



(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 I809423 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：110121765

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 04 月 28 日

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

(30)優先權：2016/05/06 日本 2016-093152

(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：石曾根崇浩 ISHISONE, TAKAHIRO (JP)；瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)

(74)代理人：林怡芳；童啓哲

(56)參考文獻：

TW	200702334A	TW	200940554A
TW	201244211A	TW	201605093A
CN	104926805A	CN	105315219A
CN	105315265A	US	9142794B2
US	9159942B2	US	9203045B2

審查人員：李景松

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：32 共 123 頁

(54)名稱

發光元件及顯示裝置

(57)摘要

一種發光效率高的發光元件。該發光元件包括第一有機化合物至第三有機化合物。第一有機化合物和第二有機化合物組合而形成激態錯合物。第一有機化合物為磷光性化合物，而第三有機化合物為螢光性化合物。發光元件的發光包括第三有機化合物的發光，該第三有機化合物被供應來自由第一有機化合物和第二有機化合物形成的激態錯合物的激發能。

A light-emitting element having high luminous efficiency is provided. The light-emitting element includes a first organic compound, a second organic compound, and a third organic compound. The first organic compound and the second organic compound, in combination, are capable of forming an exciplex. The first organic compound is a phosphorescent compound and the third organic compound is a fluorescent compound. Light emitted from the light-emitting element includes light emitted from the third organic compound to which excitation energy is supplied from the exciplex formed by the first organic compound and the second organic compound.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100:EL 層

101:電極

102:電極

111:電洞注入層

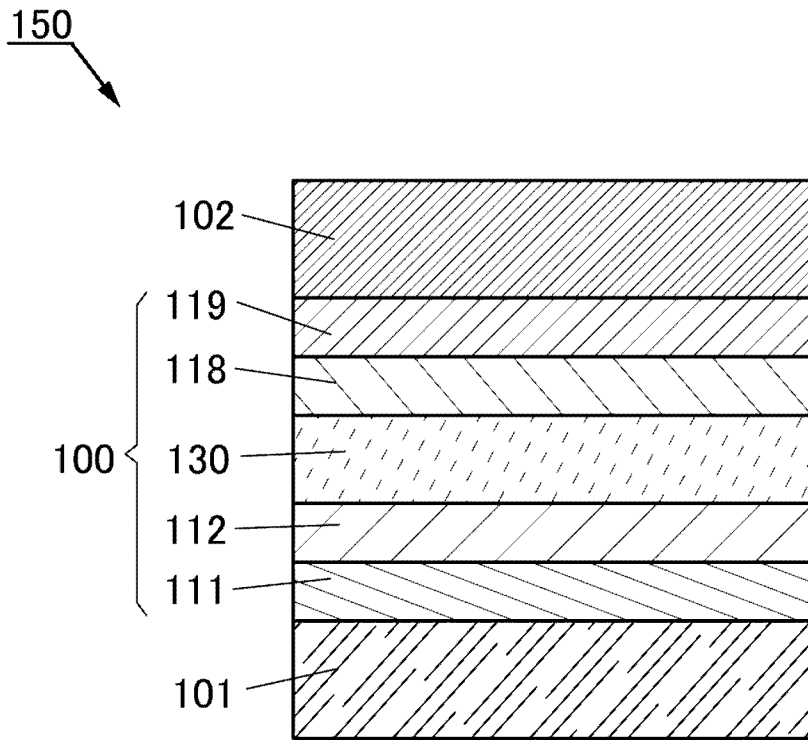
112:電洞傳輸層

118:電子傳輸層

119:電子注入層

130:發光層

150:發光元件



【圖1】

**公告本**

I809423

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 發光元件及顯示裝置**【英文發明名稱】** LIGHT-EMITTING ELEMENT, AND DISPLAY DEVICE**【中文】**

一種發光效率高的發光元件。該發光元件包括第一有機化合物至第三有機化合物。第一有機化合物和第二有機化合物組合而形成激態錯合物。第一有機化合物為磷光性化合物，而第三有機化合物為螢光性化合物。發光元件的發光包括第三有機化合物的發光，該第三有機化合物被供應來自由第一有機化合物和第二有機化合物形成的激態錯合物的激發能。

【英文】

A light-emitting element having high luminous efficiency is provided. The light-emitting element includes a first organic compound, a second organic compound, and a third organic compound. The first organic compound and the second organic compound, in combination, are capable of forming an exciplex. The first organic compound is a phosphorescent compound and the third organic compound is a fluorescent compound. Light emitted from the light-emitting element includes light emitted from the third organic compound to which excitation energy is supplied from the exciplex formed by the first organic compound and the second organic compound.

【指定代表圖】 圖1**【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

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 發光元件及顯示裝置

【英文發明名稱】 LIGHT-EMITTING ELEMENT, AND DISPLAY DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明的一個實施方式係關於一種發光元件或包括該發光元件的顯示裝置、電子裝置及照明裝置。

【0002】 注意，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）。因此，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、照明裝置、蓄電裝置、記憶體裝置、這些裝置的驅動方法或製造方法。

【先前技術】

【0003】 近年來，對利用電致發光（Electroluminescence：EL）的發光元件的研究開發日益火熱。這些發光元件的基本結構是在一對電極之間夾有包含發光物質的層（EL層）的結構。藉由將電壓施加到該元件的電極間，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。

【0005】 當使用將有機化合物用作發光性物質並在一對電極間設置包含該發光性物質的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性EL層，而使電流流過。而且，注入的電子與電洞再結合而使發光性有機化合物成為激發態，而可以獲得發光。

【0006】 作為有機化合物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，與使用發射螢光的化合物（螢光性化合物）的發光元件相比，使用發射磷光的化合物（磷光性化合物）的發光元件的發光效率更高。因此，近年來，對使用能夠將三重激發能轉換為發光的磷光性化合物的發光元件的研究開發日益火熱。例如，在非專利文獻 1 中，詳細地調查了作為磷光性化合物的 Ir 錯合物的發光量子產率的溫度依賴性，以查明 Ir 錯合物的分子結構和發光量子產率的關係及其原因。

【0007】 在使用磷光性化合物的發光元件中，尤其在呈現藍色發光的發光元件中，對具有較高的三重激發能階的穩定的化合物的開發是較困難的，所以還沒有實現實用化。因此，對使用更穩定的螢光性化合物的發光元件進行開發，尋找提高使用螢光性化合物的發光元件（螢光發光元件）的發光效率的方法。

【0008】 除了磷光性化合物以外，作為能夠將三重激發能的一部分轉換為發光的材料，已知有熱活化延遲螢光（Thermally Activated Delayed Fluorescence：TADF）材料。在熱活化延遲螢光材料中，藉由反系間竄越由三重激發態產生單重激發態，並且單重激發態被轉換為發光。

【0009】 為了在使用熱活化延遲螢光材料的發光元件中提高發光效率，不但在熱活化延遲螢光材料中由三重激發態高效地生成單重激發態，而且從單重激發態高效地獲得發光，亦即高螢光量子產率是重要的。但是，難以設計同時滿足上述兩個條件的發光材料。

【0010】 另外，還已知如下方法：在包含熱活化延遲螢光材料和螢光性化合物的發光元件中，將熱活化延遲螢光材料的單重激發能轉移到螢光性化合物，並從該螢光性化合物獲得發光（參照專利文獻 1）。

【0011】

[專利文獻 1] 日本專利申請公開第 2014-45179 號公報

【0012】

[非專利文獻 1] T.sajoto 及其他五名，Journal of American Chemical Society，vol.131，9813(2009)

【發明內容】

【0013】 為了提高包含熱活化延遲螢光材料和螢光性化合物的發光元件的發光效率，較佳為從三重激發態高效地產生單重激發態，且被要求提供在將激態錯合物用作熱活化延遲螢光材料的發光元件中從三重激發態高效地產生單重激發態進一步提高發光效率的方法。

【0014】 因此，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驅動電壓低的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種功耗得到降低的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種可靠性高的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種新穎的發光元件。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。

【0015】 注意，上述目的的記載不妨礙其他目的的存在。本發明的一個實施方式並不一定需要實現所有上述目的。另外，上述目的以外的目的可以從說明書等的記載得知並衍生。

【0016】 本發明的一個實施方式是一種包括兩種有機化合物（第一有機化合物及第二有機化合物）的發光元件，該兩種有機化合物能夠組合而形成激態錯合物，其中一個有機化合物具有將三重激發能轉換為發光的功能。另外，本發明的一個實施方式是一種發光元件，其中藉由將激發能從該激態錯合物供應到具有將單重激發能轉換為發光的功能的第三有機化合物，可以從該第三有機化合物高效地得到發光。

【0017】 另外，本發明的一個實施方式是一種包括發光層的發光元件，發光層包括第一有機化合物、第二有機化合物以及第三有機化合物，第一有機化合物和第二有機化合物中的一個的 LUMO 能階為第一有機化合物和第二有機化合物中的另一個的 LUMO 能階以上，第一有機化合物和第二有機化合物中的一個的 HOMO 能階為第一有機化合物和第二有機化合物中的另一個的 HOMO 能階以上，第一有機化合物和該第二有機化合物能夠組合而形成激態錯合物，第一有機化合物能夠將三重激發能轉換為發光，第三有機化合物能夠將單重激發能轉換為發光，並且發光層的發光包括第三有機化合物的發光。

【0018】 另外，本發明的另一個實施方式是一種包括發光層的發光元件，發光層包括第一有機化合物、第二有機化合物以及第三有機化合物，第一有機化合物和第二有機化合物中的一個的 LUMO 能階為第一有機化合物和第二有機化合物中的另一個的 LUMO 能階以上，第一有機化合物和第二有機化合物中的

一個的 HOMO 能階為第一有機化合物和第二有機化合物中的另一個的 HOMO 能階以上，第一有機化合物和該第二有機化合物能夠組合而形成激態錯合物，第一有機化合物不發射螢光而能夠發射磷光，第三有機化合物能夠發射螢光，並且發光層的發光包括第三有機化合物的發光。

【0019】 另外，本發明的另一個實施方式是一種包括發光層的發光元件，發光層包括第一有機化合物、第二有機化合物以及第三有機化合物，第一有機化合物的 LUMO 能階為第二有機化合物的 LUMO 能階以上，第一有機化合物的 HOMO 能階為第二有機化合物的 HOMO 能階以上，第一有機化合物和該第二有機化合物能夠組合而形成激態錯合物，第一有機化合物包含 Ru、Rh、Pd、Os、Ir 或 Pt，並且發光層的發光包括第三有機化合物的發光。

【0020】 在上述各結構中，第一有機化合物的最低三重激發能階較佳為第二有機化合物的最低三重激發能階以上。

【0021】 另外，在上述各結構中，激態錯合物較佳為能夠將激發能供應到第三有機化合物。另外，激態錯合物的發射光譜較佳為包括與第三有機化合物的吸收光譜的最長波長一側的吸收帶重疊的區域。

【0022】 另外，在上述各結構中，第一有機化合物較佳為包含銦。另外，第一有機化合物較佳為包括鍵合於銦的配體，該配體包含含氮五元雜環骨架。

【0023】 另外，在上述各結構中，第二有機化合物較佳為能夠傳輸電子。另外，第二有機化合物較佳為包含缺 π 電子型雜芳香骨架。

【0024】 另外，在上述各結構中，第一有機化合物的發光量子產率較佳為在室溫下為 0% 以上且 40% 以下。

【0025】 另外，在上述各結構中，激態錯合物的發光效率較佳為高於第一有機化合物的發光效率。

【0026】 另外，本發明的另一個實施方式是一種顯示裝置，包括：上述各結構的發光元件；以及濾色片和電晶體之中的至少一個。另外，本發明的另一個實施方式是一種電子裝置，包括：該顯示裝置；以及外殼和觸控感測器之中的至少一個。另外，本發明的另一個實施方式是一種照明裝置，包括：上述各結構的發光元件；以及外殼和觸控感測器之中的至少一個。另外，本發明的一個實施方式在其範疇內不僅包括具有發光元件的發光裝置，還包括具有發光裝置的電子裝置。因此，本說明書中的發光裝置是指影像顯示裝置或光源（包括照明裝置）。另外，發光裝置有時還包括如下模組：在發光元件中安裝有連接器諸如 FPC (Flexible Printed Circuit: 撓性電路板) 或 TCP (Tape Carrier Package:

捲帶式封裝)的顯示模組；在 TCP 端部中設置有印刷線路板的顯示模組；或者 IC (積體電路)藉由 COG (Chip On Glass：晶粒玻璃接合)方式直接安裝在發光元件上的顯示模組。

【0027】根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發光效率高的發光元件。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種驅動電壓低的發光元件。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種功耗低的發光元件。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種可靠性高的發光元件。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種新穎的發光元件。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種新穎的發光裝置。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種新穎的顯示裝置。

【0028】注意，這些效果的記載不妨礙其他效果的存在。另外，本發明的一個實施方式並不一定需要具有所有上述效果。另外，上述效果以外的效果可以從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載得知並衍生。

【圖式簡單說明】

【0029】

在圖式中：

圖1是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖2A至圖2C是說明本發明的一個實施方式的發光元件的發光層的剖面示意圖及說明能階相關的圖；

圖3是說明本發明的一個實施方式的發光元件的發光層中能階相關的圖；

圖4是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

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顯示裝置的俯視圖及剖面示意圖；

圖8A和圖8B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的剖面示意圖；

圖9A和圖9B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的剖面示意圖；

圖10是說明本發明的一個實施方式的顯示模組的透視圖；

圖11A至圖11G是說明本發明的一個實施方式的電子裝置的圖；

圖12A至圖12C是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的圖；

圖13是說明本發明的一個實施方式的照明裝置的圖；

圖14是說明實施例的發光元件的亮度-電流密度特性的圖；

圖15是說明實施例的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖16是說明實施例的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖17是說明實施例的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖18是說明實施例的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖19是說明實施例的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖20是說明實施例的薄膜的發射光譜的圖；

圖21是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖22是說明實施例的發光元件的亮度-電流密度特性的圖；

圖23是說明實施例的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖24是說明實施例的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖25是說明實施例的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖26是說明實施例的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖27是說明實施例的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖28是說明實施例的化合物的吸收光譜的圖；

圖29是說明實施例的化合物的吸收光譜的圖；

圖30是說明實施例的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖31是說明實施例的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖32是說明實施例的過渡EL曲線的圖。

【實施方式】

【0030】 以下，參照圖式詳細地說明本發明的實施方式。注意，本發明不侷限於以下說明，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侷限在以下所示的實施方式及實施例所記載的內容中。

【0031】 另外，為了容易理解，有時在圖式等中示出的各結構的位置、大小及範圍等並不表示其實際的位置、大小及範圍等。因此，所公開的發明不一定侷限於圖式等所公開的位置、大小、範圍等。

【0032】 另外，在本說明書等中，為了容易理解，附加了第一、第二等序數詞，而其有時並不表示製程順序或疊層順序。因此，例如可以將“第一”適當地置換為“第二”或“第三”等而進行說明。另外，本說明書等中所記載的序數詞與用於指定本發明的一個實施方式的序數詞有時不一致。

【0033】 注意，在本說明書等中，當利用圖式說明發明的結構時，有時在不同的圖式中共同使用表示相同的部分的符號。

【0034】 另外，在本說明書等中，可以將“膜”和“層”相互調換。例如，有時可以將“導電層”換稱為“導電膜”。另外，有時可以將“絕緣膜”換稱為“絕緣層”。

【0035】 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。另外，S1 能階是單重激發能階的最低能階，其是指最低單重激發態 (S1 狀態) 的激發能階。另外，三重激發態(T^*)是指具有激發能的三重態。另外，T1 能階是三重激發能階的最低能階，其是指最低三重激發態 (T1 狀態) 的激發能階。另外，在本說明書等中，即使表示為“單重激發態”或“單重激發能階”也有時分別表示 S1 狀態或 S1 能階。另外，即使表示為“三重激發態”或“三重激發能階”也有時分別表示 T1 狀態或 T1 能階。

【0036】 另外，在本說明書等中，螢光性化合物是指在從單重激發態返回到基態時在可見光區域發光的化合物。磷光性化合物是指在從三重激發態返回到基態時在室溫下以可見光區域發光的化合物。換言之，磷光性化合物是指能夠將三重激發能轉換為可見光的化合物之一。

【0037】 注意，在本說明書等中，室溫是指 0°C 以上且 40°C 以下的範圍。

【0038】另外，在本說明書等中，藍色的波長區域是指 400nm 以上且小於 490nm 的波長區域，藍色的發光在該波長區域具有至少一個發射光譜峰值。另外，綠色的波長區域是指 490nm 以上且小於 580nm 的波長區域，綠色的發光在該波長區域具有至少一個發射光譜峰值。另外，紅色的波長區域是指 580nm 以上且 680nm 以下的波長區域，紅色的發光在該波長區域具有至少一個發射光譜峰值。

【0039】

實施方式 1

在本實施方式中，參照圖 1 至圖 3 說明本發明的一個實施方式的發光元件。

【0040】

〈發光元件的結構例子〉

首先，下面將參照圖 1 說明本發明的一個實施方式的發光元件的結構。

【0041】圖 1 是本發明的一個實施方式的發光元件 150 的剖面示意圖。

【0042】發光元件 150 包括一對電極（電極 101 及電極 102），並包括設置在該一對電極間的 EL 層 100。EL 層 100 至少包括發光層 130。

【0043】另外，圖 1 所示的 EL 層 100 除了發光層 130 以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 等功能層。

【0044】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 的結構並不侷限於此。也就是說，也可以將電極 101 用作陰極且將電極 102 用作陽極，倒序地層疊該電極間的各層。換言之，從陽極一側依次層疊電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、發光層 130、電子傳輸層 118 及電子注入層 119 即可。

【0045】注意，EL 層 100 的結構不侷限於圖 1 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。功能層既可以是單層又可以是層疊有多個層的結構。

【0046】

〈發光元件的發光機制〉

以下說明發光層 130 的發光機制。

【0047】 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，從而形成激子。在因載子（電子及電洞）的再結合而產生的激子中，單重激子與三重激子的比（以下，稱為激子產生概率）的統計概率為 1:3。因此，產生單重激子的比率為 25%，產生三重激子的比率為 75%。因此，為了提高發光元件的發光效率，使三重激子有助於發光是重要的。由此，作為用於發光層 130 的發光材料，較佳為具有將三重激發能轉換為發光的功能的材料。

【0048】 作為具有將三重激發能轉換為發光的功能的材料，可以舉出能夠發射磷光的化合物（以下稱為磷光性化合物）。在本說明書等中，磷光性化合物是指在低溫（例如 77K）以上且室溫以下的溫度範圍（亦即，77K 以上且 313K 以下）的任一溫度下發射磷光而不發射螢光的化合物。為了使磷光性化合物高效地將三重激發能轉換為發光，較佳為包含重原子。另外，在磷光性化合物包含重原子的情況下，因為自旋軌域相互作用(電子的自旋角運動量與軌域角運動量之間的相互作用)促進單重態與三重態之間的系間竄越，所以磷光性化合物中的單重基態與三重激發態之間的躍遷為容許躍遷。也就是說，可以提高磷光性化合物的單重基態與三重激發態之間的躍遷概率，由此可以提高與該躍遷有關的發光效率及吸收概率。為此，較佳為使磷光性化合物包含自旋軌域相互作用大的金屬元素，明確而言，較佳為包含過渡金屬元素，尤其較佳為包含鉑族元素(鈦(Ru)、銻(Rh)、鈦(Pd)、鐵(Os)、銥(Ir)或鉑(Pt))，特別較佳為包含銥。銥可以提高單重基態與三重激發態之間的直接躍遷的概率，所以是較佳的。

【0049】 另外，作為具有將三重激發能轉換為發光的功能的材料，可以舉出熱活化延遲螢光（TADF）材料。熱活化延遲螢光材料是指 S1 能階和 T1 能階的差異較小且具有藉由反系間竄越將三重激發能轉換為單重激發能的功能的材料。因此，能夠藉由微小的熱能量將三重激發能上轉換(up-convert)為單重激發能(反系間竄越)並能夠高效地產生單重激發態。激態錯合物（Exciplex）因 S1 能階和 T1 能階的差異極小而具有將三重激發能轉換為單重激發能的熱活化延遲螢光材料的功能。

【0050】 作為本發明的一個實施方式，發光層 130 包含形成激態錯合物的兩種物質。再者，作為本發明的一個實施方式，發光層 130 還包含能夠將單重激發能轉換為發光的材料作為發光材料。借助於這種結構，在激態錯合物中藉

由反系間竄越將三重激發能轉換為單重激發能，並將該單重激發能轉移到發光材料，由此可以從發光材料高效地得到發光。

【0051】 再者，本發明人發現：藉由使用能夠單獨地將三重激發能轉換為發光的化合物作為形成激態錯合物的一個化合物，可以形成能夠高效地將非發光性三重激發能轉換為發光性單重激發能或三重激發能的激態錯合物。另外，在使用包含重原子的化合物作為形成激態錯合物的一個化合物的情況下，因為自旋軌域相互作用(電子的自旋角運動量與軌域角運動量之間的相互作用)促進單重態與三重態之間的系間竄越。也就是說，促進激態錯合物中的從三重激發態向單重激發態的反系間竄越，由此可以提高激態錯合物中的單重激發態的生成概率。由此，在激態錯合物從單重激發態發光的情況下，可以形成高效發光的激態錯合物。另一方面，該激態錯合物可以提高從三重激發態向單重基態的躍遷概率，由此在激態錯合物從三重激發態發光的情況下，也可以形成高效發光的激態錯合物。也就是說，在上述任一情況下都非常適合用作福斯特型能量轉移的媒體(施體)。雖然對於激態錯合物從單重激發態發光還是從三重激發態發光沒有特別的限制(激態錯合物的單重態能與三重態能相鄰，從任一情況發光都可以)，但是至少與一般的熱活化延遲螢光的發光壽命相比，激態錯合物的激發(發光)壽命大幅度減少。該特徵影響到從激態錯合物到發光材料的能量轉移，使得激發態的劣化得到抑制，由此可以得到實質上驅動壽命長的發光元件。為了形成上述狀態，較佳為使形成激態錯合物的一個化合物包含自旋軌域相互作用大的金屬元素，明確而言，較佳為包含過渡金屬元素，尤其較佳為包含鉑族元素(鈦(Ru)、銻(Rh)、鈀(Pd)、銱(Os)、銱(Ir)或鉑(Pt))，特別較佳為包含銱。銱可以促進激態錯合物中的單重激發態與三重激發態之間的系間竄越。

【0052】 在上述結構中，不需要使用發光量子產率高的材料作為形成激態錯合物的材料，由此容易進行材料設計，材料選擇範圍也變寬。明確而言，在形成激態錯合物的至少一個化合物具有能夠單獨地將三重激發能轉換為發光的功能或者包含鉑族元素(Ru、Rh、Pd、Os、Ir或Pt)的情況下，該化合物的發光量子產率在室溫或常溫下可以為0%以上且50%以下、0%以上且40%以下、0%以上且25%以下、0%以上且10%以下或者0%以上且1%以下。

【0053】 圖2A是示出圖1所示的發光層130的一例的剖面示意圖。圖2A所示發光層130包括化合物131、化合物132以及化合物133。在本發明的一個實施方式中，化合物133較佳為螢光性化合物。另外，化合物131較佳為磷光性

化合物。雖然以下說明使用磷光性化合物作為化合物 131 的結構，但是只要是包含鉑族元素的化合物，就可以使用在室溫下也不發光的化合物。

【0054】發光層 130 所包括的化合物 131 及化合物 132 較佳為組合而形成激態錯合物。

【0055】作為化合物 131 與化合物 132 的組合，只要是能夠形成激態錯合物的組合即可，較佳為其中一個是具有傳輸電洞的功能(電洞傳輸性)的化合物，另一個是具有傳輸電子的功能(電子傳輸性)的化合物。在該情況下，更容易形成施體-受體型的激態錯合物，而可以高效地形成激態錯合物。另外，當化合物 131 與化合物 132 的組合是具有電洞傳輸性的化合物與具有電子傳輸性的化合物的組合時，能夠藉由調整其混合比而容易地控制載子的平衡。明確而言，具有電洞傳輸性的化合物:具有電子傳輸性的化合物較佳為在 1:9 至 9:1(重量比)的範圍內。另外，藉由具有該結構，可以容易地控制載子的平衡，由此也可以容易地對載子再結合區域進行控制。

【0056】另外，作為高效地形成激態錯合物的化合物 131 與化合物 132 的組合，較佳的是，化合物 131 及化合物 132 中的一個的最高佔據分子軌道(Highest Occupied Molecular Orbital，也稱為 HOMO)能階高於另一個的 HOMO 能階，且該一個的最低空分子軌道(Lowest Unoccupied Molecular Orbital，也稱為 LUMO)能階高於該另一個的 LUMO 能階。另外，化合物 131 的 HOMO 能階也可以與化合物 132 的 HOMO 能階相等，或者，化合物 131 的 LUMO 能階也可以與化合物 132 的 LUMO 能階相等。

【0057】注意，化合物的 LUMO 能階及 HOMO 能階可以從藉由循環伏安(CV)測得的化合物的電化學特性(還原電位及氧化電位)求出。

【0058】例如，當化合物 131 具有電洞傳輸性而化合物 132 具有電子傳輸性時，如圖 2B 所示的能帶圖那樣，較佳的是，化合物 131 的 HOMO 能階高於化合物 132 的 HOMO 能階，且化合物 131 的 LUMO 能階高於化合物 132 的 LUMO 能階。借助於這種能階相關，從一對電極(電極 101 及電極 102)注入的電洞及電子分別容易注入到化合物 131 及化合物 132，所以是較佳的。

【0059】另外，在圖 2B 中，Comp(131)表示化合物 131，Comp(132)表示化合物 132， ΔE_{C1} 表示化合物 131 的 LUMO 能階和 HOMO 能階的能量差， ΔE_{C2} 表示化合物 132 的 LUMO 能階和 HOMO 能階的能量差，並且 ΔE_{Ex} 表示化合物 132 的 LUMO 能階和化合物 131 的 HOMO 能階的能量差。

【0060】另外，此時，由化合物 131 和化合物 132 形成的激態錯合物的 HOMO 和 LUMO 分別在於化合物 131 和化合物 132 中。另外，該激態錯合物的激發能大致相當於化合物 132 的 LUMO 能階和化合物 131 的 HOMO 能階的能量差(ΔE_{Ex})，其小於化合物 131 的 LUMO 能階和 HOMO 能階的能量差(ΔE_{C1})及化合物 132 的 LUMO 能階和 HOMO 能階的能量差(ΔE_{C2})。因此，藉由由化合物 131 和化合物 132 形成激態錯合物，可以以較低的激發能形成激發態。另外，該激態錯合物因具有較低的激發能而能夠形成穩定的激發態。

【0061】圖 2C 示出發光層 130 中的化合物 131、化合物 132 以及化合物 133 的能階相關。

注意，圖 2C 中的記載及符號表示的是如下：

- Comp(131)：化合物 131 (磷光性化合物)
- Comp(132)：化合物 132
- Guest(133)：化合物 133 (螢光性化合物)
- S_{C1}：化合物 131 的 S1 能階
- T_{C1}：化合物 131 的 T1 能階
- S_{C2}：化合物 132 的 S1 能階
- T_{C2}：化合物 132 的 T1 能階
- S_G：化合物 133 的 S1 能階
- T_G：化合物 133 的 T1 能階
- S_{Ex}：激態錯合物的 S1 能階
- T_{Ex}：激態錯合物的 T1 能階

【0062】在本發明的一個實施方式的發光元件中，發光層 130 所包含的化合物 131 及化合物 132 形成激態錯合物。激態錯合物的 S1 能階(S_{Ex})與激態錯合物的 T1 能階(T_{Ex})成為相鄰的能階(參照圖 2C 的路徑 A₁)。

【0063】激態錯合物是由兩種物質形成的激發態，作為其形成過程主要有以下兩種過程。

【0064】一是電激錯合物 (Electroplex) 的形成過程。在本說明書等中，電激錯合物是指因載子注入而被離子化了 (處於陽離子狀態或陰離子狀態) 的化合物 131 和化合物 132 相互作用而形成的激態錯合物。注意，電激錯合物的形成過程是在電激發中發生的現象。在本實施方式中，因化合物 131 和化合物 132 中的一個接收電洞而另一個接收電子使化合物 131 與化合物 132 相互作用而迅速地形成激態錯合物的過程相當於電激錯合物形成過程。在電激錯合物形成過

程中，化合物 131 和化合物 132 迅速地形成激態錯合物而不會分別單獨地形成激發態。由此，形成激態錯合物的各化合物（化合物 131 及化合物 132）的激發壽命和發光量子產率等特性不影響到激態錯合物的形成過程。也就是說，即使在形成激態錯合物的各化合物（化合物 131 及化合物 132）的發光量子產率低的情況下，本發明的一個實施方式也可以高效地形成激態錯合物。在上述過程中，化合物 131 的 S1 能階（ S_{C1} ）既可高於又可低於化合物 132 的 S1 能階（ S_{C2} ）。另外，化合物 131 的 T1 能階（ T_{C1} ）既可高於又可低於化合物 132 的 T1 能階（ T_{C2} ）。

【0065】 二是因受到激發能而成為激發態的一個化合物與基態的另一個化合物相互作用形成激態錯合物的過程。該激態錯合物形成過程是在光激發及電激發中發生的現象。在本實施方式中，化合物 131 和化合物 132 中的一個接收光能或電能而成為激發態並與基態的另一個化合物迅速地發生相互作用而形成激態錯合物的過程相當於上述激態錯合物形成過程。在該激態錯合物形成過程中，只要化合物 131 的 T1 能階（ T_{C1} ）為化合物 132 的 T1 能階（ T_{C2} ）以上，即使化合物 131 變為激發態且該激發態的失活速度快，也可以將激發能從化合物 131 的 T1 能階（ T_{C1} ）轉移到化合物 132 的 T1 能階（ T_{C2} ）。另外，也可以在激發能從化合物 131 的 T1 能階（ T_{C1} ）轉移到化合物 132 的 T1 能階（ T_{C2} ）之後由化合物 131 和化合物 132 形成激態錯合物。由此，即使在化合物 131 的激發態的失活速度快且化合物 131 的發光量子產率低的情況下，本發明的一個實施方式也可以高效地形成激態錯合物。在上述過程中，化合物 131 的 S1 能階（ S_{C1} ）既可高於又可低於化合物 132 的 S1 能階（ S_{C2} ）。

【0066】 當經上述過程生成的激態錯合物因發光或者將激發能供應到其他材料等而失去激發能變為基態時，形成激態錯合物的兩種物質再次作為原來的兩種物質存在。

【0067】 激態錯合物的激發能階（ S_{Ex} 或 T_{Ex} ）比形成激態錯合物的各物質（化合物 131 及化合物 132）的 S1 能階（ S_{C1} 及 S_{C2} ）低，所以可以以更低的激發能形成激發態。由此，可以降低發光元件 150 的驅動電壓。

【0068】 由於激態錯合物的 S1 能階（ S_{Ex} ）與 T1 能階（ T_{Ex} ）是相鄰的能階，因此具有呈現熱活化延遲螢光的功能。也就是說，激態錯合物具有藉由反系間竄越（上轉換：upconvert）將三重激發能轉換為單重激發能的功能。因此，在發光層 130 中產生的三重激發能的一部分因激態錯合物而轉換為單重激發能。為此，激態錯合物的 S1 能階（ S_{Ex} ）與 T1 能階（ T_{Ex} ）的能量差較佳為大於 0eV 且為 0.2eV 以下，更佳為大於 0eV 且為 0.1eV 以下。注意，為了高效地使反系間

竄越發生，激態錯合物的 T1 能階 (T_{Ex}) 較佳為低於構成激態錯合物的各物質 (化合物 131 及化合物 132) 的 T1 能階 (T_{C1} 及 T_{C2})。由此，不容易產生由化合物 131 及化合物 132 形成的激態錯合物的三重激發能的淬滅，而高效地發生激態錯合物的從三重激發能到單重激發能的反系間竄越。

【0069】另外，激態錯合物的單重激發能階 (S_{Ex}) 較佳為高於作為發光材料的化合物 133 的單重激發能階 (S_G)。借助於這種能階相關，所產生的激態錯合物的單重激發能能夠從激態錯合物的單重激發能階 (S_{Ex}) 轉移到化合物 133 的單重激發能階 (S_G)。

【0070】另外，在本發明的一個實施方式中，因為使用包含重原子的化合物作為形成激態錯合物的一個化合物，所以促進了單重態與三重態之間的系間竄越。由此，可以形成能夠從三重激發態躍遷到單重基態 (亦即，能夠發射磷光) 的激態錯合物。在此情況下，激態錯合物的三重激發能階 (T_{Ex}) 較佳為高於作為發光材料的化合物 133 的單重激發能階 (S_G)。藉由採用這種能階相關，可以使所生成的激態錯合物的三重激發能從激態錯合物的三重激發能階 (T_{Ex}) 轉移到化合物 133 的單重激發能階 (S_G)。注意，激態錯合物的 S1 能階 (S_{Ex}) 和 T1 能階 (T_{Ex}) 彼此相鄰，由此有時在發射光譜中不能明確區分螢光和磷光。在此情況下，有時可以根據發光壽命區分螢光和磷光。

【0071】經上述能量轉移過程，化合物 133 變為單重激發態，由此能夠發光 (參照圖 2C 中的路徑 A_2)。

【0072】注意，為了高效地從作為發光材料的化合物 133 的單重激發態獲得發光，化合物 133 的螢光量子產率較佳為高，明確而言，較佳為 50% 以上，更佳為 70% 以上，進一步較佳為 90% 以上。

【0073】由於化合物 133 為螢光性化合物，化合物 133 中的單重基態到三重激發態的直接躍遷為禁止躍遷，因此從激態錯合物的單重激發能階 (S_{Ex}) 到化合物 133 的三重激發能階 (T_G) 的能量轉移不容易成為主要的能量轉移過程。

【0074】另外，當發生從激態錯合物的三重激發能階 (T_{Ex}) 到化合物 133 的三重激發能階 (T_G) 的三重激發能的轉移時，三重激發能失活 (參照圖 2C 的路徑 A_3)。因此，路徑 A_3 的能量轉移較佳為少，以可以降低化合物 133 的三重激發態的產生效率並減少熱失活。為此，較佳的是，在化合物 131 及化合物 132 與化合物 133 的重量比中化合物 133 所佔比例較低，明確而言，相對於化合物 131 及化合物 132 的化合物 133 的重量比較佳為 0.001 以上且 0.05 以下，更佳為 0.001 以上且 0.01 以下。

【0075】注意，當化合物 133 中的載子的直接再結合過程佔優勢時，在發光層 130 中產生多個三重激子，而熱失活導致發光效率的下降。因此，較佳的是，經由激態錯合物的產生過程的能量轉移過程（圖 2C 的路徑 A₁ 及 A₂）的比例高於化合物 133 中的載子直接再結合的過程的比例，以可以降低化合物 133 的三重激發態的產生效率並抑制熱失活。為此，在化合物 131 及化合物 132 與化合物 133 的重量比中化合物 133 所佔比例較低，明確而言，相對於化合物 131 及化合物 132 的化合物 133 的重量比較佳為 0.001 以上且 0.05 以下，更佳為 0.001 以上且 0.01 以下。

【0076】另外，為了使上述電激錯合物形成過程佔優勢，例如，當化合物 131 具有電洞傳輸性而化合物 132 具有電子傳輸性時，較佳的是，化合物 131 的 HOMO 能階高於化合物 132 的 HOMO 能階，且化合物 131 的 LUMO 能階高於化合物 132 的 LUMO 能階。明確而言，化合物 131 的 HOMO 能階與化合物 132 的 HOMO 能階的能量差較佳為 0.1eV 以上，更佳為 0.2eV 以上，進一步較佳為 0.3eV 以上。另外，化合物 131 的 LUMO 能階與化合物 132 的 LUMO 能階的能量差較佳為 0.1eV 以上，更佳為 0.2eV 以上，進一步較佳為 0.3eV 以上。借助於這種能階相關，從一對電極(電極 101 及電極 102)注入的電洞及電子分別容易注入到化合物 131 及化合物 132，所以是較佳的。

【0077】另外，也可以採用化合物 131 具有電子傳輸性且化合物 132 具有電洞傳輸性的結構。在此情況下，如圖 3 所示的能帶圖那樣，化合物 132 的 HOMO 能階較佳為高於化合物 131 的 HOMO 能階，而化合物 132 的 LUMO 能階較佳為高於化合物 131 的 LUMO 能階。

【0078】另外，較佳的是，在化合物 131 與化合物 132 的重量比中化合物 131 所佔比例較低，明確而言，相對於化合物 132 的化合物 131 的重量比較佳為 0.01 以上且 0.5 以下，更佳為 0.05 以上且 0.3 以下。

【0079】如上所述，當上述路徑 A₁ 及 A₂ 的能量轉移過程全部高效地發生時，在發光層 130 中產生的單重激發能及三重激發能的兩者都高效地轉換為化合物 133 的單重激發能，所以發光元件 150 能夠以高發光效率發光。

【0080】在本說明書等中，有時將上述路徑 A₁ 及 A₂ 的過程稱為 ExSET (Exciplex-Singlet Energy Transfer：激態錯合物-單重態能量轉移) 或 ExEF (Exciplex-Enhanced Fluorescence：激態錯合物增強螢光)。換言之，在發光層 130 中，產生從激態錯合物到螢光性化合物的激發能的供應。

【0081】藉由使發光層 130 具有上述結構，可以高效地獲得來自發光層 130 的螢光性化合物的發光。

【0082】

<能量轉移機制>

下面，對分子間的能量轉移過程的控制因素進行說明。作為分子間的能量轉移的機制，提出了福斯特(Förster)機制(偶極-偶極相互作用)和德克斯特(Dexter)機制(電子交換相互作用)的兩個機制。注意，雖然在此對有關從處於激發態的第一材料向處於基態的第二材料的激發能供給的第一材料與第二材料的分子間的能量轉移過程進行說明，但是在上述任一個是激態錯合物時也是同樣的。

【0083】

《福斯特機制》

在福斯特機制中，在能量轉移中不需要分子間的直接接觸，藉由第一材料與第二材料間的偶極振盪的共振現象發生能量轉移。藉由偶極振盪的共振現象，第一材料給第二材料供應能量，激發態的第一材料成為基態，基態的第二材料成為激發態。另外，公式(1)示出福斯特機制的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

$$\text{【0084】 } k_{h^* \rightarrow g} = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \epsilon_g(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad \dots (1)$$

【0085】在公式(1)中， ν 表示振盪數， $f'_h(\nu)$ 表示第一材料的正規化發射光譜(當考慮由單重激發態的能量轉移時，相當於螢光光譜，而當考慮由三重激發態的能量轉移時，相當於磷光光譜)， $\epsilon_g(\nu)$ 表示第二材料的莫耳吸光係數， N 表示亞佛加厥數， n 表示介質的折射率， R 表示第一材料與第二材料的分子間距， τ 表示所測量的激發態的壽命(螢光壽命或磷光壽命)， c 表示光速， Φ 表示發光量子產率(當考慮由單重激發態的能量轉移時，相當於螢光量子產率，而當考慮由三重激發態的能量轉移時，相當於磷光量子產率)， K^2 表示第一材料和第二材料的躍遷偶極矩的配向的係數(0至4)。另外，在無規配向中， $K^2=2/3$ 。

