



(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 I793013 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：111118459

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 04 月 17 日

(51)Int. Cl. : *H01L51/50 (2006.01)**H01L51/54 (2006.01)**H01L27/32 (2006.01)**C09K11/06 (2006.01)**C09K11/70 (2006.01)*

(30)優先權：2012/04/20 日本

2012-096808

2013/03/15 日本

2013-052791

(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)；山崎舜平 YAMAZAKI, SHUNPEI (JP)；石曾根崇
浩 ISHISONE, TAKAHIRO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

US 2011/0285276A1

審查人員：唐之凱

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：49 共 154 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

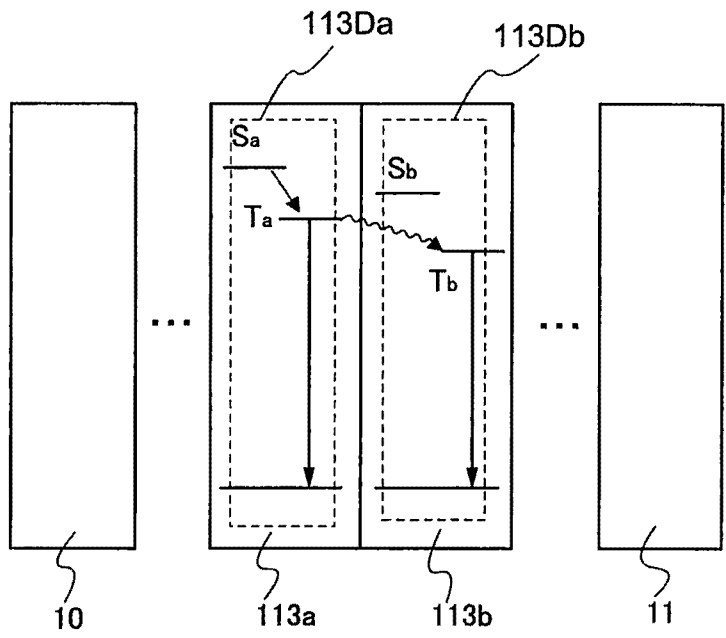
(57)摘要

本發明的目的在於：作為使用多個發光摻雜劑的發光元件，提供發光效率高的發光元件。另外，本發明的一個方式藉由使用上述發光元件分別提供減少了耗電量的發光裝置、發光模組、發光顯示裝置、電子裝置及照明設備。注目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接受能量的分子的吸收光譜乘以波長的 4 次方而成的曲線中的具有最長波長一側的極大的峰值重疊，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 the longest-wavelength-side local maximum peak of a graph obtained by multiplying an absorption spectrum of a molecule which receives energy by a wavelength raised to the fourth power.

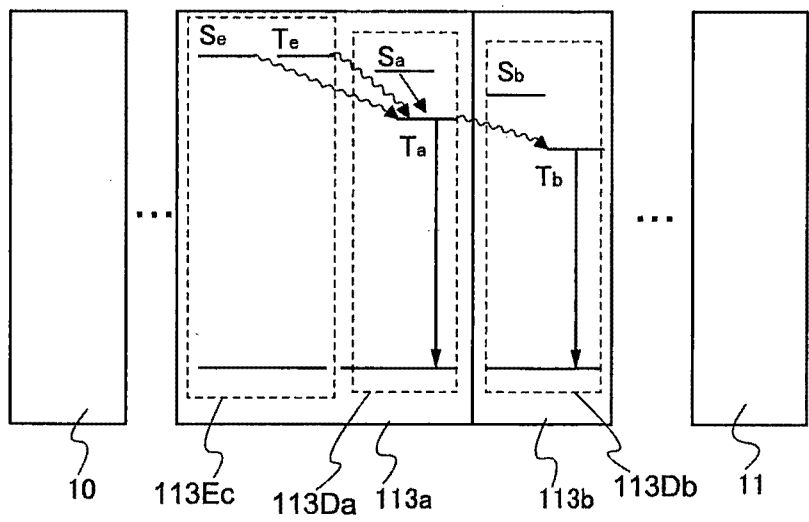
指定代表圖：

圖 2A



- 符號簡單說明：
- 10:電極
 - 113Da:第一磷光化合物
 - 113Db:第二磷光化合物
 - 113a:第一發光層
 - 113b:第二發光層
 - 11:電極
 - 113Ec:激態複合物

圖 2B



I793013

公告本

【發明摘要】

【中文發明名稱】

發光元件、發光裝置、顯示裝置、電子裝置、及照明裝置

【英文發明名稱】

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

【中文】

本發明的目的在於：作為使用多個發光摻雜劑的發光元件，提供發光效率高的發光元件。另外，本發明的一個方式藉由使用上述發光元件分別提供減少了耗電量的發光裝置、發光模組、發光顯示裝置、電子裝置及照明設備。注目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接受能量的分子的吸收光譜乘以波長的4次方而成的曲線中的具有最長波長一側的極大的峰值重疊，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 the longest-wavelength-side local maximum peak 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】：圖 2

【本代表圖之符號簡單說明】

10:電極

113Da:第一磷光化合物

113Db:第二磷光化合物

113a:第一發光層

113b:第二發光層

11:電極

113Ec:激態複合物

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

發光元件、發光裝置、顯示裝置、電子裝置、及照明裝置

【英文發明名稱】

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

【技術領域】

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、電子裝置及照明設備。

【先前技術】

近年來，對利用電致發光（EL：Electro Luminescence）的發光元件的研究開發日益火熱。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（EL層）。藉由對該元件施加電壓，可以獲得來自發光物質的發光。

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像素的可見度高，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。

因為這種發光元件可以將發光層形成為膜狀，所以可以容易獲得面發光。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，上述利用電致發光的發光元件在作為可以應用於照明等的面光源的利用價值也高。

在將有機化合物用於發光物質且在一對電極之間設置有該 EL 層有機 EL 元件中，藉由對一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發光性的 EL 層，而使電流流過。而且，被注入了的電子與電洞再結合而使發光有機化合物成為激發態，由此可以從被激發的發光有機化合物得到發光。

作為由有機化合物形成的激發態，可以舉出單重激發態和三重激發態，從單重激發態 (S^*) 的發光被稱為螢光，而從三重激發態 (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 $S^*:T^*=1:3$ 。

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從單重激發態的發光（螢光），而觀察不到從三重激發態的發光（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的所產生的光

子的比率)的理論上的極限被認為是 25%。

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，觀察到從三重態激發的發光(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，可以得到比螢光化合物高的發光效率。由於所述理由，為了實現高效率的發光元件，近年來對使用磷光化合物的發光元件的開發日益火熱。

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。

[專利文獻 1] 日本 PCT 國際申請翻譯第 2004-522276 號公報

雖然磷光化合物在理論上能夠實現 100%的內部量子效率，但是在不進行與元件結構或其他材料的組合的最適化的情況下難以實現高效率。尤其是，當使用將多種不同帶(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，雖然發光摻雜劑都是磷光元件，但是其外部量子效率為 3%至 4%左右。根據該事實可以認為：即使考慮光取出效率，內部量子效率也是 20%以下。作為磷光發光元件，該內部量子效率值低。

在使用不同發光顏色的摻雜劑的多色發光元件中，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。難以在實現高發光效率的同時保持各摻雜劑的發光平衡。

【發明內容】

鑒於上述課題，本發明的一個方式的目的是在於：作為使用多個發光摻雜劑的發光元件提供發光效率高的發光元件。另外，本發明的一個方式的目的是在於：藉由使用上述發光元件分別提供減少了耗電量的發光裝置、顯示裝置、電子裝置及照明設備。

本發明只要解決上述課題中的任一個即可。

在本發明中，注意到作為分子間的能量轉移機構之一的福斯特機構，藉由採用使提供能量的分子的發光光譜的高峰與接受能量的分子的吸收光譜乘以波長的4次方而成的特性曲線中的具有最長波長一側的極大的高峰彼此重疊的分子組合，可以高效地實現上述福斯特機構中的能量轉移。在此，上述能量轉移不是從主體到摻雜劑的一般的能量轉移，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組合的摻雜劑，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方式的發光元件。

換言之，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；以及第二發光層，其中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分散在第二主體材料，其中所述第二磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最長波長一側的極大值的波長與第一磷光化合物的磷光發光光譜 $F(\lambda)$ 重疊。（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。）

另外，本發明的另一個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；以及第二發光層，其中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分散在第二主體材料，其中所述第一磷光化合物的磷光發光光譜的包括最大值的高峰與第二磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括位於最長波長一側的極大值的高峰彼此重疊。（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。）

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中第一發光層還包含第一有機化合物，第一主體材料與第一有機化合物形成激態複合物，並且第一磷光化合物的發光具有比激態複合物的發光長的波長。

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中激態複合物的發光光譜與第一磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最長波長一側的極大值的波長重疊。（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。）

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中激態複合物的發光光譜的包括最大值的高峰與第一磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括位於最長波長一側的極大值的高峰彼此重疊。（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。）

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中第一磷光化合物在 500nm 至 600nm 的範圍內具有磷光發光峰值，並且第二磷光化合物在 600nm 至 700nm 的範圍內具有磷光發光峰值。

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中電子與電洞的再結合區域是第一發光層。

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中與第二發光層相比，第一發光層位於陽極一側，並且第二發光層至少具有比電洞傳輸性高的電子傳輸性。

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中與第二發光層相比，第一發光層位於陽極一側，並且第一主體材料及第二主體材料都具有電子傳輸性。注意，作為具有電子傳輸性的材料，較佳為使用電子傳輸性高於電洞傳輸性的材料。

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中與第二發光層相比，第一發光層位於陰極一側，並且第二發光層至少具有比電子傳輸性高的電洞傳輸性。

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中與第二發光層相比，第一發光層位於陰極一側，

並且第一主體材料及第二主體材料都具有電洞傳輸性。注意，作為具有電洞傳輸性的材料，較佳為使用電洞傳輸性高於電子傳輸性的材料。

另外，本發明的另一個方式是包括上述結構的發光元件，其中第一發光層及第二發光層以彼此接觸的方式層疊。

另外，本發明的另一個方式是一種具備上述結構的發光元件的發光裝置、發光顯示裝置、電子裝置及照明設備。

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) 方式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設備等的發光裝置。

本發明的一個方式可以提供發光效率高的發光元件。本發明的一個方式藉由使用該發光元件可以提供減少了耗電量的發光裝置、發光顯示裝置、電子裝置及照明設備。

【圖式簡單說明】

在圖示中：

[圖 1A]至[圖 1C]是發光元件的示意圖；

- [圖 2A]和[圖 2B]是示出發光層的能量轉移的圖；
- [圖 3A]和[圖 3B]是說明福斯特轉移的圖；
- [圖 4A]和[圖 4B]是主動矩陣型發光裝置的示意圖；
- [圖 5A]和[圖 5B]是被動矩陣型發光裝置的示意圖；
- [圖 6A]和[圖 6B]是主動矩陣型發光裝置的示意圖；
- [圖 7]是主動矩陣型發光裝置的示意圖；
- [圖 8A]和[圖 8B]是照明設備的示意圖；
- [圖 9A]至[圖 9D]是示出電子裝置的圖；
- [圖 10]是示出電子裝置的圖；
- [圖 11]是示出照明設備的圖；
- [圖 12]是示出照明設備及顯示裝置的圖；
- [圖 13]是示出車載顯示裝置及照明設備的圖；
- [圖 14A]至[圖 14C]是示出電子裝置的圖；
- [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-亮度特性的圖；
- [圖 17]是示出發光元件 1 的亮度-外部量子效率特性的圖；
- [圖 18]是示出發光元件 1 的亮度-功率效率特性的圖；
- [圖 19]是示出發光元件 1 的發射光譜的圖；
- [圖 20A]和[圖 20B]是說明發光元件 1 的福斯特轉移的圖；
- [圖 21A]和[圖 21B]是說明發光元件 1 的福斯特轉移

的圖；

[圖 22]是說明發光元件 1 的福斯特轉移的圖；

[圖 23]是示出 2mDBTPDBq-II、PCBA1BP 以及它們的混合膜的 PL 光譜的圖；

[圖 24]是示出發光元件 2 的亮度-電流效率特性的圖；

[圖 25]是示出發光元件 2 的電壓-亮度特性的圖；

[圖 26]是示出發光元件 2 的亮度-外部量子效率特性的圖；

[圖 27]是示出發光元件 2 的亮度-功率效率特性的圖；

[圖 28]是示出發光元件 2 的發射光譜的圖；

[圖 29]是示出發光元件 2 的可靠性測試的結果的圖；

[圖 30]是示出發光元件 3 的亮度-電流效率特性的圖；

[圖 31]是示出發光元件 3 的電壓-亮度特性的圖；

[圖 32]是示出發光元件 3 的亮度-外部量子效率特性的圖；

[圖 33]是示出發光元件 3 的亮度-功率效率特性的圖；

[圖 34]是示出發光元件 3 的發射光譜的圖；

[圖 35]是示出發光元件 4 的亮度-電流效率特性的圖；

[圖 36]是示出發光元件 4 的電壓-亮度特性的圖；

[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 的亮度-功率效率特性的圖；

[圖 39]是示出發光元件 4 的發射光譜的圖；

[圖 40]是示出發光元件 5 的亮度-電流效率特性的圖；

[圖 41]是示出發光元件 5 的電壓-亮度特性的圖；

[圖 42]是示出發光元件 5 的亮度-外部量子效率特性的圖；

[圖 43]是示出發光元件 5 的亮度-功率效率特性的圖；

[圖 44]是示出發光元件 5 的發射光譜的圖；

[圖 45A 和 45B]是說明發光元件 4 的福斯特轉移的圖；

[圖 46]是說明發光元件 4 的福斯特轉移的圖；

[圖 47A 和 47B]是說明發光元件 5 的福斯特轉移的圖；

[圖 48A 和 48B]是說明發光元件 5 的福斯特轉移的圖；

[圖 49]是說明發光元件 5 的福斯特轉移的圖。

本發明的選擇圖是圖 2A 和圖 2B。

【實施方式】

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侷限在以下所示的實施方式所記載的內容中。

實施方式 1

首先，對本發明的一個方式的發光元件的工作原理進行說明。本發明的宗旨在於：藉由使用第一磷光化合物和呈現波長比該第一磷光化合物長的發光的第二磷光化合物，並使第一及第二磷光化合物高效地發光，來獲得高效的多色發光元件。

作為獲得使用磷光化合物的多色發光元件的一般方法，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・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）。

作為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、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）。作為

元件結構，將藍色、綠色、紅色的各元件分別最適化即可，因此其設計，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，即電力浪費。

另一方面，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之間層疊有：在第一主體材料中分散有第一磷光化合物的第一發光層；以及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。此時，與串置結構不同，第一發光層及第二發光層也可以以彼此接觸的方式設置。

圖 1A 至圖 1C 示意性地示出上述本發明的一個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。

另外，圖 1A 及圖 1B 是將該發光元件中的發光層 113 放大而表示的圖。圖 1A 及圖 1B 示出第一發光層 113a、第二發光層 113b、層疊有該兩層的發光層 113、第一磷光化合物 113Da、第二磷光化合物 113Db、第一主體材料 113Ha、以及第二主體材料 113Hb。另外，圖 1B 是第一發

光層 113a 還包含第一有機化合物 113A 時的模式圖。不管是上述哪一種情況，由於各磷光化合物（第一及第二磷光化合物）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，第一主體材料與第二主體材料可以彼此相同或不同。另外，第一發光層 113a 和第二發光層 113b 的任一個可以位於陽極一側或陰極一側。

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 113Da 被激發了之後，該激發能量由德克斯特機制轉移到第二磷光化合物 113Db 的現象。因此，可以抑制呈現最長波長的發光的第二磷光化合物 113Db 主要發光的現象。另外，由於當在第二發光層 113b 中直接生成激子時第二磷光化合物 113Db 主要發光，所以載流子的再結合區域較佳為在第一發光層 113a 內（即，以第一磷光化合物 113Da 為主進行激發）。

但是若完全抑制從第一磷光化合物 113Da 的能量轉移，則不能獲得第二磷光化合物 113Db 的發光。因此，在本發明的一個方式中，以使第一磷光化合物 113Da 的激發能量部分地轉移到第二磷光化合物 113Db 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了的分子間的能量轉移。

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。

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，處於激發態的能量施體變為基態，且處於基態的能量受體變為激發態。算式（1）示出藉由福斯特機制的能量轉移的速度常數 k_F 。

[算式 1]

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

在算式（1）中， ν 表示振盪數， $F(\nu)$ 表示能量施體的被標準化了的發射光譜（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 表示阿伏伽德羅數， 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的係數（0至4）。此外，在無規配向中 $K^2=2/3$ 。

根據算式（1）可知藉由福斯特機制的能量轉移（福斯特轉移）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)，3.能量施體的發光光譜與能量受體的吸收光譜具有重疊部分（與積分項有關）。

在此，如圖 1A 至圖 1C 所說明，由於各磷光化合物（第一及第二磷光化合物）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 至少具有一分子以上（1nm 以上）的距離。因此，不會由於第一磷光化合物產生的所有激發能量藉由福斯特機制轉移到第二磷光化合物。另一方面，若 R 是 10nm 至 20nm 左右，則可以進行福斯特轉移。為了在第一磷光化合物與第二磷光化合物之間至少確保一分子以上的距離 R ，而較佳為將在主體材料中分散的各磷光化合物的體積設定為一定體積以下。對應此的發光層內的各磷光化合物濃度為 10wt% 以下。由於磷光化合物濃度過低也難以得到良好的特性，所以在本實施方式中磷光化合物濃度較佳為 0.1wt% 以上且 10wt% 以下。尤其是，第一磷光化合物較佳為以 0.1wt% 以上且 5wt% 以下的濃度包含在第一發光層 113a 中。

圖 2A 和圖 2B 示出本發明的一個方式的如下發光元件中的各磷光化合物間的福斯特轉移的示意圖，該發光元件使用：第一磷光化合物 113Da；以及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 113Db。圖 2A 和圖 2B 示出在電極 10 與電極 11 之間層疊有第一發光層 113a 和第二發光層 113b 的結構。另外，電極 10 和電極 11 中的任一方用作陽極，而另一方用作陰極。如圖 2A 所示，首先由於第一磷光化合物 113Da 產生的單重激發態

(S_a) 藉由系間交差被轉換為三重激發態 (T_a)。換言之，第一發光層 113a 中的激子基本上都成為 T_a 。

接著，該 T_a 狀態的激子的能量的一部分就那樣被轉換為發光，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 113Db 的三重激發態 (T_b)。這是因為第一磷光化合物 113Da 具有發光性（磷光量子產率 ϕ 高）且第二磷光化合物 113Db 具有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（具有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_a 到 T_b 的三重態-三重態福斯特轉移。

另外，由於在很多情況下第二磷光化合物 113Db 的單重激發態 (S_b) 的能量比第一磷光化合物 113Da 的三重激發態 (T_a) 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。當然，在第二磷光化合物 113Db 的單重激發態 (S_b) 的能量比第一磷光化合物 113Da 的三重激發態 (T_a) 的能量低的情況下，與上述同樣，可能產生能量轉移。在此情況下，轉移到第二磷光化合物 113Db 的單重激發態 (S_b) 的能量藉由系間交差轉移到第二磷光化合物 113Db 的三重激發態 (T_b)，這樣有助於發光。

另外，為了設計為使上述福斯特轉移高效地產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，較佳為不使第一主體材料及第二主體材料在第一磷光化合物 113Da 的發光區域中具有吸收光譜。像這樣，藉由不使

主體材料（具體地，第二主體材料）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，可以實現高發光效率，因此這是較佳的結構。

另外，第一主體材料較佳為具有比第一磷光化合物高的三重激發態能，以便不使第一磷光化合物淬滅。

如上所述，本發明的一個方式的基本思想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與第二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。在這種元件結構中，只要在一定程度的距離以內（20nm 以內）就部分地產生福斯特型能量轉移，所以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，從而可以從第一及第二磷光化合物分別獲得發光。

但是，在此，在本發明的一個方式中更重要的是考慮到上述能量轉移選擇材料及元件結構。

首先，為了產生福斯特轉移，需要使能量施體的發光量子產率 ϕ 高，但是由於在本發明的一個方式中使用磷光化合物（具體地，磷光量子產率為 0.1 以上的發光化合物），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光光譜 $F(\nu)$ 與能量受體的莫耳吸光係數 $\epsilon(\nu)$ 重疊。

一般地認為：在能量受體的莫耳吸光係數 $\epsilon(\nu)$ 大的波長區域中重疊能量施體的發光光譜 $F(\nu)$ 即可（換言之，使 $F(\nu)\epsilon(\nu)$ 的積大即可）。但是，在福斯特機制中，該思想

不一定是真的。這是因為算式（1）的積分項與振盪數 ν 的四乘方成反比且存在波長依賴性的緣故。

為了便於理解，首先對算式（1）進行變形。當光的波長為 λ 時，滿足 $\nu=c/\lambda$ ，因此算式（1）可以被改寫為下述算式（2）。

[算式 2]

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

就是說，可知波長 λ 越大，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。

因此，為了提高從第一磷光化合物 113Da 的能量轉移效率，作為本發明的一個方式的發光元件中的第二磷光化合物 113Db，使用如下磷光化合物，即第一磷光化合物 113Da 的發光光譜的包括最大值的高峰與第二磷光化合物 113Db 的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括位於最長波長一側的極大值的高峰彼此重疊的磷光化合物。

注意，較佳的是，第二磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最長波長一側的極大值的波長與第一磷光化合物的磷光發光光譜 $F(\lambda)$ 重疊。並且，更佳的是，在第一磷光化合物 113Da 的發光光譜的包括上述最大值的高峰中的具有上述最大值的一半強度的波長範圍與第二磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括上述極大值的高峰中的具有上述極大值的一半強度的波長範圍之間有重疊部分，這是

因為在這種狀態下這兩個光譜重疊的部分大的緣故。

包括上述結構的發光元件可以實現發光效率高且能夠從各磷光化合物平衡地得到發光的發光元件。

為了便於理解上述磷光化合物的結構，以下參照具體例子進行說明。在此，以如下情況為例子進行說明：作為第一磷光化合物 113Da 使用下述化合物 (1) (雙[2-(6-叔丁基-4-嘓啶基- κ N3) 苯基- κ C] (2,4-戊二酮根- κ^2 O,O')) 銱(III) (簡稱：Ir(tBuppm)₂(acac))，作為呈現波長比第一磷光化合物 113Da 長的發光的第二磷光化合物 113Db 使用下述化合物 (2) (雙(2,3,5-三苯基吡嗪根) (二新戊醯基甲烷) 銱(III) (簡稱：Ir(tppr)₂(dpm)))。

[化學式 1]

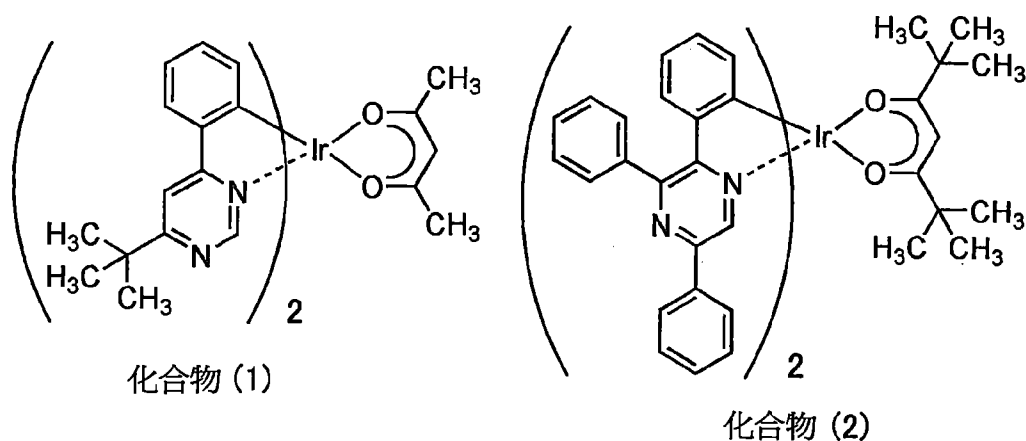


圖 3A 示出作為第二磷光化合物的化合物 (2) 的莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 和 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 。越靠近長波長一側，莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 越降低，但是 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 在 550nm 附近 (相當於化合物 (2) 的三重態 MLCT 吸收帶) 具有極大值。從該例子可知，由於 λ^4 的項的影響，第二磷光化合物的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 在位於

最長波長一側的吸收帶（三重態 MLCT 吸收帶）具有極大值。

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 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 。化合物（1）是第一磷光化合物，並呈現在 545nm 附近具有發光峰值的綠色發光。該第一磷光化合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 在第二磷光化合物的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的極大值附近具有與 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 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，由於極大值對應於三重態 MLCT 吸收帶，所以這是三重態-三重態的福斯特型能量轉移（圖 2A 和圖 2B 中的 T_a - T_b 能量轉移）。在此情況下，當第一磷光化合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 的發光峰值波長與第二磷光化合物的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的極大值的波長的差異是 0.2eV 以下時，由於高效地產生能量轉移，所以是較佳的。化合物（1）的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 的發光峰值波長是 546nm，化合物（2）的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的極大值的波長是 543nm，它們的差異是 3nm，並相當於 0.01eV。由此可知，非常高效地產生化合物（1）與化合物（2）之間的能量轉移。

據此，第二磷光化合物較佳為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 2A 和圖 2B 所示的三重態-三重態的能量轉移。

另外，為了獲得上述再結合區域，在第一發光層

113a 位於陽極一側的情況下，較佳第二發光層 113b 至少具有電子傳輸性，且第一發光層 113a 及第二發光層 113b 的兩者都可以具有電子傳輸性，並且在第一發光層 113a 位於陰極一側的情況下，較佳第二發光層 113b 至少具有電洞傳輸性，且第一發光層 113a 及第二發光層 113b 的兩者都可以具有電洞傳輸性。

在此，在第一發光層 113a 中，第一主體材料 113Ha 的光致發光 (PL) 光譜 $F(\lambda)$ 的包括極大值的高峰與第一磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括位於最長波長一側的極大值的高峰的重疊較佳大。

但是，一般而言，難以使主體材料的光致發光 (PL) 光譜 $F(\lambda)$ 的包括極大值的高峰與客體材料 (第一磷光化合物 113Da) 的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括位於最長波長一側的極大值的高峰重疊。這是因為如下緣故：一般而言，主體材料的光致發光 (PL) 是螢光發光，螢光發光是從比磷光發光高的能階進行的發光，當主體材料的螢光光譜位於與客體材料的最長波長一側的吸收光譜 (客體材料的三重激發態) 接近的波長時，主體材料的三重態能階小於客體材料的三重態能階的可能性高。當主體材料的三重態能階小於客體材料的三重態能階時，客體材料的三重態能量轉移到主體材料而導致發光效率的下降。

於是，在本實施方式中，第一發光層 113a 還包括第一有機化合物 113A，並且第一主體材料 113Ha 和第一有機化合物 113A 較佳是形成激態複合物 (exciplex) 113Ec

的組合（圖 1B、圖 2B）。在圖 2B 中，元件符號 10 及 11 都是電極，電極 10 和電極 11 中的任一方用作陽極而另一方用作陰極。注意，在圖 2A 和圖 2B 中，激態複合物 113Ec 的單重激發態由 Se 表示而三重激發態由 Te 表示，第一磷光化合物 113Da 的單重激發態由 Sa 表示而三重激發態由 Ta 表示，並且第二磷光化合物 113Db 的單重激發態由 Sb 表示而三重激發態由 Tb 表示。

在此情況下，當在第一發光層 113a 中載流子（電子及電洞）再結合時，第一有機化合物 113A 與第一主體材料 113Ha 從電子和電洞的再結合獲得能量而形成激態複合物 113Ec。從激態複合物 113Ec 發射的螢光發光在比第一有機化合物 113A 單體及第一主體材料 113Ha 單體的螢光光譜長波長一側具有光譜，並且激態複合物 113Ec 具有單重激發態 Se 的能量與三重激發態 Te 的能量非常接近的特性。因此，藉由使從激態複合物 113Ec 的單重激發態的發光的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 的包括極大值的高峰與客體材料（第一磷光化合物 113Da）的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括位於最長波長一側的極大值的高峰（相當於客體材料的三重激發態 Ta 的吸收光譜）重疊，可以盡可能地提高從 Se 到 Ta 的能量轉移和從 Te 到 Ta 的能量轉移的兩者。在此情況下，當激態複合物 113Ec 的發光峰值波長與客體材料（第一磷光化合物 113Da）的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的極大值的波長之間的差異是 0.2eV 以下時，高效率地產生能量轉移，因此是較佳的。另外，較佳為將第一有機化合物 113A 及第一主體材

料 113Ha 的三重激發態能階保持為比第一磷光化合物 113Da 的三重激發態能階高。

藉由上述方式轉移到第一磷光化合物 113Da 的能量如上所述那樣其一部分轉移到第二磷光化合物 113Db，由此第一磷光化合物 113Da 及第二磷光化合物 113Db 都高效率地發光。

注意，從激態複合物 113Ec 的三重激發態 (Te) 到第一磷光化合物 113Da 的能量轉移藉由德克斯特機制高效地產生。從單重激發態 (Se) 的能量轉移藉由上述結構的德克斯特機制高效地產生，因此可以實現整體上高效的能量轉移。

作為第一有機化合物 113A 和第一主體材料 113Ha 的組合，只要是產生激態複合物的組合即可，較佳為組合容易接受電子的化合物（電子俘獲化合物）和容易接受電洞的化合物（電洞俘獲化合物）。

作為容易接受電子的化合物，可以舉出：雙(10-羥基苯並[h]喹啉)鈹(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)、雙[2-(2-苯並噻唑基)苯酚]鋅(II)(簡稱：ZnBTZ)等的金屬錯合物；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-咔唑(簡稱:CO11)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯並咪唑)(簡稱:TPBI)、2-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯並咪唑(簡稱:mDBTBIIm-II)等的具有多唑骨架的雜環化合物;2-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹喔啉(簡稱:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯並噁吩-4-基)聯苯-3-基]二苯並[f,h]喹喔啉(簡稱:2mDBTBPDq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)聯苯-3-基]二苯並[f,h]喹喔啉(簡稱:2mCzBPDBq)、4,6-雙[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(簡稱:4,6mPnP2Pm)、4,6-雙[3-(4-二苯並噁吩基)苯基]嘧啶(簡稱:4,6mDBTP2Pm-II)等的具有二噁骨架的雜環化合物;以及3,5-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(簡稱:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(簡稱:TmPyPB)等的具有吡啶骨架的雜環化合物。其中,具有二噁骨架的雜環化合物或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,具有二噁骨架(嘧啶或吡嗪)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。

另外,作為容易接受電洞的化合物,可以舉出:4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]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-苯基氨基]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-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱:PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]第-2-胺(簡稱:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9-聯第-2-胺(簡稱:PCBASF)等的具有芳香胺骨架的化合物;1,3-雙(N-咔唑基)苯(簡稱:mCP)、4,4'-二(N-咔唑基)聯苯(簡稱:CBP)、3,6-雙(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(簡稱:CzTP)、3,3'-雙(9-苯基-9H-咔唑)(簡稱:PCCP)等的具有咔唑骨架的化合物;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-第-9-基)苯基]二苯並噻吩(簡稱:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-第-9-基)苯基]-6-苯基二苯並噻吩(簡稱:DBTFLP-IV)等的具有噻吩骨架的化合物;以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並呋喃)(簡稱:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-第-9-基)苯基]苯基}二苯並呋喃(簡稱:mmDBFFLBI-II)等的具有呋喃骨架的化合物。其中,具有芳香胺骨架的化合物、具有咔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。

第一有機化合物 113A 和第一主體材料 113Ha 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

光致發光 (PL) 光譜 $F(\lambda)$ 的包括極大值的高峰與第一磷光化合物 113Da 的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括位於最長波長一側的極大值的高峰重疊,並且激態複合物的發光光譜的峰值位於比第一磷光化合物 113Da 的發光光譜的峰值長波長,即可。

注意,在利用容易接受電子的化合物和容易接受電洞的化合物分別構成第一有機化合物 113A 和第一主體材料 113Ha 的情況下,可以藉由調節兩者的混合比來控制載流子平衡。明確而言,較佳為滿足第一有機化合物 113A:第一主體材料 113Ha=1:9 至 9:1 的範圍。

在本結構中,選擇形成如下那樣的激態複合物的第一有機化合物 113A 和第一主體材料 113Ha,在該激態複合物中,激態複合物的光致發光 (PL) 光譜 $F(\lambda)$ 的包括極大值的高峰與第一磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括位於最長波長一側的極大值的高峰重疊。該高峰的重疊越大越好。

注意,較佳的是,第一磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的位於最長波長一側的極大值的波長與激態複合物的光致發光 (PL) 光譜 $F(\lambda)$ 重疊。並且,更佳的是,在激態複合物的光致發光 (PL) 光譜 $F(\lambda)$ 的包括上述最大值的高峰中的具有上述最大值的一半強度的波長範圍與第一磷光化合物的由 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 表示的函數的包括極大值的高峰中的具有上述極大值的一半強度的波長範圍之間有重疊部分,這是因為在這種狀態下這兩個光譜重疊的部分大的緣

故。

在本實施方式中，可以從由第一主體材料 113Ha 和第一有機化合物 113A 構成的激態複合物到第一磷光化合物 113Da 高效地轉移能量，從而可以進一步提高能量轉移效率，並且可以實現外部量子效率高的發光元件。

實施方式 2

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。

本實施方式的發光元件在一對電極之間包括由多個層構成的 EL 層。在本實施方式中，發光元件由第一電極 101、第二電極 102、設置在第一電極 101 與第二電極 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，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。

由於第一電極 101 用作陽極，所以較佳為使用功函數大（具體為 4.0 eV 以上）的金屬、合金、導電化合物、以及它們的混合物等形成。具體地，例如可以舉出氧化銦-氧化錫（ITO：銦錫氧化物）、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 EL 層 103 中的接觸於第一電極 101 的層，可以選擇電極材料而與功函數無關。

EL 層 103 的疊層結構只要具有實施方式 1 所示的發光層 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 的疊層結構。在本實施方式中，說明如下結構：EL 層 103 包括在第一電極 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，示出構成各層的具體材料。

