I772003

(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 I772003 B**

(45)公告日： 中華民國 111 (2022) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：110115198 (22)申請日： 中華民國 105 (2016) 年 06 月 17 日

(51)Int. Cl.： ***C07F15/00 (2006.01)*** ***H05B33/14 (2006.01)***

C09K11/06 (2006.01) ***H01L51/50 (2006.01)***

(30)優先權：2015/06/17 日本 2015-122398

2015/08/07 日本 2015-157207

2015/11/30 日本 2015-233283

2016/03/15 日本 2016-051311

(71)申請人：日商半導體能源研究所股份有限公司 (日本) SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP) ；渡部剛吉 WATABE, TAKEYOSHI (JP) ；井上英子 INOUE, HIDEKO (JP) ；山田唯 YAMADA, YUI (JP) ；光森智美 MITSUMORI, SATOMI (JP) ；高橋辰義 TAKAHASHI, TATSUYOSHI (JP) ；原朋香 HARA, TOMOKA (JP)

(74)代理人：林怡芳；童啓哲

(56)參考文獻：

CN 103288879A CN 103374043A

CN 103378300A

審查人員：吳志明

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：119 共 395 頁

(54)名稱

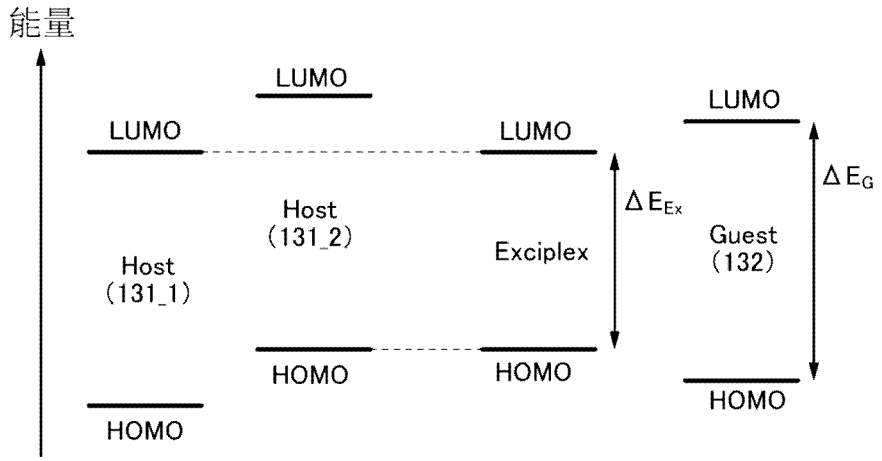
鉑錯合物、發光元件、顯示裝置、電子裝置以及照明設備

(57)摘要

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。本發明的一個實施方式是一種包括第一有機化合物、第二有機化合物及客體材料的發光元件。第一有機化合物的 LUMO 能階低於第二有機化合物的 LUMO 能階，第一有機化合物的 HOMO 能階低於第二有機化合物的 HOMO 能階。客體材料的 LUMO 能階高於第一有機化合物的 LUMO 能階，客體材料的 HOMO 能階低於第二有機化合物的 HOMO 能階。客體材料具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能。第一有機化合物和第二有機化合物形成激態錯合物。

Provided is a light-emitting element with high emission efficiency. The light-emitting element includes a first organic compound, a second organic compound, and a guest material. The LUMO level of the first organic compound is lower than that of the second organic compound, and the HOMO level of the first organic compound is lower than that of the second organic compound. The LUMO level of a guest material is higher than that of the first organic compound, and the HOMO level of the guest material is lower than that of the second organic compound. The guest material has a function of converting triplet excitation energy into light emission. The first organic compound and the second organic compound form an exciplex.

指定代表圖：


能量
LUMO
LUMO
LUMO
LUMO
Host
(131_2)
Exciplex
Host
(131_1)
ΔE_Ex
Guest
(132)
ΔE_G
HOMO
HOMO
HOMO
HOMO

【圖2A】

專利案號：110115198
原申請案號：105119160
公告本
I772003

【發明摘要】

【中文發明名稱】　鉑錯合物、發光元件、顯示裝置、電子裝置以及照明設備

【英文發明名稱】　IRIDIUM COMPLEX, LIGHT-EMITTING ELEMENT, DISPLAY DEVICE, ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

【中文】

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。本發明的一個實施方式是一種包括第一有機化合物、第二有機化合物及客體材料的發光元件。第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階。客體材料的LUMO能階高於第一有機化合物的LUMO能階，客體材料的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階。客體材料具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能。第一有機化合物和第二有機化合物形成激態錯合物。

【英文】

Provided is a light-emitting element with high emission efficiency. The light-emitting element includes a first organic compound, a second organic compound, and a guest material. The LUMO level of the first organic compound is lower than that of the second organic compound, and the HOMO level of the first organic compound is lower than that of the second organic compound. The LUMO level of a guest material is higher than that of the first organic compound, and the HOMO level of the guest material is lower than that of the second organic compound. The guest material has a function of converting triplet excitation energy into light emission. The first organic compound and the second organic compound form an exciplex.

【指定代表圖】　圖2A。

【代表圖之符號簡單說明】

（無）

【特徵化學式】

（無）

【發明說明書】

【中文發明名稱】　銥錯合物、發光元件、顯示裝置、電子裝置以及照明設備

【英文發明名稱】　IRIDIUM COMPLEX, LIGHT-EMITTING ELEMENT, DISPLAY DEVICE, ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING 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、電子裝置及照明設備。

【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、照明設備、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；以及耗電量低等。並且，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物質並在一對電極間設置有包含該發光物質的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（螢光化合物）的發光元件相比，使用發射磷光的化合物（磷光化合物）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態轉換為發光的磷光化合物的發光元件積極地進行了開發（例如，參照專利文獻1）。

【0007】有機化合物激發所需要的能量依賴於有機化合物的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差，該能量差大致相當於單重激發態的能量。在使用磷光化合物的發光元件中，三重激發能被轉換為發光的能量。由此，在有機化合物中形成的單重激發態與三重激發態之間能量差大時，為了使有機化合物激發時所需要的能量比發光的能量高，其間的差異相當於該能量差。在發光元件中，為了使有機化合物激發時所需要的能量與發光的能量之間的能量差增高驅

動電壓並給元件特性帶來影響。由此，正在研究降低驅動電壓的方法（參照專利文獻2）。

【0008】 此外，在使用磷光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，需要具有高發光效率且穩定的磷光化合物的開發。此外，需要呈現高發光效率且可靠性優良的磷光發光元件的開發。

【0009】 [專利文獻1] 日本專利申請公開第2010-182699號公報

[專利文獻2] 日本專利申請公開第2012-212879號公報

【0010】 作為呈現高發光效率的磷光化合物，已知有銥錯合物。此外，作為發光能量高的銥錯合物，已知有其配體具有含氮五元雜環骨架的銥錯合物。雖然該含氮五元雜環骨架具有高的三重激發能，但是與含氮六元雜環骨架相比接收電子的特性低。由此，其配體具有含氮五元雜環骨架的銥錯合物的LUMO能階較高，電子載子不容易被注入。因此，其配體具有含氮五元雜環骨架的銥錯合物難以因載子的直接再結合而進行激發，所以高效率的發光是很困難的。

【發明內容】

【0011】 由此，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種包含磷光化合物且發光效率高的發光元件。此外，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種功耗得到減少的發光元件。此外，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。此外，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種新穎的化合物。此外，本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種包含新穎的化合物的發光元件。此外，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。此外，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。此外，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。

【0012】 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。此外，可以從說明書等的記載得知並衍生上述目的以外的目的。

【0013】 本發明的一個實施方式是包含激態錯合物的發光元件，該激態錯合物能夠高效率地激發磷光化合物。另外，本發明的一個實施方式是包含新穎的磷光化合物的發光元件，該磷光化合物能夠呈現高發光能量的發光。

【0014】 由此，本發明的一個實施方式是一種發光元件，包括：第一有機化合物；第二有機化合物；以及客體材料，其中，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，客體材料的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差大於第一有機化合物的LUMO能階與第二有機化合物的HOMO能階之間的能量差，客體材料具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0015】 本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：第一有機化合物；第二有機化合物；以及客體材料，其中，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，客體材料的LUMO能階高於第一有機化合物的LUMO能階，客體材料的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，客體材料具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0016】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：第一有機化合物；第二有機化合物；以及客體材料，其中，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，客體材料的LUMO能階與第一有機化合物的LUMO能階相等，客體材料的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，客體材料具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0017】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：第一有機化合物；第二有機化合物；以及客體材料，其中，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，客體材料的LUMO能階高於第一有機化合物的LUMO能階，客體材料的HOMO能階與第二有機化合物的HOMO能階相等，客體材料具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0018】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：第一有機化合物；第二有機化合物；以及客體材料，其中，第一有機化合物的還原電位高於第二有機化合物的還原電位，第一有機化合物的氧化電位高於第二有機化合物的氧化電位，客體材料的還原電位低於第一有機化合物的還原電位，客體材料的氧化電位高於第二有機化合物的氧化電位，客體材料具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0019】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：第一有機化合物；第二有機化合物；以及客體材料，其中，第一有機化合物的還原電位高於第二有機化合物的還原電位，第一有機化合物的氧化電位高於第二有機化合物

的氧化電位，客體材料的還原電位與第一有機化合物的還原電位相等，客體材料的氧化電位高於第二有機化合物的氧化電位，客體材料具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0020】 本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：第一有機化合物；第二有機化合物；以及客體材料，其中，第一有機化合物的還原電位高於第二有機化合物的還原電位，第一有機化合物的氧化電位高於第二有機化合物的氧化電位，客體材料的還原電位低於第一有機化合物的還原電位，客體材料的氧化電位與第二有機化合物的氧化電位相等，客體材料具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0021】 另外，在上述各結構中，第一有機化合物的LUMO能階與第二有機化合物的HOMO能階之間的能量差較佳為從客體材料的吸收端算出的遷移能量以上。

【0022】 另外，在上述各結構中，第一有機化合物的LUMO能階與第二有機化合物的HOMO能階之間的能量差較佳為客體材料所呈現的發光的能量以上。

【0023】 另外，在上述各結構中，客體材料的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差較佳為比從客體材料的吸收端算出的遷移能量大0.4eV以上。

【0024】 另外，在上述各結構中，客體材料的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差較佳為比客體材料所呈現的發光的能量大0.4eV以上。

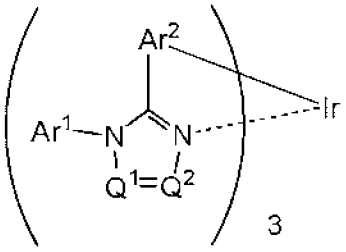
【0025】 另外，在上述各結構中，客體材料所呈現的發光的發射光譜較佳為在400nm以上且小於505nm的波長區域中具有至少一個峰值。

【0026】 另外，在上述各結構中，激態錯合物較佳為具有向客體材料供應激發能的功能。此外，激態錯合物所呈現的發射光譜較佳為具有與客體材料的最低能量一側的吸收帶重疊的區域。

【0027】 另外，在上述各結構中，客體材料較佳為包含銥。此外，客體材料較佳為包含配位於銥的配體，並且配體較佳為具有含氮五元雜環骨架。此外，配體較佳為具有三唑骨架或咪唑骨架。

【0028】 本發明的另一個實施方式是一種以通式（G1）表示的銥錯合物。

【0029】

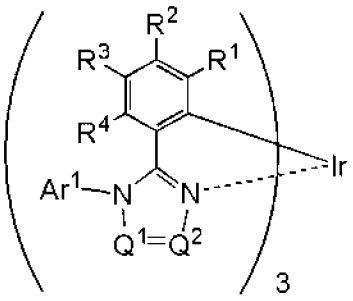


(G1)

【0030】 在通式（G1）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的第一芳基。Ar^2表示碳原子數為6至13的取代或未取代的第二芳基。Q^1及Q^2分別獨立地表示N或C-R，R表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一個。Q^1和Q^2中的至少一個具有C-R。第一芳基至第三芳基中的至少一個具有氰基。

【0031】 本發明的另一個實施方式是一種以通式（G2）表示的銥錯合物。

【0032】

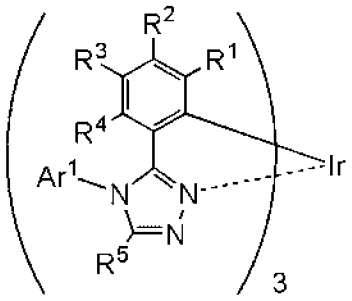


(G2)

【0033】 在通式（G2）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的第一芳基。R^1至R^4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、碳原子數為6至13的取代或未取代的第四芳基和氰基中的任一個。Q^1及Q^2分別獨立地表示N或C-R，R表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一個。Q^1和Q^2中的至少一個具有C-R。第一芳基、第三芳基、第四芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0034】 本發明的另一個實施方式是一種以通式（G3）表示的銥錯合物。

【0035】

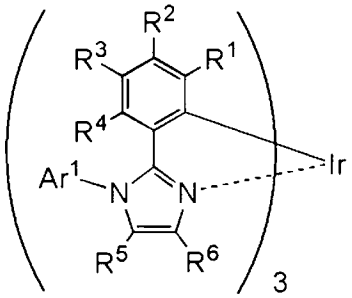


(G3)

【0036】 在通式（G3）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的第一芳基。R^1至R^4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、碳原子數為6至13的取代或未取代的第四芳基和氰基中的任一個。R^5表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一個。第一芳基、第三芳基、第四芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0037】 本發明的另一個實施方式是一種以通式（G4）表示的銥錯合物。

【0038】



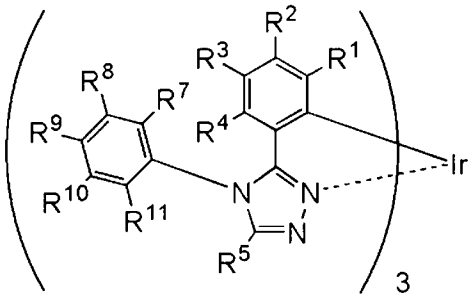
(G4)

【0039】 在通式（G4）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的第一芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的第四芳基中的任一個。R^5及R^6分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一個。第一芳基、第三芳基、第四芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0040】 另外，在上述各結構中，Ar1較佳為取代或未取代的苯基，並且，苯基較佳為具有氰基。

【0041】 另外，本發明的其他一個實施方式是一種以通式（G5）表示的銥錯合物。

【0042】



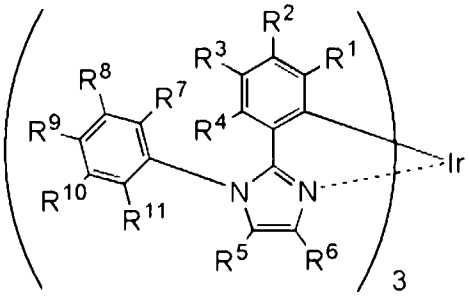
(G5)

【0043】 在通式（G5）中，R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^5表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^7及R^{11}表示碳原子數為1

至6的烷基，R^7及R^{11}具有彼此相同的結構。R^8至R^{10}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、取代或未取代的苯基和氰基中的任一個。R^8至R^{10}中的至少一個具有氰基。

【0044】 本發明的另一個實施方式是一種以通式（G6）表示的銥錯合物。

【0045】

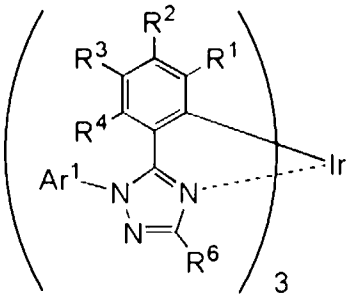


(G6)

【0046】 在通式（G6）中，R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^5及R^6分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^7及R^{11}表示碳原子數為1至6的烷基，R^7及R^{11}具有彼此相同的結構，R^8至R^{10}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、取代或未取代的苯基和氰基中的任一個。R^8至R^{10}中的至少一個具有氰基。

【0047】 本發明的另一個實施方式是一種以通式（G7）表示的銥錯合物。

【0048】



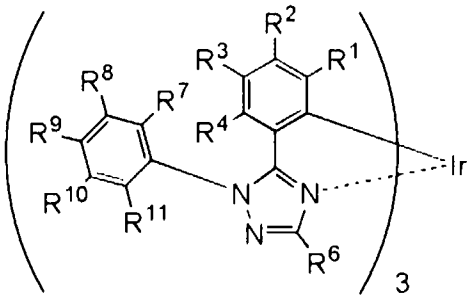
(G7)

【0049】 在通式（G7）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的第一芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的第四芳基中的任一個。R^6表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的第三芳基中的任一個。第一芳基、第三芳基、第四芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0050】 另外，在上述結構中，Ar^1較佳為取代或未取代的苯基，並且，苯基較佳為具有氰基。

【0051】 本發明的另一個實施方式是一種以通式（G8）表示的銥錯合物。

【0052】



(G8)

【0053】 在通式（G8）中，R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^6表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^7及R^{11}表示碳原子數為1至6的烷基，R^7及R^{11}具有彼此相同的結構。R^8至R^{10}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、取代或未取代的苯基和氰基中的任一個。R^8至R^{10}中的至少一個具有氰基。

【0054】本發明的另一個實施方式是一種包括上述銥錯合物中的任一個的發光元件。

【0055】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：上述銥錯合物中的任一個；第一有機化合物；以及第二有機化合物，其中，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，銥錯合物的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差大於第一有機化合物的LUMO能階與第二有機化合物的HOMO能階之間的能量差，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0056】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：上述銥錯合物中的任一個；第一有機化合物；以及第二有機化合物，其中，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，銥錯合物的LUMO能階高於第一有機化合物的LUMO能階，銥錯合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0057】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：上述銥錯合物中的任一個；第一有機化合物；以及第二有機化合物，其中，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，銥錯合物的LUMO能階與第一有機化合物的LUMO能階相等，銥錯合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0058】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：上述銥錯合物中的任一個；第一有機化合物；以及第二有機化合物，其中，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能

階低於第二有機化合物的HOMO能階，銥錯合物的LUMO能階高於第一有機化合物的LUMO能階，銥錯合物的HOMO能階與第二有機化合物的HOMO能階相等，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0059】 本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：上述銥錯合物中的任一個；第一有機化合物；以及第二有機化合物，其中，第一有機化合物的還原電位高於第二有機化合物的還原電位，第一有機化合物的氧化電位高於第二有機化合物的氧化電位，銥錯合物的還原電位低於第一有機化合物的還原電位，銥錯合物的氧化電位高於第二有機化合物的氧化電位，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0060】 本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：上述銥錯合物中的任一個；第一有機化合物；以及第二有機化合物，其中，第一有機化合物的還原電位高於第二有機化合物的還原電位，第一有機化合物的氧化電位高於第二有機化合物的氧化電位，銥錯合物的還原電位與第一有機化合物的還原電位相等，銥錯合物的氧化電位高於第二有機化合物的氧化電位，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0061】 本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括：上述銥錯合物中的任一個；第一有機化合物；以及第二有機化合物，其中，第一有機化合物的還原電位高於第二有機化合物的還原電位，第一有機化合物的氧化電位高於第二有機化合物的氧化電位，銥錯合物的還原電位低於第一有機化合物的還原電位，銥錯合物的氧化電位與第二有機化合物的氧化電位相等，並且，第一有機化合物和第二有機化合物為形成激態錯合物的組合。

【0062】 另外，在上述各結構中，激態錯合物較佳為具有向銥錯合物供應激發能的功能。此外，激態錯合物所呈現的發射光譜較佳為具有與銥錯合物的最低能量一側的吸收帶重疊的區域。

【0063】另外，在上述結構中，第一有機化合物的LUMO能階與第二有機化合物的HOMO能階之間的能量差較佳為從銥錯合物的吸收端算出的遷移能量以上。

【0064】另外，在上述結構中，第一有機化合物的LUMO能階與第二有機化合物的HOMO能階之間的能量差較佳為銥錯合物所呈現的發光的能量以上。

【0065】另外，在上述各結構中，第一有機化合物較佳為具有能夠傳輸電子的功能，並且第二有機化合物較佳為具有能夠傳輸電洞的功能。此外，第一有機化合物較佳為具有缺　電子型芳雜環骨架，並且第二有機化合物較佳為具有富　電子型芳雜環骨架和芳香族胺骨架中的至少一個。

【0066】本發明的另一個實施方式是一種顯示裝置，包括：上述各結構中的任一個的發光元件；以及濾色片和電晶體中的至少一個。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中的至少一個。本發明的另一個實施方式是一種照明設備，包括：上述各結構中的任一個的發光元件；以及外殼和觸控感測器中的至少一個。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（包括照明設備）。另外，發光裝置有時還被包括在如下模組內：在發光裝置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（集成電路）藉由COG（Chip On Glass：玻璃上晶片）方式直接安裝在發光元件上的顯示模組。

【0067】根據本發明的一個實施方式，可以提供一種包含磷光化合物且發光效率高的發光元件。此外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種功耗得到減少的發光元件。此外，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。此外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種新穎的化合物。此外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種包含新穎的化合物的發光元件。此外，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。此外，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。此外，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。

【0068】 注意，這些效果的記載不妨礙其他效果的存在。本發明的一個實施方式並不一定需要實現所有上述效果。另外，說明書、圖式以及申請專利範圍等的記載中顯然存在上述效果以外的效果，可以從說明書、圖式以及申請專利範圍等的記載中衍生上述效果以外的效果。

【圖式簡單說明】

【0069】

在圖式中：

圖1A和圖1B是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖2A和圖2B是說明本發明的一個實施方式的發光元件的發光層中的能帶的相關關係及能階的相關關係的圖；

圖3A和圖3B是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

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5A和圖5B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至圖7C是說明本發明的一個實施方式的發光元件的製造方法的剖面示意圖；

圖8A至圖8C是說明本發明的一個實施方式的發光元件的製造方法的剖面示意圖；

圖9A和圖9B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的俯視圖及剖面示意圖；

圖10A和圖10B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11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12A和圖12B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13A和圖13B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14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15A和圖15B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16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17A和圖17B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18A和圖18B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的方塊圖及電路圖；

圖19A和圖19B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的像素電路的電路圖；

圖20A和圖20B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的像素電路的電路圖；

圖21A和圖21B是示出本發明的一個實施方式的觸控面板的一個例子的透視圖；

圖22A至圖22C是示出本發明的一個實施方式的顯示裝置及觸控感測器的一個例子的剖面圖；

圖23A和圖23B是示出本發明的一個實施方式的觸控面板的一個例子的剖面圖；

圖24A和圖24B是根據本發明的一個實施方式的觸控感測器的方塊圖及時序圖；

圖25是根據本發明的一個實施方式的觸控感測器的電路圖；

圖26是說明本發明的一個實施方式的顯示模組的透視圖；

圖27A至圖27G是說明本發明的一個實施方式的電子裝置的圖；

圖28A至圖28D是說明本發明的一個實施方式的電子裝置的圖；

圖29A和圖29B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的透視圖；

圖30A至圖30C是說明本發明的一個實施方式的發光裝置的透視圖及剖面圖；

圖31A至圖31D是說明本發明的一個實施方式的發光裝置的剖面圖；

圖32A和圖32B是說明本發明的一個實施方式的電子裝置的圖，圖32C是說明本發明的一個實施方式的照明設備的圖；

圖33是說明本發明的一個實施方式的照明設備的圖；

圖34是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖35是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖36是說明本發明的一個實施方式的化合物的液相層析的圖；

圖37是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖38是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖39是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖40是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖41是說明本發明的一個實施方式的化合物的液相層析的圖；

圖42是說明實施例中的發光元件的剖面示意圖；

圖43A和圖43B是說明實施例中的主體材料的發射光譜的圖；

圖44是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖45是說明實施例中的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖46是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖47是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖48A和圖48B是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖49是說明實施例中的化合物的吸收光譜的圖；

圖50是說明實施例中的發光元件的可靠性測試結果的圖；

圖51是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖52是說明實施例中的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖53是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖54是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖55是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖56是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖57是說明實施例中的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖58是說明實施例中的發光元件的電流密度-電壓特性的圖；

圖59是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖60是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖61是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖62是說明實施例中的發光元件的可靠性測試結果的圖；

圖63是說明本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜的圖；

圖64是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖65是說明本發明的一個實施方式的化合物的液相層析的圖；

圖66是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖67是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖68是說明本發明的一個實施方式的化合物的液相層析的圖；

圖69是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖70是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖71是說明本發明的一個實施方式的化合物的液相層析的圖；

圖72是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖73是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖74是說明本發明的一個實施方式的化合物的液相層析的圖；

圖75是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖76是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖77是說明本發明的一個實施方式的化合物的液相層析的圖；

圖78是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖79是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖80是說明本發明的一個實施方式的化合物的液相層析的圖；

圖81是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖82是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖83是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖84是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖85是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖86是說明實施例中的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖87是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖88是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖89是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖90是說明實施例中的主體材料的發射光譜的圖；

圖91是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖92是說明實施例中的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖93是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖94是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖95是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖96是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖97是說明實施例中的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖98是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖99是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖100是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖101是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖102是說明實施例中的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖103是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖104是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖105是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖106是說明實施例中的主體材料的發射光譜的圖；

圖107是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖108是說明實施例中的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖109是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖110是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖111是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖112是說明實施例中的化合物的吸收光譜的圖；

圖113是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖114是說明實施例中的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖115是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖116是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖117是說明實施例中的發光元件的發光狀態的圖；

圖118是本發明的一個實施方式的化合物的NMR譜；

圖119是說明本發明的一個實施方式的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖。

本發明的選擇圖為圖2A。

【實施方式】

【0070】 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所記載的內容中。

【0071】 另外，為了便於理解，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。

【0072】 此外，在本說明書等中，為了方便起見，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。此外，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。

【0073】 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。

【0074】 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”。此外，有時可以將“絕緣膜”換稱為“絕緣層”。

【0075】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，單重激發能階的最低能階（S1能階）是指最低單重激發態的激發能階。另外，三重激發態（T^*）是指具有激發能的三重態。另外，三重激發能階的最低能階（T1能階）是指最低三重激發態的激發能階。此外，在本說明書等中，即使表示為“單重激發態”及“單重激發態能階”也有時分別表示最低的單重激發態及S1能階。另外，即使表示為“三重激發態”及“三重激發態能階”也有時分別表示最低的三重激發態及T1能階。

【0076】另外，在本說明書等中，螢光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。磷光化合物是指在從三重激發態返回到基態時在室溫下在可見光區域發光的化合物。換言之，磷光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。

【0077】此外，磷光發光能量或三重激發態能可以從磷光發光的最短波長一側的發光峰值（包括肩峰）的波長導出。另外，藉由在低溫（例如10K）環境下的時間分辨光致發光譜可以觀察到上述磷光發光。另外，熱活化延遲螢光的發光能量可以從熱活化延遲螢光的最短波長一側的發光峰值（包括肩峰）的波長導出。

【0078】另外，在本說明書等中，室溫是指0°C以上且40°C以下中的任意溫度。

【0079】另外，在本說明書等中，藍色的波長區域是指400nm以上且小於505nm的波長區域，藍色的發光是在該波長區域具有至少一個發射光譜峰的發光。另外，綠色的波長區域是指505nm以上且小於580nm的波長區域，綠色的發光是在該波長區域具有至少一個發射光譜峰的發光。另外，紅色的波長區域是

指580nm以上且680nm以下的波長區域，紅色的發光是在該波長區域具有至少一個發射光譜峰的發光。

【0080】 實施方式1

在本實施方式中，參照圖1A至圖2B說明本發明的一個實施方式的發光元件。

【0081】（發光元件的結構例子）

首先，下面將參照圖1A和圖1B說明本發明的一個實施方式的發光元件的結構。

【0082】 圖1A是本發明的一個實施方式的發光元件150的剖面示意圖。

【0083】 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。

【0084】 另外，圖1A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。

【0085】 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。

【0086】 注意，EL層100的結構不侷限於圖1A所示的結構，只要包括選自電洞注入層111、電洞傳輸層112、電子傳輸層118及電子注入層119中的至少一個即可。或者，EL層100也可以包括具有如下功能的功能層：能夠減少電洞或電子的注入能障；能夠提高電洞或電子的傳輸性；能夠阻礙電洞或電子的傳輸性；

或者能夠抑制電極所引起的淬滅現象等。功能層既可以是單層又可以是層疊有多個層的結構。

【0087】 圖1B是示出圖1A所示的發光層130的一個例子的剖面示意圖。圖1B所示的發光層130包括主體材料131及客體材料132。另外，主體材料131包含有機化合物131_1和有機化合物131_2。

【0088】 作為客體材料132，使用發光有機化合物即可，作為該發光有機化合物，較佳為使用能夠發射磷光的物質（下面，也稱為磷光化合物）。在下面的說明中，說明作為客體材料132使用磷光化合物的結構。注意，也可以將客體材料132換稱為磷光化合物。

【0089】 （發光元件的發光機制）

接著，下面將對發光層130的發光機制進行說明。

【0090】 發光層130中的主體材料131所包括的有機化合物131_1及有機化合物131_2形成激態錯合物（Exciplex）。

【0091】 作為有機化合物131_1與有機化合物131_2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。

【0092】 此外，作為有機化合物131_1與有機化合物131_2的組合，有機化合物131_1和有機化合物131_2中的一個的最高佔據分子軌域（Highest Occupied Molecular Orbital，也稱為HOMO）能階較佳為低於另一個，並且該一個的最低空分子軌域（Lowest Unoccupied Molecular Orbital，也稱為LUMO）能階較佳為低於該另一個。

【0093】 例如，如圖2A的能帶圖所示，當有機化合物131_1具有電子傳輸性且有機化合物131_2具有電洞傳輸性時，有機化合物131_1的HOMO能階較佳

為低於有機化合物131_2的HOMO能階，並且有機化合物131_1的LUMO能階較佳為低於有機化合物131_2的LUMO能階。

【0094】 此時，由有機化合物131_1和有機化合物131_2形成的激態錯合物成為具有大致相當於有機化合物131_1的LUMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之間的能量差的激發能的激態錯合物。另外，有機化合物131_1的HOMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之差以及有機化合物131_1的LUMO能階與有機化合物131_2的LUMO能階之差較佳為0.1eV以上，更佳為0.2eV以上。由於該能量差，從一對電極（電極101及電極102）注入的電子載子及電洞載子分別容易注入到有機化合物131_1及有機化合物131_2，所以是較佳的。注意，在圖2A中，Host（131_1）表示有機化合物131_1，Host（131_2）表示有機化合物131_2，Guest（132）表示客體材料132，ΔE_{Ex}表示有機化合物131_1的LUMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之間的能量差，ΔE_G表示客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差。

【0095】 此外，客體材料132的HOMO能階較佳為低於有機化合物131_2的HOMO能階，並且客體材料132的LUMO能階較佳為高於有機化合物131_1的LUMO能階。也就是說，客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）大於有機化合物131_1的LUMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之間的能量差（ΔE_{Ex}）。由此，可以抑制由客體材料132與有機化合物131_1或有機化合物131_2形成激態錯合物的反應。

【0096】 例如，當客體材料132的HOMO能階為有機化合物131_2的HOMO能階以上，在發光層130所包含的材料中HOMO能階最高的材料為客體材料132，並且在發光層130所包含的材料中LUMO能階最低的材料為有機化合物131_1時，有可能由客體材料132和有機化合物131_1形成激態錯合物。尤其是，客體材料132的HOMO能階與有機化合物131_1的LUMO能階之間的能量差比客

體材料的發光能量越小，越容易生成由客體材料132和有機化合物131_1形成的激態錯合物。在此情況下，因為客體材料132不容易單獨生成激發態，所以發光元件的發光效率會下降。

【0097】 例如，當客體材料132的LUMO能階為有機化合物131_2的LUMO能階以下，在發光層130所包含的材料中LUMO能階最低的材料為客體材料132，並且在發光層130所包含的材料中HOMO能階最高的材料為有機化合物131_2時，有可能由客體材料132和有機化合物131_2形成激態錯合物。尤其是，客體材料132的LUMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之間的能量差比客體材料的發光能量越小，越容易生成由客體材料132和有機化合物131_2形成的激態錯合物。在此情況下，因為客體材料132不容易單獨生成激發態，所以發光元件的發光效率會下降。

【0098】 然而，在本發明的一個實施方式的發光元件中，因為可以抑制由客體材料132與有機化合物131_1或有機化合物131_2形成激態錯合物的反應，所以可以製造呈現高發光效率的發光元件。

【0099】 另外，由於客體材料132的HOMO能階低於有機化合物131_2的HOMO能階，客體材料132的LUMO能階高於有機化合物131_1的LUMO能階，所以在從一對電極（電極101及電極102）注入的載子（電洞及電子）中從陽極注入的電洞在發光層130中容易注入到有機化合物131_2，從陰極注入的電子容易注入到有機化合物131_1。

【0100】 從上述觀點來看，在本發明的一個實施方式中，客體材料132的HOMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階或者客體材料132的LUMO能階與有機化合物131_1的LUMO能階也可以相等。但是，根據如下所述的理由，客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）較佳為大於有機化合物131_1的LUMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之間的能量差（ΔE_{Ex}）。

【0101】 由於有機化合物131_1的LUMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之間的能量差（ΔE_{Ex}）小於有機化合物131_1的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差以及有機化合物131_2的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差，所以與有機化合物131_1及有機化合物131_2單獨形成激發態時的能量相比，形成激態錯合物時在能量上更穩定。另外，因為客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）大於有機化合物131_1的LUMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之間的能量差（ΔE_{Ex}），所以作為因注入到發光層130的載子（電洞及電子）的再結合而形成的激發態，由有機化合物131_1和有機化合物131_2形成的激態錯合物在能量上更穩定。因此，由發光層130生成的激發態的大部分以由有機化合物131_1和有機化合物131_2形成的激態錯合物的狀態存在。

【0102】 由於客體材料132是磷光發光材料，所以具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能。三重激發態的能量比單重激發態穩定。由此，客體材料132能夠呈現其能量小於LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）的發光。在此，本案發明人找到：如果客體材料132所呈現的發光能量或從吸收光譜算出的遷移能量等於或小於ΔE_{Ex}，則即使在該客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）大於有機化合物131_1的LUMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之間的能量差（ΔE_{Ex}）的情況下，也可以將激發能從由有機化合物131_1和有機化合物131_2形成的激態錯合物轉移到客體材料132，從而可以從客體材料132得到發光。在客體材料132的ΔE_G大於客體材料132所呈現的發光能量或從吸收光譜算出的遷移能量的情況下，為了直接電激發客體材料132而需要相當於ΔE_G的大電能量，由此驅動電壓上升。然而，在上述本發明的一個實施方式中，由相當於ΔE_{Ex}（小於ΔE_G）的電能量電激發激態錯合物，藉由此時的能量轉移得到客體材料132的發光，由此可以得到以低電壓高效率地發射光的客體材

料。也就是說，在ΔE_G相當大於客體材料132所呈現的發光能量或從吸收光譜算出的遷移能量的情況（例如，客體材料是藍色發光材料的情況）下，本發明的一個實施方式是有益的。

【0103】另外，在客體材料132包含重金屬的情況下，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跨越，所以有時客體材料132中的單重基態與三重激發態之間的遷移不是禁戒的。也就是說，可以提高有關客體材料132的單重基態與三重激發態之間的遷移的發光效率及吸收的概率。由此，客體材料132較佳為包含自旋軌域相互作用大的金屬元素，尤其較佳為包含鉑族元素（釕（Ru）、銠（Rh）、鈀（Pd）、鋨（Os）、銥（Ir）或鉑（Pt）），特別較佳為包含銥。藉由包含銥，可以提高有關單重基態與三重激發態之間的直接遷移的吸收概率，所以是較佳的。

【0104】如上所述，如果從客體材料132的吸收端算出的遷移能量（簡稱：ΔE_{G_abs}）等於或小於ΔE_{Ex}，則即使在客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）大於有機化合物131_1的LUMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之間的能量差ΔE_{Ex}）的情況下，激發能也可以從由有機化合物131_1和有機化合物131_2形成的激態錯合物高效率地轉移到客體材料132。其結果，可以得到低驅動電壓且高發光效率的發光元件，這是本發明的一個實施方式的特徵之一。此時，滿足$\Delta E_{G_abs} \leq \Delta E_{Ex} < \Delta E_G$（$\Delta E_{G_abs}$為$\Delta E_{Ex}$以下，$\Delta E_{Ex}$小於$\Delta E_G$）。因此，在從客體材料132的吸收端算出的遷移能量（ΔE_{G_abs}）小於客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）的情況下，本發明的一個實施方式的機制是較佳的。換言之，在客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）大於從客體材料132的吸收端算出的遷移能量（ΔE_{G_abs}）的情況下，本發明的一個實施方式的機制是較佳的。明確而言，客體材料132的LUMO

能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）較佳為比客體材料132的吸收端算出的遷移能量（ΔE_{G_abs}）大0.4eV以上。此外，因為客體材料132所呈現的發光能量等於或小於ΔE_{G_abs}，所以客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）較佳為比客體材料132所呈現的發光能量大0.4eV以上。發光能量可以從發射光譜的最短波長一側的發光峰值（極大值或包括肩峰）的波長導出。

【0105】 客體材料132的發光波長越短（發光能量越大），客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）越大，因此在電激發客體材料時需要大能量。然而，如果從客體材料132的吸收端算出的遷移能量（ΔE_{G_abs}）等於或小於ΔE_{Ex}，則可以根據本發明以遠小於ΔE_G的ΔE_{Ex}的能量激發客體材料132，由此可以減少發光元件的功耗。因此，在從客體材料132的吸收端算出的遷移能量（ΔE_{G_abs}）和客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）之間的能量差大（亦即，尤其在呈現藍色的發光的客體材料的情況下）的情況下，明顯看出本發明的一個實施方式的機制的效果。

【0106】 注意，在從客體材料132的吸收端算出的遷移能量（ΔE_{G_abs}）變小時，客體材料132所呈現的發光也變小，因此難以得到藍色發光等具有高能量的發光。也就是說，在ΔE_{G_abs}與ΔE_G之差過大時，難以得到藍色發光等具有高能量的發光。

【0107】 由此，客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）較佳為比從客體材料132的吸收端算出的遷移能量（ΔE_{G_abs}）大0.4eV以上且0.8eV以下，更佳為大0.5eV以上且0.8eV以下。此外，由於客體材料132所呈現的發光能量等於或小於ΔE_{G_abs}，所以客體材料132的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差（ΔE_G）較佳為比客體材料132所呈現的發光能量大0.4eV以上且0.8eV以下，更佳為大0.5eV以上且0.8eV以下。

【0108】 另外，客體材料132的LUMO能階與有機化合物131_1的LUMO能階之差較佳為0.05eV以上，更佳為0.1eV以上，進一步較佳為0.2eV以上。此外，客體材料132的HOMO能階與有機化合物131_2的HOMO能階之差較佳為0.05eV以上，更佳為0.1eV以上，進一步較佳為0.2eV以上。藉由滿足上述條件，電子載子及電洞載子分別容易注入到有機化合物131_1及有機化合物131_2，所以是較佳的。

【0109】 另外，客體材料132的HOMO能階可以高於或低於有機化合物131_1的HOMO能階。此外，客體材料132的LUMO能階可以高於或低於有機化合物131_2的LUMO能階。

【0110】 此外，根據上述LUMO能階與HOMO能階的關係，作為有機化合物131_1和有機化合物131_2的組合，有機化合物131_1和有機化合物131_2中的一個的氧化電位較佳為高於另一個的氧化電位，並且該一個的還原電位較佳為高於該另一個的還原電位。

【0111】 例如，當有機化合物131_1具有電子傳輸性且有機化合物131_2具有電洞傳輸性時，有機化合物131_1的氧化電位較佳為高於有機化合物131_2的氧化電位，並且有機化合物131_1的還原電位較佳為高於有機化合物131_2的還原電位。藉由利用循環伏安法（CV）法而測量氧化電位及還原電位。

【0112】 另外，客體材料132的氧化電位較佳為高於有機化合物131_2的氧化電位，並且客體材料132的還原電位較佳為低於有機化合物131_1的還原電位。藉由滿足上述條件，如上所述那樣可以抑制由客體材料132與有機化合物131_1或有機化合物131_2形成激態錯合物的反應。

【0113】 另外，當有機化合物131_1與有機化合物131_2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。

【0114】由於由有機化合物131_1和有機化合物131_2形成的激態錯合物，在一個有機化合物中具有HOMO且在另一個有機化合物中具有LUMO，因此HOMO與LUMO的重疊極小。就是說，在該激態錯合物中，單重激發能階與三重激發能階之間的差異小。由此，在由有機化合物131_1和有機化合物131_2形成的激態錯合物中，單重激發能階與三重激發能階之間的差異較佳為大於0eV且為0.2eV以下。

【0115】在此，圖2B示出發光層130中的有機化合物131_1、有機化合物131_2及客體材料132的能階相關。注意，圖2B中的記載及符號表示的是如下：

·Host（131_1）：主體材料（有機化合物131_1）

·Host（131_2）：主體材料（有機化合物131_2）

·Guest（132）：客體材料132（磷光化合物）

·S_{PH}：主體材料（有機化合物131_1）的S1能階

·T_{PH}：主體材料（有機化合物131_1）的T1能階

·S_{PG}：客體材料132（磷光化合物）的S1能階

·T_{PG}：客體材料132（磷光化合物）的T1能階

·S_{PE}：激態錯合物的S1能階

·T_{PE}：激態錯合物的T1能階

【0116】在本發明的一個實施方式的發光元件中，由發光層130所包含的有機化合物131_1和有機化合物131_2形成激態錯合物。激態錯合物的最低單重激發能階（S_{PE}）與激態錯合物的最低三重激發能階（T_{PE}）互相相鄰（參照圖2B的路徑E_7）。

【0117】 激態錯合物是由兩種物質形成的激發態，在是光激發的情況下，激態錯合物藉由處於激發態的一個物質與處於基態的另一個物質的相互作用而形成。當藉由發射光而返回基態時，形成激態錯合物的兩種物質分別恢復原來的物質的狀態。在是電激發的情況下，當一個物質處於激發態時，迅速地與另一個物質起相互作用而形成激態錯合物。或者，可以藉由使一個物質接收電洞而另一個物質接收電子來迅速地形成激態錯合物。此時，可以以在兩個物質中以單個物質都不形成激發態的方式形成激態錯合物，所以在發光層130中形成的大部分的激發態可以作為激態錯合物存在。激態錯合物的激發能階（S_E或T_E）比形成激態錯合物的主體材料（有機化合物131_1及有機化合物131_2）的單重激發能階（S_{PH}）低，所以可以以更低的激發能形成主體材料131的激發態。由此，可以降低發光元件150的驅動電壓。

【0118】 然後，使激態錯合物的單重激發能階（S_{PE}）和三重激發能階（T_{PE}）兩者的能量轉移到客體材料132（磷光化合物）的三重激發態的最低能階（T_{PG}）來得到發光（參照圖2B的路徑E_8、E_9）。

【0119】 另外，激態錯合物的三重激發能階（T_{PE}）較佳為高於客體材料132的三重激發能階（T_{PG}）。由此，所產生的激態錯合物的單重激發能及三重激發能能夠從激態錯合物的單重激發能階（S_{PE}）及三重激發能階（T_{PE}）轉移到客體材料132的三重激發能階（T_{PG}）。

【0120】 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的客體材料132（磷光化合物）的發光。

【0121】 在本說明書等中，有時將上述路徑E_7、E_8及E_9的過程稱為ExTET（Exciplex-Triplet Energy Transfer：激態錯合物-三重態能量轉移）。換言之，在發光層130中，產生從激態錯合物到客體材料132的激發能的供應。在此情況下，

不一定必須使從T_{PE}向S_{PE}的反系間竄越的效率及由S_{PE}的發光量子產率高，因此可以選擇更多種材料。

【0122】上述反應可以以如下通式（G11）至（G13）表示。

【0123】

$D^+ + A^- \rightarrow (D{\cdot}A)^*$（G11）

$(D{\cdot}A)^* + G \rightarrow D + A + G^*$（G12）

$G^* \rightarrow G + h\nu$（G13）

【0124】在通式（G11）所示的反應中，有機化合物131_1和有機化合物131_2中的一個接收電洞（D^+），另一個接收電子（A^-），由此有機化合物131_1和有機化合物131_2生成激態錯合物（$(D{\cdot}A)^*$）。另外，在通式（G12）所示的反應中，產生從激態錯合物（$(D{\cdot}A)^*$）到客體材料132（G）的能量轉移，由此生成客體材料132的激發態（G^*）。然後，如通式（G13）所示，激發態的客體材料132發射光（hν）。

【0125】注意，為了使激發能從激態錯合物高效地轉移到客體材料132，激態錯合物的三重激發能階較佳為低於構成形成激態錯合物的各有機化合物（有機化合物131_1和有機化合物131_2）的三重激發能階。由此，不容易產生各有機化合物所形成的激態錯合物的三重激發能的淬滅，而高效地發生向客體材料132的能量轉移。

【0126】在有機化合物131_2具有施體性強的骨架時，注入到發光層130的電洞容易注入到有機化合物131_2而被傳輸。此外，在有機化合物131_1具有受體性強的骨架時，注入到發光層130的電子容易注入到有機化合物131_1而被傳輸。由此，有機化合物131_1及有機化合物131_2容易形成激態錯合物。

【0127】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的客體材料132的發光。

【0128】（能量轉移機制）

下面，對主體材料131與客體材料132的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，雖然在此對主體材料131與客體材料132的分子間的能量轉移過程進行說明，但是在主體材料131為激態錯合物時也是同樣的。

【0129】 <<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，藉由主體材料131與客體材料132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，主體材料131給客體材料132供應能量，激發態的主體材料131成為基態，基態的客體材料132成為激發態。另外，公式1示出福斯特機制的速度常數$k_{h^*\rightarrow g}$。

【0130】

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

【0131】 在公式1中，ν表示振盪數，f'_h（ν）表示主體材料131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），ε_g（ν）表示客體材料132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表示主體材料131與客體材料132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表示主體材料131和客體材料132的躍遷偶極矩的配向的係數（0至4）。此外，在無規配向中，$K^2=2/3$。

【0132】 <<德克斯特機制>>

在德克斯特機制中，主體材料131和客體材料132接近於產生軌域的重疊的接觸有效距離，藉由交換激發態的主體材料131的電子和基態的客體材料132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$k_{h^*\rightarrow g}$。

【0133】

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

【0134】 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（ν）表示主體材料131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），ε'_g（ν）表示客體材料132的正規化吸收光譜，L表示有效分子半徑，R表示主體材料131與客體材料132的分子間距。

【0135】 在此，從主體材料131到客體材料132的能量轉移效率ϕ_{ET}以公式3表示。k_r表示主體材料131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表示主體材料131的非發光過程（熱失活或系間竄躍）的速度常數，τ表示所測量的主體材料131的激發態的壽命。

【0136】

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

【0137】 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。

【0138】 <<用來提高能量轉移的概念>>

在基於福斯特機制的能量轉移中，作為能量轉移效率ϕ_{ET}，量子產率φ（在說明來自單重激發態的能量轉移時是螢光量子產率，在說明來自三重激發態的能量轉

移時是磷光量子產率）較佳為高。另外，主體材料131的發射光譜（在說明來自單重激發態的能量轉移時是螢光光譜）與客體材料132的吸收光譜（相當於從單重基態到三重激發態的遷移的吸收）的重疊較佳為大。再者，客體材料132的莫耳吸光係數較佳為高。這意味著主體材料131的發射光譜與呈現在客體材料132的最長波長一側的吸收帶重疊。

【0139】 另外，在基於德克斯特機制的能量轉移中，為了增大速度常數$k_{h^*\rightarrow g}$，主體材料131的發射光譜（在說明來自單重激發態的能量轉移時是螢光光譜，在說明來自三重激發態的能量轉移時是磷光光譜）與客體材料132的吸收光譜（相當於從單重基態到三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主體材料131的發射光譜與呈現在客體材料132的最長波長一側的吸收帶重疊而實現。

【0140】 與從主體材料131到客體材料132的能量轉移同樣地，在從激態錯合物到客體材料132的能量轉移過程中也發生基於福斯特機制及德克斯特機制的兩者的能量轉移。

【0141】 於是，本發明的一個實施方式提供一種發光元件，該發光元件作為主體材料131包括形成用作能夠將能量高效地轉移到客體材料132的能量施體的激態錯合物的組合的有機化合物131_1和有機化合物131_2。可以以比單個有機化合物131_1和單個有機化合物131_2的激發態低的激發能形成有機化合物131_1和有機化合物131_2所形成的激態錯合物。由此，可以降低發光元件150的驅動電壓。再者，為了使從激態錯合物的單重激發能階到用作能量受體的客體材料132的三重激發能階的能量轉移容易產生，較佳的是，該激態錯合物的發射光譜與客體材料132的呈現在最長波長一側（低能量一側）的吸收帶重疊。由此，可以提高客體材料132的三重激發態的產生效率。由於生成在發光層130中的激態錯合物具有單重激發能階與三重激發能階接近的特徵，所以藉由使激態錯合

物的發射光譜與在客體材料132的最長波長一側（低能量一側）呈現的吸收帶重疊，可以容易發生從激態錯合物的三重激發能階到客體材料132的三重激發能階的能量轉移。

【0142】 <材料>

接著，下面對根據本發明的一個實施方式的發光元件的組件的詳細內容進行說明。

【0143】 <<發光層>>

在發光層130的材料重量比中，主體材料131所占比例最大，客體材料132（磷光化合物）分散於主體材料131中。發光層130的主體材料131（有機化合物131_1和有機化合物131_2）的T1能階較佳為高於發光層130的客體材料（客體材料132）的T1能階。

【0144】 作為有機化合物131_1，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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$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），可以使用含氮雜芳族化合物等包括缺π電子型芳雜環骨架的化合物以及鋅類或鋁類金屬錯合物等。作為包括缺π電子型芳雜環骨架的化合物的例子，可以舉出噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹噁啉衍生物、二苯并喹噁啉衍生物、啡啉衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物等的化合物。作為鋅類或鋁類金屬錯合物的例子，可以舉出包括喹啉配體、苯并喹啉配體、噁唑配體或噻唑配體的金屬錯合物。

【0145】 明確而言，作為具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金屬錯合物，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：$Almq_3$）、雙（10-羥基苯并[h]喹啉）鈹（II）（簡稱：$BeBq_2$）、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-苯并噁唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）、雙[2-（2-苯并噻唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnBTZ）等具有噁唑基類或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-噁二唑（簡稱：PBD）、1，3-雙[5-（對三級丁苯基）-1，3，4-噁二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、9-[4-（5-苯基-1，3，4-噁二唑-2-基）苯基]-9H-咔唑（簡稱：CO11）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-三級丁苯基）-1，2，4-三唑（簡稱：TAZ）、9-[4-（4，5-二苯基-4H-1，2，4-三唑-3-基）苯基]-9H-咔唑（簡稱：CzTAZ1）、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：mDBTBIm-II）、紅啡啉（簡稱：BPhen）、浴銅靈（簡稱：BCP）等雜環化合物；2-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2mDBTPDBq-II）、2-[3’-（二苯并噻吩-4-基）聯苯-3-基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2mDBTBPDBq-II）、2-[3’-（9H-咔唑-9-基）聯苯-3-基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2mCzBPDBq）、2-[4-（3，6-二苯基-9H-咔唑-9-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2CzPDBq-III），7-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：7mDBTPDBq-II）、6-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：6mDBTPDBq-II）、2-[3-[3-（3，9’-聯-9H-咔唑-9-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2mCzCzPDBq）、4，6-雙[3-（菲-9-基）苯基]嘧啶（簡稱：4，6mPnP2Pm）、4，6-雙[3-（4-二苯并噻吩基）苯基]嘧啶（簡稱：4，6mDBTP2Pm-II）、4，6-雙[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]嘧啶（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-咔唑-9-基）苯基]吡啶（簡稱：35DCzPPy）、1，3，5-三[3-（3-吡啶基）苯基]苯（簡稱：TmPyPB）

等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）等雜芳族化合物。在上述雜環化合物中，具有三嗪骨架、二嗪（嘧啶、吡嗪、嗒咿）骨架或吡啶骨架的雜環化合物穩定且可靠性良好，所以是較佳的。尤其是，具有上述骨架的雜環化合物具有高電子傳輸性，也有助於降低驅動電壓。另外，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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$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。

【0146】作為有機化合物131_2，較佳為使用可以與有機化合物131_1形成激態錯合物的物質。明確而言，有機化合物131_2較佳為包括富π電子型芳雜環骨架或芳香胺骨架等施體性高的骨架。作為包括富π電子型芳雜環骨架的化合物，可以舉出二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、咔唑衍生物等雜芳族化合物。此時，較佳為以有機化合物131_1與有機化合物131_2所形成的激態錯合物的發光峰值與客體材料132（磷光化合物）的三重MLCT（從金屬到配體的電荷轉移：Metal to Ligand Charge Transfer）躍遷的吸收帶（具體為最長波長一側的吸收帶）重疊的方式選擇有機化合物131_1、有機化合物131_2及客體材料132（磷光化合物）。由此，可以實現一種發光效率得到顯著提高的發光元件。注意，在使用熱活化延遲螢光材料代替磷光化合物的情況下，最長波長一側的吸收帶較佳為單重態的吸收帶。

【0147】另外，作為有機化合物131_2，可以使用如下電洞傳輸性材料。

【0148】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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的電洞移動率的材料。明確而言，可以使

用芳香胺、咔唑衍生物、芳烴、二苯乙烯衍生物等。上述電洞傳輸性材料也可以是高分子化合物。

【0149】作為電洞傳輸性高的材料，明確而言，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。

【0150】另外，作為咔唑衍生物，明確而言，可以舉出3-[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzDPA1）、3，6-雙[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzDPA2）、3，6-雙[N-（4-二苯胺基苯基）-N-（1-萘基）氨]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzTPN2）、3-[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA1）、3，6-雙[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA2）、3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基咔唑-3-基）氨]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCN1）等。

【0151】另外，作為咔唑衍生物，還可以舉出4，4’-二（N-咔唑基）聯苯（簡稱：CBP）、1，3，5-三[4-（N-咔唑基）苯基]苯（簡稱：TCPB）、9-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-咔唑（簡稱：CzPA）、1，4-雙[4-（N-咔唑基）苯基]-2，3，5，6-四苯基苯等。

【0152】另外，作為芳烴，例如可以舉出2-三級丁基-9，10-二（2-萘基）蒽（簡稱：t-BuDNA）、2-三級丁基-9，10-二（1-萘基）蒽、9，10-雙（3，5-二苯基苯基）蒽（簡稱：DPPA）、2-三級丁基-9，10-雙（4-苯基苯基）蒽（簡稱：t-BuDBA）、9，10-二（2-萘基）蒽（簡稱：DNA）、9，10-二苯基蒽（簡稱：DPAnth）、2-三級丁基蒽（簡稱：t-BuAnth）、9，10-雙（4-甲基-1-萘基）蒽（簡稱：DMNA）、2-三級丁基-9，10-雙[2-（1-萘基）苯基]蒽、9，10-雙[2-

（1-萘基）苯基]蒽、2，3，6，7-四甲基-9，10-二（1-萘基）蒽、2，3，6，7-四甲基-9，10-二（2-萘基）蒽、9，9'-聯蒽、10，10'-二苯基-9，9'-聯蒽、10，10'-雙（2-苯基苯基）-9，9'-聯蒽、10，10'-雙[（2，3，4，5，6-五苯基）苯基]-9，9'-聯蒽、蒽、稠四苯、紅螢烯、苝、2，5，8，11-四（三級丁基）苝等。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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的電洞移動率且碳原子數為14以上且42以下的芳烴。

【0153】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。

【0154】另外，也可以使用聚（N-乙烯基咔唑）（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。

【0155】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（咔唑-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：MTDATA）、4，4’-雙[N-（螺-9，9’-聯芴-2-基）-N—苯胺基]聯苯（簡稱：BSPB）、4-苯基-4’-（9-苯基芴-9-基）三苯胺（簡稱：BPAFLP）、4-苯基-3’-（9-苯基芴-9-基）三苯胺（簡稱：mBPAFLP）、N-（9，9-二甲基-9H-芴-2-基）-N-｛9，9-二甲基-2-[N’-苯基-N’-（9，9-二甲基-9H-芴-2-基）氨]-9H-芴-7-基｝苯基胺（簡稱：DFLADFL）、N-（9，9-二甲基-2-二苯胺基-9H-芴-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’-聯芴（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-芴-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-芴-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]芴-2-胺（簡稱：PCBAF）、N-苯基-N-[4-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）苯基]螺-9，9’-聯芴-2-胺（簡稱：PCBASF）、2-[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯胺基]螺-9，9’-聯芴（簡稱：PCASF）、2，7-雙[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]-螺-9，9’-聯芴（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-9，9-二甲基芴-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）、3，6-二（9H-咔唑-9-基）-9-苯基-9H-咔唑（簡稱：PhCzGI）、2，8-二（9H-咔唑-9-基）-二苯并噻吩（簡稱：Cz2DBT）、4-｛3-[3-（9-苯基-9H-芴-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-芴-9-基）苯基]二苯并噻吩（簡稱：DBTFLP-III）、4-[4-（9-苯基-9H-芴-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、芴化合物、聯伸三苯化合物、菲化合物等。其中，具有吡咯骨架、呋喃骨架、噻吩骨架、芳香胺骨架的化合物穩定且可靠性良好，所以是較佳的。具有上述骨架的化合物具有高電洞傳輸性，也有助於降低驅動電壓。

【0156】作為客體材料132（磷光化合物），可以舉出銥、鉑、鈀類有機金屬錯合物或金屬錯合物，其中較佳的是有機銥錯合物，例如銥類鄰位金屬錯合物。作為鄰位金屬化的配體，可以舉出4H-三唑配體、1H-三唑配體、咪唑配體、吡啶配體、嘧啶配體、吡嗪配體或異喹啉配體等。作為金屬錯合物可以舉出具有卟啉配體的鉑錯合物等。

【0157】此外，作為客體材料132（磷光化合物），較佳為以客體材料132（磷光化合物）的LUMO能階高於有機化合物131_1的LUMO能階且客體材料132（磷光化合物）的HOMO能階低於有機化合物131_2的HOMO能階的方式選擇有機化合物131_1、有機化合物131_2及客體材料132（磷光化合物）。由此，可以製造發光效率高且能夠以低電壓驅動的發光元件。

【0158】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-κN2]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpptz-dmp）$_3$）、三（5-甲基-3，4-二苯基-4H-1，2，4-三唑（triazolato））銥（III）（簡稱：Ir（Mptz）$_3$）、三[4-（3-聯苯）-5-異丙基-3-苯基-4H-1，2，4-三唑（triazolato）]銥（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（triazolato）］銥（III）（簡稱：Ir（iPr5btz）$_3$）等具有4H-三唑骨架的有機金屬銥錯合物；三[3-甲基-1-（2-甲基

苯基）-5-苯基-1H-1，2，4-三唑（triazolato）]銥（III）（簡稱：Ir（Mptz1-mp）$_3$）、三（1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1，2，4-三唑（triazolato））銥（III）（簡稱：Ir（Prptz1-Me）$_3$）等具有1H-三唑骨架的有機金屬銥錯合物；fac-三[1-（2，6-二異丙基苯基）-2-苯基-1H-咪唑]銥（III）（簡稱：Ir（iPrpmi）$_3$）、三[3-（2，6-二甲基苯基）-7-甲基咪唑并[1，2-f]菲啶根（phenanthridinato）]銥（III）（簡稱：Ir（dmpimpt-Me）$_3$）等具有咪唑骨架的有機金屬銥錯合物；以及雙[2-（4'，6'-二氟苯基）吡啶根-N，$C^{2'}$]銥（III）四（1-吡唑基）硼酸鹽（簡稱：FIr6）、雙[2-（4'，6'-二氟苯基）吡啶根-N，$C^{2'}$]銥（III）吡啶甲酸鹽（簡稱：FIrpic）、雙{2-[3'，5'-雙（三氟甲基）苯基]吡啶根-N，$C^{2'}$}銥（III）吡啶甲酸鹽（簡稱：Ir（CF_3ppy）$_2$（pic））、雙[2-（4'，6'-二氟苯基）吡啶根-N，$C^{2'}$]銥（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銥錯合物。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銥錯合物的三重激發能很高並具有優異的可靠性及發光效率，所以是特別較佳的。

【0159】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）銥（III）（簡稱：Ir（mppm）$_3$）、三（4-三級丁基-6-苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（tBuppm）$_3$）、（乙醯丙酮根）雙（6-甲基-4-苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（mppm）$_2$（acac））、（乙醯丙酮根）雙（6-三級丁基-4-苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（tBuppm）$_2$（acac））、（乙醯丙酮根）雙[4-（2-降莰基）-6-苯基嘧啶]銥（III）（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]銥（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-κN3］苯基-κC｝銥（III）（簡稱：Ir（dmppm-dmp）$_2$（acac））、（乙醯丙酮根）雙（4，6-二苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（dppm）$_2$（acac））等具

有嘧啶骨架的有機金屬銥錯合物、（乙醯丙酮根）雙（3，5-二甲基-2-苯基吡嗪）銥（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）銥（III）（簡稱：Ir（mppr-iPr）$_2$（acac））等具有吡嗪骨架的有機金屬銥錯合物、三（2-苯基吡啶-N，$C^{2'}$）銥（III）（簡稱：Ir（ppy）$_3$）、雙（2-苯基吡啶根-N，$C^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（ppy）$_2$（acac））、雙（苯并[h]喹啉）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（bzq）$_2$（acac））、三（苯并[h]喹啉）銥（III）（簡稱：Ir（bzq）$_3$）、三（2-苯基喹啉-N，$C^{2'}$）銥（III）（簡稱：Ir（pq）$_3$）、雙（2-苯基喹啉-N，$C^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（pq）$_2$（acac））等具有吡啶骨架的有機金屬銥錯合物、雙（2，4-二苯基-1，3-噁唑-N，$C^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（dpo）$_2$（acac））、雙{2-[4'-（全氟苯基）苯基]吡啶-N，$C^{2'}$}銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（p-PF-ph）$_2$（acac））、雙（2-苯基苯并噻唑-N，$C^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（bt）$_2$（acac））等有機金屬銥錯合物、三（乙醯丙酮根）（單啡啉）鋱（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銥錯合物具有優異的可靠性及發光效率，所以是特別較佳的。

【0160】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]銥（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）銥（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）銥（III）（簡稱：Ir（d1npm）$_2$（dpm））等具有嘧啶骨架的有機金屬銥錯合物；（乙醯丙酮根）雙（2，3，5-三苯基吡嗪根）銥（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）銥（III）（簡稱：Ir（tppr）$_2$（dpm））、（乙醯丙酮根）雙[2，3-雙（4-氟苯基）喹喔啉]合銥（III）（簡稱：Ir（Fdpq）$_2$（acac））等具有吡嗪骨架的有機金屬銥錯合物；

三（1-苯基異喹啉-N，$C^{2'}$）銥（III）（簡稱：Ir（piq）$_3$）、雙（1-苯基異喹啉-N，$C^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（piq）$_2$（acac））等具有吡啶骨架的有機金屬銥錯合物；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）銪（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）銪（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銥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銥錯合物可以提供色度良好的紅色發光。

【0161】作為發光層130所包括的發光材料，可以使用能夠將三重激發能轉換為發光的材料。作為該能夠將三重激發能轉換為發光的材料，除了磷光化合物之外，可以舉出熱活化延遲螢光（Thermally activated delayed fluorescence：TADF）材料。因此，可以將有關磷光化合物的記載看作有關熱活化延遲螢光材料的記載。注意，熱活化延遲螢光材料是指三重激發能階與單重激發能階的差較小且具有藉由反系間竄越將能量從三重激發態轉換為單重激發態的功能的材料。因此，能夠藉由微小的熱能量將三重激發態上轉換（upconversion）為單重激發態（反系間竄越）並能夠高效地呈現來自單重激發態的發光（螢光）。另外，可以高效地獲得熱活化延遲螢光的條件為如下：三重激發態能階與單重激態發能階的能量差大於0eV且為0.2eV以下，較佳為大於0eV且為0.1eV以下。

【0162】當熱活化延遲螢光材料由一種材料構成時，例如可以使用如下材料。

【0163】首先，可以舉出富勒烯或其衍生物、原黃素等吖啶衍生物、曙紅（eosin）等。此外，可以舉出包含鎂（Mg）、鋅（Zn）、鎘（Cd）、錫（Sn）、鉑（Pt）、銦（In）或鈀（Pd）等的含金屬卟啉。作為該含金屬卟啉，例如也可

以舉出原卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（Proto IX））、中卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（Meso IX））、血卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（Hemato IX））、糞卟啉四甲基酯-氟化錫錯合物（SnF_2（Copro III-4Me））、八乙基卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（OEP））、初卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（Etio I））、八乙基卟啉-氯化鉑錯合物（$PtCl_2OEP$）等。

【0164】另外，作為由一種材料構成的熱活化延遲螢光材料，還可以使用具有富π電子型芳雜環及缺π電子型芳雜環的雜環化合物。明確而言，可以舉出2-（聯苯-4-基）-4，6-雙（12-苯基吲哚并[2，3-a]咔唑-11-基）-1，3，5-三嗪（簡稱：PIC-TRZ）、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）、2-[4-（10H-吩惡嗪-10-基）苯基]-4，6-二苯基-1，3，5-三嗪（簡稱：PXZ-TRZ）、3-[4-（5-苯基-5，10-二氫啡吩-10-基）苯基]-4，5-二苯基-1，2，4-三唑（簡稱：PPZ-3TPT）、3-（9，9-二甲基-9H-吖啶-10-基）-9H-氧雜蒽-9-酮（簡稱：ACRXTN）、雙[4-（9，9-二甲基-9，10-二氫吖啶）苯基]硫碸（簡稱：DMAC-DPS）、10-苯基-10H，10’H-螺[吖啶-9，9’-蒽]-10’-酮（簡稱：ACRSA）等。該雜環化合物具有富π電子型芳雜環及缺π電子型芳雜環，因此電子傳輸性及電洞傳輸性高，所以是較佳的。尤其是，在具有缺π電子型芳雜環的骨架中，二嗪骨架（嘧啶骨架、吡嗪骨架、嗒吩骨架）或三嗪骨架穩定且可靠性良好，所以是較佳的。另外，在具有富π電子型芳雜環的骨架中，吖啶骨架、吩惡嗪骨架、噻吩骨架、呋喃骨架及吡咯骨架穩定且可靠性良好，所以具有選自該骨架中的任何一個或多個是較佳的。作為吡咯骨架，特別較佳為使用吲哚骨架、咔唑骨架及3-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑骨架。另外，在富π電子型芳雜環和缺π電子型芳雜環直接鍵合的物質中，富π電子型芳雜環的施體性和缺π電子型芳雜環的受體性都強，單重激發能階與三重激發能階的差異變小，所以是尤其較佳的。

【0165】 發光層130也可以由兩層以上的多個層形成。例如，在從電洞傳輸層一側依次層疊第一發光層和第二發光層來形成發光層130的情況下，可以將具有電洞傳輸性的物質用作第一發光層的主體材料，並且將具有電子傳輸性的物質用作第二發光層的主體材料。另外，第一發光層和第二發光層所包含的發光材料也可以是相同或不同的材料。另外，第一發光層和第二發光層所包含的發光材料既可以是具有呈現相同顏色的發光的功能的材料，又可以是具有呈現不同顏色的發光的功能的材料。藉由作為兩層的發光層分別使用具有呈現彼此不同顏色的發光的功能的發光材料，可以同時得到多個發光。尤其是，較佳為選擇用於各發光層的發光材料，以便藉由組合兩層發光層所發射的光而能夠得到白色發光。

【0166】 另外，在發光層130中也可以包含主體材料131及客體材料132以外的材料。

【0167】 另外，可以利用蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗佈法、凹版印刷等的方法形成發光層130。此外，除了上述材料以外，也可以包含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）。

【0168】 <<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鉬氧化物、釩氧化物、釕氧化物、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伸苯基二胺衍生物等。另外，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。

【0169】作為電洞注入層111，可以使用具有由電洞傳輸性材料和具有接收來自電洞傳輸性材料的電子的特性的材料構成的複合材料的層。或者，也可以使用包含具有接收電子的特性的材料的層與包含電洞傳輸性材料的層的疊層。在定態或者在存在有電場的狀態下，電荷的授受可以在這些材料之間進行。作為具有接收電子的特性的材料，可以舉出醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮雜聯伸三苯衍生物等有機受體。明確而言，可以舉出7，7，8，8-四氰基-2，3，5，6-四氟醌二甲烷（簡稱：F_4-TCNQ）、氯醌、2，3，6，7，10，11-六氰-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。此外，也可以使用過渡金屬氧化物、例如第4族至第8族金屬的氧化物。明確而言，可以使用氧化釩、氧化鈮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鉬、氧化鎢、氧化錳、氧化錸等。特別較佳為使用氧化鉬，因為其在大氣中也穩定，吸濕性低，並且容易處理。

【0170】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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$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、咔唑衍生物、芳烴、二苯乙烯衍生物等。上述電洞傳輸性材料也可以是高分子化合物。

【0171】<<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的材料所例示的電洞傳輸性材料。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。

【0172】另外，較佳為使用具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$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。

【0173】 <<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$1\times10^{-6}cm^2/Vs$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），可以使用含氮雜芳族化合物等缺π電子型雜芳族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、噁唑配體或噻唑配體的金屬錯合物。另外，還可以舉出噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹噁啉衍生物、二苯并喹噁啉衍生物、啡啉衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物等。另外，較佳為具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$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。

【0174】 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。

【0175】 <<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。另外，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（CaF_2）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，可以使用氟化鉺（ErF_3）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。

【0176】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、雜芳族化合物等）。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、鈉、銫、鎂、鈣、鉺、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。此外，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。

【0177】另外，上述發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層及電子注入層都可以藉由蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗佈法、凹版印刷等方法形成。此外，作為上述發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層及電子注入層，除了上述材料之外，也可以使用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）。

【0178】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。另外，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。

【0179】《一對電極》

電極101及電極102被用作發光元件的陽極或陰極。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。

【0180】電極101和電極102中的一個較佳為使用具有反射光的功能的導電性材料形成。作為該導電性材料，可以舉出包含鋁（Al）或包含Al的合金等。作為包含Al的合金，可以舉出包含Al及L（L表示鈦（Ti）、釹（Nd）、鎳（Ni）和鑭（La）中的一個或多個）的合金等，例如為包含Al及Ti的合金或者包含Al、Ni及La的合金等。鋁具有低電阻率和高光反射率。此外，由於鋁在地殼中大量地含有且不昂貴，所以使用鋁可以降低發光元件的製造成本。此外，也可以使用銀（Ag）、包含Ag、N（N表示釔（Y）、Nd、鎂（Mg）、鐿（Yb）、Al、Ti、鎵（Ga）、鋅（Zn）、銦（In）、鎢（W）、錳（Mn）、錫（Sn）、鐵（Fe）、Ni、銅（Cu）、鈀（Pd）、銥（Ir）和金（Au）中的一個或多個）的合金等。作為包含銀的合金，例如可以舉出如下合金：包含銀、鈀及銅的合金；包含銀及銅的合金；包含銀及鎂的合金；包含銀及鎳的合金；包含銀及金的合金；以及包含銀及鐿的合金等。除了上述材料以外，可以使用鎢、鉻（Cr）、鉬（Mo）、銅及鈦等的過渡金屬。

【0181】另外，從發光層獲得的光透過電極101和電極102中的一個或兩個被提取。由此，電極101和電極102中的至少一個較佳為使用具有使光透過的功能的導電性材料形成。作為該導電性材料，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$1\times10^{-2}\Omega\cdot cm$以下的導電性材料。

【0182】 此外，電極101及電極102較佳為使用具有使光透過的功能及反射光的功能的導電性材料形成。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$1\times10^{-2}\Omega\cdot cm$以下的導電性材料。例如，可以使用具有導電性的金屬、合金和導電性化合物中的一種或多種。明確而言，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）、氧化銦-氧化鋅（Indium Zinc Oxide）、含有鈦的氧化銦-錫氧化物、銦-鈦氧化物、包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦等金屬氧化物。另外，可以使用具有透過光的程度（較佳為1nm以上且30nm以下的厚度）的厚度的金屬膜。作為金屬，例如可以使用Ag、Ag及Al、Ag及Mg、Ag及Au以及Ag及Yb等的合金等。

【0183】 注意，在本說明書等中，作為具有透光的功能的材料，使用具有使可見光透過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、氧化物半導體或包含有機物的有機導電體。作為包含有機物的有機導電體，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、包含混合有機化合物與電子受體（受體）而成的複合材料等。另外，也可以使用石墨烯等無機碳類材料。另外，該材料的電阻率較佳為$1\times10^{5}\Omega\cdot cm$以下，更佳為$1\times10^{4}\Omega\cdot cm$以下。

【0184】 另外，可以藉由層疊多個上述材料形成電極101和電極102中的一個或兩個。

【0185】 為了提高光提取效率，可以與具有使光透過的功能的電極接觸地形成其折射率比該電極高的材料。作為這種材料，只要具有使可見光透過的功能就可，既可以為具有導電性的材料，又可以為不具有導電性的材料。例如，除了上述氧化物導電體以外，還可以舉出氧化物半導體、有機物。作為有機物，例如可以舉出作為發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層或電子注入

層例示出的材料。另外，也可以使用無機碳類材料或具有使光透過的程度的厚度的金屬薄膜。另外，也可以層疊多個具有幾nm至幾十nm厚度的層。

【0186】 當電極101或電極102被用作陰極時，較佳為使用功函數小（3.8eV以下）的材料。例如，可以使用屬於元素週期表中的第1族或第2族的元素（例如，鋰、鈉及銫等鹼金屬、鈣或鍶等鹼土金屬、鎂等）、包含上述元素的合金（例如，Ag及Mg或Al及Li）、銪（Eu）或Yb等稀土金屬、包含上述稀土金屬的合金、包含鋁、銀的合金等。

【0187】 當電極101或電極102被用作陽極時，較佳為使用功函數大（4.0eV以上）的材料。

【0188】 電極101及電極102也可以採用具有反射光的功能的導電性材料及具有使光透過的功能的導電性材料的疊層。在此情況下，電極101及電極102具有調整光學距離的功能以便使來自各發光層的所希望的光諧振而增強其波長的光，所以是較佳的。

【0189】 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。

【0190】 <<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。

【0191】 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。

【0192】 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、包含纖維狀的材料的纖維素奈米纖維（CNF）或紙或者基材薄膜等。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）、聚醚碸（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。

【0193】 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。

【0194】 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。

【0195】另外，也可以在上述基板上例如形成場效應電晶體（FET），並且在與FET電連接的電極上製造發光元件150。由此，可以製造藉由FET控制發光元件150的驅動的主動矩陣型顯示裝置。

【0196】在本實施方式中，對本發明的一個實施方式進行說明。此外，在其他實施方式中，將對本發明的一個實施方式進行說明。但是，本發明的一個實施方式不侷限於此。就是說，在本實施方式及其他實施方式中記載各種各樣的發明的方式，由此本發明的一個實施方式不侷限於特定的方式。例如，雖然示出了將本發明的一個實施方式應用於發光元件的例子，但是本發明的一個實施方式不侷限於此。例如，根據情況或狀況，也可以不將本發明的一個實施方式應用於發光元件。此外，雖然在本發明的一個實施方式中示出了如下例子，該例子包括第一有機化合物、第二有機化合物以及具有能夠將三重激發能轉換為發光的功能的客體材料，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，但是本發明的一個實施方式不侷限於此。在本發明的一個實施方式中，根據情況或狀況，例如第一有機化合物的LUMO能階也可以沒有低於第二有機化合物的LUMO能階。另外，第一有機化合物的HOMO能階也可以沒有低於第二有機化合物的HOMO能階。另外，例如，在本發明的一個實施方式中示出第一有機化合物與第二化合物形成激態錯合物的例子，但是本發明的一個實施方式不侷限於此。在本發明的一個實施方式中，根據情況或狀況，例如第一有機化合物與第二有機化合物也可以不形成激態錯合物。此外，雖然在本發明的一個實施方式中示出了如下例子，在該例子中客體材料的LUMO能階高於第一有機

化合物的LUMO能階，客體材料的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，但是本發明的一個實施方式不侷限於此。在本發明的一個實施方式中，根據情況或狀況，例如客體材料的LUMO能階也可以沒有高於第一有機化合物的LUMO能階。另外，客體材料的HOMO能階也可以沒有低於第二有機化合物的HOMO能階。

【0197】 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

【0198】 實施方式2

在本實施方式中，對能夠適用於本發明的一個實施方式的發光元件的新穎的化合物進行說明。

【0199】 本發明的一個實施方式的化合物是其配體具有含氮五元雜環骨架的銥錯合物，該含氮五元雜環骨架至少具有包含氰基的取代基。雖然咪唑骨架或三唑骨架等含氮五元雜環骨架具有高的三重激發能階，但是與含氮六元雜環骨架相比接收電子的特性低。由此，其配體具有含氮五元雜環骨架的銥錯合物的LUMO能階較高，電子載子不容易被注入。然而，因為本發明的一個實施方式的銥錯合物至少具有包含氰基的取代基，所以由於氰基的強電子吸引性而LUMO能階及HOMO能階下降。因此，藉由將該銥錯合物用於發光元件，可以製造發光效率良好的發光元件。另外，由於該銥錯合物具有高的三重激發能階，所以藉由將該銥錯合物用於發光元件，可以製造呈現發光效率良好的呈現藍色的發光元件。此外，由於該銥錯合物對氧化及還原的反復具有高耐性，所以藉由將該銥錯合物用於發光元件，可以製造驅動壽命長的發光元件。如此，藉由將本發明的一個實施方式的銥錯合物用於發光元件，可以製造具有良好的發光特性且高性能的發光元件。

【0200】 此外，本發明的一個實施方式的化合物是具有配體的銥錯合物，在該配體中，包含氰基的芳基鍵合於含氮五元雜環骨架。因為容易以高純度合成該配體，所以可以抑制由雜質導致的劣化。另外，從元件特性的穩定性及可靠性的觀點來看，鍵合於含氮五元雜環骨架的包含氰基的芳基的碳原子數較佳為6至13。在此情況下，該銥錯合物可以在較低的溫度下進行真空蒸鍍，所以不容易引起蒸鍍時的熱分解等劣化。

【0201】 此外，因為具有含氮五元雜環骨架所包含的氮原子藉由伸芳基鍵合於氰基的配體的銥錯合物可以保持高的三重激發能階，所以可以適用於呈現藍色發光等能量高的發光的發光元件。此外，可以得到與不包含氰基的發光元件相比呈現藍色發光等能量高的發光並具有高發光效率的發光元件。再者，藉由將氰基鍵合於如上所述的特定位置，該發光元件還具有呈現藍色發光等能量高的發光並具有高可靠性的特徵。另外，上述含氮五元雜環骨架與氰基較佳為藉由伸苯基等伸芳基鍵合。

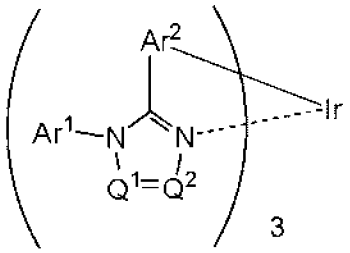
【0202】 另外，在該伸芳基的碳原子數為6至13時，該銥錯合物成為具有較低的分子量的化合物，由此得到適合於真空蒸鍍（可以在較低的溫度下進行真空蒸鍍）的化合物。另外，一般而言，在很多情況下當分子量低時成膜後的耐熱性很低，但是由於該銥錯合物具有多個配體，因此具有即便配體的分子量低也能夠確保充分的耐熱性的優點。

【0203】 也就是說，該銥錯合物不僅具有上述易蒸鍍性、電化學穩定性，還具有三重激發能階高的特性。由此，在發光元件中，作為發光層的客體材料較佳為使用該銥錯合物。尤其是，較佳為將該銥錯合物用於藍色發光元件的客體材料。

【0204】 <銥錯合物的例子1>

上述銥錯合物是以下述通式（G1）表示的銥錯合物。

【0205】



(G1)

【0206】 在上述通式（G1）中，Ar^1及Ar^2分別獨立地表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。在該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，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0207】 Q^1及Q^2分別獨立地表示N或C-R，R表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基或碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。Q^1和Q^2中的至少一個具有C-R。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為1至6的鹵代烷基，可以舉出使用第17族元素（氟、氯、溴、碘、砈）取代至少一個氫的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。明確而言，可以舉出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。該鹵代烷基所包含的鹵素的數量及種類可以為一個或多個。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。該芳基還可以具有取代基，該取代基也可以彼此鍵合而形成環。作為該取代基，可以選擇碳原子數為1至6的烷

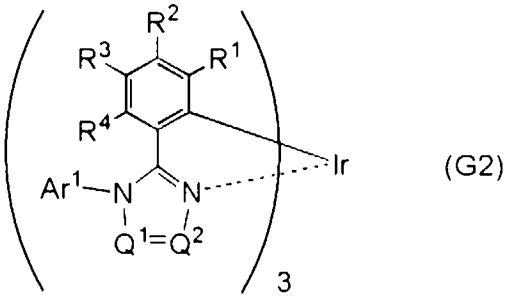
基、碳原子數為3至6的環烷基或者碳原子數為6至13的芳基。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及n-己基等。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0208】 以Ar^1及Ar^2表示的芳基和以R表示的芳基中的至少一個具有氰基。

【0209】 <銥錯合物的例子2>

另外，本發明的一個實施方式的銥錯合物較佳為鄰位金屬錯合物。上述銥錯合物是以下述通式（G2）表示的銥錯合物。

【0210】



(G2)

【0211】 在上述通式（G2）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。在該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，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0212】 R^1至R^4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、碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基和氰基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。如果R^1至R^4都是氫，則在易合成性或原料價格的方面上有利。

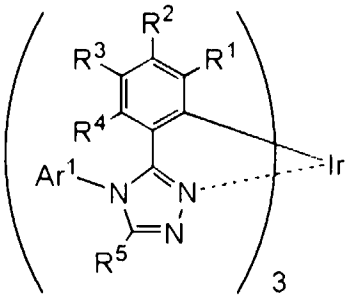
【0213】 Q^1及Q^2分別獨立地表示N或C-R，R表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基或碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。Q^1和Q^2中的至少一個具有C-R。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及n-己基等。作為碳原子數為1至6的鹵代烷基，可以舉出使用第17族元素（氟、氯、溴、碘、砈）取代至少一個氫的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。明確而言，可以舉出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。該鹵代烷基所包含的鹵素的數量及種類可以為一個或多個。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。該芳基還可以具有取代基，該取代基也可以彼此鍵合而形成環。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13的芳基。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0214】 另外，以Ar^1及R^1至R^4表示的芳基、以R表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0215】 <銥錯合物的例子3>

在本發明的一個實施方式的銥錯合物中，藉由作為配體具有4H-三唑骨架，可以具有高的三重激發能階，由此可以適用於呈現藍色發光等能量高的發光的發光元件，所以是較佳的。上述銥錯合物是以下述通式（G3）表示的銥錯合物。

【0216】



(G3)

【0217】 在上述通式（G3）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。在該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，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0218】 R^1至R^4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、碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基和氰基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。如果R^1至R^4都是氫，則在易合成性或原料價格的方面上有利。

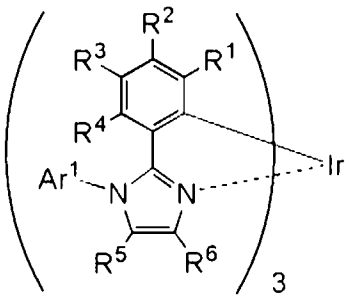
【0219】 R^5表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及n-己基等。作為碳原子數為1至6的鹵代烷基，可以舉出使用第17族元素（氟、氯、溴、碘、砈）取代至少一個氫的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。明確而言，可以舉出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。該鹵代烷基所包含的鹵素的數量及種類可以為一個或多個。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。該芳基還可以具有取代基，該取代基也可以彼此鍵合而形成環。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13的芳基。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0220】 另外，以Ar^1及R^1至R^5表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0221】 <銥錯合物的例子4>

在本發明的一個實施方式的銥錯合物中，藉由作為配體具有咪唑骨架，可以具有高的三重激發能階，由此可以適用於呈現藍色發光等能量高的發光的發光元件，所以是較佳的。上述銥錯合物是以下述通式（G4）表示的銥錯合物。

【0222】



(G4)

【0223】 在上述通式（G4）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。在該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，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0224】 R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。如果R^1至R^4都是氫，則在易合成性或原料價格的方面上有利。

【0225】 R^5及R^6分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為1至6的鹵代烷基，可以舉出使用第17族元素（氟、氯、溴、碘、砈）取代至少一個氫的烷基如氟化烷基、氯化

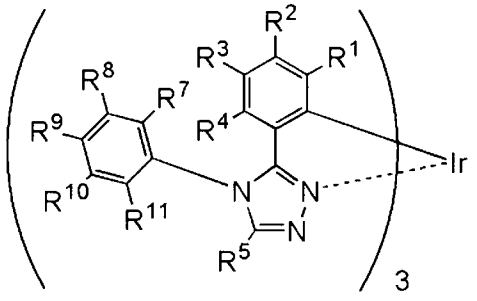
烷基、溴化烷基、碘化烷基等。明確而言，可以舉出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。該鹵代烷基所包含的鹵素的數量及種類可以為一個或多個。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。該芳基還可以具有取代基，該取代基也可以彼此鍵合而形成環。作為該取代基，可以選擇碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為3至6的環烷基或者碳原子數為6至13的芳基。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及n-己基等。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0226】 另外，以Ar^1及R^1至R^6表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0227】 <銥錯合物的例子5>

在本發明的一個實施方式的銥錯合物中，當鍵合於含氮五元雜環骨架的氮的芳基為取代或未取代的苯基時，可以在較低的溫度下進行真空蒸鍍並具有高的三重激發能階，由此可以適用於呈現藍色發光等能量高的發光的發光元件，所以是較佳的。上述銥錯合物是以下述通式（G5）和（G6）表示的銥錯合物。

【0228】



(G5)

【0229】 在上述通式（G5）中，R^7及R^{11}表示碳原子數為1至6的烷基，R^7及R^{11}具有彼此相同的結構。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。

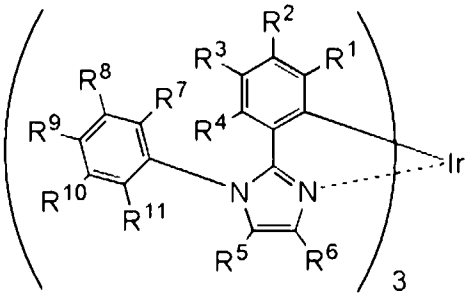
【0230】 R^8至R^{10}分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為3至6的環烷基和取代或未取代的苯基和氰基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及n-己基等。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。R^8至R^{10}中的至少一個較佳為具有氰基。

【0231】 R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。如果R^1至R^4都是氫，則在易合成性或原料價格的方面上有利。

【0232】 R^5表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為1至6的鹵代烷基，可以舉出使用第17族元素（氟、氯、溴、碘、砈）取代至少一個氫的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。明確而言，可以舉出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。該鹵代烷基所包含的鹵素的數量及種類可以為一個或多個。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。該芳基還可以具有取代基，該取代基也可以彼此鍵合而形成環。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13的芳基。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷

基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0233】



(G6)

【0234】 在上述通式（G6）中，R^7及R^{11}表示碳原子數為1至6的烷基，R^7及R^{11}具有彼此相同的結構。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。

【0235】 R^8至R^{10}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的環烷基和取代或未取代的芳基和氰基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。R^8至R^{10}中的至少一個較佳為具有氰基。

【0236】 R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。如果R^1至R^4都是氫，則在易合成性或原料價格的方面上有利。

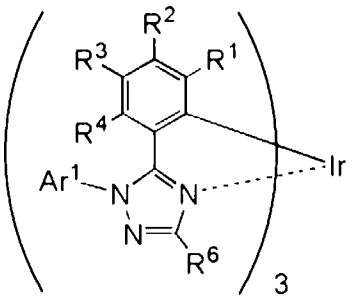
【0237】 R^5及R^6分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳

原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為1至6的鹵代烷基，可以舉出使用第17族元素（氟、氯、溴、碘、砈）取代至少一個氫的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。明確而言，可以舉出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。該鹵代烷基所包含的鹵素的數量及種類可以為一個或多個。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。該芳基還可以具有取代基，該取代基也可以彼此鍵合而形成環。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13的芳基。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0238】 <銥錯合物的例子6>

在本發明的一個實施方式的銥錯合物中，藉由作為配體具有1H-三唑骨架，可以具有高的三重激發能階，由此可以適用於呈現藍色發光等能量高的發光的發光元件，所以是較佳的。上述銥錯合物是以下述通式（G7）和（G8）表示的銥錯合物。

【0239】



(G7)

【0240】 在上述通式（G7）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯

基及茀基等。在該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，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及茀基等。

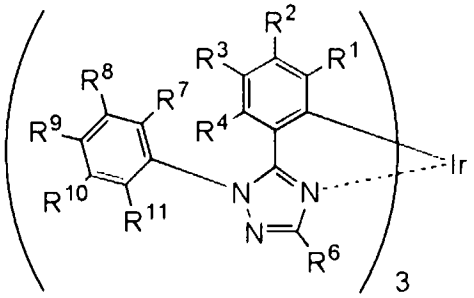
【0241】 R^1至R^4分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為3至6的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及n-己基等。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及茀基等。如果R^1至R^4都是氫，則在易合成性或原料價格的方面上有利。

【0242】 R^6表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為1至6的鹵代烷基，可以舉出使用第17族元素（氟、氯、溴、碘、砈）取代至少一個氫的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。明確而言，可以舉出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。該鹵代烷基所包含的鹵素的數量及種類可以為一個或多個。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及茀基等。該芳基還可以具有取代基，該取代基也可以彼此鍵合而形成環。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13的芳基。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0243】 另外，以Ar^1、R^1至R^4及R^6表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0244】



(G8)

【0245】 在上述通式（G8）中，R^7及R^{11}表示碳原子數為1至6的烷基，R^7及R^{11}具有彼此相同的結構。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。

【0246】 R^8至R^{10}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的環烷基和取代或未取代的苯基和氰基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。R^8至R^{10}中的至少一個較佳為具有氰基。

【0247】 R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確

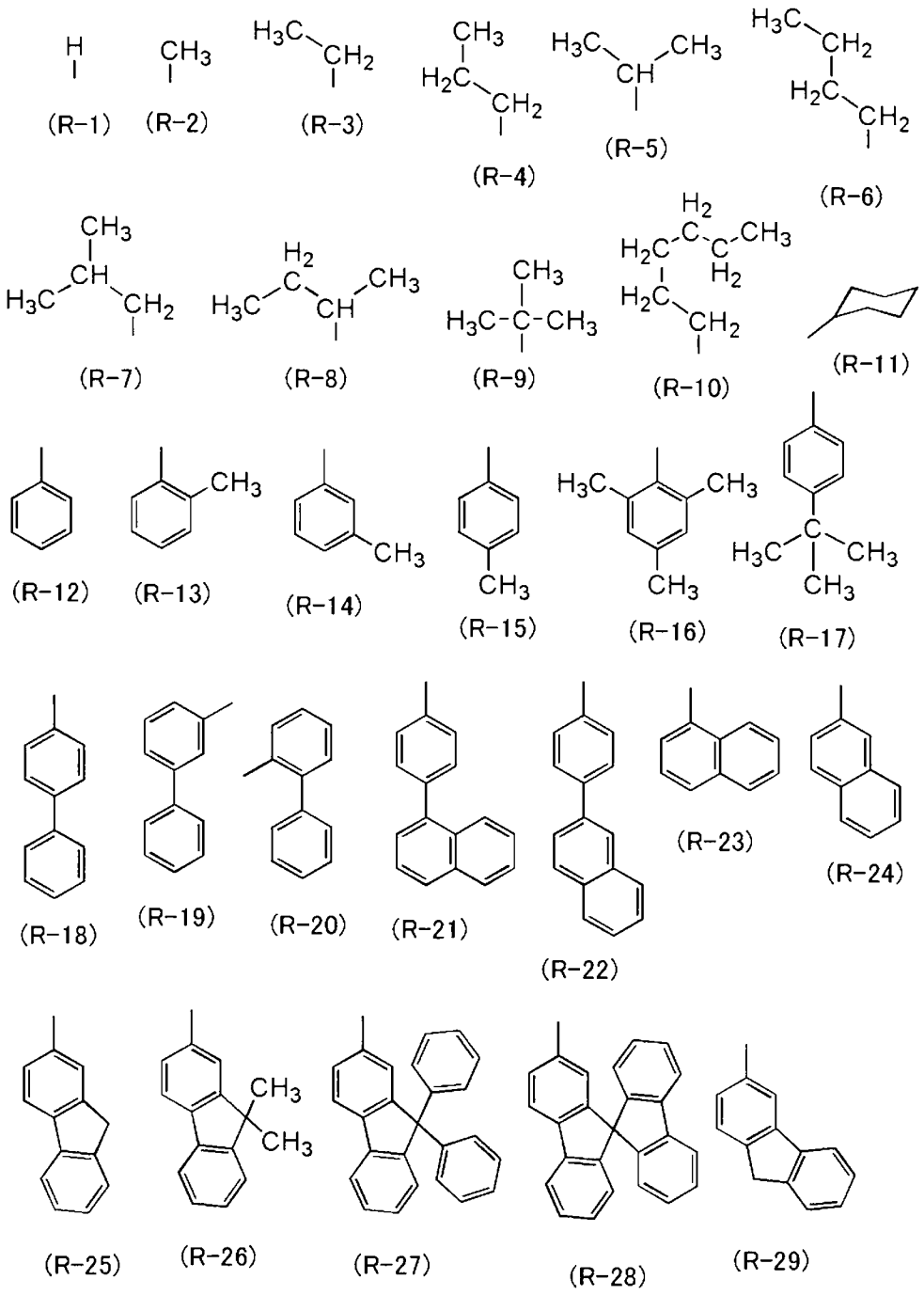
地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。如果R^1至R^4都是氫，則在易合成性或原料價格的方面上有利。

【0248】R^6表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為1至6的鹵代烷基，可以舉出使用第17族元素（氟、氯、溴、碘、砈）取代至少一個氫的烷基如氟化烷基、氯化烷基、溴化烷基、碘化烷基等。明確而言，可以舉出氟化甲基、氯化甲基、氟化乙基、氯化乙基等。該鹵代烷基所包含的鹵素的數量及種類可以為一個或多個。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。該芳基還可以具有取代基，該取代基也可以彼此鍵合而形成環。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13的芳基。作為碳原子數為1至6的烷基，明確地說，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。作為碳原子數為3至6的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為6至13的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及芴基等。

【0249】<取代基的例子>

作為以上述通式（G2）至（G8）的R^1至R^4表示的烷基及芳基，例如可以使用以下述結構式（R-1）至（R-29）表示的基。注意，可以用作烷基及芳基的基不侷限於此。

【0250】



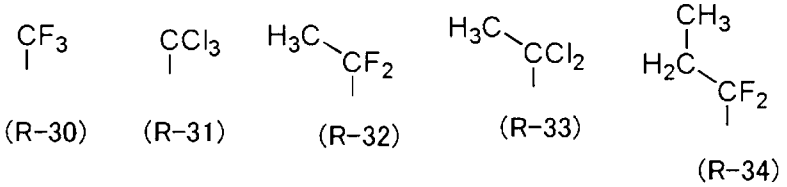
【0251】 此外，作為在通式（G1）至（G4）及（G7）中以Ar^1表示的芳基以及在通式（G1）中以Ar^2表示的芳基，例如可以使用以上述結構式（R-12）至（R-29）表示的基。注意，可以用作Ar^1及Ar^2的基不侷限於此。

【0252】 此外，作為以通式（G5）、（G6）及（G8）的R^7和R^{11}表示的烷基，例如可以使用以上述結構式（R-1）至（R-10）表示的基。注意，可以用作烷基的基不侷限於此。

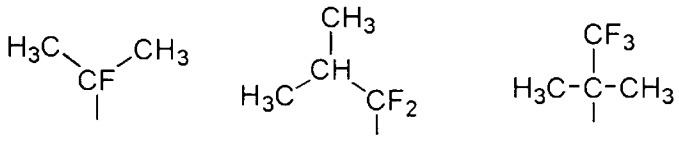
【0253】 此外，作為以通式（G5）、（G6）及（G8）的R^8至R^{10}表示的烷基或者取代或未取代的苯基，例如可以使用以上述結構式（R-1）至（R-22）表示的基。注意，可以用作烷基或苯基的基不侷限於此。

【0254】 此外，作為以上述通式（G3）至（G6）的R^5以及以通式（G4）、（G6）至（G8）的R^6表示的烷基、芳基或鹵代烷基，例如可以使用以上述結構式（R-1）至（R-29）以及以下述結構式（R-30）至（R-37）表示的基。注意，可以用作烷基、芳基或鹵代烷基的基不侷限於此。

【0255】



(R-30) (R-31) (R-32) (R-33) (R-34)

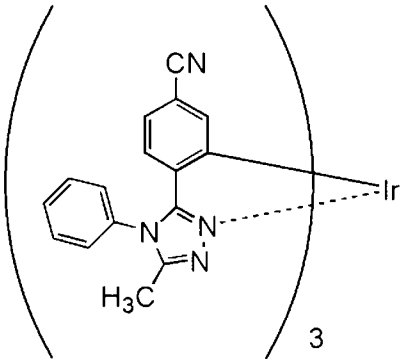


(R-35) (R-36) (R-37)

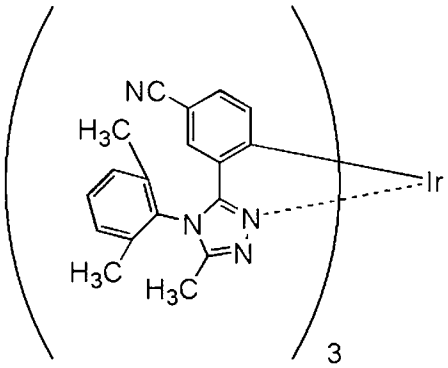
【0256】 <銥錯合物的具體例子>

作為以上述通式（G1）至（G8）表示的銥錯合物的具體結構，可以舉出以下述結構式（100）至（134）表示的化合物等。注意，以通式（G1）至（G8）表示的銥錯合物不侷限於下述例子。

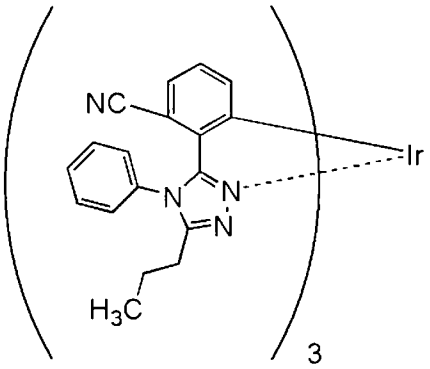
【0257】



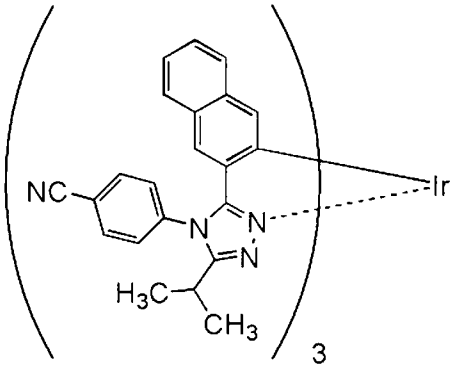
(100)



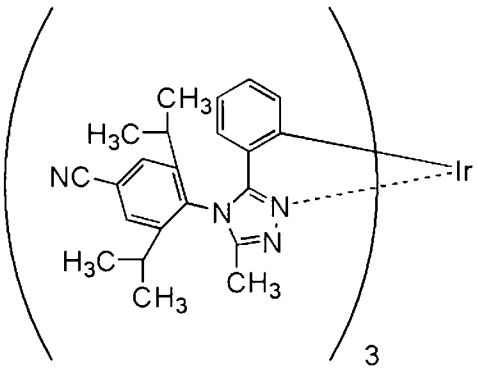
(101)



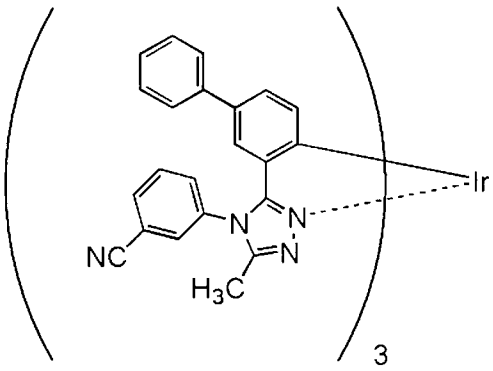
(102)



(103)

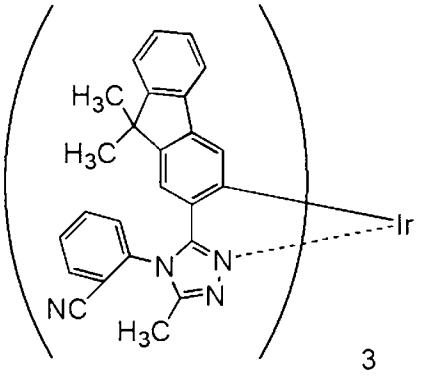


(104)

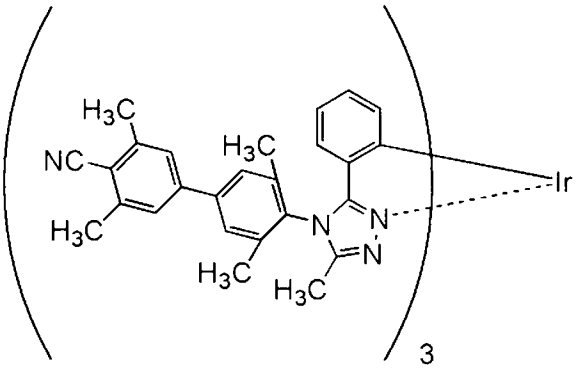


(105)

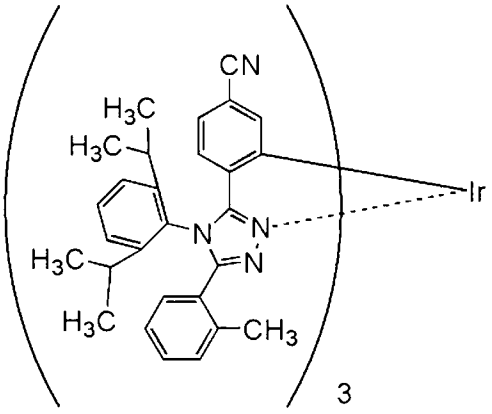
【0258】



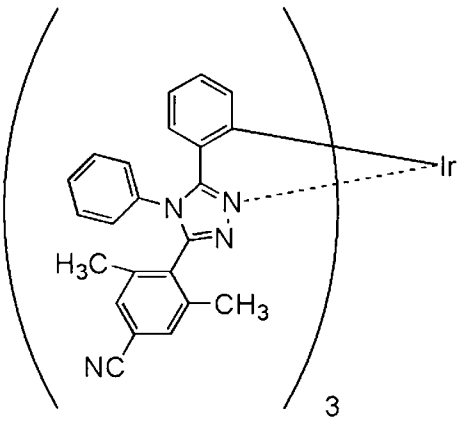
(106)



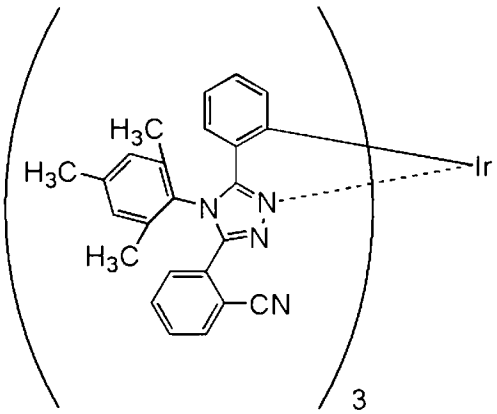
(107)



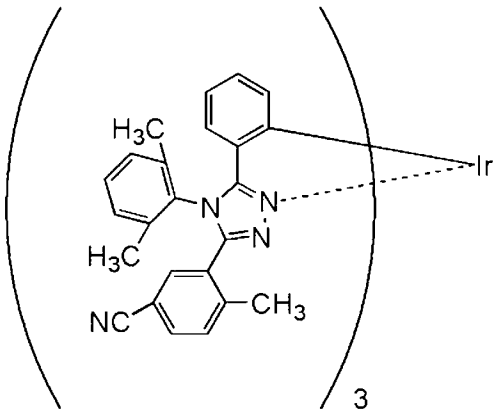
(108)



(109)

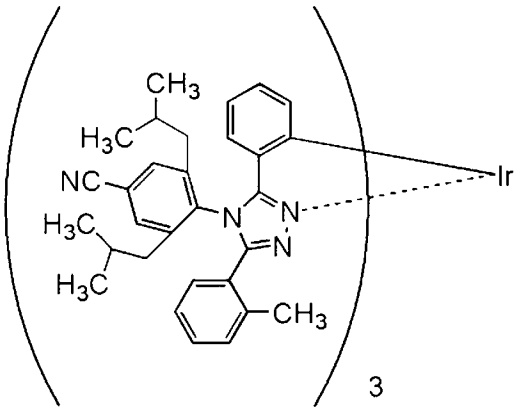


(110)

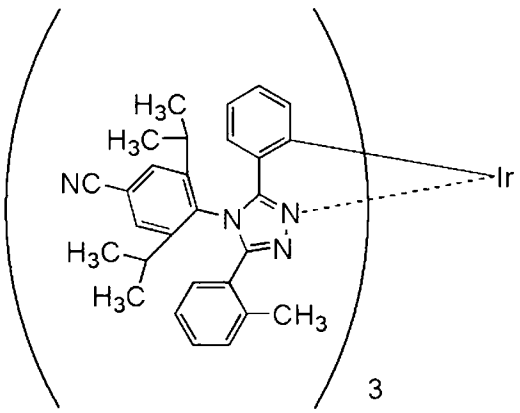


(111)

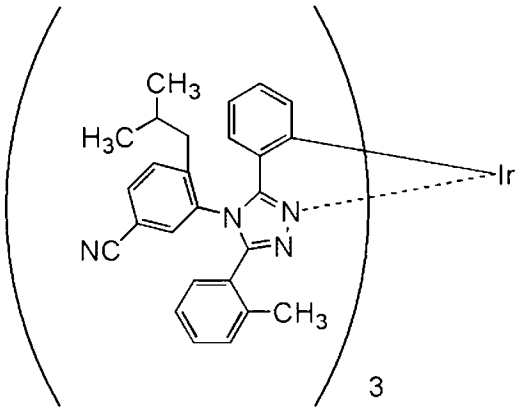
【0259】



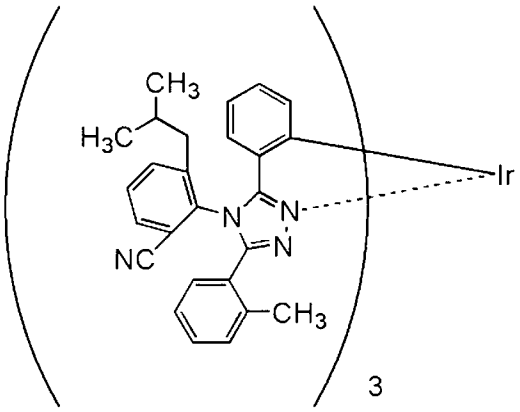
(112)



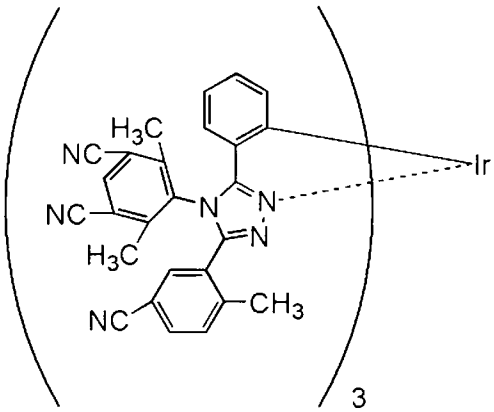
(113)



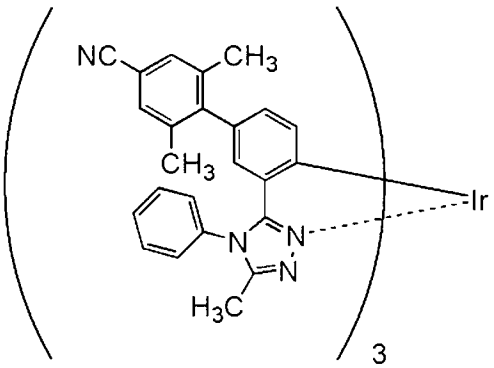
(114)



(115)

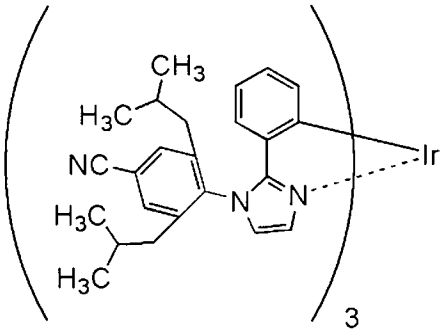


(116)

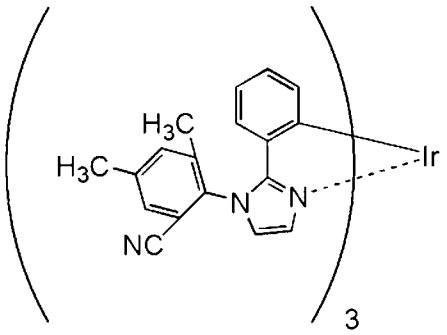


(117)

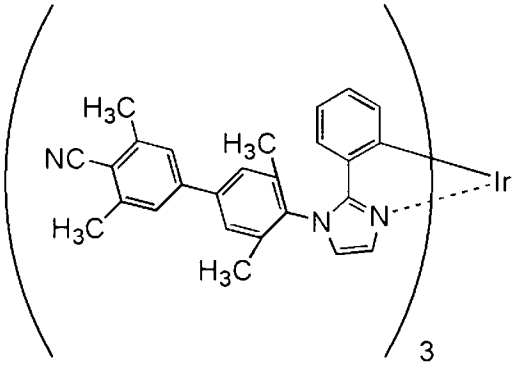
【0260】



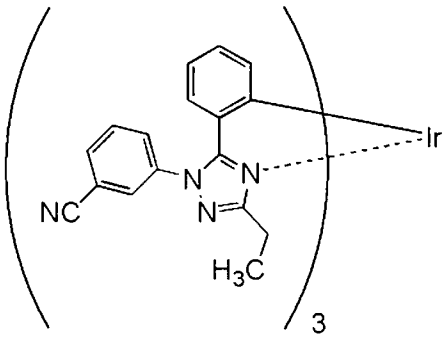
(118)