【0086】

《德克斯特機制》

在德克斯特機制中，第一材料和第二材料接近於產生軌域的重疊的接觸有效距離，藉由交換激發態的第一材料的電子和基態的第二材料的電子，發生能量轉移。另外，公式(2)示出德克斯特機制的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

$$\text{【0087】 } k_{h^* \rightarrow g} = \left(\frac{2\pi}{h}\right) K^2 \exp\left(-\frac{2R}{L}\right) \int f'_h(\nu) \varepsilon'_g(\nu) d\nu \quad \dots (2)$$

【0088】 在公式(2)中， h 表示普朗克常數， K 表示具有能量維數 (energy dimension) 的常數， ν 表示振盪數， $f'_h(\nu)$ 表示第一材料的正規化發射光譜 (當考慮由單重激發態的能量轉移時，相當於螢光光譜，而當考慮由三重激發態的能量轉移時，相當於磷光光譜)， $\varepsilon'_g(\nu)$ 表示第二材料的正規化吸收光譜， L 表示有效分子半徑， R 表示第一材料與第二材料的分子間距。

【0089】 在此，從第一材料到第二材料的能量轉移效率 Φ_{ET} 以公式(3)表示。 k_r 表示第一材料的發光過程 (當考慮由單重激發態的能量轉移時，相當於螢光，而當考慮由三重激發態的能量轉移時，相當於磷光) 的速度常數， k_n 表示第一材料的非發光過程 (熱失活或系間竄躍) 的速度常數， τ 表示所測量的第一材料的激發態的壽命。

$$\text{【0090】 } \phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \rightarrow g}} \quad \dots (3)$$

【0091】 從公式(3)可知，為了提高能量轉移效率 Φ_{ET} ，增大能量轉移的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ ，其他競爭的速度常數 $k_r + k_n (=1/\tau)$ 相對變小，即可。

【0092】

《用來提高能量轉移的概念》

首先，考慮基於福斯特機制的能量轉移。藉由將公式(1)代入到公式(3)，可以消去 τ 。因此，在福斯特機制中，能量轉移效率 ϕ_{ET} 不取決於第一材料的激發態的壽命 τ 。另外，當發光量子產率 ϕ (當考慮由單重激發態的能量轉移時，相當於螢光量子產率，而當考慮由三重激發態的能量轉移時，相當於磷光量子產率) 高時，可以說能量轉移效率 ϕ_{ET} 較高。

【0093】 另外，第一材料的發射光譜 (當考慮由單重激發態的能量轉移時，相當於螢光光譜，而當考慮由三重激發態的能量轉移時，相當於磷光光譜) 與第二材料的吸收光譜 (相當於從單重基態到單重激發態的遷移的吸收) 的重疊較佳為大。再者，第二材料的莫耳吸光係數較佳為高。這意味著第一材料的發射光譜與呈現在第二材料的最長波長一側的吸收帶重疊。注意，由於第二材料中的從單重基態到三重激發態的直接躍遷為禁止躍遷，因此在第二材料中，三重激發態下的莫耳吸光係數少到可以忽視的程度。由此，可以忽視基於福斯特

機制的第二材料的激發態到第二材料的三重激發態的能量轉移過程，只需考慮到第二材料的單重激發態的能量轉移過程。

【0094】接著，考慮基於德克斯特機制的能量轉移。從公式(2)可知，為了增大速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ ，第一材料的發射光譜(當考慮由單重激發態的能量轉移時，相當於螢光光譜，而當考慮由三重激發態的能量轉移時，相當於磷光光譜)與第二材料的吸收光譜(相當於從單重基態到單重激發態的遷移的吸收)的重疊較佳為大。因此，能量轉移效率的最佳化可以藉由使第一材料的發射光譜與呈現在第二材料的最長波長一側的吸收帶重疊而實現。

【0095】另外，當將公式(2)代入到公式(3)時，可知德克斯特機制中的能量轉移效率 ϕ_{ET} 取決於 τ 。因為德克斯特機制是基於電子交換的能量轉移過程，所以與從第一材料的單重激發態到第二材料的單重激發態的能量轉移同樣地，還產生從第一材料的三重激發態到第二材料的三重激發態的能量轉移。

【0096】與從第一材料到第二材料的能量轉移同樣地，在從激態錯合物到螢光性化合物的能量轉移過程中也有可能發生基於福斯特機制及德克斯特機制的兩者的能量轉移。

【0097】在本發明的一個實施方式的發光元件中，第二材料是螢光性化合物，所以到第二材料的三重激發態的能量轉移效率較佳為低。也就是說，從第一材料到第二材料的基於德克斯特機制的能量轉移效率較佳為低，而從第一材料到第二材料的基於福斯特機制的能量轉移效率較佳為高。

【0098】如上所述，基於福斯特機制的能量轉移效率不取決於第一材料的激發態的壽命 τ 。另一方面，基於德克斯特機制的能量轉移效率取決於第一材料的激發壽命 τ ，為了降低基於德克斯特機制的能量轉移效率，第一材料的激發壽命 τ 較佳為短。

【0099】於是，在本發明的一個實施方式中，作為第一材料使用激態錯合物，形成該激態錯合物的一個化合物具有將三重激發態轉換為發光的功能。借助於本發明的一個實施方式的結構，可以促進激態錯合物(第一材料)的從三重激發態向單重激發態的反系間竄越，以縮短激態錯合物(第一材料)的三重激發態的激發壽命 τ 。另外，可以促進激態錯合物(第一材料)的從三重激發態向單重基態的躍遷，以縮短激態錯合物(第一材料)的三重激發態的激發壽命 τ 。其結果是，可以降低從激態錯合物(第一材料)的三重激發態向螢光性化合物(第二材料)的三重激發態的基於德克斯特機制的能量轉移效率。

【0100】另外，如上所述，可以忽視基於福斯特機制的從激態錯合物的激發態向螢光性化合物（第二材料）的三重激發態的能量轉移過程。由此，根據本發明的一個實施方式，可以不容易發生基於福斯特機制和德克斯特機制的兩者的從激態錯合物的激發態向螢光性化合物（第二材料）的三重激發態的能量轉移過程。其結果是，可以抑制發光層 130 中的三重激發態的失活，由此可以提供發光效率高的發光元件。

【0101】另外，在激態錯合物所呈現的發光中，熱活化延遲螢光成分的螢光壽命較佳為短，明確而言，較佳為 10ns 以上且 50 μ s 以下，更佳為 10ns 以上且 20 μ s 以下，進一步較佳為 10ns 以上且 10 μ s 以下。

【0102】另外，福斯特機制的速度常數和第一材料-第二材料間距的六次方成反比，而德克斯特機制的速度常數和第一材料-第二材料間距的指數函數成反比。因此，當兩個分子間的距離大約為 1nm 以下時德克斯特機制佔優勢，當兩個分子間的距離大約為 1nm 以上時福斯特機制佔優勢。因此，為了降低基於德克斯特機制的能量轉移效率，較佳為增大第一材料與第二材料之間的距離，明確而言，其距離較佳為 0.7nm 以上，更佳為 0.9nm 以上，進一步較佳為 1nm 以上。另外，為了使福斯特機制高效地產生，第一材料與第二材料之間的距離較佳為 5nm 以下。

【0103】因此，在本發明的一個實施方式中，作為螢光性化合物的化合物 133 較佳為包括兩個以上的具有碳原子數為 2 以上的烷基。或者，化合物 133 較佳為包括至少兩個碳原子數為 3 以上且 10 以下的具有支鏈的烷基。或者，化合物 133 較佳為包括兩個以上的碳原子數為 3 以上且 10 以下的環烴基或兩個以上的碳原子數為 3 以上且 10 以下的橋環烴基。另外，化合物 133 較佳為包括碳原子數為 3 以上且 12 以下的稠合芳烴。

【0104】另外，在激態錯合物所呈現的發光中，熱活化延遲螢光成分所佔的比例較佳為高。明確而言，在激態錯合物所呈現的發光中，熱活化延遲螢光成分所佔的比率較佳為 10%以上，更佳為 30%以上，進一步較佳為 50%以上。

【0105】

〈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。

【0106】

《發光層》

下面對能夠用於發光層 130 的材料分別進行說明。

【0107】 作為化合物 131 與化合物 132 的組合，只要是能夠形成激態錯合物的組合即可，較佳為其中一個是具有傳輸電子的功能的化合物，另一個是具有傳輸電洞的功能的化合物。

【0108】 在化合物 132 具有傳輸電洞的功能的情況下，化合物 132 較佳為包含富 π 電子型雜芳香骨架和芳香胺骨架中的至少一個。

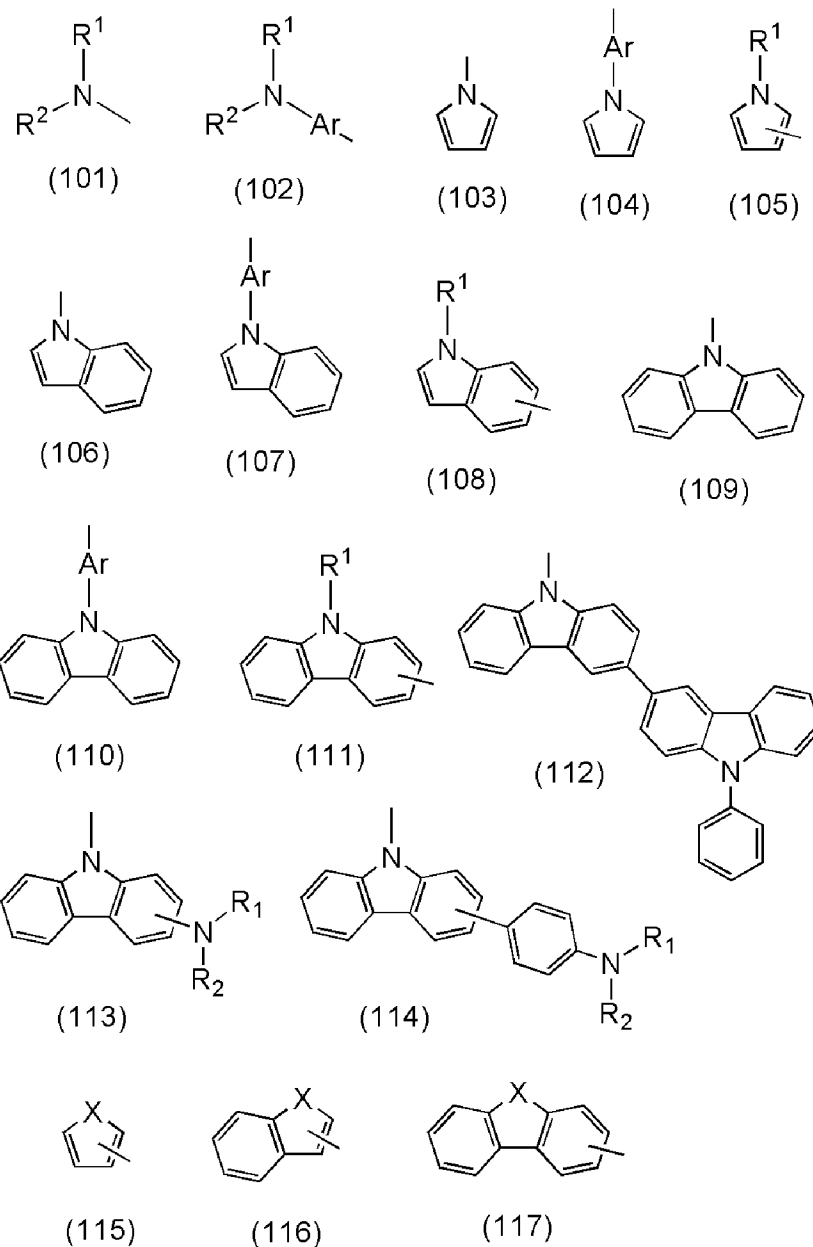
【0109】 另外，因為作為化合物 132 所具有的富 π 電子型雜芳香骨架吡喃骨架、噻吩骨架和吡咯骨架是穩定且可靠性良好的骨架，所以較佳為具有選自上述骨架中的任一個或多個。另外，作為吡喃骨架較佳為使用二苯并吡喃骨架，作為噻吩骨架較佳為使用二苯并噻吩骨架。作為吡咯骨架，較佳為使用吡咯骨架、咪唑骨架以及 3-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)-9H-咪唑骨架。另外，這些骨架可以具有取代基。

【0110】 作為化合物 132 所具有的芳香胺骨架，較佳為不具有 NH 鍵合的所謂的二級胺，特別較佳為三芳胺骨架。作為三芳胺骨架的芳基，較佳為形成環的碳原子數為 6 至 13 的取代或未取代的芳基，例如可以舉出苯基、萘基、蒽基等。

【0111】 包含富 π 電子型雜芳香骨架及芳香胺骨架的結構具有高電洞傳輸性、高穩定性以及高可靠性，所以是特別較佳的，例如可以舉出包含咪唑骨架及芳香胺骨架的結構。

【0112】 作為上述富 π 電子型雜芳香骨架及芳香胺骨架，例如可以舉出以下面通式 (101) 至 (117) 表示的骨架。注意，通式 (115) 至 (117) 中的 X 表示氧原子或硫原子。

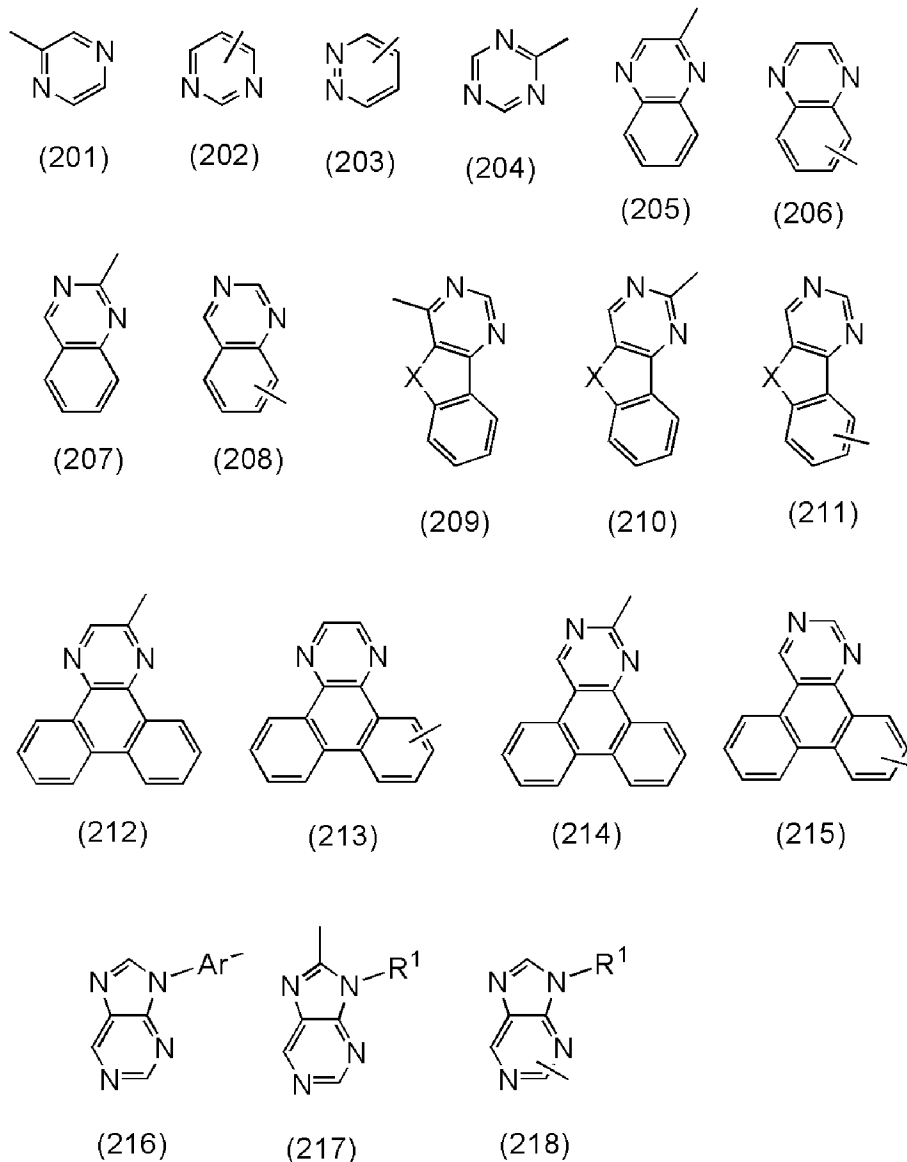
【0113】



【0114】 或者，在化合物 132 具有傳輸電子的功能的情況下，化合物 132 較佳為包含缺 π 電子型雜芳香骨架。作為缺 π 電子型雜芳香骨架，較佳為使用吡啶骨架、二嗪骨架(嘧啶骨架、吡嗪骨架、嗒 骨架)、三嗪骨架，其中二嗪骨架及三嗪骨架是穩定且可靠性良好的骨架，所以是較佳的。

【0115】 作為上述缺 π 電子型雜芳香骨架，例如可以舉出以下面通式(201)至(218)表示的骨架。注意，通式(209)至(211)中的 X 表示氧原子或硫原子。

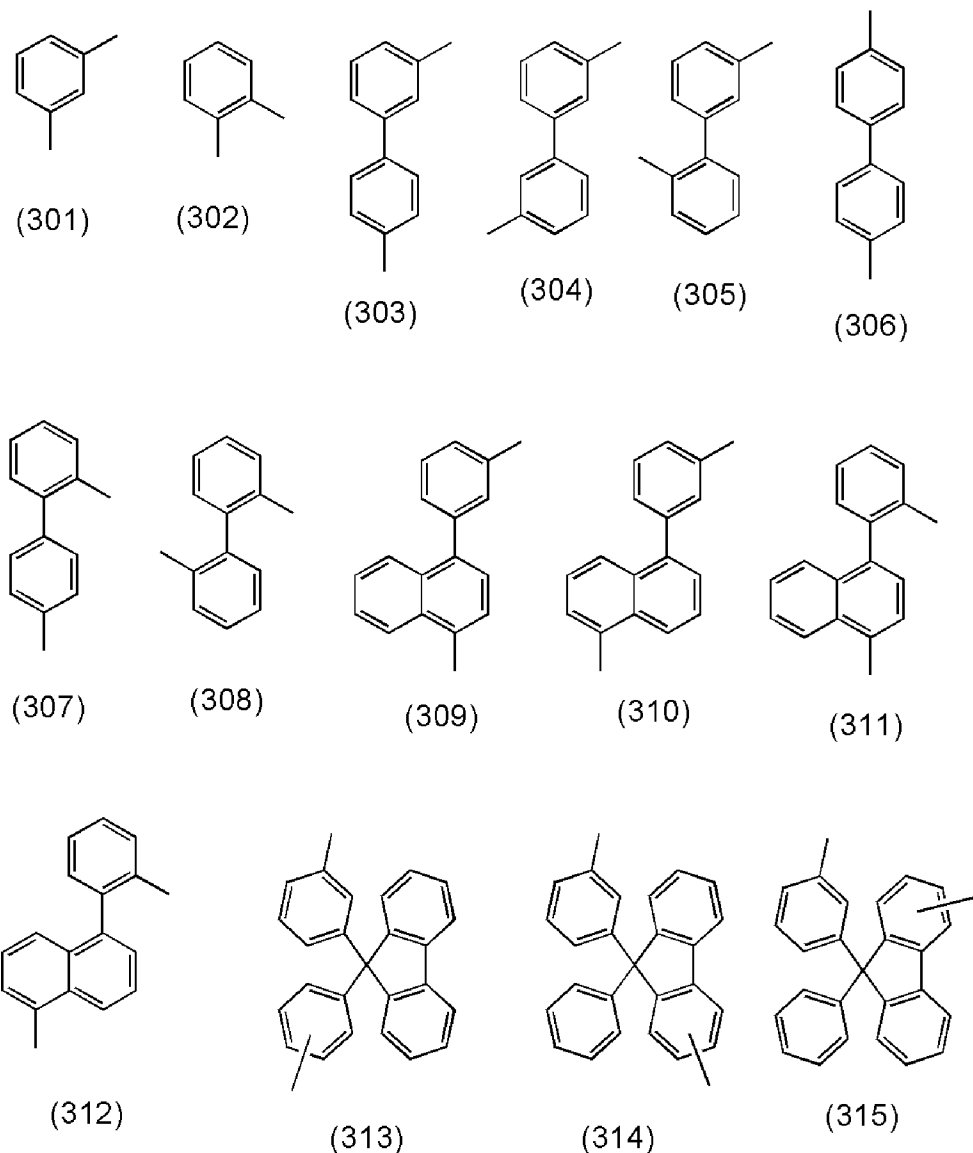
【0116】



【0117】另外，也可以使用具有電洞傳輸性的骨架（明確而言，富 π 電子型雜芳香骨架和芳香胺骨架中的至少一個）直接或者藉由伸芳基鍵合於具有電子傳輸性的骨架（明確而言，缺 π 電子型雜芳香骨架）的化合物。另外，作為上述伸芳基，例如可以舉出伸苯基、聯苯二基、萘二基、萸二基等。

【0118】作為使上述具有電洞傳輸性的骨架與具有電子傳輸性的骨架鍵合的鍵合基，例如可以舉出以下面通式（301）至（315）表示的基。

【0119】



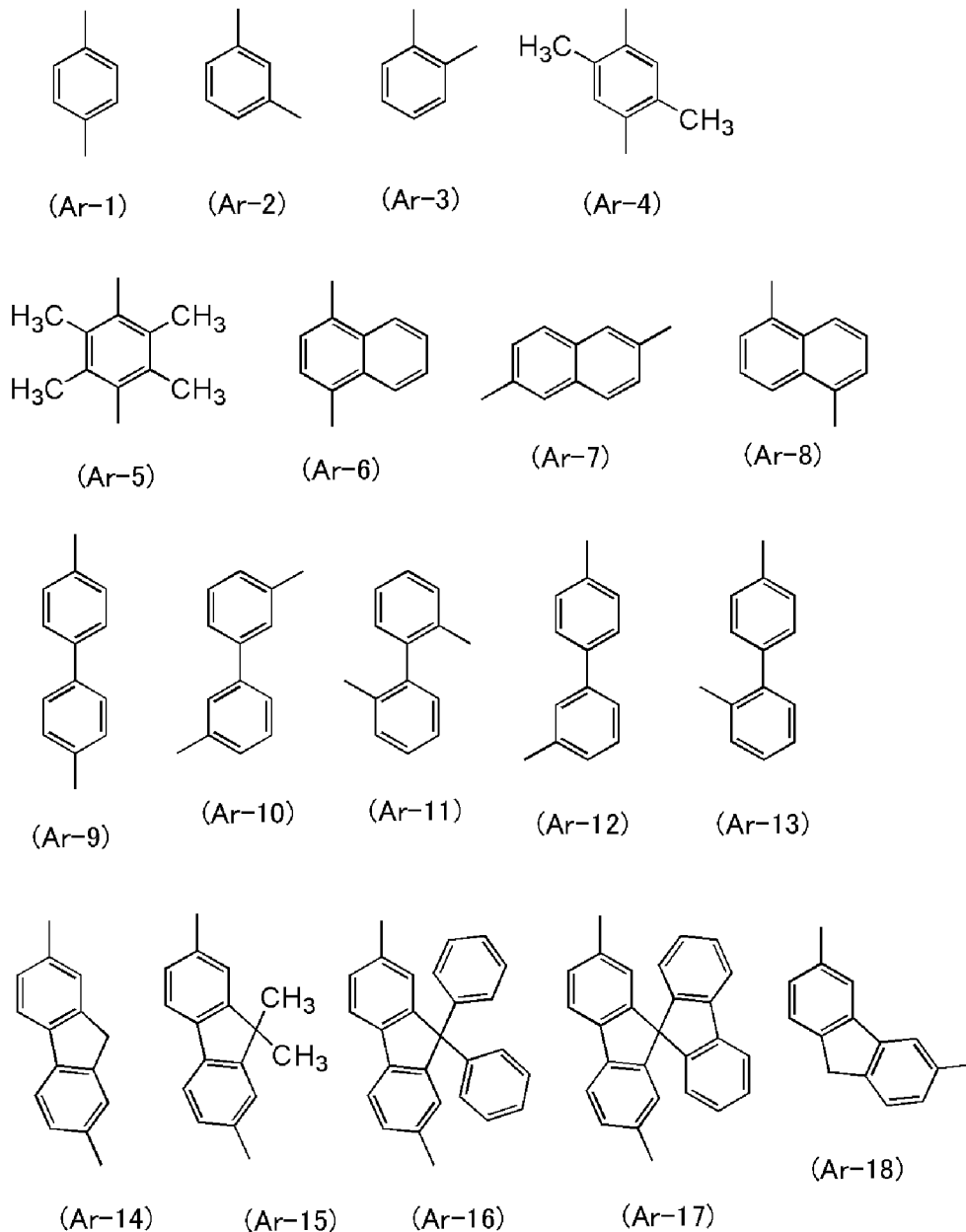
【0120】上述芳香胺骨架（明確而言，例如三芳胺骨架）、富 π 電子型雜芳香骨架（明確而言，例如具有咪喃骨架、噻吩骨架、吡咯骨架的環）、缺 π 電子型雜芳香骨架（明確而言，例如具有二嗪骨架或三嗪骨架的環）、上述通式（101）至（117）、通式（201）至（218）或者通式（301）至（315）可以具有取代基。作為該取代基，可以選擇碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為3至6的環烷基或者碳原子數為6至12的取代或未取代的芳基。作為碳原子數為1至6的烷基，明確而言，例如可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及n-己基等。另外，作為碳原子數為3至6的環烷基，例如可以舉出環丙基、環丁基、環戊基、環己基等。另外，作為碳原子數為6至12的芳基，例如可以舉出苯基、萘基、聯苯基等。另外，上述取代基可以彼此鍵合而形成環。作為這種例子，例如可以舉出如下情況：在萘基的9位的碳具有兩

個苯基作為取代基的情況下，該苯基相互鍵合而形成螺萸骨架。另外，在未取代的情況下，在易合成性或原料價格的方面有利。

【0121】 另外，Ar 表示單鍵或碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，該伸芳基可以具有取代基，該取代基可以彼此鍵合而形成環。作為這種例子，例如可以舉出如下情況：在萸基的 9 位的碳具有兩個苯基作為取代基的情況下，該苯基相互鍵合而形成螺萸骨架。作為碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，可以舉出伸苯基、萸二基、聯苯二基及萸二基等。另外，在該伸芳基具有取代基的情況下，作為該取代基，可以選擇碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 6 的環烷基或者碳原子數為 6 至 12 的芳基。作為碳原子數為 1 至 6 的烷基，明確而言，例如可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及 n-己基等。另外，作為碳原子數為 3 至 6 的環烷基，例如可以舉出環丙基、環丁基、環戊基、環己基等。另外，作為碳原子數為 6 至 12 的芳基，例如可以舉出苯基、萸基、聯苯基等。

【0122】 另外，由 Ar 表示的伸芳基例如可以使用以下述結構式 (Ar-1) 至 (Ar-18) 表示的基。另外，可以用作 Ar 的基不侷限於此。

【0123】

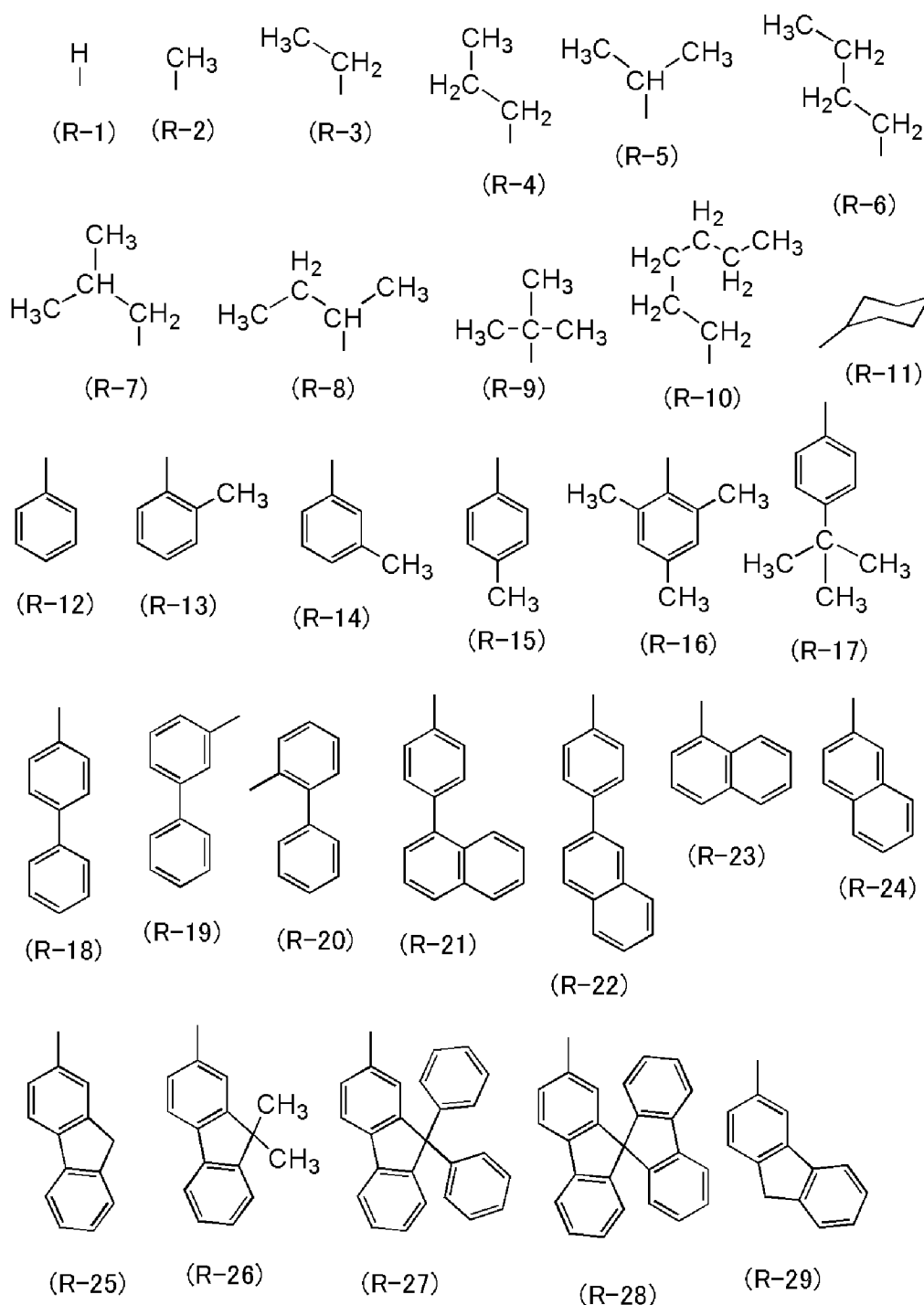


【0124】另外， R^1 及 R^2 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 6 的環烷基或者碳原子數為 6 至 13 的取代或未取代的芳基。作為碳原子數為 1 至 6 的烷基，明確而言，例如可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及 *n*-己基等。另外，作為碳原子數為 3 至 6 的環烷基，例如可以舉出環丙基、環丁基、環戊基、環己基等。另外，作為碳原子數為 6 至 13 的芳基，例如可以舉出苯基、萘基、聯苯基、蒽基等。並且，上述芳基及苯基可以具有取代基，該取代基可以彼此鍵合而形成環。另外，作為該取代基，可以選擇碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 6 的環烷基或者碳原子數為 6 至 12 的芳基。作為碳原子數為 1 至 6 的烷基，明確而言，例如可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及 *n*-己基等。另外，作為碳原

子數為 3 至 6 的環烷基，例如可以舉出環丙基、環丁基、環戊基、環己基等。另外，作為碳原子數為 6 至 12 的芳基，例如可以舉出苯基、萘基、聯苯基等。

【0125】另外，由 R^1 及 R^2 表示的烷基或芳基例如可以使用由下述結構式 (R-1) 至 (R-29) 表示的基。另外，可用作烷基或芳基的基不侷限於此。

【0126】



【0127】另外，作為通式（101）至（117）、通式（201）至（218）、通式（301）至（315）、Ar、R¹及R²可以具有的取代基，例如可以使用由上述結構式（R-1）至（R-24）表示的烷基或芳基。另外，可用作烷基或芳基的基不侷限於此。

【0128】作為化合物 132，例如可以使用如下電洞傳輸性材料及電子傳輸性材料。

【0129】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，可以使用芳香胺、吡啶衍生物等。上述電洞傳輸性材料也可以是高分子化合物。

【0130】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。

【0131】另外，作為吡啶衍生物，明確而言，可以舉出 3-[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]-9-苯基吡啶（簡稱：PCzDPA1）、3,6-雙[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]-9-苯基吡啶（簡稱：PCzDPA2）、3,6-雙[N-（4-二苯胺基苯基）-N-（1-萘基）氨基]-9-苯基吡啶（簡稱：PCzTPN2）、3-[N-（9-苯基吡啶-3-基）-N-苯胺基]-9-苯基吡啶（簡稱：PCzPCA1）、3,6-雙[N-（9-苯基吡啶-3-基）-N-苯胺基]-9-苯基吡啶（簡稱：PCzPCA2）、3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基吡啶-3-基）氨基]-9-苯基吡啶（簡稱：PCzPCN1）等。

【0132】另外，作為吡啶衍生物，還可以舉出 4,4'-二（N-吡啶基）聯苯（簡稱：CBP）、1,3,5-三[4-（N-吡啶基）苯基]苯（簡稱：TCPB）、1,4-雙[4-（N-吡啶基）苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

【0133】另外，作為電洞傳輸性高的材料，例如，可以使用 4,4'-雙[N-（1-萘基）-N-苯胺基]聯苯（簡稱：NPB 或 α -NPD）、N,N'-雙（3-甲基苯基）-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺（簡稱：TPD）、4,4',4''-三（吡啶-9-基）三苯胺（簡稱：TCTA）、4,4',4''-三[N-（1-萘基）-N-苯胺基]三苯胺（簡稱：1'-TNATA）、4,4',4''-三（N,N-二苯胺基）三苯胺（簡稱：TDATA）、4,4',4''-三[N-（3-甲基苯基）-N-苯胺基]三苯胺（簡稱：m-MTDATA）、4,4'-雙[N-（螺-9,9'-聯萘-2-基）-N-苯胺基]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)、N-(9,9-二甲基-9H-蒽-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-蒽-2-基)氮]-9H-蒽-7-基}苯基胺(簡稱:DFLADFL)、N-(9,9-二甲基-2-二苯胺基-9H-蒽-7-基)二苯基胺(簡稱:DPNF)、2-[N-(4-二苯胺基苯基)-N-苯胺基]螺-9,9'-聯蒽(簡稱:DPASF)、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)、4-苯基二苯基-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)胺(簡稱:PCA1BP)、N,N'-雙(9-苯基咔唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(簡稱:PCA2B)、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基咔唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(簡稱:PCA3B)、N-(4-聯苯)-N-(9,9-二甲基-9H-蒽-2-基)-9-苯基-9H-咔唑-3-胺(簡稱:PCBiF)、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-蒽-2-胺(簡稱:PCBBiF)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]蒽-2-胺(簡稱:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-聯蒽-2-胺(簡稱:PCBASF)、2-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯胺基]螺-9,9'-聯蒽(簡稱:PCASF)、2,7-雙[N-(4-二苯胺基苯基)-N-苯胺基]-螺-9,9'-聯蒽(簡稱:DPA2SF)、N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-(4-苯基)苯基苯胺(簡稱:YGA1BP)、N,N'-雙[4-(咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基蒽-2,7-二胺(簡稱:YGA2F)等芳香族胺化合物等。另外,可以使用3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(簡稱:PCPN)、3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(簡稱:PCPPn)、3,3'-雙(9-苯基-9H-咔唑)(簡稱:PCCP)、1,3-雙(N-咔唑基)苯(簡稱:mCP)、3,6-雙(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(簡稱:CzTP)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-蒽-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(簡稱:mmDBFFLBI-II)、4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(簡稱:DBF3P-II)、1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)-苯(簡稱:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-蒽-9-基)苯基]二苯并噻吩(簡稱:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-蒽-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(簡稱:DBTFLP-IV)、4-[3-(聯伸三苯-2-基)苯基]二苯并噻吩(簡稱:mDBTPTp-II)等胺化合物、咔唑化合物、噻吩化合物、呋喃化合物、蒽化合物、聯伸三苯化合物、菲化合物等。在此所述的物質主要是電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。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。

【0134】 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。作為容易接收電子的材料（具有電子傳輸性的材料），可以使用包含鋅或鋁的金屬錯合物、含氮雜芳香化合物等缺 π 電子型雜芳香化合物等。作為金屬錯合物，可以舉出包括喹啉配體、苯并喹啉配體、唑配體或噻唑配體的金屬錯合物。另外，作為缺 π 電子型雜芳香化合物，可以舉出二唑衍生物、三唑衍生物、啡啉衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、噻啶衍生物、三嗪衍生物等。

【0135】 作為具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金屬錯合物，例如有三（8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：Alq）₃、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：BAlq）、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱：Znq）等。另外，除此之外，還可以使用如雙[2-（2-苯并唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）、雙[2-（2-苯并噻唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnBTZ）等具有唑基類、噻唑類配體的金屬錯合物等。再者，除了金屬錯合物以外，還可以使用 2-（4-聯苯基）-5-（4-三級丁苯基）-1,3,4-二唑（簡稱：PBD）、1,3-雙[5-（對三級丁苯基）-1,3,4-二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、9-[4-（5-苯基-1,3,4-二唑-2-基）苯基]-9H-咔唑（簡稱：CO11）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-三級丁苯基）-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）、2-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑（簡稱：mDBTBIIm-II）、紅啡啉（簡稱：BPhen）、浴銅靈（簡稱：BCP）、2,9-雙（萘-2-基）-4,7-二苯基-1,10-啡啉（簡稱：NBPhen）等雜環化合物；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：2mDBTBPDBq-II）、2-[3'-（9H-咔唑-9-基）聯苯-3-基]二苯并[f, h]喹啉（簡稱：2mCzBPDBq）、2-[4-（3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基）苯基]二苯并[f, h]喹啉（簡稱：2CzPDBq-III）、7-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f, h]喹啉（簡稱：7mDBTPDBq-II）、6-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f, h]喹啉（簡稱：6mDBTPDBq-II）、4,6-雙[3-（菲-9-基）苯基]噻啶（簡稱：4,6mPnP2Pm）、4,6-雙[3-（4-二苯并噻吩基）苯基]噻啶（簡稱：4,6mDBTP2Pm-II）、4,6-雙[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]噻啶（簡稱：4,6mCzP2Pm）等具有二嗪骨架的雜環化合物；2- { 4-[3-（N-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑-9-基]苯基 } -4,6-二苯基-1,3,5-三嗪（簡稱：PCCzPTzn）等具有三嗪骨架的雜環化合物；3,5-雙[3-

