



(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 I785652 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：110122031

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 29 日

(51)Int. Cl. : *H01L51/50 (2006.01)**H01L33/36 (2010.01)*

(30)優先權：2015/12/01 日本

2015-234485

2016/03/15 日本

2016-051071

(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：橋本直明 HASHIMOTO, NAOAKI (JP)；鈴木恒德 SUZUKI, TSUNENORI (JP)；
瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)；瀨尾広美 SEO, HIROMI (JP)；木戸裕允 KIDO,
HIROMITSU (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201101922A

TW 201248965A

US 2014/0084274A1

審查人員：黃珈菱

申請專利範圍項數：40 項 圖式數：29 共 158 頁

(54)名稱

發光元件，發光裝置，電子裝置以及照明裝置

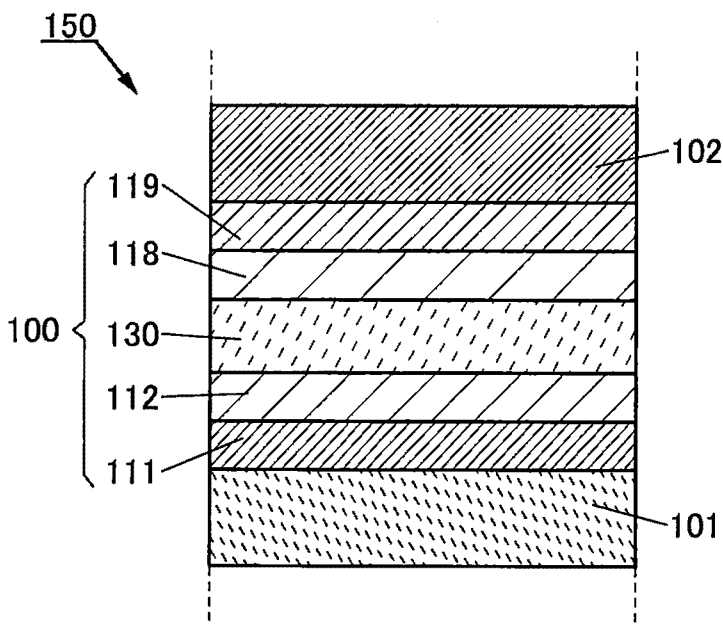
(57)摘要

提供一種包含螢光材料的發光元件中的發光效率高的發光元件。另外，提供一種發光成分中源於 TTA 的延遲螢光成分的比率高的發光元件。另外，提供一種發光效率高且功耗低的發光裝置。一種發光元件包括：陽極、陰極以及 EL 層。EL 層包括含有主體材料的發光層以及與發光層接觸的含有第一材料的電子傳輸層。第一材料的 LUMO 能階比主體材料的 LUMO 能階低。源於 TTA 的延遲螢光成分的比率佔 EL 層發射的光的 10% 以上。另外，源於 TTA 的延遲螢光成分的比率佔發光的 15% 以上。

A light-emitting element that includes a fluorescent material and has a high emission efficiency is provided. A light-emitting element in which a delayed fluorescence component due to TTA accounts for a high proportion of emissive components is provided. A novel light-emitting device with a high emission efficiency and a low power consumption is provided. A light-emitting element includes an anode, a cathode, and an EL layer. The EL layer includes a light-emitting layer including a host material and an electron-transport layer including a first material in contact with the light-emitting layer. The LUMO level of the first material is lower than that of the host material. The proportion of a delayed fluorescence component due to TTA is greater than or equal to 10 percent of the light emission from the EL layer. The proportion of the delayed fluorescence component due to TTA may be greater than or equal to 15 percent of the light emission.

指定代表圖：

圖 1A



符號簡單說明：

- 100:EL 層
- 101:電極
- 102:電極
- 111:電洞注入層
- 112:電洞傳輸層
- 118:電子傳輸層
- 119:電子注入層
- 130:發光層
- 150:發光元件

發明摘要

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件，發光裝置，電子裝置以及照明裝置
LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-EMITTING DEVICE,
ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

【中文】

提供一種包含螢光材料的發光元件中的發光效率高的發光元件。另外，提供一種發光成分中源於 TTA 的延遲螢光成分的比率高的發光元件。另外，提供一種發光效率高且功耗低的發光裝置。一種發光元件包括：陽極、陰極以及 EL 層。EL 層包括含有主體材料的發光層以及與發光層接觸的含有第一材料的電子傳輸層。第一材料的 LUMO 能階比主體材料的 LUMO 能階低。源於 TTA 的延遲螢光成分的比率佔 EL 層發射的光的 10%以上。另外，源於 TTA 的延遲螢光成分的比率佔發光的 15%以上。

【 英文 】

A light-emitting element that includes a fluorescent material and has a high emission efficiency is provided. A light-emitting element in which a delayed fluorescence component due to TTA accounts for a high proportion of emissive components is provided. A novel light-emitting device with a high emission efficiency and a low power consumption is provided. A light-emitting element includes an anode, a cathode, and an EL layer. The EL layer includes a light-emitting layer including a host material and an electron-transport layer including a first material in contact with the light-emitting layer. The LUMO level of the first material is lower than that of the host material. The proportion of a delayed fluorescence component due to TTA is greater than or equal to 10 percent of the light emission from the EL layer. The proportion of the delayed fluorescence component due to TTA may be greater than or equal to 15 percent of the light emission.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1A

【本代表圖之符號簡單說明】：

100：EL 層

101：電極

102：電極

111：電洞注入層

112：電洞傳輸層

118：電子傳輸層

119：電子注入層

130：發光層

150：發光元件

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件，發光裝置，電子裝置以及照明裝置

LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-EMITTING DEVICE,

ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

【技術領域】

[0001] 本發明的一個實施方式係關於發光元件、顯示模組、照明模組、顯示裝置、發光裝置、電子裝置及照明設備。另外，本發明的一個實施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實施方式的技術領域係關於一種物體、方法或製造方法。另外，本發明的一個實施方式係關於一種製程（process）、機器（machine）、產品（manufacture）或組合物（composition of matter）。更明確而言，作為本說明書所公開的本發明的一個實施方式的技術領域的例子，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、攝像裝置、這些裝置的驅動方法或製造方法。

【先前技術】

[0002] 近年來，對利用電致發光（Electroluminescence: EL）的發光元件展開了積極的研究開發。這些發光元件的

基本結構為在一對電極間夾有包含發光材料的層（EL層）。藉由將電壓施加到該元件的電極間，可以獲得來自發光材料的發光。

[0003] 因為上述發光元件是自發光型發光元件，所以使用該發光元件的顯示裝置具有如下優點：具有良好的可見度；不需要背光源；以及功耗低等。而且，該顯示裝置還具有如下優點：能夠被製造得薄且輕；以及回應速度快等。

[0004] 當使用將有機材料用作發光性材料並在一對電極間設置有包含該發光性有機材料的 EL 層的發光元件（例如，有機 EL 元件）時，藉由將電壓施加到一對電極間，電子和電洞分別從陰極和陽極注入到發光 EL 層，而使電流流過。而且，被注入的電子與電洞再結合而使發光有機材料成為激發態，由此可以從被激發的發光有機材料獲得發光。

[0005] 作為有機材料所形成的激發態的種類，有單重激發態(S^*)及三重激發態(T^*)，來自單重激發態的發光被稱為螢光，來自三重激發態的發光被稱為磷光。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例是 $S^*:T^*=1:3$ 。因此，使用發射磷光的材料的發光元件可以獲得比使用發射螢光的材料的發光元件高的發光效率。因此，近年來，對使用能夠將三重激發態轉換為發光的磷光材料的發光元件積極地進行了開發。

[0006] 在使用磷光材料的發光元件中，尤其在發射

藍色發光的發光元件中，具有高三重激發能階的穩定的材料的開發是較困難的，所以還沒有實現實用化。由此，已在研發使用較穩定的螢光材料的發光元件，尋找提高使用螢光材料的發光元件的發光效率的方法。

[0007] 作為將三重態激發態的一部分轉換成發光的發光機制，已知三重態-三重態消滅(TTA: triplet-triplet annihilation)。TTA 是指由於兩個三重態激子鄰接而進行激發能的接送和自旋角動量的交換的過程，其結果產生單重態激子。

[0008] 作為產生 TTA 的化合物，已知有蔥化合物。在非專利文獻 1 中，報告稱藉由將蔥化合物用於發光元件的主體材料可以在發射藍色光的發光元件中實現超過 10% 的高外部量子效率。還有報告稱蔥化合物的由 TTA 引起的延遲螢光成分佔發光成分的比例為 10% 左右。

[0009] 再者，作為由 TTA 引起的延遲螢光成分比例高的化合物，已知有稠四苯化合物。在非專利文獻 2 中，報告稱稠四苯化合物的由 TTA 引起的延遲螢光成分佔發光成分的比例高於蔥化合物。

[0010] 另外，當 TTA 發生時，產生具有比在 TTA 不發生時得到的螢光材料的螢光壽命更長的壽命的發光(延遲螢光)。藉由觀察在某個時點停止載子的不斷注入之後的發光衰減，能確認到該延遲螢光。在此情況下，延遲螢光的光譜的形狀與不斷注入載子時的發光光譜的形狀一致。

[非專利文獻]

[0011]

[非專利文獻 1] Tsunenori Suzuki and six others, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 53, 052102 (2014)

[非專利文獻 2] D. Y. Kondakov and three others, Journal of Applied Physics, Vol. 106, 124510 (2009)

【發明內容】

[0012] 在包含螢光材料的發光元件中，為了提高發光效率，重要的是：將無助於發光的三重態激子的能量轉換為發光性單重態激子的能量以及提高其轉換效率。也就是說，重要的是藉由 TTA 將三重態激子的能量轉換為單重態激子的能量。為此，如何提高發光元件的發光成分中的源於 TTA 的延遲螢光成分的比率尤其重要。這是因為如下緣故：源於 TTA 的延遲螢光成分的比率高意味著發光性的單重態激子的生成比率高。

[0013] 由此，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種包含螢光材料且發光效率高的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種發光成分中的源於 TTA 的延遲螢光成分的比率高的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種發光效率高且功耗得到降低的新穎的發光裝置。另外，本發明的

一個實施方式的目的之一是提供一種新穎的顯示裝置。

[0014] 注意，上述目的的記載不妨礙其他目的的存在。此外，本發明的一個實施方式並不需要解決所有上述目的。另外，上述以外的目的從說明書等的記載看來是顯而易見的，並且可以從說明書等的記載中衍生上述以外的目的。

[0015] 本發明的一個實施方式的發光元件包括：陽極、陰極以及夾在陽極與陰極之間的 EL 層。EL 層包括發光層以及與發光層接觸的電子傳輸層。發光層包含主體材料。電子傳輸層包含第一材料。第一材料的 LUMO 能階比主體材料的 LUMO 能階低。EL 層發射的光中，源於三重態-三重態消滅的延遲螢光成分所佔的比率為整體的 10%以上。

[0016] 另外，本發明的另一個實施方式的發光元件包括：陽極、陰極以及夾在陽極與陰極之間的 EL 層。EL 層包括發光層以及與發光層接觸的電子傳輸層。發光層包含主體材料。電子傳輸層包含第一材料。第一材料的 LUMO 能階比主體材料的 LUMO 能階低 0.05eV 以上。EL 層發射的光中，源於三重態-三重態消滅的延遲螢光成分所佔的比率為整體的 10%以上。

[0017] 另外，在本發明的一個實施方式中，在 EL 層發射的光中，源於三重態-三重態消滅的延遲螢光成分所佔的比率也可以為整體的 15%以上。另外，第一材料可以是包含具有二嗪骨架或三嗪骨架的稠合雜芳環骨架的物

質。另外，第一材料也可以是具有吡嗪骨架或嘧啶骨架的物質。另外，第一材料的三重態激發能可以比包含於發光層中的材料中三重態激發能最高的物質的三重態激發能大 0.2eV 以上。

[0018] 另外，本發明的一個實施方式是一種發光元件，該發光元件包括接觸於發光層的電洞傳輸層，電洞傳輸層包含第二材料，第二材料的 LUMO 能階比主體材料的 LUMO 能階大。另外，本發明的一個實施方式的發光元件也可以包括與發光層接觸的電洞傳輸層，電洞傳輸層包含第二材料，第二材料的三重態激發能比包含於發光層中的材料中三重態激發能最高的物質的三重態激發能大 0.2eV 以上。

[0019] 另外，本發明的一個實施方式也可以是發光層還包含螢光材料的發光元件。另外，本發明的一個實施方式也可以是螢光材料的三重態激發能比主體材料的三重態激發能大的發光元件。另外，本發明的一個實施方式也可以是螢光材料的 LUMO 能階等於或大於主體材料的 LUMO 能階的發光元件。另外，本發明的一個實施方式也可以是發光層發射藍光的發光元件。

[0020] 另外，本發明的一個實施方式是一種包括發光元件、電晶體或基板的發光裝置。再者，本發明的一個實施方式也可以是一種除了發光裝置之外還包括感測器、操作按鈕、揚聲器或麥克風的電子裝置。再者，本發明的一個實施方式也可以是一種除了發光裝置之外還包括外殼

的照明設備。

[0021] 根據本發明的一個實施方式可以提供一種包含螢光材料且發光效率高的發光元件。另外，根據本發明的一個實施方式可以提供一種發光成分中源於 TTA 的延遲螢光成分的比率高的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發光效率高且功耗得到降低的新穎的發光裝置。另外，本發明的一個實施方式可以提供一種新穎的顯示裝置。

[0022] 注意，這些效果的記載不妨礙其他效果的存在。此外，本發明的一個實施方式並不需要具有所有上述效果。另外，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衍生除這些效果外的效果。

【圖式簡單說明】

[0023] 在圖式中：

圖 1A 至圖 1C 是說明本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖以及能量級的相關的示意圖；

圖 2 是說明能障與再結合區域的圖；

圖 3A 至圖 3C 是說明躍遷偶極矩的成分的圖；

圖 4A 和圖 4B 是說明分子配向的測量方法的示意圖；

圖 5 是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖 6A 和圖 6B 是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖 7A 和圖 7B 是說明本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖以及能量級的相關的示意圖；

圖 8A 和圖 8B 是說明本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖以及能量級的相關的示意圖；

圖 9A 和圖 9B 是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的方塊圖及電路圖；

圖 10A 和圖 10B 是示出本發明的一個實施方式的觸控面板的一個例子的透視圖；

圖 11A 至圖 11C 是示出本發明的一個實施方式的顯示裝置及觸控感測器的一個例子的剖面圖；

圖 12A 和圖 12B 是示出本發明的一個實施方式的觸控面板的一個例子的剖面圖；

圖 13A 和圖 13B 是根據本發明的一個實施方式的觸控感測器的方塊圖及時序圖；

圖 14 是根據本發明的一個實施方式的觸控感測器的電路圖；

圖 15 是說明本發明的一個實施方式的顯示模組的透視圖；

圖 16A 至圖 16G 是說明本發明的一個實施方式的電子裝置的圖；

圖 17 是說明本發明的一個實施方式的照明設備的圖；

圖 18 是說明發光元件的圖；

圖 19 是發光元件 1 至發光元件 8 的相對於 LUMO 能階的延遲螢光成分比率；

圖 20 是發光元件 1 至發光元件 8 的相對於延遲螢光成分比率的外部量子效率；

圖 21 是示出發光元件 4-2 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 22 是示出發光元件 4-2 的電壓-亮度特性的圖；

圖 23 是示出發光元件 4-2 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 24 是示出發光元件 4-2 的電壓-電流特性的圖；

圖 25 是示出發光元件 4-2 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 26 是示出發光元件 4-2 的發射光譜的圖；

圖 27 是示出發光元件 4-2 的過渡螢光特性的衰減曲線的圖；

圖 28 是示出發光元件 4-2 的可靠性的圖；

圖 29 示出發光元件 9 的角度依存特性及計算結果。

【實施方式】

[0024] 以下，對本發明的實施方式進行說明。但是，本發明可以藉由多個不同方式而實施，所屬技術領域的通常知識者可以很容易地理解一個事實就是其方式和詳細內容在不脫離本發明的精神及其範圍下可以被變換為各

種各樣的形式。因此，本發明不應該被解釋為僅限定在本實施方式所記載的內容中。

[0025] 另外，在本說明書所說明的每一個圖式中，有時為了便於說明，誇大表示陽極、EL 層、中間層、陰極等的尺寸或厚度。因此，各組件不侷限於圖式所示的大小，並不侷限於各組件之間的相對大小。

[0026] 注意，在本說明書等中，為了方便起見，附加了第一、第二、第三等序數詞，而其並不表示製程順序或上下的位置關係等。因此，例如可以將“第一”適當地替換為“第二”或“第三”等來進行說明。此外，有時本說明書等所記載的序數詞與用來指定本發明的一個實施方式的序數詞不一致。

[0027] 另外，在本說明書等所說明的本發明的構成中，在不同圖式之間共同使用同一符號表示同一部分或具有相同功能的部分而省略其重複說明。另外，有時使用同一陰影線表示具有相同功能的部分，而不特別附加元件符號。

[0028] 注意，在本說明書中，顏色是由色相(相當於單色光的波長)、色度(彩度，亦即，沒有帶點白色的程度)及明度(亮度，亦即，光的強度)的三個要素規定的。在本說明書中，顏色也可以由只上述三個要素中的任一個或只任兩個規定。另外，在本說明書中，“兩個光的顏色不同”的情況是指上述三個要素中至少一個不同的情況，也包括兩個光的光譜的形狀或各峰值的相對強度比的分佈不

同的情況。

[0029] 另外，根據情況或狀態，可以互相調換“膜”和“層”。例如，有時可以將“導電層”調換為“導電膜”。或者，有時可以將“絕緣膜”調換為“絕緣層”。

[0030] 另外，在本說明書等中，單重激發態 (S^*) 是指具有激發能的單重態。單重激發態中具有最低能量的激發態被稱為最低單重激發態。另外，單重激發能階是指單重激發態的能階。單重激發能階中最低的激發能階被稱為最低單重激發 ($S1$) 能階。此外，在本說明書等中，即使簡單地表示為“單重激發態”或“單重激發態能階”也有時分別表示最低的單重激發態或 $S1$ 能階。

[0031] 另外，在本說明書等中，三重激發態 (T^*) 是指具有激發能的三重態。三重激發態中具有最低能量的激發態被稱為最低三重激發態。另外，三重激發能階是指三重激發態的能階。三重激發能階中最低的激發能階被稱為最低三重激發 ($T1$) 能階。另外，在本說明書等中，即使簡單地表示為“三重激發態”或“三重激發態能階”也有時分別表示最低的三重激發態或 $T1$ 能階。

[0032] 另外，在本說明書等中，螢光材料是指在從單重激發態返回到基態時在可見光區域發光的材料。磷光材料是指在從三重激發態返回到基態時在室溫下在可見光區域發光的材料。換言之，磷光材料是指能夠將三重激發能轉換為可見光的材料。

[0033] 在本說明書等中，室溫是指 0°C 至 40°C 中的

任一個溫度。

[0034] 另外，在本說明書等中，藍色的波長區域是指 400nm 以上且 550nm 以下的波長區域，且藍色發光是指在該波長區域中具有至少一個發射光譜峰值的發光。

[0035]

實施方式 1

<發光元件的結構例子>

首先，下面將參照圖 1A 至圖 1C 說明本發明的一個實施方式的發光元件的結構。

[0036] 圖 1A 是本發明的一個實施方式的發光元件 150 的剖面示意圖。

[0037] 發光元件 150 包括設置在一對電極（電極 101 及電極 102）之間的 EL 層 100。EL 層 100 至少包括發光層 130。注意，雖然在本實施方式中以一對電極中的電極 101 為陽極且電極 102 為陰極來進行說明，但是發光元件 150 也可以具有相反的結構。

[0038] 圖 1A 所示的 EL 層 100 除了發光層 130 以外還包括功能層。功能層包括電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸層 118 以及電子注入層 119。注意，EL 層 100 的結構不侷限於圖 1A 所示的結構，只要包括選自電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸層 118 及電子注入層 119 中的至少一個即可。或者，EL 層 100 也可以包括具有如下功能的功能層：能夠減少電洞或電子的注入能障；能夠提高電洞或電子的傳輸性；能夠阻礙電洞或電

子的傳輸性；或者能夠抑制電極所引起的淬滅現象等。

[0039] 圖 1B 是示出圖 1A 所示的發光層 130 的一個例子的剖面示意圖。圖 1B 所示的發光層 130 至少包括主體材料 131 及客體材料 132。

[0040] 主體材料 131 較佳為具有利用 TTA 將三重激發能轉換為單重激發能的功能。由此，可以將在發光層 130 中生成的三重激發能的一部分利用主體材料 131 中的 TTA 轉換為單重激發能，並使由 TTA 生成的單重激發能轉移到客體材料 132，由此能夠提取螢光發光。為此，較佳為主體材料 131 的最低單重激發能階（S1 能階）高於客體材料 132 的 S1 能階。另外，主體材料 131 的最低三重激發能階（T1 能階）較佳為低於客體材料 132 的 T1 能階。

[0041] 注意，主體材料 131 可以由單一化合物構成，也可以由多個化合物構成。作為客體材料 132，可以使用發光性有機材料，作為該發光性有機材料，較佳為使用能夠發射螢光的材料（下面，也稱為螢光材料）。在下面的說明中，說明作為客體材料 132 使用螢光材料的結構。注意，也可以將客體材料 132 換稱為螢光材料。

[0042]

<發光元件的發光機制>

首先，以下說明發光元件 150 的發光機制。

[0043] 在本發明的一個實施方式的發光元件 150 中，藉由將電壓施加到一對電極（電極 101 及電極 102）

間，電子和電洞分別從陰極和陽極注入到 EL 層 100，而使電流流過。並且，注入的電子及電洞再結合，而形成激子。在因載子的再結合而產生的激子中，單重激子與三重激子的比的統計概率為 1:3。因此，單重激子的產生概率為 25%。

[0044] 激子是指載子(電子及電洞)的對。由於激子具有激發能量，所以形成有激子的材料成為激發態。

[0045] 另外，經如下兩種過程，在 EL 層 100 中產生單重激子，由此得到來自客體材料 132 的發光。

(α) 直接生成過程

(β) TTA 過程

[0046]

◀ (α) 直接生成過程 ▶

以下說明在 EL 層 100 所包含的發光層 130 中載子(電子或電洞)再結合而形成單重激子的情況。

[0047] 當在主體材料 131 中載子再結合時，由於激子的生成而形成主體材料 131 的激發態(單重激發態或三重激發態)。此時，當主體材料 131 的激發態為單重激發態時，單重激發能從主體材料 131 的 S1 能階遷移到客體材料 132 的 S1 能階，由此形成客體材料 132 的激發態。注意，關於主體材料 131 的激發態為三重激發態時的情況將在後面的(β) TTA 過程中進行說明。

[0048] 另外，當在客體材料 132 中載子再結合時，由於激子的生成而形成客體材料 132 的激發態(單重激發

態或三重激發態)。

[0049] 當形成的客體材料 132 的激發態為單重激發態時，可以得到來自客體材料 132 的單重激發態的發光。此時，為了得到高發光效率，較佳為客體材料 132 的螢光量子產率高。

[0050] 另一方面，當客體材料 132 的激發態為三重激發態時，由於客體材料 132 為螢光材料，客體材料 132 的三重激發態因熱失活而不作用於發光。但是，在主體材料 131 的 T1 能階低於客體材料 132 的 T1 能階的情況下，客體材料 132 的三重激發能從客體材料 132 的 T1 能階遷移到與客體材料 132 相比大量存在的主體材料 131 的 T1 能階。在此情況下，能夠經後面的 (β) TTA 過程從三重激發能變成單重激發能。因此，為了提高 TTA 的發生概率，重要的是使主體材料 131 的 T1 能階低於客體材料 132 的 T1 能階。

[0051] 在主體材料 131 的 T1 能階高於客體材料 132 的 T1 能階的情況下，藉由降低主體材料 131 與客體材料 132 的重量比中客體材料 132 的重量比，可以降低在客體材料 132 中載子再結合的概率。另外，還可以降低能量從主體材料 131 的 T1 能階遷移到客體材料 132 的 T1 能階的概率。明確而言，較佳為客體材料 132 與主體材料 131 的重量比大於 0 且為 0.05 以下。

[0052]

《(β) TTA 過程》

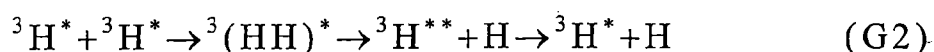
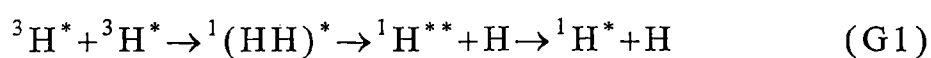
接下來，說明由在發光層 130 中載子再結合而形成的三重激子形成單重激子的情況。

[0053] 這裡，說明主體材料 131 的 T1 能階低於客體材料 132 的 T1 能階的情況。圖 1C 是示出此時的能階關係的示意圖。注意，圖 1C 中的記載及符號如如下所示。另外，主體材料 131 的 T1 能階也可以高於客體材料 132 的 T1 能階。

- Host (131) : 主體材料 131
- Guest (132) : 客體材料 132 (螢光材料)
- S_{FH} : 主體材料 131 的 S1 能級
- T_{FH} : 主體材料 131 的 T1 能級
- S_{FG} : 客體材料 132 (螢光材料) 的 S1 能階
- T_{FG} : 客體材料 132 (螢光材料) 的 T1 能階

[0054] 在主體材料 131 中載子再結合由於激子的生成而形成主體材料 131 的激發態。此時，當生成的激子為三重激子時，有時會引起如下反應：所生成的兩個三重激子彼此接近，其中一個被轉換為具有主體材料 131 的 S1 能階 (S_{FH}) 的能量的單重激子 (參照圖 1C 的 TTA)。該反應如如下通式(G1)或(G2)所示，三重激子的數量隨著單重激子的生成而減少。

[0055]



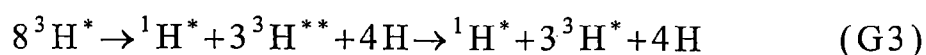
[0056] 通式 (G1) 是如下反應：在主體材料 131

中，自旋量子數總計為 0 的兩個三重態激子 ($^3\text{H}^*$) 形成自旋量子數總計為 0 的激子對 ($^1(\text{HH})^*$)，藉由被電子方式或振動方式激發的高次單重態激子 ($^1\text{H}^{**}$) 生成單重態激子 ($^1\text{H}^*$)。另外，通式 (G2) 是如下反應：在主體材料 131 中，自旋量子數總計為 1 (原子單位) 的兩個三重態激子 ($^3\text{H}^*$) 形成自旋量子數總計為 1 的激子對 ($^3(\text{HH})^*$)，藉由被電子方式或振動方式激發的高次三重態激子 ($^3\text{H}^{**}$) 生成三重態激子 ($^3\text{H}^*$)。在通式 (G1) 及 (G2) 中，H 表示主體材料 131 的基態。

[0057] 在通式 (G1) 與通式 (G2) 中，自旋量子數總計為 1 (原子單位) 的三重激子對的存在量為自旋量子數總計為 0 的三重激子對的 3 倍。就是說，在從兩個三重激子生成的激子中，重新生成的單重激子與三重激子的比例為 1:3 (統計概率)。另外，在發光層 130 中的三重激子的密度十分高 (例如， $1 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ 以上) 的情況下，不需考慮到一個三重激子的熱失活，只考慮到接近的兩個三重激子之間的反應即可。

[0058] 因此，根據通式 (G1) 的一個反應及通式 (G2) 的三個反應，如通式 (G3) 所示，從八個三重激子 ($^3\text{H}^*$) 中生成一個單重激子 ($^1\text{H}^*$) 和三個以電子方式或振動方式激發的高次三重激子 ($^3\text{H}^{**}$)。

[0059]



[0060] 在通式 (G3) 中產生的以電子方式或振動方式

激發的高次三重激子 ($^3\text{H}^{**}$) 因迅速緩和而成為三重激子 ($^3\text{H}^*$)，然後重新與其他三重激子反復引起通式(G3)的反應。由此，在通式(G3)中，在考慮到所有三重激子 ($^3\text{H}^*$) 變成單重激子 ($^1\text{H}^*$) 的情況下，可以認為從五個三重激子 ($^3\text{H}^*$) 中產生一個單重激子 ($^1\text{H}^*$) (通式(G4))。

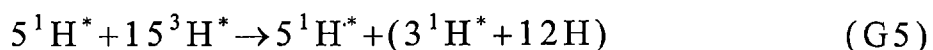
[0061]



[0062] 另一方面，藉由從一對電極注入的載子的再結合直接生成的單重激子 ($^1\text{H}^*$) 與三重激子 ($^3\text{H}^*$) 的統計學上的產生比例為 $^1\text{H}^* : ^3\text{H}^* = 1 : 3$ 。換言之，藉由從一對電極注入的載子的再結合直接生成單重激子的概率為 25%。

[0063] 因此，藉由合併藉由從一對電極注入的載子的再結合直接生成的單重激子與藉由 TTA 生成的單重激子，可以從藉由從一對電極注入的載子的再結合直接生成的 20 個激子(單重激子及三重激子的總和)生成 8 個單重激子(通式(G5))。就是說，藉由利用 TTA，可以將單重激子的產生概率從習知的 25% 最大提高到 40%(=8 個/20 個)。

[0064]



[0065] 由藉由上述過程生成的單重激子而形成的主體材料 131 的單重激發態中，能量從主體材料 131 的 S1 能階 (S_{FH}) 遷移到其能階更低的客體材料 132 的 S1 能階

(S_{FG}) (參照圖 1C 的 Route A)。由此，成為單重激發態的客體材料 132 發射螢光。

[0066] 另外，當在客體材料 132 中因載子再結合生成激子而形成三重激發態時，在主體材料 131 的 T1 能階 (T_{FH}) 低於客體材料 132 的 T1 能階 (T_{FG}) 的情況下， T_{FG} 的三重激發能不失活，使得其能量遷移到 T_{FH} (參照圖 1C 的 Route B)，並被利用於 TTA。

[0067] 另外，在客體材料 132 的 T1 能階 (T_{FG}) 低於主體材料 131 的 T1 能階 (T_{FH}) 的情況下，較佳為客體材料 132 的重量百分比低於主體材料 131。明確而言，較佳為客體材料 132 與主體材料 131 的重量比大於 0 且為 0.05 以下。由此，可以降低在客體材料 132 中載子再結合的概率。另外，可以降低能量從主體材料 131 的 T1 能階 (T_{FH}) 遷移到客體材料 132 的 T1 能階 (T_{FG}) 的概率。

[0068] 如上所述，借助於 TTA，在發光層 130 中形成的三重激子變成單重激子，由此可以高效地得到來自客體材料 132 的發光。

[0069]

<TTA 的發生概率>

如上所述，藉由利用 TTA 提高單重激子的產生概率，可以提高發光元件的發光效率，但是，為了獲得高發光效率，重要的是提高產生 TTA 的概率(也稱為 TTA 效率)。換言之，重要的是提高在發光元件所發射的發光中利用 TTA 的延遲螢光成分所佔的比例。

[0070] 如上所述，藉由 TTA 過程可以提高單重態激子的生成概率，加上因從一對電極注入的載子的直接再結合而生成的 25% 的單重態激子，可以將單重態激子的生成概率最大提高至 40%。也就是說，可以將發光元件所發射的發光中源於 TTA 的延遲螢光成分所佔的比率提高至 $(40\%-25\%) / 40\% = 37.5\%$ 。

[0071]

<由於發光的延遲螢光成分增加的發光效率的提高>

例如，在作為主體材料包含通常使用的蔥化合物的發射藍光的發光元件中，發光中源於 TTA 的延遲螢光成分所佔的比率為 10% 左右。注意，在本說明書中延遲螢光是指在停止對發光層不斷注入載子之後也繼續發光 $1 \times 10^{-6} \text{sec}$ 以上的發光，該發光具有不斷地注入載子時的發光強度的 0.01 以上的發光強度。

[0072] 在發射藍光的發光元件中，為了提高發光元件的發光效率需要提高發光中源於 TTA 的延遲螢光成分所佔的比率。

[0073] 如上所述，TTA 過程是由藉由發光層 130 中載子的再結合過程中形成的三重態激子形成單重態激子的過程。但是，存在如下問題：當載子的再結合過程中形成的三重態激子因其他的過程而失活時，其無助於單重態激子的形成而導致發光元件所發射的發光中源於 TTA 的延遲螢光成分減少。

