



(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 I779835 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：110134465

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 02 日

(51)Int. Cl.：

C07D209/86 (2006.01)**C07D491/048(2006.01)****C07D495/04 (2006.01)****H05B33/14 (2006.01)****C09K11/06 (2006.01)****H01L51/50 (2006.01)**

(30)優先權：2015/09/04 日本

2015-174830

2016/04/21 日本

2016-084974

(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：金元美樹 KANAMOTO, MIKI (JP)；渡部剛吉 WATABE, TAKEYOSHI (JP)；井上
英子 INOUE, HIDEKO (JP)；瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)；光森智美
MITSUMORI, SATOMI (JP)；高橋辰義 TAKAHASHI, TATSUYOSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

CN 104292241A

審查人員：王嘉薇

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：82 共 366 頁

(54)名稱

化合物、發光元件、顯示裝置、電子裝置及照明設備

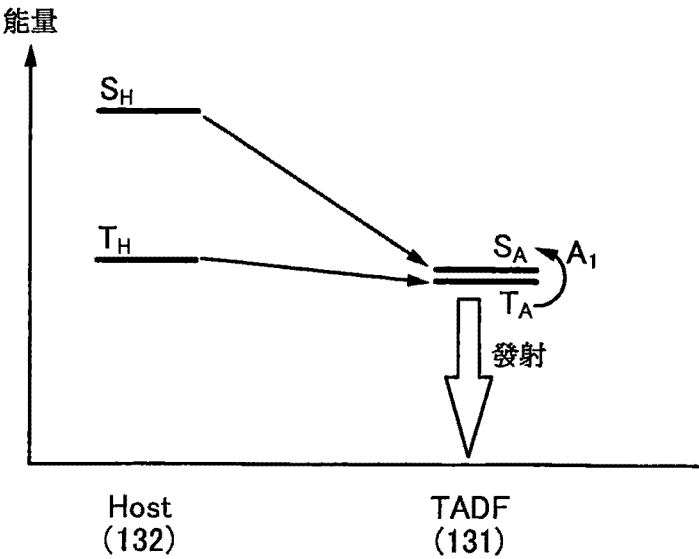
(57)摘要

本發明的一個實施方式提供一種新穎的化合物。此外，提供一種發光效率高的發光元件。本發明的一個實施方式提供具有聯吡唑骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的新穎的化合物。此外，提供包含該化合物的發光元件。

Provided is a novel compound or a light-emitting element with high emission efficiency. The provided novel compound includes a bicarbazole skeleton and a benzofuopyrimidine skeleton or a benzothienopyrimidine skeleton. The provided light-emitting element includes the compound.

指定代表圖：

圖 1C



發明摘要

【發明名稱】(中文/英文)

化合物、發光元件、顯示裝置、電子裝置及照明設備

COMPOUND, LIGHT-EMITTING ELEMENT, DISPLAY DEVICE,

ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

【中文】

本發明的一個實施方式提供一種新穎的化合物。此外，提供一種發光效率高的發光元件。本發明的一個實施方式提供具有聯咪唑骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的新穎的化合物。此外，提供包含該化合物的發光元件。

【英文】

Provided is a novel compound or a light-emitting element with high emission efficiency. The provided novel compound includes a bicarbazole skeleton and a benzofuopyrimidine skeleton or a benzothienopyrimidine skeleton. The provided light-emitting element includes the compound.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1C

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

化合物、發光元件、顯示裝置、電子裝置及照明設備

COMPOUND, 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具有聯吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。本發明的一個實施方式係關於一種包含該化合物的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材料的層（EL層）的結構。藉由將電壓施加到該元件的電極間，可以獲得來自發光材料的發光。

[0004] 因為上述發光元件是自發光型發光元件，所以使用該發光元件的顯示裝置具有如下優點：具有良好的可見度；不需要背光源；以及功耗低等。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] 當使用將有機材料用作發光性材料並在一對電極間設置有包含該發光性有機材料的 EL 層的發光元件（例如，有機 EL 元件）時，藉由將電壓施加到一對電極間，電子和電洞分別從陰極和陽極注入到發光 EL 層，而使電流流過。而且，注入的電子與電洞再結合而使發光性有機材料成為激發態，而可以獲得發光。

[0006] 作為有機材料所形成的激發態的種類，有單重激發態（ S^* ）及三重激發態（ T^* ），來自單重激發態的發光被稱為螢光，來自三重激發態的發光被稱為磷光。另外，在該發光元件中，單重激發態與三重激發態的統計學上的產生比例是 $S^* : T^* = 1 : 3$ 。因此，與使用發射螢光的材料（螢光材料）的發光元件相比，使用發射磷光的材料（磷光材料）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材料的發光元件積極地進行了開發（例如，參照專利文獻 1）。

[0007] 在使用磷光材料的發光元件中，因為具有高三重激發能階的穩定的材料的開發是較困難的，所以發射藍色光的發光元件還沒有實現實用化。因此，對用於發射藍色光的發光元件的更穩定的螢光材料進行開發，提高使用螢光材料的發光元件的發光效率的方法正在被尋求。

[0008] 作為能夠將三重激發態的能量的一部分轉換為發光的材料，已知有熱活化延遲螢光（Thermally Activated Delayed Fluorescence：TADF）材料。在熱活化延遲螢光材料中，藉由反系間竄越由三重激發態產生單重激發態，並且單重激發態被轉換為發光。在專利文獻 2 及專利文獻 3 中，公開了發射熱活化延遲螢光的材料。

[0009] 此外，已提出了如下方法：在包含熱活化延遲螢光材料和螢光材料的發光元件中，將熱活化延遲螢光材料的單重激發態轉移到螢光材料，並從螢光材料獲得發光（參照專利文獻 4）。

[0010]

[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 2004-241374 號公報

[專利文獻 3] 日本專利申請公開第 2006-24830 號公報

[專利文獻 4] 日本專利申請公開第 2014-45179 號公報

【發明內容】

[0011] 為了提高使用熱活化延遲螢光材料的發光元件的發光效率，不但在熱活化延遲螢光材料中由三重激發態高效地生成單重激發態，而且由單重激發態高效地獲得發光，亦即高螢光量子產率是重要的。此外，發射藍色光等能量高且發光波長短的光的熱活化延遲螢光材料需要具有高單重激發能階及三重激發能階。

[0012] 在包含熱活化延遲螢光材料和螢光材料的發光元件中，為了提高發光效率或降低驅動電壓，需要高效地在熱活化延遲螢光材料中使載子再結合。另外，在熱活化延遲螢光材料中生成的激發能高效地轉移到螢光材料的單重激發態是重要的。

[0013] 本發明的一個實施方式的目的是之一是一種新穎的化合物。本發明的一個實施方式的目的是之一是一種發射藍色螢光的新穎的化合物。本發明的一個實施方式的目的是之一是一種三重激發能階高的新穎的化合物。本發明的一個實施方式的目的是之一是一種載子傳輸性優異的新穎的化合物。本發明的一個實施方式的目的是之一是一種包含新穎的化合物的發光元件。本發明的一個實施方式的目的是之一是一種發光效率高的發光元件。本發明的一個實施方式的目的是之一是一種發光效

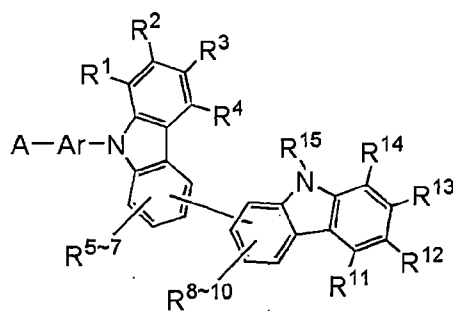
率高的發射螢光的發光元件。本發明的一個實施方式的目
的之一是提供一種發光效率高的發射藍色螢光的發光元
件。本發明的一個實施方式的目的之一是提供一種驅動電
壓低的發光元件。本發明的一個實施方式的目的之一是提
供一種發光效率高且功耗得到降低的新穎的發光裝置。本
發明的一個實施方式的目的之一是提供一種新穎的顯示裝
置。

[0014] 注意，上述目的的記載不妨礙其他目的的存在。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。

[0015] 本發明的一個實施方式是一種具有聯吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。本發明的一個實施方式是一種包含具有聯吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物的發光元件。

[0016] 本發明的一個實施方式是一種以下面通式
(G0) 表示的化合物。

[0017]



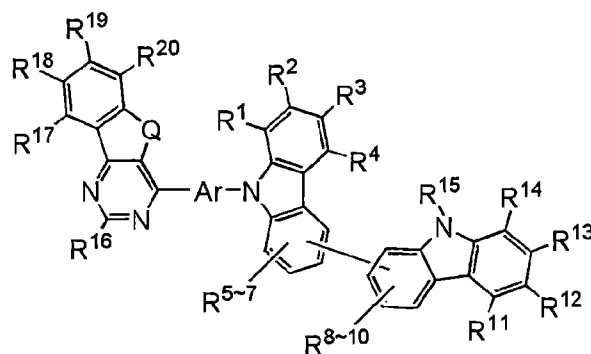
(G0)

[0018] 在通式 (G0) 中，A 表示取代或未取代的苯并呋喃并嘧啶骨架或者取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶骨架， R^1 至 R^{15} 分別獨立地表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。

[0019] 在上述結構中，較佳的是，苯并呋喃并嘧啶骨架是苯并呋喃并[3,2-d]吡啶骨架。此外，較佳的是，苯并噻吩并嘧啶骨架是苯并噻吩并[3,2-d]吡啶骨架。

[0020] 本發明的其他實施方式是一種以下面通式 (G1) 表示的化合物。

[0021]



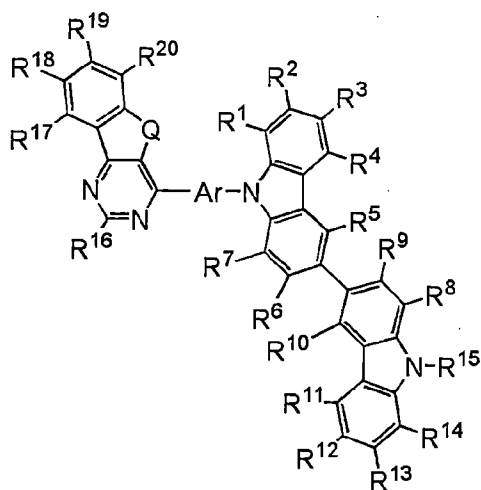
(G1)

[0022] 在通式 (G1) 中，Q 表示氧或硫， R^1 至 R^{20} 分別獨立地表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。

[0023] 本發明的其他實施方式是一種以下面通式

(G2) 表示的化合物。

[0024]

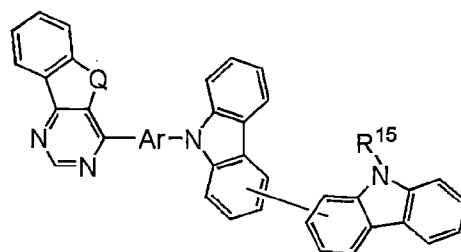


(G2)

[0025] 在通式 (G2) 中，Q 表示氧或硫， R^1 至 R^{20} 分別獨立地表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。

[0026] 本發明的其他實施方式是一種以下面通式 (G3) 表示的化合物。

[0027]



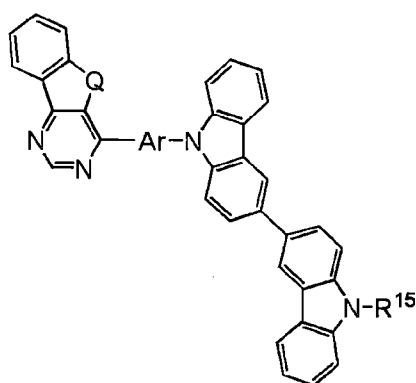
(G3)

[0028] 在通式 (G3) 中，Q 表示氧或硫， R^{15} 表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原

子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。

[0029] 本發明的其他實施方式是一種以下面通式 (G4) 表示的化合物。

[0030]



(G4)

[0031] 在通式 (G4) 中，Q 表示氧或硫，R¹⁵ 表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。

[0032] 本發明的其他實施方式是一種包含上述各結構所記載的化合物的發光元件。

[0033] 在上述結構中，發光元件較佳為具有發射包含延遲螢光的發光的功能。發光元件較佳為還包含磷光材料。發光元件較佳為具有發射藍色光的功能。

[0034] 本發明的其他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。本發明的其他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。本發明的其他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，如下模組也有時包括發光裝置：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）的模組；在 TCP 端部中設置有印刷線路板的模組；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模組。

[0035] 根據本發明的一個實施方式，可以提供一種新穎的化合物。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發射藍色螢光的新穎的化合物。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種三重激發能階高的新穎的化合物。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種載子傳輸性優異的新穎的化合物。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。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發光效率高的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發光效率高的發射螢光的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發光效率高的發射藍色螢光的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種驅動電壓低的發光元件。根據

本發明的一個實施方式，可以提供一種發光效率高且功耗得到降低的新穎的發光裝置。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。

[0036] 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，可以從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載得知並衍生上述效果以外的效果。

【圖式簡單說明】

[0037] 在圖式中：

圖 1A 至圖 1C 是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖及說明發光層中的能階相關的示意圖；

圖 2A 及圖 2B 是本發明的一個實施方式的發光元件的發光層的剖面示意圖及說明能階相關的示意圖；

圖 3A 及圖 3B 是本發明的一個實施方式的發光元件的發光層的剖面示意圖及說明能階相關的示意圖；

圖 4A 至圖 4C 是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖及說明發光層中的能階相關的示意圖；

圖 5A 及圖 5B 是本發明的一個實施方式的發光元件的發光層的剖面示意圖及說明能階相關的示意圖；

圖 6A 至圖 6C 是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖及說明發光層中的能階相關的示意圖；

圖 7A 至圖 7C 是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖及說明發光層中的能階相關的示意圖；

圖 8A 及圖 8B 是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖 9A 及圖 9B 是本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖 10A 至圖 10C 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 11A 至圖 11C 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 12 是本發明的一個實施方式的半導體元件的剖面示意圖；

圖 13A 及圖 13B 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 14A 及圖 14B 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 15 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 16A 及圖 16B 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 及圖 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 18 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 19A 及圖 19B 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 20 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 21A 及圖 21B 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 22A 及圖 22B 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 23A 及圖 23B 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 24A 及圖 24B 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 25A 及圖 25B 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 26A 至圖 26C 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 27A 及圖 27B 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 28A 及圖 28B 是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 29 是本發明的一個實施方式的觸控感測器的電路圖；

圖 30 是說明本發明的一個實施方式的顯示模組的透視圖；

圖 31A 至圖 31G 是說明本發明的一個實施方式的電子裝置的圖；

圖 32A 至圖 32F 是說明本發明的一個實施方式的電子裝置的圖；

圖 33A 至圖 33D 是說明本發明的一個實施方式的電子裝置的圖；

圖 34A 及圖 34B 是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的透視圖；

圖 35A 至圖 35C 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 36A 至圖 36D 是說明本發明的一個實施方式的發光裝置的剖面圖；

圖 37A 至圖 37C 是說明本發明的一個實施方式的照明設備及電子裝置的圖；

圖 38 是說明本發明的一個實施方式的照明設備的圖；

圖 39 是說明實施例的化合物的 NMR 圖；

圖 40 是說明實施例的化合物的 MS 光譜的圖；

圖 41 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 42 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 43 是說明實施例的化合物的 NMR 圖；

圖 44 是說明實施例的化合物的 MS 光譜的圖；

圖 45 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 46 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 47 是說明實施例的發光元件的剖面示意圖；

圖 48 是說明實施例的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖 49 是說明實施例的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖 50 是說明實施例的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖 51 是說明實施例的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖 52A 及圖 52B 是說明實施例的薄膜的過渡螢光特性的圖；

圖 53 是說明實施例的化合物的發射光譜的圖；

圖 54 是說明實施例的化合物的發射光譜的圖；

圖 55 是說明實施例的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖 56 是說明實施例的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖 57 是說明實施例的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖 58 是說明實施例的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖 59 是說明實施例的發光元件的電流效率-亮度特性

的圖；

圖 60 是說明實施例的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖 61 是說明實施例的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖 62 是說明實施例的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖 63 是說明實施例的化合物的 NMR 圖；

圖 64 是說明實施例的化合物的 MS 光譜的圖；

圖 65 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 66 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 67 是說明實施例的化合物的 NMR 圖；

圖 68 是說明實施例的化合物的 MS 光譜的圖；

圖 69 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 70 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 71 是說明實施例的化合物的 NMR 圖；

圖 72 是說明實施例的化合物的 MS 光譜的圖；

圖 73 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 74 是說明實施例的化合物的吸收光譜及發射光譜

的圖；

圖 75 是說明實施例的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖 76 是說明實施例的發光元件的亮度-電壓特性的圖；

圖 77 是說明實施例的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖 78 是說明實施例的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖 79 是說明實施例的化合物的發射光譜的圖；

圖 80 是說明實施例的化合物的發射光譜的圖；

圖 81 是說明實施例的化合物的發射光譜的圖；

圖 82A 至圖 82C 是參考實例的有機金屬錯合物的熱物性的圖。

【實施方式】

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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”。

[0043] 另外，在本說明書等中，單重激發態 (S^*) 是指具有激發能量的單重態。另外， $S1$ 能階是單重激發能階的最低能階，其是指最低單重激發態的激發能階。另外，三重激發態 (T^*) 是指具有激發能量的三重態。另外， $T1$ 能階是三重激發能階的最低能階，其是指最低三重激發態的激發能階。此外，在本說明書等中，即使簡單地表示為“單重激發態”或“單重激發態能階”也有時分別表示最低的單重激發態或 $S1$ 能階。另外，即使簡單地表示為“三重激發態”或“三重激發態能階”也有時分別表示最低的三重激發態或 $T1$ 能階。

[0044] 另外，在本說明書等中，螢光材料是指在從

單重激發態返回到基態時在可見光區域發光的材料。磷光材料是指在從三重激發態返回到基態時在室溫下在可見光區域發光的材料。換言之，磷光材料是指能夠將三重激發能量轉換為可見光的材料之一。

[0045] 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）或上升的波長導出。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）或上升的波長導出。

[0046] 另外，在本說明書等中，室溫是指 0℃ 以上且 40℃ 以下中的任意溫度。

[0047] 另外，在本說明書等中，藍色的波長區域是指 400nm 以上且小於 500nm 的波長區域，藍色的發光是在該區域具有至少一個發光光譜峰的發光。另外，綠色的波長區域是指 500nm 以上且小於 580nm 的波長區域，綠色的發光是在該區域具有至少一個發光光譜峰的發光。另外，紅色的波長區域是指 580nm 以上且 740nm 以下的波長區域，紅色的發光是在該區域具有至少一個發光光譜峰的發光。

[0048]

實施方式 1

在本實施方式中，例如以下對能夠用於本發明的一個實施方式的發光元件的化合物進行說明。

[0049] 本發明的一個實施方式的化合物是至少具有聯吡啶骨架且具有苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。由於該化合物的能帶間隙寬，所以藉由將該化合物用於發光元件，可以提供發光效率高的發光元件。此外，由於該化合物具有優異的載子傳輸性，所以藉由將該化合物用於發光元件，可以提供驅動電壓得到降低的發光元件。此外，由於該化合物對氧化及還原的反復具有高耐性，所以藉由將該化合物用於發光元件，可以提供可靠性良好的發光元件。就是說，具有該化合物的發光元件是具有優良的發光特性的高性能的發光元件。

[0050] 該化合物具有富 π 電子型芳雜環（聯吡啶骨架）及缺 π 電子型芳雜環（苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架）。因此，在分子中容易形成施體-受體型的激發態。再者，藉由富 π 電子型芳雜環（聯吡啶骨架）與缺 π 電子型芳雜環（苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架）直接或藉由伸芳基鍵合，可以增強施體性及受體性。藉由增強分子中的施體性及受體性，可以在化合物中縮小 HOMO（Highest Occupied Molecular Orbital，也稱為最高佔據分子軌域）的分子軌域分佈的區域與 LUMO（Lowest Unoccupied Molecular Orbital，也稱為最低空分子軌域）的分子軌域分佈的區域重疊的部分，而可以減少化合物的單重激發能階與三重激發能階的激發能量差。此外，可以使化合物的三重激發能階保持為高能量。注意，“分子軌域”是指分子中的電子的空間分佈，可以示出找到

電子的概率。可以由分子軌域詳細地描述分子的電子配置（電子的空間上分佈及能量）。

[0051] 在單重激發能階與三重激發能階的能量差小時，可以使用 100°C 以下，較佳為室溫程度的微小的熱能量將三重激發能上轉換為（反系間竄越）單重激發能。就是說，本發明的一個實施方式的化合物適合用作具有將三重激發能階轉換為單重激發能階的功能的化合物。此外，適合用作具有將三重激發能階轉換為單重激發能階後將其轉換為發光的功能的化合物。為了高效地發生反系間竄越，單重激發能階與三重激發能階的能量差較佳為大於 0eV 且為 0.3eV 以下，更佳為大於 0eV 且為 0.2eV 以下，進一步較佳為大於 0eV 且為 0.1eV 以下。

[0052] 在 HOMO 的分子軌域分佈的區域與 LUMO 的分子軌域分佈的區域重疊，HOMO 能階與 LUMO 能階之間的躍遷偶極矩大於 0 時，能夠從與 HOMO 能階及 LUMO 能階有關的激發態（例如最低單重激發態）得到發光。如上所述，本發明的一個實施方式的化合物適合用作具有將三重激發能階轉換為單重激發能階的功能的發光材料，亦即適合用作熱活化延遲螢光材料。

[0053] 本發明的一個實施方式的化合物由於具有高激發能量及優異的載子傳輸性，所以適合用作發光材料的主體材料。如上所述，本發明的一個實施方式的化合物由於可以具有高單重激發能階（S1 能階）及三重激發能階（T1 能階），所以適合用作作為發光材料具有螢光材料

或磷光材料的發光元件。

[0054] 作為具有缺 π 電子型芳雜環的骨架，二噁骨架具有高激發能量，所以是較佳的。在二噁骨架中，具有二噁骨架的縮合雜環骨架因為更穩定且具有良好的可靠性所以是較佳的，尤其是苯并呋喃并嘧啶骨架及苯并噻吩并嘧啶骨架因為具有強受體性所以是較佳的。作為苯并呋喃并嘧啶骨架，例如可以舉出苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架。此外，作為苯并噻吩并嘧啶骨架，例如可以舉出苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架。

[0055] 作為具有富 π 電子型芳雜環的骨架，吡咯骨架具有高激發能量，所以是較佳的。吡咯骨架中的咪唑骨架更穩定且可靠性良好所以是較佳的，聯咪唑骨架，尤其是兩個咪唑基的2位至4位中的任何一個彼此鍵合的聯咪唑骨架具有強施體性，所以是較佳的。作為該聯咪唑骨架，例如可以舉出2,2'-聯-9H-咪唑骨架、3,3'-聯-9H-咪唑骨架、4,4'-聯-9H-咪唑骨架、2,3'-聯-9H-咪唑骨架、2,4'-聯-9H-咪唑骨架、3,4'-聯-9H-咪唑骨架等。

[0056] 在該聯咪唑骨架與苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架直接鍵合的情況下，形成分子量較低的化合物，因此實現適用於真空蒸鍍（可以以較低的溫度進行真空蒸鍍）的結構，所以是較佳的。注意，一般而言，如果分子量低則在很多情況下成膜之後的耐熱性變低，但是在本發明的一個實施方式的化合物中苯并呋喃并嘧啶骨架、苯并噻吩并嘧啶骨架及聯咪唑骨架具有剛性骨架，所

以具有該骨架的化合物即使分子量較低也可以具有充分的耐熱性。此外，在該結構中，能帶間隙變大且激發能階變高，所以是較佳的。

[0057] 在聯吡啶骨架與苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架藉由伸芳基鍵合且該伸芳基的碳原子數為 6 至 25，較佳為 6 至 13 的情況下，可以實現分子量較低的化合物，所以實現適用於真空蒸鍍（可以以較低的溫度進行真空蒸鍍）的結構。

[0058] 聯吡啶骨架直接或藉由伸芳基與苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架鍵合，更佳為與苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架的 4 位或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的 4 位鍵合，由此該化合物具有優異的載子傳輸性。因此，使用該化合物的發光元件可以以低電壓驅動。

[0059] 上述化合物也可以說是苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架與聯吡啶骨架鍵合的苯并呋喃并嘧啶化合物或苯并噻吩并嘧啶化合物。因為容易以高純度合成該化合物，所以可以抑制由雜質導致的劣化。從發光元件的元件特性的穩定性及可靠性的觀點來看，與苯并呋喃并嘧啶骨架、苯并噻吩并嘧啶骨架或聯吡啶骨架鍵合的芳基中的碳原子數較佳為 6 至 13。此時，該化合物可以以較低的溫度進行真空蒸鍍，所以不容易引起蒸鍍時的熱分解等劣化。此外，聯吡啶骨架直接或藉由伸芳基與苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架的 4 位或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架

的 4 位鍵合的結構具有高電化學穩定性及高載子傳輸性，所以是較佳的。

[0060] 在該聯呋唑骨架中的一個的呋唑基的 9 位中直接或藉由伸芳基與苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架鍵合的化合物具有較寬的能帶間隙，因此尤其是可以被適用於發射藍色等能量高的光的發光元件。從使能帶間隙更寬且使三重激發能量更高的觀點來看，較佳為使用該聯呋唑骨架中的一個的呋唑基的 9 位與苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架直接鍵合的化合物。在該聯呋唑骨架藉由伸芳基與苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架鍵合的情況下，為了保持寬能帶間隙及高三重激發能的兩者，較佳為藉由伸苯基或聯苯二基等伸芳基鍵合。

[0061] 由於上述原因，尤其較佳的是在 2 位至 4 位的任一個兩個呋唑基彼此鍵合的聯呋唑骨架中的一個的呋唑基的 9 位直接或藉由伸芳基與苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架的 4 位或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的 4 位鍵合的化合物。此外，從化合物的穩定性及發光元件的穩定性的觀點來看，苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架與該聯呋唑骨架鍵合的伸芳基的碳原子數較佳為 6 至 25，更佳為 6 至 13。此外，該化合物除了具有上述易蒸鍍性、電化學穩定性以及載子傳輸性以外，還因該聯呋唑骨架與苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的影響而具有能帶間隙寬且三重激發能階高的特性。因此，該化合物適合於發光元件中的發光層的發光材料或主體材

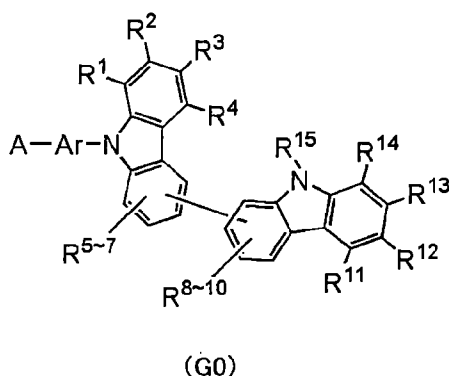
料。其中，尤其是適合用於藍色發光元件。

[0062]

<化合物的例子 1>

如上所示的本發明的一個實施方式的化合物是以下述通式 (G0) 表示的化合物。

[0063]



[0064] 在上述通式 (G0) 中，A 表示取代或未取代的苯并呋喃并嘧啶骨架或取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶骨架。在該苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架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 7 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 7 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、聯苯基及蒽基等。

[0065] R^1 至 R^{15} 分別獨立地表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3

至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 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 7 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、聯苯基及蒾基等。上述烷基、環烷基及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 7 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 7 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、聯苯基及蒾基等。

[0066] 另外，Ar 表示碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵，該伸芳基可以具有取代基，該取代基可以彼此鍵合而形成環。作為這種例子，例如可以舉出如下情況：在蒾基的 9 位的碳具有兩個苯基作為取代基的情況下，該苯基相互鍵合而形成螺蒾骨架。作為碳原子數為 6 至 25 的伸芳基，明確地說，可以舉出伸苯基、伸萘基、聯苯二基及蒾二基等。在該伸芳基具有取代基的情況下，作為該取代基，可以選擇碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至

7 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 7 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、聯苯基及蒽基等。

[0067] 此外，在本實施方式的化合物中，苯并呋喃并嘧啶骨架較佳為苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架。

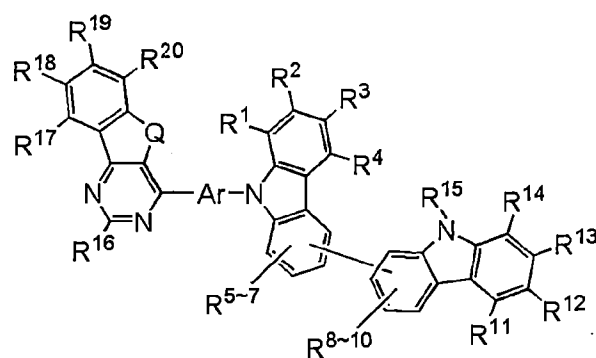
[0068] 此外，在本實施方式的化合物中，苯并噻吩并嘧啶骨架較佳為苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架。

[0069]

<化合物的例子 2>

此外，在本實施方式的化合物中，在具有聯呋唑骨架中的一個呋唑基的 9 位直接或藉由伸芳基與苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的 4 位鍵合的結構的化合物中，同時增強施體性及受體性，並具有較寬的能帶間隙，因此可以被適用於呈現藍色等能量高的發光的發光元件，所以是較佳的。上述化合物是以下述通式 (G1) 表示的化合物。

[0070]



(G1)

[0071] 在上述通式 (G1) 中，Q 表示氧或硫。

[0072] R^1 至 R^{20} 分別獨立地表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 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 7 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、聯苯基及蒽基等。上述烷基、環烷基及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 7 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 7 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、聯苯基及蒽基等。

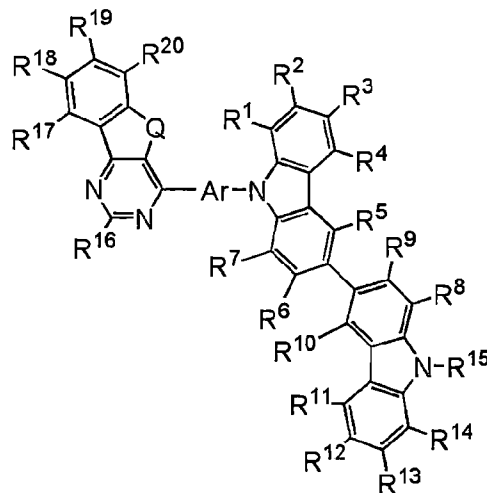
[0073] 另外，Ar 表示碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵，該伸芳基可以具有取代基，該取代基可以彼此鍵合而形成環。作為這種例子，例如可以舉出如下情況：在萸基的 9 位的碳具有兩個苯基作為取代基的情況下，該苯基相互鍵合而形成螺萸骨架。作為碳原子數為 6 至 25 的伸芳基，明確地說，可以舉出伸苯基、伸萘基、聯苯二基及萸二基等。在該伸芳基具有取代基的情況下，作為該取代基，可以選擇碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 7 的環烷基或者碳原子數為 6 至 13 的芳基。作為碳原子數為 1 至 6 的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及 n-己基等。作為碳原子數為 3 至 7 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、聯苯基及萸基等。

[0074]

<化合物的例子 3>

此外，在本實施方式中的化合物中，聯咪唑骨架是 3,3'-聯-9H-咪唑骨架，具有該聯咪唑骨架中的一個咪唑基的 9 位直接或藉由伸芳基與苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶骨架或苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶骨架的 4 位鍵合的結構的化合物的載子傳輸性優良，因此使用該化合物的發光元件可以以低電壓驅動，所以是較佳的。上述化合物是以下述通式 (G2) 表示的化合物。

[0075]



(G2)

[0076] 在上述通式 (G2) 中，Q 表示氧或硫。

[0077] R^1 至 R^{20} 分別獨立地表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 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 7 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、聯苯基及蒽基等。上述烷基、環烷基及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 7 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 7 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、聯苯基及蒾基等。

[0078] 另外，Ar 表示碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵，該伸芳基可以具有取代基，該取代基可以彼此鍵合而形成環。作為這種例子，例如可以舉出如下情況：在蒾基的 9 位的碳具有兩個苯基作為取代基的情況下，該苯基相互鍵合而形成螺蒾骨架。作為碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，明確地說，可以舉出伸苯基、伸萘基、聯苯二基及蒾二基等。在該伸芳基具有取代基的情況下，作為該取代基，可以選擇碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 7 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 7 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、聯苯基及蒾基等。

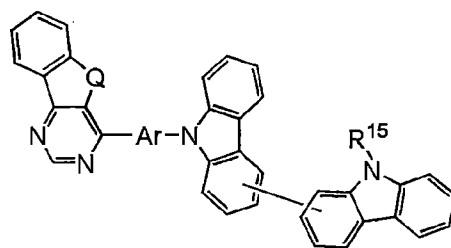
[0079] 此外，在本實施方式的化合物中，如果聯咪唑骨架與苯并咪喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架直接鍵合，能帶間隙則變寬，並且可以以高純度合成，所以是較佳的。另外，該化合物的載子傳輸性優良，所以使用該化合物的發光元件可以以低電壓驅動。

[0080]

<化合物的例子 4>

此外，在上述通式 (G1) 或 (G2) 中，如果 R^1 至 R^{14} 及 R^{16} 至 R^{20} 都是氫，則在易合成性或原料價格的方面有利，並且，成為分子量較低的化合物，因此實現適用於真空蒸鍍的結構，所以尤其是較佳的。該化合物是以下述通式 (G3) 或通式 (G4) 表示的化合物。

[0081]



(G3)

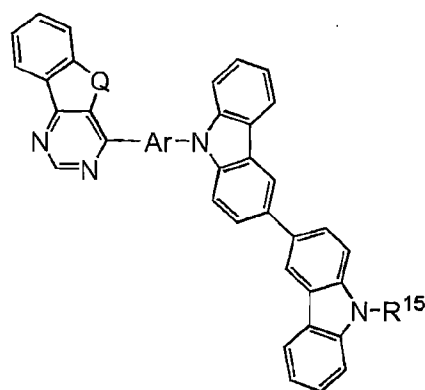
[0082] 在上述通式 (G3) 中，Q 表示氧或硫。

[0083] R^{15} 表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 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 7 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、聯苯基及蒽基等。上述烷基、環烷基及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 7 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 7 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、聯苯基及蒾基等。

[0084] 另外，Ar 表示碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵，該伸芳基可以具有取代基，該取代基可以彼此鍵合而形成環。作為這種例子，例如可以舉出如下情況：在蒾基的 9 位的碳具有兩個苯基作為取代基的情況下，該苯基相互鍵合而形成螺蒾骨架。作為碳原子數為 6 至 25 的伸芳基，明確地說，可以舉出伸苯基、伸萘基、聯苯二基及蒾二基等。在該伸芳基具有取代基的情況下，作為該取代基，可以選擇碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 7 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 7 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、聯苯基及蒾基等。

[0085]



(G4)

[0086] 在上述通式 (G4) 中，Q 表示氧或硫。

[0087] R^{15} 表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 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 7 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、聯苯基及蒽基等。上述烷基、環烷基及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 7 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 7 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

萸基等。

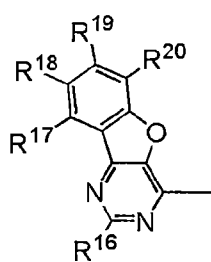
[0088] 另外，Ar 表示碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵，該伸芳基可以具有取代基，該取代基可以彼此鍵合而形成環。作為這種例子，例如可以舉出如下情況：在萸基的 9 位的碳具有兩個苯基作為取代基的情況下，該苯基相互鍵合而形成螺萸骨架。作為碳原子數為 6 至 25 的伸芳基，明確地說，可以舉出伸苯基、伸萘基、聯苯二基及萸二基等。在該伸芳基具有取代基的情況下，作為該取代基，可以選擇碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 7 的環烷基或者碳原子數為 6 至 13 的芳基。作為碳原子數為 1 至 6 的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及 n-己基等。作為碳原子數為 3 至 7 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、聯苯基及萸基等。

[0089]

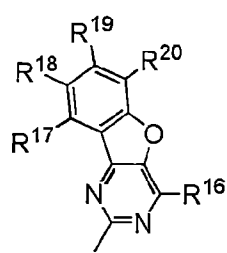
<取代基的例子>

在通式 (G0) 中，作為以 A 表示的苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架，例如可以使用以下述結構式 (Ht-1) 至 (Ht-24) 表示的結構。注意，可以用於 A 的結構不侷限於此。

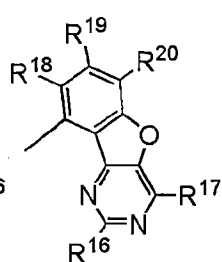
[0090]



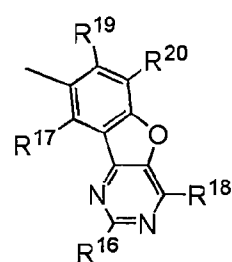
(Ht-1)



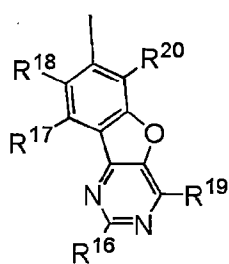
(Ht-2)



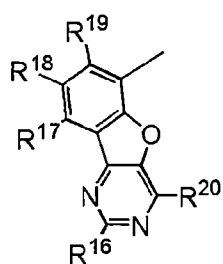
(Ht-3)



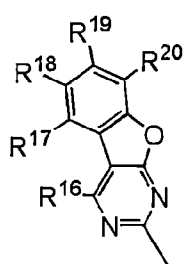
(Ht-4)



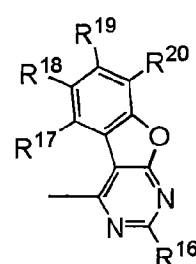
(Ht-5)



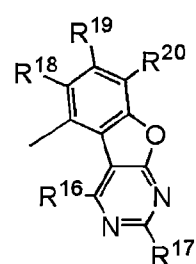
(Ht-6)



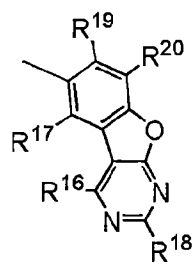
(Ht-7)



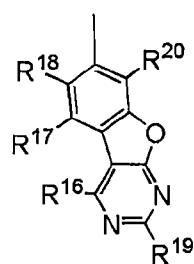
(Ht-8)



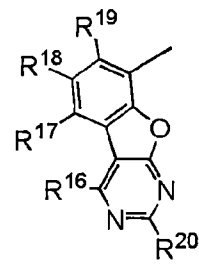
(Ht-9)



(Ht-10)

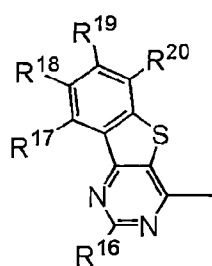


(Ht-11)

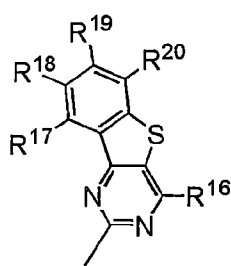


(Ht-12)

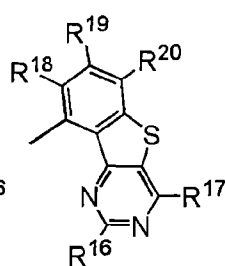
[0091]



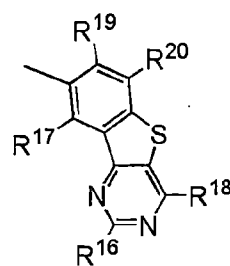
(Ht-13)



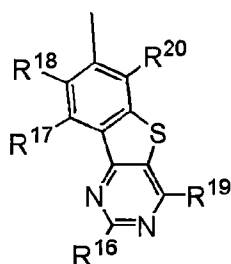
(Ht-14)



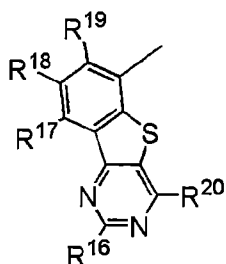
(Ht-15)



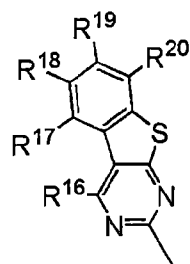
(Ht-16)



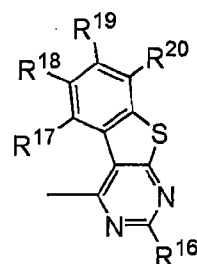
(Ht-17)



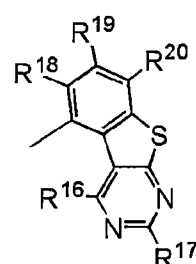
(Ht-18)



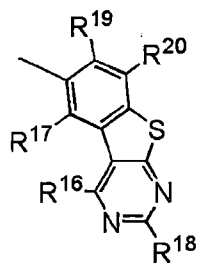
(Ht-19)



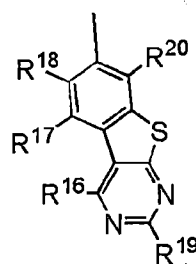
(Ht-20)



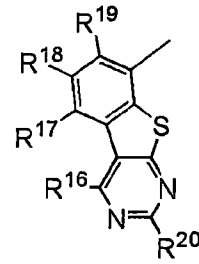
(Ht-21)



(Ht-22)



(Ht-23)



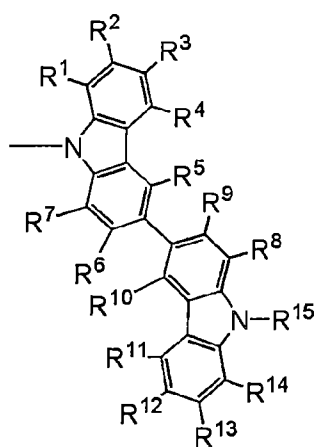
(Ht-24)

[0092] 在上述結構式 (Ht-1) 至 (Ht-24) 中， R^{16} 至 R^{20} 分別獨立地表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 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 7 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、

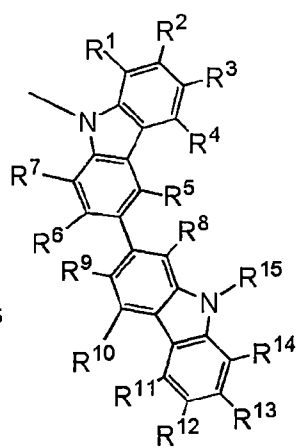
聯苯基及萸基等。上述烷基、環烷基及芳基還可以具有取代基，該取代基也可以彼此鍵合而形成環。作為該取代基，可以選擇碳原子數為 1 至 6 的烷基、碳原子數為 3 至 7 的環烷基或者碳原子數為 6 至 13 的芳基。作為碳原子數為 1 至 6 的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及 n-己基等。作為碳原子數為 3 至 7 的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為 6 至 13 的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及萸基等。

[0093] 此外，在通式 (G0) 及 (G1) 中，作為可以用作聯吡啶骨架的結構，例如可以使用以下述結構式 (Cz-1) 至 (Cz-9) 表示的結構。注意，可以用作聯吡啶骨架的結構不侷限於此。

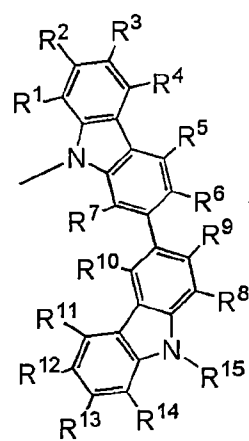
[0094]



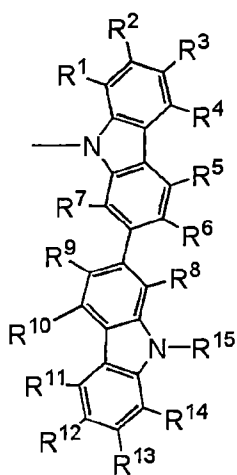
(Cz-1)



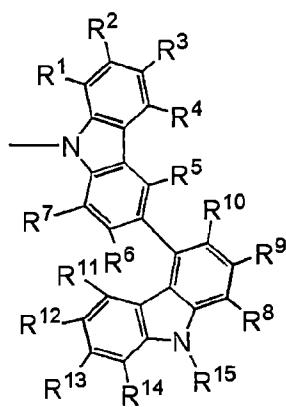
(Cz-2)



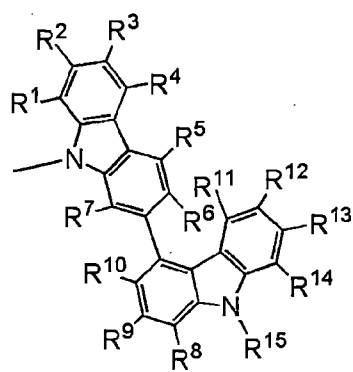
(Cz-3)



(Cz-4)

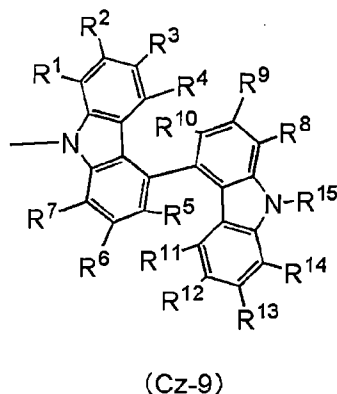
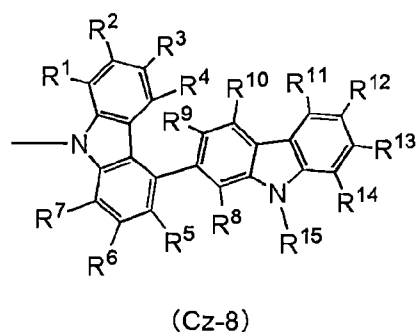
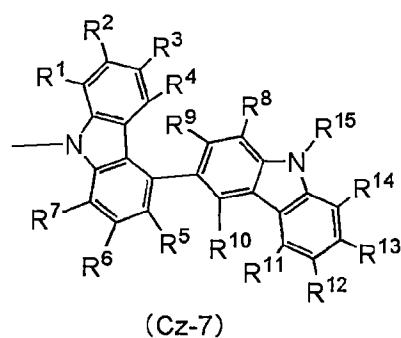


(Cz-5)



(Cz-6)

[0095]

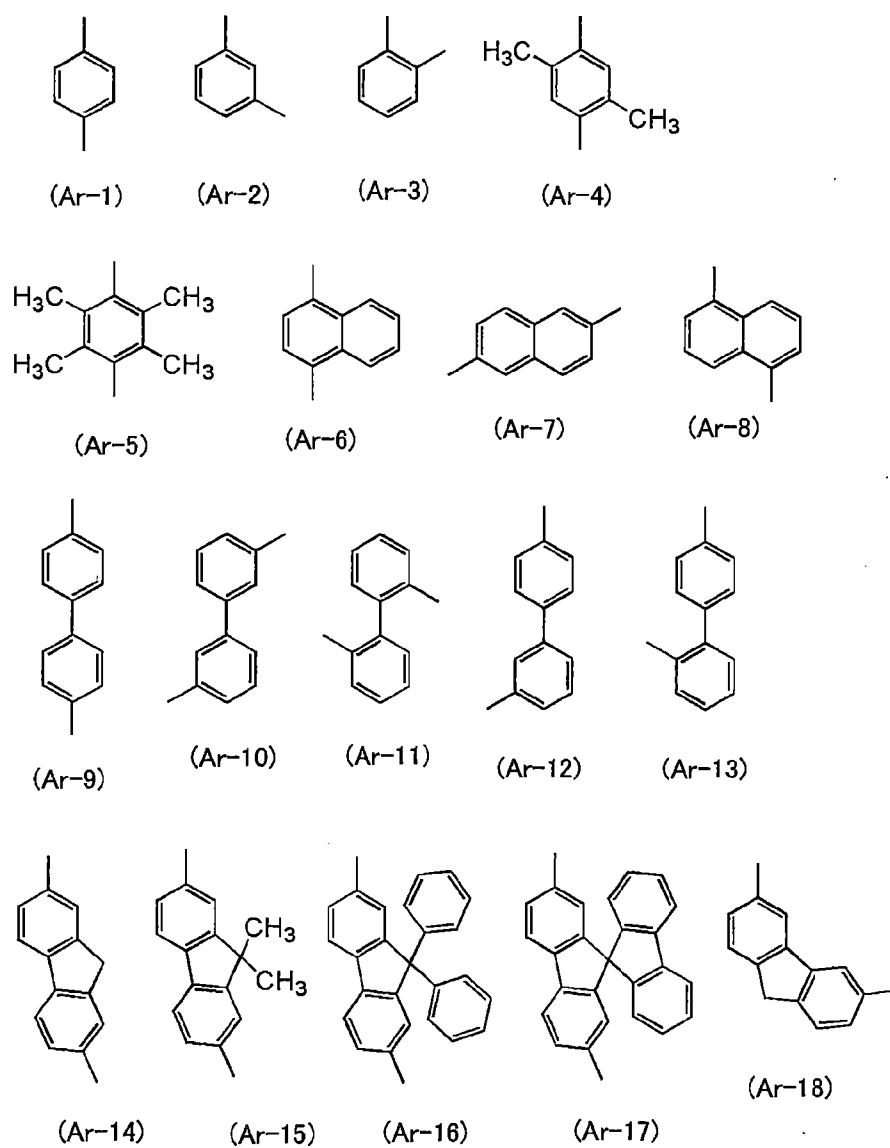


[0096] 在上述結構式 (Cz-1) 至 (Cz-9) 中， R^1 至 R^{15} 分別獨立地表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個。作為碳原子數為 1 至 6 的烷基，明確地說，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及 *n*-己基等。作為碳原子數為 3 至 7 的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為 6 至 13 的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及蒽基等。上述烷基、環烷基及芳基還可以具有取代基，該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 7 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

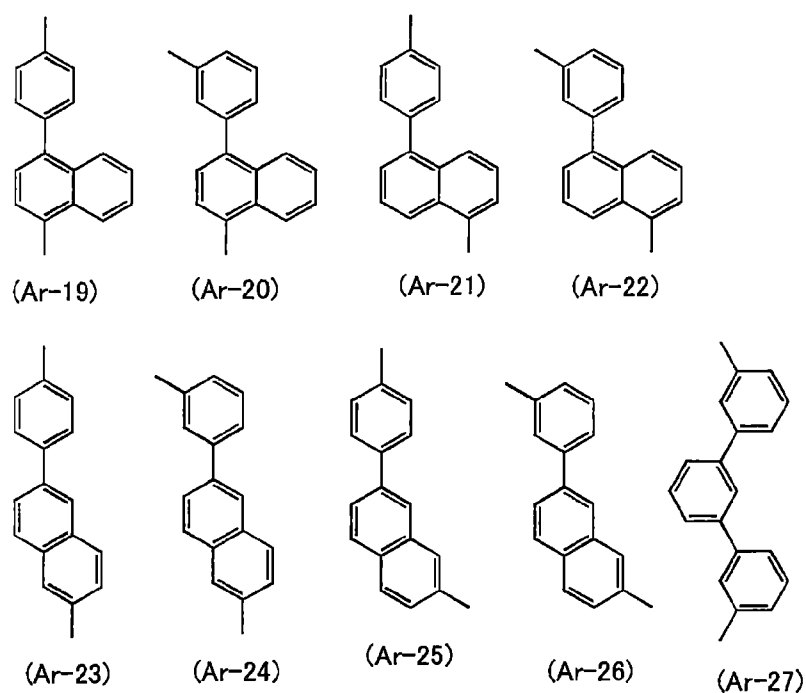
基、異丙基、丁基、異丁基、三級丁基及 n-己基等。作為碳原子數為 3 至 7 的環烷基，明確地說，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基及環己基等。作為碳原子數為 6 至 13 的芳基，明確地說，可以舉出苯基、萘基、聯苯基及蒽基等。

[0097] 此外，在上述通式 (G0) 至 (G4) 中，作為以 Ar 表示的伸芳基，例如可以使用以下述結構式 (Ar-1) 至 (Ar-27) 表示的基。注意，可以用作 Ar 的基不侷限於此，也可以具有取代基。

[0098]

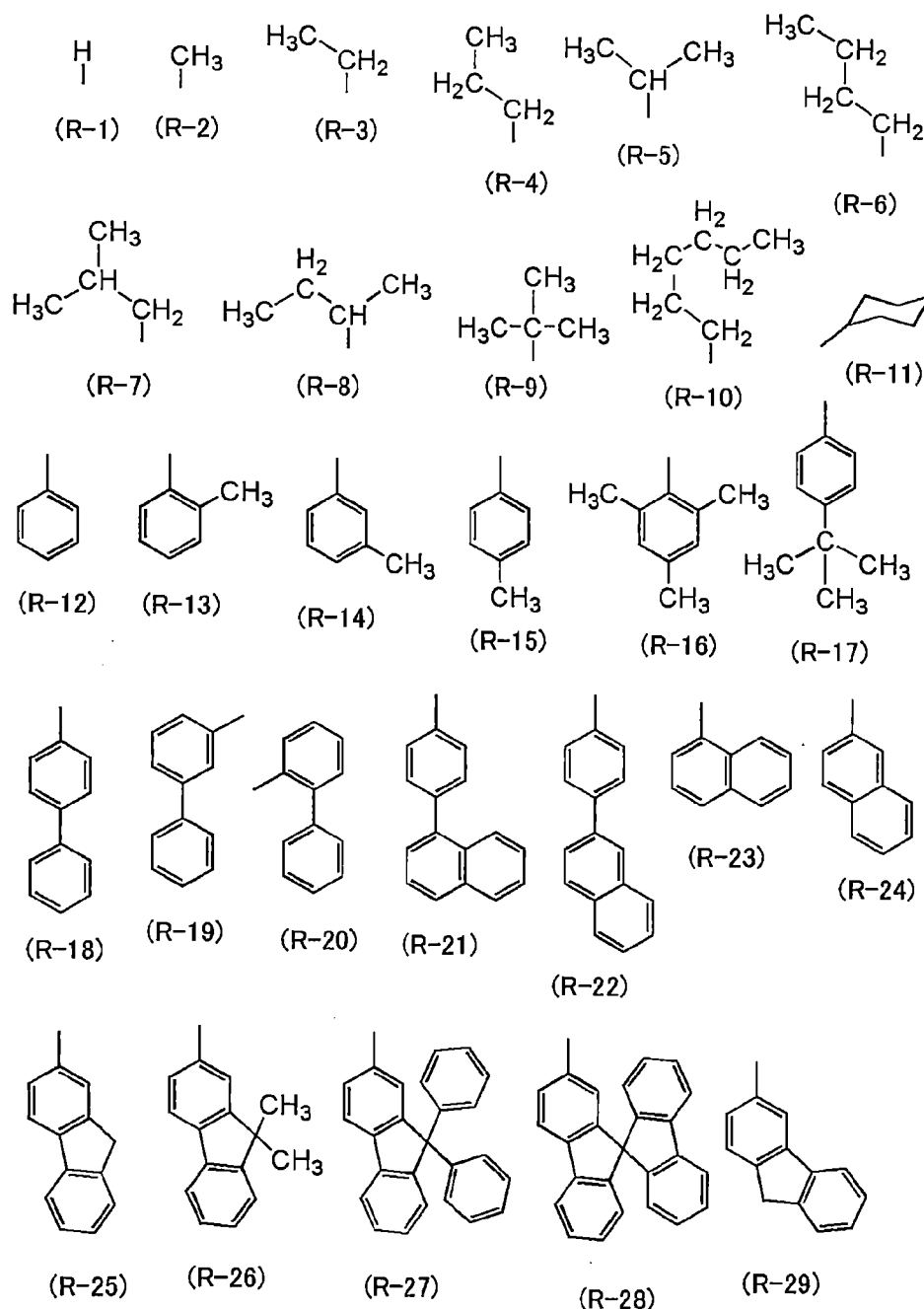


[0099]



[0100] 此外，作為以上述通式 (G1) 及 (G2) 中的 R^1 至 R^{20} 、通式 (G0) 中的 R^1 至 R^{15} 、通式 (G3) 及 (G4) 中的 R^{15} 表示的烷基、環烷基或芳基，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、環烷基或芳基的基不侷限於此，也可以具有取代基。

[0101]

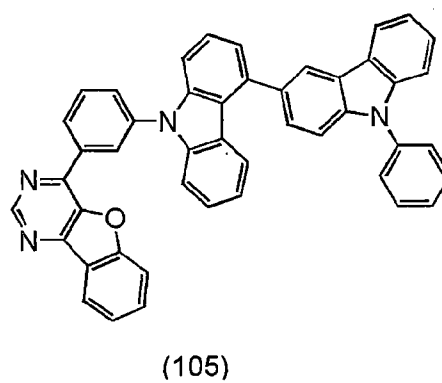
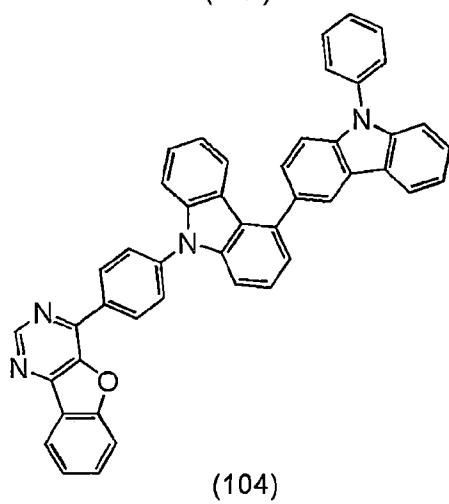
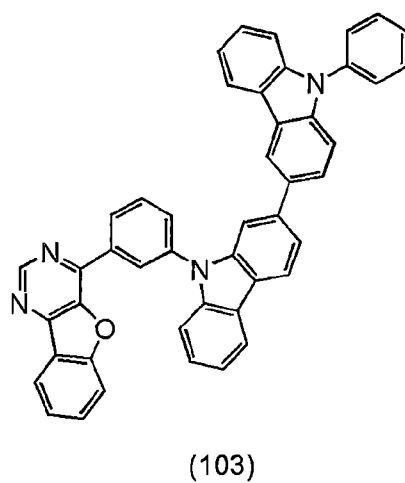
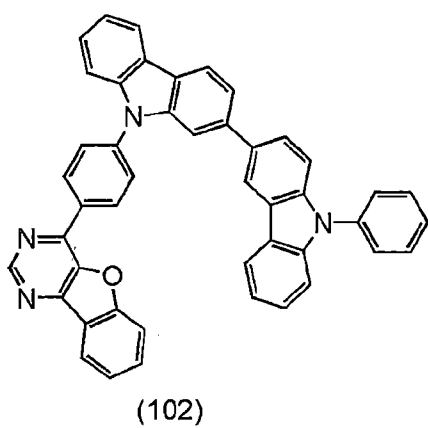
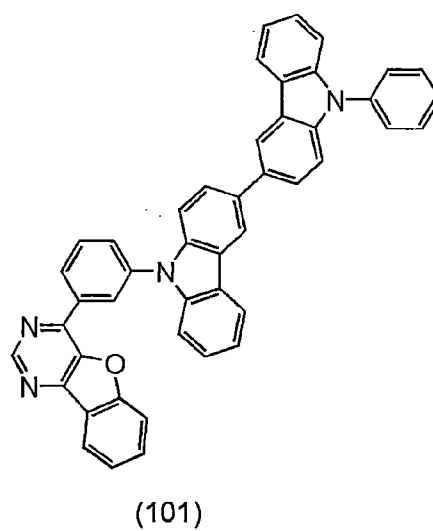
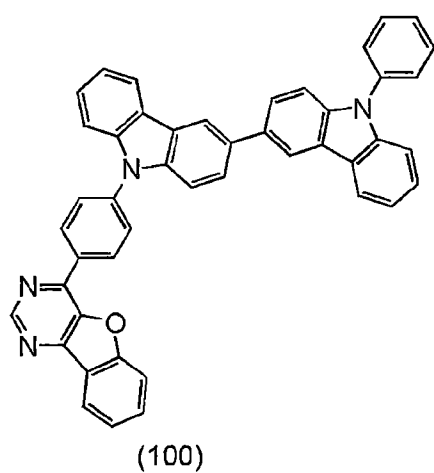


[0102]

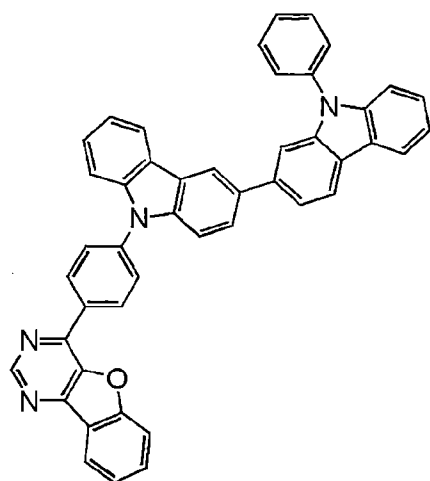
<化合物的具體例子>

作為以上述通式 (G0) 至 (G4) 表示的化合物的具體結構，可以舉出以下述結構式 (100) 至 (147) 表示的化合物等。注意，以通式 (G0) 至 (G4) 表示的化合物不侷限於下述例子。

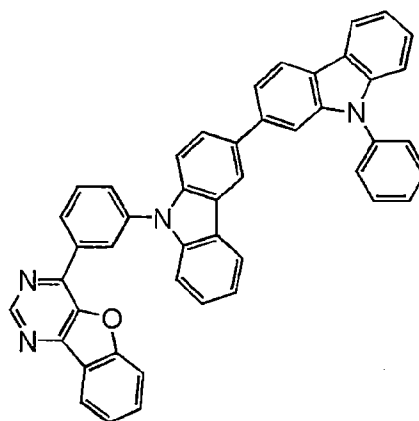
[0103]



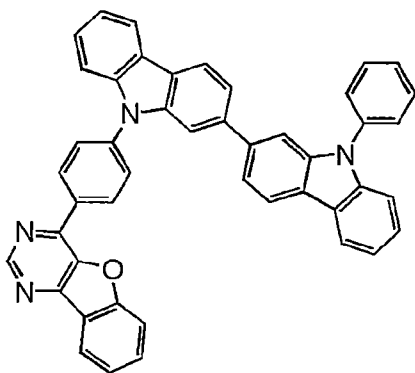
[0104]



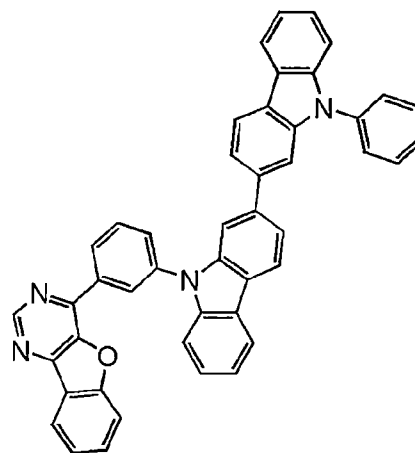
(106)



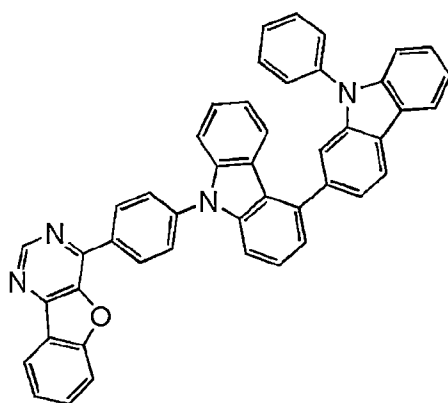
(107)



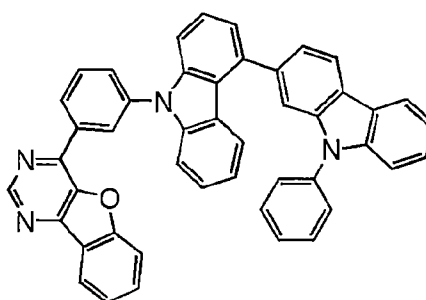
(108)



(109)

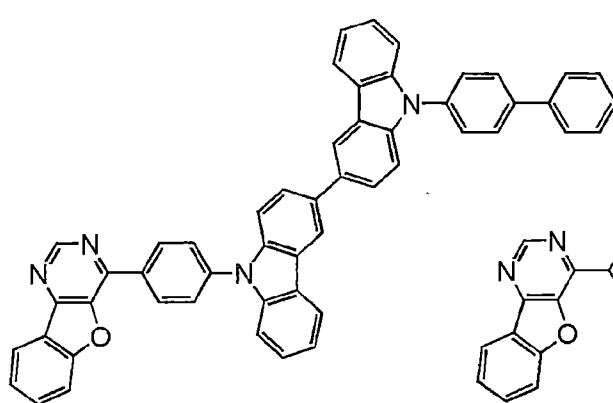


(110)

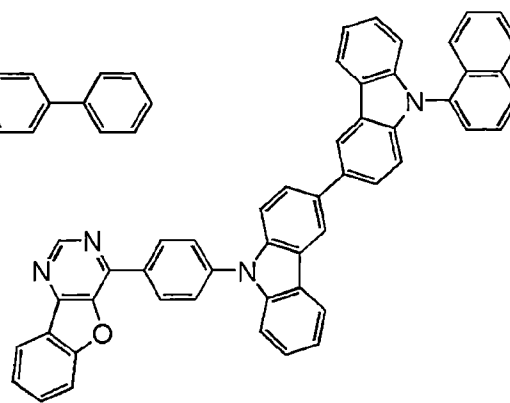


(111)

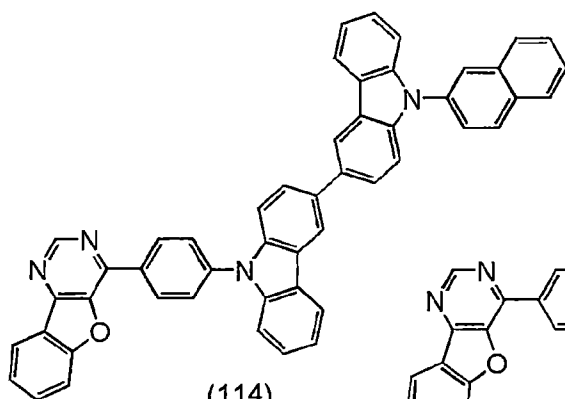
[0105]



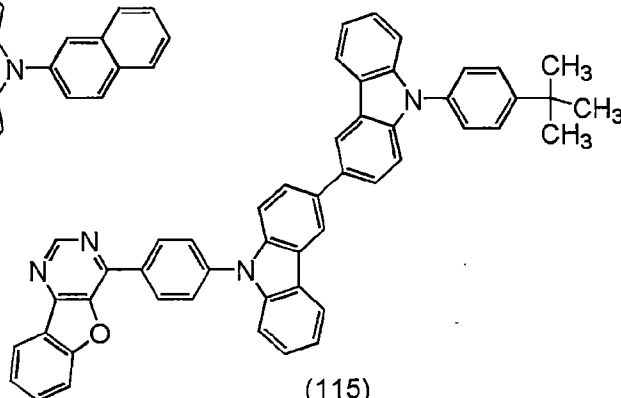
(112)



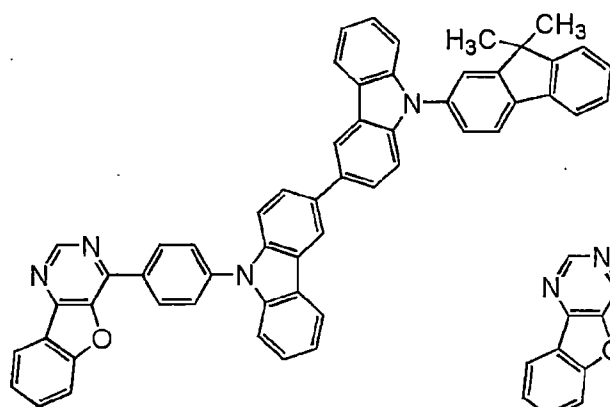
(113)



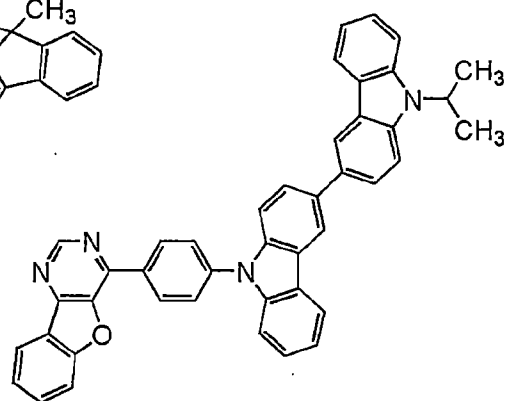
(114)



(115)

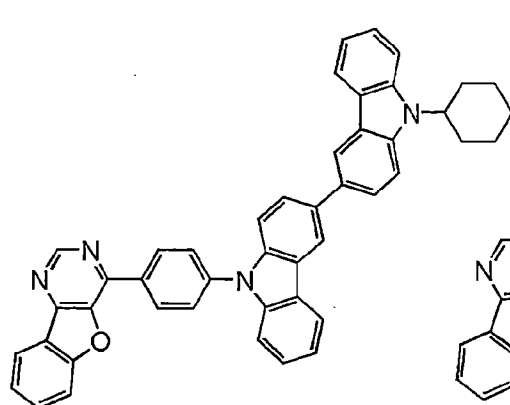


(116)

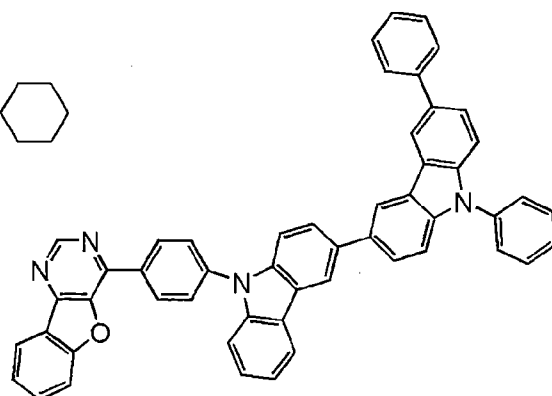


(117)

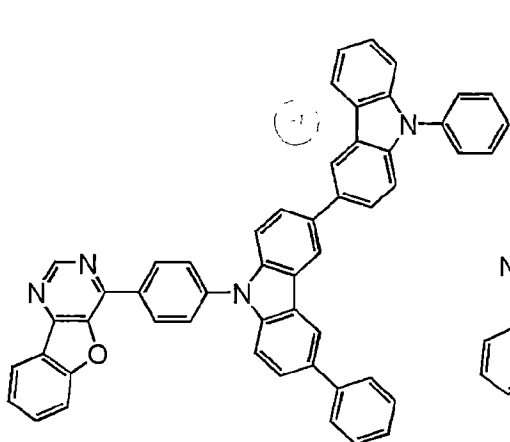
[0106]