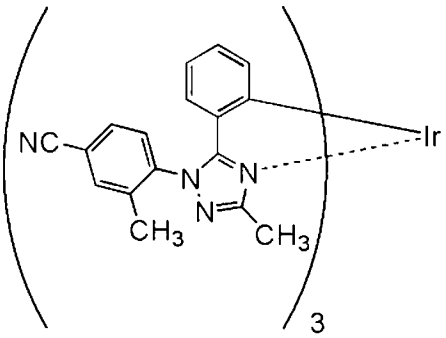
(119)



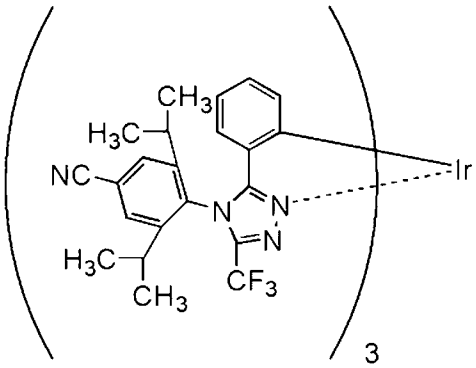
(120)



(121)

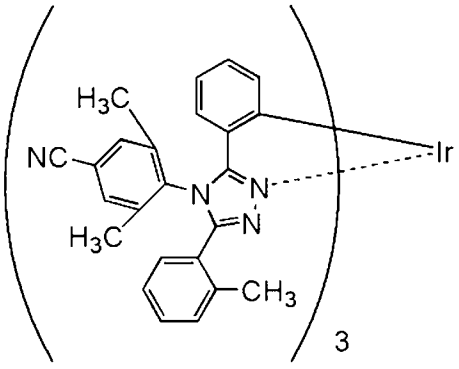


(122)

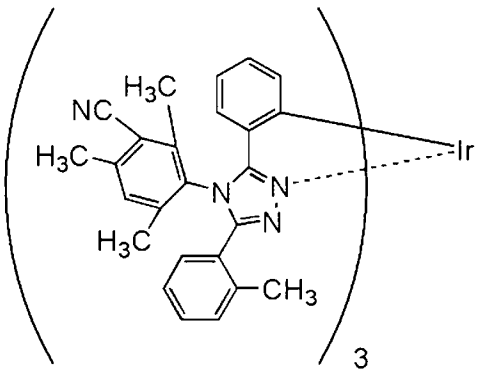


(123)

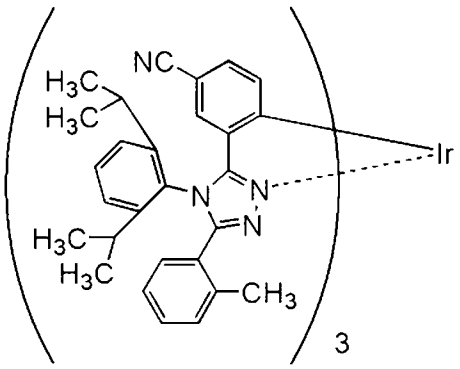
【0261】



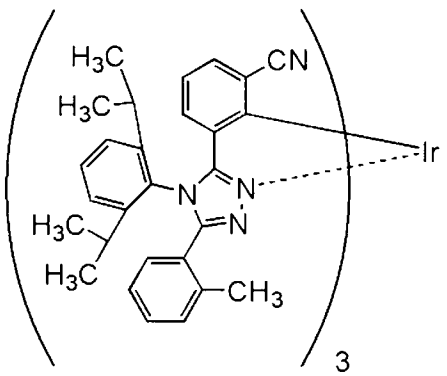
(124)



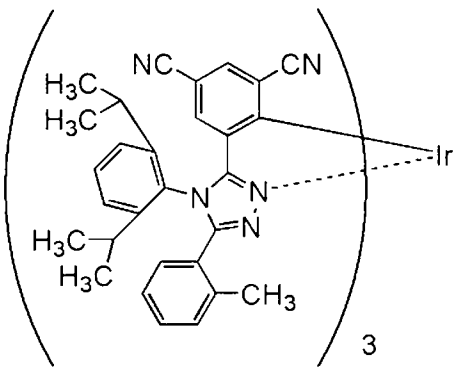
(125)



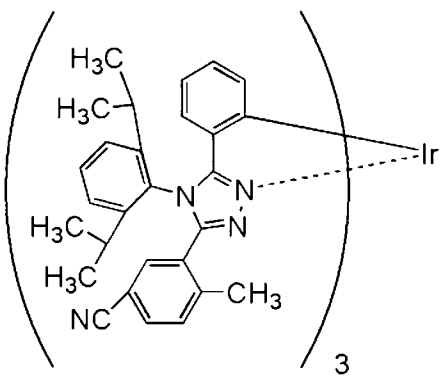
(126)



(127)

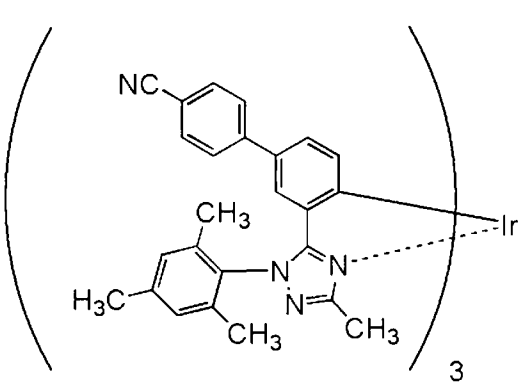


(128)

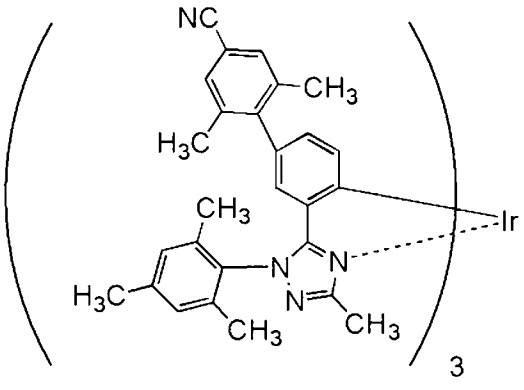


(129)

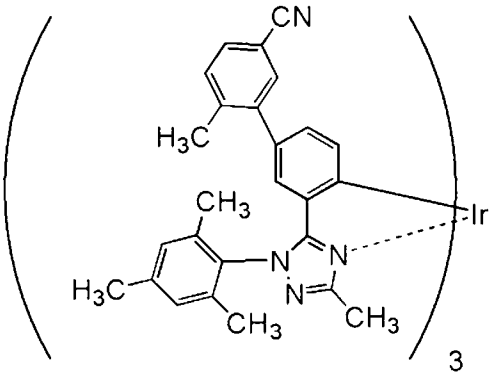
【0262】



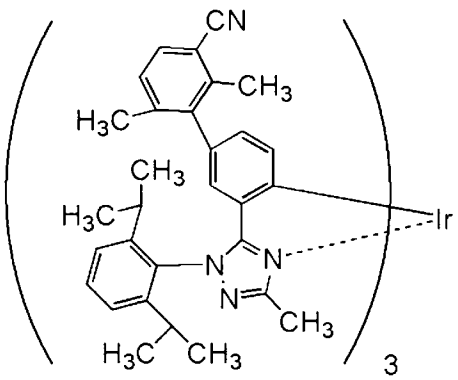
(130)



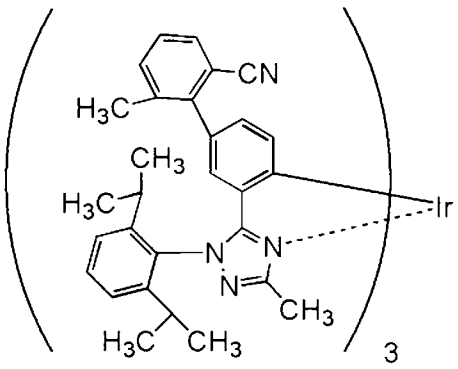
(131)



(132)



(133)



(134)

【0263】如上所述，由於本發明的一個實施方式的銥錯合物具有較低的HOMO能階及LUMO能階，所以適合於發光元件的客體材料。因此，可以製造發光效率良好的發光元件。另外，由於本發明的一個實施方式的銥錯合物具有高的三重激發能階，所以尤其適合於藍色發光元件的客體材料。因此，可以製造發光效率良好的藍色發光元件。此外，由於本發明的一個實施方式的銥錯合物對氧化及還原的反復具有高耐性，所以藉由將該銥錯合物用於發光元件，可

以製造驅動壽命長的發光元件。如上所述，本發明的一個實施方式的銥錯合物是適用於發光元件的材料。

【0264】 另外，可以利用蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗佈法、凹版印刷等的方法形成本發明的一個實施方式的銥錯合物。

【0265】 本實施方式所示的化合物可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

【0266】 實施方式3

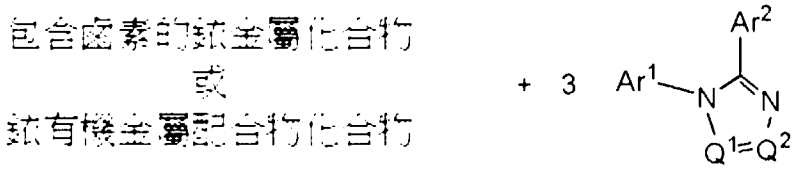
在本實施方式中，說明具有以通式（G1）、（G3）、（G4）及（G7）表示的結構的銥錯合物的合成方法的一個例子。作為銥錯合物的合成方法可以利用各種反應。例如，藉由進行下面所示的合成反應，可以合成以通式（G1）、（G3）、（G4）及（G7）表示的銥錯合物。注意，作為本發明的一個實施方式的銥錯合物的合成方法不侷限於下面的合成方法。

【0267】 <以通式（G1）表示的銥錯合物的合成方法>

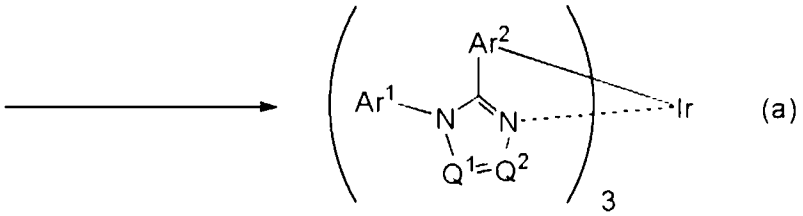
對具有以通式（G1）表示的結構的銥錯合物的合成方法的例子進行說明。

【0268】 如以下合成方案（a）所示那樣，在將以通式（G0）表示的含氮五員環衍生物與包含鹵素的銥金屬化合物（氯化銥水合物、六氯銥酸銨等）或銥有機金屬錯合物化合物（乙醯丙酮根錯合物、二乙硫醚錯合物等）混合之後進行加熱，從而可以得到具有以通式（G1）表示的結構的銥錯合物。此外，也可以在將以通式（G0）表示的含氮五員環衍生物和包含鹵素的銥金屬化合物或銥有機金屬錯合物化合物溶解在醇類溶劑（甘油、乙二醇、2-甲氧基乙醇、2-乙氧基乙醇等）中之後進行該加熱製程。

【0269】



(G0)

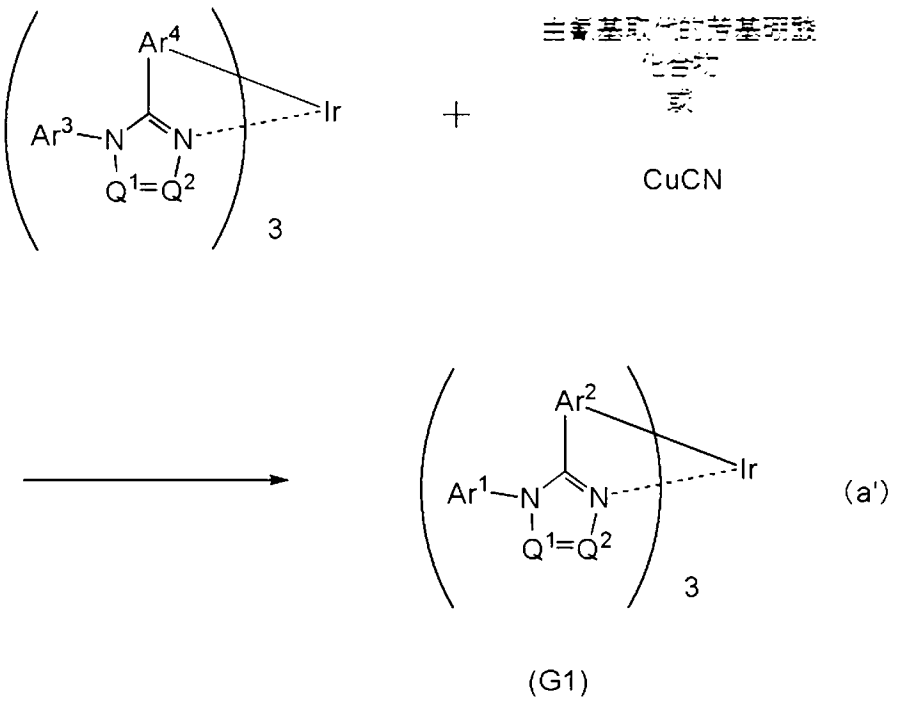


(G1)

【0270】在合成方案（a）中，Ar^1及Ar^2分別獨立地表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。Q^1及Q^2分別獨立地表示N或C-R，R表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基或碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。Q^1和Q^2中的至少一個具有C-R。以Ar^1及Ar^2表示的芳基和以R表示的芳基中的至少一個具有氰基。

【0271】注意，具有以通式（G1）表示的結構的銥錯合物的合成方法不侷限於合成方案（a）。例如，作為其他合成方法的一個例子，如下述合成方案（a'）所示，藉由使具有以Ar^3和Ar^4表示的芳基中的至少一個由鹵基取代的配體的銥錯合物與由氰基取代的芳基硼酸化合物或氰化銅起反應，可以得到具有以通式（G1）表示的結構的銥錯合物。另外，也可以使銥錯合物與由氰基取代的鹵化芳基起反應，該銥錯合物的配體為以Ar^3和Ar^4表示的芳基中的至少一個是硼酸、硼酸酯或環狀三醇硼酸鹽的化合物。

【0272】



(G1)

【0273】 在上述合成方案（a’）中，Ar^1及Ar^2分別獨立地表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。Q^1及Q^2分別獨立地表示N或C-R，R表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基或碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。Q^1和Q^2中的至少一個具有C-R。以Ar^1及Ar^2表示的芳基和以R表示的芳基中的至少一個具有氰基。

【0274】 如上所述，可以合成通式（G1）的銥錯合物。

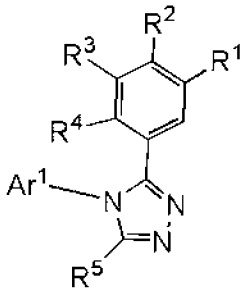
【0275】 <以通式（G3）表示的銥錯合物的合成方法>

接著，對具有以通式（G3）表示的結構的銥錯合物的合成方法的一個例子進行說明。

【0276】 <<1，2，4-三唑衍生物的合成方法>>

首先，對以下述通式（G0-X1）表示的1，2，4-三唑衍生物的合成方法的一個例子進行說明。

【0277】

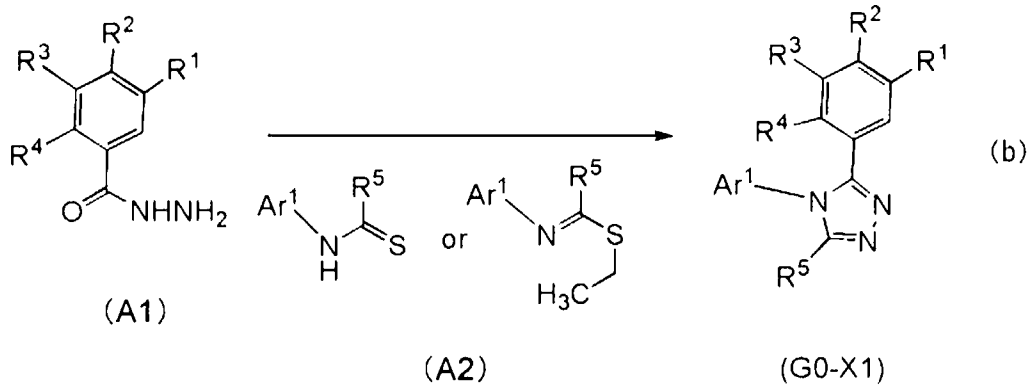


(G0-X1)

【0278】 在通式（G0-X1）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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、碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基和氰基中的任一個。R^5表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1及R^1至R^5表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0279】 如下述合成方案（b）所示，藉由使醯肼化合物（A1）與硫醚化合物或N-取代硫代醯胺化合物（A2）起反應，可以得到以通式（G0-X1）表示的1，2，4-三唑衍生物。在合成方案（b）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^5表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1及R^1至R^5表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

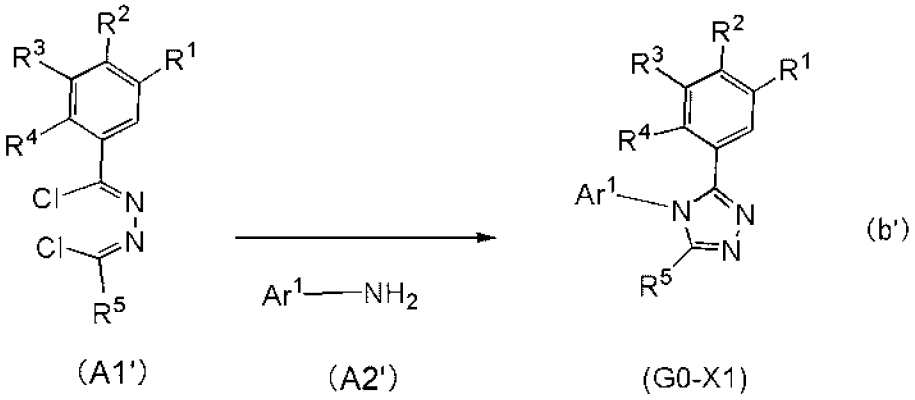
【0280】



(A1)　(A2)　(G0-X1)　(b)

【0281】 注意，以通式（G0-X1）表示的1，2，4-三唑衍生物的合成方法不侷限於合成方案（b）。例如，作為其他合成方法的一個例子，如下述合成方案（b’）所示，也有使二醯肼化合物（A1’）與伯胺化合物（A2’）起反應的方法。在合成方案（b’）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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、碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基和氰基中的任一個。R^5表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1及R^1至R^5表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0282】



【0283】 如上所述，以通式（G0-X1）表示的1，2，4-三唑衍生物可以藉由簡單的合成方案合成。

【0284】 然後，藉由與上述合成方案（a）同樣的合成方法，在將以通式（G0-X1）表示的1，2，4-三唑衍生物與包含鹵素的銥金屬化合物（氯化銥水合物、六氯銥酸銨等）或銥有機金屬錯合物化合物（乙醯丙酮根錯合物、二乙硫醚錯合物等）混合之後進行加熱，從而可以得到具有以通式（G3）表示的結構的銥錯合物。

【0285】 如上所述，可以合成通式（G3）的銥錯合物。

【0286】 此外，在本發明的一個實施方式中，為了得到銥錯合物，該銥錯合物是將以通式（G3）表示的1，2，4-三唑衍生物作為配體的鄰位金屬錯合物，也可以對以（G0-X1）表示的1，2，4-三唑衍生物的五位（亦即，R^5）導入取代基。尤其是，在作為R^5使用碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個的情況下，與作為R^5使用氫的情況相比，可以提高合成方案（a）中的產率，所以是較佳的。

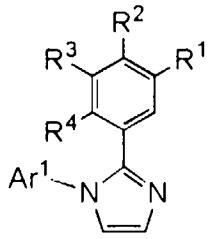
【0287】 <以通式（G4）表示的銥錯合物的合成方法>

接著，對具有以通式（G4）表示的結構的銥錯合物的合成方法的一個例子進行說明。

【0288】 <<咪唑衍生物的合成方法>>

首先，對以下述通式（G0-X2）表示的咪唑衍生物的合成方法的一個例子進行說明。

【0289】



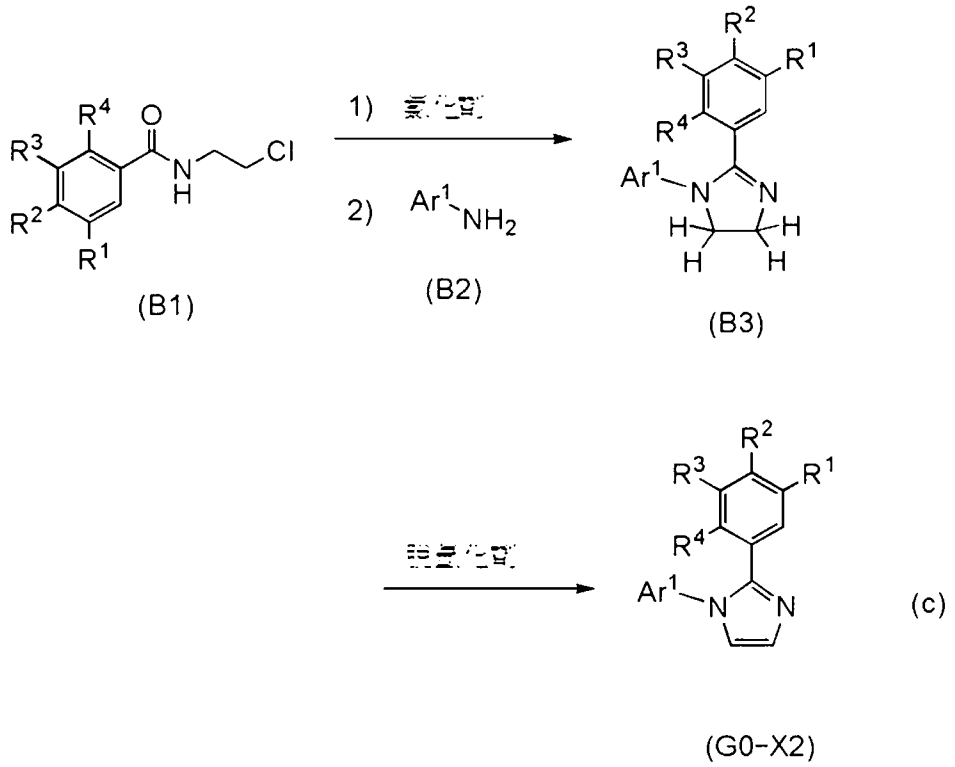
(G0-X2)

【0290】 在通式（G0-X2）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1及R^1至R^4表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0291】 如下述合成方案（c）所示，首先使N-（2-氯乙基）苯甲醯胺化合物（B1）與氯化劑起反應，然後與伯胺化合物（B2）起反應，由此可以得到中間體（B3）。作為氯化劑，可以舉出五氯化磷或磷醯氯等。並且，使中間體（B3）與脫氫化劑起反應，由此可以得到以通式（G0-X2）表示的咪唑衍生物。作為脫

氫化劑，可以舉出過錳酸鉀或苯醌衍生物等。在合成方案（c）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1及R^1至R^4表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

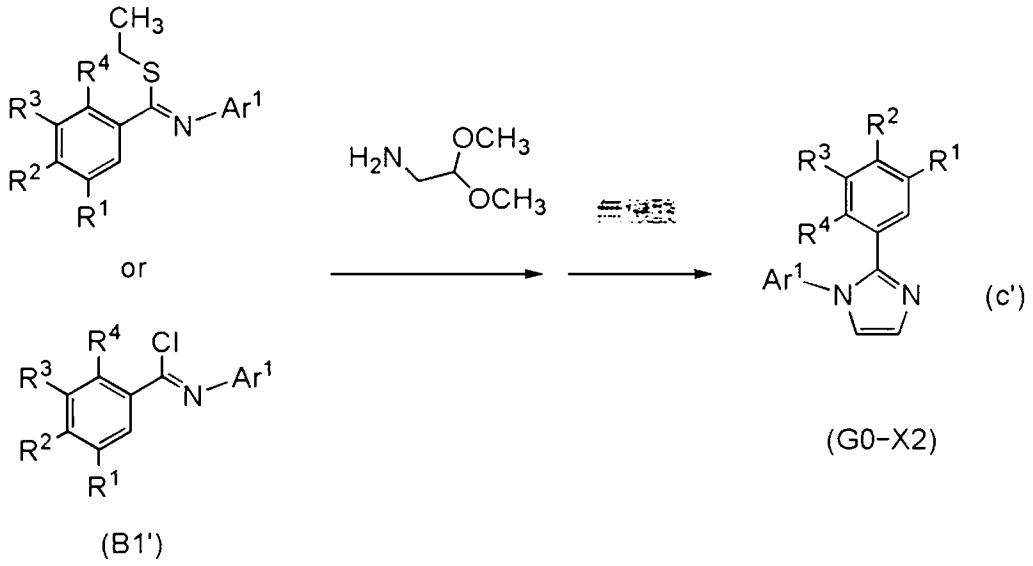
【0292】



【0293】注意，以通式（G0-X2）表示的咪唑衍生物的合成方法不侷限於合成方案（c）。例如，作為其他合成方法的一個例子，如下述合成方案（c’）所示，也有在使硫醚化合物或亞胺氯化物（imino chloride）化合物（B1’）與胺基乙醛二甲基縮醛（aminoacetaldehyde dimethyl acetal）起反應之後對其添加無機酸而起反應的方法。作為無機酸，可以舉出磷酸或鹽酸等。在合成方案（c’）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取

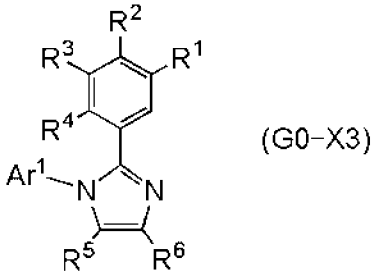
代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1及R^1至R^4表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0294】



【0295】接著，對以下述通式（G0-X3）表示的咪唑衍生物的合成方法的一個例子進行說明。

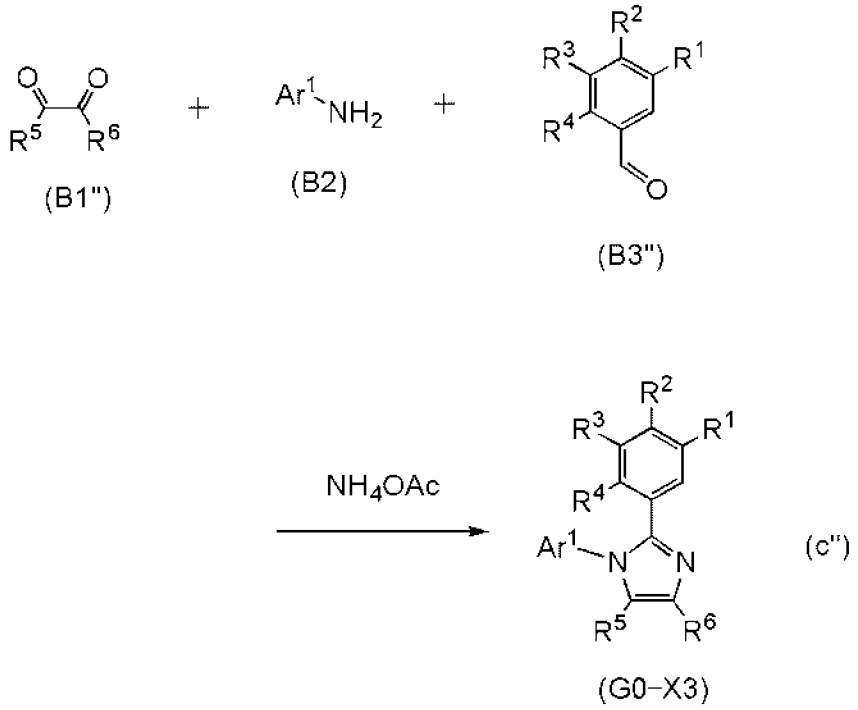
【0296】



【0297】在通式（G0-X3）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^5及R^6分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1及R^1至R^6表示的芳基和R^1至R^6中的至少一個具有氰基。

【0298】 如下述合成方案（c”）所示，也有混合β二酮化合物（B1”）、伯胺化合物（B2）、苯甲醛（benzaldehyde）化合物（B3”）及乙酸銨而起反應的方法。在合成方案（c”）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^5及R^6分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1及R^1至R^4表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0299】



【0300】 如上所述，以通式（G0-X3）表示的咪唑衍生物可以藉由簡單的合成方案合成。

【0301】 然後，藉由與上述合成方案（a）同樣的合成方法，在將以通式（G0-X3）表示的咪唑衍生物與包含鹵素的銥金屬化合物（氯化銥水合物、六氯銥酸銨等）或銥有機金屬錯合物化合物（乙醯丙酮根錯合物、二乙硫醚錯合物

等）混合之後進行加熱，從而可以得到具有以通式（G4）表示的結構的銥錯合物。

【0302】 如上所述，可以合成通式（G4）的銥錯合物。

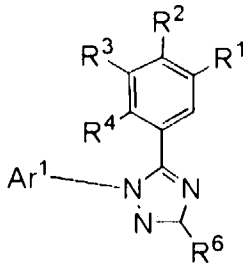
【0303】 <以通式（G7）表示的銥錯合物的合成方法>

接著，對具有以通式（G7）表示的結構的銥錯合物的合成方法的一個例子進行說明。

【0304】 <<1H-1，2，4-三唑衍生物的合成方法>>

首先，對以下述通式（G0-X4）表示的1H-1，2，4-三唑衍生物的合成方法的一個例子進行說明。

【0305】



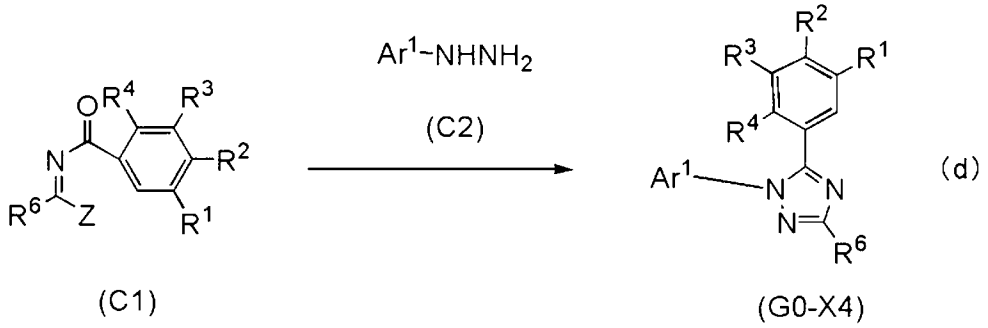
(G0-X4)

【0306】 在通式（G0-X4）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^6表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1、R^1至R^4及R^6表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0307】 如下述合成方案（d）所示，藉由使醯基脒（acylamidine）化合物（C1）與肼化合物（C2）起反應而可以得到1H-1，2，4-三唑衍生物。此外，式中的Z表示因閉環反應而脫離的基（脫離基），例如可以舉出烷氧基、烷硫基、

胺基、氰基等。在上述合成方案（d）中，Ar^1表示碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基。R^1至R^4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的環烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。R^6表示氫、碳原子數為1至6的烷基、碳原子數為1至6的鹵代烷基和碳原子數為6至13的取代或未取代的芳基中的任一個。另外，以Ar^1、R^1至R^4及R^6表示的芳基和R^1至R^4中的至少一個具有氰基。

【0308】



【0309】注意，1H-1，2，4-三唑衍生物的合成方法不侷限於合成方案（d）。如上所述，以通式（G0-X4）表示的1H-1，2，4-三唑衍生物可以藉由簡單的合成方案合成。

【0310】然後，藉由與上述合成方案（a）同樣的合成方法，在將以通式（G0-X4）表示的1H-1，2，4-三唑衍生物與包含鹵素的銥金屬化合物（氯化銥水合物、六氯銥酸銨等）或銥有機金屬錯合物化合物（乙醯丙酮根錯合物、二乙硫醚錯合物等）混合之後進行加熱，從而可以得到具有以通式（G7）表示的結構的銥錯合物。

【0311】本實施方式所示的化合物可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

【0312】實施方式4

在本實施方式中，參照圖3A和圖3B對在實施方式2中說明的使用銥錯合物的發光元件的結構實例進行說明。

【0313】 <發光元件的結構實例>

圖3A是本發明的一個實施方式的發光元件152的剖面示意圖。

【0314】 發光元件152在一對電極之間包括EL層100，在EL層100的一個層中包含在實施方式2中說明的銥錯合物。

【0315】 另外，EL層100至少包括發光層140。作為EL層100的結構，可以採用除了發光層140之外還包括實施方式1所示的電洞注入層111、電洞傳輸層112、電子傳輸層118、電子注入層119的結構。注意，EL層100的疊層結構不侷限於此。

【0316】 此外，作為本實施方式中的一對電極（電極101及電極102）、電洞注入層111、電洞傳輸層112、電子傳輸層118、電子注入層119，可以使用實施方式1所記載的材料。

【0317】 另外，圖3B是示出發光元件152所包括的發光層140的一個例子的剖面示意圖。發光層140包含主體材料141和客體材料142。作為主體材料141可以使用實施方式1中的主體材料131所記載的材料。也就是說，作為主體材料141所包含的有機化合物141_1及有機化合物141_2分別可以使用實施方式1中的有機化合物131_1及有機化合物131_2所記載的材料。

【0318】 此外，因為實施方式2所說明的銥錯合物具有較低的HOMO能階及LUMO能階，所以適合於本發明的一個實施方式的發光元件的客體材料。也就是說，藉由將實施方式2所說明的銥錯合物用於發光元件152的客體材料142，可以製造發光效率高的發光元件。另外，由於該銥錯合物的三重激發能階較高，所以可以製造發光效率高的呈現藍色的發光元件。因此，藉由採用本實施方式的結構，可以製造發光效率高且在藍色波長範圍中具有發射光譜峰值的發光元

件。此外，由於該銥錯合物對氧化及還原的反復具有高耐性，所以可以製造驅動壽命長的發光元件。

【0319】 另外，與圖2A和圖2B所示的發光機制同樣，客體材料142的HOMO能階較佳為低於有機化合物141_2的HOMO能階，並且客體材料142的LUMO能階較佳為高於有機化合物141_1的LUMO能階。由於實施方式2所示的銥錯合物具有較低的HOMO能階及LUMO能階，所以可以適用於上述結構的客體材料。也就是說，以客體材料142的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差大於有機化合物141_1的LUMO能階與有機化合物141_2的HOMO能階之間的能量差的方式選擇有機化合物141_1、有機化合物141_2及客體材料142即可，作為該客體材料142較佳為使用實施方式2所示的銥錯合物。藉由採用上述結構，可以抑制由客體材料142與有機化合物141_1或有機化合物141_2形成激態錯合物，由此可以製造發光效率高的發光元件。

【0320】 另外，實施方式2所示的銥錯合物具有將三重激發能轉換為發光的功能。由此，該銥錯合物能夠呈現其能量小於LUMO能階與HOMO能階之間的能量差的發光。因此，如果該銥錯合物所呈現的發光或吸收的能量小於有機化合物141_1的LUMO能階與有機化合物141_2的HOMO能階之間的能量差，則即使在該銥錯合物的LUMO能階與HOMO能階之間的能量差大於有機化合物141_1的LUMO能階與有機化合物141_2的HOMO能階之間的能量差的情況下，激發能也可以從由有機化合物141_1和有機化合物141_2形成的激態錯合物轉移到該銥錯合物，由此可以從該銥錯合物得到發光。

【0321】 另外，客體材料142的氧化電位較佳為高於有機化合物141_2的氧化電位，並且客體材料142的還原電位較佳為低於有機化合物141_1的還原電位。由於實施方式2所示的銥錯合物具有較高的氧化電位及還原電位，所以可以適用於上述結構的客體材料。藉由採用上述結構，可以抑制由客體材料142與有

機化合物141_1或有機化合物141_2形成激態錯合物，由此可以製造發光效率高的發光元件。藉由利用循環伏安法（CV）法而測量氧化電位及還原電位。

【0322】 發光層140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140的情況下，可以將具有電洞傳輸性的物質用作第一發光層的主體材料，並且將具有電子傳輸性的物質用作第二發光層的主體材料。另外，第一發光層和第二發光層所包含的發光材料也可以是相同或不同的材料。另外，第一發光層和第二發光層所包含的發光材料既可以是具有呈現相同顏色的發光的功能的材料，又可以是具有呈現不同顏色的發光的功能的材料。藉由作為兩層的發光層分別使用具有呈現彼此不同顏色的發光的功能的發光材料，可以同時得到多個發光。尤其是，較佳為選擇用於各發光層的發光材料，以便藉由組合兩層發光層所發射的光而能夠得到白色發光。

【0323】 另外，在發光層140中也可以包含主體材料141及客體材料142以外的材料。

【0324】 另外，可以利用蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗佈法、凹版印刷等的方法形成發光層140。此外，除了上述材料以外，也可以包含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）。

【0325】 注意，關於本實施方式所示的發光元件152中的其他結構，可以參照實施方式1所示的發光元件150的結構。

【0326】 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

【0327】 實施方式5

在本實施方式中，參照圖4對具有與實施方式1及實施方式4所示的結構不同的結構的發光元件進行說明。注意，在圖4中使用與圖1A相同的陰影線示出具有與圖

1A相同的功能的部分，而有時省略元件符號。此外，具有與圖1A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。

【0328】 圖4是發光元件250的剖面示意圖。

【0329】 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）。多個發光單元中的一個較佳為具有與圖1A和圖1B或圖3A和圖3B所示的EL層100同樣的結構。也就是說，圖1A和圖1B所示的發光元件150及圖3A和圖3B所示的發光元件152較佳為具有一個發光單元，而發光元件250較佳為具有多個發光單元。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。

【0330】 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，較佳為將圖1A和圖1B或圖3A和圖3B所示的EL層100適用於發光單元108。

【0331】 另外，發光元件250包括發光層170和發光層180。另外，發光單元106除了發光層170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。此外，發光單元108除了發光層180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。

【0332】 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，又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。

【0333】 當電荷產生層115包含由有機化合物與受體性物質構成的複合材料時，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、咔唑化合物、芳烴、高分

子化合物（低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等）等各種化合物。另外，作為有機化合物，較佳為使用其電洞移動率為$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的有機化合物。但是，只要是其電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用這些以外的物質。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那樣，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還可以具有該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具有不設置電洞注入層或電洞傳輸層的結構。

【0334】 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。

【0335】 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。

【0336】 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即使其導電率小於一對電極（電極101及電極102）也發揮作用。

【0337】 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。

【0338】 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。

【0339】 另外，藉由將實施方式1和實施方式4所示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。

【0340】 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（發光材料）既可以相同又可以不同。當發光單元106和發光單元108包含具有呈現相同顏色的功能的客體材料時，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包含具有呈現彼此不同顏色的發光的功能的客體材料時，發光元件250成為呈現多色發光的發光元件，所以是較佳的。此時，由於藉由作為發光層170和發光層180中的一個或兩個使用發光波長不同的多個發光物質，合成具有不同的發光峰值的光，因此發光元件250所呈現的發射光譜具有至少兩個峰值。

【0341】 上述結構適合用來獲得白色發光。藉由使發光層170與發光層180的光為互補色的關係，可以獲得白色發光。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。

【0342】 此外，也可以將發光層170和發光層180中的任一個或兩個進一步分割為層狀並使該被分割的層的每一個都含有不同的發光材料。也就是說，發光層170和發光層180中的一個或兩個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的情況下，可以將具有電洞傳輸性的物質用作第一發光層的主體材料，並且將具有電子傳輸性的物質用作第二發光層的主體材料。在此情況下，第一發光層和第二

發光層所包含的發光材料也可以是相同或不同的材料。另外，第一發光層和第二發光層所包含的發光材料既可以是具有呈現相同顏色的發光的功能的材料，又可以是具有呈現不同顏色的發光的功能的材料。藉由採用具有呈現彼此不同顏色的發光的功能的多個發光材料的結構，也可以得到由三原色或四種以上的發光顏色構成的演色性高的白色發光。

【0343】 作為能夠用於發光層170及發光層180的材料，援用能夠用於上述實施方式1所示的發光層130及實施方式4所示的發光層140的材料即可。此外，作為客體材料，較佳為包含實施方式2所示的銥錯合物。由此，可以製造發光效率高的發光元件。

【0344】 另外，可以利用蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗佈法、凹版印刷等的方法形成發光單元106、發光單元108及電荷產生層115。

【0345】 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

【0346】 實施方式6

在本實施方式中，參照圖5A至圖8C說明具有與實施方式1、實施方式4及實施方式5所示的結構不同的結構的發光元件的例子。

【0347】 <發光元件的結構例子1>

圖5A及圖5B是示出本發明的一個實施方式的發光元件的剖面圖。在圖5A及圖5B中使用與圖1A相同的陰影線示出具有與圖1A相同的功能的部分，而有時省略元件符號。此外，具有與圖1A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。

【0348】 圖5A及圖5B所示的發光元件260a及發光元件260b既可以是經過基板200提取光的底面發射（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。

【0349】 當發光元件260a及發光元件260b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260a及發光元件260b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。

【0350】 發光元件260a及發光元件260b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。

【0351】 另外，作為電極101的結構的一部分，發光元件260b包括導電層101a、導電層101a上的導電層101b、導電層101a下的導電層101c。也就是說，發光元件260b具有導電層101a被導電層101b與導電層101c夾持的電極101的結構。

【0352】 在發光元件260b中，導電層101b與導電層101c既可以由不同的材料形成，又可以由相同的材料形成。當電極101具有由相同的導電性材料夾持的結構時，容易藉由電極101的形成過程中的蝕刻製程進行圖案形成，所以是較佳的。

【0353】 此外，在發光元件260b中，也可以僅包括導電層101b和導電層101c中的任一個。

【0354】 另外，電極101所包括的導電層101a、101b、101c都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。

【0355】 在圖5A及圖5B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。

【0356】 此外，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。

【0357】 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樹脂材料。

【0358】 注意，氧氮化矽膜是指其組成中氧含量多於氮含量的膜，較佳為在55atoms%以上且65atoms%以下、1atoms%以上且20atoms%以下、25atoms%以上且35atoms%以下、0.1atoms%以上且10atoms%以下的濃度範圍內分別包含氧、氮、矽和氫。氮氧化矽膜是指其組成中氮含量多於氧含量的膜，較佳為在55atoms%以上且65atoms%以下、1atoms%以上且20atoms%以下、25atoms%以上且35atoms%以下、0.1atoms%以上且10atoms%以下的濃度範圍內分別包含氮、氧、矽和氫。

【0359】 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260a或發光元件260b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。

【0360】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包含實施方式1所示的發光層130和實施方式4所示的發光層140中的至少一個。此外，作為發光材料，較佳為包含實施方式2所示的銥錯合物。由此，可以製造發光效率良好的發光元件。

【0361】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。

【0362】如上所述，藉由使至少一個發光層包含實施方式1及實施方式4所示的發光層的結構或實施方式2所示的發光材料，並且將包括該發光層的發光元件260a或發光元件260b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260a或發光元件260b的顯示裝置可以減少功耗。

【0363】另外，藉由在提取光的電極的提取光的方向上設置發光元件（例如，濾色片、偏光板、反射防止膜），可以提高發光元件260a及發光元件260b的色純度。因此，可以提高包括發光元件260a或發光元件260b的顯示裝置的色純度。另外，可以減少發光元件260a及發光元件260b的外光反射。因此，可以提高包括發光元件260a或發光元件260b的顯示裝置的對比度。

【0364】注意，關於發光元件260a及發光元件260b中的其他結構，參照實施方式1、實施方式4及實施方式5中的發光元件的結構即可。

【0365】<發光元件的結構例子2>

下面，參照圖6A及圖6B說明與圖5A及圖5B所示的發光元件不同的結構例子。

【0366】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5A及圖5B相同的陰影線示出具有與圖5A及圖5B相同的功能的部分，而有時省略元件符號。此外，具有與圖5A及圖5B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。

【0367】 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是經過基板200提取光的底面發射（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有發光元件的基板200的上方及下方的兩者的雙面發射（雙發射）型發光元件。

【0368】 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。此外，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170、發光層190及電荷產生層115。此外，還包括電洞注入層111、電洞傳輸層112、電子傳輸層113、電子注入層114、電洞注入層116、電洞傳輸層117、電子傳輸層118、電子注入層119。

【0369】 電極101包括導電層101a、在導電層101a上並與其接觸的導電層101b。此外，電極103包括導電層103a、在導電層103a上並與其接觸的導電層103b。電極104包括導電層104a、在導電層104a上並與其接觸的導電層104b。

【0370】 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之間都包括分隔壁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。

【0371】 藉由使用對電洞傳輸性材料添加電子受體（受體）的材料或對電子傳輸性材料添加電子予體（施體）的材料，可以形成電荷產生層115。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而產生的載子流過相鄰的像素，所以有時相鄰的像素會產生發光。因此，為了抑制相鄰

的像素不正常地產生發光，電荷產生層115較佳為由導電率低於一對電極的材料形成。

【0372】 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。

【0373】 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。

【0374】 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。此外，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。

【0375】 另外，也可以在光學元件224R、光學元件224G及光學元件224B上重疊地設置一個或多個其他光學元件。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。

【0376】 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。

【0377】 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。此外，也可以採用不設置遮光層223的結構。

【0378】 遮光層223具有抑制外光的反射的功能。或者，遮光層223具有防止從相鄰的發光元件發射出的光混有顏色的功能。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。

【0379】 另外，光學元件224B與光學元件224G也可以在與遮光層223重疊的區域中具有彼此重疊的區域。另外，光學元件224G與光學元件224R也可以在與遮光層223重疊的區域中具有彼此重疊的區域。另外，光學元件224R與光學元件224B也可以在與遮光層223重疊的區域中具有彼此重疊的區域。

【0380】 另外，關於基板200及具有光學元件的基板220的結構，參照實施方式1即可。

【0381】 並且，發光元件262a及發光元件262b具有微腔結構。

【0382】 <<微腔結構>>

從發光層170及發光層190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170及發光層190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170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170的發光區域的光學距離，可以增強從發光層170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190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190的發光區域的光學距離，可以增強從發光層190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170及發光層190）的發光元件時，較佳為分別將發光層170及發光層190的光學距離最佳化。

【0383】 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170及發光層190所發射的光中的所希望的波長的光。此外，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170及發光層190發射的光。

【0384】 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170或發光層190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。

【0385】 例如，在難以嚴密地決定電極101至電極104的反射區域的情況下，藉由假定將電極101至電極104的反射區域設定為反射區域，可以導出增強從發光層170或發光層190射出的光的光學距離。另外，在難以嚴密地決定發光層170及發光層190的發光區域的情況下，藉由假定將發光層170及發光層190的任一區域設定為發光區域，可以導出增強從發光層170及發光層190射出的光的光學距離。

【0386】 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。

【0387】 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。當使用相同材料形成導電層101b、導電層103b、導電層104b時，使藉由電極101、電極103及電極104的形成過程中的蝕刻製程的圖案的形成變得容易，所以是較佳的。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。

【0388】 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。

【0389】 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。

【0390】 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。

【0391】 另外，發光元件262a及發光元件262b中的發光層170和發光層190中的至少一個較佳為具有實施方式1及實施方式4所示的結構中的至少一個。此外，作為發光材料，較佳為包含實施方式2所示的銥錯合物。由此，可以製造發光效率高的發光元件。

【0392】 例如，發光層170及發光層190可以具有如發光層190a及發光層190b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化合物及第二化合物這兩種具有發射不同顏色的功能的發光材料，可以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170和發光層190所發射的光而能夠得到白色發光。

【0393】 發光層170和發光層190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。

【0394】 如上所述，藉由將具有實施方式1及實施方式4所示的發光層的結構中的至少一個的發光元件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。

【0395】 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260a或發光元件260b或者實施方式1、實施方式4及實施方式5所示的發光元件的結構即可。

【0396】 <發光元件的製造方法>

接著，參照圖7A至圖8C對本發明的一個實施方式的發光元件的製造方法進行說明。在此，對圖6A所示的發光元件262a的製造方法進行說明。

【0397】 圖7A至圖8C是說明本發明的一個實施方式的發光元件的製造方法的剖面圖。

【0398】 下面將說明的發光元件262a的製造方法包括第一步驟至第七步驟的七個步驟。

【0399】 <<第一步驟>>

第一步驟是如下製程：將發光元件的電極（具體為構成電極101的導電層101a、構成電極103的導電層103a以及構成電極104的導電層104a）形成在基板200上（參照圖7A）。

【0400】 在本實施方式中，在基板200上形成具有反射光的功能的導電層，將該導電層加工為所希望的形狀，由此形成導電層101a、導電層103a及導電層104a。作為上述具有反射光的功能的導電層，使用銀、鈀及銅的合金膜（也

稱為Ag-Pd-Cu膜或APC）。如此，藉由經過對同一導電層進行加工的製程形成導電層101a、導電層103a、及導電層104a，可以降低製造成本，所以是較佳的。

【0401】 此外，也可以在第一步驟之前在基板200上形成多個電晶體。此外，上述多個電晶體可以與導電層101a、導電層103a及導電層104a分別電連接。

【0402】 <<第二步驟>>

第二步驟是如下製程：在構成電極101的導電層101a上形成具有透過光的功能的導電層101b；在構成電極103的導電層103a上形成具有透過光的功能的導電層103b；以及在構成電極104的導電層104a上形成具有透過光的功能的導電層104b（參照圖7B）。

【0403】 在本實施方式中，在具有反射光的功能的導電層101a、103a及104a上分別形成具有透過光的功能的導電層101b、103b及104b，由此形成電極101、電極103及電極104。作為上述導電層101b、103b及104b使用ITSO膜。

【0404】 另外，具有透過光的功能的導電層101b、103b及104b也可以分為多次來形成。藉由分為多次形成，可以以在各區域中實現適當的微腔結構的膜厚度來形成導電層101b、103b及104b。

【0405】 <<第三步驟>>

第三步驟是形成覆蓋發光元件的各電極的端部的分隔壁145的製程（參照圖7C）。

【0406】 分隔壁145包括與電極重疊的開口部。由於該開口部而露出的導電膜被用作發光元件的陽極。在本實施方式中，作為分隔壁145使用聚醯亞胺樹脂。

【0407】 另外，在第一步驟至第三步驟中沒有損傷EL層（包含有機化合物的層）的可能性，由此可以使用各種各樣的成膜方法及微細加工技術。在本實施方式中，利用濺射法形成反射導電層，利用光微影法在該導電層上形成圖案，然後利用乾蝕刻法或濕蝕刻法將該導電層加工為島狀，來形成構成電極101的導

電層101a、構成電極103的導電層103a以及構成電極104的導電層104a。然後，利用濺射法形成具有透明性的導電膜，利用光微影法在該具有透明性的導電膜上形成圖案，然後利用濕蝕刻法將該具有透明性的導電膜加工為島狀，來形成電極101、電極103以及電極104。

【0408】 <<第四步驟>>

第四步驟是形成電洞注入層111、電洞傳輸層112、發光層190、電子傳輸層113、電子注入層114及電荷產生層115的製程（參照圖8A）。

【0409】 洞傳輸性材料和包含受體性物質的材料，可以形成電洞注入層111。注意，共蒸鍍是指使多個不同的物質分別從不同的蒸發源同時蒸發的蒸鍍法。藉由蒸鍍電洞傳輸性材料，可以形成電洞傳輸層112。

【0410】 藉由蒸鍍發射選自紫色、藍色、藍綠色、綠色、黃綠色、黃色、橙色和紅色中至少一個的光的客體材料，可以形成發光層190。作為客體材料，可以使用發射螢光或磷光的發光有機化合物。另外，較佳為使用實施方式1及實施方式4所示的發光層的結構。另外，發光層190也可以是雙層結構。此時，兩個發光層較佳為具有彼此發射不同顏色的發光物質。

【0411】 藉由蒸鍍電子傳輸性高的物質，可以形成電子傳輸層113。另外，藉由蒸鍍電子注入性高的物質，可以形成電子注入層114。

【0412】 藉由蒸鍍對電洞傳輸性材料添加有電子受體（受體）的材料或對電子傳輸性材料添加有電子予體（施體）的材料，可以形成電荷產生層115。

【0413】 <<第五步驟>>

第五步驟是形成電洞注入層116、電洞傳輸層117、發光層170、電子傳輸層118、電子注入層119以及電極102的製程（參照圖8B）。

【0414】藉由利用與上面所示的電洞注入層111相同的材料及方法，可以形成電洞注入層116。另外，藉由利用與上面所示的電洞傳輸層112相同的材料及方法，可以形成電洞傳輸層117。

【0415】藉由蒸鍍發射選自紫色、藍色、藍綠色、綠色、黃綠色、黃色、橙色和紅色中至少一個的光的客體材料，可以形成發光層170。客體材料可以使用呈現螢光或磷光的發光有機化合物。此外，較佳為使用實施方式1及實施方式4所示的發光層的結構。另外，發光層170和發光層190中的至少一個較佳為具有實施方式1及實施方式4所示的發光層的結構。此外，發光層170及發光層190較佳為包含具有呈現彼此不同的發光的功能的發光有機化合物。

【0416】作為電子傳輸層118，可以利用與上述電子傳輸層113同樣的材料及同樣的方法形成。另外，作為電子注入層119，可以利用與上述電子注入層114同樣的材料及同樣的方法形成。

【0417】藉由層疊具有反射性的導電膜與具有透光性的導電膜，可以形成電極102。電極102可以採用單層結構或疊層結構。

【0418】藉由上述製程，在基板200上形成發光元件，該發光元件在電極101、電極103及電極104上分別包括區域222B、區域222G及區域222R。

【0419】<<第六步驟>>

第六步驟是在基板220上形成遮光層223、光學元件224B、光學元件224G及光學元件224R的製程（參照圖8C）。

【0420】將包含黑色顏料的樹脂膜形成在所希望的區域中，來形成遮光層223。然後，在基板220及遮光層223上形成光學元件224B、光學元件224G、光學元件224R。將包含藍色顏料的樹脂膜形成在所希望的區域中，來形成光學元件224B。將包含綠色顏料的樹脂膜形成在所希望的區域中，來形成光學元件224G。將包含紅色顏料的樹脂膜形成在所希望的區域中，來形成光學元件224R。

【0421】 <<第七步驟>>

第七步驟是如下製程：將形成在基板200上的發光元件、形成在基板220上的遮光層223、光學元件224B、光學元件224G及光學元件224R貼合，並使用密封劑來密封（未圖示）。

【0422】 藉由上述製程，可以形成圖6A所示的發光元件262a。

【0423】 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。

【0424】 實施方式7

在本實施方式中，參照圖9A至圖17B說明本發明的一個實施方式的顯示裝置。

【0425】 <顯示裝置的結構實例1>

圖9A是示出顯示裝置600的俯視圖，圖9B是沿圖9A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。

【0426】 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。

【0427】 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）。

【0428】 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的同一表面上設置在基板上形成有驅動電路部的驅動器和像素的

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。

【0429】 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。

【0430】 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（0.2μm以上且3μm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。

【0431】 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（off-state current），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）、鑭（La）、鈰（Ce）、錫（Sn）、鉿（Hf）或釹（Nd））等。

【0432】 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。

【0433】 另外，EL層616藉由使用蒸鍍遮罩的蒸鍍法、噴墨法、旋轉塗佈法等各種方法形成。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）。

【0434】 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較佳為具有構成實施方式1、實施方式4至實施方式6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、實施方式4至實施方式6中記載的發光元件以及具有其他結構的發光元件。

【0435】 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（氮或氬等）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。

【0436】 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。此外，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6所示的光學元件及遮光層同樣的結構。

【0437】 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。

【0438】 藉由上述步驟，可以得到包括實施方式1、實施方式4至實施方式6所記載的發光元件及光學元件的顯示裝置。

【0439】 <顯示裝置的結構實例2>

下面，參照圖10A和圖10B及圖11對顯示裝置的其他例子進行說明。另外，圖10A和圖10B及圖11是本發明的一個實施方式的顯示裝置的剖面圖。

【0440】 圖10A示出基板1001、基底絕緣膜1002、閘極絕緣膜1003、閘極電極1006、1007、1008、第一層間絕緣膜1020、第二層間絕緣膜1021、周邊部1042、像素部1040、驅動電路部1041、發光元件的下部電極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。

【0441】 另外，在圖10A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10A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。

【0442】 圖10B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。

【0443】 在圖11中，作為光學元件的一個例子，示出彩色層（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之間的例子。如此，彩色層也可以設置在基板1001和密封基板1031之間。

【0444】 另外，雖然以上說明了具有經過形成有電晶體的基板1001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經過密封基板1031提取光的結構（頂部發射型）的顯示裝置。

【0445】 <顯示裝置的結構實例3>

圖12A和圖12B示出頂部發射型顯示裝置的剖面圖的一個例子。圖12A和圖12B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10A和圖10B及圖11所示的驅動電路部1041、周邊部1042等。

【0446】 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。

【0447】 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12A和圖12B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，藉由上部電極1026具有反射光且使光透過的功能，在下部電極1024R、1024G、1024B和上部電極1026之間採用微腔結構，增強特定波長的光的強度。

【0448】 在採用圖12A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。

【0449】 在圖12A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12B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12A所示，當對發光元件的每一個設置彩色層時，發揮可以抑制外光反射的效果。另一方面，如圖12B所示，當對發光元件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，因此發揮可以減少耗電量的效果。

【0450】 <顯示裝置的結構例子4>

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、白色）的子像素。圖13A至圖15B示出包括下部電極1024R、1024G、1024B及1024Y的顯示裝置的結構。圖13A、圖13B及圖14示出經過形成有電晶體的基板1001提取光的結構（底部發射型）的顯示裝置，圖15A及圖15B示出經過密封基板1031提取光的結構（頂部發射型）的顯示裝置。

【0451】 圖13A示出將光學元件（彩色層1034R、彩色層1034G、彩色層1034B、彩色層1034Y）設置於透明的基材1033的顯示裝置的例子。另外，圖13B示出將光學元件（彩色層1034R、彩色層1034G、彩色層1034B、彩色層1034Y）形成在第一層間絕緣膜1020與閘極絕緣膜1003之間的顯示裝置的例子。另外，圖14示出將光學元件（彩色層1034R、彩色層1034G、彩色層1034B、彩色層1034Y）形成在第一層間絕緣膜1020與第二層間絕緣膜1021之間的顯示裝置的例子。

【0452】 彩色層1034R具有透過紅色光的功能，彩色層1034G具有透過綠色光的功能，彩色層1034B具有透過藍色光的功能。另外，彩色層1034Y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。當彩色層1034Y具有透過選自藍色、綠色、黃色、紅色中的多個光的功能時，透過彩色層1034Y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，因此包括彩色層1034Y的顯示裝置可以降低功耗。

【0453】 另外，在圖15A及圖15B所示的頂部發射型顯示裝置中，在包括下部電極1024Y的發光元件中也與圖12A的顯示裝置同樣地較佳為在下部電極1024R、1024G、1024B、1024Y與上部電極1026之間具有微腔結構。另外，在圖15A的顯示裝置中，可以利用設置有彩色層（紅色彩色層1034R、綠色彩色層1034G、藍色彩色層1034B及黃色彩色層1034Y）的密封基板1031進行密封。

【0454】 透過微腔及黃色彩色層1034Y發射的光是在黃色的區域具有發射光譜的光。由於黃色的視覺靈敏度（luminosity factor）高，所以發射黃色光的發光元件的發光效率高。也就是說，具有圖15A的結構的顯示裝置可以降低功耗。

【0455】 在圖15A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15B所示，也可以以設置紅色彩色層1034R、綠色彩色層1034G及藍色彩色層1034B而不設置黃色彩色層的方式以紅色、綠色、藍色、黃色的四個顏色或紅色、綠色、藍色、白色的四個顏色進行全彩色顯示。如圖15A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15B所示，當設置發光元件及紅色彩色層、綠色彩色層及藍色彩色層而不設置黃色彩色層時，黃色或白色的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。

【0456】 <顯示裝置的結構例子5>

接著，圖16示出本發明的其他一個實施方式的顯示裝置。圖16是以圖9A的點劃線A-B、點劃線C-D切斷的剖面圖。另外，在圖16中，具有與圖9B所示的功能同樣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。

【0457】 圖16所示的顯示裝置600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607a、密封層607b及密封層607c。密封層607a、密封層607b及密封層607c中的一個或多個例如可以使用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、氧氮化矽、氮氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁等無機材料。藉由形成密封層607a、密封層607b及密封層607c，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607a、密封層607b及密封層607c時，可以不設置密封劑605。

【0458】 另外，既可以形成密封層607a、密封層607b及密封層607c中的一個或兩個，又可以形成四個以上的密封層。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。此外，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。

【0459】 <顯示裝置的結構例子6>

本實施方式中的結構例子1至結構例子4所示的顯示裝置包括光學元件，但是本發明的一個實施方式也可以不包括光學元件。

【0460】 圖17A及圖17B所示的顯示裝置是經過密封基板1031提取光的結構（頂部發射型）的顯示裝置。圖17A是包括發光層1028R、發光層1028G及發光層1028B的顯示裝置的一個例子。圖17B是包括發光層1028R、發光層1028G、發光層1028B及發光層1028Y的顯示裝置的一個例子。

【0461】 發光層1028R發射紅色的光，發光層1028G發射綠色的光，發光層1028B發射藍色的光。發光層1028Y具有發射黃色的光的功能或發射選自藍色、綠色和紅色中的多個光的功能。發光層1028Y所發射的光也可以為白色的光。發射黃色或白色的光的發光元件的發光效率高，因此包括發光層1028Y的顯示裝置可以降低功耗。

【0462】 圖17A及圖17B所示的顯示裝置在子像素中包括發射不同顏色的光的EL層，由此不需要設置被用作光學元件的彩色層。

【0463】 密封層1029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、氧氮化矽、氮氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁等無機材料。藉由形成密封層1029，可以抑制水等雜質所引起的發光元件的劣化，所以是較佳的。

【0464】 另外，既可以形成單層或疊層的密封層1029，又可以形成四個以上的密封層1029。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的外部進入顯示裝置內部，所以是較佳的。此外，當密封層採用多層時，較佳的是，其中層疊樹脂和無機材料。

【0465】 密封基板1031具有保護發光元件的功能即可。由此，密封基板1031使用具有撓性的基板或薄膜。

【0466】 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。

【0467】 實施方式8

在本實施方式中，參照圖18A至圖20B說明包括本發明的一個實施方式的發光元件的顯示裝置。

【0468】 注意，圖18A是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的方塊圖，圖18B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置所包括的像素電路的電路圖。

【0469】 <關於顯示裝置的說明>

圖18A所示的顯示裝置包括：具有顯示元件的像素的區域（以下稱為像素部802）；配置在像素部802外側並具有用來驅動像素的電路的電路部（以下稱為

驅動電路部804）；具有保護元件的功能的電路（以下稱為保護電路806）；以及端子部807。此外，也可以不設置保護電路806。

【0470】 驅動電路部804的一部分或全部較佳為與像素部802形成在同一基板上。由此，可以減少構件的數量或端子的數量。當驅動電路部804的一部分或全部不與像素部802形成在同一基板上時，驅動電路部804的一部分或全部可以藉由COG或TAB（Tape Automated Bonding：捲帶自動接合）安裝。

【0471】 像素部802包括用來驅動配置為X行（X為2以上的自然數）Y列（Y為2以上的自然數）的多個顯示元件的電路（以下稱為像素電路801），驅動電路部804包括輸出選擇像素的信號（掃描信號）的電路（以下稱為掃描線驅動電路804a）以及用來供應用於驅動像素的顯示元件的信號（資料信號）的電路（以下稱為信號線驅動電路804b）等驅動電路。

【0472】 掃描線驅動電路804a具有移位暫存器等。掃描線驅動電路804a藉由端子部807被輸入用來驅動移位暫存器的信號並輸出信號。例如，掃描線驅動電路804a被輸入起動脈衝信號、時脈信號等並輸出脈衝信號。掃描線驅動電路804a具有控制被供應掃描信號的佈線（以下稱為掃描線GL_1至GL_X）的電位的功能。另外，也可以設置多個掃描線驅動電路804a，並藉由多個掃描線驅動電路804a分別控制掃描線GL_1至GL_X。或者，掃描線驅動電路804a具有能夠供應初始化信號的功能。但是，不侷限於此，掃描線驅動電路804a也可以供應其他信號。

【0473】 信號線驅動電路804b具有移位暫存器等。信號線驅動電路804b藉由端子部807來接收用來驅動移位暫存器的信號和從其中得出資料信號的信號（影像信號）。信號線驅動電路804b具有根據影像信號生成寫入到像素電路801的資料信號的功能。此外，信號線驅動電路804b具有響應於由於起動脈衝信號、時脈信號等的輸入產生的脈衝信號而控制資料信號的輸出的功能。另外，信號

線驅動電路804b具有控制被供應資料信號的佈線（以下稱為資料線DL_1至DL_Y）的電位的功能。或者，信號線驅動電路804b具有能夠供應初始化信號的功能。但是，不侷限於此，信號線驅動電路804b可以供應其他信號。

【0474】 信號線驅動電路804b例如使用多個類比開關等來構成。信號線驅動電路804b藉由依次使多個類比開關開啟而可以輸出對影像信號進行時間分割所得到的信號作為資料信號。此外，也可以使用移位暫存器等構成信號線驅動電路804b。

【0475】 脈衝信號及資料信號分別藉由被供應掃描信號的多個掃描線GL之一及被供應資料信號的多個資料線DL之一被輸入到多個像素電路801中的每一個。另外，多個像素電路801的每一個藉由掃描線驅動電路804a來控制資料信號的寫入及保持。例如，藉由掃描線GL_m（m是X以下的自然數）從掃描線驅動電路804a對第m行第n列的像素電路801輸入脈衝信號，並根據掃描線GL_m的電位而藉由資料線DL_n（n是Y以下的自然數）從信號線驅動電路804b對第m行第n列的像素電路801輸入資料信號。

【0476】 圖18A所示的保護電路806例如連接於作為掃描線驅動電路804a和像素電路801之間的佈線的掃描線GL。或者，保護電路806連接於作為信號線驅動電路804b和像素電路801之間的佈線的資料線DL。或者，保護電路806可以連接於掃描線驅動電路804a和端子部807之間的佈線。或者，保護電路806可以連接於信號線驅動電路804b和端子部807之間的佈線。此外，端子部807是指設置有用來從外部的電路對顯示裝置輸入電源、控制信號及影像信號的端子的部分。

【0477】 保護電路806是在對與其連接的佈線供應一定範圍之外的電位時使該佈線與其他佈線之間導通的電路。

【0478】 如圖18A所示，藉由對像素部802和驅動電路部804分別設置保護電路806，可以提高顯示裝置對因ESD（Electro Static Discharge：靜電放電）等而產生的過電流的耐性。但是，保護電路806的結構不侷限於此，例如，也可以採用將掃描線驅動電路804a與保護電路806連接的結構或將信號線驅動電路804b與保護電路806連接的結構。或者，也可以採用將端子部807與保護電路806連接的結構。

【0479】 另外，雖然在圖18A中示出由掃描線驅動電路804a和信號線驅動電路804b形成驅動電路部804的例子，但不侷限於此。例如，也可以只形成掃描線驅動電路804a並安裝形成有另外準備的信號線驅動電路的基板（例如，由單晶半導體膜或多晶半導體膜形成的驅動電路基板）。

【0480】 <像素電路的結構例子>

圖18A所示的多個像素電路801例如可以採用圖18B所示的結構。

【0481】 圖18B所示的像素電路801包括電晶體852、854、電容器862以及發光元件872。

【0482】 電晶體852的源極電極和汲極電極中的一個電連接於被供應資料信號的佈線（資料線DL_n）。並且，電晶體852的閘極電極電連接於被供應閘極信號的佈線（掃描線GL_m）。

【0483】 電晶體852具有控制資料信號的寫入的功能。

【0484】 電容器862的一對電極中的一個電連接於被供應電位的佈線（以下，稱為電位供應線VL_a），另一個電連接於電晶體852的源極電極和汲極電極中的另一個。

【0485】 電容器862具有作為儲存被寫入的資料的儲存電容器的功能。

【0486】 電晶體854的源極電極和汲極電極中的一個電連接於電位供應線VL_a。並且，電晶體854的閘極電極電連接於電晶體852的源極電極和汲極電極中的另一個。

【0487】 發光元件872的陽極和陰極中的一個電連接於電位供應線VL_b，另一個電連接於電晶體854的源極電極和汲極電極中的另一個。

【0488】 作為發光元件872，可以使用實施方式1、實施方式4至實施方式6所示的發光元件。

【0489】 此外，電位供應線VL_a和電位供應線VL_b中的一個被施加高電源電位VDD，另一個被施加低電源電位VSS。

【0490】 例如，在具有圖18B的像素電路801的顯示裝置中，藉由圖18A所示的掃描線驅動電路804a依次選擇各行的像素電路801，並使電晶體852開啟而寫入資料信號的資料。

【0491】 當電晶體852被關閉時，被寫入資料的像素電路801成為保持狀態。並且，流過電晶體854的源極電極與汲極電極之間的電流量根據寫入的資料信號的電位被控制，發光元件872以對應於流過的電流量的亮度發光。藉由按行依次進行上述步驟，可以顯示影像。

【0492】 另外，可以使像素電路具有校正電晶體的臨界電壓等的變動的影響的功能。圖19A及圖19B和圖20A及圖20B示出像素電路的一個例子。

【0493】 圖19A所示的像素電路包括六個電晶體（電晶體303_1至303_6）、電容器304以及發光元件305。此外，佈線301_1至301_5、佈線302_1及佈線302_2電連接到圖19A所示的像素電路。注意，作為電晶體303_1至303_6，例如可以使用p通道型電晶體。

【0494】 圖19B所示的像素電路是除圖19A所示的像素電路之外還包括電晶體303_7的結構。另外，佈線301_6及佈線301_7電連接到圖19B所示的像素電

路。在此，佈線301_5與佈線301_6可以相互電連接。注意，作為電晶體303_7，例如可以使用p通道型電晶體。

【0495】 圖20A所示的像素電路包括六個電晶體（電晶體308_1至308_6）、電容器304以及發光元件305。此外，佈線306_1至306_3及佈線307_1至307_3電連接到圖20A所示的像素電路。在此，佈線306_1與佈線306_3可以相互電連接。注意，作為電晶體308_1至308_6，例如可以使用p通道型電晶體。

【0496】 圖20B所示的像素電路包括兩個電晶體（電晶體309_1及電晶體309_2）、兩個電容器（電容器304_1及電容器304_2）以及發光元件305。另外，佈線311_1至佈線311_3、佈線312_1及佈線312_2電連接到圖20B所示的像素電路。此外，藉由採用圖20B所示的像素電路的結構，例如可以利用電壓輸入-電流驅動方式（也稱為CVCC方式）驅動像素電路。注意，作為電晶體309_1及309_2，例如可以使用p通道型電晶體。

【0497】 另外，本發明的一個實施方式的發光元件可以適用於在顯示裝置的像素中包括主動元件的主動矩陣方式或在顯示裝置的像素中沒有包括主動元件的被動矩陣方式。

【0498】 在主動矩陣方式中，作為主動元件（非線性元件）除電晶體外還可以使用各種主動元件（非線性元件）。例如，也可以使用MIM（Metal Insulator Metal：金屬-絕緣體-金屬）或TFD（Thin Film Diode：薄膜二極體）等。由於這些元件的製程少，因此能夠降低製造成本或者提高良率。另外，由於這些元件的尺寸小，所以可以提高開口率，從而能夠實現低耗電量或高亮度化。

【0499】 作為除了主動矩陣方式以外的方式，也可以採用不使用主動元件（非線性元件）的被動矩陣型。由於不使用主動元件（非線性元件），所以製程少，從而可以降低製造成本或者提高良率。另外，由於不使用主動元件（非線性元件），所以可以提高開口率，從而能夠實現低耗電量或高亮度化等。

【0500】 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。

【0501】 實施方式9

在本實施方式中，參照圖21A至圖25說明包括本發明的一個實施方式的發光元件的顯示裝置以及在該顯示裝置安裝輸入裝置的電子裝置。

【0502】 <關於觸控面板的說明1>

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

【0503】 圖21A及圖21B是觸控面板2000的透視圖。另外，在圖21A及圖21B中，為了明確起見，示出觸控面板2000的典型的組件。

【0504】 觸控面板2000包括顯示裝置2501及觸控感測器2595（參照圖21B）。此外，觸控面板2000包括基板2510、基板2570以及基板2590。另外，基板2510、基板2570以及基板2590都具有撓性。注意，基板2510、基板2570和基板2590中的任一個或全部可以不具有撓性。

【0505】 顯示裝置2501包括基板2510上的多個像素以及能夠向該像素供應信號的多個佈線2511。多個佈線2511被引導在基板2510的外周部，其一部分構成端子2519。端子2519與FPC2509（1）電連接。另外，多個佈線2511可以將來自信號線驅動電路2503s（1）的信號供應到多個像素。

【0506】 基板2590包括觸控感測器2595以及與觸控感測器2595電連接的多個佈線2598。多個佈線2598被引導在基板2590的外周部，其一部分構成端子。並且，該端子與FPC2509（2）電連接。另外，為了明確起見，在圖21B中以實線示出設置在基板2590的背面一側（與基板2510相對的面一側）的觸控感測器2595的電極以及佈線等。

【0507】 作為觸控感測器2595，例如可以適用電容式觸控感測器。作為電容式，可以舉出表面型電容式、投影型電容式等。

【0508】 作為投影型電容式，主要根據驅動方法的不同而分為自電容式、互電容式等。當採用互電容式時，可以同時檢測出多個點，所以是較佳的。

【0509】 注意，圖21B所示的觸控感測器2595是採用了投影型電容式觸控感測器的結構。

【0510】 另外，觸控感測器2595可以適用可檢測出手指等檢測物件的接近或接觸的各種感測器。

【0511】 投影型電容式觸控感測器2595包括電極2591及電極2592。電極2591電連接於多個佈線2598之中的任何一個，而電極2592電連接於多個佈線2598之中的任何其他一個。

【0512】 如圖21A及圖21B所示，電極2592具有在一個方向上配置的多個四邊形在角部相互連接的形狀。

【0513】 電極2591是四邊形且在與電極2592延伸的方向交叉的方向上反復地配置。

【0514】 佈線2594與其間夾著電極2592的兩個電極2591電連接。此時，電極2592與佈線2594的交叉部面積較佳為儘可能小。由此，可以減少沒有設置電極的區域的面積，從而可以降低穿透率的偏差。其結果，可以降低透過觸控感測器2595的光的亮度偏差。

【0515】 注意，電極2591及電極2592的形狀不侷限於此，可以具有各種形狀。例如，也可以採用如下結構：將多個電極2591配置為其間儘量沒有間隙，並隔著絕緣層間隔開地設置多個電極2592，以形成不重疊於電極2591的區域。此時，藉由在相鄰的兩個電極2592之間設置與這些電極電絕緣的虛擬電極，可以減少穿透率不同的區域的面積，所以是較佳的。

【0516】 <關於顯示裝置的說明>

接著，參照圖22A說明顯示裝置2501的詳細內容。圖22A是沿圖21B中的點劃線X1-X2所示的部分的剖面圖。

【0517】 顯示裝置2501包括多個配置為矩陣狀的像素。該像素包括顯示元件以及驅動該顯示元件的像素電路。

【0518】 在以下說明中，說明將發射白色光的發光元件適用於顯示元件的例子，但是顯示元件不侷限於此。例如，也可以包括發光顏色不同的發光元件，以使各相鄰的像素的發光顏色不同。

【0519】 作為基板2510及基板2570，例如，可以適當地使用水蒸氣穿透率為$1\times10^{-5}g\cdot m^{-2}\cdot day^{-1}$以下，較佳為$1\times10^{-6}\ g\cdot m^{-2}\cdot day^{-1}$以下的具有撓性的材料。或者，較佳為將其熱膨脹率大致相同的材料用於基板2510及基板2570。例如，線性膨脹係數較佳為$1\times10^{-3}/K$以下，更佳為$5\times10^{-5}/K$以下，進一步較佳為$1\times10^{-5}/K$以下。

【0520】 注意，基板2510是疊層體，其中包括防止雜質擴散到發光元件的絕緣層2510a、撓性基板2510b以及貼合絕緣層2510a與撓性基板2510b的黏合層2510c。另外，基板2570是疊層體，其中包括防止雜質擴散到發光元件的絕緣層2570a、撓性基板2570b以及貼合絕緣層2570a與撓性基板2570b的黏合層2570c。

【0521】 黏合層2510c及黏合層2570c例如可以使用聚酯、聚烯烴、聚醯胺（尼龍、芳族聚醯胺等）、聚醯亞胺、聚碳酸酯或丙烯酸樹脂、聚氨酯、環氧樹脂。或者，還可以使用包含矽酮等具有矽氧烷鍵合的樹脂的材料。

【0522】 此外，在基板2510與基板2570之間包括密封層2560。密封層2560較佳為具有比空氣大的折射率。此外，如圖22A所示，當經過密封層2560提取光時，密封層2560可以兼作光學接合層。

【0523】 另外，可以在密封層2560的外周部形成密封劑。藉由使用該密封劑，可以在由基板2510、基板2570、密封層2560及密封劑圍繞的區域中配置發

光元件2550R。注意，作為密封層2560，可以填充惰性氣體（氮或氬等）。此外，可以在該惰性氣體內設置乾燥劑而吸收水分等。或者，可以使用丙烯酸類樹脂或環氧類樹脂等樹脂填充。另外，作為上述密封劑，例如較佳為使用環氧類樹脂或玻璃粉。此外，作為用於密封劑的材料，較佳為使用不使水分或氧透過的材料。

【0524】 另外，顯示裝置2501包括像素2502R。此外，像素2502R包括發光模組2580R。

【0525】 像素2502R包括發光元件2550R以及可以向該發光元件2550R供應電力的電晶體2502t。注意，將電晶體2502t用作像素電路的一部分。此外，發光模組2580R包括發光元件2550R以及彩色層2567R。

【0526】 發光元件2550R包括下部電極、上部電極以及下部電極與上部電極之間的EL層。作為發光元件2550R，例如可以使用實施方式1、實施方式4至實施方式6所示的發光元件。

【0527】 另外，也可以在下部電極與上部電極之間採用微腔結構，增強特定波長的光的強度。

【0528】 另外，在密封層2560被設置於提取光一側的情況下，密封層2560接觸於發光元件2550R及彩色層2567R。

【0529】 彩色層2567R位於與發光元件2550R重疊的位置。由此，發光元件2550R所發射的光的一部分透過彩色層2567R，而向圖式中的箭頭所示的方向被射出到發光模組2580R的外部。

【0530】 此外，在顯示裝置2501中，在發射光的方向上設置遮光層2567BM。遮光層2567BM以圍繞彩色層2567R的方式設置。

【0531】 彩色層2567R具有使特定波長區域的光透過的功能即可，例如，可以使用使紅色波長區域的光透過的濾色片、使綠色波長區域的光透過的濾色

片、使藍色波長區域的光透過的濾色片以及使黃色波長區域的光透過的濾色片等。每個濾色片可以藉由印刷法、噴墨法、利用光微影技術的蝕刻法等並使用各種材料形成。

【0532】 另外，在顯示裝置2501中設置有絕緣層2521。絕緣層2521覆蓋電晶體2502t。此外，絕緣層2521具有使起因於像素電路的凹凸平坦的功能。另外，可以使絕緣層2521具有能夠抑制雜質擴散的功能。由此，能夠抑制由於雜質擴散而電晶體2502t等的可靠性降低。

【0533】 此外，發光元件2550R被形成於絕緣層2521的上方。另外，以與發光元件2550R所包括的下部電極的端部重疊的方式設置分隔壁2528。此外，可以在分隔壁2528上形成控制基板2510與基板2570的間隔的間隔物。

【0534】 掃描線驅動電路2503g（1）包括電晶體2503t及電容器2503c。注意，可以將驅動電路與像素電路經同一製程形成在同一基板上。

【0535】 另外，在基板2510上設置有能夠供應信號的佈線2511。此外，在佈線2511上設置有端子2519。另外，FPC2509（1）電連接到端子2519。此外，FPC2509（1）具有供應視訊信號、時脈信號、啟動信號、重設信號等的功能。另外，FPC2509（1）也可以安裝有印刷線路板（PWB）。

【0536】 此外，可以將各種結構的電晶體適用於顯示裝置2501。在圖22A中，雖然示出了使用底閘極型電晶體的情況，但不侷限於此，例如可以將圖22B所示的頂閘極型電晶體適用於顯示裝置2501。

【0537】 另外，對電晶體2502t及電晶體2503t的極性沒有特別的限制，例如，可以使用n通道電晶體及p通道電晶體，或者可以使用n通道電晶體或p通道電晶體。此外，對用於電晶體2502t及2503t的半導體膜的結晶性也沒有特別的限制。例如，可以使用非晶半導體膜、結晶半導體膜。另外，作為半導體材料，可以使用第14族半導體（例如，含有矽的半導體）、化合物半導體（包括氧化

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

【0538】 <關於觸控感測器的說明>

接著，參照圖22C說明觸控感測器2595的詳細內容。圖22C是沿圖21B中的點劃線X3-X4所示的部分的剖面圖。

【0539】 觸控感測器2595包括：在基板2590上配置為交錯形狀的電極2591及電極2592；覆蓋電極2591及電極2592的絕緣層2593；以及使相鄰的電極2591電連接的佈線2594。

【0540】 電極2591及電極2592使用具有透光性的導電材料形成。作為具有透光性的導電材料，可以使用氧化銦、銦錫氧化物、銦鋅氧化物、氧化鋅、添加有鎵的氧化鋅等導電氧化物。此外，還可以使用含有石墨烯的膜。含有石墨烯的膜例如可以藉由使包含氧化石墨烯的膜還原而形成。作為還原方法，可以舉出進行加熱的方法等。

【0541】 例如，在藉由濺射法將具有透光性的導電材料形成在基板2590上之後，可以藉由光微影法等各種圖案形成技術去除不需要的部分來形成電極2591及電極2592。

【0542】 另外，作為用於絕緣層2593的材料，例如除了丙烯酸樹脂、環氧樹脂等樹脂、具有矽氧烷鍵的樹脂之外，還可以使用氧化矽、氧氮化矽、氧化鋁等無機絕緣材料。

【0543】 另外，達到電極2591的開口設置在絕緣層2593中，並且佈線2594與相鄰的電極2591電連接。由於透光導電材料可以提高觸控面板的開口率，因

此可以適用於佈線2594。另外，因為其導電性高於電極2591及電極2592的材料可以減少電阻，所以可以適用於佈線2594。

【0544】 電極2592延在一個方向上，多個電極2592設置為條紋狀。此外，佈線2594以與電極2592交叉的方式設置。

【0545】 夾著一個電極2592設置有一對電極2591。另外，佈線2594電連接一對電極2591。

【0546】 另外，多個電極2591並不一定要設置在與一個電極2592正交的方向上，也可以設置為形成大於0°且小於90°的角。

【0547】 此外，一個佈線2598與電極2591或電極2592電連接。另外，將佈線2598的一部分用作端子。作為佈線2598，例如可以使用金屬材料諸如鋁、金、鉑、銀、鎳、鈦、鎢、鉻、鉬、鐵、鈷、銅或鈀等或者包含該金屬材料的合金材料。

【0548】 另外，藉由設置覆蓋絕緣層2593及佈線2594的絕緣層，可以保護觸控感測器2595。

【0549】 此外，連接層2599電連接佈線2598與FPC2509（2）。

【0550】 作為連接層2599，可以使用異方性導電膜（ACF：Anisotropic Conductive Film）或異方性導電膏（ACP：Anisotropic Conductive Paste）等。

【0551】 <關於觸控面板的說明>

接著，參照圖23A說明觸控面板2000的詳細內容。圖23A是沿圖21A中的點劃線X5-X6所示的部分的剖面圖。

【0552】 圖23A所示的觸控面板2000是將圖22A所說明的顯示裝置2501與圖22C所說明的觸控感測器2595貼合在一起的結構。

【0553】 另外，圖23A所示的觸控面板2000除了圖22A及圖22C所說明的結構之外還包括黏合層2597及防反射層2567p。

【0554】 黏合層2597以與佈線2594接觸的方式設置。注意，黏合層2597以使觸控感測器2595重疊於顯示裝置2501的方式將基板2590貼合到基板2570。此外，黏合層2597較佳為具有透光性。另外，作為黏合層2597，可以使用熱固性樹脂或紫外線硬化性樹脂。例如，可以使用丙烯酸類樹脂、氨酯類樹脂、環氧類樹脂或矽氧烷類樹脂。

【0555】 防反射層2567p設置在重疊於像素的位置上。作為防反射層2567p，例如可以使用圓偏光板。

【0556】 接著，參照圖23B對與圖23A所示的結構不同的結構的觸控面板進行說明。

【0557】 圖23B是觸控面板2001的剖面圖。圖23B所示的觸控面板2001與圖23A所示的觸控面板2000的不同之處是相對於顯示裝置2501的觸控感測器2595的位置。在這裡對不同的結構進行詳細的說明，而對可以使用同樣的結構的部分援用觸控面板2000的說明。

【0558】 彩色層2567R位於與發光元件2550R重疊的位置。此外，圖23B所示的發光元件2550R將光射出到設置有電晶體2502t的一側。由此，發光元件2550R所發射的光的一部分透過彩色層2567R，而向圖23B中的箭頭所示的方向被射出到發光模組2580R的外部。

【0559】 另外，觸控感測器2595被設置於顯示裝置2501的基板2510一側。

【0560】 黏合層2597位於基板2510與基板2590之間，並將顯示裝置2501和觸控感測器2595貼合在一起。

【0561】 如圖23A及圖23B所示，從發光元件射出的光可以經過基板2510一側和基板2570一側中的一個或兩個射出。

【0562】 <關於觸控面板的驅動方法的說>

接著，參照圖24A及圖24B對觸控面板的驅動方法的一個例子進行說明。

【0563】 圖24A是示出互電容式觸控感測器的結構的方塊圖。在圖24A中，示出脈衝電壓輸出電路2601、電流檢測電路2602。另外，在圖24A中，以X1至X6的六個佈線表示被施加有脈衝電壓的電極2621，並以Y1至Y6的六個佈線表示檢測電流的變化的電極2622。此外，圖24A示出由於使電極2621與電極2622重疊而形成的電容器2603。注意，電極2621與電極2622的功能可以互相調換。

【0564】 脈衝電壓輸出電路2601是用來依次將脈衝電壓施加到X1至X6的佈線的電路。藉由對X1至X6的佈線施加脈衝電壓，在形成電容器2603的電極2621與電極2622之間產生電場。藉由利用該產生於電極之間的電場由於被遮蔽等而使電容器2603的互電容產生變化，可以檢測出被檢測體的接近或接觸。

【0565】 電流檢測電路2602是用來檢測電容器2603的互電容變化所引起的Y1至Y6的佈線的電流變化的電路。在Y1至Y6的佈線中，如果沒有被檢測體的接近或接觸，所檢測的電流值則沒有變化，而另一方面，在由於所檢測的被檢測體的接近或接觸而互電容減少的情況下，檢測到電流值減少的變化。另外，藉由積分電路等檢測電流即可。

【0566】 接著，圖24B示出圖24A所示的互電容式觸控感測器中的輸入/輸出波形的時序圖。在圖24B中，在一個圖框期間進行各行列中的被檢測體的檢測。另外，在圖24B中，示出沒有檢測出被檢測體（未觸摸）和檢測出被檢測體（觸摸）的兩種情況。此外，圖24B示出對應於Y1至Y6的佈線所檢測出的電流值的電壓值的波形。

【0567】 依次對X1至X6的佈線施加脈衝電壓，Y1至Y6的佈線的波形根據該脈衝電壓變化。當沒有被檢測體的接近或接觸時，Y1至Y6的波形根據X1至X6的佈線的電壓變化產生變化。另一方面，在有被檢測體接近或接觸的部位電流值減少，因而與其相應的電壓值的波形也產生變化。

【0568】 如此，藉由檢測互電容的變化，可以檢測出被檢測體的接近或接觸。

【0569】 <關於感測器電路的說明>

另外，作為觸控感測器，圖24A雖然示出在佈線的交叉部只設置電容器2603的被動矩陣型觸控感測器的結構，但是也可以採用包括電晶體和電容器的主動矩陣型觸控感測器。圖25示出主動矩陣型觸控感測器所包括的感測器電路的一個例子。

【0570】 圖25所示的感測器電路包括電容器2603、電晶體2611、電晶體2612及電晶體2613。

【0571】 對電晶體2613的閘極施加信號G2，對源極和汲極中的一個施加電壓VRES，並且另一個與電容器2603的一個電極及電晶體2611的閘極電連接。電晶體2611的源極和汲極中的一個與電晶體2612的源極和汲極中的一個電連接，對另一個施加電壓VSS。對電晶體2612的閘極施加信號G1，源極和汲極中的另一個與佈線ML電連接。對電容器2603的另一個電極施加電壓VSS。

【0572】 接下來，對圖25所示的感測器電路的工作進行說明。首先，藉由作為信號G2施加使電晶體2613成為開啟狀態的電位，與電晶體2611的閘極連接的節點n被施加對應於電壓VRES的電位。接著，藉由作為信號G2施加使電晶體2613成為關閉狀態的電位，節點n的電位被保持。

【0573】 接著，由於手指等被檢測體的接近或接觸，電容器2603的互電容產生變化，而節點n的電位隨其由VRES變化。

【0574】 在讀出工作中，作為信號G1施加使電晶體2612成為開啟狀態的電位。流過電晶體2611的電流，亦即流過佈線ML的電流根據節點n的電位而產生變化。藉由檢測該電流，可以檢測出被檢測體的接近或接觸。

【0575】 在電晶體2611、電晶體2612及電晶體2613中，較佳為將氧化物半導體層用於形成有其通道區的半導體層。尤其是藉由將這種電晶體用於電晶體2613，能夠長期間保持節點n的電位，由此可以減少對節點n再次供應VRES的工作（更新工作）的頻率。

【0576】 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。

【0577】 實施方式10

在本實施方式中，參照圖26至圖29B對包括本發明的一個實施方式的發光元件的顯示模組及電子裝置進行說明。

【0578】 <關於顯示模組的說明>

圖26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、印刷基板8010、電池8011。

【0579】 例如可以將本發明的一個實施方式的發光元件用於顯示裝置8006。

【0580】 上蓋8001及下蓋8002可以根據觸控感測器8004及顯示裝置8006的尺寸可以適當地改變形狀或尺寸。

【0581】 觸控感測器8004能夠是電阻膜式觸控感測器或電容式觸控感測器，並且能夠被形成為與顯示裝置8006重疊。此外，也可以使顯示裝置8006的相對基板（密封基板）具有觸控感測器的功能。另外，也可以在顯示裝置8006的各像素內設置光感測器，而形成光學觸控感測器。

【0582】 框架8009除了具有保護顯示裝置8006的功能以外還具有用來遮斷因印刷基板8010的工作而產生的電磁波的電磁屏蔽的功能。此外，框架8009也可以具有作為散熱板的功能。

【0583】 印刷基板8010具有電源電路以及用來輸出視訊信號及時脈信號的信號處理電路。作為對電源電路供應電力的電源，既可以採用外部的商業電源，又可以採用另行設置的電池8011的電源。當使用商業電源時，可以省略電池8011。

【0584】 此外，在顯示模組8000中還可以設置偏光板、相位差板、稜鏡片等構件。

【0585】 <關於電子裝置的說明>

圖27A至圖27G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。

【0586】 圖27A至圖27G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27A至圖27G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27A至圖27G中未圖示，但是電子裝置可以包括多個顯示部。此外，也可以在該電子裝置中設置照相機等而使其具有如下功能：拍攝靜態影像的功能；拍攝動態影像的功能；將所拍攝的影

像儲存在存儲介質（外部存儲介質或內置於照相機的存儲介質）中的功能；將所拍攝的影像顯示在顯示部上的功能；等。

【0587】 下面，詳細地說明圖27A至圖27G所示的電子裝置。

【0588】 圖27A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。

【0589】 圖27B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27A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。此外，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；以及天線接收的強度等。或者，可以在顯示有資訊9051的位置上顯示操作按鈕9050等代替資訊9051。

【0590】 圖27C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。

【0591】 圖27D是示出手錶型可攜式資訊終端9200的透視圖。可攜式資訊終端9200可以執行行動電話、電子郵件、文章的閱讀及編輯、音樂播放、網路通訊、電腦遊戲等各種應用程式。此外，顯示部9001的顯示面被彎曲，能夠在所彎曲的顯示面上進行顯示。另外，可攜式資訊終端9200可以進行被通訊標準化的近距離無線通訊。例如，藉由與可進行無線通訊的耳麥相互通訊，可以進行免提通話。此外，可攜式資訊終端9200包括連接端子9006，可以藉由連接器直接與其他資訊終端進行資料的交換。另外，也可以藉由連接端子9006進行充電。此外，充電工作也可以利用無線供電進行，而不藉由連接端子9006。

【0592】 圖27E至圖27G是示出能夠折疊的可攜式資訊終端9201的透視圖。另外，圖27E是展開狀態的可攜式資訊終端9201的透視圖，圖27F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27G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。

【0593】 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）；用於電腦等的監視器；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（可穿戴顯示裝置）；可攜式遊戲機；可攜式資訊終端；音頻再生裝置；彈珠機等大型遊戲機等。

【0594】 圖28A示出電視機的一個例子。在電視機9300中，顯示部9001組裝於外殼9000中。在此示出利用支架9301支撐外殼9000的結構。

【0595】 可以藉由利用外殼9000所具備的操作開關、另外提供的遙控器9311進行圖28A所示的電視機9300的操作。另外，也可以在顯示部9001中具備觸控感測器，藉由用手指等觸摸顯示部9001可以進行顯示部9001的操作。此外，也可以在遙控器9311中具備顯示從該遙控器9311輸出的資料的顯示部。藉由利用遙控器9311所具備的操作鍵或觸控面板，可以進行頻道及音量的操作，並可以對顯示在顯示部9001上的影像進行操作。

【0596】 另外，電視機9300採用具備接收機及數據機等的結構。可以藉由利用接收機接收一般的電視廣播。再者，藉由數據機將電視機連接到有線或無線方式的通訊網路，從而進行單向（從發送者到接收者）或雙向（發送者和接收者之間或接收者之間等）的資訊通訊。

【0597】 此外，由於本發明的一個實施方式的電子裝置或照明設備具有撓性，因此也可以將該電子裝置或照明設備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。

【0598】 圖28B示出汽車9700的外觀。圖28C示出汽車9700的駕駛座位。汽車9700包括車體9701、車輪9702、儀表板9703、燈9704等。本發明的一個實施方式的顯示裝置或發光裝置等可用於汽車9700的顯示部等。例如，本發明的一個實施方式的顯示裝置或發光裝置等可設置於圖28C所示的顯示部9710至顯示部9715。

【0599】 顯示部9710和顯示部9711是設置在汽車的擋風玻璃上的顯示裝置。藉由使用具有透光性的導電材料來製造顯示裝置或發光裝置等中的電極，

可以使本發明的一個實施方式的顯示裝置或發光裝置等成為能看到對面的所謂的透明式顯示裝置或輸入/輸出裝置。透明式顯示裝置的顯示部9710和顯示部9711即使在駕駛汽車9700時也不會成為視野的障礙。因此，可以將本發明的一個實施方式的顯示裝置或發光裝置等設置在汽車9700的擋風玻璃上。另外，當在顯示裝置或發光裝置等中設置用來驅動顯示裝置或輸入/輸出裝置的電晶體等時，較佳為採用使用有機半導體材料的有機電晶體、使用氧化物半導體的電晶體等具有透光性的電晶體。

【0600】 顯示部9712是設置在支柱部分的顯示裝置。例如，藉由將來自設置在車體的成像單元的影像顯示在顯示部9712，可以補充被支柱遮擋的視野。顯示部9713是設置在儀表板部分的顯示裝置。例如，藉由將來自設置在車體的成像單元的影像顯示在顯示部9713，可以補充被儀表板遮擋的視野。也就是說，藉由顯示來自設置在汽車外側的成像單元的影像，可以補充死角，從而提高安全性。另外，藉由顯示補充看不到的部分的影像，可以更自然、更舒適地確認安全。

【0601】 圖28D示出採用長座椅作為駕駛座位及副駕駛座位的汽車室內。顯示部9721是設置在車門部分的顯示裝置。例如，藉由將來自設置在車體的成像單元的影像顯示在顯示部9721，可以補充被車門遮擋的視野。另外，顯示部9722是設置在方向盤的顯示裝置。顯示部9723是設置在長座椅的中央部的顯示裝置。另外，藉由將顯示裝置設置在被坐面或靠背部分等，也可以將該顯示裝置用作以該顯示裝置為發熱源的座椅取暖器。

【0602】 顯示部9714、顯示部9715或顯示部9722可以提供導航資訊、速度表、轉速計、行駛距離、加油量、排檔狀態、空調的設定以及其他各種資訊。另外，使用者可以適當地改變顯示部所顯示的顯示內容及佈局等。另外，顯示部9710至顯示部9713、顯示部9721及顯示部9723也可以顯示上述資訊。顯示部

9710至顯示部9715、顯示部9721至顯示部9723還可以被用作照明設備。此外，顯示部9710至顯示部9715、顯示部9721至顯示部9723還可以被用作加熱裝置。

【0603】 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。

【0604】 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。

【0605】 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。

【0606】 圖29A和圖29B所示的顯示裝置9500包括多個顯示面板9501、軸部9511、軸承部9512。多個顯示面板9501都包括顯示區域9502、具有透光性的區域9503。

【0607】 多個顯示面板9501具有撓性。以其一部分互相重疊的方式設置相鄰的兩個顯示面板9501。例如，可以重疊相鄰的兩個顯示面板9501的各具有透光性的區域9503。藉由使用多個顯示面板9501，可以實現螢幕大的顯示裝置。另外，根據使用情況可以捲繞顯示面板9501，所以可以實現通用性高的顯示裝置。

【0608】 圖29A和圖29B示出相鄰的顯示面板9501的顯示區域9502彼此分開的情況，但是不侷限於此，例如，也可以藉由沒有間隙地重疊相鄰的顯示面板9501的顯示區域9502，實現連續的顯示區域9502。

【0609】 本實施方式所示的電子裝置包括用來顯示某些資訊的顯示部。注意，本發明的一個實施方式的發光元件也可以應用於不包括顯示部的電子裝置。另外，雖然在本實施方式中示出了電子裝置的顯示部具有撓性且可以在彎

曲的顯示面上進行顯示的結構或能夠使其顯示部折疊的結構，但不侷限於此，也可以採用不具有撓性且在平面部上進行顯示的結構。

【0610】 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

【0611】 實施方式11

在本實施方式中，參照圖30A至圖31D對包括本發明的一個實施方式的發光元件的發光裝置進行說明。

【0612】 圖30A是本實施方式所示的發光裝置3000的透視圖，圖30B是沿著圖30A所示的點劃線E-F切斷的剖面圖。注意，在圖30A中，為了避免繁雜而以虛線表示組件的一部分。

【0613】 圖30A及圖30B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。

【0614】 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30A及圖30B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。

【0615】 此外，如圖30A及圖30B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。

【0616】 注意，在圖30B中，第一密封區域3007及第二密封區域3009以與基板3001及基板3003接觸的方式設置。但是，不侷限於此，例如，第一密封區域3007和第二密封區域3009中的一個或兩個可以以與形成在基板3001的上方的

絕緣膜或導電膜接觸的方式設置。或者，第一密封區域3007和第二密封區域3009中的一個或兩個可以以與形成在基板3003的下方的絕緣膜或導電膜接觸的方式設置。

【0617】 作為基板3001及基板3003的結構，分別採用與上述實施方式所記載的基板200及基板220同樣的結構，即可。作為發光元件3005的結構，採用與上述實施方式所記載的發光元件同樣的結構，即可。

【0618】 第一密封區域3007可以使用包含玻璃的材料（例如，玻璃粉、玻璃帶等）。另外，第二密封區域3009可以使用包含樹脂的材料。藉由將包含玻璃的材料用於第一密封區域3007，可以提高生產率及密封性。此外，藉由將包含樹脂的材料用於第二密封區域3009，可以提高抗衝擊性及耐熱性。但是，用於第一密封區域3007及第二密封區域3009的材料不侷限於此，第一密封區域3007可以使用包含樹脂的材料形成，而第二密封區域3009可以使用包含玻璃的材料形成。

【0619】 另外，作為上述玻璃粉，例如可以舉出氧化鎂、氧化鈣、氧化鍶、氧化鋇、氧化硼、氧化鈉、氧化鉀、氧化硼、氧化釩、氧化鋅、氧化碲、氧化鋁、二氧化矽、氧化鉛、氧化錫、氧化磷、氧化釕、氧化銠、氧化鐵、氧化銅、二氧化錳、氧化鉬、氧化鈮、氧化鈦、氧化鎢、氧化鉍、氧化錯、氧化鋰、氧化銻、硼酸鉛玻璃、磷酸錫玻璃、釩酸鹽玻璃或硼矽酸鹽玻璃等。為了吸收紅外光，玻璃粉較佳為包含一種以上的過渡金屬。

【0620】 此外，作為上述玻璃粉，例如，在基板上塗佈玻璃粉漿料並對其進行加熱或照射雷射等。玻璃粉漿料包含上述玻璃粉及使用有機溶劑稀釋的樹脂（也稱為黏合劑）。注意，也可以在玻璃粉中添加吸收雷射光束的波長的光的吸收劑。此外，作為雷射，例如較佳為使用Nd：YAG雷射或半導體雷射等。另外，雷射照射形狀既可以為圓形又可以為四角形。

【0621】 此外，作為上述包含樹脂的材料，例如可以使用聚酯、聚烯烴、聚醯胺（尼龍、芳族聚醯胺等）、聚醯亞胺、聚碳酸酯或丙烯酸樹脂、聚氨酯、環氧樹脂。或者，還可以使用包含矽酮等具有矽氧烷鍵合的樹脂的材料。

【0622】 注意，當第一密封區域3007和第二密封區域3009中的任一個或兩個使用包含玻璃的材料時，該包含玻璃的材料的熱膨脹率較佳為近於基板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。

【0623】 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。

【0624】 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。

【0625】 另外，如圖30B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。此外，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。

【0626】 第一區域3011及第二區域3013例如較佳為填充有稀有氣體或氮氣體等惰性氣體。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。

【0627】 另外，圖30C示出圖30B所示的結構的變形例。圖30C是示出發光裝置3000的變形例的剖面圖。

【0628】 在圖30C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30B所示的結構相同。

【0629】 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。

【0630】 接著，參照圖31A至圖31D對圖30B所示的發光裝置3000的變形實例進行說明。注意，圖31A至圖31D是說明圖30B所示的發光裝置3000的變形實例的剖面圖。

【0631】 在圖31A至圖31D所示的發光裝置中，不設置第二密封區域3009，而只設置第一密封區域3007。此外，在圖31A至圖31D所示的發光裝置中，具有區域3014代替圖30B所示的第二區域3013。

【0632】 作為區域3014，例如可以使用聚酯、聚烯烴、聚醯胺（尼龍、芳族聚醯胺等）、聚醯亞胺、聚碳酸酯或丙烯酸樹脂、聚氨酯、環氧樹脂。或者，還可以使用包含矽酮等具有矽氧烷鍵合的樹脂的材料。

【0633】 藉由將上述材料用於區域3014，可以實現所謂的固體密封的發光裝置。

【0634】 另外，在圖31B所示的發光裝置中，在圖31A所示的發光裝置的基板3001一側設置基板3015。

【0635】 如圖31B所示，基板3015具有凹凸。藉由將具有凹凸的基板3015設置於發光元件3005的提取光一側，可以提高來自發光元件3005的光的光提取效率。注意，可以設置用作擴散板的基板代替如圖31B所示那樣的具有凹凸的結構。

【0636】 此外，圖31A所示的發光裝置具有從基板3001一側提取光的結構，而另一方面，圖31C所示的發光裝置具有從基板3003一側提取光的結構。

【0637】 圖31C所示的發光裝置在基板3003一側包括基板3015。其他結構是與圖31B所示的發光裝置同樣的結構。

【0638】 另外，在圖31D所示的發光裝置中，不設置圖31C所示的發光裝置的基板3003、3015，而只設置基板3016。

【0639】 基板3016包括位於離發光元件3005近的一側的第一凹凸以及位於離發光元件3005遠的一側的第二凹凸。藉由採用圖31D所示的結構，可以進一步提高來自發光元件3005的光的光提取效率。

【0640】 因此，藉由使用本實施方式所示的結構，能夠實現由於水分或氧等雜質而導致的發光元件的劣化得到抑制的發光裝置。或者，藉由使用本實施方式所示的結構，能夠實現光提取效率高的發光裝置。

【0641】 注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

【0642】 實施方式12

在本實施方式中，參照圖32A至圖33說明將本發明的一個實施方式的發光元件適用於各種照明設備及電子裝置的情況的例子。

【0643】 藉由將本發明的一個實施方式的發光元件形成在具有撓性的基板上，能夠實現包括具有曲面的發光區域的電子裝置或照明設備。

【0644】 此外，還可以將應用了本發明的一個實施方式的發光裝置適用於汽車的照明，其中該照明被設置於儀表板、擋風玻璃、天花板等。

【0645】 圖32A示出多功能終端3500的一個面的透視圖，圖32B示出多功能終端3500的另一個面的透視圖。在多功能終端3500中，外殼3502組裝有顯示部

3504、照相機3506、照明3508等。可以將本發明的一個實施方式的發光裝置用於照明3508。

【0646】 將包括本發明的一個實施方式的發光裝置的照明3508用作面光源。因此，不同於以LED為代表的點光源，能夠得到指向性低的發光。例如，在將照明3508和照相機3506組合使用的情況下，可以在使照明3508點亮或閃爍的同時使用照相機3506來進行拍攝。因為照明3508具有面光源的功能，可以獲得仿佛在自然光下拍攝般的照片。

【0647】 注意，圖32A及圖32B所示的多功能終端3500與圖27A至圖27G所示的電子裝置同樣地可以具有各種各樣的功能。

【0648】 另外，可以在外殼3502的內部設置揚聲器、感測器（該感測器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）、麥克風等。此外，藉由在多功能終端3500內部設置具有陀螺儀和加速度感測器等檢測傾斜度的感測器的檢測裝置，可以判斷多功能終端3500的方向（縱或橫）而自動進行顯示部3504的螢幕顯示的切換。

【0649】 另外，也可以將顯示部3504用作影像感測器。例如，藉由用手掌或手指觸摸顯示部3504，來拍攝掌紋、指紋等，能夠進行個人識別。另外，藉由在顯示部3504中設置發射近紅外光的背光或感測光源，也能夠拍攝手指靜脈、手掌靜脈等。注意，可以將本發明的一個實施方式的發光裝置適用於顯示部3504。

【0650】 圖32C示出安全燈（security light）3600的透視圖。安全燈3600在外殼3602的外側包括照明3608，並且，外殼3602組裝有揚聲器3610等。可以將本發明的一個實施方式的發光裝置用於照明3608。

【0651】 安全燈3600例如在抓住或握住照明3608時進行發光。另外，可以在外殼3602的內部設置有能夠控制安全燈3600的發光方式的電子電路。作為該電子電路，例如可以為能夠一次或間歇地多次進行發光的電路或藉由控制發光的電流值能夠調整發光的光量的電路。此外，也可以組裝在照明3608進行發光的同時從揚聲器3610發出很大的警報音的電路。

【0652】 安全燈3600因為能夠向所有方向發射光，所以可以發射光或發出光和聲音來恐嚇歹徒等。另外，安全燈3600可以包括具有攝像功能的數碼靜態相機等照相機。

【0653】 圖33是將發光元件用於室內照明設備8501的例子。另外，因為發光元件可以實現大面積化，所以也可以形成大面積的照明設備。此外，也可以藉由使用具有曲面的外殼來形成發光區域具有曲面的照明設備8502。本實施方式所示的發光元件為薄膜狀，所以外殼的設計的彈性高。因此，可以形成能夠對應各種設計的照明設備。並且，室內的牆面也可以設置有大型的照明設備8503。另外，也可以在照明設備8501、照明設備8502、照明設備8503中設置觸控感測器，啟動或關閉電源。

【0654】 另外，藉由將發光元件用於桌子的表面一側，可以提供具有桌子的功能的照明設備8504。此外，藉由將發光元件用於其他家具的一部分，可以提供具有家具的功能的照明設備。

【0655】 如上所述，藉由應用本發明的一個實施方式的發光裝置，能夠得到照明設備及電子裝置。注意，不侷限於本實施方式所示的照明設備及電子裝置，該發光裝置可以應用於各種領域的照明設備及電子裝置。

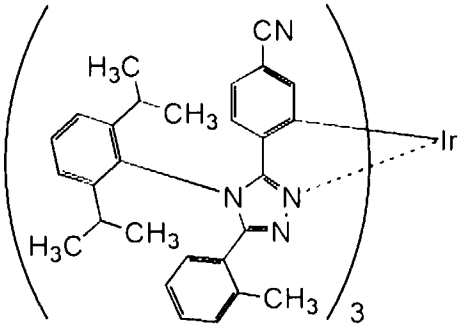
【0656】 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

實施例1

【0657】 <合成實例1>

在本實施例中，對在實施方式2中以結構式（108）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的（OC-6-22）-三{5-氰基-2-[4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}銥（III）（簡稱：fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）的合成方法進行說明。下面示出fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的結構。

