在上述結構中，第一發光物質及第二發光物質

是將三重激發態能轉換為發光的發光物質，可以使用有機金屬錯合物等磷光化合物、顯示熱活化延遲螢光的材料，即熱活化延遲螢光（TADF：Thermally Activated Delayed Fluorescence）材料。此外，第一有機化合物及第三有機化合物主要是電子遷移率為 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子傳輸材料，明確而言，是缺 π 電子型雜芳族化合物，第二有機化合物主要是電洞遷移率為 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞傳輸材料，明確而言，是富 π 電子型雜芳族化合物或芳香胺化合物。

此外，本發明的一個方式不僅包括具有發光元件的發光裝置，而且還包括具有發光裝置的電子裝置及照明設備。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）。另外，發光裝置還包括如下模組：在發光裝置中安裝有連接器諸如 FPC（Flexible printed circuit：撓性印刷電路）或 TCP（Tape Carrier Package：載帶封裝）的模組；在 TCP 端部中設置有印刷線路板的模組；或者 IC（積體電路）藉由 COG（Chip On Glass：玻璃上晶片）方式直接安裝在發光元件上的模組。

另外，在本發明的一個方式的發光元件中，可以在構成發光層的第一發光層和第二發光層的每一個中形成激態複合物，由此可以實現能量轉移效率高且外部量子效率高的發光元件。

此外，藉由作為本發明的一個方式的發光元件採用上述元件結構，在第一發光層中形成的激態複合物具有比在第二發光層中形成的激態複合物高的激發能，所以藉由作

為包含在第一發光層中的將三重激發態能轉換為發光的
第一發光物質（客體材料）使用其波長比從包含在第二發光
層中的將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質（客體
材料）發射的光的波長短的物質，可以同時得到來自第一
發光層及第二發光層的發光，並且，作為對於第二發光層
中的將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質（客體材
料）的激發能可以利用在第一發光層中形成的激態複合物
的激發能中的沒有助於發光的一部分的能量，由此可以進
一步提高發光元件中的發光效率。

【圖式簡單說明】

在圖式中：

圖 1A 和圖 1B 是說明本發明的一個方式的概念的
圖；

圖 2 是說明本發明的一個方式的概念的圖；

圖 3 是示出根據本發明的一個方式的計算結果的圖；

圖 4A1 和圖 4A2、圖 4B1 和圖 4B2 以及圖 4C1 和圖
4C2 是示出根據本發明的一個方式的計算結果的圖；

圖 5 是說明發光元件的結構的圖；

圖 6A 和圖 6B 是說明發光元件的結構的圖；

圖 7 是說明發光裝置的圖；

圖 8A 和圖 8B 是說明發光裝置的圖；

圖 9A 至圖 9D 是說明電子裝置的圖；

圖 10A 至圖 10C 是說明電子裝置的圖；

圖 11 是說明照明設備的圖；

圖 12 是說明發光元件的圖；

圖 13 是示出發光元件 1 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 14 是示出發光元件 1 的電壓-亮度特性的圖；

圖 15 是示出發光元件 1 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 16 是示出發光元件 1 的電壓-電流特性的圖；

圖 17 是示出發光元件 1 的發射光譜的圖；

圖 18 是示出用於發光元件 1 的物質的發射光譜的圖；

圖 19 是示出用於發光元件 1 的物質的發射光譜的圖。

【實施方式】

下面，參照圖式詳細地說明本發明的實施方式。但是，本發明不侷限於以下說明的內容，其方式及詳細內容在不脫離本發明的宗旨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。

（發光元件中的發光的基本過程）

首先，對作為客體材料使用將三重激發態能轉換為發光的發光物質（包括磷光化合物和熱活化延遲螢光（TADF）材料）的發光元件中的發光的一般的基本過程進行說明。另外，在此，將賦予激發能量的分子記為主體

分子，而將接受激發能量的分子記為客體分子。

(1) 在客體分子中電子和電洞再結合，客體分子處於激發態的情況（直接再結合過程）。

(1-1) 在客體分子的激發態為三重激發態時，客體分子發射磷光。

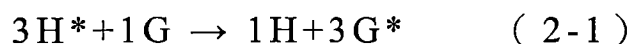
(1-2) 在客體分子的激發態為單重激發態時，單重激發態的客體分子系間跨越（intersystem crossing）到三重激發態而發射磷光。

換言之，在上述（1）的直接再結合過程中，只要客體分子的系間跨越效率及磷光量子產率高，就可以獲得高發光效率。此外，較佳的是，主體分子的 T_1 能階高於客體分子的 T_1 能階。

(2) 在主體分子中電子和電洞再結合，主體分子處於激發態的情況（能量轉移過程）。

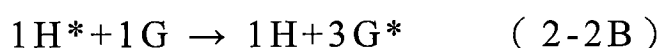
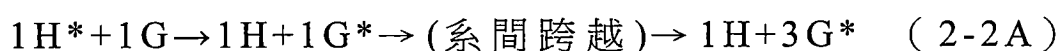
(2-1) 在主體分子的激發態為三重激發態時，在主體分子的 T_1 能階高於客體分子的 T_1 能階時，激發能量從主體分子轉移到客體分子，而客體分子處於三重激發態。處於三重激發態的客體分子發射磷光。此外，除非主體分子發射磷光，從主體分子的 T_1 能階到客體分子的單重激發態能階（ S_1 能階）的能量轉移才是禁戒躍遷，不容易成為主要能量轉移過程，因此在此省略說明。就是說，如下述算式（2-1）所示，從主體分子的三重激發態（ $3H^*$ ）到客體分子的三重激發態（ $3G^*$ ）的能量轉移是重要的（在算式中， $1G$ 表示客體分子的單重基態， $1H$ 表示主體分子的單重基

態)。



(2-2) 在主體分子的激發態為單重激發態時，在主體分子的 S_1 能階高於客體分子的 S_1 能階及 T_1 能階的情況下，激發能量從主體分子轉移到客體分子，客體分子處於單重激發態或三重激發態。處於三重激發態的客體分子發射磷光。此外，處於單重激發態的客體分子系間跨越到三重激發態而發射磷光。

就是說，可以舉出如下過程：如下述算式 (2-2A) 所示，能量從主體分子的單重激發態 ($1H^*$) 轉移到客體分子的單重激發態 ($1G^*$)，然後藉由系間跨越產生客體分子的三重激發態 ($3G^*$) 的過程；以及如下述算式 (2-2B) 所示，能量從主體分子的單重激發態 ($1H^*$) 直接轉移到客體分子的三重激發態 ($3G^*$) 的過程。



如果上述 (2) 所示的所有能量轉移過程高效地產生，則使主體分子的三重激發態能及單重激發態能的兩者高效地轉換為客體分子的三重激發態 ($3G^*$)，所以可以實現高效率的發光。與此相反，若在激發能量從主體分子轉移到客體分子之前，主體分子本身將該激發能量作為光或熱釋放而失活，則使發光效率降低。

接著，對上述主體分子和客體分子的分子間的能量轉移過程的控制因素進行說明。作為分子間的能量轉移機

制，提出了以下兩個機制。

首先，第一機制的福斯特（Förster）機制（偶極-偶極相互作用）是在能量轉移中不需要分子間的直接接觸，藉由主體分子和客體分子間的偶極振盪的共振現象發生能量轉移的機制。藉由偶極振盪的共振現象，主體分子給客體分子供應能量，主體分子處於基態，且客體分子處於激發態。另外，算式（1）示出福斯特機制的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

[算式 1]

$$k_{h^* \rightarrow g} = \frac{9000 c^4 K^2 \phi \ln 10}{128 \pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \epsilon_g(\nu)}{\nu^4} d\nu$$

（1）

在算式（1）中， ν 表示振盪數， $f'_h(\nu)$ 表示主體分子的被標準化的發射光譜（從單重激發態的能量轉移中的螢光光譜，從三重激發態的能量轉移中的磷光光譜）， $\epsilon_g(\nu)$ 表示客體分子的莫耳吸光係數， N 表示阿伏伽德羅數， n 表示介質的折射率， R 表示主體分子和客體分子的分子間距離， τ 表示所測量的激發態的壽命（螢光壽命或磷光壽命）， c 表示光速， ϕ 表示發光量子產率（從單重激發態的能量轉移中的螢光量子產率，從三重激發態的能量轉移中的磷光量子產率）， K^2 表示主體分子和客體分子的躍遷偶極矩的配向的係數（0 至 4）。此外，在無規配向中 $K^2=2/3$ 。

接著，在第二機制的德克斯特（Dexter）機制（電子

交換相互作用) 中，主體分子和客體分子接近於產生軌道的重疊的接觸有效距離，藉由交換激發態的主體分子的電子和基態的客體分子的電子，發生能量轉移。另外，算式 2 示出德克斯特機制的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

[算式 2]

$$k_{h^* \rightarrow g} = \left(\frac{2\pi}{h} \right) K'^2 \exp \left(-\frac{2R}{L} \right) \int f'_h(\nu) \varepsilon'_g(\nu) d\nu \quad (2)$$

在算式 (2) 中， h 表示普朗克常數， K' 表示具有能量維數 (energy dimension) 的常數， ν 表示振盪數， $f'_h(\nu)$ 表示主體分子的被標準化的發射光譜 (從單重激發態的能量轉移中的螢光光譜，從三重激發態的能量轉移中的磷光光譜)， $\varepsilon'_g(\nu)$ 表示客體分子的被標準化的吸收光譜， L 表示有效分子半徑， R 表示主體分子和客體分子的分子間距離。

在此，可以認為以算式 (3) 表示從主體分子到客體分子的能量轉移效率 Φ_{ET} 。 k_r 表示主體分子的發光過程 (從單重激發態的能量轉移中的螢光，從三重激發態的能量轉移中的磷光) 的速度常數， k_n 表示主體分子的非發光過程 (熱失活或系間跨越) 的速度常數， τ 表示所檢測出的主體分子的激發態的壽命。

[算式 3]

$$\Phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau} \right) + k_{h^* \rightarrow g}}$$

(3)

從算式(3)可知，為了提高能量轉移效率 Φ_{ET} ，增大能量轉移的速度常數 $k_h^* \rightarrow g$ ，其他競爭的速度常數 $k_r + k_n$ ($=1/\tau$)相對變小，即可。

((2-1)的能量轉移效率)

在此，首先，考慮(2-1)的能量轉移過程。在此情況下，福斯特型(算式(1))不允許，所以只考慮德克斯特型(算式(2))即可。從算式(2)可知，為了增大速度常數 $k_h^* \rightarrow g$ ，較佳的是，主體分子的發射光譜(考慮從三重激發態的能量轉移，所以在此是磷光光譜)和客體分子的吸收光譜(相當於從單重基態到三重激發態的直接躍遷的吸收)的重疊大。

在本實施方式中，作為客體材料使用將三重激發態能轉換為發光的發光物質(包括磷光化合物和熱活化延遲螢光(TADF)材料)，但是在磷光化合物的吸收光譜中，有時觀察到相當於從單重基態到三重激發態的直接躍遷的吸收，這是呈現在最長波長一側的吸收帶。尤其是在發光銻錯合物中，在很多情況下，最長波長一側的吸收帶在500nm至600nm附近出現寬吸收帶(當然，根據發光波長有時出現在更短波長一側或更長波長一側)。該吸收帶主要來自三重MLCT(從金屬到配體的電荷轉移：Metal to Ligand Charge Transfer)躍遷。但是，可以認為在該吸收帶的一部分中也包括來自三重 $\pi-\pi^*$ 躍遷及單重MLCT躍遷

的吸收，這些吸收彼此重疊，在吸收光譜的最長波長一側形成寬吸收帶。換言之，可以認為最低單重激發態與最低三重激發態之間的差異小，來自這些激發態的吸收重疊，在吸收光譜的最長波長一側形成寬吸收帶。從而，在作為客體材料使用有機金屬錯合物（尤其是銻錯合物）時，如上所述那樣，藉由存在於最長波長一側的寬吸收帶與主體材料的磷光光譜重疊得多，可以增大速度常數 $k_h^* \rightarrow g$ ，而可以提高能量轉移效率。

再者，一般而言，由於作為主體材料使用螢光化合物，所以磷光壽命（ τ ）非常長，即毫秒以上（ $k_r + k_n$ 小）。這是因為從三重激發態到基態（單重）的躍遷為禁戒躍遷的緣故。從算式（3）可知，這有利於能量轉移效率 Φ_{ET} 。

當考慮到上述情況時，只要使主體材料的磷光光譜與相當於客體材料的從單重基態到三重激發態的直接躍遷的吸收光譜重疊，容易發生從主體材料的三重激發態到客體材料的三重激發態的能量轉移，即算式（2-1）的過程。

（（2-2）的能量轉移效率）

接著，考慮（2-2）的能量轉移過程。算式（2-2A）的過程受到客體材料的系間跨越效率的影響。因此，為了使發光效率提高到極限，被認為算式（2-2B）的過程是重要的。在此情況下，德克斯特型（算式（2））不允許，所以只考慮福斯特型（算式（1））即可。

當在算式（1）和算式（3）中刪掉 τ 時，可以說：當量子產率 ϕ （考慮從單重激發態的能量轉移，所以在此是螢光量子產率）高時，能量轉移效率 Φ_{ET} 高。但是，實際上，作為更重要的因素，主體分子的發射光譜（考慮從單重激發態的能量轉移，所以在此是螢光光譜）和客體分子的吸收光譜（相當於從單重基態到三重激發態的直接躍遷的吸收）的重疊大也是重要的（另外，客體分子的莫耳吸光係數也高是較佳的）。這意味著主體材料的螢光光譜和客體材料的磷光化合物的呈現在最長波長一側的吸收帶重疊。

然而，以往，實現上述情況是非常困難的。這是因為如下緣故：當高效地進行上述（2-1）的過程和（2-2）的過程時，從上述說明可知，除了主體材料的磷光光譜以外，還需要將螢光光譜與客體材料的最長波長一側的吸收帶重疊而設計。換言之，需要以主體材料的螢光光譜位於與磷光光譜大致相同的位置的方式設計主體材料。

但是，一般而言，由於 S_1 能階與 T_1 能階大不相同（ S_1 能階 $>$ T_1 能階），所以螢光的發光波長與磷光的發光波長也大不相同（螢光的發光波長 $<$ 磷光的發光波長）。例如，在使用磷光化合物的發光元件中，通常用於主體材料的4,4'-二（N-咔唑基）聯苯（簡稱：CBP）在500nm附近具有磷光光譜，另一方面，螢光光譜位於400nm附近，兩者之間具有100nm的間隔。從上述例子來看，以主體材料的螢光光譜位於與磷光光譜大致相同的位置的方

式設計主體材料是極為困難的。因此，從主體材料的單重激發態到客體材料的能量轉移效率的提高是非常重要的。

因此，本發明的一個方式提供可以克服關於這種從主體材料的單重激發態到客體材料的能量轉移效率的問題的有用的方法。以下，說明其具體方式。

實施方式 1

在本實施方式中，對構成本發明的一個方式的發光元件時的概念及發光元件的具體結構進行說明。另外，本發明的一個方式的發光元件是一種發光元件，該發光元件在一對電極（陽極與陰極）之間夾著包括發光層的 EL 層地形成，其中，發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質（客體材料）、具有電子傳輸性的第一有機化合物（主體材料）及具有電洞傳輸性的第二有機化合物（輔助材料），並具有第一發光層和第二發光層的疊層結構，該第一發光層形成在陽極一側，且該第二發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質（客體材料）、具有電子傳輸性的第三有機化合物（主體材料）及具有電洞傳輸性的第二有機化合物（輔助材料）。

另外，包含在第一發光層中的第一有機化合物（主體材料）的最低空分子軌域能階（LUMO 能階）高於包含在第二發光層中的第三有機化合物（主體材料）的最低空分子軌域能階（LUMO 能階）。因此，可以將在第一發光層中形成的激態複合物的激發能量（ E_A ）設計為大於在第二

發光層中形成的激態複合物的激發能量 (E_B)。

另外，包含在第一發光層中的第一發光物質是其波長比從包含在第二發光層中的第二發光物質發射的光的波長短的物質。

首先，參照圖 1A 對本發明的一個例子的發光元件的元件結構進行說明。

圖 1A 所示的元件具有如下結構：在一對電極（陽極 101、陰極 102）之間夾著包括發光層 106 的 EL 層 103，在 EL 層 103 中，從陽極 101 一側依次層疊電洞注入層 104、電洞傳輸層 105、發光層 106（106a、106b）、電子傳輸層 107、電子注入層 108 等。

另外，如圖 1A 所示，本發明的一個方式中的發光層 106 至少包含將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質（客體材料）109a、具有電子傳輸性的第一有機化合物（主體材料）110 及具有電洞傳輸性的第二有機化合物（輔助材料）111，並具有第一發光層 106a 和第二發光層 106b 的疊層結構，該第一發光層 106a 形成在陽極一側，且該第二發光層 106b 至少包含將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質（客體材料）109b、具有電子傳輸性的第三有機化合物（主體材料）112 及具有電洞傳輸性的第二有機化合物（輔助材料）111，作為第一有機化合物 110 及第三有機化合物 112，主要使用電子遷移率為 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子傳輸材料，作為第二有機化合物 111，主要使用電洞遷移率為 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞傳輸

材料。另外，在本說明書中，將第一有機化合物 110 及第三有機化合物 112 稱為主體材料，將第二有機化合物 111 稱為輔助材料。

另外，第一發光層 106a 中的第一有機化合物（主體材料）110 和第二有機化合物（輔助材料）111 的組合是形成激態複合物（也稱為 **exciplex**）的組合。再者，與第一有機化合物（主體材料）110 和第二有機化合物（輔助材料）111 的每一個的發光波長（螢光波長）相比，由第一有機化合物（主體材料）110 和第二有機化合物（輔助材料）111 形成的激態複合物的發光波長位於長波長一側。因此，可以將第一有機化合物（主體材料）110 的螢光光譜及第二有機化合物（輔助材料）111 的螢光光譜變換為位於更長波長一側的發射光譜。