(9H-吡啶-9-基) 苯基]吡啶 (簡稱: 35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基) 苯基]苯 (簡稱: TmPyPB) 等具有吡啶骨架的雜環化合物; 4,4'-雙(5-甲基苯并噁唑基-2-基) 二苯乙烯 (簡稱: BzOs) 等雜芳香化合物。另外, 還可以使用高分子化合物諸如聚(2,5-吡啶二基) (簡稱: PPy)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共-(吡啶-3,5-二基)] (簡稱: PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共-(2,2'-聯吡啶-6,6'-二基)] (簡稱: PF-BPy)。在此所述的物質主要是電子移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。注意, 只要是電子傳輸性高於電洞傳輸性的物質, 就可以使用上述物質以外的物質。

【0136】 化合物 131 較佳為具有將三重激發能轉換為發光的功能。在化合物 131 包含重原子的情況下, 因為自旋軌域相互作用(電子的自旋角運動量與軌域角運動量之間的相互作用)促進單重態與三重態之間的系間竄躍, 所以化合物 131 中的單重基態與三重激發態之間的躍遷成為容許躍遷。也就是說, 可以提高有關化合物 131 的單重基態與三重激發態之間的遷移的發光效率及吸收概率。為此, 化合物 131 較佳為包含自旋軌域相互作用大的金屬元素, 明確而言, 較佳為包含過渡金屬元素, 尤其是, 鉑族元素(鈦(Ru)、銻(Rh)、鈀(Pd)、銱(Os)、銱(Ir)或鉑(Pt)), 特別較佳為包含銱。銱可以提高有關單重基態與三重激發態之間直接躍遷的躍遷概率, 所以是較佳的。

【0137】 另外, 作為化合物 131 (磷光性化合物), 可以舉出銱、銻、鉑類有機金屬錯合物或金屬錯合物。另外, 可以舉出具有吡啶配體的鉑錯合物或有機銱錯合物, 尤其是, 較佳為使用銱類鄰位金屬錯合物等有機銱錯合物。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。此時, 化合物 131(磷光化合物)具有三重 MLCT(從金屬到配體的電荷轉移: Metal to Ligand Charge Transfer)躍遷的吸收帶。

【0138】 作為在藍色或綠色處具有發光峰值的物質, 例如可以舉出三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-kN2]苯基-kC}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)、三[3-(5-聯苯)-5-異丙基-4-苯基-4H-1,2,4-三唑]銱(III) (簡稱: Ir(iPr5btz)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: Ir(Mptz1-mp)₃)、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)銱

(III) (簡稱: Ir (Prptz1-Me)₃) 等具有 1H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物; fac-三[1-(2,6-二異丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]銱 (III) (簡稱: Ir (iPrpmi)₃)、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啉根 (phenanthridinato)]銱 (III) (簡稱: Ir (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)吡啶根-N, C^{2'}]銱 (III) 四(1-吡啶基)硼酸鹽 (簡稱: FIr6)、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N, C^{2'}]銱 (III) 吡啶甲酸鹽 (簡稱: FIrpic)、雙{2-[3',5'-雙(三氟甲基)苯基]吡啶根-N, C^{2'}}銱 (III) 吡啶甲酸鹽 (簡稱: Ir (CF₃ppy)₂ (pic))、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N, C^{2'}]銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: FIr (acac)) 等以具有拉電子基團的苯基吡啶衍生物為配體的有機金屬銱錯合物。在上述金屬錯合物中,由於具有 4H-三唑骨架、1H-三唑骨架及咪唑骨架等含氮五元雜環骨架的有機金屬銱錯合物的三重激發能高並具有優異的可靠性及發光效率,所以是特別較佳的。

【0139】作為在綠色或黃色處具有發光峰值的物質,例如可以舉出三(4-甲基-6-苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir (mppm)₃)、三(4-三級丁基-6-苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir (tBuppm)₃)、(乙醯丙酮根)雙(6-甲基-4-苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir (mppm)₂ (acac))、(乙醯丙酮根)雙(6-三級丁基-4-苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir (tBuppm)₂ (acac))、(乙醯丙酮根)雙[4-(2-降莖基)-6-苯基嘧啶]銱 (III) (內型、外型混合物) (簡稱: Ir (nbppm)₂ (acac))、(乙醯丙酮根)雙[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶]銱 (III) (簡稱: Ir (mpmppm)₂ (acac))、(乙醯丙酮根)雙{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基-kN3]苯基-kC}銱 (III) (簡稱: Ir (dmpm-dmp)₂ (acac))、(乙醯丙酮根)雙(4,6-二苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir (dppm)₂ (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)銱 (III) (簡稱: Ir (mppr-Me)₂ (acac))、(乙醯丙酮根)雙(5-異丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)銱 (III) (簡稱: Ir (mppr-iPr)₂ (acac)) 等具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物、三(2-苯基吡啶-N, C^{2'})銱 (III) (簡稱: Ir (ppy)₃)、雙(2-苯基吡啶根-N, C^{2'})銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: Ir (ppy)₂ (acac))、雙(苯并[h]喹啉)銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: Ir (bzq)₂ (acac))、三(苯并[h]喹啉)銱 (III) (簡稱: Ir (bzq)₃)、三(2-苯基喹啉-N, C^{2'})銱 (III) (簡稱: Ir (pq)₃)、雙(2-苯基喹啉-N, C^{2'})銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: Ir (pq)₂ (acac)) 等具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物、雙(2,4-二苯基-1,3-唑-N, C^{2'})銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: Ir (dpo)₂ (acac))、雙{2-[4'-

(全氟苯基)苯基]吡啶-N, C^{2'}) 銱(III) 乙醯丙酮(簡稱: Ir(p-PF-ph)₂(acac))、雙(2-苯基苯并噻唑-N, C^{2'}) 銱(III) 乙醯丙酮(簡稱: Ir(bt)₂(acac)) 等有機金屬銱錯合物、三(乙醯丙酮根)(單啡啉) 銱(III) (簡稱: Tb(acac)₃(Phen)) 等稀土金屬錯合物。在上述金屬錯合物中, 由於具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物具有優異的可靠性及發光效率, 所以是特別較佳的。

【0140】 另外, 作為在黃色或紅色處具有發光峰值的物質, 例如可以舉出(二異丁醯甲烷根)雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘧啶根]銱(III)(簡稱: Ir(5mdppm)₂(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: Ir(5mdppm)₂(dpm))、雙[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊醯基甲烷根)銱(III)(簡稱: Ir(d1npm)₂(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: Ir(tppr)₂(acac))、雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊醯基甲烷根)銱(III)(簡稱: Ir(tppr)₂(dpm))、(乙醯丙酮根)雙[2,3-雙(4-氟苯基)喹啉]合銱(III)(簡稱: Ir(Fdpq)₂(acac)) 等具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物; 三(1-苯基異喹啉-N, C^{2'}) 銱(III)(簡稱: Ir(piq)₃)、雙(1-苯基異喹啉-N, C^{2'}) 銱(III) 乙醯丙酮(簡稱: Ir(piq)₂(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)等鉑錯合物; 以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(單啡啉)銱(III)(簡稱: Eu(DBM)₃(Phen))、三[1-(2-噻吩甲醯基)-3,3,3-三氟丙酮](單啡啉)銱(III)(簡稱: Eu(TTA)₃(Phen)) 等稀土金屬錯合物。在上述金屬錯合物中, 由於具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物具有優異的可靠性及發光效率, 所以是特別較佳的。另外, 具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物可以提供色度良好的紅色發光。

【0141】 另外, 作為發光層 130 中的化合物 133, 較佳為使用螢光性化合物。對螢光性化合物沒有特別的限制, 但是較佳為使用蔥衍生物、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、啡噻啉衍生物等。

【0142】 明確而言, 可以舉出 5,6-雙[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-2,2'-聯吡啶(簡稱: PAP2BPy)、5,6-雙[4'-(10-苯基-9-蔥基)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-芘-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(簡稱: 1,6FLPAPrn)、N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-雙[3-(9-苯基-9H-芘-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(簡稱: 1,6mMemFLPAPrn)、

N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-N,N'-雙(4-三級丁基苯基)-苊-1,6-二胺(簡稱：1,6tBu-FLPAPrn)、N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-3,8-二環己基苊-1,6-二胺(簡稱：ch-1,6FLPAPrn)、N,N'-雙[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(簡稱：YGA2S)、4-(9H-咪唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(簡稱：YGAPA)、4-(9H-咪唑-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-咪唑-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-咪唑-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-咪唑-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''''-八苯基二苯并[g,p]蒽-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-咪唑-3-胺(簡稱：2PCAPA)、N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咪唑-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-咪唑-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、2,8-二-三級丁-5,11-雙(4-三級丁基)-6,12-二苯基稠四苯(簡稱：TBRb)、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-{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)茚并[1,2-a]丙二烯合芴-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) 乙烷基]-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]茛並[1, 2, 3-cd:1', 2', 3'-lm]茛等。

【0143】此時，較佳為以化合物 131 與化合物 132 所形成的激態錯合物的發光峰值與作為發光材料的化合物 133 的最長波長一側(低能量一側)的吸收帶重疊的方式選擇化合物 131、化合物 132 以及化合物 133。由此，可以實現一種發光效率得到顯著提高的發光元件。

【0144】另外，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於第一發光層的主體材料，並且將具有電子傳輸性的物質用於第二發光層的主體材料。

【0145】另外，在發光層 130 中，也可以包含化合物 131、化合物 132 以及化合物 133 以外的材料(化合物 134)。在此情況下，為了使化合物 131 和化合物 132 高效地形成激態錯合物，較佳的是，化合物 131 和化合物 132 中的一個的 HOMO 能階在發光層 130 中的材料中最高，而化合物 131 和化合物 132 中的另一個的 LUMO 能階在發光層 130 中的材料中最低。也就是說，化合物 131 和化合物 132 中的一個的 HOMO 能階較佳為高於化合物 131 和化合物 132 中的另一個的 HOMO 能階及化合物 134 的 HOMO 能階，而化合物 131 和化合物 132 中的另一個的 LUMO 能階較佳為低於化合物 131 和化合物 132 中的一個的 LUMO 能階及化合物 134 的 LUMO 能階。藉由採用這種能階相關，可以抑制由化合物 132 和化合物 134 形成激態錯合物的反應。

【0146】例如，在化合物 131 具有電洞傳輸性且化合物 132 具有電子傳輸性的情況下，較佳的是，化合物 131 的 HOMO 能階高於化合物 132 的 HOMO 能階及化合物 134 的 HOMO 能階，而化合物 132 的 LUMO 能階低於化合物 131 的 LUMO 能階及化合物 134 的 LUMO 能階。在此情況下，化合物 134 的 LUMO 能階既可高於又可低於化合物 131 的 LUMO 能階。另外，化合物 134 的 HOMO 能階既可高於又可低於化合物 132 的 HOMO 能階。

【0147】另外，也可以採用化合物 131 具有電子傳輸性且化合物 132 具有電洞傳輸性的結構。在此情況下，化合物 132 的 HOMO 能階較佳為高於化合物 131 的 HOMO 能階及化合物 134 的 HOMO 能階，而化合物 131 的 LUMO 能階較佳為低於化合物 132 的 LUMO 能階及化合物 134 的 LUMO 能階。在此情況下，

化合物 134 的 LUMO 能階既可高於又可低於化合物 132 的 LUMO 能階。另外，化合物 134 的 HOMO 能階既可高於又可低於化合物 131 的 HOMO 能階。

【0148】雖然對能夠用於發光層 130 的材料（化合物 134）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-苯并噻基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）、雙[2-（2-苯并噻基）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）-1,3,4-二唑（簡稱：PBD）、1,3-雙[5-（對三級丁基苯基）-1,3,4-二唑-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-1,3,4-二唑-2-基）苯基]-9H-吡啶（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 或 α -NPD）、N,N'-雙（3-甲基苯基）-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺（簡稱：TPD）、4,4'-雙[N-（螺-9,9'-二萘-2-基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：BSPB）等芳香胺化合物。另外，可以舉出蔥衍生物、菲衍生物、嵌二萘衍生物、蒽衍生物、二苯并[g,p]蒽衍生物等縮合多環芳香化合物（condensed polycyclic aromatic compound）。具體地，可以舉出 9,10-二苯基蔥（簡稱：DPAnth）、N,N-二苯基-9-[4-（10-苯基-9-蔥基）苯基]-9H-吡啶-3-胺（簡稱：CzA1PA）、4-（10-苯基-9-蔥基）三苯胺（簡稱：DPhPA）、4-（9H-吡啶-9-基）-4'-（10-苯基-9-蔥基）三苯胺（簡稱：YGAPA）、N,9-二苯基-N-[4-（10-苯基-9-蔥基）苯基]-9H-吡啶-3-胺（簡稱：PCAPA）、N,9-二苯基-N-{4-[4-（10-苯基-9-蔥基）苯基]苯基}-9H-吡啶-3-胺（簡稱：PCAPBA）、N,9-二苯基-N-（9,10-二苯基-2-蔥基）-9H-吡啶-3-胺（簡稱：2PCAPA）、6,12-二甲氧基-5,11-二苯蒽、N,N,N',N'',N''',N''''-八苯基二苯并[g,p]蒽-2,7,10,15-四胺（簡稱：DBC1）、9-[4-（10-苯基-9-蔥基）苯基]-9H-吡啶（簡稱：CzPA）、3,6-二苯基-9-[4-（10-苯基-9-蔥基）苯基]-9H-吡啶（簡稱：DPCzPA）、9,10-雙（3,5-二苯基苯基）蔥（簡稱：DPPA）、9,10-二（2-萘基）蔥（簡稱：DNA）、2-三級丁基-9,10-二（2-萘基）蔥（簡稱：t-BuDNA）、9,9'-聯蔥（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。從這些物

質及已知的物質中選擇一種或多種具有比上述化合物 131 及化合物 132 的能隙大的能隙的物質即可。

【0149】

《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 (Al)，除此之外，可以使用銀 (Ag)、鎢、鉻、鈾、銅、鈦等過渡金屬；鋰 (Li) 或銫等鹼金屬；鈣或鎂 (Mg) 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、AlLi 等。作為導電性化合物，例如，可以舉出銦錫氧化物 (Indium Tin Oxide，以下稱為 ITO)、包含矽或氧化矽的銦錫氧化物 (簡稱：ITSO)、銦鋅氧化物 (Indium Zinc Oxide)、包含鎢及鋅的銦氧化物等金屬氧化物。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。

【0150】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。作為具有透光功能的導電性材料，可以舉出可見光的穿透率為 40% 以上且 100% 以下，較佳為 60% 以上且 100% 以下，且電阻率為 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的導電性材料。另外，提取光一側的電極也可以是由具有透光的功能及反射光的功能的導電性材料形成的。作為該導電性材料，可以舉出可見光的反射率為 20% 以上且 80% 以下，較佳為 40% 以上且 70% 以下，且電阻率為 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的導電性材料。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。

【0151】注意，在本說明書等中，作為具有透光的功能的電極，使用具有使可見光透光的功能且具有導電性的材料即可，例如有上述以 ITO (Indium Tin Oxide) 為代表的氧化物導電體層、氧化物半導體層或包含有機物的有機導電體層。作為包含有機物的有機導電體層，例如可以舉出包含混合有機化合物與電子予體 (施體) 而成的複合材料的層、包含混合有機化合物與電子受體 (受體) 而成的複合材料的層等。另外，透明導電層的電阻率較佳為 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下，更佳為 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下。

【0152】另外，作為電極 101 及電極 102 的成膜方法，可以適當地使用濺射法、蒸鍍法、印刷法、塗佈法、MBE (Molecular Beam Epitaxy：分子束磊晶) 法、CVD 法、脈衝雷射沉積法、ALD (Atomic Layer Deposition：原子層沉積) 法等。

【0153】

《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、酞青衍生物或芳香胺等形成。作為過渡金屬氧化物可以舉出鋁氧化物、鈮氧化物、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。作為芳香胺，可以舉出聯苯胺衍生物或仲苯基二胺衍生物等。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(乙基二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)等。

【0154】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 7,7,8,8-四氫基-2,3,5,6-四氫醌二甲烷(簡稱：F₄-TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氫-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，可以使用氧化鈮、氧化鋰、氧化鈹、氧化鉻、氧化鋁、氧化鎢、氧化錳、氧化銻等。特別較佳為使用氧化鋁，因為其在大氣中也穩定，吸濕性低，並且容易處理。

【0155】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，可以使用作為能夠用於發光層 130 的電洞傳輸性材料而舉出的芳香胺及咪唑衍生物。另外，還可以使用芳烴及二苯乙烯衍生物等。上述電洞傳輸性材料也可以是高分子化合物。

【0156】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、蔻等。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 以上且 42 以下的芳烴。

【0157】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。

【0158】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。

【0159】

《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 HOMO 能階相同或接近的 HOMO 能階。

【0160】作為上述電洞傳輸性材料,可以使用作為電洞注入層 111 的材料例示出的材料。另外,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。

【0161】

《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。作為容易接收電子的化合物（具有電子傳輸性的材料），可以使用含氮雜芳香化合物等缺 π 電子型雜芳香化合物或金屬錯合物等。明確而言，可以舉出作為可用於發光層 130 的電子傳輸性材料而舉出的包括喹啉配體、苯并喹啉配體、唑配體或噻唑配體的金屬錯合物。另外，可以舉出二唑衍生物、三唑衍生物、啡啉衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、嘧啶衍生物等。另外，較佳為具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子移動率的物質。只要是電子傳輸性高於電洞傳輸性的物質，就可以使用上述物質以外的物質。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。

【0162】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少量的電子俘獲性高的物質的層，藉由抑制電子載子的移動，可以調節載子的平衡。這種結構對抑制因電子穿過發光層而引起的問題（例如元件壽命的下降）發揮很大的效果。

【0163】

《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等。明確而言，可以使用氟化鋰（LiF）、氟化鈉（NaF）、氟化銫（CsF）、氟化鈣（CaF₂）及鋰氧化物（LiO_x）等鹼金屬、鹼土金屬或這些金屬的化合物。另外，可以使用氟化鉕（ErF₃）等稀土金屬化合物。另外，也可以將電子鹽用於電子注入層 119。作為該電子鹽，例如可以舉出對鈣和鋁的混合氧化物以高濃度添加電子的物質等。另外，也可以將能夠用於電子傳輸層 118 的物質用於電子注入層 119。

【0164】另外，也可以將有機化合物與電子予體（施體）混合形成的複合材料用於電子注入層 119。這種複合材料因為藉由電子予體在有機化合物中產生電子而具有優異的電子注入性和電子傳輸性。在此情況下，有機化合物較佳為在傳輸所產生的電子方面性能優異的材料，明確而言，例如，可以使用如上所述的構成電子傳輸層 118 的物質（金屬錯合物、雜芳香化合物等）。作為電子予體，只要是對有機化合物呈現電子供給性的物質即可。明確而言，較佳為使用鹼金屬、鹼土金屬和稀土金屬，可以舉出鋰、銫、鎂、鈣、鉕、鐿等。另外，較佳為使用鹼金屬氧化物或鹼土金屬氧化物，可以舉出鋰氧化物、鈣氧化物、

鋇氧化物等。另外，還可以使用氧化鎂等路易士鹼。另外，也可以使用四硫富瓦烯（簡稱：TTF）等有機化合物。

【0165】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、噴嘴印刷法、凹版印刷等方法形成。另外，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，也可以使用量子點等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）。

【0166】作為量子點，可以使用膠狀量子點、合金型量子點、核殼(Core Shell)型量子點、核型量子點等。此外，也可以使用包含第 2 族與第 16 族、第 13 族與第 15 族、第 13 族與第 17 族、第 11 族與第 17 族或第 14 族與第 15 族的元素群的量子點。或者，可以使用包含鎘(Cd)、硒(Se)、鋅(Zn)、硫(S)、磷(P)、銦(In)、碲(Te)、鉛(Pb)、鎵(Ga)、砷(As)、鋁(Al)等元素的量子點。

【0167】作為用於濕處理的液體介質，例如可以使用：甲乙酮、環己酮等的酮類；乙酸乙酯等的甘油脂肪酸酯類；二氯苯等的鹵化芳烴類；甲苯、二甲苯、均三甲苯、環己基苯等的芳烴類；環己烷、十氫化萘、十二烷等的脂肪烴類；二甲基甲醯胺(DMF)、二甲亞砜(DMSO)等的有機溶劑。

【0168】作為可以用於發光層的高分子化合物，例如可以舉出：聚伸苯基亞乙烯(PPV)衍生物諸如聚[2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-伸苯基伸乙炔基](簡稱：MEH-PPV)、聚(2,5-二辛基-1,4-伸苯基亞乙烯)等；聚萘衍生物諸如聚(9,9-二正辛基萘基-2,7-二基)(簡稱：PF8)、聚[(9,9-二正辛基萘基-2,7-二基)-alt-(苯并[2,1,3]噻二唑-4,8-二基)](簡稱：F8BT)、聚[(9,9-二正辛基萘基-2,7-二基)-alt-(2,2'-聯噻吩-5,5'-二基)](簡稱 F8T2)、聚[(9,9-二辛基-2,7-二伸乙炔基伸萘基(divinylene-fluorenylene))-alt-(9,10-蒽)]、聚[(9,9-二己基萘-2,7-二基)-alt-(2,5-二甲基-1,4-亞苯)]等；聚烷基噻吩(PAT)衍生物諸如聚(3-己基噻吩-2,5-二基)(簡稱：P3HT)等、聚亞苯衍生物等。另外，也可以對上述高分子化合物、聚(9-乙炔基吡啶)(簡稱：PVK)、聚(2-乙炔基萘)、聚[雙(4-苯基)(2,4,6-三甲基苯基)胺](簡稱：PTAA)等高分子化合物摻雜發光性化合物，而將其用於發光層。作為發光性化合物，可以使用以上舉例的發光性化合物。

【0169】

《基板》

另外，本發明的一個實施方式的發光元件可以在由玻璃、塑膠等構成的基板上製造。作為在基板上層疊的順序，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。

【0170】另外，作為能夠形成本發明的一個實施方式的發光元件的基板，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，只要在發光元件及光學元件的製造過程中起支撐物的作用，就可以使用其他材料。或者，只要具有保護發光元件及光學元件的功能即可。

【0171】例如，在本發明等中，可以使用各種基板形成發光元件。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、包含纖維狀材料的纖維素奈米纖維(CNF)、紙或基材薄膜等。作為玻璃基板的例子，有鋇硼矽酸鹽玻璃、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。

【0172】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。

【0173】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。

【0174】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 控制發光元件的驅動的主動矩陣型顯示裝置。

【0175】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。

【0176】

實施方式 2

在本實施方式中，參照圖 4 對與實施方式 1 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。注意，在圖 4 中使用與圖 1 相同的陰影線示出具有與圖 1 相同的功能的結構，而有時省略元件符號。另外，具有與圖 1 相同的功能的結構由相同的元件符號表示，有時省略其詳細說明。

【0177】

<發光元件的結構例子 1>

圖 4 是發光元件 250 的剖面示意圖。

【0178】圖 4 所示的發光元件 250 在一對電極（電極 101 與電極 102）之間具有多個發光單元（圖 4 中的發光單元 106 和發光單元 108）。一個發光單元具有與圖 1 所示的 EL 層 100 同樣的結構。也就是說，圖 1 所示的發光元件 150 具有一個發光單元，而發光元件 250 具有多個發光單元。注意，在發光元件 250 中，雖然對電極 101 為陽極且電極 102 為陰極時的情況進行說明，但是作為發光元件 250 的結構也可以採用與此相反的結構。

【0179】另外，在圖 4 所示的發光元件 250 中，層疊有發光單元 106 和發光單元 108，並且在發光單元 106 與發光單元 108 之間設置有電荷產生層 115。另外，發光單元 106 和發光單元 108 可以具有相同結構或不同結構。例如，較佳為將與圖 1 所示的 EL 層 100 同樣的結構用於發光單元 106。

【0180】另外，發光元件 250 包括發光層 130 和發光層 140。另外，發光單元 106 除了發光層 130 之外還包括電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸層 113 及電子注入層 114。另外，發光單元 108 除了發光層 140 之外還包括電洞注入層 116、電洞傳輸層 117、電子傳輸層 118 及電子注入層 119。

【0181】電荷產生層 115 既可以具有對電洞傳輸性材料添加有作為電子受體的受體性物質的結構，也可以具有對電子傳輸性材料添加有作為電子予體的施體性物質的結構。另外，也可以層疊這兩種結構。

【0182】當電荷產生層 115 包含有機化合物與受體性物質的複合材料時，作為該複合材料使用可以用於實施方式 1 所示的電洞注入層 111 的複合材料即可。作為有機化合物，可以使用芳香胺化合物、吡啶化合物、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，作為有機化合物，較佳為使用其電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。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性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 108，在發光單元的陽極一側的表面接觸於電荷產生層 115 時，電荷產生層 115 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。

【0183】注意，電荷產生層 115 也可以是組合包含有機化合物和受體性物質的複合材料的層與由其他材料構成的層的疊層結構。例如，也可以是組合包含有機化合物和受體性物質的複合材料的層與包含選自供電子性物質中的一個化合物和高電子傳輸性的化合物的層的結構。另外，也可以是組合包含有機化合物和受體性物質的複合材料的層與包含透明導電材料的層的結構。

【0184】夾在發光單元 106 與發光單元 108 之間的電荷產生層 115 只要具有在將電壓施加到電極 101 和電極 102 之間時，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 4 中，在以使電極 101 的電位高於電極 102 的電位的方式施加電壓時，電荷產生層 115 將電子注入到發光單元 106 且將電洞注入到發光單元 108。

【0185】從光提取效率的觀點來看，電荷產生層 115 較佳為具有可見光透射性（明確而言，電荷產生層 115 具有 40% 以上的可見光透射率）。另外，電荷產生層 115 即使導電率小於一對電極（電極 101 及電極 102）也發揮作用。當電荷產生層 115 的導電率與一對電極大致同樣高時，由於因電荷產生層 115 而產生的載子流向膜表面方向，所以有時在電極 101 與電極 102 不重疊的區域會產生發光。為了抑制這樣的不良現象，電荷產生層 115 較佳為由導電率低於一對電極的材料形成。

【0186】藉由使用上述材料形成電荷產生層 115，可以抑制在層疊發光層時的驅動電壓的增大。

【0187】雖然在圖 4 中說明了具有兩個發光單元的發光元件，但是可以將同樣的結構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 250 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，藉由將圖 1 所示的 EL 層 100 的結構應用於多個單元中的至少一個單元，可以提供一種發光效率高的發光元件。

【0189】另外，發光單元 106 所包括的發光層 130 較佳為具有實施方式 1 所示的結構。由此，發光元件 250 成為發光效率高的發光元件，所以是較佳的。

【0190】另外，在上述各結構中，用於發光單元 106 及發光單元 108 的客體材料（螢光性化合物）既可以相同又可以不同。當發光單元 106 和發光單元 108 包含相同的客體材料時，發光元件 250 成為以小電流值呈現高發光亮度的發光元件，所以是較佳的。另外，當發光單元 106 和發光單元 108 包含不同的客體材料時，發光元件 250 成為呈現多色發光的發光元件，所以是較佳的。尤其較佳為以實現演色性高的白色發光或至少具有紅色、綠色、藍色的發光的方式選擇客體材料。

【0191】另外，發光單元 106、發光單元 108 及電荷產生層 115 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。

【0192】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。

【0193】

實施方式 3

在本實施方式中，參照圖 5 至圖 6B 說明與實施方式 1 及實施方式 2 所示的結構不同的結構的發光元件的例子。

【0194】

<發光元件的結構例子 1>

圖 5 是示出本發明的一個實施方式的發光元件的剖面圖。在圖 5 中使用與圖 1 相同的陰影線示出具有與圖 1 相同的功能的部分，而有時省略元件符號。另外，具有與圖 1 所示的功能相同的功能的部分由相同的元件符號表示，有時省略其詳細說明。

【0195】圖 5 所示的發光元件 260 既可以是將光提取到基板 200 一側的底面發射（底部發射）型發光元件，也可以是將光提取到與基板 200 相反的方向的頂面發射（頂部發射）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提取到基板 200 的上方及下方的兩者的雙面發射（雙發射：dual emission）型發光元件。

【0196】當發光元件 260 是底部發射型時，電極 101 較佳為具有透過光的功能。另外，電極 102 較佳為具有反射光的功能。或者，當發光元件 260 是頂部發射型時，電極 101 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。

【0197】發光元件 260 在基板 200 上包括電極 101 及電極 102。另外，在電極 101 與電極 102 之間包括發光層 123B、發光層 123G 及發光層 123R。另外，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。

【0198】另外，電極 101 也可以由多個導電層形成。在此情況下，較佳為採用層疊有能夠反射光的導電層和能夠透射光的導電層的結構。

【0199】另外，電極 101 可以使用與實施方式 1 所示的電極 101 或電極 102 同樣的結構及材料。

【0200】在圖 5 中，在被電極 101 與電極 102 夾持的區域 221B、區域 221G 與區域 221R 之間分別具有分隔壁 145。分隔壁 145 具有絕緣性。分隔壁 145 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 145，可以將各區域的基板 200 上的電極 101 分別分為島狀。

【0201】另外，發光層 123B 與發光層 123G 可以在與分隔壁 145 重疊的區域中具有彼此重疊的區域。另外，發光層 123G 與發光層 123R 可以在與分隔壁 145 重疊的區域中具有彼此重疊的區域。另外，發光層 123R 與發光層 123B 可以在與分隔壁 145 重疊的區域中具有彼此重疊的區域。

【0202】分隔壁 145 只要具有絕緣性即可，使用無機材料或有機材料形成。作為該無機材料，可以舉出氧化矽、氧氮化矽、氮氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁等。作為該有機材料，例如可以舉出丙烯酸樹脂或聚醯亞胺樹脂等感光性樹脂材料。

【0203】另外，發光層 123R、發光層 123G、發光層 123B 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 123R 包含能夠發射紅色的發光材料時，區域 221R 呈現紅色光；當發光層 123G 包含能夠發射綠色的發光材料時，區域 221G 呈現綠色光；當發光層 123B 包含能夠發射藍色的發光材料時，

區域 221B 呈現藍色光。藉由將具有這種結構的發光元件 260 用於顯示裝置的像素，可以製造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。

【0204】 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較佳為採用與實施方式 1 所示的發光層 130 同樣的結構。由此，可以製造發光效率良好的發光元件。

【0205】 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。

【0206】 如上所示，藉由使至少一個發光層包含實施方式 1 所示的發光層，並且將包括該發光層的發光元件 260 用於顯示裝置的像素，可以製造發光效率高的顯示裝置。也就是說，包括發光元件 260 的顯示裝置可以減少功耗。

【0207】 另外，藉由在提取光的電極上設置濾色片，可以提高發光元件 260 的色純度。因此，可以提高包括發光元件 260 的顯示裝置的色純度。

【0208】 另外，藉由在提取光的電極上設置偏光板，可以減少發光元件 260 的外光反射。因此，可以提高包括發光元件 260 的顯示裝置的對比度。

【0209】 注意，關於發光元件 260 中的其他結構，參照實施方式 1 中的發光元件的結構即可。

【0210】

<發光元件的結構例子 2>

下面，參照圖 6A 及圖 6B 說明與圖 5 所示的發光元件不同的結構例子。

【0211】 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。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 相同的功能的部份，而有時省略元件符號。另外，具有與圖 5 所示的功能相同的部份由相同的元件符號表示，有時省略其詳細說明。

【0212】 圖 6A 及圖 6B 是在一對電極之間具有發光層的發光元件的結構例子。圖 6A 所示的發光元件 262a 是將光提取到與基板 200 相反的方向的頂面發射（頂部發射）型發光元件，並且圖 6B 所示的發光元件 262b 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提取到形成發光元件的基板 200 的上方及下方的兩者的雙面發射（雙發射）型發光元件。

【0213】 發光元件 262a 及發光元件 262b 在基板 200 上包括電極 101、電極 102、電極 103、電極 104。另外，在電極 101 與電極 102 之間、在電極 102

與電極 103 之間以及在電極 102 與電極 104 之間至少包括發光層 130 及電荷產生層 115。另外，還包括電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、發光層 140、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、電子注入層 119。

【0214】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。另外，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。

【0215】圖 6A 所示的發光元件 262a 及圖 6B 所示的發光元件 262b 在由電極 101 及電極 102 夾持的區域 222B 與由電極 102 及電極 103 夾持的區域 222G 與由電極 102 及電極 104 夾持的區域 222R 之間包括分隔壁 145。分隔壁 145 具有絕緣性。分隔壁 145 覆蓋電極 101、電極 103 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 145，可以將各區域的基板 200 上的該電極分別分為島狀。

【0216】發光元件 262a 及發光元件 262b 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。

【0217】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。

【0218】作為光學元件 224R、光學元件 224G、光學元件 224B，例如可以採用彩色層（也稱為濾色片）、帶通濾光片、多層膜濾光片等。另外，可以將顏色轉換元件應用於光學元件。顏色轉換元件是將入射光轉換為其波長比該入射光長的光的光學元件。作為顏色轉換元件，較佳為使用利用量子點的元件。藉由利用量子點，可以提高顯示裝置的色彩再現性。

【0219】另外，也可以在光學元件 224R、光學元件 224G 及光學元件 224B 上重疊地設置多個光學元件。作為其他光學元件，例如可以設置圓偏光板或防反射膜等。藉由將圓偏光板設置在顯示裝置中的發光元件所發射的光被提取的一側，可以防止從顯示裝置的外部入射的光在顯示裝置的內部被反射而射出到

外部的現象。另外，藉由設置防反射膜，可以減弱在顯示裝置的表面被反射的外光。由此，可以清晰地觀察顯示裝置所發射的光。

【0220】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。

【0221】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。

【0222】遮光層 223 具有抑制外光的反射的功能。或者，遮光層 223 具有阻擋從相鄰的發光元件發射出的光且防止混色的功能。遮光層 223 可以使用金屬、包含黑色顏料的樹脂、碳黑、金屬氧化物、包含多種金屬氧化物的固溶體的複合氧化物等。

【0223】另外，關於基板 200 及具有光學元件的基板 220，參照實施方式 1 即可。

【0224】並且，發光元件 262a 及發光元件 262b 具有微腔結構。

【0225】

《微腔結構》

從發光層 130 及發光層 140 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，發光層 130 及發光層 140 形成在所射出的光中的所希望的波長的光得到增強的位置。例如，藉由調整從電極 101 的反射區域到發光層 130 的發光區域的光學距離以及從電極 102 的反射區域到發光層 130 的發光區域的光學距離，可以增強從發光層 130 射出的光中的所希望的波長的光。另外，藉由調整從電極 101 的反射區域到發光層 140 的發光區域的光學距離以及從電極 102 的反射區域到發光層 140 的發光區域的光學距離，可以增強從發光層 140 射出的光中的所希望的波長的光。也就是說，當採用層疊多個發光層(在此為發光層 130 及發光層 140)的發光元件時，較佳為分別將發光層 130 及發光層 140 的光學距離最佳化。

【0226】另外，在發光元件 262a 及發光元件 262b 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 130 及發光層 140 所發射的光中的所希望的波長的光。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 130 及發光層 140 發射的光。

【0227】例如，在電極 101 至電極 104 中，當能夠反射光的導電性材料的折射率小於發光層 130 或發光層 140 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。

【0228】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。

【0229】由於圖 6A 所示的發光元件 262a 是頂面發射型發光元件，所以導電層 101a、導電層 103a 及導電層 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。

【0230】另外，由於圖 6B 所示的發光元件 262b 是底面發射型發光元件，所以導電層 101a、導電層 103a 及導電層 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。

【0231】在發光元件 262a 及發光元件 262b 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 262a 及發光元件 262b 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。

【0232】另外，發光元件 262a 及發光元件 262b 中的發光層 130 較佳為具有實施方式 1 所示的結構。由此，可以製造發光效率高的發光元件。

【0233】例如，發光層 130 及發光層 140 可以具有如發光層 140a 及發光層 140b 那樣在其中一個或兩個中層疊有兩層的結構。藉由作為兩層的發光層分別使用第一發光材料及第二發光材料這兩種具有發射不同顏色的功能的發光材料，可以得到包含多種顏色的發光。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 130 和發光層 140 所發射的光而能夠得到白色發光。

【0234】發光層 130 和發光層 140 中的一個或兩個也可以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。

【0235】如上所示，藉由將具有實施方式 1 所示的發光層的結構的發光元件 262a 或發光元件 262b 用於顯示裝置的像素，可以製造發光效率高的顯示裝置。也就是說，包括發光元件 262a 或發光元件 262b 的顯示裝置可以減少功耗。

【0236】注意，關於發光元件 262a 及發光元件 262b 中的其他結構，參照發光元件 260 或者實施方式 1 及實施方式 2 所示的發光元件的結構即可。

【0237】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。

【0238】

實施方式 4

在本實施方式中，參照圖 7A 至圖 9B 對本發明的一個實施方式的顯示裝置進行說明。

【0239】

<顯示裝置的結構例子 1>

圖 7A 是示出顯示裝置 600 的俯視圖，圖 7B 是沿圖 7A 中的點劃線 A-B、點劃線 C-D 所示的部分的剖面圖。顯示裝置 600 包括驅動電路部（信號線驅動電路部 601、掃描線驅動電路部 603）以及像素部 602。信號線驅動電路部 601、掃描線驅動電路部 603、像素部 602 具有控制發光元件的發光的功能。

【0240】顯示裝置 600 包括元件基板 610、密封基板 604、密封劑 605、由密封劑 605 圍繞的區域 607、引線配線 608 以及 FPC609。

【0241】注意，引線配線 608 是用來傳送輸入到信號線驅動電路部 601 及掃描線驅動電路部 603 的信號的佈線，並且從用作外部輸入端子的 FPC609 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 FPC609，但是 FPC609 還可以安裝有印刷線路板（PWB：Printed Wiring Board）。

【0242】作為信號線驅動電路部 601，形成組合 N 通道型電晶體 623 和 P 通道型電晶體 624 的 CMOS 電路。另外，信號線驅動電路部 601 或掃描線驅動電路部 603 可以利用各種 CMOS 電路、PMOS 電路或 NMOS 電路。另外，雖然在本實施方式中示出在基板上將形成有驅動電路部的驅動器和像素設置在同一表面上的顯示裝置，但是不需要必須採用該結構，驅動電路部也可以形成在外部，而不形成在基板上。

【0243】另外，像素部 602 包括切換電晶體 611、電流控制電晶體 612 以及與電流控制電晶體 612 的汲極電連接的下部電極 613。注意，以覆蓋下部電極

613 的端部的方式形成有分隔壁 614。作為分隔壁 614 可以使用正型感光丙烯酸樹脂膜。

【0244】另外，將分隔壁 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作為分隔壁 614 的材料的情況下，較佳為只使分隔壁 614 的上端部包括具有曲率半徑（ $0.2\mu\text{m}$ 以上且 $3\mu\text{m}$ 以下）的曲面。作為分隔壁 614，可以使用負型感光樹脂或者正型感光樹脂。

