



(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 I664763 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：103140807

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 11 月 25 日

(51)Int. Cl. : **H01L51/52 (2006.01)****H01L51/54 (2006.01)****H01L51/56 (2006.01)****C09K11/00 (2006.01)**

(30)優先權：2013/12/02 日本

2013-249486

2014/05/09 日本

2014-097803

2014/09/05 日本

2014-180913

(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：大澤信晴 OHSAWA, NOBUHARU (JP)；野中裕介 NONAKA, YUSUKE (JP)；石
曾根崇浩 ISHISONE, TAKAHIRO (JP)；瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)；川田琢
也 KAWATA, TAKUYA (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

US 5281489

US 2003/0091862A1

US 2011/0082296A1

US 2013/0240851A1

審查人員：陳基發

申請專利範圍項數：26 項 圖式數：35 共 141 頁

(54)名稱

發光元件、顯示模組、照明模組、發光裝置、顯示裝置、電子裝置以及照明設備

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

(57)摘要

本發明的一個方式的目的是提供一種使用螢光發光及磷光發光的多色發光元件，該多色發光元件有利於實用化。該發光元件具備疊層結構，該疊層結構包括包含主體材料和螢光發光物質的第一發光層、具有電洞傳輸性的物質及具有電子傳輸性的物質的分離層以及包含兩種形成激態錯合物的有機化合物和能夠將三重態激發能轉換為發光的物質的第二發光層。注意，使用第一發光層的發射光譜的峰值存在於比第二發光層短波長一側的發光元件是更有效的。

An object of one embodiment of the present invention is to provide a multicolor light-emitting element that utilizes fluorescence and phosphorescence and is advantageous for practical application. The light-emitting element has a stacked-layer structure of a first light-emitting layer containing a host material and a fluorescent substance, a separation layer containing a substance having a hole-transport property and a substance having an electron-transport property, and a second light-emitting layer containing two kinds of organic compounds that form an exciplex and a substance that can convert triplet excitation energy into luminescence. Note that a light-emitting element in which light emitted from the first light-emitting layer has an emission spectrum peak on the shorter wavelength side than an emission spectrum peak of the second light-emitting layer is more effective.

指定代表圖：

圖 1A

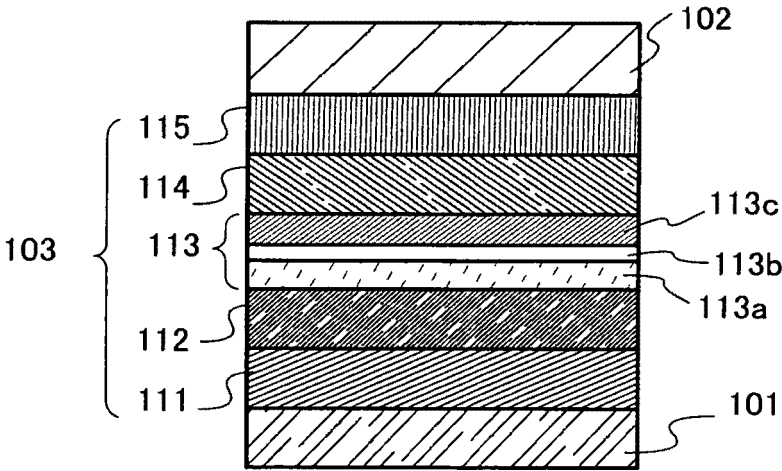
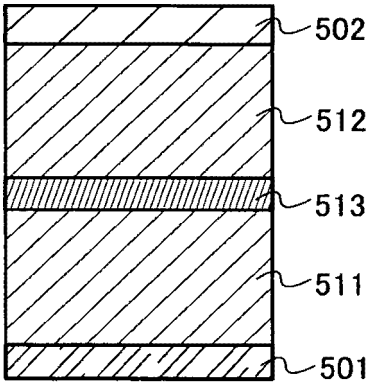


圖 1B



符號簡單說明：

- 103 . . . EL 層
- 115 . . . 電子注入層
- 114 . . . 電子傳輸層
- 113 . . . 發光層
- 112 . . . 電洞傳輸層
- 111 . . . 電洞注入層
- 102 . . . 第二電極
- 113c . . . 第二發光層
- 113a . . . 第一發光層
- 113b . . . 分離層
- 101 . . . 第一電極
- 502 . . . 第二電極
- 501 . . . 第一電極
- 511 . . . 第一發光單元
- 512 . . . 第二發光單元
- 513 . . . 電荷產生層

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件、顯示模組、照明模組、發光裝置、顯示裝置、電子裝置以及照明設備

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

【技術領域】

[0001] 本發明的一個方式係關於一種使用有機化合物作為發光物質的發光元件、顯示模組、照明模組、顯示裝置、發光裝置、電子裝置以及照明設備。

[0002] 注意，本發明的一個方式不侷限於上述技術領域。本說明書等所公開的發明的一個方式的技術領域係關於一種物體、方法或製造方法。本發明的一個方式係關於一種製程（process）、機器（machine）、產品（manufacture）或者組合物（composition of matter）。由此，更具體地，作為本說明書所公開的本發明的一個方式的技術領域的一個例子，可以舉出半導體裝置、顯示裝置、液晶顯示裝置、發光裝置、照明設備、蓄電裝置、記憶體裝置以及它們的驅動方法或它們的製造方法。

【先前技術】

[0003] 近年來，對利用使用有機化合物的電致發光

(Electroluminescence : EL) 的發光元件 (有機 EL 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有機化合物層 (EL 層)。藉由對上述元件施加電壓，可以獲得來自發光物質的發光。

[0004] 因為上述發光元件是自發光型發光元件，所以具有像素的可見度比液晶顯示器高、不需要背光等的優點。因此，該發光元件被認為適合於平板顯示器元件。此外，這種發光元件能夠被製造得薄且輕也是其主要優點。再者，非常高速的回應也是該發光元件的特徵之一。

[0005] 這種發光元件可以獲得面發光。因為該特徵是在利用以白熾燈或 LED 為代表的點光源或者以螢光燈為代表的線光源中難以得到的，所以作為照明等，上述發光元件的利用價值也高。

[0006] 在這種有機 EL 元件中，電子和電洞分別從陰極和陽極注入到 EL 層，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，由此可以獲得發光。

[0007] 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，來自單重激發態 (S^*) 的發光被稱為螢光，而來自三重激發態 (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 $S^* : T^* = 1 : 3$ 。

[0008] 當使用來自單重激發態的發光的化合物 (以下稱為螢光發光物質) 時，在室溫下通常僅觀察到螢光，



而觀察不到磷光。因此，基於 $S^* : T^* = 1 : 3$ 的關係，使用螢光發光物質的發光元件中的內部量子效率（所產生的光子相對於所注入的載子的比例）的理論上的極限被認為是 25%。

[0009] 另一方面，當使用來自三重激發態的發光的化合物（以下稱為磷光化合物）時，在室溫下觀察到磷光。此外，在磷光化合物中，由於容易出現系間穿越（即激發能量從單重激發態轉移到三重激發態），因此在理論上內部量子效率可達 100%。換句話說，使用磷光發光物質的發光元件可以實現比使用螢光發光物質的發光元件高的發光效率。由於上述理由，為了實現高效率的發光元件，近年來已在對使用磷光化合物的發光元件進行積極地研究開發。

[0010] 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物的發光區域且該發光摻雜物發射磷光。另外，專利文獻 2 公開了一種元件（所謂的串聯元件），在該元件中在螢光發光層與磷光發光層之間設置有中間層（電荷發生層）。

[0011]

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

[專利文獻 2] 日本專利申請公開第 2006-120689 號公報

[0012] 作為以白色發光元件為代表的多色發光元

5

件，如專利文獻 2 那樣已開發設置如下層的元件：螢光發光層（短波長發光的層）、磷光發光層（長波長發光的層）以及螢光發光層和磷光發光層之間的中間層（電荷發生層）。並且，上述元件的一部分已實現實用化。該元件具有夾著中間層使兩個發光元件串聯的結構。

[0013] 藉由採用上述結構，雖然由於使用螢光作為使用壽命會有問題的短波長一側的發光並且使用磷光作為長波長一側的發光，與使用磷光作為短波長和長波長的發光的元件相比發光效率降低，但是可以獲得具有穩定的特性的多色發光元件。

[0014] 一方面，具有上述結構的多色發光元件具有高可靠性而適合實用化，另一方面為了獲得一個發光元件該多色發光元件需要形成較多的膜，所以不利於實用化。

[0015] 這種元件採用在磷光發光層和螢光發光層之間設置中間層的原因有幾個，其中之一是防止因螢光發光層而磷光淬滅。

[0016] 在螢光發光層中大多使用以蒽等為代表的稠合芳香環（condensed aromatic ring）（尤其是，稠合芳烴環）骨架的物質作為主體材料。這是因為如下緣故：當使用具有稠合芳香環骨架的物質作為螢光發光層的主體材料時可以穩定地獲得特性良好的發光元件，但是有如下問題：具有稠合芳香環骨架的物質的三重態能階一般低。由此，當接觸地設置螢光發光層和磷光發光層時，磷光發光層中產生的三重態激發能移到螢光發光層的主體材料的三



重態能階而使三重態激發能失活。由於三重態激子的使用壽命長，所以激子的擴散距離長，不僅是在螢光發光層與磷光發光層之間的介面產生的激發能，而是在磷光發光層的內部生成的激發能也被螢光發光層的主體材料失活。因此，發光效率大幅度地下降。

[0017] 如果可以將三重態激發能高的主體材料用於螢光發光層就可以解決上述問題，但是主體材料的單重激發能比主體材料的三重態激發能高，所以主體材料的單重激發態與螢光摻雜物的單重激發態之間的能量差太大了，從主體材料到螢光摻雜物的能量轉移不夠，由此在螢光發光層中得不到足夠的發光效率。並且，其結果是，有時主體材料的無輻射失活過程增大，這導致降低元件的特性（尤其是使用壽命）。此外，主體材料的單重態激發能越大意味著該主體材料的 HOMO-LUMO 能隙當然也越大，這導致驅動電壓的上升。

【發明內容】

[0018] 於是，本發明的一個方式的目的之一是提供一種新穎發光元件。本發明的一個方式的其他目的之一是提供一種使用螢光發光及磷光發光的多色發光元件，該多色發光元件有利於實用化。本發明的一個方式的其他目的之一是提供一種使用螢光發光及磷光發光的多色發光元件，該多色發光元件是形成的膜的個數較少且有利於實用化的發光元件。

[0019] 本發明的一個方式的其他目的之一是提供一種使用螢光發光及磷光發光的多色發光元件，該多色發光元件具有良好的發光效率。

[0020] 本發明的一個方式的其他目的之一是提供一種使用螢光發光及磷光發光的多色發光元件，該多色發光元件是形成的膜的個數較少、有利於實用化且具有良好的發光效率的發光元件。本發明的一個方式的其他目的之一是提供一種新穎發光元件。

[0021] 本發明的一個方式的其他目的之一是藉由使用上述發光元件提供可以以低成本製造的顯示模組、照明模組、發光裝置、顯示裝置、電子裝置及照明設備。

[0022] 本發明的一個方式的其他目的之一是藉由使用上述發光元件提供耗電量被降低的顯示模組、照明模組、發光裝置、顯示裝置、電子裝置及照明設備。

[0023] 本發明只要實現上述目的中的任一個即可。

[0024] 能夠實現上述目的的發光元件具備疊層結構，該疊層結構包括包含主體材料和螢光發光物質的第一發光層、分離層以及包含兩種形成激態錯合物的有機化合物和能夠將三重態激發能轉換為發光的物質的第二發光層。注意，使用第一發光層的發射光譜的峰值存在於比第二發光層短波長一側的發光元件是更有效的。

[0025] 本發明的一個方式是一種發光元件，包括：一對電極；以及夾在一對電極之間的 EL 層，其中，EL 層至少包括第一發光層、第二發光層以及設置在其間的分離

同的第一磷光發光物質及第二發光物質作為能夠將三重態激發能轉換為發光的物質。

[0039] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，第一磷光發光物質發射紅色區域的光，第二磷光發光物質發射綠色區域的光，且螢光發光物質發射藍色區域的光。

[0040] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，第一磷光發光物質在 580nm 至 680nm 處有發射光譜的峰值，第二磷光發光物質在 500nm 至 560nm 處具有發射光譜的峰值，且螢光發光物質在 400nm 至 480nm 處具有發射光譜的峰值。

[0041] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，第二發光層包括第一磷光發光層及第二磷光發光層，第一磷光發光層包含第一磷光發光物質，第二磷光發光層包含第二磷光發光物質。

[0042] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，在第一磷光發光層中第一磷光發光物質呈現載子俘獲性。

[0043] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，載子俘獲性是電子俘獲性。

[0044] 本發明的其他方式是一種包括根據上述記載中任一項所述的發光元件的顯示模組。

[0045] 本發明的其他方式是一種包括根據上述記載中任一項所述的發光元件的照明模組。

[0046] 本發明的其他方式是一種發光裝置，該發光裝置包括根據上述記載中任一項所述的發光元件及用來控制發光元件的單元。

[0047] 本發明的其他方式是一種顯示裝置，該顯示裝置包括顯示部中的根據上述記載中任一項所述的發光元件及用來控制發光元件的單元。

[0048] 本發明的其他方式是一種照明設備，該照明設備包括照明部中的根據上述記載中任一項所述的發光元件及用來控制發光元件的單元。

[0049] 本發明的其他方式是一種包括根據上述記載中任一項所述的發光元件的電子裝置。

[0050] 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；或者藉由 COG（Chip On Glass：晶粒玻璃接合）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。

[0051] 藉由本發明的一個方式，可以提供一種新穎發光元件。

[0052] 藉由本發明的其他方式，可以提供一種使用螢光發光及磷光發光的多色發光元件，該多色發光元件是形成的膜的個數較少且有利於實用化的發光元件。



[0053] 藉由本發明的其他方式，可以提供一種使用螢光發光及磷光發光的多色發光元件，該多色發光元件具有良好的發光效率。

[0054] 藉由本發明的其他方式，可以提供一種使用螢光發光及磷光發光的多色發光元件，該多色發光元件是形成的膜的個數較少、有利於實用化且具有良好的發光效率的發光元件。

[0055] 在本發明的其他方式中，藉由使用上述發光元件可以提供可以以低成本製造的顯示模組、照明模組、發光裝置、顯示裝置、電子裝置及照明設備。

[0056] 在本發明的其他方式中，藉由使用上述發光元件可以提供耗電量被降低的顯示模組、照明模組、發光裝置、顯示裝置、電子裝置及照明設備。注意，這些效果的記載不妨礙其他效果的存在。此外，本發明的一個方式並不需要具有所有上述效果。從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載看來除這些效果外的效果是顯然的，從而可以從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載中抽出除這些效果外的效果。

【圖式簡單說明】

[0057]

圖 1A 和 1B 是發光元件的示意圖；

圖 2A 和 2B 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 3A 和 3B 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

S

圖 4 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 5A 和 5B 是被動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 6A 和 6B 是示出照明設備的圖；

圖 7A、7B1、7B2、7C 以及 7D 是示出電子裝置的圖；

圖 8 是示出光源裝置的圖；

圖 9 是示出照明設備的圖；

圖 10 是示出照明設備的圖；

圖 11 是示出車載顯示裝置及照明設備的圖；

圖 12A 至 12C 是示出電子裝置的圖；

圖 13 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 14 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 15 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的電壓-亮度特性的圖；

圖 16 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 17 是發光元件 1 至發光元件 4 的發射光譜；

圖 18 是示出發光元件 5 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 19 是示出發光元件 5 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 20 是示出發光元件 5 的電壓-亮度特性的圖；

圖 21 是示出發光元件 5 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 22 是發光元件 5 的發射光譜；

圖 23 是發光元件 5 的亮度-CIE 色度特性的圖；

圖 24 是示出發光元件 6 及發光元件 7 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 25 是示出發光元件 6 及發光元件 7 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 26 是示出發光元件 6 及發光元件 7 的電壓-亮度特性的圖；

圖 27 是示出發光元件 6 及發光元件 7 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 28 是發光元件 6 及發光元件 7 的發射光譜；

圖 29 是發光元件 8 的發射光譜；

圖 30 是示出發光元件 9 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 31 是示出發光元件 9 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 32 是示出發光元件 9 的電壓-亮度特性的圖；

圖 33 是示出發光元件 9 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 34 是發光元件 9 的發射光譜；

圖 35 是示出實施例 5 的照明設備的亮度-功率效率特性的圖。

【實施方式】

[0058] 以下，參照圖式對本發明的實施方式進行詳細的說明。注意，本發明不侷限於下面說明，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精神及其範圍的情況下可以被變換為各種各樣的形式。因此，本發明不應該被解釋為僅限定在下面所示的實施方式所記載的內容中。

[0059] 圖 1A 示出本發明的一個方式的發光元件的示意圖。該發光元件至少包括一對電極（第一電極 101、第二電極 102）以及具有發光層 113 的 EL 層 103。發光層 113 包括依次接觸地層疊第一發光層 113a、分離層 113b 以及第二發光層 113c 的結構。

[0060] 在圖 1A 中，雖然還圖示出 EL 層 103 中的電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸層 114 以及電子注入層 115，但是該疊層結構為一個例子，本發明的一個方式的發光元件的 EL 層 103 的結構不侷限於此。注意，在圖 1A 中，第一電極 101 用作陽極，第二電極 102 用作陰極。

[0061] 第一發光層 113a 包含螢光發光物質及主體材料，第二發光層 113c 包含第一有機化合物、第二有機化合物以及磷光發光物質。另外，在具有該結構的發光層中，第一有機化合物和第二有機化合物的組合較佳為形成第一激態錯合物的組合。

[0062] 藉由具有上述結構，在該發光元件中可以高效率地獲得來自第一發光層 113a 的來源於螢光發光物質的發光以及來自第二發光層 113c 的來源於磷光發光物質的發光。另外，即使該發光元件在第一發光層 113a 與第

二發光層 113c 之間沒有設置電荷發生層（該發光元件不是串聯元件），也可以高效率地獲得螢光發光及磷光發光。

[0063] 一般來說，當不使用電荷發生層使螢光發光層與磷光發光層分離的情況下將螢光發光層與磷光發光層設置在一個 EL 層中時，會引起發光效率大幅度地降低。這是因為如下緣故：通常，因在螢光發光層中使用具有以蒽等為代表的稠合芳香環（尤其是稠合芳烴環）骨架的物質作為主體材料而螢光發光層的主體材料的三重態能階較低，並且，在磷光發光層中產生的三重態激發能轉移到螢光發光層而導致三重態激發能的無輻射失活。現在，很困難在螢光發光層中藉由使用具有稠合芳香環骨架的物質以外的物質得到所希望的發光波長及良好的元件特性和可靠性，所以難以獲得具有將螢光發光層與磷光發光層設置在一個 EL 層中的結構以及良好的特性的發光元件。

[0064] 另外，由於三重激發態的弛豫時間很長所以激子的擴散距離很長，由此因擴散而生成在磷光發光層內部的激子的大部分也移動到螢光發光層，這使得降低發光效率的問題變得更加嚴重。

[0065] 現在，難以使用不具有稠合芳香環骨架的物質地得到所希望的發光波長、良好的元件特性及可靠性，所以在將螢光發光層和磷光發光層設置為接近的發光元件中獲得具有良好的特性有困難的。

[0066] 在此，在本實施方式的一個方式的發光元件

S

中，藉由採用如下結構可以解決上述問題：第二發光層 113c 中的第一有機化合物及第二有機化合物形成激態錯合物，三重態激發能從該激態錯合物轉移到磷光發光物質而可以獲得發光。

[0067] 激態錯合物處於由兩種物質（在本發明的一個方式中是指第一有機化合物及第二有機化合物）構成的激發態。當激態錯合物釋放能量時，兩種形成激態錯合物的物質起原來的物質的作用。就是說，不存在激態錯合物的基態，因此在原理上不容易產生激態錯合物互相之間或者從其他物質向激態錯合物的能量轉移。

[0068] 可以認為：當在發光元件中生成激態錯合物時，藉由使第一有機化合物和第二有機化合物中的任一個的陽離子與另一個的陰離子相鄰，直接形成激態錯合物的過程（電致激態錯合物（electroplex）過程）佔優勢。此外，即使第一有機化合物和第二有機化合物中的一個處於激發態，也迅速地與另一個物質相互作用而形成激態錯合物，因此第二發光層 113c 中的激子的大部分為激態錯合物。激態錯合物的能隙比第一有機化合物及第二有機化合物小。並且，較佳的是，藉由以激態錯合物的三重態激發能比第一有機化合物及第二有機化合物中的至少一個的三重態激發能低的方式，更佳的是，藉由以激態錯合物的三重態激發能比第一有機化合物及第二有機化合物中的兩者的三重態激發能低的方式，選擇第一有機化合物及第二有機化合物，幾乎不會產生從激態錯合物向第一有機化合物

及第二有機化合物的能量轉移。另外，如上所述，也幾乎不會產生激態錯合物之間的能量轉移，其結果是來自激態錯合物的激發能轉移到磷光發光物質而轉換為發光。因此，在第二發光層 113c 中幾乎不會發生激子的擴散。由此，可以解決上述問題。

[0069] 在此，在作為螢光發光層的第一發光層 113a 與作為磷光發光層的第二發光層 113c 接觸時，在其介面有可能稍微產生從激態錯合物或磷光摻雜物向第一發光層 113a 的主體材料的能量轉移（尤其是，三重態-三重態的能量轉移）。如上所述，在激態錯合物中不容易發生激子的擴散且能量容易從激態錯合物轉移到磷光摻雜物，所以比較來說其影響不太大。但是當在該介面中存在與第一發光層 113a 的主體材料接觸的磷光摻雜物時，主體材料由於德克斯特（Dexter）機制所引起的能量轉移而使該磷光摻雜物的發光大幅度地淬滅。於是，藉由在第一發光層 113a 與第二發光層 113c 之間形成分離層 113b，可以抑制在第一發光層 113a 與第二發光層 113c 之間的介面中會產生的能量轉移，可以以更好的特性進行磷光發光及螢光發光。

[0070] 在本發明的一個方式的發光元件中，藉由使第一發光層 113a 具有由於三重態-三重態湮沒（annihilation）（T-T 湮沒：TTA）而容易生成單重激發態的結構，可以在第一發光層 113a 中將產生在第一發光層 113a 中的三重態激發能轉換為螢光發光。由此，本發

明的一個方式的發光元件可以進一步減少能量損失。為了實現由於 TTA 而容易生成單重激發態的結構，在第一發光層 113a 中以主體材料的單重態激發能階高於螢光發光物質的單重態激發能階且主體材料的三重態激發能階低於螢光發光物質的三重態激發能階的方式選擇主體材料和螢光發光物質即可。作為滿足上述關係的主體材料和螢光發光物質的選擇，較佳為組合作為主體材料具有蒽骨架的材料與作為螢光發光物質具有芴骨架的材料等。

[0071] 此外，當第一發光層 113a 的厚度過厚時，不容易得到來自第二發光層 113c 的發光。當厚度過薄時，不容易得到來自第一發光層 113a 的發光。因此，第一發光層 113a 的厚度較佳為 5nm 以上且 20nm 以下。

[0072] 此外，在第一發光層 113a 形成在陽極一側的情況下，第一發光層 113a 較佳為具有電洞傳輸性的層。此時，作為主體材料較佳為使用具有電洞傳輸性高的雙極性的材料。作為該物質，較佳為使用具有蒽骨架的材料。再者，在螢光發光物質的電洞俘獲性高的情況（例如後面說明的稠合芳族胺化合物）下，為了均衡地且高效率地得到磷光發光及螢光發光，將螢光發光物質的濃度設定為 5% 以下，較佳為 1% 以上且 4% 以下，更佳為 1% 以上且 3% 以下。在螢光發光物質的 HOMO 高於主體材料的 HOMO 的情況下呈現該電洞俘獲性。

[0073] 在第二發光層 113c 中的第一有機化合物和第二有機化合物的組合只要為能夠形成激態錯合物的組合即

可，一個有機化合物較佳為具有電洞傳輸性的物質，另一個有機化合物較佳為具有電子傳輸性的物質。此時，容易形成施體-受體型的激發態，由此可以高效率地形成激態錯合物。另外，當使用具有電洞傳輸性的物質和具有電子傳輸性的物質的組合構成第一有機化合物和第二有機化合物的組合時，按照其混合比例可以容易控制載子平衡。具體地，混合比例較佳為如下：具有電洞傳輸性的物質：具有電子傳輸性的物質=1：9 至 9：1。此外，具有該結構的發光元件可以容易控制載子平衡，所以也可以容易控制再結合區域。再者，本發明的一個方式的發光元件藉由如上所述地控制載子平衡可以進行發光顏色的調整。

[0074] 另外，在第二發光層 113c 中，藉由使磷光發光物質的最低能量一側的吸收帶與第一激態錯合物的發射光譜重疊，可以使從第一激態錯合物向磷光發光物質的能量轉移最佳化，從而可以獲得發光效率更良好的發光元件。當磷光發光物質的最低能量一側的吸收帶的峰值波長和激態錯合物的發射光譜的峰值波長的能量換算值之間的差為 0.2eV 以下時，它們的重疊很大，所以是較佳的。注意，雖然磷光發光物質的最低能量一側的吸收帶較佳為三重態的吸收帶，但是在使用熱活化延遲螢光（Thermally activated delayed fluorescence, TADF）材料代替磷光發光物質的情況下，最低能量一側的吸收帶較佳為單重態的吸收帶。

[0075] 較佳的是，在本發明的一個方式的發光元件

中包含在第二發光層 113c 中的發光物質為能夠將三重態激發能轉換為發光的物質，在本說明書中，可以將記載為磷光發光物質的部分換稱為 TADF 材料，並將記載為磷光發光層的部分換稱為 TADF 發光層。TADF 材料是指能夠由於微小的熱能量使三重激發態上轉換（upconvert，逆系間穿越）到單重激發態，並高效率地呈現來自單重激發態的發光（螢光）的物質。另外，可以高效率地獲得熱活化延遲螢光的條件為如下：三重激發能階和單重激發能階之間的能量差為 0eV 以上且 0.2eV 以下，較佳為 0eV 以上且 0.1eV 以下。磷光發光物質及 TADF 材料都是能夠將三重態激發能轉換為發光的物質。

[0076] 在本實施方式中的發光元件中，載子的再結合區域較佳為不形成在局部而形成在某些部分。為此，在各發光層中較佳為具有適當的載子俘獲性。當在陽極一側形成有第一發光層 113a 且在陰極一側形成有第二發光層 113c 時，第一發光層 113a 的螢光發光物質較佳為具有電洞俘獲性而第二發光層 113c 的磷光發光物質較佳為具有電子俘獲性。當在陰極一側形成有第一發光層 113a 且在陽極一側形成有第二發光層 113c 時，反之亦然。作為電子俘獲性高的物質，可以舉出具有包含嘧啶骨架、吡嗪骨架等二嗪骨架的配體的遷移金屬錯合物（銦錯合物及鉑錯合物等）。注意，在磷光發光物質的 LUMO 低於第一有機化合物及第二有機化合物的兩者的情況下呈現該電子俘獲性。



[0077] 分離層 113b 也可以單獨使用一個物質形成，但是較佳為包含具有電洞傳輸性的物質及具有電子傳輸性的物質形成。另外，上述物質更佳為形成激態錯合物的組合。藉由改變具有電洞傳輸性的物質及具有電子傳輸性的物質的混合比例，如第二發光層 113c 所說明那樣，可以容易控制載子平衡，從而可以進行發光顏色的調整。

[0078] 構成分離層 113b 的材料的單重態激發能及三重態激發能較佳為與第一發光層 113a 的主體材料相等或高於第一發光層 113a 的主體材料。此外，當在分離層 113b 中形成第二激態錯合物時，如上所述不容易產生向激態錯合物的能量轉移，所以也可以第二激態錯合物的單重態激發能及三重態激發能低於主體材料。