這在第二發光層 106b 中也同樣。因此，第二發光層 106b 中的第三有機化合物（主體材料）112 和第二有機化合物（輔助材料）111 的組合是形成激態複合物（也稱為 **exciplex**）的組合。再者，與第三有機化合物（主體材料）112 和第二有機化合物（輔助材料）111 的每一個的發光波長（螢光波長）相比，由第三有機化合物（主體材料）112 和第二有機化合物（輔助材料）111 形成的激態複合物的發光波長位於長波長一側。因此，可以將第三有機化合物（主體材料）112 的螢光光譜及第二有機化合物（輔助材料）111 的螢光光譜變換為位於更長波長一側的發射光譜。

另外，在上述結構中，較佳的是，第一有機化合物（主體材料）110 及第二有機化合物（輔助材料）111 的每一個的三重激發態能階（ T_1 能階）高於將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質（客體材料）109a 的 T_1 能階。這是因為如下緣故：如果第一有機化合物 110（或第二有機化合物 111）的 T_1 能階低於第一發光物質（客體材料）109a 的 T_1 能階，則第一有機化合物 110（或第二有機化合物 111）使有助於發光的第一發光物質（客體材料）109a 的三重激發態能淬滅（quench），而導致發光效率的降低。

與此同樣，較佳的是，第三有機化合物（主體材料）112 及第二有機化合物（輔助材料）111 的每一個的三重激發態能階（ T_1 能階）高於將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質（客體材料）109b 的 T_1 能階。這是因為如下緣故：如果第三有機化合物 112（或第二有機化合物 111）的 T_1 能階低於第二發光物質（客體材料）109b 的 T_1 能階，則第三有機化合物 112（或第二有機化合物 111）使有助於發光的第二發光物質（客體材料）109b 的三重激發態能淬滅，而導致發光效率的降低。

另外，在構成發光層 106 的第一發光層 106a 中，第一有機化合物（主體材料）110 和第二有機化合物（輔助材料）111 中的任一方的比例高，並且在構成發光層 106 的第二發光層 106b 中，第三有機化合物（主體材料）112 和第二有機化合物（輔助材料）111 中的任一方的比例

高，本發明包括兩者的情況。

另外，圖 1B 示出：說明上述結構的發光層 106（第一發光層 106a 及第二發光層 106b）中的第一有機化合物（主體材料）110、第二有機化合物（輔助材料）111、第三有機化合物（主體材料）112 的能量關係的帶圖。

如圖 1B 所示，在第一發光層 106a 中，根據第二有機化合物（輔助材料）111 的 HOMO 能階和第一有機化合物（主體材料）110 的 LUMO 能階，決定由第一有機化合物（主體材料）110 和第二有機化合物（輔助材料）111 形成的激態複合物的激發能量（ E_A ）。另外，在第二發光層 106b 中，根據第二有機化合物（輔助材料）111 的 HOMO 能階和第三有機化合物（主體材料）112 的 LUMO 能階，決定由第三有機化合物（主體材料）112 和第二有機化合物（輔助材料）111 形成的激態複合物的激發能量（ E_B ）。此外，包含在第一發光層 106a 中的第一有機化合物（主體材料）110 的 LUMO 能階高於包含在第二發光層 106b 中的第三有機化合物（主體材料）112 的 LUMO 能階，由此可知：可以將在第一發光層 106a 中形成的激態複合物的激發能量（ E_A ）設計為大於在第二發光層 106b 中形成的激態複合物的激發能量（ E_B ）。

此外，藉由採用上述元件結構，在第一發光層 106a 中形成的激態複合物具有比在第二發光層 106b 中形成的激態複合物高的激發能，所以藉由作為包含在第一發光層 106a 中的將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質

(客體材料) 109a 使用其波長比從包含在第二發光層 106b 中的將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質 (客體材料) 109b 發射的光的波長短的物質，可以同時得到來自第一發光層 106a 及第二發光層 106b 的發光。再者，作為對於第二發光層 106b 中的將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質 (客體材料) 109b 的激發能可以利用在第一發光層 106a 中形成的激態複合物的激發能中的沒有助於發光的一部分的能量，由此可以進一步提高發光元件中的發光效率。

本實施方式所說明的發光元件具有在發光層 106 (第一發光層 106a、第二發光層 106b) 中分別形成激態複合物的結構。可以將第一有機化合物 (主體材料) 110 的螢光光譜、第三有機化合物 (主體材料) 112 的螢光光譜或第二有機化合物 (輔助材料) 111 的螢光光譜轉換為位於更長波長一側的發射光譜，這意味著如下情況：如圖 2 所示，即使與將三重激發態能轉換為發光的發光物質 109 (第一發光物質 (客體材料) 109a 及第二發光物質 (客體材料) 109b) 的位於最長波長一側的吸收帶相比，第一有機化合物 110、第二有機化合物 111 或第三有機化合物 112 的螢光光譜位於短波長一側，不與將三重激發態能轉換為發光的發光物質 109 (第一發光物質 (客體材料) 109a 及第二發光物質 (客體材料) 109b) 的位於最長波長一側的吸收帶重疊，也可以增大激態複合物的發射光譜與吸收帶的重疊。由此，可以提高上述算式 (2-2B) 的能

量轉移效率。

再者，可以認為激態複合物的單重激發態能與三重激發態能之間的差異極小。換言之，激態複合物的起因於單重態的發射光譜與起因於三重激發態的發射光譜極為接近。從而，如上所述那樣，在將激態複合物的發射光譜（一般認為，起因於激態複合物的單重態的發射光譜）設計為與將三重激發態能轉換為發光的發光物質 109 的位於最長波長一側的吸收帶重疊時，起因於激態複合物的三重態的發射光譜（在常溫下觀察不到，在很多情況下在低溫下也觀察不到）也與將三重激發態能轉換為發光的發光物質 109 的位於最長波長一側的吸收帶重疊。就是說，不但從單重激發態的能量轉移（（2-2）），而且從三重激發態的能量轉移（（2-1））的效率也得到提高，其結果，可以將從單重、三重激發態兩者的能量高效地轉換為發光。

於是，關於激態複合物實際上是否具有上述特性，以下使用分子軌域計算來檢查。一般而言，雜芳族化合物和芳香胺的組合在很多情況下受到比芳香胺的最低未佔據分子軌域（LUMO：Lowest Unoccupied Molecular Orbital）能階深的雜芳族化合物的 LUMO 能階（電子容易進入的性質）和比雜芳族化合物的最高佔據分子軌域（HOMO：Highest Occupied Molecular Orbital）能階淺的芳香胺的 HOMO 能階（電洞容易進入的性質）的影響而形成激態複合物。於是，作為本發明的一個方式中的第一有機化合物

110（或第三有機化合物 112）的模型使用構成雜芳族化合物的 LUMO 能階的典型的骨架的二苯並[f,h]喹喔啉（簡稱：DBq），作為本發明的一個方式中的第二有機化合物 111 的模型使用構成芳香胺的 HOMO 能階的典型的骨架的三苯胺（簡稱：TPA），組合它們而進行計算。

首先，使用時間依賴密度泛函理論（TD-DFT）計算出 DBq（簡稱）的一個分子和 TPA（簡稱）的一個分子的最低激發單重態（ S_1 ）和最低激發三重態（ T_1 ）中的最佳分子結構及激發能量。再者，計算出 DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體的激發能量。

以電勢能、電子間靜電能、電子的運動能及包括所有的其他複雜的電子間的互相作用的交換相關能的總和表示 DFT（密度泛函理論）的總能量。在 DFT 中，由於使用以電子密度表示的單電子勢的泛函（函數的函數之意）來近似表示交換相關作用，所以計算速度快且精度高。在此，利用作為混合泛函的 B3LYP 來規定關於交換和相關能各參數的權重。

此外，作為基底函數使用 6-311（對每個原子價軌道使用三個縮短函數的三重分裂價層（triple split valence）基底類的基底函數）而將它應用到所有原子上。

藉由上述基底函數，例如關於氫原子，考慮 1s 至 3s 的軌道，而關於碳原子，考慮 1s 至 4s、2p 至 4p 的軌道。再者，為了提高計算精度，作為極化基底類，對氫原子加上 p 函數，對氫原子以外的原子加上 d 函數。

此外，作為量子化學計算程式，使用 Gaussian09。使用高性能電腦（SGI 株式會社製造，Altix4700）來進行計算。

首先，關於 DBq（簡稱）的一個分子、TPA（簡稱）的一個分子及 DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體算出了 HOMO 能階及 LUMO 能階。圖 3 示出 HOMO 能階及 LUMO 能階，並且圖 4A1 至圖 4C2 示出 HOMO 能階及 LUMO 能階的分佈。

圖 4A1 示出 DBq（簡稱）的一個分子的 LUMO 能階的分佈，圖 4A2 示出 DBq（簡稱）的一個分子的 HOMO 能階的分佈，圖 4B1 示出 TPA（簡稱）的一個分子的 LUMO 能階的分佈，圖 4B2 示出 TPA（簡稱）的一個分子的 HOMO 能階的分佈，圖 4C1 示出 DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體的 LUMO 能階的分佈，圖 4C2 示出 DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體的 HOMO 能階的分佈。

如圖 3 所示，DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體受到比 TPA（簡稱）的 LUMO 能階深（低）的 DBq（簡稱）的 LUMO 能階（ -1.99eV ）和比 DBq（簡稱）的 HOMO 能階淺（高）的 TPA（簡稱）的 HOMO 能階（ -5.21eV ）的影響而形成 DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的激態複合物。實際上從圖 4C1 和圖 4C2 可知，DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體的 LUMO 能階分佈在 DBq（簡稱）一側，而 HOMO 能階分佈在 TPA（簡稱）一

側。

接著，示出從 DBq（簡稱）的一個分子的 S_1 能階和 T_1 能階的最佳分子結構獲得的激發能量。在此， S_1 能階和 T_1 能階的激發能量分別相當於 DBq（簡稱）的一個分子發射的螢光和磷光的波長。DBq（簡稱）的一個分子的 S_1 能階的激發能量為 3.294eV ，螢光波長為 376.4nm 。此外，DBq（簡稱）的一個分子的 T_1 能階的激發能量為 2.460eV ，磷光波長為 504.1nm 。

另外，示出從 TPA（簡稱）的一個分子的 S_1 能階和 T_1 能階的最佳分子結構獲得的激發能量。在此， S_1 能階和 T_1 能階的激發能量分別相當於 TPA（簡稱）的一個分子發射的螢光和磷光的波長。TPA（簡稱）的一個分子的 S_1 能階的激發能量為 3.508eV ，螢光波長為 353.4nm 。此外，TPA（簡稱）的一個分子的 T_1 能階的激發能量為 2.610eV ，磷光波長為 474.7nm 。

再者，示出從 DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體的 S_1 能階和 T_1 能階的最佳分子結構獲得的激發能量。 S_1 能階和 T_1 能階的激發能量分別相當於 DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體發射的螢光和磷光的波長。DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體的 S_1 能階的激發能量為 2.036eV ，螢光波長為 609.1nm 。此外，DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體的 T_1 能階的激發能量為 2.030eV ，磷光波長為 610.0nm 。

從如上所述可知，在 DBq（簡稱）的一個分子和 TPA

（簡稱）的一個分子的任一個中，也磷光波長向長波長移動 100nm 左右。這有與上述 CBP（簡稱）（實際測量值）相同的傾向，這結果支持了計算的有效性。

另一方面，DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體的螢光波長與 DBq（簡稱）的一個分子或 TPA（簡稱）的一個分子的螢光波長相比位於長波長一側。另外，DBq（簡稱）和 TPA（簡稱）的二聚體的螢光波長和磷光波長的差異只為 0.9nm，並為幾乎相等的波長。

從上述結果，可以說：激態複合物的單重激發態能 and 三重激發態能為大致相同的能量。從而，如上所述，激態複合物可以從單重激發態及三重激發態的兩者，高效地將能量轉移到將三重激發態能轉換為發光的發光物質（包含上述第一發光物質及第二發光物質的客體材料）。

如此，本發明的一個方式的發光元件由於利用形成在發光層中的激態複合物的發射光譜與將三重激發態能轉換為發光的發光物質（包含上述第一發光物質及第二發光物質的客體材料）的吸收光譜的重疊並進行能量轉移，所以能量轉移效率高。從而，可以實現外部量子效率高的發光元件。

此外，激態複合物由於只在激發態下存在，所以沒有吸收能量的基態。因此，可以認為在原理上不發生如下現象，即：由於從將三重激發態能轉換為發光的發光物質（客體材料）的單重激發態及三重激發態到激態複合物的能量轉移，在發光之前將三重激發態能轉換為發光的發光

物質（客體材料）發生失活（就是說，使發光效率降低）。這也是可以提高外部量子效率的原因之一。

另外，上述激態複合物藉由激發態下的異種分子間的相互作用形成。此外，一般已知激態複合物在具有相對深的 LUMO 能階的材料和具有相對淺的 HOMO 能階的材料之間容易形成。

激態複合物的發光波長依賴於 HOMO 能階與 LUMO 能階之間的能量差。作為一般傾向，在能量差較大時發光波長變短，而在能量差較小時發光波長變長。

因此，如圖 1B 所示，本實施方式中的第一有機化合物（主體材料）110、第二有機化合物（輔助材料）111、第三有機化合物（主體材料）112 的 HOMO 能階及 LUMO 能階彼此不同。明確而言，能階按如下順序不同：第一有機化合物 110 的 HOMO 能階及第三有機化合物 112 的 HOMO 能階 < 第二有機化合物 111 的 HOMO 能階 < 第三有機化合物 112 的 LUMO 能階 < 第一有機化合物 110 的 LUMO 能階 < 第二有機化合物 111 的 LUMO 能階。

並且，在各發光層中，在由兩個有機化合物（第一發光層 106a 中的第一有機化合物 110 和第二有機化合物 111，第二發光層 106b 中的第三有機化合物 112 和第二有機化合物 111）形成激態複合物的情況下，第一發光層 106a 及第二發光層 106b 中的激態複合物的 HOMO 能階來源於第二有機化合物（輔助材料）111，第一發光層 106a 中的激態複合物的 LUMO 能階來源於第一有機化合物

(主體材料) 110，第二發光層 106b 中的激態複合物的 LUMO 能階來源於第三有機化合物 (主體材料) 112 的 LUMO 能階。因此，第一發光層 106a 中的激態複合物的激發能量 (E_A) 大於第二發光層 106b 中的激態複合物的激發能量 (E_B)。就是說，藉由作為包含在第一發光層中的將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質 109a，使用其波長比從包含在第二發光層中的將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質 109b 發射的光的波長短的物質，可以形成發光效率高的發光元件。另外，可以使發光波長不同的發光材料同時高效地發光。

另外，作為本發明的一個方式中的激態複合物的形成過程可以舉出以下兩個過程。

第一形成過程是：使用具有載流子的狀態 (明確而言，陽離子) 的第二有機化合物 (輔助材料) 形成激態複合物的形成過程。

一般而言，在電子和電洞在主體材料中再結合時，激發能量從激發態的主體材料轉移到客體材料，客體材料處於激發態，而發光。但是，在激發能量從主體材料轉移到客體材料之前，主體材料本身發光或激發能量轉換為熱能量，因此激發能量的一部分失活。尤其是，在主體材料處於單重激發態時，如 (2-2) 所述，不容易發生能量轉移。這種激發能量的失活是導致發光元件的壽命降低的原因之一。

但是，在本發明的一個方式中，由於使用具有載流子

的狀態（陽離子或陰離子）的第一有機化合物（或第三有機化合物）（主體材料）及第二有機化合物（輔助材料）形成激態複合物，所以可以抑制第一有機化合物（或第三有機化合物）（主體材料）的單重態激子的形成。換言之，可能存在直接形成激態複合物而不形成單重態激子的過程。由此，還可以抑制上述單重激發態能的失活。從而，可以實現壽命長的發光元件。

例如，在第一有機化合物（或第三有機化合物）為在電子傳輸材料中具有容易俘獲電子（載流子）的性質（LUMO 能階深）的具有電子俘獲性的化合物，且第二有機化合物為在電洞傳輸材料中具有容易俘獲電洞（載流子）的性質（HOMO 能階淺）的具有電洞俘獲性的化合物時，使用第一有機化合物（或第三有機化合物）的陰離子及第二有機化合物的陽離子直接形成激態複合物。將藉由這種過程形成的激態複合物特別稱為電致激態複合物（electroplex）。如此，藉由抑制第一有機化合物（或第三有機化合物）（主體材料）的單重激發態的發生，且能量從電致激態複合物轉移到將三重激發態能轉換為發光的發光物質（客體材料），可以得到發光效率高的發光元件。此外，在此情況下，可以認為由於同樣地抑制第一有機化合物（或第三有機化合物）（主體材料）的三重激發態的發生，直接形成激態複合物，所以能量從激態複合物轉移到將三重激發態能轉換為發光的發光物質（客體材料）。

第二形成過程是：在主體材料（第一有機化合物或第三有機化合物）和輔助材料（第二有機化合物）中的任一個形成單重態激子之後，與基態的另一方相互作用而形成激態複合物的基本過程。與電致激態複合物不同，在此情況下，一旦生成第一有機化合物（主體材料）、第二有機化合物（輔助材料）或第三有機化合物（主體材料）的單重激發態，但是由於該單重激發態迅速地變換為激態複合物，所以可以抑制單重激發態能的失活。從而，可以抑制第一有機化合物（主體材料）、第二有機化合物（輔助材料）或第三有機化合物（主體材料）的激發能量的失活。此外，在此情況下，可以認為主體材料的三重激發態也同樣地迅速轉換為激態複合物，能量從激態複合物轉移到將三重激發態能轉換為發光的發光物質（客體材料）。

另外，在第一有機化合物（或第三有機化合物）（主體材料）為具有電子俘獲性的化合物，而第二有機化合物（輔助材料）為具有電洞俘獲性的化合物，這些化合物的 HOMO 能階的差異及 LUMO 能階的差異大（明確而言，差異為 0.3eV 以上）時，電子選擇性地進入第一有機化合物（或第三有機化合物）（主體材料），且電洞選擇性地進入第二有機化合物（輔助材料）。在此情況下，可以認為與經過單重態激子形成激態複合物的過程相比，優先進行形成電致激態複合物的過程。

另外，為了使激態複合物的發射光譜與將三重激發態能轉換為發光的發光物質（客體材料）的吸收光譜充分地

重疊，發射光譜的峰值的能值和吸收光譜的最低能量一側的吸收帶的峰值的能值之間的差異為 0.3eV 以內是較佳的。更佳為 0.2eV 以內，最佳為 0.1eV 以內。

