



(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 I664761 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：106107040

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 12 日

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

(30)優先權：2012/03/14 日本

2012-057241

(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：山崎舜平 YAMAZAKI, SHUNPEI (JP)；瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)；平形吉
晴 HIRAKATA, YOSHIHARU (JP)；石曾根崇浩 ISHISONE, TAKAHIRO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

JP 2006-287154A

JP 2010-49818A

US 2010/0079066A1

審查人員：邱青松

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：39 共 131 頁

(54)名稱

發光元件、發光裝置、顯示裝置、電子裝置、及照明裝置

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

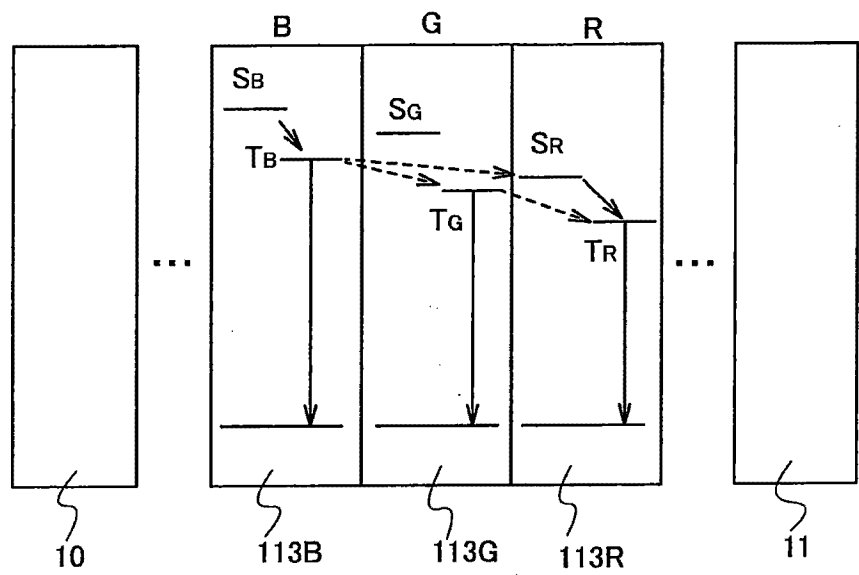
(57)摘要

本發明的目的在於提供使用多個發光摻雜劑的發光元件且具有高發光效率的發光元件。另外，本發明的一個實施方式藉由使用上述發光元件分別提供減少耗電量的發光裝置、發光模組、發光顯示裝置、電子裝置及照明裝置。注意到作為分子間的能量轉移機構之一的福斯特機構。藉由使提供能量的分子的發光波長與由波長的 4 次方乘以接受能量的分子的吸收光譜而成的曲線中的具有最長波長一側的局部極大峰值重疊，可以高效地實現上述福斯特機構中的能量轉移。

An object is to provide a light-emitting element which uses a plurality of kinds of light-emitting dopants and has high emission efficiency. In one embodiment of the present invention, a light-emitting device, a light-emitting module, a light-emitting display device, an electronic device, and a lighting device each having reduced power consumption by using the above light-emitting element are provided. Attention is paid to Förster mechanism, which is one of mechanisms of intermolecular energy transfer. Efficient energy transfer by Förster mechanism is achieved by making an emission wavelength of a molecule which donates energy overlap with a local maximum peak on the longest wavelength side of a graph obtained by multiplying an absorption spectrum of a molecule which receives energy by a wavelength raised to the fourth power.

指定代表圖：

圖 2



- 符號簡單說明：
- 10 . . . 電極
 - 11 . . . 電極
 - 113B . . . 第一發光層
 - 113G . . . 第二發光層
 - 113R . . . 第三發光層
 - S_B . . . 單重激發態
 - T_B . . . 三重激發態
 - S_G . . . 單重激發態
 - T_G . . . 三重激發態
 - S_R . . . 單重激發態
 - T_R . . . 三重激發態

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件、發光裝置、顯示裝置、電子裝置、及照明裝置

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

【技術領域】

[0001] 本發明係關於一種將有機化合物用作發光物質的發光元件、顯示裝置、發光裝置、電子裝置及照明裝置。

【先前技術】

[0002] 近年來，已對利用電致發光(EL：Electroluminescence)的發光元件進行深入的的研究開發。在這些發光元件的基本結構中，在一對電極之間夾有包含發光物質的層。藉由對該元件施加電壓，可以獲得來自發光物質的發光。

[0003] 因為這種發光元件是自發光型發光元件，所以具有優於液晶顯示器的優點諸如高像素可見度，不需要背光等，由此，這種發光元件被認為適合於平板顯示器元件。另外，使用這種發光元件的顯示器可以被製造成薄且輕，這也是極大的優點。再者，應答速度非常快也是特徵之一。

[0004] 因為這種發光元件的發光層可以形成膜，所以可以獲得平面發光。因此，可以容易形成大面積的元件。這是在以白熾燈和 LED 為代表的點光源或以螢光燈為代表的線光源中難以得到的特徵。因此，上述發光元件在作為可以應用於照明等的平面光源的利用價值也高。

[0005] 在一對電極之間設置包含作為發光物質的有機化合物之層的可有機 EL 元件中，藉由在該對電極之間施加電壓，電子和電洞分別從陰極和陽極注入到該包含具發光性質的可有機化合物的層中，而使電流流過。而且，藉由所注入的電子與電洞之再結合而使具發光性質的可有機化合物成為激發態，由此得到發光。

[0006] 由有機化合物形成的激發態包含單重激發態和三重激發態，由單重激發態 (S^*) 的發光被稱為螢光，而由三重激發態 (T^*) 的發光被稱為磷光。另外，在該發光元件中，單重激發態與三重激發態的統計學上的產生比率被認為是 $S^* : T^* = 1 : 3$ 。

[0007] 當使用從單重激發態發光的化合物（以下稱為螢光化合物）時，在室溫下通常僅觀察到由單重激發態的發光（螢光），而觀察不到由三重激發態的發光（磷光）。因此，基於 $S^* : T^* = 1 : 3$ 的關係，使用螢光化合物的發光元件中的內部量子效率（相對於所注入的載流子之所產生的光子的比率）的理論上的極限被認為是 25%。

[0008] 另一方面，當使用從三重激發態發光的化合物（以下稱為磷光化合物）時，觀察到由三重態激發的發

光（磷光）。此外，在磷光化合物中，由於容易產生系間穿越（即從單重激發態轉移到三重激發態），因此理論上能夠將內部量子效率增加到 100%。換句話說，可以實現比螢光化合物高的發光效率。由於所述理由，爲了實現高效率的發光元件，近年來已對使用磷光化合物的發光元件積極開發。

[0009] 專利文獻 1 公開了一種白色發光元件，該白色發光元件具有包括多個發光摻雜劑的發光區域且該發光摻雜劑發射磷光。

[0010] [專利文獻 1] PCT 國際申請案第 2004-522276 號公報的日文譯文。

【發明內容】

[0011] 雖然磷光化合物在理論上能夠實現 100% 的內部量子效率，但是在不進行元件結構或與其他材料的組合的最適化的情況下難以實現此種高效率。尤其是，當使用將具有多種不同帶（不同發光顏色）的磷光化合物用作發光摻雜劑的發光元件時，當然需要考慮能量轉移，而且需要將該能量轉移本身的效率最適化，要不然難以獲得高效率的發光。實際上，在上述專利文獻 1 中，雖然發光元件的發光摻雜劑都是磷光化合物，但是其外部量子效率爲大約 3% 至 4%。因而根據該事實可以認爲：即使考慮光提取效率，內部量子效率也是 20% 或更低，對於磷光發光元件而言，該內部量子效率值低。

[0012] 在使用不同發光顏色的摻雜劑的多色發光元件（例如，組合藍色、綠色和紅色而成的白色發光元件）中，不僅需要提高發光效率，而且需要使各發光顏色的摻雜劑平衡地發射光。在實現高發光效率的同時保持各摻雜劑的發光平衡是困難的。

[0013] 於是，本發明的一個實施方式的目的是在於提供一種使用多個發光摻雜劑且發光效率高的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的是在於：藉由使用上述發光元件分別提供減少耗電量的發光裝置、顯示裝置、電子裝置及照明裝置。

[0014] 本發明的一個實施方式是達成上述目的中至少一者。

[0015] 在本發明的一個實施方式中，注意到作為分子間的能量轉移機構之一的福斯特機構，藉由採用如下分子組合，可以高效地實現上述福斯特機構中的能量轉移，上述分子組合是使提供能量的分子的發射光譜的譜峰與由波長的 4 次方乘以接受能量的分子的吸收光譜而成的特性曲線中在最長波長一側具有局部極大值的譜峰彼此重疊的組合。在此，上述能量轉移之一特徵為不是從主體到摻雜劑的一般能量轉移，而是摻雜劑之間的能量轉移。如此，藉由採用使摻雜劑之間的能量轉移的效率高的摻雜劑之組合，並設計使各摻雜劑分子之間適當地分離的元件結構，可以獲得本發明的一個實施方式的發光元件。

[0016] 換言之，本發明的一個實施方式是一種發光

元件，該發光元件在一對電極之間包括：第一發光層，其中第一磷光化合物分散在第一主體材料中；第二發光層，其中第二磷光化合物分散在第二主體材料中；和第三發光層，其中第三磷光化合物分散在第三主體材料中。該第一磷光化合物呈現藍色發光。該第二磷光化合物在 440nm 至 520nm 的範圍內在由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最長波長一側具有局部極大值 A。該第二磷光化合物呈現波長比所述第一磷光化合物發射的藍光的波長長的發光。該第三磷光化合物在 520nm 至 600nm 的範圍內在由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最長波長一側的具有局部極大值 B。該第三磷光化合物呈現波長比所述第二磷光化合物長的發光。在該發光元件中，依次層疊有所述第一發光層至第三發光層。（注意， $\epsilon(\lambda)$ 表示各磷光化合物的莫耳吸光係數並是波長 λ 的函數）。

[0017] 另外，本發明的另一個實施方式是一種發光元件，在一對電極之間包括：第一發光層，其中第一磷光化合物分散在第一主體材料中；第二發光層，其中第二磷光化合物分散在第二主體材料中；和第三發光層，其中第三磷光化合物分散在第三主體材料中。該第一磷光化合物呈現藍色發光。該第二磷光化合物在 440nm 至 520nm 的範圍內在由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最長波長一側具有局部極大值 A。該第二磷光化合物在 520nm 至 600nm 的範圍內具有磷光發光的峰值波長。該第三磷光化合物在 520nm 至 600nm 的範圍內在由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最

長波長一側的具有局部極大值 B 。該第三磷光化合物呈現波長比所述第二磷光化合物長的發光。在該發光元件中，依次層疊有所述第一發光層至第三發光層。（注意， $\varepsilon(\lambda)$ 表示各磷光化合物的莫耳吸光係數並是波長 λ 的函數）。

[0018] 另外，本發明的另一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中所述局部極大值 B 比所述局部極大值 A 大。

[0019] 另外，本發明的另一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中所述第一發光層具有電子傳輸性，並且所述第二發光層及所述第三發光層分別具有電洞傳輸性。

[0020] 另外，本發明的另一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中所述第一主體材料具有電子傳輸性，並且所述第二主體材料及所述第三主體材料分別具有電洞傳輸性。

[0021] 另外，本發明的另一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中所述第一發光層具有電洞傳輸性，並且所述第二發光層及所述第三發光層分別具有電子傳輸性。

[0022] 另外，本發明的另一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中所述第一主體材料具有電洞傳輸性，並且所述第二主體材料及所述第三主體材料分別具有電子傳輸性。

[0023] 另外，本發明的另一個實施方式是具有上述

結構的發光元件，其中按順序以彼此接觸的方式層疊有所述第一發光層至第三發光層。

[0024] 另外，本發明的另一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中所述第二發光層的厚度為大於或等於 5nm 且小於或等於 20nm，較佳地為大於或等於 5nm 且小於或等於 10nm。

[0025] 另外，本發明的另一個實施方式是一種具備具有上述結構的發光元件的發光裝置、發光顯示裝置、電子裝置及照明裝置。

[0026] 注意，本說明書中的發光裝置包括使用發光元件的影像顯示裝置。此外，如下模組都包括在本說明書的發光裝置中：發光元件安裝有連接器諸如各向異性導電薄膜或 TCP (Tape Carrier Package：帶載封裝) 的模組；在 TCP 的端部設置有印刷線路板的模組；藉由 COG (Chip On Glass：玻璃覆晶封裝) 方法在發光元件上直接安裝有 IC (積體電路) 的模組。再者，本說明書中的發光裝置還包括用於照明裝置等的發光裝置。

[0027] 本發明的一個實施方式可以提供一種發光效率高的發光元件。本發明的一個實施方式藉由使用該發光元件可以提供減少耗電量的發光裝置、發光顯示裝置、電子裝置及照明裝置。

【圖式簡單說明】

[0028]

圖 1A 至圖 1C 是發光元件的示意圖；

圖 2 是示出發光層的能量轉移的圖；

圖 3A 和圖 3B 是說明來自藍磷光化合物的福斯特能量轉移的圖；

圖 4A 和圖 4B 是說明來自藍磷光化合物的福斯特能量轉移的圖；

圖 5 是說明來自藍磷光化合物的福斯特能量轉移的圖；

圖 6A 和圖 6B 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 7A 和圖 7B 是被動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 8A 和圖 8B 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 9 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 10A 和圖 10B 是照明裝置的示意圖；

圖 11A、11B1、11B2、11C 和圖 11D 分別是示出電子裝置的圖；

圖 12 是示出電子裝置的圖；

圖 13 是示出照明裝置的圖；

圖 14 是示出照明裝置及顯示裝置的圖；

圖 15 是示出車載顯示裝置及照明裝置的圖；

圖 16A 至圖 16C 是示出電子裝置的圖；

圖 17 是示出發光元件 1 及發光元件 2 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 18 是示出發光元件 1 及發光元件 2 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 19 是示出發光元件 1 及發光元件 2 的電壓-亮度特性的圖；

圖 20 是示出發光元件 1 及發光元件 2 的亮度-色度特性的圖；

圖 21 是示出發光元件 1 及發光元件 2 的亮度-功率效率特性的圖；

圖 22 是示出發光元件 1 及發光元件 2 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 23 是示出發光元件 1 及發光元件 2 的發射光譜的圖；

圖 24 是說明來自藍磷光化合物的福斯特能量轉移的圖；

圖 25 是示出發光元件 3 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 26 是示出發光元件 3 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 27 是示出發光元件 3 的電壓-亮度特性的圖；

圖 28 是示出發光元件 3 的亮度-色度特性的圖；

圖 29 是示出發光元件 3 的亮度-功率效率特性的圖；

圖 30 是示出發光元件 3 的亮度-外部量子效率特性圖；

圖 31 是示出發光元件 3 的發射光譜的圖；

圖 32 是示出發光元件 4 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 33 是示出發光元件 4 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 34 是示出發光元件 4 的電壓-亮度特性的圖；

圖 35 是示出發光元件 4 的亮度-色度特性的圖；

圖 36 是示出發光元件 4 的亮度-功率效率特性的圖；

圖 37 是示出發光元件 4 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 38 是示出發光元件 4 的發射光譜的圖；

圖 39 是示出發光元件 4 的時間-歸一化亮度特性的圖。

【實施方式】

[0029] 以下，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，所屬技術領域的普通技術人員可以很容易地理解一個事實就是在不脫離本發明的宗旨及其範圍的情況下可以進行各種各樣的變化和改良。因此，本發明不應該被解釋為僅侷限在以下所示的實施方式所記載的內容中。

（實施方式 1）

[0030] 首先，對本發明的一個實施方式的發光元件的工作原理進行說明。本發明的宗旨在於：藉由使用呈現藍色發光的第一磷光化合物（明確而言，在 440nm 至 520nm 具有發光峰值的磷光化合物或者呈現 CIE 色度（ x, y ）是 $0.12 \leq x \leq 0.25$ 且 $0.05 \leq y \leq 0.5$ 的色域的發光顏色的磷光化合物）和呈現波長比由該第一磷光化合物發射的藍光波長長的發光（例如，綠色發光或紅色發光）的第二磷光化合物及第三磷光化合物，並使所有第一磷光化合物

至第三磷光化合物高效地發光，來獲得高效的多色發光元件。

[0031] 關於獲得含有磷光化合物的多色發光元件的一般的方法，可以舉出以適當的比率將不同發光顏色的多個磷光化合物分散在某個主體材料中的方法。然而，在採用這種方法的情況下，由於呈現最長波長的發光的磷光化合物易發光，所以非常難以設計並控制用來獲得多色發光的元件結構（尤其是，主體材料中的各磷光化合物的濃度）。

[0032] 關於獲得多色發光元件的另一個方法，可以舉出將不同發光顏色的發光元件串聯層疊的所謂串置結構（*tandem structure*）。例如，藉由將藍色發光元件、綠色發光元件和紅色發光元件的三個發光元件串聯層疊使其同時發光，可以容易獲得多色光（在此情況下，白色光）。由於藍色、綠色和紅色的各元件可分別最適化，因此元件結構的設計和控制較容易。然而，由於層疊三個元件，所以層數增大，製造變複雜。另外，當各元件的連接部（所謂的中間層）的電接觸產生問題時，有可能導致驅動電壓的增大，即可能造成能量損失。

[0033] 另一方面，本發明的一個實施方式的發光元件是一種發光元件，該發光元件在一對電極之間包括：在第一主體材料中分散有呈現藍色發光的第一磷光化合物的第一發光層；在第二主體材料中分散有呈現波長比所述第一磷光化合物長的發光的第二磷光化合物的第二發光層；

以及在第三主體材料中分散有呈現波長比所述第二磷光化合物長的發光的第三磷光化合物的第三發光層。按順序層疊所述第一發光層至第三發光層。此時，與串置結構不同，第一發光層至第三發光層的各發光層也可以以彼此接觸的方式設置。

[0034] 圖 1A 至圖 1C 示意性地示出上述本發明的一個實施方式的發光元件的元件結構。圖 1C 記載有第一電極 101、第二電極 102、EL 層 103。EL 層 103 至少設置有發光層 113，且也可以適當地設置其他層。在圖 1C 中，作為一個例子示出設置有電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸層 114 及電子注入層 115 的結構。另外，第一電極 101 用作陽極，第二電極 102 用作陰極。

[0035] 另外，圖 1A 和圖 1B 分別是將該發光元件中的發光層 113 放大而示出的圖。圖 1A 和圖 1B 示出第一發光層 113B、第二發光層 113G、第三發光層 113R、層疊有該三層的發光層 113、第一磷光化合物 113Bd、第二磷光化合物 113Gd、第三磷光化合物 113Rd、第一主體材料 113Bh、第二主體材料 113Gh、第三主體材料 113Rh 及再結合區域 113ex。圖 1A 是第一發光層 113B 設置在陰極一側時的示意圖，而圖 1B 是第一發光層 113B 設置在陽極一側時的示意圖。不管是上述哪一種情況，由於各磷光化合物（第一磷光化合物至第三磷光化合物）分散在主體材料中，所以各磷光化合物被各主體材料彼此隔離。另外，第一主體材料至第三主體材料可以彼此相同或不同。

[0036] 在此情況下，在各磷光化合物之間，電子交換相互作用（所謂的德克斯特（Dexter）機制）所引起的能量轉移被抑制。換言之，可以防止如下現象，即在第一磷光化合物 113Bd 被激發後，該激發能量藉由德克斯特機制轉移到第二磷光化合物 113Gd 或第三磷光化合物 113Rd 的現象。另外，還可以防止如下現象，即在第二磷光化合物 113Gd 被激發後，該激發能量藉由德克斯特機制轉移到第三磷光化合物 113Rd 的現象。因此，可以抑制呈現最長波長的發光的第三磷光化合物 113Rd 主要發光的現象。另外，由於當在第三發光層 113R 中直接生成激子時第三磷光化合物 113Rd 也主要發光，所以較佳的是，載流子的再結合區域 113ex 在第一發光層 113B 內、或者第一發光層 113B 與第二發光層 113G 的介面近旁（即，以第一磷光化合物 113Bd 為主進行激發）。

[0037] 但是若完全抑制從第一磷光化合物 113Bd 的能量轉移，則不能獲得第三磷光化合物 113Rd 的發光。因此，在本發明的一個實施方式中，以使呈現藍色發光的第一磷光化合物 113Bd 的激發能量部分地轉移到第二磷光化合物 113Gd 且使第二磷光化合物 113Gd 的激發能量部分地轉移到第三磷光化合物 113Rd 的方式進行元件設計。藉由利用偶極-偶極相互作用（福斯特（Förster）機制），可以實現上述被隔離的分子之間的能量轉移。

[0038] 在此，將說明福斯特機制。以下，將提供激發能量的分子記載為能量施體，並且將接受激發能量的分

子記載為能量受體。換言之，在本發明的一個實施方式中，能量施體、能量受體都是磷光化合物，並被主體材料彼此隔離。

[0039] 福斯特機制在能量轉移中不需要分子間的直接接觸。藉由能量施體和能量受體間的偶極振盪的共振現象發生能量轉移。由於偶極振盪的共振現象，能量施體向能量受體供應能量，因此處於激發態的能量施體藉由弛豫作用而變為基態且處於基態的能量受體被激發。算式（1）示出藉由福斯特機制的能量轉移的速度常數 k_F 。

[0040]

[算式 1]

$$k_F = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{F(\nu)\epsilon(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad \dots (1)$$

[0041] 在算式（1）中， ν 表示振盪頻率， $F(\nu)$ 表示能量施體之標準化的發射光譜（在從單重激發態的能量轉移的情況下是螢光光譜，且在從三重激發態的能量轉移的情況下是磷光光譜）， $\epsilon(\nu)$ 表示能量受體的莫耳吸光係數， N 表示亞佛加厥常數， n 表示介質的折射率， R 表示能量施體和能量受體的分子間距離， 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（在從單重激發態的能量轉移的情況下是螢光量子產率，且在從三重激發態的能量轉移的情況下是磷光量子產率）， K^2 是表示能量施體和能量受體的躍遷偶極矩的配向係數（0至4）。此外，在無規配向中 $K^2=$

2/3。

[0042] 根據算式 (1) 可知藉由福斯特機制的能量轉移 (福斯特能量轉移) 的條件是: 1. 不使能量施體與能量受體離得太遠 (與距離 R 有關); 2. 使能量施體發光 (與發光量子產率 ϕ 有關); 以及 3. 能量施體的發射光譜與能量受體的吸收光譜具有重疊部分 (與積分項有關)。

[0043] 在此, 如圖 1A 至圖 1C 所說明, 由於各磷光化合物 (第一磷光化合物至第三磷光化合物) 分散在各主體材料中, 且各磷光化合物被各主體材料彼此隔離, 所以距離 R 是至少一個分子長度或更長 (即 1nm 或更長)。因此, 在第一磷光化合物產生的激發能量並未完全藉由福斯特機制轉移到第二磷光化合物或第三磷光化合物。另一方面, 若 R 是大約 10nm 至 20nm , 則可以進行福斯特能量轉移至距離 R , 因此例如藉由將圖 1A 和圖 1B 中的第二發光層 113G 的厚度設定為 20nm 或更小, 產生部分的能量轉移, 從而可以使第一磷光化合物 113Bd、第二磷光化合物 113Gd 和第三磷光化合物 113Rd 都可發射光。

[0044] 圖 2 示出本發明的一個實施方式的發光元件中的各磷光化合物間的福斯特能量轉移的示意圖, 其中該發光元件包括: 呈現藍色發光的第一磷光化合物 113Bd; 呈現波長比所述第一磷光化合物長的發光 (例如, 綠色發光) 的第二磷光化合物 113Gd; 以及呈現波長比所述第二磷光化合物 113Gd 長的發光 (例如, 紅色發光) 的第三磷光化合物 113Rd。圖 2 示出在電極 10 與電極 11 之間層疊

有第一發光層 113B、第二發光層 113G 及第三發光層 113R 的結構。另外，電極 10 和電極 11 中的任一方向用作陽極，而另一方用作陰極。如圖 2 所示，首先在第一磷光化合物 113Bd 產生的單重激發態 (S_B) 藉由系間跨越被轉換為三重激發態 (T_B)。換言之，第一發光層 113B 中的激子基本上被轉移至 T_B 。

[0045] 接著，該 T_B 狀態的激子的能量的一部分被轉換為藍色發光，但是藉由利用福斯特機制可以使其一部分轉移到第二磷光化合物 113Gd 的三重激發態 (T_G)。這是因為第一磷光化合物 113Bd 具有發光性（磷光量子產率 ϕ 高）且在第二磷光化合物 113Gd 觀察至相當於從單重激發態到三重激發態的電子遷移的直接吸收（展現出三重激發態的吸收光譜）的緣故。當滿足上述條件時，可以實現從 T_B 到 T_G 的三重態-三重態福斯特能量轉移。另外，雖然在總能量轉移中所占的貢獻小，但是若滿足福斯特能量轉移的條件則會產生從 T_B 到第三磷光化合物 113Rd 的單重激發態 (S_R) 的能量轉移。如下文所述，當第三磷光化合物 113Rd 是紅色發光材料時，容易產生上述能量轉移。因為 S_R 藉由系間跨越被轉換為第三磷光化合物 113Rd 的三重激發態 (T_R)，所以有助於第三磷光化合物 113Rd 的發光。另外，由於福斯特機制中的能量施體（在此，第一磷光化合物 113Bd）需要具有發光性，所以第一磷光化合物 113Bd 的磷光量子產率較佳地為 0.1 或更高。

[0046] 另外，由於在很多情況下第二磷光化合物

113Gd 的單重激發態 (S_G) 的能量比第一磷光化合物 113Bd 的三重激發態 (T_B) 的能量高，所以在很多情況下不太有助於上述能量轉移。因此，在此省略其說明。

[0047] 再者，第二磷光化合物 113Gd 的三重態 T_G 狀態的激子的能量的一部分被轉換為發光（例如，綠色發光），但是藉由利用福斯特機制，可以使其一部分轉移到第三磷光化合物 113Rd 的三重激發態 (T_R)。這是因為第二磷光化合物 113Gd 具有發光性（磷光量子產率 ϕ 高）且在第三磷光化合物 113Rd 觀測到相當於從單重基態到三重激發態的電子遷移的直接吸收（展現出三重激發態的吸收光譜）的緣故。當滿足上述條件時，可以實現從 T_G 到 T_R 的三重態-三重態福斯特能量轉移。另外，由於福斯特機制中的能量施體（在此，第二磷光化合物 113Gd）需要具有發光性，所以第二磷光化合物 113Gd 的磷光量子產率較佳地為 0.1 或更高。

[0048] 藉由上述能量轉移生成的 T_R 被轉換為第三磷光化合物 113Rd 的發光（例如，紅色發光）。像這樣，可以從第一磷光化合物至第三磷光化合物分別獲得發光。

[0049] 另外，為了使上述福斯特能量轉移高效地發生在作為摻雜劑的磷光化合物之間且不使能量轉移到主體材料，較佳的是，不使第一主體材料至第三主體材料在藍色區域中具有吸收光譜。明確而言，吸收光譜的吸收端較佳地為 440nm 或更小。像這樣，藉由不使主體材料（具體地，第二主體材料或第三主體材料）介於中間而在摻雜

劑之間直接進行能量轉移，可以抑制產生多餘的能量轉移的路徑，從而可以實現高發光效率。

[0050] 另外，較佳的是，第一主體材料具有比第一磷光化合物高的三重激發態能，以便不使呈現藍色發光的第一磷光化合物猝滅。

[0051] 如上所述，本發明的一個實施方式的基本概念是採用如下元件結構：首先使用主體材料及疊層結構使第一磷光化合物至第三磷光化合物彼此隔離，且以呈現最短波長的發光的第一磷光化合物為主進行激發的元件結構。在這種元件結構中，只要具有一定程度的距離以內（20nm 或更小）就能利用福斯特機制轉移部分能量，所以呈現藍色發光的第一磷光化合物的激發能量部分地轉移到第二磷光化合物，再者第二磷光化合物的激發能量部分地轉移到第三磷光化合物，從而可以從第一磷光化合物至第三磷光化合物分別獲得發光。

[0052] 但是，在此，在本發明的一個實施方式中更重要的是考慮到上述能量轉移而選擇材料及元件結構。

[0053] 首先，爲了產生福斯特能量轉移，需要使能量施體的發光量子產率 ϕ 高。對於發光量子產率而言，由於在本發明的一個實施方式中使用磷光化合物（具體地，磷光量子產率爲 0.1 或更高的發光化合物），所以不產生問題。重要的是，使算式（1）的積分項大，即順利地使能量施體的發射光譜 $F(\nu)$ 與能量受體的莫耳吸光係數 $\epsilon(\nu)$ 重疊。

[0054] 一般地認為：在能量受體的莫耳吸光係數 $\varepsilon(\nu)$ 大的波長區域中重疊能量施體的發射光譜 $F(\nu)$ 即可（換言之，使 $F(\nu)\varepsilon(\nu)$ 的乘積大即可）。但是，在福斯特機制中，此概念並不總是適用，這是因為算式（1）的積分項與振盪數 ν 的四次方成反比且存在波長依賴性的緣故。

[0055] 爲了便於理解，首先對算式（1）進行變形。當光的波長爲 λ 時，滿足 $\nu=c/\lambda$ ，因此算式（1）可以被改寫爲下述算式（2）。

[0056]

[算式 2]

$$k_F = \frac{9000K^2\phi\ln 10}{128\pi^5 n^4 N\tau R^6} \int F(\lambda)\varepsilon(\lambda)\lambda^4 d\lambda \dots (2)$$

[0057] 就是說，可知波長 λ 越長，積分項越大。簡單地，可以認為越靠近長波長一側，越容易產生能量轉移。換言之，即使莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 大的波長區域與 $F(\lambda)$ 重疊也不夠，需要使 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 大的區域與 $F(\lambda)$ 重疊。

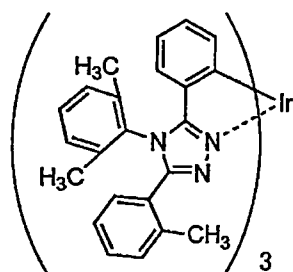
[0058] 因此，爲了提高從呈現藍色發光的第一磷光化合物 113Bd（明確而言，在 440nm 至 520nm 具有發光峰值的磷光化合物）的能量轉移效率，作爲本發明的一個實施方式的發光元件中的第二磷光化合物 113Gd，使用如下磷光化合物，即在 440nm 至 520nm 的範圍內具有由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最長波長一側的局部極大值 A 並呈現波長比所述第一磷光化合物 113Bd 長的發光的磷光化

合物（明確而言，在 520nm 至 600nm 的範圍內具有發光峰值的磷光化合物）。另外，爲了提高從第二磷光化合物 113Gd 的能量轉移效率，作爲第三磷光化合物 113Rd，使用如下磷光化合物，即在 520nm 至 600nm 的範圍內具有由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最長波長一側的局部極大值 B 並呈現波長比所述第二磷光化合物 113Gd 長的發光的磷光化合物。另外，由於各磷光化合物分別是以上述方式發光，所以當用於照明時可以獲得演色性高的發光，且當用於顯示器時可以高效地獲得色度良好的發光。

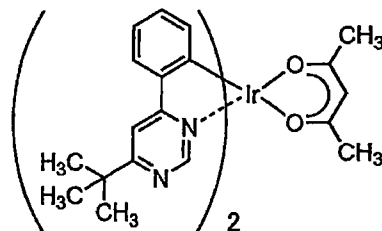
[0059] 爲了便於理解上述磷光化合物的結構（尤其是，局部極大值 A 和 B），以下參照具體例子進行說明。在此，以如下情況爲例子進行說明：作爲呈現藍色發光的第一磷光化合物 113Bd 使用下述化合物（1）（三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κ N2]苯基- κ C}銱(III)（簡稱：Ir(mpptz-dmp)₃）），作爲呈現波長比第一磷光化合物 113Bd 長的發光（綠色發光）的第二磷光化合物 113Gd 使用下述化合物（2）（（乙醯丙酮根）雙（6-叔丁基-4-苯基嘧啶根）銱(III)（簡稱：Ir(tBuppm)₂(acac)）），作爲呈現波長比第二磷光化合物 113Gd 長的發光（紅色發光）的第三磷光化合物 113Rd 使用下述化合物（3）（雙（2,3,5-三苯基吡嗪根）（二新戊醯基甲烷根）銱(III)（簡稱：Ir(tppr)₂(dpm)））。

[0060]

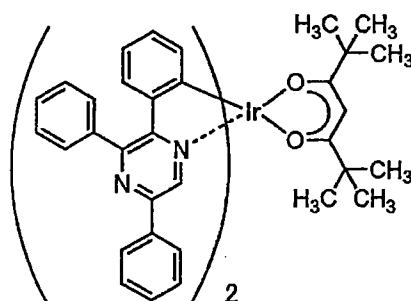
[化學式 1]



