



(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 I885728 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：113103874

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 02 日

(51)Int. Cl. : H10K50/11 (2023.01)

H10H20/822 (2025.01)

(30)優先權：2018/09/14 日本

2018-172929

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

日本

(72)發明人：瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201824599A

TW 201831439A

KR 10-2017-0078573A

US 2014/0084274A1

審查人員：葉耀中

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：65 共 180 頁

(54)名稱

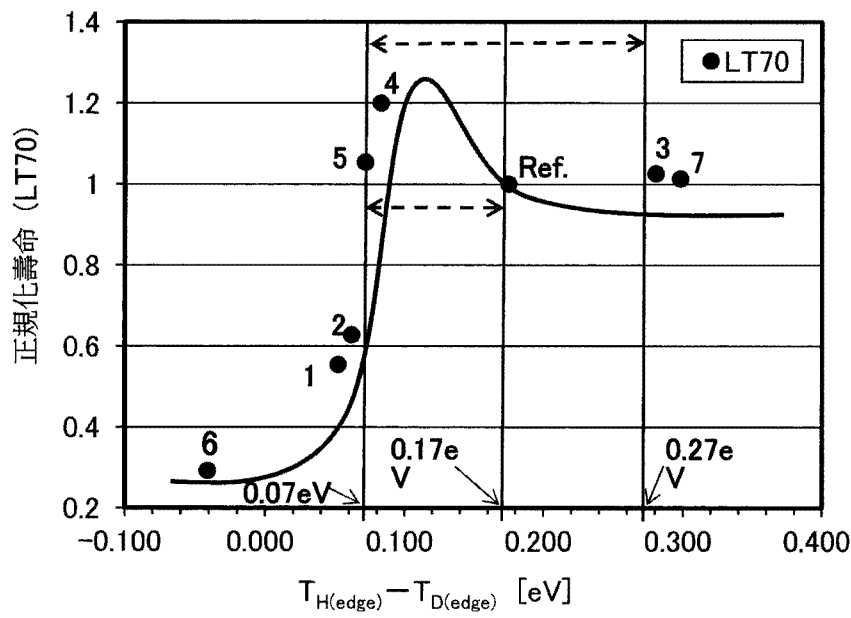
發光器件、發光裝置、電子裝置及照明設備

(57)摘要

本發明的一個實施方式提供一種在發光層中將能量從主體材料高效地轉移到客體材料且具有高可靠性的發光器件。本發明的一個實施方式是一種發光器件，其中，藉由使發光層中的主體材料及客體材料的 T1 能階及 S1 能階在一定範圍內，能夠將能量從主體材料高效地轉移到客體材料，並且可以提高可靠性。

To provide a light-emitting device not only including a light-emitting layer in which energy is efficiently transferred from a host material to a guest material but also having high reliability. The light-emitting device not only includes a light-emitting layer in which the T1 levels and the S1 levels of a host material and a guest material fall within certain ranges so that energy can be efficiently transferred from the host material to the guest material and but also has improved reliability.

指定代表圖：



【圖 1】



I885728

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

發光器件、發光裝置、電子裝置及照明設備

### 【英文發明名稱】

LIGHT-EMITTING DEVICE, LIGHT-EMITTING APPARATUS,  
ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

### 【中文】

本發明的一個實施方式提供一種在發光層中將能量從主體材料高效地轉移到客體材料且具有高可靠性的發光器件。本發明的一個實施方式是一種發光器件，其中，藉由使發光層中的主體材料及客體材料的T1能階及S1能階在一定範圍內，能夠將能量從主體材料高效地轉移到客體材料，並且可以提高可靠性。

### 【英文】

To provide a light-emitting device not only including a light-emitting layer in which energy is efficiently transferred from a host material to a guest material but also having high reliability. The light-emitting device not only includes a light-emitting layer in which the T1 levels and the S1 levels of a host material and a guest material fall within certain ranges so that energy can be efficiently transferred from the host material to the guest material and but also has improved reliability.

【指定代表圖】圖 1

【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】無

# 【發明說明書】

## 【中文發明名稱】

發光器件、發光裝置、電子裝置及照明設備

## 【英文發明名稱】

LIGHT-EMITTING DEVICE, LIGHT-EMITTING APPARATUS,  
ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

## 【技術領域】

【0001】本發明的一個實施方式係關於一種發光器件、發光裝置、電子裝置及照明設備。本發明的一個實施方式不侷限於上述技術領域。就是說，本發明的一個實施方式係關於一種物體、方法、製造方法或驅動方法。另外，本發明的一個實施方式係關於一種製程(process)、機器(machine)、產品(manufacture)或組合物(composition of matter)。

## 【先前技術】

【0002】由於在一對電極之間夾有EL層的發光器件(也稱為有機EL器件)具有薄型輕量、對輸入信號的高速回應性及低功耗等特性，所以使用上述發光器件的顯示器被期待用作下一代平板顯示器。

【0003】發光器件藉由在一對電極之間施加電壓，從各電極注入的電子和電洞在EL層中再結合而EL層所包含

的發光物質(有機化合物)成為激發態，當該激發態返回到基態時發光。另外，作為激發態的種類，可以舉出單重激發態( $S^*$ )和三重激發態( $T^*$ )，其中由單重激發態的發光被稱為螢光，而由三重激發態的發光被稱為磷光。另外，在發光器件中，單重激發態和三重激發態的統計學上的生成比例被認為是 $S^* : T^* = 1 : 3$ 。從發光物質得到的發射光譜是該發光物質特有的，並且藉由將不同種類的有機化合物用作發光物質，可以得到發射各種發光顏色的發光器件。

【0004】關於這種發光器件，為了提高其器件特性和可靠性，正在積極地進行器件結構的改進、材料的開發等(例如，參照專利文獻1)。

【0005】

[專利文獻1] 日本專利申請公開第2010-182699號公報

【發明內容】

【0006】為了提高發光器件的器件特性和可靠性，在考慮發光器件的發光層中的主體材料與客體材料之間的能量轉移的機制的同時減少器件驅動引起的損傷是重要的。

【0007】於是，本發明的一個實施方式提供一種在發光層中將能量從主體材料高效地轉移到客體材料且具有高可靠性的發光器件。

【0008】注意，這些目的的記載不妨礙其他目的的存在。注意，本發明的一個實施方式並不需要實現所有上述

目的。注意，說明書、圖式以及申請專利範圍等的記載中顯然存在上述目的以外的目的，可以從說明書、圖式以及申請專利範圍等的記載中衍生上述目的以外的目的。

【0009】本發明的一個實施方式是一種發光器件，其中，藉由使發光層中的主體材料及客體材料的T1能階及S1能階在一定範圍內，能夠將能量從主體材料高效地轉移到客體材料，並且可以提高可靠性。

【0010】本發明的一個實施方式是一種發光器件，包括一對電極之間的EL層，其中，EL層包括發光層，發光層包含第一有機化合物、第二有機化合物及發光物質，第一有機化合物的T1能階和第二有機化合物的T1能階中較低的一方的T1能階( $T_{H(edge)}$ )及發光物質的T1能階( $T_{D(edge)}$ )滿足下述公式(1)，並且，混合第一有機化合物和第二有機化合物而成的材料的S1能階( $S'_{H(edge)}$ )與 $T_{H(edge)}$ 之差滿足下述公式(2)。

【0011】

[公式1]

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.27\text{eV} \dots (1)$$

【0012】(注意， $T_{H(edge)}$ 表示從第一有機化合物和第二有機化合物的磷光光譜的短波長一側的發光端導出的T1能階中較低的一方的T1能階。 $T_{D(edge)}$ 表示從發光物質的吸收光譜的吸收端導出的T1能階。 $S'_{H(edge)}$ 表示從混合第一有機化合物和第二有機化合物而成的材料的螢光光譜的短波長一側的發光端導出的S1能階)。

## 【 0013 】

[公式 2]

$$0.2\text{eV} \leq S'_{\text{H(edge)}} - T_{\text{H(edge)}} \leq 0.5\text{eV} \dots (2)$$

【 0014 】本發明的另一個實施方式是一種發光器件，包括一對電極之間的EL層，其中，EL層包括發光層，發光層包含第一有機化合物、第二有機化合物及發光物質，第一有機化合物的T1能階和第二有機化合物的T1能階中較低的一方的T1能階( $T_{\text{H(edge)}}$ )及發光物質的T1能階( $T_{\text{D(edge)}}$ )滿足下述公式(3)，並且，混合第一有機化合物和第二有機化合物而成的材料的S1能階( $S'_{\text{H(edge)}}$ )與 $T_{\text{H(edge)}}$ 之差滿足下述公式(4)。

## 【 0015 】

[公式 3]

$$0.07\text{eV} \leq T_{\text{H(edge)}} - T_{\text{D(edge)}} \leq 0.17\text{eV} \dots (3)$$

【 0016 】(注意， $T_{\text{H(edge)}}$ 表示從第一有機化合物和第二有機化合物的磷光光譜的短波長一側的發光端導出的T1能階中較低的一方的T1能階。 $T_{\text{D(edge)}}$ 表示從發光物質的吸收光譜的吸收端導出的T1能階。 $S'_{\text{H(edge)}}$ 表示從混合第一有機化合物和第二有機化合物而成的材料的螢光光譜的短波長一側的發光端導出的S1能階)。

## 【 0017 】

[公式 4]

$$0.2\text{eV} \leq S'_{\text{H(edge)}} - T_{\text{H(edge)}} \leq 0.5\text{eV} \dots (4)$$

【 0018 】在上述個結構中，第一有機化合物和第二有

機化合物是形成激態錯合物的組合，並且S1能階( $S'_{H(edge)}$ )從激態錯合物的螢光光譜的短波長一側的發光端導出。

【0019】在上述各結構中，第一有機化合物較佳為缺 $\pi$ 電子型雜芳族化合物。此外，第一有機化合物較佳為具有吡啶環、二噁環或三噁環結構。更佳的是，第一有機化合物具有呋喃并二噁骨架的呋喃環與芳香環稠合的結構。

【0020】在上述各結構中，發光物質為磷光發光物質的發光器件包括在本發明的一個實施方式中。此外，第二有機化合物為呋啉衍生物，較佳的是呋啉衍生物為聯呋啉衍生物的發光器件包括在本發明的一個實施方式中。作為第二有機化合物尤其較佳的是3，3'-聯呋啉衍生物。注意，這些呋啉衍生物較佳為不包括芳香胺骨架(明確而言，三芳基胺骨架)。

【0021】另外，本發明的一個實施方式不僅包括具有上述發光器件(也稱為發光元件)的發光裝置，而且還包括具有發光器件或發光裝置的電子裝置(明確而言，具有發光器件或發光裝置及連接端子或者操作鍵的電子裝置)以及具有發光器件或發光裝置的照明設備(明確而言，具有發光器件或發光裝置及外殼的照明設備)。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，發光裝置還包括如下模組：發光裝置安裝有連接器諸如FPC(Flexible printed circuit：軟性印刷電路)或TCP(Tape Carrier Package：捲帶式封裝)的模組；在TCP端部設置有印刷線路板的模組；或者IC(積體電路)藉由

COG(Chip On Glass：晶粒玻璃接合)方式直接安裝到發光器件的模組。

【0022】藉由本發明的一個實施方式，可以提供一種能夠在發光層中將能量從主體材料高效地轉移到客體材料且可以提高可靠性的新穎的發光器件。

【0023】注意，這些效果的記載不妨礙其他效果的存在。注意，本發明的一個實施方式並不需要實現所有上述效果。注意，說明書、圖式以及申請專利範圍等的記載中顯然存在上述效果以外的效果，可以從說明書、圖式以及申請專利範圍等的記載中衍生上述效果以外的效果。此外，可以提供一種能夠提高器件的可靠性的新穎的發光器件。

#### 【圖式簡單說明】

【0024】在圖式中：

[圖1]是示出相對於 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的正規化壽命的關係的圖；

[圖2]是示出相對於 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的正規化外部量子效率的關係的圖；

[圖3]是示出從磷光光譜算出 $T_{H(edge)}$ 的方法的圖；

[圖4]是示出從磷光光譜算出 $T_{H(edge)}$ 的方法的圖；

[圖5]是示出從磷光光譜算出 $T_{H(edge)}$ 的方法的圖；

[圖6]是示出從磷光光譜算出 $T_{D(edge)}$ 的方法的圖；

[圖7]是示出從吸收光譜算出 $S'_{H(edge)}-T_{H(edge)}$ 的方法的

圖；

[圖 8A]是說明發光器件的結構的圖，[圖 8B]是說明發光器件的結構的圖；

[圖 9A]是說明發光裝置的圖，[圖 9B]是說明發光裝置的圖，[圖 9C]是說明發光裝置的圖；

[圖 10A]是說明發光裝置的頂面的圖，[圖 10B]是說明發光裝置的剖面的圖；

[圖 11A]是說明移動電腦的圖，[圖 11B]是說明可攜式影像再生裝置的圖，[圖 11C]是說明數位相機的圖，[圖 11D]是說明可攜式資訊終端的圖，[圖 11E]是說明可攜式資訊終端的圖，[圖 11F]是說明電視機的圖，[圖 11G]是說明可攜式資訊終端的圖；

[圖 12A]、[圖 12B]及[圖 12C]是說明電子裝置的圖；

[圖 13A]及[圖 13B]是說明汽車的圖；

[圖 14A]及[圖 14B]是說明照明設備的圖；

[圖 15]是說明發光器件的圖；

[圖 16]是示出發光器件 1 及對比發光器件 a1 的亮度-電流密度特性的圖；

[圖 17]是示出發光器件 1 及對比發光器件 a1 的亮度-電壓特性的圖；

[圖 18]是示出發光器件 1 及對比發光器件 a1 的電流效率-亮度特性的圖；

[圖 19]是示出發光器件 1 及對比發光器件 a1 的電流-電壓特性的圖；

[圖 20]是示出發光器件 1 及對比發光器件 a1 的發射光譜的圖；

[圖 21]是示出發光器件 1 及對比發光器件 a1 的可靠性的圖；

[圖 22]是示出發光器件 2 及對比發光器件 a2 的亮度-電流密度特性的圖；

[圖 23]是示出發光器件 2 及對比發光器件 a2 的亮度-電壓特性的圖；

[圖 24]是示出發光器件 2 及對比發光器件 a2 的電流效率-亮度特性的圖；

[圖 25]是示出發光器件 2 及對比發光器件 a2 的電流-電壓特性的圖；

[圖 26]是示出發光器件 2 及對比發光器件 a2 的發射光譜的圖；

[圖 27]是示出發光器件 2 及對比發光器件 a2 的可靠性的圖；

[圖 28]是示出發光器件 3、發光器件 4 及對比發光器件 a3 的亮度-電流密度特性的圖；

[圖 29]是示出發光器件 3、發光器件 4 及對比發光器件 a3 的亮度-電壓特性的圖；

[圖 30]是示出發光器件 3、發光器件 4 及對比發光器件 a3 的電流效率-亮度特性的圖；

[圖 31]是示出發光器件 3、發光器件 4 及對比發光器件 a3 的電流-電壓特性的圖；

[圖 32]是示出發光器件 3、發光器件 4 及對比發光器件 a3 的發射光譜的圖；

[圖 33]是示出發光器件 3、發光器件 4 及對比發光器件 a3 的可靠性的圖；

[圖 34]是示出發光器件 5 及對比發光器件 a4 的亮度-電流密度特性的圖；

[圖 35]是示出發光器件 5 及對比發光器件 a4 的亮度-電壓特性的圖；

[圖 36]是示出發光器件 5 及對比發光器件 a4 的電流效率-亮度特性的圖；

[圖 37]是示出發光器件 5 及對比發光器件 a4 的電流-電壓特性的圖；

[圖 38]是示出發光器件 5 及對比發光器件 a4 的發射光譜的圖；

[圖 39]是示出發光器件 5 及對比發光器件 a4 的可靠性的圖；

[圖 40]是示出發光器件 6、發光器件 7 及對比發光器件 a5 的亮度-電流密度特性的圖；

[圖 41]是示出發光器件 6、發光器件 7 及對比發光器件 a5 的亮度-電壓特性的圖；

[圖 42]是示出發光器件 6、發光器件 7 及對比發光器件 a5 的電流效率-亮度特性的圖；

[圖 43]是示出發光器件 6、發光器件 7 及對比發光器件 a5 的電流-電壓特性的圖；

[圖 44]是示出發光器件 6、發光器件 7 及對比發光器件 a5 的發射光譜的圖；

[圖 45]是示出發光器件 6、發光器件 7 及對比發光器件 a5 的可靠性的圖；

[圖 46]是示出發光器件 8、對比發光器件 b1 及對比發光器件 b2 的亮度-電流密度特性的圖；

[圖 47]是示出發光器件 8、對比發光器件 b1 及對比發光器件 b2 的亮度-電壓特性的圖；

[圖 48]是示出發光器件 8、對比發光器件 b1 及對比發光器件 b2 的電流效率-亮度特性的圖；

[圖 49]是示出發光器件 8、對比發光器件 b1 及對比發光器件 b2 的電流-電壓特性的圖；

[圖 50]是示出發光器件 8、對比發光器件 b1 及對比發光器件 b2 的發射光譜的圖；

[圖 51]是示出發光器件 8、對比發光器件 b1 及對比發光器件 b2 的可靠性的圖；

[圖 52]是示出發光器件 9、對比發光器件 c1 及對比發光器件 c2 的亮度-電流密度特性的圖；

[圖 53]是示出發光器件 9、對比發光器件 c1 及對比發光器件 c2 的亮度-電壓特性的圖；

[圖 54]是示出發光器件 9、對比發光器件 c1 及對比發光器件 c2 的電流效率-亮度特性的圖；

[圖 55]是示出發光器件 9、對比發光器件 c1 及對比發光器件 c2 的電流-電壓特性的圖；

[圖 56]是示出發光器件 9、對比發光器件 c1 及對比發光器件 c2 的發射光譜的圖；

[圖 57]是示出發光器件 9、對比發光器件 c1 及對比發光器件 c2 的可靠性的圖；

[圖 58]是示出發光器件 10 及發光器件 11 的亮度-電流密度特性的圖；

[圖 59]是示出發光器件 10 及發光器件 11 的亮度-電壓特性的圖；

[圖 60]是示出發光器件 10 及發光器件 11 的電流效率-亮度特性的圖；

[圖 61]是示出發光器件 10 及發光器件 11 的電流-電壓特性的圖；

[圖 62]是示出發光器件 10 及發光器件 11 的發射光譜的圖；

[圖 63]是示出發光器件 10 及發光器件 11 的可靠性的圖；

[圖 64]是有機化合物的  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2(\text{dpm})]$  的  $^1\text{H}$ -NMR 譜；

[圖 65]是有機化合物的  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m3CP})_2(\text{dpm})]$  的  $^1\text{H}$ -NMR 譜。

## 【實施方式】

【0025】以下利用圖式詳細地說明本發明的實施方式。注意，本發明不侷限於下述說明，其方式及詳細內容在不脫離本發明的精神及其範圍的情況下可以被變換為各

種各樣的形式。因此，本發明不應該被解釋為僅侷限在以下所示的實施方式所記載的內容中。

【0026】此外，為了便於理解，有時在圖式等中示出的各結構的位置、大小及範圍等並不表示其實際的位置、大小及範圍等。因此，所公開的發明不一定侷限於圖式等所公開的位置、大小、範圍等。

【0027】注意，在本說明書等中，當利用圖式說明發明的結構時，有時在不同的圖式中共同使用表示相同的部分的符號。

【0028】

#### 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發光器件。發光器件具有在一對電極之間夾有EL層的結構，EL層至少包括發光層，還可以設置電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層及電子注入層等功能層。

【0029】發光層包含發光物質(客體材料)及主體材料。注意，本發明的一個實施方式的發光器件的發光層包括被用作主體材料的多個有機化合物(例如，第一有機化合物及第二有機化合物(或者，主體材料及輔助材料)等)。

【0030】在發光層中，因載子(電洞及電子)的再結合而生成的激發態的主體材料的能量轉移到客體材料，客體材料發光，由此發光器件發光。注意，在本實施方式所說明的發光器件中，包括多個主體材料(第一有機化合物及第二有機化合物)，並藉由從混合它們的材料的激發態(包

括由多個主體材料形成激態錯合物的情況及不形成激態錯合物的情況)到客體(磷光發光物質)的能量轉移來得到磷光發光。注意，在從混合的材料的重重激發態到客體材料的能量轉移中，在不容易發生反系間竄躍的情況(不佔優勢的情況)下，混合的材料中的T1能階較低的一方的能量轉移。

【0031】在上述混合有第一有機化合物和第二有機化合物的主體材料中，在不容易發生反系間竄躍的情況(不佔優勢的情況)下需要至少滿足下面的兩個條件中的任一個。

【0032】在第一條件中，至少第一有機化合物及第二有機化合物都不容易發生反系間竄躍。明確而言，在第一有機化合物及第二有機化合物各自中，單重激發能階(S1能階)與三重激發能階(T1能階)之差的 $\Delta E_{st}$ 為0.2eV以上。此時，當第一有機化合物和第二有機化合物不形成激態錯合物時，混合有第一有機化合物和第二有機化合物的材料的S1能階( $S'_{H(edge)}$ )(從混合材料的螢光光譜導出)與第一有機化合物的T1能階及第二有機化合物的T1能階中較低的一方的T1能階( $T_{H(edge)}$ )之差總是0.2eV以上。因此，混合有第一有機化合物和第二有機化合物的主體材料不容易發生反系間竄躍。

【0033】在第二條件中，需要考慮第一有機化合物和第二有機化合物形成激態錯合物的情況。在形成激態錯合物時，還形成低於第一有機化合物及第二有機化合物的S1

能階的新的  $S1$  能階。也就是說，激態錯合物的  $S1$  能階成為混合的材料  $S1$  能階 ( $S'_{H(edge)}$ ) (從激態錯合物的螢光光譜導出)。此時，當第一有機化合物及第二有機化合物的  $T1$  能階充分高時，在激態錯合物中會發生反系間竄躍。因此，在激態錯合物不容易發生反系間竄躍的條件中，激態錯合物的  $S1$  能階 (亦即， $S'_{H(edge)}$ ) 與  $T_{H(edge)}$  之差為  $0.2\text{eV}$  以上。

【0034】如上所述，在混合有第一有機化合物和第二有機化合物的主體材料中，根據該主體材料是否形成激態錯合物，當混合有第一有機化合物和第二有機化合物的材料的  $S1$  能階 ( $S'_{H(edge)}$ ) (從混合材料的螢光光譜導出) 與第一有機化合物的  $T1$  能階及第二有機化合物的  $T1$  能階中較低的一方的  $T1$  能階 ( $T_{H(edge)}$ ) 之差為  $0.2\text{eV}$  以上時，不容易發生反系間竄躍。此時，作為三重激發能量的轉移，從混合有第一有機化合物和第二有機化合物的主體材料中的  $T1$  能階較低的一方到客體材料的轉移佔優勢。也就是說，本發明人認為混合有第一有機化合物和第二有機化合物的主體材料中的  $T1$  能階較低的一方的化合物的三重激發能階 ( $T_{H(edge)}$ ) 決定這種發光器件的壽命。

【0035】首先，關於能量轉移的主體材料的  $T_{H(edge)}$  與客體材料的  $T_{D(edge)}$  之能量差 ( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ ) 的值對外部量子效率的影響，如實施例 1 所示，從多個主體材料的各磷光光譜及客體材料的吸收光譜分別算出  $T_{H(edge)}$  及  $T_{D(edge)}$ ，基於標準器件的值算出正規化外部量子效率，由此得到如

圖2所示那樣的結果，亦即，正規化外部量子效率無論上述能量差( $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ )如何都是相同的。因此，可以說主體材料的 $T_{H(edge)}$ 的位置對發光效率的影響較小。

【0036】然而，在圖1中的只使用號碼表示的各發光器件中，如發光器件6(圖1中的標繪6)所示，當產生吸熱性的三重激發能量轉移時，發光器件的壽命及可靠性下降。另一方面，發光器件4(圖1中的標會4)和發光器件5(圖1中的標會5)的壽命急劇得到提高，其長於標準器件(Ref.)。如此，為了確保壽命，需要滿足 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的值不僅是0以上，而且是一定程度的正值。這是本發明的組件之一。也就是說，從圖1導出 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的值需要為0.07eV以上。注意，由後面的實施例3及實施例4可知，若 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的上限值為下限值+0.2eV左右，亦即，0.27eV以下則可以得到長壽命，因此將上限值設定為0.27eV以下。

【0037】在此，即便 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的值為0.07eV以上，標準器件、發光器件3及發光器件7的壽命也短於發光器件4及發光器件5。這些器件的主體材料容易發生反系間竄躍( $S'_{H(edge)}-T_{H(edge)}$ 小於0.2eV)。根據這些結果，在受到反系間竄躍的影響的器件的壽命下降的假定上設定 $S'_{H(edge)}-T_{H(edge)}$ 滿足0.2eV以上的條件。在後述的實施例3中， $S'_{H(edge)}-T_{H(edge)}$ 的值為0.4eV左右也可以得到長壽命，由此將 $S'_{H(edge)}-T_{H(edge)}$ 的上限值設定為0.5eV。也就是說，作為不容易發生主體材料的反系間竄躍且可以得到長壽命

的條件，設定 $\Delta E_{s't} = S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ 為 $0.2\text{eV}$ 以上且 $0.5\text{eV}$ 以下的範圍。作為得到長壽命的發光器件的參數使用上述條件。

【0038】注意，在標準器件中， $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的上限值有可能與主體材料的反系間竄躍相比更有影響， $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的上限值較佳為 $0.17\text{eV}$ 。

【0039】總之，在本發明的一個實施方式的發光器件中，發光層中的主體材料的 $T_{H(edge)}$ 與客體材料的 $T_{D(edge)}$ 之能量差( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ )在 $0.07\text{eV}$ 以上且 $0.27\text{eV}$ 以下的範圍內，較佳為在 $0.07\text{eV}$ 以上且 $0.17\text{eV}$ 以下的範圍內，並且主體材料的 $S'_{H(edge)}$ 與主體材料的 $T_{H(edge)}$ 之能量差( $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ )在 $0.2\text{eV}$ 以上且 $0.5\text{eV}$ 以下的範圍內。

【0040】注意，上述條件可以以公式(1)及公式(2)表示。但是，當進一步著眼於 $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ 的上限值時，與公式(1)相比公式(3)是更佳的。

【0041】

[公式5]

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.27\text{eV} \dots (1)$$

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.5\text{eV} \dots (2)$$

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.17\text{eV} \dots (3)$$

【0042】因此，本發明的一個實施方式的發光器件包括一對電極之間的EL層，EL層包括發光層，發光層包括第一有機化合物、第二有機化合物及發光物質，第一有機化合物的T1能階和第二有機化合物的T1能階中較低的一方

的  $T1$  能階 ( $T_{H(edge)}$ ) 及發光物質的  $T1$  能階 ( $T_{D(edge)}$ ) 滿足上述公式 (1)，並且混合第一有機化合物和第二有機化合物的材料的  $S1$  能階 ( $S'_{H(edge)}$ ) 與  $T_{H(edge)}$  之差滿足上述公式 (2)。注意，第一有機化合物及第二有機化合物也可以是形成激態錯合物的組合。

【0043】注意，上述公式 (1) 及公式 (2) 中的  $T_{H(edge)}$  表示從在發光層中被用作主體材料的第一有機化合物和第二有機化合物的磷光光譜的短波長一側的發光端導出的  $T1$  能階中較低的一方的  $T1$  能階。 $T_{D(edge)}$  表示從發光物質的吸收光譜的吸收端導出的  $T1$  能階。 $S'_{H(edge)}$  表示從混合第一有機化合物和第二有機化合物而成的材料的螢光光譜的短波長一側的發光端導出的  $S1$  能階。將在實施例 1 中詳細地說明它們的具體例子。

#### 【0044】

##### 實施方式 2

在本實施方式中，參照圖 8A 和圖 8B 說明本發明的一個實施方式的發光器件。

#### 【0045】

##### 《發光器件的結構》

圖 8A 和圖 8B 示出包括在一對電極之間具有發光層的 EL 層的發光器件的一個例子。明確而言，在第一電極 101 與第二電極 102 之間夾有 EL 層 103。例如，當將第一電極 101 用作陽極時，EL 層 103 具有依次層疊有電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、發光層 113、電子傳輸層 114 及電子

注入層 115 作為功能層的結構。作為其他發光器件的結構，藉由具有包括以在一對電極之間夾有電荷產生層的方式形成的多個 EL 層的結構(串聯結構)而可以進行低電壓驅動的發光器件、以及藉由在一對電極之間形成光學微腔諧振器(微腔)結構而提高光學特性的發光器件等也包括在本發明的一個實施方式中。電荷產生層具有如下功能：在對第一電極 101 和第二電極 102 施加電壓時，對相鄰的 EL 層中的一個注入電子並對另一個 EL 層注入電洞的功能。

【0046】另外，上述發光器件的第一電極 101 和第二電極 102 中的至少一個為具有透光性的電極(透明電極、半透射-半反射電極等)。在具有透光性的電極為透明電極的情況下，透明電極的可見光穿透率為 40% 以上。另外，在該電極為半透射-半反射電極的情況下，半透射-半反射電極的可見光反射率為 20% 以上且 80% 以下，較佳為 40% 以上且 70% 以下。另外，這些電極的電阻率較佳為  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$  以下。

【0047】另外，在上述本發明的一個實施方式的發光器件中，在第一電極 101 和第二電極 102 中的一個為具有反射性的電極(反射電極)的情況下，具有反射性的電極的可見光反射率為 40% 以上且 100% 以下，較佳為 70% 以上且 100% 以下。另外，該電極的電阻率較佳為  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$  以下。

【0048】

〈第一電極及第二電極〉

作為形成第一電極101及第二電極102的材料，如果可以滿足上述兩個電極的功能則可以適當地組合下述材料。例如，可以適當地使用金屬、合金、導電化合物以及它們的混合物等。明確而言，可以舉出In-Sn氧化物(也稱為ITO)、In-Si-Sn氧化物(也稱為ITSO)、In-Zn氧化物、In-W-Zn氧化物。除了上述以外，還可以舉出鋁(Al)、鈦(Ti)、鉻(Cr)、錳(Mn)、鐵(Fe)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鎵(Ga)、鋅(Zn)、銦(In)、錫(Sn)、鉬(Mo)、鉭(Ta)、鎢(W)、鈀(Pd)、金(Au)、鉑(Pt)、銀(Ag)、釔(Y)、釹(Nd)等金屬以及適當地組合它們的合金。除了上述以外，可以使用屬於元素週期表中第1族或第2族的元素(例如，鋰(Li)、銫(Cs)、鈣(Ca)、銣(Sr))、鎔(Eu)、鐿(Yb)等稀土金屬、適當地組合它們的合金以及石墨烯等。

【0049】注意，這些電極可以藉由濺射法及真空蒸鍍法形成。

#### 【0050】

〈電洞注入層〉

電洞注入層111是將電洞從陽極的第一電極101注入到EL層103的層，包含有機受體材料及電洞注入性高的材料。

【0051】有機受體材料可以藉由與其HOMO能階的值接近於LUMO能階的值的其他有機化合物之間發生電荷分離，來在該有機化合物中產生電洞。因此，作為有機受體材料可以使用具有醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六

氮雜聯伸三苯衍生物等拉電子基團(鹵基或氰基)的化合物。例如，可以使用7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(簡稱：F<sub>4</sub>-TCNQ)、3,6-二氟-2,5,7,7,8,8-六氰基對醌二甲烷、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮雜聯伸三苯(簡稱：HAT-CN)、1,3,4,5,7,8-六氟四氰(hexafluorotetracyano)-萘醌二甲烷(naphthoquinodimethane)(簡稱：F6-TCNNQ)等。在有機受體材料中，HAT-CN的受體性較高，膜品質具有熱穩定性，所以是尤其較佳的。另外，[3]軸烯衍生物的電子接收性非常高所以特別較佳的。明確而言，可以使用： $\alpha,\alpha',\alpha''$ -1,2,3-環丙烷三亞基三[4-氰-2,3,5,6-四氟苯乙腈]、 $\alpha,\alpha',\alpha''$ -1,2,3-環丙烷三亞基三[2,6-二氯-3,5-二氟-4-(三氟甲基)苯乙腈]、 $\alpha,\alpha',\alpha''$ -1,2,3-環丙烷三亞基三[2,3,4,5,6-五氟苯乙腈]等。

【0052】作為電洞注入性高的材料，可以舉出鉬氧化物、釩氧化物、鈮氧化物、鎢氧化物、錳氧化物等過渡金屬氧化物。除了上述以外，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。

【0053】另外，可以使用如下低分子化合物的芳香胺化合物等，諸如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-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱：DPAB)、4,4'-雙(N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基胺基]苯基}-N-苯基胺基)聯苯(簡稱：DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]苯

(簡稱：DPA3B)、3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑(簡稱：PCzPCA1)、3,6-雙[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑(簡稱：PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)胺基]-9-苯基咔唑(簡稱：PCzPCN1)等。

【0054】另外，可以使用高分子化合物(低聚物、枝狀聚合物或聚合物)，諸如聚(N-乙基基咔唑)(簡稱：PVK)、聚(4-乙基基三苯胺)(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)甲基丙烯酸醯胺](簡稱：PTPDMA)、聚[N,N'-雙(4-丁基苯基)-N,N'-雙(苯基)聯苯胺](簡稱：Poly-TPD)等。或者，還可以使用添加有酸的高分子化合物，諸如聚(3,4-乙基二氧噻吩)/聚(苯乙基磺酸)(簡稱：PEDOT/PSS)或聚苯胺/聚(苯乙基磺酸)(PAni/PSS)等。

【0055】作為電洞注入性高的材料，也可以使用包含電洞傳輸性材料及受體材料(電子受體材料)的複合材料。在此情況下，由受體材料從電洞傳輸性材料抽出電子而在電洞注入層111中產生電洞，電洞藉由電洞傳輸層112注入到發光層113中。另外，電洞注入層111可以採用由包含電洞傳輸性材料及受體材料(電子受體材料)的複合材料構成的單層，也可以採用分別使用電洞傳輸性材料及受體材料(電子受體材料)形成的層的疊層。

【0056】作為電洞傳輸性材料，較佳為具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率的物質。另外，只要是電洞傳輸性高

於電子傳輸性的物質，就可以使用上述以外的物質。

【0057】電洞傳輸性材料較佳為富 $\pi$ 電子型雜芳族化合物(例如，呋唑衍生物及呋喃衍生物)、芳香胺(具有芳香胺骨架的化合物)等電洞傳輸性高的材料。

【0058】作為上述呋唑衍生物(具有呋唑骨架的化合物)，可以舉出聯呋唑衍生物(例如，3,3'-聯呋唑衍生物)、具有呋唑基的芳香胺等。

【0059】作為上述聯呋唑衍生物(例如，3,3'-聯呋唑衍生物)，明確而言，可以舉出3,3'-雙(9-苯基-9H-呋唑)(簡稱：PCCP)、9,9'-雙(1,1'-聯苯-4-基)-3,3'-聯-9H-呋唑、9,9'-雙(1,1'-聯苯-3-基)-3,3'-聯-9H-呋唑、9-(1,1'-聯苯-3-基)-9'-(1,1'-聯苯-4-基)-9H,9'H-3,3'-聯呋唑(簡稱：mBPCCBP)、9-(2-萘基)-9'-苯基-9H,9'H-3,3'-聯呋唑(簡稱： $\beta$ NCCP)等。

【0060】此外，作為具有上述呋唑基的芳香胺，明確而言，可以舉出4-苯基-4'-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)三苯胺(簡稱：PCBA1BP)、N-(4-聯苯)-N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-9-苯基-9H-呋唑-3-胺(簡稱：PCBiF)、N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-[4-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺(簡稱：PCBBiF)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)三苯胺(簡稱：PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)三苯胺(簡稱：PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)三苯胺(簡稱：PCBNBB)、4-苯基二苯基-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)胺(簡稱：PCA1BP)、N,N'-雙

(9-苯基呋唑-3-基)-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺(簡稱: PCA2B)、N,N',N''-三苯基-N,N',N''-三(9-苯基呋唑-3-基)苯-1,3,5-三胺(簡稱: PCA3B)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)苯基]萸-2-胺(簡稱: PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-呋唑-3-基)苯基]螺-9,9'-聯萸-2-胺(簡稱: PCBASF)、3-[N-(9-苯基呋唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基呋唑(簡稱: PCzPCA1)、3,6-雙[N-(9-苯基呋唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基呋唑(簡稱: PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基呋唑-3-基)胺基]-9-苯基呋唑(簡稱: PCzPCN1)、3-[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-9-苯基呋唑(簡稱: PCzDPA1)、3,6-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-9-苯基呋唑(簡稱: PCzDPA2)、3,6-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-(1-萘基)胺基]-9-苯基呋唑(簡稱: PCzTPN2)、2-[N-(9-苯基呋唑-3-基)-N-苯基胺基]螺-9,9'-聯萸(簡稱: PCASF)、N-[4-(9H-呋唑-9-基)苯基]-N-(4-苯基)苯基苯胺(簡稱: YGA1BP)、N,N'-雙[4-(呋唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基-9,9-二甲基萸-2,7-二胺(簡稱: YGA2F)、4,4',4''-三(呋唑-9-基)三苯胺(簡稱: TCTA)等。

【0061】作為呋唑衍生物，除了上述以外，還可以舉出3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-呋唑(簡稱: PCPPn)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-呋唑(簡稱: PCPN)、1,3-雙(N-呋唑基)苯(簡稱: mCP)、4,4'-二(N-呋唑基)聯苯(簡稱: CBP)、3,6-雙(3,5-二苯基苯基)-9-苯基呋唑(簡稱: CzTP)、1,3,5-三[4-(N-呋唑基)苯基]苯(簡稱: TCPB)、9-

[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(簡稱：CzPA)等。

【0062】作為上述呋喃衍生物(具有呋喃骨架的化合物)，明確而言，可以舉出，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-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(簡稱：DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(簡稱：DBTFLP-IV)等具有噻吩骨架的化合物、以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(簡稱：DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(簡稱：mmDBFFLBI-II)等。

【0063】作為上述芳香胺，明確而言，可以舉出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'-雙[N-(螺-9,9'-聯芴-2-基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱：BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：mBPAFLP)、N-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-N-{9,9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)胺基]-9H-芴-7-基}苯基胺(簡稱：DFLADFL)、N-(9,9-二甲基-2-二苯基胺基-9H-芴-7-基)二苯基胺(簡稱：DPNF)、2-[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]螺-9,9'-聯芴(簡稱：DPASF)、2,7-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]-螺-9,9'-聯芴(簡稱：DPA2SF)、4,4',4''-三[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]三苯胺(簡稱：1'-TNATA)、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：m-MTDATA)、N,N'-二(對甲苯基)-N,N'-二苯基-對苯二胺(簡稱：DTDPPA)、4,4'-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-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)、1,3,5-三[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]苯(簡稱：DPA3B)等。

【0064】作為電洞傳輸性材料，還可以使用聚(N-乙炔基吡啶)(簡稱：PVK)、聚(4-乙炔基三苯胺)(簡稱：PVTTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基胺基)苯基]苯基-N'-苯基胺基}苯基)甲基丙烯醯胺](簡稱：PTPDMA)、聚[N,N'-雙(4-丁基苯基)-N,N'-雙(苯基)聯苯胺](簡稱：Poly-TPD)等高分子化合物。

【0065】注意，電洞傳輸性材料不侷限於上述材料，可以將已知的各種材料中的一種或多種的組合作為電洞傳輸性材料。

【0066】作為用於電洞注入層111的受體材料，可以使用屬於元素週期表中的第4族至第8族的金屬的氧化物。明確而言，可以舉出氧化鋁、氧化釩、氧化鈮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鎢、氧化錳、氧化銻。特別較佳為使用氧化鋁，因為其在大氣中也穩定，吸濕性低，並且容易處理。此外，可以使用上述有機受體材料。

【0067】注意，電洞注入層111可以利用已知的各種成膜方法形成，例如可以利用真空蒸鍍法形成。

【0068】

### 〈電洞傳輸層〉

電洞傳輸層 112 是將從第一電極 101 經過電洞注入層 111 注入的電洞傳輸到發光層 113 中的層。另外，電洞傳輸層 112 是包含電洞傳輸性材料的層。因此，作為電洞傳輸層 112，可以使用能夠用於電洞注入層 111 的電洞傳輸性材料。

【0069】注意，在本發明的一個實施方式的發光器件中，較佳為作為發光層 113 使用與用於電洞傳輸層 112 的有機化合物相同的有機化合物。這是因為：藉由將相同的有機化合物用於電洞傳輸層 112 和發光層 113，高效地將電洞從電洞傳輸層 112 傳輸到發光層 113。

### 【0070】

### 〈發光層〉

發光層 113 是包含發光物質的層。對可用於發光層 113 的發光物質沒有特別的限制，可以使用將單重激發能量轉換為可見光區域的光的發光物質或將三重激發能量轉換為可見光區域的光的發光物質。另外，可以適當地使用呈現藍色、紫色、藍紫色、綠色、黃綠色、黃色、橙色、紅色等發光顏色的物質。

【0071】在本發明的一個實施方式的發光器件中，發光層 113 包含發光物質(客體材料)及一種或多種的有機化合物(主體材料等)。但是，作為在此使用的有機化合物(主體材料等)，較佳為使用其能隙大於發光物質(客體材料)的物質。注意，作為一種或多種的有機化合物(主體材料

等)，可以舉出能夠用於上述電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料及能夠用於下述電子傳輸層114的電子傳輸性材料等有機化合物。

【0072】明確而言，發光層113包含第一有機化合物、第二有機化合物及發光物質。作為第一有機化合物較佳為使用電子傳輸性材料，作為第二有機化合物較佳為使用電洞傳輸性材料。作為發光物質較佳為使用磷光發光物質。

【0073】作為發光層113的其他結構，可以採用藉由具有多個發光層分別包含不同的發光物質而呈現不同發光顏色的結構(例如，組合處於補色關係的發光顏色而得到的白色發光)。此外，可以採用一個發光層包含不同的多個發光物質的結構。

【0074】另外，作為上述發光物質，例如可以舉出如下物質。

【0075】作為將單重激發能量轉換成發光的發光物質，可以舉出發射螢光的物質(螢光發光物質)，例如可以舉出芘衍生物、蔥衍生物、聯伸三苯衍生物、萸衍生物、呿啞衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、二苯并喹啉衍生物、喹啉衍生物、吡啶衍生物、嘧啶衍生物、菲衍生物、蔡衍生物等。尤其是芘衍生物的發光量子產率高，所以是較佳的。作為芘衍生物的具體例子，可以舉出N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-雙[3-(9-苯基-9H-萸-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(簡稱：1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-二

苯基-N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芴-1,6-二胺(簡稱：1,6FLPAPrn)、N,N'-雙(二苯并呋喃-2-基)-N,N'-二苯基芴-1,6-二胺(簡稱：1,6FrAPrn)、N,N'-雙(二苯并噻吩-2-基)-N,N'-二苯基芴-1,6-二胺(簡稱：1,6ThAPrn)、N,N'-(芴-1,6-二基)雙[(N-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃)-6-胺](簡稱：1,6BnfAPrn)、N,N'-(芴-1,6-二基)雙[(N-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃)-8-胺](簡稱：1,6BnfAPrn-02)、N,N'-(芴-1,6-二基)雙[(6,N-二苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃)-8-胺](簡稱：1,6BnfAPrn-03)等。

【0076】除了上述以外，可以使用5,6-雙[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-2,2'-聯吡啶(簡稱：PAP2BPy)、5,6-雙[4'-(10-苯基-9-蒽基)聯苯-4-基]-2,2'-聯吡啶(簡稱：PAPP2BPy)、N,N'-雙[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(簡稱：YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(簡稱：YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(簡稱：2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱：PCAPA)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱：PCBAPA)、4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱：PCBAPBA)、芴、2,5,8,11-四(三級丁基)芴(簡稱：TBP)、N,N''-(2-三級丁基蒽-9,10-二基二-4,1-伸苯基)雙[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](簡稱：DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱：2PCAPPA)、N-[4-(9,10-

二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(簡稱：2DPAPPA)等。

【0077】作為將三重激發能量轉換為發光的發光物質，例如可以舉出發射磷光的物質(磷光發光物質)或呈現熱活化延遲螢光的熱活化延遲螢光(Thermally activated delayed fluorescence：TADF)材料。

【0078】作為磷光發光物質，可以舉出有機金屬錯合物、金屬錯合物(鉑錯合物)、稀土金屬錯合物等。這種物質分別呈現不同的發光顏色(發光峰值)，因此根據需要適當地選擇而使用。