此外，在本發明的一個方式的發光元件中，較佳的是，激態複合物的激發能量充分地轉移到將三重激發態能轉換為發光的發光物質（客體材料），實質上觀察不到來自激態複合物的發光。因此，較佳的是，藉由激態複合物將能量轉移到將三重激發態能轉換為發光的發光物質，而將三重激發態能轉換為發光的發光物質發光。另外，作為將三重激發態能轉換為發光的發光物質，較佳為使用磷光化合物（有機金屬錯合物等）、熱活化延遲螢光（TADF）材料等。

此外，在本發明的一個方式的發光元件的第一發光層 106a 中，當作為第一有機化合物（在第二發光層 106b 的情況下，第三有機化合物）（主體材料）使用將三重激發態能轉換為發光的發光物質時，第一有機化合物（在第二發光層 106b 的情況下，第三有機化合物）（主體材料）本身容易發光，能量不容易轉移到將三重激發態能轉換為發光的發光物質（客體材料）。在此情況下，第一有機化合物（在第二發光層 106b 的情況下，第三有機化合物）若能高效地發光就好，但是由於主體材料產生濃度淬滅的問題，所以難以實現高發光效率。因此，第一有機化合物（在第二發光層 106b 的情況下，第三有機化合物）（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）中的至少一方為

螢光化合物（即，容易產生由單重激發態的發光或熱失活的化合物）的情況是有效的。因此，較佳的是，第一有機化合物（在第二發光層 106b 的情況下，第三有機化合物）（主體材料）和第二有機化合物（輔助材料）中的至少一方為螢光化合物，並且激態複合物用於能量轉移的介質。

另外，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。

實施方式 2

在本實施方式中，參照圖 5 對本發明的一個方式的發光元件的一個例子進行說明。

在本實施方式所示的發光元件中，如圖 5 所示，在一對電極（第一電極（陽極）201 和第二電極（陰極）202）之間夾著包括發光層 206 的 EL 層 203，EL 層 203 除了具有第一發光層 206a 和第二發光層 206b 的疊層結構的發光層 206 之外，還包括電洞注入層 204、電洞傳輸層 205、電子傳輸層 207、電子注入層 208 等。

另外，本實施方式所示的發光層 206 具有第一發光層 206a 和第二發光層 206b 的疊層結構。在發光層 206 中的第一發光層 206a 中，包含將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質（客體材料）209a、具有電子傳輸性的第一有機化合物（主體材料）210 及具有電洞傳輸性的第二有機化合物（輔助材料）211，在發光層 206 中的第二發光

層 206b 中，包含將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質（客體材料）209b、具有電子傳輸性的第三有機化合物（主體材料）212 及具有電洞傳輸性的第二有機化合物（輔助材料）211。

另外，包含在第一發光層中的第一有機化合物（主體材料）的最低空分子軌域能階（LUMO 能階）高於包含在第二發光層中的第三有機化合物（主體材料）的最低空分子軌域能階（LUMO 能階）。因此，可以將在第一發光層中形成的激態複合物的激發能量（ E_A ）設計為大於在第二發光層中形成的激態複合物的激發能量（ E_B ）。

另外，在發光層 206（第一發光層 206a 及第二發光層 206b）中，在第一發光層 206a 的情況下，將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質 209a 分散在第一有機化合物（主體材料）210 和第二有機化合物（輔助材料）211 中，在第二發光層 206b 的情況下，將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質 209b 分散在第三有機化合物（主體材料）212 和第二有機化合物（輔助材料）211 中，由此可以抑制發光層 206（第一發光層 206a 及第二發光層 206b）的結晶化。此外，可以抑制由於發光物質 209（209a、209b）的濃度高而導致的濃度淬滅，從而可以提高發光元件的發光效率。

另外，較佳的是，第一有機化合物 210、第二有機化合物 211 和第三有機化合物 212 的每一個的三重激發態能階（ T_1 能階）高於將三重激發態能轉換為發光的發光物質

209 (209a、209b) 的 T_1 能階。這是因為如下緣故：如果第一有機化合物 210、第二有機化合物 211 和第三有機化合物 212 的 T_1 能階低於將三重激發態能轉換為發光的發光物質 209 (209a、209b) 的 T_1 能階，則第一有機化合物 210 (或第二有機化合物 211、第三有機化合物 212) 使有助於發光的將三重激發態能轉換為發光的發光物質 209 (209a、209b) 的三重激發態能淬滅，而導致發光效率的降低。

在本實施方式中，在發光層 206 中的第一發光層 206a 中，當從兩個電極分別注入的載流子（電子和電洞）再結合時，使用第一有機化合物 210 和第二有機化合物 211 形成激態複合物（exciplex），在發光層 206 中的第二發光層 206b 中，使用第三有機化合物 212 和第二有機化合物 211 形成激態複合物。由此，第一發光層 206a 中的第一有機化合物 210 的螢光光譜及第二有機化合物 211 的螢光光譜可以轉換為位於更長波長一側的激態複合物的發射光譜，第二發光層 206b 中的第三有機化合物 212 的螢光光譜及第二有機化合物 211 的螢光光譜可以轉換為位於更長波長一側的激態複合物的發射光譜。由此，為了最大限度地提高由單重激發態的能量轉移，以激態複合物的發射光譜與將三重激發態能轉換為發光的發光物質（客體材料）209 的吸收光譜的重疊大的方式，在第一發光層 206a 中選擇第一有機化合物 210 和第二有機化合物 211，在第二發光層 206b 中選擇第三有機化合物 212 和第

二有機化合物 211。就是說，在此，關於三重激發態，也認為產生來自激態複合物的能量轉移，而不產生來自主體材料的能量轉移。

此外，作為將三重激發態能轉換為發光的發光物質 209（第一發光物質 209a、第二發光物質 209b），較佳為使用磷光化合物（有機金屬錯合物等）、熱活化延遲螢光（TADF）材料等。另外，作為第一有機化合物（主體材料）210 及第三有機化合物（主體材料）212，較佳為使用電子傳輸材料。此外，作為第二有機化合物（輔助材料）211，較佳為使用電洞傳輸材料。

另外，作為上述有機金屬錯合物，例如可以舉出：雙[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶-N,C^{2'}]銦（III）四（1-吡啶基）硼酸鹽（簡稱：FIr6）、雙[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶-N,C^{2'}]銦（III）吡啶甲酸鹽（簡稱：FIrpic）、雙[2-（3',5'-雙三氟甲基苯基）吡啶-N,C^{2'}]銦（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'}]銦（III）乙醯丙酮（簡稱：FIracac）、三（2-苯基吡啶）銦（III）（簡稱：Ir（ppy）₃）、雙（2-苯基吡啶）銦（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（ppy）₂（acac））、雙（苯並[h]喹啉）銦（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（bzq）₂（acac））、雙（2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,C^{2'}）銦（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（dpo）₂（acac））、雙{2-[4'-（全氟苯基）苯基]吡啶-N,C^{2'}}銦（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（p-PF-ph）₂（acac））、雙

(2-苯基苯並噻唑-N,C^{2'}) 銥 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: Ir (bt)₂ (acac))、雙[2-(2'-苯並[4,5- α]噻吩基)吡啶-N,C^{3'}]銥 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: Ir (btp)₂ (acac))、雙(1-苯基異喹啉-N,C^{2'}) 銥 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: Ir (piq)₂ (acac))、(乙醯基丙酮) 雙[2,3-雙(4-氟苯基)喹喔啉]銥 (III) (簡稱: Ir (Fdpq)₂ (acac))、(乙醯丙酮) 雙(2,3,5-三苯基吡嗪根合) 銥 (III) (簡稱: Ir (tppr)₂ (acac))、2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉合鉑 (II) (簡稱: PtOEP)、三(乙醯丙酮)(一啡啉) 銥 (III) (簡稱: Tb (acac)₃ (Phen))、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。

另外，作為上述電子傳輸材料，較佳為使用缺 π 電子型雜芳族化合物諸如含氮雜芳族化合物，例如可以舉出喹喔啉衍生物或二苯並喹喔啉衍生物諸如 2-[3-(二苯並噻吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹喔啉 (簡稱: 2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯並噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯並[f,h]喹喔啉 (簡稱: 2mDBTBPDBq-II)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-卟啉-9-基)苯基]二苯並[f,h]喹喔啉 (簡稱: 2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯並噻吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹喔啉 (簡稱: 7mDBTPDBq-II) 和 6-[3-(二苯並噻吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹喔啉 (簡稱:

6mDBTPDBq-II) 等。

另外，作為上述電洞傳輸材料，較佳為使用富 π 電子型雜芳族化合物（例如，呋唑衍生物或吡嗪衍生物）或芳香胺化合物，例如可以舉出 4-苯基-4'-（9-苯基-9H-呋唑-3-基）三苯胺（簡稱：PCBA1BP）、4,4'-二（1-萘基）-4''-（9-苯基-9H-呋唑-3-基）三苯胺（簡稱：PCBNBB）、3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基呋唑-3-基）氨基]-9-苯基呋唑（簡稱：PCzPCN1）、4,4',4''-三[N-（1-萘基）-N-苯基氨基]三苯胺（簡稱：1'-TNATA）、2,7-雙[N-（4-二苯基氨基苯基）-N-苯基氨基]-螺環-9,9'-聯萘（簡稱：DPA2SF）、N,N'-雙（9-苯基呋唑-3-基）-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺（簡稱：PCA2B）、N-（9,9-二甲基-2-二苯基氨基-9H-萘-7-基）二苯基胺（簡稱：DPNF）、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三（9-苯基呋唑-3-基）苯-1,3,5-三胺（簡稱：PCA3B）、2-[N-（9-苯基呋唑-3-基）-N-苯基氨基]螺環-9,9'-聯萘（簡稱：PCASF）、2-[N-（4-二苯基氨基苯基）-N-苯基氨基]螺環-9,9'-聯萘（簡稱：DPASF）、N,N'-雙[4-（呋唑-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-苯基氨基]聯苯（簡稱：TPD）、4,4'-雙[N-（4-二苯基氨基苯基）-N-苯基氨基]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）氨基]-9H-萘-7-基}苯基胺（簡稱：DFLADFL）、3-[N-（9-苯基

咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(簡稱:PCzPCA1)、3-[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(簡稱:PCzDPA1)、3,6-雙[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(簡稱:PCzDPA2)、4,4'-雙(N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基]苯基}-N-苯基氨基)聯苯(簡稱:DNTPD)、3,6-雙[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-(1-萘基)氨基]-9-苯基咪唑(簡稱:PCzTPN2)、3,6-雙[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(簡稱:PCzPCA2)。

但是，分別可以用於上述將三重激發態能轉換為發光的發光物質(客體材料)209(第一發光物質209a、第二發光物質209b)、第一有機化合物(主體材料)210、第二有機化合物(輔助材料)211及第三有機化合物(主體材料)212的材料不侷限於此，只要是能夠形成激態複合物的組合，激態複合物的發射光譜與將三重激發態能轉換為發光的發光物質(客體材料)209(第一發光物質209a或第二發光物質209b)的吸收光譜重疊，與將三重激發態能轉換為發光的發光物質(客體材料)209(第一發光物質209a或第二發光物質209b)的吸收光譜的峰值相比，激態複合物的發射光譜的峰值位於長波長，即可。

另外，在將電子傳輸材料用於第一有機化合物210，將電洞傳輸材料用於第二有機化合物211時，可以根據其混合比控制載流子平衡。明確而言，較佳為設定為第一有

機化合物 210：第二有機化合物 211=1：9 至 9：1。

下面，對製造本實施方式所示的發光元件時的具體例子進行說明。

作為第一電極（陽極）201 及第二電極（陰極）202，可以使用金屬、合金、導電化合物及它們的混合物。明確而言，除了氧化銦-氧化錫（ITO：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、鹼土金屬諸如鎂（Mg）、鈣（Ca）和銣（Sr）等、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）202 可以藉由濺射法或蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）等來形成。

作為用於電洞注入層 204 及電洞傳輸層 205 的電洞傳輸性高的物質，例如可以舉出 4,4'-雙[N-（1-萘基）-N-苯胺]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-二苯胺）三苯胺（簡稱：TDATA）、

4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯胺]三苯胺(簡稱:MTDATA)、4,4'-雙[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯胺]聯苯(簡稱:BSPB)等芳香胺化合物;3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯胺]-9-苯基咔唑(簡稱:PCzPCA1)、3,6-雙[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯胺]-9-苯基咔唑(簡稱:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)氨基]-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)等的咔唑衍生物等。在此所述的物質主要是電洞遷移率為 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 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。

再者,還可以使用聚(N-乙烯咔唑)(簡稱:PVK)、聚(4-乙烯三苯胺)(簡稱:PVTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯胺)苯基]苯基-N'-苯胺}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。

另外,作為能夠用於電洞注入層204的受體物質,可以舉出過渡金屬氧化物或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,氧化鋁是特別較佳的。

如上所述,在發光層206(206a、206b)中,第一發光層206a至少包含第一發光物質209a、第一有機化合物

(主體材料) 210 及第二有機化合物 (輔助材料) 211，第二發光層 206b 至少包含第二發光物質 209b、第三有機化合物 (主體材料) 212 及第二有機化合物 (輔助材料) 211。

電子傳輸層 207 是包含電子傳輸性高的物質的層。作為電子傳輸層 207，可以使用金屬錯合物諸如 Alq_3 、三(4-甲基-8-羥基喹啉合)鋁 (簡稱： Almq_3)、雙(10-羥基苯並[h]-喹啉合)鉍 (簡稱： BeBq_2)、 BAlq 、 $\text{Zn}(\text{BOX})_2$ 或雙[2-(2-羥基苯基)-苯並噻唑]鋅 (簡稱： $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$) 等。此外，也可以使用雜芳族化合物諸如 2-(4-聯苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑 (簡稱： PBD)、1,3-雙[5-(對叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯 (簡稱： OXD-7)、3-(4-叔丁基苯基)-4-苯基-5-(4-聯苯基)-1,2,4-三唑 (簡稱： TAZ)、3-(4-叔丁基苯基)-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-甲基苯並噻唑-2-基)二苯乙烯 (簡稱： BzOs) 等。另外，還可以使用高分子化合物諸如聚(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)。在此所述的物質主要是電子遷移率為 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。另外，只要是電子傳輸性比電洞傳輸性高的物質，就可以將上述物質之外的物質用

作電子傳輸層 207。

另外，作為電子傳輸層 207，不僅採用單層，而且可以採用由上述物質構成的層的兩層以上的疊層。

電子注入層 208 是包含電子注入性高的物質的層。作為電子注入層 208，可以使用氟化鋰（ LiF ）、氟化銫（ CsF ）、氟化鈣（ CaF_2 ）及鋰氧化物（ LiO_x ）等鹼金屬、鹼土金屬或它們的化合物。此外，可以使用氟化鉕（ ErF_3 ）等稀土金屬化合物。另外，也可以使用上述構成電子傳輸層 207 的物質。

或者，也可以將有機化合物與電子給體（施體）混合而成的複合材料用於電子注入層 208。這種複合材料的電子注入性及電子傳輸性高，因為電子給體使得電子產生在有機化合物中。在此情況下，有機化合物較佳為是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 207 的物質（金屬錯合物和雜芳族化合物等）。作為電子給體，只要使用對有機化合物呈現電子給體性的物質，即可。明確而言，較佳為使用鹼金屬、鹼土金屬和稀土金屬，可以舉出鋰、銫、鎂、鈣、鉕、釕等。另外，較佳為使用鹼金屬氧化物或鹼土金屬氧化物，例如可以舉出鋰氧化物、鈣氧化物、鉕氧化物等。此外，可以使用氧化鎂等路易士鹼。或者，也可以使用四硫富瓦烯（簡稱：TTF）等有機化合物。

另外，上述電洞注入層 204、電洞傳輸層 205、發光層 206（206a、206b）、電子傳輸層 207、電子注入層

208 分別可以藉由蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗敷法等的方法形成。

在上述發光元件的發光層 206 中得到的發光穿過第一電極 201 和第二電極 202 中的任一者或兩者取出到外部。因此，本實施方式中的第一電極 201 和第二電極 202 中的任一者或兩者為具有透光性的電極。

因為本實施方式所示的發光元件能夠由於利用激態複合物的發射光譜與將三重激發態能轉換為發光的發光物質（客體材料）的吸收光譜的重疊的能量轉移而提高能量轉移效率，所以可以實現外部量子效率高的發光元件。

另外，本實施方式所示的發光元件是本發明的一個方式，尤其是其特徵在於發光層的結構。因此，藉由應用本實施方式所示的結構，可以製造被動矩陣型發光裝置和主動矩陣型發光裝置等，上述發光裝置都包括在本發明中。

另外，在主動矩陣型發光裝置的情況下，對 TFT 的結構沒有特別的限制。例如，可以適當地使用交錯型 TFT 或反交錯型 TFT。此外，形成在 TFT 基板上的驅動電路可以由 N 型 TFT 和 P 型 TFT 中的一者或兩者形成。並且，對用於 TFT 的半導體膜的結晶性也沒有特別的限制。例如，可以使用非晶半導體膜、結晶半導體膜和氧化物半導體膜等。

另外，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。

實施方式 3

在本實施方式中，作為本發明的一個方式，對隔著電荷產生層具有多個 EL 層的結構的發光元件（以下，稱為串聯型發光元件）進行說明。

本實施方式所示的發光元件是如圖 6A 所示那樣的在一對電極（第一電極 301 與第二電極 304）之間具有多個 EL 層（第一 EL 層 302（1）和第二 EL 層 302（2））的串聯型發光元件。

在本實施方式中，第一電極 301 是用作陽極的電極，第二電極 304 是用作陰極的電極。另外，作為第一電極 301 及第二電極 304，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 302（1）和第二 EL 層 302（2））中的任一者或兩者可以具有與實施方式 1 或實施方式 2 所示的結構相同的結構。換言之，第一 EL 層 302（1）和第二 EL 層 302（2）既可以具有相同結構，又可以具有不同的結構，作為其結構，可以應用與實施方式 1 或實施方式 2 相同的結構。

