



(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 I829040 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 01 月 11 日

(21)申請案號：110145397

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 08 月 16 日

(51)Int. Cl. : H01L51/56 (2006.01)

H01L51/50 (2006.01)

(30)優先權：2015/08/28 日本

2015-168476

2015/10/15 日本

2015-203894

(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：鈴木恒德 SUZUKI, TSUNENORI (JP)；滝田悠介 TAKITA, YUSUKE (JP)；瀬尾哲
史 SEO, SATOSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201400456A

TW 201505224A

JP 2009-099967A

JP 2011-9498A

JP 2014-167946A

JP 2015-128113A

US 2012/0274201A1

審查人員：陳伯宜

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：67 共 194 頁

(54)名稱

發光元件，發光裝置，電子裝置及照明設備

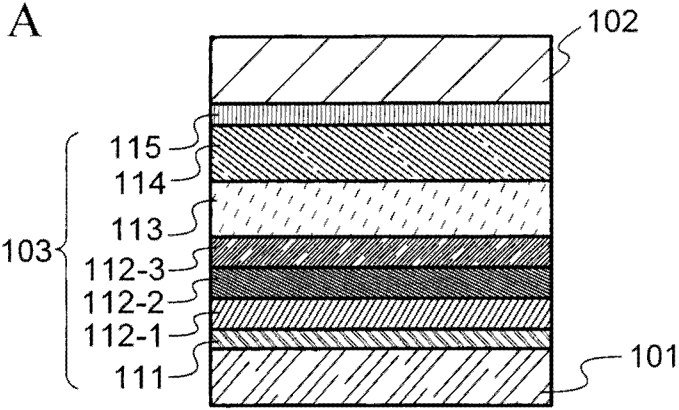
(57)摘要

本發明的一個實施方式提供一種包括第一電極、第二電極及其間的 EL 層的發光元件，EL 層包括電洞注入層、第一層、第二層、第三層及第四層的疊層，電洞注入層包含有機受體，第一層、第二層及第三層分別包含第一、第二及第三電洞傳輸材料，第四層包含主體材料及發光材料，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的 HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於或等於主體材料的 HOMO 能階，並且，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.3eV 以下。

A light-emitting element including a first electrode, a second electrode, and an EL layer positioned therebetween is provided. The EL layer includes a stack of a hole-injection layer, a first layer, a second layer, a third layer, and a fourth layer; the hole-injection layer includes an organic acceptor; the first layer, the second layer and the third layer include first, second and third hole-transport materials, respectively; and the fourth layer includes a host material and a light-emitting material; the HOMO level of the second hole-transport material is deeper than that of the first hole-transport material; the HOMO level of the host material is deeper than that of the second hole-transport material; the HOMO level of the third hole-transport material is deeper than or equal to that of the host material; and a HOMO level difference between the second and third hole-transport materials is less than or equal to 0.3 eV.

指定代表圖：

圖 1A



符號簡單說明：

- 101:第一電極
- 102:第二電極
- 103:EL 層
- 111:電洞注入層
- 112-1:第一電洞傳輸層
- 112-2:第二電洞傳輸層
- 112-3:第三電洞傳輸層
- 113:發光層
- 114:電子傳輸層
- 115:電子注入層

【發明摘要】**【中文發明名稱】**

發光元件，發光裝置，電子裝置及照明設備

【英文發明名稱】

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

【中文】

本發明的一個實施方式提供一種包括第一電極、第二電極及其間的 EL 層的發光元件，EL 層包括電洞注入層、第一層、第二層、第三層及第四層的疊層，電洞注入層包含有機受體，第一層、第二層及第三層分別包含第一、第二及第三電洞傳輸材料，第四層包含主體材料及發光材料，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的 HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於或等於主體材料的 HOMO 能階，並且，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.3eV 以下。

【 英文 】

A light-emitting element including a first electrode, a second electrode, and an EL layer positioned therebetween is provided. The EL layer includes a stack of a hole-injection layer, a first layer, a second layer, a third layer, and a fourth layer; the hole-injection layer includes an organic acceptor; the first layer, the second layer and the third layer include first, second and third hole-transport materials, respectively; and the fourth layer includes a host material and a light-emitting material; the HOMO level of the second hole-transport material is deeper than that of the first hole-transport material; the HOMO level of the host material is deeper than that of the second hole-transport material; the HOMO level of the third hole-transport material is deeper than or equal to that of the host material; and a HOMO level difference between the second and third hole-transport materials is less than or equal to 0.3 eV.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1A

【本代表圖之符號簡單說明】：

101：第一電極

102：第二電極

103：EL 層

111：電洞注入層

112-1：第一電洞傳輸層

112-2：第二電洞傳輸層

112-3：第三電洞傳輸層

113：發光層

114：電子傳輸層

115：電子注入層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

發光元件，發光裝置，電子裝置及照明設備

【英文發明名稱】

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

【技術領域】

[0001] 本發明的一個實施方式係關於一種發光元件、顯示模組、照明模組、顯示裝置、發光裝置、電子裝置及照明裝置。注意，本發明的一個實施方式不侷限於上述技術領域。本說明書等所公開的發明的一個實施方式的技術領域係關於一種物體、方法或製造方法。或者，本發明的一個實施方式係關於一種製程（process）、機器（machine）、產品（manufacture）或者組合物（composition of matter）。因此，更明確而言，作為本說明書所公開的本發明的一個實施方式的技術領域的例子，可以舉出半導體裝置、顯示裝置、液晶顯示裝置、發光裝置、照明裝置、蓄電裝置、記憶體裝置、攝像裝置、它們的驅動方法以及它們的製造方法。

【先前技術】

[0002] 近年來，使用有機化合物且利用電致發光

(EL : Electroluminescence) 的發光元件 (有機 EL 元件) 的實用化非常活躍。在這些發光元件的基本結構中，在一對電極之間夾有包含發光材料的有機化合物層 (EL 層)。藉由對該元件施加電壓，注入載子，利用該載子的再結合能量，可以獲得來自發光材料的發光。

[0003] 因為這種發光元件是自發光型發光元件，所以當用於顯示器的像素時比起液晶有可見度更高、不需要背光源等優勢。因此，該發光元件適合於平板顯示器元件。另外，使用這種發光元件的顯示器可以被製造成薄且輕，這也是極大的優點。再者，非常高速的回應也是該發光元件的特徵之一。

[0004] 因為這種發光元件的發光層可以在二維上連續地形成，所以可以獲得面發光。因為這是在以白熾燈或 LED 為代表的點光源或者以螢光燈為代表的線光源中難以得到的特徵，所以作為可應用於照明等的面光源，上述發光元件的利用價值也高。

[0005] 如上所述，雖然使用發光元件的顯示器或照明裝置適用於各種各樣的電子裝置，但是為了追求具有更良好的效率及壽命的發光元件的研究開發日益活躍。

[0006] 為了使向 EL 層的載子 (尤其是電洞) 的注入變得容易而使用的電洞注入層的材料有有機受體。有機受體容易藉由蒸鍍進行成膜，所以適於大量生產，被廣泛地使用。然而，如果有機受體的 LUMO 能階與構成電洞傳輸層有機化合物的 HOMO 能階之差較大，則難以向 EL

層注入電洞。於是，為了使有機受體的 LUMO 能階與構成電洞傳輸層的有機化合物的 HOMO 能階靠近而作為構成電洞傳輸層有機化合物使用 HOMO 能階較淺的物質，但用於發光層的主體材料的 HOMO 能階與構成電洞傳輸層有機化合物的 HOMO 能階之差卻反而變大。因此，雖然能夠向 EL 層注入電洞，但是從電洞傳輸層向發光層的主體材料注入電洞卻變得困難。

[0007] 專利文獻 1 公開了在接觸於電洞注入層的第一電洞傳輸層與發光層之間設置其 HOMO 能階介於第一電洞注入層的 HOMO 能階與主體材料的 HOMO 能階之間的電洞傳輸材料的結構。

[0008] 發光元件的特性明顯得到了提高，但是還不足以對應對效率和耐久性等各種特性的高度要求。

[0009]

[專利文獻 1] 國際公開第 2011/065136 號小冊子

【發明內容】

[0010] 本發明的一個實施方式的目的是提供一種新穎的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的是提供一種壽命良好的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的是提供一種發光效率良好的發光元件。