【0079】作為呈現藍色或綠色且其發射光譜的峰值波長為450nm以上且570nm以下的磷光發光物質，可以舉出如下物質。

【0080】例如，可以舉出三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- $\kappa N^2$ ]苯基- $\kappa C$ }銱(III)(簡稱：[Ir(mpptz-dmp)<sub>3</sub>])、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)銱(III)(簡稱：[Ir(Mptz)<sub>3</sub>])、三[4-(3-聯苯)-5-異丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]銱(III)(簡稱：[Ir(iPrptz-3b)<sub>3</sub>])、三[3-(5-聯苯)-5-異丙基-4-苯基-4H-1,2,4-三唑]銱(III)(簡稱：[Ir(iPr5btz)<sub>3</sub>])等具有4H-三唑骨架的有機金屬錯合物；三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]銱(III)(簡稱：[Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>])、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)銱(III)(簡稱：[Ir(Prptz1-Me)<sub>3</sub>])等具有1H-三唑骨架的有機金屬錯合物；fac-三[1-(2,6-二異丙基苯

基)-2-苯基-1H-咪唑]銱(III)(簡稱：[Ir(iPrpmi)<sub>3</sub>])、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啉根(phenanthridinato)]銱(III)(簡稱：[Ir(dmpimpt-Me)<sub>3</sub>])等具有咪唑骨架的有機金屬錯合物；以及雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C<sup>2'</sup>]銱(III)四(1-吡啶基)硼酸鹽(簡稱：FIr6)、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根-N,C<sup>2'</sup>]銱(III)吡啶甲酸鹽(簡稱：FIrpic)、雙{2-[3',5'-雙(三氟甲基)苯基]吡啶根-N,C<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)吡啶根-N,C<sup>2'</sup>]銱(III)乙醯丙酮(簡稱：FIr(acac))等以具有拉電子基團的苯基吡啶衍生物為配體的有機金屬錯合物等。

【0081】作為呈現綠色或黃色且其發射光譜的峰值波長為495nm以上且590nm以下的磷光發光物質，可以舉出如下物質。

【0082】例如，可以舉出三(4-甲基-6-苯基嘧啶)銱(III)(簡稱：[Ir(mppm)<sub>3</sub>])、三(4-三級丁基-6-苯基嘧啶)銱(III)(簡稱：[Ir(tBuppm)<sub>3</sub>])、(乙醯丙酮根)雙(6-甲基-4-苯基嘧啶)銱(III)(簡稱：[Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙醯丙酮根)雙(6-三級丁基-4-苯基嘧啶)銱(III)(簡稱：[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙醯丙酮根)雙[6-(2-降莖基)-4-苯基嘧啶]銱(III)(簡稱：[Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙醯丙酮根)雙[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶]銱(III)(簡稱：[Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)])、(乙醯丙酮根)雙{4,6-二甲基-2-[6-(2,6-二甲基苯基)-4-嘧啶基-κN<sup>3</sup>]苯基-κC}銱(III)(簡

稱： $[\text{Ir}(\text{dmppm-dmp})_2(\text{acac})]$ 、(乙醯丙酮根)雙(4,6-二苯基嘧啶)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ )等具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物；(乙醯丙酮根)雙(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})]$ 、(乙醯丙酮根)雙(5-異丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})]$ )等具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物；三(2-苯基吡啶根- $\text{N},\text{C}^{2'}$ )銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$ )、雙(2-苯基吡啶根- $\text{N},\text{C}^{2'}$ )銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$ )、雙(苯并[h]喹啉)銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})]$ )、三(苯并[h]喹啉)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{bzq})_3]$ )、三(2-苯基喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$ )銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{pq})_3]$ )、雙(2-苯基喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$ )銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})]$ )、雙[2-(2-吡啶基- $\kappa\text{N}$ )苯基- $\kappa\text{C}$ ][2-(4-苯基-2-吡啶基- $\kappa\text{N}$ )苯基- $\kappa\text{C}$ ]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(4\text{dppy})]$ )、雙[2-(2-吡啶基- $\kappa\text{N}$ )苯基- $\kappa\text{C}$ ][2-(4-甲基-5-苯基-2-吡啶基- $\kappa\text{N}$ )苯基- $\kappa\text{C}$ ]等具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物；雙(2,4-二苯基-1,3-噁唑- $\text{N},\text{C}^{2'}$ )銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{dpo})_2(\text{acac})]$ )、雙{2-[4'-(全氟苯基)苯基]吡啶- $\text{N},\text{C}^{2'}$ }銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{p-PF-ph})_2(\text{acac})]$ )、雙(2-苯基苯并噁唑- $\text{N},\text{C}^{2'}$ )銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{bt})_2(\text{acac})]$ )等有機金屬錯合物、三(乙醯丙酮根)(單啡啉)銱(III)(簡稱： $[\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})]$ )等稀土金屬錯合物。

【0083】作為呈現黃色或紅色且其發射光譜的峰值波長為570nm以上且750nm以下的磷光發光物質，可以舉出如下物質。

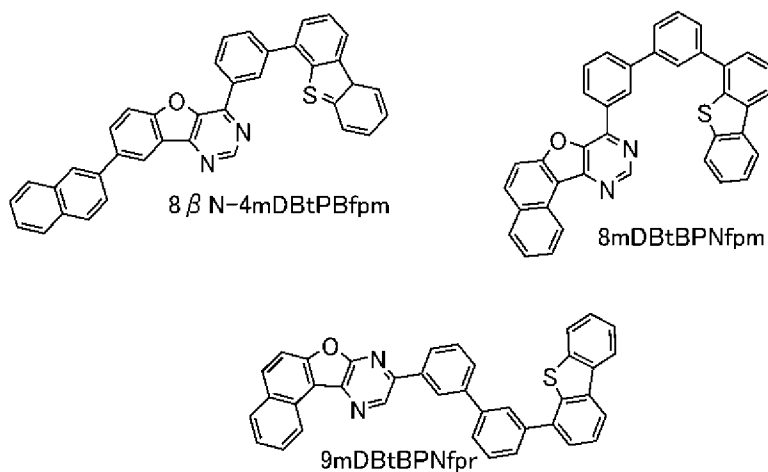
【0084】例如，可以舉出(二異丁醯甲烷根)雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘧啶根]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})]$ )、雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊醯甲烷)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})]$ )、(二新戊醯甲烷)雙[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{d1npm})_2(\text{dpm})]$ )等具有嘧啶骨架的有機金屬錯合物；(乙醯丙酮)雙(2,3,5-三苯基吡嗪)銱(III)(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： $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ )、雙{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ }(2,6-二甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$ )、雙{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰-2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa\text{N}$ ]苯基- $\kappa\text{C}$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$ )、(乙醯丙酮)雙[2-甲基-3-苯基喹啉合(quinoxalinato)]- $\text{N},\text{C}^{2'}$ ]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mpq})_2(\text{acac})]$ )、(乙醯丙酮)雙(2,3-二苯基喹啉合(quinoxalinato)- $\text{N},\text{C}^{2'}$ ]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{dpq})_2(\text{acac})]$ )、(乙醯丙酮)雙[2,3-雙(4-氟苯基)喹啉合(quinoxalinato)]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})]$ )等具有吡嗪骨架的有機金屬錯合物；三(1-苯基異喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$ )銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{piq})_3]$ )、雙(1-苯基異喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$ )銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})]$ )、雙[4,6-二甲基-2-(2-喹啉- $\kappa\text{N}$ )苯基- $\kappa\text{C}$ ](2,4-戊二酮根- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$ )銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{dmpqn})_2(\text{acac})]$ )等具有吡啶骨架的有機金屬錯合物；

2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉鉑(II)(簡稱：[PtOEP])等鉑錯合物；以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(單啡啉)鎔(III)(簡稱：[Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)])、三[1-(2-噻吩甲醯基)-3,3,3-三氟丙酮](單啡啉)鎔(III)(簡稱：[Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)])等稀土金屬錯合物。

【0085】此外，作為上述能夠用於發光層113的第一有機化合物，較佳為使用電子傳輸性材料。因此，較佳為使用缺 $\pi$ 電子型雜芳族化合物。明確而言，藉由具有吡啶環、二噻環或三噻環結構，LUMO能階下降，由此容易傳輸電子。例如，可以舉出4,6-雙[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mPnP2Pm)、4,6-雙[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mCzP2Pm)等嘧啶衍生物、2-{4-[3-(N-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三噻(簡稱：PCCzPTzn)、9-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三噻-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-聯-9H-咔唑(簡稱：mPCCzPTzn-02)等三噻衍生物、3,5-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(簡稱：35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶)苯基]苯(簡稱：TmPyPB)等吡啶衍生物。作為缺 $\pi$ 電子型雜芳族化合物，尤其較佳為使用具有呋喃并二噻骨架的呋喃環與芳香環稠合的結構的有機化合物，下面示出具體例子。注意，這些電子傳輸性材料可以用於下述電子傳輸層114。

【0086】

## [化學式 1]



【0087】另一方面，作為上述能夠用於發光層113的第二有機化合物，較佳為使用電洞傳輸性材料。因此，較佳為使用富 $\pi$ 電子型雜芳族化合物(例如，咪唑衍生物及呋喃衍生物)、芳香胺(具有芳香胺骨架的化合物)等電洞傳輸性高的材料。

【0088】注意，第二有機化合物在其HOMO能階過淺時與第一有機化合物形成激態錯合物且 $S_{H(edge)}$ 變小，由此有容易發生反系間竄躍的問題。因此，在上述材料中，較佳為使用HOMO能階較深的咪唑衍生物。作為咪唑衍生物(具有咪唑骨架的化合物)，聯咪唑衍生物(尤其是，3,3'-聯咪唑衍生物)的穩定性很高，所以是較佳的。如上所述，為了不使HOMO能階過淺，上述咪唑衍生物較佳為不具有芳香胺骨架(明確而言，三芳基胺骨架)。

【0089】作為上述聯咪唑衍生物(例如，3,3'-聯咪唑衍生物)，明確而言，可以舉出3,3'-雙(9-苯基-9H-咪唑)(簡稱：PCCP)、9,9'-雙(1,1'-聯苯-4-基)-3,3'-聯-9H-咪

唑、9,9'-雙(1,1'-聯苯-3-基)-3,3'-聯-9H-咔唑、9-(1,1'-聯苯-3-基)-9'-(1,1'-聯苯-4-基)-9H,9'H-3,3'-聯咔唑(簡稱：mBPCCBP)、9-(2-萘基)-9'-苯基-9H,9'H-3,3'-聯咔唑(簡稱： $\beta$ NCCP)等。

【0090】因為較佳為與發光物質(螢光發光物質、磷光發光物質)組合使用，所以除了上述有機化合物之外，作為可以用於發光層113的有機化合物，還可以舉出以下所示的有機化合物(其一部分是如上所說明的)。

【0091】在發光物質是螢光發光物質的情況下，作為較佳為與螢光發光物質組合而使用的有機化合物，可以舉出蒽衍生物、稠四苯衍生物、菲衍生物、芘衍生物、蒎(chrysene)衍生物、二苯并[g,p]蒎(chrysene)衍生物等稠合多環芳香化合物。

【0092】作為較佳為與螢光發光物質組合而使用的有機化合物的具體例子，可以舉出9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(簡稱：PCzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑(簡稱：DPCzPA)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(簡稱：PCPN)、9,10-二苯基蒎(簡稱：DPAnth)、N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱：CzA1PA)、4-(10-苯基-9-蒎基)三苯胺(簡稱：DPhPA)、YGAPA、PCAPA、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]苯基}-9H-咔唑-3-胺(簡稱：PCAPBA)、N-(9,10-二苯基-2-蒎基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(簡稱：2PCAPA)、6,12-二甲氧基-5,11-二苯基蒎

(chrysene)、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒽(chrysene)-2,7,10,15-四胺(簡稱：DBC1)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(簡稱：CzPA)、7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(簡稱：cgDBCzPA)、6-[3-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃(簡稱：2mBnfPPA)、9-苯基-10-{4-(9-苯基-9H-芴-9-基)-聯苯-4'-基}-蒽(簡稱：FLPPA)、9,10-雙(3,5-二苯基苯基)蒽(簡稱：DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(簡稱：DNA)、2-三級丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(簡稱：t-BuDNA)、9,9'-聯蒽(簡稱：BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(簡稱：DPNS)、9,9'-(二苯乙烯-4,4'-二基)二菲(簡稱：DPNS2)、1,3,5-三(1-萘)苯(簡稱：TPB3)、5,12-二苯基稠四苯、5,12-雙(聯苯-2-基)稠四苯等。

【0093】在發光物質是磷光發光物質的情況下，作為較佳為與磷光發光物質組合而使用的有機化合物，選擇其三重激發能量大於發光物質的三重激發能量(基態和三重激發態的能量差)的有機化合物即可。注意，當為了形成激態錯合物，組合而使用多個有機化合物(例如，第一主體材料及第二主體材料(或主體材料及輔助材料)等)與發光物質時，較佳為與磷光發光物質混合而使用這些多個有機化合物。

【0094】藉由採用這樣的結構，可以高效地得到利用從激態錯合物到發光物質的能量轉移的ExTET(Exciplex-Triplet Energy Transfer：激態錯合物-三重態能量轉移)的

發光。作為多個有機化合物的組合，較佳為使用容易形成激態錯合物的組合，特別較佳為組合容易接收電洞的化合物(電洞傳輸性材料)與容易接收電子的化合物(電子傳輸性材料)。

【0095】作為在發光物質是磷光發光物質時較佳為與磷光發光物質組合而使用的有機化合物(主體材料、輔助材料)，可以舉出芳香胺、呋啉衍生物、二苯并噻吩衍生物、二苯并呋喃衍生物、鋅類金屬錯合物或鋁類金屬錯合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、苯并咪唑衍生物、喹啉衍生物、二苯并喹啉衍生物、嘧啶衍生物、吡嗪衍生物、三嗪衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、啡啉衍生物等。

【0096】此外，作為它們的具體例子，可以舉出2-(4-聯苯基)-5-(4-三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(簡稱：PBD)、1,3-雙[5-(對三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(簡稱：OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-呋啉(簡稱：CO11)、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-三級丁基苯基)-1,2,4-三唑(簡稱：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)等三唑衍生物；2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(簡稱：TPBI)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑(簡稱：mDBTBIIm-II)、4,4'-雙(5-甲基苯并噁唑-2-基)二苯乙烯(簡稱：BzOs)、紅啡啉(簡稱：Bphen)、浴銅靈(簡稱：BCP)、2,9-雙(萘-2-基)-4,7-二苯基-1,10-啡啉(簡

稱：NBphen)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPDq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mCzBPDBq)、2-[4-(3,6-二苯基-9H-咔唑-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2CzPDBq-III)、7-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：7mDBTPDBq-II)及6-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：6mDBTPDBq-II)等喹啉衍生物或二苯并喹啉衍生物。

【0097】此外，可以舉出4,6-雙[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mPnP2Pm)、4,6-雙[3-(4-二苯并噻吩基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mCzP2Pm)等嘧啶衍生物；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)、9-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-聯-9H-咔唑(簡稱：mPCCzPTzn-02)等三嗪衍生物；3,5-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶(簡稱：35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶)苯基]苯(簡稱：TmPyPB)等吡啶衍生物；等。

【0098】此外，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。

【0099】另外，在將多個有機化合物用於發光層113

的情況下，也可以混合形成激態錯合物的兩種化合物(第一有機化合物及第二有機化合物)和發光物質。在此情況下，可以適當地組合各種有機化合物，但是為了高效地形成激態錯合物，特別較佳為組合容易接收電洞的化合物(電洞傳輸性材料)和容易接收電子的化合物(電子傳輸性材料)。另外，作為電洞傳輸性材料及電子傳輸性材料的具體例子，可以使用本實施方式所示的材料。藉由採用上述結構，可以同時實現高效率、低電壓以及長壽命。

【0100】TADF材料是指能夠利用微小的熱能量將三重激發態上轉換(up-convert)為單重激發態(逆系間竄越)並高效率地發射來自單重激發態的發光(螢光)的材料。可以高效率地獲得熱活化延遲螢光的條件為如下：三重激發能階和單重激發能階之間的能量差為0eV以上且0.2eV以下，較佳為0eV以上且0.1eV以下。TADF材料所發射的延遲螢光是指具有與一般的螢光同樣的光譜但壽命非常長的發光。其壽命為 $10^{-6}$ 秒以上，較佳為 $10^{-3}$ 秒以上。

【0101】作為TADF材料，例如可以舉出富勒烯或其衍生物、普羅黃素等吡啶衍生物、伊紅等。另外，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。作為含金屬卟啉，例如，也可以舉出原卟啉-氟化錫錯合物(簡稱：SnF<sub>2</sub>(Proto IX))、中卟啉-氟化錫錯合物(簡稱：SnF<sub>2</sub>(Meso IX))、血卟啉-氟化錫錯合物(簡稱：SnF<sub>2</sub>(Hemato IX))、糞卟啉四甲酯-氟化錫錯合物(簡稱：SnF<sub>2</sub>(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： $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$ )以及八乙基卟啉-氯化鉑錯合物(簡稱： $\text{PtCl}_2\text{OEP}$ )等。

【0102】除了上述以外，可以使用2-(聯苯-4-基)-4,6-雙(12-苯基吡啶并[2,3-a]吡啶-11-基)-1,3,5-三嗪(簡稱： $\text{PIC-TRZ}$ )、2-{4-[3-(N-苯基-9H-吡啶-3-基)-9H-吡啶-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(簡稱： $\text{PCCzPTzn}$ )、2-[4-(10H-吩嗪-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(簡稱： $\text{PXZ-TRZ}$ )、3-[4-(5-苯基-5,10-二氫吩嗪-10-基)苯基]-4,5-二苯基-1,2,4-三嗪(簡稱： $\text{PPZ-3TPT}$ )、3-(9,9-二甲基-9H-吡啶-10-基)-9H-氧雜蒽-9-酮(簡稱： $\text{ACRXTN}$ )、雙[4-(9,9-二甲基-9,10-二氫吡啶)苯基]砜(簡稱： $\text{DMAC-DPS}$ )、10-苯基-10H,10'H-螺[吡啶-9,9'-蒽]-10'-酮(簡稱： $\text{ACRSA}$ )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。

【0103】另外，在富 $\pi$ 電子型雜芳環和缺 $\pi$ 電子型雜芳環直接鍵合的物質中，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，單重激發態與三重激發態之間的能量差變小，所以是尤其較佳的。

【0104】另外，在使用TADF材料的情況下，可以與其他有機化合物組合。尤其TADF材料可以與上述的主體材料、電洞傳輸性材料及電子傳輸性材料組合。較佳為將實施方式1所示的本發明的一個實施方式的有機化合物用作與TADF材料組合的主體材料。

【0105】此外，可以將上述材料與低分子材料或高分

子材料組合而使用。在成膜中，可以適當地使用已知的方法(真空蒸鍍法、塗佈法、印刷法等)。

### 【0106】

#### 〈電子傳輸層〉

電子傳輸層114是將從第二電極102由後述的電子注入層115注入的電子傳輸到發光層113中的層。另外，電子傳輸層114是包含電子傳輸性材料的層。作為用於電子傳輸層114的電子傳輸性材料，較佳為具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子移動率的物質。另外，只要是電子傳輸性高於電洞傳輸性的物質，可以使用上述以外的物質。此外，電子傳輸層114即使是單層也起作用，但是在根據需要採用兩層以上的疊層結構時，可以提高器件特性。

【0107】作為能夠用於電子傳輸層114的有機化合物，可以使用具有呋喃并二噻吩骨架的呋喃環與芳香環稠合的結構的有機化合物、具有喹啉骨架的金屬錯合物、具有苯并喹啉骨架的金屬錯合物、具有嘔唑骨架的金屬錯合物、具有噻唑骨架的金屬錯合物等，還可以使用嘔二唑衍生物、三唑衍生物、咪唑衍生物、嘔唑衍生物、噻唑衍生物、啡啉衍生物、具有喹啉配體的喹啉衍生物、苯并喹啉衍生物、喹嘔啉衍生物、二苯并喹嘔啉衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物、嘧啶衍生物、含氮雜芳族化合物等缺 $\pi$ 電子型雜芳族化合物等電子傳輸性高的材料(電子傳輸性材料)。

【0108】作為電子傳輸性材料的具體例子，可以舉出

：2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPD<sub>Bq</sub>-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPD<sub>Bq</sub>-II)、5-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-7,7-二甲基-5H,7H-茛并[2,1-b]呋啉(簡稱：mINc(II)PTzn)、4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱：8βN-4mDBtPBfpm)、3,8-雙[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]苯并呋喃并[2,3-b]吡嗪(簡稱：3,8mDBtP2Bfpr)、4,8-雙[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱：4,8mDBtP2Bfpm)、9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪(簡稱：9mDBtBPNfpr)、8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-聯苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱：8mDBtBPNfpm)、8-[(2,2'-聯萘)-6-基]-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱：8(βN2)-4mDBtPBfpm)、三(8-羥基喹啉)鋁(III)(簡稱：Alq<sub>3</sub>)、三(4-甲基-8-羥基喹啉)鋁(III)(簡稱：Almq<sub>3</sub>)、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：BA1q)、雙(8-羥基喹啉)鋅(II)(簡稱：Znq)等具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金屬錯合物；雙[2-(2-苯并呋啉基)苯酚]鋅(II)(簡稱：ZnPBO)、雙[2-(2-苯并噻啉基)苯酚]鋅(II)(簡稱：ZnBTZ)、雙[2-(2-羥基苯基)苯并噻啉]鋅(II)(簡稱：Zn(BTZ)<sub>2</sub>)等具有呋啉骨架或噻啉骨架的金屬錯合物等。

【0109】再者，除了金屬錯合物以外，還可以使用

PBD、OXD-7、CO11等噁二唑衍生物；TAZ、p-EtTAZ等三唑衍生物；TPBI、mDBTBIIm-II等咪唑衍生物(包括苯并咪唑衍生物)；BzOs等噁唑衍生物；BPhen、BCP、NBPhen等啡啉衍生物；2mDBTPDBq-II、2mDBTBPDBq-II、2mCzBPDBq、2CzPDBq-III、7mDBTPDBq-II、6mDBTPDBq-II等喹噁啉衍生物或二苯并喹噁啉衍生物；35DCzPPy、TmPyPB等吡啶衍生物；4,6mPnP2Pm、4,6mDBTP2Pm-II、4,6mCzP2Pm等嘧啶衍生物；PCCzPTzn、mPCCzPTzn-02等三嗪衍生物。

【0110】另外，還可以使用PPy、PF-Py、PF-BPy等高分子化合物。

#### 【0111】

##### 〈電子注入層〉

電子注入層115是用來提高從陰極注入電子的效率的層，較佳為使用陰極材料的功函數的值與用於電子注入層115的材料的LUMO能階的值之差小(0.5eV以下)的材料。因此，作為電子注入層115，可以使用鋰、銻、氟化鋰(LiF)、氟化銻(CsF)、氟化鈣(CaF<sub>2</sub>)、8-(羥基喹啉)鋰(簡稱：Li<sub>q</sub>)、2-(2-吡啶基)苯酚鋰(簡稱：LiPP)、2-(2-吡啶基)-3-羥基吡啶(pyridinolato)鋰(簡稱：LiPPy)、4-苯基-2-(2-吡啶基)苯酚鋰(簡稱：LiPPP)、鋰氧化物(LiO<sub>x</sub>)、碳酸銻等鹼金屬、鹼土金屬或者它們的化合物。此外，可以使用氟化鋇(ErF<sub>3</sub>)等稀土金屬化合物。

【0112】此外，如圖8B所示的發光器件那樣，藉由在

兩個 EL 層 (103a、103b) 之間設置電荷產生層 104，可以具有多個 EL 層層疊在一對電極之間的結構 (也稱為串聯結構)。注意，在本實施方式中，圖 8A 所說明的電洞注入層 (111)、電洞傳輸層 (112)、發光層 (113)、電子傳輸層 (114) 和電子注入層 (115) 各自的功能及材料是與圖 8B 所說明的電洞注入層 (111a、111b)、電洞傳輸層 (112a、112b)、發光層 (113a、113b)、電子傳輸層 (114a、114b) 和電子注入層 (115a、115b) 相同的。

### 【0113】

#### 〈電荷產生層〉

在圖 8B 所示的發光器件中，電荷產生層 104 具有如下功能：當第一電極 101 (陽極) 和第二電極 102 (陰極) 之間被施加電壓時，對 EL 層 103a 注入電子且對 EL 層 103b 注入電洞的功能。電荷產生層 104 既可以具有對電洞傳輸性材料添加電子受體 (受體) 的結構，也可以具有對電子傳輸性材料添加電子施體 (施體) 的結構。或者，也可以層疊有這兩種結構。另外，藉由使用上述材料形成電荷產生層 104，可以抑制在層疊 EL 層時的驅動電壓的增大。

【0114】在電荷產生層 104 具有對電洞傳輸性材料添加電子受體的結構的情況下，作為電洞傳輸性材料可以使用本實施方式所示的材料。另外，作為電子受體，可以舉出 7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷 (簡稱：F<sub>4</sub>-TCNQ)、氯醌等。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，可以舉出氧化釩、氧化鈮、

氧化鋁、氧化鉻、氧化鉬、氧化鎢、氧化錳、氧化銻等。

【0115】在電荷產生層104具有對電子傳輸性材料添加電子施體的結構的情況下，作為電子傳輸性材料可以使用本實施方式所示的材料。另外，作為電子施體，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族、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施體。

【0116】雖然圖8B示出層疊有兩個EL層103的結構，但是藉由在不同的EL層之間設置電荷產生層可以使其成為三個以上的疊層結構。

#### 【0117】

〈基板〉

本實施方式所示的發光器件可以形成在各種基板上。注意，對基板的種類沒有特定的限制。作為該基板的例子，可以舉出半導體基板(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、包含不鏽鋼箔的基板、鎢基板、包含鎢箔的基板、撓性基板、貼合薄膜、包含纖維狀材料的紙或基材薄膜等。

【0118】作為玻璃基板的例子，有鋇硼矽酸鹽玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、鈉鈣玻璃等。作為撓性基板、貼合薄膜、基材薄膜等，可以舉出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)為代表的塑膠、丙烯酸樹脂等合成樹脂、聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯、聚氯乙烯、聚醯胺、聚醯亞胺、芳香族聚醯胺樹脂、環氧樹脂、無機蒸鍍薄膜、紙類等。

【0119】另外，當製造本實施方式所示的發光器件時，可以利用蒸鍍法等真空製程或旋塗法、噴墨法等溶液製程。作為蒸鍍法，可以利用濺射法、離子鍍法、離子束蒸鍍法、分子束蒸鍍法、真空蒸鍍法等物理蒸鍍法(PVD法)或化學氣相沉積法(CVD法)等。尤其是，可以利用蒸鍍法(真空蒸鍍法)、塗佈法(浸塗法、染料塗佈法、棒式塗佈法、旋塗法、噴塗法等)、印刷法(噴墨法、網版印刷(孔版印刷)法、平板印刷(平版印刷)法、柔版印刷(凸版印刷)法、照相凹版印刷法、微接觸印刷法、奈米壓印法等)等方法形成包括在發光器件的EL層中的功能層(電洞注入層(111、111a、111b)、電洞傳輸層(112、112a、112b)、發光層(113、113a、113b)、電子傳輸層(114、114a、114b)、電子注入層(115、115a、115b)以及電荷產生層(104))。

【0120】另外，本實施方式所示的構成發光器件的EL層(103、103a、103b)的各功能層(電洞注入層(111、111a、111b)、電洞傳輸層(112、112a、112b)、發光層(113、113a、113b)、電子傳輸層(114、114a、114b)、電子注入層(115、115a、115b)以及電荷產生層(104))的材料不侷限於此，只要為可以滿足各層的功能的材料就可以組

合地使用。作為一個例子，可以使用高分子化合物(低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等)、中分子化合物(介於低分子與高分子之間的化合物：分子量為400至4000)、無機化合物(量子點材料等)等。作為量子點材料，可以使用膠狀量子點材料、合金型量子點材料、核殼(Core Shell)型量子點材料、核型量子點材料等。

【0121】本實施方式所示的結構可以適當地與其他實施方式所示的結構組合而使用。

### 【0122】

#### 實施方式3

在本實施方式中，說明本發明的一個實施方式的發光裝置。圖9A所示的發光裝置是形成在第一基板201上的電晶體(FET)202和發光器件(203R、203G、203B、203W)電連接而成的主動矩陣型發光裝置，多個發光器件(203R、203G、203B、203W)共同使用EL層204，並且採用根據各發光器件的發光顏色分別調整了各發光器件的電極之間的光學距離的微腔結構。另外，採用從EL層204得到的發光穿過形成在第二基板205上的濾色片(206R、206G、206B)射出的頂部發射型發光裝置。

【0123】在圖9A所示的發光裝置中，將第一電極207用作反射電極，並將第二電極208用作半透射-半反射電極。作為用來形成第一電極207及第二電極208的電極材料，可以參照其他實施方式而適當地使用。

【0124】另外，在圖9A中，例如，在以發光器件

203R、203G、203B、203W分別作為紅色發光器件、綠色發光器件、藍色發光器件、白色發光器件的情況下，如圖9B所示，將發光器件203R中的第一電極207與第二電極208之間的距離調整為光學距離200R，將發光器件203G中的第一電極207與第二電極208之間的距離調整為光學距離200G，並且將發光器件203B中的第一電極207與第二電極208之間的距離調整為光學距離200B。另外，如圖9B所示，藉由在發光器件203R中將導電層210R層疊在第一電極207上，並在發光器件203G中將導電層210G層疊在第一電極207上，可以進行光學調整。

【0125】在第二基板205上形成有濾色片(206R、206G、206B)。濾色片使特定波長範圍的可見光透過並遮阻特定波長範圍的可見光。因此，如圖9A所示，藉由在與發光器件203R重疊的位置上設置只使紅色波長範圍的光透過的濾色片206R，可以從發光器件203R得到紅色光。另外，藉由在與發光器件203G重疊的位置上設置只使綠色波長範圍的光透過的濾色片206G，可以從發光器件203G得到綠色光。另外，藉由在與發光器件203B重疊的位置上設置只使藍色波長範圍的光透過的濾色片206B，可以從發光器件203B得到藍色光。但是，可以從發光器件203W得到白色光，而不設置濾光片。另外，也可以在各濾色片的端部設置有黑色層(黑矩陣)209。再者，濾色片(206R、206G、206B)或黑色層209也可以被由透明材料構成的保護層覆蓋。

【0126】雖然在圖9A中示出在第二基板205一側取出光的結構(頂部發射型)的發光裝置，但是也可以採用如圖9C所示那樣在形成有FET202的第一基板201一側取出光的結構(底部發射型)的發光裝置。在底部發射型發光裝置中，將第一電極207用作半透射-半反射電極，並將第二電極208用作反射電極。另外，作為第一基板201，至少使用具有透光性的基板。另外，如圖9C所示，將濾色片(206R'、206G'、206B')設置在比發光器件(203R、203G、203B)更靠近第一基板201的一側即可。

【0127】另外，雖然在圖9A中示出發光器件為紅色發光器件、綠色發光器件、藍色發光器件以及白色發光器件的情況，但是本發明的一個實施方式的發光器件不侷限於該結構，也可以使用黃色發光器件或橙色發光器件。作為用來製造這些發光器件的EL層(發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層、電子注入層、電荷產生層等)的材料，可以參照其他實施方式而適當地使用。在此情況下，需要根據發光器件的發光顏色而適當地選擇濾色片。

【0128】藉由採用上述結構，可以得到具備發射多個顏色的光的發光器件的發光裝置。

【0129】本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

#### 【0130】

#### 實施方式4

在本實施方式中，對本發明的一個實施方式的發光裝

置進行說明。

【0131】藉由採用本發明的一個實施方式的發光器件的器件結構，可以製造主動矩陣型發光裝置或被動矩陣型發光裝置。另外，主動矩陣型發光裝置具有組合了發光器件和電晶體(FET)的結構。由此，被動矩陣型發光裝置和主動矩陣型發光裝置都包括在本發明的一個實施方式中。另外，可以將其他實施方式所示的發光器件應用於本實施方式所示的發光裝置。

【0132】在本實施方式中，首先參照圖10A及圖10B說明主動矩陣型發光裝置。

【0133】圖10A是發光裝置的俯視圖，圖10B是沿著圖10A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第一基板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及驅動電路部(303、304a、304b)用密封劑305密封在第一基板301與第二基板306之間。

【0134】在第一基板301上設置有引線307。引線307與作為外部輸入端子的FPC308電連接。FPC308用來對驅動電路部(303、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。另外，FPC308也可以安裝有印刷線路板(PWB)。安裝有這些FPC和PWB的狀態也可以包括在發光裝置的範疇內。

【0135】圖10B示出剖面結構。

【0136】像素部302由具有FET(開關用FET)311、FET(電流控制用FET)312以及電連接於FET312的第一電極313的多個像素構成。對各像素所具有的FET的個數沒有特別的制限，而根據需要適當地設置即可。

【0137】對FET309、310、311、312沒有特別的制限，例如可以採用交錯型電晶體或反交錯型電晶體。另外，也可以採用頂閘極型或底閘極型等的電晶體結構。

【0138】另外，對可用於上述FET309、310、311、312的半導體的結晶性沒有特別的制限，可以使用非晶半導體和具有結晶性的半導體(微晶半導體、多晶半導體、單晶半導體或其一部分具有結晶區域的半導體)中的任一個。藉由使用具有結晶性的半導體，可以抑制電晶體特性的劣化，所以是較佳的。

【0139】作為上述半導體，例如可以使用第14族元素、化合物半導體、氧化物半導體、有機半導體等。典型地是，可以使用包含矽的半導體、包含砷化鎵的半導體或包含銦的氧化物半導體等。

【0140】驅動電路部303包括FET309及FET310。FET309及FET310既可以由包含單極性(N型和P型中的任一個)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。另外，也可以採用外部具有驅動電路的結構。

【0141】第一電極313的端部由絕緣物314覆蓋。絕緣物314可以使用負型感光樹脂或正型感光樹脂(丙烯酸樹

脂)等有機化合物或者氧化矽、氧氮化矽、氮化矽等無機化合物。絕緣物314的上端部或下端部較佳為有具有曲率的曲面。由此，可以使形成在絕緣物314上的膜具有良好的覆蓋性。

【0142】在第一電極313上層疊有EL層315及第二電極316。EL層315具有發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層、電子注入層、電荷產生層等。

【0143】作為本實施方式所示的發光器件317的結構，可以應用其他實施方式所示的結構或材料。雖然在此未圖示，但是第二電極316與作為外部輸入端子的FPC308電連接。

【0144】雖然在圖10B所示的剖面圖中僅示出一個發光器件317，但是，在像素部302中多個發光器件被配置為矩陣狀。藉由在像素部302中分別選擇性地形成能夠得到三種(R、G、B)顏色的發光的發光器件，可以形成能夠進行全彩色顯示的發光裝置。另外，除了可以得到三種(R、G、B)顏色的發光的發光器件以外，例如也可以形成能夠得到白色(W)、黃色(Y)、洋紅色(M)、青色(C)等顏色的發光的發光器件。例如，藉由對能夠得到三種(R、G、B)顏色的發光的發光器件追加能夠得到上述多種發光的發光器件，可以獲得色純度的提高、耗電量的降低等效果。另外，也可以藉由與濾色片組合來實現能夠進行全彩色顯示的發光裝置。作為濾色片的種類，可以使用紅色(R)、綠色(G)、藍色(B)、青色(C)、洋紅色(M)、黃色(Y)等。

【0145】藉由使用密封劑305將第二基板306與第一基板301貼合在一起，使第一基板301上的FET(309、310、311、312)和發光器件317位於由第一基板301、第二基板306和密封劑305圍繞的空間318。另外，空間318可以填充有惰性氣體(如氮氣或氬氣等)，也可以填充有機物(包括密封劑305)。

【0146】可以將環氧樹脂或玻璃粉用作密封劑305。另外，作為密封劑305，較佳為使用儘量未使水分和氧透過的材料。另外，第二基板306可以使用與第一基板301同樣的材料。由此，可以使用其他實施方式所示的各種基板。作為基板，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，作為第一基板301及第二基板306較佳為使用玻璃基板。

【0147】如上所述，可以得到主動矩陣型發光裝置。

【0148】另外，當在撓性基板上形成主動矩陣型發光裝置時，可以在撓性基板上直接形成FET及發光器件，也可以在具有剝離層的其他基板上形成FET及發光器件之後藉由施加熱、力量、雷射照射等使FET與發光器件在剝離層分離再將其轉置於撓性基板。另外，作為剝離層，例如可以使用鎢膜及氧化矽膜的無機膜的疊層或聚醯亞胺等有機樹脂膜等。另外，作為撓性基板，除了可以形成電晶體

的基板之外，還可以舉出紙基板、玻璃紙基板、芳香族聚醯胺薄膜基板、聚醯亞胺薄膜基板、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、橡皮基板等。藉由使用這種基板，可以實現良好的耐性及耐熱性且輕量化及薄型化。

【0149】另外，在驅動主動矩陣型發光裝置所具有的發光器件時，可以使發光器件以脈衝狀(例如，使用kHz、MHz等頻率)發光並將該光用於顯示。使用上述有機化合物形成的發光器件具有優良的頻率特性，可以縮短發光器件的驅動時間而減少功耗。此外，因驅動時間的縮短而發熱得到抑制，由此可以減輕發光器件的劣化。

【0150】本實施方式所示的結構可以適當地與其他實施方式所示的結構組合而使用。

#### 【0151】

#### 實施方式5

在本實施方式中，對採用本發明的一個實施方式的發光器件或包括本發明的一個實施方式的發光器件的發光裝置的各種電子裝置及汽車的例子進行說明。注意，可以將發光裝置主要用於本實施方式所說明的電子裝置中的顯示部。

【0152】圖11A至圖11E所示的電子裝置可以包括外殼7000、顯示部7001、揚聲器7003、LED燈7004、操作鍵7005(包括電源開關或操作開關)、連接端子7006、感測器

7007(具有測量如下因素的功能：力、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉速、距離、光、液、磁、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電力、輻射線、流量、濕度、傾斜度、振動、氣味或紅外線)、麥克風7008等。

【0153】圖11A示出移動電腦，該移動電腦除了上述以外還可以包括開關7009、紅外線埠7010等。

【0154】圖11B示出具備儲存媒體的可攜式影像再現裝置(例如DVD再現裝置)，該可攜式影像再現裝置除了上述以外還可以包括第二顯示部7002、記錄介質讀取部7011等。

【0155】圖11C示出具有電視接收功能的數位相機，該數位相機除了上述以外還可以包括天線7014、快門按鈕7015、影像接收部7016等。

【0156】圖11D示出可攜式資訊終端。可攜式資訊終端具有將資訊顯示在顯示部7001的三個以上的面上的功能。在此，示出資訊7052、資訊7053、資訊7054分別顯示於不同的面上的例子。例如，在將可攜式資訊終端放在上衣口袋裡的狀態下，使用者能夠確認顯示在從可攜式資訊終端的上方看到的位置上的資訊7053。使用者可以確認顯示而無需從口袋裡拿出可攜式資訊終端，能夠判斷是否接電話。

【0157】圖11E示出可攜式資訊終端(包括智慧手機)，該可攜式資訊終端可以在外殼7000中包括顯示部

7001、操作鍵7005等。可攜式資訊終端也可以設置有揚聲器、連接端子、感測器等。另外，可攜式資訊終端可以將文字或影像資訊顯示在其多個面上。在此，示出顯示有三個圖示7050的例子。另外，可以將由虛線矩形表示的資訊7051顯示在顯示部7001的另一個面上。作為資訊7051的例子，可以舉出提示收到來自電子郵件、SNS(Social Networking Services：社交網路服務)或電話等的資訊；電子郵件或SNS等的標題；電子郵件或SNS等的發送者姓名；日期；時間；電池餘量；以及天線接收信號強度等。或者，可以在顯示有資訊7051的位置上顯示圖示7050等。

【0158】圖11F是大型電視機(也稱為電視機或電視接收器)，可以包括外殼7000、顯示部7001等。另外，在此示出由支架7018支撐外殼7000的結構。另外，藉由利用另外提供的遙控器7111等可以進行電視機的操作。另外，顯示部7001也可以具備觸控感測器，藉由用手指等觸摸顯示部7001可以進行操作。遙控器7111也可以具備顯示從該遙控器7111輸出的資料的顯示部。藉由利用遙控器7111所具備的操作鍵或觸控面板，可以進行頻道及音量的操作，並可以對顯示在顯示部7001上的影像進行操作。

【0159】圖11A至圖11F所示的電子裝置可以具有各種功能。例如，可以具有如下功能：將各種資訊(靜態影像、動態影像、文字影像等)顯示在顯示部上的功能；觸控面板功能；顯示日曆、日期或時刻等的功能；藉由利用各種軟體(程式)控制處理的功能；無線通訊功能；藉由利

用無線通訊功能來連接到各種電腦網路的功能；藉由利用無線通訊功能，進行各種資料的發送或接收的功能；讀出儲存在記錄介質中的程式或資料來將其顯示在顯示部上的功能等。此外，包括多個顯示部的電子裝置可以具有在一個顯示部主要顯示影像資訊而在另一個顯示部主要顯示文本資訊的功能，或者具有藉由將考慮了視差的影像顯示於多個顯示部上來顯示三維影像的功能等。再者，在具有影像接收部的電子裝置中，可以具有如下功能：拍攝靜態影像的功能；拍攝動態影像的功能；對所拍攝的影像進行自動或手動校正的功能；將所拍攝的影像儲存在記錄介質(外部或內置於相機)中的功能；將所拍攝的影像顯示在顯示部的功能等。注意，圖 11A 至圖 11F 所示的電子裝置可具有的功能不侷限於上述功能，而可以具有各種功能。

【0160】圖 11G 是手錶型可攜式資訊終端，例如可以被用作智慧手錶。該手錶型可攜式資訊終端包括外殼 7000、顯示部 7001、操作按鈕 7022、7023、連接端子 7024、錶帶 7025、麥克風 7026、感測器 7029、揚聲器 7030 等。顯示部 7001 的顯示面彎曲，因此能夠沿著彎曲的顯示面進行顯示。此外，該手錶型可攜式資訊終端例如藉由與可進行無線通訊的耳麥相互通訊可以進行免提通話。此外，藉由利用連接端子 7024，可以與其他資訊終端進行資料傳輸或進行充電。充電也可以藉由無線供電進行。

【0161】安裝在兼作框架(bezel)部分的外殼 7000 中的顯示部 7001 具有非矩形狀的顯示區域。顯示部 7001 可以顯

示表示時間的圖示以及其他圖示等。此外，顯示部7001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)。

【0162】圖11G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：將各種資訊(靜態影像、動態影像、文字影像等)顯示在顯示部上的功能；觸控面板功能；顯示日曆、日期或時刻等的功能；藉由利用各種軟體(程式)控制處理的功能；無線通訊功能；藉由利用無線通訊功能來連接到各種電腦網路的功能；藉由利用無線通訊功能，進行各種資料的發送或接收的功能；讀出儲存在記錄介質中的程式或資料來將其顯示在顯示部上的功能等。

【0163】外殼7000的內部可具有揚聲器、感測器(具有測量如下因素的功能：力、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉速、距離、光、液、磁、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電力、輻射線、流量、濕度、傾斜度、振動、氣味或紅外線)、麥克風等。

【0164】可以將本發明的一個實施方式的發光裝置用於本實施方式所示的電子裝置的各顯示部，由此可以實現長壽命的電子裝置。

【0165】作為使用發光裝置的電子裝置，可以舉出圖12A至圖12C所示的能夠折疊的可攜式資訊終端。圖12A示出展開狀態的可攜式資訊終端9310。圖12B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 12C 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。

【0166】顯示部 9311 由藉由鉸鏈部 9313 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。另外，可以實現長壽命的電子裝置。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應用軟體的啟動。

【0167】圖 13A 及圖 13B 示出使用發光裝置的汽車。就是說，可以與汽車一體地形成發光裝置。明確而言，可以用於圖 13A 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，可以用於圖 13B 所示的汽車內側的顯示部 5104、方向盤 5105、變速杆 5106、座位 5107、內部後視鏡 5108、擋風玻璃 5109 等。除此之外，也可以用於玻璃窗的一部分。

【0168】如上所述，可以得到使用本發明的一個實施方式的發光裝置的電子裝置或汽車。此時，可以實現長壽

命的電子裝置。能夠使用的電子裝置或汽車不侷限於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。

【0169】注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

#### 【0170】

#### 實施方式6

在本實施方式中，參照圖14A和圖14B說明應用本發明的一個實施方式的發光裝置或其一部分的發光器件而製造的照明設備的結構。

【0171】圖14A和圖14B示出照明設備的剖面圖的例子。圖14A是在基板一側提取光的底部發射型照明設備，而圖14B是在密封基板一側提取光的頂部發射型照明設備。

【0172】圖14A所示的照明設備4000在基板4001上包括發光器件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。發光器件4002包括第一電極4004、EL層4005以及第二電極4006。

【0173】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。

【0174】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與發光器件4002之間設置有乾燥劑4013。由於基板4003具有如圖14A所示那樣的