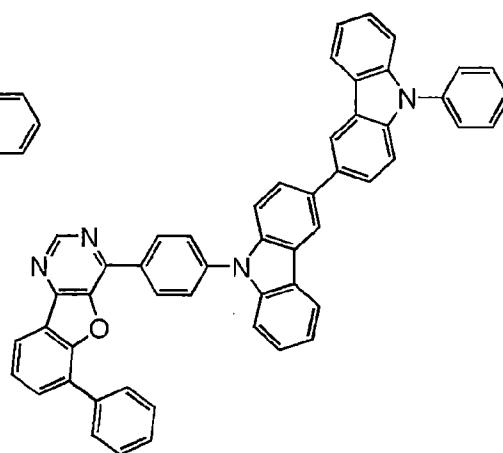
(118)



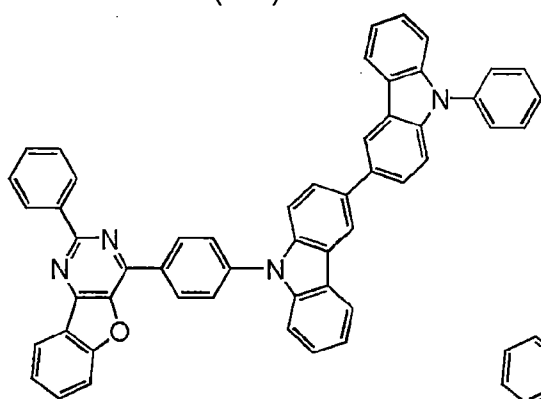
(119)



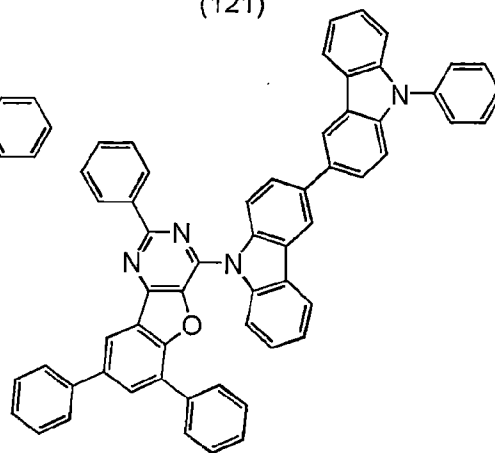
(120)



(121)

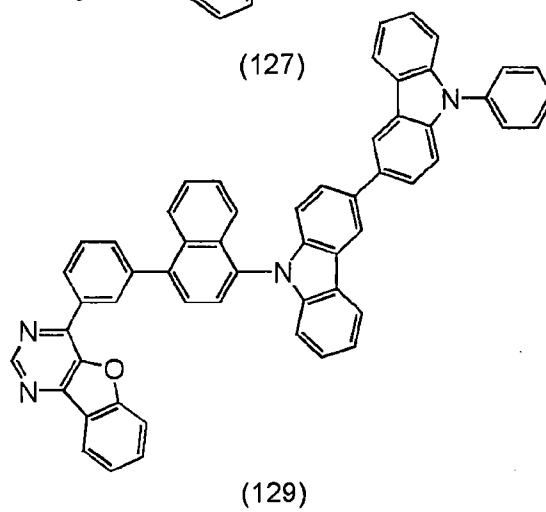
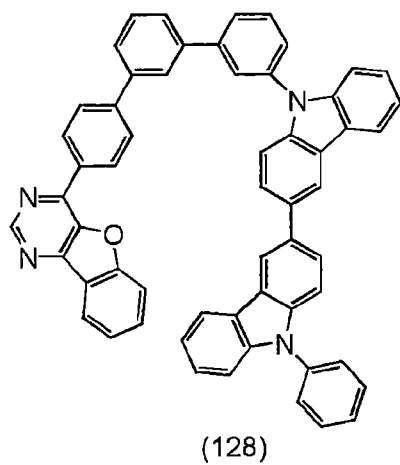
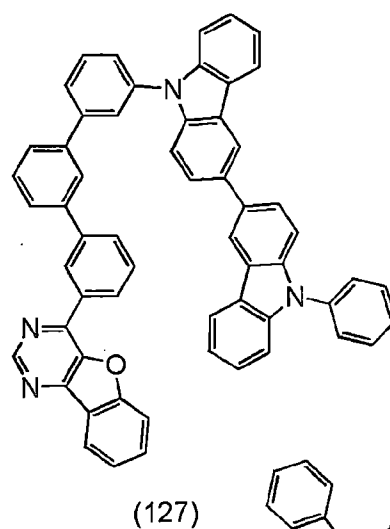
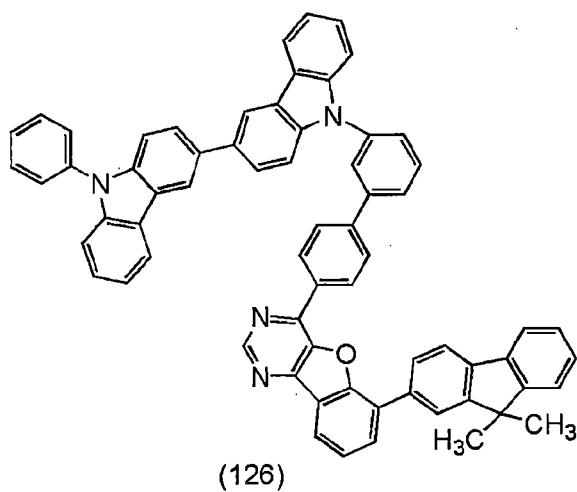
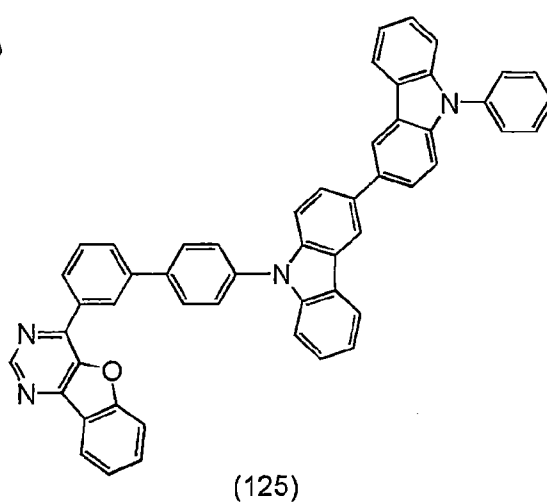
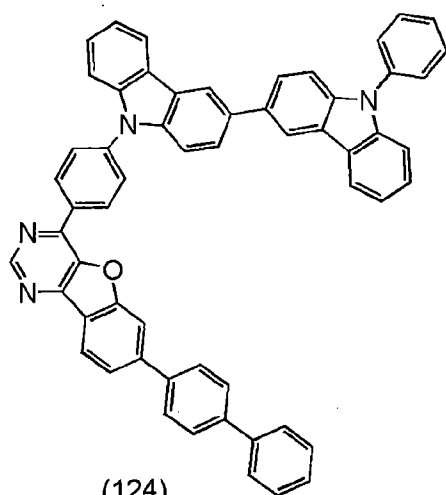


(122)

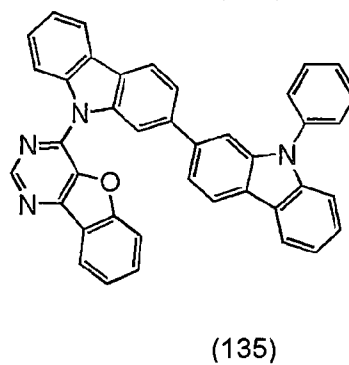
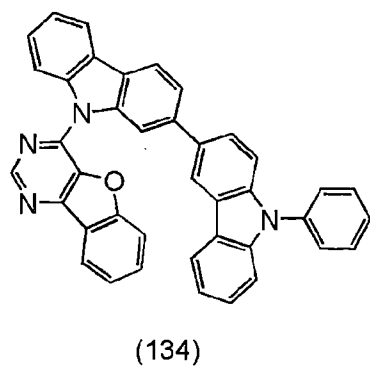
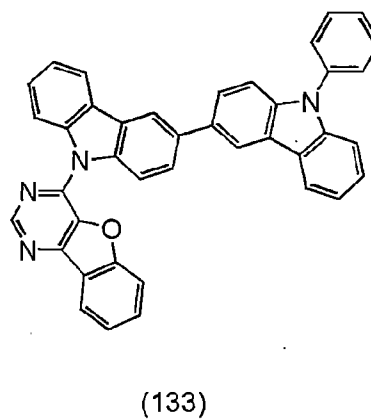
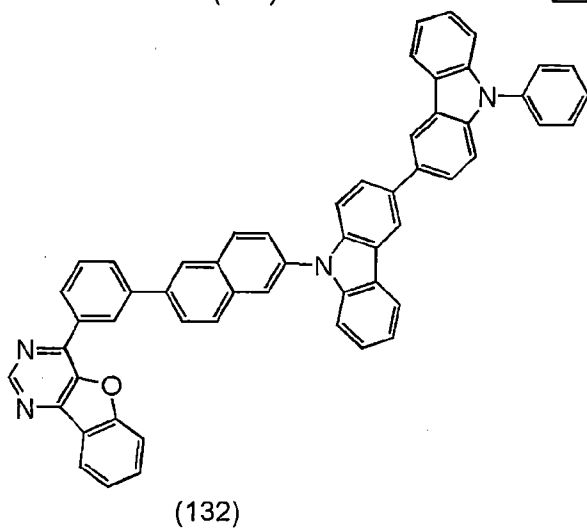
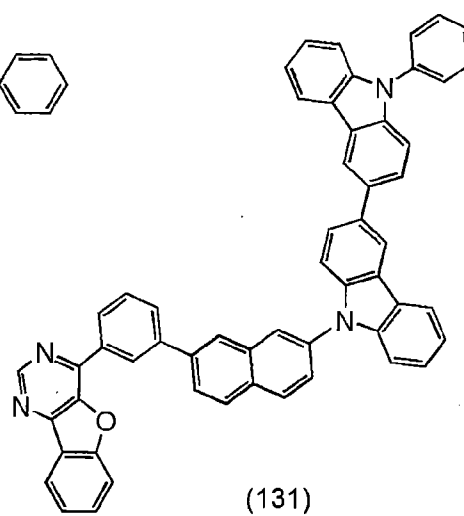
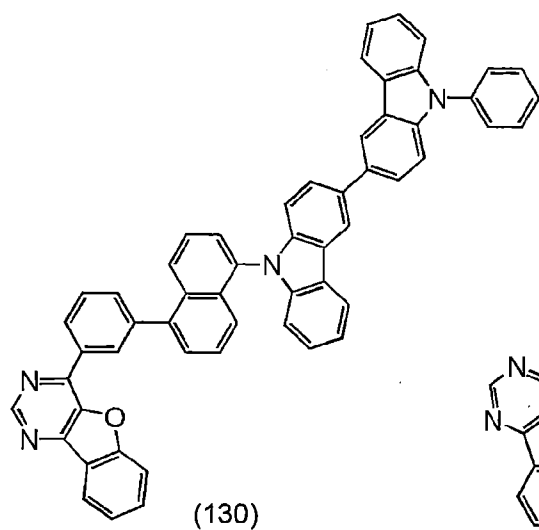


(123)

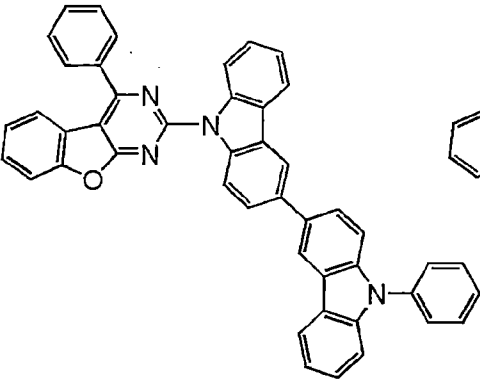
[0107]



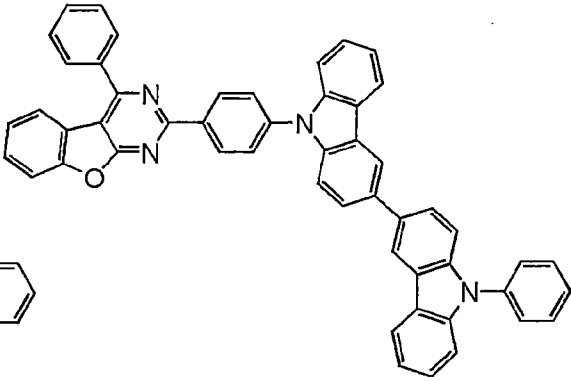
[0108]



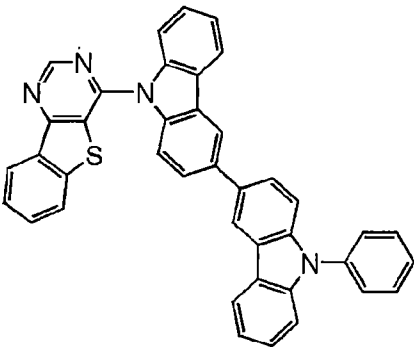
[0109]



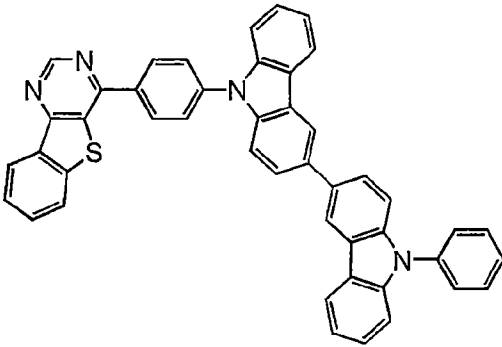
(136)



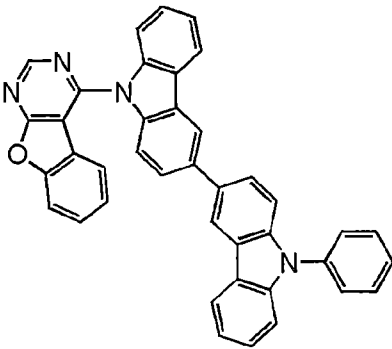
(137)



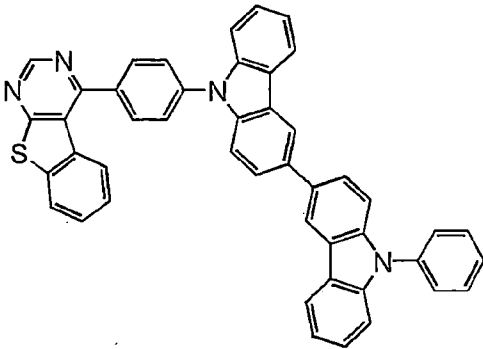
(138)



(139)

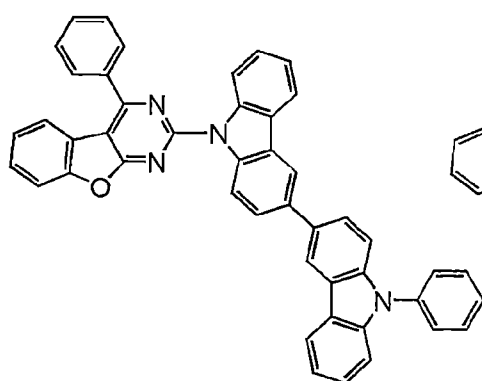


(140)

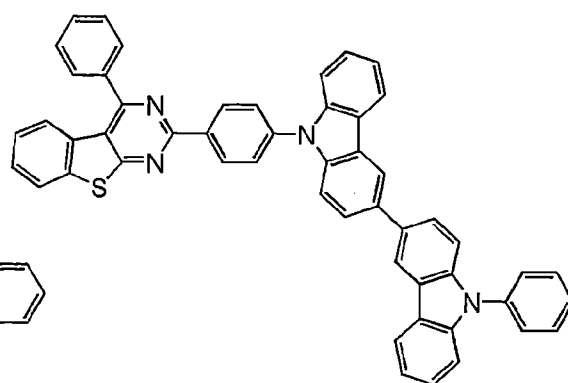


(141)

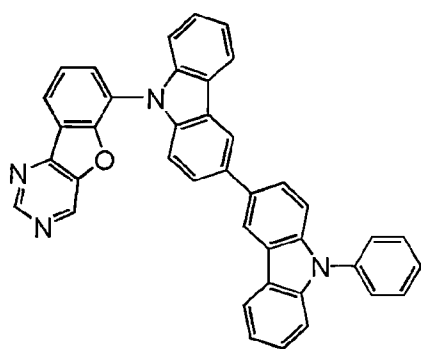
[0110]



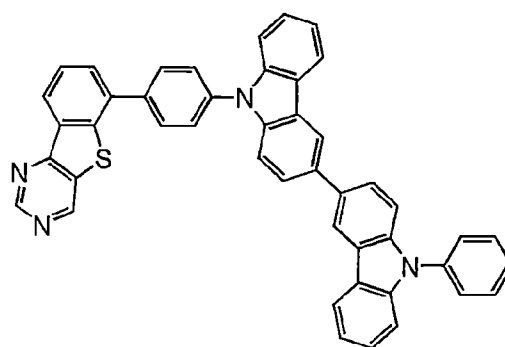
(142)



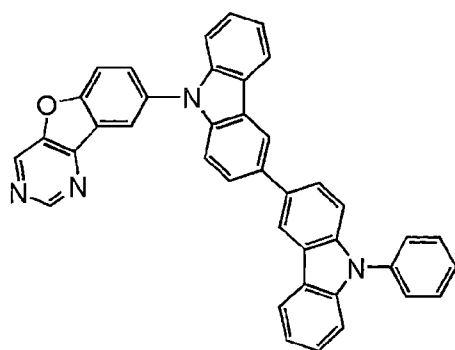
(143)



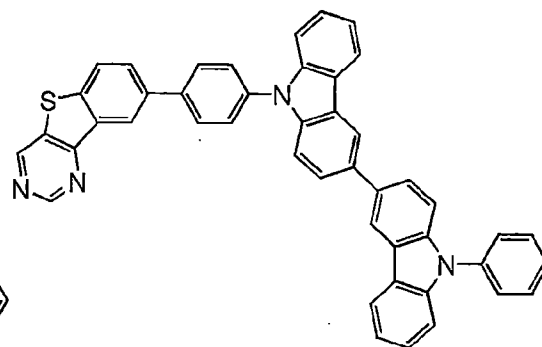
(144)



(145)



(146)



(147)

[0111] 如上所述，由於本實施方式的化合物的施體性及受體性都強，所以較佳為適合用作熱活化延遲螢光材料。因此，可以製造發光效率高的發光元件。此外，本實施方式的化合物由於具有寬能帶間隙，所以尤其是適合用作藍色發光元件的發光材料、主體材料及載子傳輸材料。由此，可以製造發光效率高的藍色發光元件。此外，本實

施方式的化合物由於具有優異的載子傳輸性，所以適合用作發光元件的主體材料或載子傳輸材料。由此，可以製造驅動電壓低的發光元件。此外，由於本實施方式的化合物對氧化及還原的反復具有高耐性，所以藉由將該化合物用於發光元件，可以製造驅動壽命長的發光元件。如上所述，本實施方式的化合物是適合用作發光元件的材料。

[0112] 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化合物。

[0113] 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。

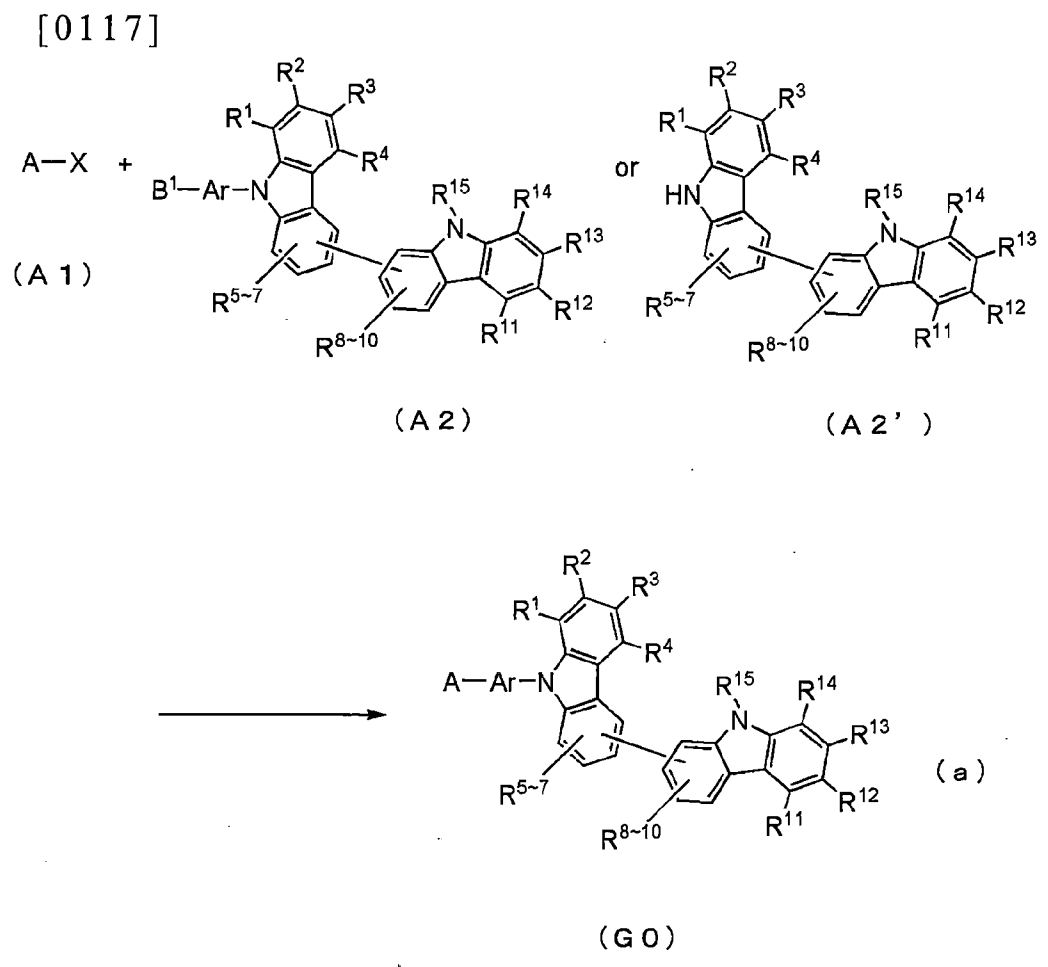
[0114]

實施方式 2

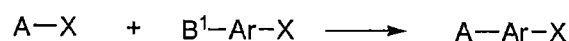
在本實施方式中，說明以通式（G0）表示的化合物的合成方法。作為該化合物的合成方法，可以採用各種反應。例如，藉由進行以下示出的合成反應可以合成以通式（G0）表示的化合物。注意，本發明的一個實施方式的化合物的合成方法不侷限於下述合成方法。

[0115] 以通式（G0）表示的化合物可以藉由如下簡單的合成方案合成。例如，如下述合成方案（a）所示那樣，可以藉由使取代或未取代的苯并呋喃并嘧啶的鹵素化合物或取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶的鹵素化合物（A1）與聯吡啶衍生物的芳基硼酸化合物（A2）或聯吡啶衍生物（A2'）起反應制得。

[0116] 如下述合成方案 (b) 所示，也可以藉由與被鹵素取代的芳基硼酸化合物 (B1) 的反應得到中間體 (B2)，然後使其與聯吡啶衍生物的硼酸化合物 (B3) 起反應。



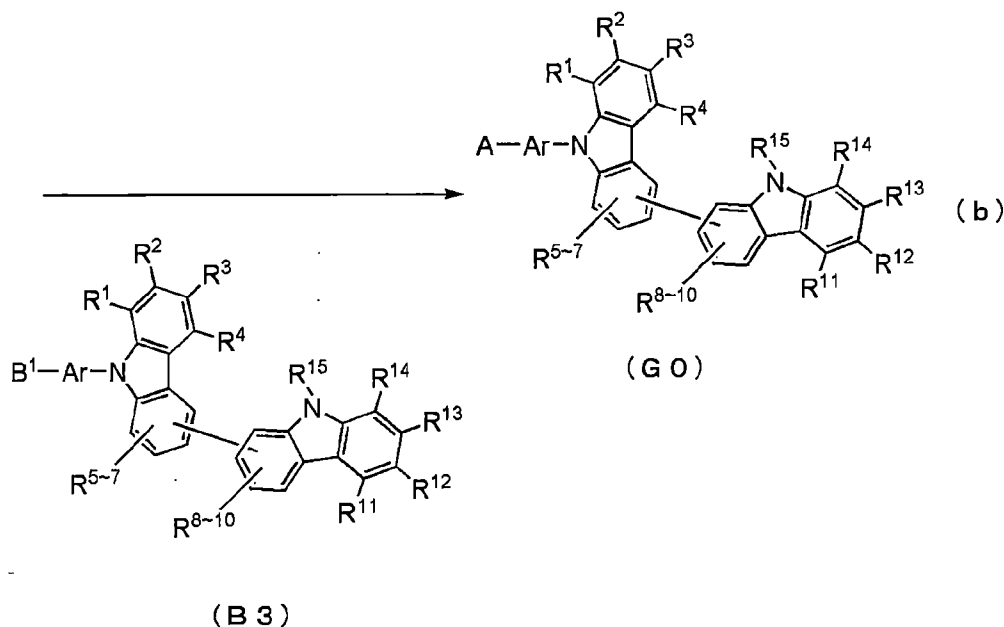
[0118]



(A 1)

(B 1)

(B 2)



[0119] 在合成方案 (a) 及 (b) 中，A 表示取代或未取代的苯并呋喃并嘧啶骨架或取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶骨架， R^1 至 R^{15} 分別獨立地表示氫、取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個，Ar 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 25 的伸芳基或單鍵。

[0120] X 表示鹵素元素。此外， B^1 表示硼酸、硼酸酯或環狀三醇硼酸鹽等。作為環狀三醇硼酸鹽，除了鋰鹽之外還可以使用鉀鹽或鈉鹽。

[0121] 另外，也可以使取代或未取代的苯并呋喃并嘧啶的硼酸化合物或取代或未取代的苯并噻吩并嘧啶的硼酸化合物與聯咪唑衍生物的鹵素化合物起反應，也可以與

被鹵素取代的芳基硼酸化合物 (B1) 起反應。

[0122] 上述的化合物 (A1)、(A2)、(A2')、(B1)、(B2)、(B3) 在市場上銷售的種類很多或能夠合成，所以可以合成多種的以通式 (G0) 表示的化合物。因此，本發明的一個實施方式的化合物具有種類豐富的特徵。

[0123] 以上說明了本發明的一個實施方式的化合物的合成方法的例子，但是本發明不侷限於此，也可以藉由任何其他的合成方法合成。

[0124] 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。

[0125] 實施方式 3

在本實施方式中，參照圖 1A 至圖 3B 說明使用具有在本實施方式 1 中說明的聯吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物的發光元件的結構實例。

[0126] 首先，下面將參照圖 1A 至圖 1C 說明本發明的一個實施方式的發光元件的結構實例。

[0127] 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。

[0128] 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。

[0129] 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。

[0130] 注意，雖然在本實施方式中以一對電極中的電極 101 為陽極且以電極 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。

[0131] 注意，EL 層 100 的結構不侷限於圖 1A 所示的結構，除了發光層 130 以外，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：能夠降低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。

[0132] 圖 1A 中的發光元件 150 是在 EL 層 100 中的任一層中使用在實施方式 1 中說明的化合物的發光元件。

[0133] 在實施方式 1 中說明的化合物由於具有聯吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架，所以可以增強施體性及受體性。因此，由於可以使單重激發能階與三重激發能階的能量差變小，所以可以具有藉由

反系間竄越將三重激發能轉換為單重激發能的功能以及將該單重激發能轉換為發光的功能。就是說，在實施方式 1 中說明的化合物適合用作熱活化延遲螢光材料。因此，藉由將該化合物用於發光元件 150 的發光層 130 作為發光材料，可以製造發光效率高的發光元件。

[0134] 該化合物由於具有寬能帶間隙，所以尤其是適合用作藍色發光元件的主體材料及載子傳輸材料。由此，藉由使用本實施方式的結構，可以製造發光效率高的發射藍色光的發光元件。

[0135] 該化合物由於具有優異的載子傳輸性，所以適合用作發光元件的主體材料或載子傳輸材料。由此，藉由使用本實施方式的結構，可以製造驅動電壓低的發光元件。

[0136] 由於該化合物對氧化及還原的反復具有高耐性，所以藉由使用本實施方式的結構，可以製造驅動壽命長的發光元件。

[0137]

<發光元件的結構實例 1>

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 包括材料 131 及主體材料 132。

[0138] 作為材料 131，使用發光性有機材料即可，作為該發光性有機材料，較佳為使用能夠發射螢光的材料（下面，也稱為螢光材料）。

[0139] 在本發明的一個實施方式的發光元件 150 中，藉由將電壓施加到一對電極（電極 101 及電極 102）間，電子和電洞分別從陰極和陽極注入到 EL 層 100，而使電流流過。並且，注入的電子及電洞再結合，從而形成激子。在因載子（電子及電洞）的再結合而產生的激子中，單重激子與三重激子的比（以下，稱為激子產生概率）的統計概率為 1:3。因此，在使用螢光材料的發光元件中，產生有助於發光的單重激子的比率為 25%，產生無助於發光的三重激子的比率為 75%。因此，為了提高發光元件的發光效率，將無助於發光的三重激子轉換為有助於發光的單重激子是重要的。

[0140] 由此，材料 131 較佳為具有藉由反系間竄越將三重激子轉換為單重激子的功能。因此，材料 131 較佳為具有在室溫下發射熱活化延遲螢光的功能。或者，較佳為熱活化延遲螢光材料。就是說，將在實施方式 1 中說明的具有聯吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本發明的一個實施方式的化合物用作材料 131。

[0141] 激子是指載子（電子及電洞）的對。由於激子具有能量，所以生成激子的材料成為激發態。

[0142] 材料 131 的單重激發能階與三重激發能階的差值較佳為大於 0eV 且為 0.3eV 以下，更佳為大於 0eV 且為 0.2eV 以下，進一步較佳為大於 0eV 且為 0.1eV 以下。

[0143] 在此，圖 1C 示出發光層 130 中的材料 131 及

主體材料 132 的能階相關。注意，圖 1C 中的記載及符號表示的是如下：

- TADF (131) : 材料 131
- Host (132) : 主體材料 132
- S_A : 材料 131 的 S1 能階
- T_A : 材料 131 的 T1 能階
- S_H : 主體材料 132 的 S1 能階
- T_H : 主體材料 132 的 T1 能階

[0144] 在發光層 130 中載子再結合，在主體材料 132 中產生單重激發態及三重激發態時，所產生的單重激發態的能量從主體材料 132 的 S1 能階 (S_H) 轉移到材料 131 的 S1 能階 (S_A)，三重激發態的能量從主體材料 132 的 T1 能階 (T_H) 轉移到材料 131 的 T1 能階 (T_A)，形成材料 131 的單重激發態及三重激發態。

[0145] 或者，在材料 131 中載子再結合，分別產生具有相當於 S1 能階 (S_A) 的激發能量的單重激發態及具有相當於 T1 能階 (T_A) 的激發能量的三重激發態。

[0146] 因此，在任何情況下，藉由載子的再結合，會產生材料 131 的單重激發態及三重激發態。

[0147] 在本發明的一個實施方式的發光元件 150 中，發光層 130 所包含的材料 131 的 S1 能階 (S_A) 及 T1 能階 (T_A) 為互相相鄰的能階。

[0148] 由於材料 131 的 S1 能階 (S_A) 及 T1 能階 (T_A) 為互相相鄰的能階，所以材料 131 具有藉由反系間

竄越將三重激發能轉換為單重激發能的功能（參照圖 1C 的路徑 A_1 ）。因此，在發光層 130 中產生的三重激發能的一部分因材料 131 而轉換為單重激發能。為此，材料 131 的 S_1 能階（ S_A ）與 T_1 能階（ T_A ）的能量差較佳為大於 0eV 且為 0.3eV 以下。此外，從成為單重激發態的材料 131 獲得螢光發光。

[0149] 在材料 131 所呈現的螢光發光中，來自因載子再結合直接而生成的單重激發態的發光（初始發光成分）與來自藉由反系間竄越從三重激發態產生的單重激發態的發光（延遲螢光成分）之間產生發光壽命差異。因此，材料 131 具有發射具有初始發光成分及延遲螢光成分的至少兩種發光壽命成分的光的功能。換言之，材料 131 具有發射遲延螢光的功能。該遲延螢光由於基於室溫等下的熱能所促進的反系間竄越，也稱為熱活化延遲螢光。就是說，材料 131 具有發射熱活化延遲螢光的功能。

[0150] 為了高效地從材料 131 的單重激發態獲得發光，材料 131 的螢光量子產率較佳為高，明確而言，較佳為 50%以上，更佳為 70%以上，進一步較佳為 90%以上。

[0151] 為了在材料 131 中高效地產生反系間竄越，材料 131 的 T_1 能階（ T_A ）較佳為比主體材料 132 的 T_1 能階（ T_H ）低。由此，不容易產生因主體材料 132 導致的材料 131 的三重激發能的淬滅，可以在材料 131 中高效地產生反系間竄越。此外，為了在材料 131 中高效地獲得發光，材料 131 的 S_1 能階（ S_A ）較佳為比主體材料 132 的

S1 能階 (S_H) 低。由此，可以抑制將單重激發能從材料 131 轉移到主體材料 132。

[0152] 在材料 131 具有聯吡啶骨架這種施體性強的骨架時，注入到發光層 130 的電洞容易注入到材料 131 而被傳輸，所以是較佳的。此外，在材料 131 具有苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架這種受體性強的骨架時，注入到發光層 130 的電子容易注入到材料 131 而被傳輸，所以是較佳的。此時，主體材料 132 較佳為包括其施體性比材料 131 中的施體性骨架弱的施體性骨架、以及其受體性比材料 131 中的受體性骨架弱的受體性骨架。由此，可以抑制由材料 131 與主體材料 132 形成激態錯合物的反應。

[0153] 例如，在材料 131 的 HOMO 能階比主體材料 132 的 HOMO 能階高，且材料 131 的 LUMO 能階比主體材料 132 的 LUMO 能階低時，注入到發光層 130 的作為載子的電子及電洞都容易注入到材料 131 而被傳輸。由此，在材料 131 中容易產生載子再結合，所以是較佳的。

[0154] 在材料 131 與主體材料 132 的組合是具有電洞傳輸性的化合物與具有電子傳輸性的化合物的組合時，能夠藉由調整其混合比而容易地控制載子平衡。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平衡，由此也可以容易地對載子再結合區域進行控制。

[0155] 在發光層 130 中，若材料 131 能夠單獨控制載子平衡，發光層 130 則也可以不具有主體材料 132。或者，為了控制載子平衡，發光層 130 也可以具有材料 131 及材料 132 以外的材料。

[0156] 如上所述，當高效地產生上述路徑 A_1 的反系間竄越過程時，由於材料 131 的三重激發能高效地轉換為單重激發能，所以發光元件 150 能夠以高發光效率發光。

[0157] 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 的材料 131 的發光。

[0158]

<發光元件的結構實例 2>

接著，參照圖 2A 及圖 2B 說明具有與上述結構不同的結構的發光元件。

[0159] 圖 2A 是示出圖 1A 所示的發光層 130 的一個例子的剖面示意圖。圖 2A 所示的發光層 130 至少包含材料 131 及客體材料 133。

[0160] 作為客體材料 133，使用發光性有機材料即可，該發光性有機材料較佳為螢光材料。在下面的說明中，說明作為客體材料 133 使用螢光材料的結構。注意，也可以將客體材料 133 換稱為螢光材料。

[0161] 材料 131 較佳為藉由反系間竄越由三重激發態產生單重激發態的材料。或者，可以具有能夠在室溫下呈現熱活化延遲螢光的功能。換言之，作為材料 131 較佳為使用熱活化延遲螢光材料。此外，較佳為在實施方式 1

中說明的具有聯呋啞骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本發明的一個實施方式的化合物用作材料 131。

[0162] 材料 131 的單重激發能階與三重激發能階的差值較佳為大於 0eV 且為 0.3eV 以下，更佳為大於 0eV 且為 0.2eV 以下，進一步較佳為大於 0eV 且為 0.1eV 以下。材料 131 具有將三重激發能轉換為單重激發能的功能即可，也可以不發射熱活化延遲螢光。

[0163] 在此，圖 2B 示出發光層 130 中的材料 131 及客體材料 133 的能階相關。注意，圖 2B 中的記載及符號表示的是如下：

- TADF (131) : 材料 131
- Guest (133) : 客體材料 133 (螢光材料)
- S_A : 材料 131 的 $S1$ 能階
- T_A : 材料 131 的 $T1$ 能階
- S_G : 客體材料 133 (螢光材料) 的 $S1$ 能階
- T_G : 客體材料 133 (螢光材料) 的 $T1$ 能階

[0164] 在發光層 130 中載子再結合，在材料 131 中產生單重激發態及三重激發態時，可以將所產生的單重激發態的能量從材料 131 的 $S1$ 能階 (S_A) 轉移到客體材料 133 的 $S1$ 能階 (S_G)。

[0165] 在本發明的一個實施方式的發光元件 150 中，材料 131 的 $S1$ 能階 (S_A) 及 $T1$ 能階 (T_A) 為互相相鄰的能階。

[0166] 由於材料 131 的 S1 能階 (S_A) 及 T1 能階 (T_A) 為互相相鄰的能階，所以材料 131 具有藉由反系間竄越將三重激發能轉換為單重激發能的功能（參照圖 2B 的路徑 A_1 ）。因此，在發光層 130 中產生的三重激發能的一部分因材料 131 而轉換為單重激發能。為此，材料 131 的 S1 能階 (S_A) 與 T1 能階 (T_A) 的能量差較佳為大於 0eV 且為 0.3eV 以下。

[0167] 材料 131 的 S1 能階 (S_A) 較佳為高於客體材料 133 的 S1 能階 (S_G)。由此，在 S1 能階的關係為如上時，可以將材料 131 所具有的單重激發能從材料 131 的 S1 能階 (S_A) 轉移到客體材料 133 的 S1 能階 (S_G)。其結果，客體材料 133 成為單重激發態而發射螢光（參照圖 2B 的路徑 E_1 ）。

[0168] 為了高效地從客體材料 133 的單重激發態獲得發光，客體材料 133 的螢光量子產率較佳為高，明確而言，較佳為 50%以上，更佳為 70%以上，進一步較佳為 90%以上。在本結構實例所示的發光元件中，客體材料 133 不需要具有藉由反系間竄越將三重激發能轉換為單重激發能的功能。因此，本結構實例具有容易實現使客體材料的螢光量子產率高的設計的優點。

[0169] 為了高效地產生反系間竄越，材料 131 的 T1 能階 (T_A) 較佳為比客體材料 133 的 T1 能階 (T_G) 高。由此，不容易產生因客體材料 133 導致的材料 131 的三重激發能的淬滅，可以高效地產生反系間竄越。

[0170] 在材料 131 具有聯吡啶骨架這種施體性強的骨架時，注入到發光層 130 的電洞容易注入到材料 131 而被傳輸。此外，在材料 131 具有苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架這種受體性強的骨架時，注入到發光層 130 的電子容易注入到材料 131 而被傳輸。此時，客體材料 133 較佳為包含具有其施體性比材料 131 弱的施體性骨架。或者，客體材料 133 較佳為包含具有其受體性比材料 131 弱的受體性骨架。

[0171] 由於客體材料 133 中的單重基態到三重激發態的直接躍遷為禁止躍遷，因此從材料 131 的 S_1 能階 (S_A) 到客體材料 133 的 T_1 能階 (T_G) 的能量轉移不容易被用作主要的能量轉移過程。

[0172] 在發生從材料 131 的 T_1 能階 (T_A) 到客體材料 133 的 T_1 能階 (T_G) 的三重激發能的轉移時，三重激發能失活 (參照圖 2B 的路徑 E_2)。因此，在途徑 E_2 的能量轉移少時，可以降低客體材料 133 的三重激子的生成效率，可以減少三重激發能的熱失活，所以是較佳的。為此，相對於材料 131 的客體材料 133 的重量比較佳為低，明確而言，較佳為 0.001 以上且 0.05 以下，更佳為 0.001 以上且 0.03 以下，進一步較佳為 0.001 以上且 0.01 以下即可。

[0173] 注意，在客體材料 133 中的載子的直接再結合過程佔優勢時，在客體材料 133 中產生多個三重激子，該三重激子的三重激發能熱失活，而導致發光元件的發光

效率下降。因此，較佳為在材料 131 中載子再結合經由材料 131 的激發能量轉移過程（圖 2B 的路徑 A_1 及 E_1 ）的比例高於客體材料 133 中的載子直接再結合的過程的比例，這是因為可以降低客體材料 133 的三重激子的產生效率並抑制三重激發能的熱失活。為此，相對於材料 131 的客體材料 133 的重量比較佳為低，明確而言，較佳為 0.001 以上且 0.05 以下，更佳為 0.001 以上且 0.03 以下，進一步較佳為 0.001 以上且 0.01 以下。

[0174] 如上所述，在上述路徑 A_1 及 E_1 的能量轉移過程全部高效地發生時，材料 131 的單重激發能及三重激發能的兩者都高效地被轉換為客體材料 133 的單重激發態，所以可以高效地獲得來自客體材料 133 的發光。因此，發光元件 150 能夠以高發光效率發光。

[0175]

<能量轉移機制>

下面，對材料 131 與客體材料 133 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。在此對材料 131 與客體材料 133 的分子間的能量轉移過程進行說明。

[0176]

《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，藉由材料 131 與客體材料 133 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，材料 131 給客體材料 133 供應能量，激發態的材料 131 成為基態，基態的客體材料 133 成為激發態。另外，公式 1 示出福斯特機制的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

[0177]

[公式 1]

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

[0178] 在公式 1 中， ν 表示振盪數， $f'_h(\nu)$ 表示材料 131 的正規化發光光譜（當考慮由單重激發態的能量轉移時，相當於螢光光譜，而當考慮由三重激發態的能量轉移時，相當於磷光光譜）， $\varepsilon_g(\nu)$ 表示客體材料 133 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 表示材料 131 與客體材料 133 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 表示材料 131 和客體材料 133 的躍遷偶極矩的配向的係數（0 至 4）。此外，在無規配向中， $K^2=2/3$ 。

[0179]

《德克斯特機制》

在德克斯特機制中，材料 131 和客體材料 133 接近於產生軌域的重疊的接觸有效距離，藉由交換激發態的材料

131 的電子和基態的客體材料 133 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 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

[0180]

[公式 2]

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

[0181] 在公式 2 中， h 表示普朗克常數， K 表示具有能量維數（energy dimension）的常數， ν 表示振盪數， $f'_h(\nu)$ 表示材料 131 的正規化發光光譜（當考慮由單重激發態的能量轉移時，相當於螢光光譜，而當考慮由三重激發態的能量轉移時，相當於磷光光譜）， $\varepsilon'_g(\nu)$ 表示客體材料 133 的正規化吸收光譜， L 表示有效分子半徑， R 表示材料 131 與客體材料 133 的分子間距。

[0182] 在此，從材料 131 到客體材料 133 的能量轉移效率 ϕ_{ET} 以公式 3 表示。 k_r 表示材料 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 表示材料 131 的非發光過程（熱失活或系間竄越）的速度常數， τ 表示所測量的材料 131 的激發態的壽命。

[0183]

[公式 3]

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

[0184] 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。

[0185]

《用來提高能量轉移的概念》

首先，考慮基於福斯特機制的能量轉移。藉由將公式 1 代入到公式 3, 可以消去 τ 。因此，在福斯特機制中，能量轉移效率 ϕ_{ET} 不取決於材料 131 的激發態的壽命 τ 。另外，當發光量子產率 ϕ （因為是關於來自單重激發態的能量轉移的說明，所以這裡指螢光量子產率）高時，可以說能量轉移效率 ϕ_{ET} 較高。一般而言，來自有機化合物的三重激發態的發光量子產率在室溫下非常低。因此，當材料 131 為三重激發態時，可以忽視基於福斯特機制的能量轉移過程，只需考慮材料 131 為單重激發態的情況。

[0186] 另外，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 133 的吸收光譜（相當於從單重基態到單重激發態的遷移的吸收）的重疊較佳為大。再者，客體材料 133 的莫耳吸光係數較佳為高。這意味著材料 131 的發射光譜與呈現在客體材料 133 的最長波長一側的吸收帶重疊。注意，由於客體材料 133 中的從單重基態到三重激發態的直接躍遷為禁止躍遷，因此在客體材料 133 中，三重激發態下的莫耳吸光係數少到可以忽視的程度。由此，可以忽視基於福斯特機制的客體材料 133 的到三重激發態的能量轉移過程，只需考慮客體材料 133 的到單重激發態的能量轉移過程。也就是

說，在福斯特機制中，考慮從材料 131 的單重激發態到客體材料 133 的單重激發態的能量轉移過程即可。

[0187] 接著，考慮基於德克斯特機制的能量轉移。從公式 2 可知，為了增大速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ ，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 133 的吸收光譜（相當於從單重基態到單重激發態的遷移的吸收）的重疊較佳為大。因此，能量轉移效率的最佳化可以藉由使材料 131 的發射光譜與呈現在客體材料 133 的最長波長一側的吸收帶重疊而實現。

[0188] 另外，當將公式 2 代入到公式 3 時，可知德克斯特機制中的能量轉移效率 ϕ_{ET} 取決於 τ 。因為德克斯特機制是基於電子交換的能量轉移過程，所以與從材料 131 的單重激發態到客體材料 133 的單重激發態的能量轉移同樣地，還產生從材料 131 的三重激發態到客體材料 133 的三重激發態的能量轉移。

[0189] 在客體材料 133 為螢光材料時，客體材料 133 的三重激發態的能量轉移效率較佳為低。也就是說，從材料 131 到客體材料 133 的基於德克斯特機制的能量轉移效率較佳為低，而從材料 131 到客體材料 133 的基於福斯特機制的能量轉移效率較佳為高。

[0190] 如上所述，基於福斯特機制的能量轉移效率不取決於材料 131 的激發態的壽命。另一方面，基於德克斯特機制的能量轉移效率取決於材料 131 的激發態的壽命。由此，為了降低基於德克斯特機制的能量轉移效率，

材料 131 的激發態的壽命 τ 較佳為短。

[0191] 另外，在從材料 131 發射的光中，熱活化延遲螢光成分的螢光壽命較佳為短，明確而言，為 10ns 以上且 50 μ s 以下，更佳為 10ns 以上且 30 μ s 以下。

[0192] 另外，在從材料 131 發射的光中，熱活化延遲螢光成分所占的比例較佳為高。明確而言，在從材料 131 發射的光中，熱活化延遲螢光成分所占的比率較佳為 5%以上，更佳為 10%以上。

[0193]

<發光元件的結構實例 3>

接著，參照圖 3A 及圖 3B 說明具有與上述結構不同的結構的發光元件。注意，在本結構實例中，與上述組件相同的結構的詳細內容可以參照上述結構實例。

[0194] 圖 3A 是示出圖 1A 所示的發光層 130 的一個例子的剖面示意圖。圖 3A 所示的發光層 130 至少包括材料 131、主體材料 132、客體材料 133。

[0195] 在發光層 130 中，材料 131 或主體材料 132 在重量比中最多，客體材料 133 分散在材料 131 及主體材料 132 中。這裡，說明將螢光材料用於客體材料 133 的結構。

[0196] 為了對材料 131、主體材料 132 及客體材料 133 的能量轉移過程進行說明，圖 3B 示出說明能階相關的示意圖。注意，圖 3B 中的記載及符號表示的是如下，其他記載及符號是與圖 2B 同樣的：

·Host (132) : 主體材料 132

·S_H : 主體材料 132 的 S1 能階

·T_H : 主體材料 132 的 T1 能階

[0197] 在發光層 130 中載子再結合，在主體材料 132 中產生單重激發態及三重激發態時，所產生的單重激發態的能量從主體材料 132 的 S1 能階 (S_H) 轉移到材料 131 的 S1 能階 (S_A)，三重激發態的能量可以從主體材料 132 的 T1 能階 (T_H) 轉移到材料 131 的 T1 能階 (T_A)。

[0198] 藉由來自主體材料 132 的能量轉移或材料 131 中的載子再結合產生材料 131 的單重激發態及三重激發態時，與圖 2B 中的說明內容同樣，藉由圖 3B 中的路徑 A₁ 及路徑 E₁，材料 131 的單重激發能及三重激發能的兩者都轉移到客體材料 133 的 S1 能階 (S_G)，客體材料 133 成為單重激發態。從成為單重激發態的客體材料 133 獲得螢光發光。

[0199] 因此，為了高效地將三重激發能從材料 131 的 T1 能階 (T_A) 轉移到客體材料 133 的 S1 能階 (S_G)，材料 131 的 S1 能階 (S_A) 與 T1 能階 (T_A) 較佳為互相相鄰的能階，材料 131 較佳為具有藉由反系間竄越將三重激發能轉換為單重激發能的功能的材料。換言之，作為材料 131 較佳為使用熱活化延遲螢光材料。此外，較佳為在實施方式 1 中說明的具有聯吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本發明的一個實施方式的化合物被用作材料 131。

[0200] 材料 131 的 S1 能階與 T1 能階的能量差較佳為大於 0eV 且為 0.3eV 以下，更佳為大於 0eV 且為 0.2eV 以下，進一步較佳為大於 0eV 且為 0.1eV 以下。材料 131 具有將三重激發能轉換為單重激發能的功能即可，也可以不發射熱活化延遲螢光。

[0201] 較佳的是，主體材料 132 的 S1 能階 (S_H) 為材料 131 的 S1 能階 (S_A) 以上，主體材料 132 的 T1 能階 (T_H) 為材料 131 的 T1 能階 (T_A) 以上。由此，不容易產生因主體材料 132 導致的材料 131 的單重激發能及三重激發能的淬滅，高效地將能量從材料 131 轉移到客體材料 133。

[0202] 材料 131 的 T1 能階 (T_A) 較佳為比客體材料 133 的 T1 能階 (T_G) 高。由此，不容易產生因客體材料 133 導致的材料 131 的三重激發能的淬滅，可以高效地產生反系間竄越。

[0203] 由於客體材料 133 中的單重基態到三重激發態的直接躍遷為禁止躍遷，因此從主體材料 132 的 S1 能階 (S_H) 到客體材料 133 的 T1 能階 (T_G) 的能量轉移不容易成為主要的能量轉移過程。

[0204] 在發生從主體材料 132 的 T1 能階 (T_H) 到客體材料 133 的 T1 能階 (T_G) 的三重激發能的轉移時，三重激發能失活（參照圖 3B 的路徑 E_3 ）。因此，在途徑 E_3 所示的能量轉移少時，可以降低客體材料 133 的三重激子的生成效率，可以減少熱失活，所以是較佳的。為此，相

對於材料 131 及主體材料 132 的客體材料 133 的重量比最低，明確而言，較佳為 0.001 以上且 0.05 以下，更佳為 0.001 以上且 0.03 以下，進一步較佳為 0.001 以上且 0.01 以下即可。

[0205] 在主體材料 132 與材料 131 的組合是具有傳輸電洞的功能的材料與具有傳輸電子的功能的材料的組合時，能夠藉由調整其混合比而容易地控制載子平衡。明確而言，具有傳輸電洞的功能的材料：具有傳輸電子的功能的材料較佳為在 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平衡，由此也可以容易地對載子再結合區域進行控制。

[0206] 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 133 的發光。

[0207]

<材料>

接著，下面對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。

[0208]

《發光層》

下面對能夠用於發光層 130 的材料進行說明。

[0209]

《材料 131》

材料 131 的 S1 能階與 T1 能階的能量差較佳為小，明確而言，S1 能階與 T1 能階的能量差較佳為大於 0eV 且為

0.3eV 以下，更佳為大於 0eV 且為 0.2eV 以下，進一步較佳為大於 0eV 且為 0.1eV 以下。作為這種材料可以舉出熱活化延遲螢光材料。作為熱活化延遲螢光材料適合使用實施方式 1 所示的化合物。

[0210] 只要材料 131 的 S1 能階與 T1 能階的能量差小，就可以不具有發射熱活化延遲螢光的功能。

[0211]

《客體材料 133》

作為客體材料 133 沒有特別的限制，但是較佳為使用蔥衍生物、稠四苯衍生物、蒽 (chrysene) 衍生物、菲衍生物、芘衍生物、芘衍生物、二苯乙烯衍生物、吡啶酮衍生物、香豆素衍生物、吩惡嗪衍生物、啡噻吡衍生物等，例如可以使用如下材料。

[0212] 明確而言，作為該材料，可以舉出 5,6-雙[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-2,2'-聯吡啶(簡稱：PAP2BPy)、5,6-雙[4'-(10-苯基-9-蔥基)聯苯-4-基]-2,2'-聯吡啶(簡稱：PAPP2BPy)、N,N'-二苯基-N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芴-1,6-二胺(簡稱：1,6FLPAPrn)、N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芴-1,6-二胺(簡稱：1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-N,N'-雙(4-三級丁苯基)芴-1,6-二胺(簡稱：1,6tBu-FLPAPrn)、N,N'-二苯基-N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-3,8-二環己基芴-1,6-二胺(簡稱：ch-1,6FLPAPrn)、N,N'-雙[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-

4,4'-二胺(簡稱：YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(簡稱：YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(簡稱：2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱：PCAPA)、芘、2,5,8,11-四(三級丁基)芘(簡稱：TBP)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱：PCBAPA)、N,N''-(2-三級丁基蒽-9,10-二基二-4,1-伸苯基)雙[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](簡稱：DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱：2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(簡稱：2DPAPPA)、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒽(chrysene)-2,7,10,15-四胺(簡稱：DBC1)、香豆素 30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(簡稱：2PCAPA)、N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(簡稱：2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(簡稱：2DPAPA)、N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(簡稱：2DPABPhA)、9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(簡稱：2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(簡稱：DPhAPhA)、香豆素 6、香豆素 545T、N,N'-二苯基喹吖酮(簡稱：DPQd)、紅螢烯、2,8-二-三級丁基-5,11-雙(4-三級丁基)-6,12-二苯基稠四苯(簡稱：TBRb)、尼羅紅、5,12-雙(1,1'-聯苯-4-基)-6,11-二苯基稠

四苯(簡稱：BPT)、2-(2-{2-[4-(二甲胺基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亞基)丙烷二腈(簡稱：DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈(簡稱：DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)稠四苯-5,11-二胺(簡稱：p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茚并[1,2-a]丙二烯合萸-3,10-二胺(簡稱：p-mPhAFD)、2-{2-異丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈(簡稱：DCJTI)、2-{2-三級丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈(簡稱：DCJTB)、2-(2,6-雙{2-[4-(二甲胺基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亞基)丙烷二腈(簡稱：BisDCM)、2-{2,6-雙[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈(簡稱：BisDCJTM)、5,10,15,20-四苯基雙苯并(tetraphenylbisbenzo)[5,6]茚並[1,2,3-cd:1',2',3'-lm]芘等。

[0213] 注意，如上所述，從材料 131 向客體材料 133 (螢光材料) 的基於德克斯特機制的能量轉移效率較佳為低。德克斯特機制的速度常數與兩個分子間的距離的指數函數成反比。一般而言，當兩個分子間的距離為 1nm 以下時德克斯特機制佔優勢，當兩個分子間的距離為 1nm 以上時福斯特機制佔優勢。因此，為了降低基於德克斯特機制的能量轉移效率，較佳為增大材料 131 與客體材料

133（螢光材料）之間的距離，明確而言，其距離較佳為 0.7nm 以上，更佳為 0.9nm 以上，進一步較佳為 1nm 以上。從上述觀點來看，客體材料 133（螢光材料）較佳為具有阻礙材料 131 的接近的取代基，作為該取代基較佳為使用脂肪烴，更佳為使用烷基，進一步較佳為使用具有支鏈的烷基。明確而言，客體材料 133 較佳為包括至少兩個碳原子數為 2 以上的烷基。或者，客體材料 133 較佳為包括至少兩個碳原子數為 3 以上且 10 以下的具有支鏈的烷基。或者，客體材料 133（螢光材料）較佳為包括至少兩個碳原子數為 3 以上且 10 以下的具有環烷基。

[0214] 較佳為以材料 131 的發光峰值與客體材料 133（螢光材料）的最長波長一側（低能量一側）的吸收帶重疊的方式選擇材料 131 及客體材料 133（螢光材料）。由此，可以實現一種發光效率得到顯著提高的發光元件。

[0215]

《主體材料 132》

對能夠用於主體材料 132 的材料沒有特別的限制，除了鋅、鋁類金屬錯合物以外還可以舉出噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹噁啉衍生物、二苯并喹噁啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、啡啉衍生物等。作為其他例子，可以舉出芳香胺或呋唑衍生物等。

[0216] 另外，作為主體材料 132 可以使用如下電洞

傳輸性材料及電子傳輸性材料。

[0217] 作為電洞傳輸性材料，可以使用電洞傳輸性比電子傳輸性高的材料，較佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率的材料。明確而言，可以使用芳香胺、唑啞衍生物、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。

[0218] 作為電洞傳輸性高的材料，例如，作為芳香胺化合物，可以舉出 N,N'-二（對甲苯基）-N,N'-二苯基-對苯二胺（簡稱：DTDPPA）、4,4'-雙[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]聯苯（簡稱：DPAB）、N,N'-雙{4-[雙（3-甲基苯基）胺基]苯基}-N,N'-二苯基-（1,1'-聯苯）-4,4'-二胺（簡稱：DNTPD）、1,3,5-三[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]苯（簡稱：DPA3B）等。

[0219] 另外，作為唑啞衍生物，明確而言，可以舉出 3-[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]-9-苯基唑啞（簡稱：PCzDPA1）、3,6-雙[N-（4-二苯胺基苯基）-N-苯胺基]-9-苯基唑啞（簡稱：PCzDPA2）、3,6-雙[N-（4-二苯胺基苯基）-N-（1-萘基）氨基]-9-苯基唑啞（簡稱：PCzTPN2）、3-[N-（9-苯基唑啞-3-基）-N-苯胺基]-9-苯基唑啞（簡稱：PCzPCA1）、3,6-雙[N-（9-苯基唑啞-3-基）-N-苯胺基]-9-苯基唑啞（簡稱：PCzPCA2）、3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基唑啞-3-基）氨基]-9-苯基唑啞（簡稱：PCzPCN1）等。

[0220] 另外，作為唑啞衍生物，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。

[0221] 另外,作為芳烴,例如可以舉出 2-三級丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(簡稱:t-BuDNA)、2-三級丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-雙(3,5-二苯基苯基)蒽(簡稱:DPPA)、2-三級丁基-9,10-雙(4-苯基苯基)蒽(簡稱:t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(簡稱:DNA)、9,10-二苯基蒽(簡稱:DPAnth)、2-三級丁基蒽(簡稱:t-BuAnth)、9,10-雙(4-甲基-1-萘基)蒽(簡稱:DMNA)、2-三級丁基-9,10-雙[2-(1-萘基)苯基]蒽、9,10-雙[2-(1-萘基)苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽、9,9'-聯蒽、10,10'-二苯基-9,9'-聯蒽、10,10'-雙(2-苯基苯基)-9,9'-聯蒽、10,10'-雙[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-聯蒽、蒽、稠四苯、紅螢烯、芘、2,5,8,11-四(三級丁基)芘等。另外,除此之外,還可以使用稠五苯、蒽等。如此,更佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率且碳原子數為 14 至 42 的芳烴。

[0222] 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。

[0223] 另外，也可以使用聚（N-乙基基吡啶）（簡稱：PVK）、聚（4-乙基基三苯胺）（簡稱：PVTBA）、聚[N-（4-（N'-[4-（4-二苯基胺基）苯基]苯基-N'-苯基胺基）苯基）甲基丙烯醯胺]（簡稱：PTPDMA）、聚[N,N'-雙（4-丁基苯基）-N,N'-雙（苯基）聯苯胺]（簡稱：Poly-TPD）等高分子化合物。

[0224] 另外，作為電洞傳輸性高的材料，例如，可以使用4,4'-雙[N-（1-萘基）-N-苯胺基]聯苯（簡稱：NPB或 α -NPD）、N,N'-雙（3-甲基苯基）-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺（簡稱：TPD）、4,4',4''-三（吡啶-9-基）三苯胺（簡稱：TCTA）、4,4',4''-三[N-（1-萘基）-N-苯胺基]三苯胺（簡稱：1'-TNATA）、4,4',4''-三（N,N-二苯胺基）三苯胺（簡稱：TDATA）、4,4',4''-三[N-（3-甲基苯基）-N-苯胺基]三苯胺（簡稱：MTDATA）、4,4'-雙[N-（螺-9,9'-聯萘-2-基）-N-苯胺基]聯苯（簡稱：BSPB）、4-苯基-4'-（9-苯基萘-9-基）三苯胺（簡稱：BPAFLP）、4-苯基-3'-（9-苯基萘-9-基）三苯胺（簡稱：mBPAFLP）、N-（9,9-二甲基-9H-萘-2-基）-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-（9,9-二甲基-9H-萘-2-基）氮]-9H-萘-7-基}苯基胺（簡稱：DFLADFL）、N-（9,9-二甲基-2-二苯胺基-9H-萘-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'-聯萘（簡稱：DPASF）、4-苯基-4'-（9-苯基-9H-吡啶-3-基）三苯胺（簡稱：PCBA1BP）、4,4'-二苯基-4''-（9-苯基-9H-吡啶-

3-基) 三苯胺 (簡稱: PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-呋啶-3-基) 三苯胺 (簡稱: PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-呋啶-3-基) 三苯胺 (簡稱: PCBNBB)、4-苯基二苯基-(9-苯基-9H-呋啶-3-基) 胺 (簡稱: PCA1BP)、N,N'-雙(9-苯基呋啶-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-苯基呋啶-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-呋啶-3-胺 (簡稱: PCBIF)、N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-呋啶-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-呋啶-3-基) 苯基] 芴-2-胺 (簡稱: PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-呋啶-3-基) 苯基] 螺-9,9'-聯芴-2-胺 (簡稱: PCBASF)、2-[N-(9-苯基呋啶-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-呋啶-9-基) 苯基]-N-(4-苯基) 苯基苯胺 (簡稱: YGA1BP)、N,N'-雙[4-(呋啶-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-呋啶 (簡稱: PCPN)、3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-呋啶 (簡稱: PCPPn)、3,3'-雙(9-苯基-9H-呋啶) (簡稱: PCCP)、1,3-雙(N-呋啶基) 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。在此所述的物質主要是電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。但是，只要是電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用上述物質以外的物質。

[0225] 作為電子傳輸性材料，可以使用電子傳輸性比電洞傳輸性高的材料，較佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子移動率的材料。作為容易接收電子的材料（具有電子傳輸性的材料），可以使用含氮雜芳族化合物等缺 π 電子型雜芳族或金屬錯合物等。明確而言，可以舉出包括喹啉配體、苯并喹啉配體、呋唑配體或噻唑配體的金屬錯合物、呋二唑衍生物、三唑衍生物、啡啉衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、嘧啶衍生物等。

[0226] 例如，可以使用包含具有喹啉骨架或苯并喹

喹啉骨架的金屬錯合物等的層，如有三（8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：Alq）、三（4-甲基-8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：Almq₃）、雙（10-羥基苯并[h]喹啉）鈹（II）（簡稱：BeBq₂）、雙（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基苯酚）鋁（III）（簡稱：BAIq）、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱：Znq）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、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-呋唑（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-呋唑（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：mDBTBIIm-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]噻吩（簡稱：2mDBTPDBq-II）、2-[3'-（二苯并噻吩-4-基）聯苯-3-基]二苯并[f,h]噻吩（簡稱：2mDBTBPDBq-II）、2-[3'-（9H-呋唑-9-基）聯苯-3-基]二苯并[f,h]噻吩（簡稱：

2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-吡啶-9-基)苯基]二苯并[f,h]噻吩(簡稱:2CzPDBq-III),7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]噻吩(簡稱:7mDBTPDBq-II)、6-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]噻吩(簡稱:6mDBTPDBq-II)、2-[3-[3-(3,9'-聯-9H-吡啶-9-基)苯基]二苯并[f,h]噻吩(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-吡啶-9-基)苯基]嘧啶(簡稱:4,6mCzP2Pm)等具有二噻骨架的雜環化合物;PCCzPTzn等具有三噻骨架的雜環化合物;3,5-雙[3-(9H-吡啶-9-基)苯基]吡啶(簡稱:35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯(簡稱:TmPyPB)等具有吡啶骨架的雜環化合物;4,4'-雙(5-甲基苯并噻吩基-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,具有二噻(嘧啶、吡噻、噻吩)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 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物

質。注意，只要是電子傳輸性高於電洞傳輸性的物質，就可以使用上述物質以外的物質。

[0227] 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。

[0228] 另外，在發光層 130 中也可以包括材料 131、主體材料 132 及客體材料 133 以外的材料。

[0229] 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，發光層 130 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）。

[0230] 作為構成量子點的材料，可以舉出第十四族元素、第十五族元素、第十六族元素、包含多個第十四族元素的化合物、第四族至第十四族的元素和第十六族元素的化合物、第二族元素和第十六族元素的化合物、第十三族元素和第十五族元素的化合物、第十三族元素和第十七族元素的化合物、第十四族元素和第十五族元素的化合物、第十一族元素和第十七族元素的化合物、氧化鐵類、氧化鈦類、硫系尖晶石（spinel chalcogenide）類、各種半導體簇等。

[0231] 明確而言，可以舉出硒化鎘（CdSe）、硫化

鎘 (CdS) 、碲化鎘 (CdTe) 、硒化鋅 (ZnSe) 、氧化鋅
 (ZnO) 、硫化鋅 (ZnS) 、碲化鋅 (ZnTe) 、硫化汞
 (HgS) 、硒化汞 (HgSe) 、碲化汞 (HgTe) 、砷化銦
 (InAs) 、磷化銦 (InP) 、砷化鎵 (GaAs) 、磷化鎵
 (GaP) 、氮化銦 (InN) 、氮化鎵 (GaN) 、銻化銦
 (InSb) 、銻化鎵 (GaSb) 、磷化鋁 (AlP) 、砷化鋁
 (AlAs) 、銻化鋁 (AlSb) 、硒化鉛 (II) (PbSe) 、碲
 化鉛 (II) (PbTe) 、硫化鉛 (II) (PbS) 、硒化銦
 (In_2Se_3) 、碲化銦 (In_2Te_3) 、硫化銦 (In_2S_3) 、硒化
 鎵 (Ga_2Se_3) 、硫化砷 (III) (As_2S_3) 、硒化砷 (III)
 (As_2Se_3) 、碲化砷 (III) (As_2Te_3) 、硫化銻 (III)
 (Sb_2S_3) 、硒化銻 (III) (Sb_2Se_3) 、碲化銻 (III)
 (Sb_2Te_3) 、硫化鉍 (III) (Bi_2S_3) 、硒化鉍 (III)
 (Bi_2Se_3) 、碲化鉍 (III) (Bi_2Te_3) 、矽 (Si) 、碳化
 矽 (SiC) 、鍺 (Ge) 、錫 (Sn) 、硒 (Se) 、碲
 (Te) 、硼 (B) 、碳 (C) 、磷 (P) 、氮化硼 (BN) 、
 磷化硼 (BP) 、砷化硼 (BAs) 、氮化鋁 (AlN) 、硫化
 鋁 (Al_2S_3) 、硫化鋇 (BaS) 、硒化鋇 (BaSe) 、碲化鋇
 (BaTe) 、硫化鈣 (CaS) 、硒化鈣 (CaSe) 、碲化鈣
 (CaTe) 、硫化鈹 (BeS) 、硒化鈹 (BeSe) 、碲化鈹
 (BeTe) 、硫化鎂 (MgS) 、硒化鎂 (MgSe) 、硫化鍺
 (GeS) 、硒化鍺 (GeSe) 、碲化鍺 (GeTe) 、硫化錫
 (IV) (SnS_2) 、硫化錫 (II) (SnS) 、硒化錫 (II)
 (SnSe) 、碲化錫 (II) (SnTe) 、氧化鉛 (II)

(PbO) 、 氟化銅 (I) (CuF) 、 氯化銅 (I) (CuCl) 、 溴化銅 (I) (CuBr) 、 碘化銅 (I) (CuI) 、 氧化銅 (I) (Cu₂O) 、 硒化銅 (I) (Cu₂Se) 、 氧化鎳 (II) (NiO) 、 氧化鈷 (II) (CoO) 、 硫化鈷 (II) (CoS) 、 四氧化三鐵 (Fe₃O₄) 、 硫化鐵 (II) (FeS) 、 氧化錳 (II) (MnO) 、 硫化鉬 (IV) (MoS₂) 、 氧化釩 (II) (VO) 、 氧化釩 (IV) (VO₂) 、 氧化錫 (IV) (WO₂) 、 氧化鉭 (V) (Ta₂O₅) 、 氧化鈦 (TiO₂ 、 Ti₂O₅ 、 Ti₂O₃ 、 Ti₅O₉ 等) 、 氧化鋯 (ZrO₂) 、 氮化矽 (Si₃N₄) 、 氮化鍺 (Ge₃N₄) 、 氧化鋁 (Al₂O₃) 、 鈦酸鋇 (BaTiO₃) 、 硒鋅鎘的化合物 (CdZnSe) 、 銦砷磷的化合物 (InAsP) 、 鎘硒硫的化合物 (CdSeS) 、 鎘硒碲的化合物 (CdSeTe) 、 銦鎵砷的化合物 (InGaAs) 、 銦鎵硒的化合物 (InGaSe) 、 銦硒硫化合物 (InSeS) 、 銅銦硫的化合物 (例如 , CuInS₂) 以及它們的組合等 , 但是不侷限於此。此外 , 也可以使用以任意比率表示組成的所謂的合金型量子點。例如 , 因為由 CdS_xSe_{1-x} (x 為 0 至 1 的任意數) 表示的合金型量子點可以藉由改變 x 的比率來改變發光波長 , 所以合金型量子點是有效於得到藍色發光的手段之一。