[0011] 另外，本發明的其他的一個實施方式的目的是提供一種可靠性高的發光裝置、電子裝置及顯示裝置。另外，本發明的其他的一個實施方式的目的是提供一種功

耗低的發光裝置、電子裝置及顯示裝置。

[0012] 本發明的一個實施方式只要實現上述目的中的任一個即可。

[0013] 本發明的一個實施方式的發光元件包括：第一電極；第二電極；以及 EL 層，其中，EL 層位於第一電極與第二電極之間，EL 層包括：電洞注入層；第一層；第二層；第三層；以及第四層，電洞注入層位於第一電極與第一層之間，第二層位於第一層與第三層之間，第四層位於第三層與第二電極之間，電洞注入層包含有機受體，第一層包含第一電洞傳輸材料，第二層包含第二電洞傳輸材料，第三層包含第三電洞傳輸材料，第四層包含主體材料及發光材料，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的 HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於或等於主體材料的 HOMO 能階，並且，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.3eV 以下。

[0014] 本發明的一個實施方式的發光元件包括：第一電極；第二電極；以及 EL 層，其中，EL 層位於第一電極與第二電極之間，EL 層包括：電洞注入層；第一電洞傳輸層；第二電洞傳輸層；第三電洞傳輸層；以及發光層，電洞注入層包含有機受體，第一電洞傳輸層包含第一電洞傳輸材料，第二電洞傳輸層包含第二電洞傳輸材料，第三電洞傳輸層包含第三電洞傳輸材料，發光層包含主體

材料及發光材料，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的 HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於或等於主體材料的 HOMO 能階，並且，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.3eV 以下。

[0015] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中有機受體為 2, 3, 6, 7, 10, 11-六氟-1, 4, 5, 8, 9, 12-六氮雜聯伸三苯。

[0016] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階為 -5.4eV 以上。

[0017] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.3eV 以下。

[0018] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.2eV 以下。

[0019] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.2eV 以下。

[0020] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中發光材料的 HOMO 能階高於主體材料的 HOMO 能階。

[0021] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第一電洞傳輸材料為具有茚基胺骨架的物質。

[0022] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第二電洞傳輸材料為具有三苯基胺骨架的物質。

[0023] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第三電洞傳輸材料不包含胺。

[0024] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第三電洞傳輸材料包含咔唑骨架。

[0025] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中咔唑骨架為苯基咔唑骨架。

[0026] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第三電洞傳輸材料包含聯伸三苯基骨架。

[0027] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中第三電洞傳輸材料包含蔡骨架。

[0028] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中主體材料包含蔥骨架。

[0029] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中主體材料包含二苯基蔥骨架。

[0030] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中主體材料包含咔唑骨架。

[0031] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結

構的發光元件，其中咔唑骨架為苯并咔唑骨架。尤其是，
咔唑骨架較佳為二苯并咔唑骨架。

[0032] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中發光材料為螢光發光物質。

[0033] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中上述發光材料發射藍色螢光。

[0034] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中發光材料為稠合芳族二胺化合物。

[0035] 本發明的其他的一個實施方式是具有上述結構的發光元件，其中發光材料為芘二胺化合物。

[0036] 本發明的其他的一個實施方式是一種發光裝置，該發光裝置包括：具有上述結構的發光元件；以及電晶體或者基板。

[0037] 本發明的其他的一個實施方式是一種電子裝置，該電子裝置包括：具有上述結構的發光裝置；以及感測器、操作按鈕、揚聲器或麥克風。

[0038] 本發明的其他的一個實施方式是一種照明裝置，該照明裝置包括：具有上述結構的發光裝置；以及外殼。

[0039] 在本說明書中，發光裝置包括使用發光元件的影像顯示裝置。另外，如下模組有時包括發光裝置：在發光元件上安裝了連接器諸如各向異性導電薄膜或 TCP（Tape Carrier Package：捲帶式封裝）的模組；在 TCP 的端部設置有印刷線路板的模組；或者藉由 COG（Chip

On Glass：晶粒玻璃接合）方式在發光元件上直接安裝了 IC（集成電路）的模組。再者，照明裝置等有時包括發光裝置。

[0040] 本發明的一個實施方式能夠提供一種新穎的發光元件。另外，本發明的一個實施方式能夠提供一種壽命良好的發光元件。另外，本發明的一個實施方式能夠提供一種發光效率良好的發光元件。

[0041] 另外，本發明的其他的一個實施方式能夠提供一種可靠性高的發光裝置、電子裝置及顯示裝置。另外，本發明的其他的一個實施方式能夠提供一種功耗低的發光裝置、電子裝置及顯示裝置。

[0042] 注意，這些效果的記載不妨礙其他效果的存在。另外，本發明的一個實施方式並不需要具有所有上述效果。另外，這些效果以外的效果從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載是顯然的，並可以從所述記載中衍生。

【圖式簡單說明】

[0043] 在圖式中：

圖 1A 至圖 1C 是發光元件的示意圖；

圖 2A 和圖 2B 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 3A 和圖 3B 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 4 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 5A 和圖 5B 是被動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 6A 和圖 6B 示出照明裝置；

圖 7A、圖 7B1、圖 7B2、圖 7C 以及圖 7D 示出電子裝置；

圖 8 示出光源裝置；

圖 9 示出照明裝置；

圖 10 示出照明裝置；

圖 11 示出車載顯示裝置及照明裝置；

圖 12A 至圖 12C 示出電子裝置；

圖 13A 至圖 13C 示出電子裝置；

圖 14 示出發光元件 1 的亮度-電流密度特性；

圖 15 示出發光元件 1 的電流效率-亮度特性；

圖 16 示出發光元件 1 的亮度-電壓特性；

圖 17 示出發光元件 1 的電流-電壓特性；

圖 18 示出發光元件 1 的外部量子效率-亮度特性；

圖 19 示出發光元件 1 的發射光譜；

圖 20 示出發光元件 1 的正規化亮度-時間變化特性；

圖 21 示出發光元件 2 及發光元件 3 的亮度-電流密度特性；

圖 22 示出發光元件 2 及發光元件 3 的電流效率-亮度特性；

圖 23 示出發光元件 2 及發光元件 3 的亮度-電壓特性；

圖 24 示出發光元件 2 及發光元件 3 的電流-電壓特性；

圖 25 示出發光元件 2 及發光元件 3 的外部量子效率-

亮度特性；

圖 26 示出發光元件 2 及發光元件 3 的發射光譜；

圖 27 示出發光元件 2 及發光元件 3 的正規化亮度-時間變化特性；

圖 28 示出發光元件 4 的亮度-電流密度特性；

圖 29 示出發光元件 4 的電流效率-亮度特性；

圖 30 示出發光元件 4 的亮度-電壓特性；

圖 31 示出發光元件 4 的電流-電壓特性；

圖 32 示出發光元件 4 的外部量子效率-亮度特性；

圖 33 示出發光元件 4 的發射光譜；

圖 34 示出發光元件 4 的正規化亮度-時間變化特性；

圖 35 示出發光元件 5 的亮度-電流密度特性；

圖 36 示出發光元件 5 的電流效率-亮度特性；

圖 37 示出發光元件 5 的亮度-電壓特性；

圖 38 示出發光元件 5 的電流-電壓特性；

圖 39 示出發光元件 5 的外部量子效率-亮度特性；

圖 40 示出發光元件 5 的發射光譜；

圖 41 示出發光元件 5 的正規化亮度-時間變化特性；

圖 42 示出發光元件 6 至發光元件 8 的亮度-電流密度特性；

圖 43 示出發光元件 6 至發光元件 8 的電流效率-亮度特性；

圖 44 示出發光元件 6 至發光元件 8 的亮度-電壓特性；

圖 45 示出發光元件 6 至發光元件 8 的電流-電壓特性；

圖 46 示出發光元件 6 至發光元件 8 的外部量子效率-亮度特性；

圖 47 示出發光元件 6 至發光元件 8 的發射光譜；

圖 48 示出發光元件 6 至發光元件 8 的正規化亮度-時間變化特性；

圖 49 示出發光元件 9 至發光元件 11 的亮度-電流密度特性；

圖 50 示出發光元件 9 至發光元件 11 的電流效率-亮度特性；

圖 51 示出發光元件 9 至發光元件 11 的亮度-電壓特性；

圖 52 示出發光元件 9 至發光元件 11 的電流-電壓特性；

圖 53 示出發光元件 9 至發光元件 11 的外部量子效率-亮度特性；

圖 54 示出發光元件 9 至發光元件 11 的發射光譜；

圖 55 示出發光元件 9 至發光元件 11 的正規化亮度-時間變化特性；

圖 56 示出發光元件 12 的亮度-電流密度特性；

圖 57 示出發光元件 12 的電流效率-亮度特性；

圖 58 示出發光元件 12 的亮度-電壓特性；

圖 59 示出發光元件 12 的電流-電壓特性；

圖 60 示出發光元件 12 的外部量子效率-亮度特性；

圖 61 示出發光元件 12 的發射光譜；

圖 62 示出發光元件 12 的正規化亮度-時間變化特性；

圖 63A 和圖 63B 示出 BBA β NB 的 ^1H -NMR 譜；

圖 64A 和圖 64B 示出 β NP2PC 的 ^1H -NMR 譜；

圖 65A 和圖 65B 示出 BBA α NB 的 ^1H -NMR 譜；

圖 66A 和圖 66B 示出 BBA β NBi 的 ^1H -NMR 譜；

圖 67A 和圖 67B 示出 β NP β NC 的 ^1H -NMR 譜。

【實施方式】

[0044] 以下，參照圖式詳細地說明本發明的實施方式。但是，本發明不侷限於以下說明，而所屬技術領域的通常知識者可以很容易地理解一個事實就是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，本發明的一個實施方式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。