化合物 (1)



化合物 (2)



化合物 (3)

[0061] 圖 3A 示出作為第二磷光化合物的化合物 (2) 的莫耳吸光係數 $\epsilon(\lambda)$ 和 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 。越靠近長波長一側，莫耳吸光係數 $\epsilon(\lambda)$ 越降低，但是 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 在 490nm 附近（相當於化合物 (2) 的三重態 MLCT 吸收帶）具有局部極大值 A。從該例子可知，由於 λ^4 項的影響，第二磷光化合物的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 在位於最長波長一側的吸收帶（三重態 MLCT 吸收帶）具有局部極大值 A。

[0062] 另一方面，圖 3B 示出化合物 (1) 的光致發光 (PL) 光譜 $F(\lambda)$ 和化合物 (2) 的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 。化合物 (1) 是第一磷光化合物，並呈現在 475nm 及 505nm 附近具有

發光峰值的藍色發光。該第一磷光化合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 在第二磷光化合物的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的局部極大值 A 附近具有與 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的大重疊，藉由福斯特機制產生從第一磷光化合物到第二磷光化合物的能量轉移。在此情況下，由於局部極大值 A 對應於三重態 MLCT 吸收帶，所以是三重態-三重態的福斯特能量轉移（圖 2 中的 T_B-T_G 能量轉移）。

[0063] 接著，圖 4A 示出作為第三磷光化合物的化合物（3）的莫耳吸光係數 $\epsilon(\lambda)$ 和 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 。越靠近長波長一側，莫耳吸光係數 $\epsilon(\lambda)$ 越降低，但是 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 在 550nm 附近（相當於化合物（3）的三重態 MLCT 吸收帶）具有局部極大值 B。從該例子可知，由於 λ^4 項的影響，第三磷光化合物的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 在位於最長波長一側的吸收帶（三重態 MLCT 吸收帶）具有局部極大值 B。

[0064] 另一方面，圖 4B 示出化合物（2）的光致發光（PL）光譜 $F(\lambda)$ 和化合物（3）的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 。化合物（2）是第二磷光化合物，並呈現在 545nm 附近具有發光峰值的綠色發光。該第二磷光化合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 在第三磷光化合物的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的局部極大值 B 附近具有與 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的大重疊，藉由福斯特機制產生從第二磷光化合物到第三磷光化合物的能量轉移。在此情況下，由於局部極大值 B 對應於三重態 MLCT 吸收帶，所以是三重態-三重態的福斯特能量轉移（圖 2 中的 T_G-T_R 能量轉移）。

[0065] 據此，較佳的是，第二磷光化合物及第三磷光化合物在吸收光譜的最長波長一側具有相當於從單重基

態到三重激發態的電子遷移的直接吸收（例如，三重態 MLCT 吸收）。藉由採用這種結構，高效地產生圖 2 所示的三重態-三重態的能量轉移。

[0066] 在此，圖 5 示出將圖 3B 和圖 4B 組合在同一圖上並還記載作為第三磷光化合物的化合物（3）的 PL 光譜的圖。可知可以進行如下之分階段的能量轉移，即使用化合物（1）的 PL 光譜與化合物（2）的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重疊（局部極大值 A 附近）進行從化合物（1）到化合物（2）的能量轉移，並且使用化合物（2）的 PL 光譜與化合物（3）的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重疊（局部極大值 B 附近）進行從化合物（2）到化合物（3）的能量轉移。另外，也可以進行從作為第一磷光化合物的化合物（1）到作為第三磷光化合物的化合物（3）的直接能量轉移。這是因為如下緣故：根據圖 5 可知，在與化合物（3）的三重態 MLCT 吸收帶（局部極大值 B 附近）相比短波長一側化合物（1）的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 與化合物（3）的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 重疊。這意味著存在三重態-單重態的福斯特能量轉移（圖 2 中的 T_B-S_R 能量轉移）。

[0067] 從上述圖 3A 和 3B、圖 4A 和 4B 及圖 5 可知的重要事實是：與第二磷光化合物相比，第三磷光化合物由於 λ^4 的影響更容易接受能量（容易成為能量受體）。第二磷光化合物及第三磷光化合物的最長波長一側的三重態 MLCT 吸收帶的莫耳吸光係數 $\epsilon(\lambda)$ 都是約 5000 [$M^{-1}cm^{-1}$]，實質上相等。然而，如圖 5 所示的那樣，當

比較 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的局部極大值 A 與局部極大值 B 時，局部極大值 B 是局部極大值 A 的約 1.6 倍。這是 λ^4 項所造成的影響，並示出有化合物的吸收帶越靠近長波長， $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 越大的趨勢。因此，與第二磷光化合物相比，第三磷光化合物更易接受能量。

[0068] 因此，注目到如下元件結構（圖 1A 至圖 1C 所示的結構），在該元件結構中，按順序層疊有第一發光層至第三發光層，且載流子的再結合區域在第一發光層內、或者第一發光層與第二發光層的介面近旁（即，主要使第一磷光化合物激發）。當採用該元件結構時，與包含第二磷光化合物的第二發光層相比，包含第三磷光化合物的第三發光層更遠離載流子的再結合區域。像這樣，藉由分別將容易接受能量的第三磷光化合物設置於遠離再結合區域的區域且將相對不易接受能量的第二磷光化合物設置於接近再結合區域的區域，可以平衡地得到來自第一磷光化合物至第三磷光化合物的各磷光化合物的發光。其結果，可以獲得發光效率良好且光譜的平衡性良好的發光元件。

[0069] 另外，爲了獲得上述再結合區域，較佳的是，使第一發光層具有電子傳輸性且使上述第二發光層及上述第三發光層具有電洞傳輸性（圖 1A）。明確而言，例如，作爲第一主體材料使用電子傳輸性的材料，且作爲第二主體材料及第三主體材料使用電洞傳輸性的材料，即可。

[0070] 另外，作為獲得上述再結合區域的另一個方式，較佳的是，第一發光層具有電洞傳輸性且所述第二發光層及所述第三發光層具有電子傳輸性（圖 1B）。明確而言，例如，作為第一主體材料使用電洞傳輸性的材料，作為第二主體材料及第三主體材料使用電子傳輸性的材料，即可。

[0071] 再者，為了在獲得來自第二發光層的發光的同時還獲得來自第三發光層的發光，當考慮到福斯特能量轉移的距離 R 時，較佳的是，第二發光層的厚度為大於或等於 5nm 且小於或等於 20nm ，更佳地為大於或等於 5nm 且小於或等於 10nm 。

（實施方式 2）

[0072] 在本實施方式中，以下將參照圖 1A 至圖 1C 說明實施方式 1 所說明的發光元件的詳細結構的例子。

[0073] 本實施方式的發光元件在一對電極之間具有包括多個層的 EL 層。在本實施方式中，發光元件由第一電極 101、第二電極 102、及設置在第一電極 101 和第二電極 102 之間的 EL 層 103 構成。注意，在本實施方式中，以下假設第一電極 101 用作陽極且第二電極 102 用作陰極而進行說明。就是說，在本實施方式中，當以使第一電極 101 的電位高於第二電極 102 的電位的方式對第一電極 101 和第二電極 102 施加電壓時，得到發光。

[0074] 由於第一電極 101 用作陽極，所以較佳使用

功函數大（具體為 4.0 eV 或更高）的金屬、合金、導電化合物、它們的混合物等形成第一電極 101。具體地，例如可以舉出氧化銦-氧化錫（ITO：氧化銦錫）、包含矽或氧化矽的氧化銦-氧化錫、氧化銦-氧化鋅、包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦（IWZO）等。雖然通常藉由濺射法形成這些導電性金屬氧化物膜，但是也可以應用溶膠-凝膠法等來製造。作為製造方法的例子，可以舉出如下方法：使用相對於氧化銦添加有 1wt%至 20wt%的氧化鋅的靶材藉由濺射法形成氧化銦-氧化鋅的方法。另外，可以使用相對於氧化銦添加有 0.5wt%至 5wt%的氧化鎢和 0.1wt%至 1wt%的氧化鋅的靶材藉由濺射法形成包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦（IWZO）。另外，可以舉出金（Au）、鉑（Pt）、鎳（Ni）、鎢（W）、鉻（Cr）、鉬（Mo）、鐵（Fe）、鈷（Co）、銅（Cu）、鈀（Pd）或金屬材料的氮化物（例如，氮化鈦）等。也可以使用石墨烯。另外，藉由將後述的複合材料用於與 EL 層 103 中的第一電極 101 接觸的層，可以選擇電極材料而與其功函數無關。

[0075] EL 層 103 的疊層結構只要具有與實施方式 1 所示類似之發光層 113 的結構就沒有特別的限制。例如，可以適當地組合電洞注入層、電洞傳輸層、發光層、電子傳輸層、電子注入層、載流子阻擋層、中間層等來構成 EL 層 103。在本實施方式中，說明如下結構：EL 層 103 具有在第一電極 101 上依次層疊的電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、發光層 113、電子傳輸層 114、電子注

入層 115。以下，具體示出構成各層的材料。

[0076] 電洞注入層 111 是包含電洞注入性高的物質的層。並且，可以使用鉬氧化鉬、氧化釩、氧化釷、氧化鎢、氧化錳等。另外，也可以使用：酞菁類化合物如酞菁（簡稱： H_2Pc ）或銅酞菁（簡稱： $CuPc$ ）；芳香胺化合物如 4,4'-雙[N -（4-二苯基胺基苯基）- N -苯基胺基]聯苯（簡稱：DPAB）、或 N,N' -雙{4-[雙（3-甲基苯基）胺基]苯基}- N,N' -二苯基-（1,1'-聯苯）-4,4'-二胺（簡稱：DNTPD）；或者高分子如聚（3,4-乙二氧基噻吩）/聚（苯乙烯磺酸）（PEDOT/PSS）等來形成電洞注入層 111。

[0077] 另外，作為電洞注入層 111，可以使用在電洞傳輸性物質中含有具受體性質的物質之複合材料。注意，使用此種在電洞傳輸性物質中含有具受體性質的物質之複合材料，可以選擇形成電極的材料而不顧及其功函數。就是說，作為第一電極 101，除了功函數大的材料以外，還可以使用功函數小的材料。作為具受體性質的物質，可以舉出 7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷（簡稱： F_4 -TCNQ）、氯醌等。另外，可以舉出過渡金屬氧化物。可以舉出屬於元素週期表中的第 4 族至第 8 族的金屬的氧化物。具體地，較佳的是，使用氧化釩、氧化鈮、氧化鉬、氧化鉻、氧化鉬、氧化鎢、氧化錳、氧化銻，因為其電子接受性高。特別佳地使用氧化鉬，因為其在大氣中穩定，吸濕性低，並且容易處理。

[0078] 作為用於複合材料的電洞傳輸性物質，可以

使用各種有機化合物如芳香胺化合物、呋啉衍生物、芳烴和聚合物化合物（例如低聚物、樹枝狀聚合物或聚合物）。作為用於複合材料的有機化合物，使用電洞傳輸性高的有機化合物較佳。具體地，使用電洞遷移率為 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的物質較佳。以下，具體地列舉可以用作複合材料中的電洞傳輸性物質之有機化合物。

[0079] 例如，作為芳香胺化合物，可以舉出 N,N' -二（對甲苯基）- N,N' -二苯基-對苯二胺（簡稱：DTDPPA）、4,4'-雙[N -（4-二苯基胺基苯基）- N -苯基胺基]聯苯（簡稱：DPAB）、 N,N' -雙{4-[雙（3-甲基苯基）胺基]苯基}- N,N' -二苯基-（1,1'-聯苯）-4,4'-二胺（簡稱：DNTPD）、1,3,5-三[N -（4-二苯基胺基苯基）- N -苯基胺基]苯（簡稱：DPA3B）等。

[0080] 作為可以用於複合材料的呋啉衍生物，可以具體地舉出 3-[N -（9-苯基呋啉-3-基）- N -苯基胺基]-9-苯基呋啉（簡稱：PCzPCA1）、3,6-雙[N -（9-苯基呋啉-3-基）- N -苯基胺基]-9-苯基呋啉（簡稱：PCzPCA2）、3-[N -（1-萘基）- N -（9-苯基呋啉-3-基）胺基]-9-苯基呋啉（簡稱：PCzPCN1）等。

[0081] 另外，作為可以用於複合材料的呋啉衍生物，還可以舉出 4,4'-二（ N -呋啉基）聯苯（簡稱：CBP）、1,3,5-三[4-（ N -呋啉基）苯基]苯（簡稱：TCPB）、9-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9 H -呋啉（簡稱：CzPA）、1,4-雙[4-（ N -呋啉基）苯基]-2,3,5,6-四苯

基苯等。

[0082] 另外，作為可以用於複合材料的芳烴，例如可以舉出 2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(簡稱：t-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-雙(3,5-二苯基苯基)蒽(簡稱：DPPA)、2-叔丁基-9,10-雙(4-苯基苯基)蒽(簡稱：t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(簡稱：DNA)、9,10-二苯基蒽(簡稱：DPAnth)、2-叔丁基蒽(簡稱：t-BuAnth)、9,10-雙(4-甲基-1-萘基)蒽(簡稱：DMNA)、2-叔丁基-9,10-雙[2-(1-萘基)苯基]蒽、9,10-雙[2-(1-萘基)苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽、9,9'-聯蒽、10,10'-二苯基-9,9'-聯蒽、10,10'-雙(2-苯基苯基)-9,9'-聯蒽、10,10'-雙[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-聯蒽、蒽、稠四苯、紅熒烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯等。除此之外，還可以使用稠五苯、蔻等。像這樣，更佳地使用具有高於或等於 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 的電洞遷移率且碳原子數為 14 至 42 的芳烴。

[0083] 注意，可以用於複合材料的芳烴也可以具有乙烯基骨架。作為具有乙烯基的芳烴，例如可以舉出 4,4'-雙(2,2-二苯基乙烯基)聯苯(簡稱：DPVBi)、9,10-雙[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(簡稱：DPVPA)等。

[0084] 另外，也可以使用例如聚(*N*-乙烯基吡啶)(簡稱：PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(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)甲基丙烯鹽胺](簡稱:PTPDMA)、或聚[*N,N'*-雙(4-丁基苯基)-*N,N'*-雙(苯基)聯苯胺](簡稱:Poly-TPD)之高分子化合物。

[0085] 藉由形成電洞注入層,使電洞注入性變為良好,從而可以獲得驅動電壓小的發光元件。

[0086] 電洞傳輸層 112 是包含電洞傳輸性物質的層。作為電洞傳輸性物質,例如可以使用芳香胺化合物等,諸如 4,4'-雙[*N*-(1-萘基)-*N*-苯基胺基]聯苯(簡稱:NPB)、*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(*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'-聯萘-2-基)-*N*-苯基胺基]聯苯(簡稱:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基萘-9-基)三苯胺(簡稱:BPAFLP)等。在此所述的物質具有高電洞傳輸性,主要是電洞遷移率為 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 或更高的物質。另外,也可以將作為上述複合材料中的電洞傳輸性物質舉出的有機化合物用於電洞傳輸層 112。另外,也可以使用諸如聚(*N*-乙炔基吡啶)(簡稱:PVK)或聚(4-乙炔基三苯胺)(簡稱:PVTPA)之類的高分子化合物。另外,包含電洞傳輸性物質的層不限於單層,也可以為二或多層的由上述物質構成的層的疊層。

[0087] 發光層 113 是包含發光物質的層。由於發光

層 113 具有與實施方式 1 所說明類似的結構，所以可以本實施方式中的發光元件可為發光效率非常良好的發光元件。作為發光層 113 的結構及材料，參照實施方式 1 的記載。

[0088] 對在發光層 113 中能夠用作發光物質或發光中心物質的材料沒有特別的限制。作為上述發光物質或發光中心物質，例如可以舉出如下的物質。

[0089] 作為第一磷光化合物，選擇呈現藍色發光的化合物較佳，例如可以選擇在 440nm 至 520nm 具有發光峰值的磷光化合物。明確而言，可以舉出：例如三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κ N2]苯基- κ C}銱(III)（簡稱：Ir(mpptz-dmp)₃）、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)銱(III)（簡稱：Ir(Mptz)₃）、或三[4-(3-聯苯)-5-異丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]銱(III)（簡稱：Ir(iPrptz-3b)₃）的具有 4H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物；例如三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]銱(III)（簡稱：Ir(Mptz1-mp)₃）、或三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)銱(III)（簡稱：Ir(Prptz1-Me)₃）的具有 1H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物；例如 fac-三[1-(2,6-二異丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]銱(III)（簡稱：Ir(iPrpmi)₃）、或三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑並[1,2-f]菲啉根(phenanthridinato)]銱(III)（簡稱：Ir(dmpimpt-Me)₃）的具有咪唑骨架的有機金屬銱錯合物；以及例如雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-

$N, C^{2'}$] 銥(III) 四 (1-吡啶基) 硼酸鹽 (簡稱 : $FIr6$) 、 雙 [2- (4', 6'-二氟苯基) 吡啶根 - $N, C^{2'}$] 銥(III) 吡啶甲酸酯 (簡稱 : $FIrpic$) 、 雙 { 2-[3', 5'-雙 (三氟甲基) 苯基] 吡啶根 - $N, C^{2'}$ } 銥(III) 吡啶甲酸酯 (簡稱 : $Ir(CF_3ppy)_2(pic)$) 、 或 雙 [2- (4', 6'-二氟苯基) 吡啶根 - $N, C^{2'}$] 銥(III) 乙醯丙酮 (簡稱 : $FIr(acac)$) 的以具有拉電子基的苯基吡啶衍生物為配體的有機金屬銥錯合物。其中，具有例如 4H-三唑、1H-三唑或咪唑的多唑基骨架的有機金屬銥錯合物具有高電洞俘獲性。因此，當本發明的一個實施方式的發光元件中的第一發光層具有電子傳輸性的情況下 (明確而言，在第一主體材料是電子傳輸材料的情況下)，藉由將具有多唑基骨架的有機金屬銥錯合物用作第一磷光化合物，可以將載流子的再結合區域控制在第一發光層內或第一發光層與第二發光層的介面近旁，所以是較佳的。另外，由於具有 4H-三唑骨架的有機金屬銥錯合物具有優異的可靠性及發光效率，所以是特別佳的。

[0090] 第二磷光化合物使用呈現波長比第一磷光化合物長的發光的化合物即可，較佳地可以選擇例如在 520nm 至 600nm 具有發光峰值的磷光化合物。明確而言，可以舉出：例如三 (4-甲基-6-苯基嘧啶根) 銥(III) (簡稱 : $Ir(mppm)_3$) 、 三 (4-叔丁基-6-苯基嘧啶根) 銥(III) (簡稱 : $Ir(tBuppm)_3$) 、 (乙醯丙酮根) 雙 (6-甲基-4-苯基嘧啶根) 銥(III) (簡稱 : $Ir(mppm)_2(acac)$) 、 (乙醯丙酮根) 雙 (6-叔丁基-4-苯基嘧啶根) 銥(III) (簡稱 :

$\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$) 、 (乙醯丙酮根) 雙 [6- (2-降冰片基) -4-苯基嘧啶根] 銱(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{nbppm})_2(\text{acac})$)、雙 {2-[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-嘧啶基- $\kappa\text{N}3$]苯基- κC } (2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$) 銱(III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{mpmppm})_2(\text{acac})$) 、或 (乙醯丙酮根) 雙 (4,6-二苯基嘧啶根) 銱 (III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})$) 的具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物；例如 (乙醯丙酮根) 雙 (3,5-二甲基-2-苯基吡嗪根) 銱(III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})$) 、或 (乙醯丙酮根) 雙 (5-異丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根) 銱(III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})$) 的具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物；例如三 (2-苯基吡啶根- $\text{N},\text{C}^{2'}$) 銱(III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{ppy})_3$) 、雙 (2-苯基吡啶根- $\text{N},\text{C}^{2'}$) 銱(III)乙醯丙酮 (簡稱： $\text{Ir}(\text{ppy})_2\text{acac}$) 、雙 (苯並[h]喹啉) 銱(III)乙醯丙酮 (簡稱： $\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})$) 、三 (苯並[h]喹啉) 銱(III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{bzq})_3$) 、三 (2-苯基喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$) 銱(III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{pq})_3$) 、或雙 (2-苯基喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$) 銱(III)乙醯丙酮 (簡稱： $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$) 的具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物；以及例如三 (乙醯丙酮根) (單啡啉) 銱(III) (簡稱： $\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})$) 的稀土金屬錯合物。其中，具有例如嘧啶或吡嗪的二嗪骨架之有機金屬銱錯合物具有低電洞俘獲性和高電子俘獲性。因此，當本發明的一個實施方式的發光元件中的第二發光層具有電洞傳輸性的情況下 (明確而言，在第二主體材料是電洞傳輸材料的情況下) ，藉由將具有二嗪骨架的有機金屬銱錯合物用作第二磷光化合

物，可以將載流子的再結合區域控制在第一發光層內或第一發光層與第二發光層的介面近旁，所以是較佳的。另外，由於具有嘧啶骨架的有機金屬銥錯合物具有特別優異的可靠性及發光效率，所以是特別佳的。

[0091] 第三磷光化合物使用呈現波長比第二磷光化合物長的發光的化合物即可，較佳地可以選擇例如在600nm至700nm具有發光峰值的紅色發光的磷光化合物。明確而言，可以舉出：例如雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘧啶根](二異丁醯甲橋)銥(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})$)、雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊醯基甲烷根)銥(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})]$)、或雙[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊醯基甲烷根)銥(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{d1npm})_2(\text{dpm})$)的具有嘧啶骨架的有機金屬銥錯合物；例如(乙醯丙酮根)雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)銥(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$)、雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊醯基甲烷根)銥(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$)、或(乙醯丙酮根)雙[2,3-雙(4-氟苯基)喹噁啉根]銥(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$)的具有吡嗪骨架的有機金屬銥錯合物；例如三(1-苯基異喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銥(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{piq})_3$)、或雙(1-苯基異喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銥(III)乙醯丙酮(簡稱： $\text{Ir}(\text{piq})_2\text{acac}$)的具有吡啶骨架的有機金屬銥錯合物；例如2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉鉑(II)(簡稱： PtOEP)的鉑錯合物；以及例如三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(單啡啉)鎢(III)(簡稱：

$\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})$)、或三[1-(2-噻吩甲醯基)-3,3,3-三氟丙酮根](單啡啉)鎔(III)(簡稱： $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})$)的稀土金屬錯合物。其中，具有例如噻啉或吡嗪的二噻骨架之有機金屬銻錯合物具有低電洞俘獲性和高電子俘獲性。因此，當本發明的一個實施方式的發光元件中的第三發光層具有電洞傳輸性的情況下(明確而言，在第三主體材料是電洞傳輸材料的情況下)，藉由將具有二噻骨架的有機金屬銻錯合物用作第三磷光化合物，可以將載流子的再結合區域控制在第一發光層內或第一發光層與第二發光層的介面近旁，所以是較佳的。另外，由於具有噻啉骨架的有機金屬銻錯合物具有特別優異的可靠性及發光效率，所以是特別佳的。另外，由於具有吡嗪骨架的有機金屬銻錯合物可以獲得色度良好的紅色發光，所以藉由將其用於本發明的一個實施方式的白色發光元件，可以提高該白色發光元件的演色性。

[0092] 另外，除了上述磷光化合物以外，還可以從已知的磷光發光材料中選擇具有實施方式 1 所示的關係的第一磷光材料、第二磷光材料及第三磷光材料而使用。

[0093] 另外，對能夠用作上述第一主體材料至第三主體材料的材料沒有特別的限制，選擇各種載流子傳輸材料並以能夠獲得圖 1A 至圖 1C 所示的元件結構的方式適當地組合該材料即可。此時，如上所述，較佳的是，組合電子傳輸性的主體材料與電洞傳輸性的主體材料。

[0094] 例如，作為具有電子傳輸性的主體材料，可

以舉出：例如雙（10-羥基苯並[h]喹啉）鉍（II）（簡稱：BeBq₂）、雙（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基苯酚）鋁（III）（簡稱：BAIq）、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱：Znq）、雙[2-（2-苯並噁唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）、或雙[2-（2-苯並噻唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnBTZ）的金屬錯合物；例如 2-（4-聯苯基）-5-（4-叔丁基苯基）-1,3,4-噁二唑（簡稱：PBD）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-叔丁基苯基）-1,2,4-三唑（簡稱：TAZ）、1,3-雙[5-（對叔丁基苯基）-1,3,4-噁二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、9-[4-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基）苯基]-9H-呋唑（簡稱：CO11）、2,2',2''-（1,3,5-苯三基）三（1-苯基-1H-苯並咪唑）（簡稱：TPBI）、或 2-[3-（二苯並噻吩-4-基）苯基]-1-苯基-1H-苯並咪唑（簡稱：mDBTBIIm-II）的具有多唑骨架的雜環化合物；例如 2-[3-（二苯並噻吩-4-基）苯基]二苯並[f, h]喹噁啉（簡稱：2mDBTPDBq-II）、2-[3'-（二苯並噻吩-4-基）聯苯-3-基]二苯並[f, h]喹噁啉（簡稱：2mDBTBPDq-II）、2-[3'-（9H-呋唑-9-基）聯苯-3-基]二苯並[f, h]喹噁啉（簡稱：2mCzBPDBq）、4,6-雙[3-（菲-9-基）苯基]嘧啶（簡稱：4,6mPnP2Pm）、或 4,6-雙[3-（4-二苯並噻吩基）苯基]嘧啶（簡稱：4,6mDBTP2Pm-II）的具有二噻唑骨架的雜環化合物；以及例如 3,5-雙[3-（9H-呋唑-9-基）苯基]吡啶（簡稱：35DCzPPy）、或 1,3,5-三[3-（3-吡啶基）苯基]苯（簡稱：TmPyPB）的具

有吡啶骨架的雜環化合物。其中，具有二噻吩骨架的雜環化合物和具有吡啶骨架的雜環化合物具有良好可靠性，所以是較佳的。尤其是，具有二噻吩（噻啖或吡噻）骨架的雜環化合物具有高電子傳輸性，也有助於降低驅動電壓。

[0095] 另外，作為具有電洞傳輸性的主體材料，可以舉出：例如 4,4'-雙[N-（1-萘基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：NPB）、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'-雙[N-（螺-9,9'-聯萘-2-基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：BSPB）、4-苯基-4'-（9-苯基萘-9-基）三苯胺（簡稱：BPAFLP）、4-苯基-3'-（9-苯基萘-9-基）三苯胺（簡稱：mBPAFLP）、4-苯基-4'-（9-苯基-9H-吡啶-3-基）三苯胺（簡稱：PCBA1BP）、4,4'-二苯基-4''-（9-苯基-9H-吡啶-3-基）三苯胺（簡稱：PCBBi1BP）、4-（1-萘基）-4'-（9-苯基-9H-吡啶-3-基）三苯胺（簡稱：PCBANB）、4,4'-二（1-萘基）-4''-（9-苯基-9H-吡啶-3-基）三苯胺（簡稱：PCBNBB）、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-（9-苯基-9H-吡啶-3-基）苯基]萘-2-胺（簡稱：PCBAF）、或 N-苯基-N-[4-（9-苯基-9H-吡啶-3-基）苯基]螺-9,9-聯萘-2-胺（簡稱：PCBASF）的具有芳香胺骨架的化合物；例如 1,3-雙（N-吡啶基）苯（簡稱：mCP）、4,4'-二（N-吡啶基）聯苯（簡稱：CBP）、3,6-雙（3,5-二苯基苯基）-9-苯基吡啶（簡稱：CzTP）、或 3,3'-雙（9-苯基-9H-吡啶）（簡稱：PCCP）的具有吡啶骨架的化合物；例如 4,4',4''-（苯-

1,3,5-三基)三(二苯並噻吩)(簡稱: DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯並噻吩(簡稱: DBTFLP-III)、或 4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯並噻吩(簡稱: DBTFLP-IV)的具有噻吩骨架的化合物;以及例如 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並呋喃)(簡稱: DBF3P-II)、或 4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯並呋喃(簡稱: mmDBFFLBI-II)的具有呋喃骨架的化合物。其中,具有芳香胺骨架的化合物和具有咪唑骨架的化合物具有良好的可靠性和高電洞傳輸性並有助於降低驅動電壓,所以是較佳的。

[0096] 另外,除了上述主體材料以外,也可以從已知的物質中選擇主體材料而使用。作為主體材料,選擇具有比磷光化合物的三重態能階(基態與三重激發態的能量差)大的三重態能階的物質較佳。另外,較佳的是,上述主體材料在藍色區域不具有吸收光譜。明確而言,吸收光譜的吸收端在 440nm 或更小較佳。

[0097] 具有如上所述的結構的發光層 113 可以藉由利用真空蒸鍍法的共蒸鍍、使用混合溶液的噴墨法、旋塗法、浸漬塗布法等來製造。

[0098] 電子傳輸層 114 是包含電子傳輸性物質的層。例如,電子傳輸層 114 是由例如下列具有喹啉骨架或苯並喹啉骨架的金屬錯合物等構成的層:三(8-羥基喹啉)鋁(簡稱: Alq)、三(4-甲基-8-羥基喹啉)鋁(簡

稱：Almq₃）、雙（10-羥基苯並[h]喹啉）鉍（簡稱：BeBq₂）、或雙（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基苯酚鹽）鋁（簡稱：BA1q）。除此之外，還可以使用例如雙[2-（2-羥基苯基）苯並噁唑]鋅（簡稱：Zn(BOX)₂）或雙[2-（2-羥基苯基）苯並噻唑]鋅（簡稱：Zn(BTZ)₂）之具有噁唑類或噻唑類配位體的金屬錯合物。再者，除了金屬錯合物之外，還可以使用 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-聯苯基）-4-苯基-5-（4-叔丁基苯基）-1,2,4-三唑（簡稱：TAZ）、紅啡啉（簡稱：BPhen）、浴銅靈（簡稱：BCP）等。這裏所述的物質具有高電子傳輸性，並是主要具有 10⁻⁶cm²/Vs 或更高的電子遷移率的物質。注意，也可以將上述具有電子傳輸性的主體材料用於電子傳輸層 114。

[0099] 另外，電子傳輸層 114 可以是單層，也可以是由上述物質構成的層的二或多層的疊層。

[0100] 另外，也可以在電子傳輸層和發光層之間設置控制電子載流子的移動的層。這是對上述電子傳輸性高的材料添加了少量的電子捕捉性高的物質而成的層，並且藉由抑制電子載流子的移動，可以調節載流子平衡。這種結構對抑制由於電子穿過發光層而發生的問題（例如，元件的使用壽命的降低）發揮很大的效果。

[0101] 另外，也可以在電子傳輸層 114 和第二電極

102 之間以接觸於第二電極 102 的方式設置電子注入層 115。作為電子注入層 115，可以使用例如氟化鋰（LiF）、氟化銫（CsF）或氟化鈣（CaF₂）的鹼金屬、鹼土金屬、或它們的化合物。例如，可以使用將鹼金屬、鹼土金屬或它們的化合物包含在由具有電子傳輸性的物質構成的層中的層。作為電子注入層 115，較佳使用在由具有電子傳輸性的物質構成的層中包含鹼金屬或鹼土金屬的層，可以從第二電極 102 有效地注入電子。

[0102] 作為形成第二電極 102 的物質，可以使用功函數小（具體為 3.8 eV 或更小）的金屬、合金、導電性化合物以及它們的混合物。作為這種陰極材料的具體例子，可以舉出例如鋰（Li）或銫（Cs）等鹼金屬、鎂（Mg）、鈣（Ca）或銦（Sr）之屬於元素週期表中的第 1 族或第 2 族的元素、及它們的合金（例如 MgAg 和 AlLi）、例如鎔（Eu）和鐳（Yb）的稀土金屬、以及它們的合金等。然而，當在第二電極 102 和電子傳輸層之間設置電子注入層時，可以不顧及功函率的大小而將各種導電材料（諸如 Al、Ag、ITO、或包含矽或氧化矽的氧化銦-氧化錫）用作第二電極 102。可以藉由濺射法、噴墨法、旋塗法等形成這些導電材料的膜。

[0103] 另外，作為 EL 層 103 的形成方法，不論乾處理或濕處理，都可以使用各種方法。例如，也可以使用真空蒸鍍法、噴墨法或旋塗法等。另外，也可以根據各電極或各層使用不同的形成方法。

[0104] 此外，電極既可以藉由利用溶膠-凝膠法的濕處理形成，又可以藉由利用金屬材料的膏劑的濕處理形成。另外，也可以藉由濺射法或真空蒸鍍法等乾處理形成電極。

[0105] 在具有上述結構的發光元件中，電流因產生在第一電極 101 和第二電極 102 之間的電位差而流過，並且電洞和電子在包含發光性高的物質的發光層 113 中再結合，以進行發光。換句話說，在發光層 113 中形成有發光區域。