另外，在多個 EL 層（第一 EL 層 302（1）和第二 EL 層 302（2））之間設置有電荷產生層（I）305。電荷產生層（I）305 具有如下功能：當對第一電極 301 和第二電極 304 施加電壓時，將電子注入到一方的 EL 層中，且將電洞注入到另一方的 EL 層中。在本實施方式中，當以第一電極 301 的電位高於第二電極 304 的電位的方式施加電壓時，電子從電荷產生層（I）305 被注入到第一 EL 層 302

(1) 中，且電洞被注入到第二 EL 層 302 (2) 中。

另外，從光提取效率的觀點來看，電荷產生層 (I) 305 較佳為具有透射可見光的性質（明確而言，電荷產生層 (I) 305 所具有的可見光的透射率為 40% 以上）。另外，電荷產生層 (I) 305 即使在其電導率小於第一電極 301 或第二電極 304 也發揮作用。

電荷產生層 (I) 305 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（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給體（施體）的結構。或者，也可以層疊有這兩種結構。

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諸如 NPB、TPD、TDATA、MTDATA 或 4,4'-雙[N-（螺-9,9'-聯萘-2-基）-N-苯基氨基]聯苯（簡稱：BSPB）等。在此所述的物質主要是電洞遷移率為 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。但是，只要是電洞傳輸性比電子傳輸性高的有機化合物，就可以使用上述物質之外的物質。

另外，作為電子受體，可以舉出 7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟喹啉並二甲烷（簡稱：F₄-TCNQ）、氯醌等。另外，還可以舉出過渡金屬氧化物。另外，可以舉出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

接受性。尤其，較佳為使用氧化鋁，因為氧化鋁在大氣中穩定、其吸濕性低，並且容易進行處理。

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給體的結構的情況下，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並喹啉骨架的金屬錯合物等諸如 Alq 、 Almq_3 、 BeBq_2 或 BAlq 等。此外，除此之外，還可以使用具有噁唑基配體或噻唑基配體的金屬錯合物等諸如 $\text{Zn}(\text{BOX})_2$ 或 $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ 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遷移率為 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 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。

另外，作為電子給體，可以使用鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、屬於元素週期表中第 13 族的金屬及它們的氧化物和碳酸鹽。明確而言，較佳為使用鋰 (Li)、銫 (Cs)、鎂 (Mg)、鈣 (Ca)、鐳 (Yb)、銦 (In)、氧化鋰、碳酸銫等。此外，也可以將如四硫萘並萘 ($\text{tetrathianaphthacene}$) 的有機化合物用作電子給體。

另外，藉由使用上述材料形成電荷產生層 (I) 305，可以抑制層疊 EL 層造成的驅動電壓的增大。

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 6B 所示那樣，本發明的一個方式可以同樣地應用於層疊 n 個（注意， n 是 3 以上）EL 層的

發光元件。如根據本實施方式的發光元件那樣，當在一對電極之間具有多個 EL 層時，藉由將電荷產生層（I）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元件。另外，當作為應用例子採用照明時，因為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。此外，可以實現能夠進行低電壓驅動且耗電量低的發光裝置。

此外，藉由使各 EL 層發射互不相同顏色的光，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，因此作為整體發光元件可以得到發射白色發光的發光元件。注意，詞語“補色關係”表示當顏色混合時得到非彩色的顏色關係。也就是說，藉由將從發射具有補色關係的顏色的光的物質得到的光混合，可以得到白色發光。

另外，具有三個 EL 層的發光元件的情況也與此同樣，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。

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實施。

實施方式 4

在本實施方式中，對本發明的一個方式的發光裝置進行說明。

本實施方式所示的發光裝置具有利用一對電極之間的光的共振效應的光學微諧振腔（micro optical resonator）（微腔）結構，如圖 7 所示具有多個發光元件，該發光元件包括在一對電極（反射電極 401 與半透射·半反射電極 402）之間至少具有 EL 層 405 的結構。另外，EL 層 405 至少具有用作發光區域的發光層 404（404R、404G、404B），除此之外，EL 層 405 還可以包括電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層、電子注入層、電荷產生層（E）等。另外，發光層 404（404R、404G、404B）可以具有如實施方式 1 或 2 所說明的本發明的一個方式的發光層的結構。

在本實施方式中，如圖 7 所示，對包括具有不同結構的發光元件（第一發光元件（R）410R、第二發光元件（G）410G 和第三發光元件（B）410B）而構成的發光裝置進行說明。

第一發光元件（R）410R 具有在反射電極 401 上依次層疊有如下層的結構：第一透明導電層 403a；其一部分包括第一發光層（B）404B、第二發光層（G）404G 和第三發光層（R）404R 的 EL 層 405；以及半透射·半反射電極 402。另外，第二發光元件（G）410G 具有在反射電極 401 上依次層疊有第二透明導電層 403b、EL 層 405 以及半透射·半反射電極 402 的結構。另外，第三發光元件

(B) 410B 具有在反射電極 401 上依次層疊有 EL 層 405 及半透射·半反射電極 402 的結構。

另外，上述發光元件（第一發光元件（R）410R、第二發光元件（G）410G、第三發光元件（B）410B）都具有反射電極 401、EL 層 405 以及半透射·半反射電極 402。此外，在第一發光層（B）404B 中發射在 420nm 以上且 480nm 以下的波長區域中具有峰值的光（ λ_B ），在第二發光層（G）404G 中發射在 500nm 以上且 550nm 以下的波長區域中具有峰值的光（ λ_G ），而在第三發光層（R）404R 中發射在 600nm 以上且 760nm 以下的波長區域中具有峰值的光（ λ_R ）。由此，可以使任何發光元件（第一發光元件（R）410R、第二發光元件（G）410G 及第三發光元件（B）410B）都發射將來自第一發光層（B）404B、第二發光層（G）404G 及第三發光層（R）404R 的發光重疊而成的光，即及於可見光區的寬（broad）的光。注意，根據上述記載，波長的長度滿足 $\lambda_B < \lambda_G < \lambda_R$ 的關係。

本實施方式所示的各發光元件分別具有在反射電極 401 與半透射·半反射電極 402 之間夾有 EL 層 405 的結構，並且從包括在 EL 層 405 中的各發光層向全方向射出的發光由具有光學微諧振腔（微腔）的功能的反射電極 401 和半透射·半反射電極 402 共振。另外，反射電極 401 使用具有反射性的導電材料形成，可見光的對該膜的反射率為 40%至 100%，較佳為 70%至 100%，並且該膜的電阻

率為 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下。另外，半透射·半反射電極 402 使用具有反射性的導電材料和具有透光性的導電材料形成，可見光的對該膜的反射率為 20%至 80%，較佳為 40%至 70%，並且該膜的電阻率為 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下。

另外，在本實施方式中，藉由使分別設置在第一發光元件（R）410R 和第二發光元件（G）410G 中的透明導電層（第一透明導電層 403a、第二透明導電層 403b）的厚度彼此不同，來根據每個發光元件改變反射電極 401 與半透射·半反射電極 402 之間的光程。換言之，在反射電極 401 與半透射·半反射電極 402 之間，可以使從各發光元件的各發光層發射的寬的光中的共振的波長的光變強並可以使其中的不共振的波長的光衰減，所以藉由根據每個元件改變反射電極 401 與半透射·半反射電極 402 之間的光程，可以取出不同波長的光。

另外，光程（也稱為光徑長）是指實際上的距離乘以折射率而求得的值，在本實施方式中其是指實際上的厚度乘以 n （折射率）而求得的值。換言之，“光程=實際上的厚度 $\times n$ ”。

另外，在第一發光元件（R）410R 中從反射電極 401 到半透射·半反射電極 402 的總厚度為 $m\lambda_R/2$ （注意， m 是自然數），在第二發光元件（G）410G 中從反射電極 401 到半透射·半反射電極 402 的總厚度為 $m\lambda_G/2$ （注意， m 是自然數），並且在第三發光元件（B）410B 中從反射電極 401 到半透射·半反射電極 402 的總厚度為 $m\lambda_B/2$ （注意，

m 是自然數)。

如上所述，從第一發光元件 (R) 410R 主要取出在包括於 EL 層 405 中的第三發光層 (R) 404R 中發射的光 (λ_R)，從第二發光元件 (G) 410G 主要取出在包括於 EL 層 405 中的第二發光層 (G) 404G 中發射的光 (λ_G)，並且從第三發光元件 (B) 410B 主要取出在包括於 EL 層 405 中的第一發光層 (B) 404B 中發射的光 (λ_B)。另外，從各發光元件取出的光分別從半透射·半反射電極 402 一側射出。

另外，在上述結構中，嚴格而言，可以將從反射電極 401 到半透射·半反射電極 402 的總厚度稱為從反射電極 401 中的反射區域到半透射·半反射電極 402 中的反射區域的總厚度。但是，難以嚴格地決定反射電極 401 或半透射·半反射電極 402 中的反射區域的位置，所以藉由假定反射電極 401 和半透射·半反射電極 402 中的任意的位置為反射區域來可以充分地獲得上述效果。

接著，在第一發光元件 (R) 410R 中，藉由將從反射電極 401 到第三發光層 (R) 404R 的光程調節為所希望的厚度 ($(2m'+1)\lambda_R/4$ (注意， m' 是自然數))，可以放大來自第三發光層 (R) 404R 的發光。因為來自第三發光層 (R) 404R 的發光中的由反射電極 401 反射而回來的光 (第一反射光) 與從第三發光層 (R) 404R 直接入射到半透射·半反射電極 402 的光 (第一入射光) 發生干擾，所以藉由將從反射電極 401 到第三發光層 (R) 404R 的光程

調節為所希望的值（ $(2m'+1)\lambda_R/4$ （注意， m' 是自然數）），可以使第一反射光與第一入射光的相位一致，從而可以放大來自第三發光層（R）404R的發光。

另外，嚴格而言，可以將反射電極 401 與第三發光層（R）404R 之間的光程稱為反射電極 401 中的反射區域與第三發光層（R）404R 中的發光區域之間的光程。但是，難以嚴格地決定反射電極 401 中的反射區域或第三發光層（R）404R 中的發光區域的位置，所以藉由假定反射電極 401 中的任意的位置為反射區域且假定第三發光層（R）404R 中的任意的位置為發光區域，來可以充分地獲得上述效果。

接著，在第二發光元件（G）410G 中，藉由將從反射電極 401 到第二發光層（G）404G 的光程調節為所希望的厚度（ $(2m''+1)\lambda_G/4$ （注意， m'' 是自然數）），可以放大來自第二發光層（G）404G 的發光。因為來自第二發光層（G）404G 的發光中的由反射電極 401 反射而回來的光（第二反射光）與從第二發光層（G）404G 直接入射到半透射·半反射電極 402 的光（第二入射光）發生干擾，所以藉由將從反射電極 401 到第二發光層（G）404G 的光程調節為所希望的值（ $(2m''+1)\lambda_G/4$ （注意， m'' 是自然數）），可以使第二反射光與第二入射光的相位一致，從而可以放大來自第二發光層（G）404G 的發光。

另外，嚴格而言，可以將反射電極 401 與第二發光層（G）404G 之間的光程稱為反射電極 401 中的反射區域與

第二發光層（G）404G 中的發光區域之間的光程。但是，難以嚴格地決定反射電極 401 中的反射區域或第二發光層（G）404G 中的發光區域的位置，所以藉由假定反射電極 401 中的任意的位置為反射區域且假定第二發光層（G）404G 中的任意的位置為發光區域，來可以充分地獲得上述效果。

接著，在第三發光元件（B）410B 中，藉由將從反射電極 401 到第一發光層（B）404B 的光程調節為所希望的厚度（ $(2m'''+1)\lambda_B/4$ （注意， m''' 是自然數）），可以放大來自第一發光層（B）404B 的發光。因為來自第一發光層（B）404B 的發光中的由反射電極 401 反射而回來的光（第三反射光）與從第一發光層（B）404B 直接入射到半透射·半反射電極 402 的光（第三入射光）發生干擾，所以藉由將從反射電極 401 到第一發光層（B）404B 的光程調節為所希望的值（ $(2m'''+1)\lambda_B/4$ （注意， m''' 是自然數）），可以使第三反射光與第三入射光的相位一致，從而可以放大來自第一發光層（B）404B 的發光。

另外，在第三發光元件中，嚴格而言，可以將反射電極 401 與第一發光層（B）404B 之間的光程稱為反射電極 401 中的反射區域與第一發光層（B）404B 中的發光區域之間的光程。但是，難以嚴格地決定反射電極 401 中的反射區域或第一發光層（B）404B 中的發光區域的位置，所以藉由假定反射電極 401 中的任意的位置為反射區域且假定第一發光層（B）404B 中的任意的位置為發光區域，來

可以充分地獲得上述效果。

另外，在上述結構中，示出每個發光元件具有在 EL 層中包括多個發光層的結構，但是本發明不侷限於此。例如，也可以採用如下結構：將上述結構與實施方式 3 所說明的串聯型發光元件組合，在一個發光元件中隔著電荷產生層設置多個 EL 層，且在各 EL 層中形成一個或多個發光層。

本實施方式所示的發光裝置具有微腔結構，即使具有相同的 EL 層，也能夠提取根據發光元件不同的波長的光，因此不需要 RGB 的分別塗敷。從而，根據容易實現高精細化等的理由，從實現全彩色化的角度來看上述結構是有利的。另外，也可以與著色層（濾色片）組合。另外，因為能夠加強特定波長的正面方向的發光強度，所以可以實現低耗電量化。該結構是當將其應用於使用三種顏色以上的像素的彩色顯示器（影像顯示裝置）時特別有效的，但是也可以將其用於照明等的用途。

實施方式 5

在本實施方式中，對具有本發明的一個方式的發光元件的發光裝置進行說明。

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

在本實施方式中，參照圖 8A 和圖 8B 對主動矩陣型

發光裝置進行說明。

另外，圖 8A 是示出發光裝置的俯視圖，圖 8B 是沿圖 8A 中的虛線 A-A'切割的剖面圖。根據本實施方式的主動矩陣型發光裝置具有設置在元件基板 501 上的像素部 502、驅動電路部（源極線驅動電路）503 以及驅動電路部（閘極線驅動電路）504（504a 及 504b）。將像素部 502、驅動電路部 503 及驅動電路部 504 由密封材料 505 密封在元件基板 501 與密封基板 506 之間。

此外，在元件基板 501 上設置用來連接對驅動電路部 503 及驅動電路部 504 傳達來自外部的信號（例如，視訊訊號、時脈信號、起始信號或重設信號等）或電位的外部輸入端子的引導佈線 507。在此，示出作為外部輸入端子設置 FPC（軟性印刷電路）508 的例子。另外，雖然在此只表示 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。

接著，參照圖 8B 說明剖面結構。在元件基板 501 上形成有驅動電路部及像素部，但是在此示出源極線驅動電路的驅動電路部 503 及像素部 502。

驅動電路部 503 示出形成有組合 n 通道型 TFT509 和 p 通道型 TFT510 的 CMOS 電路的例子。另外，形成驅動電路部的電路也可以使用各種 CMOS 電路、PMOS 電路或 NMOS 電路形成。此外，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，但是不一定需要如

此，也可以將驅動電路形成在外部而不形成在基板上。

此外，像素部 502 由包括開關用 TFT511、電流控制用 TFT512 及與電流控制用 TFT512 的佈線（源極電極或汲極電極）電連接的第一電極（陽極）513 的多個像素形成。另外，以覆蓋第一電極（陽極）513 的端部的方式形成有絕緣物 514。在此，使用正型的光敏丙烯酸樹脂形成絕緣物 514。

另外，為了提高層疊在絕緣物 514 上的膜的覆蓋率，較佳的是，在絕緣物 514 的上端部或下端部形成具有曲率的曲面。例如，在作為絕緣物 514 的材料使用正型的光敏丙烯酸樹脂的情況下，使絕緣物 514 的上端部具備具有曲率半徑（ $0.2\mu\text{m}$ 至 $3\mu\text{m}$ ）的曲面是較佳的。此外，作為絕緣物 514，可以使用負型感光性樹脂或正型感光性樹脂，不侷限於有機化合物，而還可以使用無機化合物諸如氧化矽、氮化矽等。

在第一電極（陽極）513 上層疊形成有 EL 層 515 及第二電極（陰極）516。在 EL 層 515 中至少設置有發光層，且發光層具有實施方式 1 所示的疊層結構。另外，在 EL 層 515 中，除了發光層之外，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。

另外，由第一電極（陽極）513、EL 層 515 及第二電極（陰極）516 的疊層結構形成發光元件 517。作為用於第一電極（陽極）513、EL 層 515 及第二電極（陰極）

516 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）516 與作為外部輸入端子的 FPC508 電連接。

此外，雖然在圖 8B 所示的剖面圖中僅示出一個發光元件 517，但是，在像素部 502 中以矩陣形狀配置有多個發光元件。在像素部 502 中分別選擇性地形成能夠得到三種（R、G、B）發光的發光元件，以可以形成能夠進行全彩色顯示的發光裝置。此外，也可以藉由與著色層（濾色片）組合來實現能夠進行全彩色顯示的發光裝置。

再者，藉由利用密封材料 505 將密封基板 506 與元件基板 501 貼合在一起，得到在由元件基板 501、密封基板 506 及密封材料 505 圍繞的空間 518 中具備有發光元件 517 的結構。另外，除了空間 518 填充有惰性氣體（氮、氬等）的結構以外，還有空間 518 填充有密封材料 505 的結構。

另外，作為密封材料 505，較佳為使用環氧類樹脂或低熔點玻璃等。另外，這些材料較佳為是儘量不透過水分、氧的材料。此外，作為用於密封基板 506 的材料，除了玻璃基板、石英基板之外，還可以使用由 FRP（Fiberglass-Reinforced Plastics：玻璃纖維強化塑膠）、PVF（聚氟乙烯）、聚酯或丙烯酸樹脂等構成的塑膠基板。

藉由上述步驟，可以得到主動矩陣型的發光裝置。

另外，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。

實施方式 6

在本實施方式中，參照圖 9A 至圖 10C 對使用應用本發明的一個方式的發光元件來製造的發光裝置的各種各樣的電子裝置的一個例子進行說明。

作為應用發光裝置的電子裝置，例如可以舉出電視機（也稱為電視或電視接收機）、用於電腦等的顯示器、數位相機、數位攝影機、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、音訊再現裝置、彈珠機等的大型遊戲機等。圖 9A 至圖 9D 示出這些電子裝置的具體例子。

