



(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 I734480 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：109116298

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 06 月 24 日

(51)Int. Cl. : C07D493/04 (2006.01)

C09K11/06 (2006.01)

H01L51/50 (2006.01)

(30)優先權：2015/06/25 日本

2015-127571

(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：川上祥子 KAWAKAMI, SACHIKO (JP)；石黑佳美 ISHIGURO, YOSHIMI (JP)；高橋辰義 TAKAHASHI, TATSUYOSHI (JP)；濱田孝夫 HAMADA, TAKAO (JP)；瀨尾廣美 SEO, HIROMI (JP)；瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)

(74)代理人：林怡芳；童啓哲

(56)參考文獻：

US 2014/0124764A1

US 2015/0073147A1

審查人員：王嘉薇

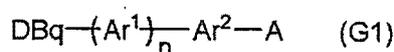
申請專利範圍項數：9 項 圖式數：32 共 183 頁

(54)名稱

雜環化合物、發光元件、發光裝置、電子裝置及照明設備

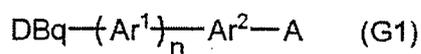
(57)摘要

提供一種新穎雜環化合物。尤其是，提供一種可以提高發光元件的元件特性的新穎雜環化合物。一種以下述通式(G1)表示的雜環化合物，其中取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基與取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基藉由取代或未取代的伸芳基鍵合。



在通式中，DBq 表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基，Ar<sup>1</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，n 表示 0 或 1，Ar<sup>2</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，A 表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基。當以 Ar<sup>1</sup> 及 Ar<sup>2</sup> 表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。

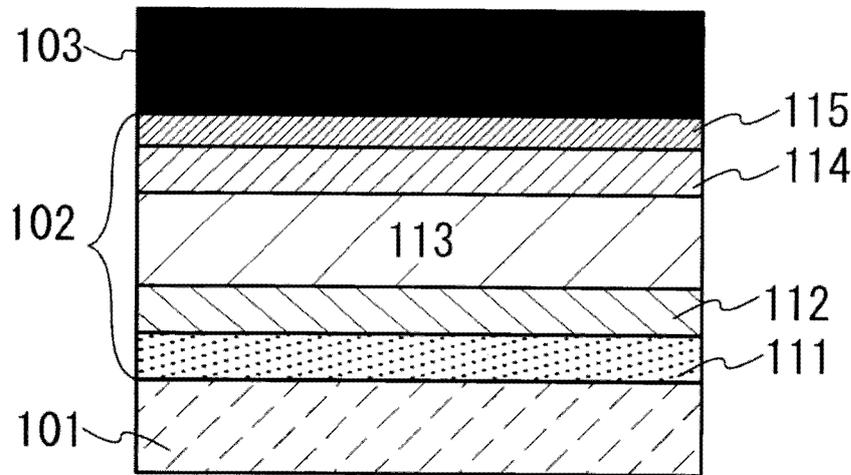
A novel heterocyclic compound is provided. In particular, a novel heterocyclic compound which can improve the element characteristics of the light-emitting element is provided. The heterocyclic compound is represented by a general formula (G1)



in which a substituted or unsubstituted dibenzo[f,h]quinoxaliny group and a substituted or unsubstituted benzobisbenzofuranyl group are bonded to each other via a substituted or unsubstituted arylene group. In the general formula (G1), DBq represents a substituted or unsubstituted dibenzo[f,h]quinoxaliny group,

Ar<sup>1</sup> represents a substituted or unsubstituted arylene group having 6 to 13 carbon atoms, n represents 0 or 1, Ar<sup>2</sup> represents a substituted or unsubstituted arylene group having 6 to 13 carbon atoms, and A represents a substituted or unsubstituted benzobisbenzofuranyl group. When the arylene group represented by Ar<sup>1</sup> and Ar<sup>2</sup> has substituents, the substituents may be bonded to each other to form a ring.

指定代表圖：

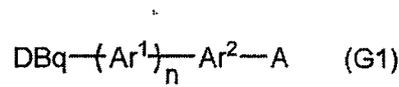


符號簡單說明：

- 101:第一電極
- 102:EL層
- 103:第二電極
- 111:電洞注入層
- 112:電洞傳輸層
- 113:發光層
- 114:電子傳輸層
- 115:電子注入層

圖 1A

特徵化學式：



I734480

## 發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

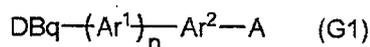
※IPC 分類：

## 【發明名稱】（中文/英文）

雜環化合物、發光元件、發光裝置、電子裝置及照明設備/HETEROCYCLIC COMPOUND, LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-EMITTING DEVICE, ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

## 【中文】

提供一種新穎雜環化合物。尤其是，提供一種可以提高發光元件的元件特性的新穎雜環化合物。一種以下述通式(G1)表示的雜環化合物，其中取代或未取代的二苯并[f, h]喹啉基與取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基藉由取代或未取代的伸芳基鍵合。

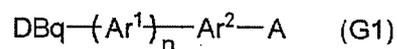


在通式中，DBq表示取代或未取代的二苯并[f, h]喹啉基，Ar<sup>1</sup>表示取代或未取代的碳原子數為6至13的伸芳基，n表示0或1，Ar<sup>2</sup>表示取代或未取代的碳原子數為6至13的伸芳基，A表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基。當以Ar<sup>1</sup>及Ar<sup>2</sup>表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。

## 【英文】

A novel heterocyclic compound is provided. In particular, a novel heterocyclic

compound which can improve the element characteristics of the light-emitting element is provided. The heterocyclic compound is represented by a general formula (G1)



in which a substituted or unsubstituted dibenzo[f,h]quinoxaliny l group and a substituted or unsubstituted benzobisbenzofuranyl group are bonded to each other via a substituted or unsubstituted arylene group. In the general formula (G1), DBq represents a substituted or unsubstituted dibenzo[f,h]quinoxaliny l group, Ar<sup>1</sup> represents a substituted or unsubstituted arylene group having 6 to 13 carbon atoms, n represents 0 or 1, Ar<sup>2</sup> represents a substituted or unsubstituted arylene group having 6 to 13 carbon atoms, and A represents a substituted or unsubstituted benzobisbenzofuranyl group. When the arylene group represented by Ar<sup>1</sup> and Ar<sup>2</sup> has substituents, the substituents may be bonded to each other to form a ring.

### 【代表圖】

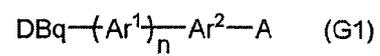
【本案指定代表圖】：圖1A。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 101 第一電極
- 102 EL 層
- 103 第二電極
- 111 電洞注入層
- 112 電洞傳輸層

- 113 發光層
- 114 電子傳輸層
- 115 電子注入層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：



# 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)

雜環化合物、發光元件、發光裝置、電子裝置及照明設備/  
5 HETEROCYCLIC COMPOUND, LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-  
EMITTING DEVICE, ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

## 【技術領域】

[0001]

本發明的一個實施方式係關於一種物體、方法或製造方法。另外，本  
10 發明係關於一種製程 (process)、機器 (machine)、產品 (manufacture) 或  
組合物 (composition of matter)。尤其是，本發明的一個實施方式係關於一  
種半導體裝置、發光裝置、顯示裝置、照明設備、發光元件以及它們的驅動  
方法或製造方法。此外，本發明的一個實施方式係關於一種雜環化合物及其  
新穎的合成方法。此外，本發明的一個實施方式係關於一種使用上述雜環化  
15 合物的發光元件、發光裝置、電子裝置及照明設備。注意，本發明的一個實  
施方式不侷限於上述技術領域。

## 【先前技術】

[0002]

具有薄型輕量、高速回應性及直流低電壓驅動等特徵的使用有機化合  
20 物作為發光體的發光元件被期待應用於下一代平板顯示器。尤其是，將發光  
元件配置為矩陣狀的顯示裝置與習知的液晶顯示裝置相比具有視角廣且可  
見度優異的優點。

[0003]

發光元件的發光機制被認為如下：藉由在一對電極之間夾著包含發光

體的 EL 層並對該一對電極施加電壓，從陰極注入的電子和從陽極注入的電洞在 EL 層的發光中心再結合而形成分子激子，當該分子激子返回到基態時釋放出能量而發光。已知激發態有單重激發態和三重激發態，並且認為無論經過上述任一種激發態都可以實現發光。

5 [0004]

在這種發光元件中，作為 EL 層，主要使用有機化合物。因為它對發光元件的元件特性的提高有很大的影響，所以已對各種各樣的新穎的有機化合物進行開發（例如，參照專利文獻 1）。

[0005]

10 [專利文獻 1]日本專利申請公開第 2007-189001 號公報

#### 【發明內容】

[0006]

上述專利文獻 1 所報告的具有二苯并[f,h]喹啉環的化合物具有平面結構，因此有容易晶化的問題。使用容易晶化的化合物的發光元件的使用壽命較短。此外，如果將另一骨架直接鍵合到二苯并[f,h]喹啉環上以便使該化合物具有空間上龐大的結構，則有時可能使共軛體系延伸而引起三重態激發能的降低。當三重態激發能降低時發光效率也降低，因此使用這種化合物的發光元件的元件特性也降低。

[0007]

20 於是，本發明的一個實施方式提供一種新穎雜環化合物。尤其是，提供一種可以提高發光元件的元件特性的新穎雜環化合物。另外，本發明的一個實施方式提供一種發光效率及耐熱性高的新穎雜環化合物。另外，本發明的一個實施方式提供一種可用於發光元件的新穎雜環化合物。另外，本發明的一個實施方式提供一種可用於發光元件的 EL 層的新穎雜環化合物。尤其是，

提供一種耐熱性高的發光元件、發光效率高且耗電量低的發光元件以及使用壽命長的發光元件。另外，本發明的一個實施方式提供一種新穎發光元件。另外，提供一種新穎發光裝置、新穎電子裝置或新穎照明設備。注意，這些目的記載並不妨礙其他目的的存在。本發明的一個實施方式並不需要實現所有上述目的。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以外的目的。

[0008]

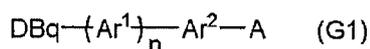
本發明的一個實施方式是一種雜環化合物，其中取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基與取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基藉由取代或未取代的伸芳基鍵合。

[0009]

本發明的一個實施方式是一種以下述通式 (G1) 表示的雜環化合物。

[0010]

[化學式 1]



15

[0011]

在通式 (G1) 中，DBq 表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基，Ar<sup>1</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，n 表示 0 或 1，Ar<sup>2</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，A 表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基。當以 Ar<sup>1</sup> 及 Ar<sup>2</sup> 表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。

20

[0012]

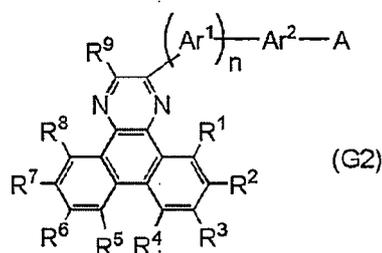
另外，在本發明的另一個實施方式中，在上述通式 (G1) 中，DBq 表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基，Ar<sup>1</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，n 表示 0 或 1，Ar<sup>2</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，A 表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基。在苯并雙苯并呋喃基中的不形成呋喃環的碳原子中，與呋喃環的鍵合於氧的碳原子相鄰的碳原子中的任一個與 Ar<sup>2</sup> 鍵合。當以 Ar<sup>1</sup> 及 Ar<sup>2</sup> 表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。

[0013]

另外，本發明的另一個實施方式是一種以下述通式 (G2) 表示的雜環化合物。

[0014]

[化學式 2]



[0015]

在通式 (G2) 中，A 表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基，R<sup>1</sup> 至 R<sup>9</sup> 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 4 的烷基或者取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基，Ar<sup>1</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，n 表示 0 或 1，Ar<sup>2</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基。當以 Ar<sup>1</sup> 及 Ar<sup>2</sup> 表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。

20 [0016]

在上述結構中，通式 (G1) 或通式 (G2) 中的  $Ar^2$  表示取代或未取代的伸苯基或者取代或未取代的聯苯二基，n 表示 0。

[0017]

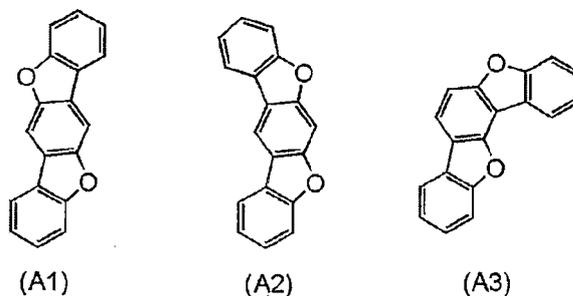
在上述結構中，通式 (G1) 或通式 (G2) 中的  $Ar^2$  表示取代或未取代的  
5 m-伸苯基或者取代或未取代的聯苯-3,3'-二基，n 表示 0。

[0018]

在上述各結構中，通式 (G1) 或通式 (G2) 中的 A 是下述通式 (A1) 至通式 (A3) 中的任一個，在通式 (A1) 至通式 (A3) 中，不形成呋喃環的碳原子中的與呋喃環的鍵合於氧的碳原子相鄰的碳原子中的任一個與  $Ar^2$   
10 鍵合。

[0019]

[化學式 3]



[0020]

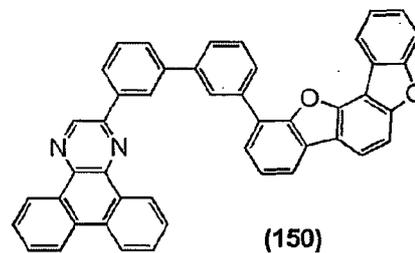
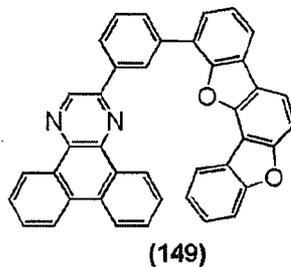
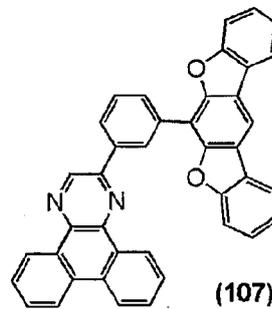
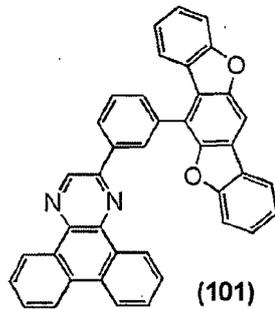
15 在通式 (A1) 至通式 (A3) 中，苯環也可以具有取代基，取代基是取代或未取代的碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的環烷基或者取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基。

[0021]

20 另外，本發明的另一個實施方式是以下述結構式 (101)、結構式 (107)、結構式 (149) 或結構式 (150) 表示的雜環化合物。

[0022]

[化學式 4]



[0023]

5 因為上述本發明的一個實施方式的雜環化合物是 T1 能階高的材料，所以可以被用作可以與磷光材料等發光物質（摻雜物）組合的主體材料。

[0024]

另外，本發明的一個實施方式的雜環化合物是電子傳輸性高的材料。因此，將上述雜環化合物不但可以用於發光元件的 EL 層中的發光層而且還可以用於電子傳輸層等。而且，本發明的一個實施方式的雜環化合物是發光物質。因此，在發光層中，不但可以將上述雜環化合物用作與磷光材料等發光物質組合而使用的主體材料，而且還可以用作發光物質。因此，使用本發明的一個實施方式的雜環化合物的發光元件包括在本發明的一個實施方式的範疇內。

10

15 [0025]

就是說，本發明的另一個實施方式是一種使用雜環化合物的發光元件，在該雜環化合物中，取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基與取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基藉由取代或未取代的伸芳基鍵合。

[0026]

5 另外，本發明的另一個實施方式是一種使用雜環化合物的發光元件，在該雜環化合物中，取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基與取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基藉由取代或未取代的伸芳基鍵合，在上述苯并雙苯并呋喃基中的不形成呋喃環的碳原子中，與上述呋喃環的鍵合於氧的碳原子相鄰的碳原子中的任一個與上述伸芳基鍵合。

10 [0027]

另外，在上述各結構中，發光元件包括發光層，發光層包含上述雜環化合物和發光物質。

[0028]

此外，本發明的一個實施方式不僅包括具有發光元件的發光裝置，而且  
15 還包括具有發光裝置的照明設備。因此，本說明書中的發光裝置是指影像顯示裝置或光源（包括照明設備）。另外，發光裝置有時還包括如下模組：在發光裝置中安裝有連接器諸如 FPC (Flexible printed circuit: 軟性印刷電路板) 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  
20 晶片) 方式直接安裝在發光元件上的模組。

[0029]

根據本發明的一個實施方式，可以提供一種新穎雜環化合物。尤其是，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種可以提高發光元件的元件特性的新穎雜環化合物。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發光

效率及耐熱性高的新穎雜環化合物。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種可用於發光元件的新穎雜環化合物。另外，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種可用於發光元件的 EL 層的新穎雜環化合物。尤其是，根據本發明的一個實施方式，可以提供一種耐熱性高的發光元件、發光效率高且耗電量低的發光元件以及使用壽命長的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種新穎發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種新穎發光裝置、新穎電子裝置或新穎照明設備。

### 【圖式簡單說明】

[0030]

10 在圖式中：

圖 1A 和圖 1B 是說明發光元件的結構的圖；

圖 2A 和圖 2B 是說明發光元件的結構的圖；

圖 3A 至圖 3C 是說明發光裝置的圖；

圖 4A 和圖 4B 是說明發光裝置的圖；

15 圖 5A1、圖 5A2、圖 5B、圖 5C、圖 5D1、圖 5D2 及圖 5D3 是說明電子裝置的圖；

圖 6A 至圖 6C 是說明電子裝置的圖；

圖 7A 和圖 7B 是說明汽車的圖；

圖 8A 至圖 8D 是說明照明設備的圖；

20 圖 9 是說明照明設備的圖；

圖 10A 和圖 10B 是示出觸控面板的一個例子的圖；

圖 11A 和圖 11B 是示出觸控面板的一個例子的圖；

圖 12A 和圖 12B 是示出觸控面板的一個例子的圖；

圖 13A 和圖 13B 分別是觸控感測器的方塊圖及時序圖；

圖 14 是觸控感測器的電路圖；

圖 15A 和圖 15B 是以結構式 (101) 表示的雜環化合物的  $^1\text{H-NMR}$  譜；

圖 16A 和圖 16B 是以結構式 (101) 表示的雜環化合物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

5 圖 17A 和圖 17B 是以結構式 (107) 表示的雜環化合物的  $^1\text{H-NMR}$  譜；

圖 18A 和圖 18B 是以結構式 (107) 表示的雜環化合物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

圖 19A 和圖 19B 是以結構式 (149) 表示的雜環化合物的  $^1\text{H-NMR}$  譜；

10 圖 20A 和圖 20B 是以結構式 (149) 表示的雜環化合物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

圖 21A 和圖 21B 是以結構式 (150) 表示的雜環化合物的  $^1\text{H-NMR}$  譜；

圖 22A 和圖 22B 是以結構式 (150) 表示的雜環化合物的紫外·可見吸收光譜及發射光譜；

圖 23 是說明發光元件的圖；

15 圖 24 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 25 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的電壓-亮度特性的圖；

圖 26 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 27 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的電壓-電流特性的圖；

圖 28 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的發射光譜的圖；

20 圖 29 是示出發光元件 1 至發光元件 4 的可靠性的圖；

圖 30 是示出發光元件 1 至發光元件 3、以及對比發光元件 5 的外部量子效率特性的時間變化的圖；

圖 31 是  $2\text{mBbfPDBq}$  的質譜圖；

圖 32 是  $2\text{mBbfPDBq}$  的質譜圖。

**【實施方式】**

[0031]

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  
5 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。

[0032]

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

[0033]

## 實施方式 1

在本實施方式中，說明本發明的一個實施方式的雜環化合物。

15 [0034]

在本實施方式中示出的雜環化合物具有如下特徵：亦即取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基與取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基藉由取代或未  
取代的伸芳基鍵合。

[0035]

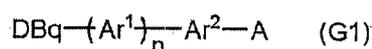
20 一般已知：在增加形成有機化合物的分子結構的稠環個數時，隨著分子量的增大，具有稠環個數較多的結構的有機化合物中的耐熱性得到提高，並且在將該有機化合物用於發光元件時可以期待長使用壽命。但是，因為在增加稠環個數時有機化合物具有平面性更高的分子結構，所以產生如下問題：有機化合物的薄膜的容易晶化等所導致的耐熱性的降低；化合物的三重態

激發能 (T1 能階) 的降低；以及由於化合物的溶解性降低，因此化合物的合成及純化變困難。與此相反，在本發明的一個實施方式的雜環化合物中，使用包含雜原子的稠環擴大有機分子的骨架，因此可以提供一種 T1 能階高的化合物。藉由使平面性高的二苯并[f,h]喹啉基與苯并雙苯并呋喃基藉由伸芳基鍵合，實現龐大的化合物，因此可以抑制晶化而實現耐熱性的提高。

5 因此，在本實施方式中說明的雜環化合物是具有以下述通式 (G1) 表示的結構的雜環化合物。

[0036]

[化學式 5]



10

[0037]

在通式 (G1) 中，DBq 表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基，Ar<sup>1</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，n 表示 0 或 1，Ar<sup>2</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，A 表示取代或未取代的苯并雙

15 苯并呋喃基。當以 Ar<sup>1</sup> 及 Ar<sup>2</sup> 表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。

[0038]

另外，作為其他結構，在以上述通式 (G1) 表示的雜環化合物中，DBq 表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基，Ar<sup>1</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，n 表示 0 或 1，Ar<sup>2</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，A 表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基。在苯并雙苯并呋喃基中的不形成呋喃環的碳原子中，與呋喃環的鍵合於氧的碳原子相

20

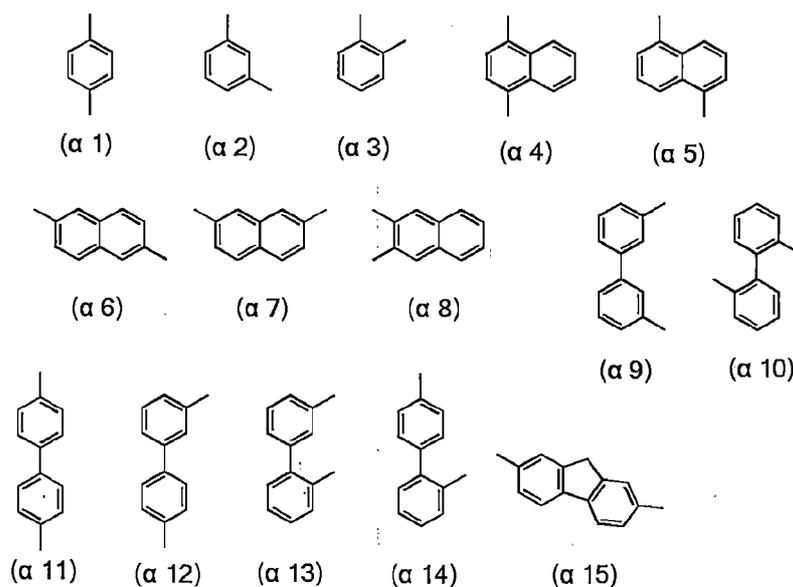
鄰的碳原子中的任一個與  $Ar^2$  鍵合。當以  $Ar^1$  及  $Ar^2$  表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。

[0039]

作為通式 (G1) 中的以  $Ar^1$  或  $Ar^2$  表示的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，  
5 可以舉出取代或未取代的伸苯基、取代或未取代的萘二基、取代或未取代的聯苯二基、取代或未取代的蒽二基等，明確而言，可以舉出以下述結構式 ( $\alpha 1$ ) 至 ( $\alpha 15$ ) 表示的伸芳基等。

[0040]

[化學式 6]



10

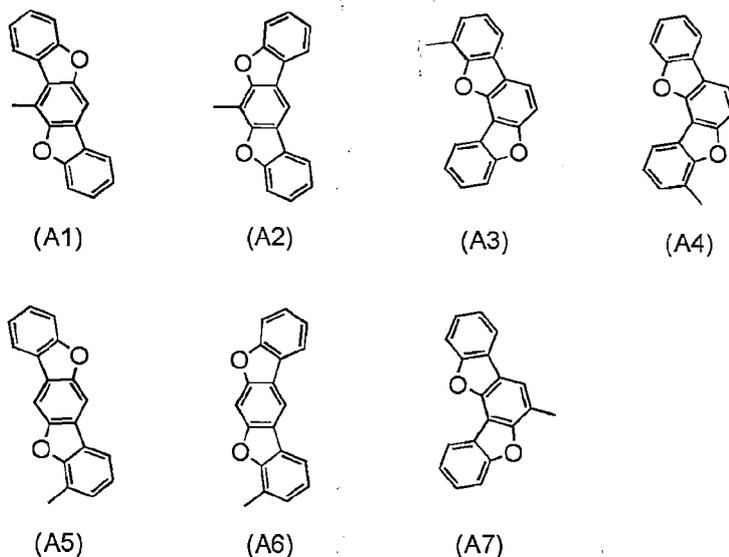
[0041]

在通式 (G1) 中，以 A 表示的取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基中的未取代的苯并雙苯并呋喃基是下述通式 (A1) 至通式 (A7) 中的任一個。

[0042]

15

[化學式 7]



[0043]

當通式 (G1) 中的以 A 表示的苯并雙苯并呋喃基具有取代基時，通式 (A1) 至通式 (A7) 中的苯環也可以具有取代基，作為取代基，可以舉出  
 5 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 5 至 7 的環烷基或者取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基。

[0044]

在通式 (A1) 至通式 (A7) 作為取代基具有碳原子數為 1 至 6 的烷基時，作為該烷基的具體例子，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、  
 10 二級丁基、異丁基、三級丁基、戊基、異戊基、二級戊基、三級戊基、新戊基、己基、異己基、二級己基、三級己基、新己基、3-甲基戊基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、1,2-二甲基丁基以及 2,3-二甲基丁基等。

[0045]

另外，在通式 (A1) 至通式 (A7) 作為取代基具有碳原子數為 5 至 7 的  
 15 環烷基時，作為該環烷基的具體例子，可以舉出環戊基、環己基、環庚基等。

[0046]

另外，在通式 (A1) 至通式 (A7) 作為取代基具有碳原子數為 6 至 13 的芳基的時，作為該芳基的具體例子，可以舉出苯基、聯苯基、萘基、蒽基、茚基等。

[0047]

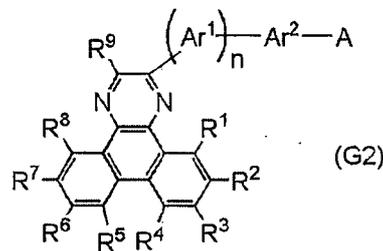
5 通式 (G1) 中的取代是指具有甲基、乙基、n-丙基、異丙基、二級丁基、三級丁基、n-戊基和 n-己基等碳原子數為 1 至 6 的烷基、或者苯基、鄰甲苯基、間甲苯基、對甲苯基、1-萘基、2-萘基、2-聯苯基、3-聯苯基和 4-聯苯基等碳原子數為 6 至 12 的芳基等取代基。這些取代基也可以互相鍵合而形成環。例如，當伸芳基的蒽-二基是作為取代基在 9 位上具有兩個苯基的  
10 9,9-二苯基-9H-蒽-2,7-二基時，該苯基也可以互相鍵合而成為螺-9,9'-聯蒽-2,7-二基。

[0048]

另外，本發明的一個實施方式的雜環化合物的其他結構是具有以下述通式 (G2) 表示的結構的雜環化合物。

15 [0049]

[化學式 8]



[0050]

在通式 (G2) 中，A 表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基，R<sup>1</sup> 至 R<sup>9</sup>  
20 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基或者取代或未取代的碳原子

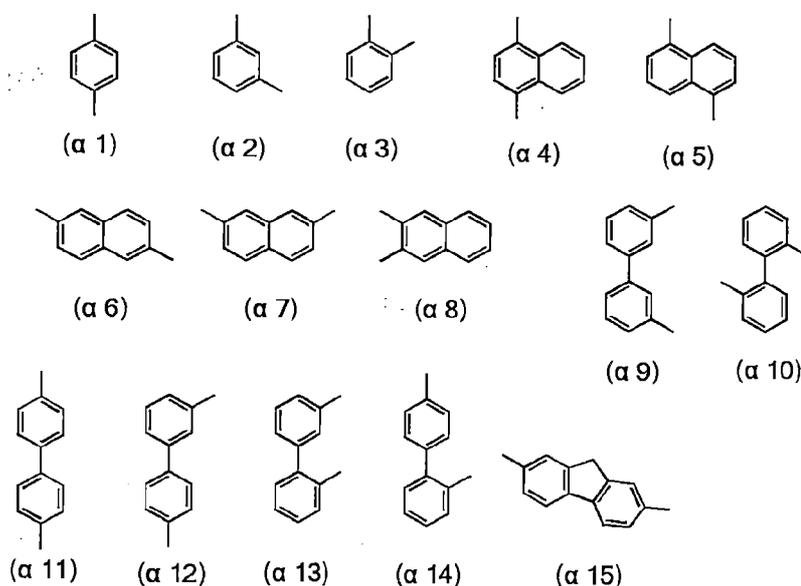
數為 6 至 13 的芳基， $Ar^1$  表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基， $n$  表示 0 或 1， $Ar^2$  表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基。當以  $Ar^1$  及  $Ar^2$  表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。

[0051]

- 5 作為通式 (G2) 中的以  $Ar^1$  或  $Ar^2$  表示的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基的具體例子，可以舉出以下述結構式 ( $\alpha 1$ ) 至 ( $\alpha 15$ ) 表示的伸芳基等。

[0052]

[化學式 9]

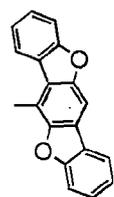


- 10 [0053]

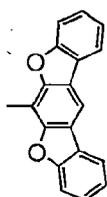
在通式 (G2) 中，以 A 表示的取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基中的未取代的苯并雙苯并呋喃基是下述通式 (A1) 至通式 (A7) 中的任一個。

[0054]

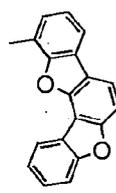
[化學式 10]



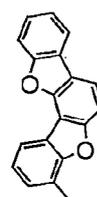
(A1)



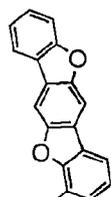
(A2)



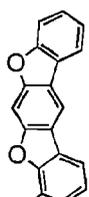
(A3)



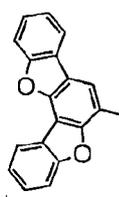
(A4)



(A5)



(A6)



(A7)

[0055]

當通式 (G2) 中的以 A 表示的苯并雙苯并呋喃基具有取代基時，通式 (A1) 至通式 (A7) 中的苯環也可以具有取代基，作為取代基，可以舉出  
5 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 5 至 7 的環烷基或取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基。

[0056]

在通式 (A1) 至通式 (A7) 作為取代基具有碳原子數為 1 至 6 的烷基時，作為該烷基的具體例子，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、  
10 二級丁基、異丁基、三級丁基、戊基、異戊基、二級戊基、三級戊基、新戊基、己基、異己基、二級己基、三級己基、新己基、3-甲基戊基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、1,2-二甲基丁基以及 2,3-二甲基丁基等。

[0057]

另外，在通式 (A1) 至通式 (A7) 作為取代基具有碳原子數為 5 至 7 的  
15 環烷基時，作為該烷基的具體例子，可以舉出環戊基、環己基、環庚基等。

[0058]

另外，在通式 (A1) 至通式 (A7) 作為取代基具有碳原子數為 6 至 13 的芳基的時，作為該芳基的具體例子，可以舉出苯基、聯苯基、萘基、蒾基、茚基等。

[0059]

5 作為上述通式 (G2) 中的  $R^1$  至  $R^9$  的碳原子數為 1 至 6 的烷基的具體例子，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、二級丁基、異丁基、三級丁基、戊基、異戊基、二級戊基、三級戊基、新戊基、己基、異己基、二級己基、三級己基、新己基、3-甲基戊基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、1,2-二甲基丁基以及 2,3-二甲基丁基等。

10 [0060]

作為上述通式 (G2) 中的  $R^1$  至  $R^9$  的碳原子數為 6 至 13 的芳基的具體例子，可以舉出苯基、聯苯基、甲苯基、萘基、二甲苯基、蒾基、茚基。

[0061]

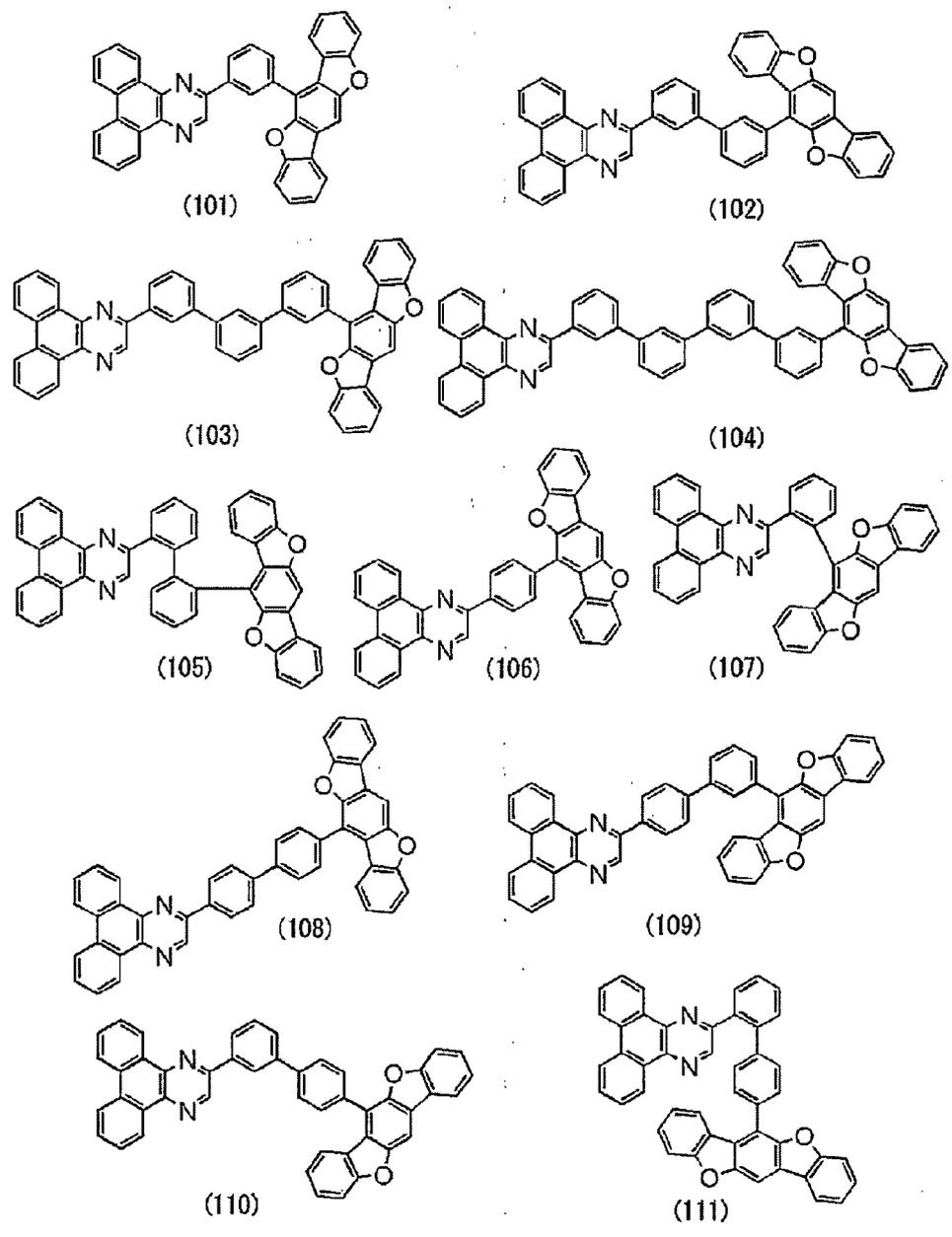
15 在通式 (G2) 中的取代是指具有甲基、乙基、*n*-丙基、異丙基、二級丁基、三級丁基、*n*-戊基和 *n*-己基等碳原子數為 1 至 6 的烷基、或者苯基、鄰甲苯基、間甲苯基、對甲苯基、1-萘基、2-萘基、2-聯苯基、3-聯苯基和 4-聯苯基等碳原子數為 6 至 12 的芳基等取代基。這些取代基也可以互相鍵合而形成環。例如，當伸芳基的蒾-二基是作為取代基在 9 位上具有兩個苯基的 9,9-二苯基-9H-蒾-2,7-二基時，也可以該苯基互相鍵合而成為螺-9,9'-  
20 -聯蒾-2,7-二基。

[0062]

接著，以下示出上述本發明的一個實施方式的雜環化合物的具體結構式。注意，本發明不侷限於下述結構式。

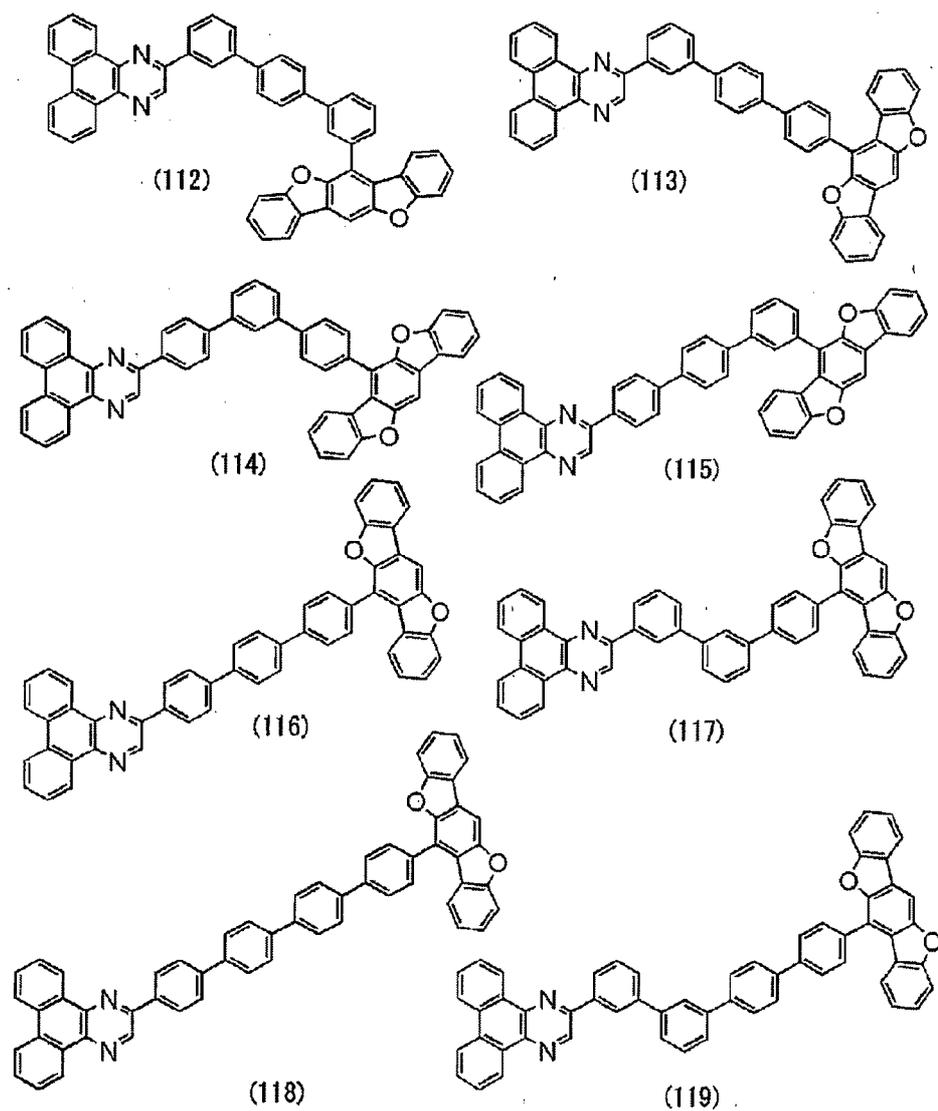
[0063]

[化學式 11]



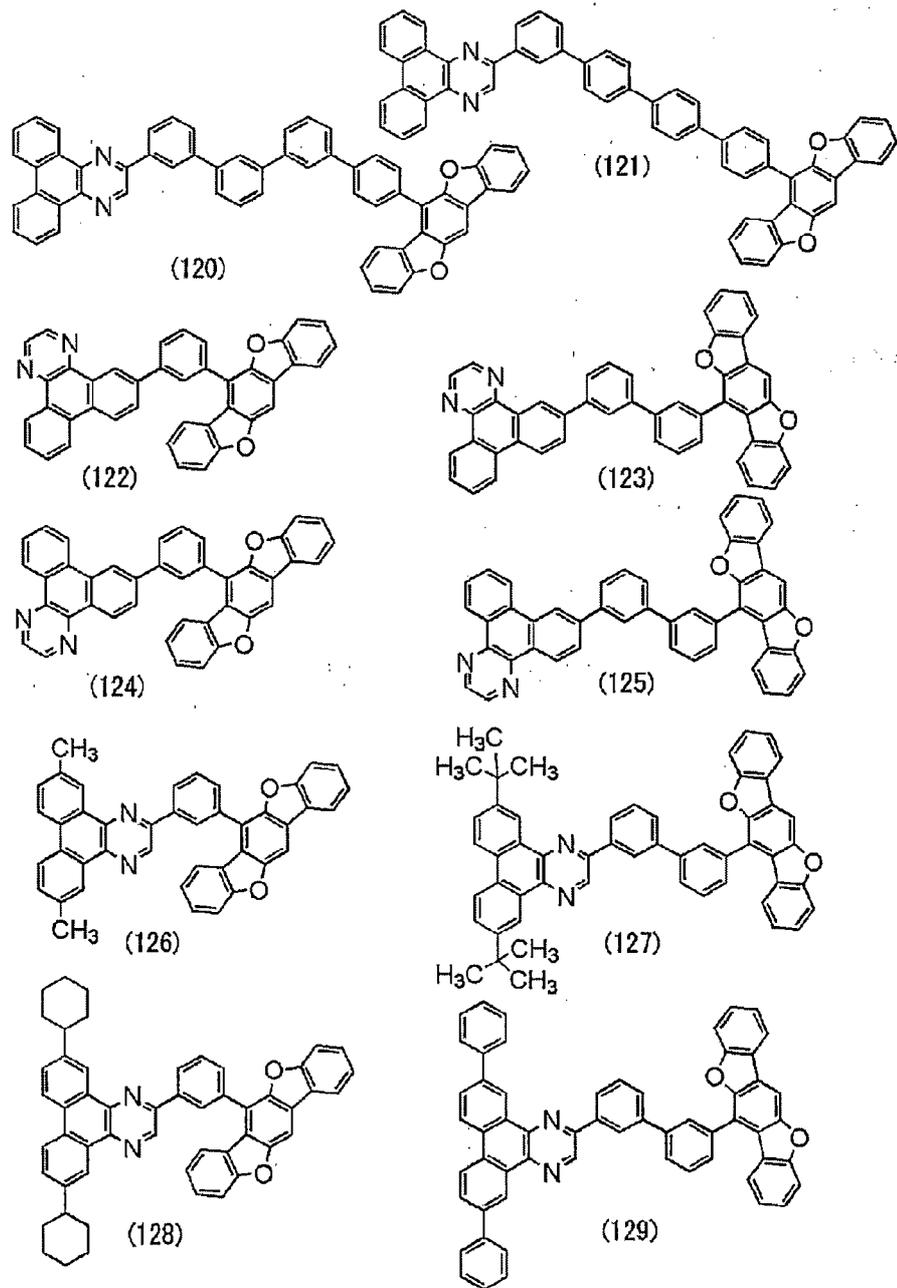
[0064]

[化學式 12]



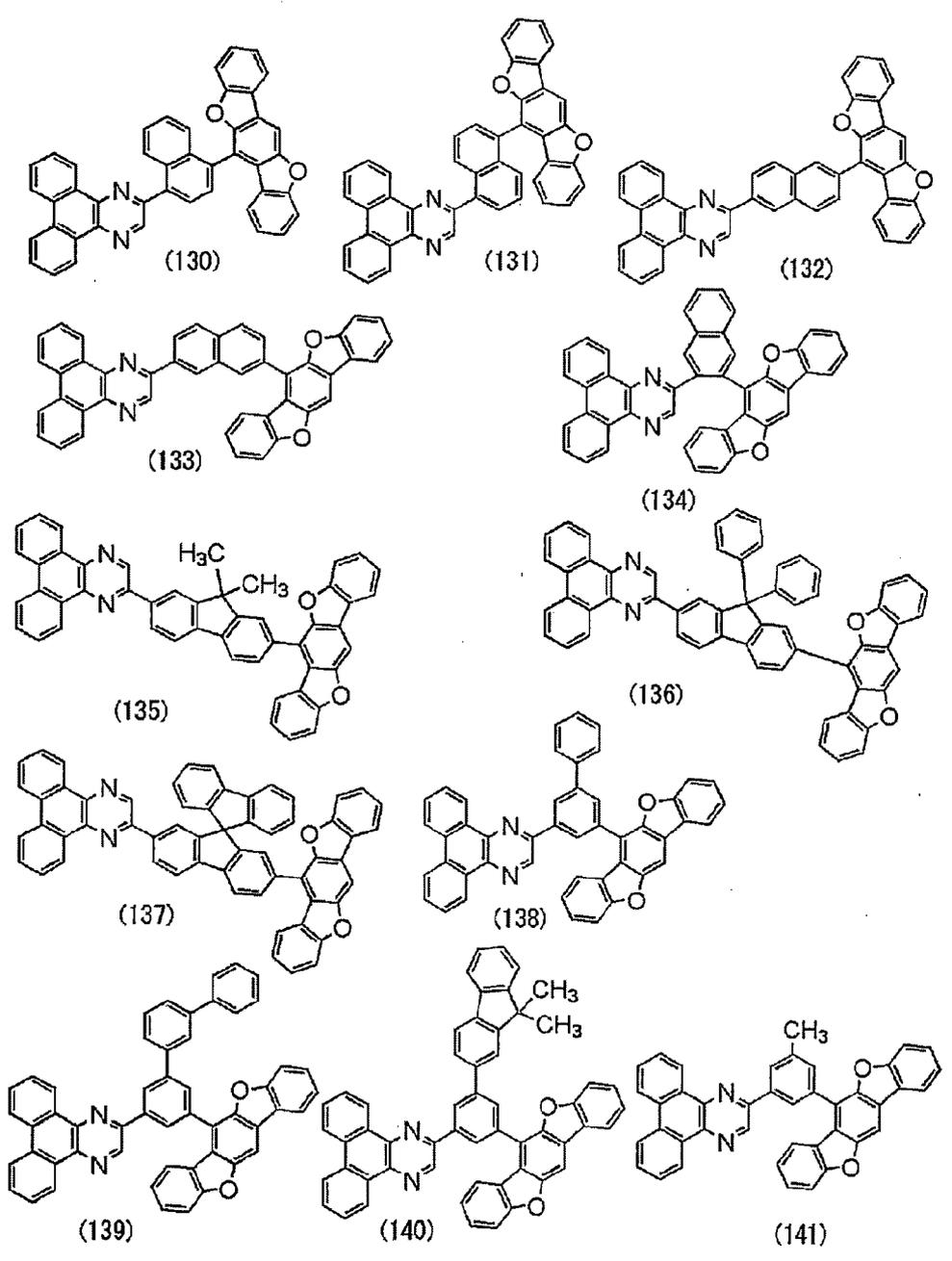
[0065]

[化學式 13]



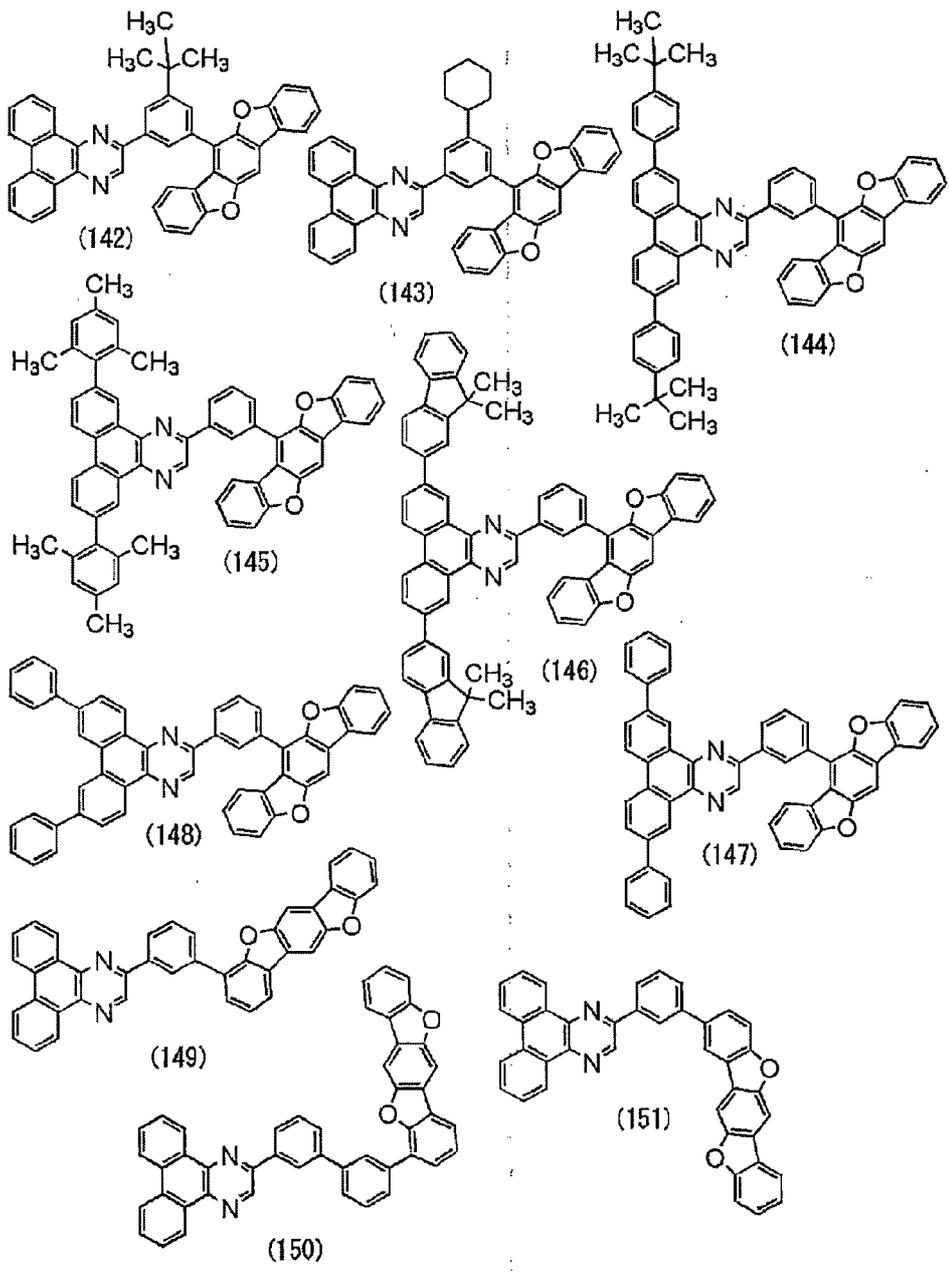
[0066]

[化學式 14]