[0079] 構成分離層 113b 的材料的單重態激發能及三重態激發能不受到第二發光層 113c 的第一激態錯合物的單重態激發能及三重態激發能的限制。就是說，構成分離層 113b 的材料的單重態激發能及三重態激發能也可以高於或低於第二發光層 113c 的第一激態錯合物的單重態激發能及三重態激發能。一般來說，當分離層的激發能低於第二發光層 113c 的激發能時，第二發光層 113c 的發光顯著減少，但是在本結構中第二發光層 113c 的激子大部分以激態錯合物的形態存在，由此不容易發生激子的擴散而能量損失少。

[0080] 如果在分離層 113b 由具有電洞傳輸性的物質及具有電子傳輸性的物質形成的情況下其組合與構成第二

發光層 113c 的第一有機化合物和第二有機化合物的組合相同，就可以抑制驅動電壓的上升，所以是較佳的。換句話說，較佳的是，第一有機化合物和第二有機化合物中的一個與分離層 113b 中的具有電洞傳輸性的物質相同且另一個與分離層 113b 中的具有電子傳輸性的物質相同。就是說，在分離層 113b 中形成的第二激態錯合物較佳為與在第二發光層 113c 中形成的第一激態錯合物相同。

[0081] 另外，本發光元件較佳為採用如下結構：與來自第二發光層 113c 的發光的峰值相比，來自第一發光層 113a 的發光的峰值位於短波長一側。使用呈現短波長的發光的磷光發光物質的發光元件有亮度劣化快的趨勢，由此藉由使用具有呈現短波長的發光的螢光發光物質，可以提供一種亮度劣化小的發光元件。此外，由於本發光元件與串聯元件不一樣地用作螢光發光層的第一發光層 113a 與用作磷光發光層的第二發光層 113c 之間只存在幾 nm 厚的分離層 113b，所以構成 EL 層的層的個數少且層的厚度也薄，從而在成本方面上優勢，並適合大量生產。此外，如上所述，構成 EL 層的層的個數少，由此可以減薄 EL 層的厚度，也具有光學上有利的結構（光提取效率高的結構）。再者，可以以低驅動電壓，即，5V 以下實現高效率地獲得螢光發光和磷光發光的發光元件。

[0082] 此外，雖然螢光發光層與磷光發光層接近，但是由於如上述那樣在磷光發光層中使用激態錯合物而不容易發生三重態激發能的失活，從而容易同時實現磷光發

光和螢光發光。

[0083] 另外，藉由在第一發光層 113a 和第二發光層 113c 中分別獲得不同的發光波長的光，本實施方式的發光元件可以成為多色發光的元件。由此，可以獲得使來自多個發光物質的發光合成的具有各種發光顏色的發光元件。

[0084] 另外，這種發光元件適合用來獲得白色發光。藉由使第一發光層 113a 的光和第二發光層 113c 的光處於呈現互補色的關係，可以獲得白色發光。另外，藉由將發光波長不同的多個發光物質用於發光層中的一個或兩個，也可以得到由三原色或四種以上的發光顏色構成的演色性高的白色發光。在此情況下，也可以將各個發光層進一步分割為層狀並使該被分割的層的每一個含有不同的發光物質。該白色發光元件利用磷光發光，不僅實現高發光效率，而且其形成的膜的數量比串聯型發光元件的形成的膜的數量少且層厚度薄，從而容易廉價製造。另外，由於層厚度薄而提高光提取效率。

[0085] 接著，參照圖 1A 說明上述發光元件的詳細結構的例子。

[0086] 本實施方式的發光元件在一對電極之間包括具有多個層的 EL 層。在本實施方式中，發光元件由第一電極 101、第二電極 102、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。該疊層順序也可以相反。就是說，第一發光層 113a 也可以形成在陰極一側，而第二發光層 113c 也可以形成在陽極一側。

[0087] 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 4.0eV 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：Indium Tin Oxide，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 $1\text{wt}\%$ 至 $20\text{wt}\%$ 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 $0.5\text{wt}\%$ 至 $5\text{wt}\%$ 的氧化鎢和 $0.1\text{wt}\%$ 至 $1\text{wt}\%$ 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，藉由將後面說明的複合材料用於 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。

[0088] EL 層 103 只要具有發光層 113 具有上述結構的疊層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。

[0089] 電洞注入層 111 是具有電洞注入性的物質的層。並且，可以使用鉬氧化物、釩氧化物、鈮氧化物、鎢氧化物、錳氧化物等。另外，也可以使用酞青類化合物如酞青（簡稱：H₂Pc）、銅酞青（簡稱：CuPc）等；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）、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）等；或者高分子如聚（3,4-乙烯二氧噻吩）/聚（苯乙炔磺酸）（PEDOT/PSS）等來形成電洞注入層 111。

[0090] 另外，作為電洞注入層 111，可以使用在具有電洞傳輸性的物質中含有受體物質的複合材料。注意，藉由使用在具有電洞傳輸性的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，較佳為使用氧化釩、氧化鋮、氧化鉭、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。

[0091] 作為用於複合材料的具有電洞傳輸性的物質，可以使用各種有機化合物如芳香胺化合物、咪唑衍生物、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，較佳為使用具有電洞傳輸性的有機化合物。具體地，較佳為使用電洞移動率為 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 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。

[0092] 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-p-伸苯基二胺（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。

[0093] 作為可以用於複合材料的咪唑衍生物，可以具體地舉出 3-[N-（9-苯基咪唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咪唑（簡稱：PCzPCA1）、3,6-雙[N-（9-苯基咪唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咪唑（簡稱：PCzPCA2）、3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基咪唑-3-基）胺基]-9-苯基咪唑（簡稱：PCzPCN1）等。

[0094] 另外，作為可以用於複合材料的咪唑衍生物，還可以舉出 4,4'-二（N-咪唑基）聯苯（簡稱：CBP）、1,3,5-三[4-（N-咪唑基）苯基]苯（簡稱：TCPB）、9-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-咪唑（簡稱：CzPA）、1,4-雙[4-（N-咪唑基）苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0095] 另外，作為可以用於複合材料的芳烴，例如可以舉出 2-三級丁基-9,10-二（2-萘基）蒽（簡稱：t-BuDNA）、2-三級丁基-9,10-二（1-萘基）蒽、9,10-雙（3,5-二苯基苯基）蒽（簡稱：DPPA）、2-三級丁基-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）、2-三級丁基蒽（簡稱：t-BuAnth）、9,10-雙（4-甲基-1-萘基）蒽（簡稱：DMNA）、2-三級丁基-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（三級丁基）芘等。除此之外，還可以使用稠五苯、蒽等。像這樣，較佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率的碳原子數為 14 至 42 的芳烴。

[0096] 注意，可以用於複合材料的芳烴也可以具有

S

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。

[0097] 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-（4-二苯基胺基）苯基]苯基-N'-苯基胺基）苯基）甲基丙烯醯胺]（簡稱：PTPDMA）、聚[N,N'-雙（4-丁基苯基）-N,N'-雙（苯基）聯苯胺]（簡稱：Poly-TPD）等高分子化合物。

[0098] 藉由形成電洞注入層，使電洞注入性成為良好，從而可以獲得驅動電壓低的發光元件。

[0099] 電洞傳輸層 112 是包含具有電洞傳輸性的物質的層。作為具有電洞傳輸性的物質，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，主要是電洞移動率為 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 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, 包含具有電洞傳輸性的物質的層不限於單層, 也可以為由上述物質構成的兩個以上的層的疊層。

[0100] 在本發明的一個方式的發光元件中, 在第一發光層 113a 設置在陽極一側的情況下, 用於電洞傳輸層 112 的物質的 HOMO 能階較佳為與第一發光層 113a 中的主體材料的 HOMO 能階接近 (能量差為 0.2eV 以下)。由此, 過多電洞不被陷阱能階俘獲地流過分離層 113b 及第二發光層 113c, 所以以高效率地均衡地且容易得到螢光發光及磷光發光。

[0101] 發光層 113 具有上述結構。即, 從第一電極一側依次層疊有第一發光層 113a、分離層 113b 以及第二發光層 113c。另外, 第一發光層 113a 包含主體材料和螢光發光物質, 第二發光層 113c 包含第一有機化合物、第二有機化合物以及能夠將三重態激發能轉換為發光的物質 (磷光化合物或 TADF 材料)。

[0102] 在第一發光層 113a 中, 作為可以用作螢光發光物質的材料, 例如可以舉出如下物質。另外, 除此之外, 還可以使用其他各種螢光發光物質。

[0103] 作為該化合物, 可以舉出 5,6-雙[4-(10-苯基-9-蒽基) 苯基]-2,2'-聯吡啶 (簡稱: PAP2BPy)、5,6-雙[4'-(10-苯基-9-蒽基) 聯苯基-4-基]-2,2'-聯吡啶 (簡稱: PAPP2BPy)、N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-芴-9-基) 苯基]-

5

N,N'-二苯基-苊-1,6-二胺（簡稱：1,6FLPAPrn）、N,N'-雙
 （3-甲基苯基）-N,N'-雙[3-（9-苯基-9H-芴-9-基）苯基]-
 苊-1,6-二胺（簡稱：1,6mMemFLPAPrn）、N,N'-雙[4-
 （9H-呋唑-9-基）苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺
 （簡稱：YGA2S）、4-（9H-呋唑-9-基）-4'-（10-苯基-9-
 蒽基）三苯胺（簡稱：YGAPA）、4-（9H-呋唑-9-基）-
 4'-（9,10-二苯基-2-蒽基）三苯胺（簡稱：2YGAPPA）、
 N,9-二苯基-N-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-呋唑-3-胺
 （簡稱：PCAPA）、苊、2,5,8,11-四-三級丁基苊（簡
 稱：TBP）、4-（10-苯基-9-蒽基）-4'-（9-苯基-9H-呋唑-
 3-基）三苯胺（簡稱：PCBAPA）、N,N''-（2-三級丁基蒽
 -9,10-二基-2-4,1-苯撐基）雙[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺]
 （簡稱：DPABPA）、N,9-二苯基-N-[4-（9,10-二苯基-2-
 蒽基）苯基]-9H-呋唑-3-胺（簡稱：2PCAPPA）、N-[4-
 （9,10-二苯基-2-蒽基）苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺
 （簡稱：2DPAPPA）、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-八苯基二
 苯并[g,p]屈（chrysene）-2,7,10,15-四胺（簡稱：
 DBC1）、香豆素 30、N-（9,10-二苯基-2-蒽基）-N,9-二
 苯基-9H-呋唑-3-胺（簡稱：2PCAPA）、N-[9,10-雙
 （1,1'-聯苯基-2-基）-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-呋唑-3-胺
 （簡稱：2PCABPhA）、N-（9,10-二苯基-2-蒽基）-
 N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺（簡稱：2DPAPA）、N-[9,10-
 雙（1,1'-聯苯-2-基）-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺
 （簡稱：2DPABPhA）、9,10-雙（1,1'-聯苯-2-基）-N-[4-

(9H- 咔 啉 -9- 基) 苯 基]-N- 苯 基 蒽 -2- 胺 (簡 稱 : 2YGABPhA) 、 N,N,9- 三 苯 基 蒽 -9- 胺 (簡 稱 : DPhAPhA) 、 香 豆 素 545T 、 N,N'-二 苯 基 喹 吖 酮 (簡 稱 : DPQd) 、 紅 螢 烯 、 5,12-雙 (1,1'-聯 苯 -4-基) -6,11-二 苯 基 稠 四 苯 (簡 稱 : BPT) 、 2- (2-{2-[4- (二 甲 胺 基) 苯 基]乙 烯 基 }-6-甲 基 -4H-吡 喃 -4-亞 基) 丙 烷 二 腈 (簡 稱 : DCM1) 、 2-{2-甲 基 -6-[2- (2,3,6,7-四 氫 -1H,5H-苯 并 [ij] 喹 啉 -9-基) 乙 烯 基]-4H-吡 喃 -4-亞 基 }丙 烷 二 腈 (簡 稱 : DCM2) 、 N,N,N',N'-四 (4-甲 基 苯 基) 稠 四 苯 -5,11-二 胺 (簡 稱 : p-mPhTD) 、 7,14-二 苯 基 -N,N,N',N'-四 (4-甲 基 苯 基) 茚 并 [1,2-a]丙 二 烯 合 第 -3,10-二 胺 (簡 稱 : p-mPhAFD) 、 2-{2-異 丙 基 -6-[2- (1,1,7,7-四 甲 基 -2,3,6,7-四 氫 -1H,5H-苯 并 [ij]喹 啉 -9-基) 乙 烯 基]-4H-吡 喃 -4-亞 基 }丙 烷 二 腈 (簡 稱 : DCJTI) 、 2-{2-三 級 丁 基 -6-[2- (1,1,7,7-四 甲 基 -2,3,6,7-四 氫 -1H,5H-苯 并 [ij]喹 啉 -9-基) 乙 烯 基]-4H-吡 喃 -4-亞 基 }丙 烷 二 腈 (簡 稱 : DCJTB) 、 2- (2,6-雙 {2-[4- (二 甲 胺 基) 苯 基]乙 烯 基 }-4H-吡 喃 -4-亞 基) 丙 烷 二 腈 (簡 稱 : BisDCM) 、 2-{2,6-雙 [2- (8-甲 氧 基 -1,1,7,7-四 甲 基 -2,3,6,7-四 氫 -1H,5H-苯 并 [ij]喹 啉 -9-基) 乙 烯 基]-4H-吡 喃 -4-亞 基 }丙 烷 二 腈 (簡 稱 : BisDCJTM) 等 。 尤 其 是 , 以 1,6FLPAPrn (簡 稱) 1,6mMemFLPAPrn (簡 稱) 等 茚 二 胺 衍 化 合 物 為 代 表 的 稠 合 芳 族 二 胺 化 合 物 具 有 高 電 洞 俘 獲 性 且 良 好 的 發 光 效 率 及 可 靠 性 , 所 以 是 較 佳 的 。

[0104] 在第一發光層 113a 中，作為可以用作主體材料的物質，例如可以舉出如下物質。

[0105] 可以舉出蔥化合物諸如 9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-9H-咔唑 (簡稱: PCzPA)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑 (簡稱: PCPN)、9-[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-9H-咔唑 (簡稱: CzPA)、7-[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑 (簡稱: cgDBCzPA)、6-[3-(9,10-二苯基-2-蔥基)苯基]-苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃 (簡稱: 2mBnfPPA)、9-苯基-10-{4-(9-苯基-9H-芴-9-基)聯苯-4'-基}蔥 (簡稱: FLPPA) 等。在將具有蔥骨架的物質用作主體材料時，可以實現發光效率及耐久性良好的發光層。尤其是，CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPA 呈現非常良好的特性，所以是較佳的。

[0106] 在第二發光層 113c 中，作為能夠將三重態激發能轉換為發光的物質，有磷光發光物質及 TADF 材料，例如可以舉出如下物質。

[0107] 作為磷光發光物質，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- 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)、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: $\text{Ir}(\text{Mptz1-mp})_3$)、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{Prptz1-Me})_3$) 等具有 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: $\text{Ir}(\text{iPrpmi})_3$)、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啉根 (phenanthridinato)]銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$) 等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)吡啉根- $\text{N}, \text{C}^{2'}$]銱 (III) 四(1-吡啉基)硼酸鹽 (簡稱: FIr6)、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根- $\text{N}, \text{C}^{2'}$]銱 (III) 吡啉甲酸酯 (簡稱: FIrpic)、雙{2-[3',5'-雙(三氟甲基)苯基]吡啉根- $\text{N}, \text{C}^{2'}$ }銱 (III) 吡啉甲酸酯 (簡稱: $\text{Ir}(\text{CF}_3\text{ppy})_2(\text{pic})$)、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根- $\text{N}, \text{C}^{2'}$]銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: $\text{FIr}(\text{acac})$) 等以具有拉電子基的苯基吡啉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。

[0108] 另外, 可以舉出: 三(4-甲基-6-苯基嘧啉根)銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{mppm})_3$)、三(4-三級丁基-6-苯基嘧啉根)銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{tBuppm})_3$)、(乙醯丙酮根)雙(6-甲基-4-苯基嘧啉根)銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{mppm})_2(\text{acac})$)、雙[2-(6-三級丁基-4-嘧啉基- $\kappa\text{N}3$)苯基- κC](2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O}, \text{O}'$)銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$)、(乙醯丙酮根)雙[4-(2-降莖基)-

6-苯基嘧啶基]銱 (III) (內型、外型混合物) (簡稱： $\text{Ir}(\text{nbppm})_2(\text{acac})$)、(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： $\text{Ir}(\text{mpmppm})_2(\text{acac})$)、(乙醯丙酮根)雙(4,6-二苯基嘧啶根)銱 (III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})$)等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： $\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})$)、(乙醯丙酮根)雙(5-異丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根)銱 (III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})$)等具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物；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(苯并[h]喹啉)銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱： $\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})$)、三(苯并[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： $\text{Ir}(\text{pq})_3$)、雙(2-苯基喹啉- $\text{N}, \text{C}^{2'}$)銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱： $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$)等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： $\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})$)等稀土金屬錯合物。上述物質主要是發射綠色磷光的化合物，並且在 500nm 至 600nm 具有發光的峰值。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，所以是特別佳的。

[0109] 另外，可以舉出：(二異丁醯甲橋)雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘧啶基]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
 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)(簡稱：
 $\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})$)等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)銬(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)銬(III)(簡稱： $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})$)等稀
 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。另外，具有吡嗪骨
 架的有機金屬銱錯合物可以獲得色度良好的紅色發光。

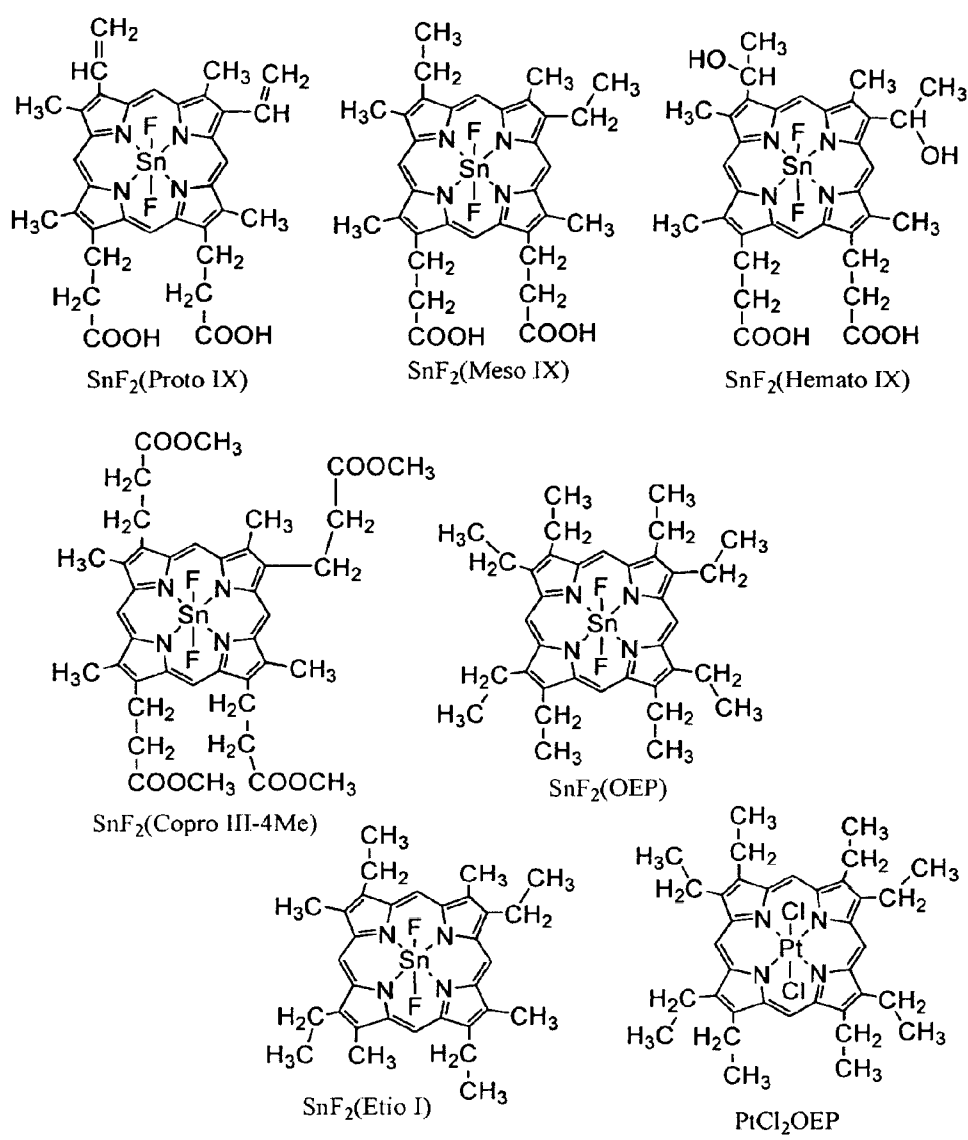
[0110] 另外，除了上述磷光化合物以外，還可以選擇各種磷光發光材料而使用。

[0111] 作為 TADF 材料，可以使用如下材料。

[0112] 可以舉出富勒烯及其衍生物、普羅黃素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) 等含金屬卟啉。作為該含金屬卟啉，例如，也可以舉出由下述結構表示的原卟啉-氟化錫錯合物 (SnF_2 (Proto IX))、中卟啉-氟化錫錯合物 (SnF_2 (Meso IX))、血卟啉-氟化錫錯合物 (SnF_2 (Hemato IX))、糞卟啉四甲酯-氟化錫錯合物 (SnF_2 (Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化錫錯合物 (SnF_2 (OEP))、初卟啉-氟化錫錯合物 (SnF_2 (Etio I)) 以及八乙基卟啉-氯化鉑錯合物 (PtCl_2 (OEP)) 等。

[0113]

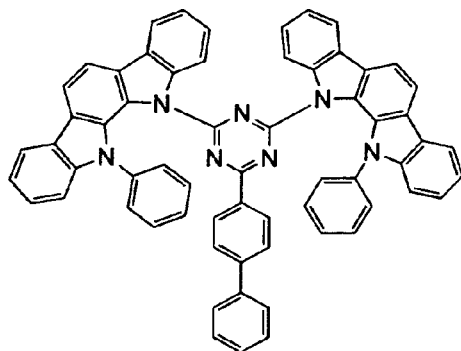




[0114] 另外，還可以使用由下述結構表示的 2-（聯苯-4-基）-4,6-雙（12-苯基吡啶[2,3-a]吡啶-11-基）-1,3,5-三嗪（簡稱：PIC-TRZ）等具有富 π 電子型芳雜環和缺 π 電子型芳雜環的雜環化合物。另外，該雜環化合物具有富 π 電子型芳雜環和缺 π 電子型芳雜環，電子傳輸性和電洞傳輸性高，所以是較佳的。在富 π 電子型芳雜環和缺 π 電子型芳雜環的雜環直接鍵合的物質中，富 π 電子芳雜環的施體的性質和缺 π 電子型芳雜環的受體的性質都強而 S_1 s

能階與 T_1 能階之間的能量差變小，所以是特別佳的。

[0115]



PIC-TRZ

[0116] 作為可以用作上述第一有機化合物及第二有機化合物的材料，只要是滿足上述條件的組合就沒有特別的限制，可以選擇各種載子傳輸材料。

[0117] 例如，作為具有電子傳輸性的物質，可以舉出：雙（10-羥基苯并[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：BALq）、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱：Znq）、雙[2-（2-苯并呋喃基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）、雙[2-（2-苯并噻吩基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnBTZ）等金屬錯合物；2-（4-聯苯基）-5-（4-三級丁基苯基）-1,3,4-呋二唑（簡稱：PBD）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-三級丁基苯基）-1,2,4-三唑（簡稱：TAZ）、1,3-雙[5-（對三級丁基苯基）-1,3,4-呋二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、9-[4-（5-苯基-1,3,4-呋二唑-2-基）苯基]-9H-呋唑（簡稱：CO11）、2,2',2''-（1,3,5-苯三基）三（1-苯基-1H-苯并咪唑）（簡稱：TPBI）、2-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑（簡稱：

mDBTBIIm-II) 等具有多唑骨架的雜環化合物；2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPDq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mCzBPDBq)、4,6-雙[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mPnP2Pm)、4,6-雙[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mDBTP2Pm-II)等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的可靠性，所以是較佳的。尤其是，具有二噁(嘧啶或吡噁)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。

[0118] 另外，作為具有電洞傳輸性的物質，可以舉出：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-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]萸-2-胺(簡稱:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9-聯萸-2-胺(簡稱:PCBASF)等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)等具有咔唑骨架的化合物;4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(簡稱:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-萸-9-基)苯基]二苯并噻吩(簡稱:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-萸-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(簡稱:DBTFLP-IV)等具有噻吩骨架的化合物;以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(簡稱:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-萸-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(簡稱:mmDBFFLBi-II)等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。

[0119] 另外,除了上述載子傳輸材料以外,也可以從各種物質中選擇載子傳輸材料而使用。作為第一有機化合物及第二有機化合物,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，作為第一有機化合物和第二有機化合物的組合，較佳為選擇如下組合：形成呈現與磷光發光物質的最低能量一側的吸收帶的波長重疊的發光的激態錯合物的組合。

[0120] 再者，藉由將第一有機化合物和第二有機化合物的組合中的一個作為具有電子傳輸性的物質，將另一個作為具有電洞傳輸性的物質，可以具有有利於形成激態錯合物的結構。另外，藉由改變上述化合物的含量，可以容易調整發光層的傳輸性，還可以簡單地控制再結合區域。將具有電洞傳輸性的物質和具有電子傳輸性的物質的含量的比率設定為具有電洞傳輸性的物質：具有電子傳輸性的物質=1：9 至 9：1，即可。

[0121] 作為構成分離層 113b 的材料，可以使用能夠用作上述第一有機化合物及第二有機化合物的材料。

[0122] 第二發光層 113c 也可以被分成兩層以上的層，此時在各個層中較佳為包含不同的發光物質。尤其是，藉由採用如下結構，可以得到演色性良好的白色發光，所以是較佳的：第二發光層 113c 被分成第一磷光發光層及第二磷光發光層，從第一磷光發光層得到紅色發光（在 580nm 至 680nm 處具有發射光譜的峰值的發光），從第二磷光發光層得到綠色發光（在 500nm 至 560nm 處具有發射光譜的峰值的發光），並且從第一發光層 113a 得到藍色發光（在 400nm 至 480nm 處具有發射光譜的峰

值的發光)。注意，在此情況下，從發光元件的耐久性的觀點來看，較佳為以第一發光層 113a、第一磷光發光層以及第二磷光發光層的順序層疊，再者為了得到良好的特性，第一發光層 113a 較佳為形成在陽極一側。

[0123] 電子傳輸層 114 是包含具有電子傳輸性的物質的層。例如，電子傳輸層 114 是由如下具有喹啉骨架或苯并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-羥基苯并[h]喹啉)鈹(簡稱：BeBq₂)、雙(2-甲基-8-羥基喹啉)(4-苯基苯酚鹽)鋁(簡稱：BAlq)等。除此之外，還可以使用雙[2-(2-羥基苯基)苯并噁唑]鋅(簡稱：Zn(BOX)₂)、雙[2-(2-羥基苯基)苯并噻唑]鋅(簡稱：Zn(BTZ)₂)等具有噁唑類、噻唑類配體的金屬錯合物等。再者，除了金屬錯合物之外，還可以使用 2-(4-聯苯基)-5-(4-三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(簡稱：PBD)、1,3-雙[5-(對三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(簡稱：OXD-7)、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-三級丁基苯基)-1,2,4-三唑(簡稱：TAZ)、紅啡啉(簡稱：BPhen)、浴銅靈(簡稱：BCP)等。這裡所述的物質具有高電子傳輸性，並主要是具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子移動率的物質。注意，也可以將上述具有電子傳輸性的物質用於電子傳輸層 114。

[0124] 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不同層的兩層以上的疊層。

[0125] 另外，也可以在電子傳輸層和發光層之間設置控制電子載子的移動的層。這是對如上所述的具有電子傳輸性的物質添加了少量的電子俘獲性高的物質而成的層，並且藉由抑制電子載子的移動，可以調節載子平衡。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。

[0126] 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 高效率地注入電子，因此是更佳的。

[0127] 作為形成第二電極 102 的物質，可以使用功函數小（具體為 3.8eV 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）或者銦（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）、銩（Eu）、鐿（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。