[0074] 有多種原因可以導致被形成的三重態激子失

活，其中之一就有發光層 130 中的載子電子的作用。當發光層 130 中形成的三重態激子與載子電子發生相互作用時，有時會使三重態激子失活。

[0075] 於是，在根據本發明的一個實施方式的發光元件中，藉由適當地調整發光層 130 中的載子電子的密度來減少三重態激子的失活。由於發光層 130 中的載子電子主要由電子傳輸層 118 供應，因此只要適當地調整載子電子從電子傳輸層 118 至發光層 130 的遷移即可。因此，使電子傳輸層 118 所使用的材料的 LUMO 能階與發光層 130 所包含的主體材料 131 的 LUMO 能階之間具有能障即可。

[0076] 在根據本發明的一個實施方式的發光元件中，可以藉由使電子傳輸層 118 所使用的材料的 LUMO 能階低於發光層 130 所含有的主體材料 131 的 LUMO 能階來形成抑制載子電子的遷移的能障。當向發光層 130 的載子電子的遷移被抑制時，發光層 130 中的載子的再結合區域向電子傳輸層 118 一側擴伸，在再結合區域中三重態激子與載子電子的密度都被降低，而使發生三重態激子的失活的概率降低。當然，三重態激子的密度下降也可能減少 TTA 本身發生的可能性。但是，本案發明人發現：實際上，與因三重態激子密度下降帶來的不良影響相比，電子密度下降導致的三重態激子失活的抑制效果更大，上述結構反而更易發生 TTA。

[0077] 圖 2 示出電子傳輸層 118 所使用的材料的

LUMO 能階比發光層 130 所含有的主體材料 131 的 LUMO 能階高或低時的能量圖。由圖 2 可知:當電子傳輸層 118 (ETL) 與發光層 130 (EmL) 之間形成有能障 (Energy barrier) 時,再結合區域 (recombination region) 向電子傳輸層 118 (ETL) 一側擴展,三重態激子 (triplet exciton) 與電子 (electron) 的密度降低而使三重態激子失活 (quench) 的發生概率降低。該失活發生概率的降低可以增加藉由 TTA 過程由三重態激子形成的單重態激子的個數,從而可以增加發光元件所發射的發光中源於 TTA 的延遲螢光成分。由此,藉由本發明的一個實施方式可以提高發光元件的發光效率。

[0078] 例如,藉由本發明的一個實施方式可以使發光元件所發射的發光中源於 TTA 的延遲螢光成分所佔的比率為 10%以上。再者,藉由將具有較深 LUMO 能階的材料用於電子傳輸層 118,可以使發光元件所發射的發光中源於 TTA 的延遲螢光成分所佔的比率為 15%以上。為了獲得上述效果,較佳為電子傳輸層 118 所使用的材料的 LUMO 能階與發光層 130 所使用的主體材料 131 的 LUMO 能階之間具有適當的能障,並且較佳為其能量差為 0.05eV 以上。

[0079] 這裡,當電子傳輸層 118 所使用的材料的 LUMO 能階過深時,載子電子不容易發生從電子傳輸層 118 向發光層 130 遷移而影響發光層 130 中的載子平衡,因此有可能導致發光元件的發光效率下降。相反地,為了

適當地抑制從電子傳輸層 118 向發光層 130 的載子電子的遷移，需要使上述能障充分大。因此，較佳為電子傳輸層 118 所使用的材料的 LUMO 能階與發光層 130 所包含的主體材料 131 的 LUMO 能階的差為 0.05eV 以上且 0.3eV 以下。

[0080] 另外，如上所述，本發明的一個實施方式的發光元件能夠適當地抑制從電子傳輸層 118 向發光層 130 的載子電子遷移。因此，在發光層 130 中，當比主體材料 131 量少的客體材料 132 將載子電子俘獲時，發光層 130 中也不易發生電子遷移而使驅動電壓不必要的變高。鑒於上述情況，較佳為客體材料的 LUMO 能階高於主體材料的 LUMO 能階。

[0081] 在發射延遲螢光的發光元件中，產生延遲螢光的原因除了 TTA 以外還有從三重激發態到單重激發態的反系間竄躍的產生所引起的熱活化延遲螢光。為了高效地產生反系間竄躍，S1 能階與 T1 能階的能量差較佳為 0.2eV 以下。換言之，在 S1 能階與 T1 能階的能量差大於 0.2eV 的情況下，不容易產生反系間竄躍。因此，為了高效地產生 TTA，在產生 TTA 的化合物中，最低激發單重能階與最低激發三重能階的能量差較佳為大於 0.2eV ，更佳為 0.5eV 以上。

[0082] 最低激發單重能階可以根據有機化合物從基態遷移到最低激發單重態時的吸收光譜獲得。或者，也可以根據有機化合物的螢光發射光譜的峰值波長估計最低激

發單重能階。另外，最低激發三重能階可以根據有機化合物從基態遷移到最低激發三重態時的吸收光譜獲得，但是該遷移是禁戒的，所以有時難以獲得。在此情況下，也可以根據有機化合物的磷光發射光譜的峰值波長估計最低激發三重能階。因此，有機化合物中的螢光發射光譜的峰值波長與磷光發射光譜的峰值波長的能量換算值差較佳為大於 0.2eV ，更佳為 0.5eV 以上。

[0083]

<電洞傳輸層與發光效率的提高>

以上為電子傳輸層 118 所包含的材料與發光效率之間的關係。接著，對電洞傳輸層 112 所包含的材料與發光效率之間的關係進行說明。

[0084] 作為電洞傳輸層 112 所包含的材料，較佳為其 LUMO 能階比主體材料 131 的 LUMO 能階高。當電洞傳輸層 112 所包含的材料與主體材料 131 的 LUMO 能階相等時，到達發光層 130 的載子電子不會留在發光層 130 中而遷移至電洞傳輸層 112。在該情況下，電洞傳輸層 112 中也發生載子再結合，而會導致發光層 130 中的載子的再結合效率下降。除非電洞傳輸層 112 中生成的激子的能量能夠轉移至發光層 130 中的發光材料上，否者將會導致發光效率下降。

[0085] 因此，較佳為電洞傳輸層 112 所包含的材料 LUMO 能階高於主體材料 131 的 LUMO 能階。另外，更佳為電洞傳輸層 112 所包含的材料 LUMO 能階比主

體材料 131 的 LUMO 能階高 0.3eV 以上。由此，可以有效地抑制載子電子從發光層 130 遷移至電洞傳輸層 112。

[0086]

<抑制三重態激發能的轉移>

下面，對抑制發光層 130 產生的三重態激發能轉移到發光層 130 的外部而使其留在發光層 130 中的方法進行說明。

[0087] 當發光層 130 產生的三重態激發能轉移至外部時，發光層 130 的 TTA 的發生概率降低。因此，藉由抑制三重態激發能的轉移可以維持發光層中的 TTA 的高發生概率，由此可以維持發光元件的高發光效率。

[0088] 首先，為了抑制從發光層 130 向電洞傳輸層 112 的三重態激發能的轉移，較佳為使電洞傳輸層 112 所包含的材料的 T1 能階高於發光層 130 所包含的主體材料 131 的 T1 能階。更佳的是，電洞傳輸層 112 所包含的材料的 T1 能階比發光層 130 所包含的主體材料 131 的 T1 能階高 0.2eV 以上。

[0089] 同樣地，為了抑制從發光層 130 向電子傳輸層 118 的三重態激發能的轉移，較佳為使電子傳輸層 118 所包含的材料的 T1 能階高於發光層 130 所包含的主體材料 131 的 T1 能階。更佳的是，電子傳輸層 118 所包含的材料的 T1 能階比發光層 130 所包含的主體材料 131 的 T1 能階高 0.2eV 以上。

[0090] 藉由抑制三重態激發能的轉移而使其留在發

光層 130 中，除 TTA 以外三重態激發能不易流失，由此可以維持發光層 130 中的 TTA 的高發生概率，從而可以維持發光元件的高發光效率。

[0091]

<延遲螢光成分的測定>

對來自發光層的發光中的延遲螢光成分的評價方法的一個例子進行說明。

[0092] 在發光層被不斷地注入載子的狀態下，來自發光層的發光具有包括延遲螢光成分及其他成分的強度。當以足夠長的時間向發光層注入載子時，與延遲螢光有關的發光強度達到最大值。因此，發光中的延遲螢光成分所佔的比率是指發光層被不斷地注入載子的狀態下的值。

[0093] 可以藉由如下方法評價發光中的延遲螢光成分所佔的比率：停止對發光層注入載子，對逐漸衰減的發光進行測定。作為從停止注入載子到發光淬滅為止的壽命，延遲螢光為幾 μs 的時間而通常的螢光發光的壽命為幾 ns 的時間。由此，可以藉由對在幾 μs 的時間內淬滅的成分進行測定來對延遲螢光進行評價。

[0094] 可以利用條紋攝影機在停止對發光層注入載子之後的幾 μs 的時間內觀測發光的衰減得到指數衰減曲線。停止對發光層注入載子時的發光包含延遲螢光成分及其他成分，但是在過幾 ns 以上後實質上只剩下延遲螢光，藉由相對於該衰減曲線進行指數函數擬合，可以得到以時間為參數的衰減曲線公式。

[0095] 藉由將時間 0s 帶入該衰減曲線公式，可以估算出停止注入載子時的延遲螢光成分的強度的值。由於停止對發光層注入載子的瞬間還是載子被不斷地注入的狀態，所以可以認為估算出的延遲螢光成分的強度為載子被不斷地注入的狀態下的延遲螢光成分的強度。由載子被不斷地注入的狀態下的發光層的發光強度及得到的延遲螢光成分的強度可以算出發光中延遲螢光成分所佔的比率。

[0096] 另外，發光層的發光中的延遲螢光成分中除了包含源於包括分子間相互作用的 TTA 過程的延遲螢光之外，還可能包含源於從分子的三重態激發能級至單重態激發能級的能量轉移的熱活性延遲螢光（TADF: thermally activated delayed fluorescence）。但是，TADF 只在能夠進行從三重態激發能階至單重態激發能階的逆向能量轉移的條件下才發生。只有在兩者的能量級相近且兩者的能隙為 0.2eV 以下左右的條件下才會發生 TADF，而發光層所使用的分子中只有幾個分子滿足該條件。因此，除了發光層使用能隙小的分子的情況之外無需考慮 TADF，所以可以認為該發光層發射的發光中的延遲螢光成分實質上都是源於 TTA 過程的延遲螢光。

[0097] 關於具體的測定方法可以參照實施例。

[0098]

<分子配向與光取出效率>

在有機 EL 中，載子被供應給發光層並在發光層中進行再結合而由包含於發光層中的客體材料產生發光，但是

有時該發光不是各向同性的，亦即，發光強度具有角度依存性。該發光垂直於該客體材料的躍遷偶極矩。因此，躍遷偶極矩的配向影響發光的角度依存性。由於有機分子的躍遷偶極矩的配向受有機分子的分子配向的影響，因該客體分子的分子配向有時來自該客體材料的發光具有各向異性。

[0099] 發光層包括多個分子，客體材料分散於主體材料中。在某些發光層的製造條件中，該客體分子在該主體材料中不是無規配向而是沿某一方向配向，亦即，該客體分子的分子配向偏向一方。因此，當發光層中的客體材料具有易於向發光元件的外部取出光的配向性時，發光元件的光取出效率變高。明確而言，較佳為客體分子以其躍遷偶極矩平行於基板面的方式配向。

[0100] 在對分子配向進行評價時，很難直接觀察到實際的發光元件內的發光層分子尤其是客體材料的躍遷偶極矩是如何配向的。因此，想到了如下方法：使從發光層取出的發光線偏振化來提取 p 偏振發光成分，並對得到的從可見光區域至近紅外區域（440nm 至 956nm）的波長的 p 偏振發射光譜的積分強度（integrated intensity）的角度依存性進行測定，藉由利用計算（模擬）對其結果進行分析來導出發光層內的發光材料的分子配向。下面，對分子配向的導出方法進行說明。

[0101] 在此，對客體分子在主體分子中無規配向的狀態進行說明。當客體分子在主體分子中無規配向時，所

有的分子的躍遷偶極矩的總和在彼此正交的 x 方向、 y 方向及 z 方向上具有相等的成分。例如，在 x 方向及 y 方向上延伸的平面上存在層的情況下，當層中的分子各向同性地配向時，作為躍遷偶極矩，與層平行的成分具有兩個次元而佔整體的三分之二（67%），與層垂直的成分佔整體的三分之一（33%）。

[0102] 接著，對測定進行說明。在利用測定裝置對發光層的發光強度進行測定時，使光在入射到檢測器之前先入射並穿過格蘭-泰勒偏振器，由此，可以利用檢測器僅測出特定方向的偏振成分。

[0103] 在此，發光的躍遷偶極矩由圖 3A 至圖 3C 所示的三種成分決定。亦即：A）與發光層 130 平行的成分中與檢測器的觀測方向 180 平行的方向上的躍遷偶極矩的成分 181；B）與發光層 130 平行的成分中與檢測器的觀測方向 180 垂直的方向上的躍遷偶極矩的成分 182；C）與發光層 130 垂直的方向上的躍遷偶極矩的成分 183。由於 B 成分無法穿過檢測器與發光層 130 之間的格蘭-泰勒偏振器，所以 B 成分不被檢測器檢出。也就是說，在該測定中觀測出由 A 及 C 成分構成的 p 偏振。

[0104] 接著，為了評價發光的角度依存性，將檢測器 185 位於與發光層 130 垂直的方向上的狀態設為初期位置，使發光層 130 逐漸傾斜。圖 4A 示出初始狀態，圖 4B 示出使發光層 130 傾斜的狀態（傾斜角 θ ）。由於在初始狀態（傾斜角 0° ）中檢測器 185 位於發光層 130 的正面方

向，所以觀測不到源於上述 C 成分的發光而觀測出 A 成分。藉由增大發光層 130 的傾斜角，檢測器 185 不僅能觀測到 A 成分對應於傾斜角還能觀測到 C 成分。由此，可以對發光的角度依存性進行評價。

[0105] 在此，由於在被取出到元件外部的發光中垂直於發光層 130 的成分與平行於發光層 130 的成分相比強度極小，因此在該條件下很難對 C 成分進行評價。因此，預先調整發光元件的各個層的厚度並利用光學干涉減小與發光層 130 平行的成分發光的強度。也就是說，從發光元件取出的正面方向的光包括直接從發光層 130 取出的成分以及藉由發光層 130 中產生的光入射到電極並被反射而取出的成分，藉由調整發光元件的各個層的厚度使兩者的相位反轉而相互抵消。由此可以減弱 A 成分而易於觀測到 C 成分。

[0106] 藉由上述方法可以對來自發光層的發光的角度依存性進行測定。以從發光層 130 的初始狀態的傾斜角為橫軸並以被正規化的發射光譜的積分強度為縱軸來對測定結果進行標繪而得到的圖表的形狀根據發光中 A 成分與 C 成分的比率變化。在此，對應於發光中 A 成分與 C 成分的比率變化的各圖表形狀可以藉由計算（模擬）得到。因此，可以藉由反過來將由測定結果得到的圖表的形狀與藉由計算得到的圖表進行擬合來得到發光中 A 成分與 C 成分的比率。由於躍遷偶極矩的配向是分子（這裡，客體材料）固有的性質，由 A 成分與 C 成分的比率可以得到與

客體材料的配向有關的資訊。

[0107] A 成分超過 67% 意味著與發光層平行的躍遷偶極矩的成分變多，簡單地說，A 成分為 100% 意味著完全水平配向。由於光從垂直於躍遷偶極矩的方向射出，因此躍遷偶極矩越與發光層接近平行光的取出效率越高。亦即，A 越接近 100% 元件的發光效率越高。

[0108] 另外，藉由上述測定觀測從根據本發明的一個實施方式的發光元件取出的光可知，客體材料不是無規配向而是具有特定的配向狀態，並且躍遷偶極矩大幅偏離發光層的垂直方向。當躍遷偶極矩偏離發光層的垂直方向時向發光層的垂直方向的發光變強，由此可知根據本發明的一個實施方式的發光元件的高發光效率與客體材料的配向狀態有關。

[0109] 另外，測定及計算的詳細內容可以參照實施例的記載。

[0110]

<材料>

接著，說明根據本發明的一個實施方式的發光元件的組件。

[0111]

<<發光層>>

在發光層 130 中，主體材料 131 的重量比至少高於客體材料 132，客體材料 132（螢光材料）分散於主體材料 131 中。在發光層 130 中，作為能夠用於主體材料 131 的

材料，較佳為使用所發射的發光中源於三重態-三重態消滅（TTA）的延遲螢光成分所佔的比率高的有機化合物。明確而言，較佳為使用源於 TTA 的延遲螢光成分所佔的比率為 20% 以上的有機化合物。另外，在發光層 130 中，主體材料 131 既可以由一種化合物構成，又可以由多種化合物構成。

[0112] 另外，在發光層 130 中，作為客體材料 132 沒有特別的限制，但是較佳為使用蒽衍生物、稠四苯衍生物、蒽(chrysene)衍生物、菲衍生物、芘衍生物、芘衍生物、二苯乙烯衍生物、吡啶酮衍生物、香豆素衍生物、啡啉衍生物、啡啉衍生物等，例如可以使用如下材料。

[0113] 明確而言，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-4-基]-2,2'-聯吡啶（簡稱：PAPP2BPy）、N,N'-二苯基-N,N'-雙[4-（9-苯基-9H-芴-9-基）苯基]芴-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]芴-1,6-二胺（簡稱：1,6mMemFLPAPrn）、N,N'-雙[4-（9H-吡啶-9-基）苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺（簡稱：YGA2S）、4-（9H-吡啶-9-基）-4'-（10-苯基-9-蒽基）三苯胺（簡稱：YGAPA）、4-（9H-吡啶-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-吡啶-3-胺（簡稱：PCAPA）、芘、2,5,8,11-四（三級丁基）芘（簡

稱：TBP）、4-（10-苯基-9-蒽基）-4'-（9-苯基-9H-呋啉-3-基）三苯胺（簡稱：PCBAPA）、N,N''-（2-三級丁基蒽-9,10-二基二-4,1-伸苯基）雙[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺]（簡稱：DPABPA）、N,9-二苯基-N-[4-（9,10-二苯基-2-蒽基）苯基]-9H-呋啉-3-胺（簡稱：2PCAPPA）、N-[4-（9,10-二苯基-2-蒽基）苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺（簡稱：2DPAPPA）、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒽（chrysene）-2,7,10,15-四胺（簡稱：DBC1）、香豆素 30、N-（9,10-二苯基-2-蒽基）-N,9-二苯基-9H-呋啉-3-胺（簡稱：2PCAPA）、N-[9,10-雙（1,1'-聯苯-2-基）-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-呋啉-3-胺（簡稱：2PCABPhA）、N-（9,10-二苯基-2-蒽基）-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺（簡稱：2DPAPA）、N-[9,10-雙（1,1'-聯苯-2-基）-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺（簡稱：2DPABPhA）、9,10-雙（1,1'-聯苯-2-基）-N-[4-（9H-呋啉-9-基）苯基]-N-苯基蒽-2-胺（簡稱：2YGABPhA）、N,N,9-三苯基蒽-9-胺（簡稱：DPhAPhA）、香豆素 6、香豆素 545T、N,N'-二苯基喹吖酮（簡稱：DPQd）、紅螢烯、尼羅紅、5,12-雙（1,1'-聯苯-4-基）-6,11-二苯基稠四苯（簡稱：BPT）、2-（2-[4-（二甲胺基）苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亞基）丙二腈（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）萘并[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}丙二腈（簡稱：BisDCJTM）、5,10,15,20-四苯基雙苯并（tetraphenylbisbenzo）[5,6]萘並[1,2,3-cd:1',2',3'-lm]芘等。

[0114] 或者，發光層 130 也可以包含主體材料 131 及客體材料 132 以外的材料。

[0115] 雖然對能夠用於發光層 130 的材料沒有特別的限制，但是例如可以舉出：三（8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：Alq）、三（4-甲基-8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：Almq₃）、雙（10-羥基苯并[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-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)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(簡稱:TPBI)、紅啡啉(簡稱:BPhen)、浴銅靈(簡稱:BCP)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(簡稱:CO11)等雜環化合物;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'-二芐-2-基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱:BSPB)等芳香胺化合物。另外,可以舉出蒽衍生物、菲衍生物、芘衍生物、蒽(chrysene)衍生物、二苯并[g,p]蒽(chrysene)衍生物等稠合多環芳香化合物(condensed polycyclic aromatic compound)。具體地,可以舉出9,10-二苯基蒽(簡稱:DPAnth)、N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱:CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(簡稱:DPhPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(簡稱:YGAPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱:PCAPA)、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯基}-9H-咔唑-3-胺(簡稱:PCAPBA)、N,9-二苯基-N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-9H-咔唑-3-胺(簡稱:2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯芘、N,N,N',N',N'',

N'',N''',N''''-八苯基二苯并[g,p]蒽 (chrysene) -2,7,10,15-四胺 (簡稱: DBC1)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑 (簡稱: PCzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑 (簡稱: DPCzPA)、9,10-雙(3,5-二苯基苯基)蒽 (簡稱: DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽 (簡稱: DNA)、2-三級丁基-9,10-二(2-萘基)蒽 (簡稱: t-BuDNA)、9,9'-聯蒽 (簡稱: BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲 (簡稱: DPNS)、9,9'-(二苯乙烯-4,4'-二基)二菲 (簡稱: DPNS2) 以及 1,3,5-三(1-萘基)苯 (簡稱: TPB3) 等。此外, 可以從這些物質及已知的物質中選擇一種或多種具有比上述客體材料 132 的能隙大的能隙的物質。

[0116] 發光層 130 也可以由兩層以上的多個層形成。例如, 在從電洞傳輸層一側依次層疊第一發光層和第二發光層來形成發光層 130 的情況下, 可以將具有電洞傳輸性的物質用作第一發光層的主體材料, 並且將具有電子傳輸性的物質用作第二發光層的主體材料。另外, 發光層 130 可以包括包含主體材料及客體材料的第一區域及包含主體材料的第二區域。

[0117] 下面, 對圖 1A 所示的發光元件 150 的其他組件的詳細內容進行說明。

[0118]

《一對電極》

電極 101 及電極 102 具有對發光層 130 注入電洞及電

子的功能。電極 101 及電極 102 可以使用金屬、合金、導電性化合物以及它們的混合物或疊層體等形成。金屬的典型例子是鋁，除此之外，可以使用銀、鎢、鉻、鉬、銅、鈦等過渡金屬；鋰或銫等鹼金屬；鈣或鎂等第 2 族金屬。作為過渡金屬，也可以使用鐿（Yb）等稀土金屬。作為合金，可以使用包括上述金屬的合金，例如可以舉出 MgAg 合金、AlLi 合金等。作為導電性化合物，可以舉出氧化銦-氧化錫（Indium Tin Oxide）等金屬氧化物。作為導電性化合物也可以使用石墨烯等無機碳類材料。如上所述，可以藉由層疊多個這些材料形成電極 101 和電極 102 中的一個或兩個。

[0119] 另外，從發光層 130 獲得的發光透過電極 101 和電極 102 中的一個或兩個被提取。因此，電極 101 和電極 102 中的至少一個具有使可見光透過的功能。當將金屬或合金等透光性低的材料用於提取光的電極時，只要以能夠使可見光透過的程度的厚度（例如，1nm 至 10nm 的厚度）形成電極 101 和電極 102 中的一個或兩個即可。

[0120]

《電洞注入層》

電洞注入層 111 具有藉由降低來自一對電極中的一個（電極 101 或電極 102）的電洞注入能障促進電洞注入的功能，並例如使用過渡金屬氧化物、酞青衍生物或芳族胺等形成。作為過渡金屬氧化物可以舉出鉬氧化物、釩氧化物、鈮氧化物、鎢氧化物、錳氧化物等。作為酞青衍生

物，可以舉出酞青或金屬酞青等。作為芳族胺，可以舉出聯苯胺衍生物或苯二胺衍生物等。也可以使用聚噻吩或聚苯胺等高分子化合物，典型的是：作為被自摻雜的聚噻吩的聚（亞乙基二氧噻吩）/聚（苯乙烯磺酸）等。

[0121] 作為電洞注入層 111，可以使用具有由電洞傳輸性材料和具有接收來自電洞傳輸性材料的電子的特性的材料構成的複合材料的層。或者，也可以使用包含具有接收電子的特性的材料的層與包含電洞傳輸性材料的層的疊層。在定態或者在存在有電場的狀態下，電荷的授受可以在這些材料之間進行。作為具有接收電子的特性的材料，可以舉出醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮雜聯伸三苯衍生物等有機受體。明確而言，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、2,3,6,7,10,11-六氟-1,4,5,8,9,12-六氮雜聯伸三苯（簡稱：HAT-CN）等具有拉電子基團（鹵基或氰基）的化合物。也可以使用過渡金屬氧化物、例如第 4 族至第 8 族金屬的氧化物。明確而言，可以使用氧化釩、氧化鈮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鈿、氧化鎢、氧化錳、氧化銻等。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。

[0122] 作為電洞傳輸性材料，可以使用電洞傳輸性比電子傳輸性高的材料，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材料。明確而言，可以使用芳族胺、咪唑衍生物、芳烴、二苯乙烯衍生物等。上述電洞傳輸性材

料也可以是高分子化合物。

[0123] 作為電洞傳輸性高的材料，例如，作為芳香胺化合物，可以舉出 N,N'-二（對甲苯基）-N,N'-二苯基-對苯二胺（簡稱：DTDPPA）、4,4'-雙[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]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-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]苯（簡稱：DPA3B）等。

[0124] 另外，作為咔唑衍生物，具體地可以舉出：3-[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA1）、3,6-雙[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA2）、3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基咔唑-3-基）氮]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCN1）、3-[4-（9-菲基）-苯基]-9-苯基-9H-咔唑（簡稱：PCPPn）等。

[0125] 另外，作為咔唑衍生物，還可以舉出 4,4'-二（N-咔唑基）聯苯（簡稱：CBP）、1,3,5-三[4-（N-咔唑基）苯基]苯（簡稱：TCPB）、9-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-咔唑（簡稱：CzPA）、1,4-雙[4-（N-咔唑基）苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0126] 另外，作為芳烴，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。另外，除此之外，還可以使用稠五苯、蒽等。如此，更佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率且碳原子數為 14 至 42 的芳烴。

[0127] 注意，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。

[0128] 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：PVTPA）、聚[N-（4-{N'-[4-（4-二苯基胺基）苯基]苯基-N'-苯基胺基}苯基）甲基丙烯醯胺]（簡稱：PTPDMA）、聚[N,N'-雙（4-丁基苯基）-N,N'-雙（苯基）聯苯胺]（簡稱：Poly-TPD）等高分子化合物。

[0129]

《電洞傳輸層》

電洞傳輸層 112 是包含電洞傳輸性材料的層，可以使用作為電洞注入層 111 的材料所例示的材料。電洞傳輸層 112 具有將注入到電洞注入層 111 的電洞傳輸到發光層 130 的功能，所以較佳為具有與電洞注入層 111 的最高佔據分子軌域（Highest Occupied Molecular Orbital，也稱為 HOMO）能階相同或接近的 HOMO 能階。

[0130] 作為上述電洞傳輸性材料，除了作為電洞注入層 111 的材料例示出的材料以外，還可以使用 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）-N-苯基胺基]三苯胺（簡稱：MTDATA）、4,4'-雙[N-（螺-9,9'-二芴-2-基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：BSPB）、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺（簡稱：BPAFLP）等芳香胺化合物等。在此描述的材料主要是具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率的物質。但是，只要是電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用上述物質以外的物質。另外，包括具有高電洞傳輸性的物質的層不限於單層，還可以層疊兩層以上的由上述物質構成的層。

[0131] 另外，較佳為電洞傳輸層 112 所含有的電洞傳輸性材料比發光層的主體材料 131 的 LUMO 能階及最低激發三重態能量（T1）能階高。當電洞傳輸層 112 所包含的材料與主體材料 131 的 LUMO 能階相等時，到達發

光層 130 的載子電子不會留在發光層 130 中而遷移至電洞傳輸層 112 中。由此，發光層 130 內的激子再結合變少而使發光效率下降。另外，當最低激發三重態能量（T1）能階相等時，發光層 130 中生成的三重態激子在發光層 130 內不會發生 TTA，而使三重態能量擴散至電洞傳輸層 112 中，導致發光效率下降。

[0132] 例如，作為電洞傳輸層 112 所含有的電洞傳輸性材料較佳為使用 3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-吡啶（簡稱:PCPPn）。PCPPn 具有適當高的 LUMO 能階及最低激發三重態能量（T1）能階，而能夠適當地

抑制載子電子從發光層 130 擴散至電洞傳輸層 112，由此可以提高發光層 130 中的 TTA 的發生概率，從而可以提高發光元件的發光效率。

[0133]

《電子傳輸層》

電子傳輸層 118 具有將從一對電極中的另一個（電極 101 或電極 102）經過電子注入層 119 注入的電子傳輸到發光層 130 的功能。作為電子傳輸性材料，可以使用電子傳輸性比電洞傳輸性高的材料，較佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子移動率的材料。明確而言，可以舉出包括喹啉配體、苯并喹啉配體、嘔啞配體或噻啞配體的金屬錯合物、嘔二啞衍生物、三啞衍生物、啡啉衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、噻啞衍生物等。

[0134] 例如，可以使用包含具有喹啉骨架或苯并喹

喹啉骨架的金屬錯合物等的層，如有三(8-羥基喹啉)鋁(III) (簡稱：Alq)、三(4-甲基-8-羥基喹啉)鋁(III) (簡稱：Almq₃)、雙(10-羥基苯并[h]喹啉)鋁(II) (簡稱：BeBq₂)、雙(2-甲基-8-羥基喹啉)(4-苯基苯酚)鋁(III) (簡稱：BAIq)等。除此之外，還可以使用雙[2-(2-羥基苯基)苯并噁唑]鋅(II) (簡稱：Zn(BOX)₂)、雙[2-(2-羥基苯基)苯并噻唑]鋅(II) (簡稱：Zn(BTZ)₂)等具有噁唑類、噻唑類配體的金屬錯合物等。再替代地，除金屬錯合物之外，還可使用以下：2-(4-聯苯基)-5-(4-三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(縮寫：PBD)，1,3-二[5-(對-三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(縮寫：OXD-7)，3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-三級丁基苯基)-1,2,4-三唑(縮寫：TAZ)，紅啡啉(縮寫：BPhen)，浴桐靈(縮寫：BCP)等等。這裡所述的物質主要為具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子移動率的物質。另外，電子傳輸層 118 不限於單層，還可以層疊兩層以上的由上述物質構成的層。

[0135] 尤其是，作為 LUMO 深的電子傳輸性材料，較佳為使用 2,2'-(吡啶-2,6-二基)雙(4,6-二苯基嘧啶) (簡稱：2,6(P2Pm)2Py)、2,9-雙(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-啡啉(簡稱：NBPhen)、2,2'-(吡啶-2,6-二基)雙(4-苯基苯并[h]噻唑) (簡稱：2,6(P-Bqn)2Py)等。

[0136] 另外，作為 LUMO 深的電子傳輸性材料，較佳為使用分子結構中包含具有二噻吩骨架或三噻吩骨架的稠合雜芳環骨架的物質。另外，較佳為使用分子結構中具有吡

嗉骨架或嘧啶骨架的物質。

[0137] 較佳為使電子傳輸層 118 所使用的材料的 LUMO 能階比發光層 130 所包含的主體材料 131 的 LUMO 能階深，由此可以形成抑制載子電子的遷移的能障。該能障抑制載子電子向發光層 130 遷移而使發光層 130 中的載子再結合區域向電子傳輸層 118 一側擴伸，在再結合區域中三重態激子與載子電子的密度都被降低，由此可以減少因對三重態激子注入載子電子而生成的激子的失活。

[0138] 另外，還可以在電子傳輸層 118 與發光層 130 之間設置控制電子載子的移動的層。該層是對上述電子傳輸性高的材料添加了少量電子俘獲性高的物質的層，可以藉由抑制電子載子的遷移來調節載子的平衡。藉由採用該結構，可以有效地抑制因電子穿過發光層而引起的問題（如，元件壽命下降）。