[0232] 作為量子點的結構 , 有核型、核殼 (Core Shell) 型、核多殼 (Core Multishell) 型等。可以使用上述任一個 , 但是藉由使用覆蓋核且具有更寬的能帶間隙的其

他無機材料來形成殼，可以減少存在於奈米晶表面上的缺陷或懸空鍵的影響，從而可以大幅度地提高發光的量子效率。由此，較佳為使用核殼型或核多殼型的量子點。作為殼的材料例子，可以舉出硫化鋅（ ZnS ）或氧化鋅（ ZnO ）。

[0233] 此外，在量子點中，由於表面原子的比例高，因此反應性高而容易發生聚集。因此，量子點的表面較佳為附著有保護劑或設置有保護基。由此可以防止聚集並提高對溶劑的溶解性。此外，還可以藉由降低反應性來提高電穩定性。作為保護劑（或保護基），例如可以舉出：月桂醇聚氧乙烯醚、聚氧乙烯硬脂基醚、聚氧乙烯硬脂基醚等的聚氧乙烯烷基醚類；三丙基膦、三丁基膦、三己基膦、三辛基膦等的三烷基膦類；聚氧乙烯 *n*-辛基苯基醚、聚氧乙烯 *n*-壬基苯基醚等的聚氧乙烯烷基苯基醚類；三（*n*-己基）胺、三（*n*-辛基）胺、三（*n*-癸基）胺等的三級胺類；三丙基氧化膦、三丁基氧化膦、三己基氧化膦、三辛基氧化膦、三癸基氧化膦等的有機磷化合物；聚乙二醇二月桂酸酯、聚乙二醇二硬脂酸酯等的聚乙二醇二酯類；吡啶、盧惕啶、紫堇定酚、喹啉類等的含氮芳香化合物等的有機氮化合物；己基胺、辛基胺、癸基胺、十二烷基胺、十四烷基胺、十六烷基胺、十八烷基胺等的胺基鏈烷類；二丁基硫醚等的二烷基硫醚類；二甲亞碲、二丁亞碲等的二烷基亞碲類；噻吩等的含硫芳香化合物等的有機硫化合物；棕櫚酸、硬脂酸、油酸等的高級脂肪酸；乙醇

類；失水山梨醇脂肪酸酯類；脂肪酸改性聚酯類；三級胺類改性聚氨酯類；聚乙烯亞胺類等。

[0234] 另外，量子點也可以是棒狀的量子點的量子杆。因為量子杆呈現向 *c* 軸方向偏振的具有指向性的光，所以藉由將量子杆用作發光材料，可以得到外部量子效率優良的發光元件。

[0235] 在作為發光層的發光材料使用量子點的情況下，該發光層的厚度為 3nm 至 100nm，較佳為 10nm 至 100nm，發光層所包含的量子點的比率為 1vol.% 至 100vol.%。注意，較佳為只由量子點形成發光層。另外，在形成將該量子點用作發光材料而將其分散在主體材料中的發光層時，可以將量子點分散在主體材料中或將主體材料和量子點溶解或分散在適當的液體介質中，並使用濕處理（旋塗法、澆鑄法、染料塗布法、刮塗法、輥塗法、噴墨法、印刷法、噴塗法、簾式塗布法、朗繆爾-布羅基特（Langmuir Blodgett）法等）形成。

[0236] 作為用於濕處理的液體介質，例如可以使用：甲乙酮、環己酮等的酮類；乙酸乙酯等的甘油脂肪酸酯類；二氯苯等的鹵化芳烴類；甲苯、二甲苯、均三甲苯、環己基苯等的芳烴類；環己烷、十氫化萘、十二烷等的脂肪族芳烴類；甲基甲醯胺（DMF）、二甲亞砜（DMSO）等的有機溶劑。

[0237]

《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、鈮氧化物、鎢氧化物、錳氧化物等。作為酞青衍生物，可以舉出酞青或金屬酞青等。作為芳香胺，可以舉出聯苯胺衍生物或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。

[0238] 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 7,7,8,8-四氟基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷（簡稱：F₄-TCNQ）、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氟-1,4,5,8,9,12-六氮雜聯伸三苯（簡稱：HAT-CN）等具有拉電子基團（鹵基或氟基）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、氧化鉬、氧化鈮、氧化鎢、氧化錳、氧化銻

等。特別較佳為使用氧化鋁，因為其在大氣中也穩定，吸濕性低，並且容易處理。

[0239] 作為電洞傳輸性材料，可以使用電洞傳輸性比電子傳輸性高的材料，較佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率的材料。明確而言，可以使用作為能夠用於發光層 130 的電洞傳輸性材料而舉出的芳香胺、吡啉衍生物、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。

[0240]

《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。

[0241] 另外，較佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率的物質。但是，只要是電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用上述物質以外的物質。另外，包括具有高電洞傳輸性的物質的層不限於單層，還可以層疊兩層以上的由上述物質構成的層。

[0242]

《電子傳輸層》

電子傳輸層 118 具有將從一對電極中的另一個（電極 101 或電極 102）經過電子注入層 119 注入的電子傳輸到

發光層 130 的功能。作為電子傳輸性材料，可以使用電子傳輸性比電洞傳輸性高的材料，較佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子移動率的材料。作為容易接收電子的化合物（具有電子傳輸性的材料），可以使用含氮雜芳族化合物等缺 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、喹啉配體或噻啉配體的金屬錯合物、喹二啉衍生物、三啉衍生物、啡啉衍生物、吡啉衍生物、聯吡啉衍生物、噻啉衍生物等。另外，較佳為具有 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子移動率的物質。只要是電子傳輸性高於電洞傳輸性的物質，就可以使用上述物質以外的物質。另外，電子傳輸層 118 不限於單層，還可以層疊兩層以上的由上述物質構成的層。

[0243] 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。該控制電子載子的移動的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而成的層，藉由抑制電子載子的移動，可以調節載子平衡。這種結構對抑制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。

[0244] 此外，也可以使用 n 型化合物半導體，例如可以使用氧化鈦（ TiO_2 ）、氧化鋅（ ZnO ）、氧化矽（ SiO_2 ）、氧化錫（ SnO_2 ）、氧化鎢（ WO_3 ）、氧化鉬（ Ta_2O_3 ）、鈦酸鋇（ BaTiO_3 ）、鋇酸鋇（ BaZrO_3 ）、氧化鋇（ ZrO_2 ）、氧化鈦（ HfO_2 ）、氧化鋁（ Al_2O_3 ）、氧

化鈮 (Y_2O_3)、矽酸鋯 (ZrSiO_4) 等的氧化物；氮化矽 (Si_3N_4) 等的氮化物；硫化鎘 (CdS)；硒化鋅 (ZnSe)；及硫化鋅 (ZnS) 等。

[0245]

《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，可以使用氟化鉕 (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。

[0246] 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、鉍、鎂、鈣、銻、鎵等。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、銻氧化物等。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。

[0247] 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）。

[0248]

《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。

[0249] 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）和鐳（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 表示鈮（Y）、Nd、鎂（Mg）、鐳（Yb）、Al、Ti、鎵（Ga）、鋅（Zn）、銦（In）、鎢（W）、錳（Mn）、錫（Sn）、鐵（Fe）、Ni、銅（Cu）、鈀（Pd）、銱（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；以及包含銀及鐳的合金等。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。

[0250] 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 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的導電性材料。

[0251] 此外，電極 101 及電極 102 也可以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 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 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。

[0252] 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 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下，更佳為 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下。

[0253] 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。

[0254] 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薄膜金屬。另外，也可以使用上述折射率高的材料並層疊多個具有幾 nm 至幾十 nm 厚的層。

[0255] 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、鈉及鉀等鹼金屬、鈣或鎂等鹼土金屬、鎂等）、包含上述元素的合金（例如，Ag 及 Mg 或 Al 及 Li）、銦（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。

[0256] 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。

[0257] 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該波長的光，所以是較佳的。

[0258] 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。

[0259]

《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。

[0260] 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、無機蒸鍍薄膜等。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。

[0261] 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

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

[0262] 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。

[0263] 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（醋酸纖維、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。

[0264] 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。

[0265] 在本實施方式中，描述了本發明的一個實施方式。另外，在其他實施方式中，將描述本發明的一個實施方式。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用於發光元件。此外，例如，雖然在本發明的一個實施方式中示出具有聯吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物為熱活化延遲螢光材料的情況，但是本發明的一個實施方式不侷限於此。根據情況或狀況，在本發明的一個實施方式中，例如該化合物也可以不是熱活化延遲螢光材料。另外，例如，雖然在本發明的一個實施方式中示出具有聯吡啶骨架以及苯并咪唑并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物中的S1能階與T1能階的能量差大於0eV且為0.3eV以下的情況，但是本發明的

一個實施方式不侷限於此。根據情況或狀況，在本發明的一個實施方式中，例如該化合物的 S1 能階與 T1 能階的能量差也可以大於 0.3eV。另外，例如，雖然在本發明的一個實施方式中示出 EL 層包含具有聯吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物的情況，但是本發明的一個實施方式不侷限於此。根據情況或狀況，在本發明的一個實施方式中，例如 EL 層也可以不包含具有聯吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。或者，EL 層包含不具有聯吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物。

[0266] 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。

[0267]

實施方式 4

在本實施方式中，參照圖 4A 至圖 5B 對具有與實施方式 3 所示的結構不同的結構的發光元件及該發光元件的發光機制進行說明。注意，在圖 4A 中使用與圖 1A 相同的陰影線示出具有與圖 1A 相同的功能的結構，而有時省略元件符號。此外，具有與圖 1A 所示的功能相同的結構的部分由相同的元件符號表示，有時省略其詳細說明。

[0268]

<發光元件的結構實例 1>

圖 4A 是本發明的一個實施方式的發光元件 152 的剖面示意圖。

[0269] 發光元件 152 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 135。

[0270] 注意，假設在發光元件 152 中電極 101 被用作陽極且電極 102 被用作陰極來下面將進行說明，但是發光元件 152 的結構也可以為與此相反的結構。

[0271] 圖 4B 是示出圖 4A 所示的發光層 135 的一個例子的剖面示意圖。圖 4B 所示的發光層 135 包括材料 131 及客體材料 134。

[0272] 作為客體材料 134，使用發光性有機材料即可，作為該發光性有機材料，較佳為使用能夠發射磷光的材料（下面，也稱為磷光材料）。在下面的說明中，說明作為客體材料 134 使用磷光材料的結構。注意，也可以將客體材料 134 換稱為磷光材料。

[0273] 在此，圖 4C 示出材料 131 及客體材料 134 的能階相關。注意，圖 4C 中的記載及符號表示的是如下：

- TADF (131)：材料 131
- Guest (134)：客體材料 134（磷光材料）
- S_A：材料 131 的 S1 能階
- T_A：材料 131 的 T1 能階
- T_{PG}：客體材料 134（磷光材料）的 T1 能階

[0274] 在發光層 130 中載子再結合，在材料 131 中產生單重激發態及三重激發態。

[0275] 然後，藉由將材料 131 的單重激發態及三重

激發能的兩者轉移到客體材料 134（磷光材料）的 T1 能階（ T_{PG} ），可以從客體材料 134 獲得發光（參照圖 4C 的路徑 E_1 及 E_2 ）。

[0276] 材料 131 的 T1 能階（ T_A ）較佳為比客體材料 134 的 T1 能階（ T_{PG} ）高。由此，在 T1 能階的關係為如上時，可以將材料 131 的單重激發能及三重激發能從材料 131 的 S1 能階（ S_A ）及 T1 能階（ T_A ）轉移到客體材料 134 的 T1 能階（ T_{PG} ）。

[0277] 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 中的客體材料 134（磷光材料）的發光。

[0278] 當在材料 131 中產生載子再結合時，為了降低發光元件 152 的驅動電壓，較佳為使材料 131 的 S1 能階與 T1 能階的能量差小。因此，較佳為在上述實施方式 1 中說明的具有聯吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本發明的一個實施方式的化合物用作材料 131。在本實施方式中，材料 131 不一定必須使從 T_A 向 S_A 的反系間竄越效率及來自 S_A 的發光量子產率高，因此也可以不發射熱活化延遲螢光。

[0279] 作為材料 131 與客體材料 134 的分子間的能量轉移過程的機制，與實施方式 3 同樣地可以用福斯特機制（偶極-偶極相互作用）和德克斯特機制（電子交換相互作用）的兩個機制進行說明。關於福斯特機制和德克斯特機制，可以參照實施方式 3。

[0280]

《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} ，發光量子產率 ϕ （在說明來自單重激發態的能量轉移時是螢光量子產率）較佳為高。另外，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 134 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 134 的莫耳吸光係數較佳為高。這意味著材料 131 的發射光譜與呈現在客體材料 134 的最長波長一側的吸收帶重疊。

[0281] 在基於德克斯特機制的能量轉移中，為了增大速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ ，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 134 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材料 131 的發射光譜與呈現在客體材料 134 的最長波長一側的吸收帶重疊而實現。

[0282]

<發光元件的結構實例 2>

接著，參照圖 5A 及圖 5B 說明具有與上述結構不同的結構的發光元件。注意，在本結構實例中，與上述組件相同的結構的詳細內容可以參照上述結構實例。

[0283] 圖 5A 是示出圖 4A 所示的發光層 135 的一個例子的剖面示意圖。圖 5A 所示的發光層 135 至少包括材

料 131、主體材料 132、客體材料 134。

[0284] 在發光層 135 中，材料 131 或主體材料 132 在重量比中最多，客體材料 134 分散在材料 131 及主體材料 132 中。這裡，說明將磷光材料用作客體材料 134 的結構。

[0285] 為了對材料 131、主體材料 132 及客體材料 134 的能量轉移過程進行說明，圖 5B 示出說明能階相關的示意圖。注意，圖 5B 中的記載及符號表示的是如下，其他記載及符號是與圖 4C 同樣：

- Host (132)：主體材料 132
- S_H：主體材料 132 的 S1 能階
- T_H：主體材料 132 的 T1 能階

[0286] 在發光層 135 中載子再結合，在主體材料 132 中產生單重激發態及三重激發態時，所產生的單重激發態的能量可以從主體材料 132 的 S1 能階 (S_H) 轉移到材料 131 的 S1 能階 (S_A)，三重激發態的能量可以從主體材料 132 的 T1 能階 (T_H) 轉移到材料 131 的 T1 能階 (T_A)。

[0287] 藉由來自主體材料 132 的能量轉移或材料 131 中的載子再結合產生材料 131 的單重激發態及三重激發態時，與圖 4C 中的說明內容同樣，藉由圖 5B 中的路徑 E₁ 及路徑 E₂，材料 131 的單重激發能及三重激發能的兩者都轉移到客體材料 134 的 T1 能階 (T_{PG})，客體材料 134 成為三重激發態。從成為三重激發態的客體材料 134 獲得

磷光發光。

[0288] 當在材料 131 中產生載子再結合時，為了降低發光元件 152 的驅動電壓，較佳為使材料 131 的 S1 能階與 T1 能階的能量差小。因此，較佳為在上述實施方式 1 中說明的具有聯吡啶骨架以及苯并呋喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的本發明的一個實施方式的化合物用作材料 131。在本結構實例中，材料 131 不一定必須使從 T_A 向 S_A 的反系間竄越效率及來自 S_A 的發光量子產率高，因此也可以不發射熱活化延遲螢光。

[0289] 較佳的是，主體材料 132 的 S1 能階 (S_H) 為材料 131 的 S1 能階 (S_A) 以上，主體材料 132 的 T1 能階 (T_H) 為材料 131 的 T1 能階 (T_A) 以上。由此，不容易產生因主體材料 132 導致的材料 131 的單重激發能及三重激發能的淬滅，高效地將能量轉移到客體材料 134。

[0290] 材料 131 的 T1 能階 (T_A) 較佳為比客體材料 134 的 T1 能階 (T_{PG}) 高。由此，不容易產生因客體材料 134 導致的材料 131 的三重激發能的淬滅，可以高效地產生反系間竄越。

[0291] 在主體材料 132 與材料 131 的組合是具有傳輸電洞的功能的材料與具有傳輸電子的功能的材料的組合時，能夠藉由調整其混合比而容易地控制載子平衡。明確而言，具有傳輸電洞的功能的材料：具有傳輸電子的功能的材料較佳為在 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平衡，由此也可以

容易地對載子再結合區域進行控制。

[0292] 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 134 的發光。

[0293]

<可用於發光層的材料例子>

下面對能夠用於發光層 135 的材料進行說明。

[0294] 材料 131 的 S1 能階與 T1 能階的能量差較佳為小，明確而言，S1 能階與 T1 能階的能量差較佳為大於 0eV 且為 0.3eV 以下，更佳為大於 0eV 且為 0.2eV 以下，進一步較佳為大於 0eV 且為 0.1eV 以下。作為該能量差小的材料可以舉出熱活化延遲螢光材料。作為熱活化延遲螢光材料較佳為使用實施方式 1 所示的化合物。

[0295] 只要材料 131 的 S1 能階與 T1 能階的能量差小，就可以不具有發射熱活化延遲螢光的功能。

[0296] 對主體材料 132 沒有特別的限制，可以使用鋅或鋁類金屬錯合物、嘔二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹啉衍生物、二苯并喹啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、啡啉衍生物等雜芳族化合物或者芳香胺、呋唑衍生物等實施方式 3 所示的電子傳輸性材料及電洞傳輸性材料。

[0297]

《客體材料 134》

作為客體材料 134，可以舉出銨、銻、鉑類有機金屬

錯合物或金屬錯合物，其中較佳的是有機銥錯合物，例如銥類鄰位金屬錯合物。作為鄰位金屬化的配體，可以舉出4H-三唑配體、1H-三唑配體、咪唑配體、吡啶配體、嘧啶配體、吡嗪配體或異喹啉配體等。作為金屬錯合物可以舉出具有卟啉配體的鉑錯合物等。

[0298] 作為在藍色或綠色處具有發射峰的物質，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(triazolato)-3-基- κ N2]苯基- κ C}銥(III)(簡稱: Ir(mpptz-dmp)₃)、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)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]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]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]銥(III)(簡稱: Ir(Mptz1-mp)₃)、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)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'}]

銱 (III) 吡啶甲酸鹽 (簡稱: FIrpic)、雙{2-[3',5'-雙(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,C^{2'}}銱 (III) 吡啶甲酸鹽 (簡稱: Ir(CF₃ppy)₂(pic))、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C^{2'}]銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: FIr(acac)) 等以具有拉電子基團的苯基吡啶衍生物為配體的有機金屬銱錯合物。在上述金屬錯合物中, 由於具有4H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物具有優異的可靠性及發光效率, 所以是特別較佳的。

[0299] 作為在綠色或黃色處具有發射峰的物質, 例如可以舉出三(4-甲基-6-苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir(mppm)₃)、三(4-三級丁基-6-苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir(tBuppm)₃)、(乙醯丙酮根)雙(6-甲基-4-苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir(mppm)₂(acac))、(乙醯丙酮根)雙(6-三級丁基-4-苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir(tBuppm)₂(acac))、(乙醯丙酮根)雙[4-(2-降莧基)-6-苯基嘧啶]銱 (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]銱 (III) (簡稱: Ir(mppm)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}銱 (III) (簡稱: Ir(dmppm-dmp)₂(acac))、(乙醯丙酮根)雙(4,6-二苯基嘧啶)銱 (III) (簡稱: Ir(dppm)₂(acac)) 等具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物、(乙醯丙酮根)雙(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪)銱 (III) (簡稱: Ir(mppr-Me)₂(acac))、(乙醯丙酮根)雙(5-異丙

基-3-甲基-2-苯基吡嗪) 銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})$) 等具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物、三(2-苯基吡啶- $\text{N}, \text{C}^{2'}$) 銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{ppy})_3$)、雙(2-苯基吡啶根- $\text{N}, \text{C}^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: $\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})$)、雙(苯并[h]喹啉) 銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: $\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})$)、三(苯并[h]喹啉) 銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{bzq})_3$)、三(2-苯基喹啉- $\text{N}, \text{C}^{2'}$) 銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{pq})_3$)、雙(2-苯基喹啉- $\text{N}, \text{C}^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$) 等具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物、雙(2,4-二苯基-1,3-嘔唑- $\text{N}, \text{C}^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: $\text{Ir}(\text{dpo})_2(\text{acac})$)、雙{2-[4'-(全氟苯基)苯基]吡啶- $\text{N}, \text{C}^{2'}$ } 銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: $\text{Ir}(\text{p-PF-ph})_2(\text{acac})$)、雙(2-苯基苯并噻唑- $\text{N}, \text{C}^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: $\text{Ir}(\text{bt})_2(\text{acac})$) 等有機金屬銱錯合物、三(乙醯丙酮根)(單啡啉) 銱 (III) (簡稱: $\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})$) 等稀土金屬錯合物。在上述金屬錯合物中, 由於具有嘔啶骨架的有機金屬銱錯合物具有優異的可靠性及發光效率, 所以是特別較佳的。

[0300] 另外, 作為在黃色或紅色處具有發射峰的物質, 例如可以舉出(二異丁醯甲烷根) 雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘔啶根] 銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})$)、雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘔啶根](二新戊醯基甲烷根) 銱 (III) (簡稱: $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})$)、雙[4,6-二(萘-1-基)嘔啶根](二新戊醯基甲烷根) 銱 (III) (簡稱:

$\text{Ir}(\text{dlnpm})_2(\text{dpm})$) 等具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物；
 (乙醯丙酮根) 雙 (2,3,5-三苯基吡嗪根) 銱 (III) (簡
 稱： $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$)、雙 (2,3,5-三苯基吡嗪根) (二新
 戊醯基甲烷根) 銱 (III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$)、(乙
 醯丙酮根) 雙 [2,3-雙 (4-氟苯基) 喹啉] 合銱 (III)
 (簡稱： $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$) 等具有吡嗪骨架的有機金屬銱
 錯合物；三 (1-苯基異喹啉-N, $\text{C}^{2'}$) 銱 (III) (簡稱：
 $\text{Ir}(\text{piq})_3$)、雙 (1-苯基異喹啉-N, $\text{C}^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮
 (簡稱： $\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})$) 等具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯
 合物；2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-吡啶鉑 (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) 鎔 (III) (簡
 稱： $\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})$)、三 [1- (2-噻吩甲醯基) -3,3,3-三
 氟丙酮] (單啡啉) 鎔 (III) (簡稱： $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})$)
 等稀土金屬錯合物。在上述金屬錯合物中，由於具有嘧啶
 骨架的有機金屬銱錯合物具有優異的可靠性及發光效率，
 所以是特別較佳的。另外，具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯
 合物可以提供色度良好的紅色發光。

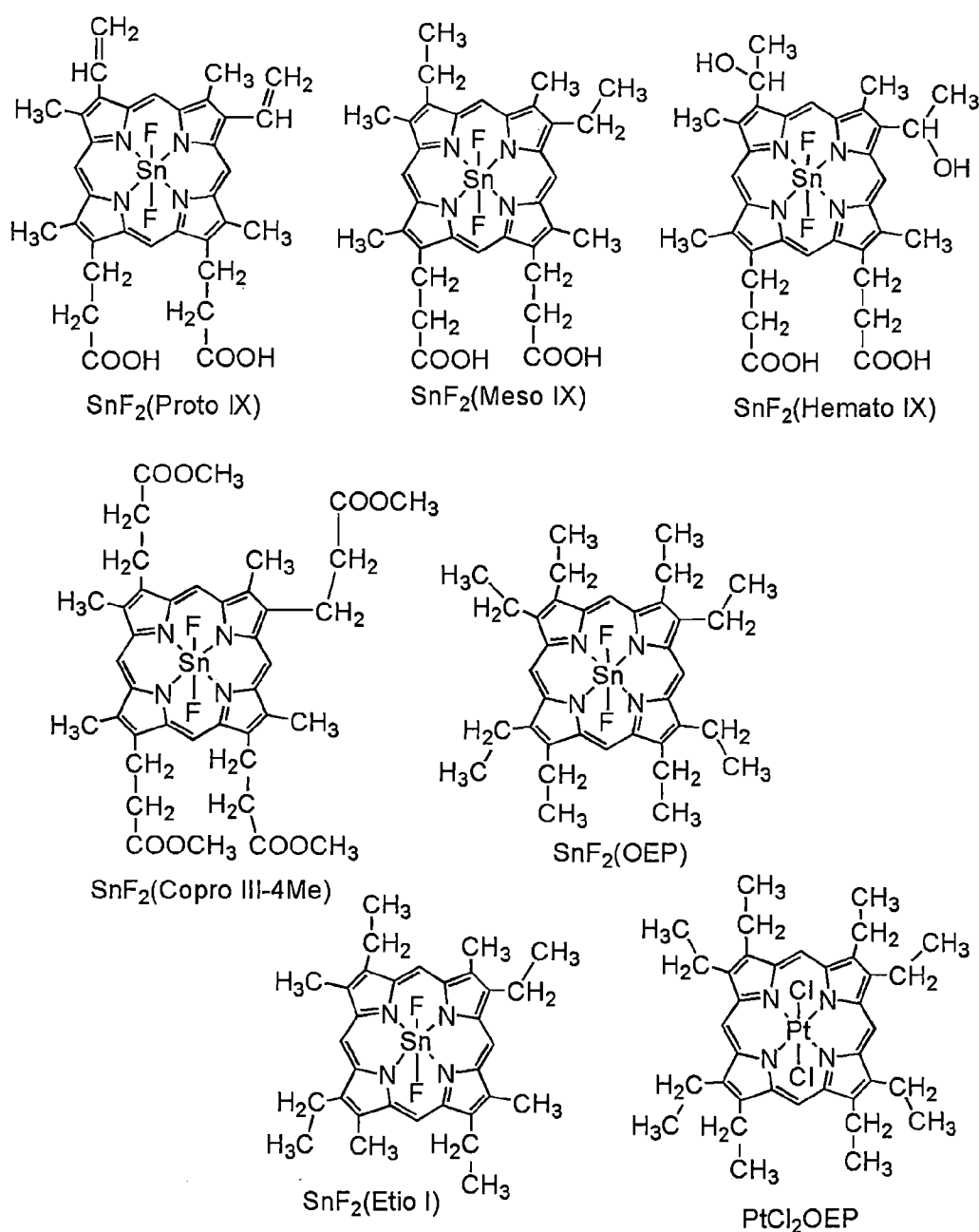
[0301] 作為發光層 130 所包含的發光材料，可以使
 用能夠將三重激發能轉換為發光的材料。作為該能夠將三
 重激發能轉換為發光的材料，除了磷光材料之外，可以舉
 出熱活化延遲螢光材料。因此，可以將有關磷光材料的記
 載看作有關熱活化延遲螢光材料的記載。熱活化延遲螢光
 材料是指 S1 能階與 T1 能階的能量差較小且具有藉由反系

間竄越將三重激發能轉換為單重激發能的功能的材料。因此，能夠藉由微小的熱能量將三重激發態上轉換（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）。可以高效地獲得熱活化延遲螢光的條件為如下：S1 能階與 T1 能階的能量差較佳為大於 0eV 且為 0.3eV 以下，更佳為大於 0eV 且為 0.2eV 以下，進一步較佳為大於 0eV 且為 0.1eV 以下。

[0302] 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。

[0303] 首先，可以舉出富勒烯或其衍生物、原黃素等吡啶衍生物、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（ $\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$ ）、中卟啉-氟化錫錯合物（ $\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$ ）、血卟啉-氟化錫錯合物（ $\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$ ）、糞卟啉四甲基酯-氟化錫錯合物（ $\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$ ）、八乙基卟啉-氟化錫錯合物（ $\text{SnF}_2(\text{OEP})$ ）、初卟啉-氟化錫錯合物（ $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$ ）、八乙基卟啉-氯化鉑錯合物（ PtCl_2OEP ）等。

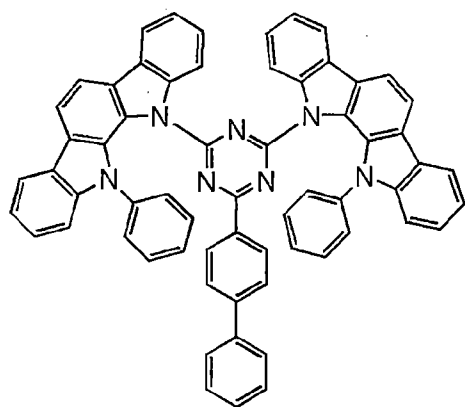
[0304]



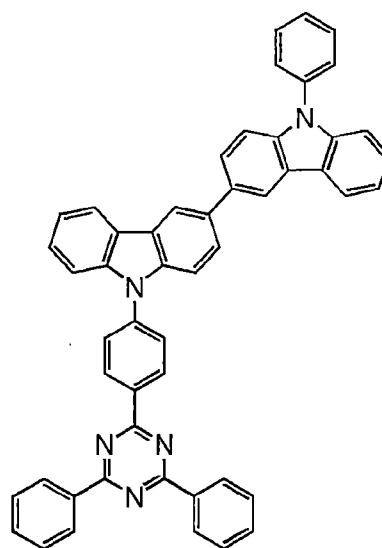
[0305] 另外，作為由一種材料構成的熱活化延遲螢光材料，還可以使用具有富 π 電子型芳雜環及缺 π 電子型芳雜環的雜環化合物。明確而言，可以舉出 2-（聯苯-4-基）-4,6-雙（12-苯基吡啶并[2,3-a]咔唑-11-基）-1,3,5-三嗪（簡稱：PIC-TRZ）、2-{4-[3-（N-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪（簡稱：PCCzPTzn）、2-[4-（10H-吩噻嗪-10-基）苯基]-4,6-二苯

基-1,3,5-三嗪（簡稱：PXZ-TRZ）、3-[4-（5-苯基-5,10-二氫啡啉-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-吡啶-10-基）-9H-氧雜蒽-9-酮（簡稱：ACRXTN）、雙[4-（9,9-二甲基-9,10-二氫吡啶）苯基]硫磺（簡稱：DMAC-DPS）、10-苯基-10H,10'H-螺[吡啶-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、嗒咭骨架）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，吡啶骨架、吩惡嗪骨架、啡噻咭骨架、呋喃骨架、噻吩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，特別較佳為使用吡啶骨架、吡嗪骨架及 9-苯基-3,3'-聯-9H-吡啶骨架。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值變小，所以是尤其較佳的。

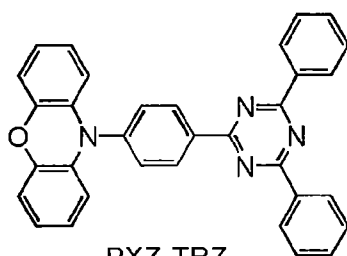
[0306]



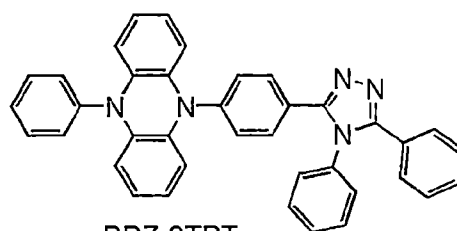
PIC-TRZ



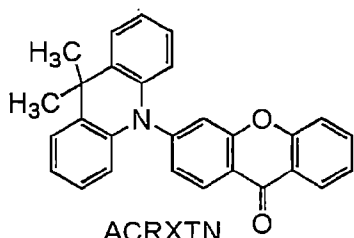
PCCzPTzn



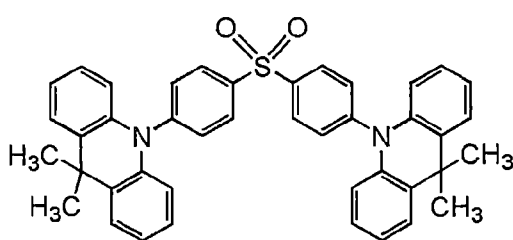
PXZ-TRZ



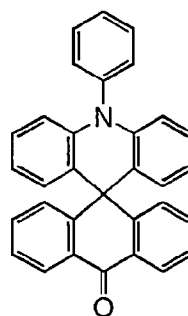
PPZ-3TPT



ACRXTN



DMAC-DPS



ACRSA

[0307] 較佳為以材料 131 的發光峰值與客體材料 134 (磷光材料) 的三重 MLCT (從金屬到配體的電荷轉移: Metal to Ligand Charge Transfer) 躍遷的吸收帶 (更明確而言, 最長波長一側的吸收帶) 重疊的方式選擇材料 131 及客體材料 134 (磷光材料)。由此, 可以實現一種發光效率得到顯著提高的發光元件。注意, 在使用熱活化延遲

螢光材料代替磷光材料的情況下，最長波長一側的吸收帶較佳為單重態的吸收帶。

[0308] 發光層 135 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 135 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。

[0309] 另外，在發光層 135 中可以包括材料 131、主體材料 132 及客體材料 134 以外的材料。

[0310] 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 135。此外，除了上述材料以外，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）。

[0311] 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

[0312]

實施方式 5

在本實施方式中，參照圖 6A 至圖 7C 對具有與實施方式 3 及實施方式 4 所示的發光元件的結構不同的結構的發光元件及該發光元件的發光機制進行說明。注意，在圖 6A 至圖 7C 中使用與圖 1A 相同的陰影線示出具有與圖 1A 相同的功能的結構，而有時省略元件符號。此外，具有與圖 1A 相同的功能的結構由相同的元件符號表示，有時省

略其詳細說明。

[0313]

<發光元件的結構實例 1>

圖 6A 是發光元件 250 的剖面示意圖。

[0314] 圖 6A 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 6A 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 EL 層 100 同樣的結構。也就是說，圖 1A 至圖 5B 所示的發光元件 150 及發光元件 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。

[0315] 另外，在圖 6A 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 EL 層 100 用於發光單元 106。

[0316] 另外，發光元件 250 包括發光層 120 和發光層 170。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 120 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。

[0317] 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。

[0318] 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 3 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、咪唑化合物、芳烴、高分子化合物（低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等）等各種化合物。另外，作為有機化合物，較佳為使用其電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。但是，只要是其電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用這些以外的物質。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，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不設置電洞注入層或電洞傳輸層。或者，在發光單元的陰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子注入層或電子傳輸層的功能，所以在該發光單元中也可以不設置電子注入層或電子傳輸層。

[0319] 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膜的結構。

[0320] 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 6A 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。

[0321] 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。

[0322] 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。

[0323] 雖然在圖 6A 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。

[0324] 另外，藉由將具有實施方式 1 所示的本發明的一個實施方式的化合物的結構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。

[0325] 另外，發光單元 106 所包括的發光層 170 較佳為具有實施方式 3 及實施方式 4 所示的發光層 130 或發光層 135 的結構。由此，發光元件 250 成為發光效率高的發光元件，所以是較佳的。

[0326] 另外，如圖 6B 所示，發光單元 106 所包括的發光層 120 包含主體材料 121 和客體材料 122。注意，下面以螢光材料作為客體材料 122 進行說明。

[0327]

《發光層 120 的發光機制》

下面對發光層 120 的發光機制進行說明。

[0328] 從一對電極（電極 101 及電極 102）或電荷產生層注入的電子及電洞在發光層 120 中再結合，由此生成激子。由於主體材料 121 所存在的量大於客體材料 122，所以因激子的生成而形成主體材料 121 的激發態。

[0329] 當所形成的主體材料 121 的激發態是單重激發態時，單重激發能從主體材料 121 的 S1 能階轉移到客體材料 122 的 S1 能階，由此形成客體材料 122 的單重激發態。

[0330] 由於客體材料 122 是螢光材料，所以當在客

體材料 122 中形成單重激發態時，客體材料 122 會迅速地發光。此時，為了得到高發光效率，客體材料 122 較佳為具有高螢光量子產率。另外，這在客體材料 122 中的載子再結合而生成的激發態為單重激發態的情況下也是同樣的。

[0331] 接著，對因載子的再結合而形成主體材料 121 的三重激發態的情況進行說明。圖 6C 示出此時的主體材料 121 與客體材料 122 的能階相關。另外，下面示出圖 6C 中的記載及元件符號。注意，由於主體材料 121 的 T1 能階較佳為低於客體材料 122 的 T1 能階，所以在圖 6C 中示出此時的情況，但是主體材料 121 的 T1 能階也可以高於客體材料 122 的 T1 能階。

[0332] ·Host (121)：主體材料 121

·Guest (122)：客體材料 122 (螢光材料)

·S_{FH}：主體材料 121 的 S1 能階

·T_{FH}：主體材料 121 的 T1 能階

·S_{FG}：客體材料 122 (螢光材料) 的 S1 能階

·T_{FG}：客體材料 122 (螢光材料) 的 T1 能階

[0333] 如圖 6C 所示，藉由三重態-三重態消滅 (TTA：triplet-triplet annihilation) 由於載子的再結合生成的三重態激子互相作用，進行激發能的供應以及自旋角動量的交換，由此產生變換為具有主體材料 121 的 S1 能階 (S_{FH}) 的能量的單重激子的反應 (參照圖 6C 的 TTA)。主體材料 121 的單重激發能從 S_{FH} 轉移到能量比

其低的客體材料 122 的 S1 能階 (S_{FG}) (參照圖 6C 的路徑 E_5)，形成客體材料 122 的單重激發態，由此客體材料 122 發光。

[0334] 另外，當發光層 120 中的三重態激子的密度充分高 (例如為 $1 \times 10^{-12} \text{cm}^{-3}$ 以上) 時，可以忽視單個三重態激子的失活，而僅考慮兩個接近的三重態激子的反應。

[0335] 另外，當在客體材料 122 中載子再結合而形成三重激發態時，由於客體材料 122 的三重激發態熱失活，所以難以將其用於發光。然而，當主體材料 121 的 T1 能階 (T_{FH}) 低於客體材料 122 的 T1 能階 (T_{FG}) 時，客體材料 122 的三重激發能能夠從客體材料 122 的 T1 能階 (T_{FG}) 轉移到主體材料 121 的 T1 能階 (T_{FH}) (參照圖 6C 的路徑 E_6)，然後被用於 TTA。

[0336] 也就是說，主體材料 121 較佳為具有利用 TTA 將三重激發能轉換為單重激發能的功能。由此，將在發光層 120 中生成的三重激發能的一部分利用主體材料 121 中的 TTA 轉換為單重激發能，並使該單重激發能轉移到客體材料 122，由此能夠提取螢光發光。為此，主體材料 121 的 S1 能階 (S_{FH}) 較佳為高於客體材料 122 的 S1 能階 (S_{FG})。另外，主體材料 121 的 T1 能階 (T_{FH}) 較佳為低於客體材料 122 的 T1 能階 (T_{FG})。

[0337] 尤其是當客體材料 122 的 T1 能階 (T_{FG}) 低於主體材料 121 的 T1 能階 (T_{FH}) 時，較佳為在主體材料

121 與客體材料 122 的重量比中客體材料 122 所占比例較低。明確而言，相對於主體材料 121 的客體材料 122 的重量比較佳為大於 0 且為 0.05 以下。由此，可以降低載子在客體材料 122 中再結合的概率。還可以降低從主體材料 121 的 T1 能階 (T_{FH}) 到客體材料 122 的 T1 能階 (T_{FG}) 的能量轉移所發生的概率。

[0338] 注意，主體材料 121 可以由單一的化合物構成，也可以由多個化合物構成。

[0339] 當發光單元 106 及發光單元 108 分別具有其發光顏色不同的客體材料時，與由發光層 170 的發光相比，由發光層 120 的發光較佳為具有更靠近短波長一側的發光峰值。使用具有高三重激發能階的材料的發光元件有亮度劣化快的趨勢。於是，藉由將 TTA 用於呈現短波長的發光的發光層，可以提供亮度劣化小的發光元件。

[0340]

<發光元件的結構實例 2>

圖 7A 是發光元件 252 的剖面示意圖。

[0341] 與上述發光元件 250 同樣地，圖 7A 所示的發光元件 252 在一對電極（電極 101 與電極 102）之間包括多個發光單元（在圖 7A 中為發光單元 106 及發光單元 110）。至少一個發光單元具有與圖 1A 所示的 EL 層 100 同樣的結構。另外，發光單元 106 與發光單元 110 既可以是相同的結構又可以是不同的結構。

[0342] 另外，在圖 7A 所示的發光元件 252 中層疊有

發光單元 106 及發光單元 110，在發光單元 106 與發光單元 110 之間設置有電荷產生層 115。例如，較佳為將 EL 層 100 適用於發光單元 106。

[0343] 另外，發光元件 252 包括發光層 140 和發光層 170。另外，發光單元 106 除了發光層 170 還包括電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸層 113 及電子注入層 114。另外，發光單元 110 除了發光層 140 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。

[0344] 另外，藉由將具有實施方式 1 所示的本發明的一個實施方式的化合物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。

[0345] 發光單元 110 的發光層較佳為包含磷光材料。就是說，較佳的是，發光單元 110 所包括的發光層 140 包含磷光材料，發光單元 106 所包括的發光層 170 包含實施方式 1 所示的本發明的一個實施方式的化合物。換言之，發光單元 110 所包括的發光層 170 較佳為具有實施方式 3 及實施方式 4 所示的發光層 130 或發光層 135 的結構。下面說明此時的發光元件 252 的結構實例。

[0346] 如圖 7B 所示，發光單元 110 所包括的發光層 140 包含主體材料 141 和客體材料 142。另外，主體材料 141 包含有機化合物 141_1 以及有機化合物 141_2。下面以磷光材料作為發光層 140 所包含的客體材料 142 進行說明。

[0347]

《發光層 140 的發光機制》

接著，下面將對發光層 140 的發光機制進行說明。

[0348] 發光層 140 中的有機化合物 141_1 及有機化合物 141_2 形成激態錯合物。

[0349] 作為有機化合物 141_1 與有機化合物 141_2 的組合，只要是能夠形成激態錯合物的組合即可，較佳的是，其中一個是具有電洞傳輸性的化合物，另一個是具有電子傳輸性的化合物。

[0350] 圖 7C 示出發光層 140 中的有機化合物 141_1、有機化合物 141_2 及客體材料 142 的能階相關。另外，下面示出圖 7C 中的記載及元件符號。

- Host (141_1)：有機化合物 141_1 (主體材料)
- Host (141_2)：有機化合物 141_2 (主體材料)
- Guest (142)：客體材料 142 (磷光材料)
- S_{PH}：有機化合物 141_1 (主體材料) 的 S1 能階
- T_{PH}：有機化合物 141_1 (主體材料) 的 T1 能階
- T_{PG}：客體材料 142 (磷光材料) 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

[0351] 有機化合物 141_1 與有機化合物 141_2 形成激態錯合物，該激態錯合物的 S1 能階 (S_{PE}) 及 T1 能階 (T_{PE}) 成為互相相鄰的能階 (參照圖 7C 的路徑 E₇)。

[0352] 藉由有機化合物 141_1 和有機化合物 141_2

中的一個接收電洞，另一個接收電子，迅速地形成激態錯合物。或者，當其中一個成為激發態時，藉由與另一個起相互作用來迅速地形成激態錯合物。由此，發光層 140 中的大部分激子都作為激態錯合物存在。激態錯合物的激發能階（ S_{PE} 或 T_{PE} ）比形成激態錯合物的主體材料（有機化合物 141_1 及有機化合物 141_2）的 $S1$ 能階（ S_{PH1} 及 S_{PH2} ）低，所以可以以更低的激發能形成主體材料 141 的激發態。由此，可以降低發光元件的驅動電壓。

[0353] 然後，藉由將激態錯合物（ S_{PE} ）及（ T_{PE} ）的兩者的能量轉移到客體材料 142（磷光材料）的 $T1$ 能階而得到發光（參照圖 7C 的路徑 E_8 、 E_9 ）。

[0354] 激態錯合物的 $T1$ 能階（ T_{PE} ）較佳為比客體材料 142 的 $T1$ 能階（ T_{PG} ）高。在 $T1$ 能階的關係為如上時，可以將所產生的激態錯合物的單重激發能及三重激發能從激態錯合物的 $S1$ 能階（ S_{PE} ）及 $T1$ 能階（ T_{PE} ）轉移到客體材料 142 的 $T1$ 能階（ T_{PG} ）。

[0355] 為了使激發能高效地從激態錯合物轉移到客體材料 142，激態錯合物的 $T1$ 能階（ T_{PE} ）較佳為等於或低於形成激態錯合物的各有機化合物（有機化合物 141_1 及有機化合物 141_2）的 $T1$ 能階（ T_{PH1} 及 T_{PH2} ）。由此，不容易產生各有機化合物（有機化合物 141_1 及有機化合物 141_2）所導致的激態錯合物的三重激發能的淬滅，而高效地發生從激態錯合物向客體材料 142 的能量轉移。

[0356] 在有機化合物 141₁ 與有機化合物 141₂ 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平衡，由此也可以容易地對載子再結合區域進行控制。

[0357] 作為主體材料 141（激態錯合物）與客體材料 142 的分子間的能量轉移過程的機制，與實施方式 4 同樣地可以用福斯特機制（偶極-偶極相互作用）和德克斯特機制（電子交換相互作用）的兩個機制進行說明。關於福斯特機制和德克斯特機制，可以參照實施方式 3。

[0358] 由此，為了使從主體材料（激態錯合物）的單重激發態到客體材料 142 的三重激發態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 142 的在最長波長一側（低能量一側）的吸收帶重疊。由此，可以提高客體材料 142 的三重激發態的產生效率。

[0359] 藉由使發光層 140 具有上述結構，可以高效地獲得來自發光層 140 的客體材料 142（磷光材料）的發光。

[0360] 在本說明書等中，有時將上述路徑 E₇ 至 E₉ 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 140 中，產生從激態錯合物到客體材料 142 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，因此可以選擇的材料更多。

[0361] 較佳的是，與來自發光層 140 的發光相比，來自發光層 170 的發光在更短波長一側具有發光峰值。使用呈現短波長的發光的磷光材料的發光元件有亮度劣化快的趨勢。於是，藉由作為短波長的發光採用螢光發光可以提供一種亮度劣化小的發光元件。

[0362] 在上述各結構中，用於發光單元 106 及發光單元 108 或發光單元 106 及發光單元 110 的客體材料所呈現的發光顏色既可以相同又可以不同。當發光單元 106 及發光單元 108 或發光單元 106 及發光單元 110 包含具有呈現相同顏色的功能的客體材料時，發光元件 250 及發光元件 252 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 及發光單元 108 或發光單元 106 及發光單元 110 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 及發光元件 252 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 120 和發光層 170 中的一個或兩個或者發光層 140 和發光層 170 中的一個或兩個使用發光波長不同的多個發光材料，合成具有不同的發光峰值的光，因此發光元件 250 及發光元件 252 所呈現的發射光譜具有至少兩個極大值。

[0363] 上述結構適合用來獲得白色發光。藉由使發光層 120 與發光層 170 或發光層 140 與發光層 170 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。

[0364] 此外，也可以將發光層 120、發光層 140、發光層 170 中的至少一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 120、發光層 140、發光層 170 中的至少一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用的材料，又可以是具有呈現不同顏色的發光的功用的材料。藉由採用具有呈現彼此不同顏色的發光的功用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。

[0365]

<可用於發光層的材料例子>

下面，對可用於發光層 120、發光層 140 及發光層 170 的材料進行說明。

[0366]

《可用於發光層 120 的材料》

在發光層 120 的材料重量比中，主體材料 121 所占比例最大，客體材料 122（螢光材料）分散在主體材料 121 中。較佳為主體材料 121 的 S1 能階比客體材料 122（螢光材料）的 S1 能階高，且主體材料 121 的 T1 能階比客體材料 122（螢光材料）的 T1 能階低。

[0367] 在發光層 120 中，對客體材料 122 沒有特別限制，例如可以使用在實施方式 3 中作為客體材料 133 所例示的材料。

[0368] 雖然對能夠用於發光層 120 中的主體材料 121 的材料沒有特別的限制，但是例如可以舉出：三（8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：Alq）、三（4-甲基-8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：Almq₃）、雙（10-羥基苯并[h]喹啉）鈹（II）（簡稱：BeBq₂）、雙（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基苯酚）鋁（III）（簡稱：BAIq）、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱：Znq）、雙[2-（2-苯并噁唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）、雙[2-（2-苯并噻唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnBTZ）等金屬錯合物；2-（4-聯苯基）-5-（4-三級丁基苯基）-1,3,4-噁二唑（簡稱：PBD）、1,3-雙[5-（對三級丁基苯基）-1,3,4-噁二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-三級丁基苯基）-1,2,4-三唑（簡稱：TAZ）、2,2',2''-（1,3,5-苯三基）三（1-苯基-1H-苯并咪唑）（簡稱：TPBI）、紅啡啉（簡稱：BPhen）、浴銅靈（簡稱：BCP）、9-[4-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基）苯基]-9H-咪唑

(簡稱：CO11) 等雜環化合物；4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱：NPB 或 α -NPD)、N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺(簡稱：TPD)、4,4'-雙[N-(螺-9,9'-二芐-2-基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱：BSPB) 等芳香胺化合物。另外，可以舉出蒽衍生物、菲衍生物、芘衍生物、蒎(chrysene) 衍生物、二苯并[g,p]蒎(chrysene) 衍生物等縮合多環芳香化合物(condensed polycyclic aromatic compound)。具體地，可以舉出 9,10-二苯基蒽(簡稱：DPAnth)、N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基) 苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱：CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒽基) 三苯胺(簡稱：DPhPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基) 三苯胺(簡稱：YGAPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基) 苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱：PCAPA)、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基) 苯基] 苯基}-9H-咔唑-3-胺(簡稱：PCAPBA)、N,9-二苯基-N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-9H-咔唑-3-胺(簡稱：2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯蒎、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒎(chrysene)-2,7,10,15-四胺(簡稱：DBC1)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基) 苯基]-9H-咔唑(簡稱：CzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基) 苯基]-9H-咔唑(簡稱：DPCzPA)、9,10-雙(3,5-二苯基苯基) 蒽(簡稱：DPPA)、9,10-二(2-萘基) 蒽(簡稱：DNA)、2-三級丁基-9,10-二(2-萘基) 蒽(簡稱：t-BuDNA)、9,9'-聯

蒽（簡稱：BANT）、9,9'-（二苯乙烯-3,3'-二基）二菲（簡稱：DPNS）、9,9'-（二苯乙稀-4,4'-二基）二菲（簡稱：DPNS2）以及 1, 3, 5-三（1-萘基）苯（簡稱：TPB3）等。從這些物質及已知的物質中選擇一種或多種具有比上述客體材料 122 的能隙大的能隙的物質即可。此外，可以使用實施方式 1 所示的本發明的一個實施方式的化合物。

[0369] 另外，發光層 120 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 120 的情況下，可以將具有電洞傳輸性的物質用於第一發光層的主體材料，並且將具有電子傳輸性的物質用於第二發光層的主體材料。

[0370] 另外，在發光層 120 中，主體材料 121 既可以由一種化合物構成，又可以由多個化合物構成。或者，發光層 120 也可以包含主體材料 121 及客體材料 122 以外的材料。

[0371]

《可用於發光層 140 的材料》

在發光層 140 的材料重量比中，主體材料 141 所占比例最大，客體材料 142（磷光材料）分散於主體材料 141 中。發光層 140 的主體材料 141（有機化合物 141_1 和有機化合物 141_2）的 T1 能階較佳為高於客體材料 142 的 T1 能階。

[0372] 作為有機化合物 141_1，除了鋅、鋁類金屬錯

合物以外還可以舉出噶二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹噶啉衍生物、二苯并喹噶啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、嘧啶衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、啡啉衍生物等。作為其他例子，可以舉出芳香胺或咪唑衍生物等。明確而言，可以使用實施方式 3 所示的電子傳輸性材料及電洞傳輸性材料。

[0373] 作為有機化合物 141_2，較佳為使用可以與有機化合物 141_1 組合形成激態錯合物的材料。明確而言，可以使用實施方式 3 所示的電子傳輸性材料及電洞傳輸性材料。此時，較佳為以有機化合物 141_1 與有機化合物 141_2 所形成的激態錯合物的發光峰值與客體材料 142（磷光材料）的三重 MLCT（從金屬到配體的電荷轉移：Metal to Ligand Charge Transfer）躍遷的吸收帶（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 141_1、有機化合物 141_2 及客體材料 142（磷光材料）。由此，可以實現一種發光效率得到顯著提高的發光元件。注意，在使用熱活化延遲螢光材料代替磷光材料的情況下，最長波長一側的吸收帶較佳為單重態的吸收帶。此外，實施方式 1 所示的本發明的一個實施方式的化合物由於具有施體性強的骨架及受體性強的骨架，所以適合用作有機化合物 141_1 和有機化合物 141_2 中的一個。

[0374] 作為客體材料 142（磷光材料），可以舉出銨、銻、鉑類有機金屬錯合物或金屬錯合物，其中較佳的

是有機銻錯合物，例如銻類鄰位金屬錯合物。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。明確而言，可以使用在實施方式 4 中作為客體材料 134 所例示的材料。

[0375] 作為發光層 140 所包含的發光材料，使用能夠將三重激發能轉換為發光的材料即可。作為該能夠將三重激發能轉換為發光的材料，除了磷光材料之外，可以舉出熱活化延遲螢光材料。因此，可以將有關磷光材料的記載看作有關熱活化延遲螢光材料的記載。

[0376] 另外，顯示熱活化延遲螢光的材料既可以是能夠單獨從三重激發態藉由反系間竄越生成單重激發態的材料，又可以由形成激態錯合物（也稱為 Exciplex）的多個材料構成。

[0377] 當熱活化延遲螢光材料由一種材料構成時，明確而言，可以使用實施方式 1 所示的本發明的一個實施方式的化合物或實施方式 4 所示的熱活化延遲螢光材料。

[0378] 當作為主體材料使用熱活化延遲螢光材料時，較佳為組合形成激態錯合物的兩種化合物而使用。此時，特別較佳為使用上述容易接收電子的化合物及容易接收電洞的化合物的組合，該組合形成激態錯合物。

[0379]

《可用於發光層 170 的材料》

作為能夠用於發光層 170 的材料，援用能夠用於上述實施方式 3 及上述實施方式 4 所示的發光層的材料，或者使用實施方式 1 所示的本發明的一個實施方式的化合物即可。由此，可以製造發光效率高的發光元件。

[0380] 另外，對包含在發光層 120、發光層 140 及發光層 170 的發光材料的發光顏色沒有限制，它們可以分別相同或不同。來自各材料的發光被混合並提取到元件的外部，因此例如當兩個發光顏色處於呈現互補色的關係時，發光元件可以發射白色光。

[0381] 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、發光單元 110 及電荷產生層 115。

[0382] 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。

[0383]

實施方式 6

在本實施方式中，參照圖 8A 至圖 11C 說明具有與實施方式 3 至實施方式 5 所示的結構不同的結構的發光元件的例子。

[0384]

<發光元件的結構實例 1>

圖 8A 及圖 8B 是示出本發明的一個實施方式的發光元件的剖面圖。在圖 8A 及圖 8B 中使用與圖 1A 相同的陰影線示出具有與圖 1A 相同的功能的結構，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。

[0385] 圖 8A 及圖 8B 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。

[0386] 當發光元件 260a 及發光元件 260b 是底部發射型發光元件時，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 是頂部發射型發光元件時，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。

[0387] 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。

[0388] 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 包括具有導電層 101a 被導電層 101b 與導電層

101c 夾持的結構的電極 101。

[0389] 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 具有導電層 101a 被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。

[0390] 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。

[0391] 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 3 所示的電極 101 或電極 102 同樣的結構及材料。

[0392] 在圖 8A 及圖 8B 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。

[0393] 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。

[0394] 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。

[0395] 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%以下的範圍內分別包含氮、氧、矽和氫。

[0396] 另外，發光層 123R、發光層 123G 及發光層 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 發射紅色光；當發光層 123G 包含能夠發射綠色的發光材料時，區域 221G 發射綠色光；當發光層 123B 包含能夠發射藍色的發光材料時，區域 221B 發射藍色光。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。

[0397] 另外，發光層 123B、發光層 123G 及發光層

123R 中的任一個或多個發光層較佳為具有實施方式 3 所示的發光層 130 及實施方式 4 所示的發光層 135 中的至少一個的結構。由此，可以製造發光效率高的發光元件。

[0398] 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。

[0399] 如上所述，藉由使至少一個發光層具有實施方式 3 及實施方式 4 所示的發光層的結構，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。

[0400] 另外，藉由在提取光的電極的提取光的方向上設置光學元件（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。

[0401] 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 3 至實施方式 5 中的發光元件的結構即可。

[0402]

<發光元件的結構實例 2>

下面，參照圖 9A 及圖 9B 說明與圖 8A 及圖 8B 所示的發光元件不同的結構實例。

[0403] 圖 9A 及圖 9B 是示出本發明的一個實施方式的發光元件的剖面圖。在圖 9A 及圖 9B 中使用與圖 8A 及圖 8B 相同的陰影線示出具有與圖 8A 及圖 8B 相同的功能的部分，而有時省略元件符號。此外，具有與圖 8A 及圖 8B 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。

[0404] 圖 9A 及圖 9B 是在一對電極之間具有發光層的發光元件的結構實例。圖 9A 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 9B 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。

[0405] 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。

[0406] 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。

[0407] 圖 9A 所示的發光元件 262a 及圖 9B 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 上的該電極分為島狀。

[0408] 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。

[0409] 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。

[0410] 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。

[0411] 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。

[0412] 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。

[0413] 在圖 9A 及圖 9B 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。

[0414] 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。

[0415] 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合的功能。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。

[0416] 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。

[0417] 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 3 即可。

[0418] 並且，發光元件 262a 及發光元件 262b 具有微腔結構。

[0419]

《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。

[0420] 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 中的至少一個或電子注入層 119 和電子傳輸層 118 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。

[0421] 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。

[0422] 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 的任意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 的任意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。

[0423] 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。

[0424] 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。

[0425] 由於圖 9A 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。

[0426] 另外，由於圖 9B 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。

[0427] 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。

[0428] 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 3 至實施方式 5 所示的結構中的至少一個。由此，可以製造發光效率高的發光元件。

[0429] 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，可以同時得到多種發光。尤其是，較佳為選擇用於各發光層的發光材料，以便藉由組合發光層 170 和發光層 190 所發射的光而能夠得到白色發光。

[0430] 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。

[0431] 如上所述，藉由將具有實施方式 3 至實施方式 5 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。

[0432] 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 3 至實施方式 5 所示的發光元件的結構即可。

[0433]

<發光元件的製造方法>

接著，參照圖 10A 至圖 11C 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 9A 所示的發光元件 262a 的製造方法進行說明。

[0434] 圖 10A 至圖 11C 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。

[0435] 將下面說明的發光元件 262a 的製造方法包括第一步驟至第七步驟的七個步驟。

[0436]

《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 10A）。

[0437] 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、鈦及銅的合金膜（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。

[0438] 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。

[0439]

《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 10B）。

[0440] 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。

[0441] 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。

[0442]

《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 10C）。

[0443] 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。

[0444] 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透明導電膜加工為島狀，來形成電極 101、電極 103 以及電極 104。

[0445]

《 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 11A）。

[0446] 藉由共蒸鍍電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。

[0447] 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性有機材料。另外，較佳為使用實施方式 3 至實施方式 5 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材料。

[0448] 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。

[0449] 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。

[0450]

《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 11B）。

[0451] 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。

[0452] 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 3 至實施方式 5 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 3 或實施方式 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。

[0453] 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。

[0454] 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。

[0455] 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。

[0456]

《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 11C）。

[0457] 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。

[0458]

《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）。

[0459] 藉由上述製程，可以形成圖 9A 所示的發光元件 262a。

[0460] 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。

[0461] 實施方式 7

在本實施方式中，例示出將實施方式 1 所記載的化合物用於有機半導體元件之一種的垂直電晶體（靜電感應電晶體：SIT）的活性層的方式。

[0462] 作為元件結構，如圖 12 所示，具有如下結構：包含具有實施方式 1 所記載的聯吡啶骨架以及苯并咪喃并嘧啶骨架或苯并噻吩并嘧啶骨架的化合物的薄膜狀活性層 330 被夾在源極電極 301 及汲極電極 302 之間，並且閘極電極 303 被埋入在活性層 330 中。閘極電極 303 電連接於用來施加閘極電壓的單元，且源極電極 301 及汲極電極 302 電連接於用來控制源極電極-汲極電極之間的電壓的單元。注意，源極電極與汲極電極的功能可以互相調換。

[0463] 在這種元件結構中，當在不對閘極電極 303 施加電壓的狀態下對源極電極-汲極電極之間施加電壓

時，電流流過（成為 ON 狀態）。並且，當在該狀態下對閘極電極 303 施加電壓時，在閘極電極 303 周圍產生空乏層，電流不流過（成為 OFF 狀態）。藉由上述機制，有機半導體元件 300 用作電晶體。

[0464] 在垂直電晶體中，與發光元件同樣，作為活性層的材料需要兼備高載子傳輸性和良好的膜質的材料。在實施方式 1 中記載的化合物充分滿足該條件，所以可以適合用作活性層的材料。

[0465] 注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

[0466]

實施方式 8

在本實施方式中，參照圖 13A 至圖 21B 說明本發明的一個實施方式的顯示裝置。

[0467]

<顯示裝置的結構實例 1>

圖 13A 是示出顯示裝置 600 的俯視圖，圖 13B 是沿圖 13A 中的點劃線 A-B、點劃線 C-D 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。

[0468] 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。

[0469] 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）。

[0470] 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。

[0471] 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。

[0472] 另外，將分隔壁 614 的上端部或下端部形成為具有曲率的曲面，以獲得良好的覆蓋性。例如，在使用正型感光丙烯酸作為分隔壁 614 的材料的情況下，較佳為只使分隔壁 614 的上端部包括具有曲率半徑（ $0.2\mu\text{m}$ 以上

且 $3\mu\text{m}$ 以下) 的曲面。作為分隔壁 614，可以使用負型感光樹脂或者正型感光樹脂。

[0473] 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)、鉕 (Y)、鋯 (Zr)、鏷 (La)、鈰 (Ce)、錫 (Sn)、鈦 (Hf) 或釹 (Nd)) 等。

[0474] 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。

[0475] 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）。

[0476] 由下部電極 613、EL 層 616 及上部電極 617 構成發光元件 618。發光元件 618 較佳為具有實施方式 3 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，也可以包括實施方式 3 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。

[0477] 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（氬或氬等）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。

[0478] 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。

[0479] 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。

[0480] 藉由上述步驟，可以得到包括實施方式 3 至實施方式 6 所記載的發光元件及光學元件的顯示裝置。

[0481]

<顯示裝置的結構實例 2>

下面，參照圖 14A 和圖 14B 及圖 15 對顯示裝置的其他例子進行說明。另外，圖 14A 和圖 14B 及圖 15 是本發明的一個實施方式的顯示裝置的剖面圖。

[0482] 圖 14A 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。

[0483] 另外，在圖 14A 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 14A 中，

透過彩色層的光成為紅色光、綠色光、藍色光，因此能夠以三種顏色的像素呈現影像。

[0484] 圖 14B 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。

[0485] 在圖 15 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。

[0486] 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。

[0487]

<顯示裝置的結構實例 3>

圖 16A 和圖 16B 示出頂部發射型顯示裝置的剖面圖的一個例子。圖 16A 和圖 16B 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 14A 和圖 14B 及圖 15 所示的驅動電路部 1041、周邊部 1042 等。

[0488] 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。

[0489] 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 16A 和圖 16B 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。

[0490] 在採用圖 16A 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。

[0491] 在圖 16A 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 16B 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、藍色的三種顏色進行全彩色顯示。如圖 16A

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 16B 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，因此發揮可以減少功耗的效果。

[0492]

<顯示裝置的結構實例 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 17A 至圖 19B 示出包括下部電極 1024R、1024G、1024B 及 1024Y 的顯示裝置的結構。圖 17A、圖 17B 及圖 18 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 19A 及圖 19B 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。

[0493] 圖 17A 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 17B 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 18 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。

[0494] 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。

[0495] 另外，在圖 19A 及圖 19B 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 16A 的顯示裝置同樣地較佳為在下部電極 1024Y 與上部電極 1026 之間具有微腔結構。另外，在圖 19A 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。

[0496] 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光光譜的光。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 19A 的結構的顯示裝置可以降低功耗。

[0497] 在圖 19A 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 19B 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、黃色的四種顏色或紅色、綠色、藍色、白色的四種顏色進行全彩色顯示。如圖 19A 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 19B 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。

[0498]

<顯示裝置的結構實例 5>

接著，圖 20 示出本發明的其他一個實施方式的顯示裝置。圖 20 是以圖 13A 的點劃線 A-B、點劃線 C-D 切斷的剖面圖。另外，在圖 20 中，具有與圖 13B 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。

[0499] 圖 20 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、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。

[0500] 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，較佳的是，其中層疊樹脂和無機材料。

[0501]

<顯示裝置的結構實例 6>

本實施方式中的結構實例 1 至結構實例 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。

[0502] 圖 21A 及圖 21B 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 21A 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 21B 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。

[0503] 發光層 1028R 具有發射紅色的光的功能，發光層 1028G 具有發射綠色的光的功能，發光層 1028B 具有發射藍色的光的功能。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。

[0504] 圖 21A 及圖 21B 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。

[0505] 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。

[0506] 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。

[0507] 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。

[0508] 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。

[0509]

實施方式 9

在本實施方式中，參照圖 22A 至圖 24B 說明包括本發明的一個實施方式的發光元件的顯示裝置。

[0510] 注意，圖 22A 是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的方塊圖，圖 22B 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。

[0511]

<關於顯示裝置的說明>

圖 22A 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。

[0512] 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。

[0513] 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。

[0514] 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。

[0515] 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。

[0516] 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。

[0517] 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。

[0518] 圖 22A 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。

[0519] 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。

[0520] 如圖 22A 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。

[0521] 另外，雖然在圖 22A 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）。

[0522]

<像素電路的結構實例>

圖 22A 所示的多個像素電路 801 例如可以採用圖 22B 所示的結構。

[0523] 圖 22B 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。

[0524] 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）。

[0525] 電晶體 852 具有控制資料信號的寫入的功能。

[0526] 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。

[0527] 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。

[0528] 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。

[0529] 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。

[0530] 作為發光元件 872，可以使用實施方式 3 至實施方式 6 所示的發光元件。

[0531] 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 V_{SS} 。

[0532] 例如，在具有圖 22B 的像素電路 801 的顯示裝置中，藉由圖 22A 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。

[0533] 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。

[0534] 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 23A 及圖 23B 和圖 24A 及圖 24B 示出像素電路的一個例子。

[0535] 圖 23A 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 23A 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。

[0536] 圖 23B 所示的像素電路具有對圖 23A 所示的像素電路追加電晶體 303_7 的結構。另外，佈線 301_6 及佈線 301_7 電連接到圖 23B 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。

[0537] 圖 24A 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 24A 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。

[0538] 圖 24B 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 24B 所示的像素電路。此外，藉由採用圖 24B 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。

[0539] 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。

[0540] 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，從而能夠實現低功耗或高亮度化。

[0541] 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，從而能夠實現低功耗或高亮度化等。

[0542] 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。

[0543]

實施方式 10

在本實施方式中，參照圖 25A 至圖 29 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。

[0544]

<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。

[0545] 圖 25A 及圖 25B 是觸控面板 2000 的透視圖。另外，在圖 25A 及圖 25B 中，為了明確起見，示出觸控面板 2000 的典型的組件。

[0546] 觸控面板 2000 包括顯示裝置 2501 及觸控感測器 2595（參照圖 25B）。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。

[0547] 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。

[0548] 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 25B 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。

[0549] 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。

[0550] 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。

[0551] 注意，圖 25B 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。

[0552] 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。

[0553] 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 之中的任一個，而電極 2592 電連接於多個佈線 2598 之中的任何其他一個。

[0554] 如圖 25A 及圖 25B 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。

[0555] 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。

[0556] 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。

[0557] 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，以具有不重疊於電極 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。

[0558]

<關於顯示裝置的說明>

接著，參照圖 26A 說明顯示裝置 2501 的詳細內容。
圖 26A 是沿圖 25B 中的點劃線 X1-X2 的剖面圖。

[0559] 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。

[0560] 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。

[0561] 作為基板 2510 及基板 2570，例如，可以適當地使用水蒸氣穿透率為 $1 \times 10^{-5} \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下，較佳為 $1 \times 10^{-6} \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下的具有撓性的材料。或者，較佳為將其熱膨脹率大致相同的材料用於基板 2510 及基板 2570。例如，上述材料的線性膨脹係數較佳為 $1 \times 10^{-3}/\text{K}$ 以下，更佳為 $5 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下，進一步較佳為 $1 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下。

[0562] 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。

[0563] 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。

[0564] 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 26A 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。

[0565] 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，可以使用丙烯酸樹脂或環氧樹脂等樹脂填充。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。

[0566] 另外，顯示裝置 2501 包括像素 2502R。此外，像素 2502R 包括發光模組 2580R。

[0567] 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。

[0568] 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 3 至實施方式 6 所示的發光元件。

[0569] 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。

[0570] 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。

[0571] 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。

[0572] 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。

[0573] 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。

[0574] 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。

[0575] 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。

[0576] 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。

[0577] 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)。

[0578] 此外，可以將各種結構的電晶體適用於顯示裝置 2501。在圖 26A 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 26B 所示的頂閘極型電晶體適用於顯示裝置 2501。

[0579] 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。

[0580]

<關於觸控感測器的說明>

接著，參照圖 26C 說明觸控感測器 2595 的詳細內容。圖 26C 是沿圖 25B 中的點劃線 X3-X4 的剖面圖。

[0581] 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。

[0582] 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、添加有鎳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。

[0583] 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。

[0584] 另外，作為用於絕緣層 2593 的材料，例如除了丙烯酸樹脂、環氧樹脂等樹脂、矽酮樹脂等具有矽氧烷鍵合的樹脂之外，還可以使用氧化矽、氧氮化矽、氧化鋁等無機絕緣材料。

[0585] 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。

[0586] 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。

[0587] 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。

[0588] 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。

[0589] 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、鉕、

銀、鎳、鈦、鎢、鉻、鉬、鐵、鈷、銅或鈮等或者包含該金屬材料的合金材料。

[0590] 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。

[0591] 此外，連接層 2599 電連接佈線 2598 與 FPC2509 (2)。

[0592] 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。

[0593]

<關於觸控面板的說明 2>

接著，參照圖 27A 說明觸控面板 2000 的詳細內容。圖 27A 是沿圖 25A 中的點劃線 X5-X6 的剖面圖。

[0594] 圖 27A 所示的觸控面板 2000 是將圖 26A 所說明的顯示裝置 2501 與圖 26C 所說明的觸控感測器 2595 貼合在一起的結構。

[0595] 另外，圖 27A 所示的觸控面板 2000 除了圖 26A 及圖 26C 所說明的結構之外還包括黏合層 2597 及防反射層 2567p。

[0596] 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。

[0597] 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。

[0598] 接著，參照圖 27B 對與圖 27A 所示的結構不同的結構的觸控面板進行說明。

[0599] 圖 27B 是觸控面板 2001 的剖面圖。圖 27B 所示的觸控面板 2001 與圖 27A 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。