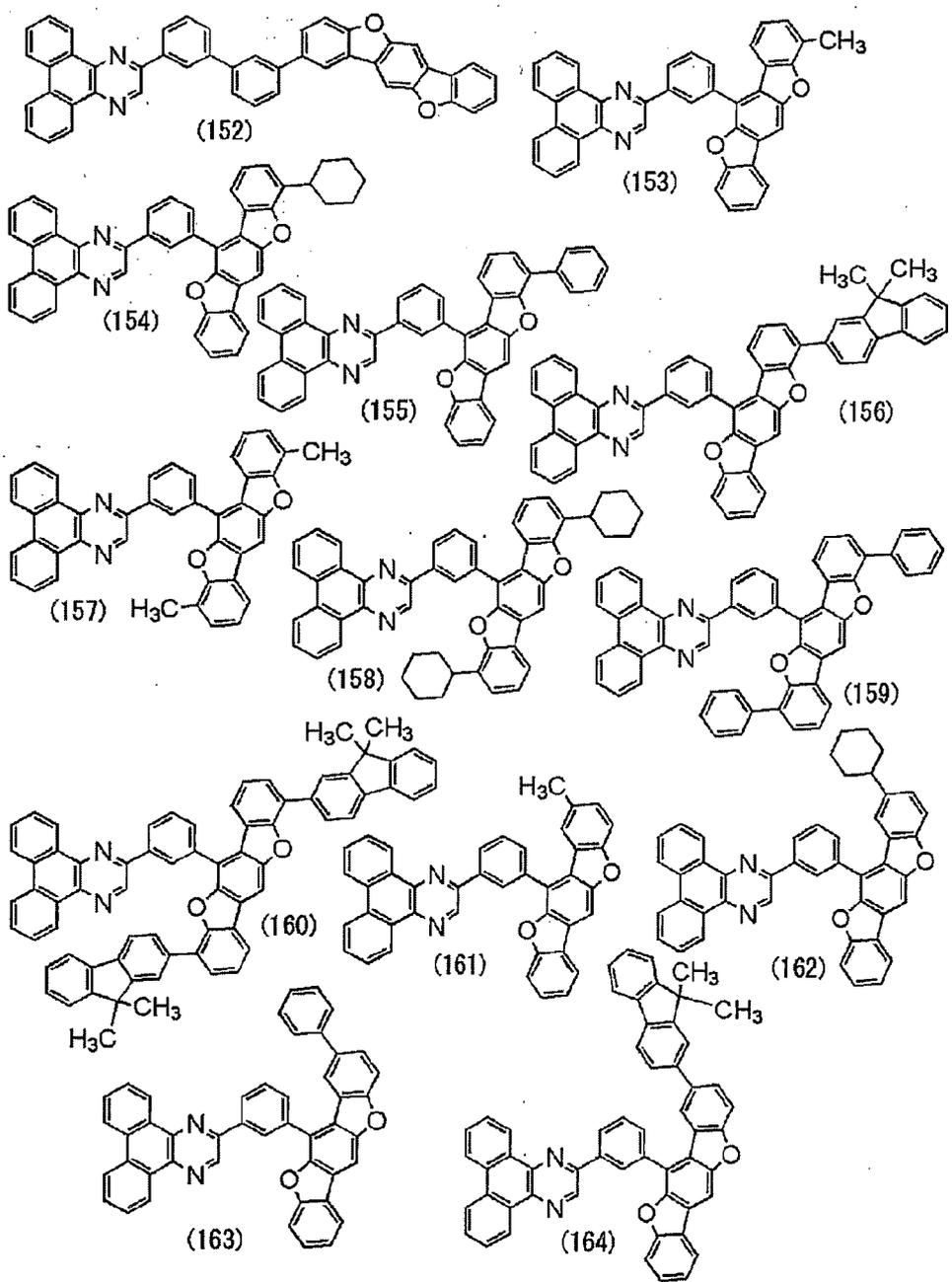
[0067]

[化學式 15]



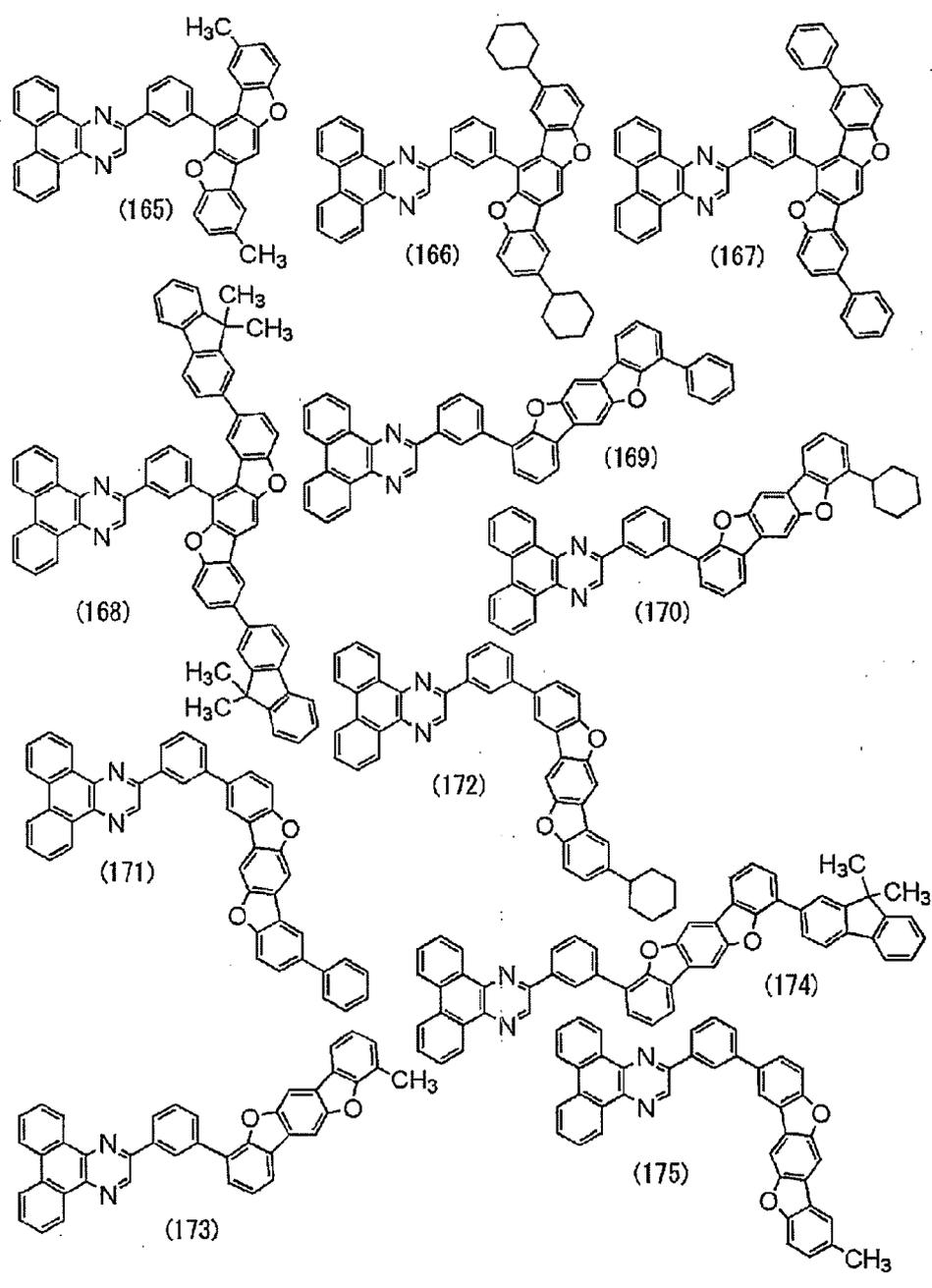
[0068]

[化學式 16]



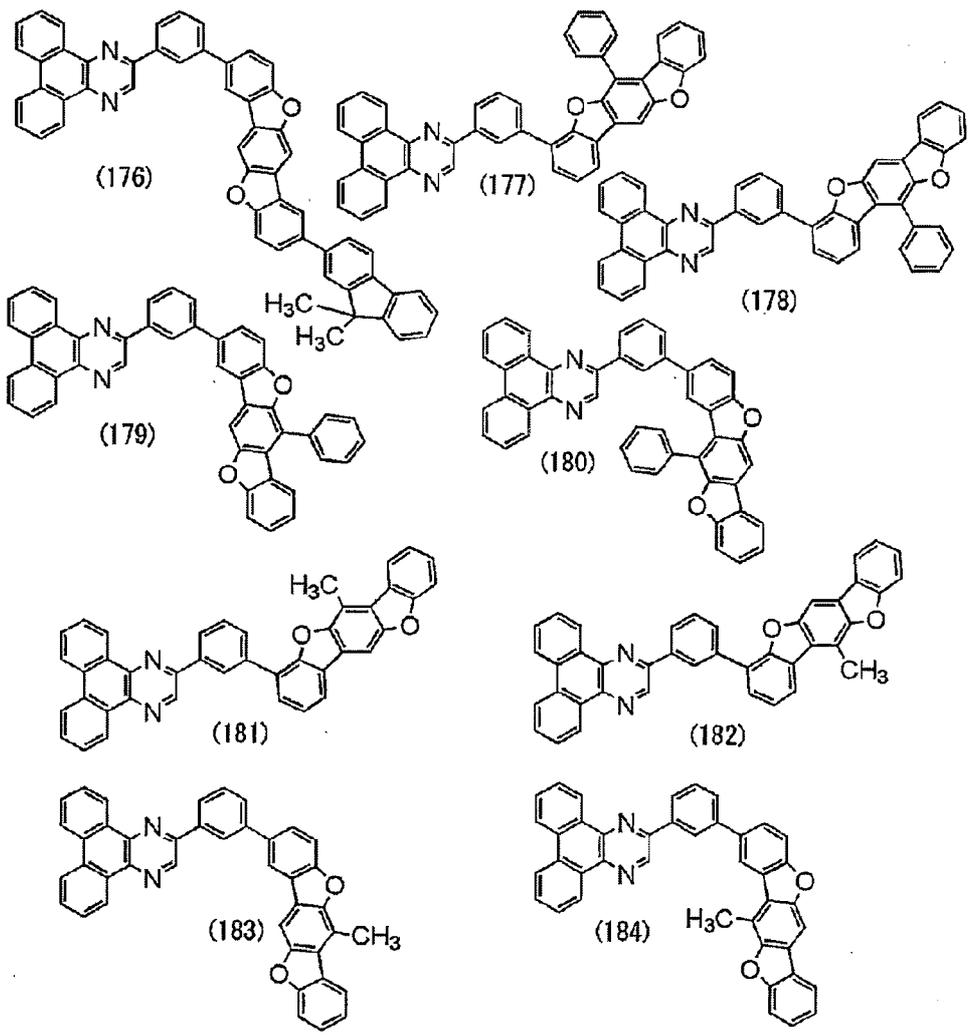
[0069]

[化學式 17]



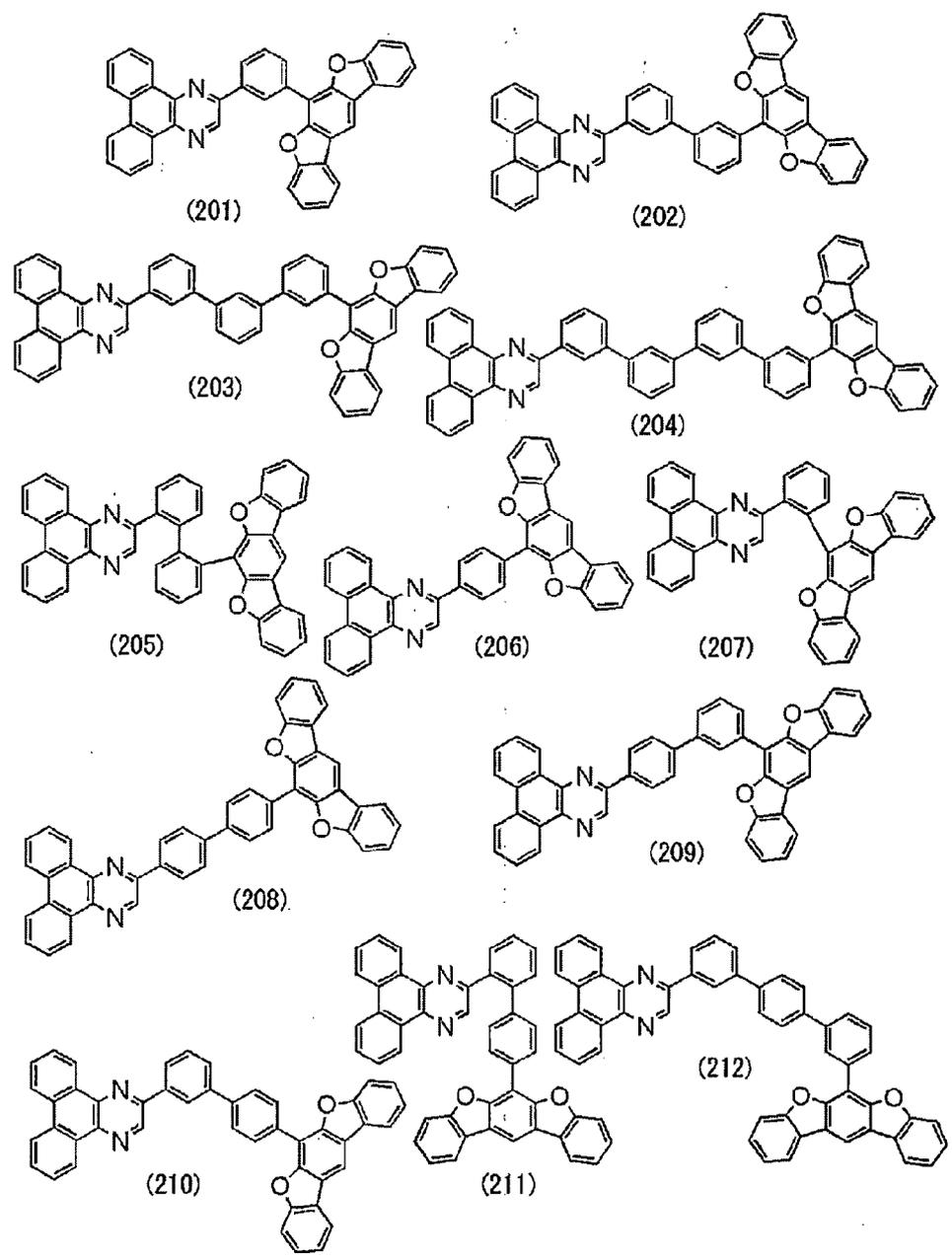
[0070]

[化學式 18]



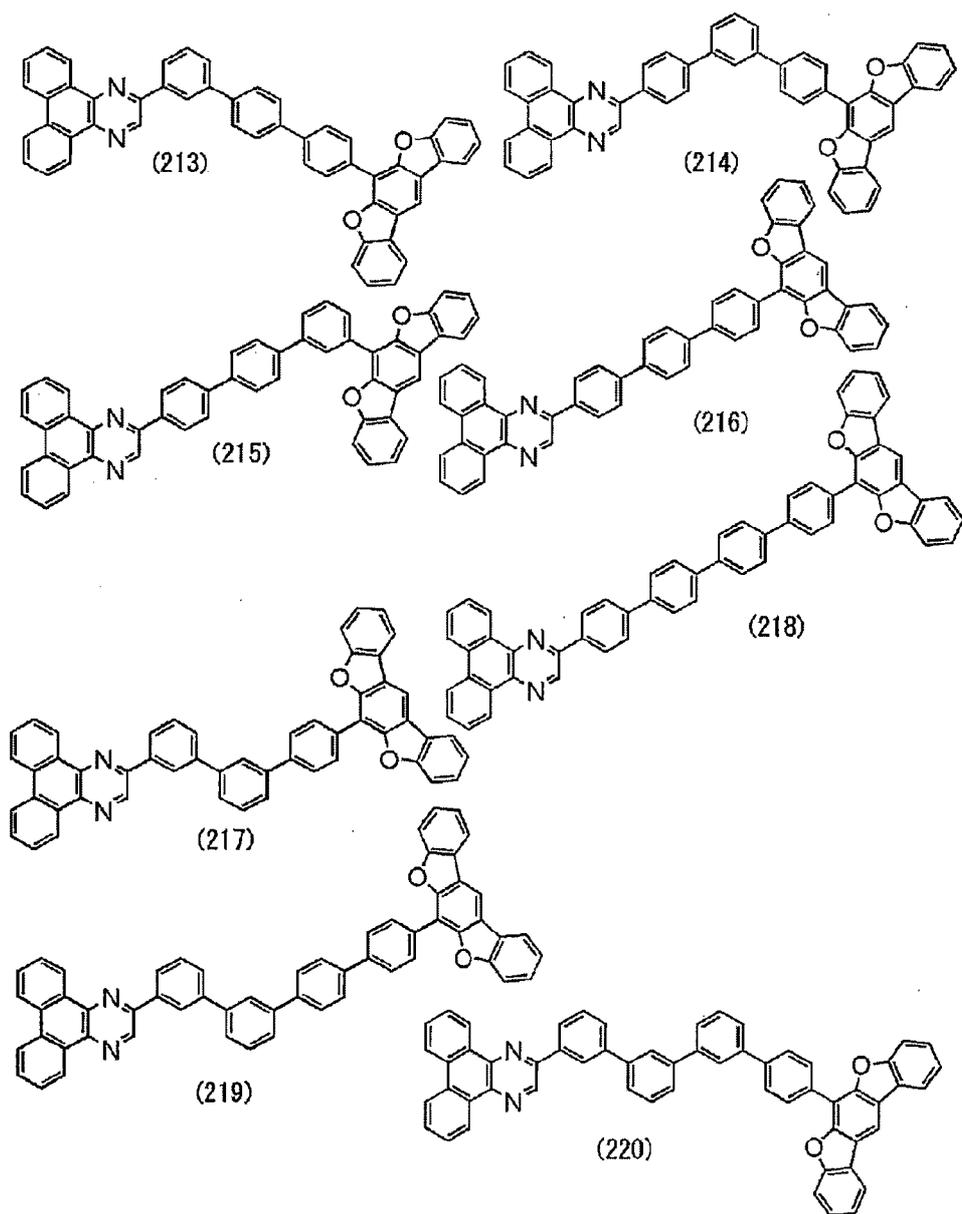
[0071]

[化學式 19]



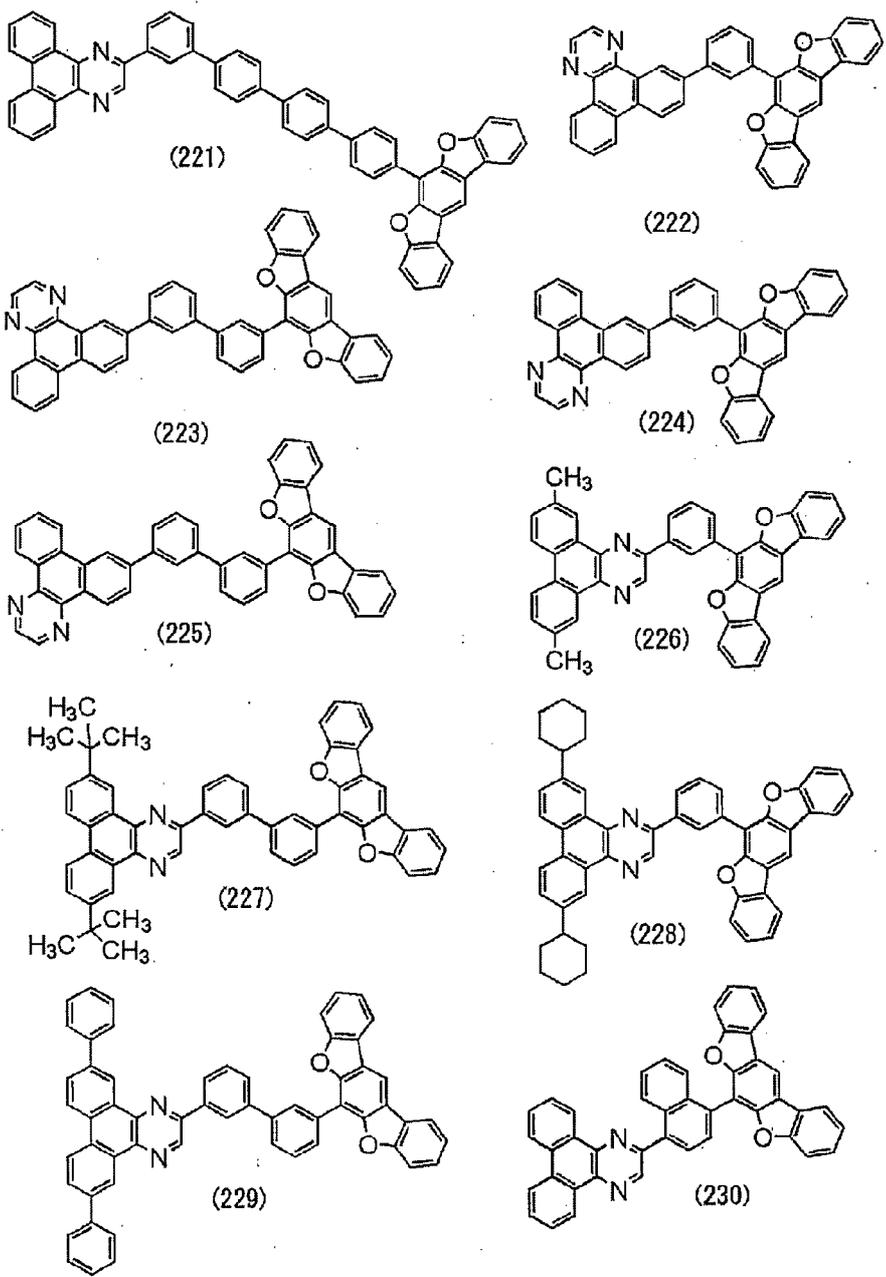
[0072]

[化學式 20]



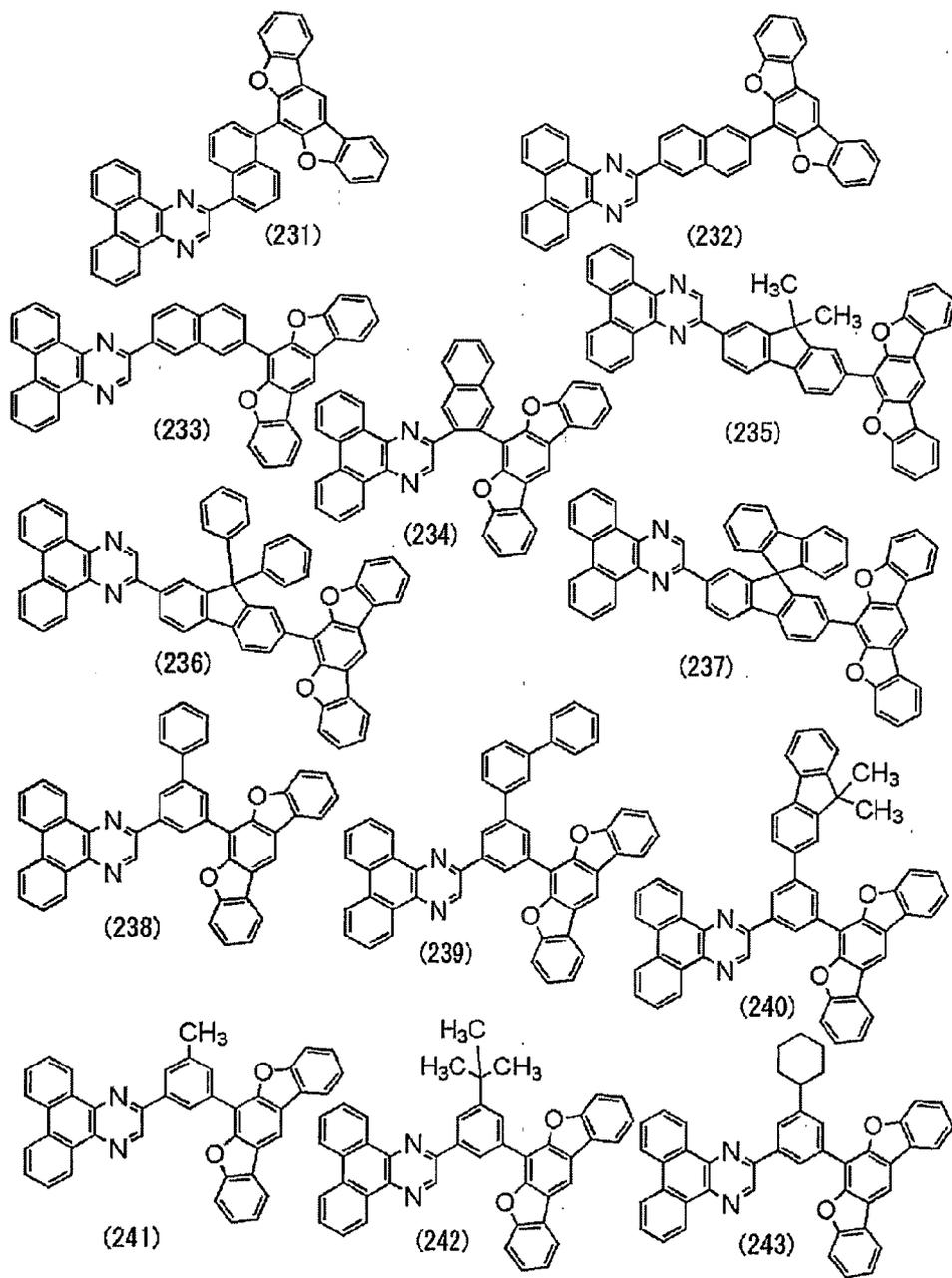
[0073]

[化學式 21]



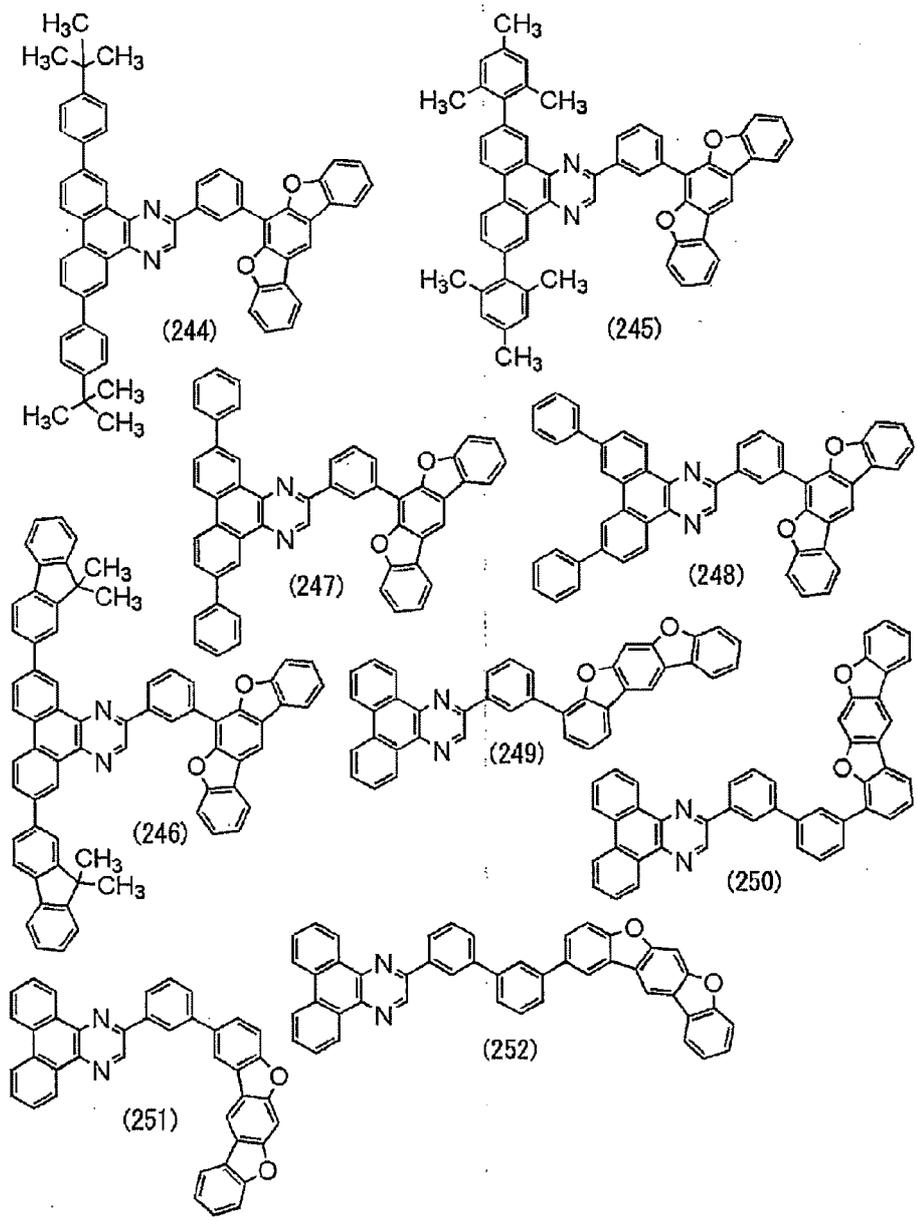
[0074]

[化學式 22]



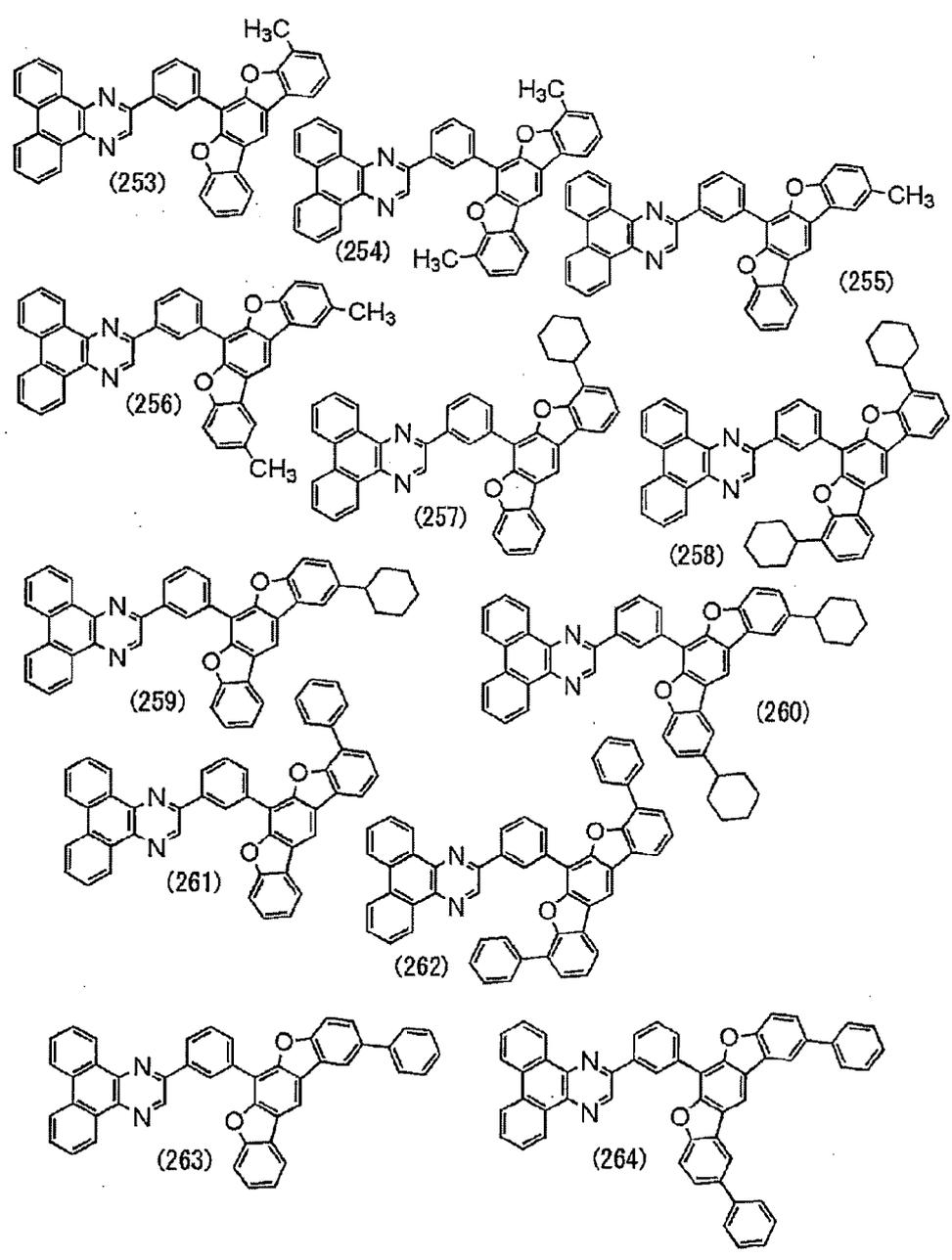
[0075]

[化學式 23]



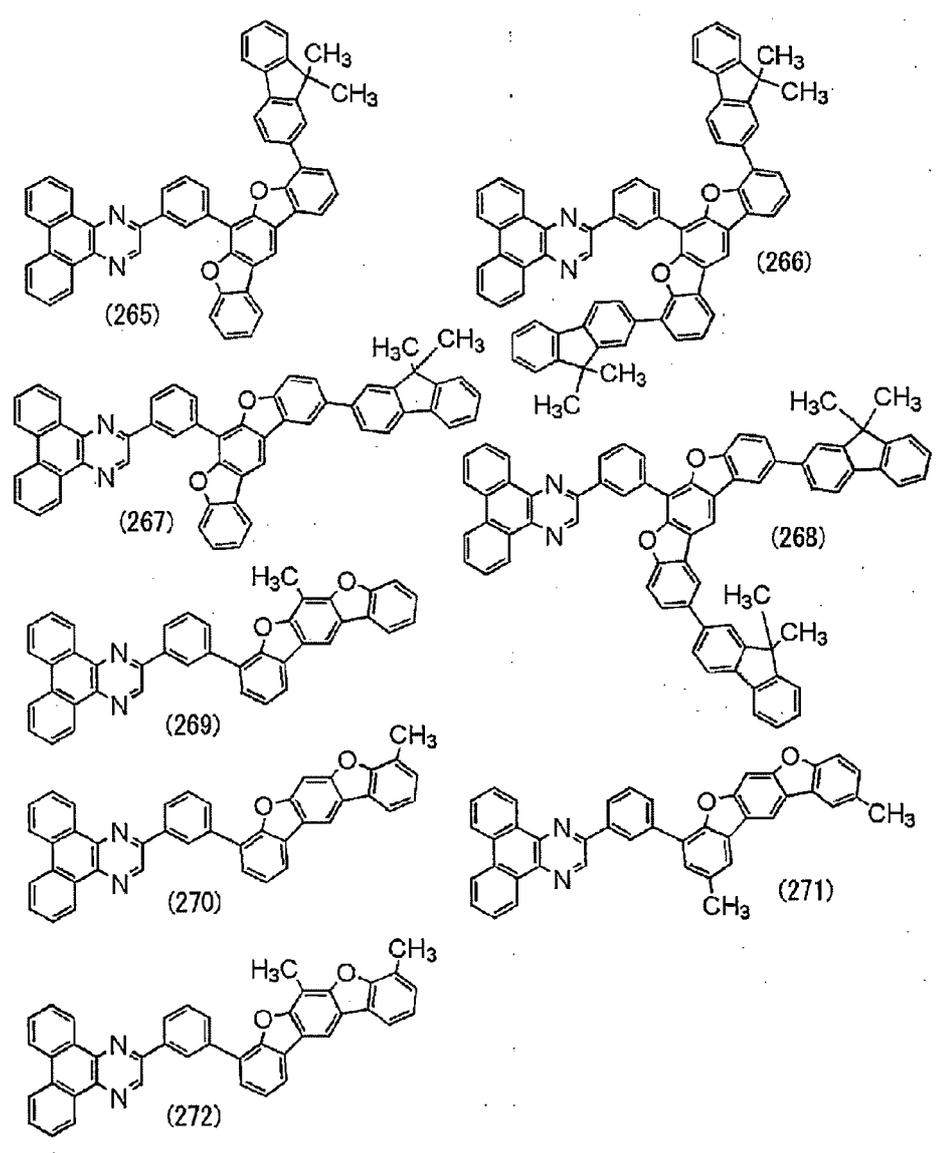
[0076]

[化學式 24]



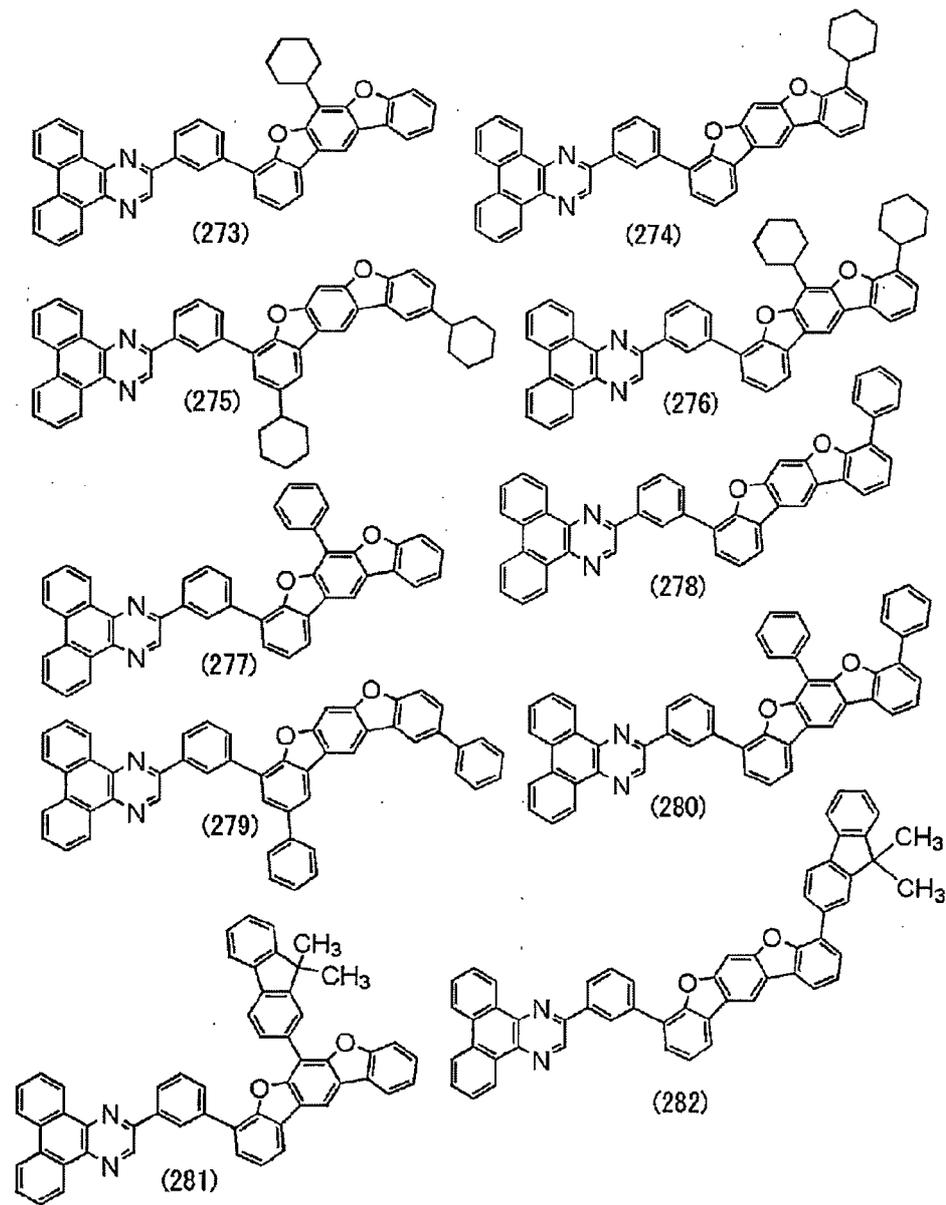
[0077]

[化學式 25]



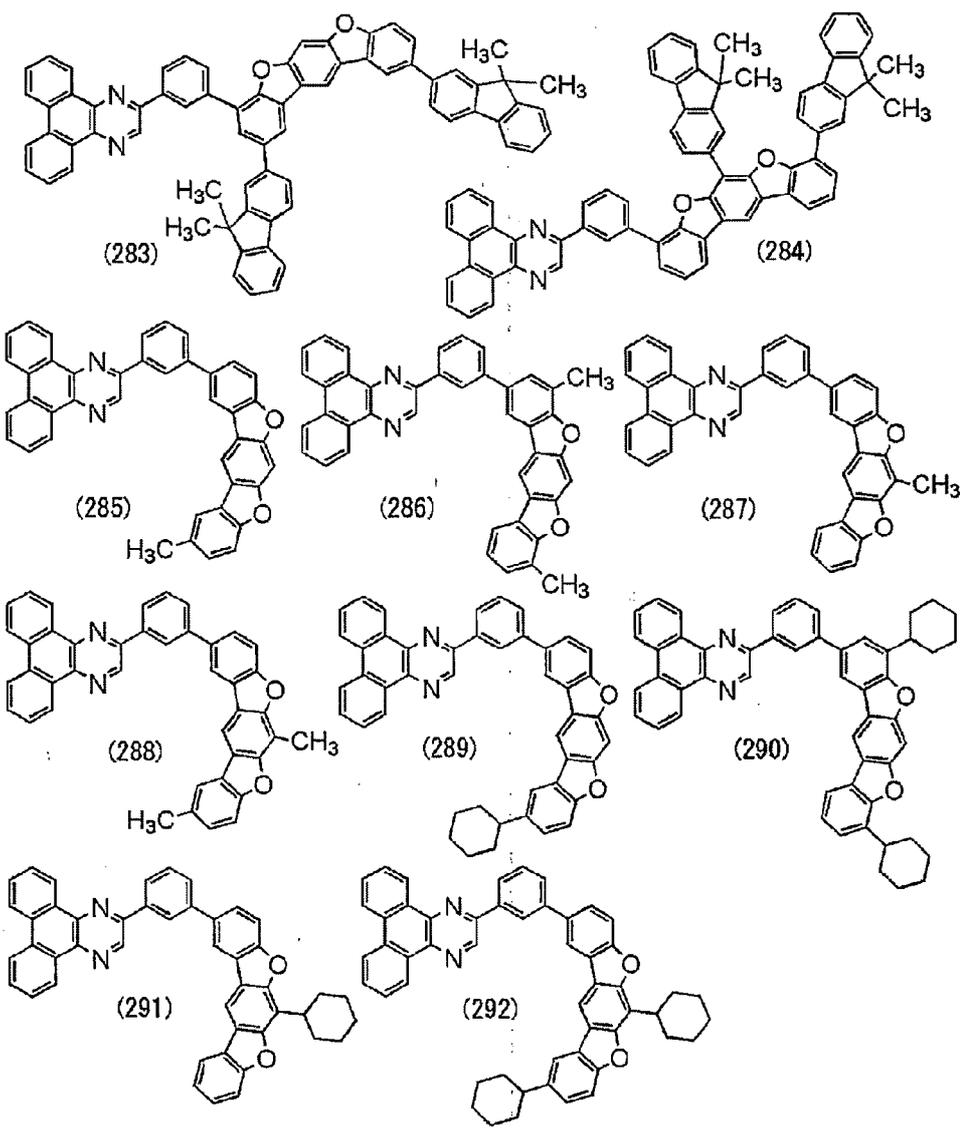
[0078]

[化學式 26]



[0079]

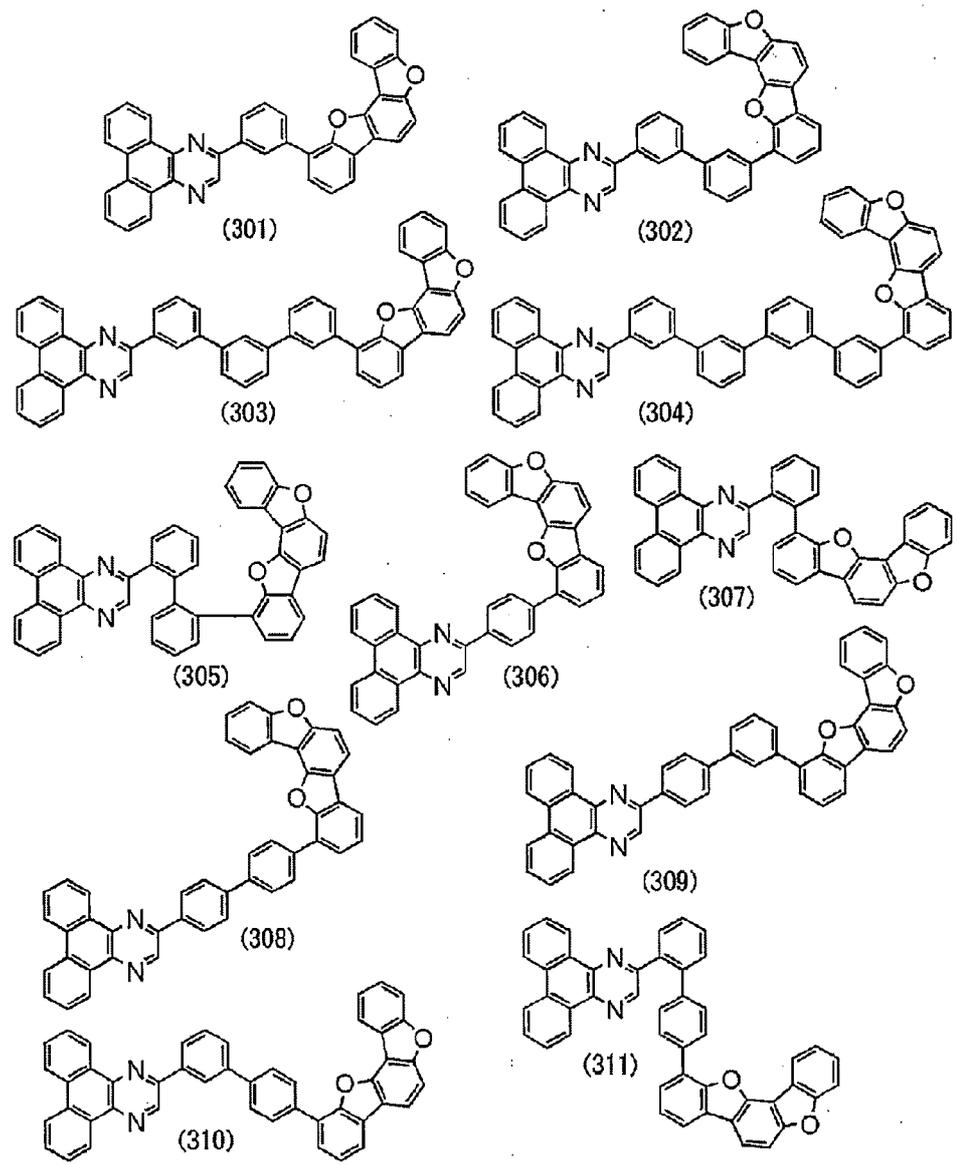
[化學式 27]



[0080]

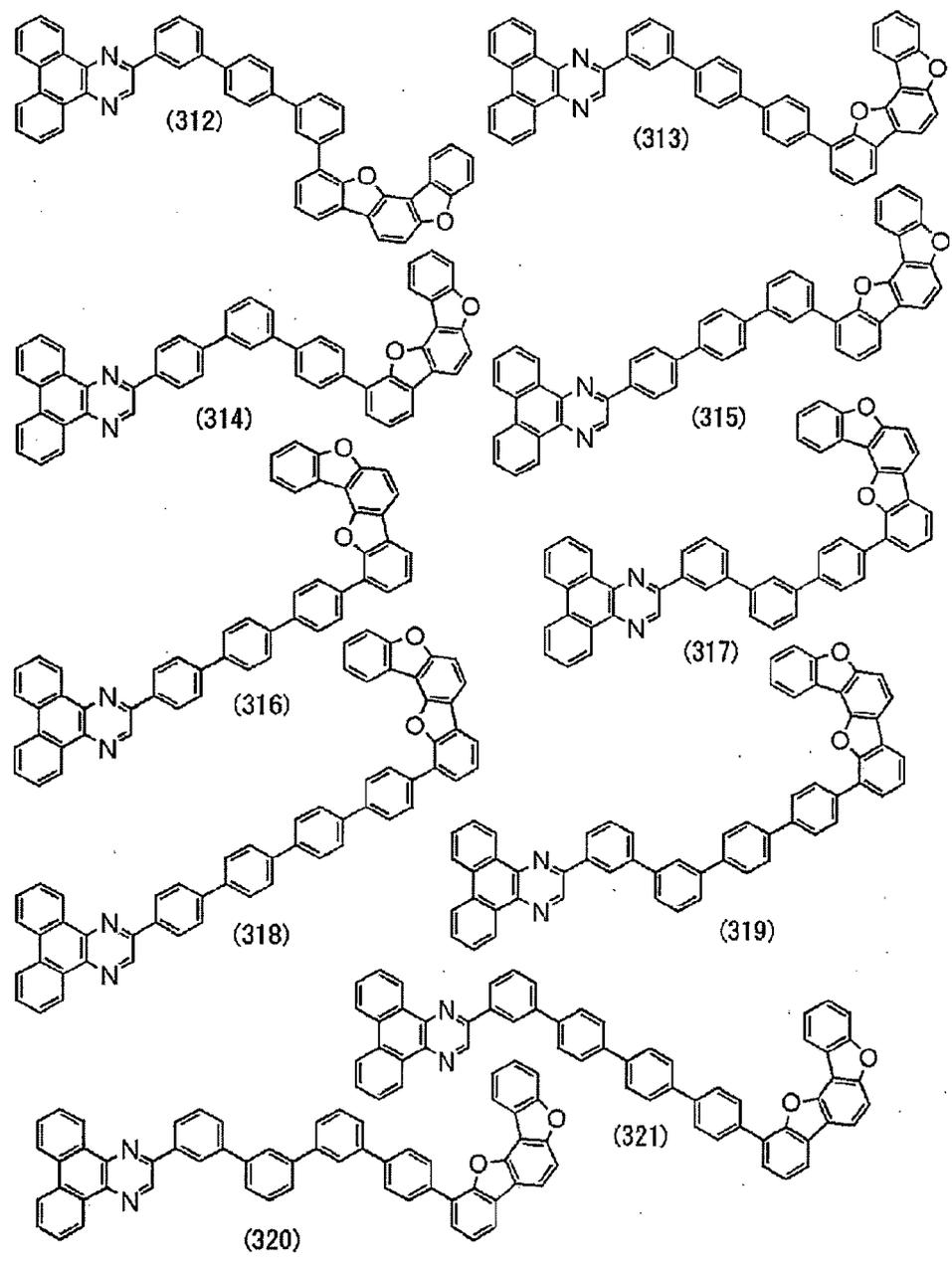
[化學式 28]





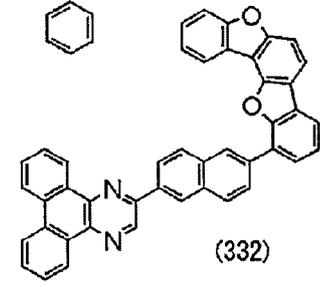
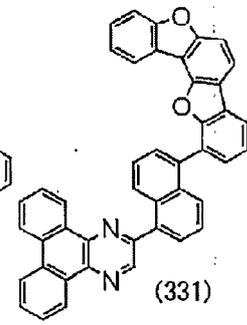
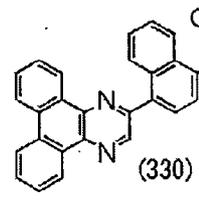
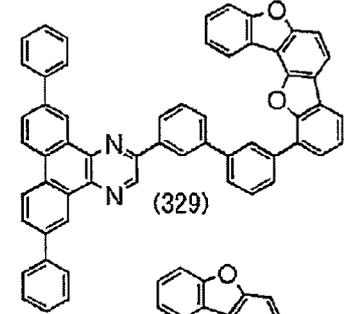
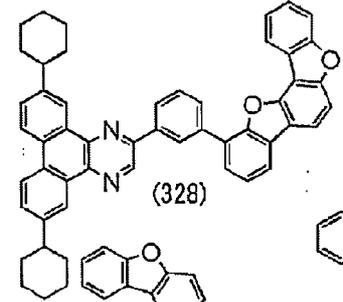
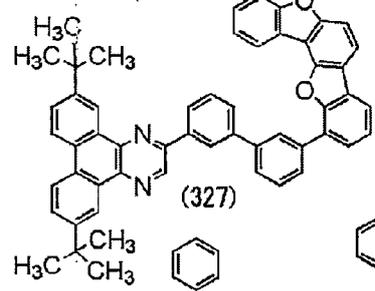
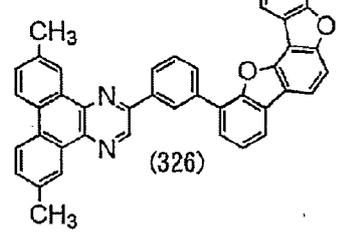
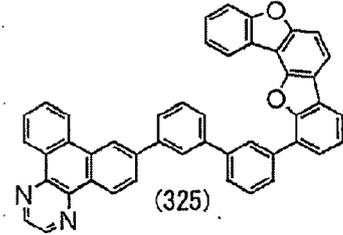
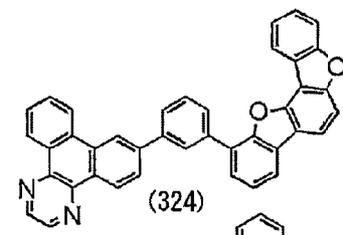
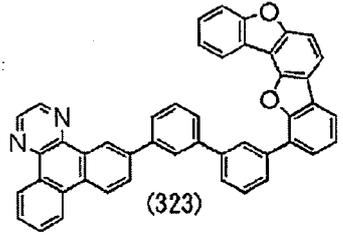
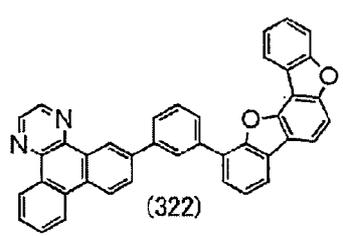
[0082]