【0245】對電晶體（電晶體 611、612、623、624）的結構沒有特別的限制。例如，作為電晶體也可以使用交錯型電晶體。另外，對電晶體的極性也沒有特別的限制，也可以採用包括 N 通道型電晶體及 P 通道型電晶體的結構或者只具有 N 通道型電晶體和 P 通道型電晶體中的一個的結構。對用於電晶體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或結晶性半導體膜。作為半導體材料，可以使用第 14 族（矽等）半導體、化合物半導體（包括氧化物半導體）、有機半導體等。作為電晶體，例如使用能隙為 2eV 以上，較佳為 2.5eV 以上，更佳為 3eV 以上的氧化物半導體，由此可以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，例如可以舉出 In-Ga 氧化物、In-M-Zn 氧化物（M 表示鋁（Al）、鎵（Ga）、釔（Y）、鋯（Zr）、鏷（La）、鈾（Ce）、錫（Sn）、鈦（Hf）或釷（Nd））等。

【0246】在下部電極 613 上形成有 EL 層 616 及上部電極 617。將下部電極 613 用作陽極，將上部電極 617 用作陰極。

【0247】另外，EL 層 616 藉由使用蒸鍍遮罩的蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、液滴噴射法（也稱為噴墨法）、旋轉法等塗佈法、凹板印刷法等各種方法形成。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（包括低聚物、樹枝狀聚合物）。

【0248】由下部電極 613、EL 層 616 及上部電極 617 構成發光元件 618。發光元件 618 較佳為具有實施方式 1 至實施方式 3 的結構的發光元件。注意，當像素部包括多個發光元件時，也可以包括在實施方式 1 至實施方式 3 中記載的發光元件以及具有其他結構的發光元件。

【0249】另外，藉由使用密封劑 605 將密封基板 604 貼合到元件基板 610，形成如下結構，亦即發光元件 618 安裝在由元件基板 610、密封基板 604 以及密封劑 605 圍繞的區域 607 中。注意，在區域 607 中填充有填料，除了填充有惰性氣體（氦或氬等）的情況以外，也有填充有可用於密封劑 605 的紫外線硬化性樹脂或熱固性樹脂的情況，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。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。

【0250】另外，在密封基板 604 的下方以與發光元件 618 重疊的方式設置光學元件 621。另外，在密封基板 604 的下方還設置遮光層 622。作為光學元件 621 及遮光層 622 都可以採用與實施方式 3 所示的光學元件及遮光層同樣的結構。

【0251】另外，較佳為使用環氧類樹脂或玻璃粉作為密封劑 605。另外，這些材料較佳為儘可能地不容易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、丙烯酸等構成的塑膠基板。

【0252】藉由上述步驟，可以得到包括實施方式 1 至實施方式 3 所記載的發光元件及光學元件的發光裝置。

【0253】

<顯示裝置的結構例子 2>

下面，參照圖 8A、圖 8B 對顯示裝置的其他例子進行說明。另外，圖 8A、圖 8B 是本發明的一個實施方式的顯示裝置的剖面圖。

【0254】圖 8A 示出基板 1001、基底絕緣膜 1002、閘極絕緣膜 1003、閘極電極 1006、1007、1008、第一層間絕緣膜 1020、第二層間絕緣膜 1021、周圍部 1042、像素部 1040、驅動電路部 1041、發光元件的下部電極 1024R、1024G、1024B、分隔壁 1025、EL 層 1028、發光元件的上部電極 1026、密封層 1029、密封基板 1031、密封劑 1032 等。

【0255】另外，在圖 8A 中，作為光學元件的一個例子，將彩色層（紅色彩色層 1034R、綠色彩色層 1034G 及藍色彩色層 1034B）設置在透明基材 1033 上。另外，還可以設置遮光層 1035。對設置有彩色層及遮光層的透明基材 1033 進行對準而將其固定到基板 1001 上。另外，彩色層及遮光層被覆蓋層 1036 覆蓋。另外，在圖 8A 中，透過彩色層的光成為紅色光、綠色光、藍色光，因此能夠以三個顏色的像素呈現影像。

【0256】圖 8B 示出作為光學元件的一個例子將彩色層（紅色彩色層 1034R、綠色彩色層 1034G、藍色彩色層 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，也可以將彩色層設置在基板 1001 和密封基板 1031 之間。

【0257】 作為光學元件的一個例子，也可以將彩色層(紅色彩色層 1034R、綠色彩色層 1034G、藍色彩色層 1034B) 形成在第一層間絕緣膜 1020 和第二層間絕緣膜 1021 之間。

【0258】 另外，雖然以上說明了具有在形成有電晶體的基板 1001 一側提取光的結構(底部發射型)的顯示裝置，但是也可以採用具有在密封基板 1031 一側提取發光的結構(頂部發射型)的顯示裝置。

【0259】

<顯示裝置的結構例子 3>

圖 9A 及圖 9B 示出頂部發射型顯示裝置的剖面圖的一個例子。圖 9A 及圖 9B 是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的剖面圖，省略圖 8A、圖 8B 所示的驅動電路部 1041、周圍部 1042 等。

【0260】 在此情況下，基板 1001 可以使用不使光透過的基板。到製造連接電晶體與發光元件的陽極的連接電極為止的製程與底部發射型顯示裝置同樣地進行。然後，以覆蓋電極 1022 的方式形成第三層間絕緣膜 1037。該絕緣膜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。

【0261】 雖然在此發光元件的下部電極 1024R、1024G、1024B 都是陽極，但是也可以是陰極。另外，在採用如圖 9A 及圖 9B 所示那樣的頂部發射型顯示裝置的情況下，下部電極 1024R、1024G、1024B 較佳為具有反射光的功能。另外，在 EL 層 1028 上設置有上部電極 1026。較佳的是：上部電極 1026 具有反射光的功能及透過光的功能，在下部電極 1024R、1024G、1024B 與上部電極 1026 之間採用微腔結構，增強特定波長的光的強度。

【0262】 在採用圖 9A 所示的頂部發射結構的情況下，可以使用設置有彩色層(紅色彩色層 1034R、綠色彩色層 1034G 及藍色彩色層 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遮光層 1035。另外，作為密封基板 1031，較佳為使用具有透光性的基板。

【0263】 在圖 9A 中，例示出設置多個發光元件並在該多個發光元件的每一個上設置彩色層的結構，但是不侷限於此。例如，如圖 9B 所示，也可以以設置紅色彩色層 1034R 及藍色彩色層 1034B 而不設置綠色彩色層的方式以紅色、綠色、藍色的三個顏色進行全彩色顯示。如圖 9A 所示，當設置發光元件並在該

發光元件的每一個上設置彩色層時，發揮可以抑制外光反射的效果。另一方面，如圖 9B 所示，當設置紅色彩色層以及藍色彩色層而不設置綠色彩色層時，綠色發光元件所發射出的光的能量損失少，因此發揮可以減少功耗的效果。

【0264】雖然上述顯示裝置包括三種顏色(紅色、綠色及藍色)的子像素，但是也可以包括四種顏色(紅色、綠色、藍色及黃色或者紅色、綠色、藍色及白色)的子像素。在此情況下，可以使用具有透過黃色光的功能或者透過選自藍色、綠色、黃色、紅色中的多個光的功能的彩色層。當該彩色層具有透過選自藍色、綠色、黃色、紅色中的多個光的功能時，透過該彩色層的光也可以是白色。發射黃色或白色的光的發光元件的發光效率高，因此採用這種結構的顯示裝置可以降低功耗。

【0265】圖 7A 和圖 7B 所示的顯示裝置 600 也可以在由元件基板 610、密封基板 604 及密封劑 605 圍繞的區域 607 中包括密封層。該密封層例如可以使用 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)類樹脂等樹脂。另外，可以使用氧化矽、氮化矽、氮氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁等無機材料。藉由在區域 607 中形成密封層，可以抑制水等雜質所引起的發光元件 618 的劣化，所以是較佳的。另外，當形成密封層時，可以不設置密封劑 605。

【0266】另外，藉由使密封層具有多層，可以高效地防止水等雜質從顯示裝置 600 的外部進入顯示裝置內部的發光元件 618，所以是較佳的。另外，當密封層採用多層時，其中層疊樹脂和無機材料，所以是較佳的。

【0267】本實施方式所示的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。

【0268】

實施方式 5

在本實施方式中，參照圖 10 至圖 13 對包括本發明的一個實施方式的發光元件的顯示模組、電子裝置、發光裝置以及照明裝置進行說明。

【0269】

<關於顯示模組的說明>

圖 10 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 和電池 8011。

【0270】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。

【0271】 上蓋 8001 和下蓋 8002 的形狀和尺寸可以根據觸控感測器 8004 和顯示裝置 8006 的尺寸適當地改變。

【0272】 觸控感測器 8004 可以為電阻膜式觸控面板或靜電電容式觸控面板，並且能夠被形成為與顯示裝置 8006 重疊來使用。可以使顯示裝置 8006 的相對基板(密封基板)具有觸控面板功能。或者，藉由將光感測器設置於顯示裝置 8006 的每個像素內，可以製成光學式觸控面板。

【0273】 框架 8009 除了保護顯示裝置 8006 的功能之外還具有阻擋由於印刷電路板 8010 的工作產生的電磁波的電磁屏蔽的功能。框架 8009 也可以具有散熱板的功能。

【0274】 印刷電路板 8010 包括電源電路以及用來輸出視訊信號和時脈信號的信號處理電路。作為用來給電源電路供電的電源，可以使用外部商用電源或者使用另行設置的電池 8011 的電源。在使用商用電源時，可以省略電池 8011。

【0275】 顯示模組 8000 還可以增設偏光板、相位差板、稜鏡片等的構件。

【0276】

<關於電子裝置的說明>

圖 11A 至圖 11G 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。另外，感測器 9007 可以如脈衝感測器及指紋感測器等那樣具有測量生物資訊的功能。

【0277】 圖 11A 至圖 11G 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 11A 至圖 11G 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 11A 至圖 11G 中未圖示，但是電子裝置可以包括多個顯示部。另外，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。

【0278】 下面，詳細地說明圖 11A 至圖 11G 所示的電子裝置。

【0279】 圖 11A 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。

【0280】 圖 11B 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 11A 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（還稱為操作圖示或只稱為圖示）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。另外，作為資訊 9051 的一個例子，可以舉出提示收到來自電子郵件、SNS（Social Networking Services：社交網路服務）或電話等的資訊的顯示；電子郵件或 SNS 等的標題；電子郵件或 SNS 等的發送者姓名；日期；時間；電量；以及電波等信號的接收強度的顯示等。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。

【0281】 作為外殼 9000 的材料，例如可以使用包含合金、塑膠、陶瓷等。作為塑膠，也可以使用增強塑膠。增強塑膠之一種的碳纖維增強複合材料(Carbon Fiber Reinforced Plastics：CFRP)具有輕量且不腐蝕的優點。另外，作為其他增強塑膠，可以舉出使用玻璃纖維的增強塑膠及使用芳族聚醯胺纖維的增強塑膠。作為合金，可以舉出鋁合金或鎂合金。其中，包含鋇、銅、鎳、鈦的非晶合金(也稱為金屬玻璃)從彈性強度的方面來看很優越。該非晶合金是在室溫下具有玻璃遷移區域的非晶合金，也稱為塊體凝固非晶合金(bulk-solidifying amorphous alloy)，實質上為具有非晶原子結構的合金。藉由利用凝固鑄造法，將合金材料澆鑄到外殼的至少一部分的鑄模中並凝固，使用塊體凝固非晶合金形成外殼的一部分。非晶合金除了鋇、銅、鎳、鈦以外還可以包含鈹、矽、鈮、硼、鎵、鉬、鎢、錳、鐵、鈷、鈳、釩、磷、碳等。另外，非晶合金的形成方法不侷限於凝固鑄造法，也可以利用真空蒸鍍法、濺射法、電鍍法、無電鍍法等。另外，

非晶合金只要在整體上保持沒有長程有序(週期結構)的狀態，就可以包含微晶或奈米晶。注意，合金包括具有單一固相結構的完全固溶體合金及具有兩個以上的相的部分溶體的兩者。藉由使用非晶合金形成外殼 9000，可以實現具有高彈性的外殼。因此，如果外殼 9000 是非晶合金，即使可攜式資訊終端 9101 摔落並在受到衝擊的瞬間暫時變形，也能夠恢復到原來的形狀，所以可以提高可攜式資訊終端 9101 的耐衝擊性。

【0282】圖 11C 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。

【0283】圖 11D 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。另外，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。另外，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。另外，充電工作也可以利用無線供電進行，而不藉由連接端子 9006。

【0284】圖 11E 至圖 11G 是示出能夠折疊的可攜式資訊終端 9201 的透視圖。另外，圖 11E 是展開狀態的可攜式資訊終端 9201 的透視圖，圖 11F 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 11G 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強。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。

【0285】 作為電子裝置，例如可以舉出：電視機（也稱為電視或電視接收機）；用於電腦等的顯示螢幕；數位相機；數位攝影機；數位相框；行動電話機（也稱為行動電話、行動電話裝置）；護目鏡型顯示裝置（頭盔顯示器）；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。

【0286】 本發明的一個實施方式的電子裝置可以包括二次電池，較佳為藉由非接觸電力傳送對二次電池充電。

【0287】 作為二次電池，例如可以舉出使用凝膠電解質的鋰聚合物電池（鋰離子聚合物電池）等鋰離子二次電池、鋰離子電池、鎳氫電池、鎳鎘電池、有機自由基電池、鉛蓄電池、空氣二次電池、鎳鋅電池、銀鋅電池等。

【0288】 本發明的一個實施方式的電子裝置也可以包括天線。藉由由天線接收信號，可以在顯示部上顯示影像或資訊等。另外，在電子裝置包括二次電池時，可以將天線用於非接觸電力傳送。

【0289】 另外，由於本發明的一個實施方式的電子裝置或照明裝置具有撓性，因此也可以將該電子裝置或照明裝置沿著房屋及高樓的內壁或外壁、汽車的內部裝飾或外部裝飾的曲面組裝。例如，也可以將照明設置在汽車的儀表板、擋風玻璃、天花板等上。

【0290】

<關於發光裝置的說明>

圖 12A 是本實施方式所示的發光裝置 3000 的透視圖，圖 12B 是沿著圖 12A 所示的點劃線 E-F 切斷的剖面圖。注意，在圖 12A 中，為了避免繁雜而以虛線表示組件的一部分。

【0291】 圖 12A 及圖 12B 所示的發光裝置 3000 包括基板 3001、基板 3001 上的發光元件 3005、設置於發光元件 3005 的外周的第一密封區域 3007 以及設置於第一密封區域 3007 的外周的第二密封區域 3009。

【0292】 另外，來自發光元件 3005 的發光從基板 3001 和基板 3003 中的任一個或兩個射出。在圖 12A 及圖 12B 中，說明來自發光元件 3005 的發光射出到下方一側（基板 3001 一側）的結構。

【0293】 另外，如圖 12A 及圖 12B 所示，發光裝置 3000 具有以被第一密封區域 3007 及第二密封區域 3009 包圍的方式配置發光元件 3005 的雙密封結構。藉由採用雙密封結構，能夠適當地抑制從外部侵入發光元件 3005 一側的雜質（例如，水、氧等）。但是，並不一定必須要設置第一密封區域 3007 及第二密封區域 3009。例如，可以只設置第一密封區域 3007。

3001 的熱膨脹率。藉由採用上述結構，可以抑制由於熱應力而在包含玻璃的材料或基板 3001 中產生裂縫。

【0301】 例如，在將包含玻璃的材料用於第一密封區域 3007 並將包含樹脂的材料用於第二密封區域 3009 的情況下，具有如下優異的效果。

【0302】 第二密封區域 3009 被設置得比第一密封區域 3007 更靠近發光裝置 3000 的外周部一側。在發光裝置 3000 中，越接近外周部，起因於外力等的應變越大。因此，使用包含樹脂的材料對產生更大的應變的發光裝置 3000 的外周部一側，亦即為第二密封區域 3009 進行密封，並且使用包含玻璃的材料對設置於第二密封區域 3009 的內側的第一密封區域 3007 進行密封，由此，即便發生起因於外力等的應變，發光裝置 3000 也不容易損壞。

【0303】 另外，如圖 12B 所示，在被基板 3001、基板 3003、第一密封區域 3007 及第二密封區域 3009 包圍的區域中形成第一區域 3011。另外，在被基板 3001、基板 3003、發光元件 3005 及第一密封區域 3007 包圍的區域中形成第二區域 3013。

【0304】 第一區域 3011 及第二區域 3013 例如較佳為填充有稀有氣體或氬氣體等惰性氣體。或者，可以使用丙烯酸類樹脂或環氧類樹脂等樹脂填充。注意，作為第一區域 3011 及第二區域 3013，與大氣壓狀態相比，更佳為減壓狀態。

【0305】 另外，圖 12C 示出圖 12B 所示的結構的變形實例。圖 12C 是示出發光裝置 3000 的變形實例的剖面圖。

【0306】 在圖 12C 所示的結構中，基板 3003 的一部分設置有凹部，並且，該凹部設置有乾燥劑 3018。其他結構與圖 12B 所示的結構相同。

【0307】 作為乾燥劑 3018，可以使用藉由化學吸附來吸附水分等的物質或者藉由物理吸附來吸附水分等的物質。作為可用作乾燥劑 3018 的物質，例如可以舉出鹼金屬的氧化物、鹼土金屬的氧化物（氧化鈣或氧化鋇等）、硫酸鹽、金屬鹵化物、過氯酸鹽、沸石或矽膠等。

【0308】

<關於照明裝置的說明>

圖 13 是將發光元件用於室內照明裝置 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裝置。另外，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裝置 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裝置。並且，室內的牆面也可以設置有大型的照明裝置 8503。也可

以在照明裝置 8501、照明裝置 8502、照明裝置 8503 中設置觸控感測器，啟動或關閉電源。

【0309】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裝置 8504。另外，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裝置。

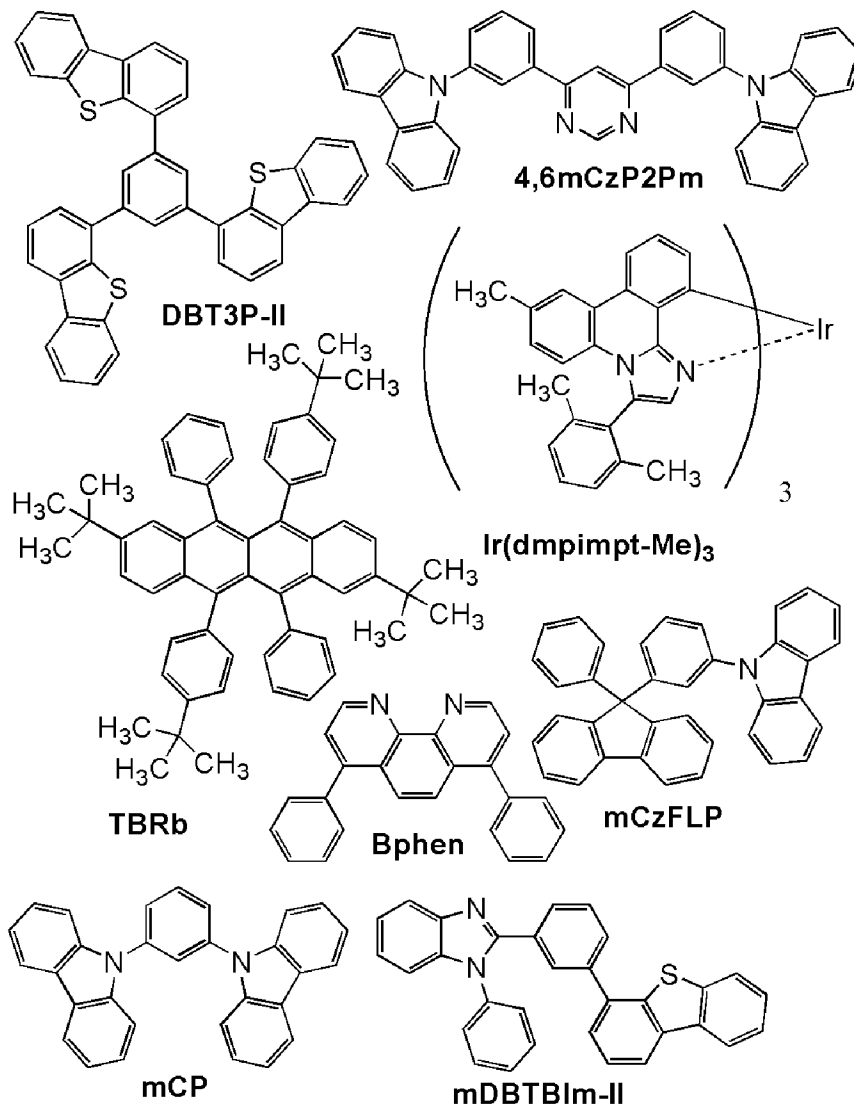
【0310】如上所述，藉由應用本發明的一個實施方式的發光元件，能夠得到顯示模組、發光裝置、電子裝置以及照明裝置。注意，不侷限於本實施方式所示的照明裝置及電子裝置，該發光裝置可以應用於各種領域的電子裝置。

【0311】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

【0312】在本實施例中說明本發明的一個實施方式的發光元件及對比發光元件的製造例子。在本實施例中製造的發光元件的結構與圖 1 同樣。表 1 示出元件結構的詳細內容。下面示出所使用的化合物的結構及簡稱。

【0313】



[表 1]

	層	符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發 光 元 件 1	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	130	40	4,6mCzP2Pm : Ir(dmpimpt-Me) ₃ : TBRb	1:0.1:0.05
	電洞傳輸層	112	20	mCzFLP	-
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
對 比 發 光 元 件 1	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	130	40	4,6mCzP2Pm : TBRb	1:0.005
	電洞傳輸層	112	20	mCzFLP	-
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
對 比 發 光 元 件 2	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	130	40	4,6mCzP2Pm : Ir(dmpimpt-Me) ₃	1:0.1
	電洞傳輸層	112	20	mCzFLP	-
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
對 比 發 光 元 件 3	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	mDBTBIm-II : Ir(dmpimpt-Me) ₃	1:0.08
	發光層	130	30	mCP : Ir(dmpimpt-Me) ₃	1:0.08
	電洞傳輸層	112	20	mCP	-
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	110	ITSO	-

【0315】

<發光元件的製造>

以下示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。

【0316】

《發光元件 1 的製造》

作為電極 101，在玻璃基板上形成厚度為 70nm 的 ITSO 膜。電極 101 的面積為 4mm^2 ($2\text{mm}\times 2\text{mm}$)。

【0317】接著，在電極 101 上將 DBT3P-II 與氧化鉬 (MoO_3) 以重量比 (DBT3P-II: MoO_3) 為 1:0.5 且厚度為 60nm 的方式共蒸鍍，以形成電洞注入層 111。

【0318】接著，在電洞注入層 111 上以厚度為 20nm 的方式蒸鍍 9-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]9H-咔唑 (簡稱：mCzFLP)，以形成電洞傳輸層 112。

【0319】接著，在電洞傳輸層 112 上將 4,6mCzP2Pm、 $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$ 以及 TBRb 以重量比 (4,6mCzP2Pm: $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$:TBRb) 為 1:0.1:0.05 且厚度為 40nm 的方式共蒸鍍，以形成發光層 130。在發光層 130 中， $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$ 為作為第一有機化合物的磷光性化合物，4,6mCzP2Pm 為第二有機化合物，並且 TBRb 為作為第三有機化合物的螢光性化合物。

【0320】接著，在發光層 130 上依次以厚度為 20nm 的方式蒸鍍 4,6mCzP2Pm 並且以厚度為 10nm 的方式蒸鍍 BPhen，以形成電子傳輸層 118。接著，在電子傳輸層 118 上以厚度為 1nm 的方式蒸鍍 LiF，以形成電子注入層 119。

【0321】接著，在電子注入層 119 上使用鋁 (Al) 形成厚度為 200nm 的電極 102。

【0322】接著，在氮氛圍的手套箱中使用有機 EL 用密封劑將密封用玻璃基板固定於形成有有機材料的玻璃基板上，由此密封電極及 EL 層。明確而言，將密封劑塗佈於形成在玻璃基板上的有機材料的周圍，貼合該玻璃基板和密封用玻璃基板，以 $6\text{J}/\text{cm}^2$ 照射波長為 365nm 的紫外光，並且以 80°C 進行 1 小時的加熱處理。藉由上述製程得到發光元件 1。

【0323】

《對比發光元件 1 及對比發光元件 2 的製造》

對比發光元件 1 及對比發光元件 2 與上述發光元件 1 的不同之處僅在於發光層 130 的形成製程，而其他製程都與發光元件 1 採用同樣的製造方法。

【0324】將 4,6mCzP2Pm 和 TBRb 以重量比 (4,6mCzP2Pm:TBRb) 為 1:0.005 且厚度為 40nm 的方式共蒸鍍，以形成對比發光元件 1 的發光層 130。在發光層 130 中，不包含第一有機化合物，4,6mCzP2Pm 為第二有機化合物，並且 TBRb 為作為第三有機化合物的螢光性化合物。

【0325】將 4,6mCzP2Pm 和 $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$ 以重量比 (4,6mCzP2Pm: $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$) 為 1:0.1 且厚度為 40nm 的方式共蒸鍍，以形成對

比發光元件 2 的發光層 130。在發光層 130 中， $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$ 為作為第一有機化合物的磷光性化合物，並且 4,6mCzP2Pm 為第二有機化合物，不包含作為第三有機化合物的螢光性化合物。

【0326】

《對比發光元件 3 的製造》

作為電極 101，在玻璃基板上形成厚度為 110nm 的 ITSO 膜。電極 101 的面積為 4mm^2 ($2\text{mm}\times 2\text{mm}$)。

【0327】接著，在電極 101 上將 DBT3P-II 與氧化鉬 (MoO_3) 以重量比 (DBT3P-II: MoO_3) 為 1:0.5 且厚度為 60nm 的方式共蒸鍍，以形成電洞注入層 111。

【0328】接著，在電洞注入層 111 上以厚度為 20nm 的方式蒸鍍 mCP，以形成電洞傳輸層 112。

【0329】接著，在電洞傳輸層 112 上將 mCP 和 $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$ 以重量比 (mCP: $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$) 為 1:0.08 且厚度為 30nm 的方式共蒸鍍，以形成發光層 130。在發光層 130 中， $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$ 為作為客體材料的磷光性化合物，並且 mCP 為主體材料。

【0330】接著，在發光層 130 上將 mDBTBIIm-II 和 $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$ 以重量比 (mDBTBIIm-II: $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$) 為 1:0.08 且厚度為 10nm 的方式共蒸鍍再以厚度為 15nm 的方式蒸鍍 BPhen，由此形成電子傳輸層 118。接著，在電子傳輸層 118 上以厚度為 1nm 的方式蒸鍍 LiF，以形成電子注入層 119。

【0331】接著，在電子注入層 119 上使用鋁 (Al) 形成厚度為 200nm 的電極 102。

【0332】接著，在氮氛圍的手套箱中使用有機 EL 用密封劑將密封用玻璃基板固定於形成有有機材料的玻璃基板上，由此密封電極及 EL 層。具體的方法與發光元件 1 同樣。藉由上述製程得到對比發光元件 3。

【0333】

<發光元件的特性>

接著，測量所製造的上述發光元件 1、對比發光元件 1 至對比發光元件 3 的特性。在亮度及 CIE 色度的測量中，利用色亮度計(由 Topcon Technohouse 公司製造的 BM-5A)。在電致發射光譜的測量中，利用多通道光譜分析儀(由日本濱松光子學株式會社製造的 PMA-11)。

【0334】圖 14 至圖 18 分別示出發光元件 1、對比發光元件 1 至對比發光元件 3 的亮度-電流密度特性、亮度-電壓特性、電流效率-亮度特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖 19 示出以 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 的電流密度使電流流過發光元件 1、對比發光元件 1 至對比發光元件 3 時的電致發光譜。另外，各發光元件的測量在室溫(保持為 23°C 的氛圍)下進行。

【0335】另外，表 2 示出 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 附近的發光元件 1、對比發光元件 1 至對比發光元件 3 的元件特性。

【0336】

[表 2]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm^2)	CIE色度 (x, y)	亮度 (cd/m^2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部量子 效率(%)
發光元件 1	3.60	2.67	(0.528, 0.468)	1060	39.6	34.5	14.2
對比發光 元件1	3.80	4.91	(0.482, 0.497)	1010	20.7	17.1	6.5
對比發光 元件2	3.70	2.80	(0.411, 0.550)	1000	35.9	30.5	11.2
對比發光 元件3	6.60	8.46	(0.165, 0.236)	1510	17.9	8.5	10.9

【0337】如圖 19 所示，在發光元件 1 和對比發光元件 1 的電致發射光譜中，峰值波長分別為 572nm 和 565nm ，其顯示來源於作為螢光性化合物的 TBRb 的黃色發光。

【0338】另外，在對比發光元件 3 的電致發射光譜中，峰值波長為 460nm ，其顯示來源於作為磷光性化合物的 $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$ 的藍色發光。另外，在對比發光元件 2 的電致發射光譜中，峰值波長為 545nm ，其顯示黃色發光。發光元件 1、對比發光元件 1 至對比發光元件 3 的電致發射光譜的半峰全寬分別為 83nm 、 78nm 、 105nm 和 52nm ，由此可知，對比發光元件 2 的電致發射光譜具有比其他發光元件（發光元件 1、對比發光元件 1 及對比發光元件 3）寬的光譜形狀。對比發光元件 2 的具有寬光譜形狀的發光是如下所述那樣來源於由 $4, 6\text{mCzP2Pm}$ 和 $\text{Ir}(\text{dmpimpt-Me})_3$ 形成的激態錯合物的發光。

【0339】另外，如圖 14 至圖 18 及表 2 所示，發光元件 1 的發光效率（電流效率、電力效率以及外部量子效率）高於同樣顯示來源於 TBRb 的發光的對比發光元件 1。另外，因從一對電極注入的載子(電洞及電子)的再結合而生成的單重激子的最大生成概率為 25% ，因此，當光的外部提取效率為 30% 時的最大外部量子效率為 7.5% 。發光元件 1 具有高於 7.5% 的外部量子效率。發光元件 1 的外部量子效率高的原因是：在發光元件 1 中，除了因從一對電極注入的載子(電

洞及電子)的再結合而生成的單重激子所引起的發光以外，還從螢光性化合物得到來源於三重激子的能量轉移的發光或來源於經激態錯合物中的反系間竄越從三重激子生成的單重激子的發光。也就是說，發光元件 1 是利用了 ExEF 的本發明的一個實施方式的發光元件。

【0340】另外，與對比發光元件 2 相比，發光元件 1 在高亮度一側的發光效率的降低（也稱為衰減（roll-off））少，且在高亮度區域顯示高於對比發光元件 2 的發光效率（電流效率、電力效率以及外部量子效率）。像這樣，本發明的一個實施方式的發光元件的特徵之一在於與顯示來源於激態錯合物的發光的發光元件相比衰減少。

【0341】另外，可以以高於對比發光元件 3 的發光效率（電流效率、電力效率以及外部量子效率）及低於對比發光元件 3 的驅動電壓驅動發光元件 1。由此，本發明的一個實施方式的發光元件 1 的發光效率高，其驅動電壓和功耗都低。

【0342】

<CV 測定結果>

接著，利用循環伏安法(CV)測定對上述化合物的電化學特性(氧化反應特性及還原反應特性)進行測定。在測定中，使用電化學分析儀(BAS 株式會社(BAS Inc.)製造，ALS 型號 600A 或 600C)，並且對將各化合物溶解於 N，N-二甲基甲醯胺(簡稱：DMF)而成的溶液進行測定。在測量中，在適當的範圍內改變工作電極相對於參考電極的電位，來獲得氧化峰值電位以及還原峰值電位。另外，因為參考電極的氧化還原電位估計為-4.94eV，所以從該數值和所得到的峰值電位算出各化合物的 HOMO 能階及 LUMO 能階。

【0343】作為 CV 測定結果，4，6mCzP2Pm 的氧化電位為 0.95V，還原電位為-2.06V。另外，根據 CV 測定計算出的 4，6mCzP2Pm 的 HOMO 能階為-5.89eV，LUMO 能階為-2.88eV。由此可知，4，6mCzP2Pm 的 LUMO 能階低。另外，Ir(dmpimpt-Me)₃的氧化電位為 0.24V，還原電位為-2.67V。另外，根據 CV 測定計算出的 Ir(dmpimpt-Me)₃的 HOMO 能階為-5.18eV，LUMO 能階為-2.27eV。由此可知，Ir(dmpimpt-Me)₃的 HOMO 能階高。

【0344】如上所述，4，6mCzP2Pm 的 LUMO 能階低於 Ir(dmpimpt-Me)₃的 LUMO 能階，而 Ir(dmpimpt-Me)₃的 HOMO 能階高於 4，6mCzP2Pm 的 HOMO 能階。由此，像發光元件 1 及對比發光元件 2 那樣，在將該化合物用於發光層的情況下，從一對電極注入的作為載子的電子及電洞能夠高效地分別注入到 4，

6mCzP2Pm 和 Ir(dmpimpt-Me)₃，使得 4，6mCzP2Pm 和 Ir(dmpimpt-Me)₃ 形成激態錯合物。

【0345】另外，由 4，6mCzP2Pm 和 Ir(dmpimpt-Me)₃ 形成的激態錯合物的 LUMO 能階在於 4，6mCzP2Pm，HOMO 能階在於 Ir(dmpimpt-Me)₃。另外，4，6mCzP2Pm 的 LUMO 能階和 Ir(dmpimpt-Me)₃ 的 HOMO 能階的能量差為 2.30eV。該值與從圖 19 所示的對比發光元件 2 的電致發射光譜的峰值波長算出的發光能量 (2.28eV) 大致一致。由此可知，對比發光元件 2 的電致發射光譜包括基於 4，6mCzP2Pm 及 Ir(dmpimpt-Me)₃ 所形成的激態錯合物的發光。注意，激態錯合物的 S1 能階和 T1 能階的差異小，由此可以將上述發光能量看作激態錯合物的 S1 能階及 T1 能階的能量 (2.28eV)。

【0346】另外，圖 29 示出包含 TBRb 的甲苯溶液的吸收光譜的測量結果。使用紫外可見分光光度計(日本分光株式會社製造，V550 型)在室溫(保持為 23°C 的氛圍)下測量了吸收光譜。

【0347】如圖 29 所示，TBRb 的吸收光譜在 450nm 至 550nm 附近呈現具有高莫耳吸光係數的吸收帶。該吸收帶包括與對比發光元件 2 所呈現的激態錯合物(由 4，6mCzP2Pm 及 Ir(dmpimpt-Me)₃ 形成的激態錯合物)的電致發射光譜重疊的區域。由此，可以將激發能從由 4，6mCzP2Pm 及 Ir(dmpimpt-Me)₃ 形成的激態錯合物高效地供應到作為螢光性化合物的 TBRb。

【0348】另外，發光元件 1 中的 TBRb 的發光能量低於對比發光元件 2 所呈現的激態錯合物(由 4，6mCzP2Pm 及 Ir(dmpimpt-Me)₃ 形成的激態錯合物)的發光能量。由此可知，在發光元件 1 中，可以將激發能從由 4，6mCzP2Pm 及 Ir(dmpimpt-Me)₃ 形成的激態錯合物供應到作為螢光性化合物的 TBRb。其結果是，發光元件 1 可以得到來源於 TBRb 的高效發光。

【0349】在發光元件 1 及對比發光元件 2 中，由 4，6mCzP2Pm 及 Ir(dmpimpt-Me)₃ 形成激態錯合物，由此可以以相當於 4，6mCzP2Pm 的 LUMO 能階和 Ir(dmpimpt-Me)₃ 的 HOMO 能階的差異 (2.30eV) 的能量形成該激態錯合物。另一方面，在對比發光元件 3 中，Ir(dmpimpt-Me)₃ 激發而發光，由此為了激發而至少需要相當於 Ir(dmpimpt-Me)₃ 的 LUMO 能階和 HOMO 能階的差異 (2.91eV) 的能量。因此，與對比發光元件 3 相比，可以以更低驅動電壓使發光元件 1 及對比發光元件 2 發光。

【0350】

<T1 能階的測定>

接著，為了求出用於發光層 130 的化合物的 T1 能階，在石英基板上藉由真空蒸鍍法分別形成 4,6mCzP2Pm 的薄膜，然後在低溫(10K)下測定該薄膜的發射光譜。

【0351】在該發射光譜的測定中，利用顯微 PL 裝置 LabRAM HR-PL(由日本株式會社堀場製作所製造)，將測定溫度設定為 10K，作為激發光使用波長為 325nm 的 He-Cd 雷射，作為檢測器使用 CCD 檢測器。

【0352】另外，在該發射光譜的測定中，除了一般的發射光譜的測定以外，還進行了著眼於發光壽命長的發光的時間分辨發射光譜的測定。由於這兩個發射光譜的測定在低溫(10K)下進行，所以在一般的發射光譜的測定中，除了作為主要發光成分的螢光以外，還觀察到一部分磷光。另外，在著眼於發光壽命長的發光的時間分辨發射光譜的測定中，主要觀察到磷光。圖 20 示出 4,6mCzP2Pm 的以低溫測定的時間分辨發射光譜。

【0353】由上述發射光譜的測定結果可知，4,6mCzP2Pm 的發射光譜的磷光成分的最短波長一側的峰值(包括肩峰)的波長為 459nm。

【0354】因此，根據上述峰值波長算出：4,6mCzP2Pm 的 T1 能階為 2.70eV。

【0355】

<化合物的吸收光譜及發射光譜>

圖 21 示出 Ir(dmpimpt-Me)₃ 的吸收光譜及發射光譜的測量結果。

【0356】為了測量該吸收光譜及發射光譜，製造溶解有 Ir(dmpimpt-Me)₃ 的 1×10⁻⁴M 的二氯甲烷溶液，並利用石英皿來測量吸收光譜及發射光譜。在該吸收光譜的測量中，利用紫外可見分光光度計(由日本分光株式會社製造的 V550 型)。從所測量出的該溶液的光譜減去石英皿及溶劑的吸收光譜。在測量該溶液的發射光譜時，利用 PL-EL 測量裝置(由日本濱松光子學株式會社製造)。上述測量在室溫(保持為 23°C 的氛圍)下進行。

【0357】如圖 21 所示，Ir(dmpimpt-Me)₃ 的吸收光譜中的最低能量一側(長波長一側)的吸收端位於 450nm 附近。另外，從吸收光譜的資料求出吸收端並估計出假設直接躍遷的躍遷能量，其結果是，Ir(dmpimpt-Me)₃ 的躍遷能量為 2.71eV。因為 Ir(dmpimpt-Me)₃ 為磷光性化合物，所以最低能量一側的吸收帶是基於三重激發態的躍遷的吸收帶。由此，計算出的 Ir(dmpimpt-Me)₃ 的 T1 能階為 2.71eV。

【0358】根據上述測量結果可知，4，6mCzP2Pm的 T1 能階與 Ir(dmpimpt-Me)₃的 T1 能階相等，並且 Ir(dmpimpt-Me)₃的 T1 能階大於由 4，6mCzP2Pm 和 Ir(dmpimpt-Me)₃形成的激態錯合物的 T1 能階 (2.28eV)。由此，由 4，6mCzP2Pm 和 Ir(dmpimpt-Me)₃形成的激態錯合物的三重激發能不會因 4，6mCzP2Pm 或 Ir(dmpimpt-Me)₃而失活。由此，該激態錯合物的三重激發能可以被轉換為發光，也可以經反系間竄越被轉換為單重激發能，或者也可以被轉移到螢光性化合物。