[0106] 發光經過第一電極 101 和第二電極 102 中的任一者或兩者被提取到外部。因此，第一電極 101 和第二電極 102 中的任一者或兩者是具有透光性的電極。當只有第一電極 101 是具有透光性的電極時，發光經過第一電極 101 被提取出。另外，當只有第二電極 102 是具有透光性的電極時，發光經過第二電極 102 被提取出。當第一電極 101 和第二電極 102 都是具有透光性的電極時，發光經過第一電極 101 和第二電極 102 被提取出。

[0107] 注意，設置在第一電極 101 和第二電極 102 之間的層的結構不侷限於上述結構。但是，較佳的是，採用在離第一電極 101 及第二電極 102 遠的部分設置電洞與電子再結合的發光區域的結構，以便抑制由於發光區域與用於電極或載流子注入層的金屬接近而發生的猝滅。

[0108] 另外，爲了抑制從在發光層中產生的激子的能量轉移，接觸於發光層 113 的電洞傳輸層或電子傳輸

層，尤其是接觸於離發光層 113 中的發光區域近的一側的載流子傳輸層使用如下物質構成較佳，即具有比構成發光層的發光物質或者包含在發光層中的發光中心物質所具有的能帶隙大的能帶隙之物質。

[0109] 本實施方式中的發光元件可以在由玻璃、塑膠等構成的基板上製造。關於在基板上製造發光元件的順序，既可從第一電極 101 一側依次層疊又可從第二電極 102 一側依次層疊。發光裝置中既可以在一個基板上形成有一個發光元件，也可以在一個基板上形成有多個發光元件。藉由在一個基板上製造多個這種發光元件，可以製造元件被分隔的照明裝置或被動矩陣型發光裝置。另外，也可以在由玻璃、塑膠等構成的基板上例如形成薄膜電晶體（TFT），並且在與 TFT 電連接的電極上製造發光元件，由此，可以製造藉由 TFT 控制發光元件的驅動之主動矩陣型發光裝置。注意，對 TFT 的結構沒有特別的限制。TFT 可以為交錯型或反交錯型。另外，對用於 TFT 的半導體的結晶性也沒有特別的限制，而可以使用非晶半導體或結晶半導體。另外，形成在 TFT 基板上的驅動用電路既可以由 N 型 TFT 及 P 型 TFT 構成，又可以只由 N 型 TFT 和 P 型 TFT 中的任一方構成。

[0110] 本實施方式可以與其他實施方式適當地組合。

（實施方式 3）

[0111] 在本實施方式中，將說明使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件製造的發光裝置。

[0112] 在本實施方式中，參照圖 6A 和圖 6B 對使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件製造的發光裝置進行說明。注意，圖 6A 是示出發光裝置的俯視圖，並且圖 6B 是沿圖 6A 中的 A-B 及 C-D 切斷的剖面圖。該發光裝置包括用來控制發光元件的發光之由虛線表示的驅動電路部（源極線驅動電路）601、像素部 602、驅動電路部（閘極線驅動電路）603。另外，元件符號 604 是密封基板，元件符號 625 是乾燥劑，元件符號 605 是密封材料，由密封材料 605 圍繞的內側是空間 607。

[0113] 注意，元件符號 608 是用來傳送輸入到源極線驅動電路 601 及閘極線驅動電路 603 的信號的佈線，並且從用作外部輸入端子的 FPC（軟性印刷電路）609 接收視頻信號、時脈信號、起始信號和重設信號。注意，雖然在此只圖示出 FPC，但是該 FPC 還可以安裝有印刷線路板（PWB）。本說明書中的發光裝置的範圍不僅包括發光裝置本身，而且還包括安裝有 FPC 或 PWB 的發光裝置。

[0114] 下面，參照圖 6B 說明剖面結構。雖然驅動電路部及像素部在元件基板 610 上形成，但是在此示出作為驅動電路部的源極線驅動電路 601 和像素部 602 中的一個像素。

[0115] 作為源極線驅動電路 601，形成組合 n 通道型 TFT 623 和 p 通道型 TFT 624 的 CMOS 電路。另外，驅

動電路也可以利用各種例如 CMOS 電路、PMOS 電路或 NMOS 電路的電路形成。另外，雖然在本實施方式中示出在基板上形成有驅動電路的驅動器一體型，但是驅動電路不是一定要形成在基板上，驅動電路也可以形成在外部，而不形成在基板上。

[0116] 另外，像素部 602 包括多個像素，該多個像素包括開關 TFT 611、電流控制 TFT 612 以及與電流控制 TFT 612 的汲極電連接的第一電極 613。注意，以覆蓋第一電極 613 的端部的方式形成有絕緣物 614。在此，使用正型感光性丙烯酸樹脂膜形成絕緣物 614。

[0117] 另外，爲了得到良好的覆蓋性，在絕緣物 614 的上端部或下端部形成具有曲率的曲面。例如，在使用正型感光丙烯酸樹脂作爲絕緣物 614 的材料的情況下，較佳的是，只使絕緣物 614 的上端部包括具有曲率半徑（ $0.2\mu\text{m}$ 至 $3\mu\text{m}$ ）的曲面。另外，作爲絕緣物 614，可以使用負型感光性樹脂或者正型感光性樹脂。

[0118] 在第一電極 613 上形成有 EL 層 616 及第二電極 617。在此，較佳的是，使用具有功函數大的材料作爲用於用作陽極的第一電極 613 的材料。例如，除了可以使用單層膜諸如 ITO 膜、包含矽的氧化銦錫膜、包含 2wt%至 20wt%氧化鋅的氧化銦膜、氮化鈦膜、鉻膜、鎢膜、Zn 膜、Pt 膜等，還可以使用由氮化鈦膜和以鋁爲主要成分的膜構成的疊層膜、以及由氮化鈦膜、以鋁爲主要成分的膜和氮化鈦膜構成的三層結構膜等。注意，當採用

疊層結構時，作為佈線的電阻也低，可以得到良好的歐姆接觸，還可以用作陽極。

[0119] 另外，EL 層 616 藉由例如使用蒸鍍掩模的蒸鍍法、噴墨法和旋塗法的各種方法形成。EL 層 616 包括與實施方式 1 及實施方式 2 所說明類似的結構。另外，作為構成 EL 層 616 的其他材料，也可以使用低分子化合物或高分子化合物（包含低聚物和樹枝狀聚合物）中任一者。

[0120] 另外，較佳的是，作為用於形成在 EL 層 616 上並用作陰極的第二電極 617 的材料，使用具有功函數小的材料（例如 Al、Mg、Li、Ca、或它們的合金及化合物，例如 MgAg、MgIn 或 AlLi）。注意，當使產生在 EL 層 616 中的光透過第二電極 617 時，較佳的是，使用由薄的金屬薄膜和透明導電膜（例如 ITO、包含 2wt% 至 20wt% 氧化鋅的氧化銦、包含矽的氧化銦錫、或氧化鋅 (ZnO)）構成的疊層結構作為第二電極 617。

[0121] 發光元件包括第一電極 613、EL 層 616、和第二電極 617。該發光元件是實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件。再者，在本實施方式的發光裝置中，含有多個發光元件的像素部可包括實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件和具有其他結構的發光元件二者。

[0122] 另外，藉由使用密封材料 605 將密封基板 604 貼合到元件基板 610，提供如下結構，即發光元件 618 安裝在由元件基板 610、密封基板 604、以及密封材

料 605 圍繞的空間 607 中。注意，空間 607 中填充有填料，作為該填料，除了使用惰性氣體（例如氮或氬）以外，還使用密封材料 605。藉由在密封基板中形成凹部且在其上設置乾燥劑 625，可以抑制水分所導致的劣化，所以是較佳的。

[0123] 注意，較佳的是，使用環氧類樹脂或玻璃粉作為密封材料 605。另外，較佳的是，這些材料是盡可能地不使水或氧透過的材料。另外，作為用於密封基板 604 的材料，除了可以使用玻璃基板或石英基板以外，還可以使用由 FRP（玻璃纖維強化塑膠）、PVF（聚氟乙烯）、聚酯、丙烯酸樹脂等構成的塑膠基板。

[0124] 如上所述，可以得到使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件製造的發光裝置。

[0125] 因為本實施方式的發光裝置使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件，所以可以得到具有優良特性的發光裝置。具體地，實施方式 1 及實施方式 2 所示的發光元件是發光效率良好的發光元件，因此可以實現降低了耗電量的發光裝置。另外，因為可以得到驅動電壓小的發光元件，所以可以得到驅動電壓小的發光裝置。

[0126] 如上所述，在本實施方式中說明了主動矩陣型發光裝置。然而，發光裝置還可以為被動矩陣型。圖 7A 和圖 7B 示出藉由使用本發明製造的被動矩陣型發光裝置。注意，圖 7A 是示出發光裝置的立體圖，並且圖 7B 是沿 X-Y 切斷圖 7A 而獲得的剖面圖。在圖 7A 和圖 7B

中，在基板 951 上的電極 952 和電極 956 之間設置有 EL 層 955。電極 952 的端部被絕緣層 953 覆蓋。在絕緣層 953 上設置有隔離層 954。隔離層 954 的側壁具有如下傾斜，即越接近基板表面，兩個側壁之間的間隔越窄。換句話說，隔離層 954 的短邊方向的剖面是梯形，底邊（朝向與絕緣層 953 的面方向同樣的方向並與絕緣層 953 接觸的邊）比上邊（朝向與絕緣層 953 的面方向同樣的方向並與絕緣層 953 不接觸的邊）短。如此，藉由設置隔離層 954，可以防止起因於靜電等的發光元件的故障。另外，在被動矩陣型發光裝置中，藉由包括以低驅動電壓工作的實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件，可以以低耗電量進行驅動。另外，藉由包括實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件，可以得到可靠性高的發光裝置。

[0127] 另外，爲了進行全彩顯示，在用來使來自發光元件的光透射到發光裝置的外部的光路上設置著色層或顏色轉換層，即可。圖 8A 和圖 8B 示出藉由設置著色層等實現全彩顯示的發光裝置的例子。圖 8A 示出基板 1001、基底絕緣膜 1002、閘極絕緣膜 1003、閘極電極 1006、1007 和 1008、第一層間絕緣膜 1020、第二層間絕緣膜 1021、周邊部 1042、像素部 1040、驅動電路部 1041、發光元件的第一電極 1024W、1024R、1024G 和 1024B、分隔壁 1025、包含有機化合物的層 1028、發光元件的第二電極 1029、密封基板 1031、和密封材料 1032。另外，將著色層（紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G

和藍色著色層 1034B) 設置在透明基材 1033 上。另外，還可以設置黑色層 (黑矩陣) 1035。對設置有著色層及黑色層的透明基材 1033 進行對準而將其固定到基板 1001。另外，著色層及黑色層被覆蓋層 1036 覆蓋。另外，本實施方式中，部分發光層的光不透過著色層，然而其他發光層的光透過著色層。由於不透過著色層的光成為白色光且透過著色層的光成為紅色光、藍色光或綠色光，因此能夠以四個顏色的像素呈現影像。

[0128] 另外，雖然以上說明了具有在形成有 TFT 的基板 1001 一側提取出光的結構 (底部發射型) 的發光裝置，但是也可以採用具有由密封基板 1031 一側提取出發光的結構 (頂部發射型) 的發光裝置。圖 9 示出頂部發射型發光裝置的剖面圖。在此情況下，基板 1001 可以使用不使光透過的基板。到製造連接 TFT 與發光元件的陽極的連接電極為止的製程與底部發射型發光裝置同樣地進行。然後，以覆蓋電極 1022 的方式形成第三層間絕緣膜 1037。該第三層間絕緣膜 1037 也可以具有平坦化的功能。第三層間絕緣膜 1037 可以使用與第二層間絕緣膜相同的材料或其他已知的材料形成。

[0129] 雖然在此發光元件的第一電極 1024W、1024R、1024G 和 1024B 是陽極，但是也可以是陰極。另外，在採用如圖 9 所示的頂部發射型發光裝置的情況下，第一電極較佳為反射電極。包含有機化合物的層 1028 的結構採用與實施方式 1 及實施方式 2 所說明類似的結構，

如此可獲得白色發光。當使用兩層的 EL 層時，作為能夠獲得白色發光的結構，可以舉出如下結構：從一方的 EL 層中的發光層能夠獲得藍色光，且從另一方的 EL 層中的發光層能夠獲得橙色光；以及從一方的 EL 層中的發光層能夠獲得藍色光，且從另一方的 EL 層中的發光層能夠獲得紅色光及綠色光。另外，當使用三層的 EL 層時，藉由採用從各發光層能夠獲得紅色發光、綠色發光、藍色發光的結構，可以獲得呈現白色發光的發光元件。另外，只要採用實施方式 1 及實施方式 2 所示的結構，獲得白色發光的結構當然不侷限於此。

[0130] 著色層設置在來自發光元件的光透射到發光層的外部的光路上。在圖 8A 所示的底部發射型發光裝置中，可以將著色層 1034R、1034G 和 1034B 設置在透明基材 1033 上並固定到基板 1001。另外，如圖 8B 所示，也可以在閘極絕緣膜 1003 和第一層間絕緣膜 1020 之間設置著色層。在採用圖 9 所示的頂部發射結構的情況下，也可以使用設置有著色層（紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G 和藍色著色層 1034B）的密封基板 1031 進行密封。密封基板 1031 也可以設置有位於像素和像素之間的黑色層（黑矩陣）1035。著色層（紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G 和藍色著色層 1034B）、及黑色層（黑矩陣）1035 也可以被覆蓋層 1036 覆蓋。另外，作為密封基板 1031，使用具有透光性的基板。

[0131] 藉由對以如上所述的方式獲得的有機發光元

件的一對電極之間施加電壓，能夠獲得白色發光區域 1044W。另外，藉由使用著色層，能夠獲得紅色發光區域 1044R、藍色發光區域 1044B 和綠色發光區域 1044G。由於本實施方式的發光裝置使用實施方式 1 及實施方式 2 所述的發光元件，所以能夠實現耗電量小的發光裝置。

[0132] 另外，雖然在此示出了以紅色、綠色、藍色和白色的四個顏色進行全彩顯示的例子，但是並不侷限於此。也可以以紅色、綠色和藍色的三個顏色進行全彩顯示。

[0133] 此外，本實施方式可以與其他實施方式自由地組合。

（實施方式 4）

[0134] 在本實施方式中，參照圖 10A 和圖 10B 對將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件用於照明裝置的例子進行說明。圖 10B 是照明裝置的俯視圖，圖 10A 是圖 10B 中的沿著 e-f 切斷的剖面圖。

[0135] 在本實施方式的照明裝置中，在用作支撐體且具有透光性的基板 400 上形成有第一電極 401。第一電極 401 相當於實施方式 3 中的第一電極 101。

[0136] 在第一電極 401 上設置有輔助電極 402。本實施方式示出從第一電極 401 一側提取光的例子，所以第一電極 401 使用具有透光性的材料形成。輔助電極 402 是爲了補償具有透光性的材料的低導電率而設置的，具有抑

制由於第一電極 401 的高電阻引起電壓下降使發光表面的亮度變得不均勻的功能。輔助電極 402 使用導電率至少比第一電極 401 的材料高的材料形成，較佳地使用例如鋁的高導電率材料形成。另外，較佳的是，輔助電極 402 中的不與第一電極 401 接觸的表面被絕緣層覆蓋。藉由採用上述結構，可以抑制不能提取出的來自輔助電極 402 的上部的光，用以降低無功電流（reactive current），用以抑制電力效率的下降。另外，也可以在形成輔助電極 402 的同時形成用來對第二電極 404 供應電壓的焊盤 412。

[0137] 在第一電極 401 及輔助電極 402 上形成有 EL 層 403。EL 層 403 具有實施方式 1 及實施方式 2 所說明的結構。參考對結構的各項記載。另外，較佳的是，當從上面看時，較佳將 EL 層 403 形成為比第一電極 401 稍微大，因為這樣可以使 EL 層 403 亦可作為絕緣層而具有抑制第一電極 401 與第二電極 404 之間的短路之功能。

[0138] 以覆蓋 EL 層 403 的方式形成第二電極 404。第二電極 404 相當於實施方式 3 中的第二電極 102，具有相同的功能。在本實施方式中，從第一電極 401 一側提取光，所以第二電極 404 使用反射率高的材料形成較佳。在本實施方式中，藉由使第二電極 404 與焊盤 412 連接，將電壓供應到第二電極 404。

[0139] 如上所述，本實施方式所示的照明裝置具有包括第一電極 401、EL 層 403 以及第二電極 404（以及輔助電極 402）的發光元件。由於該發光元件是發光效率高

的發光元件，所以本實施方式的照明裝置可以為耗電量小的照明裝置。另外，由於該發光元件是高可靠性發光元件，所以可以使本實施方式中的照明裝置為可靠性高的照明裝置。

[0140] 藉由使用密封材料 405 和 406 將具有上述結構的發光元件固定至密封基板 407 以進行發光元件的密封，由此製得照明裝置。也可以僅使用密封材料 405 和 406 中的一方。另外，也可以在內側的密封材料 406 中混合乾燥劑，由此可以吸收水分而提高可靠性。

[0141] 另外，藉由將焊盤 412、第一電極 401 以及輔助電極 402 的一部分延伸到密封材料 405 和 406 的外部的方式，可以將延伸的部分用作外部輸入端子。另外，也可以在該外部輸入端子上設置安裝有轉換器等的 IC 晶片 420。

[0142] 由於本實施方式所記載的照明裝置包括實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件作為發光元件，所以該照明裝置可以成為耗電量小的照明裝置。另外，該照明裝置可為驅動電壓低的照明裝置。另外，該照明裝置可為可靠性高的照明裝置。

（實施方式 5）

[0143] 在本實施方式中，對分別包括實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件的電子裝置的例子進行說明。實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件是發光效

率良好且耗電量降低的發光元件。其結果，本實施方式所記載的電子裝置可以分別成為具有耗電量降低的發光部的電子裝置。另外，因為實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件是驅動電壓低的發光元件，所以可以提供驅動電壓低的電子裝置。

[0144] 作為採用上述發光元件的電子裝置，可以例如舉出電視機（也稱為 TV 或電視接收機）、用於電腦等的顯示器、例如數位相機和數位攝影機的影像拍攝裝置、數位相框、行動電話機（也稱為手機或行動電話裝置）、可攜式遊戲機、可攜式資訊終端、音頻再生裝置、例如彈子機的大型遊戲機等。以下，示出這些電子裝置的具體例子。

[0145] 圖 11A 示出電視機的一個例子。在電視機中，外殼 7101 中組裝有顯示部 7103。另外，在此示出利用支架 7105 支撐外殼 7101 的結構。可以利用顯示部 7103 顯示影像，並且將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件排列為矩陣狀構成顯示部 7103。該發光元件可以成為發光效率高的發光元件。另外，該發光元件可以在低電壓下驅動。另外，該發光元件可以具有長使用壽命。因此，具有由該發光元件構成的顯示部 7103 的電視機可以成為耗電量降低的電視機。另外，該電視機可以成為驅動電壓低的電視機。另外，該電視機可以成為可靠性高的電視機。

[0146] 可以藉由利用外殼 7101 所具備的操作開關或

另外提供的遙控器 7110 進行電視機的操作。藉由利用遙控器 7110 所具備的操作鍵 7109，可以控制頻道及音量，並且可以控制顯示在顯示部 7103 上的影像。另外，也可以在遙控器 7110 中設置用來顯示從該遙控器 7110 輸出的資訊的顯示部 7107。

[0147] 另外，電視機具備接收機、數據機等。可以藉由接收機接收一般的電視廣播。再者，藉由數據機連接到有線或無線的通信網路，能夠進行單向（從發送者到接收者）或雙向（在發送者和接收者之間或在接收者之間等）的資訊通信。

[0148] 圖 11B1 示出電腦，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。另外，該電腦藉由將與實施方式 2 或實施方式 3 所說明的發光元件相同的發光元件排列為矩陣狀並用於顯示部 7203 而製造。圖 11B1 中的電腦也可以具有如圖 11B2 所示的結構。圖 11B2 所示的電腦設置有第二顯示部 7210 以代替鍵盤 7204 及指向裝置 7206。第二顯示部 7210 是觸控螢幕，藉由利用手指或專用筆操作顯示在第二顯示部 7210 上的輸入用顯示，能夠進行輸入。另外，第二顯示部 7210 不僅能夠顯示輸入用顯示，而且可以顯示其他影像。另外，顯示部 7203 也可以是觸控螢幕。因為兩個螢幕藉由鉸鏈部連接，所以可以防止當收納或搬運時發生例如螢幕受傷或破壞的問題。該發光元件可以具有高發光效率。因此，具有以該發光元件形成的顯示

部 7203 的電腦消耗較少的電量。

[0149] 圖 11C 示出可攜式遊戲機，該可攜式遊戲機由外殼 7301 和外殼 7302 的兩個外殼構成，並且藉由連接部 7303 可以開閉地連接。外殼 7301 中組裝有將實施方式 1 及實施方式 2 所說明的發光元件排列為矩陣狀而製造的顯示部 7304，並且外殼 7302 中組裝有顯示部 7305。另外，圖 11C 所示的可攜式遊戲機還具備揚聲器部 7306、儲存媒體插入部 7307、LED 燈 7308、輸入單元（操作鍵 7309、連接端子 7310、感測器 7311（測定下列功能之感測器：力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉動頻率、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、流速、濕度、斜率、振動、氣味或紅外線）、及麥克風 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 和顯示部 7305 中的至少一者或兩者中使用將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件排列為矩陣狀製造的顯示部即可，而且可以採用適當地設置有其他附屬設備的結構。圖 11C 所示的可攜式遊戲機具有如下功能：讀出儲存在儲存媒體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之間進行無線通信而實現資訊共用。另外，圖 11C 所示的可攜式遊戲機的功能不侷限於此，可以具有各種各樣的功能。由於用於顯示部 7304 的發光元件具有良好的發光效率，所以上述具有顯示部 7304 的可攜式遊戲機可以為耗電量降低的可攜式

遊戲機。另外，因為可以以低驅動電壓驅動用於顯示部 7304 的發光元件，所以該可攜式遊戲機可以成為驅動電壓低的可攜式遊戲機。另外，因為用於顯示部 7304 的發光元件具有長使用壽命，所以該可攜式遊戲機可以具有高可靠性高。

[0150] 圖 11D 示出行動電話機的一個例子。行動電話機除了組裝在外殼 7401 中的顯示部 7402 以外，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 包括將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件排列為成矩陣狀而製造的顯示部 7402。該發光元件可以具有高發光效率。另外，該發光元件可以在低電壓下驅動。另外，該發光元件可以具有長使用壽命。因此，具有包括該發光元件的顯示部 7402 的行動電話機可以成為耗電量降低的行動電話機。另外，該行動電話機可以成為驅動電壓低的行動電話機。另外，該行動電話機可以成為可靠性高的行動電話機。

[0151] 當以手指等觸摸圖 11D 所示的行動電話機的顯示部 7402 時，能夠將資訊輸入行動電話機。在此情況下，能夠用手指等觸摸顯示部 7402 來進行打電話或製作電子郵件等的操作。

[0152] 顯示部 7402 主要有三種螢幕模式。第一是以影像的顯示為主的顯示模式，第二是以例如文字的資訊的輸入為主的輸入模式，第三是混合顯示模式和輸入模式的兩個模式的顯示輸入模式。

[0153] 例如，在打電話或製作電子郵件的情況下，可以採用將顯示部 7402 主要用於輸入文字的文字輸入模式而輸入在螢幕上顯示的文字。在此情況下，較佳的是，在顯示部 7402 的螢幕的大多部分中顯示鍵盤或號碼按鈕。

[0154] 另外，藉由在行動電話機內部設置例如陀螺儀和加速度感測器之具有檢測傾斜度的感測器的檢測裝置，可以判斷行動電話機的方向而自動進行顯示部 7402 的螢幕顯示的切換（行動電話是橫向或直立放置之風景模式或肖像模式）。

[0155] 另外，藉由觸摸顯示部 7402 或對外殼 7401 的操作按鈕 7403 進行操作，來進行螢幕模式的切換。或者，也可以根據顯示在顯示部 7402 上的影像的種類切換螢幕模式。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。

[0156] 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而得知在一定期間內沒有顯示部 7402 的觸摸操作輸入時，也可以進行控制以將螢幕模式從輸入模式切換成顯示模式。

[0157] 也可以將顯示部 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，能夠進行個人識別。另外，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用光源，也能夠拍攝手指靜脈、手掌靜脈等的影像。

[0158] 另外，本實施方式所示的結構可以適當地與實施方式 1 至實施方式 4 所示的結構組合而使用。

[0159] 如上所述，具備實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件的發光裝置的應用範圍極為廣泛，而能夠將該發光裝置用於各種領域的電子裝置。藉由使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件，可以得到耗電量降低的電子裝置。

[0160] 圖 12 示出將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件作為背光而用於液晶顯示裝置的一個例子。圖 12 所示的液晶顯示裝置包括外殼 901、液晶層 902、背光單元 903 以及外殼 904，液晶層 902 與驅動器 IC 905 連接。另外，在背光單元 903 中使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件，並且藉由端子 906 將電流供應到背光單元 903。

[0161] 藉由將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件用作液晶顯示裝置的背光，可以得到耗電量降低的背光。另外，藉由使用實施方式 2 所記載的發光元件，能夠製造面發光的照明裝置，還能夠實現大面積的面發光之照明裝置；由此背光可為大面積化的背光，及液晶顯示裝置亦可為的大面積化的裝置。再者，使用實施方式 2 所記載的發光元件的發光裝置的厚度可以比習知的發光裝置薄，所以還能夠實現顯示裝置的薄型化。

[0162] 圖 13 示出將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件用於作為照明裝置的檯燈的例子。圖 13 所示的檯燈包括外殼 2001 和光源 2002，並且使用實施方式 4 所記載的發光裝置作為光源 2002。

[0163] 圖 14 示出將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件用於室內的照明裝置 3001 及顯示裝置 3002 的例子。因為實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件是耗電量降低的發光元件，所以能夠提供耗電量降低的照明裝置。另外，因為實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件能夠實現大面積化，所以該發光件能夠用於大面積的照明裝置。另外，因為實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件的厚度薄，所以該發光件能夠實現薄型化的照明裝置。

[0164] 還可以將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件安裝在汽車的擋風玻璃或儀錶板上。圖 15 示出將實施方式 2 所記載的發光元件用於汽車的擋風玻璃或儀錶板的一個方式。顯示器 5000 至顯示器 5005 使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件設置。

[0165] 顯示器 5000 和顯示器 5001 是設置在汽車的擋風玻璃上之安裝實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件的顯示裝置。藉由使用具有透光性的電極形成第一電極和第二電極，可以將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件形成為能看到另一側的所謂的透視式顯示裝置。若採用此種透視式顯示裝置，即使設置在汽車的擋風玻璃

上，也不妨礙視野。另外，在設置用來驅動的電晶體等的情況下，較佳的是，使用具有透光性的電晶體，諸如使用有機半導體材料的有機電晶體或使用氧化物半導體的電晶體等。

[0166] 顯示器 5002 是設置在立柱部分的安裝有實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件的顯示裝置。藉由在顯示器 5002 上顯示來自設置在車體內的成像單元的影像，可以補償被立柱遮擋的視野。另外，同樣地，設置在儀錶板部分上的顯示器 5003 藉由顯示來自設置在車體外的成像單元的影像，能夠補償被車體遮擋的視野的死角，而提高安全性。藉由顯示影像以補償駕駛人看不到的部分，使得駕駛人可更簡單且舒適地確認安全。

[0167] 顯示器 5004 和顯示器 5005 可以提供例如導航資訊、速度表、轉速計、哩程數、油量表、排檔指示器、和空調的設定的各種資訊。使用者可以適當地改變顯示內容和版面。另外，這些資訊也可以顯示在顯示器 5000 至顯示器 5003 上。另外，也可以將顯示器 5000 至顯示器 5005 用作照明裝置。

[0168] 實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件是發光效率高且耗電量低的發光元件。由此，即使設置多個例如顯示器 5000 至顯示器 5005 的大面積螢幕，也可以減少電池的負載而舒適地使用。從而，使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件之任一者的發光裝置和照明裝置可以適用於車輛用發光裝置和車輛用照明裝置。

[0169] 圖 16A 及圖 16B 是翻蓋式平板的一個例子。圖 16A 是打開的狀態，並且平板包括外殼 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、扣鉤 9033 以及操作開關 9038。該平板藉由將具備實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件的發光裝置用於顯示部 9631a 和顯示部 9631b 的一者或兩者來製造。

[0170] 在顯示部 9631a 中，可以將其一部分用作觸控螢幕區域 9632a，並且可以藉由接觸所顯示的操作鍵 9637 來輸入資料。此外，顯示部 9631a 的一半只具有顯示的功能，另一半具有觸控螢幕的功能，但是本發明的實施方式並不侷限於此結構。也可以採用顯示部 9631a 的整個區域具有觸控螢幕的功能的結構。例如，可以使顯示部 9631a 的整個面顯示鍵盤按鈕來將顯示部 9631a 用作觸控螢幕，因而將顯示部 9631b 可用作顯示畫面。

[0171] 此外，如同顯示部 9631a，也可以將顯示部 9631b 的一部分用作觸控螢幕區域 9632b。此外，藉由使用手指或觸控筆等接觸觸控螢幕上的鍵盤顯示/隱藏切換按鈕 9639 的位置，可以在顯示部 9631b 上顯示鍵盤按鈕。

[0172] 此外，也可以對觸控螢幕區域 9632a 和觸控螢幕區域 9632b 同時進行觸摸輸入。

[0173] 另外，顯示模式切換開關 9034 能夠切換肖像顯示和風景顯示等顯示的方向和選擇黑白顯示或彩色顯示

等的切換。根據藉由平板所內置的光感測器所檢測之使用時的外界光量，省電模式切換開關 9036 可以將顯示的亮度設定為最適合的亮度。平板除了光感測器以外還可以內置例如陀螺儀和加速度感測器之用於檢測傾斜度的感測器的其他檢測裝置。

[0174] 此外，圖 16A 示出顯示部 9631b 的顯示面積與顯示部 9631a 的顯示面積相等的例子，但是本發明的實施方式並不侷限於此。顯示部 9631a 和顯示部 9631b 可以有不同的顯示面積且可有不同的顯示品質。例如顯示部 9631a 和顯示部 9631b 中的一方可顯示較高精細的顯示影像。

[0175] 圖 16B 示出合上狀態的平板，平板包括外殼 9630、太陽能電池 9633、充放電控制電路 9634、電池 9635 以及 DC-DC 轉換器 9636。此外，在圖 16B 中，作為充放電控制電路 9634 的一個例子示出具有電池 9635 和 DC-DC 轉換器 9636 的結構。

[0176] 此外，翻蓋式平板在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，而可以提供一種耐久性優越且從長期使用的觀點來看可靠性優越的平板。

[0177] 此外，圖 16A 及圖 16B 所示的平板還可以具有如下功能：顯示各種各樣的資訊（例如靜態影像、動態影像和文字影像）的功能；將日曆、日期或時刻等顯示在顯示部上的功能；對顯示在顯示部上的資訊藉由觸摸輸入

而進行操作或編輯的觸摸輸入功能；藉由各種各樣的軟體（程式）進行控制處理的功能。

[0178] 藉由利用安裝在平板的表面的太陽能電池 9633，可以將電力供應到觸控螢幕、顯示部或影像信號處理部等。另外，可以藉由將太陽能電池 9633 設置在外殼 9630 的單面或雙面，來高效地對電池 9635 進行充電。

[0179] 另外，參照圖 16C 所示的方塊圖，對圖 16B 所示的充放電控制電路 9634 的結構和工作進行說明。圖 16C 示出太陽能電池 9633、電池 9635、DC-DC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至開關 SW3 以及顯示部 9631。電池 9635、DC-DC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至開關 SW3 對應於圖 16B 所示的充放電控制電路 9634。

[0180] 首先，說明在利用外光使太陽能電池 9633 產生動力時之操作的例子。使用 DC-DC 轉換器 9636 對太陽能電池所產生的電力進行升壓或降壓以使它成為可供對電池 9635 進行充電的電壓。接著，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 將來自太陽能電池 9633 的電力升壓或降壓到顯示部 9631 所需要的電壓。另外，當顯示部 9631 不顯示影像時，使 SW1 截止且使 SW2 導通來對電池 9635 進行充電。

[0181] 注意，作為發電單元的一個例子示出太陽能電池 9633，但是發電單元不侷限於此，也可以使用例如

壓電元件 (piezoelectric element) 或熱電轉換元件 (珀耳帖元件 (Peltier element)) 的其他發電單元進行電池 9635 的充電。也可以使用以無線 (不接觸) 的方式收發電力來進行充電的無接觸電力傳輸模組或組合其他充電單元進行充電，且不一定要安裝發電單元。