電洞注入層 111 是包含電洞注入性高的物質的層。並且，可以使用鋁氧化物、鈳氧化物、鈮氧化物、鎢氧化物、錳氧化物等。另外，也可以使用酞菁類化合物如酞菁 (簡稱：H₂Pc)、銅酞菁 (簡稱：CuPc) 等；芳香胺化合物如 4,4'-雙[N-(4-二苯基氨基苯基)-N-苯基氨基]聯苯

(簡稱：DPAB)、*N,N'*-雙{4-[雙(3-甲基苯基)氨基]苯基}-*N,N'*-二苯基-(1,1'-聯苯)-4,4'-二胺(簡稱：DNTPD)等；或者高分子如聚(3,4-乙烯二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(PEDOT/PSS)等來形成電洞注入層 111。

另外，作為電洞注入層 111，可以使用在電洞傳輸物質中含有受體物質的複合材料。注意，藉由使用在電洞傳輸物質中含有受體物質的複合材料，可以選擇形成電極的材料而不顧及電極的功函數。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。作為受體物質，可以舉出 7, 7, 8, 8-四氰基-2, 3, 5, 6-四氟醌二甲烷(簡稱：F₄-TCNQ)、氯醌等。另外，可以舉出過渡金屬氧化物、以及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，較佳為使用氧化鈮、氧化鋮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鉬、氧化鎢、氧化錳、氧化鋇，因為其電子接受性高。特別較佳為使用氧化鉬，因為其在大氣中也穩定，吸濕性低，並且容易處理。

作為用於複合材料的電洞傳輸物質，可以使用各種有機化合物如芳香胺化合物、吡啉衍生物、芳烴、高分子化合物(低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等)等。作為用於複合材料的有機化合物，較佳為使用電洞傳輸性高的有機化合物。具體地，較佳為使用電洞遷移率為 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。以下，具體地列舉可以用作複合材料中的電洞傳輸物質的有機化合物。

例如，作為芳香胺化合物，可以舉出 N,N' -二（ p -甲
 苯基）- N,N' -二苯基- p -亞苯基二胺（簡稱：DTDPPA）、
 4,4'-雙[N -（4-二苯基氨基苯基）- N -苯基氨基]聯苯（簡
 稱：DPAB）、 N,N' -雙{4-[雙（3-甲基苯基）氨基]苯基}-
 N,N' -二苯基-（1,1'-聯苯）-4,4'-二胺（簡稱：
 DNTPD）、1,3,5-三[N -（4-二苯基氨基苯基）- N -苯基氨
 基]苯（簡稱：DPA3B）等。

作為可以用於複合材料的呋唑衍生物，可以具體地舉
 出 3-[N -（9-苯基呋唑-3-基）- N -苯基氨基]-9-苯基呋
 唑（簡稱：PCzPCA1）、3,6-雙[N -（9-苯基呋唑-3-基）- N -
 苯基氨基]-9-苯基呋唑（簡稱：PCzPCA2）、3-[N -（1-萘
 基）- N -（9-苯基呋唑-3-基）氨基]-9-苯基呋唑（簡稱：
 PCzPCN1）等。

另外，作為可以用於複合材料的呋唑衍生物，還可以
 舉出 4,4'-二（ N -呋唑基）聯苯（簡稱：CBP）、1,3,5-三
 [4-（ N -呋唑基）苯基]苯（簡稱：TCPB）、9-[4-（10-苯
 基-9-蒽基）苯基]-9 H -呋唑（簡稱：CzPA）、1,4-雙[4-
 （ N -呋唑基）苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

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、紅螢烯、芘、2,5,8,11-四(叔丁基)芘等。除此之外，還可以使用稠五苯、蔻等。像這樣，更佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞遷移率的碳原子數為 14 至 42 的芳烴。

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。

另外，也可以使用聚(*N*-乙烯基吡啶)(簡稱：PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(簡稱：PVTBA)、聚[*N*-(4-{*N*'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-*N*'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯醯胺](簡稱：PTPDMA)、聚[*N,N*'-雙(4-丁基苯基)-*N,N*'-雙(苯基)聯苯胺](簡稱：Poly-TPD)等高分子化合物。

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。

電洞傳輸層 112 是包含電洞傳輸物質的層。作為電洞傳輸物質，例如可以使用芳香胺化合物等，諸如 4,4'-雙

[*N*-(1-萘基)-*N*-苯基氨基]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*-二苯基氨基)三苯胺（簡稱：TDATA）、4,4',4''-三[*N*-(3-甲基苯基)-*N*-苯基氨基]三苯胺（簡稱：MTDATA）、4,4'-雙[*N*-(螺-9,9'-聯萘-2-基)-*N*-苯基氨基]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，電洞遷移率主要是 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。另外，也可以將作為上述複合材料中的電洞傳輸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*-乙烯基吡啶)（簡稱：PVK)或聚(4-乙烯基三苯胺)（簡稱：PVTBA)等的高分子化合物。另外，包含電洞傳輸物質的層不限於單層，也可以為兩層以上的由上述物質構成的層的疊層。

發光層 113 是包含第一磷光化合物及第二磷光化合物的層。由於發光層 113 包括實施方式 1 所說明的結構，所以本實施方式中的發光元件可以實現發光效率良好的發光元件。作為發光層 113 的主要結構，參照實施方式 1 的記載。

在發光層 113 中能夠用作第一磷光化合物及第二磷光化合物的材料只要是處於實施方式 1 所說明的關係的組合，就沒有特別的限制。作為第一磷光化合物及第二磷光化合物，例如可以舉出如下物質。

例如，可以舉出：三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲

基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κN^2]苯基- κC }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： $Ir(Mptz)_3$)、三[4-(3-聯苯)-5-異丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]銱(III) (簡稱： $Ir(iPrptz-3b)_3$)等的具有4H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物；三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]銱(III) (簡稱： $Ir(Mptz1-mp)_3$)、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)銱(III) (簡稱： $Ir(Prptz1-Me)_3$)等的具有1H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物；*fac*-三[1-(2,6-二異丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]銱(III) (簡稱： $Ir(iPrpmi)_3$)、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑並[1,2-f]菲啶根(phenanthridinato)]銱(III) (簡稱： $Ir(dmpimpt-Me)_3$)等的具有咪唑骨架的有機金屬銱錯合物；以及雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根- $N, C^{2'}$]銱(III)四(1-吡唑基)硼酸鹽(簡稱： $FIr6$)、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根- $N, C^{2'}$]銱(III)吡啶甲酸酯(簡稱： $FIrpic$)、雙{2-[3',5'-雙(三氟甲基)苯基]吡啶根- $N, C^{2'}$ }銱(III)吡啶甲酸酯(簡稱： $Ir(CF_3ppy)_2(pic)$)、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根- $N, C^{2'}$]銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $FIracac$)等的以具有拉電子基的苯基吡啶衍生物為配體的有機金屬銱錯合物。上述物質是發射藍色磷光的化合物，並且在440nm至520nm具有發光的峰值。其中，具有4H-三唑、1H-三唑、咪唑等的多唑基骨架的有機金屬銱錯合物具有高電洞俘獲性。因此，在將上述化合物用作本發明的一個方式的發光元件中的第一磷

光化合物，第一發光層比第二發光層接近陰極一側，並且第二發光層具有電洞傳輸性（明確而言，第二主體材料是電洞傳輸材料）的情況下，可以容易將載流子的再結合區域控制在第一發光層內，所以是較佳的。另外，由於具有4H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物具有優異的可靠性及發光效率，所以是特別較佳的。

另外，可以舉出：三（4-甲基-6-苯基嘧啶根）銱（III）（簡稱： Ir(mppm)_3 ）、三（4-叔丁基-6-苯基嘧啶根）銱（III）（簡稱： Ir(tBuppm)_3 ）、（乙醯丙酮根）雙（6-甲基-4-苯基嘧啶根）銱（III）（簡稱： $\text{Ir(mppm)}_2(\text{acac})$ ）、（乙醯丙酮根）雙（6-叔丁基-4-苯基嘧啶根）銱（III）（簡稱： $\text{Ir(tBuppm)}_2(\text{acac})$ ）、（乙醯丙酮根）雙[6-（2-降冰片基）-4-苯基嘧啶根]銱（III）（簡稱： $\text{Ir(nbppm)}_2(\text{acac})$ ）、（乙醯丙酮根）雙[5-甲基-6-（2-甲基苯基）-4-苯基嘧啶根]銱（III）（簡稱： $\text{Ir(mpmpm)}_2(\text{acac})$ ）、（乙醯丙酮根）雙（4,6-二苯基嘧啶根）銱（III）（簡稱： $\text{Ir(dppm)}_2(\text{acac})$ ）等的具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物；（乙醯丙酮根）雙（3,5-二甲基-2-苯基吡嗪根）銱（III）（簡稱： $\text{Ir(mppr-Me)}_2(\text{acac})$ ）、（乙醯丙酮根）雙（5-異丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根）銱（III）（簡稱： $\text{Ir(mppr-iPr)}_2(\text{acac})$ ）等的具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物；三（2-苯基吡啶根- $\text{N,C}^{2'}$ ）銱（III）（簡稱： Ir(ppy)_3 ）、雙（2-苯基吡啶根- $\text{N,C}^{2'}$ ）銱（III）乙醯丙酮（簡稱： $\text{Ir(ppy)}_2\text{acac}$ ）、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-N, $\text{C}^{2'}$)銱(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{pq})_3$)、雙(2-苯基喹啉-N, $\text{C}^{2'}$)銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$)等的具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物；以及三(乙醯丙酮根)(單啡啉)銱(III)(簡稱： $\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})$)等的稀土金屬錯合物。上述物質主要是發射綠色發光的化合物，並且在 500nm 至 600nm 具有發光的峰值。其中，具有嘧啶、吡嗪等的二嗪骨架的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，在將上述化合物用作本發明的一個方式的發光元件中的第一磷光化合物，第一發光層比第二發光層接近陽極一側，並且第二發光層具有電子傳輸性（明確而言，第二主體材料是電子傳輸材料）的情況下，可以容易將載流子的再結合區域控制在第一發光層內，所以是較佳的。另外，由於具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物具有特別優異的可靠性及發光效率，所以是特別較佳的。

另外，可以舉出：雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘧啶基](二異丁醯甲橋)銱(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)銱(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})$)、雙[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊醯基甲烷根)銱(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{d1npm})_2(\text{dpm})$)等的具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物；(乙醯丙酮根)雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)銱(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)銱(III)(簡稱：

$\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$ 、(乙醯丙酮根)雙[2,3-雙(4-氟苯基)喹啉合]銱(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$)等的具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物；三(1-苯基異喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)(簡稱： $\text{Ir}(\text{piq})_3$)、雙(1-苯基異喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $\text{Ir}(\text{piq})_2\text{acac}$)等的具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物；2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉鉑(II)(簡稱： PtOEP)等的鉑錯合物；以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(單啡啉)銩(III)(簡稱： $\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})$)、三[1-(2-噻吩甲醯基)-3,3,3-三氟丙酮](單啡啉)銩(III)(簡稱： $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})$)等的稀土金屬錯合物。上述物質是發射紅色磷光的化合物，並且在 600nm 至 700nm 具有發光的峰值。其中，具有嘧啶、吡嗪等的二嗪骨架的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，在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，第一發光層比第二發光層接近陰極一側，並且第二發光層具有電洞傳輸性（明確而言，第二主體材料是電洞傳輸材料）的情況下，可以容易將載流子的再結合區域控制在第一發光層內，所以是較佳的。另外，由於具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物具有特別優異的可靠性及發光效率，所以是特別較佳的。另外，由於具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物可以獲得色度良好的紅色發光，所以藉由將其用於白色發光元件，可以提高演色性。

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處於實施方式 1 所示的關係的第一磷光

材料及第二磷光材料而使用。

另外，也可以使用顯示熱活化的延遲螢光的材料、即熱活化型延遲螢光（Thermally Activated Delayed Fluorescence：TADF）材料代替磷光化合物（第一磷光化合物 113Da 和第二磷光化合物 113Db）。在此，延遲螢光是指在保持與通常的螢光同樣的光譜的同時壽命顯著長的發光。其壽命為 10^{-6} 秒以上，較佳為 10^{-3} 秒以上。作為熱活化型延遲螢光材料，明確而言，可以舉出富勒烯及其衍生物、普魯黃等的吡啶衍生物以及伊紅等。另外，可以舉出包含鎂（Mg）、鋅（Zn）、鎘（Cd）、錫（Sn）、鉑（Pt）、銦（In）或鈀（Pd）等的含金屬卟啉。作為該含金屬卟啉，例如，也可以舉出原卟啉-氟化錫錯合物（簡稱：SnF₂(Proto IX))、中卟啉-氟化錫錯合物（簡稱：SnF₂(Meso IX))、血卟啉-氟化錫錯合物（簡稱：SnF₂(Hemato IX))、糞卟啉四甲酯-氟化錫錯合物（簡稱：SnF₂(Copro III-4Me)、八乙基卟啉-氟化錫錯合物（簡稱：SnF₂(OEP))、初卟啉-氟化錫錯合物（簡稱：SnF₂(Etio I))以及八乙基卟啉-氯化鉑錯合物（簡稱：PtCl₂(OEP))等。再者，還可以使用 2-（聯苯-4-基）-4,6-雙（12-苯基吡啶[2,3-a]吡啶-11-基）-1,3,5-三嗪（簡稱：PIC-TRZ）等的具有富 π 電子芳雜環和 π 缺乏型芳雜環的雜環化合物。另外，在富 π 電子芳雜環和 π 缺乏型芳雜環的雜環直接接合的物質中，富 π 電子芳雜環的施體的性質和 π 缺乏型芳雜環的受體的性質都變強而 S₁ 與 T₁ 之間的能量差變小，所以

是特別較佳的。

另外，對能夠用作上述第一及第二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1所示的元件結構的方式適當地組合該材料即可。

例如，作為具有電子傳輸性的主體材料，可以舉出：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)、雙[2-(2-苯並噁唑基)苯酚]鋅(II)(簡稱：ZnBTZ)等的金屬錯合物；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-咔唑(簡稱：CO11)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯並咪唑)(簡稱：TPBI)、2-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯並咪唑(簡稱：mDBTBIIm-II)等的具有多唑骨架的雜環化合物；2-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]二苯並[f, h]喹喔啉(簡稱：2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯並噁吩-4-基)聯苯-3-基]二苯並[f, h]喹喔啉(簡稱：2mDBTBPDBq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)聯苯-3-基]二苯並[f, h]喹喔啉(簡稱：2mCzBPDBq)、4,6-雙[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mPnP2Pm)、4,6-雙[3-(4-二苯並噁吩基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mDBTP2Pm-

II) 等的具有二噻骨架的雜環化合物；以及 3,5-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(簡稱: 35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(簡稱: TmPyPB)等的具有吡啶骨架的雜環化合物。其中, 具有二噻骨架的雜環化合物或具有吡啶骨架的雜環化合物具有良好的可靠性, 所以是較佳的。尤其是, 具有二噻(噻啶或吡噻)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。

另外, 作為具有電洞傳輸性的主體材料, 可以舉出: 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]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-苯基氨基]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-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱: PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱: PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱: PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱: PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]萘-2-胺(簡稱: PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9-聯萘-2-胺(簡稱: PCBASF)等的具有芳香胺骨架的化合物; 1,3-雙(N-咔唑基)苯(簡稱: mCP)、4,4'-二(N-咔唑基)聯苯(簡稱: CBP)、3,6-雙(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(簡稱:

CzTP)、3,3'-雙(9-苯基-9H-咔唑)(簡稱：PCCP)等的具有咔唑骨架的化合物；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)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯並噻吩(簡稱：DBTFLP-IV)等的具有噻吩骨架的化合物；以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並呋喃)(簡稱：DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯並呋喃(簡稱：mmDBFFLBI-II)等的具有呋喃骨架的化合物。其中，具有芳香胺骨架的化合物、具有咔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。

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，較佳為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。另外，較佳上述主體材料在藍色區域不具有吸收光譜。明確而言，吸收光譜的吸收端較佳為在440nm以下。

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。

電子傳輸層114是包含電子傳輸物質的層。例如，電子傳輸層114是由如下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: BeBq_2)、雙(2-甲基-8-羥基喹啉)(4-苯基苯酚鹽)鋁(簡稱: BAIq)等。除此之外,還可以使用雙[2-(2-羥基苯基)苯並噁唑]鋅(簡稱: $\text{Zn}(\text{BOX})_2$)、雙[2-(2-羥基苯基)苯並噻唑]鋅(簡稱: $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$)等具有噁唑類、噻唑類配位體的金屬錯合物等。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-(*p*-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 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上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。

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兩層以上的疊層。

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。這是對如上所述的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。

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，可以使用氟化鋰（LiF）、氟化銫（CsF）、氟化鈣（CaF₂）等的鹼金屬、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。藉由作為電子注入層 115 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，因此是更較佳的。

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 以下）的金屬、合金、導電化合物以及它們的混合物等。作為這種陰極材料的具體例子，可以舉出鋰（Li）或銫（Cs）等鹼金屬、鎂（Mg）、鈣（Ca）或銦（Sr）等的屬於元素週期表中的第 1 族或第 2 族的元素、包含它們的合金（MgAg、AlLi）、銦（Eu）、鐳（Yb）等稀土金屬、以及包含它們的合金等。然而，藉由在第二電極 102 和電子傳輸層之間設置電子注入層，可以不顧及功函率的大小而將各種導電材料諸如 Al、Ag、ITO、包含矽或氧化矽的氧化銦-氧化錫等用作第二電極 102。可以藉由濺射法、噴墨法、旋塗法等進行這些導電材料的成膜。

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成膜方法。

電極既可以藉由利用溶膠-凝膠法等濕處理形成，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、真空蒸鍍法等乾處理形成電極。

在包括上述結構的發光元件中，電流因產生在第一電極 101 與第二電極 102 之間的電位差而流過，並且電洞與電子在為包含發光性高的物質的層的發光層 113 中再結合，以進行發光。換句話說，發光區域形成在發光層 113 中。

光經過第一電極 101 和第二電極 102 中的任一者或兩者被取出到外部。因此，第一電極 101 和第二電極 102 中的任一者或兩者由具有透光性的電極構成。當只有第一電極 101 具有透光性時，光經過第一電極 101 被取出。另外，當只有第二電極 102 具有透光性時，光經過第二電極 102 被取出。當第一電極 101 和第二電極 102 都具有透光性時，光經過第一電極 101 及第二電極 102 被取出。

注意，設置在第一電極 101 與第二電極 102 之間的層的結構不侷限於上述結構。但是，較佳為採用在離第一電極 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淬滅。

另外，為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，尤其是接觸於發光層 113 中的離發光區域近的一側的載流子傳輸層較佳為使用如下物質構成：該物質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

帶隙大的帶隙。

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。作為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。發光裝置既可以在一個基板上形成有一個發光元件，又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，可以製造元件被分割了的照明設備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的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 基板中的驅動電路既可以由 N 型及 P 型 TFT 構成，又可以只由 N 型和 P 型 TFT 中的任一方構成。

本實施方式可以與其他實施方式適當地組合。

實施方式 3

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。

在本實施方式中，參照圖 4A 和圖 4B 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 4A 是示出發光裝置的俯視圖，並且圖 4B 是沿圖 4A 中的線 A-B 及線 C-D 切斷的剖面圖。該發光裝置作為用來控制發光元件的發光的單元包括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。

注意，引導佈線 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、重設信號等。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。

下面，參照圖 4B 說明剖面結構。雖然在元件基板 610 上形成有驅動電路部及像素部，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。

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 CMOS 電路、PMOS 電路或 NMOS 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，但是不需要必須採用該結構，驅動電路也可以形成在外部，而不形成在基板上。

另外，像素部 602 由多個像素形成，該多個像素分別包括開關 TFT 611、電流控制 TFT 612 以及與該電流控制 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，使用正型感光丙烯酸樹脂膜形成絕緣物 614。

另外，為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為絕緣物 614 的材料的情況下，較佳為只使絕緣物 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，作為絕緣物 614，可以使用負型感光樹脂或者正型感光樹脂。

在第一電極 613 上形成有 EL 層 616 及第二電極 617。在此，較佳為使用具有功函數大的材料作為用於用作陽極的第一電極 613 的材料。例如，除了可以使用諸如 ITO 膜、包含矽的銦錫氧化物膜、包含 2wt.%至 20wt.%的氧化鋅的氧化銦膜、氮化鈦膜、鉻膜、鎢膜、Zn 膜、Pt 膜等的單層膜以外，還可以使用由氮化鈦膜和以鋁為主要成分的膜構成的疊層膜、以及由氮化鈦膜、以鋁為主要成分的膜、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。

另外，EL 層 616 藉由使用蒸鍍遮罩的蒸鍍法、噴墨法、旋轉塗敷法等各種方法形成。EL 層 616 包括實施方式 1 及實施方式 2 所說明的結構。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、或者高分子化合物（包含低聚物、樹枝狀聚合物）。

另外，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，較佳為使用具有功函數小的材料（Al、Mg、Li、Ca、或它們的合金及化合物、MgAg、MgIn、AlLi 等）。注意，當使產生在 EL 層 616 中的光透過第二電極 617 時，較佳為使用由膜厚度減薄了的金屬薄膜和透明導電膜（ITO、包含 2wt.%至 20wt.%的氧化鋅的氧化銦、包含矽的銦錫氧化物、氧化鋅（ZnO）等）構成的疊層結構作為第二電極 617。

發光元件由第一電極 613、EL 層 616、第二電極 617 形成。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，像素部形成有多個發光元件，並且本實施方式的發光裝置也可以包括實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件和包括其他結構的發光元件的兩者。

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，形成如下結構，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（氬或氬等）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。

注意，較佳為使用環氧類樹脂或玻璃粉作為密封材料 605。另外，這些材料較佳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。

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。

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。

如上所述，雖然在本實施方式中說明了主動矩陣型發光裝置，然而，發光裝置也可以為被動矩陣型。圖 5A 和圖 5B 示出藉由使用本發明製造的被動矩陣型發光裝置。注意，圖 5A 是表示發光裝置的立體圖，並且圖 5B 是沿線 X-Y 切斷圖 5A 而獲得的剖面圖。在圖 5A 和圖 5B 中，在基板 951 上的電極 952 與電極 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，兩個側壁之間の間隔越窄。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 的面方向相同的方向並與絕緣層 953 接觸的邊）比上邊（朝向與絕緣層 953 的面方向相同的方向並與

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。

另外，為了進行全彩色顯示，在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 6A 和圖 6B 示出藉由設置著色層等實現全彩色化的發光裝置的例子。圖 6A 示出基板 1001、基底絕緣膜 1002、閘極絕緣膜 1003、閘極電極 1006、1007、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、1024B、分隔壁 1025、EL 層 1028、發光元件的第二電極 1029、密封基板 1031、密封材料 1032 等。另外，將著色層（紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G、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，本實施方式包括光不透過著色層而透射到外部的發光層及光透過各顏色的著色層而透射到外部的發光層，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、綠色光，因此能夠以四個顏色的像素呈

現影像。

另外，雖然以上說明了具有在形成有 TFT 的基板 1001 一側取出光的結構（底部發射型）的發光裝置，但是也可以採用具有在密封基板 1031 一側取出發光的結構（頂部發射型）的發光裝置。圖 7 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。

雖然在此發光元件的第一電極 1024W、1024R、1024G、1024B 是陽極，但是也可以是陰極。另外，在採用如圖 7 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。EL 層 1028 的結構採用實施方式 1 及實施方式 2 所說明的結構，採用能夠獲得白色發光的元件結構。當使用兩層的 EL 層時，作為能夠獲得白色發光的結構，可以舉出如下結構等：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，當採用實施方式 1 及實施方式 2 所示的結構時，獲得白色發光的結構當然不侷限於此。

著色層設置在來自發光元件的光透射到外部的光路上。在圖 6A 所示的底部發射型發光裝置中，可以將著色層 1034R、1034G、1034B 設置在透明基材 1033 上並固定到基板 1001。另外，如圖 6B 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 7 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、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與像素之間的黑色層（黑矩陣）1035。著色層（紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G、藍色著色層 1034B）、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。

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，藉由組合著色層，能夠獲得紅色發光區域 1044R、藍色發光區域 1044B、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。

另外，雖然在此示出了以紅色、綠色、藍色、白色的四個顏色進行全彩色顯示的例子，但是並不侷限於此。也

可以以紅色、綠色、藍色的三個顏色進行全彩色顯示。

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

在本實施方式中，參照圖 8A 和圖 8B 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設備的例子進行說明。圖 8B 是照明設備的俯視圖，圖 8A 是圖 8B 中的沿著線 e-f 切割的剖面圖。

在本實施方式的照明設備中，在用作支撐體的具有透光性的基板 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。

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 一側取出光的例子，所以第一電極 401 使用具有透光性的材料形成。輔助電極 402 是為了補償具有透光性的材料的導電率的不足而設置的，所以抑制第一電極 401 的高電阻引起電壓下降而使發光表面的亮度變得不均勻。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，較佳為使用鋁等導電率高的材料形成。另外，較佳輔助電極 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，可以抑制不能取出的來自輔助電極 402 的上部的光，結果可以降低無效電流，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。

在第一電極 401 及輔助電極 402 上形成有 EL 層 403。EL 層 403 包括實施方式 1 及實施方式 2 所說明的結構。注意，作為它們的結構，參照各記載。另外，較佳當從平面看時，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 具有抑制第一電極 401 與第二電極 404 之間的短路的作為絕緣層的功能。

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，包括相同的結構。在本實施方式中，從第一電極 401 一側取出光，所以第二電極 404 較佳為使用反射率高的材料形成。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。

如上所述，本實施方式所示的照明設備具備包括第一電極 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設備可以為耗電量小的照明設備。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設備為可靠性高的照明設備。

藉由使用密封材料 405、406 固定密封基板 407 進行包括上述結構的發光元件的密封來製造照明設備。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。

另外，藉由以延伸到密封材料 405、406 的外部的方

式設置焊盤 412、第一電極 401 以及輔助電極 402 的一部分，可以將其用作外部輸入端子。另外，也可以在其上設置安裝有轉換器等 IC 晶片 420 等。

由於本實施方式所記載的照明設備在 EL 元件中包括實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件，所以可以實現耗電量小的照明設備。另外，可以實現驅動電壓低的照明設備。另外，可以實現可靠性高的照明設備。

實施方式 5

在本實施方式中，對在其一部分包括實施方式 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被降低了的發光元件。其結果，本實施方式所記載的電子裝置可以實現包括耗電量被降低了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小的發光元件，所以可以實現驅動電壓小的電子裝置。

作為採用上述發光元件的電子裝置，可以例如舉出電視機（也稱為電視機或電視接收機）、用於電腦等的顯示器、數位相機、數位攝影機等影像拍攝裝置、數位相框、行動電話機（也稱為行動電話、行動電話裝置）、可攜式遊戲機、可攜式資訊終端、音頻再生裝置、彈子機等大型遊戲機等。以下，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。該發光元件可以成實現發光效率高的發光元件。另外，該發光元件可以實現低驅動電壓的發光元件。另外，該發光元件可以實現使用壽命長的發光元件。因此，包括由該發光元件構成的顯示部 7103 的電視機可以實現耗電量被降低了的電視機。另外，該電視機可以實現驅動電壓小的電視機。另外，該電視機可以實現可靠性高的電視機。

可以藉由利用外殼 7101 所具備的操作開關或另行提供的遙控器 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，由此可以控制顯示在顯示部 7103 中的影像。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。

另外，電視機採用具備接收機、數據機等的結構。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方式的通信網路，能夠進行單向（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 9B1 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 9B1 中的電腦也可以為如圖 9B2 所示的方式。圖 9B2 所示的電腦設置有第二顯示部 7210 代替鍵盤 7204 及指向裝置 7206。第二顯示部 7210 是觸摸屏，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 也可以是觸摸屏。因為兩個屏面藉由鉸鏈部連接，所以可以防止當收納或搬運時發生問題如屏面受傷、破壞等。該發光元件可以實現高發光效率的發光元件。因此，具備包括該發光元件的顯示部 7203 的電腦可以實現耗電量被降低了的電腦。

圖 9C 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，並且藉由連接部分 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 9C 所示的可攜式遊戲機還具備揚聲器部分 7306、儲存介質插入部分 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 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，而可以採用適當地設置有其他附屬設備的結構。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之間進行無線通信而實現資訊共用。另外，圖 9C 所示的可攜式遊戲機的功能不侷限於此，可以具有各種各樣的功能。由於在上述包括顯示部 7304 的可攜式遊戲機中，用於顯示部 7304 的發光元件具有良好的發光效率，從而該可攜式遊戲機可以實現耗電量被降低了的可攜式遊戲機。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實現低驅動電壓的可攜式遊戲機。另外，因為用於顯示部 7304 的發光元件為長使用壽命的發光元件，所以該可攜式遊戲機可以實現可靠性高的可攜式遊戲機。

圖 9D 示出行動電話機的一個例子。行動電話機具備組裝在外殼 7401 中的顯示部 7402、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。該發光元件可以實現發光效率高的發光元件。另外，該發光元件可以實現驅動電壓小的發光元件。另外，該發光元件可以實現使用壽命長的發光元件。因此，具備包括該發光元件的

顯示部 7402 的行動電話機可以實現耗電量被降低了的行動電話機。另外，該行動電話機可以實現驅動電壓小的行動電話機。另外，該行動電話機可以實現可靠性高的行動電話機。

圖 9D 所示的行動電話機也可以具有用手指等觸摸顯示部 7402 來輸入資訊的結構。在此情況下，能夠用手指等觸摸顯示部 7402 來進行打電話或編寫電子郵件等的操作。

顯示部 7402 主要有三種屏面模式。第一是以影像的顯示為主的顯示模式，第二是以文字等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。

例如，在打電話或編寫電子郵件的情況下，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屏面上顯示的文字。在此情況下，較佳為在顯示部 7402 的屏面的大多部分中顯示鍵盤或號碼按鈕。

另外，藉由在行動電話機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，可以判斷行動電話機的方向（縱或橫）而自動進行顯示部 7402 的屏面顯示的切換。

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，來進行屏面模式的切換。或者，也可以根據顯示在顯示部 7402 上的影像的種類切換屏面模式。例如，當顯示在顯示部上的影像信號為動態影像的資

料時，將屏面模式切換成顯示模式，而當該影像信號為文字資料時，將屏面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屏面模式從輸入模式切換成顯示模式。

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。

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

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，可以得到耗電量被降低了的電子裝置。

圖 10 示出將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件用於背光的液晶顯示裝置的一個例子。圖 10 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 IC905 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 903。

藉由將實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件用於液晶顯示裝置的背光，可以得到耗電量被降低了的背光。另外，藉由使用實施方式 2 所記載的發光元件，能夠製造面發射的照明設備，還能夠實現大面積化。由此能夠實現背光的大面積化及液晶顯示裝置的大面積化。再者，使用實施方式 2 所記載的發光元件的發光裝置可以使厚度比習知的發光裝置薄，所以還能夠實現顯示裝置的薄型化。

圖 11 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設備的檯燈的例子。圖 11 所示的檯燈包括外殼 2001 和光源 2002，並且作為光源 2002 使用實施方式 4 所記載的發光裝置。

圖 12 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設備 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被降低了的發光元件，所以能夠提供耗電量被降低了的照明設備。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，所以能夠用於大面積的照明設備。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，所以能夠製造實現薄型化的照明設備。

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盤上。圖 13 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盤的一個方式。顯示 5000 至顯示 5005 使用實施方式 1 及實施方

式 2 所記載的發光元件設置。

顯示 5000 和顯示 5001 是設置在汽車的擋風玻璃上的安裝有實施方式 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對面的景色的所謂的透視式顯示裝置。若採用透視式顯示，即使設置在汽車的擋風玻璃上，也不妨礙視界。另外，在設置用來驅動的電晶體等的情況下，較佳為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。

顯示 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 5002 上顯示來自設置在車廂上的成像單元的影像，可以補充被立柱遮擋的視界。另外，同樣地，設置在儀錶盤部分上的顯示 5003 藉由顯示來自設置在汽車外側的成像單元的影像，能夠補充被車廂遮擋的視界的死角，而提高安全性。藉由顯示影像以補充不看到的部分，更自然且簡單地確認安全。

顯示 5004 和顯示 5005 可以提供導航資訊、速度表、轉速計、行車距離、加油量、排檔狀態、空調的設定以及其他各種資訊。使用者可以適當地改變顯示專案及佈置。另外，這些資訊也可以顯示在顯示 5000 至顯示 5003 上。另外，也可以將顯示 5000 至顯示 5005 用作照明設備。

實施方式 1 及實施方式 2 所記載的發光元件可以實現

發光效率高的發光元件或者是耗電量小的發光元件。由此，即使設置多個顯示 5000 至顯示 5005 那樣的大面積屏面，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 所記載的發光元件的發光裝置或照明設備可以適用於車載用發光裝置或照明設備。

圖 14A 及圖 14B 是翻蓋式平板終端的一個例子。圖 14A 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、卡子 9033 以及操作開關 9038。該平板終端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、顯示部 9631b 的一者或兩者來製造。

在顯示部 9631a 中，可以將其一部分用作觸摸屏區域 9632a，並且可以藉由接觸所顯示的操作鍵 9637 來輸入資料。此外，作為一個例子示出如下結構：顯示部 9631a 的一半只有顯示的功能，另一半具有觸摸屏的功能，但是不侷限於該結構。也可以採用顯示部 9631a 的整個區域具有觸摸屏的功能的結構。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摸屏，並且將顯示部 9631b 用作顯示畫面。

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摸屏區域 9632b。此外，藉由使用手指或觸控筆等接觸觸摸屏上的鍵盤顯示切換按鈕 9639 的位置，可以在顯示部 9631b 上顯示鍵盤按鈕。

此外，也可以對觸摸屏區域 9632a 和觸摸屏區域 9632b 同時進行觸摸輸入。

另外，顯示模式切換開關 9034 能夠切換豎屏顯示和橫屏顯示等顯示的方向並選擇黑白顯示或彩色顯示等的切換。根據藉由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，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。平板終端也可以內置光感測器、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 14A 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，但是不侷限於此，既可以使一方顯示部的尺寸和另一方顯示部的尺寸不相等又可以使它們的顯示品質有差異。例如顯示部 9631a 和顯示部 9631b 中的一方與另一方相比可以進行高精細的顯示。