[化學式 30]



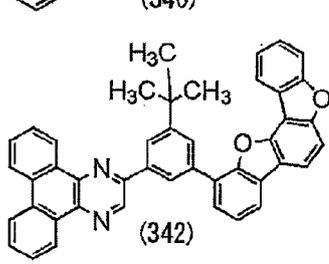
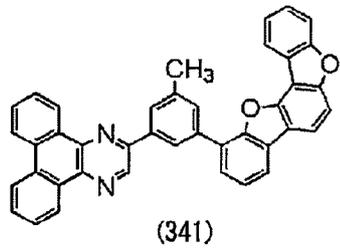
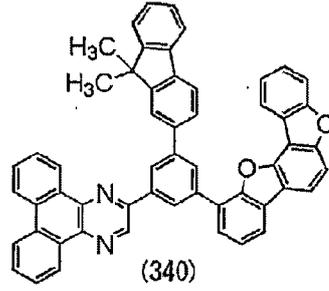
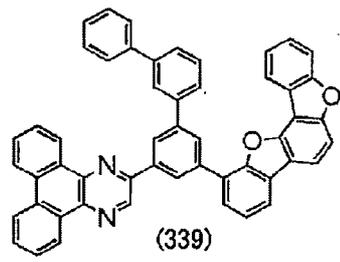
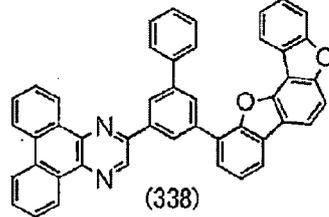
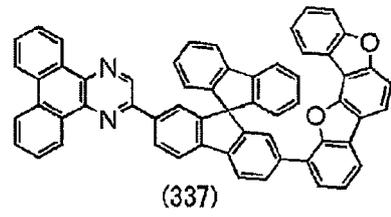
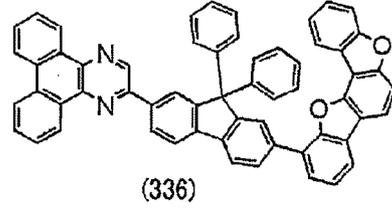
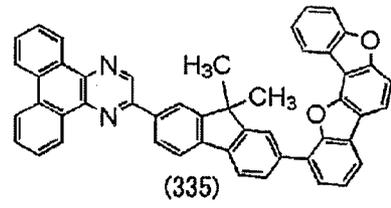
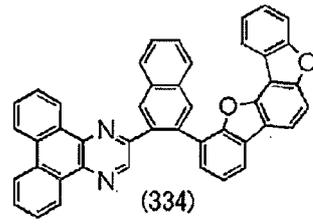
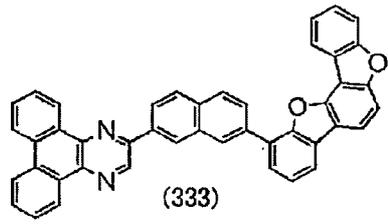
[0083]

[化學式 31]



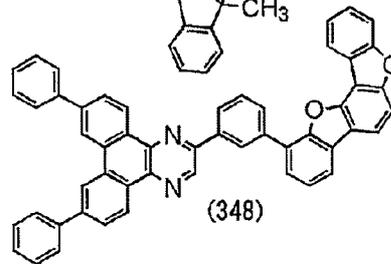
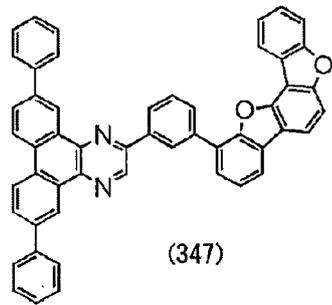
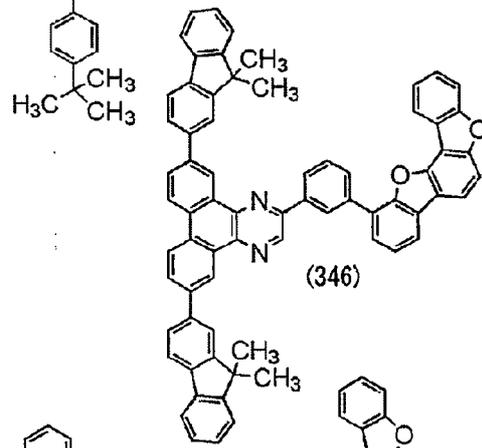
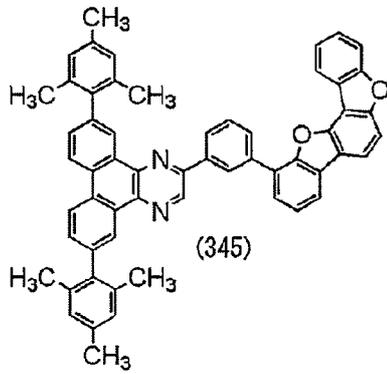
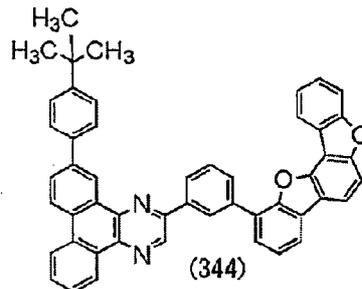
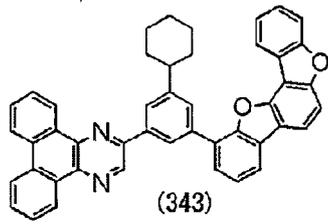
[0084]

[化學式 32]



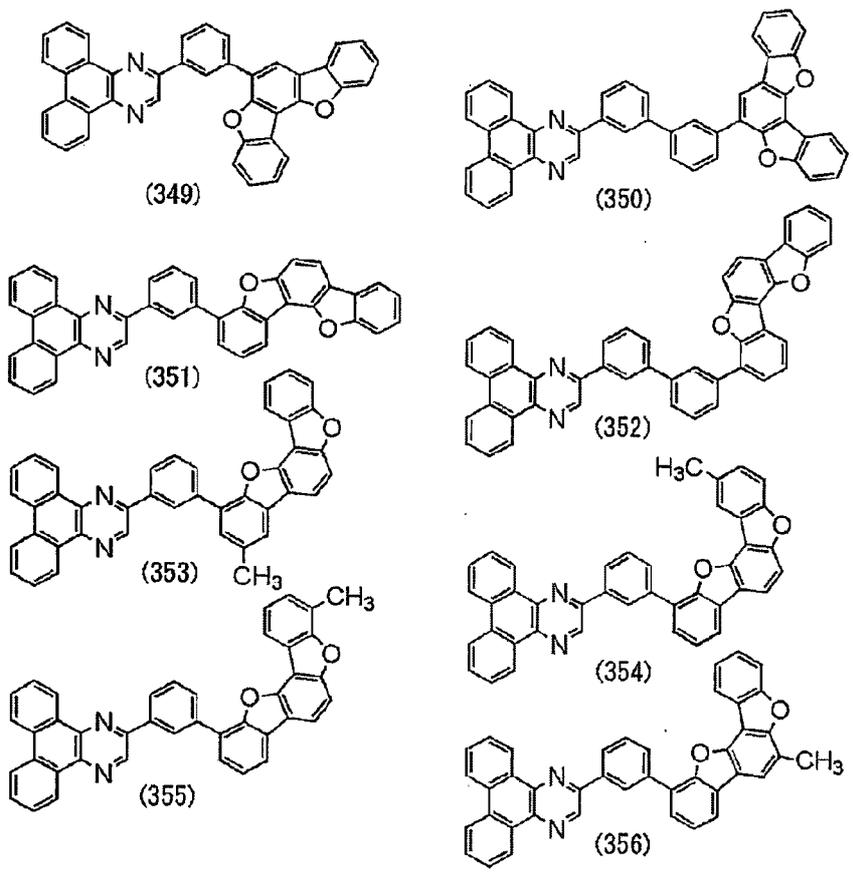
[0085]

[化學式 33]



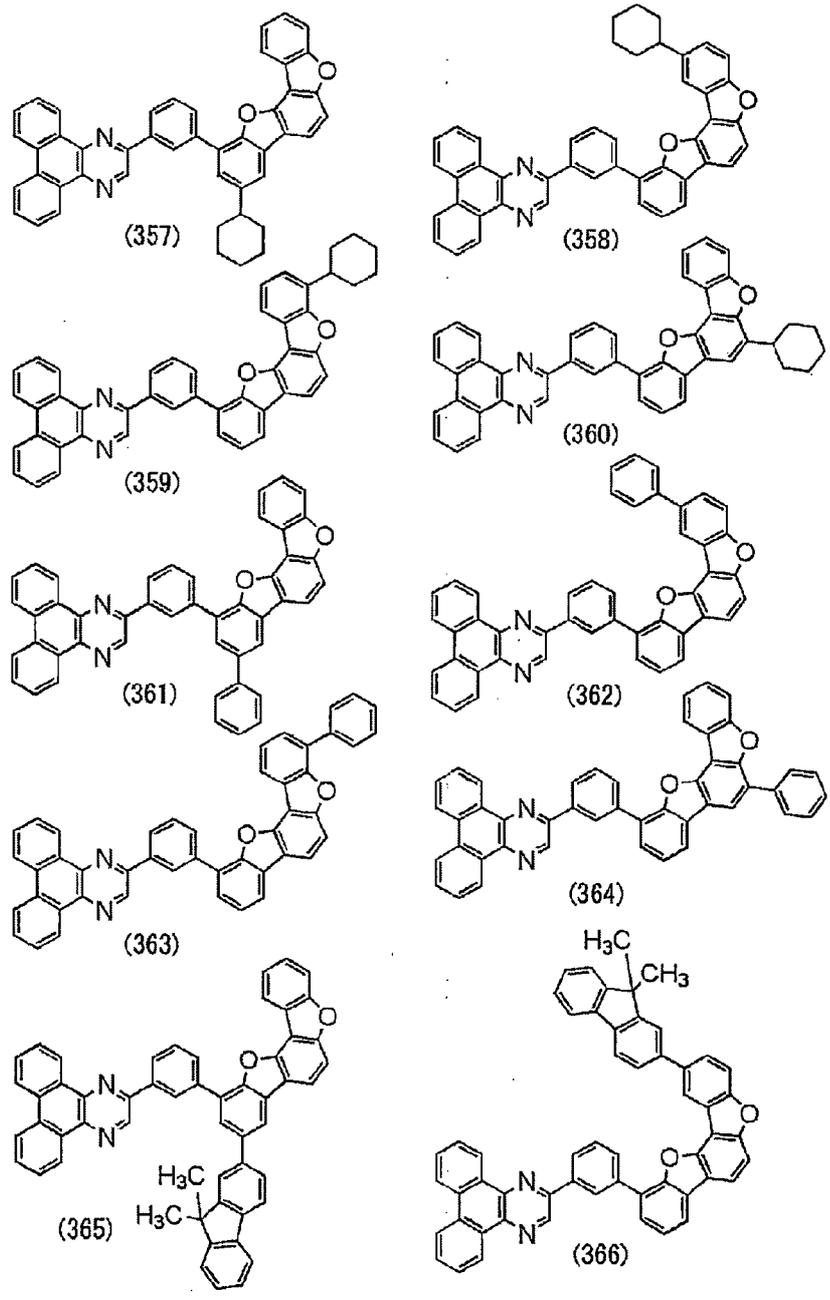
[0086]

[化學式 34]



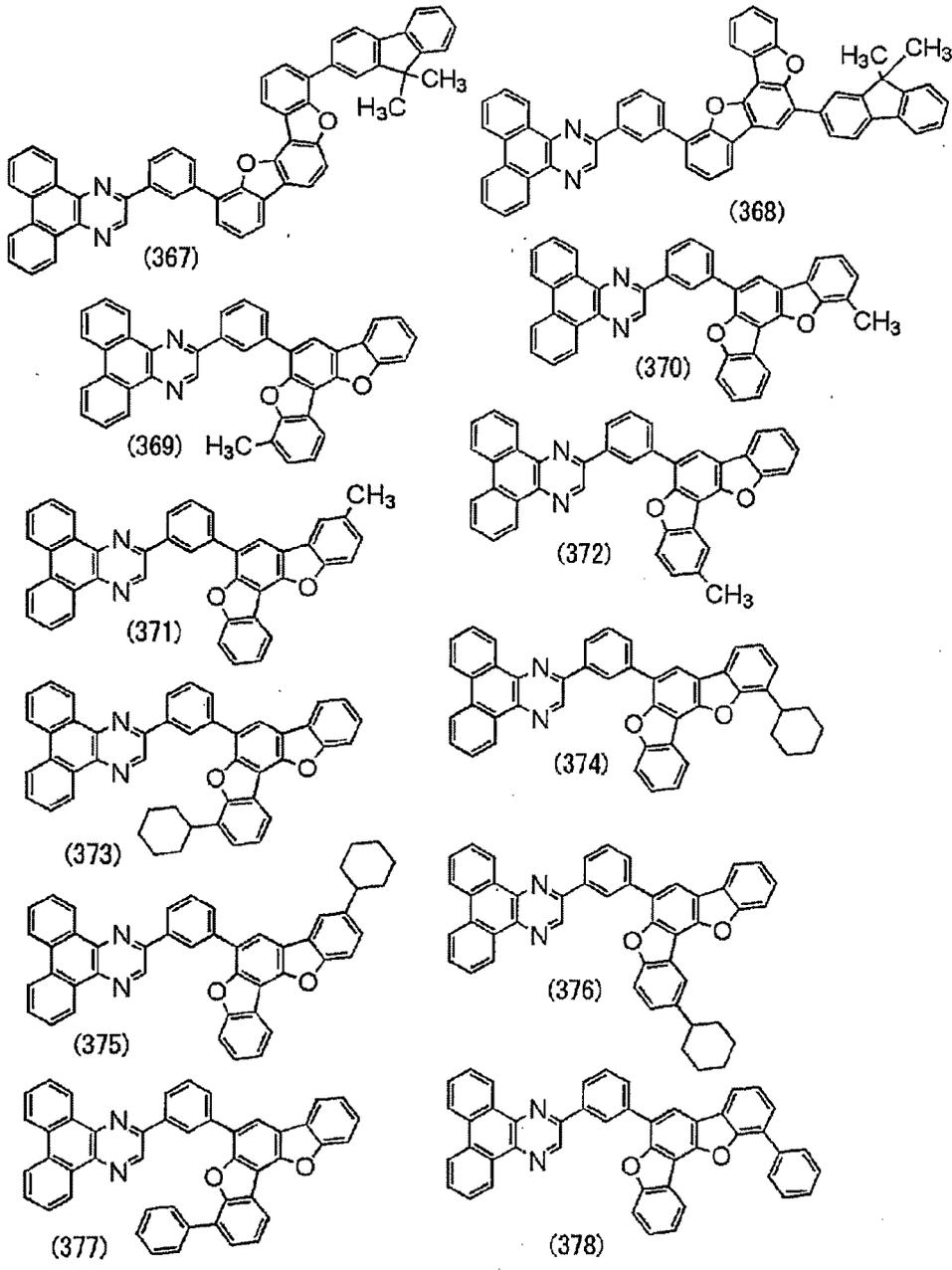
[0087]

[化學式 35]



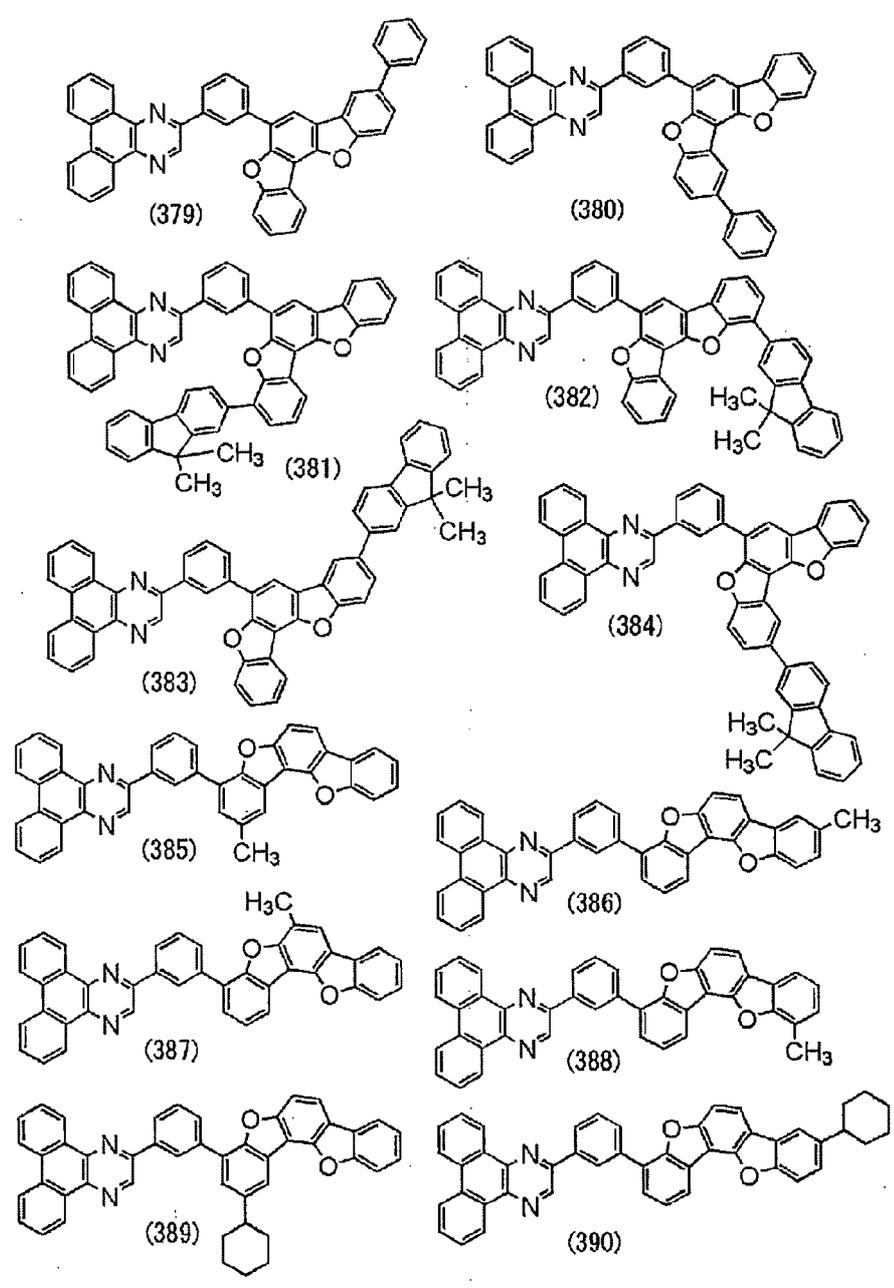
[0088]

[化學式 36]



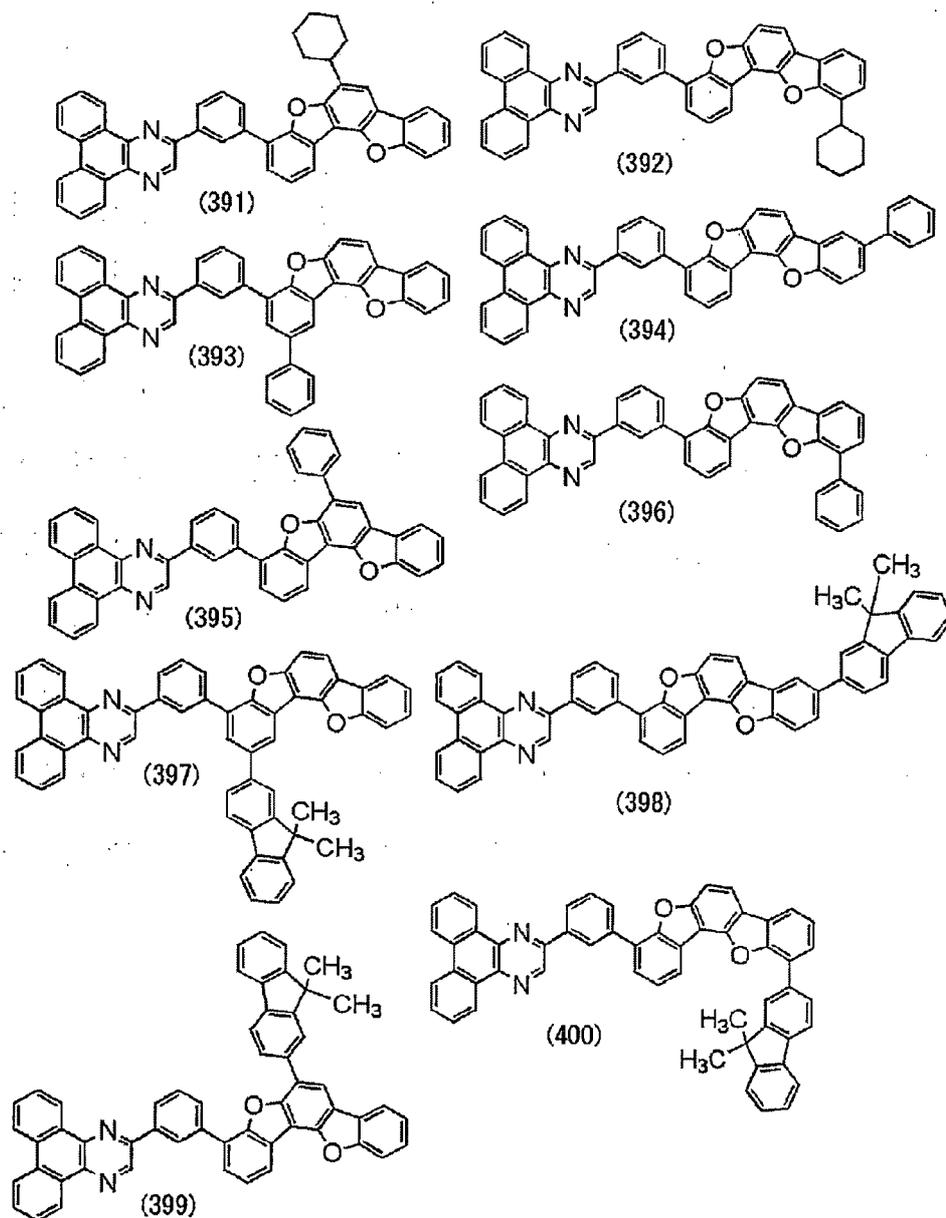
[0089]

[化學式 37]



[0090]

[化學式 38]



[0091]

以上述結構式(101)至結構式(184)、結構式(201)至結構式(400)表示的雜環化合物只是以上述通式(G1)、通式(G2)表示的雜環化合物的例子而已，本發明的一個實施方式的雜環化合物不侷限於此。

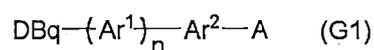
[0092]

接著，說明本發明的一個實施方式的以下述通式(G1)表示的雜環化合物的合成方法的一個例子。作為以通式(G1)表示的有機化合物的合成方法

可以採用各種反應，例如可以利用以下的方法合成以通式(G1)表示的有機化合物。注意，本發明的一個實施方式的以通式(G1)表示的有機化合物的合成方法不侷限於以下的合成方法。

[0093]

5 [化學式 39]



[0094]

在通式(G1)中，DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基，Ar<sup>1</sup>表示取代或未取代的碳原子數為6至13的伸芳基，n表示0或1，Ar<sup>2</sup>表示取代或未取代的碳原子數為6至13的伸芳基，A表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基。當以Ar<sup>1</sup>及Ar<sup>2</sup>表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。在苯并雙苯并呋喃基中的不形成呋喃環的碳原子中，與呋喃環的鍵合於氧的碳原子相鄰的碳原子中的任一個與Ar<sup>2</sup>鍵合。

10

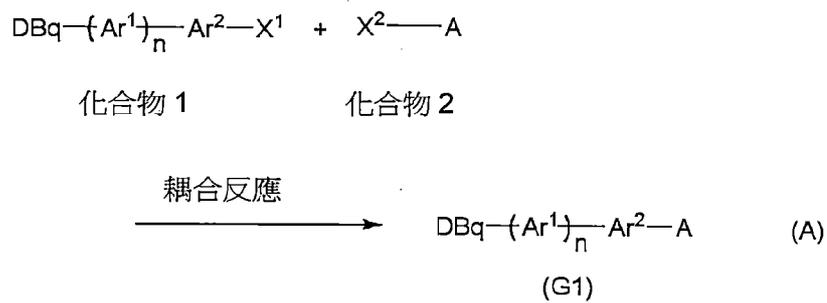
[0095]

以下示出以通式(G1)表示的雜環化合物的合成方案A。如合成方案A所示，藉由將二苯并[f,h]喹啉化合物(化合物1)與苯并雙苯并呋喃化合物(化合物2)耦合，可以合成以通式(G1)表示的雜環化合物。

15

[0096]

[化學式 40]



[0097]

在合成方案 (A) 中，DBq 表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基，Ar<sup>1</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，n 表示 0 或 1，Ar<sup>2</sup> 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的伸芳基，A 表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基。當以 Ar<sup>1</sup> 及 Ar<sup>2</sup> 表示的伸芳基具有取代基時，取代基也可以互相鍵合而形成環。

[0098]

在合成方案 (A) 中，在進行使用鈀催化劑的鈴木-宮浦偶合反應的情況下，X<sup>1</sup> 及 X<sup>2</sup> 表示鹵基、硼酸基、有機硼基或者三氟甲基磺醯基，該鹵基較佳為碘、溴或者氯。在上述反應中，可以使用雙(二亞苺基丙酮)鈀(0)、醋酸鈀(II)、[1,1'-雙(二苺基磷基)二茂鐵]二氯化鈀(II)、四(三苺基磷)鈀(0)等鈀化合物和三(三級丁基)磷、三(正己基)磷、三環己基磷、二(1-金剛烷基)-正丁基磷、2-二環己基磷基-2',6'-二甲氧基聯苺、三(鄰甲苺基)磷等配體。

[0099]

在合成方案 (A) 所示的反應中，可以使用三級丁醇鈉等有機鹼、碳酸鉀、碳酸銻、碳酸鈉等無機鹼等。並且，作為溶劑，可以使用甲苺、二甲苺、苺、四氫呋喃、二氧六環、乙醇、甲醇、水等。注意，能夠用於上述反應的

試劑類不侷限於上述試劑類。

[0100]

合成方案 (A) 中的反應不侷限於鈴木-宮浦偶合反應，也可以利用使用有機錫化合物的右田-小杉-Stille 偶合反應、使用格林納試劑的熊田-玉尾  
5 -Corriu 偶合反應、使用有機鋅化合物的根岸偶合反應、使用銅或銅化合物的反應等。

[0101]

當在合成方案 (A) 中使用右田-小杉-Stille 偶合反應時， $X^1$  和  $X^2$  中的一個表示有機錫基，另一個表示鹵基。就是說，化合物 1 和化合物 2 中的一  
10 個表示有機錫化合物。

[0102]

當在合成方案 (A) 中使用熊田-玉尾-Corriu 偶合反應時， $X^1$  和  $X^2$  中的一個表示鹵化鎂基，另一個表示鹵基。就是說，化合物 1 和化合物 2 中的一  
個表示格林納試劑。

15 [0103]

當在合成方案 (A) 中使用根岸偶合反應時， $X^1$  和  $X^2$  中的一個表示有機鋅基，另一個表示鹵基。就是說，化合物 1 和化合物 2 中的一個表示有機鋅  
化合物。

[0104]

20 注意，在本發明的有機化合物 (G1) 的合成中，合成方法不侷限於合成方法 (A)。

[0105]

如上所述，雖然說明了本發明的一個實施方式的雜環化合物的合成方法的一個例子，但本發明不侷限於此，也可以使用藉由其他合成方法來合成

的化合物。

[0106]

因為上述本發明的一個實施方式的雜環化合物具有電子傳輸性及電洞  
傳輸性，所以可以將其用作發光層的主體材料或者用於電子傳輸層、電洞傳  
5 輸層。另外，因為本發明的一個實施方式的雜環化合物是 T1 能階高的材料，  
所以較佳為與發射磷光的物質（磷光材料）組合而用作主體材料。另外，因  
為本發明的一個實施方式的雜環化合物呈現螢光發光，所以可以將其本身  
用作發光元件的發光物質。因此，包含這些雜環化合物的發光元件也包括在  
本發明的一個實施方式的範疇內。

10 [0107]

另外，藉由使用本發明的一個實施方式的雜環化合物，可以實現一種發  
光效率高的發光元件、發光裝置、電子裝置或照明設備。此外，本發明的一  
個實施方式可以實現一種耗電量低的發光元件、發光裝置、電子裝置或照明  
設備。

15 [0108]

在本實施方式中，描述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。雖然示出將本發明的一  
20 個實施方式適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。根據情況，也可以將本發明的一個實施方式應用於發光元件以外的物體。  
根據情況，也可以不將本發明的一個實施方式應用於發光元件。

[0109]

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。

[0110]

實施方式 2

5 在本實施方式中，參照圖 1A 及圖 1B 說明本發明的一個實施方式的發光元件。

[0111]

在本實施方式所示的發光元件中，在一對電極（第一電極（陽極）101  
與第二電極（陰極）103）之間夾有包括發光層 113 的 EL 層 102，EL 層 102  
10 除了發光層 113 之外，還包括電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、電子傳輸  
層 114、電子注入層 115 等。

[0112]

當對上述發光元件施加電壓時，從第一電極 101 一側注入的電洞與從  
第二電極 103 一側注入的電子在發光層 113 中再結合，由此產生的能量使  
15 發光層 113 所包含的有機金屬錯合物等發光物質發射光。

[0113]

另外，EL 層 102 中的電洞注入層 111 是可以對電洞傳輸層 112 或發光  
層 113 注入電洞的層，例如可以使用電洞傳輸性高的物質和受體物質形成。  
此時，由於受體物質從電洞傳輸性高的物質抽出電子，由此產生電洞。因此，  
20 電洞從電洞注入層 111 經過電洞傳輸層 112 注入到發光層 113。另外，作為  
電洞注入層 111 也可以使用電洞注入性高的物質。例如，可以使用鋁氧化  
物、鈮氧化物、鈦氧化物、鎢氧化物或錳氧化物等。另外，也可以使用酞青  
類化合物如酞青（簡稱：H<sub>2</sub>Pc）、銅酞青（CuPc）等；芳香胺化合物如 4,4'  
-雙[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：DPAB）、N,N'-

雙{4-[雙(3-甲基苯基)胺基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-聯苯)-4,4'-二胺(簡稱:DNTPD)等;或者高分子如聚(3,4-乙烯二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(簡稱:PEDOT/PSS)等來形成電洞注入層 111。

[0114]

5 下面,說明製造本實施方式所示的發光元件時的具體例子。

[0115]

作為第一電極(陽極) 101 及第二電極(陰極) 103,可以使用金屬、合金、導電性化合物及它們的混合物等。明確而言,除了氧化銦-氧化錫(Indium Tin Oxide)、包含矽或氧化矽的氧化銦-氧化錫、氧化銦-氧化鋅(Indium Zinc  
10 Oxide)、包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦、金(Au)、鉑(Pt)、鎳(Ni)、鎢(W)、鉻(Cr)、鉬(Mo)、鐵(Fe)、鈷(Co)、銅(Cu)、鈀(Pd)、鈦(Ti)之外,還可以使用屬於元素週期表中第 1 族或第 2 族的元素,亦即鋰(Li)和銫(Cs)等鹼金屬、鈣(Ca)和銣(Sr)等鹼土金屬、鎂(Mg)、包含這些金屬的合金(MgAg、AlLi)、銣(Eu)和鐿(Yb)等稀土金屬、  
15 包含這些金屬的合金及石墨烯或氧化石墨烯等石墨烯化合物等。第一電極(陽極) 101 及第二電極(陰極) 103 例如可以藉由濺射法、蒸鍍法(包括真空蒸鍍法)等形成。

[0116]

作為用於電洞注入層 111 及電洞傳輸層 112 的具有高電洞傳輸性的物質,可以使用各種有機化合物如芳香胺化合物、吡啶衍生物、芳烴、高分子化合物(低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等)等。明確而言,較佳為使用電洞移動率為  $1 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  以上的物質。另外,使用具有高電洞傳輸性的物質形成的層可以是單層,也可以是兩層以上的疊層。以下,具體地列舉可以被  
20 用作電洞傳輸物質的有機化合物。

[0117]

例如，作為芳香胺化合物，可以舉出 N,N'-二（對甲苯基）-N,N'-二苯基-p-伸苯基二胺（簡稱：DTDPPA）、4,4'-雙[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：DPAB）、DNTPD、1,3,5-三[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]苯（簡稱：DPA3B）、4,4'-雙[N-（1-萘基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：NPB 或  $\alpha$ -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（咪唑-9-基）三苯胺（簡稱：TCTA）、4,4',4''-三（N,N-二苯基胺基）三苯胺（簡稱：TDATA）、4,4',4''-三[N-（3-甲基苯基）-N-苯基胺基]三苯胺（簡稱：MTDATA）、4,4'-雙[N-（螺-9,9'-二芴-2-基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：BSPB）等。

[0118]

作為咪唑衍生物，可以具體地舉出 3-[N-（9-苯基咪唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咪唑（簡稱：PCzPCA1）、3,6-雙[N-（9-苯基咪唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咪唑（簡稱：PCzPCA2）、3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基咪唑-3-基）胺基]-9-苯基咪唑（簡稱：PCzPCN1）等。除此之外，還可以舉出 4,4'-二（N-咪唑基）聯苯（簡稱：CBP）、1,3,5-三[4-（N-咪唑基）苯基]苯（簡稱：TCPB）、9-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-咪唑（簡稱：CzPA）、1,4-雙[4-（N-咪唑基）苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

20 [0119]

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、  
 5 10,10'-雙(2-苯基苯基)-9,9'-聯蒽、10,10'-雙[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-聯蒽、蒽、稠四苯、紅螢烯、芘、2,5,8,11-四(三級丁基)芘等。除此之外,還可以使用稠五苯、蔻等。像這樣,較佳為使用具有 $1 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率的碳原子數為14至42的芳烴。芳烴也可以具有  
 10 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。

[0120]

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

[0121]

作為用於電洞注入層111及電洞傳輸層112的受體物質,可以舉出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氰醌二甲烷(簡稱:F<sub>4</sub>-TCNQ)、氰醌、  
 20 2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮雜聯伸三苯(HAT-CN)等具有拉電子基團(鹵基或氰基)的化合物。尤其是,HAT-CN這樣的拉電子基團鍵合於具有多個雜原子的稠合芳香環的化合物熱穩定,所以是較佳的。此外,可以舉出屬於元素週期表中第4族至第8族的金屬的氧化物。明確而言,較佳為使用氧化鈮、氧化鋮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鋁、氧化鎢、氧化錳和

氧化鋁，這是因為它們具有高電子接收性。其中，尤其較佳為使用氧化鋁，因為氧化鋁在大氣中很穩定，吸濕性低，並且容易進行處理。

[0122]

發光層 113 是包含發光物質的層。作為發光物質，可以舉出螢光性發光物質和磷光性發光物質。作為磷光性發光物質，明確而言，使用有機金屬錯合物。當在發光層 113 中使用有機金屬錯合物（客體材料）時，較佳為包含其三重態激發能比該有機金屬錯合物大的物質作為主體材料。另外，除了發光物質以外，發光層 113 還可以包含在發光層 113 中的載子（電子及電洞）再結合時能夠形成激態錯合物（exciplex）的組合的兩種有機化合物（也可以為上述主體材料中的任一種）。特別較佳的是，為了高效地形成激態錯合物，組合容易接收電子的化合物（具有電子傳輸性的材料）和容易接收電洞的化合物（具有電洞傳輸性的材料）。當如此組合具有電子傳輸性的材料和具有電洞傳輸性的材料而得到形成激態錯合物的主體材料時，藉由調節具有電子傳輸性的材料和具有電洞傳輸性的材料的混合比率，容易使發光層中的電洞和電子之間的載子平衡最佳化。藉由使發光層中的電洞和電子之間的載子平衡最佳化，可以抑制發光層中的電子和電洞再結合的區域偏於一側。藉由抑制產生再結合的區域偏於一側，可以提高發光元件的可靠性。

[0123]

作為在形成上述激態錯合物時較佳為使用的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的缺 $\pi$ 電子型雜芳族化合物或金屬錯合物等。明確而言，可以舉出：雙（10-羥基苯并[h]喹啉）鈹（II）（簡稱：BeBq<sub>2</sub>）、雙（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基苯酚）鋁（III）（簡稱：BAIq）、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱：Znq）、雙[2-（2-苯并呋喃基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）、雙[2-（2-苯并噻唑基）

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)、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-  
 三級丁基苯基)-1,2,4-三唑(簡稱: TAZ)、1,3-雙[5-(對三級丁基苯基)  
 -1,3,4-噁二唑-2-基]苯(簡稱: OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-  
 5 2-基)苯基]-9H-咔唑(簡稱: CO11)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-  
 苯基-1H-苯并咪唑)(簡稱: TPBI)、2-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]-1-  
 苯基-1H-苯并咪唑(簡稱: mDBTBIIm-II)等具有聚唑骨架(polyazole skelton)  
 的雜環化合物; 2-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱:  
 2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噁吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉  
 10 (簡稱: 2mDBTBPDBq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]  
 喹啉(簡稱: 2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]  
 二苯并[f,h]喹啉(簡稱: 2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]  
 二苯并[f,h]喹啉(簡稱: 7mDBTPDBq-II)、6-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯  
 基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱: 6mDBTPDBq-II)、4,6-雙[3-(菲-9-基)苯  
 15 基]嘧啶(簡稱: 4,6mPnP2Pm)、4,6-雙[3-(4-二苯并噁吩基)苯基]嘧啶  
 (簡稱: 4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(簡稱:  
 4,6mCzP2Pm)等具有二噁骨架的雜環化合物; 2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑  
 -3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(簡稱: PCCzPTzn)  
 等具有三噁骨架的雜環化合物; 以及 3,5-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶  
 20 (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。其中,具有二噁骨架及三噁骨架的雜環化  
 合物和具有吡啶骨架的雜環化合物具有高可靠性,所以是較佳的。尤其是,具  
 有二噁(嘧啶或吡嗪)骨架及三噁骨架的雜環化合物具有高電子傳輸性,還  
 有助於降低驅動電壓。

[0124]

作為在形成上述激態錯合物時較佳為使用的容易接收電洞的化合物（具有電洞傳輸性的材料），可以適當地使用富 $\pi$ 電子型雜芳族（例如咪唑衍生物或吡啶衍生物）或芳香胺等。明確而言，可以舉出：2-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基胺基]螺-9,9'-聯萸（簡稱：PCASF）、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]三苯胺（簡稱：1'-TNATA）、2,7-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-螺-9,9'-二萸（簡稱：DPA2SF）、N,N'-雙(9-苯基咪唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺（簡稱：PCA2B）、N-(9,9-二甲基-2-二苯基胺基-9H-萸-7-基)二苯基胺（簡稱：DPNF）、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基咪唑-3-基)苯-1,3,5-三胺（簡稱：PCA3B）、2-[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]螺-9,9'-二萸（簡稱：DPASF）、N,N'-雙[4-(咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基萸-2,7-二胺（簡稱：YGA2F）、NPB、N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺（簡稱：TPD）、4,4'-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：DPAB）、BSPB、4-苯基-4'-(9-苯基萸-9-基)三苯胺（簡稱：BPAFLP）、4-苯基-3'-(9-苯基萸-9-基)三苯基胺（簡稱：mBPAFLP）、N-(9,9-二甲基-9H-萸-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-萸-2-基)胺基]-9H-萸-7-基}苯基胺（簡稱：DFLADFL）、PCzPCA1、3-[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-9-苯基咪唑（簡稱：PCzDPA1）、3,6-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-9-苯基咪唑（簡稱：PCzDPA2）、DNTPD、3,6-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-(1-萘基)胺基]-9-苯基咪唑（簡稱：PCzTPN2）、PCzPCA2、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺（簡稱：PCBA1BP）、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺（簡稱：PCBBi1BP）、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)

三苯胺（簡稱：PCBANB）、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺（簡稱：PCBNBB）、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCN1）、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]第-2-胺（簡稱：PCBAF）、N-苯基-N-[4-(9-  
 5 苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-聯第-2-胺（簡稱：PCBASF）、N-(4-聯苯)-N-(9,9-二甲基-9H-第-2-基)-9-苯基-9H-咔唑-3-胺（簡稱：PCBiF）、N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-第-2-胺（簡稱：PCBBiF）等具有芳香胺骨架的化合物；1,3-雙(N-咔唑基)苯（簡稱：mCP）、4,4'-二(N-咔唑基)聯苯（簡稱：CBP）、3,6-  
 10 雙(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑（簡稱：CzTP）、9-苯基-9H-3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)咔唑（簡稱：PCCP）等具有咔唑骨架的化合物；4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)（簡稱：DBT3P-II）、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-第-9-基)苯基]二苯并噻吩（簡稱：DBTFLP-III）、4-[4-(9-苯基-9H-第-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩（簡稱：DBTFLP-IV）等  
 15 具有噻吩骨架的化合物；以及 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并咪喃)（簡稱：DBF3P-II）、4-{3-[3-(9-苯基-9H-第-9-基)苯基]苯基}二苯并咪喃（簡稱：mmDBFFLBi-II）等具有咪喃骨架的化合物。其中，具有芳香胺骨架的化合物以及具有咔唑骨架的化合物具有高可靠性和高電洞傳輸性，也有助於降低驅動電壓，所以是較佳的。

20 [0125]

另外，藉由包含上述有機金屬錯合物（客體材料）和主體材料形成發光層 113，可以從發光層 113 得到發光效率高的磷光發光。

[0126]

發光層 113 在發光元件中不侷限於圖 1A 所示的單層結構，也可以具有

如圖 1B 所示那樣的兩層以上的疊層結構。注意，此時採用從所層疊的各層得到發光的結構。例如，可以採用從第一層的發光層 113 (a1) 得到螢光發光且從層疊在第一層上的第二層的發光層 113 (a2) 得到磷光發光的結構。注意，關於疊層順序，也可以與此相反。此外，較佳的是可以獲得磷光發光的層中，可獲得由從激態錯合物到摻雜物的能量轉移引起的發光的結構。此外，關於發光顏色，從一個層可以獲得的發光顏色與從另一個層可以獲得的發光顏色既可以相同，又可以不同，在它們不同的情況下，例如可以採用如下結構：從一個層可以獲得藍色發光且從另一個層可以獲得橙色發光或黃色發光等的結構。此外，在各層中，也可以具有包含多種摻雜物的結構。

[0127]

在發光層 113 具有疊層結構的情況下，可以單獨或組合使用能夠將單重激發能量轉換為發光的發光物質或者能夠將三重態激發能轉換為發光的發光物質等。此時，例如可以舉出如下材料。

[0128]

作為能夠將單重激發能量轉換為發光的發光物質，例如可以舉出發射螢光的物質（螢光化合物）。

[0129]

作為發射螢光的物質，可以舉出 N, N' -雙[4-(9H-吡啶-9-基)苯基]-N, N' -二苯基苊-4, 4' -二胺（簡稱：YGA2S）、4-(9H-吡啶-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺（簡稱：YGAPA）、4-(9H-吡啶-9-基)-4'-(9, 10-二苯基-2-蒽基)三苯胺（簡稱：2YGAPPA）、N, 9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-吡啶-3-胺（簡稱：PCAPA）、苊、2, 5, 8, 11-四(三級丁基)苊（簡稱：TBP）、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-吡啶-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-蔥基)苯基]-9H-咪唑-3-胺(簡稱:  
 2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蔥基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,  
 4- 苯 二 胺 ( 簡 稱 : 2DPAPPA ) 、  
 5 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-蔥基)-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺(簡稱:2PCAPA)、N-[9,10-雙  
 (1,1'-聯苯-2-基)-2-蔥基]-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺(簡稱:  
 2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蔥基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺  
 10 (簡稱:2DPAPA)、N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蔥基]-N,N',N'-  
 三苯基-1,4-苯二胺(簡稱:2DPABPhA)、9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-  
 N-[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N-苯基蔥-2-胺(簡稱:2YGABPhA)、N,N,9-  
 三苯基蔥-9-胺(簡稱:DPhAPhA)、香豆素545T、N,N'-二苯基喹吡酮  
 (簡稱:DPQd)、紅螢烯、5,12-雙(1,1'-聯苯-4-基)-6,11-二苯基稠四  
 15 苯(簡稱:BPT)、2-(2-{2-[4-(二甲胺基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡  
 喃-4-亞基)丙烷二腈(簡稱:DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氫-  
 1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈(簡稱:  
 DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)稠四苯-5,11-二胺(簡稱:p-  
 mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茚并[1,2-a]丙二  
 20 烯合萘-3,10-二胺(簡稱:p-mPhAFD)、2-{2-異丙基-6-[2-(1,1,7,7-四  
 甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}  
 丙烷二腈(簡稱:DCJTI)、2-{2-三級丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-  
 四氫-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈(簡稱:  
 DCJTB)、2-(2,6-雙{2-[4-(二甲胺基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亞基)

丙烷二腈（簡稱：BisDCM）、2-{2,6-雙[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈（簡稱：BisDCJTM）等。

[0130]

- 5 作為將三重態激發能轉換為發光的發光物質，例如可以舉出發射磷光的物質（磷光化合物）、呈現熱活化延遲螢光（TADF）的 TADF 材料（熱活化延遲螢光）。TADF 材料所呈現的延遲螢光是指其光譜與一般的螢光同樣但其使用壽命非常長的發光。該使用壽命為  $1 \times 10^6$  秒以上，較佳為  $1 \times 10^3$  秒以上。

10 [0131]

- 作為發射磷光的物質，可以舉出雙{2-[3',5'-雙(三氟甲基)苯基]吡啶-N,C<sup>2'</sup>}銱(III)吡啶甲酸鹽（簡稱：[Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)]）、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶-N,C<sup>2'</sup>]銱(III)乙醯丙酮（簡稱：FIracac）、三(2-苯基吡啶)銱(III)（簡稱：[Ir(ppy)<sub>3</sub>]）、雙(2-苯基吡啶)銱(III)乙醯丙酮（簡稱：[Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)]）、三(乙醯丙酮)(一啡啉)銱(III)（簡稱：[Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)]）、雙(苯并[h]喹啉)銱(III)乙醯丙酮（簡稱：[Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)]）、雙(2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,C<sup>2'</sup>)銱(III)乙醯丙酮（簡稱：[Ir(dpo)<sub>2</sub>(acac)]）、雙{2-[4'-(全氟苯基)苯基]吡啶-N,C<sup>2'</sup>}銱(III)乙醯丙酮（簡稱：[Ir(p-PF<sub>6</sub>-ph)<sub>2</sub>(acac)]）、雙(2-苯基苯并噁唑-N,C<sup>2'</sup>)銱(III)乙醯丙酮（簡稱：[Ir(bt)<sub>2</sub>(acac)]）、雙[2-(2'-苯并[4,5-α]噁吩基)吡啶-N,C<sup>3'</sup>]銱(III)乙醯丙酮（簡稱：[Ir(btp)<sub>2</sub>(acac)]）、雙(1-苯基異喹啉-N,C<sup>2'</sup>)銱(III)乙醯丙酮（簡稱：[Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)]）、(乙醯丙酮)雙[2,3-雙(4-氟苯基)喹啉合(quinoxalinato)]銱(III)（簡稱：[Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)]）、(乙醯丙酮)雙(3,5-二甲基-2-苯基吡啶)

銱(III) (簡稱:  $[\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})]$ )、(乙醯丙酮)雙(5-異丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)銱(III) (簡稱:  $[\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})]$ )、(乙醯丙酮)雙(2,3,5-三苯基吡嗪)銱(III) (簡稱:  $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})]$ )、雙(2,3,5-三苯基吡嗪)(二新戊醯甲烷)銱(III) (簡稱:  $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ )、  
 5 (乙醯丙酮)雙(6-三級丁基-4-苯基嘧啶)銱(III) (簡稱:  $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ )、(乙醯丙酮)雙(4,6-二苯基嘧啶)銱(III) (簡稱:  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ )、2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉鉑(II) (簡稱: PtOEP)、三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮)(一啡啉)銬(III) (簡稱:  $[\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})]$ )、三[1-(2-噁吩甲醯基)-3,3,3-三氟丙酮](一啡啉)  
 10 銬(III) (簡稱:  $[\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})]$ )等。

[0132]

另外,作為 TADF 材料,例如可以舉出富勒烯、其衍生物、普羅黃素等吡啶衍生物、伊紅等。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  
 15 卟啉,例如可以舉出原卟啉-氟化錫錯合物(簡稱:  $\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$ )、中卟啉-氟化錫錯合物(簡稱:  $\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$ )、血卟啉-氟化錫錯合物(簡稱:  $\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$ )、糞卟啉四甲基酯-氟化錫錯合物(簡稱:  $\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$ )、八乙基卟啉-氟化錫錯合物(簡稱:  $\text{SnF}_2(\text{OEP})$ )、初卟啉-氟化錫錯合物(簡稱:  $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$ )、八乙基卟啉-氯化鉑錯合物(簡稱:  $\text{PtCl}_2\text{OEP}$ )等。並且,可以使用 2-(聯苯-4-基)-4,6-雙(12-苯基吡啶并[2,3-a]吡嗪-11-基)-1,3,5-三嗪(簡稱: PIC-TRZ)等具有富 $\pi$ 電子型雜芳環及缺 $\pi$ 電子型雜芳環的雜環化合物。另外,在富 $\pi$ 電子型雜芳環和缺 $\pi$ 電子型雜芳環直接結合的物質中,富 $\pi$ 電子型雜芳環的施體性和缺 $\pi$ 電子型雜芳環的受體性都強,而 S1 和 T1 的能量差變小,所以是特別較佳的。

[0133]

電子傳輸層 114 是包含電子傳輸性高的物質(也稱為電子傳輸化合物)的層。電子傳輸層 114 可以使用三(8-羥基喹啉)鋁(簡稱:Alq<sub>3</sub>)、三(4-甲基-8-羥基喹啉)鋁(簡稱:Almq<sub>3</sub>)、BeBq<sub>2</sub>、BAIq、雙[2-(2-羥基苯基)苯并噁唑]鋅(簡稱 Zn(BOX)<sub>2</sub>)、雙[2-(2-羥基苯基)-苯并噻唑]鋅(簡稱:Zn(BTZ)<sub>2</sub>)等金屬錯合物。此外,也可以使用 PBD、OXD-7、TAZ、3-(4-三級丁基苯基)-4-(4-乙基苯基)-5-(4-聯苯基)-1,2,4-三唑(簡稱:p-EtTAZ)、紅啡啉(簡稱:Bphen)、浴銅靈(簡稱:BCP)、4,4'-雙(5-甲基苯并噁唑-2-基)二苯乙烯(簡稱:BzOs)等雜芳族化合物。另外,還可以使用聚(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)等高分子化合物。在此所述的物質主要是電子移動率在  $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$  以上的物質。注意,只要是電子傳輸性比電洞傳輸性高的物質,就可以將上述物質之外的物質用於電子傳輸層 114。

[0134]

電子傳輸層 114 既可以為單層,又可以為由上述物質構成的層的兩層以上的疊層。

[0135]

電子注入層 115 是包含電子注入性高的物質的層。電子注入層 115 可以使用氟化鋰(LiF)、氟化銫(CsF)、氟化鈣(CaF<sub>2</sub>)、鋰氧化物(LiO<sub>x</sub>)等鹼金屬、鹼土金屬或它們的化合物。此外,可以使用氟化鉕(ErF<sub>3</sub>)等稀土金屬化合物。此外,也可以將電子鹽用於電子注入層 115。作為該電子鹽,例如可以舉出對氧化鈣-氧化鋁以高濃度添加電子的物質等。另外,也可以

使用如上所述的構成電子傳輸層 114 的物質。

[0136]

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 115。這種複合材料因為藉由電子予體在有機化合物中產生電  
5 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 114 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，較佳為鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬，可以舉出鋰、鈹、鎂、鈣、銻、鎵等。  
10 另外，鹼金屬氧化物、鹼土金屬氧化物是較佳的，可以舉出鋰氧化物、鈣氧化物、鋇氧化物等。此外，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。

[0137]