【0359】

<化合物的發光量子產率>

接下來，測量了 Ir(dmpimpt-Me)₃的發光量子產率。為了測量發光量子產率，使用溶解有 Ir(dmpimpt-Me)₃的 $1 \times 10^{-5} \text{M}$ 的甲苯溶液，並利用絕對量子產率測量裝置（由日本濱松光子學株式會社製造，C9920-02）進行測量。在激發波長為 350nm 至 550nm 的範圍內進行了測量。

【0360】作為測量結果，Ir(dmpimpt-Me)₃的發光量子產率為 7%。由此可知，作為發光材料的 Ir(dmpimpt-Me)₃的發光量子產率低。

【0361】另一方面，對比發光元件 2 是呈現來源於由 4，6mCzP2Pm 和 Ir(dmpimpt-Me)₃形成的激態錯合物的發光的發光元件，其發光效率高於呈現來源於 Ir(dmpimpt-Me)₃的發光的對比發光元件 3。對比發光元件 2 的發光效率高於對比發光元件 3 的原因是：在對比發光元件 2 中，除了因從一對電極注入的載子(電洞及電子)的再結合而生成的單重激子所引起的發光以外，還得到來源於三重激子的發光或來源於經激態錯合物中的反系間竄越從三重激子生成的單重激子的發光。也就是說，即使在使用發光量子產率低的化合物的情況下也可以得到發光效率高的發光元件。

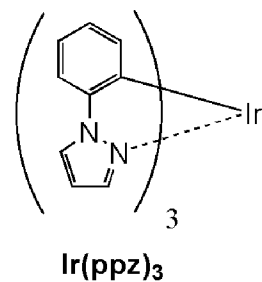
【0362】再者，本發明的一個實施方式的發光元件 1 將激態錯合物中產生的單重激子及三重激子的能量供應到作為螢光性化合物的 TBRb 以從該 TBRb 得到發光。藉由將激態錯合物的激發能供應到螢光性化合物以從該螢光性化合物得到發光，可以得到發射光譜的寬度較窄且高亮度區域的效率降低較少的高效發光。

【0363】根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發光效率高的發光元件。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種驅動電壓低且功耗低的發光元件。

實施例 2

【0364】 在本實施例中說明本發明的一個實施方式的發光元件及對比發光元件的製造例子。在本實施例中製造的發光元件的結構與圖 1 同樣。表 3 示出元件結構的詳細內容。下面示出所使用的化合物的結構及簡稱。另外，其他化合物的結構和簡稱可以參照實施例 1。

【0365】



【0366】

[表 3]

	層	符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發光元件 2	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	130	40	4,6mCzP2Pm : Ir(ppz) ₃ : TBRb	1:0.2:0.005
	電洞傳輸層	112	20	mCzFLP	-
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
對比發光 元件件4	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	130	40	4,6mCzP2Pm : Ir(ppz) ₃	1:0.2
	電洞傳輸層	112	20	mCzFLP	-
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0367】

<發光元件的製造>

以下示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。發光元件 2 及對比發光元件 4 與上述發光元件 1 的不同之處僅在於發光層 130 的形成製程，而其他製程都與發光元件 1 採用同樣的製造方法。

【0368】 將 4,6mCzP2Pm、三[2-(1H-吡啶-1-基-kN²)苯基-kC]銱(III)(簡稱：Ir(ppz)₃)和 TBRb 以重量比(4,6mCzP2Pm:Ir(ppz)₃:TBRb)為 1:0.2:0.005 且厚度為 40nm 的方式共蒸鍍，以形成發光元件 2 的發光層 130。在發光層 130 中，Ir(ppz)₃ 為第一有機化合物，4,6mCzP2Pm 為第二有機化合物，並且 TBRb 為作為第三有機化合物的螢光性化合物。

【0369】 將 4,6mCzP2Pm 和 Ir(ppz)₃ 以重量比(4,6mCzP2Pm:Ir(ppz)₃)為 1:0.2 且厚度為 40nm 的方式共蒸鍍，以形成對比發光元件 4 的發光層 130。在發光層 130 中，Ir(ppz)₃ 為第一有機化合物，並且 4,6mCzP2Pm 為第二有機化合物，不包含作為第三有機化合物的螢光性化合物。

【0370】

<發光元件的特性>

接著，測量所製造的上述發光元件 2 及對比發光元件 4 的特性。其測量方法與實施例 1 同樣。

【0371】 圖 22 至圖 26 分別示出發光元件 2 及對比發光元件 4 的亮度-電流密度特性、亮度-電壓特性、電流效率-亮度特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖 27 示出以 2.5mA/cm² 的電流密度使電流流過發光元件 2 及對比發光元件 4 時的電致發光譜。另外，各發光元件的測量在室溫(保持為 23°C 的氛圍)下進行。

【0372】 另外，表 4 示出 1000cd/m² 附近的發光元件 2 及對比發光元件 4 的元件特性。

【0374】

[表 4]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	CIE色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部量子 效率(%)
發光元件 2	3.60	1.31	(0.440, 0.536)	1000	76.2	66.5	22.9
對比發光 元件4	3.60	1.42	(0.348, 0.585)	930	65.6	57.2	19.4

如圖 27 所示，在發光元件 2 的電致發射光譜中，峰值波長為 560nm，其顯示半峰全寬為 80nm 的黃色發光。發光元件 2 的發光是來源於作為螢光性化合物的 TBRb 的發光。另外，用於發光元件 2 的 Ir (ppz)₃ 雖然已被認為是以低溫發射藍色光的化合物，但是觀察不到來源於 Ir (ppz)₃ 的發光。

【0375】 另外，在對比發光元件 4 的電致發射光譜中，峰值波長為 537nm，其顯示半峰全寬為 94nm 的較寬光譜形狀。對比發光元件 4 的發光是如上所述那樣來源於由 4，6mCzP2Pm 和 Ir (ppz)₃ 形成的激態錯合物的發光。

【0376】 另外，如圖 22 至圖 26 及表 4 所示，發光元件 2 的發光效率（電流效率、電力效率以及外部量子效率）高於對比發光元件 4。另外，發光元件 2 及對比發光元件 4 具有高於 7.5% 的外部量子效率。發光元件 2 及對比發光元件 4 的外部量子效率高的原因是：除了因從一對電極注入的載子(電洞及電子)的再結合而生成的單重激子所引起的發光以外，還得到來源於三重激子的發光或來源於經激態錯合物中的反系間竄越從三重激子生成的單重激子的發光。也就是說，對比發光元件 4 的發光來源於激態錯合物，而發光元件 2 是利用了 ExEF 的本發明的一個實施方式的發光元件。

【0377】 另外，與對比發光元件 4 相比，發光元件 2 在高亮度一側的發光效率的降低（也稱為衰減 (roll-off)）少，且在高亮度區域顯示高發光效率（電流效率、電力效率以及外部量子效率）。像這樣，本發明的一個實施方式的發光元件的特徵之一在於與顯示來源於激態錯合物的發光的發光元件相比衰減少。

【0378】

<CV 測定結果>

接著，利用循環伏安法(CV)測定對上述化合物的電化學特性(氧化反應特性及還原反應特性)進行測定。其測定方法與實施例 1 同樣。另外，4，6mCzP2Pm 的測定結果可以參照實施例 1。

【0379】 作為 CV 測定結果，Ir (ppz)₃ 的氧化電位為 0.45V，還原電位為 -3.17V。另外，根據 CV 測定計算出的 Ir (ppz)₃ 的 HOMO 能階為 -5.39eV，LUMO 能階為 -1.77eV。由此可知，Ir (ppz)₃ 的 HOMO 能階高。

【0380】 如上所述，4, 6mCzP2Pm 的 LUMO 能階低於 Ir (ppz)₃ 的 LUMO 能階，而 Ir (ppz)₃ 的 HOMO 能階高於 4, 6mCzP2Pm 的 HOMO 能階。由此，像發光元件 2 那樣，在將該化合物用於發光層的情況下，從一對電極注入的作為載子的電子及電洞能夠高效地分別注入到 4, 6mCzP2Pm 和 Ir (ppz)₃，使得 4, 6mCzP2Pm 和 Ir (ppz)₃ 形成激態錯合物。

【0381】 另外，由 4, 6mCzP2Pm 和 Ir (ppz)₃ 形成的激態錯合物的 LUMO 能階在於 4, 6mCzP2Pm，HOMO 能階在於 Ir (ppz)₃。另外，4, 6mCzP2Pm 的 LUMO 能階和 Ir (ppz)₃ 的 HOMO 能階的能量差為 2.51eV。該值與從圖 27 所示的對比發光元件 4 的電致發射光譜的峰值波長算出的發光能量 (2.31eV) 大致一致。由此可知，對比發光元件 4 的電致發射光譜包括基於 4, 6mCzP2Pm 及 Ir (ppz)₃ 所形成的激態錯合物的發光。注意，激態錯合物的 S1 能階和 T1 能階的差異小，由此可以將上述發光能量看作激態錯合物的 S1 能階及 T1 能階的能量 (2.31eV)。

【0382】 如圖 29 所示，TBRb 的吸收光譜在 450nm 至 550nm 附近呈現具有高莫耳吸光係數的吸收帶。該吸收帶包括與對比發光元件 4 所呈現的激態錯合物 (由 4, 6mCzP2Pm 及 Ir (ppz)₃ 形成的激態錯合物) 的電致發射光譜重疊的區域。由此，可以將激發能從由 4, 6mCzP2Pm 及 Ir (ppz)₃ 形成的激態錯合物高效地供應到作為螢光性化合物的 TBRb。

【0383】 另外，發光元件 2 中的 TBRb 的發光能量低於對比發光元件 4 所呈現的激態錯合物 (由 4, 6mCzP2Pm 及 Ir (ppz)₃ 形成的激態錯合物) 的發光能量。由此可知，在發光元件 2 中，可以將激發能從由 4, 6mCzP2Pm 及 Ir (ppz)₃ 形成的激態錯合物供應到作為螢光性化合物的 TBRb。其結果是，發光元件 2 可以得到來源於 TBRb 的高效發光。

【0384】 另外，由 4, 6mCzP2Pm 及 Ir (ppz)₃ 形成的激態錯合物的激發能階小於 4, 6mCzP2Pm 的 LUMO 能階和 HOMO 能階的能量差 (3.01eV)。由此，藉由形成該激態錯合物，可以得到低驅動電壓的發光元件。

【0385】

<化合物的吸收光譜>

圖 28 示出 Ir (ppz)₃ 的吸收光譜的測量結果。

【0386】為了測量該吸收光譜，製造溶解有 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 的 $1 \times 10^{-4}\text{M}$ 的二氯甲烷溶液，並利用石英皿來測量吸收光譜及發射光譜。在該吸收光譜的測量中，利用紫外可見分光光度計(由日本分光株式會社製造的 V550 型)。從所測量出的該溶液的光譜減去石英皿及溶劑的吸收光譜。上述測量在室溫(保持為 23°C 的氛圍)下進行。

【0387】如圖 28 所示， $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 的吸收光譜中的最低能量一側(長波長一側)的吸收端位於 370nm 附近。另外，從吸收光譜的資料求出吸收端並估計出假設直接躍遷的躍遷能量，其結果是， $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 的躍遷能量為 3.27eV 。因為 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 為磷光性化合物，所以最低能量一側的吸收帶是基於三重激發態的躍遷的吸收帶。由此，從該吸收端計算出的 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 的 T1 能階為 3.27eV 。

【0388】根據上述測量結果可知，4,6mCzP2Pm 的 T1 能階小於 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 的 T1 能階，並且 4,6mCzP2Pm 的 T1 能階大於由 4,6mCzP2Pm 和 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 形成的激態錯合物的 T1 能階 (2.28eV)。由此，由 4,6mCzP2Pm 和 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 形成的激態錯合物的三重激發能不會因 4,6mCzP2Pm 或 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 而失活。由此，該激態錯合物的三重激發能可以被轉換為發光，也可以經反系間竄越被轉換為單重激發能，或者也可以被轉移到螢光性化合物。

【0389】另外，雖然在室溫下測量了 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 的發射光譜，但是觀察不到 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 的發光。非專利文獻 1 揭露 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 在室溫下的發光量子產率低於 1%。由此可知， $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 是不能在室溫下發光的材料。

【0390】另一方面，對比發光元件 4 是呈現來源於由 4,6mCzP2Pm 和 $\text{Ir}(\text{ppz})_3$ 形成的激態錯合物的發光的發光元件，其外部量子效率高於 20%。對比發光元件 4 的外部量子效率高的原因是：在對比發光元件 4 中，除了因從一對電極注入的載子(電洞及電子)的再結合而生成的單重激子所引起的發光以外，還得到來源於三重激子的發光或來源於經激態錯合物中的反系間竄越從三重激子生成的單重激子的發光。也就是說，即使在使用發光量子產率低於 1% 的化合物的情況下也可以得到發光效率高的發光元件。

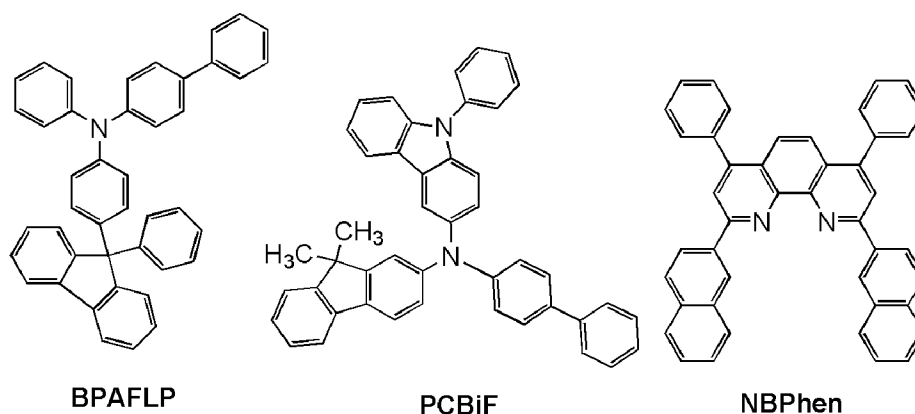
【0391】再者，本發明的一個實施方式的發光元件 2 將激態錯合物中產生的單重激子的能量供應到作為螢光性化合物的 TBRb 以從該 TBRb 得到發光。藉由將激態錯合物的激發能供應到螢光性化合物以從該螢光性化合物得到發光，可以得到發射光譜的寬度較窄且高亮度區域的效率降低較少的高效發光。

【0392】 根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發光效率高的發光元件。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種驅動電壓低且功耗低的發光元件。

實施例 3

【0393】 在本實施例中說明本發明的一個實施方式的發光元件及對比發光元件的製造例子。表 5 示出元件結構的詳細內容。下面示出所使用的化合物的結構及簡稱。另外，其他化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例。

【0394】



【0395】

[表 5]

	層	符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發光元件 3	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	130	40	4,6mCzP2Pm : Ir(ppz) ₃ :TBRb	1:0.1: 0.005
	電洞傳輸層	112	20	mCzFLP	-
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
電極	101	70	ITSO	-	
對比發光 元件件5	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	130	40	4,6mCzP2Pm : Ir(ppz) ₃	1:0.1
	電洞傳輸層	112	20	mCzFLP	-
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
電極	101	70	ITSO	-	
對比發光 元件件6	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	130	40	4,6mCzP2Pm : PCBiF	0.8:0.2
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	40	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
電極	101	70	ITSO	-	

【0396】

<發光元件的製造>

以下示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。發光元件 3 及對比發光元件 5 與上述發光元件 1 的不同之處僅在於發光層 130 的形成製程，而其他製程都與發光元件 1 採用同樣的製造方法。

【0397】 將 4, 6mCzP2Pm、Ir(ppz)₃ 和 TBRb 以重量比 (4, 6mCzP2Pm:Ir(ppz)₃:TBRb) 為 1:0.1:0.005 且厚度為 40nm 的方式共蒸鍍，以形成發光元件 3 的發光層 130。在發光層 130 中，Ir(ppz)₃ 為第一有機化合物，4, 6mCzP2Pm 為第二有機化合物，並且 TBRb 為作為第三有機化合物的螢光性化合物。

【0398】 將 4, 6mCzP2Pm 和 Ir(ppz)₃ 以重量比 (4, 6mCzP2Pm:Ir(ppz)₃) 為 1:0.1 且厚度為 40nm 的方式共蒸鍍，以形成對比發光元件 5 的發光層 130。

在發光層 130 中，Ir (ppz)₃ 為第一有機化合物，並且 4, 6mCzP2Pm 為第二有機化合物，不包含作為第三有機化合物的螢光性化合物。

【0399】

<對比發光元件 6 的製造>

作為電極 101，在玻璃基板上形成厚度為 70nm 的 ITSO 膜。電極 101 的面積為 4mm² (2mm×2mm)。

【0400】 接著，在電極 101 上將 DBT3P-II 與氧化鉬 (MoO₃) 以重量比 (DBT3P-II:MoO₃) 為 1:0.5 且厚度為 40nm 的方式共蒸鍍，以形成電洞注入層 111。

【0401】 接著，在電洞注入層 111 上以厚度為 20nm 的方式蒸鍍 4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：BPAFLP)，以形成電洞傳輸層 112。

【0402】 接著，在電洞傳輸層 112 上將 4, 6mCzP2Pm 和 N-(4-聯苯)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-9-苯基-9H-吡啶-3-胺(簡稱：PCBiF) 以重量比 (4, 6mCzP2Pm:PCBiF) 為 0.8:0.2 且厚度為 40nm 的方式共蒸鍍，以形成發光層 130。

【0403】 接著，在發光層 130 上依次以厚度為 20nm 的方式蒸鍍 4, 6mCzP2Pm 並且以厚度為 15nm 的方式蒸鍍 BPhen，以形成電子傳輸層 118。接著，在電子傳輸層 118 上以厚度為 1nm 的方式蒸鍍 LiF，以形成電子注入層 119。

【0404】 接著，在電子注入層 119 上使用鋁 (Al) 形成厚度為 200nm 的電極 102。

【0405】 接著，在氮氛圍的手套箱中使用有機 EL 用密封劑將密封用玻璃基板固定於形成有有機材料的玻璃基板上，由此密封電極及 EL 層。明確而言，將密封劑塗佈於形成在玻璃基板上的有機材料的周圍，貼合該玻璃基板和密封用玻璃基板，以 6J/cm² 照射波長為 365nm 的紫外光，並且以 80°C 進行 1 小時的加熱處理。藉由上述製程得到對比發光元件 6。

【0406】

<發光元件的特性>

接著，測量所製造的上述發光元件 3、對比發光元件 5 以及對比發光元件 6 的特性。其測量方法與實施例 1 同樣。

【0407】 圖 30 示出發光元件 3、對比發光元件 5 以及對比發光元件 6 的外部量子效率-亮度特性。另外，圖 31 示出以 2.5mA/cm² 的電流密度使電流流過發光元件 3、對比發光元件 5 以及對比發光元件 6 時的電致發光譜。另外，各發光元件的測量在室溫(保持為 23°C 的氛圍)下進行。

【0408】另外，表 6 示出 1000cd/m²附近的發光元件 3、對比發光元件 5 以及對比發光元件 6 的元件特性。

【0409】

[表 6]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	CIE色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部量子 效率(%)
發光元件 3	3.60	1.45	(0.426, 0.538)	905	62.3	54.4	18.9
對比發光元件 5	3.60	1.57	(0.327, 0.580)	970	61.3	53.2	18.6
對比發光元件 6	3.60	2.05	(0.402, 0.570)	910	44.5	38.8	13.2

【0410】如圖 31 所示，在對比發光元件 5 和對比發光元件 6 的電致發射光譜中，峰值波長分別為 526nm 和 548nm，其分別顯示半峰全寬為 95nm 和 91nm 的光譜較寬的黃色發光。對比發光元件 5 的發光是如上所述那樣來源於由 4，6mCzP2Pm 和 Ir(ppz)₃ 形成的激態錯合物的發光。另外，在發光元件 3 的電致發射光譜中，峰值波長為 558nm，其顯示半峰全寬為 84nm 的黃色發光。發光元件 3 的發光是來源於作為螢光性化合物的 TBRb 的發光。另外，用於發光元件 3 的 Ir(ppz)₃ 雖然已被認為是以低溫發射藍色光的化合物，但是觀察不到來源於 Ir(ppz)₃ 的發光。

【0411】從對比發光元件 6 的發光的峰值波長算出的發光能量為 2.26eV。該值與按照實施例 1 所示的方法利用 CV 測定計算出的 4，6mCzP2Pm 的 LUMO 能階 (-2.88eV) 和 PCBiF 的 HOMO 能階 (-5.26eV) 的能量差 (2.38eV) 大致一致。也就是說，對比發光元件 6 的發光可以說是來源於由發光層中的 4，6mCzP2Pm 和 PCBiF 形成的激態錯合物的發光。

【0412】另外，由圖 31 可知：對比發光元件 5 的外部量子效率高於對比發光元件 6；對比發光元件 5 的外部量子效率與發光元件 3 相等。發光元件 3 採用在對比發光元件 5 的發光層中添加有作為螢光性材料的 TBRb 的結構。由此可知，發光元件 3 的高效率歸功於對比發光元件 5 的高效率。這意味著能夠將激發能從對比發光元件 5 中的激態錯合物高效地供應到作為螢光性材料的 TBRb。

【0413】

<薄膜的過渡 EL 測量>

接著，對發光元件 3、對比發光元件 5 以及對比發光元件 6 進行了過渡 EL 測量。利用皮秒螢光壽命測量系統(日本濱松光子學公司製造)進行了測量。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 100 μ sec；負偏壓為-5V；發光元件 3 及對比發光元件 5 的測定時間範圍為 20 μ sec，而對比發光元件 6 的測定時間範圍為 50 μ sec。圖 32 示出其結果。

【0414】由圖 32 可知，對比發光元件 6 的延遲螢光成分多，且發光壽命非常長。另一方面，對比發光元件 5 的延遲成分雖然不多，但如圖 30 所示，其外部量子效率高於對比發光元件 6。另外，由圖 32 可知，對比發光元件 5 的發光壽命非常短。這意味著激發態在短時間內失活而回到基態。這種發光壽命短的發光元件的可靠性高，由此是較佳的。因為對比發光元件 5 使用作為重原子的 Ir 作為形成激態錯合物的材料，所以其顯示出與使用一般的主體材料的激態錯合物或 TADF 材料不同的動作。

【0415】由圖 32 可知，使用上述對比發光元件 5 作為能量轉移的媒體的本發明的一個實施方式的發光元件 3 的發光壽命短於對比發光元件 5。由此可知，激發能從對比發光元件 5 中的激態錯合物高效轉移到作為螢光性化合物的 TBRb。由此可以預測：發光壽命縮短，使得可靠性得到提高。

【0416】根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發光效率高的發光元件。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種可靠性高的發光元件。

【符號說明】

【0417】

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
- 106 發光單元
- 108 發光單元
- 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 化合物
- 132 化合物

133 化合物
134 化合物
140 發光層
140a 發光層
140b 發光層
145 分隔壁
150 發光元件
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
260 發光元件
262a 發光元件
262b 發光元件
600 顯示裝置

- 601 信號線驅動電路部
- 602 像素部
- 603 掃描線驅動電路部
- 604 密封基板
- 605 密封劑
- 607 區域
- 608 佈線
- 609 FPC
- 610 元件基板
- 611 電晶體
- 612 電晶體
- 613 下部電極
- 614 分隔壁
- 616 EL層
- 617 上部電極
- 618 發光元件
- 621 光學元件
- 622 遮光層
- 623 電晶體
- 624 電晶體
- 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 層間絕緣膜
- 1021 層間絕緣膜
- 1022 電極
- 1024B 下部電極
- 1024G 下部電極
- 1024R 下部電極
- 1025 分隔壁
- 1026 上部電極
- 1028 EL層
- 1029 密封層
- 1031 密封基板
- 1032 密封劑
- 1033 基材
- 1034B 彩色層
- 1034G 彩色層
- 1034R 彩色層
- 1035 遮光層
- 1036 保護層
- 1037 層間絕緣膜
- 1040 像素部
- 1041 驅動電路部
- 1042 周圍部

- 3000 發光裝置
- 3001 基板
- 3003 基板
- 3005 發光元件
- 3007 密封區域
- 3009 密封區域
- 3011 區域
- 3013 區域
- 3018 乾燥劑
- 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 印刷電路板
- 8011 電池
- 8501 照明裝置
- 8502 照明裝置
- 8503 照明裝置
- 8504 照明裝置
- 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

【生物材料寄存】

【0418】 無

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種發光元件，包括：

一對電極；以及

發光層，

其中，該發光層包括第一有機化合物、第二有機化合物以及第三有機化合物，

該第一有機化合物包含過渡金屬元素，

該第二有機化合物包含缺 π 電子型雜芳香骨架及富 π 電子型雜芳香骨架，

該第一有機化合物和該第二有機化合物形成激態錯合物，

該第三有機化合物能夠將單重激發能轉換為發光，

並且，該第三有機化合物能夠發光。

【請求項2】 一種發光元件，包括：

一對電極；以及

發光層，

其中，該發光層包括第一有機化合物、第二有機化合物以及第三有機化合物，

該第一有機化合物包含過渡金屬元素，

該第二有機化合物具有電子傳輸性，

該第二有機化合物包含含氮雜芳香環，

該第一有機化合物和該第二有機化合物形成激態錯合物，

該第三有機化合物能夠將單重激發能轉換為發光，

並且，該第三有機化合物能夠發光。

【請求項3】 一種發光元件，包括：

一對電極；以及

發光層，

其中，該發光層包括第一有機化合物、第二有機化合物以及第三有機化合物，

該第一有機化合物包含 Ru、Rh、Pd、Os、Ir 或 Pt，

該第二有機化合物包含缺 π 電子型雜芳香骨架，

該第一有機化合物和該第二有機化合物形成激態錯合物，

該第三有機化合物為螢光性物質，

並且，該第三有機化合物能夠發光。

【請求項4】 如請求項 1 至 3 中任一項之發光元件，其中該第一有機化合物包含銱。

【請求項5】 如請求項 4 之發光元件，其中該第一有機化合物包括鍵合於銱的配體，

並且，該配體包含含氮五元雜環骨架。

【請求項6】 如請求項 1 之發光元件，其中該缺 π 電子型雜芳香骨架包含吡啶骨架、二嗪骨架及三嗪骨架中的至少一個，

並且，該富 π 電子型雜芳香骨架包含咪唑骨架。

【請求項7】 如請求項 6 之發光元件，其中該缺 π 電子型雜芳香骨架與該富 π 電子型雜芳香骨架經由具有取代基的伸芳基或未取代的伸芳基連接，

該伸芳基表示伸苯基、聯苯二基、萘二基或蒽二基，

並且，該取代基表示碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 6 的環烷基

或者取代或未取代的碳原子數為 6 至 12 的芳基。

【請求項8】 如請求項 2 之發光元件，其中，該含氮雜芳香環包含喹二唑骨架、三唑骨架、啡啉骨架、吡啶骨架、二嗪骨架和三嗪骨架中的至少一個。

【請求項9】 如請求項 8 之發光元件，其中該第二有機化合物包含富 π 電子型雜芳香骨架和芳香胺骨架中的至少一個。

【請求項10】 如請求項 3 之發光元件，其中該缺 π 電子型雜芳香骨架包含喹二唑骨架、三唑骨架、啡啉骨架、吡啶骨架、二嗪骨架和三嗪骨架中的至少一個。

【請求項11】 如請求項 10 之發光元件，其中該缺 π 電子型雜芳香骨架與芳香骨架經由具有取代基的伸芳基或未取代的伸芳基連接，

該芳香骨架包含呋唑骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架及萸骨架中的一個，

該伸芳基表示伸苯基、聯苯二基、蔡二基或萸二基，

並且，該取代基表示碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 6 的環烷基或者取代或未取代的碳原子數為 6 至 12 的芳基。

【請求項12】 如請求項 1 或 2 之發光元件，其中該第三有機化合物為螢光性物質。

【請求項13】 如請求項 1 至 3 中任一項之發光元件，其中相對於該第一有機化合物及該第二有機化合物總重量的該第三有機化合物的重量比為 0.001 以上且 0.05 以下，