圖 14B 是合上的狀態，並且本實施方式中的平板終端示出包括外殼 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 的例子。此外，在圖 14B 中，作為充放電控制電路 9634 的一個例子示出包括電池 9635 和 DCDC 轉換器 9636 的結構。

此外，翻蓋式平板終端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終端。

此外，圖 14A 及圖 14B 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觸摸輸入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摸屏、顯示部或影像信號處理部等。注意，太陽能電池 9633 可以設置在外殼 9630 的一個面或兩個面，可以高效地對電池 9635 充電。

另外，參照圖 14C 所示的方塊圖對圖 14B 所示的充放電控制電路 9634 的結構和工作進行說明。圖 14C 示出太陽能電池 9633、電池 9635、DCDC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至開關 SW3 以及顯示部 9631，電池 9635、DCDC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至開關 SW3 對應於圖 14B 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，可以採用當不進行顯示部 9631 中的顯示時，使 SW1 關閉且使 SW2 導通來對電池 9635 進行充電的結構。

注意，作為發電單元的一個例子示出太陽能電池

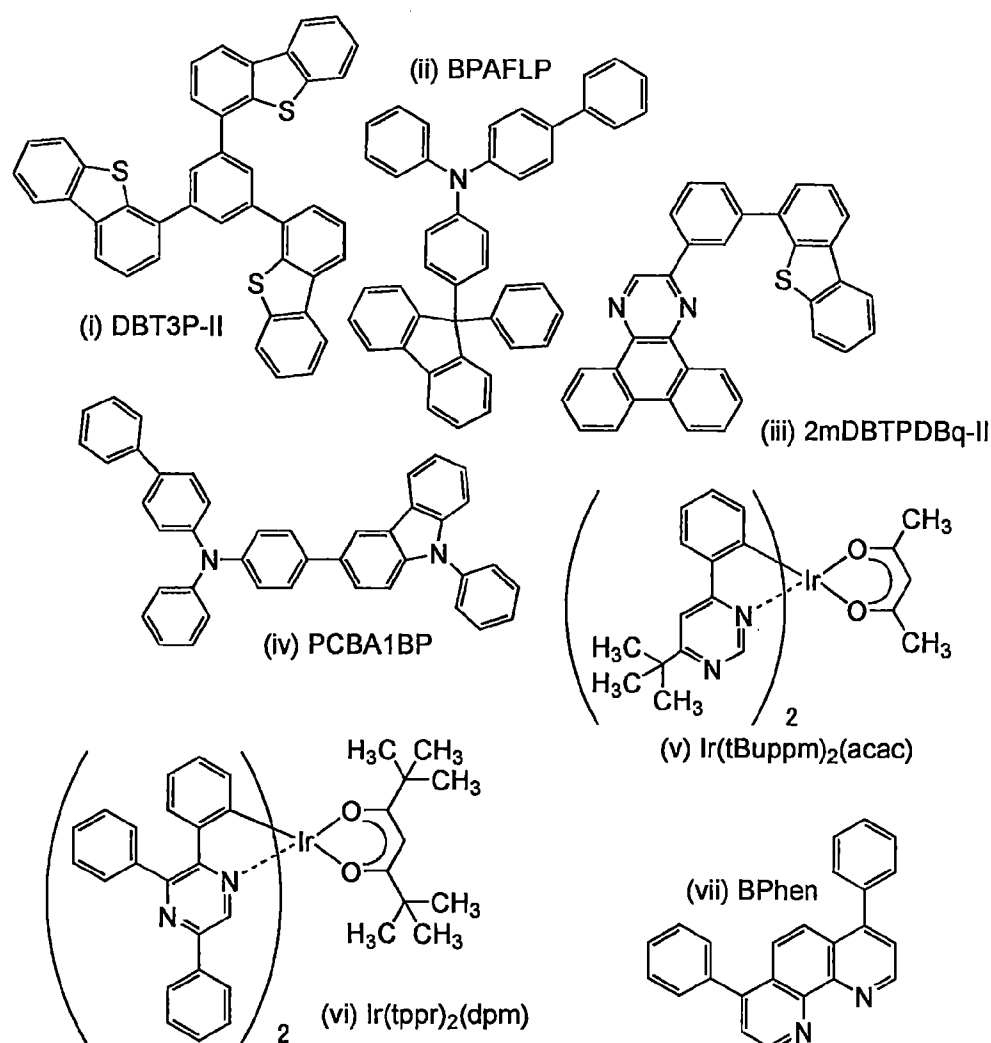
9633，但是發電單元不侷限於此，也可以使用壓電元件（piezoelectric element）或熱電轉換元件（珀耳帖元件（Peltier element））等其他發電單元進行電池 9635 的充電。也可以使用以無線（不接觸）的方式收發電力來進行充電的無線電力傳輸模組或組合其他充電單元進行充電，並且也可以不包括發電單元。

另外，只要具備上述顯示部 9631，就不侷限於圖 14A 及圖 14B 所示的形狀的平板終端。

實施例 1

在本實施例中，說明使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的相當於本發明的一個方式的發光元件的製造方法及特性。以下示出本實施例所使用的有機化合物的結構式。

[化學式 2]



接著示出本實施例的發光元件的製造方法。

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物(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。

接著，作為為了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。

然後，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以 170°C 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後對基板進行 30 分鐘左右的放冷。

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，並將壓力降低到 10^{-4}Pa 左右，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 33nm，將 DBT3P-II 與氧化鋁的重量比調節為 4:2 (=DBT3P-II:氧化鋁)。另外，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。

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

再者，在電洞傳輸層 112 上以 0.8:0.2:0.05 (=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:Ir(tBuppm)₂(acac)) 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]喹喔啉 (簡稱：2mDBTPDBq-II)、由上述結構式 (iv) 表示的 4-苯基-4'-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺 (簡稱：PCBA1BP)、由上述結構式 (v) 表示的雙[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基- $\kappa\text{N}3$)苯基- κC] (2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$) 鉍 (III) (簡稱：

[Ir(tBuppm)₂(acac)]) 形成第一發光層 113a , 然後以 1:0.06 (=2mDBTPDBq-II: [Ir(tppr)₂(dpm)]) 的重量比並以 20nm 的厚度共蒸鍍 2mDBTPDBq-II、由上述結構式 (vi) 表示的雙 (2,3,5-三苯基吡嗪根) (二新戊醯基甲烷) 銦 (III) (簡稱 : [Ir(tppr)₂(dpm)]) 形成第二發光層 113b 。 另外 , 作為主體材料的 2mDBTPDBq-II 與 PCBA1BP 形成激態複合物 。

然後 , 在發光層 113 上形成厚度為 15nm 的 2mDBTPDBq-II 膜,再者形成厚度為 15nm 的由上述結構式 (vii) 表示的紅啡啉 (簡稱 : BPhen) 膜 , 從而形成電子傳輸層 114 。

在形成電子傳輸層 114 之後 , 以 1nm 的厚度蒸鍍氟化鋰 (LiF) 形成電子注入層 115 。

最後作為用作陰極的第二電極 102 以 200nm 的厚度蒸鍍鋁膜 , 從而製造本實施例的發光元件 1 。

另外 , 在上述蒸鍍過程中 , 作為蒸鍍都採用電阻加熱法 。

表 1 示出藉由上述步驟來得到的發光元件 1 的元件結構 。

[表 1]

電洞 注入層	電洞 傳輸層	發光層		電子傳輸層		電子 注入層
		第一發光層	第二發光層			
DBT3P-II: MoO _x 4:2 33 nm	BPAFLP 20 nm	2mDBTPDBq-II: PCBA1BP: Ir(tBuppm) ₂ (acac) 0.8:0.2:0.05 20 nm	2mDBTPDBq-II: Ir(tppr) ₂ (dpm) 1:0.06 20 nm	2mDBTPDBq-II 15 nm	Bphen 15 nm	LiF 1 nm

在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 1 暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 1 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）。

在發光元件 1 中，作為第一磷光化合物 113Da 使用 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ，作為第二磷光化合物 113Db 使用 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 。在此說明 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 PL 光譜與 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的關係。另外， λ 表示波長， $\varepsilon(\lambda)$ 表示莫耳吸光係數。

首先，圖 20A 示出 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 和 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。在莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 中的長波長一側的區域中不存在明顯的峰值，而在 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線中存在 543nm 處具有極大值的峰值（高峰）。該峰值是 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的三重態 MLCT 吸收，藉由使該峰值與第一磷光化合物 113Da 的發光峰值重疊，可以大幅度地提高能量轉移的效果。

圖 20B 示出作為第一磷光化合物 113Da 的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 和表示作為第二磷光化合物 113Db 的 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。由該曲線可知， $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 的包括峰值的高峰與 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的包括最長波長一側的極大值的高峰大部分重疊，並且這兩種化合物是能夠高效地進行能量轉移的組合。另外，作為第一磷光化合物 113Da 的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的發光峰值在於 546nm，作為第二磷

光化合物 113Db 的 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的表示 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的光譜中的長波長一側的極大值在於 543nm，兩者的差異是 3nm。546nm 相當於 2.27eV，543nm 相當於 2.28eV，兩者的差異是 0.01eV，即小於 0.2eV，因此，由該峰值位置可知能夠高效地進行能量轉移。

接著，圖 21A 示出作為第一磷光化合物 113Da 的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 和 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。在表示莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 的曲線中，長波長一側的峰值的強度比短波長一側的峰值的強度小，與此相比，在 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線中，在 494nm 處存在具有大強度的極大值。存在該極大值的峰值（高峰）是 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的三重態 MLCT 吸收，藉由使該峰值與能量施體的發光峰值重疊，可以大幅度地提高能量轉移的效果。

在此，在本實施例中的發光元件 1 中，作為第一主體材料的 2mDBTPDBq-II 和作為第一有機化合物的 PCBA1BP 形成激態複合物 113Ec，從該激態複合物 113Ec 到第一磷光化合物 113Da 供應能量。圖 23 是表示 2mDBTPDBq-II、PCBA1BP 以及它們的混合膜（2mDBTPDBq-II:PCBA1BP=0.8:0.2 的質量比）的 PL 光譜的圖，由該圖可知，2mDBTPDBq-II 和作為第一有機化合物的 PCBA1BP 形成激態複合物 113Ec。另外，圖 21B 示出該激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 和作為第一磷光化合物 113Da 的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的表示 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。由該曲線可知，激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 的包括峰值的高峰與

$[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的包括最長波長一側的極大值的高峰大部分重疊，並且這兩種化合物是能夠高效地進行能量轉移的組合。另外，激態複合物的 PL 光譜的峰值在於 519nm，作為第一磷光化合物 113Da 的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的表示 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的光譜中的長波長一側的極大值在於 494nm，兩者的差異是 25nm。當換算為能量時，519nm 相當於 2.39eV，494nm 相當於 2.51eV，兩者的差異是 0.12eV，即小於 0.2eV，因此，由該峰值位置可知能夠高效地進行能量轉移。

另外，由圖 23 可知，作為第一主體材料 113Ha 的 2mDBTPDBq-II 的 PL 光譜的峰值是 426nm，當換算為能量時，相當於 2.91eV。並且，作為第一有機化合物 113A 的 PCBA1BP 的 PL 光譜的峰值是 405nm，當換算為能量時，相當於 3.06eV。 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的表示 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的光譜中的長波長一側的極大值是 494nm，當換算為能量時，相當於 2.51eV。 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 與第一主體材料 113Ha 的 2mDBTPDBq-II 的差異是 0.4eV， $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 與第一有機化合物 113A 的 PCBA1BP 的差異是 0.55eV，即都具有 0.2eV 以上的能差，因此可知，從 2mDBTPDBq-II、PCBA1BP 到 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 不容易轉移能量。

另外，圖 22 示出激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 、 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 、 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$

的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。由圖 22 可知，利用激態複合物的 PL 光譜和 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重疊（極大值 A 附近）從激態複合物到 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ，並且利用 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 PL 光譜和 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重疊（極大值 B 附近）從 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 到 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 可以分步進行能量轉移。注意，也可以從激態複合物到作為第二磷光化合物的 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 直接進行能量轉移。這是因為如下緣故，即，由圖 22 可知，在 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的三重態 MLCT 吸收帶（極大值 B 附近）的短波長一側， $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 還與激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 重疊。

對該發光元件的元件特性進行測量。注意，在室溫（保持為 25°C 的氛圍）下進行測量。

圖 15 示出發光元件 1 的亮度-電流效率特性。在圖 15 中，橫軸表示亮度（ cd/m^2 ），縱軸表示電流效率（ cd/A ）。圖 16 示出電壓-亮度特性。在圖 16 中，橫軸表示電壓（V），縱軸表示亮度（ cd/m^2 ）。圖 17 示出亮度-外部量子效率特性。在圖 17 中，橫軸表示亮度（ cd/m^2 ），縱軸表示外部量子效率（%）。圖 18 示出亮度-功率效率特性。在圖 18 中，橫軸表示亮度（ cd/m^2 ），縱軸表示功率效率（ lm/W ）。

如上所述可知，發光元件 1 呈現良好的元件特性。尤其是，由圖 15、圖 17 以及圖 18 可知，發光元件 1 具有非常良好的發光效率，並且其外部量子效率在實用亮度

(1000 cd/m^2) 附近呈現 20%以上的高數值。並且，與此同樣，電流效率是 60cd/A 左右，功率效率是 60lm/W 左右，都是非常良好的數值。

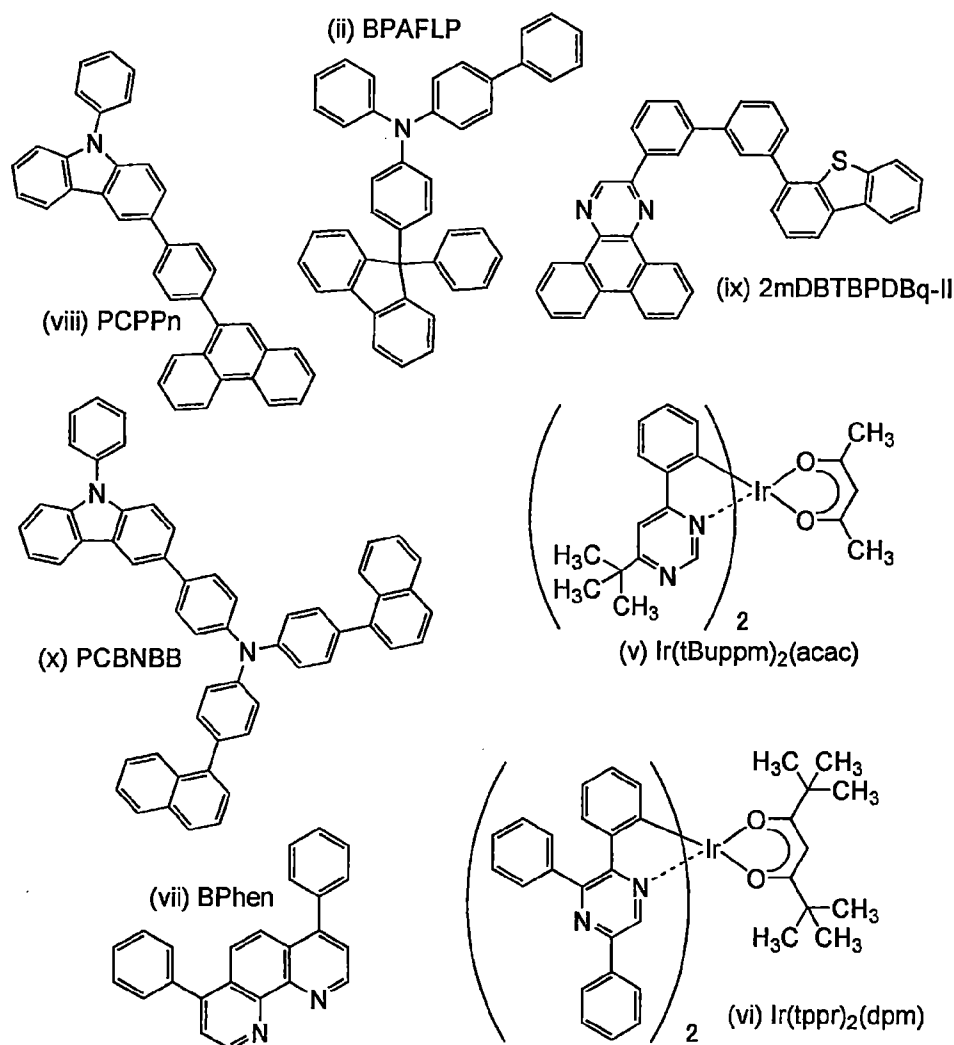
另外，圖 19 示出對發光元件 1 流過 0.1mA 的電流時的發光光譜。在圖 19 中，橫軸表示波長 (nm)，縱軸表示發光強度 (任意單位)。由圖 19 可知，發光元件 1 呈現平衡地包含來源於雙[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基- $\kappa\text{N}3$) 苯基- κC] (2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O,O'}$) 銱(III)) (簡稱： $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$) 的綠色的波長的光和來源於雙(2,3,5-三苯基吡嗪根) (二新戊醯基甲烷) 銱(III) (簡稱： $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$) 的紅色的波長的光的發光光譜。

如上所述可知，相當於本發明的一個方式的發光元件 1 具有良好的發光效率，並且可以平衡地得到來自兩種發光中心物質的光。

實施例 2

在本實施例中，說明使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的相當於本發明的一個方式的發光元件的製造方法及特性。以下示出本實施例所使用的有機化合物的結構式。

[化學式 3]



接著示出本實施例的發光元件的製造方法。

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物(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。

接著，作為為了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。

然後，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以 170℃ 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後對基板進行 30 分鐘左右的放冷。

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，並將壓力降低到 10^{-4} Pa 左右，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 (viii) 表示的 3-(4-(9-菲基)-苯基)-9-苯基-9H-咔唑 (簡稱：PCPPn) 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 33.3 nm，將 PCPPn 與氧化鉬的重量比調節為 1:0.5 (=PCPPn:氧化鉬)。另外，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。

接著，在電洞注入層 111 上形成由上述結構式 (ii) 表示的厚度為 20 nm 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。

再者，在電洞傳輸層 112 上以 0.8:0.2:0.06 (=2mDBTBPDq-II:PCBNBB:[Ir(tBuppm)₂(acac)]) 的重量比並以 20 nm 的厚度共蒸鍍由上述結構式 (ix) 表示的 2-[3'-(二苯並噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯並[f, h]喹喔啉 (簡稱：2mDBTBPDq-II)、由上述結構式 (x) 表示的 4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺 (簡稱：PCBNBB)、由上述結構式 (v) 表示的雙[2-(6-叔丁基-4-嘓啶基-κN3)苯基-κC](2,4-戊二酮根-κ²O, O') 鉍

(III)) (簡 稱 : $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$) 形 成 第 一 發 光 層 113a , 然 後 以 1:0.06 (=2mDBTBPDBq-II: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$) 的 重 量 比 並 以 20nm 的 厚 度 共 蒸 鍍 2mDBTBPDBq-II、由上述結構式 (vi) 表示的雙 (2,3,5-三 苯 基 吡 嗪 根) (二 新 戊 醯 基 甲 烷) 銱 (III) (簡 稱 : $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$) 形 成 第 二 發 光 層 113b。另外，作為主體材料的 2mDBTBPDBq-II 與 PCBNBB 形成激態複合物。

然 後 , 在 發 光 層 113 上 形 成 厚 度 為 15nm 的 2mDBTBPDBq-II 膜,再者形成厚度為 15nm 的由上述結構式 (vii) 表示的紅啡啉 (簡 稱 : BPhen) 膜 , 從 而 形 成 電 子 傳 輸 層 114。

在 形 成 電 子 傳 輸 層 114 之 後 , 以 1nm 的 厚 度 蒸 鍍 氟 化 鋰 (LiF) 形 成 電 子 注 入 層 115。

最 後 作 為 用 作 陰 極 的 第 二 電 極 102 以 200nm 的 厚 度 蒸 鍍 鋁 膜 , 從 而 製 造 本 實 施 例 的 發 光 元 件 2。

另 外 , 在 上 述 蒸 鍍 過 程 中 , 作 為 蒸 鍍 都 採 用 電 阻 加 熱 法。

表 2 示 出 藉 由 上 述 步 驟 來 得 到 的 發 光 元 件 2 的 元 件 結 構。

[表 2]

電洞 注入層	電洞 傳輸層	發光層		電子傳輸層		電子 注入層
		第一發光層	第二發光層			
PCPPn: MoO _x 4:2 33 nm	BPAFLP 20 nm	2mDBTBPDBq-II: PCBNBB: $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 0.8:0.2:0.06 20 nm	2mDBTBPDBq-II: $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$ 1:0.06 20 nm	2mDBTBPDBq-II 15 nm	Bphen 15 nm	LiF 1 nm

在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 2 暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 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）。

在發光元件 2 中，與發光元件 1 同樣，作為第一磷光化合物 113Da 使用 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ ，作為第二磷光化合物 113Db 使用 $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$ 。因此，關於 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 的 PL 光譜與 $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的關係，因為與發光元件 1 相同，所以參照實施例 1 的圖 20A 和圖 20B 的記載而省略其重複說明。由此可知，在發光元件 2 中，能夠高效地進行第一磷光化合物 113Da 與第二磷光化合物 113Db 之間的能量轉移。

對該發光元件的元件特性進行測量。注意，在室溫（保持為 25°C 的氛圍）下進行測量。

圖 24 示出發光元件 2 的亮度-電流效率特性。圖 25 示出電壓-亮度特性。圖 26 示出亮度-外部量子效率特性。圖 27 示出亮度-功率效率特性。

如上所述可知，發光元件 2 呈現良好的元件特性。尤其是，由圖 24、圖 26 以及圖 27 可知，發光元件 2 具有非常良好的發光效率，並且其外部量子效率在實用亮度（ 1000 cd/m^2 ）附近呈現 20% 以上的高數值。並且，與此同樣，電流效率是 60 cd/A 左右，功率效率是 60 lm/W 左右，都是非常良好的數值。

另外，圖 28 示出對發光元件 2 流過 0.1 mA 的電流時

的發光光譜。由圖 28 可知，發光元件 2 呈現平衡地包含來源於雙[2-(6-叔丁基-4-嘓啶基- κ N3) 苯基- κ C](2,4-戊二酮根- κ^2 O,O') 銱(III)) (簡稱：[Ir(tBuppm)₂(acac)]) 的綠色的波長的光和來源於雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊醯基甲烷)銱(III) (簡稱：[Ir(tppr)₂(dpm)]) 的紅色的波長的光的發光光譜。

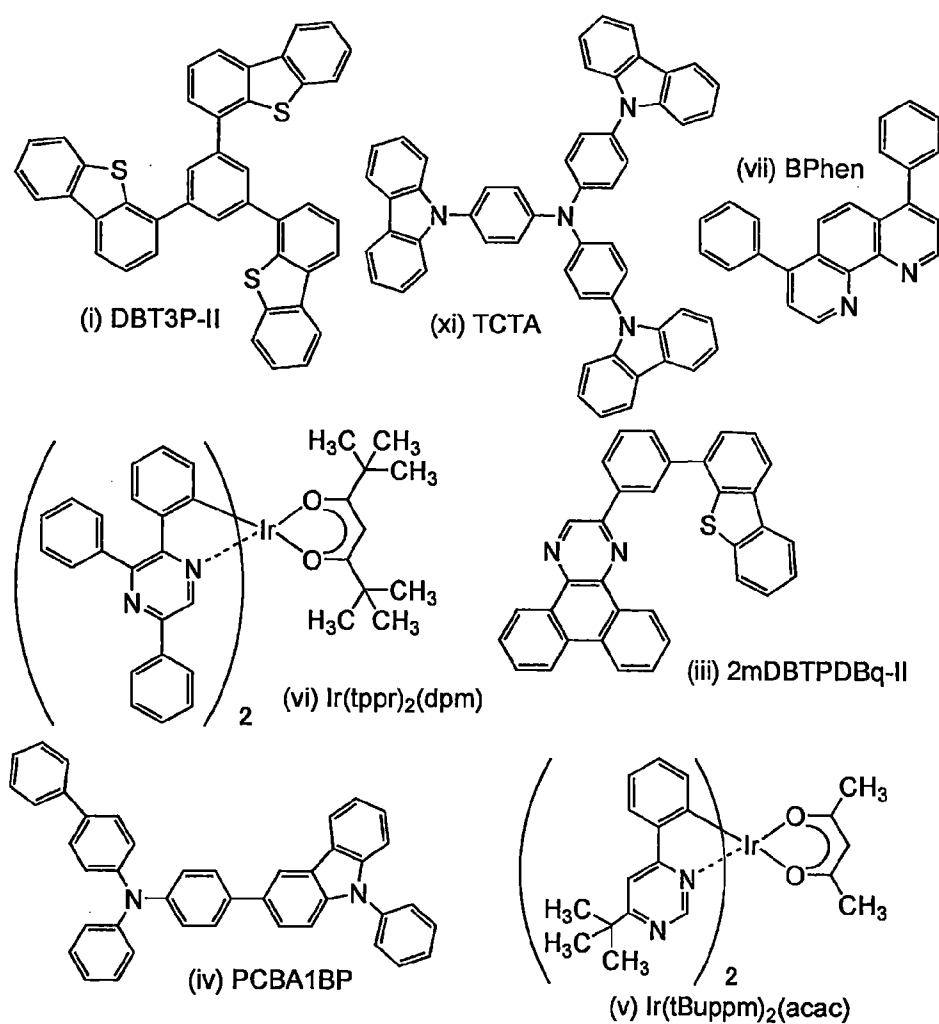
另外，圖 29 示出在初始亮度為 5000 cd/m² 且電流密度恆定的條件下以初始亮度為 100%進行可靠性測試的結果。由圖 29 可知，發光元件 2 即使在初始亮度為 5000 cd/m² 的可靠性測試中，也在經過 70 個小時後保持初始亮度的 96%，因此是可靠性良好的發光元件。

如上所述可知，相當於本發明的一個方式的發光元件 2 具有良好的發光效率，可以平衡地得到來自兩種發光中心物質的光，並且具有良好的可靠性及長使用壽命。

實施例 3

在本實施例中，說明使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的相當於本發明的一個方式的發光元件的製造方法及特性。以下示出本實施例所使用的有機化合物的結構式。

[化學式 4]



接著示出本實施例的發光元件的製造方法。

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物(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。

接著，作為為了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。

然後，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以 170°C 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後對基板進行 30 分鐘左右的放冷。

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，並將壓力降低到 10^{-4}Pa 左右，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)。另外，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。

接著，在電洞注入層 111 上形成由上述結構式 (xi) 表示的厚度為 10nm 的 4,4',4''-三(吡啶-9-基)三苯基胺(簡稱：TCTA)膜，由此形成電洞傳輸層 112。

再者，在電洞傳輸層 112 上以 1:0.1 (=TCTA:Ir(tppr)₂(dpm)) 的重量比並以 10nm 的厚度共蒸鍍 TCTA 和由上述結構式 (vi) 表示的雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊醯基甲烷)銱(III)(簡稱：[Ir(tppr)₂(dpm)]) 形成第二發光層 113b，然後以 0.8:0.2:0.05 (=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:Ir(tBuppm)₂(acac)) 的重量比並以 5nm 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]喹喔啉(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)以及由上述結構式(v)表示的雙[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: $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$) 形成第一發光層 113a。另外,作為主體材料的 2mDBTPDBq-II 與 PCBA1BP 形成激態複合物。

然後,在發光層 113 上以 1:0.05 (=2mDBTPDBq-II: $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$) 的重量比並以 20nm 的厚度共蒸鍍 2mDBTPDBq-II 和 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$,形成厚度為 10nm 的 2mDBTPDBq-II 膜,並且形成厚度為 20nm 的由上述結構式(vii)表示的紅啡啉(簡稱: BPhen)膜,從而形成電子傳輸層 114。

在形成電子傳輸層 114 之後,以 1nm 的厚度蒸鍍氟化鋰(LiF)形成電子注入層 115。

最後作為用作陰極的第二電極 102 以 200nm 的厚度蒸鍍鋁膜,從而製造本實施例的發光元件 3。

另外,在上述蒸鍍過程中,作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

表 3 示出藉由上述步驟來得到的發光元件 3 的元件結構。發光元件 3 是作為電洞傳輸層的材料及第二主體材料使用與發光元件 1 及發光元件 2 不同的材料而製造的發光元件。另外,在發光元件 3 中,第一發光層及第二發光層對電極的位置和電子傳輸層的結構也與發光元件 1 及發光元件 2 不同。

[表 3]

電洞 注入層	電洞 傳輸層	發光層		電子傳輸層			電子 注入層
		第二發光層	第一發光層				
DBT3P-II: MoO ₃ 42 40 nm	TCTA 10 nm	TCTA: Ir(tppr) ₂ (dpm) 1:0.1 10 nm	2mDBTPDBq-II: PCBA1BP: Ir(tBuppm) ₂ (acac) 0.8:0.2:0.05 5 nm	2mDBTPDBq-II: Ir(tBuppm) ₂ (acac) 0.8:0.05 20 nm	2mDBTPDBq-II 10 nm	Bphen 20 nm	LiF 1 nm

在氮氬圍的手套箱中，以不使發光元件 3 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℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理）。

在發光元件 3 中，與發光元件 1 同樣，作為第一磷光化合物 113Da 使用 Ir(tBuppm)₂(acac)，作為第二磷光化合物 113Db 使用 Ir(tppr)₂(dpm)。因此，關於 Ir(tBuppm)₂(acac) 的 PL 光譜與 Ir(tppr)₂(dpm) 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的關係，因為與發光元件 1 相同，所以參照實施例 1 的圖 20A 和圖 20B 的記載而省略其重複說明。由此可知，在發光元件 3 中，能夠高效地進行第一磷光化合物 113Da 與第二磷光化合物 113Db 之間的能量轉移。

對該發光元件的元件特性進行測量。注意，在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行測量。

圖 30 示出發光元件 3 的亮度-電流效率特性。圖 31 示出電壓-亮度特性。圖 32 示出亮度-外部量子效率特性。圖 33 示出亮度-功率效率特性。

如上所述可知，發光元件 3 呈現良好的元件特性。尤其是，由圖 30、圖 32 以及圖 33 可知，發光元件 3 具有

非常良好的發光效率，並且其外部量子效率在實用亮度（ 1000 cd/m^2 ）附近呈現 20%以上的高數值。並且，與此同樣，電流效率是 60cd/A 左右，功率效率是 70lm/W 左右，都是非常良好的數值。

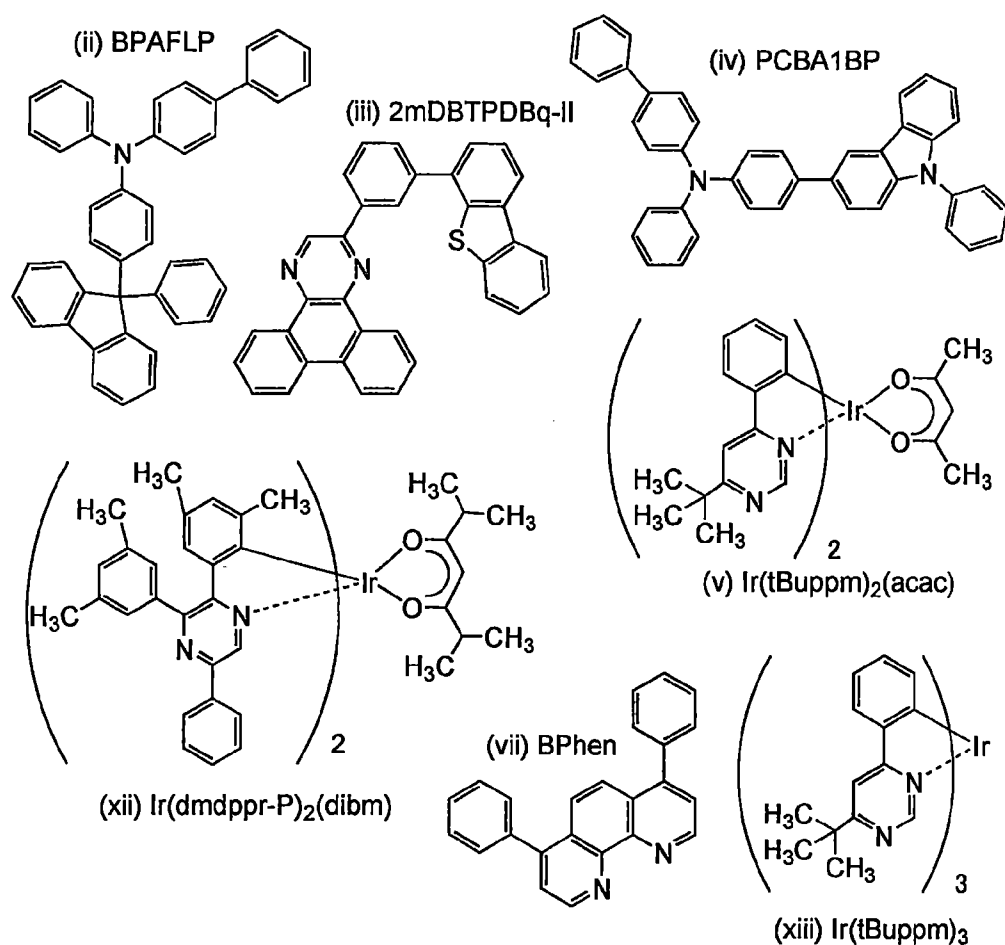
另外，圖 34 示出對發光元件 3 流過 0.1mA 的電流時的發光光譜。由圖 34 可知，發光元件 3 呈現平衡地包含來源於雙[2-（6-叔丁基-4-嘧啶基- $\kappa\text{N}3$ ）苯基- κC]（2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ ）銱(III)（簡稱： $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ ）的綠色的波長的光和來源於雙（2,3,5-三苯基吡嗪根）（二新戊醯基甲烷）銱（III）（簡稱： $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$ ）的紅色的波長的光的發光光譜。

如上所述可知，相當於本發明的一個方式的發光元件 3 雖然使用與發光元件 1 及發光元件 2 不同的主體材料，但是具有良好的發光效率，可以平衡地得到來自兩種發光中心物質的光。

實施例 4

在本實施例中，說明使用實施方式 1 及實施方式 2 所記載的相當於本發明的一個方式的發光元件的製造方法及特性。以下示出本實施例所使用的有機化合物的結構式。

[化學式 5]