【0658】 1

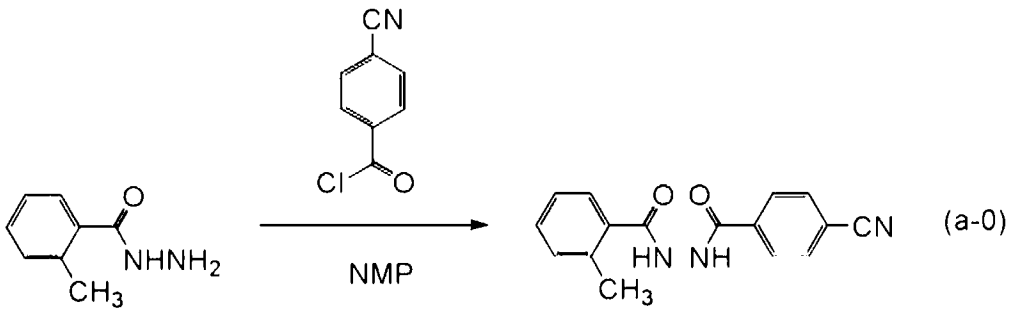


fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$

【0659】 <<步驟1：N-4-氰基苯甲醯基-N'-2-甲基苯甲醯肼的合成>>

將13g（89mmol）的鄰甲苯醯肼（*o*-toluic hydrazide）及60mL的N-甲基-2-吡咯烷酮（NMP）放入到300mL的三頸燒瓶中，在用冰冷卻的同時在氮氣流下進行攪拌。將15g（91mmol）的4-氰基苯甲醯氯和30mL的NMP的混合溶液緩慢滴加到該混合溶液中，攪拌16小時並使其起反應。在起反應之後，將該反應溶液緩慢滴加到500mL的水中，而析出固體。交替使用水和1M鹽酸對所析出的固體重複進行兩次超聲波洗滌。然後，使用乙醇進行超聲波洗滌，以82%的產率獲得20g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為N-4-氰基苯甲醯基-N'-2-甲基苯甲醯肼。如下式子（a-0）示出步驟1的合成方案。

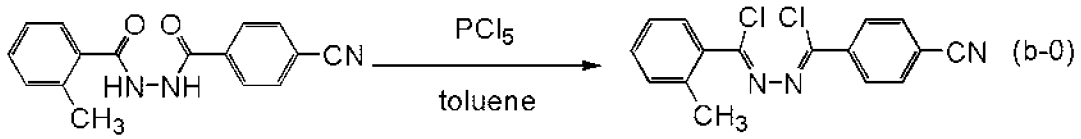
【0660】



【0661】 <<步驟2：N-氯-4-氰基苯基亞甲基-N’-氯-2-甲基苯基亞甲基腙的合成>>

將藉由步驟1合成的20g（73mmol）的N-4-氰基苯甲醯基-N'-2-甲基苯甲醯肼及500mL的甲苯放入到1000mL的三頸燒瓶中。將50g（240mmol）的五氯化磷放入到該混合溶液中，在氮氣流下以120℃進行7小時的攪拌並使其起反應。在起反應之後，將該反應溶液緩慢添加到300mL的水中，在室溫下攪拌30分鐘。使該混合物的水層和有機層分離，利用甲苯對水層進行萃取。將所得到的萃取溶液和有機層的混合物緩慢添加到400mL的1M氫氧化鉀水溶液中，在室溫下攪拌30分鐘。使該混合物的水層和有機層分離，利用甲苯對水層進行萃取。將得到的萃取溶液和有機層合併，依次使用飽和碳酸氫鈉水溶液及飽和食鹽水進行洗滌。在進行洗滌之後，對有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，而獲得濾液。濃縮所得到的濾液得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用甲苯。濃縮所得到的餾分，而得到固體。對所得到的固體添加己烷而照射超聲波，並藉由進行吸引過濾將固體過濾，以72%的產率得到17g的黃色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色固體為N-氯-4-氰基苯基亞甲基-N’-氯-2-甲基苯基亞甲基腙。如下式子（b-0）示出步驟2的合成方案。

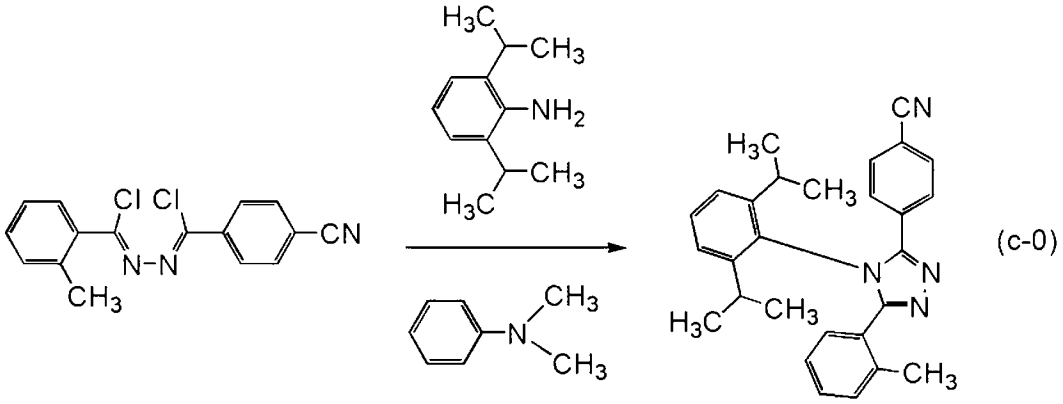
【0662】



【0663】 <<步驟3：5-（4-氰基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-3-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑（簡稱：HmpCNptz-diPrp）的合成>>

將藉由步驟2合成的N-氯-4-氰基苯基亞甲基-N'-氯-2-甲基苯基亞甲基腙中的4.7g（16mmol）、17g（95mmol）的2，6-二異丙基苯胺及100mL的N，N-二甲基苯胺放入到500mL的三頸燒瓶中，在氮氣流下以160°C進行8小時的攪拌並使其起反應。在起反應之後，將反應溶液添加到300mL的1M鹽酸中，攪拌1小時。使有機層和水層分離，使用乙酸乙酯對水層進行萃取。將有機層及得到的萃取溶液合併，使用飽和碳酸氫鈉及飽和食鹽水進行洗滌，並對有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾並濃縮濾液來得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用己烷：乙酸乙酯=5：1的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。對所得到的固體添加乙酸乙酯而照射超聲波，並進行吸引過濾，以35%的產率得到4.7g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為5-（4-氰基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-3-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑（簡稱：HmpCNptz-diPrp）。如下式子（c-0）示出步驟3的合成方案。

【0664】

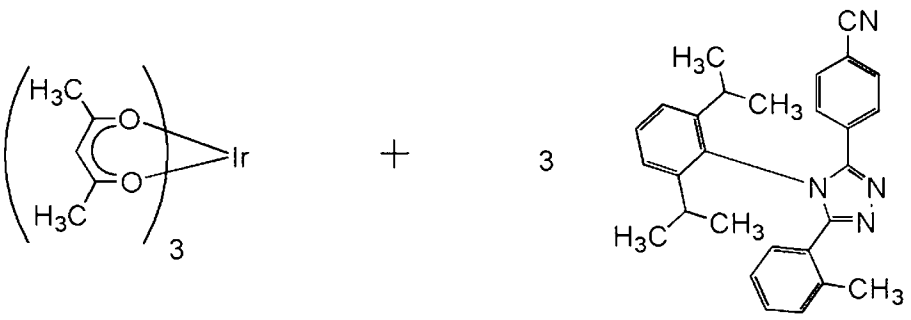


HmpCNptz-diPrp

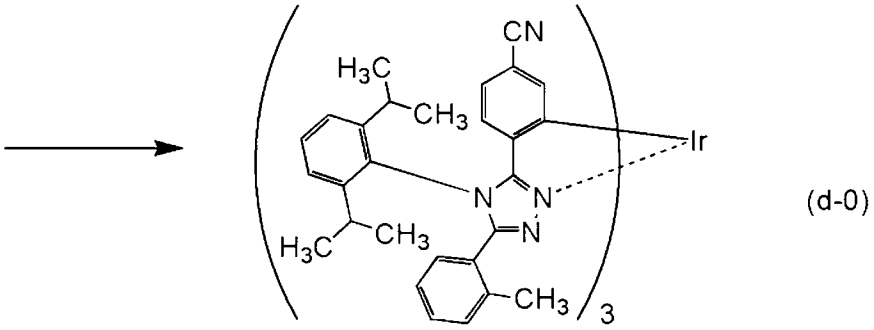
【0665】 <<步驟4：fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的合成>>

將藉由步驟3合成的4.7g（11mmol）的HmpCNptz-diPrp及1.1g（2.2mmol）的三（乙醯丙酮）銥（III）放入到安裝有三通旋塞的反應容器中，在氬氣流下以250℃進行40小時的攪拌。將所得到的反應混合物添加到二氯甲烷中，進行過濾，而去除不溶物。濃縮得到的濾液而得到固體。藉由矽膠管柱層析法使所得到的固體純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷：己烷=4：1的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。確認到得到的固體為面式異構物及經式異構物的異構物混合物。確認到根據^{1}H-NMR得到的異構物比為面式異構物：經式異構物=2：3。為了使異構物分離，再次藉由矽膠管柱層析法純化。作為展開溶劑，首先使用二氯甲烷：己烷=1：1的混合溶劑，接著使用二氯甲烷：己烷=4：1的混合溶劑，藉由薄層層析（TLC）確認到經式異構物的餾分沒有了，然後作為展開溶劑使用二氯甲烷。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以10%的產率得到0.31g的黃色固體。藉由利用梯度昇華方法（train sublimation method）對所得到的黃色固體中的0.30g進行昇華提純。在昇華提純中，在壓力為2.6Pa且氬流量為5.0mL/min的條件下，以320℃加熱24小時。在進行昇華提純之後，以70%的回收率得到0.21g的黃色固體。如下式子（d-0）示出步驟4的合成方案。

【0666】



HmpCNptz-diPrp



(d-0)

fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$

mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$

【0667】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟4得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖34示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例1中得到了以上述結構式（108）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$。

【0668】^{1}H-NMR δ（CD_2Cl_2）：0.72-0.79（m，27H），0.96（d，9H），2.11-2.17（m，3H），2.25（s，9H），2.64-2.69（m，3H），6.23（d，3H），6.80（d，3H），6.87-6.91（m，6H），7.05（s，3H），7.18-7.29（m，12H），7.53（t，3H）。

【0669】<fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的特性>

接著，對fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0100mmol/L）的紫外可見吸收光譜（以下，簡單地稱為吸收光譜）及發射光譜進行測量。作為吸收光譜的測量，使用紫外可見分光光度計（由日本分光株式會社製造，V550型），將

該二氯甲烷溶液放在石英皿中，並在室溫下進行測量。另外，作為發射光譜的測量，使用絕對PL量子產率測量裝置（日本濱松光子學公司製造，C11347-01），在手套箱（日本Bright公司製造，LABstarM13（1250/780））中，在氮氛圍下將二氯甲烷去氧溶液放在石英皿中，密封，並在室溫下進行測量。圖35示出得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。另外，圖35所示的吸收光譜表示從將二氯甲烷溶液放在石英皿中而測量的吸收光譜減去只將二氯甲烷放在石英皿中而測量的吸收光譜來得到的結果。

【0670】 如圖35所示，從fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在513nm及550nm處具有發光峰值的綠色發光。

【0671】 接著，利用液相層析-質譜分析（Liquid Chromatography Mass Spectrometry（簡稱：LC/MS分析））對本實施例所得到的fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$進行質量（MS）分析。

【0672】 在LC/MS分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的Acquity UPLC進行LC（液相層析）分離，並利用沃特斯公司製造的Xevo G2 Tof MS進行MS分析（質量分析）。在LC分離中使用的管柱為Acquity UPLC BEH C8（2.1×100mm，1.7μm），柱溫為40℃。作為流動相A使用乙腈，作為流動相B使用0.1%的甲酸水溶液。另外，以任意濃度將fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$溶解於氯仿中，並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時，將注入量設定為5.0μL。

【0673】 在LC分離中利用改變流動相的組成的梯度法，檢測開始後0分鐘至1分鐘的比率為流動相A：流動相B=85：15，然後改變組成，檢測開始後10分鐘的比率為流動相A：流動相B=95：5。線性地改變組成比。

【0674】 在MS分析中，藉由電灑游離法（ElectroSpray Ionization，簡稱：ESI）進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為30V，並且以正離子模式進行檢測。在碰撞室（collision cell）內將以上述條件離

子化了的m/z=1450.63的成分碰撞到氬氣體來使其解離為子離子。將氬碰撞時的能量（碰撞能量）設定為50eV。另外，所檢測的質量範圍是m/z=100至2000。圖36示出利用飛行時間（TOF）型MS檢測被解離的子離子的結果。

【0675】 由圖36的結果可知，fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$主要在m/z=1031附近檢測出子離子。因為圖36示出來源於fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的特徵，所以可以說這是用於識別包含在混合物中的fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的重要的資料。

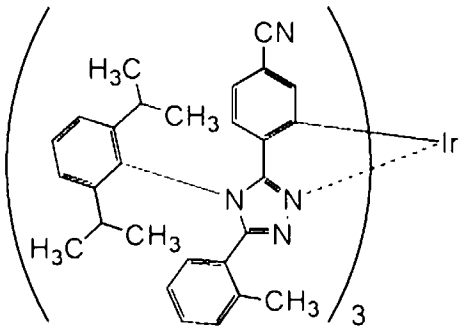
【0676】 另外，m/z=1031附近的子離子被估計為作為配體的HmpCNptz-diPrp從fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$脫離的狀態下的陽離子，這是fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的特徵之一。

實施例2

【0677】 <合成實例2>

在本實施例中，對在實施方式 2 中以結構式（108）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的（OC-6-21）-三{5-氰基-2-[4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}銥（III）（簡稱：mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）的合成方法進行說明。下面示出 mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的結構。

【0678】



mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$

【0679】 <<mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的合成>>

利用矽膠管柱層析法對藉由實施例1的合成例1所記載的方法合成的面式異構物及經式異構物的異構物混合物進行純化。作為展開溶劑，首先使用二氯甲烷：己烷=1：1的混合溶劑，接著使用二氯甲烷：己烷=4：1的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以12%的產率得到0.38g的黃色固體。藉由利用梯度昇華方法對所得到的黃色固體中的0.37g進行昇華提純。在昇華提純中，在壓力為2.6Pa且氬流量為5.0mL/min的條件下，以305°C加熱42小時。在進行昇華提純之後，以68%的回收率得到0.25g的黃色固體。

【0680】 利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖37示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例2中得到了以上述結構式（108）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$。

【0681】 ^{1}H-NMR δ（CD_2Cl_2）：0.40（d，3H），0.63（t，6H），0.72（d，3H），0.92-1.01（m，21H），1.07（d，3H），2.14-2.19（m，1H），2.29（s，3H），2.38-2.54（m，9H），2.60-2.66（m，2H），6.16-6.25（m，3H），6.77-6.86（m，5H），6.92-6.99（m，4H），7.13（s，1H），7.20-7.30（m，11H），7.34-7.40（m，3H），7.48（t，1H），7.55-7.59（m，2H）。

【0682】 <mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的特性>

接著，對mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0100mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖38示出得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。

【0683】 如圖38所示，從mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在518nm及556nm處具有發光峰值的綠色發光。

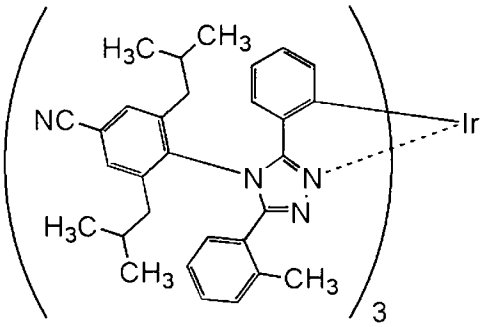
【0684】 接著，利用液相層析-質譜分析（簡稱：LC/MS分析）對本實施例所得到的mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$進行質量（MS）分析。分析條件與實施例1同樣。因為所得到的結果也是與實施例1同樣的，所以雖然難以根據本測量決定面式異構物或經式異構物，但是由此可知破碎的特徵與實施例1的化合物同樣。

實施例3

【0685】 <合成實例3>

在本實施例中，對在實施方式2中以結構式（112）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三{2-[4-（4-氰基-2，6-二異丁基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）的合成方法進行說明。下面示出Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的結構。

【0686】



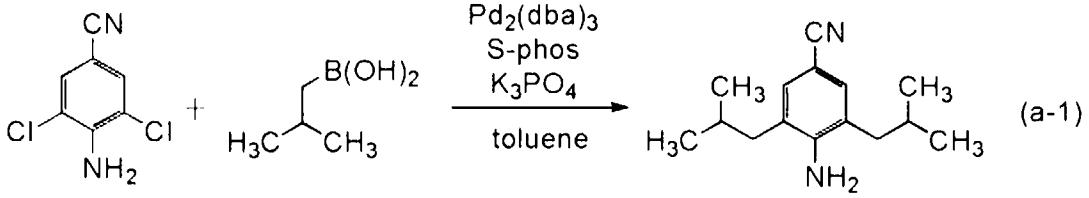
Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$

【0687】 <<步驟1：4-胺基-3，5-二異丁基苯腈的合成>>

將9.4g（50mmol）的4-胺基-3，5-二氯苯腈、26g（253mmol）的異丁基硼酸、54g（253mmol）的磷酸三鉀、2.0g（4.8mmol）的2-二環己基膦基-2’，6’-二甲氧基聯苯（S-phos）以及500mL的甲苯放入到1000mL的三頸燒瓶中，並且對該燒瓶內進行氮氣置換。在燒瓶中進行減壓的同時進行攪拌，以使該混合物脫氣。在脫氣之後，對該混合物添加三（二亞苄基丙酮）鈀（0），在氮氣流下以130℃進行8小時的攪拌並使其起反應。對所得到的反應溶液添加甲苯，並且藉由以矽

藻土、氧化鋁、矽藻土的順序層疊的助濾劑進行過濾。濃縮所得到的濾液得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用甲苯。濃縮所得到的餾分，以87%的產率得到10g的黃色油狀物。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色油狀物為4-胺基-3，5-二異丁基苯腈。如下式子（a-1）示出步驟1的合成方案。

【0688】

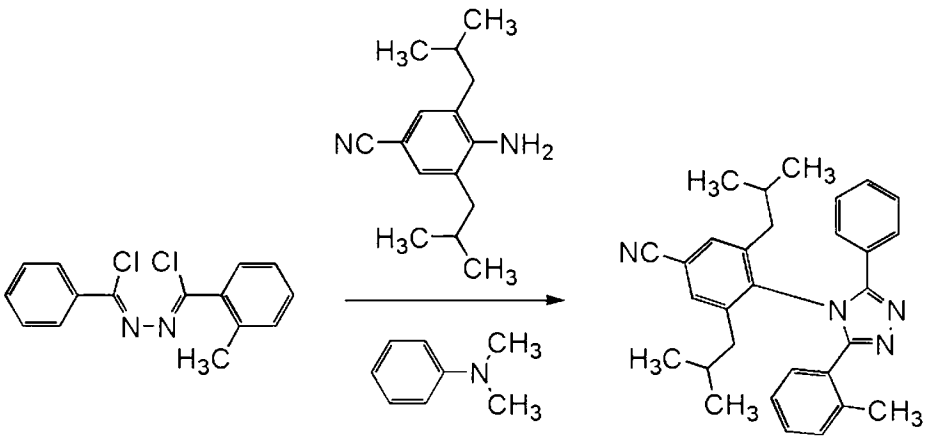


(a-1)

【0689】 <<步驟2：4-（4-氰基-2，6-二異丁基苯基）-3-（2-甲基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑（簡稱：Hmpptz-diBuCNp）的合成>>

將11g（48mmol）的藉由步驟1合成的4-胺基-3，5-二異丁基苯腈、4.7g（16mmol）的N-（2-甲基苯基）氯亞甲基-N'-苯基氯亞甲基肼及40mL的N，N-二甲基苯胺放入到300mL的三頸燒瓶中，在氮氣流下以160℃進行7小時的攪拌並使其起反應。在起反應之後，將反應溶液添加到300mL的1M鹽酸中，攪拌3小時。使有機層和水層分離，使用乙酸乙酯對水層進行萃取。將有機層及得到的萃取溶液合併，使用飽和碳酸氫鈉及飽和食鹽水進行洗滌，並對有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾並濃縮濾液來得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用己烷：乙酸乙酯=5：1的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。對所得到的固體添加己烷而照射超聲波，並進行吸引過濾，以28%的產率得到2.0g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為Hmpptz-diBuCNp。如下式子（b-1）示出步驟2的合成方案。

【0690】



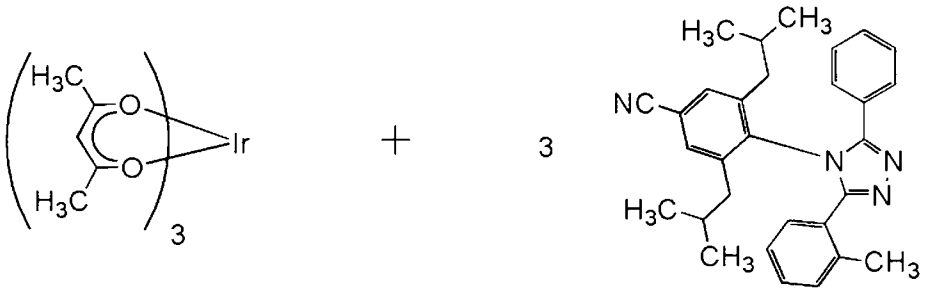
(b-1)

Hmpptz-diBuCNp

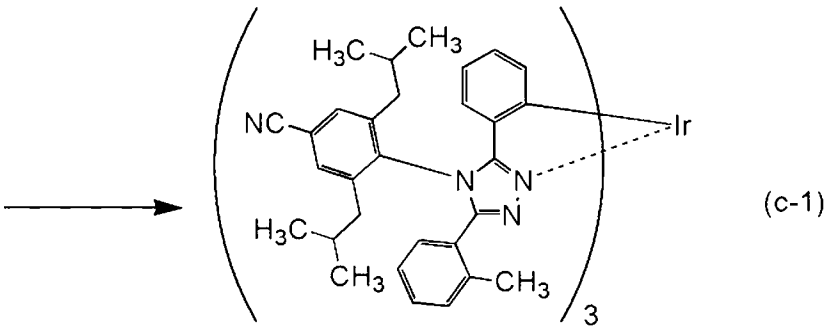
【0691】 <<步驟3：三{2-[4-（4-氰基-2，6-二異丁基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）的合成>>

將藉由步驟2合成的2.0g（4.5mmol）的Hmpptz-diBuCNp及0.44g（0.89mmol）的三（乙醯丙酮）銥（III）放入到安裝有三通旋塞的反應容器中，在氬氣流下以250℃進行43小時的攪拌並使其起反應。將所得到的反應混合物添加到二氯甲烷中，而去除不溶物。濃縮得到的濾液而得到固體。藉由矽膠管柱層析法使所得到的固體純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以23%的產率得到0.32g的黃色固體。藉由利用梯度昇華方法對所得到的黃色固體中的0.31g進行昇華提純。在昇華提純中，在壓力為2.6Pa且氬流量為5.0mL/min的條件下，以310℃加熱19小時。在進行昇華提純之後，以84%的回收率得到0.26g的黃色固體。如下式子（c-1）示出步驟3的合成方案。

【0692】



Hmpptz-diBuCNp



Ir(mpptz-diBuCNp)$_3$

【0693】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟3得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖39示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例3中得到了以上述結構式（112）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$。

【0694】^{1}H-NMR δ（$CDCl_3$）：0.33（d，18H），0.92（d，18H），1.51-1.58（m，3H），1.80-1.88（m，6H），2.10-2.15（m，6H），2.26-2.30（m，3H），2.55（s，9H），6.12（d，3H），6.52（t，3H），6.56（d，3H），6.72（t，3H），6.83（t，3H），6.97（d，3H），7.16（t，3H），7.23（d，3H），7.38（s，3H），7.55（s，3H）。

【0695】<Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的特性>

接著，對Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0104mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖40示出

得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。

【0696】 如圖40所示，從Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在502nm處具有發光峰值的藍色發光。

【0697】 接著，利用液相層析-質譜分析（簡稱：LC/MS分析）對本實施例所得到的Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$進行質量（MS）分析。

【0698】 在LC/MS分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的Acquity UPLC進行LC（液相層析）分離，並利用沃特斯公司製造的Xevo G2 Tof MS進行MS分析（質量分析）。在LC分離中使用的管柱為Acquity UPLC BEH C8（2.1×100mm，1.7μm），柱溫為40°C。作為流動相A使用乙腈，作為流動相B使用0.1%的甲酸水溶液。另外，以任意濃度將Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$溶解於氯仿中，並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時，將注入量設定為5.0μL。

【0699】 在LC分離中利用改變流動相的組成的梯度法，檢測開始後0分鐘至1分鐘的比率為流動相A：流動相B=90：10，然後改變組成，檢測開始後10分鐘的比率為流動相A：流動相B=95：5。線性地改變組成比。

【0700】 在MS分析中，藉由電灑游離法（ESI）進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為30V，並且以正離子模式進行檢測。在碰撞室（collision cell）內將以上述條件離子化了的m/z=1534.73的成分碰撞到氬氣體來使其解離為子離子。將氬碰撞時的能量（碰撞能量）設定為50eV。另外，所檢測的質量範圍是m/z=100至2000。圖41示出利用飛行時間（TOF）型MS檢測被解離的子離子的結果。

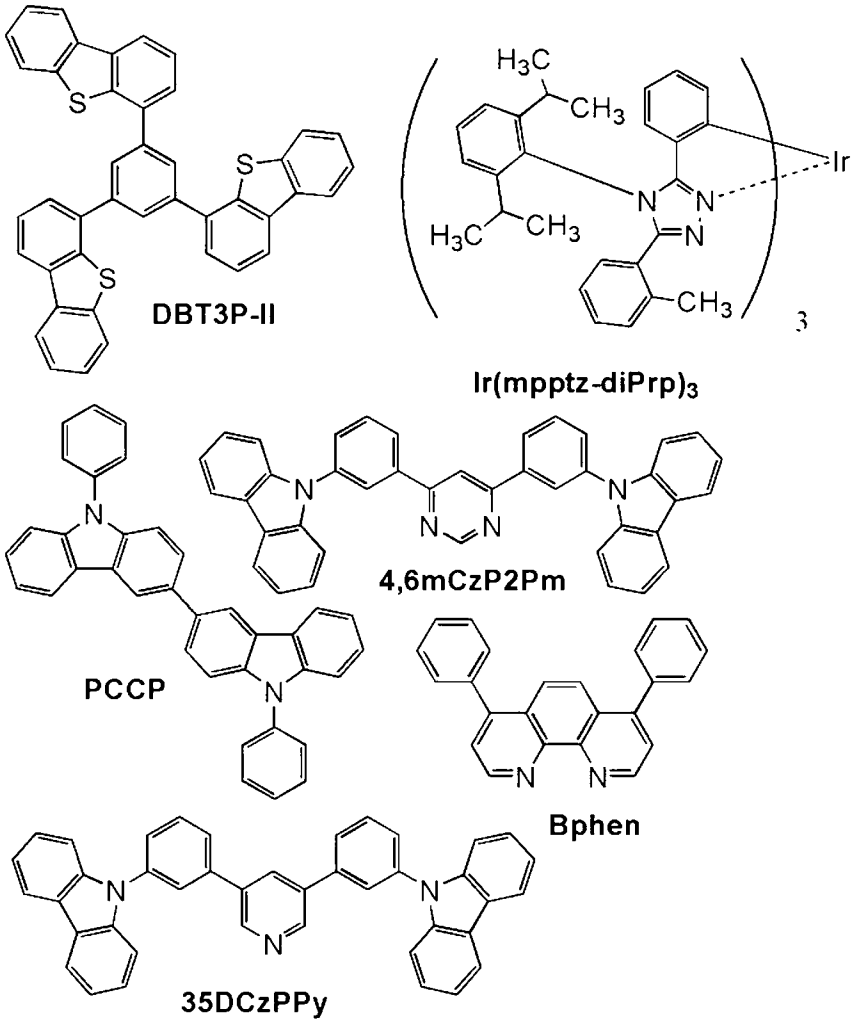
【0701】 由圖41的結果可知，Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$主要在m/z=1087附近檢測出子離子。因為圖41示出來源於Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的特徵，所以可以說這是用於識別包含在混合物中的Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的重要的資料。

【0702】另外，m/z=1087附近的子離子被估計為作為配體的Hmpptz-diBuCNp從Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$脫離的狀態下的陽離子，這是Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的特徵之一。

實施例4

【0703】在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件（發光元件1及發光元件2）以及比較發光元件（比較發光元件1和比較發光元件2）的製造實例。圖42示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表1示出元件結構的詳細內容。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。其他化合物可以參照上述實施例3。

【0704】



【0705】[表1]

	層	符號	膜厚度（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）	15	BPhen	-
		118（1）	10	35DCzPPy	-
	發光層	160（2）	10	35DczPPy：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$	1：0.06
		160（1）	30	35DczPPy：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$	0.65：0.65：0.06
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-
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）	15	BPhen	-
		118（1）	10	35DCzPPy	-
	發光層	160（2）	10	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$	0.8：0.2：0.06
		160（1）	30	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$	0.4：0.6：0.06
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-
比較發光元件1	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118（2）	15	BPhen	-
		118（1）	10	35DCzPPy	-
	發光層	160（2）	10	35DCzPPy：Ir（mpptz-diPrp）$_3$	1：0.06
		160（1）	30	35DCzPPy：PCCP：Ir（mpptz-diPrp）$_3$	0.3：1：0.06
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-
比較發光元件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	160（2）	20	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-diPrp）$_3$	0.8：0.2：0.05
		160（1）	20	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir	0.5：0.5：0.05

				（mpptz-diPrp）$_3$	
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	110	ITSO	-

【0706】 <發光元件的製造>

<<發光元件1的製造>>

作為電極101，在基板200上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0707】 接著，作為電洞注入層111，在電極101上以4，4’，4’’-（苯-1，3，5-三基）三（二苯并噻吩）（簡稱：DBT3P-II）與氧化鉬（MoO_3）的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。

【0708】 接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍3，3’-雙（9-苯基-9H-咔唑）（簡稱：PCCP）。

【0709】 接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以3，5-雙[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]吡啶（簡稱：35DCzPPy）、PCCP與Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的重量比（35DCzPPy：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）為0.65：0.65：0.06且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以35DCzPPy與Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的重量比（35DCzPPy：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）為1：0.06且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，35DCzPPy是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【0710】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以10nm的厚度蒸鍍35DCzPPy並以15nm的厚度蒸鍍紅啡啉（簡稱：BPhen）。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【0711】 接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【0712】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件1。明確而言，將密封劑塗佈於形成在基板200上的有機材料的周圍，貼合該基板200和基板220，以6J/cm^{2}照射波長為365nm的紫外光，並且以80℃進行1小時的加熱處理。藉由上述製程得到發光元件1。

【0713】 <<發光元件2的製造>>

發光元件2與上述發光元件1之間的不同之處只在於發光層160的形成製程。其他製程與發光元件1相同。

【0714】 作為發光元件2的發光層160，以4，6-雙[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]嘧啶（簡稱：4，6mCzP2Pm）、PCCP與Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）為0.4：0.6：0.06且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）為0.8：0.2：0.06且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【0715】 <<比較發光元件1的製造>>

比較發光元件1與上述發光元件1之間的不同之處只在於發光層160的形成製程。其他製程與發光元件1相同。

【0716】 作為比較發光元件1的發光層160，以35DCzPPy、PCCP與三{2-[5-（2-甲基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN2]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpptz-diPrp）$_3$）的重量比（35DczPPy：PCCP：Ir（mpptz-diPrp）$_3$）為0.3：1：0.06且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以35DCzPPy與Ir（mpptz-diPrp）$_3$的重量比（35DczPPy：Ir（mpptz-diPrp）$_3$）為1：0.06且厚度為

10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，35DCzPPy是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（mpptz-diPrp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【0717】 <<比較發光元件2的製造>>

作為電極101，在基板200上形成厚度為110nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0718】 接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍PCCP。

【0719】 接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（mpptz-diPrp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-diPrp）$_3$）為0.5：0.5：0.05且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（mpptz-diPrp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-diPrp）$_3$）為0.8：0.2：0.05且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（mpptz-diPrp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【0720】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以20nm的厚度蒸鍍4，6mCzP2Pm並以10nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍LiF。

【0721】 接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【0722】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封比較發光元件2。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到比較發光元件2。

【0723】 <主體材料的發射光譜>

在此，圖43A和43B示出所製造的上述發光元件（發光元件1、發光元件2、比較發光元件1及比較發光元件2）中用作主體材料（第一有機化合物及第二有機化合物）的PCCP的薄膜、35DCzPPy的薄膜、4，6mCzP2Pm的薄膜、35DCzPPy與PCCP的混合薄膜以及4，6mCzP2Pm與PCCP的混合薄膜的發射光譜的測量結果。

【0724】 為了測量上述發射光譜，藉由真空蒸鍍法在石英基板上形成薄膜樣本。在測量發射光譜時，利用PL-EL測量裝置（由日本濱松光子學株式會社製造）並在室溫（保持為23℃的氛圍）下進行測量。此外，薄膜的厚度為50nm。混合薄膜中的兩種化合物的混合比（第一有機化合物：第二有機化合物）為1：1。

【0725】 如圖43A所示，35DCzPPy及PCCP的發射光譜的峰值波長分別為377nm及412nm，這是具有非常短波長的峰值波長的發射光譜。35DCzPPy與PCCP的混合薄膜的發射光譜的峰值波長為414nm，這是與PCCP的發射光譜相同的程度。因此，可以說35DCzPPy與PCCP的組合不形成激態錯合物。

【0726】 另外，如圖43B所示，4，6mCzP2Pm與PCCP的混合薄膜的發射光譜的峰值波長為501nm，這是與峰值波長為440nm的4，6mCzP2Pm以及峰值波長為412nm的PCCP的發射光譜不同的結果。如下面所說明，4，6mCzP2Pm的LUMO能階比PCCP的LUMO能階低，而PCCP的HOMO能階比4，6mCzP2Pm的HOMO能階高。此外，4，6mCzP2Pm與PCCP的混合薄膜的發光具有大概相當於4，6mCzP2Pm的LUMO能階與PCCP的HOMO能階之間的能量差的能量，並且該混合薄膜所呈現的發光的波長比4，6mCzP2Pm及PCCP的發光的波長較長（低能量），因此可以說該混合薄膜的發光是起因於這兩種化合物所形成的激態錯合物的發光。也就是說，4，6mCzP2Pm與PCCP的組合可以形成激態錯合物，並且藉由使用4，6mCzP2Pm和PCCP作為主體材料可以製造利用ExTET的發光元件。

【0727】 另外，如圖40所示，Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的吸收光譜中的最低能量一側（長波長一側）的吸收帶位於450nm附近，其具有與4，6mCzP2Pm和PCCP所形成的激態錯合物所呈現的發射光譜重疊的區域。因此，包含4，6mCzP2Pm和PCCP作為主體材料的發光元件能夠有效地將激發能轉移到客體材料。

【0728】 如上所述，發光元件1及比較發光元件1是其主體材料不形成激態錯合物的發光元件。另一方面，發光元件2及比較發光元件2具有第一有機化合物的4，6mCzP2Pm及第二有機化合物的PCCP作為主體材料，其中，第一有機化合物與第二有機化合物的組合形成激態錯合物。

【0729】 接著，測量用作主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）的三重態激發能階（T1能階）。

【0730】 在測量三重態激發能階時，對各化合物的薄膜樣本進行磷光發光測量。在該測量中，利用顯微PL裝置LabRAM HR-PL（由日本堀場製作所製造），將測量溫度設定為10K，作為激發光使用He-Cd雷射（325nm），作為檢測器使用CCD檢測器。根據藉由上述測量而得到的磷光光譜中的最短波長一側的峰值算出三重態激發能階（T1能階）。

【0731】 第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）的磷光發射光譜中的最短波長一側的峰值波長分別為459nm及467nm，其三重態激發能階（T1能階）分別為2.70eV及2.66eV。

【0732】 此外，4，6mCzP2Pm及PCCP的磷光發射光譜的最短波長一側的峰值波長比圖43B所示的4，6mCzP2Pm與PCCP所形成的激態錯合物的發射光譜的最短波長一側的峰值波長更短。激態錯合物具有其單重態激發能階（S1能階）與三重態激發能階（T1能階）之間的能量差小的特徵，因此，根據發射光譜中的最短波長一側的峰值波長能夠得到激態錯合物的三重態激發能階（T1能階）。

也就是說，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）的三重態激發能階（T1能階）高於激態錯合物的三重態激發能階（T1能階）。

【0733】 此外，如下面所示，4，6mCzP2Pm及PCCP的三重態激發能階（T1能階）高於根據吸收光譜的吸收端而得到的客體材料的遷移能量。

【0734】 由此，在本實施例中用作主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）具有被用作主體材料時足夠高的三重態激發能階（T1能階）。

【0735】 <發光元件的特性>

圖44示出所製造的發光元件1、發光元件2、比較發光元件1及比較發光元件2的電流效率-亮度特性。圖45示出亮度-電壓特性。圖46示出外部量子效率-亮度特性。圖47示出電力效率-亮度特性。各發光元件的測量在室溫（保持為23°C的氛圍）下進行。

【0736】 另外，表2示出1000cd/m^2附近的發光元件1、發光元件2、比較發光元件1及比較發光元件2的元件特性。

【0737】 [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	3.8	0.84	（0.18，0.47）	740	87	72	35
發光元件2	3.2	1.3	（0.18，0.48）	1100	86	85	34
比較發光元件1	4.2	1.3	（0.18，0.42）	870	69	52	30
比較發光元件2	3.4	2.3	（0.30，0.52）	1000	44	41	15

【0738】 另外，圖48A示出當以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過發光元件1及比較發光元件1中時的發射光譜，而圖48B示出當以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過發光元件2及比較發光元件2中時的發射光譜。

【0739】 如圖44至圖47以及表2所示，發光元件1具有高於比較發光元件1的發光效率（電流效率及外部量子效率）。此外，發光元件1的外部量子效率的最大值為35%，這是優異的數值。另外，如圖48A所示，發光元件1呈現電致發射光譜的峰值波長為487nm且半峰全寬為65nm的藍色發光。也就是說，藉由將具有包含氰基的芳基作為配體的銥錯合物用作客體材料，可以製造具有高發光效率的藍色發光元件。

【0740】 另外，如圖44至圖47以及表2所示，發光元件2具有高於比較發光元件2的電流效率。此外，發光元件2的外部量子效率的最大值為35%，這是優異的數值。此外，與發光元件1、比較發光元件1及比較發光元件2相比，發光元件2在較低的驅動電壓下驅動。因此，發光元件2具有優異的電力效率。

【0741】 此外，如圖48B所示，發光元件2呈現電致發射光譜的峰值波長為487nm且半峰全寬為65nm的藍色發光。另一方面，比較發光元件2的電致發射光譜的峰值波長為517nm，其半峰全寬較寬，為108nm。比較發光元件2的電致發射光譜明顯地不同於使用相同客體材料的比較發光元件1的電致發射光譜。

【0742】 <CV測量結果>

在此，藉由循環伏安（CV：cyclic voltammetry）測量對用作上述發光元件的主體材料（第一有機化合物及第二有機化合物）以及客體材料的化合物的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C）。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

及還原電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出各化合物的HOMO能階及LUMO能階。

【0743】 關於主體材料（PCCP、35DCzPPy及4，6mCzP2Pm），使用將該主體材料溶解於N，N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）而成的溶液，來測量氧化反應特性及還原反應特性。注意，一般來說，用於有機EL元件的有機化合物的折射率為1.7至1.8左右，並其相對介電常數為3左右，因此，當利用極性高的溶劑的DMF（相對介電常數為38）對包含氰基等極性高（特別是，吸電子性高）的取代基的化合物的氧化反應特性進行測量時，有時在精度上不足。因此，在本實施例中，利用將客體材料（Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$及Ir（mpptz-diPrp）$_3$）溶解於極性低的氯仿（相對介電常數為4.8）而成的溶液，來測量氧化反應特性。另外，利用將客體材料溶解於DMF而成的溶液，來測量客體材料的還原反應特性。

【0744】 表3示出藉由CV測量而得到的氧化電位、還原電位以及根據CV測量結果而算出的各化合物的HOMO能階及LUMO能階。

【0745】 [表3]

簡稱	氧化電位（V）	還原電位（V）	根據氧化電位而算出的HOMO能階（eV）	根據還原電位而算出的LUMO能階（eV）
PCCP	0.69	-2.98	-5.63	-1.96
35DCzPPy	0.96	-2.56	-5.90	-2.39
4，6mCzP2Pm	0.95	-2.06	-5.89	-2.88
Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$	0.46	-2.46	-5.40	-2.49
Ir（mpptz-diPrp）$_3$	0.30	-2.98	-5.24	-1.96

【0746】 如表3所示，在發光元件2中，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的還原電位高於第二有機化合物（PCCP）的還原電位，並且，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的氧化電位高於第二有機化合物（PCCP）的氧化電位。另外，

第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的LUMO能階，並且，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的HOMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階。因此，從一對電極注入的載子（電子及電洞）高效地注入到主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP），由此，該第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）能夠形成激態錯合物。因此，發光元件2具有實現高發光效率及低驅動電壓的優異特性。

【0747】 在比較發光元件2中，客體材料（Ir（mpptz-diPrp）$_3$）的LUMO能階高於第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階，但是，客體材料（Ir（mpptz-diPrp）$_3$）的HOMO能階比第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階高0.3eV以上。因此，客體材料（Ir（mpptz-diPrp）$_3$）和第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）有可能形成激態錯合物。

【0748】 在實際上，如圖48B所示，比較發光元件2的電致發射光譜中的半峰全寬較寬，為108nm，這是明顯不同於具有相同的客體材料的比較發光元件1的電致發射光譜。因此，在比較發光元件2中，客體材料（Ir（mpptz-diPrp）$_3$）和第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）形成激態錯合物，其結果是，呈現長波長的電致發射光譜。此外，由於同樣的理由，比較發光元件2的電流效率及外部量子效率不足夠高。

【0749】 <客體材料的吸收光譜>

接下來，圖49示出用於上述發光元件的客體材料的Ir（mpptz-diPrp）$_3$的吸收光譜的測量結果。注意，Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的吸收光譜顯示在實施例3的圖40中。

【0750】 的測量中，製造溶解有Ir（mpptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液，並利用石英皿來測量吸收光譜。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）。從所測量出的樣本的光譜減去石英皿的吸收光譜。

【0751】 接著，根據所測量出的吸收光譜的資料算出吸收端，而估計在假設直接遷移時的遷移能量。其結果是，Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的吸收端為478nm，其遷移能量為2.59eV。此外，Ir（mpptz-diPrp）$_3$的吸收端為471nm，其遷移能量為2.63eV。

【0752】 另一方面，關於根據表3所示的CV測量結果而算出的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差，Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$為2.91eV，Ir（mpptz-diPrp）$_3$為3.28eV。

【0753】 因此，在Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$及Ir（mpptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差分別比根據吸收端而算出的遷移能量大0.32eV及0.65eV。

【0754】 另外，由於圖48A所示的發光元件1及比較發光元件1的電致發射光譜的最短波長一側的峰值波長分別為487nm及477nm，所以Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$及Ir（mpptz-diPrp）$_3$的發光能量分別為2.55eV及2.60eV。

【0755】 因此，在Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$及Ir（mpptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差分別比發光能量大0.36eV及0.68eV。

【0756】 也就是說，在用於上述發光元件的客體材料中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.3eV以上，並且，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.3eV以上。因此，在從一對電極注入的載子在該客體材料中直接再結合的情況下，需要相當於LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的大能量，從而需要較高的電壓。

【0757】 然而，在本發明的一個實施方式的發光元件中，能夠利用由激態錯合物的能量遷移使客體材料激發，而不在客體材料中使載子直接再結合，所以可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【0758】 另外，根據表3，發光元件2中的主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階和第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階之間的能量差為2.75eV。也就是說，在發光元件2中，相當於主體材料的激態錯合物的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的能量小於客體材料（Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差（2.91eV）且大於根據吸收端而算出的遷移能量（2.59eV）。因此，在發光元件2中，能夠藉由激態錯合物使客體材料激發，從而可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【0759】 <可靠性測試結果>

接下來，圖50示出上述發光元件的可靠性測試的測量結果。在該可靠性測試中，將各發光元件（發光元件1、發光元件2及比較發光元件1）的初始亮度設定為2000cd/m^2，並以一定電流密度連續驅動各發光元件。

【0760】 其結果是，在發光元件1、發光元件2及比較發光元件1中，直到亮度降低至初始亮度的90%為止所需要的時間（LT90）分別為54小時、160小時及40小時，因此，發光元件2具有特別優良的可靠性。

【0761】 在發光元件2中，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，第一有機化合物和第二有機化合物的組合形成激態錯合物，並且，作為客體材料使用包含氰基的銥錯合物。藉由利用如發光元件2那樣的方式，能夠提供在實現高發光效率及低驅動電壓的同時具有優良的可靠性的呈現藍色發光的發光元件。

【0762】 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的結構，可以提供發光效率高的發光元件。另外，可以提供功耗低的發光元件。另外，可以提供可靠性高的發光元件。另外，可以提供發光效率高且可靠性高的呈現藍色發光的發光元件。

【0763】 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例5

【0764】 在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件（發光元件3及發光元件4）的製造實例。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖可以參照圖42。表4示出元件結構的詳細內容。此外，所使用的化合物的結構及簡稱可以參照上述實施例。

【0765】 [表4]

	層	符號	膜厚度（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	160（2）	20	4，6mCzP2Pm：PCCP：fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	0.8：0.2：0.05
		160（1）	20	4，6mCzP2Pm：PCCP：fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	0.5：0.5：0.05
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	110	ITSO	-
發光元件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	160（2）	20	4,6mCzP2Pm：PCCP：mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	0.8：0.2：0.05
		160（1）	20	4,6mCzP2Pm：PCCP：mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	0.5：0.5：0.05
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	110	ITSO	-

【0766】 <發光元件的製造>

<<發光元件3的製造>>

作為電極101，在基板200上形成厚度為110nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0767】 接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。

【0768】 接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍PCCP。

【0769】 接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以4，6mCzP2Pm、PCCP與fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）為0.5：0.5：0.05且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、

PCCP與fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）為0.8：0.2：0.05且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【0770】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以20nm的厚度蒸鍍4，6mCzP2Pm並以10nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【0771】 接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【0772】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件3。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到發光元件3。

【0773】 <<發光元件4的製造>>

發光元件4與上述發光元件3之間的不同之處只在於發光層160的形成製程。其他製程與發光元件3相同。

【0774】 作為發光層160，以4，6mCzP2Pm、PCCP與mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）為0.5：0.5：0.05且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、PCCP與mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）為0.8：0.2：0.05且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。換言之，發光元件4只在客體材料上不同於發光元件3。

【0775】 <發光元件的特性>

圖51示出所製造的發光元件3及發光元件4的電流效率-亮度特性。圖52示出亮度-電壓特性。圖53示出外部量子效率-亮度特性。圖54示出電力效率-亮度特性。此外，在圖51至圖54中，還記載實施例4中製造的比較發光元件2的特性。各發光元件的測量在室溫（保持為23℃的氛圍）下進行。

【0776】 另外，表5示出1000cd/m^{2}附近的發光元件3及發光元件4的元件特性。

【0777】 [表5]

	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	2.9	1.0	（0.35，0.61）	880	84	91	24
發光元件4	3.1	1.2	（0.36，0.59）	1000	81	82	24

【0778】 另外，圖55示出當以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過發光元件3及發光元件4中時的發射光譜。

【0779】 如圖51至圖54以及表5所示，發光元件3及發光元件4具有高於比較發光元件2的發光效率（電流效率及外部量子效率）。此外，發光元件3及發光元件4的外部量子效率的最大值分別為25%及24%，這是優異的數值。此外，與比較發光元件2相比，發光元件3及發光元件4在較低的驅動電壓下驅動。因此，發光元件3及發光元件4具有優異的電力效率。另外，如圖55所示，發光元件3及發光元件4呈現電致發射光譜的峰值波長分別為509nm及511nm的綠色發光。也就是說，藉由將作為配體具有包含氰基的芳基的銥錯合物用作客體材料，可以製造具有高發光效率的綠色發光元件。

【0780】 <CV測量結果>

在此，藉由CV測量對上述發光元件的客體材料的電化學特性進行測量。其測量方法是與實施例4相同的。也就是說，利用將客體材料（fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$及mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）溶解於氯仿而成的溶液，來測量客體材料的氧化反應特性，並且，利用將客體材料溶解於DMF而成的溶液來測量客體材料的還原反應特性。

【0781】 表6示出藉由CV測量而得到的氧化電位、還原電位以及根據CV測量結果而算出的各化合物的HOMO能階及LUMO能階。

【0782】 [表6]

商品	氧化電位（V）	還原電位（V）	根據氧化電位而算出的HOMO能階（eV）	根據還原電位而算出的LUMO能階（eV）
fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	0.91	-2.31	-5.85	-2.64
mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$	0.86	-2.30	-5.80	-2.65

【0783】 根據表6以及實施例4的表3所示的CV測量結果，在發光元件3及發光元件4中，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的還原電位高於第二有機化合物（PCCP）的還原電位，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的氧化電位高於第二有機化合物（PCCP）的氧化電位，客體材料（fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$及mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）的還原電位低於第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的還原電位，並且，客體材料（fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$及mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）的氧化電位高於第二有機化合物（PCCP）的氧化電位。另外，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的LUMO能階，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的HOMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階，客體材料（fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$及mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）的LUMO能階高於第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階，並且，客體材料（fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$及mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$）的HOMO能

階低於第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階。因此，從一對電極注入的載子（電子及電洞）高效地注入到主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP），由此，該第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）能夠形成激態錯合物。因此，發光元件3及發光元件4具有實現高發光效率及低驅動電壓的優異特性。

【0784】 <客體材料的吸收光譜>

接著，根據用於上發光元件的客體材料的吸收光譜的測量結果算出吸收端，而估計在假設直接遷移時的遷移能量。fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$及mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的吸收光譜顯示在上述實施例的圖35及圖38中。

【0785】 其結果是，fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的吸收端為513nm，其遷移能量為2.42eV。此外，mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的吸收端為516nm，其遷移能量為2.40eV。

【0786】 另一方面，關於根據表6所示的CV測量結果而算出的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差，fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$為3.21eV，mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$為3.15eV。

【0787】 因此，在fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$及mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差分別比根據吸收端而算出的遷移能量大0.79eV及0.75eV。

【0788】 另外，由於圖55所示的發光元件3及發光元件4的電致發射光譜的最短波長一側的峰值波長分別為509nm及511nm，所以fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$及mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$的發光能量分別為2.44eV及2.43eV。

【0789】 因此，在fac-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$及mer-Ir（mpCNptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差分別比發光能量大0.77eV及0.72eV。

【0790】 也就是說，在用於上述發光元件的客體材料中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.4eV以上，並且，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.4eV以上。因此，在從一對電極注入的載子在該客體材料中直接再結合的情況下，需要相當於LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的大能量，從而需要較高的電壓。

【0791】 然而，在本發明的一個實施方式的發光元件中，能夠利用由激態錯合物的能量遷移使客體材料激發，而不在客體材料中使載子直接再結合，所以可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【0792】 另外，根據實施例4所示的表3，發光元件3及發光元件4中的主體材料的第一有機化合物(4,6mCzP2Pm)的LUMO能階和第二有機化合物(PCCP)的HOMO能階之間的能量差為2.75eV。也就是說，在發光元件3及發光元件4中，相當於主體材料的激態錯合物的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的能量小於客體材料(fac-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$及mer-Ir(mpCNptz-diPrp)$_3$)的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差(分別為3.21eV及3.15eV)且大於根據吸收端而算出的遷移能量(分別為2.42eV及2.40eV)。因此，在發光元件3及發光元件4中，能夠藉由激態錯合物使客體材料激發，從而可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

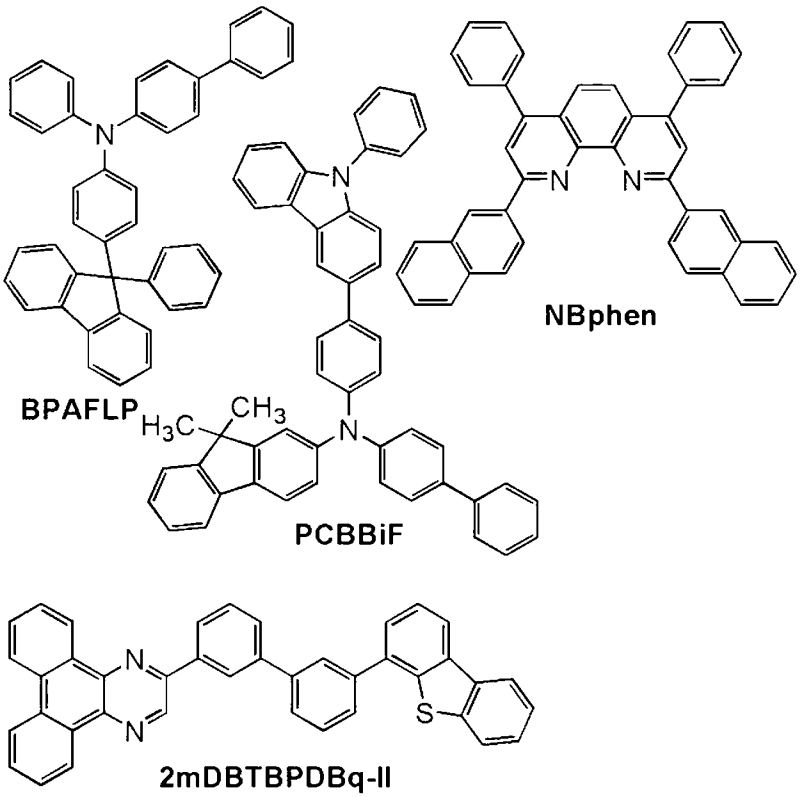
【0793】 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的結構，可以提供發光效率高的發光元件。另外，可以提供功耗低的發光元件。另外，可以提供發光效率高且功耗低的呈現綠色發光的發光元件。

【0794】 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

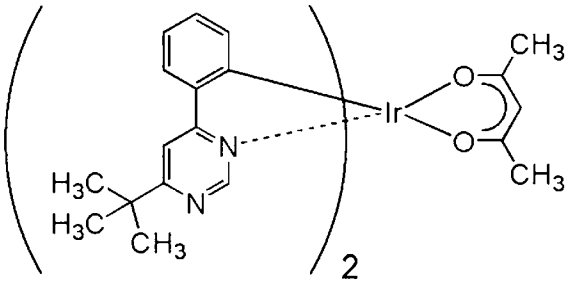
實施例6

【0795】 如實施方式5所示，藉由組合本發明的一個實施方式的發光元件與其他發光元件，能夠製造功耗低的顯示裝置。在本實施例中，示出可以適用於本發明的一個實施方式的顯示裝置中的發光元件（發光元件5至發光元件7）的製造實例。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖可以參照圖42。表7示出元件結構的詳細內容。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。其他化合物可以參照上述實施例。

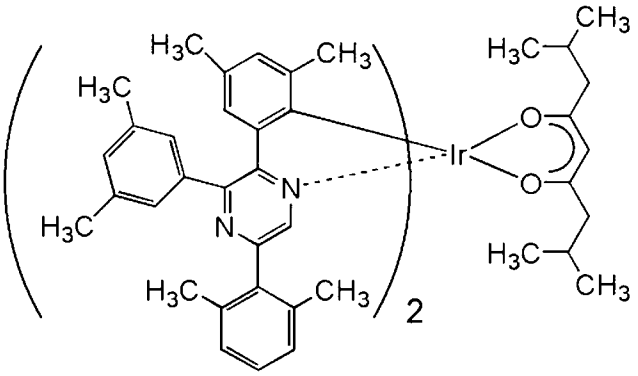
【0796】



【0797】



Ir(tBuppm)$_2$(acac)



Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm)

【0798】 [表7]

	層	符號	膜厚度（nm）	材料	重量比
發光元件5	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	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	160（2）	20	2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（tBuppm）$_2$（acac）	0.8：0.2：0.05
		160（1）	20	2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（tBuppm）$_2$（acac）	0.7：0.3：0.05
	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	-
發光元件6	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118（2）	15	Bphen	-
		118（1）	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	160（2）	20	2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（divm）	0.8：0.2：0.05
		160（1）	20	2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（divm）	0.7：0.3：0.05
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	50	BPAFLP：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件7	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	35DCzPPy	-
	發光層	160（2）	10	35DCzPPy：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$	1：0.06
		160（1）	30	35DCzPPy：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$	0.65：0.65：0.06
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
發光元件7	電洞注入層	111	15	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0799】 <發光元件的製造>

<<發光元件5的製造>>

作為電極101，在基板200上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0800】接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為40nm的方式進行共蒸鍍。

【0801】接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍4-苯基-4'-（9-苯基芴-9-基）三苯基胺（簡稱：BPAFLP）。

【0802】接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以2-[3'-（二苯并噻吩-4-基）聯苯-3-基]二苯并[f，h]喹喔啉（簡稱：2mDBTBPDBq-II）、N-（1，1'-聯苯-4-基）-N-[4-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）苯基]-9，9-二甲基-9H-芴-2-胺（簡稱：PCBBiF）與（乙醯丙酮）雙（6-三級丁基-4-苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（tBuppm）$_2$（acac））的重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（tBuppm）$_2$（acac））為0.7：0.3：0.05且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍，然後，以2mDBTBPDBq-II、PCBBiF與Ir（tBuppm）$_2$（acac）的重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（tBuppm）$_2$（acac））為0.8：0.2：0.05且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，2mDBTBPDBq-II是第一有機化合物，PCBBiF是第二有機化合物，Ir（tBuppm）$_2$（acac）是客體材料（磷光化合物）。

【0803】接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II並以15nm的厚度蒸鍍2，9-雙（萘-2-基）-4，7-二苯基-1，10-啡啉（簡稱：NBPhen）。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【0804】接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【0805】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件5。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到發光元件5。

【0806】 <<發光元件6的製造>>

作為電極101，在基板200上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0807】 接著，作為電洞注入層111，在電極101上以BPAFLP與MoO_3的重量比（BPAFLP：MoO_3）為1：0.5且厚度為50nm的方式進行共蒸鍍。

【0808】 接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0809】 接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以2mDBTBPDBq-II、PCBBiF與雙{4，6-二甲基-2-[5-（2，6-二甲基苯基）-3-（3，5-二甲基苯基）-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}（2，8-二甲基-4，6-壬烷二酮-κ^{2}O，O’）銥（III）（簡稱：Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm)）的重量比(2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(divm))為0.7：0.3：0.05且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍，然後，以2mDBTBPDBq-II、PCBBiF與Ir（dmdppr-dmp）$_2$（divm）的重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（divm））為0.8：0.2：0.05且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，2mDBTBPDBq-II是第一有機化合物，PCBBiF是第二有機化合物，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（divm）是客體材料（磷光化合物）。

【0810】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以25nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II並以15nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【0811】接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【0812】接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件6。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到發光元件6。

【0813】<<發光元件7的製造>>

作為電極101，在基板200上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0814】接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為15nm的方式進行共蒸鍍。

【0815】接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍PCCP。

【0816】接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以35DCzPPy、PCCP與Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的重量比（35DCzPPy：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）為0.65：0.65：0.06且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以35DCzPPy與Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的重量比（35DCzPPy：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）為1：0.06且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，35DCzPPy是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【0817】接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以10nm的厚度蒸鍍35DCzPPy並以15nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【0818】接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【0819】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件7。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到發光元件7。

【0820】 <發光元件的特性>

圖56示出所製造的發光元件5至發光元件7的電流效率-亮度特性。圖57示出亮度-電壓特性。圖58示出電流密度-電壓特性。圖59示出外部量子效率-亮度特性。圖60示出電力效率-亮度特性。各發光元件的測量在室溫（保持為23℃的氛圍）下進行。

【0821】 另外，表8示出1000cd/m^{2}附近的發光元件5至發光元件7的元件特性。

【0822】 [表8]

	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5	2.9	0.810	（0.40，0.59）	1030	127	138	32.7
發光元件6	3.3	2.24	（0.66，0.34）	1100	48.9	46.5	28.1
發光元件7	4.0	1.63	（0.17，0.41）	1110	68.0	53.4	30.1

【0823】 另外，圖61示出當以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過發光元件5至發光元件7中時的發射光譜。

【0824】 如圖56至圖60以及表8所示，發光元件5至發光元件7具有高電流效率。此外，發光元件5、發光元件6及發光元件7的外部量子效率的最大值分別為33%、29%及31%，這是優異的數值。此外，發光元件5至發光元件7在較低的驅動電壓下驅動。因此，發光元件5至發光元件7具有優異的電力效率。此外，如

圖61所示，發光元件5、發光元件6及發光元件7呈現電致發射光譜的峰值波長分別為543nm、612nm及483nm且色純度高的綠色、紅色及藍色的發光。

【0825】 <顯示裝置的功耗>

估計利用上述所製造的發光元件5至發光元件7製造的顯示裝置的功耗。

【0826】 當估計顯示裝置的功耗時，在假定如下條件下進行計算：縱橫比為16：9、對角線為4.3英寸、顯示區域的面積為50.97cm^2、開口率（簡稱：R_A）為35%。

【0827】 當將發光元件5至發光元件7用作上述顯示裝置的顯示元件時，在具有發光元件5的結構的顯示元件的亮度L_5為284cd/m^2；具有發光元件6的結構的顯示元件的亮度L_6為979cd/m^2；具有發光元件7的結構的顯示元件的亮度L_7為1309cd/m^2的情況下，根據下述公式（4），能夠在顯示區域的整體上以300cd/m^2顯示其色溫為3500K的白色（色度（x，y）為（0.405，0.391））。

【0828】

$$(L_5 + L_6 + L_7)\ R_A/3 = 300\ cd/m^2 \quad \cdots (4)$$

【0829】 另外，此時的顯示元件部的功耗可以估計為1.7mW/cm^2。因此，可知藉由利用具有發光元件5至發光元件7的結構的顯示元件，能夠製造功耗極低的顯示裝置。

【0830】 <可靠性測試結果>

接下來，圖62示出發光元件5及發光元件6的可靠性測試的測量結果。在該可靠性測試中，將各發光元件（發光元件5及發光元件6）的初始亮度設定為5000cd/m^2，並以一定電流密度連續驅動各發光元件。

【0831】 其結果是，在發光元件5及發光元件6中，直到其亮度降低至初始亮度的50%為止所需要的時間（LT50）分別可估計為20000小時以上及10000小時以上，因此，發光元件5及發光元件6具有優良的可靠性。

【0832】 也就是說，藉由組合本發明的一個實施方式的呈現藍色發光的發光元件（發光元件7）與如上述發光元件5及發光元件6那樣具有優良的特性的綠色發光元件及紅色發光元件，能夠提供其三原色的發光效率都良好且可靠性高的發光元件以及顯示裝置。

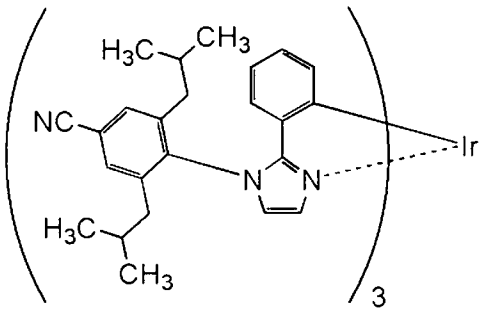
【0833】 如上所述，藉由組合本發明的一個實施方式的結構與本實施例的結構，可以提供發光效率高的發光元件。另外，可以提供功耗低的發光元件。另外，可以提供可靠性高的發光元件。另外，可以提供發光效率高、功耗低且可靠性高的顯示裝置。

實施例7

【0834】 <合成實例4>

在本實施例中，對在實施方式2中以結構式（118）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三{2-[1-（4-氰基-2，6-二異丁基苯基）-1H-咪唑-2-基-κN^3]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（pim-diBuCNp）$_3$）的合成方法進行說明。下面示出Ir（pim-diBuCNp）$_3$的結構。

【0835】



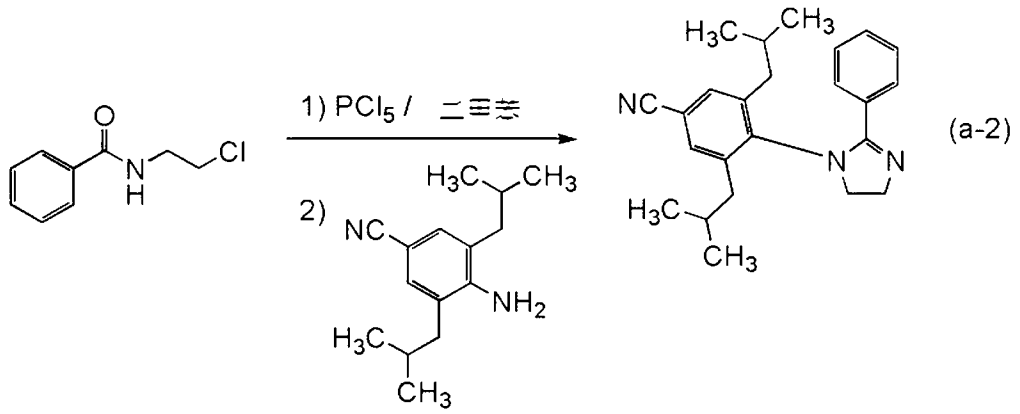
Ir(pim-diBuCNp)$_3$

【0836】 <<步驟1：1-（4-氰基-2，6-二異丁基苯基）-2-苯基-4，5-二氫-1H-咪唑的合成>>

將22g（117mmol）的N-（2-氯乙基）苯甲醯胺及260mL的脫水二甲苯放入到1000mL的三頸燒瓶中。將33g（158mmol）的五氯化磷放入到該混合溶液中，以

140℃進行1小時的攪拌並使其起反應。在起反應之後，冷卻到室溫，將28g（120mmol）的4-胺基-3，5-二異丁基苯腈及60mL的脫水二甲苯的混合溶液滴加到該混合溶液中，以140℃進行5小時的加熱攪拌。將該反應混合物緩慢滴加到500mL的水中，在室溫下攪拌30分鐘。對該混合物添加氯仿並萃取有機層。將所得到的萃取溶液緩慢滴加到1M氫氧化鈉水溶液，在室溫下攪拌30分鐘。使該混合物的水層和有機層分離，對得到的萃取溶液依次使用飽和碳酸氫鈉水溶液及飽和食鹽水進行洗滌。在進行洗滌之後，對有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，而獲得濾液。濃縮所得到的濾液得到固體。對所得到的固體添加乙酸乙酯/己烷的混合溶劑，並進行吸引過濾，以79%的產率得到33g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為1-（4-氰基-2，6-二異丁基苯基）-2-苯基-4，5-二氫-1H-咪唑。如下式子（a-2）示出步驟1的合成方案。

【0837】

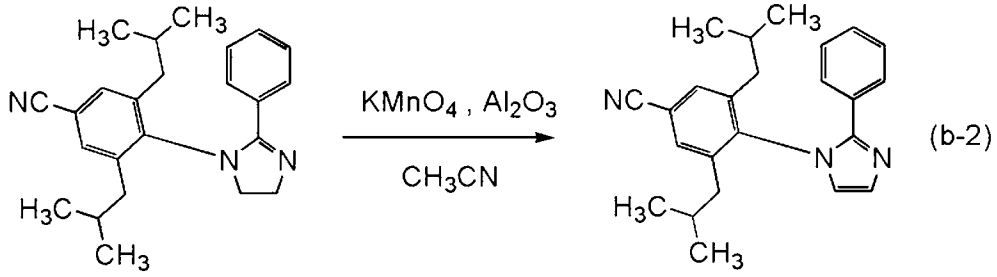


【0838】 <<步驟2：1-（4-氰基-2，6-二異丁基苯基）-2-苯基-1H-咪唑（簡稱：Hpim-diBuCNp）的合成>>

藉由步驟1合成的1-（4-氰基-2，6-二異丁基苯基）-2-苯基-4，5-二氫-1H-咪唑中的15g（42mmol）及乙腈放入到200mL的三頸燒瓶中。將13g（84mmol）的過錳酸鉀及29g的氧化鋁放入到研缽中並進行研碎，而得到粉末。將該粉末放入到上

述混合溶液，在室溫下攪拌17小時並使其起反應。藉由矽藻土對該反應混合物進行吸引過濾。濃縮所得到的濾液得到油狀物。對所得到的油狀物添加甲苯，並且藉由以矽藻土、氧化鋁、矽藻土的順序層疊的助濾劑進行過濾。濃縮所得到的濾液得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用己烷：乙酸乙酯=5：1的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，以53%的產率得到8.0g的無色油狀物。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的無色油狀物為1-（4-氰基-2，6-二異丁基苯基）-2-苯基-1H-咪唑（簡稱：Hpim-diBuCNp）。如下式子（b-2）示出步驟2的合成方案。

【0839】



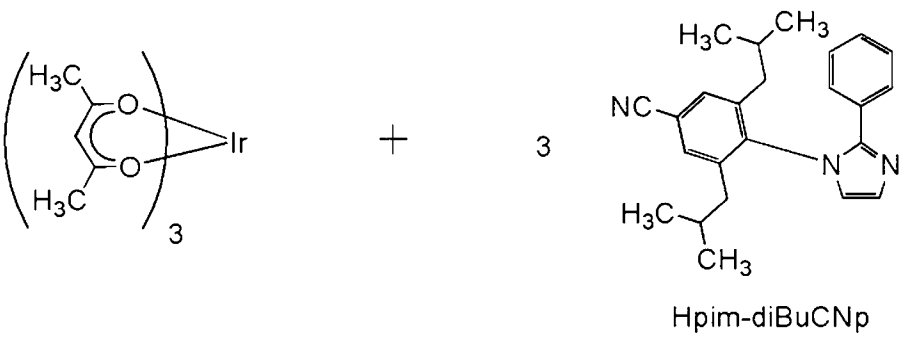
Hpim-diBuCNp

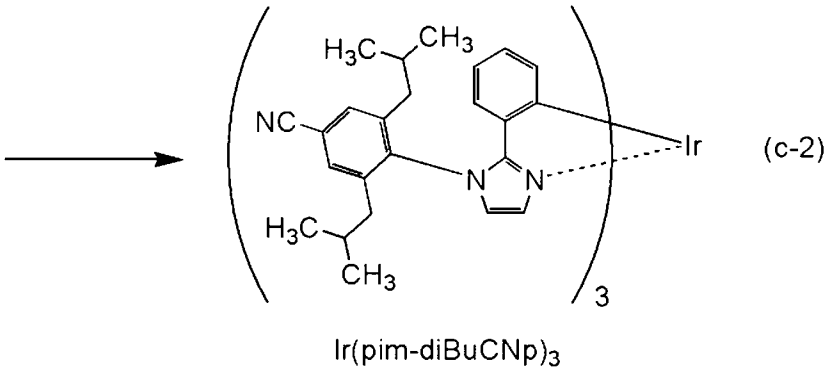
【0840】 <<步驟3：三{2-[1-(4-氰基-2，6-二異丁基苯基)-1H-咪唑-2-基-κN^3]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（pim-diBuCNp）$_3$）的合成>>

將藉由步驟2合成的Hpim-diBuCNp中的5.0g（14mmol）及1.4g（2.8mmol）的三（乙醯丙酮）銥（III）放入到安裝有三通旋塞的反應容器中，在氬氣流下以250°C進行38小時的攪拌並使其起反應。將甲苯添加到所得到的反應混合物中，而去除不溶物。濃縮得到的濾液而得到固體。藉由矽膠管柱層析法使所得到的固體純化。作為展開溶劑，首先使用甲苯，接著使用甲苯：乙酸乙酯=9：1的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以18%的產率得到0.6g的黃色固體。藉由利用梯度昇華方法對所得到的0.6g的黃色固體進行昇華提純。在昇華提純中，在壓力為2.6Pa且氬流量為5.0mL/min的條

件下，以280℃加熱17小時。在進行昇華提純之後，以67%的回收率得到0.4g的黃色固體。如下式子（c-2）示出步驟3的合成方案。

【0841】





【0842】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟3得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖63示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例4中得到了以上述結構式（118）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（pim-diBuCNp）$_3$。

【0843】^{1}H-NMR δ（$CDCl_3$）：0.43（d，9H），0.56（d，9H），0.79（t，18H），1.42-1.50（m，3H），1.73-1.81（m，3H），1.97-2.02（m，3H），2.12-2.17（m，3H），2.24-2.29（m，3H），2.46-2.50（m，3H），6.05（d，3H），6.40（t，3H），6.59（t，3H），6.71-6.76（m，9H），7.54（d，6H）。

【0844】<Ir（pim-diBuCNp）$_3$的特性>

接著，對Ir（pim-diBuCNp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0115mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖64示出得

到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。

【0845】 如圖64所示，從Ir（pim-diBuCNp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在526nm處具有發光峰值的綠色發光。

【0846】 接著，利用液相層析-質譜分析（簡稱：LC/MS分析）對本實施例所得到的Ir（pim-diBuCNp）$_3$進行質量（MS）分析。

【0847】 在LC/MS分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的Acquity UPLC進行LC（液相層析）分離，並利用沃特斯公司製造的Xevo G2 Tof MS進行MS分析（質量分析）。在LC分離中使用的管柱為Acquity UPLC BEH C8（2.1×100mm，1.7μm），柱溫為40°C。作為流動相A使用乙腈，作為流動相B使用0.1%的甲酸水溶液。另外，以任意濃度將Ir（pim-diBuCNp）$_3$溶解於氯仿中，並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時，將注入量設定為5.0μL。

【0848】 在LC分離中利用改變流動相的組成的梯度法，檢測開始後0分鐘至1分鐘的比率為流動相A：流動相B=70：30，然後改變組成，檢測開始後10分鐘的比率為流動相A：流動相B=95：5。線性地改變組成比。

【0849】 在MS分析中，藉由電灑游離法（ESI）進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為30V，並且以正離子模式進行檢測。在碰撞室（collision cell）內將以上述條件離子化了的m/z=1261.60的成分碰撞到氬氣體來使其解離為子離子。將氬碰撞時的能量（碰撞能量）設定為50eV。另外，所檢測的質量範圍是m/z=100至2000。圖65示出利用飛行時間（TOF）型MS檢測被解離的子離子的結果。

【0850】 由圖65的結果可知，Ir（pim-diBuCNp）$_3$主要在m/z=905附近檢測出子離子。因為圖65示出來源於Ir（pim-diBuCNp）$_3$的特徵，所以可以說這是用於識別包含在混合物中的Ir（pim-diBuCNp）$_3$的重要的資料。

【0851】另外，m/z=905附近的子離子被估計為作為配體的Hpim-diBuCNp從Ir（pim-diBuCNp）$_3$脫離的狀態下的陽離子，這是Ir（pim-diBuCNp）$_3$的特徵之一。

【0852】接著，藉由循環伏安（CV）測量對Ir（pim-diBuCNp）$_3$的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C）。在氧化反應特性中，對將Ir（pim-diBuCNp）$_3$溶解於氯仿的溶液進行測量，在還原反應特性中，對將Ir（pim-diBuCNp）$_3$溶解於N，N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）的溶液進行測量。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電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出HOMO能階及LUMO能階。

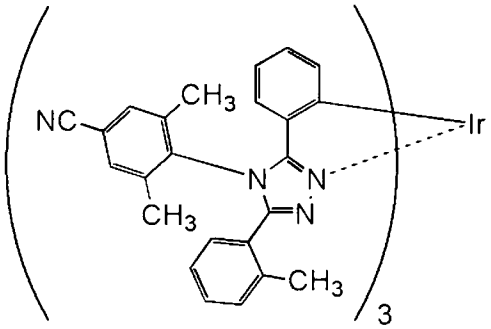
【0853】由CV測量的結果可知，Ir（pim-diBuCNp）$_3$的氧化電位為0.28V，還原電位為-2.54V。另外，根據CV測量算出的Ir（pim-diBuCNp）$_3$的HOMO能階為-5.22eV，LUMO能階為-2.41eV。

實施例8

【0854】<合成實例5>

在本合成實例5中，具體地例示出對在實施方式2中以結構式（124）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三{2-[4-（4-氰基-2，6-二甲基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpptz-dmCNp）$_3$）的合成實例。下面示出Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的結構。

【0855】

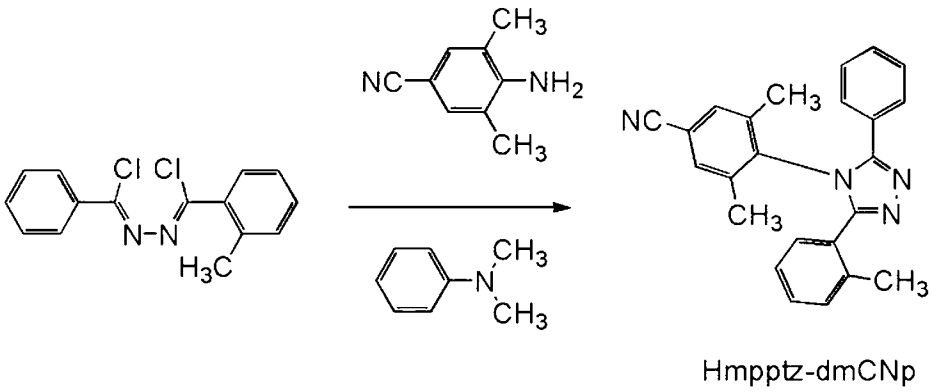


Ir(mpptz-dmCNp)$_3$

【0856】 <<步驟1：4-（4-氰基-2，6-二甲基苯基）-3-（2-甲基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑（簡稱：Hmpptz-dmCNp）的合成>>

將6.5g（44mmol）的4-胺基-2，6-二甲基苯腈、10g（34mmol）的N-（2-甲基苯基）氯亞甲基-N'-苯基氯亞甲基肼及80mL的N，N-二甲基苯胺放入到300mL的三頸燒瓶中，在氮氣流下以160℃進行21小時的攪拌並使其起反應。在起反應之後，將反應溶液滴加到300mL的1M鹽酸中，攪拌3小時。使有機層和水層分離，使用甲苯對水層進行萃取。將有機層及得到的萃取溶液合併，使用飽和碳酸氫鈉及飽和食鹽水進行洗滌，並對有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾並濃縮濾液來得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，首先使用甲苯：乙酸乙酯=10：1（v：v）的混合溶劑，接著將高極性溶劑比率逐漸地上升到甲苯：乙酸乙酯=2：1（v：v）。濃縮所得到的餾分而得到固體，利用乙酸乙酯使該固體再結晶，以27%的產率得到3.5g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為4-（4-氰基-2，6-二甲基苯基）-3-（2-甲基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑（簡稱：Hmpptz-dmCNp）。如下式子（a-3）示出步驟1的合成方案。

【0857】



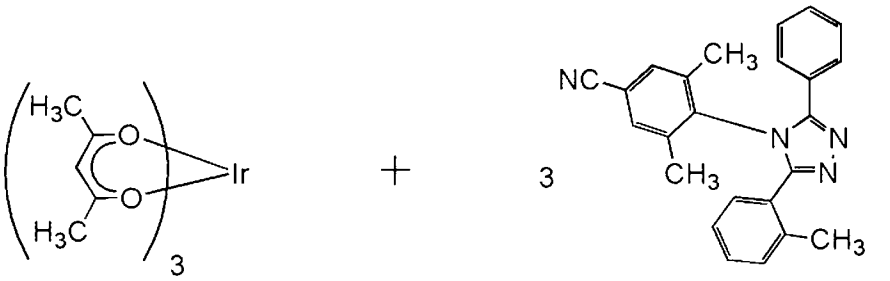
(a-3)

Hmpptz-dmCNp

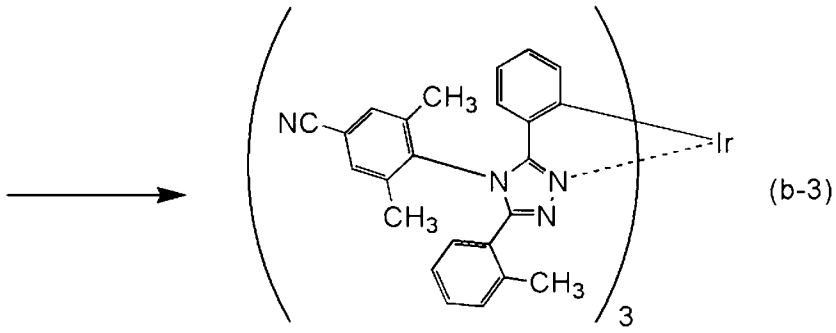
【0858】 <<步驟2：三{2-[4-（4-氰基-2，6-二甲基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpptz-dmCNp）$_3$）的合成>>

接著，將藉由步驟1合成的Hmpptz-dmCNp中的3.0g（8.2mmol）及0.81g（1.6mmol）的三（乙醯丙酮）銥（III）放入到安裝有三通旋塞的反應容器中，以250°C進行37小時的加熱並使其起反應。藉由矽膠管柱層析法使所得到的反應混合物純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷：乙酸乙酯=20：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯使得到的固體再結晶，以7.3%的產率得到150mg的黃色固體。如下式子（b-3）示出步驟3的合成方案。

【0859】



Hmpptz-dmCNp



Ir(mpptz-dmCNp)$_3$

【0860】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟2得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖66示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例5中得到了以上述結構式（124）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（mpptz-dmCNp）$_3$。

【0861】^{1}H-NMR δ（$CDCl_3$）：1.99（s，9H），2.02（s，9H），2.36（s，9H），6.22（d，3H），6.61（t，3H），6.66（d，3H），6.78（t，3H），6.90-6.93（m，3H），6.99（d，3H），7.19-7.23（m，6H），7.41（s，3H），7.48（s，3H）。

【0862】<Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的特性>

接著，對Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0100mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖67示出得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。

【0863】 如圖67所示，從Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在494nm處具有發光峰值的藍綠色發光。

【0864】 接著，利用液相層析-質譜分析（簡稱：LC/MS分析）對本實施例所得到的Ir（mpptz-dmCNp）$_3$進行質量（MS）分析。

【0865】 在LC/MS分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的Acquity UPLC進行LC（液相層析）分離，並利用沃特斯公司製造的Xevo G2 Tof MS進行MS分析（質量分析）。在LC分離中使用的管柱為Acquity UPLC BEH C8（2.1×100mm，1.7μm），柱溫為40℃。作為流動相A使用乙腈，作為流動相B使用0.1%的甲酸水溶液。另外，以任意濃度將Ir（mpptz-dmCNp）$_3$溶解於氯仿中，並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時，將注入量設定為5.0μL。

【0866】 在LC分離中利用改變流動相的組成的梯度法，檢測開始後0分鐘至1分鐘的比率為流動相A：流動相B=70：10，然後改變組成，檢測開始後10分鐘的比率為流動相A：流動相B=95：5。線性地改變組成比。

【0867】 在MS分析中，藉由電灑游離法（ESI）進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為30V，並且以正離子模式進行檢測。在碰撞室（collision cell）內將以上述條件離子化了的m/z=1282.45的成分碰撞到氬氣體來使其解離為子離子。將氬碰撞時的能量（碰撞能量）設定為70eV。另外，所檢測的質量範圍是m/z=100至1500。圖68示出利用飛行時間（TOF）型MS檢測被解離的子離子的結果。

【0868】 由圖68的結果可知，Ir（mpptz-dmCNp）$_3$主要在m/z=919及891附近檢測出子離子。因為圖68示出來源於Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的特徵，所以可以說這是用於識別包含在混合物中的Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的重要的資料。

【0869】 另外，m/z=919附近的子離子被估計為作為配體的Hmpptz-dmCNp從Ir（mpptz-dmCNp）$_3$脫離的狀態下的陽離子，並且m/z=891附近的子離子被估

計為從m/z=919附近的子離子脫離兩個甲基的狀態下的陽離子，這是Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的特徵之一。

【0870】 接著，藉由循環伏安（CV）測量對Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C）。在氧化反應特性中，對將Ir（mpptz-dmCNp）$_3$溶解於氯仿的溶液進行測量，在還原反應特性中，對將Ir（mpptz-dmCNp）$_3$溶解於N，N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）的溶液進行測量。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電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出HOMO能階及LUMO能階。

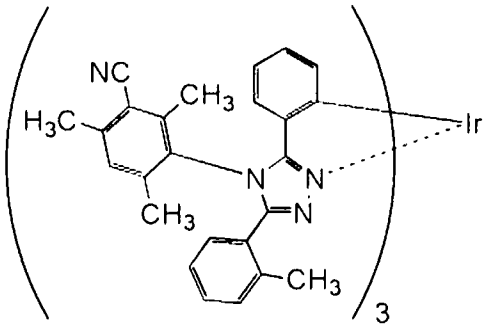
【0871】 由CV測量的結果可知，Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的氧化電位為0.48V，還原電位為-2.44V。另外，根據CV測量算出的Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的HOMO能階為-5.42eV，LUMO能階為-2.51eV。

實施例9

【0872】 <合成實例6>

在本合成實例 6 中，具體地例示出對在實施方式 2 中以結構式（125）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三{2-[4-（3-氰基-2，4，6-三甲基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$）的合成實例。下面示出 Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的結構。

【0873】

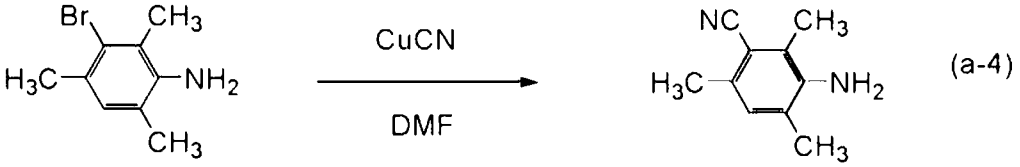


Ir(mpptz-tm5CNp)$_3$

【0874】 <<步驟1：3-胺基-2，4，6-三甲基苯腈的合成>>

將13g（61mmol）的3-溴-2，4，6-三甲基苯胺、200mL的二甲基甲醯胺及8.2g（91mmol）的氰化銅放入到500mL的三頸燒瓶中，在氮氣流下以150℃進行16小時的攪拌並使其起反應。對所得到的反應溶液添加100mL的氨水和100mL的水，在室溫下進行攪拌。將所得到的混合物分離為有機層和水層，使用二氯甲烷對水層進行萃取，使用水及飽和食鹽水對有機層進行洗滌。對所得到的有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對該混合物進行重力過濾來得到濾液。濃縮該濾液而得到褐色固體。使用乙醇對該褐色固體進行洗滌，以73%的產率得到7.1g的淡紅色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的淡紅色固體為3-胺基-2，4，6-三甲基苯腈。如下式子（a-4）示出步驟2的合成方案。

【0875】



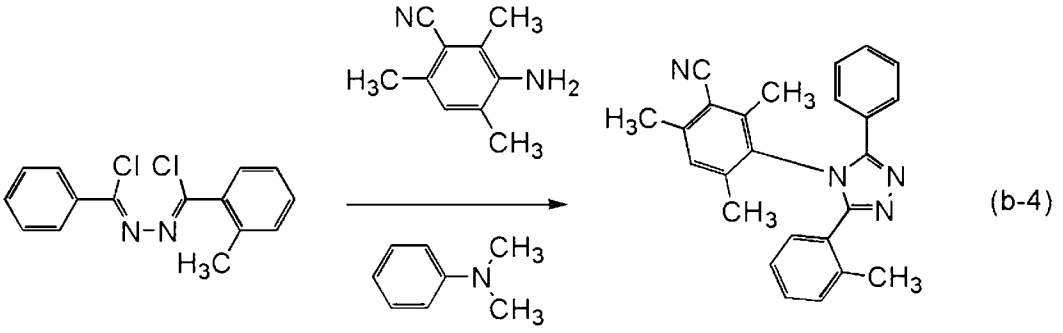
(a-4)

【0876】 <<步驟2：4-（3-氰基-2，4，6-三甲基苯基）-3-（2-甲基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑（簡稱：Hmpptz-tm5CNp）的合成>>

接著，將藉由步驟1合成的3-胺基-2，4，6-三甲基苯腈中的6.5g（41mmol）、9.4g（34mmol）的N-（2-甲基苯基）氯亞甲基-N'-苯基氯亞甲基肼及110mL的N，N-二甲基苯胺放入到300mL的三頸燒瓶中，在氮氣流下以160℃進行19小時的攪拌

並使其起反應。在起反應之後，將反應溶液添加到300mL的1M鹽酸中，攪拌3小時。使有機層和水層分離，使用甲苯對水層進行萃取。將有機層及得到的萃取溶液合併，使用飽和碳酸氫鈉及飽和食鹽水液進行洗滌，並對有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾並濃縮濾液來得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用甲苯：乙酸乙酯=1：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到白色固體。利用乙酸乙酯使所得到的白色固體再結晶，以40%的產率得到5.2g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為4-（3-氰基-2，4，6-三甲基苯基）-3-（2-甲基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑（簡稱：Hmpptz-tm5CNp）。如下式子（b-4）示出步驟2的合成方案。

【0877】



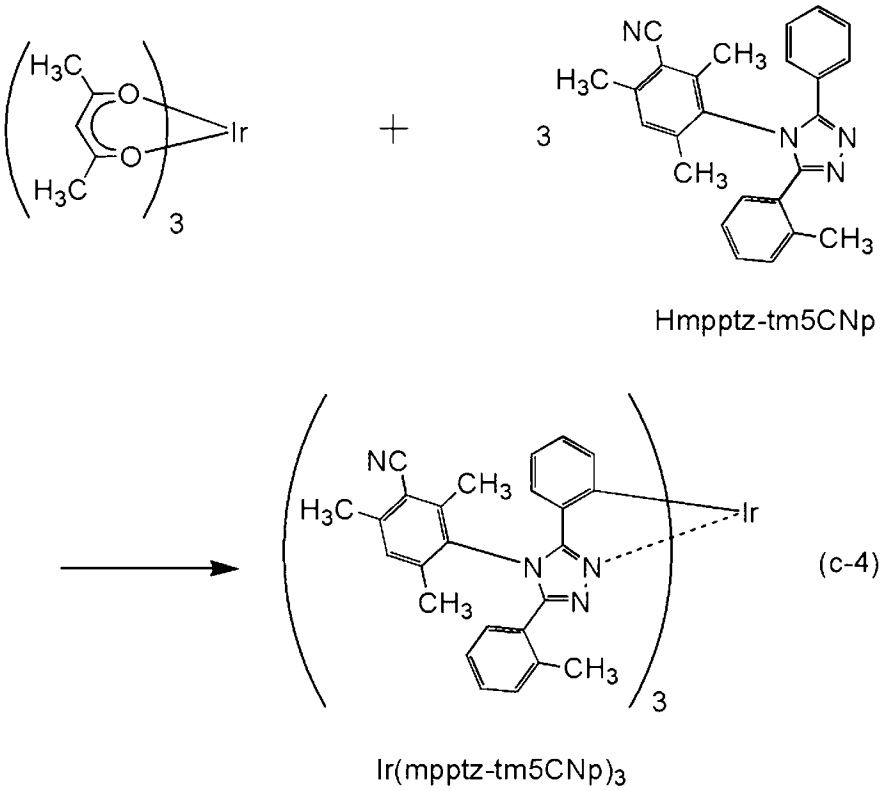
Hmpptz-tm5CNp

【0878】<<步驟3：三{2-[4-（3-氰基-2，4，6-三甲基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$）的合成>>

接著，將藉由步驟2合成的Hmpptz-tm5CNp中的4.5g（12mmol）及1.2g（2.4mmol）的三（乙醯丙酮）銥（III）放入到安裝有三通旋塞的反應容器中，以250°C進行40小時的加熱。藉由矽膠管柱層析法使所得到的反應混合物純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷：乙酸乙酯=20：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，

而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以25%的產率得到0.80g的黃色固體。藉由利用梯度昇華方法對所得到的黃色固體中的0.31g進行昇華提純。在昇華提純中，在壓力為4.7×10^{-3}Pa的條件下，以315℃加熱16小時，然後以320℃加熱8.5小時。在進行昇華提純之後，以58%的回收率得到0.18g的黃色固體。如下式子（c-4）示出步驟3的合成方案。

【0879】



【0880】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟3得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖69示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例6中得到了以上述結構式（125）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$。

【0881】^{1}H-NMR δ（$CDCl_3$）：1.37-2.18（m，18H），2.30-2.34（m，9H），2.56（s，9H），6.20-6.22（m，3H），6.58-6.62（m，3H），6.72（d，3H），6.75-6.78（m，3H），6.91-7.02（m，6H），7.05-7.07（m，3H），7.19-7.20（m，6H）。

【0882】 <Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的特性>

接著，對Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0100mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖70示出得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。

【0883】 如圖70所示，從Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在484nm及502nm處具有發光峰值的藍綠色發光。

【0884】 接著，利用液相層析-質譜分析（簡稱：LC/MS分析）對本實施例所得到的Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$進行質量（MS）分析。

【0885】 在LC/MS分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的Acquity UPLC進行LC（液相層析）分離，並利用沃特斯公司製造的Xevo G2 Tof MS進行MS分析（質量分析）。在LC分離中使用的管柱為Acquity UPLC BEH C8（2.1×100mm，1.7μm），柱溫為40°C。作為流動相A使用乙腈，作為流動相B使用0.1%的甲酸水溶液。另外，以任意濃度將Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$溶解於氯仿中，並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時，將注入量設定為5.0μL。

【0886】 在LC分離中利用改變流動相的組成的梯度法，檢測開始後0分鐘至1分鐘的比率為流動相A：流動相B=70：10，然後改變組成，檢測開始後10分鐘的比率為流動相A：流動相B=95：5。線性地改變組成比。

【0887】 在MS分析中，藉由電灑游離法（ESI）進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為30V，並且以正離子模式進行檢測。在碰撞室（collision cell）內將以上述條件離子化了的m/z=1324.49的成分碰撞到氬氣體來使其解離為子離子。將氬碰撞時的能量（碰撞能量）設定為50eV。另外，所檢測的質量範圍是m/z=100至2000。圖71示出利用飛行時間（TOF）型MS檢測被解離的子離子的結果。

【0888】 由圖71的結果可知，Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$主要在m/z=947及919附近檢測出子離子。因為圖71示出來源於Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的特徵，所以可以說這是用於識別包含在混合物中的Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的重要的資料。

【0889】 另外，m/z=947附近的子離子被估計為作為配體的Hmpptz-tm5CNp從Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$脫離的狀態下的陽離子，並且m/z=919附近的子離子被估計為從m/z=947附近的子離子脫離兩個甲基的狀態下的陽離子，這是Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的特徵之一。

【0890】 接著，藉由循環伏安（CV）測量對Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C）。在氧化反應特性中，對將Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$溶解於氯仿的溶液進行測量，在還原反應特性中，對將Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$溶解於N，N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）的溶液進行測量。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電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出HOMO能階及LUMO能階。

【0891】 由CV測量的結果可知，Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的氧化電位為0.46V，還原電位為-2.58V。另外，根據CV測量算出的Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的HOMO能階為-5.40eV，LUMO能階為-2.37eV。

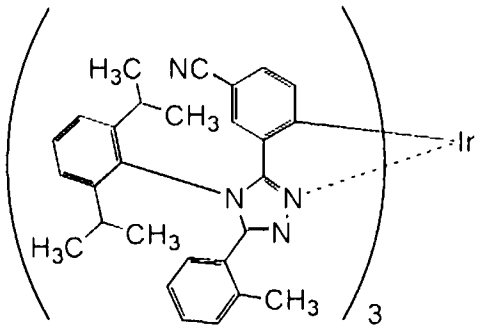
實施例10

【0892】 <合成實例7>

在本實施例中，對在實施方式2中以結構式（126）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三{4-氰基-2-[4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）

-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$）的合成方法進行說明。下面示出Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的結構。

【0893】

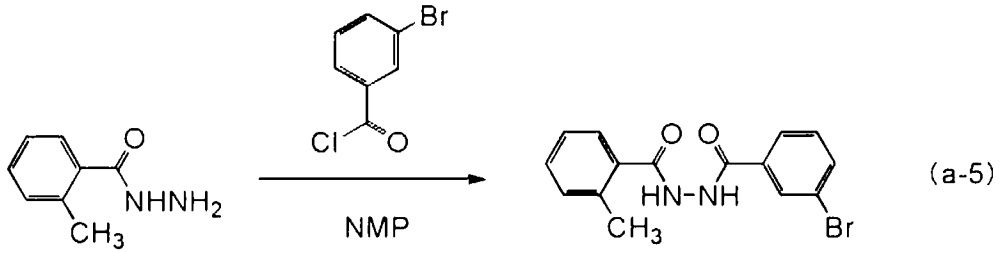


Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$

【0894】 <<步驟1：N-3-溴苯甲醯基-N'-2-甲基苯甲醯肼的合成>>

將25g（166mmol）的鄰甲苯醯肼及120mL的N-甲基-2-吡咯烷酮（NMP）放入到500mL的三頸燒瓶中，用氮氣置換燒瓶內，在用冰冷卻的同時進行攪拌。將37g（166mmol）的3-溴苯甲醯氯及50mL的NMP的混合溶液緩慢滴加到該混合溶液中，攪拌20小時並使其起反應。在起反應之後，將該反應溶液緩慢滴加到300mL的水中，而析出固體。交替使用水和1M鹽酸對所析出的固體重複進行超聲波洗滌。然後，使用乙醇進行超聲波洗滌，以71%的產率獲得40g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為N-3-溴苯甲醯基-N'-2-甲基苯甲醯肼。如下式子（a-5）示出步驟1的合成方案。

【0895】

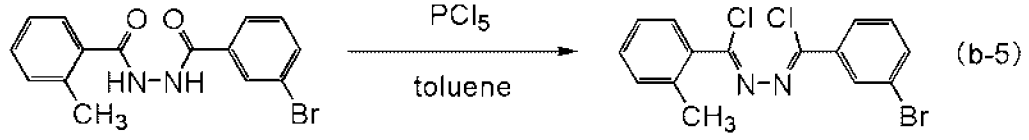


(a-5)

【0896】 <<步驟2：N-氯-3-溴苯基亞甲基-N'-氯-2-甲基苯基亞甲基腙的合成>>

將藉由步驟1合成的40g（119mmol）的N-3-溴苯甲醯基-N'-2-甲基苯甲醯肼及800mL的甲苯放入到2000mL的三頸燒瓶中。將75g（360mmol）的五氯化磷放入到該混合溶液中，在氮氣流下以120℃進行8小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，將該反應溶液緩慢添加到400mL的水中，在室溫下攪拌30分鐘。在攪拌之後，藉由過濾去除所析出的固體，將所得到的濾液分離為水層和有機層，利用甲苯對水層進行萃取。將所得到的萃取溶液和有機層的混合溶液緩慢添加到400mL的2M氫氧化鉀水溶液中，在室溫下攪拌48小時。使該混合物的水層和有機層分離，利用甲苯對水層進行萃取。對得到的萃取溶液和有機層的混合溶液使用飽和食鹽水進行洗滌。對洗滌之後的溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，而獲得濾液。濃縮所得到的濾液得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用甲苯。濃縮所得到的餾分，以97%的產率得到43g的黃色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色固體為N-氯-3-溴苯基亞甲基-N'-氯-2-甲基苯基亞甲基腙。如下式子（b-5）示出步驟2的合成方案。

【0897】

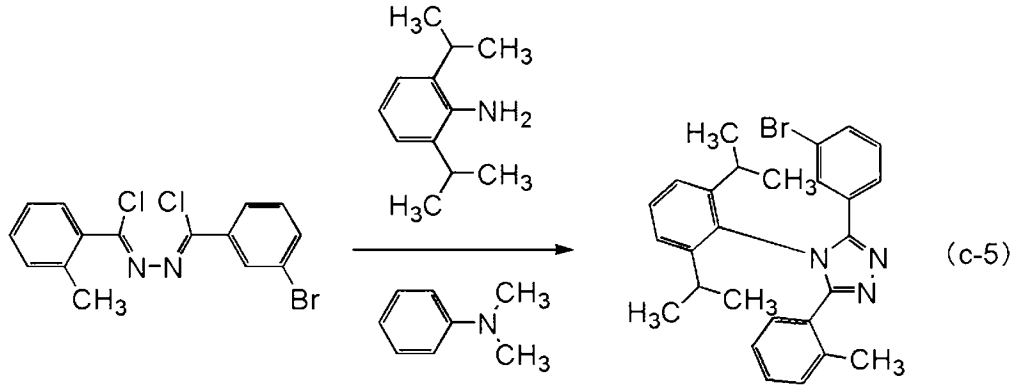


【0898】 <<步驟3：3-（3-溴苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑的合成>>

將藉由步驟2合成的N-氯-3-溴苯基亞甲基-N'-氯-2-甲基苯基亞甲基腙中的30g（81.0mmol）、43g（243mmol）的2，6-二異丙基苯胺及250mL的N，N-二甲基苯胺放入到1000mL的三頸燒瓶中，在氮氣流下以160℃進行13小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，將反應溶液添加到500mL的3M鹽酸中，攪拌30分鐘。使有機層和水層分離，使用甲苯對水層進行萃取。將有機層及得到的萃取

溶液合併，使用水、飽和碳酸氫鈉及飽和食鹽水進行洗滌，並對其添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾並濃縮濾液來得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用己烷：乙酸乙酯=5：1的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷的混合溶劑使得到的固體再結晶，以46%的產率得到18g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為3-（3-溴苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑。如下式子（c-5）示出步驟3的合成方案。

【0899】



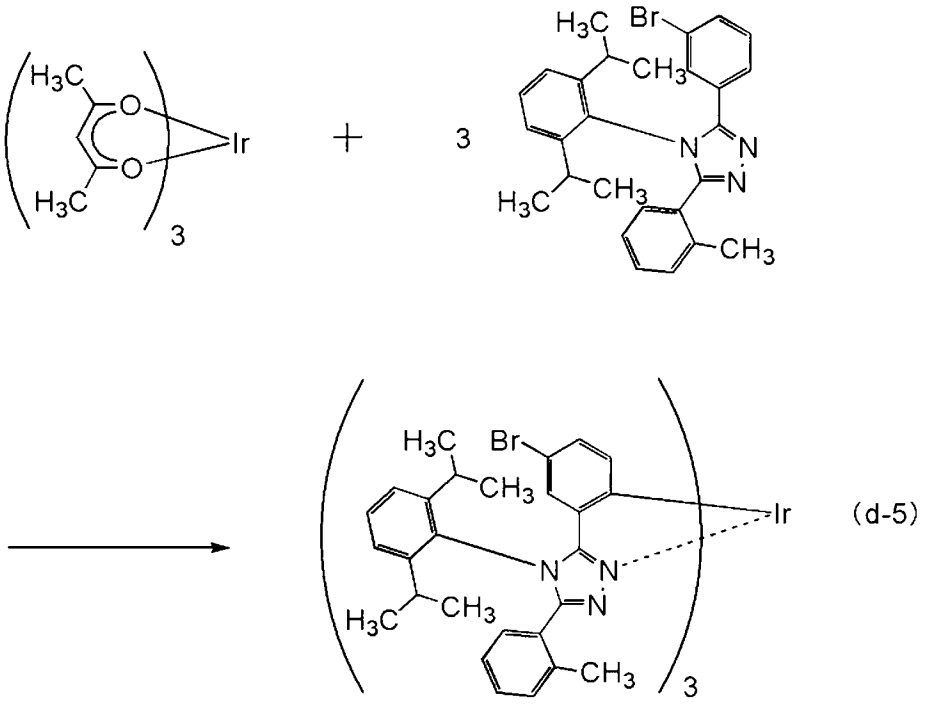
(c-5)

【0900】 <<步驟4：三{4-溴-2-[4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN^2]苯基-κC}銥（III）的合成>>

接著，將藉由步驟3得到的3-（3-溴苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑中的4.8g（10mmol）及1.0g（2.0mmol）的三（乙醯丙酮）銥（III）放入到安裝有三通旋塞的反應容器中，以250°C進行40小時的加熱並使其起反應。將所得到的反應混合物溶解於二氯甲烷中，藉由吸引過濾去除不溶固體。藉由矽膠管柱層析法使所得到的濾液純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷。濃縮所得到的餾分，而得到固體。使用二氯甲烷和己烷的混合溶劑對該固體進行洗滌，以53%的產率得到1.7g的黃色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色固體為三{4-溴-2-[4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）

-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥（III）。如下式子（d-5）示出步驟4的合成方案。

【0901】

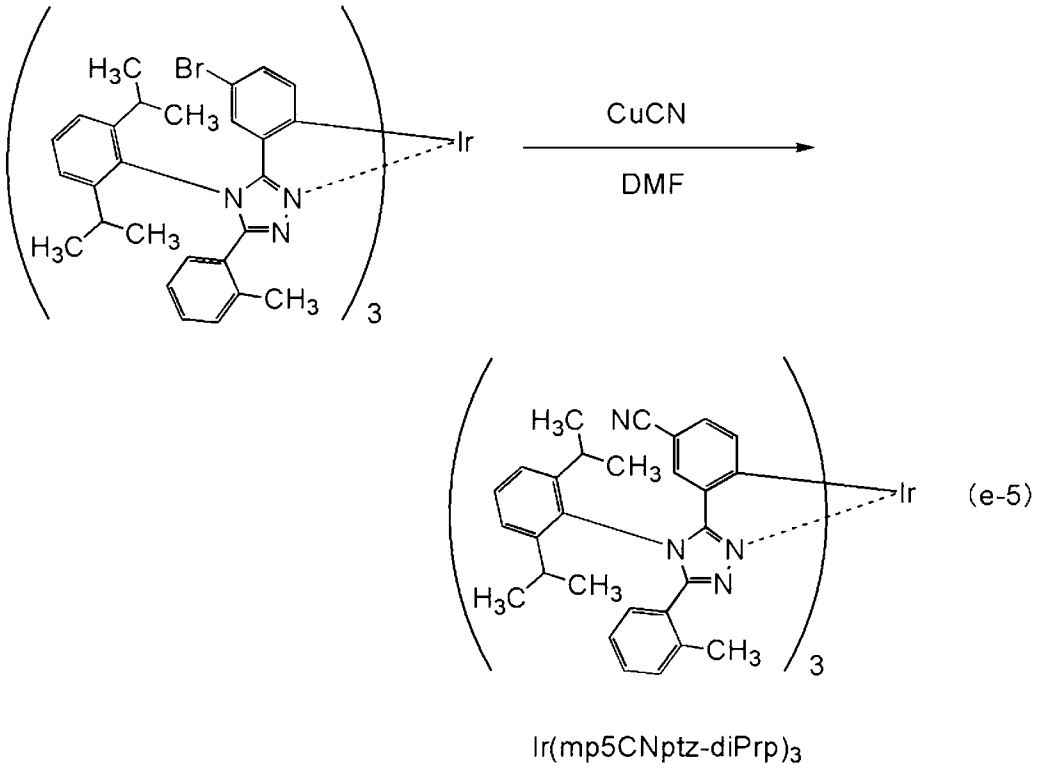


【0902】 <<步驟5：三{4-氰基-2-[4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$）的合成>>

接著，將藉由步驟4得到的三{4-溴-2-[4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥（III）中的1.2g（0.74mmol）及10mL的二甲基甲醯胺（DMF）放入到50mL的三頸燒瓶中，對該混合物添加0.30g（3.4mmol）的氰化銅，在氮氣流下以150°C進行44小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，對反應溶液添加10mL的氨水和10mL的水，在室溫下進行攪拌。使用二氯甲烷對所得到的混合溶液進行萃取，使用水及飽和食鹽水對萃取溶液進行洗滌。對該溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾來得到濾液。濃縮所得到的濾液而得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使該油狀物純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷。濃縮所得到的餾分，而得到

固體。利用乙酸乙酯使該固體再結晶，以57%的產率得到0.61g的黃色固體。如下式子（e-5）示出步驟5的合成方案。

【0903】



Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$

【0904】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟5得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖72示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例7中得到了以上述結構式（126）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$。

【0905】^{1}H-NMR δ（$CDCl_3$）：0.74-0.80（m，27H），0.93（d，9H），2.13-2.17（m，3H），2.32（s，9H），2.65-2.70（m，3H），6.33（d，3H），6.81（d，3H），6.91（t，3H），6.96-7.01（m，6H），7.12-7.27（m，9H），7.30（d，3H），7.56（t，3H）。

【0906】<Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的特性>

接著，對Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0100mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖73示出

得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。另外，圖73所示的吸收光譜表示從將二氯甲烷溶液放在石英皿中而測量的吸收光譜減去只將二氯甲烷放在石英皿中而測量的吸收光譜來得到的結果。

【0907】 如圖73所示，從Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在460nm及489nm處具有發光峰值的藍色發光。

【0908】 接著，利用液相層析-質譜分析（簡稱：LC/MS分析）對本實施例所得到的Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$進行質量（MS）分析。

【0909】 在LC/MS分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的Acquity UPLC進行LC（液相層析）分離，並利用沃特斯公司製造的Xevo G2 Tof MS進行MS分析（質量分析）。在LC分離中使用的管柱為Acquity UPLC BEH C8（2.1×100mm，1.7μm），柱溫為40°C。作為流動相A使用乙腈，作為流動相B使用0.1%的甲酸水溶液。另外，以任意濃度將Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$溶解於氯仿中，並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時，將注入量設定為5.0μL。

【0910】 在LC分離中利用改變流動相的組成的梯度法，檢測開始後0分鐘至1分鐘的比率為流動相A：流動相B=85：15，然後改變組成，檢測開始後10分鐘的比率為流動相A：流動相B=95：5。線性地改變組成比。

【0911】 在MS分析中，藉由電灑游離法（ESI）進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為30V，並且以正離子模式進行檢測。在碰撞室（collision cell）內將以上述條件離子化了的m/z=1451.64的成分碰撞到氬氣體來使其解離為子離子。將氬碰撞時的能量（碰撞能量）設定為50eV。另外，所檢測的質量範圍是m/z=100至2000。圖74示出利用飛行時間（TOF）型MS檢測被解離的子離子的結果。

【0912】 由圖74的結果可知，Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$主要在m/z=1031附近檢測出子離子。因為圖74示出來源於Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的特徵，所以可以說這是用於識別包含在混合物中的Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的重要的資料。

【0913】 另外，m/z=1031附近的子離子被估計為作為配體的3-（3-氰基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑（簡稱：Hmp5CNptz-diPrp）從Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$脫離的狀態下的陽離子，這是Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的特徵之一。

【0914】 接著，藉由循環伏安（CV）測量對Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C）。在氧化反應特性中，對將Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$溶解於氯仿的溶液進行測量，在還原反應特性中，對將Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$溶解於N，N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）的溶液進行測量。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電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出HOMO能階及LUMO能階。

【0915】 由CV測量的結果可知，Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的氧化電位為0.96V，還原電位為-2.59V。另外，根據CV測量算出的Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的HOMO能階為-5.90eV，LUMO能階為-2.35eV。