凹凸，因此可以提高在發光器件4002中產生的光的提取效率。

【0175】圖14B所示的照明設備4200在基板4201上包括發光器件4202。發光器件4202包括第一電極4204、EL層4205以及第二電極4206。

【0176】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，也可以在輔助佈線4209下設置絕緣層4210。

【0177】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與發光器件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14B所示那樣的凹凸，因此可以提高在發光器件4202中產生的光的提取效率。

【0178】作為上述照明設備的應用例子，可以舉出室內照明的天花射燈。作為天花射燈，有天花安裝型燈或天花嵌入型燈等。這種照明設備可以由發光裝置與外殼或覆蓋物的組合構成。

【0179】除此以外，也可以應用於能夠照射地面上以提高安全性的腳燈。例如，能夠將腳燈有效地利用於臥室、樓梯或通路等。在此情況下，可以根據房間的尺寸或結構而適當地改變其尺寸或形狀。另外，也可以組合發光裝置和支撐台構成安裝型照明設備。

【0180】另外，也可以應用於薄膜狀照明設備(片狀

照明)。因為將片狀照明貼在牆上而使用，所以可以節省空間地應用於各種用途。另外，容易實現大面積化。另外，也可以將其貼在具有曲面的牆或外殼上。

【0181】藉由將本發明的一個實施方式的發光裝置或其一部分的發光器件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。

【0182】如上所述，可以得到使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。

【0183】本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

## 實施例 1

【0184】在本實施例中示出製造使用 T1 能階不同的主體材料的多個發光器件，並調查用於發光器件的發光層中的主體材料的 T1 能階與發光物質(磷光發光物質)的激發能量之間的關係給該發光器件的可靠性帶來的影響而得到的結果。

【0185】注意，在本實施例中，下表 1 示出製造的各發光器件的結構。

【0186】

[表 1]

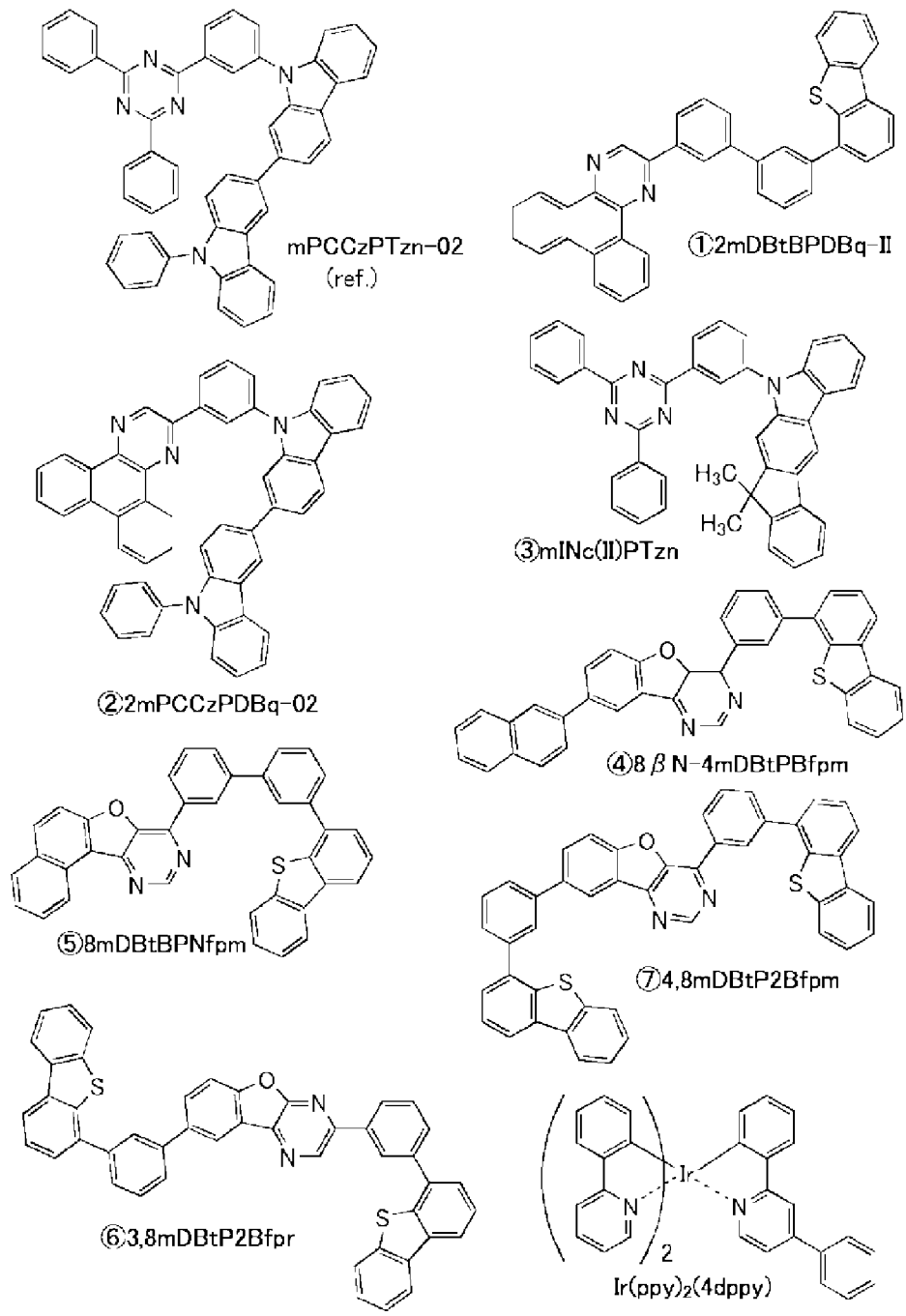
|             | 第一電極        | 電洞注入層                    | 電洞傳輸層           | 發光層*(主體材料中的一種)        | 電子傳輸層                 |              | 電子注入層     | 第二電極       |
|-------------|-------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------|------------|
| 標準器件        |             |                          |                 | mPCCzPTzn-02 (40nm)   | mPCCzPTzn-02 (20nm)   |              |           |            |
| 發光器件1 (對比例) | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoOx (2:1 50nm) | PCBBiIBP (20nm) | 2mDBTBPDq-II (40nm)   | 2mDBTBPDq-II (20nm)   | Bphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |
| 發光器件2 (對比例) |             |                          |                 | 2mPCCzPDBq-02 (40nm)  | 2mPCCzPDBq-02 (20nm)  |              |           |            |
| 發光器件3 (對比例) |             |                          |                 | mInc(II)PTzn (40nm)   | mInc(II)PTzn (20nm)   |              |           |            |
| 發光器件4       |             |                          |                 | 8βN-4mDBtPBfpm (40nm) | 8βN-4mDBtPBfpm (20nm) |              |           |            |
| 發光器件5       |             |                          |                 | 8mDBtBPNfpm (40nm)    | mPCCzPTzn-02 (20nm)   |              |           |            |
| 發光器件6 (對比例) |             |                          |                 | 3,8mDBtP2Bfpr (40nm)  | 3,8mDBtP2Bfpr (20nm)  |              |           |            |
| 發光器件7 (對比例) |             |                          |                 | 4,8mDBtP2Bfpm (40nm)  | 4,8mDBtP2Bfpm (20nm)  |              |           |            |

\*發光層所包含的其他材料 :PCCP、[Ir(ppy)<sub>3</sub>](4dppy)]

【 0187】此外，以下示出在表1所示的各發光器件中使用的主體材料及客體材料(磷光發光物質)的分子結構。

【 0188】

[化學式 2]



【0189】 在本實施例中，為了比較各主體材料的T1能階，從磷光光譜的短波長一側的發光端(光譜的Onset)算出 $T_{H(edge)}$ 。

【0190】 磷光光譜的發光端是：在短波長一側的稜線

上，在最短波長一側的峰值的半值附近劃切線時該切線與橫軸交叉的點的波長。根據該值可以算出  $T_{H(edge)}$ 。例如，在圖3所示的磷光光譜中，在最短波長一側的峰值(483nm)的半值附近劃切線時該切線與橫軸交叉的點(462nm)是發光端。並且，根據該值可以求出圖3所示的呈現磷光光譜的物質的  $T_{H(edge)}$  為 2.684eV。

【0191】注意，圖3示出用於表1所示的發光器件3的發光層中的材料的磷光光譜。發光器件3的發光層包含主體材料的5-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-7,7-二甲基-5H,7H-茚并[2,1-b]呋啉(簡稱：mINc(II)PTzn)、3,3'-雙(9-苯基-9H-呋啉)(簡稱：PCCP)及客體材料(磷光發光物質)的[2-(4-苯基-2-吡啶基- $\kappa$ N)苯基- $\kappa$ C]雙[2-(2-吡啶基- $\kappa$ N)苯基- $\kappa$ C]銱(III)(簡稱：[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)])。

【0192】於是，對mINc(II)PTzn及PCCP的磷光光譜分別進行測量，圖4示出mINc(II)PTzn的磷光光譜，圖5示出PCCP的磷光光譜。

【0193】從圖4的磷光光譜可知，mINc(II)PTzn的短波長一側的發光端(光譜的Onset)是462nm，換算為能量的值是2.684eV。此外，從圖5的結果可知，PCCP的短波長一側的發光端(光譜的Onset)是456nm，換算為能量的值是2.719eV。

【0194】因此，在發光器件3的發光層中，相當於第一有機化合物的mINc(II)PTzn的T1能階和相當於第二有機化合物的PCCP的T1能階中較低的一方的T1能階(mINc(II)

PTzn的T1能階)是2.684eV，因此發光器件3的 $T_{H(edge)}$ 可以是2.684eV。此外，在沒有反系間竄躍的情況下，發光層中的從主體材料到客體材料(發光物質)的三重激發能量轉移從PCCP和mINc(II)PTzn中的T1能階較低的一方，亦即，mINc(II)PTzn產生。

【0195】注意，對用於表1所示的各發光器件中的主體材料進行與發光器件3同樣的測量，其結果，各發光器件的能夠從第一有機化合物、第二有機化合物的磷光光譜算出的 $T_{H(edge)}$ 與表1的在發光層中被用作主體材料的材料的 $T_{H(edge)}$ 一致(亦即，各主體材料的T1能階低於PCCP)。因此，在各發光器件的發光層中，三重激發能量從具有下表2所示的 $T_{H(edge)}$ 的主體材料轉移到客體材料(發光物質)。

【0196】

[表 2]

|                | 主體材料 |                | 主體材料<br>T <sub>H(edge)</sub> [eV] |
|----------------|------|----------------|-----------------------------------|
| 標準器件           | ref. | mPCCzPTzn-02   | 2.578                             |
| 發光器件1<br>(對比例) | 1    | 2mDBTBPDq-II   | 2.455                             |
| 發光器件2<br>(對比例) | 2    | 2mPCCzPDBq-02  | 2.465                             |
| 發光器件3<br>(對比例) | 3    | mINc(II)PTzn   | 2.684                             |
| 發光器件4          | 4    | 8βN-4mDBtPBfpm | 2.485                             |
| 發光器件5          | 5    | 8mDBtBPNfpm    | 2.475                             |
| 發光器件6<br>(對比例) | 6    | 3,8mDBtP2Bfpr  | 2.362                             |
| 發光器件7<br>(對比例) | 7    | 4,8mDBtP2Bfpm  | 2.701                             |

【0197】接著，算出表1所示的用於各發光器件的發光層中的客體材料([Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)])的 T<sub>D(edge)</sub>。T<sub>D(edge)</sub>可以從 [Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)] 的吸收光譜的吸收端算出。

【0198】吸收光譜的吸收端是：在吸收光譜的最長波長一側的稜線上，在最長波長一側的峰值或肩峰的半值附近劃切線時該切線與橫軸交叉的點的波長。根據該值可以

算出  $T_{D(edge)}$ 。例如，在圖6所示的吸收光譜中，在最長波長一側的肩峰(490nm附近)的半值附近劃切線時該切線與橫軸交叉的點(516nm)是吸收端。並且，根據該值可以求出客體材料( $[Ir(ppy)_2(4dppy)]$ )的  $T_{D(edge)}$  為 2.403eV。

【0199】於是，算出各發光器件中的主體材料的  $T_{H(edge)}$  與客體材料的  $T_{D(edge)}$  之能量差 ( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ )。表3示出其結果。

【0200】

[表 3]

|                | 主體材料 |                | $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ [eV] <sup>*</sup> |
|----------------|------|----------------|---------------------------------------------|
| 標準器件           | ref. | mPCCzPTzn-02   | 0.175                                       |
| 發光器件1<br>(對比例) | 1    | 2mDBTBPDBq-II  | 0.052                                       |
| 發光器件2<br>(對比例) | 2    | 2mPCCzPDBq-02  | 0.062                                       |
| 發光器件3<br>(對比例) | 3    | mINc(II)PTzn   | 0.281                                       |
| 發光器件4          | 4    | 8βN-4mDBtPBfpm | 0.082                                       |
| 發光器件5          | 5    | 8mDBtBPNfpm    | 0.072                                       |
| 發光器件6<br>(對比例) | 6    | 3,8mDBtP2Bfpr  | -0.041                                      |
| 發光器件7<br>(對比例) | 7    | 4,8mDBtP2Bfpm  | 0.298                                       |

<sup>\*</sup> $T_{D(edge)}=2.403$  [eV](吸收端：516nm)

【0201】此外，測量各發光器件的外部量子效率，從測量結果算出以標準器件的值為標準的正規化外部量子效率(參照表4)。其結果，由圖2可知，正規化外部量子效率無論主體材料的  $T_{H(edge)}$  與客體材料的  $T_{D(edge)}$  之能量差 ( $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ ) 如何都是相同的。在發光器件6中，

$T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  為負值，由此可認為是吸熱性的三重激發能量轉移，但是這差異不影響到發光效率。也就是說， $T_{H(edge)}$  的位置對發光效率的影響很小。然而，本發明人發現對可靠性的影響很大。

【0202】在此，對直到各發光器件的亮度衰減到初始亮度的70%為止的時間(LT70)進行測量，根據測量結果算出以標準器件的值為標準的正規化壽命(參照表4)。圖1示出其結果。

【0203】

[表 4]

|                | 主體材料 |                | 正規化外部<br>量子效率 | 正規化<br>壽命 (LT70) |
|----------------|------|----------------|---------------|------------------|
| 標準器件           | ref. | mPCCzPTzn-02   | 1.000         | 1.000            |
| 發光器件1<br>(對比例) | 1    | 2mDBTBPDq-II   | 1.012         | 0.555            |
| 發光器件2<br>(對比例) | 2    | 2mPCCzPDBq-02  | 1.000         | 0.628            |
| 發光器件3<br>(對比例) | 3    | mINc(II)PTzn   | 1.029         | 1.026            |
| 發光器件4          | 4    | 8βN-4mDBtPBfpm | 1.046         | 1.200            |
| 發光器件5          | 5    | 8mDBtBPNfpm    | 1.056         | 1.054            |
| 發光器件6<br>(對比例) | 6    | 3,8mDBtP2Bfpr  | 0.967         | 0.292            |
| 發光器件7<br>(對比例) | 7    | 4,8mDBtP2Bfpm  | 0.946         | 1.013            |

【 0204 】發光器件 6 的效率 高，但其壽命大幅度地減少。換言之，三重激發能量的吸熱性的能量轉移的效率較高，但其壽命大幅度地減少。更重要的是，發光器件 1 和發光器件 2 的行動。在這些器件中，可以被估計為產生發熱性的三重激發能量轉移(亦即， $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 轉換為正值)，但其壽命減少。也就是說，該區域是發熱性能量轉移區域，一般認為是主體材料的能量(在效率的觀點上)充分高的區域，但在壽命的觀點上不充分高。另一方面，發

光器件4及發光器件5的壽命急劇得到提高，其長於標準器件。如此，為了確保壽命，需要滿足 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的值不僅是0以上，而且是一定程度的正值。這是本發明的組件之一。也就是說，從圖1導出 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的值需要為0.07eV以上。

【0205】另一方面，即便 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的值為0.07eV以上，標準器件、發光器件3及發光器件7的壽命短於發光器件4及發光器件5。這應該考慮 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的上限值及/或反系間竄躍的影響。注意，如下所述，標準器件、發光器件3及發光器件7受到反系間竄躍的影響，若 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的上限值與反系間竄躍相比更影響到壽命下降，則 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的上限值更佳為0.17eV(這是因為標準器件、發光器件3及發光器件7的 $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 分別為0.175eV、0.281eV及0.298eV)。

【0206】接著，說明反系間竄躍的影響。在本實施例所製造的各發光器件中，激態錯合物由多個主體材料(第一有機化合物及第二有機化合物)形成而將能量轉移到客體(磷光發光物質)，其結果得到磷光發光。在這種發光器件中，若發光層幾乎不發生反系間竄躍時，則在原理上將能量從載子的再結合所生成的25%的單重激子和75%的三重激子的每一個轉移到客體(磷光發光物質)。第一有機化合物及第二有機化合物不形成激態錯合物的情況也是同樣的，這是本發明的精神。然而，在主體材料的S1能階(在形成激態錯合物時為激態錯合物的S1能階)與 $T_{H(edge)}$ 之能

量差為 $0.2\text{eV}$ 以內的情況下，主體材料的反系間竄躍佔優勢，因此在從主體材料到客體材料的能量轉移中，從單重激發態的路徑佔優勢。在本發明的一個實施方式中，如上所述，在從三重激發態的能量轉移佔優勢的情況下初次發生效果，從單重激發態的路徑佔優勢的狀態不是較佳的。

【0207】也就是說，在關於主體材料的 $T_{H(\text{edge})}$ 與客體材料的 $T_{D(\text{edge})}$ 之間的能量差( $T_{H(\text{edge})}-T_{D(\text{edge})}$ )的條件、以及上述不發生反系間竄躍的條件下，亦即，能量從所生成的75%的三重激子直接轉移到客體材料的情況下有效果。在此，從圖1所示的結果可知，在本實施例所製造的發光器件中，標準器件、發光器件3及發光器件7的正規化壽命短於發光器件4及發光器件5。以下示出在標準器件、發光器件3及發光器件7的主體材料中發生反系間竄躍的條件。

【0208】首先，從發光器件3的發光層所包含的混合 $m\text{INc(II)PTzn}$ 和 $\text{PCCP}$ 而成的材料(在形成激態錯合物時為激態錯合物)的螢光光譜的短波長一側的發光端導出 $S_1$ 能階，將其算出為混合 $m\text{INc(II)PTzn}$ 和 $\text{PCCP}$ 的材料的 $S'_{H(\text{edge})}$ 。

【0209】螢光光譜的發光端示出：在短波長一側的稜線上，在最短波長一側的峰值的半值附近劃切線時該切線與橫軸交叉的點的波長。根據該值可以算出 $S'_{H(\text{edge})}$ 。例如，在圖7所示的螢光光譜中，在最短波長一側的峰值( $513\text{nm}$ )的半值附近劃切線時該切線與橫軸交叉的點( $448\text{nm}$ )是發光端。並且，根據該值可以求出圖7所示的呈

現螢光光譜的物質的  $S'_{H(edge)}$  為  $2.768\text{eV}$ 。因此，可以被求出為  $\Delta E_{s't} = S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} = 0.084\text{eV}$ 。與此同樣，標準器件的  $\Delta E_{s't}$  被求出為  $0.171\text{eV}$ 。

【0210】在此，表5示出  $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  為  $0.07\text{eV}$  以上的標準器件、發光器件3至5及發光器件7的  $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  及  $\Delta E_{s't} = S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$  的數值。

【0211】

[表 5]

|                | 主體材料           | $T_{H(edge)}$<br>[eV] | $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$<br>[eV] <sup>*</sup> | $S'_{H(edge)}$<br>[eV] | $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$<br>[eV] |
|----------------|----------------|-----------------------|--------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 標準器件           | mPCCzPTzn-02   | 2.578                 | 0.175                                            | 2.749                  | 0.171                                |
| 發光器件3<br>(對比例) | mINc(II)PTzn   | 2.684                 | 0.281                                            | 2.768                  | 0.084                                |
| 發光器件4          | 8βN-4mDBtPBfpm | 2.485                 | 0.082                                            | 2.786                  | 0.301                                |
| 發光器件5          | 8mDBtBPNfpm    | 2.475                 | 0.072                                            | 2.792                  | 0.317                                |
| 發光器件7<br>(對比例) | 4,8mDBtP2Bfpm  | 2.701                 | 0.298                                            | 2.831                  | 0.130                                |

<sup>\*</sup> $T_{D(edge)} = 2.403\text{ [eV]}$ (吸收端: 516nm)

【0212】標準器件滿足  $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  為  $0.07\text{eV}$  以上且  $0.27\text{eV}$  以下的條件，但是  $\Delta E_{s't}$  小於  $0.2\text{eV}$ ，這是發生反系間竄躍的條件。此外， $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  不滿足  $0.07\text{eV}$  以上且  $0.17\text{eV}$  以下的條件。發光器件3及發光器件7還不滿足  $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  為  $0.07\text{eV}$  以上且  $0.27\text{eV}$  以下的條件，並且  $\Delta E_{s't}$  小於  $0.2\text{eV}$ 。由此，這些器件的壽命短於發光器件4及

發光器件5。

【0213】另一方面，發光器件4及發光器件5滿足  $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  為  $0.07\text{eV}$  以上且  $0.27\text{eV}$  以下的條件， $\Delta E_{s't}$  都在  $0.3\text{eV}$  以上且小於  $0.4\text{eV}$  的範圍內，反系間竄躍不佔優勢。其結果，發光器件4及發光器件5是在本實施例中壽命最長的器件。此外，這些器件滿足  $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  為  $0.07\text{eV}$  以上且  $0.17\text{eV}$  以下的條件。

【0214】注意，在  $\Delta E_{s't}$  過大時，激發能量比客體材料過大，從而容易發生起因於單重激發態的劣化。因此， $\Delta E_{s't}$  較佳為  $0.5\text{eV}$  以下。

【0215】如上所述，根據本實施例的結果可知，本發明的一個實施方式的發光器件可以在如下條件下具有長壽命：主體材料的  $T_{H(edge)}$  與客體材料的  $T_{D(edge)}$  之能量差 ( $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$ ) 在  $0.07\text{eV}$  以上且  $0.27\text{eV}$  以下的範圍內，較佳為在  $0.07\text{eV}$  以上且  $0.17\text{eV}$  以下的範圍內，並且主體材料的  $S'_{H(edge)}$  與主體材料的  $T_{H(edge)}$  之能量差 ( $S'_{H(edge)} - T_{H(edge)}$ ) 在  $0.2\text{eV}$  以上且  $0.5\text{eV}$  以下的範圍內。

【0216】注意，上述條件可以以公式(1)及公式(2)表示。但是，當進一步著眼於  $T_{H(edge)} - T_{D(edge)}$  的上限值時，與公式(1)相比公式(3)是更佳的。

【0217】

[公式6]

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.27\text{eV} \dots (1)$$

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.5\text{eV} \dots (2)$$

$$0.07\text{eV} \leq T_{\text{H(edge)}} - T_{\text{D(edge)}} \leq 0.17\text{eV} \dots (3)$$

【0218】注意，關於在本實施例中使用的標準器件、發光器件1至發光器件7，將在實施例2中說明其製造方法及器件特性。

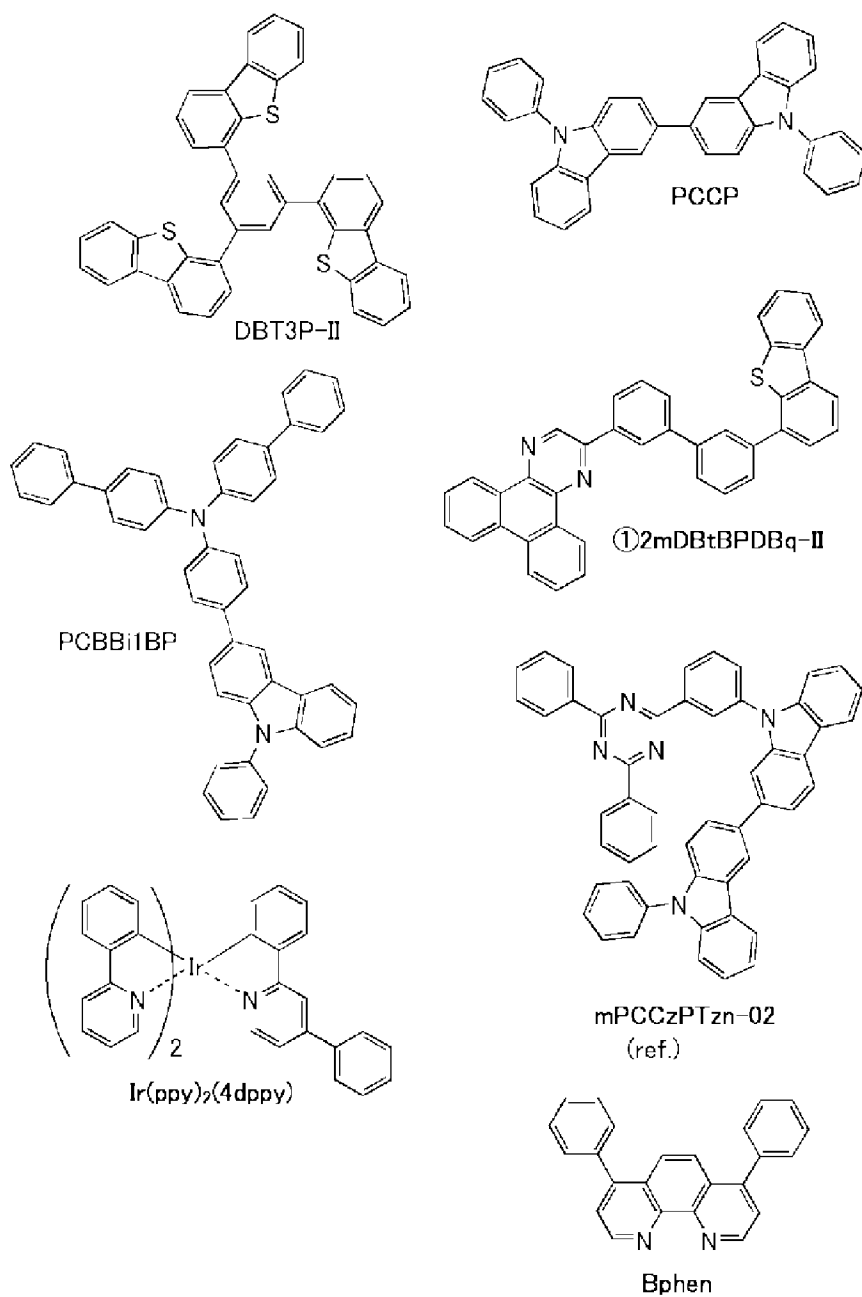
## 實施例2

【0219】在本實施例中，示出製造EL層902的疊層結構不同的多個發光器件(發光器件1至發光器件7)而得到的器件特性。另外，作為對比發光器件，按照發光器件(發光器件1至發光器件7)分別製造在發光層913中至少包含9-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-聯-9H-咔唑(簡稱：mPCCzPTzn-02)的多個對比發光器件(對比發光器件a1至a5)，將它們與各發光器件進行比較。注意，在本實施例中製造的發光器件(發光器件1至發光器件7及對比發光器件a1至a5)都在發光層913中使用發光物質(雙[2-(2-吡啶基-κN)苯基-κC][2-(4-苯基-2-吡啶基-κN)苯基-κC]銱(III)(簡稱：[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]))。

【0220】下面，說明上述發光器件的具體器件結構及其製造方法。注意，在本實施例中說明的發光器件的器件結構如圖15所示。此外，下面示出在本實施例中使用的材料的化學式。附上化學式的簡稱的號碼與實施例1相同。

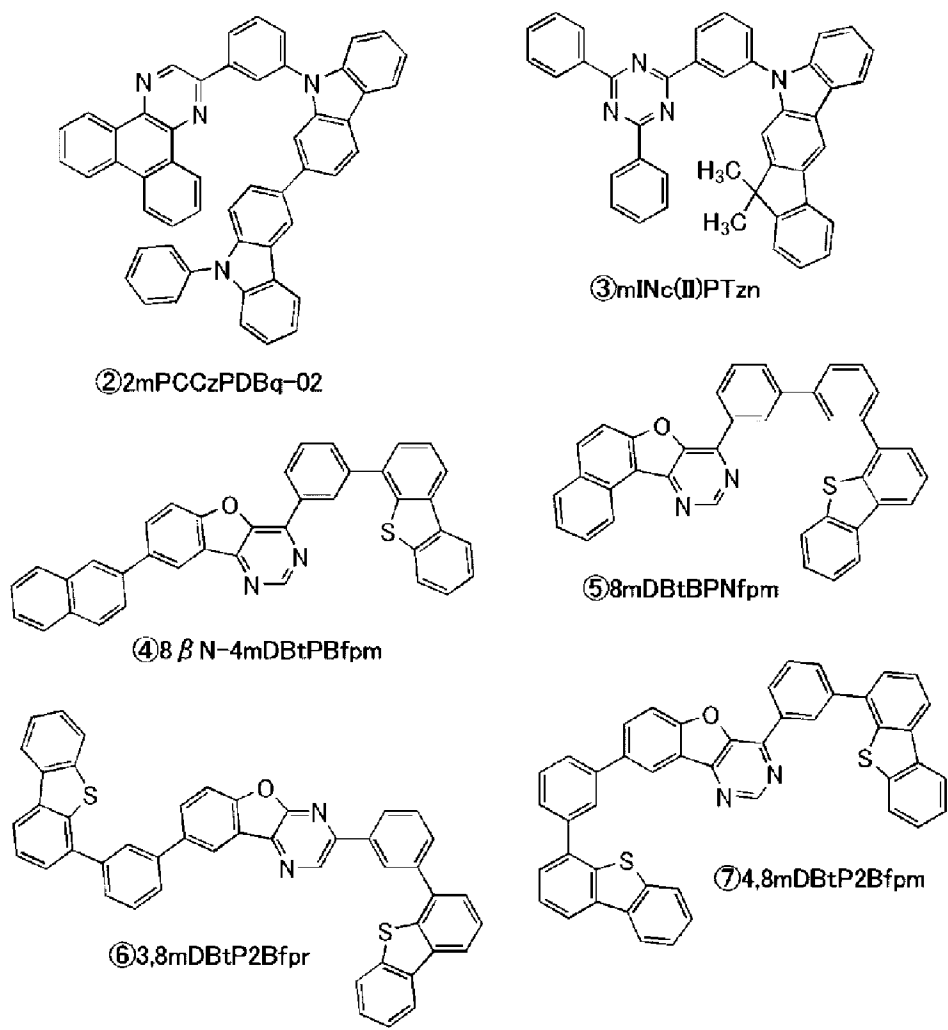
## 【0221】

[化學式 3]



【 0222 】

[化學式 4]



【 0223 】 首先，在本實施例中，說明發光器件 1 及用來進行比較的對比發光器件 a1 的製造方法。注意，各發光器件的具體結構如下表 6 所示。

【 0224 】

[表 6]

|           | 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          |
|-----------|----------------|-----------------------------------------|-------------------|-----|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
| 發光器件 1    | ITSO<br>(70nm) | DBT3P-II:MoO <sub>x</sub><br>(2:1 50nm) | PCBBiBP<br>(20nm) | *   | 2mDBTBPDq-II<br>(20nm) | Bphen<br>(15nm) | LiF<br>(1nm) | Al<br>(200nm) |
| 對比發光器件 a1 | ITSO<br>(70nm) | DBT3P-II:MoO <sub>x</sub><br>(2:1 50nm) | PCBBiBP<br>(20nm) | **  | mPCCzPTzn-02<br>(20nm) | Bphen<br>(15nm) | LiF<br>(1nm) | Al<br>(200nm) |

\* 2mDBTBPDq-II:PCCP:[Ir(ppy)<sub>3</sub>(4dppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)

\*\* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)<sub>3</sub>(4dppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)

【 0225 】

《 發光器件的製造 》

〈 發光器件 1 和對比發光器件 a1 的製造 〉

如圖 15 所示，本實施例所示的發光器件具有如下結構：在形成於基板 900 上的第一電極 901 上依次層疊有電洞注入層 911、電洞傳輸層 912、發光層 913、電子傳輸層 914 以及電子注入層 915，且在電子注入層 915 上層疊有第二電極 903。

【 0226 】 首先，在基板 900 上形成第一電極 901。電極面積為 4mm<sup>2</sup>(2mm×2mm)。另外，作為基板 900 使用玻璃基板。第一電極 901 藉由利用濺射法形成厚度為 70nm 的包含氧化矽的銦錫氧化物(ITSO)而形成。

【 0227 】 在此，作為預處理，利用水對基板表面進行洗滌，在 200℃ 的溫度下焙燒 1 小時，然後進行 UV 臭氧處理 370 秒。然後，將基板放入其內部被減壓到 1×10<sup>-4</sup>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，在 170℃ 的溫度下進行真空焙燒 30 分鐘，然後對基板進行冷卻 30 分鐘左右。

【0228】接著，在第一電極901上形成電洞注入層911。在真空蒸鍍裝置內被減壓到 $1 \times 10^{-4}$ Pa之後，將DBT3P-II和氧化鋁以質量比為DBT3P-II：氧化鋁=2：1且厚度為50nm的方式共蒸鍍，以形成電洞注入層911。

【0229】接著，在電洞注入層911上形成電洞傳輸層912。以厚度為20nm的方式蒸鍍PCBBi1BP，以形成電洞傳輸層912。

【0230】接著，在電洞傳輸層912上形成發光層913。

【0231】在發光器件1的發光層913中，使用2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPDq-II)及3,3'-雙(9-苯基-9H-咔唑)(簡稱：PCCP)，並且作為客體材料(磷光發光物質)使用[2-(4-苯基-2-吡啶基- $\kappa$ N)苯基- $\kappa$ C]雙[2-(2-吡啶基- $\kappa$ N)苯基- $\kappa$ C]銱(III)(簡稱：[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)])，以重量比為mINc(II)PTzn：PCCP：[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]=0.6：0.4：0.1的方式進行共蒸鍍。將其厚度設定為40nm。

【0232】在對比發光器件a1中，使用9-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-聯-9H-咔唑(簡稱：mPCCzPTzn-02)及PCCP，並且作為客體材料(磷光發光物質)使用[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]，以重量比為mPCCzPTzn-02：PCCP：[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]=0.6：0.4：0.1的方式進行共蒸鍍。將其厚度設定為40nm。

【0233】接著，在發光層913上形成電子傳輸層914。

【0234】在發光器件1中，以2mDBTBPDq-II的厚度

為 20nm 且 Bphen 的厚度為 15nm 的方式依次進行蒸鍍，形成電子傳輸層 914。在對比發光器件 a1 中，以 mPCCzPTzn-02 的厚度為 20nm 且 Bphen 的厚度為 15nm 的方式依次進行蒸鍍，形成電子傳輸層 914。

【0235】接著，在電子傳輸層 914 上形成電子注入層 915。電子注入層 915 藉由以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰 (LiF) 而形成。

【0236】接著，在電子注入層 915 上形成第二電極 903。第二電極 903 藉由以厚度為 200nm 的方式蒸鍍鋁而形成。在本實施例中，第二電極 903 被用作陰極。

【0237】藉由上述製程在基板 900 上形成在一對電極之間夾有 EL 層的發光器件。另外，上述製程中說明的電洞注入層 911、電洞傳輸層 912、發光層 913、電子傳輸層 914 以及電子注入層 915 是構成本發明的一個實施方式中的 EL 層的功能層。另外，在上述製造方法的蒸鍍過程中，都利用電阻加熱法進行蒸鍍。

【0238】另外，使用另一基板(未圖示)密封如上所述那樣製成的發光器件。使用另一基板(未圖示)進行密封時，在氮氛圍的手套箱內將塗佈有因紫外光線而固化的密封劑的另一基板(未圖示)固定於基板 900 上，並以密封劑附著於基板 900 上形成的發光器件的周圍的方式將基板彼此黏合。在密封時以  $6\text{J}/\text{cm}^2$  照射 365nm 的紫外光，並且以  $80^\circ\text{C}$  進行 1 小時的加熱處理來使密封劑穩定化。

【0239】

《發光器件的工作特性1》

對所製造的各發光器件的工作特性進行測量。測量在室溫(保持為25℃的氛圍)下進行。作為發光器件1及對比發光器件a1的工作特性的結果，圖16示出電流密度-亮度特性，圖17示出電壓-亮度特性，圖18示出亮度-電流效率特性，圖19示出電壓-電流特性。

【0240】此外，下面的表7示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各發光器件的主要初始特性值。

【0241】

[表7]

|              | 電壓<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>(x,y) | 亮度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流效率<br>(cd/A) | 功率效率<br>(lm/W) | 外部量子<br>效率<br>(%) |
|--------------|-----------|------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|----------------|----------------|-------------------|
| 發光器件1        | 3.5       | 0.047      | 1.2                           | (0.45,0.54) | 950                        | 81             | 73             | 24                |
| 對比發光<br>器件a1 | 3.3       | 0.045      | 1.1                           | (0.45,0.54) | 900                        | 79             | 75             | 24                |

【0242】圖20示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的電流密度使電流流過各發光器件時的發射光譜。從圖20可知各發光器件的發射光譜都在561nm附近具有峰值，該峰值來源於包含在發光層913中的[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]的發光。

【0243】接著，進行各發光器件的可靠性測試。圖21示出可靠性測試的結果。在圖21中，縱軸表示初始亮度為100%時的正規化亮度(%)，橫軸表示器件的驅動時間(h)。作為可靠性測試，進行以2mA的定電流驅動測試。

【0244】接著，示出具有與上述各發光器件不同的結構的發光器件(發光器件2及對比發光器件a2)。注意，這些

發光器件也可以利用與上述發光器件同樣的方法製造。下表8示出具體結構。

【 0245】

[表 8]

|          | 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       |
|----------|-------------|--------------------------|----------------|-----|----------------------|--------------|-----------|------------|
| 發光器件2    | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoOx (2:1 50nm) | PCBBiBP (20nm) | *   | 2mPCCzPDBq-02 (20nm) | Bphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |
| 對比發光器件a2 | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoOx (2:1 50nm) | PCBBiBP (20nm) | **  | mPCCzPTzn-02 (20nm)  | Bphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |

\*2mPCCzPDBq-02:PCCP:[Ir(ppy)<sub>3</sub>](4dppy)] (0.8:0.2:0.1 40nm)

\*\* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)<sub>3</sub>](4dppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)

【 0246】 注意，表8中的2mPCCzPDBq-02表示2-{3-[2-(N-苯基-9H-吡啶-3-基)-9H-吡啶-9-基]苯基}二苯并[f,h]喹啉。

【 0247】

《發光器件的工作特性2》

對所製造的發光器件2及對比發光器件a2的工作特性進行測量。測量在室溫下進行。圖22至圖25示出其結果。

【 0248】 此外，下面的表9示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各發光器件的主要初始特性值。

【 0249】

[表 9]

|          | 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 (%) |
|----------|--------|---------|----------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|------------|
| 發光器件2    | 3.4    | 0.045   | 1.1                        | (0.47,0.53) | 860                     | 76          | 70          | 24         |
| 對比發光器件a2 | 3.3    | 0.051   | 1.3                        | (0.46,0.53) | 990                     | 78          | 74          | 24         |

【 0250】 圖26示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的電流密度使電流流

過各發光器件時的發射光譜。從圖 26可知各發光器件的發射光譜都在 560nm附近具有峰值，該峰值來源於包含在發光層 913中的[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]的發光。

【0251】接著，進行各發光器件的可靠性測試。圖 27示出可靠性測試的結果。在圖 27中，縱軸表示初始亮度為 100%時的正規化亮度(%)，橫軸表示器件的驅動時間(h)。作為可靠性測試，進行以 2mA的定電流驅動測試。

【0252】接著，示出具有與上述各發光器件不同的結構的發光器件(發光器件 3、發光器件 4及對比發光器件 a3)。注意，這些發光器件也可以利用與上述發光器件同樣的方法製造。下表 10示出具體結構。

【0253】

[表 10]

|           | 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       |
|-----------|-------------|--------------------------------------|----------------|-----|-----------------------|--------------|-----------|------------|
| 發光器件 3    | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:1 50nm) | PCBBiBP (20nm) | *   | mINc(II)PTzn (20nm)   | Bphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |
| 發光器件 4    | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:1 50nm) | PCBBiBP (20nm) | **  | 8βN-4mDBtPBfpm (20nm) | Bphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |
| 對比發光器件 a3 | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:1 50nm) | PCBBiBP (20nm) | *** | mPCCzPTzn-02 (20nm)   | Bphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |

\* mINc(II)PTzn:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)  
\*\* 8βN-4mDBtPBfpm:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)  
\*\*\* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)

【0254】注意，表 10中的 mINc(II)PTzn表示 5-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-7,7-二甲基-5H,7H-茛并[2,1-b]呋啞，8βN-4mDBtPBfpm表示 4-[3-(二苯并噁吩-4-基)苯基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶。

【 0255】

《發光器件的工作特性3》

對所製造的發光器件3、發光器件4及對比發光器件a3的工作特性進行測量。測量在室溫下進行。圖28至圖31示出其結果。

【 0256】此外，下面的表11示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各發光器件的主要初始特性值。

【 0257】

[表 11]

|              | 電壓<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>(x,y) | 亮度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流效率<br>(cd/A) | 功率效率<br>(lm/W) | 外部量子<br>效率<br>(%) |
|--------------|-----------|------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|----------------|----------------|-------------------|
| 發光器件3        | 3.1       | 0.038      | 0.94                          | (0.46,0.53) | 740                        | 78             | 79             | 25                |
| 發光器件4        | 3.1       | 0.037      | 0.92                          | (0.46,0.53) | 730                        | 80             | 81             | 25                |
| 對比發光<br>器件a3 | 3.3       | 0.050      | 1.3                           | (0.46,0.53) | 960                        | 77             | 73             | 23                |

【 0258】圖32示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的電流密度使電流流過各發光器件時的發射光譜。從圖32可知各發光器件的發射光譜都在564nm附近具有峰值，該峰值來源於包含在發光層913中的[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]的發光。

【 0259】接著，進行各發光器件的可靠性測試。圖33示出可靠性測試的結果。在圖33中，縱軸表示初始亮度為100%時的正規化亮度(%)，橫軸表示器件的驅動時間(h)。作為可靠性測試，進行以2mA的定電流驅動測試。

【 0260】接著，示出具有與上述各發光器件不同的結構的發光器件(發光器件5及對比發光器件a4)。注意，這些

發光器件也可以利用與上述發光器件同樣的方法製造。下表12示出具體結構。

【0261】

[表 12]

|          | 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       |
|----------|-------------|--------------------------|----------------|-----|---------------------|--------------|-----------|------------|
| 發光器件5    | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoOx (2:1 50nm) | PCBBiBP (20nm) | *   | mPCCzPTzn-02 (20nm) | Bphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |
| 對比發光器件a4 | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoOx (2:1 50nm) | PCBBiBP (20nm) | **  | mPCCzPTzn-02 (20nm) | Bphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |

\* 8 mDBtBPNfpm:PCCP:Ir(ppy)<sub>3</sub>(4dppy) (0.6:0.4:0.1 40nm)

\*\* mPCCzPTzn-02:PCCP:Ir(ppy)<sub>3</sub>(4dppy) (0.6:0.4:0.1 40nm)

【0262】注意，表11中的8mDBtBPNfpm表示8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-聯苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶。

【0263】

《發光器件的工作特性4》

對所製造的發光器件5及對比發光器件a4的工作特性進行測量。測量在室溫下進行。圖34至圖37示出其結果。

【0264】此外，下面的表13示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各發光器件的主要初始特性值。

【0265】

[表 13]

|          | 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 (%) |
|----------|--------|---------|----------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|------------|
| 發光器件5    | 3.2    | 0.044   | 1.1                        | (0.45,0.54) | 960                     | 88          | 86          | 26         |
| 對比發光器件a4 | 3.2    | 0.041   | 1.0                        | (0.45,0.54) | 850                     | 82          | 80          | 24         |

【0266】圖38示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的電流密度使電流流過各發光器件時的發射光譜。從圖38可知各發光器件的發射光譜都在559nm附近具有峰值，該峰值來源於包含在發光層913中的[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]的發光。

【0267】接著，進行各發光器件的可靠性測試。圖39示出可靠性測試的結果。在圖39中，縱軸表示初始亮度為100%時的正規化亮度(%)，橫軸表示器件的驅動時間(h)。作為可靠性測試，進行以2mA的定電流驅動測試。

【0268】接著，示出具有與上述各發光器件不同的結構的發光器件(發光器件6、發光器件7及對比發光器件a5)。注意，這些發光器件也可以利用與上述發光器件同樣的方法製造。下表14示出具體結構。