[0600] 彩色層 2567R 位於與發光元件 2550R 重疊的位置。此外，圖 27B 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 27B 中的箭頭所示的方向被射出到發光模組 2580R 的外部。

[0601] 另外，觸控感測器 2595 被設置於顯示裝置 2501 的基板 2510 一側。

[0602] 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。

[0603] 如圖 27A 及圖 27B 所示，從發光元件射出的光可以經過基板 2510 和基板 2570 中的一個或兩個射出。

[0604]

<關於觸控面板的驅動方法的說明>

接著，參照圖 28A 及圖 28B 對觸控面板的驅動方法的一個例子進行說明。

[0605] 圖 28A 是示出互電容式觸控感測器的結構的方塊圖。在圖 28A 中，示出脈衝電壓輸出電路 2601、電流檢測電路 2602。另外，在圖 28A 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 28A 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。

[0606] 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。

[0607] 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。

[0608] 接著，圖 28B 示出圖 28A 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 28B 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 28B 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 28B 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。

[0609] 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。

[0610] 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。

[0611]

<關於感測器電路的說明>

另外，作為觸控感測器，圖 28A 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 29 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。

[0612] 圖 29 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。

[0613] 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，另一個被施加電壓 V_{SS} 。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 V_{SS} 。

[0614] 接下來，對圖 29 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 V_{RES} 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。

[0615] 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 V_{RES} 變化。

[0616] 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。

[0617] 在電晶體 2611、電晶體 2612 及電晶體 2613 中，較佳為將氧化物半導體層用於形成有其通道區的半導體層。尤其是藉由將這種電晶體用於電晶體 2613，能夠長期間保持節點 n 的電位，由此可以減少對節點 n 再次供應 V_{RES} 的工作（更新工作）的頻率。

[0618] 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。

[0619]

實施方式 11

在本實施方式中，參照圖 30 至圖 34B 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。

[0620]

<關於顯示模組的說明>

圖 30 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。

[0621] 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。

[0622] 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。

[0623] 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。

[0624] 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。

[0625] 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。

[0626] 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。

[0627]

<關於電子裝置的說明>

圖 31A 至圖 31G 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。

[0628] 圖 31A 至圖 31G 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 31A 至圖 31G 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 31A 至圖 31G 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。

[0629] 下面，詳細地說明圖 31A 至圖 31G 所示的電子裝置。

[0630] 圖 31A 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。

[0631] 圖 31B 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 31A 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 的例子，可以舉出提示收到來自電子郵件、SNS（Social Networking Services：社交網路服務）或電話等的資訊的顯示；電子郵件或 SNS 等的標題；電子郵件或 SNS 等的發送者姓名；日期；時間；電量；以及電波等信號的接收強度的顯示等。或者，可以在顯示有資訊 9051 的位置上顯示操作按鈕 9050 等代替資訊 9051。

[0632] 作為外殼 9000 的材料，可以使用包含合金、塑膠、陶瓷、碳纖維的材料。作為包含碳纖維的材料的碳纖維增強複合材料（Carbon Fiber Reinforced Plastics：CFRP）具有輕量且不腐蝕的優點，但是其顏色是黑色，由此對外觀或設計有限制。此外，CFRP 也可以說是增強塑膠之一，作為增強塑膠既可以使用玻璃纖維，又可以使用芳族聚醯胺纖維。在受到強烈的衝擊時，由於有纖維從樹脂剝離的擔憂，較佳為使用合金。作為合金，可以舉出鋁合金或鎂合金。其中，包含鋯、銅、鎳、鈦的非晶合金

（也稱為金屬玻璃）從彈性強度的方面來看很優越。該非晶合金是在室溫下具有玻璃遷移區域的非晶合金，也稱為塊體凝固非晶合金（bulk-solidifying amorphous alloy），實質上為具有非晶原子結構的合金。藉由利用凝固鑄造法，將合金材料澆鑄到外殼的至少一部分的鑄模中並凝固，使用塊體凝固非晶合金形成外殼的一部分。非晶合金除了鋅、銅、鎳、鈦以外還可以包含鈹、矽、鈮、硼、鎵、鉬、鎢、錳、鐵、鈷、鈮、鈳、磷、碳等。此外，非晶合金的形成方法不侷限於凝固鑄造法，也可以利用真空蒸鍍法、濺射法、電鍍法、無電鍍法等。此外，非晶合金只要在整體上保持沒有長程有序（週期結構）的狀態，就可以包含微晶或奈米晶。注意，合金包括具有單一固相結構的完全固溶體合金及具有兩個以上的相的部分溶體的兩者。藉由使用非晶合金形成外殼 9000，可以實現具有高彈性的外殼。因此，當外殼 9000 包含非晶合金時，即使可攜式資訊終端 9101 摔落並因衝擊暫時變形，也能夠恢復到原來的形狀，所以可以提高可攜式資訊終端 9101 的耐衝擊性。

[0633] 圖 31C 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。

[0634] 圖 31D 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。

[0635] 圖 31E 至圖 31G 是示出能夠折疊的可攜式資訊終端 9201 的透視圖。另外，圖 31E 是展開狀態的可攜式資訊終端 9201 的透視圖，圖 31F 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 31G 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。

[0636] 作為電子裝置，例如可以舉出：電視機（也稱為電視或電視接收機）；用於電腦等的顯示螢幕；數位相機；數位攝影機；數位相框；行動電話機（也稱為行動電話、行動電話裝置）；護目鏡型顯示裝置（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。

[0637] 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。

[0638] 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。

[0639] 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。

[0640] 圖 32A 示出一種可攜式遊戲機，該可攜式遊戲機包括外殼 7101、外殼 7102、顯示部 7103、顯示部 7104、麥克風 7105、揚聲器 7106、操作鍵 7107 以及觸控

筆 7108 等。藉由對顯示部 7103 或顯示部 7104 使用根據本發明的一個實施方式的發光裝置，可以提供一種使用者友好且不容易發生品質降低的可攜式遊戲機。注意，雖然圖 32A 所示的可攜式遊戲機包括兩個顯示部亦即顯示部 7103 和顯示部 7104，但是可攜式遊戲機所包括的顯示部的數量不限於兩個。

[0641] 圖 32B 示出一種攝影機，包括外殼 7701、外殼 7702、顯示部 7703、操作鍵 7704、鏡頭 7705、連接部 7706 等。操作鍵 7704 及鏡頭 7705 被設置在外殼 7701 中，顯示部 7703 被設置在外殼 7702 中。並且，外殼 7701 和外殼 7702 由連接部 7706 連接，外殼 7701 和外殼 7702 之間的角度可以由連接部 7706 改變。顯示部 7703 所顯示的影像也可以根據連接部 7706 所形成的外殼 7701 和外殼 7702 之間的角度切換。

[0642] 圖 32C 示出膝上型個人電腦，該膝上型個人電腦包括外殼 7121、顯示部 7122、鍵盤 7123 及指向裝置 7124 等。另外，因為顯示部 7122 具有高像素密度及高清晰度，所以雖然顯示部 7122 是中小型的，但可以進行 8k 顯示，而得到非常清晰的影像。

[0643] 此外，圖 32D 示出頭戴顯示器 7200 的外觀。

[0644] 頭戴顯示器 7200 包括安裝部 7201、鏡頭 7202、主體 7203、顯示部 7204 以及電纜 7205 等。另外，在安裝部 7201 中內置有電池 7206。

[0645] 藉由電纜 7205，將電力從電池 7206 供應到主

體 7203。主體 7203 具備無線接收器等，能夠將所接收的影像資料等的影像資訊顯示到顯示部 7204 上。另外，藉由利用設置在主體 7203 中的相機捕捉使用者的眼球及眼瞼的動作，並根據該資訊算出使用者的視點的座標，可以利用使用者的視點作為輸入方法。

[0646] 另外，也可以對安裝部 7201 的被使用者接觸的位置設置多個電極。主體 7203 也可以具有藉由檢測出根據使用者的眼球的動作而流過電極的電流，可以識別使用者的視點的功能。此外，主體 7203 可以具有藉由檢測出流過該電極的電流來監視使用者的脈搏的功能。安裝部 7201 可以具有溫度感測器、壓力感測器、加速度感測器等各種感測器，也可以具有將使用者的生物資訊顯示在顯示部 7204 上的功能。另外，主體 7203 也可以檢測出使用者的頭部的動作等，並與使用者的頭部的動作等同步地使顯示在顯示部 7204 上的影像變化。

[0647] 此外，圖 32E 示出照相機 7300 的外觀。照相機 7300 包括外殼 7301、顯示部 7302、操作按鈕 7303、快門按鈕 7304 以及連接部 7305 等。另外，照相機 7300 也可以安裝鏡頭 7306。

[0648] 連接部 7305 包括電極，除了後面說明的取景器 7400 以外，還可以與閃光燈裝置等連接。

[0649] 在此照相機 7300 包括能夠從外殼 7301 拆卸下鏡頭 7306 而交換的結構，鏡頭 7306 及外殼 7301 也可以被形成為一體。

[0650] 藉由按下快門按鈕 7304，可以進行攝像。另外，顯示部 7302 包括觸控感測器，也可以藉由操作顯示部 7302 進行攝像。

[0651] 本發明的一個實施方式的顯示裝置或觸控感測器可以適用於顯示部 7302。

[0652] 圖 32F 示出照相機 7300 安裝有取景器 7400 時的例子。

[0653] 取景器 7400 包括外殼 7401、顯示部 7402 以及按鈕 7403 等。

[0654] 外殼 7401 包括嵌合到照相機 7300 的連接部 7305 的連接部，可以將取景器 7400 安裝到照相機 7300。另外，該連接部包括電極，可以將從照相機 7300 經過該電極接收的影像等顯示到顯示部 7402 上。

[0655] 按鈕 7403 被用作電源按鈕。藉由利用按鈕 7403，可以切換顯示部 7402 的顯示或非顯示。

[0656] 另外，在圖 32E 和圖 32F 中，照相機 7300 與取景器 7400 是分開且可拆卸的電子裝置，但是也可以在照相機 7300 的外殼 7301 中內置有具備本發明的一個實施方式的顯示裝置或觸控感測器的取景器。

[0657] 圖 33A 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。

[0658] 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 33A 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。

[0659] 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。

[0660] 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。

[0661] 圖 33B 示出汽車 9700 的外觀。圖 33C 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 33C 所示的顯示部 9710 至顯示部 9715。

[0662] 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或佈線，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發光裝置。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。

[0663] 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。

[0664] 圖 33D 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。

[0665] 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。

[0666] 圖 34A 和圖 34B 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。

[0667] 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。

[0668] 圖 34A 和圖 34B 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。

[0669] 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。

[0670] 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。

[0671]

實施方式 12

在本實施方式中，參照圖 35A 至圖 36D 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。

[0672] 圖 35A 是本實施方式所示的發光裝置 3000 的透視圖，圖 35B 是沿著圖 35A 所示的點劃線 E-F 切斷的剖面圖。注意，在圖 35A 中，為了避免繁雜而以虛線表示組件的一部分。

[0673] 圖 35A 及圖 35B 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。

[0674] 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 35A 及圖 35B 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。

[0675] 此外，如圖 35A 及圖 35B 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。

[0676] 注意，在圖 35B 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。

[0677] 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。

[0678] 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。

[0679] 另外，上述玻璃粉例如可以包含氧化鎂、氧化鈣、氧化鋁、氧化鋇、氧化銻、氧化鈉、氧化鉀、氧化硼、氧化鈮、氧化鋅、氧化碲、氧化鋁、二氧化矽、氧化鉛、氧化錫、氧化磷、氧化鈦、氧化銻、氧化鐵、氧化銅、二氧化錳、氧化鉬、氧化鋱、氧化鈦、氧化鎢、氧化鈹、氧化鋇、氧化鋰、氧化銻、硼酸鉛玻璃、磷酸錫玻璃、鈮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。

[0680] 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是圓形也可以是四角形。

[0681] 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。

料。

[0682] 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。

[0683] 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。

[0684] 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。

[0685] 另外，如圖 35B 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。

[0686] 第一區域 3011 及第二區域 3013 例如較佳為

填充有稀有氣體或氬氣體等惰性氣體。或者，可以使用丙烯酸樹脂或環氧樹脂等樹脂填充。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。

[0687] 另外，圖 35C 示出圖 35B 所示的結構的變形例。圖 35C 是示出發光裝置 3000 的變形例的剖面圖。

[0688] 在圖 35C 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 35B 所示的結構相同。

[0689] 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。

[0690] 接著，參照圖 36A 至圖 36D 對圖 35B 所示的發光裝置 3000 的變形實例進行說明。注意，圖 36A 至圖 36D 是說明圖 35B 所示的發光裝置 3000 的變形實例的剖面圖。

[0691] 在圖 36A 至圖 36D 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 36A 至圖 36D 所示的發光裝置中，具有區域 3014 代替圖 35B 所示的第二區域 3013。

[0692] 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。

[0693] 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。

[0694] 另外，在圖 36B 所示的發光裝置中，在圖 36A 所示的發光裝置的基板 3001 一側設置基板 3015。

[0695] 如圖 36B 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 36B 所示那樣的具有凹凸的結構。

[0696] 此外，圖 36A 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 36C 所示的發光裝置具有從基板 3003 一側提取光的結構。

[0697] 圖 36C 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 36B 所示的發光裝置同樣的結構。

[0698] 另外，在圖 36D 所示的發光裝置中，不設置圖 36C 所示的發光裝置的基板 3003、3015，而只設置基板 3016。

[0699] 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 36D 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。

[0700] 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。

[0701] 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。

[0702]

實施方式 13

在本實施方式中，參照圖 37A 至圖 38 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。

[0703] 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。

[0704] 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。

[0705] 圖 37A 示出多功能終端 3500 的一個面的透視圖，圖 37B 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。

[0706] 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，可以獲得彷彿在自然光下拍攝般的照片。

[0707] 注意，圖 37A 及圖 37B 所示的多功能終端 3500 與圖 31A 至圖 31G 所示的電子裝置同樣地可以具有各種各樣的功能。

[0708] 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。

[0709] 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。

[0710] 圖 37C 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。

[0711] 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。

[0712] 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。

[0713] 圖 38 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。

[0714] 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。

[0715] 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電子裝置。

[0716] 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

[0717] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的以通式 (G0) 表示的化合物之一的 4-[4-(9'-苯基-3,3'-聯-9H-呋啞-9-基) 苯基] 苯并呋喃并 [3,2-d] 嘧啶 (簡稱：4PCCzPBfpm) (結構式 (100)) 的合成方法及該化合物的特性進行說明。

[0718]

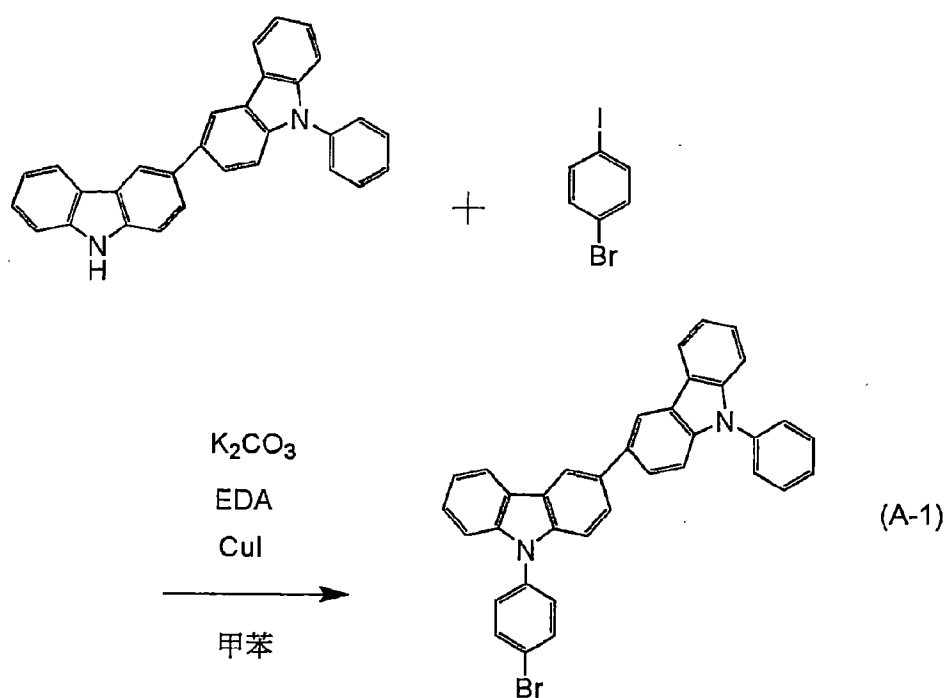
<合成實例 1>

《步驟 1：9-(4-溴苯基)-9'-苯基-3,3'-聯-9H-呋啞的合成》

首先，將 6.0g 的 9-苯基-3,3'-聯-9H-呋啞、8.3g 的 4-溴碘苯、6.1g (44mmol) 的碳酸鉀放入具備回流管的三頸燒瓶中，對該燒瓶內進行氮置換。對該混合物還添加 100mL 的甲苯、1.41g (23.4mmol) 的乙二胺 (簡稱：

EDA)、2.4g (12.5mmol) 的碘化銅，在氮氣流下以 125℃ 進行 46 小時的加熱。經過矽藻土對所得到的反應液體進行過濾，利用乙酸乙酯對濾液進行萃取。利用飽和食鹽水洗滌所得到的萃取液，添加硫酸鎂，並進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，以甲苯:己烷=1:3 為展開溶劑藉由矽膠管柱層析法進行純化，得到 5.9g 的目的物(產率：71%，黃色固體)。下面通式 (A-1) 示出步驟 1 的合成方案。

[0719]



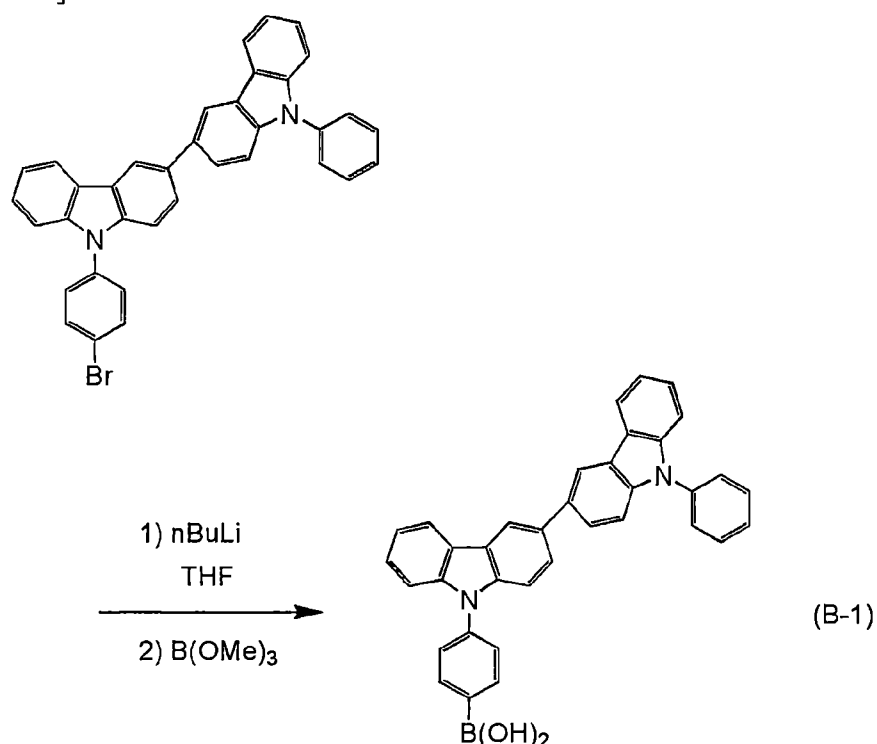
[0720]

《步驟 2：B-[4-(9'-苯基-3,3'-聯-9H-卡唑-9-基)苯基]硼酸的合成》

接著，將在上述步驟 1 中合成的 5.9g (10mmol) 的 9-(4-溴苯基)-9'-苯基-3,3'-聯-9H-卡唑放入三頸燒瓶，對該燒瓶內進行氮置換，添加 100mL 的四氫呋喃 (簡

稱：THF）。將容器冷卻到 -78°C ，滴加 10mL 的 n-丁基鋰（ 1.6mol/L ），將溫度回升至室溫，然後攪拌 10 分鐘。再將容器冷卻到 -78°C ，滴加 2.2g（ 21mmol ）的硼酸三甲酯，將溫度回升至室溫，攪拌 12 小時。對所得到的反應物添加 1M 鹽酸，攪拌 30 分鐘之後，利用乙酸乙酯萃取有機層。利用飽和碳酸氫鈉水溶液洗滌所得到的萃取液，添加硫酸鎂，並進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，利用甲苯和己烷的混合溶劑進行重新結晶，由此得到 2.9g 的目的物（產率：54%，黃色固體）。下面通式（B-1）示出步驟 2 的合成方案。

[0721]



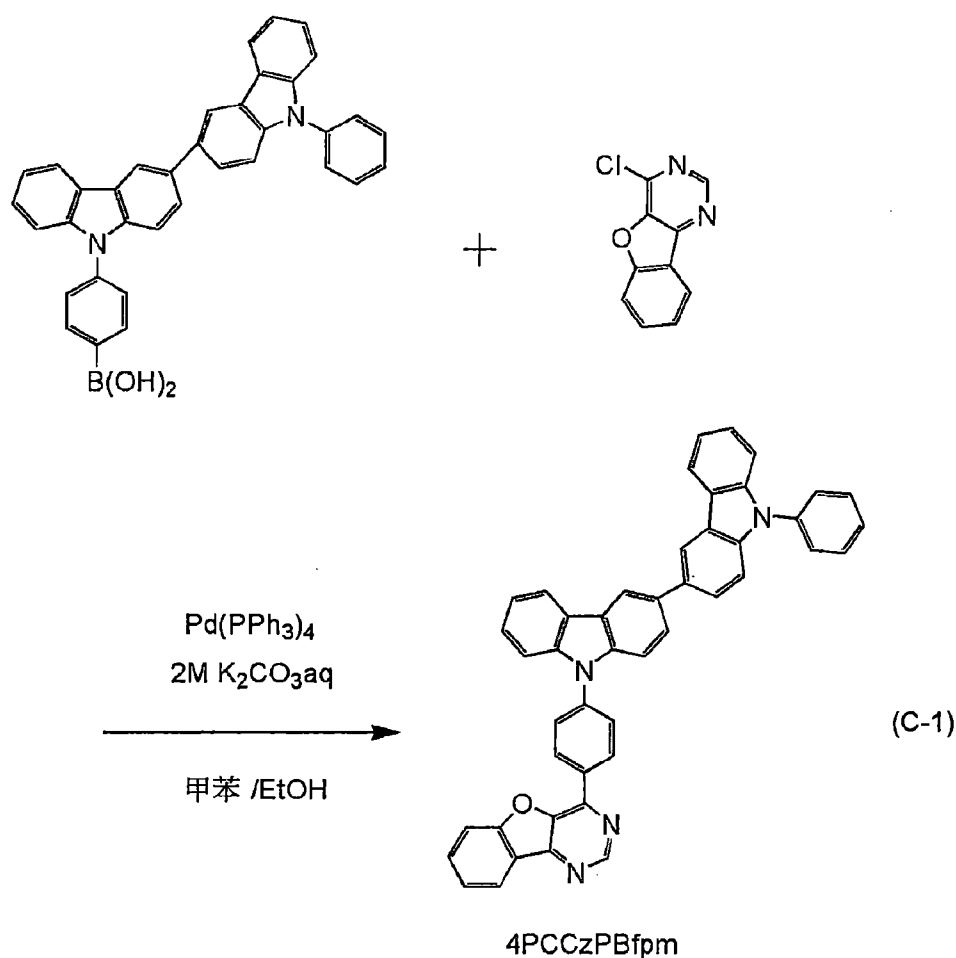
[0722]

《步驟 3：4PCCzPBfpm 的合成》

接著，將 0.96g（ 4.7mmol ）的 4-氯[1]苯并呋喃并

[3,2-d]嘧啶、3.0g (5.6mmol) 的在上述步驟 2 的合成法中合成的 B-[4-(9'-苯基-3,3'-聯-9H-呋啶-9-基)苯基]硼酸、2.8mL 的 2M 碳酸鉀水溶液、24mL 的甲苯、2.4mL 的乙醇放入具備回流管的三頸燒瓶中，對該燒瓶內進行氮置換，添加 0.43g (0.38mmol) 的四(三苯基磷)鈀(0)，以 80℃ 進行 16 小時的加熱攪拌。對所得到的反應物進行過濾，利用水及乙醇對過濾物進行洗滌。使所得到的過濾物溶解於熱甲苯，並藉由依次填充有矽藻土、氧化鋁、矽藻土的助濾劑對混合物進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，以氯仿為展開溶劑利用矽膠管柱層析法進行純化。藉由利用甲苯和己烷的混合溶劑使其再結晶，得到 2.2g 的目的物的 4PCCzPBfpm (產率：71%，黃色固體)。利用梯度昇華法對該 2.2g 的黃色固體進行昇華純化。昇華純化的條件為如下：在壓力為 2.7Pa 且氬氣體的流量為 5mL/min 的狀態下，以 320℃ 對黃色固體進行加熱。在昇華純化後，以 72% 的回收率得到 1.6g 的目的物的黃白色固體。下面通式 (C-1) 示出步驟 3 的合成方案。

[0723]



[0724] 下面示出在上述步驟 3 中得到的黃白色固體的利用核磁共振分光法 ($^1\text{H-NMR}$) 的測定結果。圖 39 示出 $^1\text{H-NMR}$ 譜。由該結果可知，在本合成實例 1 中，得到本發明的一個實施方式的 4PCCzPBfpm。

[0725] $^1\text{H-NMR}$ δ (CDCl_3) : 7.31–7.34 (t, 1H)、7.35–7.38 (t, 1H)、7.44 (d, 2H)、7.46–7.51 (m, 2H)、7.53 (d, 1H)、7.55–7.58 (t, 1H)、7.61–7.69 (m, 6H)、7.76–7.83 (m, 4H)、7.92 (d, 2H)、8.24–8.28 (t, 2H)、8.35 (d, 1H)、8.45 (ts, 2H)、8.91 (d, 2H)、9.33 (s, 1H)。

[0726]

<4PCCzPBfpm 的特性>

接著，利用液相層析-質譜分析（Liquid Chromatography Mass Spectrometry，簡稱：LC/MS 分析）對所得到的 4PCCzPBfpm 進行質量（MS）分析。

[0727] 在 LC/MS 分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的 Acquity UPLC 進行 LC（液相層析法）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（ $2.1 \times 100\text{mm}$ ， $1.7\mu\text{m}$ ），柱溫為 40°C 。在流動相中，作為流動相 A 使用乙腈，作為流動相 B 使用 0.1% 甲酸水溶液。另外，以任意濃度將 4PCCzPBfpm 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 $5.0\mu\text{L}$ 。

[0728] 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 50V ，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 $m/z=653.23$ 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，所測定的質量範圍是 $m/z=100$ 至 1200 。圖 40 示出利用飛行時間（TOF）型 MS 檢測被解離的子離子的結果。

[0729] 由圖 40 的結果可知，4PCCzPBfpm 主要在 $m/z=575$ 、 533 、 482 、 407 、 329 、 245 附近檢測出子離

子。由於圖 40 所示的結果示出來源於 4PCCzPBfpm 的典型的结果，所以可以說是確定包含於混合物中的 4PCCzPBfpm 時的重要資料。

[0730] $m/z=482$ 附近的子離子被估計為 4PCCzPBfpm 中的二苯基聯咪唑脫離的狀態的陽離子， $m/z=407$ 附近的子離子被估計為苯基聯咪唑從該陽離子進一步脫離的狀態的陽離子， $m/z=329$ 附近的子離子被估計為聯咪唑從該陽離子進一步脫離的狀態的陽離子，這些資料表示 4PCCzPBfpm 包含二苯基聯咪唑。 $m/z=245$ 附近的子離子被估計為 4PCCzPBfpm 中的苯基苯并咪唑并嘧啶脫離的狀態的陽離子，這些資料表示 4PCCzPBfpm 包含苯基苯并咪唑并嘧啶。

[0731] 接著，圖 41 示出甲苯溶液中的 4PCCzPBfpm 的吸收光譜及發射光譜，圖 42 示出薄膜狀態下的 4PCCzPBfpm 的吸收光譜及發射光譜。

[0732] 在吸收光譜的測定中，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）。甲苯溶液中的 4PCCzPBfpm 的吸收光譜是如下吸收光譜，從石英皿中的 4PCCzPBfpm 的甲苯溶液的吸收光譜減去石英皿及甲苯的吸收光譜。此外，薄膜的吸收光譜是如下吸收光譜，將 4PCCzPBfpm 蒸鍍在石英基板上來製造樣本，並且從該樣本的吸收光譜減去石英的吸收光譜而得到的吸收光譜。在測定發射光譜時，利用 PL-EL 測定裝置（由日本濱松光子學株式會社製造）。甲苯溶液中的 4PCCzPBfpm 的發射

光譜將 4PCCzPBfpm 的甲苯溶液放入石英皿中進行測定。此外，薄膜的發射光譜將 4PCCzPBfpm 蒸鍍在石英基板上製造樣本來進行測定。此外，測定吸收光譜及發射光譜的薄膜在石英基板上藉由真空蒸鍍法形成。

[0733] 由此可知，4PCCzPBfpm 的甲苯溶液中的極大吸收波長為 380nm 附近，極大發射波長為 473nm 附近（激發波長為 390nm）。此外，薄膜的極大吸收波長為 392nm 附近，最大發射波長為 525nm 附近（激發波長為 392nm）。

[0734] 在大氣中利用光電子分光光度裝置（日本理研計器株式會社製造，AC-3）測定薄膜狀態下的 4PCCzPBfpm 的游離電位值。將所測得的游離電位值換算為負值，可知 4PCCzPBfpm 的 HOMO 能階為 -5.82eV 。由圖 42 的薄膜的吸收光譜的資料可知，從假定為直接躍遷的 Tauc 曲線算出的 4PCCzPBfpm 的吸收端為 2.82eV 。由此，可以將固體狀態的 4PCCzPBfpm 的光學能隙推測為 2.82eV ，根據在前面得到的 HOMO 能階及該能隙的值，可以將 4PCCzPBfpm 的 LUMO 能階推測為 -3.00eV 。如此，可知固體狀態的 4PCCzPBfpm 具有 2.82eV 的寬能隙。

[0735] 接著，藉由循環伏安法（CV）測定 4PCCzPBfpm 的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）。在測定中，使用電化學分析儀（BAS 株式會社（BAS Inc.）製造，ALS 型號 600A 或 600C），並且對將

化合物溶解於 N,N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）而成的溶液進行測定。在測定中，使相對於參考電極的工作電極的電位在適當的範圍中變化，由此得出各氧化峰值電位、還原電位峰值電位。因為參考電極的還原電位估計為 -4.94eV ，所以從該數值和所得到的峰值電位算出各化合物的 HOMO 能階及 LUMO 能階。

[0736] 由 CV 測定的結果可知，4PCCzPBfpm 的氧化電位為 0.70V ，還原電位為 -1.94V 。藉由 CV 測定而算出的 4PCCzPBfpm 的 HOMO 能階為 -5.64eV ，LUMO 能階為 -3.01eV 。由此可知，4PCCzPBfpm 具有低 LUMO 能階及較高的 HOMO 能階。

實施例 2

[0737] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的以通式（G0）表示的化合物之一的 4-（9'-苯基-3,3'-聯-9H-呿啞-9-基）苯并呿喃并[3,2-d]嘧啶（簡稱：4PCCzBfpm）（結構式（133））的合成方法及該化合物的特性進行說明。

[0738]

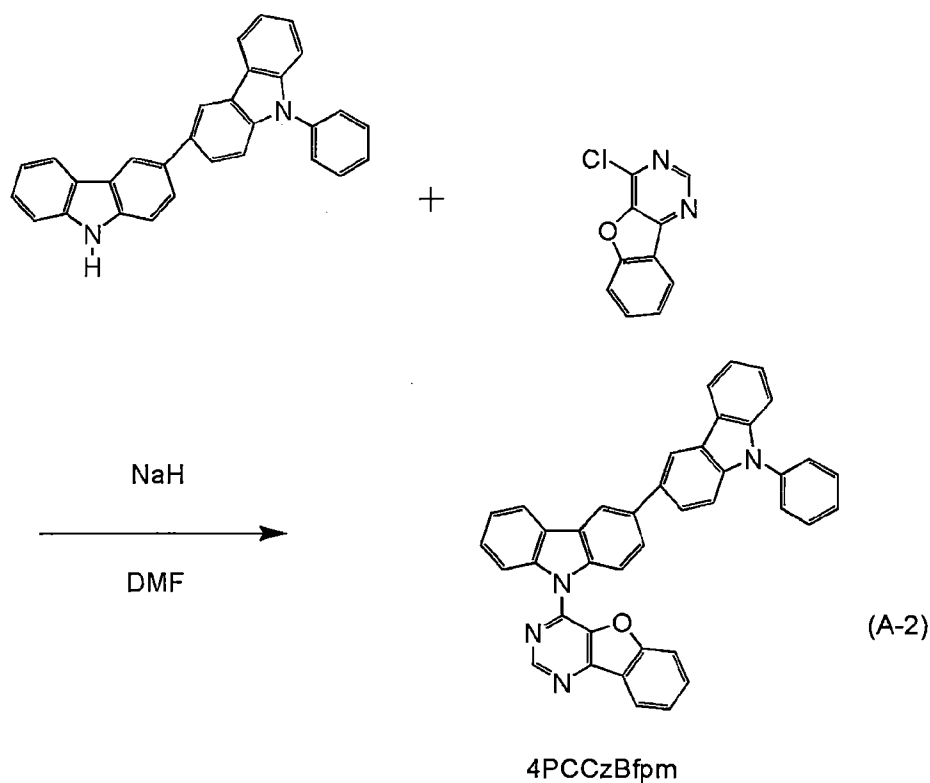
<合成例 2>

《4PCCzBfpm 的合成》

首先，在以氮置換的三頸燒瓶中放入 0.15g （ 3.6mmol ）的氫化鈉（60%），一邊攪拌一邊滴入 10mL 的 N,N-二甲基甲醯胺（簡稱：DMF）。將容器冷卻到 0

℃，滴入 1.1g (2.7mmol) 的 9-苯基-3,3'-聯-9H-呋啉和 15mL 的 DMF 的混合液，在室溫下進行 30 分鐘的攪拌。在攪拌後，將容器冷卻到 0℃，添加 0.50g (2.4mmol) 的 4-氯[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶和 15mL 的 DMF 的混合液，在室溫下進行 20 小時的攪拌。將所得到的反應液體放入冰水中，添加甲苯，利用乙酸乙酯萃取有機層，利用飽和食鹽水進行洗滌，添加硫酸鎂，進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，藉由將甲苯（之後，甲苯：乙酸乙酯=1：20）用作展開溶劑的矽膠管柱層析法進行純化。藉由利用甲苯和己烷的混合溶劑使其再結晶，得到 1.0g 的目的物的 4PCCzBfpm（產率：72%，黃白色固體）。利用梯度昇華法將該 1.0g 的黃白色固體昇華純化。在昇華純化中，在壓力為 2.6Pa 且氬氣流量為 5mL/min 的條件下以 270℃ 至 280℃ 附近對黃白色固體進行加熱。在昇華純化後，以 69% 的回收率得到 0.7g 的目的物的黃白色固體。下面通式（A-2）示出本步驟的合成方案。

[0739]



[0740] 下面示出在上述步驟中得到的黃白色固體的利用核磁共振分光法 ($^1\text{H-NMR}$) 的測定結果。圖 43 示出 $^1\text{H-NMR}$ 譜。由該結果可知，在本合成實例 2 中，得到本發明的一個實施方式的 4PCCzBfpm。

[0741] $^1\text{H-NMR}$ δ (CDCl_3) : 7.31–7.34 (m, 1H)、7.43–7.46 (m, 3H)、7.48–7.54 (m, 3H)、7.57–7.60 (t, 1H)、7.62–7.66 (m, 4H)、7.70 (d, 1H)、7.74–7.77 (dt, 1H)、7.80 (dd, 1H)、7.85 (dd, 1H)、7.88–7.93 (m, 2H)、8.25 (d, 2H)、8.37 (d, 1H)、8.45 (ds, 1H)、8.49 (ds, 1H)、9.30 (s, 1H)。

[0742]

<4PCCzBfpm 的特性>

接著，利用液相層析-質譜分析 (簡稱：LC/MS 分

析) 對所得到的 4PCCzBfpm 進行質量 (MS) 分析。

[0743] 在 LC/MS 分析中, 利用沃特斯公司製造的 Acquity UPLC 進行 LC (液相層析法) 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 ($2.1 \times 100\text{mm}$, $1.7\mu\text{m}$), 柱溫為 40°C 。在流動相中, 作為流動相 A 使用乙腈, 作為流動相 B 使用 0.1% 甲酸水溶液。另外, 以任意濃度將 4PCCzBfpm 溶解於甲苯中, 並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時, 將注入量設定為 $5.0\mu\text{L}$ 。

[0744] 在 MS 分析中, 藉由電灑游離法 (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 50V , 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 $m/z=577.2$ 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, 所測定的質量範圍是 $m/z=100$ 至 1200 。圖 44 示出利用飛行時間 (TOF) 型 MS 檢測被解離的子離子的結果。

[0745] 由圖 44 的結果可知, 4PCCzBfpm 主要在 $m/z=550$ 、 432 、 407 附近檢測出子離子。由於圖 44 所示的結果示出來源於 4PCCzBfpm 的典型的結果, 所以可以說是確定包含於混合物中的 4PCCzBfpm 時的重要資料。

[0746] $m/z=550$ 附近的子離子被估計為 4PCCzBfpm 中的嘧啶環裂解而腈脫離生成的陽離子, $m/z=432$ 附近的

子離子被估計為該陽離子進一步裂解而苯并呋喃基脫離生成的陽離子，這些資料示出 4PCCzBfpm 包含苯并呋喃并嘧啶基。 $m/z=407$ 附近的子離子被估計為 4PCCzBfpm 中的 HPCCz 脫離的狀態的陽離子，這些資料示出 4PCCzBfpm 包含 HPCCz。

[0747] 接著，圖 45 示出甲苯溶液中的 4PCCzBfpm 的吸收光譜及發射光譜，圖 46 示出薄膜狀態下的 4PCCzBfpm 的吸收光譜及發射光譜。

[0748] 甲苯溶液中的 4PCCzBfpm 的吸收光譜及發射光譜以及薄膜狀態的 4PCCzBfpm 的吸收光譜及發射光譜的測定方法與實施例 1 相同。

[0749] 由此可知，4PCCzBfpm 的甲苯溶液中的極大吸收波長為 357nm 附近，極大發射波長為 469nm 附近（激發波長為 358nm）。此外，薄膜的極大吸收波長為 369nm 附近，最大發射波長為 515nm 附近（激發波長為 350nm）。

[0750] 在大氣中利用光電子分光光度裝置（日本理研計器株式會社製造，AC-3）測定薄膜狀態下的 4PCCzBfpm 的游離電位值。將所測得的游離電位值換算為負值，可知 4PCCzBfpm 的 HOMO 能階為 -5.77eV 。由圖 46 的薄膜的吸收光譜的資料可知，從假定為直接躍遷的 Tauc 曲線算出的 4PCCzBfpm 的吸收端為 2.98eV 。由此，可以將固體狀態的 4PCCzBfpm 的光學能隙推測為 2.98eV ，根據在前面得到的 HOMO 能階及該能隙的值，

可以將 4PCCzBfpm 的 LUMO 能階推測為 -2.79eV 。如此，可知固體狀態的 4PCCzBfpm 具有 2.98eV 的寬能隙。

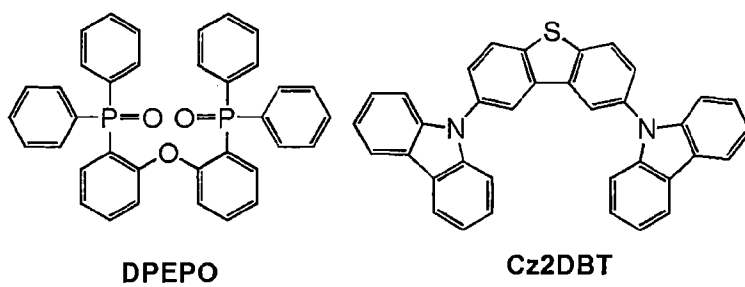
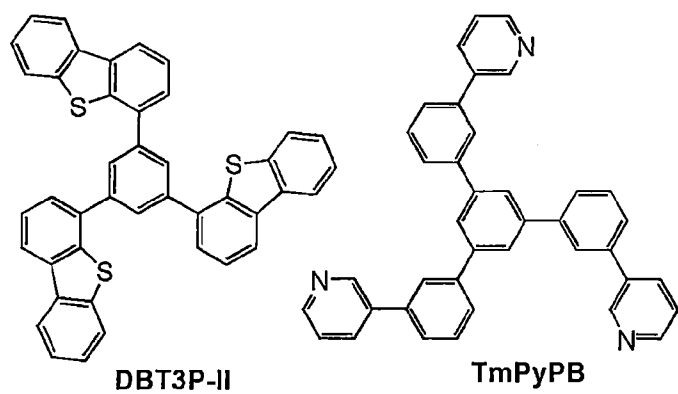
[0751] 接著，藉由循環伏安法（CV）測定 4PCCzBfpm 的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）。注意，測定與實施例 1 相同。

[0752] 由 CV 測定的結果可知，4PCCzBfpm 的氧化電位為 0.76V ，還原電位為 -2.10V 。藉由 CV 測定而算出的 4PCCzBfpm 的 HOMO 能階為 -5.70eV ，LUMO 能階為 -2.84eV 。由此可知，4PCCzBfpm 具有低 LUMO 能階及較高的 HOMO 能階。

實施例 3

[0753] 在本實施例中，對包含本發明的一個實施方式的化合物的發光元件的製造實例及該發光元件的特性進行說明。圖 47 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。

[0754]



[0755]

[表 1]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發光 元件 1	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	40	TmPyPB	-
		118(1)	5	DPEPO	-
	發光層	160	15	DPEPO : 4PCCzPBfpm	0.85:0.15
	電洞傳輸層	112	20	Cz2DBT	-
	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)	40	TmPyPB	-
		118(1)	5	DPEPO	-
	發光層	160	15	DPEPO : 4PCCzBfpm	0.85:0.15
	電洞傳輸層	112	20	Cz2DBT	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

[0756]

<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 4mm² (2mm×2mm)。

[0757] 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 (MoO₃) 的重量比 (DBT3P-II:MoO₃) 為 1:0.5 且厚度為 20nm 的方式進行共蒸鍍。

[0758] 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 2,8-二(9H-咔唑-9-基)-二苯并噻吩（簡稱：Cz2DBT）。

[0759] 接著，作為發光層 160，在電洞傳輸層 112 上以雙[2-(二苯基膦基)苯基]氧化醚（簡稱：DPEPO）及 4-[4-(9'-苯基-3,3'-聯-9H-咔唑-9-基)苯基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶（簡稱：4PCCzPBfpm）的重量比（DPEPO：4PCCzPBfpm）為 0.85：0.15 且厚度為 15nm 的方式進行共蒸鍍。此外，在發光層 160 中，DPEPO 為主體材料，4PCCzPBfpm 為發光材料。

[0760] 接著，作為電子傳輸層 118，在發光層 160 上依次蒸鍍厚度為 5nm 的 DPEPO 和厚度為 40nm 的 1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯（簡稱：TmPyPB）。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）。此外，用於電子傳輸層 118 的 DPEPO 也具有防止在發光層 160 中生成的激子擴散到電極 102 一側的激子障壁層的功能。

[0761] 接著，作為電極 102，在電子注入層 119 上以 200nm 的厚度形成鋁（Al）。

[0762] 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 $6\text{J}/\text{cm}^2$ 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。

[0763]

《發光元件 2 的製造》

發光元件 2 與上述發光元件 1 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。

[0764] 作為發光元件 2 的發光層 160，以 DPEPO 及 4-（9'-苯基-3,3'-聯-9H-吡啶-9-基）苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶（簡稱：4PCCzBfpm）的重量比（DPEPO：4PCCzBfpm）為 0.85：0.15 且厚度為 15nm 的方式進行共蒸鍍。此外，在發光層 160 中，DPEPO 為主體材料，4PCCzBfpm 為發光材料。

[0765]

<發光元件的特性>

接著，測定所製造的上述發光元件 1 及 2 的特性。在亮度及 CIE 色度的測定中，利用色亮度計（由 Topcon Technohouse 公司製造的 BM-5A）。在電致發射光譜的測定中，利用多通道光譜分析儀（由日本濱松光子學株式會社製造的 PMA-11）。

[0766] 圖 48 示出發光元件 1 及發光元件 2 的電流效率-亮度特性。圖 49 示出亮度-電壓特性。圖 50 示出外部量子效率-亮度特性。各發光元件的測定在室溫（保持為 23℃ 的氛圍）下進行。

[0767] 表 2 示出 100cd/m² 附近的發光元件 1、發光元件 2 的元件特性。

[0768]

[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	電力效率 (lm/W)	外部量 子效率 (%)
發光 元件 1	3.5	0.35	(0.21, 0.43)	110	31	28	13
發光 元件 2	3.7	0.40	(0.17, 0.26)	93	23	20	14

[0769] 圖 51 示出以 2.5mA/cm^2 的電流密度使電流流過發光元件 1 及發光元件 2 中時的電致發射光譜。

[0770] 如圖 48 至圖 51 及表 2 所示，發光元件 1 及發光元件 2 具有高電流效率及高外部量子效率。發光元件 1 及發光元件 2 的外部量子效率的最大值分別為 23.6% 及 23.9%，這是非常優異的數值。

[0771] 如圖 51 所示，發光元件 1 及發光元件 2 發射電致發射光譜的峰值波長分別為 490nm 及 476nm 且半峰全寬分別為 79nm 及 76nm 的藍色光。尤其是，發光元件 2 發射顏色純度比發光元件 1 高的藍色光，所以是較佳的。

[0772] 發光元件 1 及發光元件 2 由於在 100cd/m^2 附近以低驅動電壓亦即 4V 以下驅動，所以具有優異的電力效率。

[0773] 因從一對電極注入的載子（電洞及電子）的再結合而生成的單重態激子的生成概率為 25%，因此當向

外部的光提取效率為 25%時，外部量子效率最大為 6.25%。在發光元件 1 及發光元件 2 中，外部量子效率高於 6.25%。在發光元件 1 及發光元件 2 中得到高外部量子效率的理由是在發光元件 1 及發光元件 2 中除了因一對電極注入的載子再結合而生成的單重態激子所引起的發光以外，還可以得到藉由反系間竄越生成的單重態激子所引起的發光。

[0774]

<發光材料的過渡螢光特性>

為了確認上述結果，下面對本發明的一個實施方式的化合物的 4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 進行利用時間分辨發光測定的過渡螢光特性的測定。

[0775] 對在石英基板上以 DPEPO 與 4PCCzPBfpm 的重量比（DPEPO：4PCCzPBfpm）為 0.8：0.2 且厚度為 50nm 的方式進行共蒸鍍的薄膜樣本、以及以 DPEPO 與 4PCCzBfpm 的重量比（DPEPO：4PCCzBfpm）為 0.8：0.2 且厚度為 50nm 的方式進行共蒸鍍的薄膜樣本進行時間分辨發光測定。

[0776] 在測定中，使用皮秒螢光壽命測定系統（由日本濱松光子學公司製造）。在本測定中，為了測定薄膜所呈現的螢光發光的壽命，對薄膜照射脈衝雷射，並且使用條紋相機對在照射雷射之後衰減的發光進行時間分辨測量。作為脈衝雷射使用波長為 337nm 的氮氣體雷射，以 10Hz 的頻率對薄膜照射 500ps 的脈衝雷射，並且藉由將

反復測量的資料累計起來獲得 S/N 比高的資料。另外，在室溫（保持為 23℃ 的氛圍）下進行測定。

[0777] 圖 52A 及圖 52B 示出藉由測定得到的 4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 的過渡螢光特性。圖 52A 是發光壽命短的發光成分的測定結果，圖 52B 是發光壽命長的發光成分的測定結果。

[0778] 使用下述公式 4 對圖 52A 及圖 52B 所示的衰減曲線進行擬合。

[0779]

[公式 4]

$$L = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right) \quad (4)$$

[0780] 在公式 4 中，L 表示正規化的發光強度，t 表示經過時間。從衰減曲線的擬合結果可知，4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 的薄膜樣本所發射的光包含具有不同螢光壽命的多種發光成分。可知 4PCCzPBfpm 的薄膜樣本的發光成分至少包含螢光壽命為 11.0ns 的暫態螢光成分、301μs 的壽命最長的遲延螢光成分，4PCCzBfpm 的薄膜樣本的發光成分至少包含 11.7ns 的暫態螢光成分、217μs 的壽命最長的遲延螢光成分。就是說，4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 也可以說是在室溫下呈現延遲螢光的熱活化延遲螢光材料。

[0781] 從發光元件 1 及發光元件 2 得到外部量子效率最大超過 23% 的非常優良的發光特性的結果，這是因為

4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 具有藉由反系間竄越將三重激發能轉換為單重激發能的功能。

[0782]

<S1 能階及 T1 能階的測定>

為了高效地產生反系間竄越呈現熱活化延遲螢光，S1 能階與 T1 能階的能量差較佳為大於 0eV 且為 0.3eV 以下，更佳為大於 0eV 且為 0.2eV 以下。下面，進行用來算出本發明的一個實施方式的化合物的 4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 的 S1 能階及 T1 能階的測定。

[0783] 為了算出 S1 能階及 T1 能階，測定 4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 的發射光譜。圖 53 示出 4PCCzPBfpm 的發射光譜的測定結果，圖 54 示出 4PCCzBfpm 的發射光譜的測定結果。

[0784] 在該發射光譜的測定中，利用顯微 PL 裝置 LabRAM HR-PL（由日本株式會社堀場製作所製造），將測定溫度設定為 10K，作為激發光使用 He-Cd 雷射（325nm），作為檢測器使用 CCD 檢測器。在石英基板上形成 50nm 厚的用來測定的薄膜，並且在氮氛圍中對該石英基板的蒸鍍面貼合其他石英基板之後，將其用於測定。

[0785] 此外，在該發射光譜的測定中，除了一般的發射光譜的測定以外，還進行了著眼於發光壽命長的發光的時間分辨發射光譜的測定。由於本發射光譜的測定在低溫（10K）中進行，所以在一般的發射光譜的測定中，除了作為主要發光成分的螢光以外，還觀察到一部分磷光。

另外，在著眼於發光壽命長的發光的時間分辨發射光譜的測定中，主要觀察到磷光。

[0786] 由上述測定的發射光譜的結果可知，4PCCzPBfpm 的發射光譜的螢光成分及磷光成分的最短波長一側的峰值（包括肩峰）的波長分別為 480nm 及 505nm。此外，4PCCzBfpm 的發射光譜的螢光成分及磷光成分的最短波長一側的峰值波長的（包括肩峰）分別為 455nm 及 480nm。

[0787] 因此，從上述峰值（包括肩峰）的波長算出的 4PCCzPBfpm 的 S1 能階為 2.58eV，T1 能階為 2.46eV，S1 能階與 T1 能階的能量差為 0.12eV。此外，4PCCzBfpm 的 S1 能階為 2.72eV，T1 能階為 2.58eV，S1 能階與 T1 能階的能量差為 0.14eV。

[0788] 由上述測定的發射光譜的結果可知，4PCCzPBfpm 的發射光譜的螢光成分及磷光成分的短波長一側的上升的波長分別為 458nm 及 491nm。此外，4PCCzBfpm 的發射光譜的螢光成分及磷光成分的短波長一側的上升的波長分別為 435nm 及 464nm。此外，作為發射光譜的短波長一側的上升的波長，採用在該光譜的切線的傾斜度具有極大值的波長上的切線與橫軸的交點的波長。

[0789] 如上所述，從上升的波長算出的 4PCCzPBfpm 的 S1 能階為 2.71eV，T1 能階為 2.53eV，S1 能階與 T1 能階的能量差為 0.18eV。此外，4PCCzBfpm 的 S1 能階為

2.85eV，T1 能階為 2.67eV，S1 能階與 T1 能階的能量差為 0.18eV。

[0790] 如上所述，從發射光譜的最短波長一側的峰值（包括肩峰）的波長及短波長一側的上升的波長算出的 4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 的 S1 能階與 T1 能階的能量差都極小，亦即大於 0eV 且為 0.2eV 以下。由此，4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 具有藉由反系間竄越將三重激發能轉換為單重激發能且呈現熱活化延遲螢光的功能。

[0791] 此外，可知 4PCCzPBfpm 及 4PCCzBfpm 適用於 T1 能階較高的藍色那樣的具有高能量的發光元件。已知在得到高效的發光元件時呈現熱活化延遲螢光的化合物是有效的，但現在幾乎沒有存在高效地發射藍色光的化合物。為此，本發明的一個實施方式的化合物在發光元件中也是非常有益的。

[0792] 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的化合物，可以製造發光效率高且元件特性優異的發光元件。此外，可以製造驅動電壓低且耗電量得到降低的發光元件。另外，可以製造發光效率高且發射藍色光的發光元件。

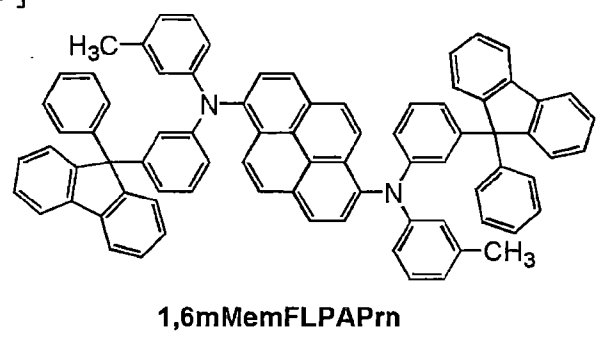
[0793] 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而實施。

實施例 4

[0794] 在本實施例中，對包含本發明的一個實施方

式的化合物的發光元件的製造實例及該發光元件的特性進行說明。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖與圖 47 相同。表 3 示出元件的詳細結構。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。

[0795]



[0796]

[表 3]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發光 元件 3	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	119	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	40	TmPyPB	-
		118(1)	5	DPEPO	-
	發光層	160	15	DPEPO : 4PCCzBfpm : 1, 6mMemFLPAPrn	0.7:0.3:0.01
	電洞傳輸層	112	20	Cz2DBT	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITO	-

[0797]

《發光元件 3 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 ($2\text{mm}\times 2\text{mm}$)。

[0798] 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。

[0799] 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 Cz2DBT。

[0800] 接著，作為發光層 160，在電洞傳輸層 112 上以 DPEPO、4PCCzBfpm 和 N,N'-雙 (3-甲基苯基) -N,N'-雙 [3- (9-苯基-9H-芴-9-基) 苯基] 芘-1,6-二胺 (簡稱：1,6mMemFLPAPrn) 的重量比 (DPEPO : 4PCCzBfpm : 1,6mMemFLPAPrn) 為 0.7 : 0.3 : 0.01 且厚度為 15nm 的方式進行共蒸鍍。另外，在發光層 160 中，DPEPO 為主體材料，1,6mMemFLPAPrn 為客體材料。

[0801] 接著，作為電子傳輸層 118，在發光層 160 上依次蒸鍍厚度為 5nm 的 DPEPO 和厚度為 40nm 的 TmPyPB。接著，作為電子注入層 119，在電子傳輸層 118 上蒸鍍厚度為 1nm 的 LiF。

[0802] 接著，作為電極 102，在電子注入層 119 上以 200nm 的厚度形成鋁 (Al)。

[0803] 接著，在氮氬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。密封方法與發光元件 1 相同。藉由上述製程得到發光元件 3。

[0804]

<發光元件 3 的特性>

圖 55 示出所製造的發光元件 3 的電流效率-亮度特性。此外，圖 56 示出亮度-電壓特性。圖 57 示出外部量子效率-亮度特性。發光元件的測定在室溫（保持為 23℃ 的氛圍）下進行。此外，測定方法與實施例 3 相同。

[0805] 表 4 示出 100cd/m² 附近的發光元件 3 的元件特性。

[0806]

[表 4]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率	電力效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
發光 元件 3	3.4	0.67	(0.16, 0.26)	120	18	17	11

[0807] 圖 58 示出以 2.5mA/cm² 的電流密度使電流流過發光元件 3 中時的電致發射光譜。

[0808] 如圖 55 至圖 58 及表 4 所示，發光元件 3 具有高電流效率及外部量子效率。發光元件 3 的外部量子效率的最大值為 13.8%，這是優異的數值。發光元件 3 即使在高亮度一側，效率的降低（衰減（roll-off））也少，這結果是優異的。

[0809] 如圖 58 所示，發光元件 3 發射電致發射光譜的峰值波長為 470nm 且半峰全寬為 65nm 的色純度高的藍色光。所得到的發射光譜是半寬度小且峰值波長適用於藍

色的短波長的發射光譜，由此可知從作為客體材料的 1,6mMemFLPAPrn 發射光。

[0810] 發光元件 3 由於在 100cd/m^2 附近以低驅動電壓亦即 3.4V 驅動，所以具有優異的電力效率。

[0811] 如上述實施例所示，4PCCzBfpm 具有藉由反系間竄越將三重激發能轉換為單重激發能的功能。由此，包含 4PCCzBfpm 及作為客體材料的 1,6mMemFLPAPrn 的發光元件 3 除了從一對電極注入的載子再結合生成的單重激子以外，從 4PCCzBfpm 中的藉由反系間竄越從三重激子生成的單重激子的 1,6mMemFLPAPrn 可以高效地得到藍色發光。

[0812] 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的化合物及客體材料，可以製造衰減少的發光效率高且元件特性優異的發光元件。此外，可以製造驅動電壓低且耗電量得到降低的發光元件。另外，可以製造發光效率高且色純度良好的發射藍色光的發光元件。

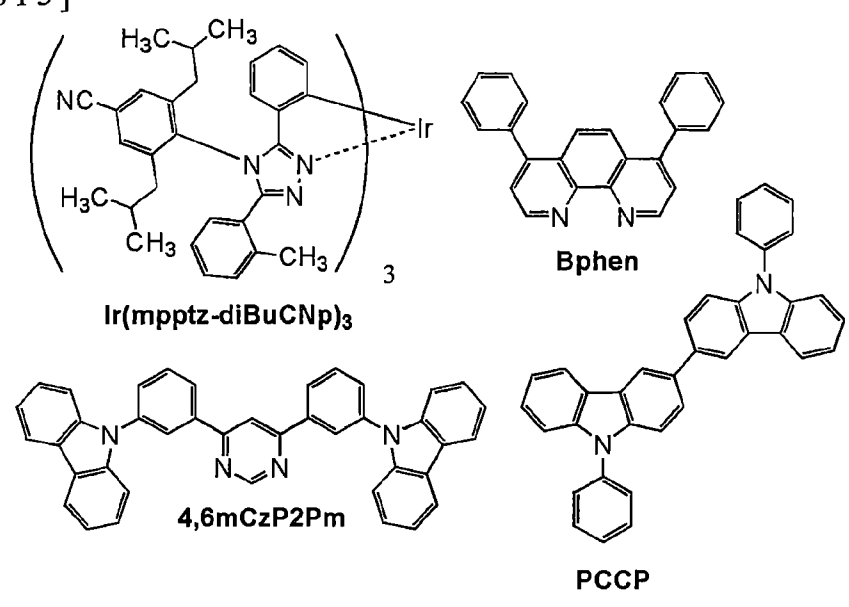
[0813] 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而實施。

實施例 5

[0814] 在本實施例中，對包含本發明的一個實施方式的化合物的發光元件的製造實例及該發光元件的特性進行說明。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖與圖 47 相同。表 5 示出元件的詳細結構。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。

[0815]



[0816]

[表 5]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
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)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4, 6mCzP2Pm	-
	發光層	160	40	4PCCzBfpm : Ir (mpptz-diBuCNp) ₃	1:0.06
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	-
	電洞注入層	111	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITO	-

[0817]

<發光元件 4 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 ($2\text{mm}\times 2\text{mm}$)。

[0818] 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。

[0819] 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)。

[0820] 接著，作為發光層 160，在電洞傳輸層 112 上以 4PCCzBfpm 與三 {2-[4-(4-氰-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 } 銱 (III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$) 的重量比 (4PCCzBfpm : $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$) 為 1 : 0.06 且厚度為 40nm 的方式進行共蒸鍍。此外，在發光層 160 中， $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 為客體材料。

[0821] 接著，作為電子傳輸層 118，在發光層 160 上，依次蒸鍍厚度為 10nm 的 4,6-雙 [3-(9H-咔唑-9-基) 苯基] 嘧啶 (簡稱：4,6mCzP2Pm) 和厚度為 15nm 的紅啡啉 (簡稱：BPhen)。接著，作為電子注入層 119，在電子傳輸層 118 上蒸鍍厚度為 1nm 的 LiF。

[0822] 接著，作為電極 102，在電子注入層 119 上以 200nm 的厚度形成鋁 (Al)。

[0823] 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 4。密封方法與發光元件 1 相同。藉由上

述製程得到發光元件 4。

[0824]

<發光元件 4 的特性>

圖 59 示出所製造的發光元件 4 的電流效率-亮度特性。此外，圖 60 示出亮度-電壓特性。圖 61 示出外部量子效率-亮度特性。發光元件的測定在室溫（保持為 23℃ 的氛圍）下進行。此外，測定方法與實施例 3 相同。

[0825] 表 6 示出 1000cd/m² 附近的發光元件 4 的元件特性。

[0826]

[表 6]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部 量子 效率 (%)
發光 元件 4	3.00	1.38	(0.196, 0.495)	923	66.8	70.0	26.5

[0827] 圖 62 示出以 2.5mA/cm² 的電流密度使電流流過發光元件 4 中時的電致發射光譜。

[0828] 如圖 59 至圖 62 及表 6 所示，發光元件 4 具有非常高的電流效率及外部量子效率。發光元件 4 的外部量子效率的最大值為 27.3%，這是優異的數值。發光元件 4 即使在高亮度一側，效率的降低（衰減）也少，這結果是優異的。

[0829] 如圖 62 所示，發光元件 4 發射電致發射光譜

的峰值波長為 489nm 且半峰全寬為 68nm 的藍色光。由所得到的電致發射光譜可知從作為客體材料的 $\text{Ir}(\text{mpptz}-\text{diBuCNp})_3$ 發射光。

[0830] 發光元件 4 由於在 1000cd/m^2 附近以非常低的驅動電壓亦即 3.0V 驅動，所以具有優異的電力效率。

[0831] 如上述實施例所示，由於 4PCCzBfpm 的 S1 能階與 T1 能階的能量差小，使用近於三重激發態的能量的能量形成單重激發態，所以可以使 4PCCzBfpm 的單重激發態的能量與 $\text{Ir}(\text{mpptz}-\text{diBuCNp})_3$ 的三重激發態的能量的能量差小。因此，發光元件 4 是以低電壓驅動的發光元件。

[0832] 如上述實施例 3 所示，4PCCzBfpm 的發射光譜中的磷光成分的最短波長一側的峰值波長 (480nm) 比發光元件 4 的電致發射光譜的峰值波長 (489nm) 短。此外，可知 4PCCzBfpm 由於具有高 T1 能階，所以適用於將發射藍色光的磷光材料作為客體材料的發光元件。

[0833] 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的化合物及客體材料，可以製造發光效率非常高且元件特性優異的發光元件。此外，可以製造驅動電壓低且耗電量得到降低的發光元件。另外，可以製造發光效率高且發射藍色光的發光元件。

[0834] 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實施。

實施例 6

[0835] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的以通式 (G0) 表示的化合物之一的 4-[3-(9'-苯基-3,3'-聯-9H-呋啶-9-基) 苯基] 苯并呋喃并 [3,2-d] 嘧啶 (簡稱：4mPCCzPBfpm) (結構式 (101)) 的合成方法及該化合物的特性進行說明。

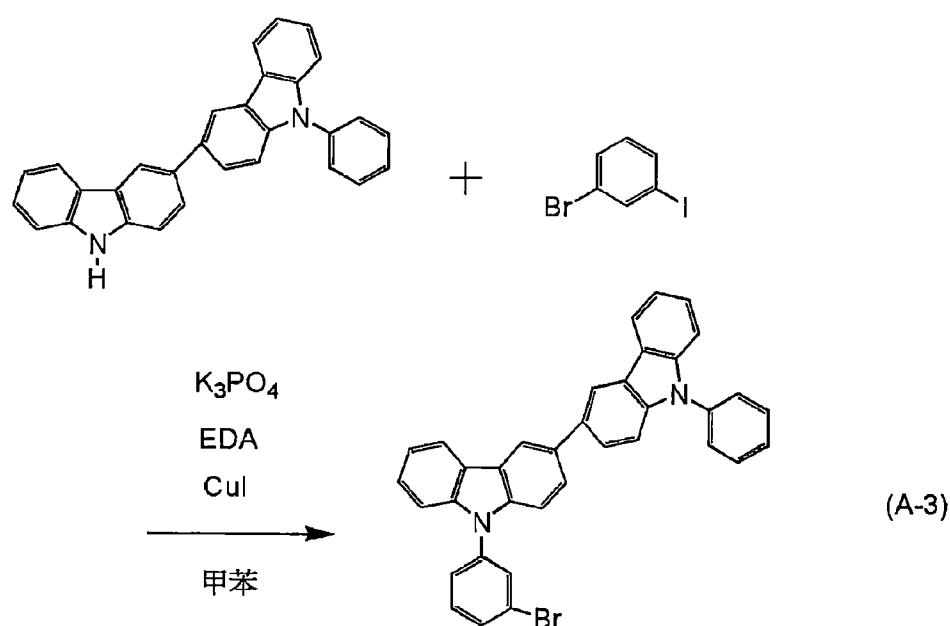
[0836]

<合成實例 3>

《步驟 1：9-(3-溴苯基)-9'-苯基-3,3'-聯-9H-呋啶的合成》

首先，將 6.0g (15mmol) 的 9-苯基-3,3'-聯-9H-呋啶、8.3g (29mmol) 的 3-溴碘苯、6.2g (29mmol) 的碳酸鉀、1.5g (24mmol) 的乙二胺 (簡稱：EDA)、2.5g (13mmol) 的碘化銅放入具備回流管的三頸燒瓶中，在該燒瓶內進行氮置換。對該混合物還添加 100mL 的甲苯，在氮氣流下以 120℃ 進行 47 小時的加熱。對所得到的反應液體添加水，利用乙酸乙酯對反應液體進行萃取。利用飽和食鹽水洗滌所得到的萃取液，添加硫酸鎂，並進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，以甲苯:己烷=1:3 為展開溶劑藉由矽膠管柱層析法進行純化，得到 4.5g 的目的物(產率：54%、黃色固體)。下面通式 (A-3) 示出步驟 1 的合成方案。

[0837]

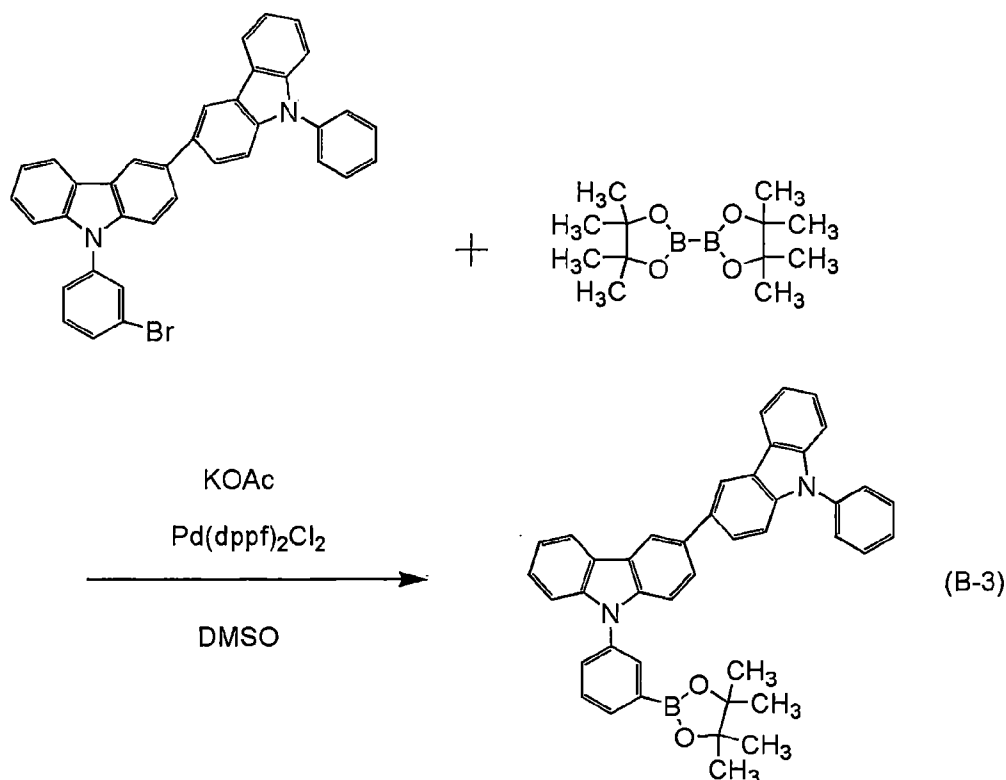


[0838]

《步驟 2：9-[3-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二氧硼戊環-2-基)苯基]-9'-苯基-3,3'-聯-9H-咔唑的合成》