[0128] 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。

[0129] 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。

[0130] 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。當第一電極 101 只具有透過性時，光經過第一電極 101 被取出。當第二電極 102 只具有透過性時，光經過第二電極 102 被取出。當第一電極 101 及第二電極 102 都具有透過性時，光經過第一電極 101 和第二電極 102 由兩個電極被取出。

[0131] 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子注入層的金屬接近而發生的淬滅。

[0132] 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 的電洞傳輸層和電子傳輸層，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能帶間隙大的能帶間隙。

[0133] 本實施方式的發光元件可以形成在玻璃基板、石英基板、半導體基板以及塑膠基板（聚酯、聚烯烴、聚醯胺（尼龍、芳族聚醯胺等）、聚醯亞胺、聚碳酸酯或丙烯酸樹脂）等上。另外，也可以形成在玻璃基板、石英基板或半導體基板上，然後將該發光元件轉置到塑膠基板上。

[0134] 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場效應電晶體（FET），並且在與 FET 電連接的電極上製造發光元件。由此，可以製造藉由 FET 控制發光元件的驅動的主動矩陣型發光裝置。注意，對 FET 的結構沒有特別的限制。另外，對用於 FET 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 FET 基板中的驅動電路既可以由 n 型及 p 型 FET 構成，又可以只由 n 型和 p 型 FET 中的任一方構成。

[0135] 本實施方式可以與其他實施方式適當地組

合。

[0136] 接著，參照圖 1B 說明具有層疊有多個發光單元的結構的發光元件（以下也稱為疊層型元件）的方式。該發光元件是在第一電極和第二電極之間具有多個發光單元的發光元件。作為一個發光單元，具有與圖 1A 所示的 EL 層 103 同樣的結構。就是說，可以說，圖 1A 所示的發光元件是具有一個發光單元的發光元件，而且本實施方式的發光元件是具有多個發光單元的發光元件。

[0137] 在圖 1B 中，在第一電極 501 和第二電極 502 之間層疊有第一發光單元 511 和第二發光單元 512，並且在第一發光單元 511 和第二發光單元 512 之間設置有電荷產生層 513。第一電極 501 和第二電極 502 分別相當於圖 1A 中的第一電極 101 和第二電極 102，並且可以應用與圖 1A 所說明的同樣的。另外，第一發光單元 511 和第二發光單元 512 可以具有相同結構或不同結構。

[0138] 電荷產生層 513 包含由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料。作為該由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料，可以使用圖 1A 所示的可以用於電洞注入層 111 的複合材料。另外，當發光單元的陽極一側的表面與電荷發生層接觸時，可以使電荷發生層具有發光單元的電洞傳輸層的功能，所以發光單元也可以不設置電洞傳輸層。

[0139] 注意，也可以藉由組合包含由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料的層與由其他材料構成的層來

形成電荷產生層 513。例如，也可以藉由組合包含由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料的層與包含選自具有電子給予性的物質中的一個化合物和具有電子傳輸性的物質的層來形成電荷產生層 513。另外，也可以藉由組合包含由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料的層與透明導電膜來形成電荷產生層 513。

[0140] 雖然在圖 1B 中說明了具有兩個發光單元的發光元件，但是可以同樣地應用層疊三個以上的發光單元的發光元件。如根據本實施方式的發光元件，藉由在一對電極之間將多個發光單元使用電荷產生層隔開並配置，該元件可以在保持低電流密度的同時在高亮度區域中發光。由此，可以實現能夠進行低電壓驅動且耗電量低的發光裝置。

[0141] 另外，藉由在多個單元中的至少一個中使用上述發光層 113 的結構，可以縮減該單元的製程，從而可以提供一種有利於實用化的多色發光元件。

[0142] 另外，上述結構可以與其他實施方式或本實施方式中的其他結構適當地組合。

[0143]

（發光裝置）

接著說明本發明的一個方式的發光裝置。

[0144] 本發明的一個方式的發光裝置包括上述發光元件。注意，圖 2A 是示出發光裝置的俯視圖，並且圖 2B 是沿圖 2A 中的線 A-B 及線 C-D 切斷的剖面圖。該發光裝

S

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 605 是密封材料，由密封材料 605 圍繞的內側是空間 607。空間 607 也可以充滿著乾燥的惰性氣體或用來固體密封的樹脂。密封材料 605 與用來固體密封的樹脂可以相同或不同。

[0145] 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（撓性印刷電路）609 接收視訊信號、時脈信號、啟動信號、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。

[0146] 下面，參照圖 2B 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。

[0147] 作為源極線驅動電路 601，形成組合 n 通道型 FET 623 和 p 通道型 FET 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，但是必不需要採用該結構，驅動電路也可以形成在外部，而不形成在基板上。

[0148] 另外，像素部 602 由多個像素形成，該多個像素都包括開關 FET 611、電流控制 FET 612 以及與該電流控制 FET 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。

[0149] 另外，將絕緣物 614 的上端部或下端部形成為具有曲率的曲面，以獲得良好的覆蓋性。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。作為絕緣物 614，可以使用負型感光樹脂或者正型感光樹脂。

[0150] 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，可以進一步發揮陽極的功能。

[0151] 另外，EL 層 616 藉由使用蒸鍍遮罩的蒸鍍法、噴墨法、旋轉塗佈法等各種方法形成。EL 層 616 包括圖 1A 或 1B 所示的結構。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、樹枝狀聚合物）。

[0152] 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 MgAg、MgIn、AlLi 等化合物）。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。

[0153] 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，還使用樹脂或密封材料 605。藉由在密封基板中形成凹部且在其中設置乾燥劑，可以抑制水分所導致的劣化，所以是較佳的。

[0154] 另外，較佳為使用環氧類樹脂或玻璃粉作為密封材料 605。另外，這些材料較佳為儘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（Fiber Reinforced Plastics；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。

[0155] 本發明的一個方式的發光裝置可以實現降低



了耗電量的發光裝置。並且，可以實現廉價的發光裝置。

[0156] 圖 3A 和 3B 示出藉由形成呈現白色發光的發光元件設置著色層（濾色片）等來實現全彩色化的發光裝置的例子。圖 3A 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。

[0157] 另外，在圖 3A 中，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 進行對準而將其固定到基板 1001 上。另外，著色層及黑色層被覆蓋層 1036 覆蓋。另外，圖 3A 示出具有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。

[0158] 圖 3B 示出將著色層（紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G、藍色著色層 1034B）形成在閘極絕緣膜 1003 和第一層間絕緣膜 1020 之間的例子。如上述那樣，也可以將著色層設置在基板 1001 和密封基板 1031 之間。

[0159] 另外，雖然以上說明了具有在形成有 FET 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 4 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 FET 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各種材料形成。

[0160] 雖然在此發光元件的第一電極 1024W、1024R、1024G、1024B 都是陽極，但是也可以是陰極。另外，在採用如圖 4 所示那樣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 的結構採用圖 1A 所示的 EL 層 103 的結構，並且採用能夠獲得白色發光的元件結構。

[0161] 在採用圖 4 所示的頂部發射結構的情況下，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、藍色著色層 1034B）、黑色層（黑矩陣）1035 也可以被覆蓋層覆蓋。另外，作為密封基板 1031，

使用具有透光性的基板。

[0162] 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。

[0163] 因為本實施方式的發光裝置使用圖 1A 或 1B 所示的發光元件，所以可以得到具有優良特性的發光裝置。具體地，圖 1A 或 1B 所示的發光元件是發光效率良好的發光元件，從而可以實現降低了耗電量的發光裝置。另外，圖 1A 或 1B 所示的發光元件是可以得到比較容易實現量產化的發光元件，從而可以提供低成本的發光裝置。

[0164] 雖然到這裡說明了主動矩陣型發光裝置，但是下面說明被動矩陣型的發光裝置。圖 5A 和 5B 示出藉由使用本發明的一個方式製造的被動矩陣型發光裝置。注意，圖 5A 是示出發光裝置的透視圖，並且圖 5B 是沿圖 5A 的線 X-Y 切斷而獲得的剖面圖。在圖 5A 和 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

S

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不良。另外，在被動矩陣型發光裝置中，藉由使用圖 1A 或 1B 所示的發光效率良好發光元件，也可以得到耗電量被降低的發光裝置。另外，該發光元件為容易實現量產化的發光元件，從而可以提供低成本的發光裝置。

[0165] 以上說明的發光裝置能夠控制配置為矩陣狀的微小的多個發光元件中的每一個，所以作為進行影像的顯示的顯示裝置可以適當地利用。

[0166]

(照明設備)

在本實施方式中，參照圖 6A 和 6B 對將圖 1A 或 1B 所示的發光元件用於照明設備的例子進行說明。圖 6B 是照明設備的俯視圖，圖 6A 是沿著圖 6B 的線 e-f 切斷的剖面圖。

[0167] 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 相當於圖 1A 所示的第一電極 101。當從第一電極 401 一側取出光時，第一電極 401 使用具有透光性的材料形成。

[0168] 另外，在基板 400 上形成用來對第二電極 404 供應電壓的焊盤 412。

[0169] 在第一電極 401 上形成有 EL 層 403。EL 層 403 相當於圖 1A 所示的 EL 層 103 的結構或圖 1B 所示的

組合第一發光單元 511、第二發光單元 512 以及電荷產生層 513 的結構等。注意，作為它們的結構，參照各記載。

[0170] 以覆蓋 EL 層 403 的方式形成第二電極 404。第二電極 404 相當於圖 1A 所示的第二電極 102。當從第一電極 401 一側取出光時，第二電極 404 使用反射率高的材料形成。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。

[0171] 如上所述，本發明的一個方式的照明設備具備包括第一電極 401、EL 層 403 以及第二電極 404 的發光元件。

[0172] 使用密封材料 405、406 將具有上述結構的發光元件固定在密封基板 407 上來進行密封，由此製造照明設備。也可以僅使用密封材料 405 和 406 中的一方。另外，也可以使內側的密封材料 406（在圖 6B 中未圖示）與乾燥劑混合，由此可以吸收水分而提高可靠性。

[0173] 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 和第一電極 401 的一部分，可以將其用作外部輸入端子。另外，也可以在外輸入端子上設置安裝有轉換器等的 IC 晶片 420 等。

[0174] 由於本實施方式所記載的照明設備在 EL 元件中包括圖 1A 或 1B 所示的發光元件，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，可以實現低成本的照明設備。

[0175]

（電子裝置）

在本實施方式中，對在其一部分包括圖 1A 或 1B 所示的發光元件的電子裝置的例子進行說明。圖 1A 或 1B 所示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，因為圖 1A 或 1B 所示的發光元件是形成的膜的數量少的發光元件，所以可以實現低成本的電子裝置。

[0176] 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、彈珠機等大型遊戲機等。以下，示出這些電子裝置的具體例子。

[0177] 圖 7A 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，並且將圖 1A 或 1B 所示的發光元件排列為矩陣狀而構成顯示部 7103。

[0178] 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。

[0179] 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。

[0180] 圖 7B1 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，該電腦藉由將與圖 1A 或 1B 所示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 7B1 中的電腦也可以為如圖 7B2 所示的方式。圖 7B2 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 是觸控面板，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 也可以是觸控面板。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問題如螢幕受傷、破壞等。另外，該電腦藉由將圖 1A 或 1B 所示的發光元件排列為矩陣狀並用於顯示部 7203 而製造。

[0181] 圖 7C 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 中組裝有將圖 1A 或 1B 所示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 7C 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（包括測量如下因素的功能：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圖 1A 或 1B 所示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 7C 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訊而實現資訊共用。另外，圖 7C 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。

[0182] 圖 7D 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，行動電話機包括將圖 1A 或 1B 所示的發光元件排列為矩陣狀而製造的顯示部 7402。

[0183] 圖 7D 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。

[0184] 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。

[0185] 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螢幕上顯示的文字。在此情況下，較佳為在顯示部 7402 的螢幕的大多部分中顯示鍵盤或號碼按鈕。

[0186] 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 的螢幕顯示的切換。

[0187] 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，而當該影像信號為文字資料時，將螢幕模式切換成輸入模式。

[0188] 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。

[0189] 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。

[0190] 如上所述，具備圖 1A 或 1B 所示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。藉由使用圖 1A 或 1B 所示的發光元件，可以得到耗電量被降低了的電子裝置。

[0191] 圖 8 示出將圖 1A 或 1B 所示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 8 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 中使用圖 1A 或 1B 所示的發光元件，並且藉由端子 906 將電流供應到背光單元 903。

[0192] 藉由將圖 1A 或 1B 所示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，藉由使用圖 1A 或 1B 所示的發光元件，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，使用圖 1A 或 1B 所示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。



[0193] 圖 9 示出將圖 1A 或 1B 所示的發光元件用於作為照明設備的檯燈的例子。圖 9 所示的檯燈包括外殼 2001 和光源 2002，並且作為光源 2002 使用圖 1A 或 1B 所示的照明設備。

[0194] 圖 10 示出將圖 1A 或 1B 所示的發光元件用於室內的照明設備 3001 的例子。另外，因為圖 1A 或 1B 所示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，因為圖 1A 或 1B 所示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。

[0195] 還可以將圖 1A 或 1B 所示的發光元件安裝在汽車的擋風玻璃或儀表板上。圖 11 示出將圖 1A 或 1B 所示的發光元件用於汽車的擋風玻璃或儀表板的一個方式。顯示區域 5000 至顯示區域 5005 使用圖 1A 或 1B 所示的發光元件設置。

[0196] 顯示區域 5000 和顯示區域 5001 是設置在汽車的擋風玻璃上的安裝有圖 1A 或 1B 所示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，可以將圖 1A 或 1B 所示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。

[0197] 顯示區域 5002 是設置在立柱部分的安裝有圖

1A 或 1B 所示的發光元件的顯示裝置。藉由在顯示區域 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，設置在儀表板部分上的顯示區域 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。

[0198] 顯示區域 5004 和顯示區域 5005 可以提供導航資訊、速度表、轉速表、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內容及佈置。另外，這些資訊也可以顯示在顯示區域 5000 至顯示區域 5003 上。另外，也可以將顯示區域 5000 至顯示區域 5005 用作照明設備。

[0199] 圖 1A 或 1B 所示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，即使設置多個顯示區域 5000 至顯示區域 5005 那樣的大面積螢幕，也可以減少電池的負載而舒適地使用。由此，使用圖 1A 或 1B 所示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。

[0200] 圖 12A 及 12B 是折疊式平板終端的一個例子。圖 12A 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圖 1A 或



1B 所示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。

[0201] 在顯示部 9631a 中，可以將其一部分用作觸控面板區域 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 的一半只具有顯示的功能，另一半具有觸控面板的功能，但是不侷限於該結構。也可以採用顯示部 9631a 的整個區域具有觸控面板的功能的結構。例如，可以使顯示部 9631a 的整個面顯示鍵盤按鈕來將其用作觸控面板，並且將顯示部 9631b 用作顯示畫面。

[0202] 此外，在顯示部 9631b 中與顯示部 9631a 同樣，也可以將其一部分用作觸控面板區域 9632b。此外，藉由使用手指或觸控筆等接觸觸控面板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。

[0203] 此外，也可以對觸控面板區域 9632a 和觸控面板區域 9632b 同時進行觸摸輸入。

[0204] 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。

[0205] 此外，圖 12A 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。

[0206] 圖 12B 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 12B 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。

[0207] 此外，折疊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。

[0208] 此外，圖 12A 及圖 12B 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。

[0209] 藉由利用安裝在平板終端的表面上的太陽能電池 9633，可以將電力供應到觸控面板、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，可以高效率地對電池 9635 充

電。

[0210] 另外，參照圖 12C 所示的方塊圖對圖 12B 所示的充放電控制電路 9634 的結構和工作進行說明。圖 12C 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 12B 所示的充放電控制電路 9634。

[0211] 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。

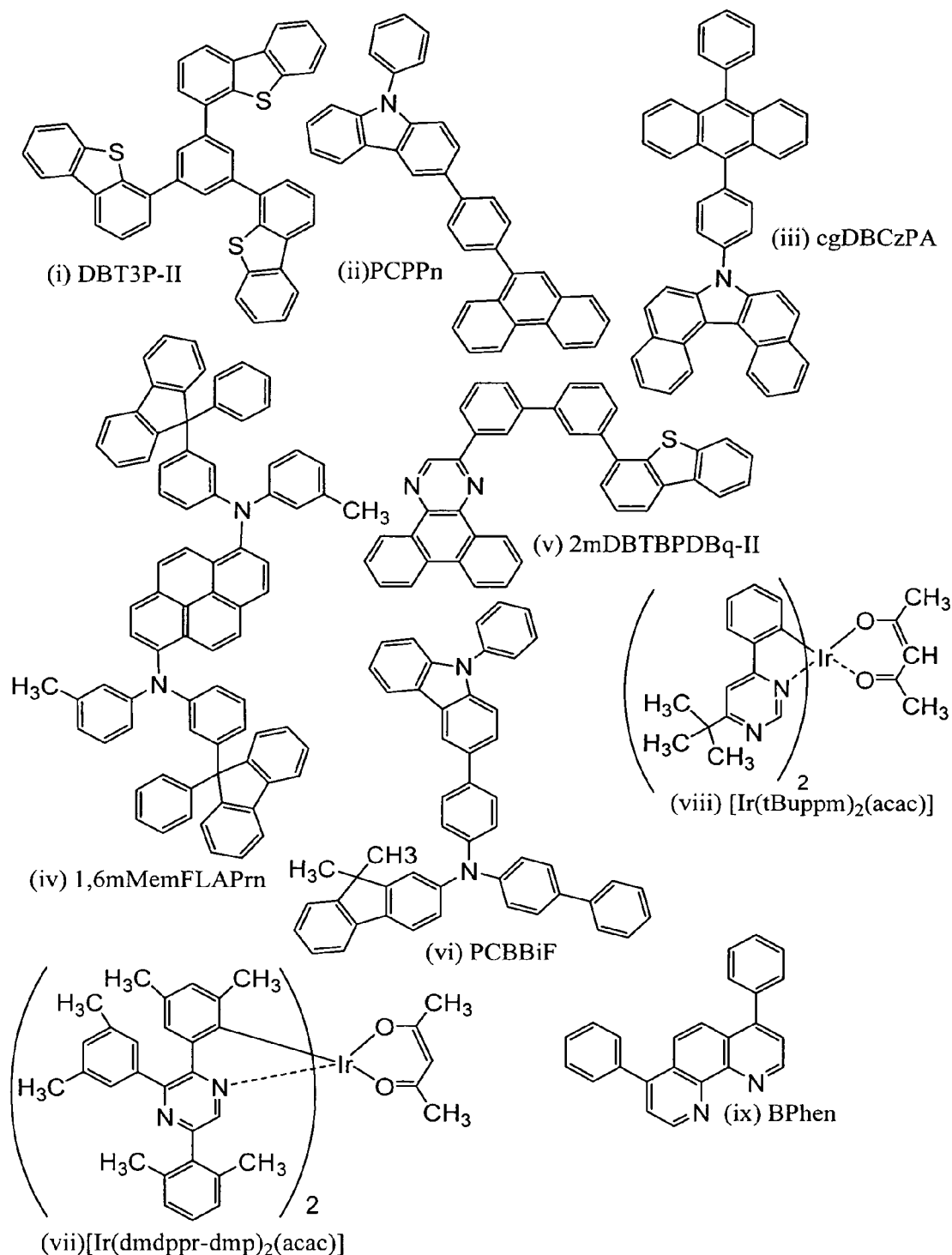
[0212] 注意，作為發電單元的一個例子示出太陽能電池 9633，但是發電單元不侷限於此，也可以使用壓電元件（piezoelectric element）或熱電轉換元件（珀耳帖元件（peltier element））等其他發電單元進行電池 9635 的充電。也可以使用以無線（不接觸）的方式收發電力來進行充電的無線電力傳輸模組或組合其他充電單元進行充電，並且也可以不包括發電單元。

[0213] 另外，只要具備上述顯示部 9631，就不侷限於圖 12A 和 12B 所示的形狀的平板終端。

實施例 1

[0214] 在本實施例中說明作為本發明的一個方式的發光元件的發光元件 1 至發光元件 3 以及作為參考實例的發光元件 4 的製造方法及特性。下面示出用於發光元件 1 至發光元件 4 的有機化合物的結構式。

[0215]



[0216]

(發光元件 1 的製造方法)

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) 膜，由此形成第一電極 101。注意，將其膜厚 s

度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。在此，第一電極 101 是用作發光元件的陽極的電極。

[0217] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0218] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0219] 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由上述結構式 (i) 所表示的 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩) (簡稱：DBT3P-II) 與氧化鋁 (VI) 進行共蒸鍍，從而形成電洞注入層 111。將電洞注入層 111 的厚度設定為 40nm，將 DBT3P-II 與氧化鋁的重量比調節為 4 : 2 (=DBT3P-II : 氧化鋁)。注意，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。

[0220] 接著，在電洞注入層 111 上以 20nm 的厚度形成上述結構式 (ii) 所表示的 3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑 (簡稱：PCPPn) 膜，從而形成電洞傳輸層 112。

[0221] 再者，藉由在電洞傳輸層 112 上將上述結構

式 (iii) 所表示的 7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]呿啞 (簡稱: cgDBCzPA) 和上述結構式 (iv) 所表示的 N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-雙[3-(9-苯基-9H-蒽-9-基)苯基]-芘-1,6-二胺 (簡稱: 1,6mMemFLPAPrn) 以滿足 cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn=1 : 0.03 (重量比) 且厚度為 5nm 的方式共蒸鍍, 以形成用作螢光發光層的第一發光層 113a。然後, 將上述結構式 (v) 所表示的 2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱: 2mDBTBPDBq-II) 與上述結構式 (vi) 所表示的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-呿啞-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-蒽-2-胺 (簡稱: PCBBiF) 以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF=0.6 : 0.4 (重量比) 的方式共蒸鍍, 以形成分離層 113b。分離層 113b 的厚度為 2nm。然後, 將 2mDBTBPDBq-II、PCBBiF 與上述結構式 (vii) 所表示的雙{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κ²O,O') 銱 (III) (簡稱: [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]) 進行共蒸鍍, 以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]=0.2 : 0.8 : 0.05 (重量比) 的關係且厚度為 5nm, 而形成第一磷光發光層 113c-1, 接著, 將 2mDBTBPDBq-II、PCBBiF 與上述結構式 (viii) 所表示的雙[2-(6-三級丁基-4-嘧啶基-κN3)苯基-κC](2,4-戊二酮根-κ²O,O') 銱 (III) (簡稱: [Ir(tBuppm)₂(acac)]) 進行共蒸鍍, 以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF :

[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.7 : 0.3 : 0.05 (重量比)的關係且厚度為 20nm，而形成第二磷光發光層 113c-2。藉由上述步驟，形成磷光發光層的第二發光層 113c。由此，在發光元件 1 中形成由第一發光層 113a 及第二發光層 113c 構成的發光層 113。

[0222] 注意，在磷光發光層（第二發光層 113c）中，2mDBTBPDBq-II 和 PCBBiF 形成激態錯合物。此外，該發光波長與 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)] 及 [Ir(tBuppm)₂(acac)] 的最長波長一側的吸收帶重疊，而能量轉移的效率high。

[0223] 再者，用作螢光發光層（第一發光層 113a）的主體材料的 cgDBCzPA 的單重態激發能高於用作螢光發光物質的 1,6mMemFLPAPrn 的單重態激發能，並且，cgDBCzPA 的三重態激發能低於 1,6mMemFLPAPrn 的三重態激發能，由此螢光發光層（第一發光層 113a）具有容易得到伴隨三重態-三重態湮沒而產生的單重態激子的再生成及發光的結構。

[0224] 然後，在磷光發光層（第二發光層 113c）上以 10nm 的厚度形成 2mDBTBPDBq-II 膜，再者以 15nm 的厚度形成上述結構式（ix）所表示的紅啡啉（簡稱：BPhen）膜，由此形成電子傳輸層 114。

[0225] 在形成電子傳輸層 114 之後，以 1nm 的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）膜來形成電子注入層 115，最後作為用作陰極的第二電極 102，以 200nm 的厚度蒸鍍鋁膜，由

此製造本實施例的發光元件 1。

[0226] 另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

[0227]

（發光元件 2 及發光元件 3 的製造方法）

將發光元件 1 的分離層 113b 的厚度分別設定為 5nm、10nm 形成發光元件 2 及發光元件 3。

[0228]

（發光元件 4 的製造方法）

發光元件 4 具有從發光元件 1 的結構去除分離層 113b 的結構。

[0229] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 1 至發光元件 4 暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 1 至發光元件 4 進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對發光元件 1 至發光元件 4 的可靠性進行測量。另外，在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行測量。

[0230] 表 1 示出發光元件 1 至發光元件 4 的元件結構。

[0231]

[表 1]

電洞注入層	電洞傳輸層	第一發光層	分離層	第二發光層		電子傳輸層		電子注入層
DBT3P-II : MoOx	PCPPn	cgDBCzPA : 1,6mMem FLPAPm	*	**	***	2mDBT BPDBq-II	BPhen	LiF
2 : 1		1 : 0.03						
40nm	20nm	5nm	X	5nm	20nm	10nm	15nm	1nm

* 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF = 0.6 : 0.4
X : 發光元件 1 2nm，發光元件 2 5nm，發光元件 3 10nm，發光元件 4 0nm
** 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)₂(acac) = 0.2 : 0.8 : 0.05
*** 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(tBuppm)₂(acac) = 0.7 : 0.3 : 0.05

[0232] 圖 13 示出發光元件 1 至發光元件 4 的電流密度-亮度特性，圖 14 示出發光元件 1 至發光元件 4 的亮度-電流效率特性，圖 15 示出發光元件 1 至發光元件 4 的電壓-亮度特性，圖 16 示出發光元件 1 至發光元件 4 的亮度-外部量子效率特性，圖 17 示出發光元件 1 至發光元件 4 的發射光譜。

[0233] 根據該特性可知：雖然發光元件 1 至發光元件 4 不使用中間層，但是在 1000cd/m² 附近呈現良好的發光效率，即電流效率大約為 40cd/A 以上且外部量子效率大約為 18%以上。另外，發光元件 1 至發光元件 4 的 1000cd/m² 附近的驅動電壓也低，即 3V 以上且低於 4V，比串聯型發光元件低得多。並且，發光元件 1 至發光元件 3 在 1000cd/m² 附近外部量子效率大約為 19%以上，呈現



非常良好的發光效率。表 2 示出發光元件 1 至發光元件 4 的 1000cd/m² 附近的主要特性值。

[0234]

[表 2]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	電流 效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量 子效率 (%)	能量 效率 (%)	相關 色溫 (K)	duv
發光元件 1	3.1	1.8	47	48	20	14	2570	0.011
發光元件 2	3.2	2.0	43	42	19	13	2520	0.01
發光元件 3	3.3	2.8	40	38	19	12	2180	0.006
發光元件 4	3.2	2.5	45	44	18	12	2930	0.016

[0235] 在圖 17 所示的發射光譜中都觀察到來源於 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)] 的紅色發光、來源於 [Ir(tBuppm)₂(acac)] 的綠色發光以及來源於 1,6mMemFLPAPrn 的藍色發光。由此可知，可以充分獲得來自作為螢光發光層的第一發光層 113a 和作為磷光發光層的第二發光層 113c 的發光。