【0269】

[表 14]

|          | 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          |
|----------|----------------|-----------------------------|-------------------|-----|-------------------------|-----------------|--------------|---------------|
| 發光器件6    | ITSO<br>(70nm) | DBT3P-II:MoOx<br>(2:1 50nm) | PCBBiBP<br>(20nm) | *   | 3,8mDBtP2Bfpr<br>(20nm) | Bphen<br>(15nm) | LiF<br>(1nm) | Al<br>(200nm) |
| 發光器件7    | ITSO<br>(70nm) | DBT3P-II:MoOx<br>(2:1 50nm) | PCBBiBP<br>(20nm) | **  | 4,8mDBtP2Bfpm<br>(20nm) | Bphen<br>(15nm) | LiF<br>(1nm) | Al<br>(200nm) |
| 對比發光器件a5 | ITSO<br>(70nm) | DBT3P-II:MoOx<br>(2:1 50nm) | PCBBiBP<br>(20nm) | *** | mPCCzPTzn-02<br>(20nm)  | Bphen<br>(15nm) | LiF<br>(1nm) | Al<br>(200nm) |

\* 3,8mDBtP2Bfpr:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)  
\*\* 4,8mDBtP2Bfpm:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)  
\*\*\* mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)] (0.6:0.4:0.1 40nm)

【0270】注意，表14中的3,8mDBtP2Bfpr表示3,8-雙[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]苯并呋喃并[2,3-b]吡嗪，4,8mDBtP2Bfpm表示4,8-雙[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶。

【 0271】

《發光器件的工作特性5》

對所製造的發光器件6、發光器件7及對比發光器件a5的工作特性進行測量。測量在室溫下進行。圖40至圖43示出其結果。

【 0272】此外，下面的表15示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各發光器件的主要初始特性值。

【 0273】

[表 15]

|              | 電壓<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>(x,y) | 亮度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流效率<br>(cd/A) | 功率效率<br>(lm/W) | 外部量子<br>效率<br>(%) |
|--------------|-----------|------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|----------------|----------------|-------------------|
| 發光器件6        | 3.4       | 0.052      | 1.3                           | (0.47,0.53) | 980                        | 75             | 69             | 23                |
| 發光器件7        | 3.8       | 0.059      | 1.5                           | (0.45,0.54) | 1100                       | 76             | 63             | 23                |
| 對比發光<br>器件a5 | 3.3       | 0.045      | 1.1                           | (0.45,0.54) | 900                        | 80             | 76             | 24                |

【 0274】圖44示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的電流密度使電流流過各發光器件時的發射光譜。從圖44可知各發光器件的發射光譜都在560nm附近具有峰值，該峰值來源於包含在發光層913中的[Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]的發光。

【 0275】接著，進行各發光器件的可靠性測試。圖45示出可靠性測試的結果。在圖45中，縱軸表示初始亮度為100%時的正規化亮度(%)，橫軸表示器件的驅動時間(h)。作為可靠性測試，進行以2mA的定電流驅動測試。

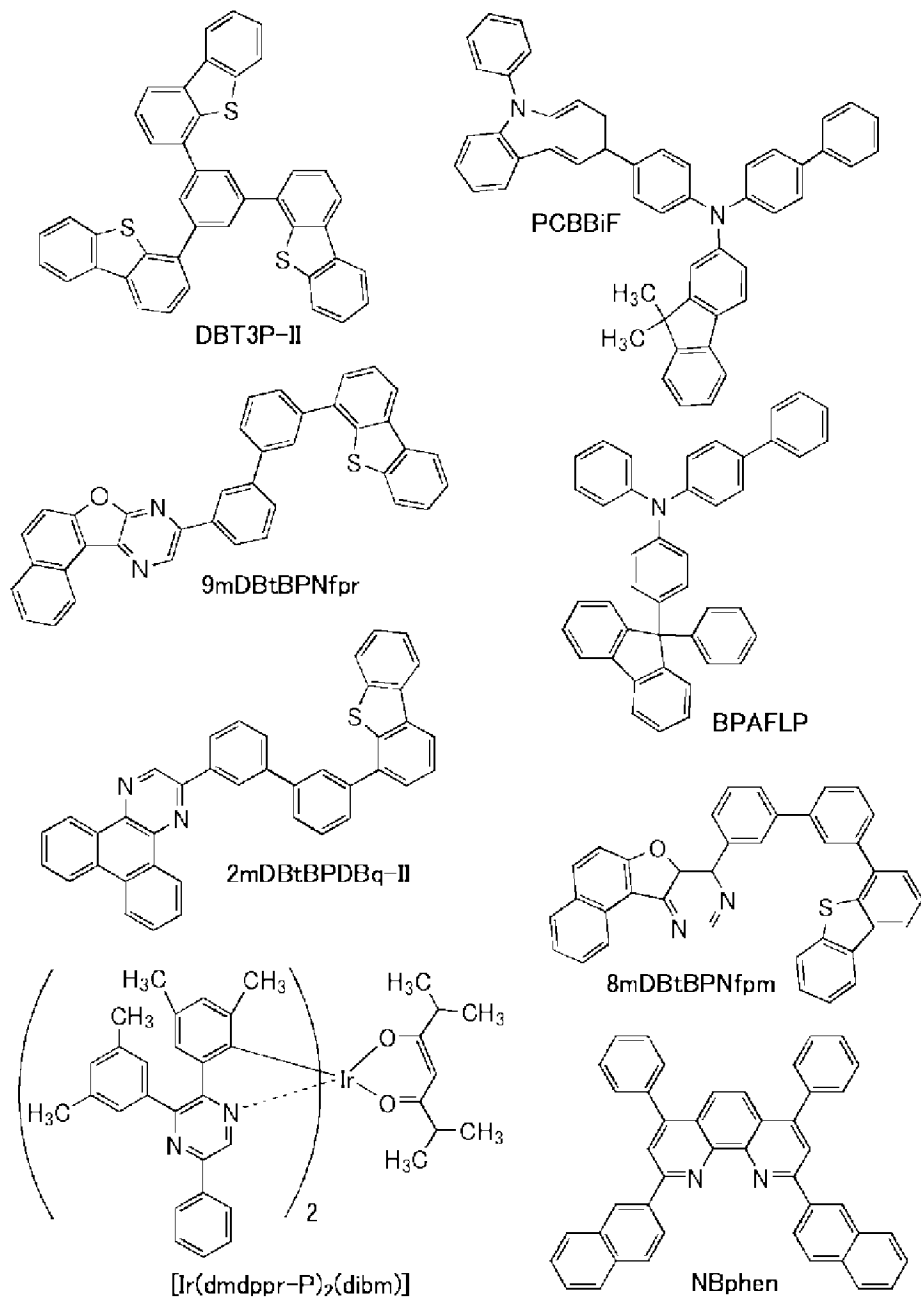
實施例3

【0276】在本實施例中，說明製造將其發光波長比實施例1及實施例2所示的發光器件更長的客體材料用於發光層中的發光器件的情況。注意，在本實施例中使用的客體材料是雙{4,6-二甲基-2-[3-(3,5-二甲基苯基)-5-苯基-2-吡嗪基- $\kappa$ N]苯基- $\kappa$ C}(2,6-二甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2$ O,O')銱(III)(簡稱：[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)])。在本實施例中說明的發光器件的器件結構如圖15所示，製造方法與實施例2同樣。

【0277】以下示出本實施例中的用於各發光器件的材料的化學式。另外，下表16示出各發光器件的具體結構。

【0278】

[化學式 5]



【 0279 】

[表 16]

|          | 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          |
|----------|----------------|-----------------------------|------------------|-----|------------------------|------------------|--------------|---------------|
| 發光器件8    | ITSO<br>(70nm) | DBT3P-II:MoOx<br>(2:1 75nm) | BPAFLP<br>(20nm) | *   | 9mDBtBPNfpr<br>(30nm)  | NBphen<br>(15nm) | LiF<br>(1nm) | Al<br>(200nm) |
| 對比發光器件b1 | ITSO<br>(70nm) | DBT3P-II:MoOx<br>(2:1 75nm) | BPAFLP<br>(20nm) | **  | 2mDBTBPDq-II<br>(30nm) | NBphen<br>(15nm) | LiF<br>(1nm) | Al<br>(200nm) |
| 對比發光器件b2 | ITSO<br>(70nm) | DBT3P-II:MoOx<br>(2:1 75nm) | BPAFLP<br>(20nm) | *** | 8mDBtBPNfpm<br>(30nm)  | NBphen<br>(15nm) | LiF<br>(1nm) | Al<br>(200nm) |

\* 9mDBtBPNfpr:PCBBiF:[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)] (0.75:0.25:0.1 40nm)

\*\* 2mDBTBPDq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)] (0.75:0.25:0.1 40nm)

\*\*\* 8mDBtBPNfpm:PCBBiF:[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)] (0.75:0.25:0.1 40nm)

【0280】注意，表16中的BPAFLP表示4-苯基-4'-(9-苯基萘-9-基)三苯基胺。9mDBtBPNfpr表示9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪，2mDBTBPDq-II表示2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉，8mDBtBPNfpm表示8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-聯苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶，PCBBiF表示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-萘-2-胺。

【0281】

《發光器件的工作特性》

對所製造的發光器件8、對比發光器件b1及對比發光器件b2的工作特性進行測量。測量在室溫下進行。圖46至圖49示出其結果。

【0282】此外，下面的表17示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各發光器件的主要初始特性值。

【0283】

[表 17]

|              | 電壓<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>(x,y) | 亮度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流效率<br>(cd/A) | 功率效率<br>(lm/W) | 外部量子<br>效率<br>(%) |
|--------------|-----------|------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|----------------|----------------|-------------------|
| 發光器件8        | 3.2       | 0.25       | 6.2                           | (0.71,0.29) | 930                        | 15             | 15             | 26                |
| 對比發光<br>器件b1 | 3.7       | 0.29       | 7.2                           | (0.71,0.29) | 1000                       | 14             | 12             | 25                |
| 對比發光<br>器件b2 | 3.7       | 0.31       | 7.7                           | (0.71,0.29) | 1000                       | 13             | 11             | 22                |

【 0284 】 圖 50 示出以 2.5mA/cm<sup>2</sup> 的電流密度使電流流過各發光器件時的發射光譜。從圖 50 可知各發光器件的發射光譜都在 640nm 附近具有峰值，該峰值來源於包含在發光層 913 中的 [Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)] 的發光。

【 0285 】 接著，進行各發光器件的可靠性測試。圖 51 示出可靠性測試的結果。在圖 51 中，縱軸表示初始亮度為 100% 時的正規化亮度(%)，橫軸表示器件的驅動時間(h)。作為可靠性測試，進行以 3mA 的定電流驅動測試。

【 0286 】 根據上述工作特性的結果算出各發光器件的正規化外部量子效率及正規化壽命(LT70)。表 18 示出其結果。注意，以對比發光器件 b1 的值為標準使各發光器件正規化來進行計算。

【 0287 】

[表 18]

|              | 主體材料         | 正規化外部<br>量子效率 | 正規化<br>壽命 (LT70) |
|--------------|--------------|---------------|------------------|
| 發光器件8        | 9mDBtBPNfpr  | 1.034         | 2.689            |
| 對比發光<br>器件b1 | 2mDBTBPDq-II | 1.000         | 1.000            |
| 對比發光<br>器件b2 | 8mDBtBPNfpm  | 0.876         | 1.094            |

【 0288 】 另外，與實施例 1 同樣地算出：混合在本實施例中製造的各發光器件的發光層所包含的 PCBBiF 和表 18 所示的主體材料而成的材料 ( 在形成激態錯合物時為激態錯合物 ) 的  $T_{H(edge)}$  和  $S'_{H(edge)}$  以及客體材料 ([Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)]) 的  $T_{D(edge)}$ 。表 19 示出其結果。注意，[Ir(dmdppr-P)<sub>2</sub>(dibm)] 的  $T_{D(edge)}$  是 1.974eV。

【 0289 】

[表 19]

|              | 主體材料         | $T_{H(edge)}$<br>[eV] | $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$<br>[eV]* | $S'_{H(edge)}$<br>[eV] | $S'_{H(edge)}-T_{H(edge)}$<br>[eV] |
|--------------|--------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| 發光器件8        | 9mDBtBPNfpr  | 2.175                 | 0.201                              | 2.583                  | 0.408                              |
| 對比發光<br>器件b1 | 2mDBTBPDq-II | 2.455                 | 0.481                              | 2.743                  | 0.288                              |
| 對比發光<br>器件b2 | 8mDBtBPNfpm  | 2.475                 | 0.501                              | 2.621                  | 0.146                              |

\* $T_{D(edge)}$ =1.974 [eV](吸收端：628nm)

【 0290 】 如表 18 所示，發光器件 8 的正規化壽命長於對比發光器件 b1 及對比發光器件 b2。根據表 19 的結果可知，只有發光器件 8 滿足實施方式 1 所示的公式 (1) 及公式 (2) 的兩個條件，亦即， $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$  的值為 0.07eV 以上且 0.27eV 以下，並且  $S'_{H(edge)}-T_{H(edge)}$  的值為 0.2eV 以上且

0.5eV以下，由此發光器件8具有長壽命。

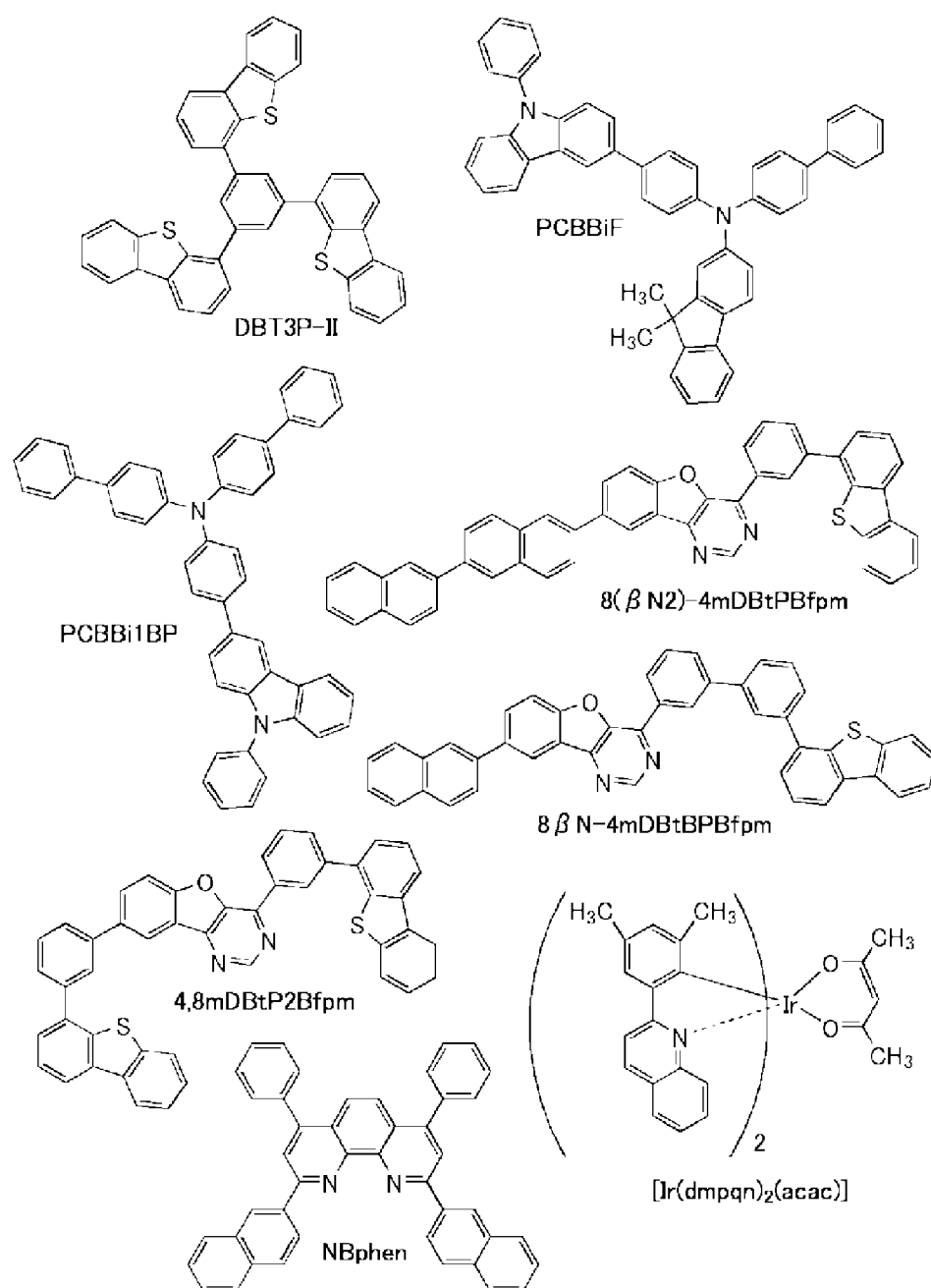
#### 實施例4

【0291】在本實施例中，說明與實施例3所示的發光器件同樣地製造將發光波長長的客體材料用於發光層中的發光器件的情況。注意，在本實施例中使用的客體材料是雙[4,6-二甲基-2-(2-喹啉- $\kappa$ N)苯基- $\kappa$ C](2,4-戊二酮根- $\kappa^2$ O,O')銱(III)(簡稱：[Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)])。在本實施例中說明的發光器件的器件結構如圖15所示，製造方法與實施例2同樣。

【0292】以下示出本實施例中的用於各發光器件的材料的化學式。另外，下表20示出各發光器件的具體結構。

【0293】

[化學式 6]



【 0294 】

[表 20]

|          | 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       |
|----------|-------------|--------------------------|-----------------|-----|--------------------------|---------------|-----------|------------|
| 發光器件 9   | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoOx (2:1 60nm) | PCBBi1BP (20nm) | *   | 8(βN2)-4mDBtPBfpm (25nm) | NBphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |
| 對比發光器件c1 | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoOx (2:1 60nm) | PCBBi1BP (20nm) | **  | 4,8mDBtP2Bfpm (25nm)     | NBphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |
| 對比發光器件c2 | ITSO (70nm) | DBT3P-II:MoOx (2:1 60nm) | PCBBi1BP (20nm) | *** | 8βN-4mDBtBPBfpm (25nm)   | NBphen (15nm) | LiF (1nm) | Al (200nm) |

\* 8(βN2)-4mDBtPBfpm:PCBBiF-[Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)] (0.75:0.25:0.1 40nm)  
\*\* 4,8mDBtP2Bfpm:PCBBiF-[Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)] (0.75:0.25:0.1 40nm)  
\*\*\* 8βN-4mDBtBPBfpm:PCBBiF-[Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)] (0.75:0.25:0.1 40nm)

【 0295 】 注意，表 20 中的 PCBBi1BP 表示 4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯基胺，8(βN2)-4mDBtPBfpm 表示 8-[(2,2'-聯萘)-6-基]-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶]，4,8mDBtP2Bfpm 表示 4,8-雙[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶，8βN-4mDBtBPBfpm 表示 4-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶。

【 0296 】

《發光器件的工作特性》

對所製造的發光器件 9、對比發光器件 c1 及對比發光器件 c2 的工作特性進行測量。測量在室溫下進行。圖 52 至圖 55 示出其結果。

【 0297 】 此外，下面的表 21 示出 1000cd/m<sup>2</sup>附近的各發光器件的主要初始特性值。

【 0298 】

[表 21]

|              | 電壓<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>(x,y) | 亮度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流效率<br>(cd/A) | 功率效率<br>(lm/W) | 外部量子<br>效率<br>(%) |
|--------------|-----------|------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|----------------|----------------|-------------------|
| 發光器件9        | 3.7       | 0.31       | 7.7                           | (0.68,0.32) | 1100                       | 14             | 12             | 16                |
| 對比發光<br>器件c1 | 3.6       | 0.27       | 6.8                           | (0.68,0.32) | 970                        | 14             | 12             | 16                |
| 對比發光<br>器件c2 | 3.6       | 0.28       | 6.9                           | (0.68,0.32) | 1100                       | 14             | 12             | 16                |

【 0299 】 圖 56 示出以 2.5mA/cm<sup>2</sup> 的電流密度使電流流過各發光器件時的發射光譜。從圖 56 可知各發光器件的發射光譜都在 626nm 附近具有峰值，該峰值來源於包含在發光層 913 中的 [Ir(dmpqn)<sub>2</sub>(acac)] 的發光。

【 0300 】 接著，進行各發光器件的可靠性測試。圖 57 示出可靠性測試的結果。在圖 57 中，縱軸表示初始亮度為 100% 時的正規化亮度 (%)，橫軸表示器件的驅動時間 (h)。作為可靠性測試，進行以 3mA 的定電流驅動測試。

【 0301 】 根據上述工作特性的結果算出各發光器件的正規化外部量子效率及正規化壽命 (LT70)。表 22 示出其結果。注意，以對比發光器件 c1 的值為標準使各發光器件正規化來進行計算。

【 0302 】

[表 22]

|              | 主體材料              | 正規化外部<br>量子效率 | 正規化<br>壽命 (LT90) |
|--------------|-------------------|---------------|------------------|
| 發光器件9        | 8(βN2)-4mDBtPBfpm | 1.034         | 4.300            |
| 對比發光<br>器件c1 | 4,8mDBtP2Bfpm     | 1.000         | 1.000            |
| 對比發光<br>器件c2 | 8βN-4mDBtBPBfpm   | 0.876         | 2.182            |

【 0303 】 另外，與實施例 1 同樣地算出：混合在本實施例中製造的各發光器件的發光層所包含的 PCBBiF 和表 22 所示的主體材料而成的材料(在形成激態錯合物時為激態錯合物)的  $T_{H(edge)}$  和  $S'_{H(edge)}$  以及客體材料 ( $[Ir(dmpqn)_2(acac)]$ ) 的  $T_{D(edge)}$ 。表 23 示出其結果。注意， $[Ir(dmpqn)_2(acac)]$  的  $T_{D(edge)}$  是 2.039 eV。

【 0304 】

[表 23]

|              | 主體材料                  | $T_{H(edge)}$<br>[eV] | $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$<br>[eV]* |
|--------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| 發光器件9        | 8(βN2)-<br>4mDBtPBfpm | 2.288                 | 0.249                              |
| 對比發光<br>器件c1 | 4,8mDBtP2Bfpm         | 2.701                 | 0.662                              |
| 對比發光<br>器件c2 | 8βN-<br>4mDBtBPBfpm   | 2.485                 | 0.445                              |

\* $T_{D(edge)}=2.039$  [eV](吸收端：608nm)

【 0305 】 如表 22 所示，發光器件 9 的正規化壽命長於對比發光器件 c1 及對比發光器件 c2。在發光器件 9 中， $S'_{H(edge)}-T_{H(edge)}$  的值被估計為 0.4 eV 左右。根據表 23 的結果可知，只有發光器件 9 滿足實施方式 1 所示的公式 (1) 及公

式(2)的兩個條件，亦即， $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的值為0.07eV以上且0.27eV以下，並且 $S'H(edge)-T_{H(edge)}$ 的值為0.2eV以上且0.5eV以下，由此發光器件9具有長壽命。

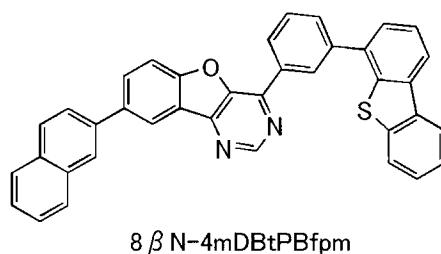
### 【0306】

(參考合成例1)

說明在實施例2中使用的有機化合物的4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘓啶(簡稱：8 $\beta$ N-4mDBtPBfpm)的合成方法。以下示出8 $\beta$ N-4mDBtPBfpm的結構式。

### 【0307】

[化學式7]



### 【0308】

〈4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-8-(萘-2-基)-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘓啶(簡稱：8 $\beta$ N-4mDBtPBfpm)的合成〉

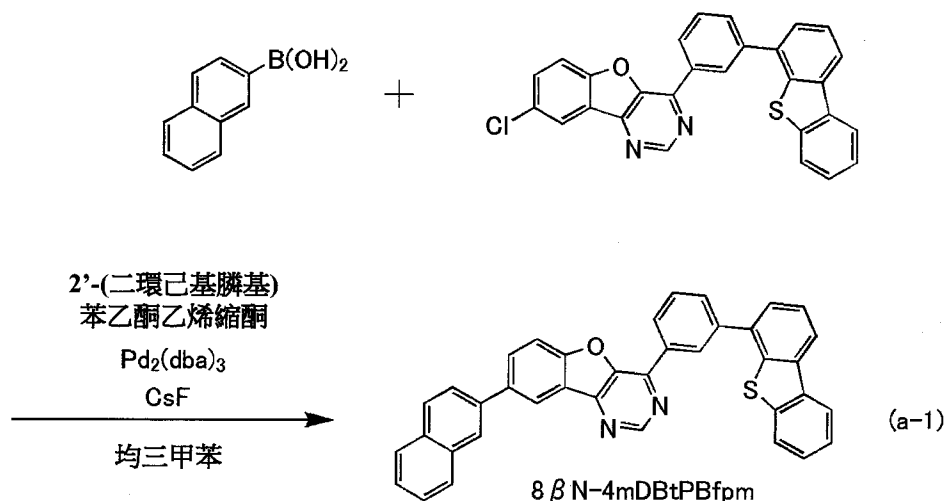
首先，加入8-氯-4-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-[1]苯并呋喃并[3,2-d]嘓啶1.5g、2-萘硼酸0.73g、氟化鈰1.5g、均三甲苯32mL，用氮氣置換100mL的三頸燒瓶內的空氣，加入2'-(二環己基膦基)苯乙酮乙烯縮酮70mg、三(二亞苺基丙酮)二鈰(0)(簡稱：Pd<sub>2</sub>(dba)<sub>3</sub>)89mg，在氮氣流下以120

℃ 進行攪拌 5 小時。對所得到的反應物加入水，進行過濾，依次使用水及乙醇對濾渣進行洗滌。

【0309】將該濾渣溶解於甲苯中，使用依次填充有矽藻土、礬土及矽藻土的助濾劑進行過濾。濃縮所得到的溶液的溶劑，進行重結晶，由此以 64% 的產率得到目的物的淡黃色固體 1.5g。下述式(a-1)示出該合成方案。

【0310】

[化學式 8]



【0311】藉由梯度昇華法，使 1.5g 的所得到的淡黃色固體昇華純化。在昇華純化中，在以 10mL/min 的流量使氬氣體流過且壓力為 2.0Pa 的條件下，以 290℃ 對固體進行加熱。在昇華純化之後，以 39% 的回收率得到 0.60g 的目的物的黃色固體。

【0312】以下示出所得到的黃色固體的利用核磁共振光譜法 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 的分析結果。

【0313】 $^1\text{H-NMR}$ .  $\delta(\text{TCE-d}_2)$  : 7.45-7.50(m, 4H)、

7.57-7.62(m, 2H)、7.72-7.93(m, 8H)、8.03(d, 1H)、8.10(s, 1H)、8.17(d, 2H)、8.60(s, 1H)、8.66(d, 1H)、8.98(s, 1H)、9.28(s, 1H)。

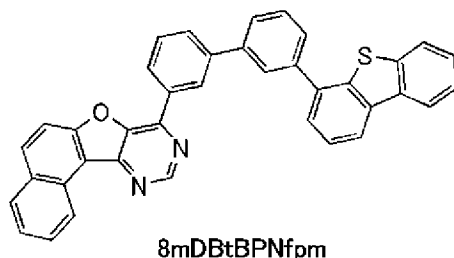
【0314】

(參考合成例2)

說明在本實施例2中使用的有機化合物的8-[3'-(二苯并噻吩-4-基)(1,1'-聯苯-3-基)]萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘓啶(簡稱: 8mDBtBPNfpm)的合成方法。以下示出8mDBtBPNfpm的結構。

【0315】

[化學式9]



【0316】

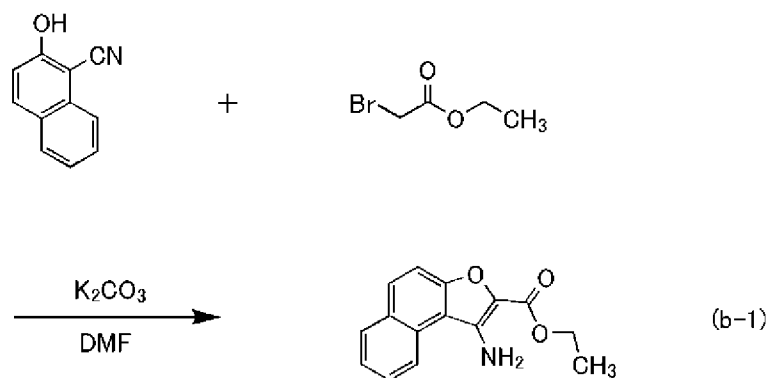
〈步驟1: 1-胺基-萘并[2,1-b]呋喃-2-羧酸乙酯的合成〉

首先，在燒瓶中放入4.0g的2-羥基萘-1-甲腈、6.6g的碳酸鉀，對燒瓶內進行氮氣置換，添加30mL的DMF、4.0g的溴代乙酸乙酯，在80℃的溫度下進行16小時的加熱。將所得的反應物放入100mL的冰水中進行急速冷卻，攪拌1小時後進行過濾。藉由利用水對所得到的濾物進行洗滌並利用乙醇及水使其再結晶，以72%的產率得到4.4g的目的

物(茶色固體)。下述(b-1)示出步驟1的合成方案。

【0317】

[化學式10]



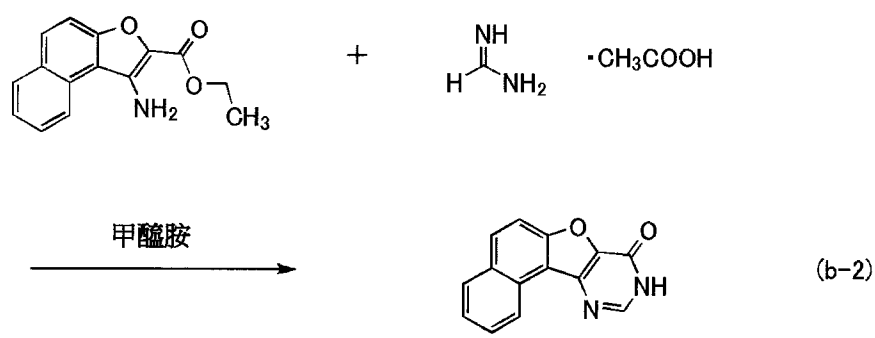
【0318】

〈步驟2：萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘧啶-8(9H)-酮的合成〉

接著，在燒瓶中放入4.4g的上述步驟1合成的1-胺基-萘并[2,1-b]呋喃-2-羧酸乙酯、1.8g的甲脒乙酸鹽、25mL的甲醯胺，在160℃的溫度下進行8小時的加熱。對所得到的反應物添加100mL的水而進行過濾，對濾物進行洗滌，以96%的產率得到3.9g的目的物(褐色固體)。下述(b-2)示出步驟2的合成方案。

【0319】

[化學式 11]



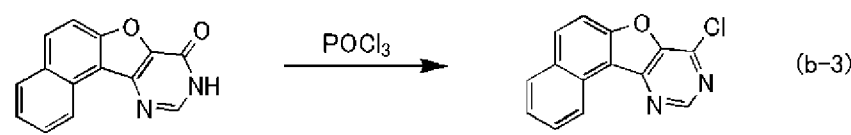
【 0320 】

〈 步驟 3：8-氯-萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘓啶的合成〉

接著，在燒瓶中放入 3.9g 的上述步驟 2 合成的萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘓啶-8(9H)-酮、15mL 的磷醯氯，在氮氣流下氛且 100℃ 的溫度下進行 6 小時的加熱。將所得的反應物放入 100mL 的冰水中進行急速冷卻後，添加 330mL 的 3M 的氫氧化鈉水溶液，攪拌 1 小時。過濾上述反應物，利用乙醇對濾物進行洗滌，以 42% 的產率得到 1.8g 的目的物(黃色固體)。下述 (b-3) 示出步驟 3 的合成方案。

【 0321 】

[化學式 12]



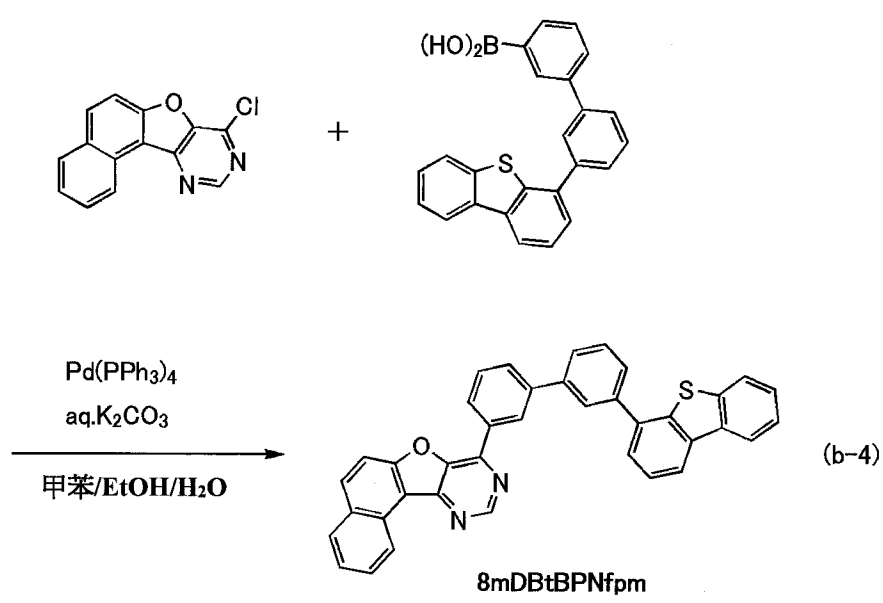
【 0322 】

〈 步驟 4：8mDBtBPNfpm 的合成〉

接著，在燒瓶中放入1.8g的在上述步驟3中合成的8-氯-萘并[1',2':4,5]呋喃并[3,2-d]嘓啶、2.9g的3-(二苯并噻吩-4-基)苯基硼酸、15mL的2M的碳酸鉀水溶液、150mL的甲苯、以及15mL的乙醇，對燒瓶內進行氮氣置換。對上述混合物中添加0.29g的四(三苯基膦)鉀(0)，在氮氛圍且95℃的溫度下進行12小時的加熱。過濾所得到的反應物，利用水對所得到的濾物進行洗滌，然後利用乙醇再進行洗滌。

【0323】接著，使所得到的濾物溶解於甲苯中，並使其經過依次層疊有矽藻土、氧化鋁、矽藻土的助濾劑後，用甲苯再結晶，以95%的產率得到3.6g的淡黃色固體的目的地物。下述(b-4)示出步驟4的合成方案。

【0324】  
[化學式13]



【0325】藉由梯度昇華方法對所得到的3.6g的淡黃色

固體進行昇華純化。在利用梯度昇華方法的昇華純化中，在壓力為2.7Pa且氬氣流速為5mL/min的條件下，在310℃的溫度下進行上述淡黃色固體的加熱。在昇華純化之後，以73%的產率得到2.7g的淡黃色固體。

【0326】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。

【0327】 $^1\text{H-NMR}$ . $\delta$ (TCE- $\text{d}_2$ )：7.45-7.52(m, 2H)、7.60-7.71(m, 4H)、7.74-7.86(m, 6H)、7.92(d, 1H)、8.05(d, 1H)、8.12(d, 1H)、8.16(s, 1H)、8.19-8.22(m, 2H)、8.64(d, 1H)、8.96(s, 1H)、9.23(d, 1H)、9.32(s, 1H)。

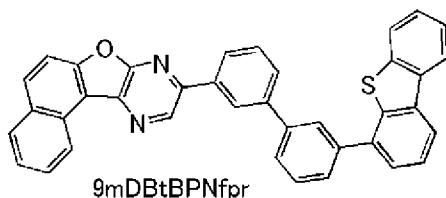
【0328】

(參考合成例3)

說明在實施例3中使用的有機化合物的9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪(簡稱：9mDBtBPNfpr)的合成方法。以下示出9mDBtBPNfpr的結構。

【0329】

[化學式14]



【0330】

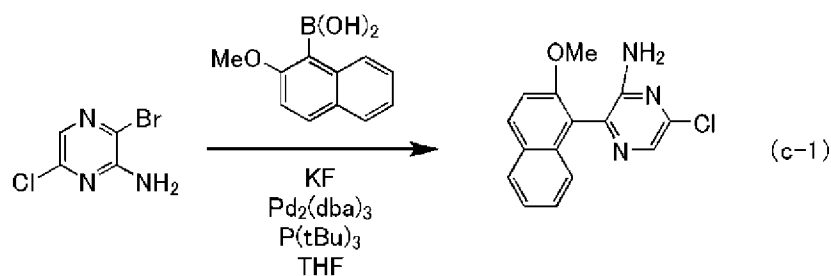
〈步驟1；6-氯-3-(2-甲氧基萟-1-基)吡嗪-2-胺的合成〉

首先，將3-溴-6-氯吡嗪-2-胺4.37g、2-甲氧基萟-1-硼酸4.23g、氟化鉀4.14g及脫水四氫呋喃75mL放入安裝有回流管的三頸燒瓶內，對其內部進行氮置換。在減壓下攪拌燒瓶內以進行脫氣，然後添加三(二亞苺基丙酮)二鈀(0)(簡稱： $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ )0.57g及三三級丁基磷(簡稱： $\text{P}(\text{tBu})_3$ )4.5mL，以80℃攪拌54小時使其反應。

【0331】經過指定時間之後，對所得到的混合物進行吸引過濾，濃縮濾液。然後，藉由以甲苯：乙酸乙酯=9：1為展開溶劑的矽膠管柱層析法進行純化，得到目的物的吡嗪衍生物(以36%的產率得到黃白色粉末2.19g)。以下(c-1)示出步驟1的合成方案。

【0332】

[化學式15]



【0333】

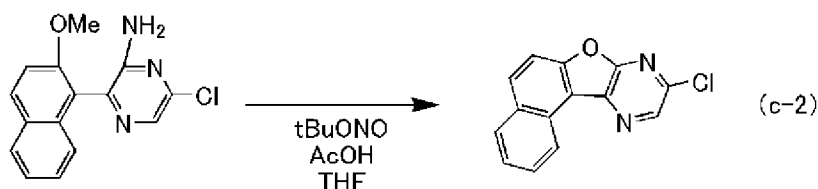
〈步驟2；9-氯萟并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪的合成〉

接著，將上述步驟1中得到的6-氯-3-(2-甲氧基萟-1-基)吡嗪-2-胺2.18g、脫水四氫呋喃63mL及冰醋酸84mL放

入三頸燒瓶內，對其內部進行氮置換。在將燒瓶冷卻到 -10℃ 之後，滴加亞硝酸三級丁酯 2.8mL，以 -10℃ 攪拌 30 分鐘且以 0℃ 攪拌 3 小時。經過指定時間之後，對所得到的懸浮液添加水 250mL 並進行吸引過濾，來得到目的物的吡嗪衍生物(以 77% 的產率得到黃白色粉末 1.48g)。以下 (c-2) 示出步驟 2 的合成方案。

【 0334 】

[化學式 16]



【 0335 】

〈 步驟 3；9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪(簡稱：9mDBtBPNfpr)的合成〉

接著，將上述步驟 2 中得到的 9-氯萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪 1.48g、3'-(4-二苯并噻吩)-1,1'-聯苯-3-硼酸 3.41g、2M 碳酸鉀水溶液 8.8mL、甲苯 100mL 及乙醇 10mL 放入三頸燒瓶內，對其內部進行氮置換。在減壓下攪拌燒瓶內以進行脫氣，然後添加雙(三苯基膦)二氯化鈀(II)(簡稱：Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)0.84g，以 80℃ 攪拌 18 小時以使其反應。

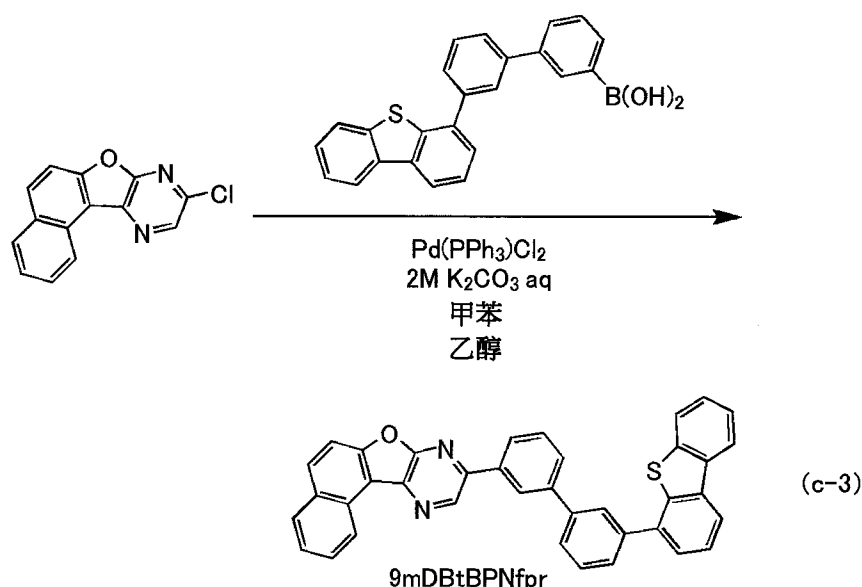
【 0336 】 經過指定時間之後，對所得到的懸浮液進行吸引過濾並使用水及乙醇進行洗滌。將所得到的固體溶解

於甲苯，經過依次層疊矽藻土、礬土、矽藻土的助濾劑進行過濾，然後使用甲苯及己烷的混合溶劑進行再結晶，來得到目的物(以82%的產率得到淡黃色固體2.66g)。

【0337】利用梯度昇華法對所得到的淡黃色固體2.64g進行昇華純化。昇華純化條件為如下：在壓力為2.6Pa且氬氣體流量為15mL/分的條件下，以315℃對固體進行加熱。在昇華純化之後，以89%的產率獲得目的物的淡黃色固體2.34g。以下(c-3)示出步驟3的合成方案。

【0338】

[化學式17]



【0339】以下示出上述步驟3中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。

【0340】 $^1\text{H-NMR}$ . $\delta(\text{CD}_2\text{Cl}_2)$  : 7.47-7.51(m, 2H)、7.60-7.69(m, 5H)、7.79-7.89(m, 6H)、8.05(d, 1H)、8.10-8.11(m, 2H)、8.18-8.23(m, 3H)、8.53(s, 1H)、9.16(d, 1H)、9.32(s, 1H)。

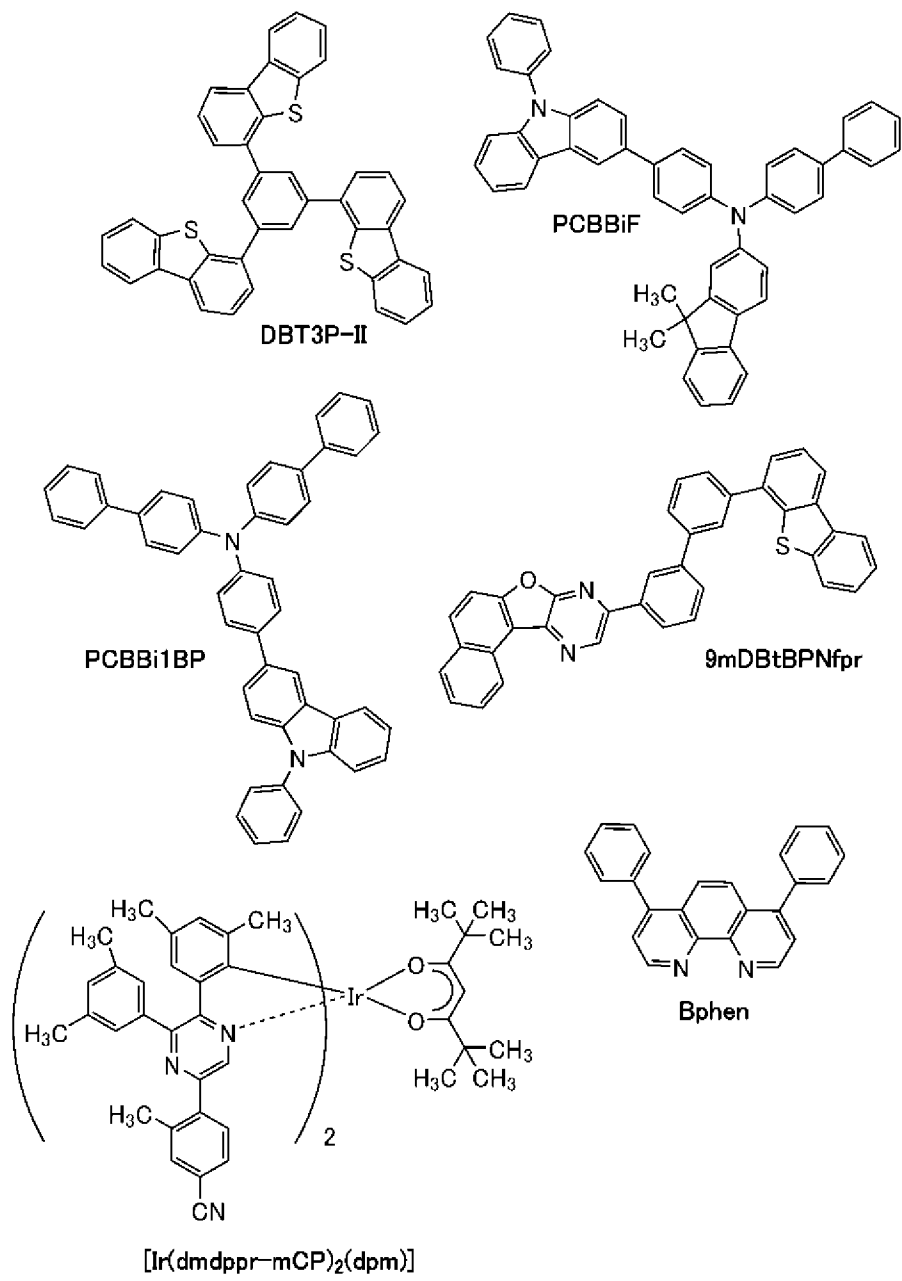
## 實施例 5

【0341】在本實施例中，說明與實施例3所示的發光器件同樣地製造發光波長長的客體材料用於發光層中的發光器件的情況。注意，在本實施例中使用的客體材料是雙{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa$ N]苯基- $\kappa$ C}(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2$ O,O')銱(III)(簡稱：[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)])。在本實施例中說明的發光器件的器件結構如圖15所示，製造方法與實施例2同樣。