並且，相對於該第二有機化合物的該第一有機化合物的重量比為 0.01 以上且 0.5 以下。

【請求項14】 如請求項 1 至 3 中任一項之發光元件，其中該第一有機化合物的最低三重激發能階為該第二有機化合物的最低三重激發能階以上。

【請求項15】 如請求項 1 至 3 中任一項之發光元件，其中該激態錯合物能夠將激發能供應到該第三有機化合物，

並且，該激態錯合物的發射光譜與該第三有機化合物的吸收光譜的最長波長一側的吸收帶重疊。

【請求項16】 如請求項 1 至 3 中任一項之發光元件，其中該第一有機化合物的發光量子產率在室溫下為 0%以上且 40%以下。

【請求項17】 如請求項 1 至 3 中任一項之發光元件，其中該激態錯合物的發光效率高於該第一有機化合物的發光效率。

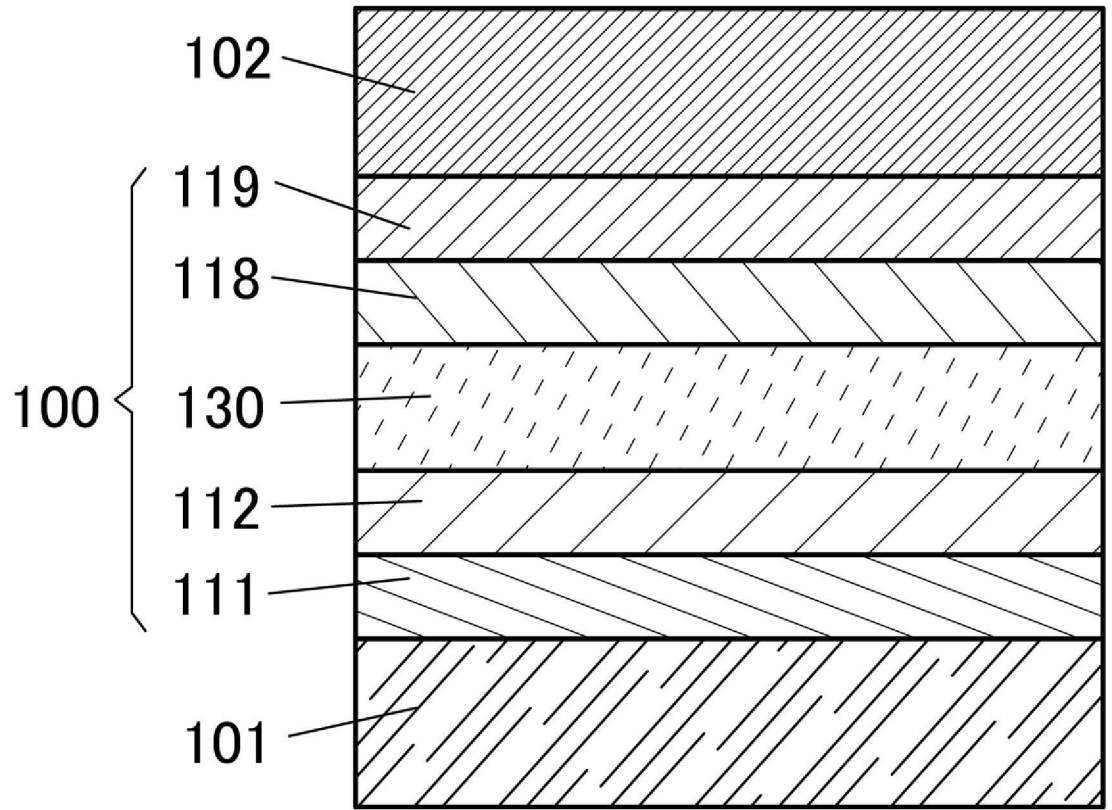
【請求項18】 一種顯示裝置，包括：

如請求項 1 至 3 中任一項之發光元件；以及

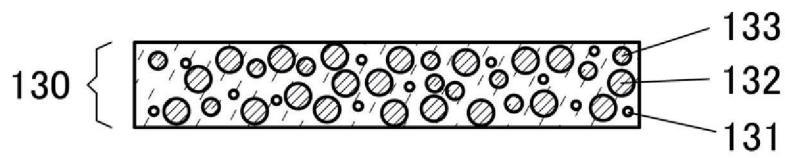
濾色片和電晶體之中的至少一個。

【發明圖式】

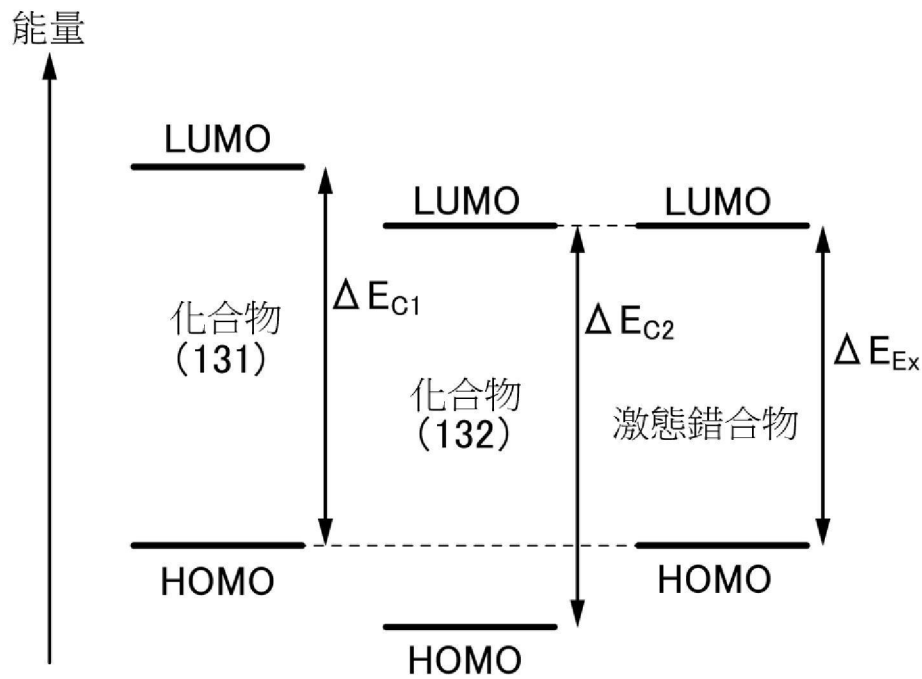
150



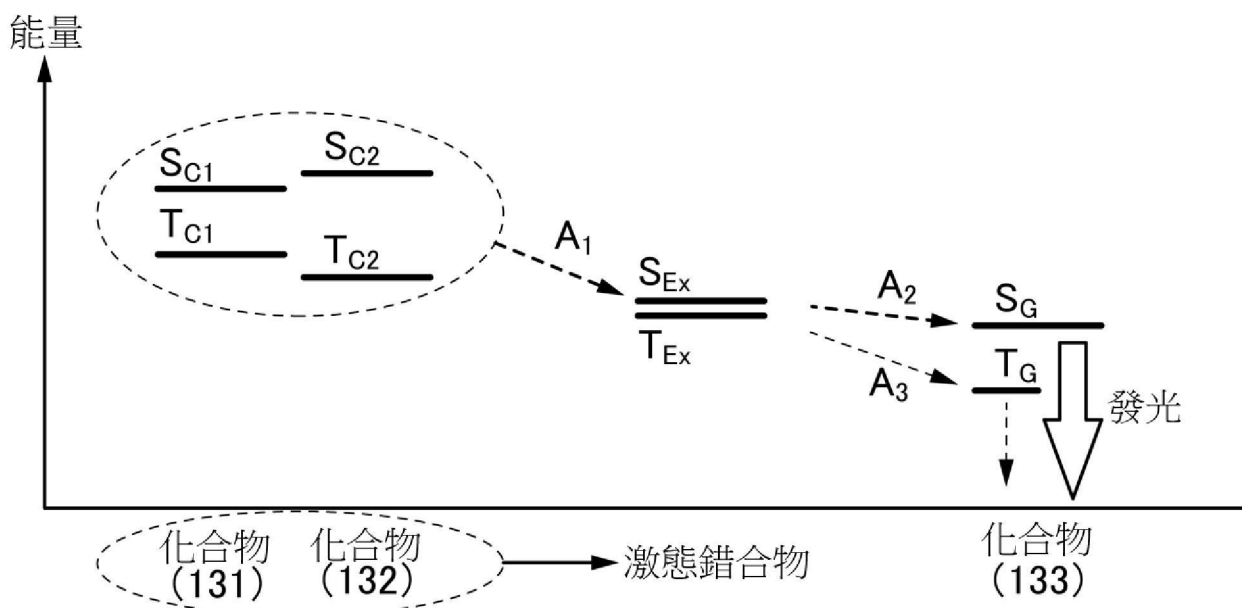
【圖1】



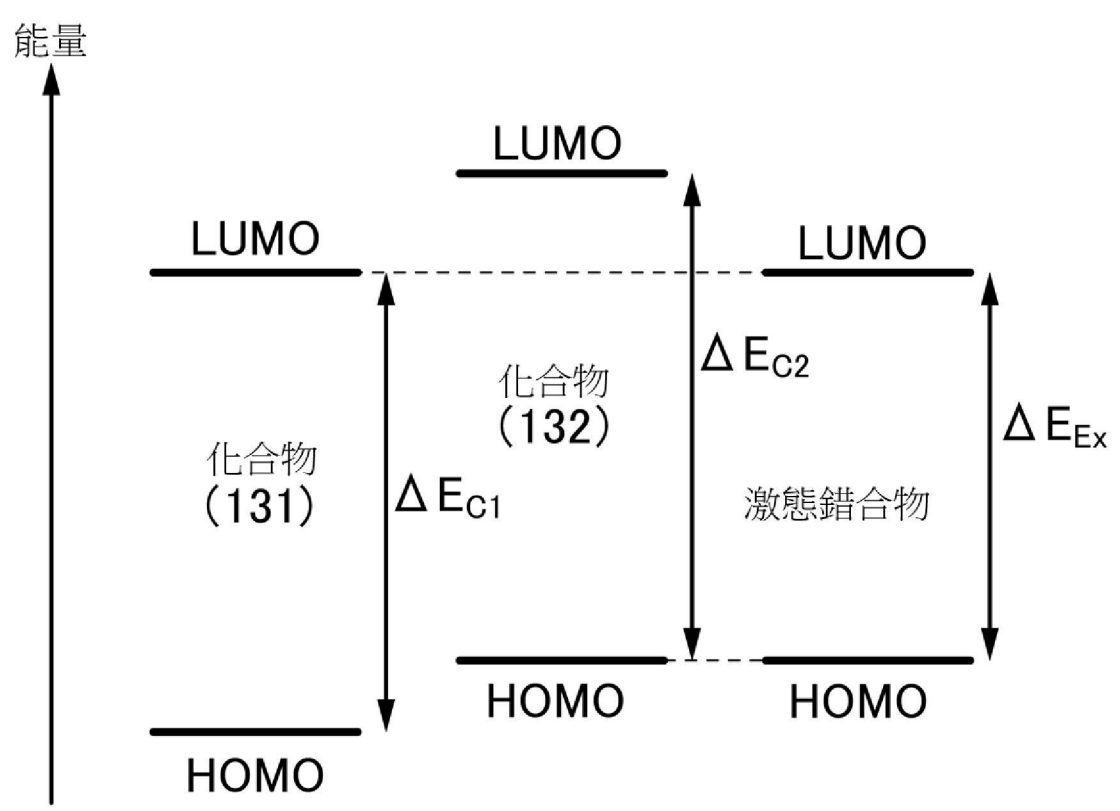
【圖2A】



【圖2B】

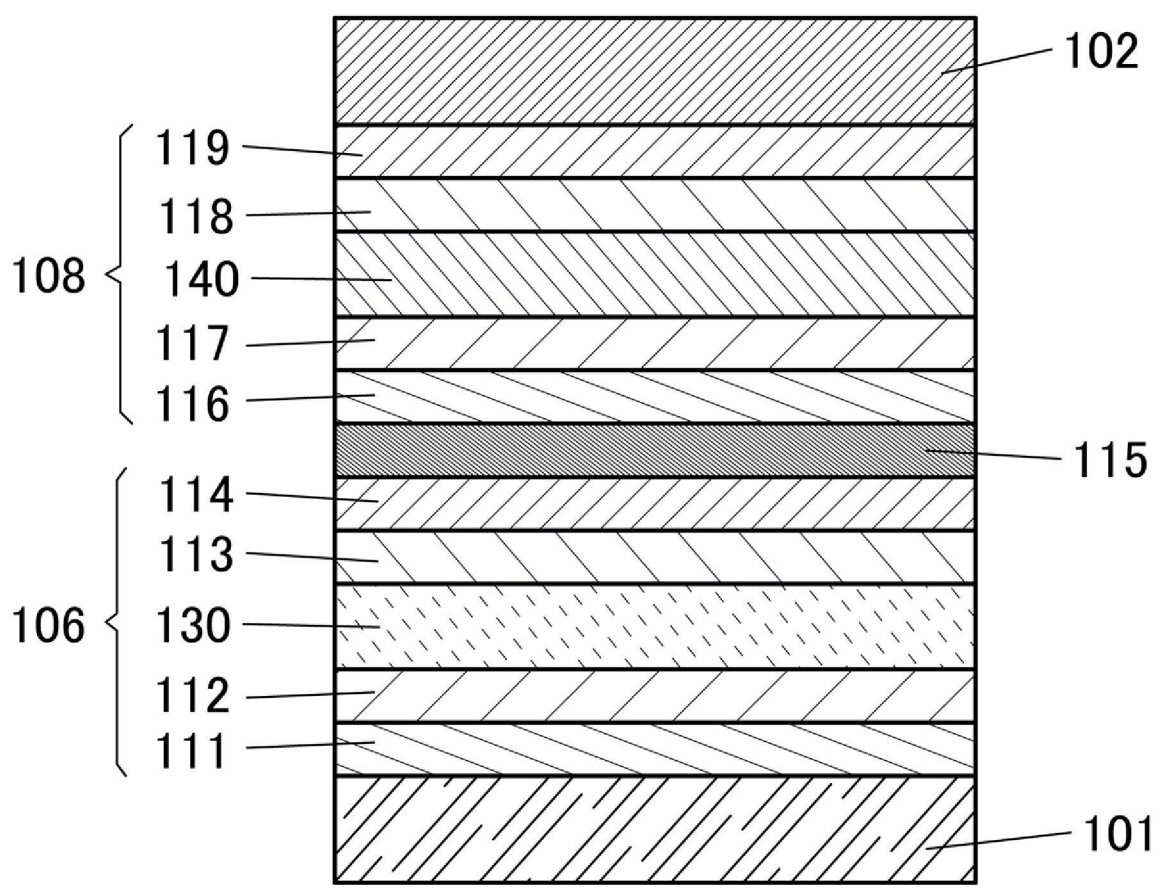


【圖2C】

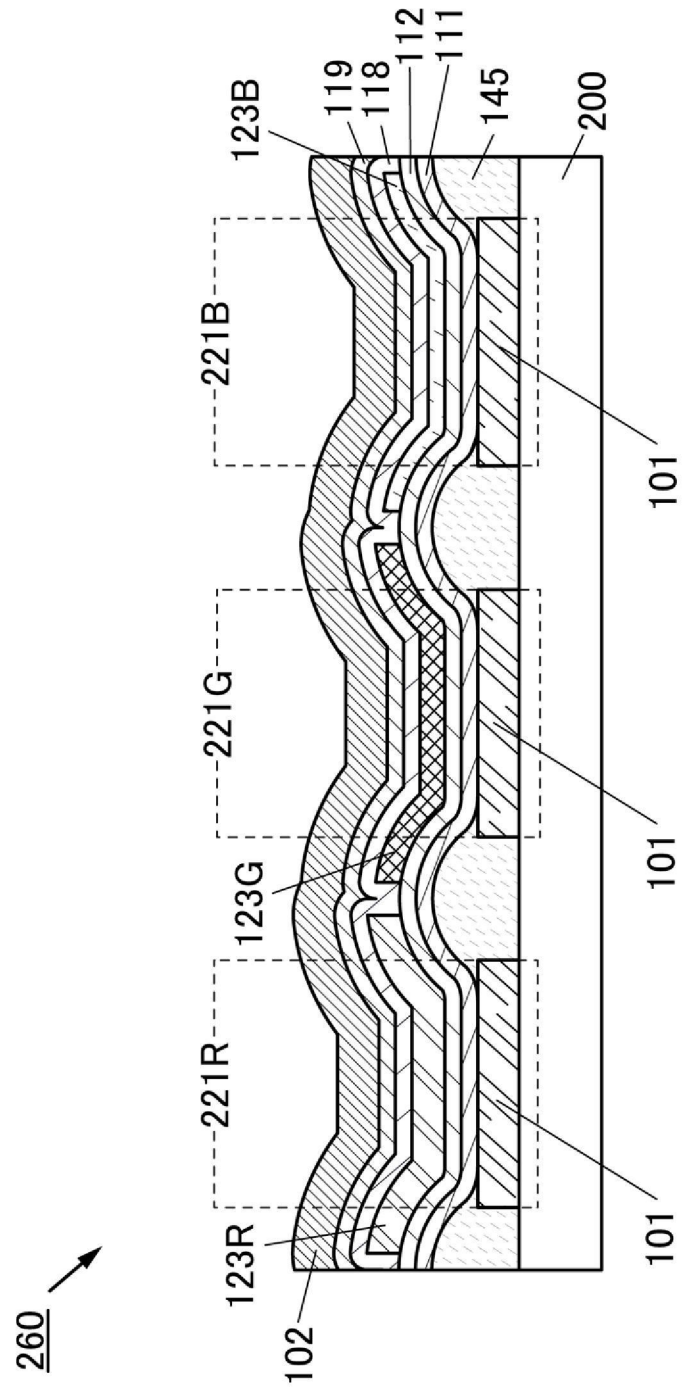


【圖3】

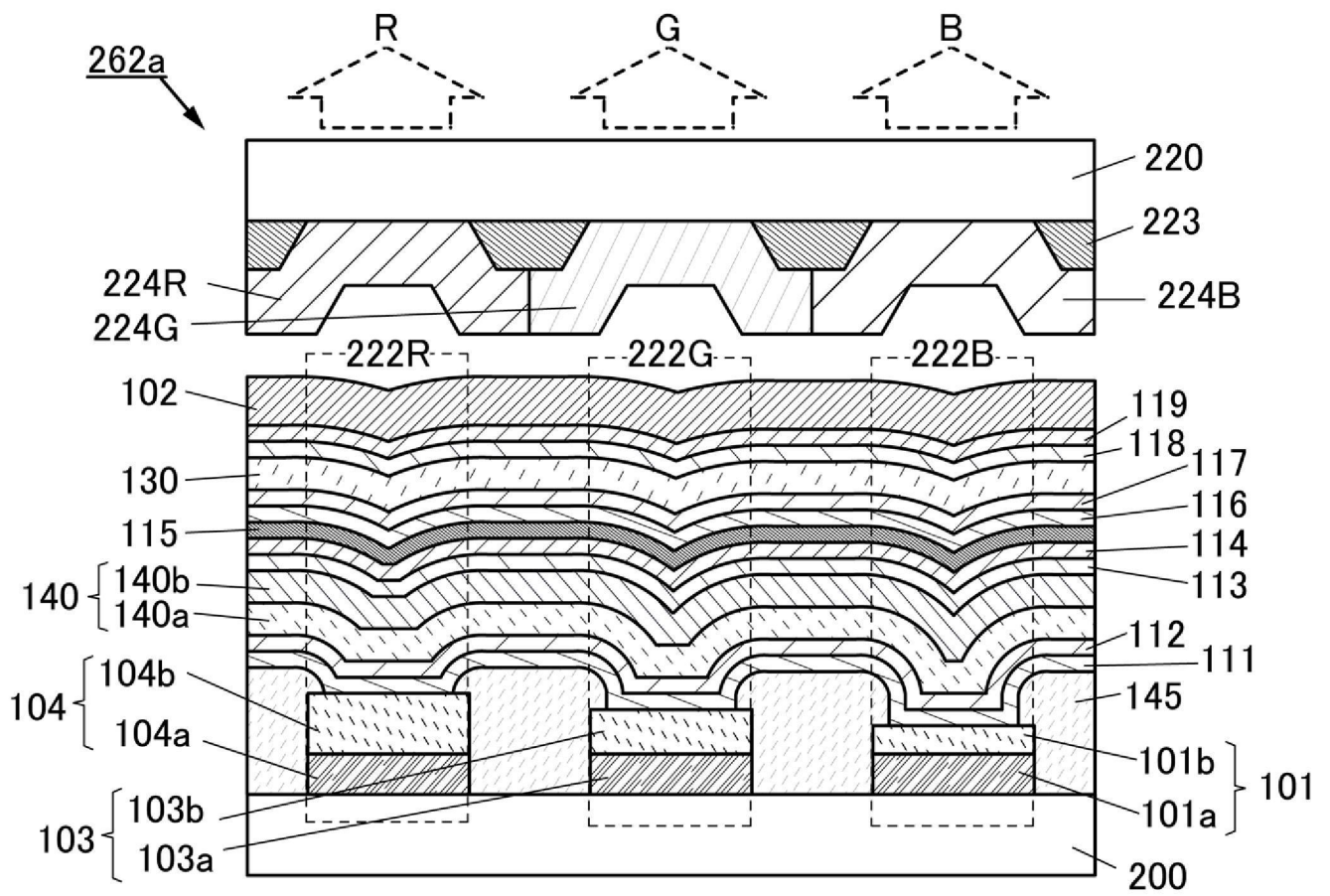
250 ↘



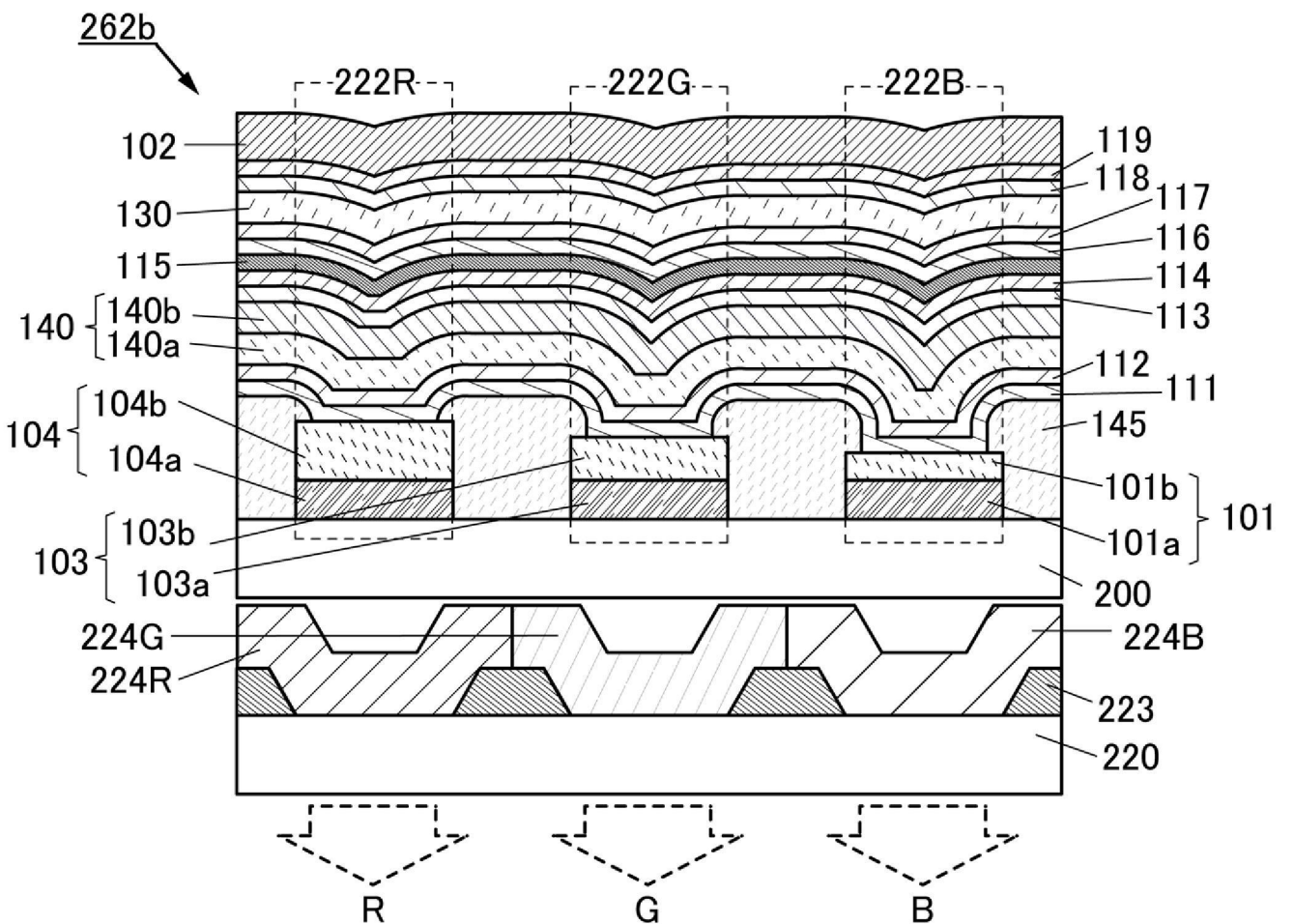
【圖4】



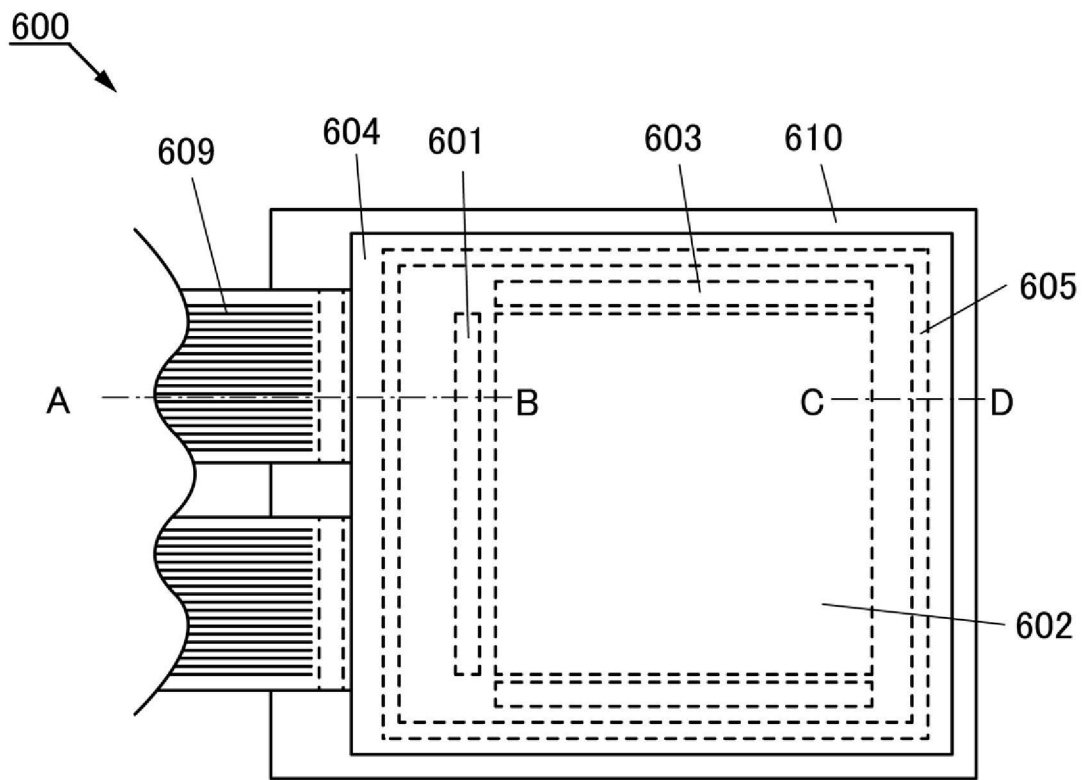
【圖5】