[0045]

實施方式 1

圖 1A 為示出本發明的一個實施方式的發光元件的圖。本發明的一個實施方式的發光元件包括第一電極 101、第二電極 102 及 EL 層 103，EL 層 103 從第一電極 101 一側包括電洞注入層 111、第一電洞傳輸層 112-1、第二電洞傳輸層 112-2、第三電洞傳輸層 112-3 及發光層

113。另外，也可以還包括電子傳輸層 114 及電子注入層 115。

[0046] 本發明的一個實施方式的發光元件的發光層 113 包含主體材料及發光材料，電洞注入層 111 包含有機受體，第一電洞傳輸層 112-1、第二電洞傳輸層 112-2 及第三電洞傳輸層 112-3 分別包含第一電洞傳輸材料、第二電洞傳輸材料及第三電洞傳輸材料。

[0047] 上述主體材料的 HOMO 能階存在於比第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深的位置，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階存在於比第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階深的位置。另外，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階存在於深於或等於主體材料的 HOMO 能階的位置。注意，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.3eV 以下。

[0048] 有機受體為 LUMO 能階較深的有機化合物。該有機受體可以藉由與其 HOMO 能階的值接近於 LUMO 能階的值的其他的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。換言之，本實施方式的發光元件在接觸於有機受體的第一電洞傳輸材料中產生電洞。作為有機受體，較佳為使用具有拉電子基團（鹵基或氰基）的化合物，例如較佳為使用 7, 7, 8, 8-四氰基-2, 3, 5, 6-四氟醌二甲烷（簡稱：F₄-TCNQ）、3, 6-二氟-2, 5, 7, 7, 8, 8-六氰基對醌二甲烷、氰醌以及 2, 3, 6, 7, 10, 11-六氰-1, 4, 5, 8, 9, 12-六氮雜聯伸三苯（HAT-

CN) 等。尤其是，HAT-CN 的受體性較高，膜品質也穩定，所以是較佳的。

[0049] 有機受體的 LUMO 能階與第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差根據有機受體的受體性的高低改變，因此沒有特別的限制，只要該能階之差大約為 1eV 以下左右就可以注入電洞。在使用 HAT-CN 作為有機受體的情況下，HAT-CN 的 LUMO 能階可以利用循環伏安法測定估計為 -4.41eV ，因此第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階較佳為 -5.4eV 以上。注意，如果第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階過高，向第二電洞傳輸材料的電洞注入性則降低。另外，ITO 等的陽極的功函數為 -5eV 左右，所以第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階高於 -5eV 的情況也不利的。因此，第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階較佳為 -5.0eV 以下。

[0050] 在第一電洞傳輸材料中產生的電洞因電場向第二電極 102 一側移動，注入到第二電洞傳輸層 112-2。構成第二電洞傳輸層 112-2 的第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階位於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階與主體材料的 HOMO 能階之間，因此容易將電洞從第一電洞傳輸層 112-1 注入第二電洞傳輸層 112-2。為了順利地注入電洞，第一電洞傳輸材料與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差較佳為 0.3eV 以下，為了進一步順利地注入電洞，該能階之差更佳為 0.2eV 以下。

[0051] 注入到第二電洞傳輸層 112-2 的電洞因電場進一步向第二電極 102 一側移動，注入到第三電洞傳輸層

112-3。包含在第三電洞傳輸層 112-3 中的第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於或等於主體材料的 HOMO 能階且第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差小於 0.35eV （以一位有效數字表示為 0.3eV 以下）。第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.3eV 以下，因此電洞順利地從第二電洞傳輸層 112-2 注入到第三電洞傳輸層 112-3。為了進一步順利地注入電洞，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差較佳為小於 0.25eV （以一位有效數字表示為 0.2eV 以下）。

[0052] 第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於或等於主體材料的 HOMO 能階，因此不存在從第三電洞傳輸層 112-3 向發光層 113 的電洞的注入能障。並且，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於或等於主體材料的 HOMO 能階，因此電洞不僅直接注入到發光材料，而且容易直接注入到主體材料。在電洞優先地注入到發光材料的情況下，發光層內的電洞移動變得極為不容易，發光區域集中於電洞傳輸層與發光層的介面。其結果是，對元件壽命造成負面影響。在本發明的一個實施方式中，電洞還注入到主體材料，因此電洞在發光層內主要在主體材料中被傳輸，同時適當地受到發光材料的電洞陷阱的影響，因此可以適當地擴大發光區域，而可以獲得高效率及長壽命。適當地擴大發光區域是指電洞在發光層內在一定程度上被傳輸但不會穿過發光層的狀態。因此，主體材料較佳為具有電洞傳

輸性，明確而言，較佳為具有蔥骨架或呋唑骨架。另外，主體材料較佳為還具有電子傳輸性，因此蔥骨架是特別較佳的。換言之，主體材料進一步較佳為具有蔥骨架及呋唑骨架的兩者。另外，呋唑骨架較佳為苯并呋唑骨架或二苯并呋唑骨架。這是因為這些結構的 HOMO 能階比呋唑高 0.1eV 左右，電洞容易被注入到主體材料（因此，如上所述，容易形成上述適當地擴大的發光區域）。如此，包括第三電洞傳輸層 112-3 是本發明的一個實施方式的發光元件的特徵之一。

[0053] 在發光材料的 HOMO 能階淺於主體材料的 HOMO 能階的情況下，如果電洞從其 HOMO 能階淺於主體材料的 HOMO 能階的電洞傳輸材料注入到發光層，向發光材料的電洞注入與向主體材料的電洞注入相比佔優勢。在電洞注入到 HOMO 能階較淺的發光材料的情況下，電洞被俘獲。當電洞被俘獲而妨礙電洞移動時，發生電荷的積累或再結合區域的集中所引起的發光層的劣化或發光效率的下降等問題。

[0054] 然而，本實施方式的發光元件包括第三電洞傳輸層 112-3 且包含在第三電洞傳輸層 112-3 中的第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於或等於主體材料的 HOMO 能階，因此向主體材料的電洞注入與向發光材料的電洞注入相比佔優勢。其結果是，可以避免阻礙電洞移動，電洞可以適當地被發光材料俘獲，另外，可以獲得再結合區域的分散、可靠性的提高以及發光效率的提高等各種效果。

[0055] 接著，對上述發光元件的詳細結構和材料的例子進行說明。本發明的一個實施方式的發光元件如上所述那樣在第一電極 101 和第二電極 102 這一對電極之間包括由多個層構成的 EL 層 103，該 EL 層 103 至少從第一電極 101 一側包括電洞注入層 111、第一電洞傳輸層 112-1、第二電洞傳輸層 112-2、第三電洞傳輸層 112-3 及發光層 113。

[0056] 對 EL 層 103 中的其他的層沒有特別的限制，可以應用電洞注入層、電洞傳輸層、電子注入層、載子障壁層、激子障壁層和電荷產生層等各種層結構。

[0057] 第一電極 101 較佳為使用功函數大（具體為 4.0eV 以上）的金屬、合金、導電化合物以及它們的混合物等形成。明確而言，例如可以舉出氧化銦-氧化錫（ITO：Indium Tin Oxide，銦錫氧化物）、包含矽或氧化矽的氧化銦-氧化錫、氧化銦-氧化鋅、包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦（IWZO）等。雖然通常藉由濺射法形成這些導電金屬氧化物膜，但是也可以應用溶膠-凝膠法等來形成。作為形成方法的例子，可以舉出如下方法：使用相對於氧化銦添加有 1wt%至 20wt%的氧化鋅的靶材藉由濺射法形成氧化銦-氧化鋅的方法等。另外，也可以使用相對於氧化銦添加有 0.5wt%至 5wt%的氧化鎢和 0.1wt%至 1wt%的氧化鋅的靶材藉由濺射法形成包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦（IWZO）。另外，可以舉出金（Au）、鉑（Pt）、鎳（Ni）、鎢（W）、鉻（Cr）、鉬（Mo）、鐵