接著，將在上述步驟 1 中合成的 2.8g (5.0mmol) 的 9-(3-溴苯基)-9'-苯基-3,3'-聯-9H-咔唑、1.4g (5.5mmol) 的雙(戊醯)二硼、1.5g (15mmol) 的醋酸鉀放入三頸燒瓶中，對該燒瓶內進行氮置換，放入 50mL 的二甲亞砜（簡稱：DMSO）、0.12g (0.15mmol) 的 [1,1'-雙(二苯基膦基)二茂鐵]二氯化鈣(II)，以 110℃ 進行 37 小時的加熱攪拌。利用乙酸乙酯對所得到的反應物進行萃取。利用飽和食鹽水洗滌所得到的萃取液，添加硫酸鎂，並進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，從甲苯:己烷=1:3 逐漸增加甲苯比例而最終僅以甲苯為展開溶劑藉由中性矽膠管柱層析法進行純化，得到 1.7g 的目的物（產率：54%、黃色固體）。下面通式 (B-3) 示出步驟 2 的合成方案。

[0839]



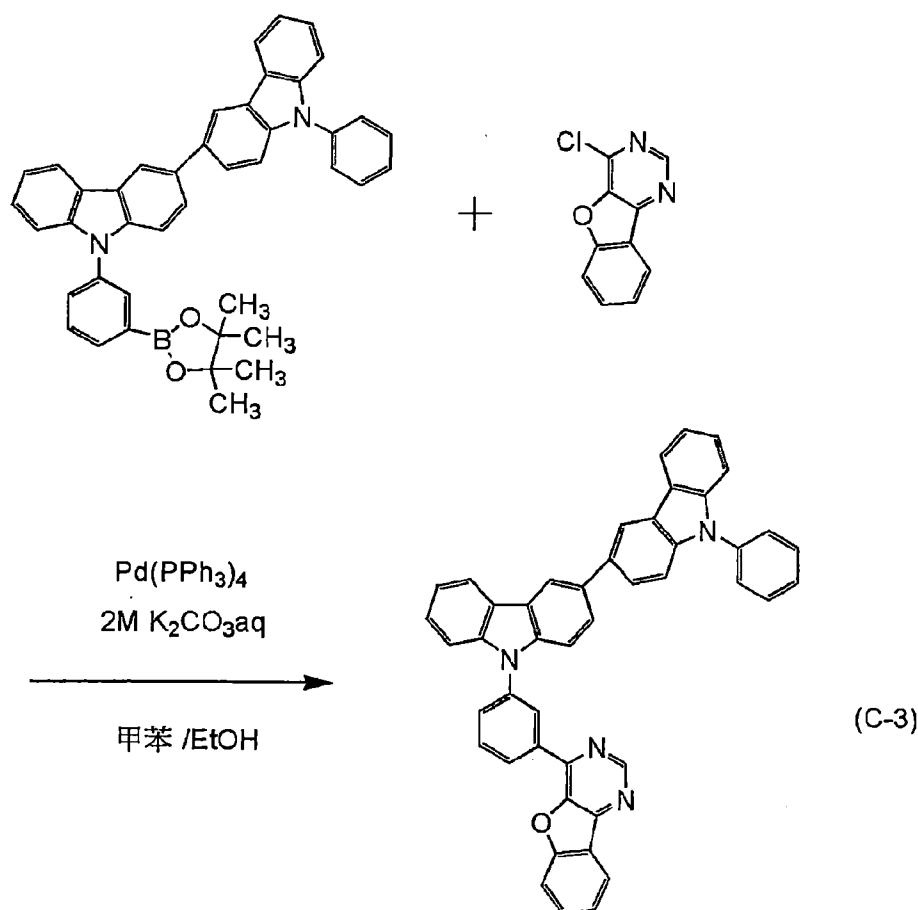
[0840]

《步驟 3：4mPCCzPBfpm 的合成》

接著，將 0.52g (2.6mmol) 的 4-氯[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶、在上述步驟 2 的合成法中合成的 1.7g (2.8mmol) 的 9-[3-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二雜氧戊硼烷-2-基)苯基]-9'-苯基-3,3'-聯-9H-卡啉、1.5mL 的 2M 碳酸鉀水溶液、13mL 的甲苯、1mL 的乙醇放入具備回流管的三頸燒瓶中，對該燒瓶內進行氮置換，放入 0.24g (0.21mmol) 的四(三苯基膦)鈀(0)，以 100℃ 進行 41 小時的加熱攪拌。對所得到的反應物進行過濾，利用水及乙醇對過濾物進行洗滌。使所得到的過濾物溶解於熱甲苯，並藉由依次填充有矽藻土、氧化鋁、矽藻土的助濾劑進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，利用甲苯和己烷

的混合溶劑進行重新結晶，由此得到 1.0g 的目的物的 4mPCCzPBfpm（產率：62%、黃色固體）。利用梯度昇華法將該 1.0g 的黃色固體昇華純化。昇華純化的條件為如下：在壓力為 2.7Pa 且氬氣體的流量為 5mL/min 的狀態下，以 300℃ 對黃色固體進行加熱。在昇華純化後，以 87% 的回收率得到 0.9g 的目的物的黃色固體。下面通式（C-3）示出步驟 3 的合成方案。

[0841]



[0842] 下面示出在上述步驟 3 中得到的黃色固體的利用核磁共振分光法（ $^1\text{H-NMR}$ ）的測定結果。圖 63 示出 $^1\text{H-NMR}$ 譜。由該結果可知，在本合成實例 3 中，得到本發明的一個實施方式的 4mPCCzPBfpm。

[0843] $^1\text{H-NMR}$ δ (TCE- d_2) : 7.31–7.34 (t , 1H) 、 7.36–7.39 (t , 1H) 、 7.43–7.56 (m , 6H) 、 7.60–7.69 (m , 6H) 、 7.74 (ds , 2H) 、 7.90–7.86 (m , 3H) 、 7.89–7.92 (t , 1H) 、 8.24 (d , 1H) 、 8.28 (d , 1H) 、 8.32 (d , 1H) 、 8.47 (d , 2H) 、 8.71 (d , 1H) 、 8.89 (s , 1H) 、 9.29 (s , 1H) 。

[0844]

<4mPCCzPBfpm 的特性>

接著，利用液相層析-質譜分析 (Liquid Chromatography Mass Spectrometry，簡稱：LC/MS 分析) 對所得到的 4mPCCzPBfpm 進行質量 (MS) 分析。

[0845] 在 LC/MS 分析中，利用沃特斯 (Waters) 公司製造的 Acquity UPLC 進行 LC (液相層析法) 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 ($2.1 \times 100\text{mm}$, $1.7\mu\text{m}$) ，柱溫為 40°C 。在流動相中，作為流動相 A 使用乙腈，作為流動相 B 使用 0.1% 甲酸水溶液。另外，以任意濃度將 4mPCCzPBfpm 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 $5.0\mu\text{L}$ 。

[0846] 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 $m/z=653.23$ 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, 所測定的質量範圍是 $m/z=100$ 至 1200 。圖 64 示出利用飛行時間 (TOF) 型 MS 檢測被解離的子離子的結果。

[0847] 由圖 64 的結果可知, 4mPCCzPBfpm 主要在 $m/z=575$ 、 481 、 407 、 329 、 241 附近檢測出子離子。由於圖 64 所示的結果示出來源於 4mPCCzPBfpm 的典型的結果, 所以可以說是確定包含於混合物中的 4mPCCzPBfpm 時的重要資料。

[0848] $m/z=575$ 附近的子離子被估計為 4mPCCzPBfpm 中的苯基脫離生成的陽離子, $m/z=481$ 附近的子離子被估計為來源於 4mPCCzPBfpm 中的苯并咪唑并嘧啶基脫離的狀態的陽離子, $m/z=407$ 附近的子離子被估計為苯基從該陽離子進一步脫離的狀態的陽離子, $m/z=329$ 附近的子離子被估計為苯基從該陽離子進一步脫離的狀態的陽離子, $m/z=241$ 附近的子離子被估計為咪唑環裂解而苯胺脫離生成的陽離子, 這些資料示出 4mPCCzPBfpm 包含二苯基聯咪唑的資料。

[0849] 接著, 圖 65 示出甲苯溶液中的 4mPCCzPBfpm 的吸收光譜及發射光譜, 圖 66 示出薄膜狀態下的 4mPCCzPBfpm 的吸收光譜及發射光譜。

[0850] 甲苯溶液中的 4mPCCzPBfpm 的吸收光譜及發射光譜以及薄膜狀態的 4mPCCzPBfpm 的吸收光譜及發射

光譜的測定方法與實施例 1 相同。

[0851] 由此可知，4mPCCzPBfpm 的甲苯溶液中的吸收波長在 350nm 附近及 380nm 附近具有肩峰，極大發射波長為 496nm 附近（激發波長 355nm）。此外，薄膜的極大吸收波長為 310nm 附近，最大發射波長為 533nm 附近（激發波長 359nm）。

[0852] 在大氣中利用光電子分光光度裝置（日本理研計器株式會社製造，AC-3）測定薄膜狀態下的 4mPCCzPBfpm 的游離電位值。將所測得的游離電位值換算為負值，可知 4mPCCzPBfpm 的 HOMO 能階為 -5.74eV 。由圖 66 的薄膜的吸收光譜的資料可知，從假定為直接躍遷的 Tauc 曲線算出的 4mPCCzPBfpm 的吸收端為 2.97eV 。由此，可以將固體狀態的 4mPCCzPBfpm 的光學能隙推測為 2.97eV ，根據在前面得到的 HOMO 能階及該能隙的值，可以將 4mPCCzPBfpm 的 LUMO 能階推測為 -2.77eV 。如此，可知固體狀態的 4mPCCzPBfpm 具有 2.97eV 的寬能隙。

[0853] 接著，藉由循環伏安法（CV）測定 4mPCCzPBfpm 的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）。注意，測定與實施例 1 相同。

[0854] 由 CV 測定的結果可知，4mPCCzPBfpm 的氧化電位為 0.68V ，還原電位為 -1.92V 。藉由 CV 測定而算出的 4mPCCzPBfpm 的 HOMO 能階為 -5.62eV ，LUMO 能階為 -3.02eV 。由此可知，4mPCCzPBfpm 具有低 LUMO 能

階及較高的 HOMO 能階。

實施例 7

[0855] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的以通式 (G0) 表示的化合物之一的 4-[3-(9'-苯基-2,3'-聯-9H-呋啶-9-基) 苯基] 苯并呋喃并 [3,2-d] 嘧啶 (簡稱：4mPCCzPBfp-m-02) (結構式 (103)) 的合成方法及該化合物的特性進行說明。

[0856]

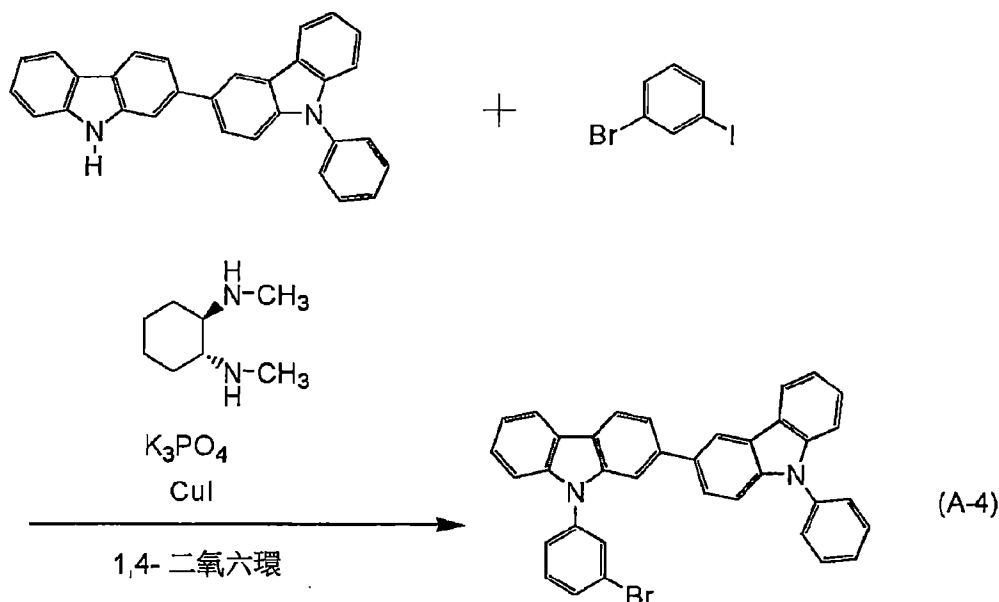
<合成實例 4>

《步驟 1：9-(3-溴苯基)-9'-苯基-2,3'-聯-9H-呋啶的合成》

首先，將 5.0g (12mmol) 的 9-苯基-2,3'-聯-9H-呋啶、4.3g (18mmol) 的 3-溴碘苯、3.9g (18mmol) 的磷酸三鉀放入具備回流管的三頸燒瓶中，對燒瓶內進行氮置換。對該混合物添加 100mL 的二氧六環、0.21g (1.8mmol) 的反-N,N'-二甲基環己烷-1,2-二胺、0.18g (0.92mmol) 的碘化銅，在氮氣流下以 120℃ 進行 32 小時的加熱攪拌並使其起反應。利用甲苯對所得到的反應物進行萃取。利用飽和食鹽水洗滌所得到的萃取液，添加硫酸鎂，並進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，作為展開溶劑使用比例從甲苯:己烷=1:4 逐漸變化而最終成為甲苯:己烷=1:2 的混合溶劑藉由矽膠管柱層析法進行純化，由此得到 4.9g 的目的物 (產率：70%，黃色固體)。

下面通式 (A-4) 示出步驟 1 的合成方案。

[0857]



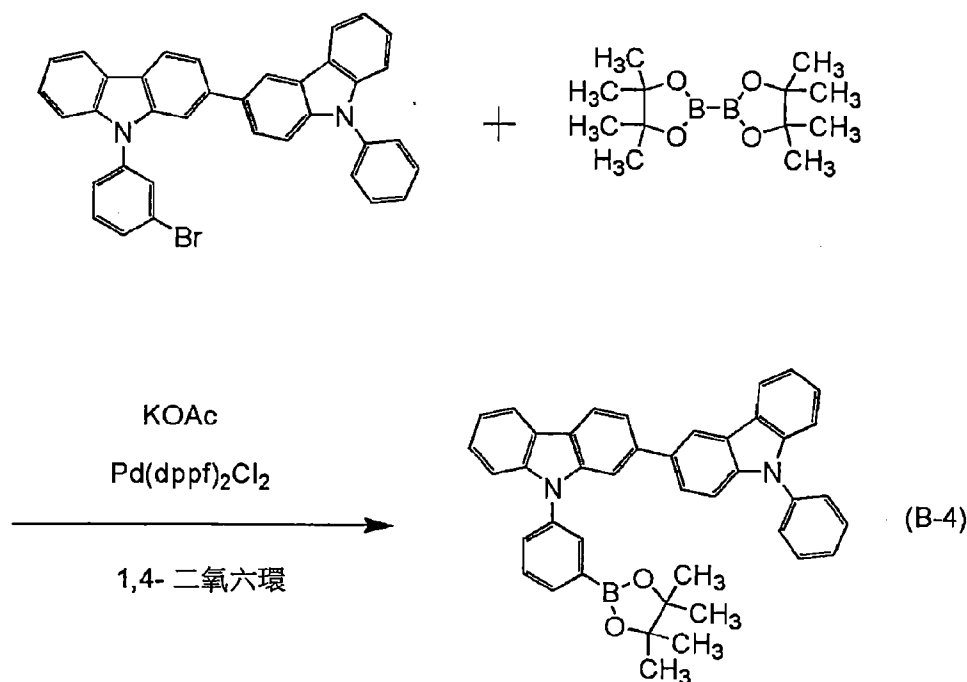
[0858]

《步驟 2：9-[3-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二雜氧戊硼烷)-2-基]苯基]-9'-苯基-2,3'-聯-9H-咔唑的合成》

接著，將在上述步驟 1 中合成的 4.8g (8.5mmol) 的 9-(3-溴苯基)-9'-苯基-2,3'-聯-9H-咔唑、2.8g (11mmol) 的聯硼酸頻那醇酯、2.5g (26mmol) 的醋酸鉀放入三頸燒瓶中，對該燒瓶內進行氮置換，放入 90mL 的 1,4-二氧六環、0.35g (0.43mmol) 的 [1,1'-雙(二苯基膦基)二茂鐵]二氯化鈣 (II)，以 100℃ 進行 2 小時 30 分鐘的加熱攪拌。利用甲苯對所得到的反應物進行萃取。利用飽和食鹽水洗滌所得到的萃取液，添加硫酸鎂，並進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，以甲苯:己烷 = 1:2 為展開溶劑藉由中性矽膠管柱層析法進行純化，得到

2.6g 的目的物（產率：48%，黃色固體）。下面通式（B-4）示出步驟 2 的合成方案。

[0859]



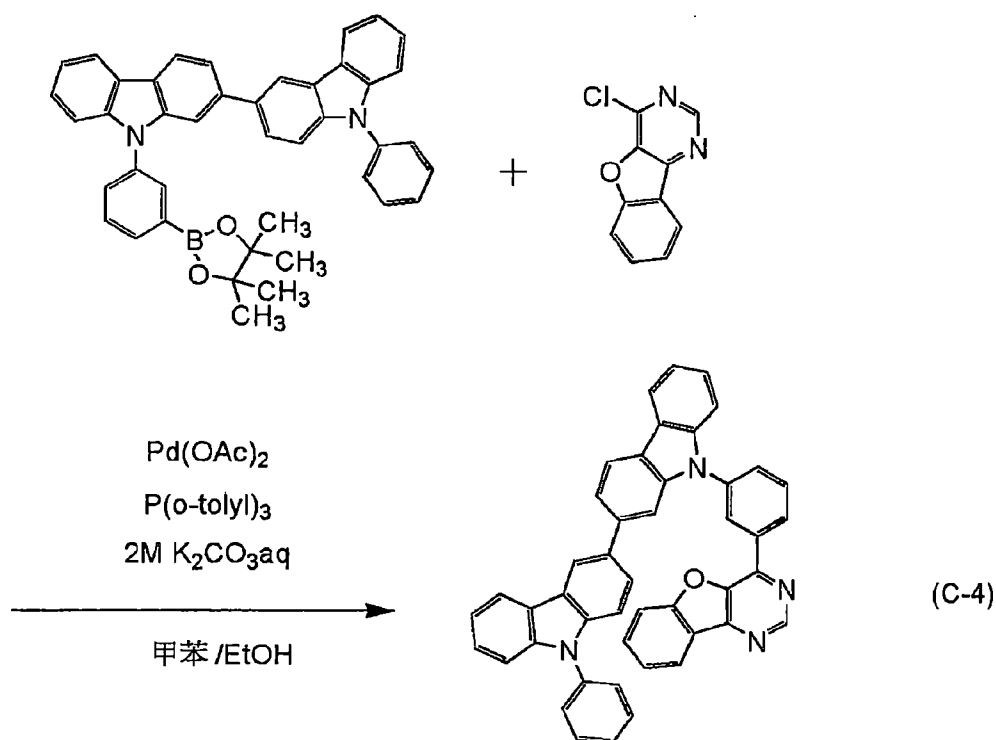
[0860]

《步驟 3：4mPCCzPBfpm-02 的合成》

接著，將 0.72g (3.5mmol) 的 4-氯[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶、在上述步驟 2 的合成法中合成的 2.6g (4.2mmol) 的 9-[3-(4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二雜氧戊硼烷-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-聯-9H-呋唑、2mL 的 2M 碳酸鉀水溶液、18mL 的甲苯、2mL 的乙醇放入具備回流管的三頸燒瓶中，對該燒瓶內進行氮置換，放入 16mg (0.071mmol) 的醋酸鉍 (II)、43mg (0.14mmol) 的三(2-甲基苯基)膦（簡稱：P(o-tolyl)₃），以 90℃ 進行 28 小時的加熱攪拌。對所得到的反應物進行過濾，利用水及乙醇對過濾物進行洗滌。使所得到的過濾物溶解於熱甲

苯，並對以矽藻土、矽膠、矽藻土的順序填充的助濾劑進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，利用甲苯和乙醇的混合溶劑進行重新結晶，由此得到 1.7g 的目的物的 4mPCCzPBfpm-02（產率：72%，黃色固體）。利用梯度昇華法對該 1.7g 的黃色固體進行昇華純化。昇華純化的條件為如下：在壓力為 2.8Pa 且氬氣體的流量為 5mL/min 的狀態下，以 290℃ 對黃色固體進行加熱。在昇華純化後，以 64% 的回收率得到 1.1g 的目的物的黃白色固體。下面通式（C-4）示出步驟 3 的合成方案。

[0861]



[0862] 另外，下面示出在上述步驟 3 中得到的黃白色固體的利用核磁共振分光法（¹H-NMR）的測定結果。圖 67 示出 ¹H-NMR 圖。由該結果可知，在本合成實例 4 中，得到本發明的一個實施方式的 4mPCCzPBfpm-02。

[0863] $^1\text{H-NMR}$ δ (CDCl_3) : 7.21–7.25 (m, 1H) 、 7.34–7.50 (m, 9H) 、 7.53 (d, 2H) 、 7.57–7.60 (t, 3H) 、 7.73 (d, 2H) 、 7.88–7.92 (m, 3H) 、 8.08 (d, 1H) 、 8.22 (d, 1H) 、 8.25–8.28 (t, 2H) 、 8.42 (ds, 1H) 、 8.68 (ms, 1H) 、 8.93 (s, 1H) 、 9.29 (s, 1H) 。

[0864]

<4mPCCzPBfpm-02 的特性>

接著，利用液相層析-質譜分析 (Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 簡稱：LC/MS 分析) 對所得到的 4mPCCzPBfpm-02 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 (液相層析法) 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 ($2.1 \times 100\text{mm}$, $1.7\mu\text{m}$)，柱溫為 40°C 。在流動相中，作為流動相 A 使用乙腈，作為流動相 B 使用 0.1% 甲酸水溶液。另外，以任意濃度將 4mPCCzPBfpm-02 溶解於甲苯中，並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時，將注入量設定為 $5.0\mu\text{L}$ 。

[0866] 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 $m/z=653.23$ 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, 所測定的質量範圍是 $m/z=100$ 至 1200 。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。

[0867] 由圖 68 的結果可知, 4mPCCzPBfpm-02 主要在 $m/z=575$ 、 407 、 330 附近檢測出子離子。由於圖 68 所示的結果示出來源於 4mPCCzPBfpm-02 的典型的結果, 所以可以說是確定包含於混合物中的 4mPCCzPBfpm-02 時的重要資料。

[0868] $m/z=575$ 附近的子離子被估計為 4mPCCzPBfpm-02 中的苯基脫離生成的陽離子, $m/z=407$ 附近的子離子被估計為 4mPCCzPBfpm-02 中的苯基及苯并呋喃并嘧啶脫離的狀態的陽離子, $m/z=330$ 附近的子離子被估計為苯基從該陽離子進一步脫離的狀態的陽離子, 這些資料表示 4mPCCzPBfpm-02 包含二苯基聯吡啶。

[0869] 接著, 圖 69 示出甲苯溶液中的 4mPCCzPBfpm-02 的吸收光譜及發射光譜, 圖 70 示出薄膜狀態下的 4mPCCzPBfpm-02 的吸收光譜及發射光譜。

[0870] 甲苯溶液中的 4mPCCzPBfpm-02 的吸收光譜及發射光譜以及薄膜狀態的 4mPCCzPBfpm-02 的吸收光譜及發射光譜的測定方法與實施例 1 相同。

[0871] 由此可知, 4mPCCzPBfpm-02 的甲苯溶液中的極大吸收波長為 305nm 附近及 325nm 附近, 極大發射

波長為 459nm 附近（激發波長為 343nm）。此外，薄膜的極大吸收波長為 310nm 附近及 325nm 附近，最大發射波長為 500nm 附近（激發波長為 360nm）。

[0872] 在大氣中利用光電子分光光度裝置（日本理研計器株式會社製造，AC-3）測定薄膜狀態下的 4mPCCzPBfpm-02 的游離電位值。將所測得的游離電位值換算為負值，可知 4mPCCzPBfpm-02 的 HOMO 能階為 -5.86eV 。由圖 70 的薄膜的吸收光譜的資料可知，從假定為直接躍遷的 Tauc 曲線算出的 4mPCCzPBfpm-02 的吸收端為 3.43eV 。由此，可以將固體狀態的 4mPCCzPBfpm-02 的光學能隙推測為 3.43eV ，根據在前面得到的 HOMO 能階及該能隙的值，可以將 4mPCCzPBfpm-02 的 LUMO 能階推測為 -2.43eV 。如此，可知固體狀態的 4mPCCzPBfpm-02 具有 3.43eV 的寬能隙。

[0873] 接著，藉由循環伏安法（CV）測定 4mPCCzPBfpm-02 的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）。注意，測定與實施例 1 相同。

[0874] 由 CV 測定的結果可知，4mPCCzPBfpm-02 的氧化電位為 0.74V ，還原電位為 -1.92V 。藉由 CV 測定而算出的 4mPCCzPBfpm-02 的 HOMO 能階為 -5.68eV ，LUMO 能階為 -3.02eV 。由此可知，4mPCCzPBfpm-02 具有低 LUMO 能階及較高的 HOMO 能階。

實施例 8

[0875] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的以通式 (G0) 表示的化合物之一的 4-(9'-苯基-2,3'-聯-9H-呋唑-9-基) 苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶 (簡稱：4PCCzBfpm-02) (結構式 (134)) 的合成方法及該化合物的特性進行說明。

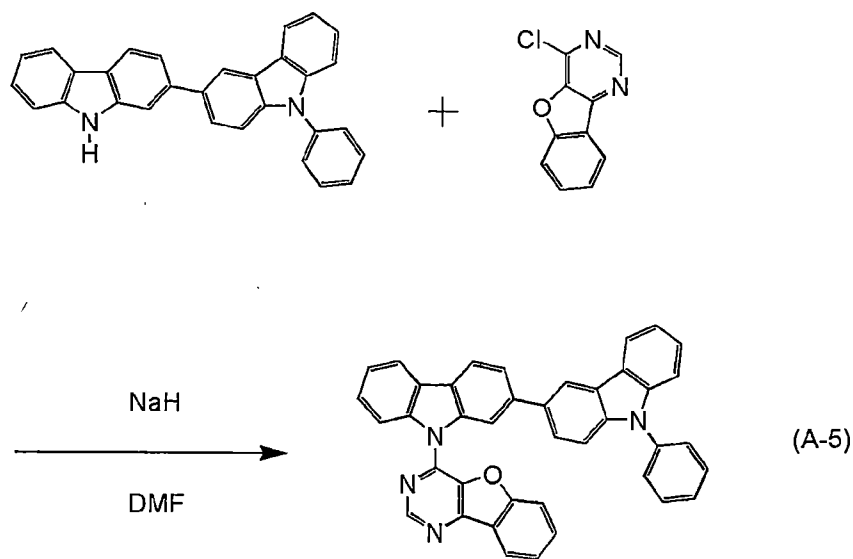
[0876]

<合成實例 5>

《4PCCzBfpm-02 的合成》

首先，在以氮置換的三頸燒瓶中放入 0.24g (6.0mmol) 的氫化鈉 (60%)，一邊攪拌一邊滴入 20mL 的 N,N-二甲基甲醯胺 (簡稱：DMF)。將燒瓶冷卻到 0℃，滴入 1.8g (4.4mmol) 的 9'-苯基-2,3'-聯-9H-呋唑和 20mL 的 DMF 的混合液，在室溫下進行 30 分鐘的攪拌並使其起反應。在攪拌後，將容器冷卻到 0℃，添加 0.82g (4.0mmol) 的 4-氯[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶和 20mL 的 DMF 的混合液，在室溫下進行 20 小時的攪拌。將所得到的反應液體放入冰水中，對還添加有甲苯的混合溶液利用甲苯進行萃取。利用飽和食鹽水對萃取液進行洗滌，添加硫酸鎂，進行過濾。蒸餾而去除所得到的濾液的溶劑，藉由將甲苯用作展開溶劑的矽膠管柱層析法進行純化。藉由利用甲苯和乙醇的混合溶劑使其重新結晶，得到 1.6g 的目的物的 4PCCzBfpm-02 (產率：65%，黃白色固體)。下面通式 (A-5) 示出本步驟的合成方案。

[0877]



[0878] 利用梯度昇華法將以上述合成法合成的 2.6g 的 4PCCzBfp_m-02 的黃白色固體昇華純化。昇華純化中，在壓力為 2.5Pa 且氬氣流量為 10mL/min 的條件下以 290℃ 對黃白色固體進行加熱。在昇華純化後，以 81% 的回收率得到 2.1g 的目的物的黃白色固體。

[0879] 另外，下面示出在上述步驟中得到的黃白色固體的利用核磁共振分光法 (¹H-NMR) 的測定結果。圖 71 示出 ¹H-NMR 圖。由該結果可知，在本合成實例 5 中，得到本發明的一個實施方式的 4PCCzBfp_m-02。

[0880] ¹H-NMR δ (CDCl₃) : 7.26–7.30 (m, 1H)、7.41–7.51 (m, 6H)、7.57–7.63 (m, 5H)、7.72–7.79 (m, 4H)、7.90 (d, 1H)、8.10–8.12 (m, 2H)、8.17 (d, 1H)、8.22 (d, 1H)、8.37 (d, 1H)、8.41 (ds, 1H)、9.30 (s, 1H)。

[0881]

<4PCCzBfp_m-02 的特性>

接著，利用液相層析-質譜分析 (簡稱：LC/MS 分

析) 對所得到的 4PCCzBfpm-02 進行質量 (MS) 分析。

[0882] 在 LC/MS 分析中, 利用沃特斯公司製造的 Acquity UPLC 進行 LC (液相層析法) 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 ($2.1 \times 100 \text{ mm}$, $1.7 \mu\text{m}$), 柱溫為 40°C 。在流動相中, 作為流動相 A 使用乙腈, 作為流動相 B 使用 0.1% 甲酸水溶液。另外, 以任意濃度將 4PCCzBfpm-02 溶解於甲苯中, 並且利用乙腈稀釋來調節樣本。此時, 將注入量設定為 $5.0 \mu\text{L}$ 。

[0883] 在 MS 分析中, 藉由電灑游離法 (簡稱: ESI) 進行離子化。此時, 將毛細管電壓設定為 3.0 kV , 將樣本錐孔電壓設定為 30 V , 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 $m/z=577.20$ 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 50 eV 。另外, 所測定的質量範圍是 $m/z=100$ 至 1200 。圖 72 示出利用飛行時間 (TOF) 型 MS 檢測被解離的子離子的結果。

[0884] 由圖 72 的結果可知, 4PCCzBfpm-02 主要在 $m/z=550$ 、 434 、 408 、 307 附近檢測出子離子。由於圖 72 所示的結果示出來源於 4PCCzBfpm-02 的典型的結果, 所以可以說是確定包含於混合物中的 4PCCzBfpm-02 時的重要資料。

[0885] $m/z=550$ 附近的子離子被估計為 4PCCzBfpm-

02 中的嘓啖環裂解而腓脫離生成的陽離子， $m/z=434$ 附近的子離子被估計為該陽離子進一步裂解而苯并呋喃基脫離生成的陽離子，這些資料示出 4PCCzBfpm-02 包含苯并呋喃并嘓啖基。 $m/z=408$ 附近的子離子被估計為 4PCCzBfpm-02 中的苯并呋喃并嘓啖基脫離的狀態的陽離子，這些資料示出 4PCCzBfpm-02 包含苯基聯呋啞。

[0886] 接著，圖 73 示出甲苯溶液中的 4PCCzBfpm-02 的吸收光譜及發射光譜，圖 74 示出薄膜狀態下的 4PCCzBfpm-02 的吸收光譜及發射光譜。

[0887] 甲苯溶液中的 4PCCzBfpm-02 的吸收光譜及發射光譜以及薄膜狀態的 4PCCzBfpm-02 的吸收光譜及發射光譜的測定方法與實施例 1 相同。

[0888] 由此可知，4PCCzBfpm-02 的甲苯溶液中的極大吸收波長為 305nm 附近及 325nm 附近，極大發射波長為 452nm 附近（激發波長為 354nm）。此外，薄膜的極大吸收波長為 310nm 附近及 330nm 附近，最大發射波長為 475nm 附近（激發波長為 360nm）。

[0889] 在大氣中利用光電子分光光度裝置（日本理研計器株式會社製造，AC-3）測定薄膜狀態下的 4PCCzBfpm-02 的游離電位值。將所測得的游離電位值換算為負值，可知 4PCCzBfpm-02 的 HOMO 能階為 -5.78eV 。由圖 74 的薄膜的吸收光譜的資料可知，從假定為直接躍遷的 Tauc 曲線算出的 4PCCzBfpm-02 的吸收端為 3.32eV 。由此，可以將固體狀態的 4PCCzBfpm-02 的光

學能隙推測為 3.32eV ，根據在前面得到的 HOMO 能階及該能隙的值，可以將 4PCCzBfpm-02 的 LUMO 能階推測為 -2.46eV 。如此，可知固體狀態的 4PCCzBfpm-02 具有 3.32eV 的寬能隙。

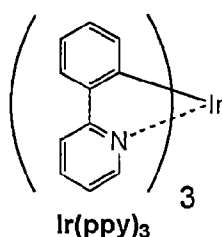
[0890] 接著，藉由循環伏安法（CV）測定 4PCCzBfpm-02 的電化學特性（氧化反應特性及還原反應特性）。注意，測定與實施例 1 相同。

[0891] 由 CV 測定的結果可知，4PCCzBfpm-02 的氧化電位為 0.82V ，還原電位為 -2.10V 。藉由 CV 測定而算出的 4PCCzBfpm-02 的 HOMO 能階為 -5.76eV ，LUMO 能階為 -2.84eV 。由此可知，4PCCzBfpm-02 具有低 LUMO 能階及較高的 HOMO 能階。

實施例 9

[0892] 在本實施例中，對包含本發明的一個實施方式的化合物的發光元件的製造實例及該發光元件的特性進行說明。在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖與圖 47 相同。此外，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。

[0893]



[0894]

[表 7]

	層	元件符號	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)	10	BPhen	—
		118(1)	20	4mPCCzPBfpm	—
	發光層	160(2)	20	4mPCCzPBfpm : PCCP : Ir(ppy) ₃	0.8:0.2: 0.05
		160(1)	20	4mPCCzPBfpm : PCCP : Ir(ppy) ₃	0.5:0.5: 0.05
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	—
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
發光 元件 6	電極	101	70	ITS0	—
	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	4mPCCzPBfpm-02	—
	發光層	160(2)	20	4mPCCzPBfpm-02 : PCCP : Ir(ppy) ₃	0.8:0.2: 0.05
		160(1)	20	4mPCCzPBfpm-02 : PCCP : Ir(ppy) ₃	0.5:0.5: 0.05
	電洞傳輸層	112	20	PCCP	—
發光 元件 7	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITS0	—
	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	4PCCzBfpm-02	—
	發光層	160(2)	20	4PCCzBfpm-02 : PCCP : Ir(ppy) ₃	0.8:0.2: 0.05
		160(1)	20	4PCCzBfpm-02 : PCCP : Ir(ppy) ₃	0.5:0.5: 0.05
發光 元件 7	電洞傳輸層	112	20	PCCP	—
	電洞注入層	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	電極	101	70	ITS0	—

[0895]

<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 ($2\text{mm}\times 2\text{mm}$)。

[0896] 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 60nm 的方式進行共蒸鍍。

[0897] 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。

[0898] 接著，作為發光層 160，在電洞傳輸層 112 上以 4mPCCzPBfpm 與 PCCP 與 Ir(ppy)_3 的重量比 ($4\text{mPCCzPBfpm} : \text{PCCP} : \text{Ir(ppy)}_3$) 為 0.5 : 0.5 : 0.05 且厚度為 20nm 的方式進行共蒸鍍，然後，以重量比 ($4\text{mPCCzPBfpm} : \text{PCCP} : \text{Ir(ppy)}_3$) 為 0.8 : 0.2 : 0.05 且厚度為 20nm 的方式進行共蒸鍍。此外，在發光層 160 中， Ir(ppy)_3 是發射磷光的客體材料。

[0899] 接著，作為電子傳輸層 118，在發光層 160 上依次蒸鍍厚度為 10nm 的 4mPCCzPBfpm 和厚度為 15nm 的 BPhen。接著，作為電子注入層 119，在電子傳輸層 118 上蒸鍍厚度為 1nm 的 LiF。

[0900] 接著，作為電極 102，在電子注入層 119 上以 200nm 的厚度形成鋁 (Al)。

[0901] 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。密封方法與發光元件 1 相同。藉由上述製程得到發光元件 5。

[0902]

《發光元件 6 及 7 的製造》

發光元件 6 與上述發光元件 5 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 5 相同。

[0903] 作為發光元件 6 的發光層 160，以 4mPCCzPBfpm-02 與 PCCP 與 Ir(ppy)₃ 的重量比 (4mPCCzPBfpm-02 : PCCP : Ir(ppy)₃) 為 0.5 : 0.5 : 0.05 且厚度為 20nm 的方式進行共蒸鍍，然後，以重量比 (4mPCCzPBfpm-02 : PCCP : Ir(ppy)₃) 為 0.8 : 0.2 : 0.05 且厚度為 20nm 的方式進行共蒸鍍。接著，作為電子傳輸層 118，在發光層 160 上依次蒸鍍厚度為 10nm 的 4mPCCzPBfpm-02 及厚度為 15nm 的 BPhen。

[0904] 作為發光元件 7 的發光層 160，4PCCzBfpm-02 與 PCCP 與 Ir(ppy)₃ 的重量比 (4PCCzBfpm-02 : PCCP : Ir(ppy)₃) 為 0.5 : 0.5 : 0.05 且厚度為 20nm 的方式進行共蒸鍍，然後以重量比 (4PCCzBfpm-02 : PCCP : Ir(ppy)₃) 為 0.8 : 0.2 : 0.05 且厚度為 20nm 的方式進行共蒸鍍。接著，作為電子傳輸層 118，在發光層 160 上依次蒸鍍厚度為 10nm 的 4PCCzBfpm-02 及厚度為 15nm 的 BPhen。

[0905]

<發光元件的特性>

圖 75 示出所製造的發光元件 5 至 7 的電流效率-亮度特性。此外，圖 76 示出亮度-電壓特性。另外，圖 77 示出外部量子效率-亮度特性。各發光元件的測定在室溫（保持為 23℃ 的氛圍）下進行。另外，圖 78 示出以 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 的電流密度使電流流過發光元件 5 至 7 中時的電致發射光譜。注意，測定方法與實施例 3 相同。

[0906] 表 8 示出 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 附近的發光元件 5 至 7 的元件特性。

[0907]

[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	3.1	1.80	(0.35, 0.61)	860	48	48	14
發光元 件 6	3.5	1.69	(0.36, 0.60)	1090	65	58	19
發光元 件 7	3.5	1.47	(0.33, 0.62)	890	60	54	17

[0908] 如圖 75 至圖 77 及表 8 所示，發光元件 5 至 7 具有高電流效率及外部量子效率。發光元件 5 至 7 的外部量子效率的最大值分別為 14.4%、18.5%及 16.9%，這是優異的數值。發光元件 5 至 7 即使在高亮度一側，效率的降低（衰減）也少，這結果是優異的。

[0909] 如圖 78 所示，發光元件 5 至 7 發射電致發射光譜的峰值波長分別為 519nm、544nm 及 516nm 且半峰全

寬分別為 87nm、79nm 及 93nm 的綠色光。由所得到的電致發射光譜可知，該綠色發光是從作為客體材料的 Ir(ppy)_3 發射光。

[0910] 發光元件 5 至 7 在 1000cd/m^2 附近以低驅動電壓亦即分別以 3.1V、3.5V 及 3.5V 驅動，所以具有優異的電力效率。

[0911]

<S1 能階及 T1 能階的測定>

這裡，算出用作發光層 160 的主體材料的本發明的一個實施方式的化合物的 4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02 及 4PCCzBfpm-02 的 S1 能階及 T1 能階進行測定。測定方法與實施例 3 相同。圖 79 示出 4mPCCzPBfpm 的發射光譜的測定結果，圖 80 示出 4mPCCzPBfpm-02 的發射光譜的測定結果，圖 81 示出 4PCCzBfpm-02 的發射光譜的測定結果。

[0912] 由上述測定的發射光譜的結果可知，4mPCCzPBfpm 的發射光譜的螢光成分及磷光成分的最短波長一側的峰值（包括肩峰）的波長分別為 488nm 及 496nm。此外，4mPCCzPBfpm-02 的發射光譜的螢光成分及磷光成分的最短波長一側的峰值（包括肩峰）的波長分別為 470nm 及 496nm。此外，4PCCzBfpm-02 的發射光譜的螢光成分及磷光成分的最短波長一側的峰值波長（包括肩峰）分別為 458nm 及 495nm。

[0913] 因此，從上述峰值（包括肩峰）的波長算出

的 4mPCCzPBfpm 的 S1 能階為 2.54eV，T1 能階為 2.50eV，S1 能階與 T1 能階的能量差為 0.04eV。此外，4mPCCzPBfpm-02 的 S1 能階為 2.64eV，T1 能階為 2.50eV，S1 能階與 T1 能階的能量差為 0.14eV。4PCCzBfpm-02 的 S1 能階為 2.71eV，T1 能階為 2.51eV，S1 能階與 T1 能階的能量差為 0.20eV。

[0914] 由此，4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02 及 4PCCzBfpm-02 的 S1 能階與 T1 能階之間的能量差非常小，亦即大於 0eV 且為 0.2eV 以下。

[0915] 因此，由於可以使用近於三重激發態的能量形成單重態，所以可以減少主體材料（4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02 或 4PCCzBfpm-02）的單重態的能量與 Ir(ppy)₃ 的三重態的能量的能量差。因此，發光元件 5 至 7 成為以低電壓驅動的發光元件。

[0916] 4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02 及 4PCCzBfpm-02 的發射光譜中的磷光成分的最短波長一側的峰值波長比發光元件 5 至 7 的電致發射光譜的峰值波長短。此外，4mPCCzPBfpm、4mPCCzPBfpm-02 及 4PCCzBfpm-02 由於具有高 T1 能階，所以適用於將發射綠色發光的磷光材料用作客體材料的發光元件。

[0917] 如上所述，藉由使用本發明的一個實施方式的化合物及客體材料，可以製造具有高發光效率的發光元件。此外，可以製造驅動電壓低且耗電量得到降低的發光元件。

[0918] 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實施。

[0919]

(參考實例 1)

在本參考實例中，對在實施例 5 中用作客體材料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 }銦(III) (簡稱：Ir(mpptz-diBuCNp)₃)的合成方法進行說明。

[0920]

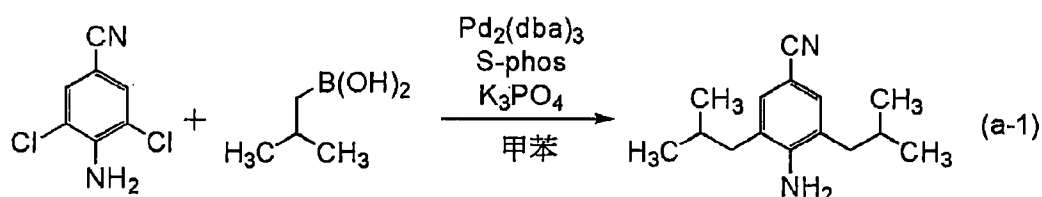
<合成實例 6>

《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 0.88g (0.96mmol) 的三(二亞苄基丙酮)鈦(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，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。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。下面通式（a-1）示出步驟 1 的合成方案。

[0921]



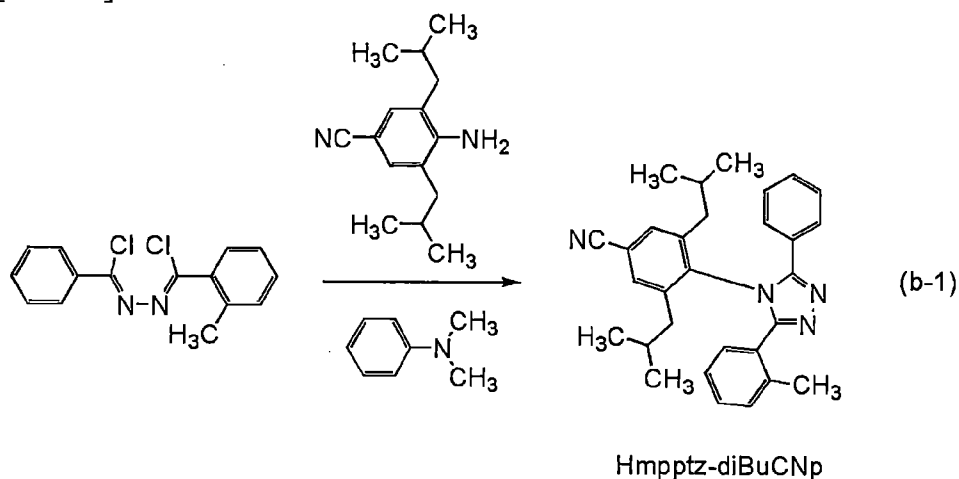
[0922]

《步驟 2：Hmpptz-diBuCNp 的合成》

將藉由步驟 1 合成的 11g（48mmol）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。將乙酸乙酯放入混合液，將有機層和水層分離，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 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)。下面通式 (b-1) 示出步驟 2 的合成方案。

[0923]



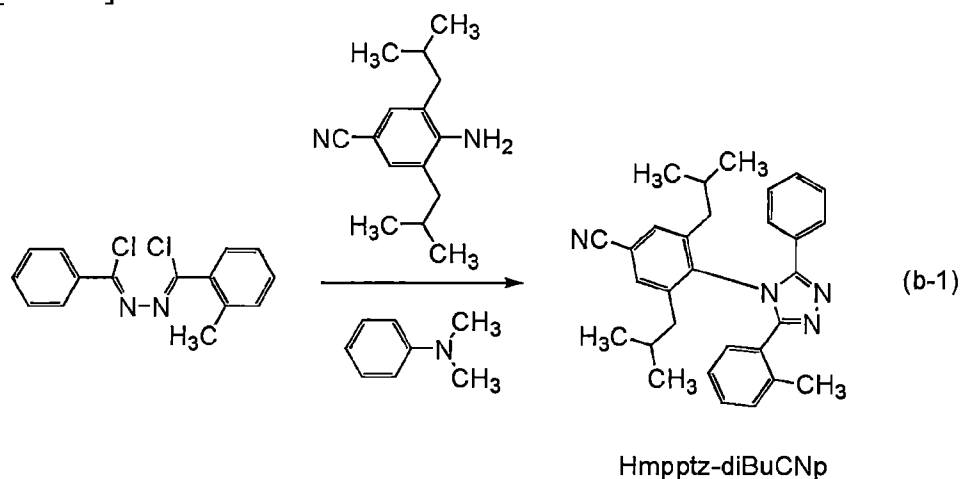
[0924]

《步驟 3: 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)銱 (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/己烷的混合溶劑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。下面通式 (c-1) 示出步驟 3 的合成方案。

[0925]



[0926] 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 (^1H) 進行了測定。以下示出所得到的值。

[0927] ^1H -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) 。

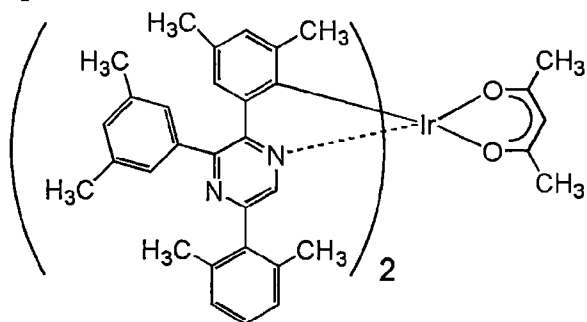
[0928]

(參考實例 2)

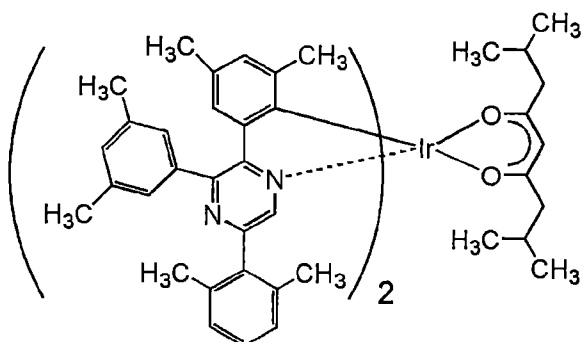
在本參考實例中，對適用於本發明的一個實施方式的

發光元件的磷光材料的有機金屬錯合物進行說明。以下示出在本參考實例中說明的有機金屬錯合物的結構及簡稱。

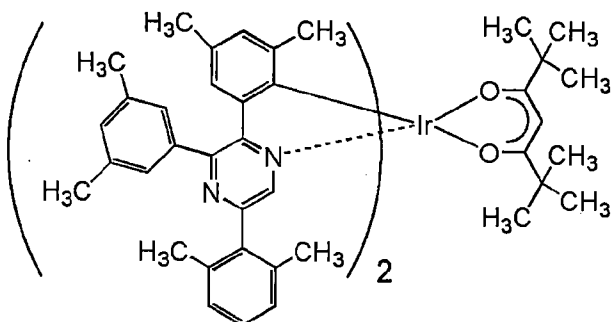
[0929]



Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)



Ir(dmdppr-dmp)₂(divm)



Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)

[0930] 為了測定雙{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- κ N]苯基- κ C}(2,4-戊二酮根- κ^2 O,O')銦(III)(簡稱: Ir(dmdppr-dmp)₂(acac))、雙{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- κ N]苯基- κ C}(2,8-二甲基-4,6-壬烷二酮- κ^2 O,O')銦(III)(簡

稱： $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{divm})$) 及雙 $\{2-[5-(2,6\text{-二甲基苯基})-3-(3,5\text{-二甲基苯基})-2\text{-吡嗪基}-\kappa\text{N}]-4,6\text{-二甲基苯基}-\kappa\text{C}\} (2,2,6,6\text{-四甲基}-3,5\text{-庚二酮}-\kappa^2\text{O},\text{O}')$ 銥 (III) (簡稱： $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$) 的熱物性，進行熱重測定-差熱分析 (TG-DTA：Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)。在測定中，使用高真空差式型差熱天平 (由 Bruker AXS 公司製造，TG-DTA 2410SA)。

[0931] 在大氣壓、低真空 (10Pa) 及高真空 ($1 \times 10^{-3}\text{Pa}$) 的壓力條件下將升溫速度設定為 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ ，測定升溫時的重量減少率。此外，在大氣壓下，在氮氣流 (流速為 $200\text{mL}/\text{min}$) 的條件下進行測定。此外，大氣壓下的分解溫度、低真空下的昇華溫度及高真空下的昇華溫度分別為重量減少 5% 的溫度。圖 82A 至圖 82C 及表 9 示出 TG-DTA 的測定結果。

[0932]

[表 9]

	大氣壓 分解溫度 ($^\circ\text{C}$)	低真空 昇華溫度 ($^\circ\text{C}$)	高真空 昇華溫度 ($^\circ\text{C}$)
$\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{acac})$	371	267	250
$\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{divm})$	361	241	240
$\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$	360	240	205

[0933] 由圖82A及表9的結果可知， $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{acac})$ 、 $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{divm})$ 及 $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ 的分解溫度為 371°C 、 361°C 及 350°C ，每個有機金屬錯合物都示出良好的耐熱性。

[0934] 如圖 82B、圖 82C 及表 9 的結果可知，在低真空及高真空的條件下，每個有機金屬錯合物的昇華溫度比分解溫度低出 100°C 以上，能夠昇華而不分解。其中， $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{divm})$ 及 $\text{Ir}(\text{dmdppr-dmp})_2(\text{dpm})$ 的昇華溫度低，具有良好的昇華性。

[0935] 如上所述，上述有機金屬錯合物由於具有良好的耐熱性及優異的昇華性，所以適合於真空蒸鍍法，適用於本發明的一個實施方式的發光元件。

【符號說明】

[0936]

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
 110：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
 120：發光層
 121：主體材料
 122：客體材料
 123B：發光層
 123G：發光層
 123R：發光層
 130：發光層
 131：材料
 132：主體材料

133：客體材料
 134：客體材料
 135：發光層
 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
 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
 252：發光元件
 260a：發光元件
 260b：發光元件
 262a：發光元件
 262b：發光元件
 300：有機半導體元件
 301：源極電極
 301_1：佈線
 301_5：佈線
 301_6：佈線
 301_7：佈線
 302：汲極電極
 302_1：佈線
 302_2：佈線
 303：閘極電極
 303_1：電晶體
 303_6：電晶體
 303_7：電晶體
 304：電容器

304_1：電容器

304_2：電容器

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

330：活性層

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：電容器
 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：周邊部
2000：觸控面板
2001：觸控面板
2501：顯示裝置
2502R：像素
2502t：電晶體
2503c：電容器
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：防反射層
 2567R：彩色層
 2570：基板
 2570a：絕緣層
 2570b：撓性基板
 2570c：黏合層
 2580R：發光模組
 2590：基板
 2591：電極
 2592：電極
 2593：絕緣層
 2594：佈線
 2595：觸控感測器
 2597：黏合層

- 2598：佈線
- 2599：連接層
- 2601：脈衝電壓輸出電路
- 2602：電流檢測電路
- 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：照相機

3508：照明

3600：燈

3602：外殼

3608：照明

3610：揚聲器

7101：外殼

7102：外殼

7103：顯示部

7104：顯示部

7105：麥克風

7106：揚聲器

7107：操作鍵

7108：觸控筆

7121：外殼

7122：顯示部

7123：鍵盤

7124：指向裝置

7200：頭戴顯示器

7201：安裝部

7202：鏡頭

7203：主體

7204：顯示部

7205：電 纜

7206：電 池

7300：照 相 機

7301：外 殼

7302：顯 示 部

7303：操 作 按 鈕

7304：快 門 按 鈕

7305：鍵 合 部

7306：鏡 頭

7400：取 景 器

7401：外 殼

7402：顯 示 部

7403：按 鈕

7701：外 殼

7702：外 殼

7703：顯 示 部

7704：操 作 鍵

7705：鏡 頭

7706：連 接 部

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

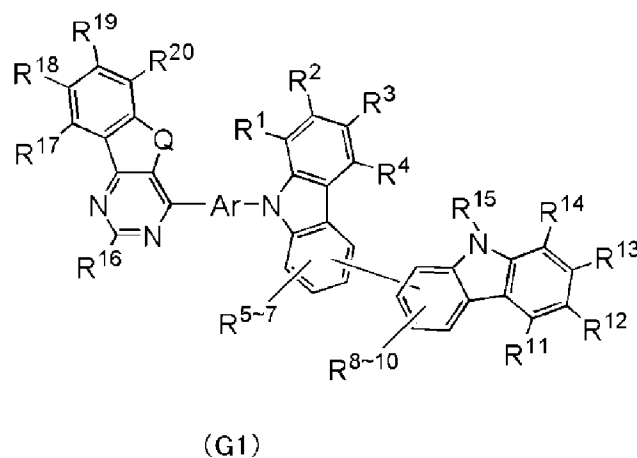
9721：顯示部

9722：顯示部

9723：顯示部

申請專利範圍

【請求項 1】一種如式(G1)所示之化合物，



其中：

Q 表示氧或硫；

R^1 至 R^{14} 分別獨立地表示氫、經取代或未經取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、經取代或未經取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基、和經取代或未經取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中之任一者；

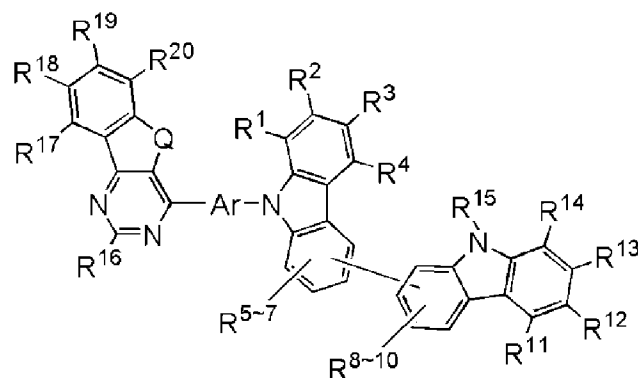
R^{15} 表示經取代或未經取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基；

R^{16} 至 R^{20} 分別表示氫；

Ar 表示對伸苯基；及

式(G1)中的聯吡啶骨架是 2,3'-雙-9H-吡啶骨架。

【請求項 2】一種如式(G1)所示之化合物，



(G1)

其中：

Q 表示氧；

R^{15} 表示經取代或未經取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基；

R^1 至 R^{14} 及 R^{16} 至 R^{20} 分別獨立地表示氫、經取代或未經取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、經取代或未經取代的碳原子數為 3 至 7 的環烷基、和經取代或未經取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中之任一者；