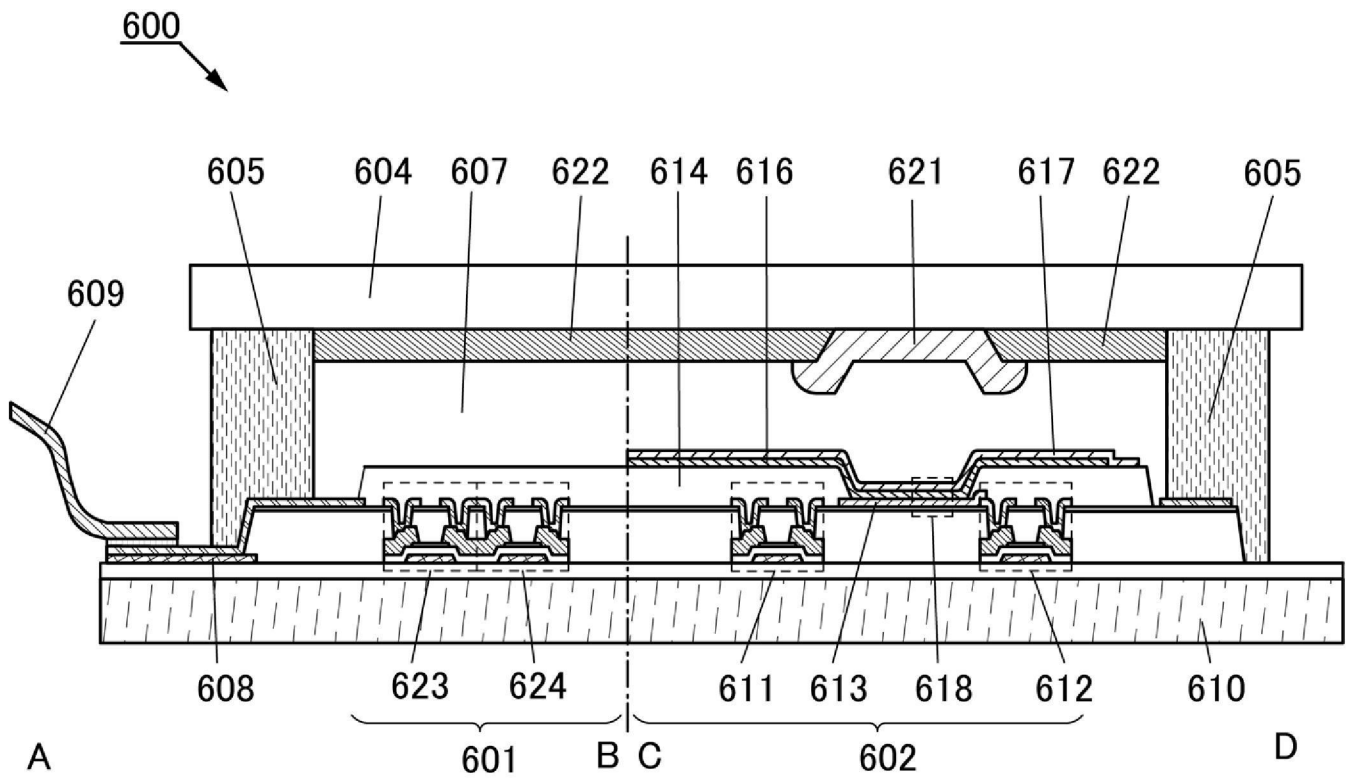
【圖6A】



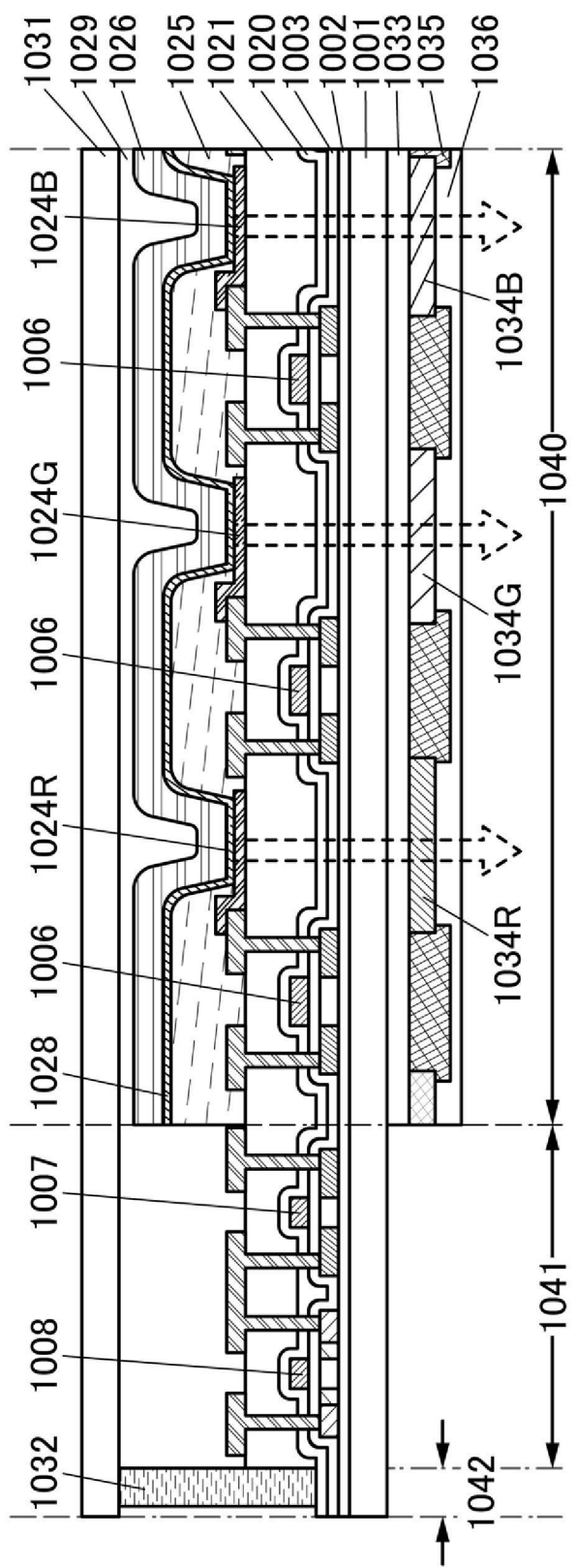
【圖6B】



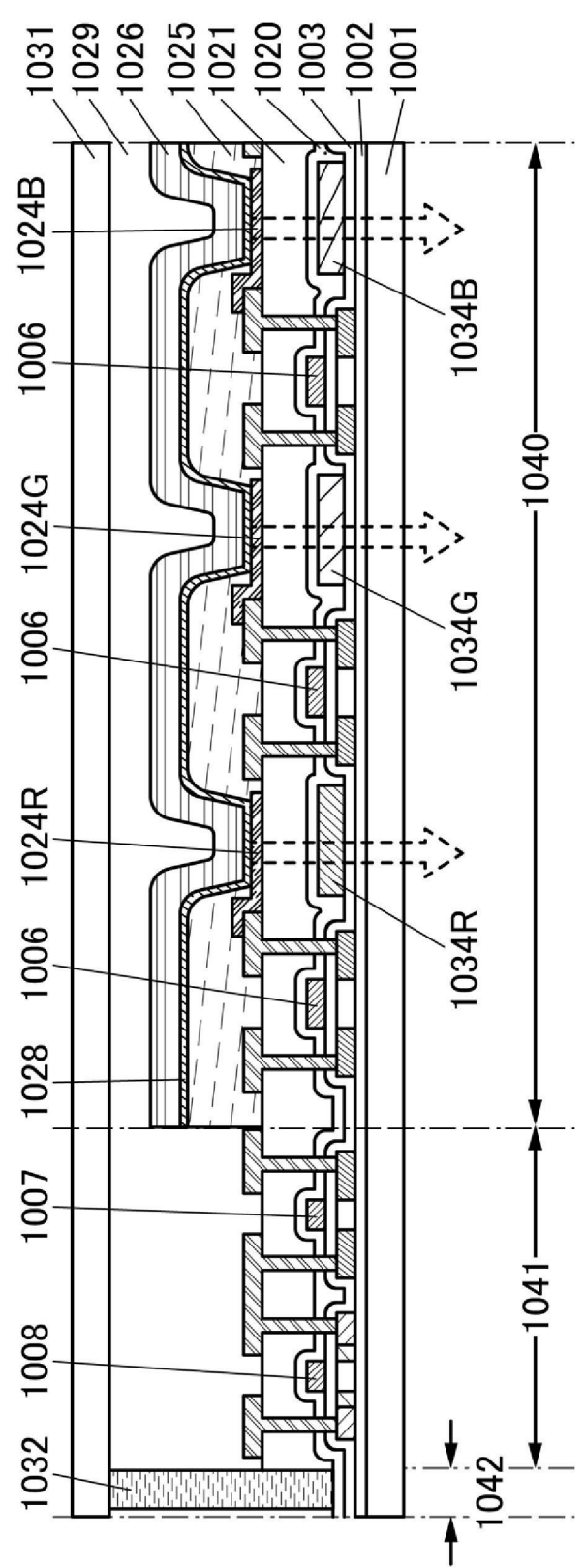
【圖7A】



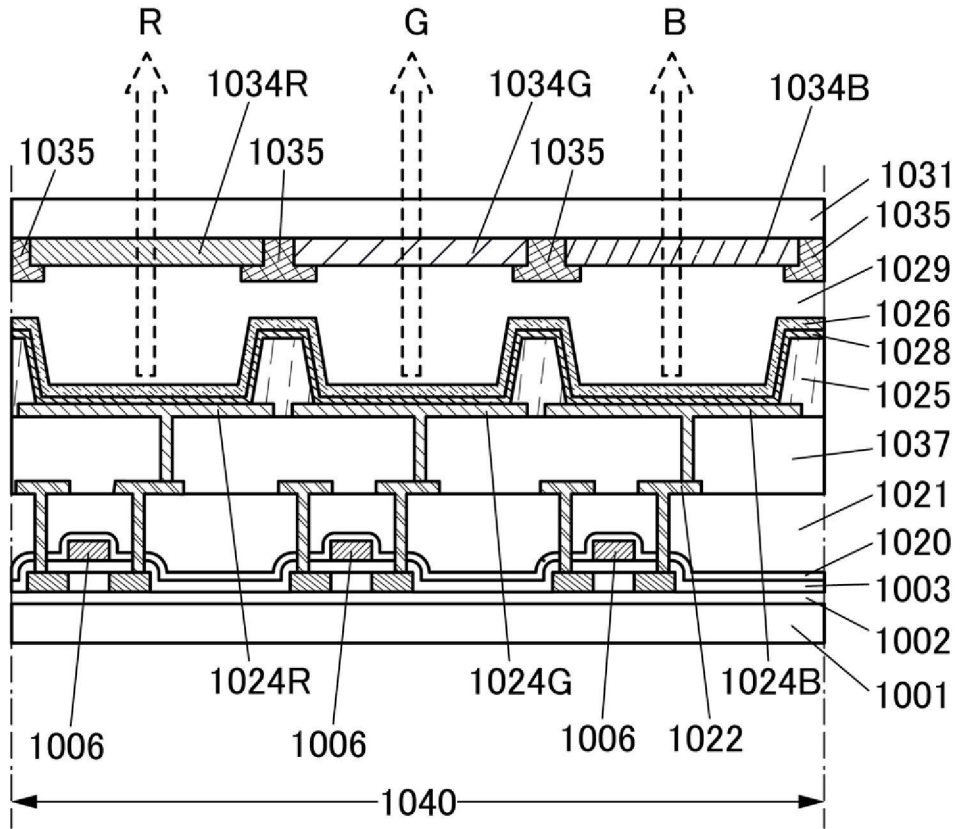
【圖7B】



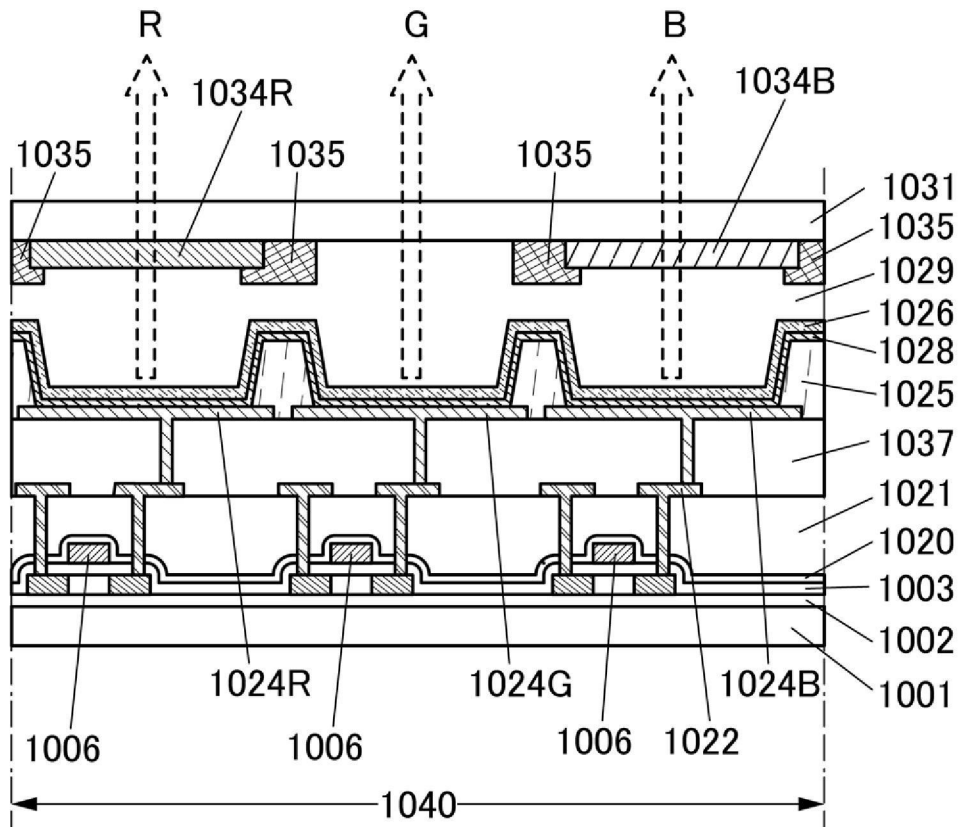
【圖8A】



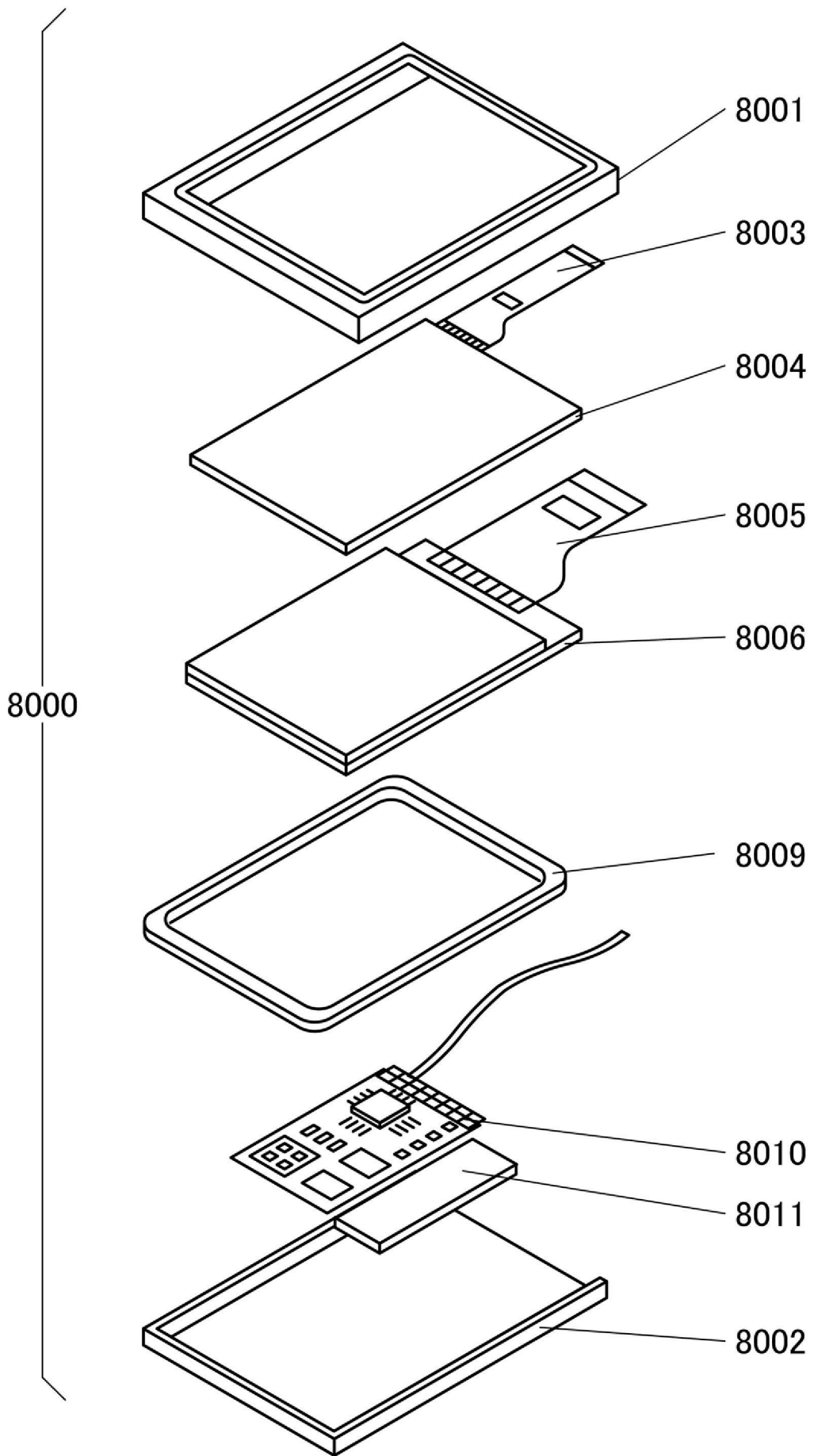
【圖8B】



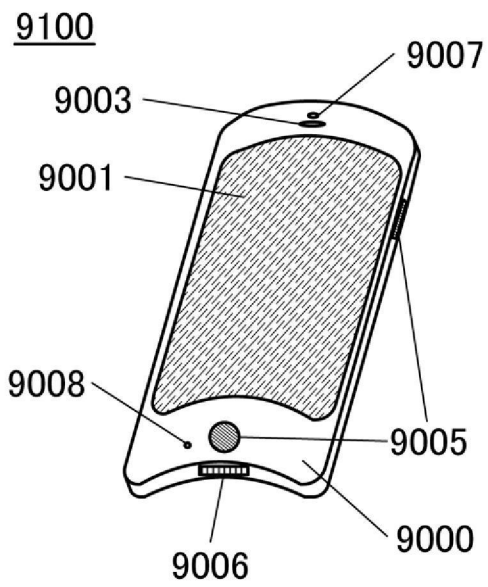
【圖9A】



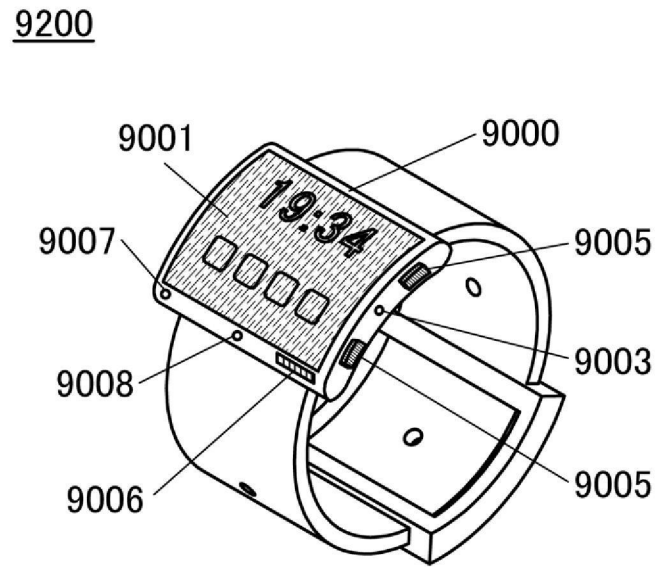
【圖9B】



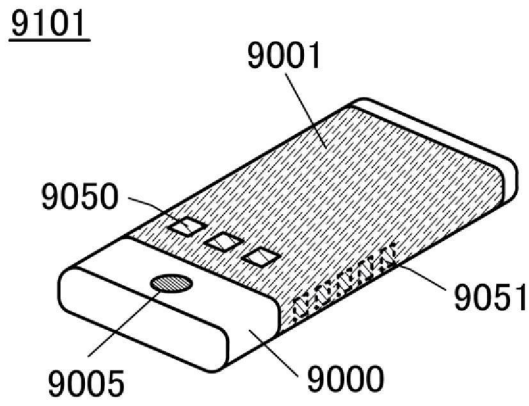
【圖10】



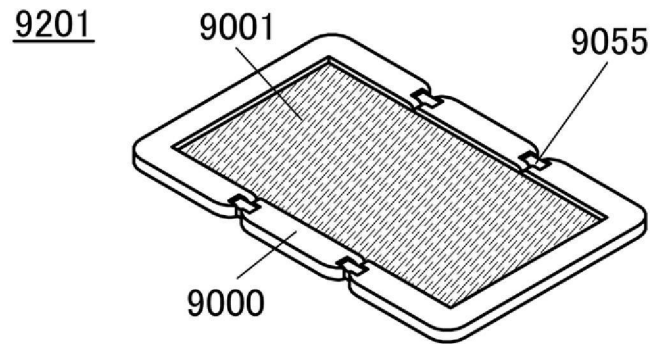
【圖11A】



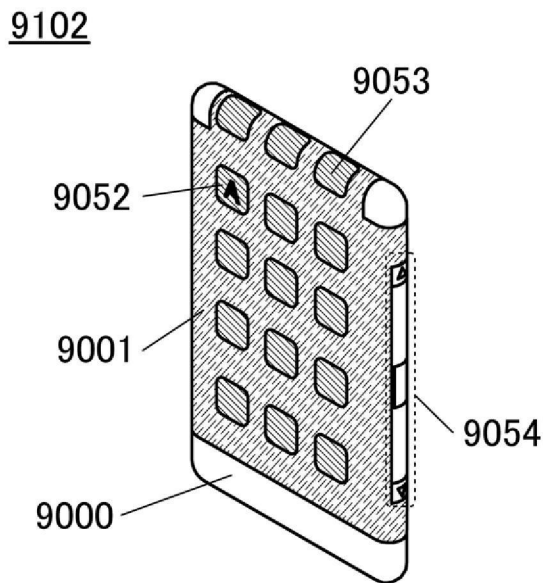
【圖11D】



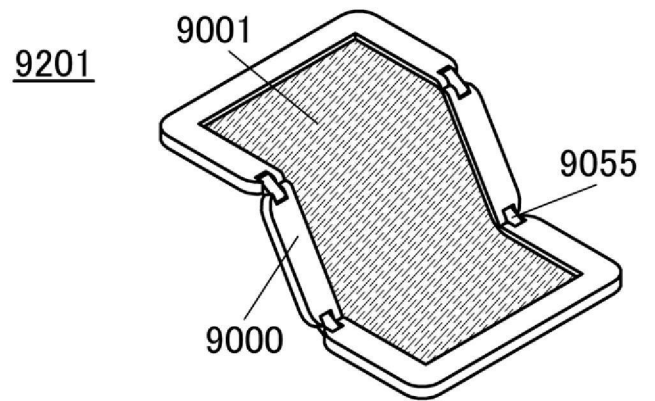
【圖11B】



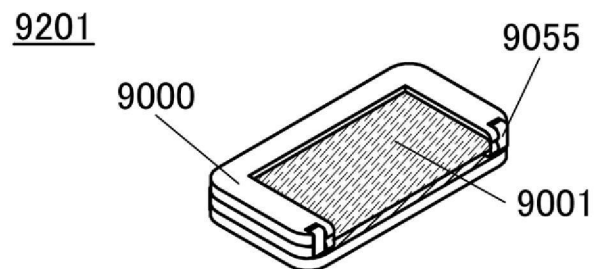
【圖11E】



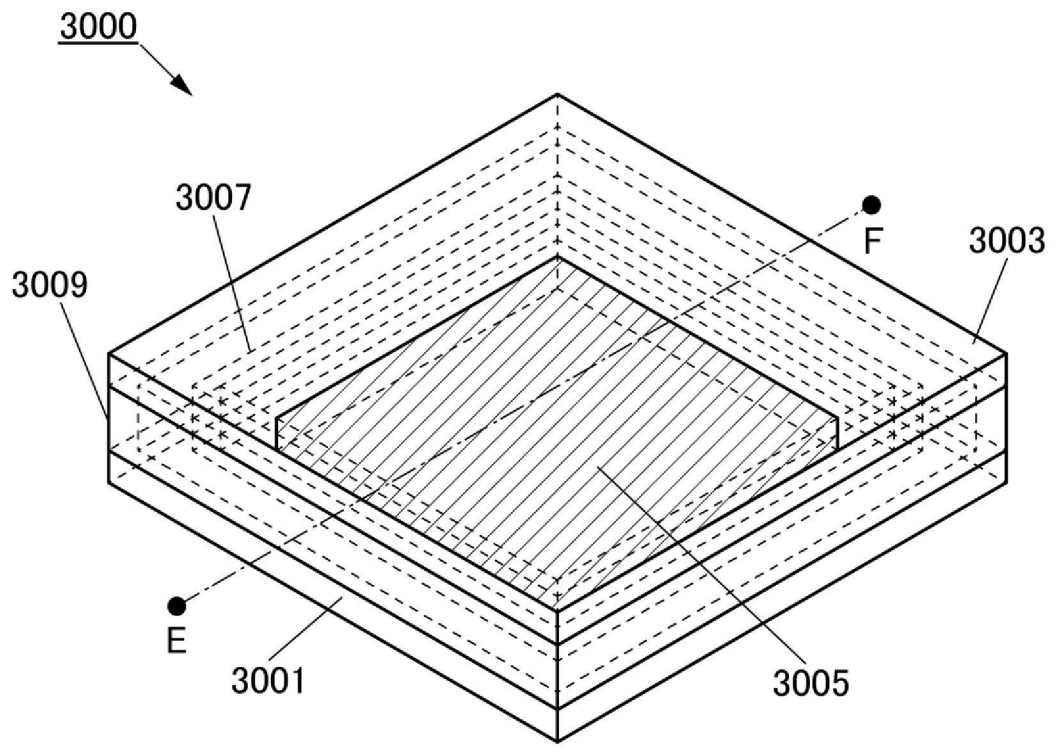
【圖11C】



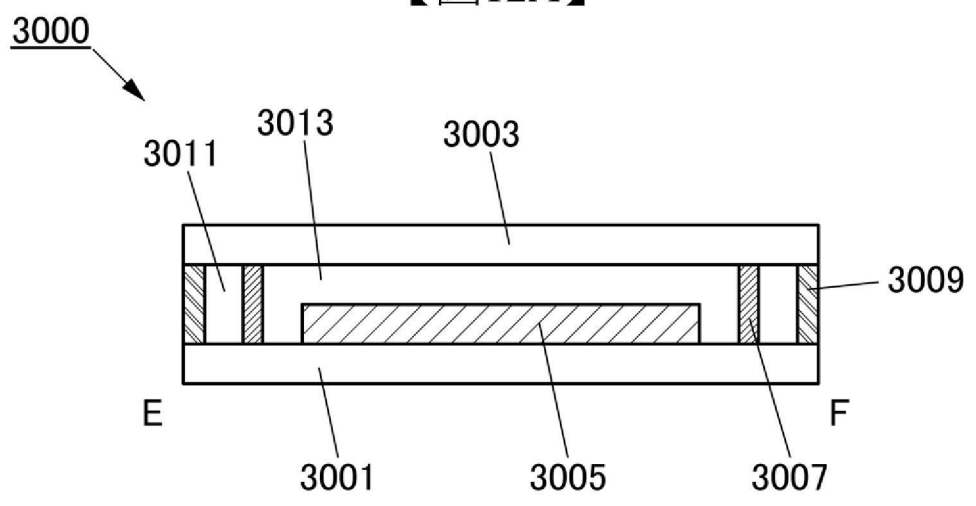
【圖11F】



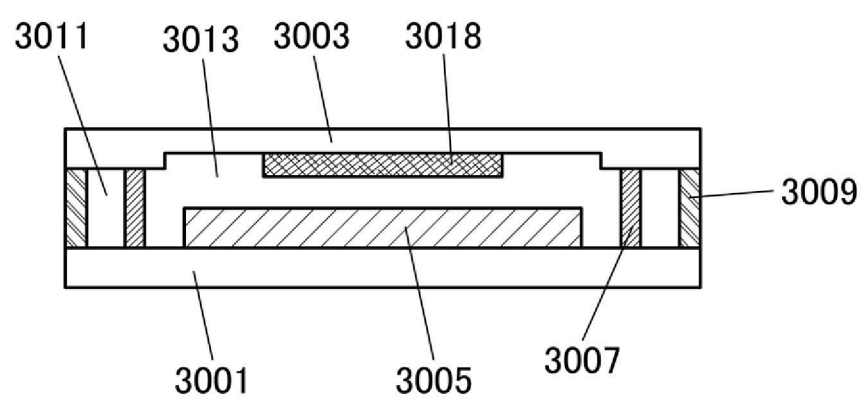
【圖11G】



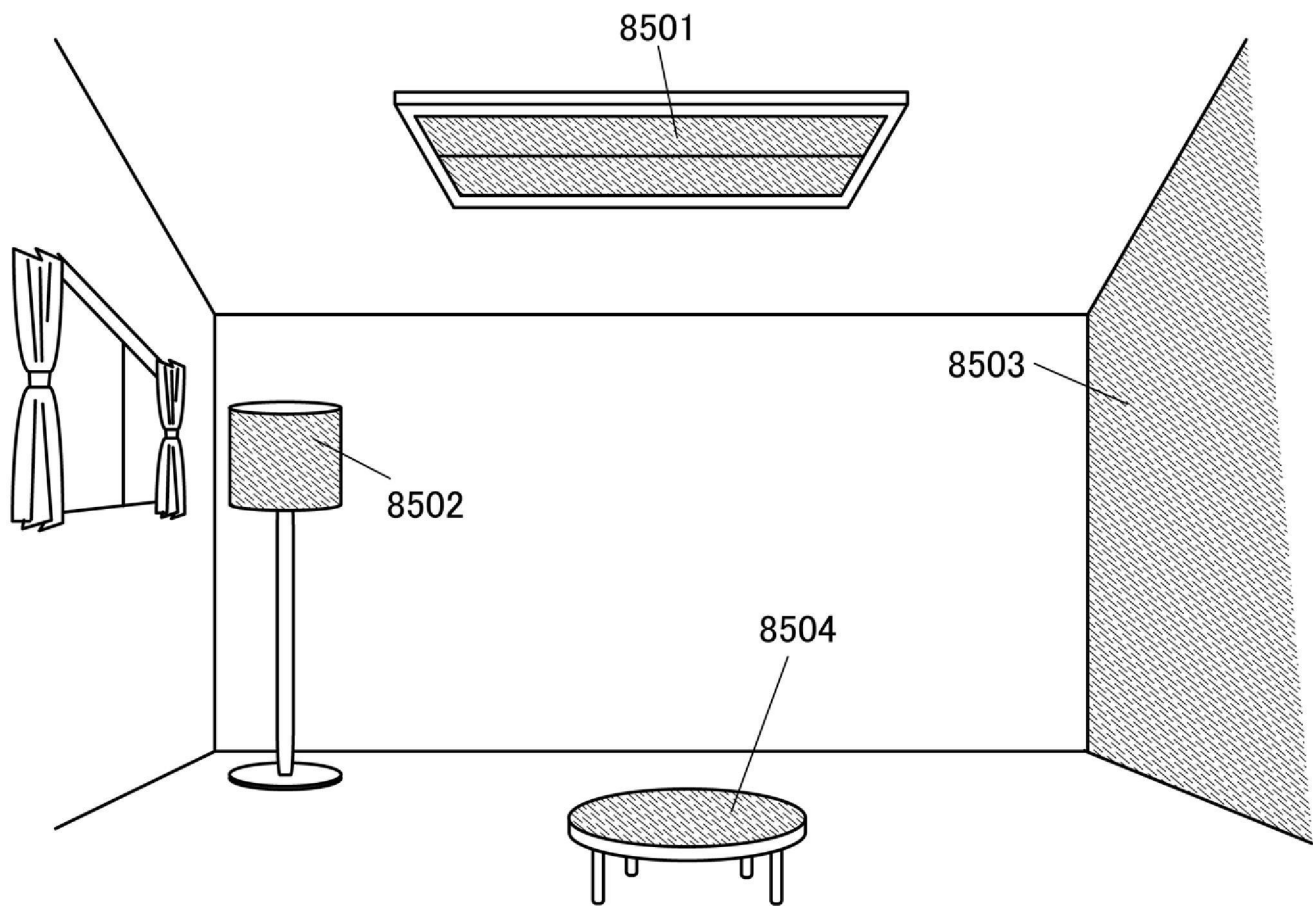
【圖12A】



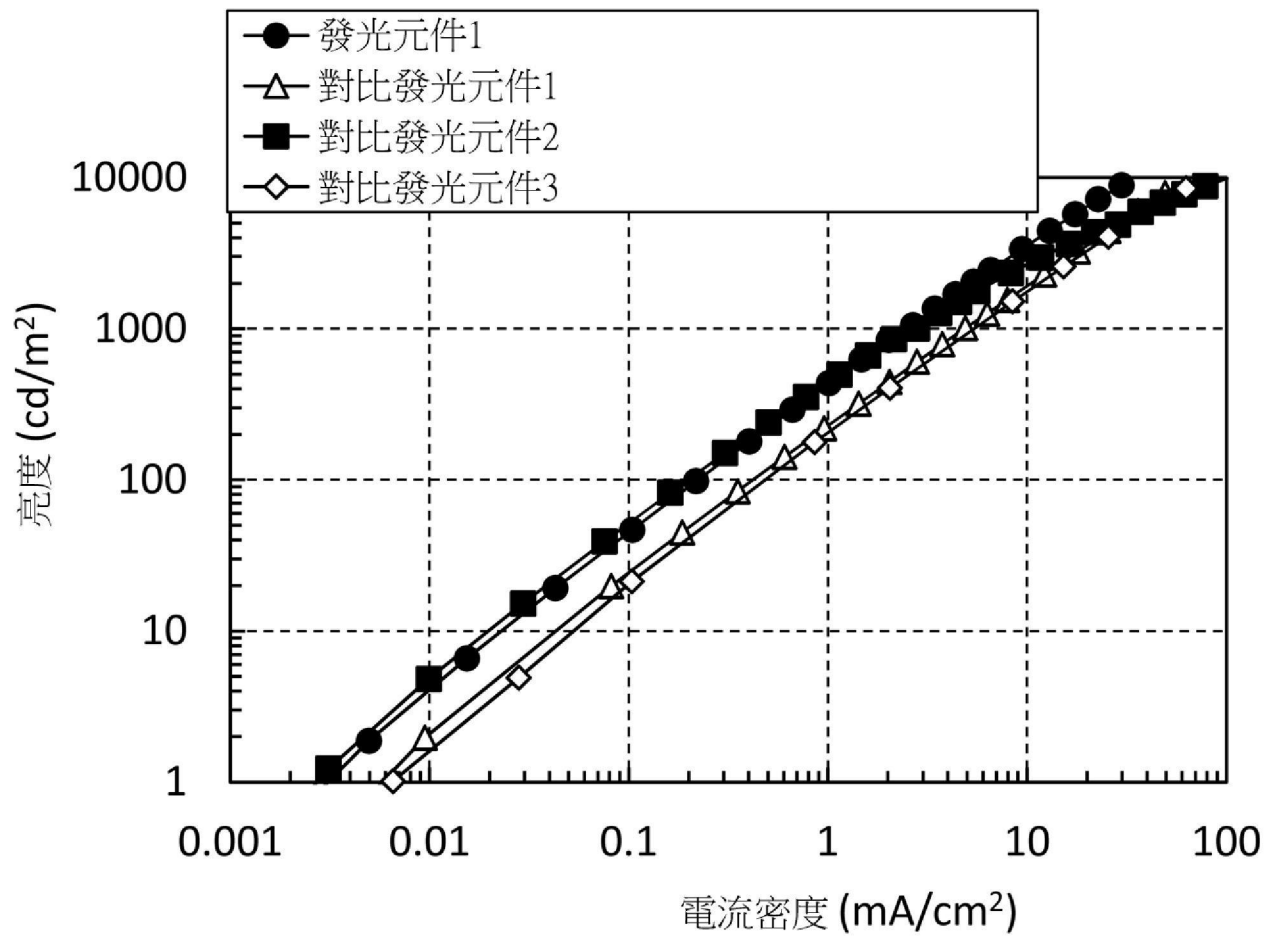
【圖12B】