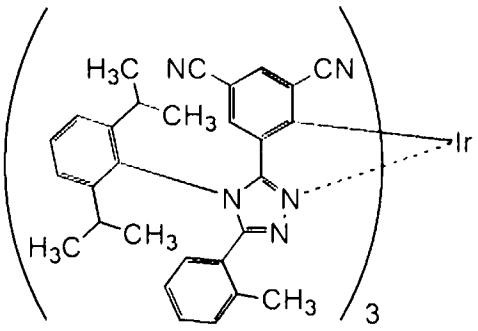
實施例11

【0916】 <合成實例8>

在本實施例中，對在實施方式2中以結構式（128）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三{4，6-二氰基-2-[4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基

苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$）的合成方法進行說明。下面示出Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的結構。

【0917】

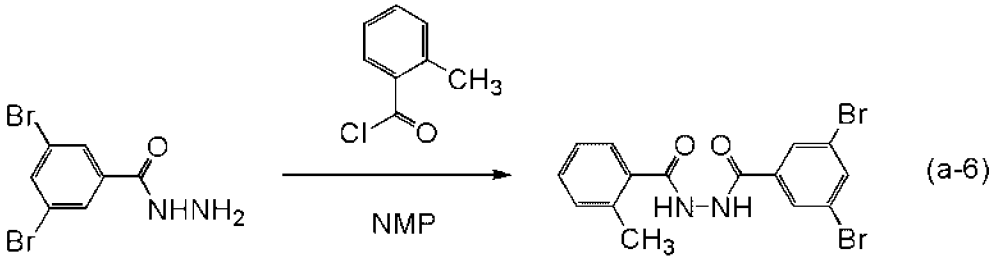


Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$

【0918】 <<步驟1：N-3，5-二溴苯甲醯基-N'-2-甲基苯甲醯肼的合成>>

將24g（80mmol）的3，5-二溴苯甲醯基肼及150mL的N-甲基-2-吡咯烷酮（NMP）放入到500mL的三頸燒瓶中，在用冰冷卻的同時在氮氣流下進行攪拌。將12g（80mmol）的鄰甲基苯甲醯氯及25mL的NMP的混合溶液緩慢滴加到該混合溶液中，攪拌20小時並使其起反應。在起反應之後，將該反應溶液緩慢滴加到300mL的水中，而析出固體。交替使用水和1M鹽酸對所析出的固體重複進行超聲波洗滌。然後，使用乙醇對固體進行超聲波洗滌，以93%的產率獲得31g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為N-3，5-二溴苯甲醯基-N'-2-甲基苯甲醯肼。如下式子（a-6）示出步驟1的合成方案。

【0919】

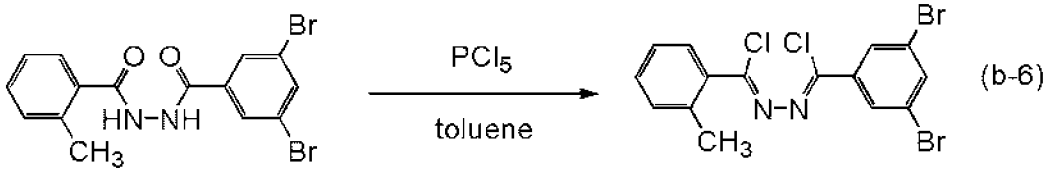


(a-6)

【0920】 <<步驟2：N-氯-3，5-二溴苯基亞甲基-N'-氯-2-甲基苯基亞甲基腙的合成>>

將藉由步驟1合成的31g（75mmol）的N-3，5-二溴苯甲醯基-N'-2-甲基苯甲醯肼及500mL的甲苯放入到1000mL的三頸燒瓶中。將50g（240mmol）的五氯化磷添加到該混合溶液中，以120°C進行4小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，將該反應溶液緩慢添加到500mL的水中，在室溫下攪拌30分鐘。將該混合物分離為水層和有機層，利用二氯甲烷對水層進行萃取。將得到的萃取溶液和有機層的混合溶液緩慢添加到400mL的1M氫氧化鈉水溶液中，在室溫下攪拌30分鐘。將該混合物分離為水層和有機層，利用二氯甲烷對水層進行萃取。對得到的萃取溶液依次使用飽和碳酸氫鈉水溶液及飽和食鹽水進行洗滌。對洗滌之後的溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，而獲得濾液。濃縮所得到的濾液得到固體。對所得到的固體添加己烷而照射超聲波，並進行吸引過濾，以81%的產率得到27g的黃色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色固體為N-氯-3，5-二溴苯基亞甲基-N'-氯-2-甲基苯基亞甲基腙。如下式子（b-6）示出步驟2的合成方案。

【0921】



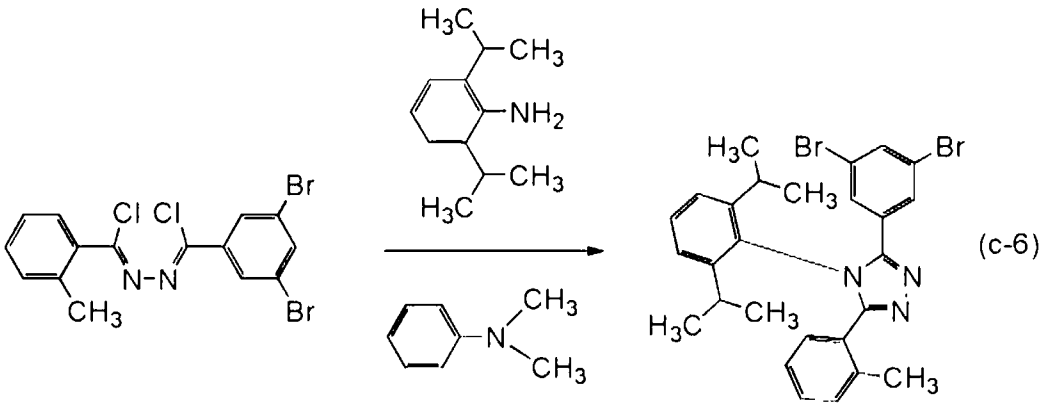
(b-6)

【0922】 <<步驟3：3-（3，5-二溴苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑的合成>>

將藉由步驟2合成的27g（60mmol）的N-氯-3，5-二溴苯基亞甲基-N'-氯-2-甲基苯基亞甲基腙、32g（180mmol）的2，6-二異丙基苯胺及200mL的N，N-二甲基苯胺放入到500mL的三頸燒瓶中，在氮氣流下以160°C進行14小時的攪拌並使其起反應。在起反應之後，將反應溶液添加到500mL的3M鹽酸中，攪拌1小時。使用乙酸乙酯對水層進行萃取。將有機層及得到的萃取溶液合併，使用飽和碳酸

氫鈉及飽和食鹽水進行洗滌，並對該溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾並濃縮濾液來得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用己烷：乙酸乙酯=5：1的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。對所得到的固體添加己烷而照射超聲波並進行吸引過濾，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以28%的產率得到9.4g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為3-（3，5-二溴苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑。如下式子（c-6）示出步驟3的合成方案。

【0923】

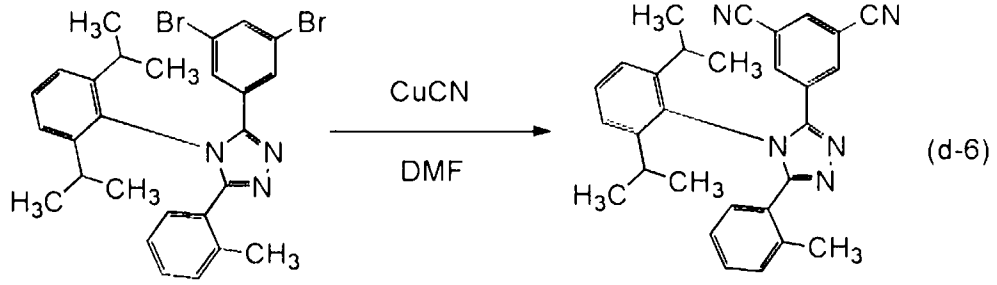


【0924】<<步驟4：3-（3，5-二氰基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑（簡稱：HmpdCNptz-diPrp）的合成>>

將藉由步驟3合成的3-（3，5-二溴苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑中的6.0g（11mmol）及36mL的N，N-二甲基甲醯胺放入到200mL的三頸燒瓶中。將2.9g（33mmol）的氰化銅添加到該混合溶液中，以150°C進行29.5小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，對反應溶液添加60mL的氨水和60mL的水，在室溫下攪拌2小時。對該混合物添加氯仿並對該混合物進行萃取。使用飽和食鹽水對所得到的萃取溶液進行洗滌兩次。對洗滌之後的溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，而

獲得濾液。濃縮所得到的濾液得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用乙酸乙酯：己烷=1：5的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以42%的產率得到2.0g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為3-（3，5-二氰基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基）-4H-1，2，4-三唑（簡稱：HmpdCNptz-diPrp）。如下式子（d-6）示出步驟4的合成方案。

【0925】



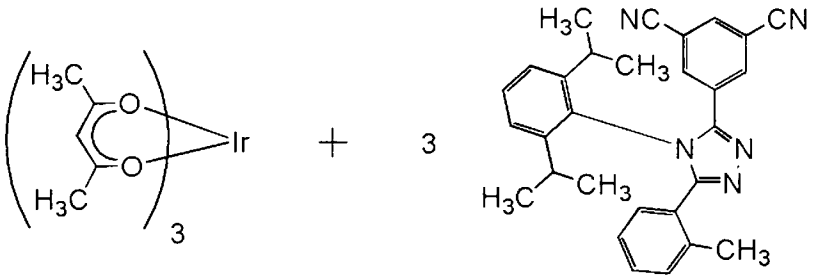
HmpdCNptz-diPrp

【0926】 <<步驟5：三{4，6-二氰基-2-[4-（2，6-二異丙基苯基）-5-（2-甲基苯基)-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥(III)(簡稱：Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$）的合成>>

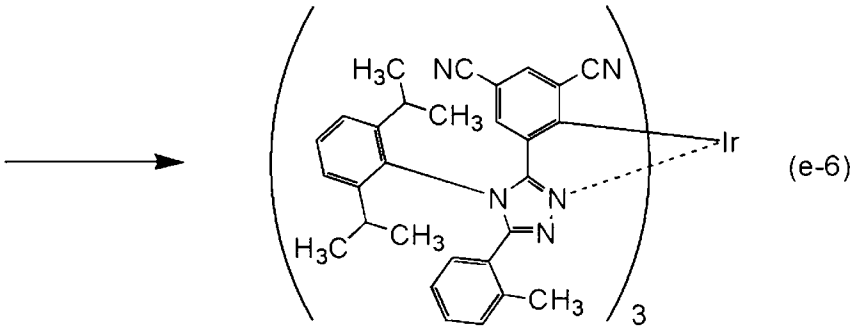
將藉由步驟4合成的2.0g（4.5mmol）的HmpdCNptz-diPrp及0.44g（0.90mmol）的三（乙醯丙酮）銥（III）放入到安裝有三通旋塞的反應容器中，在氬氣流下以250℃進行37小時的攪拌並使其起反應。將所得到的反應混合物溶解於二氯甲烷中，進行過濾，去除不溶物。濃縮所得到的濾液，而得到固體。藉由矽膠管柱層析法使所得到的固體純化。作為展開溶劑，首先使用二氯甲烷，接著使用二氯甲烷：乙酸乙酯=100：3的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以22%的產率得到0.31g的黃色固體。藉由利用梯度昇華方法對所得到的0.31g的黃色固體進行昇華提純。在昇華提純中，

在壓力為3.0×10^{-3}Pa的條件下，以310℃加熱38小時。在進行昇華提純之後，以60%的回收率得到0.19g的黃色固體。如下式子（e-6）示出步驟5的合成方案。

【0927】



HmpdCNptz-diPrp



Ir(mpdCNptz-diPrp)$_3$

【0928】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟5得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖75示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例中得到了以上述結構式（128）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$。

【0929】^{1}H-NMR.δ（CD_2Cl_2）：0.17（d，3H），0.32（d，3H），0.37（d，3H），0.54（d，3H），0.64-0.67（m，6H），0.74-0.78（m，6H），0.92（d，3H），1.02（d，3H），1.06-1.11（m，6H），1.88-1.97（m，2H），2.23-2.28（m，1H），2.38（s，3H），2.45（s，3H），2.48（s，3H），2.82-2.87（m，1H），3.11-3.16（m，1H），6.23（d，1H），6.46（d，1H），6.58（d，1H），

6.69（d，1H），6.73（d，1H），6.77-6.83（m，2H），6.87-6.94（m，2H），7.16-7.39（m，14H），7.49-7.50（m，2H），7.57（t，3H）。

【0930】 <Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的特性>

接著，對Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0125mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖76示出得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。另外，圖76所示的吸收光譜表示從將二氯甲烷溶液（0.0125mmol/L）放在石英皿中而測量的吸收光譜減去只將二氯甲烷放在石英皿中而測量的吸收光譜來得到的結果。

【0931】 如圖76所示，從Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在470nm及499nm處具有發光峰值的藍色發光。

【0932】 接著，利用液相層析-質譜分析（簡稱：LC/MS分析）對本實施例所得到的Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$進行質量（MS）分析。

【0933】 在LC/MS分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的Acquity UPLC進行LC（液相層析）分離，並利用沃特斯公司製造的Xevo G2 Tof MS進行MS分析（質量分析）。在LC分離中使用的管柱為Acquity UPLC BEH C8（2.1×100mm，1.7μm），柱溫為40℃。作為流動相A使用乙腈，作為流動相B使用0.1%的甲酸水溶液。另外，以任意濃度將Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$溶解於氯仿中，並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時，將注入量設定為5.0μL。

【0934】 在LC分離中利用改變流動相的組成的梯度法，檢測開始後0分鐘至1分鐘的比率為流動相A：流動相B=80：20，然後改變組成，檢測開始後10分鐘的比率為流動相A：流動相B=95：5。線性地改變組成比。

【0935】 在MS分析中，藉由電灑游離法（ESI）進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為30V，並且以正離子模式進行檢

測。在碰撞室（collision cell）內將以上述條件離子化了的m/z=1526.62的成分碰撞到氬氣體來使其解離為子離子。將氬碰撞時的能量（碰撞能量）設定為50eV。另外，所檢測的質量範圍是m/z=100至2000。圖77示出利用飛行時間（TOF）型MS檢測被解離的子離子的結果。

【0936】 由圖77的結果可知，Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$主要在m/z=1081附近檢測出子離子。因為圖77示出來源於Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的特徵，所以可以說這是用於識別包含在混合物中的Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的重要的資料。

【0937】 另外，m/z=1081附近的子離子被估計為作為配體的HmpdCNptz-diPrp從Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$脫離的狀態下的陽離子，這是Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的特徵之一。

【0938】 接著，藉由循環伏安（CV）測量對Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C）。在氧化反應特性中，對將Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$溶解於氯仿的溶液進行測量，在還原反應特性中，對將Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$溶解於N，N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）的溶液進行測量。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電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出HOMO能階及LUMO能階。

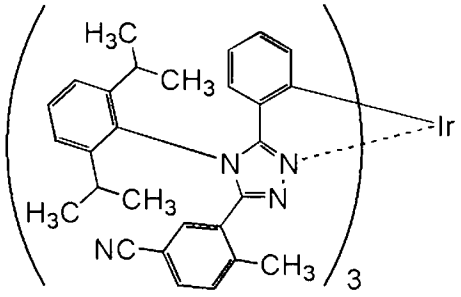
【0939】 由CV測量的結果可知，Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的還原電位為-2.20V。另外，根據CV測量算出的Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的LUMO能階為-2.75eV。另一方面，由於Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的氧化電位非常高，所以不能夠測量出正確的值。因此，根據CV測量算出的Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的HOMO能階被估計為很低，亦即-6eV以下。

實施例12

【0940】 <合成實例9>

在本實施例中，對在實施方式2中以結構式（129）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三{2-[5-（5-氰基-2-甲基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$）的合成方法進行說明。下面示出Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的結構。

【0941】

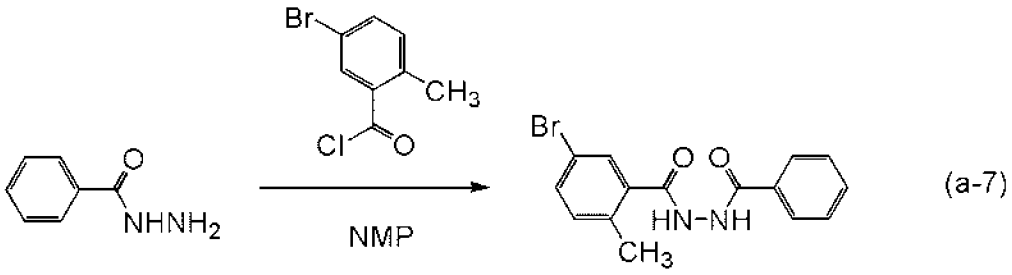


Ir(mCNpptz-diPrp)$_3$

【0942】 <<步驟1：N-5-溴-2-甲基苯甲醯基-N'-苯甲醯肼的合成>>

將15g（107mmol）的苯甲醯肼及75mL的N-甲基-2-吡咯烷酮（NMP）放入到500mL的三頸燒瓶中，在用冰冷卻的同時在氮氣流下進行攪拌。將25g（107mmol）的5-溴-2-甲基苯甲醯氯及32mL的NMP的混合溶液緩慢滴加到該混合溶液中，攪拌23小時並使其起反應。在起反應之後，將該反應溶液緩慢滴加到500mL的水中，而析出固體。交替使用水和1M鹽酸對所析出的固體重複進行超聲波洗滌。然後，使用乙醇對固體進行超聲波洗滌，以92%的產率獲得33g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為N-5-溴-2-甲基苯甲醯基-N'-苯甲醯肼。如下式子（a-7）示出步驟1的合成方案。

【0943】

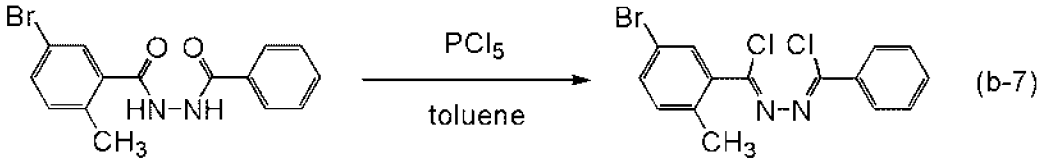


(a-7)

【0944】 <<步驟2：N-氯-5-溴-2-甲基苯基亞甲基-N'-氯苯基亞甲基腙的合成>>

將藉由步驟1合成的N-5-溴-2-甲基苯甲醯基-N'-苯甲醯肼中的27g（80mmol）及500mL的甲苯放入到1000mL的三頸燒瓶中。將50g（240mmol）的五氯化磷添加到該混合溶液中，以120℃進行8小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，將該反應溶液緩慢添加到500mL的水中，在室溫下攪拌30分鐘。將該混合物分離為水層和有機層，利用甲苯對水層進行萃取。回收得到的萃取溶液和有機層，將該有機層緩慢添加到400mL的1M氫氧化鈉水溶液中，在室溫下攪拌30分鐘。將該混合物分離為水層和有機層，利用甲苯對水層進行萃取。對得到的萃取溶液依次使用飽和碳酸氫鈉水溶液及飽和食鹽水進行洗滌。對洗滌之後的溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，而獲得濾液。濃縮所得到的濾液得到固體。對所得到的固體添加己烷而照射超聲波，並進行吸引過濾，以75%的產率得到22g的黃色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色固體為N-氯-5-溴-2-甲基苯基亞甲基-N'-氯苯基亞甲基腙。如下式子（b-7）示出步驟2的合成方案。

【0945】

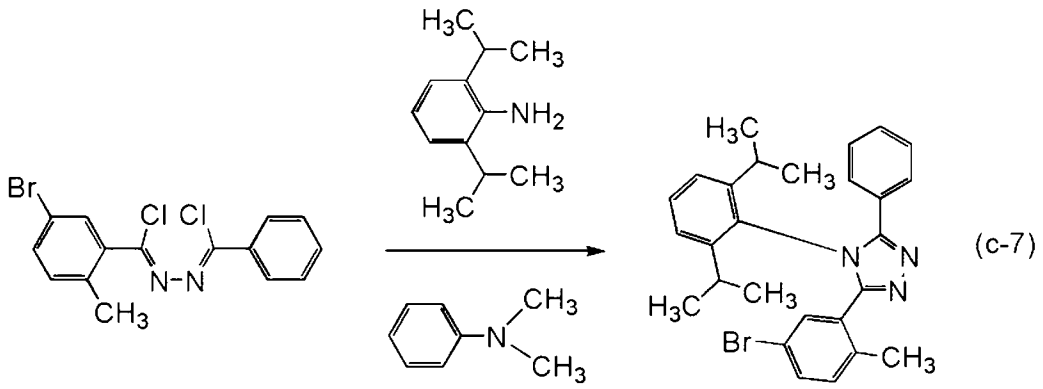


(b-7)

【0946】 <<步驟3：3-（5-溴-2-甲基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑的合成>>

將藉由步驟2合成的22g（66mmol）的N-氯-5-溴-2-甲基苯基亞甲基-N'-氯苯基亞甲基腙、35g（199mmol）的2，6-二異丙基苯胺及200mL的N，N-二甲基苯胺放入到500mL的三頸燒瓶中，在氮氣流下以160°C進行11.5小時的攪拌並使其起反應。在起反應之後，將反應溶液添加到500mL的3M鹽酸中，攪拌1小時。使有機層和水層分離，使用乙酸乙酯對水層進行萃取。將有機層及得到的萃取溶液合併，使用飽和碳酸氫鈉及飽和食鹽水進行洗滌，並對得到的溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾並濃縮濾液來得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，使用甲苯：乙酸乙酯=5：1的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以42%的產率得到13g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為3-（5-溴-2-甲基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑。如下式子（c-7）示出步驟3的合成方案。

【0947】

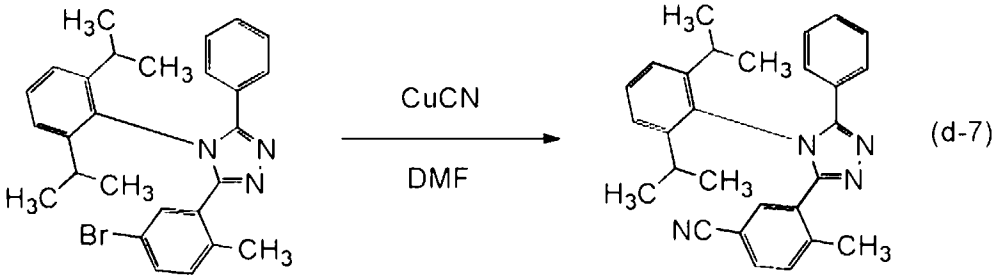


【0948】 <<步驟4：3-（5-氰基-甲基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑（簡稱：HmCNpptz-diPrp）的合成>>

將藉由步驟3合成的3-（5-溴-2-甲基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑中的10g（21mmol）及70mL的N，N-二甲基甲醯胺放入到300mL的三頸燒瓶中。將2.8g（32mmol）的氰化銅添加到該混合溶液中，以150°C進行43小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，對該反應溶液添加100mL的氨水和

100mL的水，在室溫下攪拌30分鐘。對該混合物添加氯仿並對該混合物進行萃取。使用飽和食鹽水對所得到的萃取溶液進行洗滌兩次。對洗滌之後的溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，而獲得濾液。濃縮所得到的濾液得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，首先使用乙酸乙酯：己烷=1：5的混合溶劑，接著乙酸乙酯：己烷=1：3的混合溶劑。濃縮所得到的濾液，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以21%的產率得到1.9g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為3-（5-氰基-甲基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-5-苯基-4H-1，2，4-三唑（簡稱：HmCNpptz-diPrp）。如下式子（d-7）示出步驟4的合成方案。

【0949】



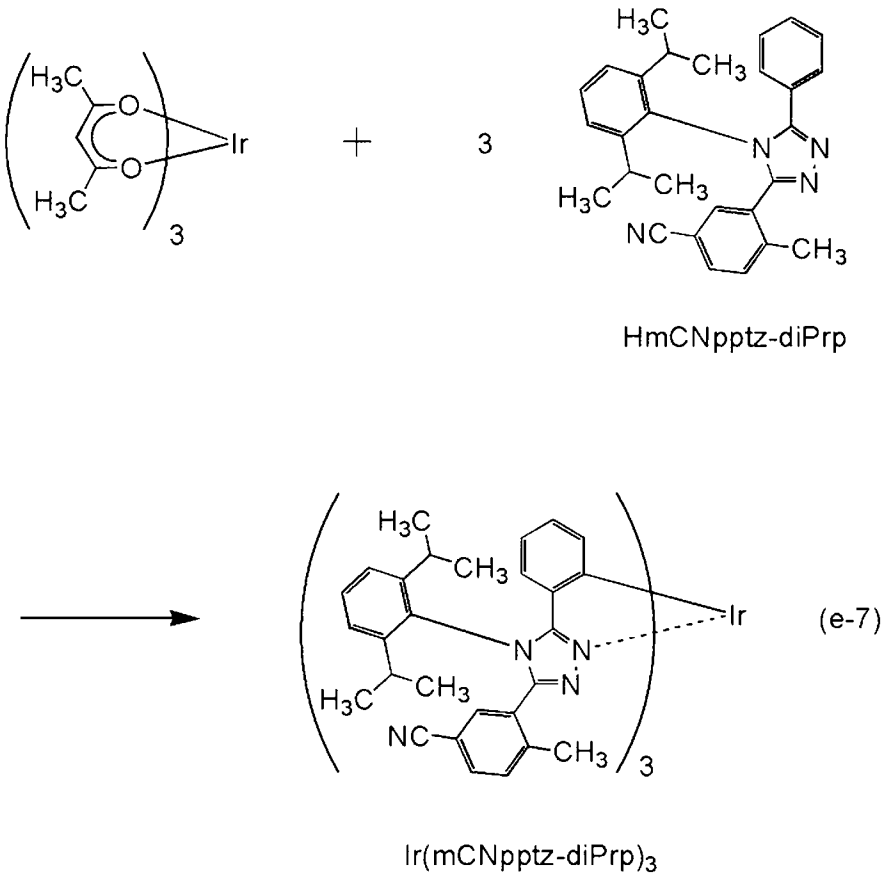
HmCNpptz-diPrp

【0950】 <<步驟5：三{2-[5-（5-氰基-2-甲基苯基）-4-（2，6-二異丙基苯基）-4H-1，2，4-三唑-3-基-κN²]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$）的合成>>

將藉由步驟4合成的1.9g（4.4mmol）的HmCNpptz-diPrp及0.43g（0.89mmol）的三（乙醯丙酮）銥（III）放入到安裝有三通旋塞的反應容器中，在氬氣流下以250℃進行40.5小時的攪拌並使其起反應。將所得到的反應混合物溶解於二氯甲烷中，進行過濾，去除不溶物。濃縮所得到的濾液，而得到固體。藉由矽膠管柱層析法使所得到的固體純化。作為展開溶劑，首先使用二氯甲烷，接著使用

二氯甲烷：乙酸乙酯=100：3的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使得到的固體再結晶，以21%的產率得到0.27g的黃色固體。藉由利用梯度昇華方法對所得到的0.27g的黃色固體進行昇華提純。在昇華提純中，在壓力為8.6×10^{-3}Pa的條件下，以310°C加熱17小時。在進行昇華提純之後，以61%的回收率得到0.16g的黃色固體。如下式子（e-7）示出步驟5的合成方案。

【0951】



【0952】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟5得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖78示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例中得到了以上述結構式（129）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$。

【0953】^{1}H-NMR.δ（CD_2Cl_2）：0.72（d，9H），0.80-0.83（m，18H），0.93（d，9H），2.15-2.21（m，3H），2.35（s，9H），2.69-2.74（m，3H），

6.21（d，3H），6.52（t，3H），6.70（t，3H），6.80（d，3H），7.07（d，3H），7.29-7.31（m，6H），7.34（d，3H），7.45（d，3H），7.56（t，3H）。

【0954】 <Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的特性>

接著，對Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0100mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖79示出得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。另外，圖79所示的吸收光譜表示從將二氯甲烷溶液（0.0100mmol/L）放在石英皿中而測量的吸收光譜減去只將二氯甲烷放在石英皿中而測量的吸收光譜來得到的結果。

【0955】 如圖79所示，從Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在499nm處具有發光峰值的藍綠色發光。

【0956】 接著，利用液相層析-質譜分析（LC/MS分析）對本實施例所得到的Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$進行質量（MS）分析。

【0957】 在LC/MS分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的Acquity UPLC進行LC（液相層析）分離，並利用沃特斯公司製造的Xevo G2 Tof MS進行MS分析（質量分析）。在LC分離中使用的管柱為Acquity UPLC BEH C8（2.1×100mm，1.7μm），柱溫為40℃。作為流動相A使用乙腈，作為流動相B使用0.1%的甲酸水溶液。另外，以任意濃度將Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$溶解於氯仿中，並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時，將注入量設定為5.0μL。

【0958】 在LC分離中利用改變流動相的組成的梯度法，檢測開始後0分鐘至1分鐘的比率為流動相A：流動相B=80：20，然後改變組成，檢測開始後10分鐘的比率為流動相A：流動相B=95：5，並保持該比例直到檢測開始後15分鐘。線性地改變組成比。

【0959】 在MS分析中，藉由電灑游離法（ESI）進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為30V，並且以正離子模式進行檢測。在碰撞室（collision cell）內將以上述條件離子化了的m/z=1451.65的成分碰撞到氬氣體來使其解離為子離子。將氬碰撞時的能量（碰撞能量）設定為50eV。另外，所檢測的質量範圍是m/z=100至2000。圖80示出利用飛行時間（TOF）型MS檢測被解離的子離子的結果。

【0960】 由圖80的結果可知，Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$主要在m/z=1031附近檢測出子離子。因為圖80示出來源於Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的特徵，所以可以說這是用於識別包含在混合物中的Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的重要的資料。

【0961】 另外，m/z=1031附近的子離子被估計為作為配體的HmCNpptz-diPrp從Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$脫離的狀態下的陽離子，這是Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的特徵之一。

【0962】 接著，藉由循環伏安（CV）測量對Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C）。在氧化反應特性中，對將Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$溶解於氯仿的溶液進行測量，在還原反應特性中，對將Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$溶解於N，N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）的溶液進行測量。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電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出HOMO能階及LUMO能階。

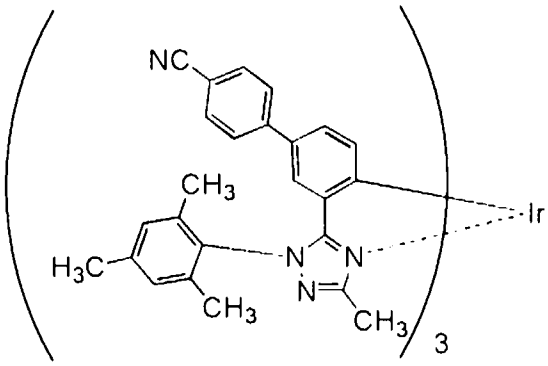
【0963】 由CV測量的結果可知，Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的氧化電位為0.48V，還原電位為-2.51V。另外，根據CV測量算出的Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的HOMO能階為-5.42eV，LUMO能階為-2.43eV。

實施例13

【0964】 <合成實例10>

在本合成實例中，具體地例示出對在實施方式2中以結構式（130）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三{4'-氰基-3-[3-甲基-1-（2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN⁴]-1，1'-聯苯-4-基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（MCN5btz1-tmp）$_3$）的合成實例。下面示出Ir（MCN5btz1-tmp）$_3$的結構。

【0965】

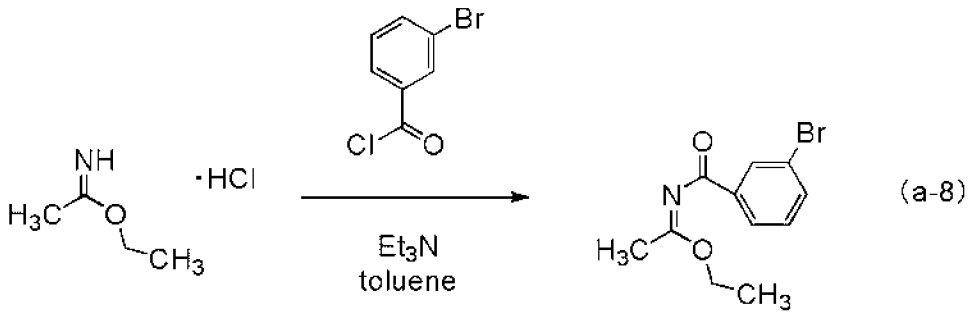


Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$

【0966】 <<步驟1：N-（1-乙氧基乙烯基）-3-溴苯甲醯胺的合成>>

將10g（81mmol）的乙基乙醯亞胺鹽酸鹽、150mL的甲苯及20g（202mmol）的三乙胺（Et_3N）放入到500mL的三頸燒瓶中，在氮氣流下在室溫下攪拌10分鐘。然後，將18g（81mmol）的3-溴苯甲醯氯和30mL甲苯的混合溶劑滴加到該混合物中，並在室溫下攪拌24小時並使其起反應。在起反應之後，對所得到的反應溶液進行吸引過濾，而去除固體。濃縮所得到的濾液，而以87%的產率得到19g的黃色油狀物。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色油狀物為N-（1-乙氧基乙烯基）-3-溴苯甲醯胺。如下式子（a-8）示出步驟1的合成方案。

【0967】

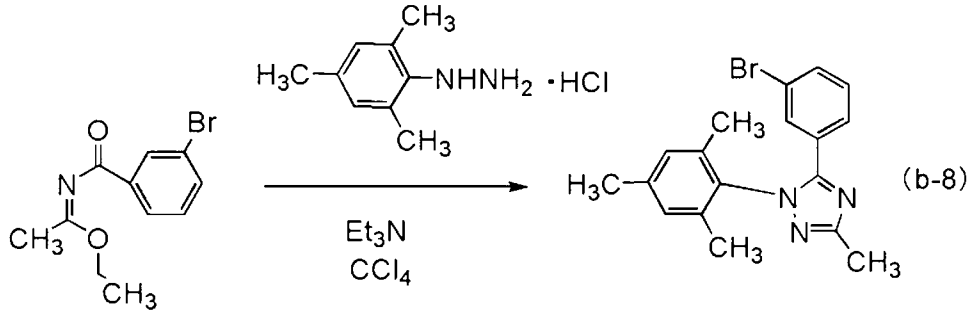


(a-8)

【0968】 <<步驟2：5-（3-溴苯基）-1-（2，4，6-三甲基苯基）-3-甲基-1H-1，2，4-三唑的合成>>

接著，將13g（70mmol）的2，5，6-三甲基苯基肼鹽酸鹽及140mL的四氯化碳放入到500mL的三頸燒瓶中，對該混合物添加14g（140mmol）的三乙胺（Et_3N），在室溫下攪拌1小時。然後，添加在上述步驟1中合成的19g（70mmol）的N-（1-乙氧基乙烯基）-3-溴苯甲醯胺，在氮氣流下在室溫下攪拌17小時，並使其起反應。在起反應之後，對所得到的反應溶液添加水，利用氯仿對水層進行萃取。將得到的萃取溶液和有機層合併，使用水及飽和食鹽水進行洗滌。對有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮濾液而得到油狀物。藉由矽膠管柱層析法使所得到的油狀物純化。作為展開溶劑，首先使用二氯甲烷，然後使用二氯甲烷：乙酸乙酯=9：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，以65%的產率得到16g的黃色油狀物。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色油狀物為5-（3-溴苯基）-1-（2，4，6-三甲基苯基）-3-甲基-1H-1，2，4-三唑。如下式子（b-8）示出步驟2的合成方案。

【0969】

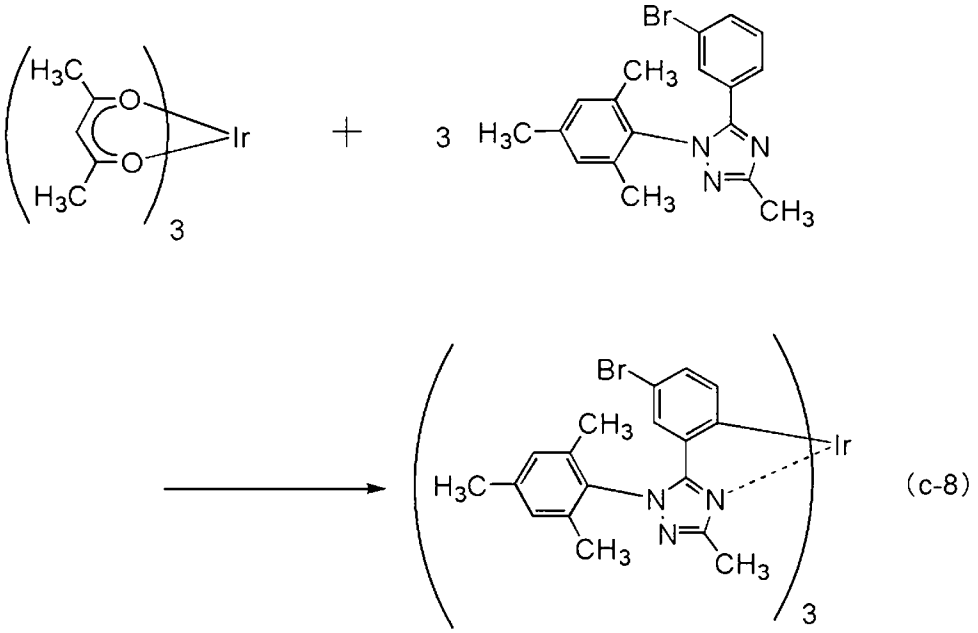


(b-8)

【0970】 <<步驟3：三[3-溴-2-{1-（2，4，6-三甲基苯基）-3-甲基-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN⁴}苯基-κC]銥（III）的合成>>

接著，將藉由步驟2得到的5-（3-溴苯基）-1-（2，4，6-三甲基苯基）-3-甲基-1H-1，2，4-三唑中的5.2g（14mmol）及1.4g（2.9mmol）的三（乙醯丙酮）銥（III）放入到安裝有三通旋塞的反應容器中，以250℃進行42小時的加熱並使其起反應。在起反應之後，藉由矽膠管柱層析法使所得到的反應混合物純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷：乙酸乙酯=40：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使該固體再結晶，以22%的產率得到0.77g的黃色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色固體為三[3-溴-2-{1-（2，4，6-三甲基苯基）-3-甲基-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN⁴}苯基-κC]銥（III）。如下式子（c-8）示出步驟3的合成方案。

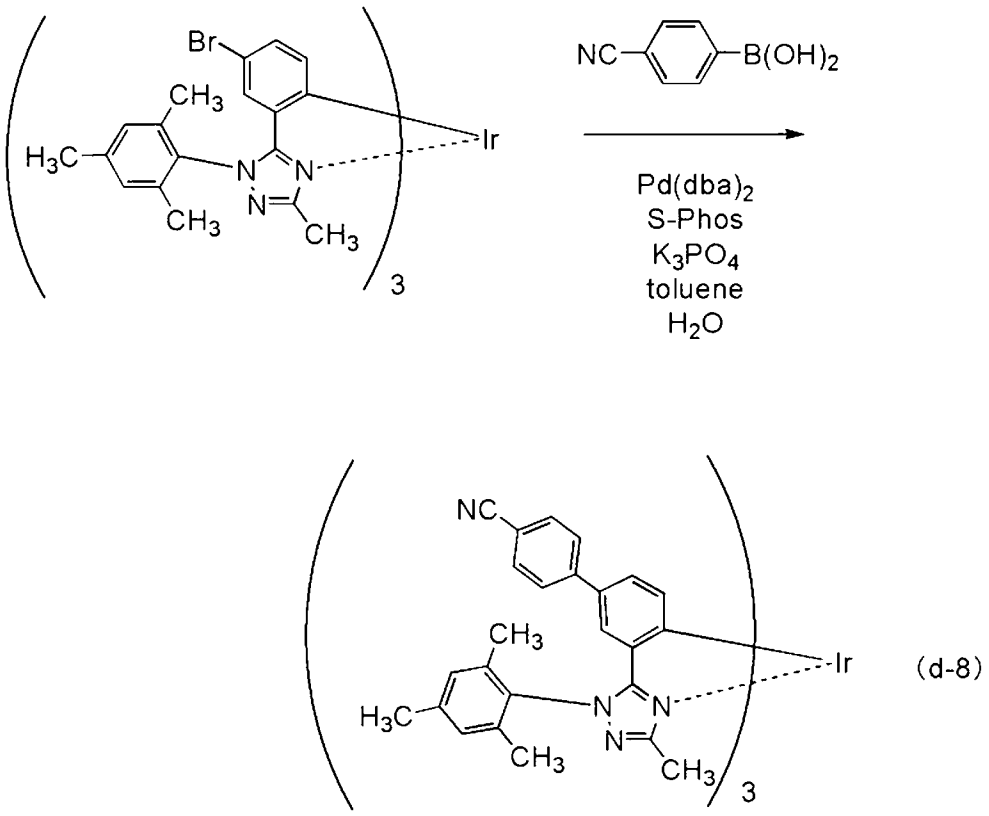
【0971】



【0972】 <<步驟4：三{4'-氰基-3-[3-甲基-1-（2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN⁴]-1，1'-聯苯-4-基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（MCN5btz1-tmp）$_3$）的合成>>

接著，藉由步驟3得到的三[3-溴-2-{1-（2，4，6-三甲基苯基）-3-甲基-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN^4}苯基-κC]銥（III）中的0.76g（0.61mmol）、0.54g（3.67mmol）的4-氰基苯基硼酸、68mg（0.15mmol）的2-二環己基膦基-2’，6’-二甲氧基聯苯（S-phos）及0.59g（0.15mmol）的磷酸鉀放入到100mL的三頸燒瓶中，對該混合物添加40mL的甲苯及5mL的水，並對該燒瓶內進行氮氣置換。對該混合物添加42mg（0.073mmol）的雙（二亞苄基丙酮）鈀（0），以90℃加熱18小時。再者，對該混合物添加64mg（0.15mmol）的2-二環己基膦基-2’，6’-二甲氧基聯苯（S-phos）及42mg（0.073mmol）的雙（二亞苄基丙酮）鈀（0），以90℃進行3.5小時的加熱攪拌。然後，將得到的萃取溶液和有機層合併，使用甲苯對水層進行萃取，使用水和飽和食鹽水進行洗滌。對有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮濾液而得到固體。藉由矽膠管柱層析法使該固體純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷：乙酸乙酯=10：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使該固體再結晶，以18%的產率得到0.146g的黃色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色固體為三{4’-氰基-3-[3-甲基-1-（2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN^4]-1，1’-聯苯-4-基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（MCN5btz1-tmp）$_3$）。如下式子（d-8）示出步驟4的合成方案。

【0973】



Ir(MCN5btz1-tmp)$_3$

【0974】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟4得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖81示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例10中得到了以上述結構式（130）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（MCN5btz1-tmp）$_3$。

【0975】^{1}H-NMR δ（$CDCl_3$）：1.8（s，9H），2.15（s，9H），2.17（s，9H），2.44（s，9H），6.62（d，3H），6.67（d，3H），6.97（dd，3H），7.08（s，3H），7.15（s，3H），7.21（d，6H），7.51（d，6H）。

【0976】<Ir（MCN5btz1-tmp）$_3$的特性>

接著，對Ir（MCN5btz1-tmp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.0029mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖82示出得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。另外，圖82所示的吸收光譜表示從將二氯甲烷溶液放在石英皿中而

測量的吸收光譜減去只將二氯甲烷放在石英皿中而測量的吸收光譜來得到的結果。

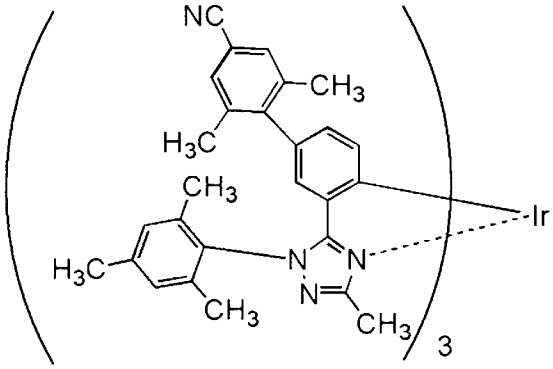
【0977】 如圖82所示，從Ir（MCN5btz1-tmp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在506nm及541nm處具有發光峰值的綠色發光。

實施例14

【0978】 <合成實例11>

在本實施例中，具體地例示出對在實施方式2中以結構式（131）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三{4'-氰基-2'，6'-二甲基-3-[3-甲基-1-（2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN^4]-1，1'-聯苯-4-基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$）的合成實例。下面示出Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的結構。

【0979】



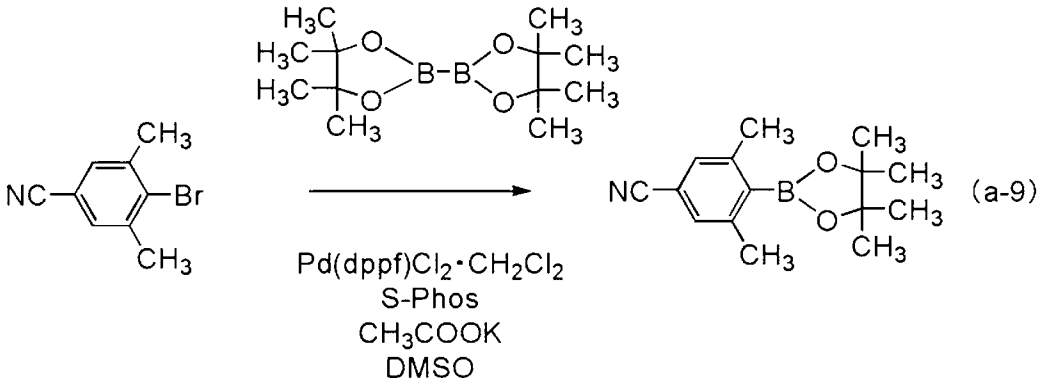
Ir(MdmCN5btz1-tmp)$_3$

【0980】 <<步驟1：4-氰基-2，6-二甲基苯基硼酸片呐醇酯的合成>>

首先，將5.0g（24mmol）的4-溴-3，5-二甲基苯腈、7.3g（29mmol）的雙（戊醯）二硼、8.4g（86mmol）的乙酸鉀及120mL的二甲亞碸（DMSO）放入到三頸燒瓶中，對該燒瓶內進行氮氣置換。對該混合物添加0.20g（0.24mmol）的[1，1'-雙（二苯基膦基）二茂鐵]鈀（II）二氯甲烷加成物及0.20g（0.48mmol）的2-二環己基膦基-2'，6'-二甲氧基聯苯（S-phos），以90℃進行7小時的加熱攪拌。然後，

還對該混合物添加0.20g（0.24mmol）的[1，1'-雙（二苯基膦基）二茂鐵]鈀（II）二氯甲烷加成物、0.20g（0.48mmol）的2-二環已基膦基-2’，6’-二甲氧基聯苯（S-phos）及3.5g（14mmol）的雙（戊醯）二硼，以100℃進行17小時的加熱攪拌並使其起反應。對獲得的反應溶液添加水，使有機層和水層分離，並使用甲苯對水層進行萃取。使用水及飽和食鹽水對有機層及萃取溶液的混合溶液進行洗滌，並對該混合溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾並濃縮濾液來得到固體。藉由快速管柱層析法使該固體純化。作為展開溶劑，首先使用甲苯：乙酸乙酯=10：1（v：v）的混合溶劑，接著使用甲苯：乙酸乙酯=5：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。使用甲苯及已烷對該固體進行洗滌，以57%的產率得到3.5g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為4-氰基-2，6-二甲基苯基硼酸片吶醇酯。如下式子（a-9）示出步驟1的合成方案。

【0981】

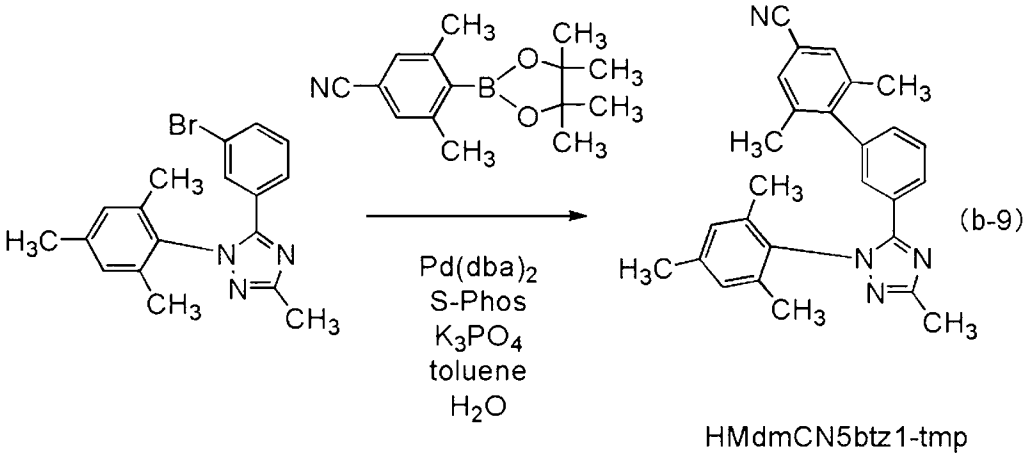


【0982】 <<步驟2：5-（4’-氰基-2’，6’-二甲基-1，1’-聯苯-3-基）-3-甲基-1-（2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑（簡稱：HMdmCN5btz1-tmp）的合成>>

接著，藉由上述合成實例10的步驟2得到的4.0g（11mmol）的5-（3-溴苯基）-1-（2，4，6-三甲基苯基）-3-甲基-1H-1，2，4-三唑、藉由上述步驟1得到的3.2g（12mmol）的4-氰基-2，6-二甲基苯基硼酸片吶醇酯、4.1g（20mmol）的磷酸鉀、

75mL的甲苯及7mL的水放入到三頸燒瓶中，對燒瓶內進行氮氣置換。對該混合物添加0.26g（0.45mmol）的雙（二亞苄基丙酮）鈀（0）及0.37g（0.90mmol）的2-二環己基膦基-2’，6’-二甲氧基聯苯（S-phos），以90℃進行7.5小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，將得到的反應溶液分離為有機層和水層，使用甲苯對水層進行萃取，將萃取溶液和有機層合併，使用水和飽和食鹽水進行洗滌。對有機層添加無水硫酸鎂以進行乾燥，對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮濾液而得到油狀物。藉由快速管柱層析法使該油狀物純化。作為展開溶劑使用甲苯，然後添加乙酸乙酯來提高極性，以使甲苯和乙酸乙酯的比例為4：1。濃縮所得到的餾分，而得到固體。使用乙醇對該固體進行洗滌，以85%的產率獲得3.9g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為5-（4’-氰基-2’，6’-二甲基-1，1’-聯苯-3-基）-3-甲基-1-（2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑（簡稱：HMdmCN5btz1-tmp）。如下式子（b-9）示出步驟2的合成方案。

【0983】

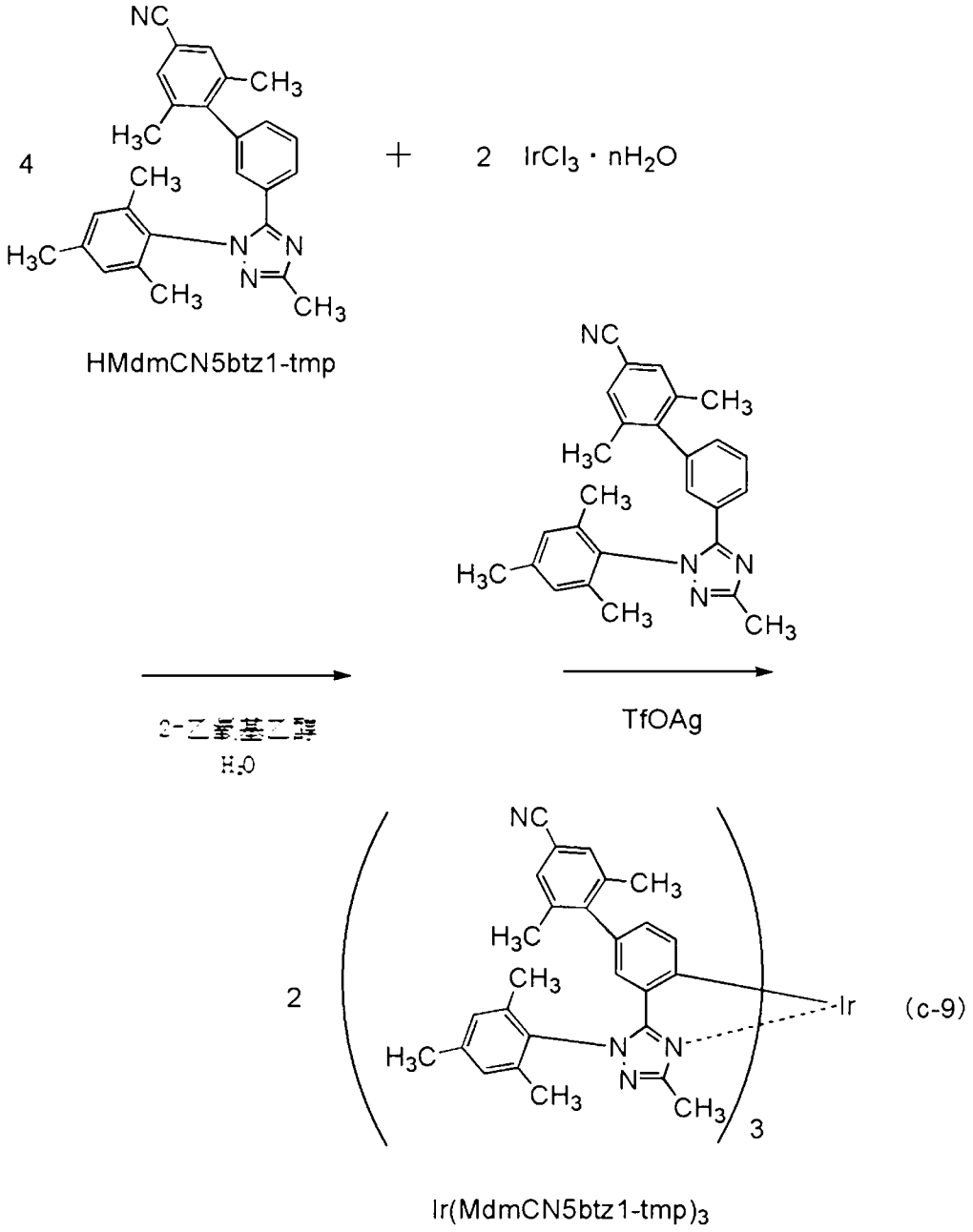


HMdmCN5btz1-tmp

【0984】 <<步驟3：三{4’-氰基-2’，6’-二甲基-3-[3-甲基-1-（2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN^4]-1，1’-聯苯-4-基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$）的合成>>

接著，將藉由上述步驟2得到的配體的HMdmCN5btz1-tmp中的1.0g（2.5mmol）、0.33g（1.1mmol）的氯化銥水合物、15mL的2-乙氧基乙醇及5mL的水放入到50mL茄形燒瓶中，對燒瓶進行氬氣置換。藉由在100W、100°C的條件下對該燒瓶進行1小時的微波照射來加熱，並使其起反應。在起反應之後，濃縮所得到的反應溶液而得到黃色油狀物。對該油狀物添加0.58g（2.2mmol）的三氟甲基磺酸銀、作為配體的HMdmCN5btz1-tmp中的2.28g（5.61mmol），對燒瓶進行氮氣置換，以165°C進行23小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，將所得到的反應混合物溶解於二氯甲烷中，進行吸引過濾而去除不溶固體。藉由矽膠管柱層析法使得到的濾液純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷：乙酸乙酯=5：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使該固體再結晶，以0.5%的產率得到8mg的黃色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色固體為三{4’-氰基-2’，6’-二甲基-3-[3-甲基-1-（2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN^4]-1，1’-聯苯-4-基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$）。如下式子（c-9）示出步驟3的合成方案。

【0985】



【0986】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟3得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖83示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例11中得到了以上述結構式（131）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$。

【0987】^{1}H-NMR δ（CD_2Cl_2）：1.71（s，9H），1.86（s，9H），1.90（s，9H），2.10（s，9H），2.12（s，9H），2.28（s，9H），6.19（d，3H），6.44（dd，3H），6.70（d，3H），6.95（s，3H），7.00（s，3H），7.25（s，6H）。

【0988】 <Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的特性>

接著，對Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.014mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖84示出得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。另外，圖84所示的吸收光譜表示從將二氯甲烷溶液放在石英皿中而測量的吸收光譜減去只將二氯甲烷放在石英皿中而測量的吸收光譜來得到的結果。

【0989】 如圖84所示，從Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在462nm及490nm處具有發光峰值的藍色發光。

【0990】 接著，藉由循環伏安（CV）測量對Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C）。在氧化反應特性中，對將Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$溶解於氯仿的溶液進行測量，在還原反應特性中，對將Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$溶解於N，N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）的溶液進行測量。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電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出HOMO能階及LUMO能階。

【0991】 由CV測量的結果可知，Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的氧化電位為0.72V，還原電位為-2.70V。另外，根據CV測量算出的Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的HOMO能階為-5.66eV，LUMO能階為-2.24eV。

實施例15

【0992】 在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件（發光元件8至發光元件11）的製造實例。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖可

以參照圖42。表9示出元件結構的詳細內容。此外，所使用的化合物的結構及簡稱可以參照上述實施例。

【0993】 [表9]

	層	符號	膜厚度（nm）	材料	重量比
發光元件8	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	4，6mCzP2Pm	-
	發光層	160（2）	10	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（pim-diBuCNp）$_3$	0.6：0.4：0.125
		160（1）	30	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（pim-diBuCNp）$_3$	0.2：0.8：0.125
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件9	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	35DCzPPy	-
	發光層	160	40	35DCzPPy：PCCP：Ir（pim-diBuCNp）$_3$	0.6：0.4：0.125
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件10	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	4，6mCzP2Pm	-
	發光層	160（2）	10	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-dmCNp）$_3$	0.8：0.2：0.125
		160（1）	30	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-dmCNp）$_3$	0.4：0.6：0.125
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5

	電極	101	70	ITSO	-
發光元件11	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	4，6mCzP2Pm	-
	發光層	160（2）	10	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$	0.8：0.2：0.125
		160（1）	30	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$	0.6：0.4：0.125
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0994】 <發光元件的製造>

<<發光元件8的製造>>

作為電極101，在基板200上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0995】 接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。

【0996】 接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍PCCP。

【0997】 接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（pim-diBuCNp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（pim-diBuCNp）$_3$）為0.2：0.8：0.125且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（pim-diBuCNp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（pim-diBuCNp）$_3$）為0.6：0.4：0.125且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（pim-diBuCNp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【0998】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以10nm的厚度蒸鍍4，6mCzP2Pm並以15nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【0999】 接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【1000】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件8。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到發光元件8。

【1001】 <<發光元件9的製造>>

發光元件9與上述發光元件8之間的不同之處只在於發光層160及電子傳輸層118的形成製程。其他製程與發光元件8相同。

【1002】 作為發光元件9的發光層160，以35DCzPPy、PCCP與Ir（pim-diBuCNp）$_3$的重量比（35DCzPPy：PCCP：Ir（pim-diBuCNp）$_3$）為0.6：0.4：0.125且厚度為40nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，35DCzPPy是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（pim-diBuCNp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【1003】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以10nm的厚度蒸鍍35DCzPPy並以15nm的厚度蒸鍍BPhen。

【1004】 <<發光元件10的製造>>

發光元件10與上述發光元件8之間的不同之處只在於發光層160的形成製程。其他製程與發光元件8相同。

【1005】 作為發光元件10的發光層160，以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-dmCNp）$_3$）為0.4：0.6：0.125且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、

PCCP與Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-dmCNp）$_3$）為0.8：0.2：0.125且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（mpptz-dmCNp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【1006】 <<發光元件11的製>>

發光元件11與上述發光元件8之間的不同之處只在於發光層160的形成製程。其他製程與發光元件8相同。

【1007】 作為發光元件11的發光層160，以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（mpptz-tmCNp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-tmCNp）$_3$）為0.6：0.4：0.125且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（mpptz-tmCNp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-tmCNp）$_3$）為0.8：0.2：0.125且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（mpptz-tmCNp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【1008】 <發光元件的特性>

圖85示出所製造的發光元件8至發光元件11的電流效率-亮度特性。圖86示出亮度-電壓特性。圖87示出外部量子效率-亮度特性。圖88示出電力效率-亮度特性。各發光元件的測量在室溫（保持為23°C的氛圍）下進行。

【1009】 另外，表10示出1000cd/m^{2}附近的發光元件8至發光元件11的元件特性。

【1010】 [表10]

	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8	4.0	1.2	（0.23，0.55）	780	66	52	23
發光元件9	5.0	1.1	（0.23，0.57）	1000	93	58	32
發光元件10	3.3	1.1	（0.21，0.50）	860	79	75	31
發光元件11	3.3	1.4	（0.21，0.48）	1000	76	72	29

【1011】 另外，圖89示出當以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過發光元件8至發光元件11中時的發射光譜。

【1012】 如圖85至圖88以及表10所示，發光元件8至發光元件11具有高發光效率（電流效率及外部量子效率）。此外，發光元件8、發光元件9、發光元件10及發光元件11的外部量子效率的最大值分別為25%、32%、31%及30%，這是優異的數值。

【1013】 另外，如圖89所示，發光元件8、發光元件9、發光元件10及發光元件11呈現電致發射光譜的峰值波長分別為498nm、502nm、488nm及485nm且半峰全寬分別為70nm、67nm、64nm及77nm的藍色發光。也就是說，藉由將作為配體具有包含氰基的芳基的銥錯合物用作客體材料，可以製造具有高發光效率的藍色發光元件。

【1014】 此外，如圖85至圖88以及表10所示，與發光元件9相比，發光元件8、發光元件10及發光元件11在較低的驅動電壓下驅動。

【1015】 如上述實施例所示，在發光元件8、發光元件10及發光元件11中，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的LUMO能階，並且，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的HOMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階。因此，從一對電極注入的載子（電子及電洞）高效地注入到主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP），由此，該第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）能夠形成激態錯合物。因此，發光元件8、發光元件10及發光元件11具有實現高發光效率及低驅動電壓的優異特性。

【1016】 另外，根據上述實施例所示的Ir（pim-diBuCNp）$_3$的吸收光譜（圖64）、Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的吸收光譜（圖67）以及Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的吸收光譜（圖70）算出吸收端，而估計在假設直接遷移時的遷移能量。其結果是，Ir（pim-diBuCNp）$_3$的吸收端為484nm，其遷移能量為2.56eV。此外，Ir（mpptz-dmCNp）$_3$的吸收端為475nm，其遷移能量為2.61eV。此外，Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的吸收端為474nm，其遷移能量為2.62eV。

【1017】 此外，如上述實施例所示，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）的三重態激發能階（T1能階）分別為2.70eV及2.66eV，其高於根據客體材料的吸收光譜的吸收端而得到的遷移能量。因此，用作主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）具有被用作主體材料時足夠高的三重態激發能階（T1能階）。

【1018】 另外，關於根據CV測量結果而算出的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差，Ir（pim-diBuCNp）$_3$為2.81eV，Ir（mpptz-dmCNp）$_3$為2.91eV，Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$為3.03eV。

【1019】 因此，在Ir（pim-diBuCNp）$_3$、Ir（mpptz-dmCNp）$_3$及Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差分別比根據吸收端而算出的遷移能量大0.25eV、0.30eV及0.41eV。

【1020】 另外，由於圖89所示的發光元件8、發光元件10及發光元件11的電致發射光譜的最短波長一側的峰值波長分別為498nm、488nm及485nm，所以Ir（pim-diBuCNp）$_3$、Ir（mpptz-dmCNp）$_3$及Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$的發光能量分別為2.49eV、2.54eV及2.56eV。

【1021】 因此，在Ir（pim-diBuCNp）$_3$、Ir（mpptz-dmCNp）$_3$及Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差分別比發光能量大0.32eV、0.37eV及0.47eV。

【1022】 也就是說，在用於上述發光元件的客體材料中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差大於根據吸收端而算出的遷移能量，並且，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.3eV以上。因此，在從一對電極注入的載子在該客體材料中直接再結合的情況下，需要相當於LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的大能量，從而需要較高的電壓。

【1023】 然而，在本發明的一個實施方式的發光元件中，能夠利用由激態錯合物的能量遷移使客體材料激發，而不在客體材料中使載子直接再結合，所以可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【1024】 另外，根據表3，發光元件8、發光元件10及發光元件11中的主體材料的第一有機化合物（4,6mCzP2Pm）的LUMO能階和第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階之間的能量差為2.75eV。也就是說，在發光元件8、發光元件10及發光元件11中，相當於主體材料的激態錯合物的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的能量小於客體材料（Ir（pim-diBuCNp）$_3$、Ir（mpptz-dmCNp）$_3$及Ir（mpptz-tm5CNp）$_3$）的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差（分別為2.81eV、

2.91eV及3.03eV）且大於根據吸收端而算出的遷移能量（分別為2.56eV、2.61eV及2.62eV）。因此，在發光元件8、發光元件10及發光元件11中，能夠藉由激態錯合物使客體材料激發，從而可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

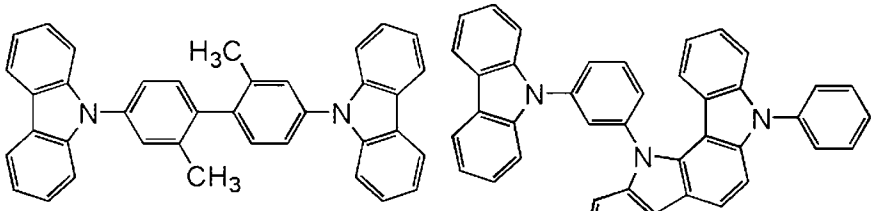
【1025】 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的結構，可以提供發光效率高的發光元件。另外，可以提供功耗低的發光元件。另外，可以提供發光效率高的呈現藍色發光的發光元件。

【1026】 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例16

【1027】 在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件（發光元件12及發光元件13）的製造實例。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖可以參照圖42。表11示出元件結構的詳細內容。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。其他化合物可以參照上述實施例。

【1028】



dmCBP

mCzPICz

【1029】 [表11]

	層	符號	膜厚度（nm）	材料	重量比
發光元件12	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	4，6mCzP2Pm	-
	發光層	160（2）	10	4，6mCzP2Pm：mCzPICz：Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$	0.8：0.2：0.125
		160（1）	30	4，6mCzP2Pm：mCzPICz：Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$	0.6：0.4：0.125
	電洞傳輸層	112	20	dmCBP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件13	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	4，6mCzP2Pm	-
	發光層	160	40	4，6mCzP2Pm：mCzPICz：Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$	0.8：0.2：0.125
	電洞傳輸層	112	20	dmCBP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【1030】 <發光元件的製造>

<<發光元件12的製造>>

作為電極101，在基板200上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【1031】 接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。

【1032】 接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍4-4'-雙（9-咔唑）-2，2'-二甲基聯苯（簡稱：dmCBP）。

【1033】 接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以4，6mCzP2Pm、12-[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]-5，12-二氫-5-苯基-吲哚[3，2-a]咔唑（簡稱：mCzPICz）

與Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$的重量比(4,6mCzP2Pm:mCzPICz:Ir(mp5CNptz-diPrp)$_3$)為0.6:0.4:0.125且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、mCzPICz與Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：mCzPICz：Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$）為0.8：0.2：0.125且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，mCzPICz是第二有機化合物，Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【1034】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以10nm的厚度蒸鍍4，6mCzP2Pm並以15nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【1035】 接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【1036】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件12。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到發光元件12。

【1037】 <<發光元件13的製造>>

發光元件13與上述發光元件12之間的不同之處只在於發光層160的形成製程。其他製程與發光元件12相同。

【1038】 作為發光元件13的發光層160，以4，6mCzP2Pm、mCzPICz與Ir（mpdCNptz-diPrP）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：mCzPICz：Ir（mpdCNptz-diPrP）$_3$）為0.8：0.2：0.125且厚度為40nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，mCzPICz是第二有機化合物，Ir(mpdCNptz-diPrP)$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【1039】 <主體材料的發射光譜>

在此，圖90示出所製造的上述發光元件（發光元件12及發光元件13）中用作主體材料（第一有機化合物及第二有機化合物）的4，6mCzP2Pm的薄膜、mCzPICz的薄膜、4，6mCzP2Pm與mCzPICz的混合薄膜的發射光譜的測量結果。

【1040】 為了測量上述發射光譜，藉由真空蒸鍍法在石英基板上形成薄膜樣本。在測量發射光譜時，利用PL-EL測量裝置（由日本濱松光子學株式會社製造）並在室溫（保持為23℃的氛圍）下進行測量。此外，薄膜的厚度為50nm。混合薄膜中的兩種化合物的混合比（4，6mCzP2Pm：mCzPICz）為1：1。

【1041】 如圖90所示，4，6mCzP2Pm與mCzPICz的混合薄膜的發射光譜的峰值波長為477nm，這是與峰值波長為440nm的4，6mCzP2Pm以及峰值波長為372nm的mCzPICz的發射光譜不同的結果。如下面所說明，4，6mCzP2Pm的LUMO能階比mCzPICz的LUMO能階低，而mCzPICz的HOMO能階比4，6mCzP2Pm的HOMO能階高。此外，4，6mCzP2Pm與mCzPICz的混合薄膜的發光具有大概相當於4，6mCzP2Pm的LUMO能階與mCzPICz的HOMO能階之間的能量差的能量，並且該混合薄膜所呈現的發光的波長比4，6mCzP2Pm及mCzPICz的發光的波長較長（低能量），因此可以說該混合薄膜的發光是起因於兩種化合物所形成的激態錯合物的發光。也就是說，4，6mCzP2Pm與mCzPICz的組合可以形成激態錯合物，並且藉由使用4，6mCzP2Pm和mCzPICz作為主體材料可以製造利用ExTET的發光元件。

【1042】 另外，如圖73及圖76所示，Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$及Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的吸收光譜中的最低能量一側（長波長一側）的吸收帶位於450nm附近，其具有與4，6mCzP2Pm和mCzPICz所形成的激態錯合物所呈現的發射光譜重疊的區域。因此，包含4，6mCzP2Pm和mCzPICz作為主體材料的發光元件能夠有效地將激發能轉移到客體材料。

【1043】 如上所述，發光元件12及發光元件13具有第一有機化合物的4，6mCzP2Pm及第二有機化合物的mCzPICz作為主體材料，其中，第一有機化合物與第二有機化合物的組合形成激態錯合物。

【1044】 接著，測量用作主體材料的第二有機化合物（mCzPICz）的三重態激發能階（T1能階）。第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的三重態激發能階（T1能階）是如上述實施例4所示的。

【1045】 在測量三重態激發能階時，對化合物的薄膜樣本進行磷光發光測量。在該測量中，利用顯微PL裝置LabRAM HR-PL（由日本堀場製作所製造），將測量溫度設定為10K，作為激發光使用He-Cd雷射（325nm），作為檢測器使用CCD檢測器。根據藉由上述測量而得到的磷光光譜中的最短波長一側的峰值算出三重態激發能階（T1能階）。

【1046】 第二有機化合物（mCzPICz）的磷光發射光譜中的最短波長一側的峰值波長為441nm，其三重態激發能階（T1能階）為2.81eV。另外，如實施例4所示，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的磷光發射光譜中的最短波長一側的峰值波長為459nm，其三重態激發能階（T1能階）為2.70eV。

【1047】 此外，4，6mCzP2Pm及mCzPICz的磷光發射光譜的最短波長一側的峰值波長比圖90所示的4，6mCzP2Pm與mCzPICz所形成的激態錯合物的發射光譜的最短波長一側的峰值波長更短。激態錯合物具有其單重態激發能階（S1能階）與三重態激發能階（T1能階）之間的能量差小的特徵，因此，根據發射光譜中的最短波長一側的峰值波長能夠得到激態錯合物的三重態激發能階（T1能階）。也就是說，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzPICz）的三重態激發能階（T1能階）高於激態錯合物的三重態激發能階（T1能階）。

【1048】 此外，如下面所示，4，6mCzP2Pm及mCzPICz的三重態激發能階（T1能階）高於根據吸收光譜的吸收端而得到的客體材料的遷移能量。

【1049】 由此，在本實施例中用作主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzPICz）具有被用作主體材料時足夠高的三重態激發能階（T1能階）。

【1050】 <發光元件的特性>

圖91示出所製造的發光元件12及發光元件13的電流效率-亮度特性。圖92示出亮度-電壓特性。圖93示出外部量子效率-亮度特性。圖94示出電力效率-亮度特性。各發光元件的測量在室溫（保持為23°C的氛圍）下進行。

【1051】 另外，表12示出1000cd/m^2附近的發光元件12及發光元件13的元件特性。

【1052】 [表12]

	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12	3.2	1.8	（0.16，0.28）	840	47	46	26
發光元件13	3.3	1.9	（0.18，0.38）	1100	59	57	27

【1053】 另外，圖95示出當以2.5mA/cm^2的電流密度使電流流過發光元件12及發光元件13中時的發射光譜。

【1054】 如圖91至圖94以及表12所示，發光元件12及發光元件13具有高發光效率（電流效率及外部量子效率）。此外，發光元件12及發光元件13的外部量子效率的最大值分別為26%及28%，這是優異的數值。

【1055】 另外，如圖95所示，發光元件12及發光元件13呈現電致發射光譜的峰值波長分別為464nm及471nm且半峰全寬分別為60nm及70nm的色純度高的

藍色發光。也就是說，藉由將作為配體具有包含氰基的芳基的銥錯合物用作客體材料，可以製造具有高發光效率的藍色發光元件。

【1056】 此外，如圖91至圖94以及表12所示，發光元件12及發光元件13在較低的驅動電壓下驅動。

【1057】 <CV測量結果>

在此，藉由循環伏安（CV：cyclic voltammetry）測量對用作上述發光元件的主體材料的化合物（mCzPICz）的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C），對將該化合物（mCzPICz）溶解於DMF而成的溶液進行測量。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電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出各化合物的HOMO能階及LUMO能階。

【1058】 根據CV測量結果而得到的mCzPICz的氧化電位為0.68V，其還原電位為-3.00V，因此，藉由CV測量而算出的mCzPICz的HOMO能階為-5.62eV，其LUMO能階為-1.95eV。此外，4，6mCzP2Pm以及客體材料（Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$及Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$）的HOMO能階及LUMO能階可以參照上述實施例。

【1059】 如上所述，在發光元件12及發光元件13中，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階低於第二有機化合物（mCzPICz）的LUMO能階，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的HOMO能階低於第二有機化合物（mCzPICz）的HOMO能階，客體材料（Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$及Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$）的LUMO能階高於第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階，並且，客體材料（Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$及Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$）的HOMO能階低於第二有機化合物（mCzPICz）的HOMO能階。因此，從一對電極注入的載子（電子

及電洞）高效地注入到主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzPICz），由此，該第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzPICz）能夠形成激態錯合物。因此，發光元件12及發光元件13具有實現高發光效率及低驅動電壓的優異特性。

【1060】 另外，根據上述實施例所示的Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的吸收光譜（圖73）以及Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的吸收光譜（圖76）算出吸收端，而估計在假設直接遷移時的遷移能量。其結果是，Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$的吸收端為467nm，其遷移能量為2.65eV。此外，Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的吸收端為466nm，其遷移能量為2.66eV。

【1061】 另一方面，關於根據CV測量結果而算出的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差，Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$為3.55eV，而Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$為3.25eV以上。

【1062】 因此，在Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.9eV。在Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.59eV以上。

【1063】 另外，由於圖95所示的發光元件12及發光元件13的電致發射光譜的最短波長一側的峰值波長分別為464nm及471nm，所以Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$及Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$的發光能量分別為2.67eV及2.63eV。

【1064】 因此，在Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.88eV。在Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.62eV以上。

【1065】 也就是說，在用於上述發光元件的客體材料中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.4eV以上，並且，

LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.4eV以上。因此，在從一對電極注入的載子在該客體材料中直接再結合的情況下，需要相當於LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的大能量，從而需要較高的電壓。

【1066】 然而，在本發明的一個實施方式的發光元件中，能夠利用由激態錯合物的能量遷移使客體材料激發，而不在客體材料中使載子直接再結合，所以可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【1067】 另外，發光元件12及發光元件13中的主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階和第二有機化合物（mCzPICz）的HOMO能階之間的能量差為2.74eV。也就是說，在發光元件12及發光元件13中，相當於主體材料的激態錯合物的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的能量小於客體材料（Ir（mp5CNptz-diPrp）$_3$及Ir（mpdCNptz-diPrp）$_3$）的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差且大於根據吸收端而算出的遷移能量（分別為2.65eV及2.66eV）。因此，在發光元件12及發光元件13中，能夠藉由激態錯合物使客體材料激發，從而可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【1068】 如上所述，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，客體材料的LUMO能階高於第一有機化合物的LUMO能階，客體材料的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，並且，第一有機化合物與第二有機化合物的組合能夠形成激態錯合物，由此，可以提供發光效率高且驅動電壓低的呈現藍色發光的發光元件。此外，作為本構成中的客體材料，較佳為使用包含氰基的銥錯合物。

【1069】 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的結構，可以提供發光效率高的發光元件。另外，可以提供功耗低的發光元件。另外，可以提供發光效率高的呈現藍色發光的發光元件。

【1070】 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例17

【1071】 在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件（發光元件14）的製造實例。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖可以參照圖42。表13示出元件結構的詳細內容。此外，所使用的化合物的結構及簡稱可以參照上述實施例。

【1072】 [表13]

	層	符號	膜厚度（nm）	材料	重量比
發光元件14	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	4，6mCzP2Pm	-
	發光層	160（2）	10	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$	0.8：0.2：0.125
		160（1）	30	4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$	0.4：0.6：0.125
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【1073】 <發光元件14的製造>

作為電極101，在基板200上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【1074】 接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。

【1075】 接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍PCCP。

【1076】 接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$）為0.4：0.6：0.125且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$）為0.8：0.2：0.125且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【1077】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以10nm的厚度蒸鍍4，6mCzP2Pm並以15nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【1078】 接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【1079】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件14。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到發光元件14。

【1080】 <發光元件的特性>

圖96示出所製造的發光元件14的電流效率-亮度特性。圖97示出亮度-電壓特性。圖98示出外部量子效率-亮度特性。圖99示出電力效率-亮度特性。發光元件的測量在室溫（保持為23°C的氛圍）下進行。

【1081】 另外，表14示出1000cd/m^{2}附近的發光元件14的元件特性。

【1082】 [表14]

	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14	3.4	1.4	（0.20，0.46）	900	66	61	26

【1083】 另外，圖100示出當以2.5mA/cm^2的電流密度使電流流過發光元件14中時的發射光譜。

【1084】 如圖96至圖99以及表14所示，發光元件14具有高發光效率（電流效率及外部量子效率）。此外，發光元件14的外部量子效率的最大值為27%，這是優異的數值。另外，如圖100所示，發光元件14呈現電致發射光譜的峰值波長為490nm且半峰全寬為70nm的藍色發光。也就是說，藉由將作為配體具有包含氰基的芳基的銥錯合物用作客體材料，可以製造具有高發光效率的藍色發光元件。

【1085】 此外，如圖96至圖99以及表14所示，發光元件14在較低的驅動電壓下驅動。

【1086】 如上述實施例所示，在發光元件14中，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的LUMO能階，並且，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的HOMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階。因此，從一對電極注入的載子（電子及電洞）高效地注入到主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP），由此，該第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）能夠形成激態錯合物。因此，發光元件14具有實現高發光效率及低驅動電壓的優異特性。

【1087】 另外，根據上述實施例所示的Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的吸收光譜（圖79）算出吸收端，而估計在假設直接遷移時的遷移能量。其結果是，Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的吸收端為472nm，其遷移能量為2.63eV。

【1088】 此外，如上述實施例所示，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）的三重態激發能階（T1能階）分別為2.70eV及2.66eV，其高於根據客體材料的吸收光譜的吸收端而得到的遷移能量。因此，用作主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）具有被用作主體材料時足夠高的三重態激發能階（T1能階）。

【1089】 另外，根據CV測量結果而算出的Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差為2.99eV。

【1090】 因此，在Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.36eV。

【1091】 另外，由於圖100所示的發光元件14的電致發射光譜的最短波長一側的峰值波長為490nm，所以Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$的發光能量為2.53eV。

【1092】 因此，在Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.46eV。

【1093】 也就是說，在用於上述發光元件的客體材料中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.3eV以上，並且，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.4eV以上。因此，在從一對電極注入的載子在該客體材料中直接再結合的情況下，需要相當於LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的大能量，從而需要較高的電壓。

【1094】 然而，在本發明的一個實施方式的發光元件中，能夠利用由激態錯合物的能量遷移使客體材料激發，而不在客體材料中使載子直接再結合，所以可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【1095】 另外，根據表3，發光元件14中的主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階和第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階之間的能量差為2.75eV。也就是說，在發光元件14中，相當於主體材料的激態錯合物的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的能量小於客體材料（Ir（mCNpptz-diPrp）$_3$）的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差（2.99eV）且大於根據吸收端而算出的遷移能量（2.63eV）。因此，在發光元件14中，能夠藉由激態錯合物使客體材料激發，從而可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【1096】 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的結構，可以提供發光效率高的發光元件。另外，可以提供功耗低的發光元件。另外，可以提供發光效率高的呈現藍色發光的發光元件。

【1097】 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例18

【1098】 在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件（發光元件15）的製造實例。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖可以參照圖42。表15示出元件結構的詳細內容。此外，所使用的化合物的結構及簡稱可以參照上述實施例。

【1099】 [表15]

	層	符號	膜厚度（nm）	材料	重量比
發光元件15	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118（2）	15	BPhen	-
		118（1）	30	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	160	22	4,6mCzP2Pm：mCzPICz：Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$	0.4：0.6：0.125
	電洞傳輸層	112	20	dmCBP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【1100】 <發光元件15的製造>

作為電極101，在基板200上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【1101】 接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。

【1102】 接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍dmCBP。

【1103】 接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以4，6mCzP2Pm、mCzPICz與Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：mCzPICz：Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$）為0.4：0.6：0.125且厚度為22nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，mCzPICz是第二有機化合物，Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$是客體材料（磷光化合物）。

【1104】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以30nm的厚度蒸鍍4，6mCzP2Pm並以15nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【1105】 接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【1106】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件15。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到發光元件15。

【1107】 <發光元件的特性>

圖101示出所製造的發光元件15的電流效率-亮度特性。圖102示出亮度-電壓特性。圖103示出外部量子效率-亮度特性。圖104示出電力效率-亮度特性。發光元件的測量在室溫（保持為23°C的氛圍）下進行。

【1108】 另外，表16示出1000cd/m^2附近的發光元件15的元件特性。

【1109】 [表16]

	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15	3.2	1.9	（0.16，0.28）	1000	53	52	30

【1110】 另外，圖105示出當以2.5mA/cm^2的電流密度使電流流過發光元件15中時的發射光譜。

【1111】 如圖101至圖104以及表16所示，發光元件15具有高發光效率（電流效率及外部量子效率）。此外，發光元件15的外部量子效率的最大值為31%，這是優異的數值。

【1112】 另外，如圖105所示，發光元件15呈現電致發射光譜的峰值波長為464nm且半峰全寬為55nm的色純度高的藍色發光。也就是說，藉由將作為配體具有包含氰基的芳基的銥錯合物用作客體材料，可以製造具有高發光效率的藍色發光元件。

【1113】 此外，如圖101至圖104以及表16所示，發光元件15在較低的驅動電壓下驅動。

【1114】 如上述實施例所示，在發光元件15中，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階低於第二有機化合物（mCzPICz）的LUMO能階，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的HOMO能階低於第二有機化合物（mCzPICz）的HOMO能階，客體材料（Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$）的LUMO能階高於第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階，並且，客體材料（Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$）的HOMO能階低於第二有機化合物（mCzPICz）的HOMO能階。因此，從一對電極注入的載子（電子及電洞）高效地注入到主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzPICz），由此，該第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzPICz）能夠形成激態錯合物。因此，發光元件15具有實現高發光效率及低驅動電壓的優異特性。

【1115】 另外，根據上述實施例所示的Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的吸收光譜（圖82）算出吸收端，而估計在假設直接遷移時的遷移能量。其結果是，Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的吸收端為464nm，其遷移能量為2.67eV。

【1116】 此外，如上述實施例所示，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzPICz）的三重態激發能階（T1能階）分別為2.70eV及2.81eV，其高於根據客體材料的吸收光譜的吸收端而得到的遷移能量。因此，用作主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzPICz）具有被用作主體材料時足夠高的三重態激發能階（T1能階）。

【1117】 另外，根據CV測量結果而算出的Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差為3.42eV。

【1118】 因此，在Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.75eV。

【1119】 另外，由於圖105所示的發光元件15的電致發射光譜的最短波長一側的峰值波長為464nm，所以Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$的發光能量為2.67eV。

【1120】 因此，在Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.75eV。

【1121】 也就是說，在用於上述發光元件的客體材料中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.4eV以上，並且，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.4eV以上。因此，在從一對電極注入的載子在該客體材料中直接再結合的情況下，需要相當於LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的大能量，從而需要較高的電壓。

【1122】 然而，在本發明的一個實施方式的發光元件中，能夠利用由激態錯合物的能量遷移使客體材料激發，而不在客體材料中使載子直接再結合，所以可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【1123】 另外，根據表3，發光元件15中的主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階和第二有機化合物（mCzPICz）的HOMO能階之間的能量差為2.74eV。也就是說，在發光元件15中，相當於主體材料的激態錯合物的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的能量小於客體材料（Ir（MdmCN5btz1-tmp）$_3$）的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差（3.42eV）且大於根據吸收端而算出的遷移能量（2.67eV）。因此，在發光元件15中，能夠藉由激態錯合物使客體材料激發，從而可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【1124】 如上所述，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，客體材料的LUMO能階高於第一有機化合物的LUMO能階，客體材料的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，並且，第一有機化合物與第二有機化合物的組合能夠形成激態錯合物，由此，可以提供發光效率高且驅動電

壓低的呈現藍色發光的發光元件。此外，作為本構成中的客體材料，較佳為使用包含氰基的銥錯合物。

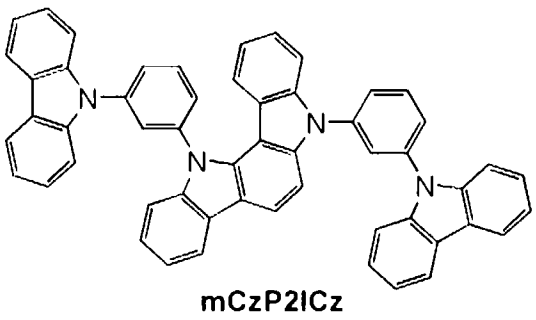
【1125】 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的結構，可以提供發光效率高的發光元件。另外，可以提供功耗低的發光元件。另外，可以提供發光效率高的呈現藍色發光的發光元件。

【1126】 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

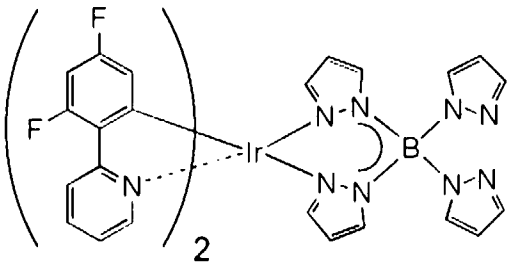
實施例19

【1127】 在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件（發光元件16）的製造實例。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖可以參照圖42。表17示出元件結構的詳細內容。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。其他化合物可以參照上述實施例。

【1128】



mCzP2ICz



FIr6

【1129】 [表17]

	層	符號	膜厚度（nm）	材料	重量比
發光元件16	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	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	160	40	4,6mCzP2Pm：mCzP2ICz：FIr6	0.6：0.2：0.2
	電洞傳輸層	112	20	dmCBP	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【1130】 <發光元件16的製造>

作為電極101，在基板200上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【1131】 接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為20nm的方式進行共蒸鍍。

【1132】 接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍dmCBP。

【1133】 接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以4，6mCzP2Pm、5，12-雙[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]-5，12-二氫-吲哚[3，2-a]咔唑（簡稱：mCzP2ICz）與FIr6的重量比（4，6mCzP2Pm：mCzP2ICz：FIr6）為0.6：0.2：0.2且厚度為40nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，mCzP2ICz是第二有機化合物，FIr6是客體材料（磷光化合物）。

【1134】 接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以10nm的厚度蒸鍍4，6mCzP2Pm並以15nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【1135】 接著，作為電極102，在電子注入層119上以200nm的厚度形成鋁（Al）。

【1136】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件16。其具體方法與發光元件1相同。藉由上述製程得到發光元件16。

【1137】 <主體材料的發射光譜>

在此，圖106示出所製造的上述發光元件16中用作主體材料（第一有機化合物及第二有機化合物）的4，6mCzP2Pm的薄膜、mCzP2ICz的薄膜、4，6mCzP2Pm與mCzP2ICz的混合薄膜的發射光譜的測量結果。

【1138】 為了測量上述發射光譜，藉由真空蒸鍍法在石英基板上形成薄膜樣本。在測量發射光譜時，利用PL-EL測量裝置（由日本濱松光子學株式會社製造）並在室溫（保持為23°C的氛圍）下進行測量。此外，薄膜的厚度為50nm。混合薄膜中的兩種化合物的混合比（第一有機化合物：第二有機化合物）為1：1。

【1139】 如圖106所示，4，6mCzP2Pm與mCzP2ICz的混合薄膜的發射光譜的峰值波長為460nm，這是與峰值波長為440nm的4，6mCzP2Pm以及峰值波長為388nm的mCzP2ICz的發射光譜不同的結果。如下面所說明，4，6mCzP2Pm的LUMO能階比mCzP2ICz的LUMO能階低，而mCzP2ICz的HOMO能階比4，6mCzP2Pm的HOMO能階高。此外，4，6mCzP2Pm與mCzP2ICz的混合薄膜的發光具有大概相當於4，6mCzP2Pm的LUMO能階與mCzP2ICz的HOMO能階之間的能量差的能量，並且該混合薄膜所呈現的發光的波長比4，6mCzP2Pm及mCzP2ICz的發光的波長較長（低能量），因此可以說該混合薄膜的發光是起因於兩種化合物所形成的激態錯合物的發光。也就是說，4，6mCzP2Pm與mCzP2ICz的組合可以形成激態錯合物，並且藉由使用4，6mCzP2Pm和mCzP2ICz作為主體材料可以製造利用ExTET的發光元件。

【1140】 由此，發光元件16是包含形成激態錯合物的第一有機化合物和第二有機化合物作為主體材料的發光元件。

【1141】 另外，如下面所示，FIr6的吸收光譜中的最低能量一側（長波長一側）的吸收帶具有與4，6mCzP2Pm和mCzP2ICz所形成的激態錯合物所呈現的發射光譜重疊的區域。因此，包含4，6mCzP2Pm和mCzP2ICz作為主體材料的發光元件能夠有效地將激發能轉移到客體材料。

【1142】 接著，測量用作主體材料的mCzP2ICz的三重態激發能階（T1能階）。4，6mCzP2Pm的三重態激發能階（T1能階）是如上述實施例所示的。

【1143】 在測量三重態激發能階時，對化合物的薄膜樣本進行磷光發光測量。在該測量中，利用顯微PL裝置LabRAM HR-PL（由日本堀場製作所製造），將測量溫度設定為10K，作為激發光使用He-Cd雷射（325nm），作為檢測器使用CCD檢測器。根據藉由上述測量而得到的磷光光譜中的最短波長一側的峰值算出三重態激發能階（T1能階）。

【1144】 mCzP2ICz的磷光發射光譜中的最短波長一側的峰值波長為442nm，其三重態激發能階（T1能階）為2.81eV。另外，如上述實施例所示，4，6mCzP2Pm的三重態激發能階（T1能階）為2.70eV。

【1145】 此外，4，6mCzP2Pm及mCzP2ICz的磷光發射光譜的最短波長一側的峰值波長比圖106所示的4，6mCzP2Pm與mCzP2ICz所形成的激態錯合物的發射光譜的最短波長一側的峰值波長更短。激態錯合物具有其單重態激發能階（S1能階）與三重態激發能階（T1能階）之間的能量差小的特徵，因此，根據發射光譜中的最短波長一側的峰值波長能夠得到激態錯合物的三重態激發能階（T1能階）。也就是說，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzP2ICz）的三重態激發能階（T1能階）高於激態錯合物的三重態激發能階（T1能階）。

【1146】 此外，如下面所示，4，6mCzP2Pm及mCzP2ICz的三重態激發能階（T1能階）高於根據吸收光譜的吸收端而得到的FIr6的遷移能量。

【1147】 由此，在本實施例中用作主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzP2ICz）具有被用作主體材料時足夠高的三重態激發能階（T1能階）。

【1148】 <發光元件的特性>

圖107示出所製造的發光元件16的電流效率-亮度特性。圖108示出亮度-電壓特性。圖109示出外部量子效率-亮度特性。圖110示出電力效率-亮度特性。發光元件的測量在室溫（保持為23℃的氛圍）下進行。

【1149】 另外，表18示出1000cd/m^2附近的發光元件16的元件特性。

【1150】 [表18]

	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16	3.5	2.2	（0.15，0.25）	980	46	41	29

【1151】 另外，圖111示出當以2.5mA/cm^2的電流密度使電流流過發光元件16中時的發射光譜。

【1152】 如圖107至圖110以及表18所示，發光元件16具有高發光效率（電流效率及外部量子效率）。此外，發光元件16的外部量子效率的最大值為30%，這是優異的數值。

【1153】 另外，如圖111所示，發光元件16呈現電致發射光譜的峰值波長為458nm且半峰全寬為54nm的色純度高的藍色發光。

【1154】 此外，如圖107至圖110以及表18所示，發光元件16在較低的驅動電壓下驅動。

【1155】 <CV測量結果>

在此，藉由循環伏安（CV：cyclic voltammetry）測量對用作上述發光元件的主體材料的第二有機化合物（mCzP2ICz）及客體材料（FIr6）的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）進行測量。在測量中，使用電化學分析儀（由BAS株式會社（BAS Inc.）製造，ALS型號600A或600C），對將各化合物溶解於DMF而成的溶液測量氧化反應特性及還原反應特性。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電位峰值電位。另外，參考電極的氧化還原電位可被估計為-4.94eV，因此，從該數值和所得到的峰值電位可算出各化合物的HOMO能階及LUMO能階。

【1156】 表19示出根據CV測量結果而得到的氧化電位和還原電位以及藉由CV測量而算出的各化合物的HOMO能階和LUMO能階。此外，4，6mCzP2Pm的測量值可以參照上述實施例。

【1157】 [表19]

簡稱	氧化電位（V）	還原電位（V）	根據氧化電位而算出的HOMO能階（eV）	根據還原電位而算出的LUMO能階（eV）
mCzP2ICz	0.70	-3.03	-5.64	-1.92
4,6mCzP2Pm	0.95	-2.06	-5.89	-2.88
FIr6	1.18	-2.34	-6.12	-2.61

【1158】 如表19所示，在發光元件16中，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階低於第二有機化合物（mCzP2ICz）的LUMO能階，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的HOMO能階低於第二有機化合物（mCzP2ICz）的HOMO能階，客體材料（FIr6）的LUMO能階高於第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階，並且，客體材料（FIr6）的HOMO能階低於第二有機化合物（mCzP2ICz）的HOMO能階。因此，從一對電極注入的載子（電子及電洞）高

效地注入到主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzP2ICz），由此，該第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（mCzP2ICz）能夠形成激態錯合物。因此，發光元件16具有實現高發光效率及低驅動電壓的優異特性。

【1159】 <客體材料的吸收光譜>

接下來，圖112示出上述發光元件所使用的客體材料的FIr6的吸收光譜的測量結果。

【1160】 在該吸收光譜的測量中，製造溶解有FIr6的二氯甲烷溶液，並利用石英皿來測量吸收光譜。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）。從所測量出的樣本的光譜減去石英皿的吸收光譜。

【1161】 接著，根據所測量出的吸收光譜的資料算出吸收端，而估計在假設直接遷移時的遷移能量。其結果是，FIr6的吸收端為454nm，其遷移能量為2.73eV。

【1162】 另一方面，根據表19所示的CV測量結果而算出的FIr6的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差為3.52eV。

【1163】 因此，在FIr6中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.79eV。

【1164】 另外，由於圖111所示的發光元件16的電致發射光譜的最短波長一側的峰值波長為458nm，所以FIr6的發光能量為2.70eV。

【1165】 因此，在FIr6中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.82eV。

【1166】 也就是說，在用於上述發光元件的客體材料中，LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比根據吸收端而算出的遷移能量大0.4eV以上，並且，

LUMO能階和HOMO能階之間的能量差比發光能量大0.4eV以上。因此，在從一對電極注入的載子在該客體材料中直接再結合的情況下，需要相當於LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的大能量，從而需要較高的電壓。

【1167】 然而，在本發明的一個實施方式的發光元件中，能夠利用由激態錯合物的能量遷移使客體材料激發，而不在客體材料中使載子直接再結合，所以可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【1168】 另外，根據表19，發光元件16中的主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階和第二有機化合物（mCzP2ICz）的HOMO能階之間的能量差為2.76eV。也就是說，在發光元件16中，相當於主體材料的激態錯合物的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差的能量小於客體材料（FIr6）的LUMO能階和HOMO能階之間的能量差（3.52eV）且大於根據吸收端而算出的遷移能量（2.73eV）。因此，在發光元件16中，能夠藉由激態錯合物使客體材料激發，從而可以降低驅動電壓。因此，本發明的一個實施方式的發光元件可以降低功耗。

【1169】 如上所述，第一有機化合物的LUMO能階低於第二有機化合物的LUMO能階，第一有機化合物的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，客體材料的LUMO能階高於第一有機化合物的LUMO能階，客體材料的HOMO能階低於第二有機化合物的HOMO能階，並且，第一有機化合物與第二有機化合物的組合能夠形成激態錯合物，由此，可以提供發光效率高且驅動電壓低的呈現藍色發光的發光元件。

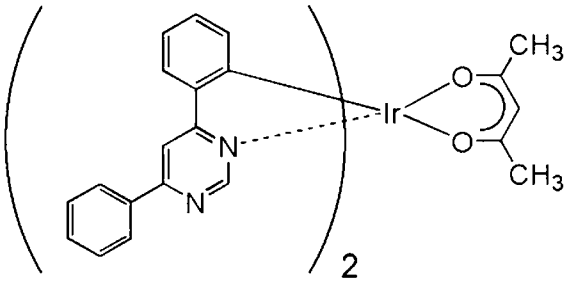
【1170】 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的結構，可以提供發光效率高的發光元件。另外，可以提供功耗低的發光元件。另外，可以提供發光效率高的呈現藍色發光的發光元件。

【1171】本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例20

【1172】在本實施例中，示出適合於本發明的一個實施方式的照明設備的發光元件（發光元件17）的製造實例。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖可以參照圖42。表20示出元件結構的詳細內容。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。其他化合物可以參照上述實施例。

【1173】



Ir(dppm)$_2$(acac)

【1174】[表20]

	層	符號	膜厚度（nm）	材料	重量比 *1）
發光元件17	電極	102（2）	100	Ag	-
		102（1）	1	Ag：Mg	0.6：0.2
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118（2）	20	BPhen	-
		118（1）	20	4,6mCzP2Pm	-
	發光層	160（2）	30	4,6mCzP2Pm：PCCP：Ir（dppm）$_2$（acac）	0.8：0.2：0.05
		160（1）	10	4,6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_4$	0.3：0.7：0.12
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	30	DBT3P-II：MoO_3	1：0.5
	電極	101	70	ITO	-

*1）Ag：Mg比率由體積比表示

【1175】<發光元件17的製造>

作為電極101，在使用折射率為1.84的高折射率玻璃的基板200上藉由濺射法形成厚度為70nm的ITO膜。形成該電極101，使得發光元件的發光面積為8100mm^2（90mm×90mm）。

【1176】接著，作為電洞注入層111，在電極101上以DBT3P-II與MoO_3的重量比（DBT3P-II：MoO_3）為1：0.5且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍。

【1177】接著，作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍PCCP。

【1178】接著，作為發光層160，在電洞傳輸層112上以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$）為0.3：0.7：0.12且厚度為10nm的方式進行共蒸鍍，然後，以4，6mCzP2Pm、PCCP與Ir（dppm）$_2$（acac）的重量比（4，6mCzP2Pm：PCCP：Ir（dppm）$_2$（acac））為0.8：0.2：0.05且厚度為30nm的方式進行共蒸鍍。在發光層160中，4，6mCzP2Pm是第一有機化合物，PCCP是第二有機化合物，Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$及Ir（dppm）$_2$（acac）是客體材料（磷光化合物）。

【1179】接著，作為電子傳輸層118，在發光層160上依次以20nm的厚度蒸鍍4，6mCzP2Pm並以20nm的厚度蒸鍍BPhen。接著，作為電子注入層119，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【1180】接著，作為電極102，在電子注入層119上用銀（Ag）和鎂（Mg）以1nm的厚度進行共蒸鍍，然後形成100nm厚的銀（Ag）。在形成Ag和Mg的共蒸鍍膜時，以0.6：0.2的體積比（Ag：Mg）進行共蒸鍍。

【1181】接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板220固定於形成有有機材料的基板200上，由此密封發光元件17。其具體方法與發光元件1相同。

【1182】 接著，對基板200的提取光一側的表面進行消光加工而形成凹凸。藉由上述製程得到發光元件17。

【1183】 <發光元件的特性>

圖113示出所製造的發光元件17的電流效率-亮度特性。圖114示出亮度-電壓特性。圖115示出外部量子效率-亮度特性。在發光元件的測量中，使用積分球測量發光元件所發射的總光通量。此外，該發光元件的測量在室溫（保持為23℃的氛圍）下進行。

【1184】 另外，表21示出1000cd/m^2附近的發光元件17的元件特性。

【1185】 [表21]

	電壓（V）	電流密度（mA）	CIE 色度（x，y）	亮度（cd/m^2）	相關色溫（K）	duv	電力效率（lm/W）	外部量子效率（%）
發光元件 17	2.9	60	（0.48，0.47）	1030	2880	0.018	149	50

【1186】 另外，圖116示出當將60mA的電流流過發光元件17中時的發射光譜。圖117是示出發光元件17的發光狀態的照片 。

【1187】 如圖113至圖115以及表21所示，發光元件17的外部量子效率高且驅動電壓低，由此其具有高電力效率。發光元件17的電力效率及外部量子效率的最大值分別為166lm/W及50%，這是非常優異的數值。

【1188】 如圖116所示，發光元件17的電致發射光譜包括客體材料的Ir（mpptz-diBuCNp）$_3$所呈現的藍色發光以及Ir（dppm）$_2$（acac）所呈現的橙色發光。此外，如表21所示，發光元件17呈現相關色溫為2880K的電燈泡色的發光，其duv為0.02以下，這是良好的數值。也就是說，藉由將作為配體具有包含氰基的芳基的銥錯合物用作客體材料，可以製造適合於具有高發光效率的照明設備的發光元件。

【1189】 如上述實施例4所示，在發光元件17中，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的LUMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的LUMO能階，並且，第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）的HOMO能階低於第二有機化合物（PCCP）的HOMO能階。因此，從一對電極注入的載子（電子及電洞）高效地注入到主體材料的第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP），由此，該第一有機化合物（4，6mCzP2Pm）及第二有機化合物（PCCP）能夠形成激態錯合物。因此，發光元件17具有實現高發光效率及低驅動電壓的優異特性。

【1190】 此外，如圖117所示，發光元件17在發光面積為8100mm^{2}的發光面整體上均勻地進行發光。如此，發光元件17是適合於照明設備的發光元件。

【1191】 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的結構，可以提供發光效率高的發光元件。另外，可以提供功耗低的發光元件。另外，可以提供發光效率高且呈現適合於照明設備的發光的發光元件。

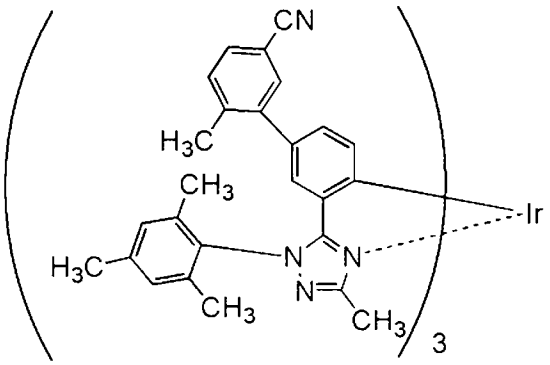
【1192】 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例21

【1193】 <合成實例12>

在本合成實例中，具體地例示出對在實施方式 2 中以結構式（132）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的三[5'-氰基-2'-甲基-3-{3-甲基-1-(2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑-5-基-κN^4}-1，1'-聯苯-4-基-κC]銥（III）（簡稱：Ir（Mm3CN5btz1-tmp）$_3$）的合成實例。下面示出 Ir（Mm3CN5btz1-tmp）$_3$ 的結構。

【1194】

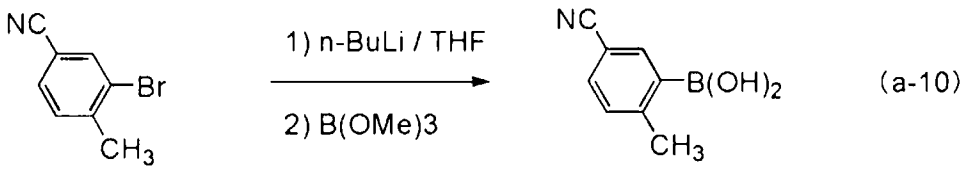


Ir(Mm3CN5btz1-tmp)$_3$

【1195】 <<步驟1：5-氰基-2-甲基苯基硼酸的合成>>

首先，將9.5g（50mmol）的3-溴-4-甲基苯腈放入到500mL的三頸燒瓶中，對該燒瓶內進行氮氣置換。對其添加250mL的四氫呋喃（THF），以-78℃進行30分鐘的攪拌。將34mL（55mmol）的1.63M正丁基鋰（n-BuLi）的己烷溶液滴加到該混合溶液中，以-78℃進行1.5小時的攪拌。然後，在該混合溶液中添加7.3mL（65mmol）的硼酸三甲酯，在將該混合溶液的溫度上升到室溫的同時攪拌20小時。然後，將100mL的1M鹽酸添加到該溶液中，進行30分鐘的攪拌。將獲得的混合物分離為水層和有機層，並使用乙酸乙酯對水層進行萃取。將有機層及萃取溶液合併，使用飽和食鹽水進行洗滌，並對獲得的溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾並濃縮濾液來得到固體。使用甲苯及己烷對該固體進行洗滌，以53%的產率得到4.3g的白色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的白色固體為5-氰基-2-甲基苯基硼酸。如下式子（a-10）示出步驟1的合成方案。

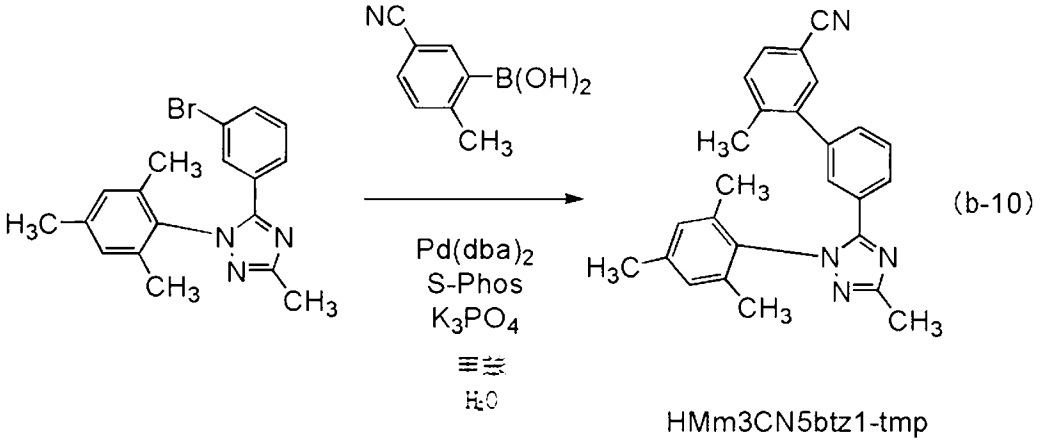
【1196】



【1197】 <<步驟2：5-（5’-氰基-2’-甲基-1，1’-聯苯-3-基）-3-甲基-1-（2，4，6-三甲基苯基）-1H-1，2，4-三唑（簡稱：HMm3CN5btz1-tmp）的合成>>

接著，將7.6g（21mmol）的藉由合成例10的步驟2得到的5-（3-溴苯基）-1-（2，4，6-三甲基苯基）-3-甲基-1H-1，2，4-三唑、藉由本合成例的步驟1得到的5-氰基-2-甲基苯基硼酸中的4.12g（26mmol）、16g（77mmol）的磷酸鉀、130mL的甲苯及13mL的水放入到300mL的三頸燒瓶中，對燒瓶內進行氮氣置換。對該混合物添加0.84g（2.1mmol）的雙（二亞苄基丙酮）鈀（0）及0.59g（1.0mmol）的2-二環己基膦基-2’，6’-二甲氧基聯苯（S-phos），以90°C進行3.5小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，將得到的反應溶液分離為有機層和水層，使用甲苯對得到的水層進行萃取。將萃取溶液和有機層合併，使用水和飽和食鹽水進行洗滌，對得到的溶液添加無水硫酸鎂以進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮濾液而得到油狀物。藉由快速管柱層析法使該油狀物純化。作為展開溶劑，使用甲苯：乙酸乙酯=5：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，以78%的產率獲得6.5g的黃色油狀物。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色油狀物為HMm3CN5btz1-tmp。如下式子（b-10）示出步驟2的合成方案。