(Fe)、鈷(Co)、銅(Cu)、鈀(Pd)或金屬材料的氮化物(例如,氮化鈦)等。也可以使用石墨烯。另外,藉由將後面說明的複合材料用於EL層103中的接觸於第一電極101的層,可以在選擇電極材料時無需顧及功函數。

[0058] 在本實施方式中,作為EL層103的疊層結構說明如下兩種結構:如圖1A所示,包括電洞注入層111、第一電洞傳輸層112-1、第二電洞傳輸層112-2、第三電洞傳輸層112-3、發光層113、電子傳輸層114及電子注入層115的結構;以及如圖1B所示,包括電洞注入層111、第一電洞傳輸層112-1、第二電洞傳輸層112-2、第三電洞傳輸層112-3、發光層113、電子傳輸層114、電子注入層115及電荷產生層116的結構。下面示出構成各層的具體材料的例子。

[0059] 電洞注入層111是包含有機受體的層。作為有機受體,可以使用具有拉電子基團(鹵基或氰基)的化合物,例如可以使用7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氰醌二甲烷(簡稱:F₄-TCNQ)、3,6-二氰-2,5,7,7,8,8-六氰基對醌二甲烷、氯醌以及2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮雜聯伸三苯(HAT-CN)等。作為有機受體,拉電子基團鍵合於具有多個雜原子的稠合芳香環的化合物諸如HAT-CN等具有熱穩定性,所以是較佳的。有機受體至少可以因電場的施加從鄰接的電洞傳輸層(或電洞傳輸材料)抽出電子。

第 110145397 號

民國 112 年 6 月 1 日修正

[0060] 藉由形成電洞注入層 111，可以提高電洞注入性，從而可以獲得驅動電壓小的發光元件。另外，有機受體容易藉由蒸鍍成膜，所以是容易使用的材料。

[0061] 電洞傳輸層由第一電洞傳輸層 112-1、第二電洞傳輸層 112-2 及第三電洞傳輸層 112-3 構成。第一電洞傳輸層 112-1 至第三電洞傳輸層 112-3 都包含具有電洞傳輸性的電洞傳輸材料，第一電洞傳輸層 112-1 包含第一電洞傳輸材料，第二電洞傳輸層 112-2 包含第二電洞傳輸材料，第三電洞傳輸層 112-3 包含第三電洞傳輸材料。電洞傳輸材料較佳為具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率。另外，各材料之間有如下關係：第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，包含在發光層 113 中的主體材料的 HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於或等於主體材料的 HOMO 能階，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.3eV 以下。注意，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差較佳為 0.2eV 以下。

[0062] 作為第一電洞傳輸材料，較佳為使用 HOMO 能階比較淺的電洞傳輸材料，作為有機化合物，較佳為使用是三芳基胺且具有萸基胺骨架的物質。

[0063] 作為第三電洞傳輸材料，較佳為使用 HOMO 能階比較深的電洞傳輸材料。包含胺的有機化合物的

第 110145397 號

民國 112 年 6 月 1 日修正

HOMO 能階趨於變淺，所以較佳為使用不包含胺的電洞傳輸材料。作為這種電洞傳輸材料，較佳為使用具有咔唑骨架的電洞傳輸材料。較佳為使用具有咔唑骨架及聯伸三苯基骨架的有機化合物或具有咔唑骨架及萘骨架的有機化合物等。

[0064] 作為第二電洞傳輸材料，較佳為使用其 HOMO 能階位於第一電洞傳輸材料與第三電洞傳輸材料之間的電洞傳輸材料。明確而言，較佳為使用是三芳基胺且具有三苯基胺骨架的電洞傳輸材料。注意，上述三苯基胺骨架中的苯基較佳為不具有稠環結構。

[0065] 發光層 113 是包含主體材料及發光材料的層。發光材料可以是螢光發光物質、磷光發光物質和呈現熱活化延遲螢光（TADF）的物質中的任一個。另外，可以為單層，也可以由包含不同發光材料的多個層構成。在本發明的一個實施方式中，較佳為將發光層 113 用作呈現螢光發光的層，尤其是，呈現藍色螢光發光的層。

[0066] 在發光層 113 中，作為可以用作螢光發光物質的材料，可以舉出如下物質。另外，除此之外，還可以使用其他螢光發光物質。

[0067] 例如，可以舉出 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）聯苯基-4-基]-2，2'-聯吡啶（簡稱：PAPP2BPy）、N,N'-二苯基-N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芴-1,6-二胺（簡稱：1，6FLPAPrn）、N，N'-雙

(3-甲基苯基)-N, N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-芘-1, 6-二胺(簡稱: 1, 6mMemFLPAPrn)、N, N'-雙[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N, N'-二苯基二苯乙烯-4, 4'-二胺(簡稱: YGA2S)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(簡稱: YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9, 10-二苯基-2-蒽基)三苯胺(簡稱: 2YGAPPA)、N, 9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱: PCAPA)、芘、2, 5, 8, 11-四-三級丁基芘(簡稱: TBP)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱: PCBAPA)、N, N''-(2-三級丁基蒽-9, 10-二基-2-4, 1-伸苯基)雙[N, N', N'-三苯基-1, 4-苯二胺](簡稱: DPABPA)、N, 9-二苯基-N-[4-(9, 10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱: 2PCAPPA)、N-[4-(9, 10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N, N', N'-三苯基-1, 4-苯二胺(簡稱: 2DPAPPA)、N, N, N', N', N'', N'', N''', N'''-八苯基二苯并[g, p]蒽(chrysene)-2, 7, 10, 15-四胺(簡稱: DBC1)、香豆素 30、N-(9, 10-二苯基-2-蒽基)-N, 9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(簡稱: 2PCAPA)、N-[9, 10-雙(1, 1'-聯苯基-2-基)-2-蒽基]-N, 9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(簡稱: 2PCABPhA)、N-(9, 10-二苯基-2-蒽基)-N, N', N'-三苯基-1, 4-苯二胺(簡稱: 2DPAPA)、N-[9, 10-雙(1, 1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]-N, N', N'-三苯基-1, 4-苯二胺(簡稱: 2DPABPhA)、9, 10-雙(1, 1'-聯

苯-2-基)-N-[4-(9H-吡啶-9-基)苯基]-N-苯基蔥-2-胺
 (簡稱: 2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蔥-9-胺(簡
 稱: DPhAPhA)、香豆素 545T、N,N'-二苯基喹吖酮
 (簡稱: DPQd)、紅螢烯、5,12-雙(1,1'-聯苯-4-基)
 -6,11-二苯基稠四苯(簡稱: BPT)、2-(2-{2-[4-(二
 甲胺基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亞基)丙烷二
 腈(簡稱: DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氫-
 1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙
 烷二腈(簡稱: DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯
 基)稠四苯-5,11-二胺(簡稱: p-mPhTD)、7,14-二苯
 基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茚并[1,2-a]丙二烯
 合第-3,10-二胺(簡稱: p-mPhAFD)、2-{2-異丙基-6-
 [2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]
 喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈(簡
 稱: DCJTI)、2-{2-三級丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-
 2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-
 4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈(簡稱: DCJTB)、2-(2,6-
 雙{2-[4-(二甲胺基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亞基)丙
 烷二腈(簡稱: BisDCM)、2-{2,6-雙[2-(8-甲氧基-1,
 1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹啉-
 9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙烷二腈(簡稱:
 BisDCJTM)等。尤其是,以 1,6FLPAPrn、1,
 6mMemFLPAPrn 等茚二胺衍化合物為代表的稠合芳族二
 胺化合物具有合適的電洞俘獲性且良好的發光效率及可靠

性，所以是較佳的。

[0068] 在發光層 113 中，作為可以用作磷光發光物質的材料，可以舉出如下物質。

[0069] 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- κ N2]苯基- κ C}銱(III)(簡稱：[Ir(mpptz-dmp)₃])、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑)銱(III)(簡稱：[Ir(Mptz)₃])、三[4-(3-聯苯)-5-異丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]銱(III)(簡稱：[Ir(iPrptz-3b)₃])等具有4H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物；三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]銱(III)(簡稱：[Ir(Mptz1-mp)₃])、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑)銱(III)(簡稱：[Ir(Prptz1-Me)₃])等具有1H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物；fac-三[1-(2,6-二異丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]銱(III)(簡稱：[Ir(iPrpmi)₃])、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啉根(phenanthridinato)]銱(III)(簡稱：[Ir(dmpimpt-Me)₃])等具有咪唑骨架的有機金屬銱錯合物；以及雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-N,C^{2'}]銱(III)四(1-吡唑基)硼酸鹽(簡稱：FIr6)、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-N,C^{2'}]銱(III)吡啉甲酸酯(簡稱：FIrpic)、雙{2-[3',5'-雙(三氟甲基)苯基]吡啉根-N,C^{2'}}銱(III)吡啉甲酸酯(簡稱：[Ir(CF₃ppy)₂(pic)])、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-N,C^{2'}]銱(III)乙醯丙酮(簡稱：FIr