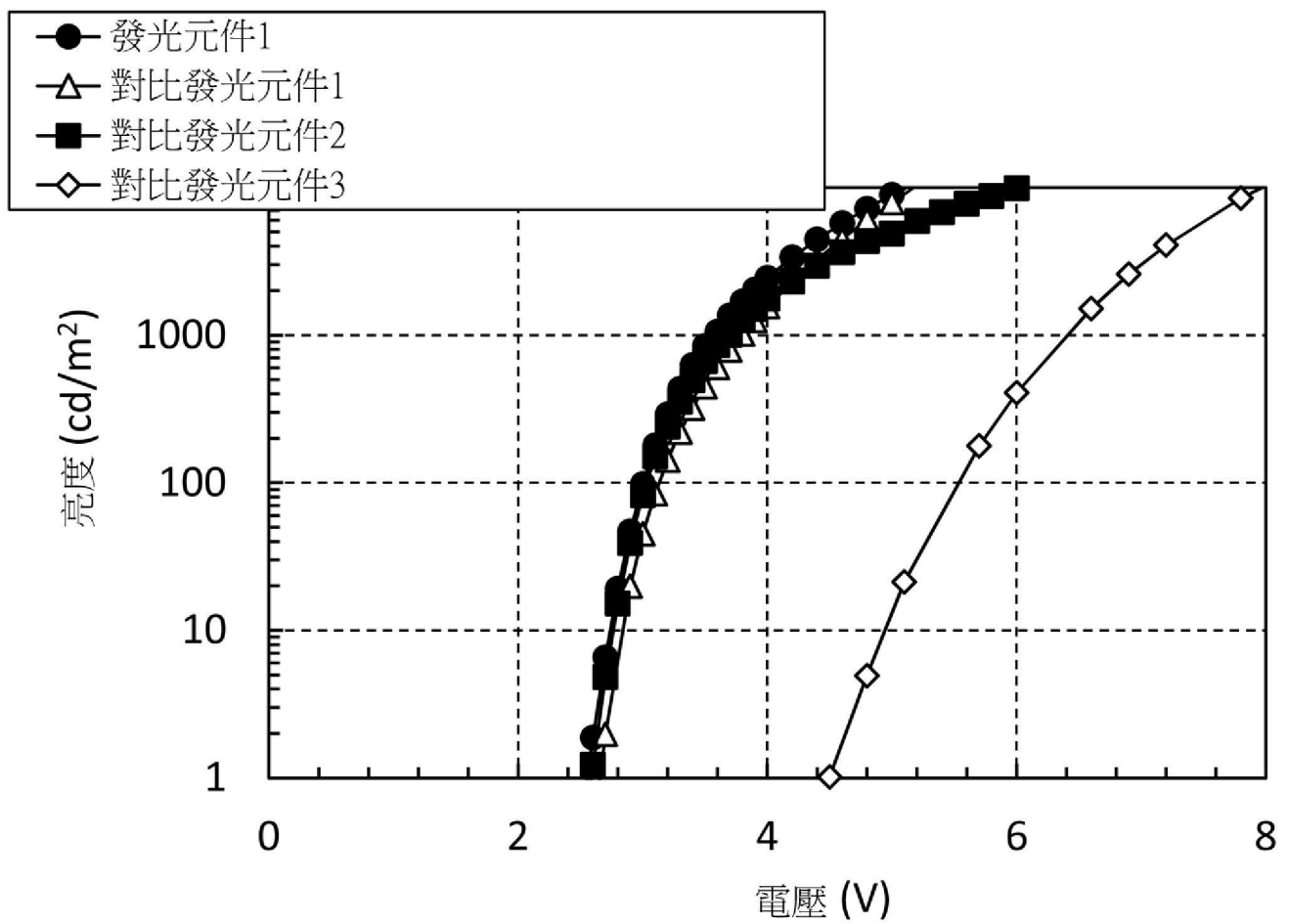
【圖12C】



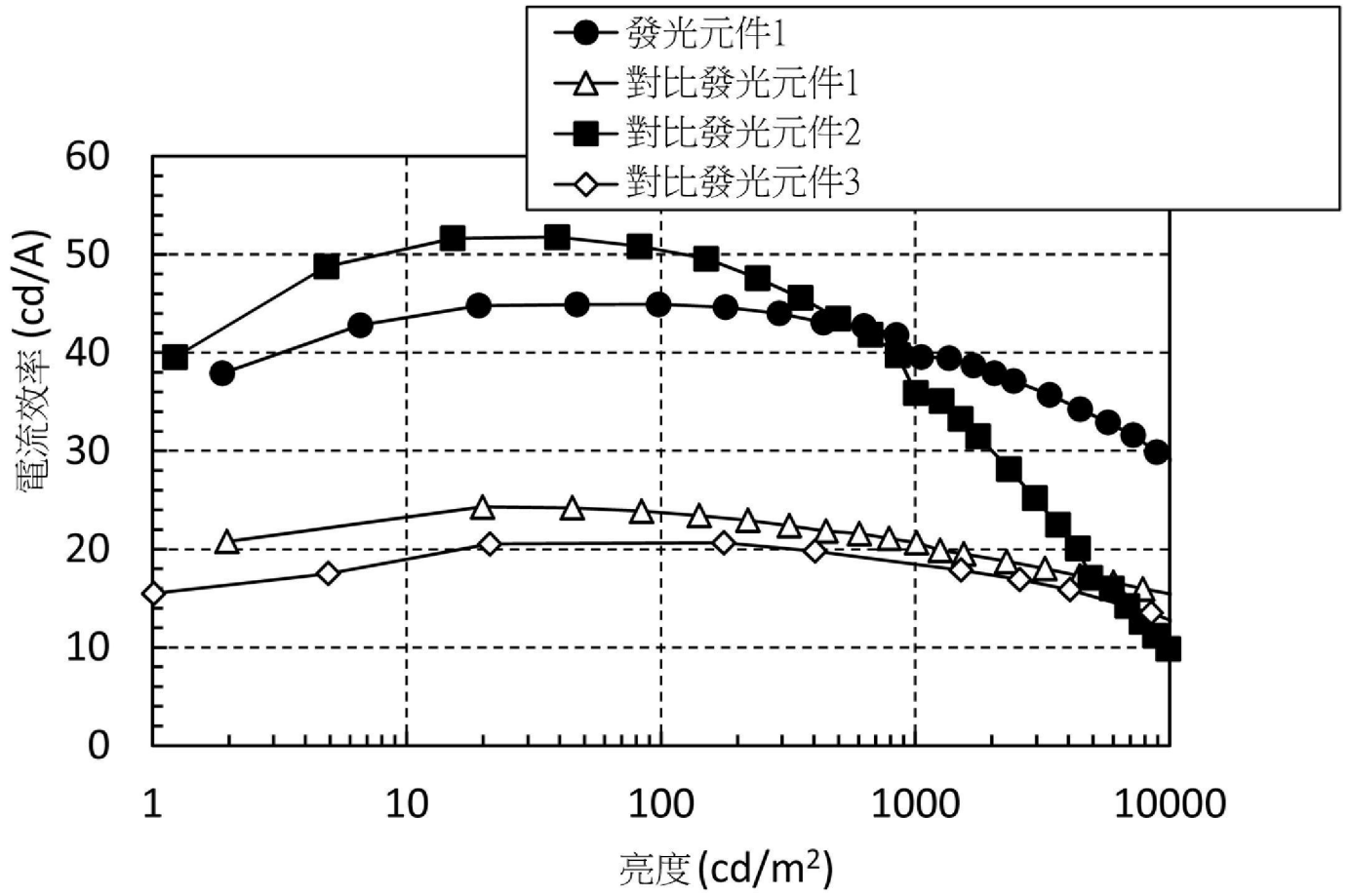
【圖13】



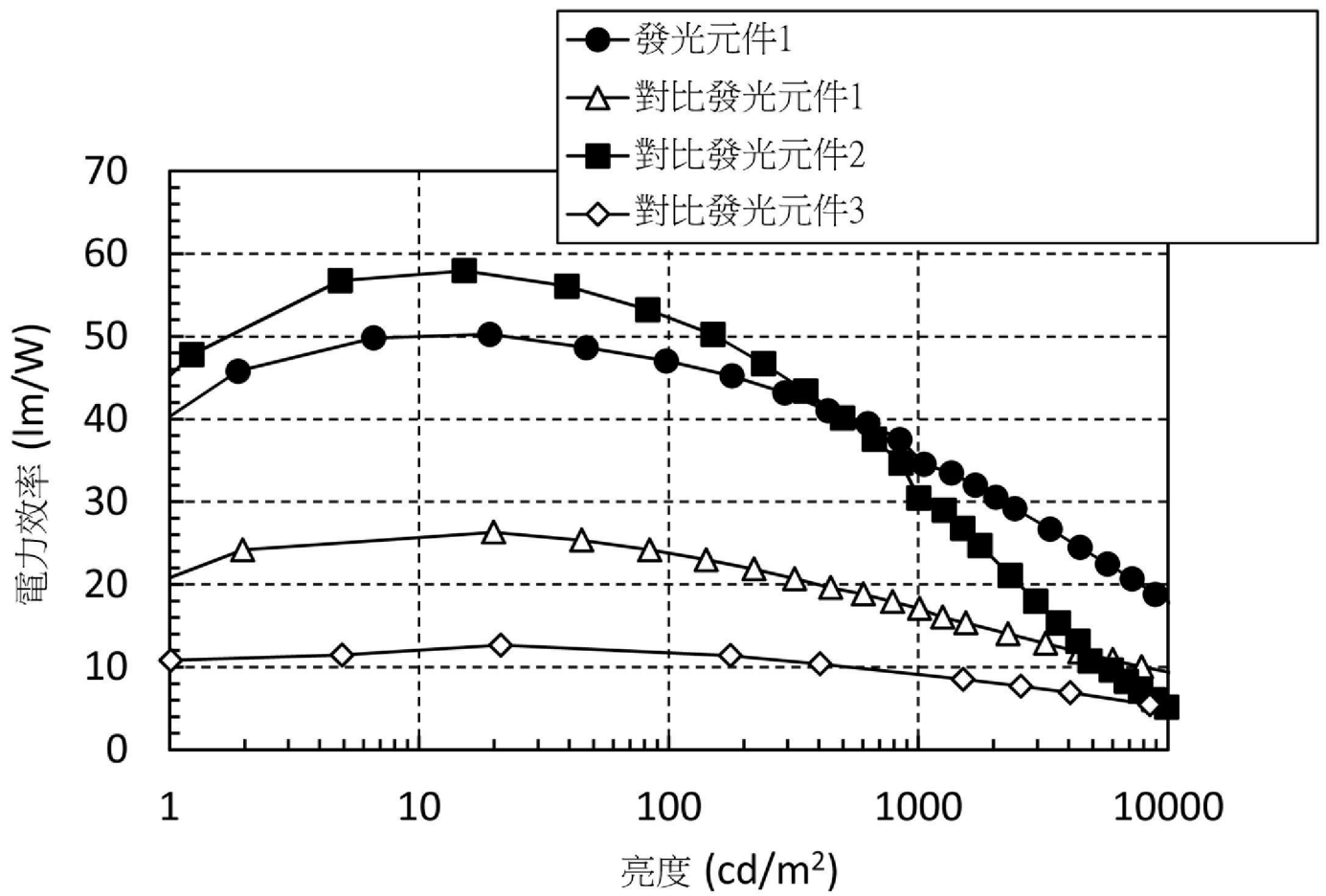
【圖14】



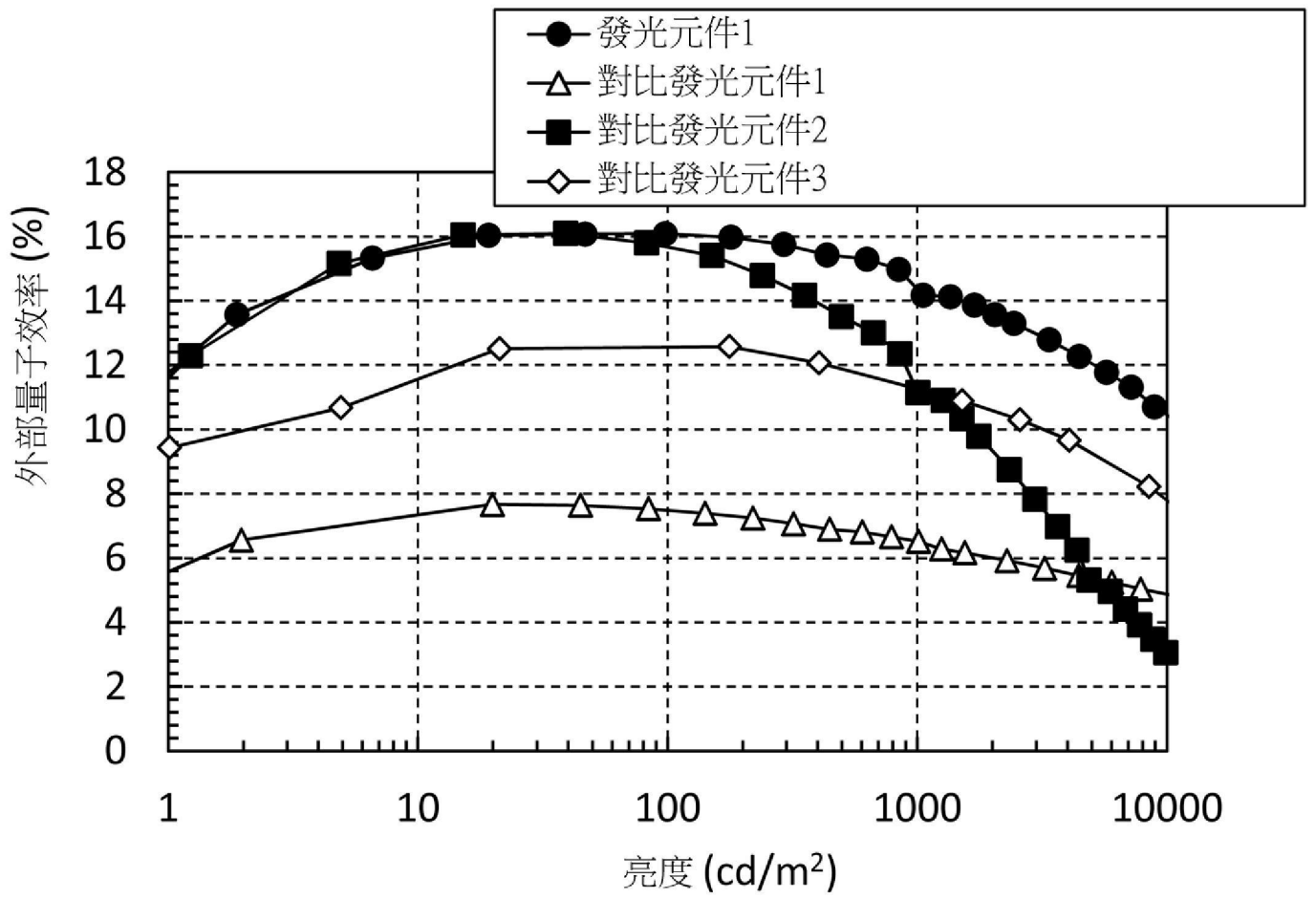
【圖15】



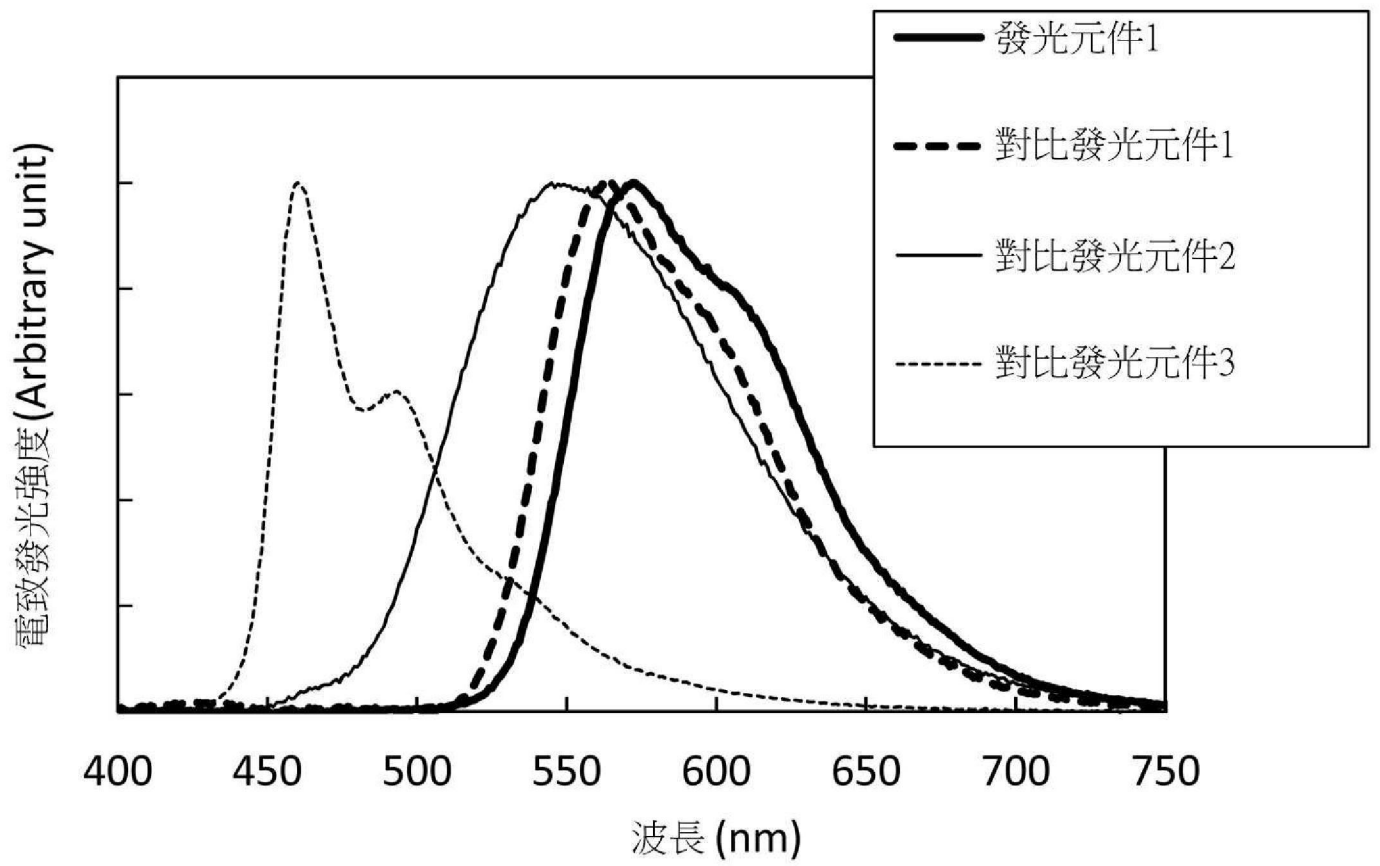
【圖16】



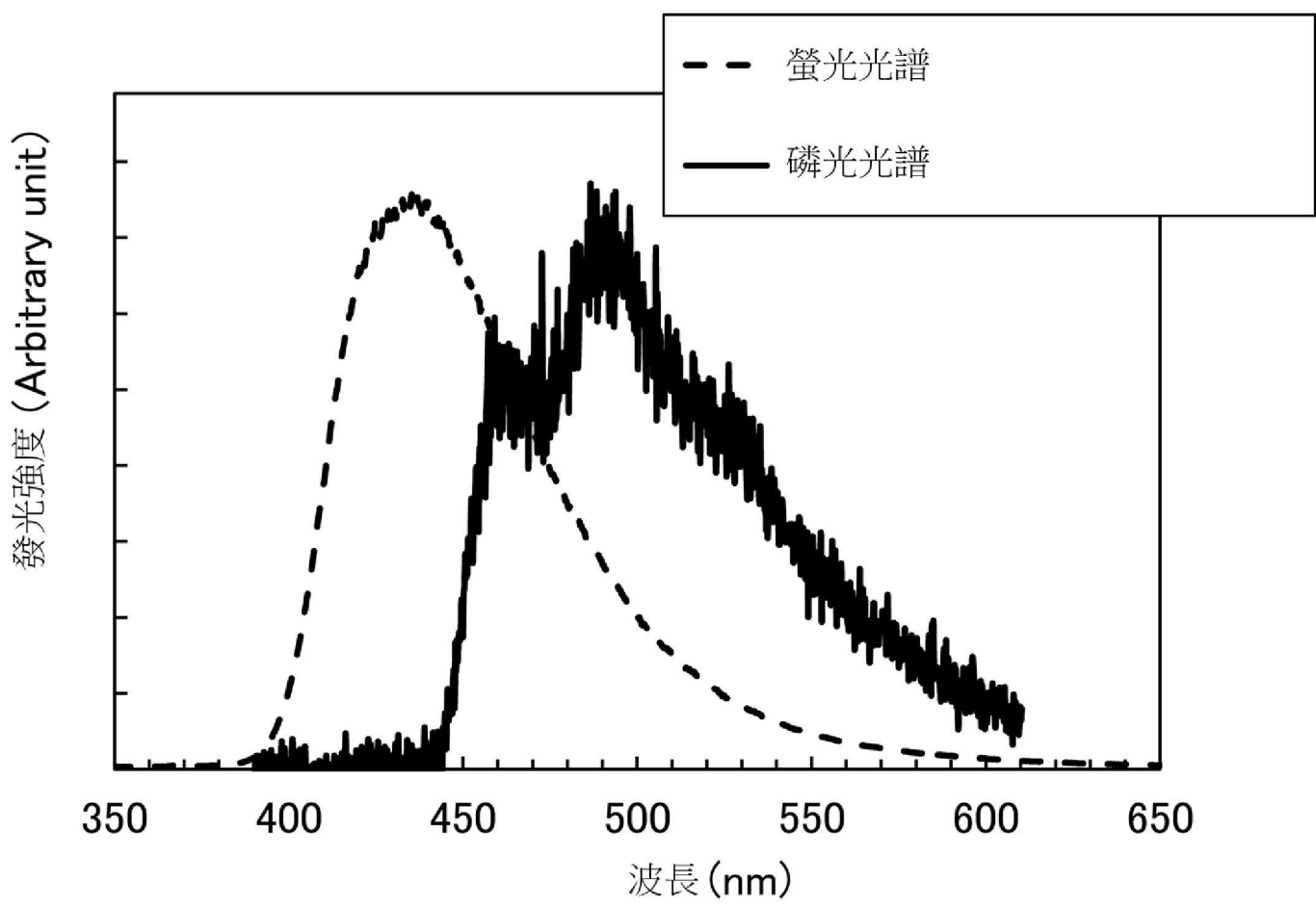
【圖17】



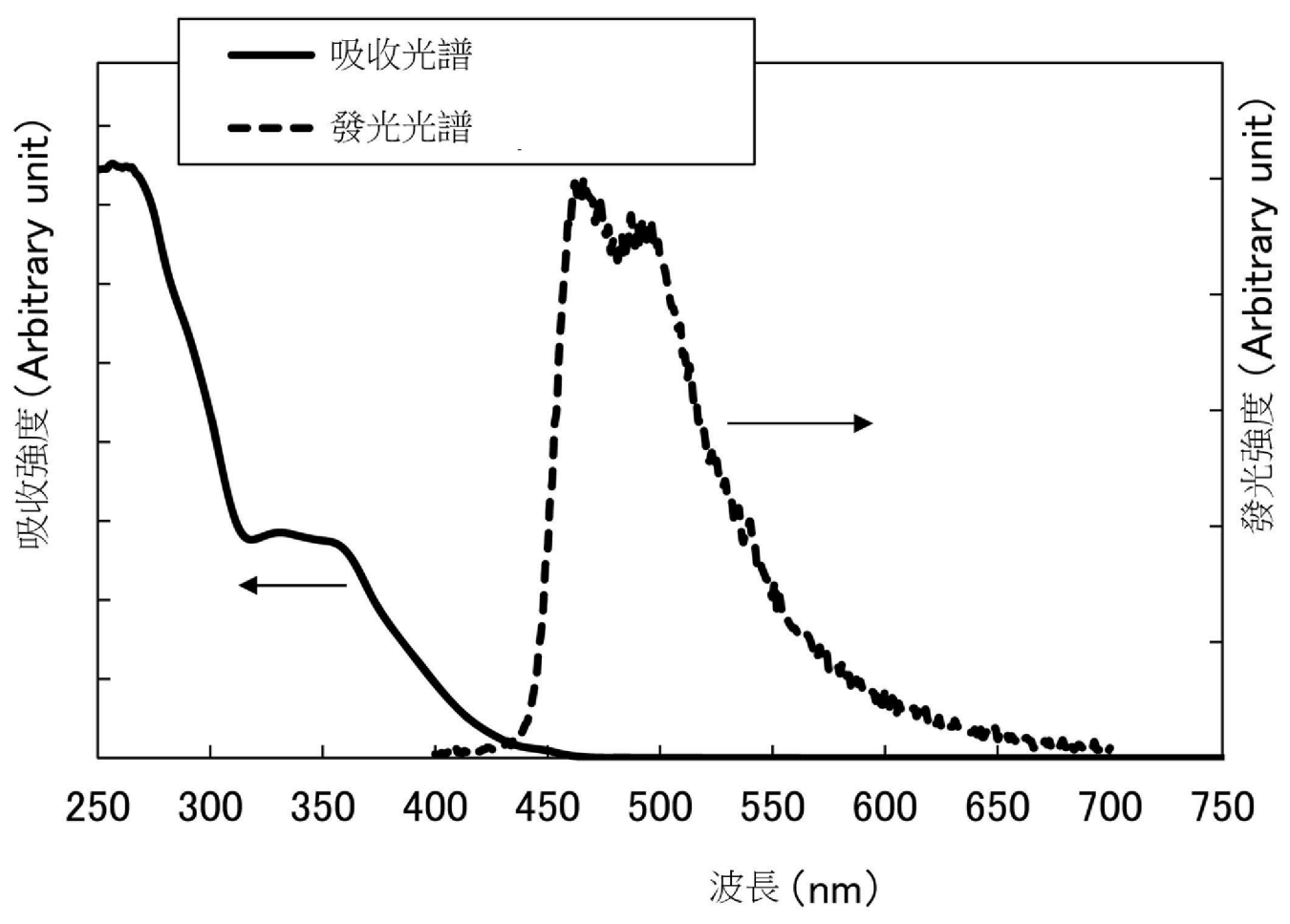
【圖18】



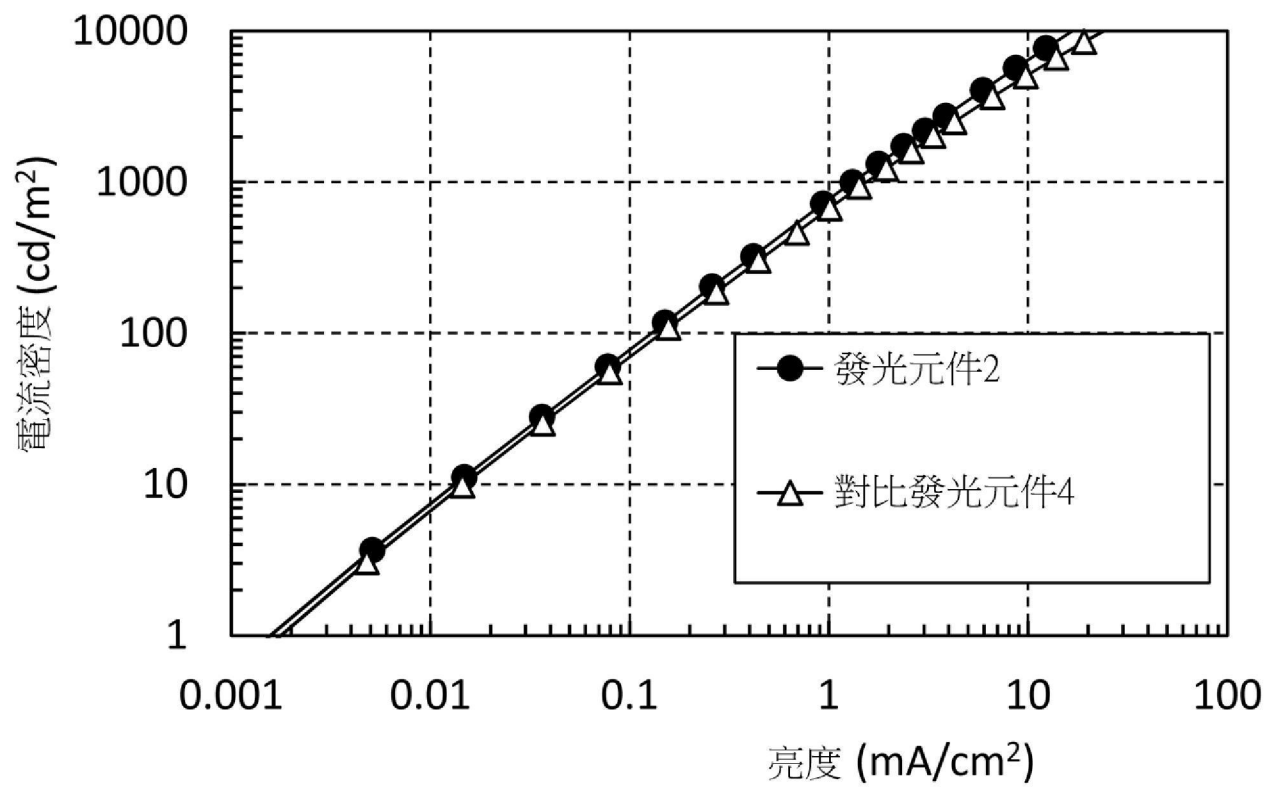
【圖19】



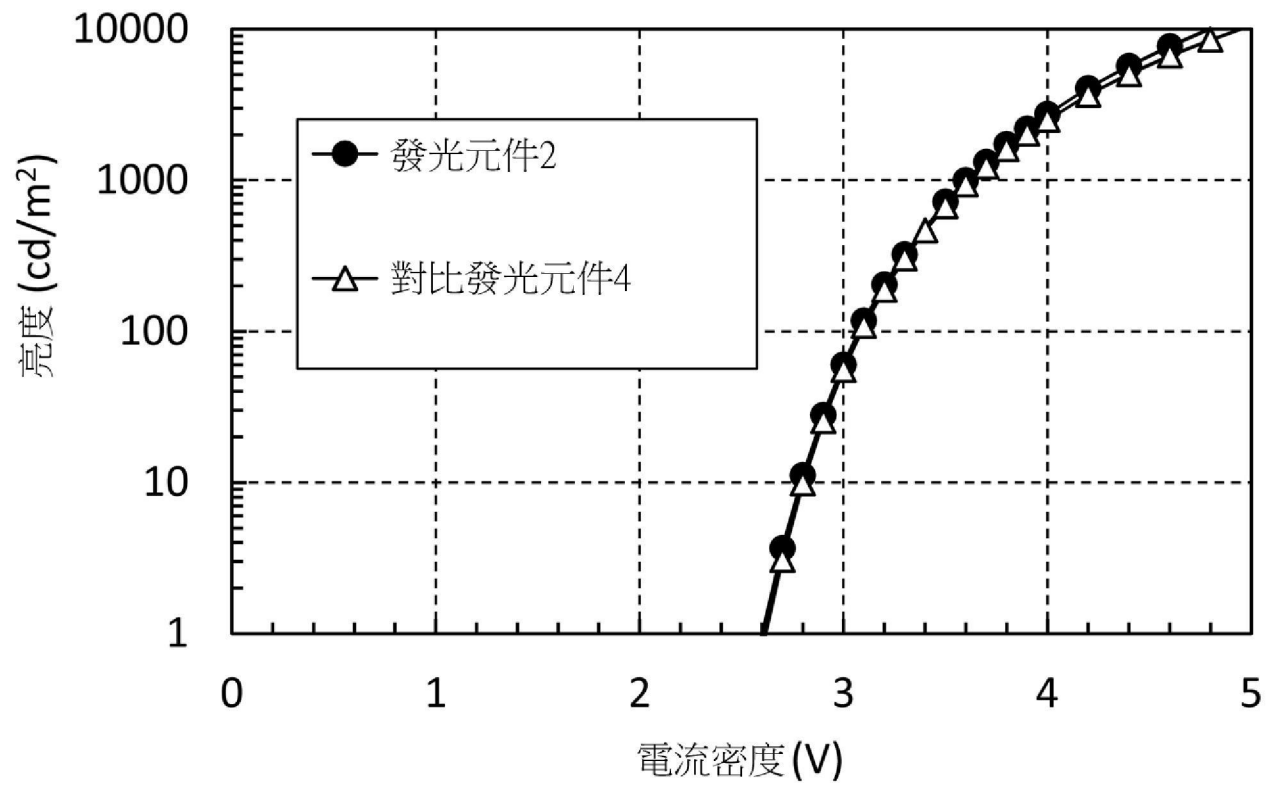
【圖20】



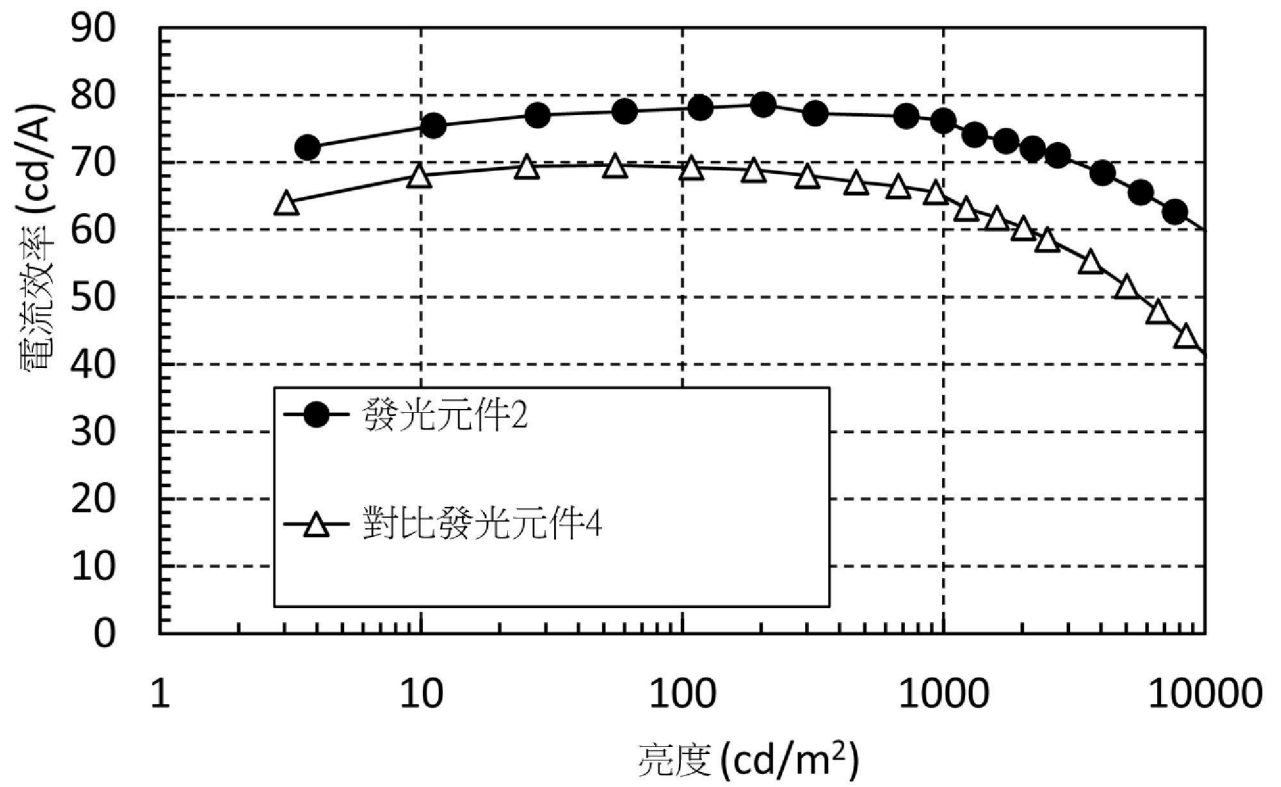
【圖21】



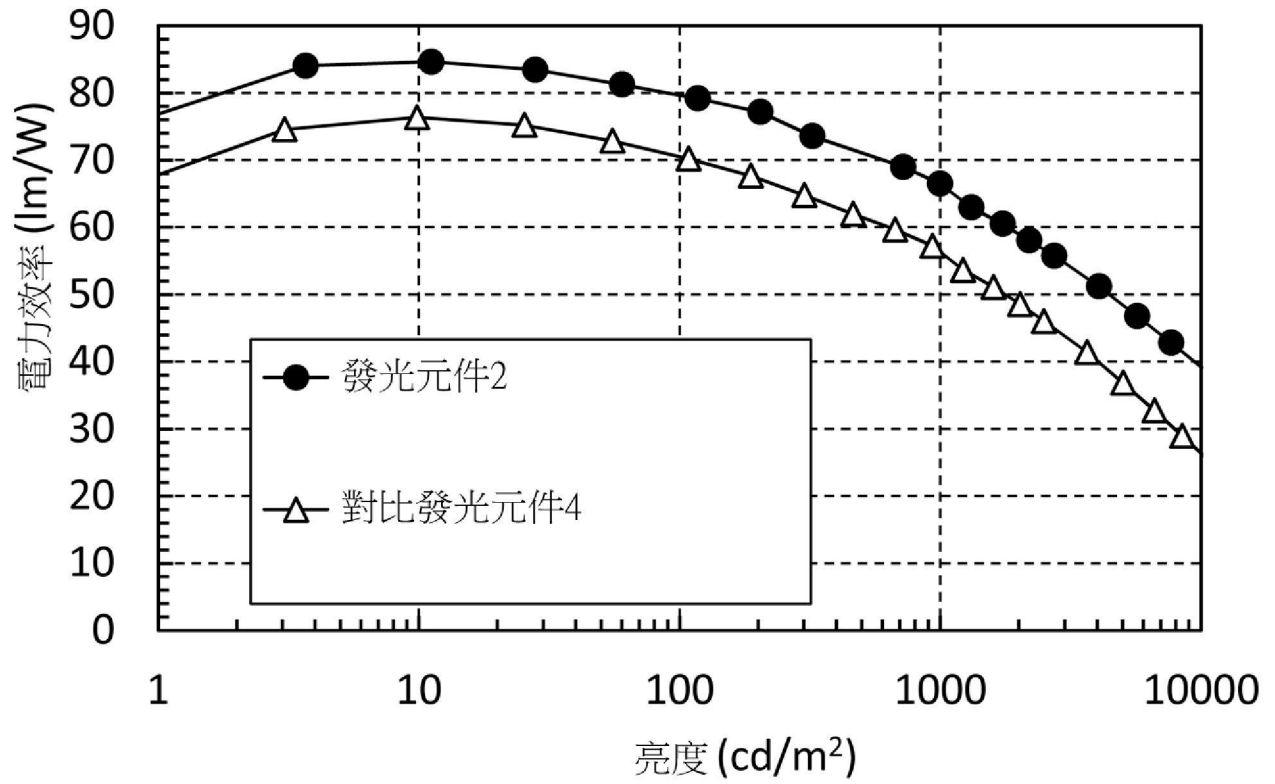
【圖22】



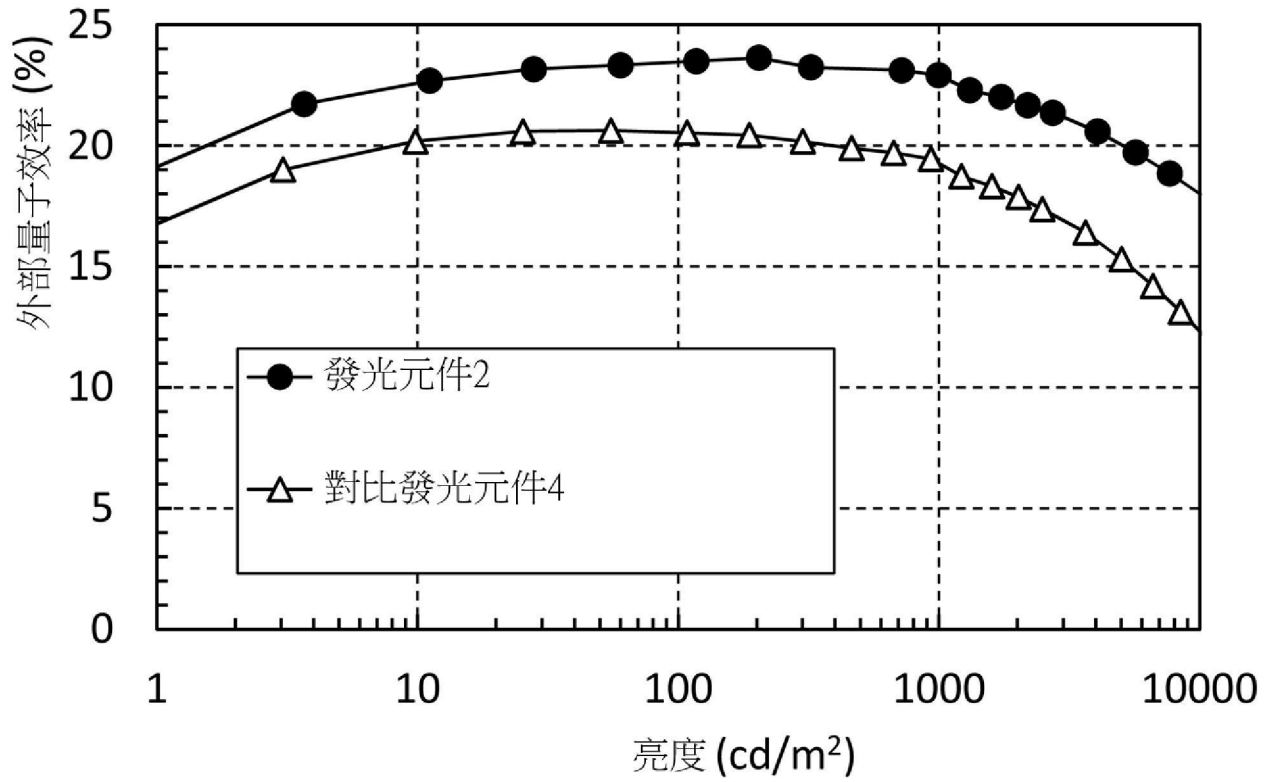
【圖23】



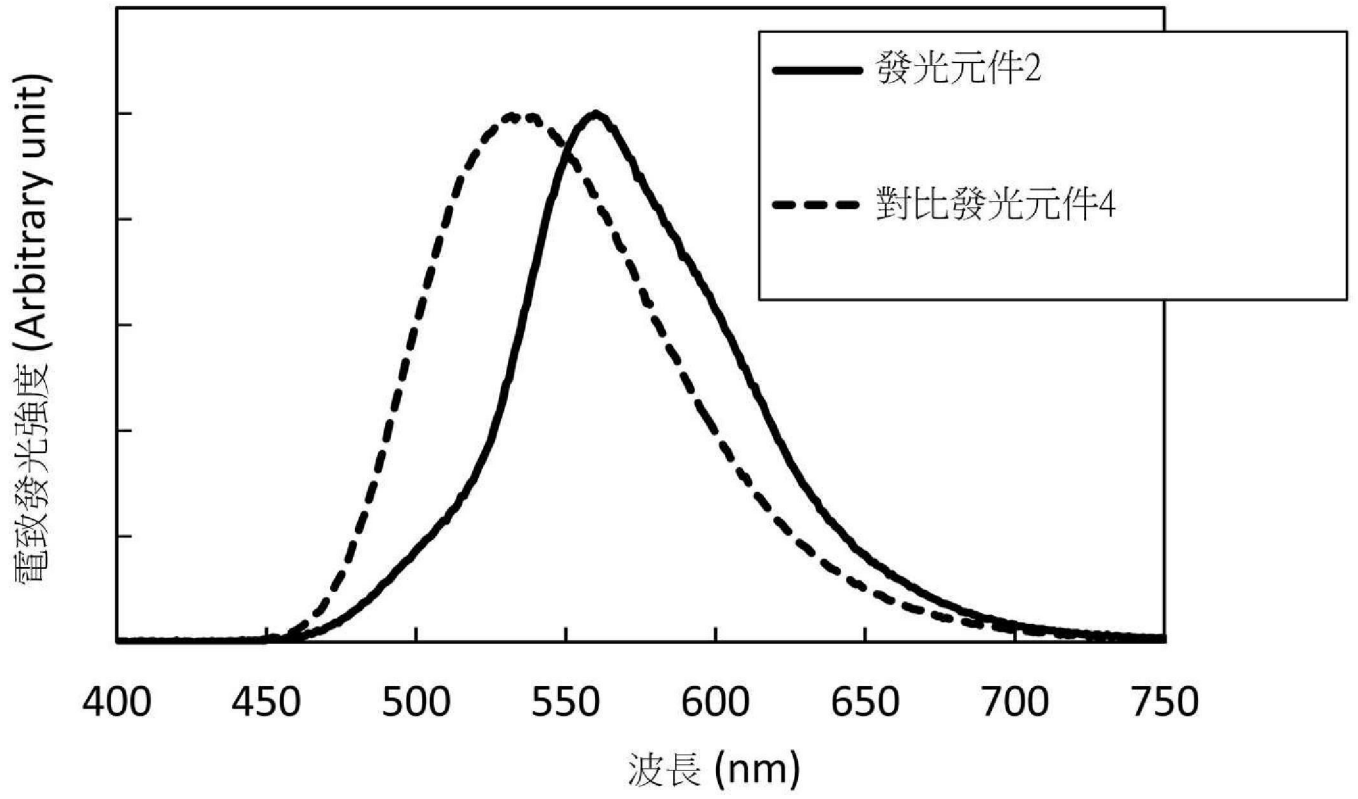
【圖24】



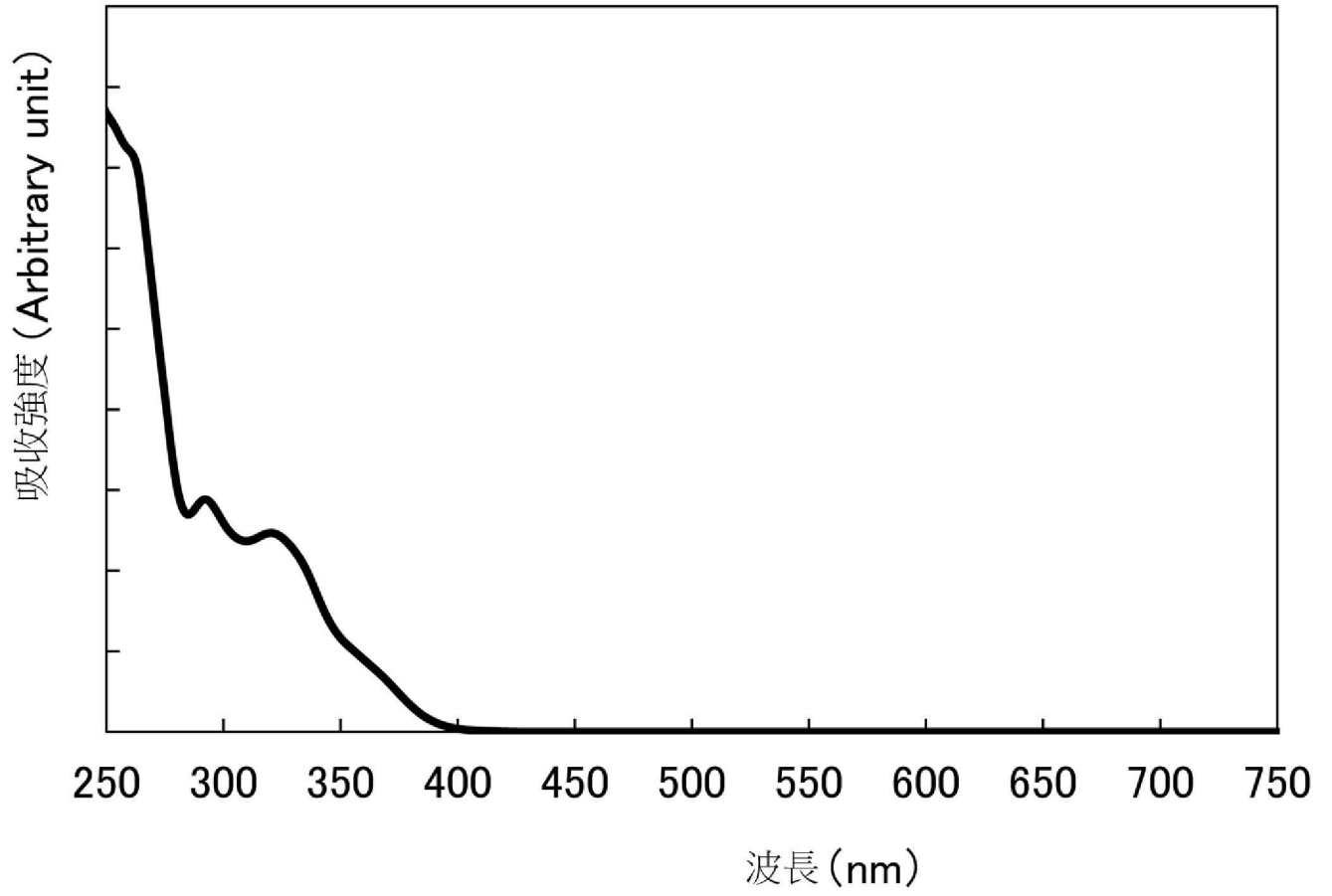
【圖25】



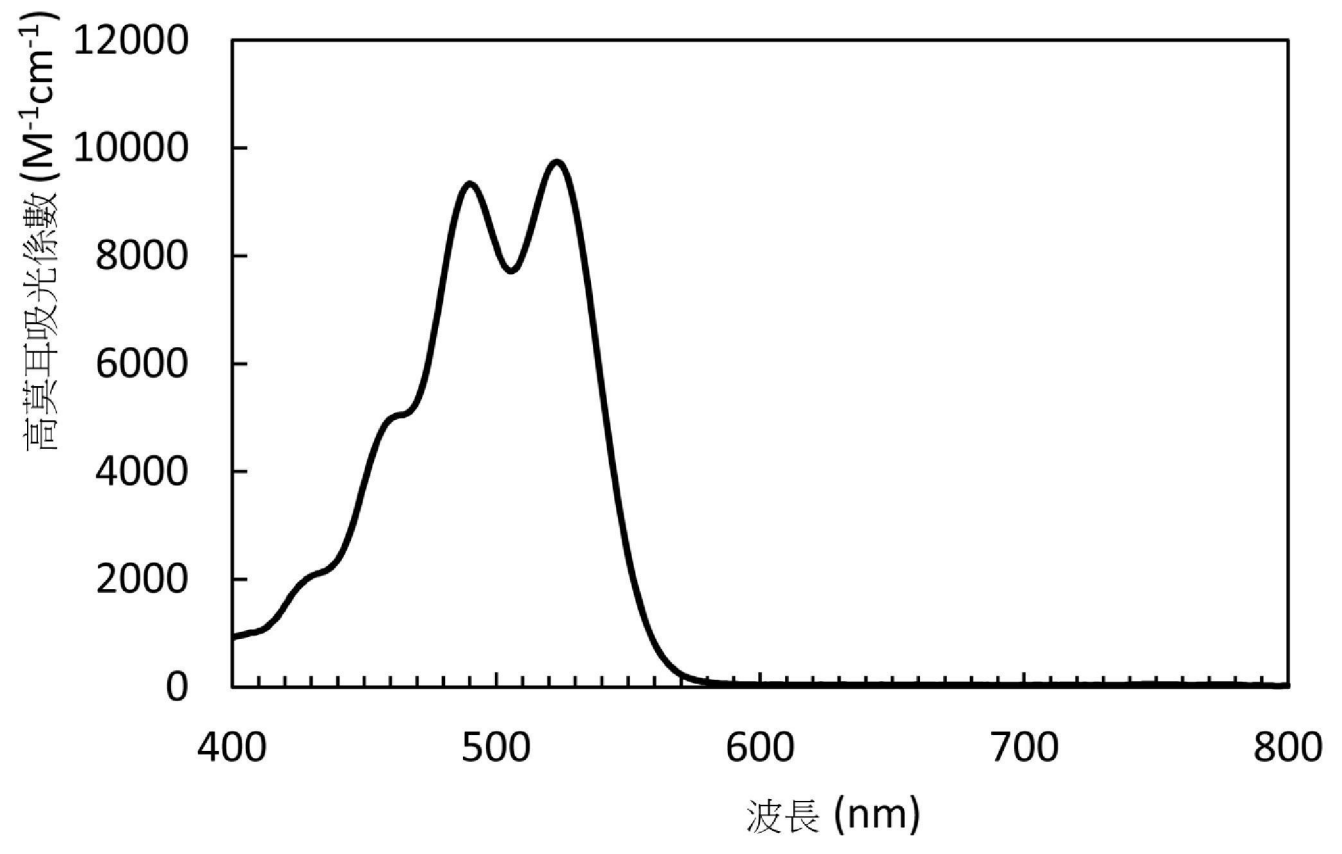
【圖26】



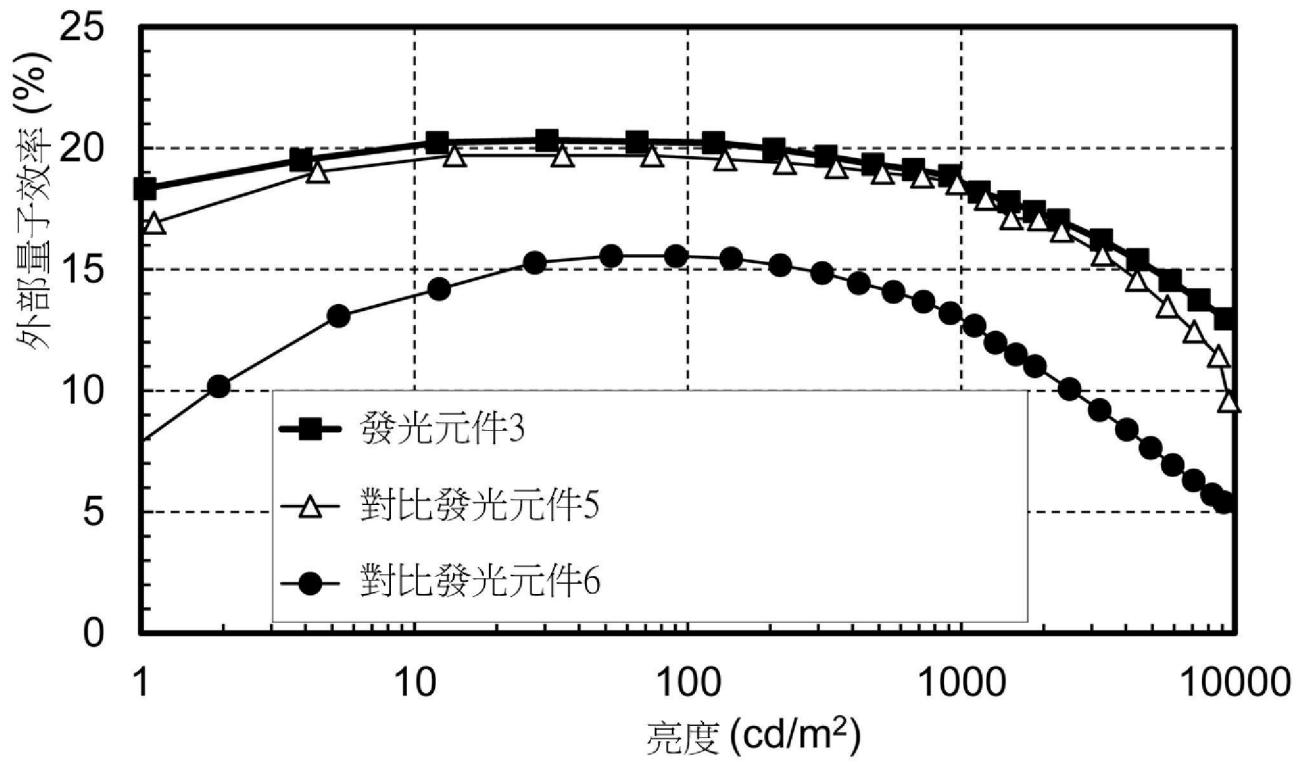
【圖27】



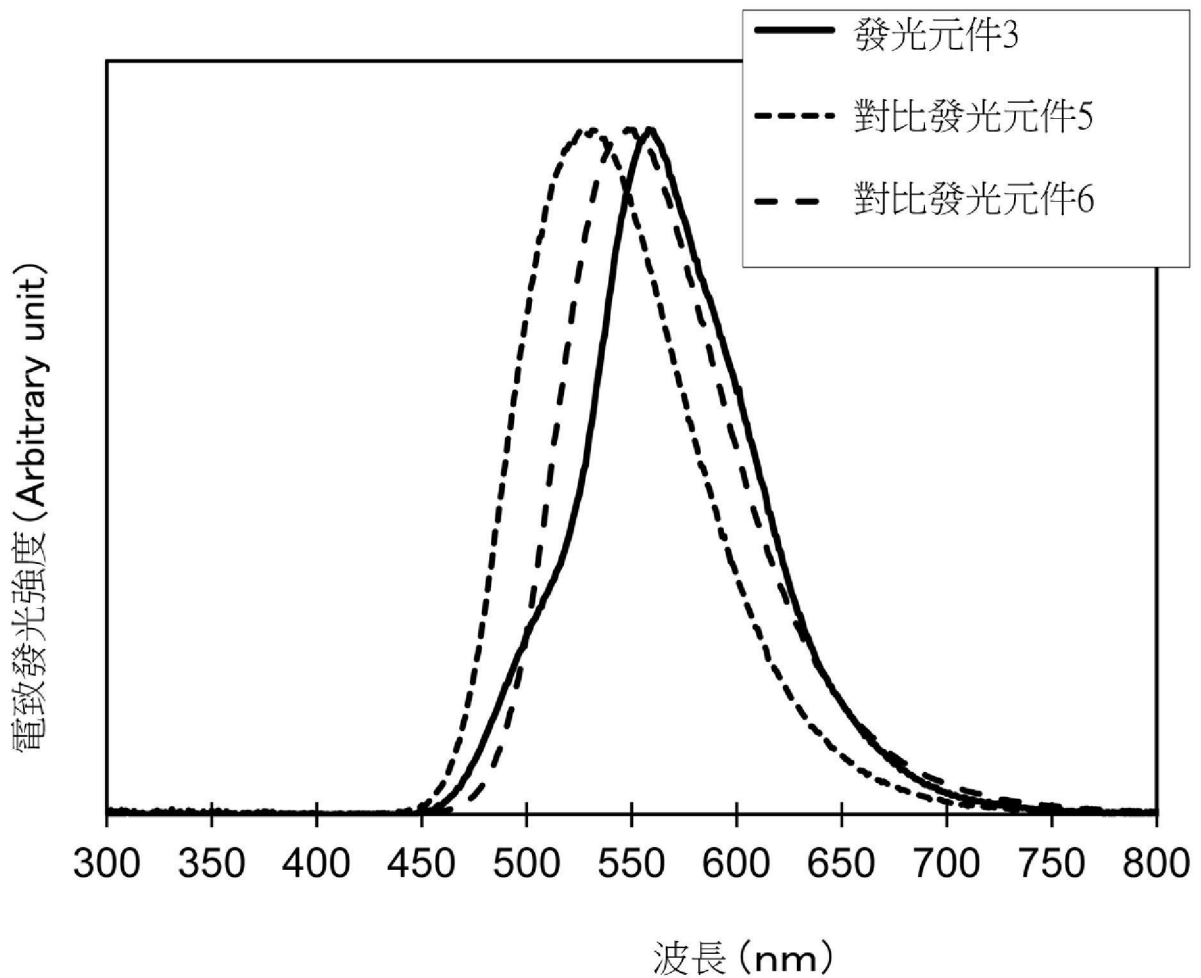
【圖28】



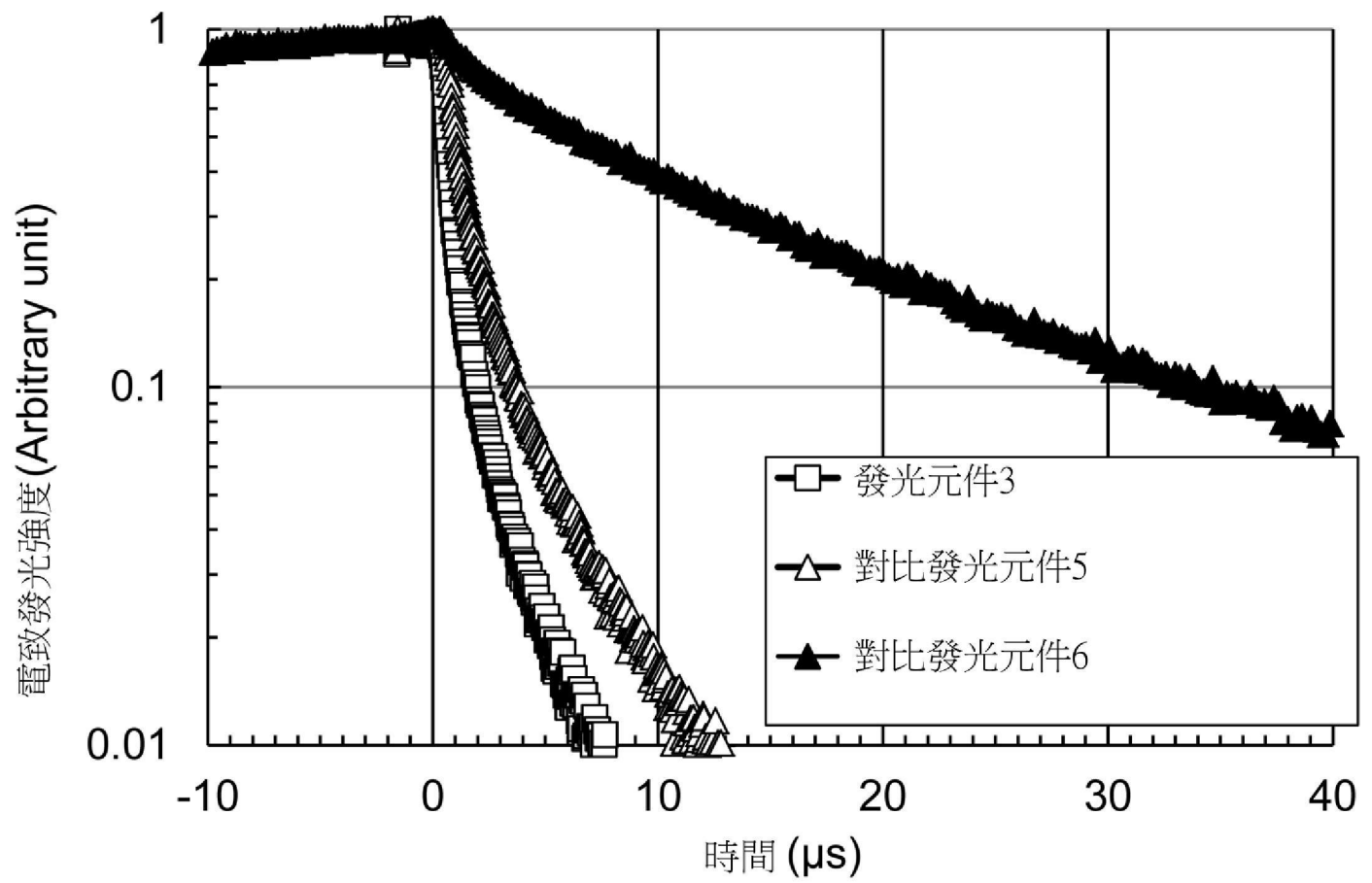
【圖29】



【圖30】



【圖31】



【圖32】