[0139]

《電子注入層》

電子注入層 119 具有藉由降低來自電極 102 的電子注入能障促進電子注入的功能，例如可以使用第 1 族金屬、第 2 族金屬或它們的氧化物、鹵化物、碳酸鹽等。也可以使用上述電子傳輸性材料和具有對電子傳輸性材料供應電子的特性的材料的複合材料。作為具有供電子特性的材料，可以舉出第 1 族金屬、第 2 族金屬或它們的氧化物。

[0140] 另外，上述發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層及電子注入層都可以藉由蒸鍍法(包括真

空蒸鍍法)、噴墨法、塗佈法、凹版印刷等方法形成。此外，作為上述發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層及電子注入層，除了上述材料之外，也可以使用無機化合物或高分子化合物(低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等)。

[0141]

《基板》

另外，發光元件 150 可以在由玻璃、塑膠等構成的基板上製造。作為在基板上層疊的順序，既可以從電極 101 一側依次層疊又可以從電極 102 一側依次層疊。

[0142] 另外，作為能夠形成發光元件 150 的基板，例如可以使用玻璃、石英或塑膠等。或者，也可以使用撓性基板。撓性基板是可以彎曲的基板，例如由聚碳酸酯、聚芳酯製成的塑膠基板等。另外，可以使用薄膜、藉由蒸鍍形成的無機薄膜等。注意，可以使用其它材料，只要其在發光元件及光學元件的製造過程中起支撐物的作用。或者，只要具有保護發光元件及光學元件的功能即可。

[0143] 例如，在本發明等中，可以使用各種基板形成發光元件 150。對基板的種類沒有特別的限制。作為該基板的例子，例如可以使用半導體基板（例如，單晶基板或矽基板）、SOI 基板、玻璃基板、石英基板、塑膠基板、金屬基板、不鏽鋼基板、具有不鏽鋼箔的基板、鎢基板、具有鎢箔的基板、撓性基板、貼合薄膜、包含纖維狀的材料的紙或者基材薄膜等。作為玻璃基板的例子，有銀

硼矽酸鹽玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、鈉鈣玻璃等。作為撓性基板、貼合薄膜、基材薄膜等，可以舉出如下例子。例如，可以舉出以聚對苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)、聚四氟乙烯(PTFE)為代表的塑膠。或者，作為一個例子，可以舉出丙烯酸樹脂等樹脂等。或者，作為例子，可以舉出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯或聚氯乙烯等。或者，作為例子，可以舉出聚醯胺、聚醯亞胺、芳族聚醯胺、環氧樹脂、無機蒸鍍薄膜、紙類等。

[0144] 另外，也可以作為基板使用撓性基板，並在撓性基板上直接形成發光元件。或者，也可以在基板與發光元件之間設置剝離層。當剝離層上製造發光元件的一部分或全部，然後將其從基板分離並轉置到其他基板上時可以使用剝離層。此時，也可以將發光元件轉置到耐熱性低的基板或撓性基板上。另外，作為上述剝離層，例如可以使用鎢膜和氧化矽膜的無機膜的疊層結構或在基板上形成有聚醯亞胺等樹脂膜的結構等。

[0145] 也就是說，也可以使用一個基板來形成發光元件，然後將發光元件轉置到另一個基板上。作為發光元件被轉置的基板的例子，除了上述基板之外，還可以舉出玻璃紙基板、石材基板、木材基板、布基板(包括天然纖維(絲、棉、麻)、合成纖維(尼龍、聚氨酯、聚酯)或再生纖維(醋酯纖維、銅氨纖維、人造纖維、再生聚酯)等)、皮革基板、橡膠基板等。藉由採用這些基板，可以製造不易

損壞的發光元件、耐熱性高的發光元件、實現輕量化的發光元件或實現薄型化的發光元件。

[0146] 另外，也可以在上述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 150。由此，可以製造藉由 FET 控制發光元件 150 的驅動的主動矩陣型顯示裝置。

[0147] 另外，在本實施方式中對本發明的一個實施方式進行說明。另外，在其他的實施方式中對本發明的一個實施方式進行說明。但是，本發明的一個實施方式不侷限於此。例如，雖然在本發明的一個實施方式中示出 EL 層所發射的發光中源於 TTA 的延遲螢光成分所佔的比率為 10%以上且電子傳輸層所包含的材料的 LUMO 的能階比發光層所包含的主體材料的 LUMO 的能階低的情況的例子，但是本發明的一個實施方式不侷限於此。根據情況或狀況，在本發明的一個實施方式中，例如，EL 層所發射的光中延遲螢光成分所佔的比率也可以不為 10%以上。或者，也可以使電子傳輸層所包含的材料的 LUMO 的能階比主體材料的 LUMO 的能階高。另外，雖然在本發明的一個實施方式中示出電子傳輸層所包含的材料的 LUMO 的能階比發光層所包含的主體材料的 LUMO 的能階低 0.05eV 以上的例子，但是本發明的一個實施方式不侷限於此。根據情況或狀況，在本發明的一個實施方式中，例如，也可以不使電子傳輸層所包含的材料的 LUMO 的能階比發光層所包含的主體材料的 LUMO 的能階低 0.05eV

以上。

[0148] 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

[0149]

實施方式 2

下面，參照圖 5 至圖 7B 對實施方式 1 所說明的根據本發明的一個實施方式的發光元件的結構例子進行說明。

[0150]

<發光元件的結構例子 1>

下面，參照圖 5 對根據本發明的一個實施方式的發光元件的結構例子進行說明。圖 5 是示出本發明的一個實施方式的發光元件的剖面圖。

[0151] 圖 5 所示的發光元件 250 是將光提取到基板 200 一側的底面發射(底部發射)型發光元件。注意，本發明的一個實施方式並不侷限於此，也可以是將發光元件所發射的光分別提取到與基板 200 相反的一側、形成有發光元件的基板 200 的上方及下方的雙側的頂面發射(頂部發射)型發光元件、雙面發射(雙發射)型發光元件。

[0152] 發光元件 250 包括基板 200 上的電極 101 和電極 102。另外，電極 101 與電極 102 之間包括發光層 123B、發光層 123G 和發光層 123R。此外，還包括電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸層 118 及電子注入層 119。

[0153] 當發光元件為底部發射型的發光元件時，電

極 101 較佳為具有使光透過的功能。另外，電極 102 較佳為具有反射光的功能。

[0154] 圖 5 所示的發光元件 250 在由電極 101 和電極 102 夾持的區域 221B、區域 221G 及區域 221R 之間具有分隔壁 140。分隔壁 140 具有絕緣性。分隔壁 140 覆蓋電極 101 的端部並具有與該電極重疊的開口部。藉由設置分隔壁 140，可以將各區域的基板 200 上的電極 101 分別分為島狀。

[0155] 另外，發光層 123B、發光層 123G、發光層 123R 較佳為分別包含能夠發射不同顏色的發光材料。例如，當發光層 123B、發光層 123G、發光層 123R 分別包含能夠發射藍色的發光材料、能夠發射綠色的發光材料、能夠發射紅色的發光材料時，可以將發光元件 250 用於能夠進行全彩色顯示的顯示裝置。另外，每個發光層的膜厚度既可以相同又可以不同。

[0156] 另外，如實施方式 1 所示，使電子傳輸層 118 所使用的材料的 LUMO 能階低於發光層 123B 所包含的主體材料的 LUMO 能階。由此，可以製造出發光層 123B 所發射的光中延遲螢光成分所佔的比率較大的發光元件。

[0157] 另外，發光層 123B、發光層 123G、發光層 123R 中的任一個或多個發光層也可以是兩層以上的疊層。

[0158]

<發光元件的結構例子 2>

接著，以圖 6A 和圖 6B 示出與圖 5 所示的發光元件不同的結構例子並對其進行說明。

[0159] 圖 6A 及圖 6B 是示出本發明的一個實施方式的發光元件的剖面圖。另在圖 6A 及圖 6B 中使用與圖 5 相同的陰影線示出具有與圖 5 相同的功能的部分，而有時省略元件符號。此外，具有相同功能的部分由相同的元件符號表示，有時省略其詳細說明。

[0160] 圖 6A 和圖 6B 是在一對電極層之間隔著電荷產生層 115 層疊有多個發光層的串聯型發光元件的結構例子。圖 6A 所示的發光元件 252 是將光提取到與基板 200 相反一側的頂面發射(頂部發射)型發光元件，而圖 6B 所示的發光元件 254 是將光提取到基板 200 一側的底面發射(底部發射)型發光元件。注意，本發明的一個實施方式不侷限於此，也可以是將發光元件所發射的光提取到形成發光元件的基板 200 的上方及下方的兩者的雙表面射出(雙發射)型發光元件。

[0161] 發光元件 252 及發光元件 254 在基板 200 上包括電極 101、電極 102、電極 103 及電極 104。另外，電極 101 與電極 102 之間、電極 102 與電極 103 之間、電極 102 與電極 104 之間設置有發光層 160、電荷產生層 115、發光層 170。此外，還包括電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸層 113、電子注入層 114、電洞注入層 116、電洞傳輸層 117、電子傳輸層 118 和電子注入層 119。

[0162] 另外，電極 101 包括導電層 101a、在導電層 101a 上並與其接觸的導電層 101b。此外，電極 103 包括導電層 103a、在導電層 103a 上並與其接觸的導電層 103b。電極 104 包括導電層 104a、在導電層 104a 上並與其接觸的導電層 104b。

[0163] 圖 6A 所示的發光元件 252 及圖 6B 所示的發光元件 254 在由電極 101 及電極 102 夾持的區域 222B、由電極 102 及電極 103 夾持的區域 222G 以及由電極 102 及電極 104 夾持的區域 222R 之間包括分隔壁 140。分隔壁 140 具有絕緣性。分隔壁 140 覆蓋電極 101、電極 103 以及電極 104 的端部，並包括與該電極重疊的開口部。藉由設置分隔壁 140，可以將各區域的基板 200 上的該電極分別分為島狀。

[0164] 發光元件 252 及發光元件 254 在從區域 222B、區域 222G 及區域 222R 發射的光被提取的方向上具有分別包括光學元件 224B、光學元件 224G 及光學元件 224R 的基板 220。從各區域發射的光透過各光學元件射出到發光元件外部。也就是說，從區域 222B 發射的光透過光學元件 224B 射出，從區域 222G 發射的光透過光學元件 224G 射出，且從區域 222R 發射的光透過光學元件 224R 射出。

[0165] 光學元件 224B、光學元件 224G 及光學元件 224R 具有選擇性地使入射光中的呈現特定顏色的光透過的功能。例如，從區域 222B 發射的光透過光學元件 224B

成為藍色光，從區域 222G 發射的光透過光學元件 224G 成為綠色光，從區域 222R 發射的光透過光學元件 224R 成為紅色光。

[0166] 在圖 6A 及圖 6B 中使用虛線的箭頭示意性地示出透過各光學元件從各區域射出的藍色（B）光、綠色（G）光、紅色（R）光。

[0167] 在各光學元件之間包括遮光層 223。遮光層 223 具有遮蔽從相鄰的區域發射的光的功能。另外，也可以採用不設置遮光層 223 的結構。

[0168]

《微腔》

並且，發光元件 252 及發光元件 254 具有微腔結構。

[0169] 從發光層 160 及發光層 170 射出的光在一對電極（例如，電極 101 與電極 102）之間被諧振。另外，在發光元件 252 及發光元件 254 中，藉由在各區域中調整導電層（導電層 101b、導電層 103b 及導電層 104b）的厚度，可以增強發光層 160 及發光層 170 所發射的光的波長。另外，藉由在各區域中使電洞注入層 111 和電洞傳輸層 112 中的至少一個的厚度不同，也可以增強從發光層 160 及發光層 170 發射的光的波長。

[0170] 例如，當在電極 101 至電極 104 中具有反射光的功能的導電材料的折射率小於發光層 160 或發光層 170 的折射率時，以電極 101 與電極 102 之間的光學距離為 $m_B \lambda_B / 2$ （ m_B 表示自然數， λ_B 表示在區域 222B 中增強

的光的波長)的方式調整電極 101 中的導電層 101b 的膜厚度。同樣地，以電極 103 與電極 102 之間的光學距離為 $m_G \lambda_G / 2$ (m_G 表示自然數， λ_G 表示在區域 222G 中增強的光的波長)的方式調整電極 103 中的導電層 103b 的膜厚度。並且，以電極 104 與電極 102 之間的光學距離為 $m_R \lambda_R / 2$ (m_R 表示自然數， λ_R 表示在區域 222R 中增強的光的波長)的方式調整電極 104 中的導電層 104b 的膜厚度。

[0171] 如上所述，藉由設置微腔結構調整各區域的一對電極之間的光學距離，可以抑制各電極附近的光的散射及光的吸收，由此可以實現高的光提取效率。另外，在上述結構中，導電層 101b、導電層 103b、導電層 104b 較佳為具有透過光的功能。另外，構成導電層 101b、導電層 103b、導電層 104b 的材料既可以相同又可以不同。另外，導電層 101b、導電層 103b、導電層 104b 也可以分別是兩層以上的疊層。

[0172] 由於圖 6A 所示的發光元件 252 是頂面發射型發光元件，所以電極 101 所具有的導電層 101a、電極 103 所具有的導電層 103a 及電極 104 所具有的導電層 104a 較佳為具有反射光的功能。另外，電極 102 較佳為具有透過光的功能及反射光的功能。

[0173] 另外，由於圖 6B 所示的發光元件 254 是底面發射型發光元件，所以電極 101 所具有的導電層 101a、電極 103 所具有的導電層 103a 及電極 104 所具有的導電

層 104a 較佳為具有透過光的功能及反射光的功能。另外，電極 102 較佳為具有反射光的功能。

[0174] 在發光元件 252 及發光元件 254 中，導電層 101a、導電層 103a、或導電層 104a 既可以使用相同的材料，又可以使用不同的材料。當導電層 101a、導電層 103a、導電層 104a 使用相同的材料時，可以降低發光元件 252 及發光元件 254 的製造成本。另外，導電層 101a、導電層 103a、導電層 104a 也可以分別是兩層以上的疊層。

[0175] 另外，如實施方式 1 所示，使電子傳輸層 113 所使用的材料的 LUMO 能階低於發光層 170 所包含的主體材料的 LUMO 能階。另外，使電子傳輸層 118 所使用的材料的 LUMO 能階低於發光層 160 所包含的主體材料的 LUMO 能階。由此，可以製造出發光層所發射的光中延遲螢光成分所佔的比率較大的發光元件。

[0176] 例如，發光層 160 和發光層 170 可以分別具有如發光層 170a 及發光層 170b 那樣層疊有兩層的結構。藉由作為兩層的發光層分別使用第一化合物及第二化合物這兩種具有發射不同顏色的功能的發光材料，可以同時得到多種發光。尤其是，較佳為選擇用於各發光層的發光材料，以便藉由組合發光層 160 和發光層 170 所發射的光而能夠得到白色發光。

[0177] 發光層 160 或發光層 170 也可以分別具有層疊有三層以上的結構，並也可以包括不具有發光材料的

層。

[0178] 注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

[0179]

實施方式 3

在本實施方式中，參照圖 7A 至圖 8B 對與實施方式 1 及 2 所示的結構不同的結構的發光元件及該發光元件的發光機制進行說明。

[0180]

<發光元件的結構例子 1>

圖 7A 是發光元件 450 的剖面示意圖。

[0181] 圖 7A 所示的發光元件 450 在一對電極（電極 401 與電極 402）之間具有多個發光單元（圖 7A 中的發光單元 441 和發光單元 442）。一個發光單元具有與圖 1A 所示的 EL 層 100 同樣的結構。就是說，圖 1A 所示的發光元件 150 具有一個發光單元，發光元件 450 具有多個發光單元。注意，在發光元件 450 中，對電極 401 為陽極且電極 402 為陰極時的情況進行說明，但是發光元件 450 的結構也可以反過來。

[0182] 另外，在圖 7A 所示的發光元件 450 中，層疊有發光單元 441 和發光單元 442，並且在發光單元 441 與發光單元 442 之間設置有電荷產生層 445。另外，發光單元 441 和發光單元 442 可以具有相同結構或不同結構。例如，較佳的是，將圖 1A 所示的 EL 層 100 用於發光單元

441。

[0183] 就是說，發光元件 450 包括發光層 420 和發光層 430。另外，發光單元 441 除了發光層 420 之外還包括電洞注入層 411、電洞傳輸層 412、電子傳輸層 413 及電子注入層 414。另外，發光單元 442 除了發光層 430 之外還包括電洞注入層 416、電洞傳輸層 417、電子傳輸層 418 及電子注入層 419。

[0184] 電荷產生層 445 較佳為包含由有機化合物和受體物質構成的複合材料。作為該複合材料，可以使用能夠用於實施方式 1 所示的電洞注入層 111 的複合材料。作為有機化合物，可以使用芳香胺化合物、咪唑化合物、芳烴、高分子化合物（低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等）等各種化合物。另外，作為有機材料，較佳為使用其電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的有機化合物。但是，只要是其電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用這些以外的材料。因為由有機化合物和受體物質構成的複合材料具有良好的載子注入性以及載子傳輸性，所以可以實現低電壓驅動以及低電流驅動。注意，如發光單元 442 所示，在發光單元的陽極一側的表面接觸於電荷產生層 445 時，電荷產生層 445 還可以具有發光單元的電洞注入層或電洞傳輸層的功能，所以在該發光單元中也可以不設置電洞注入層或電洞傳輸層。

[0185] 注意，電荷產生層 445 也可以具有組合包含由有機化合物和受體物質構成的複合材料的層與由其他材

料構成的層的疊層結構。例如，也可以具有組合包含由有機化合物和受體物質構成的複合材料的層與包含選自具有供電子特性的物質中的一個化合物和具有高電子傳輸性的化合物的層的結構。另外，也可以具有組合包含由有機化合物和受體物質構成的複合材料的層與透明導電膜的結構。

[0186] 夾在發光單元 441 與發光單元 442 之間的電荷產生層 445 只要具有在將電壓施加到電極 401 和電極 402 時，將電子注入到一個發光單元且將電洞注入到另一個發光單元的結構即可。例如，在圖 7A 中，在以使電極 401 的電位高於電極 402 的電位的方式施加電壓時，電荷產生層 445 將電子注入到發光單元 441 且將電洞注入到發光單元 442。

[0187] 雖然在圖 7A 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於層疊有三個以上的發光單元的發光元件。如發光元件 450 所示，藉由在一對電極之間以由電荷產生層將其隔開的方式配置多個發光單元，可以實現在保持低電流密度的同時還可以進行高亮度發光，並且使用壽命更長的發光元件。另外，還可以實現功耗低的發光元件。

[0188] 另外，發光層 420 包含主體材料 421 和客體材料 422。另外，發光層 430 包含主體材料 431 和客體材料 432。主體材料 431 包含有機化合物 431_1 和有機化合物 431_2。

[0189] 另外，在本實施方式中，發光層 420 具有與圖 1A 所示的發光層 130 同樣的結構。就是說，發光層 420 所具有的主體材料 421 和客體材料 422 分別相當於發光層 130 所具有的主體材料 131 和客體材料 132。另外，以下對發光層 430 所具有的客體材料 432 為磷光材料的情況進行說明。注意，電極 401、電極 402、電洞注入層 411 及電洞注入層 416、電洞傳輸層 412 及電洞傳輸層 417、電子傳輸層 413 及電子傳輸層 418、電子注入層 414 及電子注入層 419 分別相當於實施方式 1 所示的電極 101、電極 102、電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸層 118、電子注入層 119。因此，在本實施方式中省略其詳細說明。

[0190] 另外，如實施方式 1 所示，使電子傳輸層 413 所使用的材料的 LUMO 能階低於發光層 420 所包含的主體材料的 LUMO 能階。另外，使電子傳輸層 418 所使用的材料的 LUMO 能階低於發光層 430 所包含的主體材料的 LUMO 能階。由此，可以製造出發光層所發射的光中延遲螢光成分所佔的比率較大的發光元件。

[0191]

《發光層 420 的發光機制》

發光層 420 的發光機制與圖 1A 所示的發光層 130 的發光機制同樣。

[0192]

《發光層 430 的發光機制》

下面，對發光層 430 的發光機制進行說明。

[0193] 發光層 430 所具有的有機化合物 431_1 和有機化合物 431_2 形成激態錯合物。在此，以有機化合物 431_1 為主體材料，將有機化合物 431_2 為輔助材料來進行說明。

[0194] 在發光層 430 中，形成激態錯合物的有機化合物 431_1 和有機化合物 431_2 的組合只要是能夠形成激態錯合物的組合即可，但是一個有機化合物為具有電洞傳輸性的材料且另一個有機化合物為具有電子傳輸性的材料的組合是較佳的。

[0195] 圖 7B 示出發光層 430 中的有機化合物 431_1、有機化合物 431_2 與客體材料 432 之間的能階關係。另外，圖 7B 中的記載及符號表示的是如下：

Host (431_1)：有機化合物 431_1 (主體材料)

Assist (431_2)：有機化合物 431_2 (輔助材料)

Guest (432)：客體材料 432 (磷光材料)

Exciplex：激基複合物

S_{PH} ：有機化合物 431_1 的單重激發態的最低能階；

T_{PH} ：有機化合物 431_1 的三重激發態的最低能階；

T_{PG} ：客體材料 432 (磷光材料) 的三重激發態的最低能階；

S_E ：激態錯合物的單重激發態的最低能階；以及

T_E ：激態錯合物的三重激發態的最低能階。

[0196] 由有機化合物 431_1 和有機化合物 431_2 形

成的激態錯合物的單重激發態的最低能階 (S_E) 與激態錯合物的三重激發態的最低能階 (T_E) 彼此相鄰 (參照圖 7B 的 Route C)。

[0197] 而且，當激態錯合物的 S_E 和 T_E 的能量都轉移到客體材料 432 (磷光材料) 的三重激發態的最低能階時，可以獲得發光 (參照圖 7B 的 Route D)。

[0198] 注意，在本說明書等中，有時將上述 Route C 及 Route D 的過程稱為 ExTET (Exciplex-Triplet Energy Transfer: 激基複合物-三重態能量轉移)。

[0199] 另外，有機化合物 431_1 和有機化合物 431_2 中的一個接收電洞，另一個接收電子，當電洞和電子互相接近時，迅速形成激態錯合物。或者，當一個化合物處於激發態時，與另一個化合物相互作用而形成激態錯合物。因此，發光層 430 中的大部分的激子作為激態錯合物存在。因為激態錯合物的能帶間隙比有機化合物 431_1 及有機化合物 431_2 窄，所以當因來自一個化合物的電洞和來自另一個化合物的電子再結合而形成激態錯合物時，可以降低驅動電壓。

[0200] 藉由作為發光層 430 採用上述結構，可以高效地獲得來自發光層 430 的客體材料 432 (磷光材料) 的發光。

[0201] 另外，較佳為採用如下結構：與來自發光層 430 的發光的峰值相比，來自發光層 420 的發光的峰值更靠近短波長一側。使用呈現短波長的發光的磷光材料的發

光元件有亮度劣化快的趨勢。於是，藉由作為短波長的發光採用螢光發光可以提供一種亮度劣化小的發光元件。

[0202] 另外，藉由採用使發光層 420 和發光層 430 呈現彼此不同的發光波長的光的結構，可以製造多色發光的發光元件。在此情況下，由於合成具有不同的發光峰值的光，因此發光元件所呈現的發射光譜成為具有至少兩個峰值的發射光譜。

[0203] 另外，上述結構適合用來獲得白色發光。藉由使來自發光層 420 的光和來自發光層 430 的光處於呈現互補色的關係，可以獲得白色發光。

[0204] 另外，藉由將發光波長不同的多個發光材料用於發光層 420 和發光層 430 中的任何一個或兩個，也可以獲得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，也可以將發光層 420 和發光層 430 中的任何一個或兩個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材料。

[0205]

<能夠用於發光層的材料例子>

下面，對能夠用於發光層 420 及發光層 430 的材料進行說明。

[0206]

<<能夠用於發光層 420 的材料>>

作為能夠用於發光層 420 的材料，可以參照上述實施方式 1 所示的能夠用於發光層 130 的材料。

[0207]

《能夠用於發光層 430 的材料》

在發光層 430 中，有機化合物 431_1（主體材料）的重量比最大，客體材料 432（磷光材料）分散在有機化合物 431_1（主體材料）中。

[0208] 作為有機化合物 431_1（主體材料），除了鋅、鋁類金屬錯合物以外還可以舉出噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹噁啉衍生物、二苯并喹噁啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、啡啉衍生物等。作為其他例子，可以舉出芳族胺或卡唑衍生物等。

[0209] 作為客體材料 432（磷光材料），可以舉出銥、銨、鉑類有機金屬錯合物或金屬錯合物，其中較佳的是有機銥錯合物，例如銥類鄰位金屬錯合物。作為鄰位金屬化的配體，可以舉出 4H-三唑配體、1H-三唑配體、咪唑配體、吡啶配體、嘧啶配體、吡嗪配體或異喹啉配體等。作為金屬錯合物可以舉出具有卟啉配體的鉑錯合物等。

[0210] 作為有機化合物 431_2（輔助材料），使用可以與有機化合物 431_1 形成激態錯合物的物質。此時，較佳為以激態錯合物的發光峰值與客體材料 432（磷光材料）的三重 MLCT（從金屬到配體的電荷轉移：Metal to Ligand Charge Transfer）躍遷的吸收帶（明確而言，最長

波長一側的吸收帶)重疊的方式選擇有機化合物 431_1、有機化合物 431_2 及客體材料 432 (磷光材料)。由此，可以實現一種發光效率得到顯著提高的發光元件。注意，在使用熱活化延遲螢光材料代替磷光材料的情況下，最長波長一側的吸收帶較佳為單重態的吸收帶。

[0211] 包含在發光層 430 的發光材料只要是能夠將三重激發態能轉換為發光的材料即可。作為能夠將該三重激發態能轉換為發光的材料，除了磷光材料以外還可以舉出熱活化延遲螢光 (Thermally activated delayed fluorescence: TADF) 材料。因此，可以將有關磷光材料的記載看作有關熱活化延遲螢光材料的記載。注意，熱活化延遲螢光材料是指能夠藉由微小的熱能量將三重激發態上轉換 (up-convert) 為單重激發態 (反系間竄越) 並高效地呈現來自單重激發態的發光 (螢光) 的材料。另外，可以高效地獲得熱活化延遲螢光的條件例如為如下：三重激發態能階與單重激發態能階的能量差大於 0eV 且 0.2eV 以下，較佳為大於 0eV 且 0.1eV 以下。

[0212] 另外，呈現熱活化延遲螢光的材料既可是單獨地藉由反系間竄越由三重激發態產生單重激發態的材料又可是組合而形成激態錯合物 (也稱為 Exciplex) 的兩種材料。

[0213] 另外，對包含在發光層 420 的發光材料和包含在發光層 430 的發光材料的發光顏色沒有限制，可以相同或不同。來自各材料的發光被混合並提取到元件的外

部，因此例如當兩個發光顏色處於呈現互補色的關係時，發光元件可以發射白色光。當考慮發光元件的可靠性時，包含在發光層 420 的發光材料的發光峰值波長較佳為比包含在發光層 430 的發光材料短。

[0214]

<發光元件的結構例子 2>

以下參照圖 8A 和圖 8B 對與圖 7A 和圖 7B 所示的發光元件不同的結構例子進行說明。

[0215] 圖 8A 是發光元件 452 的剖面示意圖。

[0216] 圖 8A 所示的發光元件 452 在一對電極（電極 401 與電極 402）之間夾有 EL 層 400。注意，在發光元件 452 中，電極 401 被用作陽極且電極 402 被用作陰極。

[0217] 另外，EL 層 400 包括發光層 420 和發光層 430。另外，在發光元件 452 中，作為 EL 層 400 除了發光層 420 及發光層 430 之外還示出電洞注入層 411、電洞傳輸層 412、電子傳輸層 418 及電子注入層 419，但是上述疊層結構只是一個例子，發光元件 452 中的 EL 層 400 的結構不侷限於此。例如，也可以改變 EL 層 400 中的上述各層的疊層順序。或者，也可以在 EL 層 400 中設置上述各層之外的功能層。該功能層例如具有注入載子（電子或電洞）的功能、傳輸載子的功能、抑制載子的功能、產生載子的功能即可。

[0218] 另外，發光層 420 包含主體材料 421 和客體材料 422。另外，發光層 430 包含主體材料 431 和客體材

料 432。主體材料 431 包含有機化合物 431_1 和有機化合物 431_2。以下，對客體材料 422 為螢光材料且客體材料 432 為磷光材料的情況進行說明。

[0219]

<發光層 420 的發光機制>

發光層 420 的發光機制與圖 1A 所示的發光層 130 的發光機制同樣。

[0220]

<發光層 430 的發光機制>

發光層 430 的發光機制與圖 7A 所示的發光層 430 的發光機制同樣。

[0221]

<發光層 420 及發光層 430 的發光機制>

上面說明了發光層 420 及發光層 430 的每一個的發光機制。如發光元件 452 所示，當具有發光層 420 與發光層 430 彼此接觸的結構時，即使在發光層 420 和發光層 430 的介面產生從激態錯合物到發光層 420 的主體材料 421 的能量轉移（尤其是，三重激發能階的能量轉移），也可以在發光層 420 中將上述三重激發能轉換為發光。

[0222] 發光層 420 的主體材料 421 的 T1 能階較佳為比發光層 430 中的有機化合物 431_1 及有機化合物 431_2 的 T1 能階低。在發光層 420 中，較佳為主體材料 421 的 S1 能階比客體材料 422（螢光材料）的 S1 能階高，且主體材料 421 的 T1 能階比客體材料 422（螢光材料）的 T1

能階低。

[0223] 明確而言，圖 8B 示出在發光層 420 中使用 TTA，在發光層 430 中使用 ExTET 時的能階關係。圖 8B 中的記載及符號表示的是如下：

Fluorescence EML (420)：螢光發光層（發光層 420）；

Phosphorescence EML (430)：磷光發光層（發光層 430）；

S_{FH} ：主體材料 421 的單重激發態的最低能階；

T_{FH} ：主體材料 421 的三重激發態的最低能階；

S_{FG} ：客體材料 422（螢光材料）的單重激發態的最低能階；

T_{FG} ：客體材料 422（螢光材料）的三重激發態的最低能階；

S_{PH} ：主體材料（有機化合物 431_1）的單重激發態的最低能階；

T_{PH} ：主體材料（有機化合物 431_1）的三重激發態的最低能階；

T_{PG} ：客體材料 432（磷光材料）的三重激發態的最低能階；

S_E ：激態錯合物的單重激發態的最低能階；以及

T_E ：激態錯合物的三重激發態的最低能階。

[0224] 如圖 8B 所示，激態錯合物只處於激發態，因此不容易產生激態錯合物和激態錯合物之間的激子擴散。

激態錯合物的激發能階 (S_E 、 T_E) 比發光層 430 的有機化合物 431_1 (亦即, 磷光材料的主體材料) 的激發能階 (S_{PH} 、 T_{PH}) 低, 因此不發生從激態錯合物向有機化合物 431_1 的能量擴散。同樣地, 也不發生從激態錯合物向有機化合物 431_2 的能量擴散。就是說, 在磷光發光層 (發光層 430) 中, 激態錯合物的激子擴散距離短, 因此可以保持磷光發光層 (發光層 430) 的發光效率。即使磷光發光層 (發光層 430) 的激態錯合物的三重激發能的一部分藉由螢光發光層 (發光層 420) 和磷光發光層 (發光層 430) 的介面擴散到螢光發光層 (發光層 420) 中, 也由於該擴散所引起的螢光發光層 (發光層 420) 的三重激發能利用 TTA 發光而可以減少能量損失。

[0225] 如上所述, 在發光元件 452 中, 藉由在發光層 430 中利用 ExTET 且在發光層 420 中利用 TTA 減少能量損失, 由此可以實現發光效率高的發光元件。此外, 如發光元件 452 所示, 當採用發光層 420 與發光層 430 彼此接觸的結構時, 可以在減少上述能量損失的同時減少 EL 層 400 中的層的個數。因此, 可以實現製造成本少的發光元件。

[0226] 另外, 也可以採用發光層 420 不與發光層 430 接觸的結構。此時, 可以防止從在發光層 430 中生成的有機化合物 431_1、有機化合物 431_2 或客體材料 432 (磷光材料) 的激發態到發光層 420 中的主體材料 421 或客體材料 422 (螢光材料) 的利用德克斯特 (Dexter) 機制的