(acac)) 等以具有拉電子基的苯基吡啶衍生物為配體的有機金屬銱錯合物。上述物質是發射藍色磷光的化合物，並且在 440nm 至 520nm 具有發光的峰值。

[0070] 另外，可以舉出：三(4-甲基-6-苯基嘧啶根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mppm})_3]$)、三(4-三級丁基-6-苯基嘧啶根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]$)、(乙醯丙酮根)雙(6-甲基-4-苯基嘧啶根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mppm})_2(\text{acac})]$)、(乙醯丙酮根)雙(6-三級丁基-4-苯基嘧啶根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)、(乙醯丙酮根)雙[6-(2-降莖基)-4-苯基嘧啶根]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{nbppm})_2(\text{acac})]$)、(乙醯丙酮根)雙[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啶根]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mpmppm})_2(\text{acac})]$)、(乙醯丙酮根)雙(4,6-二苯基嘧啶根)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-苯基吡嗪根)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-苯基吡嗪根)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-N, $\text{C}^{2'}$) 銱 (III) (簡稱: $[\text{Ir}(\text{pq})_3]$)、雙(2-苯基喹啉-N, $\text{C}^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: $[\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})]$) 等具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物; 以及三(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。上述物質主要是發射綠色磷光的化合物, 並且在 500nm 至 600nm 具有發光的峰值。另外, 由於具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物具有特別優異的可靠性及發光效率, 所以是特別較佳的。

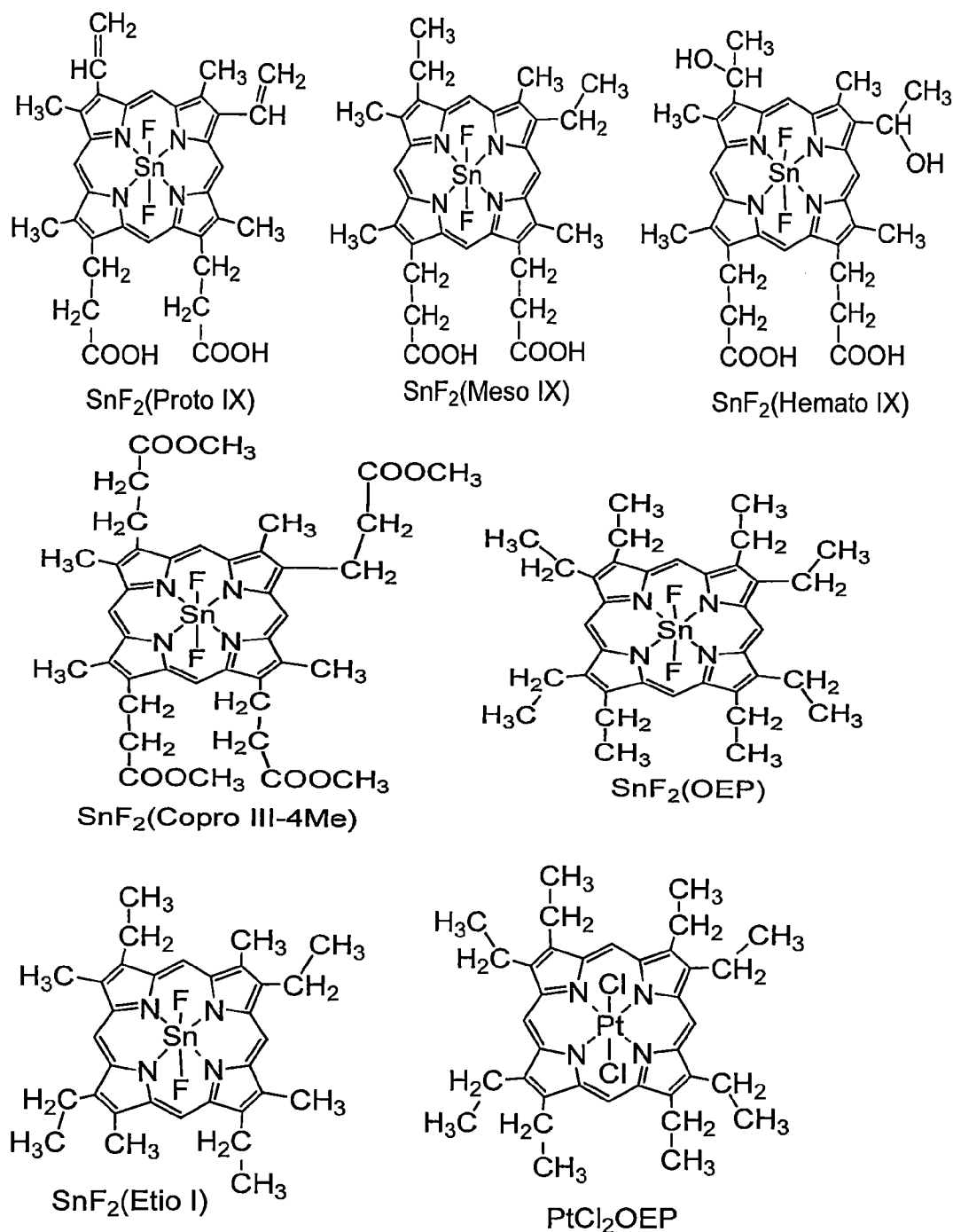
[0071] 另外, 可以舉出: (二異丁醯基甲烷根) 雙[4, 6-雙(3-甲基苯基) 嘧啶基] 銱 (III) (簡稱: $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})]$)、雙[4,6-雙(3-甲基苯基) 嘧啶根)(二新戊醯基甲烷根) 銱 (III) (簡稱: $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})]$)、雙[4,6-二(萘-1-基) 嘧啶根](二新戊醯基甲烷根) 銱 (III) (簡稱: $[\text{Ir}(\text{d1npm})_2(\text{dpm})]$) 等具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物; (乙醯丙酮根) 雙(2,3,5-三苯基吡嗪根) 銱 (III) (簡稱: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})]$)、雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊醯基甲烷根) 銱 (III) (簡稱: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$)、(乙醯丙酮根) 雙[2,3-雙(4-氟苯基) 喹啉合] 銱 (III) (簡稱: $[\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})]$) 等具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物; 三(1-苯基異喹啉-N, $\text{C}^{2'}$) 銱 (III) (簡稱: $[\text{Ir}(\text{piq})_3]$)、雙(1-苯基異喹啉-N, $\text{C}^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮 (簡稱: $[\text{Ir}(\text{piq})_2$

(acac)]) 等具有吡啶骨架的有機金屬銻錯合物；2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉鉑(II)(簡稱：PtOEP)等的鉑錯合物；以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(單啡啉)鎔(III)(簡稱：[Eu (DBM)₃ (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)₃ (Phen)])等稀土金屬錯合物。上述物質是發射紅色磷光的化合物，並且在 600nm 至 700nm 具有發光的峰值。另外，具有吡嗪骨架的有機金屬銻錯合物可以獲得色度良好的紅色發光。

[0072] 另外，除了上述磷光化合物以外，還可以選擇已知的磷光發光材料而使用。

[0073] 作為 TADF 材料可以使用富勒烯及其衍生物、普羅黃素等的吡啶衍生物以及伊紅等。另外，還可以使用包含鎂(Mg)、鋅(Zn)、鎘(Cd)、錫(Sn)、鉑(Pt)、銦(In)或鈀(Pd)等含金屬卟啉等。作為該含金屬卟啉，例如，也可以舉出由下述結構式表示的原卟啉-氟化錫錯合物(SnF₂(Proto IX))、中卟啉-氟化錫錯合物(SnF₂(Meso IX))、血卟啉-氟化錫錯合物(SnF₂(Hemato IX))、糞卟啉四甲酯-氟化錫錯合物(SnF₂(Copro III-4Me))、八乙基卟啉-氟化錫錯合物(SnF₂(OEP))、初卟啉-氟化錫錯合物(SnF₂(Etio I))以及八乙基卟啉-氯化鉑錯合物(PtCl₂OEP)等。