【0342】以下示出本實施例中的用於各發光器件的材料的化學式。另外，下表24示出各發光器件的具體結構。

【0343】

[化學式 18]



【 0344 】

[表 24]

|            | 第一<br>電極       | 電洞<br>注入層                               | 電洞<br>傳輸層         | 發光層 | 電子傳輸層                |                  | 電子<br>注入層    | 第二<br>電極      |
|------------|----------------|-----------------------------------------|-------------------|-----|----------------------|------------------|--------------|---------------|
| 發光器件<br>10 | ITSO<br>(70nm) | DBT3P-II:MoO <sub>x</sub><br>(2:1 70nm) | PCBBiBP<br>(20nm) | *   | 9mDBtBNfpr<br>(30nm) | NBphen<br>(15nm) | LiF<br>(1nm) | Al<br>(200nm) |
| 發光器件<br>11 |                |                                         |                   | **  |                      |                  |              |               |

\* 9mDBtBNfpr:PCBBiF:[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)] (0.8:0.2:0.1 40nm)

\*\* 9mDBtBNfpr:PCBBiF:[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)] (0.8:0.2:0.05 40nm)

【0345】注意，表24中的PCBBiBP表示4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯基胺，9mDBtBNfpr表示9-[(3'-二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]萘并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪。

【0346】

《發光器件的工作特性》

對所製造的發光器件10及對比發光器件11的工作特性進行測量。測量在室溫下進行。圖58至圖61示出其結果。

【0347】此外，下面的表25示出1000cd/m<sup>2</sup>附近的各發光器件的主要初始特性值。

【0348】

[表 25]

|            | 電壓<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>(x,y) | 亮度<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | 電流效率<br>(cd/A) | 功率效率<br>(lm/W) | 外部量子<br>效率<br>(%) |
|------------|-----------|------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|----------------|----------------|-------------------|
| 發光器件<br>10 | 3.7       | 0.41       | 10.0                          | (0.71,0.29) | 1000                       | 9.9            | 8.4            | 26                |
| 發光器件<br>11 | 3.5       | 0.35       | 8.7                           | (0.70,0.30) | 980                        | 11             | 10             | 27                |

【0349】圖62示出以2.5mA/cm<sup>2</sup>的電流密度使電流流過各發光器件時的發射光譜。從圖62可知發光器件10及發光

器件 11 的發射光譜分別在 654nm 附近及 652nm 附近具有峰值，該峰值來源於包含在發光層 913 中的  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2(\text{dpm})]$  的發光。此外，由外部量子效率的測量結果可知，各發光器件具有高效率。

【0350】接著，進行各發光器件的可靠性測試。圖 63 示出可靠性測試的結果。在圖 63 中，縱軸表示初始亮度為 100% 時的正規化亮度(%)，橫軸表示器件的驅動時間(h)。作為可靠性測試，進行以 3mA (75mA/cm<sup>2</sup>) 的定電流驅動測試。

【0351】根據上述工作特性的結果可知，發光器件 10 及發光器件 11 的壽命(LT95)分別為 235 小時及 252 小時。雖然它們以 75mA/cm<sup>2</sup> 的電流密度驅動，但是其壽命非常長。

【0352】另外，與實施例 1 同樣地算出：混合在本實施例中製造的各發光器件的發光層所包含的 PCBBiF 和 9mDBtBPNfpr 而成的材料(在形成激態錯合物時為激態錯合物)的  $T_{H(\text{edge})}$  和  $S'_{H(\text{edge})}$  以及客體材料( $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2(\text{dpm})]$ )的  $T_{D(\text{edge})}$ 。表 26 示出其結果。注意， $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2(\text{dpm})]$  的  $T_{D(\text{edge})}$  是 1.953eV。

【0353】

[表 26]

|               | 主體材料        | $T_{H(\text{edge})}$<br>[eV] | $T_{H(\text{edge})}-T_{D(\text{edge})}$<br>[eV] <sup>*</sup> | $S'_{H(\text{edge})}$<br>[eV] | $S'_{H(\text{edge})}-T_{H(\text{edge})}$<br>[eV] |
|---------------|-------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|
| 發光器件<br>10及11 | 9mDBtBPNfpr | 2.175                        | 0.222                                                        | 2.583                         | 0.408                                            |

<sup>\*</sup> $T_{D(\text{edge})}$ = 1.953 [eV](吸收端: 635 nm)

【0354】發光器件10及發光器件11都具有高發光效率和長壽命。根據表26的結果可知，發光器件10及發光器件11都滿足實施方式1所示的公式(1)及公式(2)的兩個條件，亦即， $T_{H(edge)}-T_{D(edge)}$ 的值為0.07eV以上且0.27eV以下，並且 $S'_{H(edge)}-T_{H(edge)}$ 的值為0.2eV以上且0.5eV以下，由此發光器件10及發光器件11具有長壽命。

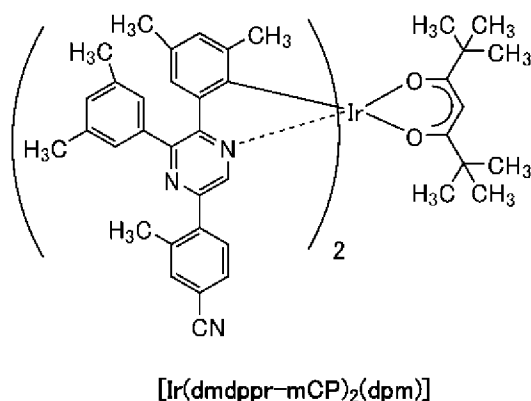
【0355】

(參考合成例4)

說明在實施例5中使用的有機金屬錯合物的雙{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa N$ ]苯基- $\kappa C$ }(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2 O, O'$ )銱(III)(簡稱：[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)])的合成方法。以下示出[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)]的結構。

【0356】

[化學式19]



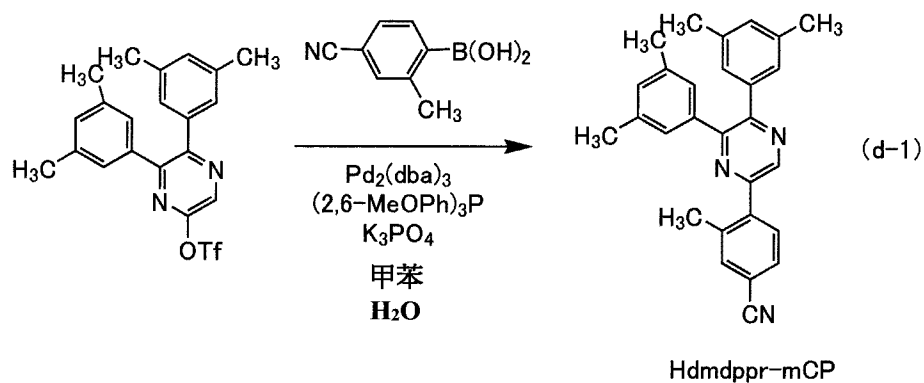
【0357】

〈步驟1：5-(4-氰基-2-甲基苯基)-2,3-雙(3,5-二甲基苯基)吡嗪(簡稱：Hdmdppr-mCP)的合成〉

首先，將 1.97g 的三氟甲磺酸 5,6-雙(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯、0.89g 的 4-氰基-2-甲基苯基硼酸、3.48g 的磷酸三鉀、37mL 的甲苯以及 3.7mL 的水放入三頸燒瓶中，用氮氣置換燒瓶內的空氣。藉由在減壓下於燒瓶內進行攪拌，以進行脫氣，然後添加 0.042g 的三(二亞苺基丙酮)二鈀(0)和 0.082g 的三(2,6-二甲氧基苯基)膦，回流 7 小時。在經過指定時間之後，使用甲苯進行萃取。然後，利用以己烷：乙酸乙酯=5：1(體積比)為展開溶劑的矽膠管柱層析進行純化，以得到目的物的吡嗪衍生物 Hdmdppr-mCP(簡稱)(白色固體，收量為 1.16g，產率為 65%)。以下示出步驟 1 的合成方案(d-1)。

【 0358 】

[化學式 20]



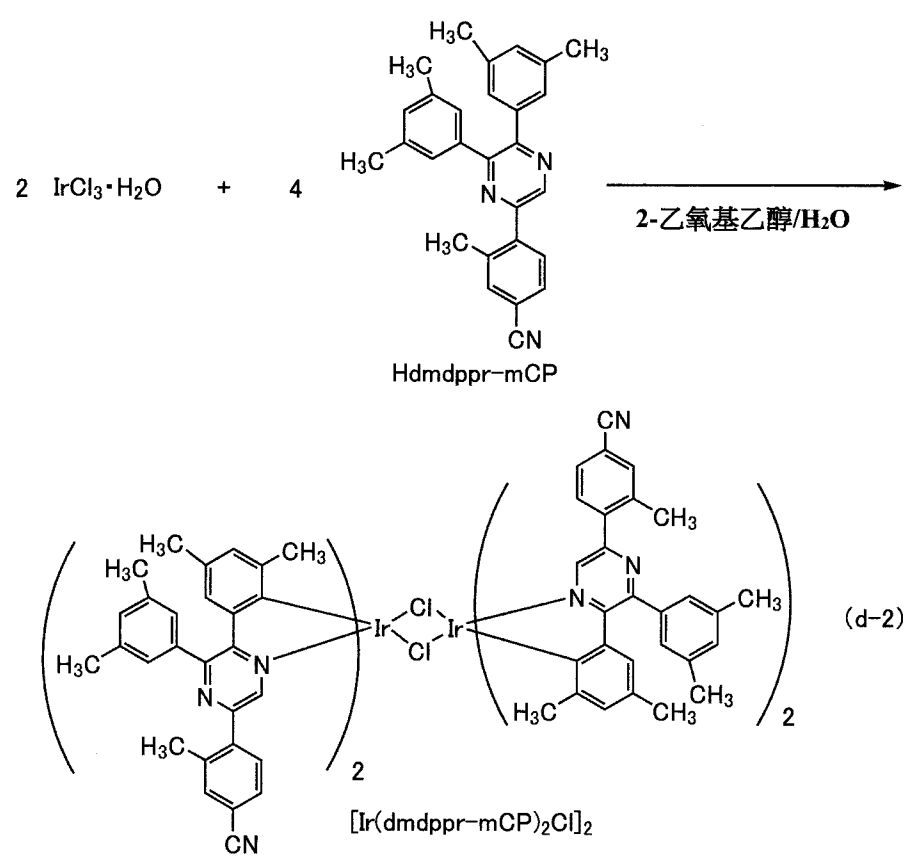
【 0359 】

〈 步驟 2：二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(4-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二銱(III)(簡稱：[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>)的合成〉

接著，將 15mL 的 2-乙氧基乙醇、5mL 的水、1.16g 的藉由上述步驟 1 得到的 Hdmdppr-mCP(簡稱)、0.42g 的氯化銱水合物 ( $\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )(日本古屋金屬公司製造)放入到具備回流管的茄形燒瓶中，用氬氣置換燒瓶內的空氣。然後，照射 2 小時的微波 (2.45GHz，100W) 來使其反應。在經過指定時間之後，對所得到的殘渣用甲醇進行吸引過濾並洗滌，由此得到雙核錯合物  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2\text{Cl}]_2$ (簡稱)(橙褐色固體，收量為 1.12g，產率為 76%)。以下示出步驟 2 的合成方案(d-2)。

【 0360 】

[化學式 21]



【 0361 】

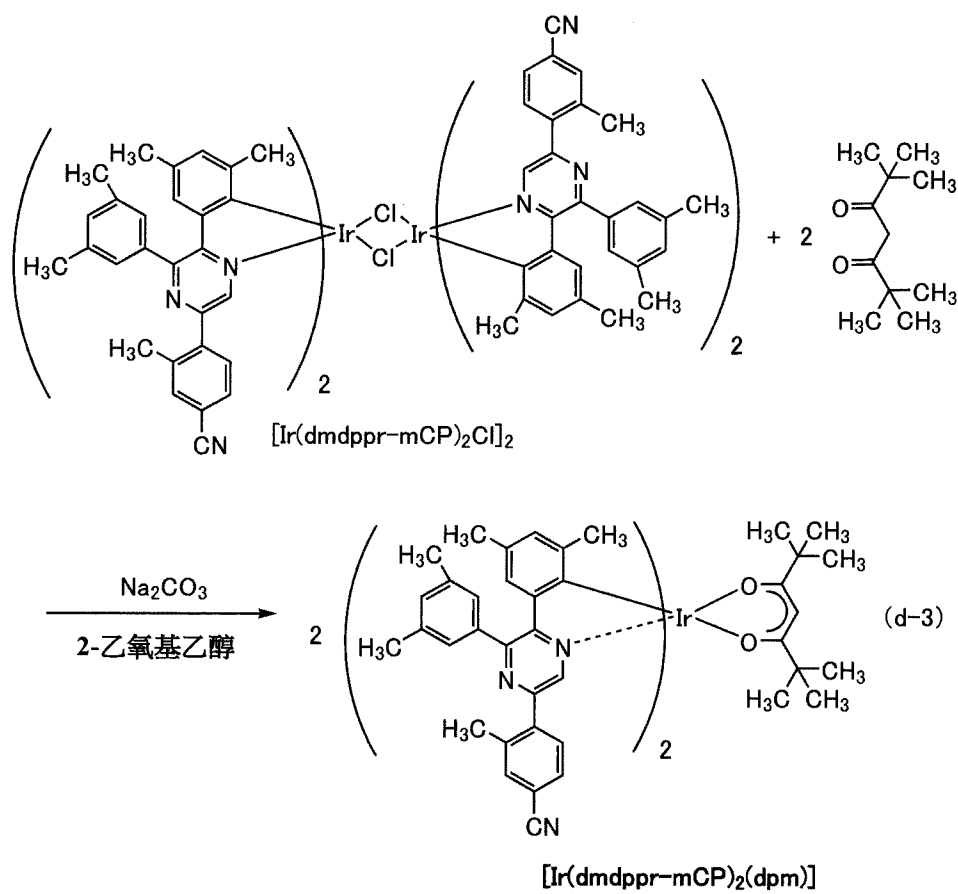
〈 步驟 3：[Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)]的合成〉

再者，將 20mL 的 2-乙氧基乙醇、1.11g 的藉由上述步驟 2 得到的雙核錯合物 [Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub> (簡稱)、0.29g 的二叔戊醯甲烷 (簡稱：Hdpm) 以及 0.56g 的碳酸鈉放入到具備回流管的茄形燒瓶中，用氬氣置換燒瓶內的空氣。然後，照射 2 小時的微波 (2.45GHz，100W) 來使其反應。蒸餾而去除溶劑，利用以二氯甲烷為展開溶劑的矽膠管柱層析對所得到的殘渣進行純化，然後使用二氯甲烷和甲醇的混合溶劑進行再結晶，由此得到有機金屬錯合物的 [Ir(dmdppr-mCP)<sub>2</sub>(dpm)] 的深紅色固體 (收量為 0.60g，產率為 48%)。

【0362】利用梯度昇華方法對所得到的 0.60g 的深紅色固體進行昇華提純。在昇華提純中，在壓力為 2.6Pa、氬流量為 10.5mL/min 的條件下，以 315℃ 加熱固體。在該昇華提純之後，得到目的物的深紅色固體 (收量為 0.48g，產率為 80%)。以下示出步驟 3 的合成方案 (d-3)。

【0363】

[化學式 22]



【 0364 】 以下示出藉由核磁共振氫譜 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 分析在上述步驟 3 中得到的深紅色固體的結果。此外，圖 64 示出  $^1\text{H-NMR}$  譜。由此可知，得到了以上述結構式 (101) 表示的有機金屬錯合物的  $[\text{Ir}(\text{dmdppr-mCP})_2(\text{dpm})]$ 。

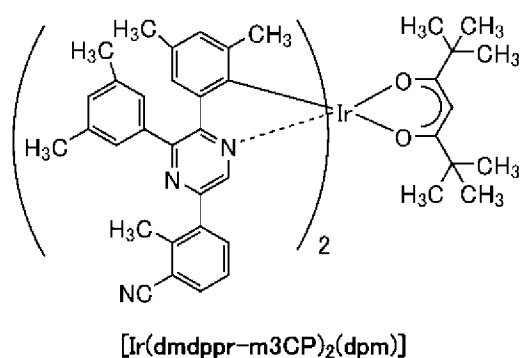
【 0365 】  $^1\text{H-NMR}.$  $\delta(\text{CD}_2\text{Cl}_2)$  : 0.91(s, 18H)、1.41(s, 6H)、1.94(s, 6H)、2.37(s, 12H)、2.45(s, 6H)、5.62(s, 1H)、6.48(s, 2H)、6.82(s, 2H)、7.19(s, 2H)、7.36(s, 4H)、7.49(d, 2H)、7.57(d, 2H)、7.60(s, 2H)、8.42(s, 2H)。

【 0366 】  
(參考合成例 5)

說明可用於本發明的一個實施方式的發光器件的有機金屬錯合物的雙{4,6-二甲基-2-[5-(3-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基- $\kappa$ N]苯基- $\kappa$ C}(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮- $\kappa^2$ O,O')銱(III)(簡稱：[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>(dpm)])的合成方法。以下示出[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>(dpm)]的結構。

## 【0367】

[化學式23]



## 【0368】

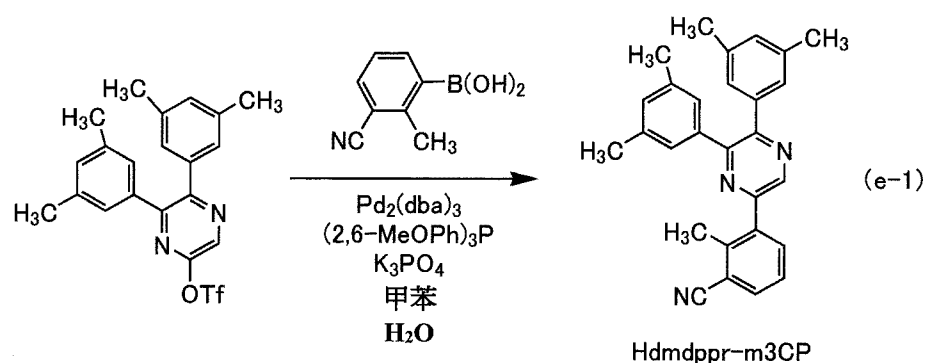
〈步驟1：5-(3-氰基-2-甲基苯基)-2,3-雙(3,5-二甲基苯基)吡嗪(簡稱：Hdmdppr-m3CP)的合成〉

首先，將2.15g的三氟甲烷磺酸5,6-雙(3,5-二甲基苯基)吡嗪-2-基酯、0.95g的3-氰基-2-甲基苯基硼酸、3.76g的磷酸三鉀、40mL的甲苯以及4.0mL的水放入三頸燒瓶中，用氮氣置換燒瓶內的空氣。藉由在減壓下於燒瓶內進行攪拌，以進行脫氣，然後添加0.045g的三(二亞苺基丙酮)二鈹(0)和0.087g的三(2,6-二甲氧基苯基)膦，回流7.5小時。在經過指定時間之後，使用甲苯進行萃取。然後，利用以己烷：乙酸乙酯=5：1(體積比)為展開溶劑的矽膠管

柱層析進行純化，以得到目的物的吡嗪衍生物 Hdmdppr-m3CP(簡稱)(白色固體，收量為1.57g，產率為80%)。以下示出步驟1的合成方案(e-1)。

【0369】

[化學式24]



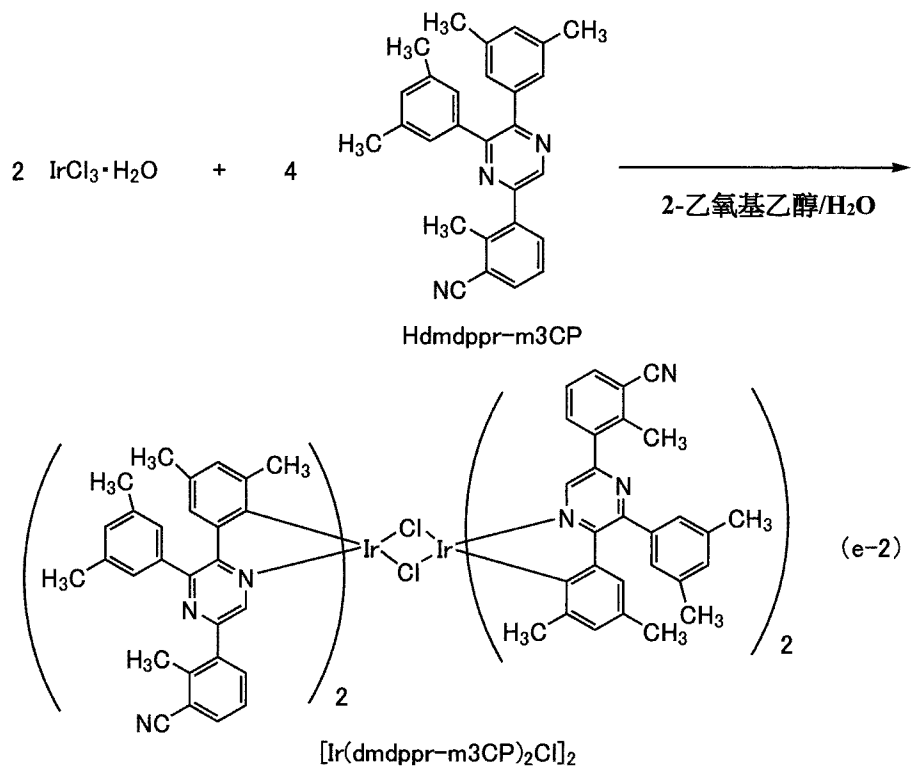
【0370】

〈步驟2：二-μ-氯-四{4,6-二甲基-2-[5-(3-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}二銦(III)(簡稱：[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>)的合成〉

接著，將15mL的2-乙氧基乙醇、5mL的水、1.57g的藉由上述步驟1得到的 Hdmdppr-m3CP(簡稱)、0.57g的氯化銦水合物(IrCl<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O)(日本古屋金屬公司製造)放入到具備回流管的茄形燒瓶中，用氬氣置換燒瓶內的空氣。然後，照射2小時的微波(2.45GHz，100W)來使其反應。在經過指定時間之後，對所得到的殘渣用甲醇進行吸引過濾並洗滌，由此得到雙核錯合物[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub>(簡稱)(紅橙色固體，收量為1.44g，產率為73%)。以下示出步驟2的合成方案(e-2)。

【 0371】

[化學式 25]



【 0372】

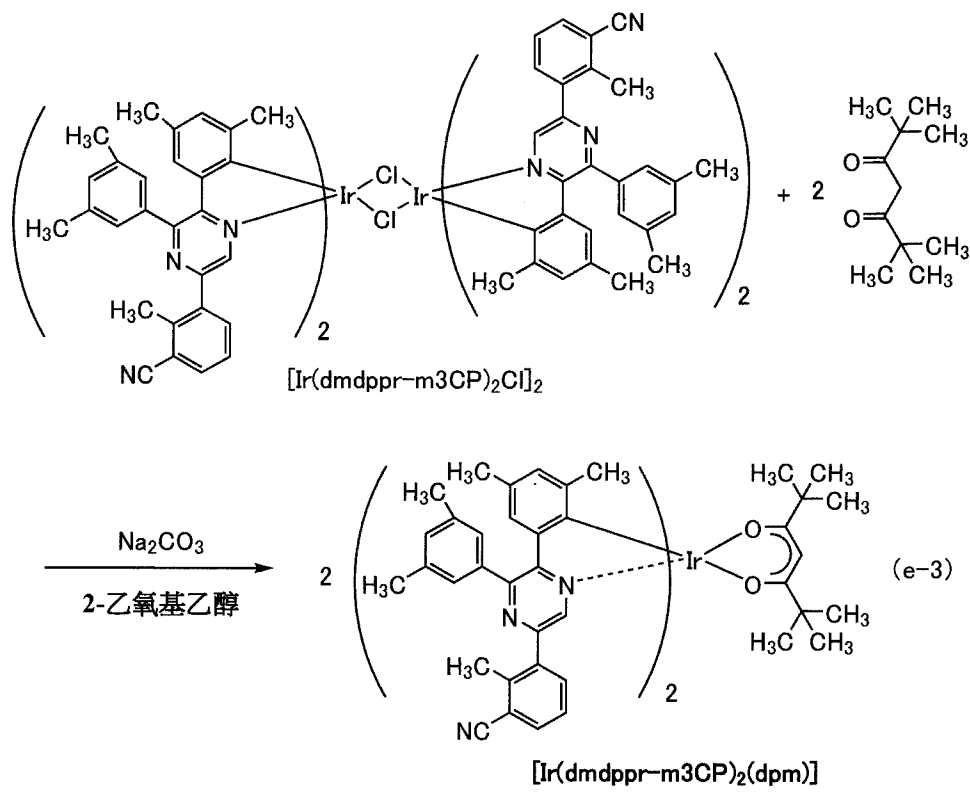
〈 步驟 3：雙 {4,6-二甲基-2-[5-(3-氰基-2-甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮-κ<sup>2</sup>O,O') 銱 (III)( 簡稱：[Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>(dpm)] ) 的合成〉

再者，將 20mL 的 2-乙氧基乙醇、1.44g 的藉由上述步驟 2 得到的雙核錯合物 [Ir(dmdppr-m3CP)<sub>2</sub>Cl]<sub>2</sub> (簡稱)、0.39g 的二叔戊醯甲烷 (簡稱：Hdpm) 以及 0.74g 的碳酸鈉放入到具備回流管的茄形燒瓶中，用氬氣置換燒瓶內的空氣。然後，照射 2 小時的微波 (2.45GHz，100W) 來使其反應。蒸餾而去除溶劑，利用以二氯甲烷為展開溶劑的矽膠

管柱層析對所得到的殘渣進行純化，然後使用二氯甲烷和甲醇的混合溶劑進行再結晶，由此得到 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m3CP})_2(\text{dpm})]$ (簡稱)的深紅色固體(收量為1.01g，產率為61%)。利用梯度昇華方法對所得到的0.96g的深紅色固體進行昇華提純。在昇華提純中，在壓力為2.6Pa、氬流量為10.5 mL/min的條件下，以305℃加熱固體。在該昇華提純之後，得到目的物的深紅色固體(收量為0.71g，產率為74%)。以下示出步驟3的合成方案(e-3)。

【 0373 】

[化學式 26]



【 0374 】 以下示出藉由核磁共振氫譜 ( $^1\text{H-NMR}$ ) 分析在上述步驟3中得到的深紅色固體的結果。此外，圖 65 示出  $^1\text{H-NMR}$  譜。由此可知，在本合成例子中得到了以上述

結構式(100)表示的有機金屬錯合物的  $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-\text{m3CP})_2(\text{dpm})]$ 。

【 0375 】  $^1\text{H-NMR}.\delta(\text{CD}_2\text{Cl}_2)$  : 0.92 (s, 18H)、1.42(s, 6H)、1.95(s, 6H)、2.37(s, 12H)、2.59(s, 6H)、5.64(s, 1H)、6.49(s, 2H)、6.83(s, 2H)、7.19(s, 2H)、7.34-7.40(m, 6H)、7.58(d, 2H)、7.70(d, 2H)、8.39(s, 2H)。

【符號說明】

【 0376 】

- 101:第一電極
- 102:第二電極
- 103:EL層
- 103a,103b:EL層
- 104:電荷產生層
- 111,111a,111b:電洞注入層
- 112,112a,112b:電洞傳輸層
- 113,113a,113b:發光層
- 114,114a,114b:電子傳輸層
- 115,115a,115b:電子注入層
- 200R,200G,200B:光學距離
- 201:第一基板
- 202:電晶體(FET)
- 203R,203G,203B,203W:發光器件
- 204:EL層

- 205:第二基板
- 206R,206G,206B:濾色片
- 206R',206G',206B':濾色片
- 207:第一電極
- 208:第二電極
- 209:黑色層(黑矩陣)
- 210R,210G:導電層
- 301:第一基板
- 302:像素部
- 303:驅動電路部(源極線驅動電路)
- 304a,304b:驅動電路部(閘極線驅動電路)
- 305:密封劑
- 306:第二基板
- 307:引線
- 308:FPC
- 309:FET
- 310:FET
- 311:FET
- 312:FET
- 313:第一電極
- 314:絕緣物
- 315:EL層
- 316:第二電極
- 317:發光器件

318:空間  
900:基板  
901:第一電極  
902:EL層  
903:第二電極  
911:電洞注入層  
912:電洞傳輸層  
913:發光層  
914:電子傳輸層  
915:電子注入層  
4000:照明設備  
4001:基板  
4002:發光器件  
4003:基板  
4004:第一電極  
4005:EL層  
4006:第二電極  
4007:電極  
4008:電極  
4009:輔助佈線  
4010:絕緣層  
4011:密封基板  
4012:密封劑  
4013:乾燥劑

4200:照明設備

4201:基板

4202:發光器件

4204:第一電極

4205:EL層

4206:第二電極

4207:電極

4208:電極

4209:輔助佈線

4210:絕緣層

4211:密封基板

4212:密封劑

4213:障壁膜

4214:平坦化膜

5101:燈

5102:輪轂

5103:車門

5104:顯示部

5105:方向盤

5106:變速杆

5107:座位

5108:內部後視鏡

5109:擋風玻璃

7000:外殼

7001:顯示部  
7002:第二顯示部  
7003:揚聲器  
7004:LED燈  
7005:操作鍵  
7006:連接端子  
7007:感測器  
7008:麥克風  
7009:開關  
7010:紅外線埠  
7011:記錄介質讀取部  
7014:天線  
7015:快門按鈕  
7016:影像接收部  
7022,7023:操作按鈕  
7024:連接端子  
7025:錶帶  
7026:麥克風  
7029:感測器  
7030:揚聲器  
7050:圖示  
7051,7052,7053,7054:資訊  
7111:遙控器  
9310:可攜式資訊終端

- 9311:顯示部
- 9312:顯示區域
- 9313:鉸鏈部
- 9315:外殼

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種發光器件，包括：

一對電極之間的EL層，

其中，該EL層包括發光層，

該發光層包含第一有機化合物、第二有機化合物及磷光發光物質，

T1能階( $T_{D(edge)}$ )及T1能階( $T_{H(edge)}$ )滿足公式(1)：

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.27\text{eV} \dots (1),$$

S1能階( $S'_{H(edge)}$ )與該T1能階( $T_{H(edge)}$ )之差滿足以下公式：

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.4\text{eV},$$

該T1能階( $T_{H(edge)}$ )表示從該第一有機化合物和該第二有機化合物的磷光光譜的短波長一側的發光端導出的T1能階中較低的一方，

該T1能階( $T_{D(edge)}$ )表示從該磷光發光物質的吸收光譜的吸收端導出的T1能階，

並且，該S1能階( $S'_{H(edge)}$ )表示從混合該第一有機化合物和該第二有機化合物而成的材料的螢光光譜的短波長一側的發光端導出的S1能階。

【請求項2】一種發光器件，包括：

一對電極之間的EL層，

其中，該EL層包括發光層，

該發光層包含第一有機化合物、第二有機化合物及磷光發光物質，

T1能階( $T_{D(edge)}$ )及T1能階( $T_{H(edge)}$ )滿足公式(3)：

$$0.07\text{eV} \leq T_{H(edge)} - T_{D(edge)} \leq 0.17\text{eV} \dots (3),$$

S1能階( $S'_{H(edge)}$ )與該T1能階( $T_{H(edge)}$ )之差滿足以下公式：

$$0.2\text{eV} \leq S'_{H(edge)} - T_{H(edge)} \leq 0.4\text{eV},$$

該T1能階( $T_{H(edge)}$ )表示從該第一有機化合物和該第二有機化合物的磷光光譜的短波長一側的發光端導出的T1能階中較低的一方，

該T1能階( $T_{D(edge)}$ )表示從該磷光發光物質的吸收光譜的吸收端導出的T1能階，

並且，該S1能階( $S'_{H(edge)}$ )表示從混合該第一有機化合物和該第二有機化合物而成的材料的螢光光譜的短波長一側的發光端導出的S1能階。

【請求項3】如請求項1或2之發光器件，

其中該第一有機化合物和該第二有機化合物是形成激態錯合物的組合，

並且該S1能階( $S'_{H(edge)}$ )從該激態錯合物的螢光光譜的短波長一側的發光端導出。

【請求項4】如請求項1或2之發光器件，其中該第一有機化合物為缺 $\pi$ 電子型雜芳族化合物。

【請求項5】如請求項1或2之發光器件，

其中該第一有機化合物具有吡啶環結構、二噁環結構或三噁環結構。

【請求項6】如請求項1或2之發光器件，

其中該第一有機化合物具有呋喃并二噻吩骨架的呋喃環與芳香環稠合的結構。

【請求項7】如請求項1或2之發光器件，其中該第二有機化合物為呋啞衍生物。

【請求項8】如請求項7之發光器件，其中該呋啞衍生物為聯呋啞衍生物。

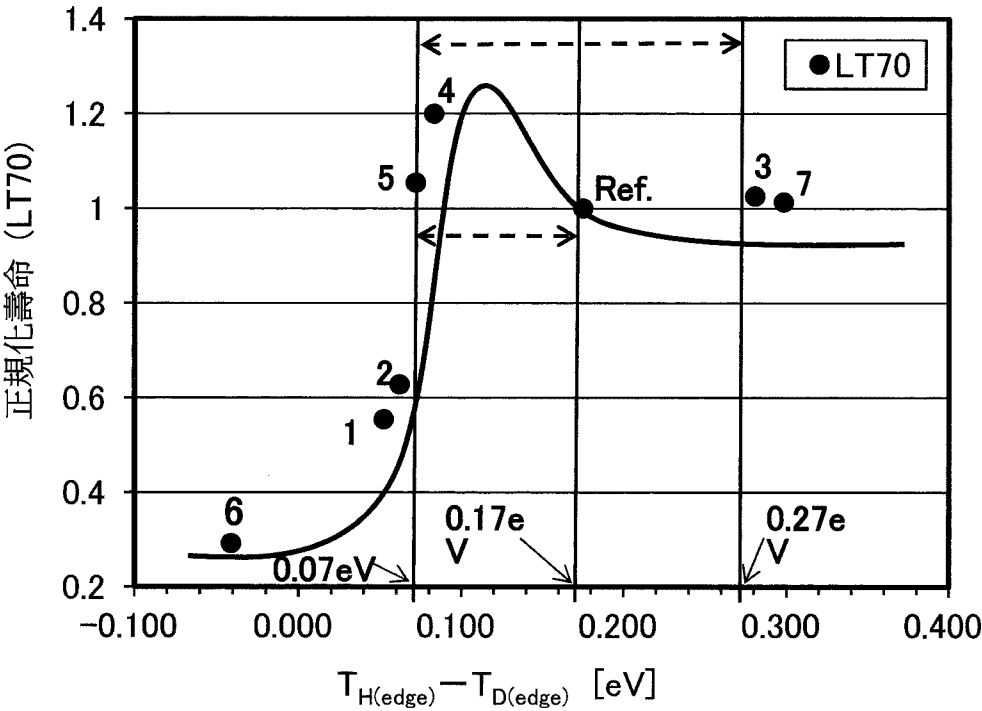
【請求項9】如請求項7之發光器件，其中該呋啞衍生物為3，3'-聯呋啞衍生物。

【請求項10】一種發光裝置，包括：  
如請求項1或2之發光器件；以及  
FPC。

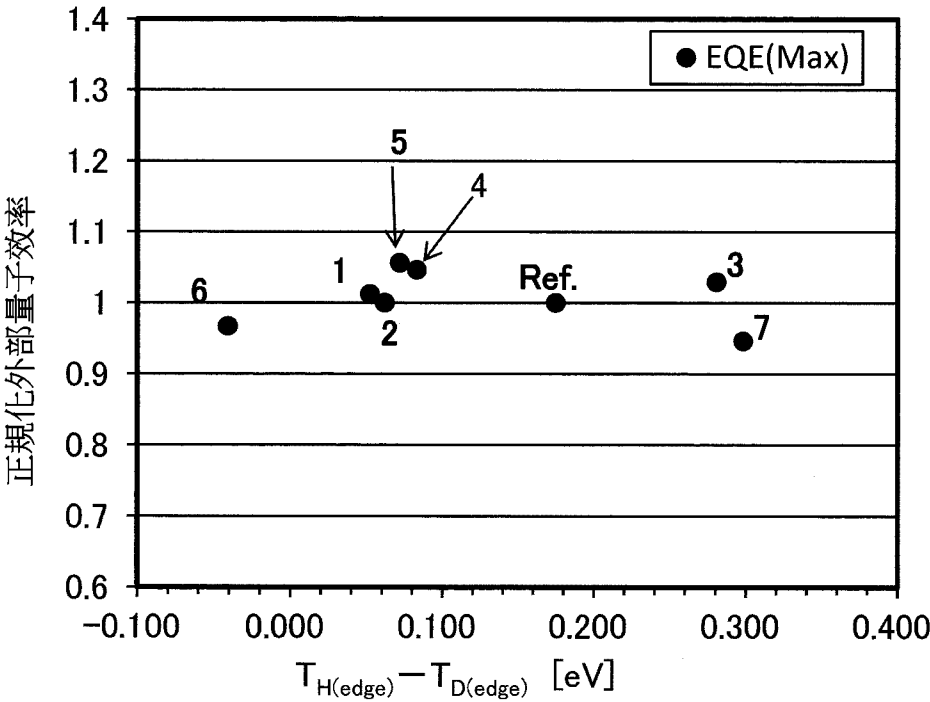
【請求項11】一種電子裝置，包括：  
如請求項10之發光裝置；以及  
麥克風、相機、操作按鈕、外部連接部和揚聲器中的至少一個。