[0182] 另外，只要具備上述顯示部 9631，本發明的實施方式不侷限於圖 16A 及圖 16B 所示形狀的平板。

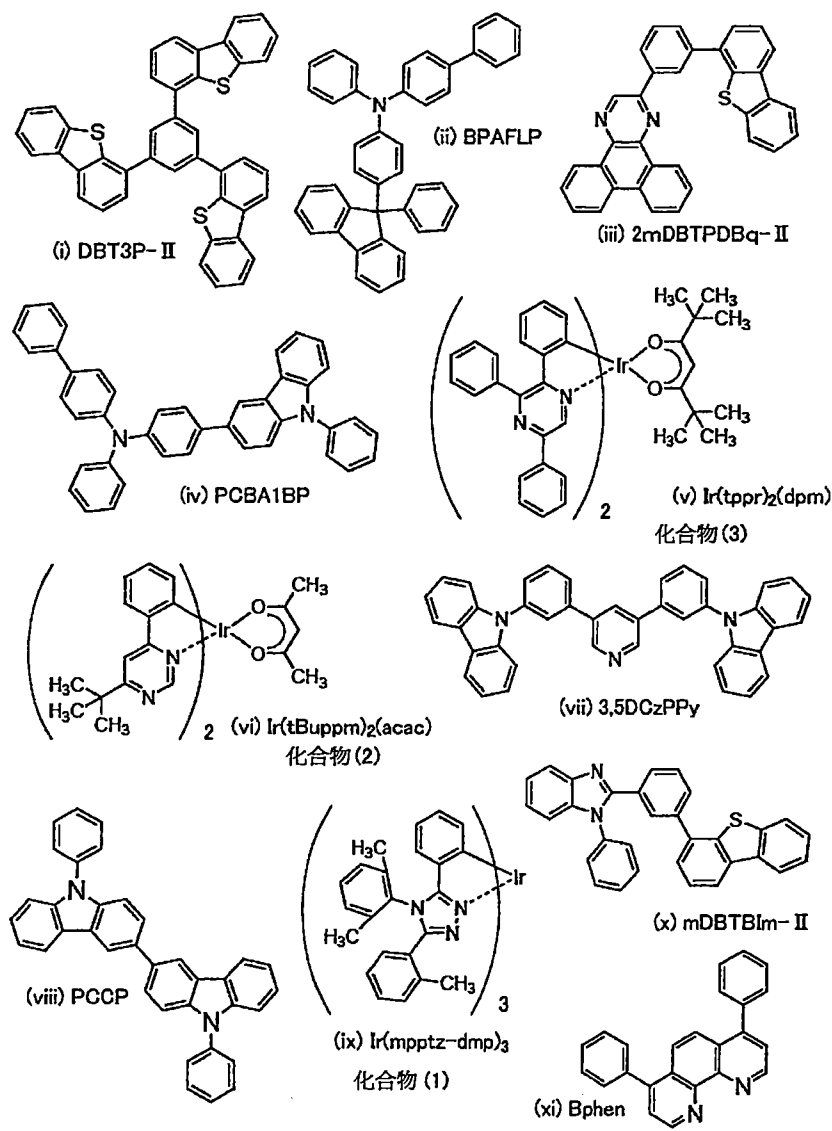
實施例 1

[0183] 在本實施例中，說明分別使用實施方式 1 所說明的化合物 (1) 至化合物 (3) 的相當於本發明的一個實施方式的發光元件 1 及發光元件 2。在本實施例中的發光元件中，由於作為用於第一發光層 113B、第二發光層 113G 及第三發光層 113R 的磷光化合物分別使用實施方式 1 所說明的化合物 (1)、化合物 (2) 及化合物 (3)，所以各發光波長 ($F(\lambda)$) 及 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的關係可以參照實施方式 1 中的圖 5 的說明。

[0184] 以下示出用於本實施例中的發光元件的物質。

[0185]

[化學式 2]



[0186] 以下示出本實施例的發光元件 1 及發光元件 2 的製造方法。

(發光元件 1 的製造方法)

[0187] 首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的氧化銦錫 (ITO)，由此形成第一電極 101。另

外，將其厚度設定為 110nm，且將其電極面積設定為 2mm×2mm。在此，第一電極 101 是用作發光元件的陽極的電極。

[0188] 接著，作為在基板上形成發光元件的預處理，在用水洗滌基板表面並在 200℃ 下進行焙燒 1 小時之後，進行 UV 臭氧處理 370 秒。

[0189] 然後，將基板放入到其內部被減壓到約 10^{-4} Pa 的真空蒸鍍裝置中，並在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後使基板冷卻約 30 分鐘。

[0190] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，並將真空蒸鍍裝置內的壓力降低到約 10^{-4} Pa。然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法共蒸鍍由上述結構式 (i) 表示的 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基) 三 (二苯並噻吩) (簡稱：DBT3P-II) 和氧化鋁 (VI)，從而形成電洞注入層 111。電洞注入層 111 的厚度為 40nm，將 DBT3P-II 與氧化鋁的重量比調節為 4：2 (=DBT3P-II：氧化鋁)。共蒸鍍法是指在一個處理室中從多個蒸發源同時進行蒸鍍的蒸鍍法。

[0191] 接著，在電洞注入層 111 上形成厚度為 20nm 之由上述結構式 (ii) 表示的 4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基) 三苯胺 (簡稱：BPAFLP) 膜，由此形成電洞傳輸層 112。

[0192] 再者，由下列方法製備發光層 113。在電洞傳輸層 112 上以 0.5 : 0.5 : 0.05 (=2mDBTPDBq-II : PCBA1BP : [Ir(tppr)₂(dpm)]) 的重量比並以 10nm 的厚度共蒸鍍由上述結構式 (iii) 表示的 2-[3-(二苯並噻吩-4-基)苯基]二苯並[f, h]喹噁啉 (簡稱 : 2mDBTPDBq-II)、由上述結構式 (iv) 表示的 4-苯基-4'-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)三苯胺 (簡稱 : PCBA1BP)、和由上述結構式 (v) 表示的雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊醯基甲烷根)銱(III) (簡稱 : [Ir(tppr)₂(dpm)]) (化合物(3)) 以製造第三發光層 113R ; 然後以 0.5 : 0.5 : 0.05 (=2mDBTPDBq-II : PCBA1BP : [Ir(tBuppm)₂(acac)]) 的重量比並以 5nm 的厚度共蒸鍍 2mDBTPDBq-II、PCBA1BP、和由上述結構式 (vi) 表示的(乙醯丙酮根)雙(6-叔丁基-4-苯基嘧啶根)銱(III) (簡稱 : [Ir(tBuppm)₂(acac)]) (化合物(2)) 以形成第二發光層 113G ; 接著以 0.5 : 0.5 : 0.06 (=35DCzPPy : PCCP : [Ir(mpptz-dmp)₃]) 的重量比並以 30nm 的厚度共蒸鍍由上述結構式 (vii) 表示的 3,5-雙[3-(9H-呋唑-9-基)苯基]吡啶 (簡稱 : 35DCzPPy)、由上述結構式 (viii) 表示的 3,3'-雙(9-苯基-9H-呋唑) (簡稱 : PCCP)、和由上述結構式 (ix) 表示的三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN₂]苯基-κC}銱(III) (簡稱 : [Ir(mpptz-dmp)₃]) (化合物(1)) 以形成第一發光層 113B。

[0193] 另外，2mDBTPDBq-II 與 PCBA1BP 形成激基錯合物（exciplex），並且 35DCzPPy 與 PCCP 形成激基錯合物。再者，由於 2mDBTPDBq-II 具有電子傳輸性且 PCBA1BP 具有電洞傳輸性，並且藉由以 0.5：0.5 的比率使發光層包含該二物質，使得第二發光層 113G 及第三發光層 113R 具有電洞傳輸性。另外，由於 35DCzPPy 具有電子傳輸性且 PCCP 具有電洞傳輸性，並且藉由以 0.5：0.5 的比率使發光層包含該物質，使得第一發光層 113B 具有電子傳輸性。

[0194] 然後，在發光層 113 上形成厚度為 10nm 的由上述結構式（x）表示的 2-[3-（二苯並噻吩-4-基）苯基]-1-苯基-1H-苯並咪唑（簡稱：mDBTBIIm-II）膜，接著形成厚度為 20nm 的由上述結構式（xi）表示的紅啡啉（簡稱：BPhen），從而形成電子傳輸層 114。

[0195] 在形成電子傳輸層 114 之後，蒸鍍厚度 1nm 的氟化鋰（LiF）以形成電子注入層 115，最後蒸鍍厚度 200nm 的鋁以形成用作陰極的第二電極 102，從而製造本實施例的發光元件 1。

[0196] 另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

（發光元件 2 的製造方法）

[0197] 發光元件 2 藉由與發光元件 1 相同的結構和製程形成，發光元件 2 與發光元件 1 的不同之處在於：在

發光元件 2 中，將第二發光層 113G 的厚度設定為 10nm。

[0198] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 1 及發光元件 2 進行密封處理（將密封材料塗敷在元件的周圍，在密封時在 80°C 的溫度下進行 1 小時的熱處理）。然後對這些發光元件的可靠性進行測量。在室溫下（在保持於 25°C 的氮氛圍中）執行測量。

[0199] 關於發光元件 1 及發光元件 2，圖 17 示出電流密度-亮度特性，圖 18 示出亮度-電流效率特性，圖 19 示出電壓-亮度特性，圖 20 示出亮度-色度特性，圖 21 示出亮度-功率效率特性，圖 22 示出亮度-外部量子效率特性，並且圖 23 示出發射光譜。

[0200] 如上所述可知：發光元件 1 在實用亮度的 1000cd/m² 附近呈現非常良好的特性，即電流效率為 47cd/A，外部量子效率為 22%，及功率效率為 32 lm/W。另外，還可知：發光顏色是 2930K 的暖白色（warm white color），且呈現良好的演色性，即平均演色性指數（general color rendering index）Ra 為 91.7。還可知：發光元件 2 在實用亮度的 1000cd/m² 附近呈現非常良好的特性，即電流效率為 52cd/A，外部量子效率為 22%，和功率效率為 36 lm/W。另外，根據圖 20 還可知：作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 1 及發光元件 2 之色度對亮度的依賴性小。

[0201] 另外，由於各發光層的傳輸性，發光元件 1

及發光元件 2 的載流子的再結合區域在第一發光層 113B 與第二發光層 113G 的介面近旁，但是第二發光層 113G 為 5nm 厚的發光元件 1 及第二發光層 113G 為 10nm 厚的發光元件 2 都充分獲得第三發光層 113R 的發光。另外，由於來自第一發光層 113B 至第三發光層 113R 分別所包含的發光物質的光明顯顯現於光譜中，所以可知有效且平衡地進行激發能量的轉移。

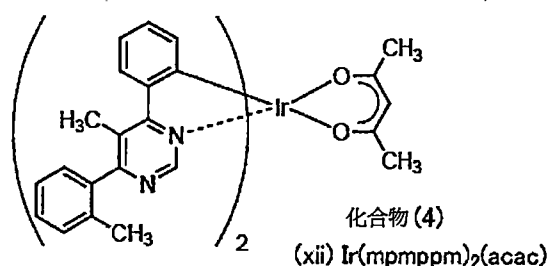
實施例 2

[0202] 在本實施例中，說明具有與實施例 1 不同的結構的本發明的一個實施方式的發光元件（發光元件 3）。發光元件 3 是使用作為呈現黃色發光顏色的磷光化合物的化合物（4）（雙{2-[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-嘧啶基- κ N3]苯基- κ C}（2,4-戊二酮根- κ^2 O,O'）銦（III）（簡稱：[Ir(mpmpm)₂(acac)]））代替在實施例 1 中使用的第二化合物[Ir(tBuppm)₂(acac)]的發光元件。另外，作為用於發光元件 3 的其他物質，使用與實施例 1 中的發光元件 1 及發光元件 2 相同的物質。

[0203] 以下示出化合物(4)（[Ir(mpmpm)₂(acac)]）的結構式。由於在實施例 1 中示出了其他化合物，所以在此省略其他化合物的說明。

[0204]

[化學式 3]



[0205] 在此，圖 24 示出用於發光元件 3 的三種磷光化合物之發光波長 $F(\lambda)$ 以及化合物 (3) 及化合物 (4) 的發光波長 $F(\lambda)$ 與 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的關係的圖。在本實施例的發光元件中，如圖 24 所示，第一發光層 113B 包含呈現藍色發光的作為第一磷光化合物的化合物 (1)。另外，第二發光層 113G 包含化合物 (4) 作為第二磷光化合物，該化合物 (4) 是呈現波長比第一磷光化合物長的發光（發光峰值波長 566nm）且在 440nm 至 520nm 的範圍內（512nm）在由 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的最長波長一側具有局部極大值 A。第三發光層 113R 包含化合物 (3) 作為第三磷光化合物，該化合物 (3) 呈現波長比第二磷光化合物長的發光且在 520nm 至 600nm 的範圍內（542nm 附近）在 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的最長波長一側具有局部極大值 B。另外，根據圖 24 還可知：上述局部極大值 B 比上述局部極大值 A 大。

[0206] 以下示出本實施例的發光元件 3 的製造方法。

（發光元件 3 的製造方法）

[0207] 首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的氧化銦錫（ITSO），由此形成第一電極 101。另外，將其厚度設定為 110nm，且將其電極面積設定為 2mm×2mm。在此，第一電極 101 是用作發光元件的陽極的電極。

[0208] 接著，作為在基板上形成發光元件的預處理，在用水洗滌基板表面並在 200℃ 下進行焙燒 1 小時之後，進行 UV 臭氧處理 370 秒。

[0209] 然後，將基板放入到其內部被減壓到約 10^{-4} Pa 的真空蒸鍍裝置中，並在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後使基板冷卻約 30 分鐘。

[0210] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，並將真空蒸鍍裝置內的壓力降低到約 10^{-4} Pa，然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法共蒸鍍由上述結構式（i）表示的 4,4',4''-（苯-1,3,5-三基）三（二苯並噻吩）（簡稱：DBT3P-II）和氧化鉬（VI），從而形成電洞注入層 111。電洞注入層 111 的厚度為 40nm，將 DBT3P-II 與氧化鉬的重量比調節為 4：2（=DBT3P-II：氧化鉬）。共蒸鍍法是指在一個處理室中從多個蒸發源同時進行蒸鍍的蒸鍍法。

[0211] 接著，在電洞注入層 111 上形成厚度為 20nm

之由上述結構式 (ii) 表示的 4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基) 三苯胺 (簡稱: BPAFLP) 膜, 由此形成電洞傳輸層 112。

[0212] 再者, 由下列方法製備發光層 113。在電洞傳輸層 112 上以 0.5 : 0.5 : 0.05 (=2mDBTPDBq-II : PCBA1BP : [Ir(tppr)₂(dpm)]) 的重量比並以 20nm 的厚度共蒸鍍由上述結構式 (iii) 表示的 2-[3-(二苯並噻吩-4-基) 苯基]二苯並[f, h]喹噁啉 (簡稱: 2mDBTPDBq-II)、由上述結構式 (iv) 表示的 4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基) 三苯胺 (簡稱: PCBA1BP)、和由上述結構式 (v) 表示的雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊醯基甲烷根)銦(III) (簡稱: [Ir(tppr)₂(dpm)]) (化合物(3)) 以製造第三發光層 113R; 然後以 0.5 : 0.5 : 0.05 (=2mDBTPDBq-II : PCBA1BP : [Ir(mppm)₂(acac)]) 的重量比並以 5nm 的厚度共蒸鍍 2mDBTPDBq-II、PCBA1BP、和由上述結構式 (xii) 表示的雙{2-[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-嘧啶基-κN3]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κO,O')銦(III) (簡稱: [Ir(mppm)₂(acac)]) (化合物(4)) 以形成第二發光層 113G; 接著以 0.5 : 0.5 : 0.06 (=35DCzPPy : PCCP : [Ir(mpptz-dmp)₃]) 的重量比並以 30nm 的厚度共蒸鍍由上述結構式 (vii) 表示的 3,5-雙[3-(9H-咔唑-9-基) 苯基]吡啶 (簡稱: 35DCzPPy)、由上述結構式 (viii) 表示的 3,3'-雙(9-苯基-9H-咔唑) (簡稱: PCCP)、和由上述結構式 (ix) 表示的三{2-[5-

(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κ N2]苯基- κ C}銥(III)(簡稱:[Ir(mpptz-dmp)₃])(化合物(1))以形成第一發光層113B。

[0213] 另外，2mDBTPDBq-II與PCBA1BP形成激基錯合物，並且35DCzPPy與PCCP形成激基錯合物。再者，由於2mDBTPDBq-II具有電子傳輸性且PCBA1BP具有電洞傳輸性，並且藉由以0.5:0.5的比率使發光層包含該二物質，使得第二發光層113G及第三發光層113R具有電洞傳輸性。另外，由於35DCzPPy具有電子傳輸性且PCCP具有電洞傳輸性，並且藉由以0.5:0.5的比率使發光層包含該二物質，使得第一發光層113B具有電子傳輸性。

[0214] 然後，在發光層113上形成厚度為10nm的由上述結構式(x)表示的2-[3-(二苯並噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯並咪唑(簡稱:mDBTBIm-II)膜；接著形成厚度為20nm的由上述結構式(xi)表示的紅啡啉(簡稱:BPhen)，從而形成電子傳輸層114。

[0215] 在形成電子傳輸層114之後，蒸鍍厚度1nm的氟化鋰(LiF)以形成電子注入層115，最後蒸鍍厚度200nm的鋁以形成用作陰極的第二電極102。從而製造本實施例的發光元件3。

[0216] 另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

[0217] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件暴露

於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 3 進行密封處理（將密封材料塗敷在元件的周圍，在密封時在 80°C 的溫度下進行 1 小時的熱處理）。然後對這些發光元件的可靠性進行測量。在室溫下（在保持於 25°C 的氛圍中）執行測量。

[0218] 關於發光元件 3，圖 25 示出電流密度-亮度特性，圖 26 示出亮度-電流效率特性，圖 27 示出電壓-亮度特性，圖 28 示出亮度-色度特性，圖 29 示出亮度-功率效率特性，圖 30 示出亮度-外部量子效率特性，並且圖 31 示出發射光譜。

[0219] 如上所述可知：發光元件 3 在實用亮度的 1000cd/m² 附近呈現非常良好的特性，即電流效率為 48cd/A，外部量子效率為 23%，及功率效率為 32 lm/W。另外，還可知：發光顏色是 3860K 的白色光，且呈現良好的演色性，即平均演色性指數 Ra 為 85.1。另外，根據圖 20 還可知：作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 3 之色度對亮度的依賴性小。

[0220] 另外，由於各發光層的傳輸性，發光元件 3 的載流子的再結合區域在第一發光層 113B 與第二發光層 113G 的介面近旁，但是能夠充分獲得第三發光層 113R 的發光。另外，由於來自第一發光層 113B 至第三發光層 113R 分別所包含的發光物質的光明顯顯現於光譜中，所以可知在發光元件 3 中有效且平衡地進行激發能量的轉移。

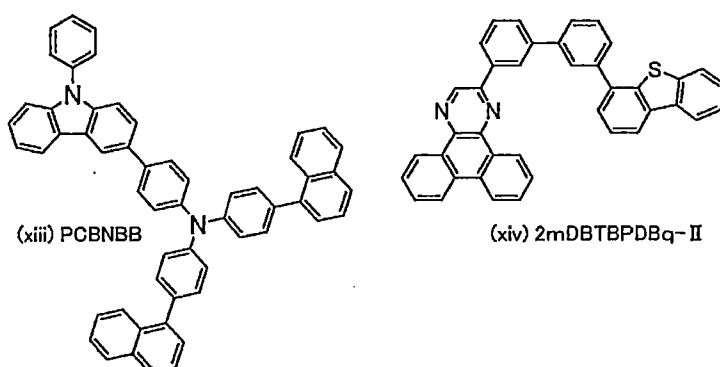
實施例 3

[0221] 在本實施例中，說明具有與實施例 1 及實施例 2 不同結構的本發明的一個實施方式的發光元件 4。發光元件 4 是如下例子：使用由下述結構式 (xiii) 表示的 4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-呋啶-3-基)三苯胺(簡稱：PCBNBB)代替實施例 1 的發光元件中的 BPAFLP 及 PCBA1BP；以及使用由下述結構式 (xiv) 表示的 2-[3'-(二苯並噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯並[f, h]喹噁啉(簡稱：2mDBTBPDBq-II)代替 35DCzPPy 的一部分及 2mDBTPDBq-II。另外，由於各發光層所包含的磷光化合物與實施例 1 相同，所以各發光波長 $F(\lambda)$ 與 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的關係可以參照實施例 1。

[0222] 以下示出 PCBNBB 及 2mDBTBPDBq-II 的結構式。由於其他化合物與實施例 1 所記載的化合物相同，所以在此省略其說明。參照實施例 1。

[0223]

[化學式 4]



[0224] 以下示出本實施例的發光元件 4 的製造方法。

（發光元件 4 的製造方法）

[0225] 首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的氧化銮錫（ITSO），由此形成第一電極 101。另外，將其厚度設定為 110nm，且將其電極面積設定為 2mm×2mm。在此，第一電極 101 是用作發光元件的陽極的電極。

[0226] 接著，作為在基板上形成發光元件的預處理，在用水洗滌基板表面並在 200℃ 下進行焙燒 1 小時之後，進行 UV 臭氧處理 370 秒。

[0227] 然後，將基板放入到其內部被減壓到約 10^{-4} Pa 的真空蒸鍍裝置中，並在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後使基板冷卻約 30 分鐘。

[0228] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，並將真空蒸鍍裝置內的壓力降低到約 10^{-4} Pa。然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法共蒸鍍由上述結構式 (i) 表示的 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並噻吩)（簡稱：DBT3P-II）和氧化鉬（VI），從而形成電洞注入層 111。電洞注入層 111 的厚

度為 40nm，將 DBT3P-II 與氧化鋁的重量比調節為 4 : 2（=DBT3P-II : 氧化鋁）。共蒸鍍法是指在一個處理室中從多個蒸發源同時進行蒸鍍的蒸鍍法。

[0229] 接著，在電洞注入層 111 上形成厚度為 20nm 的 PCBNBB 膜，由此形成電洞傳輸層 112。

[0230] 再者，由下列方法製備發光層 113。在電洞傳輸層 112 上以 0.5 : 0.5 : 0.05（=2mDBTBPDBq-II : PCBNBB : [Ir(tppr)₂(dpm)]）的重量比並以 10nm 的厚度共蒸鍍 2mDBTBPDBq-II、PCBNBB、和 [Ir(tppr)₂(dpm)] 以製造第三發光層 113R；然後以 0.5 : 0.5 : 0.05（=2mDBTBPDBq-II : PCBNBB : [Ir(tBuppm)₂(acac)]）的重量比並以 10nm 的厚度共蒸鍍 2mDBTBPDBq-II、PCBNBB、和 [Ir(tBuppm)₂(acac)] 以形成第二發光層 113G；接著以 0.7 : 0.3 : 0.06（=35DCzPPy : PCCP : [Ir(mpptz-dmp)₃]）的重量比並以 30nm 的厚度共蒸鍍 35DCzPPy、PCCP、和 [Ir(mpptz-dmp)₃] 以形成第一發光層 113B。

[0231] 另外，2mDBTBPDBq-II 與 PCBNBB 形成激基錯合物，並且 35DCzPPy 與 PCCP 形成激基錯合物。再者，由於 2mDBTBPDBq-II 具有電子傳輸性且 PCBNBB 具有電洞傳輸性，並且藉由以 0.5 : 0.5 的比率使發光層包含該二物質，使得第二發光層 113G 及第三發光層 113R 具有電洞傳輸性。另外，由於 35DCzPPy 具有電子傳輸性且 PCCP 具有電洞傳輸性，並且藉由以 0.5 : 0.5 的比率使發

光層包含該二物質，使得第一發光層 113B 具有電子傳輸性。

[0232] 然後，在發光層 113 上形成厚度為 10nm 的 35DCzPPy 膜，接著形成厚度為 20nm 的 BPhen，從而形成電子傳輸層 114。

[0233] 在形成電子傳輸層 114 之後，蒸鍍厚度 1nm 的氟化鋰（LiF）以形成電子注入層 115，最後蒸鍍厚度 200nm 的鋁以形成用作陰極的第二電極 102。從而製造本實施例的發光元件 4。

[0234] 另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

[0235] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 4 進行密封處理（將密封材料塗敷在元件的周圍，在密封時在 80°C 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對這些發光元件的可靠性進行測量。在室溫下（在保持於 25°C 的氛圍中）執行測量。

[0236] 關於發光元件 4，圖 32 示出電流密度-亮度特性，圖 33 示出亮度-電流效率特性，圖 34 示出電壓-亮度特性，圖 35 示出亮度-色度特性，圖 36 示出亮度-功率效率特性，圖 37 示出亮度-外部量子效率特性，並且圖 38 示出發射光譜。

[0237] 如上所述可知：發光元件 4 在實用亮度的 1000cd/m² 附近呈現非常良好的特性，即電流效率為

39cd/A，外部量子效率為 21%，及功率效率為 29 lm/W。另外，還可知：發光顏色是 2260K，且呈現良好的演色性，即平均演色性指數 Ra 為 93.4。

[0238] 另外，由於各發光層的傳輸性，發光元件 4 的載流子的再結合區域在第一發光層 113B 與第二發光層 113G 的介面近旁，但是能夠充分獲得第三發光層 113R 的發光。另外，由於來自第一發光層 113B 至第三發光層 113R 分別所包含的發光物質的光明顯顯現於光譜中，所以可知有效且平衡地進行激發能量的轉移。

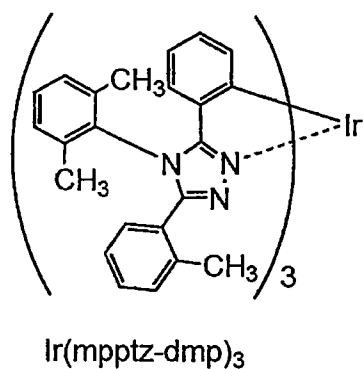
[0239] 接著，進行了可靠性測試。在可靠性測試中，在初始亮度為 3000cd/m^2 且電流密度恆定的條件下，以初始亮度為 100%，測量隨著驅動時間經過而產生的亮度變化。圖 39 示出其測量結果。根據圖 39 可知：雖然發光元件 4 是從各發光層獲得的發光都是磷光的所謂全磷光元件，但是在經過 440 小時之後，發光元件 4 也保持初始亮度的 65%，因此本發明的一個實施方式的發光元件 4 是高耐久性的發光元件。

（參考例 1）

[0240] 說明在上述實施方式中使用的有機金屬錯合物三 {2-[5-（2-甲基苯基）-4-（2,6-二甲基苯基）-4H-1,2,4-三唑-3-基- $\kappa\text{N}2$]苯基- κC } 銥(III)（簡稱：[Ir(mpptz-dmp)₃]）的合成方法。另外，以下示出 [Ir(mpptz-dmp)₃]（簡稱）的結構。

[0241]

[化學式 5]



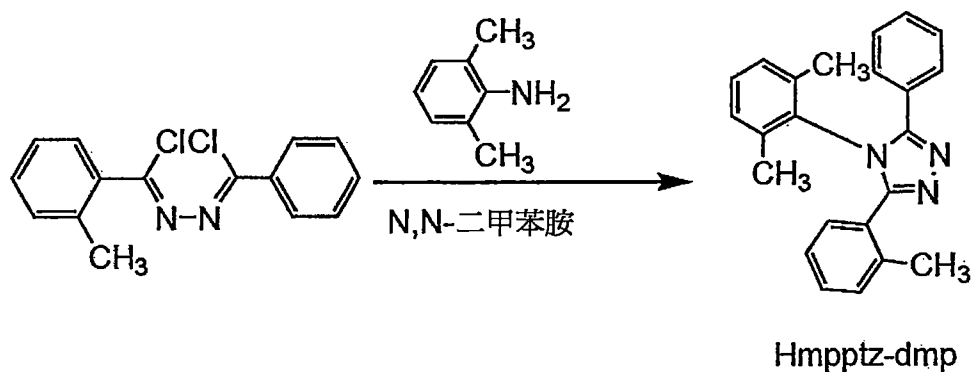
<步驟 1：3-（2-甲基苯基）-4-（2,6-二甲基苯基）-5-苯基-4H-1,2,4-三唑（簡稱：Hmpptz-dmp）的合成>

[0242] 首先，在 500ml 的茄形燒瓶中加入 12.6g（43.3mmol）的 N-[1-氯-1-（2-甲基苯基）次甲基]-N'-[1-氯-（1-苯基）次甲基]肼、15.7g（134.5mmol）的 2,6-二甲苯胺和 100ml 的 N,N-二甲苯胺，在 120℃ 下加熱攪拌 20 小時。在經過預定時間的反應之後，將該反應溶液緩慢加入到 200ml 的 1N 鹽酸。對該溶液加入二氯甲烷，將目的物萃取到有機層。使用水和碳酸氫鈉水溶液洗滌所得到的有機層且使用硫酸鎂進行乾燥。藉由自然過濾去除硫酸鎂，濃縮所得到的濾液，從而獲得黑色液體。藉由矽膠管柱層析法純化該液體。展開溶劑是乙酸乙酯：己烷=1：5 的混合溶劑。濃縮所獲得的餾分而獲得白色固體。使用乙酸乙酯對該固體進行再結晶，以 31% 的產率獲得 4.5g

的 Hmpptz-dmp 的白色固體。以下示出步驟 1 的合成流程。

[0243]

[化學式 6]



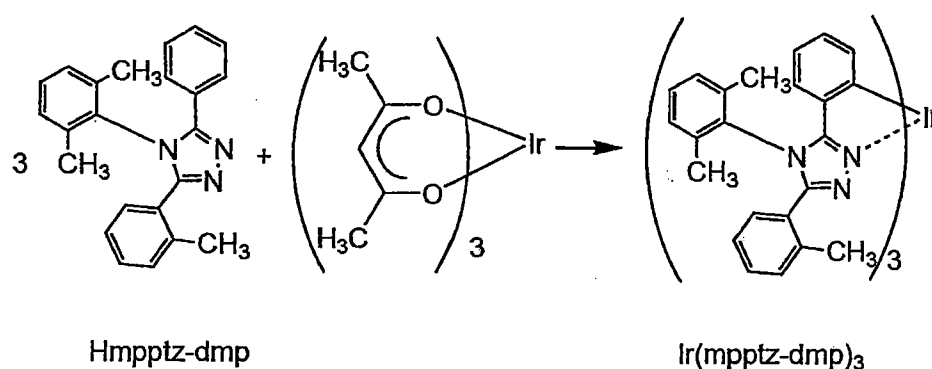
<步驟 2：三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κ N2]苯基- κ C}銱(III) (簡稱：Ir(mpptz-dmp)₃)的合成>

[0244] 將藉由上述步驟 1 獲得的 2.5g (7.4mmol) 的配體 Hmpptz-dmp 和 0.7g (1.5mmol) 的三(乙醯丙酮根)銱(III)加入用於高溫加熱的容器中，進行脫氣。在 Ar 氣流下以 250℃ 對該反應容器內的混合物進行 48 小時的加熱攪拌。在預定時間的反應後，使用二氯甲烷洗滌所得到的固體，藉由抽濾獲得不溶物的綠色固體。使該固體溶解於甲苯，藉由礬土與矽藻土的疊層進行過濾。濃縮所得到的餾分獲得綠色固體。使用甲苯對該固體進行再結晶，以 45% 的產率獲得 0.8g 的磷光有機金屬銱錯合物 [Ir(mpptz-dmp)₃] (簡稱) 的綠色粉末。以下示出步驟 2 的

合成流程。

[0245]

[化學式 7]



[0246] 此外，以下示出利用核磁共振法 ($^1\text{H-NMR}$) 分析由上述步驟 2 得到的綠色粉末的結果。結果顯示，在上述合成方法中得到了有機金屬錯合物 $\text{Ir}(\text{mpptz-dmp})_3$ (簡稱)。

[0247] $^1\text{H-NMR}$. δ (甲苯- d_8): 1.82(s, 3H), 1.90(s, 3H), 2.64(s, 3H), 6.56-6.62(m, 3H), 6.67-6.75(m, 3H), 6.82-6.88(m, 1H), 6.91-6.97(t, 1H), 7.00-7.12(m, 2H), 7.63-7.67(d, 1H)。