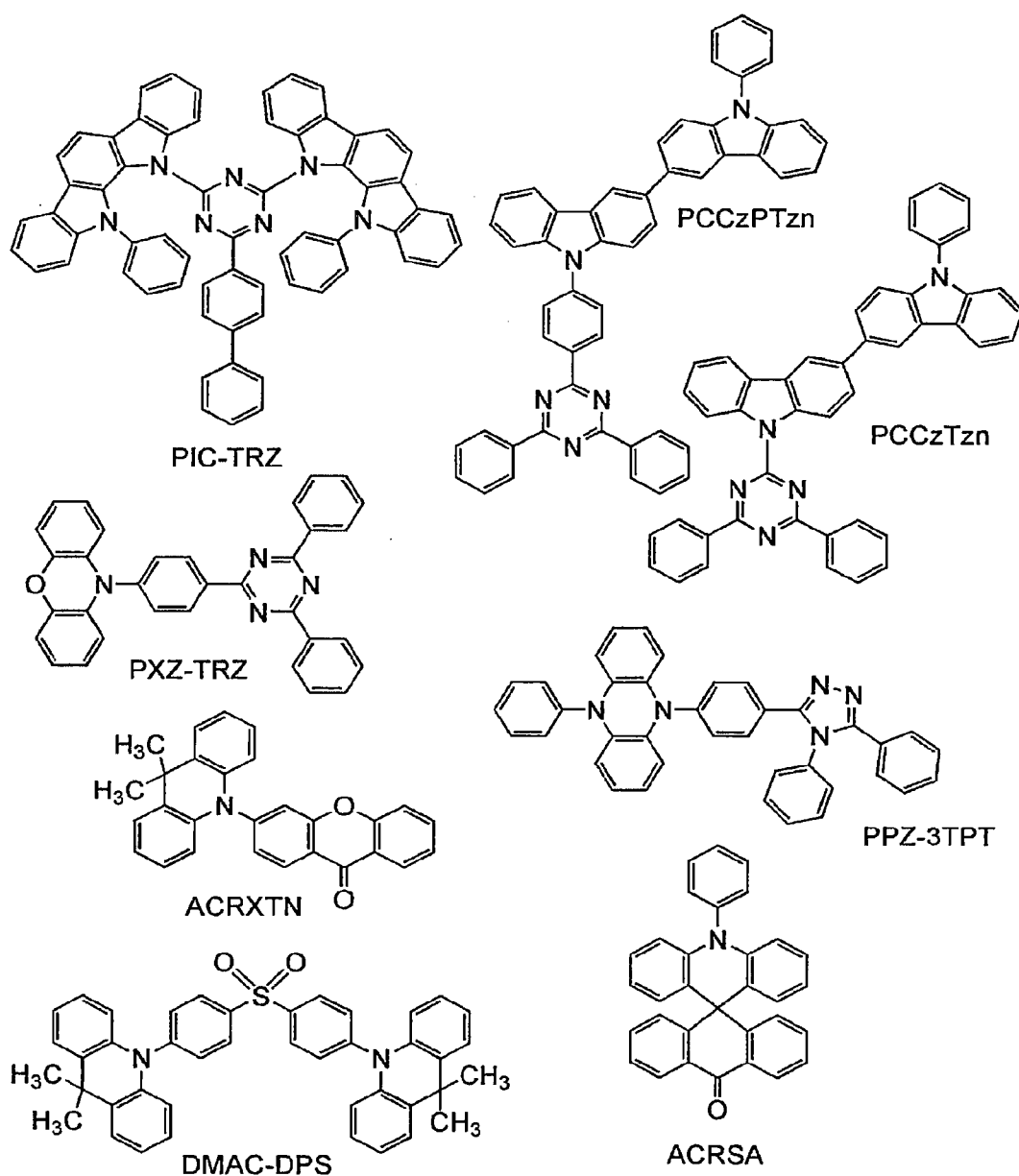
[0074]



[0075] 另外，還可以使用由下面結構式表示的 2-聯苯-4,6-雙(12-苯基吡啶[2,3-a]吡啶-11-基)-1,3,5-三嗪(簡稱: PIC-TRZ)、9-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)-9'-苯基-9H,9'-H-3,3'-聯吡啶(簡稱: PCCzTzn)、9-[4-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯

基]-9'-苯基-9H, 9'-H-3, 3'-聯吡啶 (簡稱: PCCzPTzn)、2-[4-(10H-吩噻嗪-10-基)苯基]-4, 6-二苯基-1, 3, 5-三嗪 (簡稱: PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5, 10-二氫吡啶-10-基)苯基]-4, 5-二苯基-1, 2, 4-三唑 (簡稱: PPZ-3TPT)、3-(9, 9-二甲基-9H-吡啶-10-基)-9H-氧雜蒽-9-酮 (簡稱: ACRXTN)、雙[4-(9, 9-二甲基-9, 10-二氫吡啶)苯基]硫醚 (簡稱: DMAC-DPS)、10-苯基-10H, 10'-H-螺[吡啶-9, 9'-蒽]-10'-酮 (簡稱: ACRSA) 等具有富 π 電子型芳雜環和缺 π 電子型芳雜環的兩者的雜環化合物。另外, 該雜環化合物具有富 π 電子型芳雜環和缺 π 電子型芳雜環, 電子傳輸性和電洞傳輸性都高, 所以是較佳的。在富 π 電子型芳雜環和缺 π 電子型芳雜環直接鍵合的物質中, 富 π 電子芳雜環的施體性和缺 π 電子型芳雜環的受體性都高而 S_1 能階與 T_1 能階之間的能量差變小, 可以高效地獲得熱活化延遲螢光, 所以是特別較佳的。另外, 也可以使用鍵合有氰基等拉電子基團的芳環代替缺 π 電子型芳雜環。

[0076]



[0077] 作為發光層的主體材料，可以使用具有電子傳輸性的材料或具有電洞傳輸性的材料等各種載子傳輸材料。

[0078] 另外，作為具有電洞傳輸性的材料，可以舉出：4,4'-雙[N-（1-萘基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：NPB）、N,N'-雙（3-甲基苯基）-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺（簡稱：TPD）、4,4'-雙[N-（螺-9,9'-聯萘-

2-基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱:BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基芐-9-基)三苯胺(簡稱:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芐-9-基)三苯胺(簡稱:mBPAFLP)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱:PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]芐-2-胺(簡稱:PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9-聯芐-2-胺(簡稱:PCBASF)等具有芳香胺骨架的化合物;1,3-雙(N-咔唑基)苯(簡稱:mCP)、4,4'-二(N-咔唑基)聯苯(簡稱:CBP)、3,6-雙(3,5-二苯基苯基)-9-苯基咔唑(簡稱:CzTP)、3,3'-雙(9-苯基-9H-咔唑)(簡稱:PCCP)等具有咔唑骨架的化合物;4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并噻吩)(簡稱:DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芐-9-基)苯基]二苯并噻吩(簡稱:DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芐-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-芐-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(簡稱:mmDBFFLBi-II)等具有呋喃骨架的化合物。其中,具有芳香胺骨架的化合

物、具有咔唑骨架的化合物具有良好的可靠性和高電洞傳輸性並有助於降低驅動電壓，所以是較佳的。

[0079] 例如，作為具有電子傳輸性的材料，例如可以舉出：雙（10-羥基苯并[h]喹啉）鉍（II）（簡稱：BeBq₂）、雙（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基苯酚）鋁（III）（簡稱：BAIq）、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱：Znq）、雙[2-（2-苯并呋喃基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）、雙[2-（2-苯并噻吩基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnBTZ）等金屬錯合物；2-（4-聯苯基）-5-（4-三級丁基苯基）-1,3,4-呋二唑（簡稱：PBD）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-三級丁基苯基）-1,2,4-三唑（簡稱：TAZ）、1,3-雙[5-（對三級丁基苯基）-1,3,4-呋二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、9-[4-（5-苯基-1,3,4-呋二唑-2-基）苯基]-9H-咔唑（簡稱：CO11）、2,2',2''-（1,3,5-苯三基）三（1-苯基-1H-苯并咪唑）（簡稱：TPBI）、2-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]-1-苯基-1H-苯并咪唑（簡稱：mDBTBIIm-II）等具有多唑骨架的雜環化合物；2-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f, h]喹啉（簡稱：2mDBTPDBq-II）、2-[3'-（二苯并噻吩-4-基）聯苯-3-基]二苯并[f, h]喹啉（簡稱：2mDBTBPDBq-II）、2-[3'-（9H-咔唑-9-基）聯苯-3-基]二苯并[f, h]喹啉（簡稱：2mCzBPDBq）、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）等具有二噻吩骨架的雜環化合

物；以及 3,5-雙[3-(9H-咔唑-9-基)苯基]吡啶（簡稱：35DCzPPy）、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)苯基]苯（簡稱：TmPyPB）等的具有吡啶骨架的雜環化合物。其中，具有二噻吩骨架的雜環化合物或具有吡啶骨架的雜環化合物具有良好的可靠性，所以是較佳的。尤其是，具有二噻吩（噻吩或吡噻吩）骨架的雜環化合物具有高電子傳輸性，也有助於降低驅動電壓。