【請求項12】一種照明設備，包括：  
如請求項1或2之發光器件；以及  
外殼和覆蓋物中的至少一個。

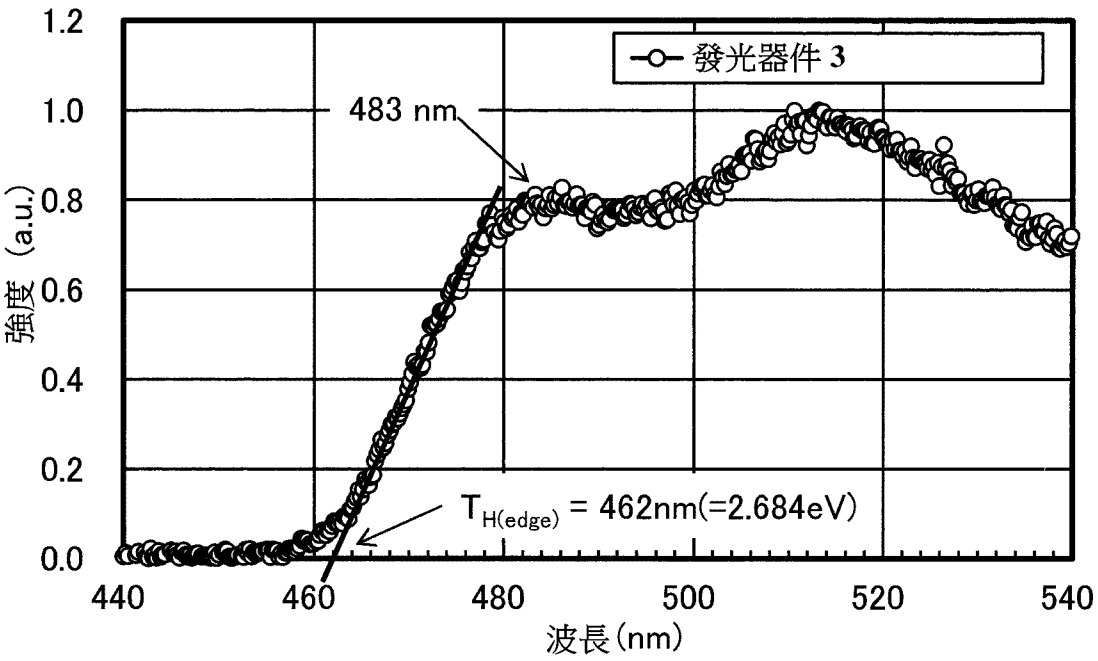
【發明圖式】



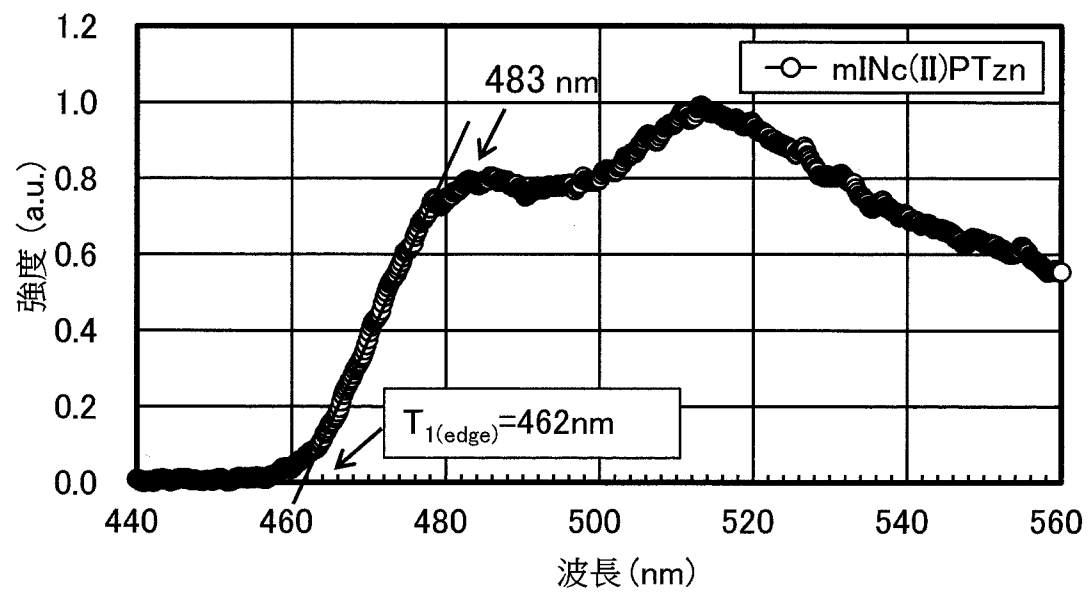
【圖 1】



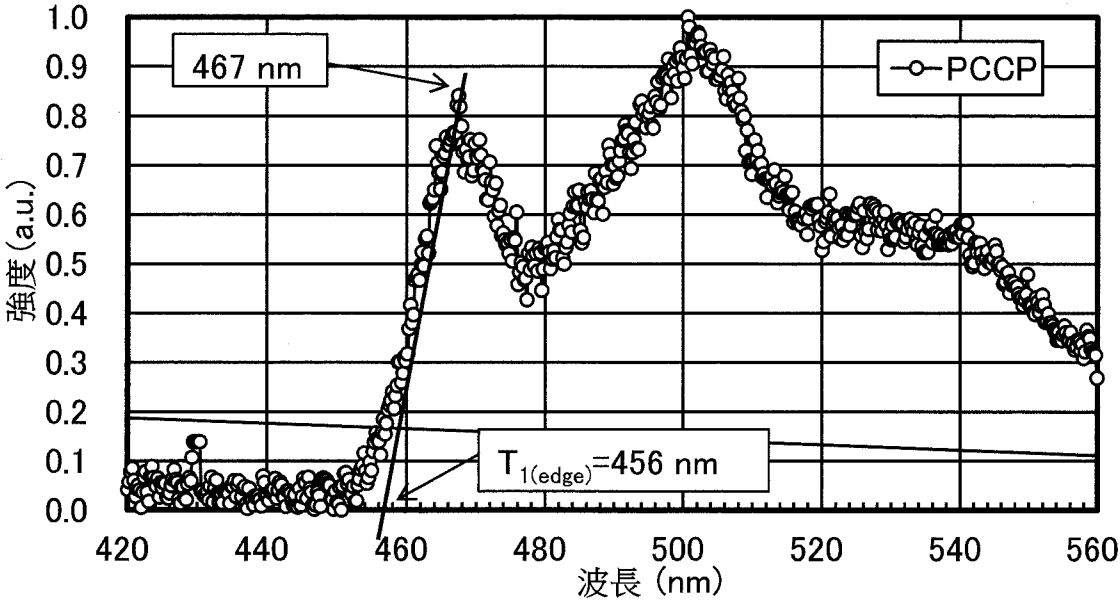
【圖 2】



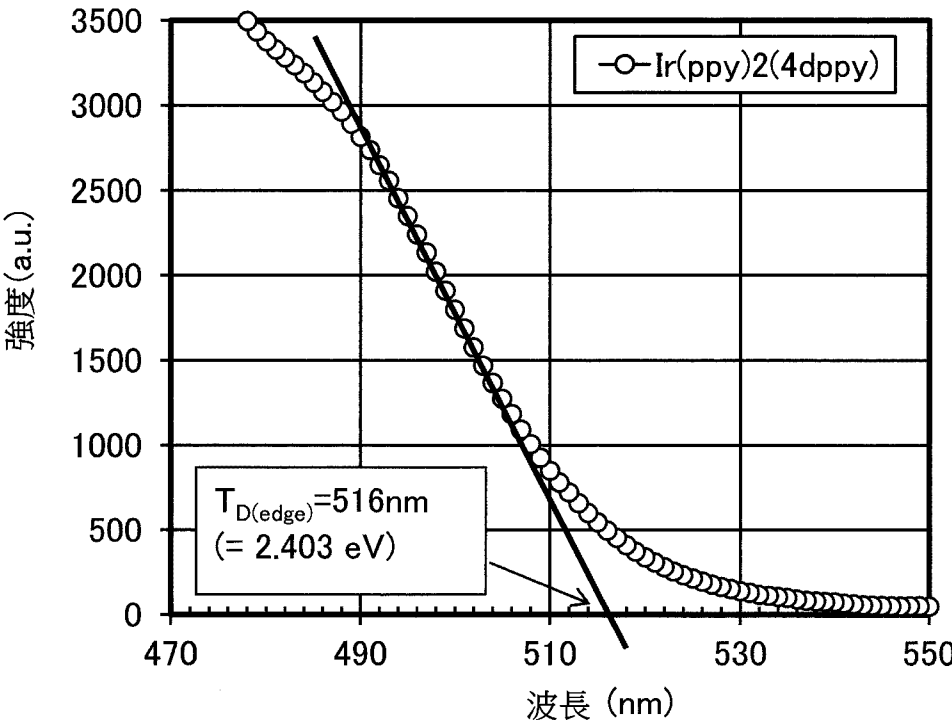
【圖 3】



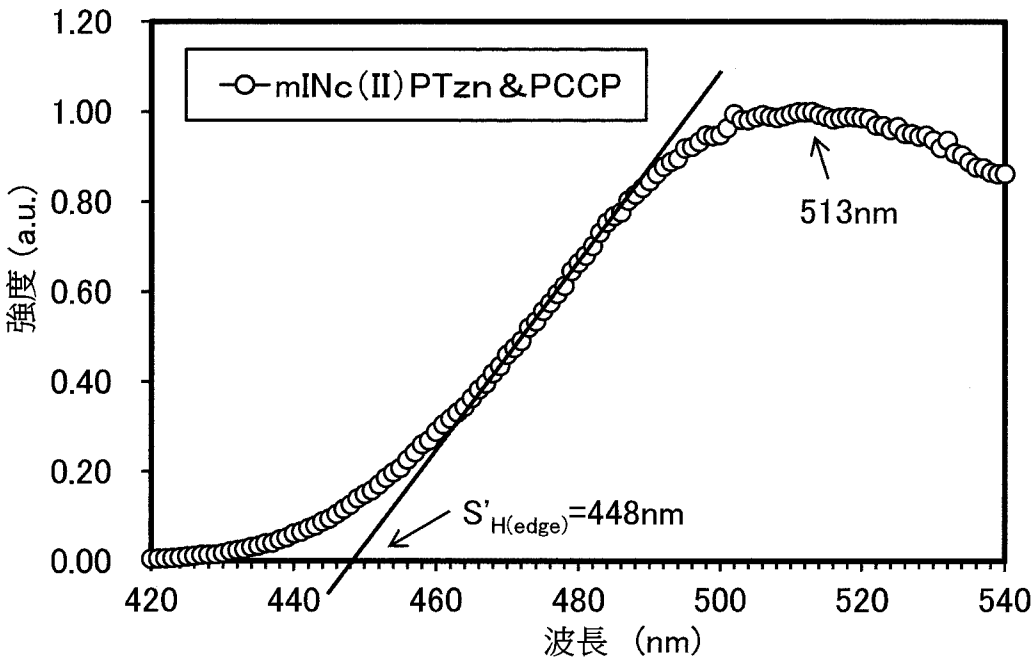
【圖 4】



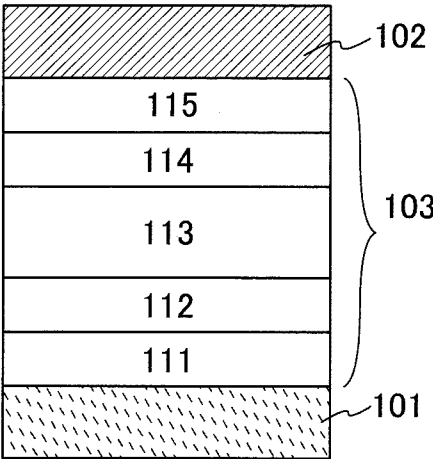
【圖 5】



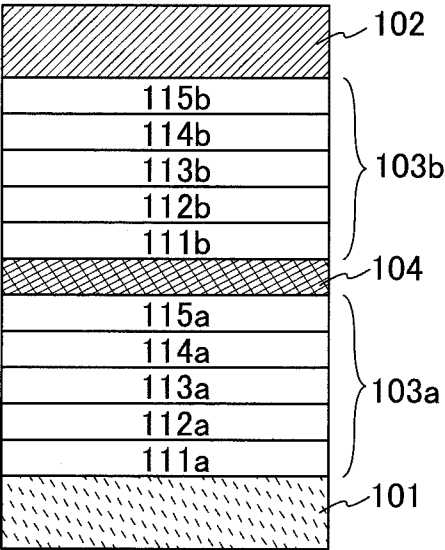
【圖 6】



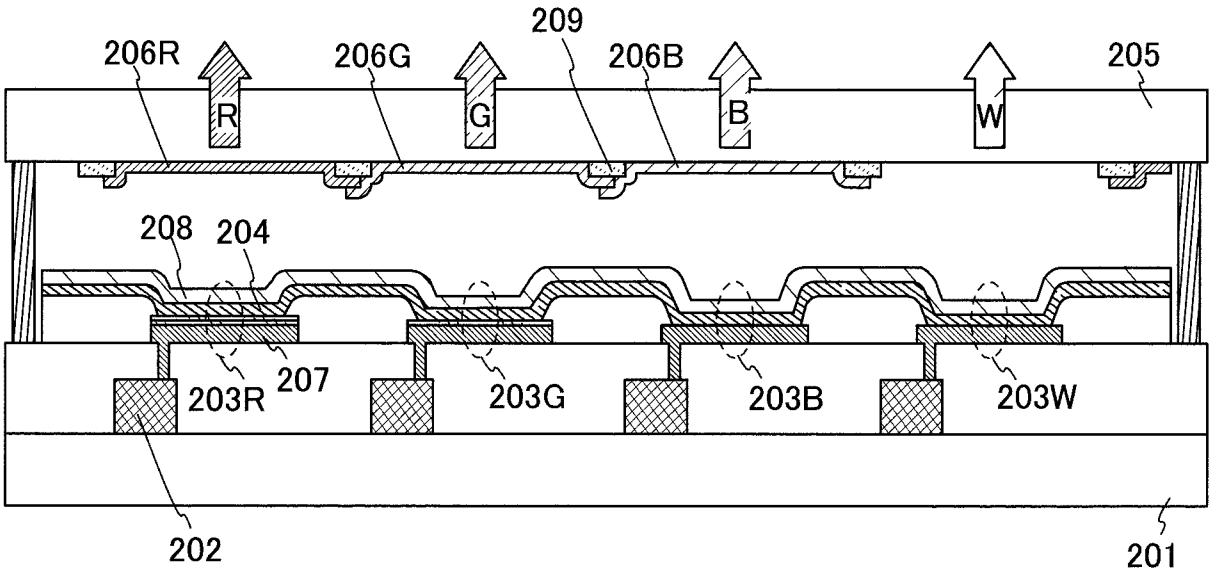
【圖 7】



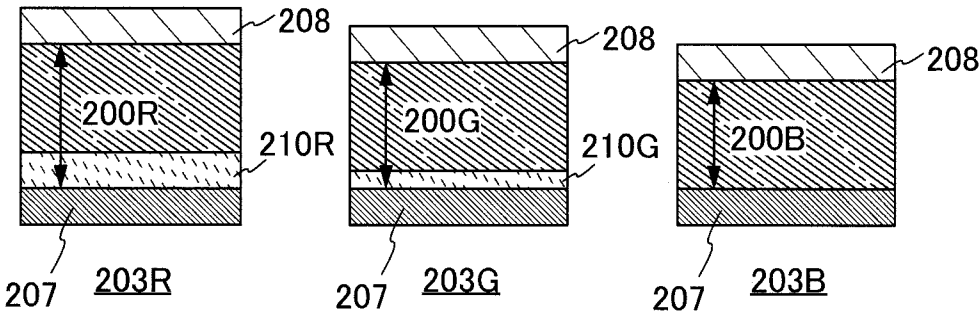
【圖 8A】



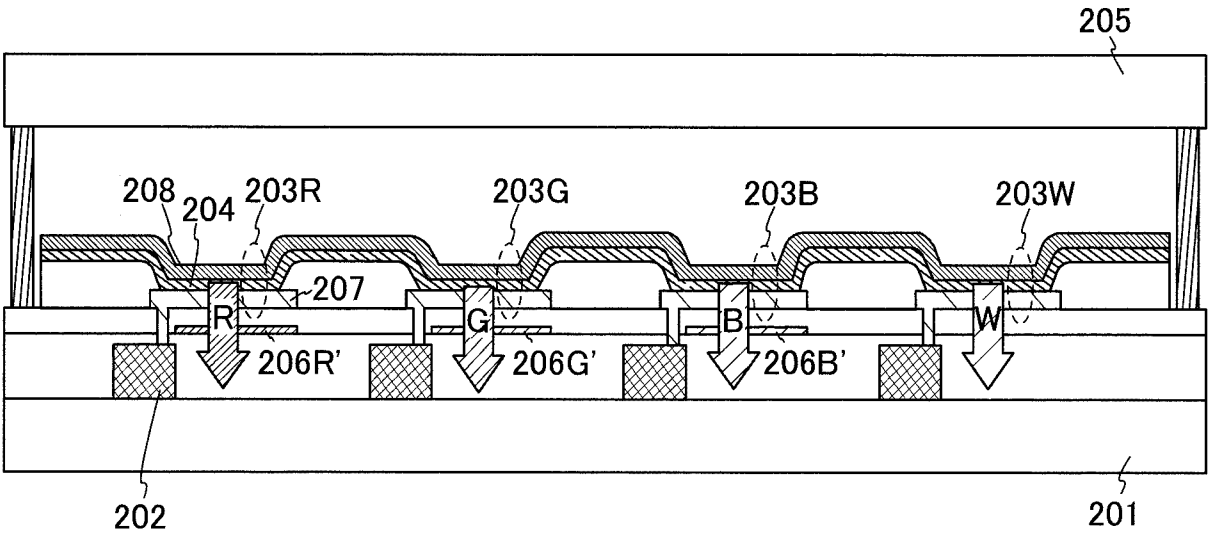
【圖 8B】



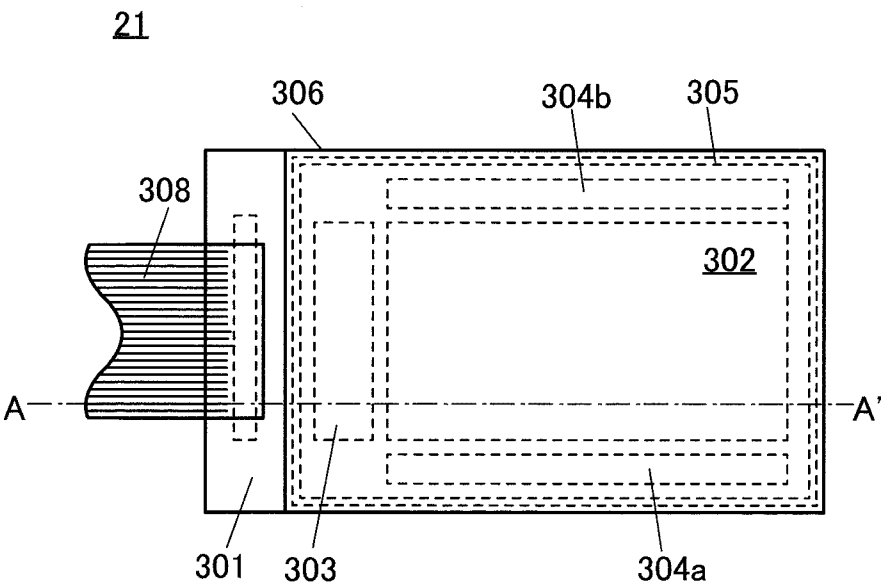
【圖 9A】



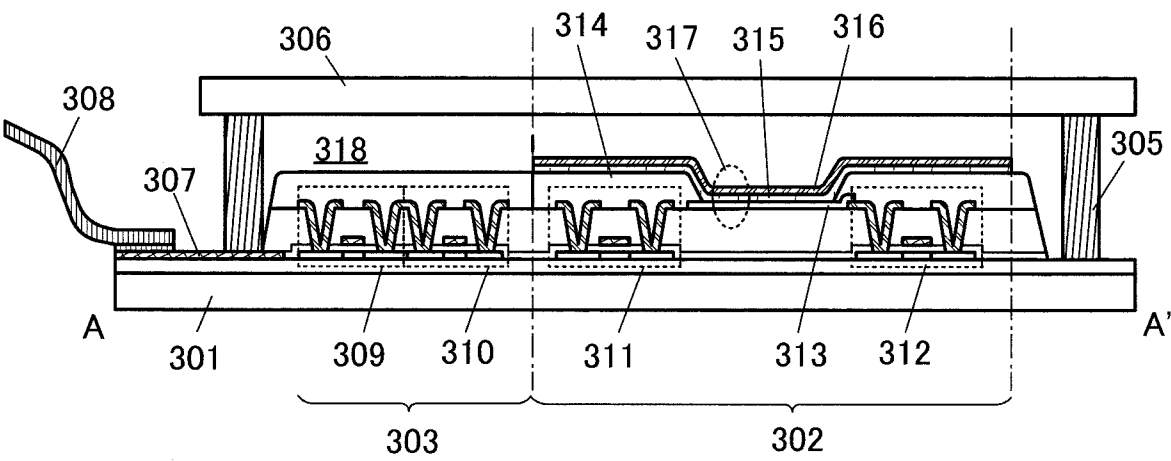
【圖 9B】



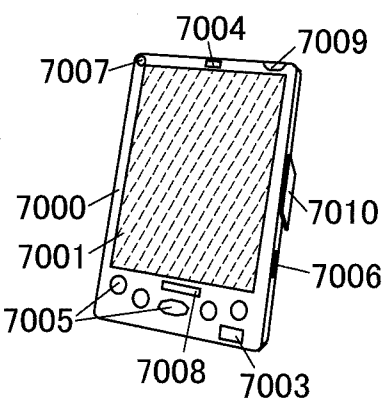
【圖 9C】



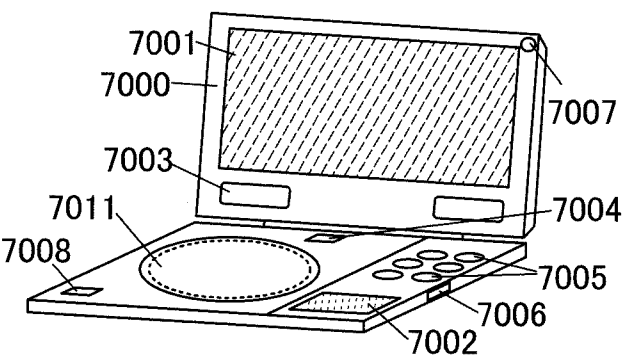
【圖 10A】



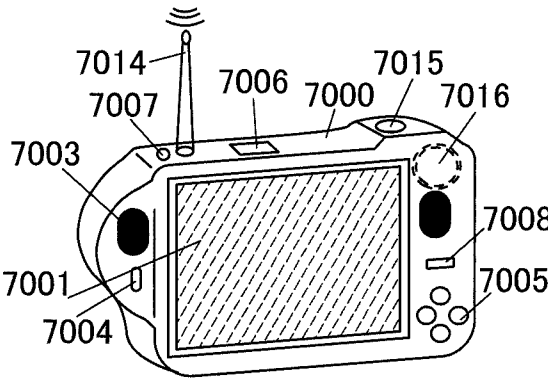
【圖 10B】



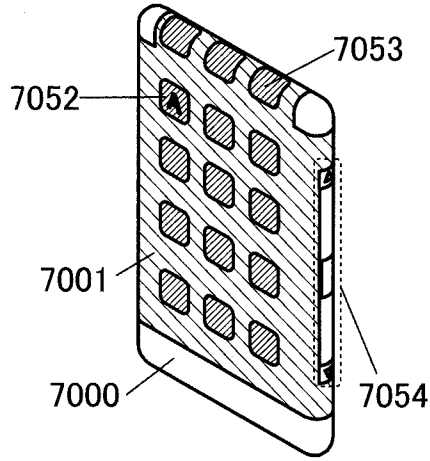
【圖 11A】



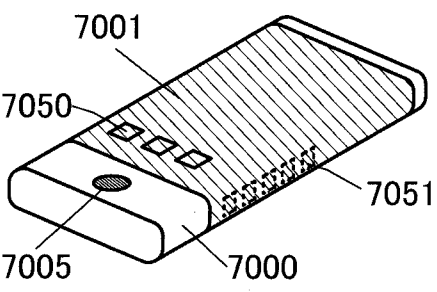
【圖 11B】



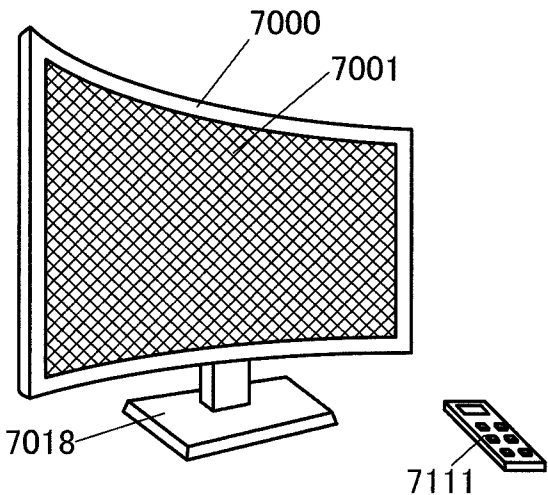
【圖 11C】



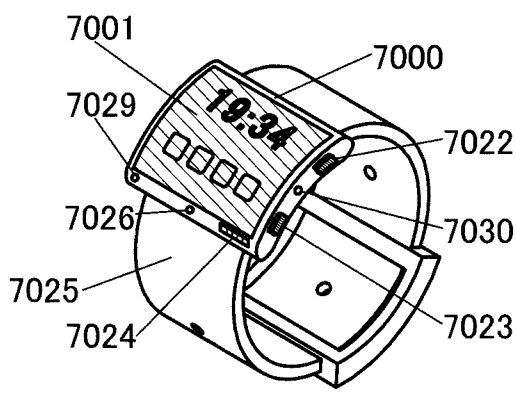
【圖 11D】



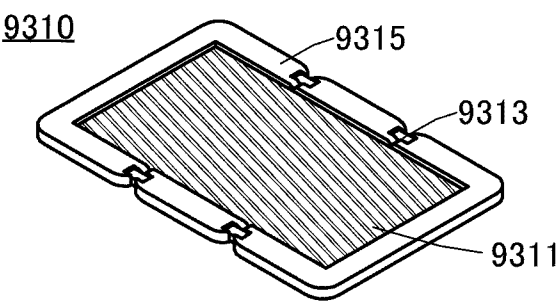
【圖 11E】



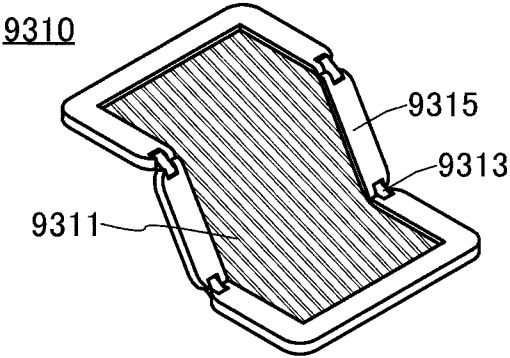
【圖 11F】



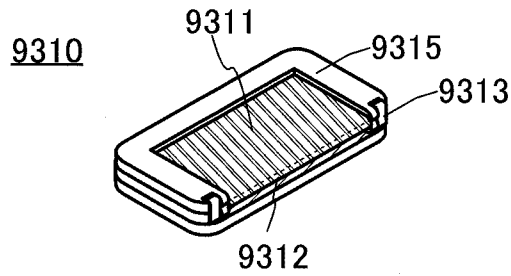
【圖 11G】



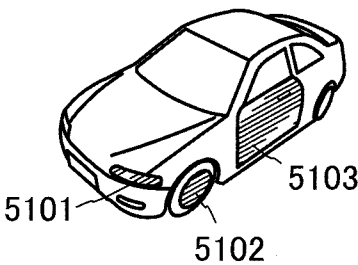
【圖 12A】



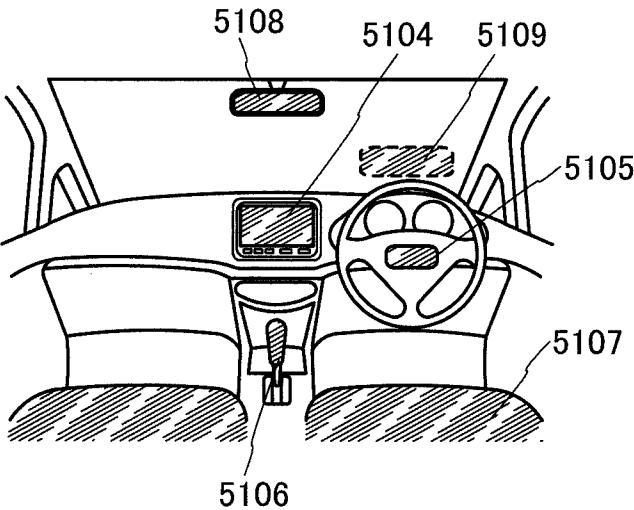
【圖 12B】



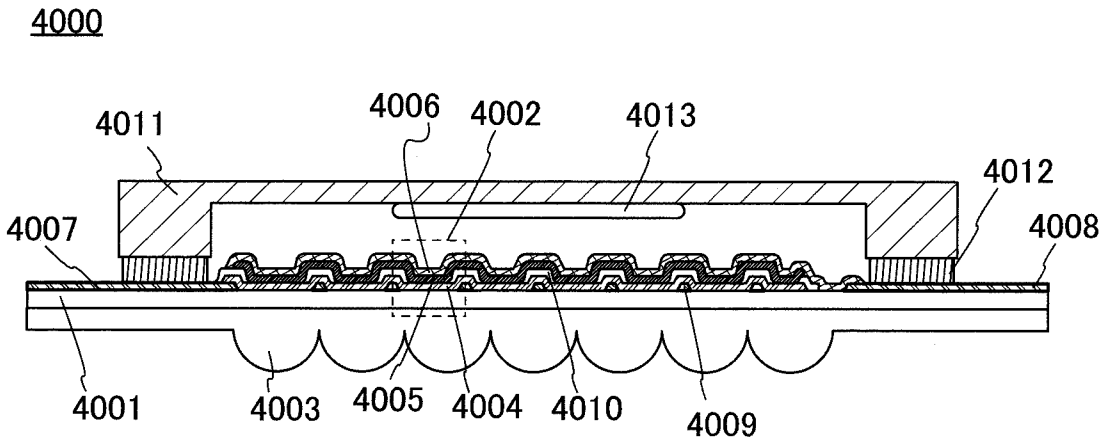
【圖 12C】