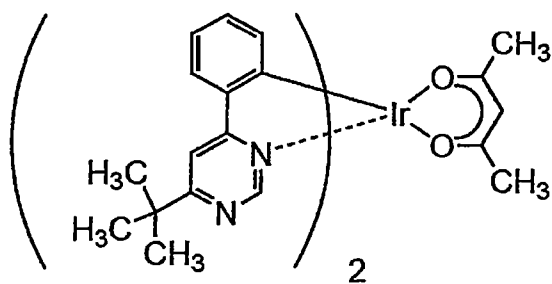
(參考例 2)

[0248] 以下示出在上述實施方式中使用的有機金屬錯合物 (乙醯丙酮根) 雙 (6-叔丁基-4-苯基嘧啶根) 銱 (III)(別稱: 雙[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基- $\kappa\text{N}3$) 苯基- κC](2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O}, \text{O}'$) 銱(III)) (簡稱: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)

的合成例。另外，以下示出 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的結構。

[0249]

[化學式 8]



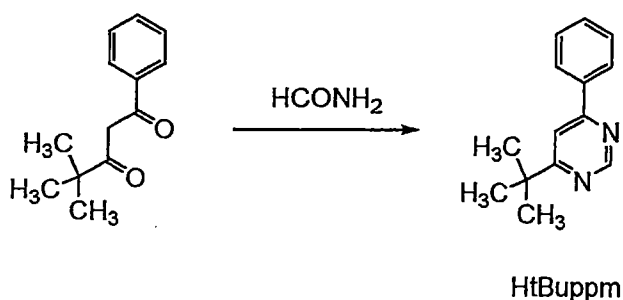
$\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$

<步驟 1：4-叔丁基-6-苯基嘧啶（簡稱：HtBuppm）的合成>

[0250] 首先，在裝有回流管的茄形燒瓶中放入 22.5g 的 4,4-二甲基-1-苯基戊烷-1,3-二酮和 50g 的甲醯胺，對燒瓶內部進行氮置換。藉由加熱該反應容器使反應溶液回流 5 小時。然後，將該溶液注入到氫氧化鈉水溶液，用二氯甲烷萃取有機層。用水及飽和鹽水洗滌所得到的有機層，用硫酸鎂進行乾燥。過濾乾燥之後的溶液。在蒸餾去除該溶液的溶劑之後，藉由使用己烷：醋酸乙酯=10：1（體積比）的展開溶劑的矽膠管柱層析法純化所得到的殘渣，得到嘧啶衍生物 HtBuppm（無色油狀物，產率為 14%）。以下示出步驟 1 的合成流程。

[0251]

[化學式 9]

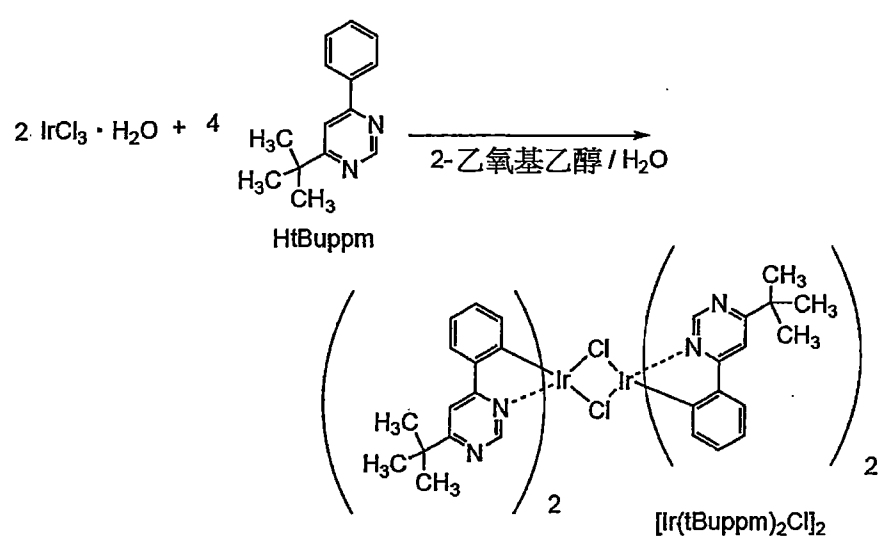


<步驟 2：二- μ -氯-雙[雙（6-叔丁基-4-苯基嘓啖根）銥（III）]（簡稱： $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$ ）的合成>

[0252] 接著，在安裝有回流管的茄形燒瓶中放入 15mL 的 2-乙氧基乙醇、5mL 的水、1.49g 的藉由上述步驟 1 得到的 HtBuppm 及 1.04g 的氯化銥水合物 ($\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)，並對燒瓶內進行氬置換。然後，照射 1 小時的微波（2.45GHz，100W）來引發反應。在蒸餾去除該溶劑之後，使用乙醇對所得到的殘渣進行抽濾及洗滌，而得到雙核錯合物 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$ （黃綠色粉末，產率為 73%）。以下示出步驟 2 的合成流程。

[0253]

[化學式 10]

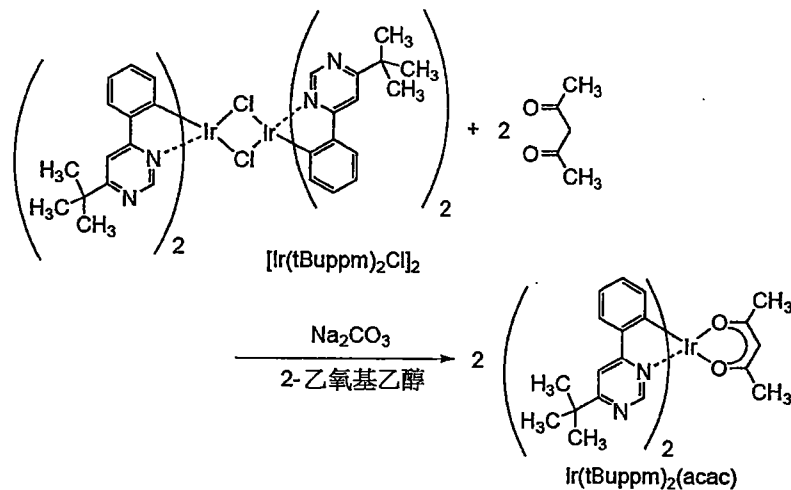


<步驟 3：（乙醯丙酮根）雙（6-叔丁基-4-苯基嘧啶根）
銱（III）（簡稱： $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ）的合成>

[0254] 再者，在安裝有回流管的茄形燒瓶中加入 40mL 的 2-乙氧基乙醇、1.61g 的藉由上述步驟 2 得到的雙核錯合物 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$ 、0.36g 的乙醯丙酮及 1.27g 的碳酸鈉，並對燒瓶內部的空氣進行氬置換。然後，照射 60 分鐘的微波（2.45GHz，120W）以引發反應。蒸餾去除溶劑，使用乙醇抽濾所得到的殘渣，並使用水和乙醇對該殘渣進行洗滌。使所得到的固體溶解於二氯甲烷，並藉由依次層疊有矽藻土（日本和光純藥工業株式會社、目錄號碼：531-16855）、氧化鋁、矽藻土的助濾材過濾該混合物。蒸餾去除溶劑，使用二氯甲烷和己烷的混合溶劑對所得到的固體進行再結晶，得到目的物的黃色粉末（產率為 68%）。以下示出步驟 3 的合成流程。

[0255]

[化學式 11]



[0256] 以下示出利用核磁共振分光法 (^1H NMR) 對藉由上述步驟 3 得到的黃色粉末進行分析的結果。根據該結果可知獲得有機金屬錯合物 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 。

[0257] ^1H NMR. $\delta(\text{CDCl}_3)$: 1.50(s, 18H), 1.79(s, 6H), 5.26(s, 1H), 6.33(d, 2H), 6.77(t, 2H), 6.85(t, 2H), 7.70(d, 2H), 7.76(s, 2H), 9.02(s, 2H)。

【符號說明】

[0258]

10：電極

11：電極

101：第一電極

102：第二電極

103：EL 層

111：電洞注入層

112：電洞傳輸層

113：發光層

113B：第一發光層

113Bd：第一磷光化合物

113Bh：第一主體材料

113G：第二發光層

113Gd：第二磷光化合物

113Gh：第二主體材料

113R：第三發光層

113Rd：第三磷光化合物

113Rh：第三主體材料

113ex：再結合區域

114：電子傳輸層

115：電子注入層

400：基板

401：第一電極

402：輔助電極

403：EL 層

404：第二電極

405：密封材料

406：密封材料

407：密封基板

- 412：焊盤
- 420：IC 晶片
- 601：驅動電路部（源極線驅動電路）
- 602：像素部
- 603：驅動電路部（閘極線驅動電路）
- 604：密封基板
- 605：密封材料
- 607：空間
- 608：佈線
- 609：FPC（軟性印刷電路）
- 610：元件基板
- 611：開關 TFT
- 612：電流控制 TFT
- 613：第一電極
- 614：絕緣物
- 616：EL 層
- 617：第二電極
- 618：發光元件
- 623：n 通道型 TFT
- 624：p 通道型 TFT
- 625：乾燥劑
- 901：外殼
- 902：液晶層
- 903：背光單元

- 904：外殼
- 905：驅動器 IC
- 906：端子
- 951：基板
- 952：電極
- 953：絕緣層
- 954：隔離層
- 955：EL 層
- 956：電極
- 1001：基板
- 1002：基底絕緣膜
- 1003：閘極絕緣膜
- 1006：閘極電極
- 1007：閘極電極
- 1008：閘極電極
- 1020：第一層間絕緣膜
- 1021：第二層間絕緣膜
- 1022：電極
- 1024W：發光元件的第一電極
- 1024R：發光元件的第一電極
- 1024G：發光元件的第一電極
- 1024B：發光元件的第一電極
- 1025：分隔壁
- 1028：包含有機化合物的層

1029：發光元件的第二電極

1031：密封基板

1032：密封材料

1033：透明基材

1034R：紅色著色層

1034G：綠色著色層

1034B：藍色著色層

1035：黑色層（黑矩陣）

1036：覆蓋層

1037：第三層間絕緣膜

1040：像素部

1041：驅動電路部

1042：周邊部

1044W：白色發光區域

1044R：紅色發光區域

1044B：藍色發光區域

1044G：綠色發光區域

2001：外殼

2002：光源

3001：照明裝置

3002：顯示裝置

5000：顯示器

5001：顯示器

5002：顯示器

5003：顯示器
5004：顯示器
5005：顯示器
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
7210：第二顯示部
7301：外殼
7302：外殼
7303：連接部
7304：顯示部
7305：顯示部
7306：揚聲器部
7307：儲存媒體插入部
7308：LED 燈

7309：操作鍵
7310：連接端子
7311：感測器
7400：行動電話
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
9033：扣鉤
9034：開關
9035：電源開關
9036：開關
9038：操作開關
9630：外殼
9631a：顯示部
9631b：顯示部
9632a：觸控螢幕區域
9632b：觸控螢幕區域
9633：太陽能電池
9634：充放電控制電路
9635：電池
9636：DC-DC 轉換器

9637：操作鍵

9638：轉換器

9639：按鈕

I664761

發明摘要

※申請案號：106107040（由102108619分割）

※申請日：102年03月12日

※IPC分類：*H01L 51/50* (2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

發光元件、發光裝置、顯示裝置、電子裝置、及照明裝置

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

【中文】

本發明的目的在於提供使用多個發光摻雜劑的發光元件且具有高發光效率的發光元件。另外，本發明的一個實施方式藉由使用上述發光元件分別提供減少耗電量的發光裝置、發光模組、發光顯示裝置、電子裝置及照明裝置。注意到作為分子間的能量轉移機構之一的福斯特機構。藉由使提供能量的分子的發光波長與由波長的4次方乘以接受能量的分子的吸收光譜而成的曲線中的具有最長波長一側的局部極大峰值重疊，可以高效地實現上述福斯特機構中的能量轉移。

【 英文 】

An object is to provide a light-emitting element which uses a plurality of kinds of light-emitting dopants and has high emission efficiency. In one embodiment of the present invention, a light-emitting device, a light-emitting module, a light-emitting display device, an electronic device, and a lighting device each having reduced power consumption by using the above light-emitting element are provided. Attention is paid to Förster mechanism, which is one of mechanisms of intermolecular energy transfer. Efficient energy transfer by Förster mechanism is achieved by making an emission wavelength of a molecule which donates energy overlap with a local maximum peak on the longest wavelength side of a graph obtained by multiplying an absorption spectrum of a molecule which receives energy by a wavelength raised to the fourth power.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(2)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10：電極