[0080] 在將螢光發光物質用作發光材料的情況下，作為主體材料，較佳為使用具有蒽骨架的材料。藉由將具有蒽骨架的物質用作螢光發光物質的主體材料，可以實現發光效率及耐久性都良好的發光層。具有蒽骨架的材料大多具有較深的 HOMO 能階，因此較佳為用於本發明的一個實施方式。在用作主體材料的具有蒽骨架的物質中，具有二苯基蒽骨架（尤其是 9,10-二苯基蒽骨架）的物質在化學上穩定，所以是較佳的。另外，在主體材料具有咔唑骨架的情況下，電洞的注入/傳輸性得到提高，所以是較佳的。尤其是，在包含苯環稠合到咔唑的苯并咔唑骨架的情況下，其 HOMO 能階比咔唑高 0.1eV 左右，電洞容易注入，所以是更佳的。尤其是，在主體材料具有二苯并咔唑骨架的情況下，其 HOMO 能階比咔唑高 0.1eV 左右，不僅電洞容易注入，而且電洞傳輸性及耐熱性也得到提高，所以是較佳的。因此，進一步較佳為用作主體材料的物質是具有 9,10-二苯基蒽骨架及咔唑骨架（或者苯并咔唑骨架或二苯并咔唑骨架）的物質。注意，從上述電洞注

入/傳輸性的觀點來看，也可以使用苯并蒽骨架或二苯并蒽骨架代替咔唑骨架。作為這種物質的例子，可以舉出 9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（簡稱：PCzPA）、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑（簡稱：PCPN）、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-蒽-9-基)-聯苯-4'-基}-蒽（簡稱：FLPPA）等。尤其是，CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPA 呈現非常良好的特性，所以是較佳的。

[0081] 本發明的一個實施方式的發光元件尤其較佳為用於呈現藍色螢光發光的發光元件。

[0082] 另外，主體材料也可以是混合多種物質的材料，當使用混合的主體材料時，較佳為混合具有電子傳輸性的材料和具有電洞傳輸性的材料。藉由混合具有電子傳輸性的材料和具有電洞傳輸性的材料，可以使發光層 113 的傳輸性的調整變得更加容易，也可以更簡便地進行再結合區域的控制。具有電洞傳輸性的材料和具有電子傳輸性的材料的含量比例為 1:9 至 9:1 即可。

[0083] 另外，也可以使用這些混合了的材料形成激態錯合物。藉由以形成發射與發光材料的最低能量一側的吸收帶的波長重疊的光的激態錯合物的方式選擇混合材

料，可以使能量轉移變得順利，從而高效地得到發光，所以是較佳的。另外，驅動電壓也得到降低，所以是較佳的。

[0084] 電子傳輸層 114 是包含具有電子傳輸性的物質的層。作為具有電子傳輸性的物質，可以使用以上所述的能夠用於主體材料的具有電子傳輸性的物質。

[0085] 可以在電子傳輸層 114 和第二電極 102 之間設置由氟化鋰（LiF）、氟化銫（CsF）、氟化鈣（CaF₂）等的鹼金屬、鹼土金屬或它們的化合物形成的電子注入層 115。可以使用將鹼金屬、鹼土金屬或它們的化合物包含在由具有電子傳輸性的物質構成的層中的層或電子化合物（electride）。作為電子化合物，可以舉出對鈣和鋁的混合氧化物以高濃度添加電子的物質等。

[0086] 另外，可以設置電荷產生層 116，而代替電子注入層 115（參照圖 1B）。電荷產生層 116 是藉由施加電位，可以對與該層的陰極一側接觸的層注入電洞，並且對與該層的陽極一側接觸的層注入電子的層。電荷產生層 116 至少包括 P 型層 117。P 型層 117 較佳為使用上述構成電洞注入層 111 的複合材料來形成。另外，P 型層 117 也可以將作為構成複合材料的材料分別包含上述受體材料和電洞傳輸材料的膜層疊來形成。藉由對 P 型層 117 施加電位，電子和電洞分別注入到電子傳輸層 114 和用作陰極的第二電極 102，使得發光元件工作。

[0087] 另外，電荷產生層 116 除了包括 P 型層 117

之外，較佳為還包括電子中繼層 118 及電子注入緩衝層 119 中的任一個或兩個。

[0088] 電子中繼層 118 至少包含具有電子傳輸性的物質，並且能夠防止電子注入緩衝層 119 和 P 型層 117 的相互作用，並順利地傳遞電子。較佳為將電子中繼層 118 所包含的具有電子傳輸性的物質的 LUMO 能階設定在 P 型層 117 中的受體物質的 LUMO 能階與電子傳輸層 114 中的接觸於電荷產生層 116 的層所包含的物質的 LUMO 能階之間。明確而言，電子中繼層 118 中的具有電子傳輸性的物質的 LUMO 能階較佳為 -5.0eV 以上，更佳為 -5.0eV 以上且 -3.0eV 以下。另外，作為電子中繼層 118 中的具有電子傳輸性的物質，較佳為使用酞青類材料或具有金屬-氧鍵合和芳香配體的金屬錯合物。

[0089] 電子注入緩衝層 119 可以使用鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬以及這些物質的化合物（鹼金屬化合物（包括氧化鋰等氧化物、鹵化物、碳酸鋰或碳酸銨等碳酸鹽）、鹼土金屬化合物（包括氧化物、鹵化物、碳酸鹽）或稀土金屬的化合物（包括氧化物、鹵化物、碳酸鹽））等電子注入性高的物質。

[0090] 另外，在電子注入緩衝層 119 包含具有電子傳輸性的物質及施體物質的情況下，作為施體物質，除了鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬和這些物質的化合物（鹼金屬化合物（包括氧化鋰等氧化物、鹵化物、碳酸鋰或碳酸銨等碳酸鹽）、鹼土金屬化合物（包括氧化物、鹵化物、

碳酸鹽)或稀土金屬的化合物(包括氧化物、鹵化物、碳酸鹽))以外,還可以使用四硫稠四苯(tetrathianaphthacene)(簡稱:TTN)、二茂鎳、十甲基二茂鎳等有機化合物。另外,作為具有電子傳輸性的物質,可以使用與上面所說明的用於電子傳輸層 114 的材料同樣的材料。

[0091] 作為形成第二電極 102 的物質,可以使用功函數小(具體為 3.8eV 以下)的金屬、合金、導電化合物以及它們的混合物等。作為這種陰極材料的具體例子,可以舉出鋰(Li)或銫(Cs)等鹼金屬、鎂(Mg)、鈣(Ca)或者銦(Sr)等的屬於元素週期表中的第 1 族或第 2 族的元素、包含它們的合金(MgAg、AlLi)、鎔(Eu)、鐿(Yb)等稀土金屬以及包含它們的合金等。然而,藉由在第二電極 102 和電子傳輸層之間設置電子注入層,可以不顧及功函率的大小而將各種導電材料諸如 Al、Ag、ITO、包含矽或氧化矽的氧化銦-氧化錫等用作第二電極 102。這些導電材料可以藉由真空蒸鍍法、濺射法等乾處理、噴墨法、旋塗法等形成。另外,電極可以藉由利用溶膠-凝膠法等濕處理或利用金屬材料的膏劑的濕處理形成。

[0092] 另外,作為 EL 層 103 的形成方法,不論乾處理或濕處理,都可以使用各種方法。例如,也可以使用真空蒸鍍法、凹版印刷法、照相凹版印刷法、網版印刷法、噴墨法或旋塗法等。

[0093] 另外，也可以藉由使用不同成膜方法形成上面所述的各電極或各層。

[0094] 注意，設置在第一電極 101 與第二電極 102 之間的層的結構不侷限於上述結構。但是，較佳為採用在離第一電極 101 及第二電極 102 遠的部分設置電洞與電子再結合的發光區域的結構，以便抑制由於發光區域與用於電極或載子注入層的金屬接近而發生的淬滅。

[0095] 另外，為了抑制從在發光層中產生的激子的能量轉移，接觸於發光層 113 的如電洞傳輸層和電子傳輸層，尤其是靠近發光層 113 中的再結合區域的載子傳輸層較佳為使用如下物質構成，亦即具有比構成發光層的發光材料或者包含在發光層中的發光材料所具有的能帶間隙大的能帶間隙的物質。