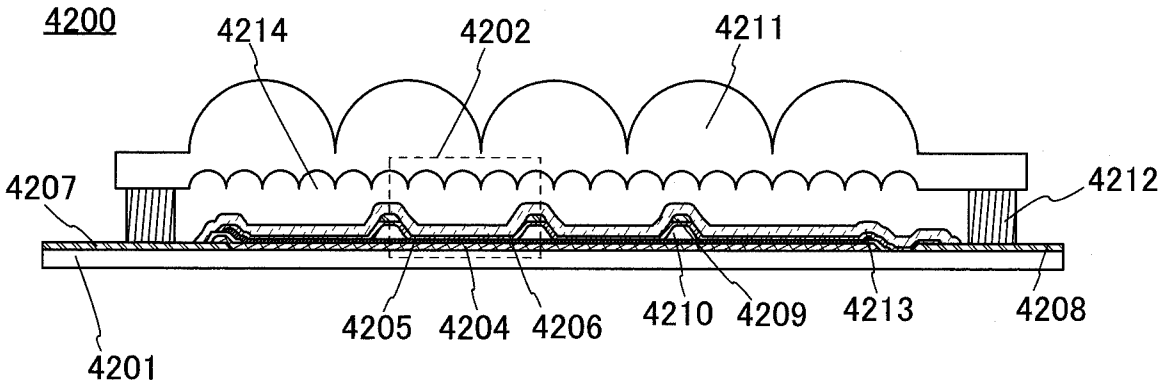
【圖 13A】



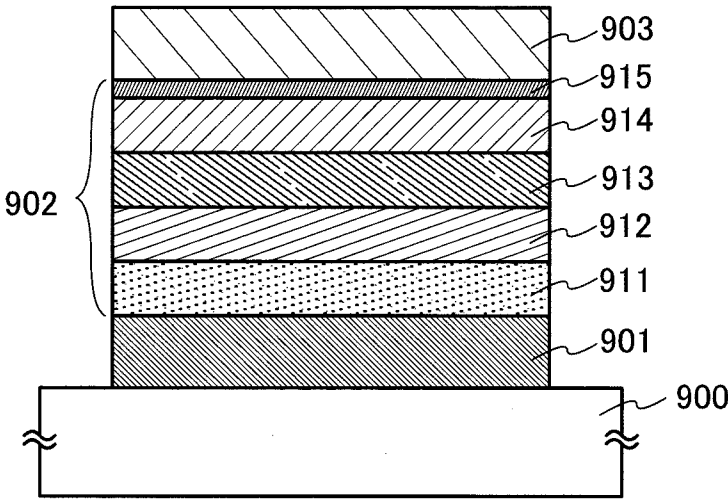
【圖 13B】



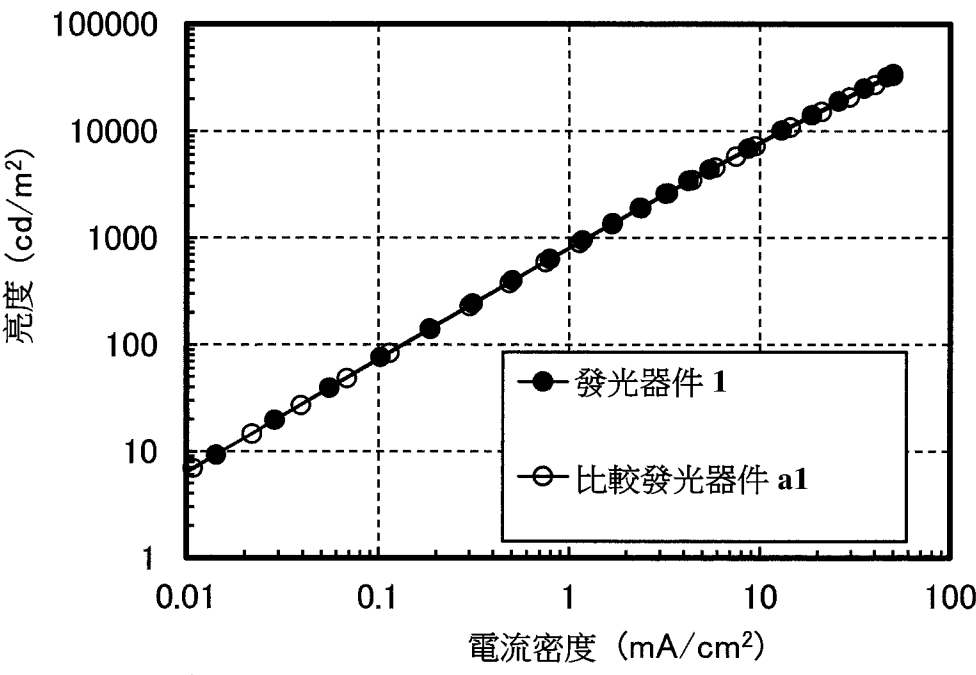
【圖 14A】



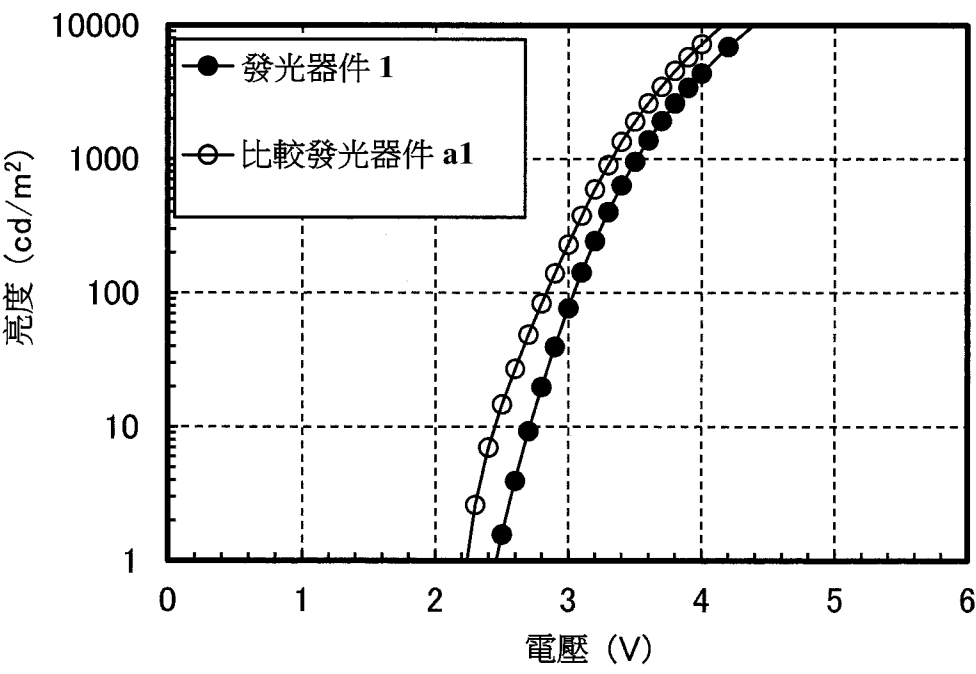
【圖 14B】



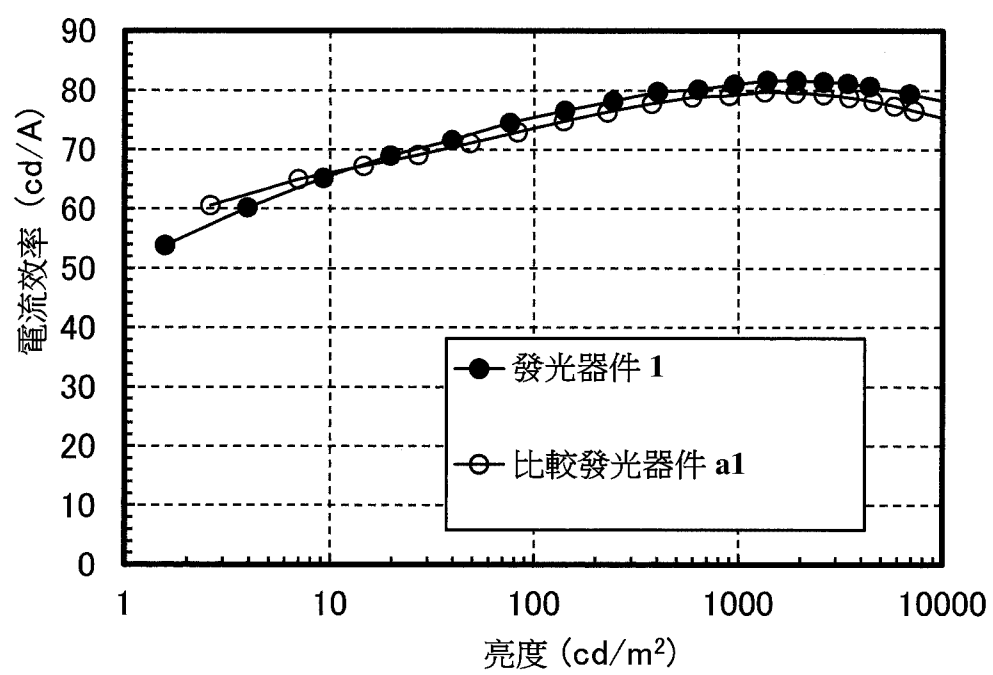
【圖 15】



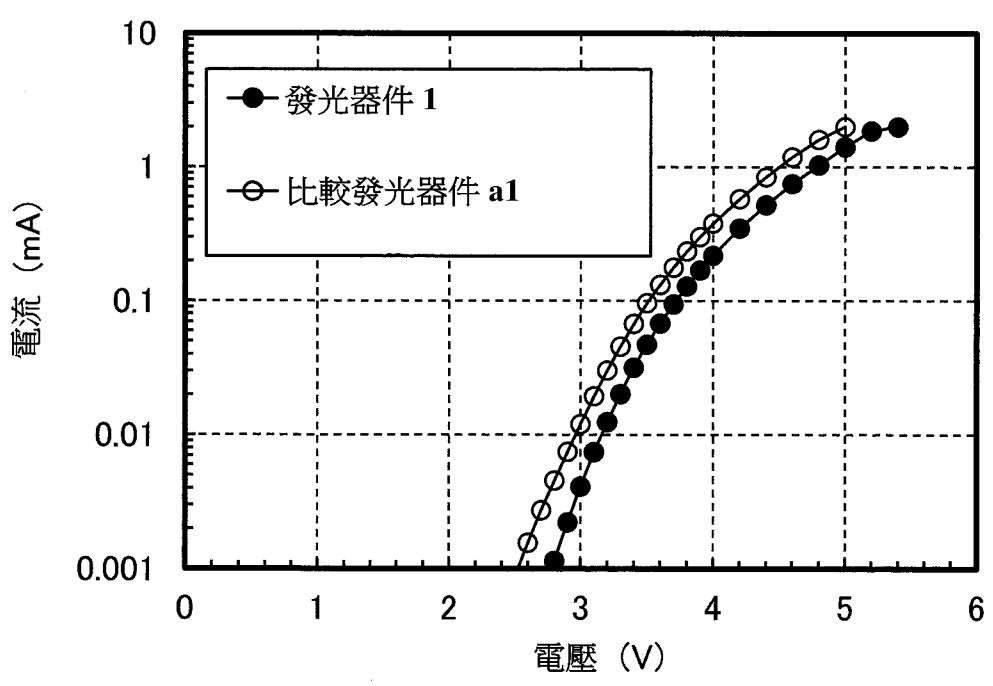
【圖 16】



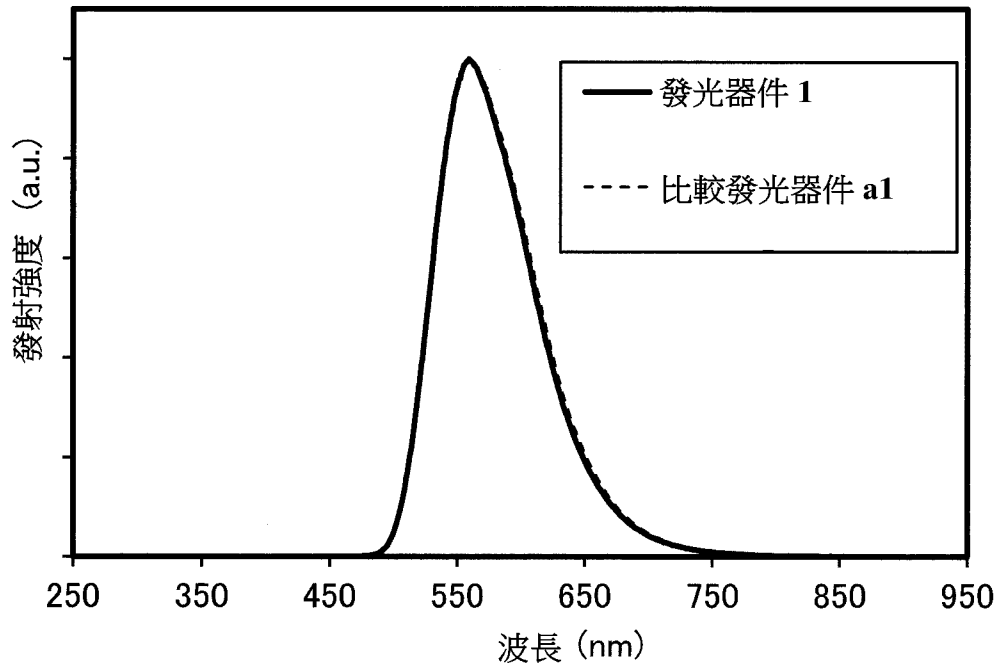
【圖 17】



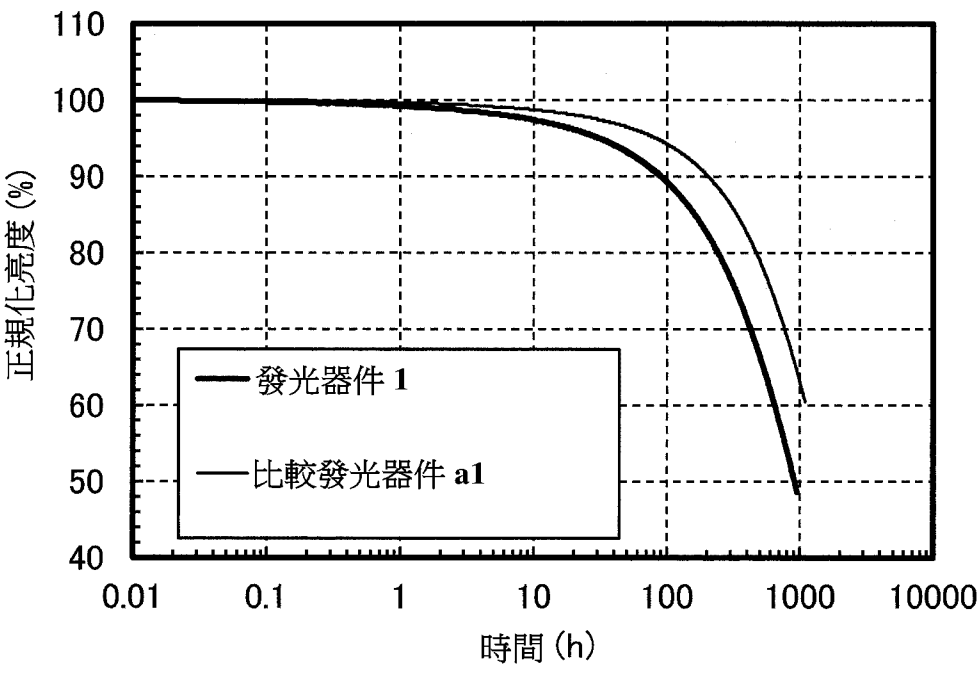
【圖 18】



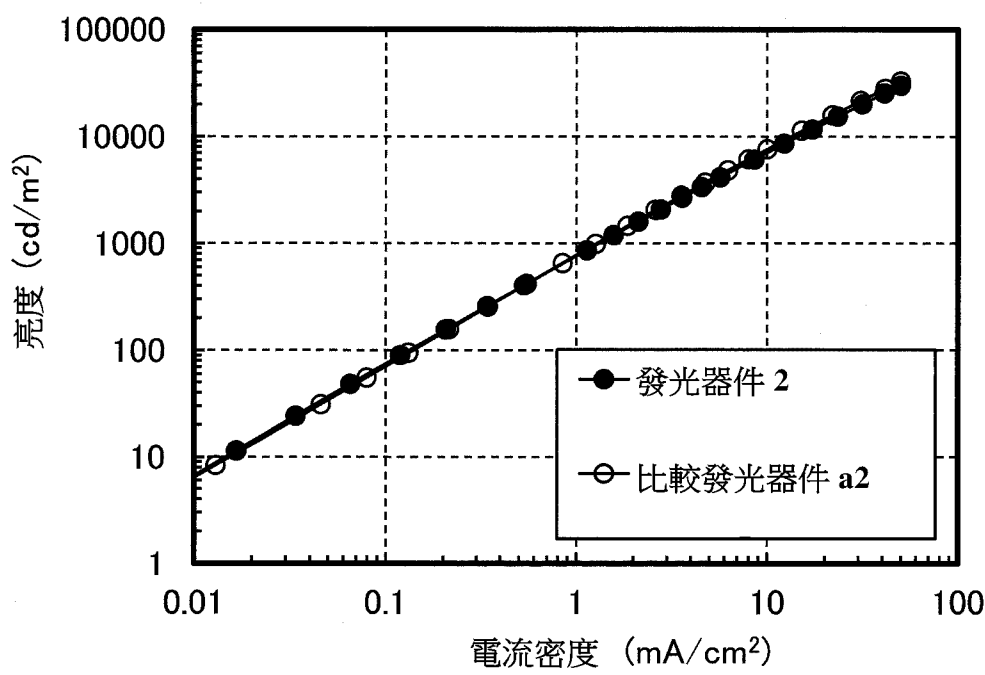
【圖 19】



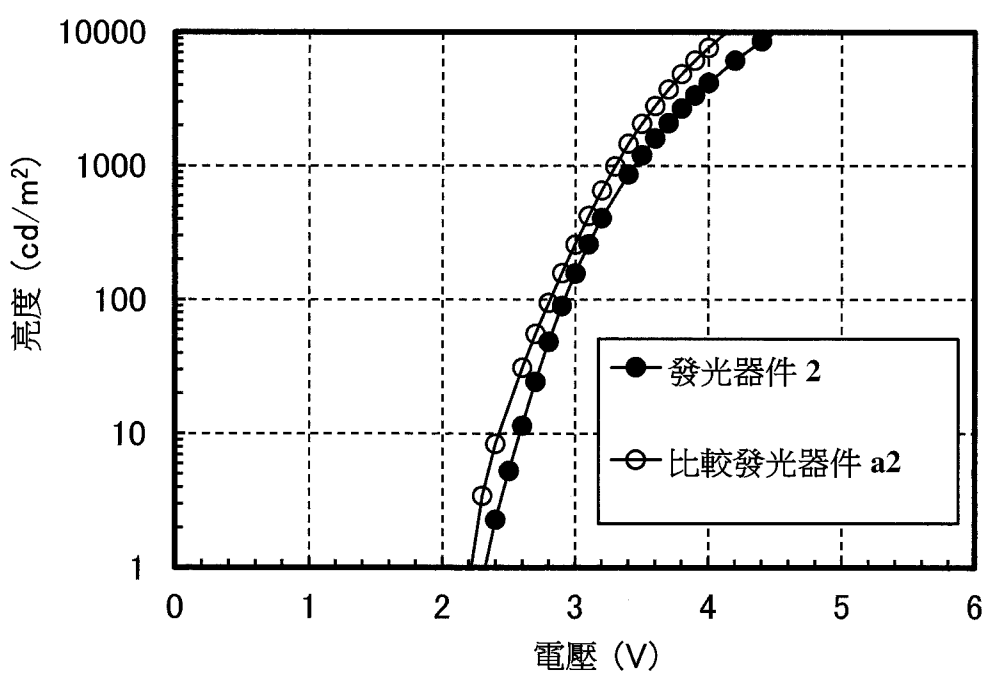
【圖 20】



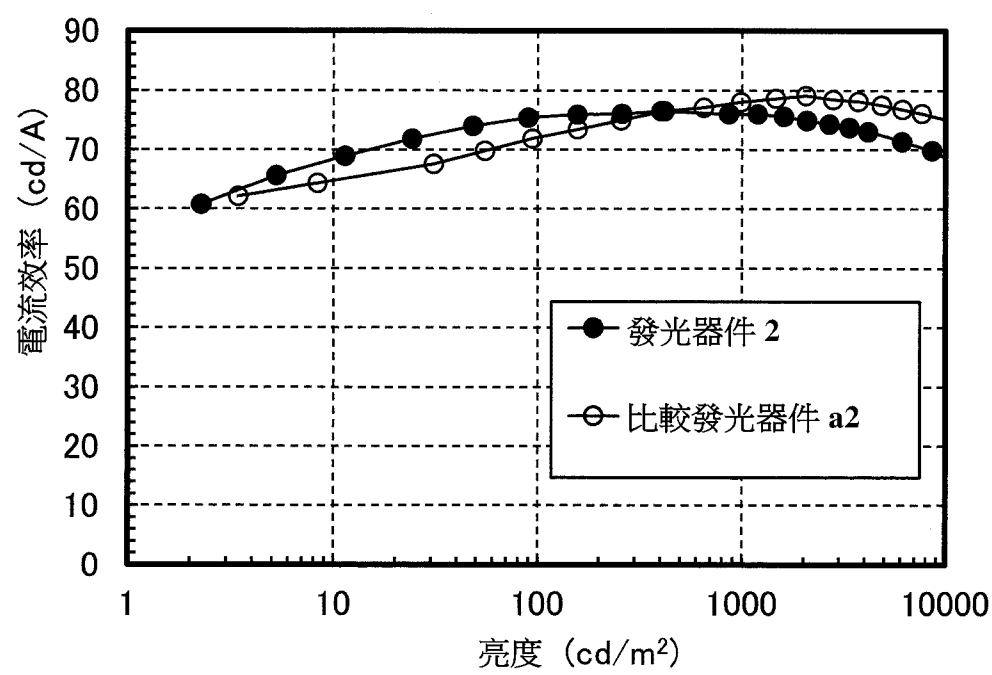
【圖 21】



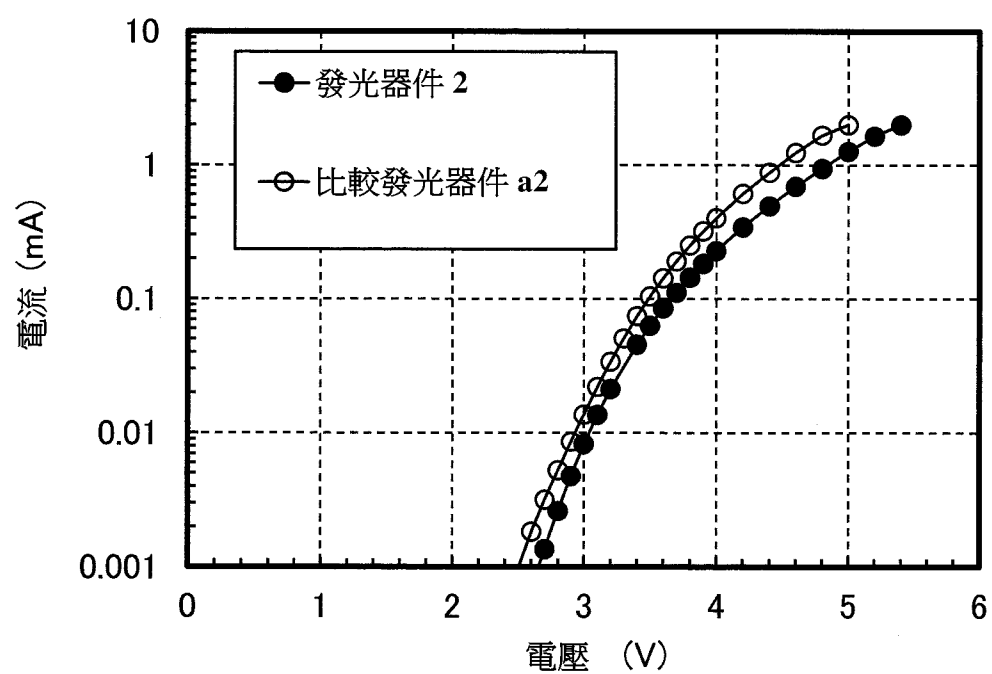
【圖 22】



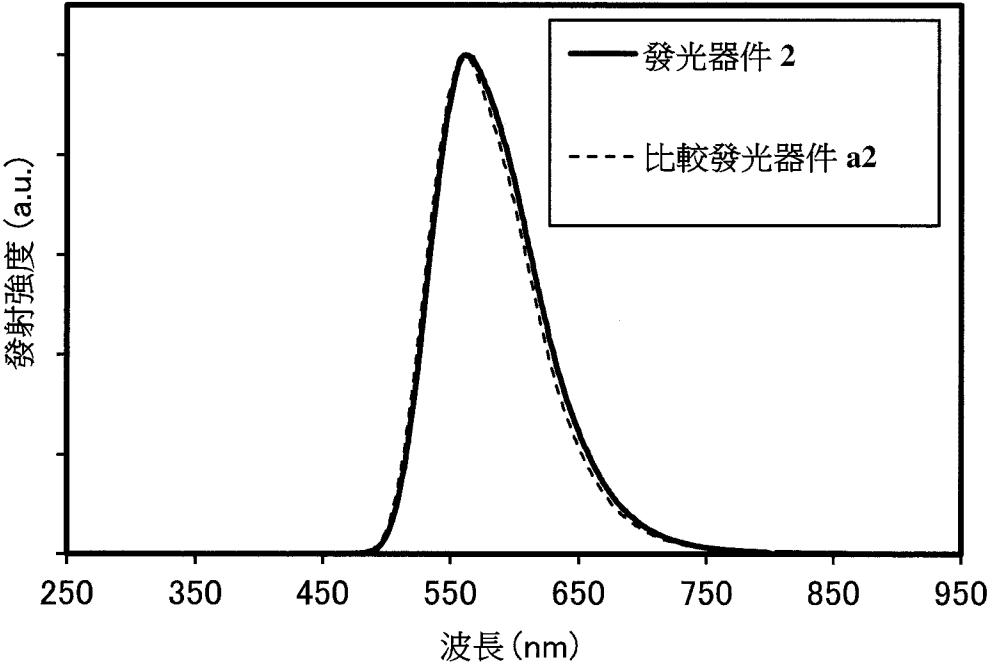
【圖 23】



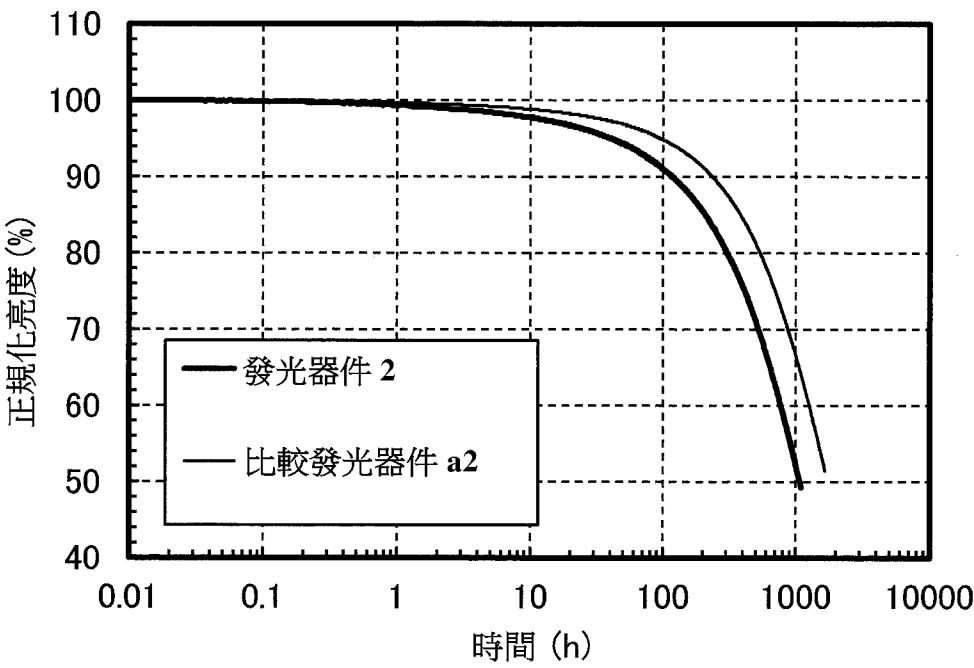
【圖 24】



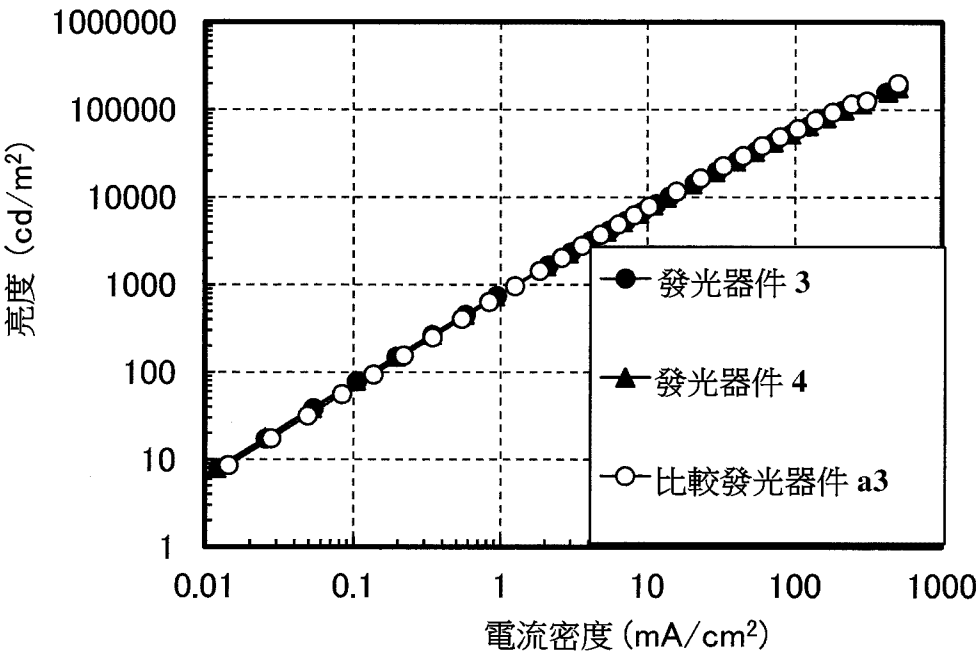
【圖 25】



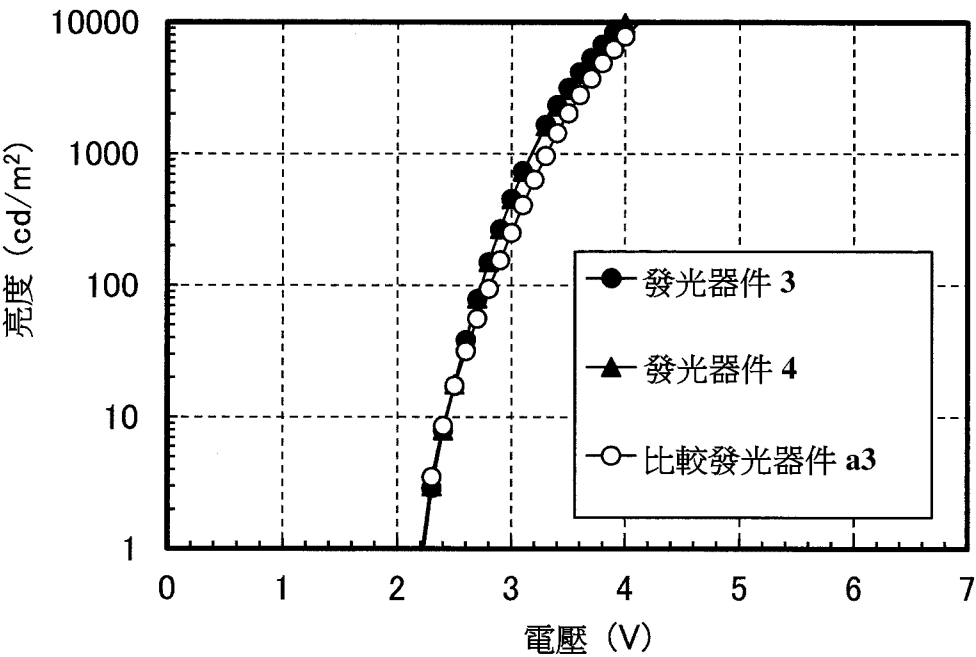
【圖 26】



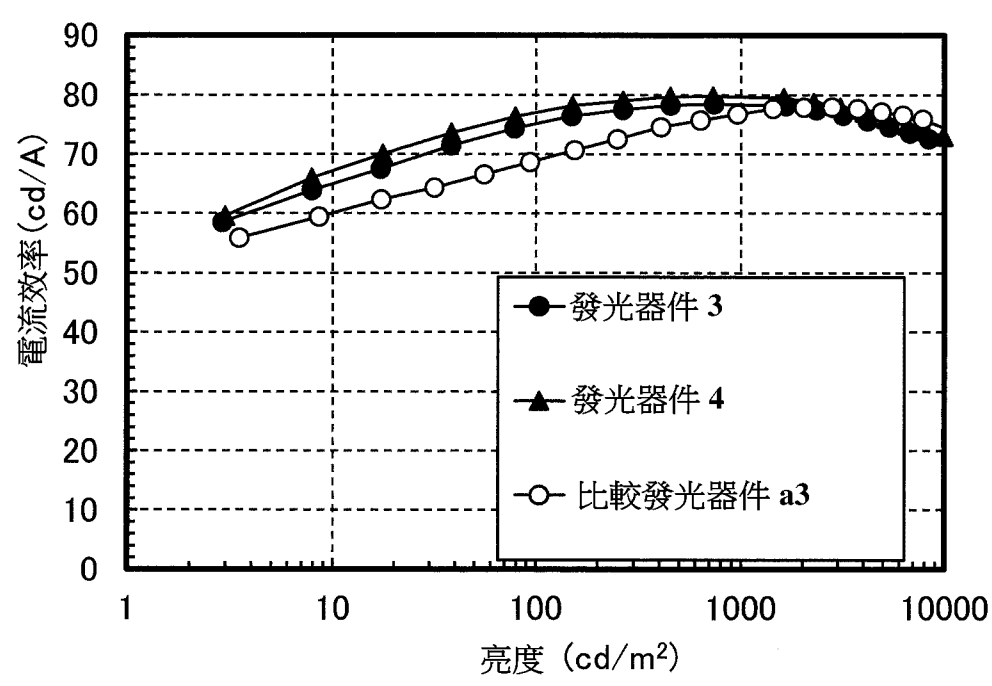
【圖 27】



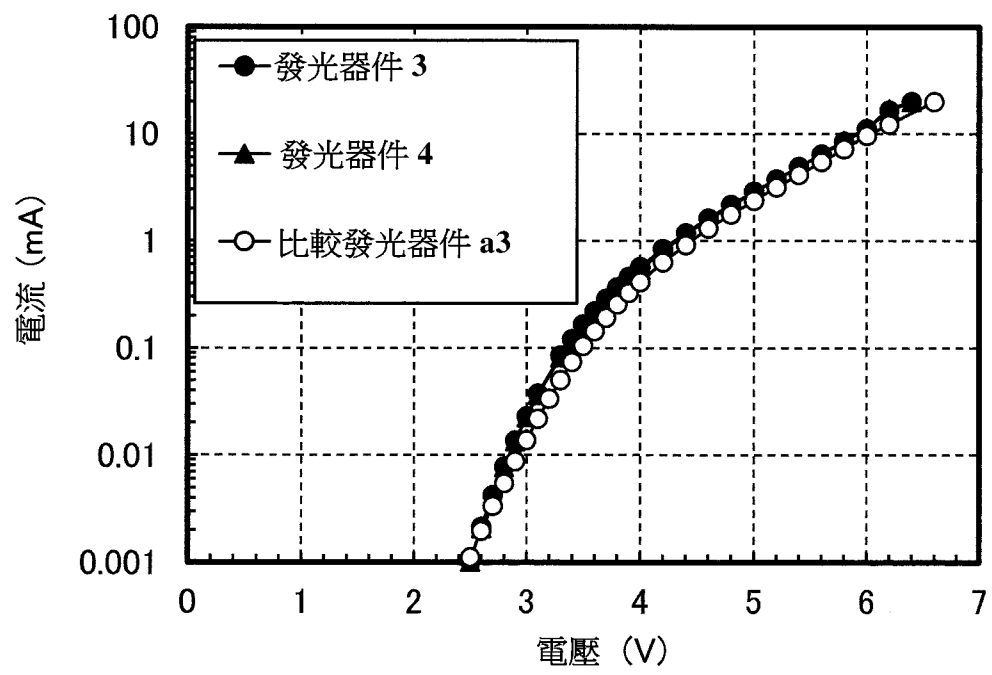
【圖 28】



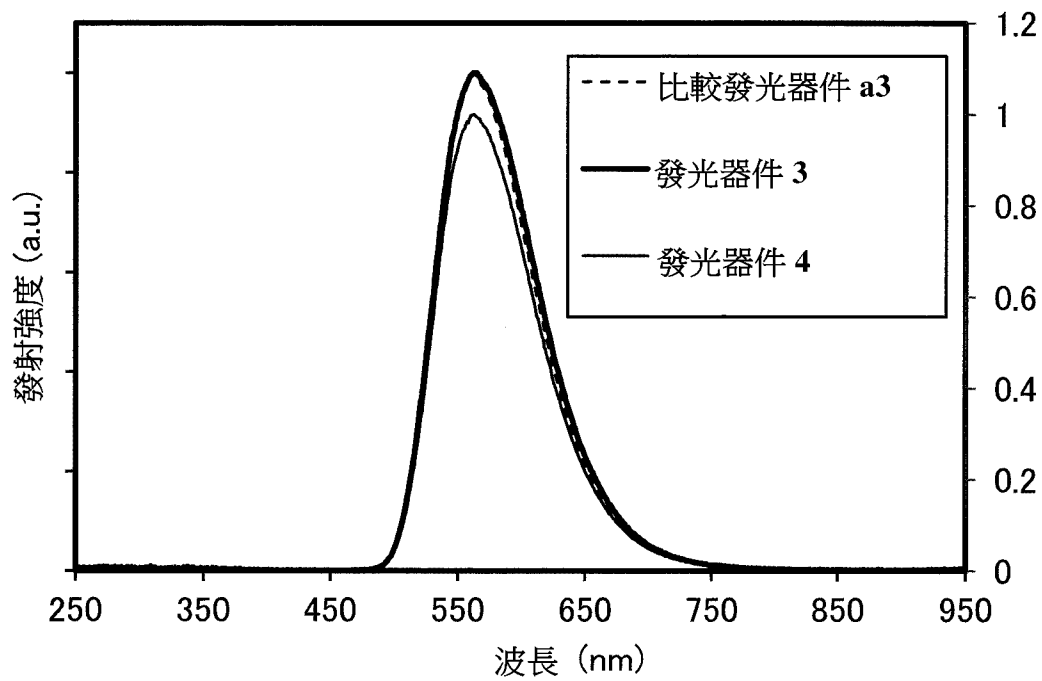
【圖 29】



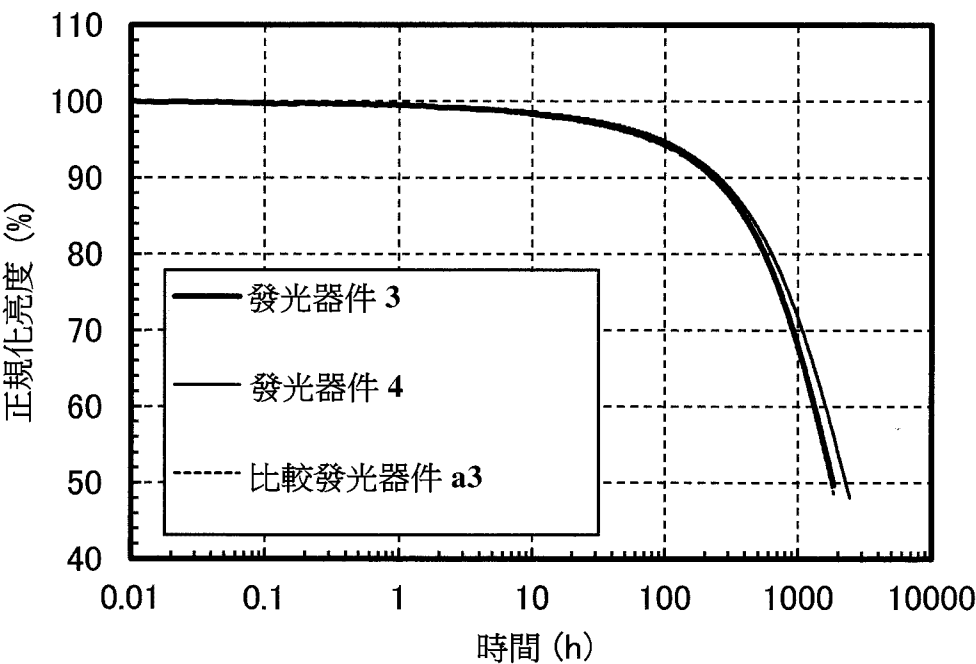
【圖 30】



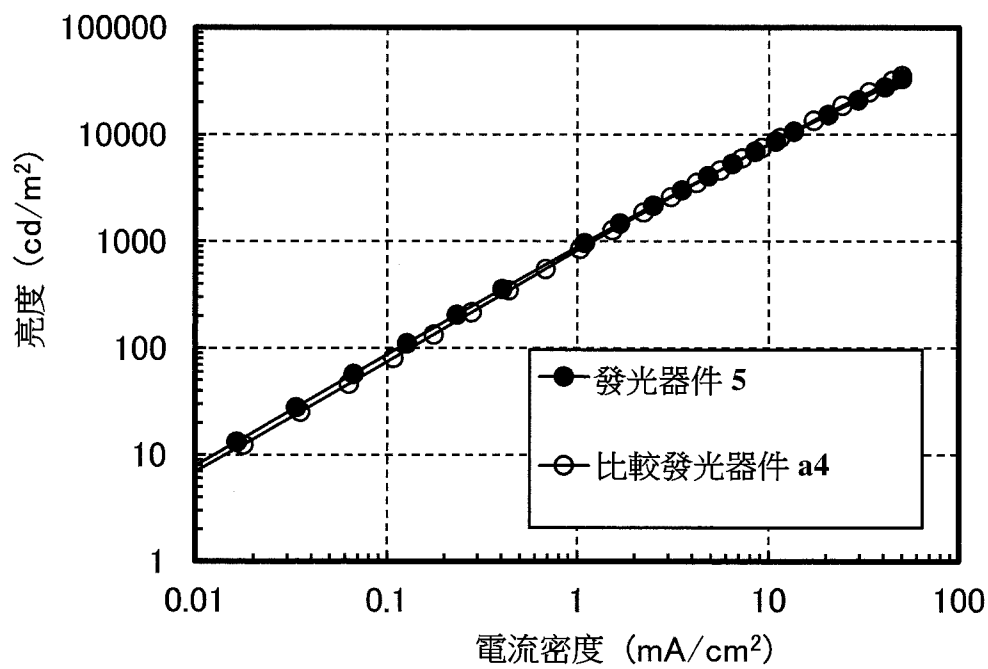
【圖 31】



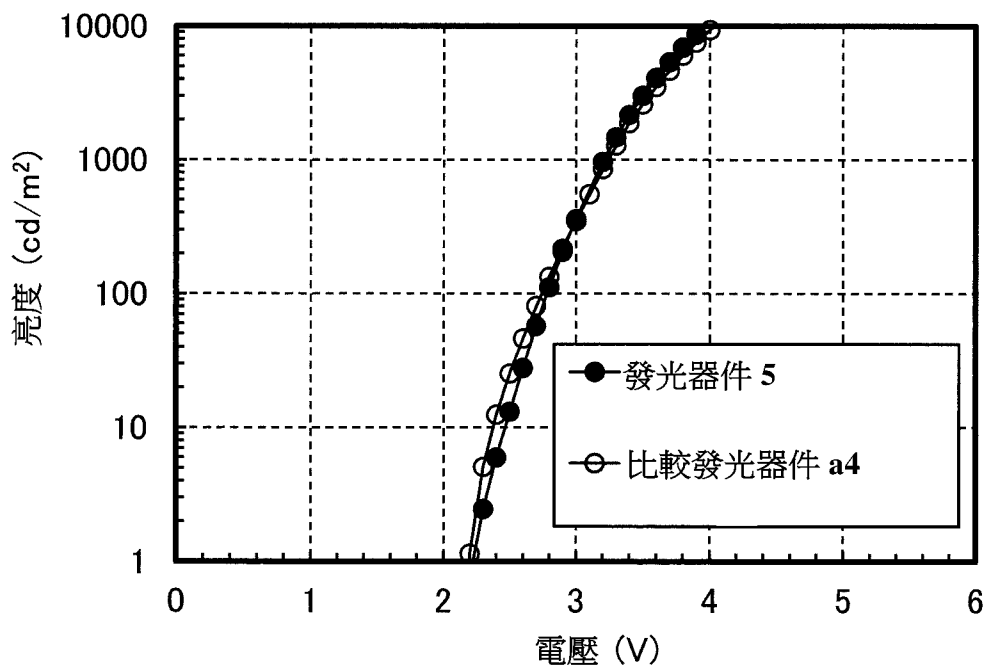
【圖 32】



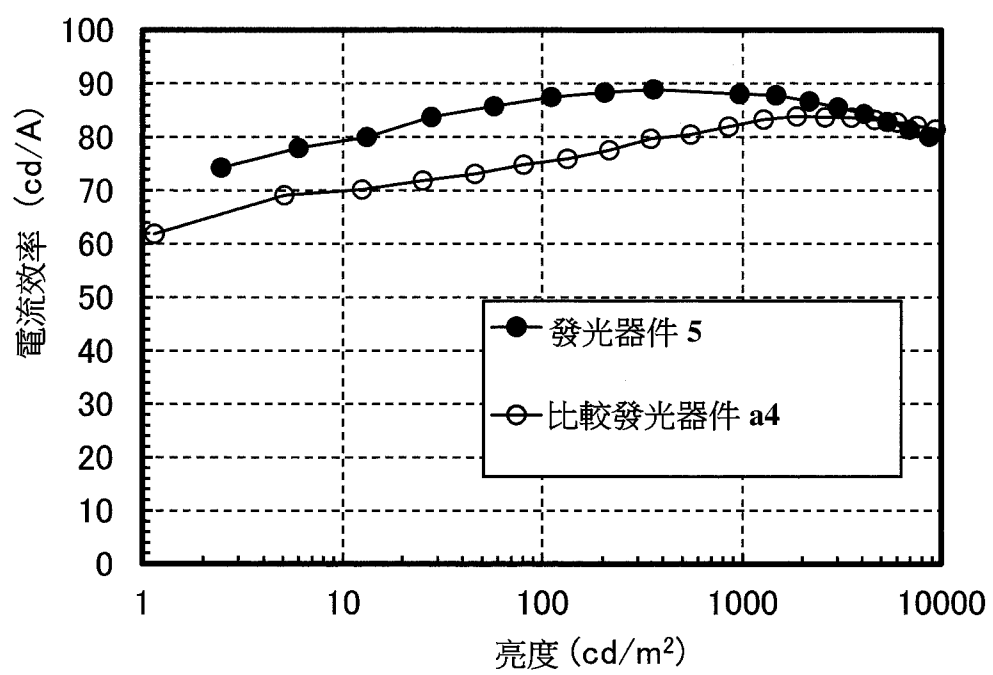
【圖 33】



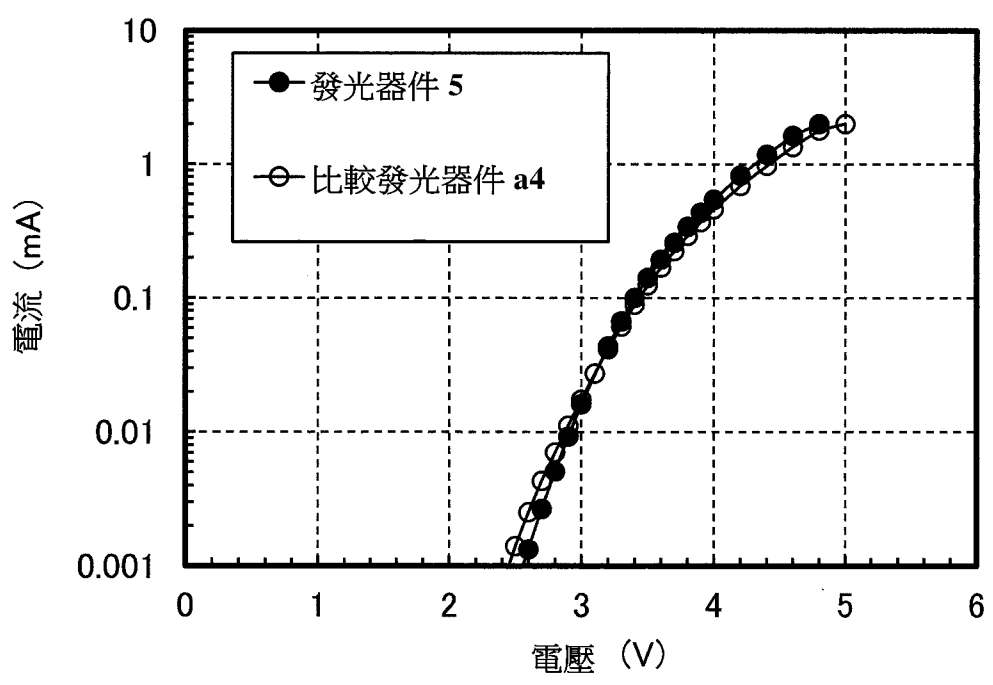
【圖 34】



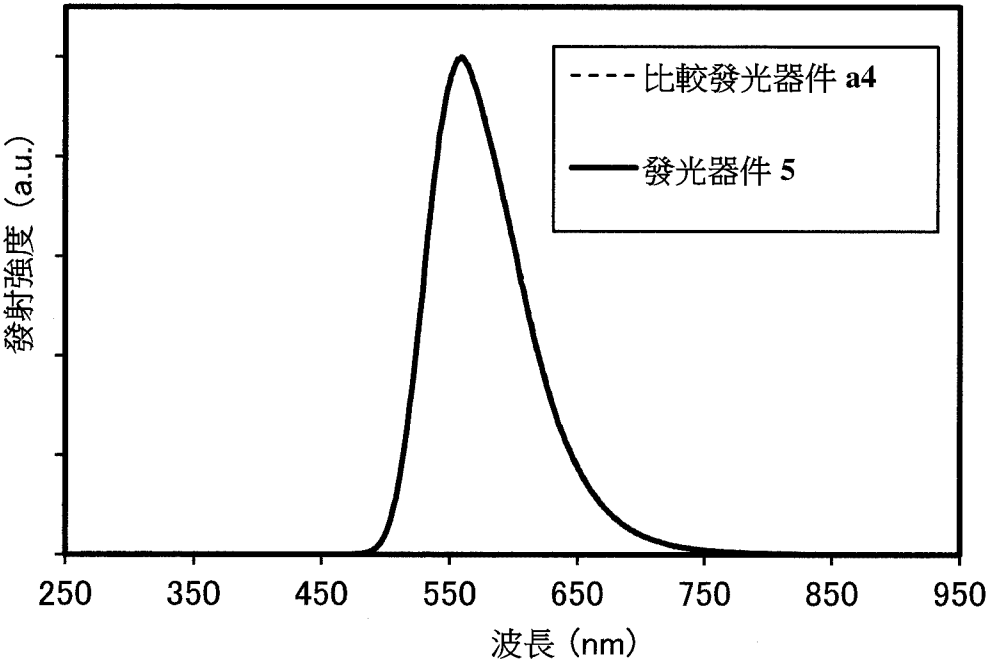
【圖 35】



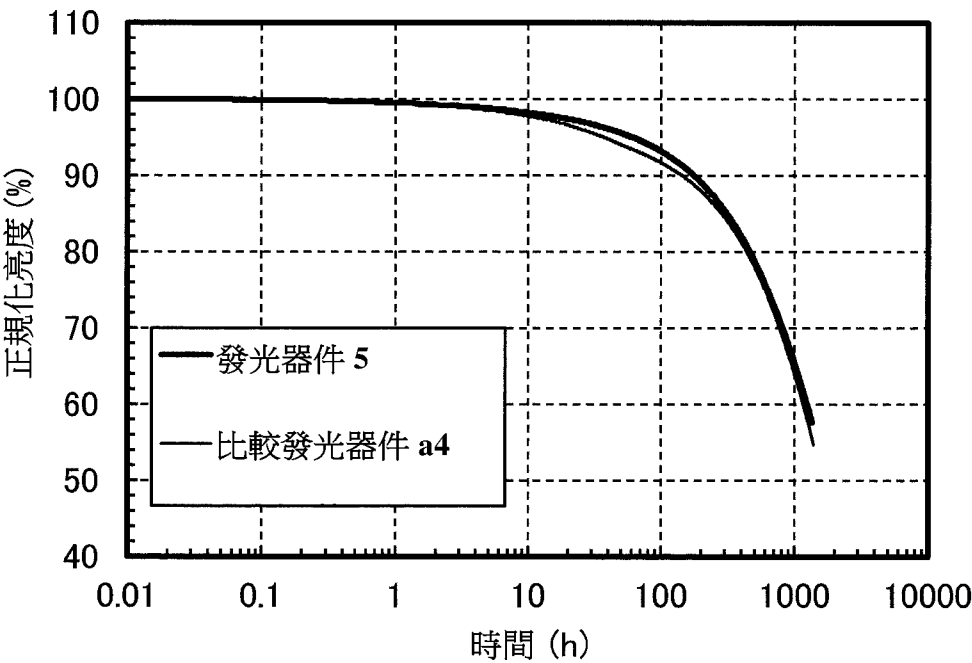
【圖 36】