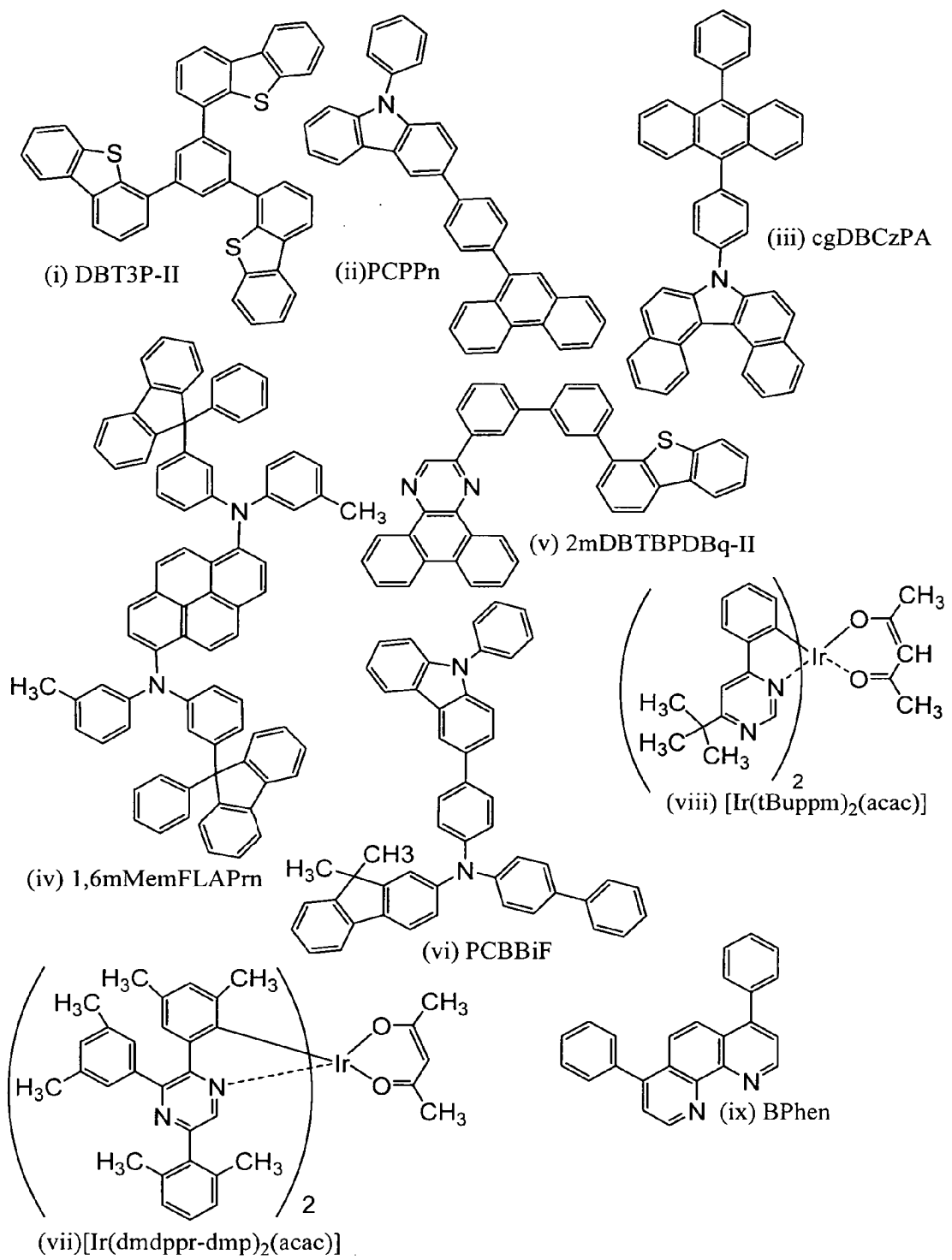
[0236] 如上所述，本發明的一個方式的發光元件 1 至發光元件 4 可以認為在具有均衡且良好的特性的同時可以容易且以低成本製造的發光元件。這是因為：藉由作為磷光發光層的能量施體使用激態錯合物來抑制激子擴散並且三重態激發能的無輻射失活得到降低；伴隨螢光發光層的主體材料的三重態-三重態湮沒而產生延遲螢光，從而發光效率得到提高。此外，也可知：藉由發光元件 1 至發光元件 3 使用分離層 113b，可以抑制從磷光發光層（第 5

二發光層 113c) 向螢光發光層 (第一發光層 113a) 的介面上的能量轉移，所以呈現更良好的特性。

實施例 2

[0237] 在本實施例中說明作為本發明的一個方式的發光元件的發光元件 5 的製造方法及特性。下面示出用於發光元件 5 的有機化合物的結構式。

[0238]



[0239]

(發光元件 5 的製造方法)

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) 膜，由此形成第一電極 101。注意，將其膜厚

5

度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。在此，第一電極 101 是用作發光元件的陽極的電極。

[0240] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0241] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0242] 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將上述結構式 (i) 所表示的 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩) (簡稱：DBT3P-II) 與氧化鋁 (VI) 進行共蒸鍍，從而形成電洞注入層 111。將電洞注入層 111 的厚度設定為 40nm，將 DBT3P-II 與氧化鋁的重量比調節為 4 : 2 (=DBT3P-II : 氧化鋁)。注意，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。

[0243] 接著，在電洞注入層 111 上以 10nm 的厚度形成上述結構式 (ii) 所表示的 3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-卡啞 (簡稱：PCPPn) 膜，從而形成電洞傳輸層 112。

[0244] 再者，藉由在電洞傳輸層 112 上將上述結構

式 (iii) 所表示的 7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]呿啞 (簡稱: cgDBCzPA) 和上述結構式 (iv) 所表示的 N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-雙[3-(9-苯基-9H-蒽-9-基)苯基]-芘-1,6-二胺 (簡稱: 1,6mMemFLPAPrn) 以滿足 cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn=1 : 0.04 (重量比) 且厚度為 5nm 的方式共蒸鍍, 以形成用作螢光發光層的第一發光層 113a。然後, 將上述結構式 (v) 所表示的 2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱: 2mDBTBPDBq-II) 與上述結構式 (vi) 所表示的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-呿啞-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-蒽-2-胺 (簡稱: PCBBiF) 以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF=0.6 : 0.4 (重量比) 的方式共蒸鍍, 以形成分離層 113b。分離層 113b 的厚度為 2nm。然後, 將 2mDBTBPDBq-II、PCBBiF 與上述結構式 (vii) 所表示的雙{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- κ N]苯基- κ C}(2,4-戊二酮根- κ^2 O,O') 銱 (III) (簡稱: [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]) 進行共蒸鍍, 以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]=0.5 : 0.5 : 0.05 (重量比) 的關係且厚度為 5nm, 由此形成第一磷光發光層 113c-1, 接著, 將 2mDBTBPDBq-II、PCBBiF 與上述結構式 (viii) 所表示的雙[2-(6-三級丁基-4-嘓啞基- κ N3)苯基- κ C](2,4-戊二酮根- κ^2 O,O') 銱 (III) (簡稱: [Ir(tBuppm)₂(acac)]) 進行共蒸鍍, 以滿足 2mDBTBPDBq-

II : PCBBiF : $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ = 0.7 : 0.3 : 0.05 (重量比) 的關係且厚度為 20nm，而形成第二磷光發光層 113c-2。由此，形成用作磷光發光層的第二發光層 113c。

[0245] 注意，在磷光發光層（第二發光層 113c）中，2mDBTBPDBq-II 和 PCBBiF 形成激態錯合物。此外，該發光波長與 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{acac})]$ 及 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的最長波長一側的吸收帶重疊，而能量轉移的效率high。

[0246] 再者，用作螢光發光層（第一發光層 113a）的主體材料的 cgDBCzPA 的單重態激發能高於用作螢光發光物質的 1,6mMemFLPAPrn 的單重態激發能，並且，cgDBCzPA 的三重態激發能低於 1,6mMemFLPAPrn 的三重態激發能，由此螢光發光層（第一發光層 113a）具有容易得到伴隨三重態-三重態湮沒而產生的單重態激子的再生成及發光的結構。

[0247] 然後，在磷光發光層（第二發光層 113c）上以 10nm 的厚度形成 2mDBTBPDBq-II 膜，再者以 15nm 的厚度形成上述結構式（ix）所表示的紅啡啉（簡稱：BPhen）膜，由此形成電子傳輸層 114。

[0248] 在形成電子傳輸層 114 之後，以 1nm 的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）膜來形成電子注入層 115，最後作為用作陰極的第二電極 102，以 200nm 的厚度蒸鍍鋁膜，由此製造本實施例的發光元件 5。

[0249] 另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用

電阻加熱法。

[0250] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 5 暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 5 進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對發光元件 5 的可靠性進行測量。另外，在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行測量。

[0251] 表 3 示出發光元件 5 的元件結構。

[0252]

[表 3]

電洞注入層	電洞傳輸層	第一發光層	分離層	第二發光層		電子傳輸層		電子注入層
DBT3P-II : MoOx	PCPPn	cgDBCzPA : 1,6mMem FLPAPrn	*	**	***	2mDBT BPDBq-II	BPhen	LiF
2 : 1		1 : 0.04						
40nm	10nm	5nm	2nm	5nm	20nm	10nm	15nm	1nm

- * 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF = 0.6 : 0.4
- ** 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)₂(acac) = 0.5 : 0.5 : 0.05
- *** 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(tBuppm)₂(acac) = 0.7 : 0.3 : 0.05

[0253] 圖 18 示出發光元件 5 的電流密度-亮度特性，圖 19 示出發光元件 5 的亮度-電流效率特性，圖 20 示出發光元件 5 的電壓-亮度特性，圖 21 示出發光元件 5 的亮度-外部量子效率特性，圖 22 示出發光元件 5 的發射光譜，圖 23 是發光元件 5 的亮度-CIE 色度特性的圖。

5

[0254] 根據該特性可知：雖然發光元件 5 不使用中間層，但是在 1000cd/m^2 附近呈現良好的發光效率，即電流效率大約為 40cd/A 以上且外部量子效率大約為 18%以上。另外，發光元件 5 的驅動電壓也低，即 3V 以上且低於 4V，比串聯型發光元件低得多。並且表 4 示出發光元件 5 的 1000cd/m^2 附近的主要特性值。

[0255]

[表 4]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	電流 效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部 量子 效率 (%)	能量 效率 (%)	相關 色溫 (K)	duv
發光元件 5	3.2	2.5	46	46	18	12	3010	0.017

[0256] 在圖 22 所示的發射光譜中都觀察到來源於 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{acac})]$ 的紅色發光、來源於 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的綠色發光以及來源於 1,6mMemFLPAPrn 的藍色發光。由此可知，可以充分獲得來自作為螢光發光層的第一發光層 113a 和作為磷光發光層的第二發光層 113c 的發光。

[0257] 從圖 23 所示的亮度-CIE 色度特性可知，發光元件 5 在實用亮度區域中顏色變化非常小。注意，觀到在 100cd/m^2 附近的顏色變化因在開始發射磷光和螢光時有電壓差而產生的變化。磷光發光層的開始發光時的電壓比螢光發光層低，由此在低亮度區域中僅觀察到磷光。在 100cd/m^2 附近開始發射磷光和螢光，因此在 100cd/m^2 附



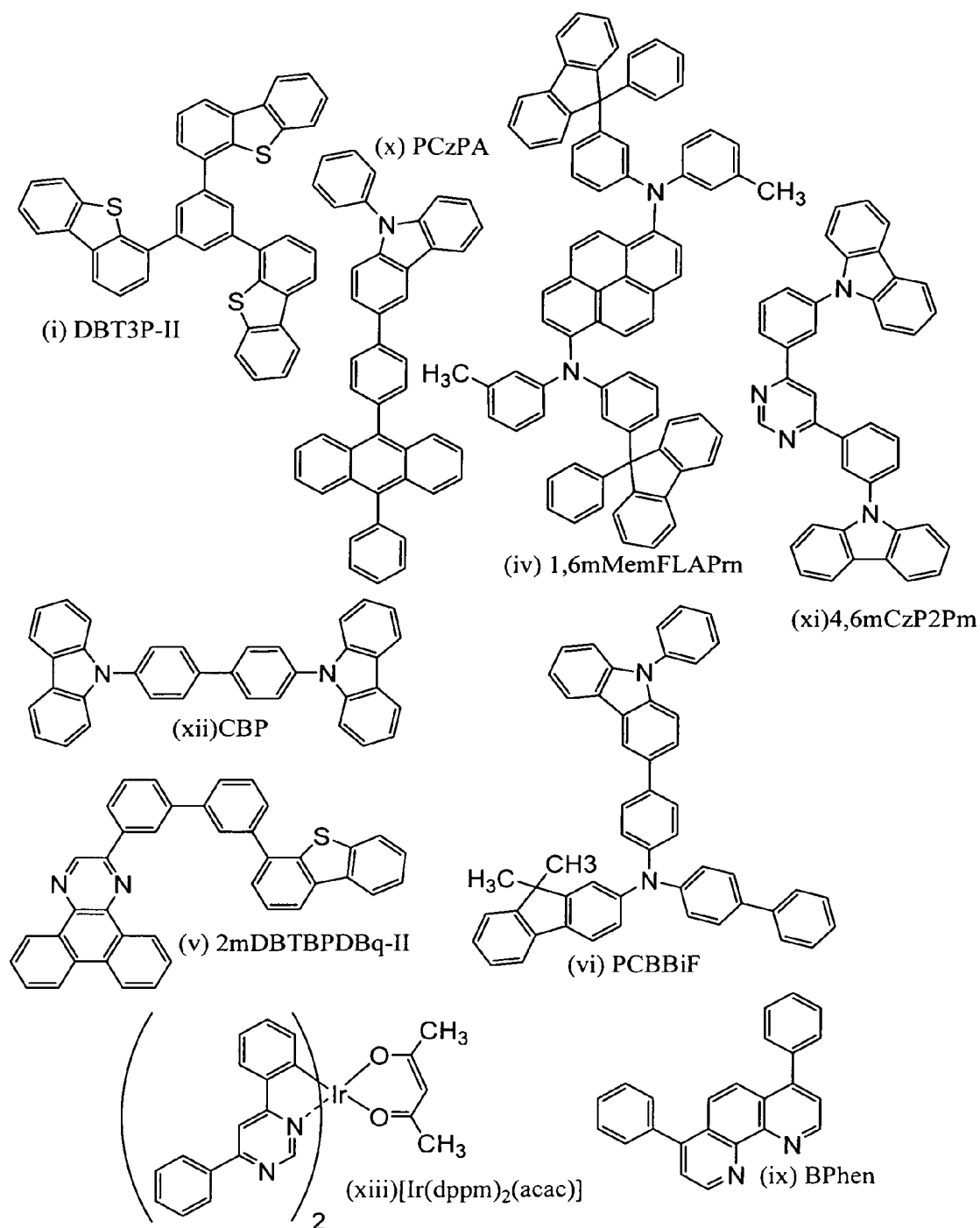
近產生顏色變化。在磷光和螢光開始穩定地發射光的實用亮度區域中顏色變化非常小。

[0258] 如上所述，本發明的一個方式的發光元件 5 可以認為在具有均衡且良好的特性的同時可以容易且以低成本製造的發光元件。這是因為：藉由作為磷光發光層的能量施體使用激態錯合物來抑制激子擴散並且三重態激發能的無輻射失活得到降低；伴隨螢光發光層的主體材料的三重態-三重態湮沒而產生延遲螢光，從而發光效率得到提高。此外，也可知：藉由發光元件 5 使用分離層 113b，可以抑制從磷光發光層（第二發光層 113c）向螢光發光層（第一發光層 113a）的介面上的能量轉移，所以呈現更良好的特性。

實施例 3

[0259] 在本實施例中說明作為本發明的一個方式的發光元件的發光元件 6 及發光元件 7 的製造方法及特性。下面示出用於發光元件 6 及發光元件 7 的有機化合物的結構式。

[0260]



[0261]

(發光元件 6 的製造方法)

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) 膜，由此形成第一電極 101。注意，將其膜厚

度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。在此，第一電極 101 是用作發光元件的陽極的電極。

[0262] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0263] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0264] 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將上述結構式 (i) 所表示的 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基) 三 (二苯并噻吩) (簡稱：DBT3P-II) 與氧化鋁 (VI) 進行共蒸鍍，從而形成電洞注入層 111。將電洞注入層 111 的厚度設定為 30nm，將 DBT3P-II 與氧化鋁的重量比調節為 2 : 1 (=DBT3P-II : 氧化鋁)。

[0265] 接著，在電洞注入層 111 上以 20nm 的厚度形成上述結構式 (x) 所表示的 9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基) 苯基]-9H-咔唑 (簡稱：PCzPA) 膜，從而形成電洞傳輸層 112。

[0266] 在電洞傳輸層 112 上將 PCzPA 和 1,6mMemFLPAPrn 以滿足 PCzPA : 1,6mMemFLPAPrn=1 :

0.05（重量比）且厚度為 5nm 的方式共蒸鍍，以形成用作螢光發光層的第一發光層 113a。接著，將上述結構式（xi）所表示的 4,6-雙[3-（9H-呋唑-9-基）苯基]嘧啶（簡稱：4,6mCzP2Pm）與上述結構式（xii）所表示 4,4'-二（N-呋唑基）聯苯（簡稱：CBP）以滿足 4,6mCzP2Pm：CBP = 0.4：0.6（重量比）的方式共蒸鍍，以形成分離層 113b。分離層 113b 的厚度為 2nm。然後，將 2mDBTBPDq-II、PCBBiF 與上述結構式（xiii）所表示的（乙醯丙酮根）雙（4,6-二苯基嘧啶根）銦（III）（簡稱：[Ir(dppm)₂(acac)]）進行共蒸鍍，以滿足 2mDBTBPDq-II：PCBBiF：[Ir(dppm)₂(acac)]=0.8：0.2：0.05（重量比）的關係且厚度為 20nm，而形成用作磷光發光層的第二發光層 113c。

[0267] 注意，在磷光發光層（第二發光層 113c）中，2mDBTBPDq-II 和 PCBBiF 形成激態錯合物。此外，該發光波長與 [Ir(dppm)₂(acac)] 的最長波長一側的吸收帶重疊，而能量轉移的效率高。

[0268] 再者，用作螢光發光層（第一發光層 113a）的主體材料的 PCzPA 的單重態激發能高於用作螢光發光物質的 1,6mMemFLPAPrn 的單重態激發能，並且，PCzPA 的三重態激發能低於 1,6mMemFLPAPrn 的三重態激發能，由此螢光發光層（第一發光層 113a）具有容易得到伴隨三重態-三重態湮沒而產生的單重態激子的再生成及發光的結構。

[0269] 然後，在磷光發光層（第二發光層 113c）上以 10nm 的厚度形成 2mDBTBPDq-II 膜，再者以 15nm 的厚度形成 BPhen 膜，由此形成電子傳輸層 114。

[0270] 在形成電子傳輸層 114 之後，以 1nm 的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）膜來形成電子注入層 115，最後作為用作陰極的第二電極 102，以 200nm 的厚度蒸鍍鋁膜，由此製造本實施例的發光元件 6。

[0271] 另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

[0272]

（發光元件 7 的製造方法）

僅使用 4,6mCzP2Pm 形成發光元件 6 的分離層 113b 的步驟以外，其他形成發光元件 7 的步驟與發光元件 6 相同。

[0273] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 6 及發光元件 7 暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 6 及發光元件 7 進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對發光元件 6 及發光元件 7 的可靠性進行測量。另外，在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行測量。

[0274] 表 5 示出發光元件 6 及發光元件 7 的元件結構。

[0275]

5

[表 5]

電洞注入層	電洞傳輸層	第一發光層	分離層	第二發光層	電子傳輸層		電子注入層
DBT3P-II : MoOx 2 : 1 30nm	PCzPA 20nm	PCzPA : 1,6mMem FLPAPrn 1 : 0.05 10nm	*	2mDBT BPDBq- II : PCBBiF : Ir(dppm) ₂ (acac) 0.8 : 0.2 : 0.05 20nm	2mDBT BPDBq- II 10nm	BPhen 15nm	LiF 1nm

*發光元件 6 4,6mCzP2Pm : CBP = 0.4 : 0.6
發光元件 7 4,6mCzP2Pm

[0276] 圖 24 示出發光元件 6 及發光元件 7 的電流密度-亮度特性，圖 25 示出發光元件 6 及發光元件 7 的亮度-電流效率特性，圖 26 示出發光元件 6 及發光元件 7 的電壓-亮度特性，圖 27 示出發光元件 6 及發光元件 7 的亮度-外部量子效率特性，圖 28 示出發光元件 6 及發光元件 7 的發射光譜。

[0277] 根據該特性可知：雖然發光元件 6 及發光元件 7 都在 1000cd/m² 附近呈現良好的發光效率，即電流效率為 20cd/A 以上。另外，發光元件 6 及發光元件 7 的驅動電壓也低，即 3V 以上且低於 4V，比串聯型發光元件低得多。表 6 示出發光元件 6 及發光元件 7 的 1000cd/m² 附近的主要特性值。

[0278]



[表 6]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	電流 效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部 量子 效率 (%)	能量 效率 (%)	相關 色溫 (K)	duv
發光元件 6	3.1	1.7	31	32	12	9	2710	0.003
發光元件 7	3.3	4.8	23	22	10	6	3540	0.009

[0279] 在圖 28 所示的發射光譜中都觀察到來源於 [Ir(dppm)₂(acac)] 的橙色發光以及來源於 1,6mMemFLPAPrn 的藍色發光。由此可知，在發光元件 6 及發光元件 7 中可以充分獲得來自作為螢光發光層的第一發光層 113a 和作為磷光發光層的第二發光層 113c 的發光。

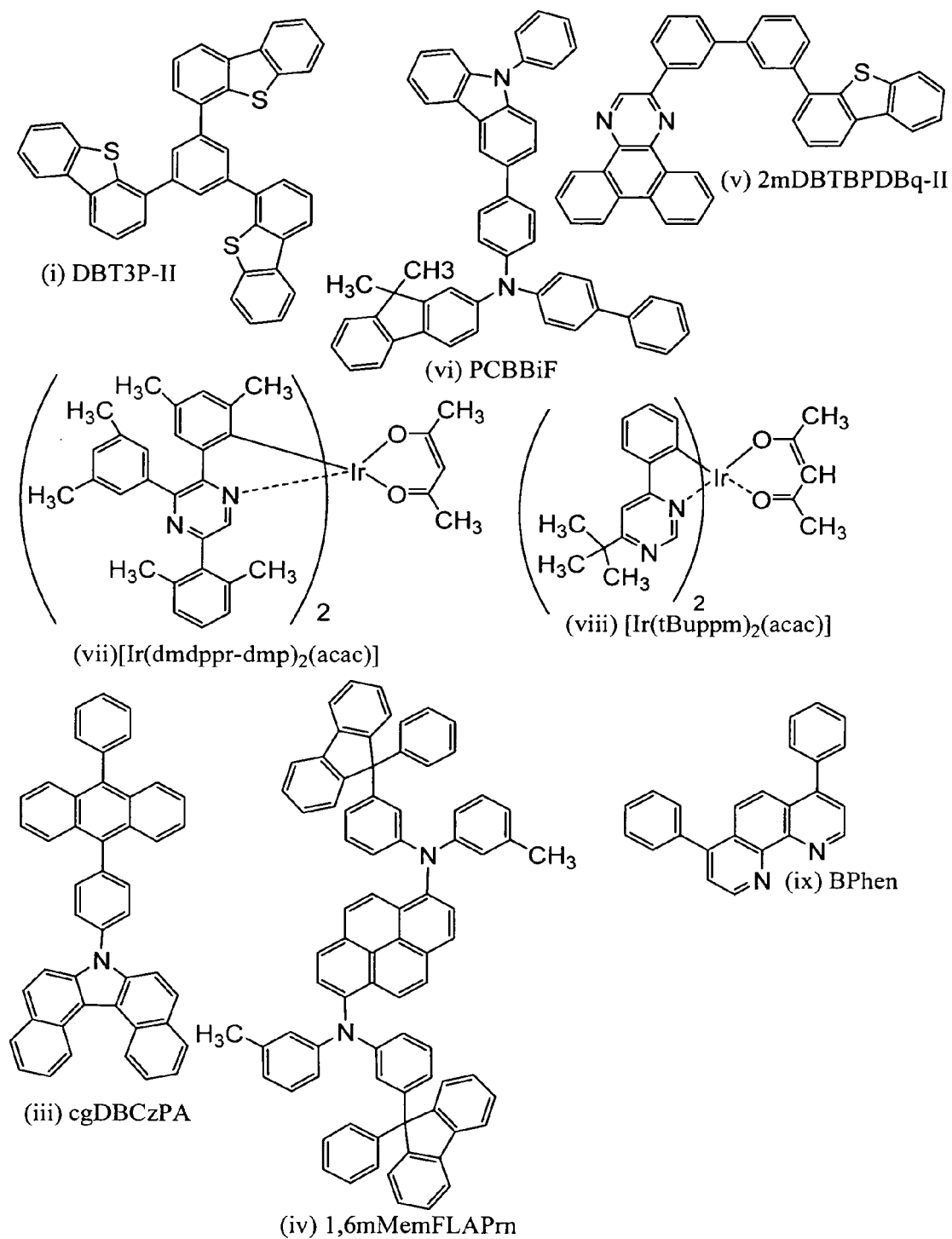
[0280] 如上所述，發光元件 6 及發光元件 7 可以認為在具有均衡且良好的特性的同時可以容易且以低成本製造的發光元件。這是因為：藉由作為磷光發光層的能量施體使用激態錯合物來抑制激子擴散並且三重態激發能的無輻射失活得到降低；伴隨螢光發光層的主體材料的三重態-三重態湮沒而產生延遲螢光，從而發光效率得到提高。此外，也可知：藉由發光元件 6 及發光元件 7 使用分離層 113b，可以抑制從磷光發光層（第二發光層 113c）向螢光發光層（第一發光層 113a）的介面上的能量轉移，所以呈現更良好的特性。此外，發光元件 6 呈現比發光元件 7 良好的特性，由此可知分離層 113b 較佳為由具有電洞傳輸性的物質及具有電子傳輸性的物質形成。並且，它們 s

形成激態錯合物的組合是更佳的结构。

實施例 4

[0281] 在本實施例中說明作為本發明的一個方式的發光元件的發光元件 8 的製造方法及特性。發光元件 8 是將第一發光層 113a 形成在陰極一側且將第二發光層 113c 形成在陽極一側的發光元件。下面示出用於發光元件 8 的有機化合物的結構式。

[0282]



[0283]

(發光元件 8 的製造方法)

在 $n=1.84$ 的高折射率玻璃基板上藉由濺射法形成厚度為 110nm 的銦錫氧化物 (ITO) 膜，由此形成第一電極 5

101。注意，其電極面積為 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。

[0284] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0285] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4}Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 190°C 進行 60 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0286] 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將上述結構式 (i) 所表示的 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(簡稱：DBT3P-II)與氧化鋁(VI)進行共蒸鍍，從而形成電洞注入層 111。將電洞注入層 111 的厚度設定為 30nm ，將 DBT3P-II 與氧化鋁的重量比調節為 1 : 0.5 (=DBT3P-II : 氧化鋁)。

[0287] 接著，在電洞注入層 111 上以 20nm 的厚度形成上述結構式 (vi) 所表示的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(簡稱：PCBBiF)膜，由此形成電洞傳輸層 112。

[0288] 在電洞傳輸層 112 上將上述結構式 (v) 所表示的 2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPDBq-II)、上述結構式 (vi) 所表

示的 N- (1,1'-聯苯-4-基) -N-[4- (9-苯基-9H-吡啶-3-基) 苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺 (簡稱 : PCBBiF) 與上述結構式 (vii) 所表示的雙 { 4,6-二甲基-2-[5- (2,6-二甲基苯基) -3- (3,5-二甲基苯基) -2-吡嗪基- κ N] 苯基- κ C } (2,4-戊二酮根 - κ^2 O,O') 銱 (III) (簡稱 : [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]) 進行共蒸鍍 , 以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)] = 0.1 : 0.9 : 0.06 (重量比) 的關係且厚度為 15nm , 由此形成第一磷光發光層 113c-1 , 接著 , 將 2mDBTBPDBq-II、PCBBiF 與上述結構式 (viii) 所表示的雙 [2- (6-三級丁基-4-嘧啶基- κ N3) 苯基- κ C] (2,4-戊二酮根 - κ^2 O,O') 銱 (III) (簡稱 : [Ir(tBuppm)₂(acac)]) 進行共蒸鍍 , 以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] = 0.5 : 0.5 : 0.06 (重量比) 的關係且厚度為 5nm , 而形成第二磷光發光層 113c-2 , 由此形成用作磷光發光層的第二發光層 113c 。並且 , 將 2mDBTBPDBq-II 與 PCBBiF 以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF = 0.5 : 0.5 (重量比) 且厚度為 2nm 的方式共蒸鍍 , 以形成分離層 113b 。然後 , 藉由將上述結構式 (iii) 所表示的 7-[4- (10-苯基-9-蒽基) 苯基]-7H-二苯并 [c,g] 吡啶 (簡稱 : cgDBCzPA) 和上述結構式 (iv) 所表示的 N,N'-雙 (3-甲基苯基) -N,N'-雙 [3- (9-苯基-9H-芴-9-基) 苯基]-萘-1,6-二胺 (簡稱 : 1,6mMemFLPAPrn) 以滿足 cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn = 1 : 0.025 (重量比) 且厚度為 20nm 的方式共蒸鍍 , 以形成用作螢光發光層的