圖 9A 示出電視機的一個例子。在電視機 7100 中，外殼 7101 組裝有顯示部 7103。由顯示部 7103 能夠顯示影像，並可以將發光裝置用於顯示部 7103。此外，在此示出利用支架 7105 支撐外殼 7101 的結構。

可以藉由利用外殼 7101 所具備的操作開關、另外提供的遙控器 7110 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，可以進行頻道及音量的操作，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。

另外，電視機 7100 採用具備接收機及數據機等的結構。可以藉由利用接收機接收一般的電視廣播。再者，藉

由數據機將電視機 7100 連接到有線或無線方式的通信網路，從而進行單向（從發送者到接收者）或雙向（發送者和接收者之間或接收者之間等）的資訊通信。

圖 9B 示出電腦，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。此外，該電腦是藉由將發光裝置用於其顯示部 7203 來製造的。

圖 9C 示出可攜式遊戲機，包括外殼 7301 和外殼 7302 的兩個外殼，並且藉由連接部 7303 可以開閉地連接。外殼 7301 組裝有顯示部 7304，而外殼 7302 組裝有顯示部 7305。此外，圖 9C 所示的可攜式遊戲機還具備揚聲器部 7306、儲存介質插入部 7307、LED 燈 7308、輸入單元（操作鍵 7309、連接端子 7310、感測器 7311（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、轉動數、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 7312）等。當然，可攜式遊戲機的結構不侷限於上述結構，只要在顯示部 7304 及顯示部 7305 的兩者或一方中使用發光裝置，即可。此外，還可以採用適當地設置其他輔助設備的結構。圖 9C 所示的可攜式遊戲機具有如下功能：讀出儲存在儲存介質中的程式或資料並將其顯示在顯示部上；以及藉由與其他可攜式遊戲機進行無線通訊而實現資訊共用。另外，圖 9C 所示的可攜式遊戲機的功能不

侷限於此，而可以具有各種各樣的其他功能。

圖 9D 示出行動電話機的一個例子。行動電話機 7400 除了組裝在外殼 7401 中的顯示部 7402 之外還具備操作按鈕 7403、外部連接埠 7404、揚聲器 7405、麥克風 7406 等。另外，行動電話機 7400 將發光裝置用於顯示部 7402 來製造。

圖 9D 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 來進行打電話或製作電子郵件的操作。

顯示部 7402 的螢幕主要有如下三個模式：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個模式的顯示及輸入模式。

例如，在打電話或製作電子郵件的情況下，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 的螢幕的大多部分上顯示鍵盤或號碼按鈕。

另外，藉由在行動電話機 7400 內部設置具有陀螺儀和加速度感測器等檢測傾斜度的感測器的檢測裝置，判斷行動電話機 7400 的方向（縱向或橫向），而可以對顯示部 7402 的螢幕顯示進行自動切換。

此外，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。也可以根據顯示在顯

示部 7402 上的影像種類切換螢幕模式。例如，當顯示在顯示部上的影像信號為動態影像的資料時，將螢幕模式切換成顯示模式，而當顯示在顯示部上的影像信號為文字資料時，將螢幕模式切換成輸入模式。

另外，當在輸入模式下藉由檢測出顯示部 7402 的光感測器所檢測的信號得知在一定期間內沒有顯示部 7402 的觸摸操作輸入時，也可以控制為將屏面模式從輸入模式切換成顯示模式。

還可以將顯示部 7402 用作影像感測器。例如，藉由用手掌或手指觸摸顯示部 7402，來拍攝掌紋、指紋等，而可以進行身份識別。此外，藉由在顯示部中使用發射近紅外光的背光或發射近紅外光的感測光源，也可以拍攝手指靜脈、手掌靜脈等。

圖 10A 和圖 10B 是能夠進行折疊的平板終端。圖 10A 是打開的狀態，並且平板終端包括外殼 9630、顯示部 9631a、顯示部 9631b、顯示模式切換開關 9034、電源開關 9035、省電模式切換開關 9036、夾子 9033 以及操作開關 9038。此外，將發光裝置用於顯示部 9631a 和顯示部 9631b 的一者或兩者來製造該平板終端。

在顯示部 9631a 中，可以將其一部分用作觸控式螢幕的區域 9632a，並且可以藉由觸摸所顯示的操作鍵 9637 來輸入資料。此外，作為一個例子示出顯示部 9631a 的一半只具有顯示的功能，並且另一半具有觸控式螢幕的功能的結構，但是不侷限於該結構。也可以採用使顯示部

9631a 的所有的區域具有觸控式螢幕的功能的結構。例如，可以使顯示部 9631a 的整個面顯示鍵盤按鈕來將其用作觸控式螢幕，並且將顯示部 9631b 用作顯示幕面。

此外，在顯示部 9631b 中與顯示部 9631a 同樣，也可以將其一部分用作觸控式螢幕的區域 9632b。此外，藉由使用手指或觸控筆等觸摸觸控式螢幕上的鍵盤顯示切換按鈕 9639 的位置上，可以在顯示部 9631b 上顯示鍵盤按鈕。

此外，也可以對觸控式螢幕的區域 9632a 和觸控式螢幕的區域 9632b 同時進行觸摸輸入。

另外，顯示模式切換開關 9034 能夠選擇切換豎屏顯示和橫屏顯示等顯示的方向以及黑白顯示和彩色顯示等。省電模式切換開關 9036 可以根據平板終端所內置的光感測器所檢測的使用時的外光的光量，將顯示的亮度設定為最合適的亮度。平板終端除了光感測器以外還可以內置陀螺儀和加速度感測器等檢測傾斜度的感測器等的其他檢測裝置。

此外，圖 10A 示出顯示部 9631b 的顯示面積與顯示部 9631a 的顯示面積相同的例子，但是不侷限於此，可以使一方的尺寸和另一方的尺寸不同，也可以使它們的顯示品質有差異。例如可以採用顯示部 9631a 和 9631b 中的一方與另一方相比可以進行高精細的顯示的結構。

圖 10B 是合上的狀態，並且平板終端包括外殼 9630、太陽能電池 9633、充放電控制電路 9634、電池

9635 以及 DCDC 轉換器 9636。此外，在圖 10B 中，作為充放電控制電路 9634 的一個例子示出具有電池 9635 和 DCDC 轉換器 9636 的結構。

此外，平板終端能夠進行折疊，因此不使用時可以合上外殼 9630。因此，可以保護顯示部 9631a 和顯示部 9631b，而可以提供一種具有良好的耐久性且從長期使用的觀點來看具有良好的可靠性的平板終端。

此外，圖 10A 和圖 10B 所示的平板終端還可以具有如下功能：顯示各種各樣的資訊（靜態影像、動態影像、文字影像等）；將日曆、日期或時刻等顯示在顯示部上；對顯示在顯示部上的資訊進行操作或編輯的觸摸輸入；藉由各種各樣的軟體（程式）控制處理等。

藉由利用安裝在平板終端的表面上的太陽能電池 9633，可以將電力供應到觸控式螢幕、顯示部或影像信號處理部等。另外，可以將太陽能電池 9633 設置在外殼 9630 的單面或雙面，由此可以高效地對電池 9635 進行充電。另外，當作為電池 9635 使用鋰離子電池時，有可以實現小型化等的優點。

另外，參照圖 10C 所示的方塊圖對圖 10B 所示的充放電控制電路 9634 的結構和工作進行說明。圖 10C 示出太陽能電池 9633、電池 9635、DCDC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至 SW3 以及顯示部 9631，電池 9635、DCDC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至 SW3 對應於圖 10B 所示的充放電控制電路 9634。

首先，說明在利用外光使太陽能電池 9633 發電時的工作的例子。使用 DCDC 轉換器 9636 對太陽能電池 9633 所產生的電力進行升壓或降壓以使它成為用來對電池 9635 進行充電的電壓。並且，當利用來自太陽能電池 9633 的電力使顯示部 9631 工作時使開關 SW1 導通，並且，利用轉換器 9638 將該電力升壓或降壓到顯示部 9631 所需要的電壓。另外，當不進行顯示部 9631 中的顯示時，使開關 SW1 截止且使開關 SW2 導通來對電池 9635 進行充電。

注意，作為發電單元的一個例子示出太陽能電池 9633，但是不侷限於此，也可以使用壓電元件（piezoelectric element）或熱電轉換元件（珀耳帖元件（Peltier element））等其他發電單元進行電池 9635 的充電。例如，也可以使用以無線（不接觸）的方式能夠收發電力來進行充電的無線電力傳輸模組或組合其他充電方法進行充電。

另外，如果具備上述實施方式所說明的顯示部，則當然不侷限於圖 10A 至圖 10C 所示的電子裝置。

藉由上述步驟，可以應用本發明的一個方式的發光裝置而得到電子裝置。發光裝置的應用範圍極為寬，而可以應用於所有領域的電子裝置。

另外，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。

實施方式 7

在本實施方式中，參照圖 11 對應用包括本發明的一個方式的發光元件的發光裝置的照明設備的一個例子進行說明。

圖 11 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，外殼的設計的自由度高。因此，可以形成精心設計的照明設備。再者，室內的牆面也可以具備大型的照明設備 8003。

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傢俱的一部分，可以提供具有傢俱的功能的照明設備。

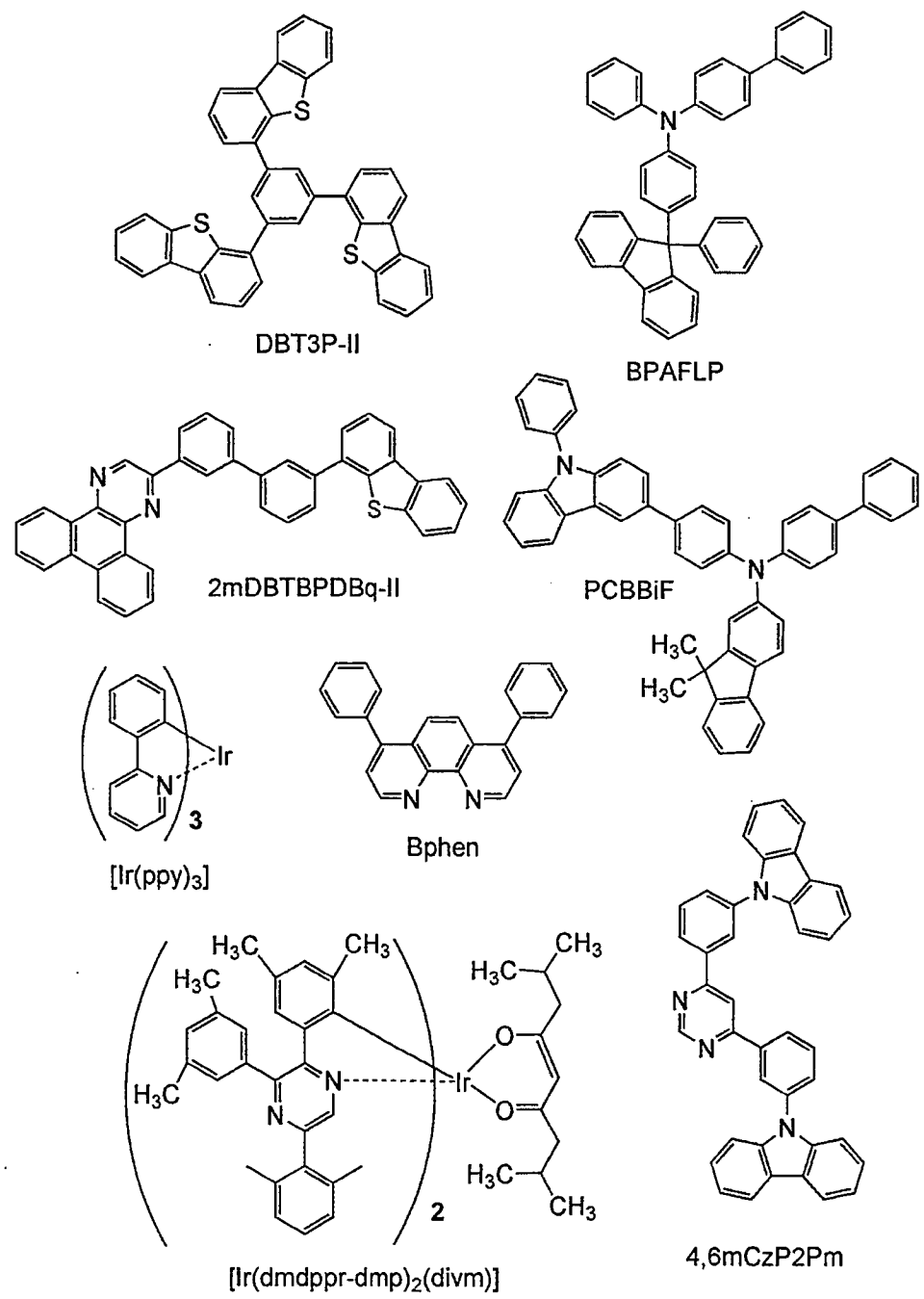
如上所述，可以得到應用發光裝置的各種各樣的照明設備。另外，這種照明設備包括在本發明的一個方式中。

另外，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。

實施例 1

在本實施例中，參照圖 12 對本發明的一個方式的發光元件 1 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。

[化學式 1]



《發光元件 1 的製造》

首先，在由玻璃製造的基板 1100 上藉由濺射法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。另外，將其厚度設定為 110nm，且將其

電極面積設定為 $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。

接著，作為用來在基板 1100 上形成發光元件 1 的預處理，使用水對基板表面進行洗滌，在 200°C 下進行 1 小時的焙燒，然後進行 370 秒鐘的 UV 臭氧處理。

然後，在將基板放入到其內部被減壓到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並在真空蒸鍍裝置內的加熱室中，在 170°C 下進行 30 分鐘的真空焙燒之後，對基板 1100 進行 30 分鐘左右的冷卻。

接著，以使形成有第一電極 1101 的面朝下的方式將基板 1100 固定到設置在真空蒸鍍裝置內的支架。在本實施例中，說明如下情況，即藉由真空蒸鍍法，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。

在使真空裝置的內部減壓到 10^{-4}Pa 之後，藉由共蒸鍍 1,3,5-三（二苯並噻吩-4-基）苯（簡稱：DBT3P-II）和氧化鋁（VI）以滿足 DBT3P-II（簡稱）：氧化鋁=4：2（質量比）的關係，在第一電極 1101 上形成電洞注入層 1111。將其厚度設定為 20nm。另外，共蒸鍍是指使不同的多個物質從不同的蒸發源同時蒸發的蒸鍍法。

接著，藉由蒸鍍 20nm 厚的 4-苯基-4'-（9-苯基第-9-基）三苯胺（簡稱：BPAFLP），來形成電洞傳輸層 1112。

接著，在電洞傳輸層 1112 上形成發光層 1113。共蒸鍍 4,6-雙[3-（9H-吡啶-9-基）苯基]嘧啶（簡稱：

4,6mCzP2Pm)、N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-呋啶-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(簡稱:PCBBiF)、三(2-苯基吡啶)銨(III)(簡稱:[Ir(ppy)₃]),以滿足4,6mCzP2Pm(簡稱):PCBBiF(簡稱):[Ir(ppy)₃](簡稱)=0.7:0.3:0.05(質量比)的關係,形成20nm厚的第一發光層1113a,然後共蒸鍍2-[3'-(二苯並噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯並[f,h]喹喔啉(簡稱:2mDBTBPDBq-II)、PCBBiF(簡稱)、雙{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,8-二甲基-4,6-壬烷二酮基(nonanedionato)-κ²O,O')銨(III)(簡稱:[Ir(dmdppr-dmp)₂(divm)]),以滿足2mDBTBPDBq-II(簡稱):PCBBiF(簡稱):[Ir(dmdppr-dmp)₂(divm)](簡稱)=0.9:0.1:0.05(質量比)的關係,形成20nm厚的第二發光層1113b,由此形成具有疊層結構的發光層1113。

接著,藉由在發光層1113上蒸鍍15nm厚的2mDBTBPDBq-II(簡稱)之後,蒸鍍10nm厚的紅啡啉(簡稱:BPhen),由此形成電子傳輸層1114。再者,藉由在電子傳輸層1114上蒸鍍1nm厚的氟化鋰,形成電子注入層1115。

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

表 1 示出藉由上述步驟得到的發光元件 1 的元件結構。

[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 (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	2mDBTBPDq-II (15nm)	BPhen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

* 4,6mCzP2Pm:PCBBiF:[Ir(ppy)₃] (0.7:0.3:0.05 20nm)

** 2mDBTBPDq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)₂(divm)] (0.9:0.1:0.05 20nm)

此外，在氮氛圍的手套箱中密封所製造的發光元件 1，以不使發光元件 1 暴露於大氣（明確地說，將密封材料塗敷在元件的周圍，並且，當密封時以 80℃ 進行 1 小時的熱處理）。

《發光元件 1 的工作特性》

對所製造的發光元件 1 的工作特性進行測量。另外，在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行測量。

首先，圖 13 示出發光元件 1 的電流密度-亮度特性。在圖 13 中，縱軸表示亮度（cd/m²），橫軸表示電流密度（mA/cm²）。此外，圖 14 示出發光元件 1 的電壓-亮度特性。在圖 14 中，縱軸表示亮度（cd/m²），橫軸表示電壓（V）。此外，圖 15 示出發光元件 1 的亮度-電流效率特性。在圖 15 中，縱軸表示電流效率（cd/A），橫軸表示亮度（cd/m²）。此外，圖 16 示出發光元件 1 的電壓-電

流特性。在圖 16 中，縱軸表示電流（mA），橫軸表示電壓（V）。

從圖 15 可知，本發明的一個方式的發光元件 1 是高效率的元件。此外，下面的表 2 示出 1000cd/m² 附近的發光元件 1 的主要初期特性值。

[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	3.2	0.056	1.4	(0.48 , 0.50)	1000	72	70	27

以上述結果可知，因為在本實施例中製造的發光元件 1 表示高外部量子效率，所以表示高發光效率。

此外，圖 17 示出以 25mA/cm² 的電流密度使電流流到發光元件 1 時的發射光譜。如圖 17 所示，發光元件 1 的發射光譜在 519nm 和 615nm 附近具有兩個峰值，由此可知，該發射光譜的峰值分別來源於磷光有機金屬銦錯合物 [Ir（ppy）₃]的發光和 [Ir（dmdppr-dmp）₂（divm）]的發光。