上述電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、發光層 113、電子傳輸層 114 及  
15 電子注入層 115 分別可以藉由蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、印刷法（例如，凸版印刷法、凹版印刷法、照相凹版印刷法、平板印刷法及孔版印刷法等）、噴墨法、塗佈等方法中的一個或它們的組合形成。此外，作為上述電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、發光層 113、電子傳輸層 114 及電子注入層 115，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  
20 物、樹枝狀聚合物、聚合物等）。

[0138]

藉由上述步驟，可以製造在一對電極之間夾住 EL 層而成的發光元件。

[0139]

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。

[0140]

實施方式 3

5 在本實施方式中，對本發明的一個實施方式的具有多個 EL 層的結構的發光元件（以下，稱為疊層型發光元件）進行說明。

[0141]

本實施方式所示的發光元件是如圖 2A 所示的在一對電極（第一電極 201 與第二電極 204）之間夾著電荷產生層 205 具有多個 EL 層（第一 EL 層 10 202（1）和第二 EL 層 202（2））的疊層型發光元件。

[0142]

在本實施方式中，第一電極 201 是用作陽極的電極，第二電極 204 是用作陰極的電極。另外，作為第一電極 201 及第二電極 204，可以採用與實施方式 2 相同的結構。此外，多個 EL 層（第一 EL 層 202（1）和第二 EL 層 15 202（2））既可以具有與實施方式 2 所示的 EL 層的結構相同的結構，又可以上述 EL 層中的任一個具有與實施方式 2 所示的 EL 層的結構相同的結構。換言之，第一 EL 層 202（1）和第二 EL 層 202（2）既可以具有相同結構，又可以具有互不相同的結構，在具有相同結構的情況下，可以適用實施方式 2 的結構。

20 [0143]

另外，在多個 EL 層（第一 EL 層 202（1）和第二 EL 層 202（2））之間設置的電荷產生層 205 具有如下功能：在對第一電極 201 和第二電極 204 施加電壓時，將電子注入到一個 EL 層中，且將電洞注入到另一個 EL 層中。在本實施方式中，當以第一電極 201 的電位高於第二電極 204 的方式施加

電壓時，電子從電荷產生層 205 被注入到第一 EL 層 202 (1) 中，且電洞被注入到第二 EL 層 202 (2) 中。

[0144]

另外，從光提取效率的觀點來看，電荷產生層 205 較佳為具有使可見光透射的性質（明確而言，電荷產生層 205 的可見光的透射率為 40%以上）。另外，電荷產生層 205 即使其導電率小於第一電極 201 或第二電極 204 也可以發揮作用。

[0145]

電荷產生層 205 既可以具有對電洞傳輸性高的有機化合物添加電子受體（接受體）的結構，又可以具有對電子傳輸性高的有機化合物添加電子予體（施體）的結構。或者，也可以層疊有這兩種結構。

[0146]

在採用對電洞傳輸性高的有機化合物添加電子受體的結構的情況下，作為電洞傳輸性高的有機化合物，可以使用在實施方式 2 中作為用於電洞注入層 111 和電洞傳輸層 112 的電洞傳輸性高的物質示出的物質。例如可以使用芳族胺化合物等諸如 NPB、TPD、TDATA、MTDATA、BSPB 等。在此所述的物質主要是電洞移動率在  $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$  以上的物質。注意，只要是電洞傳輸性比電子傳輸性高的有機化合物，就可以使用上述物質之外的物質。

20 [0147]

另外，作為電子受體，可以舉出 7, 7, 8, 8-四氫基-2, 3, 5, 6-四氫醌二甲烷（簡稱：F<sub>4</sub>-TCNQ）、氫醌等。另外，可以舉出屬於元素週期表中第 4 族至第 8 族的金屬的氧化物。明確而言，較佳為使用氧化鈮、氧化鋯、氧化鈦、氧化鉻、氧化鋇、氧化鎢、氧化錳和氧化銻，這是因為它們具有高電子

接收性。尤其較佳為使用氧化鋁，因為氧化鋁在大氣中也穩定，吸濕性低，且操作容易。

[0148]

另一方面，在採用對電子傳輸性高的有機化合物添加電子予體的結構的情況下，作為電子傳輸性高的有機化合物，可以使用在實施方式 2 中作為用於電子傳輸層 114 的電子傳輸性高的物質示出的物質。例如可以使用具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金屬錯合物等諸如 Alq、Almq<sub>3</sub>、BeBq<sub>2</sub>、BALq 等。除此之外，還可以使用具有嘔唑基配體、噻唑基配體的金屬錯合物等諸如 Zn (BOX)<sub>2</sub>、Zn (BTZ)<sub>2</sub> 等。再者，除了金屬錯合物之外，還可以使用 PBD、OXD-7、TAZ、Bphen、BCP 等。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。另外，只要是電子傳輸性比電洞傳輸性高的有機化合物，就可以使用上述物質之外的物質。

[0149]

另外，作為電子予體，可以使用鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、或屬於元素週期表中第 2、第 13 族的金屬及它們的氧化物或碳酸鹽。明確而言，較佳為使用鋰 (Li)、銫 (Cs)、鎂 (Mg)、鈣 (Ca)、鐿 (Yb)、銦 (In)、氧化鋰、碳酸銫等。此外，也可以將如四硫稠四苯 (tetrathianaphthacene) 等有機化合物用作電子予體。

[0150]

另外，藉由使用上述材料形成電荷產生層 205，可以抑制層疊 EL 層時造成的驅動電壓的增大。電荷產生層 205 可以使用蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、印刷法（例如，凸版印刷法、凹版印刷法、照相凹版印刷法、平板印刷法、孔版印刷法等）、噴墨法和塗佈等方法中的一個或組合形成。

[0151]

雖然在本實施方式中，對具有兩個 EL 層的發光元件進行說明，但是，如圖 2B 所示，本發明的一個實施方式可以同樣地應用於層疊  $n$  個（其中， $n$  是 3 以上）EL 層（202 (1) 至 202 ( $n$ )）的發光元件。當如根據本實施方式的發光元件那樣在一對電極之間具有多個 EL 層時，藉由將電荷產生層（205 (1) 至 205 ( $n-1$ ））設置在 EL 層與 EL 層之間，可以在保持低電流密度的同時實現高亮度區域中的發光。因為可以保持低電流密度，所以可以實現使用壽命長的元件。

[0152]

此外，藉由使各 EL 層的發光顏色互不相同，可以使發光元件整體發射所需顏色的光。例如，在具有兩個 EL 層的發光元件中，使第一 EL 層的發光顏色和第二 EL 層的發光顏色處於補色關係，因此還可以得到發光元件整體發射白色光的發光元件。注意，“補色”表示在顏色混合時得到非彩色的顏色關係。也就是說，藉由混合處於補色關係的顏色的光，可以得到白色發光。明確而言，可以舉出從第一 EL 層得到藍色發光，從第二 EL 層得到黃色發光或橙色發光的組合。此時，並不一定需要藍色發光和黃色發光（或橙色發光）都為螢光發光或磷光發光，也可以採用藍色發光為螢光發光而黃色發光（或橙色發光）為磷光發光的組合、或者與此相反的組合。

[0153]

另外，具有三個 EL 層的發光元件的情況也與此相同，例如，當第一 EL 層的發光顏色是紅色，第二 EL 層的發光顏色是綠色，第三 EL 層的發光顏色是藍色時，發光元件作為整體可以得到白色發光。

[0154]

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。

[0155]

實施方式 4

在本實施方式中，對具有本發明的一個實施方式的發光裝置進行說明。

5 [0156]

上述發光裝置既可以是被動矩陣型發光裝置，也可以是主動矩陣型發光裝置。此外，可以將其他實施方式所示的發光元件應用於本實施方式所示的發光裝置。

[0157]

10 在本實施方式中，首先參照圖 3A 及圖 3B 說明主動矩陣型發光裝置。

[0158]

圖 3A 是發光裝置的俯視圖，圖 3B 是沿圖 3A 中的點劃線 A-A' 進行切割的剖面圖。主動矩陣型發光裝置具有設置在元件基板 301 上的像素部 302、驅動電路部（源極線驅動電路）303 以及驅動電路部（閘極線驅動電路）304a、304b。將像素部 302、驅動電路部 303 以及驅動電路部 304a、304b 由密封劑 305 密封在元件基板 301 與密封基板 306 之間。

[0159]

在元件基板 301 上設置引線配線 307，該引線配線 307 用來連接對驅動電路部 303 及驅動電路部 304a、304b 傳遞來自外部的信號（例如，視訊信號、時脈信號、啟動信號或重設信號等）或電位的外部輸入端子。在此，示出作為外部輸入端子設置 FPC（軟性印刷電路板）308 的例子。雖然在此只圖示 FPC，但是該 FPC 也可以安裝有印刷線路板（PWB）。本說明書中的發光裝置不僅包括發光裝置主體，而且還包括安裝有 FPC 或 PWB 的發光裝置。

[0160]

接著，參照圖 3B 說明剖面結構。在元件基板 301 上形成有驅動電路部及像素部，在此示出作為源極線驅動電路的驅動電路部 303 及像素部 302。

[0161]

5 在此示出組合 FET309 和 FET310 構成驅動電路部 303 的例子。驅動電路部 303 既可以由包含單極性（N 型或 P 型）電晶體的電路形成，也可以由包含 N 型電晶體及 P 型電晶體的 CMOS 電路形成。在本實施方式中，雖然示出將驅動電路形成在基板上的驅動器一體型，但是不一定必須如此，也可以將驅動電路形成在基板的外部而不形成在基板上。

10 [0162]

此外，像素部 302 包括開關用 FET（未圖示）及電流控制用 FET312，電流控制用 FET312 的佈線（源極電極或汲極電極）與發光元件 317a 及發光元件 317b 的第一電極（陽極）（313a、313b）電連接。此外，雖然在本實施方式中示出使用兩個 FET（開關用 FET、電流控制用 FET312）構成像素部  
15 302 的例子，但不侷限於此。例如，像素部 302 也可以具有組合三個以上的 FET 及電容元件而成的結構。

[0163]

作為 FET309、310、312，例如可以適當地使用交錯型電晶體或反交錯型電晶體。作為可以用於 FET309、310、312 的半導體材料，例如可以使用  
20 第 13 族半導體、第 14 族（矽等）半導體、化合物半導體、氧化物半導體、有機半導體。此外，對該半導體材料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半導體膜。尤其是，FET309、310、312 較佳為使用氧化物半導體。作為氧化物半導體，例如可以舉出 In-Ga 氧化物、In-M-Zn 氧化物（M 為 Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、Hf 或 Nd）等。作為 FET309、310、

312，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材料，由此可以降低電晶體的關態電流（off-state current）。

[0164]

此外，第一電極（313a、313b）具有層疊用來光學調整的導電膜（320a、  
5 320b）的結構。例如，如圖 3B 所示，在從發光元件 317a 提取的光與從發光  
元件 317b 提取的光的波長互不相同時，導電膜 320a 及導電膜 320b 的厚度  
互不相同。另外，以覆蓋第一電極（313a、313b）的端部的方式形成有絕緣  
物 314。在此，使用正型感光性丙烯酸樹脂形成絕緣物 314。此外，在本實  
施方式中，將第一電極（313a、313b）用作陽極。

10 [0165]

較佳為將絕緣物 314 的上端部或下端部形成為具有曲率的曲面。藉由  
將絕緣物 314 形成為上述形狀，可以提高形成在絕緣物 314 上的膜的覆蓋  
性。例如，作為絕緣物 314 的材料，可以使用負型感光性樹脂或正型感光性  
樹脂，不侷限於有機化合物，還可以使用無機化合物諸如氧化矽、氧氮化矽、  
15 氮化矽等。

[0166]

在第一電極（313a、313b）上層疊形成 EL 層 315 和第二電極 316。EL  
層 315 至少設置有發光層，由第一電極（313a、313b）、EL 層 315 和第二電  
極 316 構成的發光元件（317a、317b）具有 EL 層 315 的端部被第二電極 316  
20 覆蓋的結構。EL 層 315 的結構既可以與實施方式 2 或實施方式 3 所示的單  
層結構或疊層結構相同，又可以不同。並且，上述結構也可以根據發光元件  
不同。

[0167]

作為用於第一電極 313、EL 層 315 及第二電極 316 的材料，可以使用實

施方式 2 所示的材料。此外，發光元件 (317a、317b) 的第一電極 (313a、313b) 在區域 321 中與引線配線 307 電連接並藉由 FPC308 被輸入外部信號。再者，發光元件 (317a、317b) 的第二電極 316 在區域 322 中與引線 323 電連接，雖然未圖示，但是藉由 FPC308 被輸入外部信號。

5 [0168]

雖然在圖 3B 所示的剖面圖中僅示出兩個發光元件 317，但是，在像素部 302 中多個發光元件被配置為矩陣狀。就是說，在像素部 302 中，除了可以獲得兩種 (例如 (B、Y)) 發光的發光元件以外，形成三種 (例如 (R、G、B)) 發光的發光元件、四種 (例如，(R、G、B、Y) 或 (R、G、B、W)) 發光的發光元件等，由此可以製造能夠進行全彩色顯示的發光裝置。此時，可以形成根據發光元件的發光顏色等使用不同材料的發光層 (所謂的分別塗布形成)，也可以多個發光元件包括使用相同材料形成的共同發光層，而與濾色片組合進行全彩色化。如此，藉由組合上述可以獲得多種發光的發光元件，可以獲得色純度的提高、耗電量的降低等效果。再者，也可以實現

10 藉由與量子點組合，來提高發光效率且降低耗電量的發光裝置。

[0169]

再者，藉由使用密封劑 305 將密封基板 306 與元件基板 301 貼合在一起，在由元件基板 301、密封基板 306 和密封劑 305 圍繞的空間 318 中設置發光元件 317a、317b。

20 [0170]

此外，在密封基板 306 上設置有有色層 (濾色片) 324，在相鄰的有色層之間設置有黑色層 (黑矩陣) 325。可以以其一部分與黑色層 (黑矩陣) 325 重疊的方式設置相鄰的有色層 (濾色片) 324 的一個或兩個。注意，由發光元件 317a、317b 得到的發光藉由有色層 (濾色片) 324 被提取到外部。

[0171]

空間 318 可以填充有惰性氣體（如氬氣或氙氣等），也可以填充有密封劑 305。當塗佈密封劑進行貼合時，較佳為進行 UV 處理或熱處理或者組合這些處理。

5 [0172]

較佳為將環氧類樹脂或玻璃粉用作密封劑 305。此外，這些材料較佳為儘量未使水分和氧透過的材料。此外，作為密封基板 306，除了玻璃基板和石英基板之外，還可以使用由 FRP（Fiber-Reinforced Plastics：玻璃纖維強化塑膠）、PVF（polyvinyl fluoride：聚氟乙烯）、聚酯、丙烯酸樹脂等構成的  
10 塑膠基板。從黏合性的觀點來看，在作為密封劑使用玻璃粉的情況下，作為元件基板 301 及密封基板 306 較佳為使用玻璃基板。

[0173]

與發光元件電連接的 FET 可以具有閘極電極的位置與圖 3B 不同的結構，亦即圖 3C 所示的 FET326、FET327 和 FET328 的結構。如圖 3C 所示，  
15 設置在密封基板 306 上的有色層（濾色片）324 也可以在與黑色層（黑矩陣）325 重疊的位置與相鄰的有色層（濾色片）324 重疊。

[0174]

如上所述，可以得到主動矩陣型發光裝置。

[0175]

20 本發明的一個實施方式的發光裝置可以用於被動矩陣型發光裝置，而不侷限於上述主動矩陣型發光裝置。

[0176]

圖 4A 和圖 4B 示出被動矩陣型發光裝置。圖 4A 示出被動矩陣型發光裝置的俯視圖，圖 4B 示出被動矩陣型發光裝置的剖面圖。

[0177]

如圖 4A 和圖 4B 所示，在基板 401 上形成有包括第一電極 402、EL 層（403a、403b、403c）、第二電極 404 的發光元件 405。第一電極 402 的形狀為島狀，多個第一電極 402 在一個方向（圖 4A 中的橫方向）上設置為條紋狀。此外，在第一電極 402 的一部分上形成有絕緣膜 406。在絕緣膜 406 上設置有使用絕緣材料形成的分隔壁 407。分隔壁 407 的側壁如圖 4B 所示地具有傾斜而使兩個側壁之間的距離向基板面的方向逐漸變窄。

[0178]

絕緣膜 406 在第一電極 402 上的一部分中具有開口，因此在第一電極 402 上可以分離形成具有所希望的形狀的 EL 層（403a、403b、403c）及第二電極 404。圖 4A 及圖 4B 示出組合金屬遮罩等遮罩與絕緣膜 406 上的分隔壁 407 形成 EL 層（403a、403b、403c）及第二電極 404 的例子。另外，還示出 EL 層 403a、EL 層 403b、EL 層 403c 分別呈現不同的發光顏色（例如，紅色、綠色、藍色、黃色、橙色、白色等）的例子。

15 [0179]

在形成 EL 層（403a、403b、403c）之後，形成第二電極 404。因此，在 EL 層（403a、403b、403c）上以不與第一電極 402 接觸的方式形成第二電極 404。

[0180]

20 注意，關於密封方法，可以與主動矩陣型發光裝置的情況同樣地採用，在此省略其說明。

[0181]

藉由上述步驟，可以得到被動矩陣型發光裝置。

[0182]

例如在本說明書等中，可以使用各種基板形成電晶體或發光元件。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。作為玻璃基板的一個例子，有鋇硼矽酸鹽玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、鈉鈣玻璃等。作為撓性基板、貼合薄膜、基材薄膜等，可以舉出如下例子。例如可以舉出以聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚萘二甲酸乙二醇酯（PEN）、聚醚砜（PES）、聚四氟乙烯（PTFE）為代表的塑膠。或者，可以舉出丙烯酸等的合成樹脂等。或者，可以舉出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯、聚氯乙烯等。或者，可以舉出聚醯胺、聚醯亞胺、芳族聚醯胺、環氧、無機蒸鍍薄膜、紙類等。尤其是，藉由使用半導體基板、單晶基板或 SOI 基板等製造電晶體，可以製造特性、尺寸或形狀等的不均勻性小、電流供應能力高且尺寸小的電晶體。當利用上述電晶體構成電路時，可以實現電路的低功耗化或電路的高集成化。

15 [0183]

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電晶體或發光元件。或者，也可以在基板與電晶體或發光元件之間設置剝離層。當在剝離層上製造半導體裝置的一部分或全部，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，也可以將電晶體或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，例如可以使用鎢膜與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有機樹脂薄膜的結構等。

20 [0184]

也就是說，也可以使用一個基板來形成電晶體或發光元件，然後將電晶

體或發光元件轉置到另一個基板上。作為電晶體或發光元件被轉置的基板的例子，不僅可以使用上述可以形成電晶體或發光元件的基板，還可以使用紙基板、玻璃紙基板、芳族聚醯胺薄膜基板、聚醯亞胺薄膜基板、石材基板、木材基板、布基板（包括天然纖維（絲、棉、麻）、合成纖維（尼龍、聚氨酯、聚酯）或再生纖維（醋酯纖維、銅氨纖維、人造纖維、再生聚酯）等）、皮革基板、橡膠基板等。藉由使用上述基板，可以實現特性良好的電晶體、耗電量小的電晶體、不易損壞的裝置、耐熱性的提高、輕量化或薄型化。

[0185]

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。

[0186]

實施方式 5

在本實施方式中，對適用本發明的一個實施方式的發光裝置而完成的各種各樣的電子裝置、汽車的例子進行說明。

[0187]

作為適用發光裝置的電子裝置，例如可以舉出電視機（也稱為電視或電視接收機）、用於電腦等的監視器、數位相機、數位攝影機、數位相框、行動電話機（也稱為行動電話、行動電話裝置）、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。圖 5A1、圖 5A2、圖 5B、圖 5C、圖 5D1、圖 5D2 及圖 5D3 示出這些電子裝置的具體例子。

[0188]

圖 5A1 示出電視機的一個例子。在電視機 7100 中，外殼 7101 中組裝有顯示部 7103。由顯示部 7103 能夠顯示影像，也可以採用安裝有觸控感測器

(輸入裝置)的觸控面板(輸入輸出裝置)。此外,可以將本發明的一個實施方式的發光裝置用於顯示部 7103。在此示出利用支架 7105 支撐外殼 7101 的結構。

[0189]

5 藉由利用外殼 7101 所具備的操作開關、或圖 5A2 所示的另外提供的遙控器 7110 可以進行電視機 7100 的操作。藉由利用遙控器 7110 所具備的操作鍵 7109, 可以進行頻道、音量的操作, 並可以對在顯示部 7103 上顯示的影像進行操作。此外, 也可以採用在遙控器 7110 中設置顯示從該遙控器 7110 輸出的資訊的顯示部 7107 的結構。

10 [0190]

電視機 7100 採用具備接收機、數據機等的結構。藉由接收機可以接收一般的電視廣播。再者, 藉由數據機連接到有線或無線方式的通訊網路, 可以進行單向(從發送者到接收者)或雙向(發送者和接收者之間或接收者彼此之間等)的資訊通訊。

15 [0191]

圖 5B 為電腦, 該電腦包括主體 7201、外殼 7202、顯示部 7203、鍵盤 7204、外部連接埠 7205、指向裝置 7206 等。該電腦可以藉由將本發明的一個實施方式的發光裝置用於其顯示部 7203 來製造。此外, 顯示部 7203 也可以為安裝有觸控感測器(輸入裝置)的觸控面板(輸入輸出裝置)。

20 [0192]

圖 5C 為智慧手錶, 該智慧手錶包括外殼 7302、顯示部 7304、操作按鈕 7311、操作按鈕 7312、連接端子 7313、腕帶 7321、錶帶扣 7322 等。

[0193]

安裝在兼作框架(bezel)部分的外殼 7302 中的顯示部 7304 具有非矩形

狀的顯示區域。顯示部 7304 可以顯示表示時間的圖示 7305 以及其他圖示 7306 等。此外，顯示部 7304 也可以為安裝有觸控感測器（輸入裝置）的觸控面板（輸入輸出裝置）。

[0194]

5 圖 5C 所示的智慧手錶可以具有各種功能。例如，可以具有如下功能：在顯示部上顯示多種資訊（靜態影像、運動影像、文字影像等）的功能；觸控面板功能：顯示日曆、日期或時間等的功能；以多種軟體（程式）控制處理的功能；無線通訊功能：使用無線通訊功能與多種電腦網路連接的功能；使用無線通訊功能發送並接收多種資料的功能；以及讀取儲存於存儲介質  
10 內的程式或資料並且將該程式或資料顯示於顯示部上的功能等。

[0195]

外殼 7302 的內部可具有揚聲器、感測器（包括測定如下因素的功能：力量、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  
15 量、濕度、斜率、振動、氣味或紅外線）、麥克風等。另外，智慧手錶可以藉由將發光裝置用於其顯示部 7304 來製造。

[0196]

圖 5D1、圖 5D2 和圖 5D3 示出行動電話機（包括智慧手機）的一個例子。行動電話機 7400 在外殼 7401 中具備顯示部 7402、麥克風 7406、揚聲器 7405、照相機 7407、外部連接部 7404、操作按鈕 7403 等。當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來製造發光裝置時，可以應用於如圖 5D1 所示那樣的具有曲面的顯示部 7402。

[0197]

圖 5D1 所示的行動電話機 7400 可以用手指等觸摸顯示部 7402 來輸入

資訊。此外，可以用手指等觸摸顯示部 7402 來進行打電話或寫電子郵件等的操作。

[0198]

顯示部 7402 的螢幕主要有如下三種模式：第一是以影像顯示為主的顯示模式；第二是以文字等資訊輸入為主的輸入模式；第三是混合顯示模式與輸入模式的兩種模式的顯示及輸入模式。

[0199]

例如，在打電話或寫電子郵件的情況下，將顯示部 7402 設定為以文字輸入為主的文字輸入模式，並進行顯示在螢幕的文字的輸入操作即可。在此情況下，較佳的是，在顯示部 7402 的螢幕的大部分上顯示鍵盤或號碼按鈕。

[0200]

另外，藉由在行動電話機 7400 內部設置陀螺儀和加速度感測器等檢測裝置，判斷行動電話機 7400 的方向（縱向或橫向），由此可以對顯示部 7402 的螢幕顯示進行自動切換。

15 [0201]

藉由觸摸顯示部 7402 或對外殼 7401 的操作按鈕 7403 進行操作，切換螢幕模式。或者，可以根據顯示在顯示部 7402 上的影像的類型而切換螢幕模式。例如，當顯示在顯示部上的影像信號為動態影像的資料時，將螢幕模式切換成顯示模式，而當該影像信號為文字資料時，將螢幕模式切換成輸入模式。

[0202]

另外，當在輸入模式下藉由獲得顯示部 7402 的光感測器所檢測的信號並在一定時間內未進行顯示部 7402 的觸摸操作輸入時，也可以進行控制將畫面模式從輸入模式切換成顯示模式。

[0203]

還可以將顯示部 7402 用作影像感測器。例如，可以藉由用手掌或手指觸摸顯示部 7402 來拍攝掌紋、指紋等，進行個人識別。另外，還可以藉由將發出近紅外光的背光或發出近紅外光的感測用光源用於顯示部，拍攝手指靜脈、手掌靜脈等。

[0204]

再者，作為行動電話機（包括智慧手機）的其他結構，也可以採用具有圖 5D2 及圖 5D3 所示的結構的行動電話機。

[0205]

在具有圖 5D2 和圖 5D3 所示的結構的行動電話機中，不僅在外殼 7500（1）、外殼 7500（2）的第一面 7501（1）、第一面 7501（2）上，而且還在第二面 7502（1）、第二面 7502（2）上顯示文字資訊或影像資訊等。借助於這種結構，使用者能夠在將行動電話機收納在上衣口袋中的狀態下容易確認在第二面 7502（1）、第二面 7502（2）等上顯示的文字資訊或影像資訊等。

[0206]

作為適用發光裝置的電子裝置，可以舉出圖 6A 至圖 6C 所示的能夠折疊的可攜式資訊終端。圖 6A 示出展開狀態的可攜式資訊終端 9310。圖 6B 示出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 9310。圖 6C 示出折疊狀態的可攜式資訊終端 9310。可攜式資訊終端 9310 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所以顯示一覽性強。

[0207]

顯示部 9311 由鉸鏈部 9313 所連接的三個外殼 9315 來支撐。此外，顯

示部 9311 也可以為安裝有觸控感測器（輸入裝置）的觸控面板（輸入輸出裝置）。此外，顯示部 9311 藉由鉸鏈部 9313 使兩個外殼 9315 之間彎折，由此可以使可攜式資訊終端 9310 從展開狀態可逆性地變為折疊狀態。可以將本發明的一個實施方式的發光裝置用於顯示部 9311。顯示部 9311 中的顯示區域 9312 是位於折疊狀態的可攜式資訊終端 9310 的側面的顯示區域。在顯示區域 9312 中可以顯示資訊圖示或者使用頻率高的應用軟體或程式的快捷方式等，能夠順利地進行資訊的確認或軟體的開啟。

[0208]

圖 7A 和圖 7B 示出適用發光裝置的汽車。就是說，可以與汽車一體地形成發光裝置。明確而言，可以將發光裝置適用於圖 7A 所示的汽車的外側的燈 5101（包括車身後部）、輪胎的輪轂 5102、車門 5103 的一部分或整體等。另外，可以將發光裝置適用於圖 7B 所示的汽車內側的顯示部 5104、方向盤 5105、變速杆 5106、座位 5107、倒後鏡 5108 等。除此之外，也可以將發光裝置適用於玻璃窗的一部分。

15 [0209]

如上所述，可以適用本發明的一個實施方式的發光裝置來得到電子裝置或汽車。能夠適用的電子裝置或汽車不侷限於在本實施方式中示出的電子裝置或汽車，在各種領域可以應用。

[0210]

20 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。

[0211]

實施方式 6

在本實施方式中，參照圖 8A 至圖 8D 說明應用本發明的一個實施方式的發光元件而製造的照明設備的結構。

[0212]

圖 8A 至圖 8D 示出照明設備的剖面圖的例子。圖 8A 及圖 8B 是在基板  
5 一側提取光的底部發射型照明設備，而圖 8C 及圖 8D 是在密封基板一側提取光的頂部發射型照明設備。

[0213]

圖 8A 所示的照明設備 4000 在基板 4001 上包括發光元件 4002。另外，  
照明設備 4000 在基板 4001 的外側包括具有凹凸的基板 4003。發光元件 4002  
10 包括第一電極 4004、EL 層 4005 以及第二電極 4006。

[0214]

第一電極 4004 與電極 4007 電連接，第二電極 4006 與電極 4008 電連  
接。另外，也可以設置與第一電極 4004 電連接的輔助佈線 4009。此外，在  
輔助佈線 4009 上形成有絕緣層 4010。

15 [0215]

基板 4001 與密封基板 4011 由密封劑 4012 黏合。另外，較佳為在密封  
基板 4011 與發光元件 4002 之間設置有乾燥劑 4013。由於基板 4003 具有如  
圖 8A 所示那樣的凹凸，因此可以提高提取在發光元件 4002 中產生的光的  
效率。

20 [0216]

另外，如圖 8B 所示的照明設備 4100 那樣，也可以在基板 4001 的外側  
設置擴散板 4015 代替基板 4003。

[0217]

圖 8C 所示的照明設備 4200 在基板 4201 上包括發光元件 4202。發光元

件 4202 包括第一電極 4204、EL 層 4205 以及第二電極 4206。

[0218]

第一電極 4204 與電極 4207 電連接，第二電極 4206 與電極 4208 電連接。另外，也可以設置與第二電極 4206 電連接的輔助佈線 4209。另外，也  
5 可以在輔助佈線 4209 下設置絕緣層 4210。

[0219]

基板 4201 與具有凹凸的密封基板 4211 由密封劑 4212 黏合。另外，也可以在密封基板 4211 與發光元件 4202 之間設置障壁膜 4213 及平坦化膜 4214。由於密封基板 4211 具有如圖 8C 所示那樣的凹凸，因此可以提高提取  
10 在發光元件 4202 中產生的光的效率。

[0220]

另外，如圖 8D 所示的照明設備 4300 那樣，也可以在發光元件 4202 上設置擴散板 4215 代替密封基板 4211。

[0221]

15 對本實施方式所示的 EL 層 4005、4205 可以使用本發明的一個實施方式的有機金屬錯合物。此時，可以提供耗電量低的照明設備。

[0222]

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。

20 [0223]

實施方式 7

在本實施方式中，參照圖 9 對適用本發明的一個實施方式的發光裝置的應用例子的照明設備進行說明。

[0224]

圖 9 是將發光裝置用於室內照明設備 8001 的例子。另外，因為發光裝置可以實現大面積化，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 8002。包括在本實施方式所示的發光裝置中的發光元件為薄膜狀，所以外殼設計的彈性高。因此，可以形成能夠對應各種設計的照明設備。再者，室內的牆面也可以設置有照明設備 8003。

[0225]

藉由將發光裝置用於上述以外的室內家具的一部分，可以提供具有家具的功能的照明設備。

10 [0226]

如上所述，可以得到適用發光裝置的各種各樣的照明設備。另外，這種照明設備包括在本發明的一個實施方式中。

[0227]

15 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。

[0228]

實施方式 8

20 在本實施方式中，參照圖 10A 至圖 14 對包括本發明的一個實施方式的發光元件或本發明的一個實施方式的發光裝置的觸控面板進行說明。

[0229]

圖 10A 和圖 10B 是觸控面板 2000 的透視圖。注意，在圖 10A 和圖 10B 中，為了容易理解，示出觸控面板 2000 的典型的組件。

[0230]

觸控面板 2000 具備顯示面板 2501 及觸控感測器 2595（參照圖 10B）。

觸控面板 2000 還具有基板 2510、基板 2570 以及基板 2590。

[0231]

顯示面板 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 被引導到基板 2510 的外周部，其一部分構成端子 2519。端子 2519 與 FPC2509（1）電連接。

[0232]

基板 2590 具備觸控感測器 2595 以及多個與觸控感測器 2595 電連接的佈線 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 2599。端子 2599 與 FPC2509（2）電連接。另外，為了容易理解，在圖 10B 中由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。

[0233]

作為觸控感測器 2595，例如可以使用電容式觸控感測器。作為電容式觸控感測器，可以舉出表面電容式觸控感測器、投影電容式觸控感測器等。

[0234]

作為投影電容式觸控感測器，可以舉出自電容式觸控感測器、互電容式觸控感測器等，這些主要根據驅動方式的差異而區分。當使用互電容式觸控感測器時，可以同時進行多點檢測，所以是較佳的。

[0235]

首先，參照圖 10B 對採用投影電容式觸控感測器的情況進行說明。投影電容式觸控感測器可以應用能夠檢測出指頭等檢測物件靠近或接觸的各種感測器。

[0236]

投影電容式觸控感測器 2595 具有電極 2591 及電極 2592。電極 2591 及電極 2592 分別與多個佈線 2598 中的不同的佈線電連接。如圖 10A 和圖 10B 所示，電極 2592 具有在一個方向上連續地配置的多個四邊形的每個角部藉由佈線 2594 相互連接的形狀。電極 2591 也同樣地具有多個四邊形的角部連接的形狀，但是電極 2591 的連接方向與電極 2592 的連接方向交叉。注意，電極 2591 的連接方向與電極 2592 的連接方向不一定需要交叉，它們之間的角度也可以大於 0 度且小於 90 度。

[0237]

較佳為儘量減小佈線 2594 與電極 2592 的交叉部的面積。由此，可以減小沒有設置電極的區域的面積，從而可以降低透射率的不均勻。其結果，可以降低透過觸控感測器 2595 的光的亮度不均勻。

[0238]

另外，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，也可以以儘量沒有間隙的方式配置多個電極 2591，並且隔著絕緣層設置多個電極 2592。此時，藉由在相鄰的兩個電極 2592 之間設置與它們電絕緣的虛擬電極，可以減小透射率不同的區域的面積，所以是較佳的。

[0239]

接著，參照圖 11A 和圖 11B 對觸控面板 2000 進行詳細說明。圖 11A 相當於圖 10A 所示的點劃線 X1-X2 之間的剖面圖。

[0240]

觸控面板 2000 包括觸控感測器 2595 及顯示面板 2501。

[0241]

觸控感測器 2595 包括與基板 2590 接觸地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。此外，在相鄰的電極 2591 之間設置有電極 2592。

[0242]

電極 2591 及電極 2592 可以使用透光導電材料形成。作為透光導電材料，可以使用氧化銻、銻錫氧化物、銻鋅氧化物、氧化鋅、添加有鎘的氧化鋅等導電氧化物。另外，也可以使用石墨烯化合物。此外，當使用石墨烯化合物時，例如可以藉由使膜狀的氧化石墨烯還原來形成。作為還原方法，可以採用進行加熱的方法或照射雷射的方法等。

[0243]

例如在藉由濺射法在基板 2590 上形成透光導電材料的膜之後，可以藉由光微影法等各種圖案化技術去除不需要的部分來形成電極 2591 及電極 2592。

[0244]

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

[0245]

由於形成在絕緣層 2593 的一部分的佈線 2594 而使相鄰的電極 2591 電連接。另外，作為佈線 2594 較佳為使用其導電性比用於電極 2591 及電極 2592 的材料高的材料，因為可以降低電阻。

[0246]

佈線 2598 與電極 2591 或電極 2592 電連接。佈線 2598 的一部分被用作端子。佈線 2598 例如可以使用金屬材料諸如鋁、金、鉑、銀、鎳、鈦、鎢、鉻、鉬、鐵、鈷、銅或鈮等或者包含該金屬材料的合金材料。

[0247]

藉由端子 2599 使佈線 2598 與 FPC2509 (2) 電連接。端子 2599 可以使用各種異方性導電膜 (ACF: Anisotropic Conductive Film)、異方性導電膏 (ACP: Anisotropic Conductive Paste) 等。

[0248]

5 以與佈線 2594 接觸的方式設置有黏合層 2597。換言之，觸控感測器 2595 隔著黏合層 2597 以與顯示面板 2501 重疊的方式貼合。此外，與黏合層 2597 接觸的顯示面板 2501 的表面如圖 11A 所示那樣也可以包括基板 2570，但不一定需要包括基板 2570。

[0249]

10 黏合層 2597 具有透光性。例如，可以使用熱固性樹脂、紫外線硬化性樹脂，明確而言，可以使用丙烯酸類樹脂、聚氨酯類樹脂、環氧類樹脂或矽氧烷類樹脂等。

[0250]

15 圖 11A 所示的顯示面板 2501 在基板 2510 與基板 2570 之間包括配置為矩陣狀的多個像素及驅動電路。此外，各像素包括發光元件及驅動該發光元件的像素電路。

[0251]

在圖 11A 中作為顯示面板 2501 的像素的一個例子示出像素 2502R，作為驅動電路的一個例子示出掃描線驅動電路 2503g。

20 [0252]

像素 2502R 具備發光元件 2550R 以及能夠向發光元件 2550R 供應電力的電晶體 2502t。

[0253]

絕緣層 2521 覆蓋電晶體 2502t。絕緣層 2521 具有使起因於已形成的電

晶體等的凹凸平坦化的功能。此外，也可以使絕緣層 2521 具有抑制雜質擴散的功能。此時，能夠抑制因雜質的擴散而導致的電晶體等的可靠性下降，所以是較佳的。

[0254]

5 發光元件 2550R 藉由佈線與電晶體 2502t 電連接。此外，發光元件 2550R 的一個電極是與佈線直接連接的。此外，發光元件 2550R 的一個電極的端部由絕緣體 2528 覆蓋。

[0255]

10 發光元件 2550R 在一對電極之間包括 EL 層。此外，在與發光元件 2550R 重疊的位置上設置有彩色層 2567R，發光元件 2550R 所發射的光的一部分透過彩色層 2567R 而在圖式中所示的箭頭的方向上射出。此外，在彩色層的端部設置有遮光層 2567BM，在發光元件 2550R 與彩色層 2567R 之間包括密封層 2560。

[0256]

15 當在提取來自發光元件 2550R 的光的方向上設置有密封層 2560 時，密封層 2560 較佳為具有透光性。此外，密封層 2560 的折射率較佳為高於空氣。

[0257]

20 掃描線驅動電路 2503g 包括電晶體 2503t 以及電容器 2503c。此外，可以藉由與像素電路相同的製程在相同的基板上形成驅動電路。因此，與像素電路的電晶體 2502t 同樣地，驅動電路（掃描線驅動電路 2503g）的電晶體 2503t 也由絕緣層 2521 覆蓋。

[0258]

此外，設置有能夠向電晶體 2503t 供應信號的佈線 2511。此外，以與佈

線 2511 接觸的方式設置有端子 2519。端子 2519 與 FPC2509 (1) 電連接，FPC2509 (1) 具有供應影像信號及同步信號等信號的功能。FPC2509 (1) 也可以安裝有印刷線路板 (PWB)。

[0259]

- 5 雖然示出圖 11A 所示的顯示面板 2501 包括底閘極型電晶體的情況，但是電晶體的結構不侷限於此，也可以使用各種結構的電晶體。此外，在圖 11A 所示的電晶體 2502t 及電晶體 2503t 中可以使用包含氧化物半導體的半導體層作為通道區域。除此以外，也可以使用包含非晶矽的半導體層、包含藉由雷射退火法等處理結晶化了的多晶矽的半導體層作為通道區域。

10 [0260]

此外，圖 11B 示出將與圖 11A 所示的底閘極型電晶體不同的頂閘極型電晶體應用於顯示面板 2501 的情況的結構。此外，即使改變電晶體的結構，能夠用於通道區域的半導體層的種類也是同樣的。

[0261]

- 15 圖 11A 所示的觸控面板 2000 如圖 11A 所示較佳為在來自像素的光發射到外部的一側的表面上以至少與像素重疊的方式包括反射防止層 2567p。作為反射防止層 2567p，例如可以使用圓偏光板等。

[0262]

- 20 作為圖 11A 所示的基板 2510、基板 2570 及基板 2590 例如可以使用水蒸氣穿透率為  $1 \times 10^{-5} \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$  以下，較佳為  $1 \times 10^{-6} \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{天})$  以下的撓性材料。另外，這些基板較佳為使用熱膨脹率大致相同的材料形成。例如，可以舉出線性膨脹係數為  $1 \times 10^{-3}/\text{K}$  以下，較佳為  $5 \times 10^{-5}/\text{K}$  以下，更佳為  $1 \times 10^{-5}/\text{K}$  以下的材料。

[0263]

接著，參照圖 12A 和圖 12B 對與圖 11A 和圖 11B 所示的觸控面板 2000 的結構不同的觸控面板 2000' 進行說明。注意，可以將觸控面板 2000' 與觸控面板 2000 同樣地用作觸控面板。

[0264]

5 圖 12A 和圖 12B 是觸控面板 2000' 的剖面圖。圖 12A 和圖 12B 所示的觸控面板 2000' 與圖 11A 和圖 11B 所示的觸控面板 2000 的不同之處為相對於顯示面板 2501 的觸控感測器 2595 的位置。在此，只對不同之處進行詳細說明，關於可以使用同樣的結構的部分，援用觸控面板 2000 的說明。

[0265]

10 彩色層 2567R 位於與發光元件 2550R 重疊的位置。圖 12A 所示的來自發光元件 2550R 的光向設置有電晶體 2502t 的方向發射。就是說，來自發光元件 2550R 的光（的一部分）透過彩色層 2567R，而向圖 12A 中的箭頭的方向發射。此外，在彩色層 2567R 的端部設置有遮光層 2567BM。

[0266]

15 此外，觸控感測器 2595 設置在顯示面板 2501 的比發光元件 2550R 更靠近電晶體 2502t 一側（參照圖 12A）。

[0267]

20 黏合層 2597 與顯示面板 2501 所包括的基板 2510 接觸，在採用圖 12A 所示的結構的情況下，使顯示面板 2501 與觸控感測器 2595 貼合。注意，也可以採用在使用黏合層 2597 貼合的顯示面板 2501 與觸控感測器 2595 之間不設置基板 2510 的結構。

[0268]

與觸控面板 2000 的情況同樣地，在採用觸控面板 2000' 的情況下可以對顯示面板 2501 應用各種結構的電晶體。此外，在圖 12A 中示出應用底閘

極型電晶體的情況，但如圖 12B 所示，也可以應用頂閘極型電晶體。

[0269]

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

5 [0270]

圖 13A 是示出互電容式觸控感測器的結構的方塊圖。在圖 13A 中，示出脈衝電壓輸出電路 2601、電流檢測電路 2602。另外，在圖 13A 中，以 6 個佈線 X1 至 X6 表示被施加脈衝電壓的電極 2621，並以 6 個佈線 Y1 至 Y6 表示檢測電流的變化的電極 2622。此外，在圖 13A 中，示出使電極 2621 與  
10 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。

[0271]

脈衝電壓輸出電路 2601 是用來依次將脈衝電壓施加到佈線 X1 至 X6 的電路。當對佈線 X1 至 X6 施加脈衝電壓時，在形成電容器 2603 的電極 2621  
15 與電極 2622 之間產生電場。當在該電極之間產生的電場被遮蔽等時，產生電容器 2603 的互電容變化，藉由利用該變化，可以檢測檢測物件的靠近或接觸。

[0272]

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佈  
20 線 Y1 至 Y6 的電流變化的電路。在佈線 Y1 至 Y6 中，如果沒有檢測物件的靠近或接觸，則所檢測的電流值沒有變化，另一方面，在由於所檢測的檢測物件的靠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。

[0273]

接著，圖 13B 示出圖 13A 所示的互電容式觸控感測器中的輸入/輸出波形的時序圖。在圖 13B 中，在一個圖框期間中進行各行列中的檢測物件的檢測。另外，在圖 13B 中，示出沒有檢測出檢測物件（未觸摸）時和檢測出檢測物件（觸摸）時的兩種情況。此外，佈線 Y1 至 Y6 的波形表示對應於  
5 所檢測出的電流值的電壓值。

[0274]

依次對佈線 X1 至 X6 施加脈衝電壓，佈線 Y1 至 Y6 的波形根據該脈衝電壓而變化。當沒有檢測物件的靠近或接觸時，佈線 Y1 至 Y6 的波形根據佈線 X1 至 X6 的電壓變化而變化。另一方面，在有檢測物件靠近或接觸的  
10 部分電流值減少，因而與其相應的電壓值的波形也產生變化。如此，藉由檢測互電容的變化，可以檢測檢測物件的靠近或接觸。

[0275]

作為觸控感測器，圖 13A 雖然示出僅在佈線的交叉部設置電容器 2603 的被動型觸控感測器的結構，但是也可以採用具備電晶體和電容器的主動  
15 型觸控感測器。圖 14 示出主動型觸控感測器所包括的一個感測器電路的例子。

[0276]

圖 14 所示的感測器電路包括電容器 2603、電晶體 2611、電晶體 2612 及電晶體 2613。

20 [0277]

對電晶體 2613 的閘極供應信號 G2，對電晶體 2613 的源極和汲極中的一個施加電壓 VRES，並且電晶體 2613 的源極和汲極中的另一個與電容器 2603 的一個電極及電晶體 2611 的閘極電連接。電晶體 2611 的源極和汲極中的一個與電晶體 2612 的源極和汲極中的一個電連接，對電晶體 2611 的源

極和汲極中的另一個施加電壓 VSS。對電晶體 2612 的閘極供應信號 G1，電晶體 2612 的源極和汲極中的另一個與佈線 ML 電連接。對電容器 2603 的另一個電極施加電壓 VSS。

[0278]

5 接著，對圖 14 所示的感測器電路的工作進行說明。首先，藉由作為信號 G2 供應使電晶體 2613 成為開啟狀態的電位，對應於電壓 VRES 的電位被供應到與電晶體 2611 的閘極連接的節點 n。接著，藉由作為信號 G2 供應使電晶體 2613 成為關閉狀態的電位，節點 n 的電位得到保持。接著，由於手指等檢測物件的靠近或接觸，電容器 2603 的互電容產生變化，節點 n 的  
10 電位隨之從 VRES 變化。

[0279]

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，可以檢測出檢測物件的靠近或接觸。

15 [0280]

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通道區域的半導體層。尤其是藉由將這種電晶體用於電晶體 2613，能夠長期間保持節點 n 的電位，由此可以減少對節點 n 再次供應 VRES 的工作（更新工作）的頻率。

20 [0281]

本實施方式的至少一部分可以與本說明書所記載的其他實施方式適當地組合而實施。

實施例 1

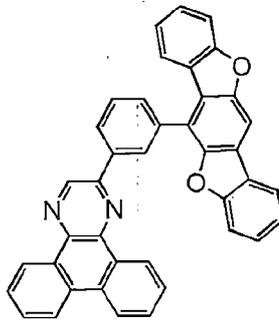
[0282]

《合成例子 1》

在本實施例中，說明本發明的一個實施方式的雜環化合物 2-[3-( 苯并 [1,2-b : 4,5-b'] 雙苯并呋喃-6-基) 苯基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：  
5 2mBbfPDBq) (結構式 (101)) 的合成方法。以下示出 2mBbfPDBq 的結構。

[0283]

[化學式 41]



2mBbfPDBq  
(101)

[0284]

10 《2mBbfPDBq 的合成》

《步驟 1》

將 8.9g (30mmol) 的 1,4-二溴-2,5-二甲氧基苯、10g (72mmol) 的 2-  
氟苯基硼酸、15mL 的甲苯、15mL 的二乙二醇二甲基醚 (diglyme: 二甘醇二  
甲醚)、60mL 的碳酸鈉水溶液 (2.0mol/L) 倒入 200mL 三頸燒瓶中，在對  
15 燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使這混合物脫氣。

[0285]

在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後將該混合物加熱到 80°C。  
對該混合物添加 0.69g (0.60mmol) 的四(三苯基膦)鈣(0)，在相同溫度

下進行攪拌 2 小時。在將混合物冷卻到室溫之後，再次在減壓下進行脫氣，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，而將該混合物加熱到 80°C。在加熱之後，對該混合物添加 0.69g (0.60mmol) 的四(三苯基膦)鈀(0)，在相同溫度下進行加熱 5 小時。

5 [0286]

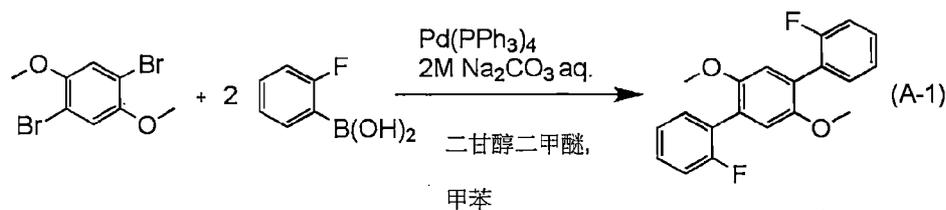
在加熱之後，添加 2.0g (14mmol) 的 2-氟苯基硼酸，在相同溫度下，進一步進行攪拌 3 小時。在加熱之後，將混合物冷卻到室溫，然後在減壓下進行脫氣，將燒瓶內氛圍置換為氮氣。將該混合物加熱到 80°C，對其添加 0.64g (0.55mmol) 的四(三苯基膦)鈀(0)、3.0g (21mmol) 的 2-氟苯基  
10 硼酸，在相同溫度下進行攪拌 2 小時。在攪拌之後，將混合物冷卻到室溫，並分離為有機層和水層。

[0287]

使用甲苯對所得到的水層進行萃取三次，混合萃取液和有機層，使用飽和食鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力  
15 過濾，濃縮所得到的濾液，而得到化合物。利用甲苯使所得到的混合物再結晶，而得到 2.5g 的目的物。利用矽膠管柱層析法(展開溶劑為己烷：乙酸乙酯=30:1 的混合溶劑)對濃縮濾液而得到的化合物進行純化，得到 0.3g 的目的物。以 29%的產率總共得到 2.8g 的目的物。以下述式(A-1)示出上述合成方法的合成方案。

20 [0288]

[化學式 42]



[0289]

〈步驟 2〉

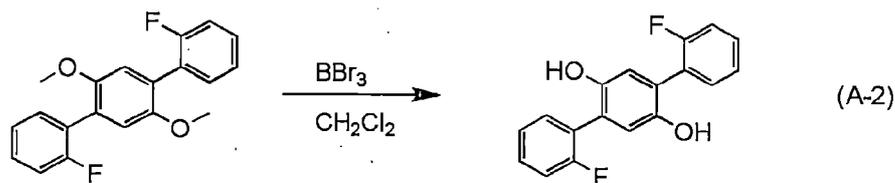
將 2.8g (8.7mmol) 的 1,4-雙(2-氟苯基)-2,5-二甲氧基苯倒入 300mL  
 5 三頸燒瓶中，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後添加 20mL 的脫水二氯甲烷，  
 而得到溶液。將該溶液放入冰浴中進行攪拌，將使用 22mL 的脫水二氯甲烷  
 稀釋 21mL (21mmol) 的三溴化硼溶液 (1mol/L 二氯甲烷溶液) 而成的溶液  
 滴下到上述溶液，在室溫下攪拌滴下後得到的溶液 15 小時左右。

[0290]

10 在攪拌之後，將所得到的溶液放入冰浴中進行冷卻，滴下 10mL 的水和  
 5mL 的甲醇。在滴下之後，藉由吸引過濾來收集析出的固體，而得到目的物  
 的白色固體。將所得到的濾液分離為有機層和水層，使用二氯甲烷對所得到的  
 的水層進行萃取三次。混合萃取液和有機層，使用碳酸氫鈉水溶液和飽和食  
 鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，  
 15 濃縮所得到的濾液，而得到目的物的白色固體。以下述式 (A-2) 示出上述  
 合成方法的合成方案。

[0291]

[化學式 43]



[0292]

〈步驟 3〉

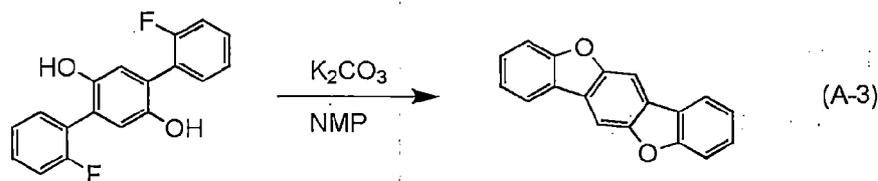
將 2.3g (7.8mmol) 的在步驟 2 中得到的 1,4-雙(2-氟苯基)-2,5-二  
 5 羥基苯、4.2g (30mmol) 的碳酸鉀、44mL 的 N-甲基-2-吡咯烷酮倒入 100mL  
 三頸燒瓶中，在燒瓶中進行減壓的同時進行攪拌，以使這混合物脫氣。在脫  
 氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氬氣，然後以 200°C 攪拌該混合物 4.5 小時。  
 在攪拌之後，將該混合物冷卻到室溫，然後添加甲苯、水和鹽酸進行攪拌，  
 將該混合物分離為有機層和水層。