接著示出本實施例的發光元件（發光元件 4 及發光元件 5）的製造方法。

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物(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。

接著，作為為了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。

然後，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以 170°C 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後對基板進行 30 分鐘左右的放冷。

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，並將壓力降低到 10^{-4}Pa 左右，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 (ii) 表示的 4-苯基-4'-(9-苯基第-9-基)三苯胺(簡稱：BPAFLP)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 33.3nm ，將 BPAFLP 與氧化鋁的重量比調節為 1:0.5 (=BPAFLP:氧化鋁)。另外，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。

接著，在電洞注入層 111 上形成厚度為 20nm 的 BPAFLP 膜來形成電洞傳輸層 112。

再者，在電洞傳輸層 112 上以 0.8:0.2:0.06 (=2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:Ir(tBuppm)₂(acac)) 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]喹喔啉(簡稱：2mDBTBPDBq-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)以及由上述結構式 (v) 表示的雙[2-(6-叔丁基-4-嘓啶基- $\kappa\text{N}3$)苯基- κC](2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O}, \text{O}'$)銱(III)(簡稱：Ir(tBuppm)₂(acac)) 形成第一發光層 113a，然後以 1:0.06

(=2mDBTPDBq-II:[Ir(dmdppr-P)₂(dibm)]) 的重量比並以 20nm 的厚度共蒸鍍 2mDBTPDBq-II 和由上述結構式 (xii) 表示的雙{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基- κ N]苯基- κ C}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮- κ^2 O,O'')銱(III) (簡稱:[Ir(dmdppr-P)₂(dibm)]) 形成第二發光層 113b。另外，作為主體材料的 2mDBTPDBq-II 與 PCBA1BP 形成激態複合物。

然後，在發光層 113 上形成厚度為 15nm 的 2mDBTPDBq-II 膜，再者形成厚度為 15nm 的由上述結構式 (vii) 表示的紅啡啉 (簡稱:BPhen) 膜，從而形成電子傳輸層 114。

在形成電子傳輸層 114 之後，以 1nm 的厚度蒸鍍氟化鋰 (LiF) 形成電子注入層 115。

最後作為用作陰極的第二電極 102 以 200nm 的厚度蒸鍍鋁膜，從而製造本實施例的發光元件 4。

關於發光元件 5 的製造方法，除了使用由上述結構式 (xiii) 表示的三[2-(6-叔丁基-4-嘧啶基- κ N3)苯基- κ C]銱(III) (簡稱:Ir(tBuppm)₃) 代替第一發光層 113a 的 Ir(tBuppm)₂(acac)以外，與發光元件 4 相同。

另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

表 4 及表 5 分別示出藉由上述步驟來得到的發光元件 4 及發光元件 5 的元件結構。

[表 4]

電洞 注入層	電洞 傳輸層	發光層		電子傳輸層		電子 注入層
		第一發光層	第二發光層			
BPAFLP: MoO _x 4:2 33 nm	BPAFLP 20 nm	2mDBTPDBq-II: PCBA1BP: Ir(tBuppm) ₂ (acac) 0.8:0.2:0.06 20 nm	2mDBTPDBq-II: Ir(dmdppr-P) ₂ (dibm) 1:0.06 20 nm	2mDBTPDBq-II 15 nm	Bphen 15 nm	LiF 1 nm

[表 5]

電洞 注入層	電洞 傳輸層	發光層		電子傳輸層		電子 注入層
		第一發光層	第二發光層			
BPAFLP: MoO _x 4:2 33 nm	BPAFLP 20 nm	2mDBTPDBq-II: PCBA1BP: Ir(tBuppm) ₃ 0.8:0.2:0.06 20 nm	2mDBTPDBq-II: Ir(dmdppr-P) ₂ (dibm) 1:0.06 20 nm	2mDBTPDBq-II 15 nm	Bphen 15 nm	LiF 1 nm

在氮氬圍的手套箱中，以不使發光元件 4 及發光元件 5 暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 4 及發光元件 5 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）。

在發光元件 4 中，作為第一磷光化合物 113Da 使用 Ir(tBuppm)₂(acac)，作為第二磷光化合物 113Db 使用 [Ir(dmdppr-P)₂(dibm)]。在此說明 Ir(tBuppm)₂(acac)的 PL 光譜與 [Ir(dmdppr-P)₂(dibm)]的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的關係。另外， λ 表示波長， $\epsilon(\lambda)$ 表示莫耳吸光係數。

首先，圖 45A 示出作為發光元件 4 的第二磷光化合物 113Db 的 [Ir(dmdppr-P)₂(dibm)]的莫耳吸光係數 $\epsilon(\lambda)$ 和 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。在莫耳吸光係數 $\epsilon(\lambda)$ 中不存在長波長一側

的區域中的明顯的峰值，而在 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線中存在包括 509nm 的極大值及具有 550nm、605nm 附近的肩峰（shoulder peak）的峰值（高峰）。該峰值是 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的三重態 MLCT 吸收，藉由使該峰值與第一磷光化合物 113Da 的發光峰值重疊，可以大幅度地提高能量轉移的效果。

圖 45B 示出作為發光元件 4 的第一磷光化合物 113Da 的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 和表示作為第二磷光化合物 113Db 的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。由該曲線可知， $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 的包括峰值的高峰與 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的包括最長波長一側的極大值的高峰大部分重疊，並且這兩種化合物是能夠高效地進行能量轉移的組合。另外，作為第一磷光化合物 113Da 的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的發光峰值在於 546nm，作為第二磷光化合物 113Db 的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的表示 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的光譜中的長波長一側的極大值在於 509nm，兩者的差異是 37nm。546nm 相當於 2.27eV，509nm 相當於 2.44eV，兩者的差異是 0.17eV，即小於 0.2eV，因此，由該峰值位置可知能夠高效地進行能量轉移。注意，雖然 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的表示 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的光譜中的長波長一側的極大（極大值 C）與 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的發光光譜 $F(\lambda)$ 幾乎不重疊，但是 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的表示 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 的光譜中的包括極大值 C 的高峰具有在長波長一側很寬的形狀，該長波長一側的

光譜與 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的發光光譜 $F(\lambda)$ 具有很大的重疊。因此，可以實現非常良好的能量轉移。

在發光元件 4 中，作為第一主體材料的 2mDBTPDBq-II 和作為第一有機化合物的 PCBA1BP 形成激態複合物，高效地向作為第一磷光化合物 113Da 的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 轉移能量。它們的關係與發光元件 1 同樣，因為在實施例 1 中已詳細說明，所以參照實施例 1 的記載而省略其重複說明。

另外，圖 46 示出激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 、 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 、 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。由此可知，利用激態複合物的 PL 光譜和 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重疊（極大值 A 附近）從激態複合物到 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ，並且利用 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的 PL 光譜和 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重疊（從極大值 C 到 650nm 附近）從 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 到 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 可以分步進行能量轉移。注意，也可以從激態複合物到作為第二磷光化合物的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 直接進行能量轉移。這是因為如下緣故，即，由圖 46 可知，在 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的三重態 MLCT 吸收帶（極大值 C 附近）， $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 還與激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 重疊。

在發光元件 5 中，作為第一磷光化合物 113Da 使用

$\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ ，作為第二磷光化合物 113Db 使用

$[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 。在此說明 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的 PL 光譜與 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的關係。另外， λ 表示波長， $\varepsilon(\lambda)$ 表示莫耳吸光係數。

首先，圖 47A 示出作為發光元件 5 的第二磷光化合物 113Db 的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 和 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。在莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 中不存在長波長一側的區域中的明顯的峰值，而在 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線中存在包括 509nm 的極大值及具有 550nm、605nm 附近的肩峰的峰值（高峰）。該峰值是 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的三重態 MLCT 吸收，藉由使該峰值與第一磷光化合物 113Da 的發光峰值重疊，可以大幅度地提高能量轉移的效果。

圖 47B 示出作為發光元件 5 的第一磷光化合物 113Da 的 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 和表示作為第二磷光化合物 113Db 的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。由該曲線可知， $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 的包括峰值的高峰與 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的包括最長波長一側的極大值的高峰大部分重疊，並且這兩種化合物是能夠高效地進行能量轉移的組合。另外，作為第一磷光化合物 113Da 的 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的發光峰值在於 540nm，作為第二磷光化合物 113Db 的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的表示 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的光譜中的長波長一側的極大值在於 509nm，兩者的差異是 31nm。540nm 相當於 2.30eV，509nm 相當於 2.44eV，兩者的差異是 0.14eV，即小於 0.2eV，因此，由該峰值位置可知能夠

高效地進行能量轉移。注意，雖然 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的表示 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的光譜中的長波長一側的極大（極大值 C）與 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的發光光譜 $F(\lambda)$ 幾乎不重疊，但是 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的表示 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的光譜中的包括極大值 C 的高峰具有在長波長一側很寬的形狀，該長波長一側的光譜與 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的發光光譜 $F(\lambda)$ 大部分重疊。因此，可以實現非常良好的能量轉移。

接著，圖 48A 示出作為發光元件 5 的第一磷光化合物 113Da 的 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的莫耳吸光係數 $\varepsilon(\lambda)$ 和 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。在 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線中，在 409nm 及 465nm 處存在具有大強度的極大值，並且在 494nm 處存在具有肩峰的峰值（高峰）。該峰值（高峰）是 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的三重態 MLCT 吸收，藉由使該峰值與能量施體的發光峰值重疊，可以大幅度地提高能量轉移的效果。

在此，在本實施例中的發光元件 5 中，作為第一主體材料的 2mDBTPDBq-II 和作為第一有機化合物的 PCBA1BP 形成激態複合物 113Ec，從該激態複合物 113Ec 到第一磷光化合物 113Da 供應能量。圖 23 是表示 2mDBTPDBq-II、PCBA1BP 以及它們的混合膜（2mDBTPDBq-II:PCBA1BP=0.8:0.2 的質量比）的 PL 光譜的圖，由該圖可知，2mDBTPDBq-II 和作為第一有機化合物的 PCBA1BP 形成激態複合物 113Ec。另外，圖 48B 示出該激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 和作為第一磷光化合物 113Da 的 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的表示 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。由該曲線可

知，激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 的包括峰值的高峰的一半強度的波長範圍的一部分與 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的包括最長波長一側的極大值的高峰的一半強度的波長範圍的一部分重疊，並且這兩種化合物是能夠高效地進行能量轉移的組合。

另外，圖 49 示出激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 、 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 、 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 、 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 、 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的曲線。由圖此可知，利用激態複合物的 PL 光譜和 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重疊（極大值 A 附近）從激態複合物到 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ ，並且利用 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 的 PL 光譜和 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 的重疊（從極大值 C 到 650nm 附近）從 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$ 到 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 可以分步進行能量轉移。注意，也可以從激態複合物到作為第二磷光化合物的 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 直接進行能量轉移。這是因為如下緣故，即，由圖 49 可知，在 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的三重態 MLCT 吸收帶（極大值 C 附近）， $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 還與激態複合物的 PL 光譜 $F(\lambda)$ 重疊。

對這些發光元件的元件特性進行測量。注意，在室溫（保持為 25°C 的氛圍）下進行測量。

圖 35 示出發光元件 4 的亮度-電流效率特性。圖 36 示出電壓-亮度特性。圖 37 示出亮度-外部量子效率特性。圖 38 示出亮度-功率效率特性。

如上所述可知，發光元件 4 呈現良好的元件特性。尤其是，由圖 35、圖 37 以及圖 38 可知，發光元件 4 具有非常良好的發光效率，並且其外部量子效率在實用亮度（ 1000 cd/m^2 ）附近呈現 20%以上的高數值。並且，與此同樣，電流效率是 50cd/A 左右，功率效率是 50lm/W 左右，都是非常良好的數值。

另外，圖 39 示出對發光元件 4 流過 0.1mA 的電流時的發光光譜。在圖 39 中，橫軸表示波長（ nm ），縱軸表示發光強度（任意單位）。由圖 39 可知，發光元件 4 呈現平衡地包含來源於 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 的綠色的波長的光和來源於 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的紅色的波長的光的發光光譜。

圖 40 示出發光元件 5 的亮度-電流效率特性。圖 41 示出電壓-亮度特性。圖 42 示出亮度-外部量子效率特性。圖 43 示出亮度-功率效率特性。

如上所述可知，發光元件 5 呈現良好的元件特性。尤其是，由圖 40、圖 42 以及圖 43 可知，發光元件 5 具有非常良好的發光效率，並且其外部量子效率在實用亮度（ 1000 cd/m^2 ）附近呈現 25%左右的高數值。並且，與此同樣，電流效率是 65cd/A 左右，功率效率是 70lm/W 左右，都是非常良好的數值。

另外，圖 44 示出對發光元件 5 流過 0.1mA 的電流時的發光光譜。在圖 44 中，橫軸表示波長（ nm ），縱軸表示發光強度（任意單位）。由圖 44 可知，發光元件 5 呈

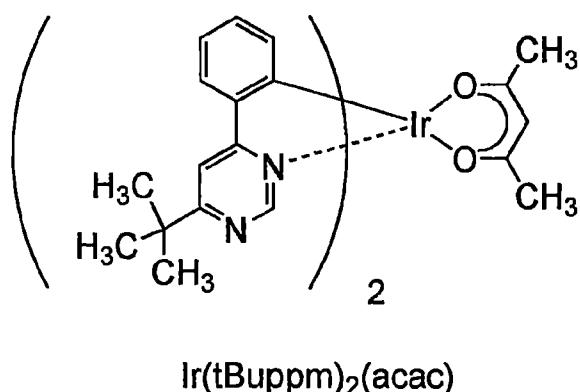
現平衡地包含來源於 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 的綠色的波長的光和來源於 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的紅色的波長的光的發光光譜。

如上所述可知，相當於本發明的一個方式的發光元件 4 及發光元件 5 具有良好的發光效率，並且可以平衡地得到來自兩種發光中心物質的光。

(參考例 1)

以下示出在上述實施方式中使用的有機金屬錯合物的雙[2-(6-叔丁基-4-嘓啶基- $\kappa\text{N}3$)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。並且，以下示出 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的結構。

[化學式 6]

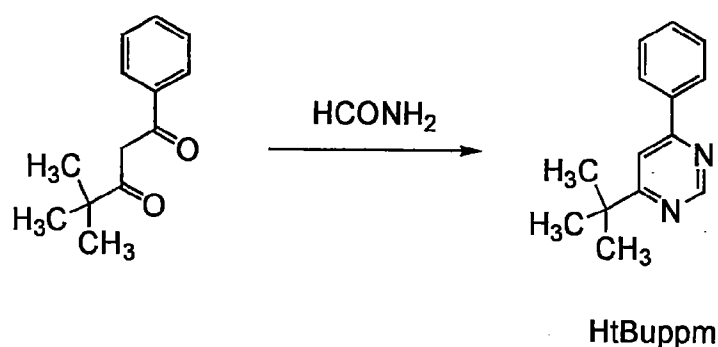


<步驟 1：4-叔丁基-6-苯基嘓啶(簡稱：HtBuppm)的合成>

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、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精製所得到的殘渣，得到了嘧啶衍生物 HtBuppm（無色油狀物，產率為 14%）。以下示出步驟 1 的合成方案。

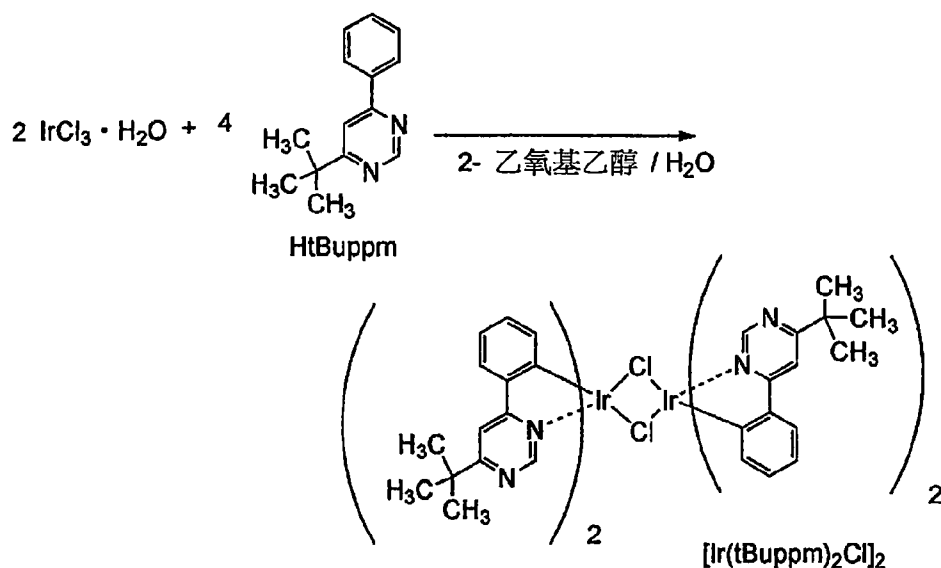
[化學式 7]



<步驟 2：二- μ -氯-雙[雙（6-叔丁基-4-苯基嘧啶根）銦（III）]（簡稱：[Ir(tBuppm)₂Cl]₂）的合成>

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 的氯化銦水合物（IrCl₃·H₂O），並對燒瓶內進行氬置換。然後，照射 1 小時的微波（2.45GHz，100W）來使其起反應。在蒸餾去除溶劑之後，使用乙醇抽濾所得到的殘渣並進行洗滌，而得到雙核錯合物 [Ir(tBuppm)₂Cl]₂（黃綠色粉末，產率為 73%）。以下示出步驟 2 的合成方案。

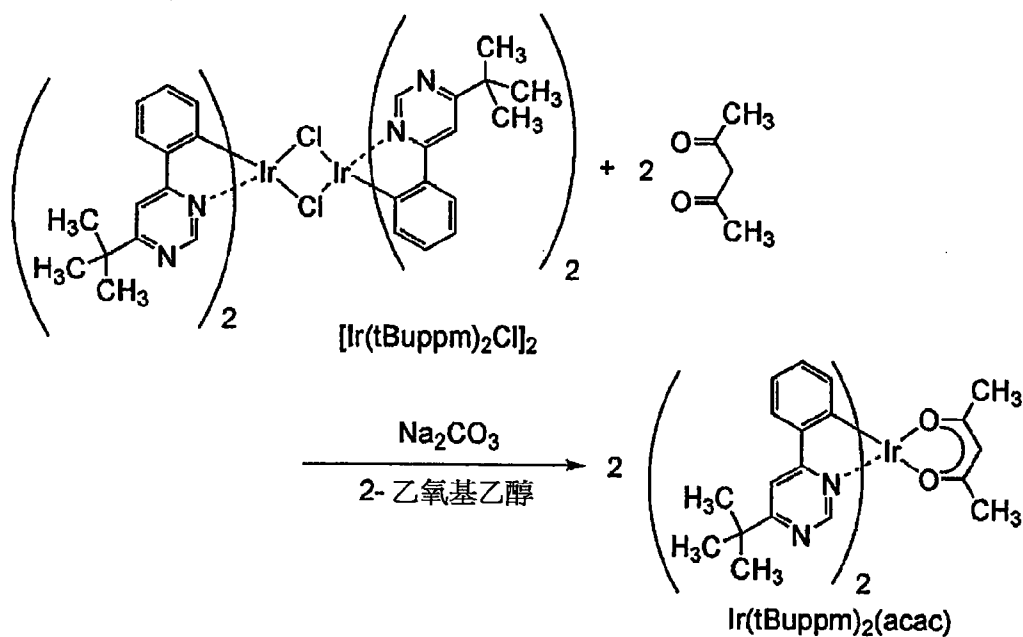
[化學式 8]



<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>

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 得到的雙核錯合物的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$ 、0.36g 的乙醯丙酮及 1.27g 的碳酸鈉，並對燒瓶內部進行氬置換。然後，照射 60 分鐘的微波（2.45GHz，120W），來使其起反應。蒸餾去除溶劑，使用乙醇抽濾所得到的殘渣，並使用水、乙醇對該殘渣進行洗滌。使所得到的固體溶解於二氯甲基，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。藉由使用二氯甲基和己烷的混合溶劑對蒸餾去除溶劑來得到的固體進行再結晶，得到了目的物的黃色粉末（產率為 68%）。以下示出步驟 3 的合成方案。

[化學式 9]



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了有機金屬錯合物 $\text{Ir(tBuppm)}_2(\text{acac})$ 。

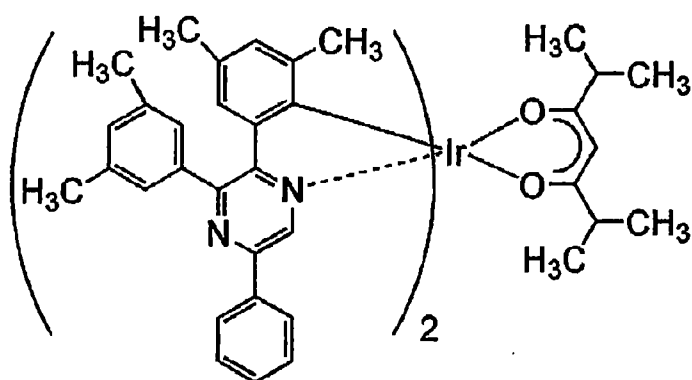
^1H NMR. δ (CDCl_3) : 1.50 (s, 18H) , 1.79 (s, 6H) , 5.26 (s, 1H) , 6.33 (d, 2H) , 6.77 (t, 2H) , 6.85 (t, 2H) , 7.70 (d, 2H) , 7.76 (s, 2H) , 9.02 (s, 2H) 。

(參考例 2)

在本參考例中，在上述實施例中使用的有機金屬銱錯合物的雙 {4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基- κN]苯基- κC } (2,6-二甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2\text{O,O''}$) 銱(III) (簡稱： $[\text{Ir(dmdppr-P)}_2(\text{dibm})]$) 的合成方法。並

且，以下示出 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ 的結構。

[化學式 10]



$[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$

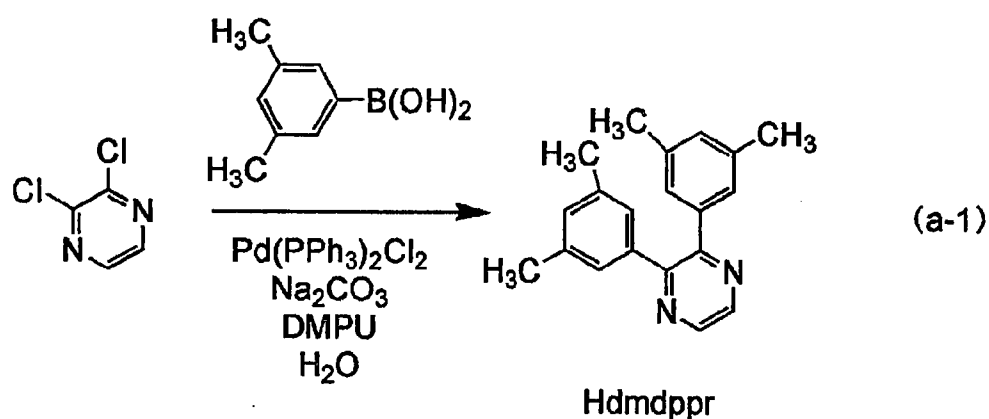
<步驟 1：2,3-雙（3,5-二甲基苯基）吡嗪（簡稱：Hdmdppr）的合成>

首先，在裝有回流管的茄形燒瓶中放入 5.00g 的 2,3-二氯吡嗪、10.23g 的 3,5-二甲基苯硼酸、7.19g 的碳酸鈉、0.29g 的雙(三苯基膦)二氯化鈣(II) ($\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$)、20mL 的水以及 20mL 的乙腈，對內部進行氬置換。對該反應容器照射 60 分鐘的微波（2.45GHz，100W）來進行加熱。在此，在燒瓶中還放入 2.55g 的 3,5-二甲基苯硼酸、1.80g 的碳酸鈉、0.070g 的 $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$ 、5mL 的水、5mL 的乙腈，再次照射 60 分鐘的微波（2.45GHz，100W）來進行加熱。

然後，在該溶液中加入水，使用二氯甲烷萃取有機層。使用飽和碳酸氫鈉水溶液、水、飽和食鹽水對所得到的有機層進行洗滌且使用硫酸鎂乾燥。過濾乾燥之後的溶液。

在蒸餾而去除該溶液的溶劑之後，利用己烷：乙酸乙酯=5：1（體積比）的展開溶劑的快速管柱層析法精煉所得到的殘渣。利用二氯甲烷：乙酸乙酯=10：1（體積比）的展開溶劑的快速管柱層析法精煉在蒸餾而去除溶劑之後得到的固體，而得到目的物的吡嗪衍生物 Hdmdppr（簡稱）（白色粉末，產率為 44%）。此外，使用微波合成裝置（CEM 公司製造，Discover）照射微波。以下述（a-1）示出步驟 1 的合成方案。

[化學式 11]

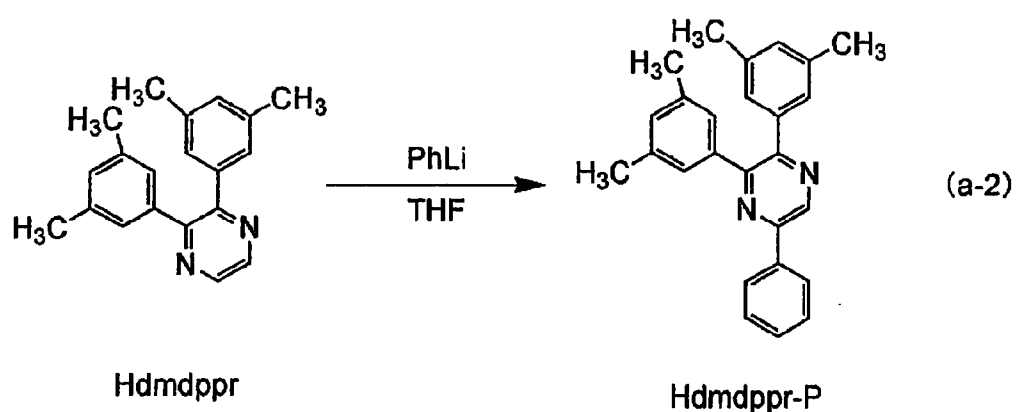


<步驟 2：2,3-雙(3,5-二甲基苯基)-5-苯基吡嗪（簡稱：Hdmdppr-P）的合成>

首先，在三頸燒瓶中放入 4.28g 的藉由上述步驟 1 得到的 Hdmdppr（簡稱）和 80mL 的 dryTHF，對內部進行氮置換。在用冰冷卻燒瓶之後，對該燒瓶滴加 9.5mL 的苯基鋰（1.9M 丁醚溶液），並且在室溫下攪拌混合物 23.5 小時。將反應溶液注入水中，並利用氯仿萃取有機層。使用水和飽和食鹽水對所得到的有機層進行洗滌且利用硫酸

鎂乾燥。對所得到的混合物添加氧化錳，攪拌該混合物 30 分鐘。然後，過濾溶液，蒸餾而去除溶劑。利用以二氯甲烷為展開溶劑的矽膠柱色譜法精煉所得到的殘渣，而得到目的物的吡嗪衍生物 Hdmdppr-P（簡稱）（橙色油，產率為 26%）。以下述（a-2）示出步驟 2 的合成方案。

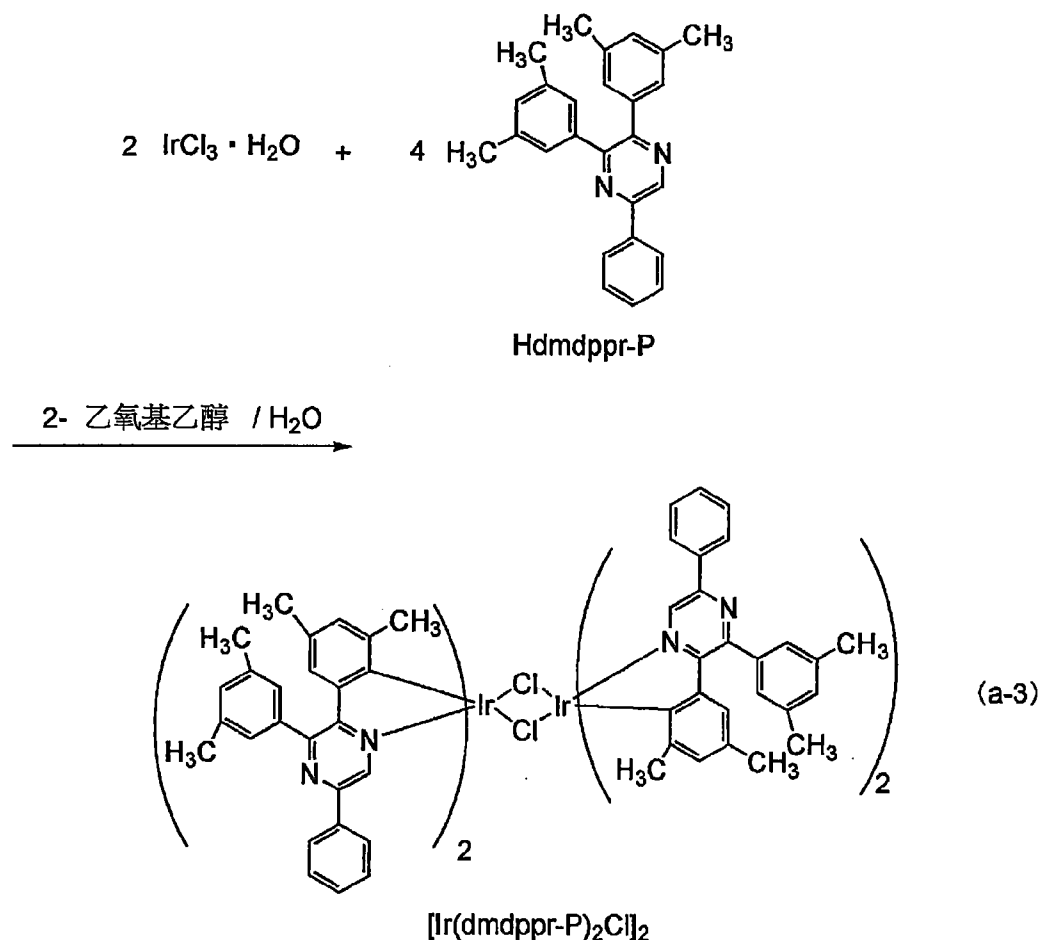
[化學式 12]



<步驟 3：二- μ -氯-四{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基- κ N]苯基- κ C}二銻(III)（簡稱： $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2\text{Cl}]_2$ ）的合成>

接著，在裝有回流管的茄形燒瓶中放入 15mL 的 2-乙氧基乙醇、5mL 的水、1.40g 的藉由上述步驟 2 得到的 Hdmdppr-P（簡稱）以及 0.51g 的氯化銦水合物（ $\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）（西格瑪奧德里奇公司製造），對內部進行氬置換。照射 1 小時的微波（2.45GHz，100W）來進行反應。在蒸餾而去除溶劑之後，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 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2\text{Cl}]_2$ （簡稱）（紅褐色粉末，產率為 58%）。以下述（a-3）示出步驟 3 的合成方案。

[化學式 13]

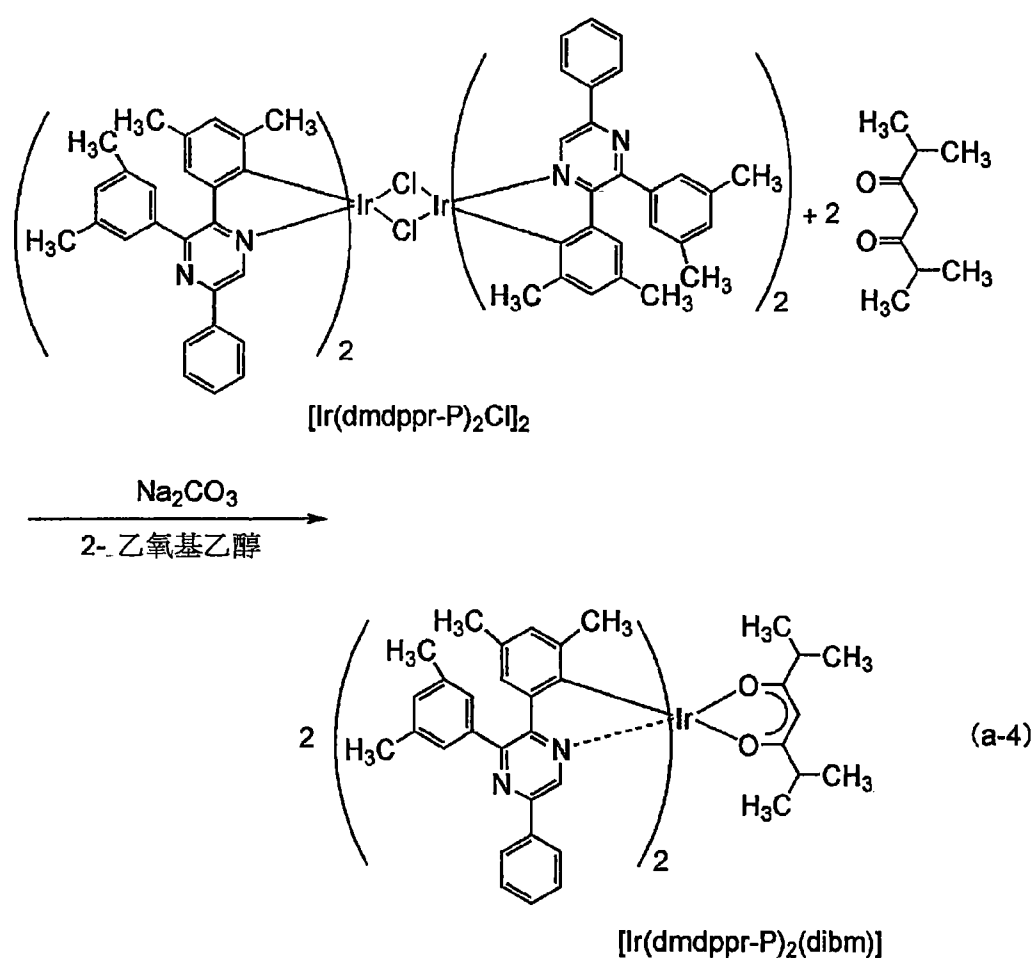


<步驟 4：雙{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮-κ²O,O'')鉱(III)（簡稱：[Ir(dmdppr-P)₂(dibm)]）的合成>