能量轉移（尤其是，三重態能量轉移）。因此，設置在發光層 420 與發光層 430 之間的層只要具有幾 nm 左右的厚度即可。

[0227] 設置在發光層 420 與發光層 430 之間的層既可以只包含一個材料，又可以包含電洞傳輸性材料和電子傳輸性材料。當上述層只包含一個材料時，也可以使用雙極性材料。在此，雙極性材料是指電子和電洞的移動率比例為 100 以下的材料。也可以使用電洞傳輸性材料或電子傳輸性材料等。或者，其中的至少一個也可以使用與發光層 430 的主體材料（有機化合物 431_1 或有機化合物 431_2）相同的材料形成。由此，發光元件的製造變得容易，並且可以降低驅動電壓。再者，也可以使用電洞傳輸性材料和電子傳輸性材料形成激態錯合物，此時可以有效地抑制激子的擴散。明確而言，可以防止從發光層 430 的主體材料（有機化合物 431_1 或有機化合物 431_2）或客體材料 432（磷光材料）的激發態到發光層 420 的主體材料 421 或客體材料 422（螢光材料）的能量轉移。

[0228] 在發光元件 452 中，載子的再結合區域較佳為具有一定程度的分佈。為此，在發光層 420 或發光層 430 中較佳為具有適當的載子俘獲性，尤其是，發光層 430 中的客體材料 432（磷光材料）較佳為具有電子俘獲性。另外，較佳為發光層 420 包含的客體材料 422（螢光材料）具有電洞俘獲性。

[0229] 另外，較佳為採用如下結構：與來自發光層

430 的發光的峰值相比，來自發光層 420 的發光的峰值更靠近短波長一側。使用呈現短波長的發光的磷光材料的發光元件有亮度劣化快的趨勢。於是，藉由作為短波長的發光採用螢光發光可以提供一種亮度劣化小的發光元件。

[0230] 另外，藉由使發光層 420 和發光層 430 發射彼此不同的發光波長的光，可以實現多色發光的元件。此時，由於合成具有不同的發光峰值的光，因此發射光譜成為具有至少兩個峰值的發射光譜。

[0231] 另外，上述結構適合用來獲得白色發光。藉由使發光層 420 與發光層 430 的光為互補色的關係，可以獲得白色發光。

[0232] 另外，藉由將發光波長不同的多個發光材料用於發光層 420，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，也可以將發光層 420 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材料。

[0233]

<能夠用於發光層的材料>

下面，對可用於發光層 420 及發光層 430 的材料進行說明。

[0234]

<<能夠用於發光層 420 的材料>>

在發光層 420 中，主體材料 421 的重量比最大，客體材料 422（螢光材料）分散在主體材料 421 中。較佳為主

體材料 421 的 S1 能階比客體材料 422（螢光材料）的 S1 能階高，主體材料 421 的 T1 能階比客體材料 422（螢光材料）的 T1 能階低。

[0235]

《能夠用於發光層 430 的材料》

在發光層 430 中，主體材料（有機化合物 431_1 或有機化合物 431_2）的重量比最大，客體材料 432（磷光材料）分散在主體材料（有機化合物 431_1 及有機化合物 431_2）中。發光層 430 的主體材料（有機化合物 431_1 及有機化合物 431_2）的 T1 能階較佳為高於發光層 420 的客體材料 422（螢光材料）的 T1 能階。

[0236] 作為主體材料（有機化合物 431_1 及有機化合物 431_2）、客體材料 432（磷光材料），可以使用作為圖 7A 和圖 7B 中的發光元件 450 說明的有機化合物 431_1 及有機化合物 431_2、客體材料 432。

[0237] 另外，發光層 420 及發光層 430 可以藉由蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗佈法、凹版印刷等的方法形成。

[0238] 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

[0239]

實施方式 4

在本實施方式中，參照圖 9A 和圖 9B 說明包括本發明的一個實施方式的發光元件的顯示裝置。

[0240] 注意，圖 9A 是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的方塊圖，圖 9B 是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置所包括的像素電路的電路圖。

[0241]

<關於顯示裝置的說明>

圖 9A 所示的顯示裝置包括：具有顯示元件的像素的區域（以下稱為像素部 802）；配置在像素部 802 外側並具有用來驅動像素的電路的電路部（以下稱為驅動電路部 804）；具有保護元件的功能的電路（以下稱為保護電路 806）；以及端子部 807。此外，也可以不設置保護電路 806。

[0242] 驅動電路部 804 的一部分或全部較佳為與像素部 802 形成在同一基板上。由此，可以減少構件的數量或端子的數量。當驅動電路部 804 的一部分或全部不與像素部 802 形成在同一基板上時，驅動電路部 804 的一部分或全部可以藉由 COG 或 TAB（Tape Automated Bonding：捲帶自動接合）安裝。

[0243] 像素部 802 包括用來驅動配置為 X 行（X 為 2 以上的自然數）Y 列（Y 為 2 以上的自然數）的多個顯示元件的電路（以下稱為像素電路 801），驅動電路部 804 包括輸出選擇像素的信號（掃描信號）的電路（以下稱為掃描線驅動電路 804a）以及用來供應用於驅動像素的顯示元件的信號（資料信號）的電路（以下稱為信號線驅動電路 804b）等驅動電路。

[0244] 掃描線驅動電路 804a 具有移位暫存器等。掃描線驅動電路 804a 藉由端子部 807 被輸入用來驅動移位暫存器的信號並輸出信號。例如，掃描線驅動電路 804a 被輸入起動脈衝信號、時脈信號等並輸出脈衝信號。掃描線驅動電路 804a 具有控制被供應掃描信號的佈線（以下稱為掃描線 GL_1 至 GL_X）的電位的功能。另外，也可以設置多個掃描線驅動電路 804a，並藉由多個掃描線驅動電路 804a 分別控制掃描線 GL_1 至 GL_X。或者，掃描線驅動電路 804a 具有能夠供應初始化信號的功能。但是，不侷限於此，掃描線驅動電路 804a 也可以供應其他信號。

[0245] 信號線驅動電路 804b 具有移位暫存器等。信號線驅動電路 804b 藉由端子部 807 被輸入用來驅動移位暫存器的信號和從其中得出資料信號的信號（影像信號）。信號線驅動電路 804b 具有根據影像信號生成寫入到像素電路 801 的資料信號的功能。此外，信號線驅動電路 804b 具有響應於由於起動脈衝信號、時脈信號等的輸入產生的脈衝信號而控制資料信號的輸出的功能。另外，信號線驅動電路 804b 具有控制被供應資料信號的佈線（以下稱為資料線 DL_1 至 DL_Y）的電位的功能。或者，信號線驅動電路 804b 具有能夠供應初始化信號的功能。但是，不侷限於此，信號線驅動電路 804b 可以供應其他信號。

[0246] 信號線驅動電路 804b 例如使用多個類比開關

等來構成。信號線驅動電路 804b 藉由依次使多個類比開關開啟而可以輸出對影像信號進行時間分割所得到的信號作為資料信號。此外，也可以使用移位暫存器等構成信號線驅動電路 804b。

[0247] 脈衝信號及資料信號分別藉由被供應掃描信號的多個掃描線 GL 之一及被供應資料信號的多個資料線 DL 之一被輸入到多個像素電路 801 中的每一個。另外，多個像素電路 801 的每一個藉由掃描線驅動電路 804a 來控制資料信號的寫入及保持。例如，對第 m 行第 n 列的像素電路 801，藉由掃描線 GL_m (m 是 X 以下的自然數) 從掃描線驅動電路 804a 對第 m 行第 n 列的像素電路 801 輸入脈衝信號，並根據掃描線 GL_m 的電位而藉由資料線 DL_n (n 是 Y 以下的自然數) 從信號線驅動電路 804b 輸入資料信號。

[0248] 圖 9A 所示的保護電路 806 例如連接於作為掃描線驅動電路 804a 和像素電路 801 之間的佈線的掃描線 GL。或者，保護電路 806 連接於作為信號線驅動電路 804b 和像素電路 801 之間的佈線的資料線 DL。或者，保護電路 806 可以連接於掃描線驅動電路 804a 和端子部 807 之間的佈線。或者，保護電路 806 可以連接於信號線驅動電路 804b 和端子部 807 之間的佈線。此外，端子部 807 是指設置有用來從外部的電路對顯示裝置輸入電源、控制信號及影像信號的端子的部分。

[0249] 保護電路 806 是在對與其連接的佈線供應一

定範圍之外的電位時使該佈線與其他佈線之間導通的電路。

[0250] 如圖 9A 所示，藉由分別對像素部 802 和驅動電路部 804 設置保護電路 806，可以提高顯示裝置對因 ESD（Electro Static Discharge：靜電放電）等而產生的過電流的耐性。但是，保護電路 806 的結構不侷限於此，例如，也可以採用將掃描線驅動電路 804a 與保護電路 806 連接的結構或將信號線驅動電路 804b 與保護電路 806 連接的結構。或者，也可以採用將端子部 807 與保護電路 806 連接的結構。

[0251] 另外，雖然在圖 9A 中示出由掃描線驅動電路 804a 和信號線驅動電路 804b 形成驅動電路部 804 的例子，但不侷限於此。例如，也可以只形成掃描線驅動電路 804a 並安裝形成有另外準備的信號線驅動電路的基板（例如，由單晶半導體膜或多晶半導體膜形成的驅動電路基板）。

[0252]

<像素電路的結構實例>

圖 9A 所示的多個像素電路 801 例如可以採用圖 9B 所示的結構。

[0253] 圖 9B 所示的像素電路 801 包括電晶體 852、854、電容器 862 以及發光元件 872。

[0254] 電晶體 852 的源極電極和汲極電極中的一個電連接於被供應資料信號的佈線（資料線 DL_n）。並

且，電晶體 852 的閘極電極電連接於被供應閘極信號的佈線（掃描線 GL_m）。

[0255] 電晶體 852 具有控制資料信號的寫入的功能。

[0256] 電容器 862 的一對電極中的一個電連接於被供應電位的佈線（以下，稱為電位供應線 VL_a），另一個電連接於電晶體 852 的源極電極和汲極電極中的另一個。

[0257] 電容器 862 具有作為儲存被寫入的資料的儲存電容器的功能。

[0258] 電晶體 854 的源極電極和汲極電極中的一個電連接於電位供應線 VL_a。並且，電晶體 854 的閘極電極電連接於電晶體 852 的源極電極和汲極電極中的另一個。

[0259] 發光元件 872 的陽極和陰極中的一個電連接於電位供應線 VL_b，另一個電連接於電晶體 854 的源極電極和汲極電極中的另一個。

[0260] 作為發光元件 872，可以使用實施方式 1 至實施方式 3 所示的發光元件。

[0261] 此外，電位供應線 VL_a 和電位供應線 VL_b 中的一個被施加高電源電位 VDD，另一個被施加低電源電位 VSS。

[0262] 例如，在具有圖 9B 的像素電路 801 的顯示裝置中，藉由圖 9A 所示的掃描線驅動電路 804a 依次選擇各

行的像素電路 801，並使電晶體 852 開啟而寫入資料信號的資料。

[0263] 當電晶體 852 被關閉時，被寫入資料的像素電路 801 成為保持狀態。並且，流過電晶體 854 的源極電極與汲極電極之間的電流量根據寫入的資料信號的電位被控制，發光元件 872 以對應於流過的電流量的亮度發光。藉由按行依次進行上述步驟，可以顯示影像。

[0264] 另外，本發明的一個實施方式的發光元件可以適用於在顯示裝置的像素中包括主動元件的主動矩陣方式或在顯示裝置的像素中沒有包括主動元件的被動矩陣方式。

[0265] 在主動矩陣方式中，作為主動元件（active element，非線性元件）除電晶體外還可以使用各種主動元件（active element，非線性元件）。例如，也可以使用 MIM（Metal Insulator Metal：金屬-絕緣體-金屬）或 TFD（Thin Film Diode：薄膜二極體）等。由於這些元件的製程少，因此能夠降低製造成本或者提高良率。另外，由於這些元件的尺寸小，所以可以提高開口率，從而能夠實現低功耗或高亮度化。

[0266] 作為除了主動矩陣方式以外的方式，也可以採用不使用主動元件（active element，非線性元件）的被動矩陣型。由於不使用主動元件（active element，非線性元件），所以製程少，從而可以降低製造成本或者提高良率。另外，由於不使用主動元件（非線性元件），所以可

以提高開口率，從而能夠實現低功耗或高亮度化等。

[0267] 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

[0268]

實施方式 5

在本實施方式中，參照圖 10A 至圖 14 說明包括本發明的一個實施方式的發光元件的顯示裝置以及在該顯示裝置安裝輸入裝置的電子裝置。

[0269]

<關於觸控面板的說明 1>

注意，在本實施方式中，作為電子裝置的一個例子，對組合顯示裝置與輸入裝置的觸控面板 2000 進行說明。另外，作為輸入裝置的一個例子，對使用觸控感測器的情況進行說明。

[0270] 圖 10A 及圖 10B 是觸控面板 2000 的透視圖。另外，在圖 10A 及圖 10B 中，為了明確起見，示出觸控面板 2000 的典型的組件。

[0271] 觸控面板 2000 包括顯示裝置 2501 及觸控感測器 2595（參照圖 10B）。此外，觸控面板 2000 包括基板 2510、基板 2570 以及基板 2590。另外，基板 2510、基板 2570 以及基板 2590 都具有撓性。注意，基板 2510、基板 2570 和基板 2590 中的任一個或全部可以不具有撓性。

[0272] 顯示裝置 2501 包括基板 2510 上的多個像素

以及能夠向該像素供應信號的多個佈線 2511。多個佈線 2511 被引導在基板 2510 的外周部，其一部分構成端子 2519。端子 2519 與 FPC2509 (1) 電連接。

[0273] 基板 2590 包括觸控感測器 2595 以及與觸控感測器 2595 電連接的多個佈線 2598。多個佈線 2598 被引導在基板 2590 的外周部，其一部分構成端子。並且，該端子與 FPC2509 (2) 電連接。另外，為了明確起見，在圖 10B 中以實線示出設置在基板 2590 的背面一側（與基板 2510 相對的面一側）的觸控感測器 2595 的電極以及佈線等。

[0274] 作為觸控感測器 2595，例如可以適用電容式觸控感測器。作為電容式，可以舉出表面型電容式、投影型電容式等。

[0275] 作為投影型電容式，主要根據驅動方法的不同而分為自電容式、互電容式等。當採用互電容式時，可以同時檢測出多個點，所以是較佳的。

[0276] 注意，圖 10B 所示的觸控感測器 2595 是採用了投影型電容式觸控感測器的結構。

[0277] 另外，觸控感測器 2595 可以適用可檢測出手指等檢測物件的接近或接觸的各種感測器。

[0278] 投影型電容式觸控感測器 2595 包括電極 2591 及電極 2592。電極 2591 電連接於多個佈線 2598 之中的任何一個，而電極 2592 電連接於多個佈線 2598 之中的任何其他一個。

[0279] 如圖 10A 及圖 10B 所示，電極 2592 具有在一個方向上反復地配置的多個四邊形在角部連接的形狀。

[0280] 電極 2591 是四邊形且在與電極 2592 延伸的方向交叉的方向上反復地配置。

[0281] 佈線 2594 與其間夾著電極 2592 的兩個電極 2591 電連接。此時，電極 2592 與佈線 2594 的交叉部面積較佳為儘可能小。由此，可以減少沒有設置電極的區域的面積，從而可以降低穿透率的偏差。其結果，可以降低透過觸控感測器 2595 的光的亮度偏差。

[0282] 注意，電極 2591 及電極 2592 的形狀不侷限於此，可以具有各種形狀。例如，也可以採用如下結構：將多個電極 2591 配置為其間儘量沒有間隙，並隔著絕緣層間隔開地設置多個電極 2592，以形成不重疊於電極 2591 的區域。此時，藉由在相鄰的兩個電極 2592 之間設置與這些電極電絕緣的虛擬電極，可以減少穿透率不同的區域的面積，所以是較佳的。

[0283]

<關於顯示裝置的說明>

接著，參照圖 11A 說明顯示裝置 2501 的詳細內容。圖 11A 是沿圖 10B 中的點劃線 X1-X2 所示的部分的剖面圖。

[0284] 顯示裝置 2501 包括多個配置為矩陣狀的像素。該像素包括顯示元件以及驅動該顯示元件的像素電路。

[0285] 在以下說明中，說明將發射白色光的發光元件適用於顯示元件的例子，但是顯示元件不侷限於此。例如，也可以應用發光顏色不同的發光元件，以使各相鄰的像素的發光顏色不同。

[0286] 作為基板 2510 及基板 2570，例如，可以適當地使用水蒸氣穿透率為 $1 \times 10^{-5} \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下，較佳為 $1 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下的具有撓性的材料。或者，較佳為使用基板 2510 的熱膨脹率及基板 2570 的熱膨脹率大致相同的材料。例如，適合使用線性膨脹係數為 $1 \times 10^{-3}/\text{K}$ 以下，較佳為 $5 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下，進一步較佳為 $1 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下的材料。

[0287] 注意，基板 2510 是疊層體，其中包括防止雜質擴散到發光元件的絕緣層 2510a、撓性基板 2510b 以及貼合絕緣層 2510a 與撓性基板 2510b 的黏合層 2510c。另外，基板 2570 是疊層體，其中包括防止雜質擴散到發光元件的絕緣層 2570a、撓性基板 2570b 以及貼合絕緣層 2570a 與撓性基板 2570b 的黏合層 2570c。

[0288] 黏合層 2510c 及黏合層 2570c 例如可以使用聚酯、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、聚氨酯、環氧樹脂。或者，也可以使用矽酮等具有矽氧烷鍵的樹脂。

[0289] 此外，在基板 2510 與基板 2570 之間包括密封層 2560。密封層 2560 較佳為具有比空氣大的折射率。此外，如圖 11A 所示，當在密封層 2560 一側提取光時，

密封層 2560 可以兼作光學接合層。

[0290] 另外，可以在密封層 2560 的外周部形成密封劑。藉由使用該密封劑，可以在由基板 2510、基板 2570、密封層 2560 及密封劑圍繞的區域中配置發光元件 2550R。注意，作為密封層 2560，可以填充非活性氣體（氮或氬等）。此外，可以在該非活性氣體內設置乾燥劑而吸收水分等。另外，也可以使用紫外線硬化性樹脂或熱固性樹脂，例如可以使用 PVC(聚氯乙烯)類樹脂、丙烯酸類樹脂、聚醯亞胺類樹脂、環氧類樹脂、矽酮類樹脂、PVB(聚乙烯醇縮丁醛)類樹脂或 EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)類樹脂。另外，作為上述密封劑，例如較佳為使用環氧類樹脂或玻璃粉。此外，作為用於密封劑的材料，較佳為使用不使水分或氧透過的材料。

[0291] 另外，顯示裝置 2501 包括像素 2502R。此外，像素 2502R 包括發光模組 2580R。

[0292] 像素 2502R 包括發光元件 2550R 以及可以向該發光元件 2550R 供應電力的電晶體 2502t。注意，將電晶體 2502t 用作像素電路的一部分。此外，發光模組 2580R 包括發光元件 2550R 以及彩色層 2567R。

[0293] 發光元件 2550R 包括下部電極、上部電極以及下部電極與上部電極之間的 EL 層。作為發光元件 2550R，例如可以使用實施方式 1 至實施方式 4 所示的發光元件。

[0294] 另外，也可以在下部電極與上部電極之間採

用微腔結構，增強特定波長的光的強度。

[0295] 另外，在密封層 2560 被設置於提取光一側的情況下，密封層 2560 接觸於發光元件 2550R 及彩色層 2567R。

[0296] 彩色層 2567R 位於與發光元件 2550R 重疊的位置。由此，發光元件 2550R 所發射的光的一部分透過彩色層 2567R，而向圖中的箭頭所示的方向被射出到發光模組 2580R 的外部。

[0297] 此外，在顯示裝置 2501 中，在發射光的方向上設置遮光層 2567BM。遮光層 2567BM 以圍繞彩色層 2567R 的方式設置。

[0298] 彩色層 2567R 具有使特定波長區的光透過的功能即可，例如，可以使用使紅色波長區的光透過的濾色片、使綠色波長區的光透過的濾色片、使藍色波長區的光透過的濾色片以及使黃色波長區的光透過的濾色片等。每個濾色片可以藉由印刷法、噴墨法、利用光微影技術的蝕刻法等並使用各種材料形成。

[0299] 另外，在顯示裝置 2501 中設置有絕緣層 2521。絕緣層 2521 覆蓋電晶體 2502t。此外，絕緣層 2521 具有使起因於像素電路的凹凸平坦的功能。另外，可以使絕緣層 2521 具有能夠抑制雜質擴散的功能。由此，能夠抑制由於雜質擴散而電晶體 2502t 等的可靠性降低。

[0300] 此外，發光元件 2550R 被形成於絕緣層 2521

的上方。另外，以與發光元件 2550R 所包括的下部電極的端部重疊的方式設置分隔壁 2528。此外，可以在分隔壁 2528 上形成控制基板 2510 與基板 2570 的間隔的間隔物。

[0301] 掃描線驅動電路 2503g (1) 包括電晶體 2503t 及電容器 2503c。注意，驅動電路可以與像素電路利用同一製程形成在同一基板上。

[0302] 另外，在基板 2510 上設置有能夠供應信號的佈線 2511。此外，在佈線 2511 上設置有端子 2519。另外，FPC2509 (1) 電連接到端子 2519。此外，FPC2509 (1) 具有供應視訊信號、時脈信號、啟動信號、重設信號等的功能。另外，FPC2509(1)也可以安裝有印刷線路板 (PWB: Printed Wiring Board)。

[0303] 此外，可以將各種結構的電晶體適用於顯示裝置 2501。在圖 11A 中，雖然示出了使用底閘極型電晶體的情況，但不侷限於此，例如可以將圖 11B 所示的頂閘極型電晶體適用於顯示裝置 2501。

[0304] 另外，對電晶體 2502t 及電晶體 2503t 的極性沒有特別的限制，例如，可以使用 N 通道電晶體及 P 通道電晶體，或者可以使用 N 通道電晶體或 P 通道電晶體。此外，對用於電晶體 2502t 及 2503t 的半導體膜的結晶性也沒有特別的限制。例如，可以使用非晶半導體膜、結晶半導體膜。另外，作為半導體材料，可以使用第 13 族半導體 (例如，含有鎵的半導體)、第 14 族半導體 (例

如，含有矽的半導體)、化合物半導體(包括氧化物半導體)、有機半導體等。藉由將能隙為 2eV 以上，較佳為 2.5eV 以上，更佳為 3eV 以上的氧化物半導體用於電晶體 2502t 和電晶體 2503t 中的任一個或兩個，能夠降低電晶體的關態電流，所以是較佳的。作為該氧化物半導體，可以舉出 In-Ga 氧化物、In-M-Zn 氧化物(M 表示鋁(Al)、鎵(Ga)、釔(Y)、銩(Zr)、鐳(La)、鈾(Ce)、錫(Sn)、鈦(Hf)或釹(Nd))等。

[0305]

<關於觸控感測器的說明>

接著，參照圖 11C 說明觸控感測器 2595 的詳細內容。圖 11C 是沿圖 10B 中的點劃線 X3-X4 所示的部分的剖面圖。

[0306] 觸控感測器 2595 包括：在基板 2590 上配置為交錯形狀的電極 2591 及電極 2592；覆蓋電極 2591 及電極 2592 的絕緣層 2593；以及使相鄰的電極 2591 電連接的佈線 2594。

[0307] 電極 2591 及電極 2592 使用具有透光性的導電材料形成。作為具有透光性的導電材料，可以使用氧化銦、銦錫氧化物、銦鋅氧化物、氧化鋅、添加有鎵的氧化鋅等導電氧化物。此外，還可以使用含有石墨烯的膜。含有石墨烯的膜例如可以藉由使包含形成為膜狀的氧化石墨烯的膜還原而形成。作為還原方法，可以舉出進行加熱的方法等。

[0308] 例如，在藉由濺射法將具有透光性的導電材料形成在基板 2590 上之後，可以藉由光微影法等各種圖案形成技術去除不需要的部分來形成電極 2591 及電極 2592。

[0309] 另外，作為用於絕緣層 2593 的材料，例如除了丙烯酸樹脂、環氧樹脂等樹脂、矽酮等具有矽氧烷鍵的樹脂之外，還可以使用氧化矽、氧氮化矽、氧化鋁等無機絕緣材料。

[0310] 另外，達到電極 2591 的開口設置在絕緣層 2593 中，並且佈線 2594 與相鄰的電極 2591 電連接。由於透光導電材料可以提高觸控面板的開口率，因此可以適用於佈線 2594。另外，因為其導電性高於電極 2591 及電極 2592 的材料可以減少電阻，所以可以適用於佈線 2594。

[0311] 電極 2592 在一個方向上延伸，多個電極 2592 設置為條紋狀。此外，佈線 2594 以與電極 2592 交叉的方式設置。

[0312] 夾著一個電極 2592 設置有一對電極 2591。另外，佈線 2594 電連接一對電極 2591。

[0313] 另外，多個電極 2591 並不一定要設置在與一個電極 2592 正交的方向上，也可以設置為形成大於 0° 且小於 90° 的角。

[0314] 此外，一個佈線 2598 與電極 2591 或電極 2592 電連接。另外，將佈線 2598 的一部分用作端子。作

為佈線 2598，例如可以使用金屬材料諸如鋁、金、鉑、銀、鎳、鈦、鎢、鉻、鈾、鐵、鈷、銅或鈮等，或者包含該金屬材料的合金材料。

[0315] 另外，藉由設置覆蓋絕緣層 2593 及佈線 2594 的絕緣層，可以保護觸控感測器 2595。

[0316] 此外，連接層 2599 電連接佈線 2598 與 FPC2509 (2)。

[0317] 作為連接層 2599，可以使用異方性導電膜 (ACF: Anisotropic Conductive Film) 或異方性導電膏 (ACP: Anisotropic Conductive Paste) 等。

[0318]

<關於觸控面板的說明 2>

接著，參照圖 12A 說明觸控面板 2000 的詳細內容。圖 12A 是沿圖 10A 中的點劃線 X5-X6 所示的部分的剖面圖。

[0319] 圖 12A 所示的觸控面板 2000 是將圖 11A 所說明的顯示裝置 2501 與圖 11C 所說明的觸控感測器 2595 貼合在一起的結構。

[0320] 另外，圖 12A 所示的觸控面板 2000 除了圖 11A 及圖 11C 所說明的結構之外還包括黏合層 2597 及防反射層 2567p。

[0321] 黏合層 2597 以與佈線 2594 接觸的方式設置。注意，黏合層 2597 以使觸控感測器 2595 重疊於顯示裝置 2501 的方式將基板 2590 貼合到基板 2570。此外，

黏合層 2597 較佳為具有透光性。另外，作為黏合層 2597，可以使用熱固性樹脂或紫外線硬化性樹脂。例如，可以使用丙烯酸類樹脂、氨基酯類樹脂、環氧類樹脂或矽氧烷類樹脂。

[0322] 防反射層 2567p 設置在重疊於像素的位置上。作為防反射層 2567p，例如可以使用圓偏光板。

[0323] 接著，參照圖 12B 對與圖 12A 所示的結構不同的結構的觸控面板進行說明。

[0324] 圖 12B 是觸控面板 2001 的剖面圖。圖 12B 所示的觸控面板 2001 與圖 12A 所示的觸控面板 2000 的不同之處是相對於顯示裝置 2501 的觸控感測器 2595 的位置。在這裡對不同的結構進行詳細的說明，而對可以使用同樣的結構的部分援用觸控面板 2000 的說明。

[0325] 彩色層 2567R 位於與發光元件 2550R 重疊的位置。此外，圖 12B 所示的發光元件 2550R 將光射出到設置有電晶體 2502t 的一側。由此，發光元件 2550R 所發射的光的一部分透過彩色層 2567R，而向圖 12B 中的箭頭所示的方向被射出到發光模組 2580R 的外部。

[0326] 另外，觸控感測器 2595 被設置於顯示裝置 2501 的基板 2510 一側。

[0327] 黏合層 2597 位於基板 2510 與基板 2590 之間，並將顯示裝置 2501 和觸控感測器 2595 貼合在一起。

[0328] 如圖 12A 及圖 12B 所示，從發光元件射出的光可以藉由基板 2510 和基板 2570 中的任一方或兩雙被射

出。

[0329]

<關於觸控面板的驅動方法的說明>

接著，參照圖 13A 及圖 13B 對觸控面板的驅動方法的一個例子進行說明。

[0330] 圖 13A 是示出互電容式觸控感測器的結構的方塊圖。在圖 13A 中，示出脈衝電壓輸出電路 2601、電流檢測電路 2602。另外，在圖 13A 中，以 X1 至 X6 的六個佈線表示被施加有脈衝電壓的電極 2621，並以 Y1 至 Y6 的六個佈線表示檢測電流的變化的電極 2622。此外，圖 13A 示出由於使電極 2621 與電極 2622 重疊而形成的電容器 2603。注意，電極 2621 與電極 2622 的功能可以互相調換。

[0331] 脈衝電壓輸出電路 2601 是用來依次將脈衝電壓施加到 X1 至 X6 的佈線的電路。藉由對 X1 至 X6 的佈線施加脈衝電壓，在形成電容器 2603 的電極 2621 與電極 2622 之間產生電場。藉由利用該產生於電極之間的電場由於被遮蔽等而使電容器 2603 的互電容產生變化，可以檢測出被檢測體的接近或接觸。

[0332] 電流檢測電路 2602 是用來檢測電容器 2603 的互電容變化所引起的 Y1 至 Y6 的佈線的電流變化的電路。在 Y1 至 Y6 的佈線中，如果沒有被檢測體的接近或接觸，所檢測的電流值則沒有變化，而另一方面，在由於所檢測的被檢測體的接近或接觸而互電容減少的情況下，

檢測到電流值減少的變化。另外，藉由積分電路等檢測電流即可。

[0333] 接著，圖 13B 示出圖 13A 所示的互電容式觸控感測器中的輸入/輸出波形的時序圖。在圖 13B 中，在一個圖框期間進行各行列中的被檢測體的檢測。另外，在圖 13B 中，示出沒有檢測出被檢測體（未觸摸）和檢測出被檢測體（觸摸）的兩種情況。此外，圖 13B 示出對應於 Y1 至 Y6 的佈線所檢測出的電流值的電壓值的波形。

[0334] 依次對 X1 至 X6 的佈線施加脈衝電壓，Y1 至 Y6 的佈線的波形根據該脈衝電壓變化。當沒有被檢測體的接近或接觸時，Y1 至 Y6 的波形對應於 X1 至 X6 的佈線的電壓變化而同樣地變化。另一方面，在有被檢測體接近或接觸的部位電流值減少，因而與其相應的電壓值的波形也產生變化。

[0335] 如此，藉由檢測互電容的變化，可以檢測出被檢測體的接近或接觸。

[0336]

<關於感測器電路的說明>

另外，作為觸控感測器，圖 13A 雖然示出在佈線的交叉部只設置電容器 2603 的被動矩陣型觸控感測器的結構，但是也可以採用包括電晶體和電容器的主動矩陣型觸控感測器。圖 14 示出主動矩陣型觸控感測器所包括的感測器電路的一個例子。

[0337] 圖 14 所示的感測器電路包括電容器 2603、電

晶體 2611、電晶體 2612 及電晶體 2613。

[0338] 對電晶體 2613 的閘極施加信號 G2，對源極和汲極中的一個施加電壓 VRES，並且另一個與電容器 2603 的一個電極及電晶體 2611 的閘極電連接。電晶體 2611 的源極和汲極中的一個與電晶體 2612 的源極和汲極中的一個電連接，對另一個施加電壓 VSS。對電晶體 2612 的閘極施加信號 G1，源極和汲極中的另一個與佈線 ML 電連接。對電容器 2603 的另一個電極施加電壓 VSS。

[0339] 接下來，對圖 14 所述的感測器電路的工作進行說明。首先，藉由作為信號 G2 施加使電晶體 2613 成為開啟狀態的電位，與電晶體 2611 的閘極連接的節點 n 被施加對應於電壓 VRES 的電位。接著，藉由作為信號 G2 施加使電晶體 2613 成為關閉狀態的電位，節點 n 的電位被保持。