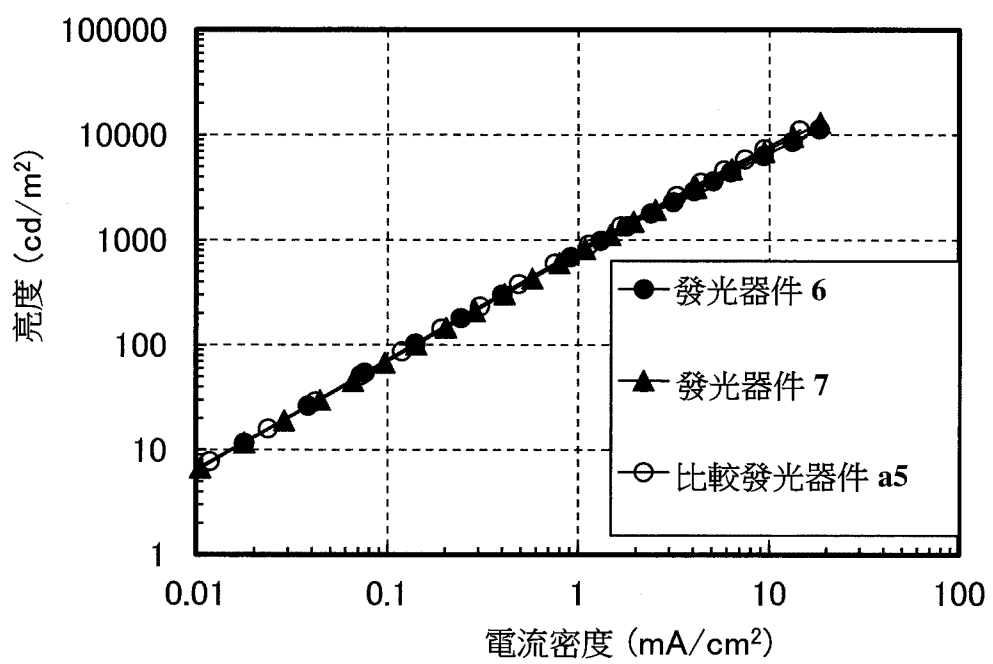
【圖 37】



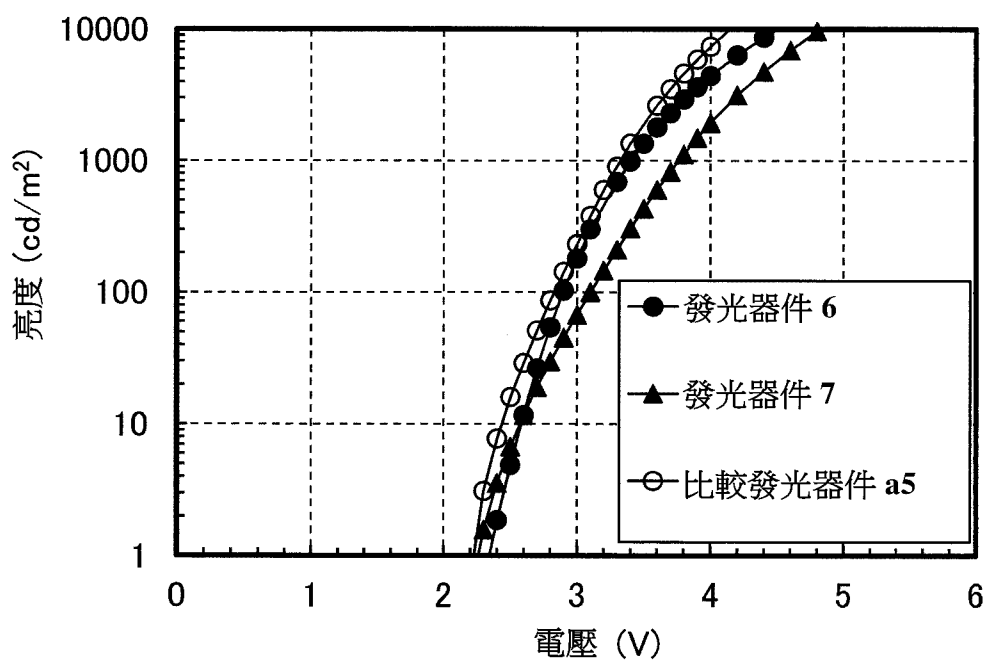
【圖 38】



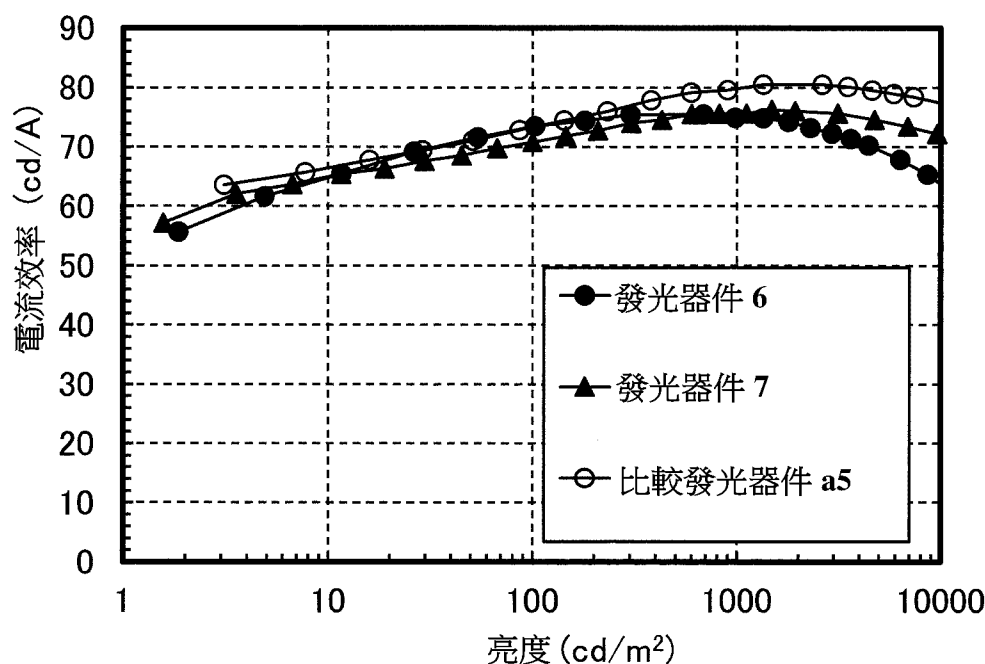
【圖 39】



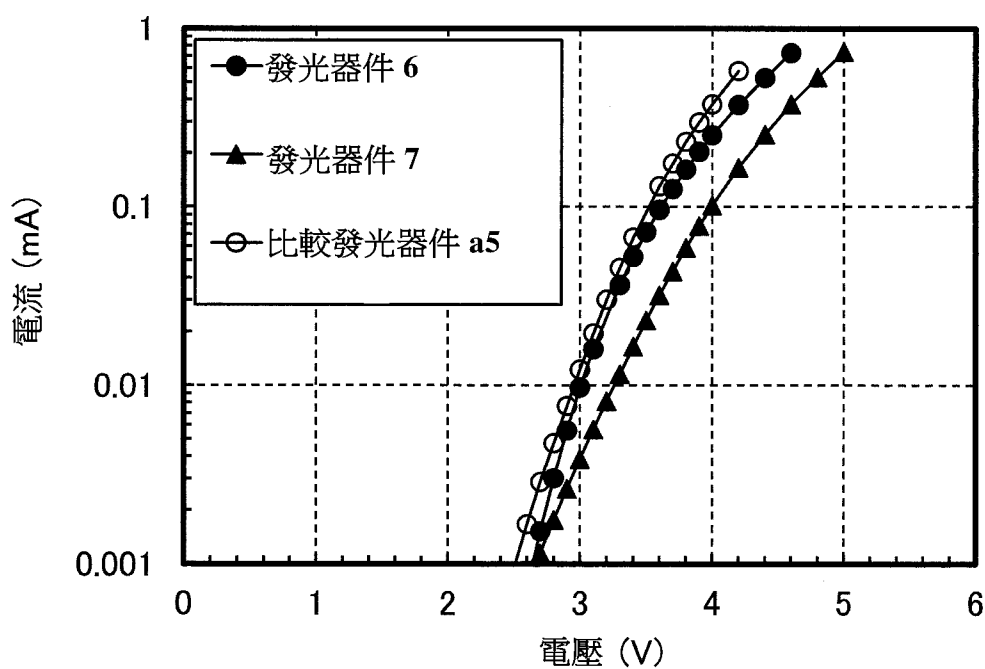
【圖 40】



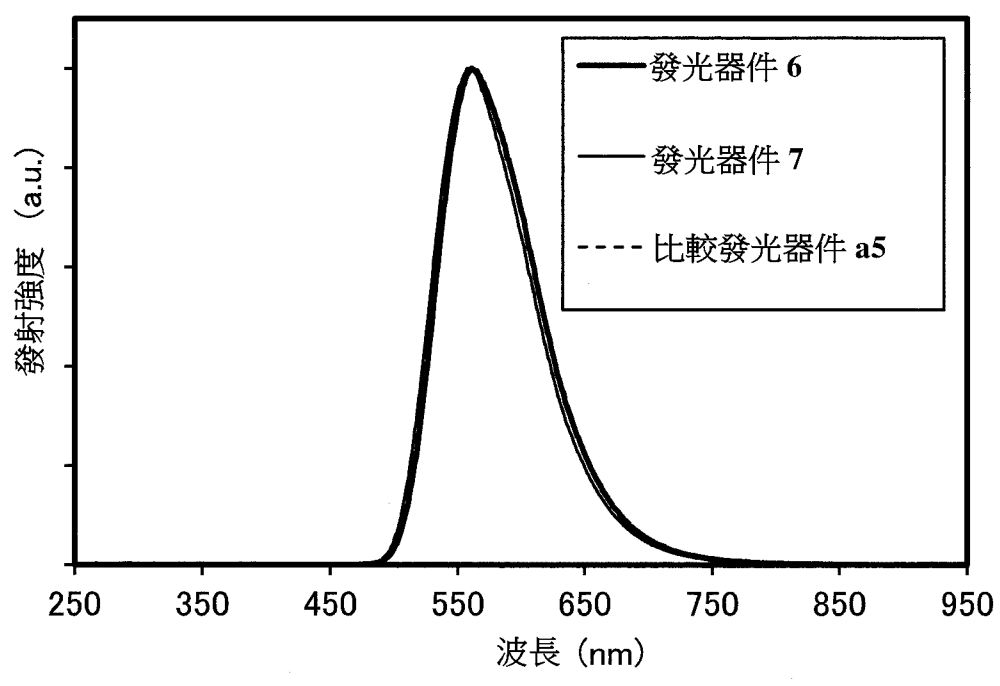
【圖 41】



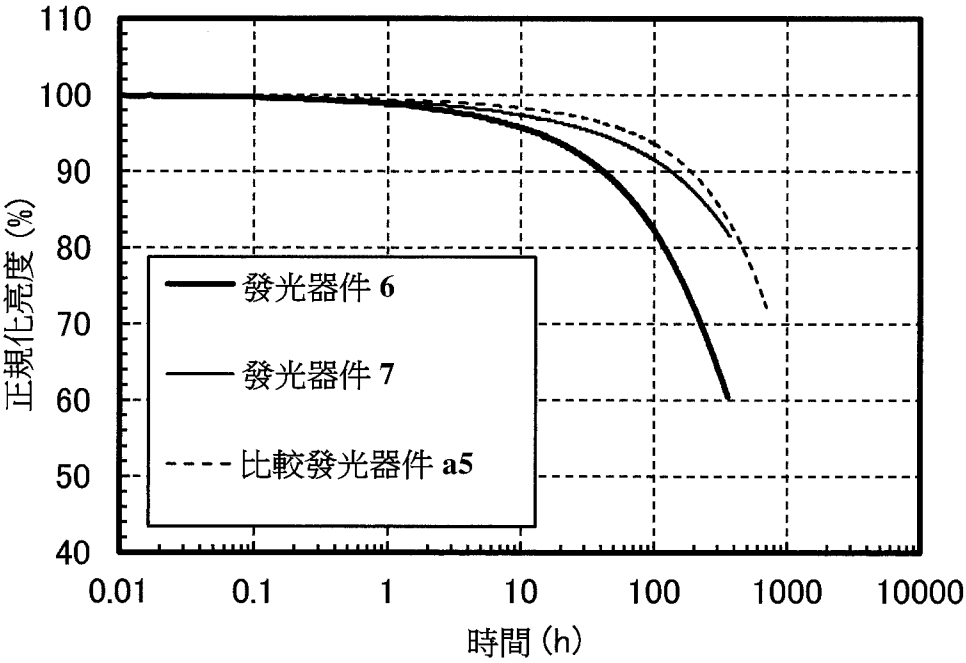
【圖 42】



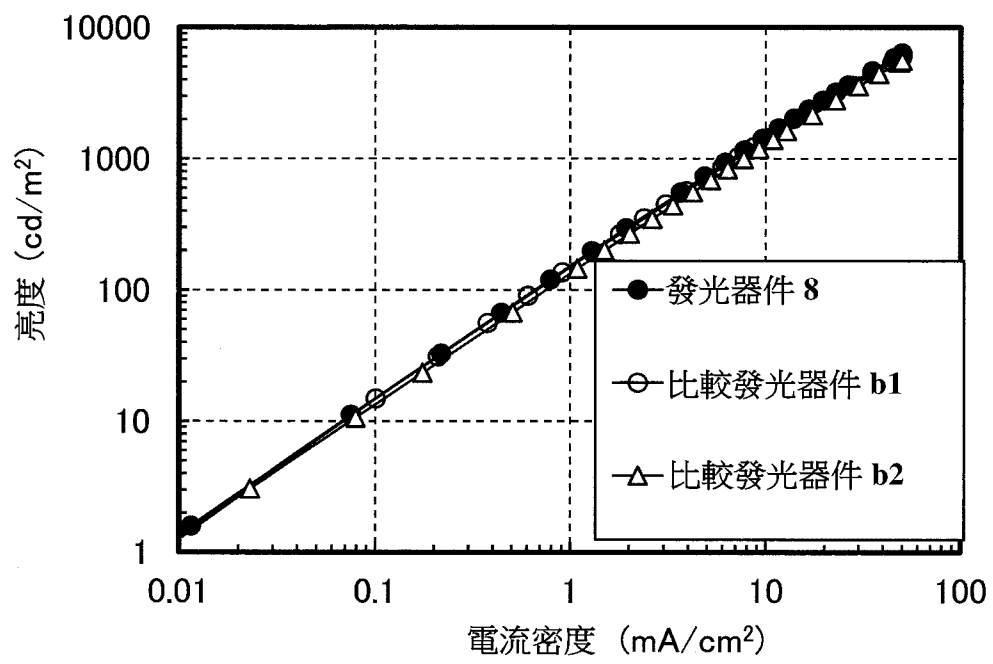
【圖 43】



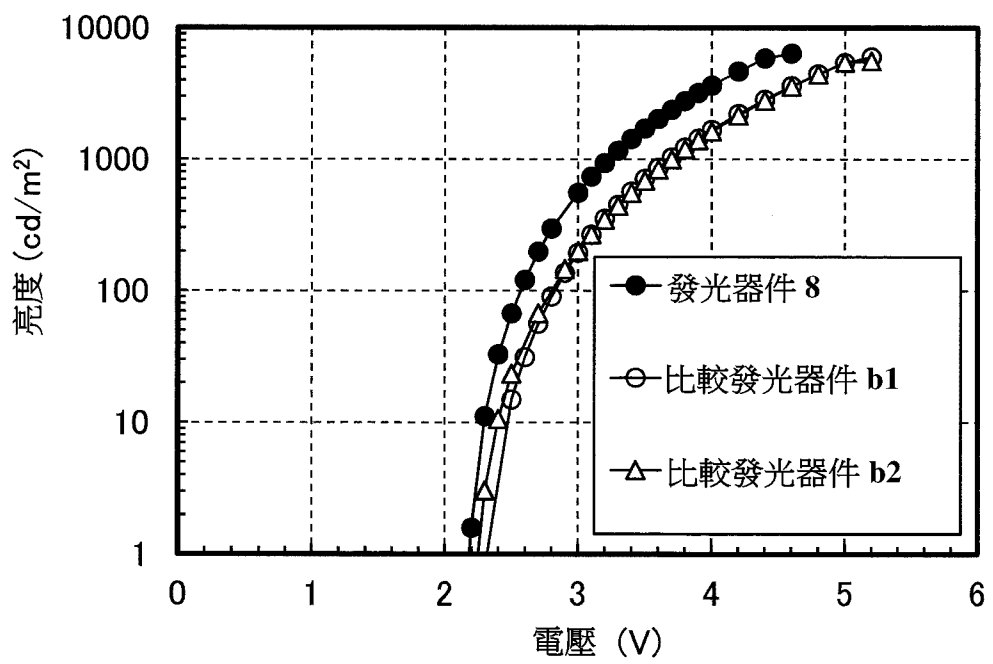
【圖 44】



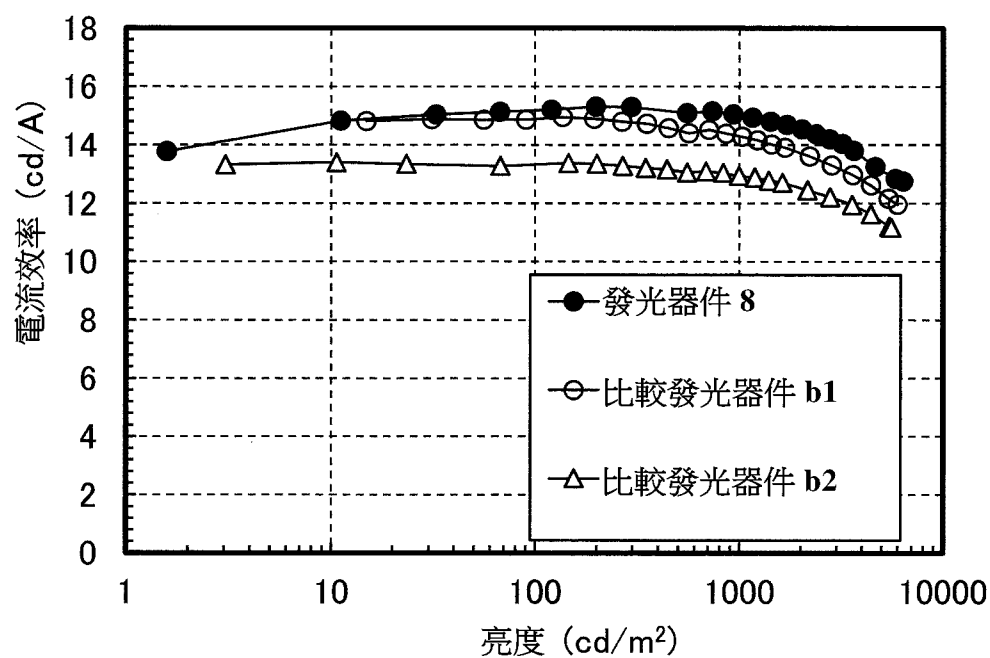
【圖 45】



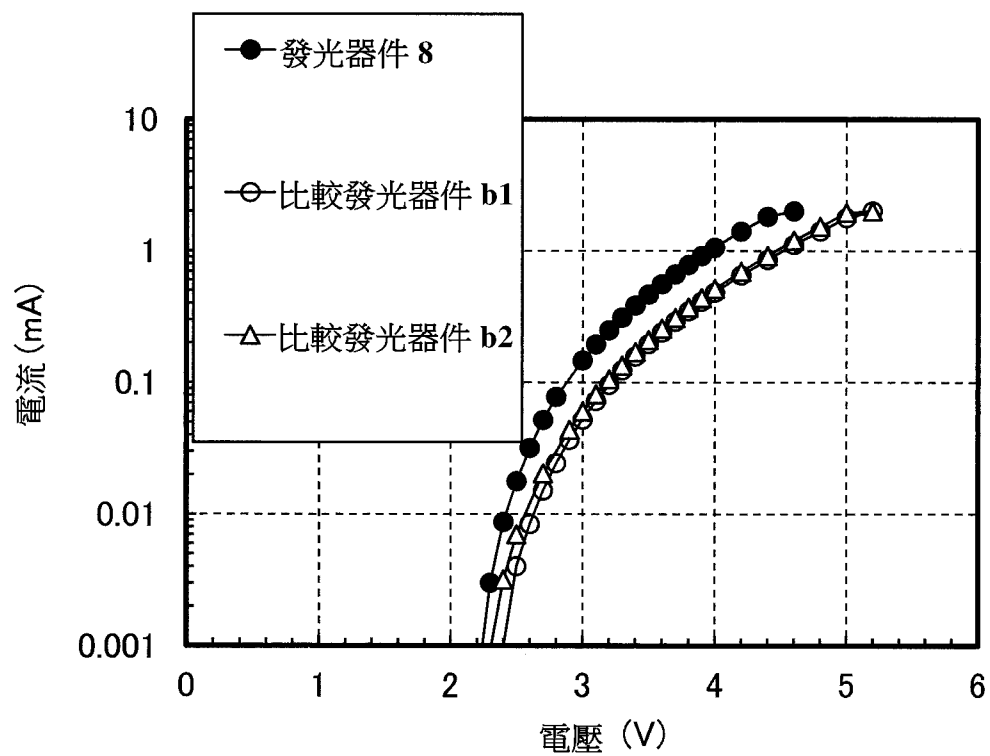
【圖 46】



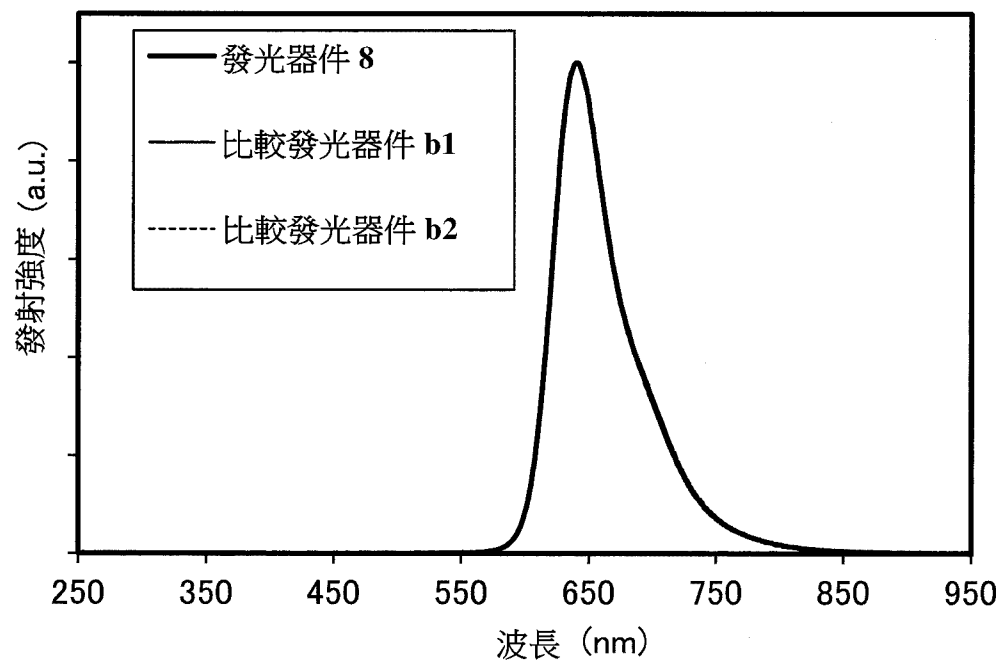
【圖 47】



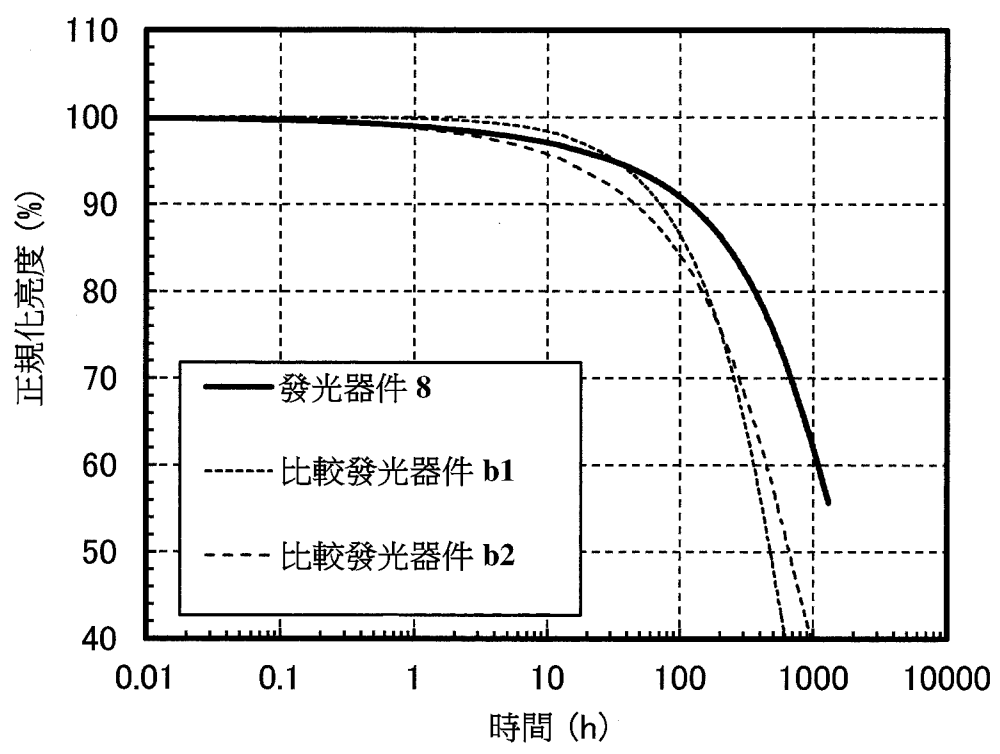
【圖 48】



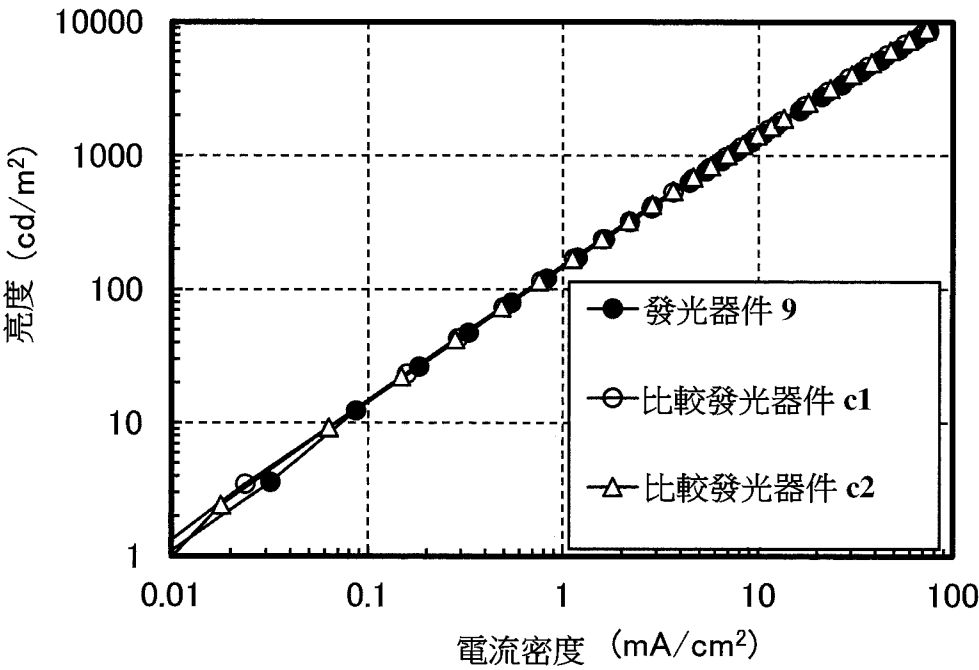
【圖 49】



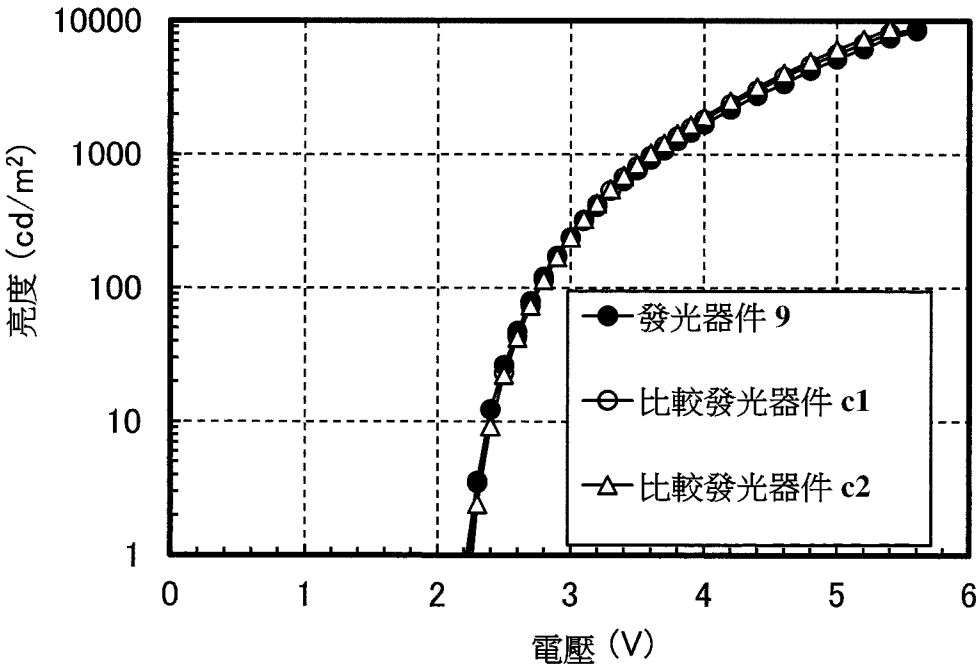
【圖 50】



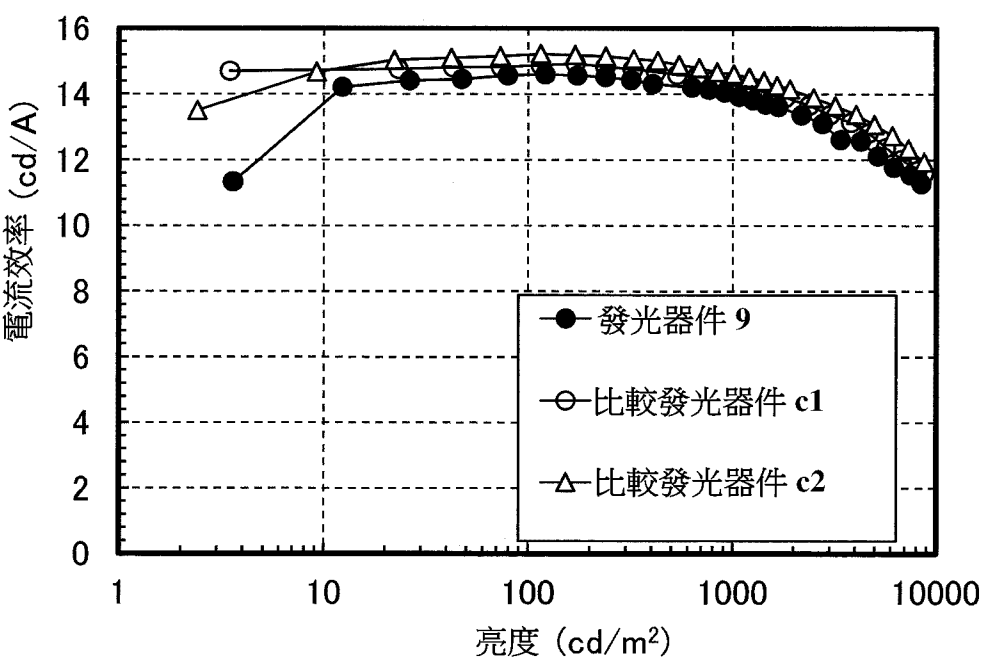
【圖 51】



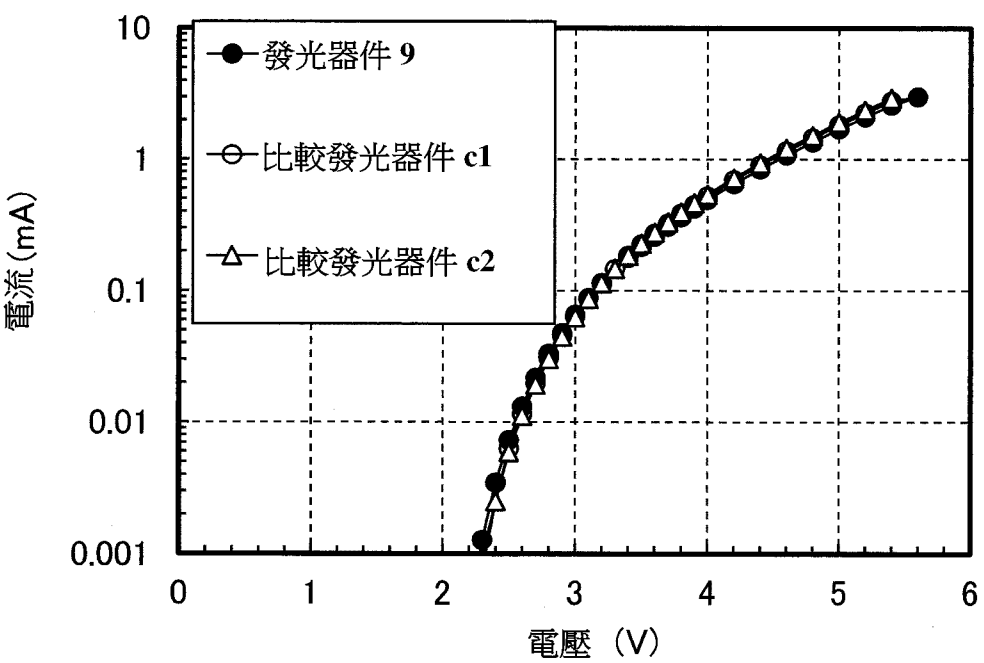
【圖 52】



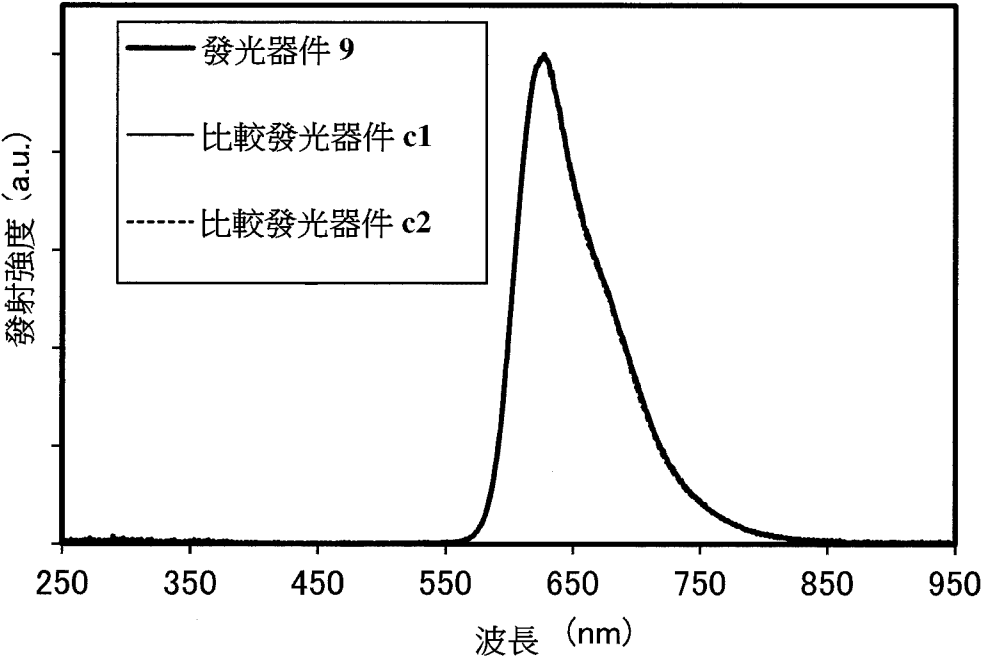
【圖 53】



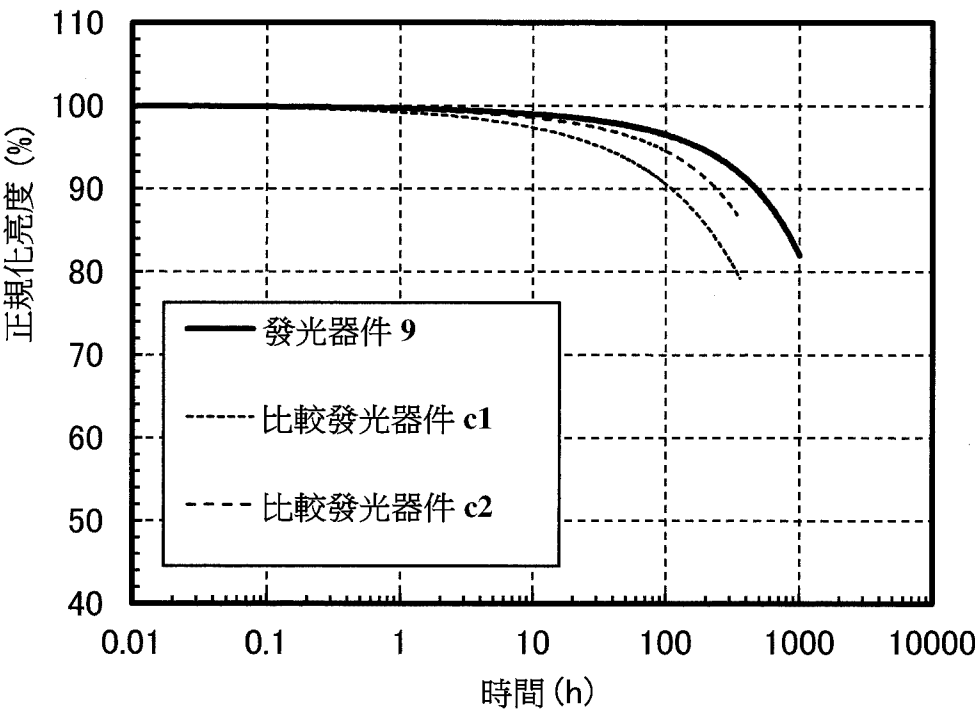
【圖 54】



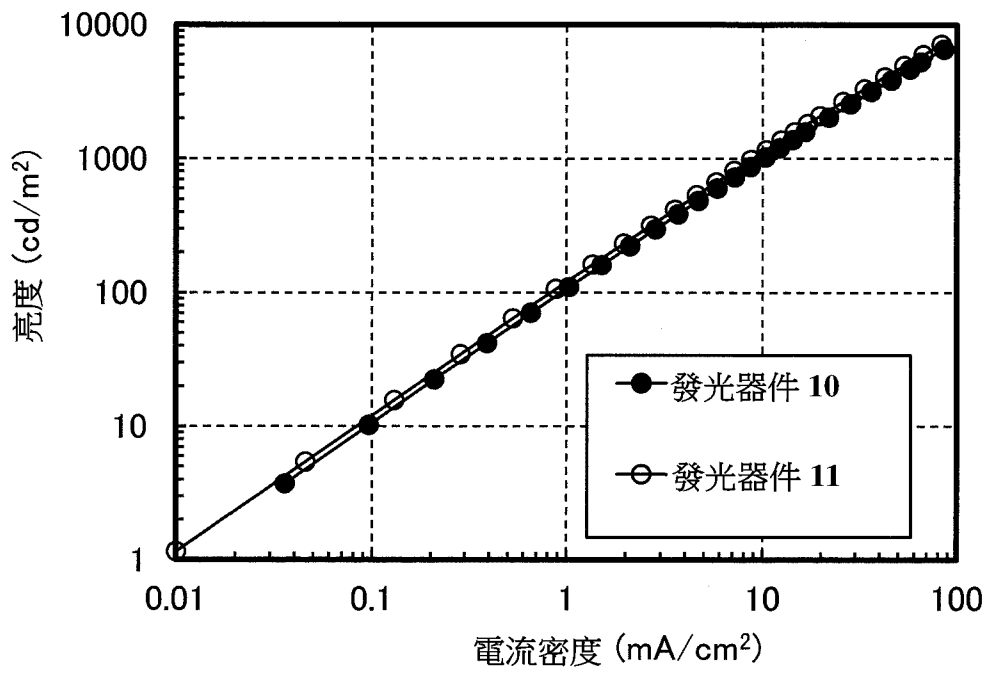
【圖 55】



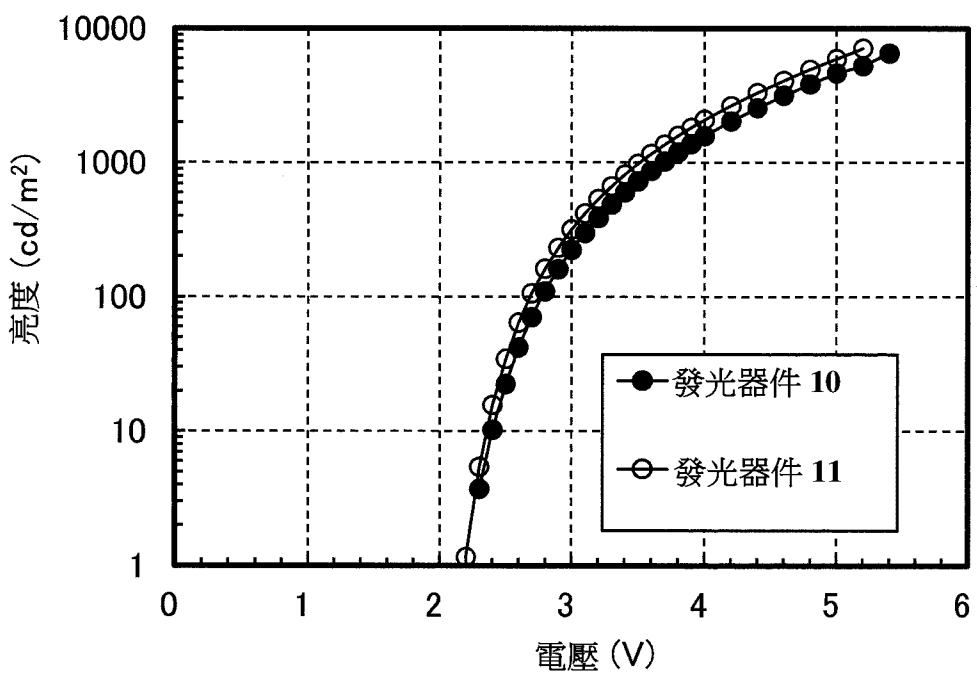
【圖 56】



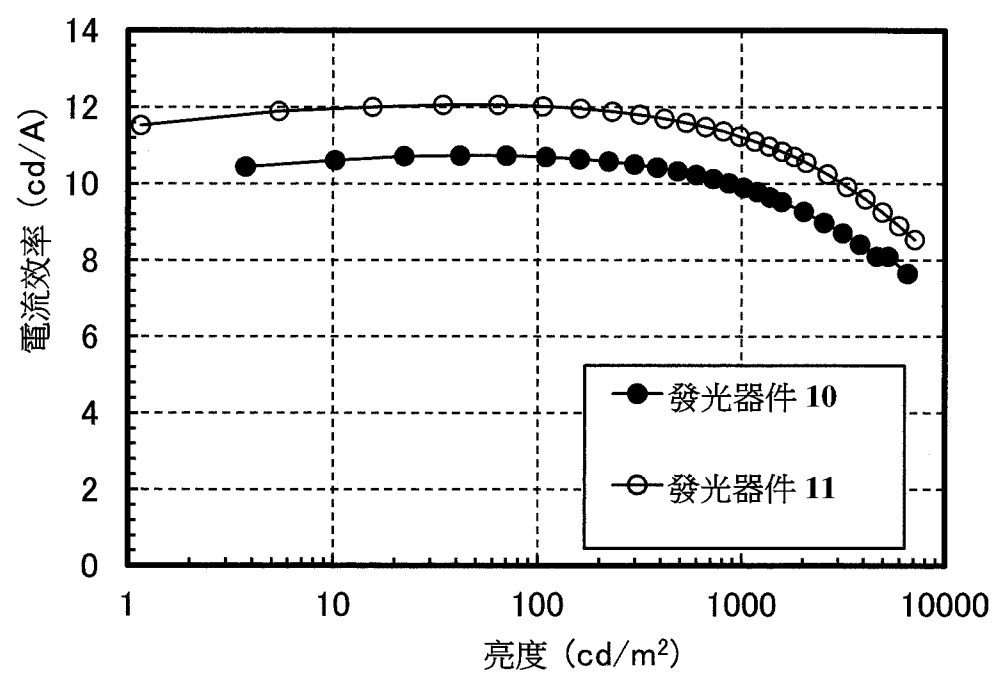
【圖 57】



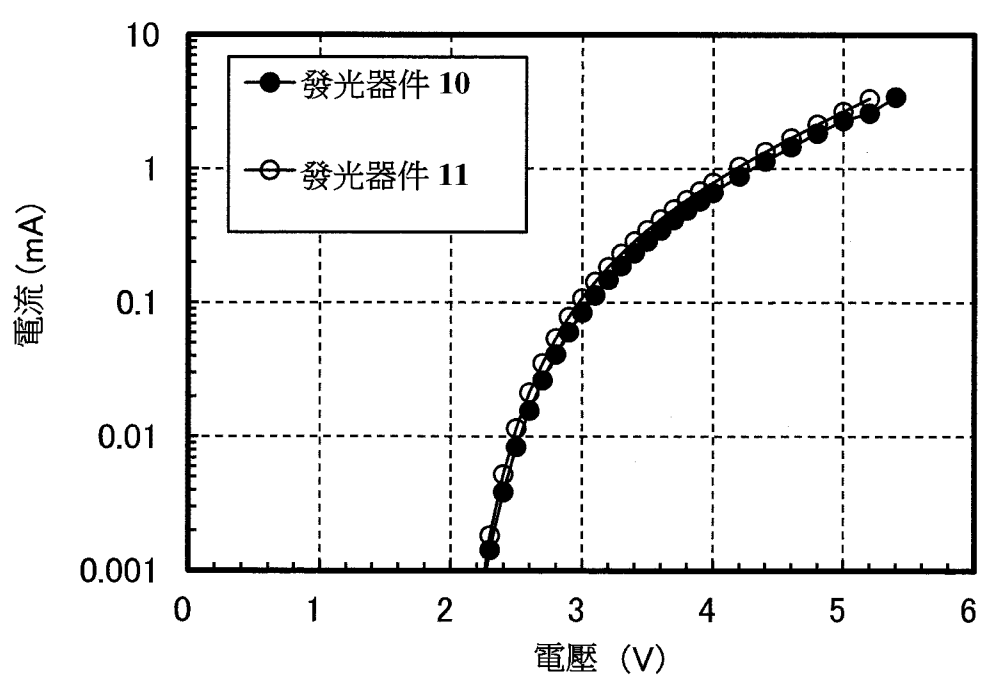
【圖 58】



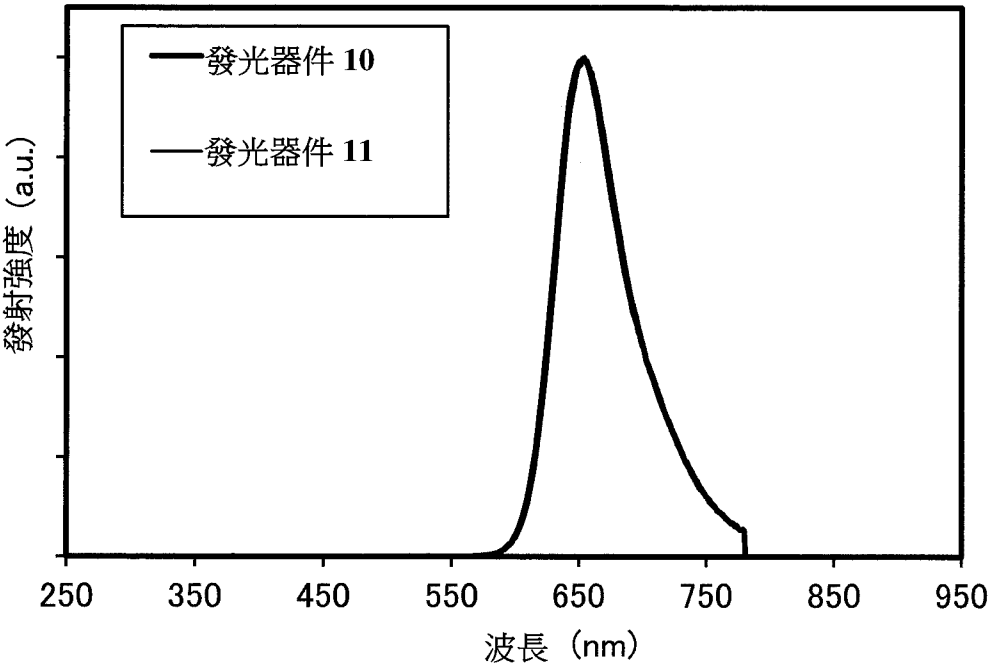
【圖 59】



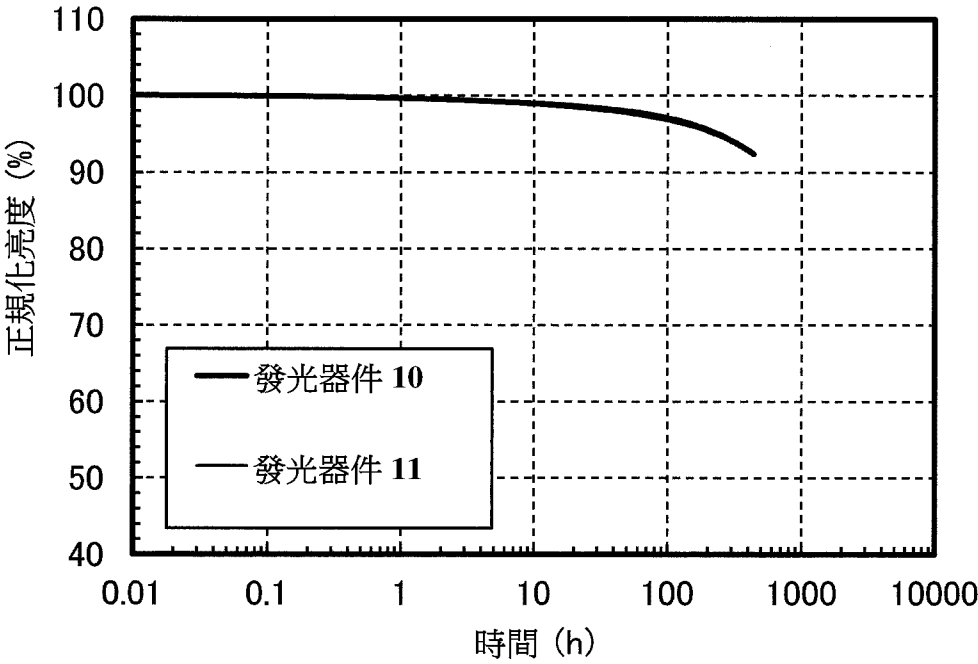
【圖 60】



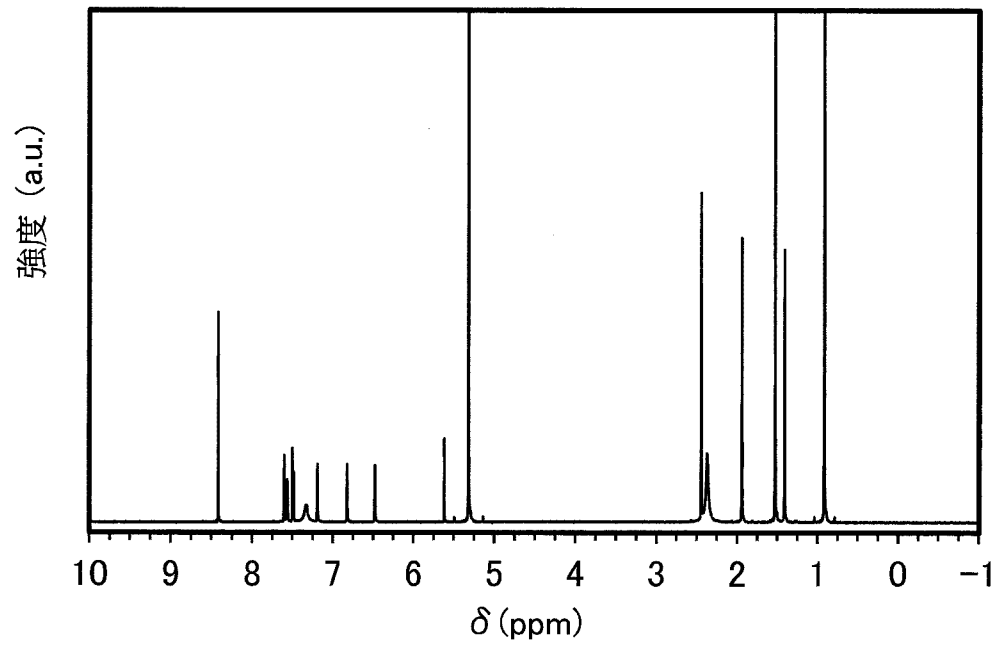
【圖 61】



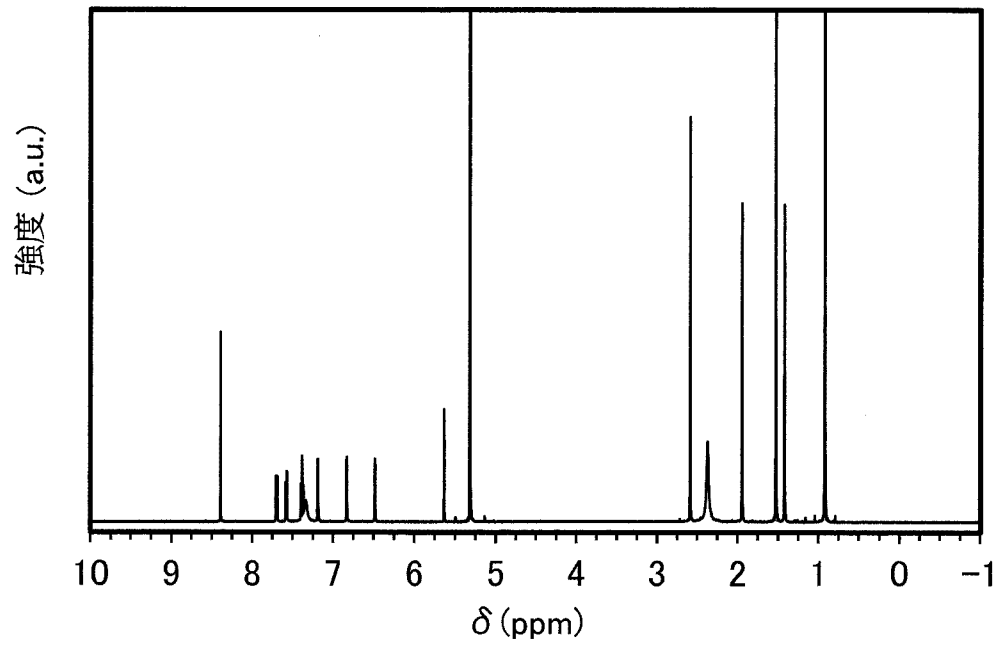
【圖 62】



【圖 63】



【圖 64】



【圖 65】