Ar 表示間伸苯基；及

式(G1)中的聯咪唑骨架是 2,3'-雙-9H-咪唑骨架。

【請求項 3】如請求項 1 或 2 之化合物，其中該化合物可發射包含延遲螢光的光。

【請求項 4】如請求項 1 或 2 之化合物，其中該化合物發射藍光。

【請求項 5】一種發光元件，其包括如請求項 1 或 2 之化合物。

【請求項 6】如請求項 5 之發光元件，其另外包括磷光材料。

【請求項 7】一種顯示裝置，其包括如請求項 5 之發光元件，其中該顯示裝置包括濾色片和電晶體中之至少一者。

【請求項 8】一種電子裝置，其包括如請求項 7 之顯示裝置，其中該電子裝置包括外殼和觸控感測器中之至少一者。

【請求項 9】一種照明設備，其包括如請求項 5 之發光元件，其中該照明設備包括外殼和觸控感測器中之至少一者。

【發明圖式】

圖 1A

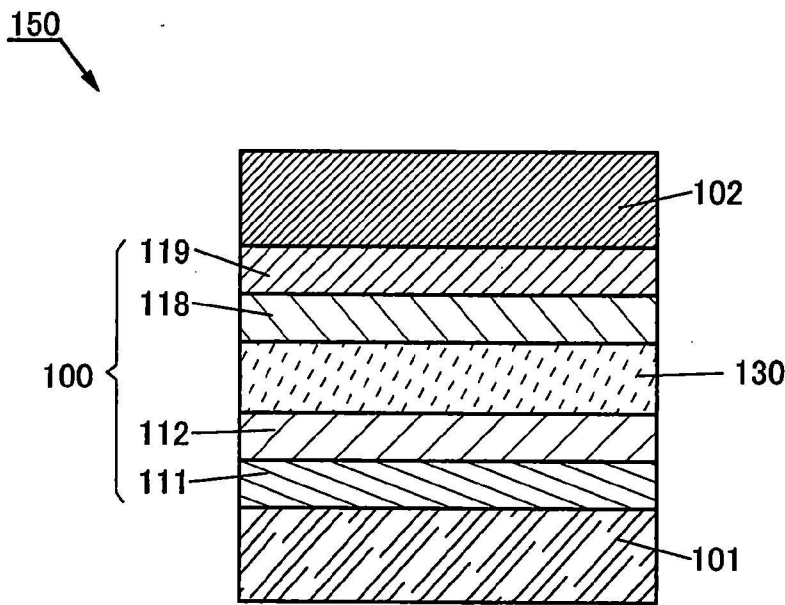


圖 1B

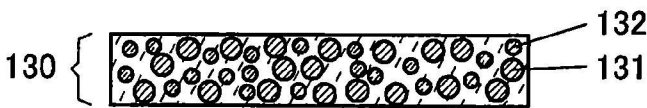


圖 1C

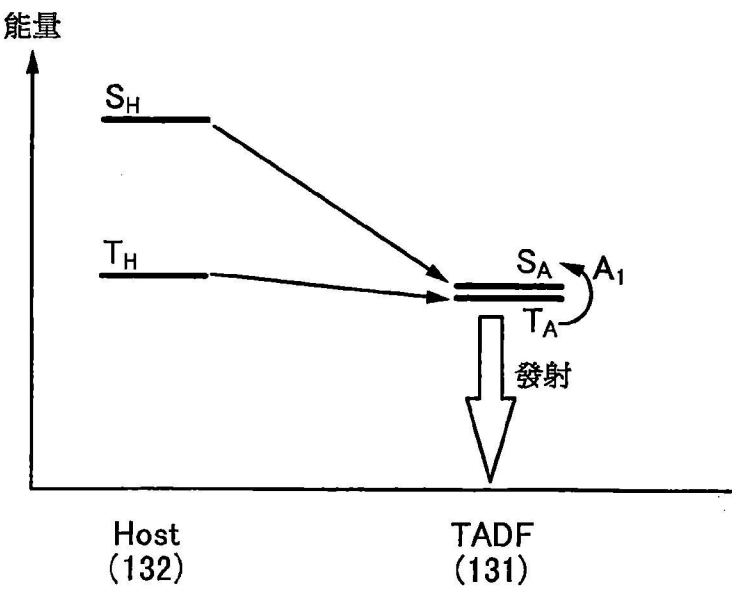


圖 2A

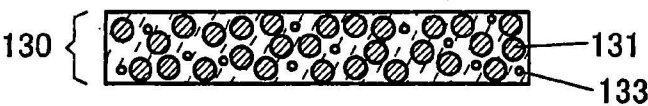


圖 2B

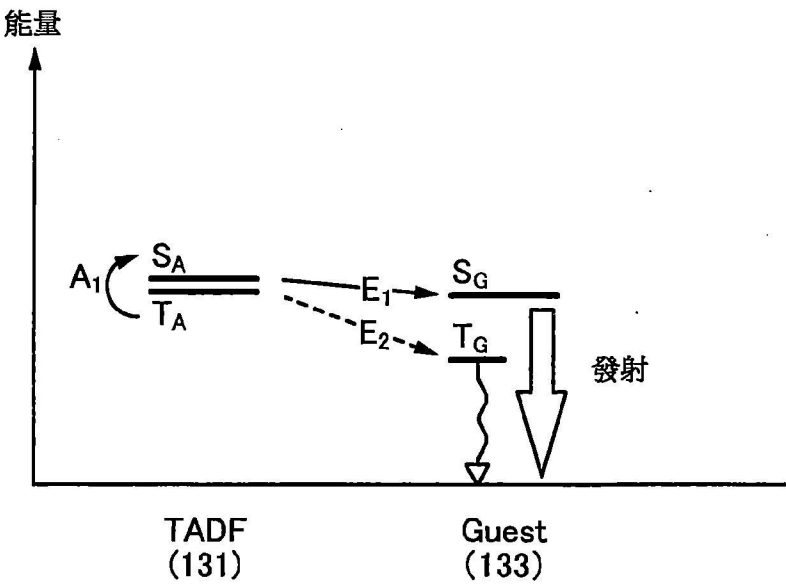


圖 3A

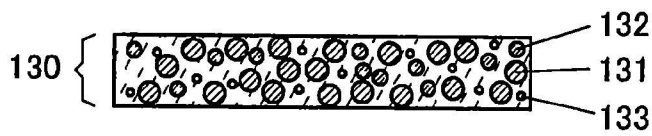


圖 3B

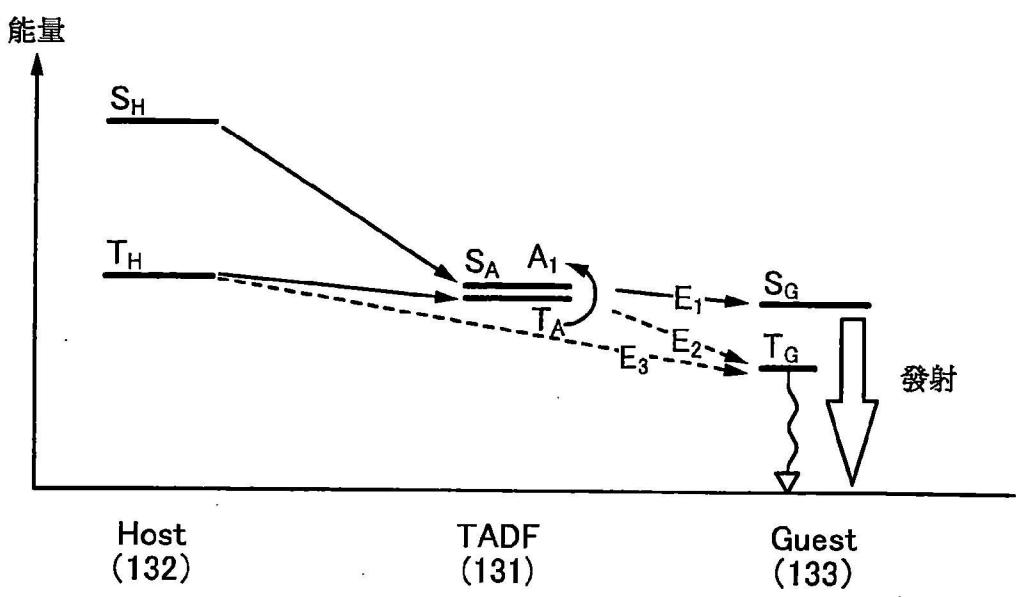


圖 4A

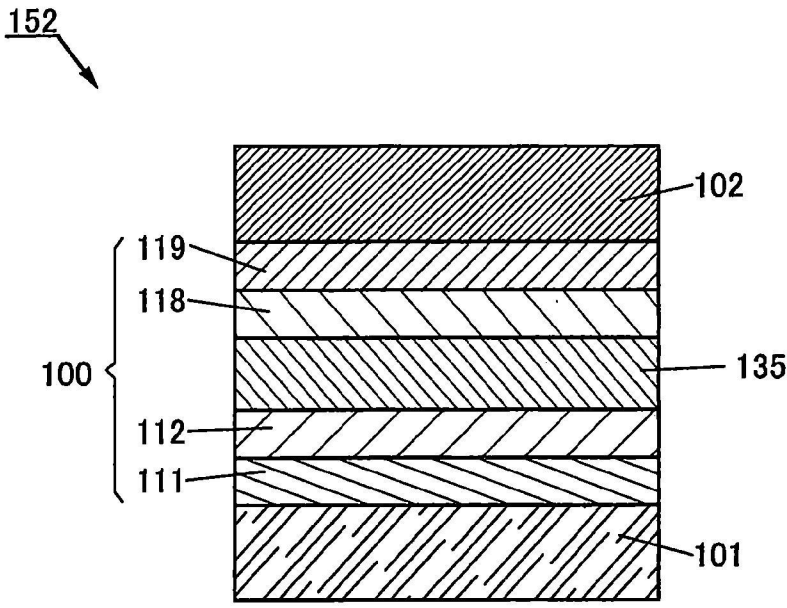


圖 4B

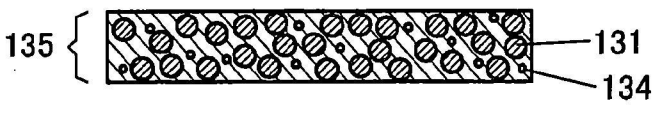


圖 4C

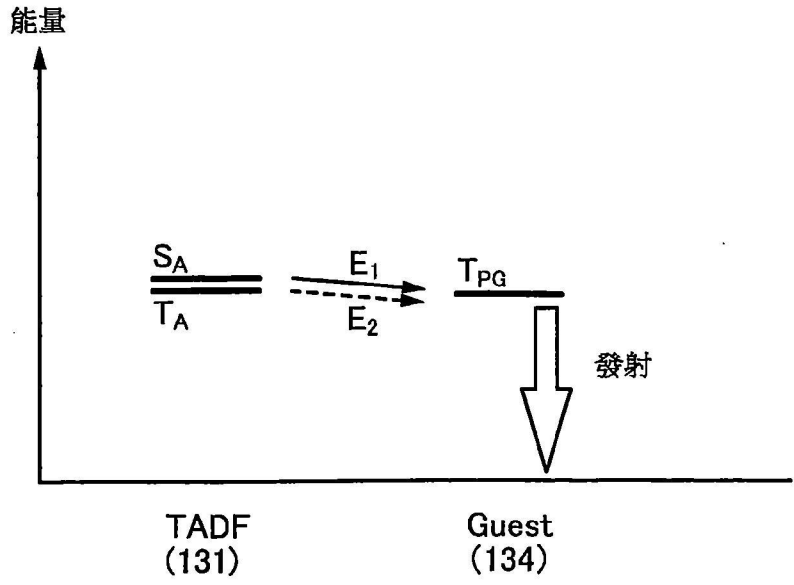


圖 5A

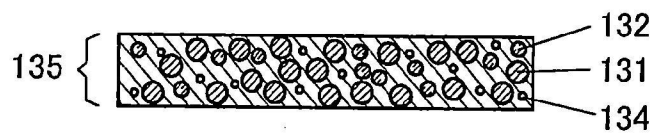


圖 5B

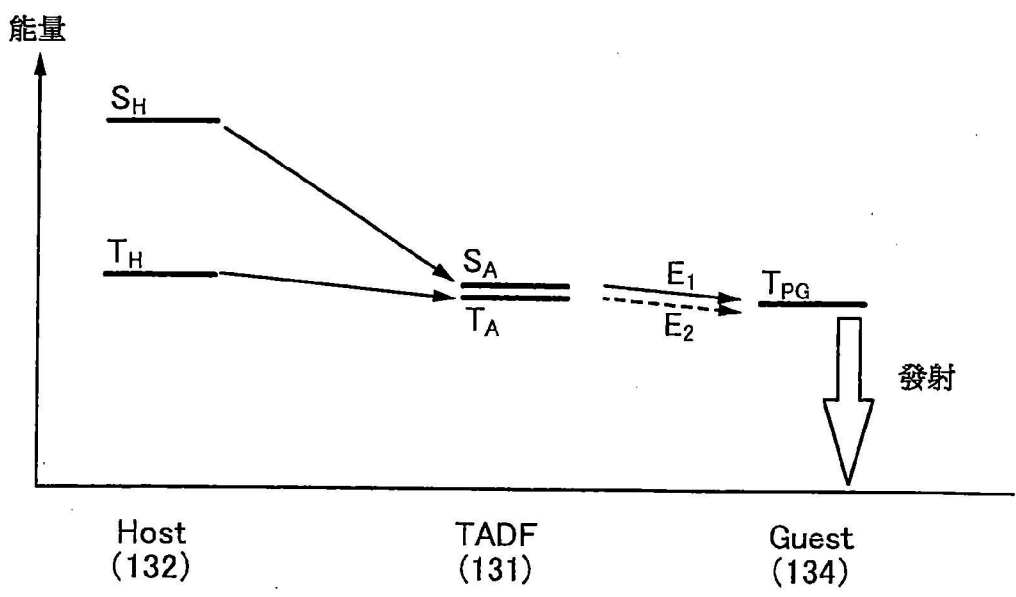


圖 6A

250

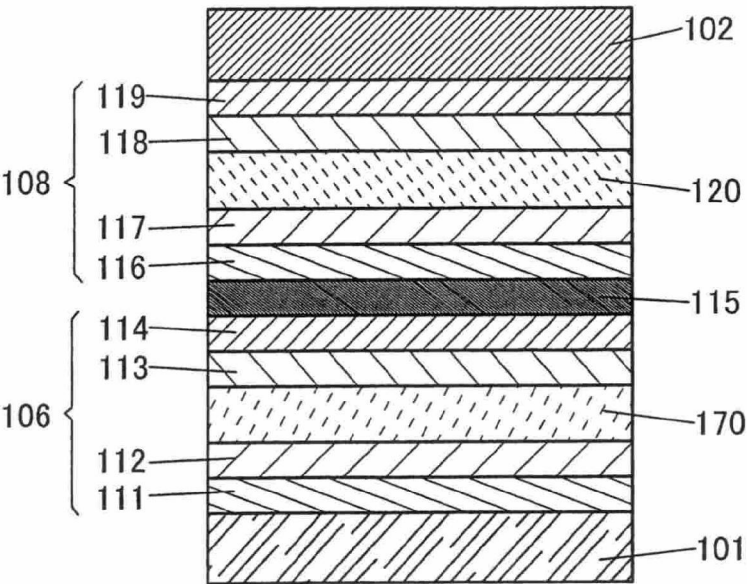


圖 6B

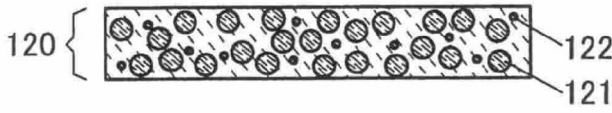


圖 6C

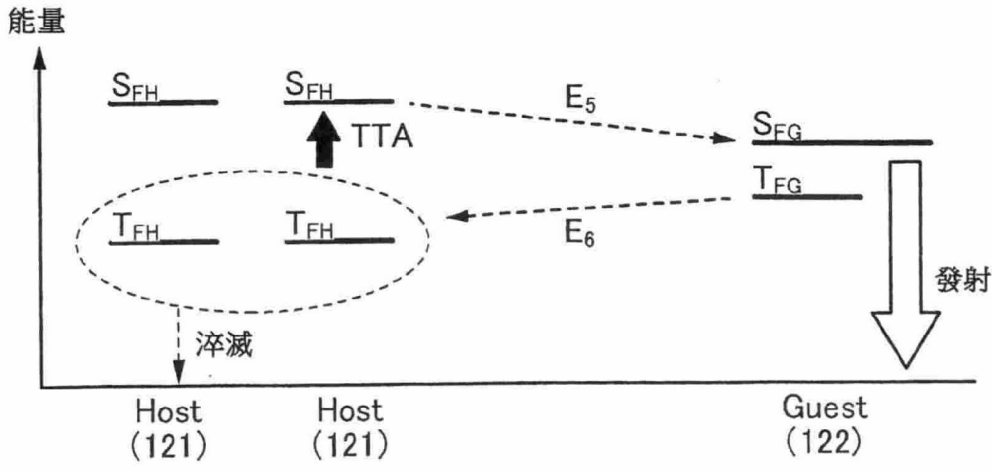


圖 7A

252

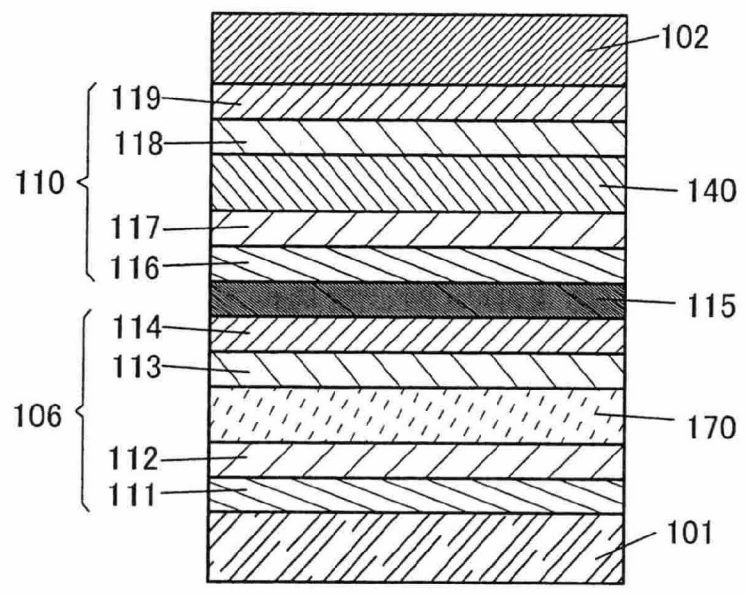


圖 7B

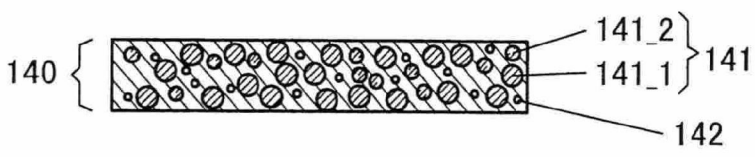


圖 7C

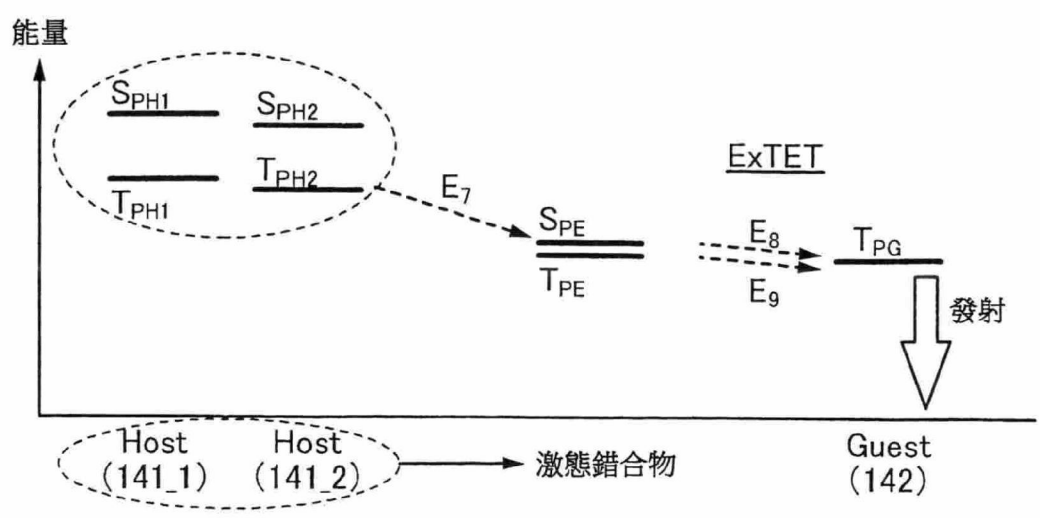


圖 8A

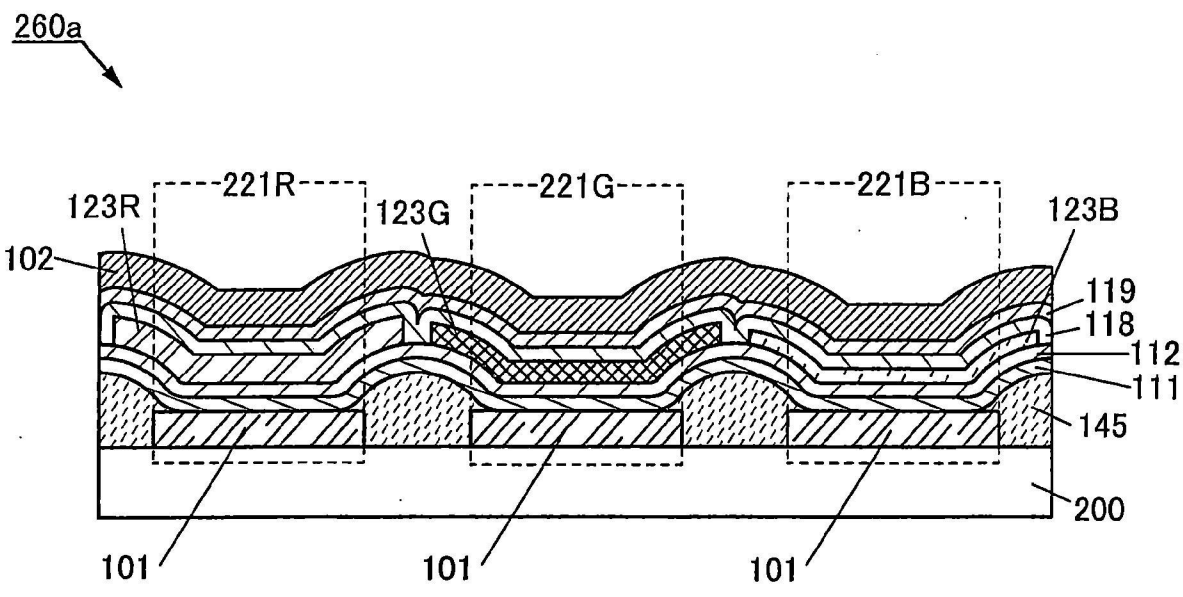


圖 8B

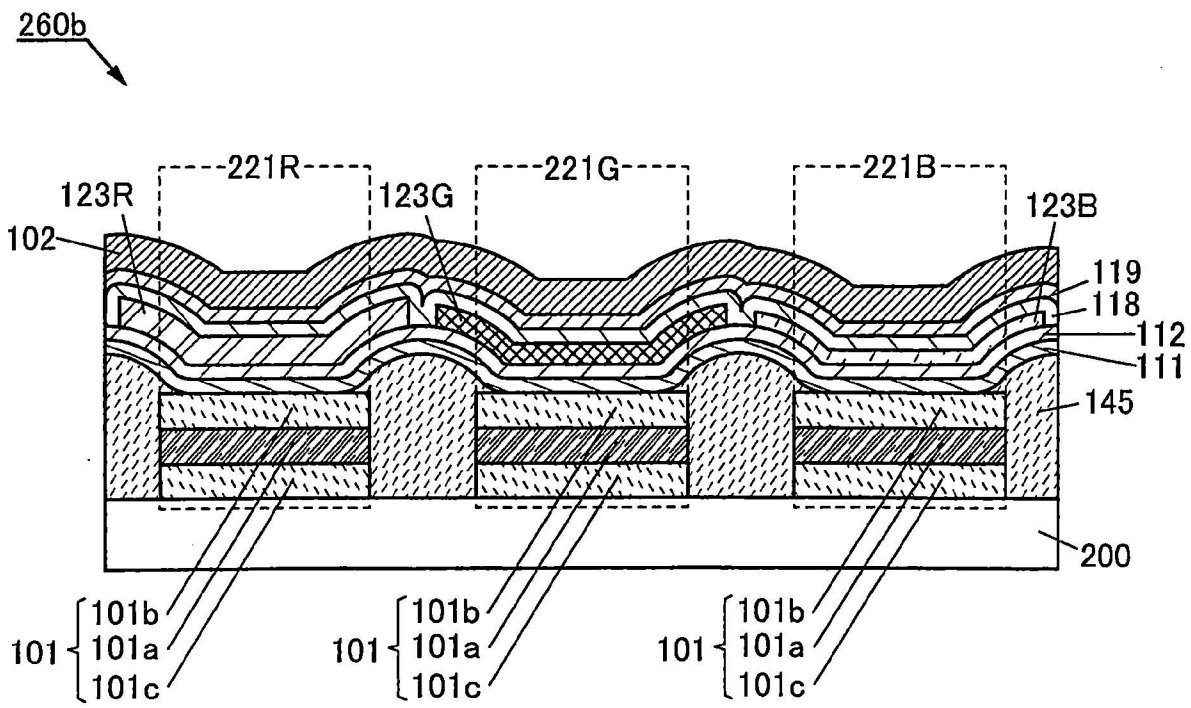


圖 9A

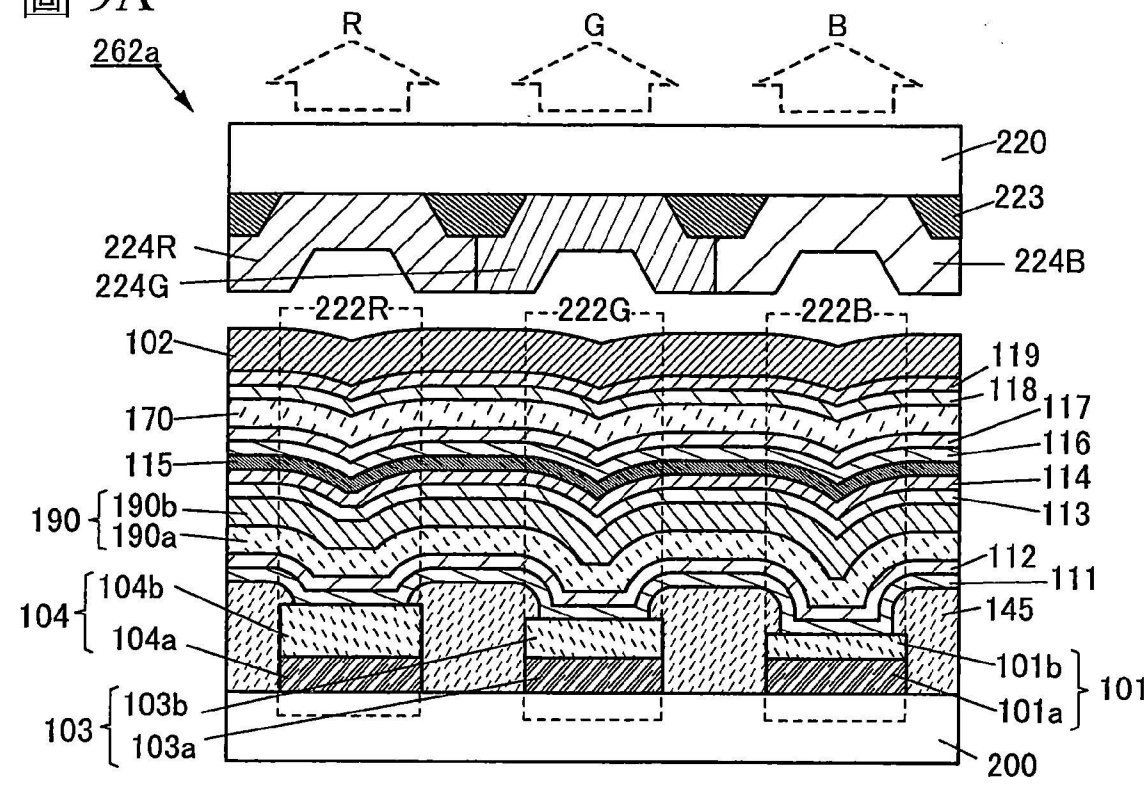


圖 9B

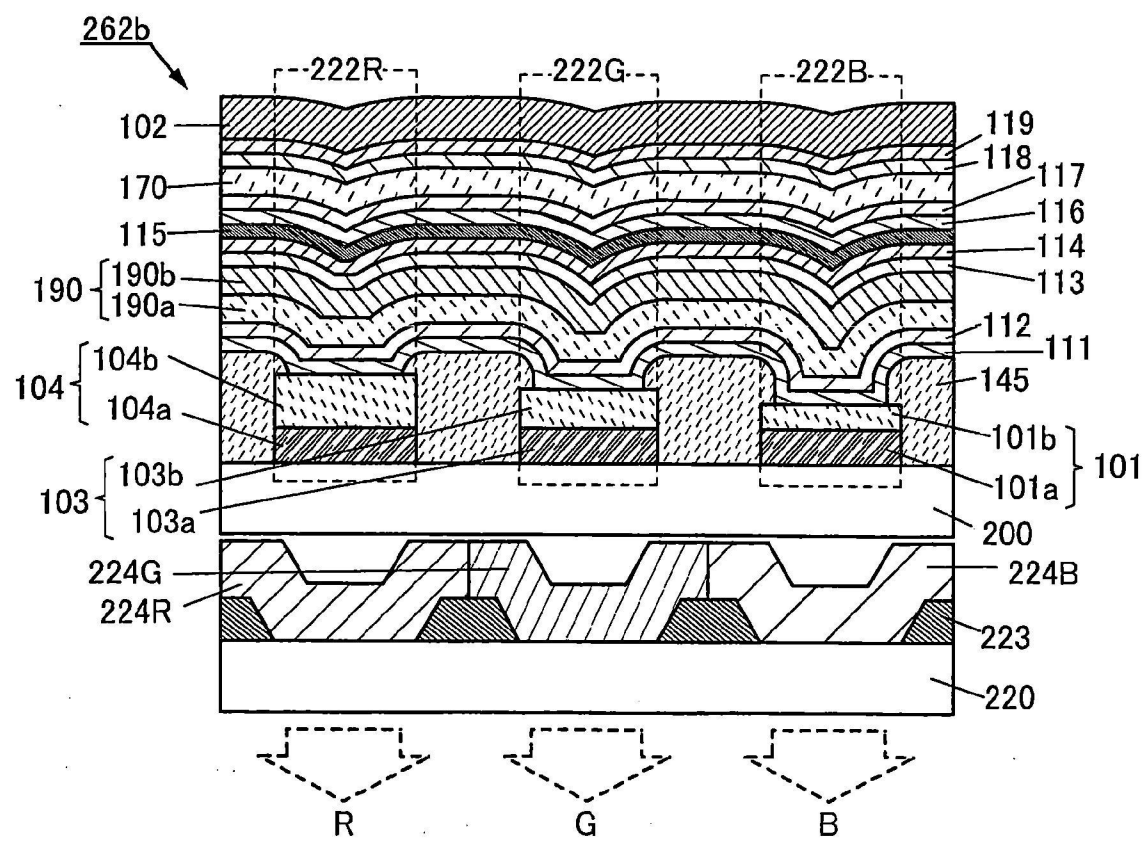


圖 10A

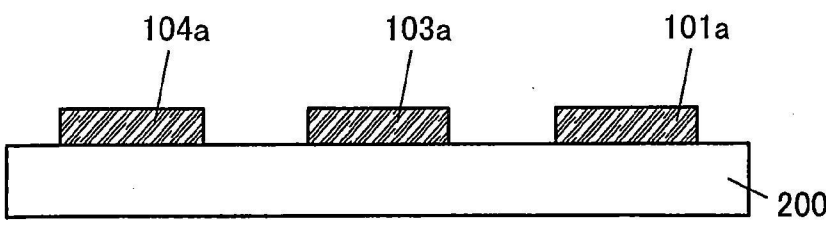


圖 10B

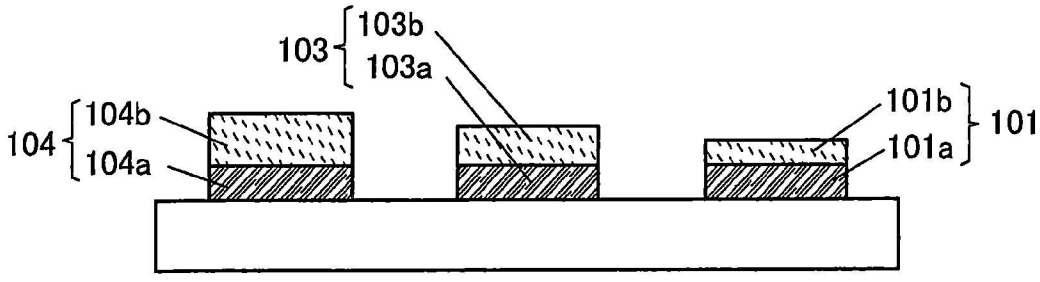


圖 10C

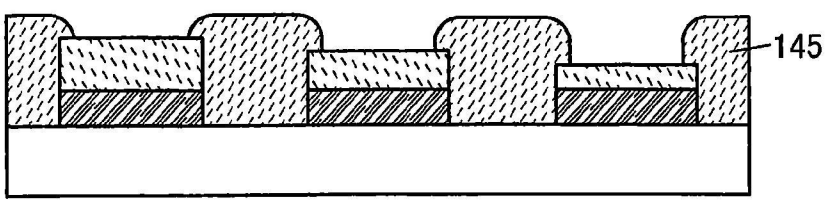


圖 11A

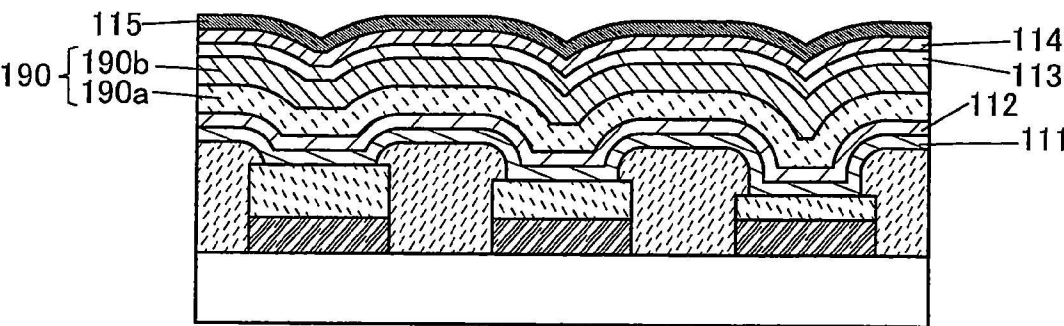


圖 11B

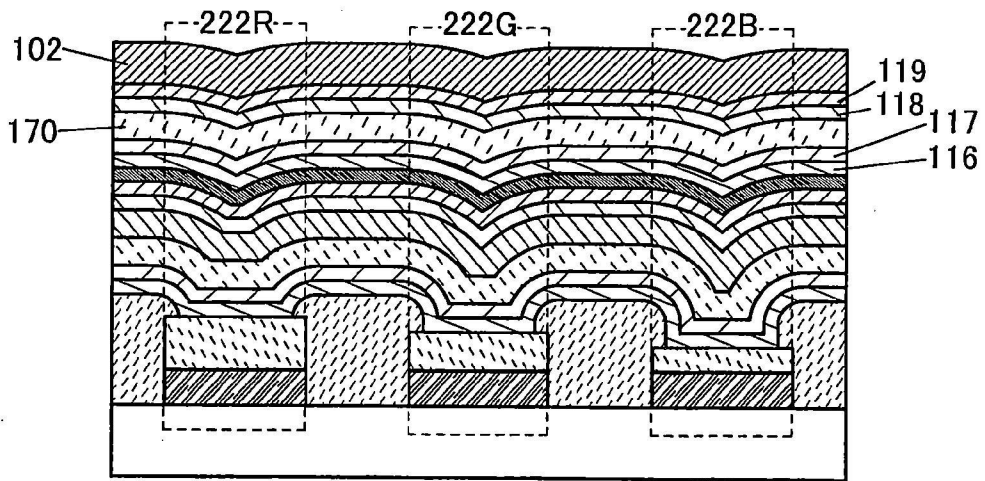


圖 11C

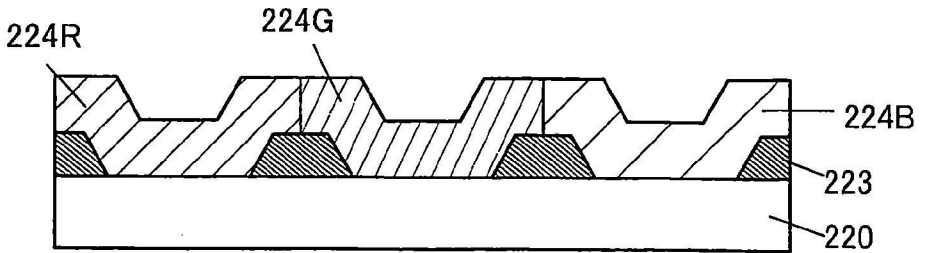


圖 12

300

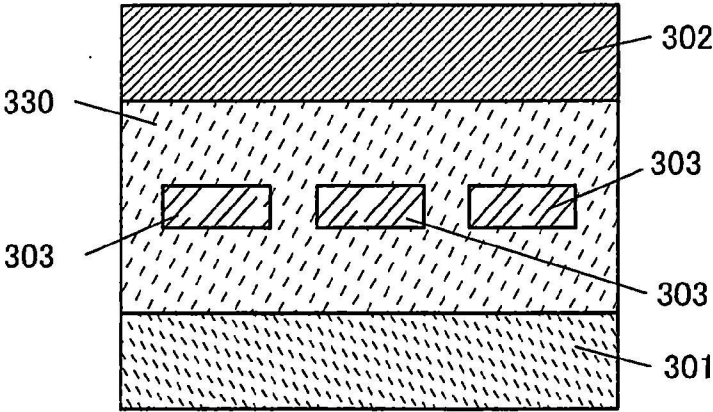


圖 13A

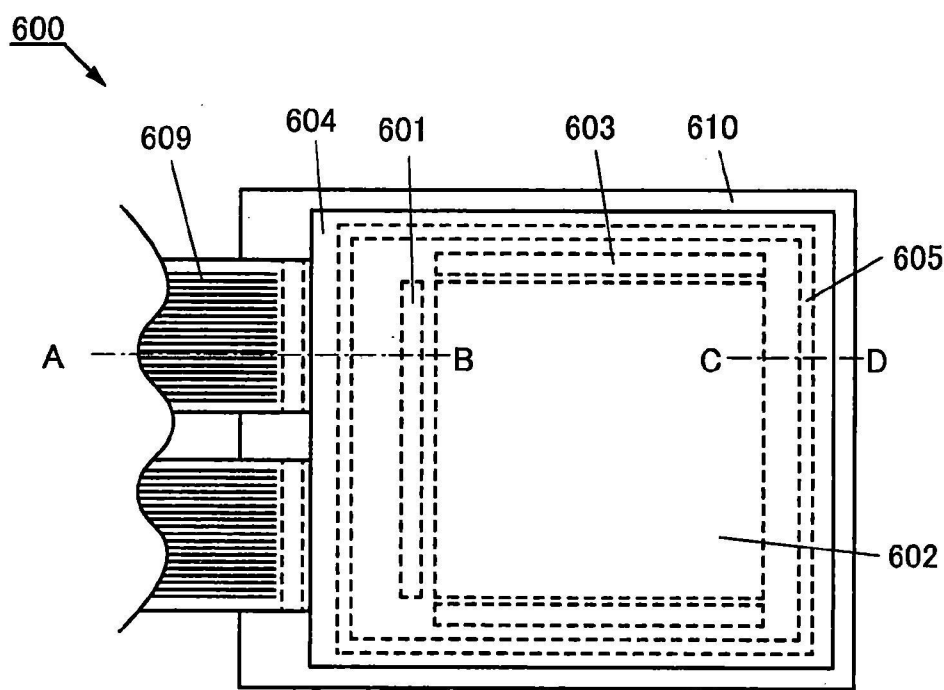


圖 13B

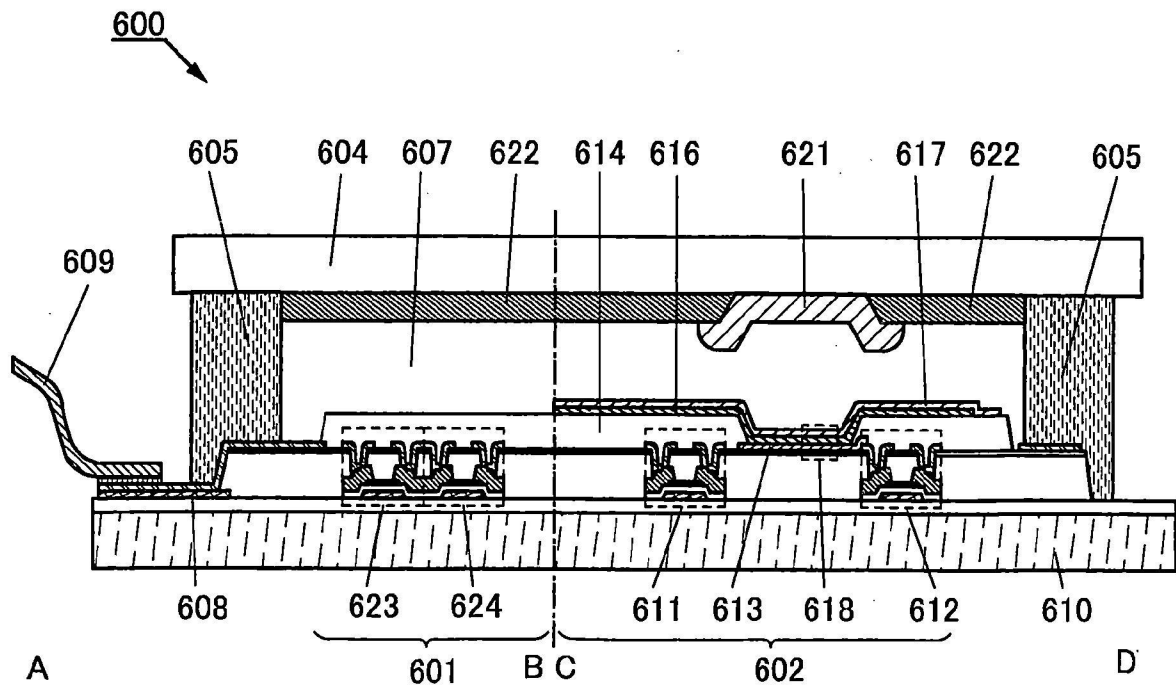


圖 14A

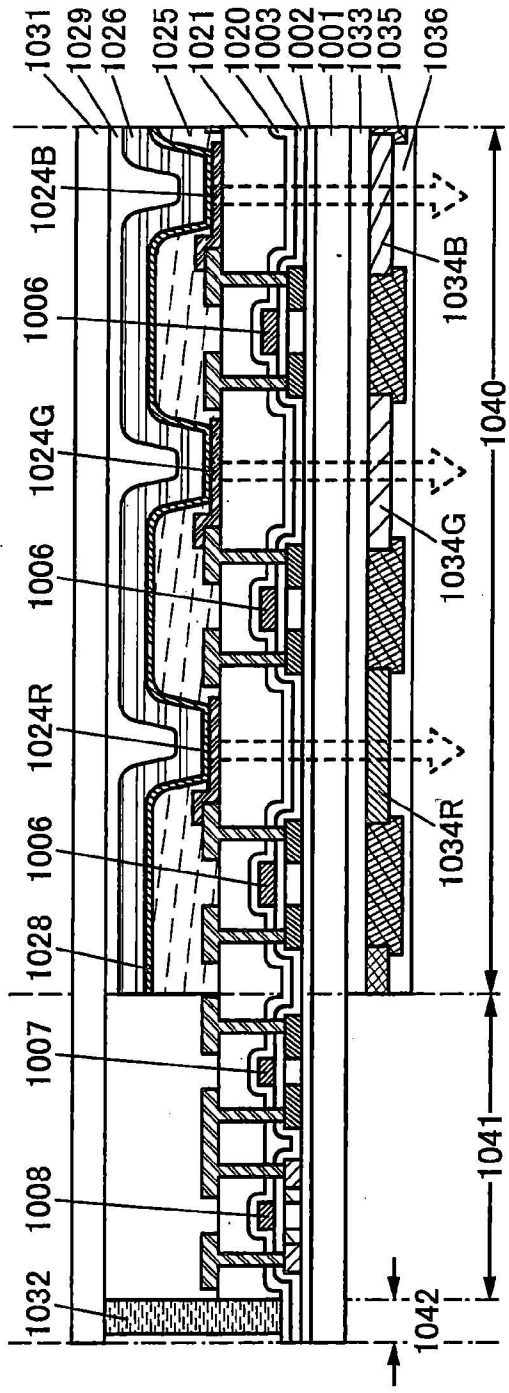


圖 14B

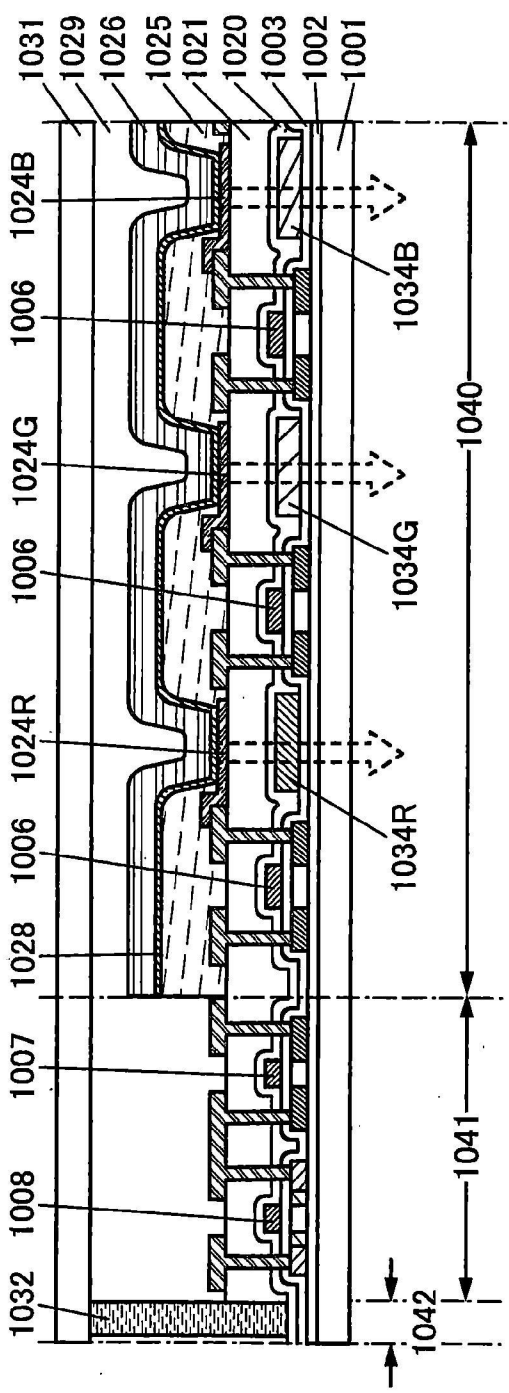


圖 15

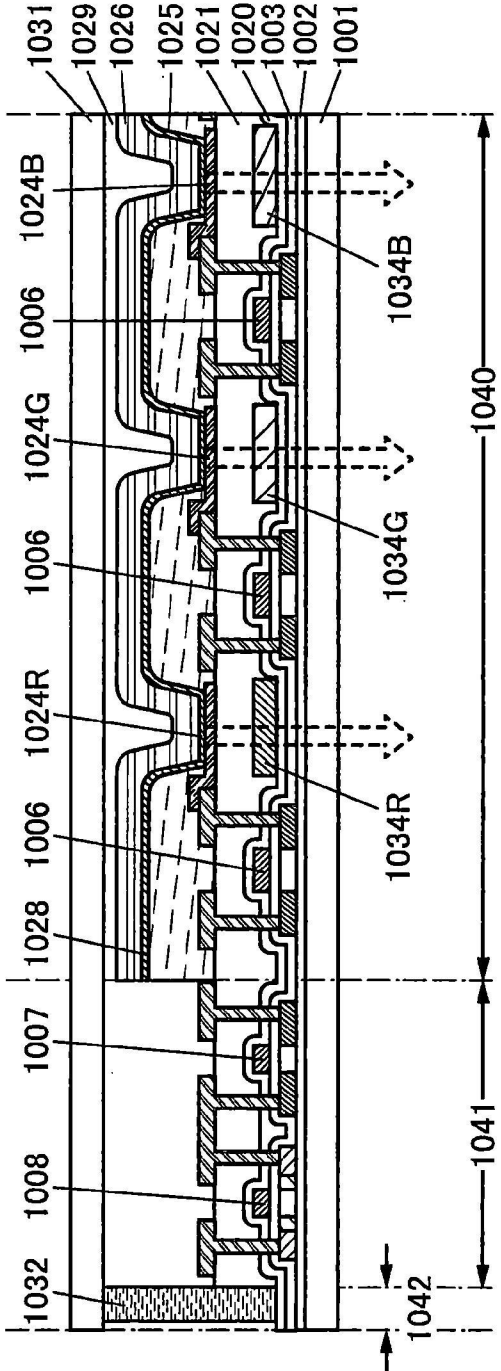


圖 16A

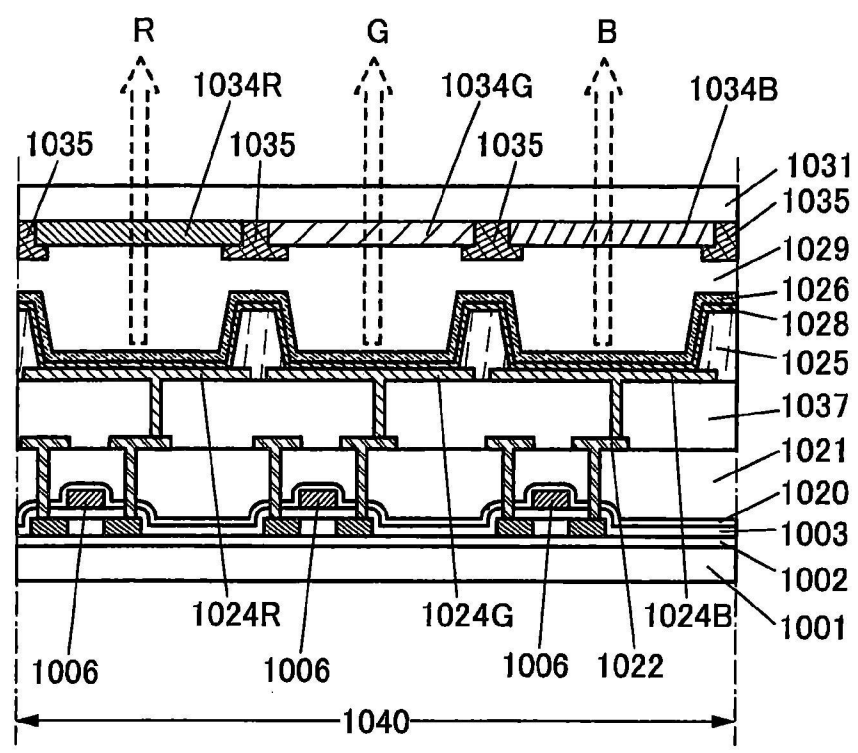


圖 16B

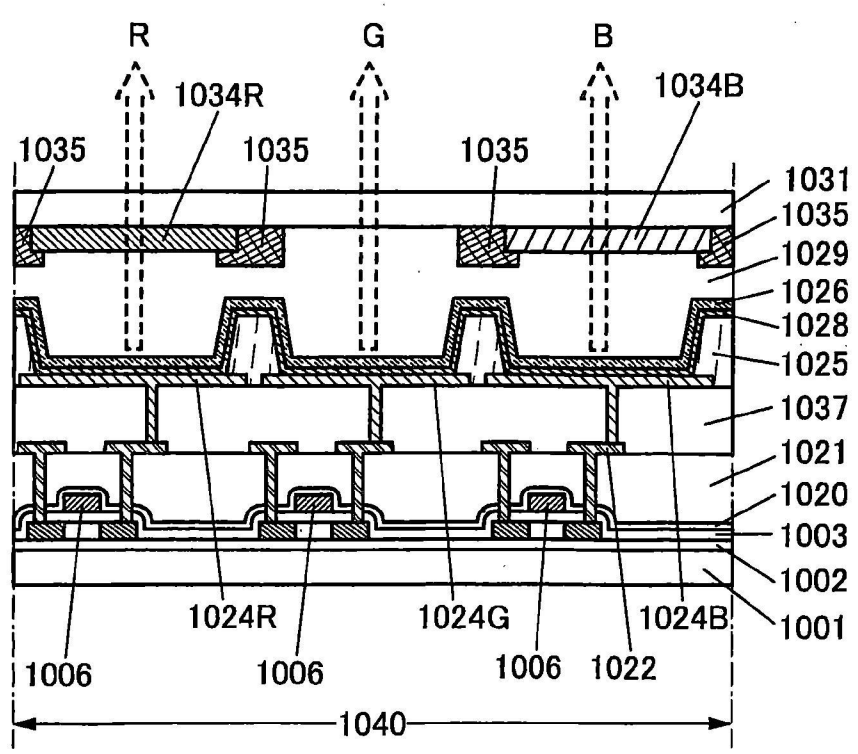


圖 17A

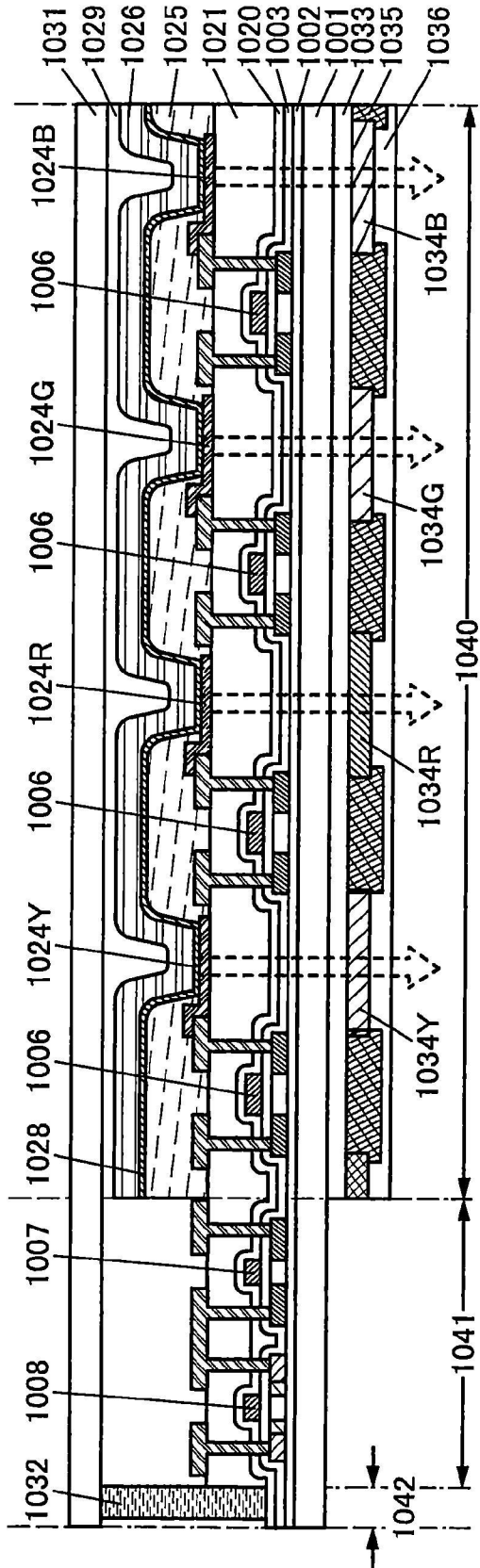


圖 17B

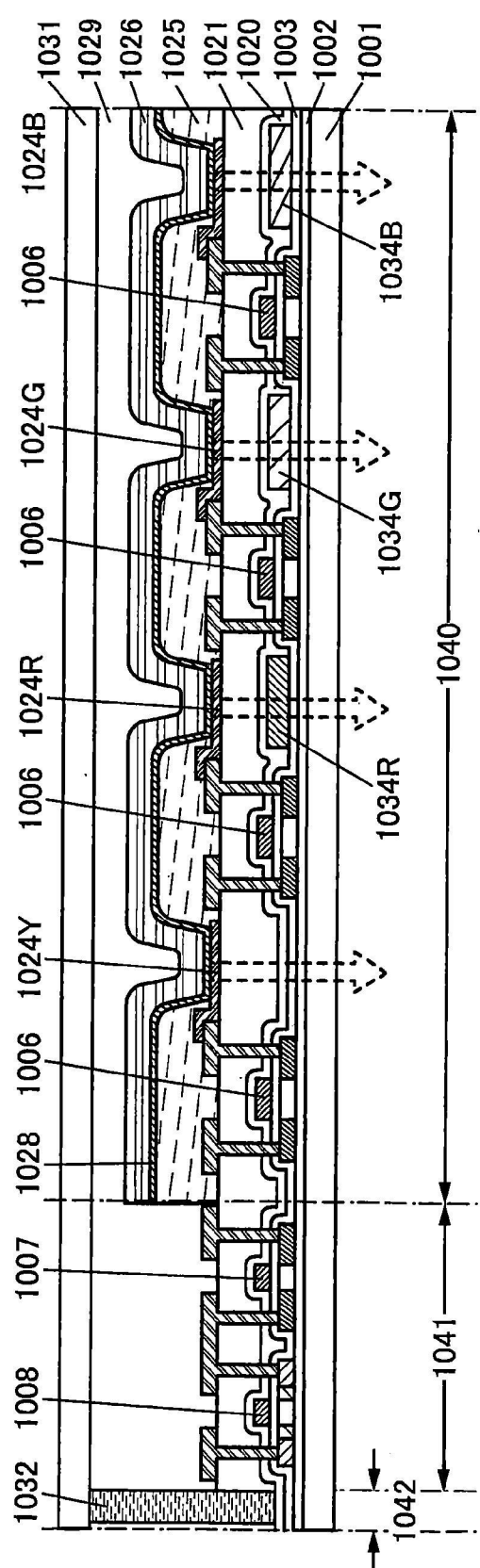


圖 19A

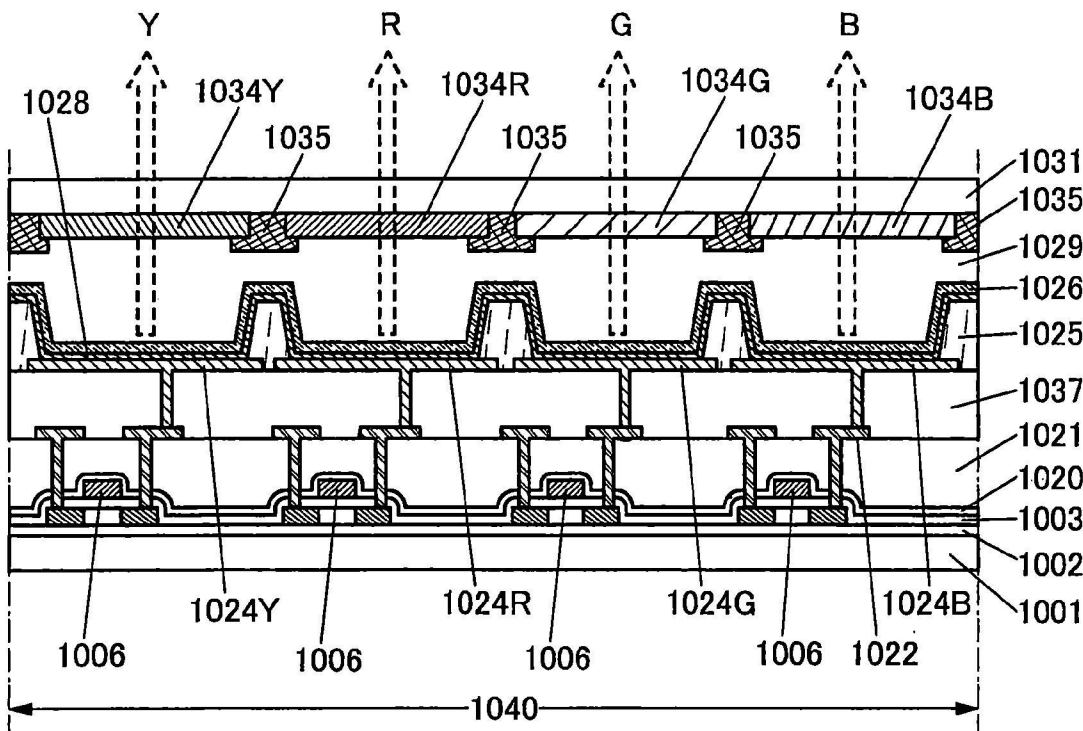


圖 19B

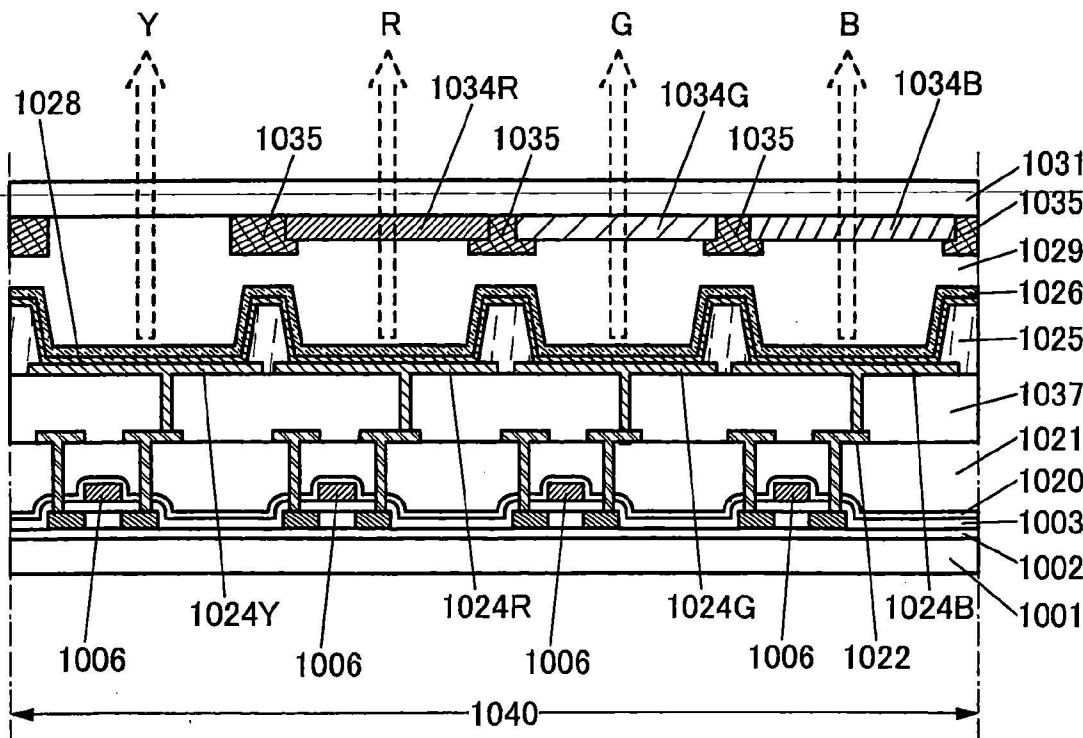


圖 20

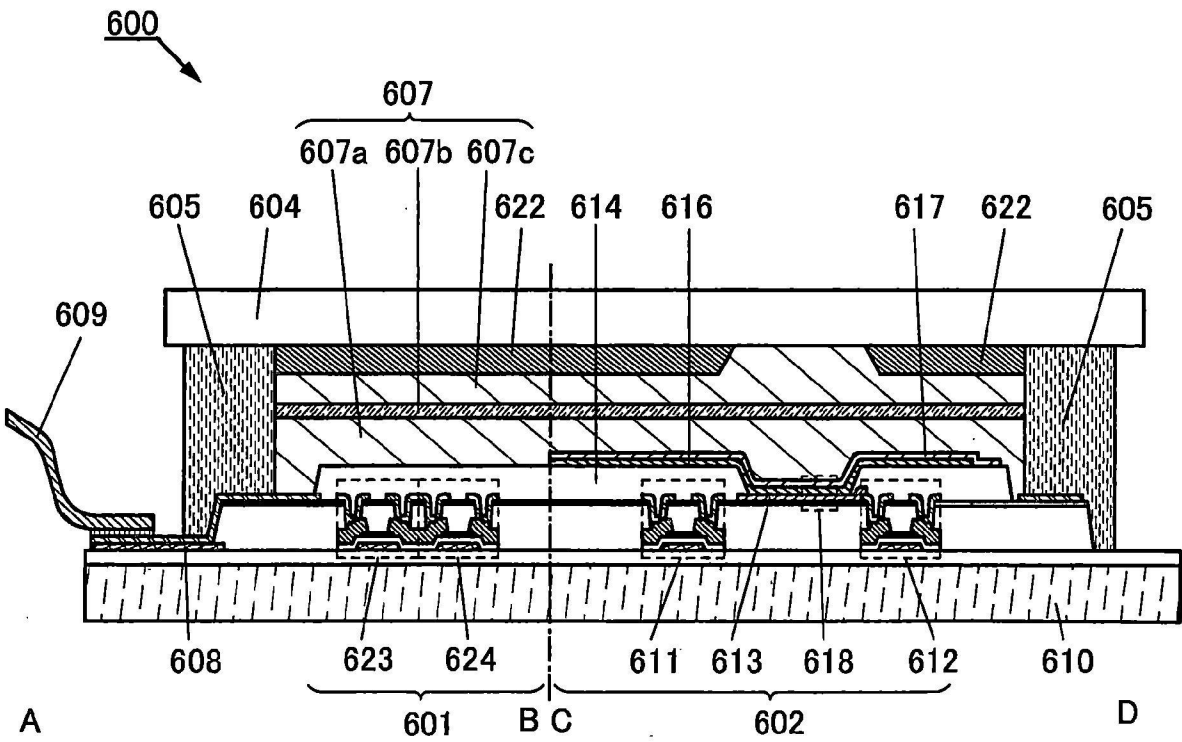


圖 21A

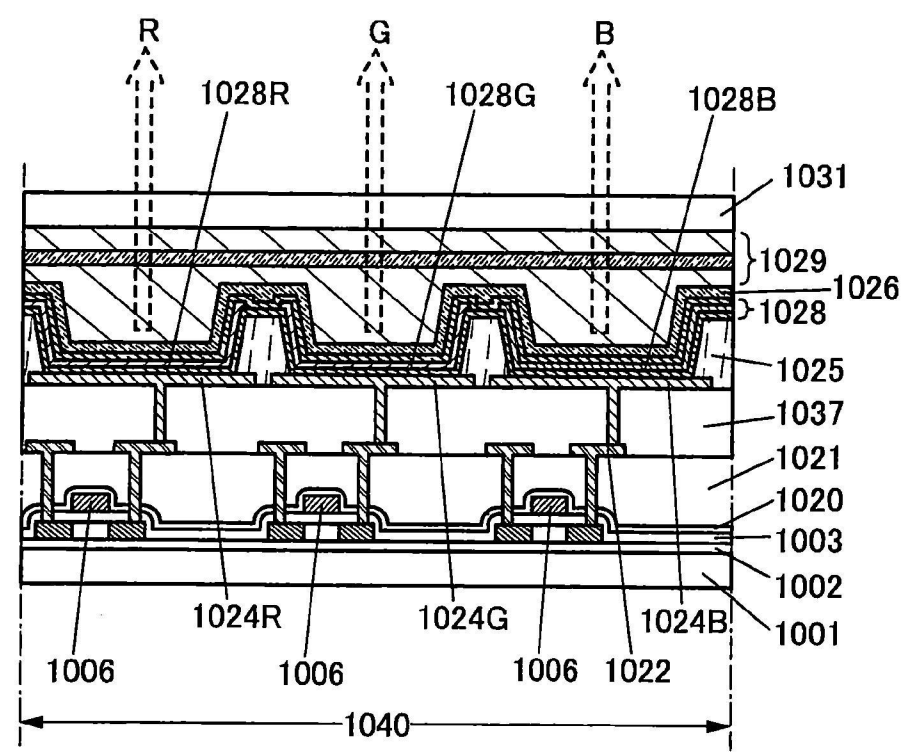


圖 21B

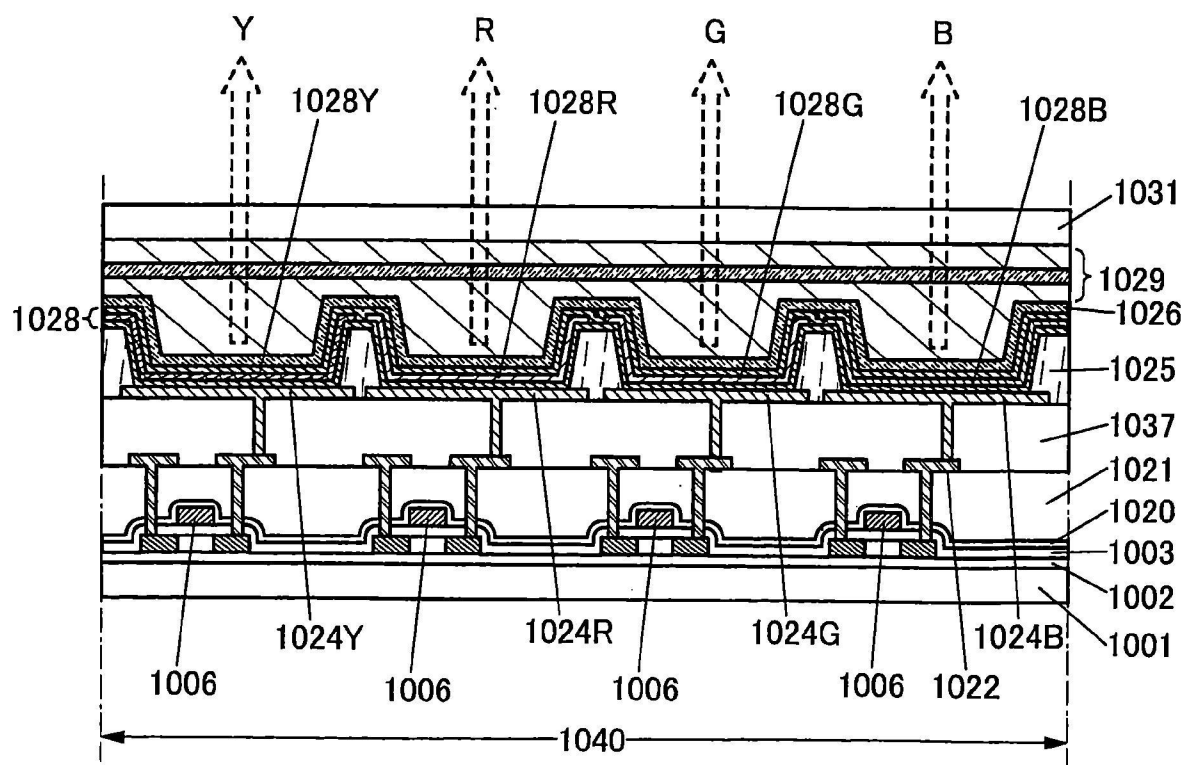


圖 22A

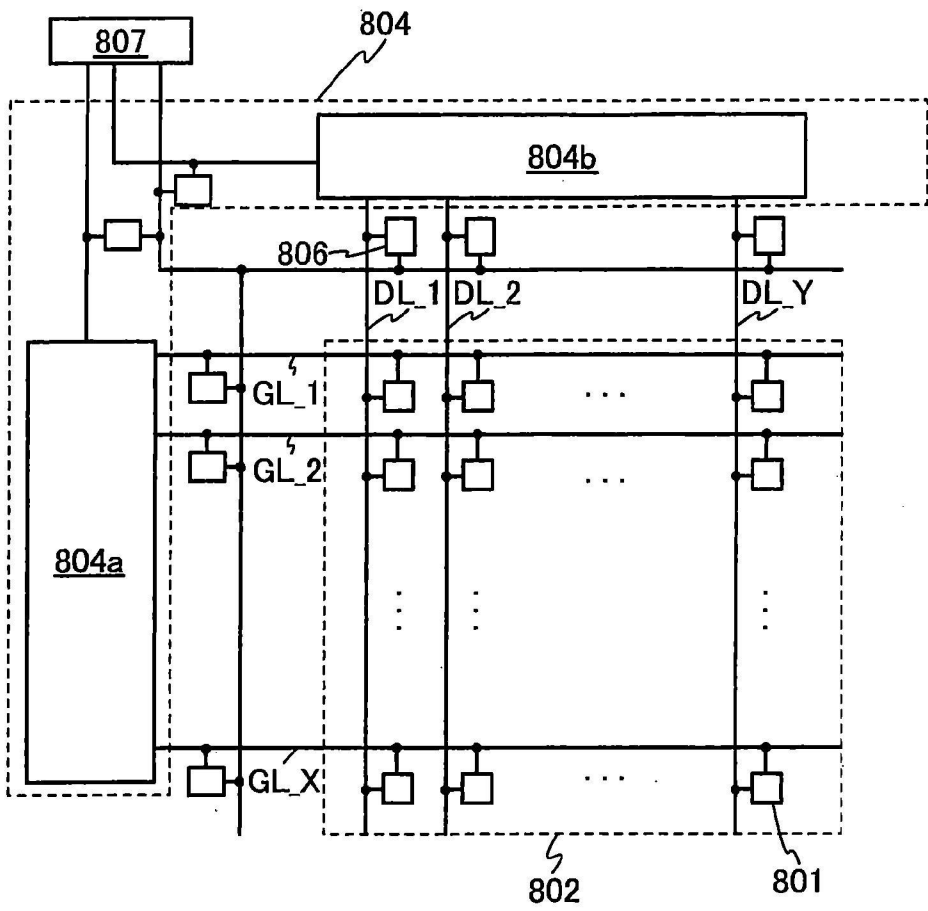


圖 22B

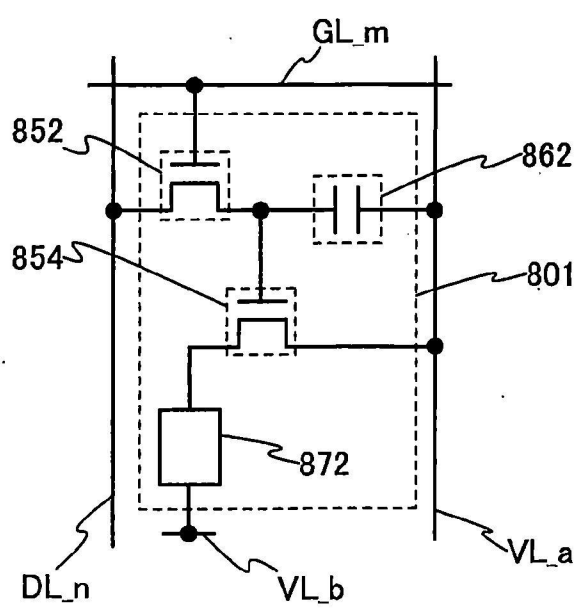


圖 23A

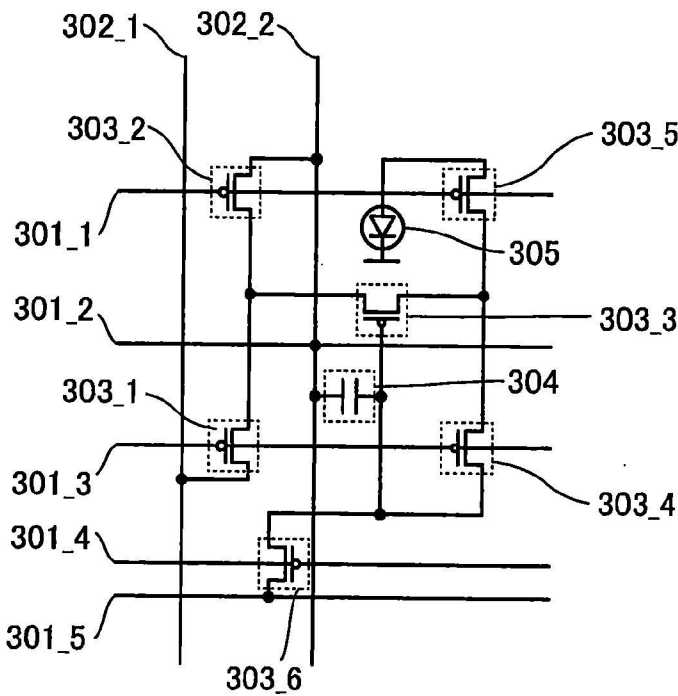


圖 23B

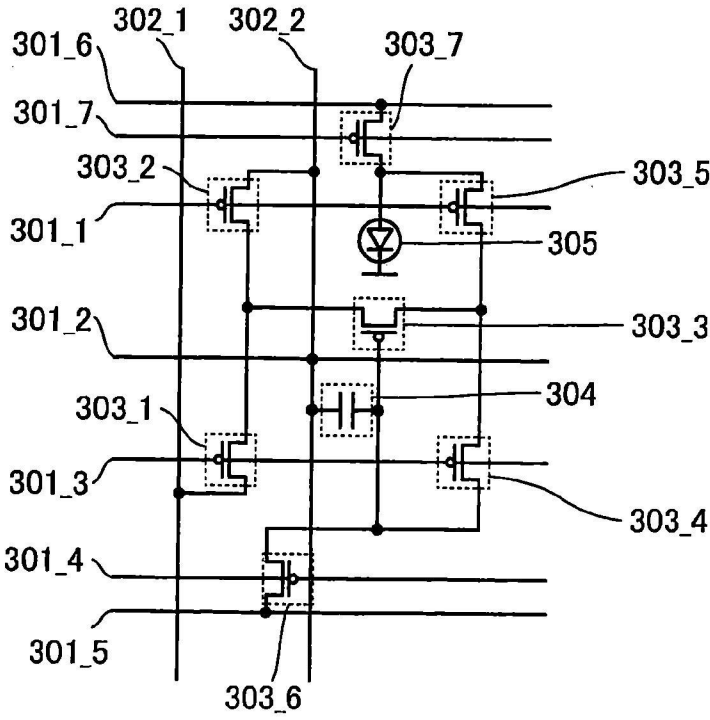


圖 24A

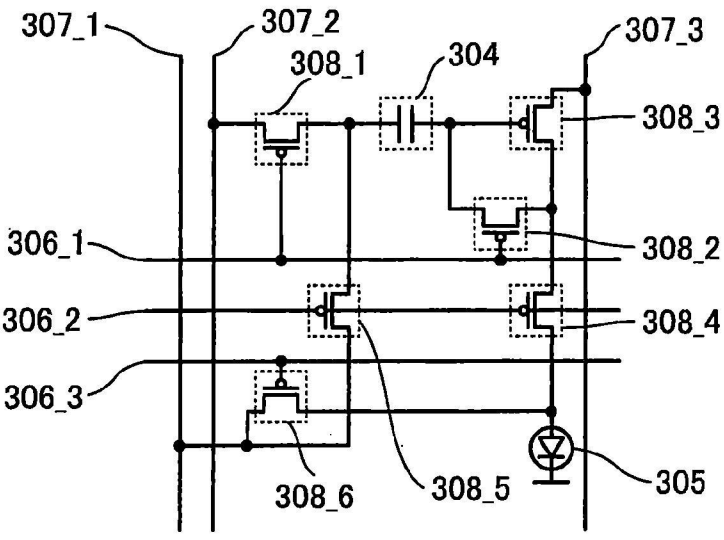
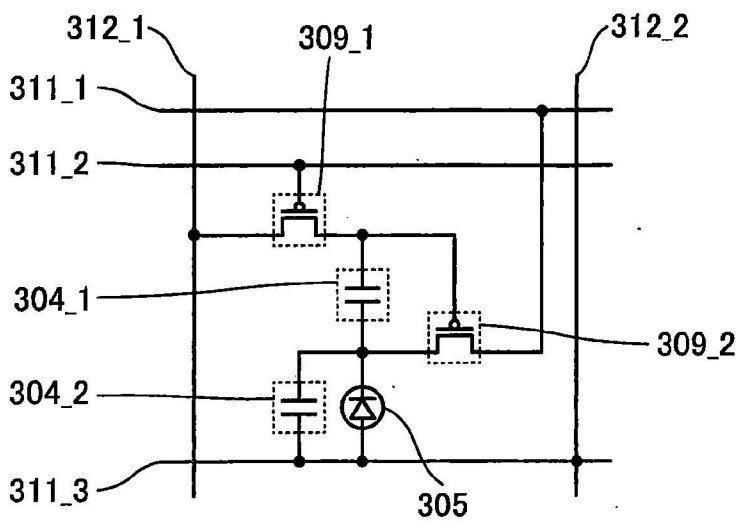
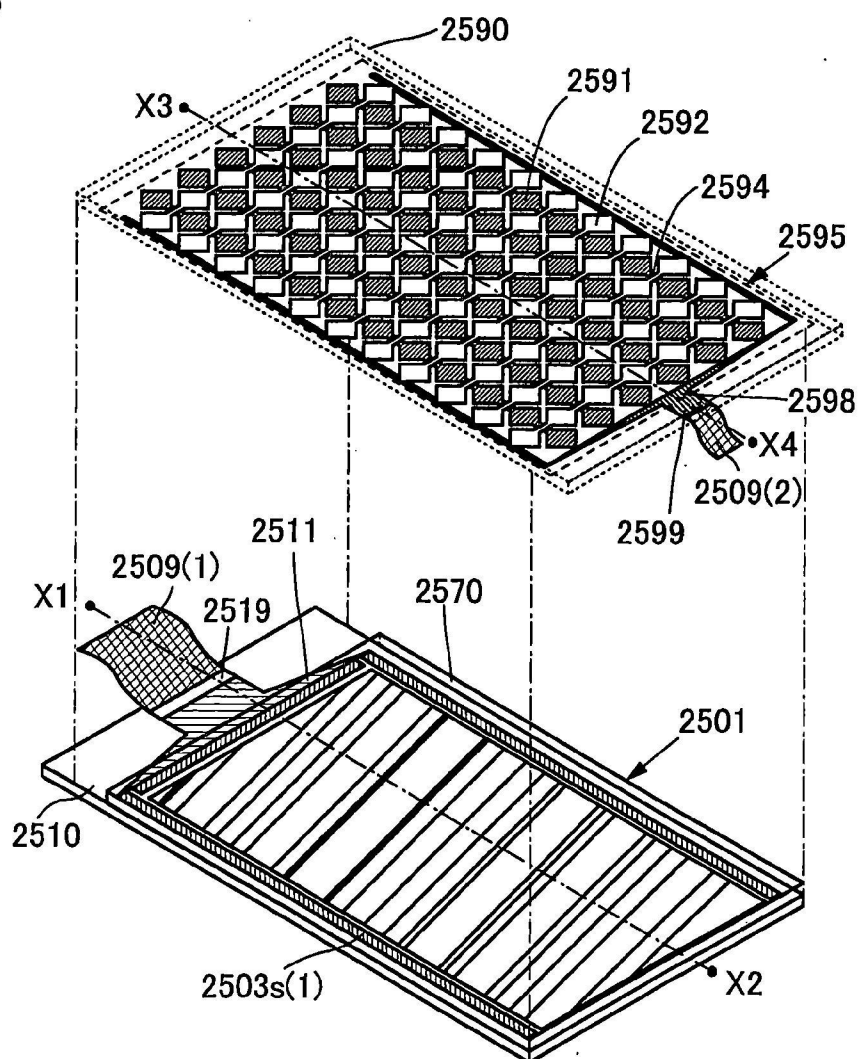