[0340] 接著，由於手指等被檢測體的接近或接觸，電容器 2603 的互電容產生變化，而節點 n 的電位隨其由 VRES 變化。

[0341] 在讀出工作中，作為信號 G1 施加使電晶體 2612 成為開啟狀態的電位。流過電晶體 2611 的電流，亦即，流過佈線 ML 的電流根據節點 n 的電位而產生變化。藉由檢測該電流，可以檢測出被檢測體的接近或接觸。

[0342] 在電晶體 2611、電晶體 2612 及電晶體 2613 中，較佳為將氧化物半導體層用於形成有其通道區的半導體層。尤其是藉由將這種電晶體用於電晶體 2613，能夠

長期間保持節點 n 的電位，由此可以減少對節點 n 再次供應 V_{RES} 的工作（更新工作）的頻率。

[0343] 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

[0344]

實施方式 6

在本實施方式中，參照圖 15 至圖 16G 對包括本發明的一個實施方式的發光元件的顯示模組及電子裝置進行說明。

[0345]

<關於顯示模組的說明>

圖 15 所示的顯示模組 8000 在上蓋 8001 與下蓋 8002 之間包括連接於 FPC8003 的觸控感測器 8004、連接於 FPC8005 的顯示裝置 8006、框架 8009、印刷電路板 8010、電池 8011。

[0346] 例如可以將本發明的一個實施方式的發光元件用於顯示裝置 8006。

[0347] 上蓋 8001 及下蓋 8002 可以根據觸控感測器 8004 及顯示裝置 8006 的尺寸可以適當地改變形狀或尺寸。

[0348] 觸控感測器 8004 能夠是電阻膜式觸控感測器或電容式觸控感測器，並且能夠被形成為與顯示裝置 8006 重疊。此外，也可以使顯示裝置 8006 的相對基板（密封基板）具有觸控感測器的功能。另外，也可以在顯

示裝置 8006 的各像素內設置光感測器，而形成光學觸控感測器。

[0349] 框架 8009 除了具有保護顯示裝置 8006 的功能以外還具有用來遮斷因印刷電路板 8010 的工作而產生的電磁波的電磁屏蔽的功能。此外，框架 8009 也可以具有作為散熱板的功能。

[0350] 印刷電路板 8010 具有電源電路以及用來輸出視訊信號及時脈信號的信號處理電路。作為對電源電路供應電力的電源，既可以採用外部的商業電源，又可以採用另行設置的電池 8011 的電源。當使用商業電源時，可以省略電池 8011。

[0351] 此外，在顯示模組 8000 中還可以追加設置偏光板、相位差板、稜鏡片等構件。

[0352]

<關於電子裝置的說明>

圖 16A 至圖 16G 是示出電子裝置的圖。這些電子裝置可以包括外殼 9000、顯示部 9001、揚聲器 9003、操作鍵 9005（包括電源開關或操作開關）、連接端子 9006、感測器 9007（它具有測量如下因素的功能：力、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉速、距離、光、液、磁、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電力、輻射線、流量、濕度、傾斜度、振動、氣味或紅外線）、麥克風 9008 等。

[0353] 圖 16A 至圖 16G 所示的電子裝置可以具有各

種功能。例如，可以具有如下功能：將各種資訊（靜態影像、動態影像、文字影像等）顯示在顯示部上的功能；觸控感測器的功能；顯示日曆、日期或時間等的功能；藉由利用各種軟體（程式）控制處理的功能；進行無線通訊的功能；藉由利用無線通訊功能來連接到各種電腦網路的功能；藉由利用無線通訊功能，進行各種資料的發送或接收的功能；讀出儲存在存儲介質中的程式或資料來將其顯示在顯示部上的功能；等。注意，圖 16A 至圖 16G 所示的電子裝置可具有的功能不侷限於上述功能，而可以具有各種功能。另外，雖然在圖 16A 至圖 16G 中未圖示，但是電子裝置可以包括多個顯示部。此外，也可以在該電子裝置中設置照相機等而使其具有如下功能：拍攝靜態影像的功能；拍攝動態影像的功能；將所拍攝的影像儲存在存儲介質（外部存儲介質或內置於照相機的存儲介質）中的功能；將所拍攝的影像顯示在顯示部上的功能；等。

[0354] 下面，詳細地說明圖 16A 至圖 16G 所示的電子裝置。

[0355] 圖 16A 是示出可攜式資訊終端 9100 的透視圖。可攜式資訊終端 9100 所包括的顯示部 9001 具有撓性。因此，可以沿著所彎曲的外殼 9000 的彎曲面組裝顯示部 9001。另外，顯示部 9001 具備觸控感測器，而可以用手指或觸控筆等觸摸螢幕來進行操作。例如，藉由觸摸顯示於顯示部 9001 上的圖示，可以啟動應用程式。

[0356] 圖 16B 是示出可攜式資訊終端 9101 的透視

圖。可攜式資訊終端 9101 例如具有電話機、電子筆記本和資訊閱讀裝置等中的一種或多種的功能。明確而言，可以將其用作智慧手機。注意，揚聲器 9003、連接端子 9006、感測器 9007 等在可攜式資訊終端 9101 中未圖示，但可以設置在與圖 16A 所示的可攜式資訊終端 9100 同樣的位置上。另外，可攜式資訊終端 9101 可以將文字或影像資訊顯示在其多個面上。例如，可以將三個操作按鈕 9050（還稱為操作圖示或簡稱為圖示）顯示在顯示部 9001 的一個面上。另外，可以將由虛線矩形表示的資訊 9051 顯示在顯示部 9001 的另一個面上。此外，作為資訊 9051 的一個例子，有提醒收到電子郵件、SNS(Social Networking Services：社交網路服務)、電話等的顯示；電子郵件或 SNS 等的標題；電子郵件或 SNS 等的發送者名字；日期；時間；電池電量；天線接收強度等。或者，可以在顯示有資訊 9051 的位置上顯示操作按鈕 9050 等代替資訊 9051。

[0357] 圖 16C 是示出可攜式資訊終端 9102 的透視圖。可攜式資訊終端 9102 具有將資訊顯示在顯示部 9001 的三個以上的面上的功能。在此，示出資訊 9052、資訊 9053、資訊 9054 分別顯示於不同的面上的例子。例如，可攜式資訊終端 9102 的使用者能夠在將可攜式資訊終端 9102 放在上衣口袋裡的狀態下確認其顯示（這裡是資訊 9053）。明確而言，將打來電話的人的電話號碼或姓名等顯示在能夠從可攜式資訊終端 9102 的上方觀看這些資訊

的位置。使用者可以確認到該顯示而無需從口袋裡拿出可攜式資訊終端 9102，由此能夠判斷是否接電話。

[0358] 圖 16D 是示出手錶型可攜式資訊終端 9200 的透視圖。可攜式資訊終端 9200 可以執行行動電話、電子郵件、文章的閱讀及編輯、音樂播放、網路通訊、電腦遊戲等各種應用程式。此外，顯示部 9001 的顯示面被彎曲，能夠在所彎曲的顯示面上進行顯示。另外，可攜式資訊終端 9200 可以進行被通訊標準化的近距離無線通訊。例如，藉由與可進行無線通訊的耳麥相互通訊，可以進行免提通話。此外，可攜式資訊終端 9200 包括連接端子 9006，可以藉由連接器直接與其他資訊終端進行資料的交換。另外，也可以藉由連接端子 9006 進行充電。此外，充電工作也可以利用無線供電進行，而不藉由連接端子 9006。

[0359] 圖 16E 至圖 16G 是示出能夠折疊的可攜式資訊終端 9201 的透視圖。另外，圖 16E 是展開狀態的可攜式資訊終端 9201 的透視圖，圖 16F 是從展開狀態和折疊狀態中的一個狀態變為另一個狀態的中途的狀態的可攜式資訊終端 9201 的透視圖，圖 16G 是折疊狀態的可攜式資訊終端 9201 的透視圖。可攜式資訊終端 9201 在折疊狀態下可攜性好，在展開狀態下因為具有無縫拼接的較大的顯示區域而其顯示的一覽性優異。可攜式資訊終端 9201 所包括的顯示部 9001 由鉸鏈 9055 所連接的三個外殼 9000 來支撐。藉由鉸鏈 9055 使兩個外殼 9000 之間彎折，可以

從可攜式資訊終端 9201 的展開狀態可逆性地變為折疊狀態。例如，可以以 1mm 以上且 150mm 以下的曲率半徑使可攜式資訊終端 9201 彎曲。

[0360] 本實施方式所示的電子裝置的特徵在於具有用來顯示某些資訊的顯示部。注意，根據本發明的一個實施方式的發光元件也可以應用於不包括顯示部的電子裝置。另外，雖然在本實施方式中示出了電子裝置的顯示部具有撓性且可以在所彎曲的顯示面上進行顯示的結構或能夠使其顯示部折疊的結構，但不侷限於此，也可以採用不具有撓性且在平面部上進行顯示的結構。

[0361] 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

[0362]

實施方式 7

在本實施方式中，參照圖 17 說明應用包括本發明的一個實施方式的發光元件的發光裝置的照明設備的一個例子。

[0363] 圖 17 是將發光元件用於室內照明設備 8501 的例子。另外，因為發光元件可以實現大面積化，所以也可以形成大面積的照明設備。此外，也可以藉由使用具有曲面的外殼來形成發光區域具有曲面的照明設備 8502。本實施方式所示的發光元件為薄膜狀，所以外殼的設計的彈性高。因此，可以形成能夠對應各種設計的照明設備。並且，室內的牆面也可以設置有大型的照明設備 8503。

也可以在照明設備 8501、照明設備 8502、照明設備 8503 中設置觸控感測器，啟動或關閉電源。

[0364] 另外，藉由將發光元件用於桌子的表面一側，可以提供具有桌子的功能的照明設備 8504。此外，藉由將發光元件用於其他家具的一部分，可以提供具有家具的功能的照明設備。

[0365] 如上所述，可以得到應用發光元件的各種各樣的照明設備。另外，這種照明設備包括在本發明的一個實施方式中。

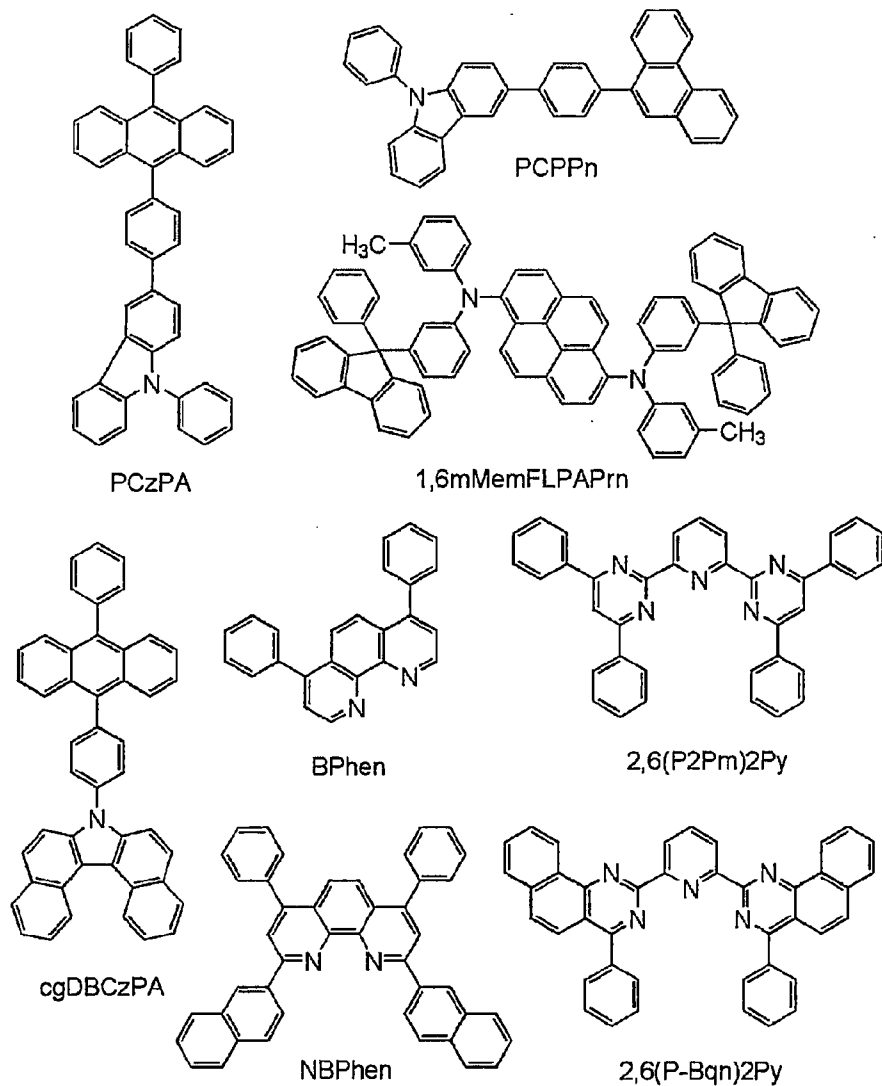
[0366] 另外，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

實施例 1

[0367] 在本實施例中，製造了元件結構互不相同的 8 種發光元件。該 8 種發光元件包括：電子傳輸層所使用的材料互不相同的四種發光元件；以及與上述四種發光元件相比僅電洞傳輸層所使用的材料不同的四種發光元件。另外，參照圖 18 對發光元件 1 至發光元件 8 的製造進行說明。以下示出本實施例所使用的材料的化學式。

[0368]

[化 1]



[0369]

《發光元件 1 至發光元件 8 的製造》

首先，在玻璃基板 900 上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物 (ITO) 的膜，由此形成被用作陽極的第一電極 901。另外，將厚度設定為 70nm，並且將電極面積設定為 2mm×2mm。

[0370] 接著，作為用來在基板 900 上形成發光元件的預處理，使用水對基板表面進行洗滌，並以 200℃ 進行

1 小時的焙燒，然後進行 370 秒鐘的 UV 臭氧處理。

[0371] 然後，將基板放入到其內部被減壓到 1×10^{-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 900 進行 30 分鐘左右的冷卻。

[0372] 接著，以使形成有第一電極 901 的面朝下的方式將基板 900 固定到設置於真空蒸鍍裝置內的支架。在本實施例中，藉由真空蒸鍍法依次形成構成 EL 層 902 的電洞注入層 911、電洞傳輸層 912、發光層 913、電子傳輸層 914 及電子注入層 915。

[0373] 在將真空裝置內減壓至 1×10^{-4} Pa 之後，在發光元件 1 至發光元件 4 的製造中，將 3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑（簡稱:PCPPn）與氧化鋁以 PCPPn:氧化鋁=4:2（重量比）的方式進行共蒸鍍，並在第一電極 901 上形成電洞注入層 911。膜厚度為 10nm。另外，作為發光元件 5 至發光元件 8，以 PCzPA:氧化鋁=4:2（重量比）的方式共蒸鍍 9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（簡稱:PCzPA）與氧化鋁，在第一電極 901 上形成電洞注入層 911。膜厚度為 10nm。共蒸鍍是指將多個不同的物質分別從不同的蒸發源同時蒸發的蒸鍍法。

[0374] 接著，在發光元件 1 至發光元件 4 的製造中，在電洞注入層 911 上蒸鍍 30nm 厚的 PCPPn 形成電洞傳輸層 912。另外，作為發光元件 5 至發光元件 8，在電洞注入層 911 上蒸鍍 30nm 厚的 PCzPA 形成電洞傳輸層

912。

[0375] 接著，在電洞傳輸層 912 上以 cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn=1:0.03（重量比）的方式共蒸鍍 7-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-7H-二苯并[c,g]呋啞（簡稱:cgDBCzPA）、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）來形成發光層 913。另外，膜厚度為 25nm。

[0376] 接著，在發光元件 1 及發光元件 5 的製造中，在發光層 913 上蒸鍍 25nm 厚的紅啡啉（簡稱:BPhen）形成電子傳輸層 914。另外，在發光元件 2 及發光元件 6 的製造中，在發光層 913 上蒸鍍 25nm 厚的 2,2'-（吡啶-2,6-二基）雙（4,6-二苯基嘧啶）（簡稱:2,6(P2Pm)2Py）形成電子傳輸層 914。另外，在發光元件 3 及發光元件 7 的製造中，在發光層 913 上蒸鍍 25nm 厚的 2,9-雙（萘-2-基）-4,7-二苯基-1,10-啡啉（簡稱:NBPhen）形成電子傳輸層 914。另外，在發光元件 4 及發光元件 8 的製造中，在發光層 913 上蒸鍍 25nm 厚的 2,2'-（吡啶-2,6-二基）雙（4-苯基苯并[h]喹啞啉）（簡稱:2,6(P-Bqn)2Py）形成電子傳輸層 914。

[0377] 並且，在電子傳輸層 914 上以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰來形成電子注入層 915。

[0378] 最後，在電子注入層 915 上以厚度為 200nm 的方式蒸鍍鋁來形成被用作陰極的第二電極 903，以得到

發光元件 1 至發光元件 8。另外，在上述蒸鍍過程中，作為蒸鍍都採用電阻加熱法。

[0379] 表 1 示出藉由上述步驟得到的發光元件 1 至發光元件 8 的元件結構。

[0380]

[表1]

	第一電極	空穴注入層	空穴傳輸層	發光層	電子傳輸層	電子注入層	第二電極
發光元件1	ITO (70nm)	PCPPn MoOx (4.2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	Bphen (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件2	ITO (70nm)	PCPPn MoOx (4.2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	2,6(P2Pm)2Py (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件3	ITO (70nm)	PCPPn MoOx (4.2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	NBPhen (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件4	ITO (70nm)	PCPPn MoOx (4.2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	2,6(P-Bqn)2Py (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件5	ITO (70nm)	PCzPA MoOx (4.2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	Bphen (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件6	ITO (70nm)	PCzPA MoOx (4.2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	2,6(P2Pm)2Py (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件7	ITO (70nm)	PCzPA MoOx (4.2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	NBPhen (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件8	ITO (70nm)	PCzPA MoOx (4.2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	2,6(P-Bqn)2Py (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPm (1:0.03 25nm)

[0381] 另外，將製造出的發光元件 1 至發光元件 8 以不暴露於大氣的方式密封於氮氛圍的手套箱內（將密封劑塗佈於元件的周圍，並在密封時進行 UV 處理及 80℃ 下的 1 小時的加熱處理）。另外，為了進行如下測定將各發

光元件各製造了四個。

[0382]

《發光元件 1 至發光元件 8 的特性》

利用皮秒螢光壽命測量系統（日本濱松光子學公司製造）對製造的發光元件 1 至發光元件 8（各四個）進行了測定。在本測量中，為了測量發光元件中的螢光發光的壽命，對發光元件施加矩形脈衝電壓，並且使用條紋攝影機對在電壓下降後衰減的發光進行時間分辨測量。脈衝電壓以 10Hz 的頻率施加，並且藉由將反復測定的資料累計起來獲得 S/N 比例高的資料。另外，在如下條件下進行了測定：室溫（300K）；脈衝電壓為 3V 左右；脈衝時間寬度為 100μsec；負偏壓為 -5V；測定時間範圍為 50μsec。

[0383] 利用下述公式（f1）擬合出了示出由測定得到的過渡螢光特性的衰減曲線。

[0384]

$$L = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right) \quad (f1)$$

[0385] 在公式（f1）中，L 表示正規化的發光強度，t 表示經過時間。

[0386] 可以以 n 為 1 和 2 的條件對藉由測定得到的衰減曲線進行擬合。另外，可知發光元件 1 至發光元件 8 不僅包含螢光成分還包含延遲螢光成分。另外，延遲螢光成分是指脈衝電壓 OFF 後，亦即，停止對發光層注入載子後測出的螢光發光。測出延遲螢光成分說明在發光元件的 EL 層中發生了三重態-三重態消滅（TTA）。另外，延

遲螢光成分比率是指脈衝電壓 ON 時的發光元件的螢光發光強度與脈衝電壓 OFF 後的發光元件的螢光發光強度的比率，亦即，不斷地對發光層注入載子時的發光元件的螢光發光強度與停止注入載子後的發光元件的螢光發光強度的比率。下面的表 2 示出發光元件 1 至發光元件 8 的延遲螢光成分比率。

[0387] 另外，測定發光元件 1 至發光元件 8 的發光特性並求出外部量子效率。另外，這裡求出的各發光元件的外部量子效率是藉由如下方式得到的值：將基板旋轉-80 度至 80 度測定發光的視角依賴性並考慮了 EL 發光的配光特性。下述表 2 示出結果。另外，測量在室溫下（在保持於 25℃ 的氛圍中）進行。

[0388]

[表2]

	延遲螢光成分比率(%)	外部量子效率(%)	脈衝電壓(V)
發光元件1	12.3	8.97	3.15
	12.5	9.04	3.10
	12.1	9.17	3.10
	10.9	9.02	3.10
發光元件2	13.7	9.12	3.10
	12.0	9.21	3.10
	13.0	9.17	3.10
	14.0	9.23	3.10
發光元件3	18.1	9.37	3.15
	16.2	9.79	3.15
	17.4	9.76	3.15
	18.2	9.72	3.15
發光元件4	20.7	9.66	3.20
	20.4	9.76	3.20
	19.5	9.55	3.20
	20.9	9.33	3.20
發光元件5	8.8	7.71	3.00
	7.7	7.83	3.00
	6.8	7.91	3.05
	6.6	7.84	2.95
發光元件6	7.3	7.83	3.00
	7.1	7.92	3.00
	8.7	8.02	3.05
	7.7	7.96	3.00
發光元件7	10.1	7.91	3.00
	10.2	8.29	3.05
	9.4	8.34	3.05
	11.1	8.23	3.05
發光元件8	12.5	8.09	3.20
	12.0	8.13	3.15
	12.4	8.09	3.20
	13.4	7.87	3.20

[0389] 另外，表 3 示出發光元件 1 至發光元件 8 的電子傳輸層所使用的材料的 LUMO 能階。LUMO 能階是藉由各材料在 N,N-二甲基甲醯胺（簡稱:DMF）溶劑中的循環伏安法測定估算的。

[0390]

[表3]

	電子 傳輸層	LUMO能級 (eV)
發光元件1、5	Bphen	-2.63
發光元件2、6	2,6(P2Pm)2Py	-2.78
發光元件3、7	NBPhen	-2.83
發光元件4、8	2,6(P-Bqn)2Py	-2.92

[0391] 圖 19 示出各發光元件 1 至發光元件 8 的相對於電子傳輸層所使用的材料的表 3 所示的 LUMO 能階（eV）的延遲螢光成分比率（%）。在圖 19 中，使用相同的標繪表示將 PCPPn 用於電洞傳輸層的發光元件 1 至發光元件 4，並使用相同的標繪表示將 PCzPA 用於電洞傳輸層的發光元件 5 至發光元件 8。

[0392] 結果表明:根據電洞傳輸層所使用的材料不同值也不同，但是有電子傳輸層所使用的材料的 LUMO 能階的值越大延遲螢光成分比率越大的傾向。亦即，可以認為:在除了電子傳輸層以外元件結構相同的發光元件中，使用 LUMO 能階的值最大的 2,6(P-Bqn)2Py（LUMO 能

階:-2.92eV) 的發光元件的延遲螢光成分比率更大。

[0393] 另外，圖 20 示出發光元件 1 至發光元件 8 的延遲螢光成分比率 (%) 與外部量子效率 (%) 的關係。

[0394] 結果表明，延遲螢光成分比率 (%) 越高外部量子效率 (%) 越高。

[0395] 在此，將直接生成過程中的螢光發光強度表示為 I_P ，將源於 TTA 的延遲螢光的螢光發光強度表示為 I_D ，如下公式 (f2) 表示延遲螢光成分比率 (X)。

$$[0396] \quad X = \frac{I_D}{I_P + I_D} \quad (f2)$$

[0397] 另外，根據外部量子效率 (EQE) 的定義，當 I_D 為 0 時 (X=0 時) 單重態激子生成比率 (α) 為 0.25。但是，當 I_D 增加時， α 也對應地上升，EQE 與 $I_P + I_D$ 成正比。因此，可以導出如下公式 (f3)。

$$[0398] \quad EQE \propto I_P + I_D = I_P \times \frac{1}{1-X} \quad (f3)$$

[0399] 由於 X 同義於圖 20 的 x 軸，所以圖 20 所示的作為電洞傳輸層使用 PCPPn 的發光元件 1 至發光元件 4 中的延遲螢光成分比率 (%) 與外部量子效率 (%) 的關係以及作為電洞傳輸層使用 PCzPA 的發光元件 5 至發光元件 8 中的延遲螢光比率 (%) 與外部量子效率 (%) 的關係都適用於上述公式 (f3)。由此，可以確認延遲螢光成分比率 (%) 與外部量子效率 (%) 之間存在相關關係。

[0400] 另外，對與表 1 所示的發光元件 4 具有相同元件結構的發光元件 4-2 進行了元件特性測定。另外，圖 21 示出發光元件 4-2 的電流密度-亮度特性，圖 22 示出電壓-亮度特性，圖 23 示出亮度-電流效率特性，圖 24 示出電壓-電流特性，圖 25 示出亮度-外部量子效率特性。在此，圖 25 所示的發光元件的外部量子效率是藉由之前所述的方法得到的值:將基板旋轉-80 度至 80 度測定發光的視角依賴性並考慮了 EL 發光的配光特性。圖 21 至圖 24 所示的發光元件的特性值是利用色亮度計 BM-5A (Topcon Technohouse 公司製造) 根據正面亮度求出的。

[0401] 另外，表 4 示出 1000cd/m² 附近的發光元件 4-2 的主要的初始特性值。

[0402]

[表4]

	電壓 (V)	電流 密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	亮度 (cd/m ²)	電流 效率 (cd/A)	功率 效率 (lm/W)	外部 量子 效率 (%)
發光元 件4-2	3.2	8.6	(0.14,0.14)	1100	13	13	9.0

[0403] 另外，圖 26 示出以 12.5mA/cm² 的電流密度使電流流過發光元件 4-2 時的發射光譜。如圖 26 所示，發光元件 4-2 的發射光譜在 464nm 附近具有峰值，有可能來源於發光元件 4-2 的發光層中用作客體材料 (摻雜物) 的 1,6mMemFLPAPrn。

[0404] 另外，圖 27 是示出發光元件 4-2 的過渡螢光特性的衰減曲線。另外，在圖 27 中，縱軸表示以持續注

入載子的狀態(脈衝電壓為 ON 時)下的發光強度正規化的強度。另外，橫軸表示脈衝電壓下降後的經過時間(μs)。另外，利用上述公式(f1)對圖 27 所示的衰減曲線進行了擬合，求出延遲螢光成分比率(%)為 21.5%。

[0405] 接著，對發光元件 4-2 進行可靠性測試。圖 28 示出可靠性測試的結果。在圖 28 中，縱軸表示起始亮度為 100%時的正規化亮度(%)，而橫軸表示元件的驅動時間(h)。另外，在可靠性測試中，在初期亮度為 5000cd/m^2 、電流密度固定的條件下驅動發光元件 4-2。

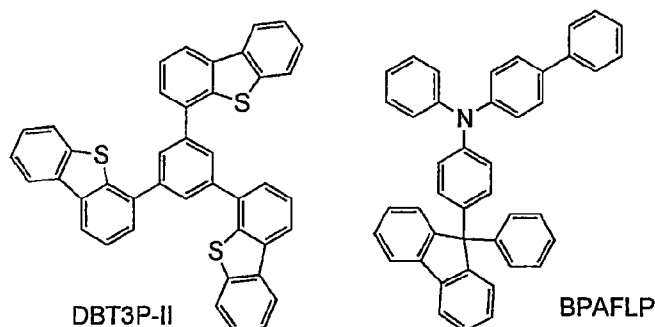
[0406] 其結果，本發明的一個實施方式的發光元件 4-2 具有高可靠性。

實施例 2

[0407] 在本實施例中，導出與發光元件的發光層所發射的光有關的分子的躍遷偶極矩的配向性。具體地，測定發光的 p 偏振成分的光譜強度的角度依存性並藉由計算(模擬)分析結果來導出分子的躍遷偶極矩的配向性。以下示出本實施例所使用的材料中在實施例 1 中沒有記載的材料的化學式。

[0408]

[化 2]



[0409]

《發光元件 9 的作製》

首先，使用圖 18 對為測定對象的發光元件 9 的製造進行說明。首先，在玻璃基板 900 上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物(ITO)的膜，由此形成被用作陽極的第一電極 901，其厚度為 70nm，電極面積為 2mm×2mm。

[0410] 接著，作為用來在基板 900 上形成發光元件的預處理，使用水對基板表面進行洗滌，並以 200℃ 進行 1 小時的焙燒，然後進行 370 秒鐘的 UV 臭氧處理。

[0411] 然後，將基板放入到其內部被減壓到 1×10^{-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 900 進行 30 分鐘左右的冷卻。

[0412] 接著，以使形成有第一電極 901 的面朝下的方式將基板 900 固定到設置於真空蒸鍍裝置內的支架。在本實施例中，說明藉由真空蒸鍍法依次形成構成 EL 層 902 的電洞注入層 911、電洞傳輸層 912、發光層 913、電子傳輸層 914 及電子注入層 915 的情況。

[0413] 將真空裝置內減壓至 $1 \times 10^{-4} \text{Pa}$ 之後，以重量比（DBT3P-II:氧化鋁）為 2:1 且厚度為 10nm 的方式共蒸鍍 1,3,5-三（二苯并噻吩-4-基）苯（簡稱:DBT3P-II）與氧化鋁來在第一電極 901 上形成電洞注入層 911。另外，共蒸鍍是指將多個不同的物質分別從不同的蒸發源同時蒸發的蒸鍍法。

[0414] 接著，在電洞注入層 911 上蒸鍍 30nm 厚的 BPAFLP 形成電洞傳輸層 912。

[0415] 接著，在電洞傳輸層 912 上以 cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn=1:0.03（重量比）的方式共蒸鍍 7-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-7H-二苯并[c,g]呋啞（簡稱:cgDBCzPA）、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）來形成發光層 913。另外，膜厚為 15nm。

[0416] 接著，在發光層 913 上形成 20nm 厚的 7-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-7H-二苯并[c,g]呋啞（簡稱:cgDBCzPA），並在其上蒸鍍 15nm 厚的 2,9-雙（萘-2-基）-4,7-二苯基-1,10-啡啉（簡稱:NBPhen）形成電子傳輸層 914。

[0417] 再者，在電子傳輸層 914 上蒸鍍 0.1nm 厚的氧化鋰，然後再蒸鍍 2nm 厚的銅酞青（CuPc），並在其上以 1,3,5-三（二苯并噻吩-4-基）-苯（簡稱:DBT3P-II）與氧化鋁的重量比（DBT3P-II:氧化鋁）為 2:1 且厚度為

60nm 的方式進行共蒸鍍，由此形成電子注入層 915。

[0418] 最後，在電子注入層 915 上蒸鍍 200nm 厚的鋁來形成成為陰極的第二電極 903，由此得到發光元件 9。另外，在上述蒸鍍過程中，利用電阻加熱法進行蒸鍍。

[0419] 以發光的正面亮度為最小的方式決定發光元件 9 的各層的厚度。由此可以相對地增加源於在與發光層 913 垂直的方向上具有成分的躍遷偶極矩的發光的亮度，而更易於對該發光進行評價。

[0420]

《偏振測定》

接著，對測定進行說明。作為檢測器使用多通道譜儀（日本濱松光子學公司製造的 PMA-12）。在從發光元件 9 至檢測器的光路上設置 Edmund Optics 公司製造的偏振器，由此只有平行於觀測方向的偏振成分到達檢測器。穿過偏振器的光被 PMA-12（多通道譜儀：日本濱松光子學公司製造）檢出得到發射光譜。此時，以基板的發光面的正面為 0 度，使基板從 0 度旋轉至 80 度並測定每一度的發射光譜，由此標繪出光譜的積分強度。

[0421]

《計算（模擬）》

接著，對計算進行說明。利用日本 CYBERNET SYSTEMS 公司製造的有機元件模擬器 setfos 進行計算。作為參數分別設定了元件的疊層結構及膜厚度、各層的折