另外，藉由迴圈伏安法測量，估算出：具有電子傳輸性的第一有機化合物的 4,6mCzP2Pm 的 LUMO 能階為 -2.88eV，具有電子傳輸性的第三有機化合物的 2mDBTBPDq-II 的 LUMO 能階為 -2.94eV。因此，第一有機化合物的 LUMO 能階高於第三有機化合物的 LUMO 能

階。

在此，圖 18 示出具有電子傳輸性的第一有機化合物的 4,6mCzP2Pm 的薄膜的發射光譜、具有電洞傳輸性的第二有機化合物的 PCBBiF 的薄膜的發射光譜以及 4,6mCzP2Pm 和 PCBBiF 的混合膜（共蒸鍍膜）的發射光譜。另外，圖 19 示出具有電子傳輸性的第三有機化合物的 2mDBTBPDBq-II 的薄膜的發射光譜、具有電洞傳輸性的第二有機化合物的 PCBBiF 的薄膜的發射光譜以及 2mDBTBPDBq-II 和 PCBBiF 的混合膜（共蒸鍍膜）的發射光譜。

從圖 18 及圖 19 可知：與各材料的單膜的發光波長相比，混合膜的發光波長位於長波長一側，由此，第一有機化合物（4,6mCzP2Pm）和第二有機化合物（PCBBiF）以及第三有機化合物（2mDBTBPDBq-II）和第二有機化合物（PCBBiF）分別形成激態複合物。

【符號說明】

101：第一電極

102：第二電極

103：EL 層

104：電洞注入層

105：電洞傳輸層

106：發光層

106a：第一發光層

- 106b：第二發光層
- 107：電子傳輸層
- 108：電子注入層
- 109：發光物質
- 109a：將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質
- 109b：將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質
- 110：第一有機化合物
- 111：第二有機化合物
- 112：第三有機化合物
- 201：第一電極（陽極）
- 202：第二電極（陰極）
- 203：EL 層
- 204：電洞注入層
- 205：電洞傳輸層
- 206：發光層
- 206a：第一發光層
- 206b：第二發光層
- 207：電子傳輸層
- 208：電子注入層
- 209：發光物質
- 209a：將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質
- 209b：將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質
- 210：第一有機化合物
- 211：第二有機化合物

212：第三有機化合物
 301：第一電極
 302（1）：第一 EL 層
 302（2）：第二 EL 層
 302（n-1）：第（n-1）EL 層
 302（n）：第（n）EL 層
 304：第二電極
 305：電荷產生層（I）
 305（1）：第一電荷產生層（I）
 305（2）：第二電荷產生層（I）
 305（n-2）：第（n-2）電荷產生層（I）
 305（n-1）：第（n-1）電荷產生層（I）
 401：反射電極
 402：半透過·半反射電極
 403a：第一透明導電層
 403b：第二透明導電層
 404B：第一發光層（B）
 404G：第二發光層（G）
 404R：第三發光層（R）
 405：EL 層
 410R：第一發光元件（R）
 410G：第二發光元件（G）
 410B：第三發光元件（B）
 501：元件基板

- 502：像素部
- 503：驅動電路部（源極線驅動電路）
- 504a、504b：驅動電路部（閘極線驅動電路）
- 505：密封材料
- 506：密封基板
- 507：引導佈線
- 508：FPC（軟性印刷電路）
- 509：n 通道型 TFT
- 510：p 通道型 TFT
- 511：開關用 TFT
- 512：電流控制用 TFT
- 513：第一電極（陽極）
- 514：絕緣物
- 515：EL 層
- 516：第二電極（陰極）
- 517：發光元件
- 518：空間
- 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
- 7301：外殼
- 7302：外殼
- 7303：連接部
- 7304：顯示部
- 7305：顯示部
- 7306：揚聲器部
- 7307：儲存介質插入部
- 7308：LED 燈
- 7309：操作鍵
- 7310：連接端子
- 7311：感測器
- 7312：麥克風
- 7400：行動電話機
- 7401：外殼
- 7402：顯示部
- 7403：操作按鈕
- 7404：外部連接埠
- 7405：揚聲器

7406：麥克風

8001：照明設備

8002：照明設備

8003：照明設備

8004：照明設備

9033：夾子

9034：顯示模式切換開關

9035：電源開關

9036：省電模式切換開關

9038：操作開關

9630：外殼

9631：顯示部

9631a：顯示部

9631b：顯示部

9632a：觸控式螢幕的區域

9632b：觸控式螢幕的區域

9633：太陽能電池

9634：充放電控制電路

9635：電池

9636：DCDC 轉換器

9637：操作鍵

9638：轉換器

9639：按鈕

I656675

發明摘要

※申請案號：106117652（由102112371分割）

※申請日：102 年 04 月 08 日

※IPC 分類：H01L 51/54 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件、發光裝置、電子裝置及照明設備

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

【中文】

本發明提供一種外部量子效率高的發光元件。另外，本發明提供一種壽命長的發光元件。本發明的一個方式是一種發光元件，包括：陽極與陰極之間的發光層，其中，發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第一發光物質、具有電子傳輸性的第一有機化合物及具有電洞傳輸性的第二有機化合物，並具有第一發光層和第二發光層的疊層結構，該第一發光層形成在陽極一側，且該第二發光層至少包含將三重激發態能轉換為發光的第二發光物質、第二有機化合物及具有電子傳輸性的第三有機化合物，第一有機化合物的 LUMO 能階高於第三有機化合物的 LUMO 能階，且第一發光物質是其波長比從第二發光物質發射的光的波長短的物質，並且，第一有機化合物和第二有機化合物以及第二有機化合物和第三有機化合物分別形成激態複合物。

【 英文 】

A light-emitting layer, which is a stack of a first light-emitting layer and a second light-emitting layer, is provided between an anode and a cathode. The first light-emitting layer is formed on the anode side and contains a first light-emitting substance converting triplet excitation energy into light emission, a first organic compound having an electron-transport property, and a second organic compound having a hole-transport property. The second light-emitting layer contains a second light-emitting substance converting triplet excitation energy into light emission, the second organic compound, and a third organic compound having an electron-transport property. The first organic compound has a higher LUMO level than the third organic compound. The first light-emitting substance emits light with a wavelength shorter than that of light emitted from the second light-emitting substance. The first and the second organic compounds form an exciplex. The second and the third organic compounds form an exciplex.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1B)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

106a：第一發光層

106b：第二發光層

110：第一有機化合物

111：第二有機化合物

112：第三有機化合物

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

圖式

圖 1A

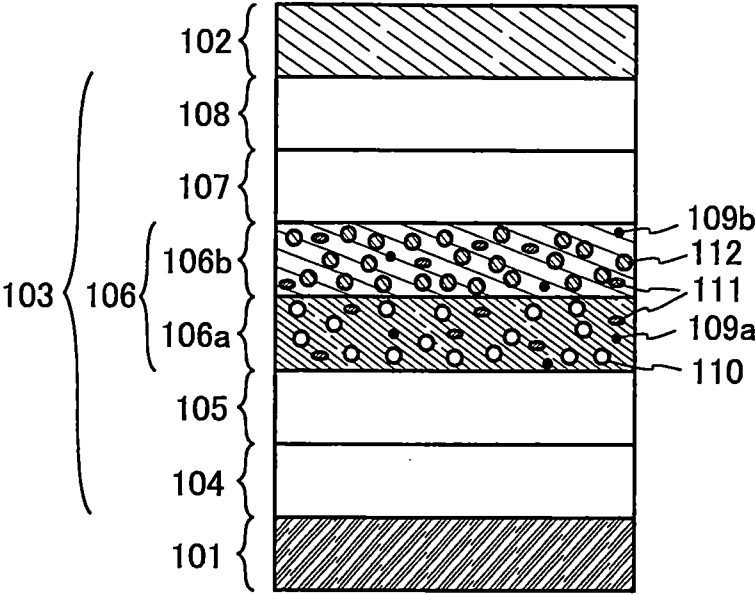


圖 1B

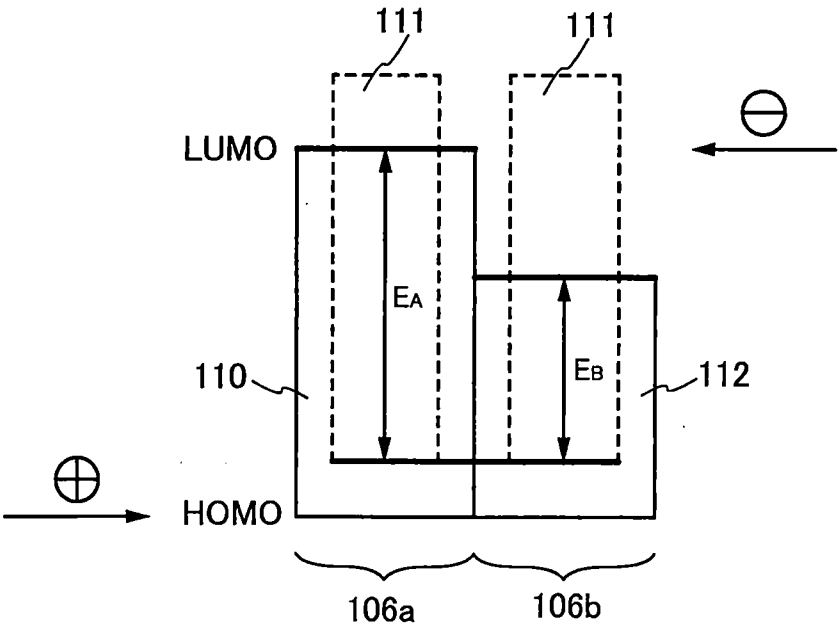
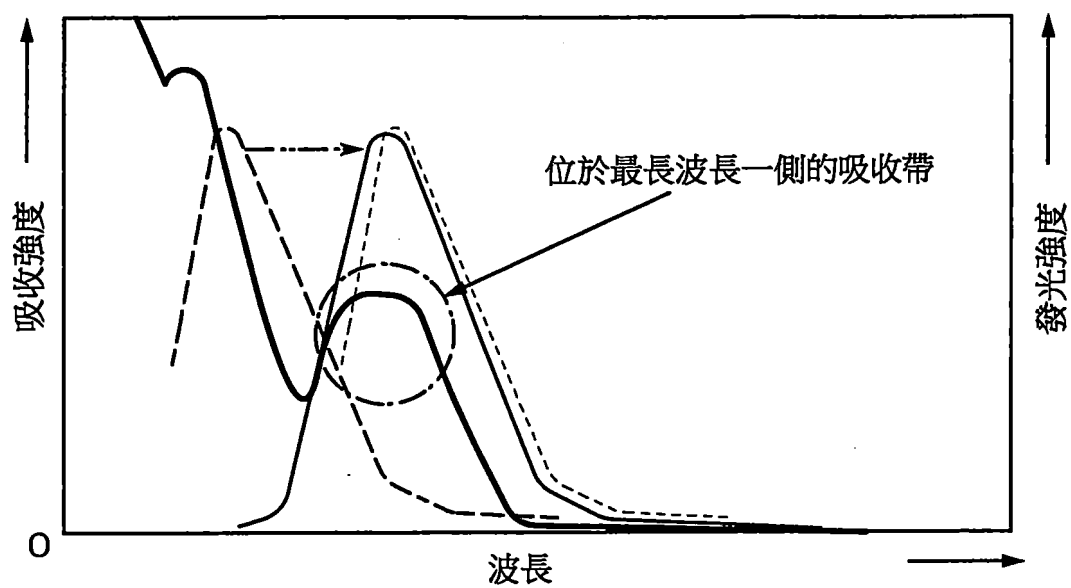


圖 2



- 1. 第一、第二或第三有機化合物的螢光光譜
- 2. 第一、第二或第三有機化合物的磷光光譜
- 3. 第一或第二發光物質的吸收光譜將三重激發態能轉換為發光
- 4. 激態複合物的發光光譜