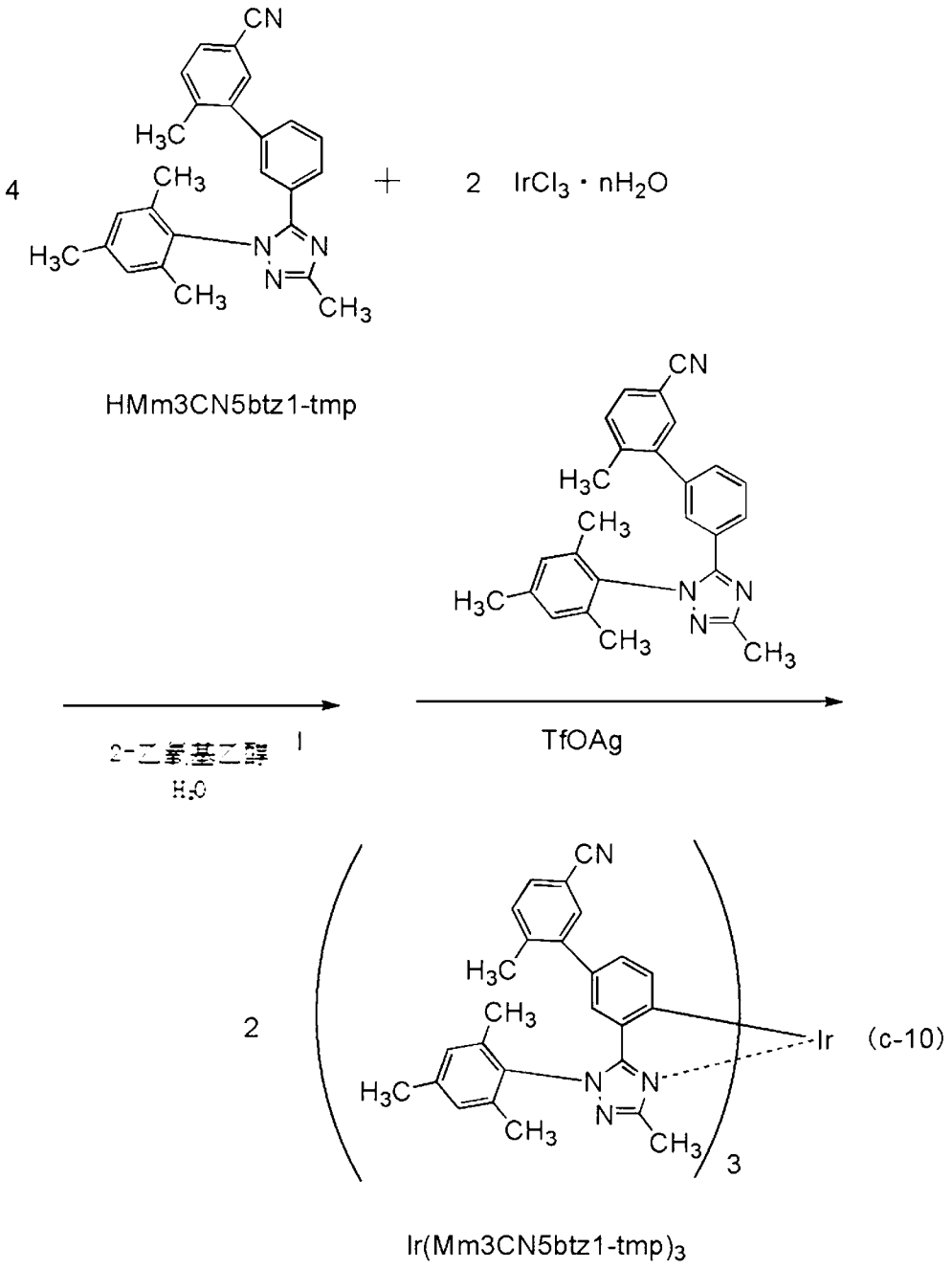
【1198】



【1199】 <<步驟3：Ir（Mm3CN5btz1-tmp）$_3$的合成>>

接著，將藉由上述步驟2得到的HMm3CN5btz1-tmp中的2.0g（5.1mmol）、0.69g（2.3mmol）的氯化銥水合物、21mL的2-乙氧基乙醇及7mL的水放入到50mL茄形燒瓶中，對燒瓶進行氬氣置換。藉由在100W、100°C的條件下對該燒瓶進行1小時的微波照射來加熱，並使其起反應。在起反應之後，濃縮所得到的反應溶液而得到褐色油狀物。對該油狀物添加1.2g（4.6mmol）的三氟甲基磺酸銀、4.5g（11.5mmol）的HMm3CN5btz1-tmp，對燒瓶進行氮氣置換，以170°C進行23小時的加熱攪拌並使其起反應。在起反應之後，將所得到的反應混合物溶解於二氯甲烷中，經過矽藻土進行吸引過濾而去除不溶固體。藉由矽膠管柱層析法使得到的濾液純化。作為展開溶劑，使用二氯甲烷：乙酸乙酯=5：1（v：v）的混合溶劑。濃縮所得到的餾分，而得到固體。利用乙酸乙酯/己烷使該固體再結晶，以0.73%的產率得到23mg的黃色固體。利用核磁共振法（NMR）確認到得到的黃色固體為Ir（Mm3CN5btz1-tmp）$_3$。如下式子（c-10）示出步驟3的合成方案。

【1200】



【1201】利用核磁共振法（NMR）對藉由上述步驟3得到的黃色固體的質子（^{1}H）進行了測量。以下示出所得到的值。圖118示出^{1}H-NMR譜。由此可知，在本合成實例12中得到了以上述結構式（132）表示的本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物的Ir（Mm3CN5btz1-tmp）$_3$。

【1202】^{1}H-NMR δ（CD_2Cl_2）：1.83（s，9H），2.12（s，9H），2.14-2.15（m，18H），2.38（s，9H），6.44（s，3H），6.70（s，6H），7.08（d，6H），7.24（d，3H），7.26（d，3H），7.40（dd，3H）。

【1203】 <Ir（Mm3CN5btz1-tmp）$_3$的特性>

接著，對Ir（Mm3CN5btz1-tmp）$_3$的二氯甲烷溶液（0.015mmol/L）的吸收光譜及發射光譜進行測量。吸收光譜及發射光譜的測量方法與實施例1同樣。圖119示出得到的吸收光譜及發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度及發光強度。另外，圖119所示的吸收光譜表示從將二氯甲烷溶液放在石英皿中而測量的吸收光譜減去只將二氯甲烷放在石英皿中而測量的吸收光譜來得到的結果。

【1204】 如圖119所示，從Ir（Mm3CN5btz1-tmp）$_3$的二氯甲烷溶液觀察到在462nm及489nm處具有發光峰值的藍色發光。

【符號說明】

【1205】

100 EL層

101 電極

101a 導電層

101b 導電層

101c 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 主體材料

131_1 有機化合物

131_2 有機化合物

132 客體材料

140 發光層

141 主體材料

141_1 有機化合物

141_2 有機化合物

142 客體材料

145 分隔壁

150 發光元件

152 發光元件

160 發光層

170 發光層

180 發光層

190 發光層

190a 發光層

190b 發光層

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

260a 發光元件

260b 發光元件

262a 發光元件

262b 發光元件

301_1 佈線

301_5 佈線

301_6 佈線

301_7 佈線

302_1 佈線

302_2 佈線

303_1 電晶體

303_6 電晶體

303_7 電晶體

304 電容元件

304_1 電容元件

304_2 電容元件

305 發光元件

306_1 佈線

306_3 佈線

307_1 佈線

307_3 佈線

308_1 電晶體

308_6 電晶體

309_1 電晶體

309_2 電晶體

311_1 佈線

311_3 佈線

312_1 佈線

312_2 佈線

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

607a 密封層

607b 密封層

607c 密封層

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

801 像素電路

802 像素部

804 驅動電路部

804a 掃描線驅動電路

804b 信號線驅動電路

806 保護電路

807 端子部

852 電晶體

854 電晶體

862 電容元件

872 發光元件

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

1024Y 下部電極

1025 分隔壁

1026 上部電極

1028 EL層

1028B 發光層

1028G 發光層

1028R 發光層

1028Y 發光層

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

1034Y 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 周緣部

2000 觸控面板

2001 觸控面板

2501 顯示裝置

2502R 像素

2502t 電晶體

2503c 電容元件

2503g 掃描線驅動電路

2503s 信號線驅動電路

2503t 電晶體

2509 FPC

2510 基板

2510a 絕緣層

2510b 撓性基板

2510c 黏合層

2511 佈線

2519 端子

2521 絕緣層

2528 分隔壁

2550R 發光元件

2560 密封層

2567BM 遮光層

2567p 抗反射層

2567R 彩色層

2570 基板

2570a 絕緣層

2570b 撓性基板

2570c 黏合層

2580R 發光模組

2590 基板

2591 電極

2592 電極

2593 絕緣層

2594 佈線

2595 觸控感測器

2597 黏合層

2598 佈線

2599 連接層

2601 脈衝電壓輸出電路

2602 電流檢測電路

2603 電容器

2611 電晶體

2612 電晶體

2613 電晶體

2621 電極

2622 電極

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

3014 區域

3015 基板

3016 基板

3018 乾燥劑

3500 多功能終端

3502 外殼

3504 顯示部

3506 相機

3508 照明

3600 燈

3602 外殼

3608 照明

3610 揚聲器

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 照明設備

8502 照明設備

8503 照明設備

8504 照明設備

9000 外殼

9001 顯示部

9003 揚聲器

9005 操作鍵

9006 連接端子

9007 感測器

9008 麥克風

9050 操作按鈕

9051 資訊

9052 資訊

9053 資訊

9054 資訊

9055 鉸鏈

9100 可攜式資訊終端

9101 可攜式資訊終端

9102 可攜式資訊終端

9200 可攜式資訊終端

9201 可攜式資訊終端

9300 電視機

9301 支架

9311 遙控器

9500 顯示裝置

9501 顯示面板

9502 顯示區域

9503 區域

9511 軸部

9512 軸承部

9700 汽車

9701 車體

9702 車輪

9703 儀表板

9704 燈

9710 顯示部

9711 顯示部

9712 顯示部

9713 顯示部

9714 顯示部

9715 顯示部

9721 顯示部

9722 顯示部

9723 顯示部

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種發光元件，包括：

第一有機化合物；

第二有機化合物；以及

客體材料，

其中，該第一有機化合物的LUMO能階低於該第二有機化合物的LUMO能階，

該第一有機化合物的HOMO能階低於該第二有機化合物的HOMO能階，

該客體材料將三重激發能轉換為發光，

該第一有機化合物和該第二有機化合物形成激態錯合物，

該客體材料的LUMO能階與該客體材料的HOMO能階之間的能量差大於該第一有機化合物的該LUMO能階與該第二有機化合物的該HOMO能階之間的能量差，

並且該第一有機化合物的該LUMO能階與該第二有機化合物的該HOMO能階之間的該能量差為從該客體材料的吸收端得到的遷移能量以上。

【請求項2】根據請求項1之發光元件，

其中該客體材料的該LUMO能階與該客體材料的該HOMO能階之間的該能量差比從該客體材料的該吸收端得到的該遷移能量大0.4eV以上。

【請求項3】一種發光元件，包括：

第一有機化合物；

第二有機化合物；以及

客體材料，

其中，該第一有機化合物的LUMO能階低於該第二有機化合物的LUMO能階，

該第一有機化合物的HOMO能階低於該第二有機化合物的HOMO能階，

該客體材料將三重激發能轉換為發光，

該第一有機化合物和該第二有機化合物形成激態錯合物，

該客體材料的LUMO能階與該客體材料的HOMO能階之間的能量差大於該第一有機化合物的該LUMO能階與該第二有機化合物的該HOMO能階之間的能量差，

並且該第一有機化合物的該LUMO能階與該第二有機化合物的該HOMO能階之間的該能量差為該客體材料的發光能量以上。

【請求項4】 根據請求項1或3之發光元件，

其中該客體材料的該LUMO能階高於該第一有機化合物的該LUMO能階，

並且該客體材料的該HOMO能階低於該第二有機化合物的該HOMO能階。

【請求項5】 根據請求項1或3之發光元件，

其中該客體材料的發射光譜在400nm以上且小於505nm的波長區域中具有至少一個峰值。

【請求項6】 根據請求項1或3之發光元件，

其中該客體材料的該HOMO能階高於該第一有機化合物的該HOMO能階。

【請求項7】 根據請求項1或3之發光元件，

其中該客體材料包含配位於該銥的配體，

並且該配體包含含氮五元雜環骨架以及氰基。

【請求項8】根據請求項7之發光元件，

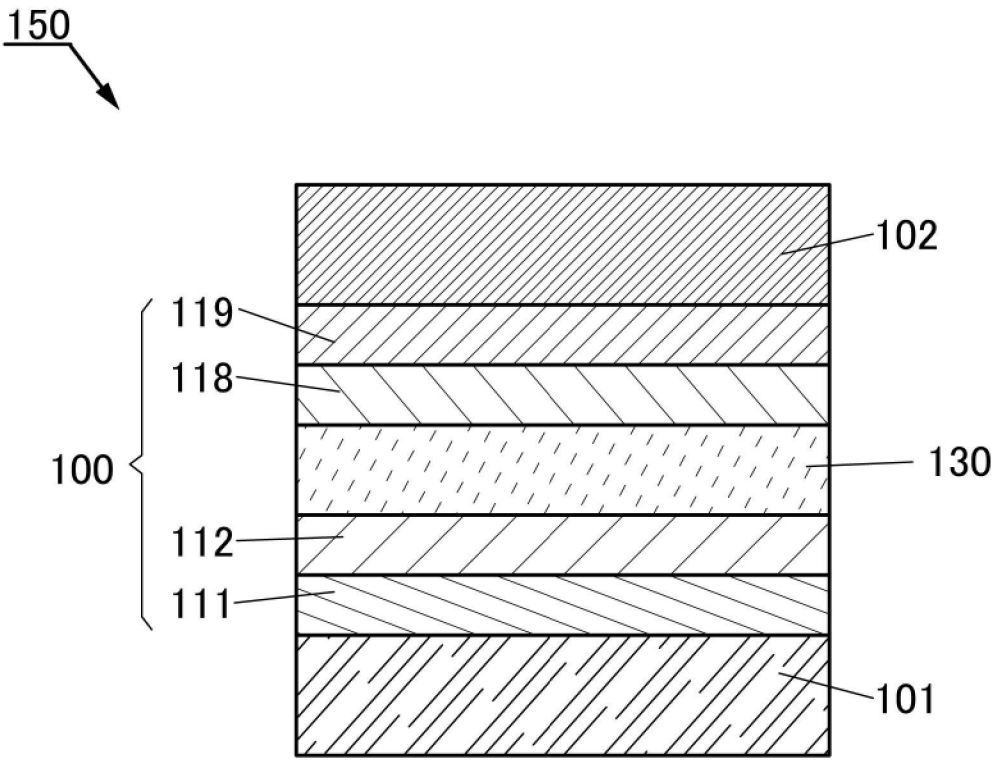
其中該包含含氮五元雜環骨架為三唑骨架。

【請求項9】根據請求項1或3之發光元件，

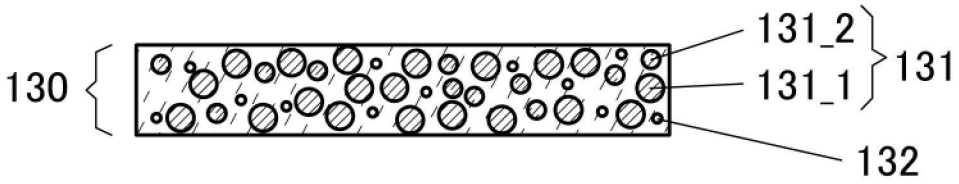
其中該第一有機化合物包含缺π電子型芳雜環骨架，

並且該第二有機化合物包含富π電子型芳雜環骨架和芳香族胺骨架中的至少一個。

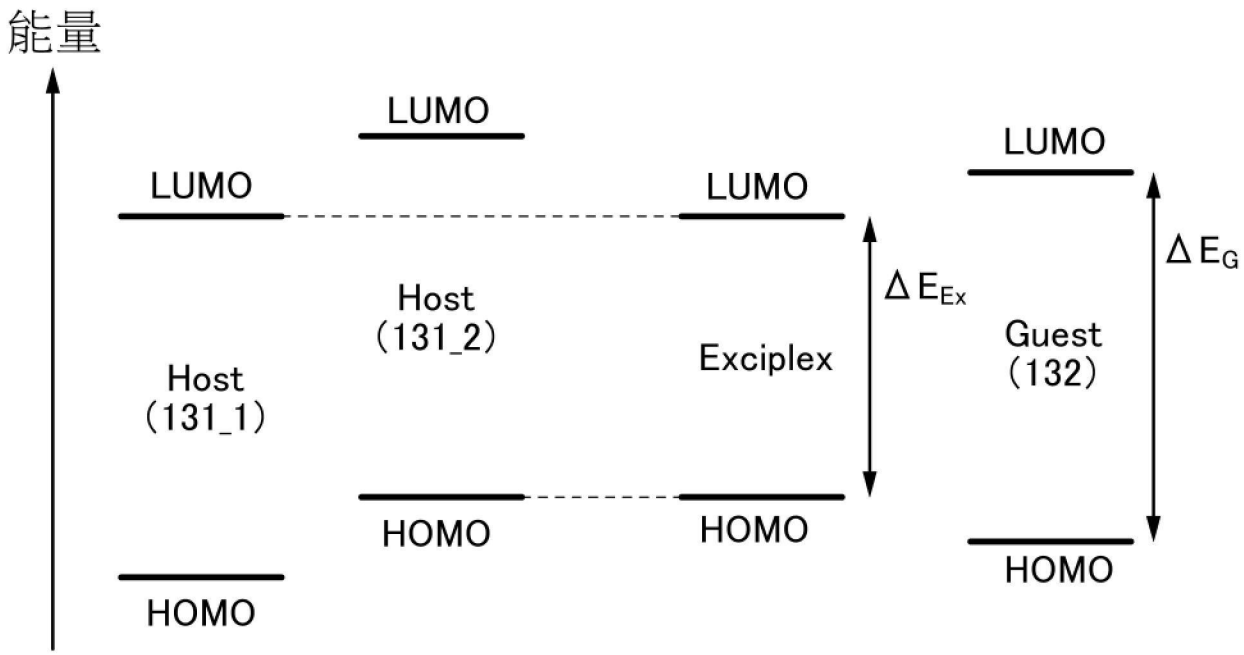
【發明圖式】



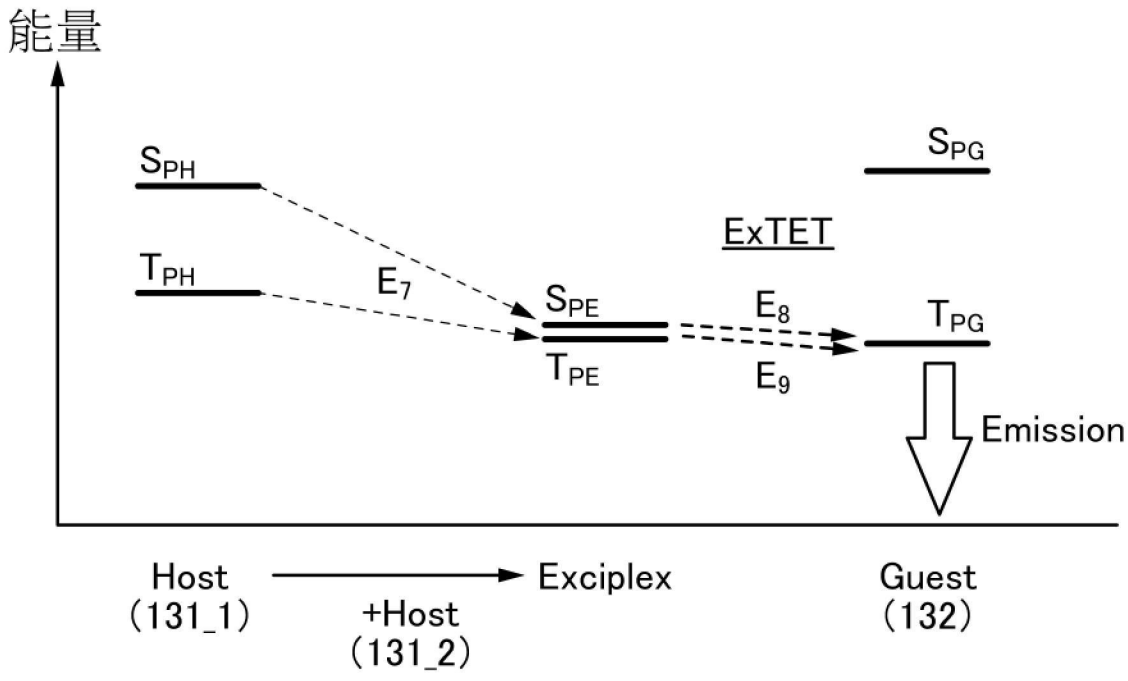
【圖1A】



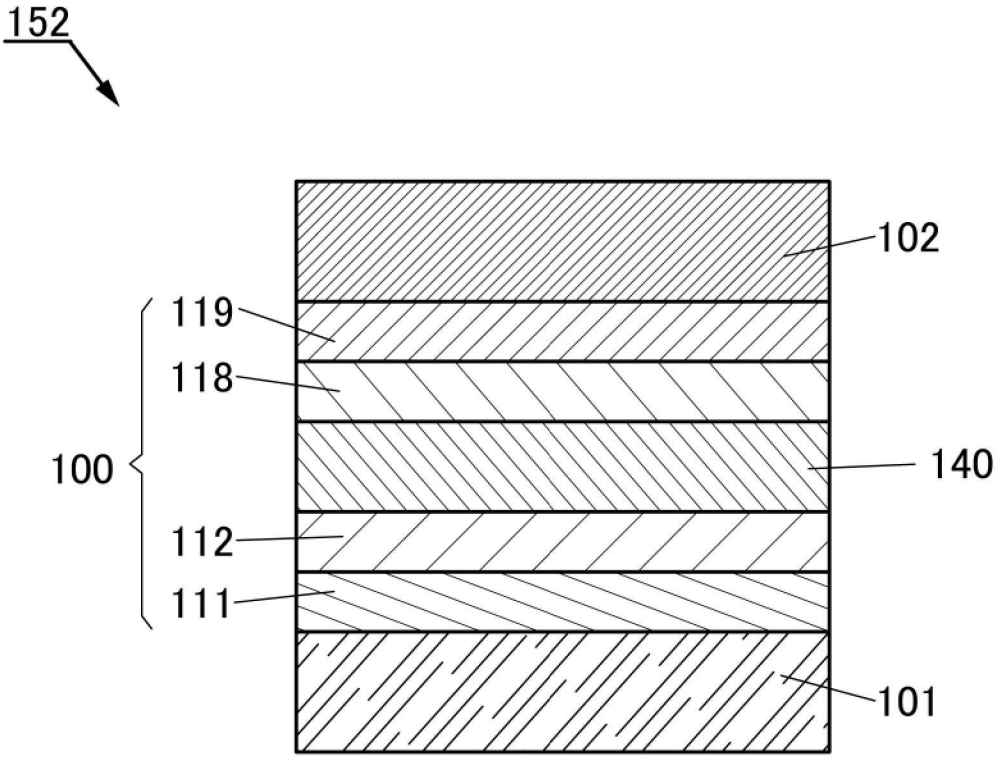
【圖1B】


能量
LUMO
LUMO
LUMO
LUMO
Host
(131_2)
Exciplex
Host
(131_1)
Guest
(132)
ΔE_Ex
ΔE_G
HOMO
HOMO
HOMO
HOMO

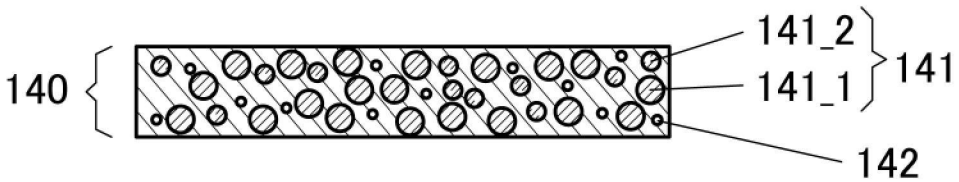
【圖2A】


能量
S_PH
S_PG
ExTET
T_PH
E_7
S_PE
E_8
T_PG
T_PE
E_9
Emission
Host
(131_1)
Exciplex
+Host
(131_2)
Guest
(132)

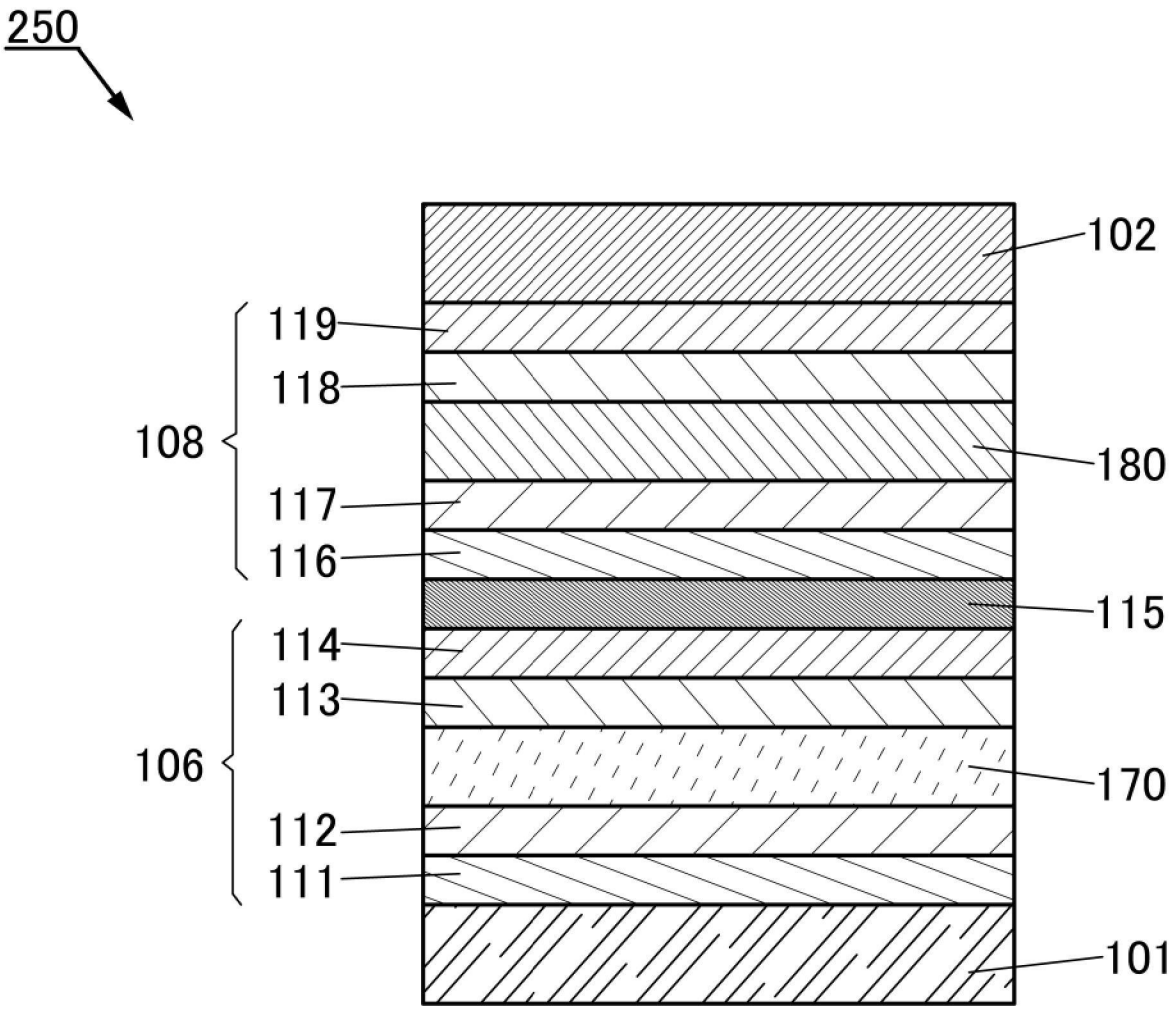
【圖2B】



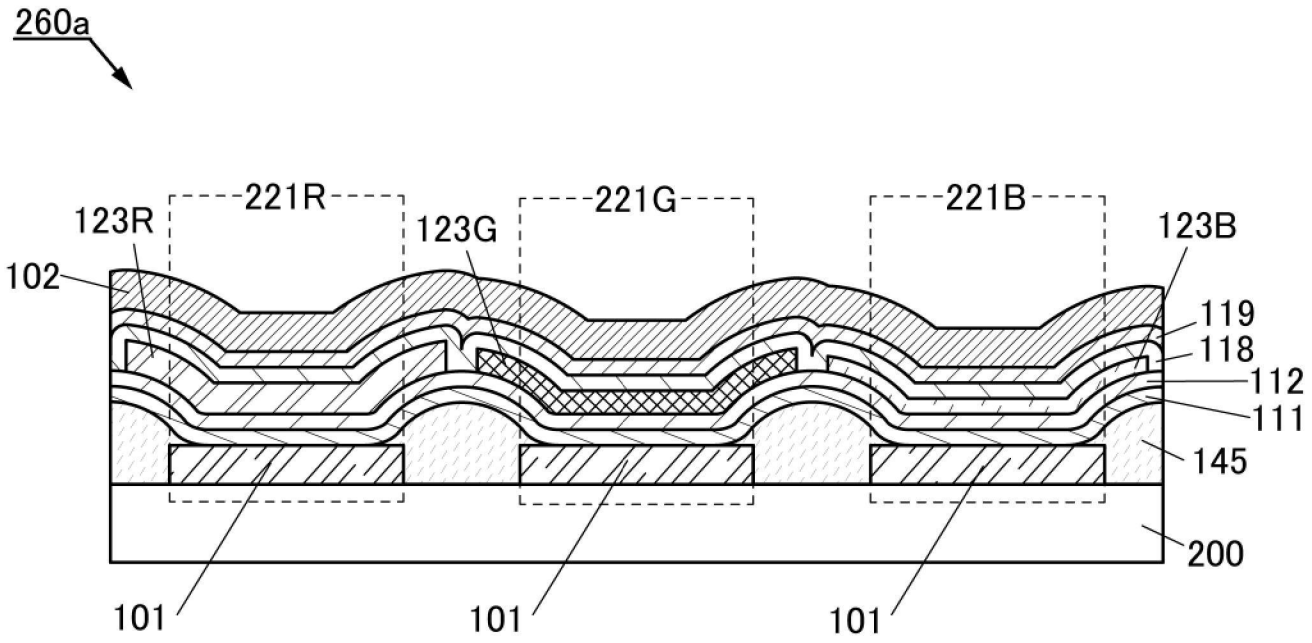
【圖3A】



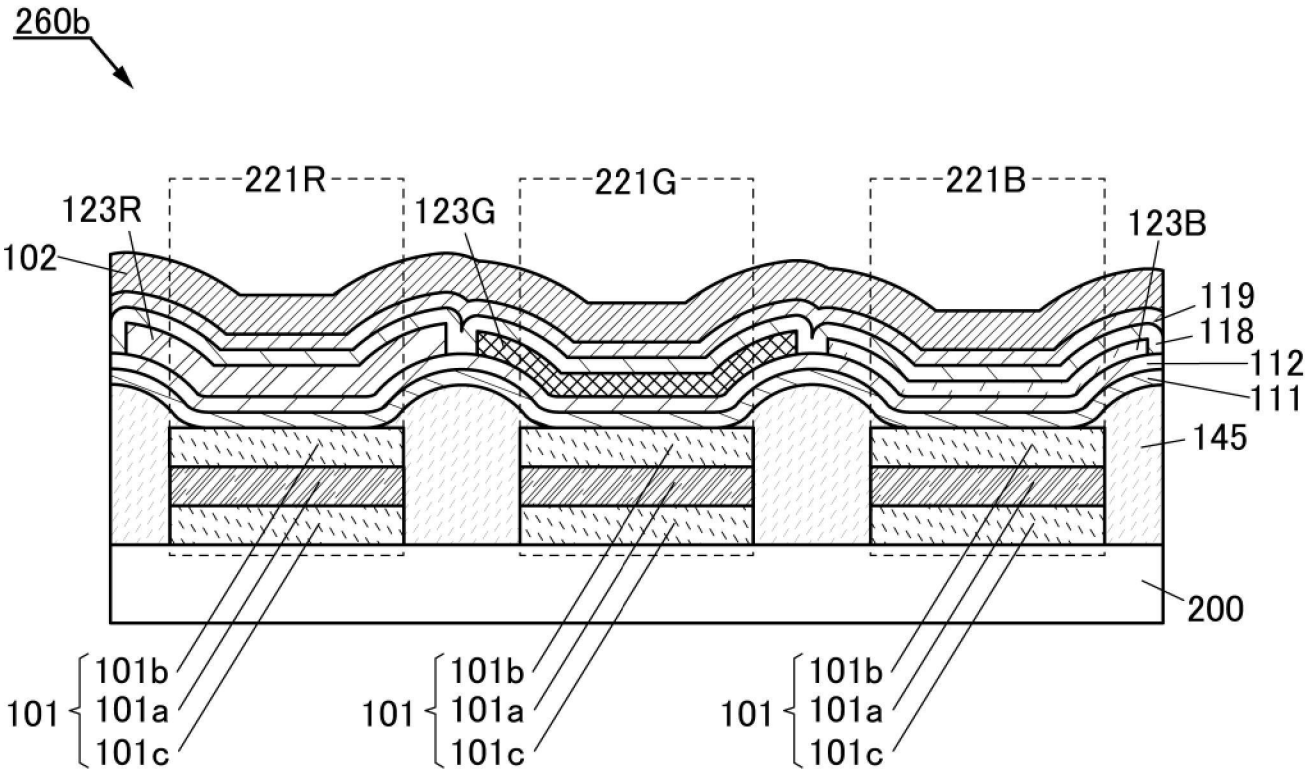
【圖3B】



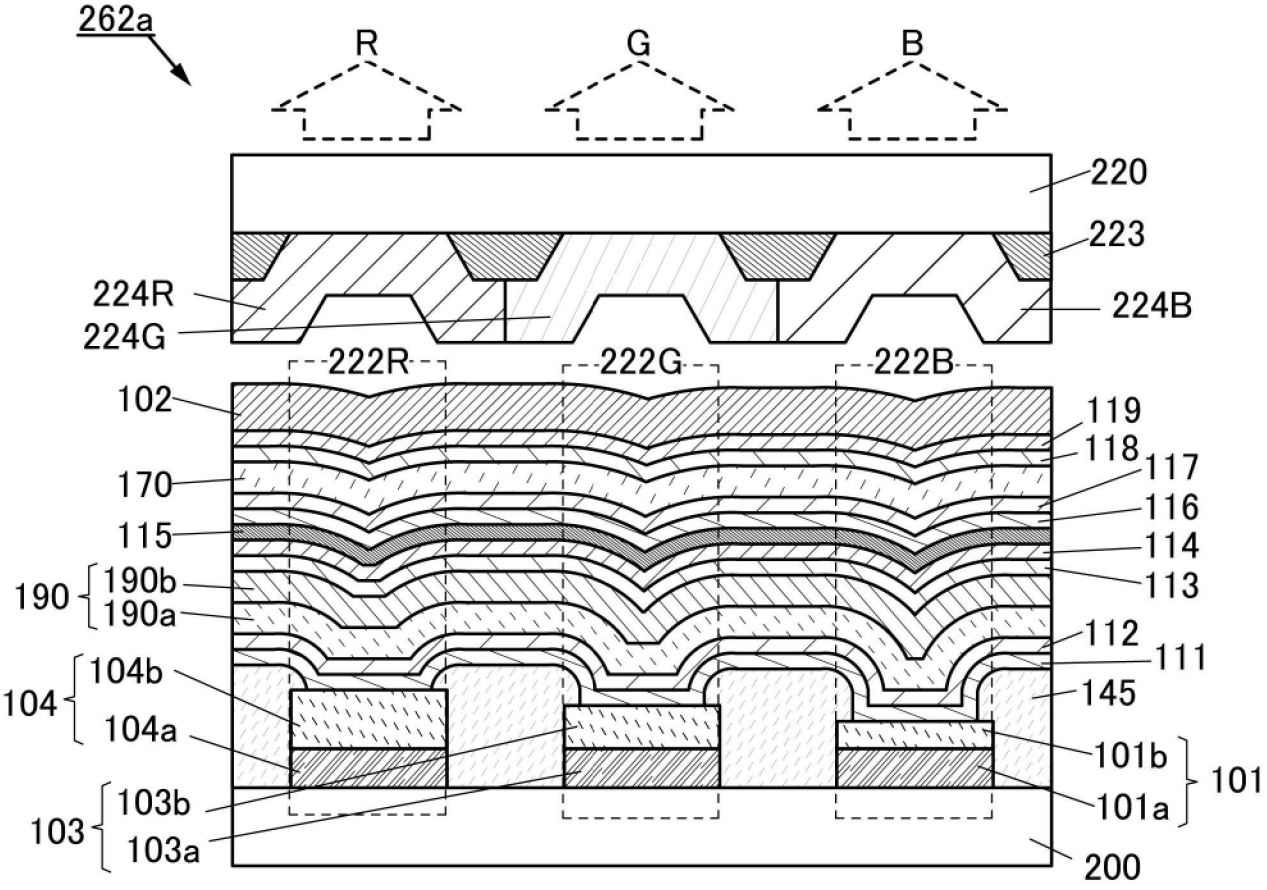
【圖4】


260a
221R
221G
221B
123R
123G
123B
102
119
118
112
111
145
200
101
101
101

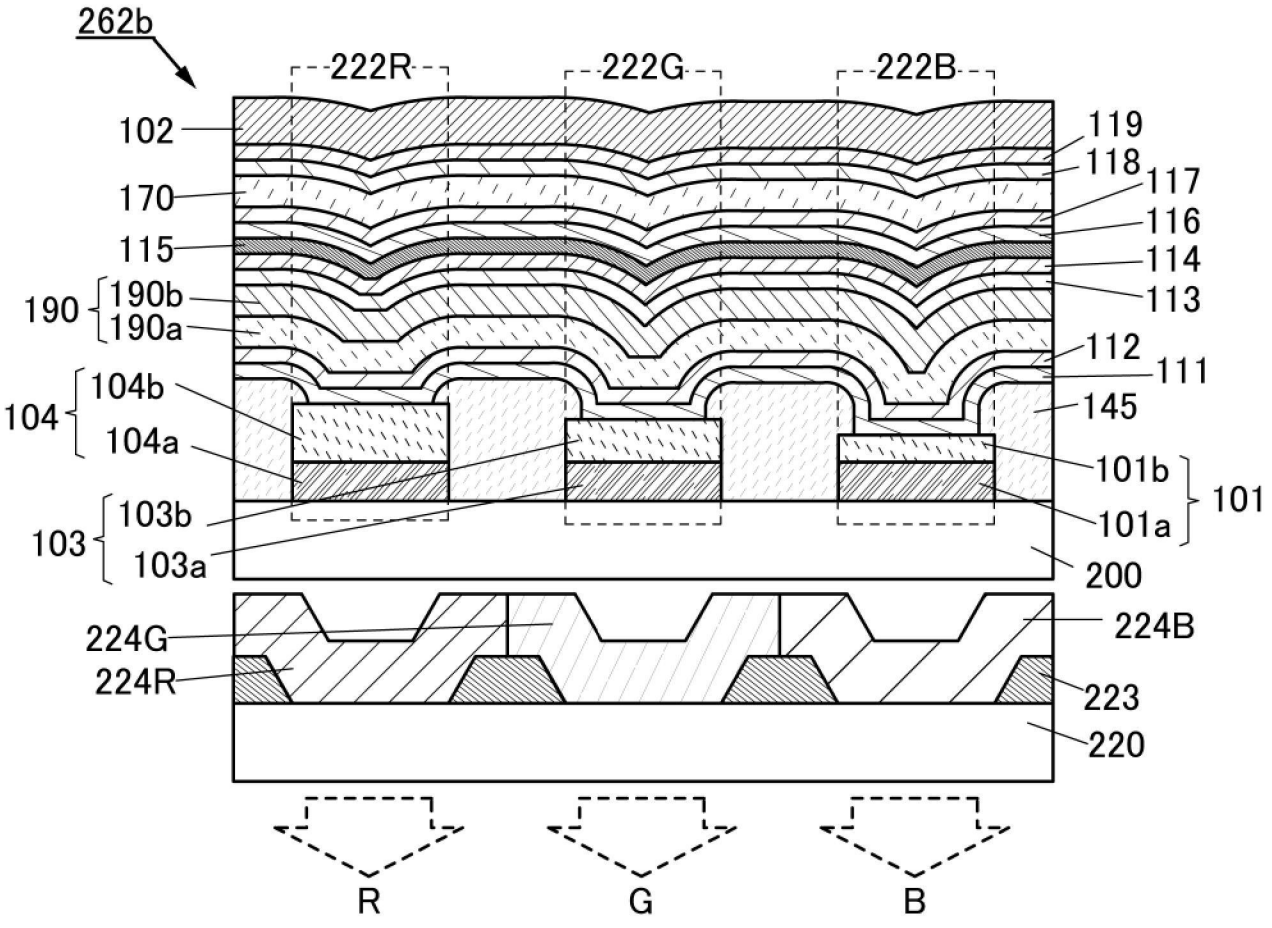
【圖5A】


260b
221R
221G
221B
123R
123G
123B
102
119
118
112
111
145
200
101
101b
101a
101c

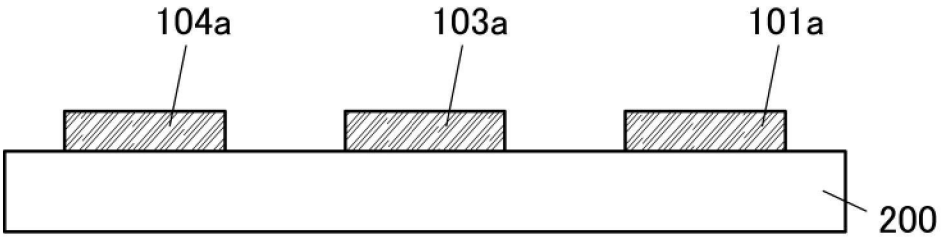
【圖5B】


262a
R
G
B
220
223
224R
224G
224B
222R
222G
222B
102
119
118
117
170
116
115
114
190
190b
190a
113
112
104
104b
104a
111
145
101b
101
103
103b
103a
101a
200

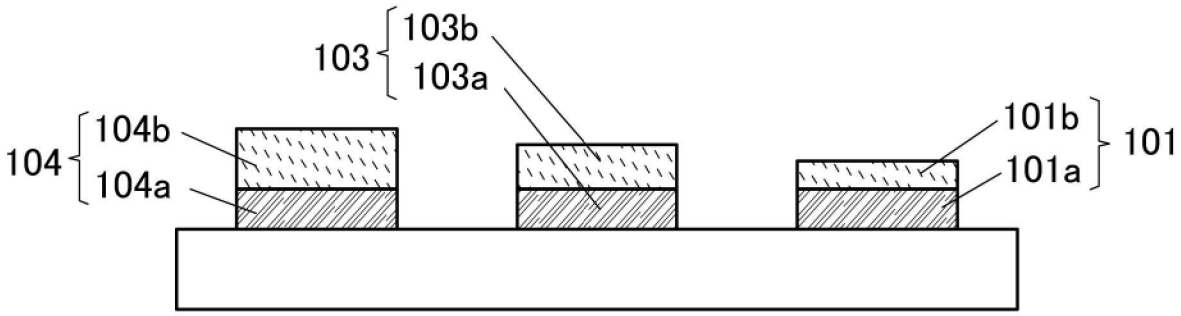
【圖6A】


262b
222R
222G
222B
102
119
118
170
117
116
115
114
190
190b
190a
113
112
104
104b
104a
111
145
101b
101
103
103b
103a
101a
200
224G
224B
224R
223
220
R
G
B

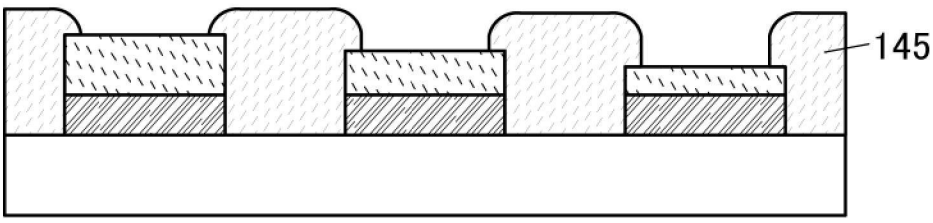
【圖6B】


104a
103a
101a
200

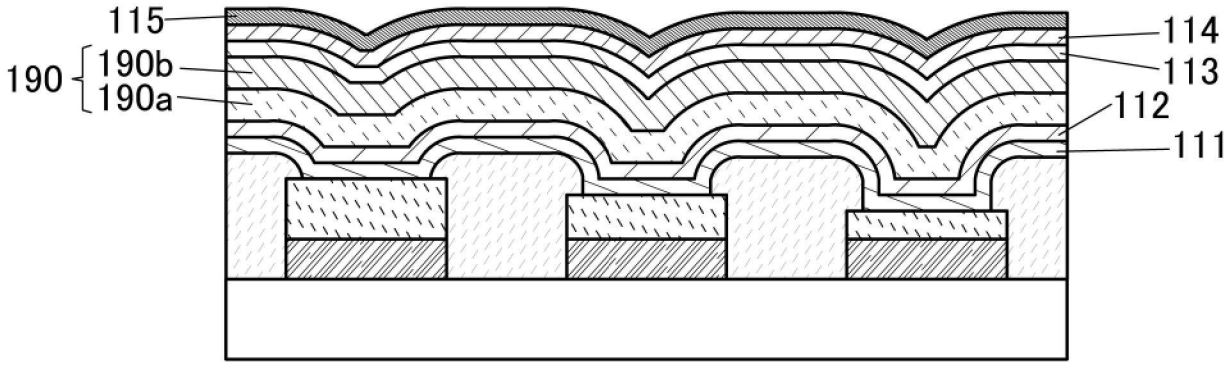
【圖7A】


103
103b
103a
104
104b
104a
101b
101a
101

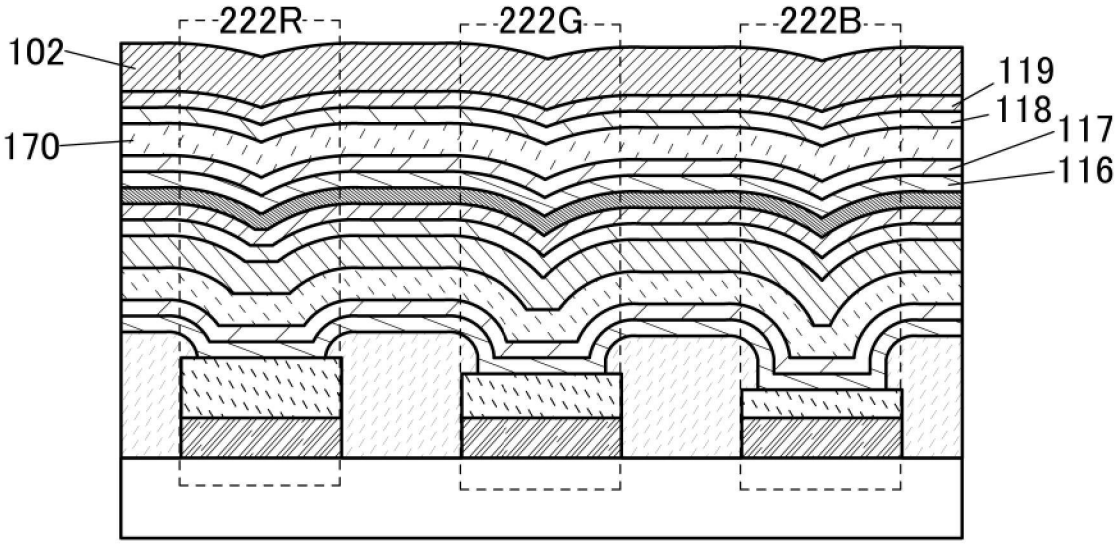
【圖7B】


145

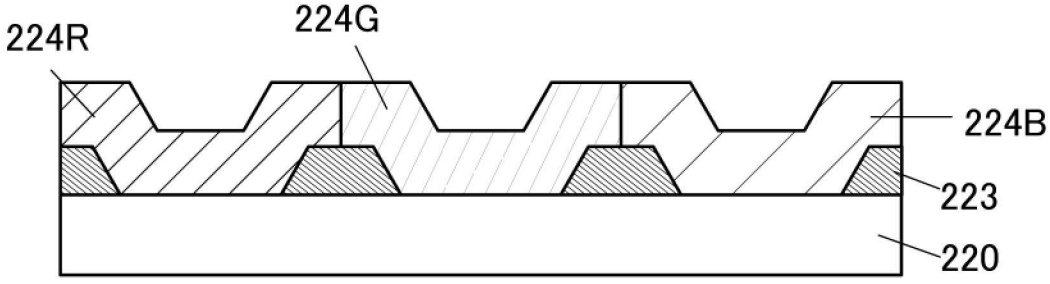
【圖7C】


115
190
190b
190a
114
113
112
111

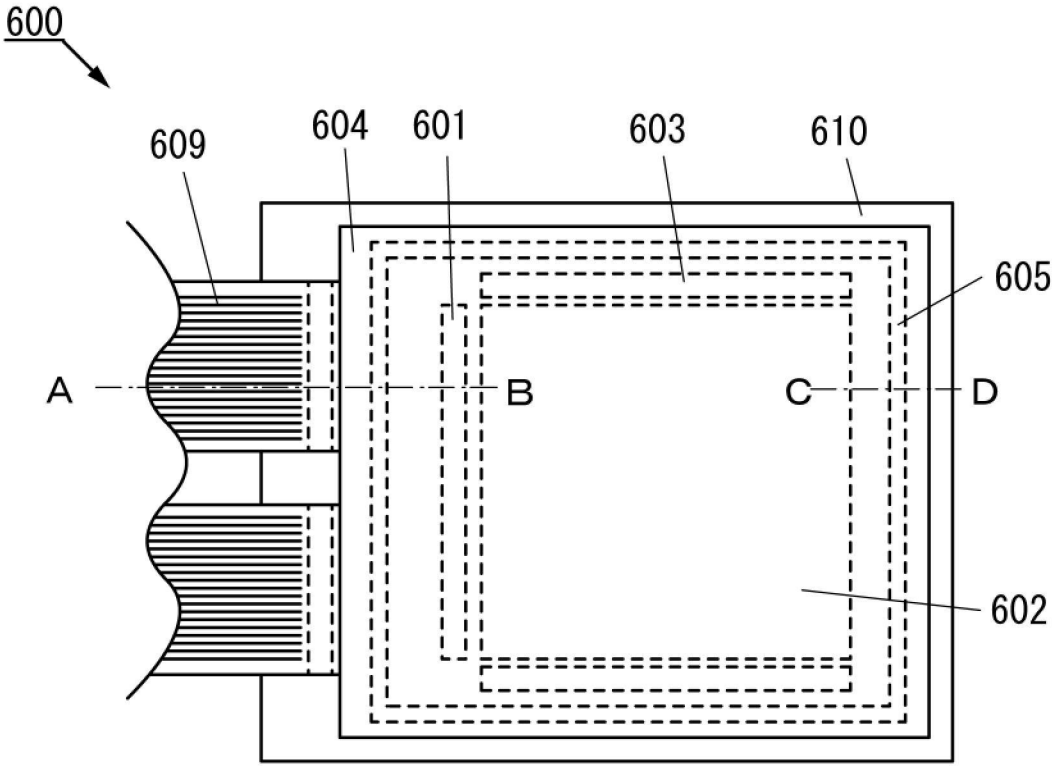
【圖8A】


222R
222G
222B
102
170
119
118
117
116

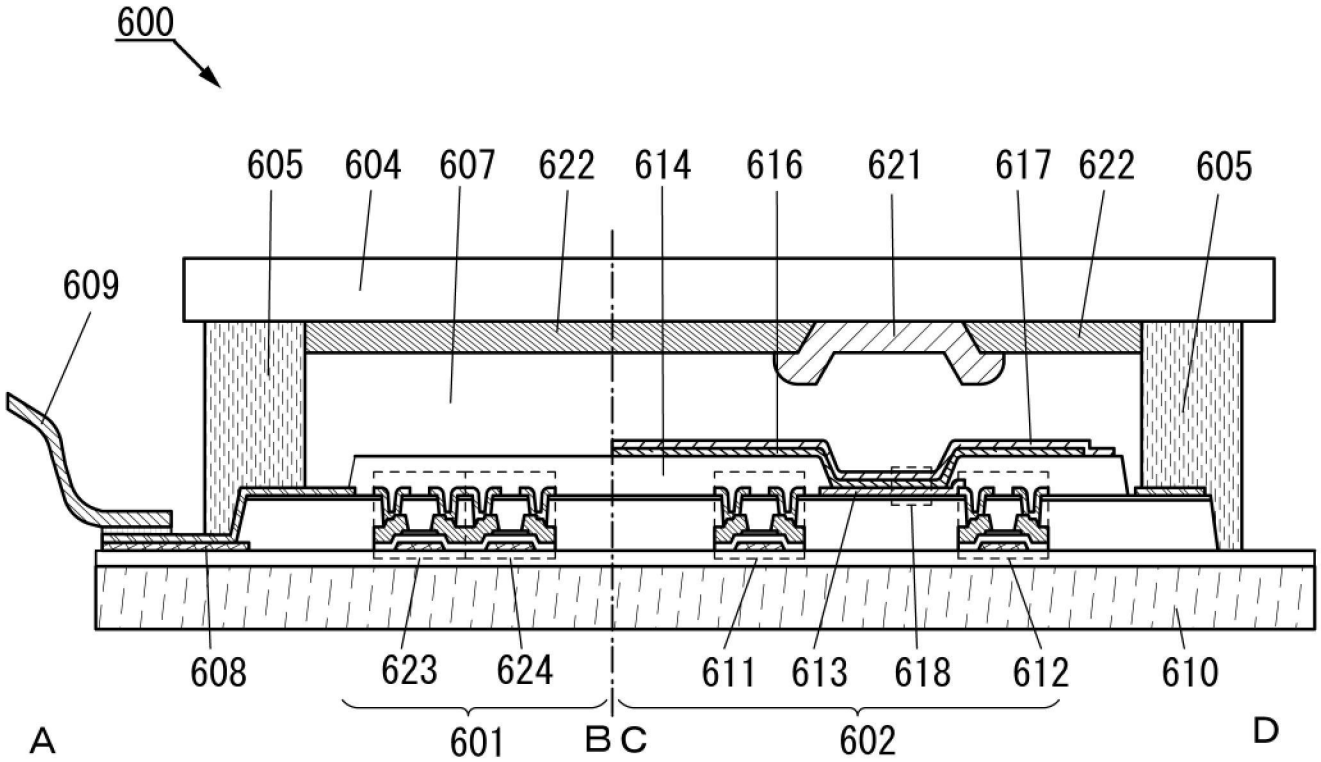
【圖8B】


224R
224G
224B
223
220

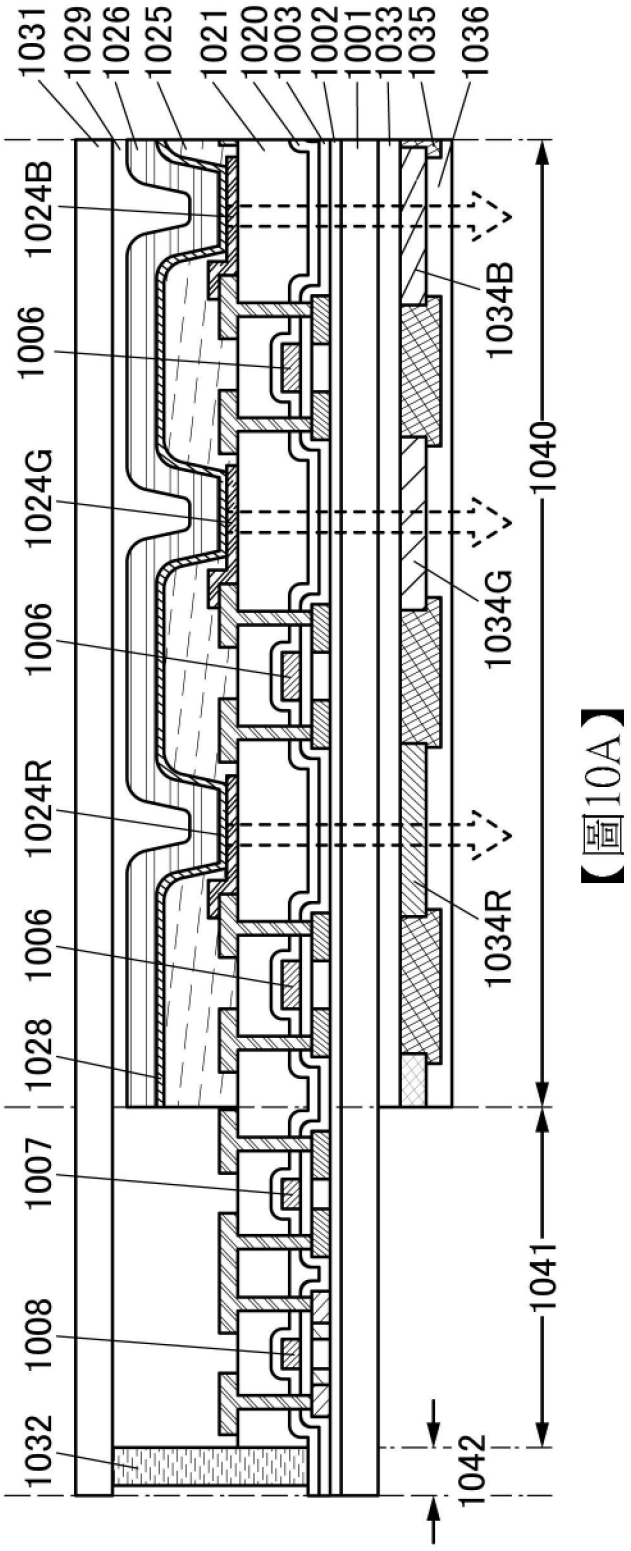
【圖8C】


600
609
604
601
603
610
605
A
B
C
D
602

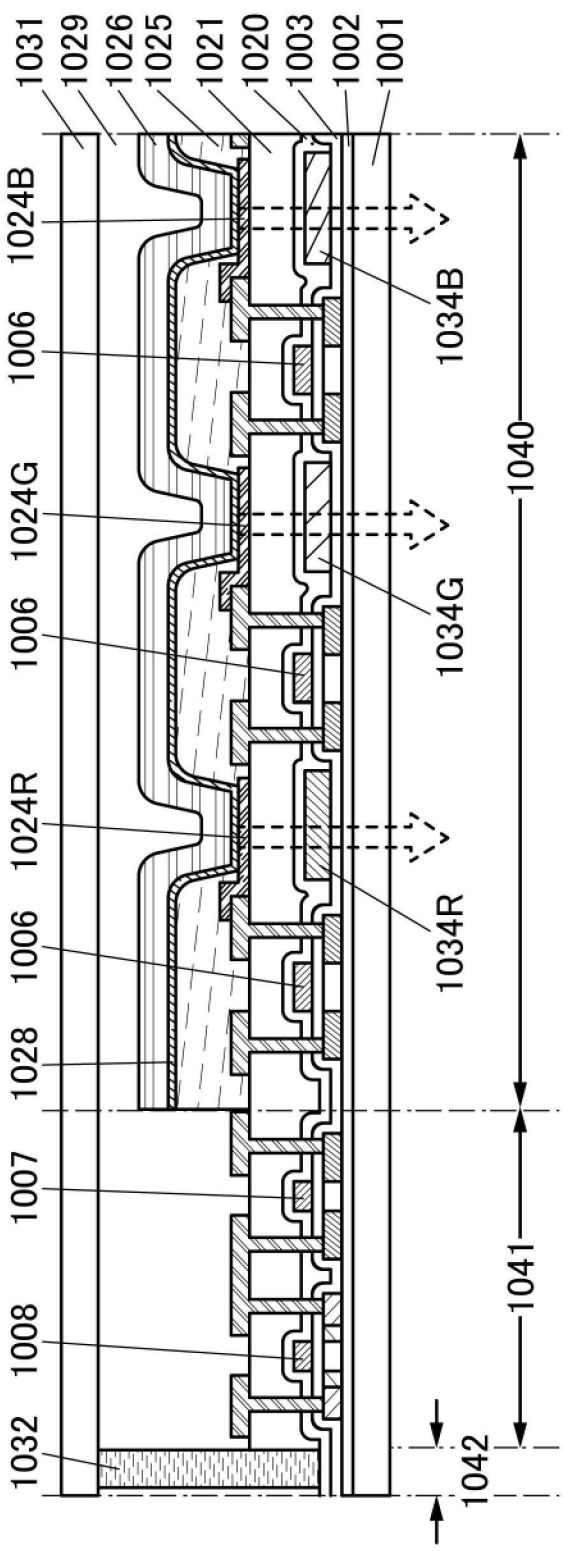
【圖9A】


600
605
604
607
622
614
616
621
617
622
605
609
608
623
624
611
613
618
612
610
A
601
B
C
602
D

【圖9B】

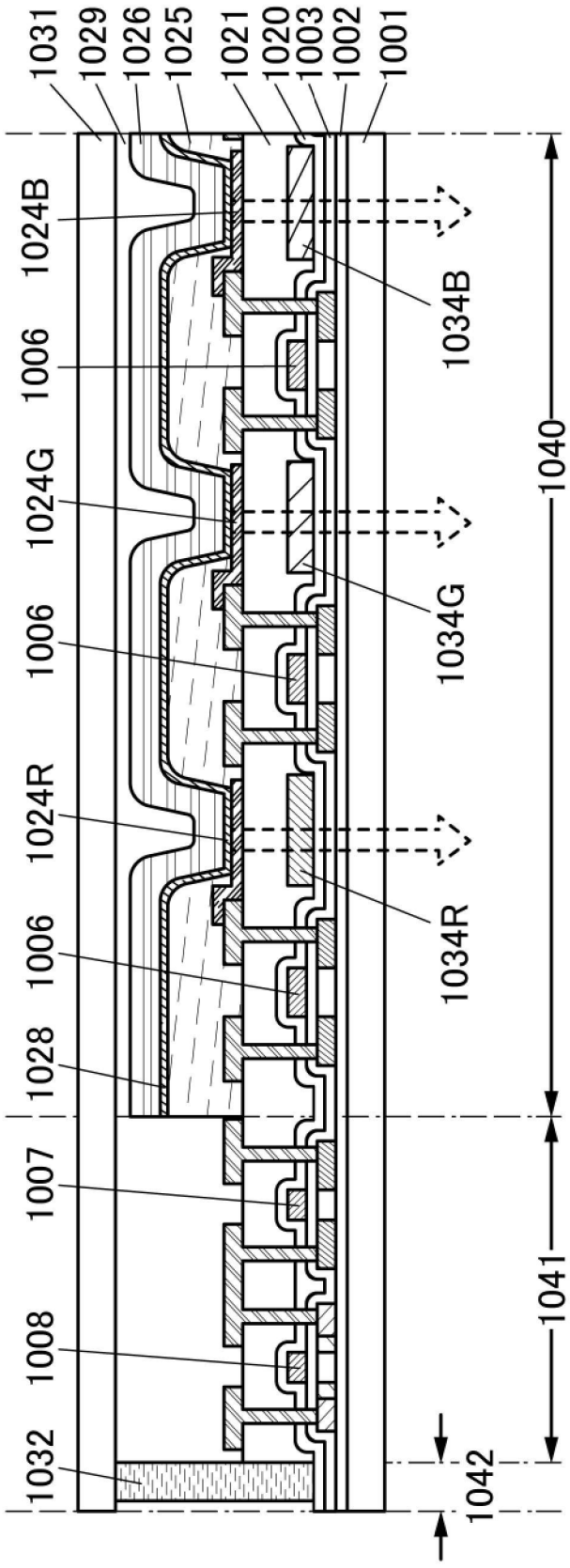

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1033
1035
1036
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1040
1041
1042

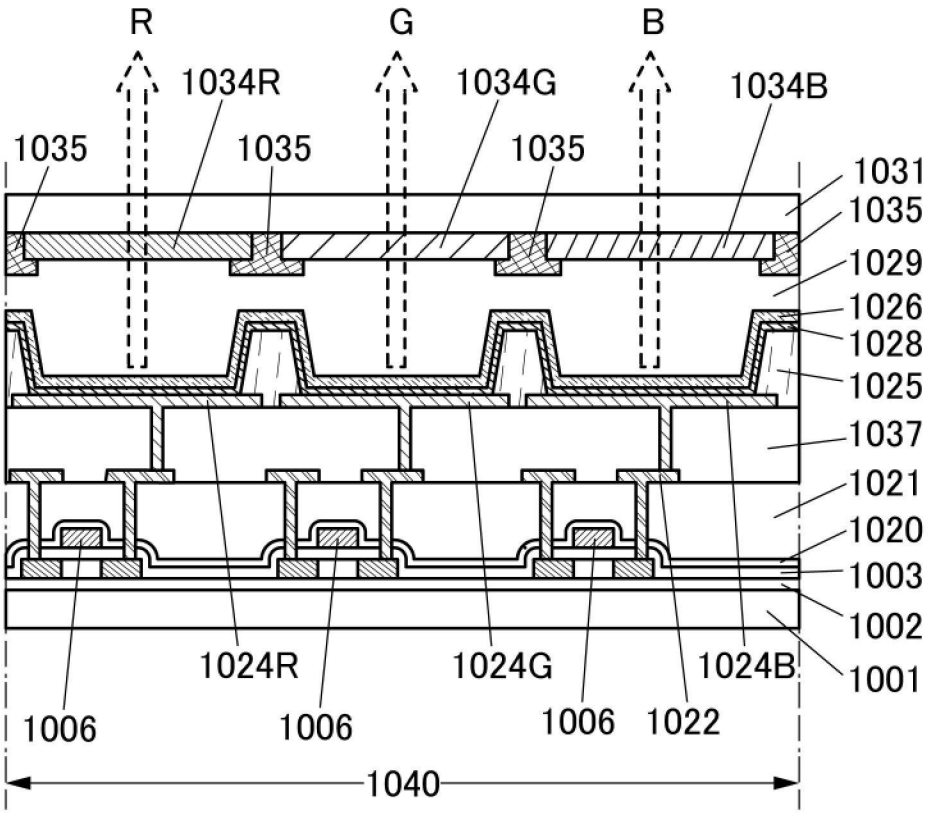
【圖10A】


1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1040
1041
1042

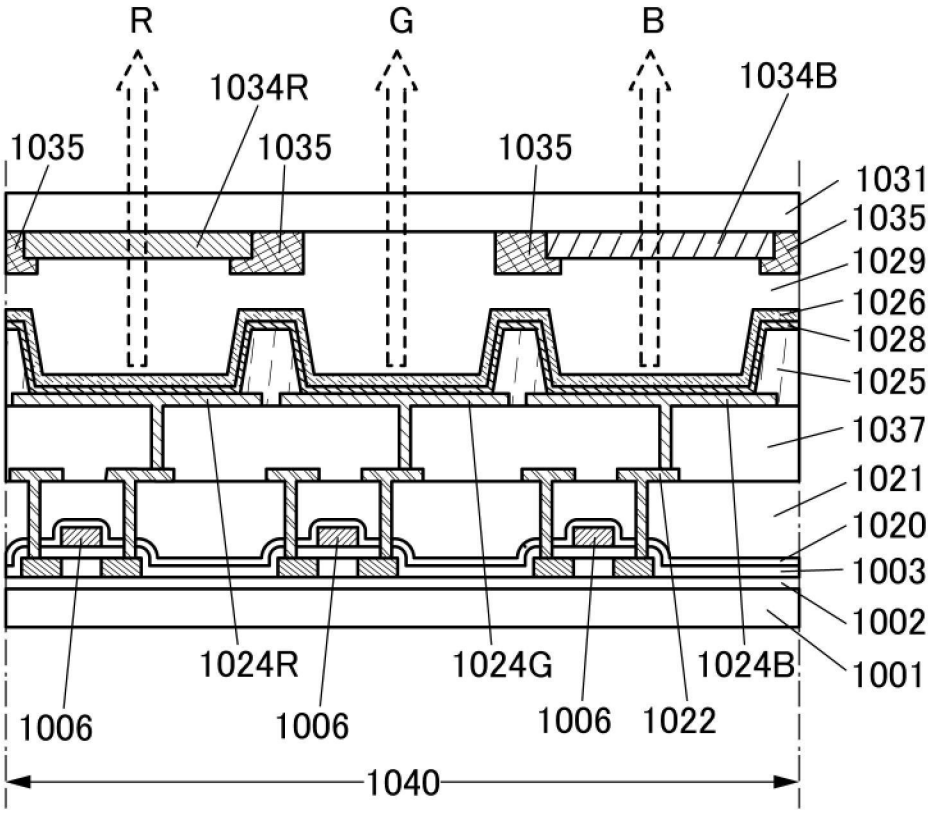
【圖10B】

【圖11】

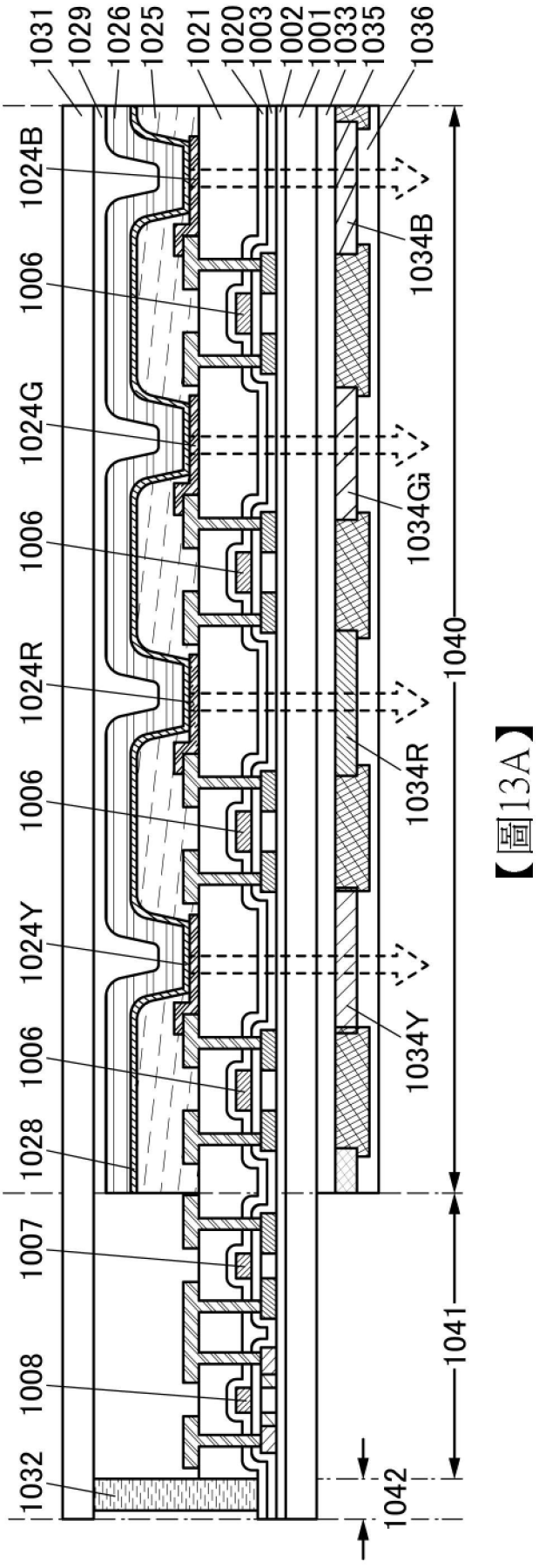

1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1040
1041
1042


R
G
B
1034R
1034G
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1028
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1022
1040

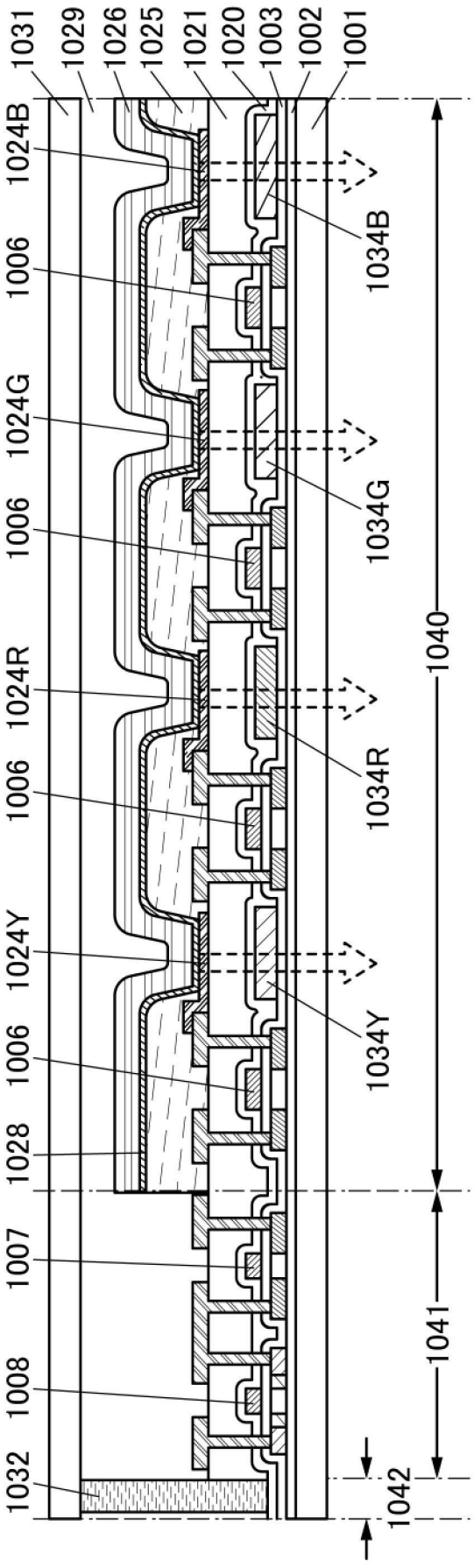
【圖12A】


R
G
B
1034R
1034B
1035
1035
1035
1031
1035
1029
1026
1028
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1022
1040

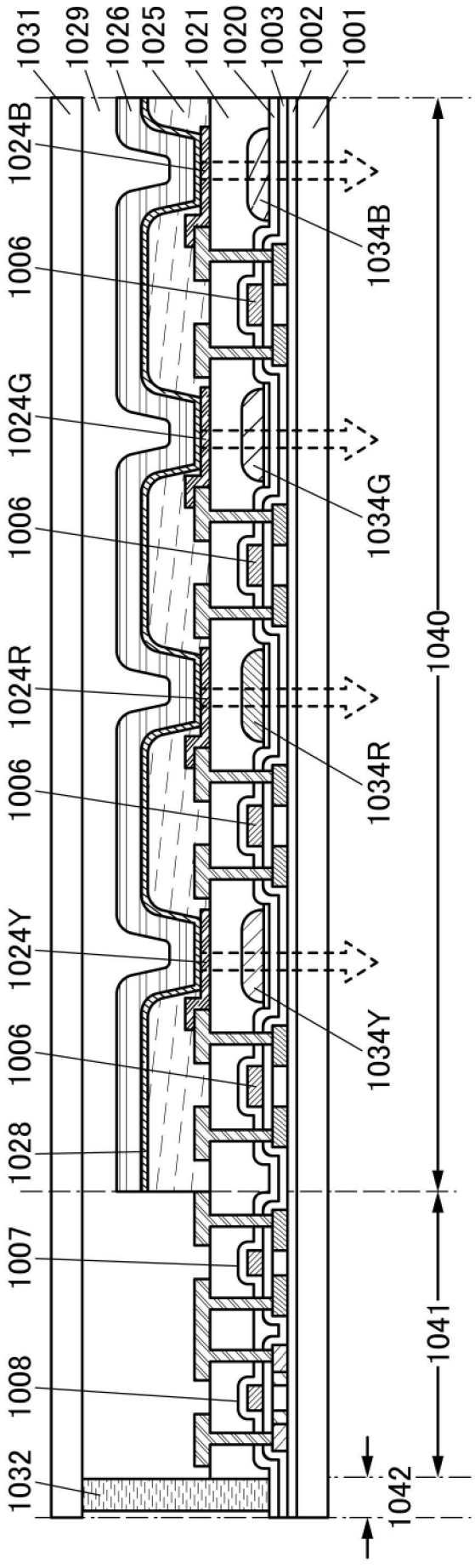
【圖12B】


1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1033
1035
1036
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1024Y
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1034Y
1040
1041
1042

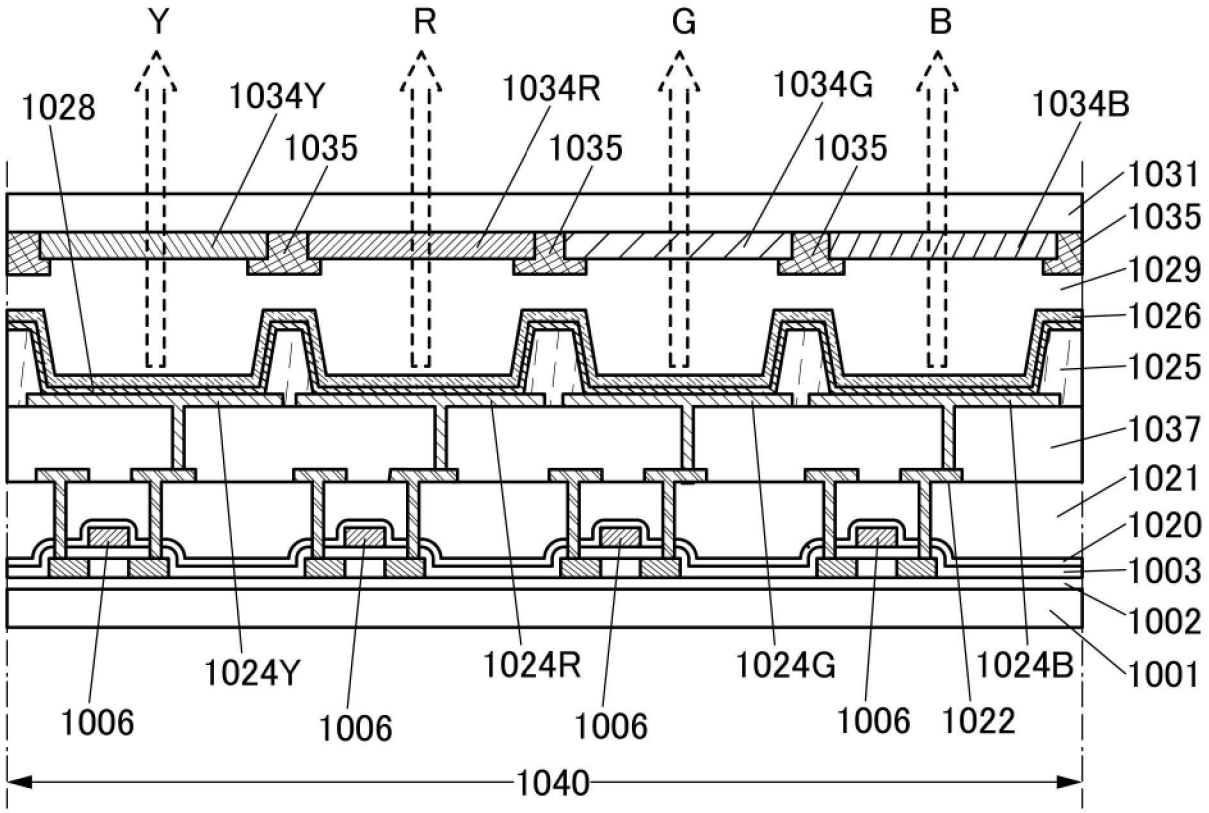
【圖13A】


1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1024Y
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1034Y
1040
1041
1042

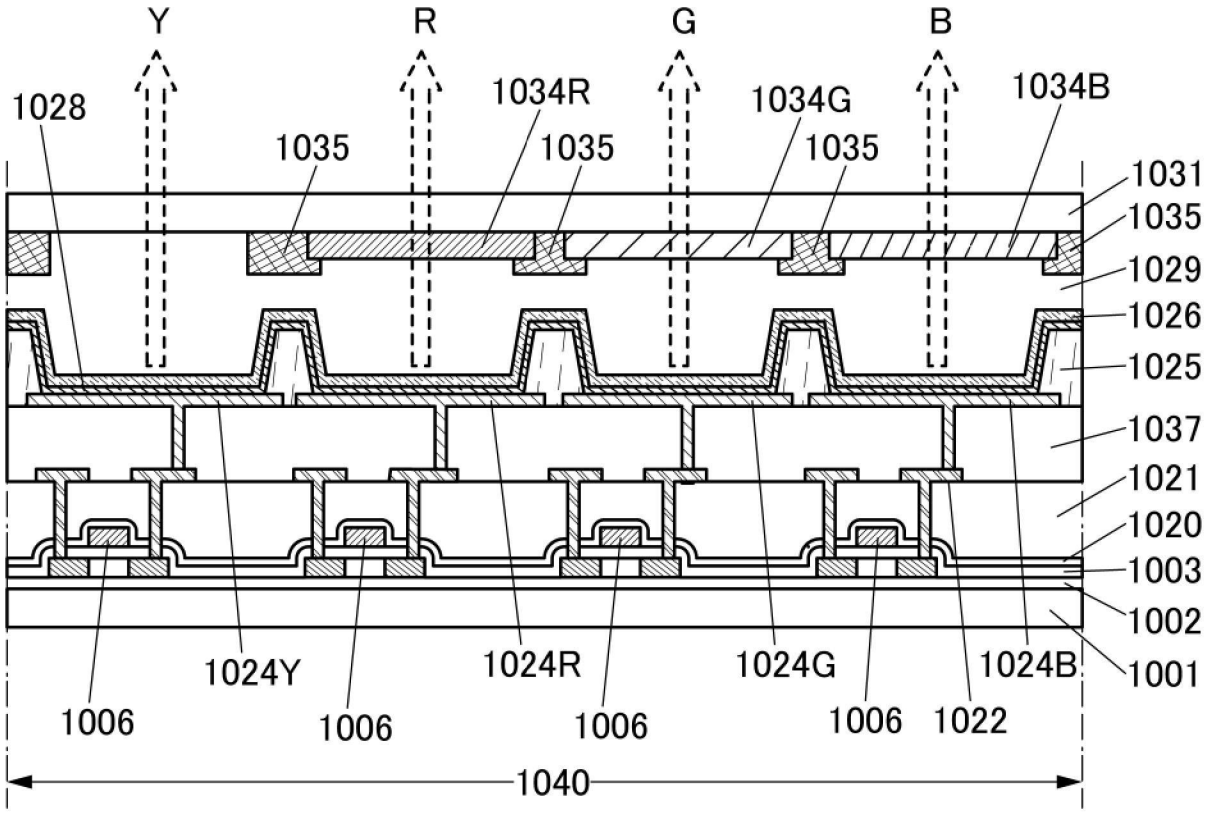
【圖13B】


1031
1029
1026
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1006
1024G
1006
1024R
1006
1024Y
1006
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1034Y
1040
1041
1042

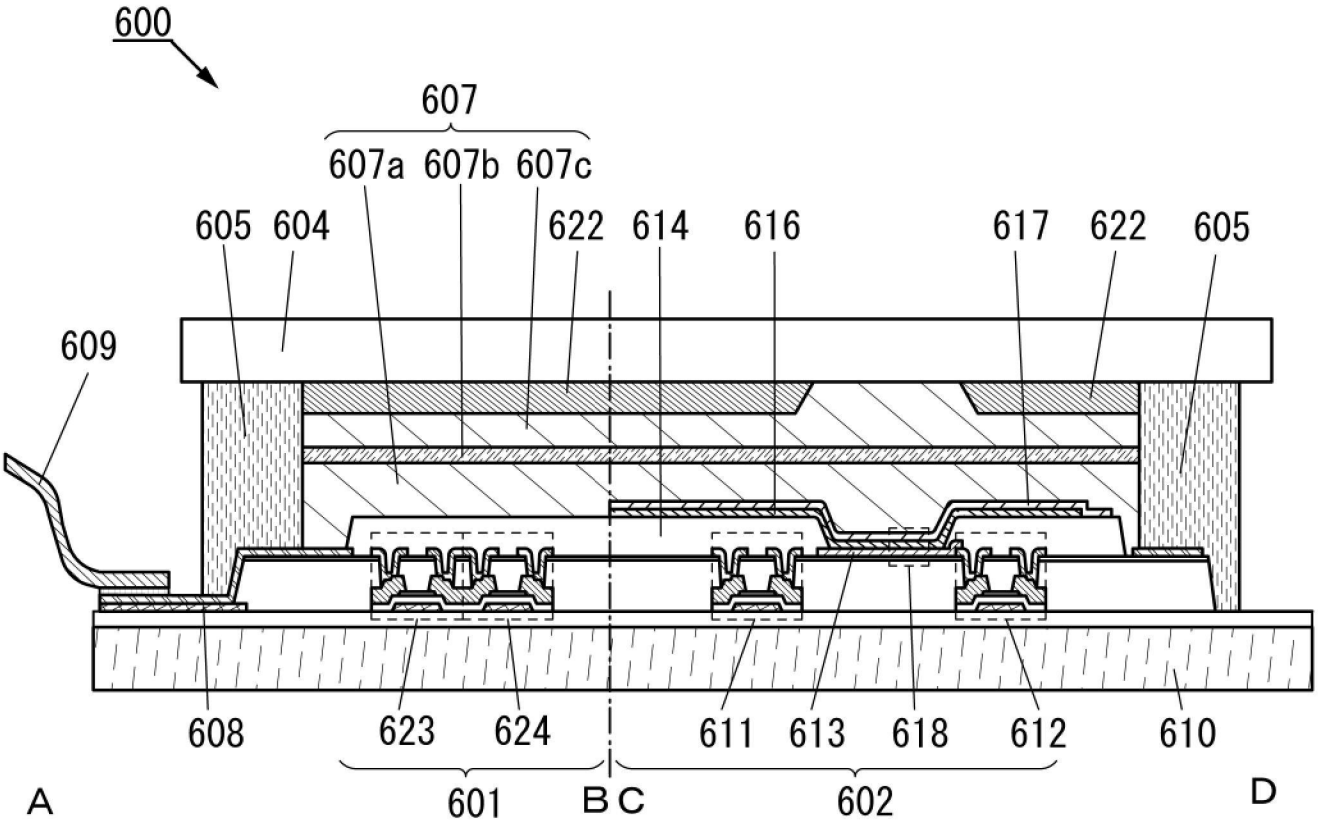
【圖14】


Y
R
G
B
1028
1034Y
1035
1034R
1035
1034G
1035
1034B
1031
1035
1029
1026
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024Y
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1006
1022
1040

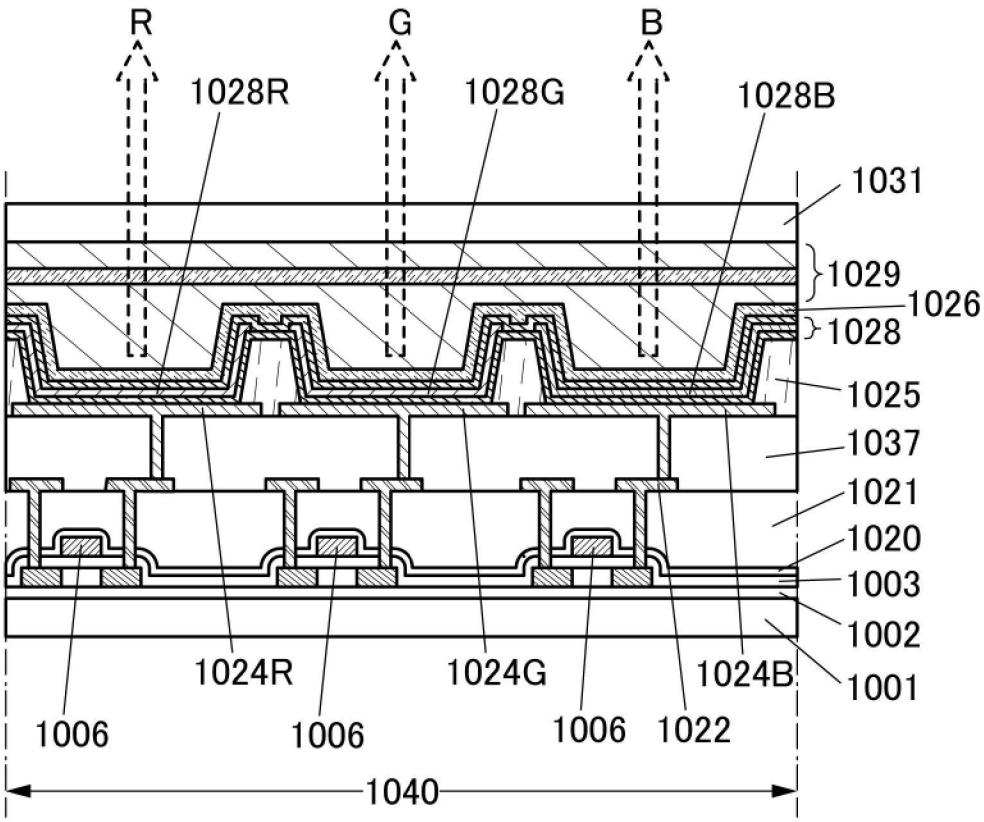
【圖15A】


Y
R
G
B
1028
1034R
1035
1035
1034G
1035
1034B
1031
1035
1029
1026
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024Y
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1006
1022
1040

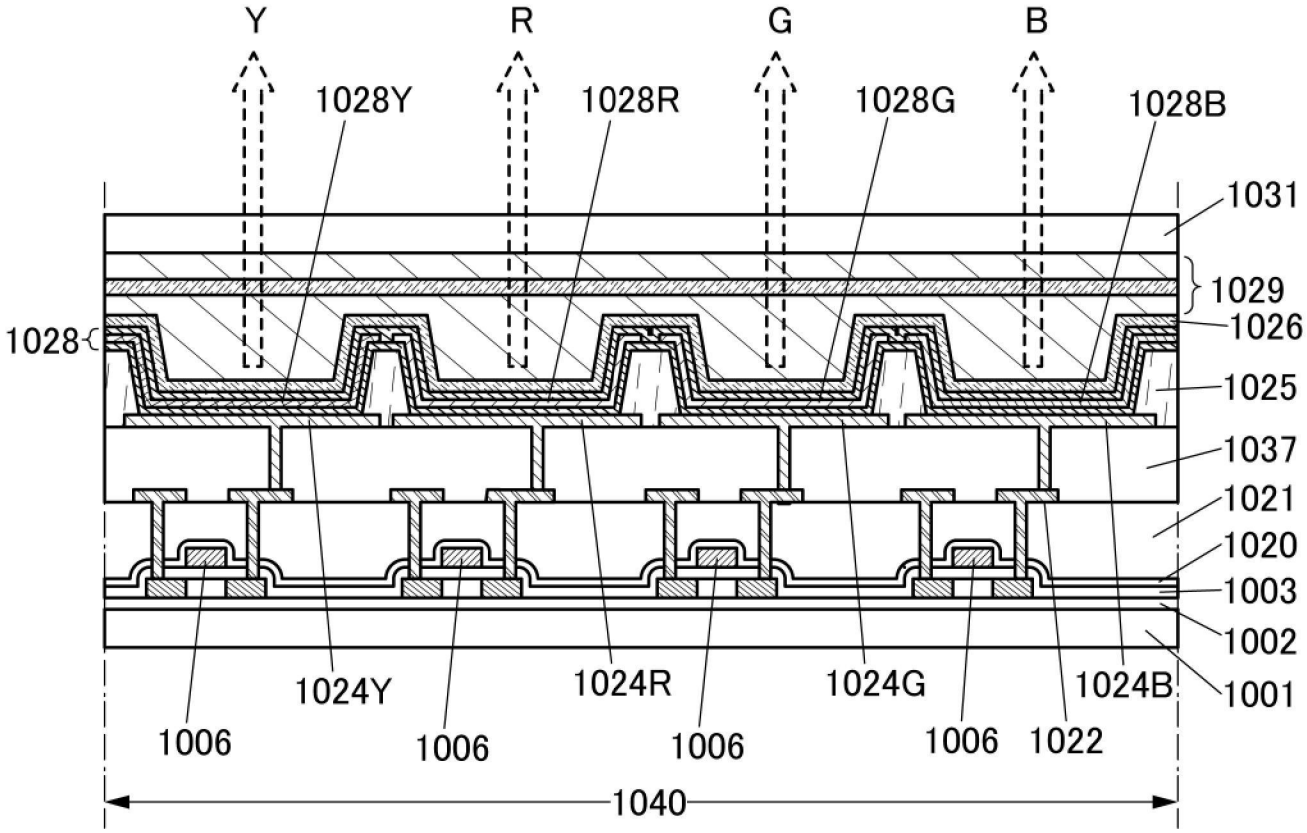
【圖15B】


600
607
607a
607b
607c
605
604
622
614
616
617
622
605
609
608
623
624
611
613
618
612
610
A
601
B
C
602
D

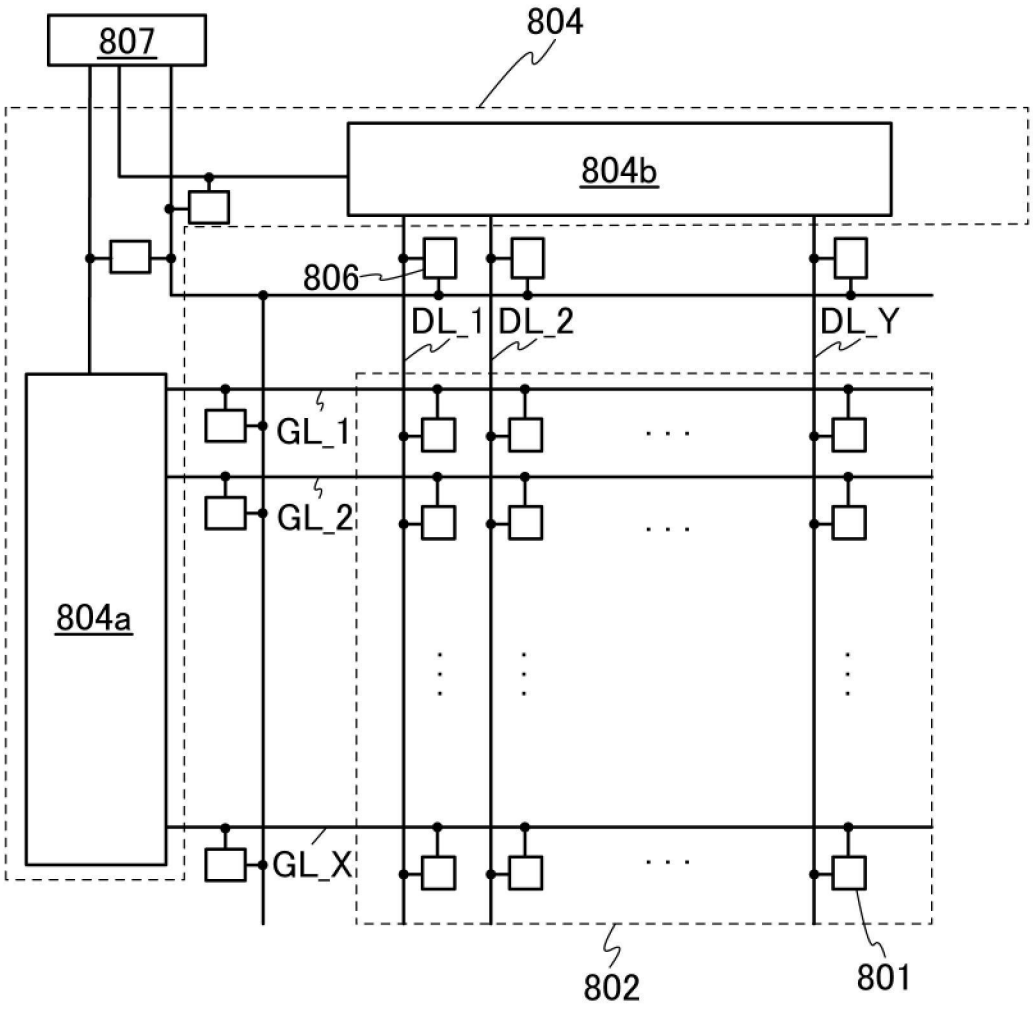
【圖16】


R
G
B
1028R
1028G
1028B
1031
1029
1026
1028
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1022
1040

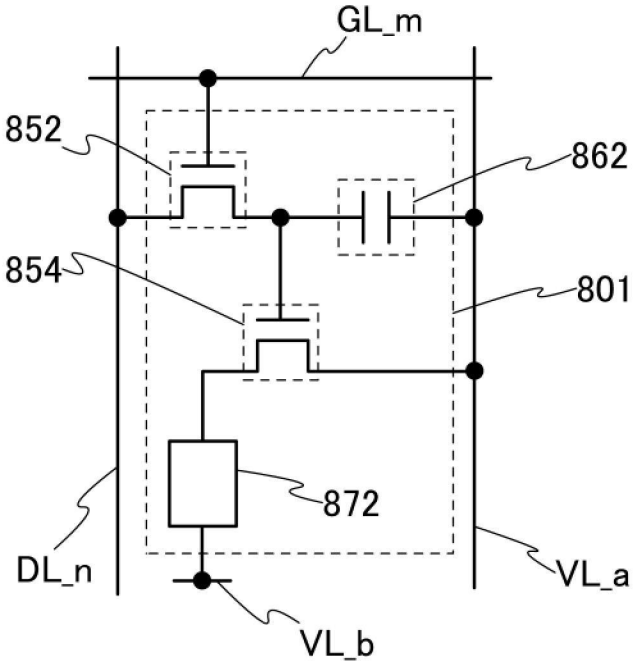
【圖17A】


Y
R
G
B
1028Y
1028R
1028G
1028B
1031
1029
1028
1026
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1024Y
1024R
1024G
1024B
1006
1006
1006
1006
1022
1040

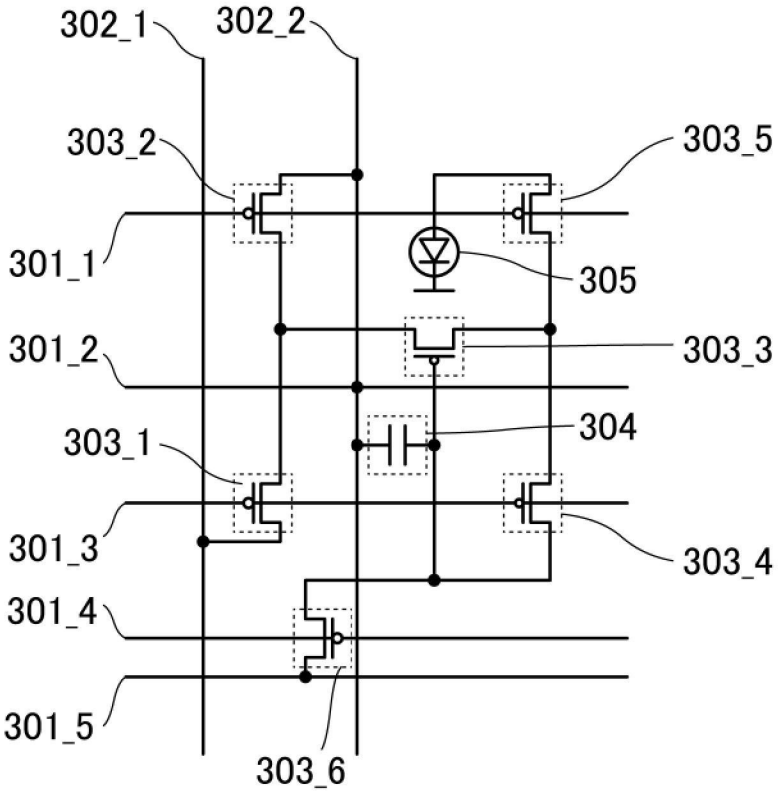
【圖17B】


807
804
804b
806
DL_1
DL_2
DL_Y
GL_1
GL_2
GL_X
804a
802
801

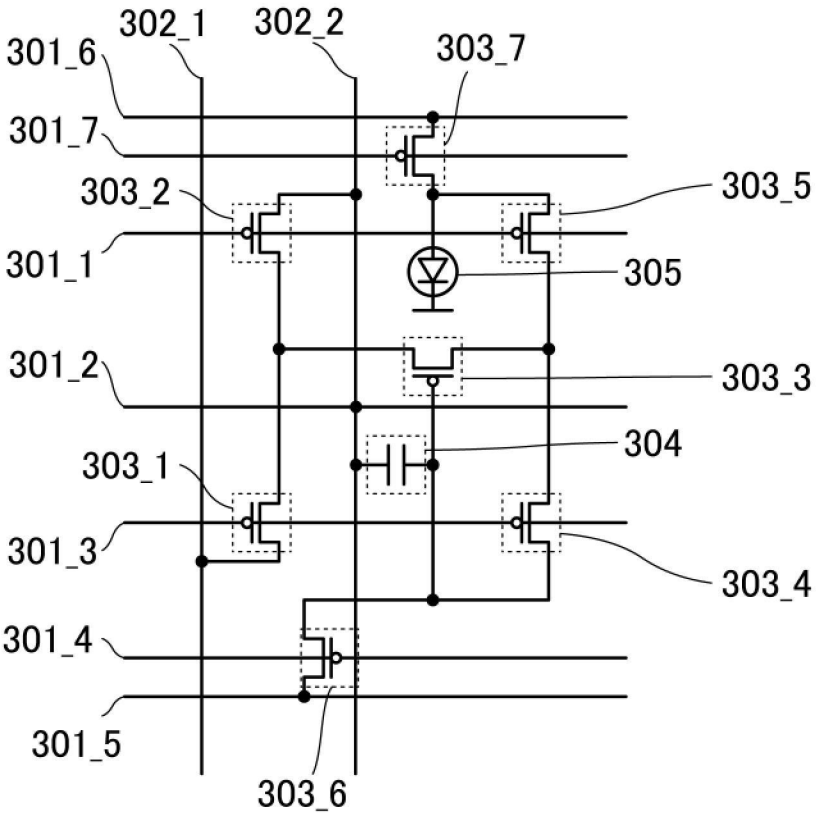
【圖18A】


GL_m
852
862
854
801
872
DL_n
VL_a
VL_b

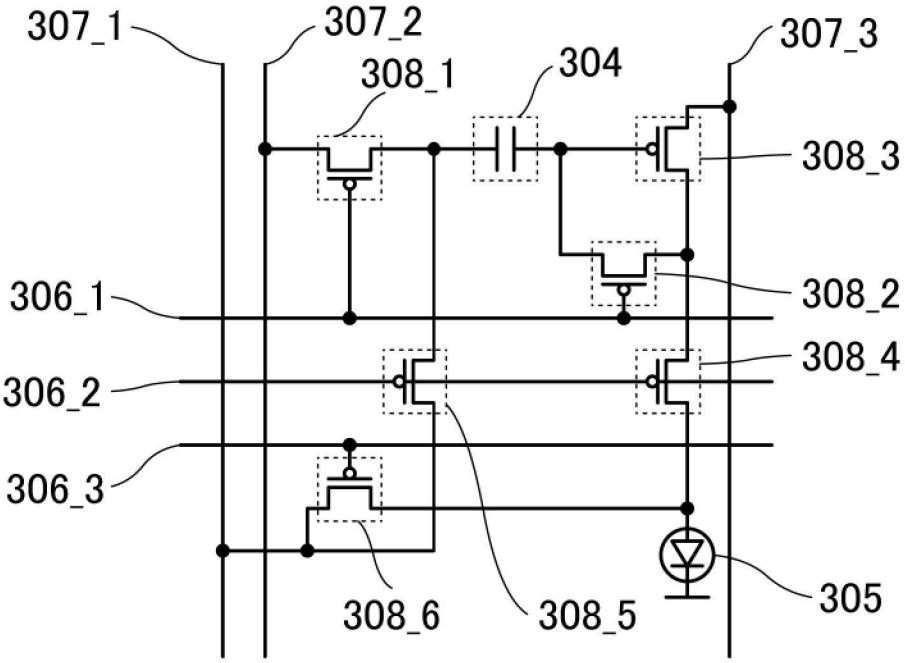
【圖18B】


302_1
302_2
303_2
303_5
301_1
305
301_2
303_3
303_1
304
301_3
303_4
301_4
301_5
303_6

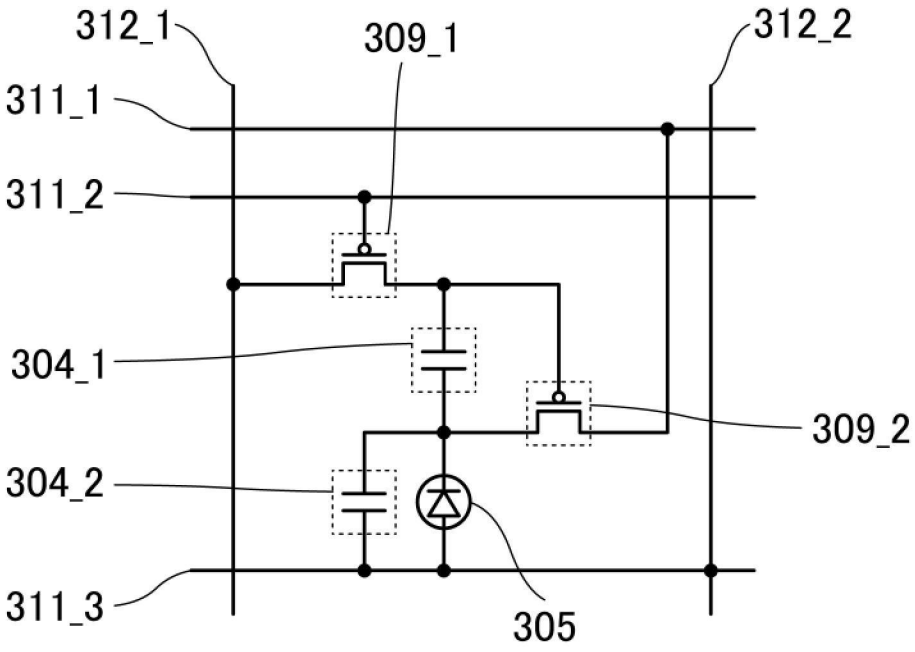
【圖19A】


302_1
302_2
301_6
303_7
301_7
303_2
303_5
301_1
305
301_2
303_3
304
303_1
301_3
303_4
301_4
301_5
303_6