射率 n 及消光係數 k 、發光位置以及發射光譜，並以發光分子的躍遷偶極矩的配向度為變參數進行了擬合（後述參數 a ）。另外，發光位置假定為電洞傳輸層/發光層介面附近。另外，各層的膜厚度根據樣本製造時的蒸鍍機的石英晶體振盪器（檢測器）的值求出，折射率 n 及消光係數 k 根據各層薄膜的光譜橢圓偏光計的分析結果求出。另外，發射光譜利用薄膜的光致發光（PL）測量法。

[0422] 將表示躍遷偶極矩的配向度的參數定義為 a 。也就是說， a 表示躍遷偶極矩的垂直於發光層的成分與平行於發光層的成分的總和中垂直成分所佔的比率。 $a=1$ 表示躍遷偶極矩只存在與發光層垂直的成分的狀態， $a=0$ 表示躍遷偶極矩只存在與發光層平行的成分的狀態。當分子的配向狀態具有各向同性時，躍遷偶極矩分別在垂直的 x 方向、 y 方向及 z 方向上具有相等的成分，因此 $a=0.33$ 。

[0423]

《測定結果與計算（模擬）的擬合》

圖 29 示出角度依存特性的實測標繪及計算結果，其中 $a=0$ （躍遷偶極矩為完全水平）、 $a=0.16$ 、 $a=0.33$ （躍遷偶極矩為無規配向）、 $a=1$ （躍遷偶極矩為完全垂直）。藉由將角度依存特性的實測標繪與計算結果進行對照可知，躍遷偶極矩的 84% 的成分為與發光層平行的方向的成分且 16% 為垂直方向的成分（ $a=0.16$ ）的計算結果與實測標繪十分接近。由此可以推定：發光元件 9 的發光層 913 所含有的發光分子的躍遷偶極矩中 84% 的成分為與發

光層 913 平行的方向的成分，多數躍遷偶極矩以偏離發光層的垂直方向的狀態配向。

[0424] 由上述結果可知，發光層所包含的發光分子不是無規配向而具有較強的配向性。根據本發明的一個實施方式的發光元件具有較好的發光效率，發光分子的較強的配向性可能是原因之一。因此，在本發明的一個實施方式的發光元件中，當將發光材料（本實施例中，客體材料）的躍遷偶極矩分割為與發光層平行的成分與垂直的成分時，較佳為平行的成分的比率為 80%以上且 100%以下。

【符號說明】

[0425]

100：EL 層

101：電極

101a：導電層

101b：導電層

102：電極

103：電極

103a：導電層

103b：導電層

104：電極

104a：導電層

104b：導電層

- 111：電洞注入層
- 112：電洞傳輸層
- 113：電子傳輸層
- 114：電子注入層
- 115：電荷產生層
- 116：電洞注入層
- 117：電洞傳輸層
- 118：電子傳輸層
- 119：電子注入層
- 123B：發光層
- 123G：發光層
- 123R：發光層
- 130：發光層
- 131：主體材料
- 132：客體材料
- 140：分隔壁
- 150：發光元件
- 160：發光層
- 170：發光層
- 170a：發光層
- 170b：發光層
- 180：檢測器的觀測方向
- 181：躍遷偶極矩的成分
- 182：躍遷偶極矩的成分

183：躍遷偶極矩的成分

185：檢測器

200：基板

220：基板

221B：區域

221G：區域

221R：區域

222B：區域

222G：區域

222R：區域

223：遮光層

224B：光學元件

224G：光學元件

224R：光學元件

250：發光元件

252：發光元件

254：發光元件

400：EL層

401：電極

402：電極

411：電洞注入層

412：電洞傳輸層

413：電子傳輸層

414：電子注入層

416：電洞注入層
 417：電洞傳輸層
 418：電子傳輸層
 419：電子注入層
 420：發光層
 421：主體材料
 422：客體材料
 430：發光層
 431：主體材料
 431_1：有機化合物
 431_2：有機化合物
 432：客體材料
 441：發光單元
 442：發光單元
 445：電荷產生層
 450：發光元件
 452：發光元件
 801：像素電路
 802：像素部
 804：驅動電路部
 804a：掃描線驅動電路
 804b：信號線驅動電路
 806：保護電路
 807：端子部

852：電晶體
 854：電晶體
 862：電容元件
 872：發光元件
 900：基板
 901：第一電極
 902：EL層
 903：第二電極
 911：電洞注入層
 912：電洞傳輸層
 913：發光層
 914：電子傳輸層
 915：電子注入層
 2000：觸控面板
 2001：觸控面板
 2501：顯示裝置
 2502R：像素
 2502t：電晶體
 2503c：電容元件
 2503g：掃描線驅動電路
 2503t：電晶體
 2509：FPC
 2510：基板
 2510a：絕緣層

2510b：撓性基板
 2510c：黏合層
 2511：佈線
 2519：端子
 2521：絕緣層
 2528：分隔壁
 2550R：發光元件
 2560：密封層
 2567BM：遮光層
 2567p：防反射層
 2567R：彩色層
 2570：基板
 2570a：絕緣層
 2570b：撓性基板
 2570c：黏合層
 2580R：發光模組
 2590：基板
 2591：電極
 2592：電極
 2593：絕緣層
 2594：佈線
 2595：觸控感測器
 2597：黏合層
 2598：佈線

2599：連接層
2601：脈衝電壓輸出電路
2602：電流檢出電路
2603：容量
2611：電晶體
2612：電晶體
2613：電晶體
2621：電極
2622：電極
8000：顯示模組
8001：上蓋
8002：下蓋
8003：FPC
8004：觸控感測器
8005：FPC
8006：顯示裝置
8009：框架
8010：印刷基板
8011：電池
8501：照明設備
8502：照明設備
8503：照明設備
8504：照明設備
9000：外殼

9001：顯示部
9003：揚聲器
9005：操作鍵
9006：連接端子
9007：感測器
9008：麥克風
9050：操作按鈕
9051：資訊
9052：資訊
9053：資訊
9054：資訊
9055：鉸鏈
9100：可攜式資訊終端
9101：可攜式資訊終端
9102：可攜式資訊終端
9200：可攜式資訊終端
9201：可攜式資訊終端