10 [0293]

使用甲苯對所得到的水層進行萃取三次。在混合所得到的萃取液和有  
 機層時就會析出固體，因此藉由吸引過濾來收集析出的固體。對所得到的濾  
 液使用碳酸氫鈉水溶液和飽和食鹽水進行洗滌，並使用無水硫酸鎂進行乾  
 燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，利用甲苯使所得  
 15 到的固體再結晶，而得到 0.53g 的目的物的固體。利用甲苯使已析出的固體  
 再結晶，而得到 0.94g 的目的物的白色固體。以 73% 的產率總共得到 1.5g  
 (5.7mmol) 的目的物的固體。以下述式 (A-3) 示出上述合成方法的合成  
 方案。

[0294]

20 [化學式 44]



[0295]

〈步驟 4〉

將 1.4g (5.5mmol) 的苯并[1,2-b:4,5-b']雙苯并呋喃倒入 100mL 三  
 5 頸燒瓶中，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後添加 34mL 的脫水四氫呋喃，在  
 -78°C 下攪拌所得到的溶液。將 4.0mL 的正丁基鋰己烷溶液 (1.6mol/L、  
 6.3mmol) 滴下到上述溶液中，在滴下之後，在相同溫度下進行攪拌 20 分  
 鐘，將所得到的溶液的溫度升溫到室溫，然後進行攪拌 1 小時。在經過規定  
 時間後，將所得到的溶液冷卻到 -78°C，在冷卻之後，在相同溫度下滴下  
 10 1.5mL (13mmol) 的硼酸三甲酯。

[0296]

將所得到的溶液的溫度升溫到室溫，然後在室溫下進行攪拌 15 小時。  
 在攪拌之後，添加 50mL 的鹽酸 (1mol/L) 攪拌這混合物 1 小時。在攪拌之  
 後，將該混合物分離為有機層和水層，使用乙酸乙酯對所得到的水層進行萃  
 15 取兩次。混合所得到的萃取液和有機層，使用碳酸氫鈉水溶液和飽和食鹽水  
 進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃  
 縮所得到的濾液，而得到目的物的固體。

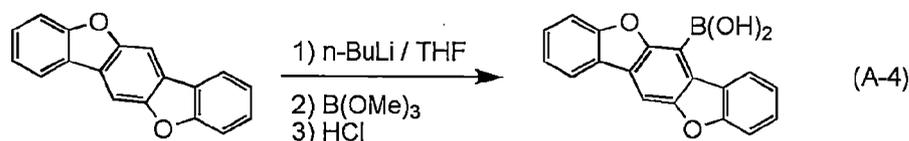
[0297]

使用氯仿對所得到的固體進行洗滌並進行吸引過濾，而得到 0.53g 的  
 20 目的物的固體。利用甲苯/己烷使藉由濃縮所得到的濾液來得到的化合物再  
 結晶，而得到 0.60g 的目的物的固體。以 67% 的產率總共得到 1.1g (3.7mmol)

的目的物的固體。以下述式 (A-4) 示出上述合成方法的合成方案。

[0298]

[化學式 45]



5 [0299]

〈步驟 5〉

將 1.2g (3.1mmol) 的 2-(3-溴苯基)二苯并[f,h]喹啉、1.1g (3.6mmol) 的苯并[1,2-b:4,5-b']雙苯并呋喃-6-硼酸、50mg (0.16mmol) 的三(2-甲基苯基)膦、15mL 的甲苯、2mL 的乙醇以及 5mL 的碳酸鉀水溶液(2.0mol/L) 10 倒入 100mL 三頸燒瓶中，在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使這混合物脫氣。

[0300]

在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後將該混合物加熱到 80°C。對該混合物添加 10mg (45μmol) 的醋酸鈣 (II)，進行攪拌 7 小時。在攪拌 15 之後，將混合物冷卻到室溫，藉由吸引過濾來收集析出的固體。使用水和乙醇對所得到的固體進行洗滌，而得到目的物的固體。藉由加熱將所得到的固體溶解於甲苯，利用矽藻土和礬土對所得到的固體進行過濾。使用甲苯使濃縮所得到的濾液而得到的固體再結晶，而以 58% 的產率得到 1.0g (1.8mmol) 的目的物的固體。

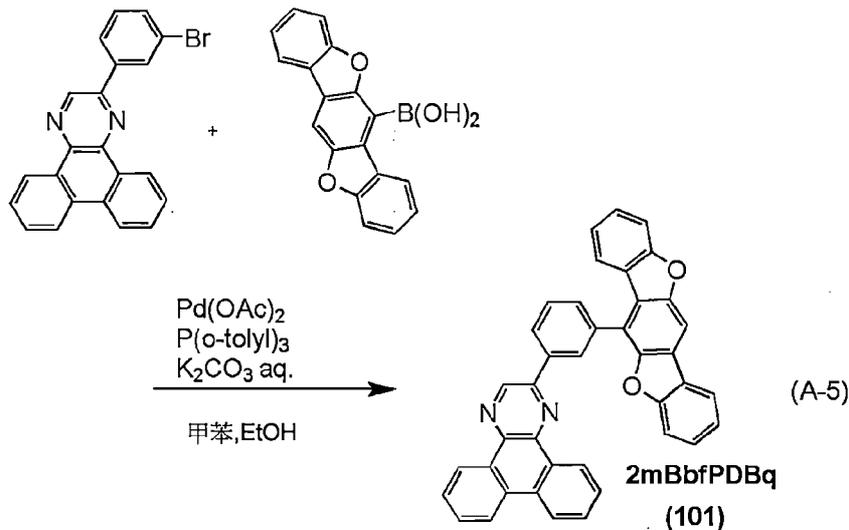
20 [0301]

藉由利用梯度昇華方法對所得到的 1.0g 的固體進行昇華純化。在昇華

純化中，在壓力為 2.6Pa 且以 5mL/min 的流速流過氫氣的條件下，以 335°C 加熱固體 16.5 小時。在昇華純化之後，以 59% 的回收率得到 0.61g 的目的物的淡黃色固體。以下述式 (A-5) 示出上述合成方法的合成方案。

[0302]

5 [化學式 46]



[0303]

下面示出利用上述合成方法得到的淡黃色固體的核磁共振光譜法 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 的分析結果。另外，圖 15A 和圖 15B 示出  $^1\text{H-NMR}$  譜。根據該結果  
10 可知，在本合成例子 1 中，得到以上述結構式 (101) 表示的本發明的一個實施方式的雜環化合物 2mBbfPDBq。

[0304]

$^1\text{H-NMR}$  (四氫乙烷- $d_2$ , 500MHz) :  $\delta$  = 7.25 (t,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H), 7.48 (t,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H), 7.52-7.59 (m, 2H), 7.67 (d,  $J=8.0\text{Hz}$ , 1H),  
15 7.72 (d,  $J=8.0\text{Hz}$ , 1H), 7.77 (t,  $J=7.0\text{Hz}$ , 2H), 7.82-7.89 (m, 3H), 7.98 (t,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H), 8.09 (d,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H), 8.16 (d,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H), 8.22 (d,  $J=1.0\text{Hz}$ , 1H), 8.63 (d,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H), 8.71 (d,  $J=7.5\text{Hz}$ ,

2H) , 8.88 (s, 1H) , 9.34 (d, J=8.0Hz, 1H) , 9.43 (d, J=8.0Hz, 1H) ,  
9.57 (s, 1H) 。

[0305]

接著，測量 2mBbfPDBq 的甲苯溶液及固體薄膜的紫外·可見吸收光譜  
5 (以下簡單地稱為“吸收光譜”)及發射光譜。藉由真空蒸鍍法在石英基板  
上製造固體薄膜。使用紫外可見分光光度計(由日本分光株式會社製造，  
V550 型)測量吸收光譜。使用螢光分光光度計(由日本濱松光子學株式會  
社製造，FS920)測量發射光譜。圖 16A 示出所得到的甲苯溶液的吸收光譜  
和發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度。圖 16B 示出  
10 固體薄膜的吸收光譜和發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收  
強度。

[0306]

根據圖 16A 的結果可知，在是 2mBbfPDBq 的甲苯溶液的情況下，在  
282nm 及 333nm 附近觀察到吸收峰值，在 392nm 及 404nm 附近觀察到發光  
15 波長的峰值。根據圖 16B 的結果可知，在是 2mBbfPDBq 的固體薄膜的情況  
下，在 263nm 及 337nm 附近觀察到吸收峰值，在 429nm 附近觀察到發光波  
長的峰值。

實施例 2

20 [0307]

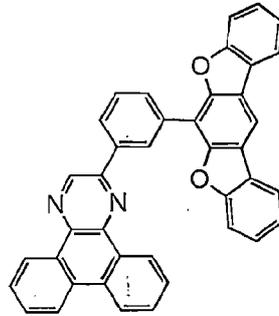
《合成例子 2》

在本實施例中，說明本發明的一個實施方式的雜環化合物 2-[3-(苯并  
[1,2-b:5,4-b']雙苯并呋喃-6-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mBbf  
(II)PDBq)(結構式(107))的合成方法。以下示出 2mBbf (II)PDBq 的

結構。

[0308]

[化學式 47]



2mBbf(II)PDBq

(107)

5 [0309]

〈2mBbf (II) PDBq 的合成〉

〈步驟 1〉

將 5.0g (36mmol) 的 1,3-二甲氧基苯倒入 200mL 三頸燒瓶中，在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使這混合物脫氣。在脫氣之後，將燒瓶內氣圍置換為氮氣，添加 80mL 的脫水二氯甲烷，進行攪拌。邊在冰浴中冷卻所得到的溶液，邊對上述燒瓶滴下將 12g (75mmol) 的溴溶解於 14mL 的脫水二氯甲烷而成的溶液。

[0310]

在滴下之後，在室溫下攪拌所得到的溶液 15 小時。在攪拌之後，邊在冰浴中冷卻所得到的溶液，邊直到 pH 為 8 為止添加碳酸氫鈉水溶液和飽和硫代硫酸鈉水溶液。將所得到的混合物分離為有機層和水層，使用二氯甲烷對所得到的水層進行萃取三次。混合所得到的萃取液和有機層，使用飽和食鹽水進行洗滌。使用無水硫酸鎂對所得到的有機層進行乾燥，對該混合物進

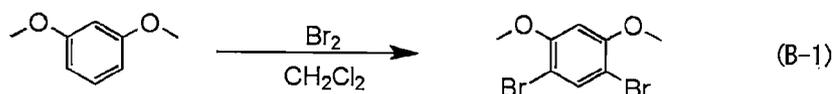
行重力過濾，而得到濾液。

[0311]

在對濃縮所得到的濾液而得到的固體添加己烷並照射超音波之後，對該混合物進行吸引過濾得到固體。使用己烷/乙酸乙酯使所得到的固體再結晶，而以 67% 的產率得到 7.2g (24mmol) 的目的物的固體。以下述式 (B-1)

[0312]

[化學式 48]



10 [0313]

〈步驟 2〉

將 7.1g (24mmol) 的 1,5-二溴-2,4-二甲氧基苯、2.8g (20mmol) 的 2-氟苯基硼酸、12mL 的甲苯、12mL 的二乙二醇二甲基醚、50mL 的碳酸鈉水溶液 (2mol/L) 倒入 200mL 三頸燒瓶中，在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使該混合物脫氣。在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後將混合物加熱到 80°C。

[0314]

對該混合物添加 0.55g (0.48mmol) 的四(三苯基磷)鈣(0)，在相同溫度下進行攪拌 3 小時。在將混合物冷卻到室溫之後，添加 4.5g (32mmol) 的 2-氟苯基硼酸、0.12g (0.29mmol) 的 2-二環己基磷基-2',6'-二甲氧基聯苯，然後在減壓下進行脫氣，再次將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後將混合物加熱到 80°C。然後，添加 30mg (0.13mmol) 的醋酸鈣(II)，在相同

溫度下進行攪拌 4 小時。

[0315]

在攪拌之後，將混合物冷卻到室溫，並分離為有機層和水層。使用甲苯對所得到的水層進行萃取三次，混合萃取液和有機層，使用飽和食鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，而得到褐色油狀物。利用矽膠管柱層析法（作為展開溶劑，利用梯度法從己烷逐漸變為氯仿）對該油狀物進行純化，而以 92% 的產率得到 7.2g (22mmol) 的目的物的淡黃色油狀物。以下述式 (B-2) 示出上述合成方法的合成方案。

10 [0316]

[化學式 49]



[0317]

〈步驟 3〉

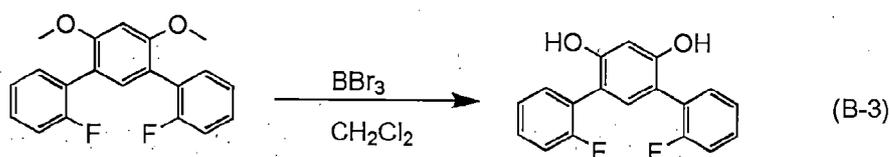
15 將 7.2g (22mmol) 的 1,5-雙(2-氟苯基)-2,4-二甲氧基苯倒入 500mL 三頸燒瓶中，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後添加 60mL 的脫水二氯甲烷，而得到溶液。將所得到的溶液放入冰浴中進行攪拌，將使用 50mL 的脫水二氯甲烷稀釋 53mL (53mmol) 的三溴化硼溶液 (1mol/L 二氯甲烷溶液) 而成的溶液滴下到上述溶液，在室溫下攪拌滴下後得到的溶液 15 小時。在攪拌

20 之後，將所得到的溶液再次放入冰浴中進行冷卻，滴下 40mL 的水和 40mL 的甲醇，將所得到的混合物分離為有機層和水層，使用二氯甲烷對所得到的

水層進行萃取三次，混合所得到的萃取液和有機層，使用碳酸氫鈉水溶液和飽和食鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，而得到 7g 的目的物的淡黃色油狀物。以下述式 (B-3) 示出上述合成方法的合成方案。

5 [0318]

[化學式 50]



[0319]

〈步驟 4〉

10 將在步驟 3 中得到的 7g 左右 (22mmol 左右) 的 1,5-雙 (2-氟苯基) - 2,4-二羥基苯、13g (96mmol) 的碳酸鉀、140mL 的 N-甲基-2-吡咯烷酮倒入 300mL 三頸燒瓶中，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，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後以 200°C 攪拌該混合物 7 小時。

15 [0320]

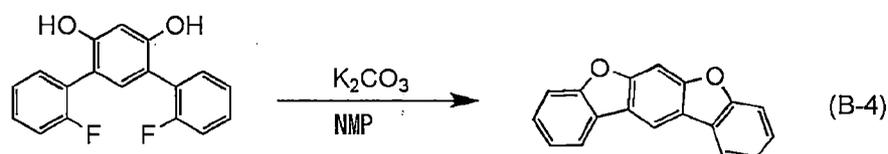
在攪拌之後，將該混合物冷卻到室溫，然後添加甲苯、水和鹽酸進行攪拌，將所得到的混合物分離為有機層和水層，使用甲苯對水層進行萃取三次。混合所得到的萃取液和有機層，使用碳酸氫鈉水溶液和飽和食鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對該混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，而得到黃色油狀物。利用甲苯/己烷使所得到的油狀物再結晶，而得到  
20 目的物的白色粉末狀固體。

[0321]

利用甲苯/己烷使所得到的固體再結晶，而得到目的物的固體。利用矽膠管柱層析法(展開溶劑為己烷)對濃縮再結晶的濾液而得到的油狀物進行純化，使用己烷進行再結晶，而得到目的物的白色粉末狀固體。藉由步驟 3 和步驟 4 的兩個階段，以 39%的產率總共得到 2.2g (8.5mmol) 的白色粉末狀固體。以下述式 (B-4) 示出上述合成方法的合成方案。

[0322]

[化學式 51]



10 [0323]

〈步驟 5〉

將 2.2g (8.5mmol) 的苯并[1,2-b:4,5-b']雙苯并呋喃倒入 200mL 三頸燒瓶中，在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使該化合物脫氣。在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，添加 40mL 的脫水四氫呋喃，在 15 78°C 下攪拌所得到的溶液。

[0324]

在攪拌之後，在室溫下將 5.6mL 的正丁基鋰己烷溶液 (1.60mol/L、9.0mmol) 滴下到上述溶液中，在滴下之後，將所得到的溶液的溫度升溫到室溫，然後進行攪拌 30 分鐘。在攪拌之後，將所得到的溶液冷卻到 -78°C，在相同溫度下將 2.20g (8.7mmol) 的碘溶解於 10mL 的脫水四氫呋喃而成的溶液。在滴下之後，將所得到的溶液的溫度上升到室溫，在相同溫度下進

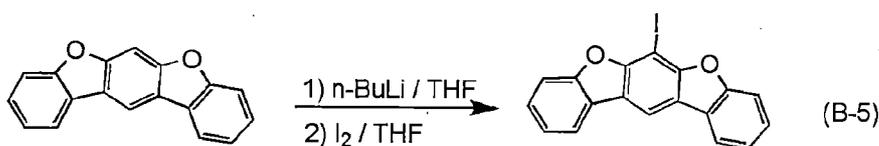
行攪拌 15 小時左右。

[0325]

在攪拌之後，對所得到的溶液添加水進行攪拌，將所得到的混合物分離為有機層和水層，使用甲苯對所得到的水層進行萃取三次，混合所得到的萃  
 5 取液和有機層，使用碳酸氫鈉水溶液、硫代硫酸鈉水溶液和飽和食鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，利用甲苯/己烷使藉由濃縮濾液來得到的固體再結晶，而以 76% 的產率得到 2.5g (6.5mmol) 的目的物的淡褐色固體。以下述式 (B-5) 示出上述合成方法的合成方案。

10 [0326]

[化學式 52]



[0327]

〈步驟 6〉

15 將 1.5g (3.8mmol) 的 6-碘-苯并[1,2-b:5,4-b']雙苯并呋喃、1.8g (4.2mmol) 的 2-[3-(2-二苯并[f,h]喹啶)苯基]-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二雜氧戊硼烷 (dioxaborolane)、70mg (0.23mmol) 的三(2-甲基苯基)膦、20mL 的甲苯、2mL 的乙醇以及 6mL 的碳酸鉀水溶液(2.0mol/L)倒入 200mL 三頸燒瓶中，在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使這混合物脫氣。

20 [0328]

在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後將該混合物加熱到 80°C。在加熱之後，對該混合物添加 10mg (45μmol) 的醋酸鈣 (II)，在相同溫度

下攪拌該混合物 2.5 小時。在攪拌之後，將混合物冷卻到室溫，再次添加 10mg (45 $\mu$ mol) 的醋酸鈮 (II)，進行攪拌 8 小時。在將該混合物冷卻到室溫之後，濃縮該混合物，添加 20mL 的乙二醇二甲醚、6mL 的碳酸鈉水溶液 (2.0mol/L)，在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使該混合物脫

5 氣。

[0329]

在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氫氣，然後將該混合物加熱到 80 $^{\circ}$ C。在加熱之後，添加 0.10g (87 $\mu$ mol) 的四(三苯基膦)鈮(0)，進行攪拌 1.5 小時。在攪拌之後，將所得到的混合物冷卻到室溫，然後藉由吸引過濾來收

10 集析出的固體。使用水和乙醇對所得到的固體進行洗滌。將所得到的固體溶解於甲苯，利用矽藻土和礬土對所得到的固體進行過濾。使用甲苯使藉由濃縮所得到的濾液而得到的固體再結晶，而以 55%的產率得到 1.2g(2.1mmol) 的目的物的淡黃色固體。

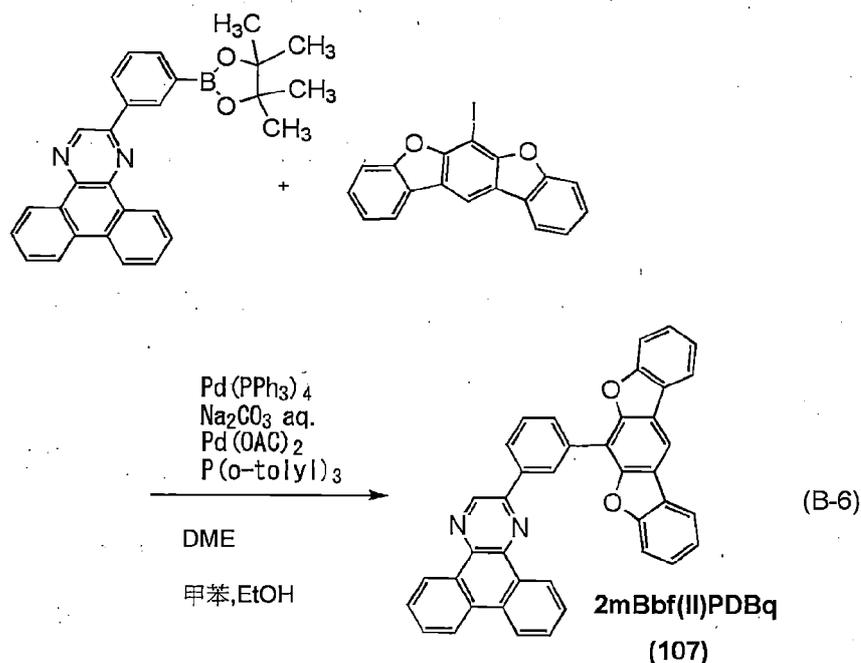
[0330]

藉由利用梯度昇華方法對所得到的固體進行昇華純化。在昇華純化中，在壓力為 2.5Pa 且以 5mL/min 的流速流過氫氣的條件下，以 310 $^{\circ}$ C 加熱固體

15 15.5 小時在昇華純化之後，以 75%的回收率得到 0.90g 的目的物的淡黃色固體。以下述式 (B-6) 示出上述合成方法的合成方案。

[0331]

20 [化學式 53]



[0332]

下面示出利用上述合成方法得到的淡黃色固體的核磁共振光譜法 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 的分析結果。另外，圖 17A 和圖 17B 示出  $^1\text{H-NMR}$  譜。根據該結果  
5 可知，在本合成例子 2 中，得到以上述結構式 (107) 表示的本發明的一個實施方式的雜環化合物 2mBbf (II) PDBq。

[0333]

$^1\text{H-NMR}$  (四氫乙烷- $d_2$ , 500MHz) :  $\delta=7.49$  (t,  $J=8.0\text{Hz}$ , 2H) , 7.56  
(t,  $J=8.0\text{Hz}$ , 2H) , 7.74 (d,  $J=8.0\text{Hz}$ , 2H) , 7.81-7.89 (m, 4H) ,  
10 7.93 (t,  $J=8.0\text{Hz}$ , 1H) , 8.18 (d,  $J=7.5\text{Hz}$ , 2H) 8.43 (d,  $J=6.5\text{Hz}$ , 1H) ,  
8.53 (d,  $J=8.0\text{Hz}$ , 1H) , 8.56 (s, 1H) , 8.71 (d,  $J=8.0\text{Hz}$ , 2H) , 9.27  
(s, 1H) , 9.34 (d,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H) , 9.56 (d,  $J=8.0\text{Hz}$ , 1H) , 9.60 (s,  
1H)。

[0334]

15 接著，測量 2mBbf (II) PDBq 的甲苯溶液及固體薄膜的紫外·可見吸收

光譜（以下簡單地稱為“吸收光譜”）及發射光譜。藉由真空蒸鍍法在石英基板上製造固體薄膜。使用紫外可見分光光度計（由日本分光株式會社製造，V550 型）測量吸收光譜。使用螢光分光光度計（由日本濱松光子學株式會社製造，FS920）測量發射光譜。圖 18A 示出所得到的甲苯溶液的吸收光譜和發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度。圖 18B 示出固體薄膜的吸收光譜和發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度。

[0335]

根據圖 18A 的結果可知，在是 2mBbf (II) PDBq 的甲苯溶液的情況下，在 281nm 及 288nm 附近觀察到吸收峰值，在 393nm 及 404nm 附近觀察到發光波長的峰值。根據圖 18B 的結果可知，在是 2mBbf (II) PDBq 的固體薄膜的情況下，在 265nm 及 384nm 附近觀察到吸收峰值，在 430nm 附近觀察到發光波長的峰值。

15 實施例 3

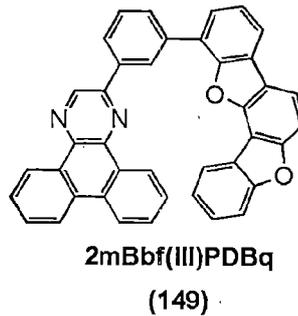
[0336]

《合成例子 3》

在本實施例中，說明本發明的一個實施方式的雜環化合物 2-[3-（苯并[1,2-b:5,6-b' ]雙苯并呋喃-4-基）苯基]二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2mBbf (III) PDBq）（結構式（149））的合成方法。以下示出 2mBbf (III) PDBq 的結構。

[0337]

[化學式 54]



[0338]

〈2mBbf (III) PDBq 的合成〉

〈步驟 1〉

- 5 將 10g (46mmol) 的 2-溴-1,3-二甲氧基苯、7.2g (51mmol) 的 2-氟苯基硼酸、66mL 的甲苯、66mL 的二乙二醇二甲基醚 (diglyme: 二甘醇二甲醚)、76mL 的碳酸鈉水溶液 (2.0mol/L) 倒入 500mL 三頸燒瓶中, 在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌, 以使這混合物脫氣。在脫氣之後, 將燒瓶內氛圍置換為氮氣, 然後將該混合物加熱到 80°C。在相同溫度下, 對該
- 10 混合物添加 1.1g (0.95mmol) 的四(三甲基苯基膦)鈦(0), 進行攪拌 5 小時。

[0339]

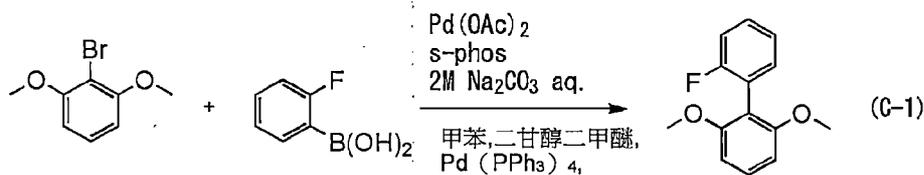
- 在攪拌之後, 將所得到的混合物冷卻到室溫, 然後添加 3.2g (23mmol) 的 2-氟苯基硼酸、1.0g (0.87mmol) 的四(三甲基苯基膦)鈦(0), 對燒
- 15 瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌, 以使該混合物脫氣, 將燒瓶內氛圍置換為氮氣, 然後在 80°C 下攪拌該混合物 8 小時。在攪拌之後, 將所得到的混合物冷卻到室溫, 然後添加 5.2g (37mmol) 的 2-氟苯基硼酸、0.19g (0.46mmol) 的 2-二環己基膦基-2',6'-二甲氧基聯苯、50mg (0.22mmol) 的醋酸鈦
- (II), 對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌, 以使該混合物脫氣。在將
- 20 燒瓶內氛圍置換為氮氣之後, 在 80°C 下攪拌該混合物 4 小時。

[0340]

在攪拌之後，將該混合物冷卻到室溫，並分離為有機層和水層。使用甲苯對所得到的水層進行萃取三次，混合萃取液和有機層，使用飽和食鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，而得到濃褐色油狀物。利用矽膠管柱層析法(作為展開溶劑，利用梯度法從己烷逐漸變為氯仿)對所得到的油狀物進行純化，利用甲苯/己烷進行再結晶，而以 78%的產率得到 8.4g (36mmol) 的目的物的固體。以下述式 (C-1) 示出上述合成方法的合成方案。

10 [0341]

[化學式 55]



[0342]

〈步驟 2〉

15 將 8.4g (36mmol) 的 2'-氟-1,3-二甲氧基-2,1'-聯苯、130mL 的乙腈倒入 300mL 錐形燒瓶中，對所得到的溶液添加 6.4g (36mmol) 的 N-溴代丁二醯亞胺，在室溫下攪拌所得到的溶液 23.5 小時。在攪拌之後，對所得到的溶液添加水和二氯甲烷，將這混合物分離為有機層和水層。

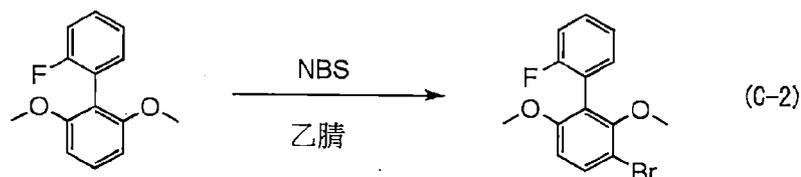
[0343]

20 使用二氯甲烷對水層進行萃取三次，混合所得到的萃取液和有機層，使用飽和硫代硫酸鈉水溶液和飽和食鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾

燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，而以 97% 的產率得到 11g (35mmol) 的目的物的黃色油。以下述式 (C-2) 示出上述合成方法的合成方案。

[0344]

5 [化學式 56]



[0345]

〈步驟 3〉

將 11g (35mmol) 的 4-溴-2'-氟-1,3-二甲氧基-2,1'-聯苯倒入 300mL  
 10 三頸燒瓶中，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後添加 6.51g (37mmol) 的 3-氯-2-氟-苯硼酸、55mL 的碳酸鈉水溶液 (2.0mol/L)、50mL 的甲苯、50mL 的乙二醇二甲醚、0.16g (0.39mmol) 的 2-二環己基磷基-2',6'-二甲氧基聯苯。在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使這混合物脫氣。在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後將該混合物加熱到 80°C。然後，  
 15 添加 40mg (0.18mmol) 的醋酸鈣 (II)，在相同溫度下進行攪拌 2 小時。

[0346]

在攪拌之後，將所得到的混合物冷卻到室溫，然後添加 3.4g (19mmol) 的 3-氯-2-氟-苯硼酸，將該混合物加熱到 80°C。對該混合物添加 40mg (0.18mmol) 的醋酸鈣 (II)，在相同溫度下進行攪拌 3 小時。在攪拌之後，  
 20 添加 0.90g (5.2mmol) 的 3-氯-2-氟-苯硼酸和 40mg (0.18mmol) 的醋酸鈣 (II)，將該混合物加熱到 80°C，攪拌該混合物 7 小時。在攪拌之後，將所

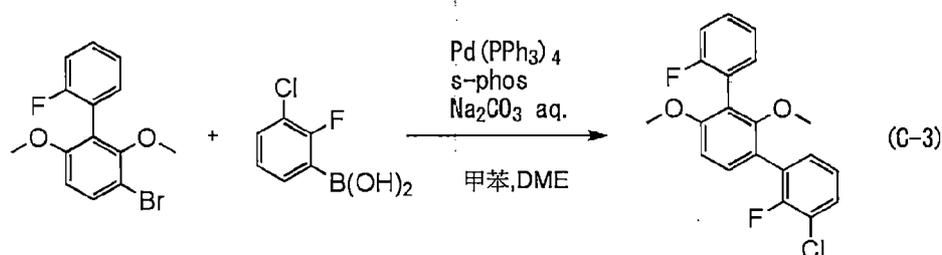
得到的混合物冷卻到室溫，然後將該混合物分離為有機層和水層。使用甲苯對所得到的水層進行萃取三次，混合萃取液和有機層，使用飽和食鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，而得到油狀物。

5 [0347]

利用矽膠管柱層析法（展開溶劑為己烷：乙酸乙酯=10：1 的混合溶劑）對所得到的油狀物進行純化，利用甲苯/己烷進行再結晶，而得到目的物的固體。利用高效液相層析法（展開溶液為氯仿）對濃縮再結晶的母液而得到的固體進行純化，利用甲苯/己烷進行再結晶，而得到目的物的固體。以 80% 的產率總共得到 9.9g (28mmol) 的目的物的固體。以下述式 (C-3) 示出上述合成方法的合成方案。

[0348]

[化學式 57]



15 [0349]

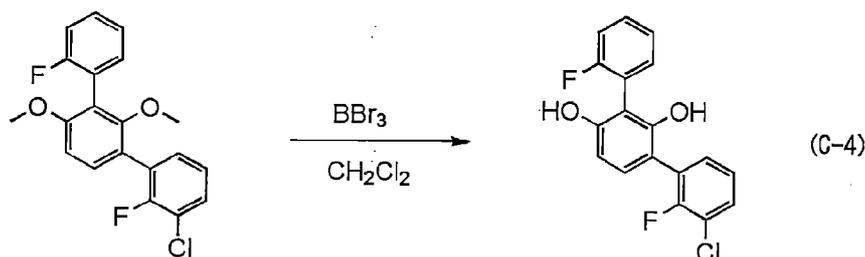
〈步驟 4〉

將 9.8g (27mmol) 的 4-(3-氯-2-氟苯基)-2-(2-氟苯基)-1,3-二甲氧基苯倒入 500mL 三頸燒瓶中，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後添加 150mL 的脫水二氯甲烷。將所得到的溶液放入冰浴中進行攪拌，將使用 90mL 的脫水二氯甲烷稀釋 70mL (70mmol) 的三溴化硼溶液 (1mol/L 二氯甲烷溶液)

而成的溶液滴下到所得到的溶液。在室溫下攪拌滴下後得到的溶液 15 小時。在攪拌之後，將所得到的溶液放入冰浴中進行冷卻，滴下 20mL 的甲醇，再滴下 40mL 的水。將所得到的混合物分離為有機層和水層，使用二氯甲烷對所得到的水層進行萃取三次，混合萃取液和有機層，使用碳酸氫鈉水溶液和飽和食鹽水進行洗滌，使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，而得到褐色油狀物。利用矽膠管柱層析法（展開溶劑為己烷：乙酸乙酯=8:1 的混合溶劑）對所得到的油狀物進行純化，利用甲苯/己烷進行再結晶，而以 96% 的產率得到 8.7g (26mmol) 的目的物的白色固體。以下述式 (C-4) 示出上述合成方法的合成方案。

10 [0350]

[化學式 58]



[0351]

〈步驟 5〉

15 將 8.7g (26mmol) 的 4-(3-氯-2-氟苯基)-2-(2-氟苯基)-1,3-二羥基苯、14g (0.10mmol) 的碳酸鉀、150mL 的 N-甲基-2-吡咯烷酮倒入 500mL 茄形燒瓶中，在燒瓶中進行減壓的同時進行攪拌，以使這混合物脫氣。在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後以 200°C 攪拌該混合物 9 小時。在攪拌之後，將該混合物冷卻到室溫，然後添加甲苯、水和鹽酸進行攪拌，將

20 所得到的混合物分離為有機層和水層。

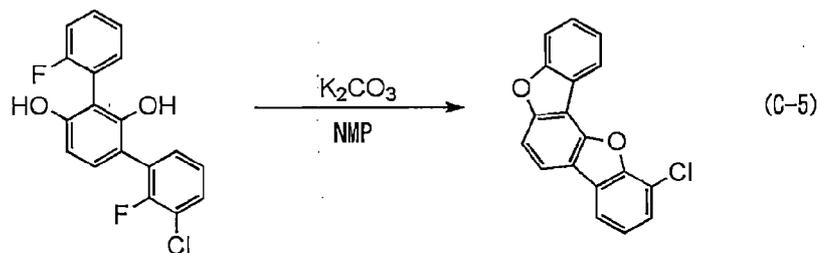
[0352]

使用甲苯對所得到的水層進行萃取三次。混合所得到的萃取液和有機層，使用碳酸氫鈉水溶液和飽和食鹽水進行洗滌，並使用無水硫酸鎂進行乾燥。對所得到的混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，得到褐色固體。

- 5 利用甲苯/己烷使所得到的固體再結晶，以 67%的產率總共得到 3.4g (12mmol) 的第一晶體產品和 1.6g (5.4mmol) 的第二晶體產品。以下述式 (C-5) 示出上述合成方法的合成方案。

[0353]

[化學式 59]



10

[0354]

〈步驟 6〉

- 將 1.5g (5.2mmol) 的 4-氯苯并[1,2-b;5,6-b']雙苯并呋喃、2.5g (5.7mmol) 的 2-[3-(2-二苯并[f,h]喹啉)苯基]-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二雜氧戊硼烷 (dioxaborolane)、80mg (0.22mmol) 的二(1-金剛烷)(n-丁基)膦、1.5mL (16mmol) 的 t-丁醇、3.6g (17mmol) 的磷酸鉀 (III)、26mL 的二乙二醇二甲醚 (diglyme: 二甘醇二甲醚) 倒入 100mL 三頸燒瓶中，在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使這混合物脫氣。在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後將該混合物加熱到 80°C。

20

[0355]

對該混合物添加 10mg (45 $\mu$ mol) 的醋酸鈮 (II)，在相同溫度下進行攪拌 4 小時。在攪拌之後，將混合物冷卻到室溫，添加 10mg (45 $\mu$ mol) 的醋酸鈮 (II)，在 100°C 下攪拌該混合物 7 小時。然後，在將該混合物冷卻到室溫之後，添加 20mg (89 $\mu$ mol) 的醋酸鈮 (II)，在 120°C 下進行攪拌 4.5 小時。在攪拌之後，將混合物冷卻到室溫，然後藉由吸引過濾來收集析出物。

[0356]

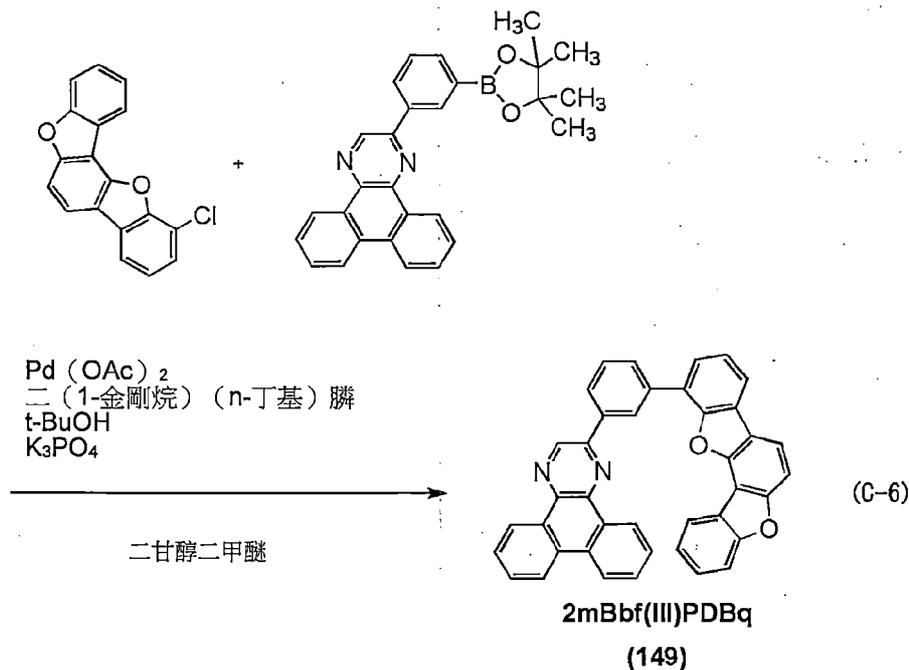
使用水和乙醇對所得到的固體進行洗滌。藉由加熱將所得到的固體溶解於甲苯，利用矽藻土和礬土對所得到的溶液進行過濾。使用甲苯使藉由濃縮所得到的濾液來得到的固體再結晶，而以 46% 的產率得到 1.4g (2.4mmol) 的目的物的固體。

[0357]

藉由利用梯度昇華方法對所得到的固體進行昇華純化。在昇華純化中，在壓力為 2.8Pa 且以 10mL/min 的流速流過氫氣的條件下，以 305°C 加熱固體 20 小時。在昇華純化之後，以 77% 的回收率得到 1.1g 的目的物的淡黃色固體。以下述式 (C-6) 示出上述合成方法的合成方案。

[0358]

[化學式 60]



[0359]

下面示出利用上述合成方法得到的淡黃色固體的核磁共振光譜法 ( $^1\text{H}$ -NMR) 的分析結果。另外，圖 19A 和圖 19B 示出  $^1\text{H}$ -NMR 譜。根據該結果  
 5 可知，在本合成例子 3 中，得到以上述結構式 (149) 表示的本發明的一個實施方式的雜環化合物 2mBbf (III) PDBq。

[0360]

$^1\text{H}$ -NMR (四氫乙烷- $d_2$ , 500MHz) :  $\delta=7.29$  (t,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H) ,  $7.50$   
 (t,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H) ,  $7.62-7.73$  (m, 4H) ,  $7.80-7.89$  (m, 4H) ,  $7.92$  (t,  
 10  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H) ,  $8.12$  (d,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H) ,  $8.15$  (d,  $J=8.5\text{Hz}$ , 1H) ,  $8.29$  (d,  
 $J=7.5\text{Hz}$ , 2H) ,  $8.54$  (d,  $J=8.0\text{Hz}$ , 1H) ,  $8.70$  (t,  $J=8.0\text{Hz}$ , 2H) ,  $9.15$  (s, 1H) ,  
 $9.36$  (d,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H) ,  $9.48$  (d,  $J=7.5\text{Hz}$ , 1H) ,  $9.65$  (s, 1H) 。

[0361]

接著，測量 2mBbf (III) PDBq 的甲苯溶液及固體薄膜的紫外·可見吸收  
 15 光譜 (以下簡單地稱為“吸收光譜”) 及發射光譜。藉由真空蒸鍍法在石英

基板上製造固體薄膜。使用紫外可見分光光度計（由日本分光株式會社製造，V550 型）測量吸收光譜。使用螢光分光光度計（由日本濱松光子學株式會社製造，FS920）測量發射光譜。圖 20A 示出所得到的甲苯溶液的吸收光譜和發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度。圖 20B 示出固體薄膜的吸收光譜和發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度。

[0362]

根據圖 20A 的結果可知，在是 2mBbf(III)PDBq 的甲苯溶液的情況下，在 281nm 及 376nm 附近觀察到吸收峰值，在 394nm 及 407nm 附近觀察到發光波長的峰值。根據圖 20B 的結果可知，在是 2mBbf(III)PDBq 的固體薄膜的情況下，在 266nm 及 384nm 附近觀察到吸收峰值，在 429nm 附近觀察到發光波長的峰值。

實施例 4

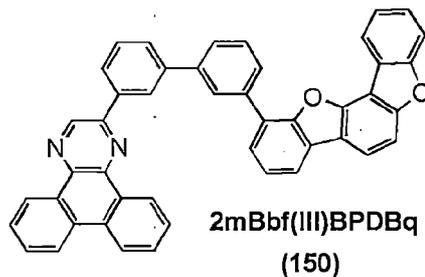
15 [0363]

《合成例子 4》

在本實施例中，說明本發明的一個實施方式的雜環化合物 2-[3' - (苯并[1,2-b:5,6-b']雙苯并呋喃-4-基)-1,1'-聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉（簡稱：2mBbf(III)BPDBq）（結構式(150)）的合成方法。以下示出 2mBbf(III)BPDBq 的結構。

[0364]

[化學式 61]



[0365]

〈2mBbf (III) BPDBq 的合成〉

〈步驟 1〉

- 5 將 1.5g (2.8mmol) 的 4-氯苯并[1,2-b;5,6-b']雙苯并咪喃、1.4g (3.2mmol) 的 2-[3'-(2-二苯并[f,h]喹啉)-1,1'-聯苯-3-基]-4,4,5,5-四甲基-1,3,2-二雜氧戊硼烷 (dioxaborolane)、60mg (0.17mmol) 的二(1-金剛烷)(n-丁基)膦、1mL 的 t-丁醇、1.7g (8.2mmol) 的磷酸鉀(III)、15mL 的二乙二醇二甲醚(diglyme:二甘醇二甲醚)倒入 200mL 三頸燒瓶中，
- 10 在對燒瓶的內部進行減壓的同時進行攪拌，以使這混合物脫氣。

[0366]

- 在脫氣之後，將燒瓶內氛圍置換為氮氣，然後將混合物加熱到 80°C。在加熱之後，對該混合物添加 10mg (45μmol) 的醋酸鈣(II)，在相同溫度下進行攪拌 6 小時。在攪拌之後，將所得到的混合物冷卻到室溫，添加 10mg
- 15 (45μmol) 的醋酸鈣(II)，在 120°C 下攪拌該混合物 4.5 小時，然後在 140°C 下進行攪拌 3 小時。在攪拌之後，將混合物冷卻到室溫，然後藉由吸引過濾來收集析出的固體。使用水和乙醇對所得到的固體進行洗滌，而以 86% 的產率得到 1.6g (2.4mmol) 的目的物的淡褐色固體。

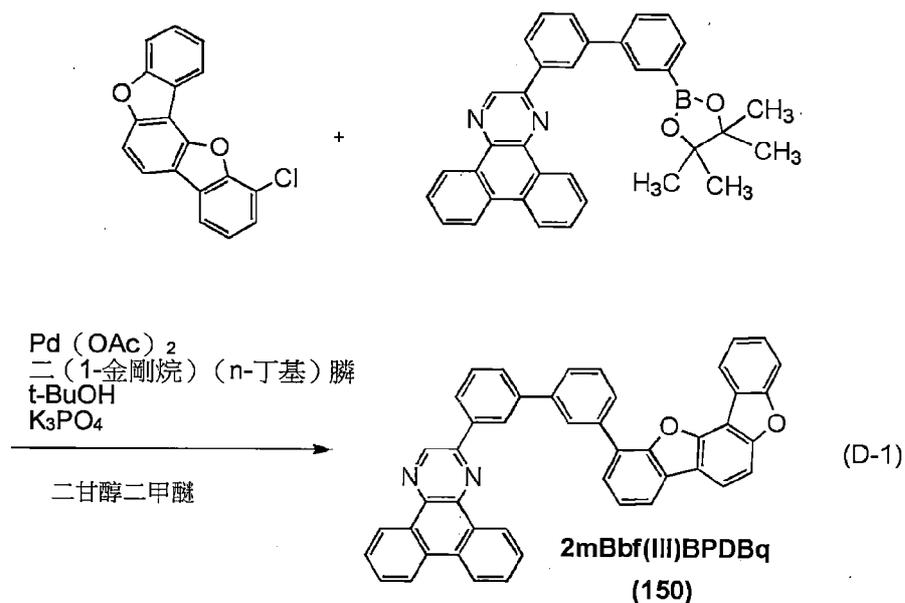
[0367]

- 20 藉由利用梯度昇華方法對所得到的 1.49g 的固體進行昇華純化。在昇

華純化中，在壓力為 5.1Pa 且以 15mL/min 的流速流過氫氣的條件下，以 350 °C 加熱固體 15 小時。在昇華純化之後，以 76% 的回收率得到 1.1g 的目的物的淡黃色固體。以下述式 (D-1) 示出上述合成方法的合成方案。

[0368]

5 [化學式 62]



[0369]

下面示出利用上述合成方法得到的淡黃色固體的核磁共振光譜法 (<sup>1</sup>H-NMR) 的分析結果。另外，圖 21A 和圖 21B 示出 <sup>1</sup>H-NMR 譜。根據該結果  
10 可知，在本合成例子 4 中，得到以上述結構式 (150) 表示的本發明的一個實施方式的雜環化合物 2mBbf (III) BPDBq。

[0370]

<sup>1</sup>H-NMR (四氫乙烷-d<sub>2</sub>, 500MHz) : δ=7.20 (t, J=7.5Hz, 1H) , 7.31 (t, J=7.5Hz, 1H) , 7.50 (d, J=7.5Hz, 1H) , 7.58 (t, J=7.5Hz, 2H) ,  
15 7.65 (d, J=7.5Hz, 1H) , 7.75-7.84 (m, 6H) , 7.93 (d, J=7.5Hz, 1H) , 8.03 (d, J=7.5Hz, 1H) , 8.07 (d, J=7.5Hz, 1H) , 8.12 (t, J=7.5Hz, 2H) ,

8.20 (d, J=7.5Hz, 1H) , 8.38 (d, J=7.5Hz, 1H) , 8.62-8.66 (m, 3H) ,  
8.82(s, 1H) , 9.27(d, J=7.5Hz, 1H) , 9.32(d, J=7.5Hz, 1H) , 9.49(s, 1H) 。

[0371]

接著，測量 2mBbf (III) BPDBq 的甲苯溶液及固體薄膜的紫外可見吸  
5 收光譜（以下簡單地稱為“吸收光譜”）及發射光譜。藉由真空蒸鍍法在石  
英基板上製造固體薄膜。使用紫外可見分光光度計（由日本分光株式會社製  
造，V550 型）測量吸收光譜。使用螢光分光光度計（由日本濱松光子學株  
式會社製造，FS920）測量發射光譜。圖 22A 示出所得到的甲苯溶液的吸收  
10 光譜和發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸收強度。圖 22B 示  
出固體薄膜的吸收光譜和發射光譜的測量結果。橫軸表示波長，縱軸表示吸  
收強度。

[0372]

根據圖 22A 的結果可知，在是 2mBbf (III) BPDBq 的甲苯溶液的情況  
下，在 264nm 及 385nm 附近觀察到吸收峰值，在 391nm 及 407nm 附近觀察  
15 到發光波長的峰值。根據圖 22B 的結果可知，在是 2mBbf (III) BPDBq 的固  
體薄膜的情況下，在 264nm 及 385nm 附近觀察到吸收峰值，在 425nm 附近  
觀察到發光波長的峰值。

## 實施例 5

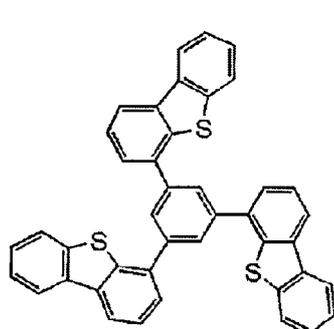
20 [0373]

在本實施例中，製造使用本發明的一個實施方式的雜環化合物  
2mBbfPDBq（結構式（101））的發光元件 1、使用本發明的一個實施方式的  
雜環化合物 2mBbf (II) PDBq（結構式（107））的發光元件 2、使用本發明  
的一個實施方式的雜環化合物 2mBbf (III) PDBq（結構式（149））的發光

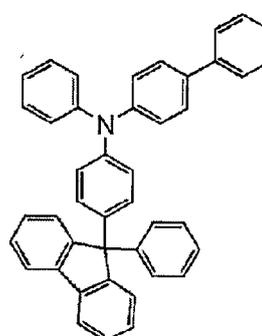
元件 3、使用本發明的一個實施方式的雜環化合物 2mBbf (III) BPDBq (結構式 (150)) 的發光元件 4。並且，為了進行比較，使用具有二苯并噻吩結構的 2mDBTBPDBq-II 的對比發光元件 5。使用圖 23 說明發光元件 1 至發光元件 4、對比發光元件 5 的製造。以下，示出在本實施例中使用的材料的化學式。

[0374]

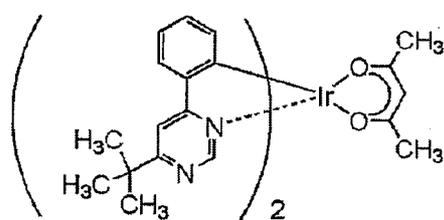
[化學式 63]



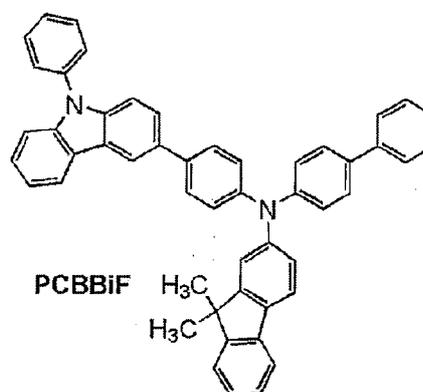
DBT3P-II



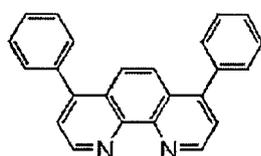
BPAFLP



[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]



PCBBiF

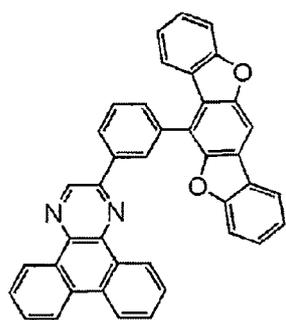


Bphen

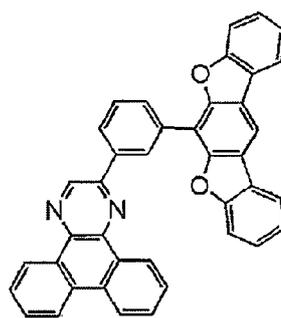
[0375]

10

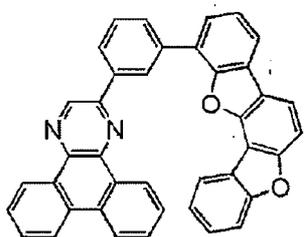
[化學式 64]