第一發光層 113a，由此形成發光層 113。

[0289] 注意，在用作磷光發光層的第二發光層 113c 及分離層 113b 中，2mDBTBPDBq-II 和 PCBBiF 形成激態錯合物。此外，該發光波長與 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{acac})]$ 及 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的最長波長一側的吸收帶重疊，而能量轉移的效率 high。

[0290] 再者，用作螢光發光層（第一發光層 113a）的主體材料的 cgDBCzPA 的單重態激發能高於用作螢光發光物質的 1,6mMemFLPA_{Prn} 的單重態激發能，並且，cgDBCzPA 的三重態激發能低於 1,6mMemFLPA_{Prn} 的三重態激發能，由此螢光發光層（第一發光層 113a）具有容易得到伴隨三重態-三重態湮沒而產生的單重態激子的再生成及發光的結構。

[0291] 然後，在用作螢光發光層的第一發光層 113a 上以 10nm 的厚度形成 cgDBCzPA 膜，再者以 15nm 的厚度形成上述結構式 (ix) 所表示的紅啡啉（簡稱：BPhen）膜，由此形成電子傳輸層 114。

[0292] 在形成電子傳輸層 114 之後，以 1nm 的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）膜來形成電子注入層 115，最後作為用作陰極的第二電極 102，將 1nm 厚的銀-鎂合金（1：0.5）及 150nm 厚的銀膜蒸鍍，由此製造本實施例的發光元件 8。另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

[0293] 表 7 示出發光元件 8 的元件結構。

[0294]

[表 7]

電洞 注入層	電洞 傳輸層	第二 發光層		分離層	第一發光層	電子傳輸層		電子注 入層
DBT3P- II : MoOx 1 : 0.5 30nm	PCBBiF 20nm	*	**	***	cgDBCzPA : 1,6mMem FLPAPrn 1 : 0.03 5nm	cgDBCzPA	BPhen	LiF
		15nm	5nm	2nm		10nm	15nm	1nm

* 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)₂(acac) = 0.1 : 0.9 : 0.06
** 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(tBuppm)₂(acac) = 0.5 : 0.5 : 0.06
*** 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF = 0.5 : 0.5

[0295] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 8 暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 8 進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對發光元件 8 的特性進行測量。另外，在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下使用積分球進行測量。表 8 示出電流密度為 3.75mA/cm² 時的特性值。

[0296]

[表 8]

	電壓 (V)	相關色溫 (K)	duv	平均演色性 指數 Ra	功率效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)
發光元件 8	2.8	2840	0.0149	87	57	21

5

[0297] 發光元件 8 呈現良好的外部量子效率及功率效率。發光元件 8 的驅動電壓也比串聯型發光元件低得多，即為 2.8V。

[0298] 圖 29 示出發光元件 8 的發射光譜。在圖 29 所示的發射光譜中都觀察到來源於 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{acac})]$ 的紅色發光、來源於 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的綠色發光以及來源於 1,6mMemFLPAPrn 的藍色發光。由此可知，可以充分獲得來自作為螢光發光層的第一發光層 113a 和作為磷光發光層的第二發光層 113c 的發光。

[0299] 再者，發光元件 8 的演色性也良好，即平均演色性指數 Ra 為 87，duv（離黑體輻射軌跡的偏差）也小，因此適用於照明。此外，顏色溫度示出適於規格的特性，為 2840K 的電燈泡色。

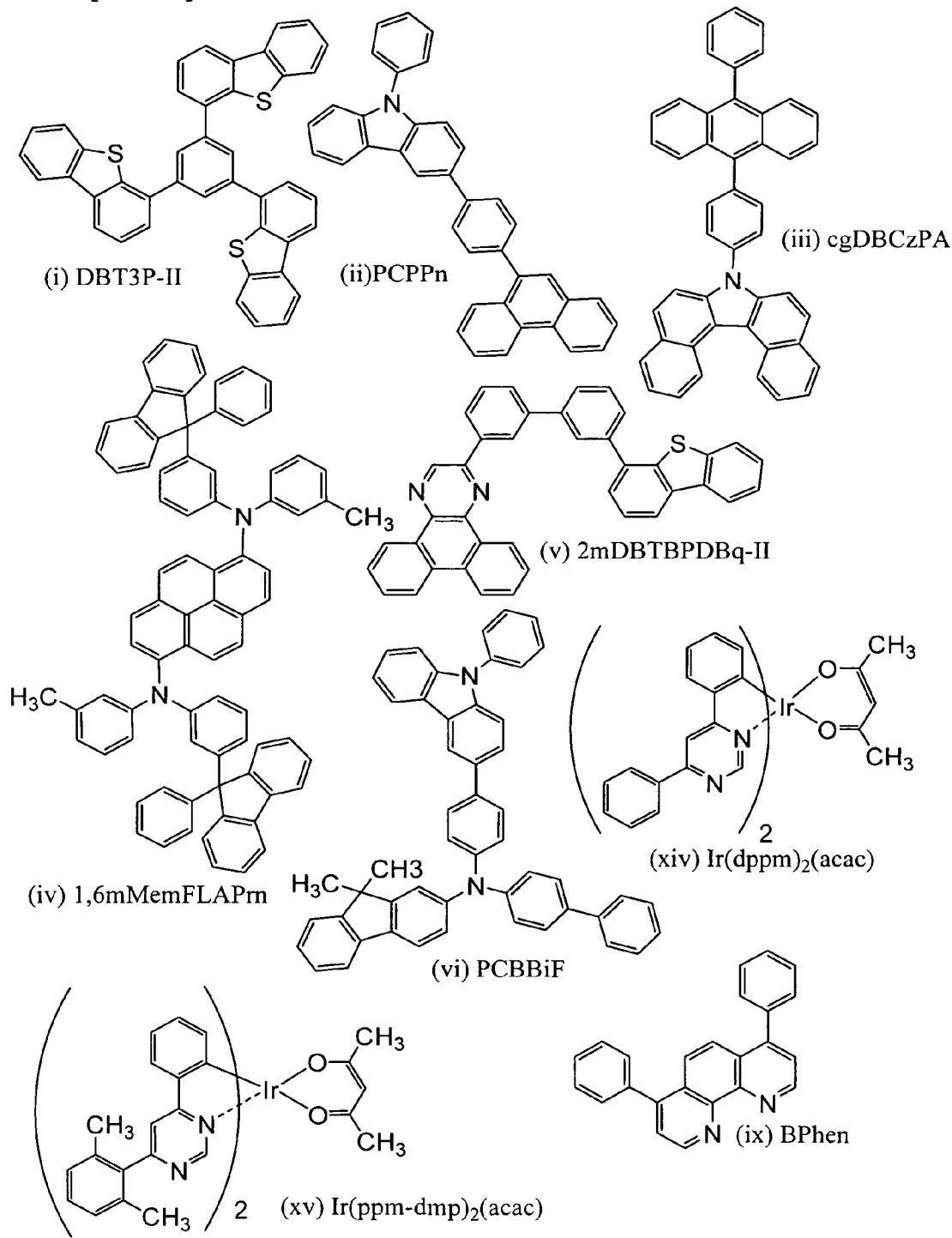
[0300] 如上所述，發光元件 8 可以認為在具有均衡且良好的特性的同時可以容易且以低成本製造的發光元件。這是因為：藉由作為磷光發光層的能量施體使用激態錯合物來抑制激子擴散並且三重態激發能的無輻射失活得到降低；伴隨螢光發光層的主體材料的三重態-三重態湮沒而產生延遲螢光，從而發光效率得到提高。

實施例 5

[0301] 在本實施例中說明作為本發明的一個方式的

發光元件的發光元件 9 的製造方法及特性。下面示出用於發光元件 9 的有機化合物的結構式。

[0302]



[0303]

（發光元件 9 的製造方法）

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）膜，由此形成第一電極 101。注意，將其膜厚度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。在此，第一電極 101 是用作發光元件的陽極的電極。

[0304] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0305] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0306] 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將上述結構式（i）所表示的 4,4',4''-（苯-1,3,5-三基）三（二苯并噻吩）（簡稱：DBT3P-II）與氧化鉬（VI）進行共蒸鍍，從而形成電洞注入層 111。將電洞注入層 111 的厚度設定為 15nm，將 DBT3P-II 與氧化鉬的重量比調節為 2：1（=DBT3P-II：氧化鉬）。

[0307] 接著，在電洞注入層 111 上以 20nm 的厚度形成上述結構式（ii）所表示的 3-[4-（9-菲基）-苯基]-9-苯基-9H-咔唑（簡稱：PCPPn）膜，從而形成電洞傳輸層

112。

[0308] 再者，藉由在電洞傳輸層 112 上將上述結構式 (iii) 所表示的 7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑 (簡稱：cgDBCzPA) 和上述結構式 (iv) 所表示的 N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-芘-1,6-二胺 (簡稱：1,6mMemFLPAPrn) 以滿足 cgDBCzPA：1,6mMemFLPAPrn=2：0.1 (重量比) 且厚度為 5nm 的方式共蒸鍍，以形成用作螢光發光層的第一發光層 113a。然後，將上述結構式 (v) 所表示的 2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2mDBTBPDBq-II) 與上述結構式 (vi) 所表示的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺 (簡稱：PCBBiF) 以滿足 2mDBTBPDBq-II：PCBBiF=0.4：1.6 (重量比) 的方式共蒸鍍，以形成分離層 113b。分離層 113b 的厚度為 2nm。然後，將 2mDBTBPDBq-II、PCBBiF 與上述結構式 (xiv) 所表示的 (乙醯丙酮根) 雙(4,6-二苯基嘓啶根) 銦 (III) (簡稱：[Ir(dppm)₂(acac)]) 進行共蒸鍍，以滿足 2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：[Ir(dppm)₂(acac)]=0.8：1.2：0.12 (重量比) 的關係且厚度為 5nm，由此形成第一磷光發光層 113c-1，接著，將 2mDBTBPDBq-II、PCBBiF 與上述結構式 (xv) 所表示的雙{2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘓啶基-κN3]苯基-κC}(2,4-戊二酮根-κO,O') 銦 (III) (簡稱：[Ir(ppm-dmp)₂(acac)]) 進行共蒸鍍，以滿

5

足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $[\text{Ir}(\text{ppm-dmp})_2(\text{acac})]$ = 1.6 : 0.4 : 0.12 (重量比) 的關係且厚度為 15nm, 由此形成第二磷光發光層 113c-2, 由此形成第二發光層 113c。由此, 在發光元件 9 中形成由第一發光層 113a 及第二發光層 113c 構成的發光層 113。

[0309] 注意, 在磷光發光層 (第二發光層 113c) 中, 2mDBTBPDBq-II 和 PCBBiF 形成激態錯合物。此外, 該發光波長與 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ 及 $[\text{Ir}(\text{ppm-dmp})_2(\text{acac})]$ 的最長波長一側的吸收帶重疊, 而能量轉移的效率 high。

[0310] 再者, 用作螢光發光層 (第一發光層 113a) 的主體材料的 cgDBCzPA 的單重態激發能高於用作螢光發光物質的 1,6mMemFLPA_{Prn} 的單重態激發能, 並且, cgDBCzPA 的三重態激發能低於 1,6mMemFLPA_{Prn} 的三重態激發能, 由此螢光發光層 (第一發光層 113a) 具有容易得到伴隨三重態-三重態湮沒而產生的單重態激子的再生成及發光的結構。

[0311] 然後, 在磷光發光層 (第二發光層 113c) 上以 10nm 的厚度形成 2mDBTBPDBq-II 膜, 再者以 15nm 的厚度形成上述結構式 (ix) 所表示的紅啡啉 (簡稱: BPhen) 膜, 由此形成電子傳輸層 114。

[0312] 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, 以將銀 (Ag) 和鎂 (Mg) 以滿足

銀：鎂=1：0.5（重量比）的方式共蒸鍍 1nm，藉由濺射法形成 150nm 厚的銀膜，由此製造本實施例的發光元件 9。

[0313] 另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

[0314] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 9 暴露於大氣的方式使用玻璃基板對發光元件 9 進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對發光元件 9 的可靠性進行測量。另外，在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行測量。

[0315] 表 9 示出發光元件 9 的元件結構。

[0316]

[表 9]

電洞 注入層	電洞 傳輸層	第一 發光層	分離層		第二 發光層	電子傳輸層		電子 注入層
DBT3P-II ：MoOx 2：1	PCPPn	cgDBCzPA ：1,6mMem FLPAPrn 2：0.1	*	**	***	2mDBT BPDBq-II	BPhen	LiF
15nm	20nm	5nm	2nm	5nm	15nm	10nm	15nm	1nm

- * 2mDBTBPDBq-II：PCBBiF = 0.4：1.6
- ** 2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dppm）₂（acac） = 0.8：1.2：0.12
- *** 2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（ppm-dmp）₂（acac） = 1.6：0.4：0.12

[0317] 圖 30 示出發光元件 9 的電流密度-亮度特

5

性，圖 31 示出發光元件 9 的亮度-電流效率特性，圖 32 示出發光元件 9 的電壓-亮度特性，圖 33 示出發光元件 9 的亮度-外部量子效率特性，圖 34 示出發光元件 9 的發射光譜。

[0318] 根據該特性可知：雖然發光元件 9 不使用中間層，但是在 1000cd/m^2 附近呈現非常良好的發光效率，即電流效率大約為 70cd/A 附近且外部量子效率大約為 22%以上。另外，發光元件 9 的驅動電壓也比串聯型發光元件低得多，即為 2.9V。

[0319]

[表 10]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子 效率 (%)	相關色溫 (K)
發光元件 9	2.9	1.3	69	75	22	2730

[0320] 在圖 34 所示的發射光譜中都觀察到來源於 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ 及 $[\text{Ir}(\text{ppm-dmp})_2(\text{acac})]$ 的磷光發光以及來源於 1,6mMemFLPAPrn 的螢光發光。由此可知，可以充分獲得來自作為螢光發光層的第一發光層 113a 和作為磷光發光層的第二發光層 113c 的發光。

[0321] 如上所述，發光元件 9 可以認為在呈現發光效率非常高的白色光的同時可以容易且以低成本製造的發光元件。這是因為：藉由作為磷光發光層的能量施體使用激態錯合物來抑制激子擴散並且三重態激發能的無輻射失



活得到降低；伴隨螢光發光層的主體材料的三重態-三重態湮沒而產生延遲螢光，從而發光效率得到提高。此外，也可知：藉由發光元件 9 使用分離層 113b，可以抑制從磷光發光層（第二發光層 113c）向螢光發光層（第一發光層 113a）的介面上的能量轉移，所以呈現更良好的特性。

[0322] 另外，將具有與發光元件 9 相同的結構且第一電極的厚度為 70nm 的元件以發光面積為 90mm×90mm 的方式形成在 $n=1.84$ 的折射率玻璃基板上，對發射基板的光一側的面進行了磨砂加工以形成有機 EL 照明設備。

[0323] 圖 35 示出有機 EL 照明設備的亮度-功率效率特性。在該照明設備中，其特性與電燈泡色的規格一致，即，顏色溫度為 2700K 且 $duv=0.019$ ，在亮度為 1500cd/m^2 附近呈現非常良好的效率，即功率效率為 140lm/W 。

【符號說明】

[0324]

在圖式中：

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
- 113b：分離層
- 113c：第二發光層
- 113c-1：第一磷光發光層
- 113c-2：第二磷光發光層
- 114：電子傳輸層
- 115：電子注入層
- 400：基板
- 401：第一電極
- 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
- 501：第一電極
- 502：第二電極
- 511：第一發光單元
- 512：第二發光單元
- 513：電荷產生層
- 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（撓性印刷電路）
- 610：元件基板
- 611：開關 FET
- 612：電流控制 FET
- 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 FET
- 624：p 通道型 FET
- 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
2001：外殼
2002：光源
3001：照明設備
5000：顯示區域
5001：顯示區域
5002：顯示區域
5003：顯示區域
5004：顯示區域
5005：顯示區域
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
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：觸控面板區域

9632b：觸控面板區域

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

公告本

發明摘要

※申請案號：103140807

※申請日：103 年 11 月 25 日

※IPC 分類：H01L 51/52 (2006.01)

H01L 51/54 (2006.01)

H01L 51/56 (2006.01)

C09K 11/00 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件、顯示模組、照明模組、發光裝置、顯示裝置、電子裝置以及照明設備

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

【中文】

本發明的一個方式的目的是提供一種使用螢光發光及磷光發光的多色發光元件，該多色發光元件有利於實用化。該發光元件具備疊層結構，該疊層結構包括包含主體材料和螢光發光物質的第一發光層、具有電洞傳輸性的物質及具有電子傳輸性的物質的分離層以及包含兩種形成激態錯合物的有機化合物和能夠將三重態激發能轉換為發光的物質的第二發光層。注意，使用第一發光層的發射光譜的峰值存在於比第二發光層短波長一側的發光元件是更有效的。

【 英文 】

An object of one embodiment of the present invention is to provide a multicolor light-emitting element that utilizes fluorescence and phosphorescence and is advantageous for practical application. The light-emitting element has a stacked-layer structure of a first light-emitting layer containing a host material and a fluorescent substance, a separation layer containing a substance having a hole-transport property and a substance having an electron-transport property, and a second light-emitting layer containing two kinds of organic compounds that form an exciplex and a substance that can convert triplet excitation energy into luminescence. Note that a light-emitting element in which light emitted from the first light-emitting layer has an emission spectrum peak on the shorter wavelength side than an emission spectrum peak of the second light-emitting layer is more effective.



【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

103：EL層

115：電子注入層

114：電子傳輸層

113：發光層

112：電洞傳輸層

111：電洞注入層

102：第二電極

113c：第二發光層

113a：第一發光層

113b：分離層

101：第一電極

502：第二電極

501：第一電極

511：第一發光單元

512：第二發光單元

513：電荷產生層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

圖式

圖 1A

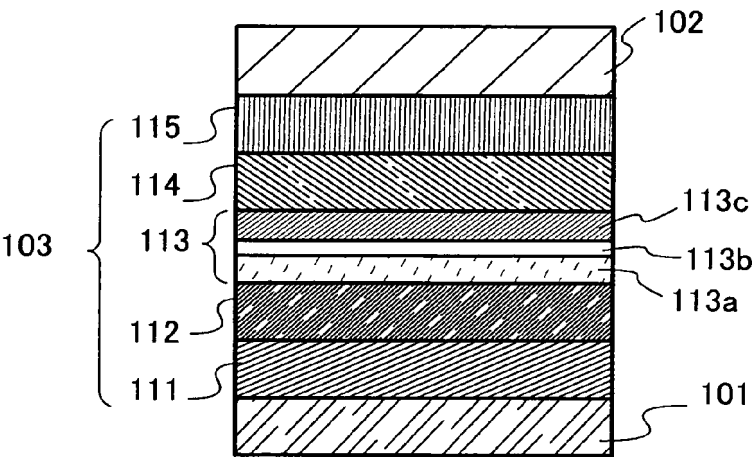


圖 1B

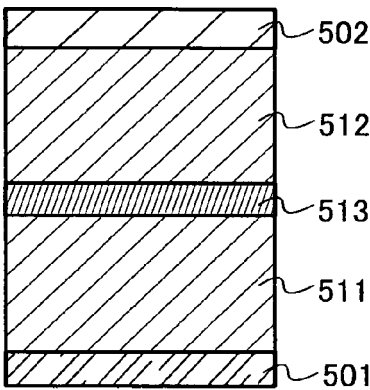


圖 2A

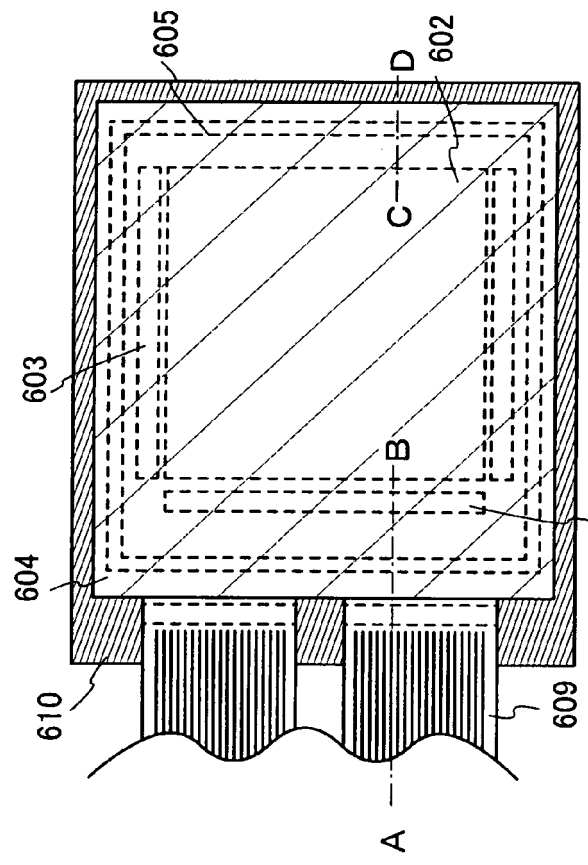
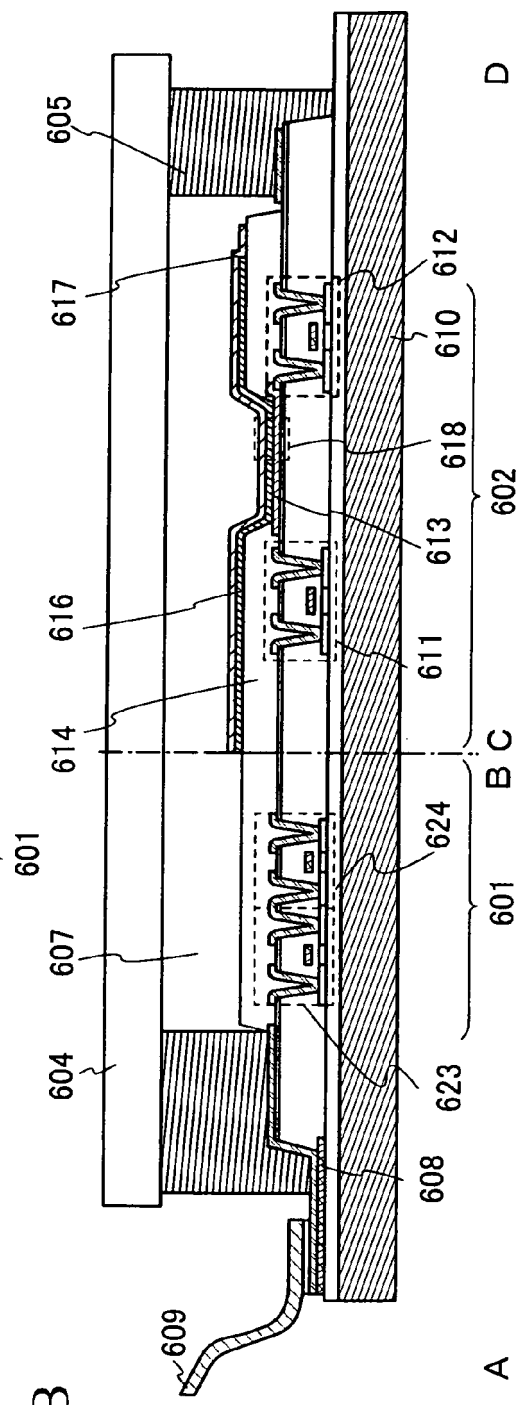


圖 2B



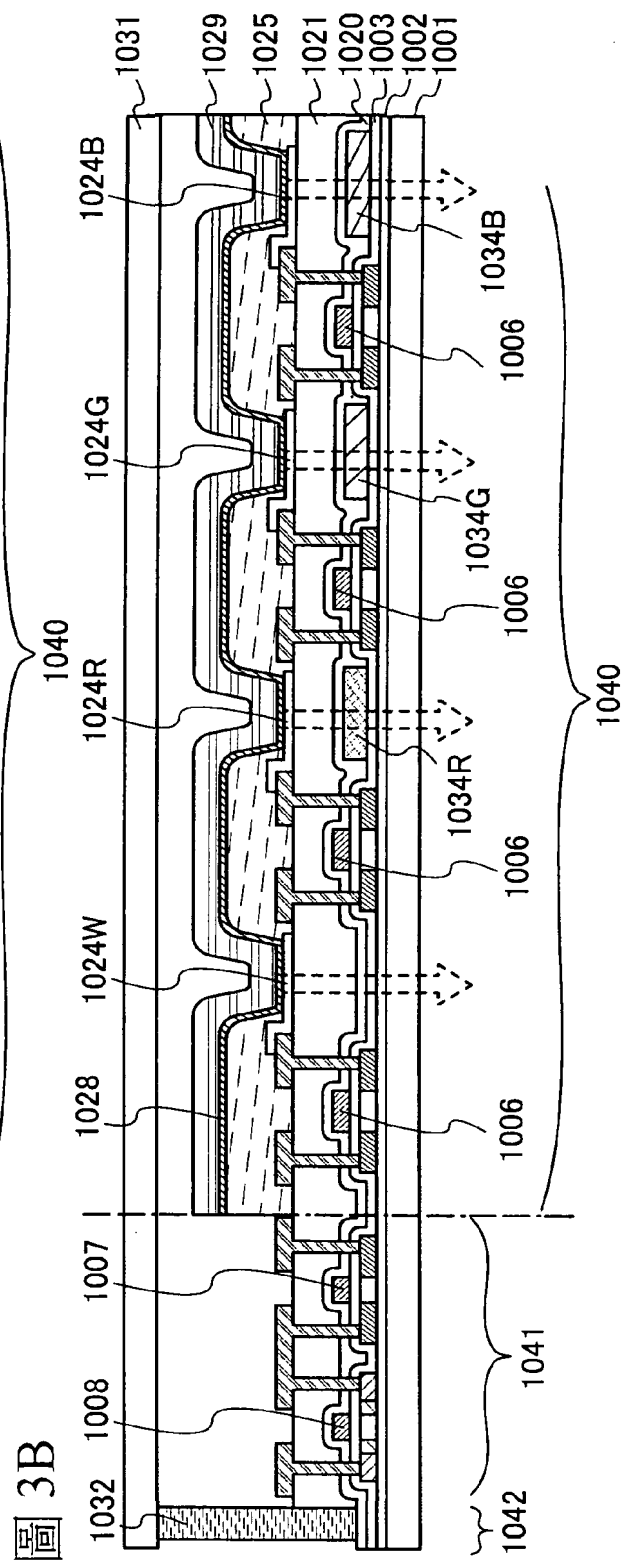
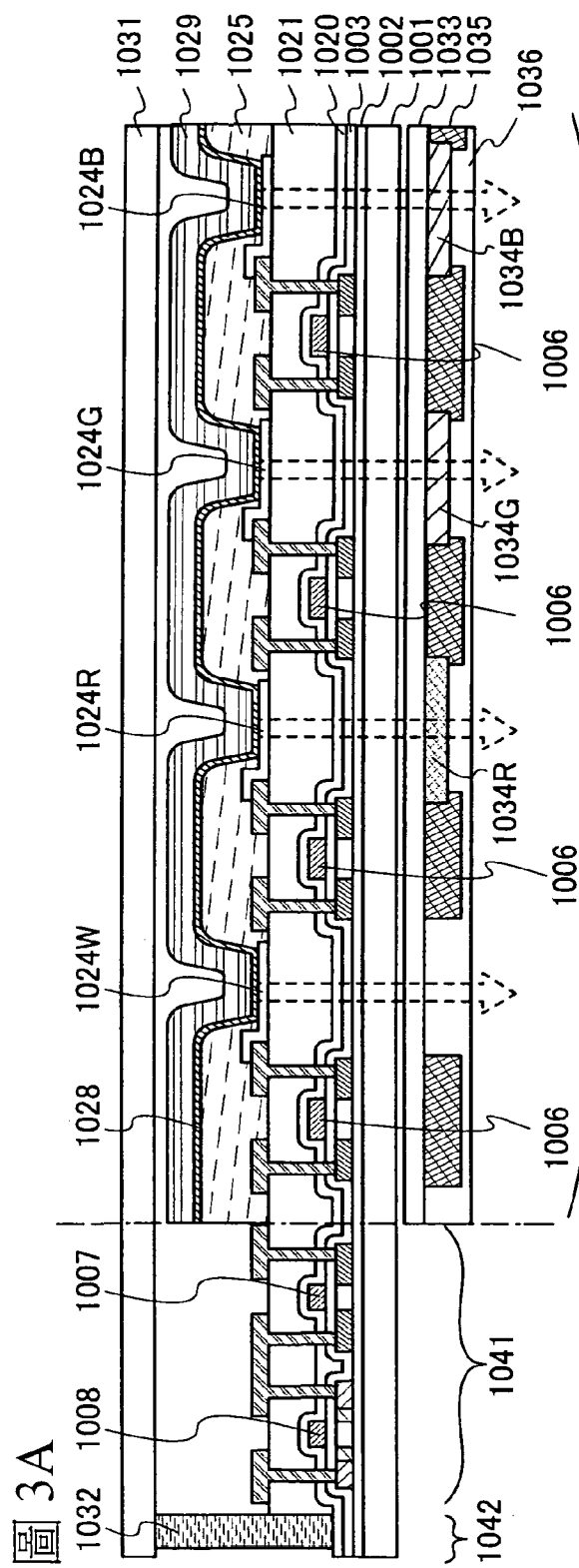