11：電極

113B：第一發光層

113G：第二發光層

113R：第三發光層

S_B：單重激發態

T_B：三重激發態

S_G：單重激發態

T_G：三重激發態

S_R：單重激發態

T_R：三重激發態

【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 1C

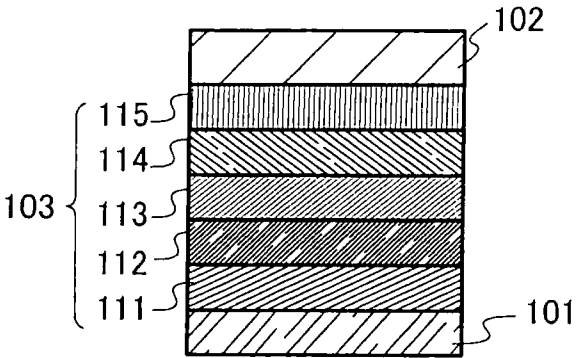


圖 1A

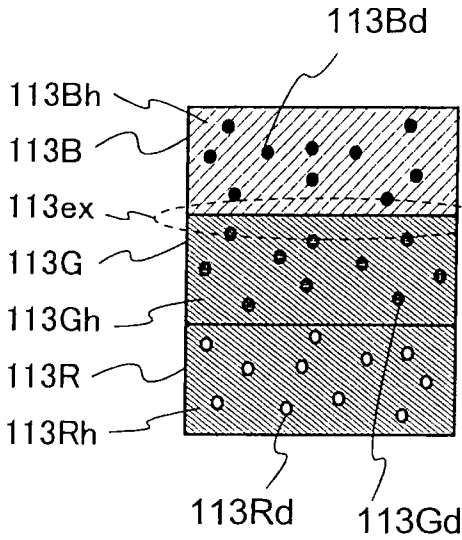


圖 1B

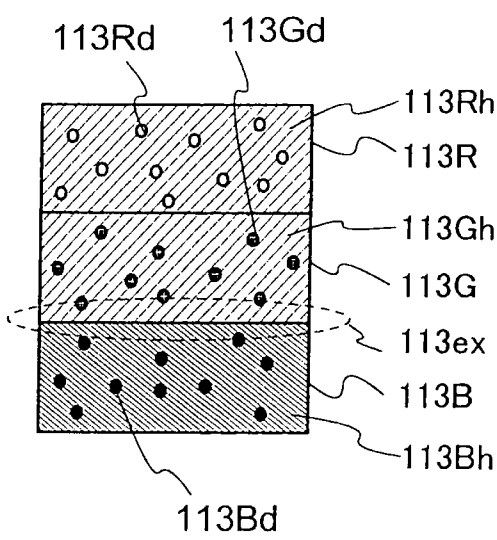


圖 2

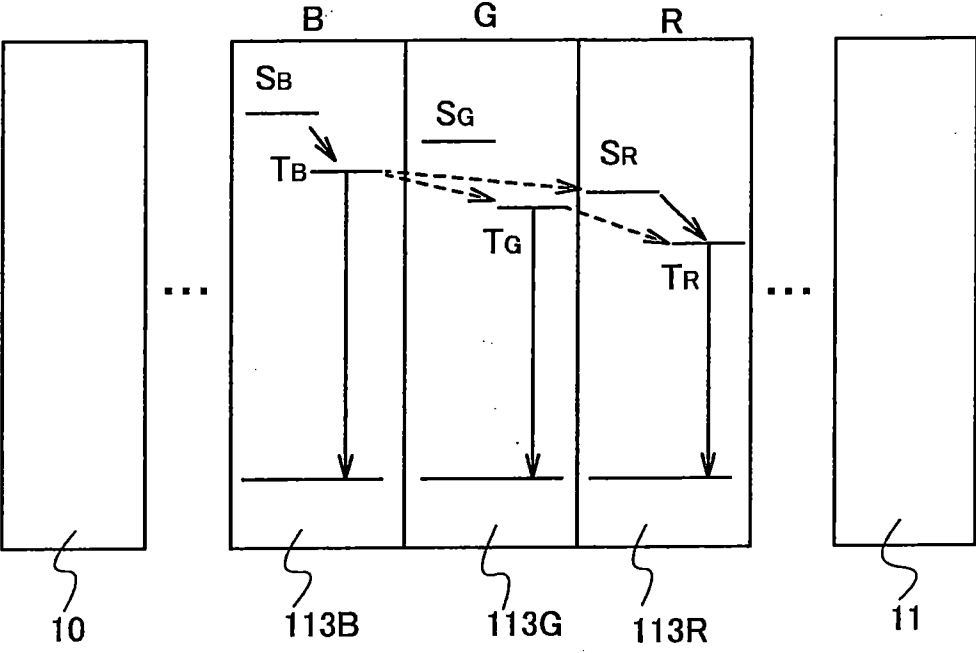


圖 3A

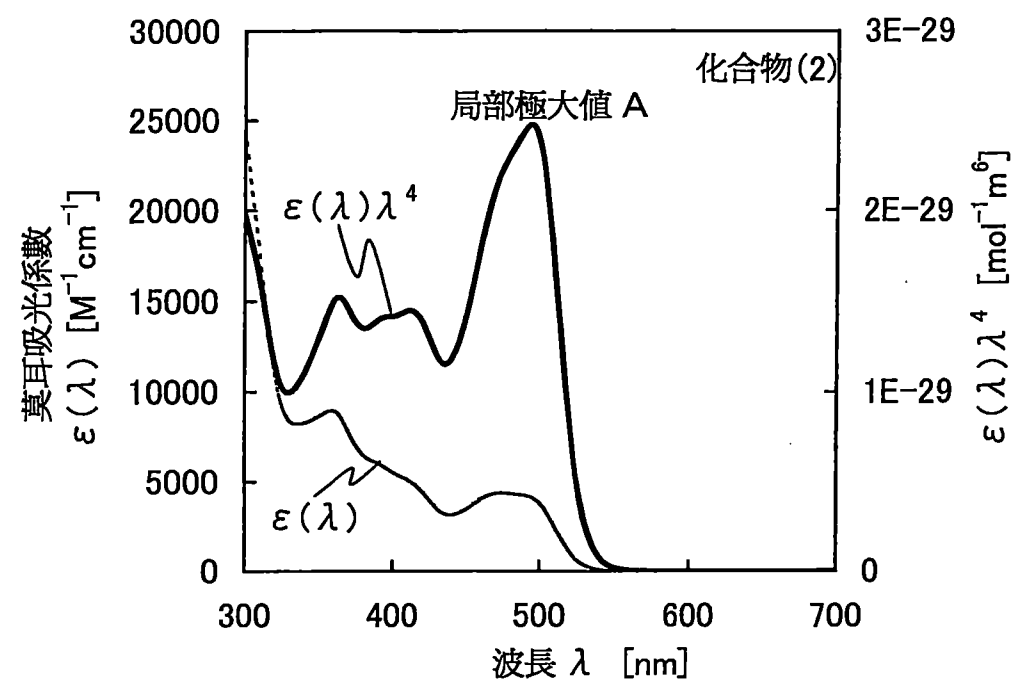


圖 3B

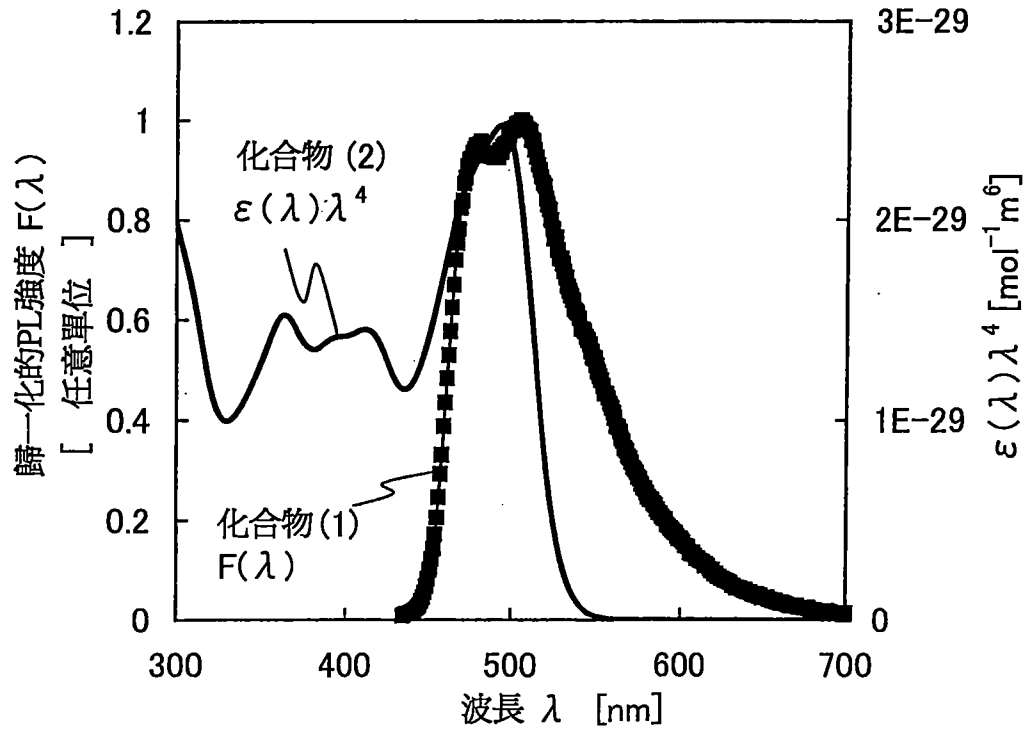


圖 4A

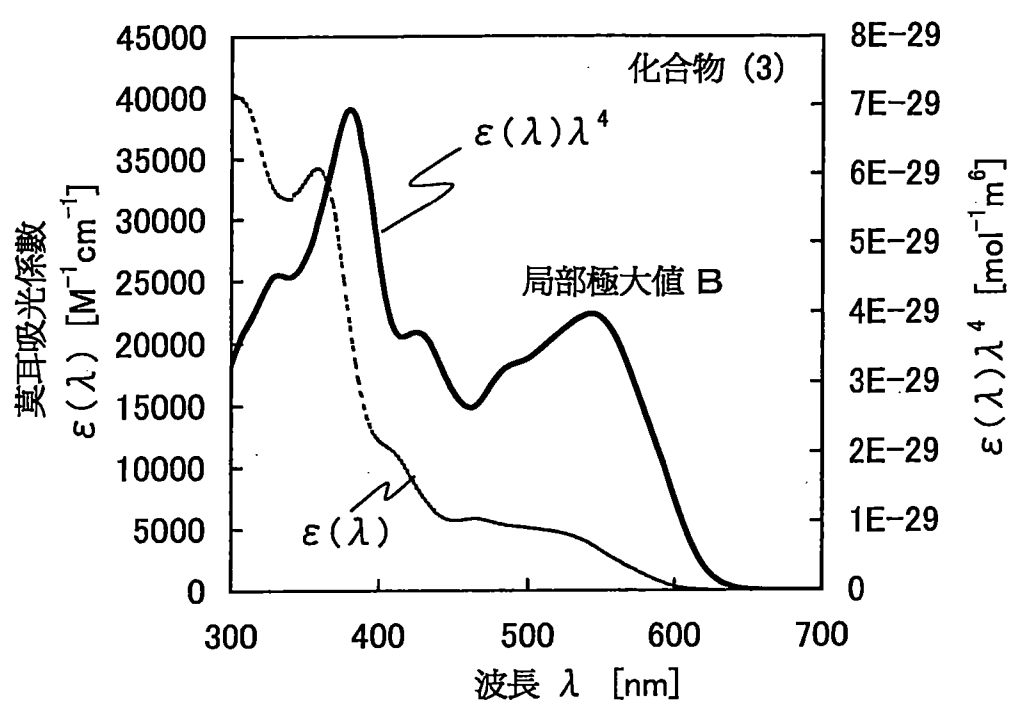


圖 4B

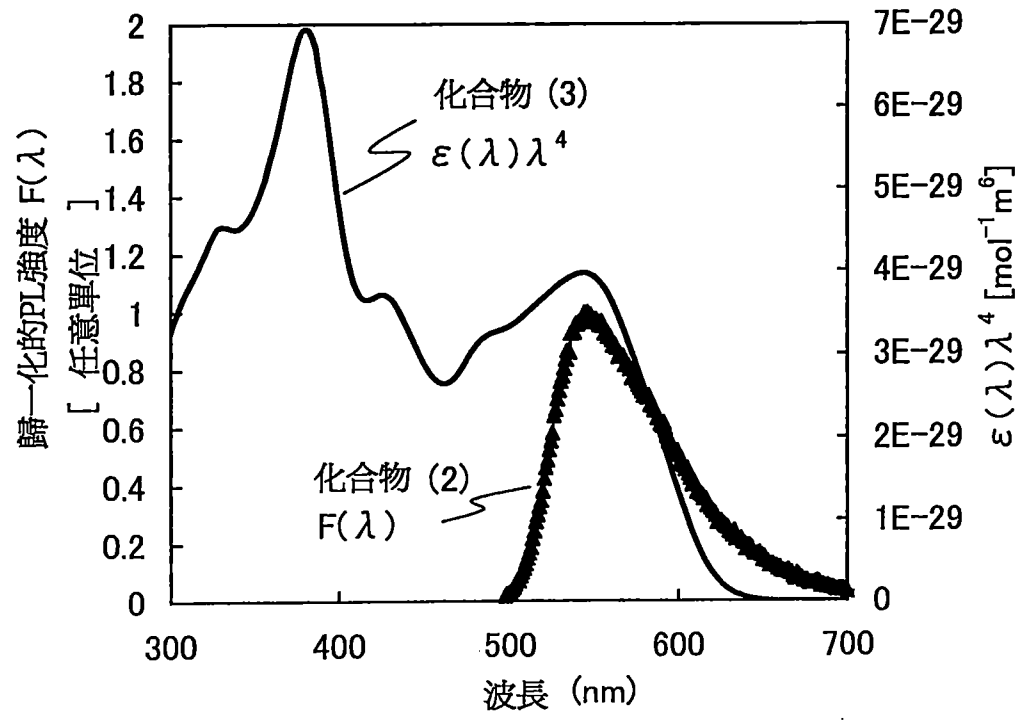


圖 5

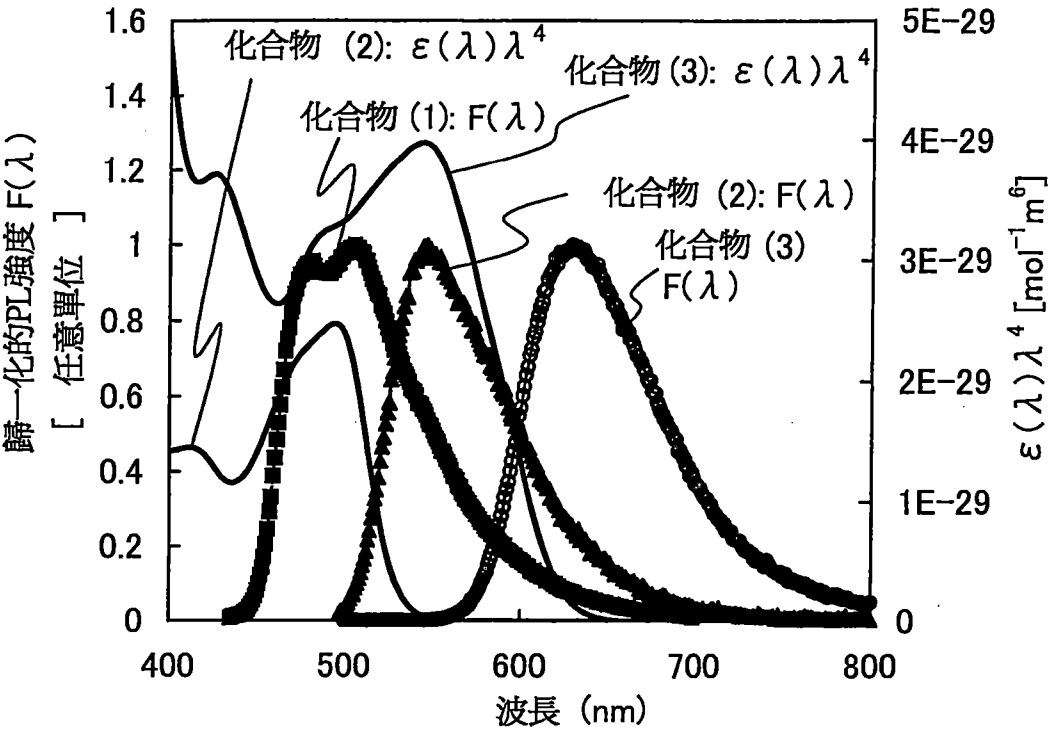


圖 6A

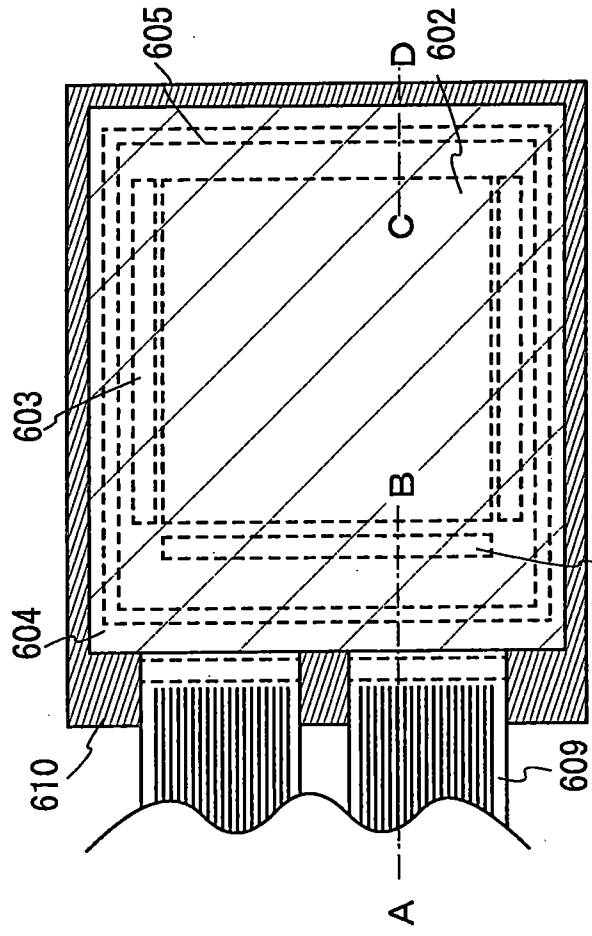


圖 6B

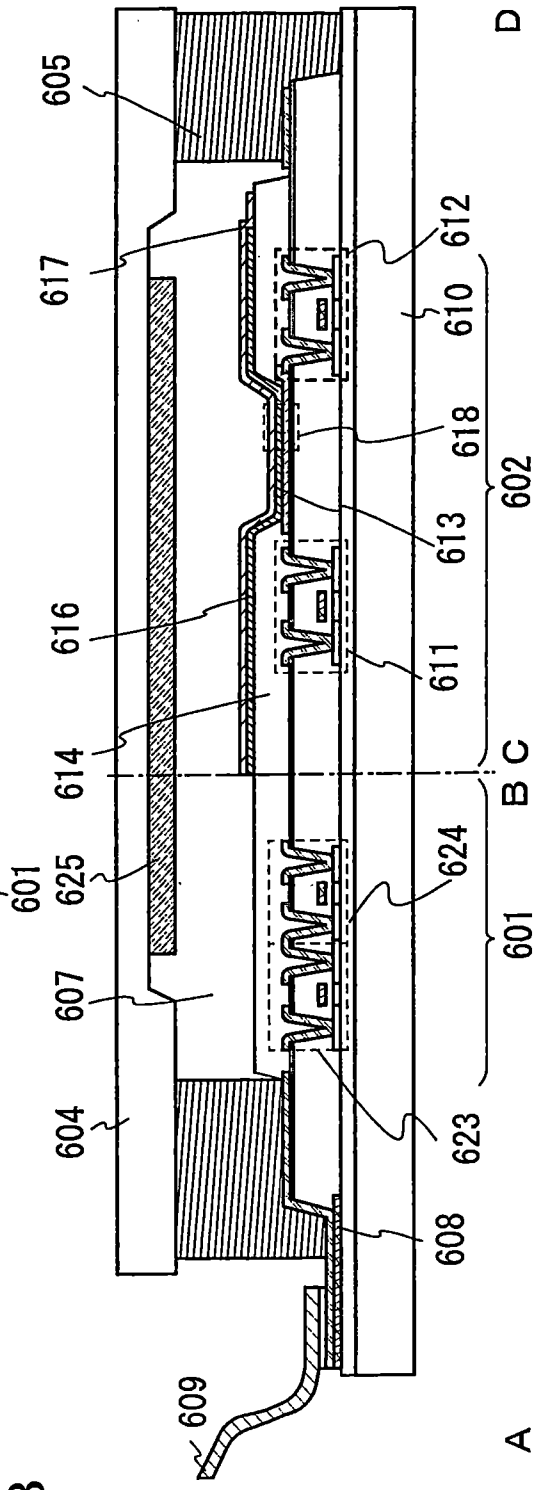


圖 7A

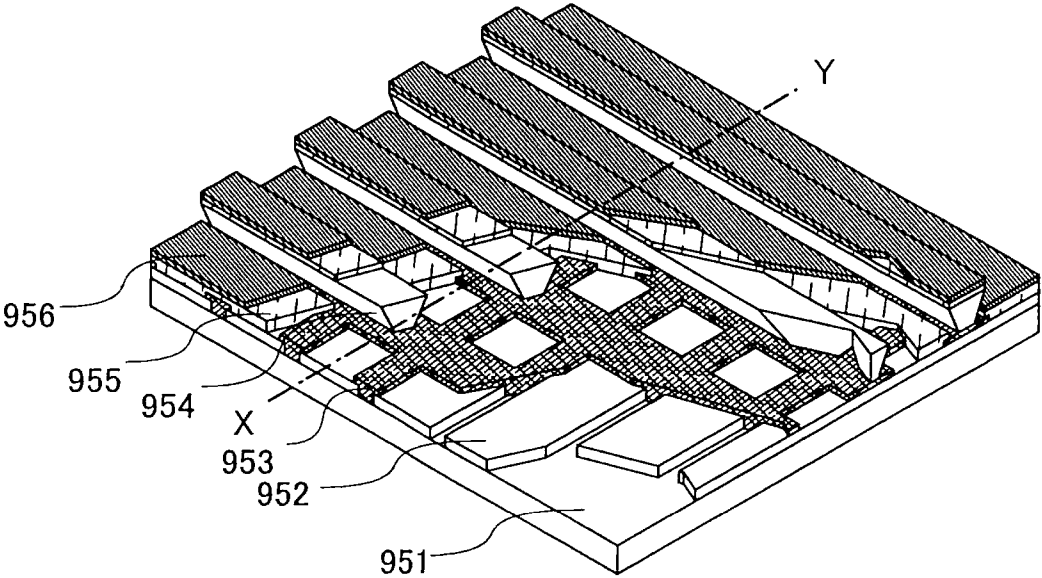


圖 7B

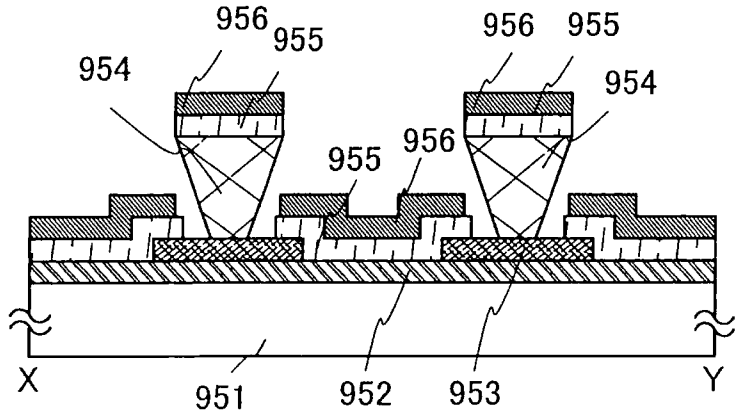


圖 8A

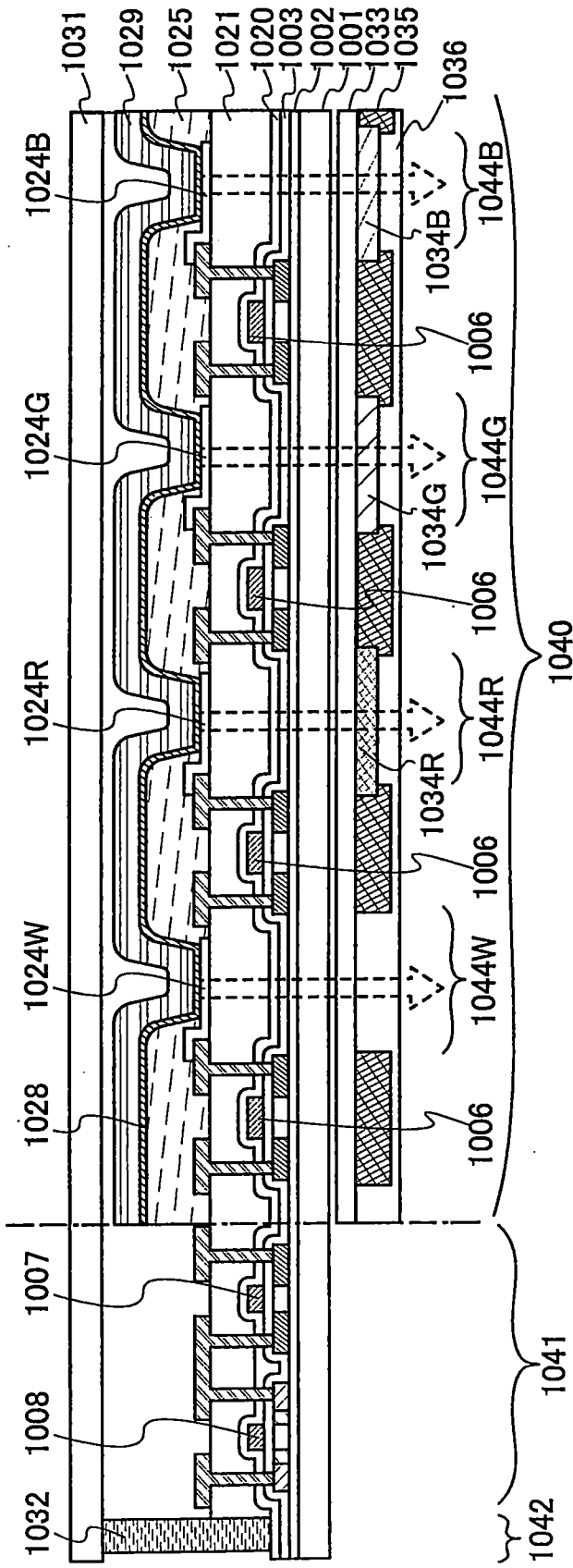


圖 8B

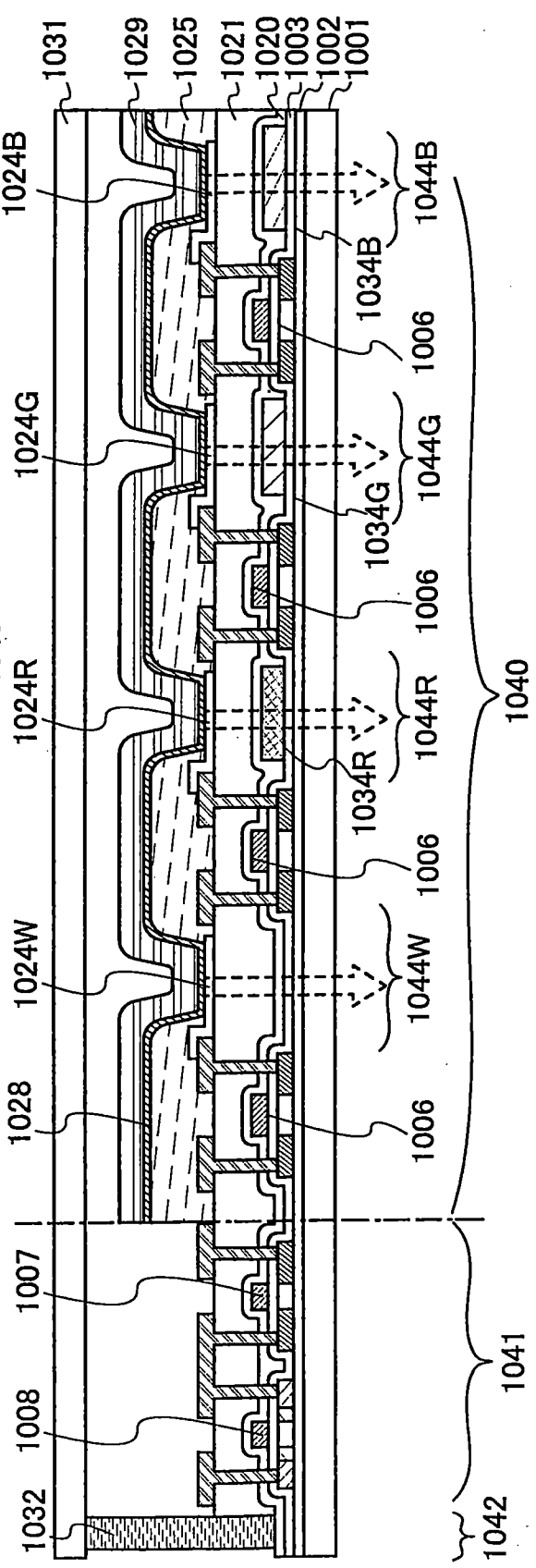


圖 9

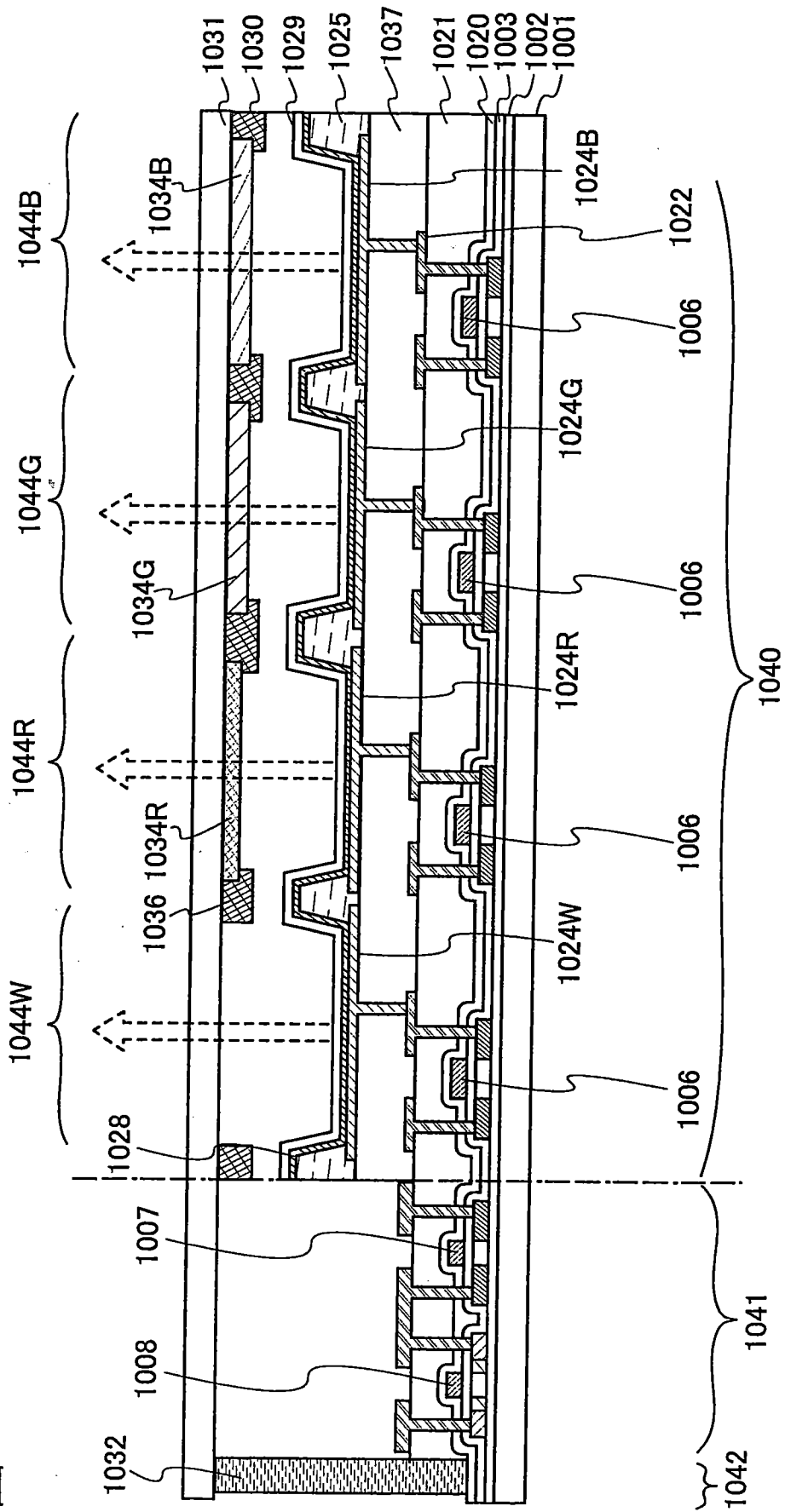


圖 10A

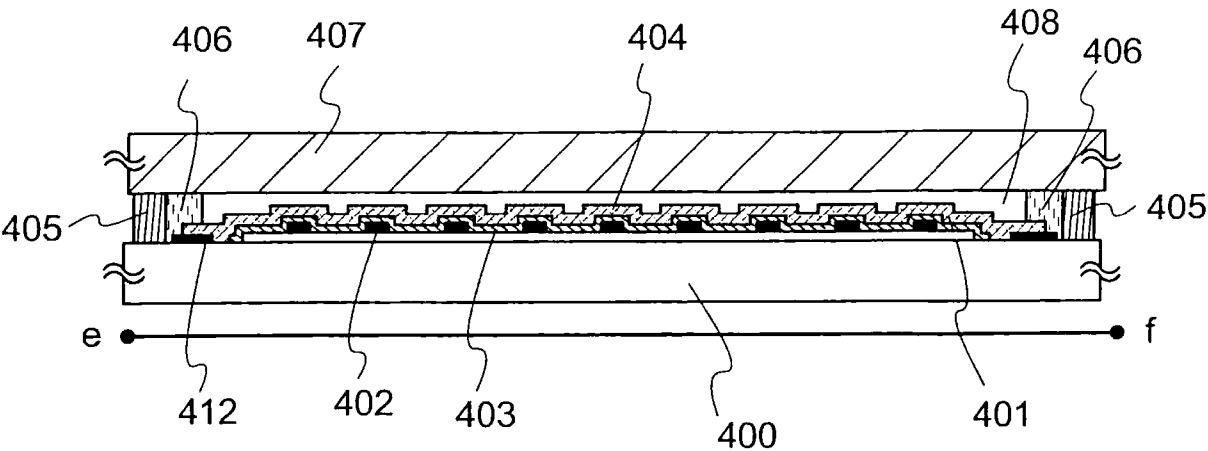


圖 10B

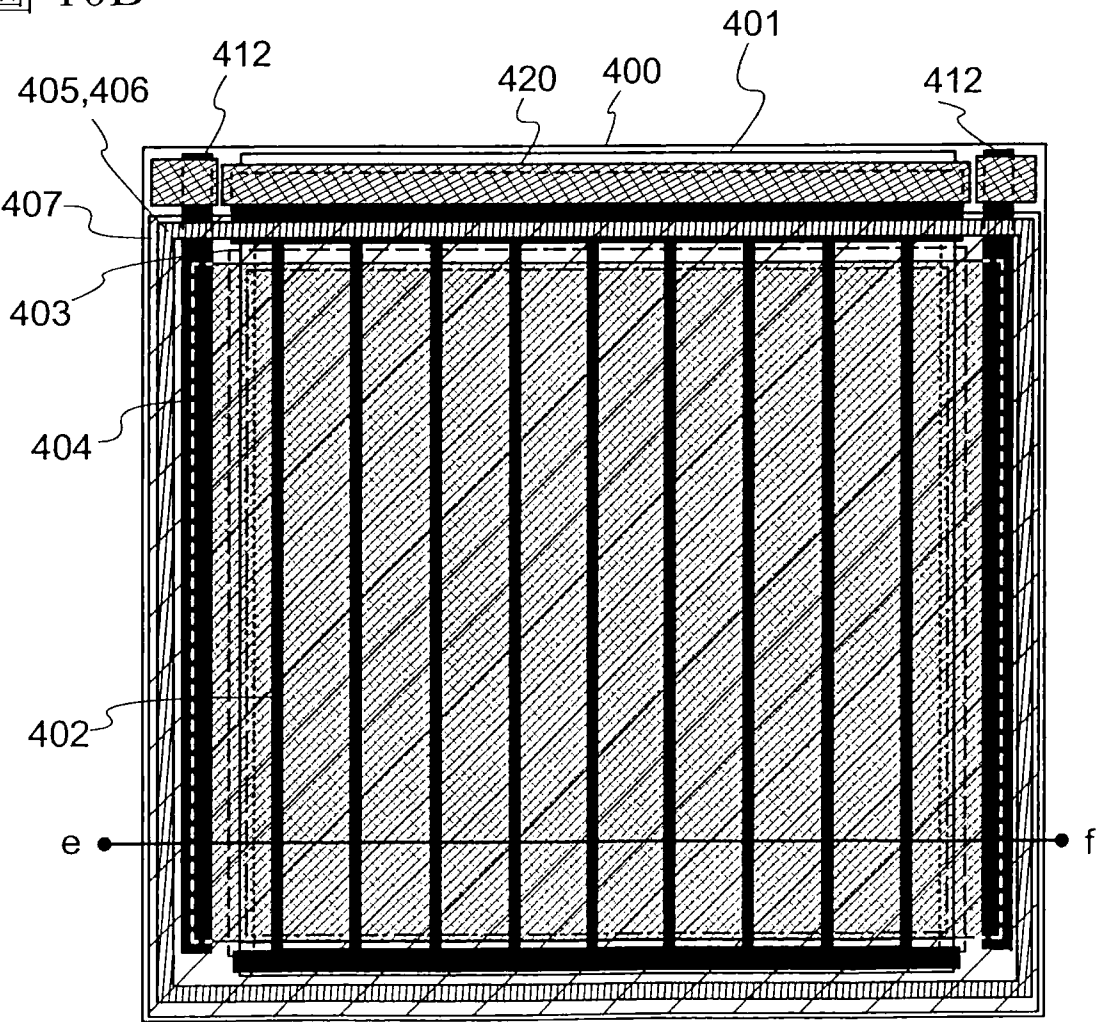


圖 11A

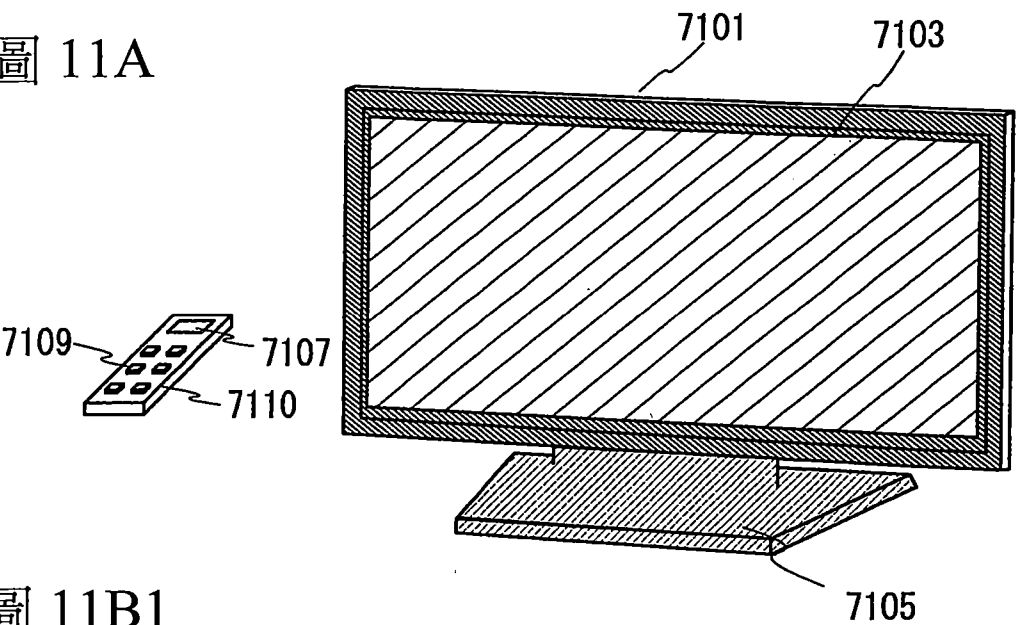


圖 11B1

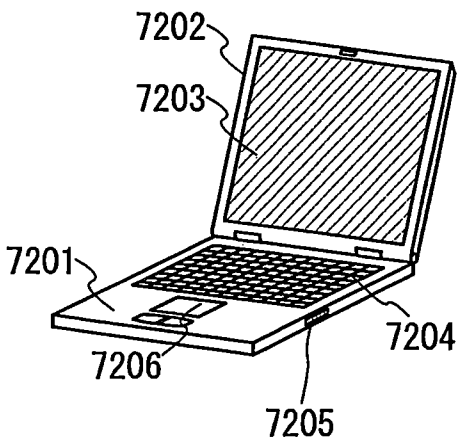


圖 11B2

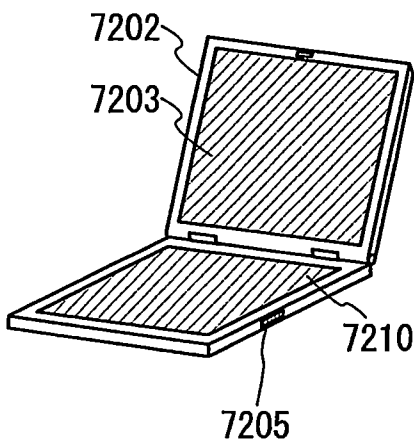


圖 11C

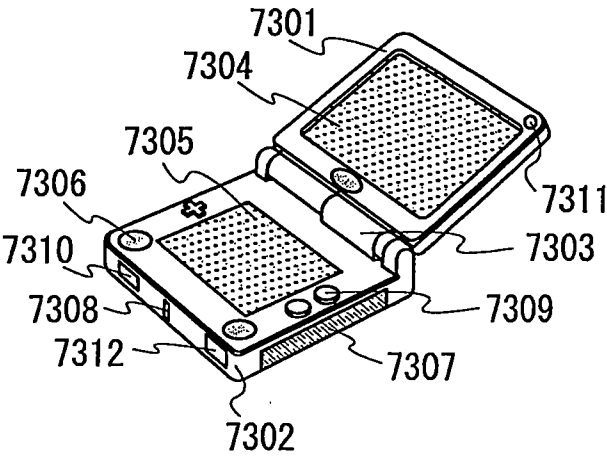


圖 11D

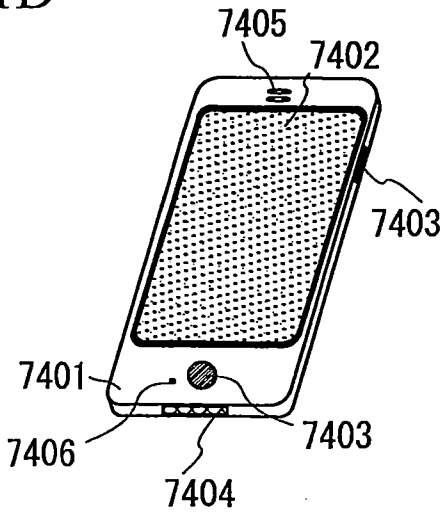


圖 12

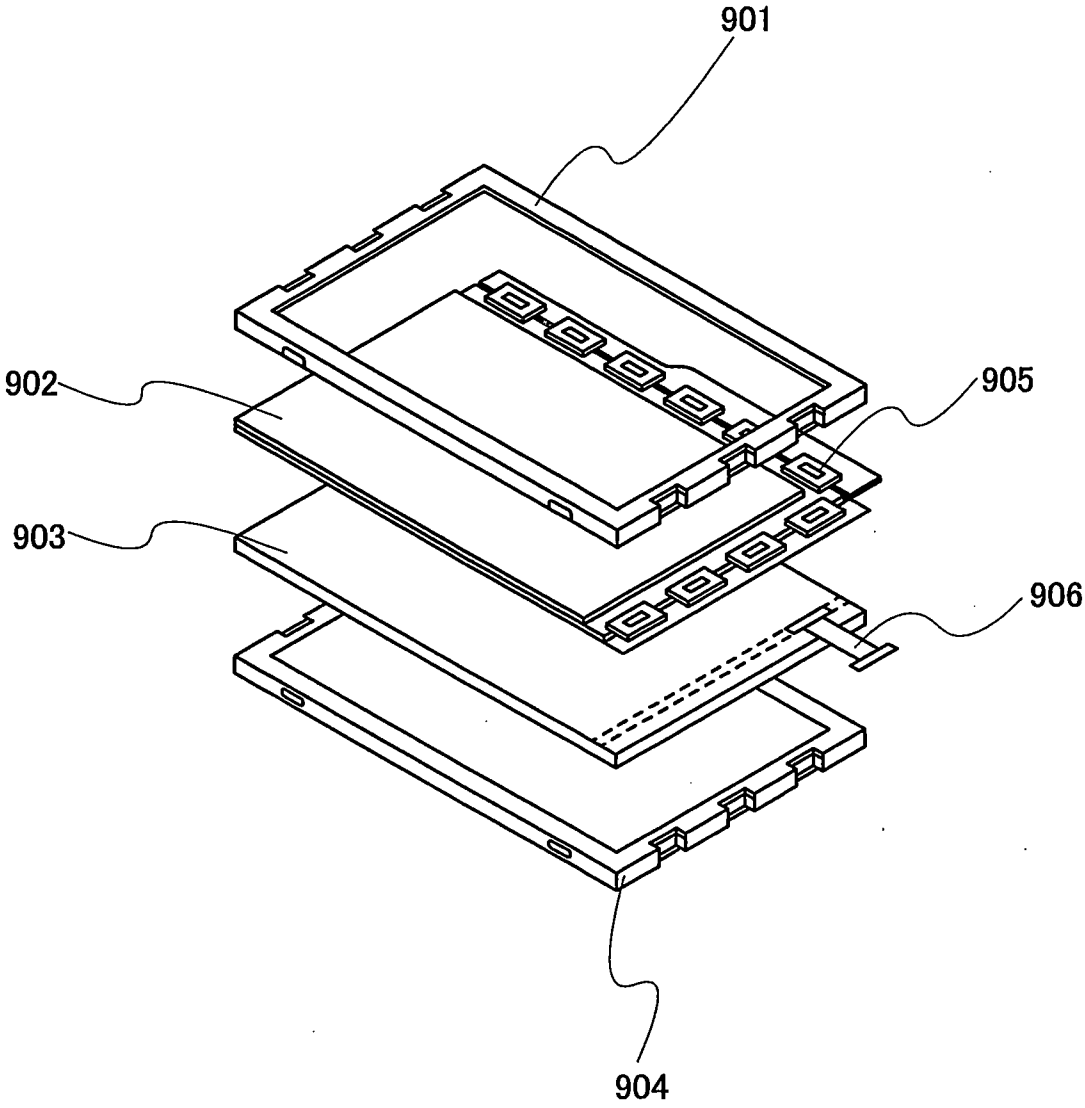


圖 13

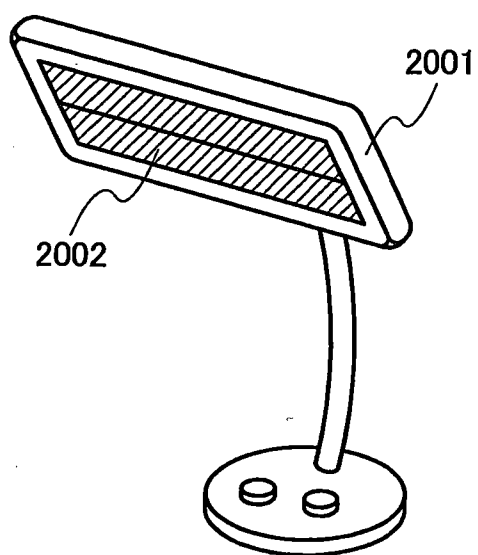


圖 14

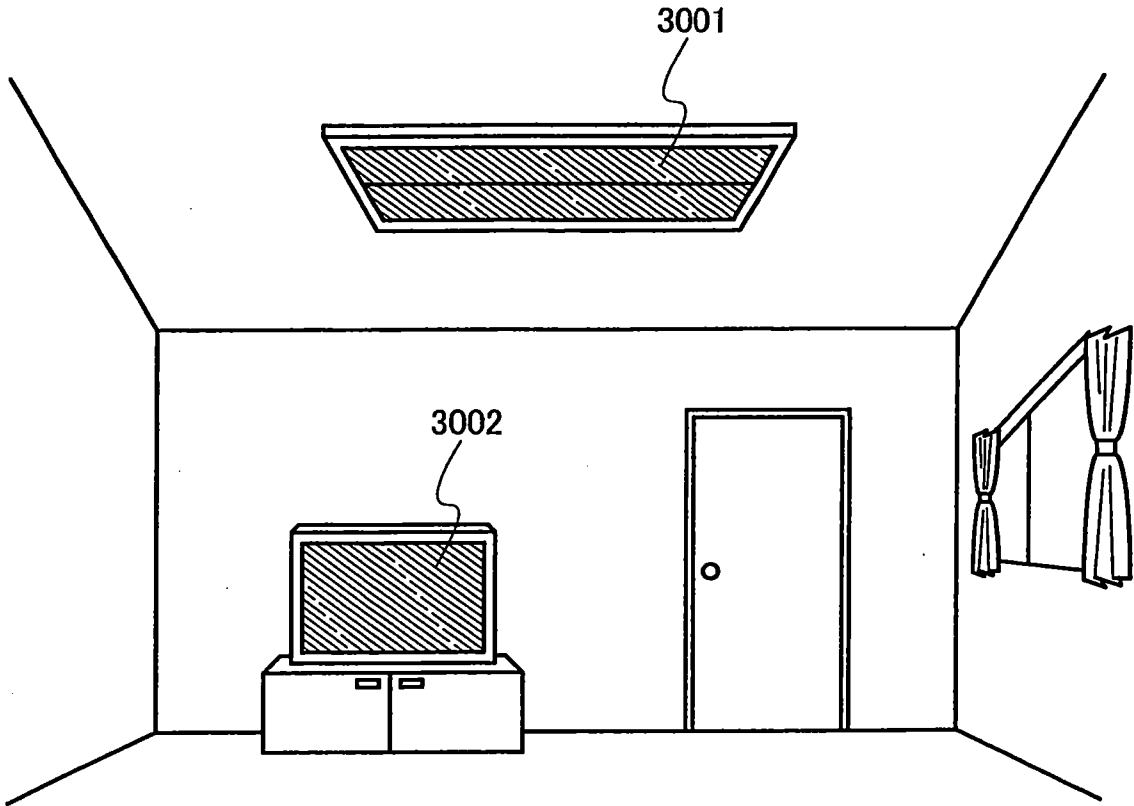


圖 15

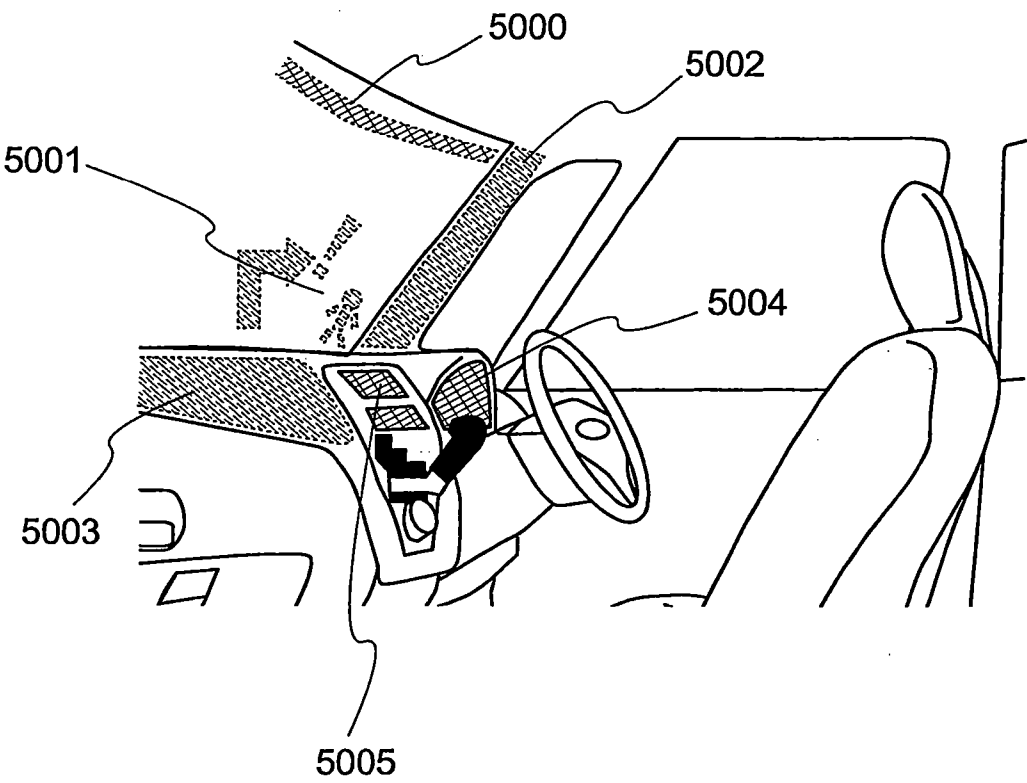


圖 16A

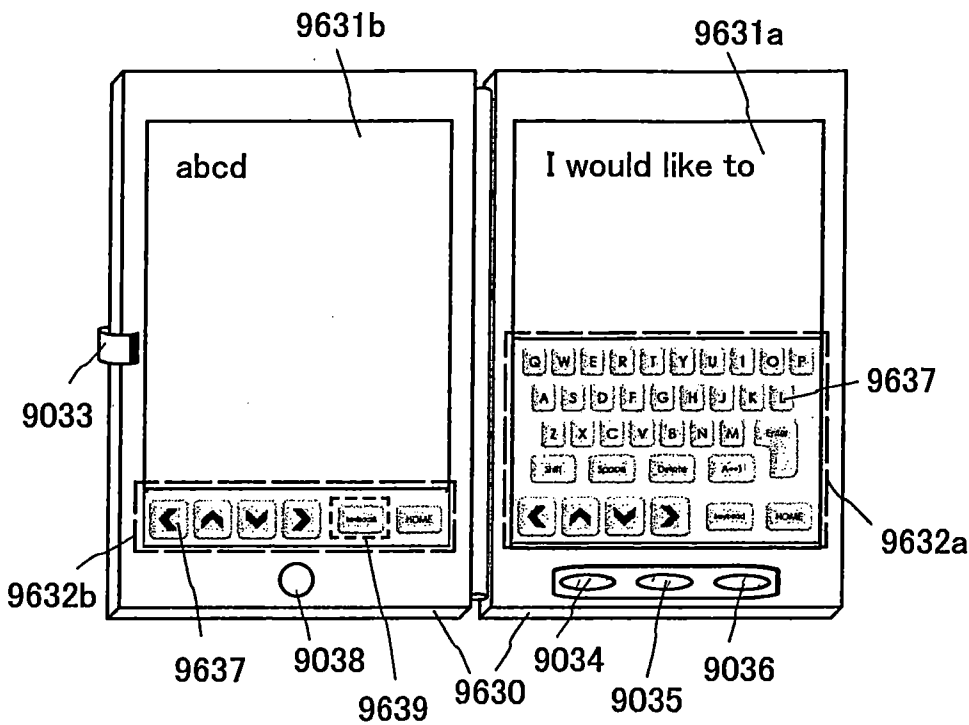


圖 16B

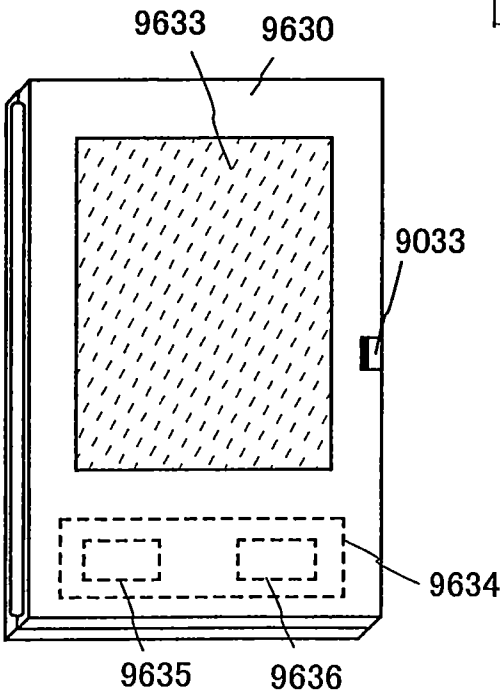


圖 16C

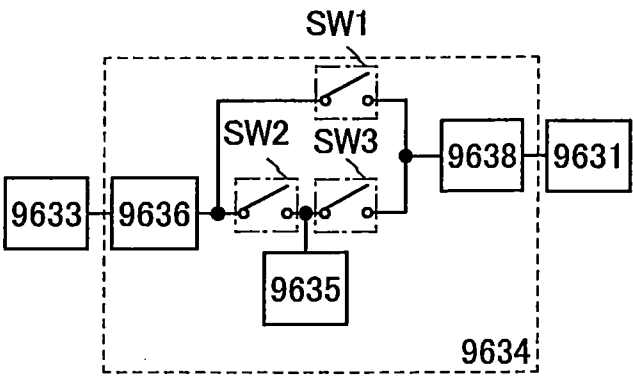


圖 17

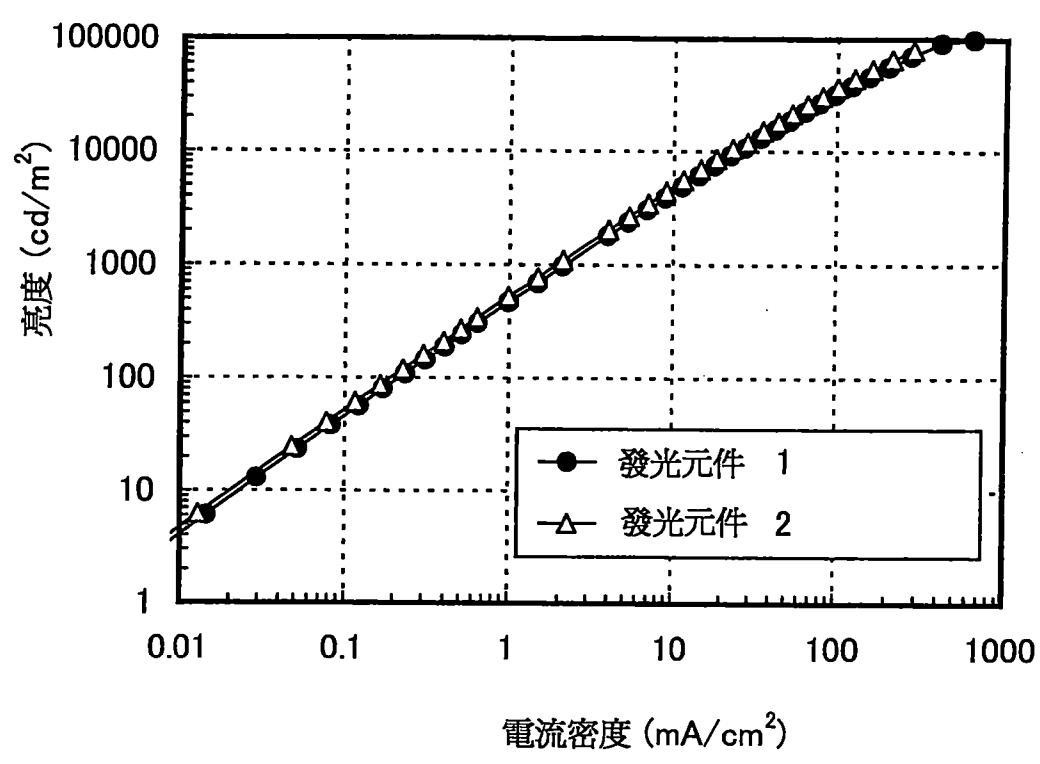


圖 18

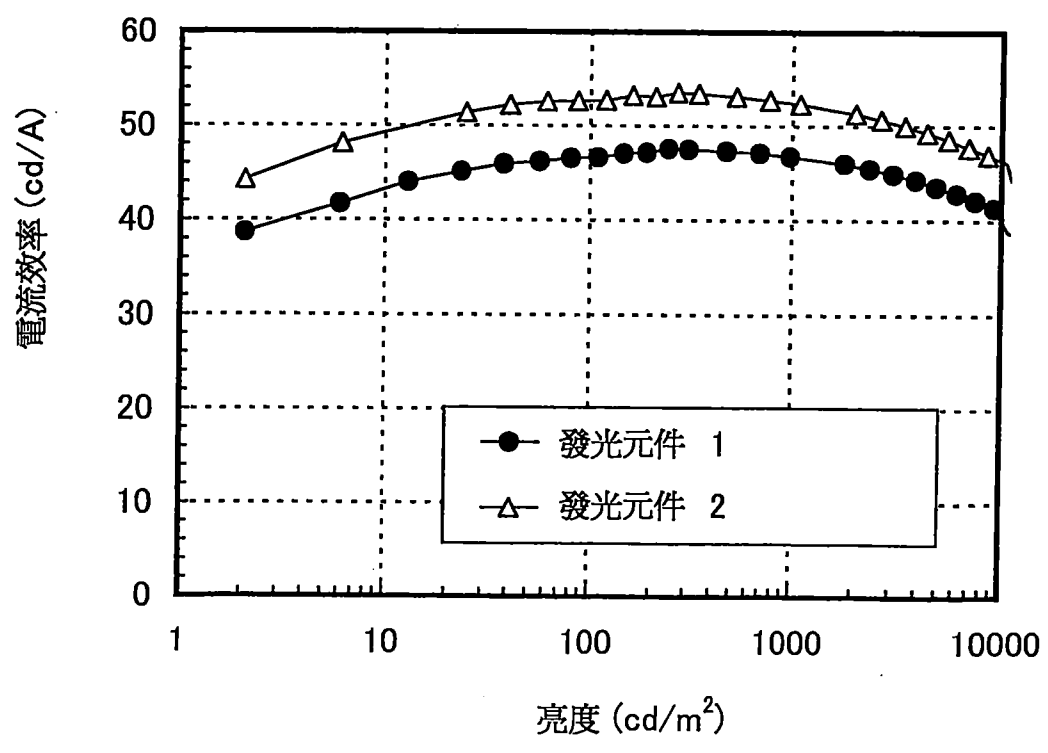