圖 24B





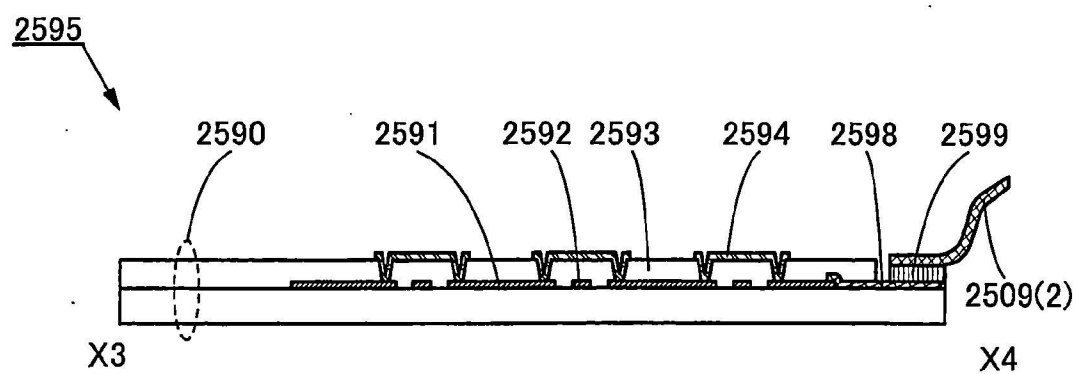


圖 27A

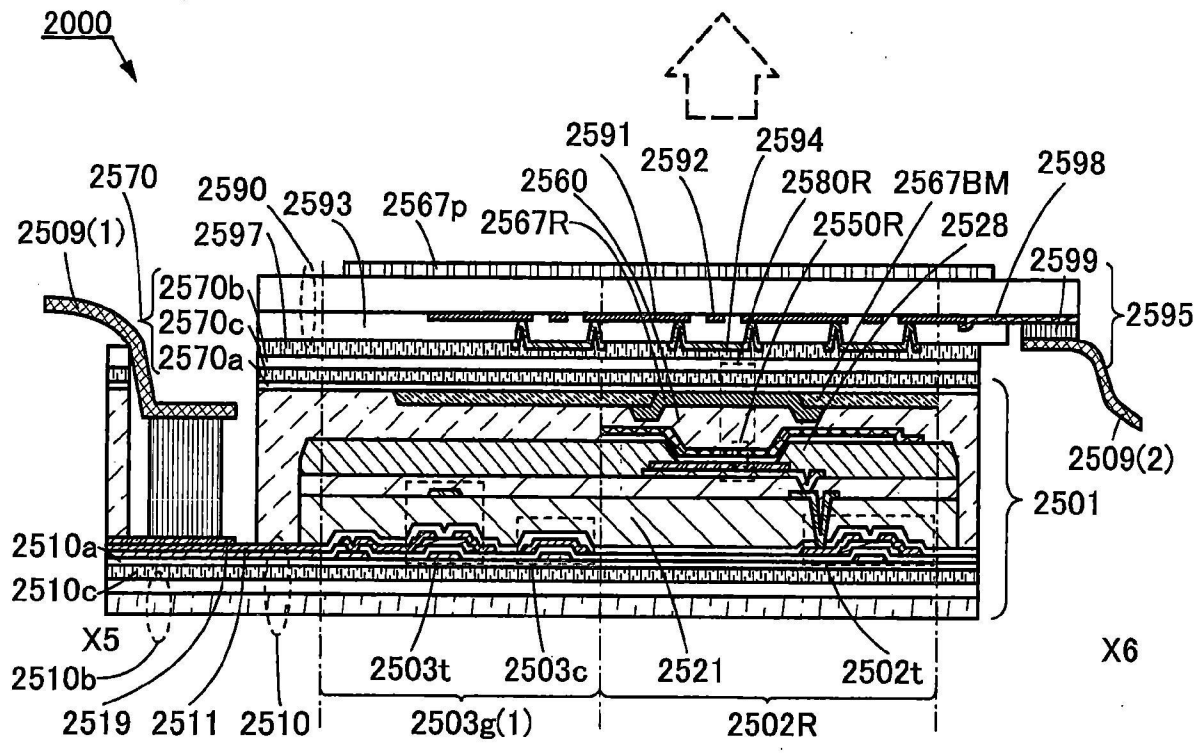


圖 27B

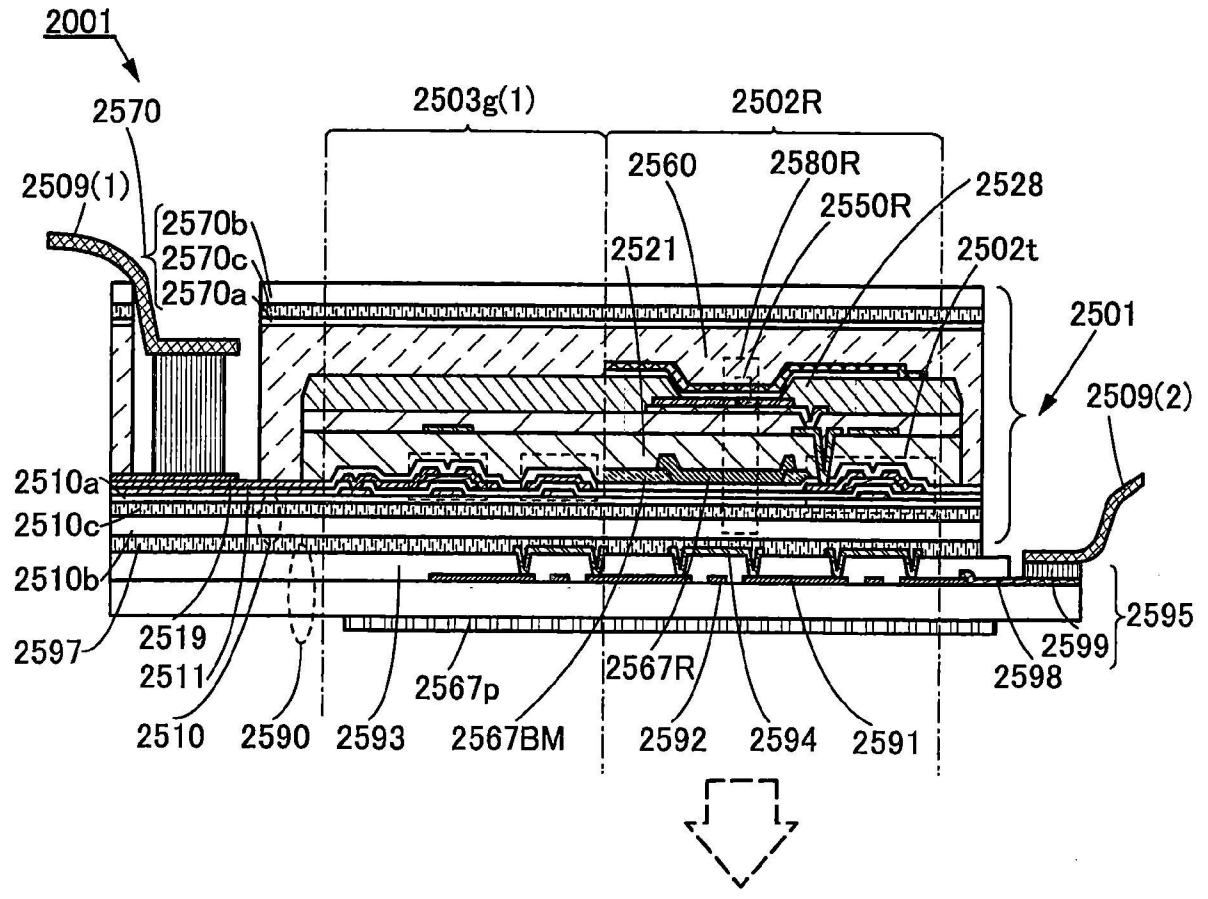


圖 28A

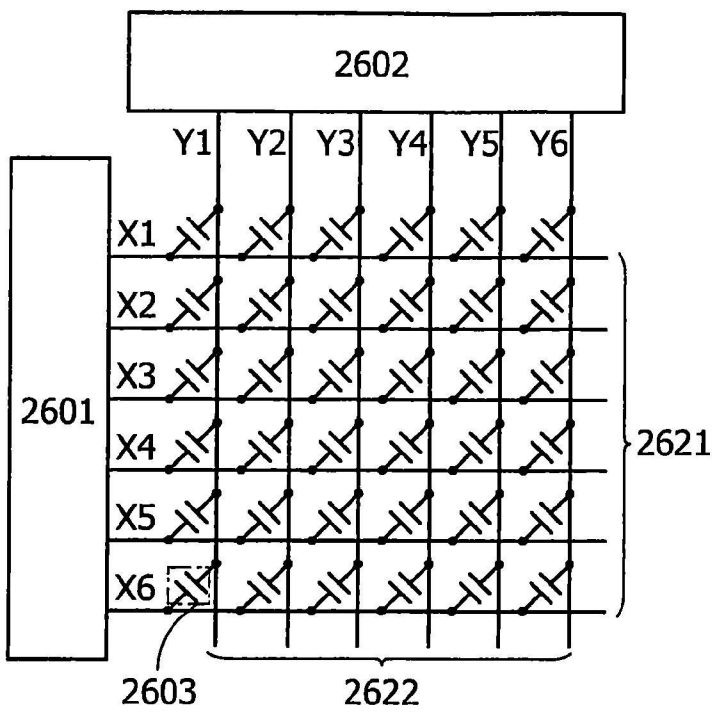


圖 28B

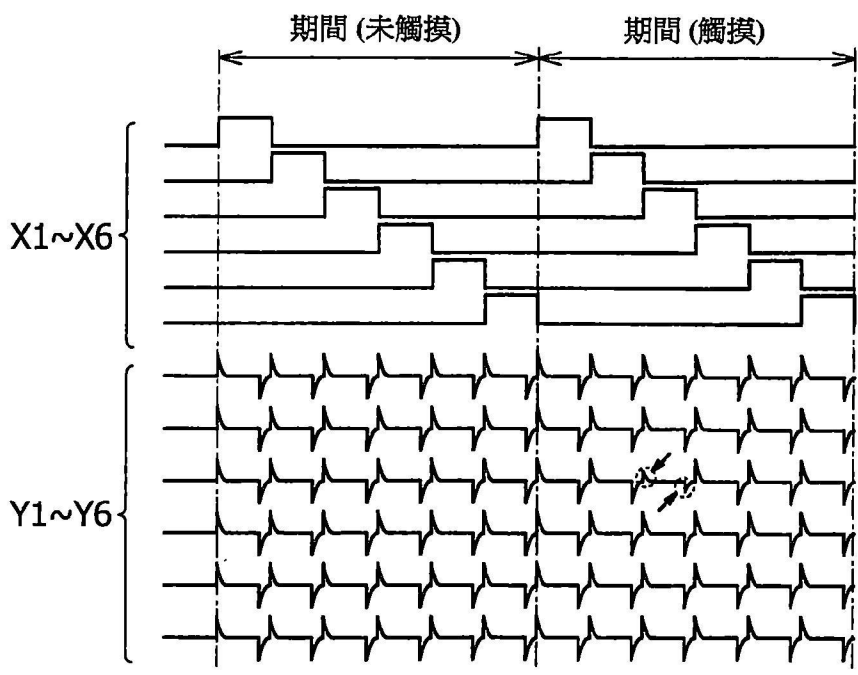


圖 29

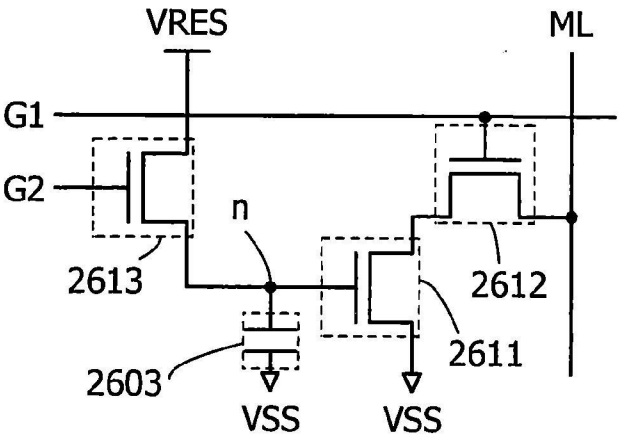


圖 30

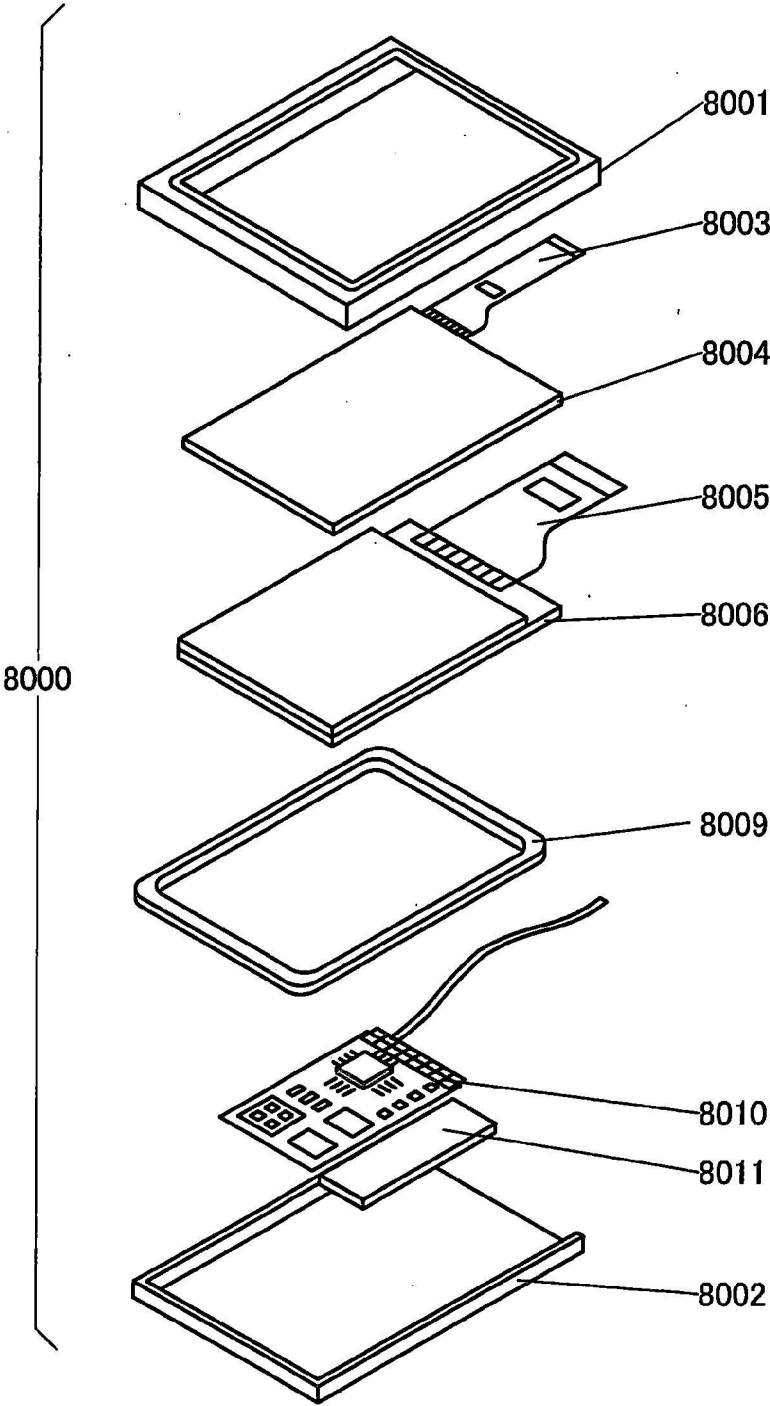


圖 31A

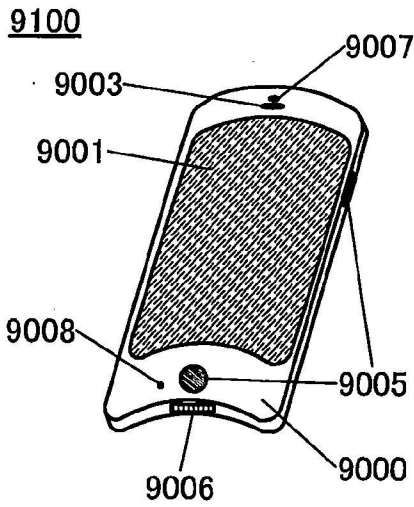


圖 31D

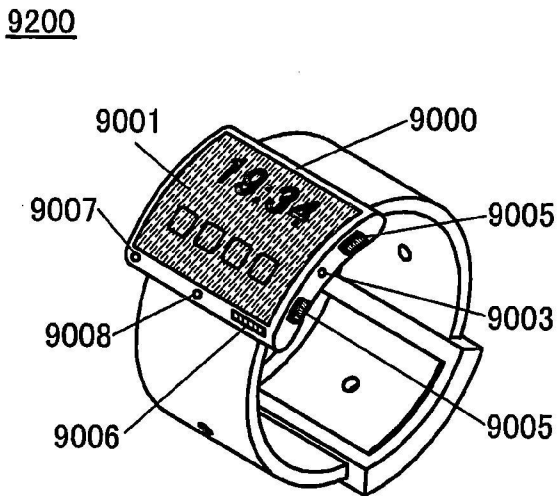


圖 31B

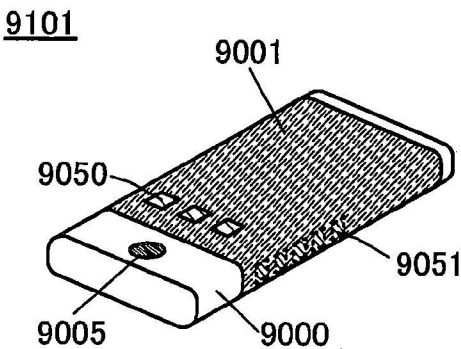


圖 31E

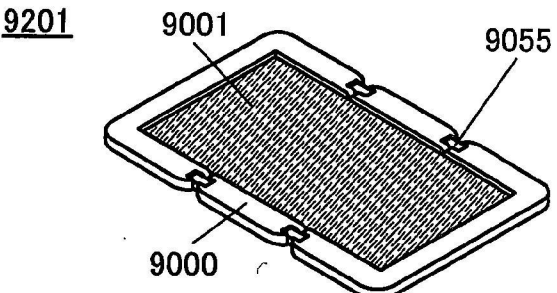


圖 31C

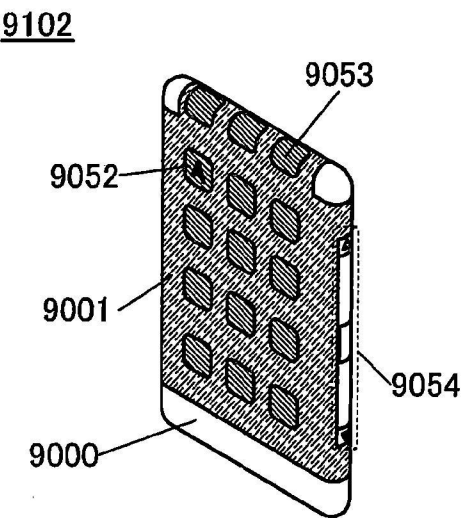


圖 31F

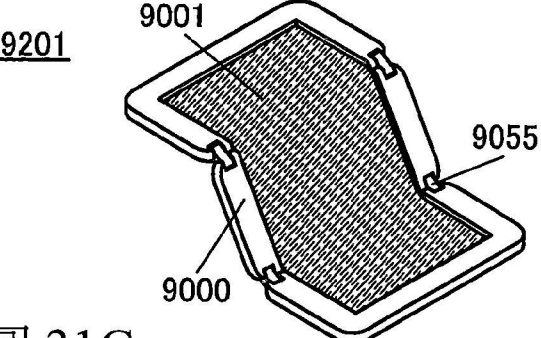


圖 31G

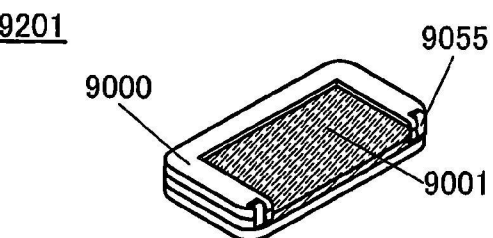


圖 32A

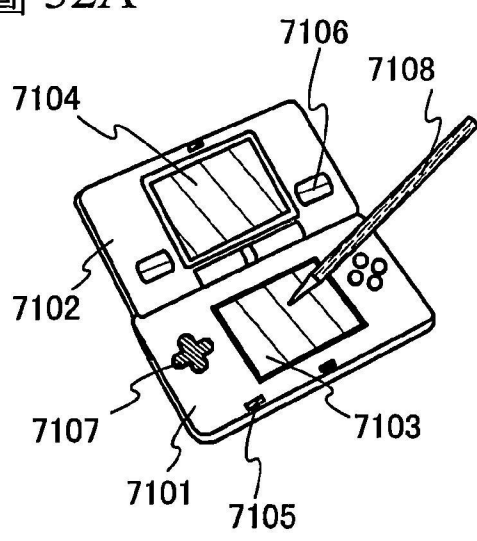


圖 32B

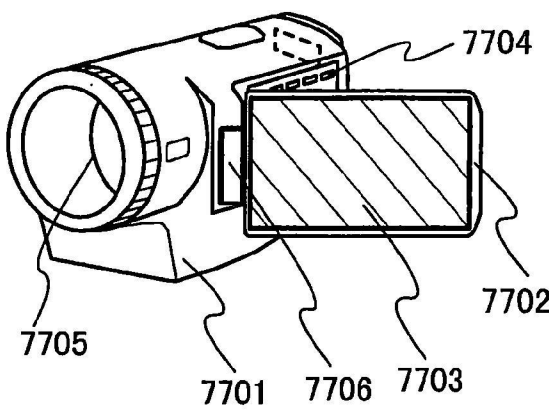


圖 32C

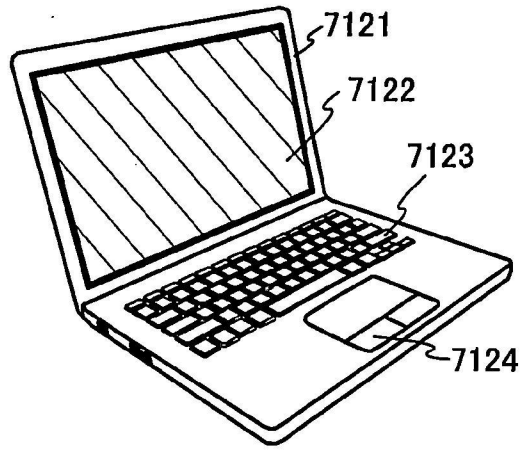


圖 32D

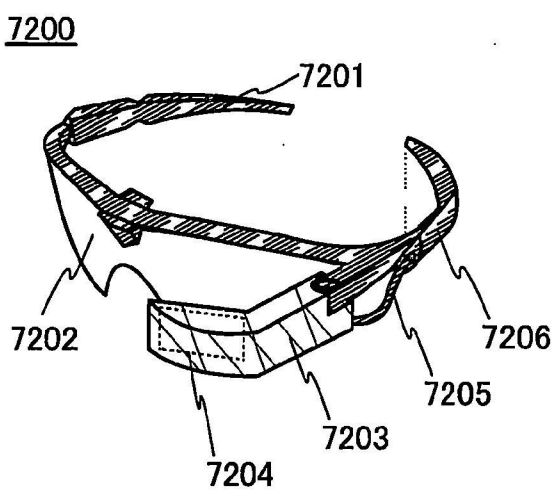


圖 32E

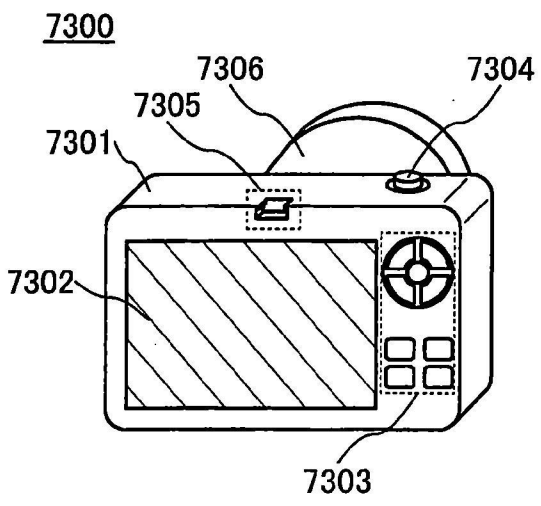


圖 32F

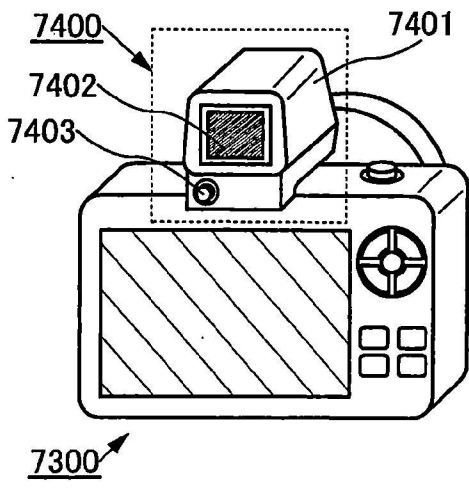


圖 33A

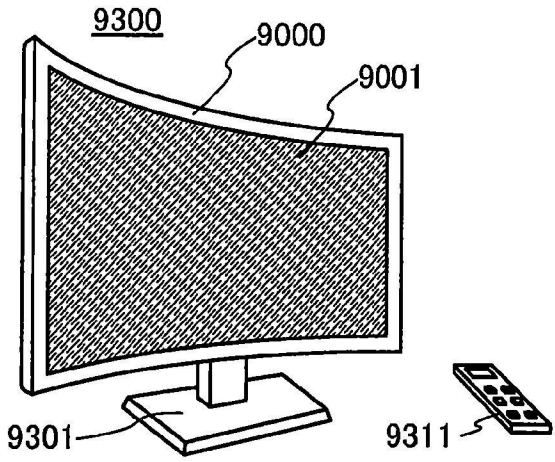


圖 33B

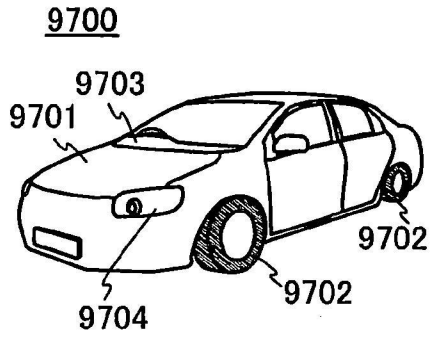


圖 33C

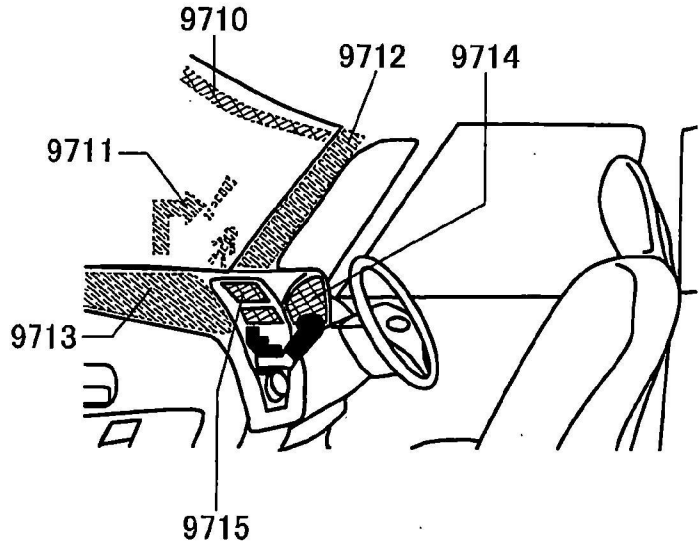


圖 33D

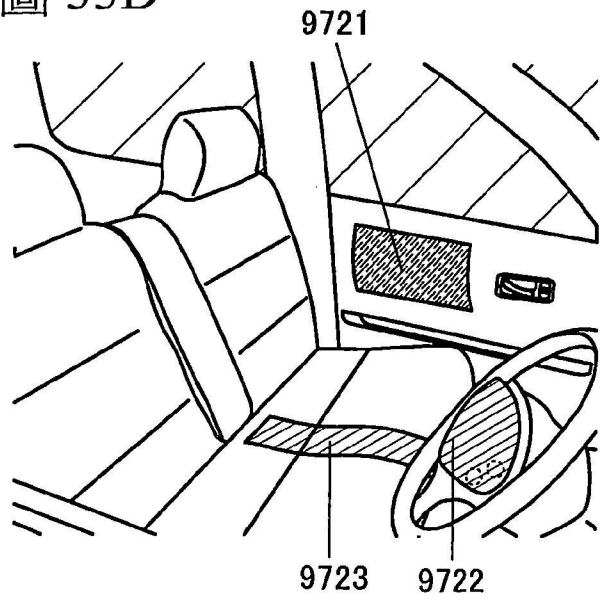


圖 34A

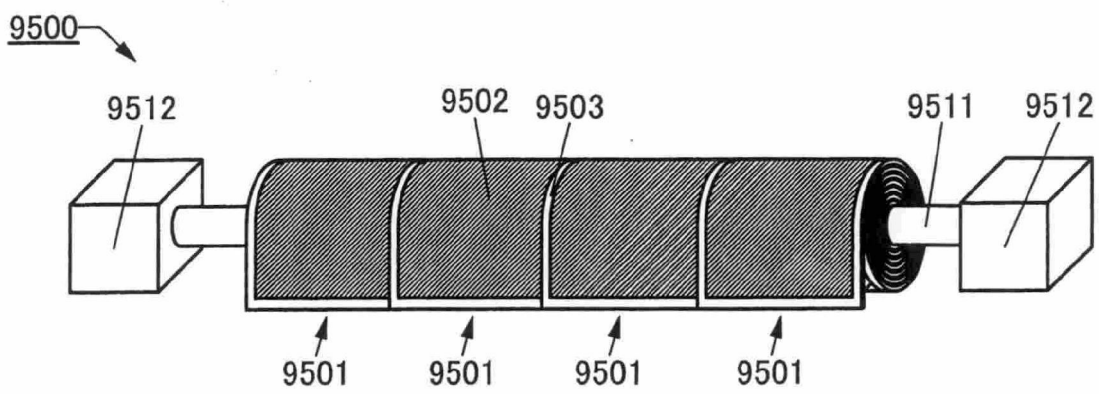


圖 34B

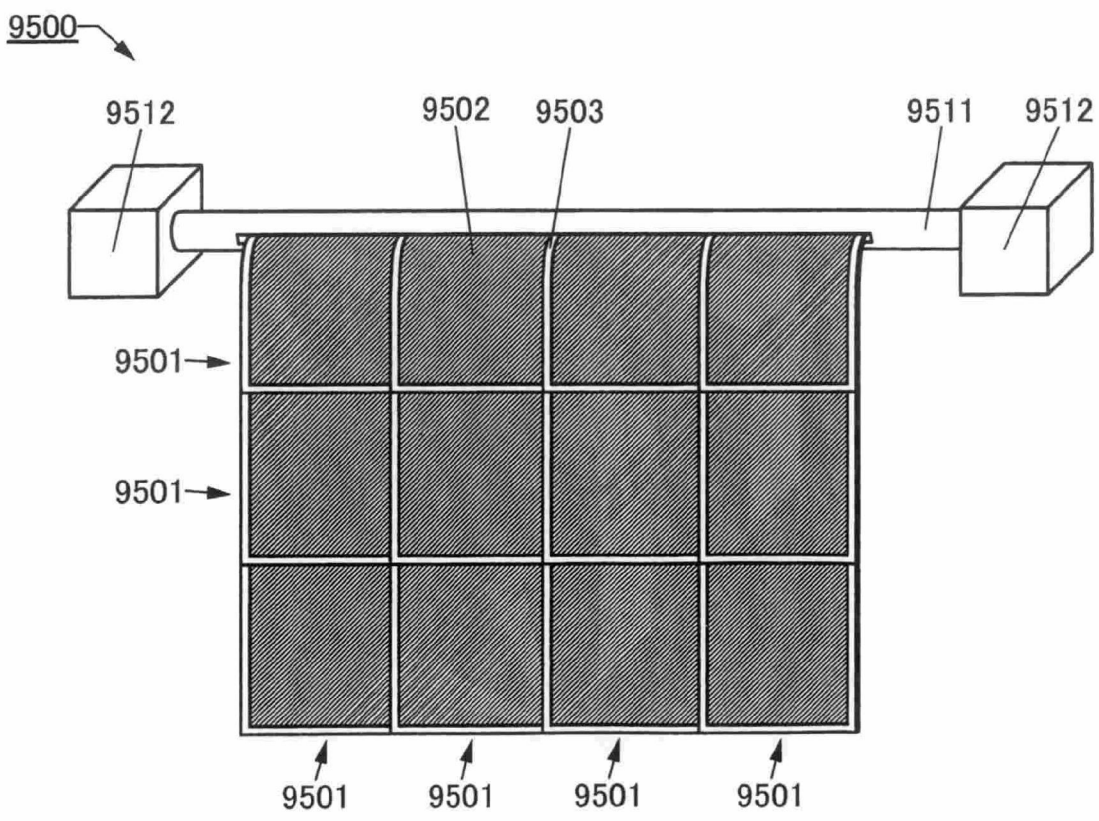


圖 35A

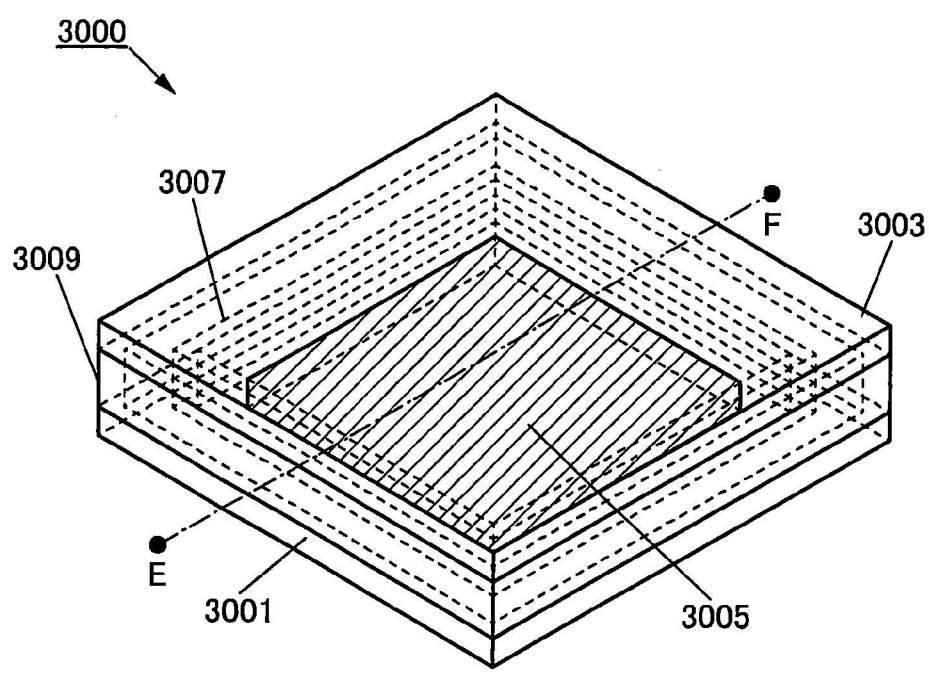


圖 35B

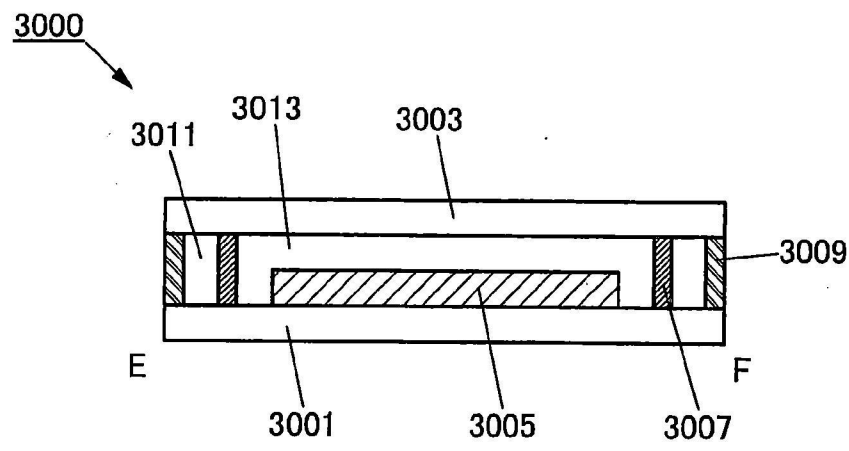


圖 35C

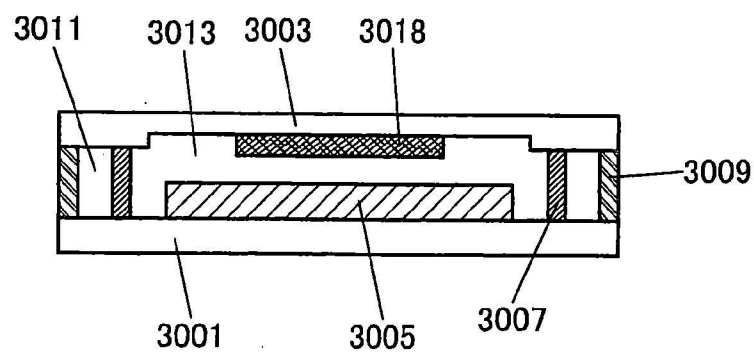


圖 36A

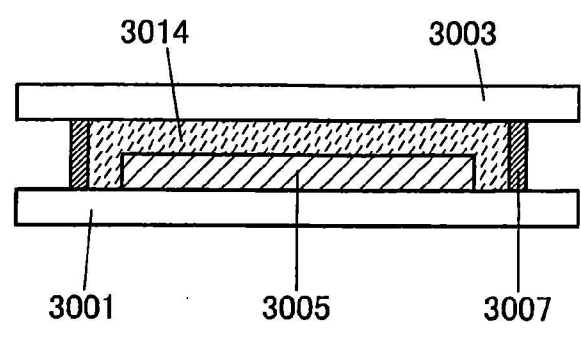


圖 36B

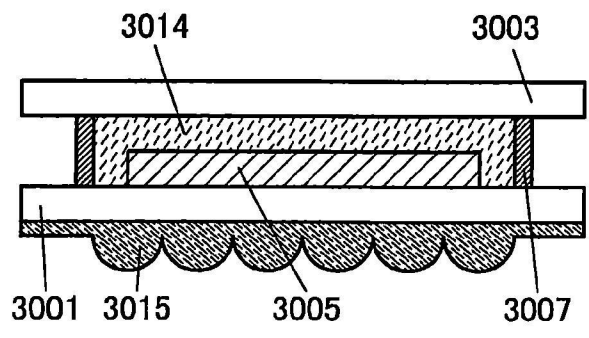


圖 36C

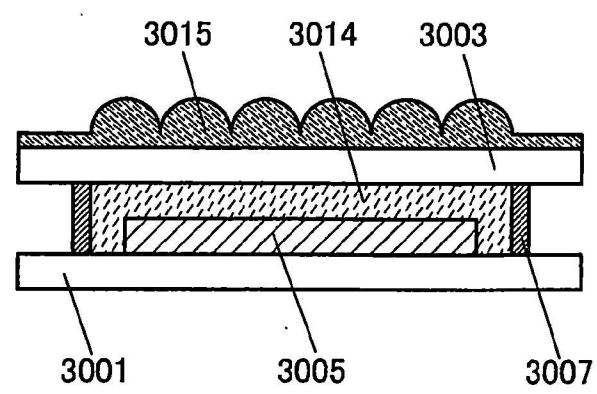


圖 36D

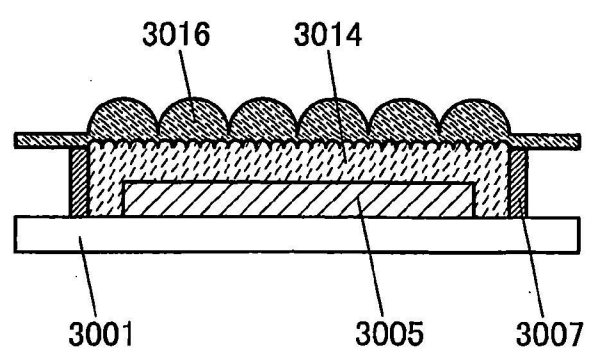


圖 37A

3500

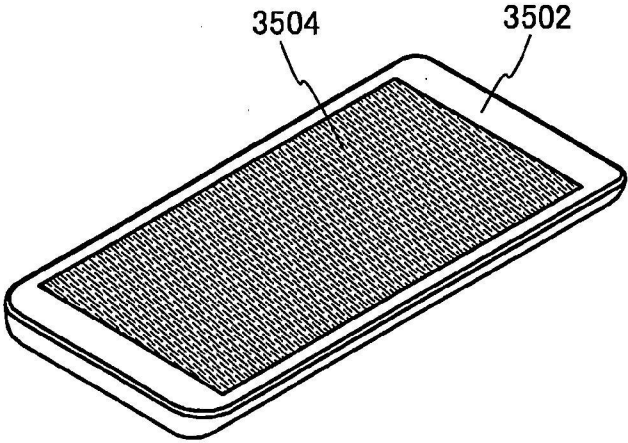


圖 37B

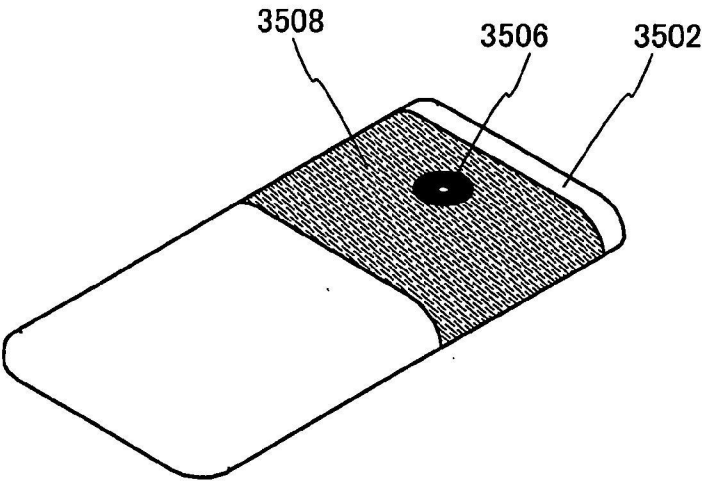


圖 37C

3600

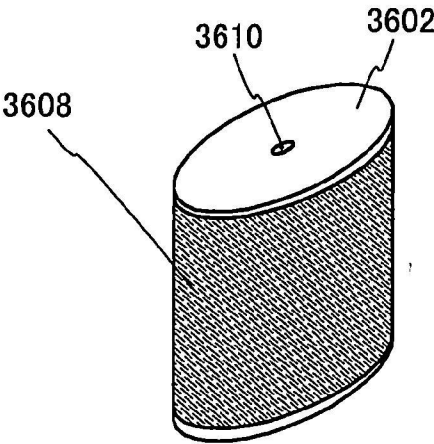


圖 38

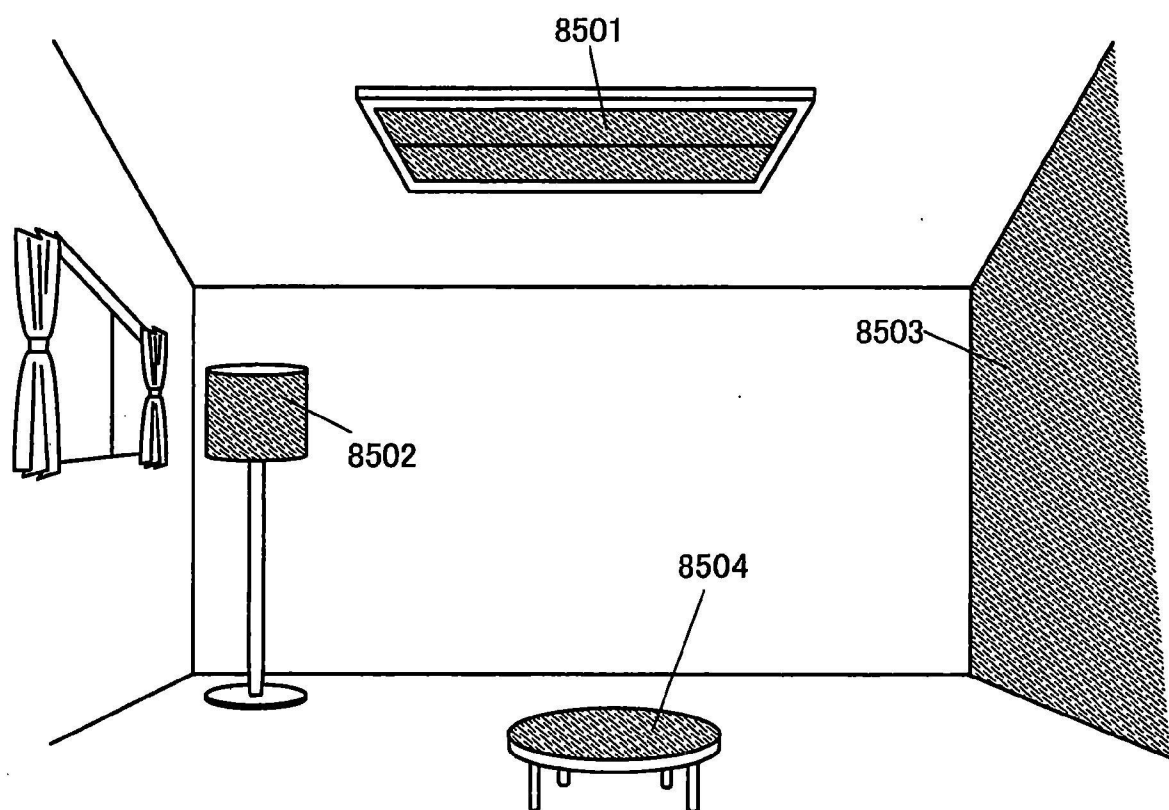


圖 39

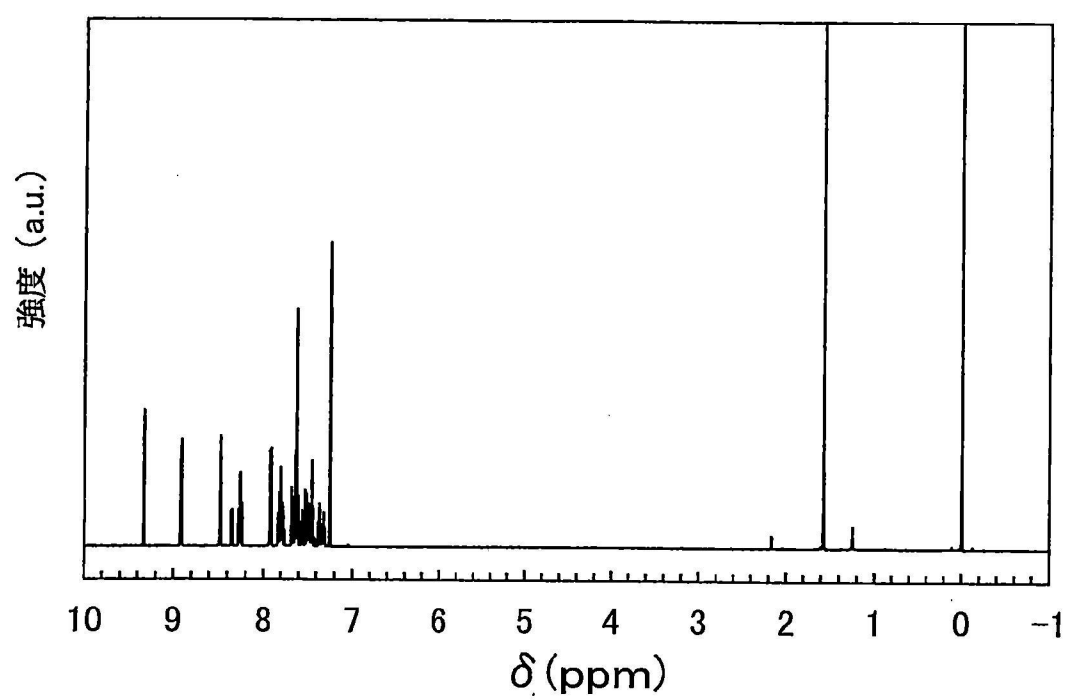


圖 40

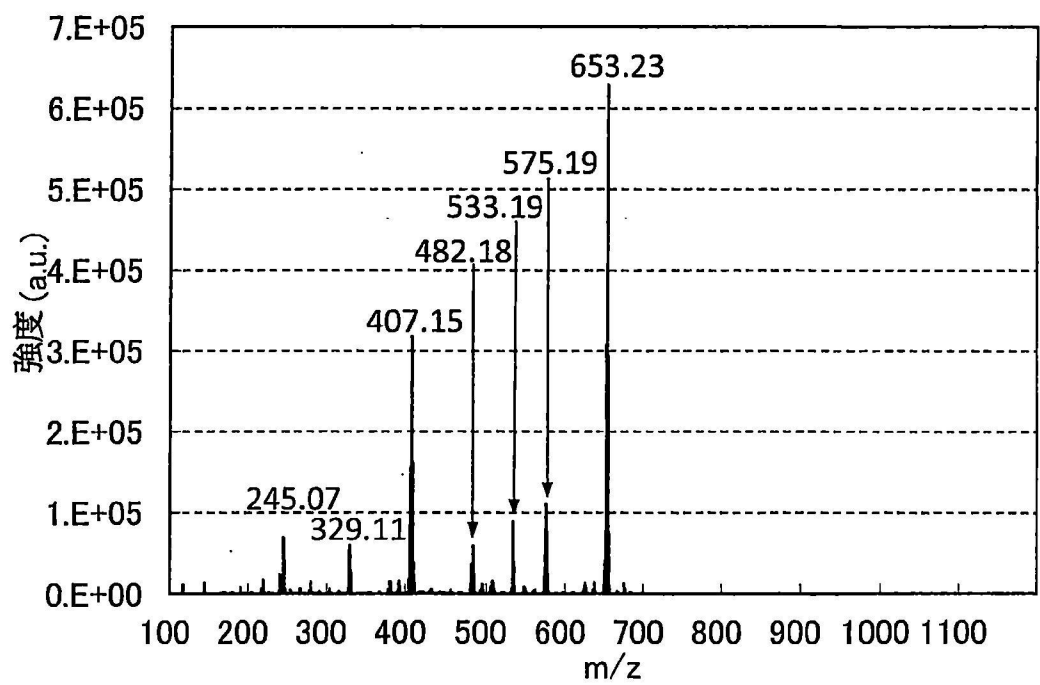


圖 41

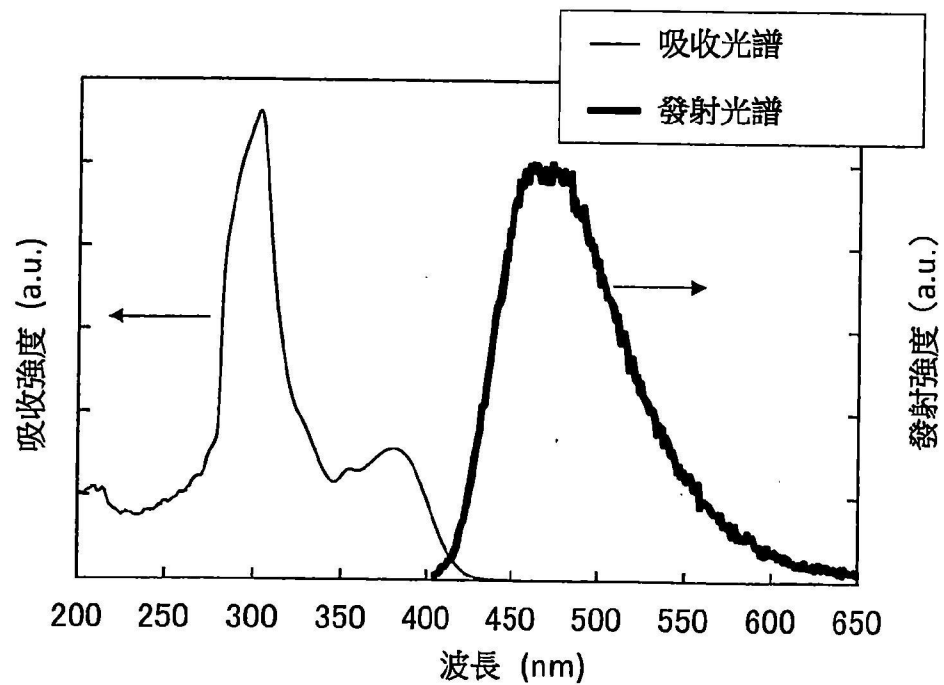


圖 42

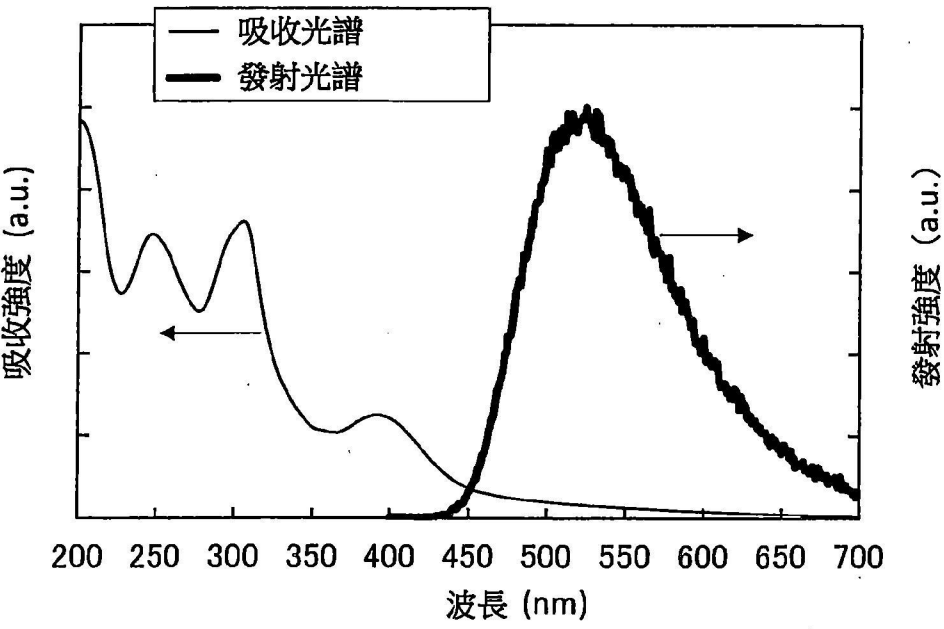


圖 43