圖 4

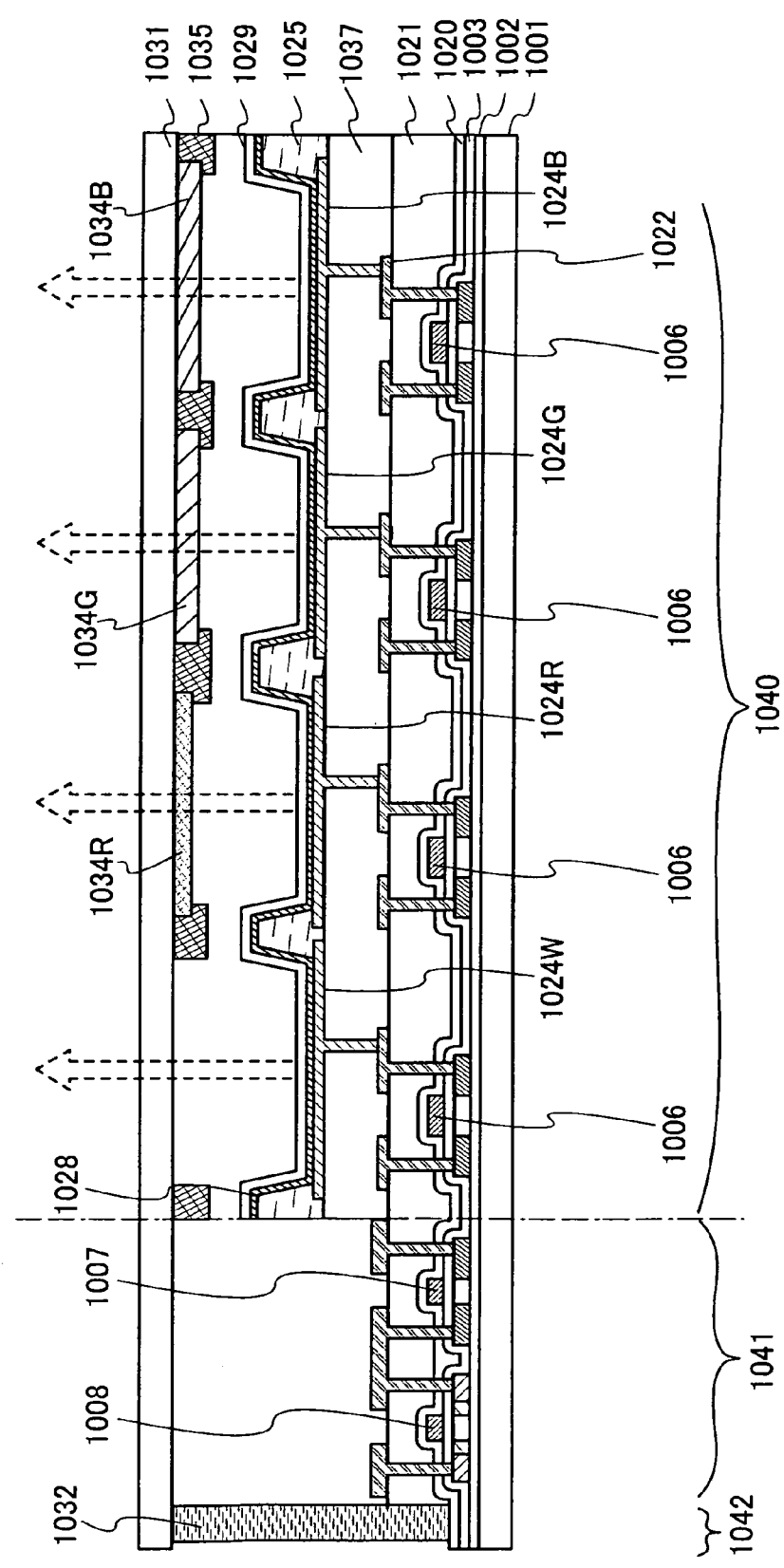


圖 5A

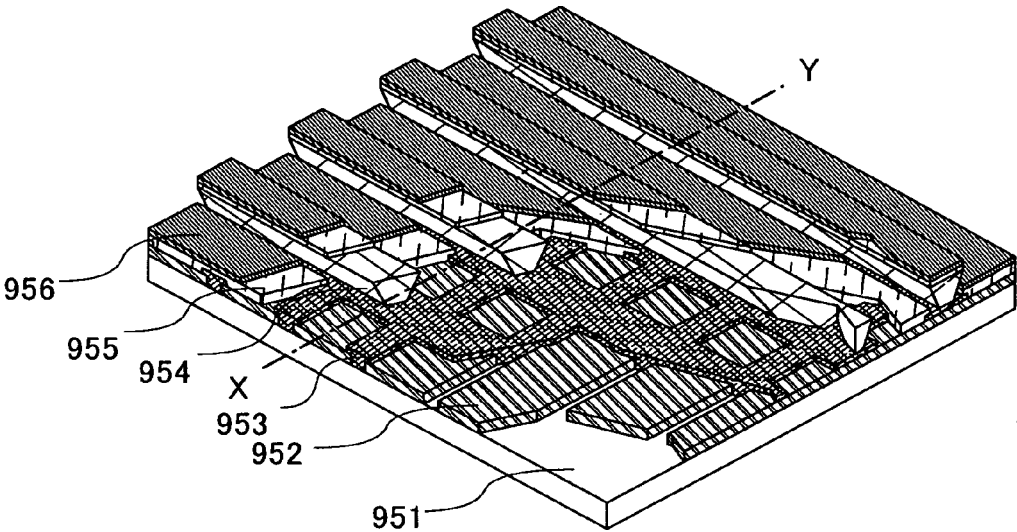


圖 5B

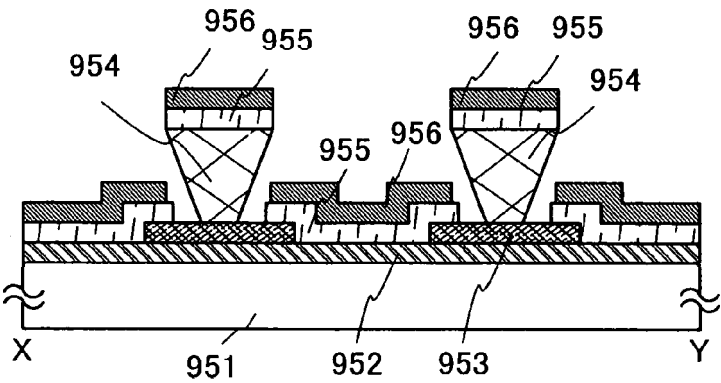


圖 6A

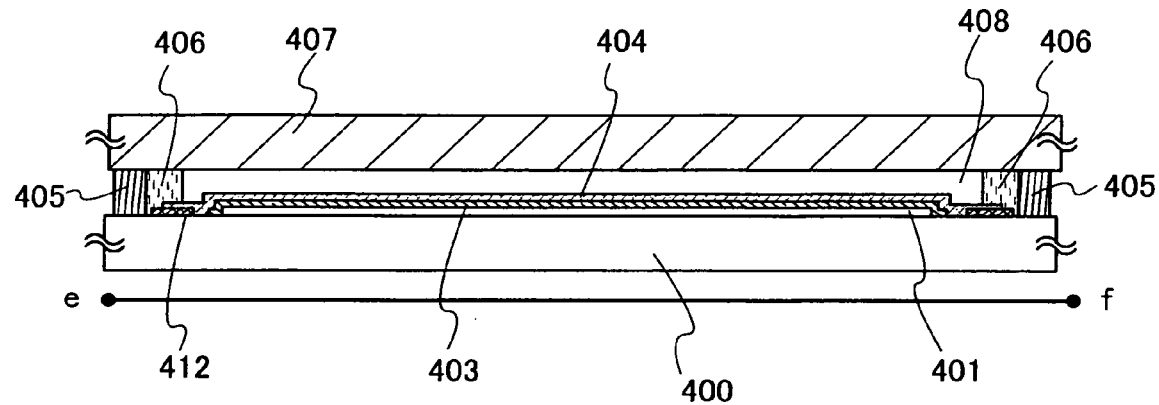


圖 6B

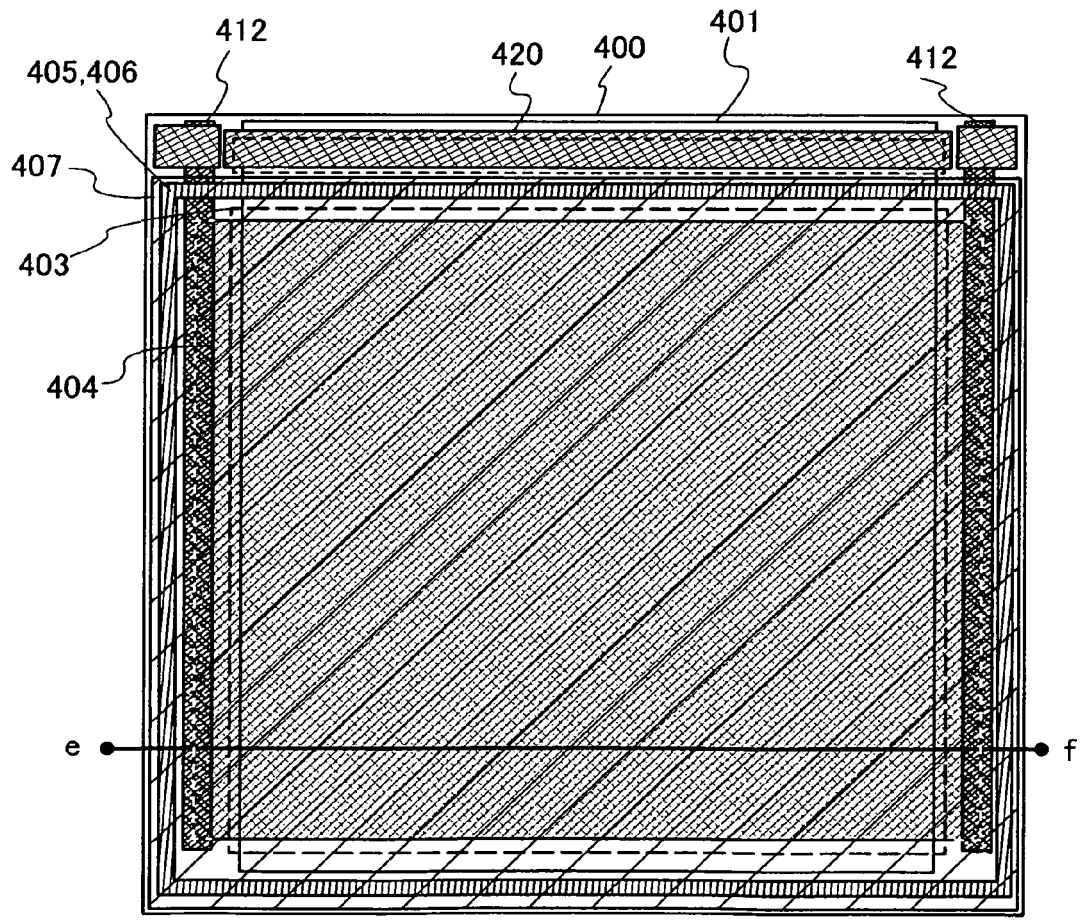


圖 7A

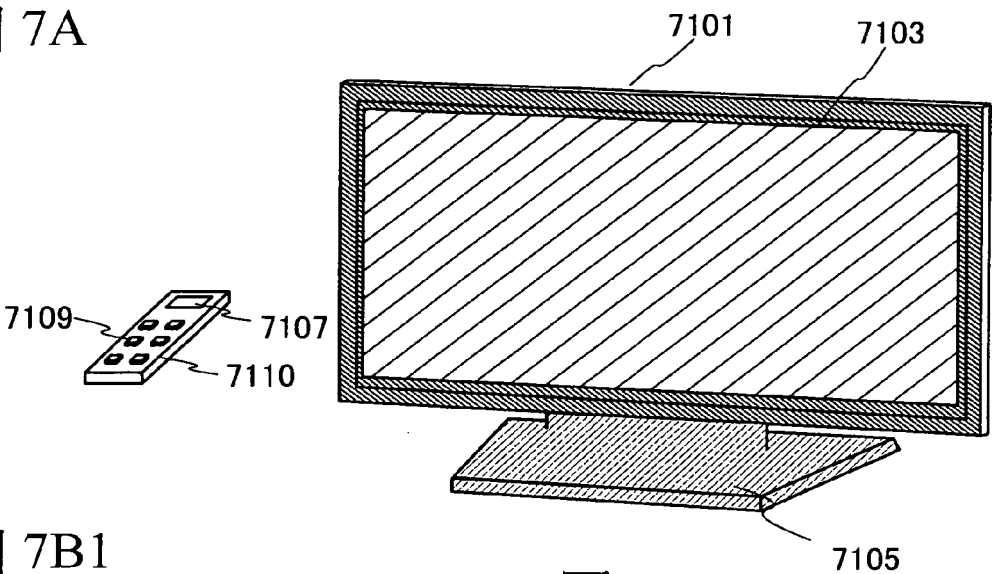


圖 7B1

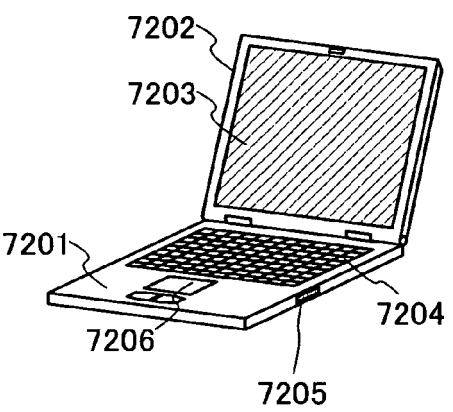


圖 7B2

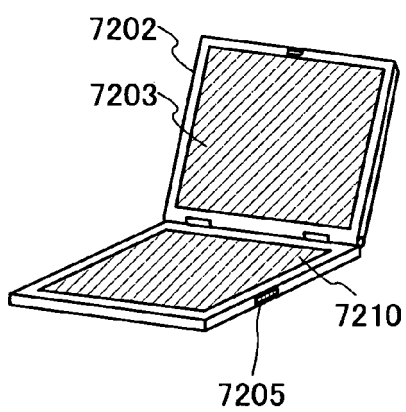


圖 7C

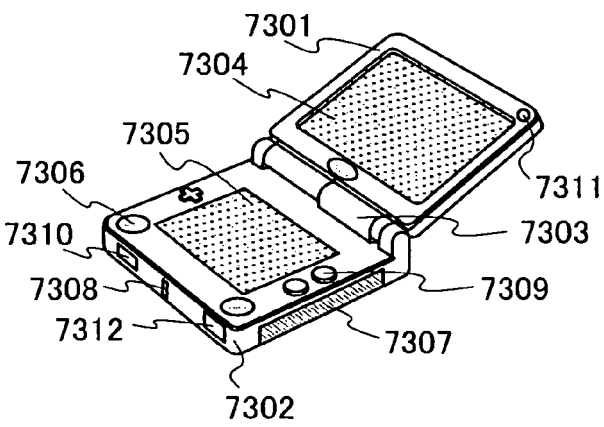


圖 7D

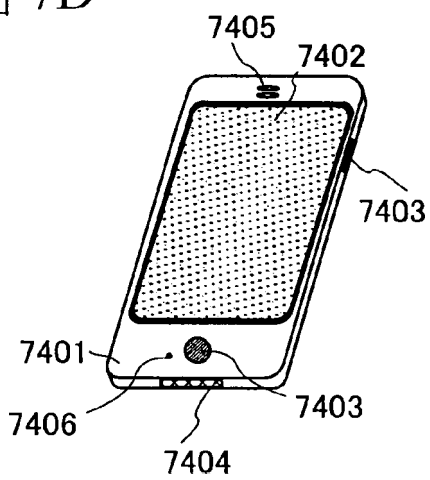


圖 8

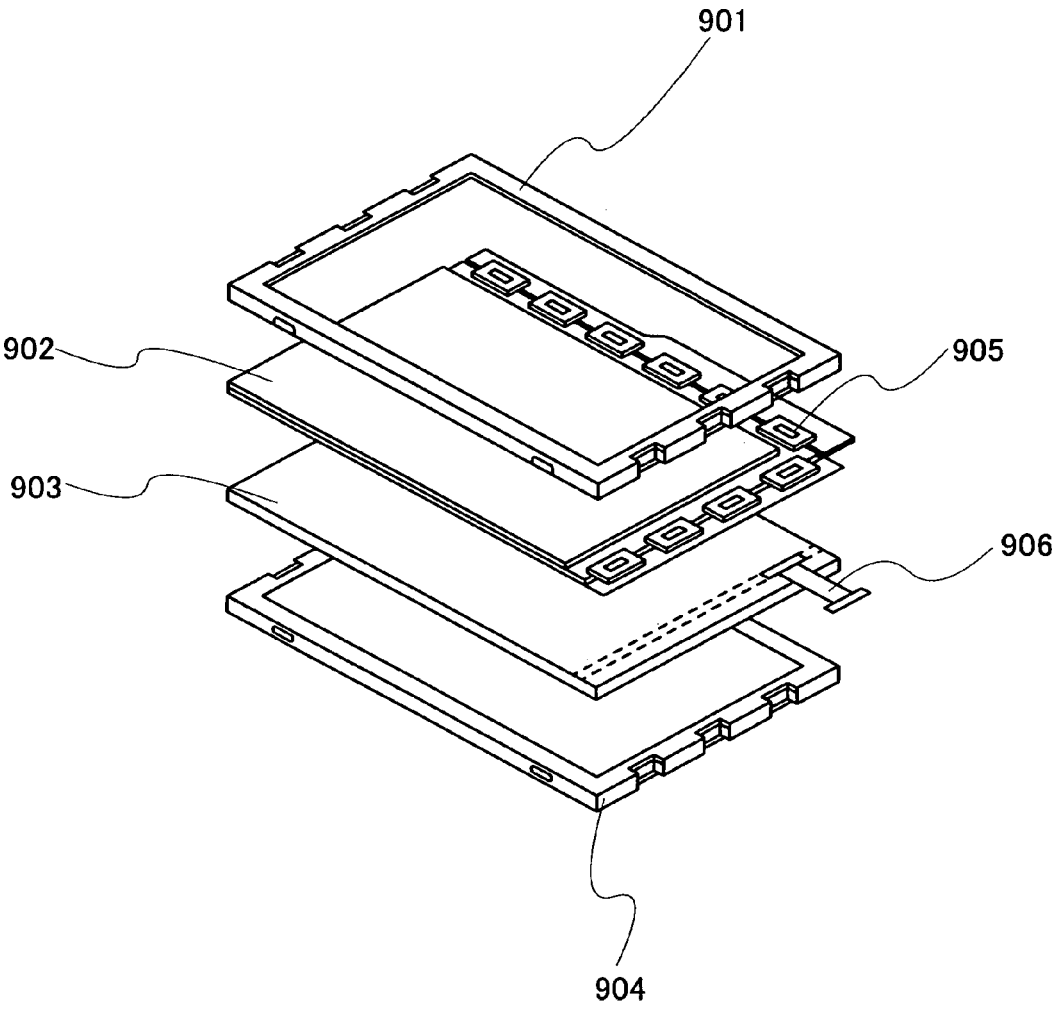


圖 9

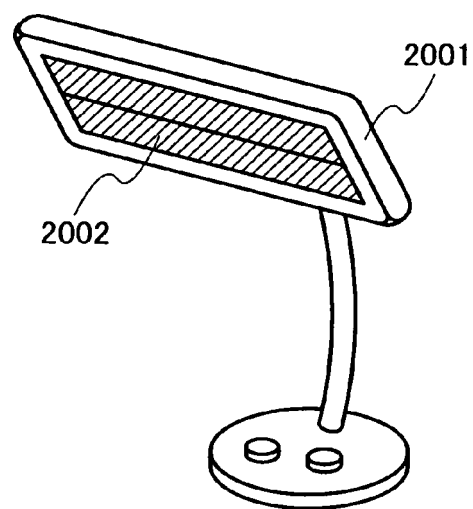


圖 10

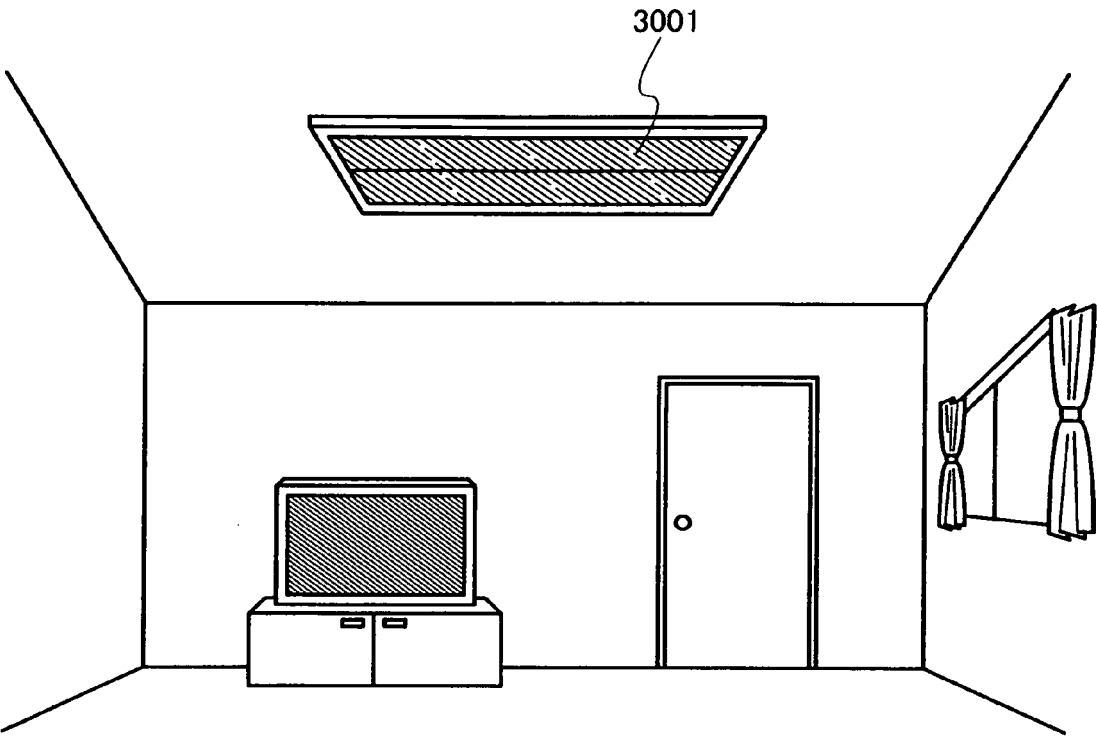


圖 11

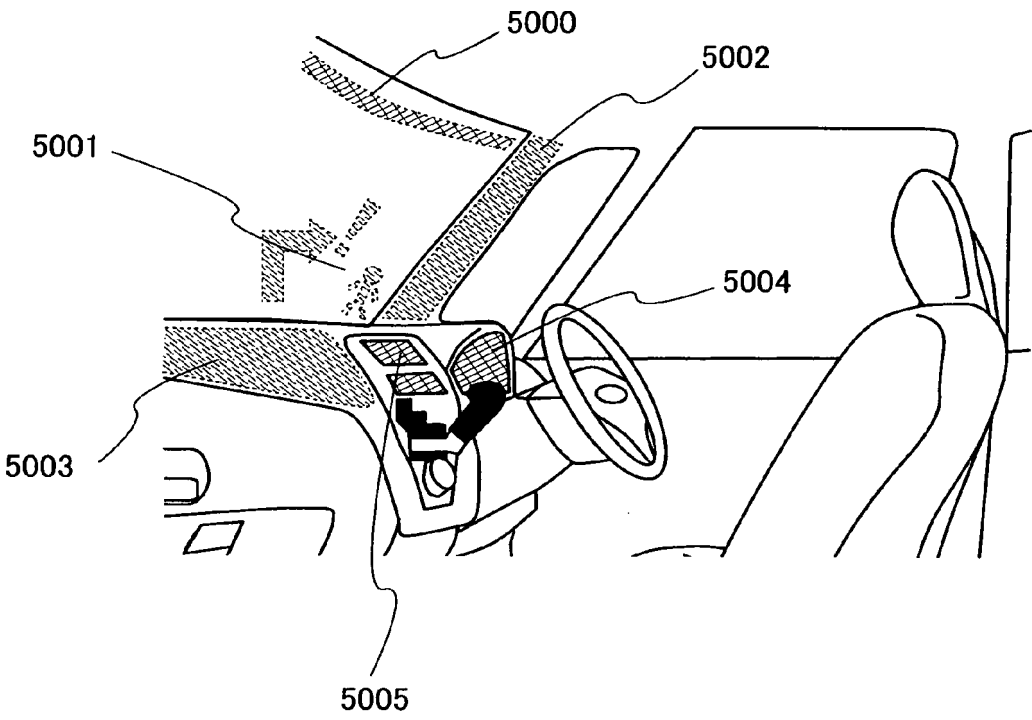


圖 12A

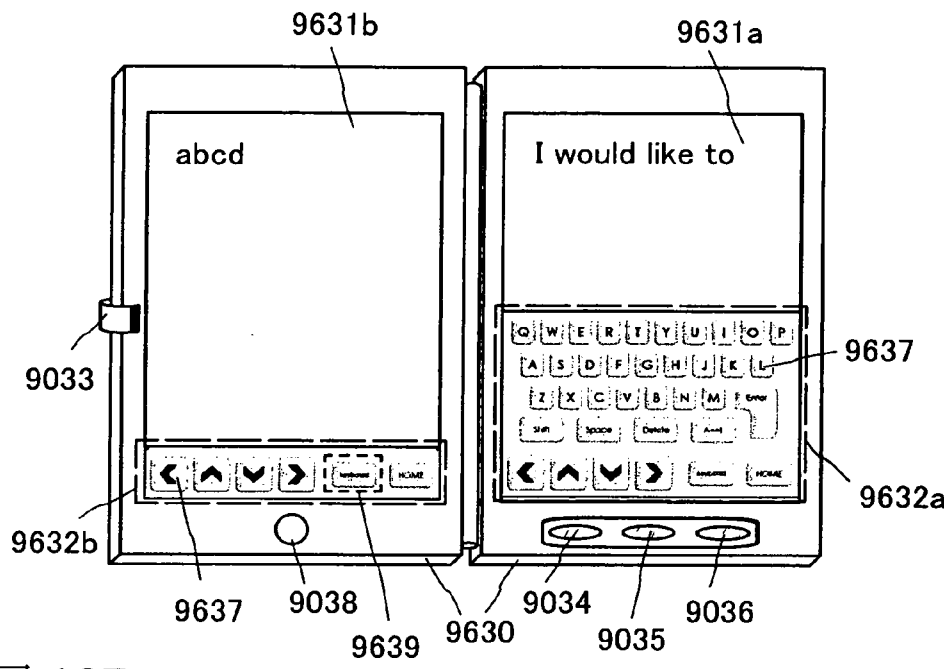


圖 12B

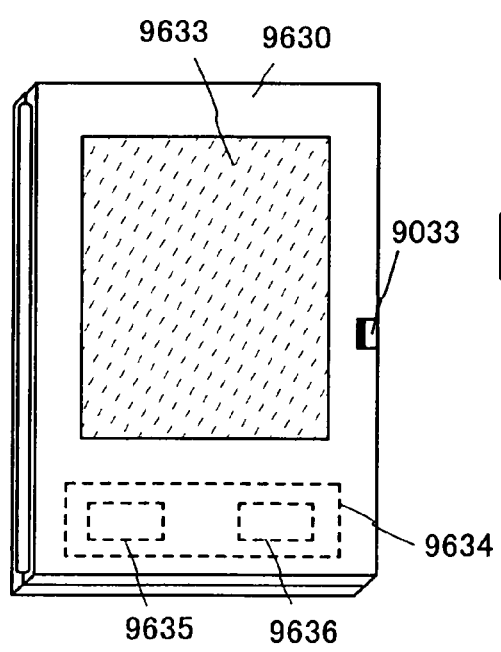


圖 12C

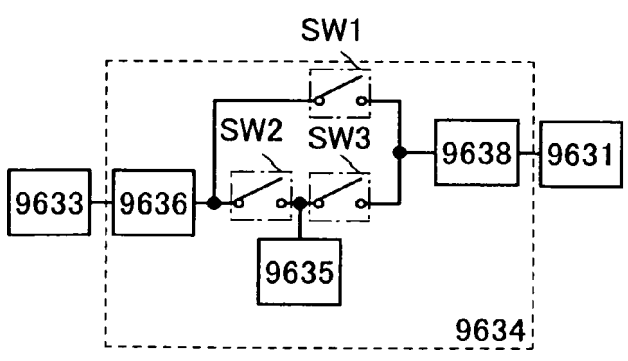


圖 13

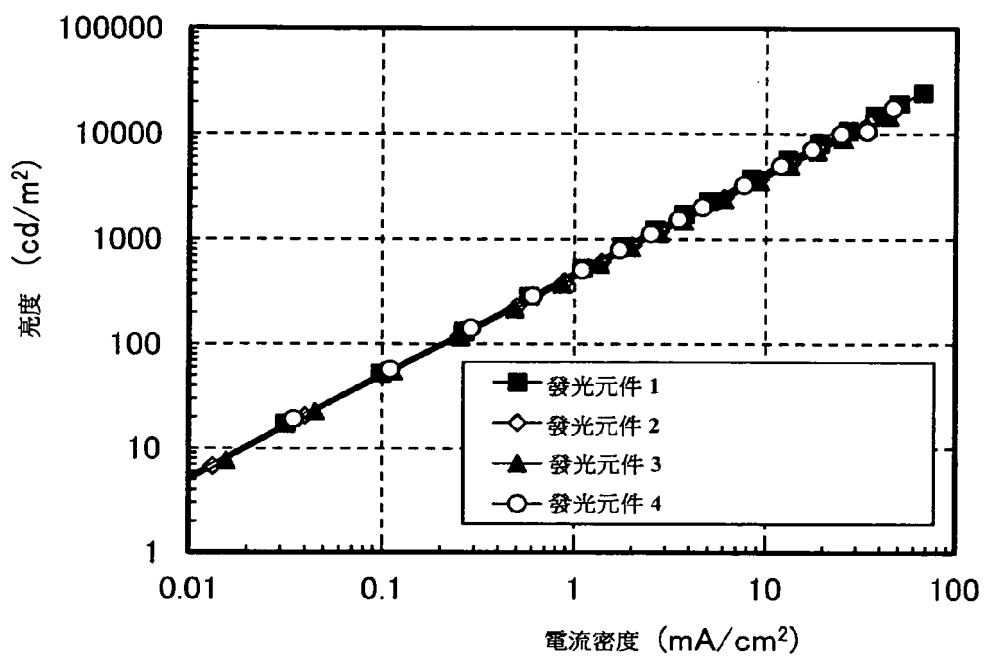


圖 14

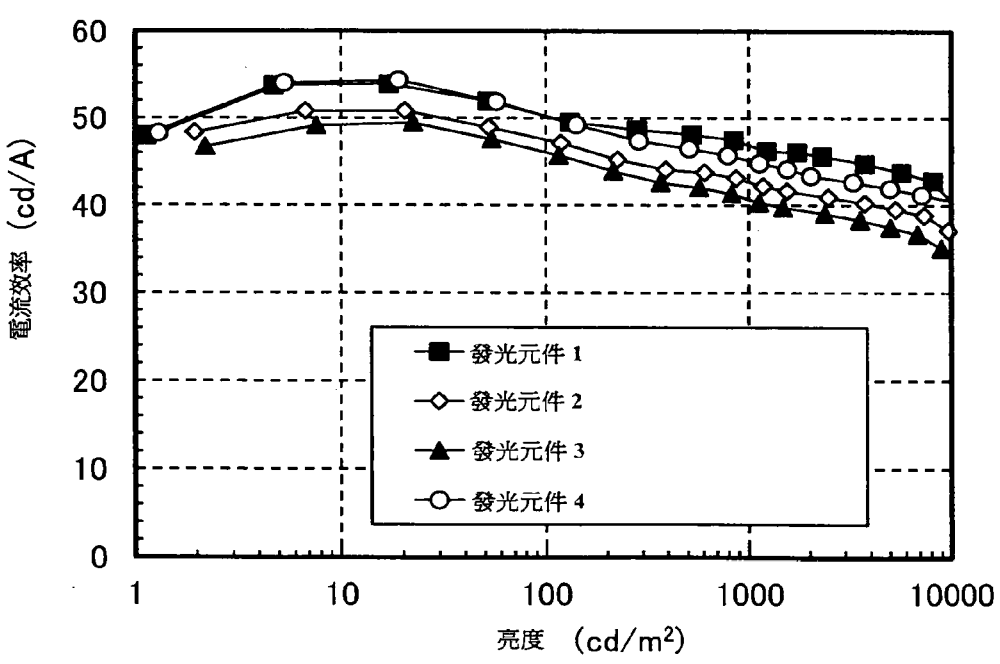


圖 15

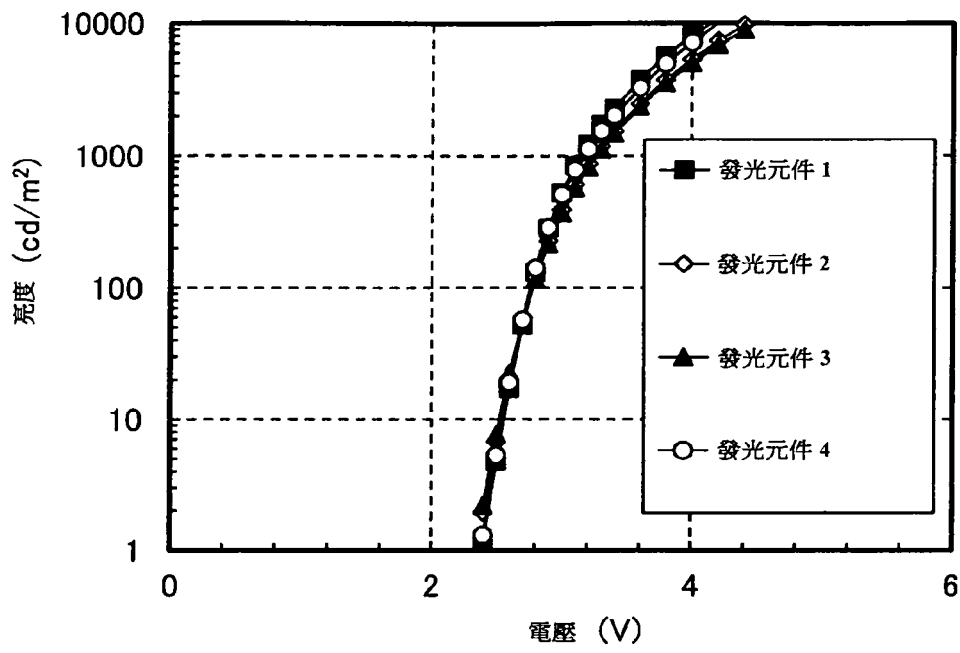


圖 16

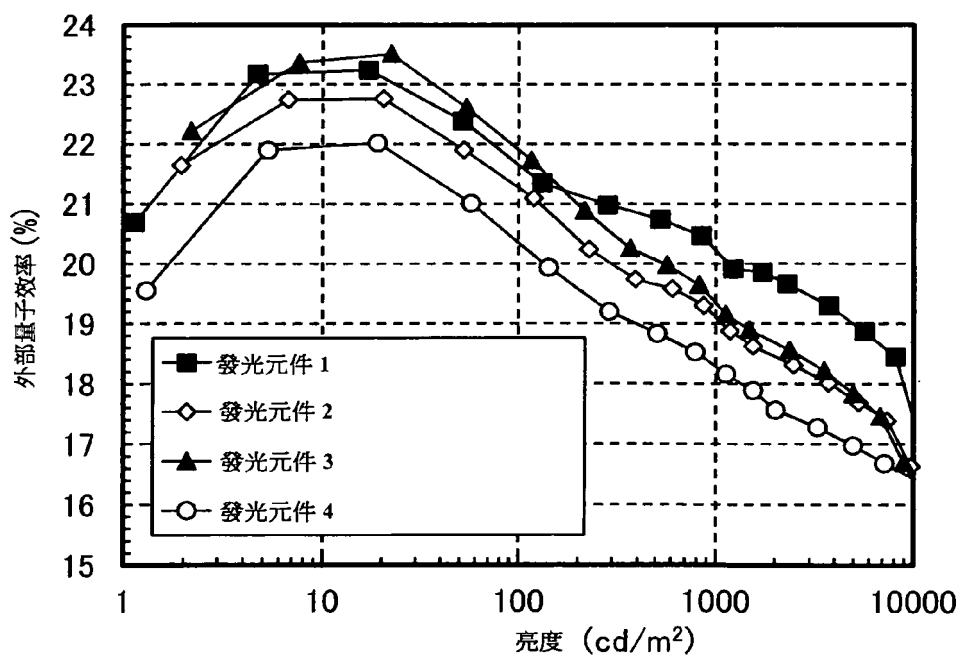


圖 17

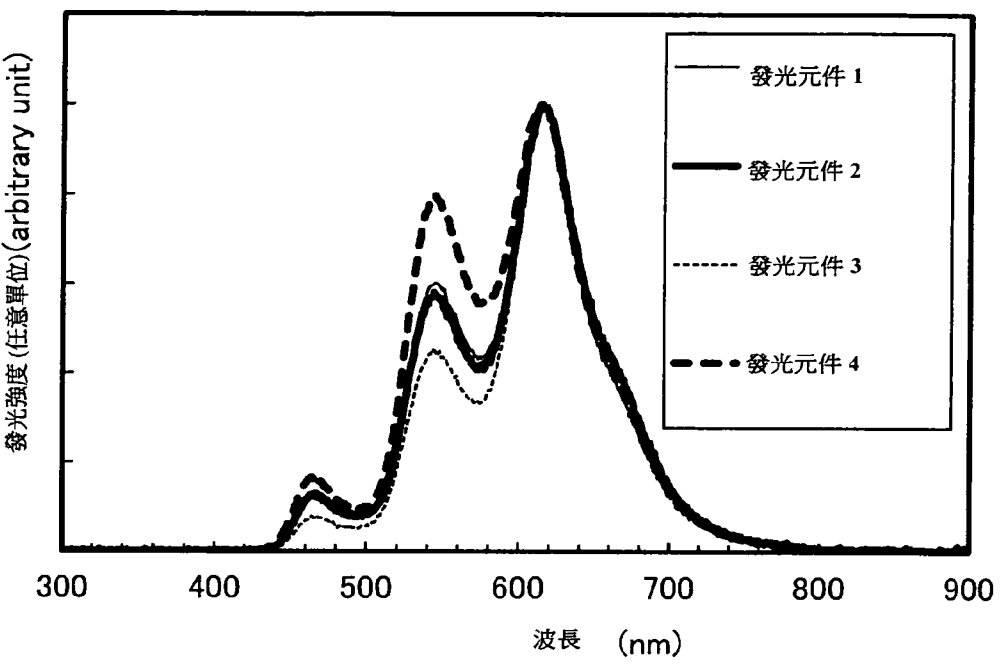


圖 18

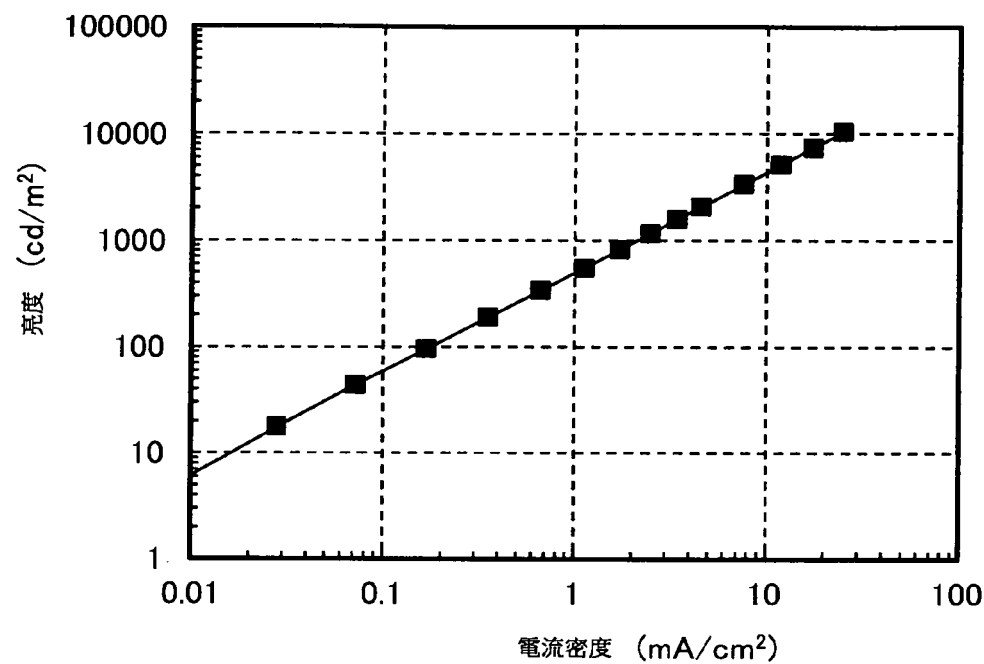


圖 19

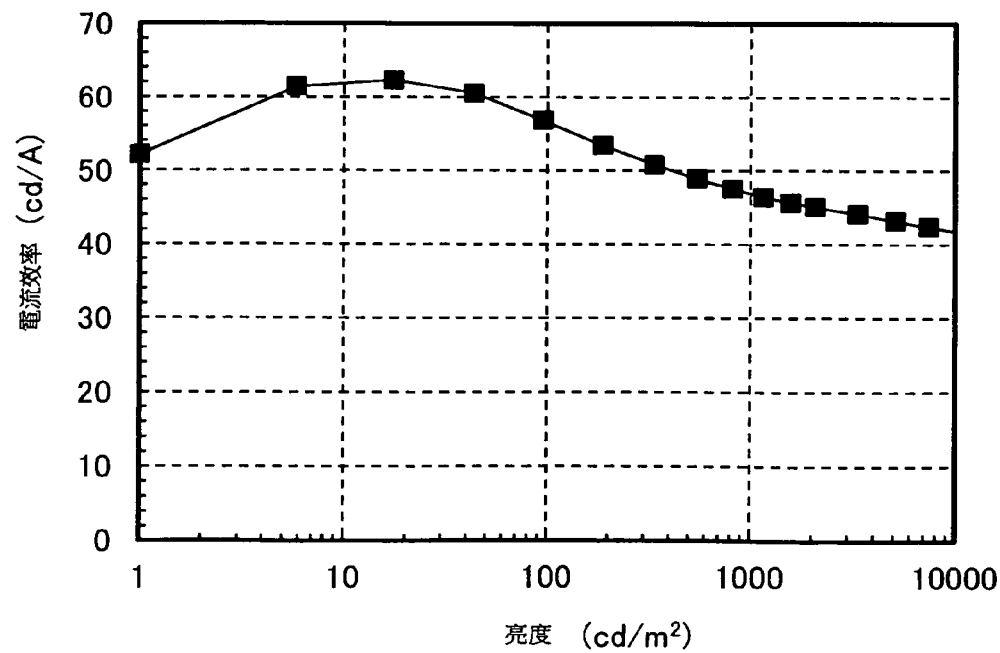


圖 20

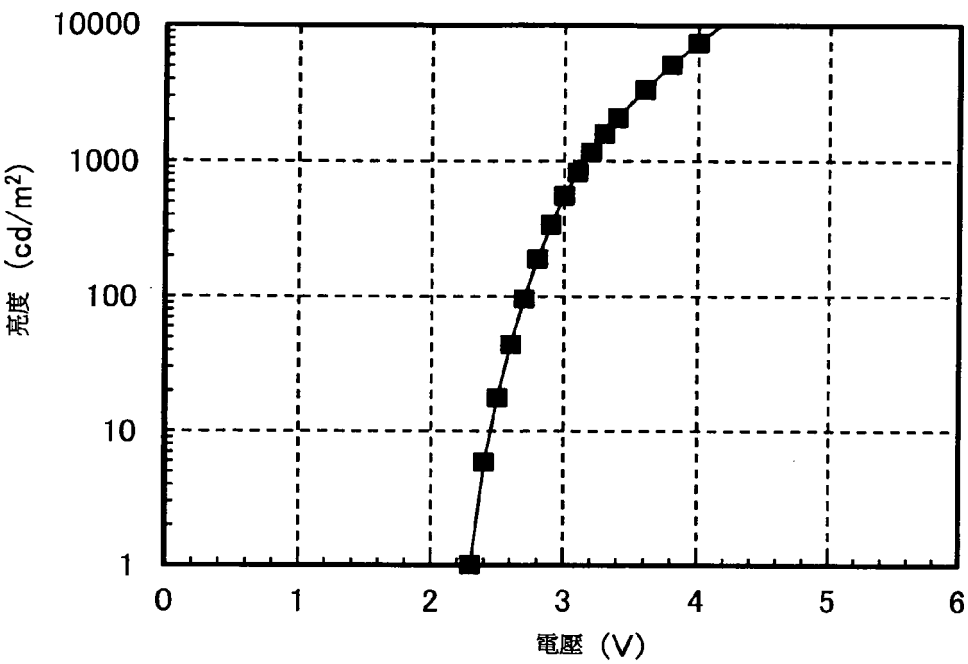


圖 21

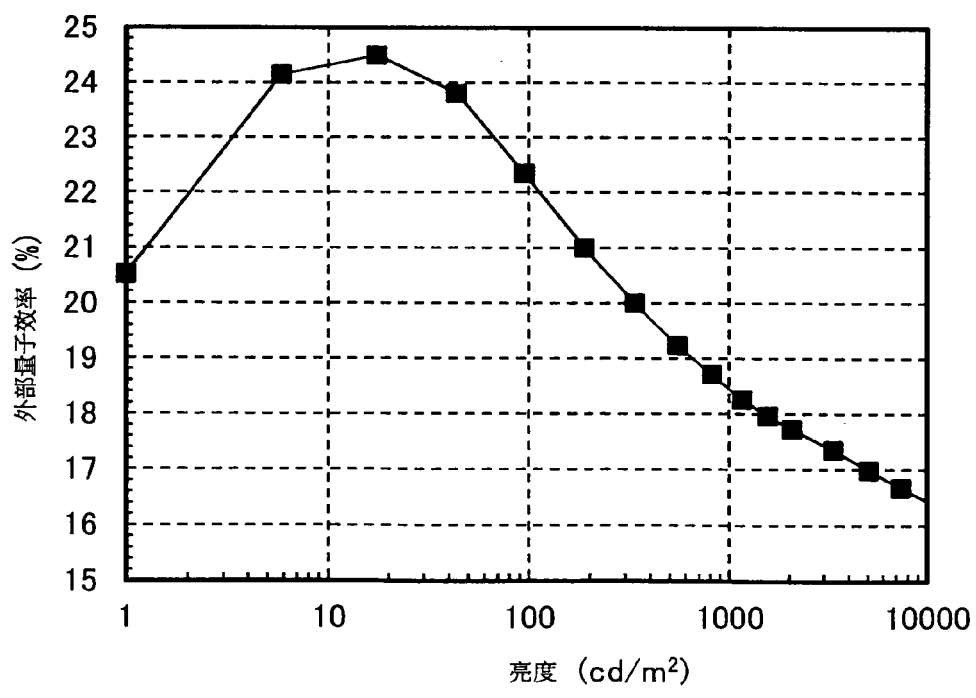


圖 22

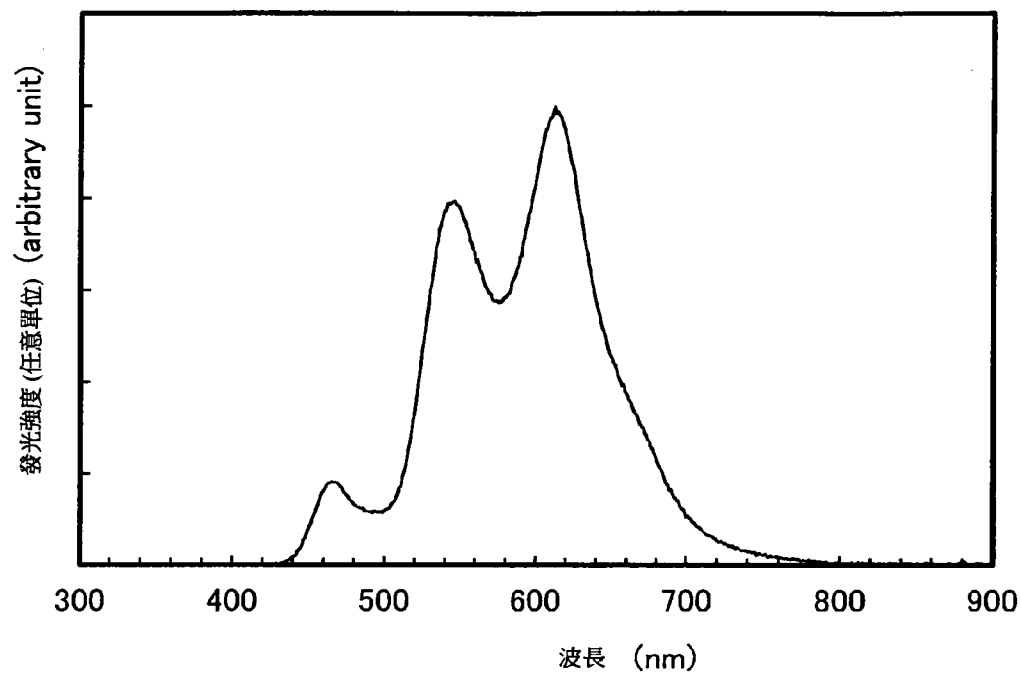


圖 23

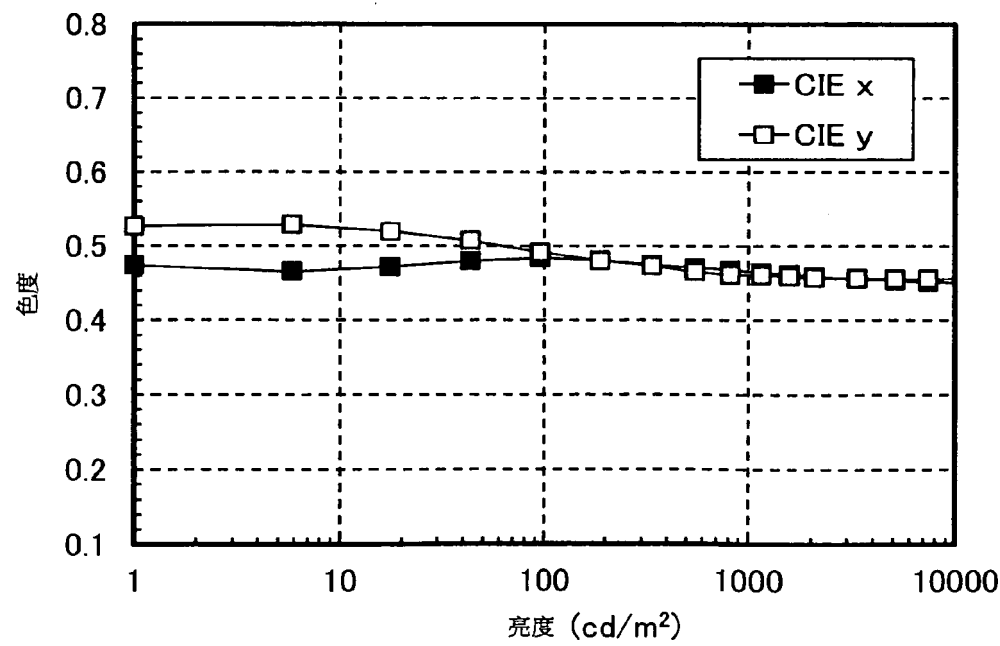


圖 24

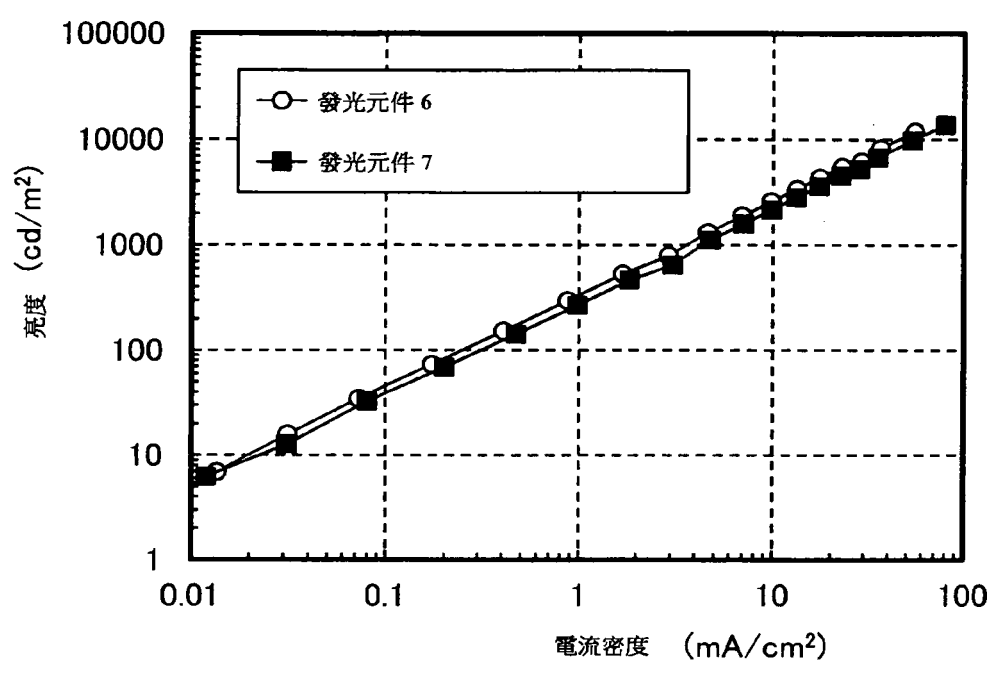


圖 25

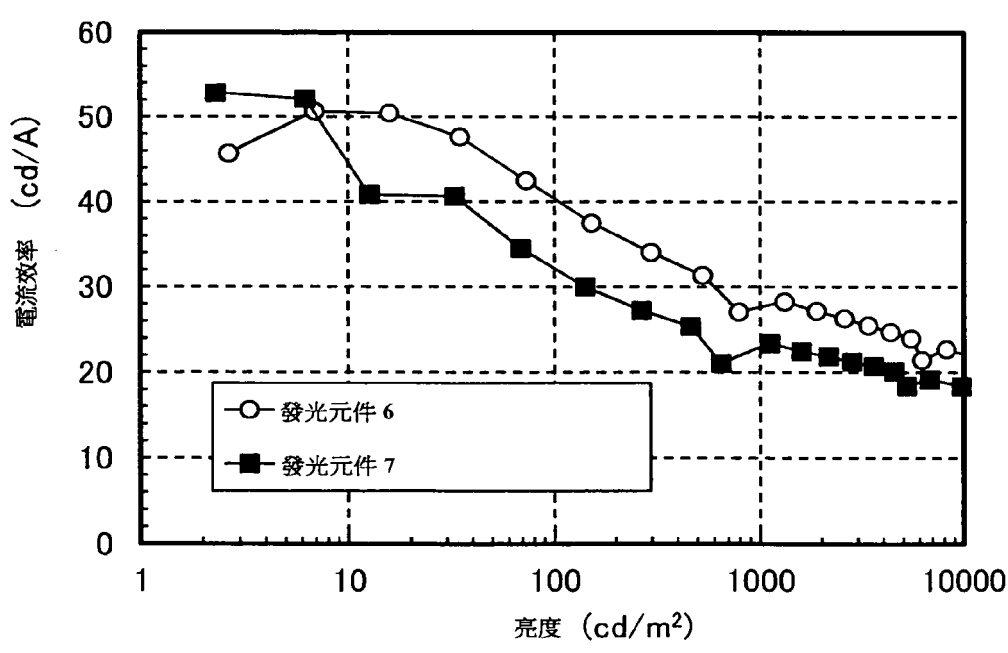


圖 26

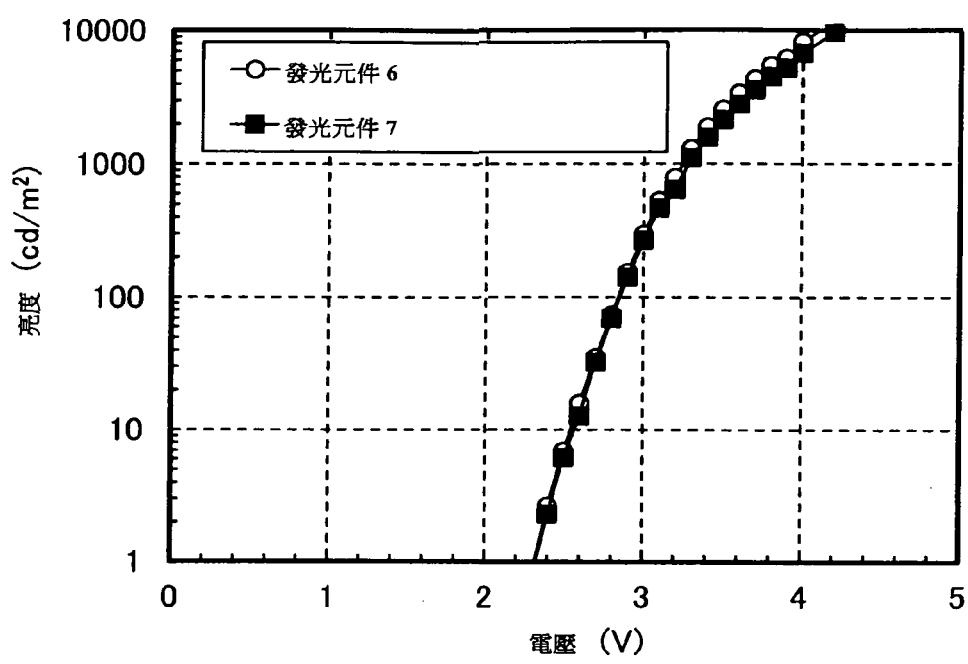


圖 27

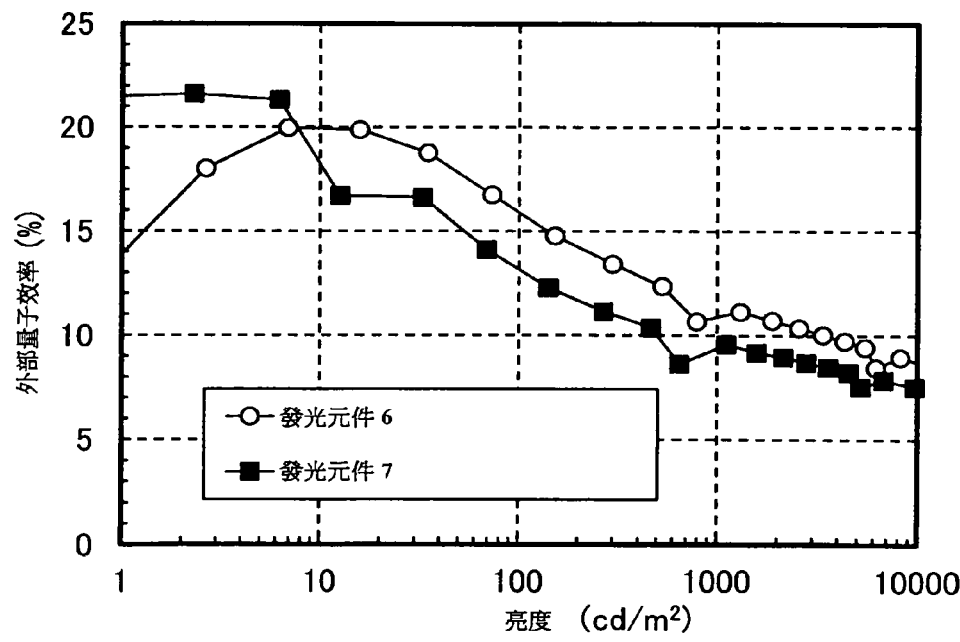


圖 28

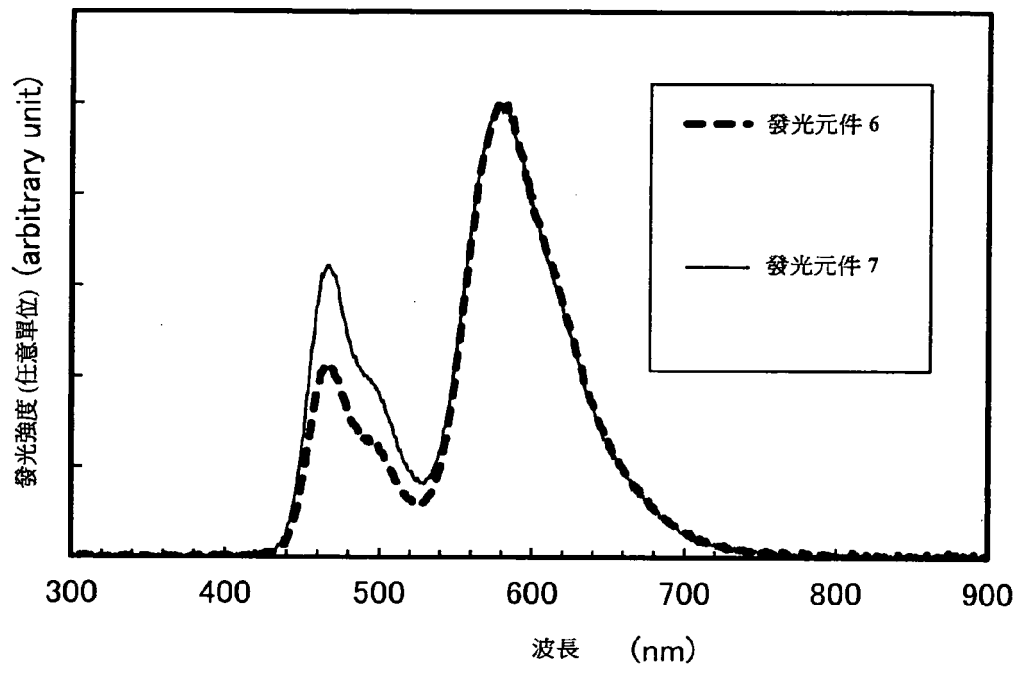


圖 29

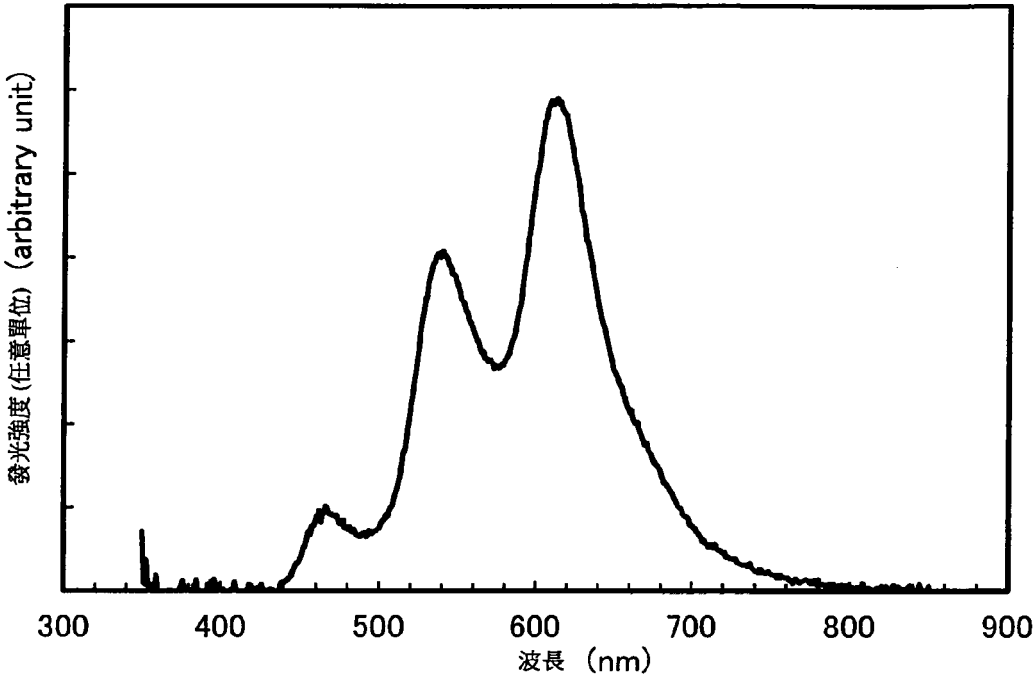


圖 30

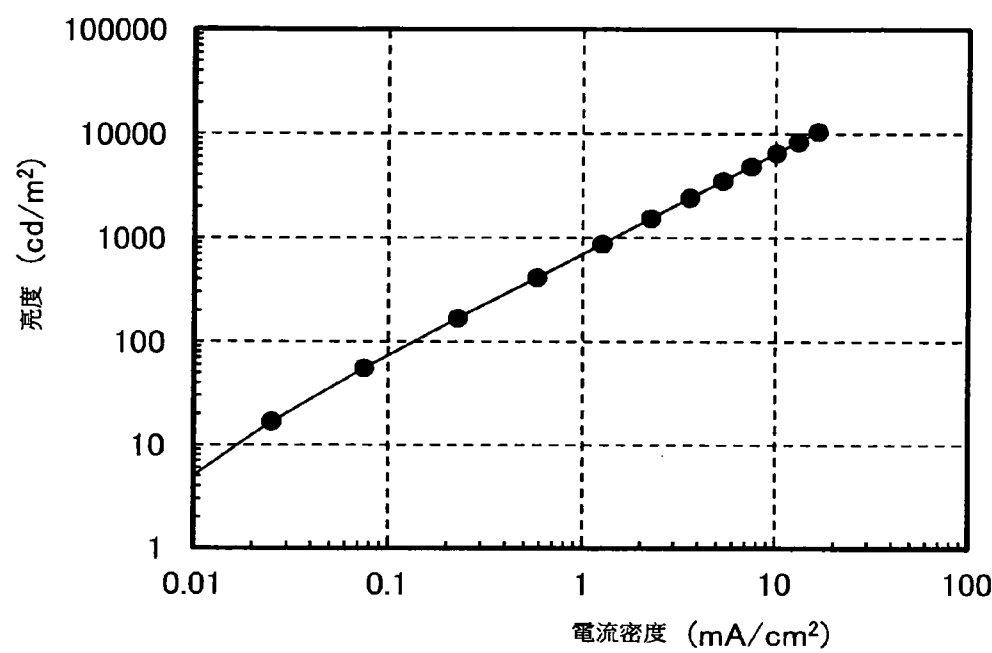


圖 31

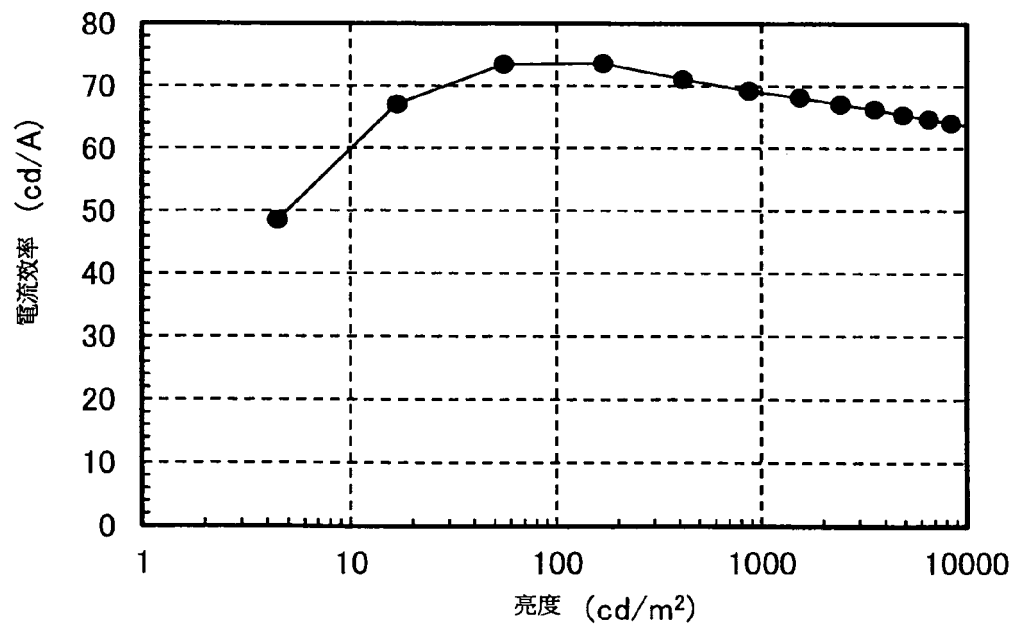


圖 32

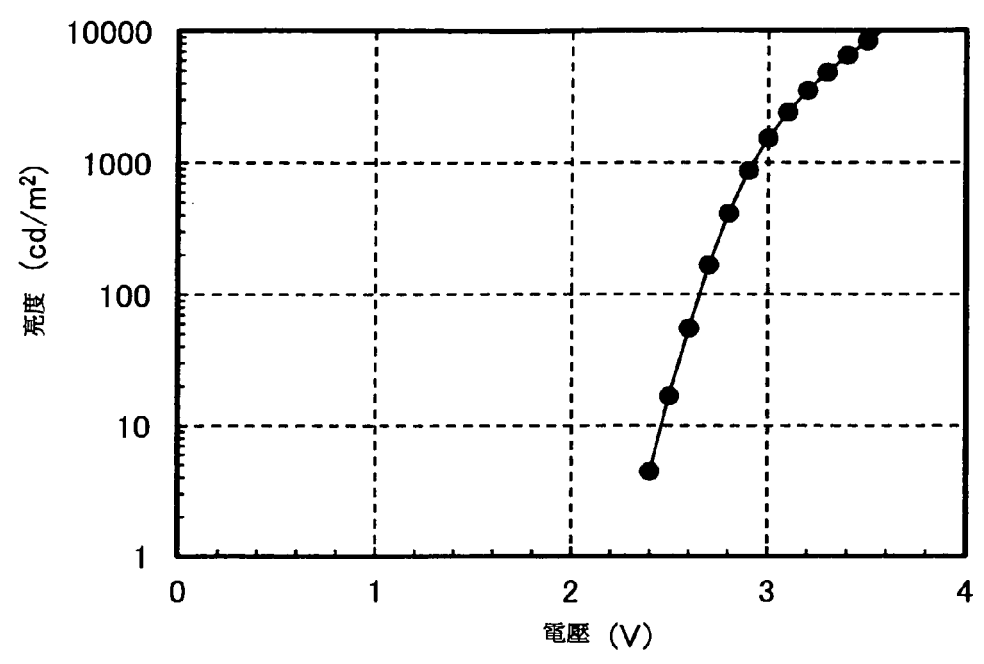


圖 33

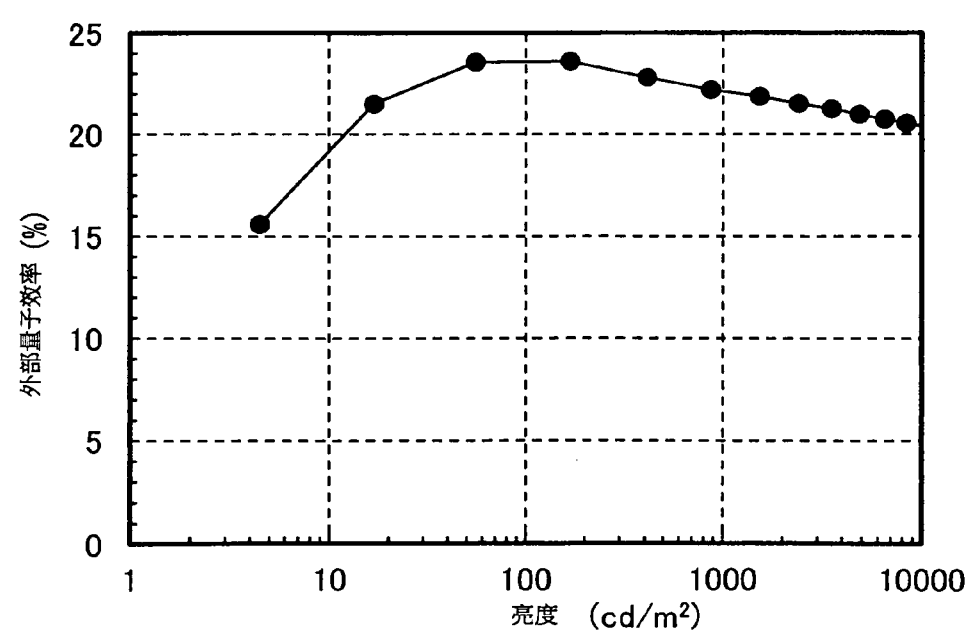