申請專利範圍

【請求項 1】一種發光元件，包含：

陽極；

陰極；以及

該陽極與該陰極之間的 EL 層，

其中該 EL 層包括發光層及與該發光層接觸的電子傳輸層，

其中該發光層包括主體材料，

其中該電子傳輸層包括第一材料，

其中該第一材料的 LUMO 能階比該主體材料的 LUMO 能階低，並且

其中該主體材料的三重態激發能與該主體材料的單重激發能的差大於 0.2 eV。

【請求項 2】根據請求項 1 之發光元件，

其中該主體材料的該三重態激發能與該主體材料的該單重激發能的該差為 0.5 eV 以上。

【請求項 3】根據請求項 1 之發光元件，

其中該第一材料是包括二嗪骨架或三嗪骨架的物質。

【請求項 4】根據請求項 1 之發光元件，

其中該第一材料是包括吡嗪骨架或嘧啶骨架的物質。

【請求項 5】根據請求項 1 之發光元件，

其中該第一材料的三重態激發能比該發光層中含有的材料中三重態激發能最高的物質的三重態激發能高 0.2 eV 以上。

【請求項 6】根據請求項 1 之發光元件，還包含與該發光層接觸的電洞傳輸層，

其中該電洞傳輸層包括第二材料，並且

其中該第二材料的 LUMO 能階比該主體材料的該 LUMO 能階高。

【請求項 7】根據請求項 1 之發光元件，還包含與該發光層接觸的電洞傳輸層，

其中該電洞傳輸層包括第二材料，並且

其中該第二材料的三重態激發能比該發光層中含有的該材料中三重態激發能最高的該物質的該三重態激發能高 0.2 eV 以上。

【請求項 8】根據請求項 1 之發光元件，還包含螢光材料。

【請求項 9】根據請求項 8 之發光元件，

其中該螢光材料的三重態激發能比該主體材料的三重態激發能高。

【請求項 10】根據請求項 8 之發光元件，

其中該螢光材料的 LUMO 能階比該主體材料的該 LUMO 能階高。

【請求項 11】根據請求項 1 之發光元件，

其中該發光層發射藍光。

【請求項 12】根據請求項 1 之發光元件，

其中該第一材料的該 LUMO 能階比該主體材料的該 LUMO 能階低 0.05 eV 以上。

【請求項 13】一種發光元件，包含：

陽極；

陰極；以及

該陽極與該陰極之間的電荷產生層，

該陽極與該電荷產生層之間的第一 EL 層，

該電荷產生層與該陰極之間的第二 EL 層，

其中該第一 EL 層包含第一發光層及與該第一發光層接觸的第一電子傳輸層，

其中該第一發光層包含第一主體材料，

其中該第一電子傳輸層包含第一材料，

其中該第一材料的 LUMO 能階比該第一主體材料的 LUMO 能階低，

其中該第一主體材料的三重態激發能與該第一主體材料的單重激發能的差大於 0.2 eV，並且

其中該第二 EL 層包含第二主體材料及第二輔助材料。

【請求項 14】根據請求項 13 之發光元件，

其中該第一主體材料的該三重態激發能與該第一主體材料的該單重激發能的該差為 0.5 eV 以上。

【請求項 15】根據請求項 13 之發光元件，

其中該第一材料是包括二噻骨架或三噻骨架的物質。

【請求項 16】根據請求項 13 之發光元件，

其中該第一材料是包括吡噻骨架或嘧啶骨架的物質。

【請求項 17】根據請求項 13 之發光元件，

其中該第一材料的三重態激發能比該第一發光層中含有的材料中三重態激發能最高的物質的三重態激發能高 0.2 eV 以上。

【請求項 18】根據請求項 13 之發光元件，

其中該第一 EL 層包含與該第一發光層接觸的第一電洞傳輸層，

其中該第一電洞傳輸層包含第二材料，並且

該第二材料的 LUMO 能階比該第一主體材料的該 LUMO 能階高。

【請求項 19】根據請求項 13 之發光元件，

其中該第一 EL 層包含與該第一發光層接觸的第一電洞傳輸層，

其中該第一電洞傳輸層包含第二材料，並且

該第二材料的三重態激發能比該第一發光層中含有的該材料中三重態激發能最高的該物質的該三重態激發能高 0.2 eV 以上。

【請求項 20】根據請求項 13 之發光元件，

其中該第一材料的該 LUMO 能階比該第一主體材料的該 LUMO 能階低 0.05 eV 以上。

【請求項 21】一種發光元件，包含：

陽極；

陰極；以及

該陽極與該陰極之間的 EL 層，

其中該 EL 層包括發光層及與該發光層接觸的電子傳

輸層，

其中該發光層包括主體材料，

其中該電子傳輸層包括第一材料，

其中該第一材料的 LUMO 能階比該主體材料的 LUMO 能階低，並且

其中該主體材料的螢光峰值波長的能量與該主體材料的磷光峰值波長的能量之差大於 0.2 eV。

【請求項 22】根據請求項 21 之發光元件，

其中該主體材料的該螢光峰值波長的該能量與該主體材料的該磷光峰值波長的該能量之該差為 0.5 eV 以上。

【請求項 23】根據請求項 21 之發光元件，

其中該第一材料是包括二嗪骨架或三嗪骨架的物質。

【請求項 24】根據請求項 21 之發光元件，

其中該第一材料是包括吡嗪骨架或嘧啶骨架的物質。

【請求項 25】根據請求項 21 之發光元件，

其中該第一材料的三重態激發能比該發光層中含有的材料中三重態激發能最高的物質的三重態激發能高 0.2 eV 以上。

【請求項 26】根據請求項 21 之發光元件，還包含與該發光層接觸的電洞傳輸層，

其中該電洞傳輸層包括第二材料，並且

其中該第二材料的 LUMO 能階比該主體材料的該 LUMO 能階高。

【請求項 27】根據請求項 21 之發光元件，還包含與

該發光層接觸的電洞傳輸層，

其中該電洞傳輸層包括第二材料，並且

該第二材料的三重態激發能比該發光層中含有的該材料中三重態激發能最高的該物質的該三重態激發能高 0.2 eV 以上。

【請求項 28】根據請求項 21 之發光元件，還包含螢光材料。

【請求項 29】根據請求項 28 之發光元件，

其中該螢光材料的三重態激發能比該主體材料的三重態激發能高。

【請求項 30】根據請求項 28 之發光元件，

其中該螢光材料的 LUMO 能階比該主體材料的該 LUMO 能階高。

【請求項 31】根據請求項 21 之發光元件，

其中該發光層發射藍光。

【請求項 32】根據請求項 21 之發光元件，

其中該第一材料的該 LUMO 能階比該主體材料的該 LUMO 能階低 0.05 eV 以上。

【請求項 33】一種發光元件，包含：

陽極；

陰極；以及

該陽極與該陰極之間的 EL 層，

其中該 EL 層包括發光層、與該發光層接觸的電子傳輸層、及電洞注入層，

其中該發光層包括主體材料，

其中該電子傳輸層包括第一材料，

其中該電洞注入層包含包括鹵基的物質，

其中該第一材料的 LUMO 能階比該主體材料的 LUMO 能階低，並且

其中該主體材料的三重態激發能與該主體材料的單重激發能的差大於 0.2 eV。

【請求項 34】根據請求項 33 之發光元件，

其中該主體材料的該三重態激發能與該主體材料的該單重激發能的該差為 0.5 eV 以上。

【請求項 35】根據請求項 33 之發光元件，

其中該第一材料是包括二嗪骨架或三嗪骨架的物質。

【請求項 36】根據請求項 33 之發光元件，

其中該第一材料是包括吡嗪骨架或嘧啶骨架的物質。

【請求項 37】一種發光元件，包含：

陽極；

陰極；以及

該陽極與該陰極之間的 EL 層，

其中該 EL 層包括發光層、與該發光層接觸的電子傳輸層、及電洞注入層，

其中該發光層包括主體材料，

其中該電子傳輸層包括第一材料，

其中該電洞注入層包含包括氰基的物質，

其中該第一材料的 LUMO 能階比該主體材料的

LUMO 能階低，並且

其中該主體材料的三重態激發能與該主體材料的單重激發能的差大於 0.2 eV。

【請求項 38】根據請求項 37 之發光元件，

其中該主體材料的該三重態激發能與該主體材料的該單重激發能的該差為 0.5 eV 以上。

【請求項 39】根據請求項 37 之發光元件，

其中該第一材料是包括二噁骨架或三噁骨架的物質。

【請求項 40】根據請求項 37 之發光元件，

其中該第一材料是包括吡噁骨架或嘧啶骨架的物質。

圖式

圖 1A

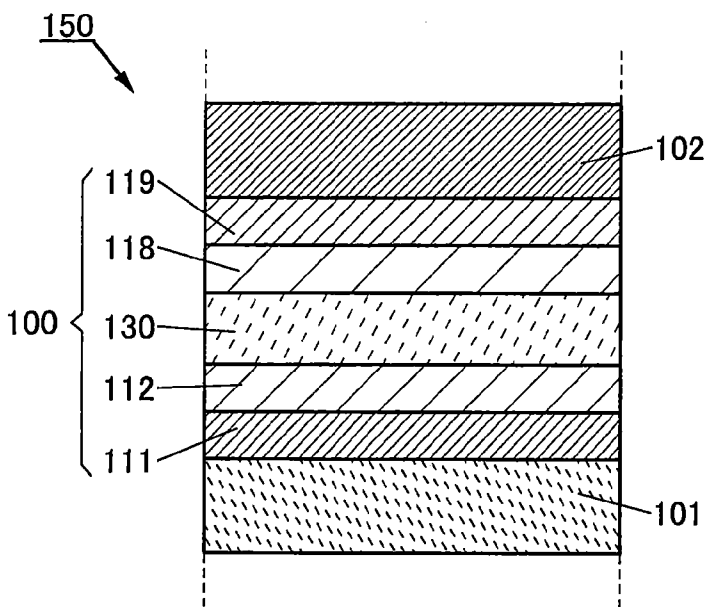


圖 1B

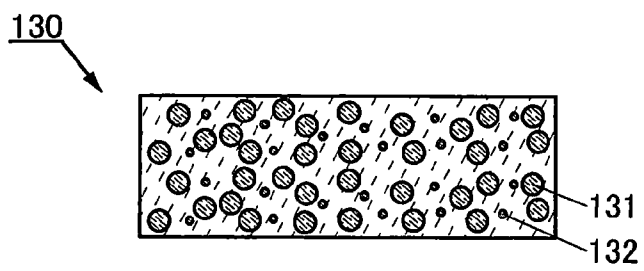


圖 1C

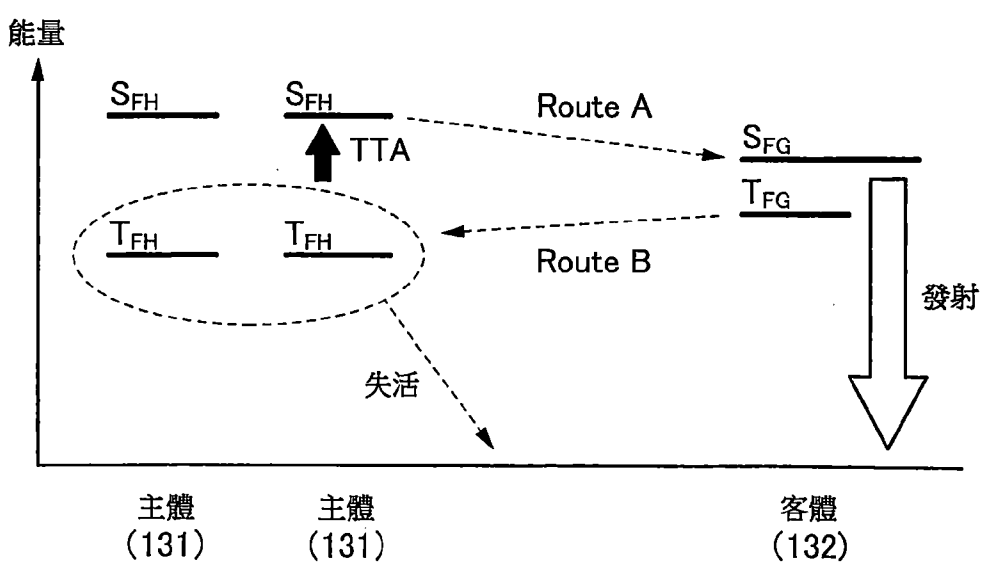


圖 2

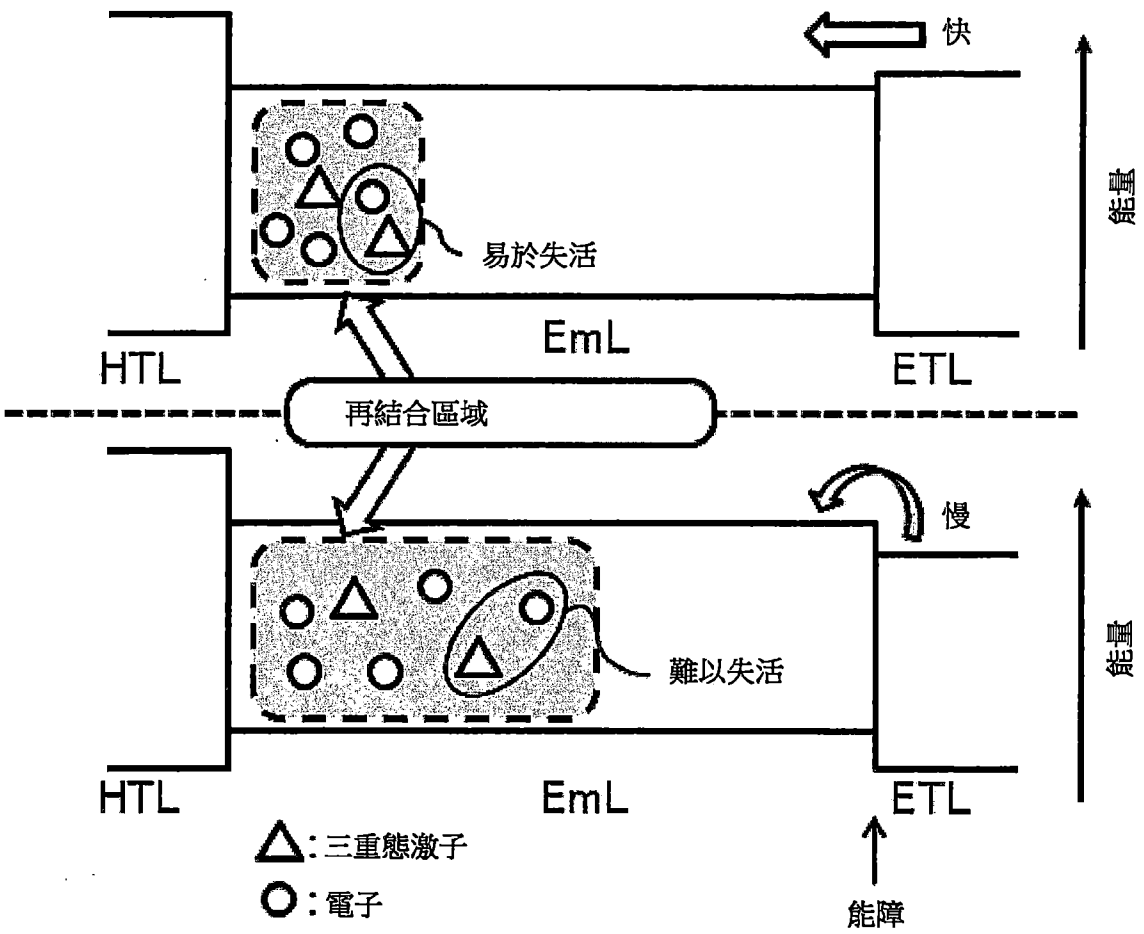


圖 3A

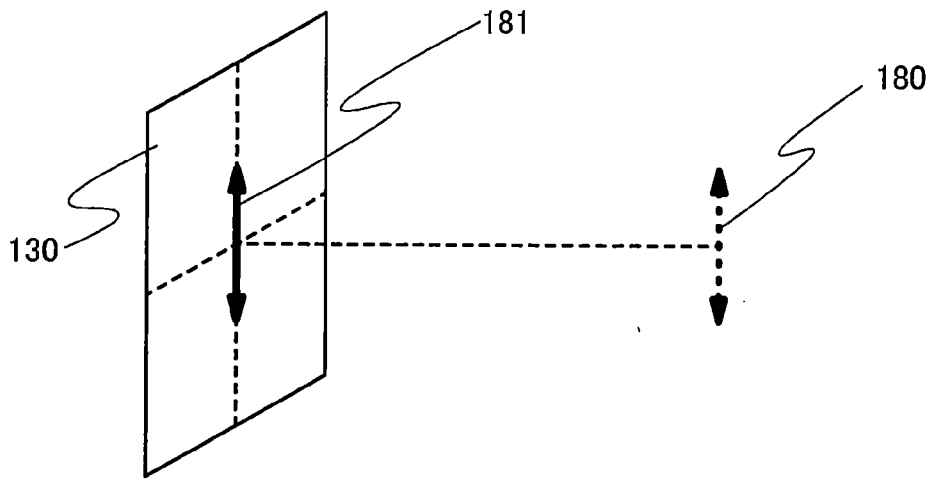


圖 3B

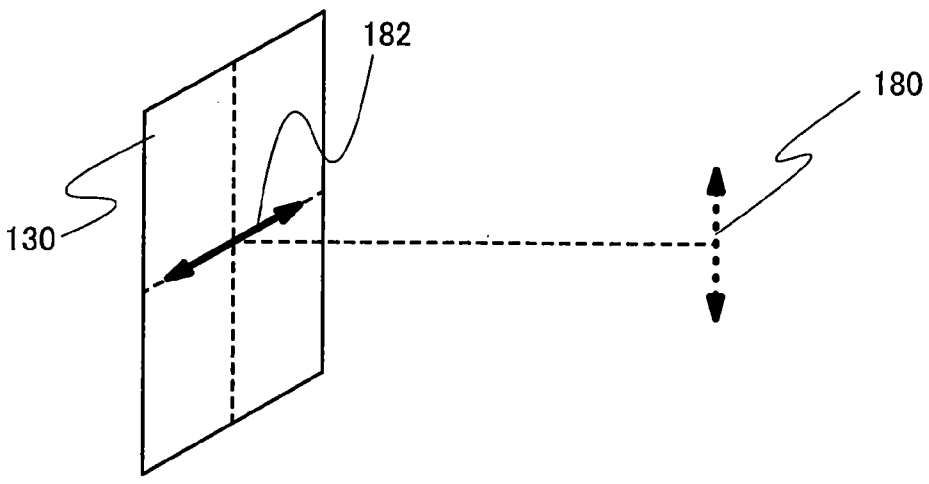


圖 3C

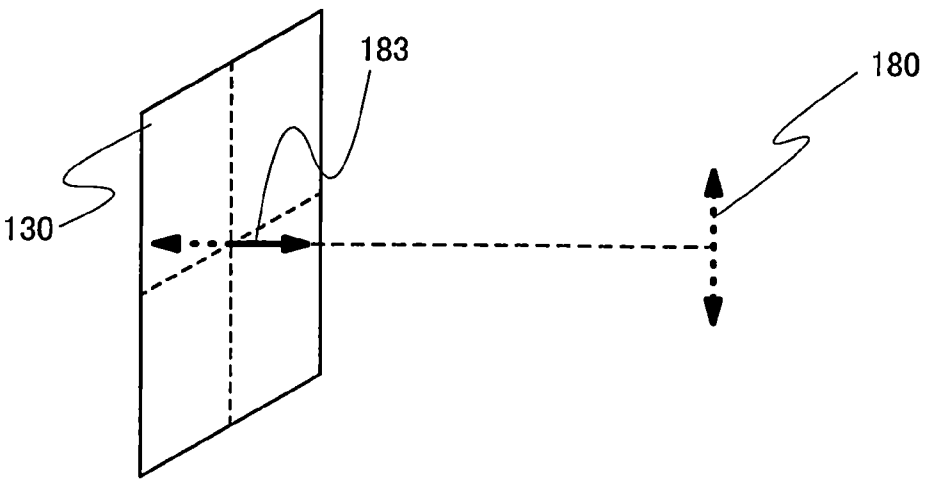


圖 4A

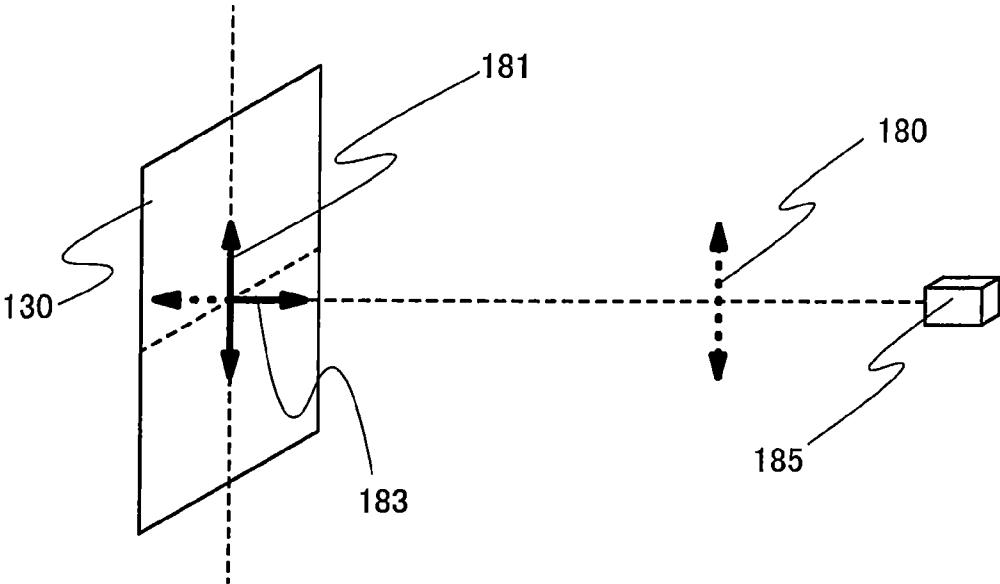


圖 4B

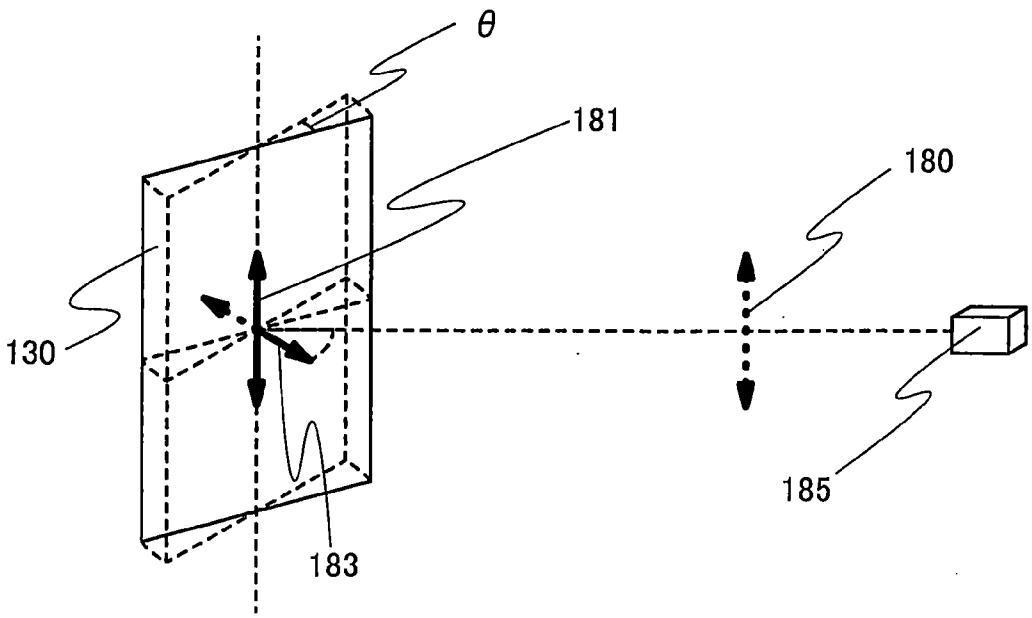


圖 5

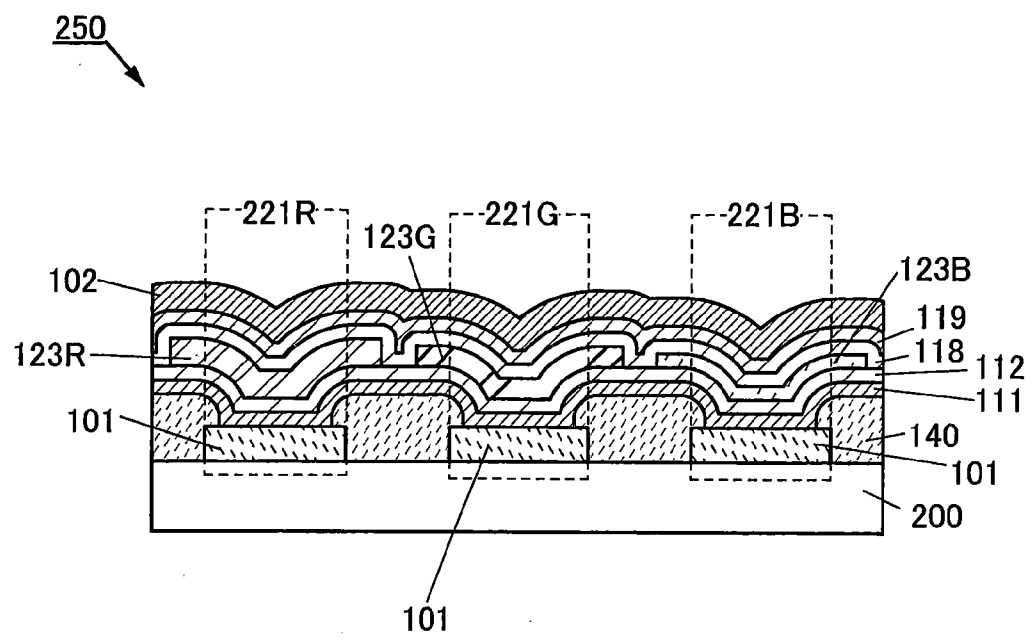


圖 6A

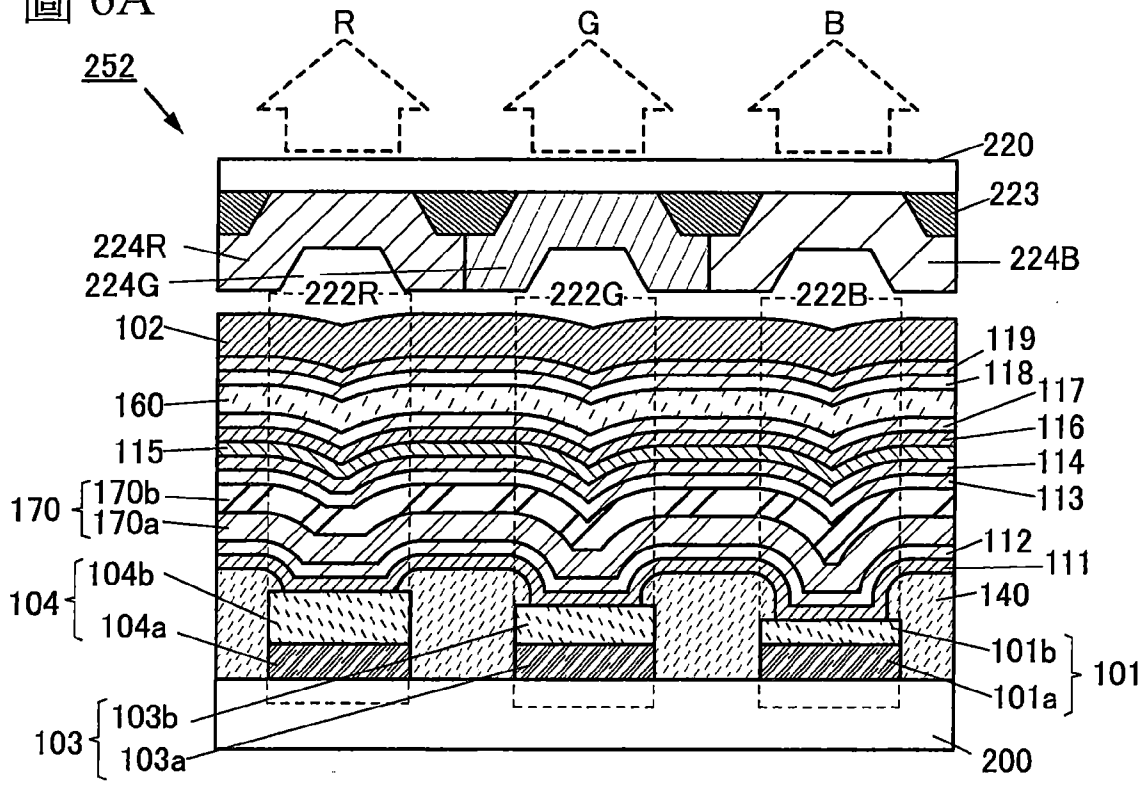


圖 6B

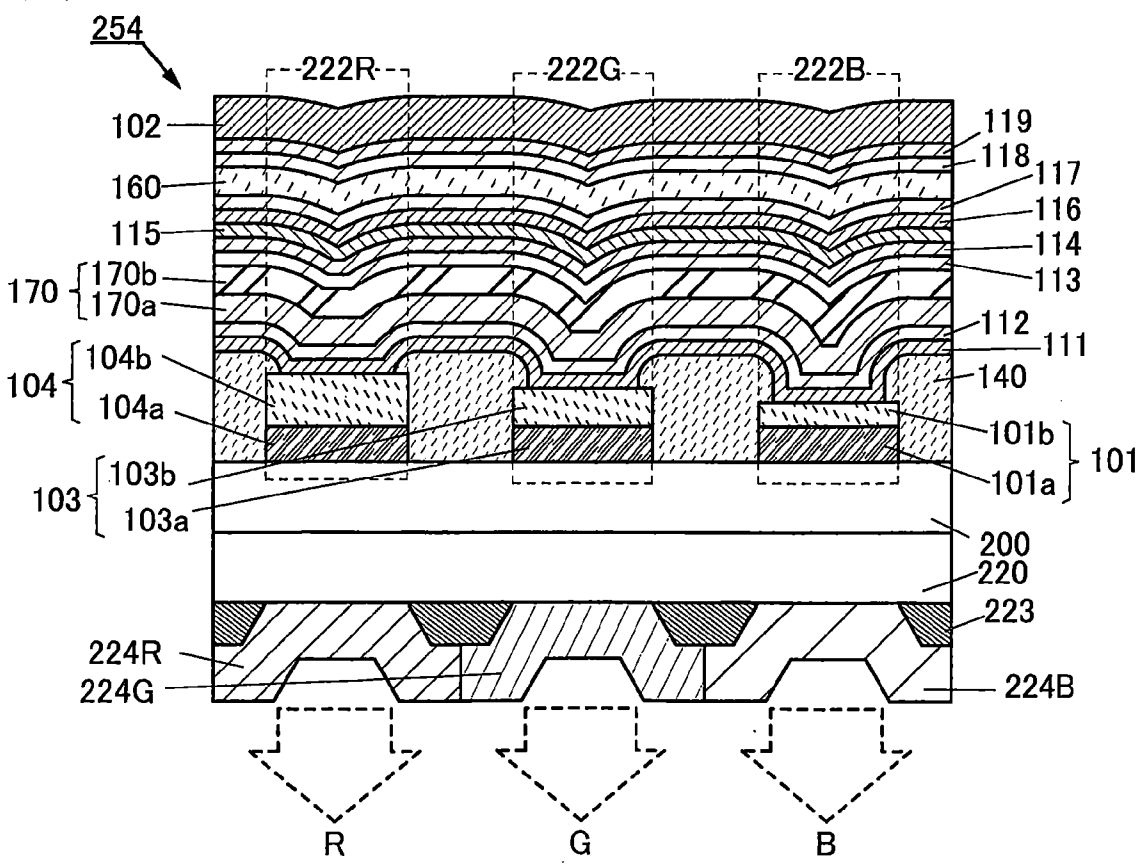


圖 7A

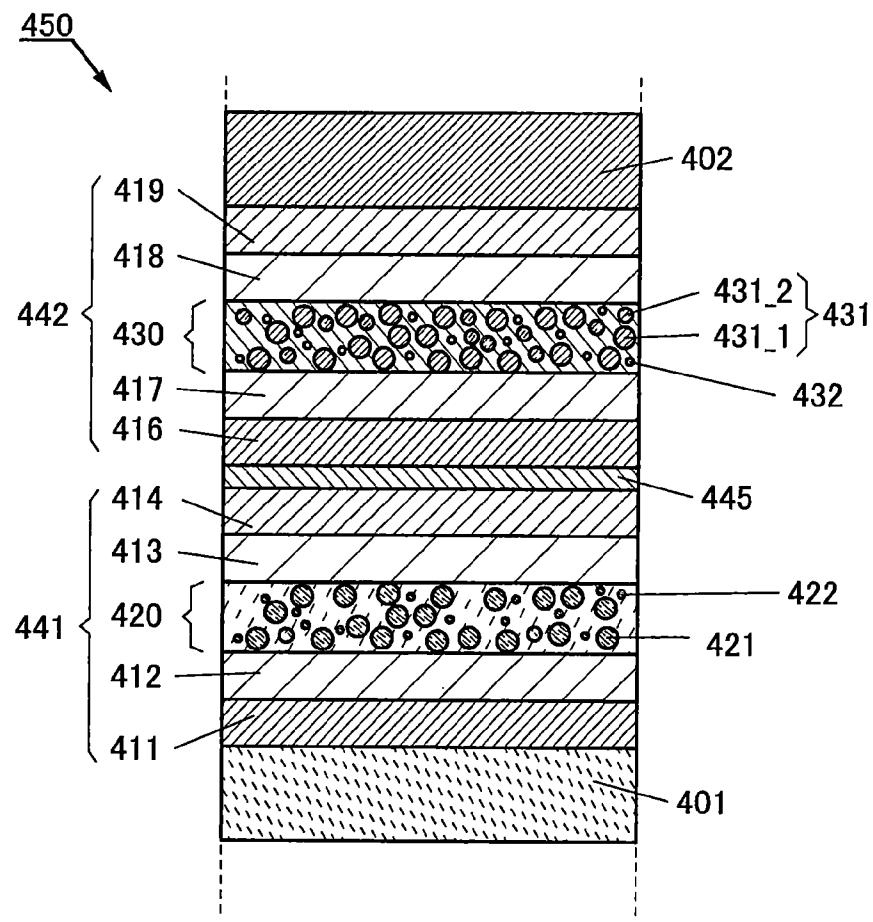


圖 7B

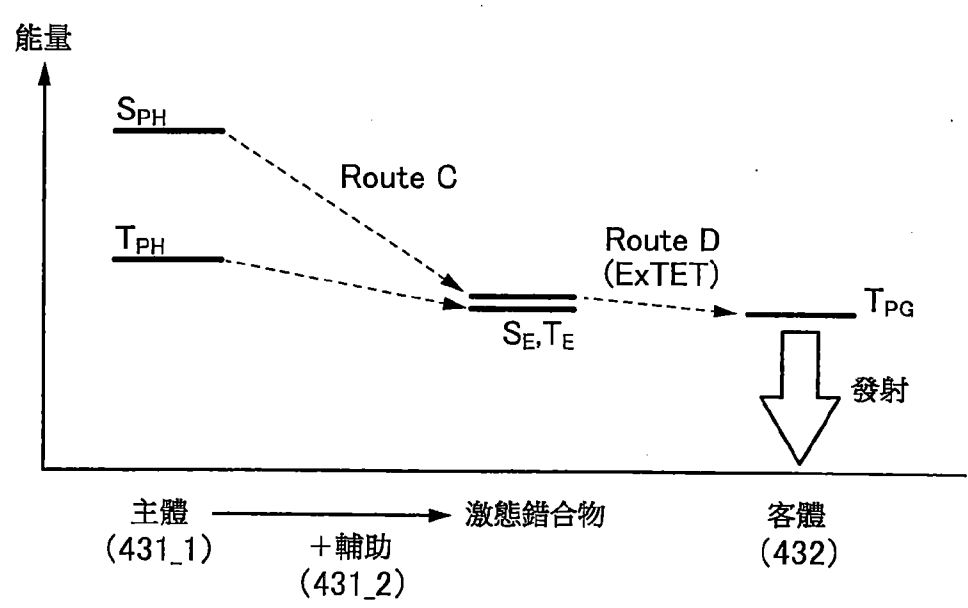


圖 8A

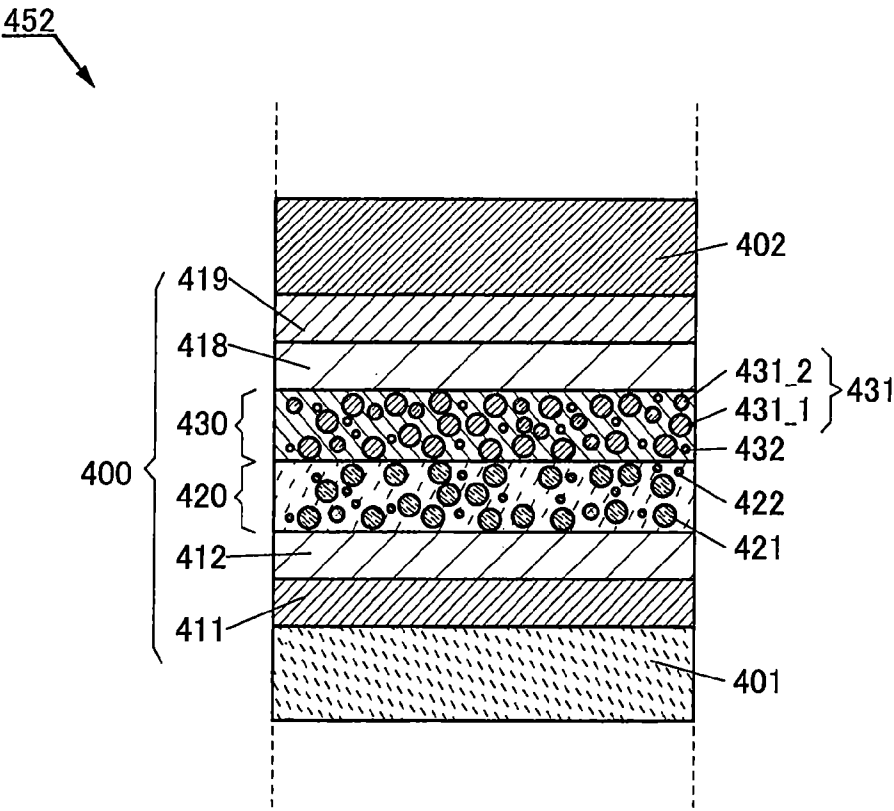


圖 8B

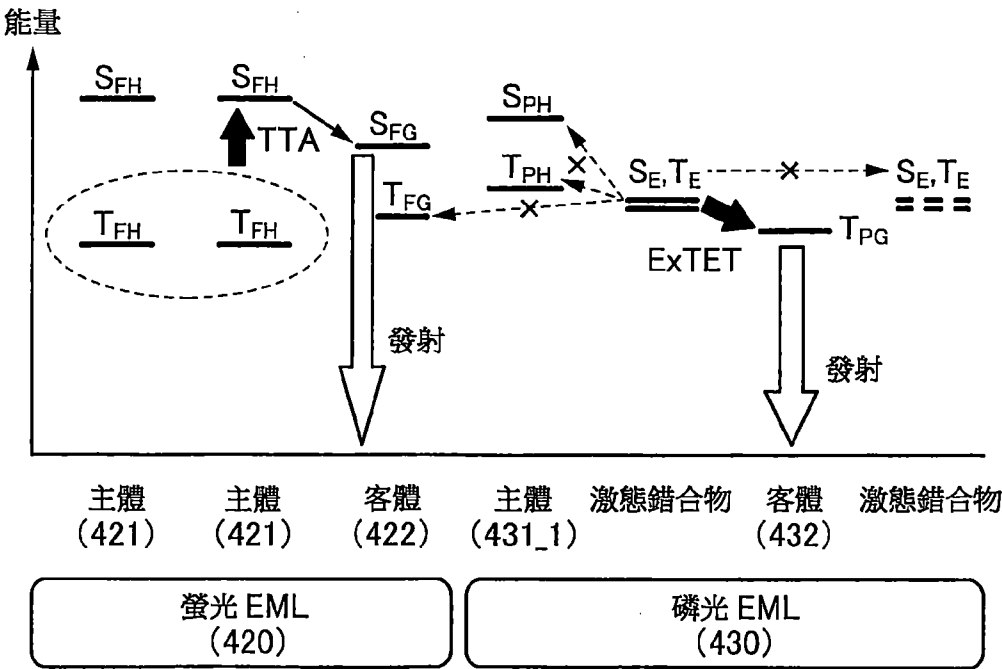


圖 9A

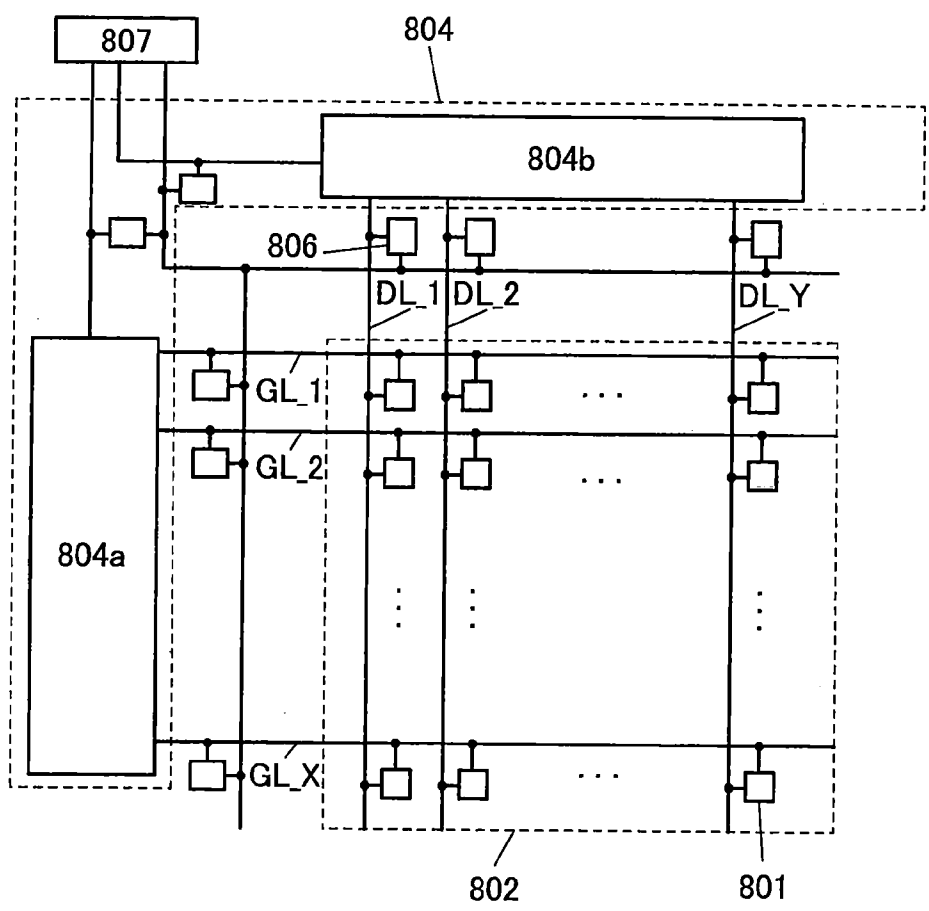


圖 9B

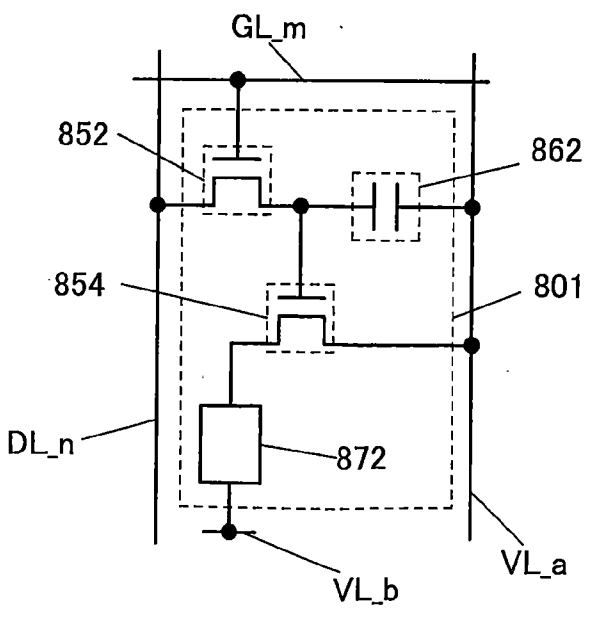


圖 10A

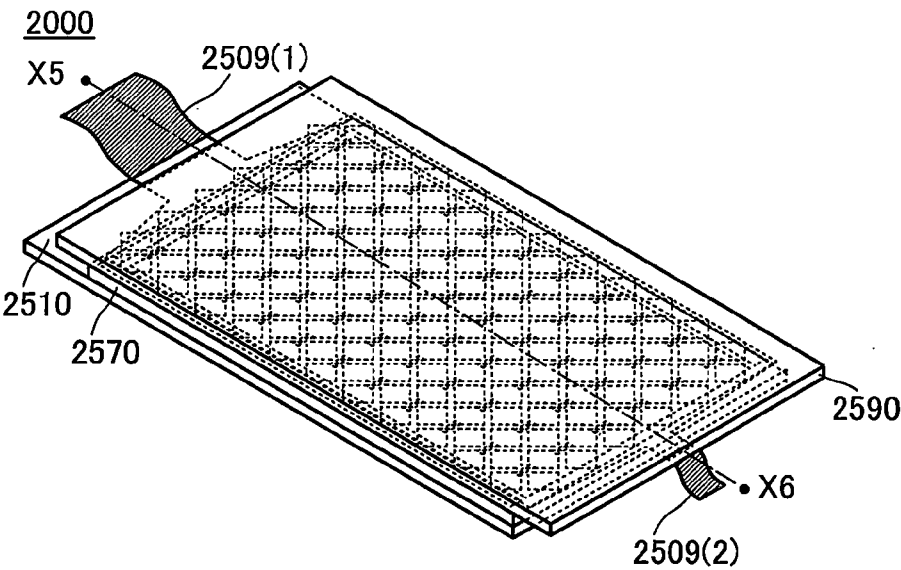


圖 10B

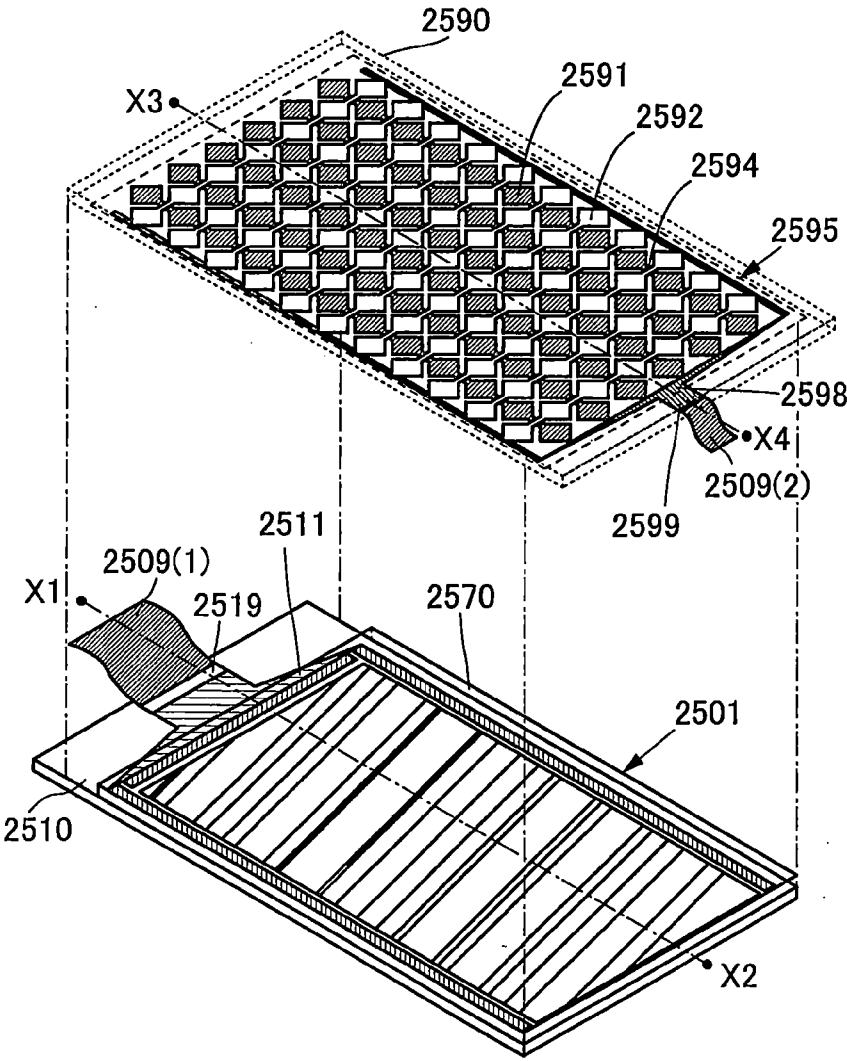


圖 11A

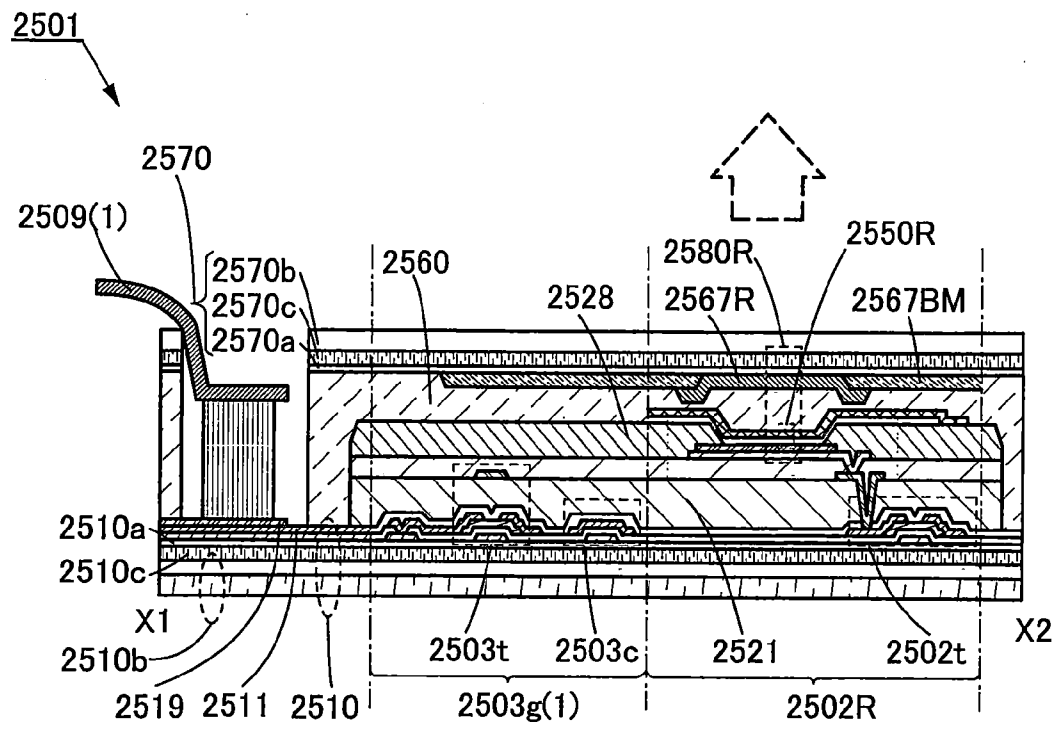


圖 11B

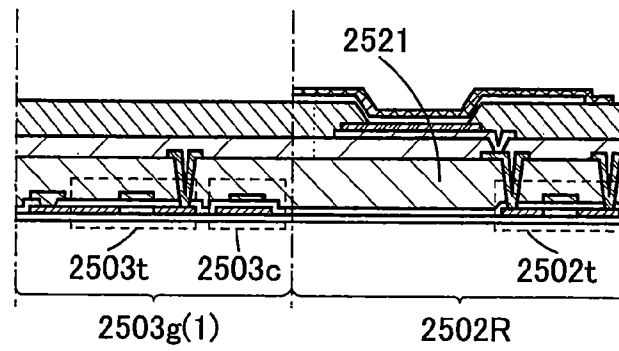
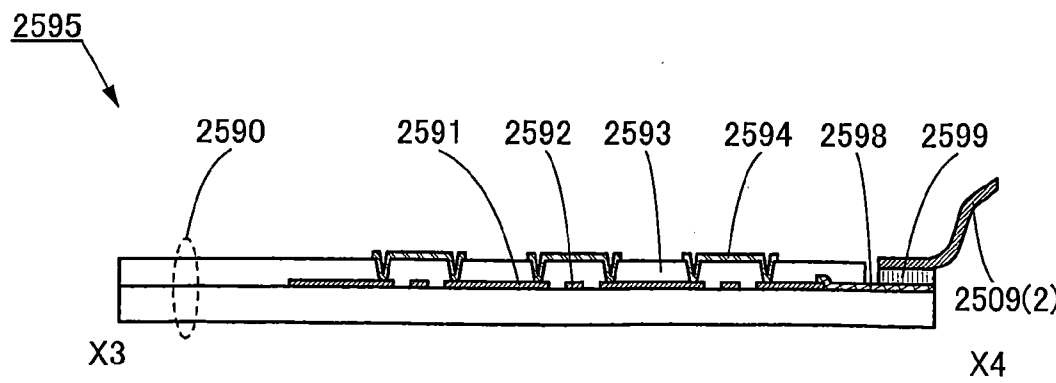