圖 3

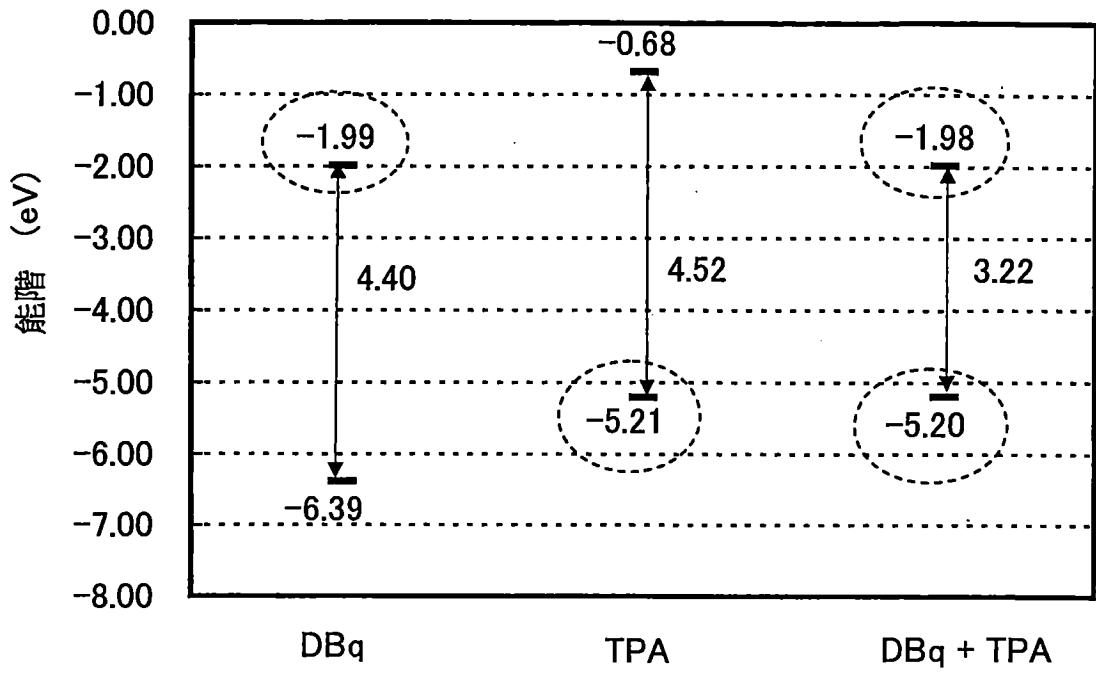


圖 5

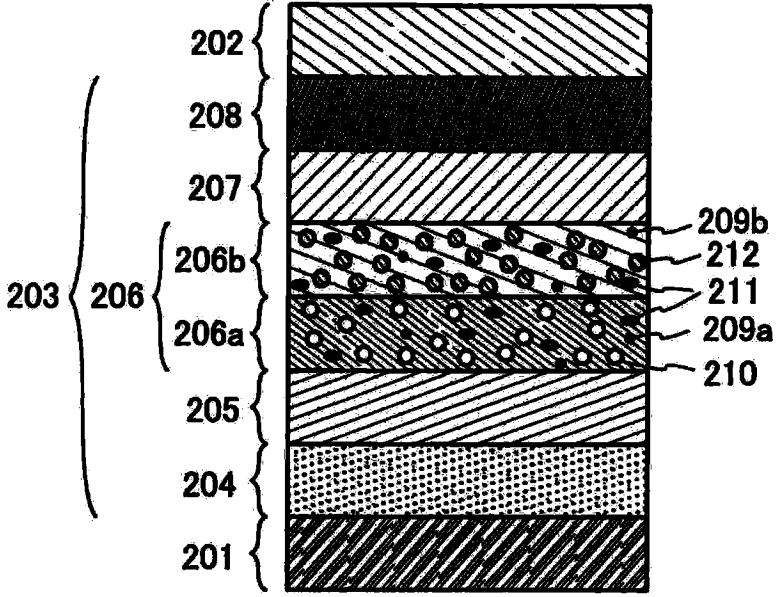


圖 6A

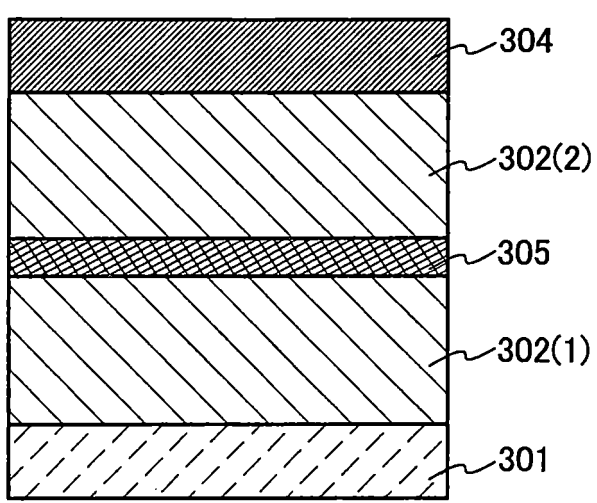


圖 6B

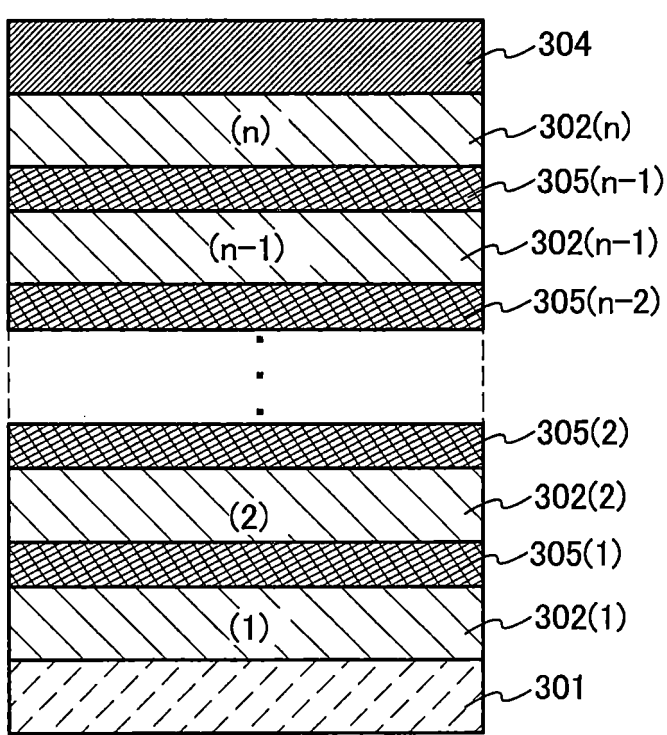


圖 7

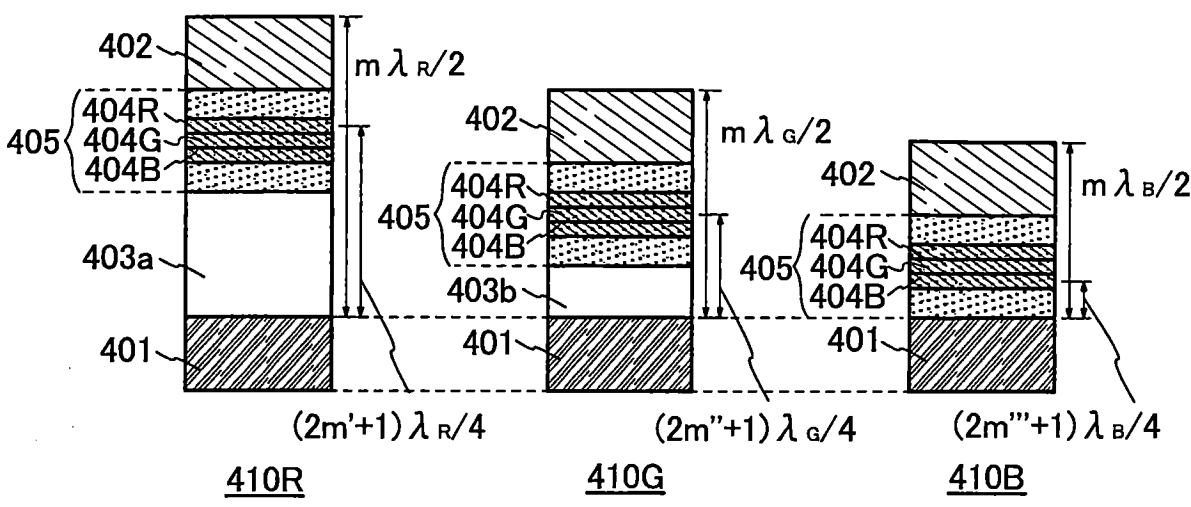


圖 8A

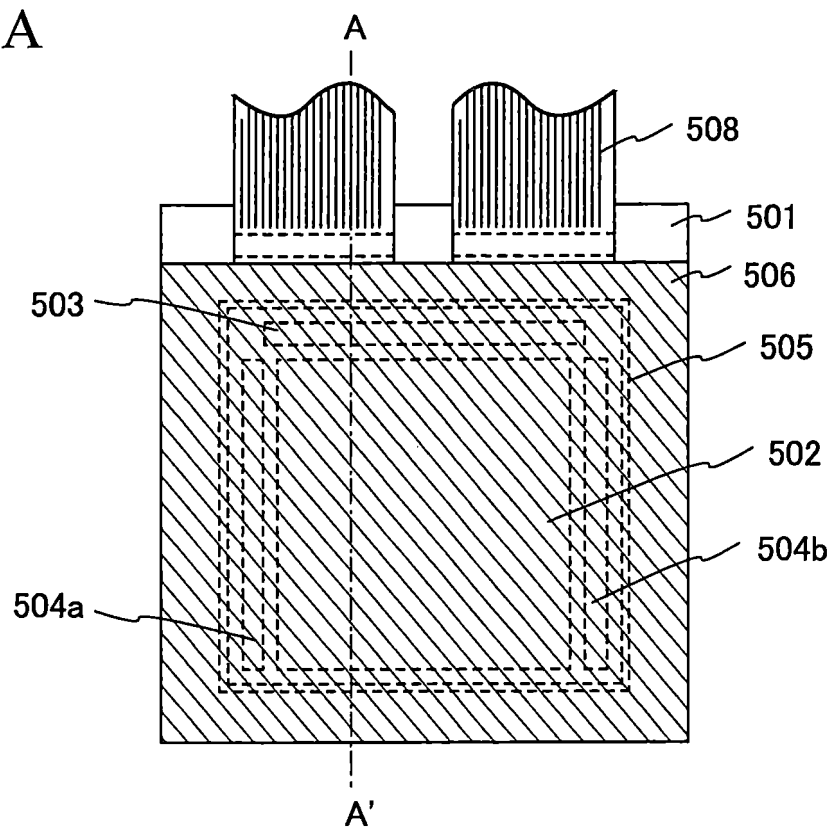


圖 8B

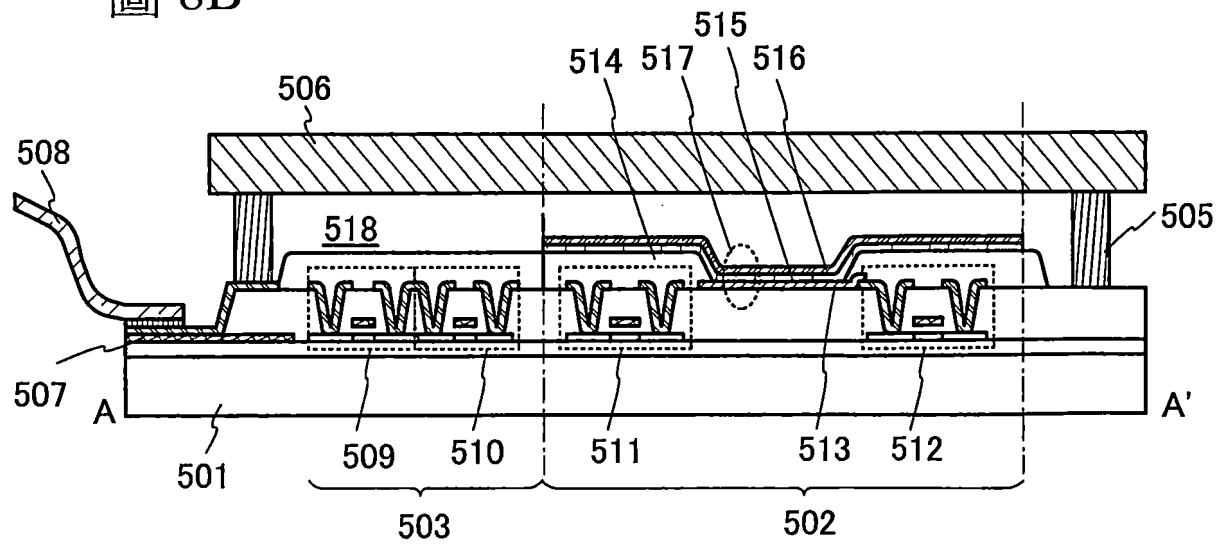


圖 9A

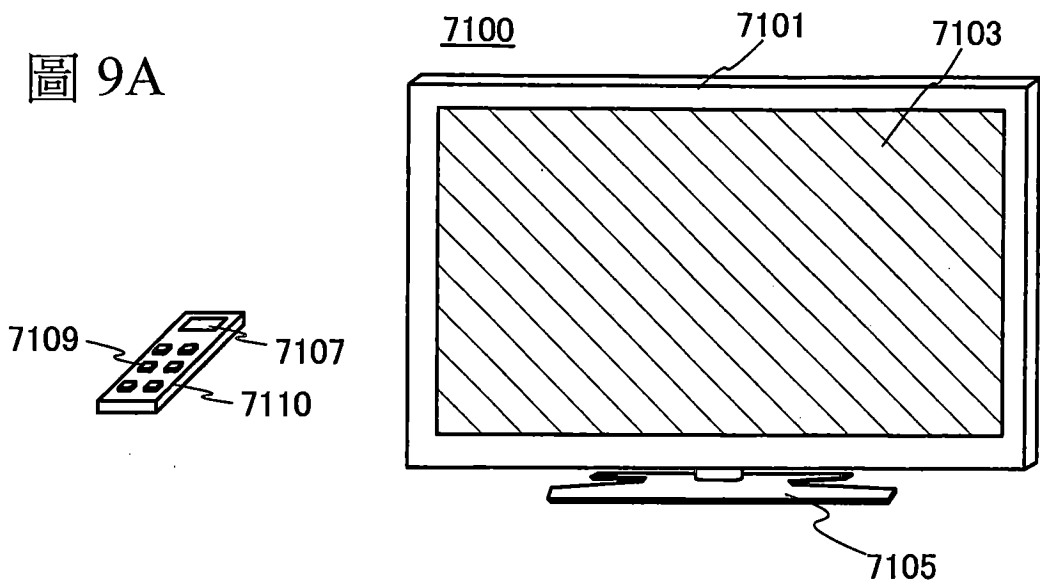


圖 9B

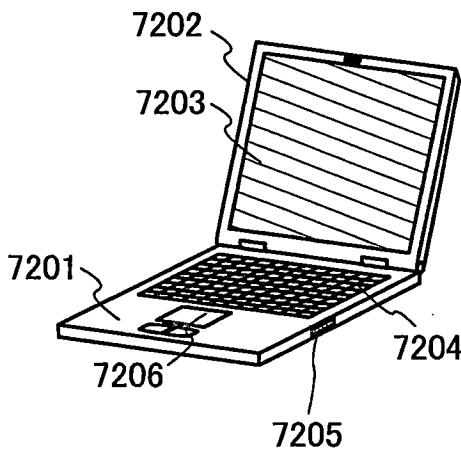


圖 9C

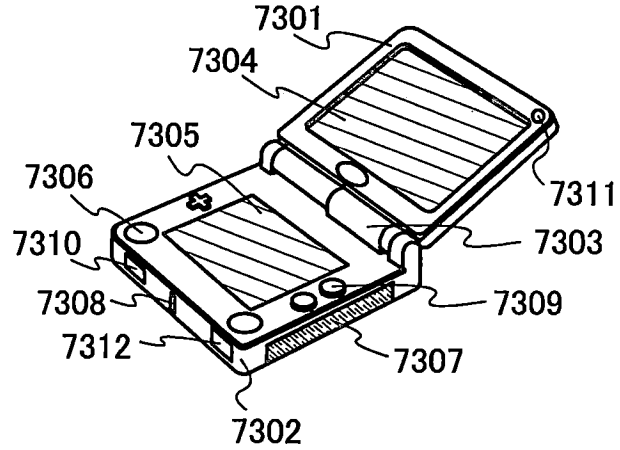


圖 9D

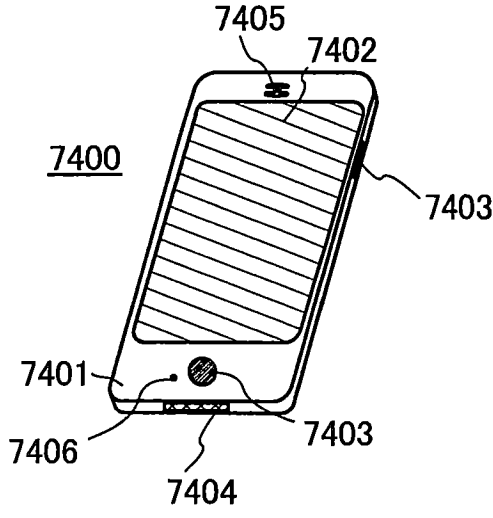


圖 10A

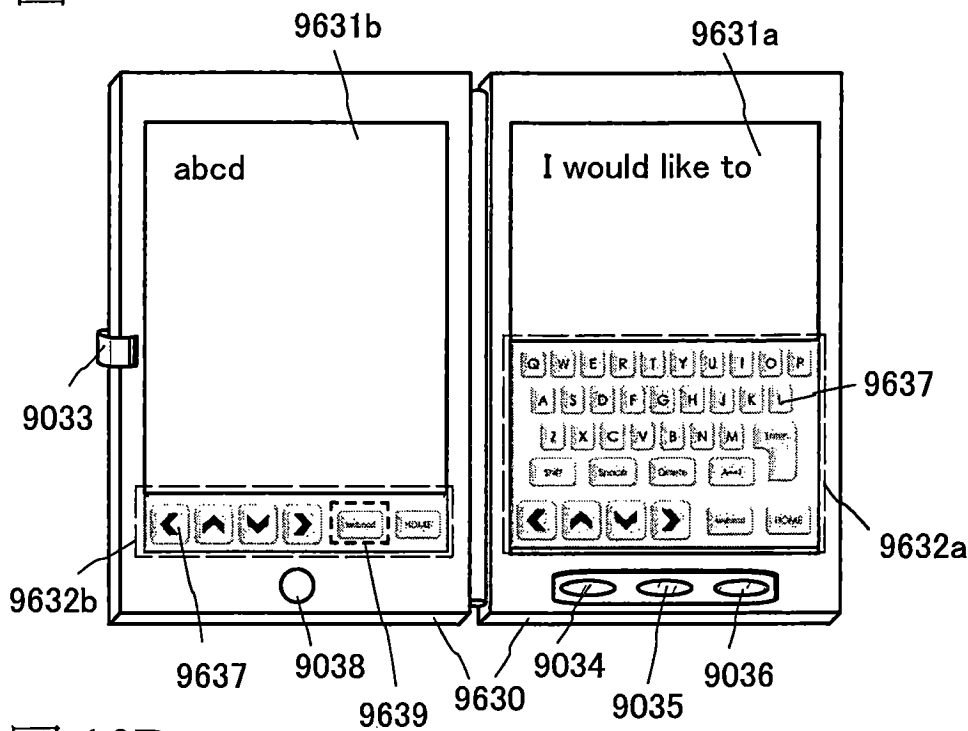


圖 10B

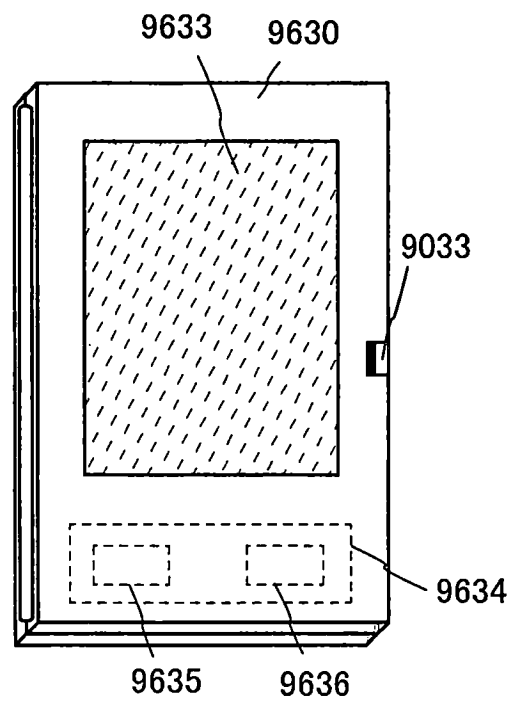


圖 10C

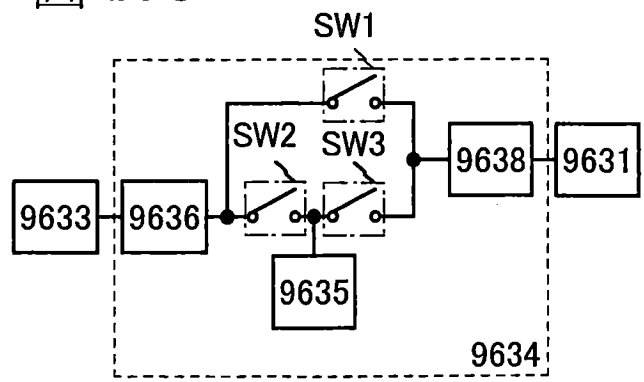


圖 11

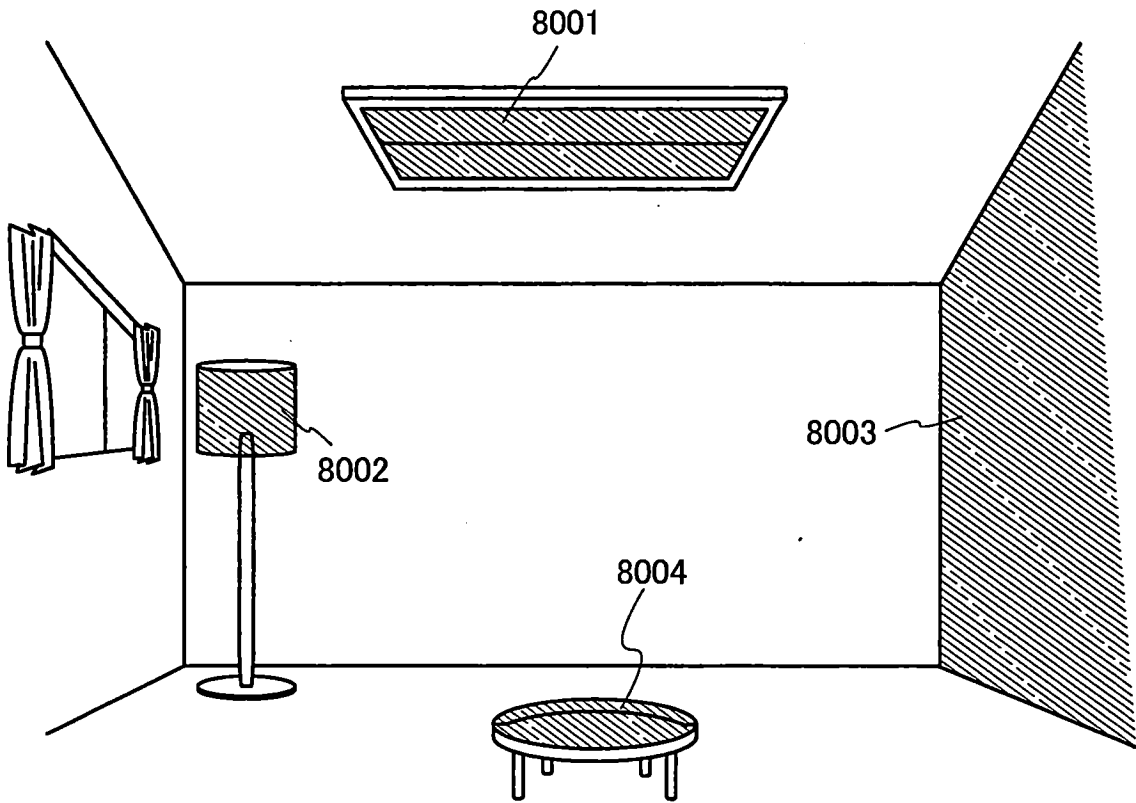


圖 12

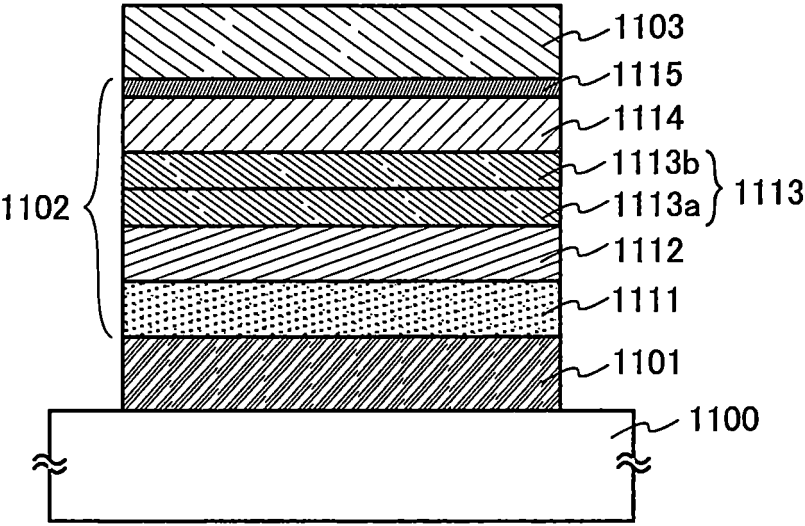


圖 13

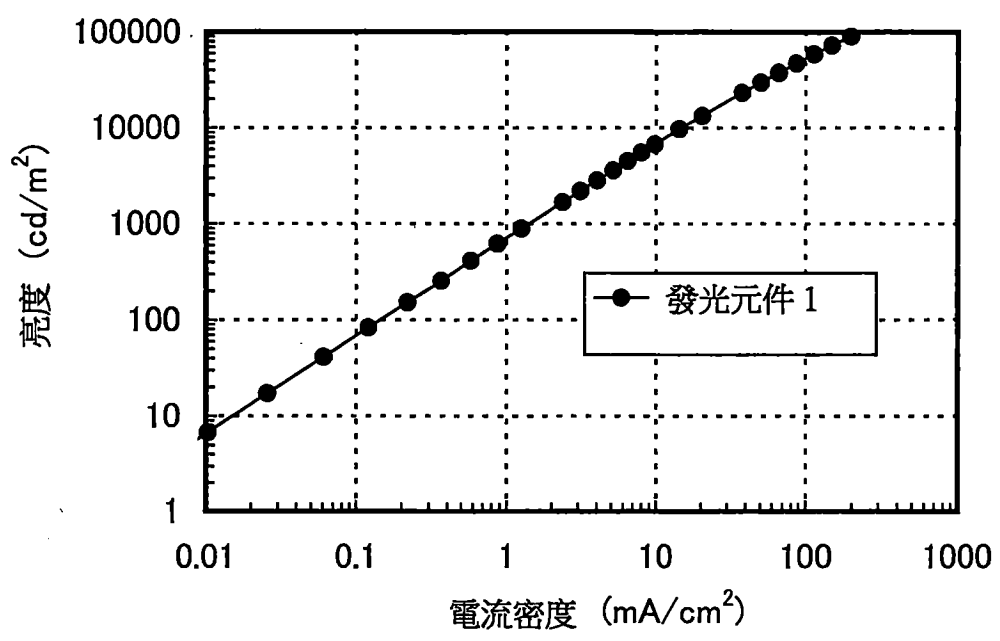


圖 14

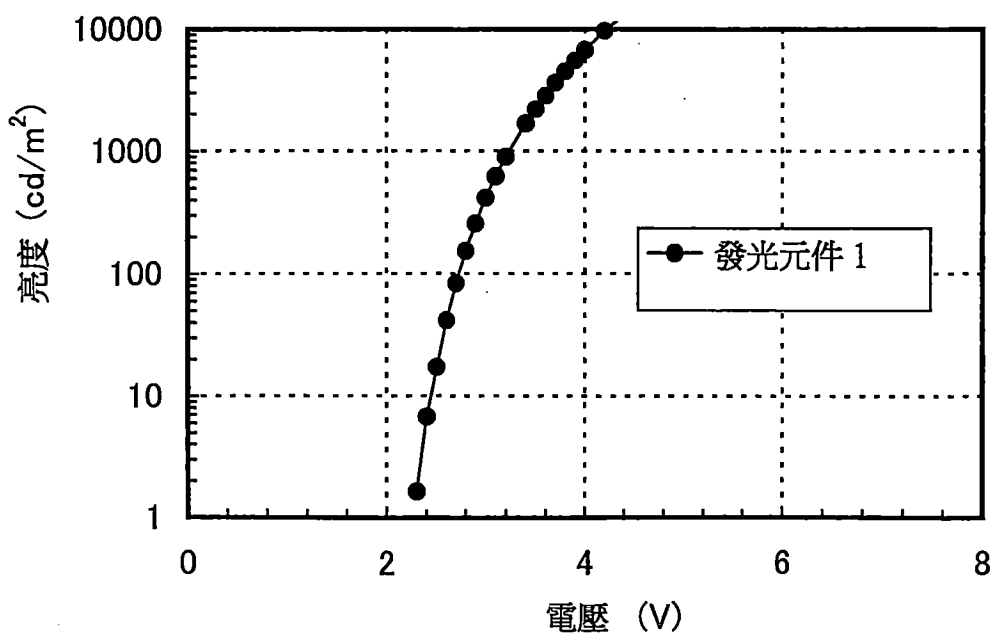


圖 15

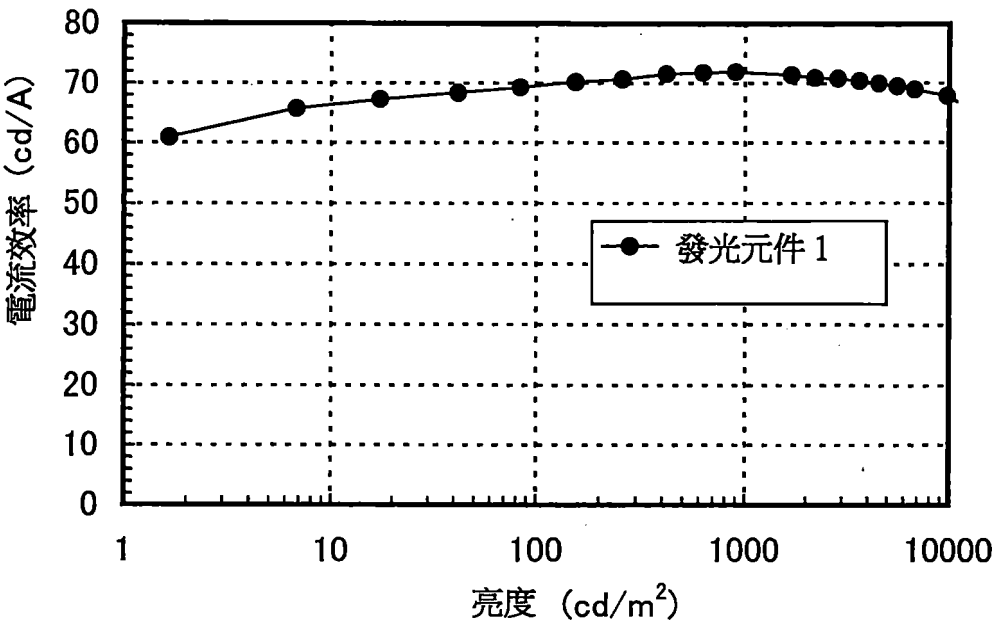


圖 16

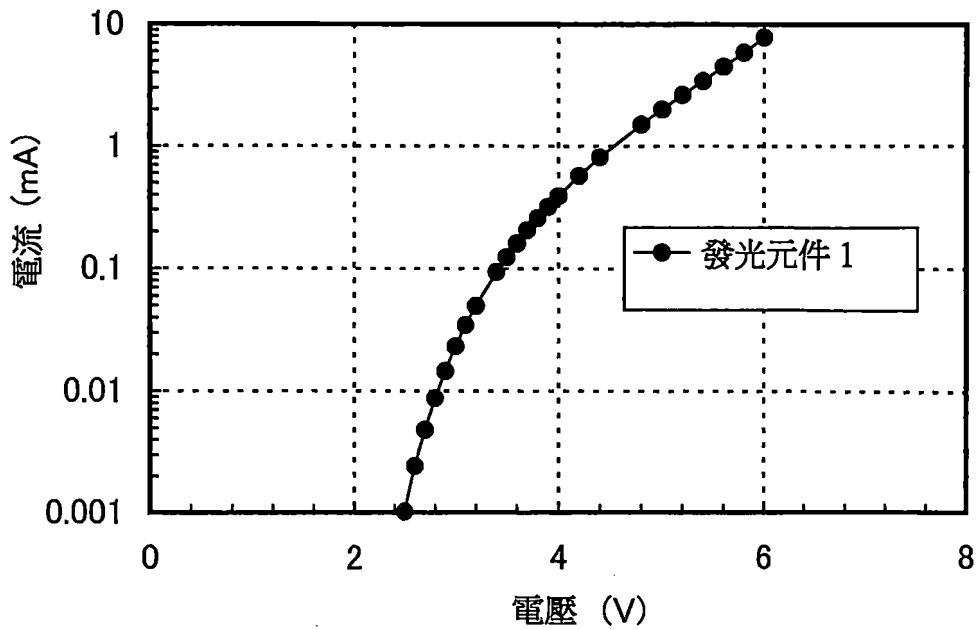


圖 17

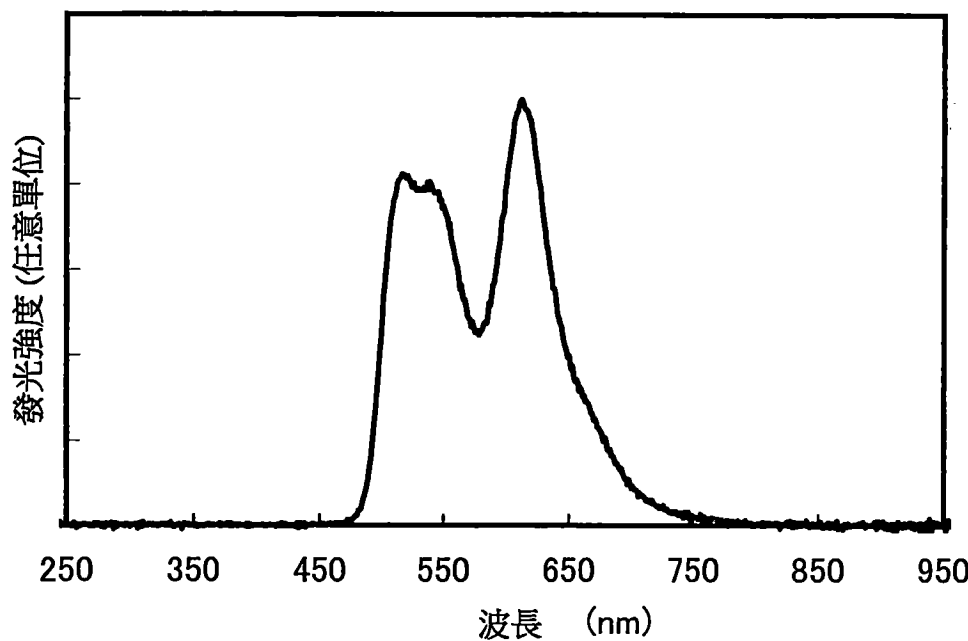


圖 18

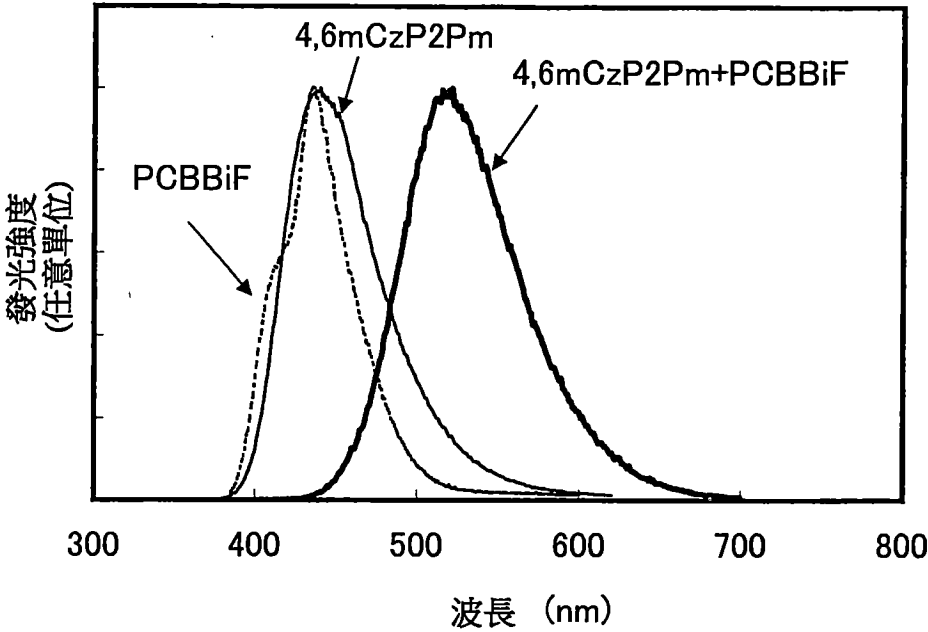
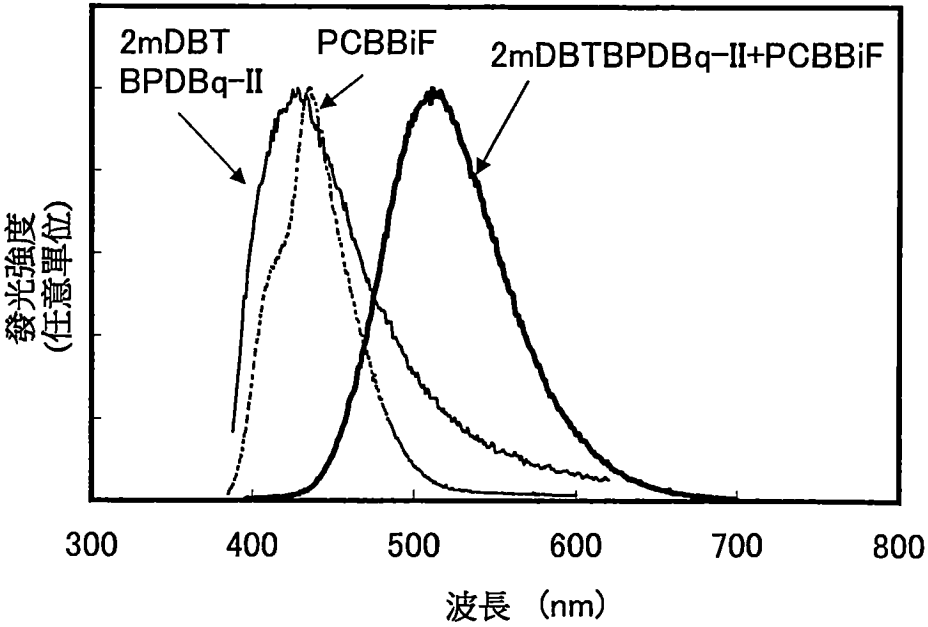


圖 19



申請專利範圍

1.一種發光元件，包含：

發光層，其在陽極和陰極之間，

其中該發光層為第一發光層和第二發光層的疊層，

其中該第一發光層位於該陽極側，

其中該第一發光層包含第一發光物質、第一有機化合物及第二有機化合物，