圖 34

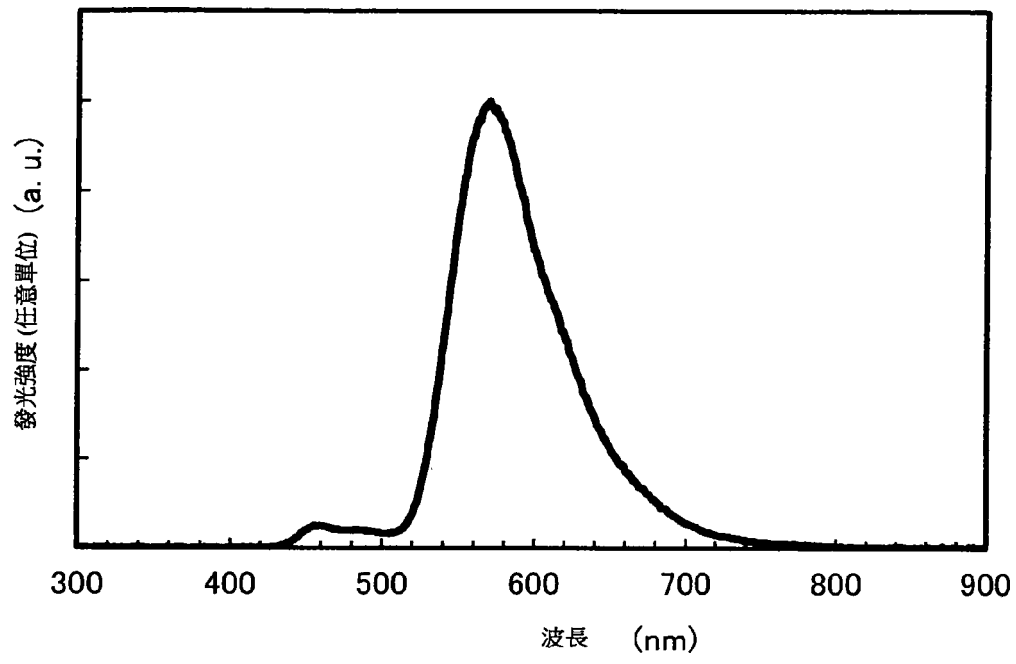
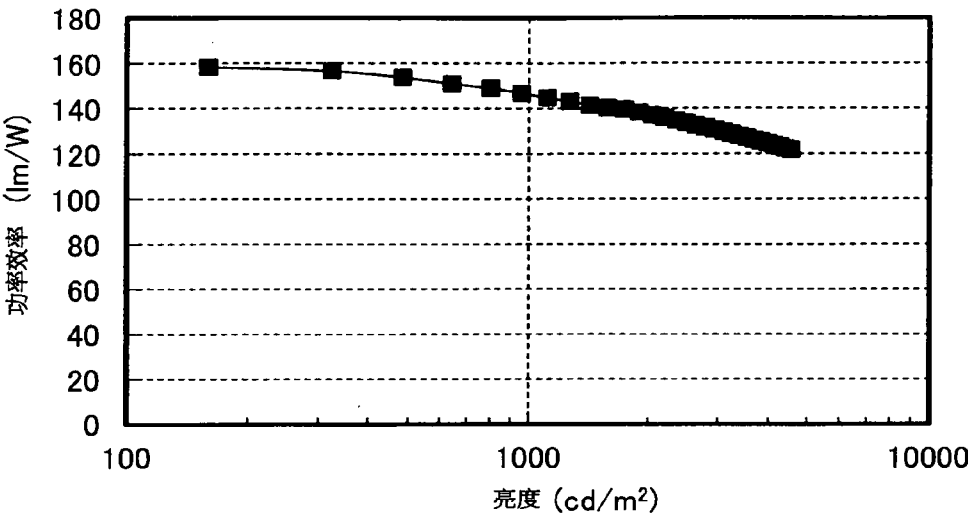


圖 35



層，第一發光層的發射光譜存在於比第二發光層的發射光譜短的波長區域，第一發光層至少包含螢光發光物質和主體材料，第二發光層至少包含能夠將三重態激發能轉換為發光的物質、第一有機化合物及第二有機化合物，並且，第一有機化合物和第二有機化合物形成激態錯合物。

[0026] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，分離層包含具有電洞傳輸性的物質及具有電子傳輸性的物質。

[0027] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，具有電洞傳輸性的物質和具有電子傳輸性的物質形成第二激態錯合物。

[0028] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，分離層的厚度為大於 0nm 且 20nm 以下。

[0029] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，分離層的厚度為 1nm 以上且 10nm 以下。

[0030] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，具有電洞傳輸性的物質和具有電子傳輸性的物質的組合與第一有機化合物和第二有機化合物的組合相同。

[0031] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，能量從第一激態錯合物轉移到能夠將三重態激發能轉換為發光的物質。

[0032] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，主體材料的單重態激發能階比螢光發光物質的單重態激發能階高且主體材料的三重態激發能階比螢光發光物質的三重態激發能階低。

[0033] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，主體材料的三重態激發能階比具有電洞傳輸性的物質及具有電子傳輸性的物質的三重態激發能階低。

[0034] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，主體材料為具有稠合芳香環骨架的有機化合物。

[0035] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，主體材料為具有蒽骨架的有機化合物。

[0036] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，主體材料為具有蒽骨架的有機化合物且螢光發光物質為具有芘骨架的有機化合物。

[0037] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，第二發光層包含能夠將發射光譜互相不同的 n 種（ n 為 2 以上的整數）的三重態激發能轉換為發光的物質，其中第二發光層包括 n 層，各 n 層包含發射光譜不同並能夠將三重態激發能轉換為發光的物質。

[0038] 本發明的其他方式是一種發光元件，在具有上述結構的發光元件中，第二發光層包含發射光譜互相不

申請專利範圍

1. 一種發光元件，包括：

一對電極；以及

該一對電極之間的 EL 層，

其中，該 EL 層包括第一發光層、第二發光層以及該第一發光層和該第二發光層之間的第一層，

該第一發光層的發射光譜存在於比該第二發光層的發射光譜短波長一側，

該第一發光層包括螢光發光物質和主體材料，

該第二發光層包括能夠將三重態激發能轉換為發光的物質、第一有機化合物及第二有機化合物，

該第一有機化合物和該第二有機化合物形成第一激態錯合物，

該主體材料的單重態激發能階比該螢光發光物質的單重態激發能階高，

並且該主體材料的三重態激發能階比該螢光發光物質的三重態激發能階低。

2. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，其中該第一層包括具有電洞傳輸性的物質及具有電子傳輸性的物質。