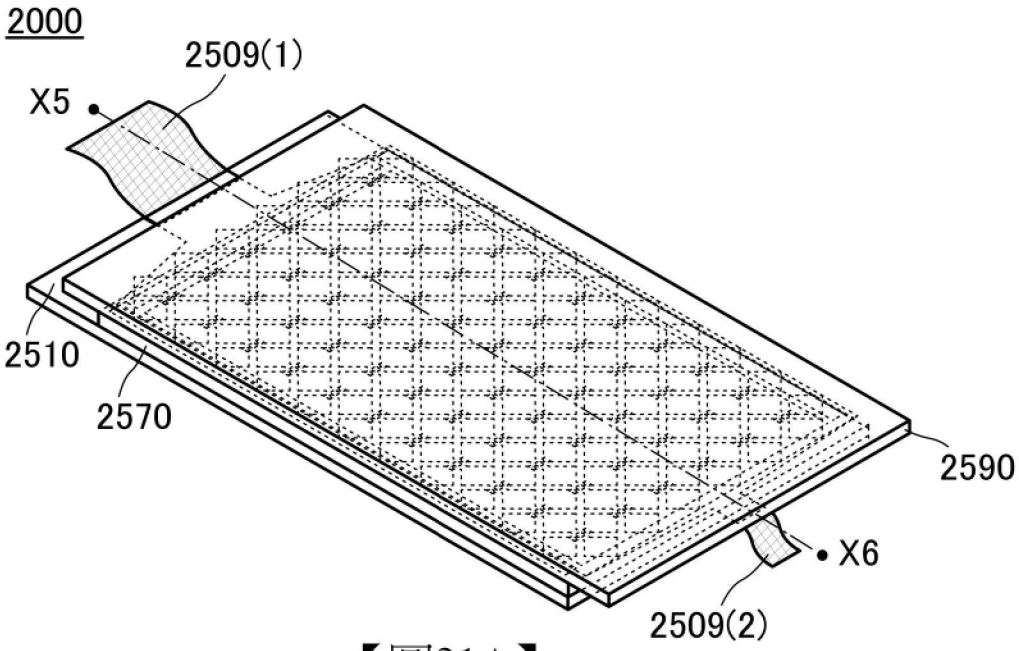
【圖19B】


307_1
307_2
308_1
304
307_3
308_3
306_1
308_2
306_2
308_4
306_3
308_6
308_5
305

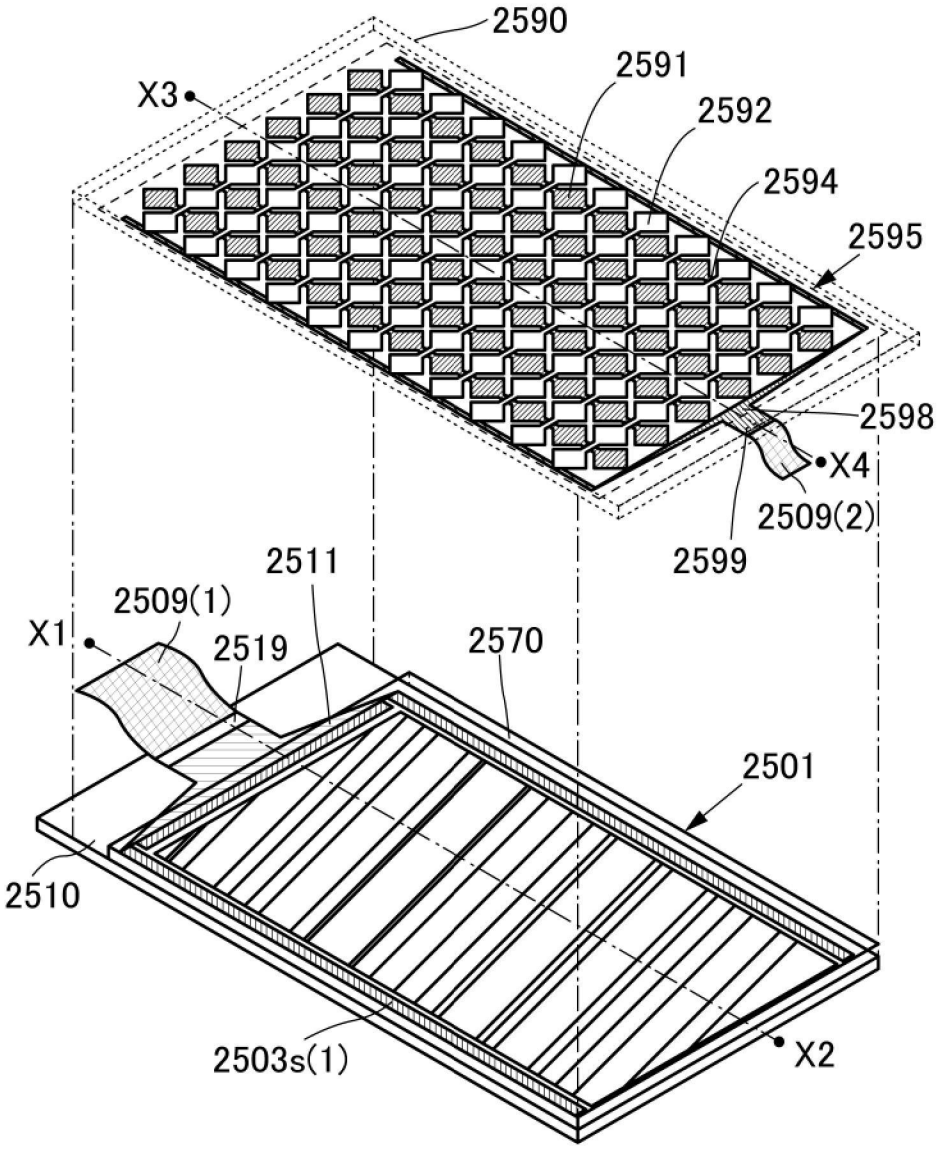
【圖20A】


312_1
309_1
312_2
311_1
311_2
304_1
309_2
304_2
311_3
305

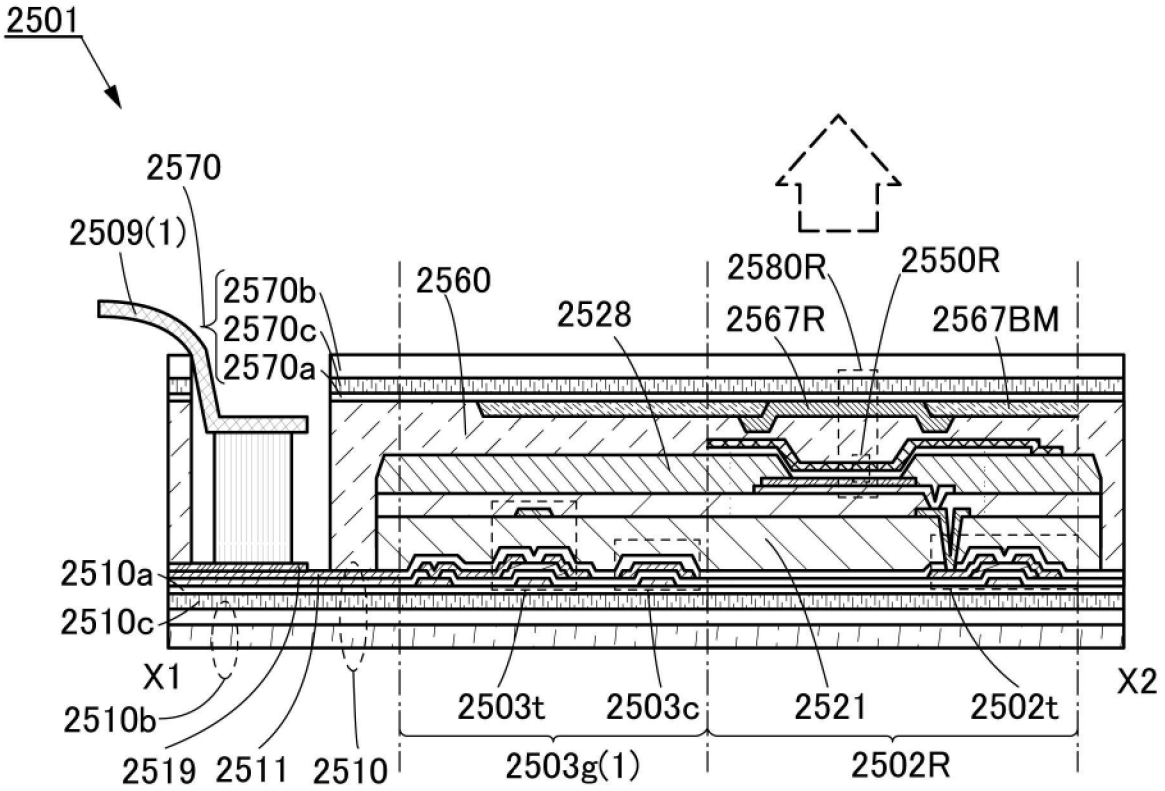
【圖20B】


2000
2509(1)
X5
2510
2570
2590
X6
2509(2)

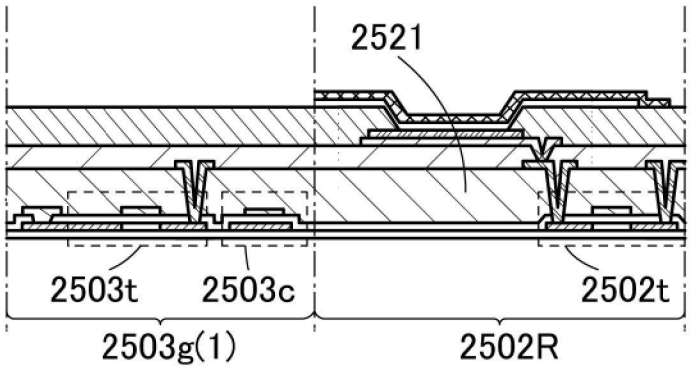
【圖21A】


2590
2591
X3
2592
2594
2595
2598
X4
2509(2)
2599
2511
2509(1)
X1
2519
2570
2501
2510
2503s(1)
X2

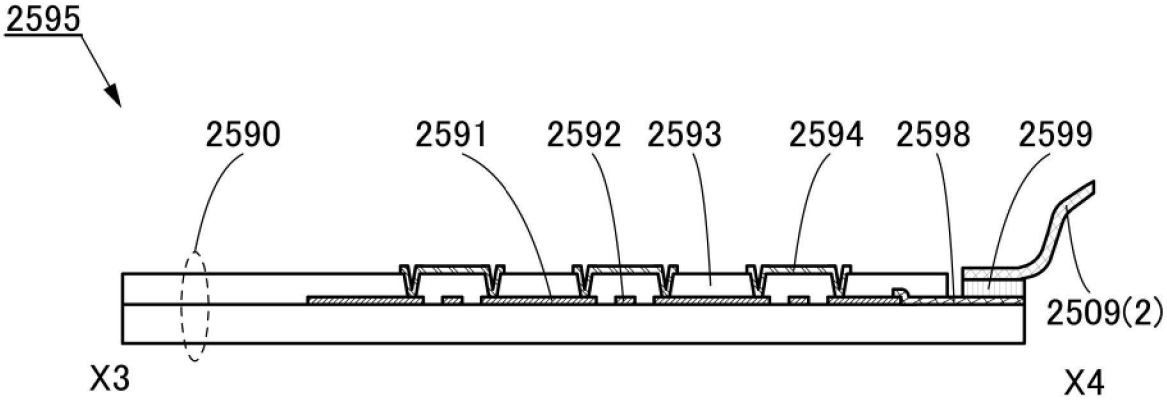
【圖21B】



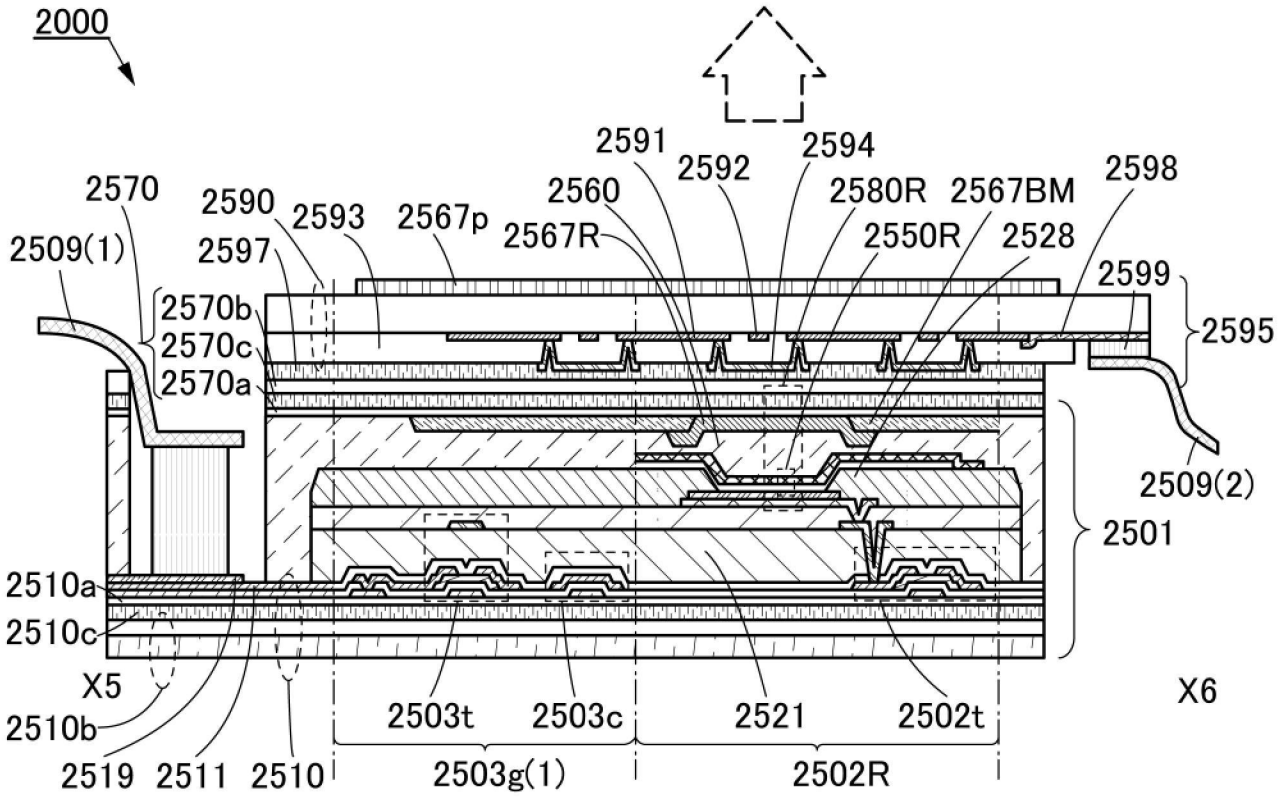
【圖22A】



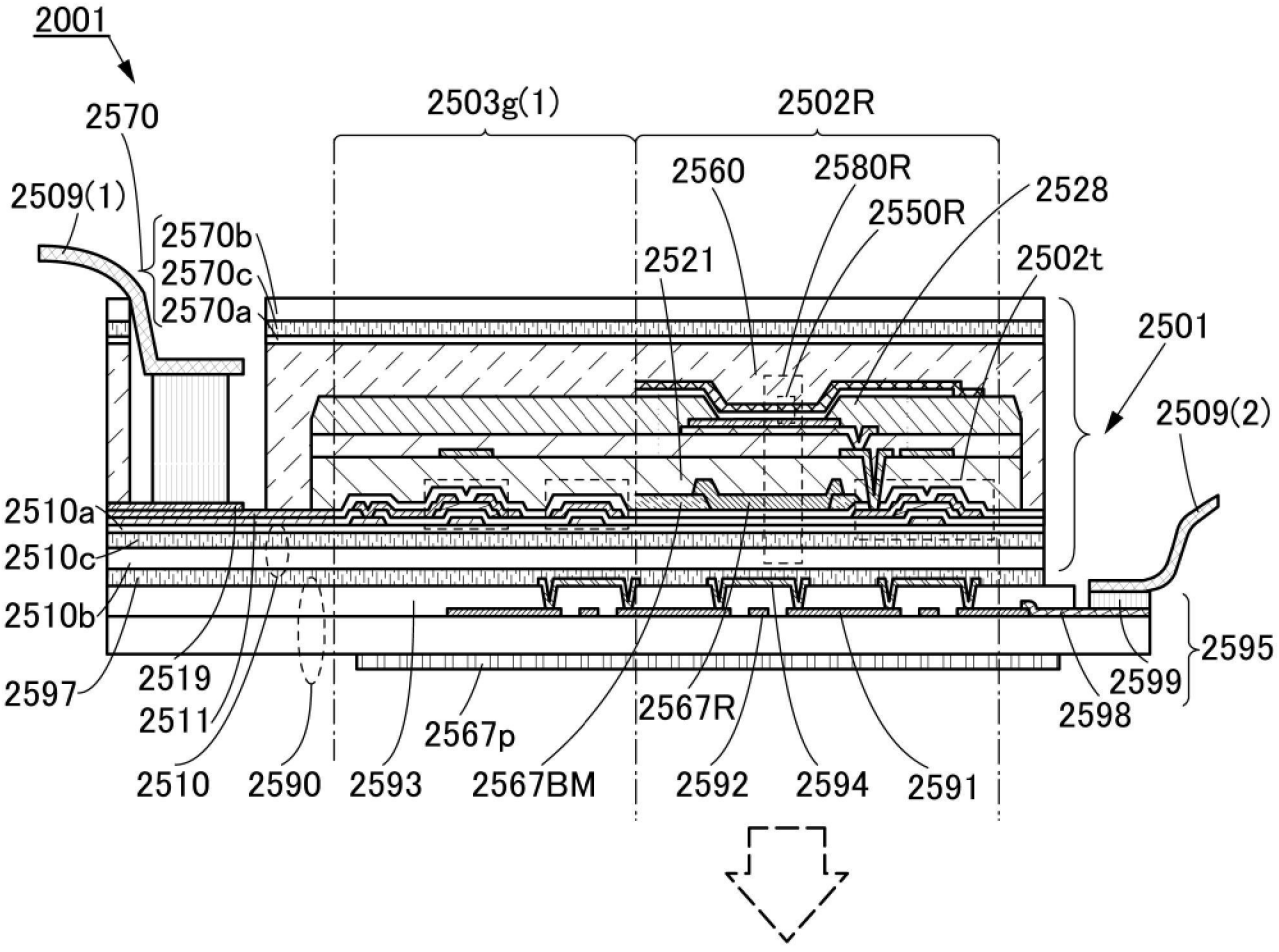
【圖22B】



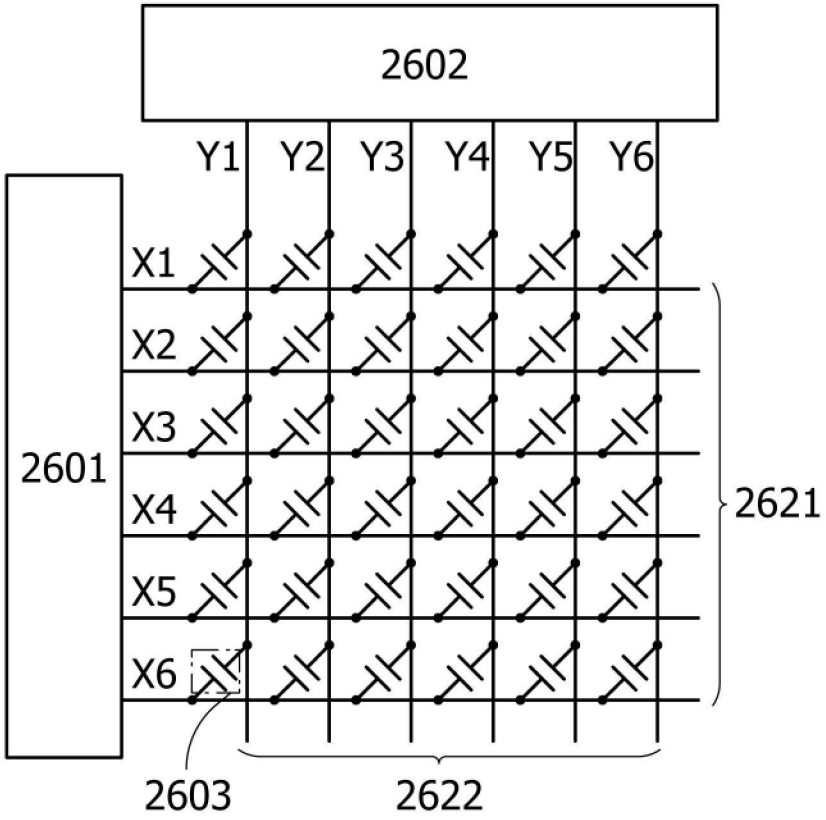
【圖22C】


2000
2591
2592
2594
2570
2590
2593
2567p
2560
2580R
2567BM
2598
2509(1)
2597
2567R
2550R
2528
2599
2570b
2570c
2570a
2595
2509(2)
2501
2510a
2510c
X5
X6
2510b
2503t
2503c
2521
2502t
2519
2511
2510
2503g(1)
2502R

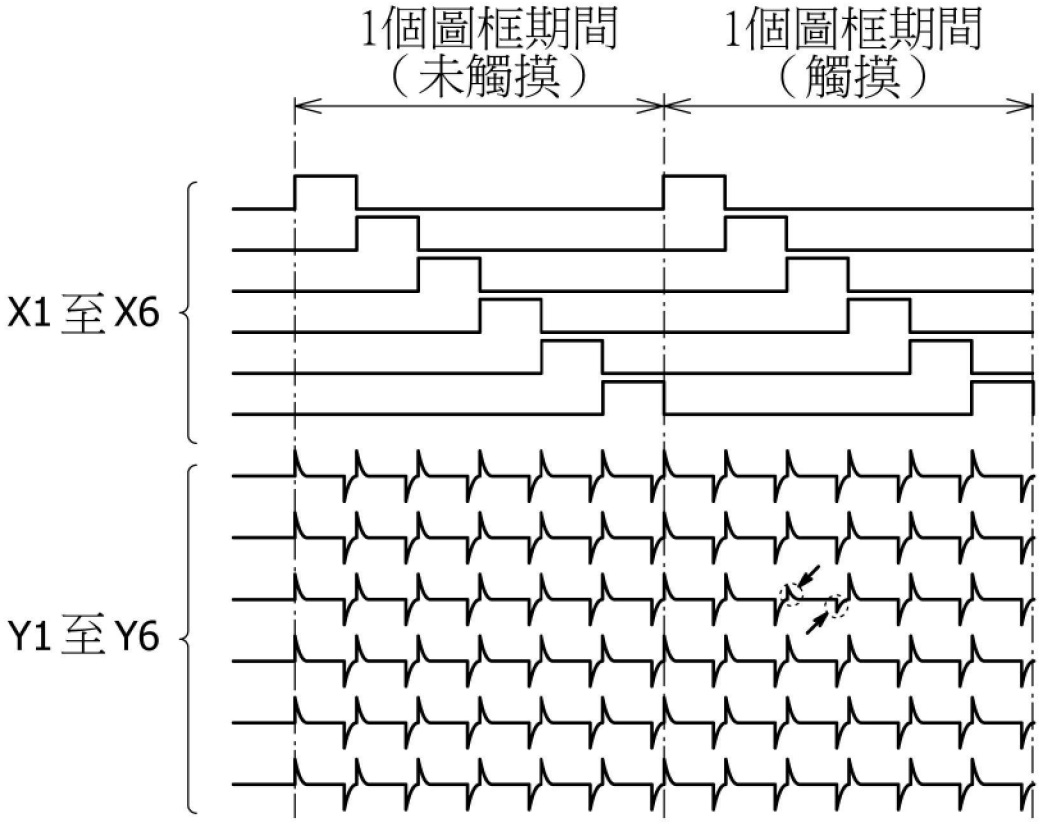
【圖23A】


2001
2503g(1)
2502R
2570
2560
2580R
2528
2509(1)
2550R
2570b
2521
2502t
2570c
2570a
2501
2509(2)
2510a
2510c
2510b
2595
2597
2519
2599
2511
2598
2567p
2567R
2510
2590
2593
2567BM
2592
2594
2591

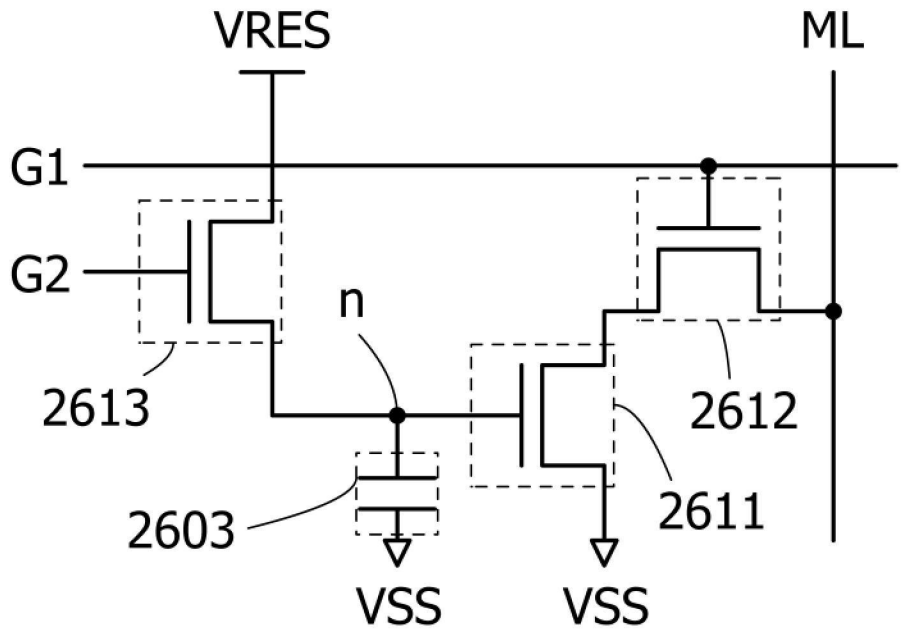
【圖23B】


2602
Y1
Y2
Y3
Y4
Y5
Y6
X1
X2
X3
X4
X5
X6
2601
2621
2603
2622

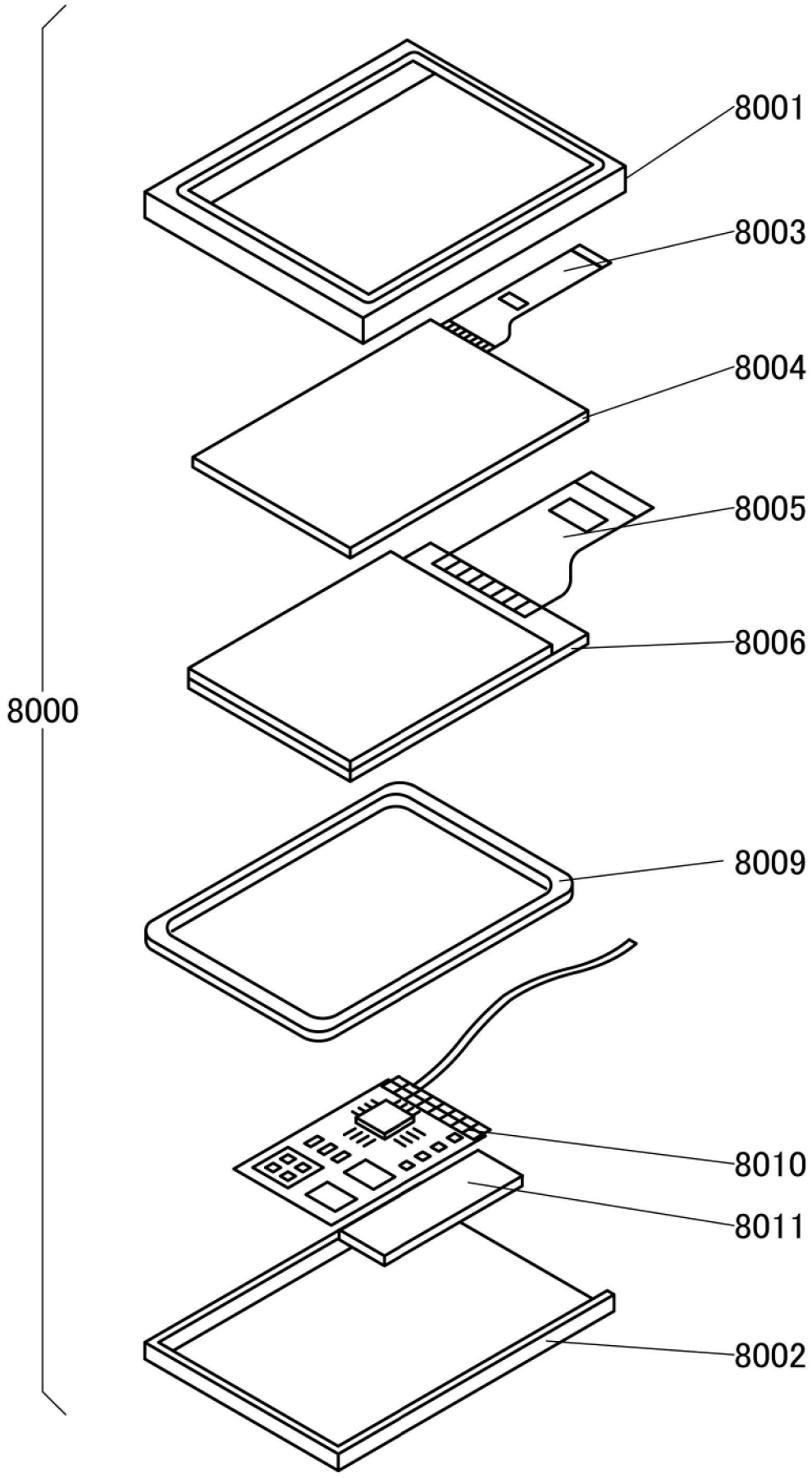
【圖24A】


1個圖框期間
（未觸摸）
1個圖框期間
（觸摸）
X1至X6
Y1至Y6

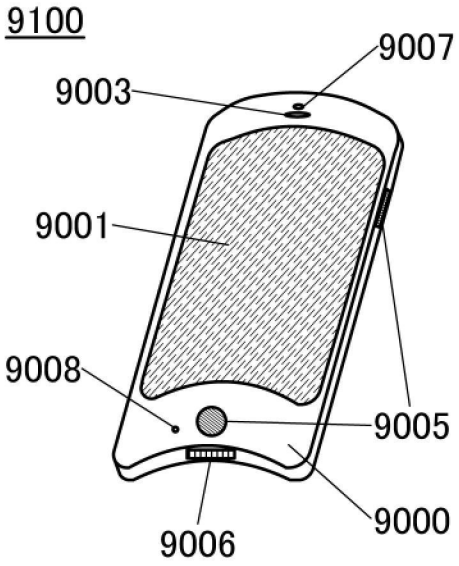
【圖24B】



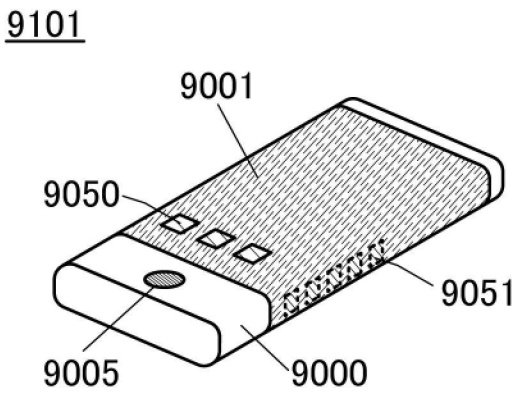
【圖25】



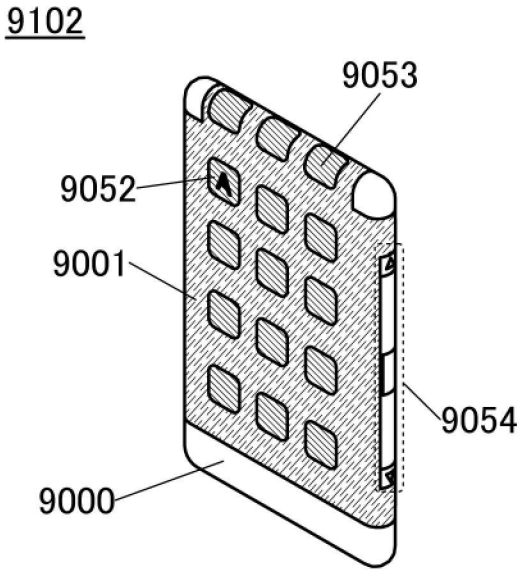
【圖26】



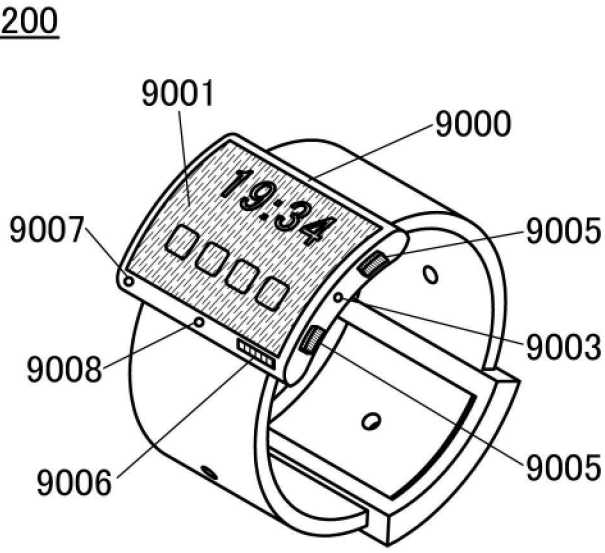
【圖27A】



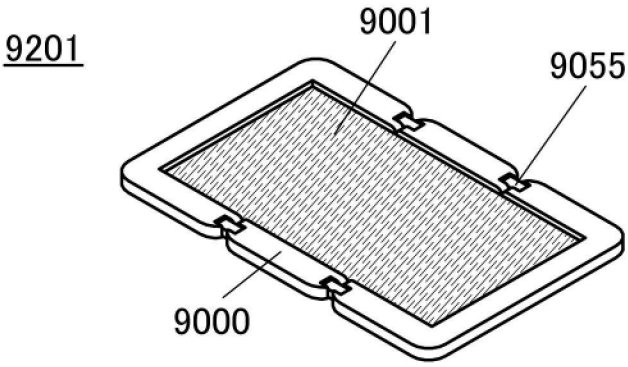
【圖27B】



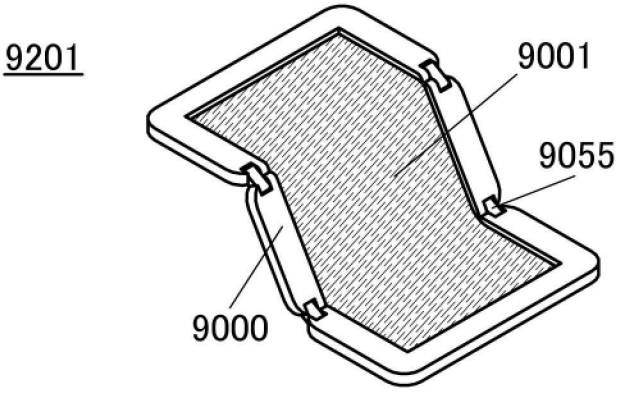
【圖27C】



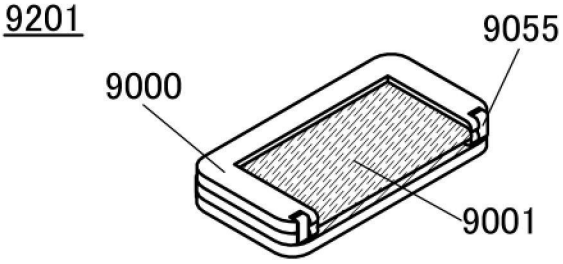
【圖27D】



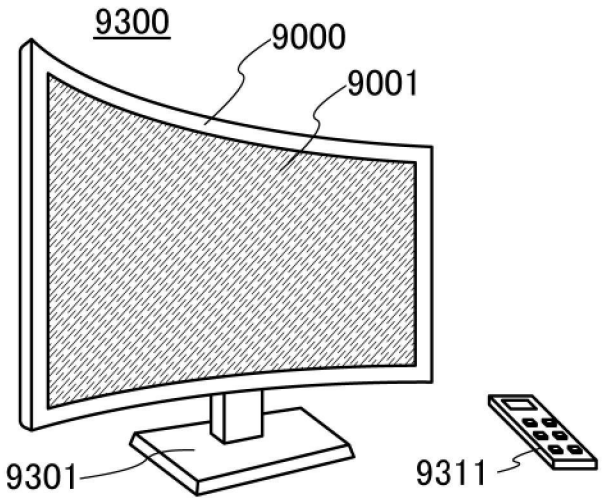
【圖27E】



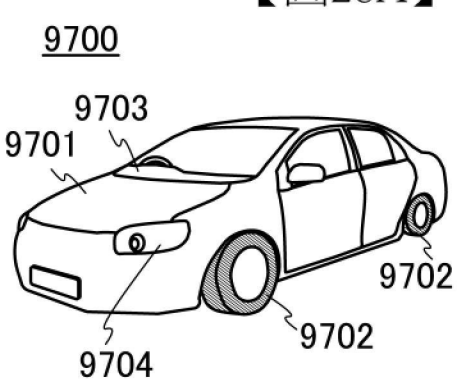
【圖27F】



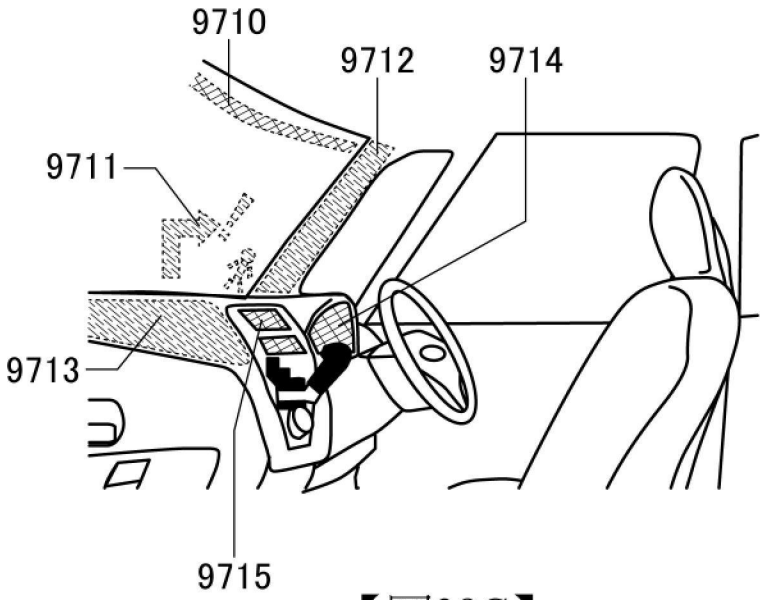
【圖27G】



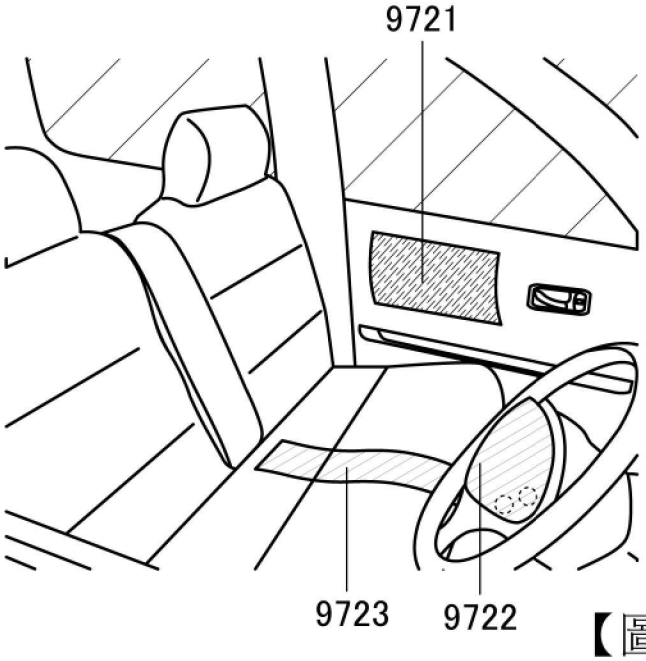
【圖28A】



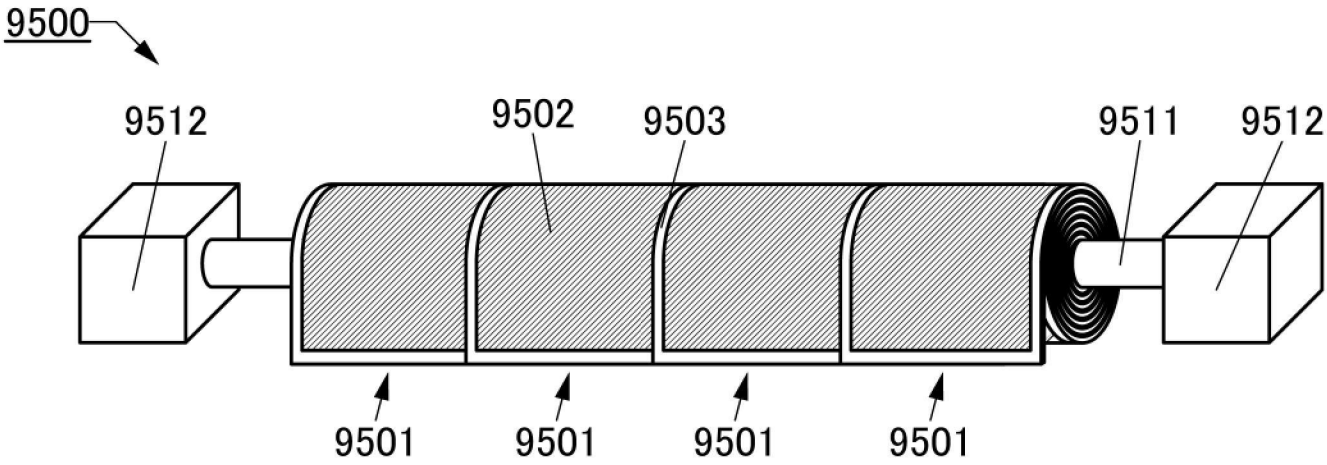
【圖28B】



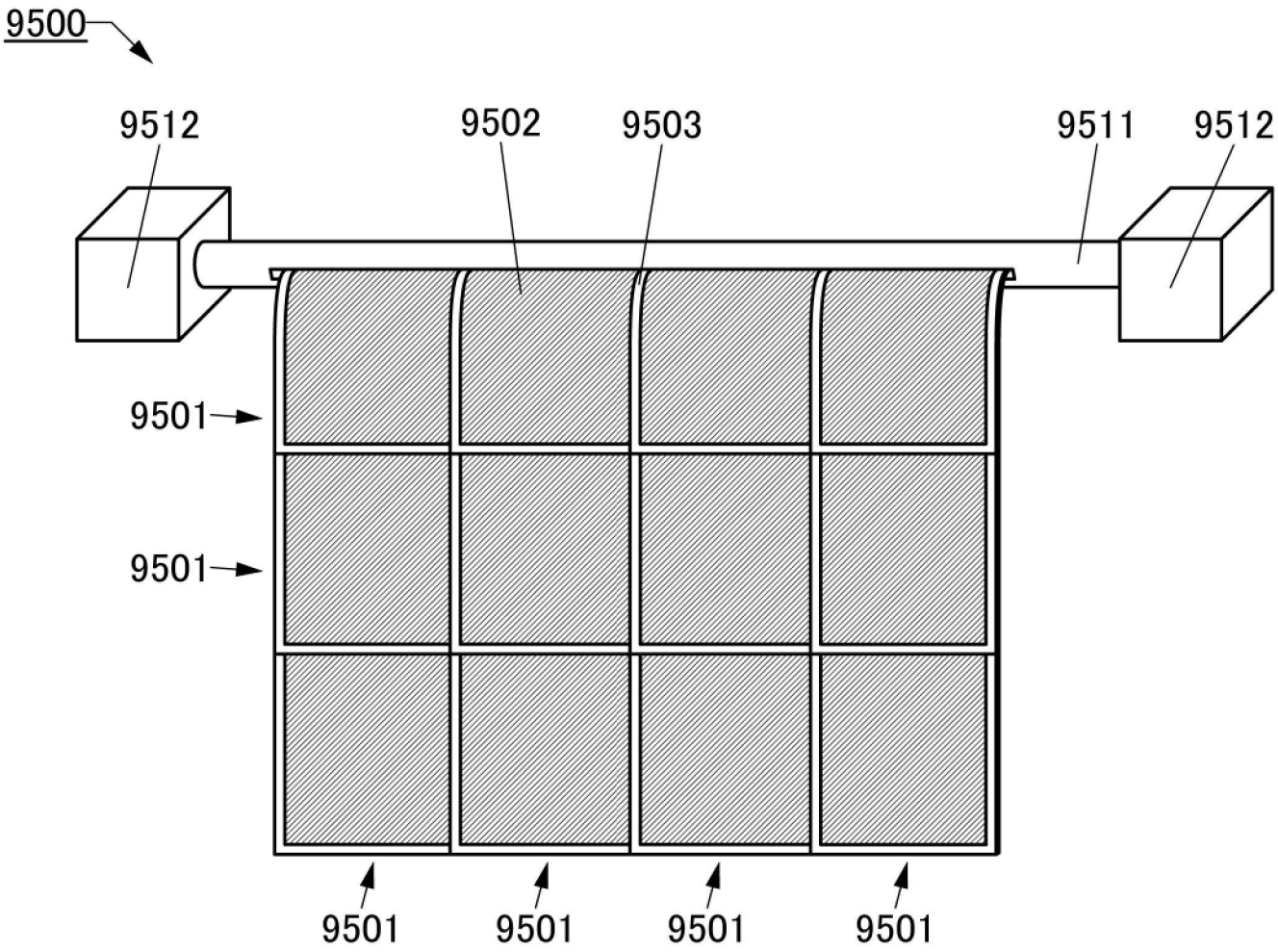
【圖28C】



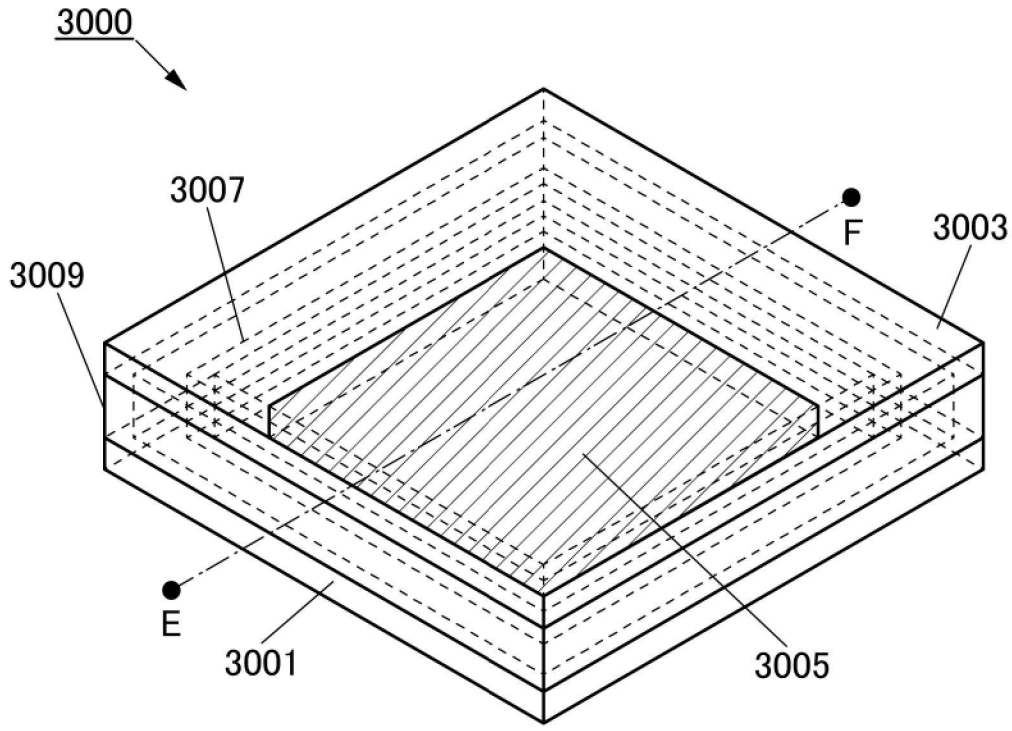
【圖28D】


9500
9512
9502
9503
9511
9512
9501
9501
9501
9501

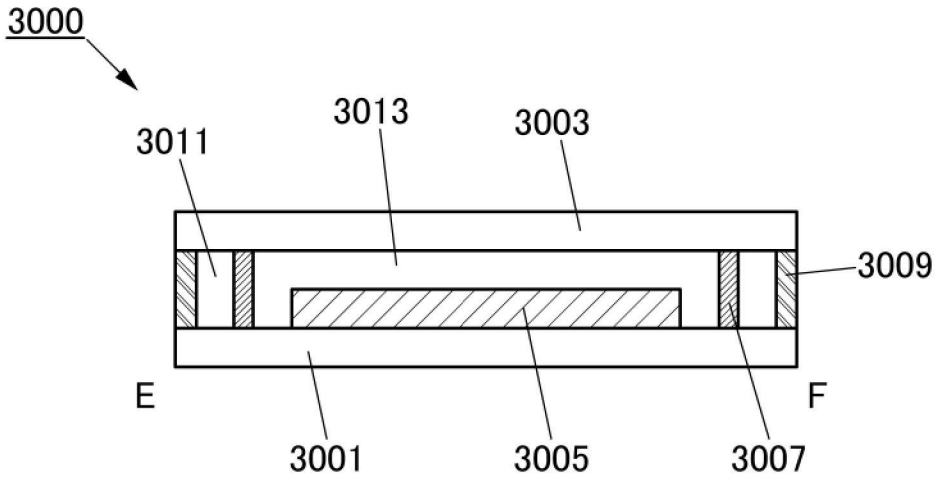
【圖29A】


9500
9512
9502
9503
9511
9512
9501
9501
9501
9501
9501
9501
9501

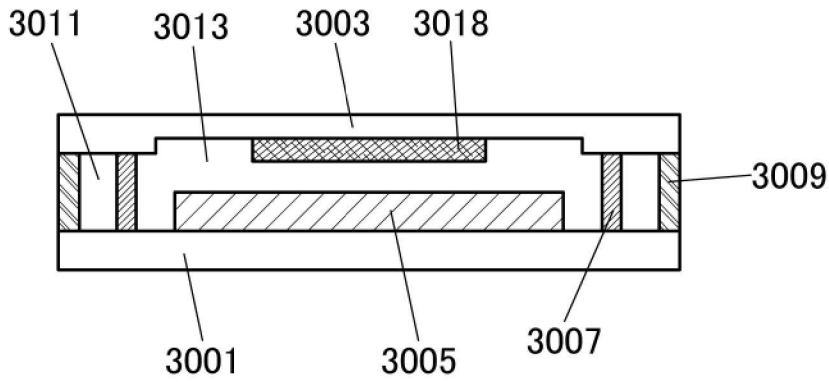
【圖29B】



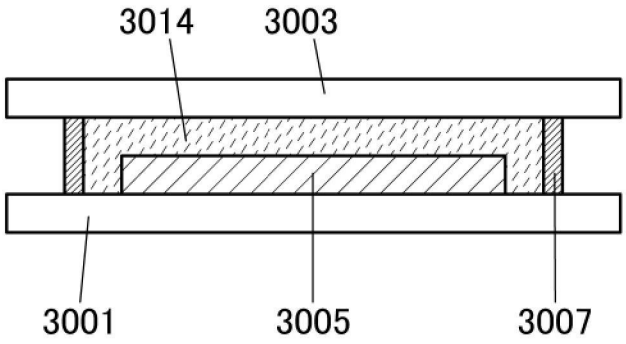
【圖30A】



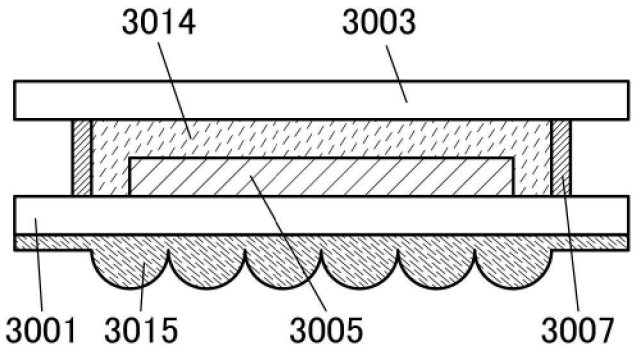
【圖30B】



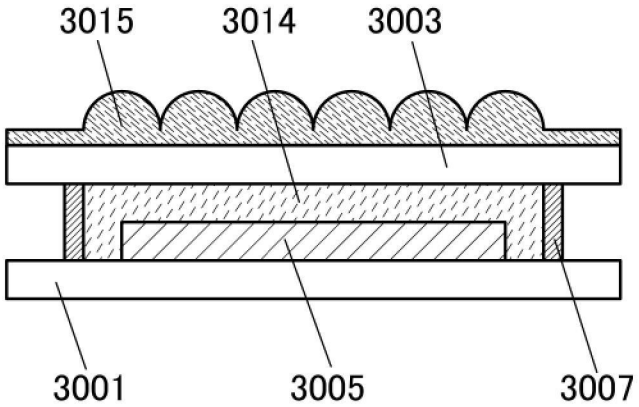
【圖30C】



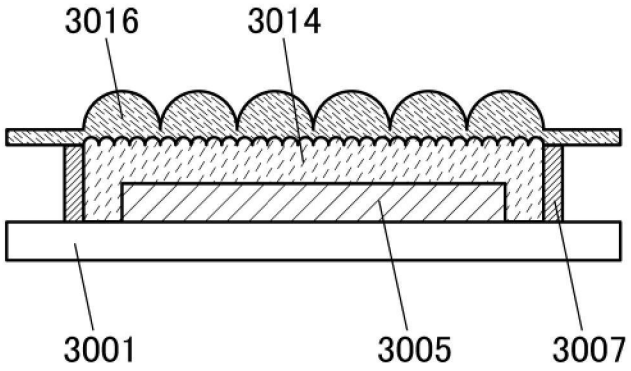
【圖31A】



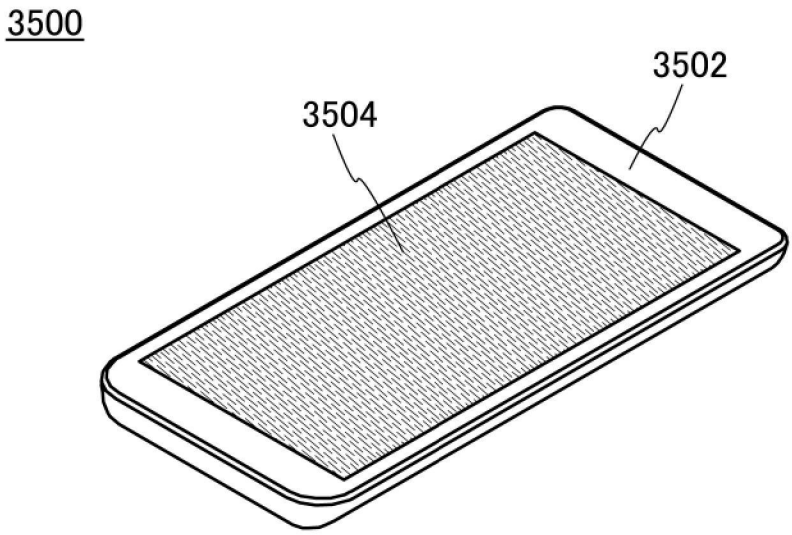
【圖31B】



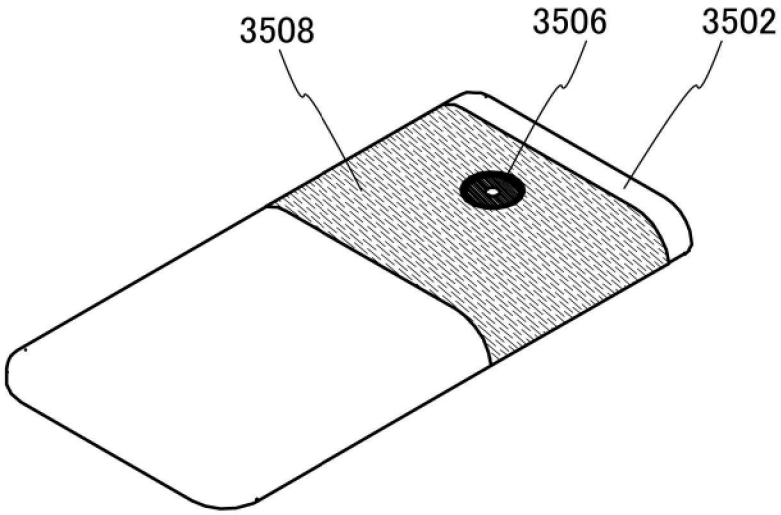
【圖31C】



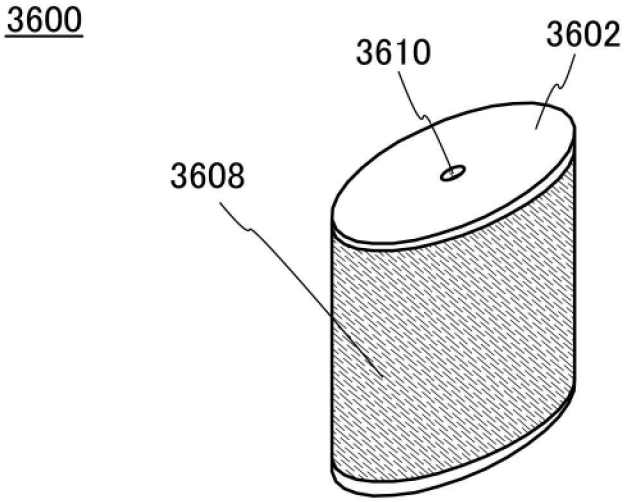
【圖31D】



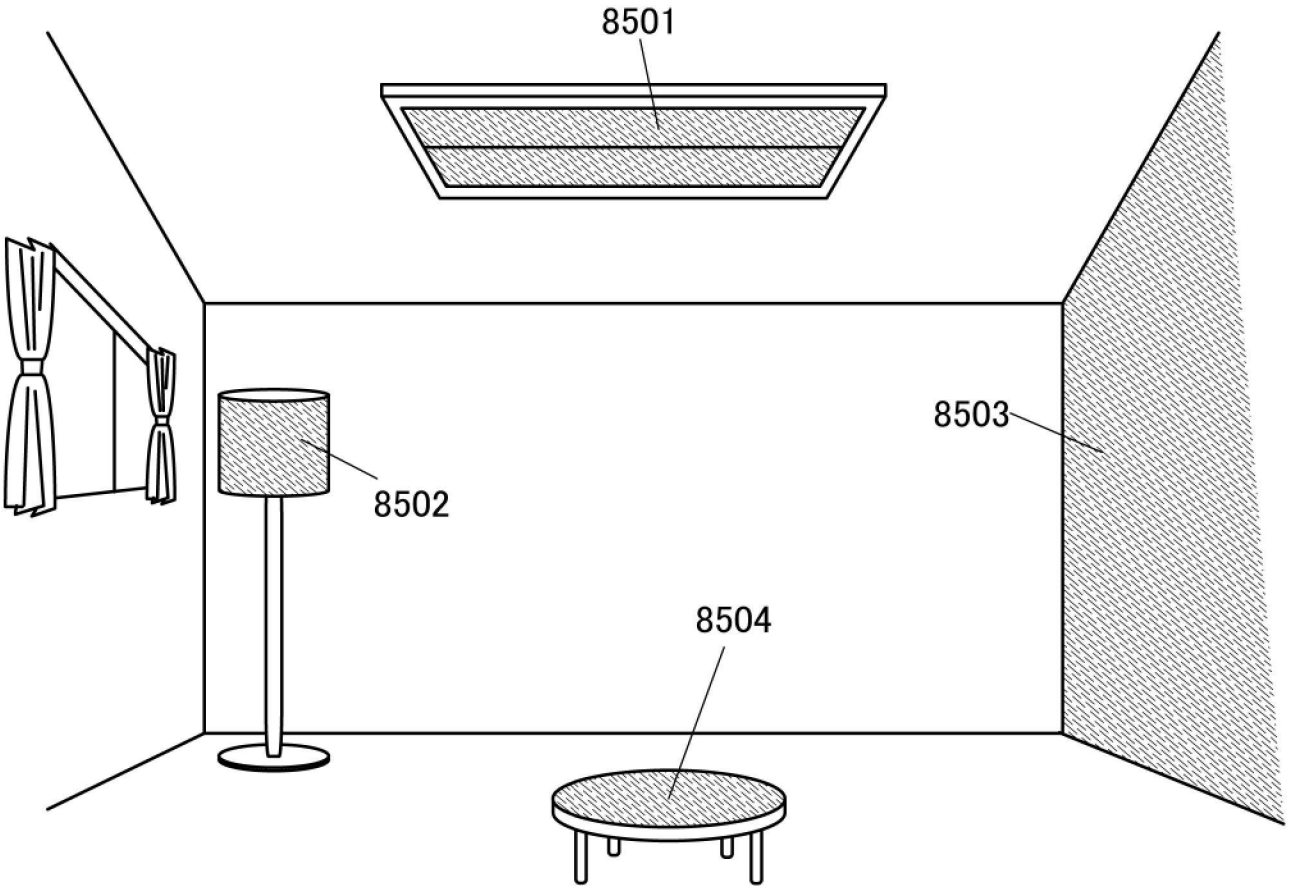
【圖32A】



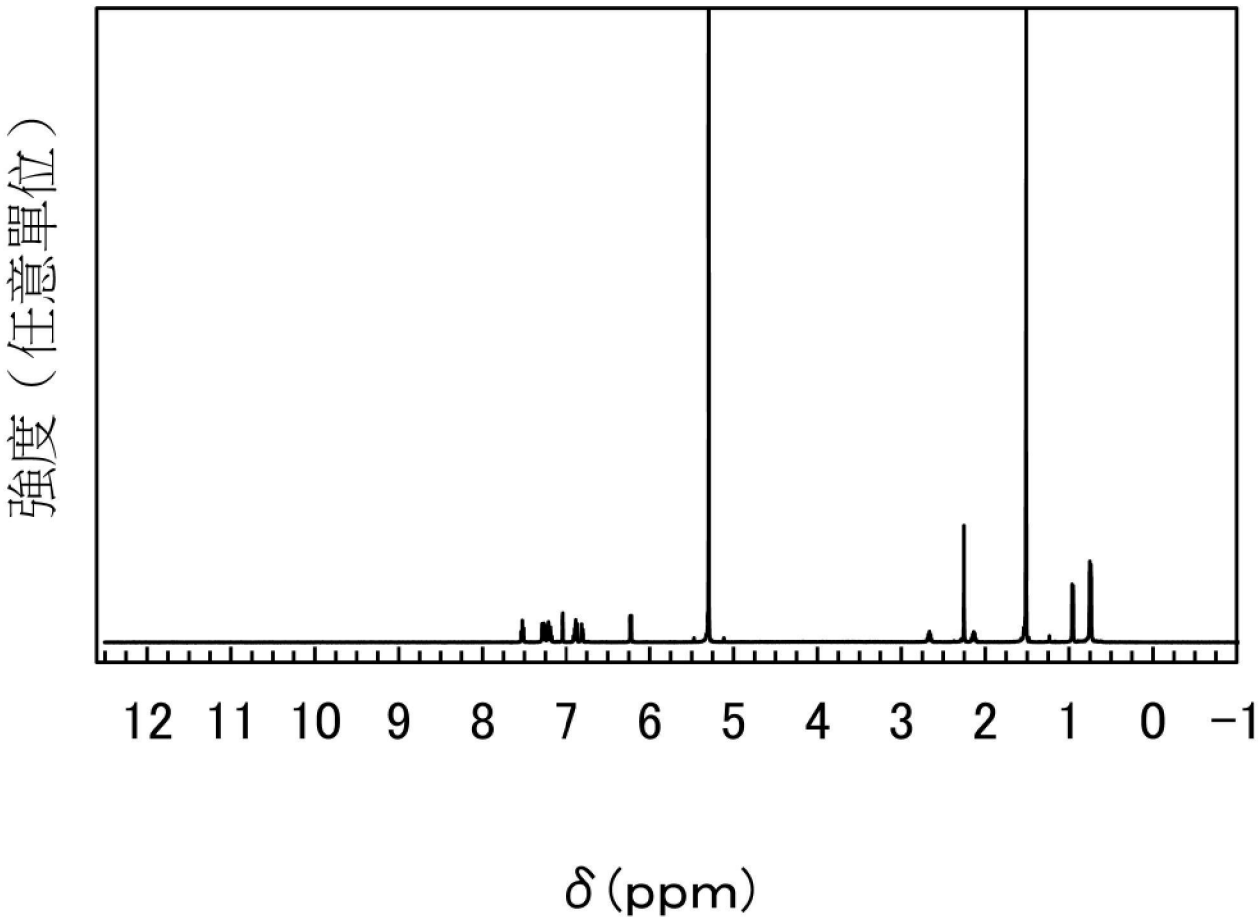
【圖32B】



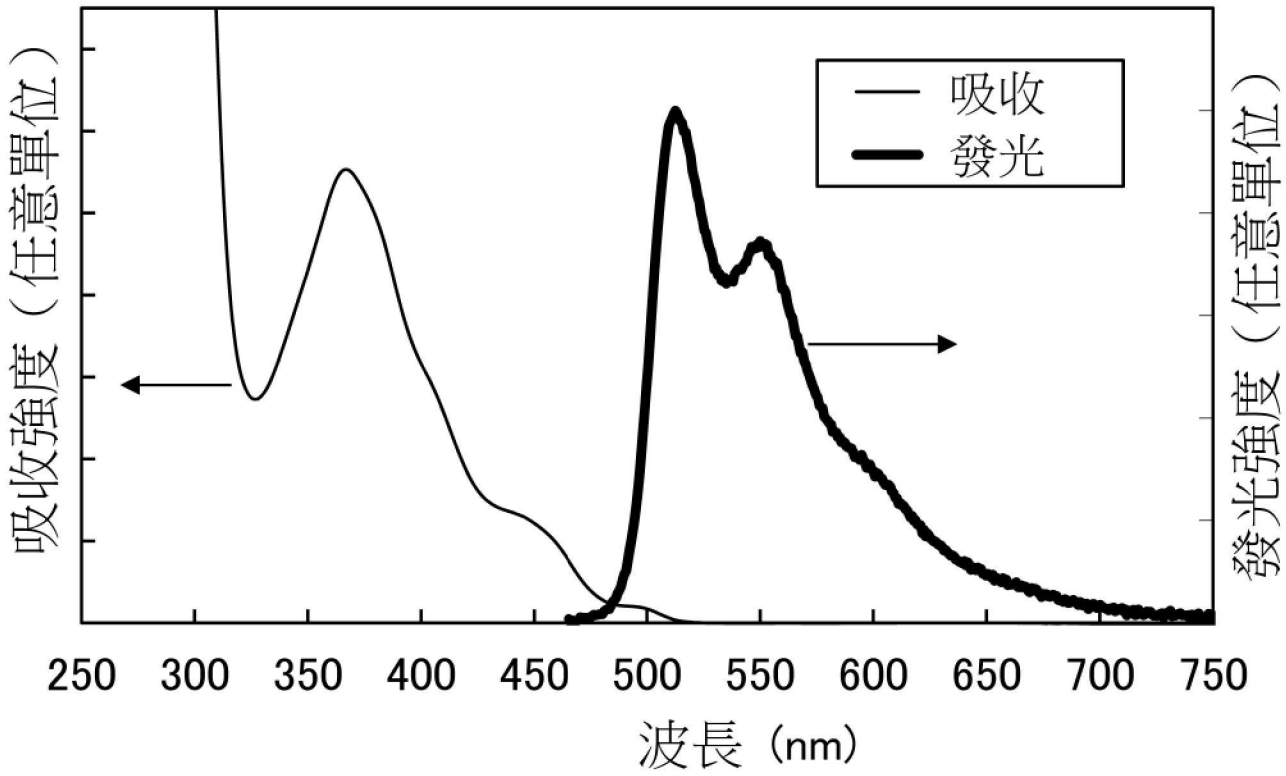
【圖32C】



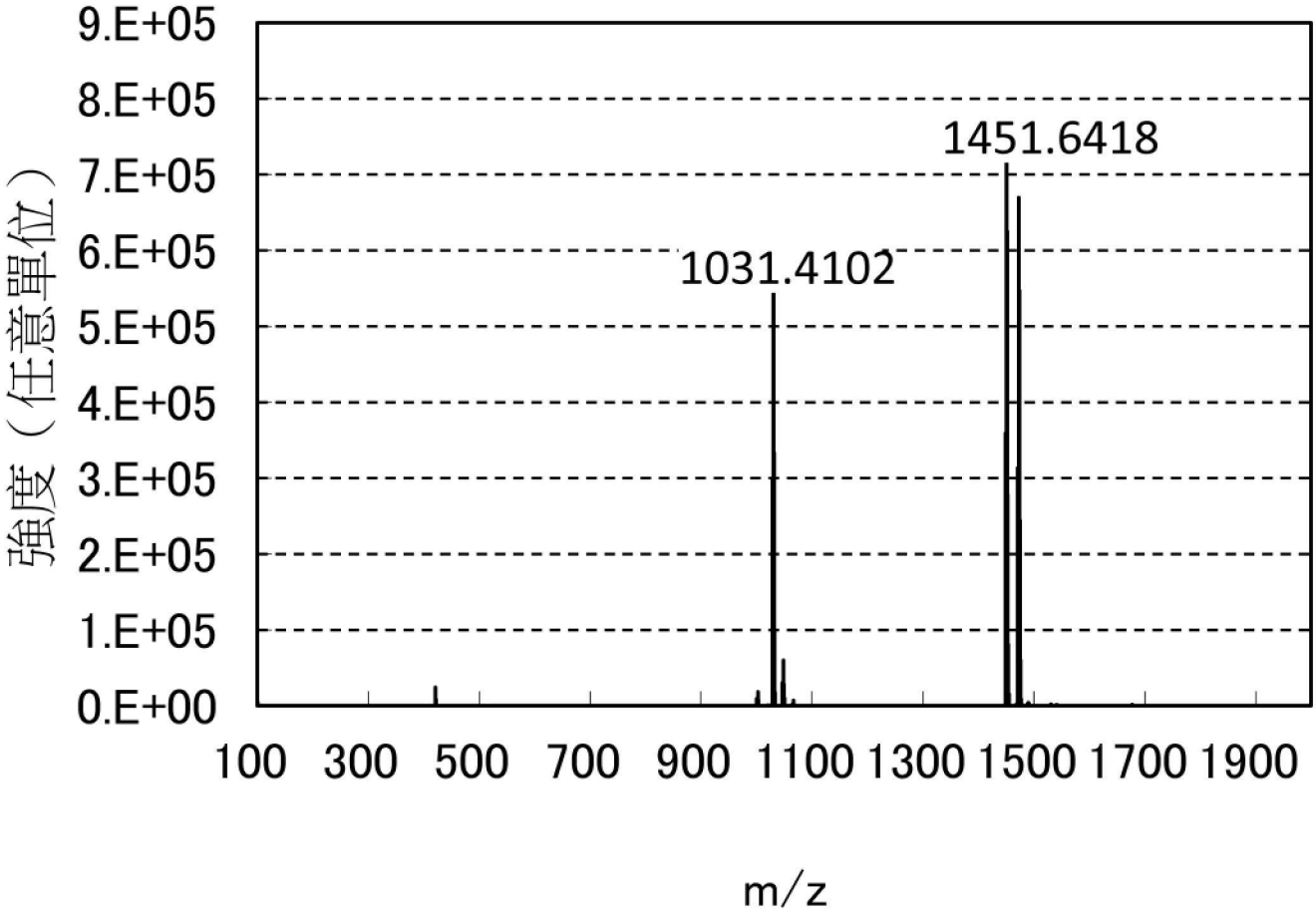
【圖33】



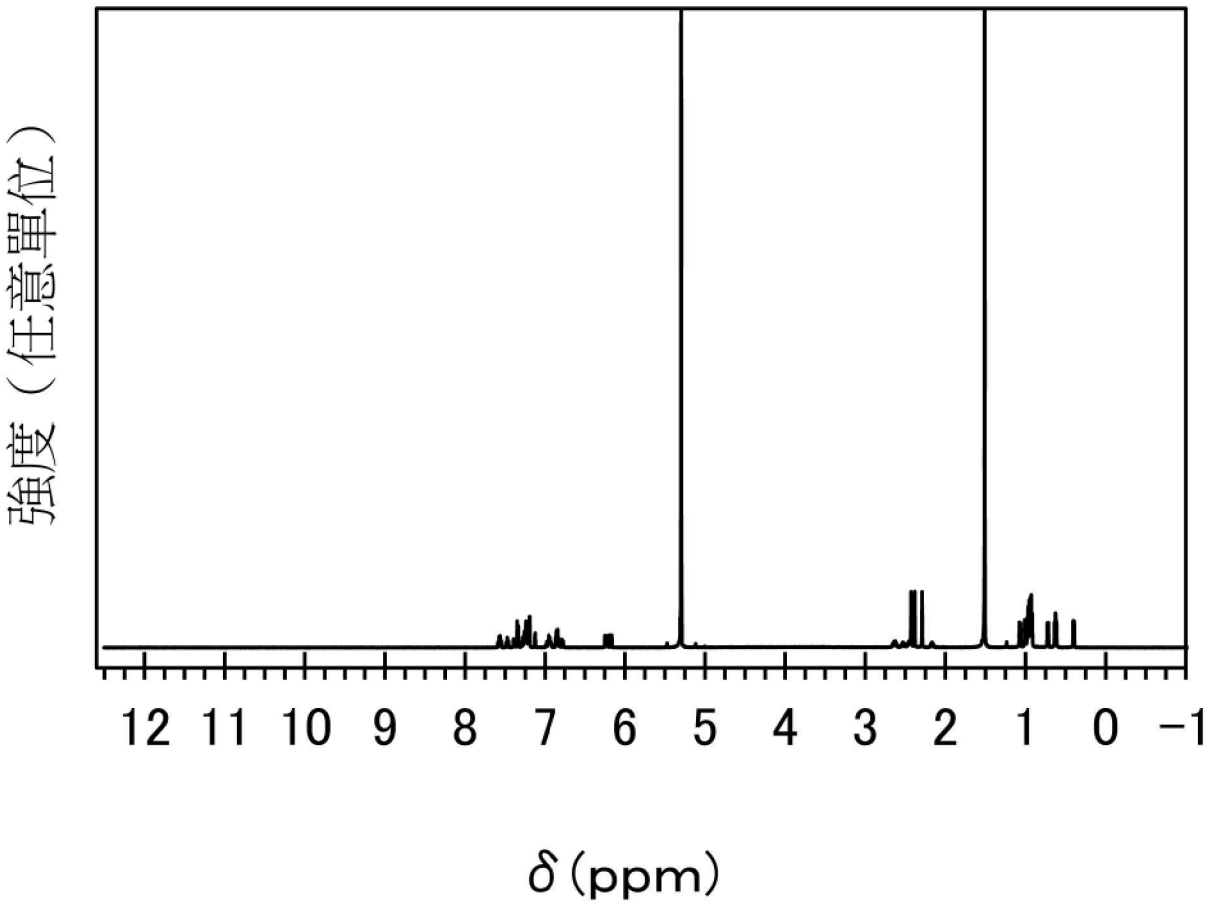
【圖34】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長（nm）

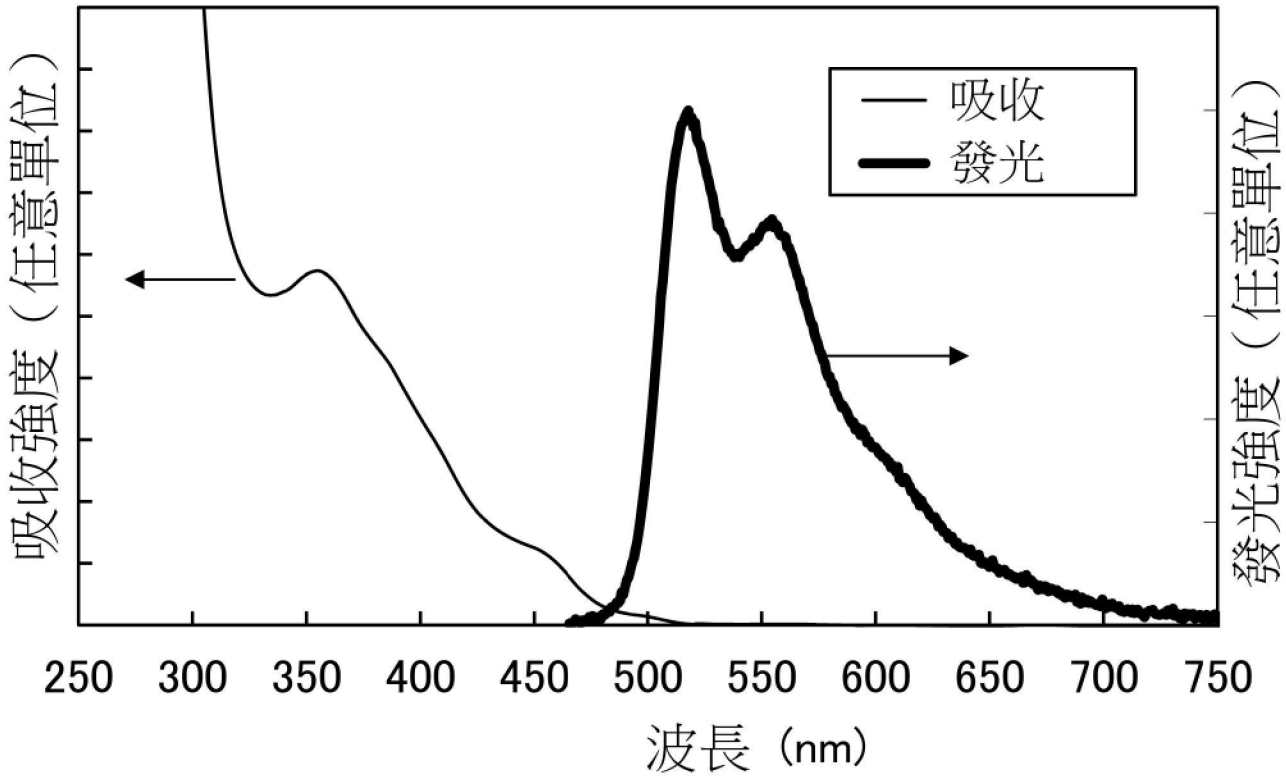
【圖35】


9.E+05
8.E+05
7.E+05
6.E+05
5.E+05
4.E+05
3.E+05
2.E+05
1.E+05
0.E+00
強度（任意單位）
1451.6418
1031.4102
100 300 500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900
m/z

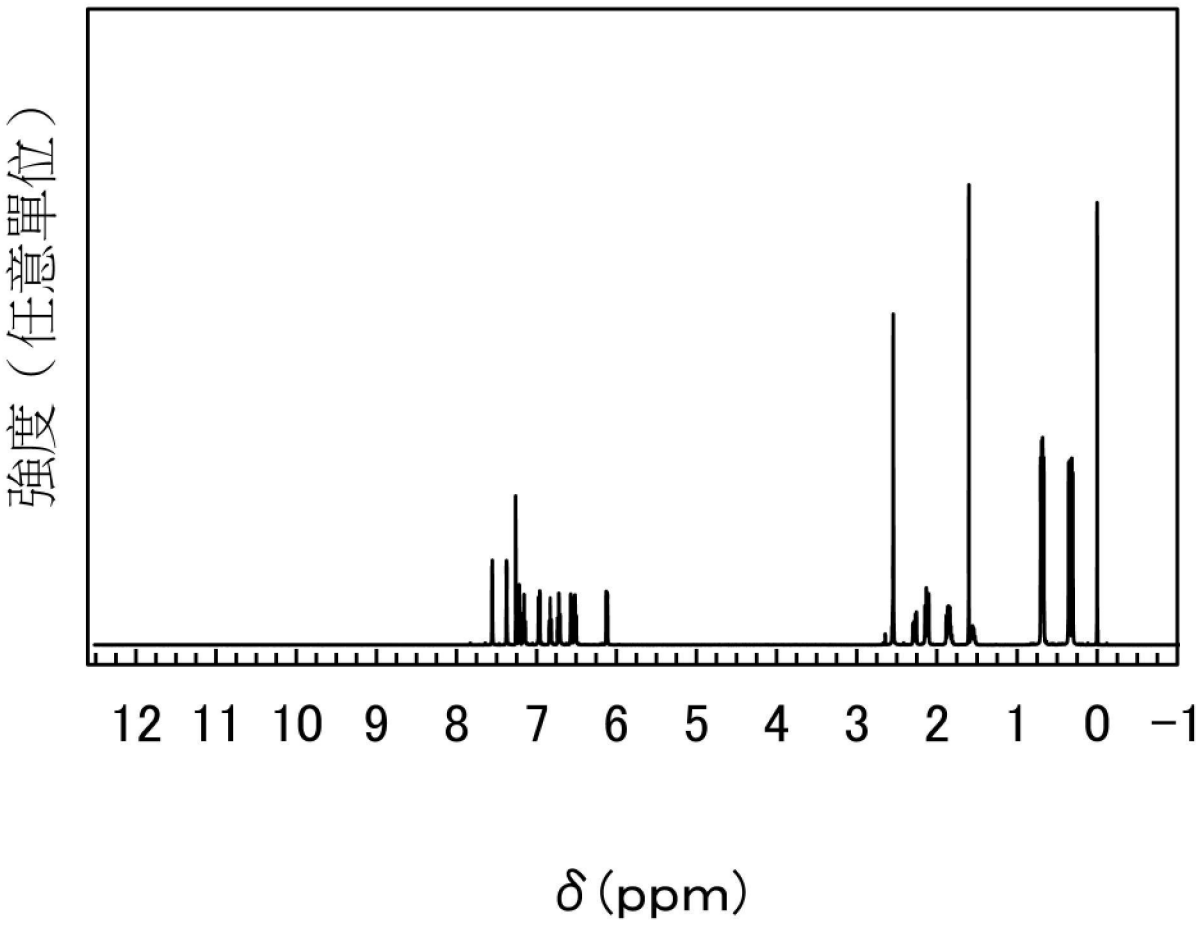
【圖36】



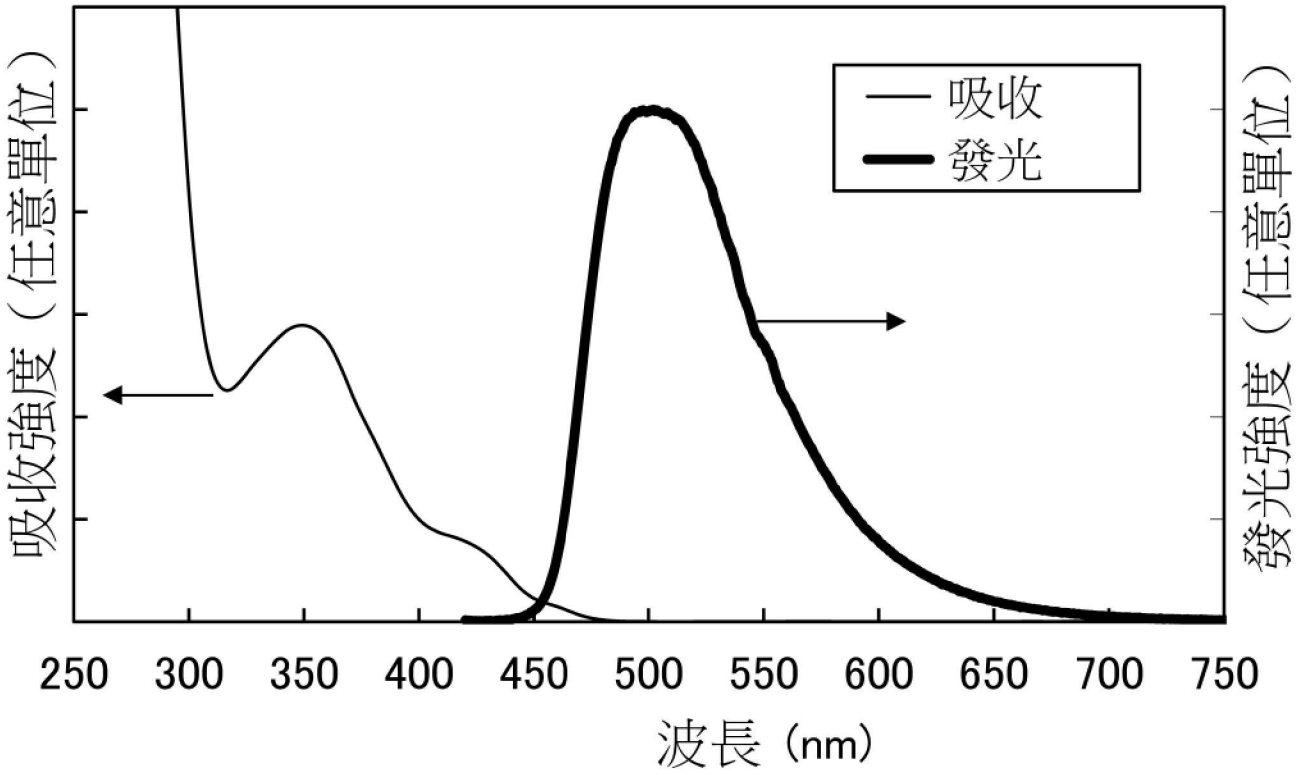
【圖37】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長（nm）

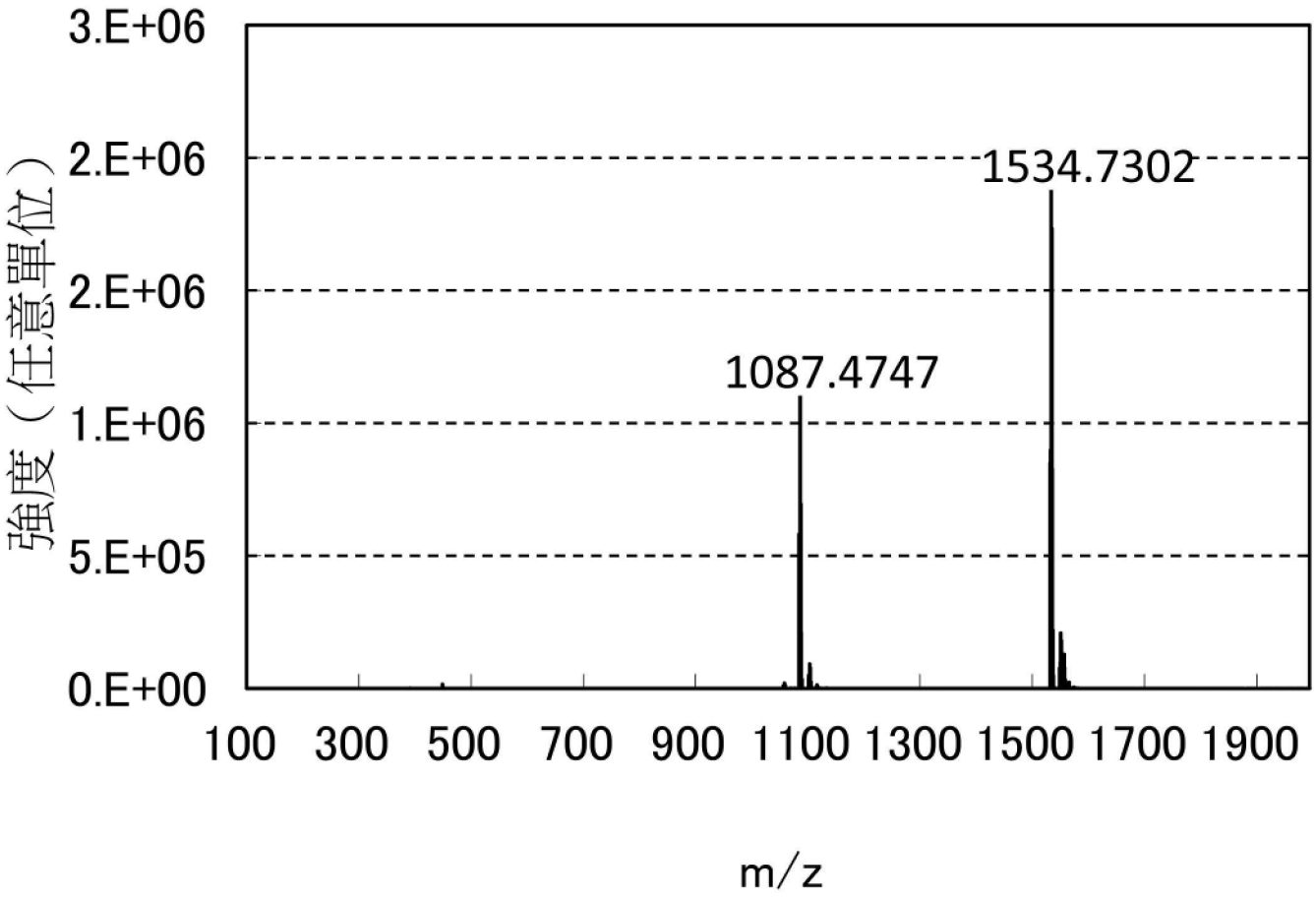
【圖38】



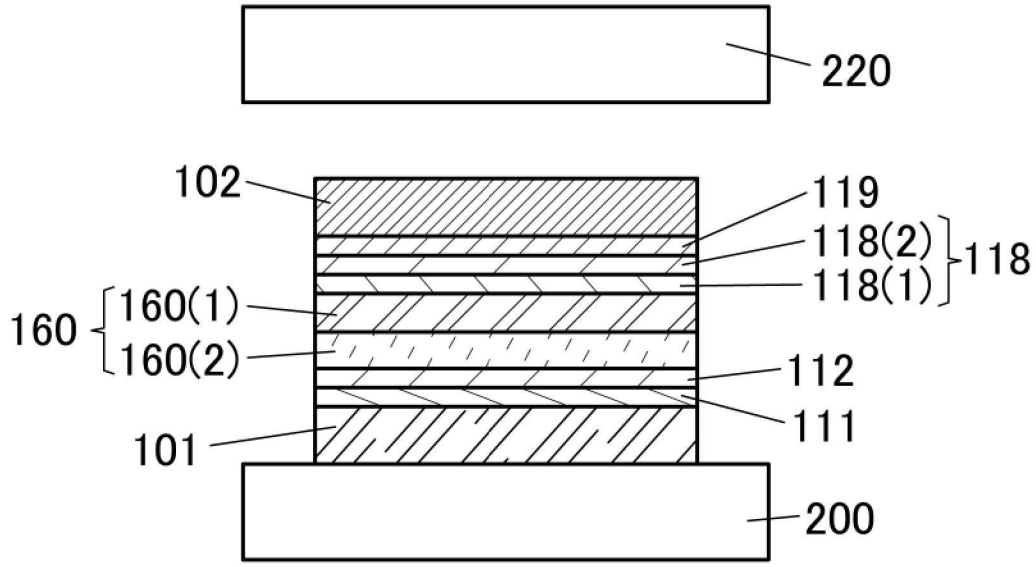
【圖39】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長（nm）

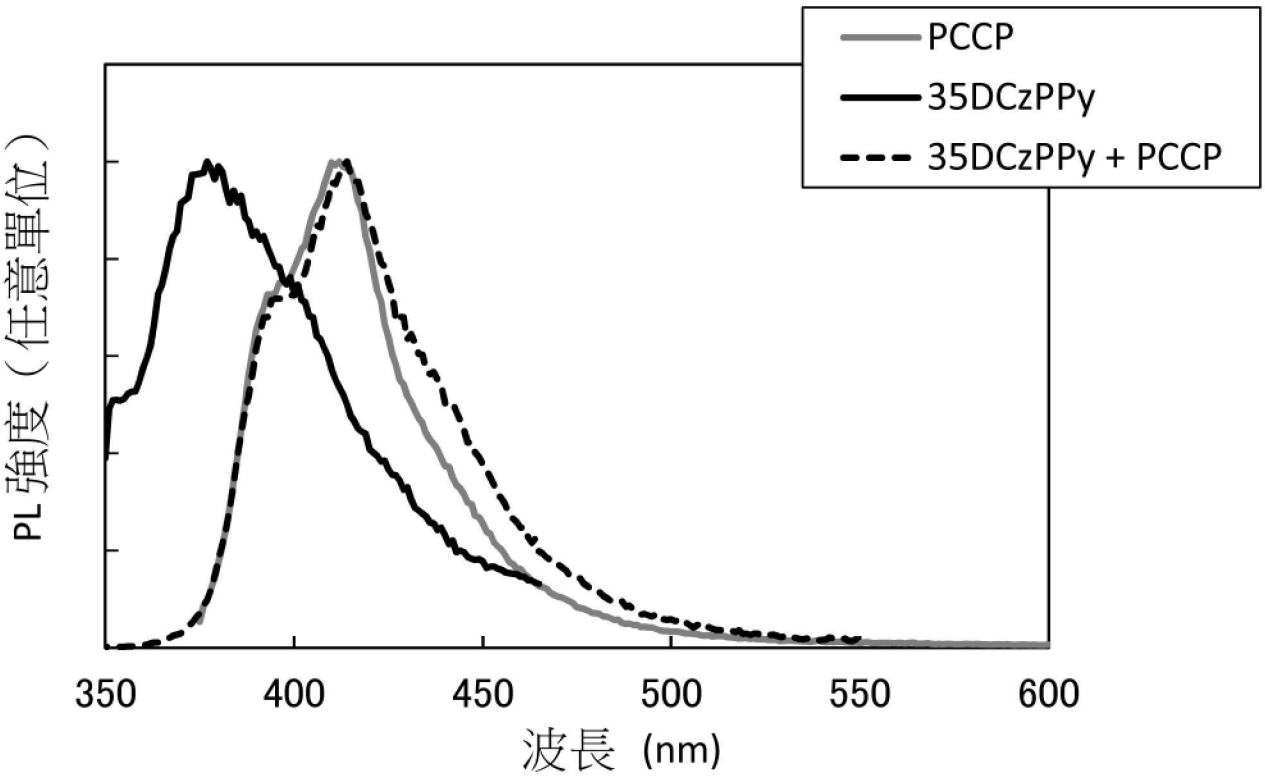
【圖40】


3.E+06
2.E+06
2.E+06
1.E+06
5.E+05
0.E+00
強度（任意單位）
1534.7302
1087.4747
100 300 500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900
m/z

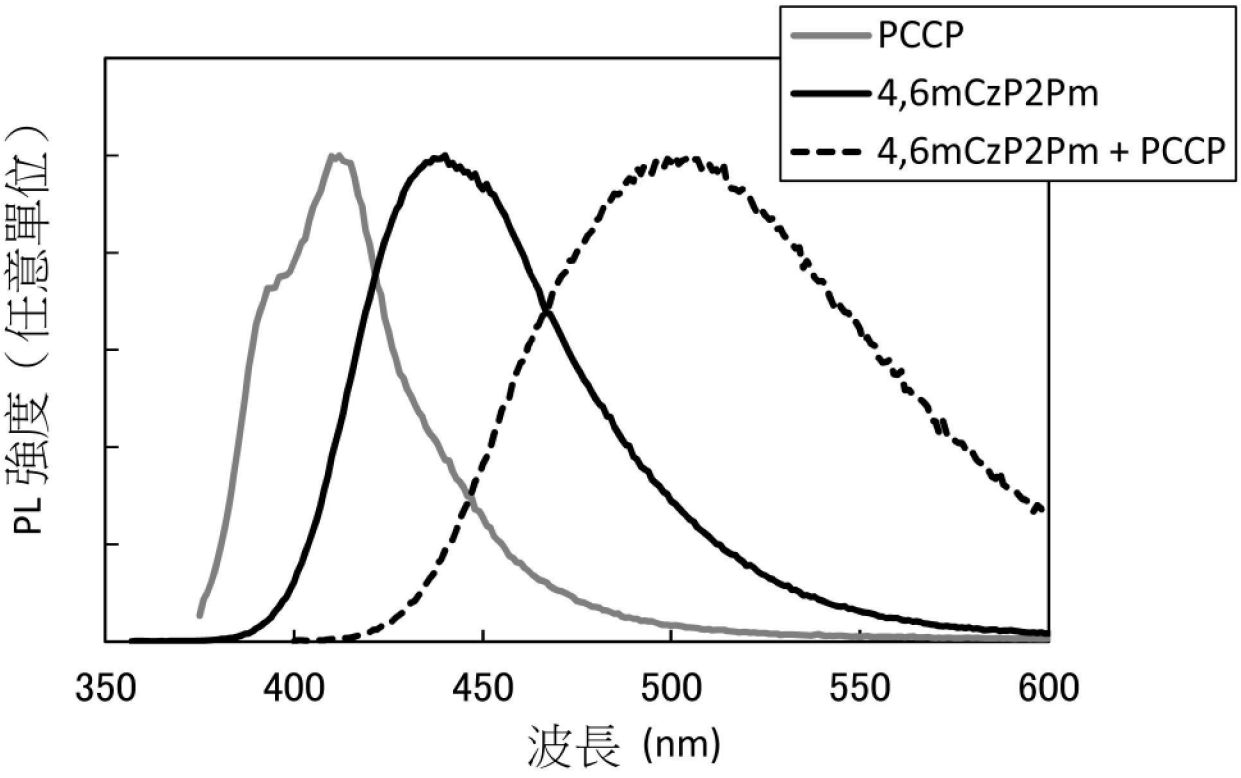
【圖41】



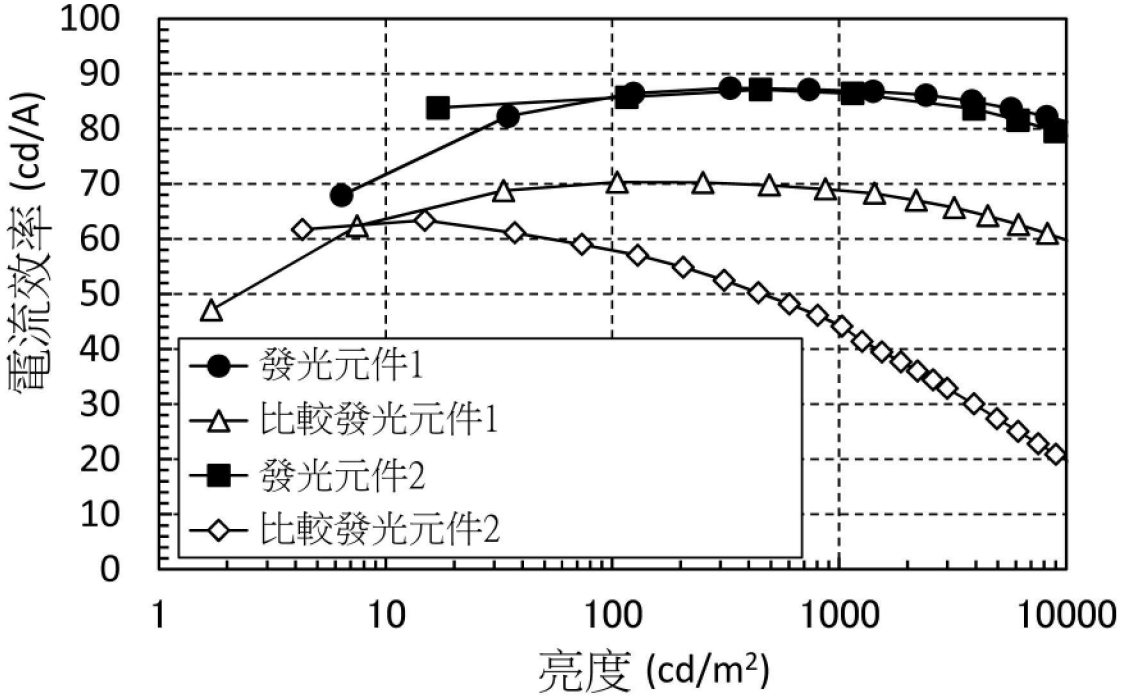
【圖42】


PCCP
35DCzPPy
35DCzPPy + PCCP
PL 強度（任意單位）
350
400
450
500
550
600
波長 (nm)

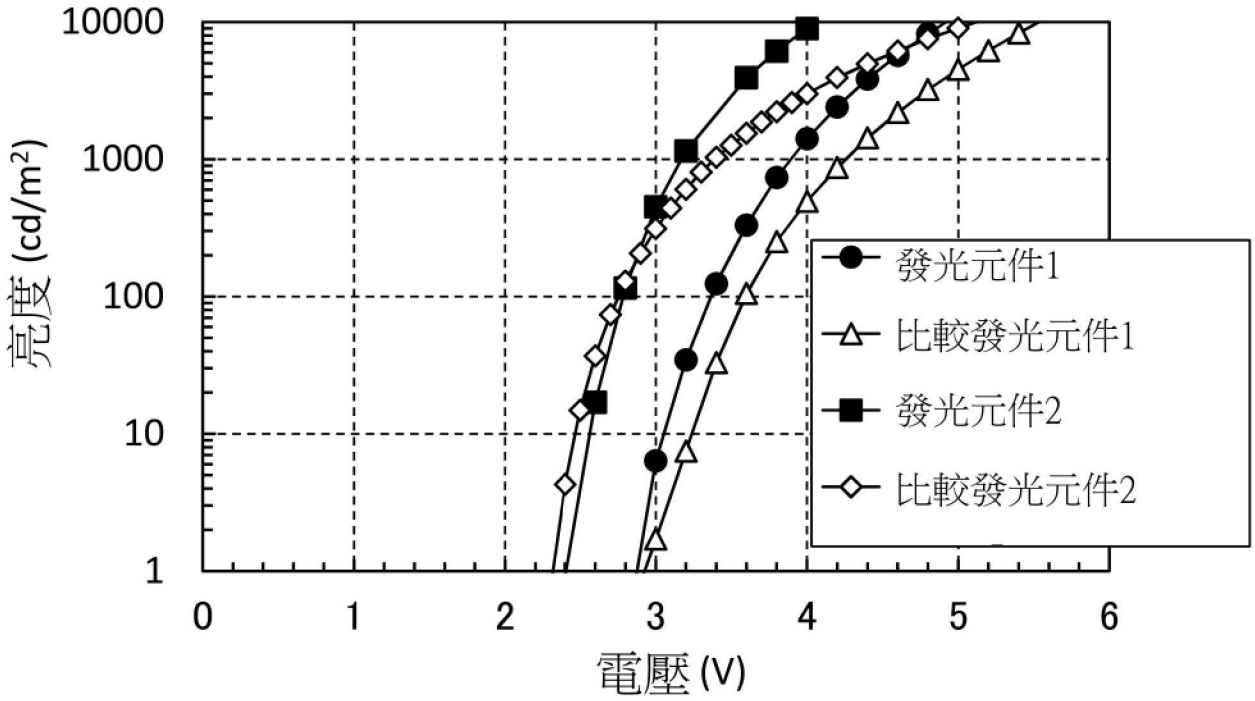
【圖43A】


PCCP
4,6mCzP2Pm
4,6mCzP2Pm + PCCP
PL 強度（任意單位）
350
400
450
500
550
600
波長 (nm)

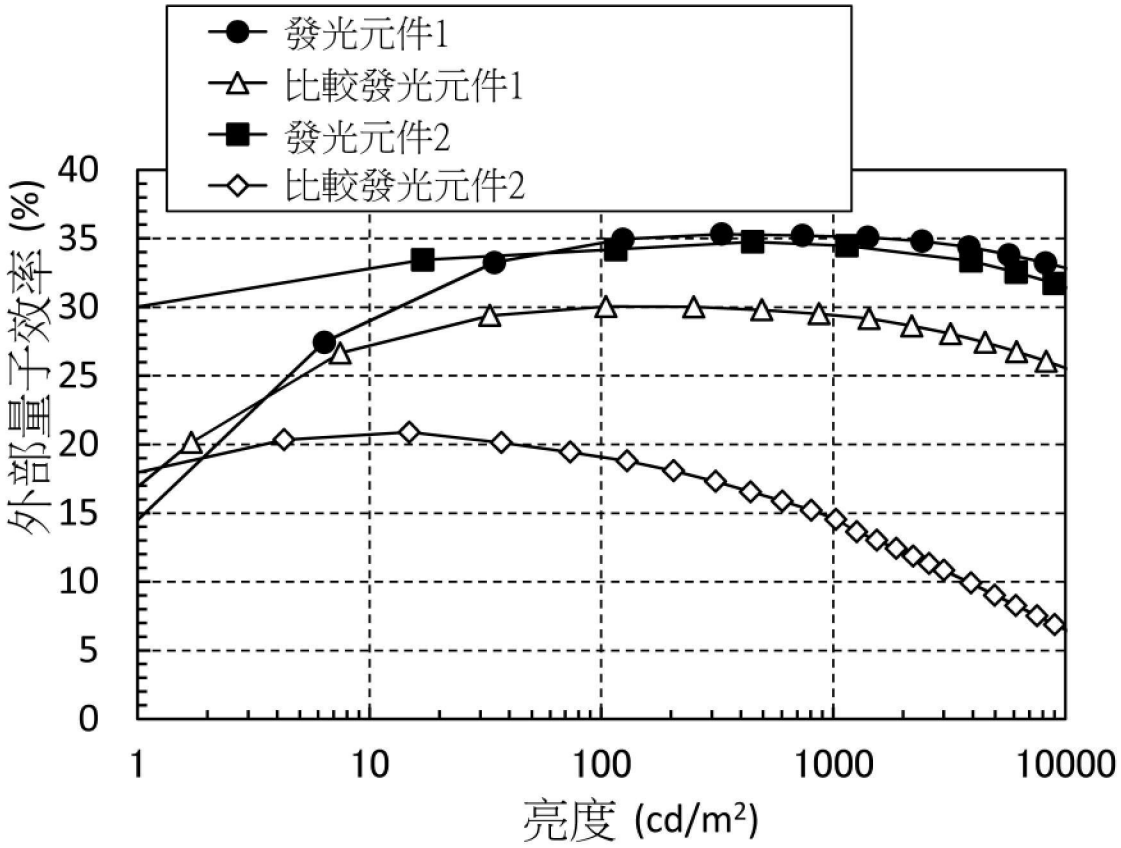
【圖43B】


電流效率 (cd/A)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光元件1
比較發光元件1
發光元件2
比較發光元件2

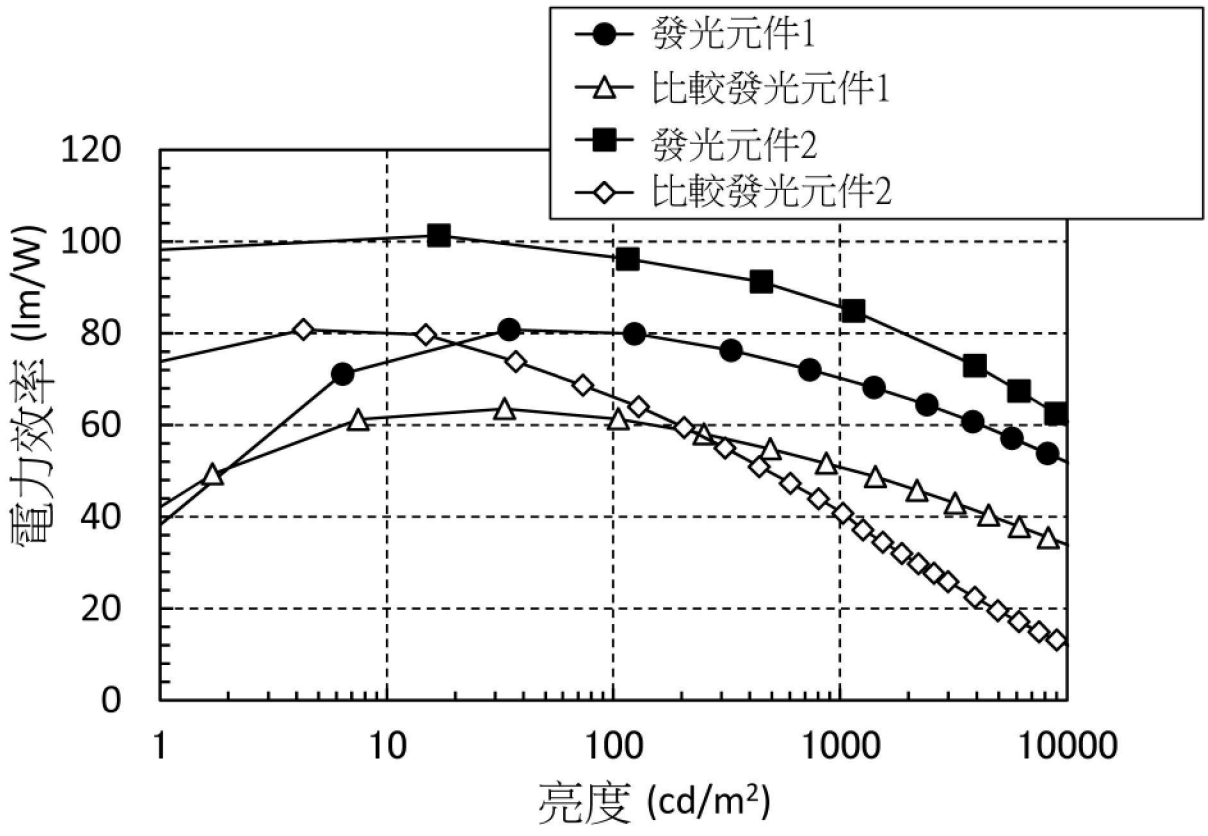
【圖44】


亮度 (cd/m²)
10000
1000
100
10
1
0
1
2
3
4
5
6
電壓 (V)
發光元件1
比較發光元件1
發光元件2
比較發光元件2

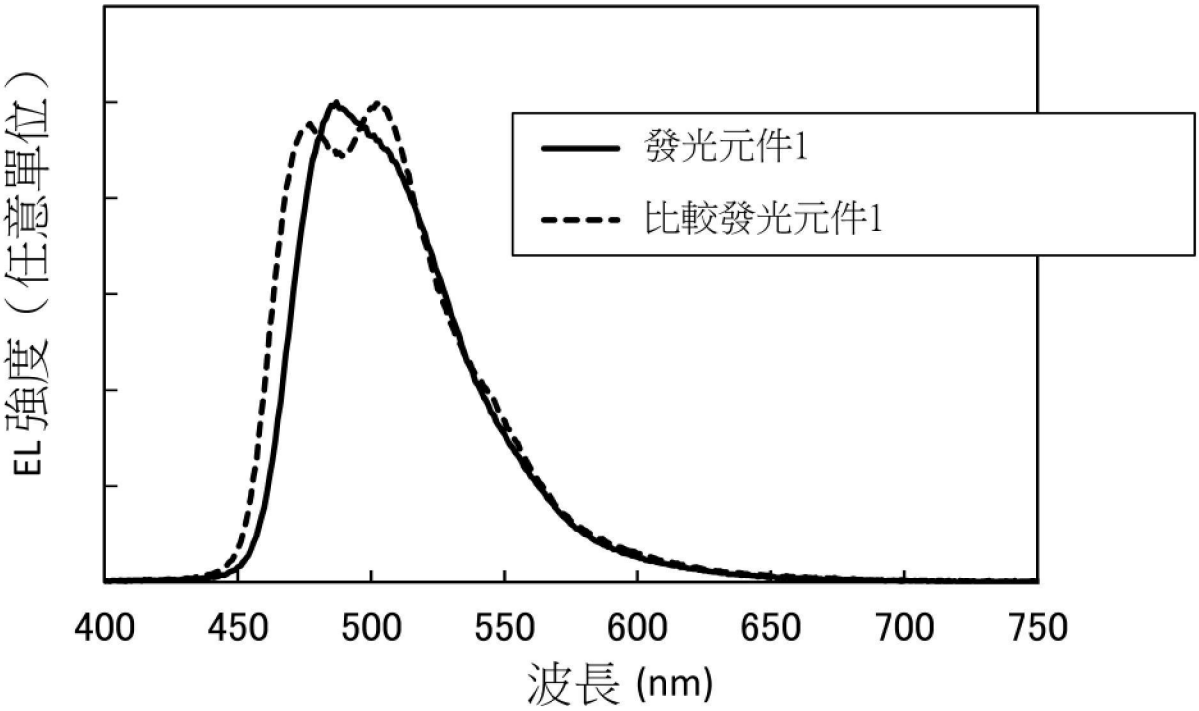
【圖45】


發光元件1
比較發光元件1
發光元件2
比較發光元件2
外部量子效率 (%)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

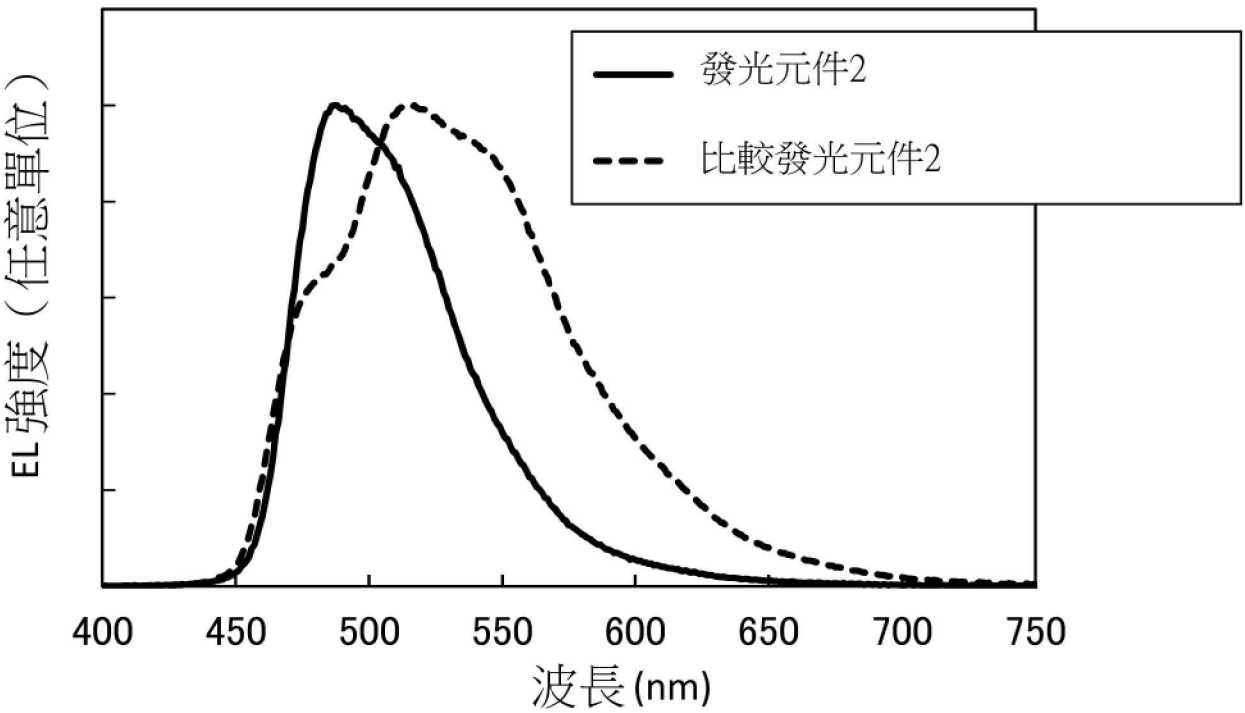
【圖46】


發光元件1
比較發光元件1
發光元件2
比較發光元件2
電力效率 (lm/W)
0
20
40
60
80
100
120
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