其中該第二發光層包含第二發光物質、該第二有機化合物及第三有機化合物，

其中該第一發光物質為熱活化延遲螢光材料，

其中該第一有機化合物和該第二有機化合物形成第一激態複合物，以及

其中該第一激態複合物之發射光譜與將三重激發態能轉換為發光的該第一發光物質之吸收光譜重疊。

2.一種發光元件，包含：

發光層，其在陽極和陰極之間，

其中該發光層為第一發光層和第二發光層的疊層，

其中該第一發光層位於該陽極側，

其中該第一發光層包含第一發光物質、第一有機化合物及第二有機化合物，

其中該第二發光層包含第二發光物質、該第二有機化合物及第三有機化合物，

其中該第一發光物質為熱活化延遲螢光材料，

其中該第二有機化合物和該第三有機化合物形成第二

激態複合物，以及

其中該第二激態複合物之發射光譜與將三重激發態能轉換為發光的該第二發光物質之吸收光譜重疊。

3.一種發光元件，包含：

發光層，其在陽極和陰極之間，

其中該發光層為第一發光層和第二發光層的疊層，

其中該第一發光層位於該陽極側，

其中該第一發光層包含第一發光物質、第一有機化合物及第二有機化合物，

其中該第二發光層包含第二發光物質、該第二有機化合物及第三有機化合物，

其中該第一發光物質為熱活化延遲螢光材料，

其中該第一有機化合物和該第二有機化合物形成第一激態複合物，

其中該第二有機化合物和該第三有機化合物形成第二激態複合物，

其中該第一激態複合物之發射光譜與將三重激發態能轉換為發光的該第一發光物質之吸收光譜重疊，以及

其中該第二激態複合物之發射光譜與將三重激發態能轉換為發光的該第二發光物質之吸收光譜重疊。

4.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之發光元件，

其中該第二發光物質為磷光化合物。

5.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之發光元

件，

其中該第二發光物質為熱活化延遲螢光材料。

6.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之發光元件，

其中該第一有機化合物具有電子傳輸性。

7.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之發光元件，

其中該第二有機化合物具有電洞傳輸性。

8.如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之發光元件，

其中該第三有機化合物具有電子傳輸性。

9.一種發光裝置，其包含如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項所述之發光元件。

10.一種具有顯示器的電子裝置，其包含如申請專利範圍第 9 項所述之發光裝置。

11.一種照明裝置，其包含如申請專利範圍第 9 項所述之發光裝置。