圖 11C



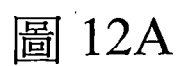


圖 13A

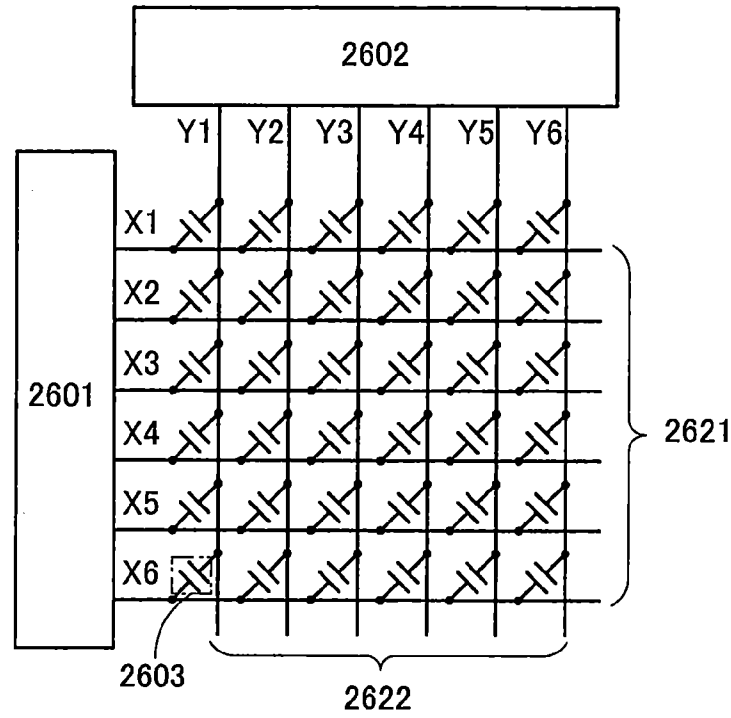


圖 13B

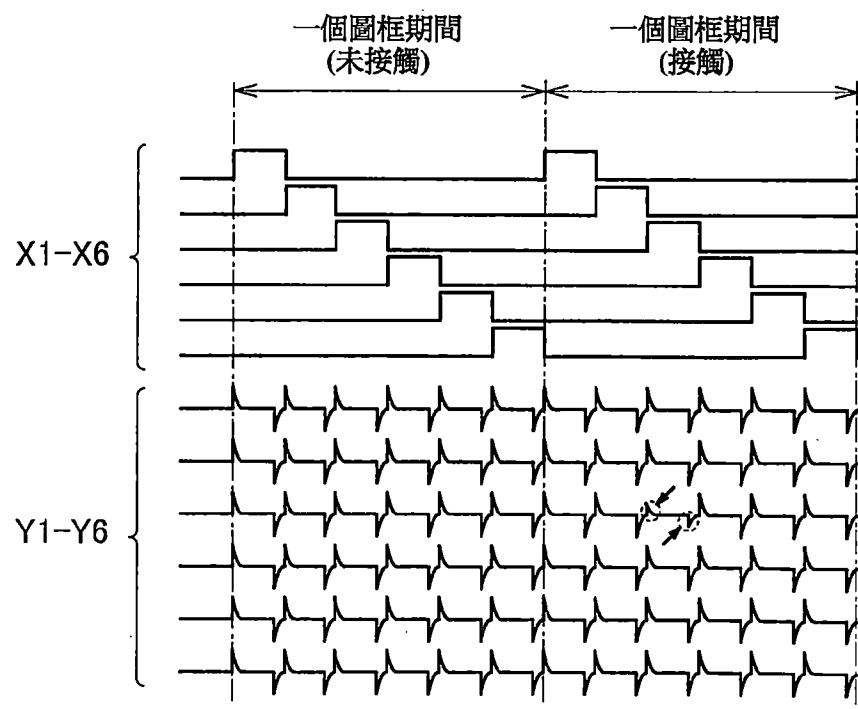


圖 14

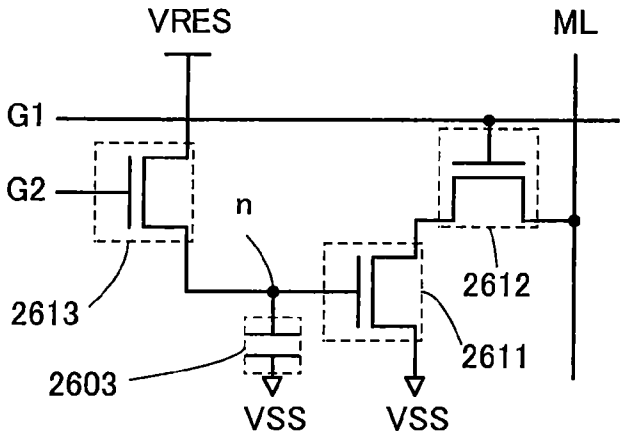


圖 15

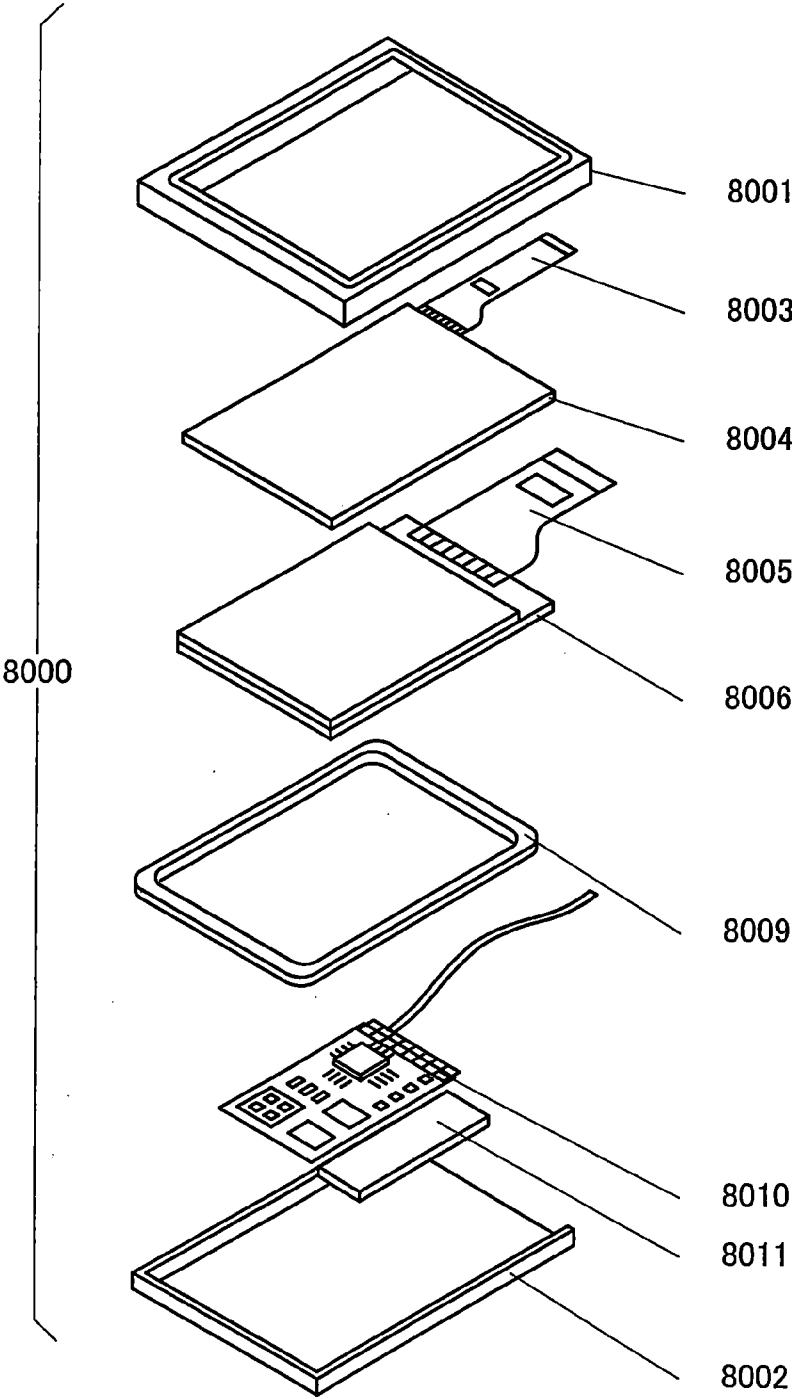


圖 16A

9100

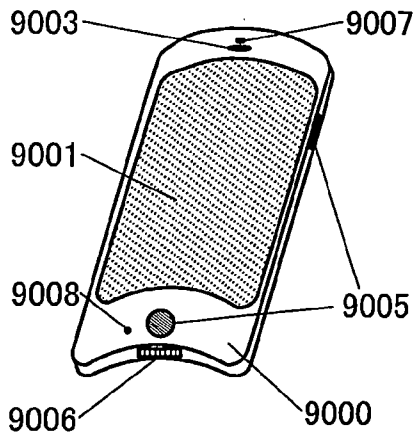


圖 16D

9200

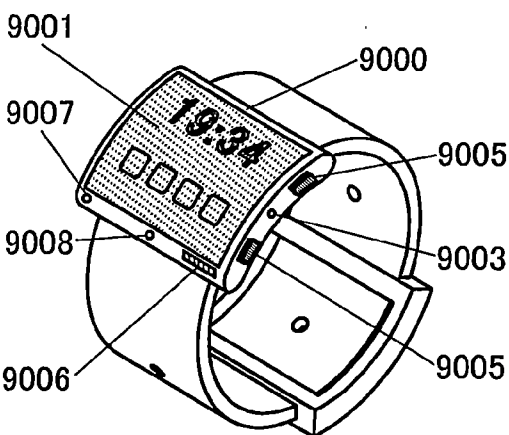


圖 16B

9101

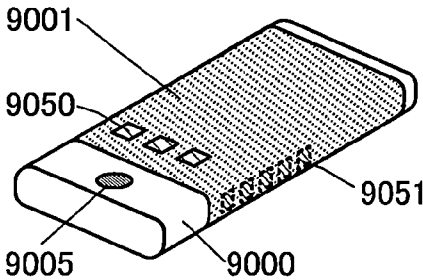


圖 16E

9201

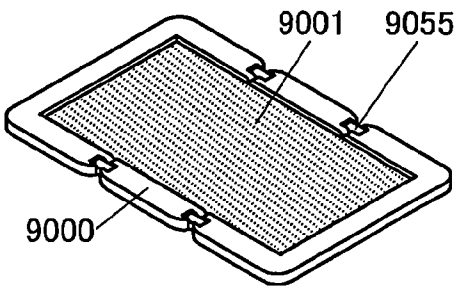


圖 16C

9102

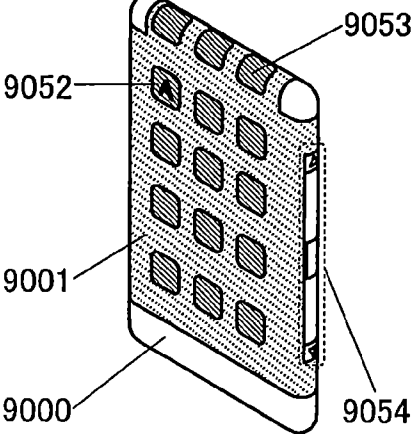


圖 16F

9201

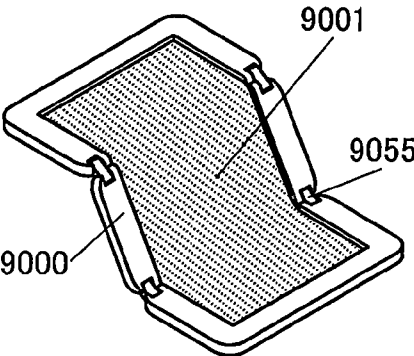


圖 16G

9201

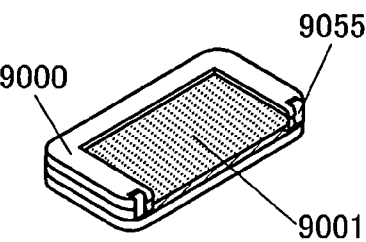


圖 17

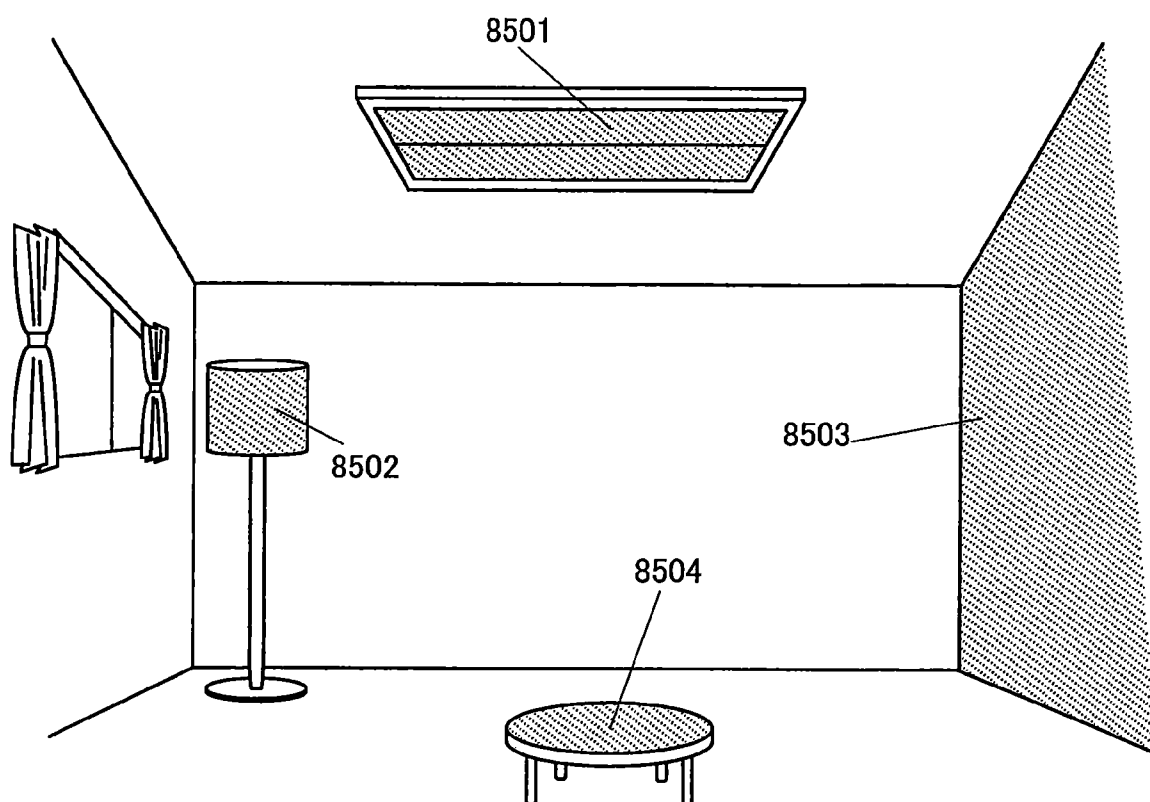


圖 18

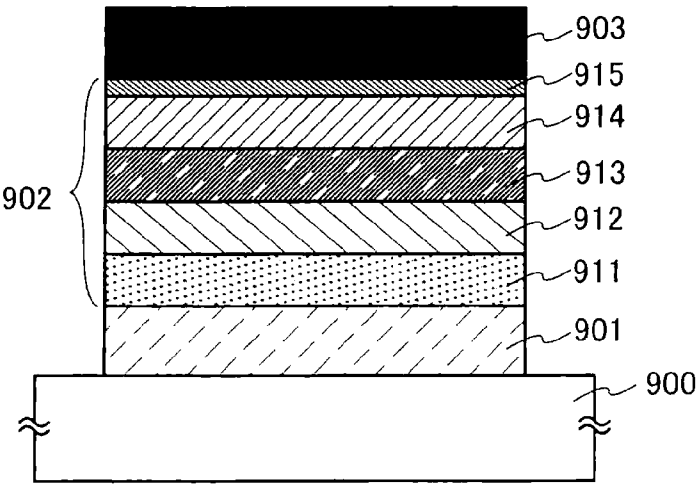


圖 19

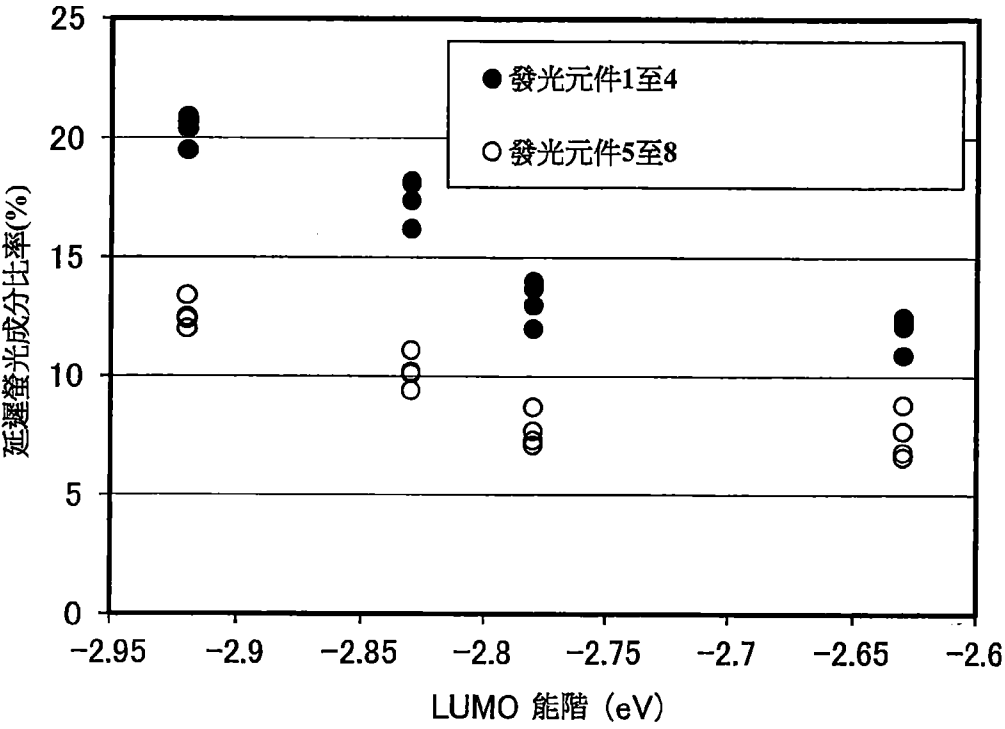


圖 20

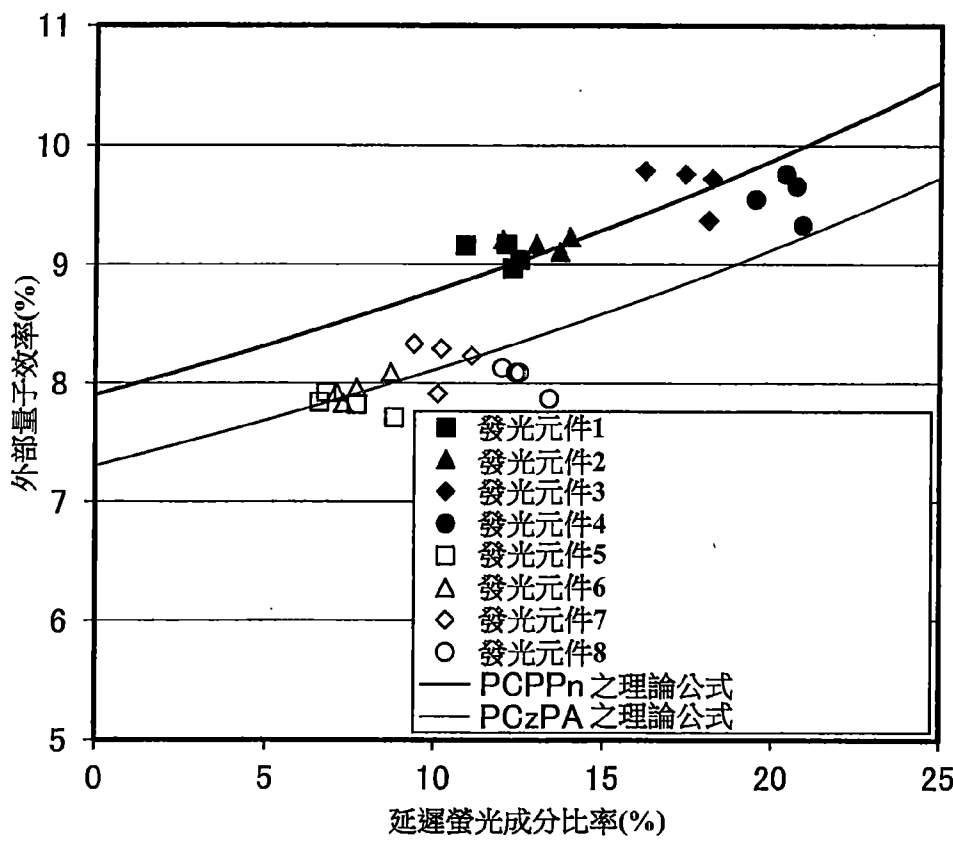


圖 21

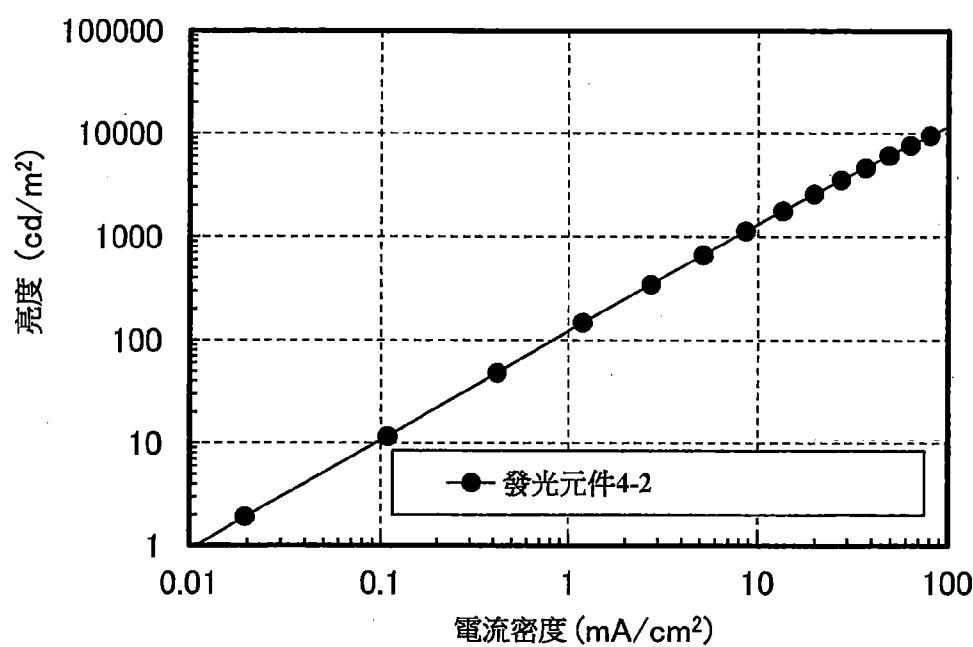


圖 22

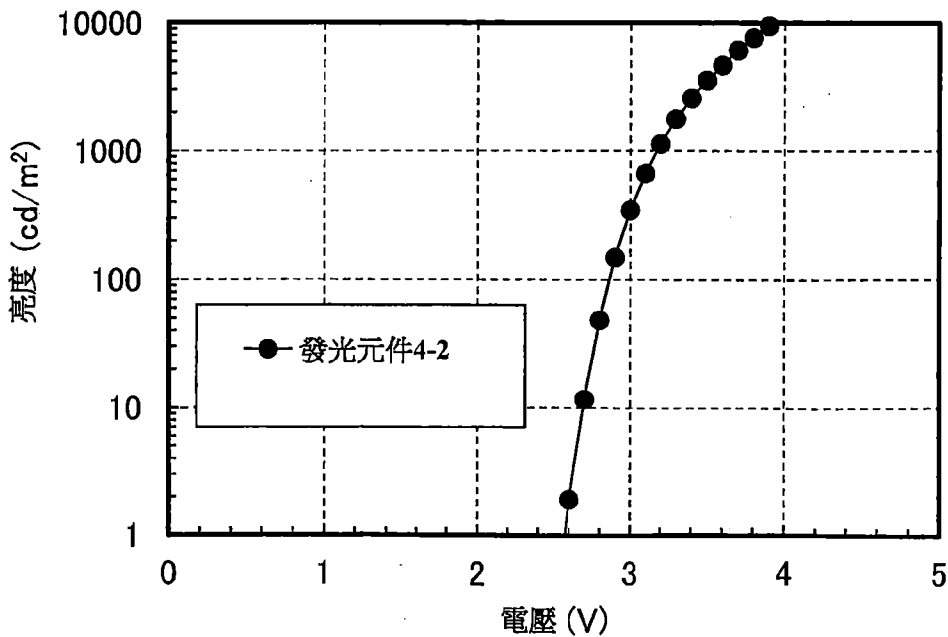


圖 23

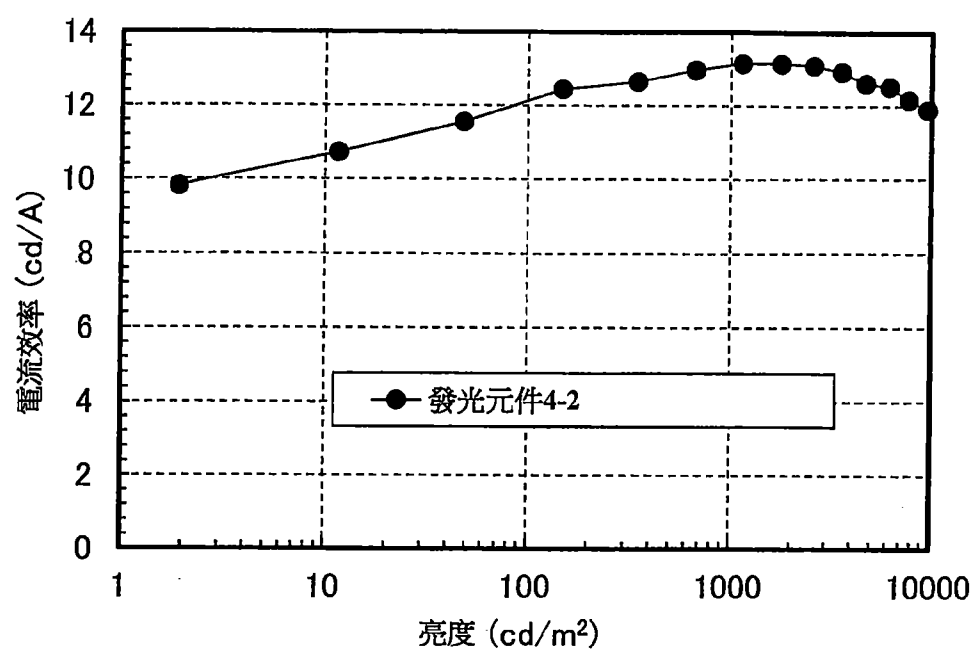


圖 24

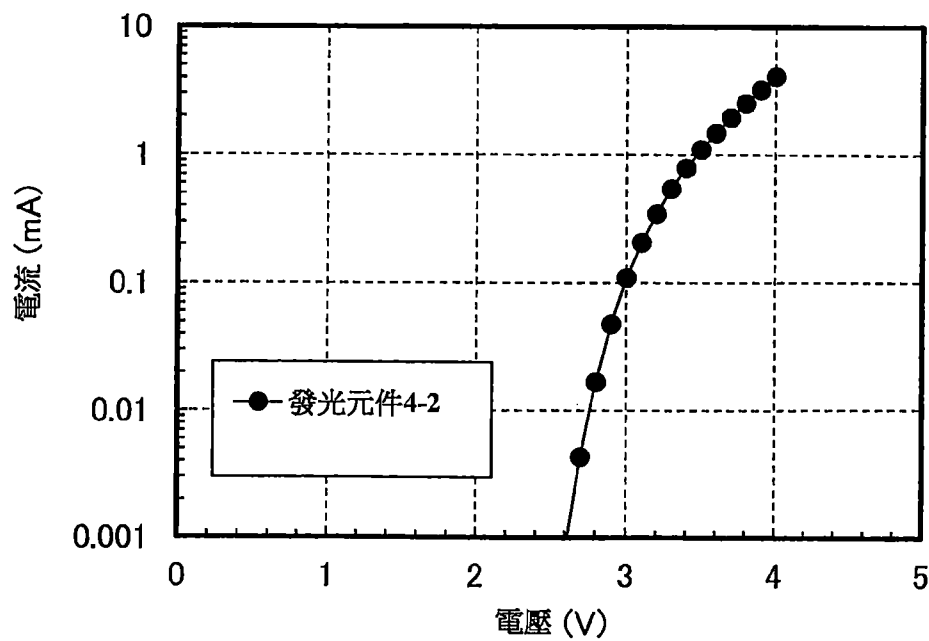


圖 25

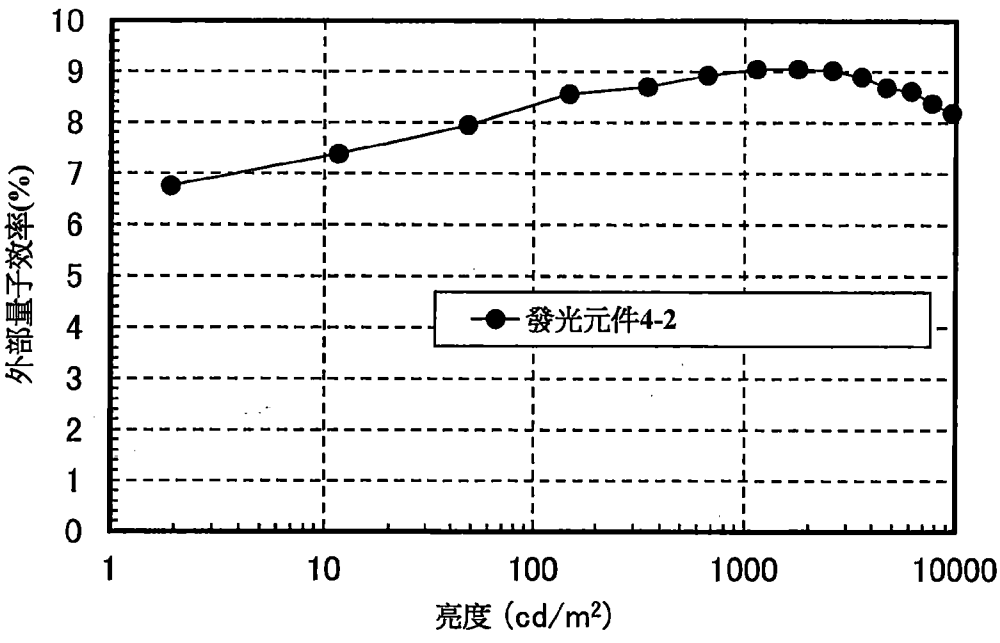


圖 26

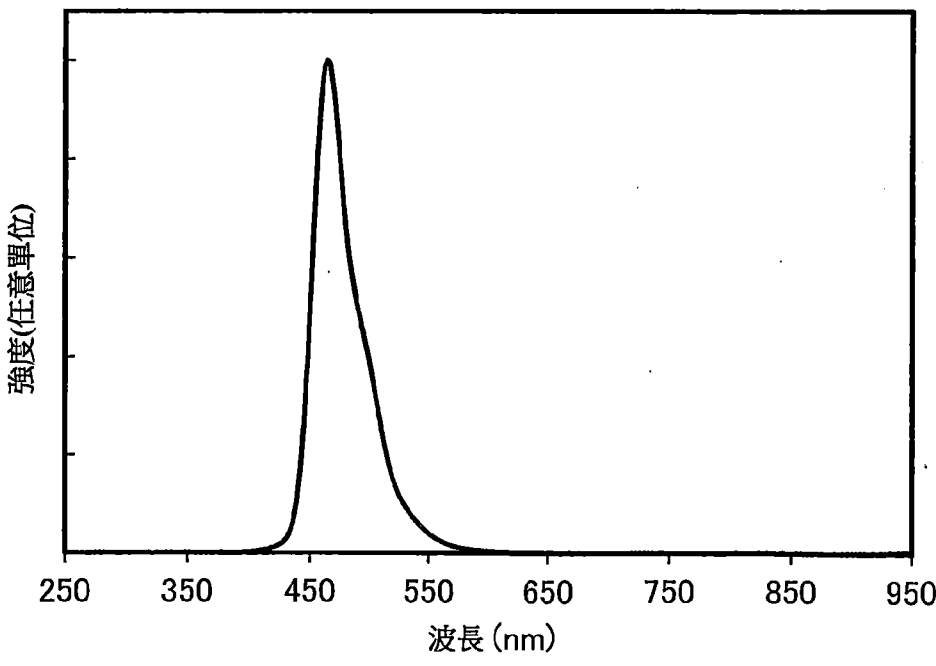


圖 27

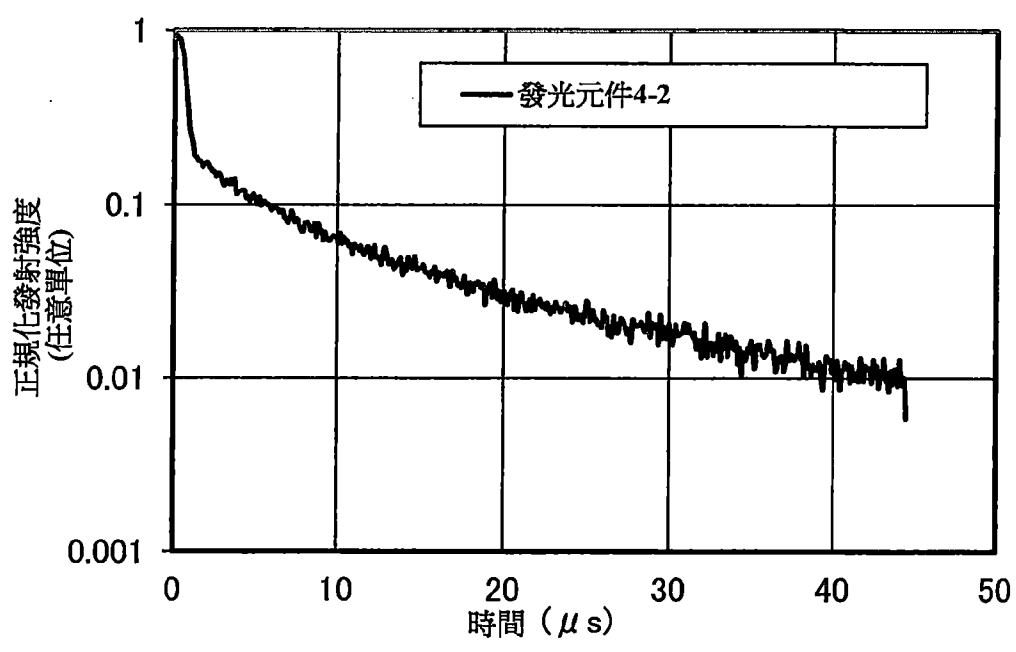


圖 28

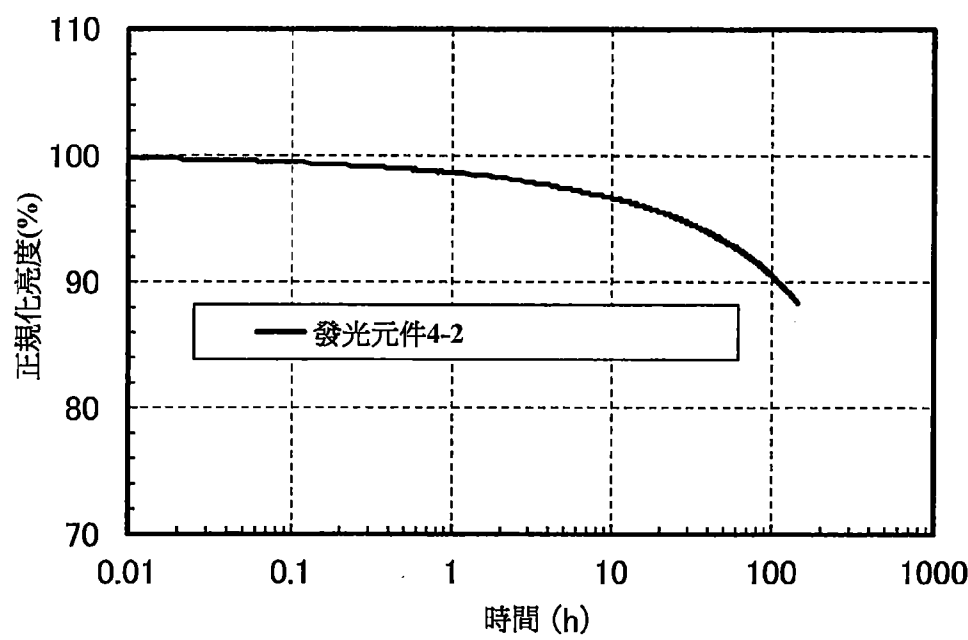


圖 29