並且，在裝有回流管的茄形燒瓶中放入 30mL 的 2-乙氧基乙醇、0.94g 的藉由上述步驟 3 得到的雙核錯合物 [Ir(dmdppr-P)₂Cl]₂、0.23g 的二異丁鹽甲基（簡稱：Hdibm）以及 0.52g 的碳酸鈉，對內部進行氬置換。然後，照射 60 分鐘的微波（2.45GHz，120W）來進行加熱。在蒸餾而去除溶劑之後，使用乙醇抽濾所得到的殘

渣。藉由使用水、乙醇洗滌所得到的固體並使用二氯甲烷和乙醇的混合溶劑使該固體再結晶，得到本發明的一個方式的有機金屬錯合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ （簡稱）作為深紅色粉末（產率為 75%）。以下述（a-4）示出步驟 4 的合成方案。

[化學式 14]



此外，以下示出利用核磁共振法（ $^1\text{H-NMR}$ ）分析藉由上述合成方法得到的深紅色粉末的結果。從該結果可知，在本合成例中得到了有機金屬錯合物 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ （簡稱）。

$^1\text{H-NMR}.\delta(\text{CDCl}_3)$: 0.79(d , 6H) , 0.96(d,6H) ,

1.41(s,6H) , 1.96(s,6H) , 2.24-2.28(m,2H) , 2.41(s,12H) ,
5.08(s,1H) , 6.46(s,2H) , 6.82(s,2H) , 7.18(s,2H) , 7.39-
7.50(m,10H) , 8.03(d,4H),8.76(s,2H) 。

【符號說明】

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

113a:第一發光層

113Da:第一磷光化合物

113Ha:第一主體材料

113b:第二發光層

113Db:第二磷光化合物

113Hb:第二主體材料

113A:第一有機化合物

113Ec:激態複合物

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:EL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:照明設備

3002:顯示裝置

5000:顯示

5001:顯示

5002:顯示

5003:顯示

5004:顯示

5005:顯示

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:連接部分

7304:顯示部

7305:顯示部

7306:揚聲器部分

7307:儲存介質插入部分

7308:LED 燈

7309:操作鍵

7310:連接端子

7311:感測器

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

9033:卡子

9034:開關

9035:電源開關

9036:開關

9038:操作開關

9630:外殼

9631:顯示部

9631a:顯示部

9631b:顯示部

9632a:觸摸屏區域

9632b:觸摸屏區域

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

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種發光元件，其包括：

第一電極；

第一發光層；

第二發光層；及

第二電極，

其中該第一發光層位在該第一電極與該第二發光層之間，

其中該第二發光層位在該第一發光層與該第二電極之間，

其中該第一發光層包括：

第一磷光化合物；

第一主體材料；及

第一有機化合物，

其中該第二發光層包括：

第二磷光化合物；及

第二主體材料，

其中該第一主體材料和該第一有機化合物形成激態複合物，

其中由該第二磷光化合物發射的光的波長長於由該第一磷光化合物發射的光的波長，

其中該激態複合物的光致發光光譜 $F(\lambda)$ 之發光峰值的波長與該第一磷光化合物的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 之最長波長一側的局部最大值的波長之差值當換算為能量時為 0.2 eV 或更

小，

其中該第一磷光化合物的光致發光光譜 $F(\lambda)$ 之發光峰值的波長與該第二磷光化合物的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 之最長波長一側的局部最大值的波長之差值當換算為能量時為 0.2 eV 或更小，

其中 λ 表示波長，及

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

【請求項 2】如請求項 1 之發光元件，

其中該第一磷光化合物在 500 nm 至 600 nm 範圍內具有光致發光峰值，及

其中該第二磷光化合物在 600 nm 至 700 nm 範圍內具有光致發光峰值。

【請求項 3】一種發光元件，其包括：

第一電極；

第一發光層；

第二發光層；及

第二電極，

其中該第一發光層位在該第一電極與該第二發光層之間，

其中該第二發光層位在該第一發光層與該第二電極之間，

其中該第一發光層包括：

第一銻錯合物；

第一主體材料；及

第一有機化合物，

其中該第二發光層包括：

第二銻錯合物；及

第二主體材料，

其中該第一主體材料和該第一有機化合物形成激態複合物，

其中由該第二銻錯合物發射的光的波長長於由該第一銻錯合物發射的光的波長，

其中該激態複合物的光致發光光譜 $F(\lambda)$ 之發光峰值的波長與該第一銻錯合物的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 之最長波長一側的局部最大值的波長之差值當換算為能量時為 0.2 eV 或更小，

其中該第一銻錯合物的光致發光光譜 $F(\lambda)$ 之發光峰值的波長與該第二銻錯合物的函數 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 之最長波長一側的局部最大值的波長之差值當換算為能量時為 0.2 eV 或更小，

其中 λ 表示波長，及

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

【請求項 4】如請求項 1 或 3 之發光元件，

其中該第一電極是陰極，及

其中該第二電極是陽極。

【請求項 5】如請求項 1 或 3 之發光元件，其中該第一發光層與該第二發光層係彼此接觸。

【請求項 6】如請求項 3 之發光元件，

其中該第一銻錯合物在 500 nm 至 600 nm 範圍內具有光致發光峰值，及

其中該第二銻錯合物在 600 nm 至 700 nm 範圍內具有光致發光峰值。

【請求項 7】一種發光裝置，其包括如請求項 1 或 3 之發光元件，及用於控制該發光元件的電晶體。

【請求項 8】一種電子裝置，其包括如請求項 7 之發光裝置。

【發明圖式】

圖 1A

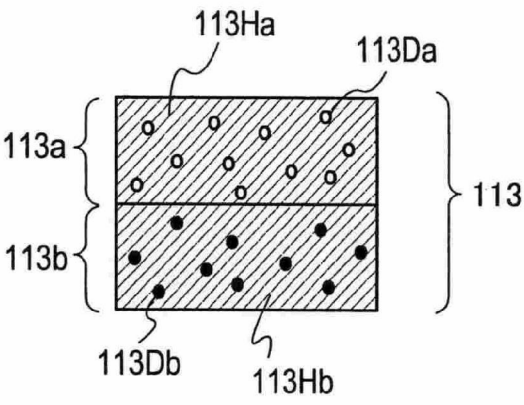


圖 1B

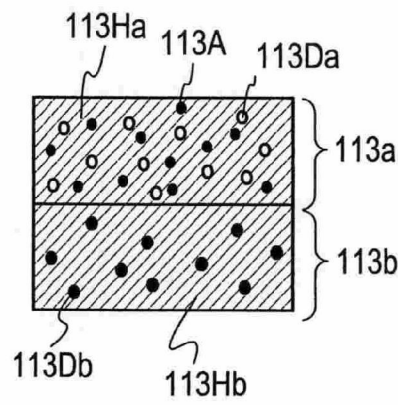


圖 1C

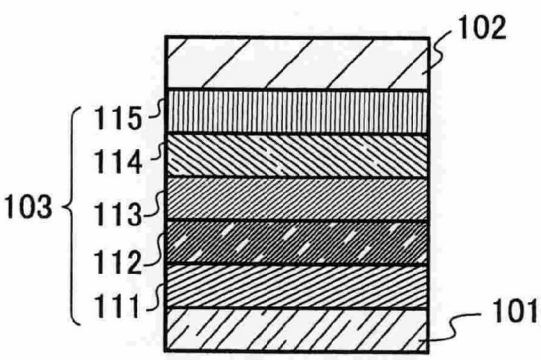


圖 2A

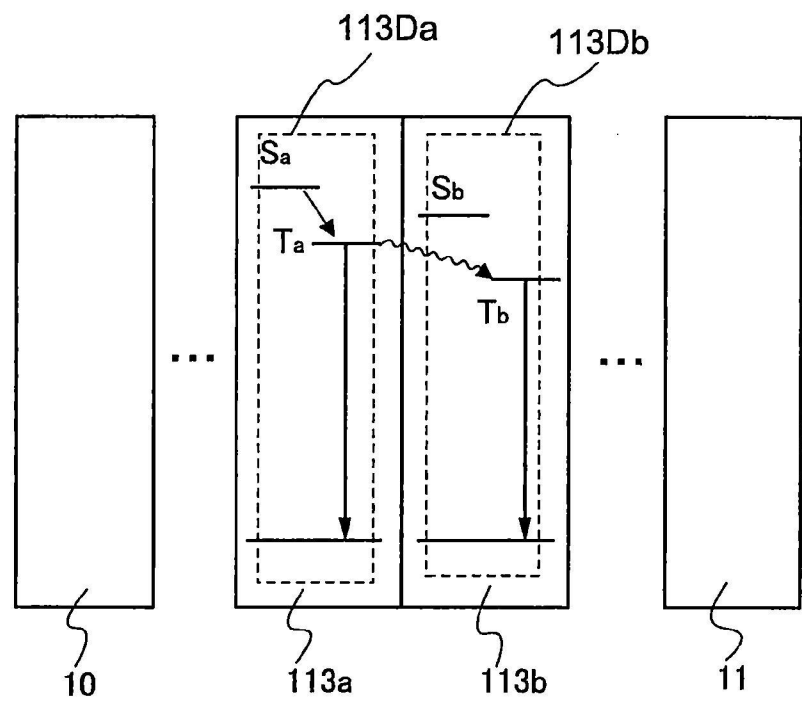


圖 2B

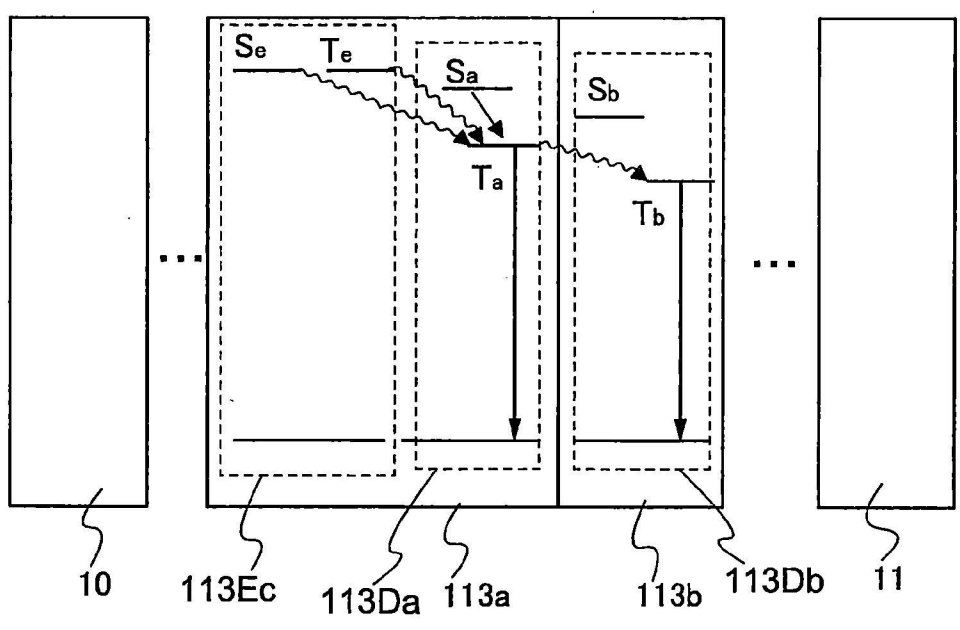


圖 3A

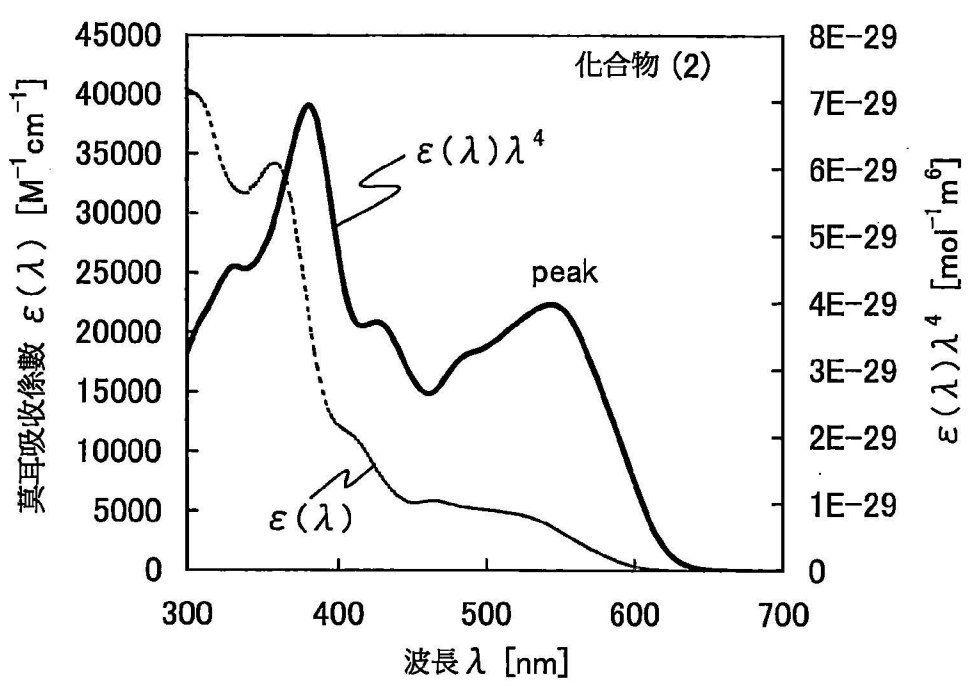
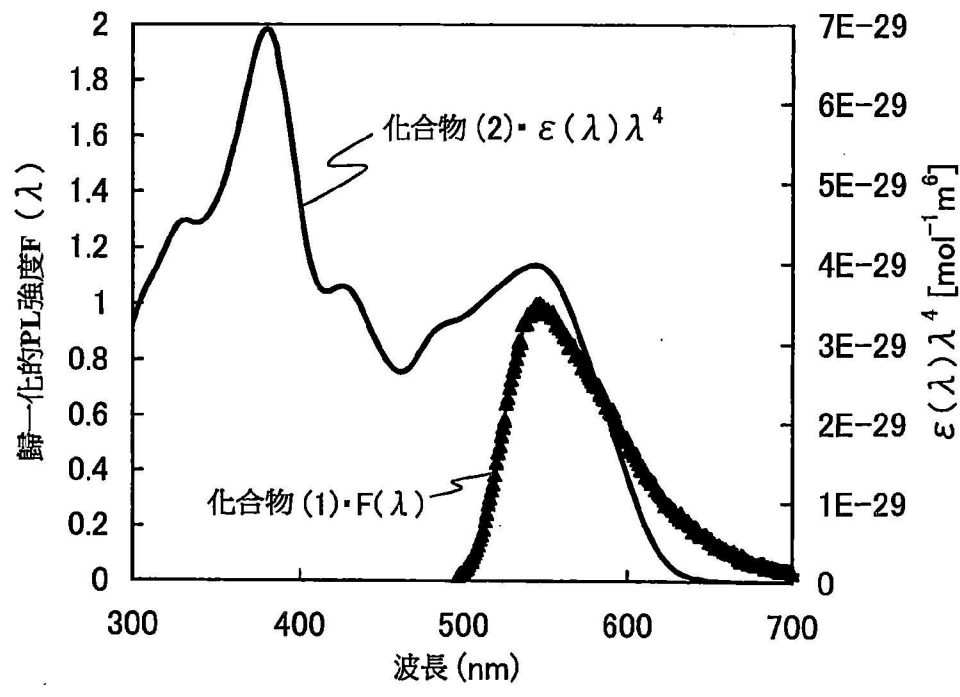


圖 3B



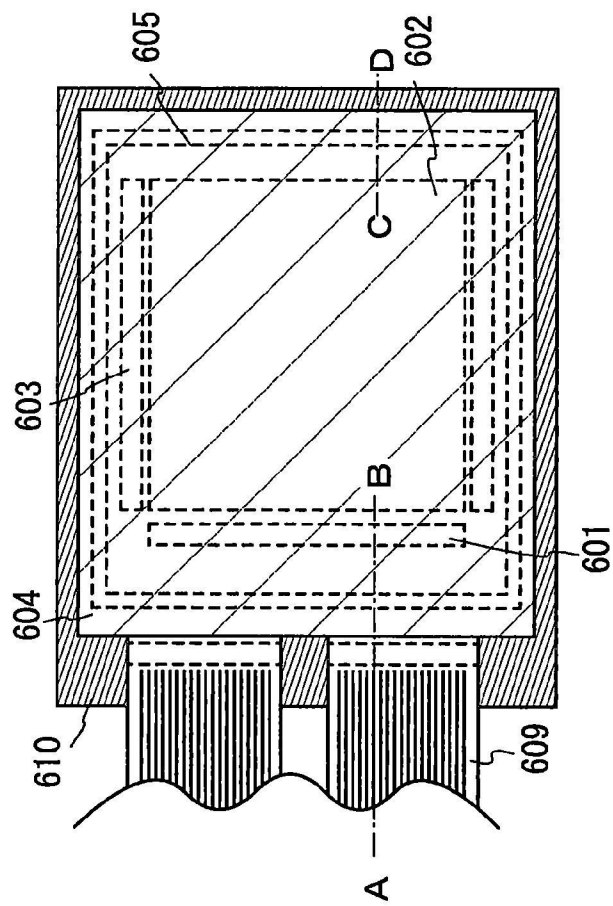
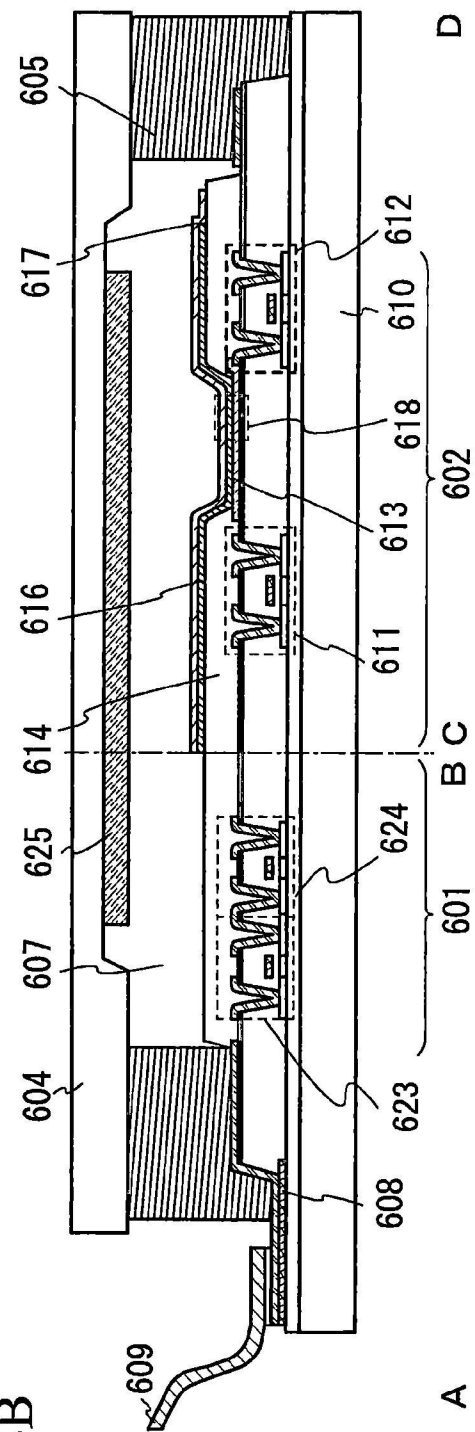
4A
回回4B
圖

圖 5A

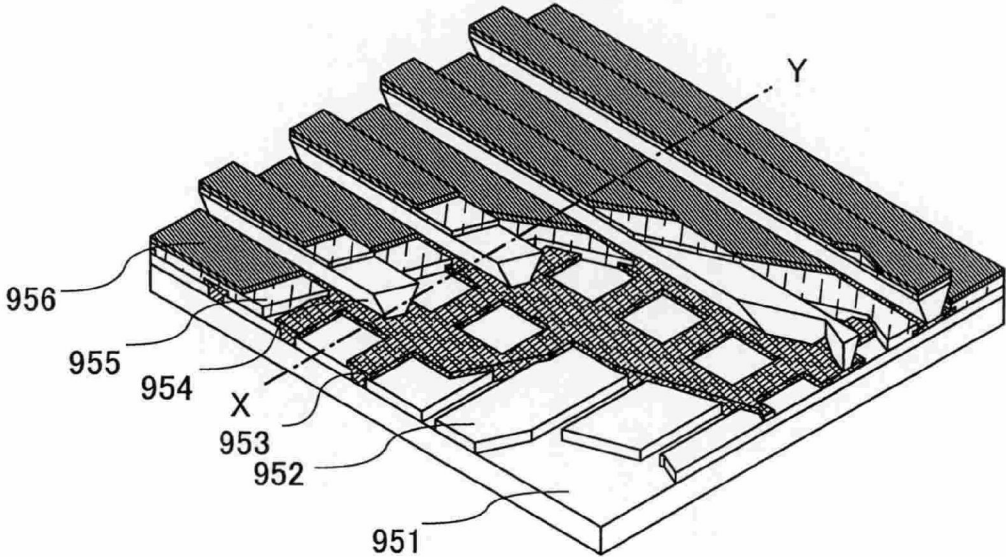
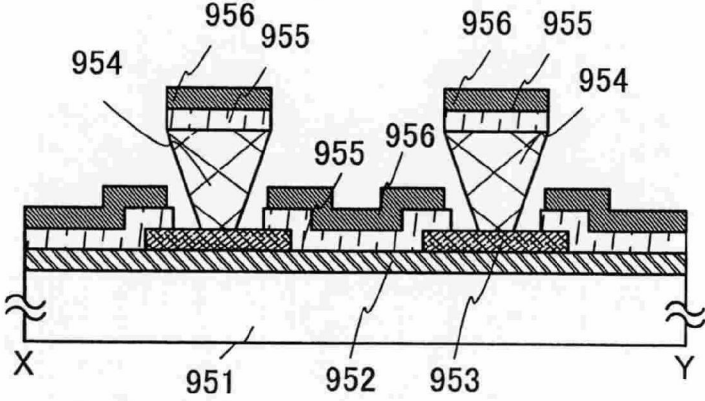


圖 5B



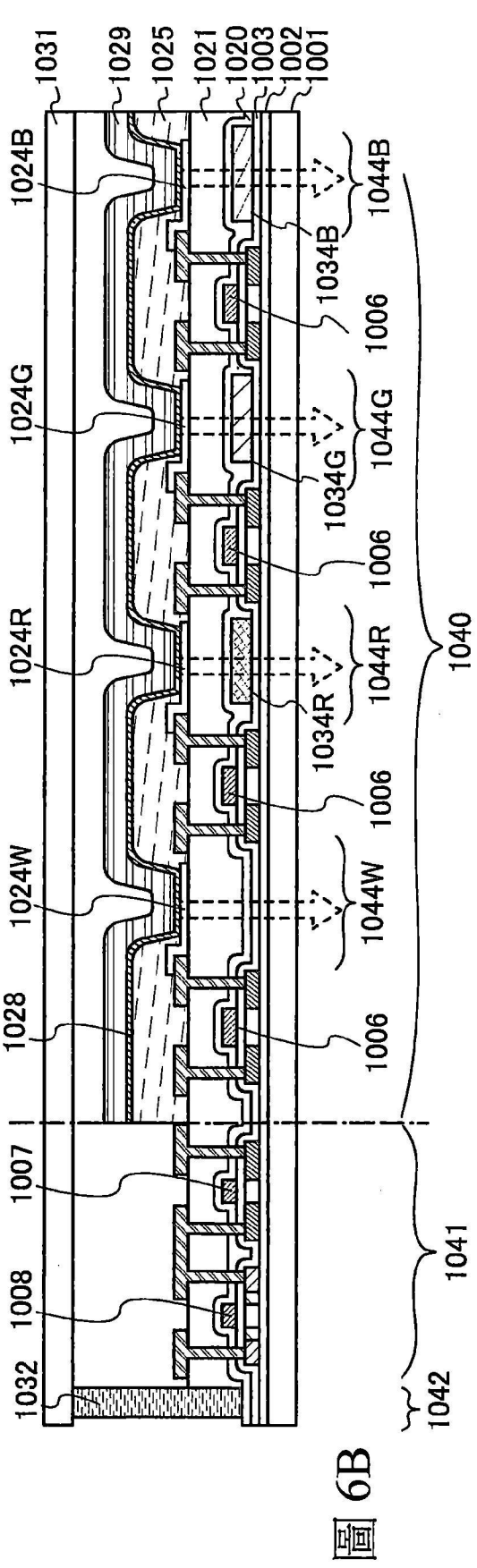
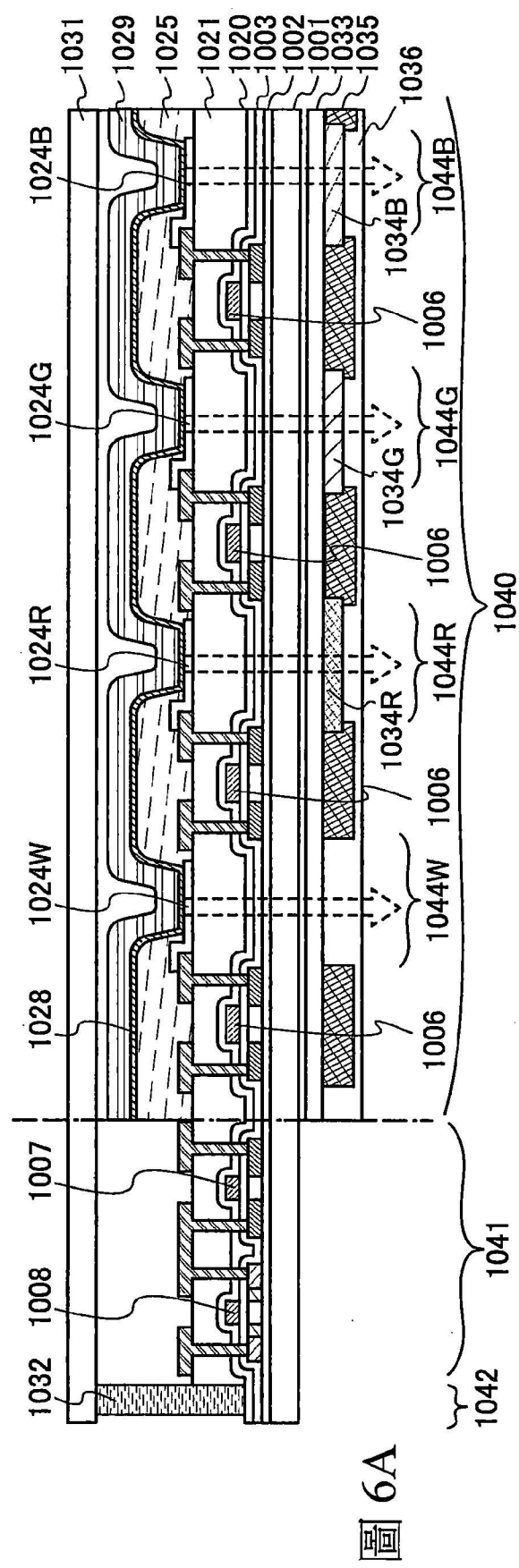