3. 根據申請專利範圍第 2 項之發光元件，其中該具有電洞傳輸性的物質和該具有電子傳輸性的物質形成第二激態錯合物。

4. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，其中該第

一層的厚度大於 0nm 且為 20nm 以下。

5. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，其中該第一層的厚度為 1nm 以上且 10nm 以下。

6. 根據申請專利範圍第 2 項之發光元件，其中該第一有機化合物是該具有電洞傳輸性的物質且該第二有機化合物是該具有電子傳輸性的物質。

7. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，其中能量從該第一激態錯合物轉移到該能夠將三重態激發能轉換為發光的物質。

8. 根據申請專利範圍第 2 項之發光元件，其中該主體材料的三重態激發能階比該具有電洞傳輸性的物質及該具有電子傳輸性的物質的三重態激發能階低。

9. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，其中該主體材料為具有稠合芳香環骨架的有機化合物。

10. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，其中該主體材料為具有蒽骨架的有機化合物。

11. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，
其中該主體材料為具有蒽骨架的有機化合物，
並且該螢光發光物質為具有芘骨架的有機化合物。

12. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，
其中該第二發光層包括 n 層，
 n 為 2 以上的整數，

並且該 n 層包含具有不同的發射光譜並能夠將三重態激發能轉換為發光的 n 種物質。

13. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，

其中該第二發光層包括第一磷光發光物質及第二磷光發光物質作為該能夠將三重態激發能轉換為發光的物質，

並且該第一磷光發光物質及該第二磷光發光物質具有不同的發射光譜。

14. 根據申請專利範圍第 13 項之發光元件，

其中該第一磷光發光物質發射紅色區域的光，

該第二磷光發光物質發射綠色區域的光，

並且該螢光發光物質發射藍色區域的光。

15. 根據申請專利範圍第 14 項之發光元件，

其中該第一磷光發光物質在 580nm 至 680nm 處有發射光譜的峰值，

該第二磷光發光物質在 500nm 至 560nm 處具有發射光譜的峰值，

並且該螢光發光物質在 400nm 至 480nm 處具有發射光譜的峰值。

16. 根據申請專利範圍第 13 項之發光元件，

其中該第二發光層包括第一磷光發光層及第二磷光發光層，

該第一磷光發光層包括該第一磷光發光物質，

並且該第二磷光發光層包括該第二磷光發光物質。

17. 根據申請專利範圍第 16 項之發光元件，其中在該第一磷光發光層中該第一磷光發光物質呈現載子俘獲性。

18. 根據申請專利範圍第 17 項之發光元件，其中該載子俘獲性是電子俘獲性。

19. 一種包括根據申請專利範圍第 1 項之發光元件的顯示模組。

20. 一種包括根據申請專利範圍第 1 項之發光元件的照明模組。

21. 一種發光裝置，包括：

根據申請專利範圍第 1 項之發光元件；以及
用來控制該發光元件的單元。

22. 一種顯示裝置，包括：

顯示部中的根據申請專利範圍第 1 項之發光元件；以
及

用來控制該發光元件的單元。

23. 一種照明設備，包括：

照明部中的根據申請專利範圍第 1 項之發光元件；以
及

用來控制該發光元件的單元。

24. 一種包括根據申請專利範圍第 1 項之發光元件的電子裝置。

25. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，其中該第一激態錯合物的三重態激發能階比該第一有機化合物及該第二有機化合物的三重態激發能階低。

26. 根據申請專利範圍第 2 項之發光元件，其中該具有電洞傳輸性的物質為該第一有機化合物以及該具有電子

傳輸性的物質為該第二有機化合物。