圖 19

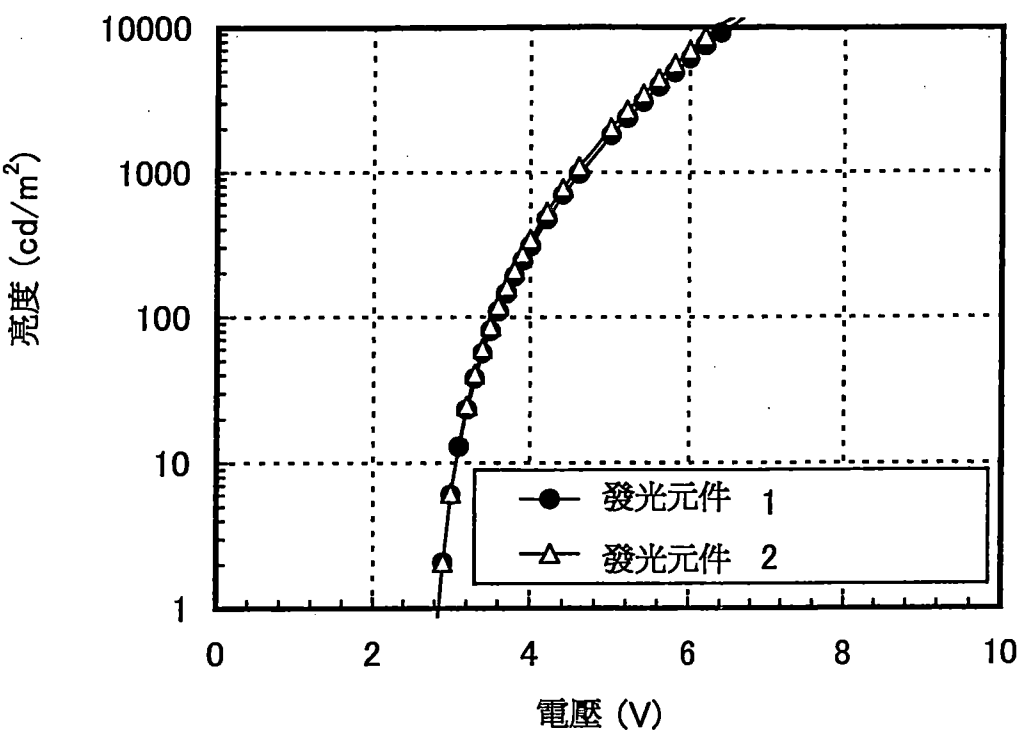


圖 20

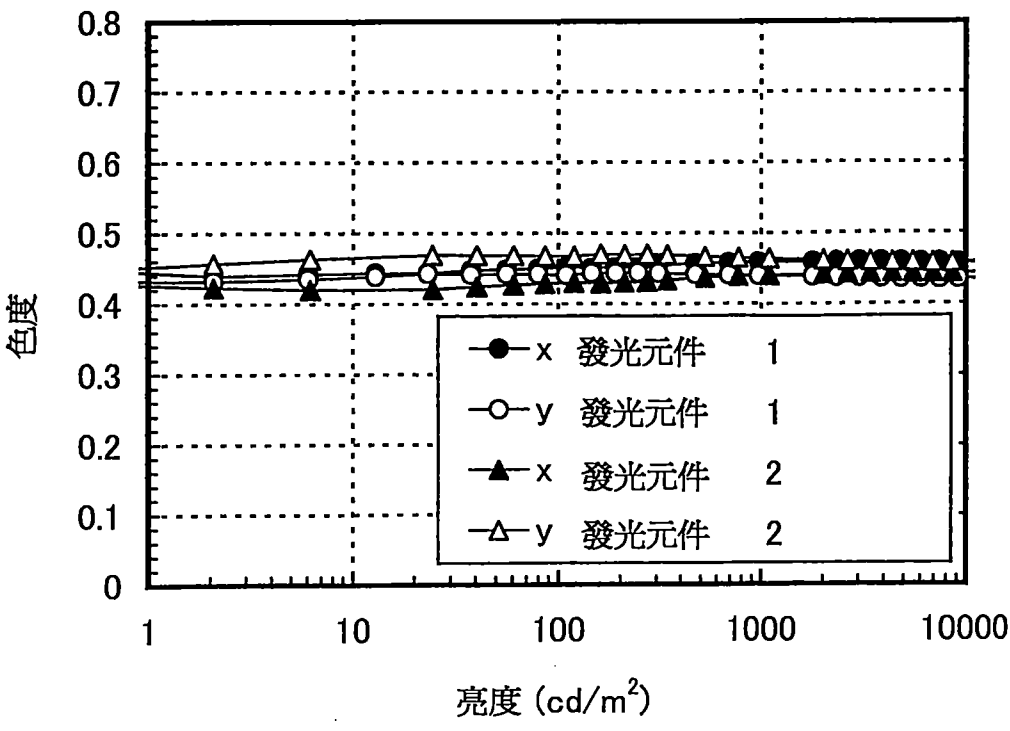


圖 21

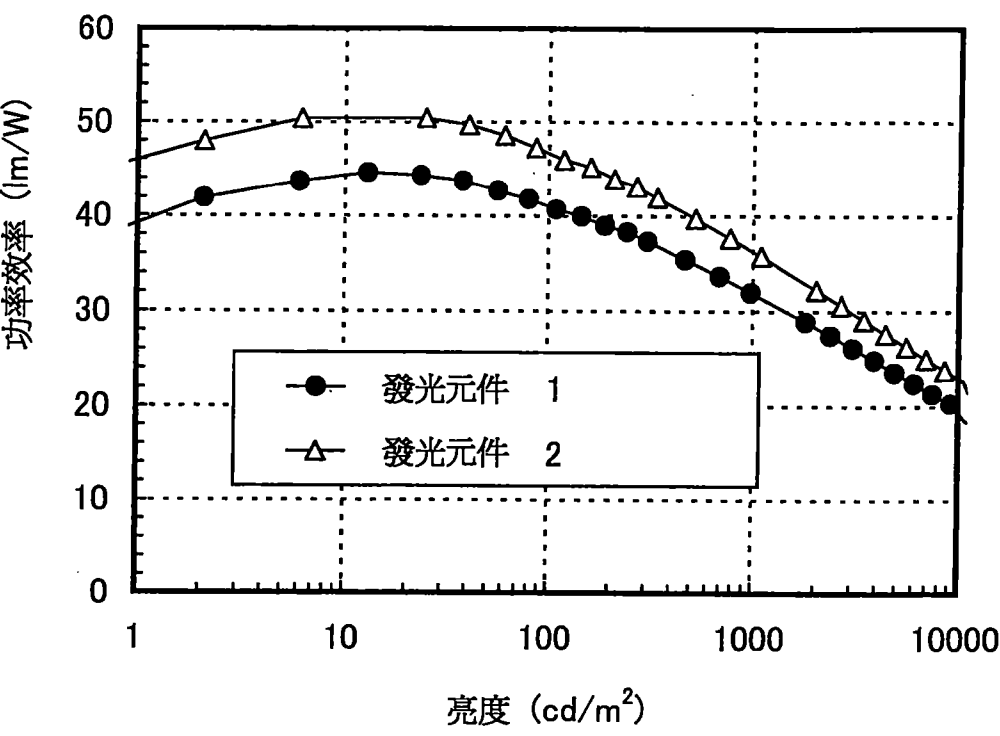


圖 22

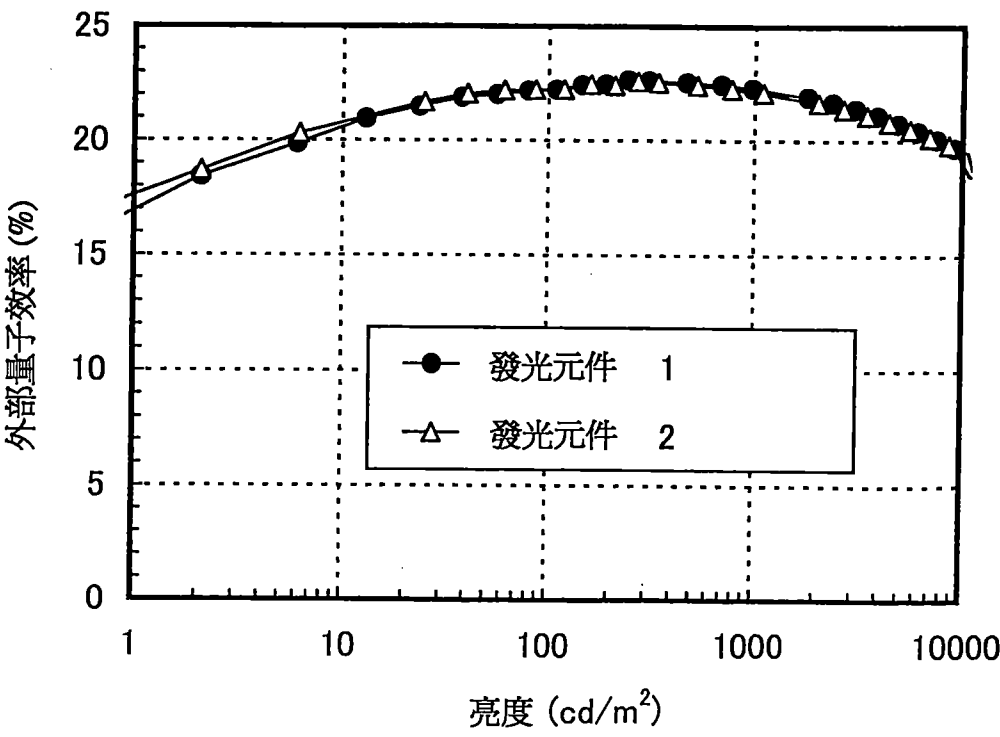


圖 23

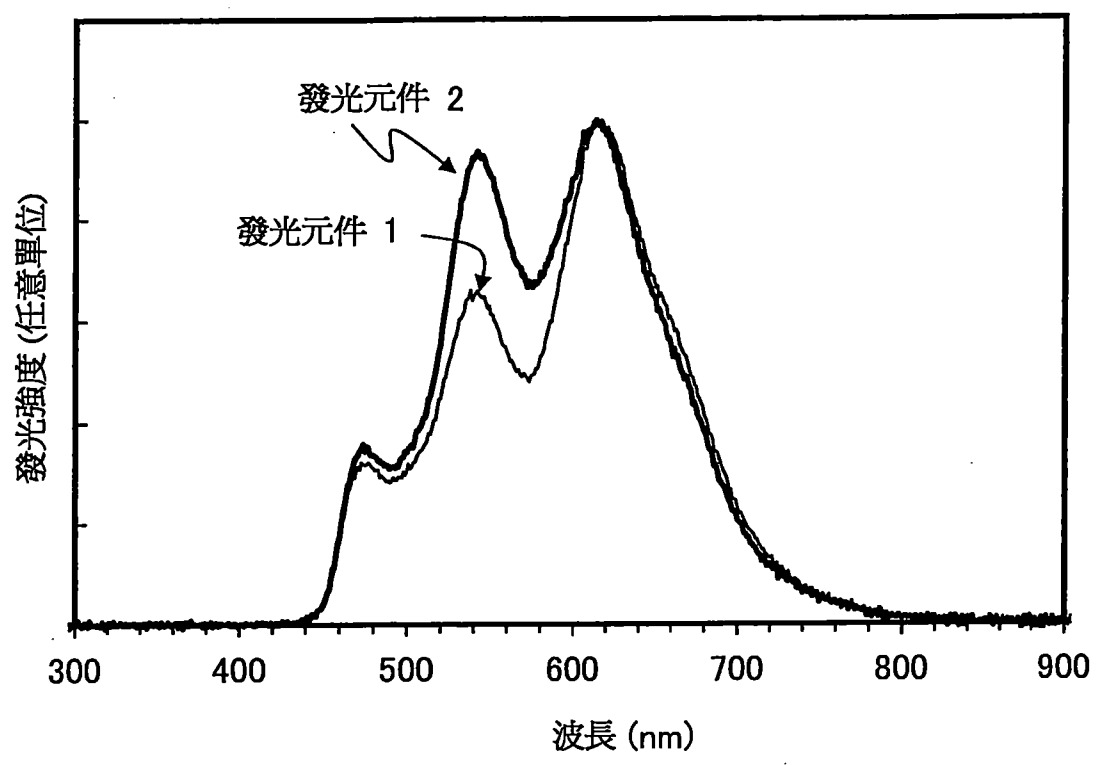


圖 24

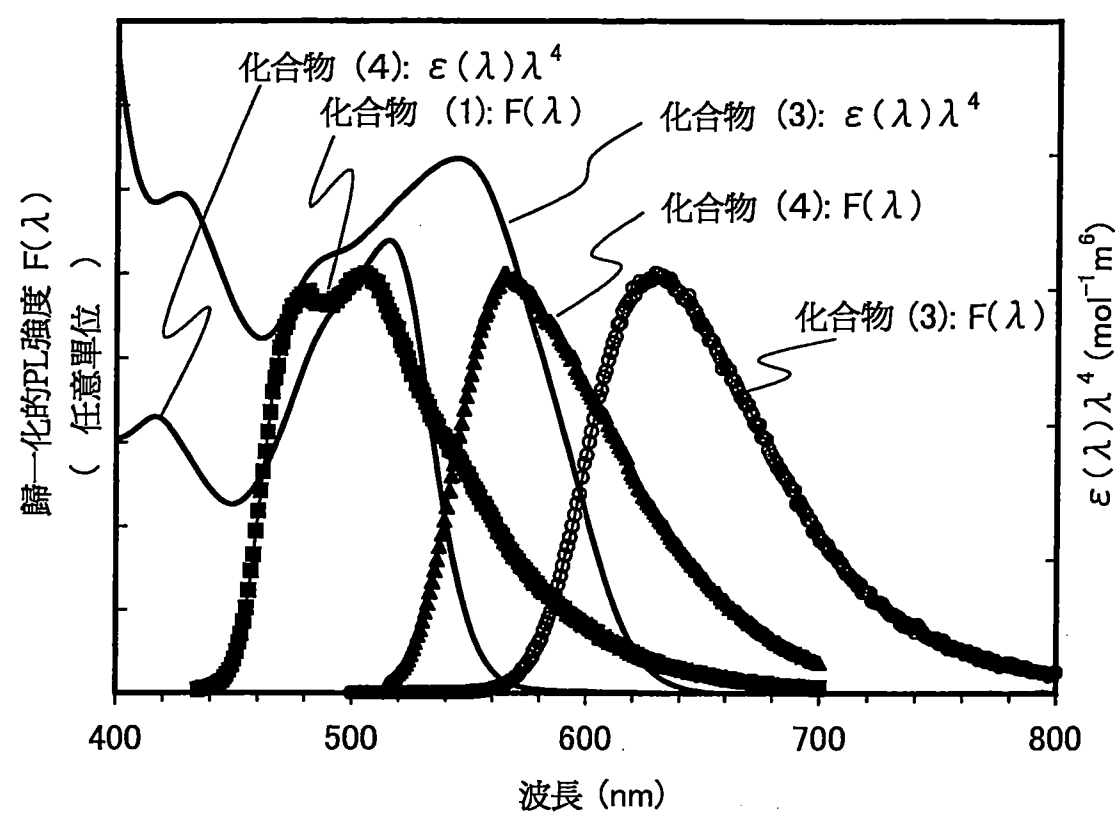


圖 25

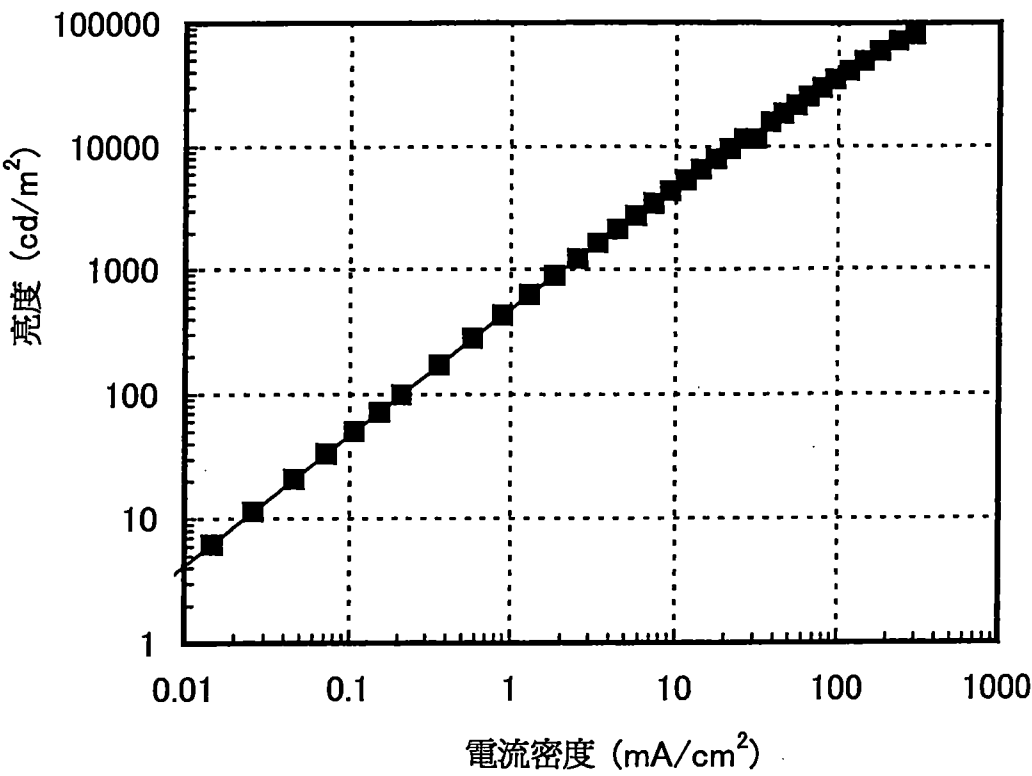


圖 26

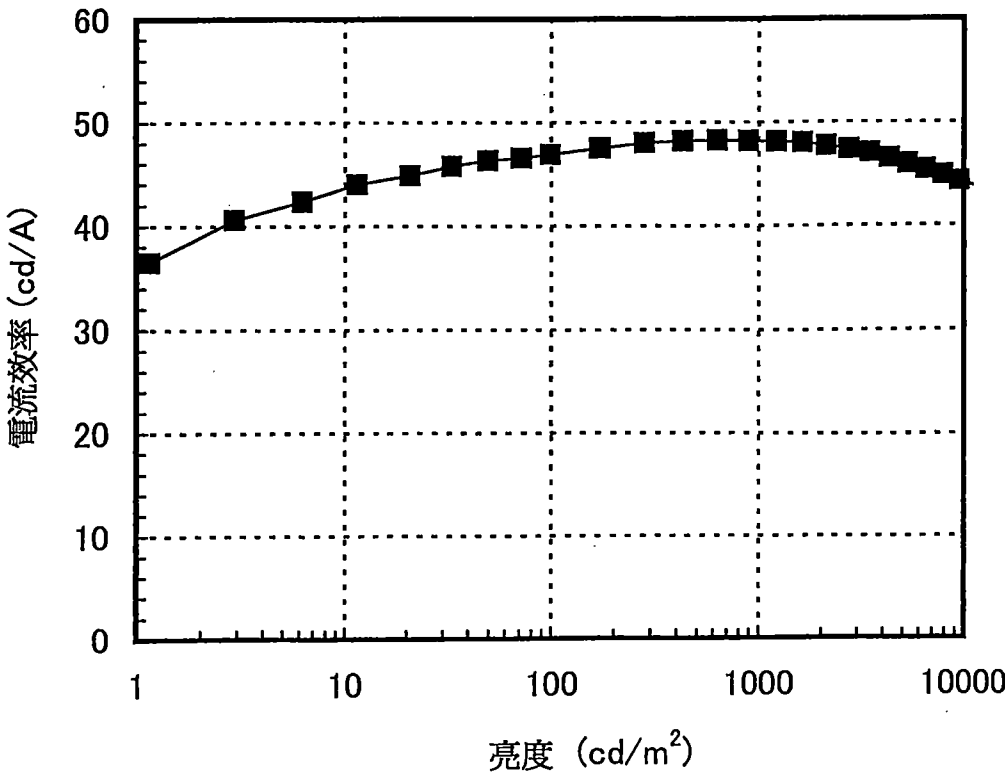


圖 27

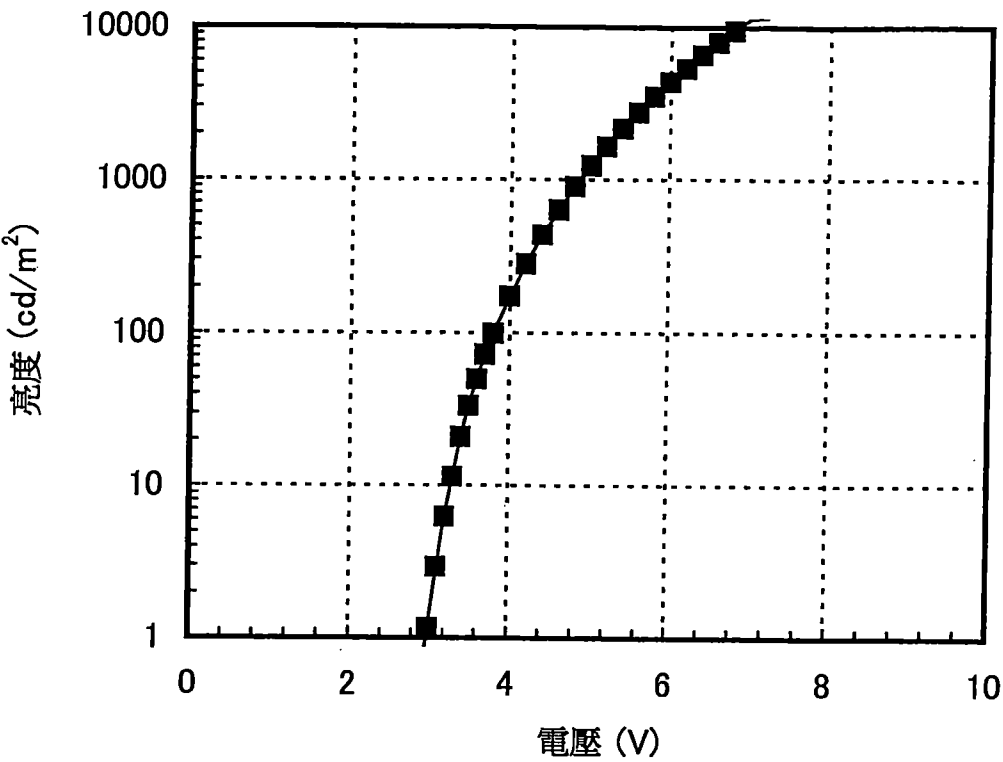


圖 28

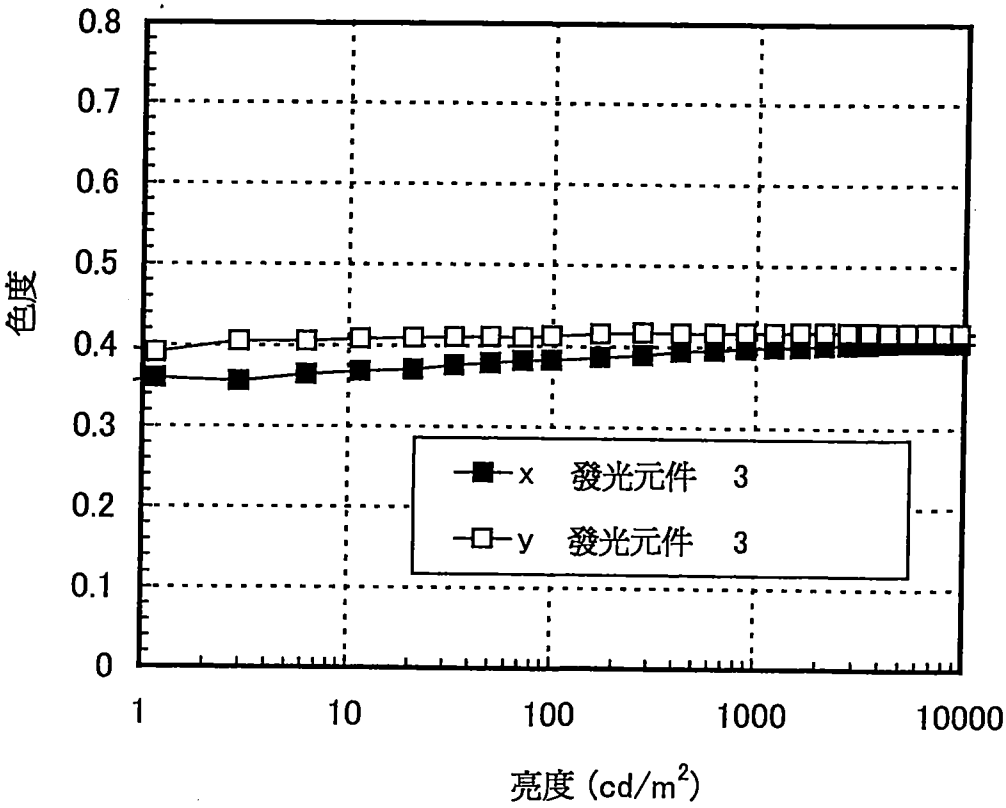


圖 29

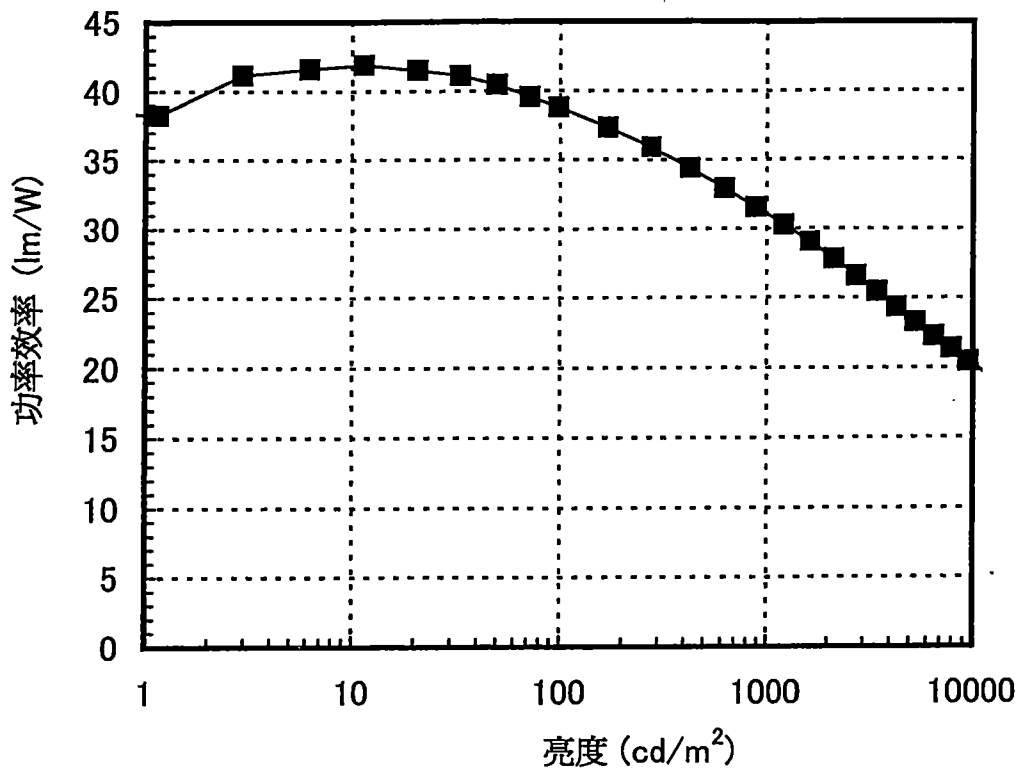


圖 30

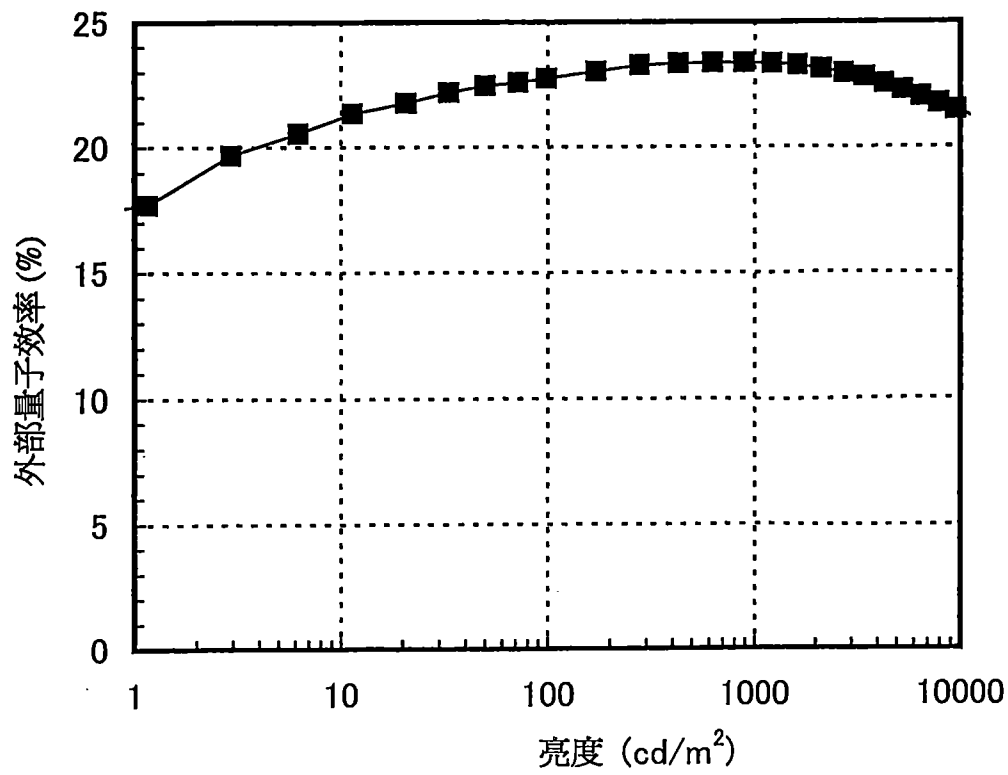


圖 31

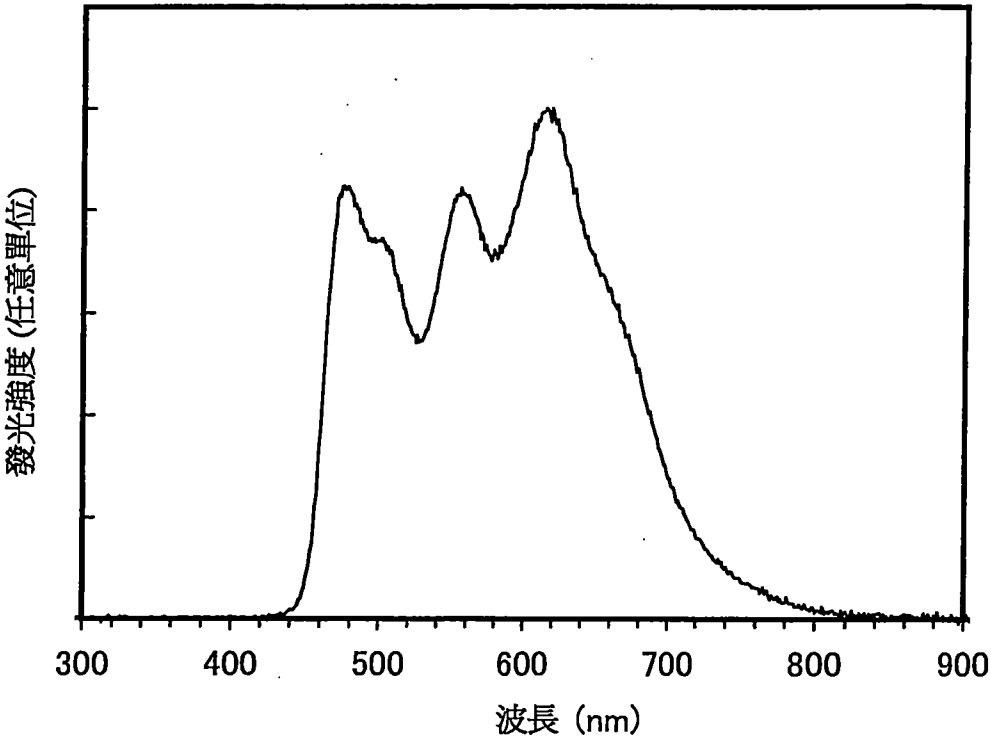


圖 32

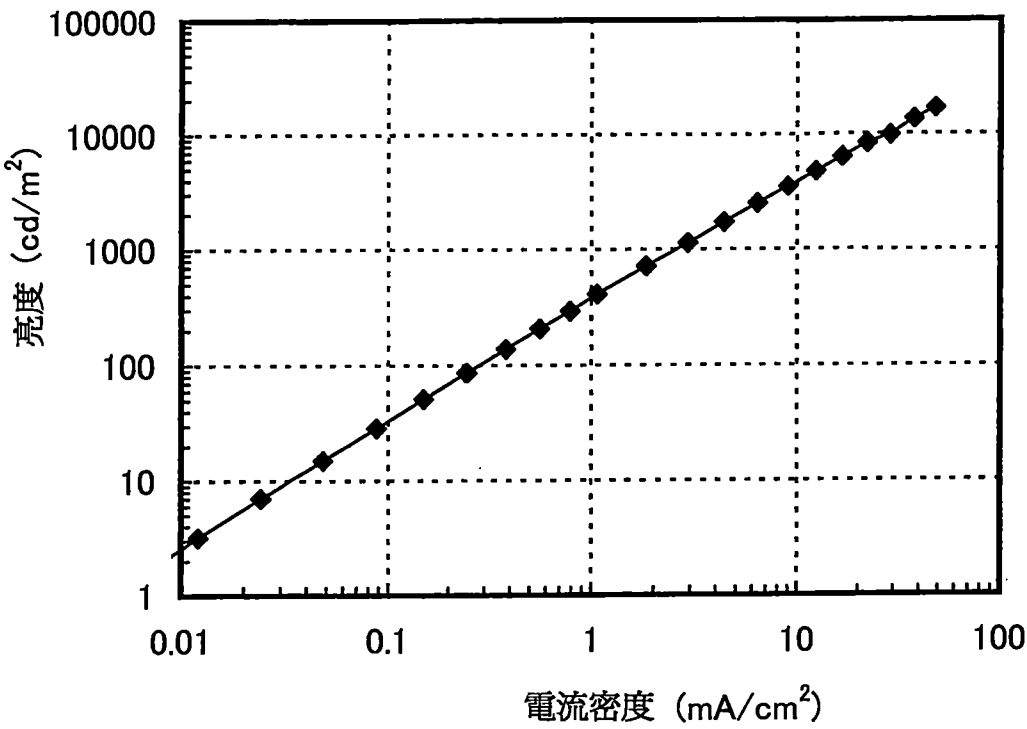


圖 33

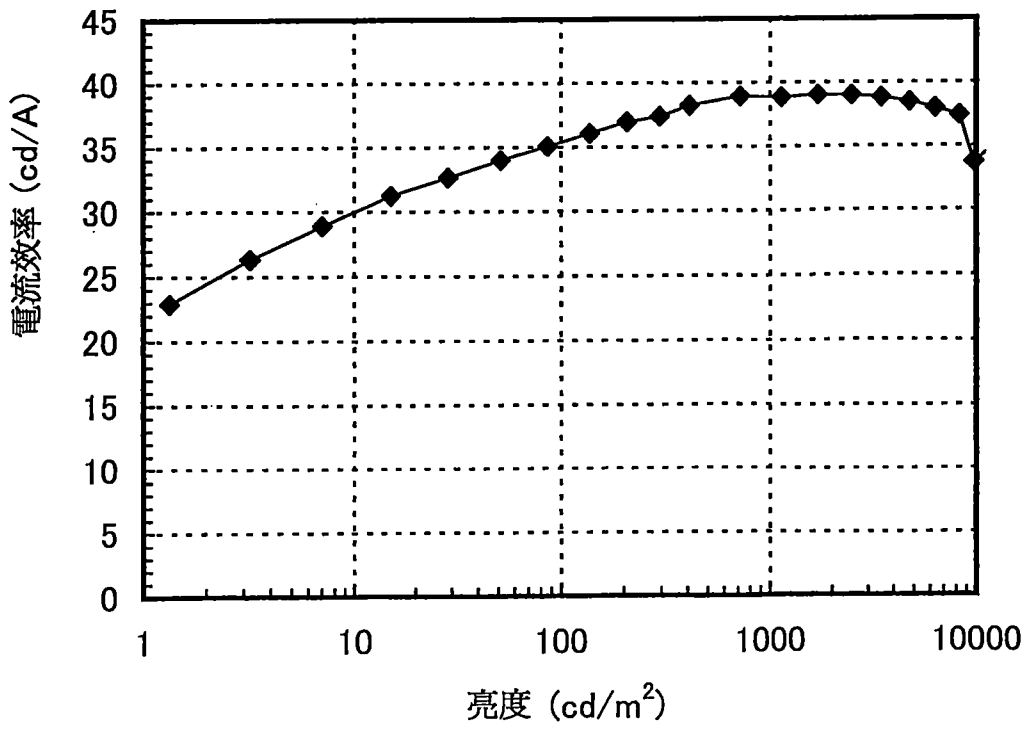


圖 34

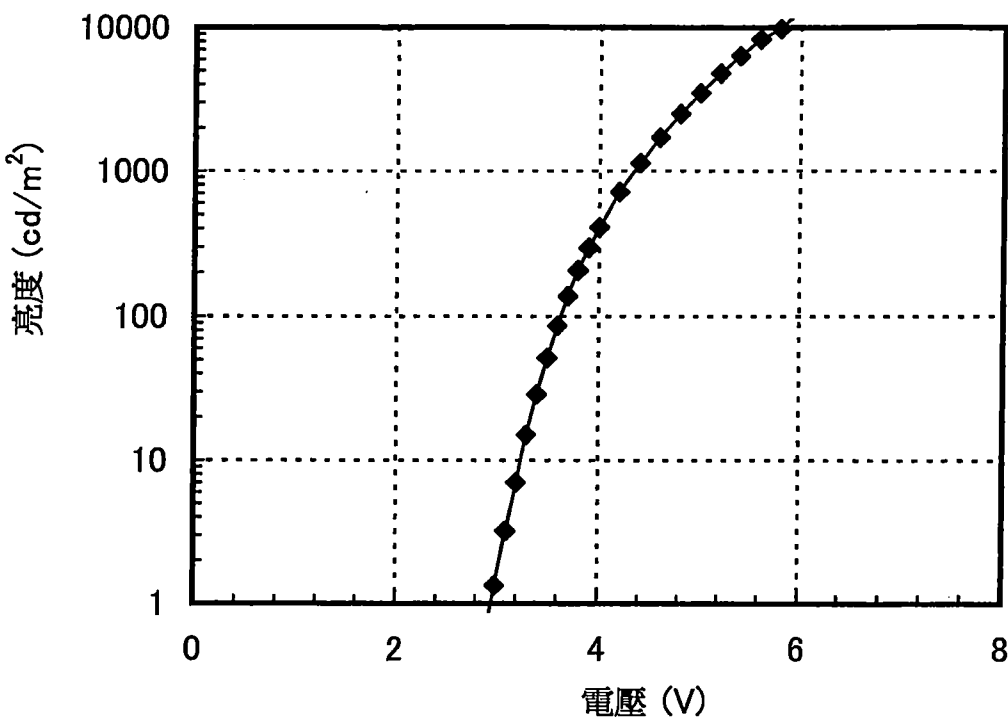


圖 35

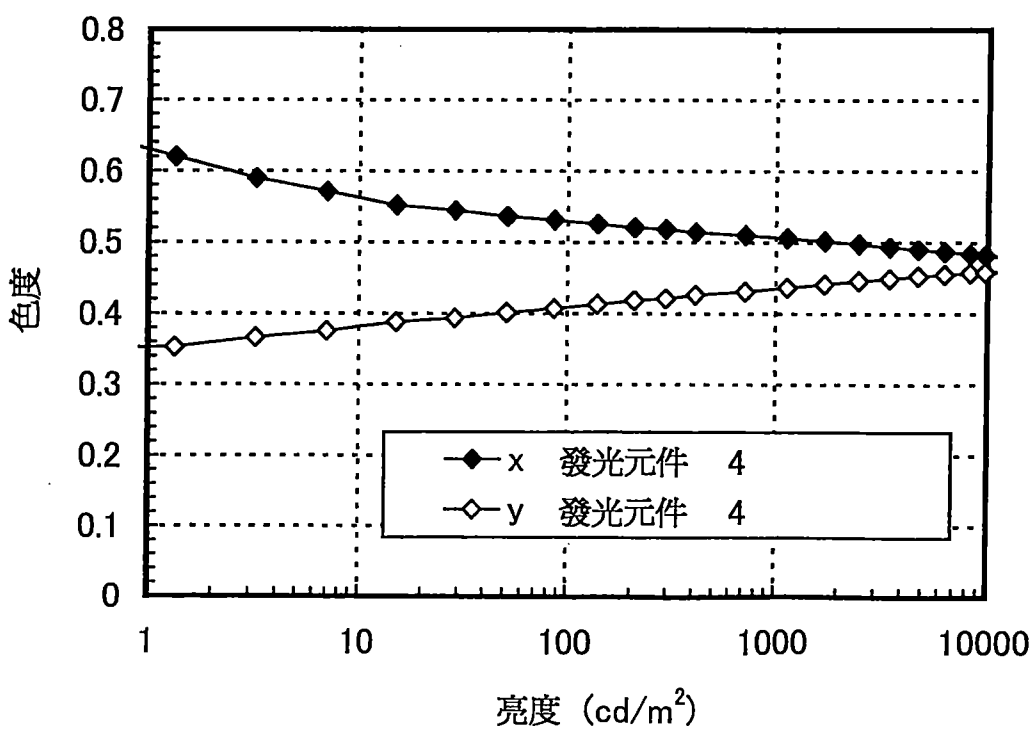


圖 36

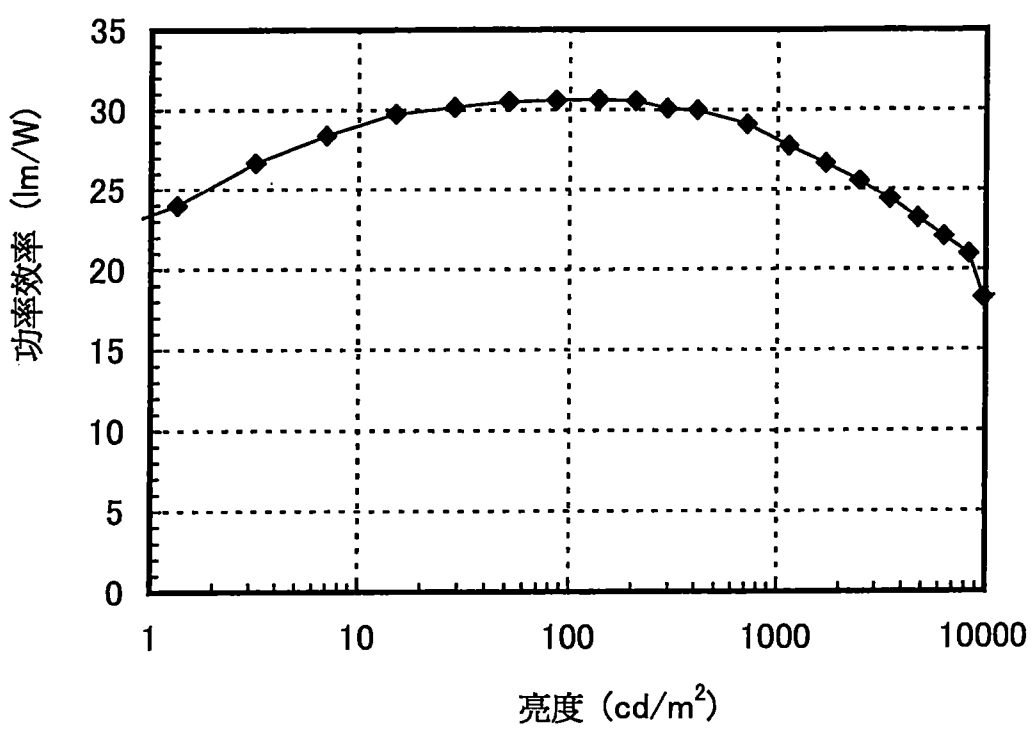


圖 37

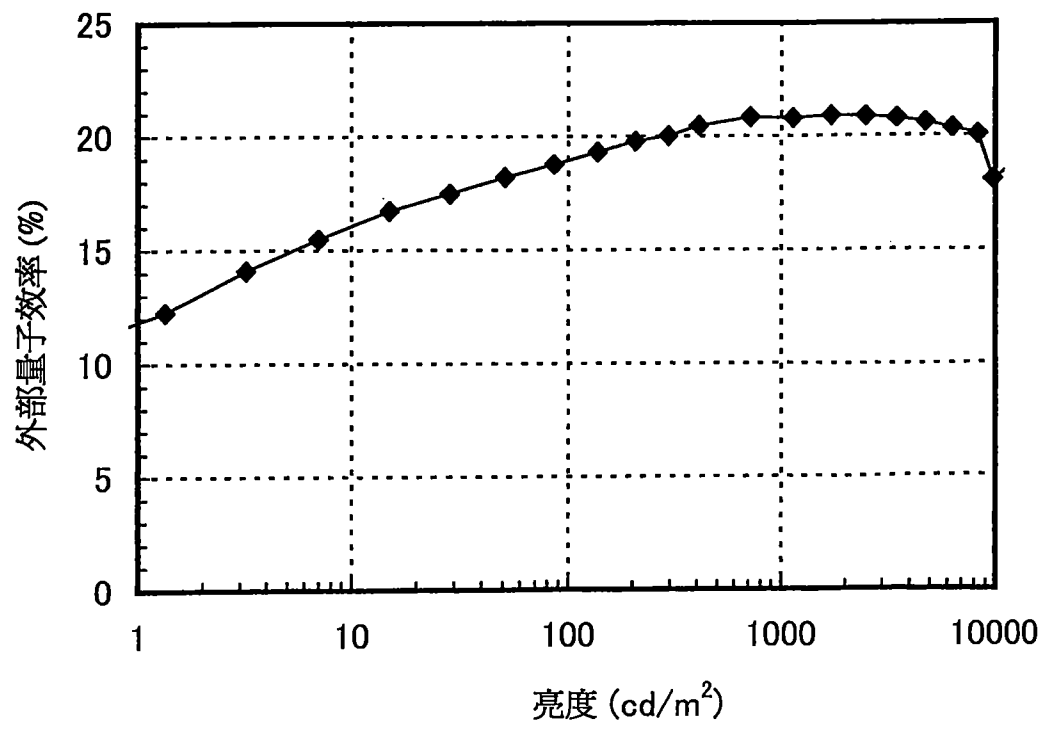


圖 38

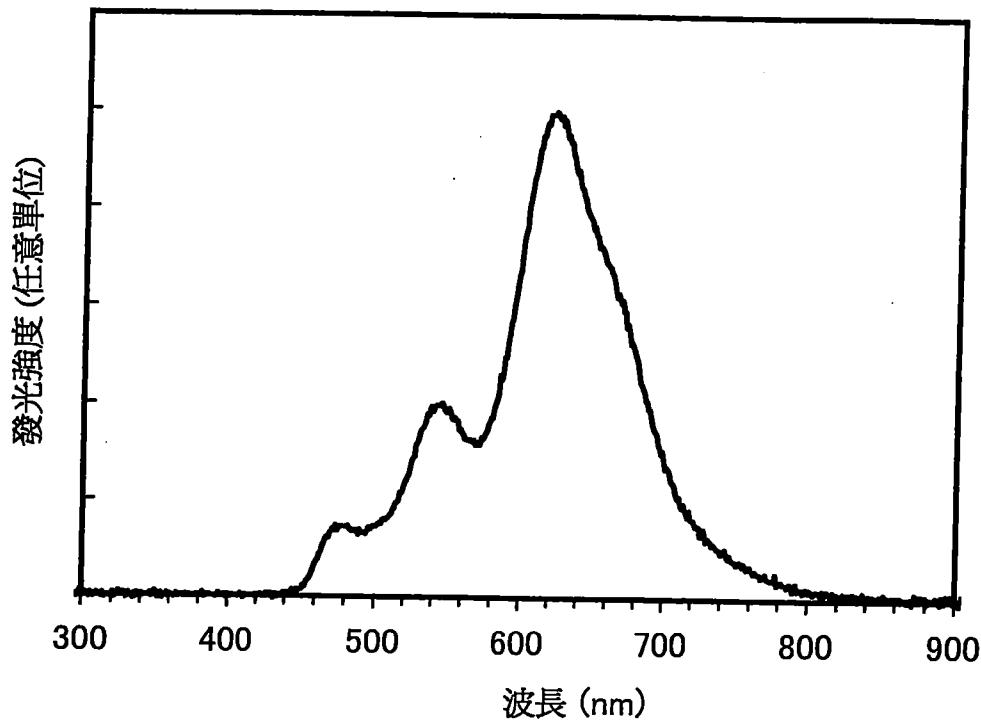
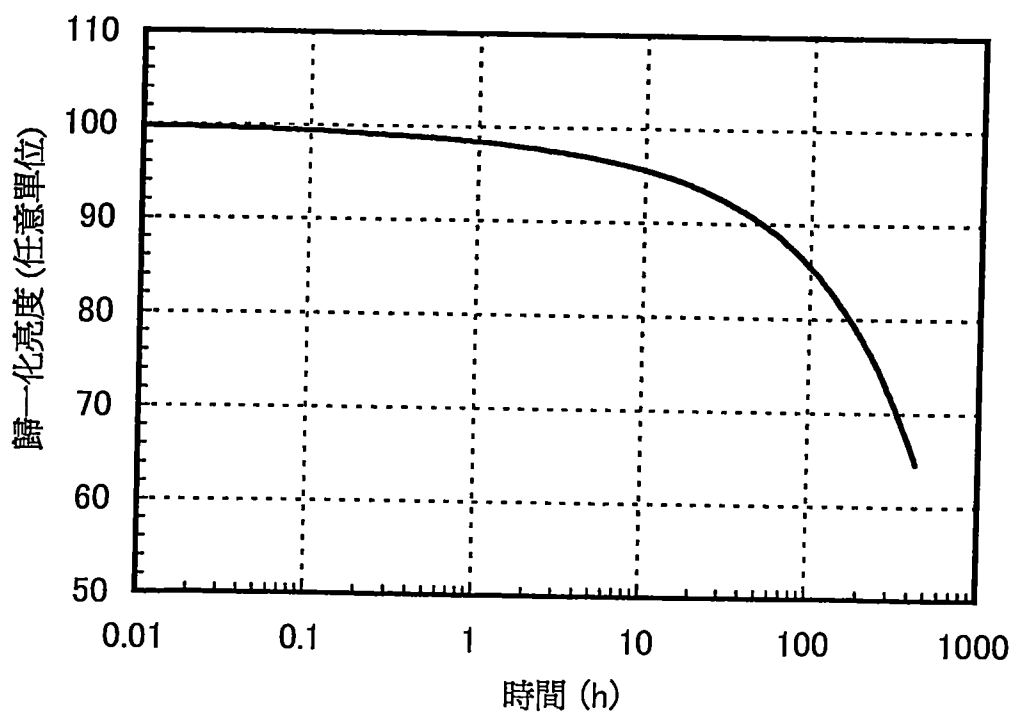


圖 39



申請專利範圍

1.一種發光元件，其包括：

第一電極；

在該第一電極上的第一發光層，其包括：

第一客體材料；及

第一主體材料；

在該第一發光層上的第二發光層，其包括：

第二客體材料；及

第二主體材料；及

在該第二發光層上的第二電極，

其中由該第二客體材料發射的光的波長比由該第一客體材料發射的光的波長長，

其中該第二客體材料的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的峰值與該第一客體材料的光譜 $F(\lambda)$ 重疊，

其中 λ 表示波長，及

其中 $\varepsilon(\lambda)$ 表示波長 λ 時的莫耳吸光係數。

2.一種發光元件，其包括：

第一電極；

在該第一電極上的第一發光層，其包括：

第一客體材料；及

第一主體材料；

在該第一發光層上的第二發光層，其包括：

第二客體材料；及

第二主體材料；及

在該第二發光層上的第二電極，

其中由該第二客體材料發射的光的波長比由該第一客體材料發射的光的波長長，

其中該第二客體材料的函數 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 之位於最長波長一側的峰值大於該第一客體材料的函數 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 之位於最長波長一側的峰值，

其中 λ 表示波長，及

其中 $\epsilon(\lambda)$ 表示波長 λ 時的莫耳吸光係數。