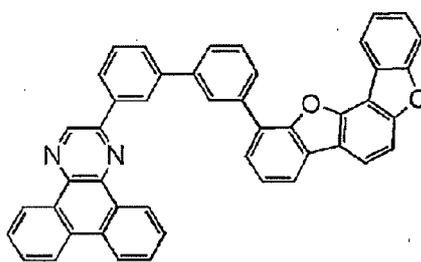
**2mBbfPDBq**  
**(101)**



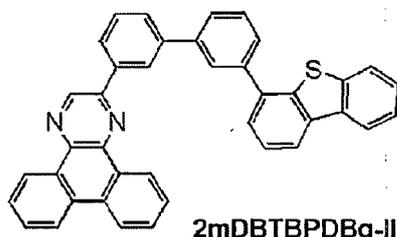
**2mBbf(II)PDBq**  
**(107)**



**2mBbf(III)PDBq**  
**(149)**



**2mBbf(III)BPDBq**  
**(150)**



**2mDBTBPDBq-II**

[0376]

〈發光元件 1 至發光元件 4、對比發光元件 5 的製造〉

5 首先，在玻璃基板 900 上藉由濺射法形成包含氧化矽的銻錫氧化物(ITO)的膜，由此形成被用作陽極的第一電極 901。另外，將厚度設定為 110nm，並且將電極面積設定為 2mm×2mm。

[0377]

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

處理。

[0378]

然後，將基板放入到其內部被減壓到  $10^{-4}$ Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並在真空蒸鍍裝置內的加熱室中，以  $170^{\circ}\text{C}$  進行 30 分鐘的真空焙燒，然後對  
5 基板 900 進行 30 分鐘左右的冷卻。

[0379]

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

[0380]

在將真空蒸鍍裝置的內部減壓到  $10^{-4}$ Pa 之後，藉由將 1,3,5-三(二苯并噻吩-4-基)苯(簡稱:DBT3P-II)及氧化鋁以 DBT3P-II:氧化鋁=4:2(質量比)的比例共蒸鍍，從而在第一電極 901 上形成電洞注入層 911。將其厚  
15 度設定為 20nm。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。

[0381]

接著，以厚度為 20nm 的方式蒸鍍 4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱:BPAFLP)來形成電洞傳輸層 912。

20 [0382]

接著，在電洞傳輸層 912 上形成發光層 913。

[0383]

在是發光元件 1 的情況下，共蒸鍍 2-[3-(苯并[1,2-b:4,5-b']雙苯并呋喃-6-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱:2mBbfPDBq)、N-(1,1'-聯

5 苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺  
 (簡稱:PCBBiF)和 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ,以滿足 $2\text{mBbfPDBq}:\text{PCBBiF}:$   
 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]=0.7:0.3:0.05$ (質量比)的關係。將其厚度設定  
 為20nm。並且,以厚度為20nm的方式進行共蒸鍍,以滿足 $2\text{mBbfPDBq}:$   
 5  $\text{PCBBiF}:[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]=0.8:0.2:0.05$ (質量比)的關係,由此  
 形成具有疊層結構的40nm厚的發光層913。

[0384]

10 在是發光元件2的情況下,以厚度為20nm的方式共蒸鍍2-[3-(苯并  
 [1,2-b:5,4-b']雙苯并呋喃-6-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱:2mBbf  
 (II)PDBq)、PCBBiF和 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ,以滿足 $2\text{mBbf(II)PDBq}:$   
 $\text{PCBBiF}:[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]=0.7:0.3:0.05$ (質量比)的關係,然後  
 以厚度為20nm的方式進行共蒸鍍,以滿足 $2\text{mBbf(II)PDBq}:\text{PCBBiF}:[\text{Ir}$   
 $(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]=0.8:0.2:0.05$ (質量比)的關係,由此形成具有疊  
 層結構的40nm厚的發光層913。

15 [0385]

在是發光元件3的情況下,以厚度為20nm的方式共蒸鍍2-[3-(苯并  
 [1,2-b:5,6-b']雙苯并呋喃-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱:2mBbf  
 (III)PDBq)、PCBBiF和 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ,以滿足 $2\text{mBbf(III)PDBq}:$   
 $\text{PCBBiF}:[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]=0.7:0.3:0.05$ (質量比)的關係,然後  
 20 以厚度為20nm的方式進行共蒸鍍,以滿足 $2\text{mBbf(III)PDBq}:\text{PCBBiF}:[\text{Ir}$   
 $(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]=0.8:0.2:0.05$ (質量比)的關係,由此形成具有疊  
 層結構的40nm厚的發光層913。

[0386]

在是發光元件4的情況下,以厚度為20nm的方式共蒸鍍2-[3'-(苯

并[1, 2-b : 5, 6-b'] 雙苯并呋喃-4-基)-1, 1'-聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉  
 (簡稱：2mBbf (III) BPDBq)、PCBBiF 和 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ，以滿足  
 2mBbf (III) BPDBq : PCBBiF :  $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$  = 0.7 : 0.3 : 0.05 (質  
 量比)的關係，然後以厚度為 20nm 的方式進行共蒸鍍，以滿足 2mBbf (III)  
 5 BPDBq : PCBBiF :  $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$  = 0.8 : 0.2 : 0.05 (質量比)的關  
 係，由此形成具有疊層結構的 40nm 厚的發光層 913。

[0387]

在是對比發光元件 5 的情況下，以厚度為 20nm 的方式共蒸鍍 2-[3'-  
 (二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2mDBTBPDBq-  
 10 II)、PCBBiF 和 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ ，以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF :  
 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$  = 0.7 : 0.3 : 0.05 的關係，然後以厚度為 20nm 的方  
 式進行共蒸鍍，以滿足 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF :  $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$  = 0.8 :  
 0.2 : 0.05 (質量比)的關係，由此形成具有疊層結構的 40nm 厚的發光層  
 913。

15 [0388]

接著，在是發光元件 1 的情況下，在發光層 913 上蒸鍍 20nm 厚的  
 2mBbfPDBq，然後蒸鍍 10nm 的 Bphen 來形成電子傳輸層 914。在是發光元  
 件 2 的情況下，在發光層 913 上蒸鍍 20nm 厚的 2mBbf (II) PDBq，然後蒸  
 鍍 10nm 的 Bphen 來形成電子傳輸層 914。在是發光元件 3 的情況下，在發  
 20 光層 913 上蒸鍍 20nm 厚的 2mBbf (III) PDBq，然後蒸鍍 10nm 的 Bphen 來  
 形成電子傳輸層 914。在是發光元件 4 的情況下，在發光層 913 上蒸鍍 20nm  
 厚的 2mBbf (III) BPDBq，然後蒸鍍 10nm 的 Bphen 來形成電子傳輸層 914。

[0389]

並且，在發光元件 1 至發光元件 4 的電子傳輸層 914 上以厚度為 1nm

的方式蒸鍍氟化鋰來形成電子注入層 915。

[0390]

最後，在電子注入層 915 上以厚度為 200nm 的方式蒸鍍鋁來形成被用作陰極的第二電極 903，以得到發光元件 1 至發光元件 4。注意，在上述蒸

5 鍍過程中，蒸鍍都利用電阻加熱法進行。

[0391]

表 1 示出藉由上述步驟得到的發光元件 1 至發光元件 4、對比發光元件 5 的元件結構。

[0392]

10 [表 1]

	第一電極	電洞注入層	電洞傳輸層	發光層	電子傳輸層		電子注入層	第二電極
發光元件1	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mBbfPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件2	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mBbf(II)PDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件3	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mBbf(III)PDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件4	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	****	2mBbf(III)BPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
對比發光 元件5	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*****	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*2mBbfPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

\*\*2mBbf(II)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

\*\*\*2mBbf(III)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

\*\*\*\*2mBbf(III)BPDBq:PCBBiF:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

\*\*\*\*\*2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm\0.8:0.2:0.05 20nm)

[0393]

此外，以使發光元件不暴露於大氣的方式在氮氛圍的手套箱中密封所製造的發光元件 1 至發光元件 4、對比發光元件 5（將密封劑塗佈於元件的

15 周圍，並且在密封時進行 UV 處理並以 80°C 進行 1 小時的熱處理）。

[0394]

《發光元件 1 至發光元件 4、對比發光元件 5 的工作特性》

對所製造的發光元件 1 至發光元件 4 的工作特性進行測量。另外，在室溫（保持為 25°C 的氛圍）下進行測量。

5 [0395]

圖 24、圖 25、圖 26 和圖 27 分別示出發光元件 1 至發光元件 4 的電流密度-亮度特性、電壓-亮度特性、亮度-電流效率特性和電壓-電流特性。

[0396]

此外，下面的表 2 示出 1000cd/m<sup>2</sup>附近的發光元件 1 至發光元件 4、對比發光元件 5 的主要初始特性值。確認到對比發光元件 5 具有與發光元件 1 至發光元件 4 相同程度的良好初始特性。

[0397]

[表 2]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 (x,y)	亮度 (cd/m <sup>2</sup> )	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
發光元件 1	2.9	0.041	1	(0.42,0.57)	1200	110	120	29
發光元件 2	3.3	0.047	1.2	(0.42,0.57)	1100	90	86	24
發光元件 3	3.1	0.047	1.2	(0.42,0.57)	1200	100	100	27
發光元件 4	3.0	0.042	1.1	(0.43,0.56)	1100	100	110	27
對比發光 元件 5	3.0	0.039	1.0	(0.42,0.57)	1000	100	110	27

15

[0398]

此外，圖 28 示出以  $25\text{mA}/\text{cm}^2$  的電流密度使電流流過發光元件 1 至發光元件 4 時的發射光譜。如圖 28 所示那樣，發光元件 1 至發光元件 4 的發射光譜在  $546\text{nm}$  附近具有峰值，可知該光譜來源於用於各發光元件的 EL 層的有機金屬錯合物  $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$  的綠色發光。確認到對比發光元件 5 的發射光譜是與發光元件 1 至發光元件 4 同樣的來源於  $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$  的綠色發光的。

[0399]

接著，進行發光元件 1 至發光元件 4 的可靠性測試。圖 29 示出可靠性測試的結果。在圖 29 中，縱軸表示起始亮度為  $100\%$  時的正規化亮度 ( $\%$ )，而橫軸表示元件的驅動時間 (h)。此外，在可靠性測試中，在將初始亮度設定為  $5000\text{cd}/\text{m}^2$  且電流密度為恆定的條件下，驅動發光元件 1 至發光元件 4。

[0400]

發光元件 1 至發光元件 4 都使用本發明的一個實施方式的雜環化合物，因此根據圖 29 所示的結果可知，所有發光元件具有高可靠性。由此可知，藉由使用本發明的一個實施方式的雜環化合物，可以實現發光元件的長使用壽命化。

[0401]

另外，進行發光元件 1 至發光元件 3、對比發光元件 5 的保存測試。在保存測試中，不使各發光元件驅動並將它們保存於保持為  $100^\circ\text{C}$  的恆溫槽中。在經過指定的時間後，測量工作特性。從恆溫槽取出發光元件之後在室溫（保持為  $25^\circ\text{C}$  的氛圍）下測定工作特性。

[0402]

圖 30 示出發光元件 1 至發光元件 3、對比發光元件 5 的隨著時間經過

的外部量子效率的測量結果。根據其結果可知，即使在 100°C 下長時間保持本發明的一個實施方式的發光元件 1 至發光元件 3，發光元件 1 至發光元件 3 可以保持初始的外部量子效率，並保持高的耐熱性。另一方面，觀察到對比發光元件 5 的外部量子效率在 10 小時左右內大幅度地降低。

5 [0403]

用於發光元件 1 的 2mBbfPDBq、用於發光元件 2 的 2mBbf (II) PDBq 以及用於發光元件 3 的 2mBbf (III) PDBq 的分子量都是 562，用於對比發光元件 5 的 2mDBTBPDBq-II 的分子量為 564。就是說，雖然在保存測試中使用的發光元件各自的分子量是相同程度的，但是觀察到發光元件 1 至發光元件 3 與對比發光元件 5 之間的 100°C 保存測試中的耐熱性有很大的差異。

[0404]

發光元件 1 至發光元件 3 與對比發光元件 5 之間的差異為：發光元件 1 至發光元件 3 在分子結構上具有如下特徵，亦即具有稠合芳香環的苯并雙苯并吡喃。保存測試中的耐熱性的差異起因於該分子結構，可知即使不增大分子量也可以得到具有非常高的耐熱性的化合物及發光元件，並使用稠合環的效果很大。

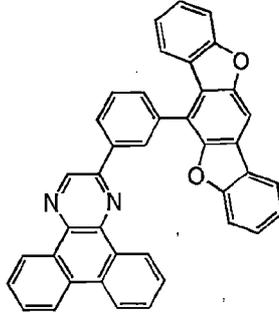
#### 實施例 6

20 [0405]

在本實施例中，利用循環伏安法 (CV) 測量計算出以下述結構式 (101) 所示的本發明的一個實施方式的雜環化合物 2-[3-(苯并[1, 2-b:4, 5-b'] 雙苯并吡喃-6-基) 苯基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2mBbfPDBq) 的 HOMO 能階和 LUMO 能階。

[0406]

[化學式 65]



2mBbfPDBq  
(101)

[0407]

- 5 作為測量裝置，使用電化學分析儀（BAS 株式會社（BAS Inc.）製造的 ALS 型號 600A 或 600C）。關於用於 CV 測定的溶液，作為溶劑使用脫水的二甲基甲醯胺（DMF，西格瑪-奧爾德里奇公司（Sigma-Aldrich Inc.）製造，99.8%，目錄號碼：227056），將作為支援電解質（supporting electrolyte）的過氯酸四正丁基銨（ $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ ，由東京化成工業株式會社製造，目錄號碼：
- 10 T0836）溶解於溶劑並使過氯酸四正丁基銨的濃度為 100mmol/L。此外，將測定物件溶解於溶劑並使其濃度為 2mmol/L。另外，作為工作電極使用鉑電極（由 BAS 株式會社製造，PTE 鉑電極），作為輔助電極使用鉑電極（BAS 株式會社製造，VC-3 用 Pt 對電極（5cm）），作為參考電極使用  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  電極（由 BAS 株式會社製造，RE7 非水溶劑型參考電極）。另外，測定在室
- 15 溫下（ $20^\circ\text{C}$  至  $25^\circ\text{C}$ ）進行。將 CV 測定時的掃描速度統一為 0.1V/sec，測量出相對於參考電極的氧化電位  $E_a[\text{V}]$  及還原電位  $E_c[\text{V}]$ 。 $E_a$  為氧化-還原波之間的中間電位， $E_c$  為還原-氧化波之間的中間電位。在此，已知在本實施

例中使用的參考電極的相對於真空能階的勢能為 $-4.94\text{[eV]}$ ，因此利用 HOMO 能階 $[\text{eV}]=-4.94-E_a$ 、LUMO 能階 $[\text{eV}]=-4.94-E_c$  這兩個公式分別求得 HOMO 能階及 LUMO 能階。反復進行 CV 測量 100 次，比較第 100 次測量中的氧化-還原波與第 1 次測量中的氧化-還原波，來調查化合物的電性穩定性。

[0408]

其結果是，在 2mBbfPDBq 的氧化電位  $E_a[\text{V}]$  的測量中，在  $0.2\text{eV}$  至  $1.5\text{eV}$  的範圍內沒有得到明顯的氧化峰。另一方面，可知 LUMO 能階為  $-2.97\text{eV}$ 。在還原-氧化波的反復測量中，100 次循環後的氧化-還原波的峰強度保持第 1 次循環的氧化-還原波的 73%，因此可以確認到 2mBbfPDBq 的耐還原性非常高。

[0409]

另外，對 2mBbfPDBq 進行熱重-差熱分析 (TG-DTA: Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)。在測量中，使用高真空差式型差熱天平 (由 Bruker AXS 公司製造，TG-DTA 2410SA)。當在氮氣流 (流量為  $200\text{mL}/\text{min}$ ) 和常壓下，以  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  的升溫速率進行測量時，從重量和溫度之間的關係 (熱重) 可知 2mBbfPDBq 的 5% 失重溫度為  $442^\circ\text{C}$  左右。這表示 2mBbfPDBq 的耐熱性高。

[0410]

另外，使用由 PerkinElmer, Inc. 製造的 Pyris 1 DSC 進行差示掃描量熱計 (DSC 測量)。在差示掃描量熱計中，連續地進行如下操作兩次，而採用第二次的測量結果：以  $50^\circ\text{C}/\text{分鐘}$  的升溫速度從  $-10^\circ\text{C}$  升溫到  $370^\circ\text{C}$ ，然後在相同溫度下保持 1 分鐘，接著，以  $50^\circ\text{C}/\text{分鐘}$  的降溫速度從  $370^\circ\text{C}$  降溫到  $-10^\circ\text{C}$ 。根據 DSC 測量可知 2mBbfPDBq 的玻璃化轉變溫度為  $147^\circ\text{C}$ ，2mBbfPDBq

是具有高的耐熱性的化合物。

[0411]

接著，利用液相層析-質譜分析（Liquid Chromatography Mass Spectrometry；簡稱：LC/MS 分析）對在本實施例中得到的 2mBbfPDBq 進行  
5 質譜分析。

[0412]

在 LC/MS 分析中，利用沃特斯（Waters）公司製造的 Acquity UPLC（註冊商標）進行 LC（液相層析）分離，並利用沃特斯公司製造的 Xevo G2 Tof MS 進行 MS 分析（質量分析）。在 LC 分離中使用的管柱為 Acquity UPLC  
10 BEH C8（2.1×100mm，1.7 $\mu$ 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，作為樣本，將任意濃度的 2mBbfPDBq 溶解於 N-甲基-2-吡咯烷酮中，並且利用乙腈稀釋來調節，將注入量設定為 5.0 $\mu$ L。

[0413]

15 在 LC 分離中利用改變流動相的組成的梯度法，測量開始後過了 0 分鐘至 1 分鐘時的比例為流動相 A：流動相 B=65:35，然後改變組成，測量開始後過了 10 分鐘時的比例為流動相 A:流動相 B=95:5，總和分析時間為 10 分鐘。線性地改變組成。

[0414]

20 在 MS 分析中，藉由電灑游離（ElectroSpray Ionization，簡稱：ESI）法進行離子化。將毛細管電壓設定為 3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為 30V，並且以正模式進行檢測。另外，所檢測的質量範圍是  $m/z=100$  至 1200。

[0415]

當在以上的條件下進行 LC/MS 測量時，以質量電荷比（ $m/z$ ）=563.175

( $[M+H^+]$ 、 $2mBbfPDBq$  的理論值=562.175) 檢測出來源於  $2mBbfPDBq$  的離子。接著，將質量電荷比 ( $m/z$ ) =563.175 的離子 (前驅物離子) 在碰撞室 (collision cell) 內碰撞到氬氣體來使其離解。使前驅物離子碰撞到氬時的能量 (碰撞能量: collision energy) 為 50eV 及 70eV。圖 31 示出利用飛行時間質譜 (TOF) 型檢測儀檢測的碰撞能量為 50eV 時的因前驅物離子和氬氣體的碰撞而生成的子離子的質譜，圖 32 示出碰撞能量 70eV 時的質譜。

[0416]

從圖 31 所示的結果可知，主要在  $m/z=536.165$  附近、 $m/z=345.091$  附近、 $m/z=334.098$  附近、 $m/z=305.096$  附近、 $m/z=229.076$  附近、 $m/z=202.066$  附近、 $m/z=177.070$  附近檢測出以結構式 (101) 表示的  $2mBbfPDBq$  的子離子。從圖 32 所示的結果可知，在碰撞能量 70eV 的測量中，主要在  $m/z=305.096$  附近、 $m/z=229.077$  附近、 $m/z=202.066$  附近、 $m/z=176.063$  附近檢測出以結構式 (101) 表示的  $2mBbfPDBq$  的子離子。另外，由於圖 31 和圖 32 所示的結果示出來源於  $2mBbfPDBq$  的典型的結果，所以可以說是確定包含於混合物中的  $2mBbfPDBq$  時的重要資料。

[0417]

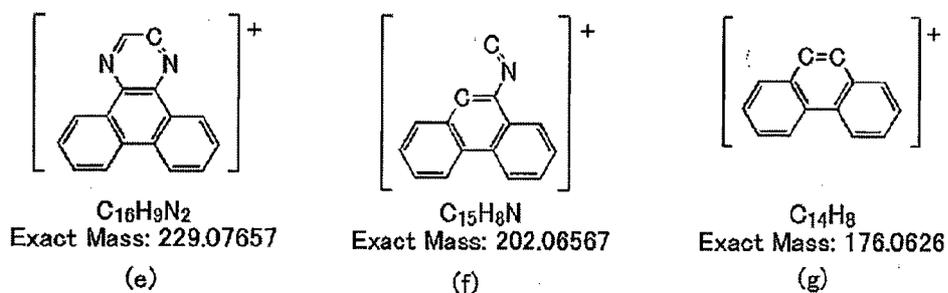
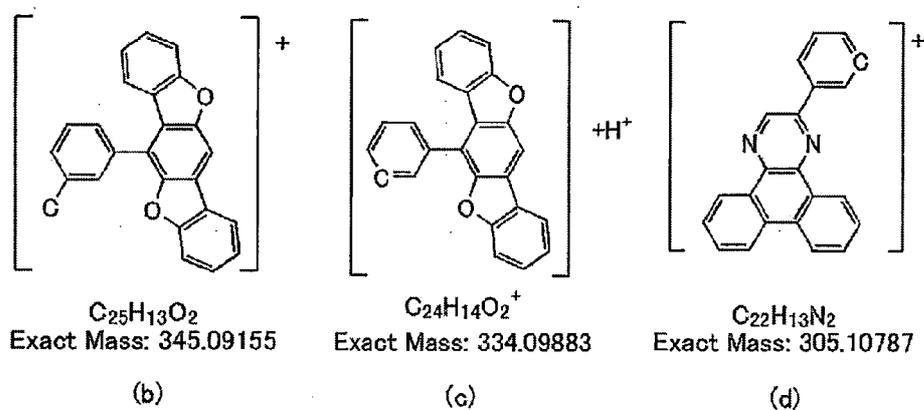
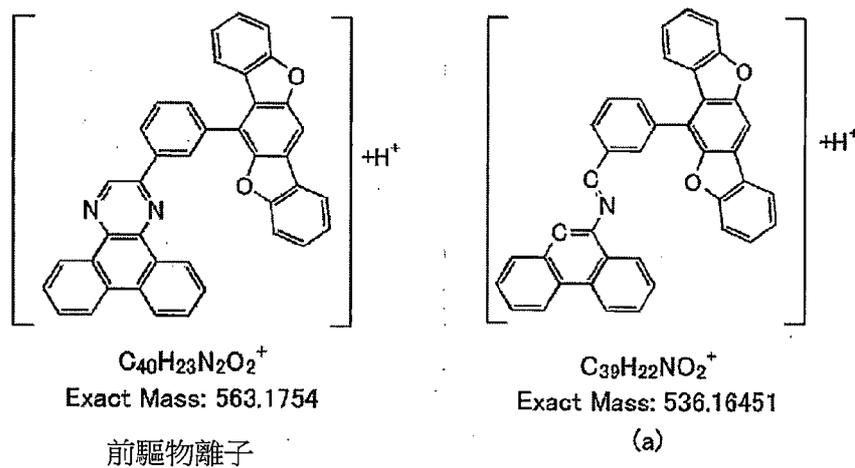
可推測  $m/z=536.165$  附近的子離子是下述式 (a) 所示的結構式 (101) 的化合物中的二苯并[f,h]喹啉的包含氮的環裂開而成的結構。另外，可推測： $m/z=345.091$  附近的子離子是下述式 (b) 所示的來源於在結構式 (101) 的化合物中的二苯并[f,h]喹啉的 2 位處鍵合裂開而生成的二苯并[f,h]喹啉； $m/z=334.098$  附近的子離子是下述式 (c) 所示的來源於在結構式 (101) 的化合物中的二苯并[f,h]喹啉的 2 位處鍵合裂開而生成的 6-苯基苯并[1,2-b:4,5-b']雙苯并呋喃； $m/z=305.096$  附近的子離子是下述式 (d) 所示的來源於在結構式 (101) 的化合物中的苯并[1,2-b:4,5-b']雙苯并呋喃

的 6 位處鍵合裂開而生成的 2-苯基二苯并[f,h]喹啉； $m/z=229.076$  附近的子離子是下述式 (e) 所示的來源於在結構式 (101) 的化合物中的二苯并[f,h]喹啉的 2 位處鍵合裂開而生成的二苯并[f,h]喹啉； $m/z=202.066$  附近的子離子是下述式 (f) 所示的  $m/z=536.165$  附近的子離子進一步裂開而生成的離子； $m/z=177.070$  附近的子離子是下述式 (g) 所示的  $m/z=536.165$  附近的子離子進一步裂開而生成的離子。尤其是，在結構式 (101) 的化合物中，二苯并[f,h]喹啉的包含兩個氮的環裂開而生成的離子的以式 (a) 表示的離子、以及環和環之間的鍵合裂開而生成的離子的以式 (b) 至式 (d) 表示的離子是 2mBbfPDBq 的特徵之一，所以可以說是確定包含於混合物中的

10 2mBbfPDBq 時的重要資料。

[0418]

[化學式 66]



### 實施例 7

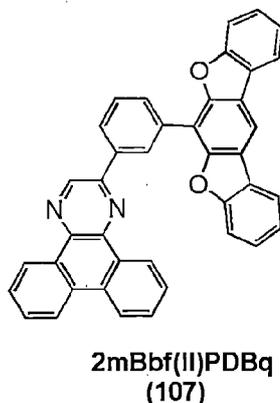
[0419]

- 5 在本實施例中，利用循環伏安法 (CV) 計算出以下述結構式 (107) 表示的本發明的一個實施方式的雜環化合物 2-[3-( 苯并[1,2-b:5,4-b'] 雙苯并呋喃-6-基) 苯基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱: 2mBbf (II) PDBq) 的 HOMO

能階及 LUMO 能階。以下，示出計算方法。

[0420]

[化學式 67]



5 [0421]

利用循環伏安法(CV)計算出 2mBbf(II)PDBq 的 HOMO 能階及 LUMO 能階。CV 測量的方法、HOMO 能階及 LUMO 能階的計算方法與實施例 6 相同。

[0422]

10 其結果是，在 2mBbf(II)PDBq 的氧化電位  $E_a$ [V] 的測量中，在  $-0.2\text{eV}$  至  $1.5\text{eV}$  的範圍內沒有得到明顯的氧化峰。另一方面，可知 LUMO 能階為  $-2.94\text{eV}$ 。在還原-氧化波的反復測量中，100 次循環後的還原-氧化波的峰強度保持第 1 次循環的還原-氧化波的 87%，因此可以確認到 2mBbf(II)PDBq 的耐還原性非常高。

15 [0423]

另外，對 2mBbf(II)PDBq 進行熱重-差熱分析。分析方法與實施例 6 相同。根據測量結果可知，2mBbf(II)PDBq 的 5%失重溫度為  $459^\circ\text{C}$  左右。這表示 2mBbf(II)PDBq 的耐熱性高。

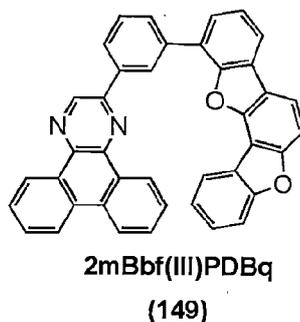
## 實施例 8

[0424]

在本實施例中，利用循環伏安法 (CV) 計算出以下述結構式 (149) 表示的本發明的一個實施方式的雜環化合物 2-[3-( 苯并[1,2-b:5,6-b'] 雙苯并呋喃-4-基) 苯基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱: 2mBbf(III)PDBq) 的 HOMO 能階及 LUMO 能階。以下，示出計算方法。

[0425]

[化學式 68]



10

[0426]

利用循環伏安法 (CV) 計算出 2mBbf(III)PDBq 的 HOMO 能階及 LUMO 能階。CV 測量的方法、HOMO 能階及 LUMO 能階的計算方法與實施例 6 相同。

15

[0427]

其結果是，在 2mBbf(III)PDBq 的氧化電位  $E_a[V]$  的測量中，在 0eV 至 1.5eV 的範圍內沒有得到明顯的氧化峰。另一方面，可知 LUMO 能階為 -2.95eV。在還原-氧化波的反復測量中，100 次循環後的還原-氧化波的峰強度保持第 1 次循環的還原-氧化波的 79%，因此可以確認到 2mBbf(III)PDBq 的耐還原性非常高。

20

[0428]

另外，對 2mBbf (III) PDBq 進行熱重-差熱分析。分析方法與實施例 6 相同。根據測量結果可知，2mBbf (III) PDBq 的 5%失重溫度為 454°C 左右。這表示 2mBbf (III) PDBq 的耐熱性高。

5

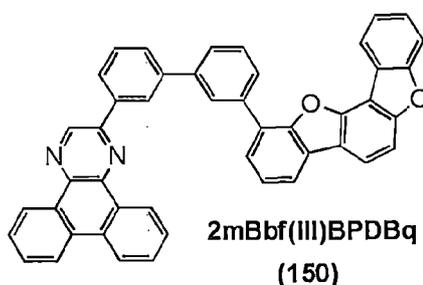
實施例 9

[0429]

在本實施例中，利用循環伏安法 (CV) 計算出以下述結構式 (150) 表示的本發明的一個實施方式的雜環化合物 2-[3'-(苯并[1,2-b:5,6-b']雙  
10 苯并呋喃-4-基)-1,1'-聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉 (簡稱：2mBbf (III) BPDBq) 的 HOMO 能階及 LUMO 能階。以下，示出計算方法

[0430]

[化學式 69]



15

[0431]

利用循環伏安法 (CV) 計算出 2mBbf (III) BPDBq 的 HOMO 能階及 LUMO 能階。CV 測量的方法、HOMO 能階及 LUMO 能階的計算方法與實施例 6 相同。

[0432]

20

其結果是，在 2mBbf (III) BPDBq 的氧化電位  $E_a$ [V] 的測量中，在 0.1eV

至 1.5eV 的範圍內沒有得到明顯的氧化峰。另一方面，可知 LUMO 能階為 -2.98eV。在氧化-還原波的反復測量中，100 次循環後的氧化-還原波的峰強度保持第 1 次循環的氧化-還原波的 71%，因此可以確認到 2mBbf (III) BPDBq 的耐還原性非常高。

## 5 【符號說明】

[0433]

- 101 第一電極
- 102 EL 層
- 103 第二電極
- 10 111 電洞注入層
- 112 電洞傳輸層
- 113 發光層
- 114 電子傳輸層
- 115' 電子注入層
- 15 201 第一電極
- 202 (1) 第一 EL 層
- 202 (2) 第二 EL 層
- 202 (n-1) 第 (n-1) EL 層
- 202 (n) 第 (n) EL 層
- 20 204 第二電極
- 205 電荷產生層
- 205 (1) 第一電荷產生層
- 205 (2) 第二電荷產生層
- 205 (n-2) 第 (n-2) 電荷產生層

- 205 (n-1) 第 (n-1) 電荷產生層
- 301 元件基板
- 302 像素部
- 303 驅動電路部 (源極線驅動電路)
- 5 304a、304b 驅動電路部 (閘極線驅動電路)
- 305 密封劑
- 306 密封基板
- 307 佈線
- 308 FPC (軟性印刷電路板)
- 10 309 FET
- 310 FET
- 312 電流控制用 FET
- 313a、313b 第一電極 (陽極)
- 314 絕緣物
- 15 315 EL 層
- 316 第二電極 (陰極)
- 317a、317b 發光元件
- 318 空間
- 320a、320b 導電膜
- 20 321、322 區域
- 323 引線
- 324 有色層 (濾色片)
- 325 黑色層 (黑矩陣)
- 326、327、328 FET

- 401 基板
- 402 第一電極
- 404 第二電極
- 403a、403b、403c EL 層
- 5 405 發光元件
- 406 絕緣膜
- 407 分隔壁
- 900 基板
- 901 第一電極
- 10 902 EL 層
- 903 第二電極
- 911 電洞注入層
- 912 電洞傳輸層
- 913 發光層
- 15 914 電子傳輸層
- 915 電子注入層
- 2000 觸控面板
- 2501 顯示面板
- 2502R 像素
- 20 2502t 電晶體
- 2503c 電容器
- 2503g 掃描線驅動電路
- 2503t 電晶體
- 2509 FPC

- 2510 基板
- 2511 佈線
- 2519 端子
- 2521 絕緣層
- 5 2528 絕緣體
- 2550R 發光元件
- 2560 密封層
- 2567BM 遮光層
- 2567p 反射防止層
- 10 2567R 彩色層
- 2570 基板
- 2590 基板
- 2591 電極
- 2592 電極
- 15 2593 絕緣層
- 2594 佈線
- 2595 觸控感測器
- 2597 黏合層
- 2598 佈線
- 20 2599 端子
- 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
- 5 4000 照明設備
  - 4001 基板
  - 4002 發光元件
  - 4003 基板
  - 4004 電極
  - 10 4005 EL 層
  - 4006 電極
  - 4007 電極
  - 4008 電極
  - 4009 輔助佈線
  - 15 4010 絕緣層
  - 4011 密封基板
  - 4012 密封劑
  - 4013 乾燥劑
  - 4015 擴散板
  - 20 4100 照明設備
  - 4200 照明設備
  - 4201 基板
  - 4202 發光元件
  - 4204 電極

- 4205 EL 層
- 4206 電極
- 4207 電極
- 4208 電極
- 5 4209 輔助佈線
- 4210 絕緣層
- 4211 密封基板
- 4212 密封劑
- 4213 障壁膜
- 10 4214 平坦化膜
- 4215 擴散板
- 4300 照明設備
- 5101 燈
- 5102 輪轂
- 15 5103 車門
- 5104 顯示部
- 5105 方向盤
- 5106 變速杆
- 5107 座位
- 20 5108 倒後鏡
- 7100 電視機
- 7101 外殼
- 7103 顯示部
- 7105 支架

- 7107 顯示部
- 7109 操作鍵
- 7110 遙控器
- 7201 主體
- 5 7202 外殼
- 7203 顯示部
- 7204 鍵盤
- 7205 外部連接埠
- 7206 指向裝置
- 10 7302 外殼
- 7304 顯示部
- 7305 表示時間的圖示
- 7306 其他圖示
- 7311 操作按鈕
- 15 7312 操作按鈕
- 7313 連接端子
- 7321 腕帶
- 7322 錶帶扣
- 7400 行動電話機
- 20 7401 外殼
- 7402 顯示部
- 7403 操作按鈕
- 7404 外部連接部
- 7405 揚聲器

- 7406 麥克風
- 7407 照相機
- 7500 (1) 、7500 (2) 外殼
- 7501 (1) 、7501 (2) 第一面
- 5 7502 (1) 、7502 (2) 第二面
- 8001 照明設備
- 8002 照明設備
- 8003 照明設備
- 9310 可攜式資訊終端
- 10 9311 顯示部
- 9312 顯示區域
- 9313 鉸鏈部
- 9315 外殼

## 申請專利範圍

1. 一種包含發光層的發光元件，該發光層包含化合物、具有電洞傳輸性的物質及發光物質，

其中該化合物包含與取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基藉由取代或未取代的伸芳基鍵合的取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基。

2. 一種包含發光層和電子傳輸層的發光元件，

其中該電子傳輸層包含化合物，

該化合物包含與取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基藉由取代或未取代的伸芳基鍵合的取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基。

3. 一種包含第一發光層和第二發光層的發光元件，

其中該第一發光層包含化合物和發光物質，

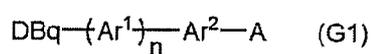
該化合物包含與取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基藉由取代或未取代的伸芳基鍵合的取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基。

4. 根據申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，

其中在該苯并雙苯并呋喃基中的不形成呋喃環的碳原子中，與該呋喃環的鍵合於氧的碳原子相鄰的碳原子中的任一個與該伸芳基鍵合。

5. 根據申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，

其中該化合物以通式 (G1) 表示：



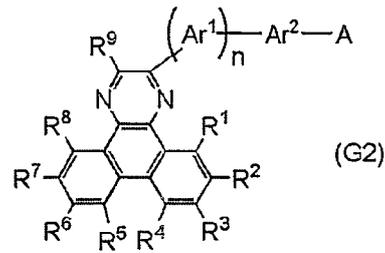
其中，DBq表示取代或未取代的二苯并[f,h]喹啉基，

Ar<sup>1</sup>表示取代或未取代的碳原子數為6至13的伸芳基，

n表示0或1，

$Ar^2$ 表示取代或未取代的碳原子數為6至13的伸芳基，  
並且，A表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基。

6. 根據申請專利範圍第1至3項中任一項之發光元件，  
其中該化合物以通式 (G2) 表示：



5

其中，A表示取代或未取代的苯并雙苯并呋喃基，

$R^1$ 至 $R^9$ 分別獨立地表示氫、碳原子數為1至4的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，