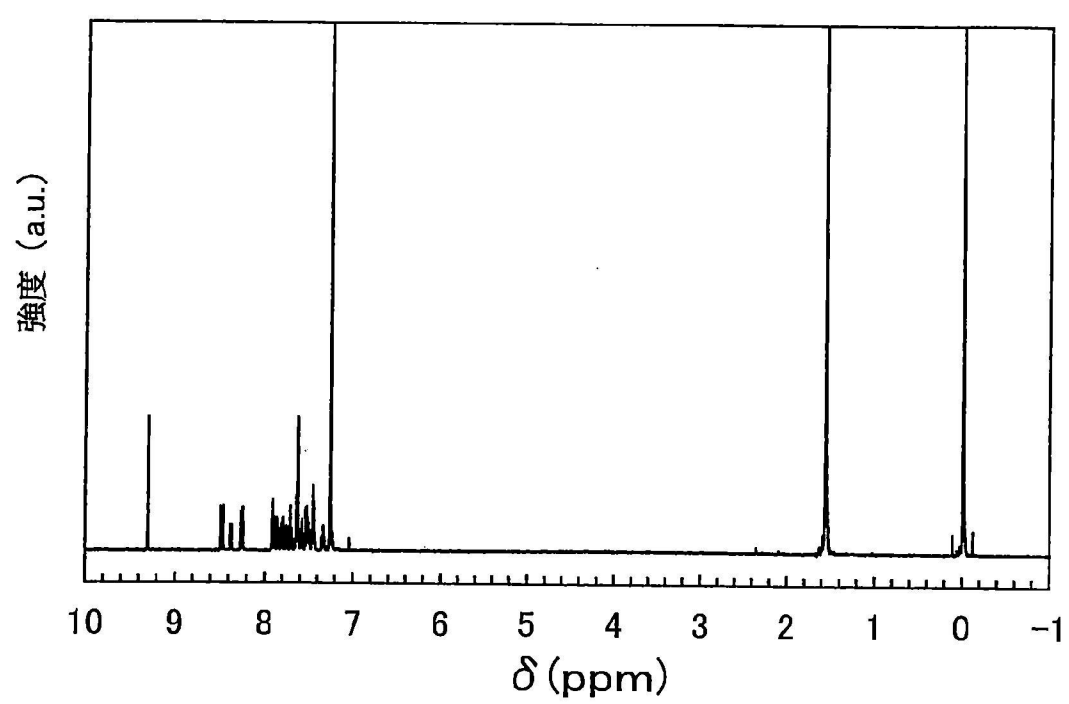


圖 44

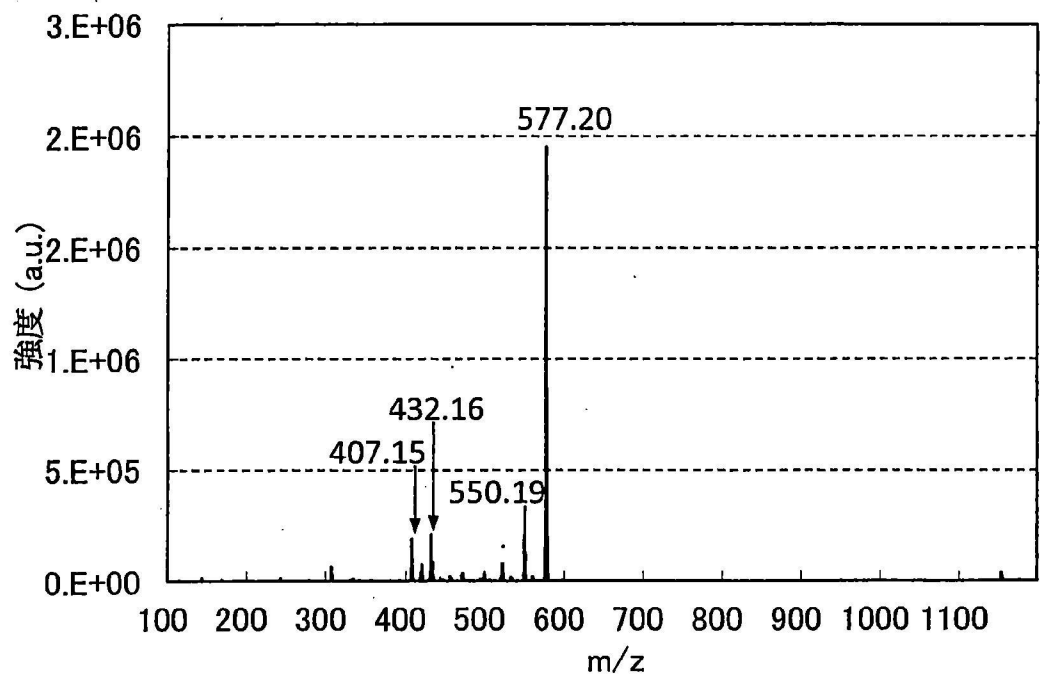


圖 45

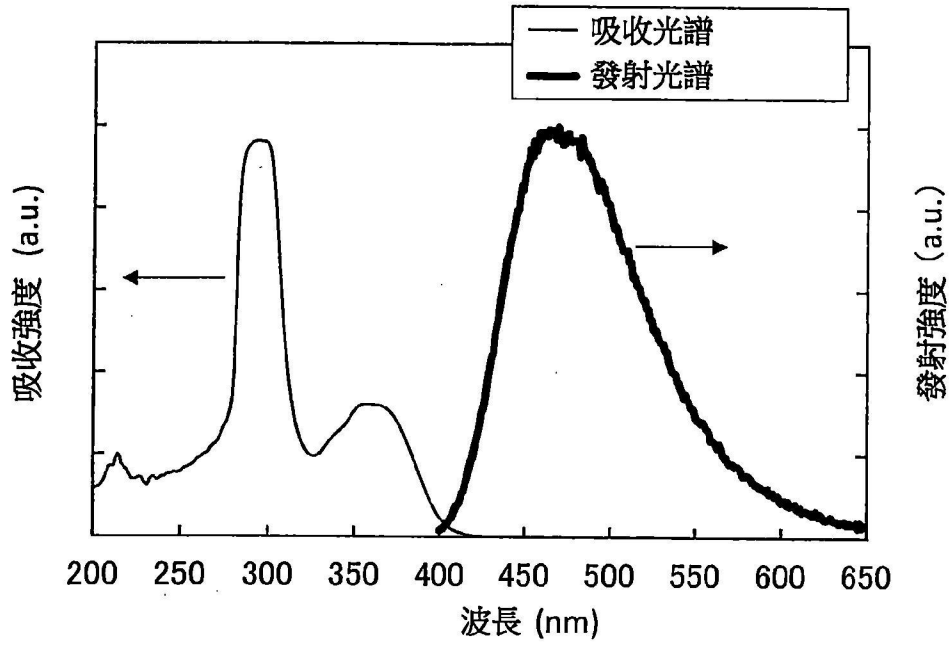


圖 46

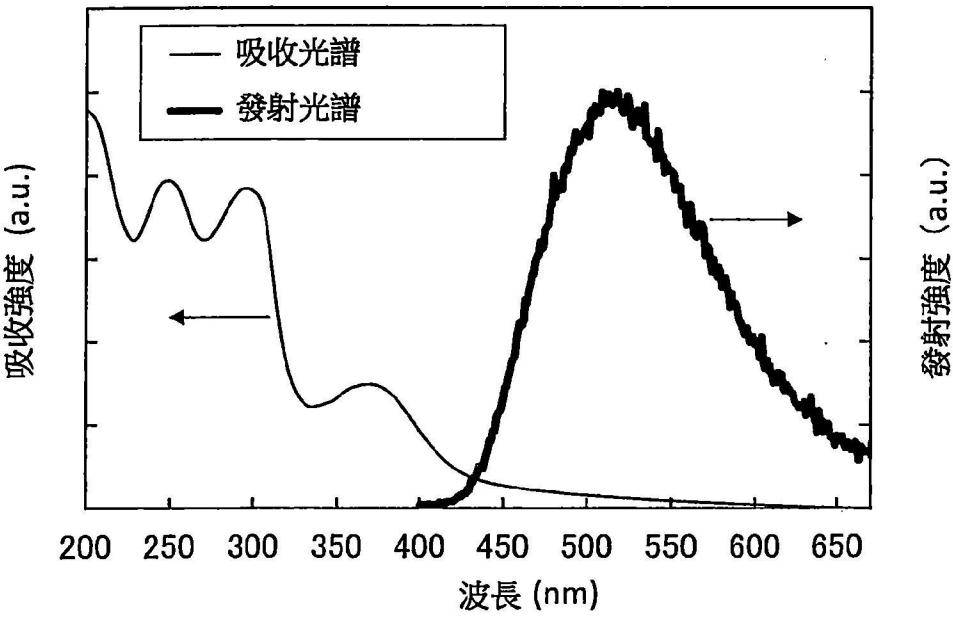


圖 47

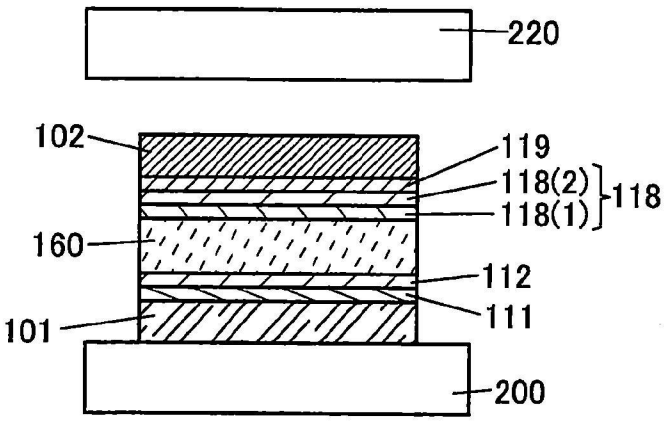


圖 48

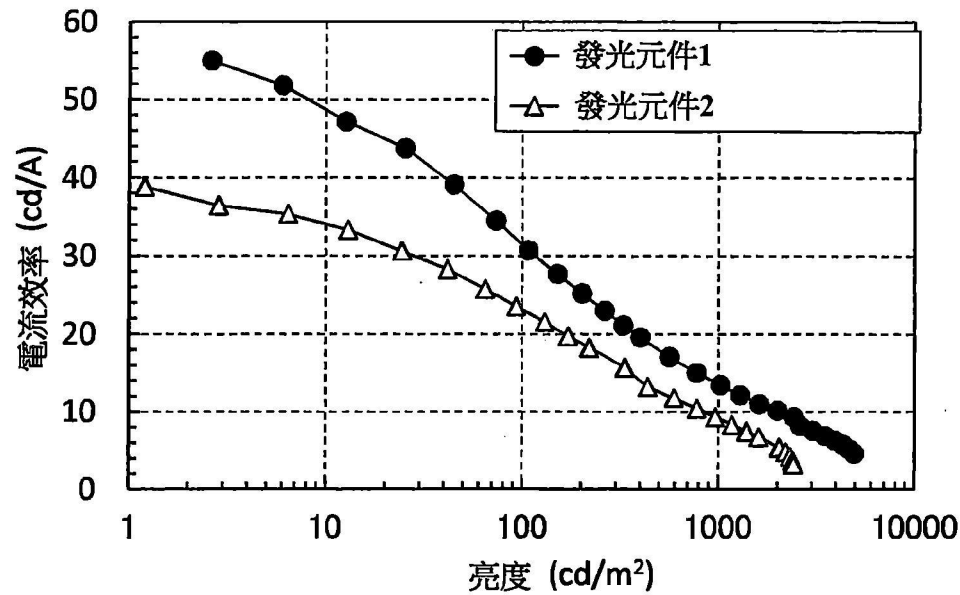


圖 49

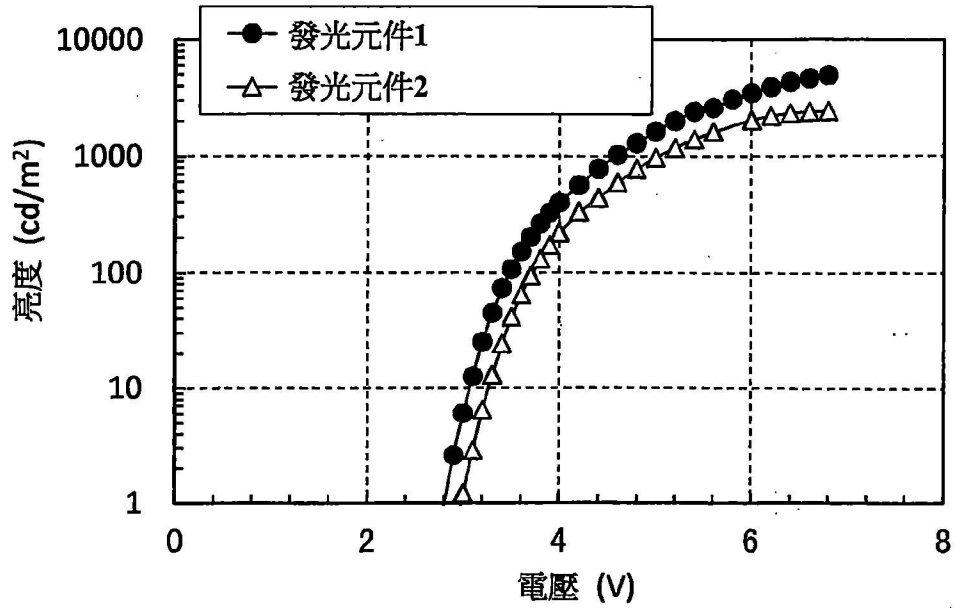


圖 50

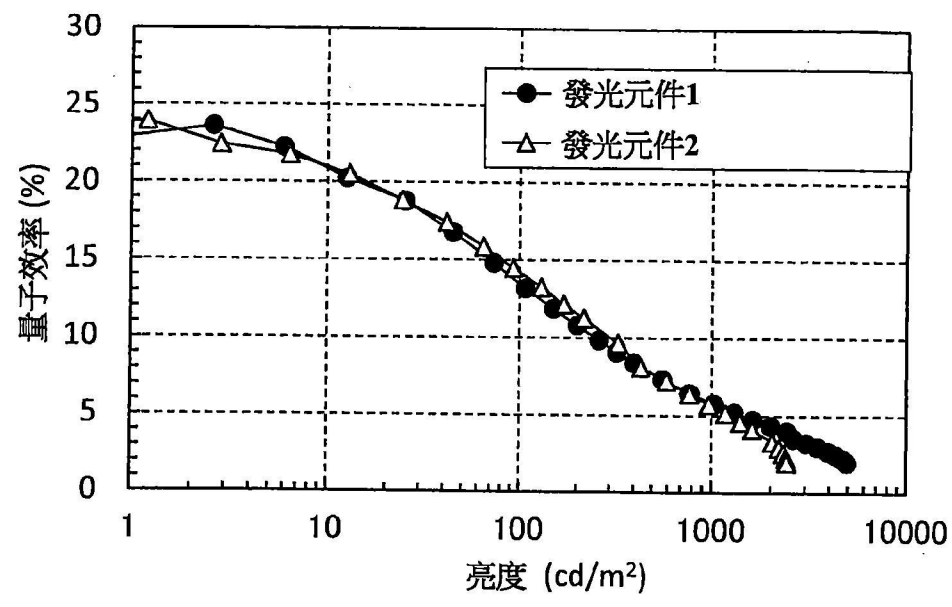


圖 51

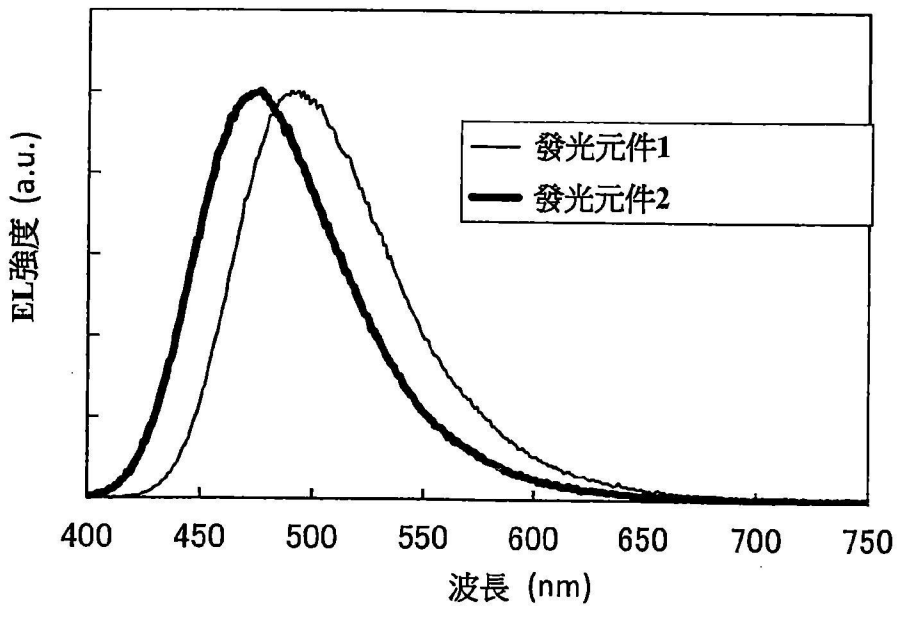


圖 52A

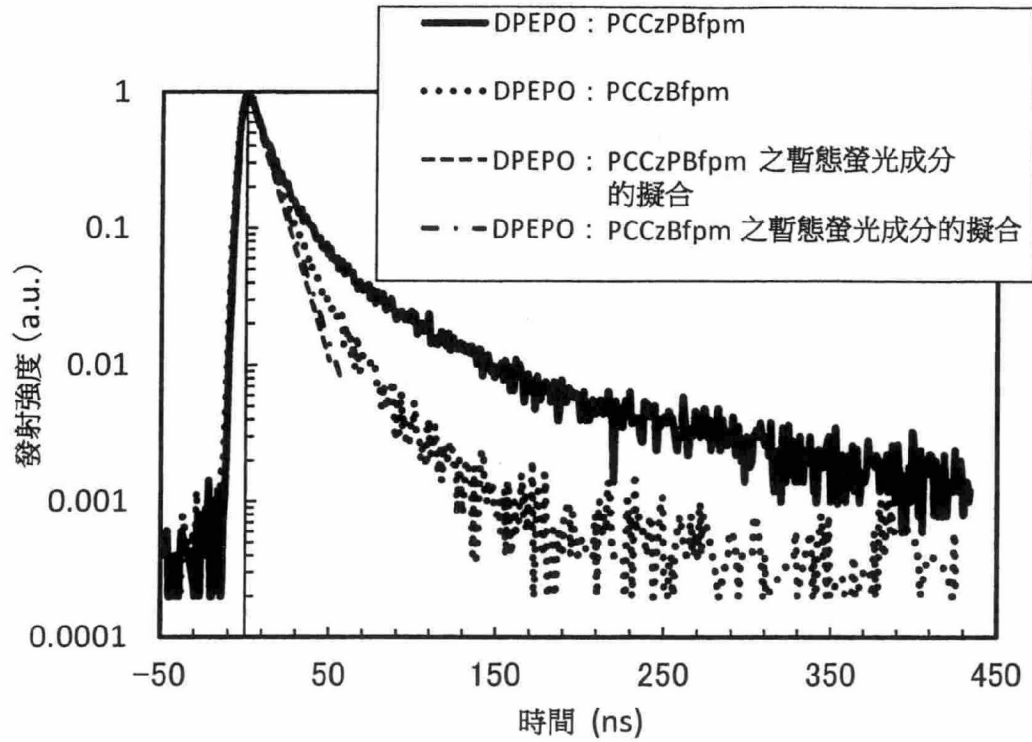


圖 52B

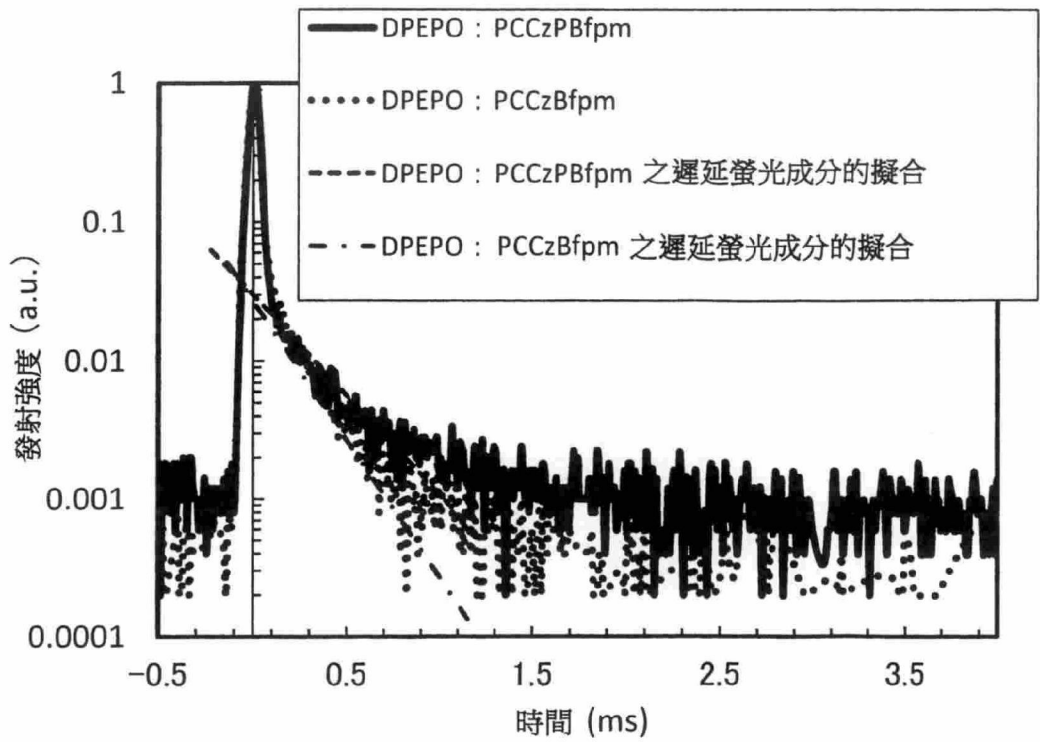


圖 53

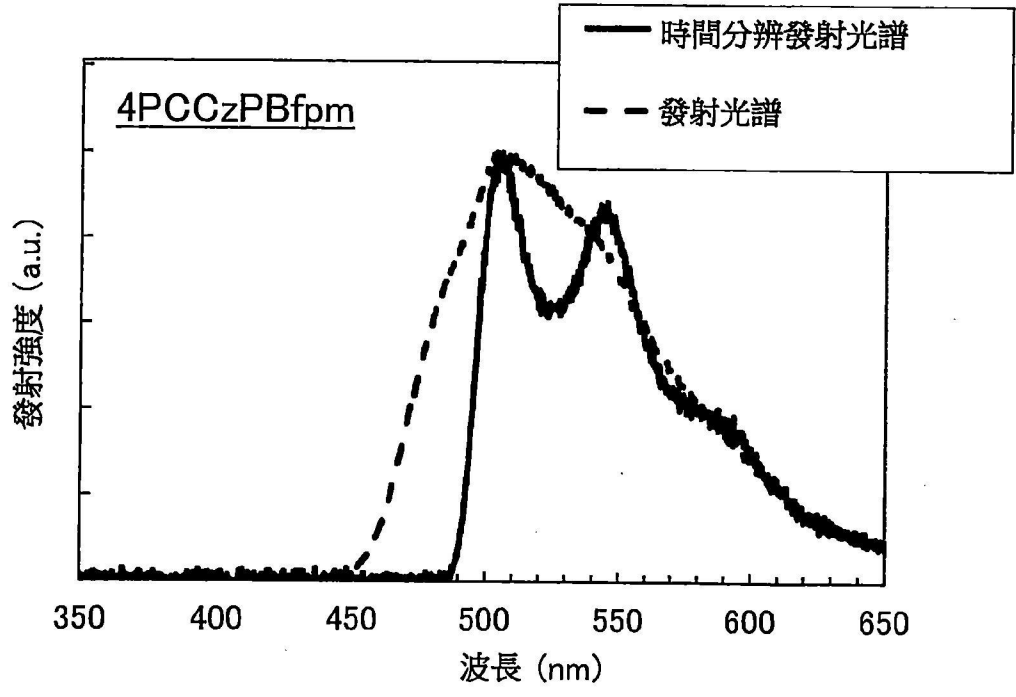


圖 54

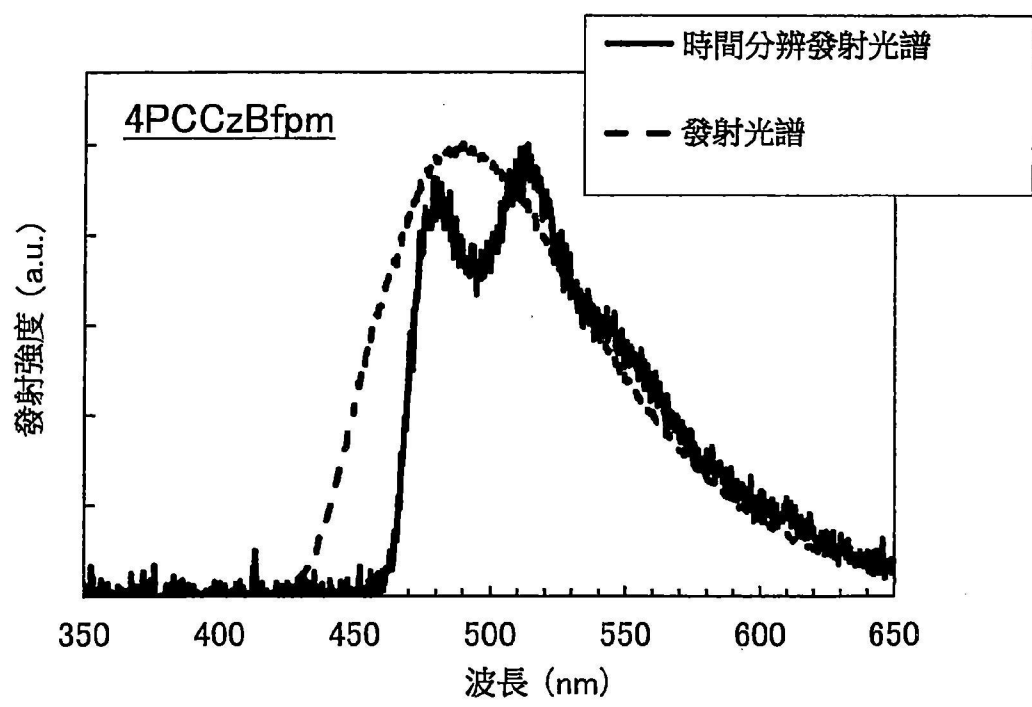


圖 55

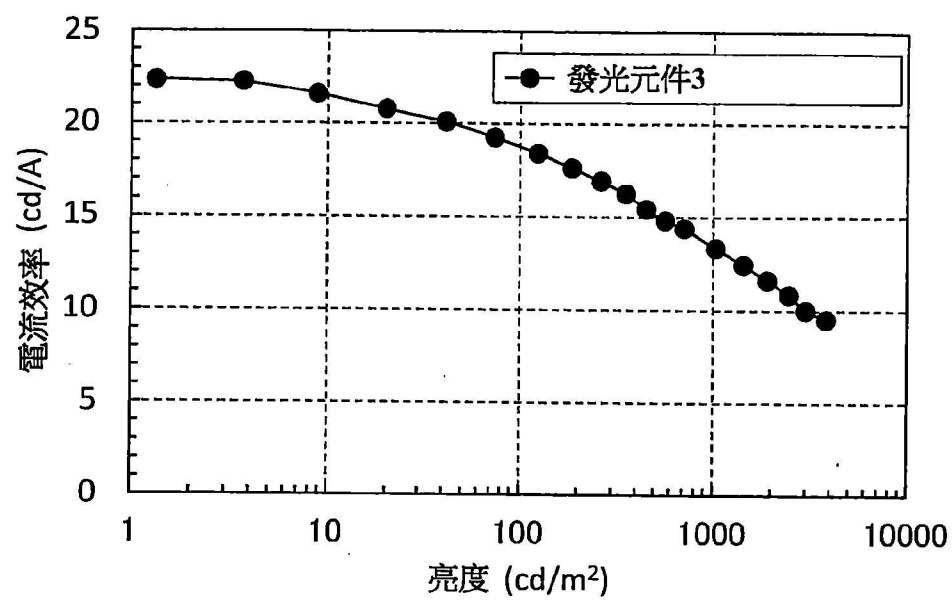


圖 56

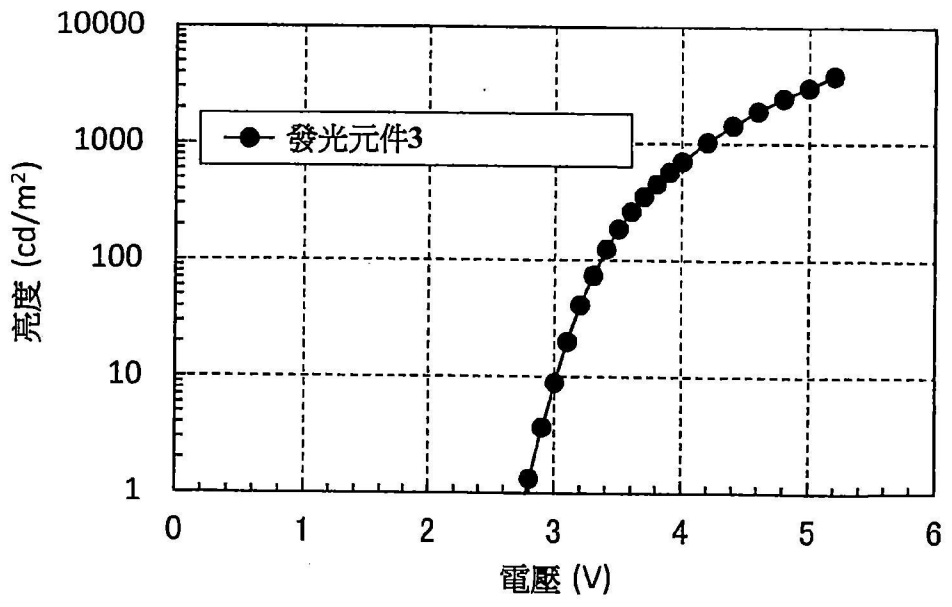


圖 57

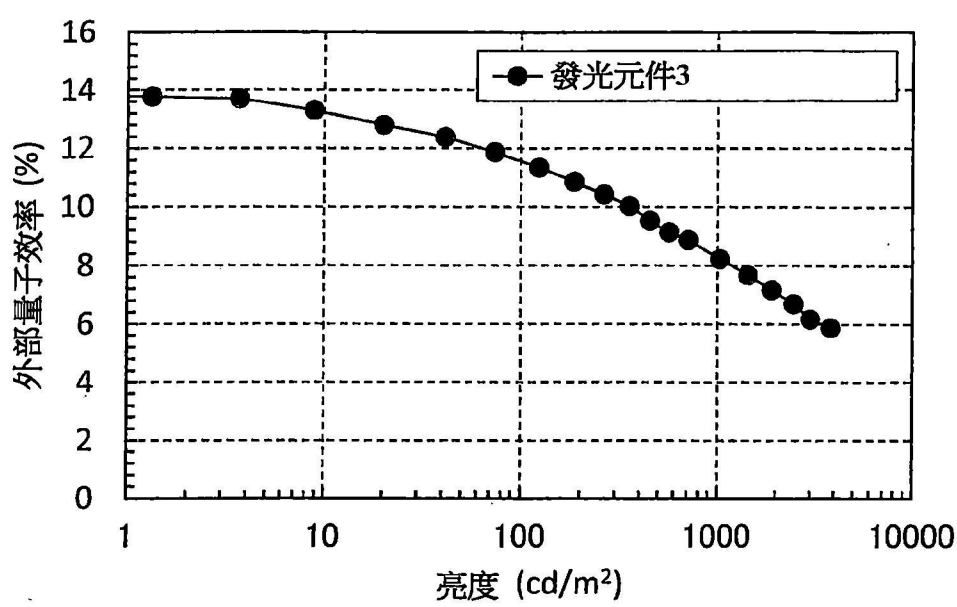


圖 58

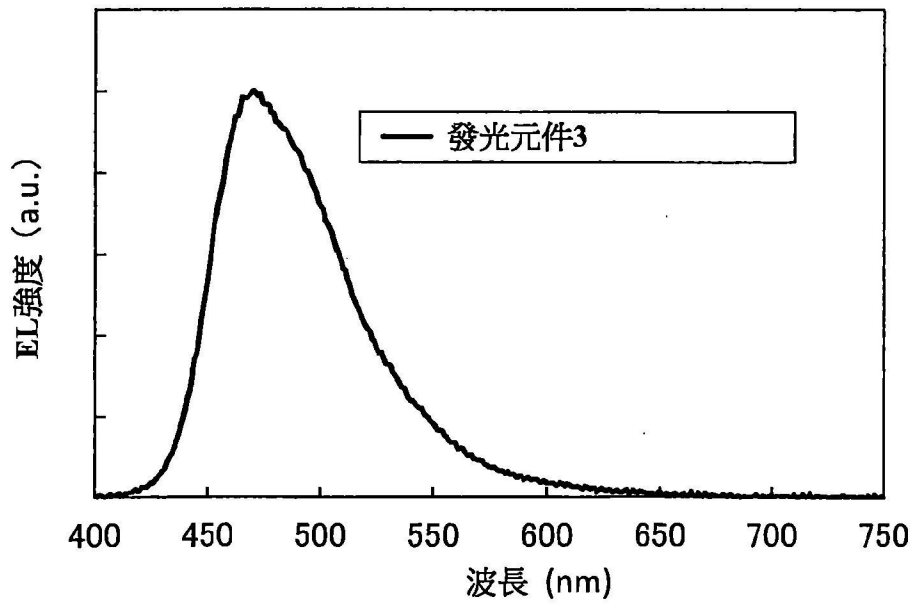


圖 59

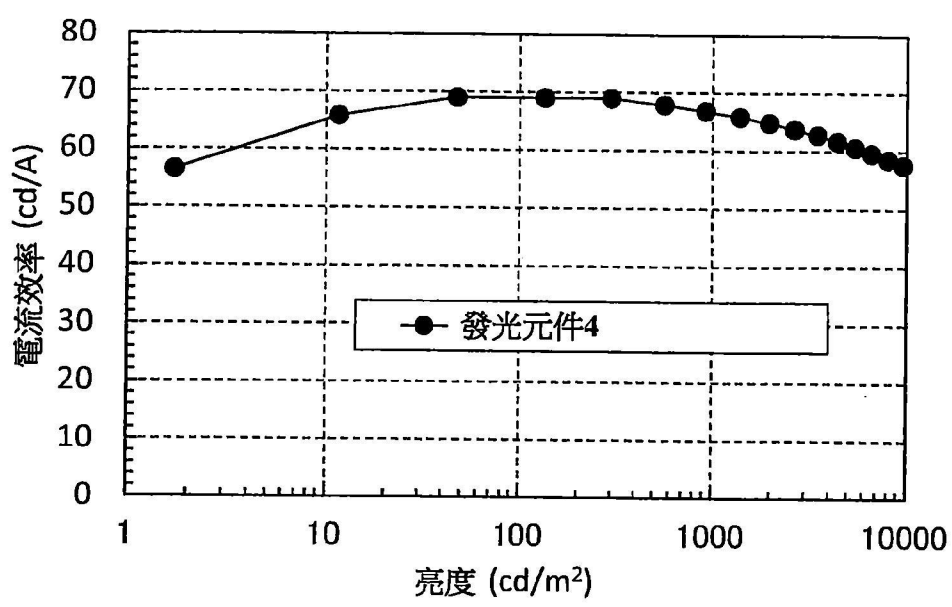


圖 60

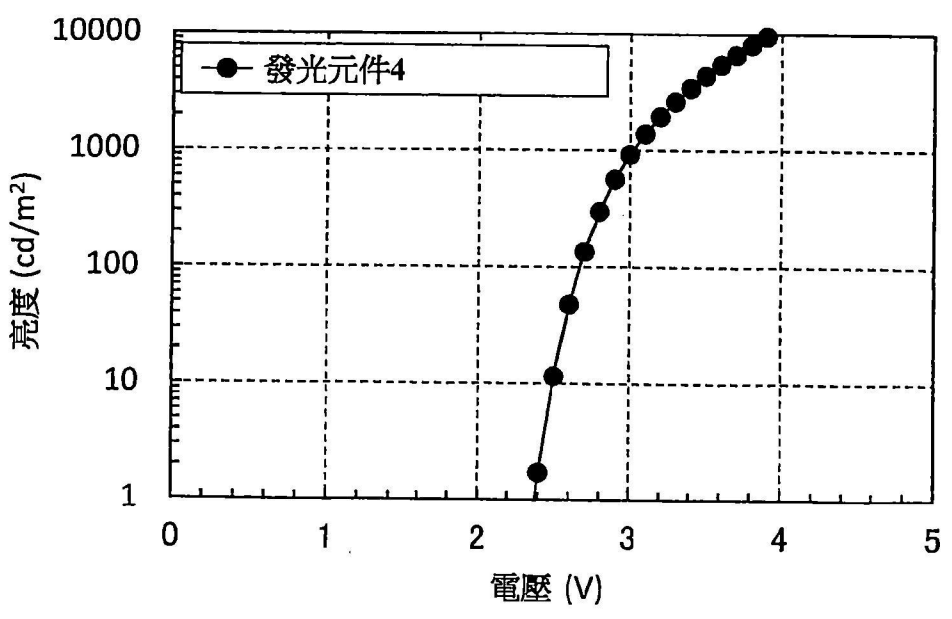


圖 61

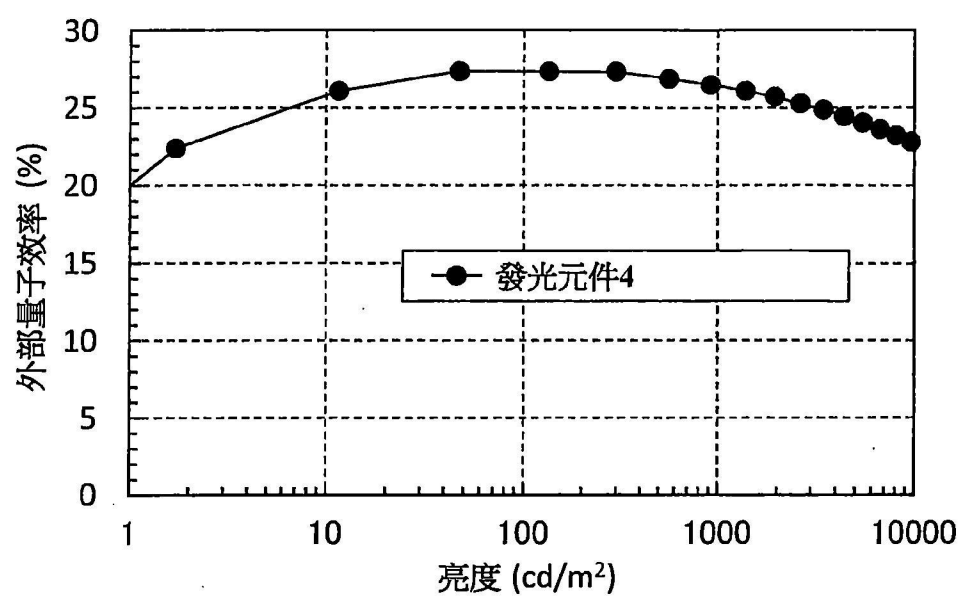


圖 62

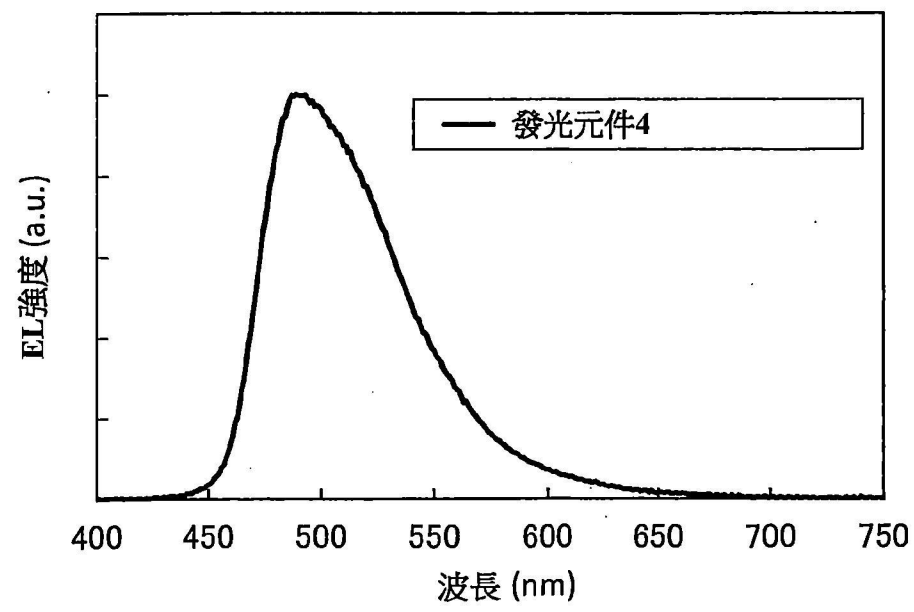


圖 63

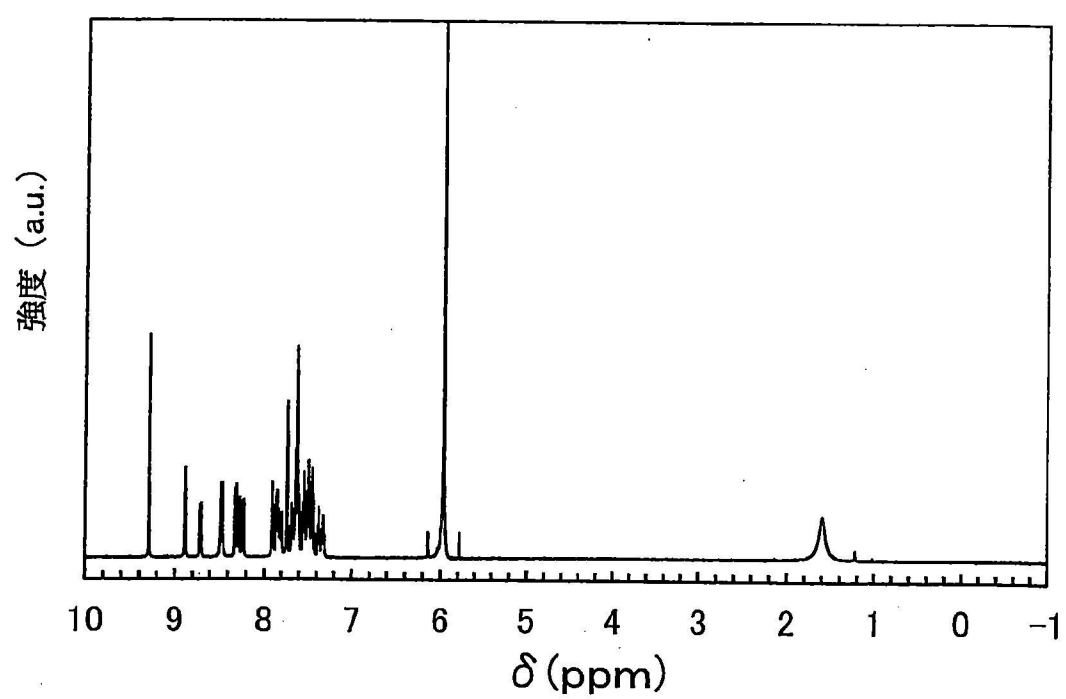


圖 64

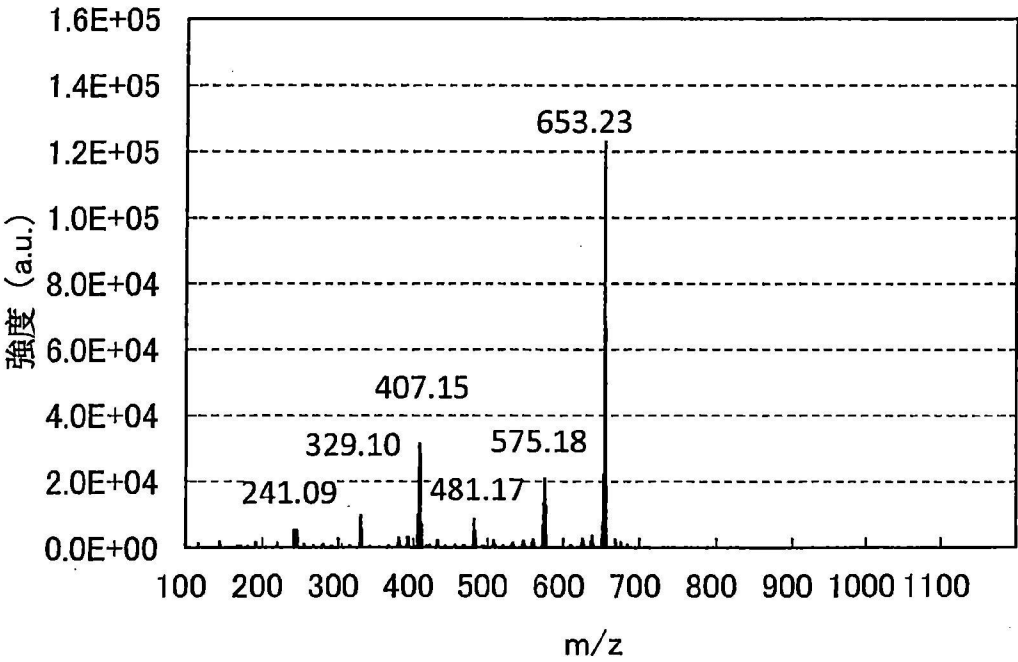


圖 65

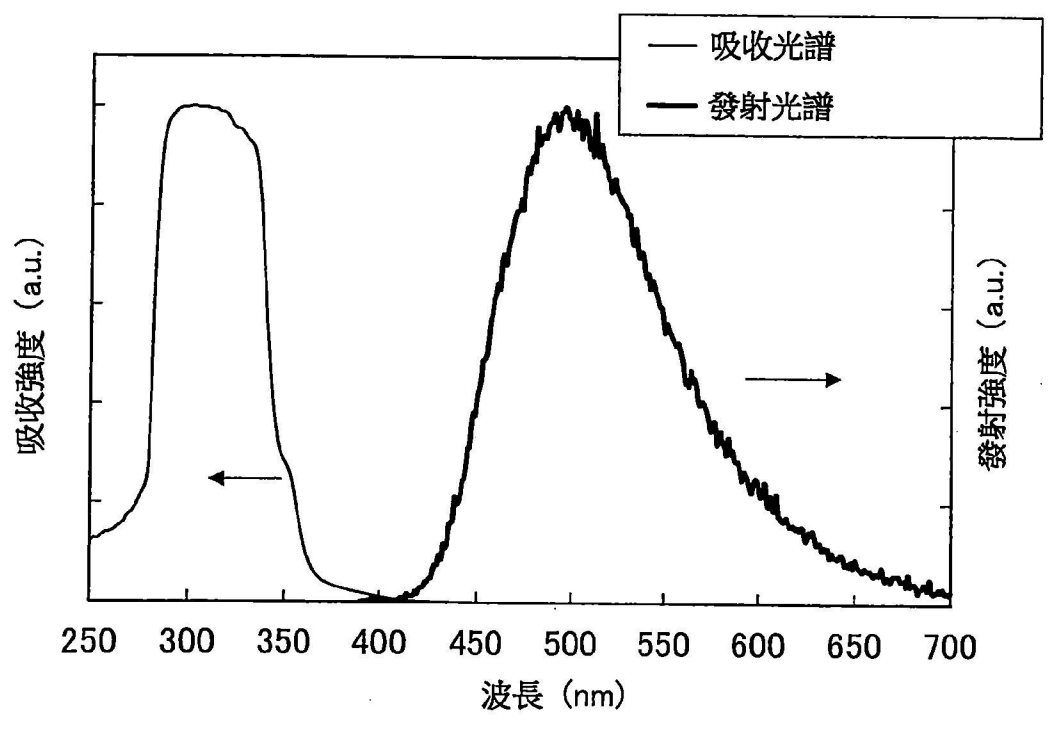


圖 66

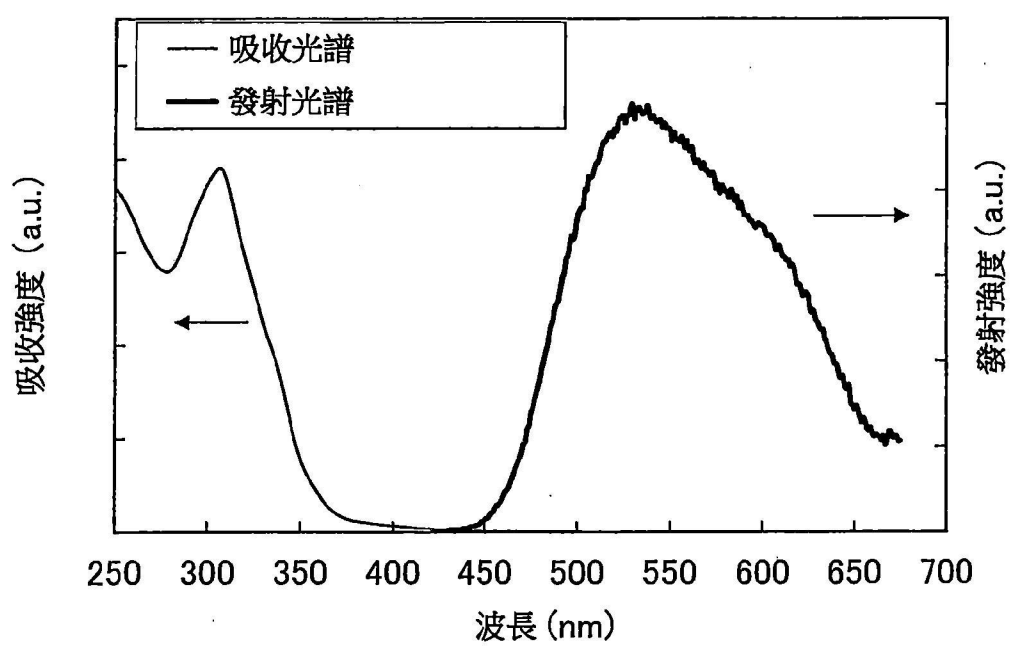


圖 67

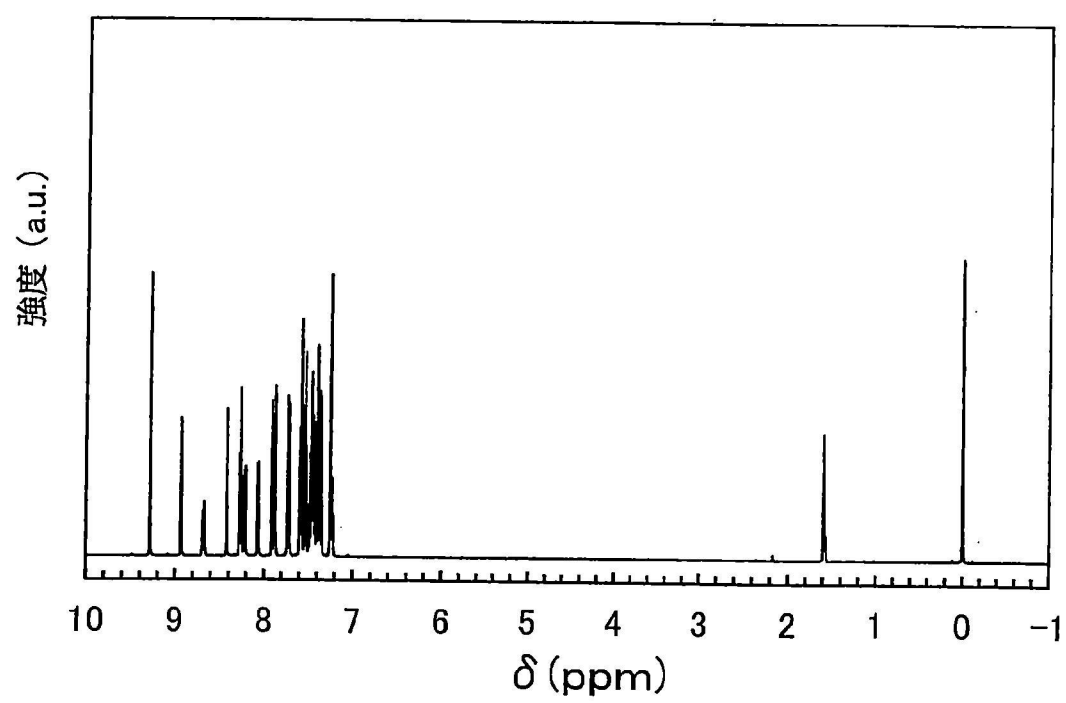


圖 68

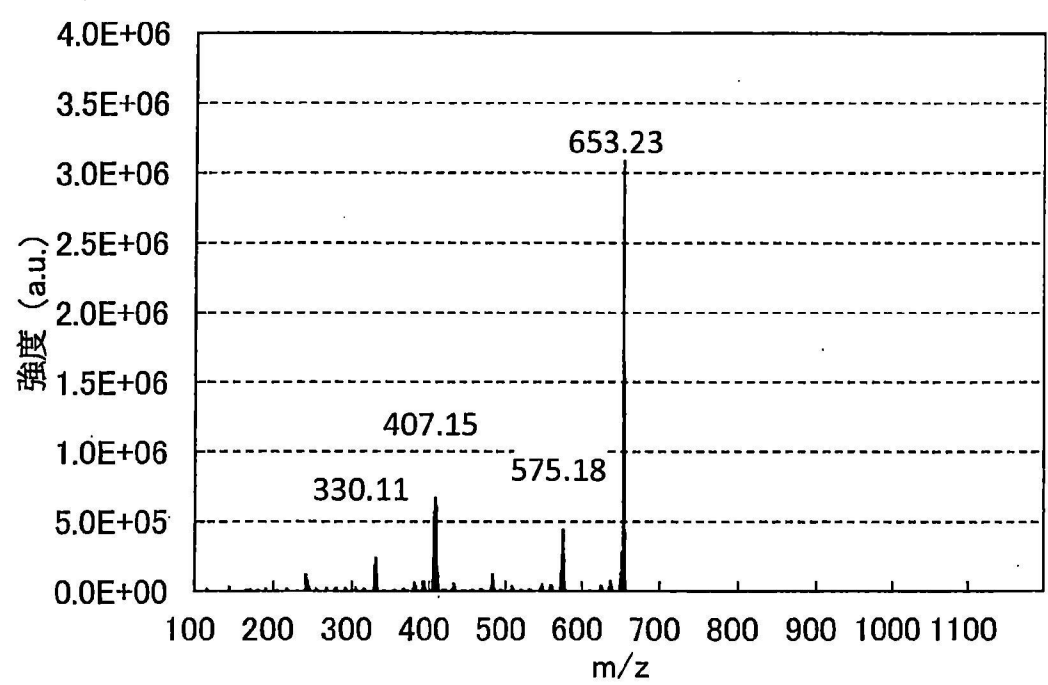


圖 69

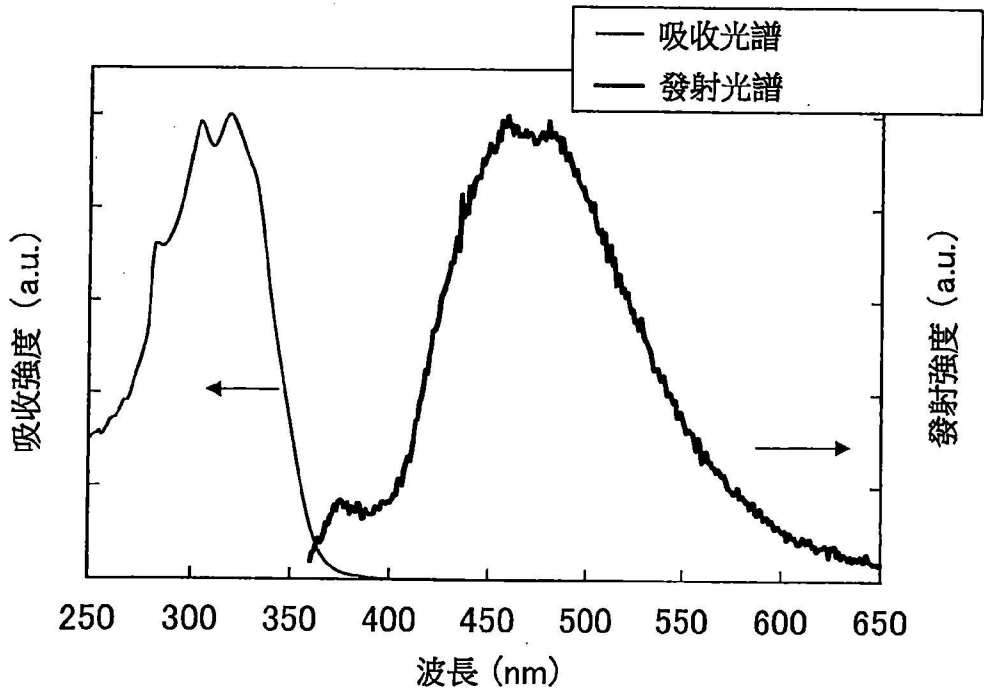


圖 70

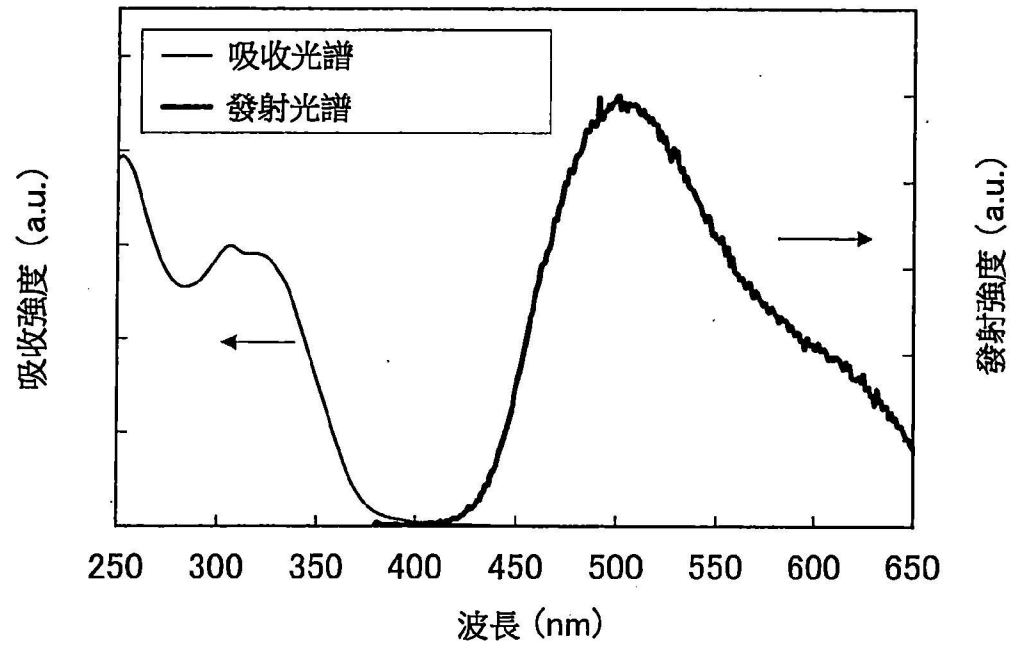


圖 71

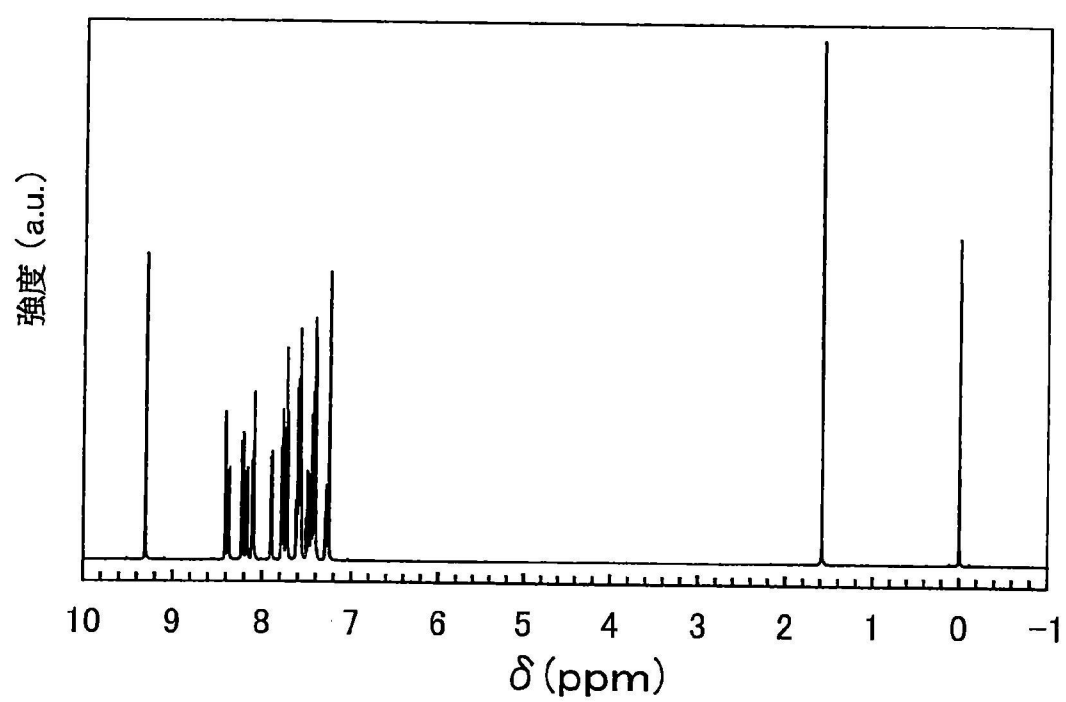


圖 72

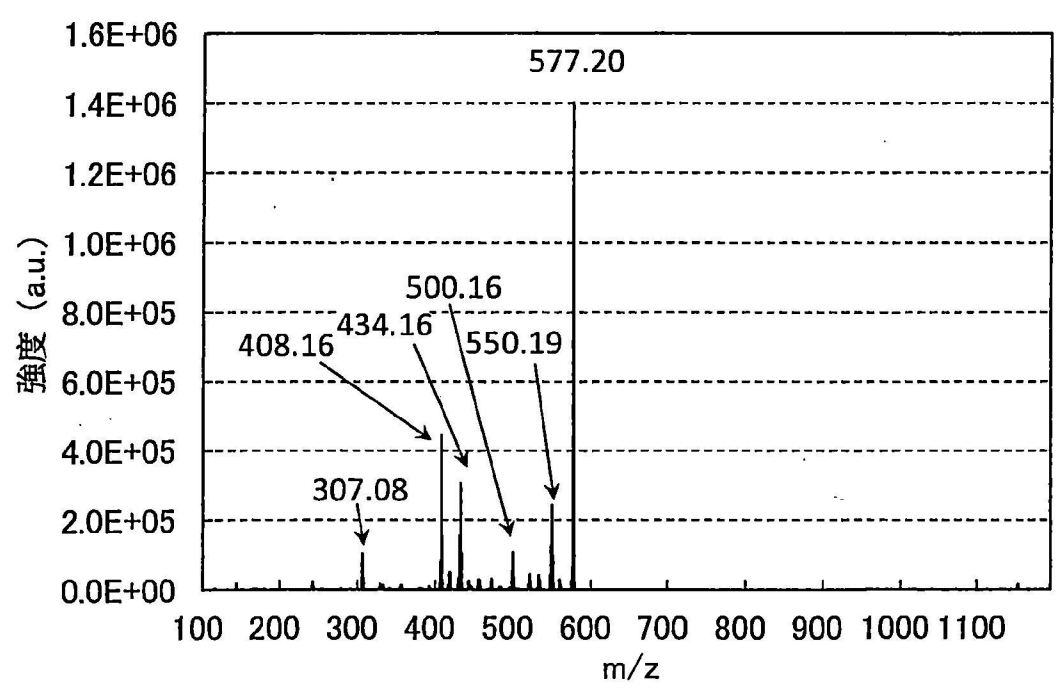


圖 73

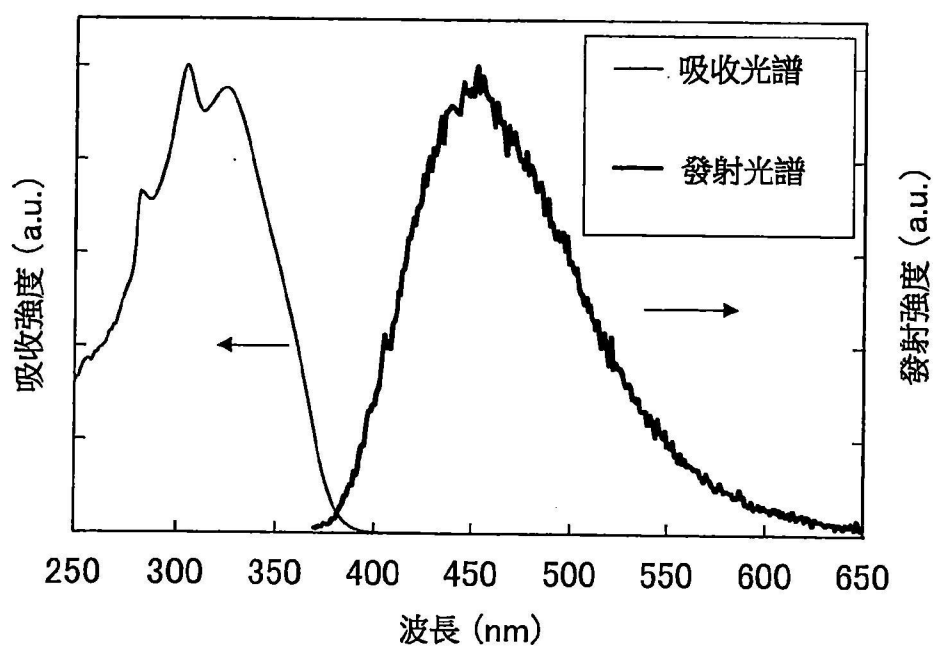


圖 74

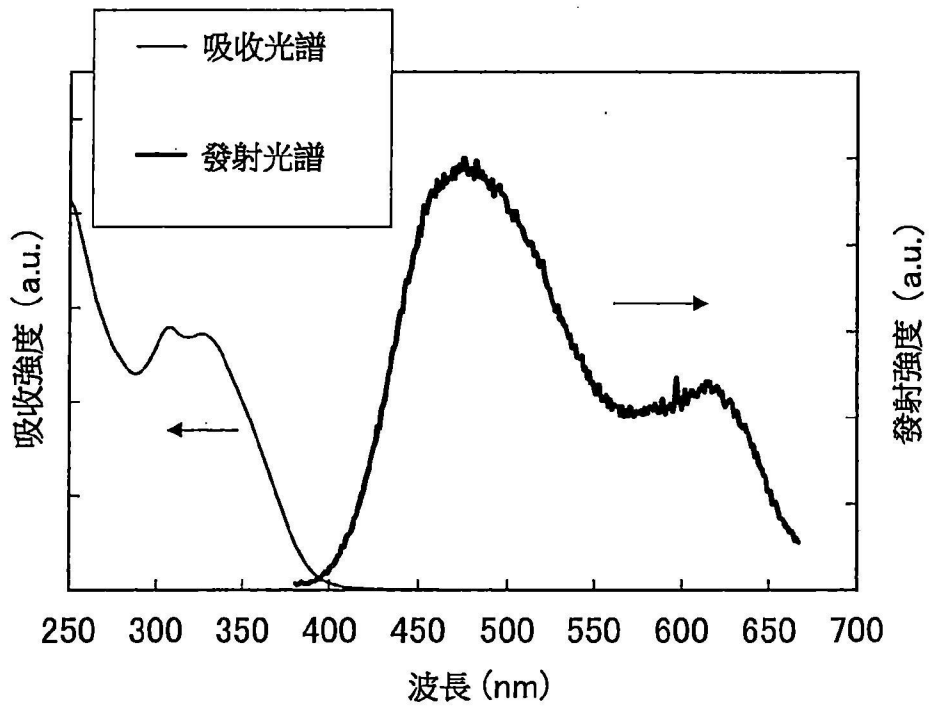


圖 75

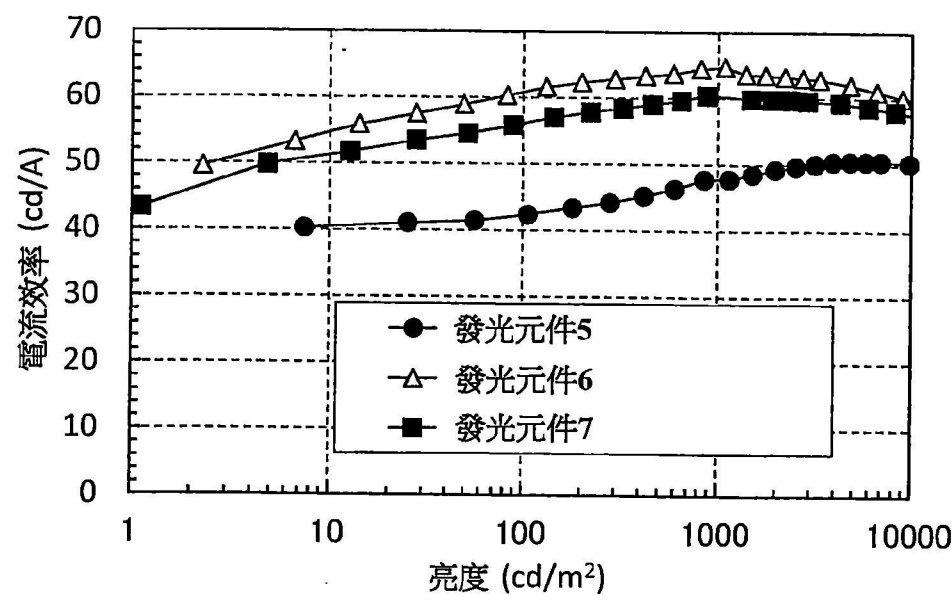


圖 76

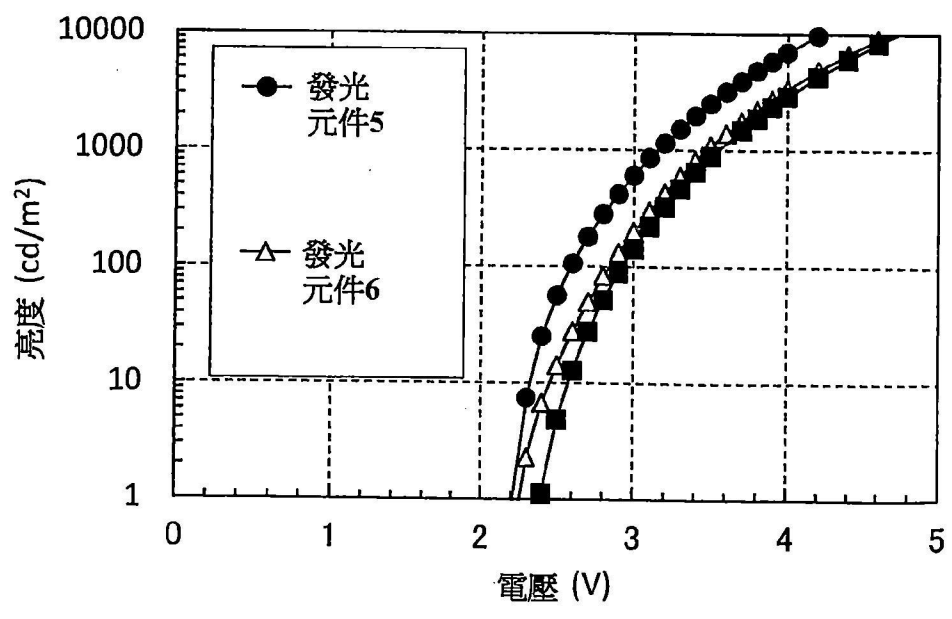


圖 77

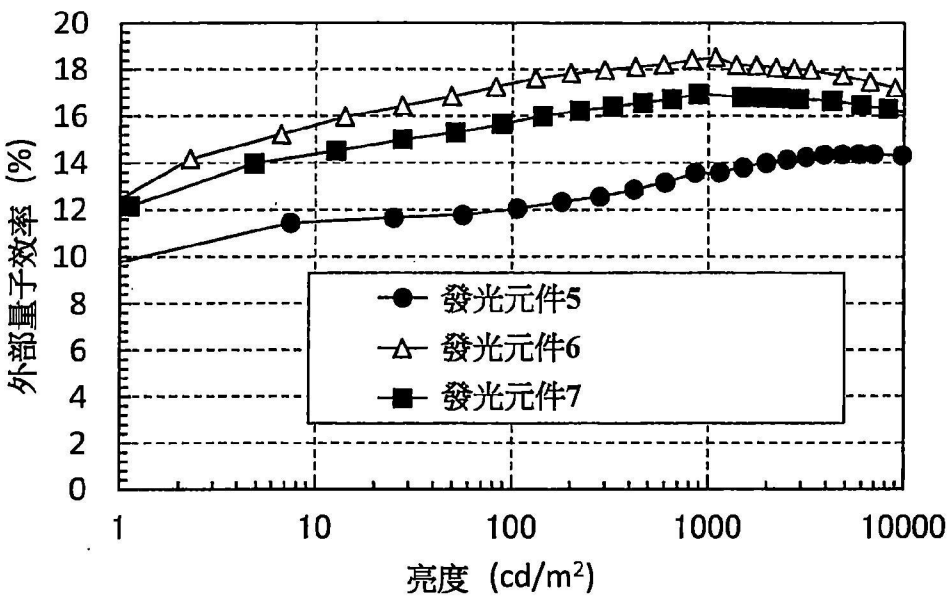


圖 78

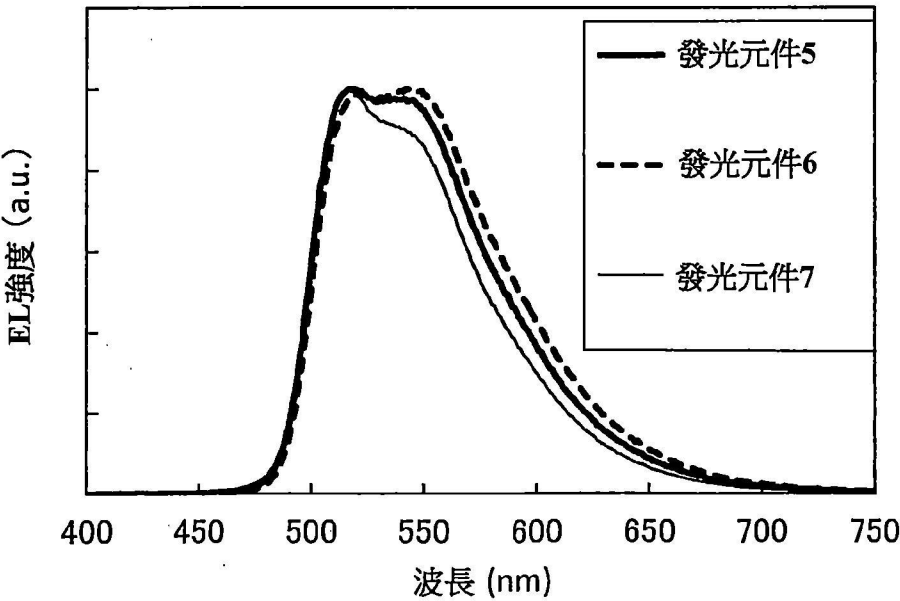


圖 79

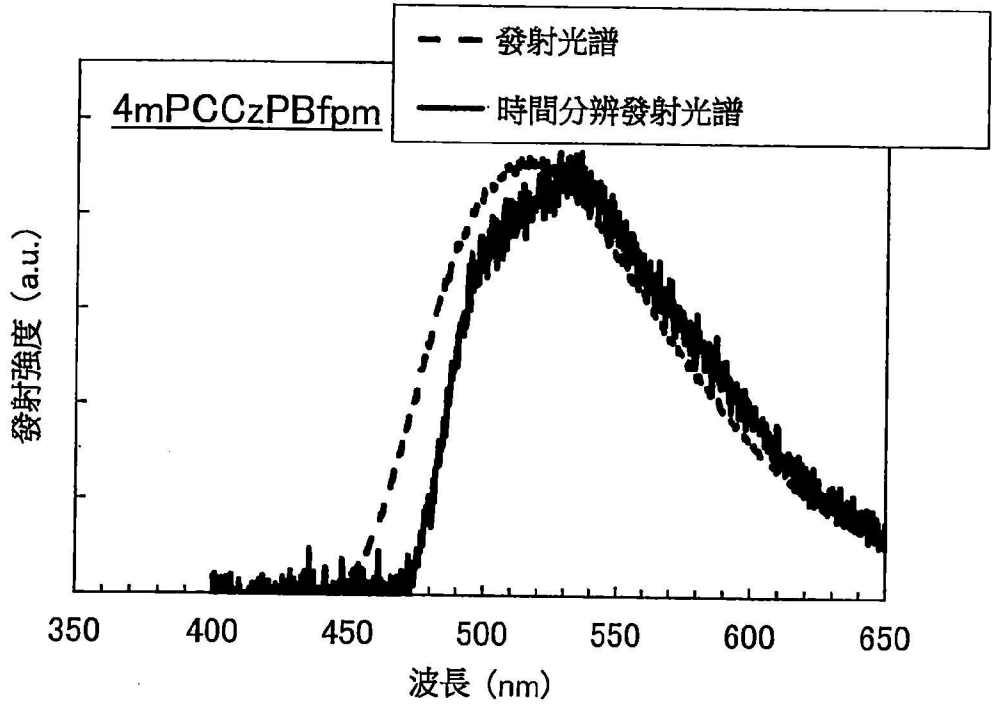


圖 80

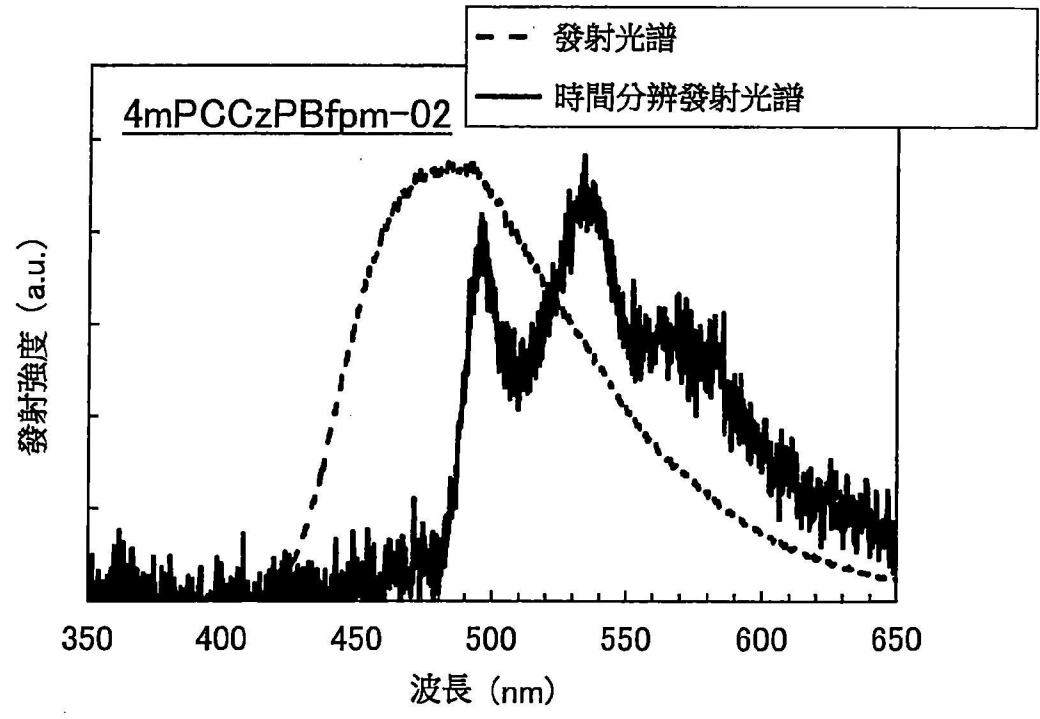


圖 81

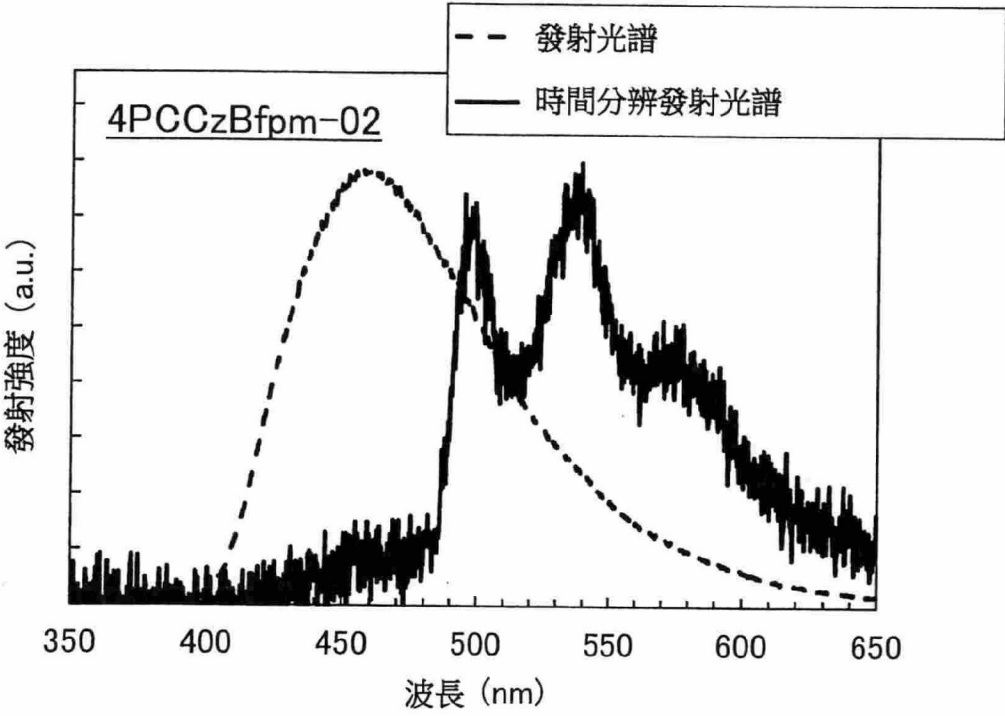


圖 82A

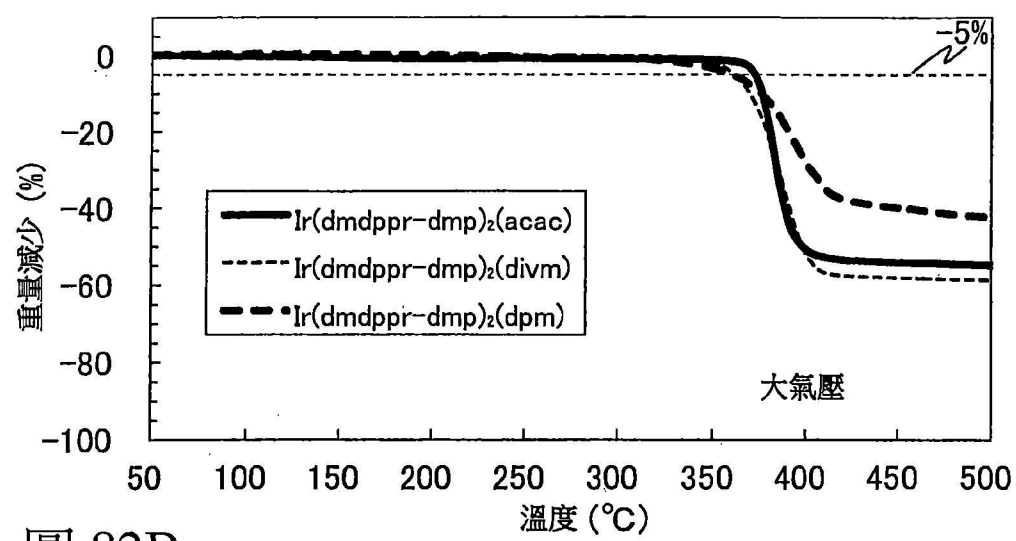


圖 82B

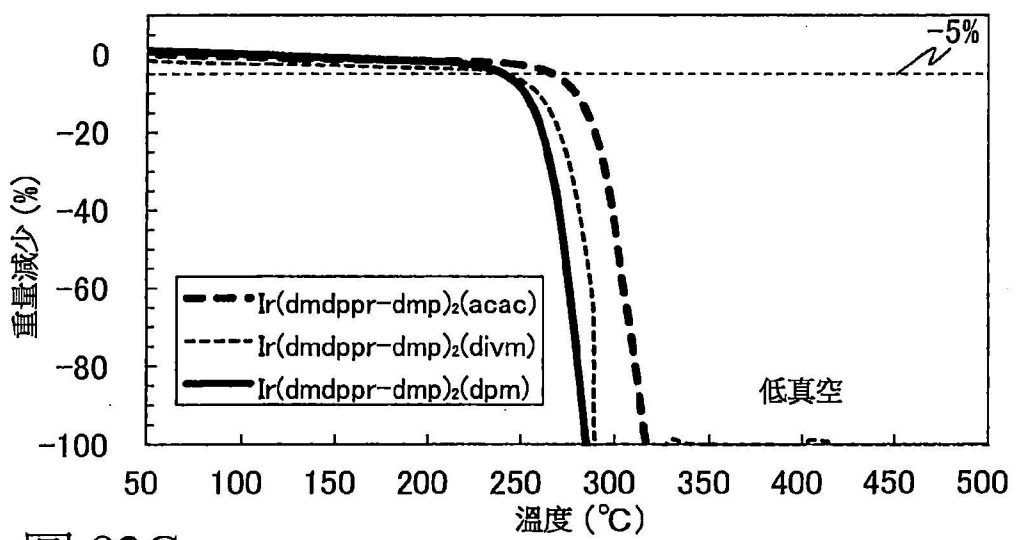


圖 82C