圖 7

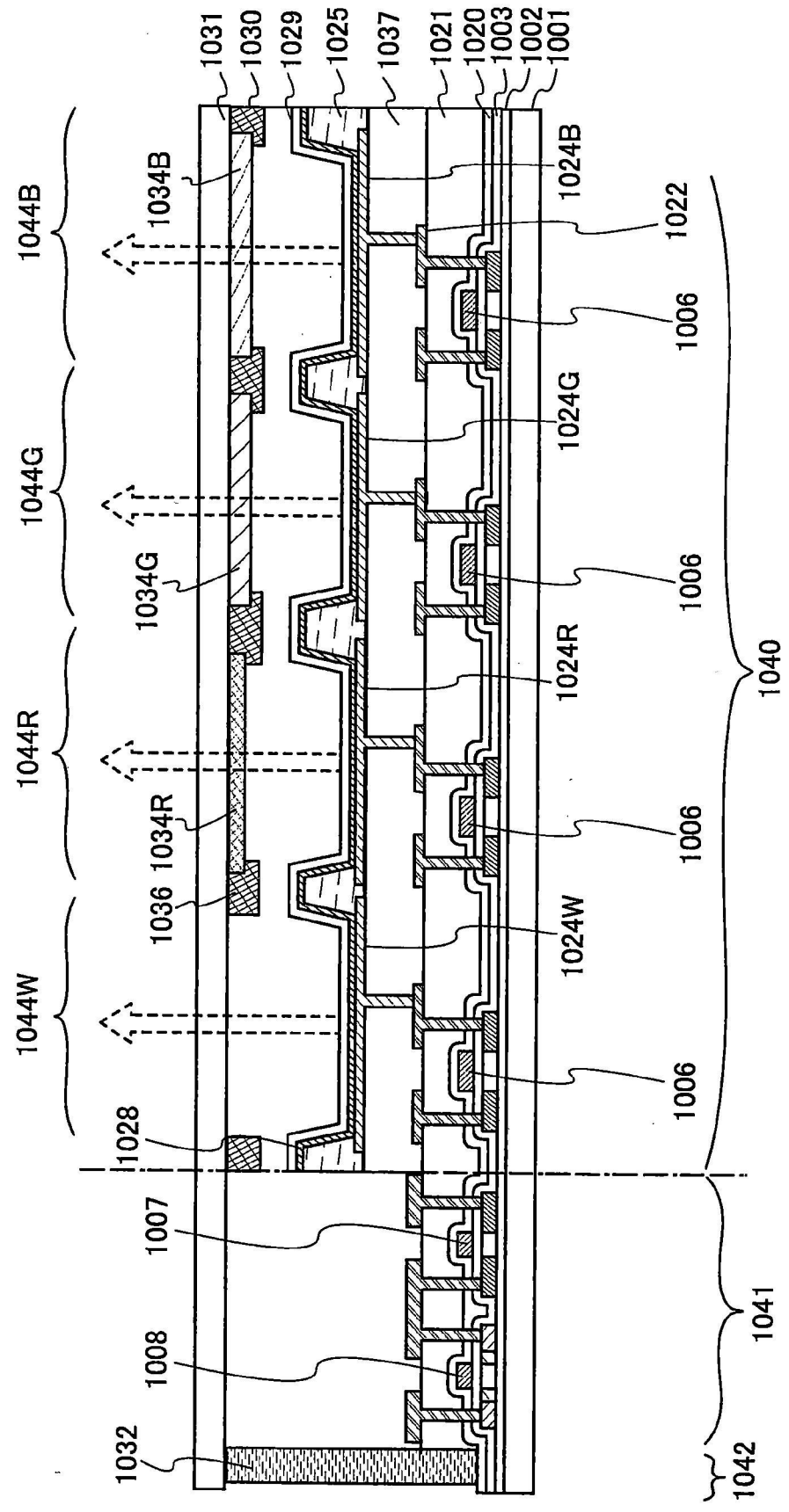


圖 8A

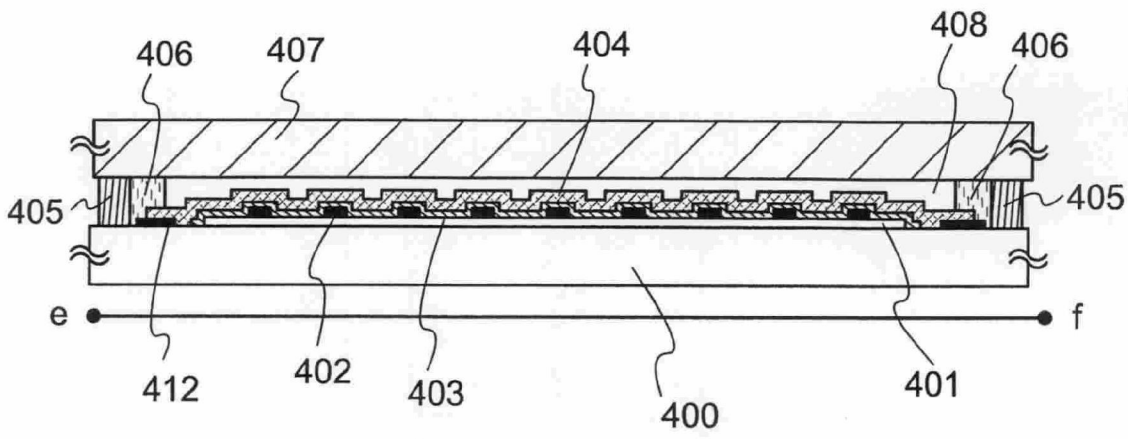


圖 8B

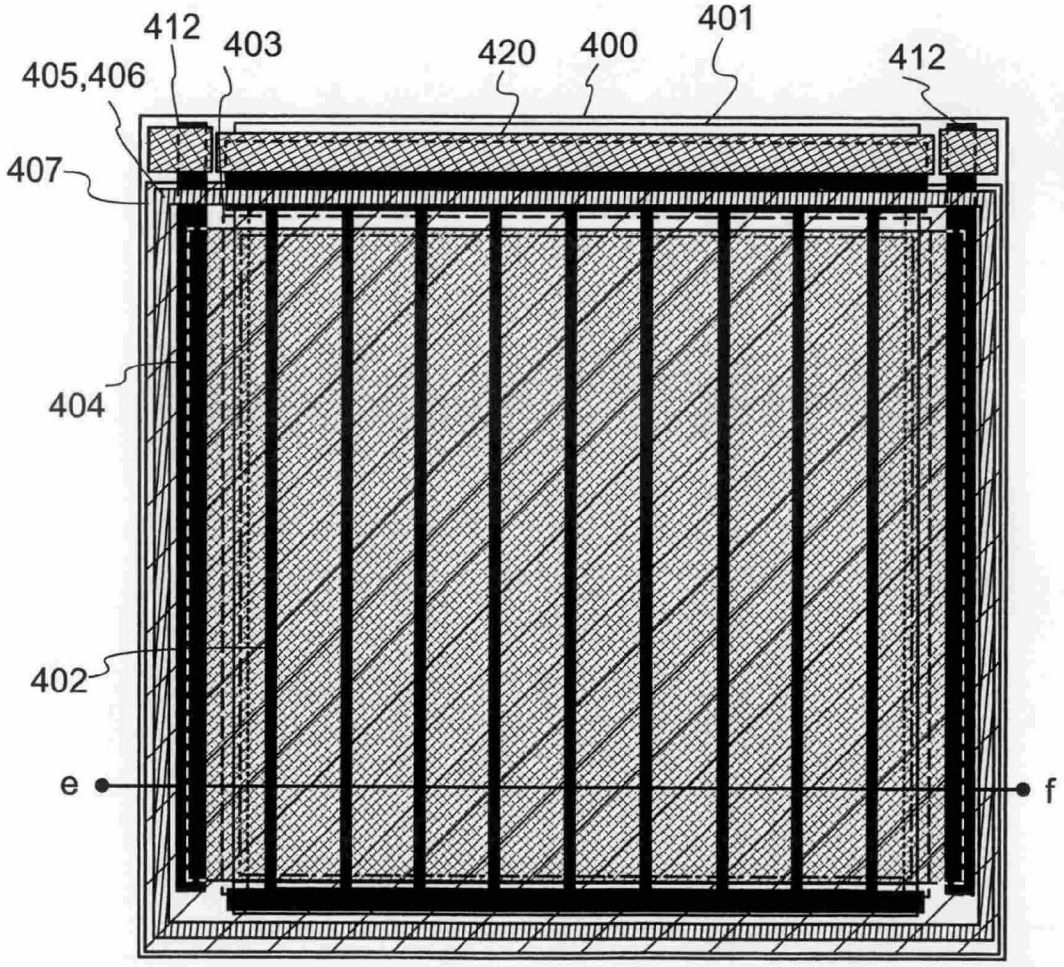


圖 9A

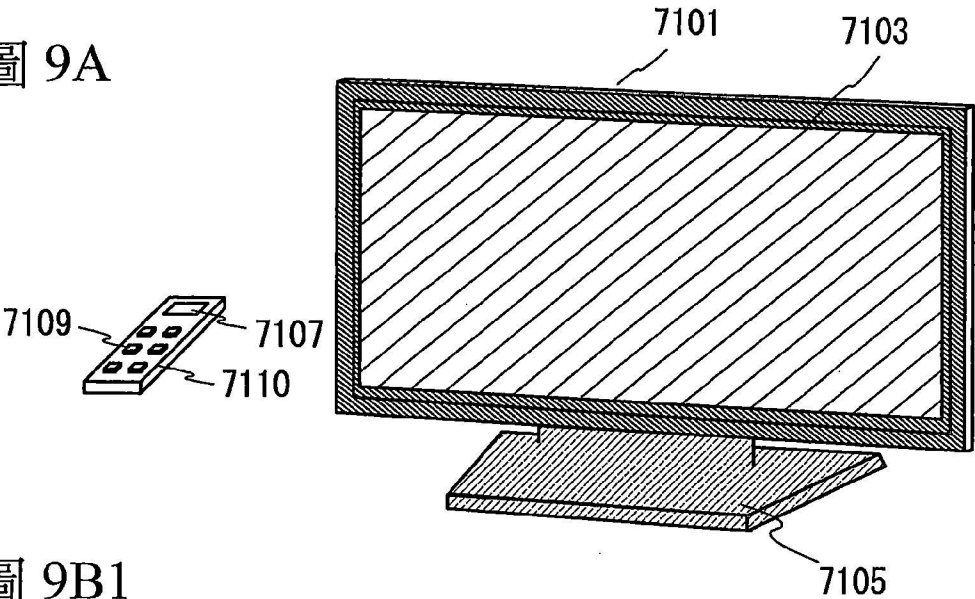


圖 9B1

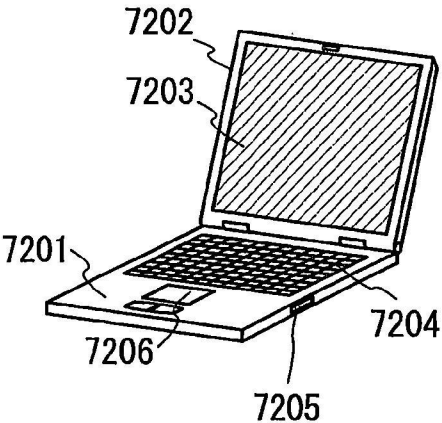


圖 9B2

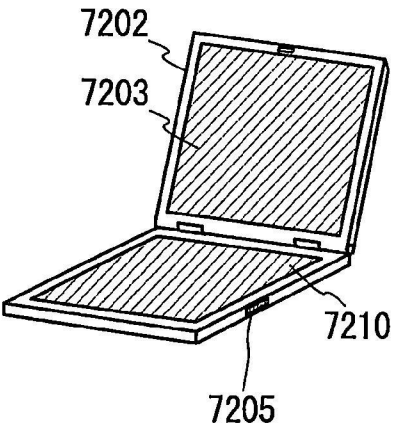


圖 9C

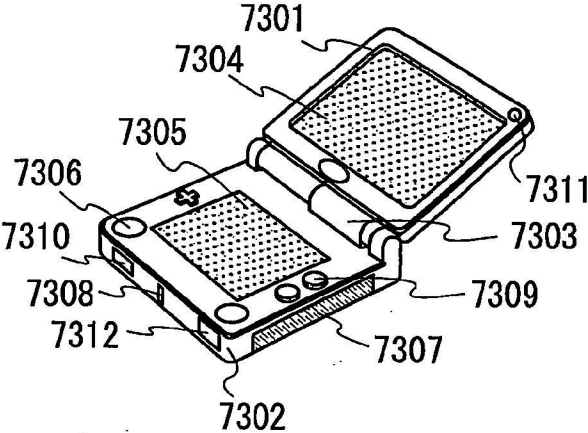


圖 9D

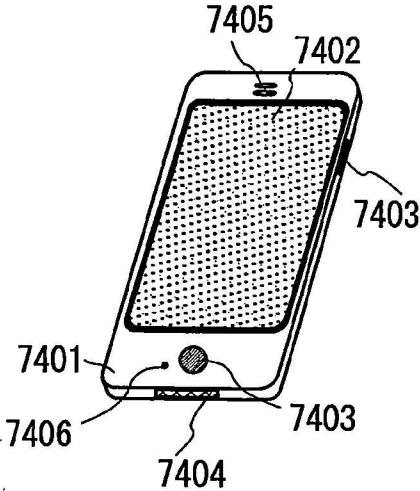


圖 10

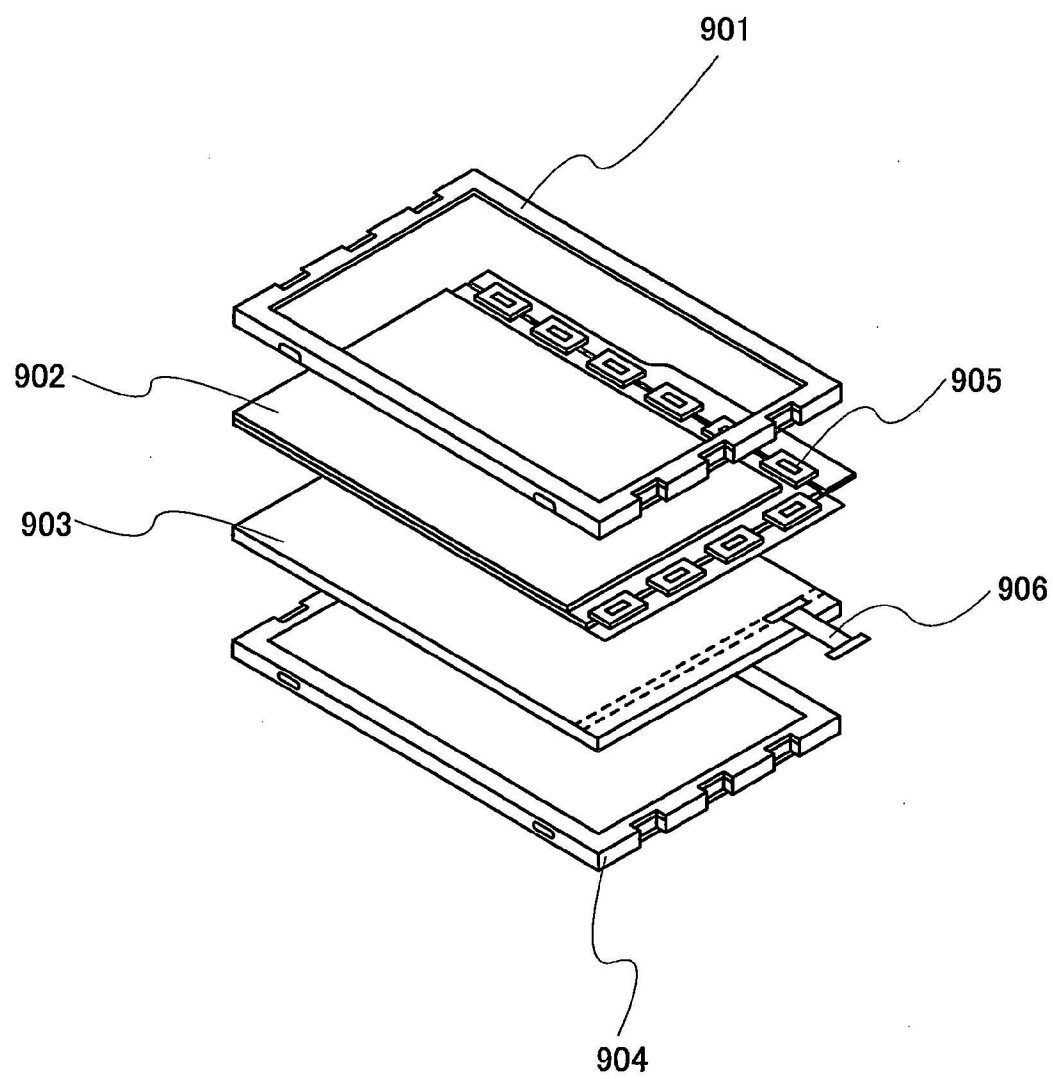


圖 11

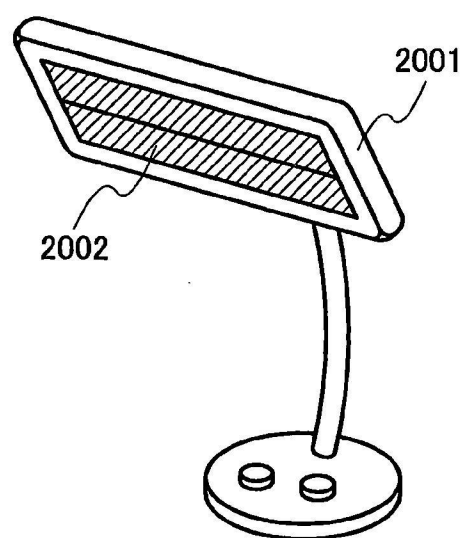


圖 12

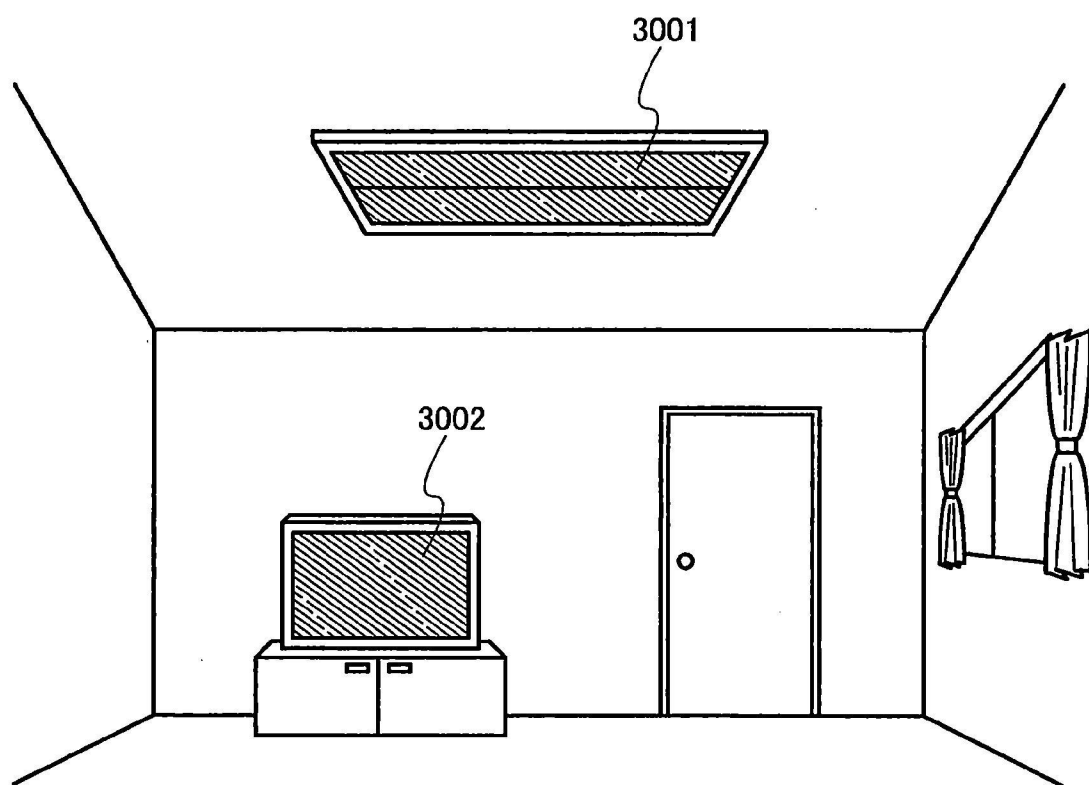


圖 13

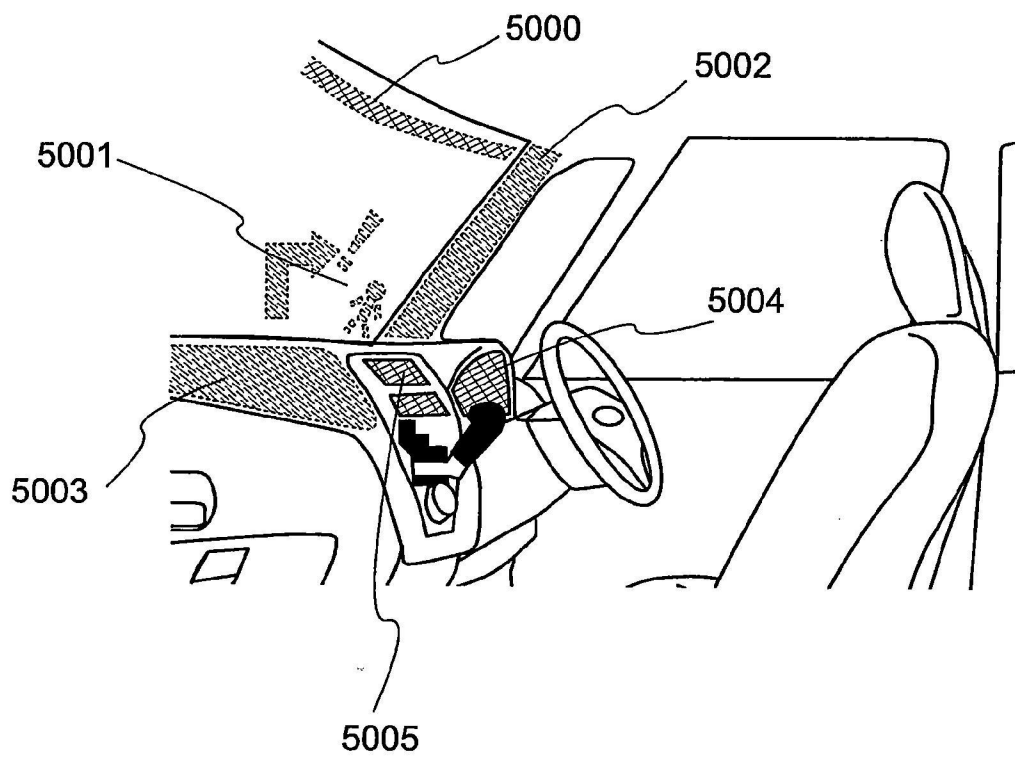


圖 14A

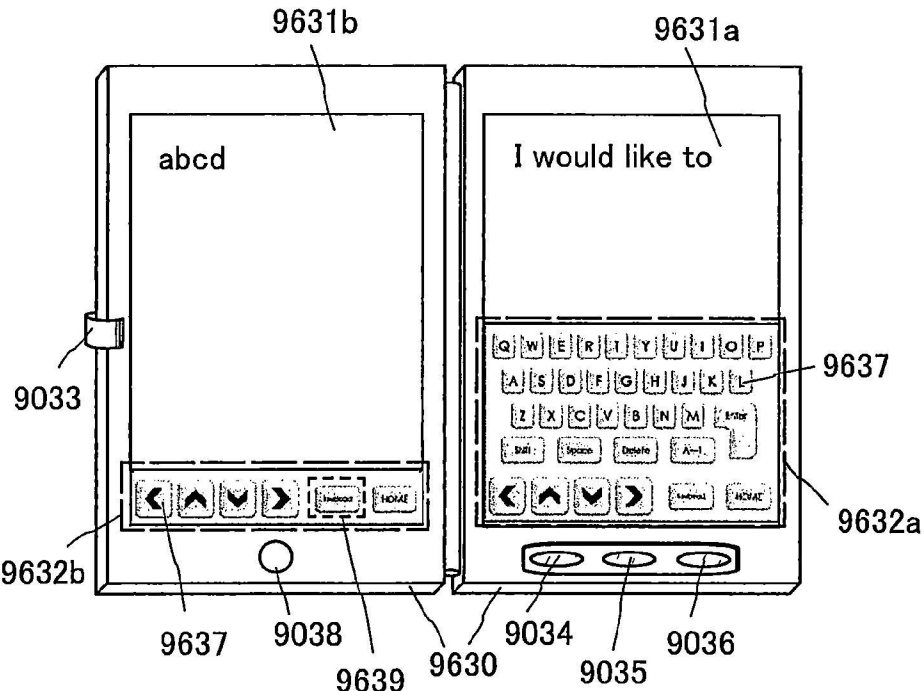


圖 14B

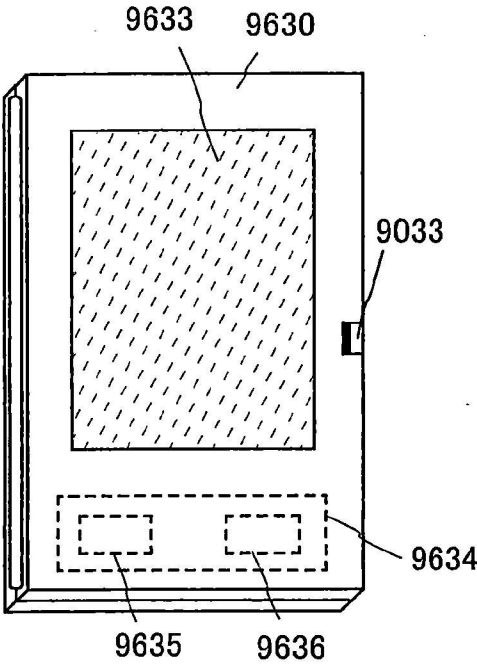


圖 14C

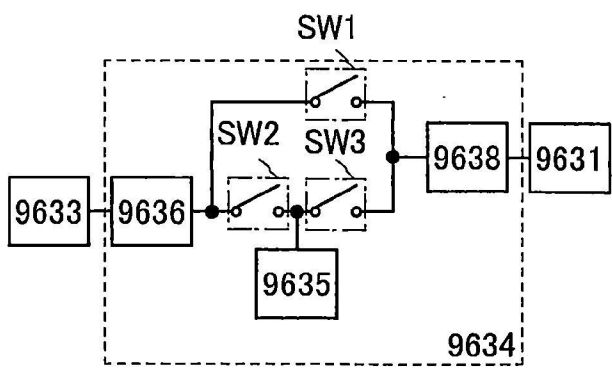


圖 15

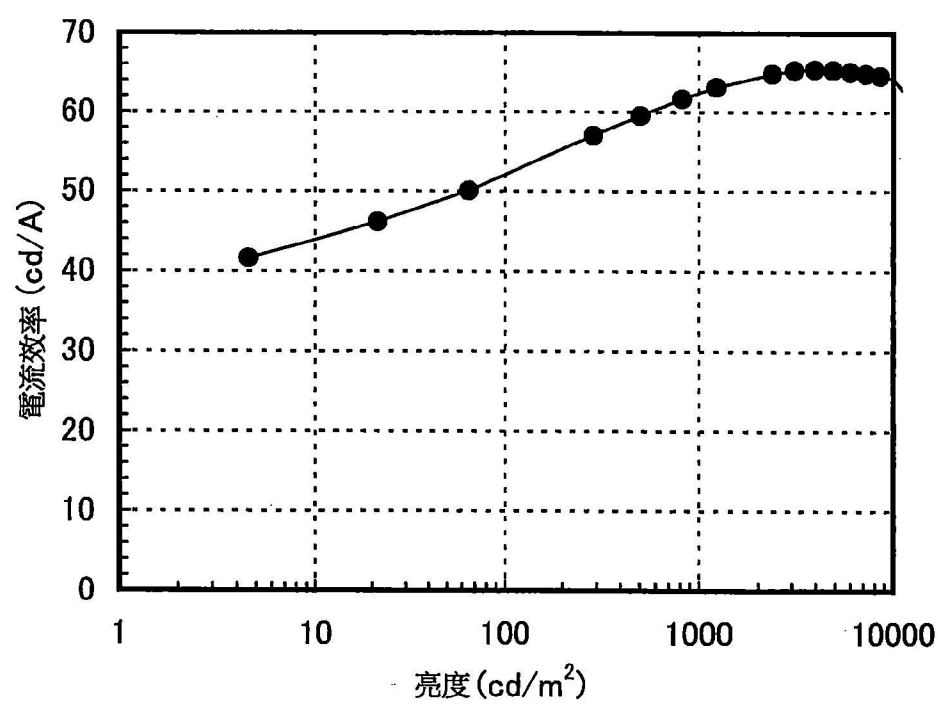


圖 16

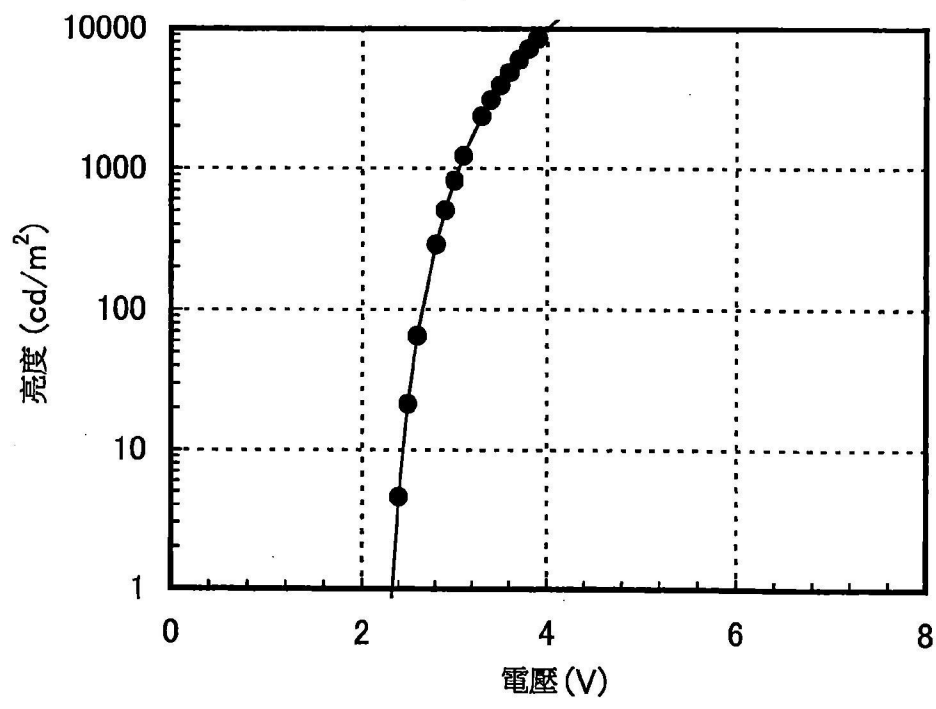


圖 17

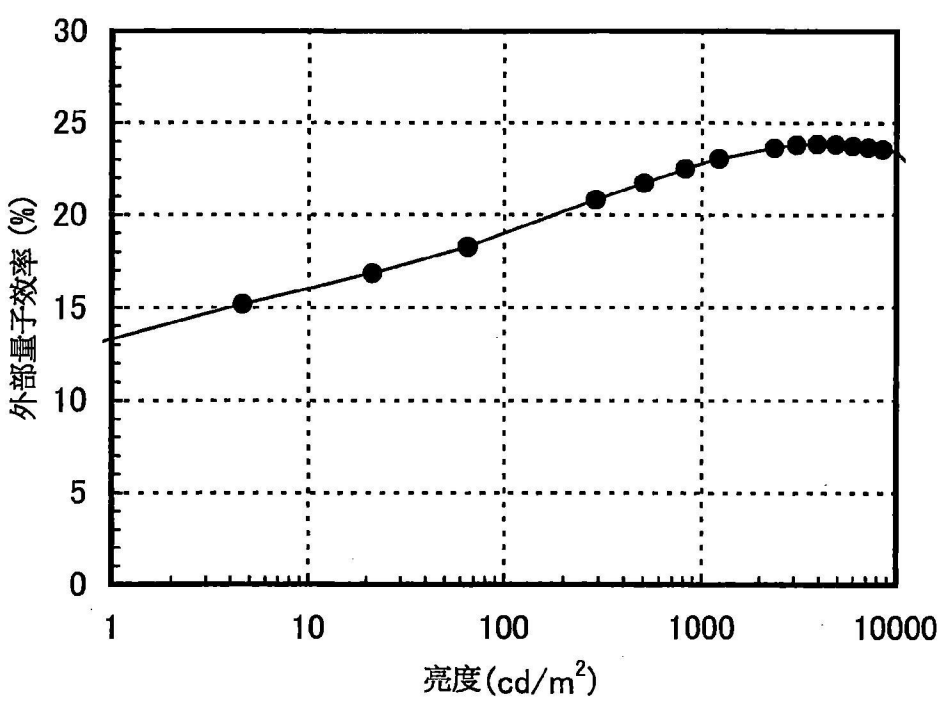