$Ar^1$ 表示取代或未取代的碳原子數為6至13的伸芳基，

10  $n$ 表示0或1，

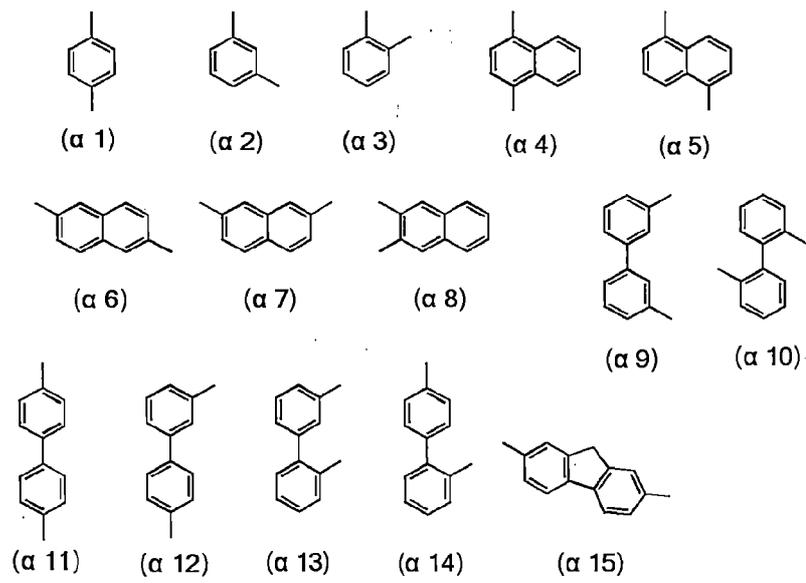
並且， $Ar^2$ 表示取代或未取代的碳原子數為6至13的伸芳基。

7. 根據申請專利範圍第1至3項中任一項之發光元件，

其中該伸芳基為取代或未取代的伸苯基、取代或未取代的萘二基、取代  
或未取代的聯苯二基或者取代或未取代的蒽二基。

15 8. 根據申請專利範圍第1至3項中任一項之發光元件，

其中該伸芳基以結構式 ( $\alpha 1$ ) 至 ( $\alpha 15$ ) 中的任一個表示：



9. 根據申請專利範圍第1項之發光元件，其中該化合物和該具有電洞傳輸性的物質能夠形成激態錯合物。

圖式

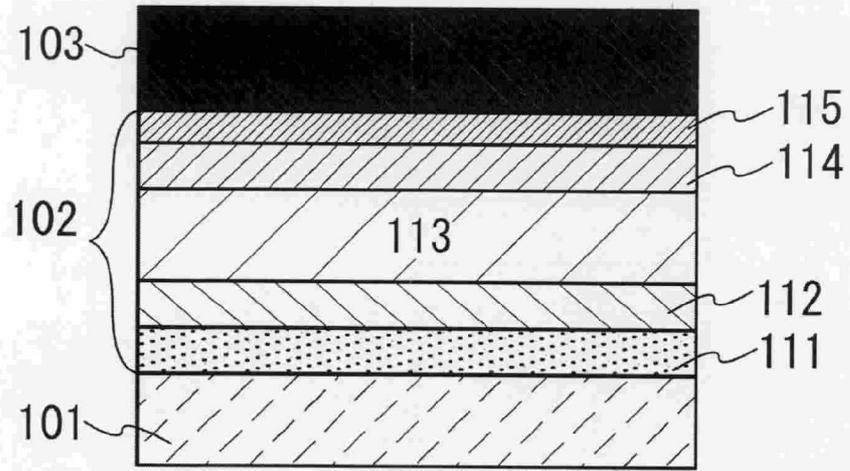


圖 1A

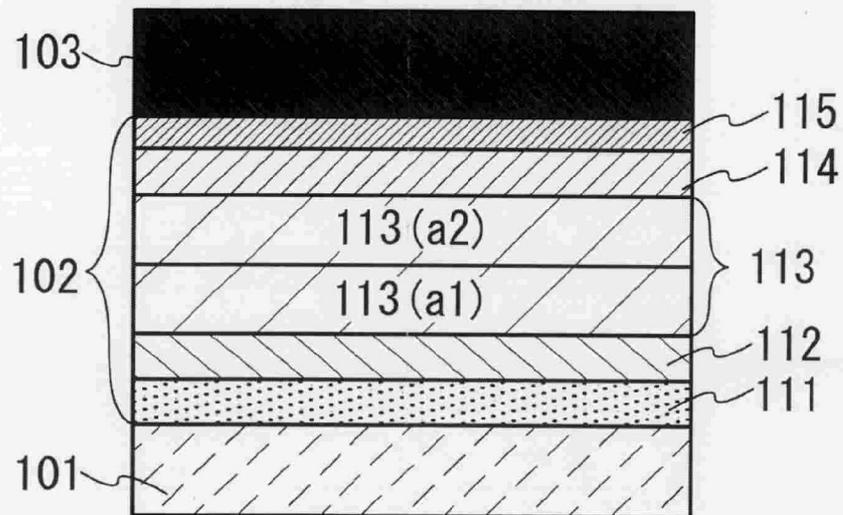


圖 1B

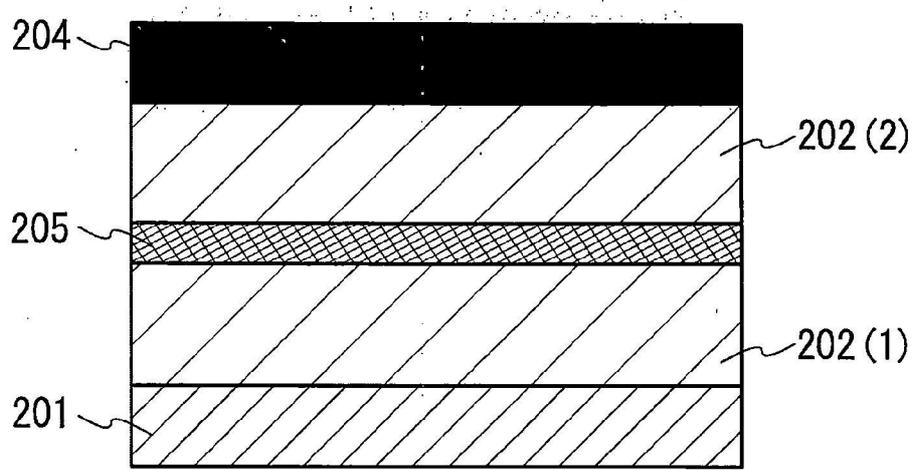


圖 2A

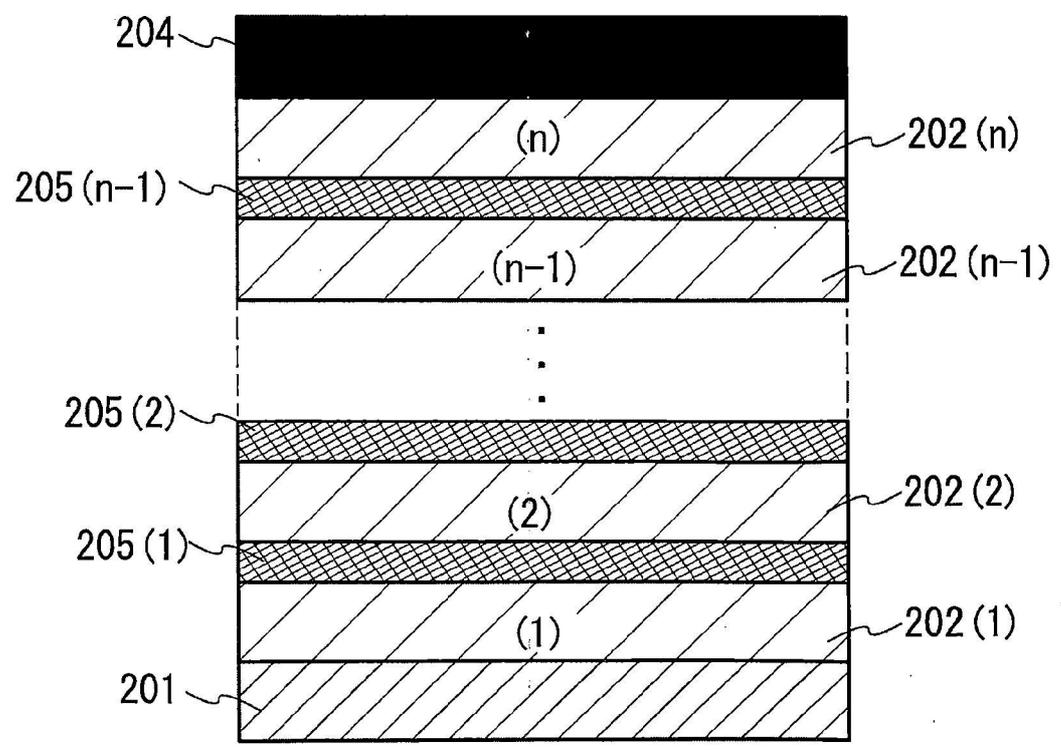


圖 2B

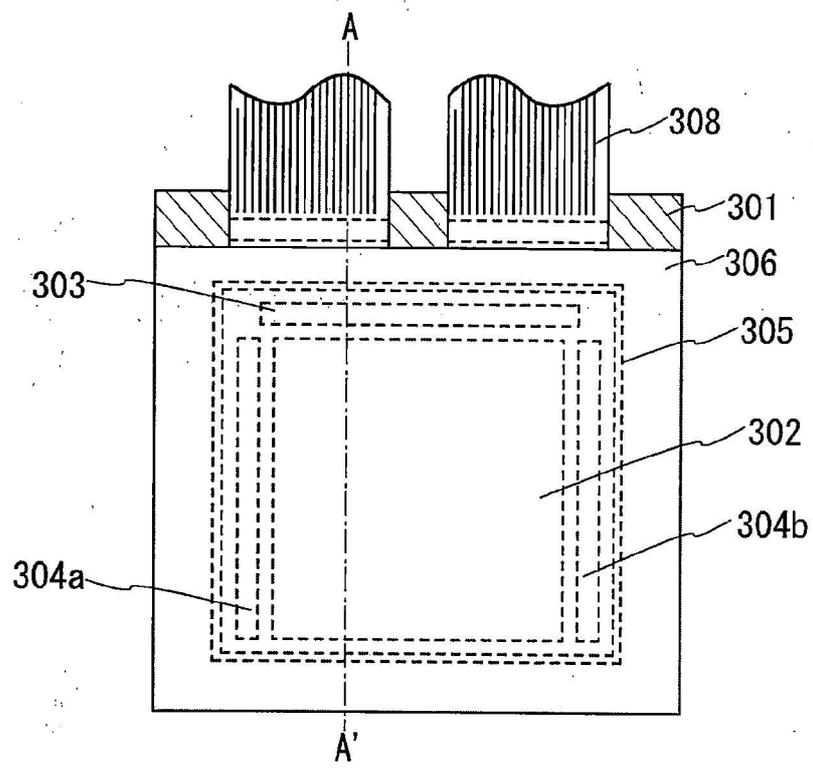


圖 3A

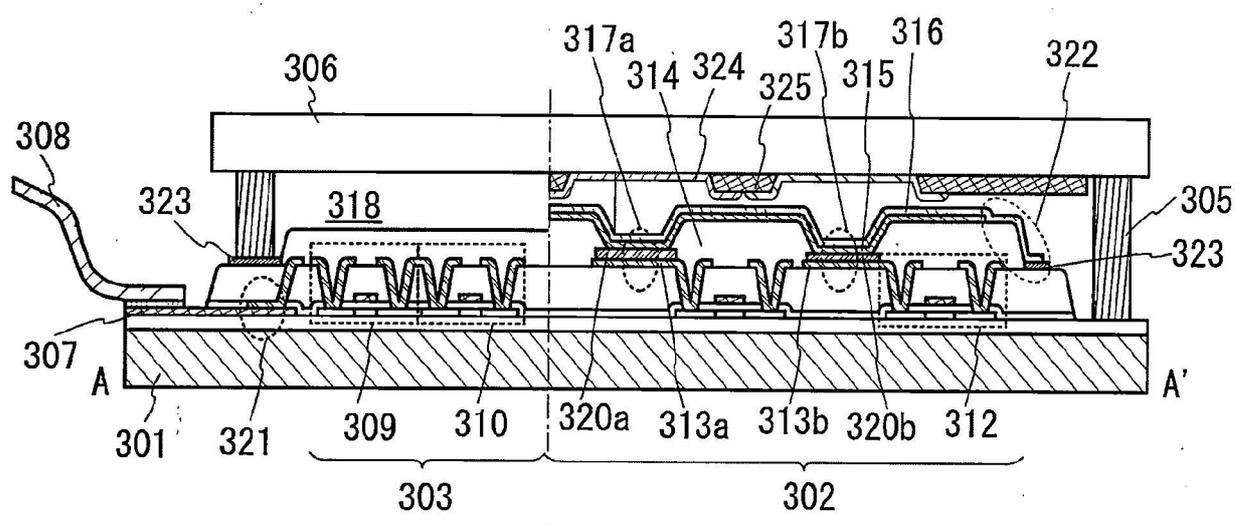


圖 3B

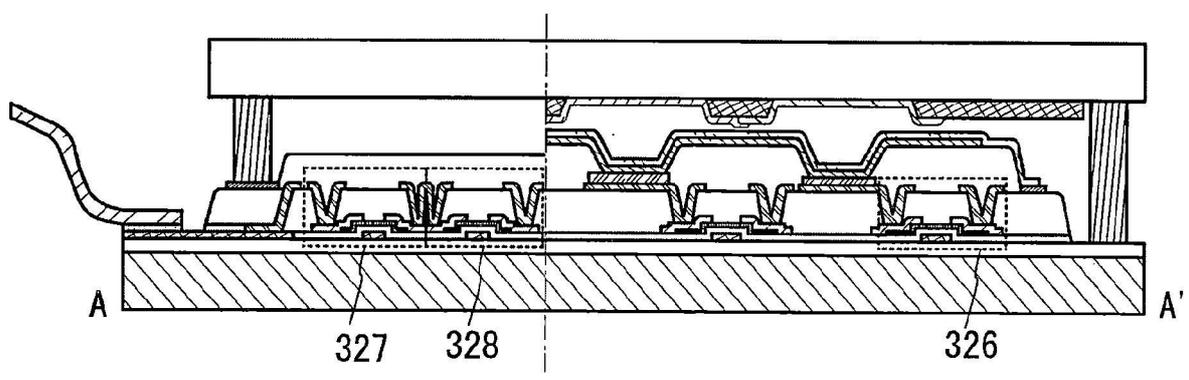


圖 3C

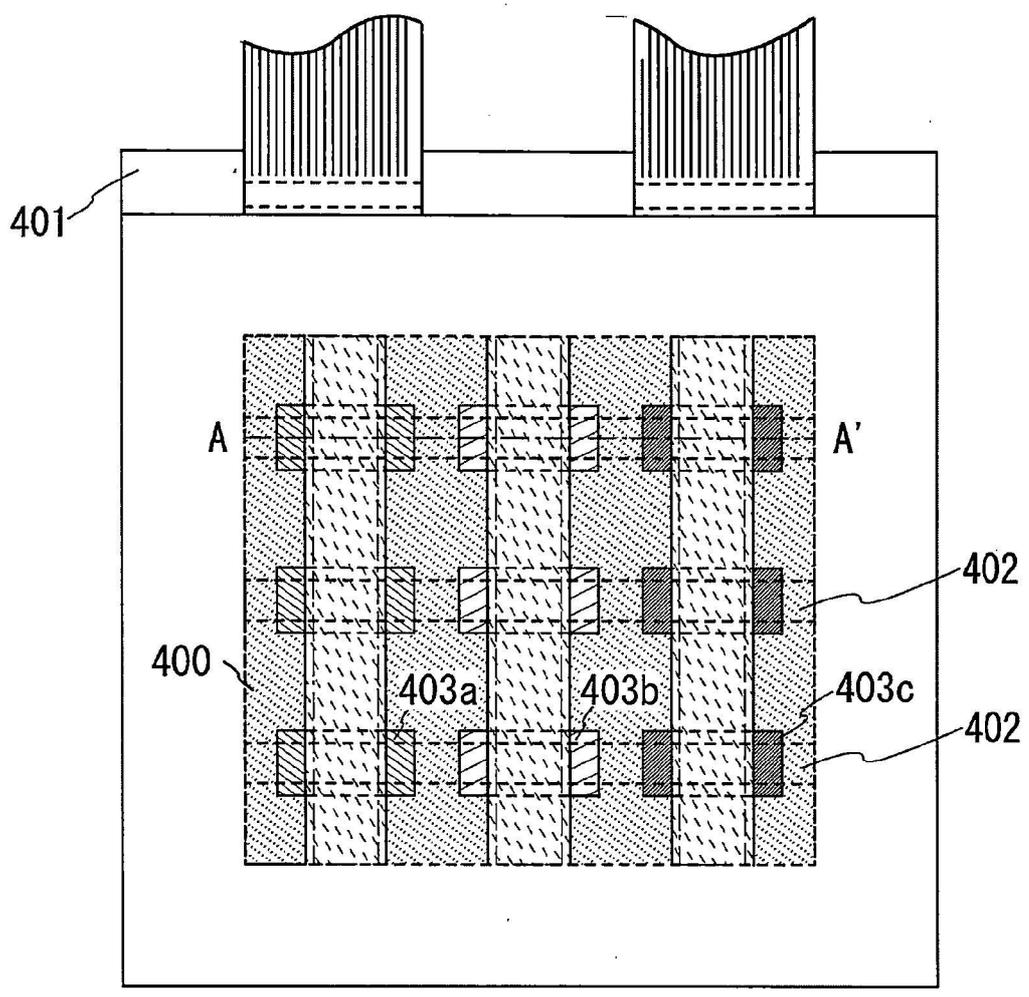


圖 4A

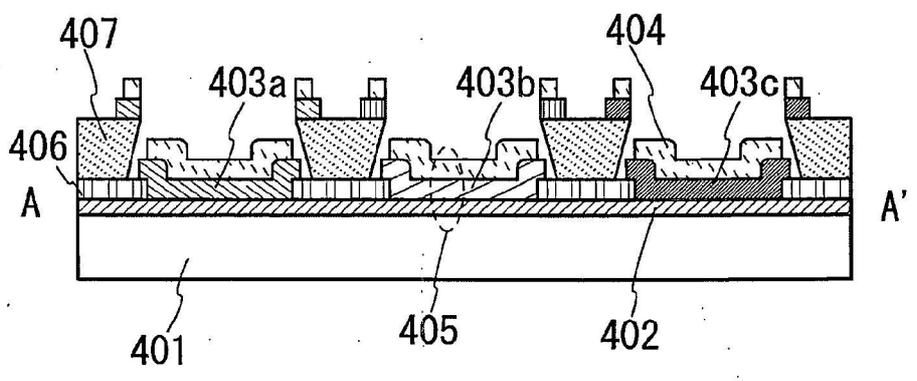


圖 4B

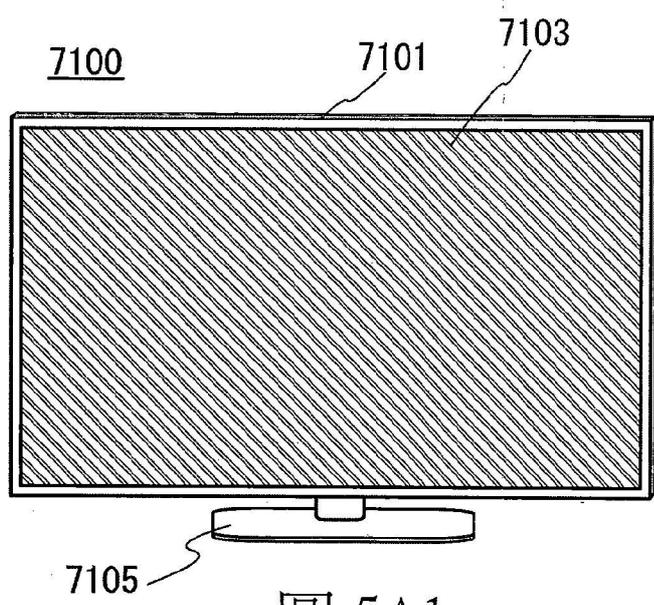


圖 5A1

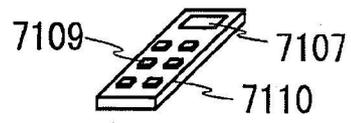


圖 5A2

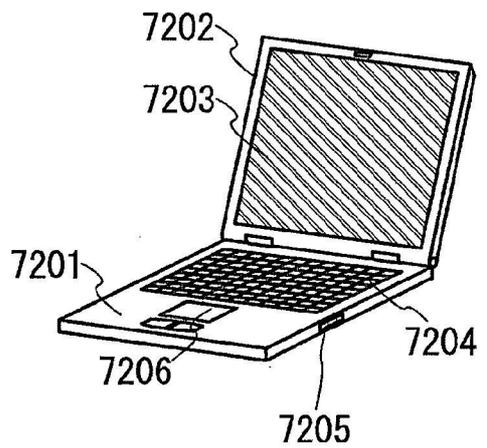


圖 5B

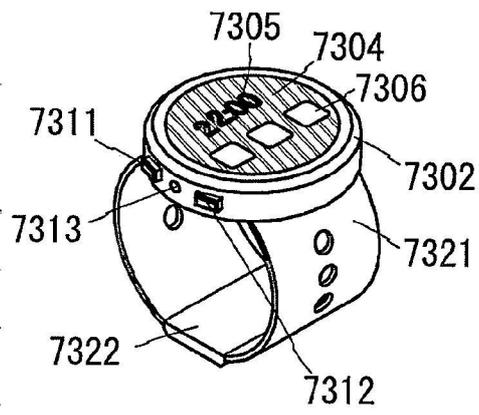


圖 5C

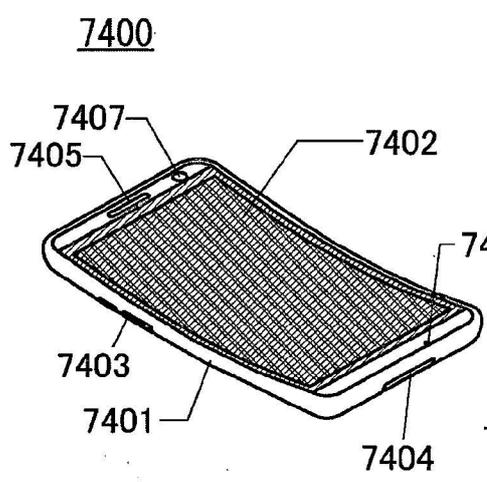


圖 5D1

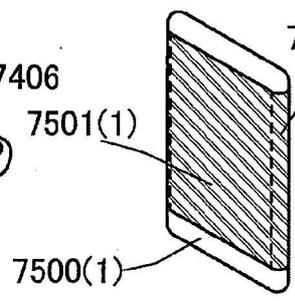


圖 5D2

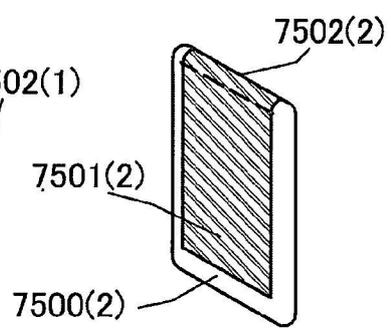


圖 5D3

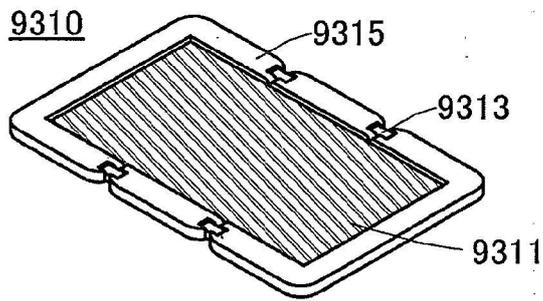


圖 6A

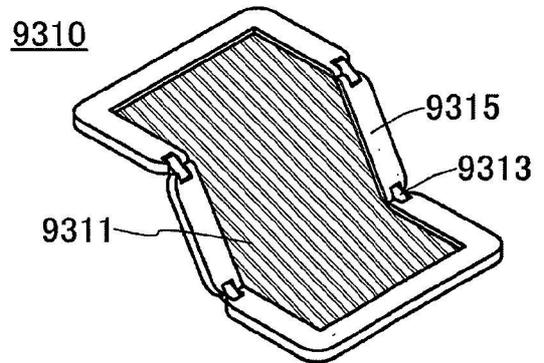


圖 6B

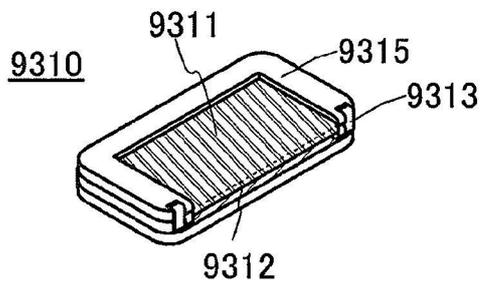


圖 6C

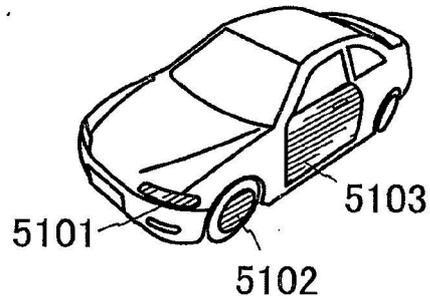


圖 7A

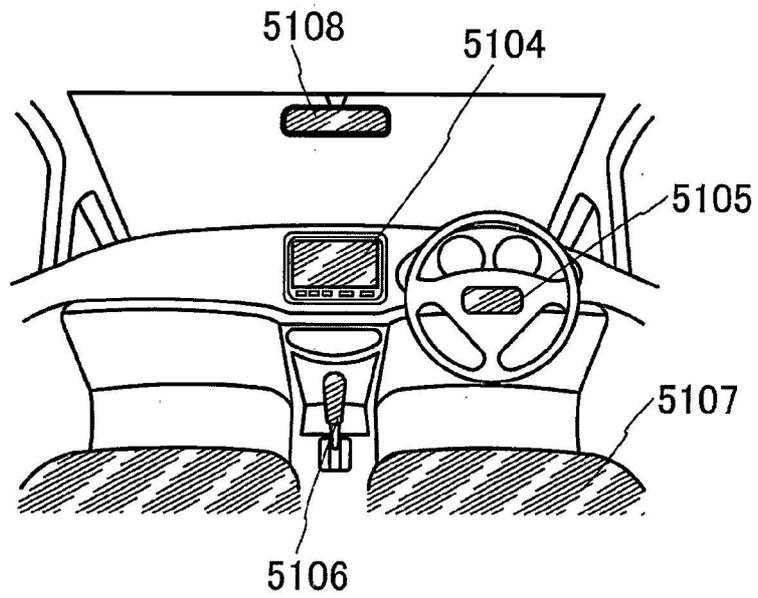


圖 7B

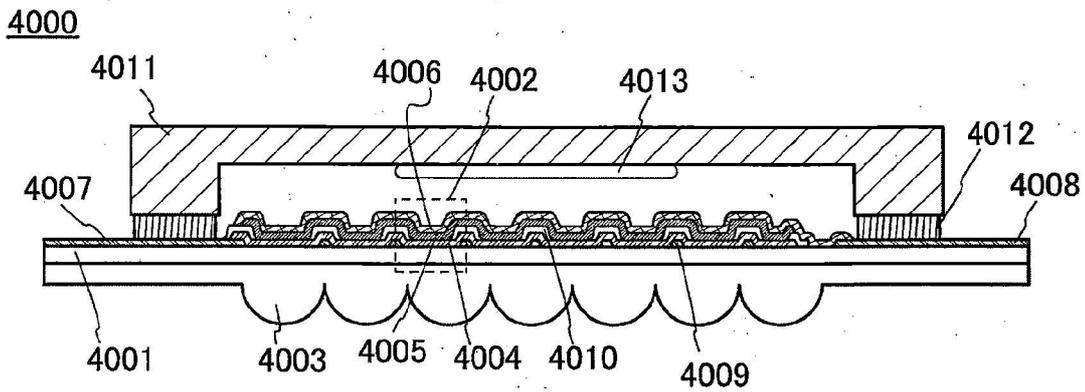


圖 8A

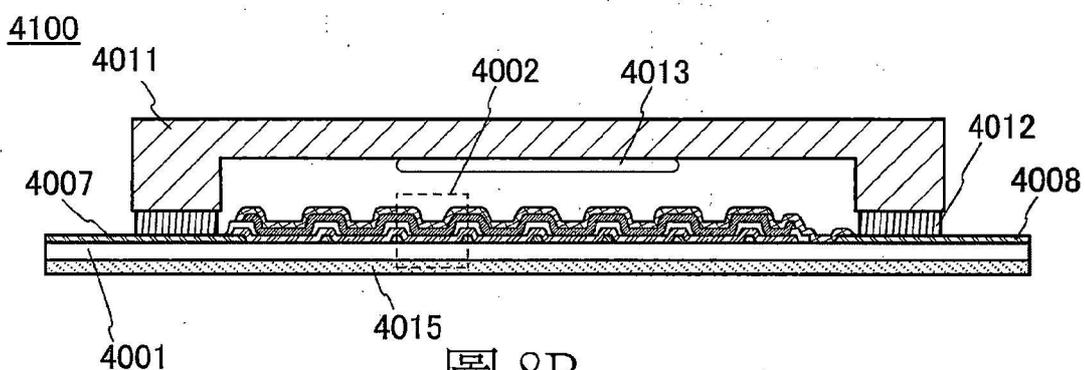


圖 8B

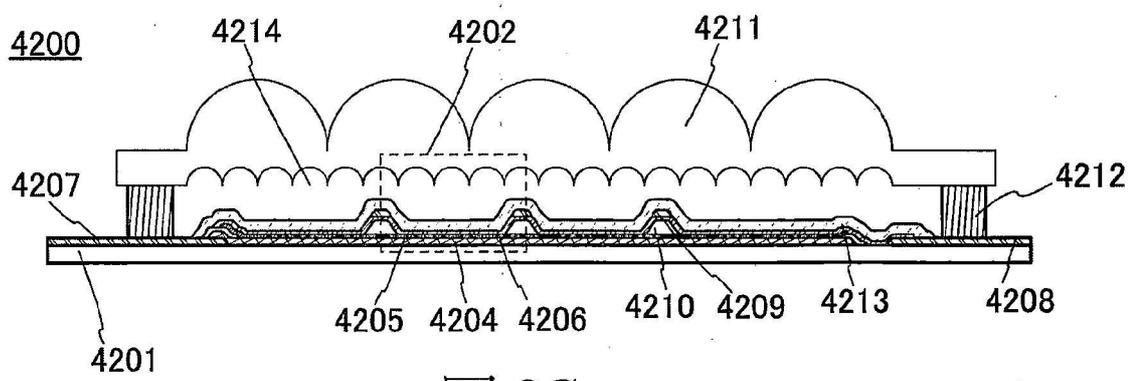


圖 8C

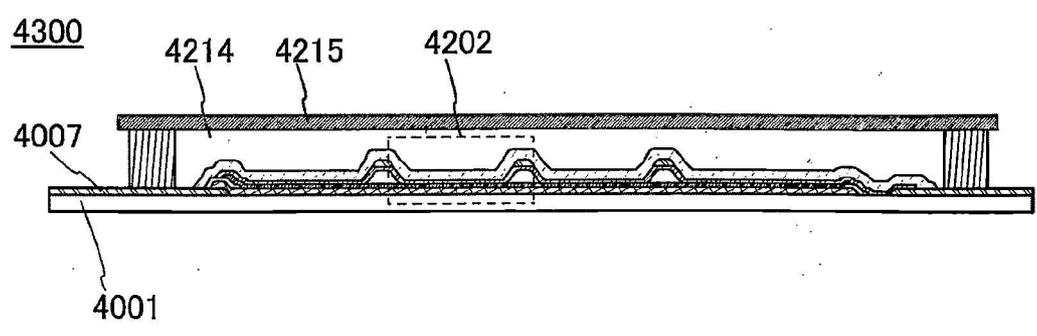


圖 8D

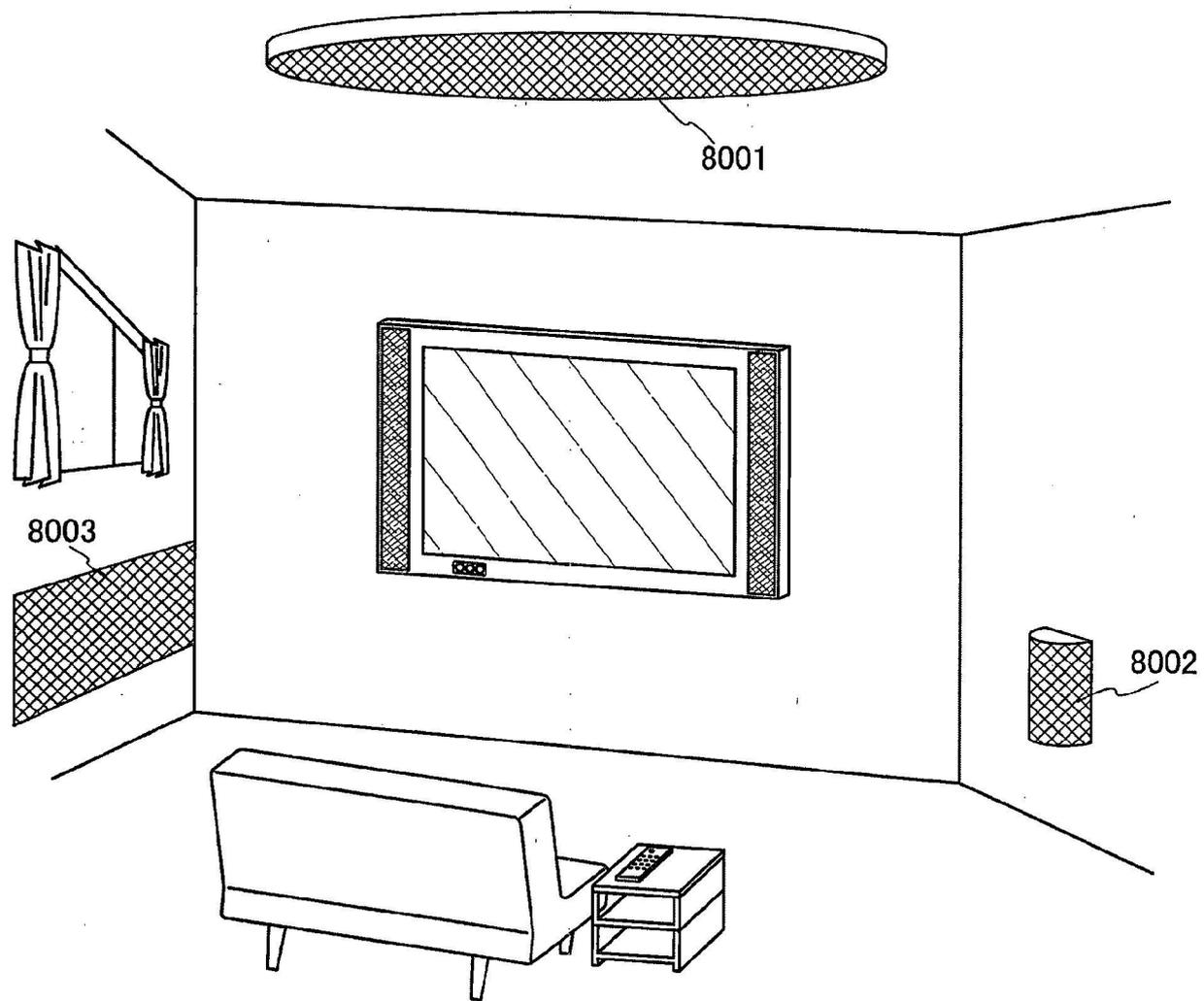


圖 9