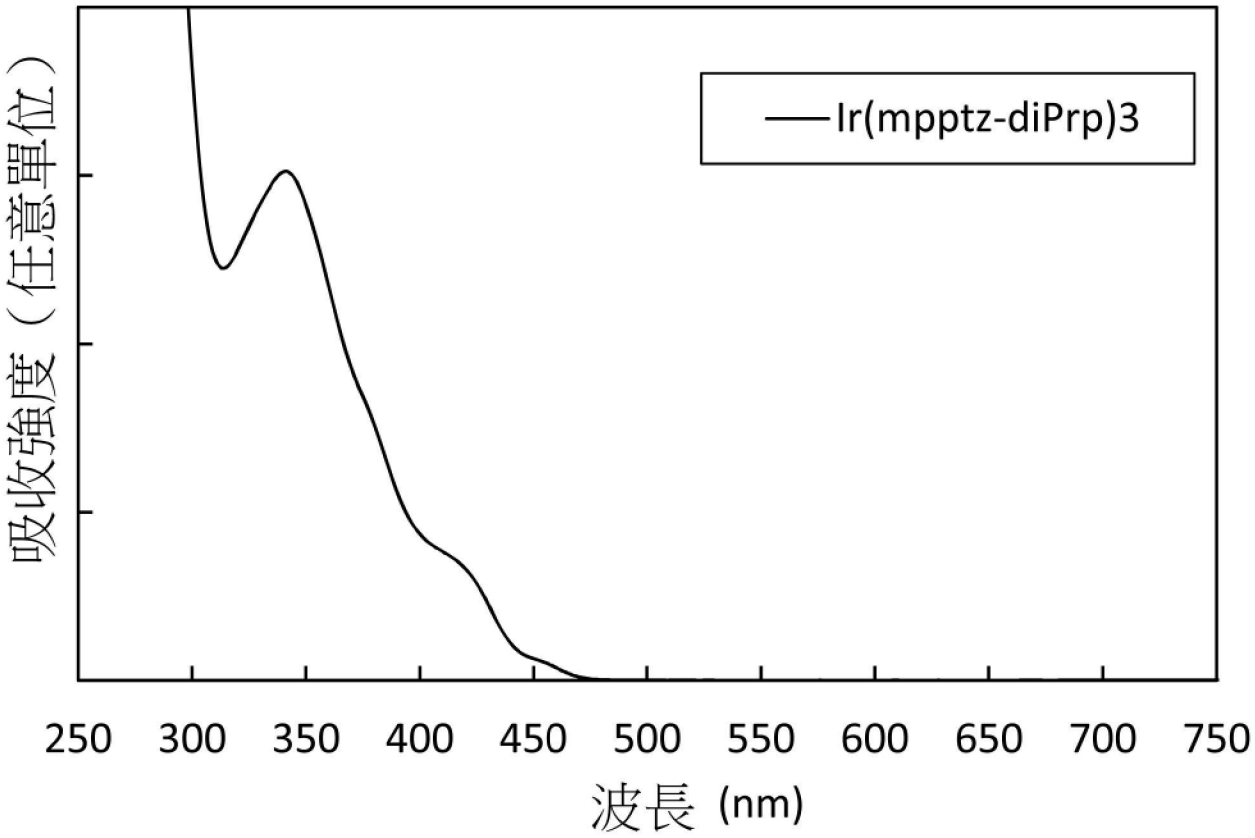
【圖47】


EL強度（任意單位）
發光元件1
比較發光元件1
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)

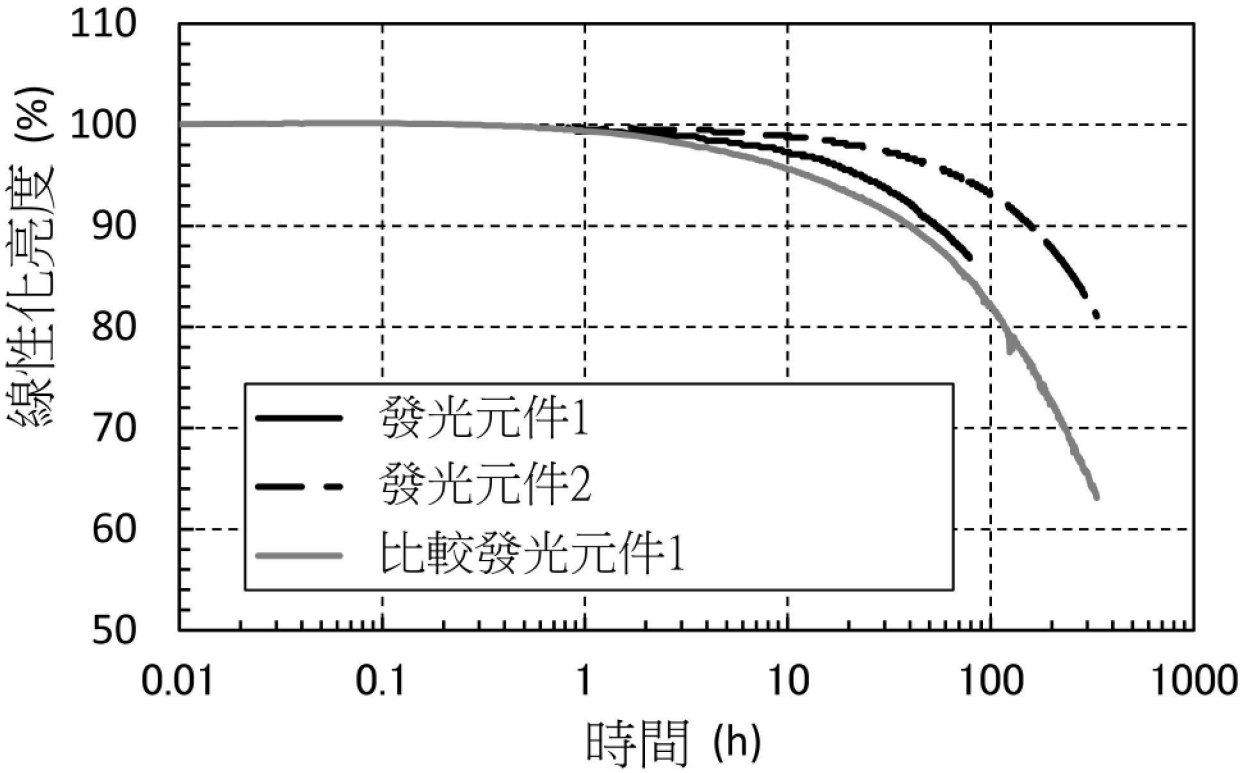
【圖48A】


EL強度（任意單位）
發光元件2
比較發光元件2
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)

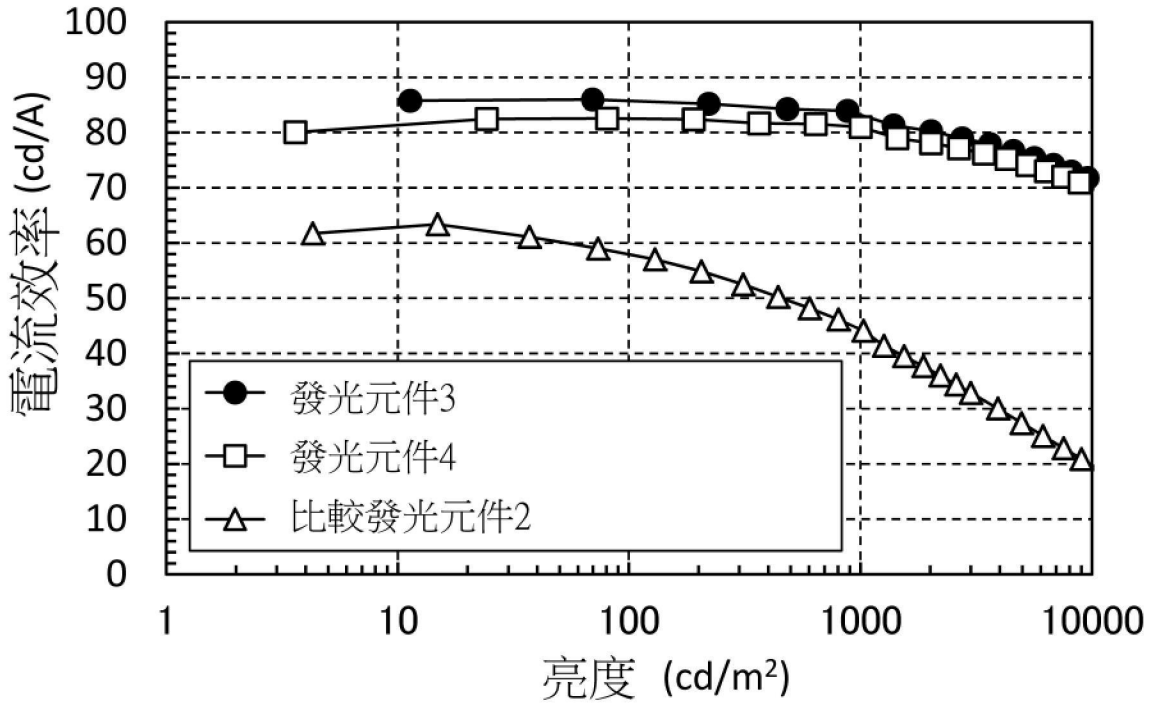
【圖48B】


吸收強度（任意單位）
Ir(mpptz-diPrp)3
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)

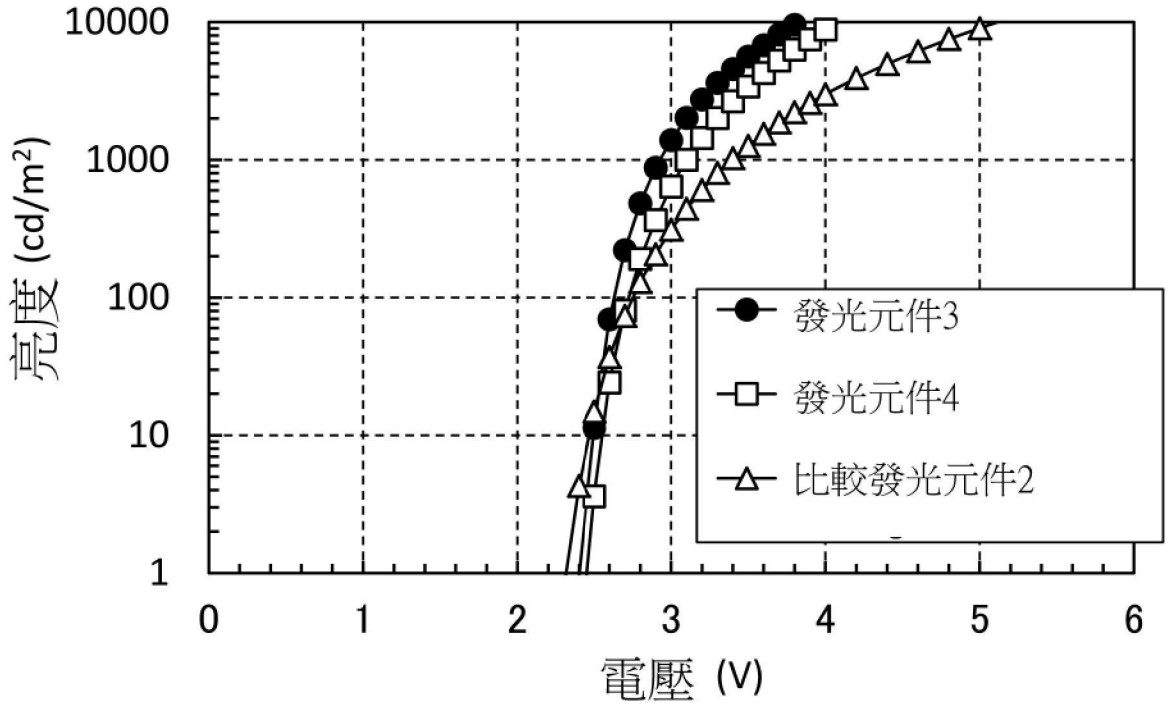
【圖49】


110
100
90
80
70
60
50
線性化亮度 (%)
0.01
0.1
1
10
100
1000
時間 (h)
發光元件1
發光元件2
比較發光元件1

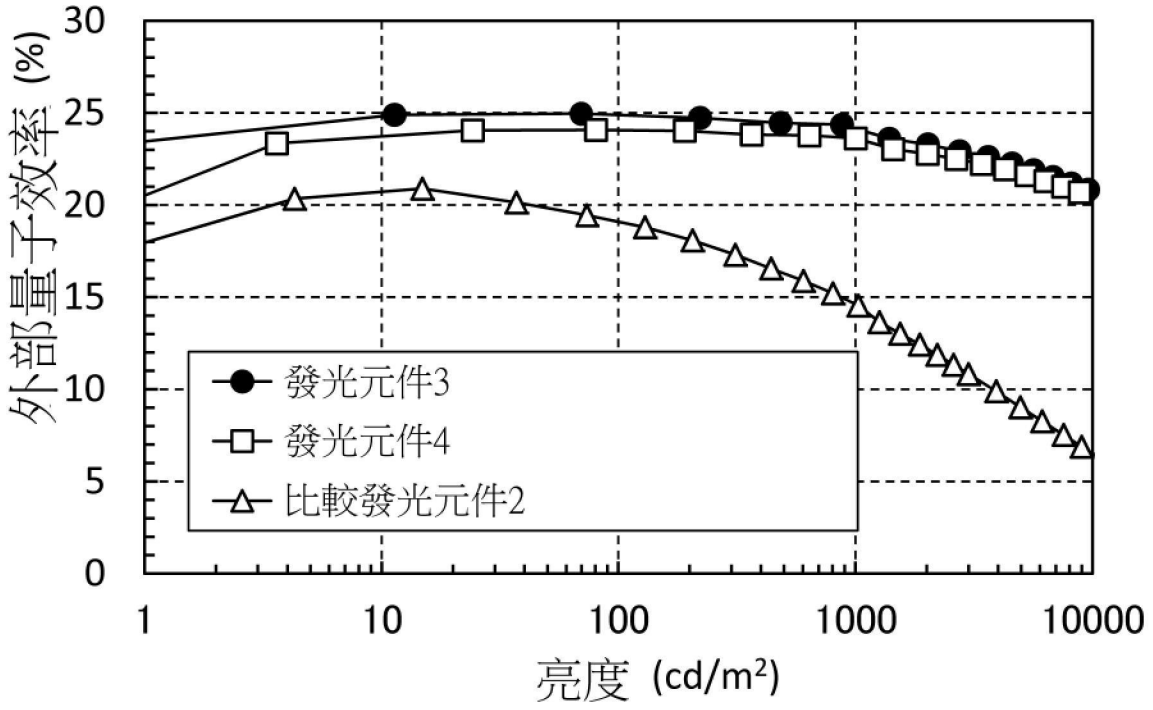
【圖50】


100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
電流效率 (cd/A)
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光元件3
發光元件4
比較發光元件2

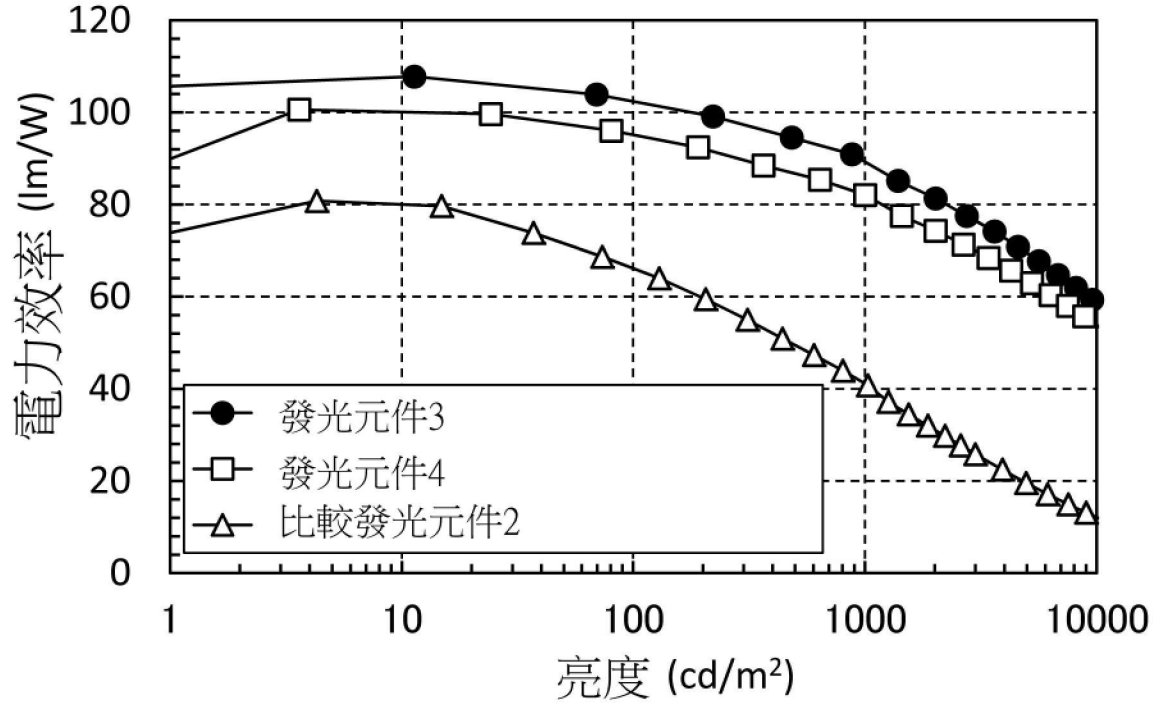
【圖51】


10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
0
1
2
3
4
5
6
電壓 (V)
發光元件3
發光元件4
比較發光元件2

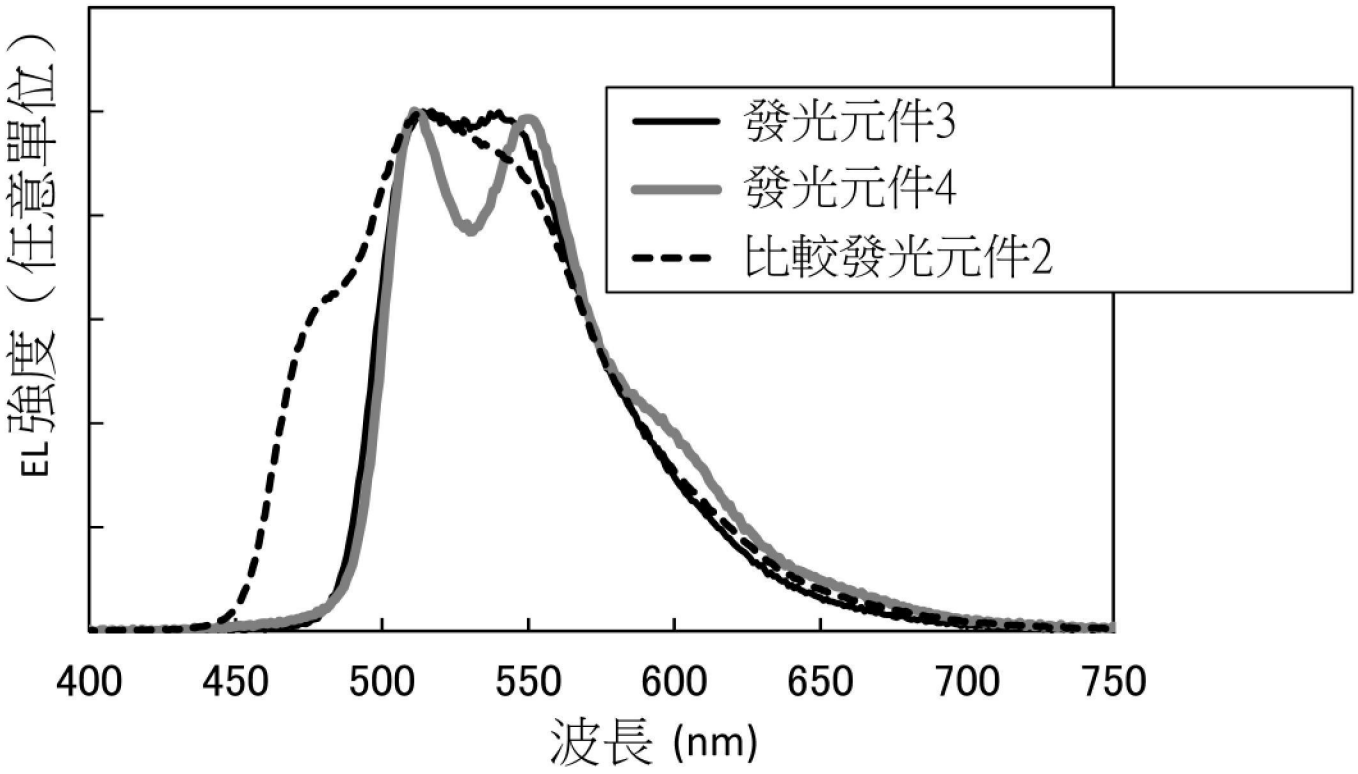
【圖52】


外部量子效率 (%)
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光元件3
發光元件4
比較發光元件2

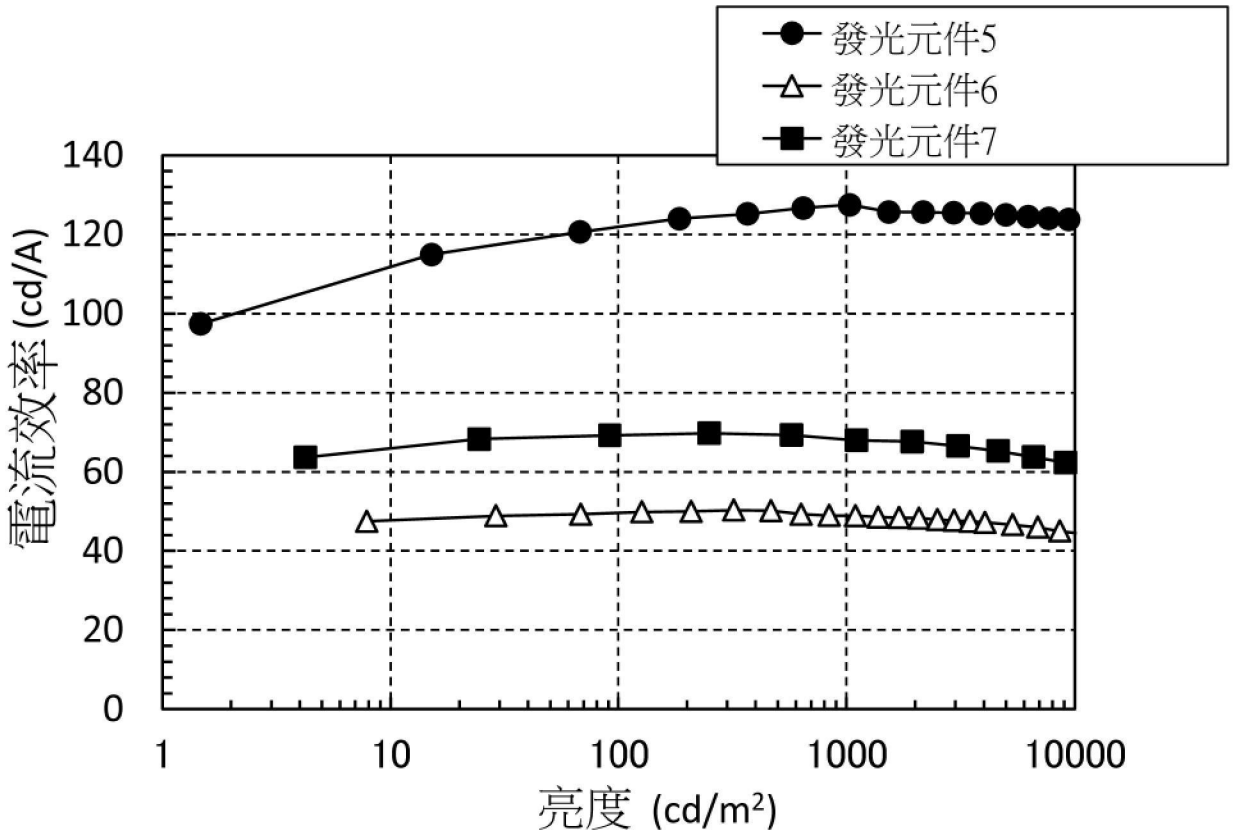
【圖53】


電力效率 (lm/W)
120
100
80
60
40
20
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光元件3
發光元件4
比較發光元件2

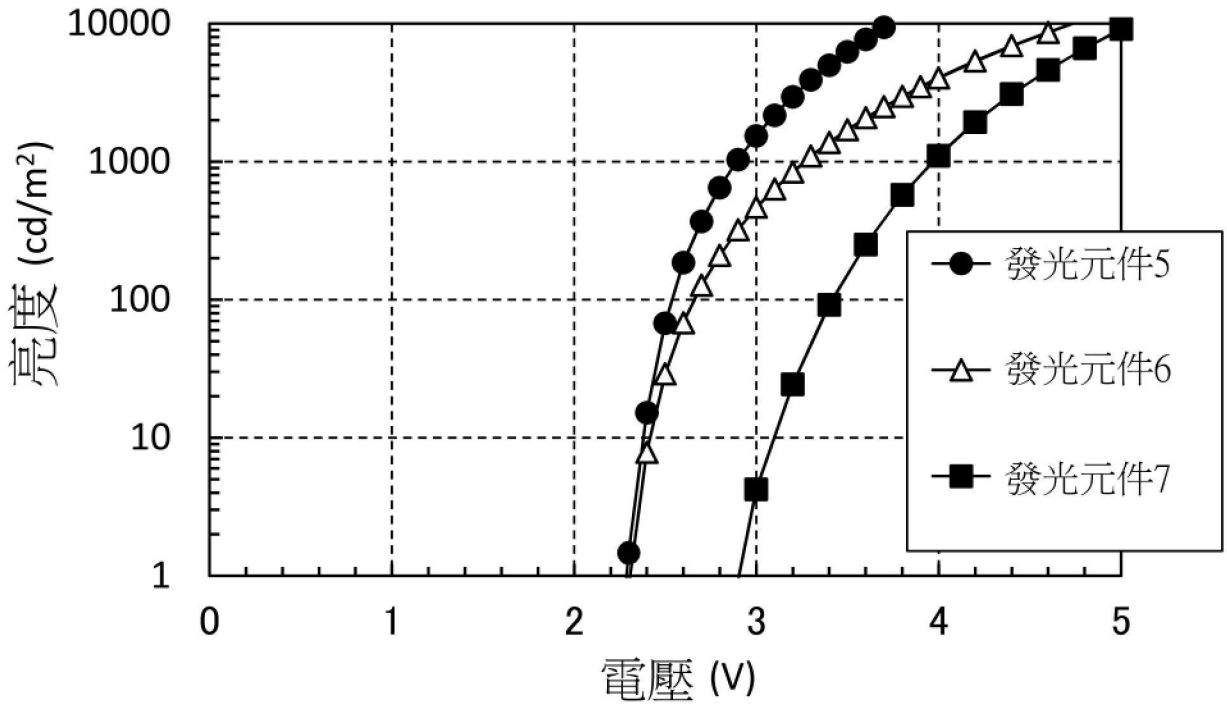
【圖54】


EL強度（任意單位）
發光元件3
發光元件4
比較發光元件2
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)

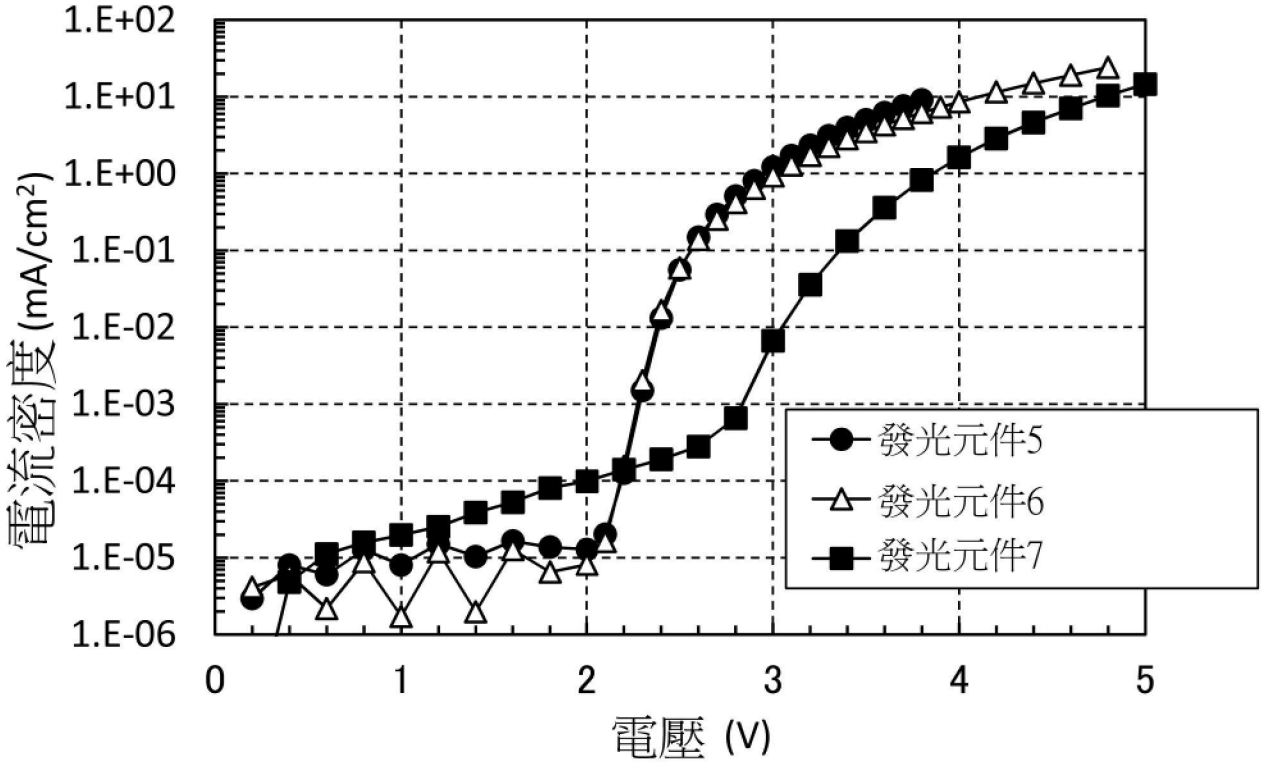
【圖55】


發光元件5
發光元件6
發光元件7
電流效率 (cd/A)
140
120
100
80
60
40
20
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

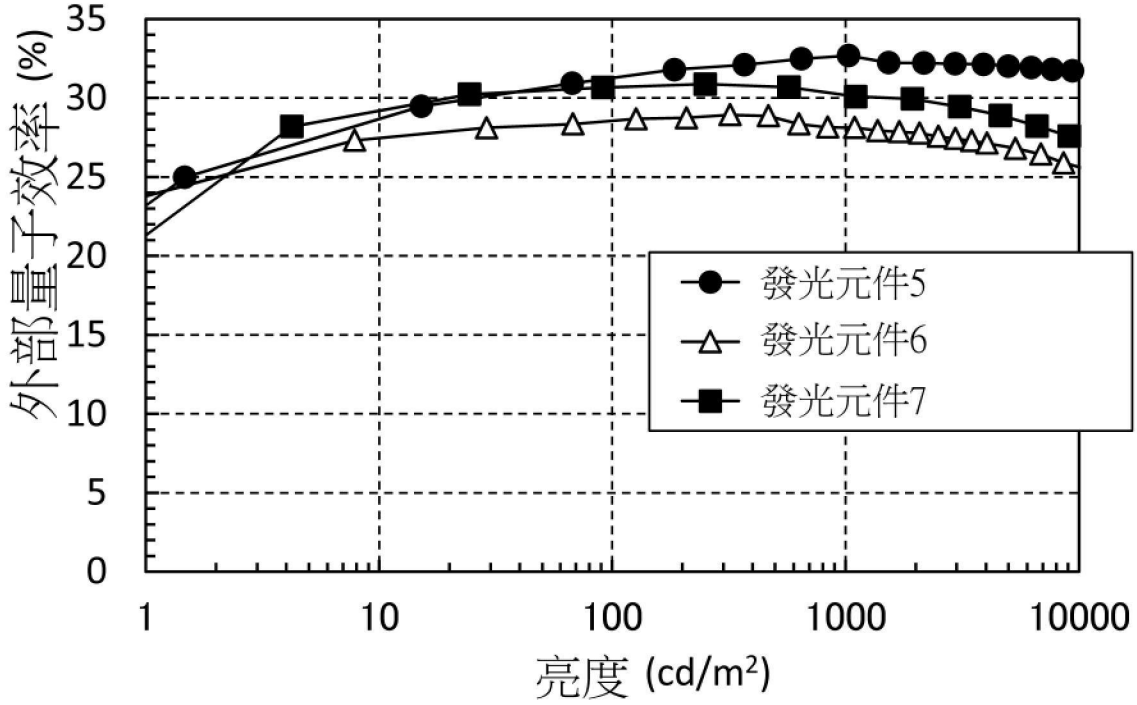
【圖56】


亮度 (cd/m²)
10000
1000
100
10
1
0
1
2
3
4
5
電壓 (V)
發光元件5
發光元件6
發光元件7

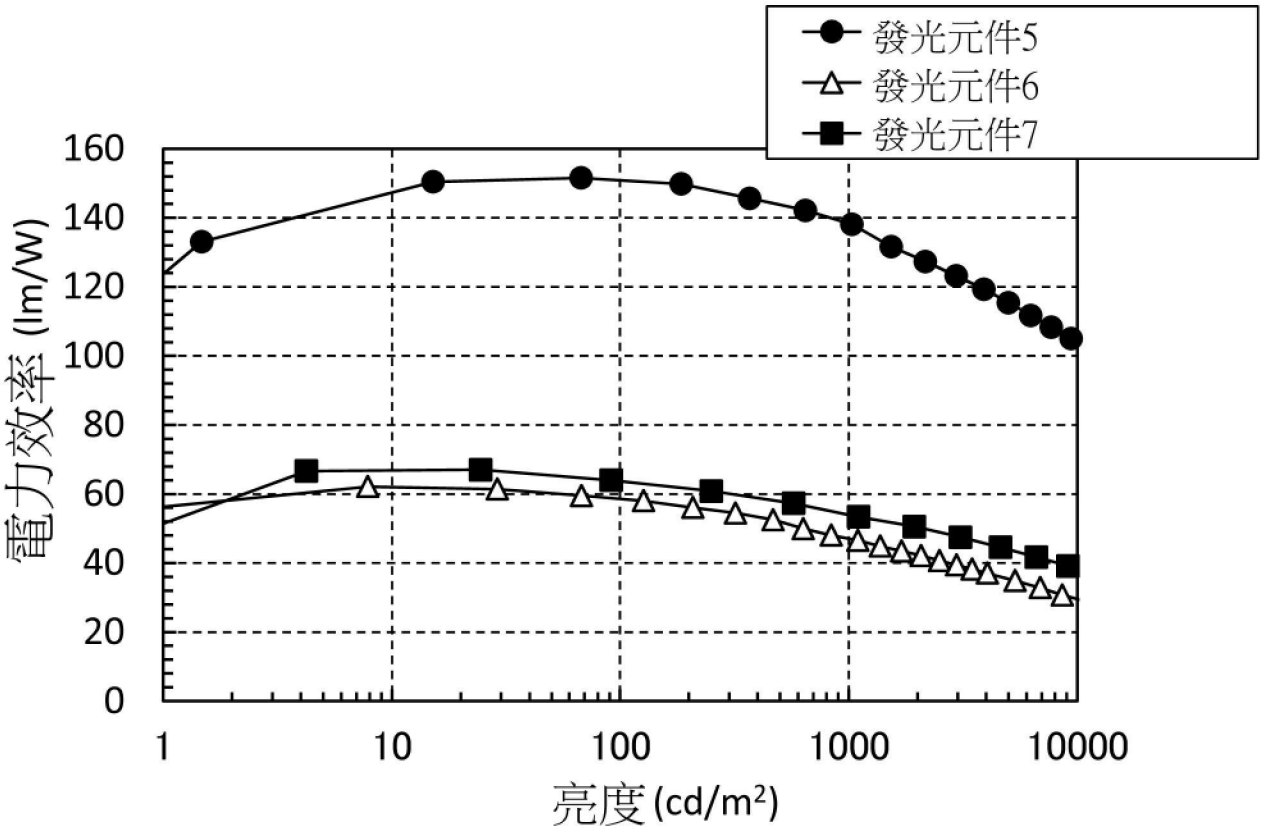
【圖57】


1.E+02
1.E+01
1.E+00
1.E-01
1.E-02
1.E-03
1.E-04
1.E-05
1.E-06
電流密度 (mA/cm²)
0
1
2
3
4
5
電壓 (V)
發光元件5
發光元件6
發光元件7

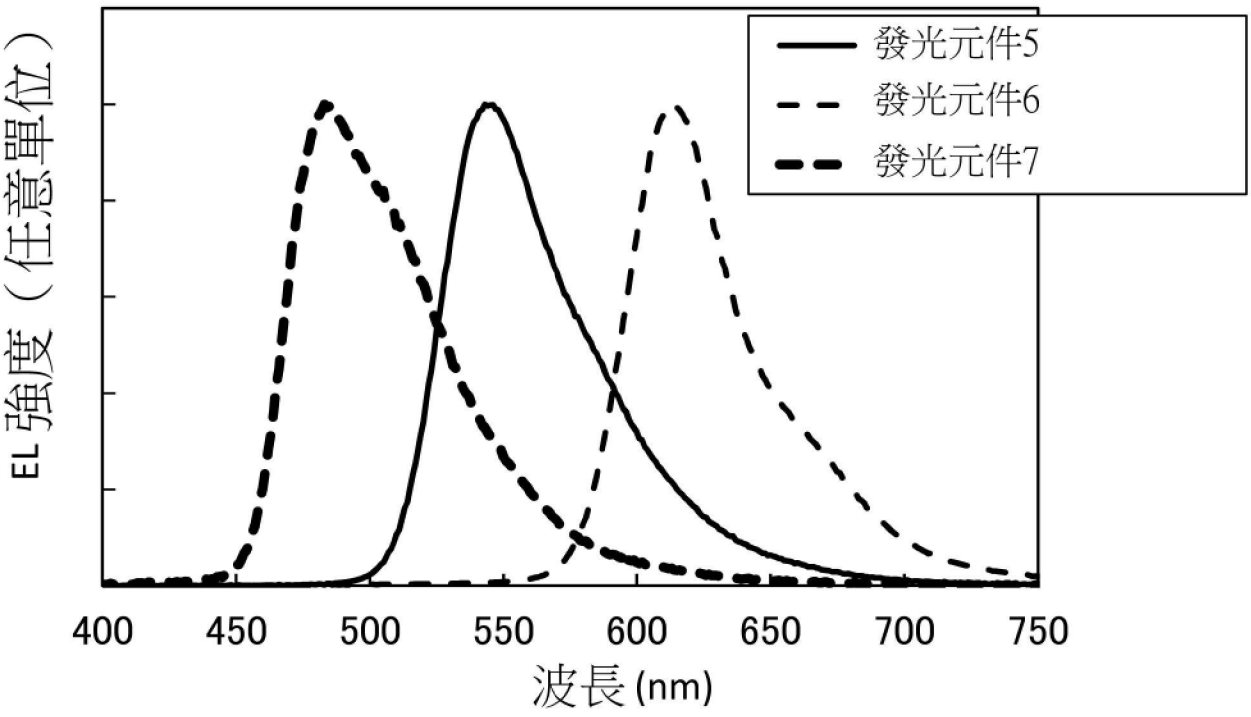
【圖58】


35
30
25
20
15
10
5
0
外部量子效率 (%)
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光元件5
發光元件6
發光元件7

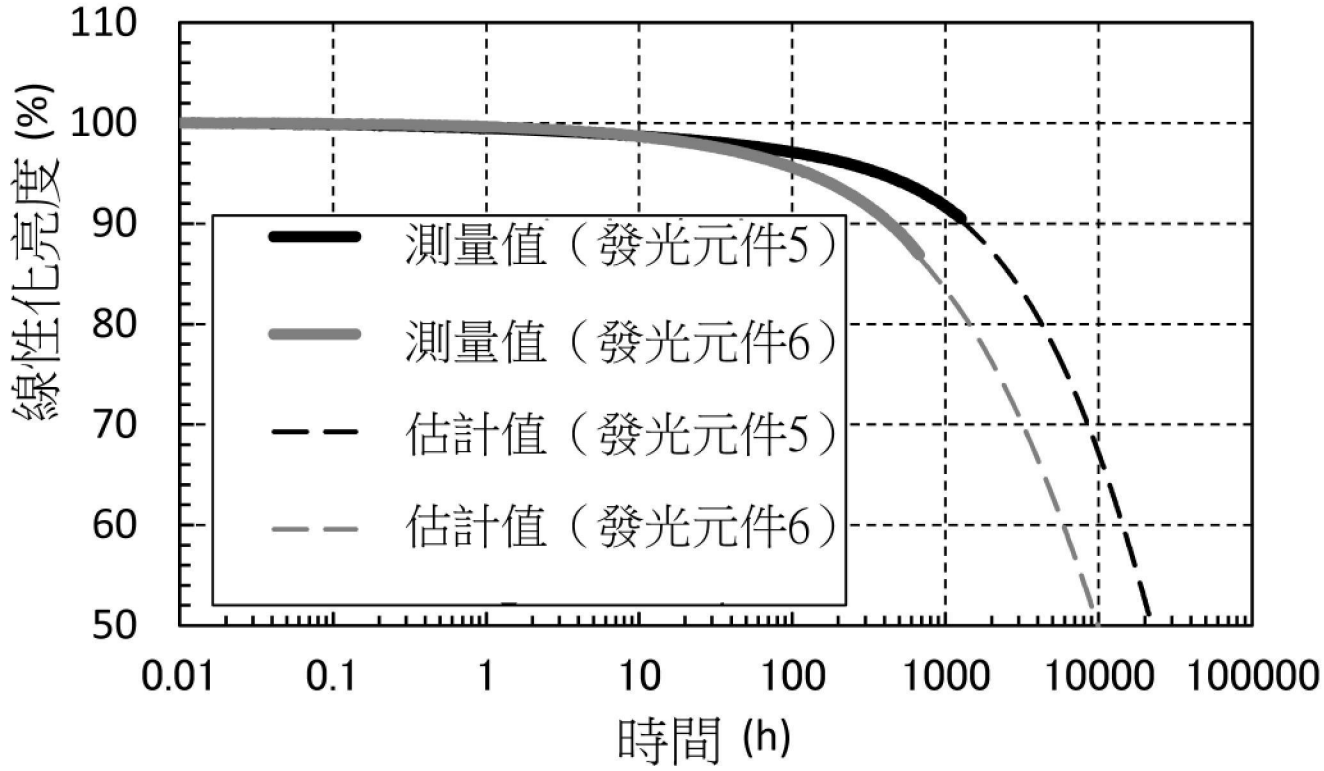
【圖59】


發光元件5
發光元件6
發光元件7
電力效率 (lm/W)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

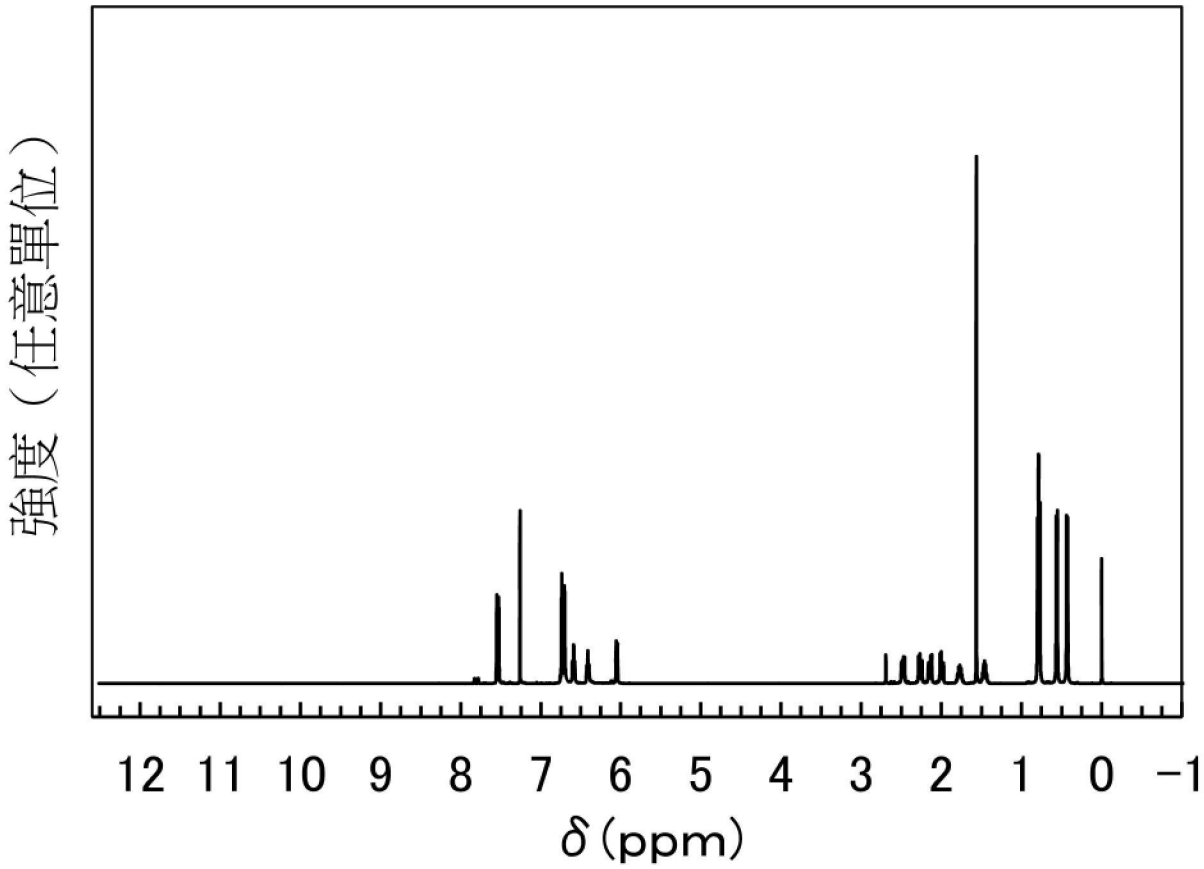
【圖60】


發光元件5
發光元件6
發光元件7
EL 強度（任意單位）
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)

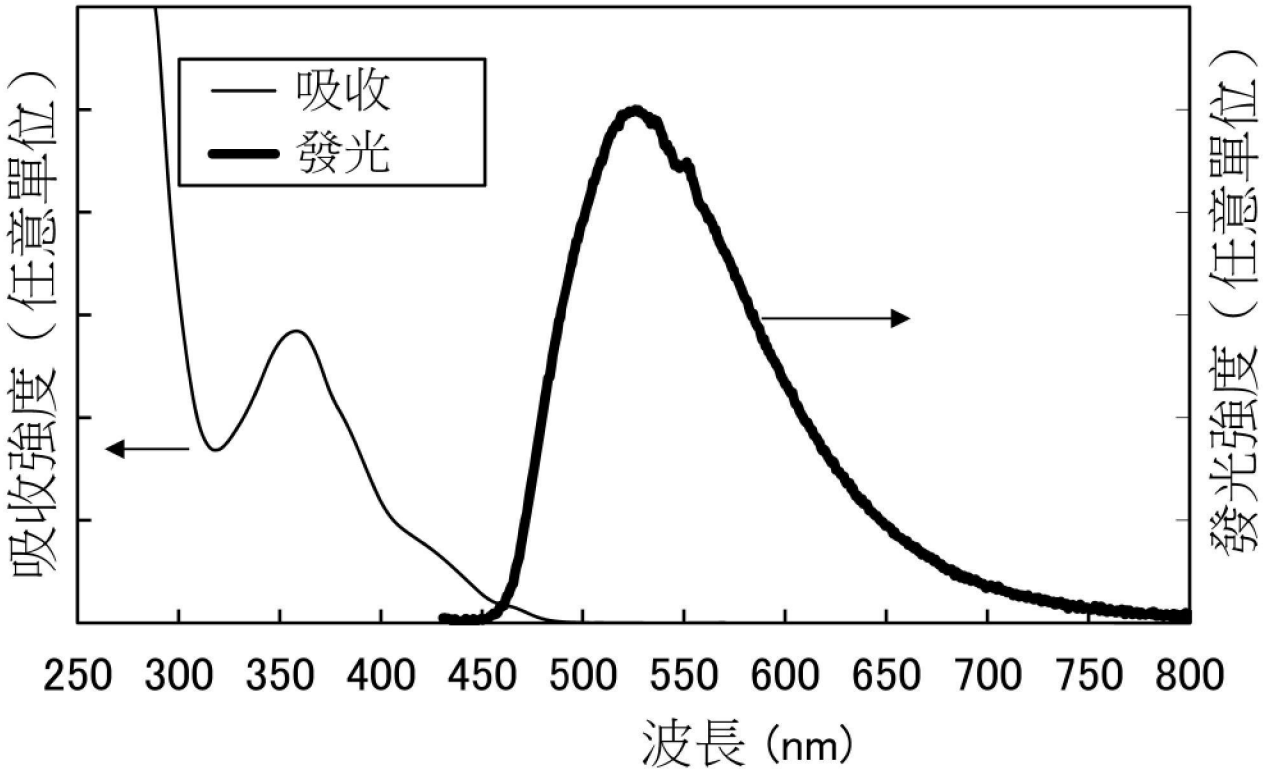
【圖61】


110
100
90
80
70
60
50
線性化亮度 (%)
測量值（發光元件5）
測量值（發光元件6）
估計值（發光元件5）
估計值（發光元件6）
0.01
0.1
1
10
100
1000
10000
100000
時間 (h)

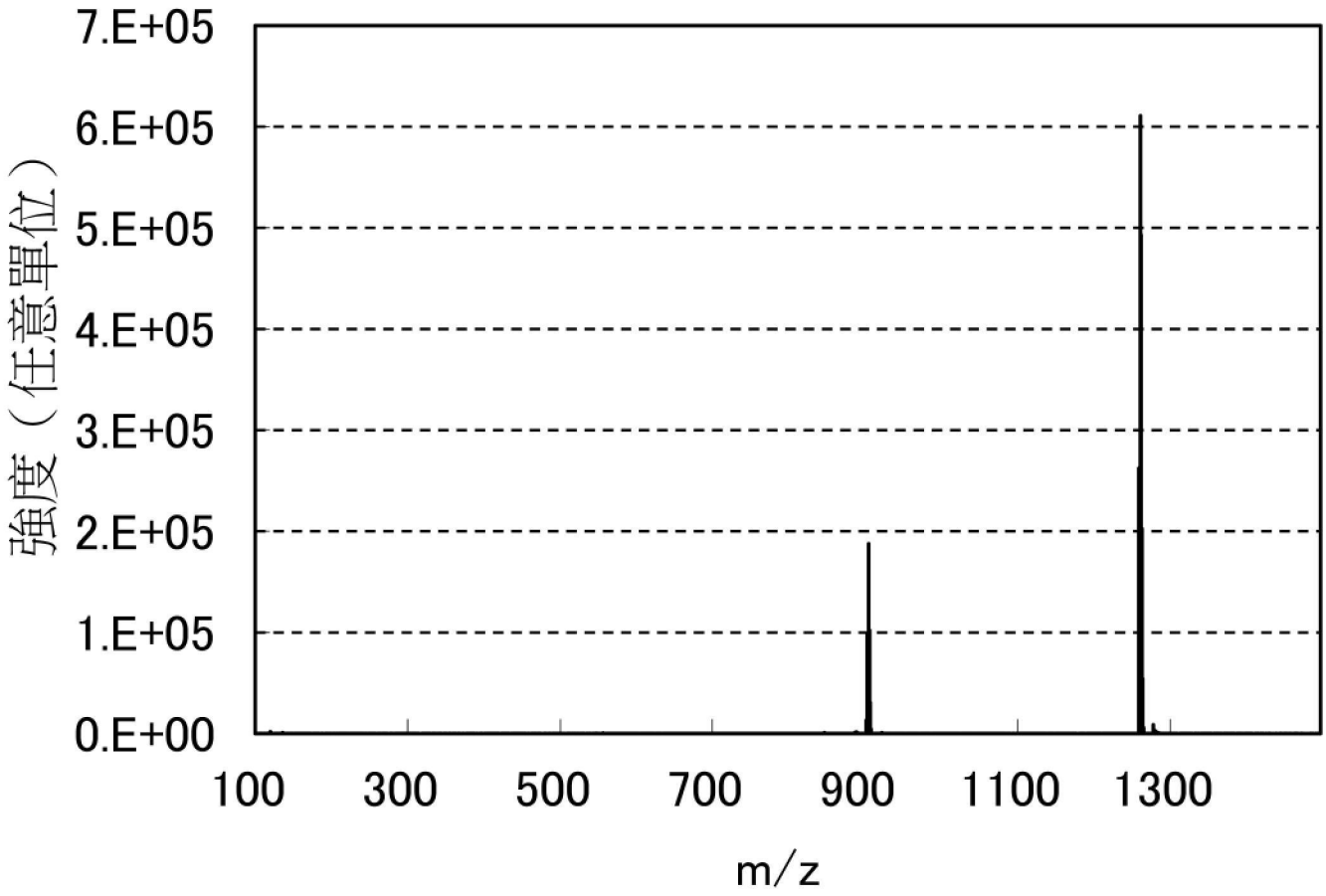
【圖62】



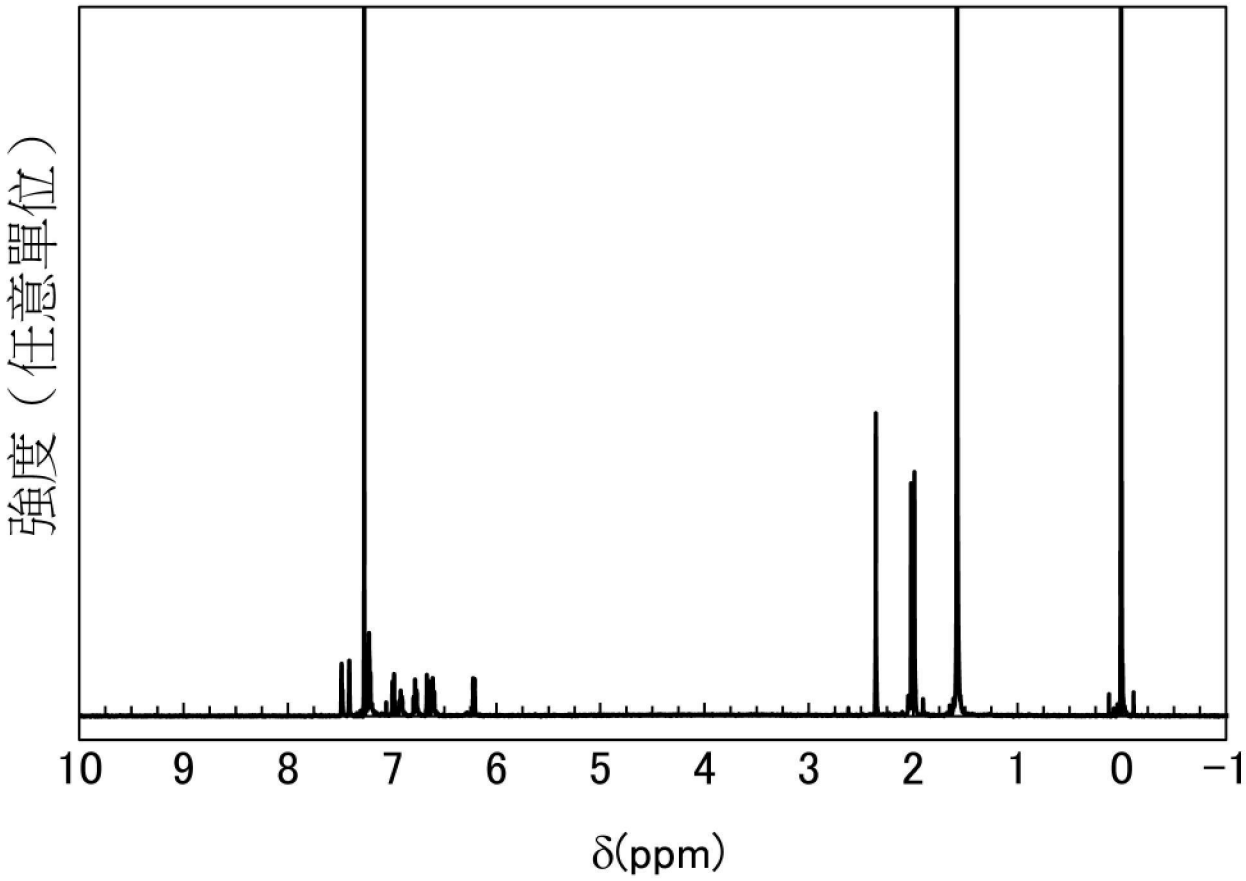
【圖63】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800
波長 (nm)

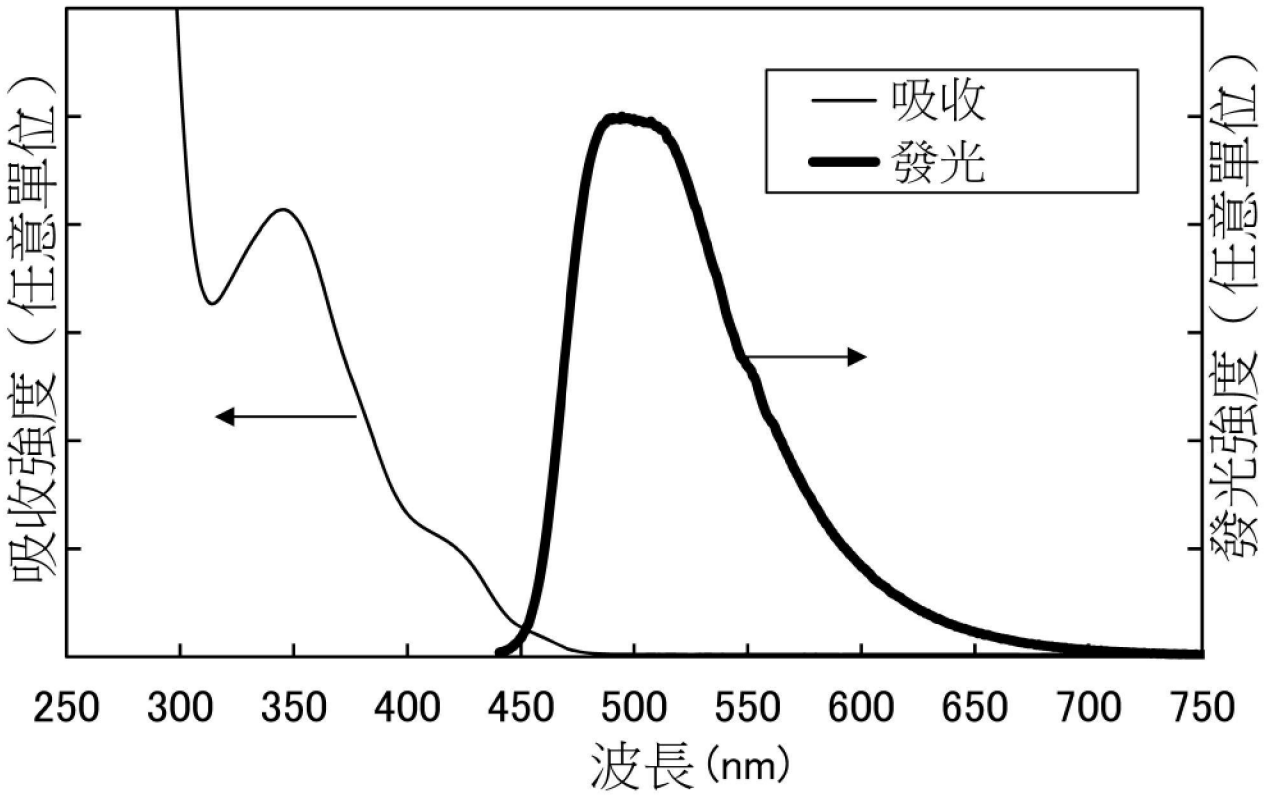
【圖64】


7.E+05
6.E+05
5.E+05
4.E+05
3.E+05
2.E+05
1.E+05
0.E+00
強度（任意單位）
100
300
500
700
900
1100
1300
m/z

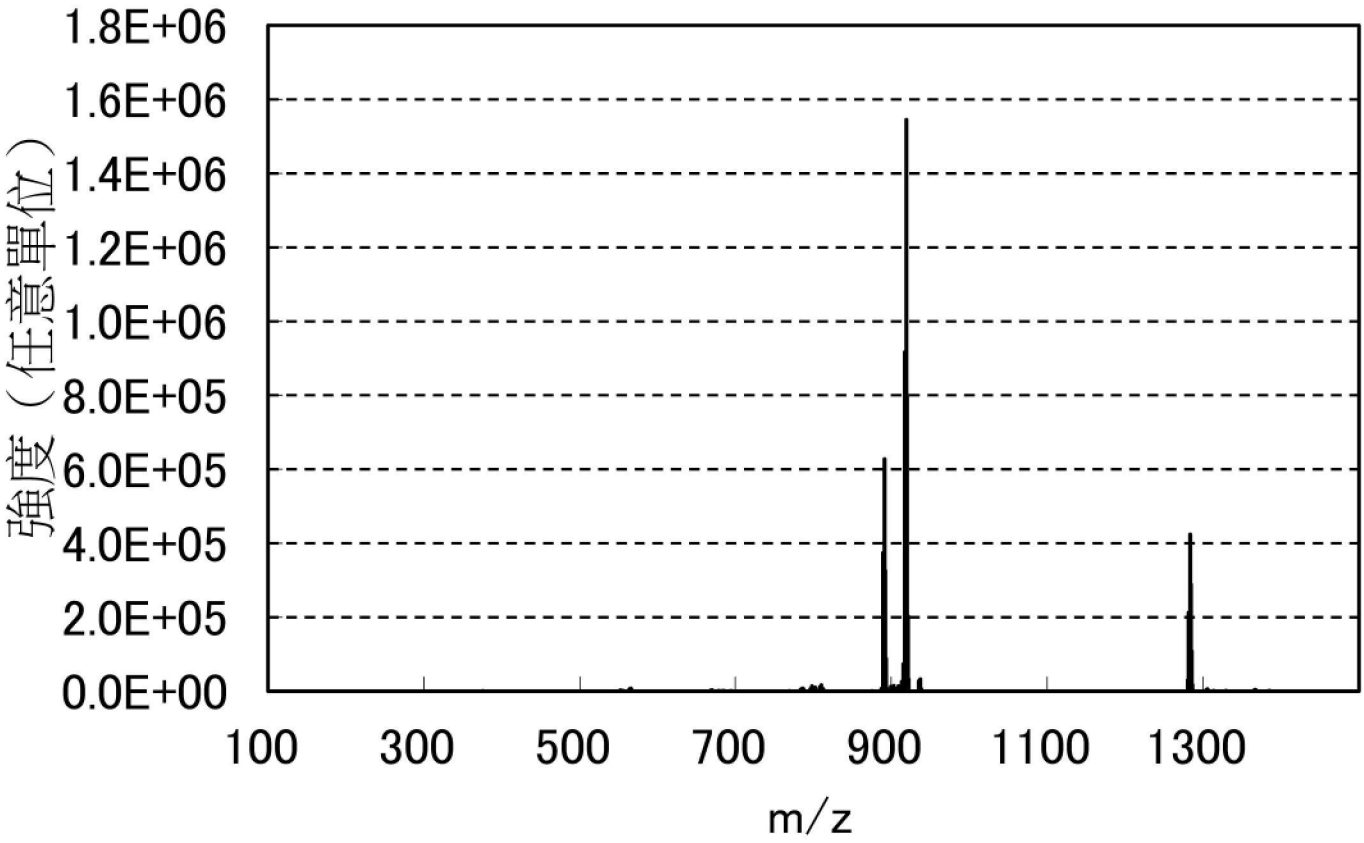
【圖65】



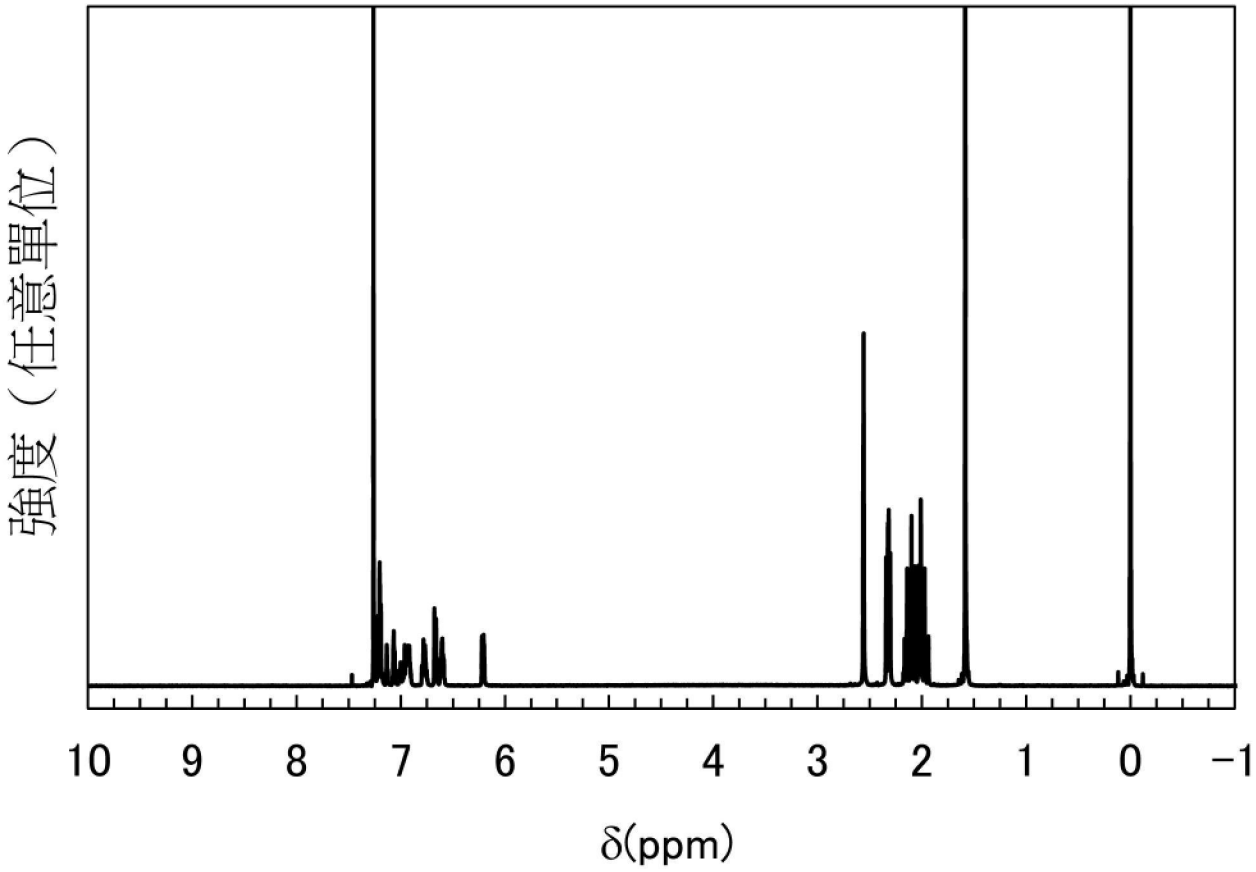
【圖66】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長(nm)

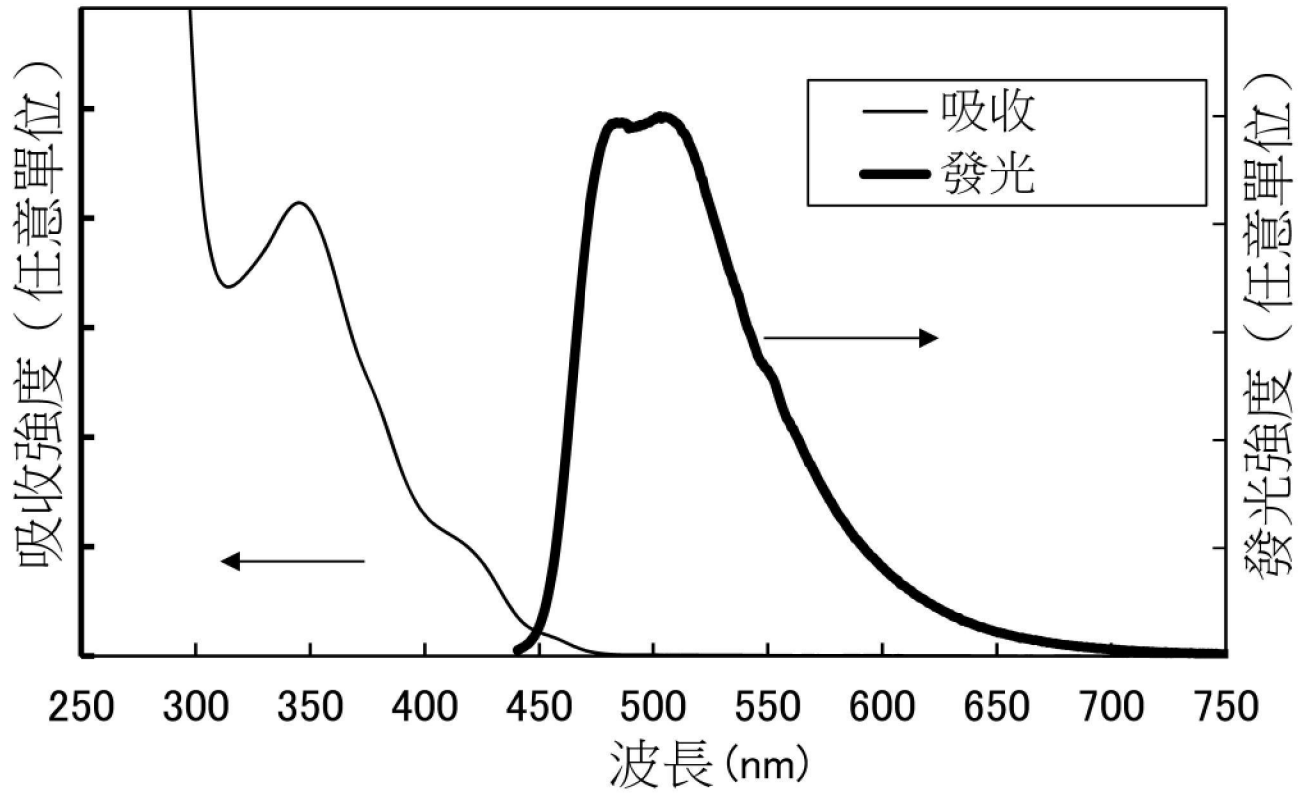
【圖67】


1.8E+06
1.6E+06
1.4E+06
1.2E+06
1.0E+06
8.0E+05
6.0E+05
4.0E+05
2.0E+05
0.0E+00
強度（任意單位）
100
300
500
700
900
1100
1300
m/z

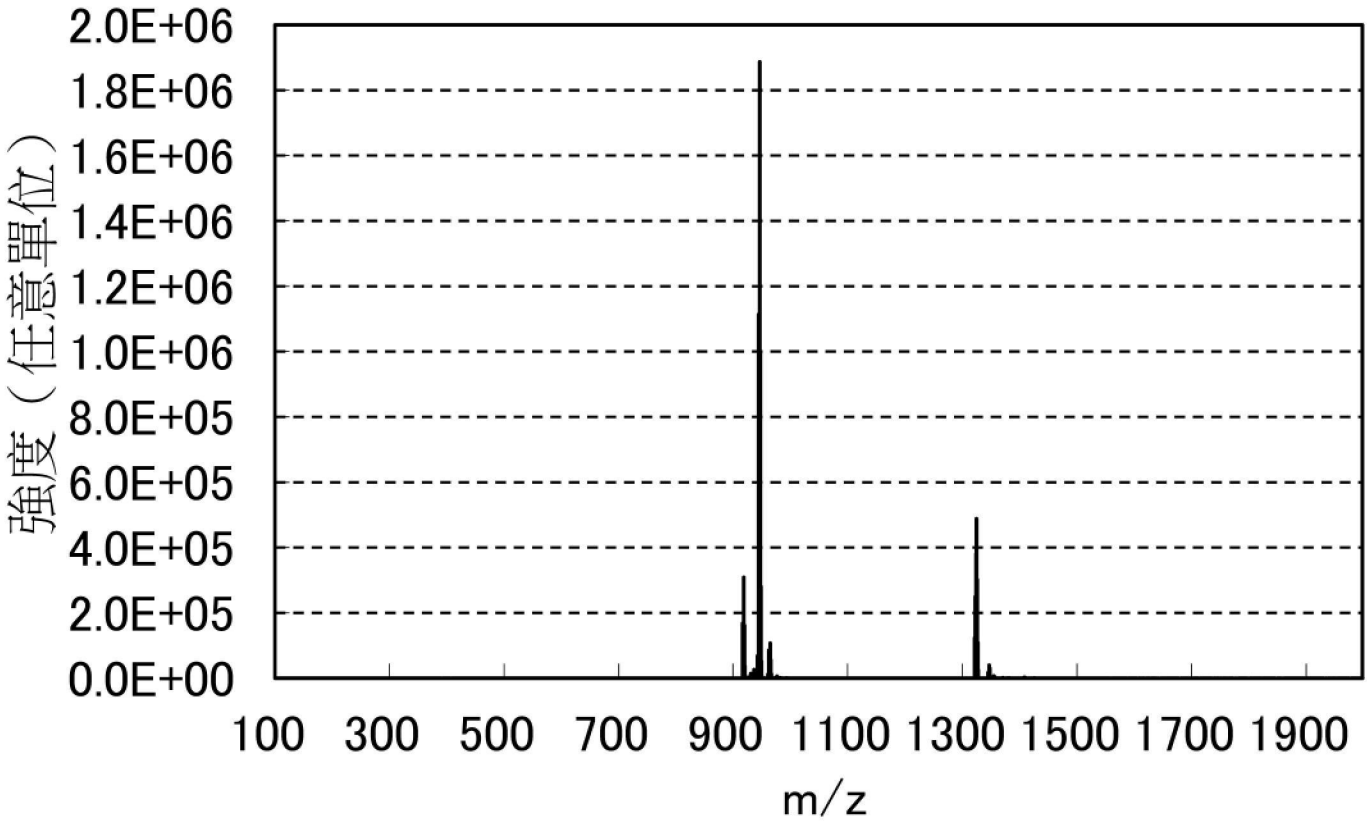
【圖68】



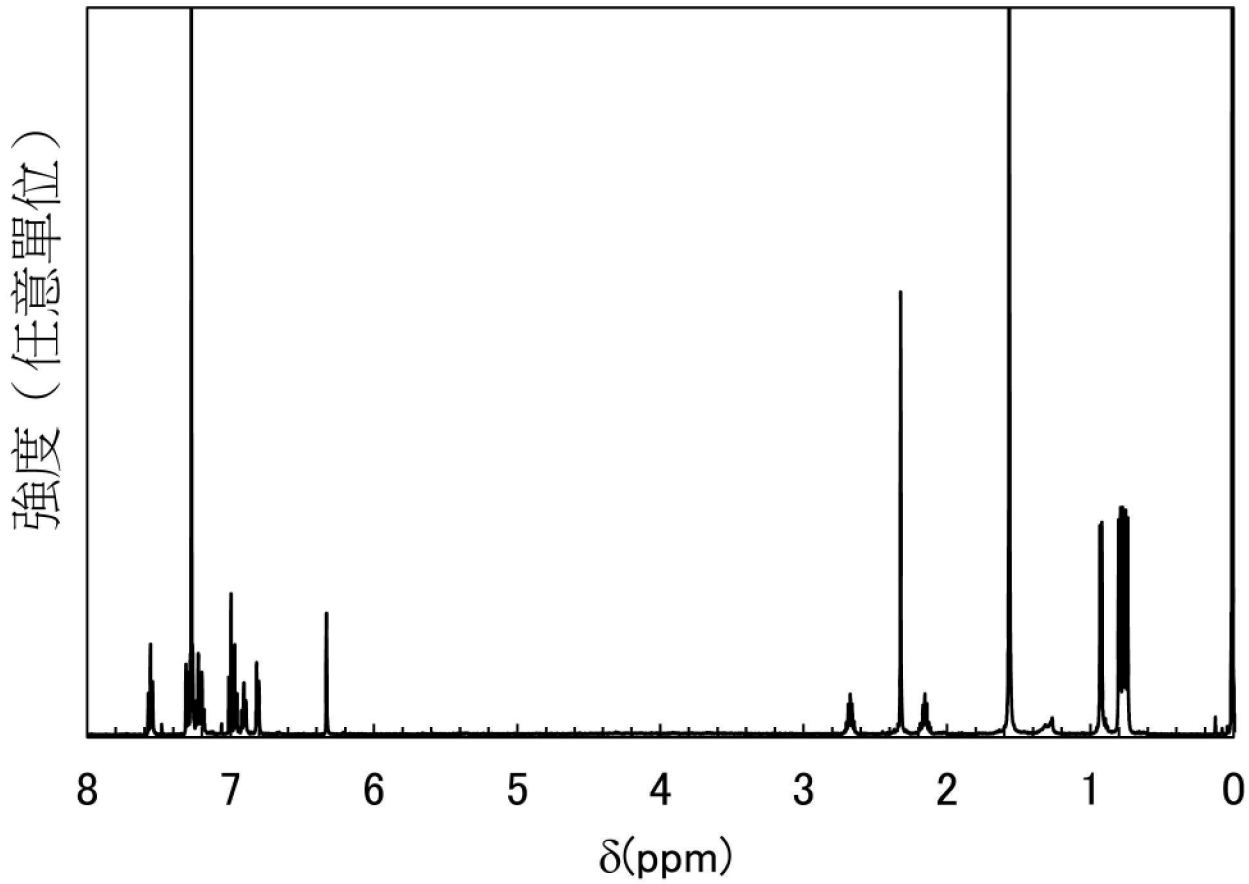
【圖69】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長(nm)

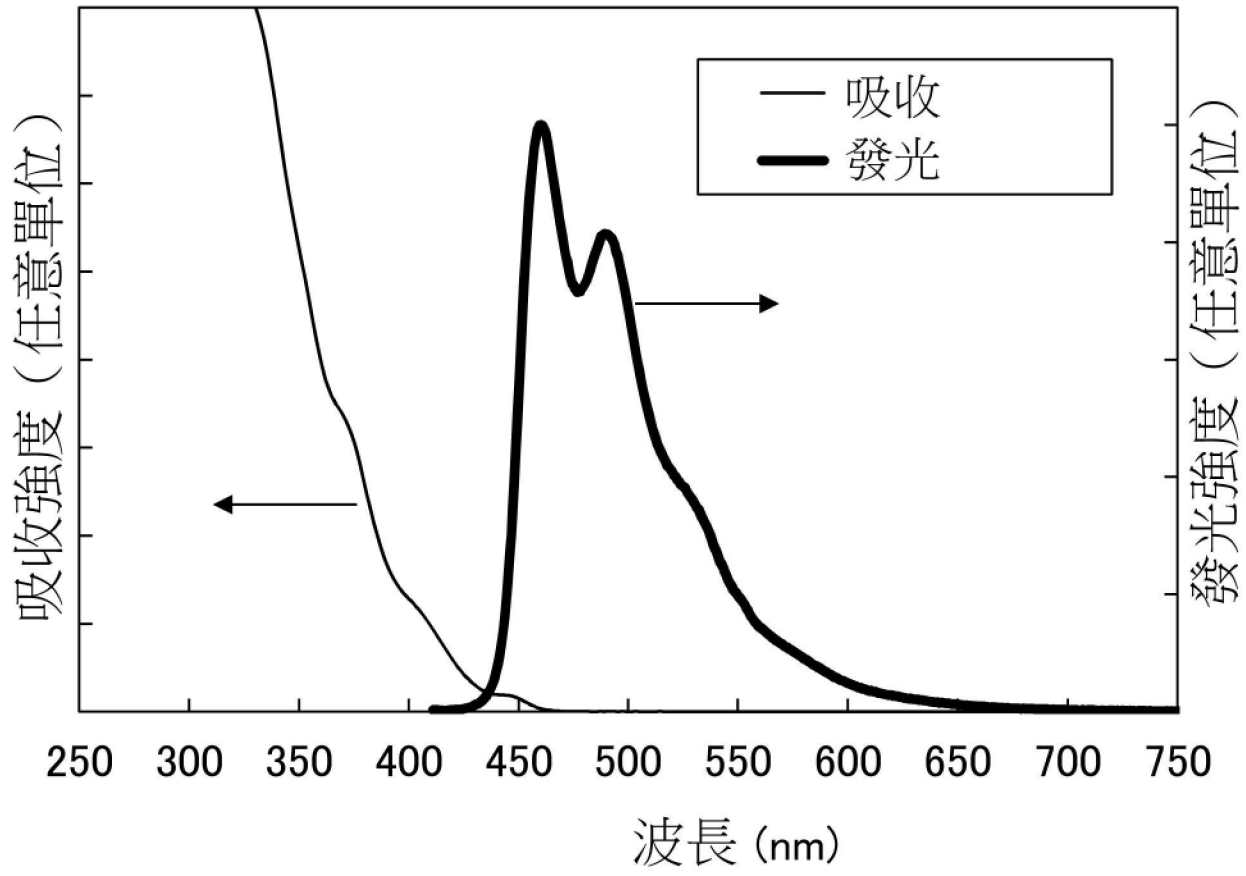
【圖70】


2.0E+06
1.8E+06
1.6E+06
1.4E+06
1.2E+06
1.0E+06
8.0E+05
6.0E+05
4.0E+05
2.0E+05
0.0E+00
強度（任意單位）
100 300 500 700 900 1100 1300 1500 1700 1900
m/z

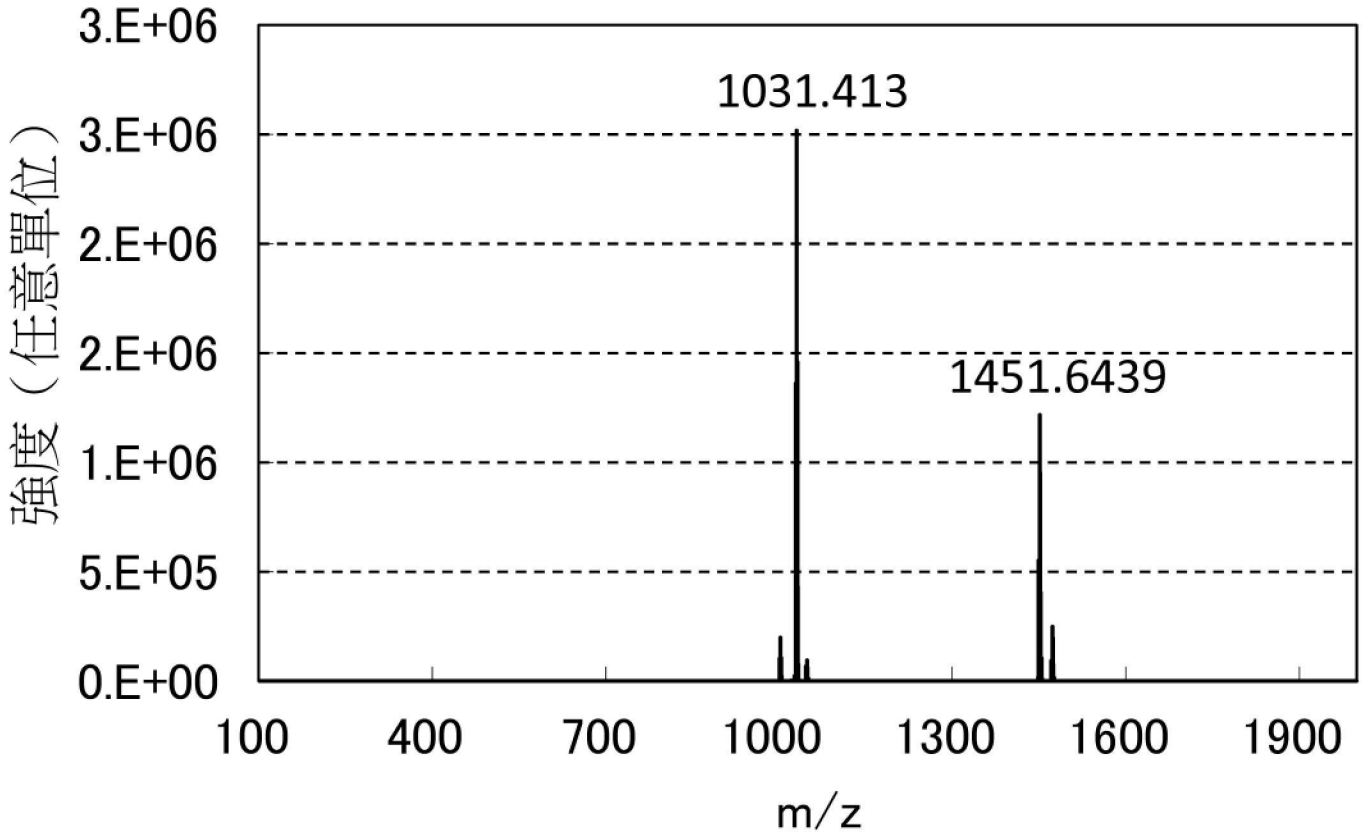
【圖71】



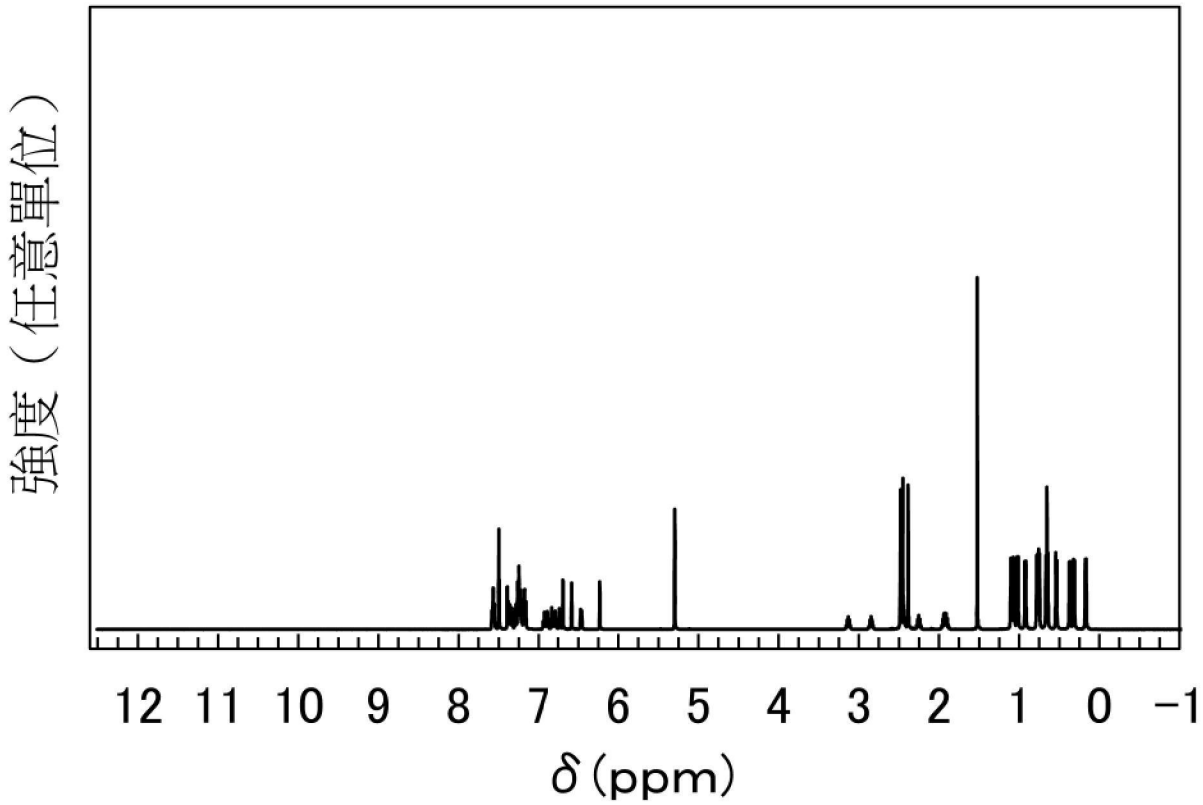
【圖72】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)

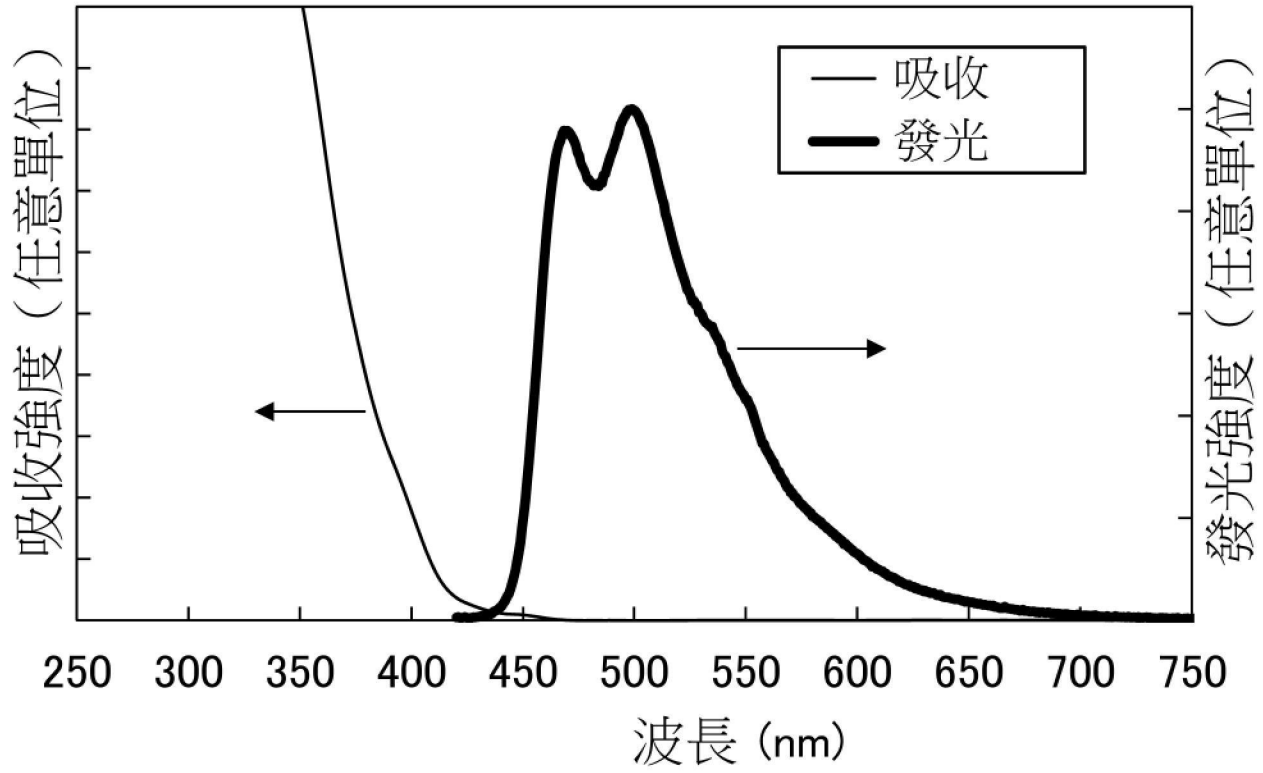
【圖73】


3.E+06
3.E+06
2.E+06
2.E+06
1.E+06
5.E+05
0.E+00
強度（任意單位）
1031.413
1451.6439
100
400
700
1000
1300
1600
1900
m/z

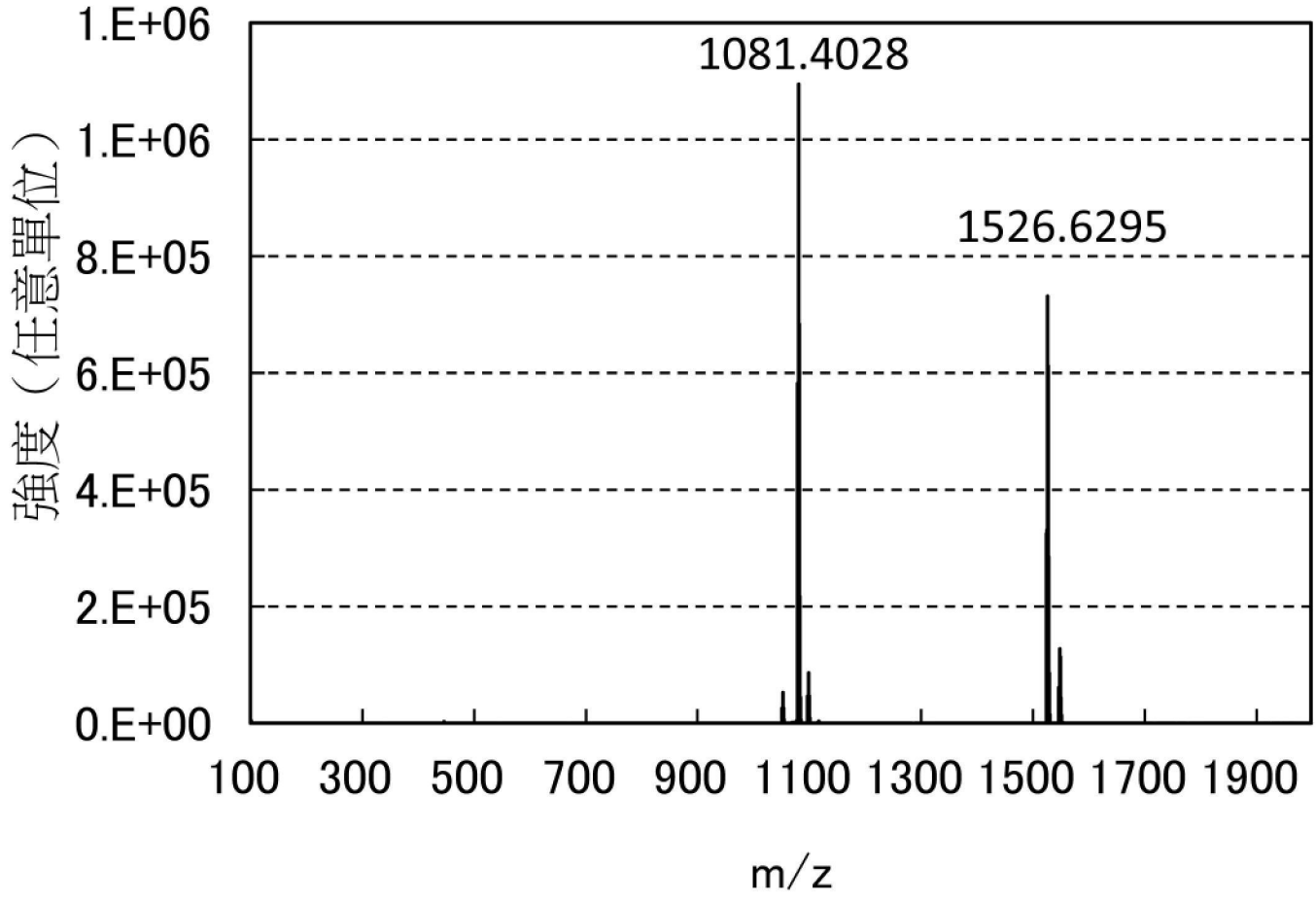
【圖74】



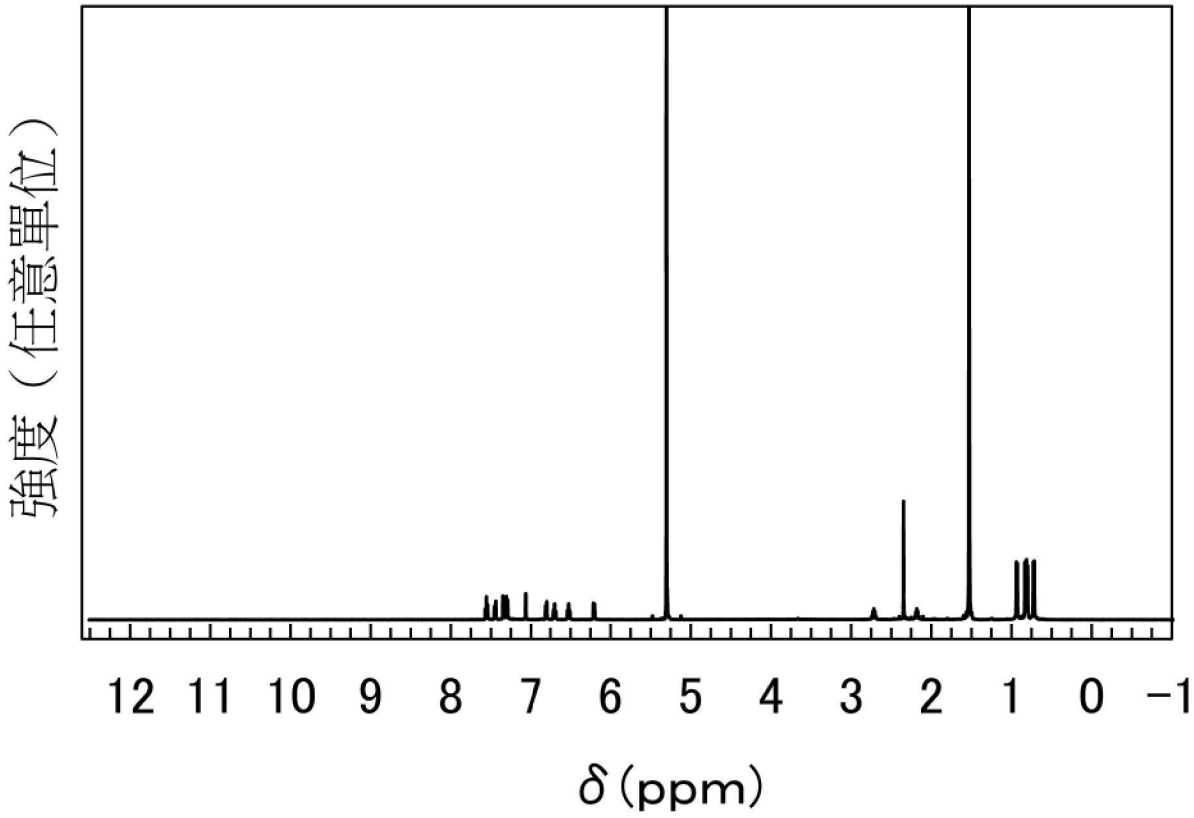
【圖75】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長（nm）

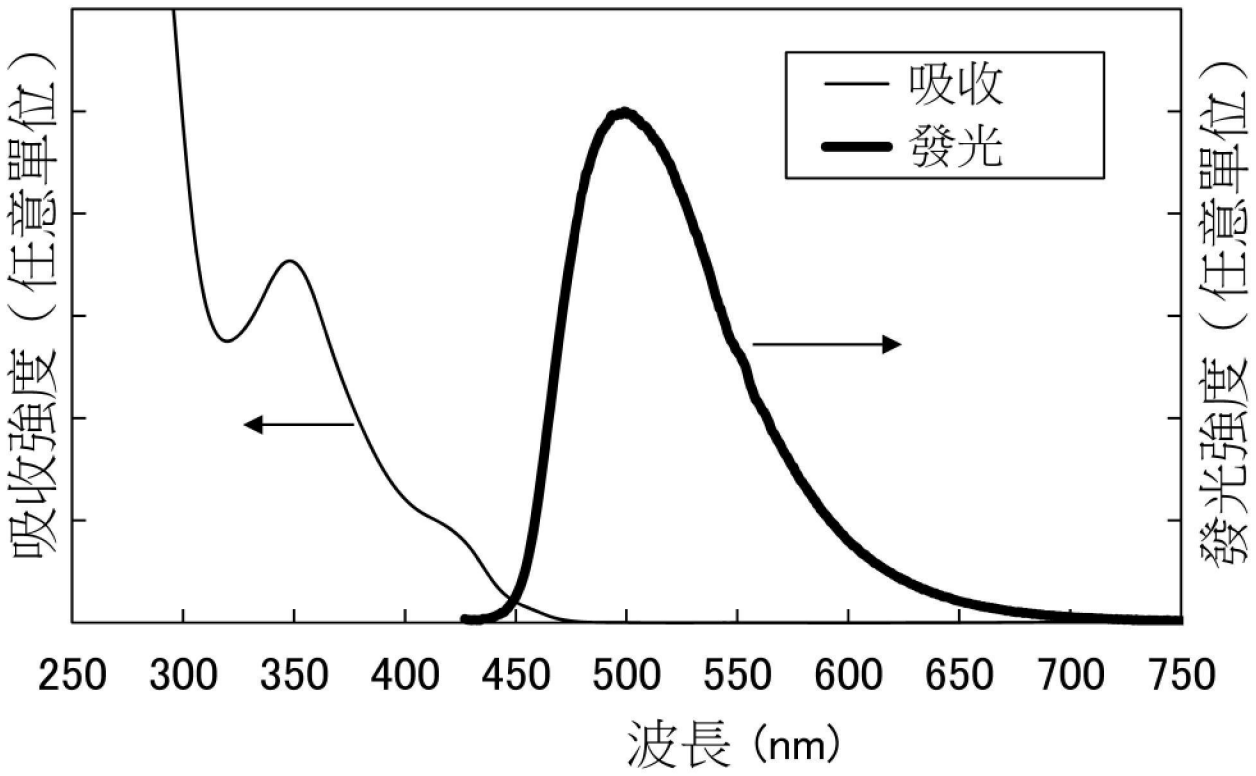
【圖76】


1.E+06
1.E+06
8.E+05
6.E+05
4.E+05
2.E+05
0.E+00
強度（任意單位）
1081.4028
1526.6295
100
300
500
700
900
1100
1300
1500
1700
1900
m/z

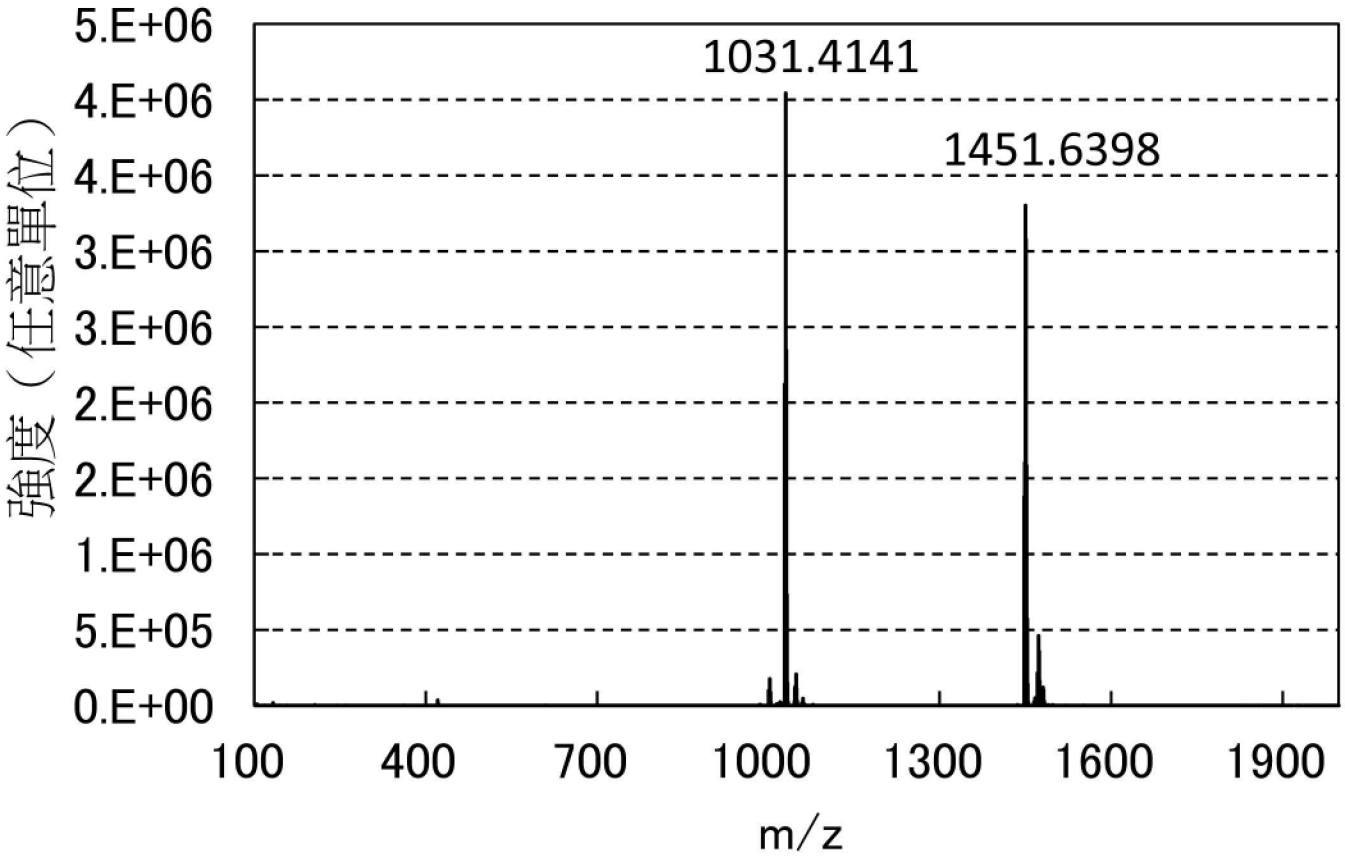
【圖77】



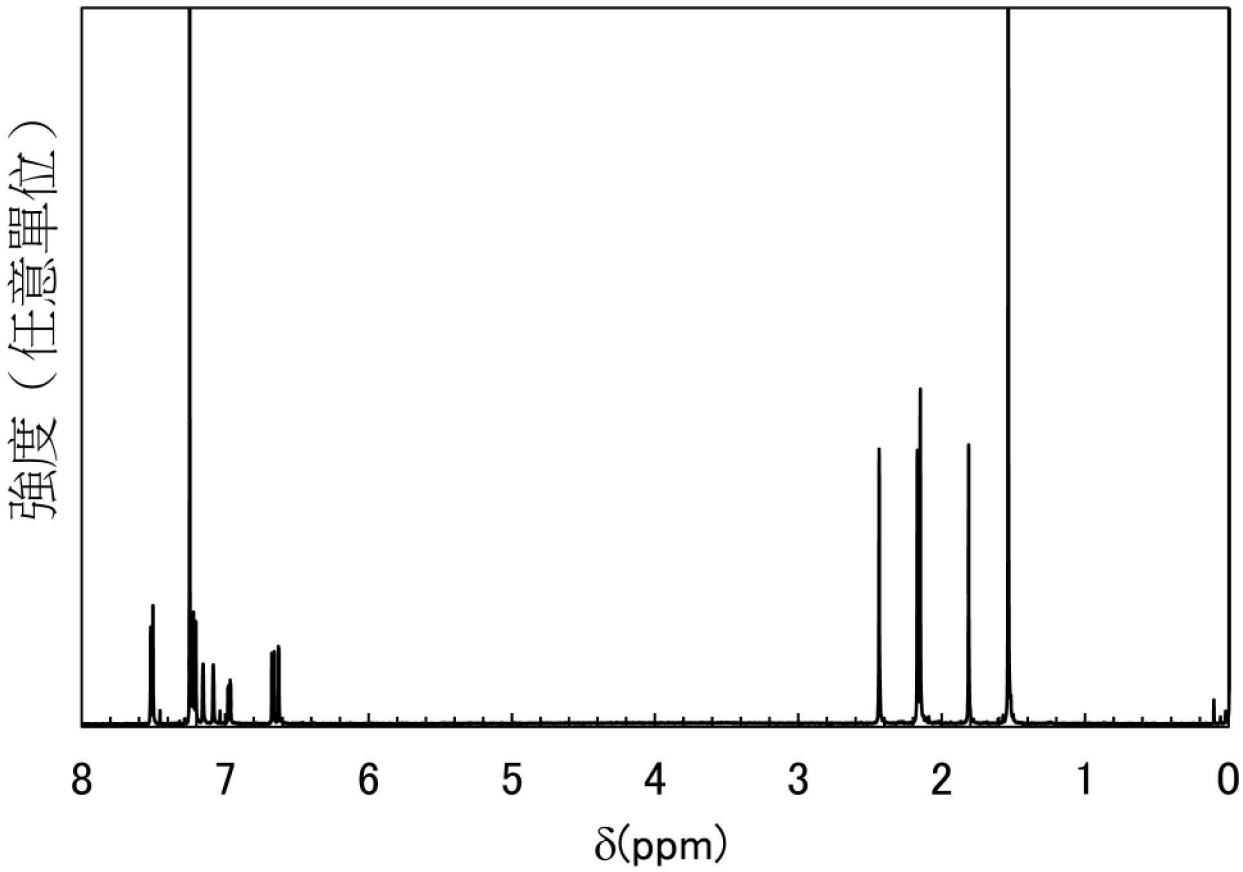
【圖78】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長（nm）