圖 18

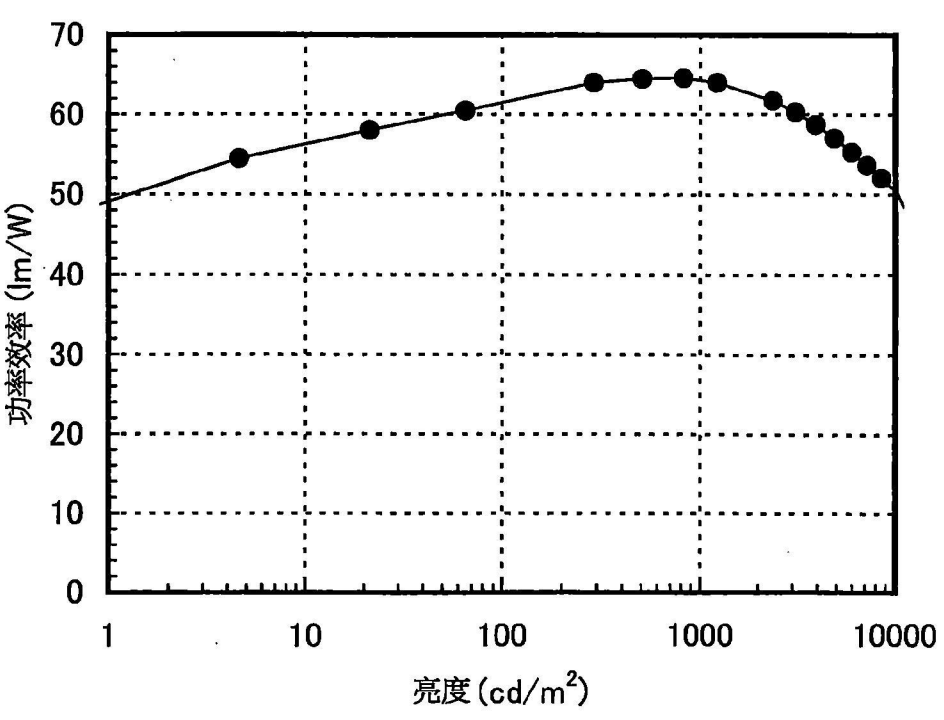


圖 19

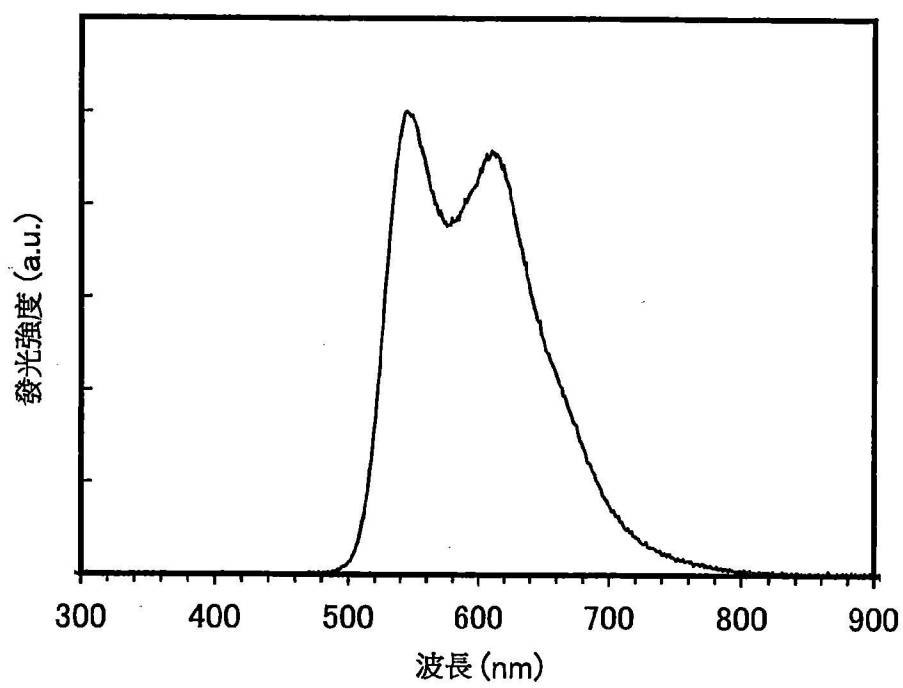


圖 20A

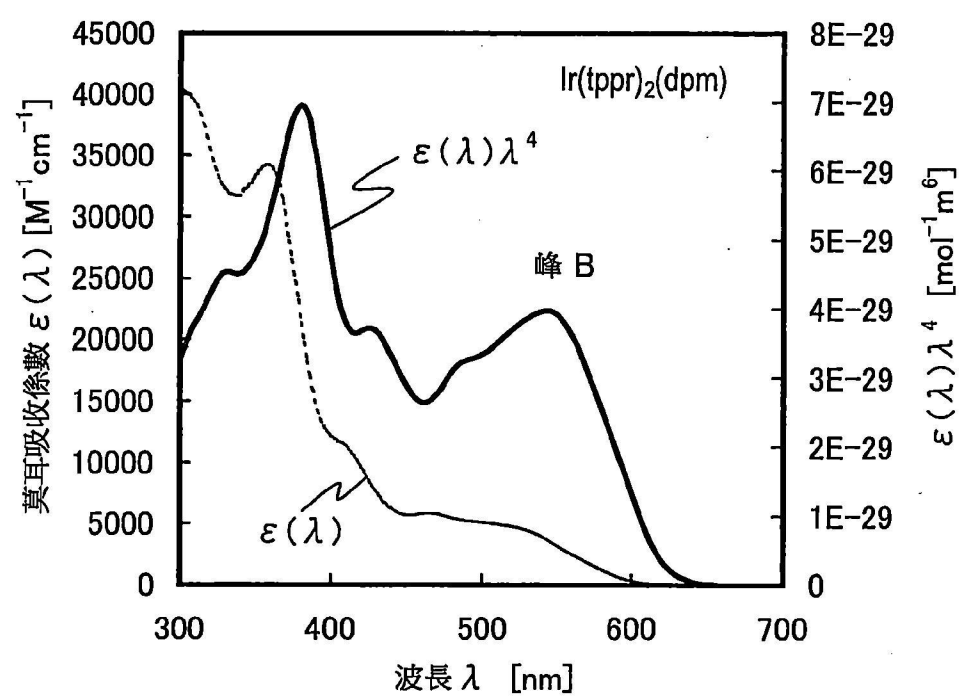


圖 20B

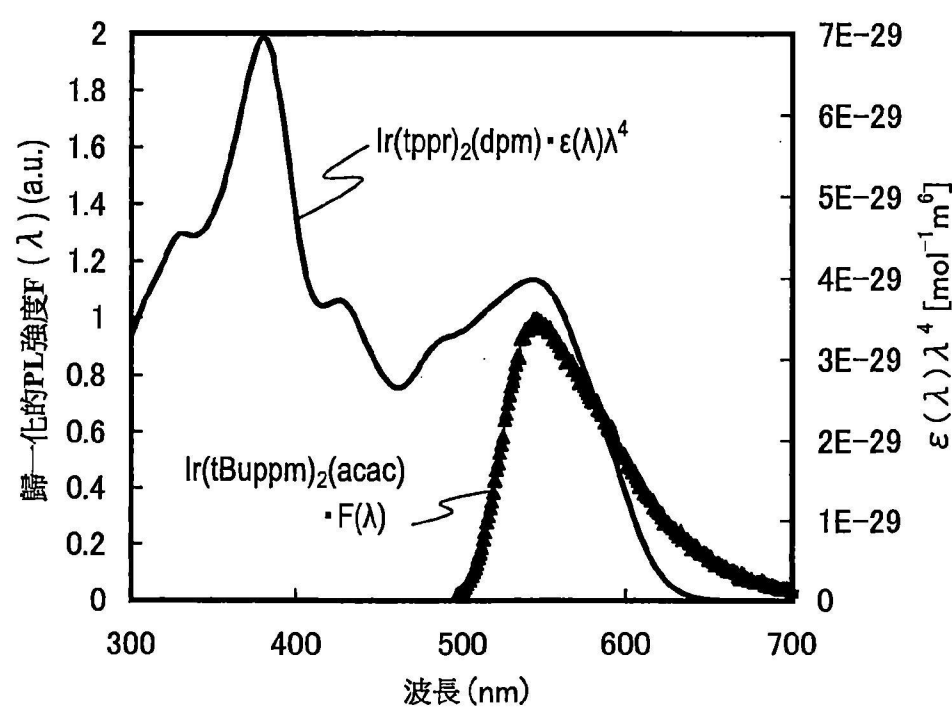


圖 21A

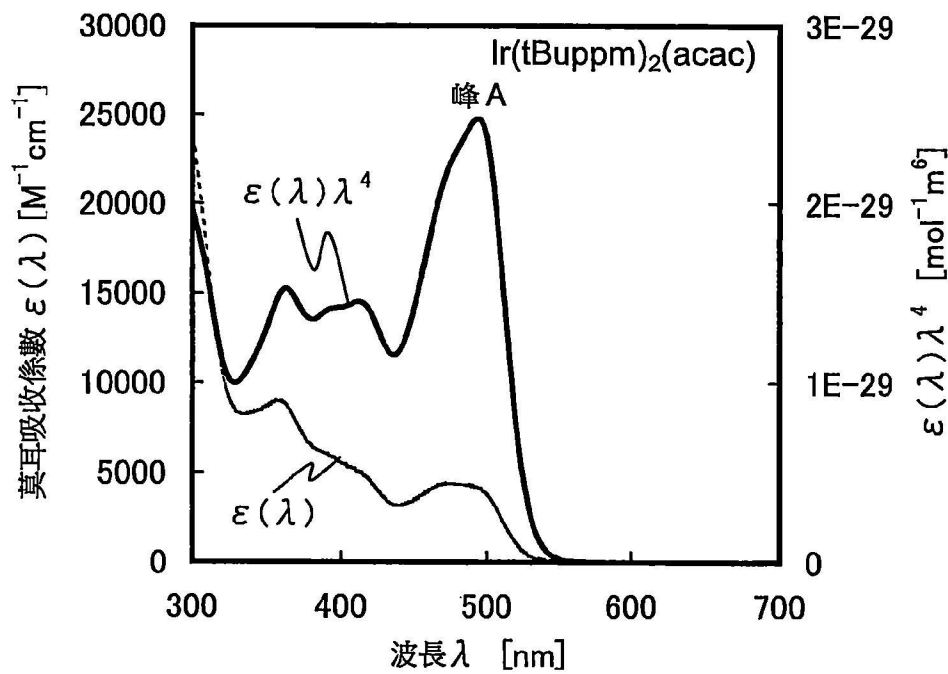


圖 21B

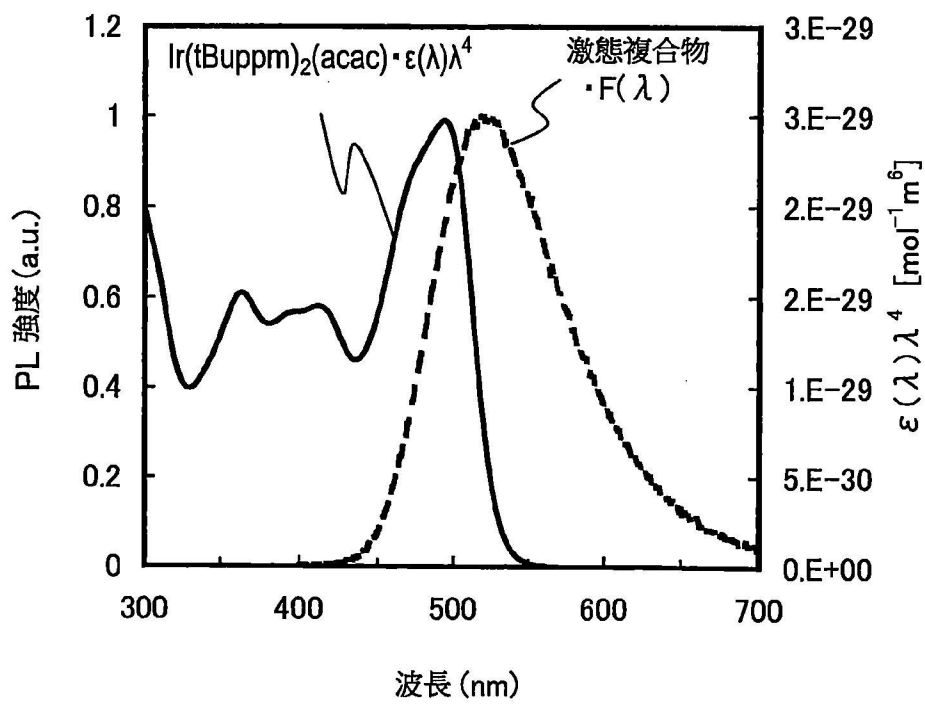


圖 22

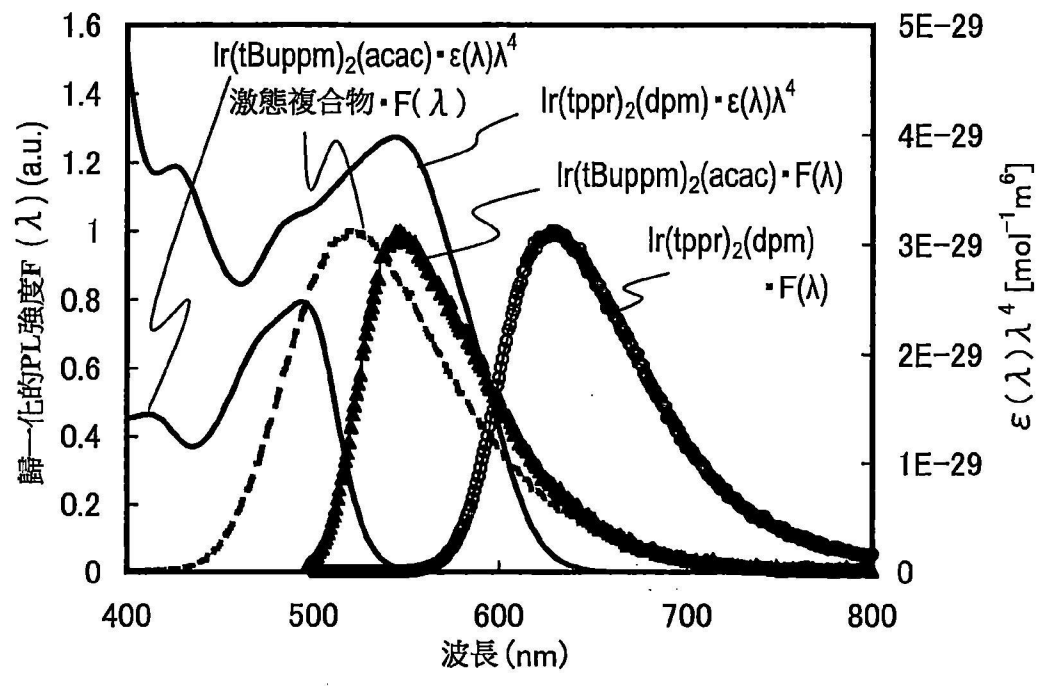


圖 23

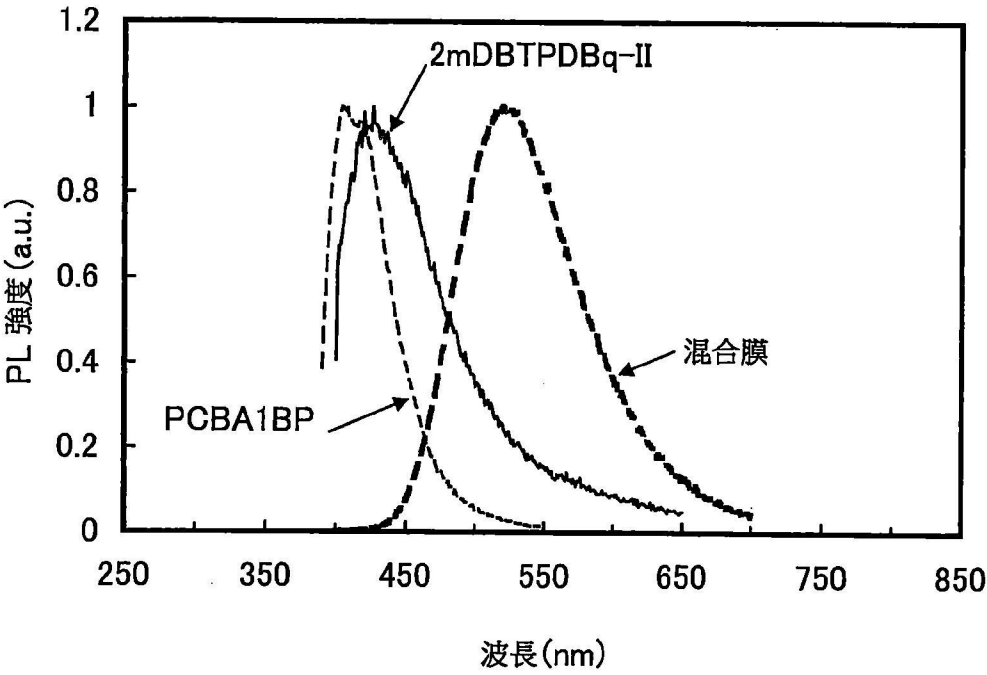


圖 24

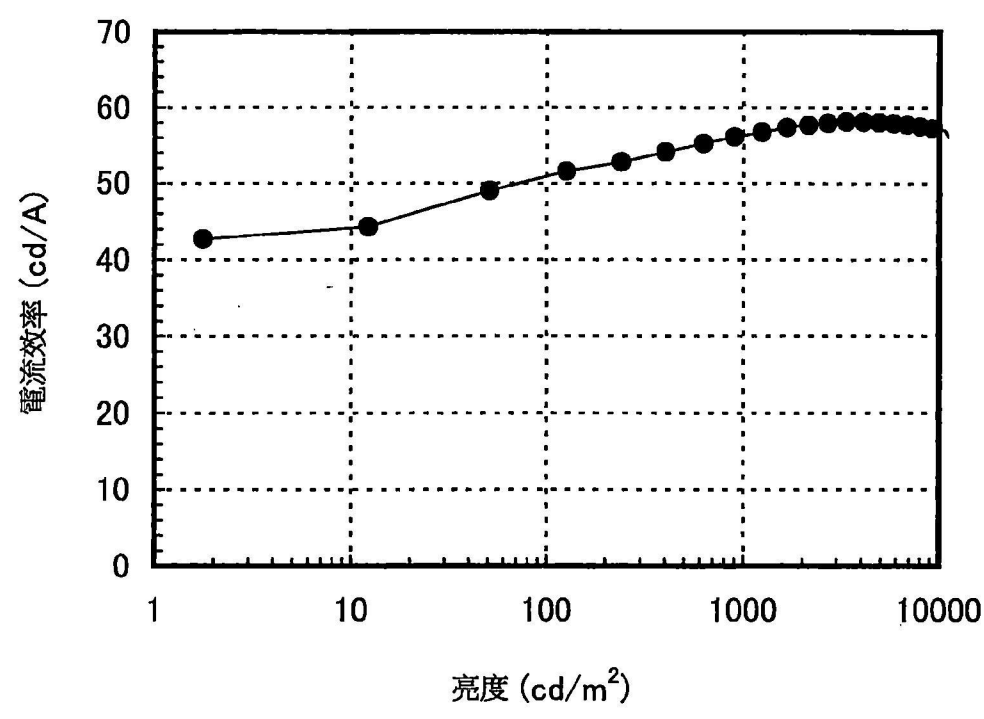


圖 25

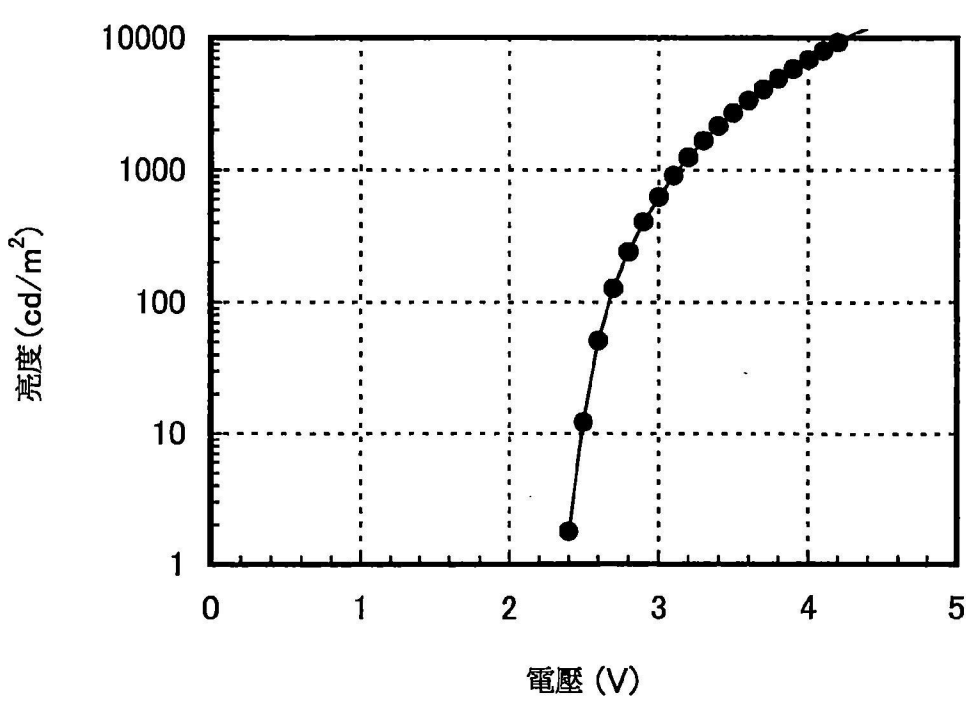


圖 26

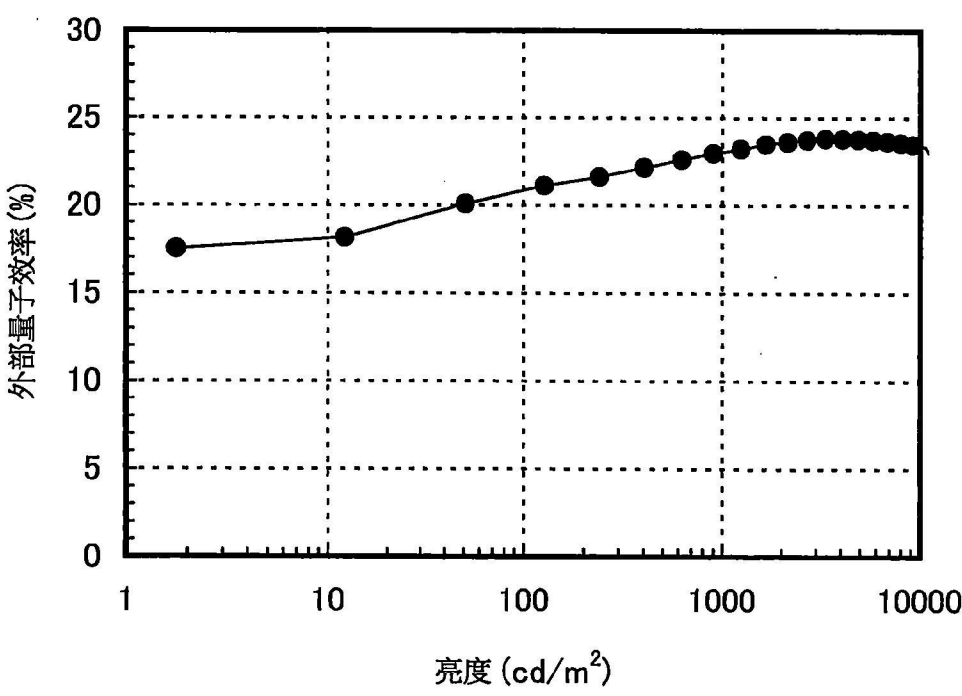


圖 27

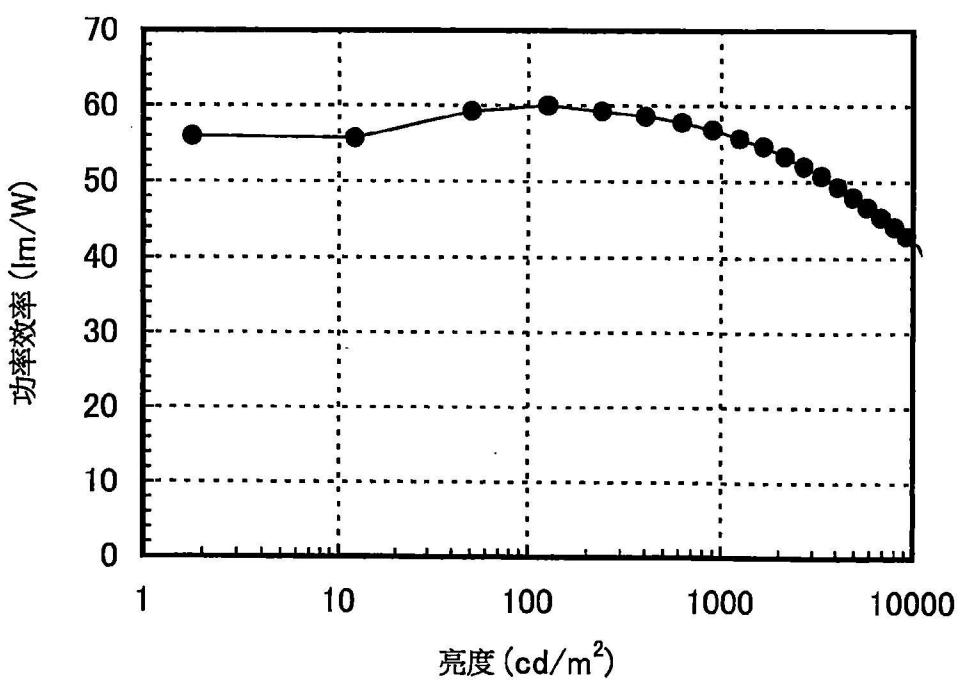


圖 28

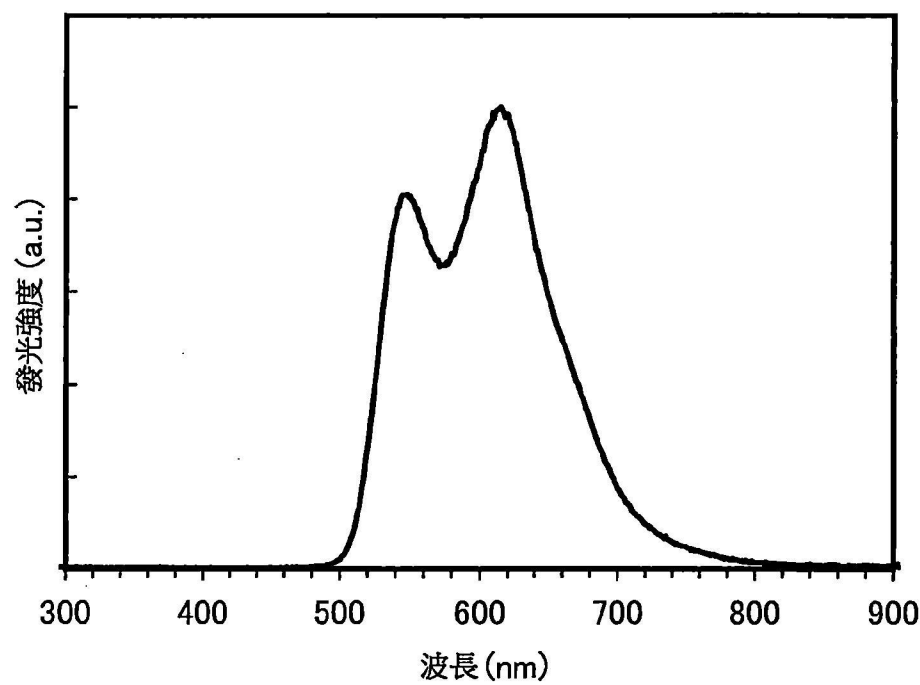


圖 29

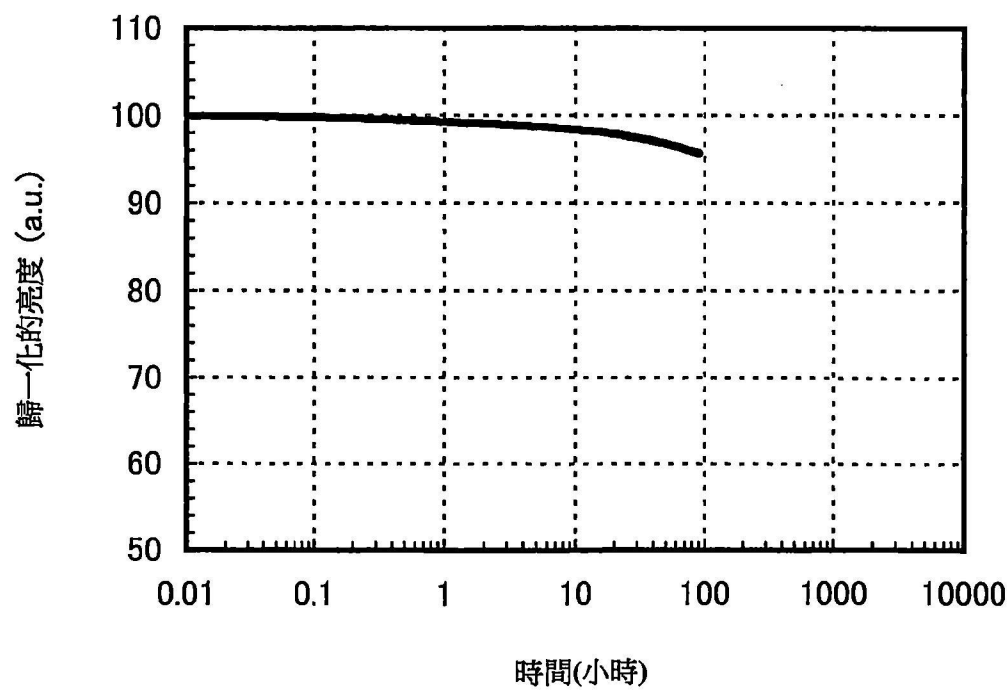


圖 30

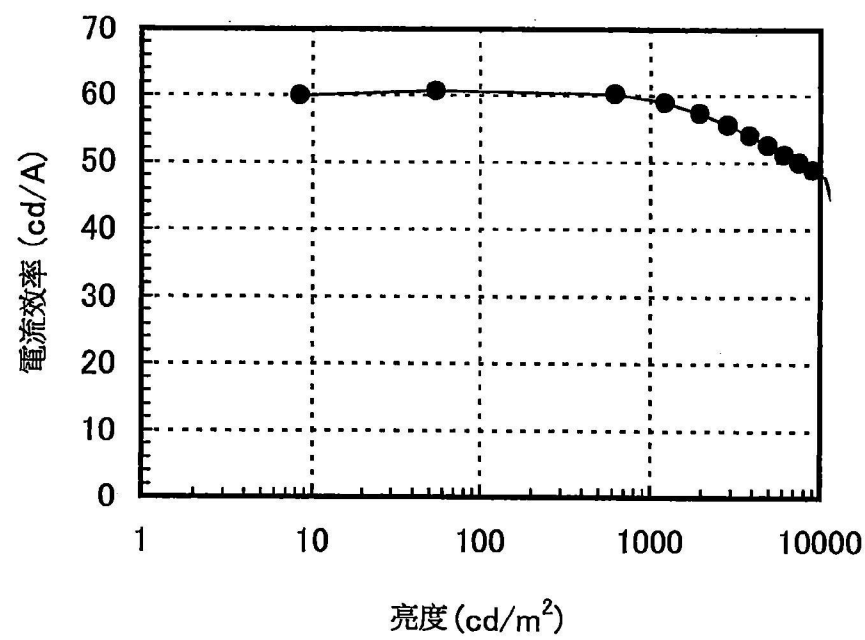


圖 31

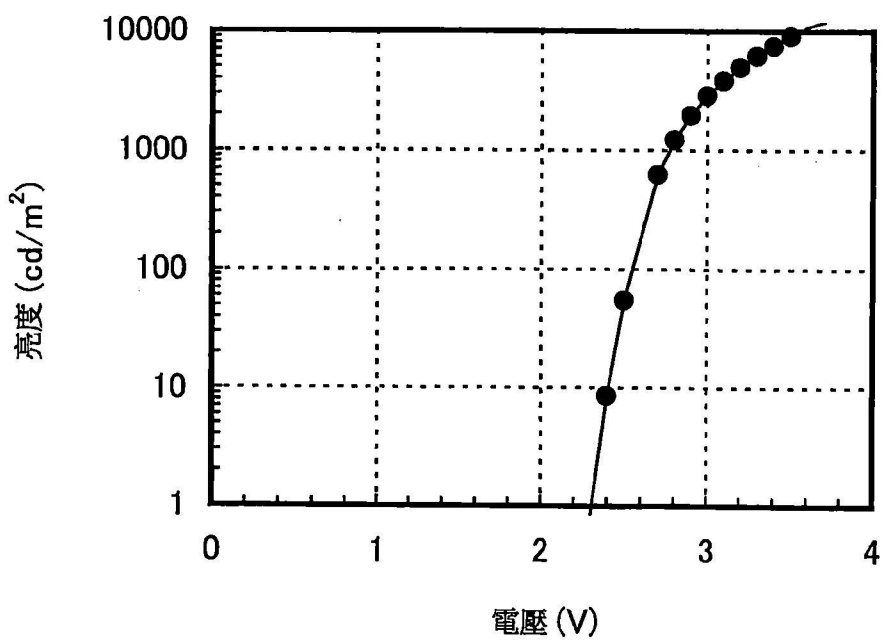


圖 32

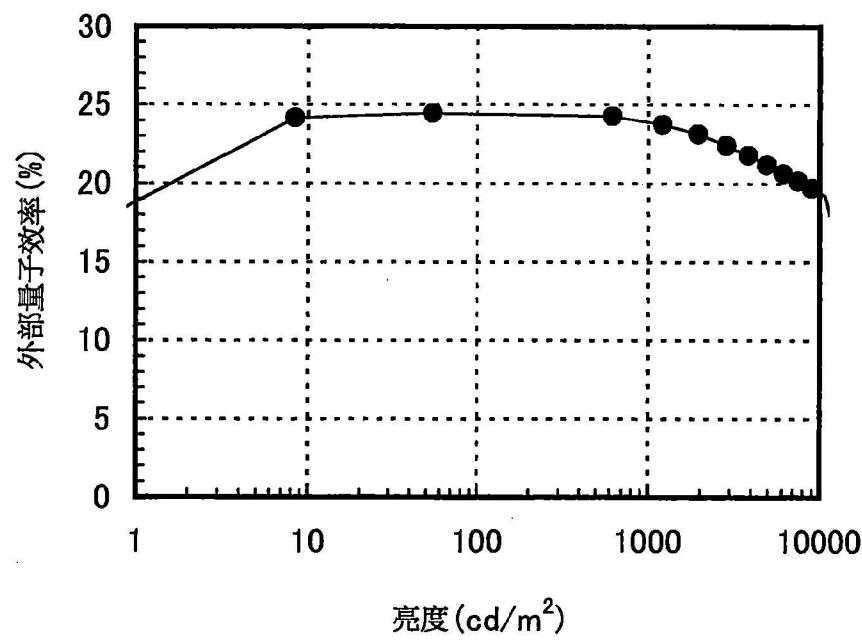


圖 33

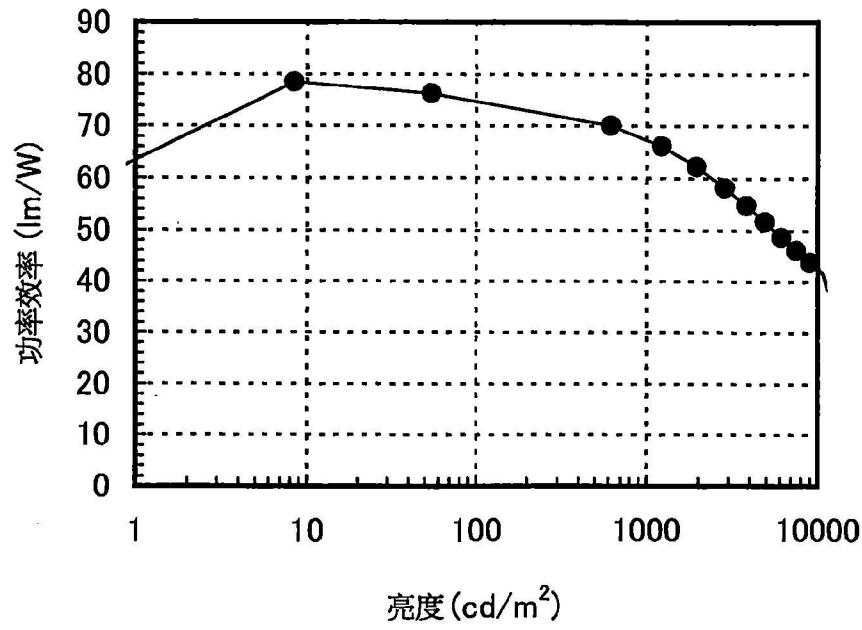


圖 34