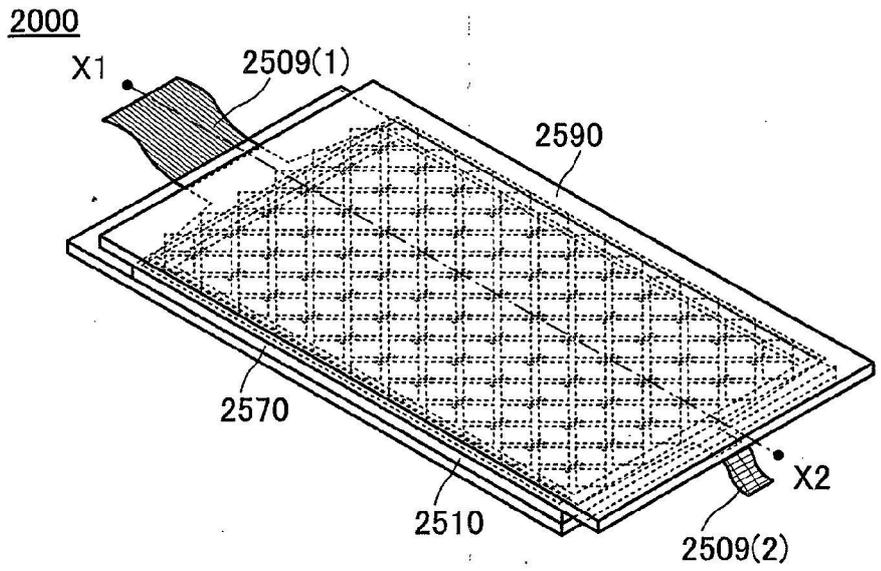


圖 10A

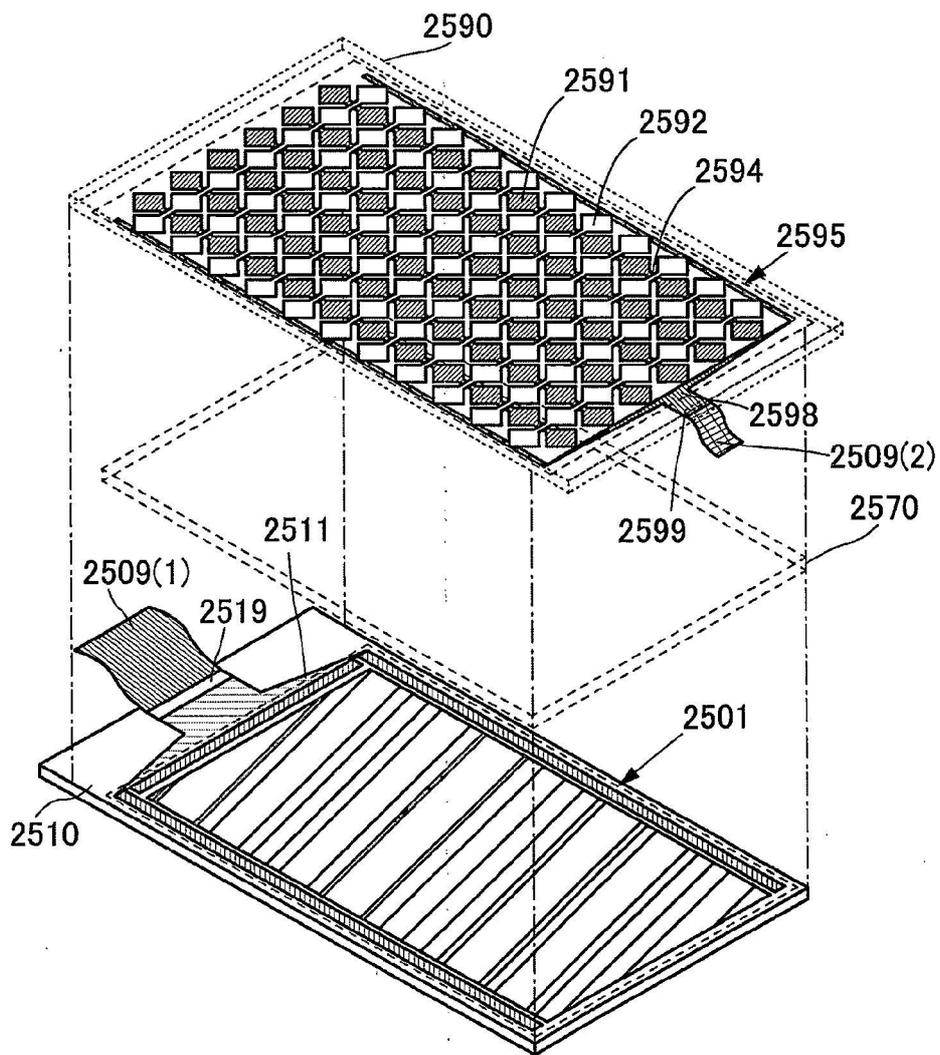


圖 10B

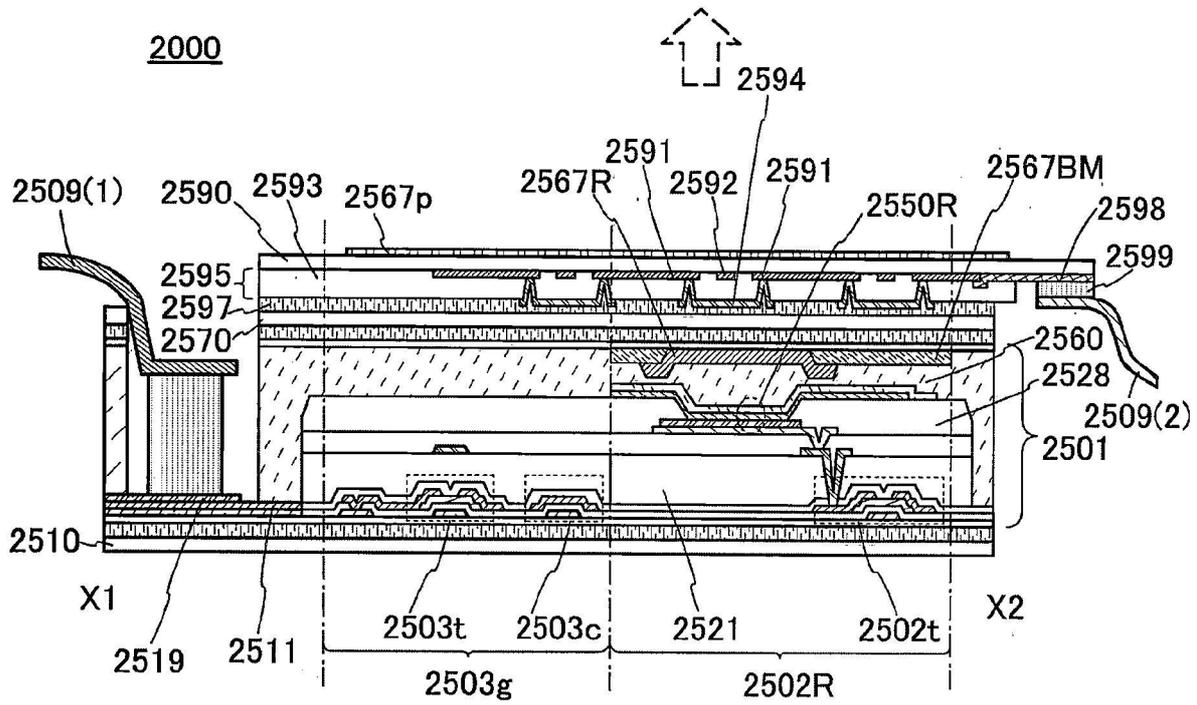


圖 11A

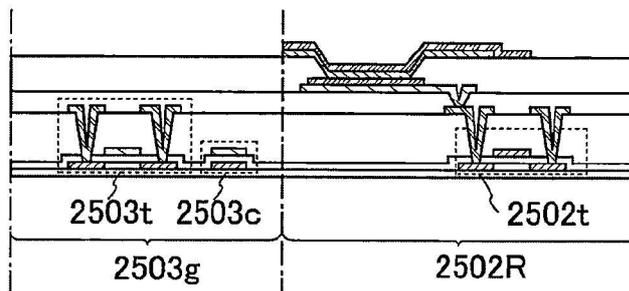


圖 11B



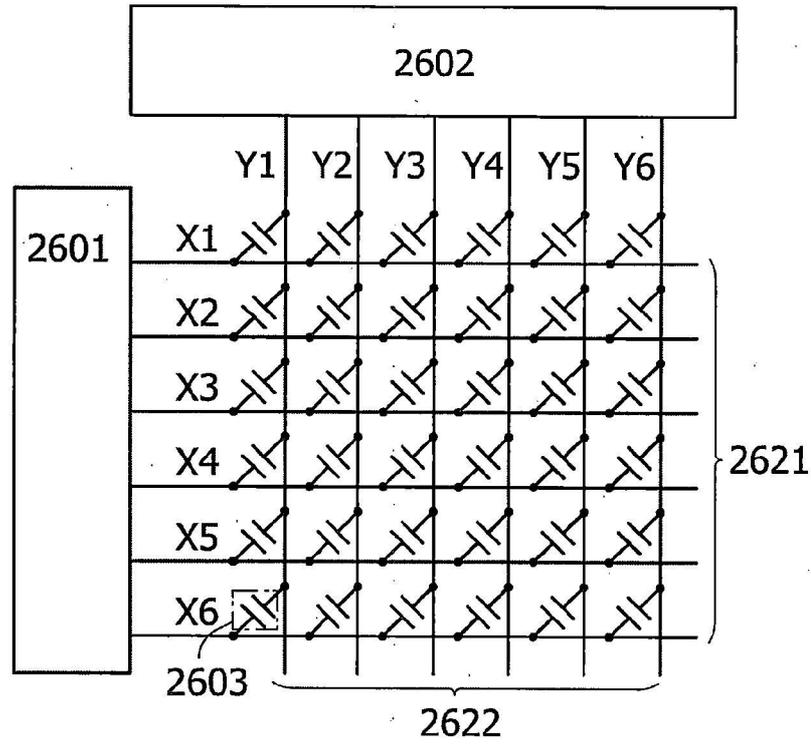


圖 13A

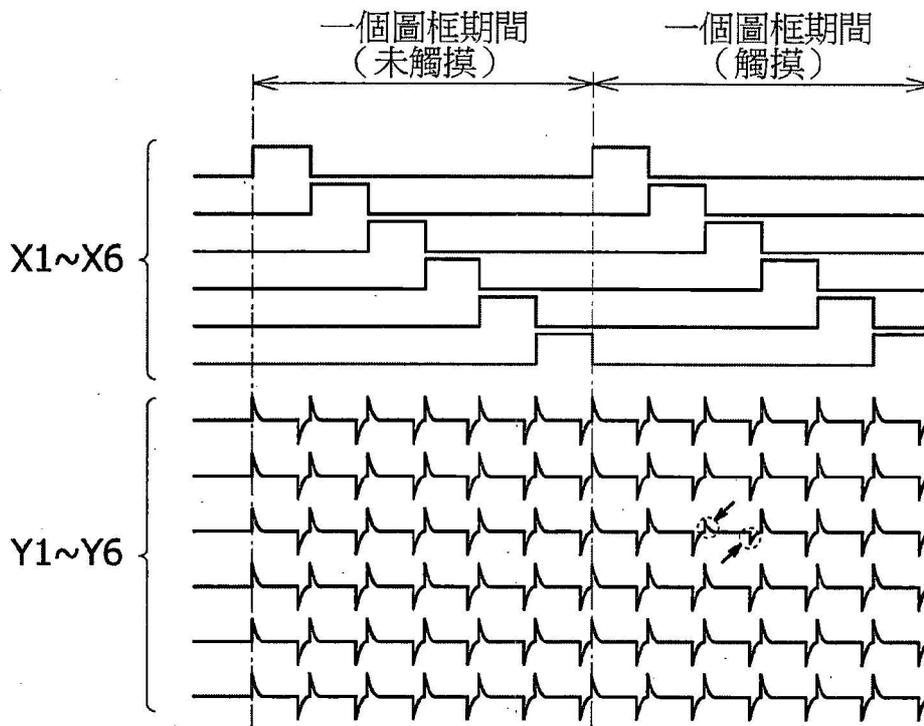


圖 13B

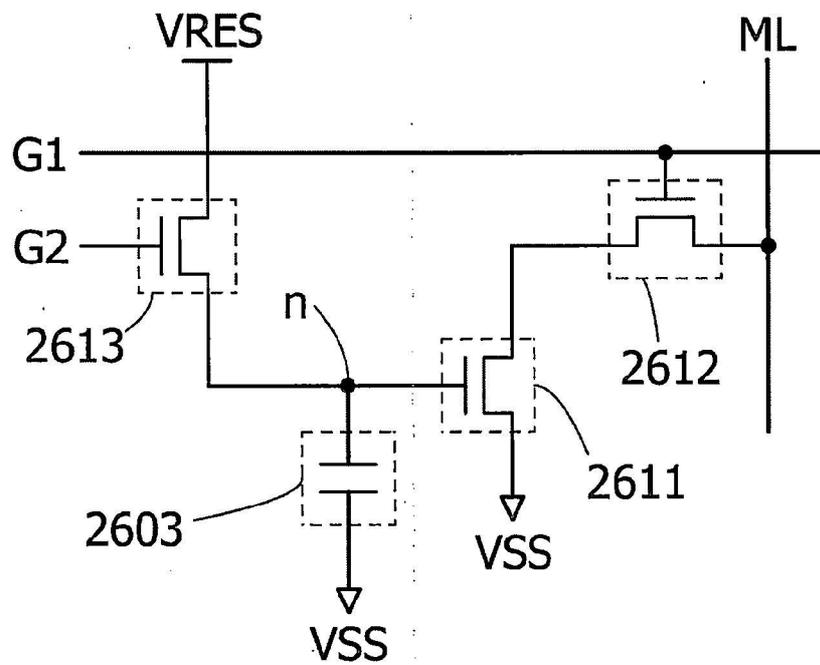


圖 14

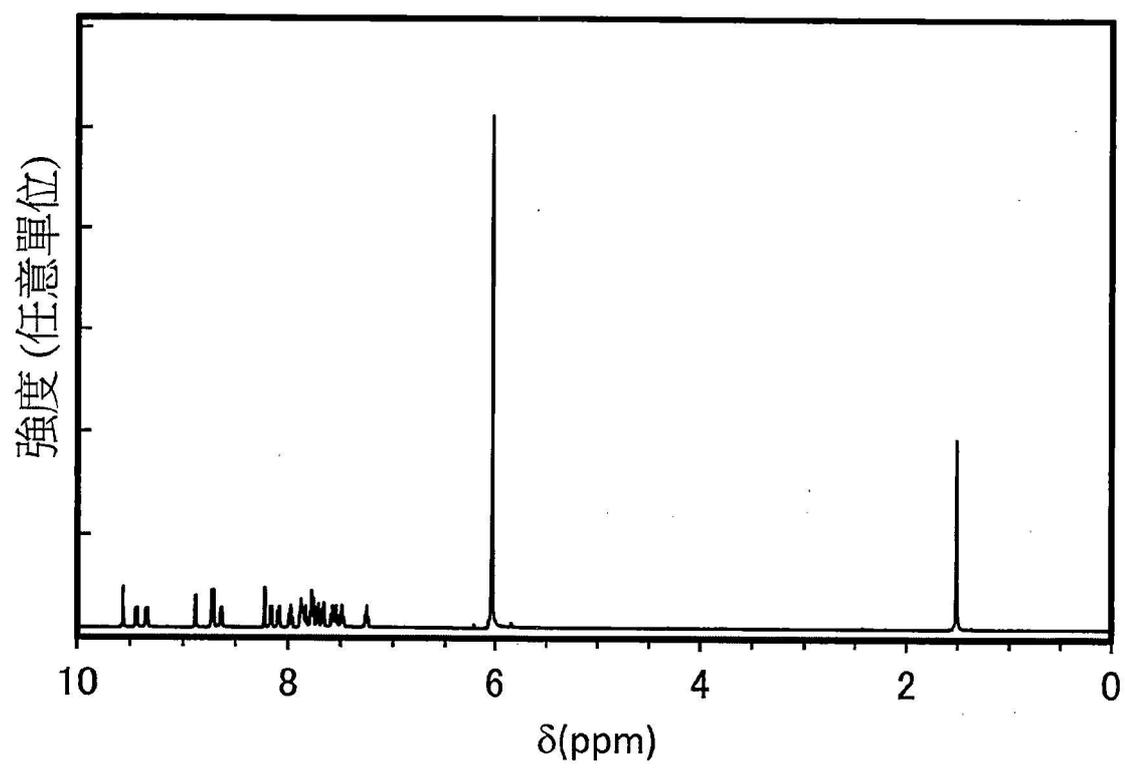


圖 15A

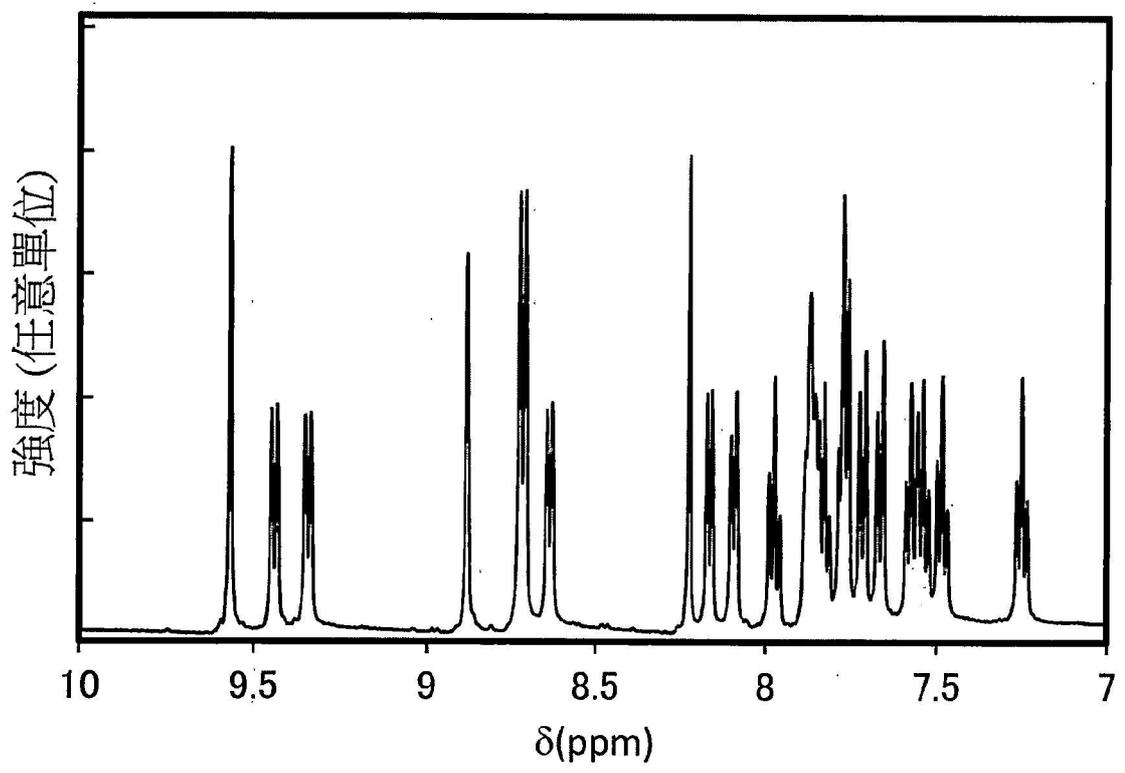


圖 15B

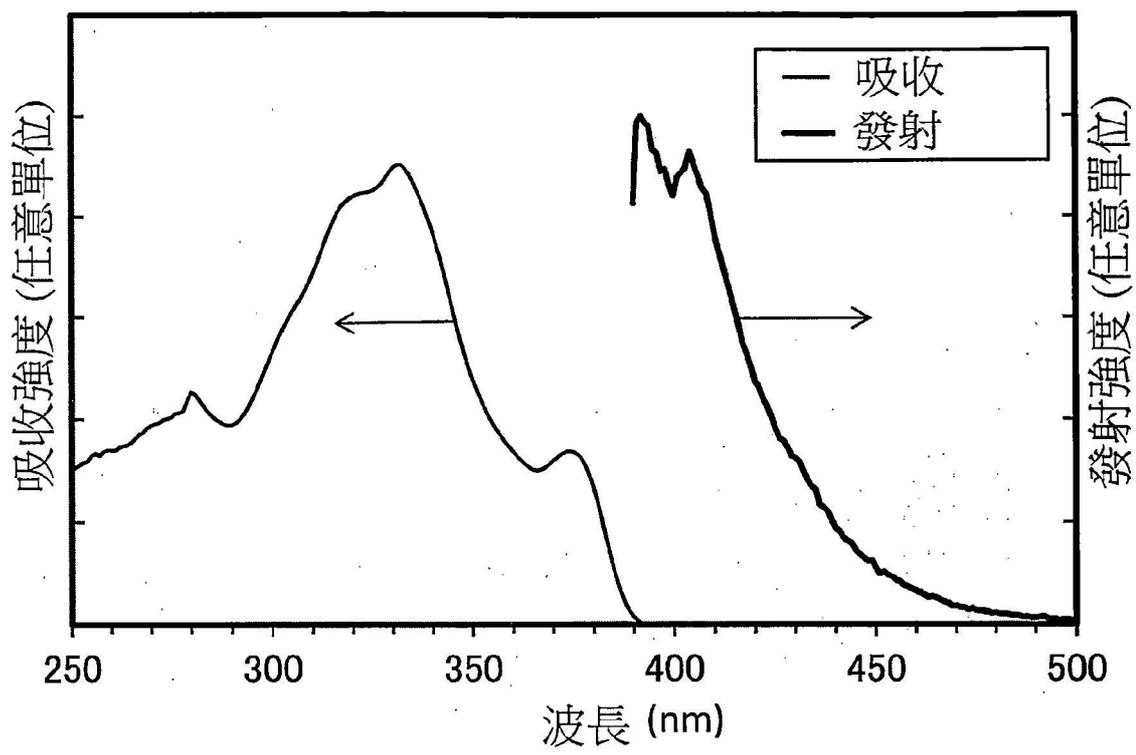


圖 16A

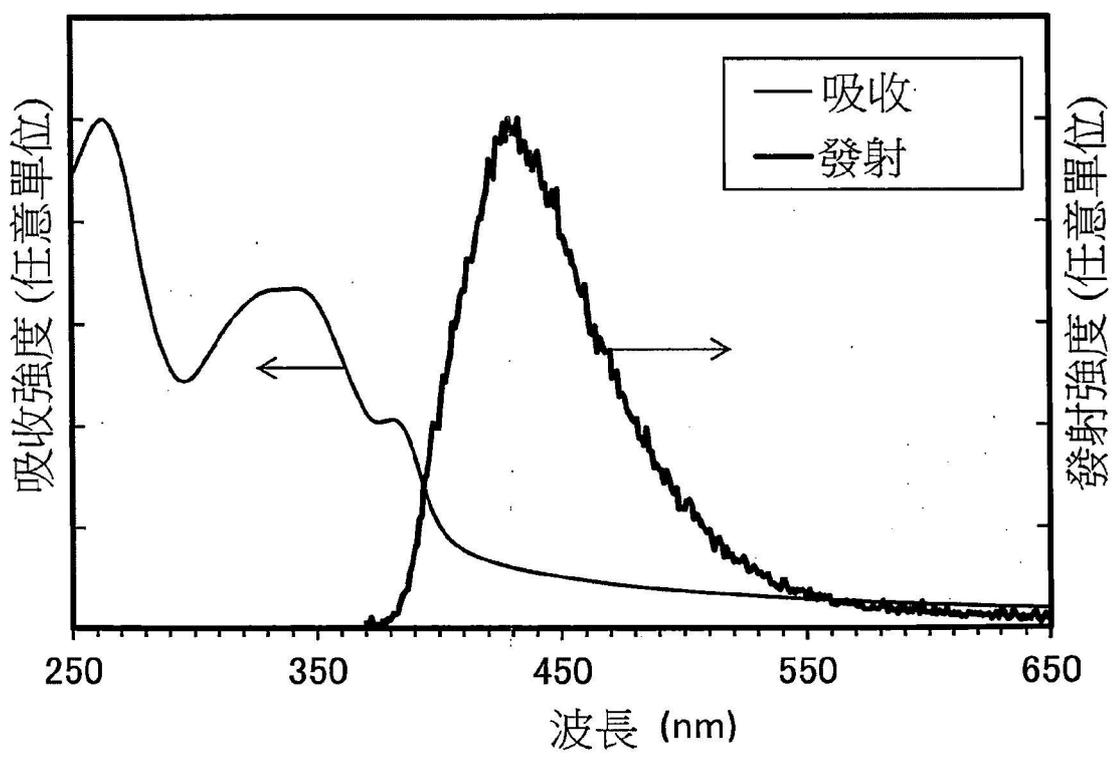


圖 16B

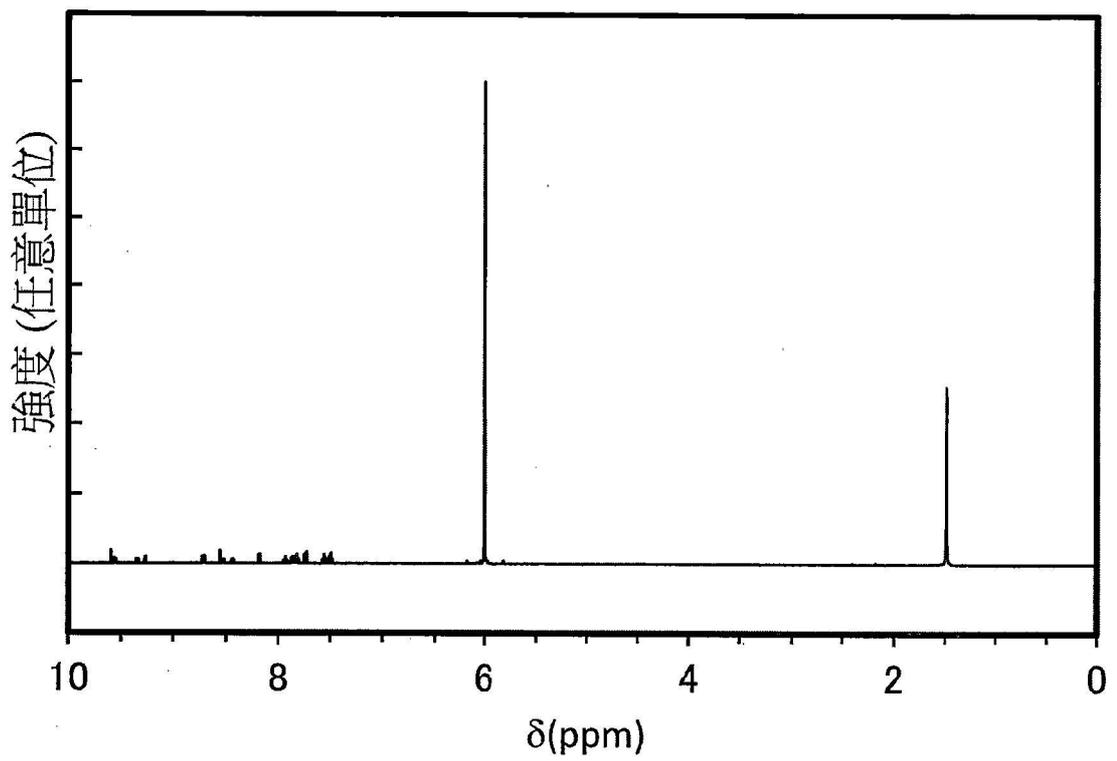


圖 17A

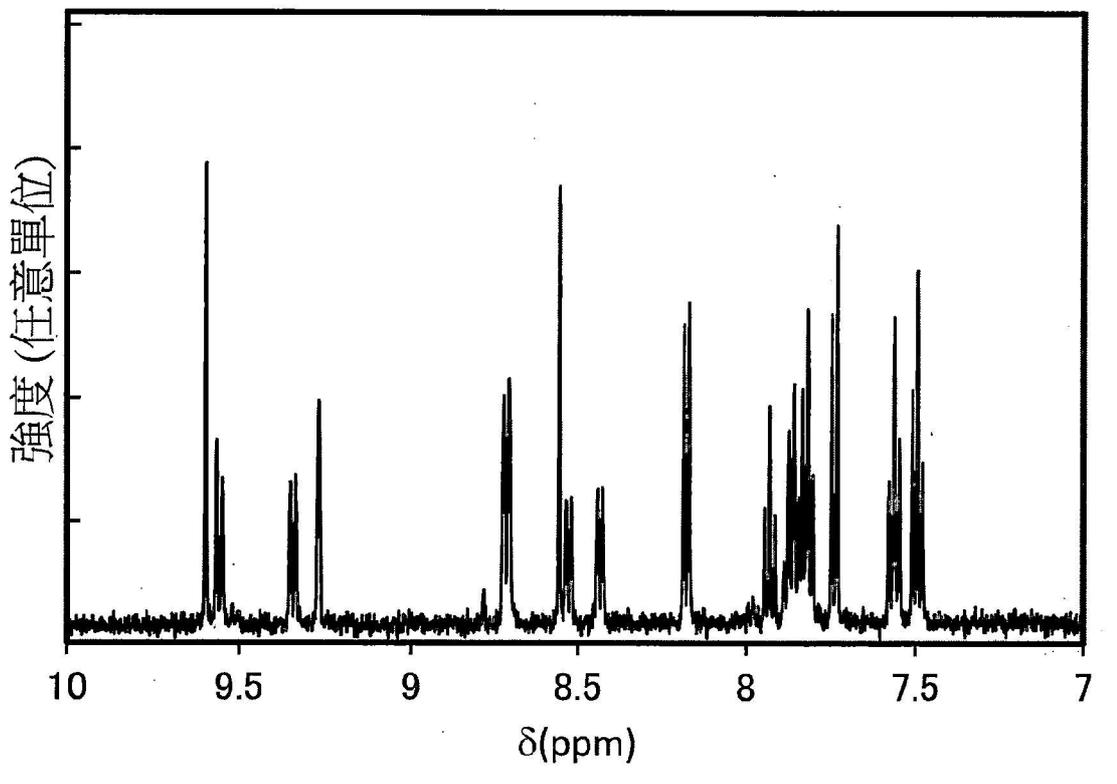


圖 17B

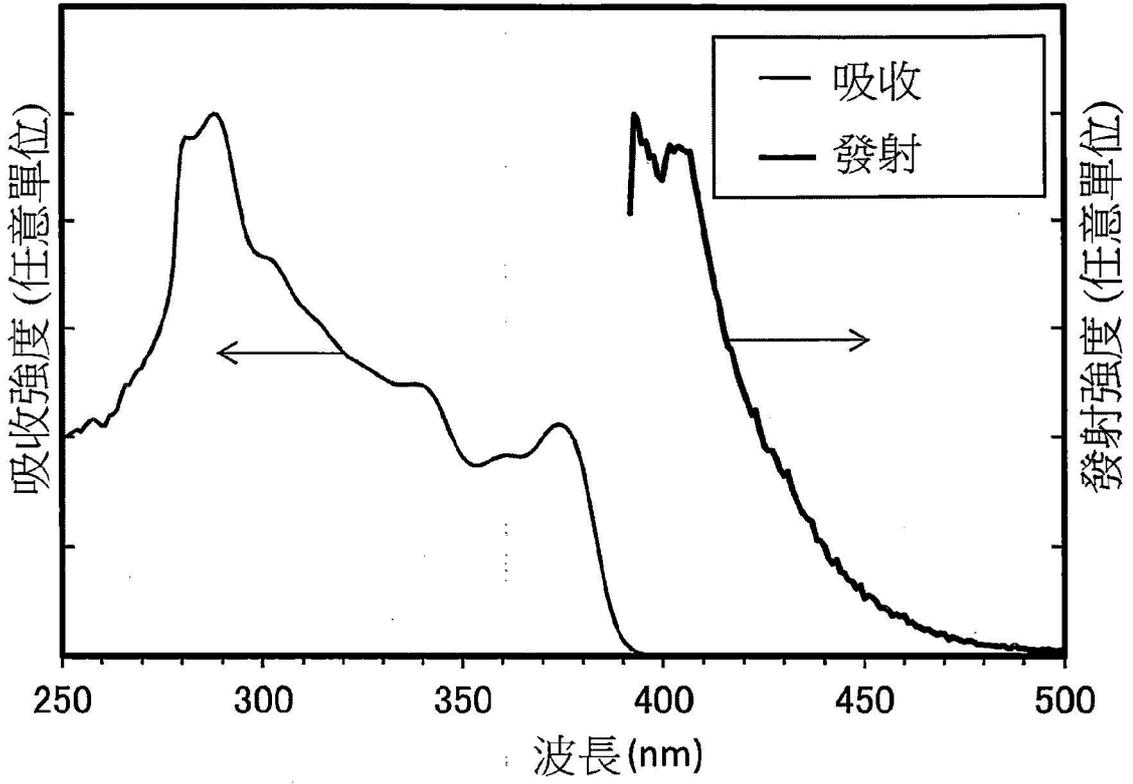


圖 18A

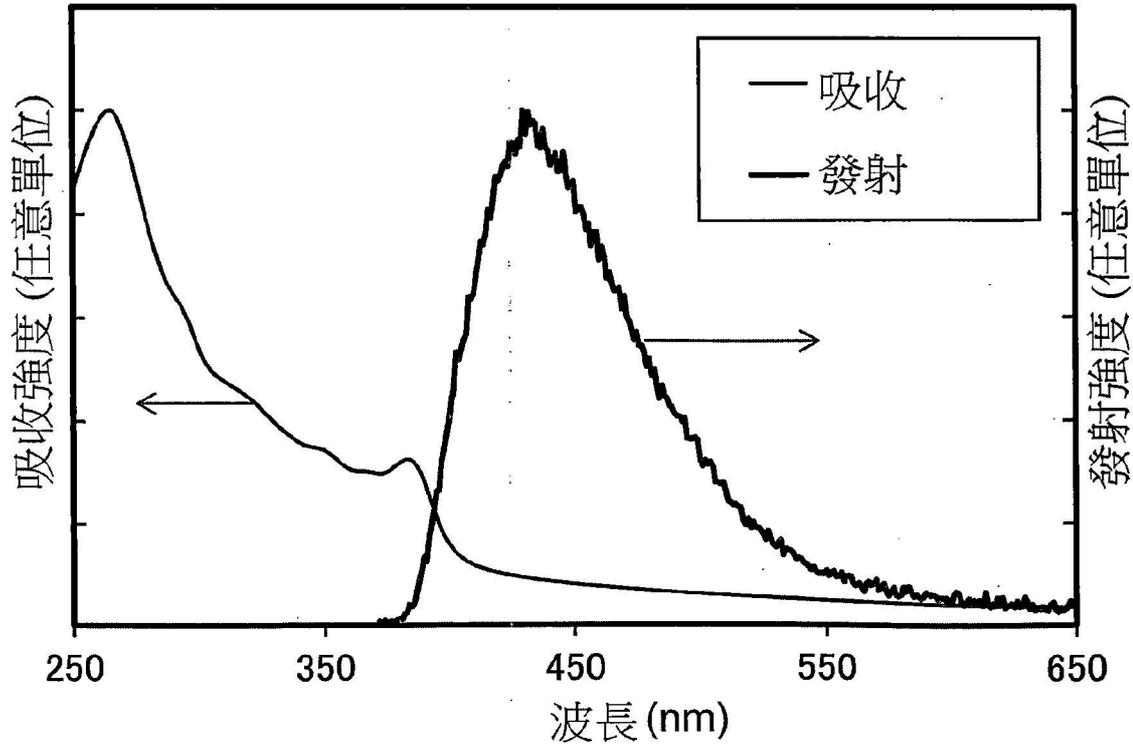


圖 18B

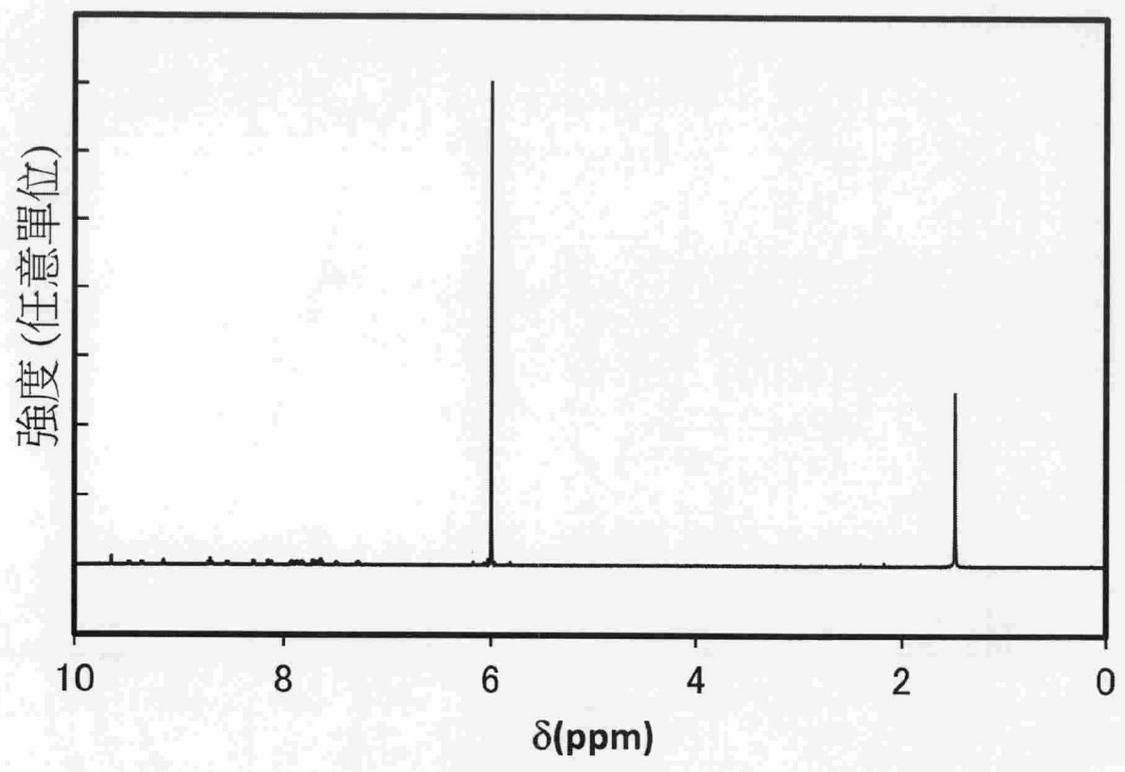


圖 19A

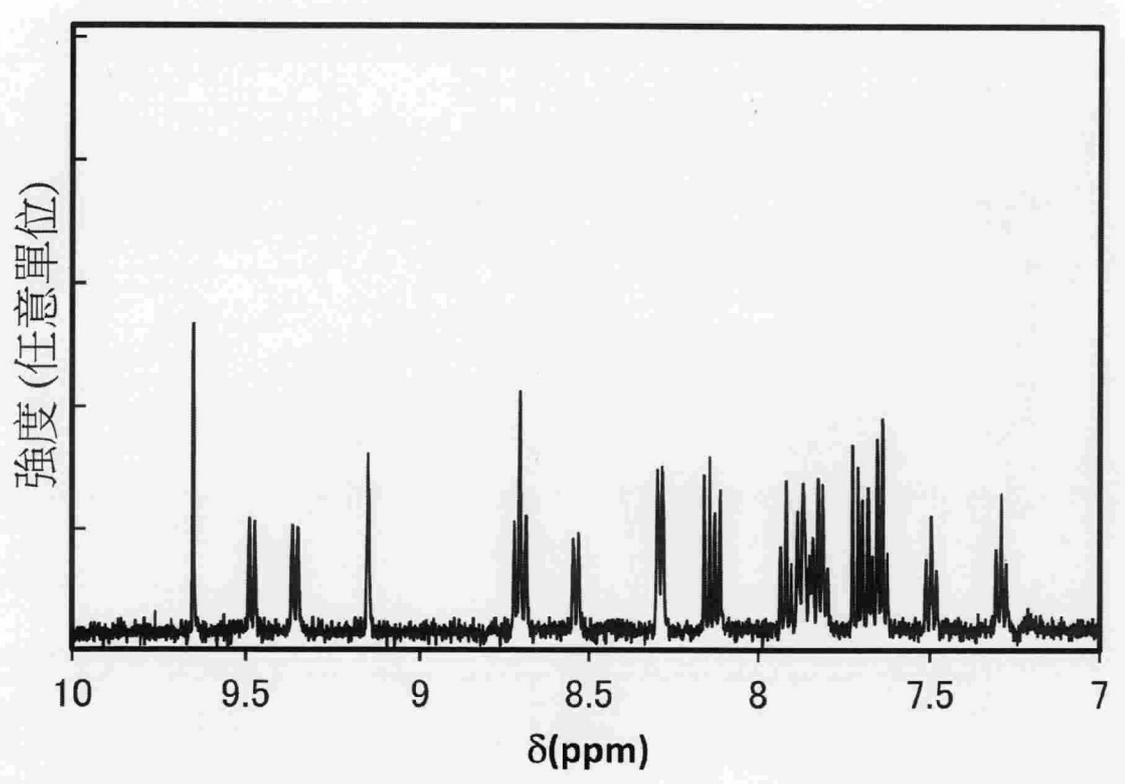


圖 19B

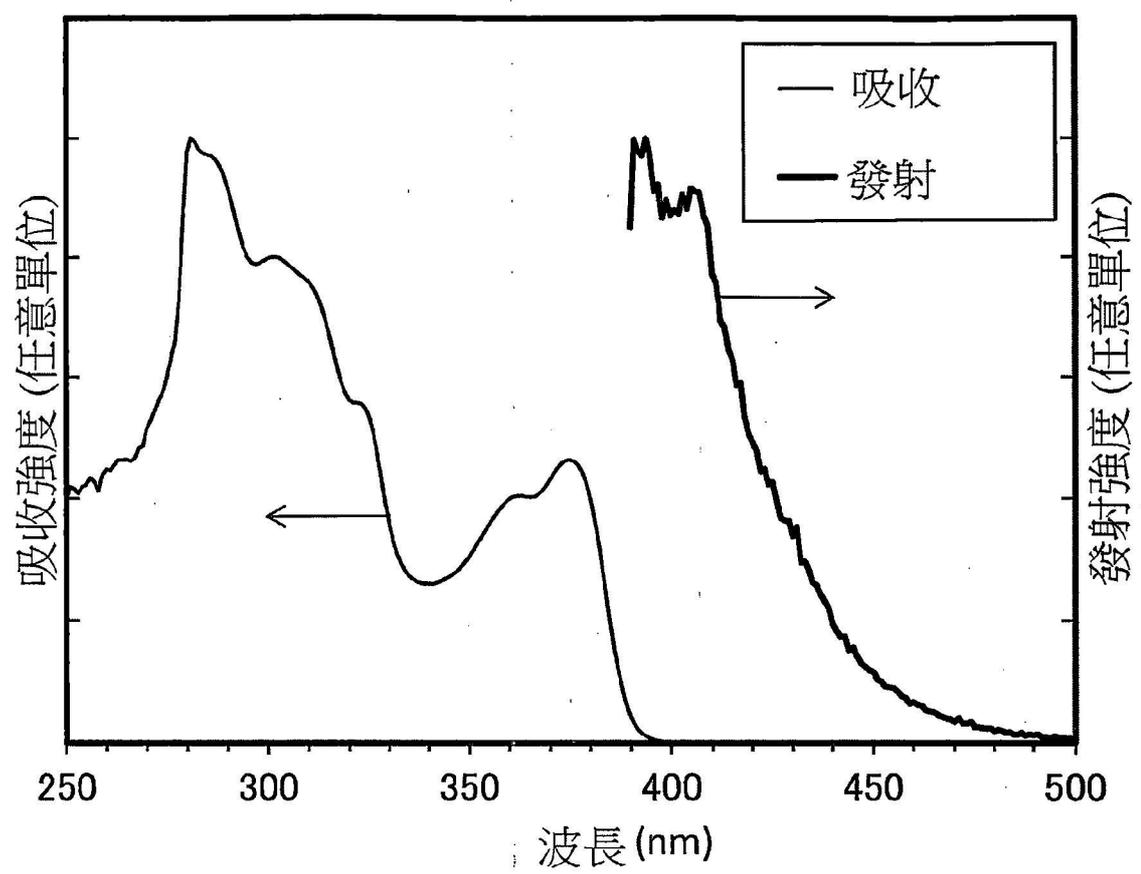


圖 20A

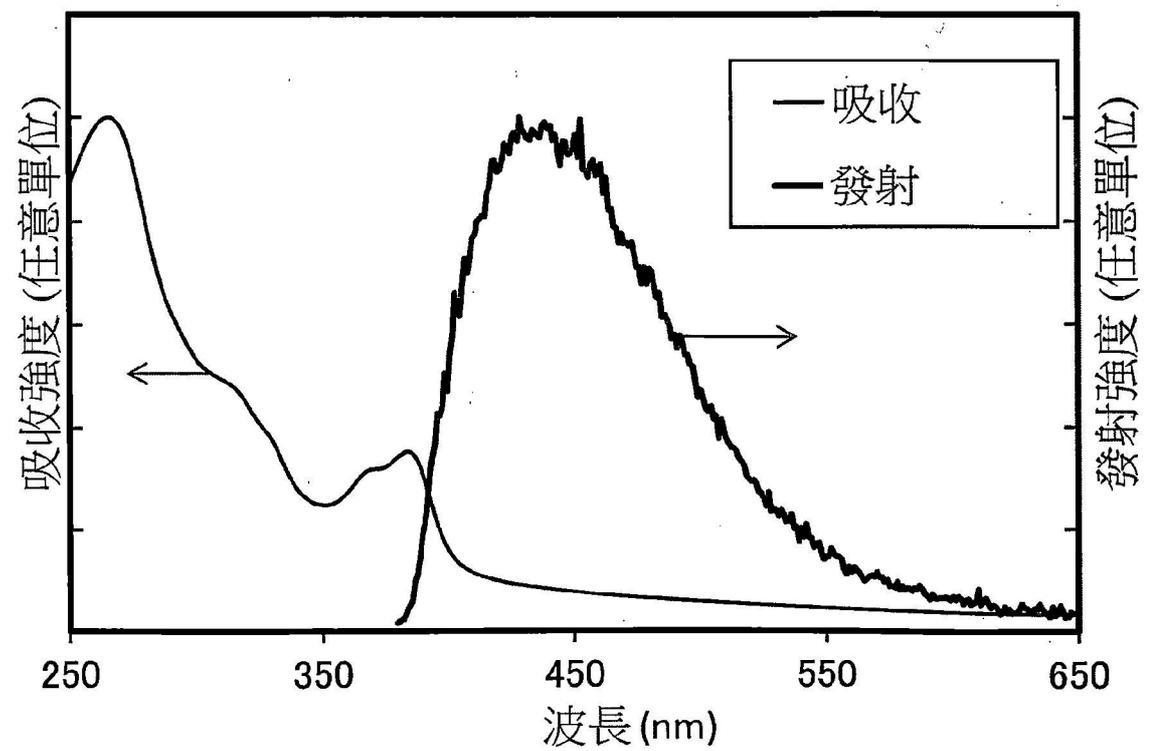


圖 20B

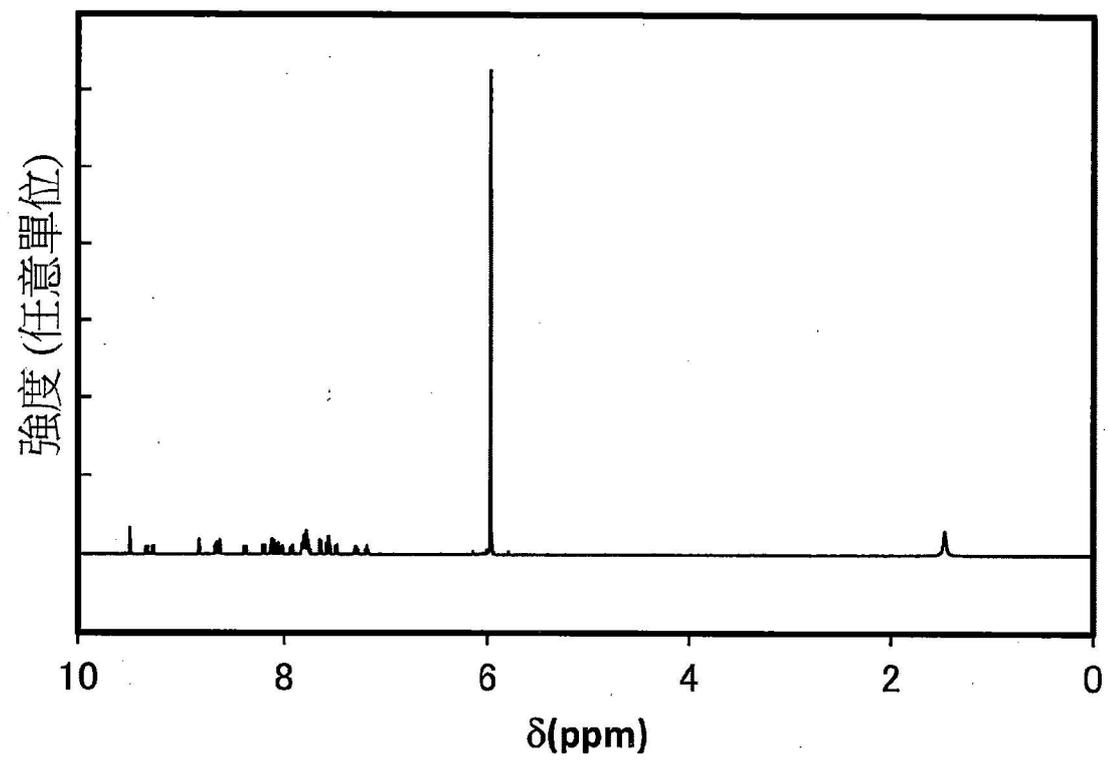


圖 21A

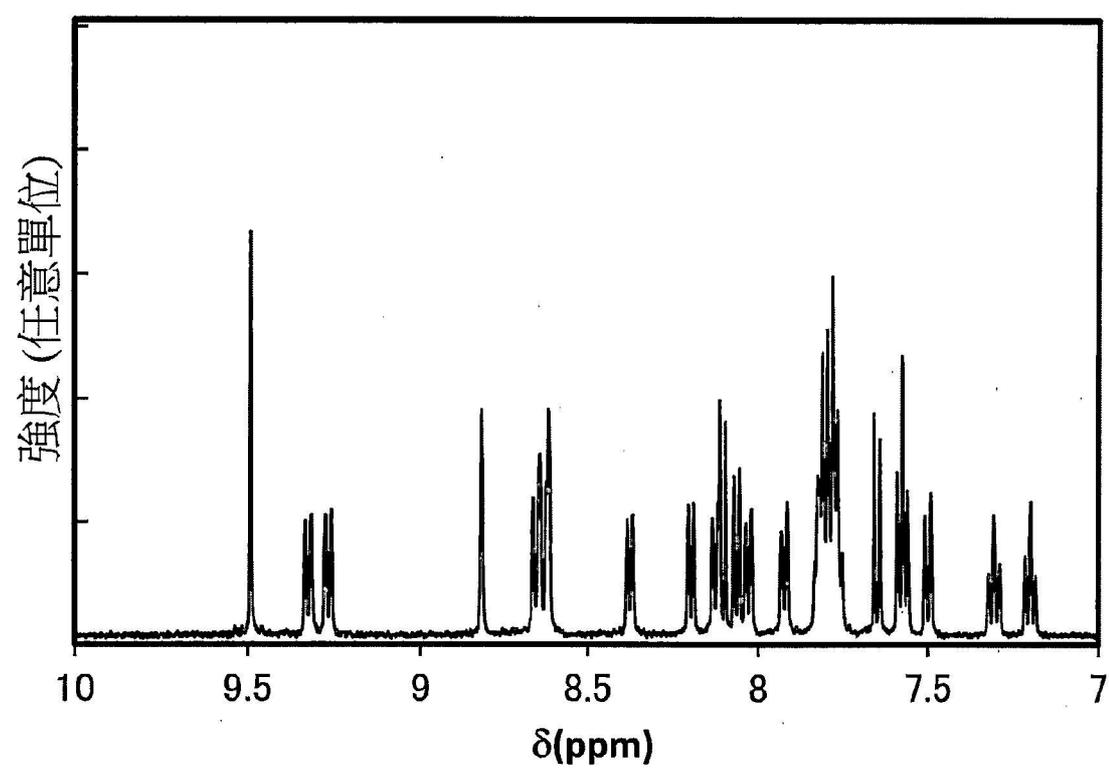


圖 21B

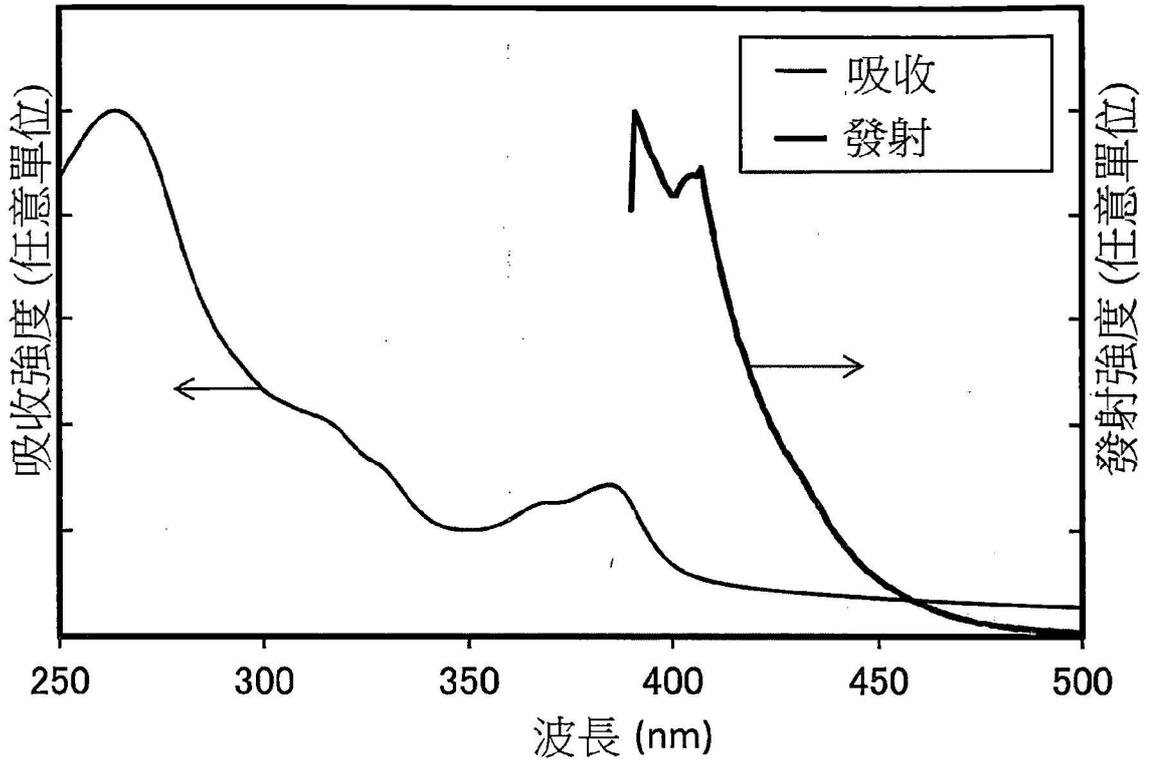


圖 22A

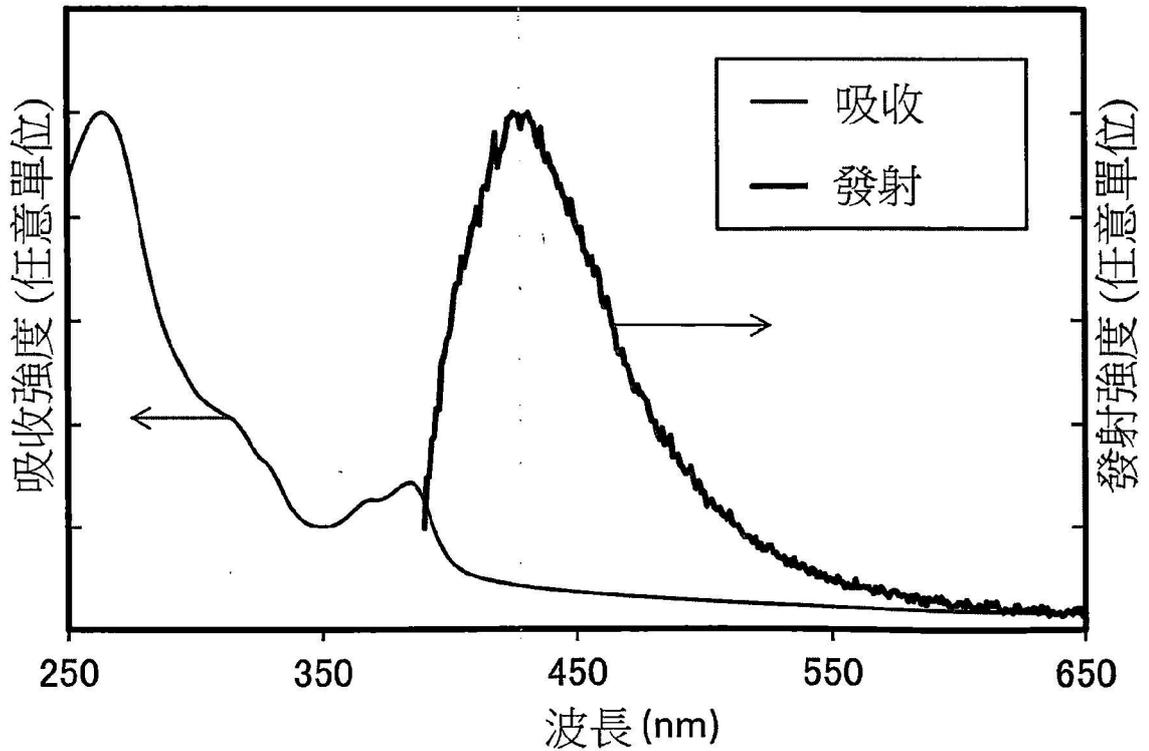


圖 22B

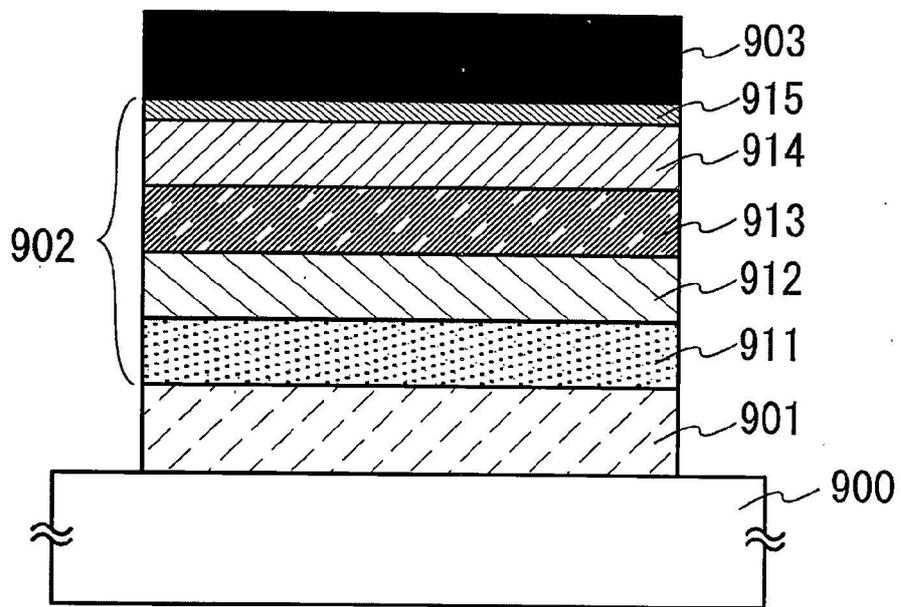


圖 23

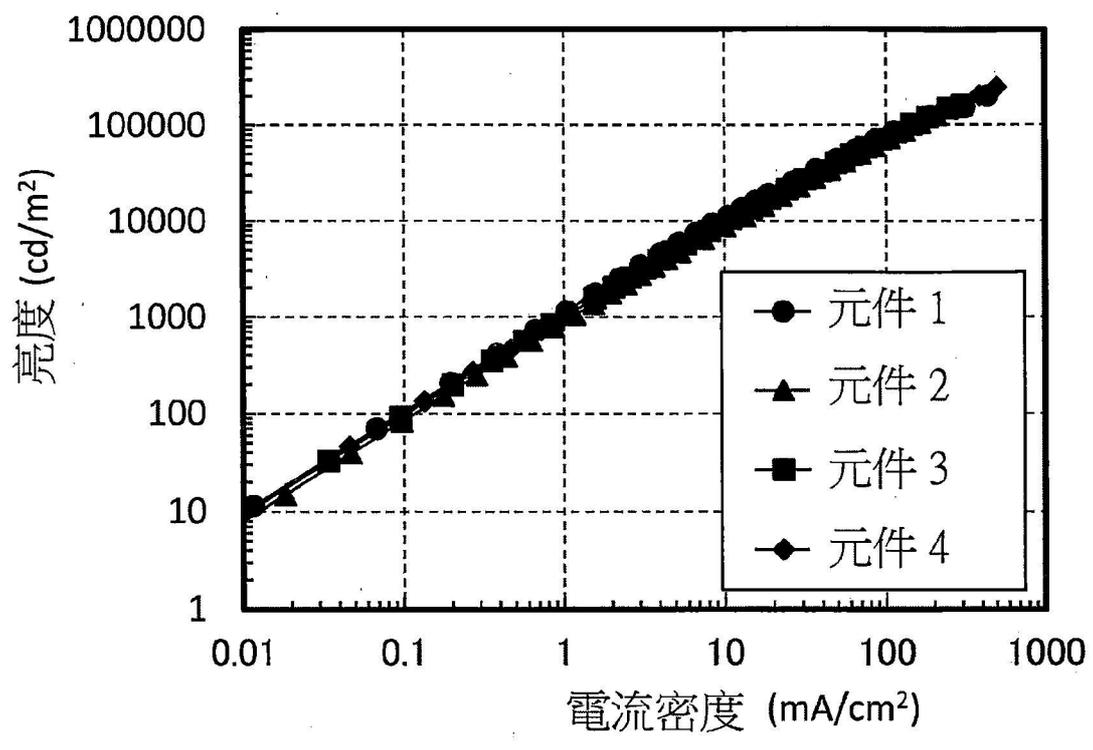


圖 24

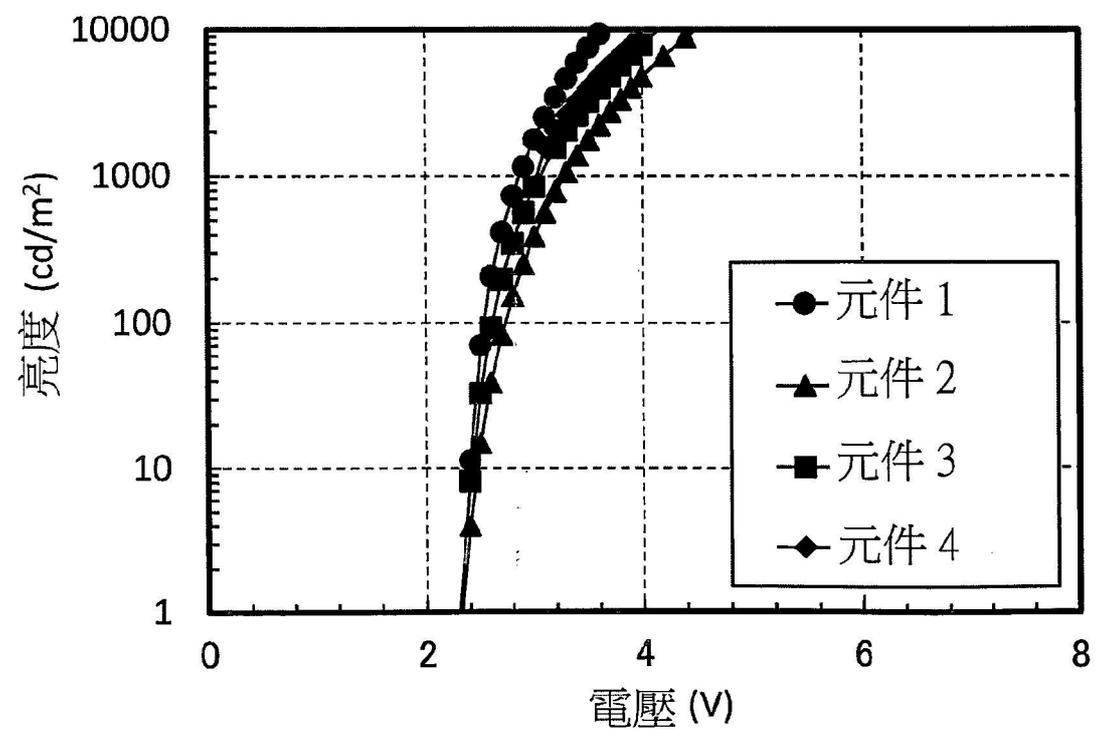


圖 25

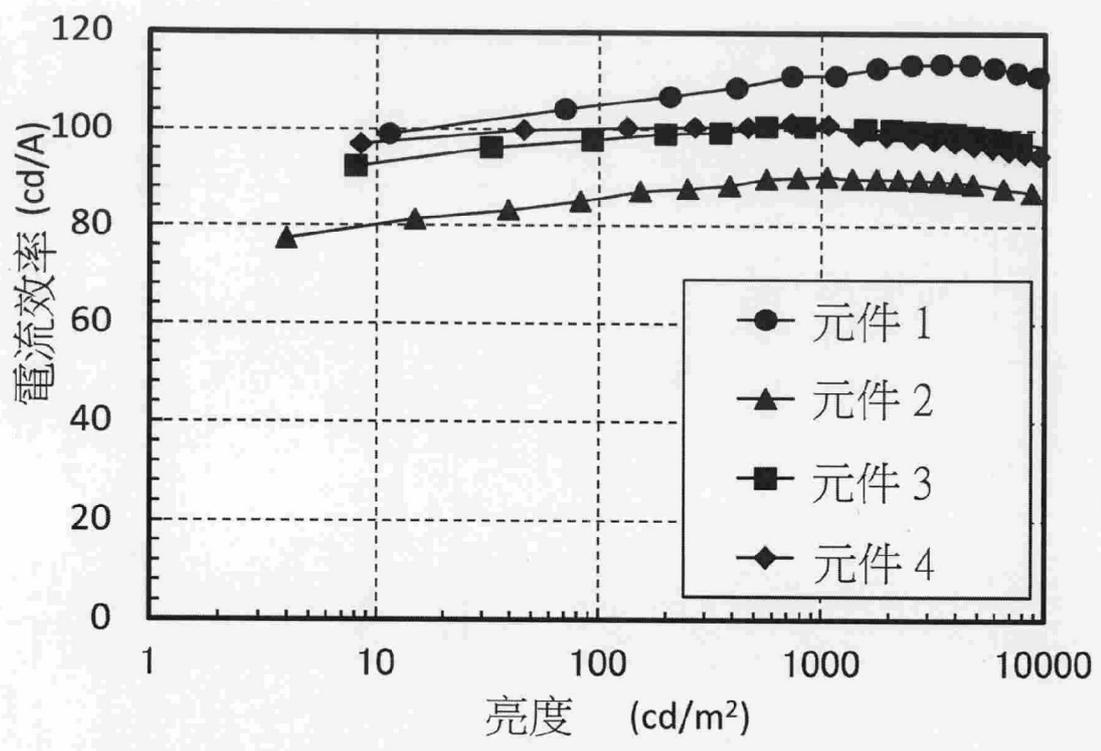


圖 26

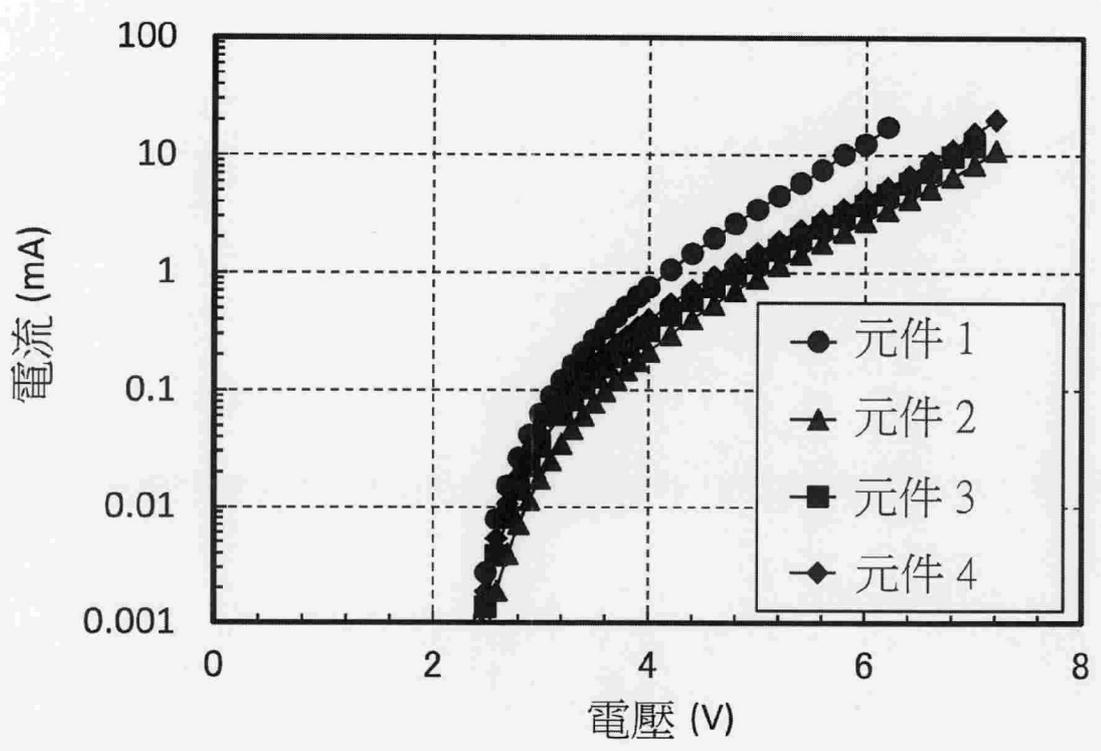


圖 27

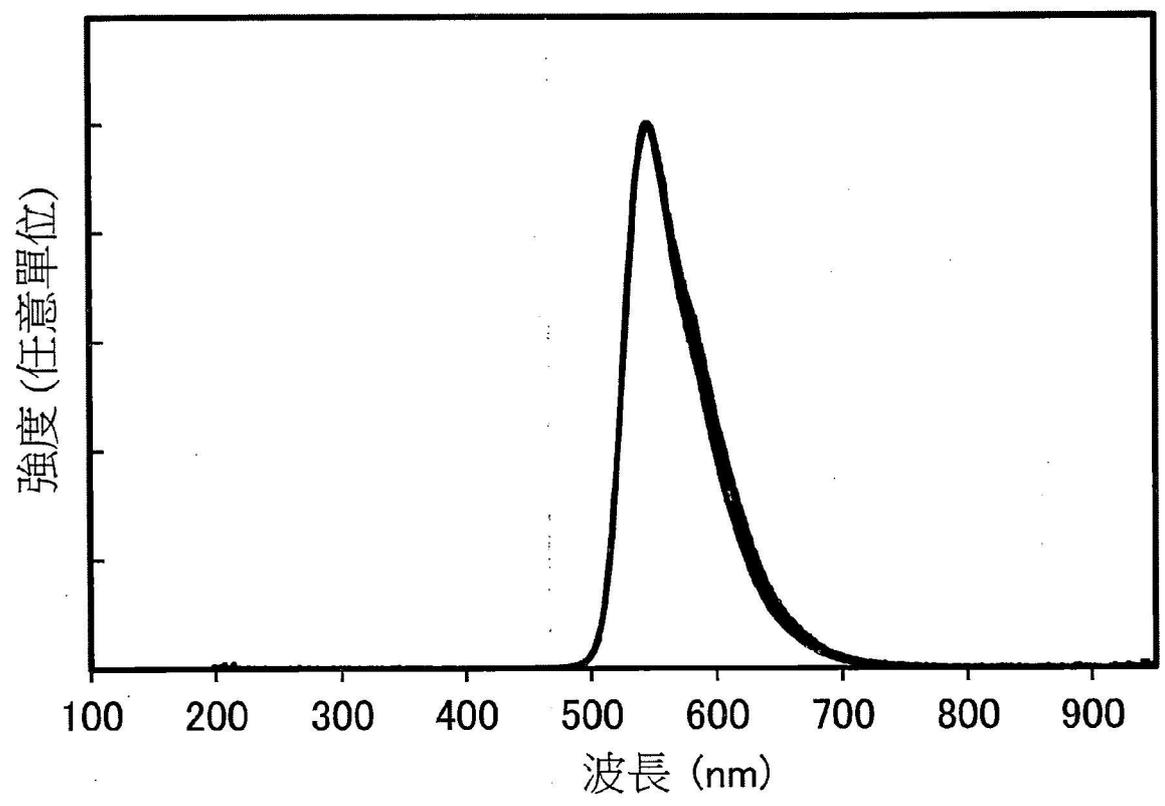


圖 28

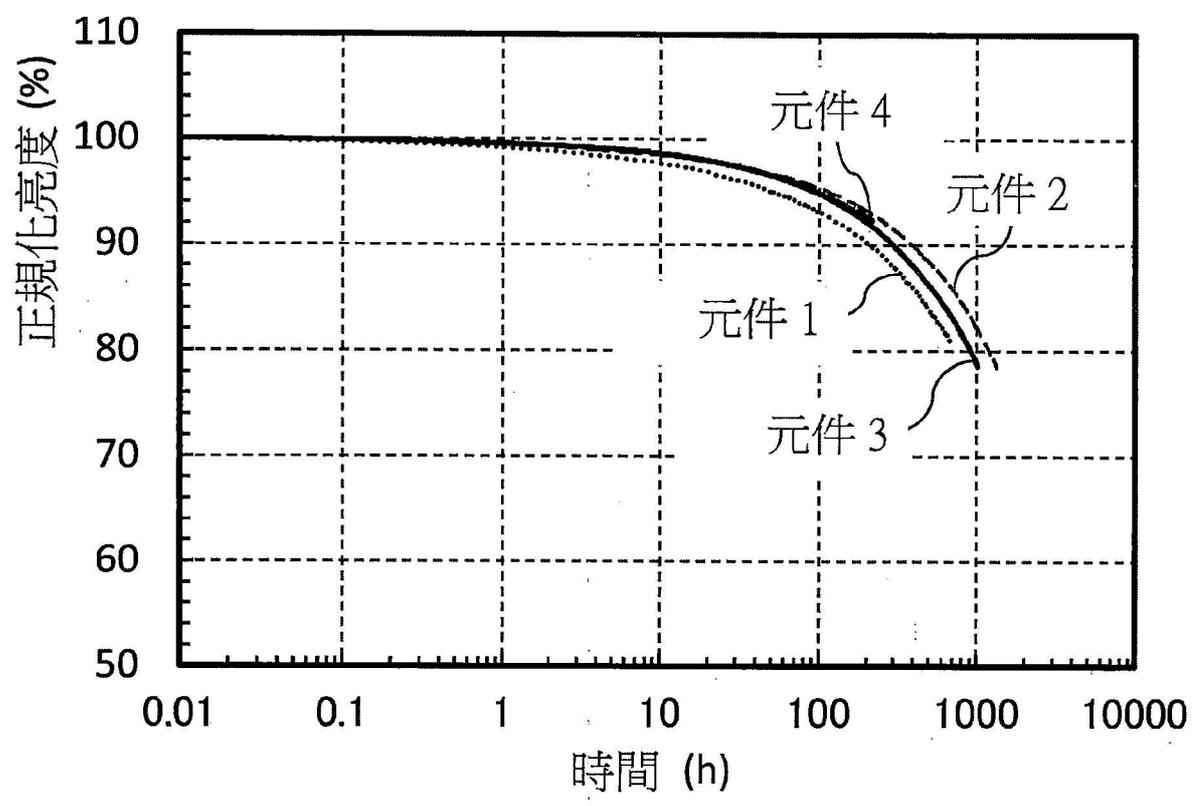


圖 29

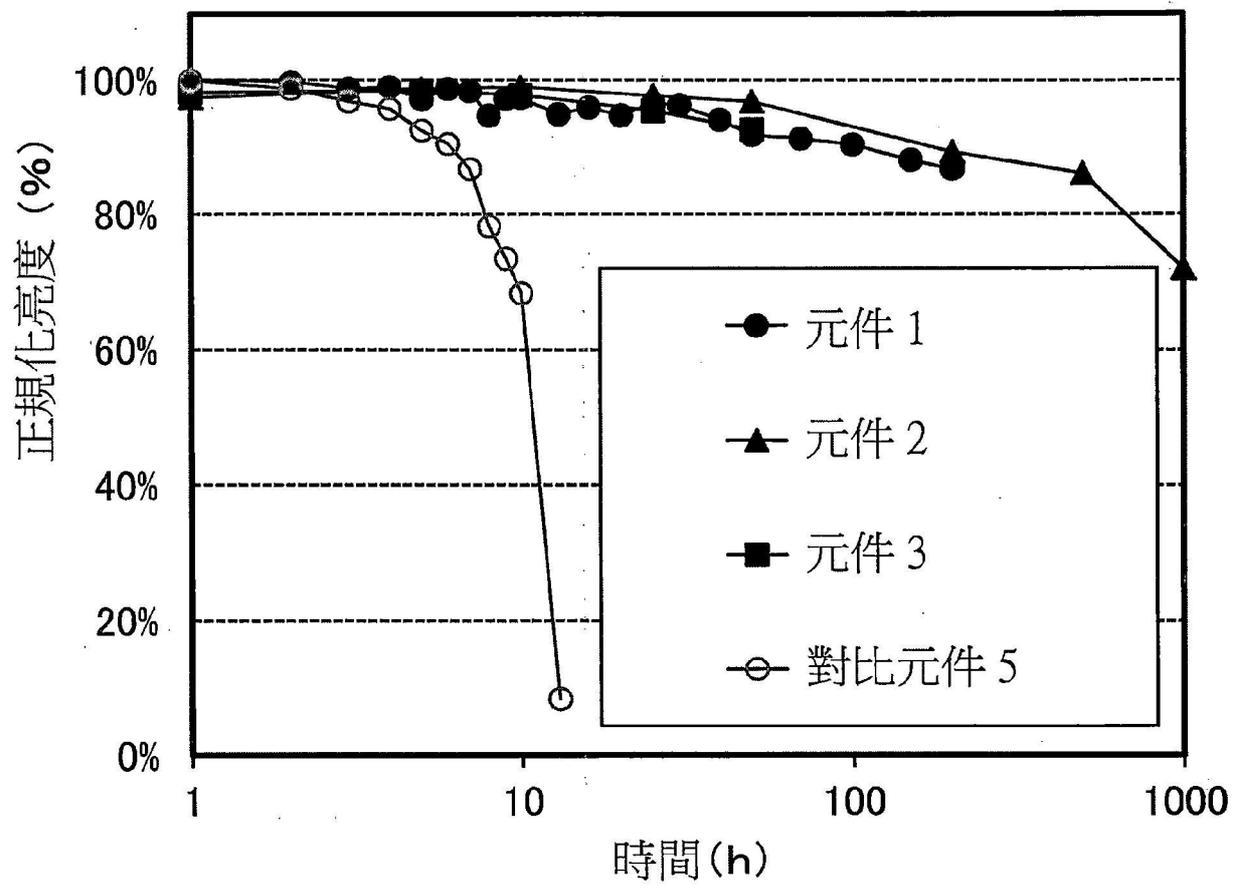


圖 30

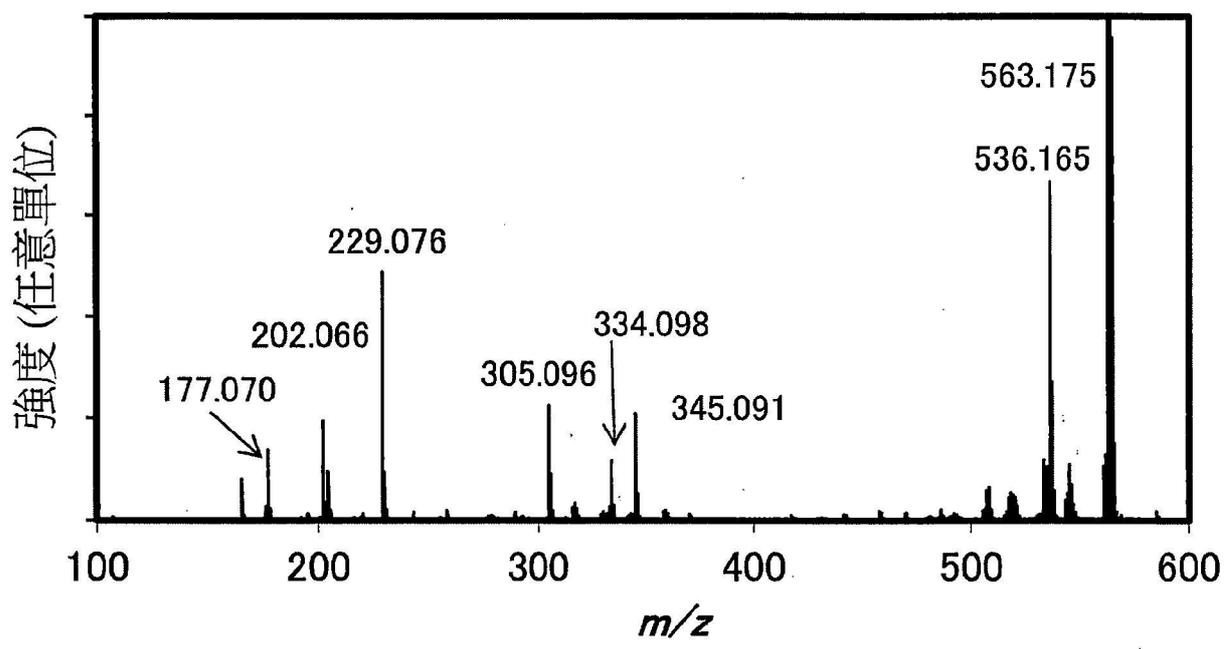


圖 31

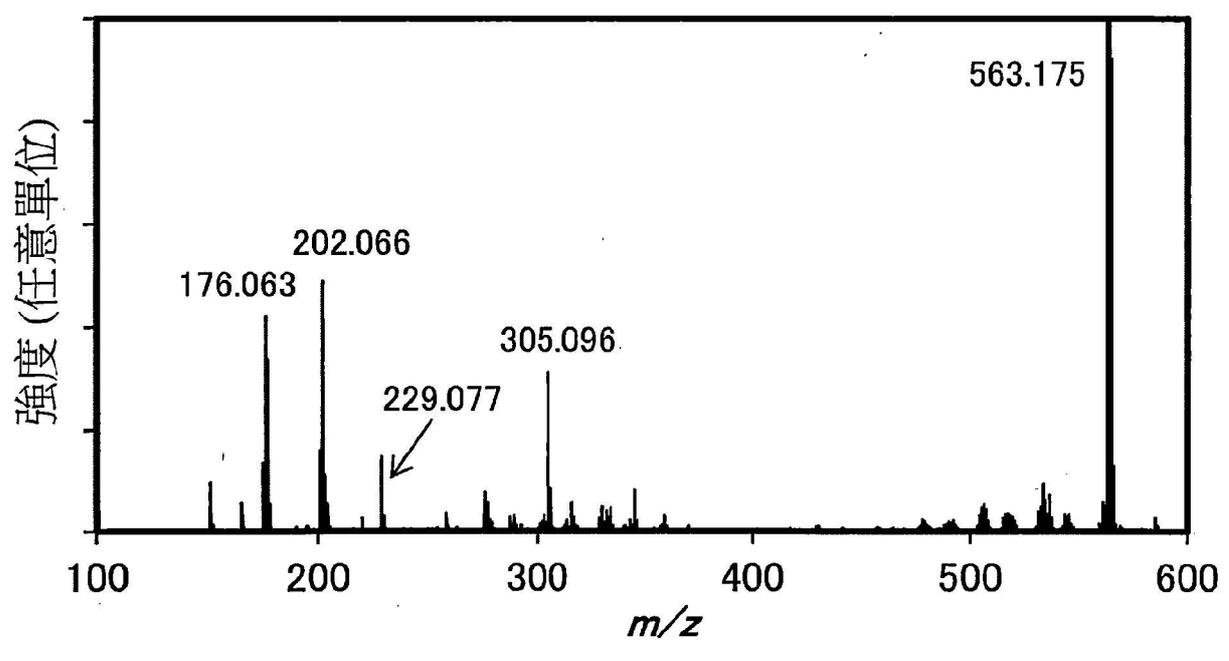


圖 32