3. 一種發光元件，其包括：

第一電極；

在該第一電極上的第一發光層，其包括：

第一客體材料；及

第一主體材料；

在該第一發光層上的第二發光層，其包括：

第二客體材料；及

第二主體材料；

在該第二發光層上的第三發光層，其包括：

第三客體材料；及

第三主體材料；及

在該第三發光層上的第二電極，

其中由該第二客體材料發射的光的波長比由該第一客體材料發射的光的波長長，

其中由該第三客體材料發射的光的波長比由該第二客體材料發射的光的波長長，

其中該第二客體材料的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的峰值與該第一客體材料的光譜 $F(\lambda)$ 重疊，

其中該第三客體材料的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的峰值與該第二客體材料的光譜 $F(\lambda)$ 重疊，

其中 λ 表示波長，及

其中 $\varepsilon(\lambda)$ 表示波長 λ 時的莫耳吸光係數。

4. 根據申請專利範圍第 1 和 2 項中任一項之發光元件，

其中該第二主體材料包括第一有機化合物和第二有機化合物，及

其中該第一有機化合物和該第二有機化合物形成激基錯合物。

5. 根據申請專利範圍第 3 項之發光元件，

其中該第二主體材料包括第一有機化合物和第二有機化合物，及

其中該第一有機化合物和該第二有機化合物形成激基錯合物。

6. 根據申請專利範圍第 5 項之發光元件，

其中該第三主體材料包括該第一有機化合物和該第二有機化合物，及

其中該第一有機化合物和該第二有機化合物形成激基錯合物。

7. 根據申請專利範圍第 1 和 2 項中任一項之發光元件，

其中該第一客體材料和該第二客體材料是磷光化合物。

8.根據申請專利範圍第 3 項之發光元件，

其中該第一客體材料、該第二客體材料和該第三客體材料是磷光化合物。

9.根據申請專利範圍第 1 和 2 項中任一項之發光元件，

其中由該發光元件發射的光包括由該第一客體材料和該第二客體材料發射的光。

10.根據申請專利範圍第 3 項之發光元件，

其中由該發光元件發射的光包括由該第一客體材料、該第二客體材料和該第三客體材料發射的光。

11.根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，

其中該第二客體材料的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 之位於最長波長一側的峰值大於該第一客體材料的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 之位於最長波長一側的峰值。

12.根據申請專利範圍第 3 項之發光元件，

其中該第三客體材料的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 之位於最長波長一側的峰值大於該第二客體材料的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 之位於最長波長一側的峰值。

13.一種照明裝置，其包括根據申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件。

14.一種發光裝置，其包括：

根據申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件；

及

用於控制該發光元件之單元。

15.一種顯示裝置，其包括：

於顯示部中之根據申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件；及

用於控制該發光元件之單元。

16.一種電子裝置，其包括顯示部，而該顯示部包括根據申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件。