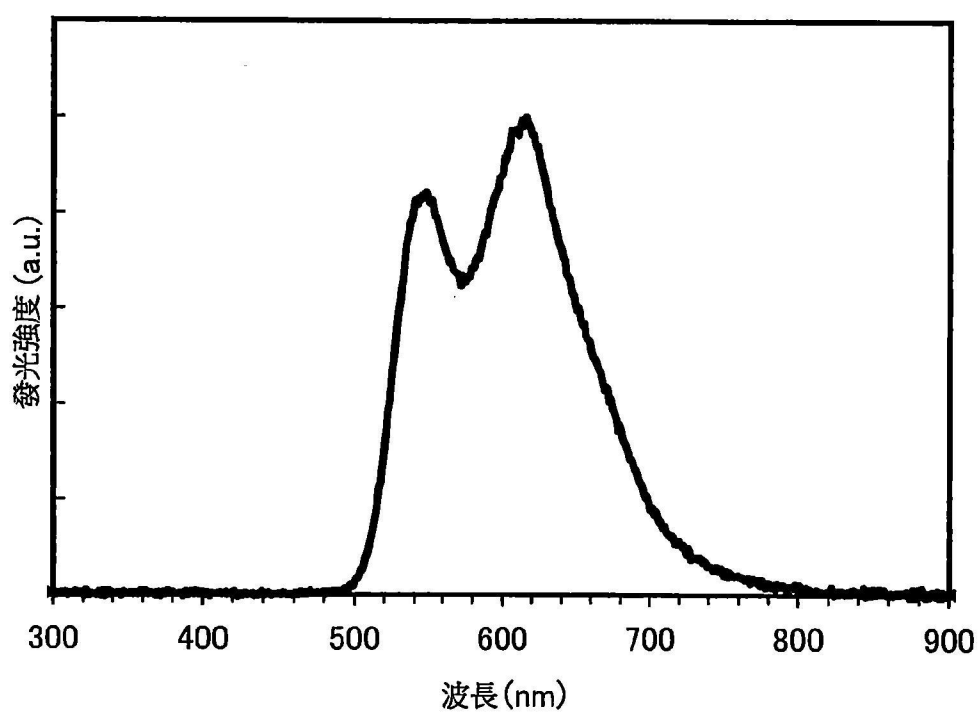


圖 35

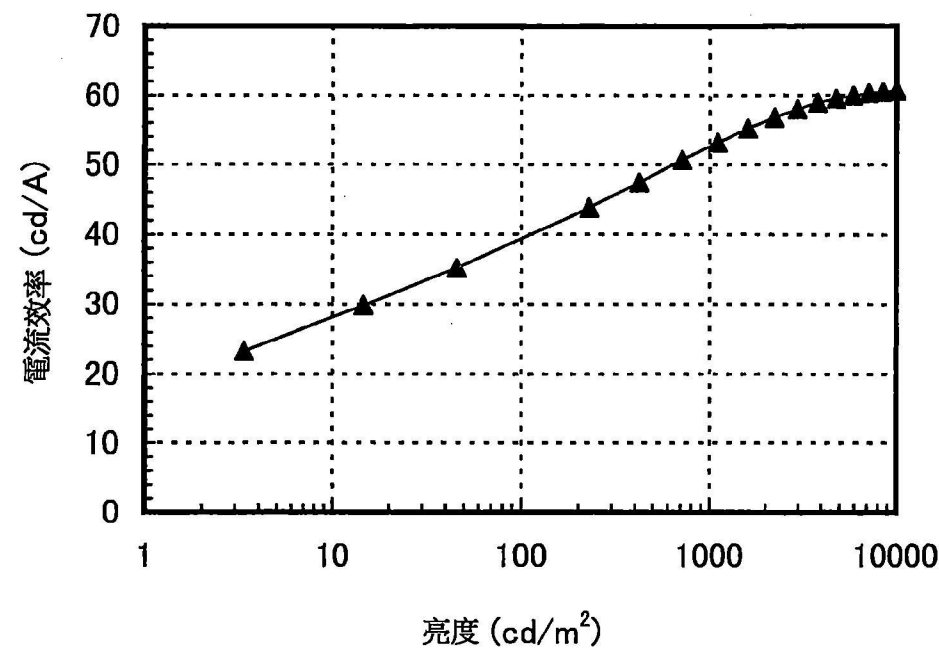


圖 36

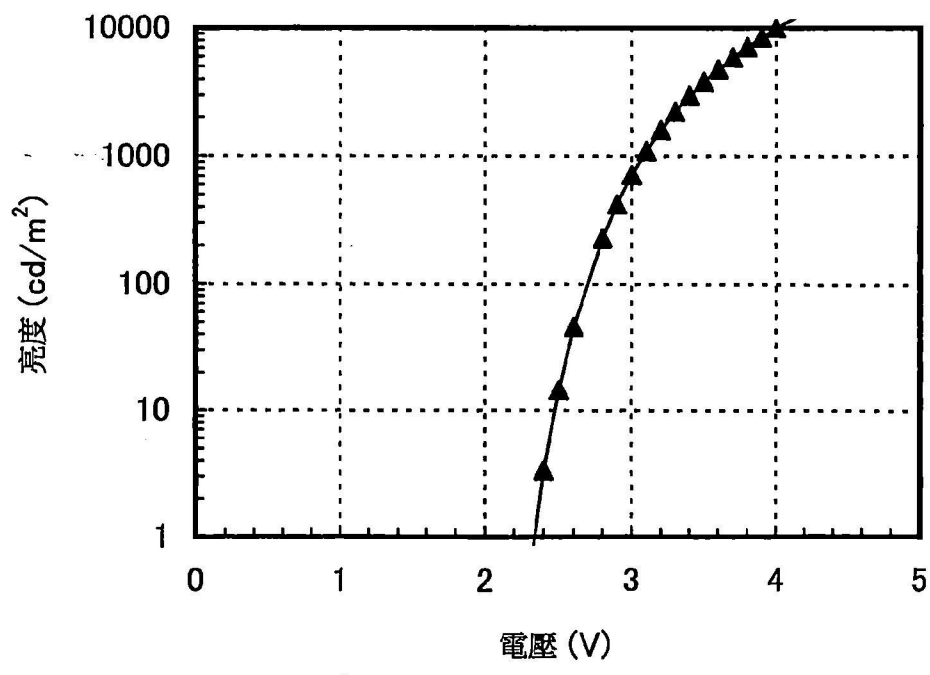


圖 37

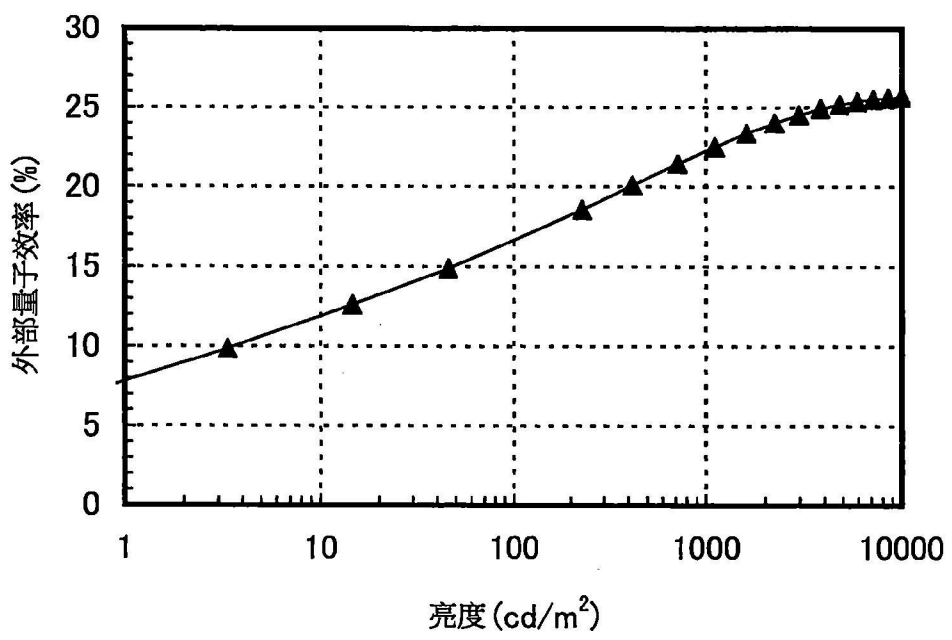


圖 38

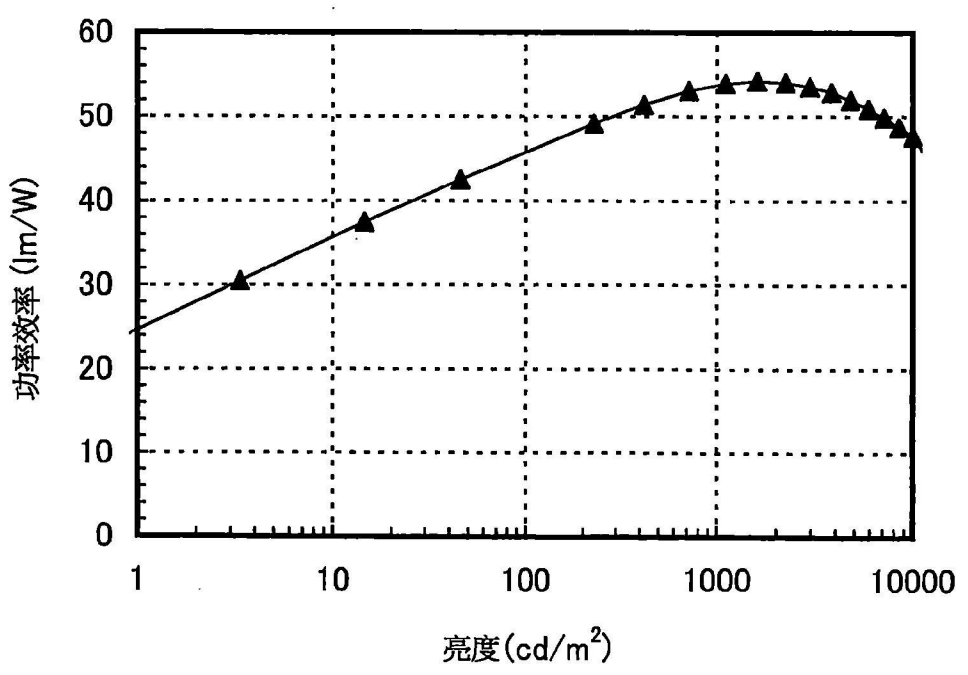


圖 39

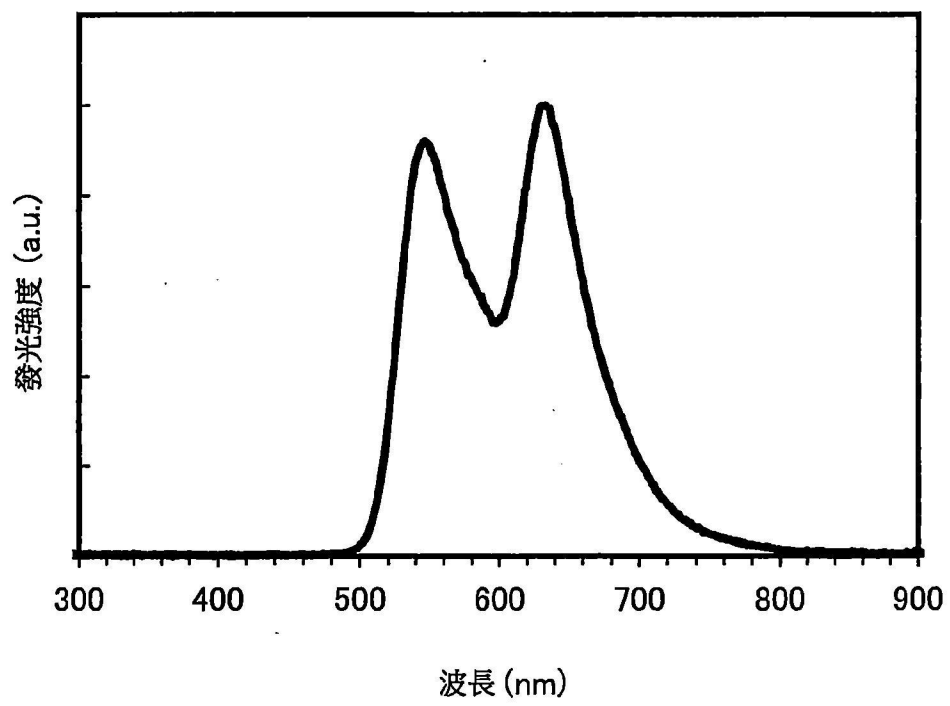


圖 40

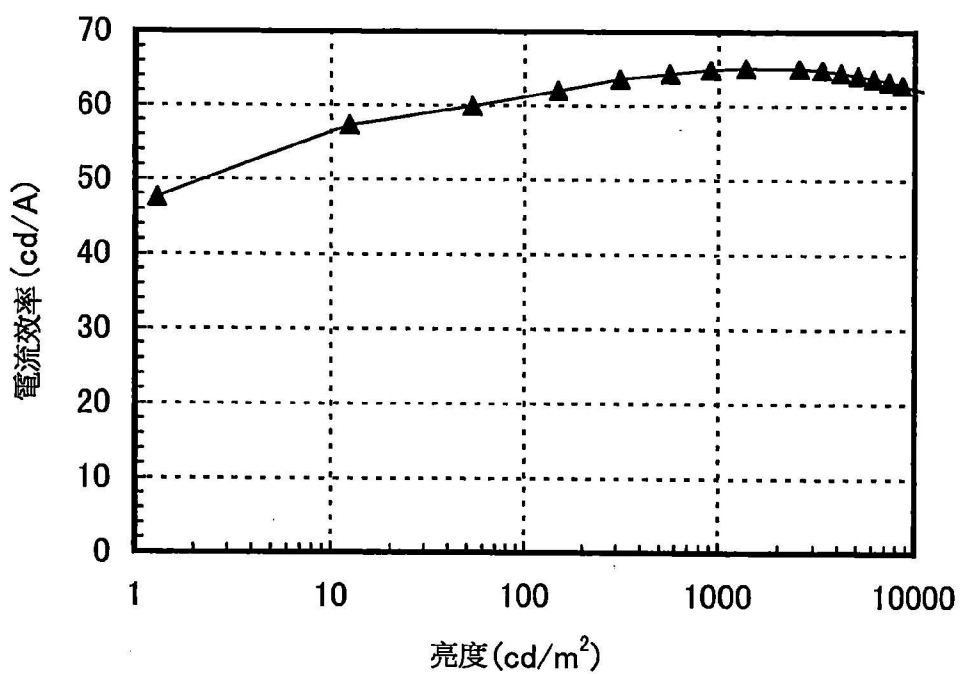


圖 41

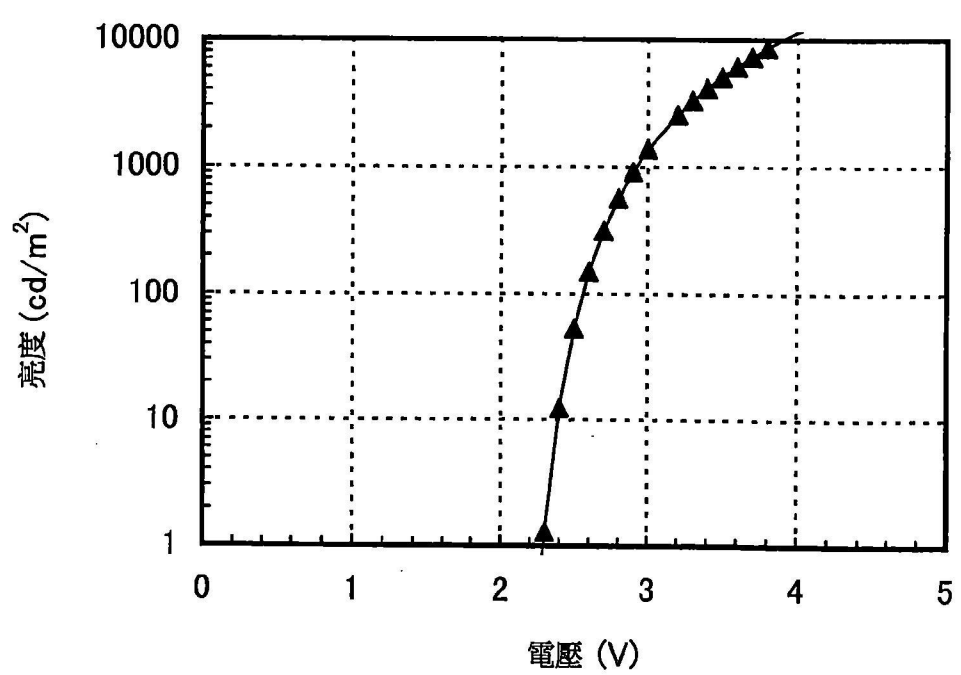


圖 42

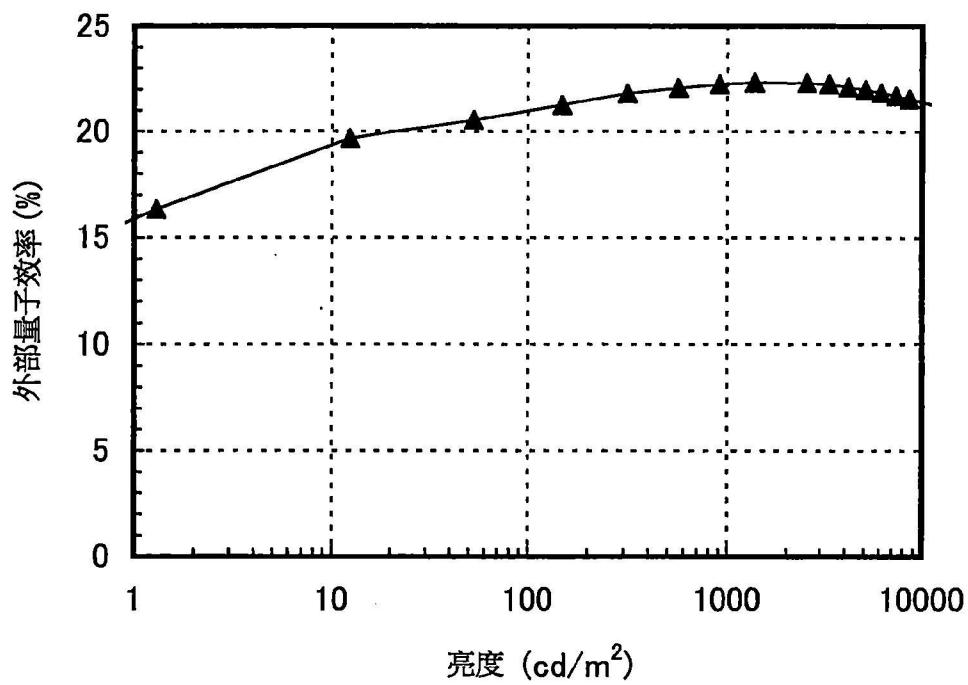


圖 43

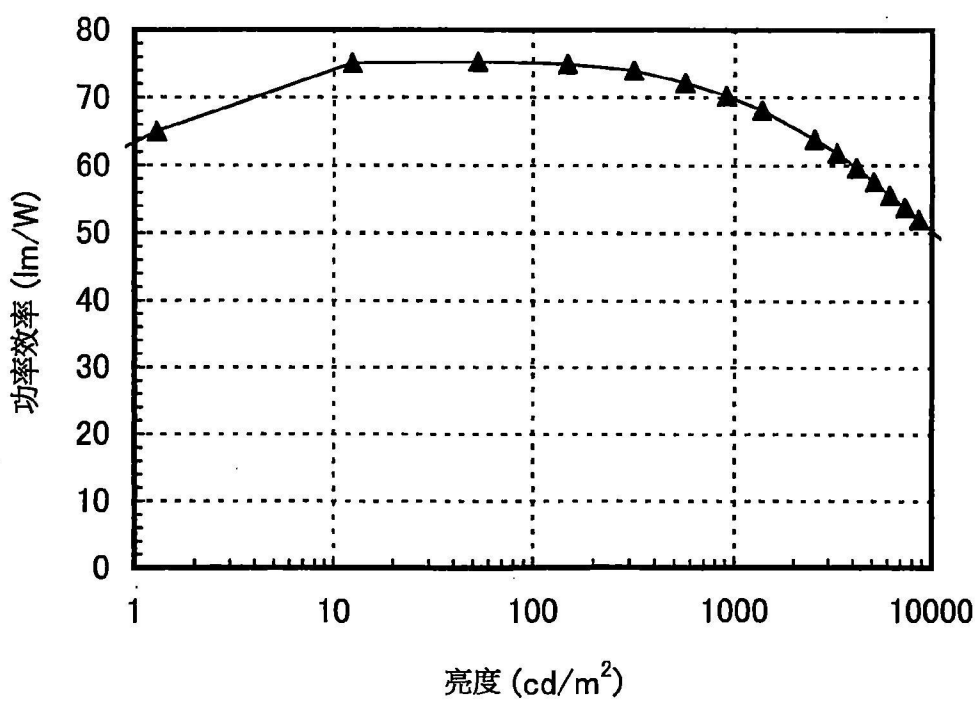


圖 44

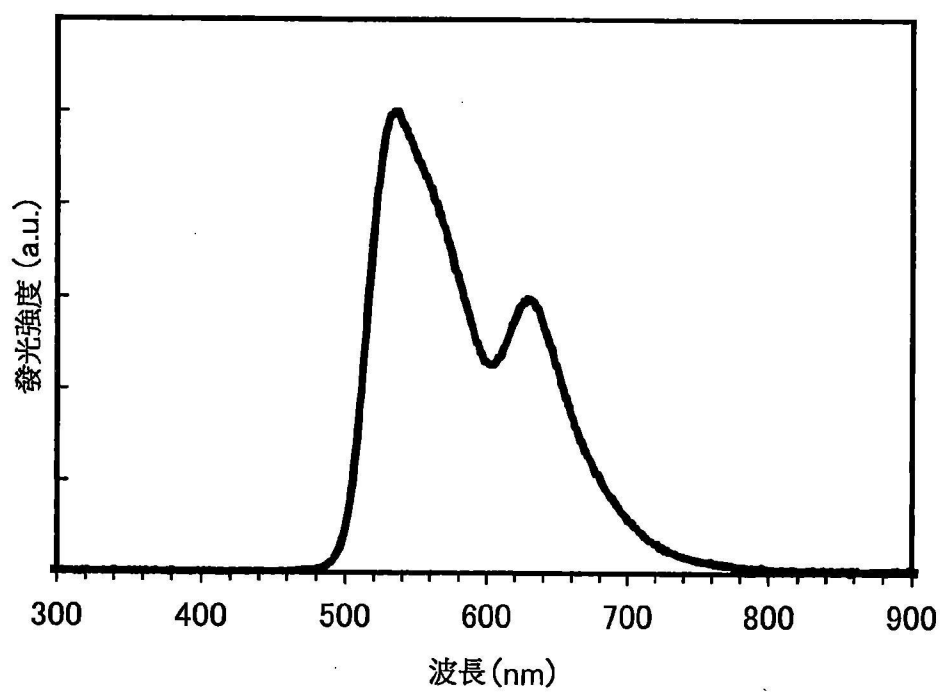


圖 45A

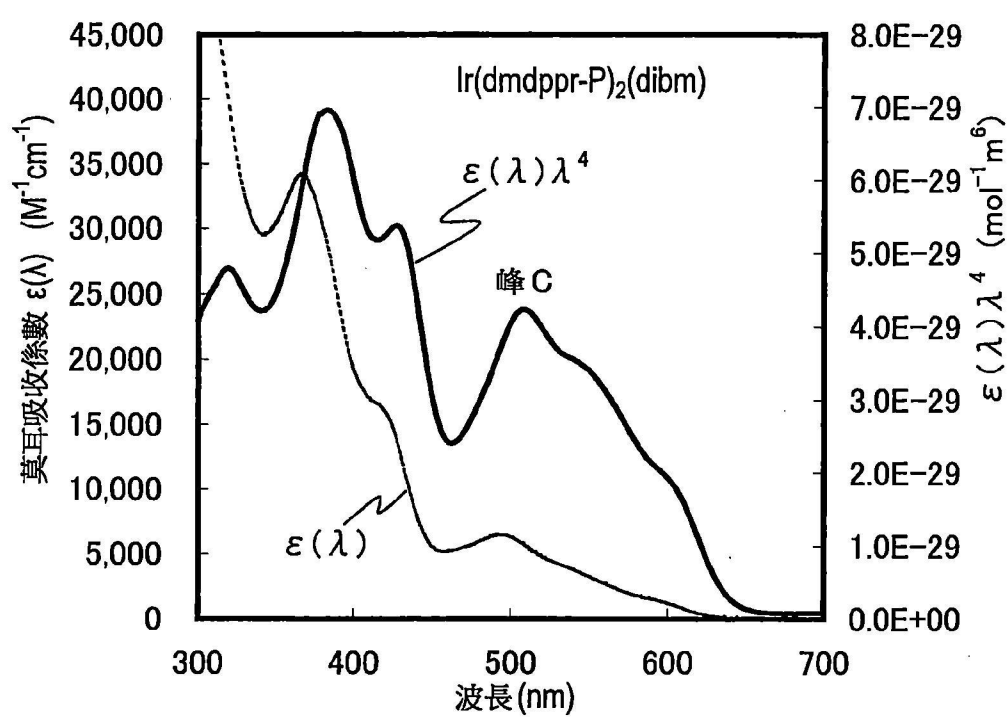


圖 45B

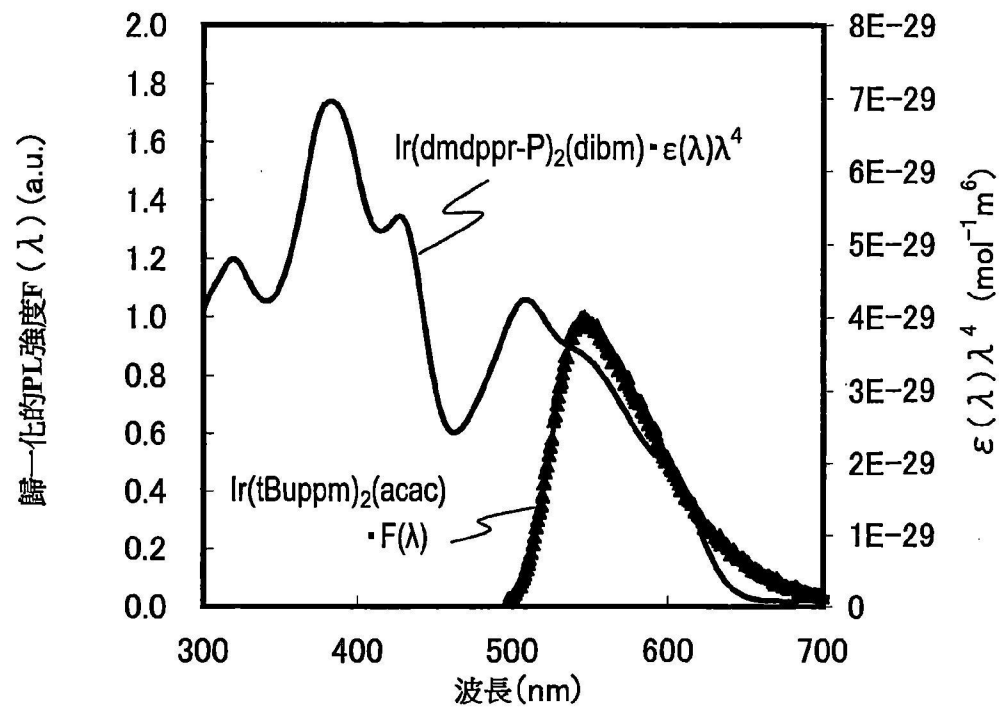


圖 46

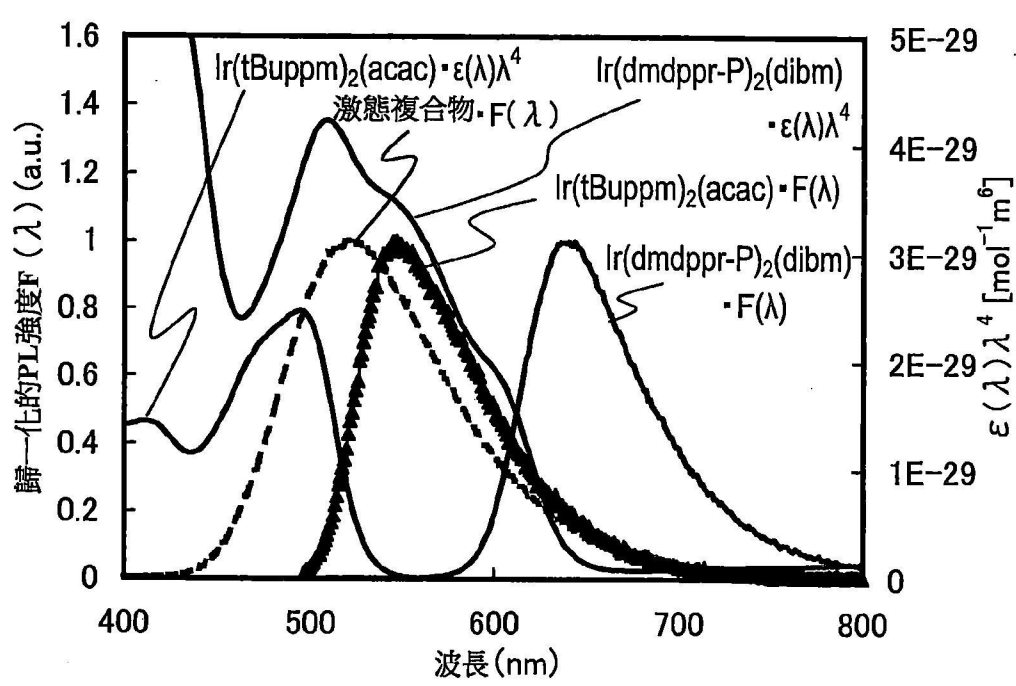


圖 47A

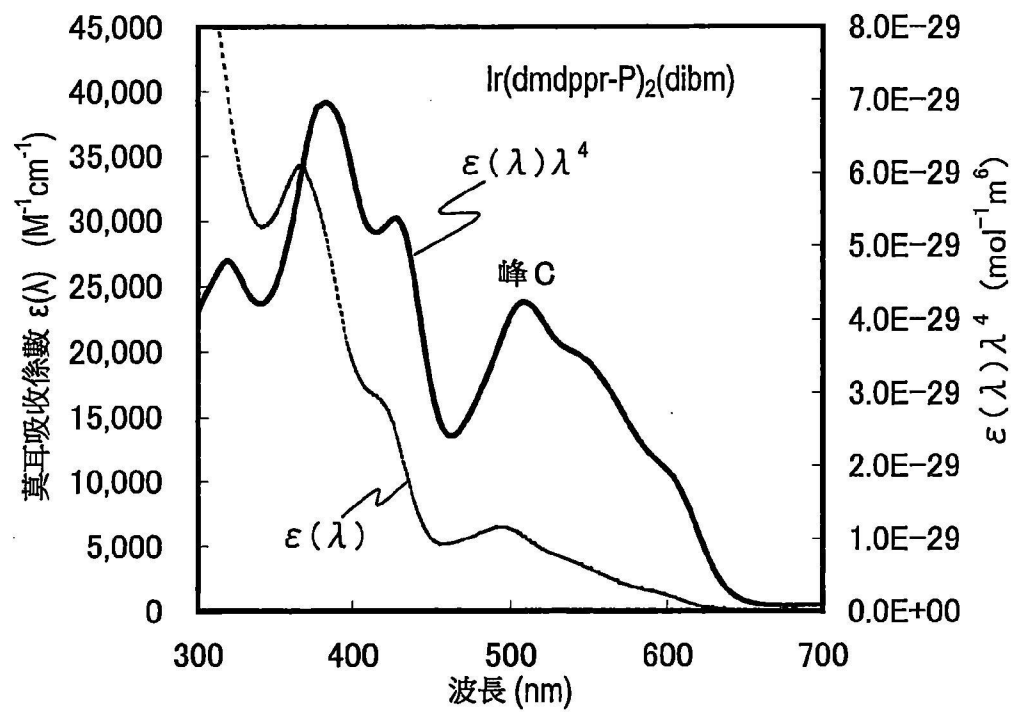


圖 47B

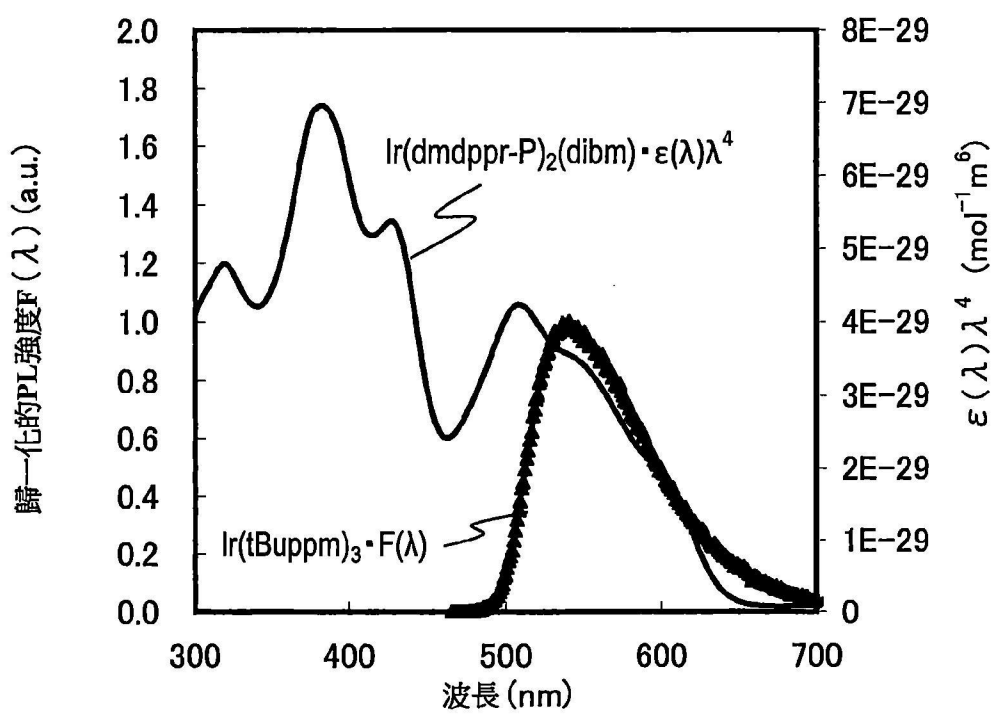


圖 48A

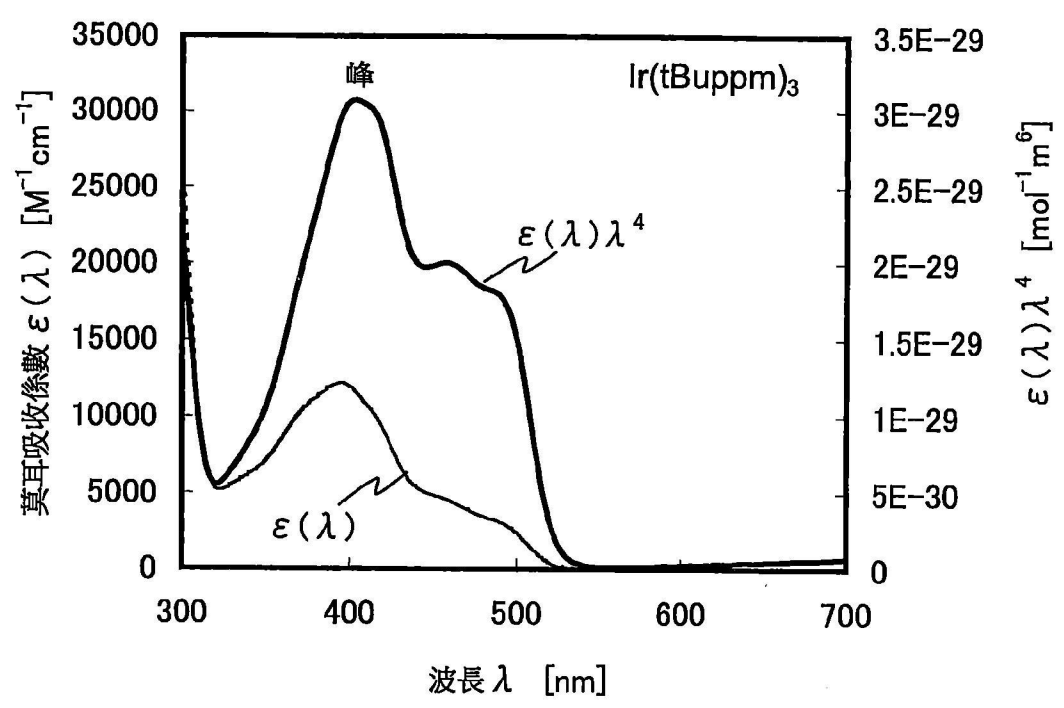


圖 48B

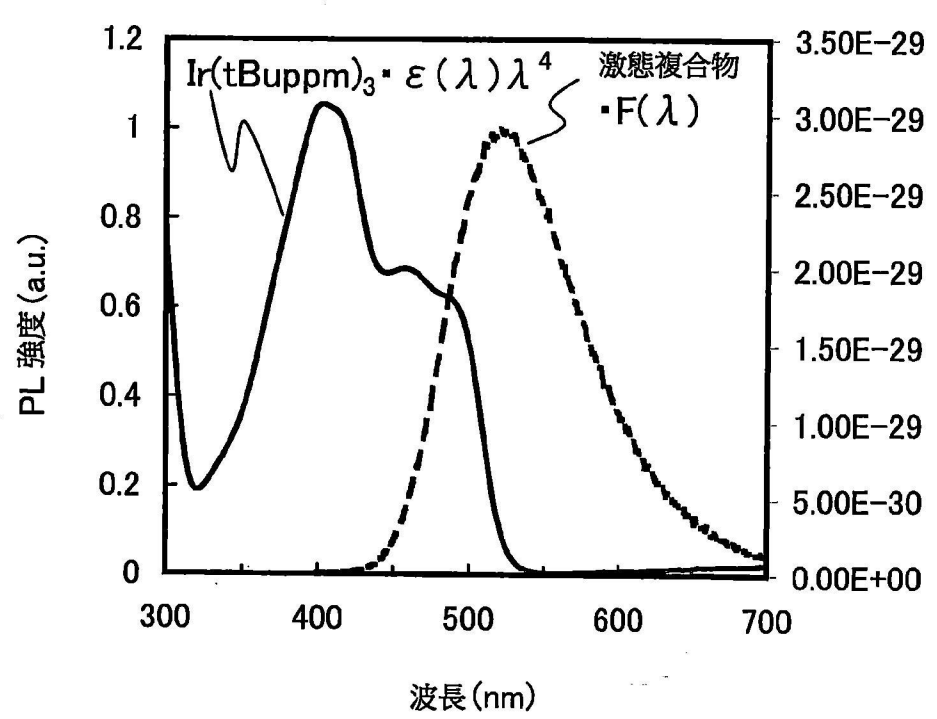


圖 49