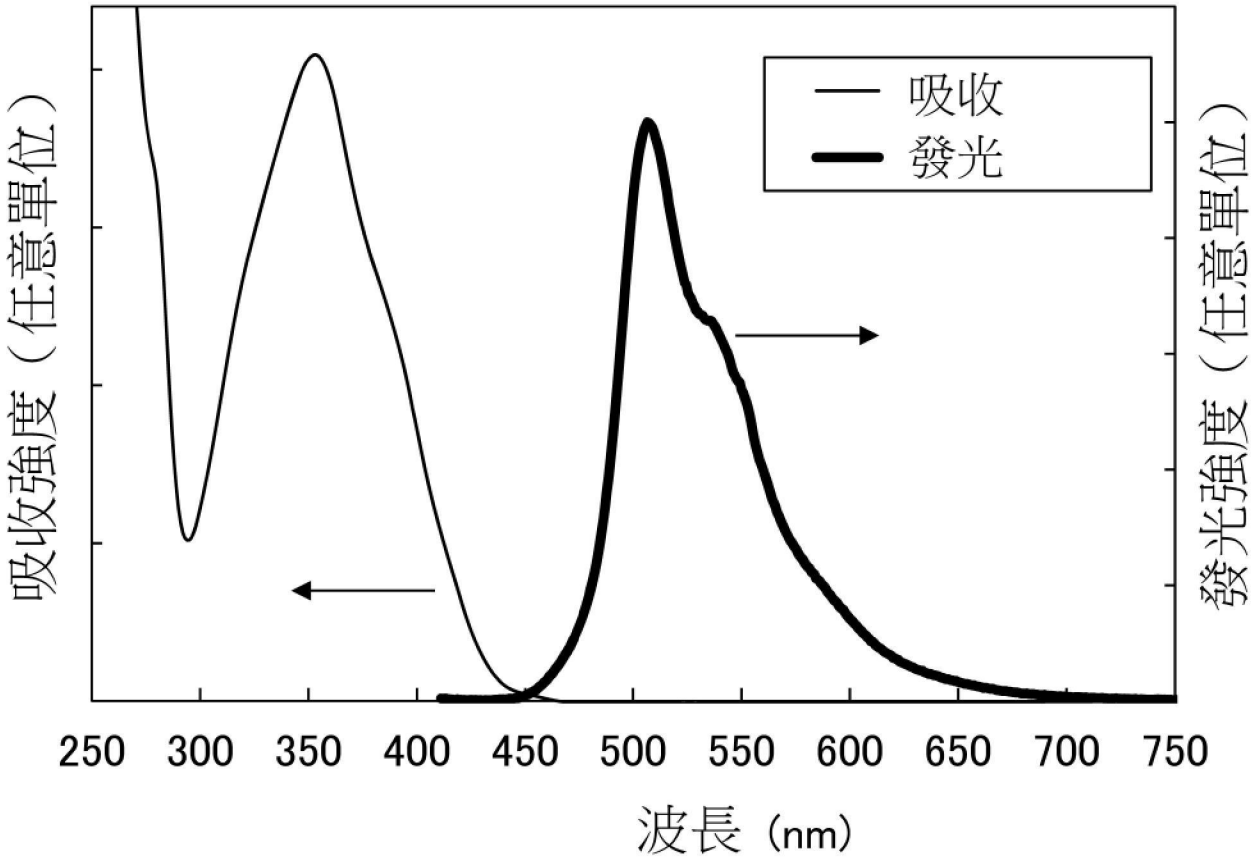
【圖79】


5.E+06
4.E+06
4.E+06
3.E+06
3.E+06
2.E+06
2.E+06
1.E+06
5.E+05
0.E+00
強度（任意單位）
1031.4141
1451.6398
100
400
700
1000
1300
1600
1900
m/z

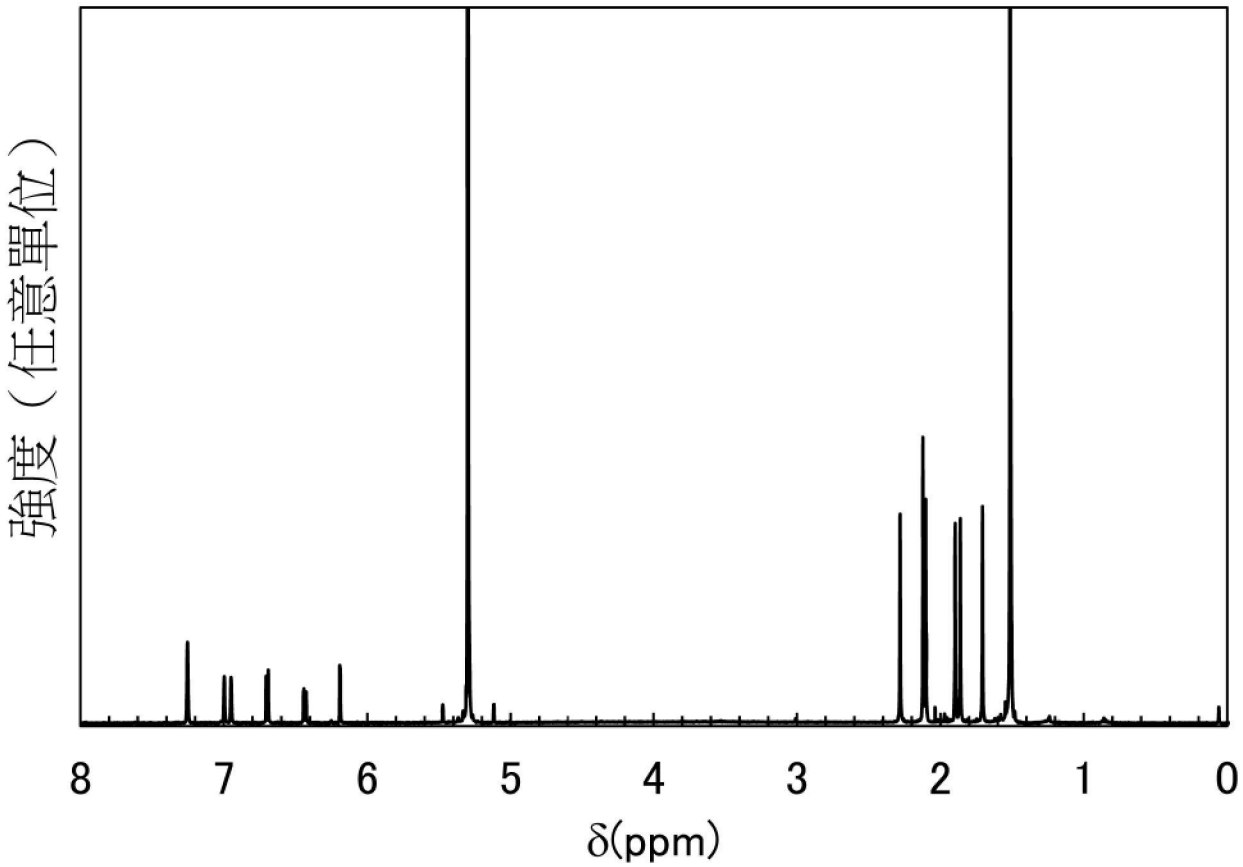
【圖80】



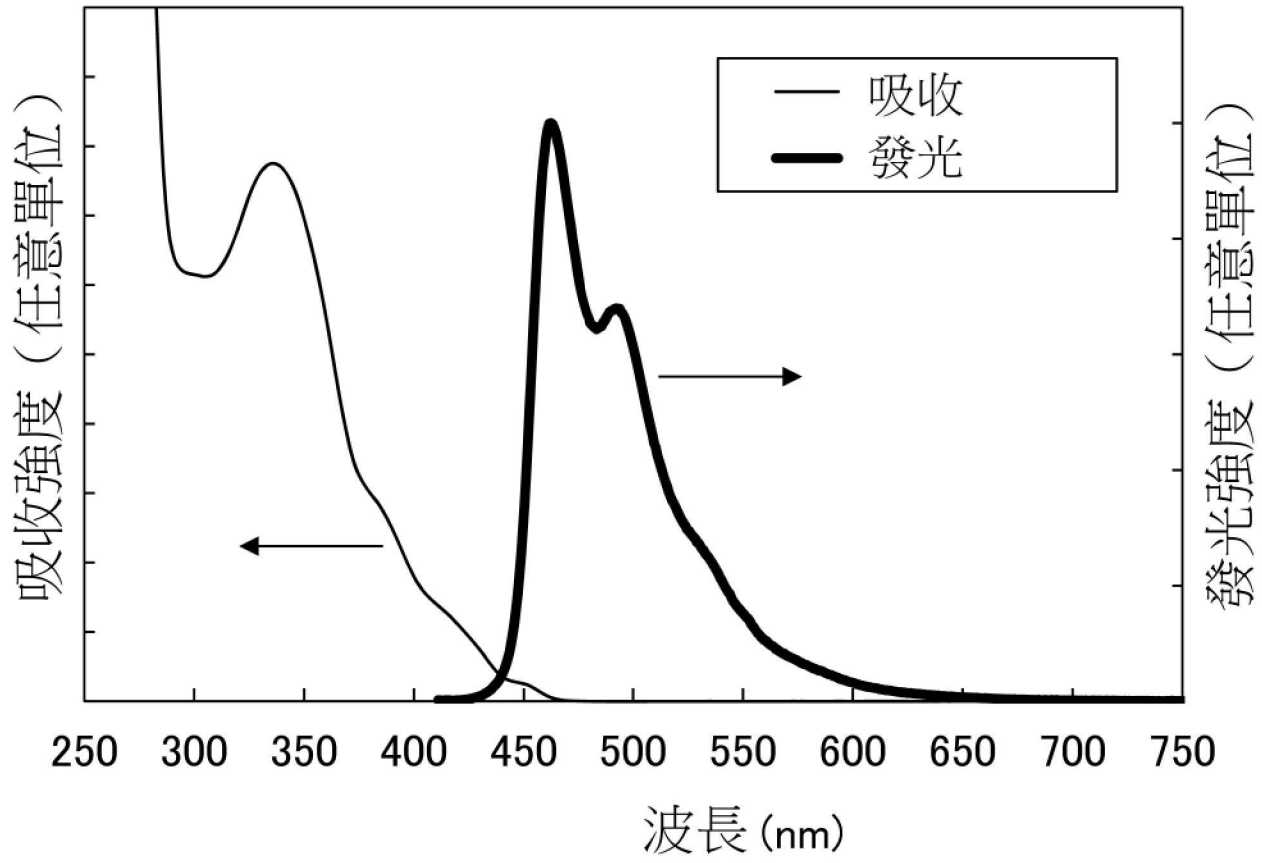
【圖81】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750
波長（nm）

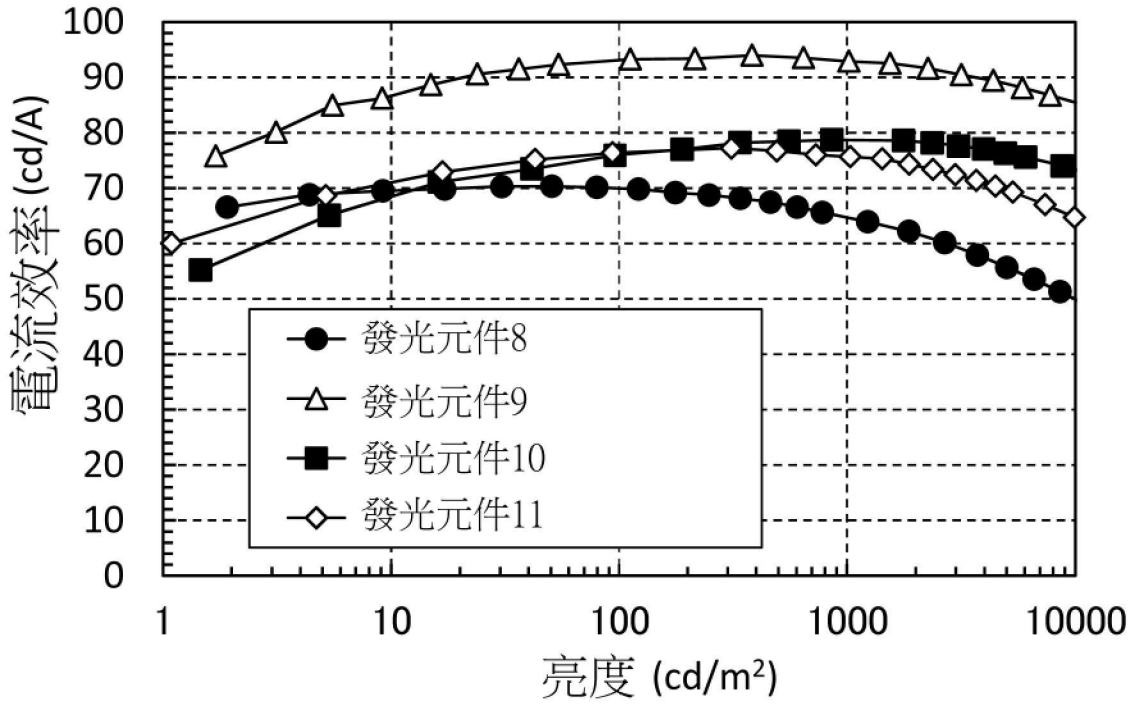
【圖82】



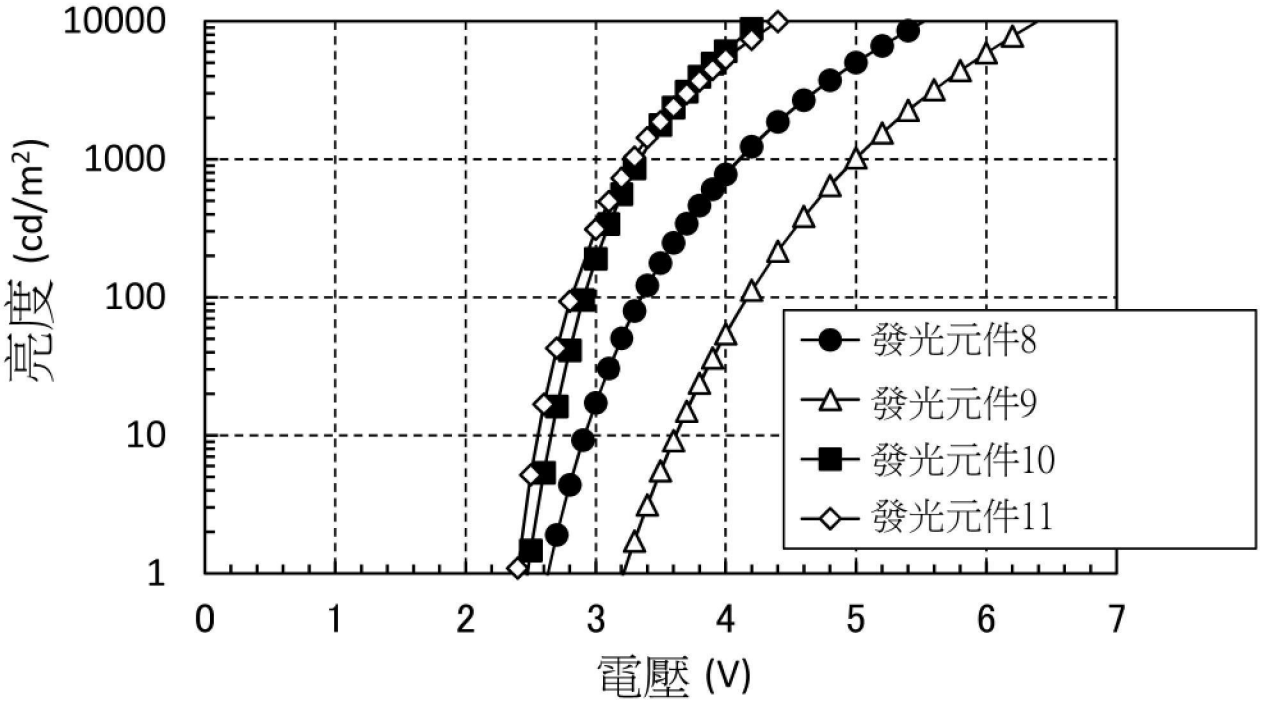
【圖83】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長(nm)

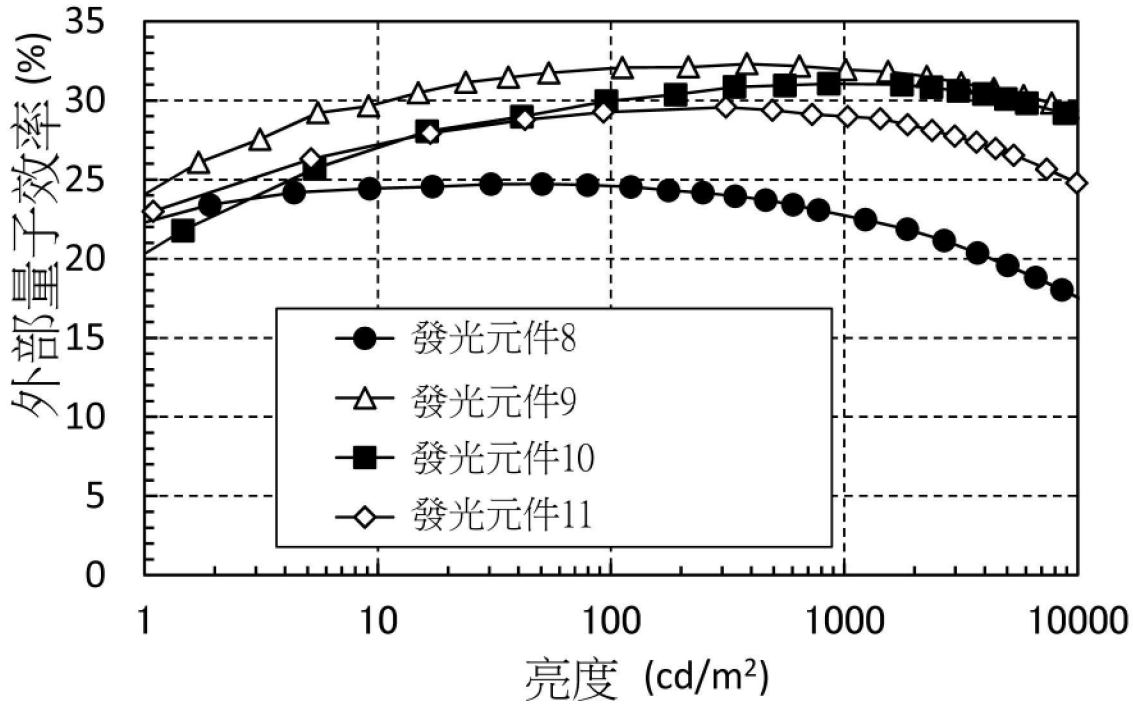
【圖84】


電流效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
發光元件8
發光元件9
發光元件10
發光元件11

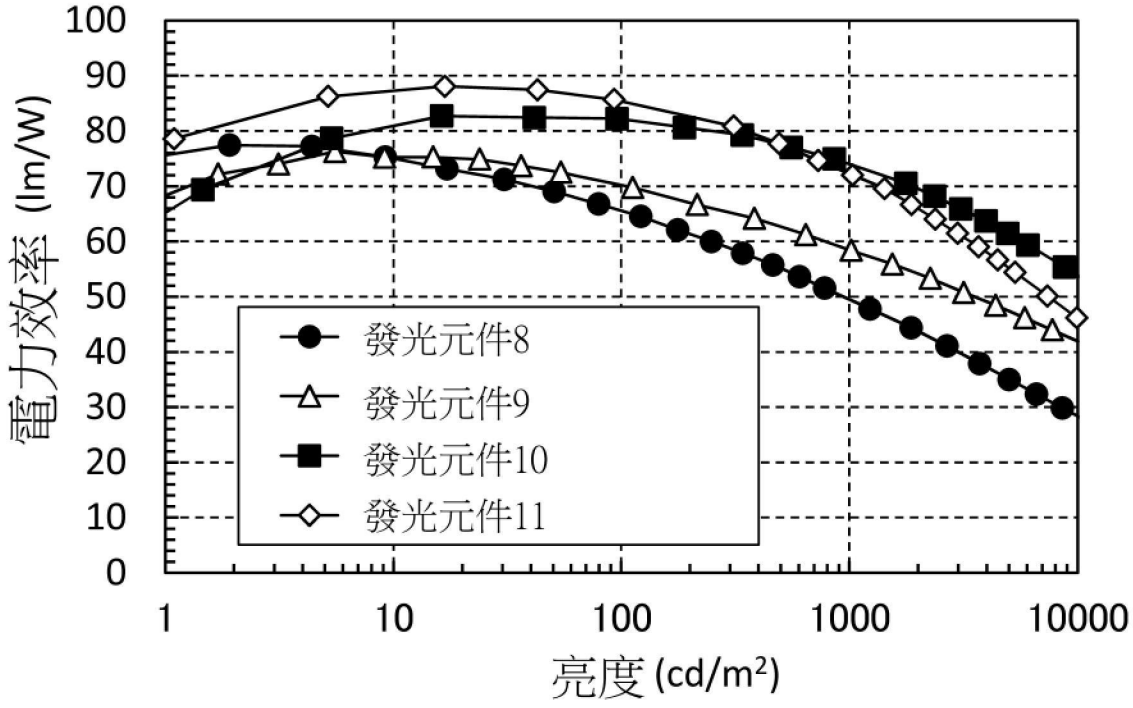
【圖85】


亮度 (cd/m²)
電壓 (V)
發光元件8
發光元件9
發光元件10
發光元件11

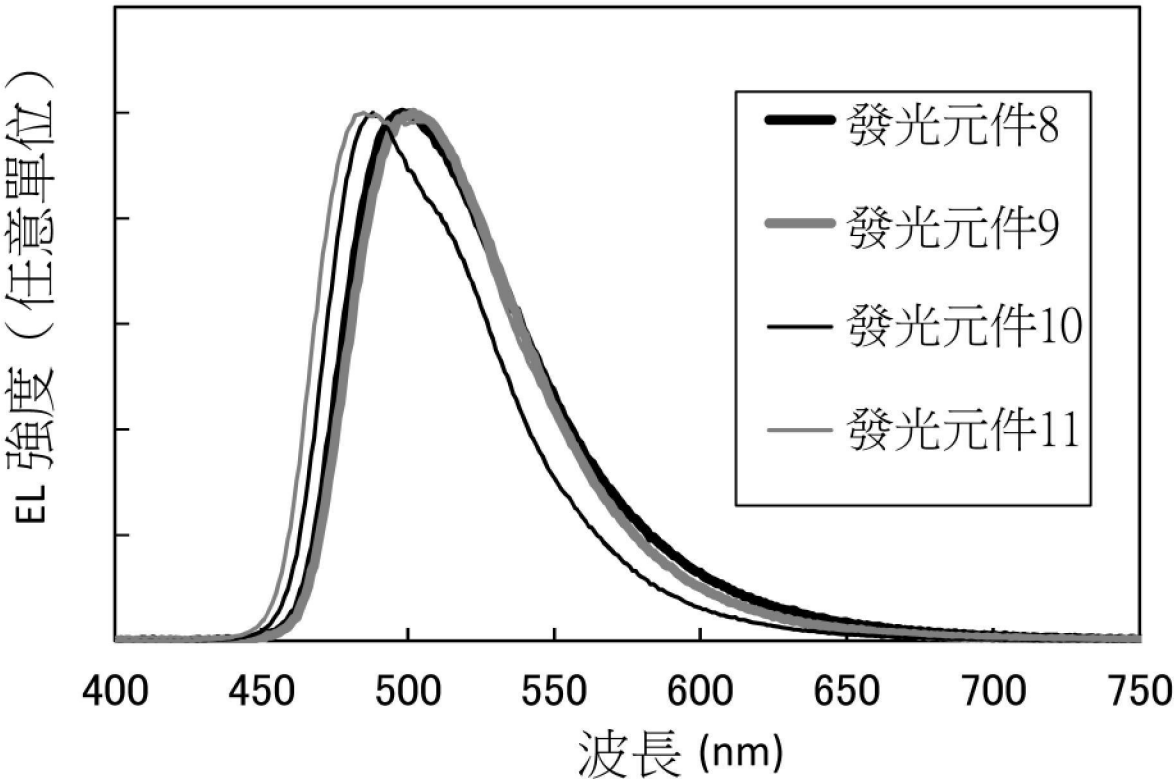
【圖86】


外部量子效率 (%)
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光元件8
發光元件9
發光元件10
發光元件11

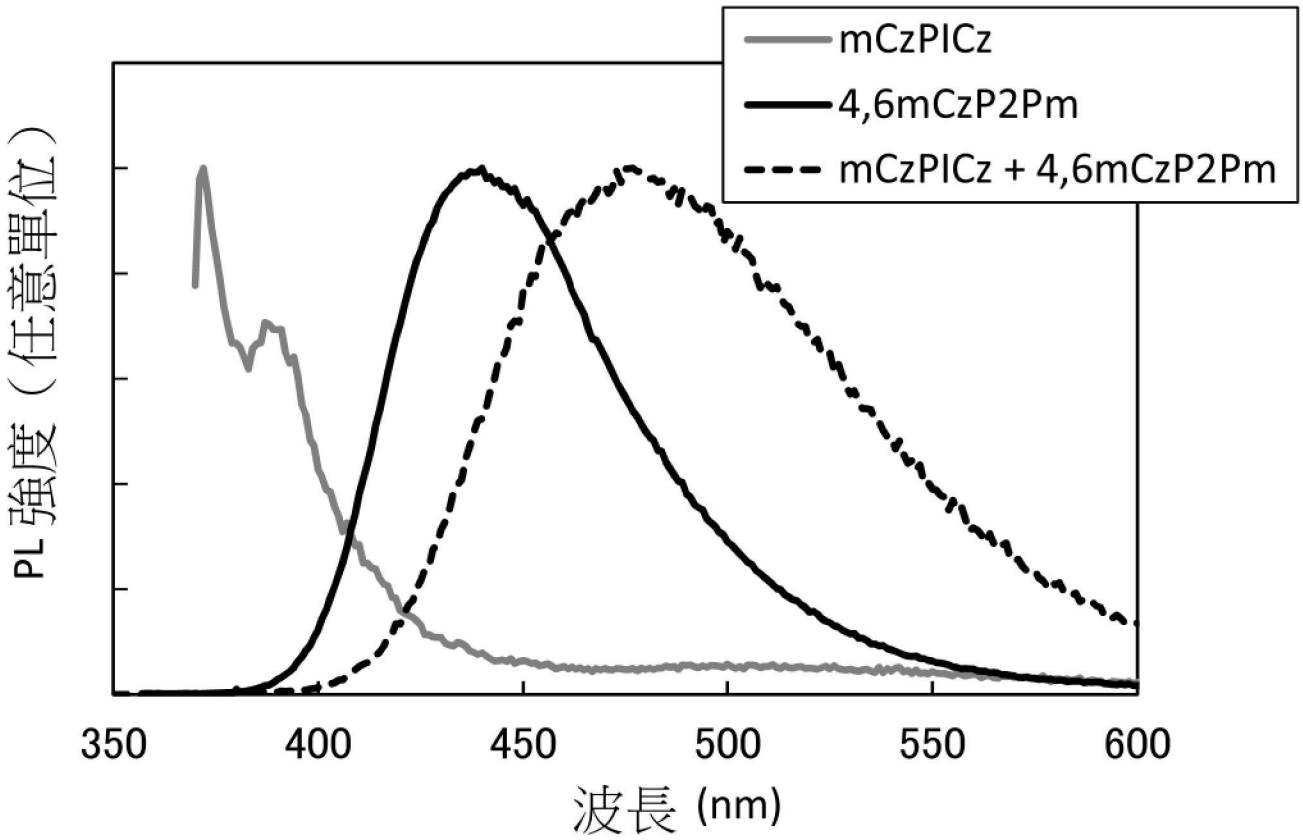
【圖87】


電力效率 (lm/W)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光元件8
發光元件9
發光元件10
發光元件11

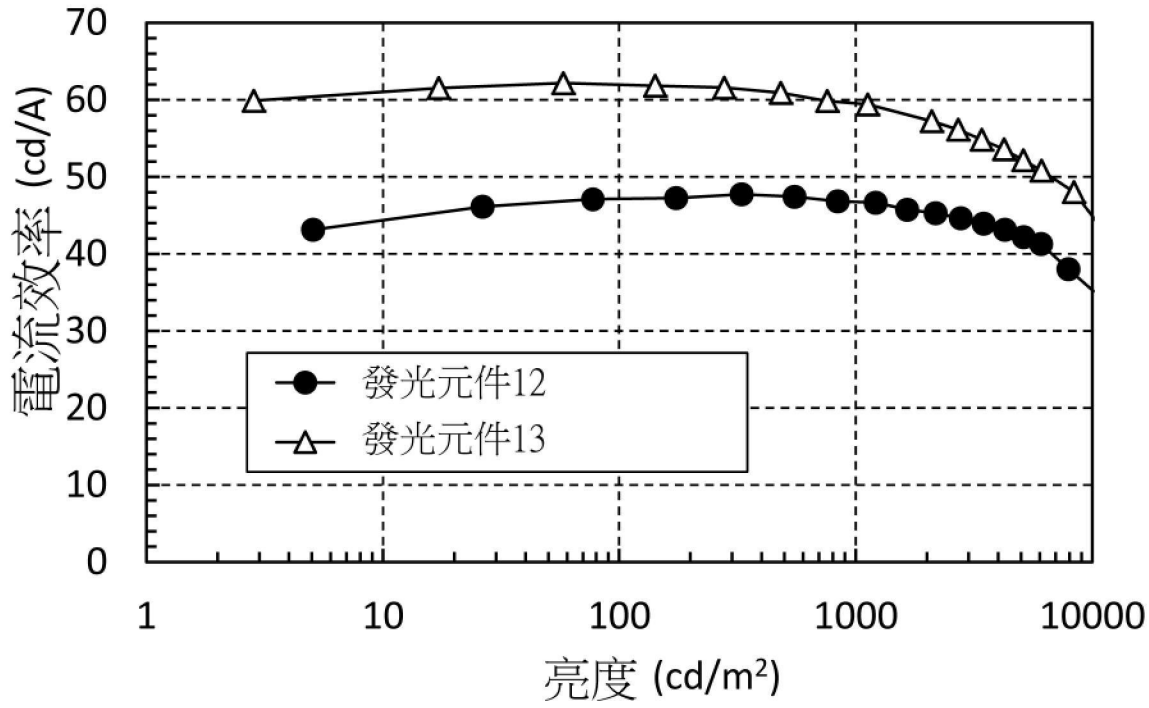
【圖88】


EL 強度（任意單位）
發光元件8
發光元件9
發光元件10
發光元件11
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)

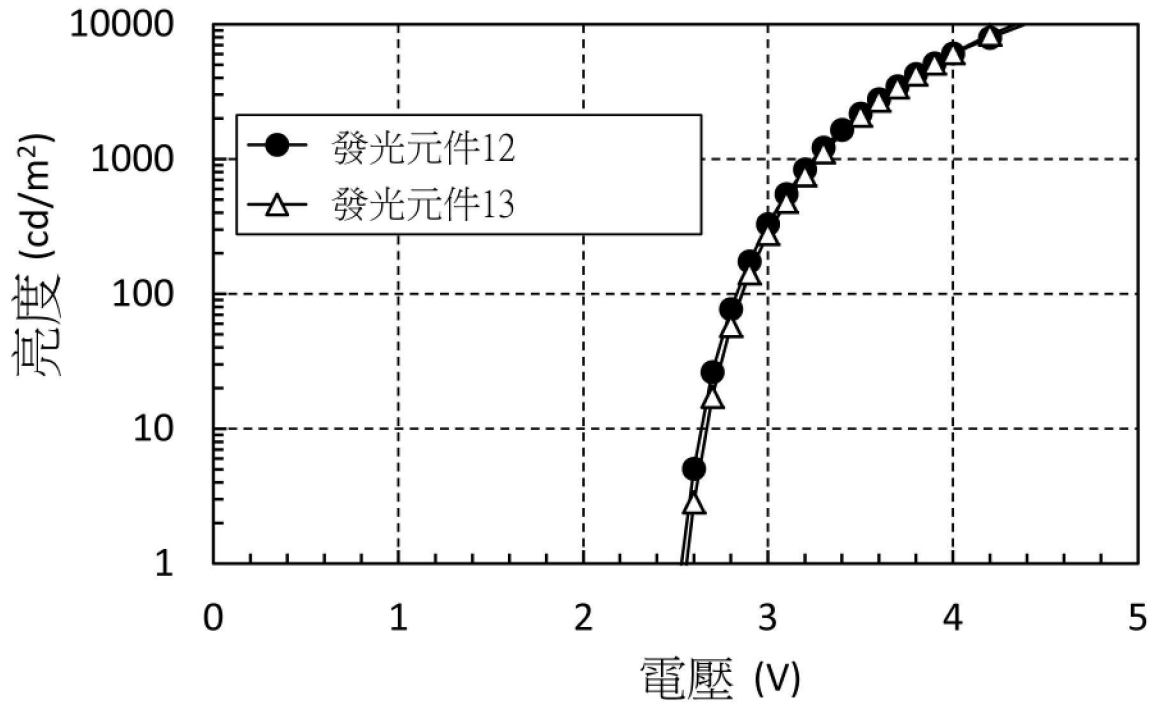
【圖89】


mCzPICz
4,6mCzP2Pm
mCzPICz + 4,6mCzP2Pm
PL 強度（任意單位）
350
400
450
500
550
600
波長 (nm)

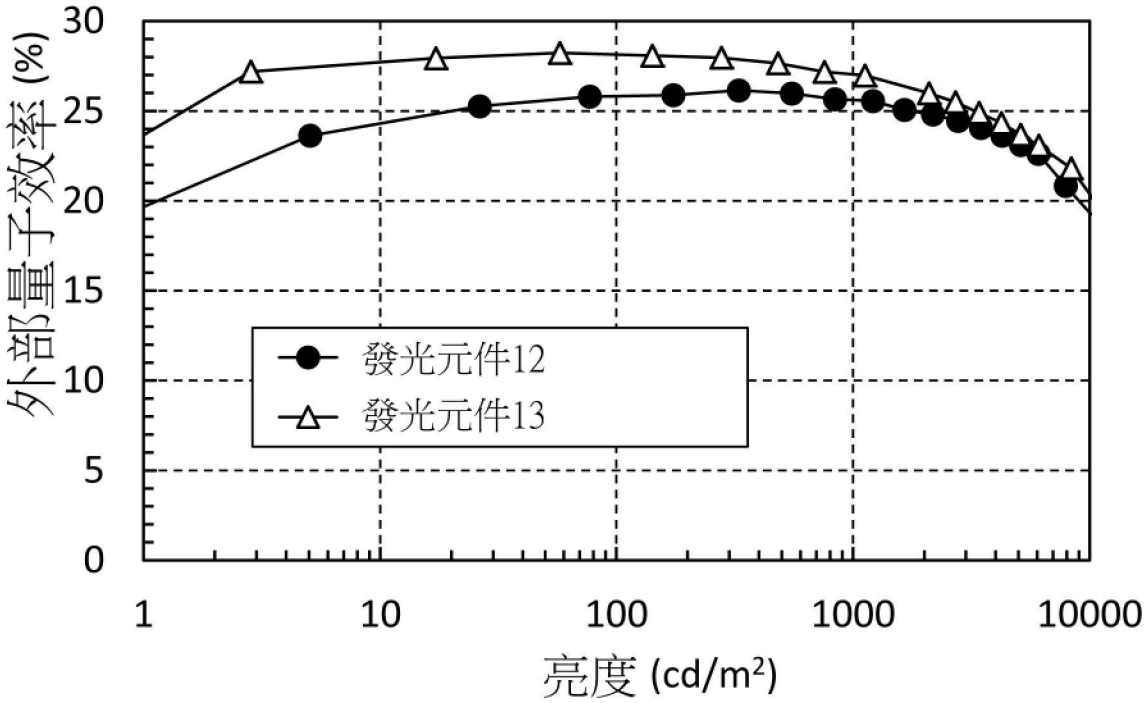
【圖90】


70
60
50
40
30
20
10
0
電流效率 (cd/A)
發光元件12
發光元件13
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

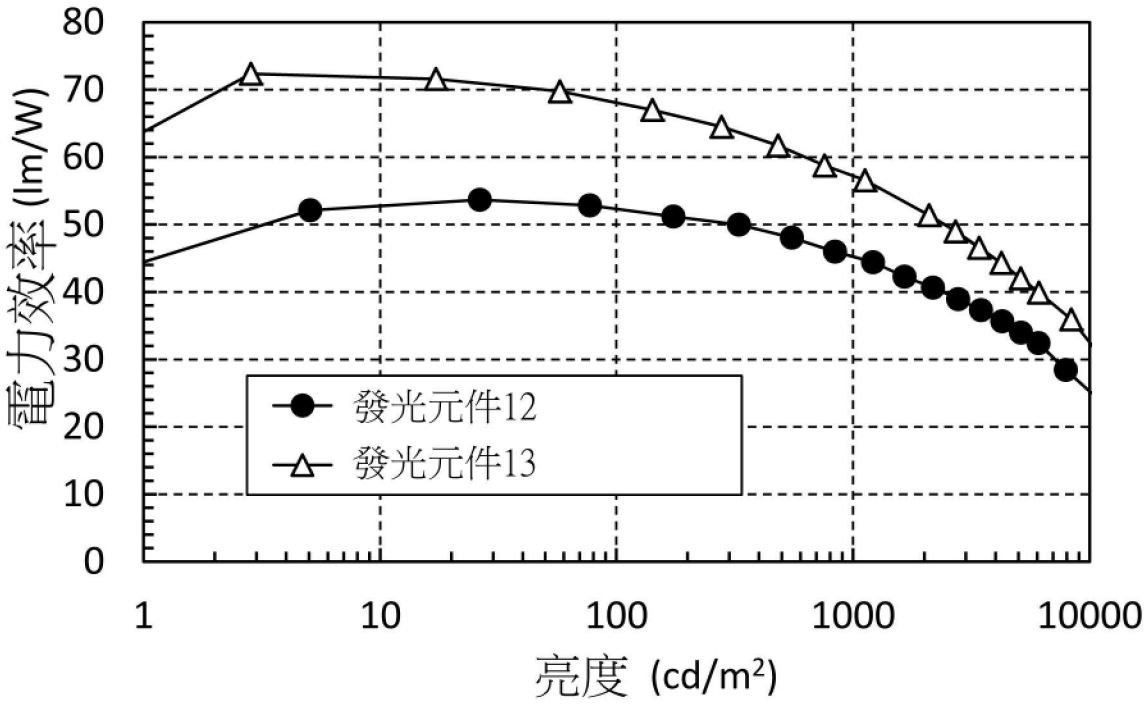
【圖91】


10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
發光元件12
發光元件13
0
1
2
3
4
5
電壓 (V)

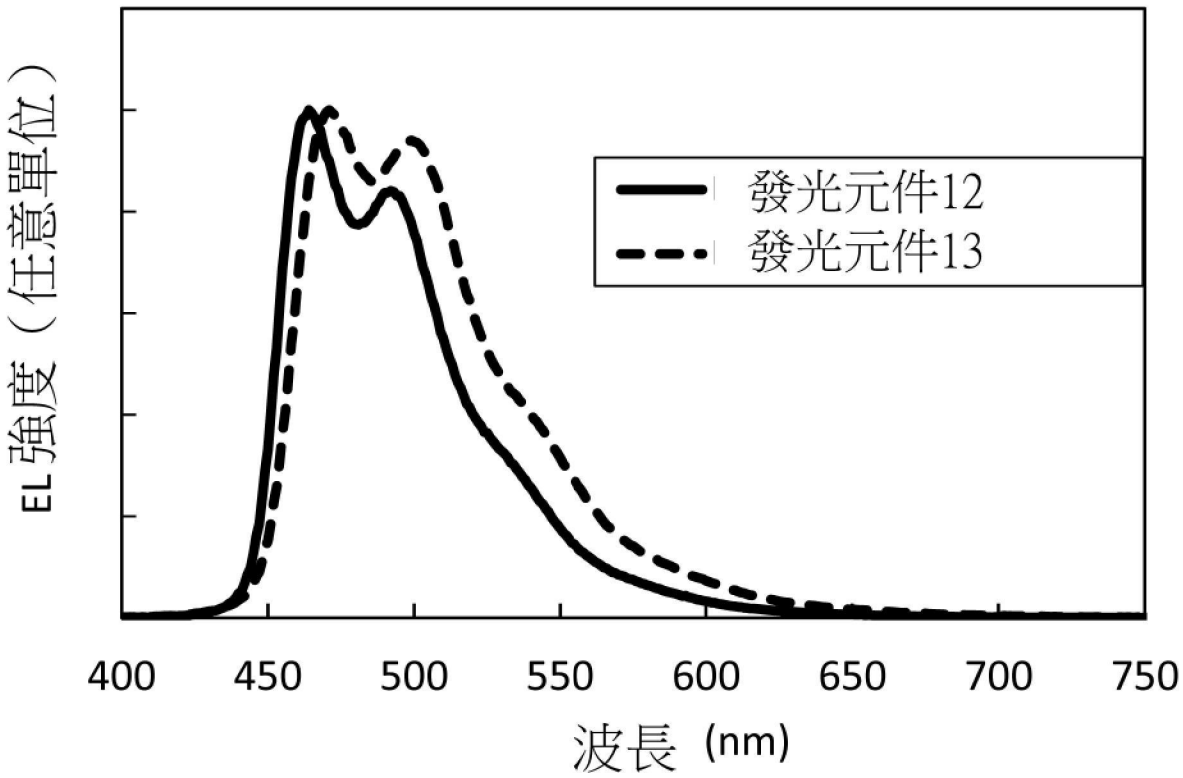
【圖92】


外部量子效率 (%)
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光元件12
發光元件13

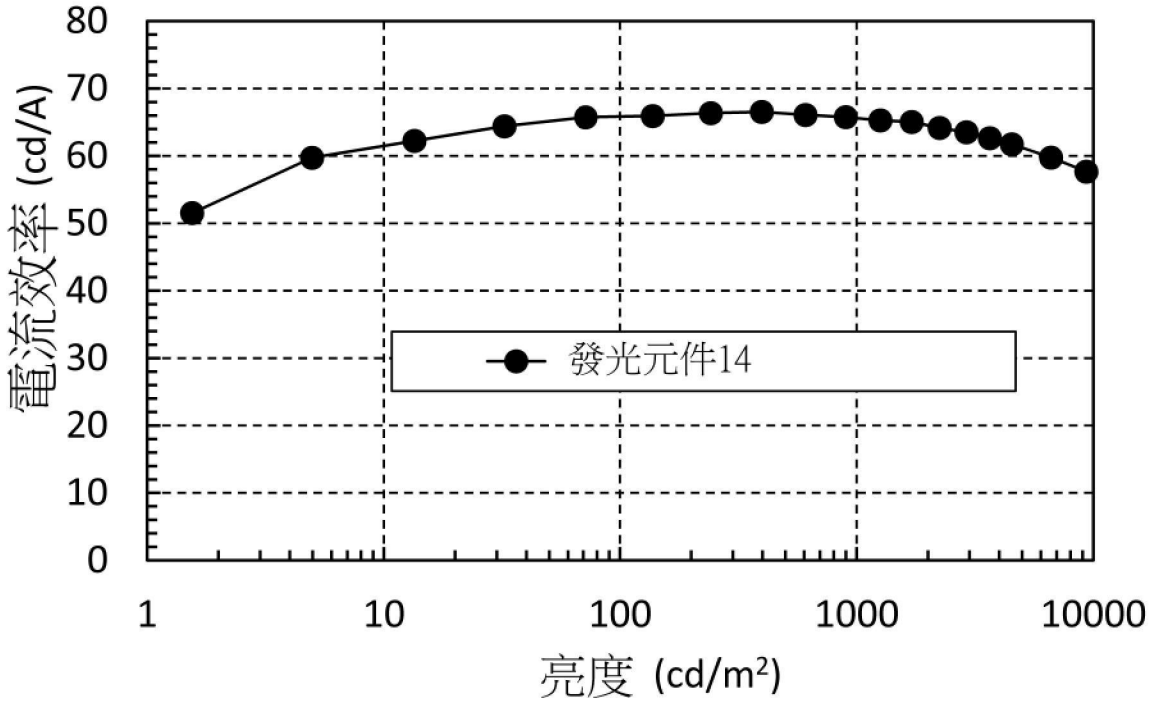
【圖93】


電力效率 (lm/W)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光元件12
發光元件13

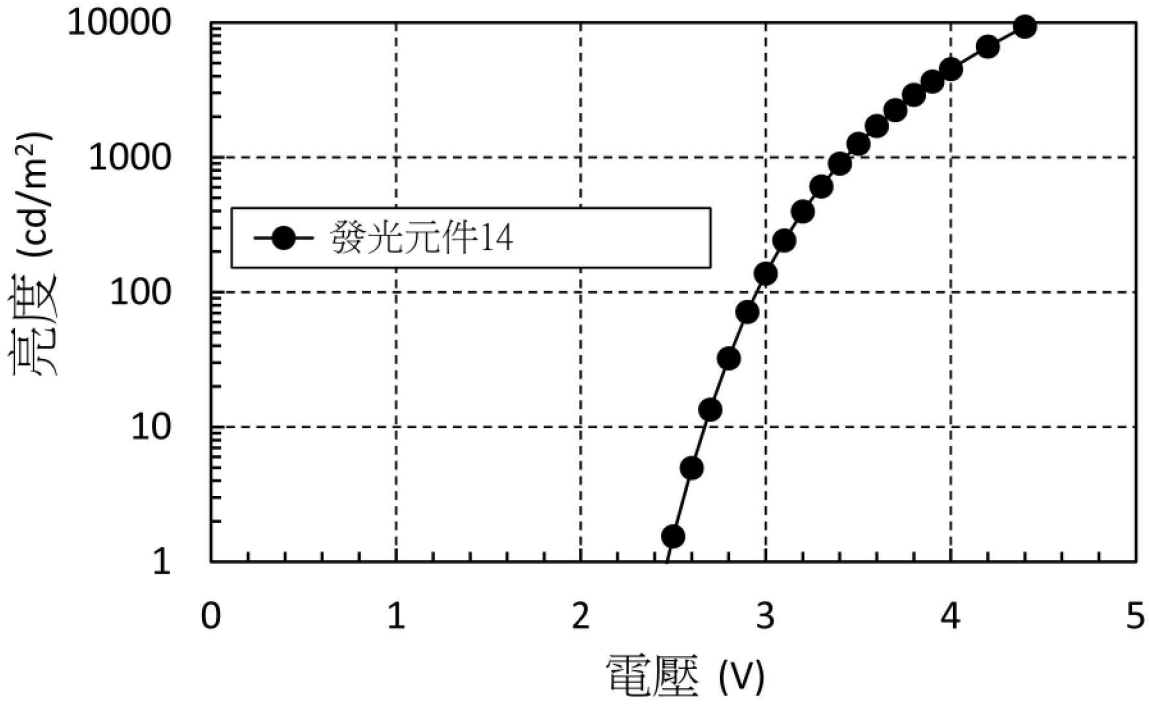
【圖94】



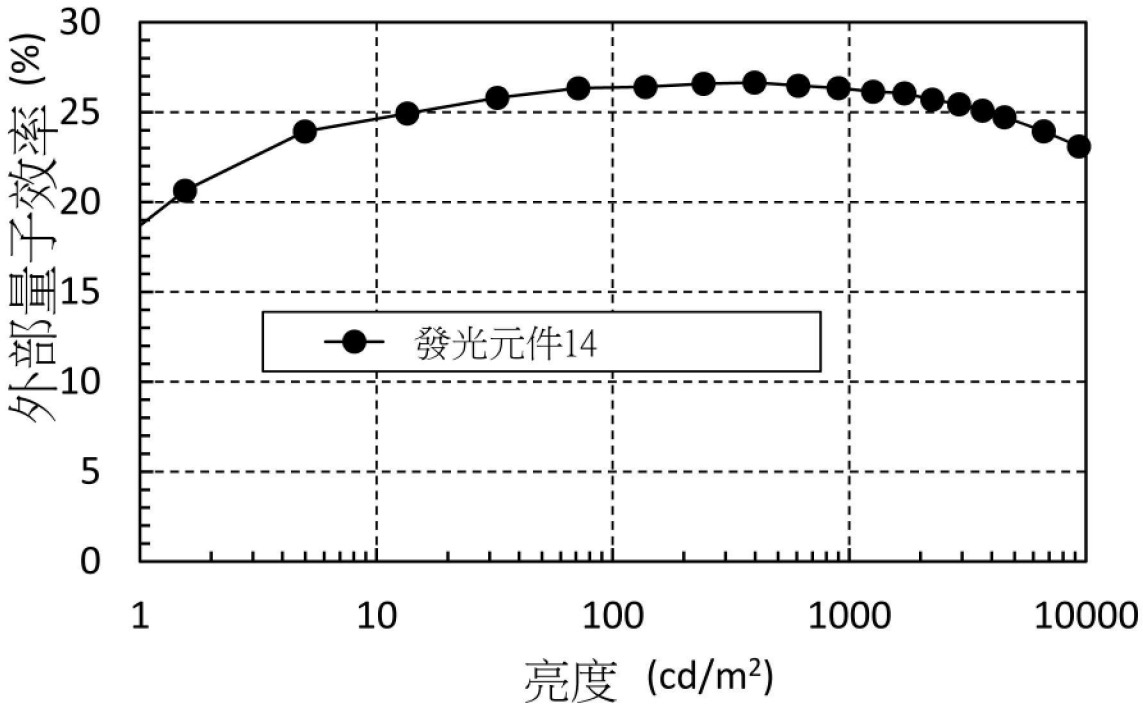
【圖95】


80
70
60
50
40
30
20
10
0
電流效率 (cd/A)
發光元件14
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

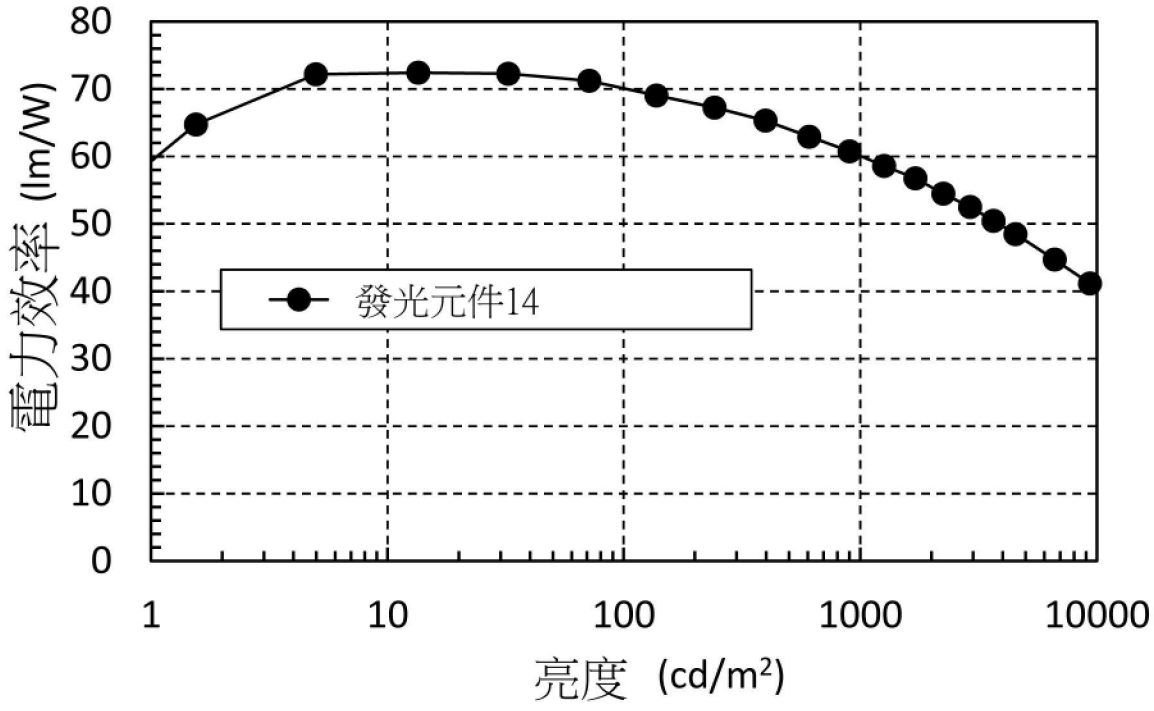
【圖96】


10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
發光元件14
0
1
2
3
4
5
電壓 (V)

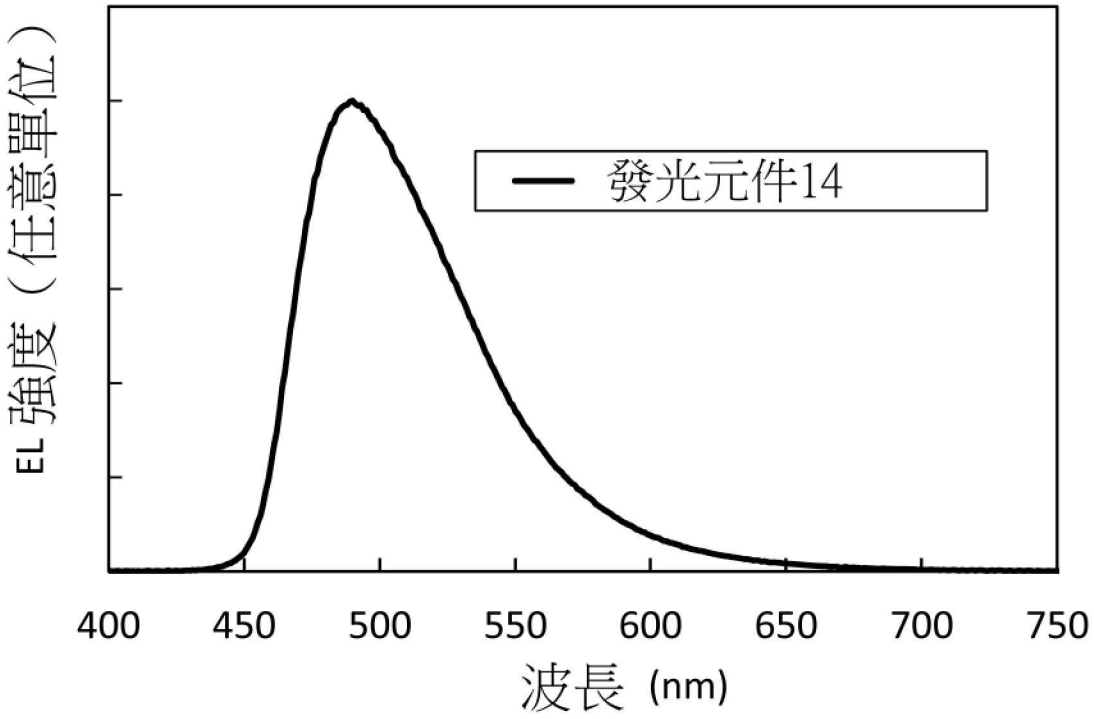
【圖97】


外部量子效率 (%)
30
25
20
15
10
5
0
發光元件14
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

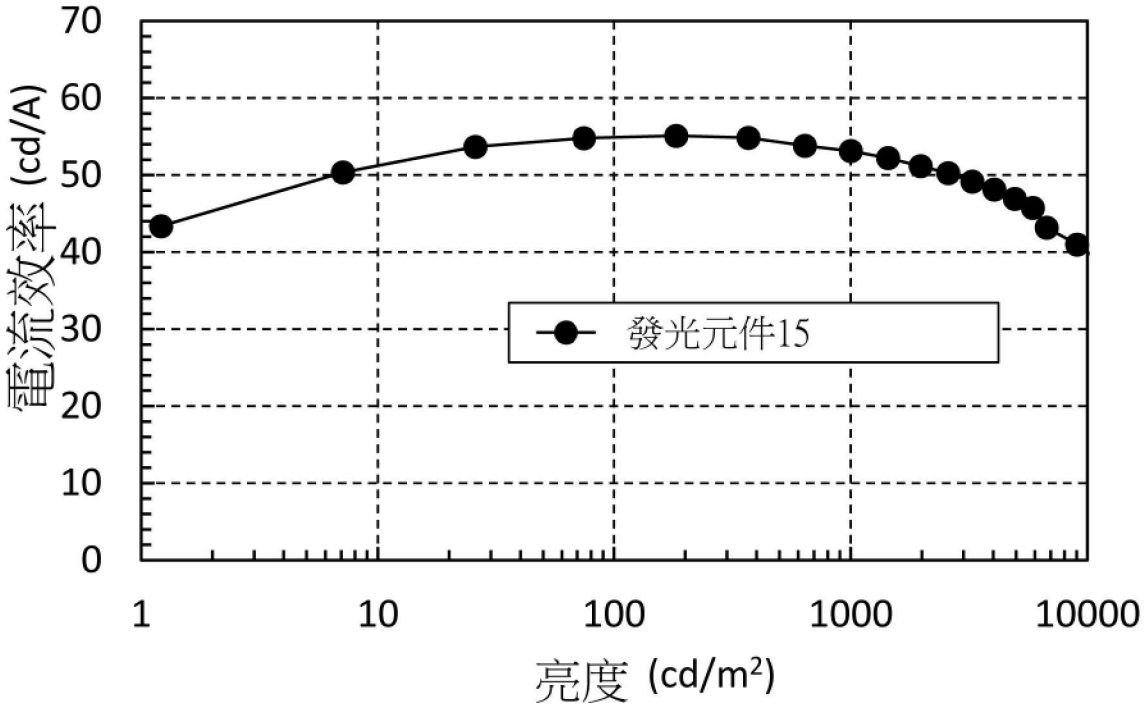
【圖98】


電力效率 (lm/W)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
發光元件14
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

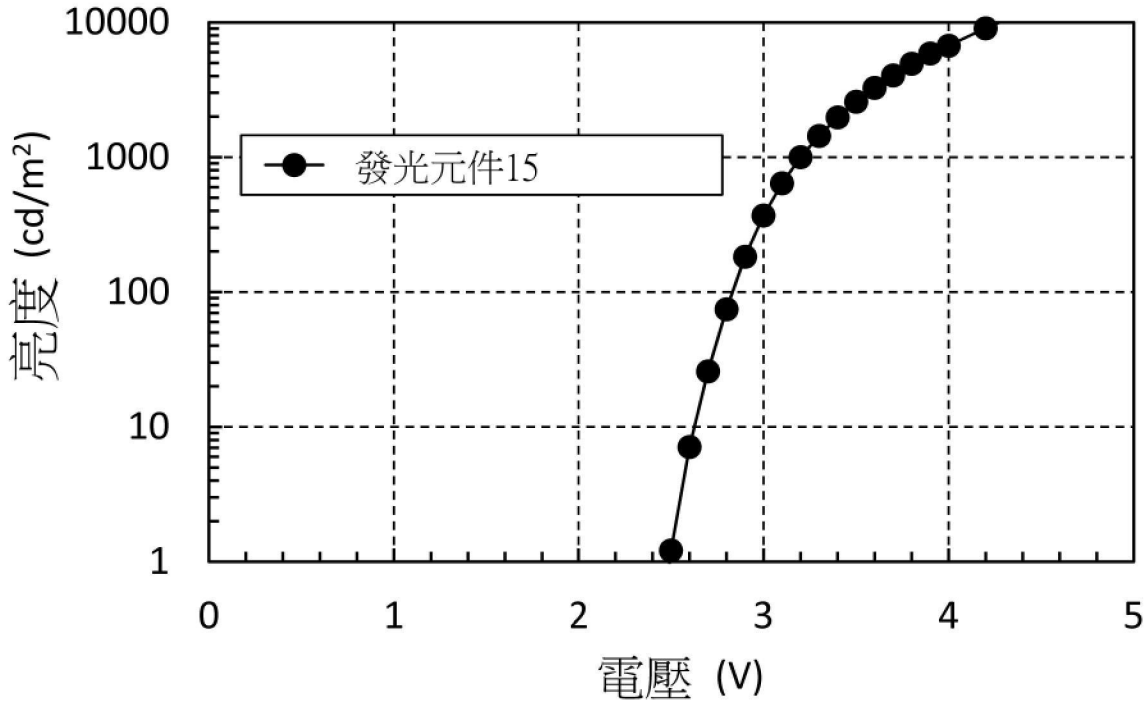
【圖99】



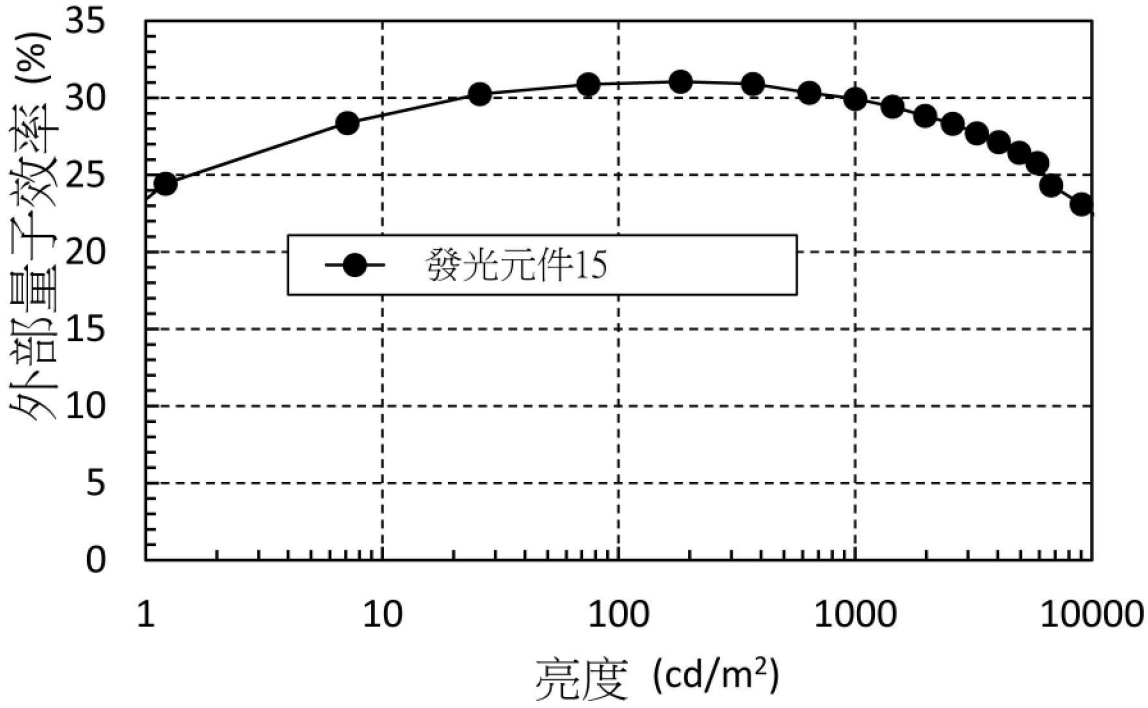
【圖100】


70
60
50
40
30
20
10
0
電流效率 (cd/A)
發光元件15
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

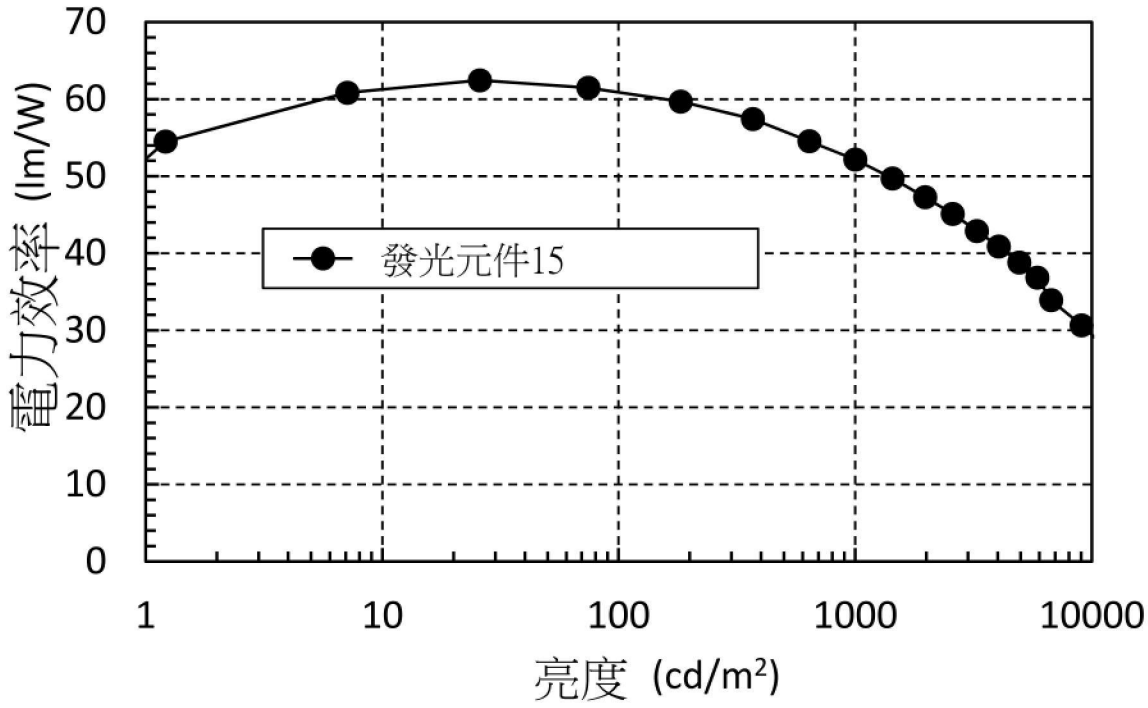
【圖101】


10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
發光元件15
0
1
2
3
4
5
電壓 (V)

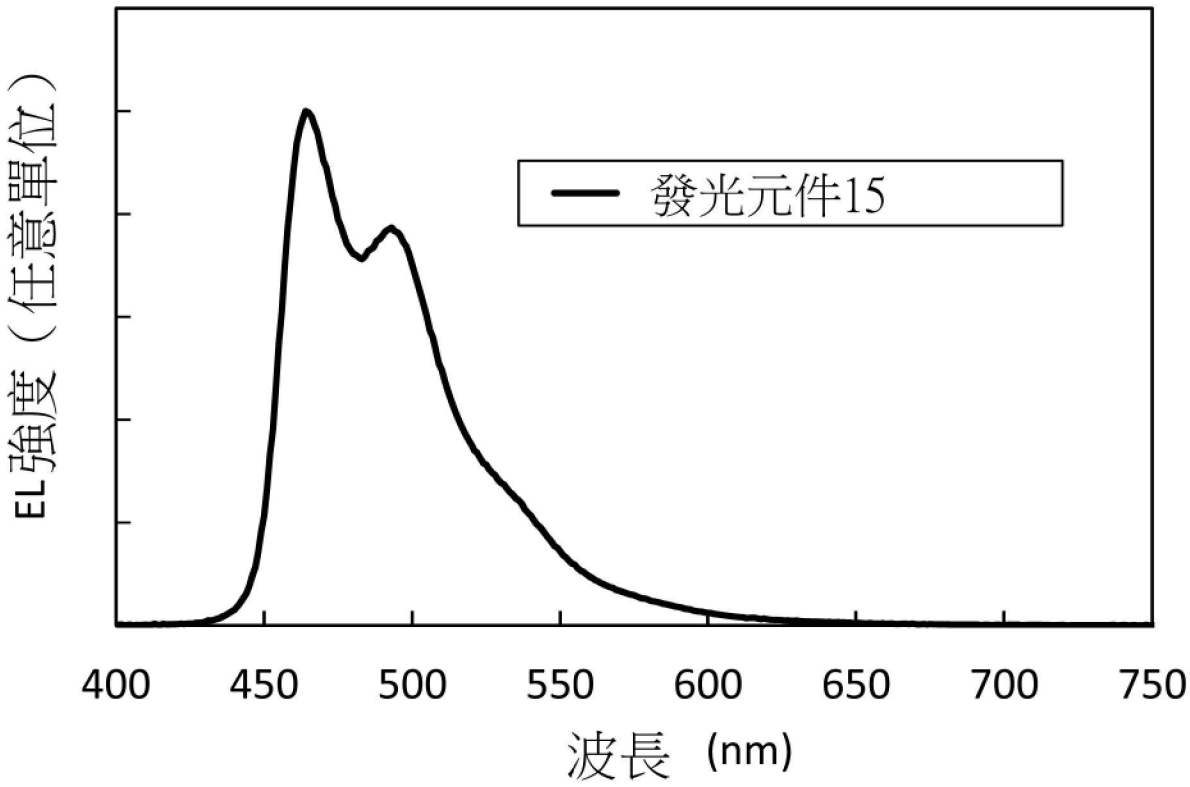
【圖102】


外部量子效率 (%)
35
30
25
20
15
10
5
0
發光元件15
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

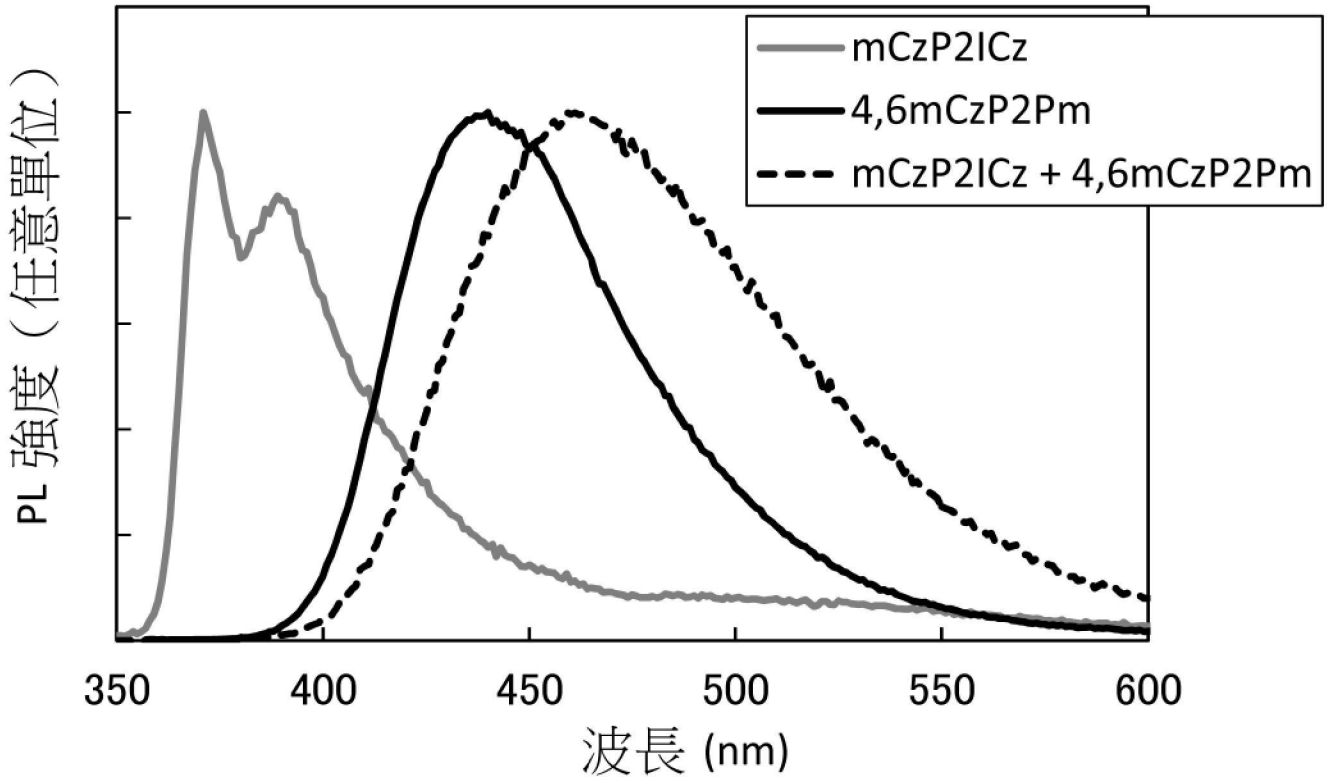
【圖103】


電力效率 (lm/W)
70
60
50
40
30
20
10
0
發光元件15
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

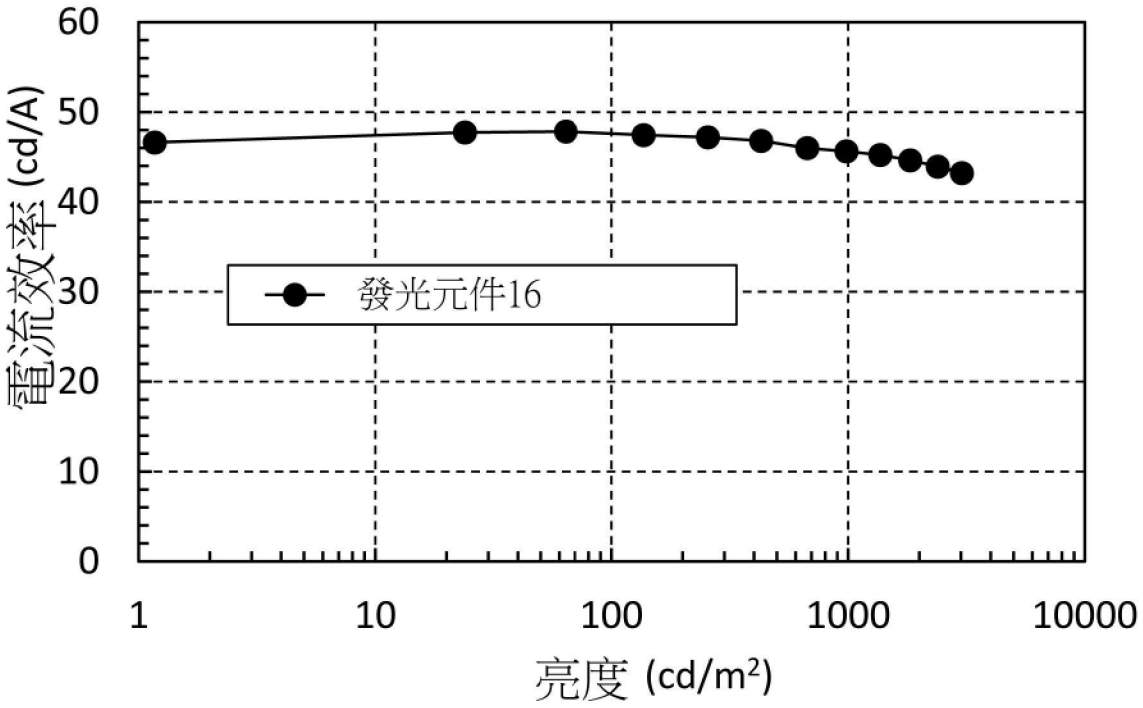
【圖104】



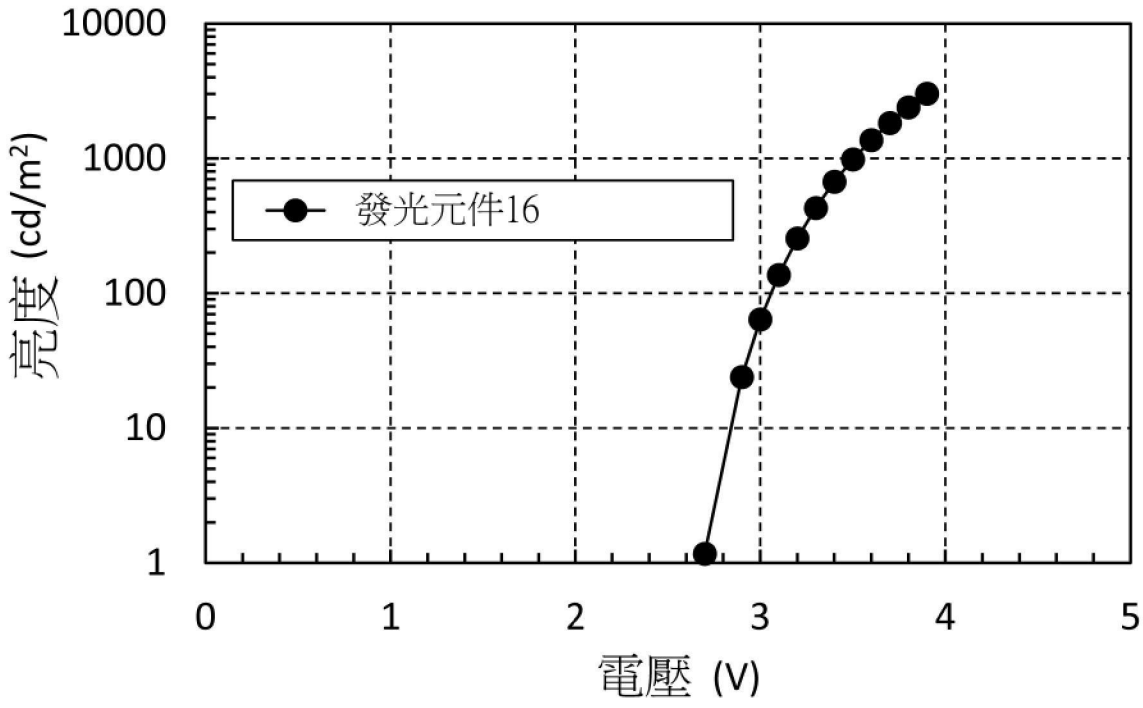
【圖105】


mCzP2ICz
4,6mCzP2Pm
mCzP2ICz + 4,6mCzP2Pm
PL 強度（任意單位）
350
400
450
500
550
600
波長 (nm)

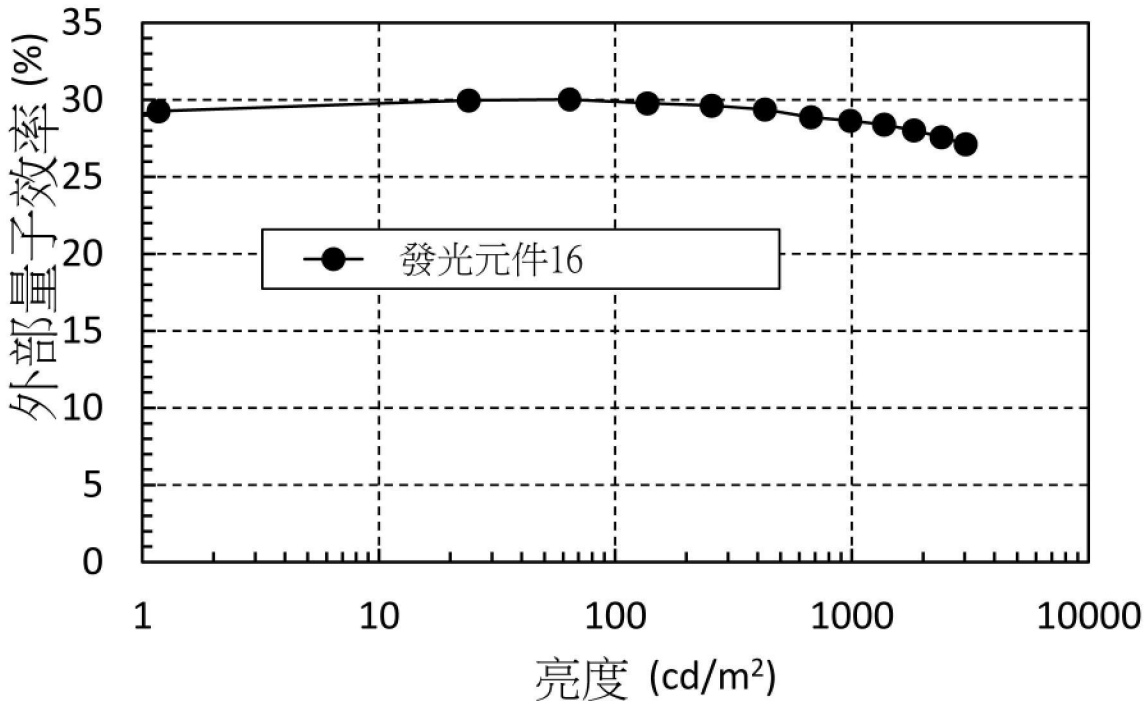
【圖106】


60
50
40
30
20
10
0
電流效率 (cd/A)
發光元件16
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

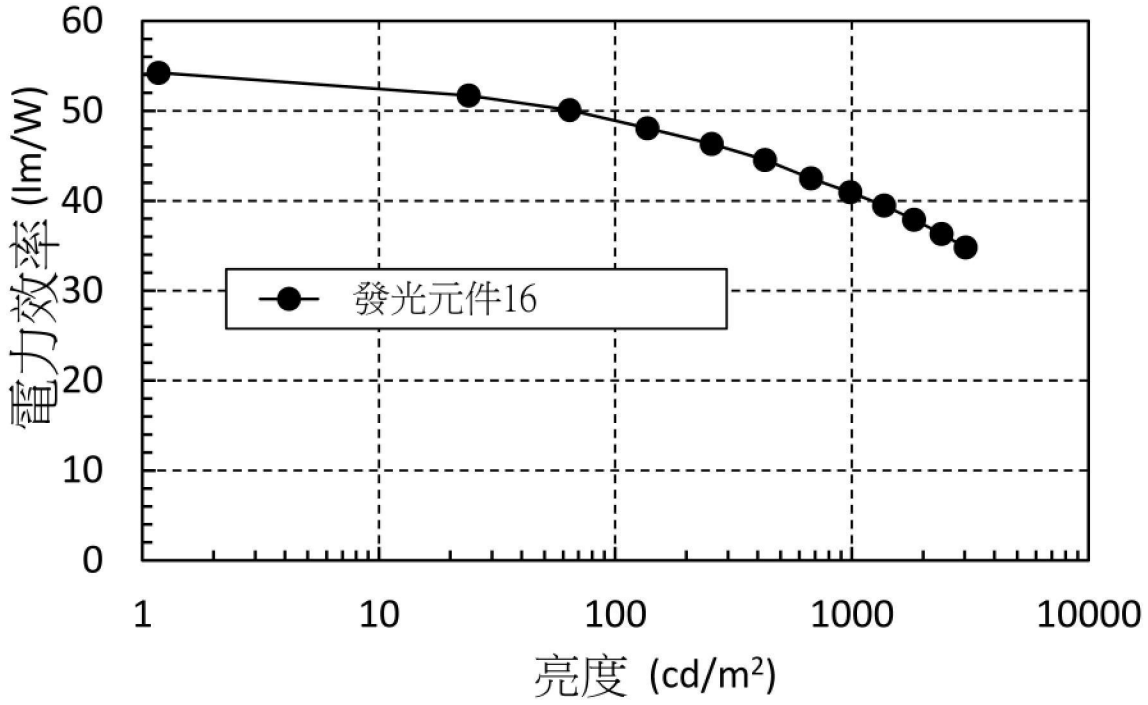
【圖107】


10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
發光元件16
0
1
2
3
4
5
電壓 (V)

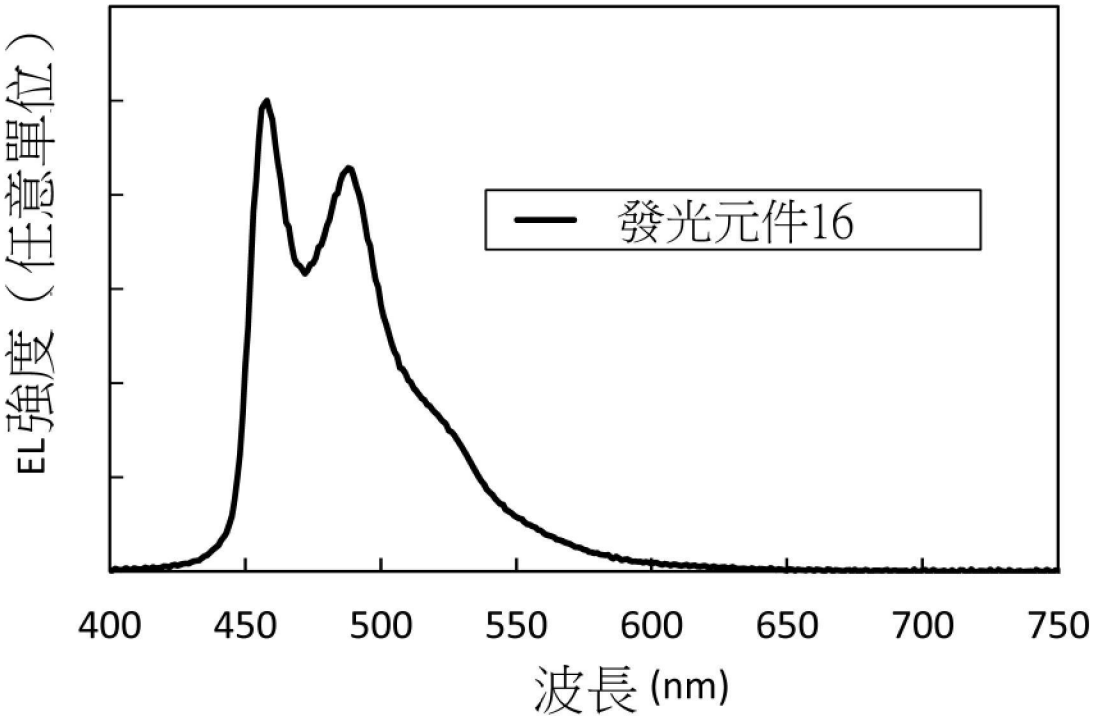
【圖108】


外部量子效率 (%)
35
30
25
20
15
10
5
0
發光元件16
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

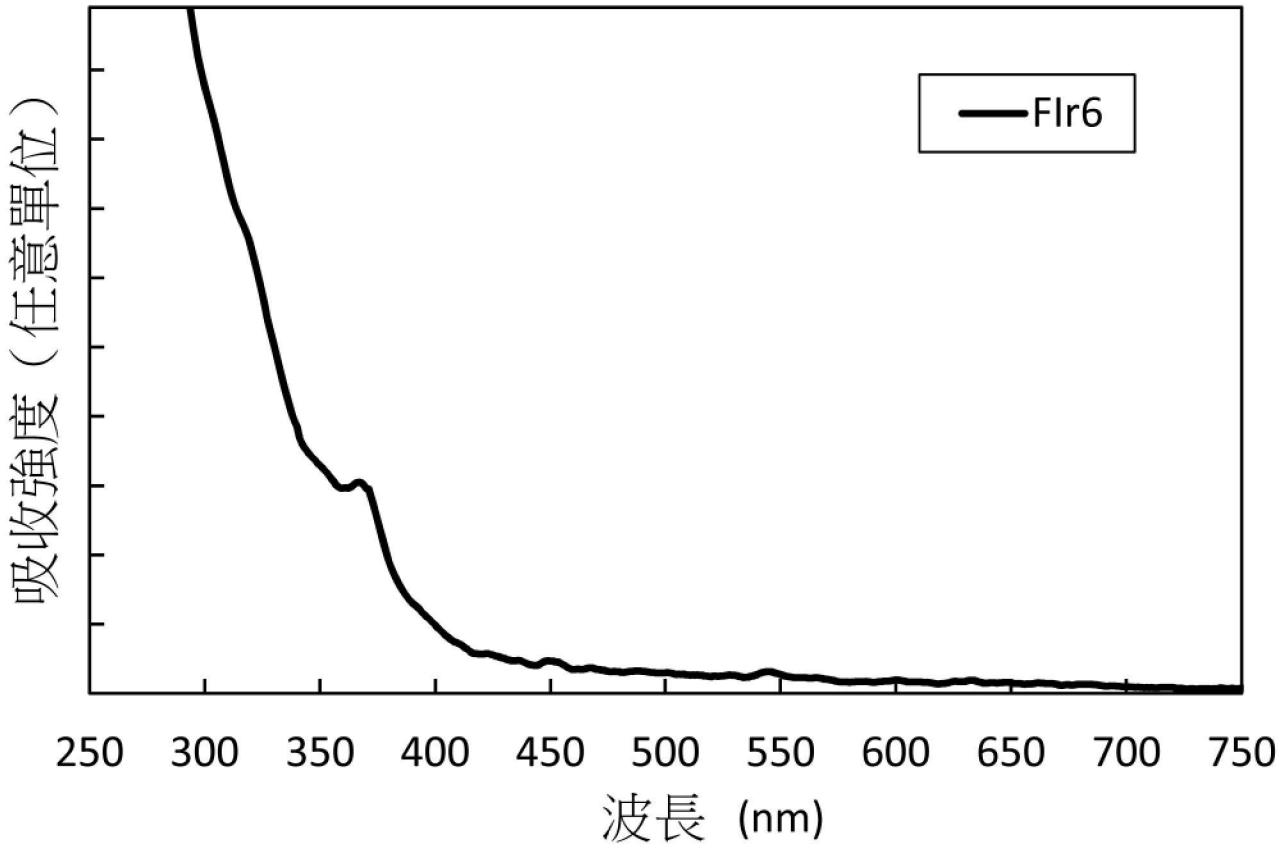
【圖109】


電力效率 (lm/W)
60
50
40
30
20
10
0
發光元件16
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

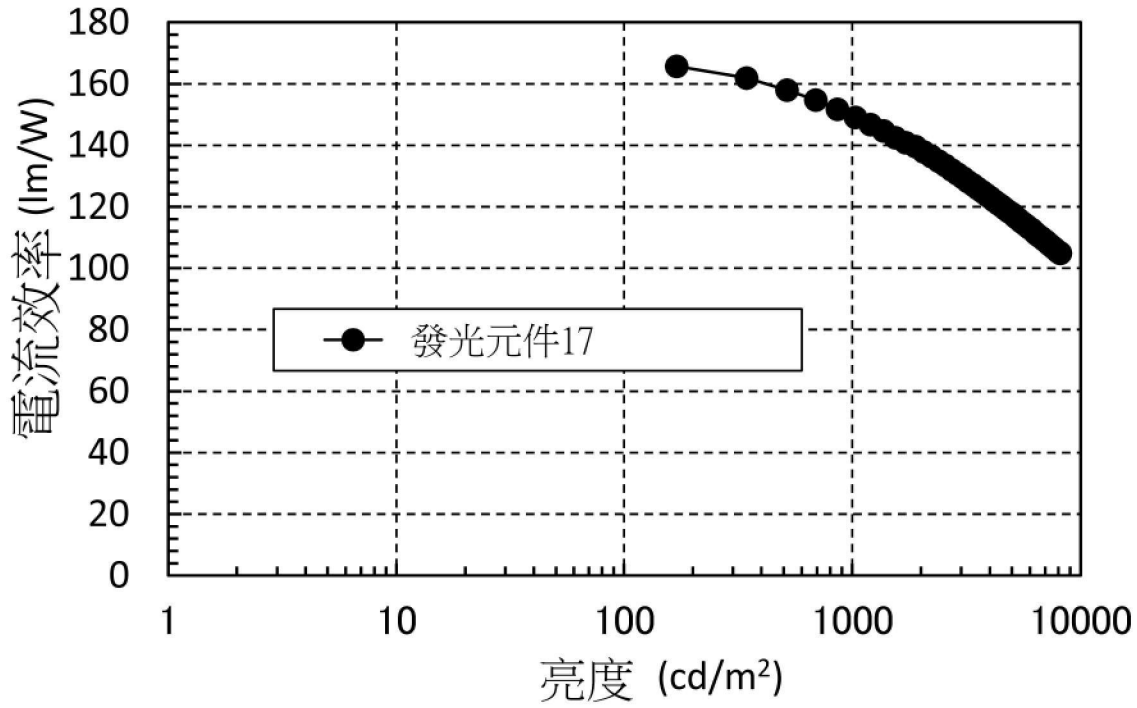
【圖110】



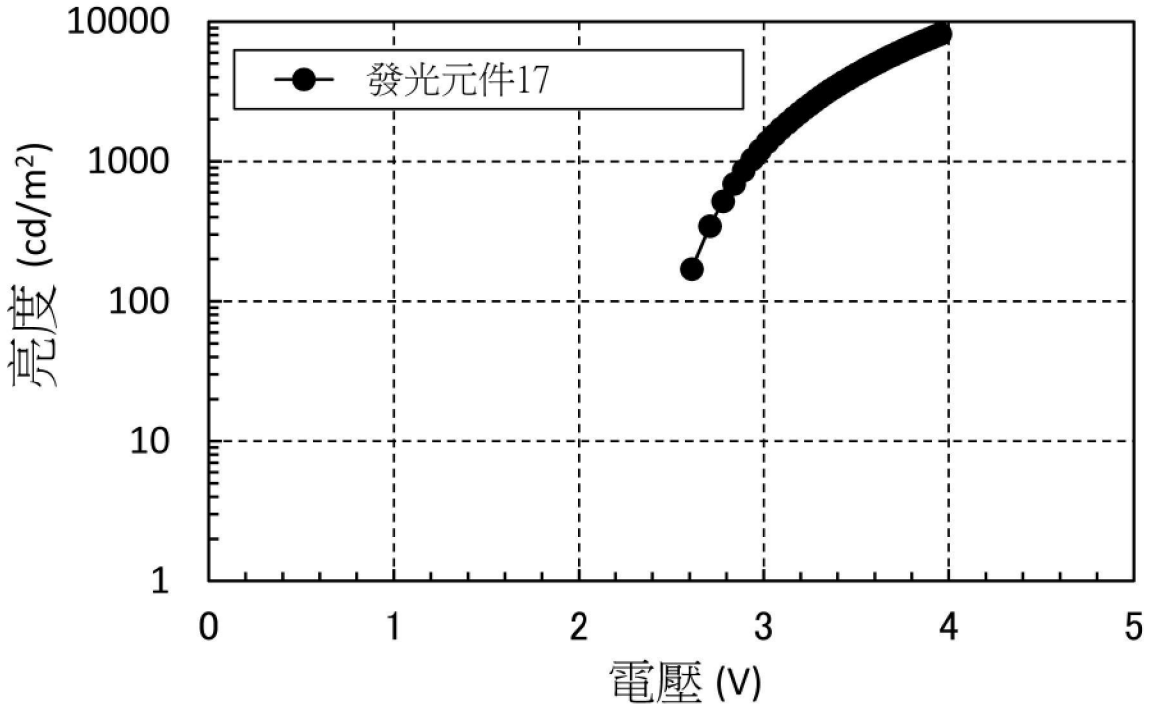
【圖111】



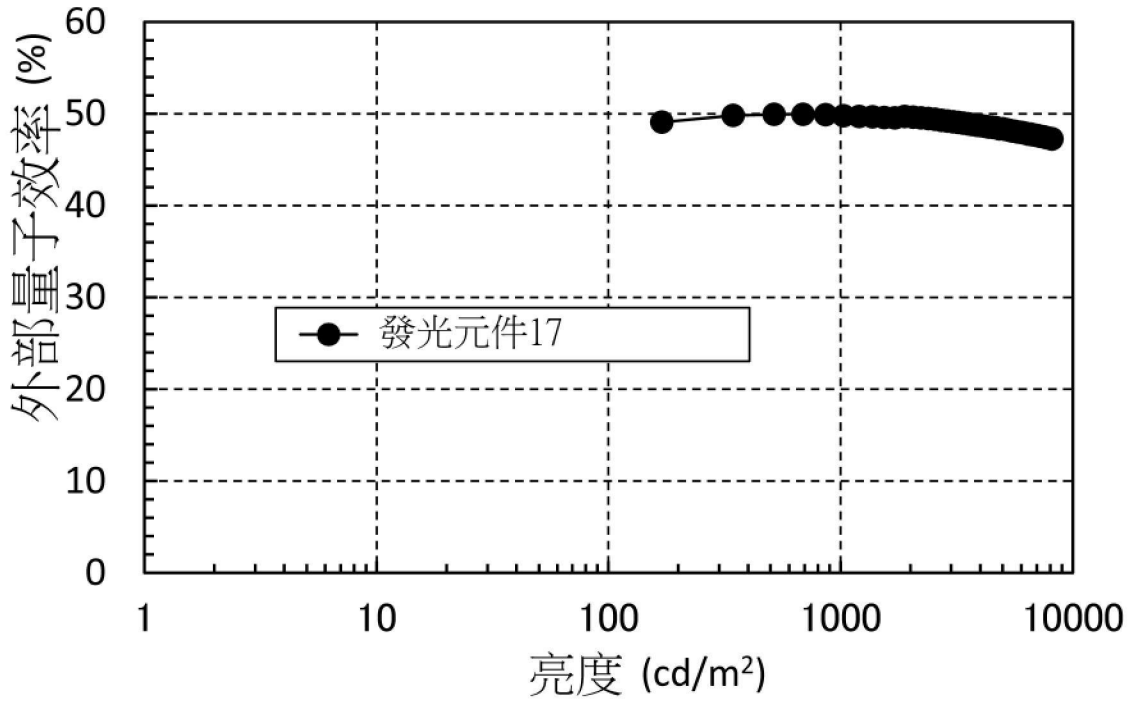
【圖112】


180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
電流效率 (lm/W)
發光元件17
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

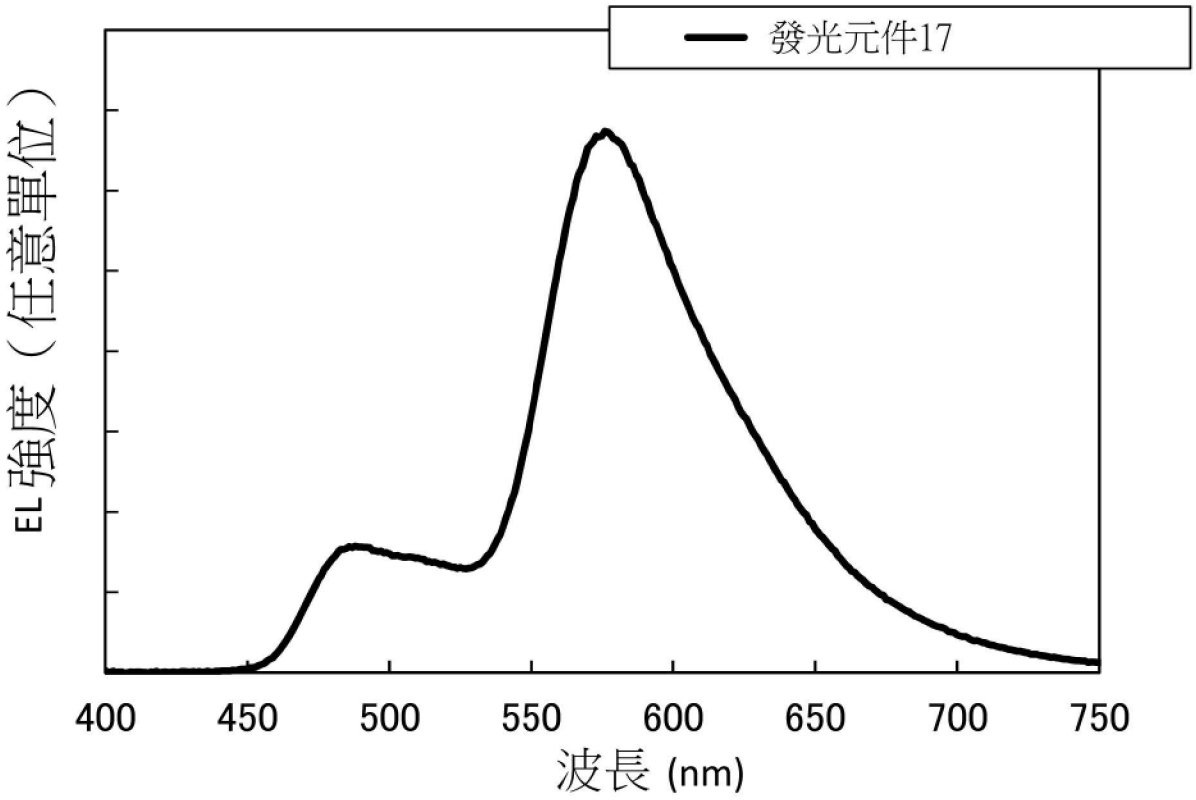
【圖113】


10000
1000
100
10
1
亮度 (cd/m²)
發光元件17
0
1
2
3
4
5
電壓 (V)

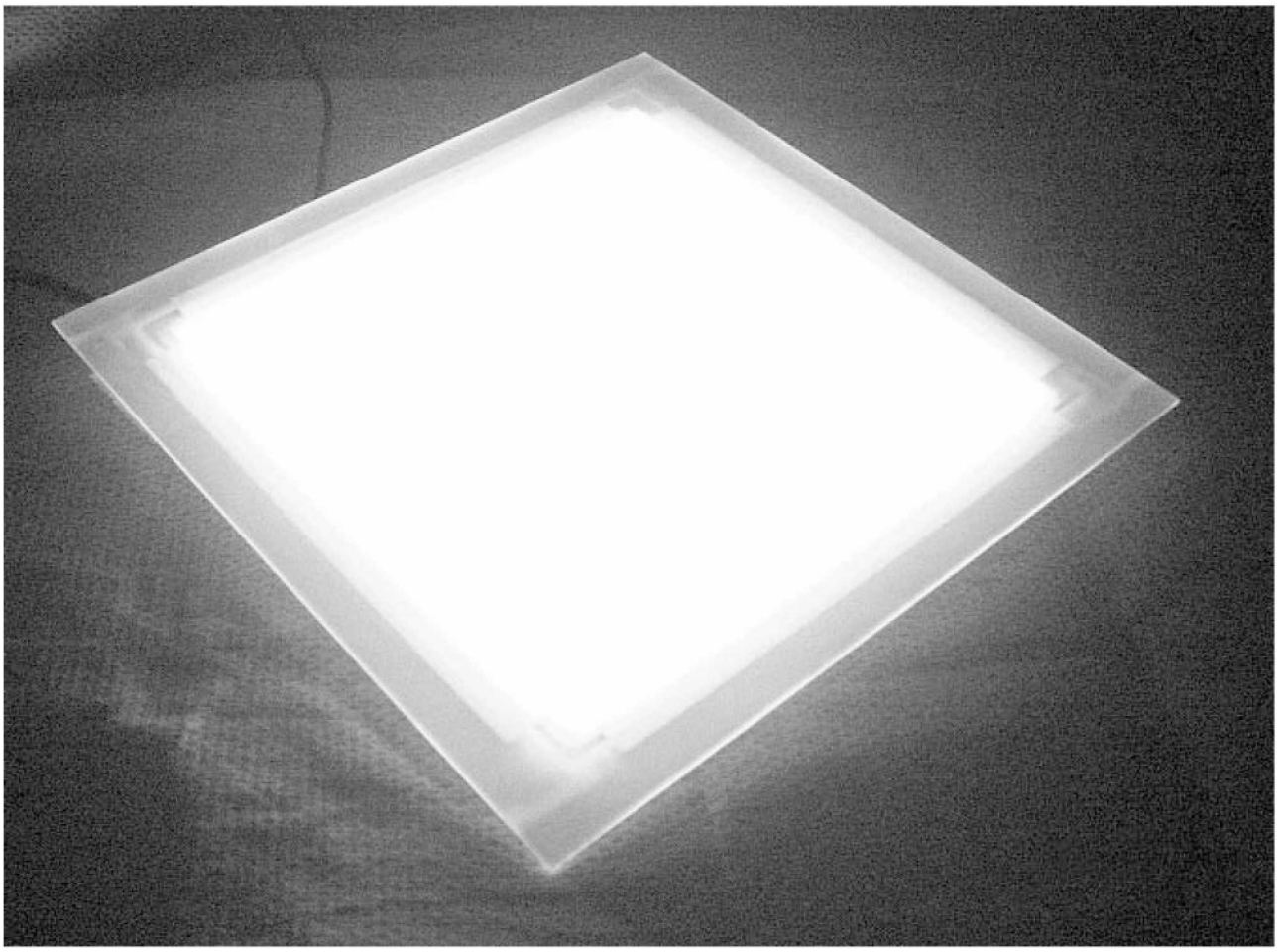
【圖114】


外部量子效率 (%)
60
50
40
30
20
10
0
發光元件17
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

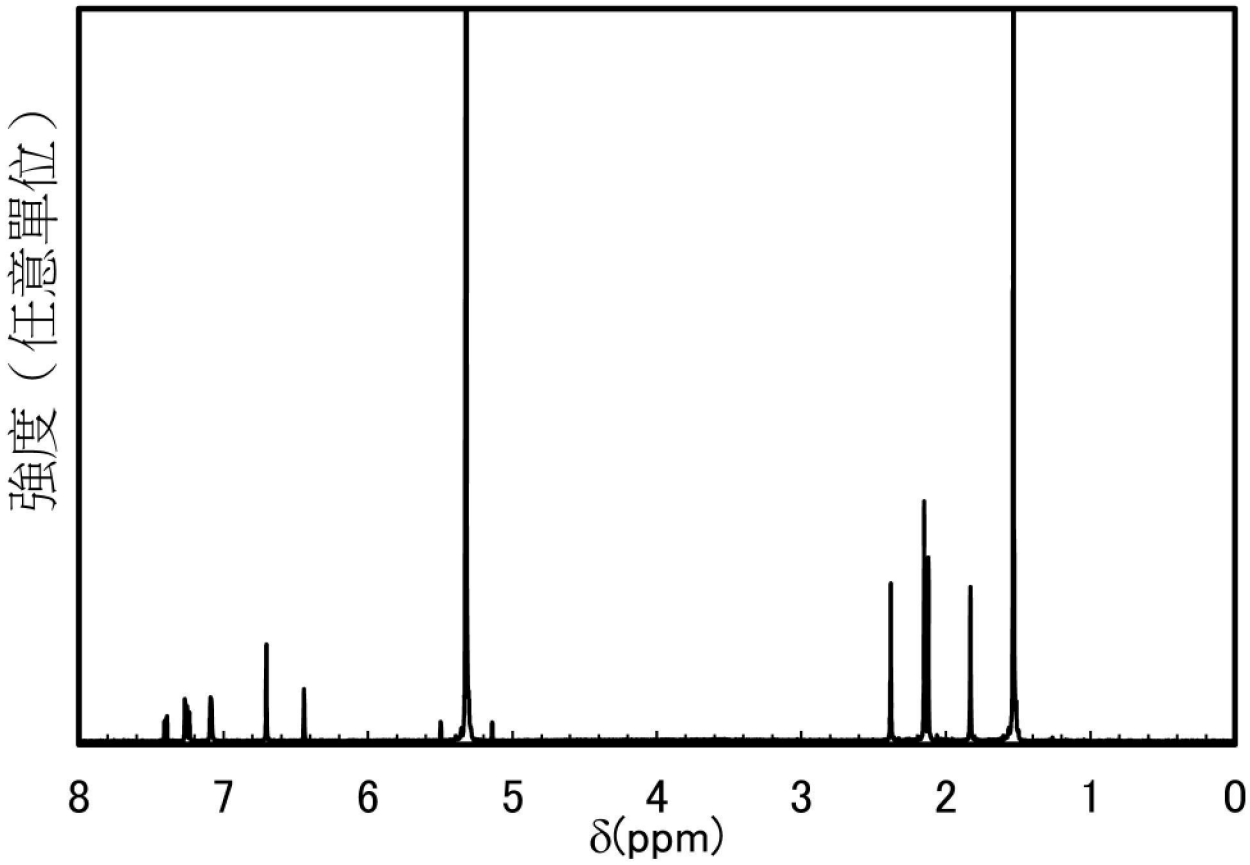
【圖115】


發光元件17
EL強度（任意單位）
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)

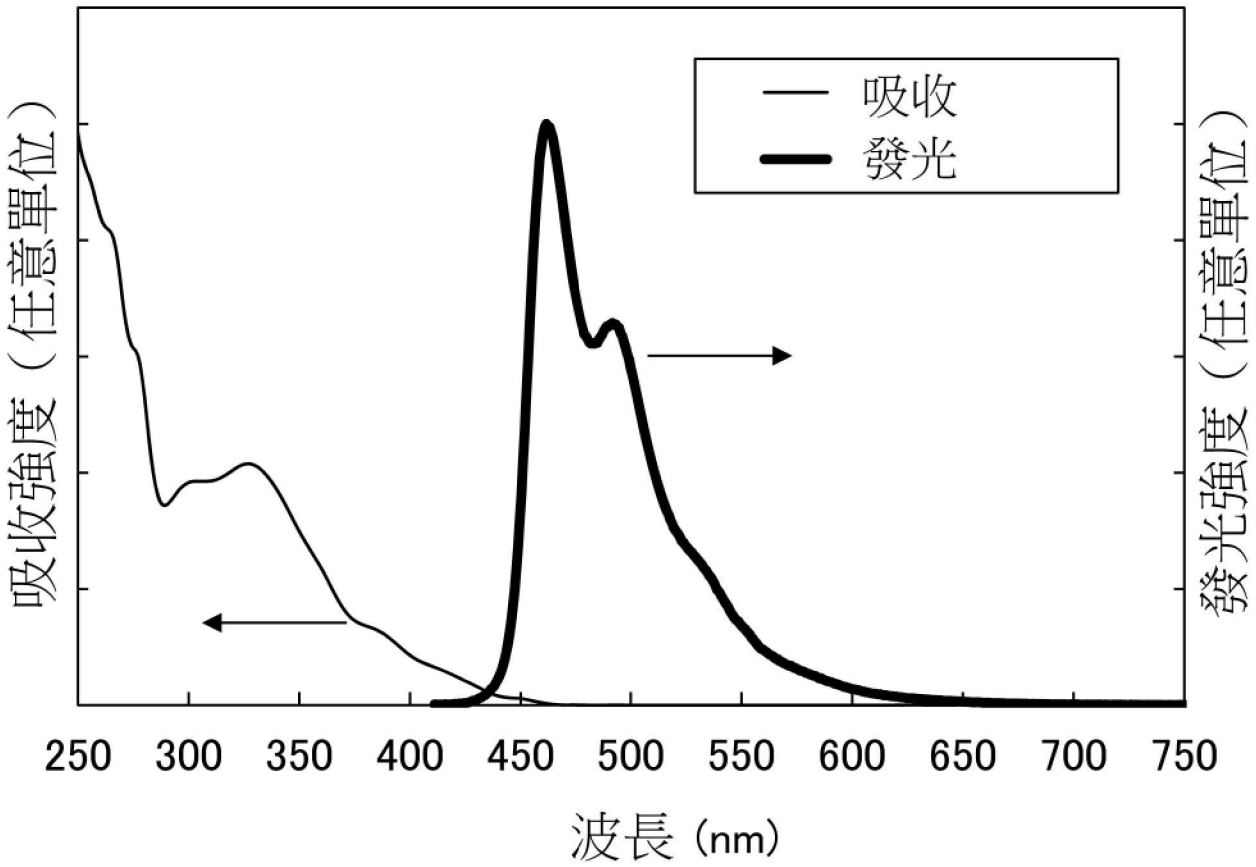
【圖116】



【圖117】



【圖118】


吸收
發光
吸收強度（任意單位）
發光強度（任意單位）
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長（nm）

【圖119】