[0096] 接著，參照圖 1C 說明具有層疊有多個發光單元的結構的發光元件（以下也稱為疊層型元件或串聯元件）的方式。該發光元件是在陽極和陰極之間具有多個發光單元的發光元件。一個發光單元具有與圖 1A 所示的 EL 層 103 大致相同的結構。就是說，可以說，圖 1C 所示的發光元件是具有多個發光單元的發光元件，而圖 1A 或圖 1B 所示的發光元件是具有一個發光單元的發光元件。

[0097] 在圖 1C 中，在第一電極 501 和第二電極 502 之間層疊有第一發光單元 511 和第二發光單元 512，並且在第一發光單元 511 和第二發光單元 512 之間設置有電荷產生層 513。第一電極 501 和第二電極 502 分別相當於圖

1A 中的第一電極 101 和第二電極 102，並且可以應用與圖 1A 的說明同樣的材料。另外，第一發光單元 511 和第二發光單元 512 可以具有相同結構，也可以具有不同結構。

[0098] 電荷產生層 513 具有在對第一電極 501 及第二電極 502 施加電壓時，對一個發光單元注入電子並對另一個發光單元注入電洞的功能。就是說，在圖 1C 中，在以第一電極的電位比第二電極的電位高的方式施加電壓的情況下，電荷產生層 513 只要是對第一發光單元 511 注入電子並對第二發光單元 512 注入電洞的層即可。

[0099] 電荷產生層 513 較佳為具有與圖 1B 所示的電荷產生層 116 同樣的結構。因為有機化合物與金屬氧化物的複合材料具有良好的載子注入性及載子傳輸性，從而能夠實現低電壓驅動及低電流驅動。注意，在發光單元的陽極一側的面接觸於電荷產生層 513 的情況下，電荷產生層 513 可以具有發光單元的電洞注入層的功能，所以發光單元也可以不設置電洞注入層。

[0100] 另外，在設置電子注入緩衝層 119 的情況下，因為該電子注入緩衝層 119 具有陽極一側的發光單元中的電子注入層的功能，所以在陽極一側的發光單元中不一定必須設置電子注入層。

[0101] 雖然在圖 1C 中說明了具有兩個發光單元的發光元件，但是可以同樣地應用層疊三個以上的發光單元的發光元件。如根據本實施方式的發光元件，藉由在一對電極之間將多個發光單元使用電荷產生層 513 隔開並配置，

該元件可以在保持低電流密度的同時實現高亮度發光，並且能夠實現使用壽命長的元件。另外，可以實現能夠進行低電壓驅動且低功耗的發光裝置。

[0102] 另外，藉由使各發光單元的發光顏色不同，可以以整個發光元件得到所希望的顏色的發光。例如，藉由在具有兩個發光單元的發光元件中獲得來自第一發光單元的紅色和綠色的發光顏色以及來自第二發光單元的藍色的發光顏色，可以得到在整個發光元件中進行白色發光的發光元件。

[0103] 另外，上述結構可以與其他實施方式或本實施方式中的其他結構適當地組合。

[0104]

實施方式 2

在本實施方式中，對使用實施方式 1 所示的發光元件的發光裝置進行說明。

[0105] 在本實施方式中，參照圖 2A 和圖 2B 對使用實施方式 1 所示的發光元件而製造的發光裝置進行說明。注意，圖 2A 是示出發光裝置的俯視圖，並且圖 2B 是沿圖 2A 中的線 A-B 及線 C-D 切斷的剖面圖。該發光裝置作為用來控制發光元件的發光的單元包括由虛線表示的驅動電路部（源極線驅動電路）601、像素部 602、驅動電路部（閘極線驅動電路）603。另外，元件符號 604 是密封基板，元件符號 605 是密封材料，由密封材料 605 圍繞的內側是空間 607。

[0106] 注意，引導佈線 608 是用來傳送輸入到源極線驅動電路 601 及閘極線驅動電路 603 的信號的佈線，並且從用作外部輸入端子的 FPC（軟性印刷電路板）609 接收視訊信號、時脈信號、啟動信號、重設信號等。注意，雖然在此只圖示出 FPC，但是該 FPC 還可以安裝有印刷線路板（PWB）。本說明書中的發光裝置不僅包括發光裝置主體，而且還包括安裝有 FPC 或 PWB 的發光裝置。

[0107] 下面，參照圖 2B 說明剖面結構。雖然在元件基板 610 上形成有驅動電路部及像素部，但是在此示出作為驅動電路部的源極線驅動電路 601 和像素部 602 中的一個像素。

[0108] 元件基板 610 除了可以使用由玻璃、石英、有機樹脂、金屬、合金、半導體等構成的基板以外還可以使用由 FRP（Fiber Reinforced Plastics：玻璃纖維強化塑膠）、PVF（聚氟乙烯）、聚酯或丙烯酸樹脂等構成的塑膠基板。

[0109] 對用於像素或驅動電路的電晶體的結構沒有特別的限制。例如，可以採用反交錯型電晶體或交錯型電晶體。另外，頂閘極型電晶體或底閘極型電晶體都可以被使用。對用於電晶體的半導體材料沒有特別的限制，例如可以使用矽、鍺、碳化矽、氮化鎵等。或者可以使用 In-Ga-Zn 類金屬氧化物等的包含銦、鎵、鋅中的至少一個的氧化物半導體。

[0110] 對用於電晶體的半導體材料的結晶性也沒有

特別的限制，可以使用非晶半導體或結晶半導體（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）。當使用結晶半導體時可以抑制電晶體的特性劣化，所以是較佳的。

[0111] 在此，氧化物半導體較佳為用於設置在上述像素或驅動電路中的電晶體和用於在後面說明的觸控感測器等的電晶體等半導體裝置。尤其較佳為使用其能帶間隙比矽寬的氧化物半導體。藉由使用能帶間隙比矽寬的氧化物半導體，可以降低電晶體的關態電流（off-state current）。

[0112] 上述氧化物半導體較佳為至少包含銦（In）或鋅（Zn）。另外，上述氧化物半導體更佳為包含以 In-M-Zn 類氧化物（M 為 Al、Ti、Ga、Ge、Y、Zr、Sn、La、Ce 或 Hf 等金屬）表示的氧化物的氧化物半導體。

[0113] 尤其是，作為半導體層，較佳為使用如下氧化物半導體膜：具有多個結晶部，該多個結晶部的 c 軸都朝向垂直於半導體層的被形成面或半導體層的頂面的方向，並且在相鄰的結晶部間不具有晶界。

[0114] 藉由作為半導體層使用上述材料，可以實現電特性的變動被抑制的可靠性高的電晶體。

[0115] 另外，由於具有上述半導體層的電晶體的關態電流較低，因此能夠長期間保持經過電晶體而儲存於電容器中的電荷。藉由將這種電晶體用於像素，能夠在保持各顯示區域所顯示的影像的灰階的狀態下，停止驅動電

路。其結果是，可以實現功耗極低的電子裝置。

[0116] 為了實現電晶體的特性穩定化等，較佳為設置基底膜。作為基底膜，可以使用氧化矽膜、氮化矽膜、氧氮化矽膜、氮氧化矽膜等無機絕緣膜並以單層或疊層製造。基底膜可以藉由濺射法、CVD（Chemical Vapor Deposition：化學氣相沉積）法（電漿 CVD 法、熱 CVD 法、MOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition：有機金屬化學氣相沉積）法等）或 ALD（Atomic Layer Deposition：原子層沉積）法、塗佈法、印刷法等形成。注意，基底膜若不需要則也可以不設置。

[0117] 注意，FET623 示出形成在驅動電路部 601 中的電晶體的一個。另外，驅動電路也可以利用各種 CMOS 電路、PMOS 電路或 NMOS 電路形成。另外，雖然在本實施方式中示出在基板上形成有驅動電路的驅動器一體型，但是不一定必須採用該結構，驅動電路也可以形成在外部，而不形成在基板上。

[0118] 另外，像素部 602 由多個像素形成，該多個像素都包括開關 FET 611、電流控制 FET 612 以及與該電流控制 FET 612 的汲極電連接的第一電極 613，但是並不侷限於此，也可以採用組合三個以上的 FET 和電容元件的像素部。

[0119] 注意，形成絕緣物 614 來覆蓋第一電極 613 的端部。在此，可以使用正型感光丙烯酸樹脂膜形成絕緣物 614。

[0120] 另外，將絕緣物 614 的上端部或下端部形成為具有曲率的曲面，以獲得後面形成的 EL 層等的良好的覆蓋性。例如，在使用正型感光丙烯酸樹脂作為絕緣物 614 的材料的情況下，較佳為只使絕緣物 614 的上端部包括具有曲率半徑（ $0.2\mu\text{m}$ 至 $3\mu\text{m}$ ）的曲面。作為絕緣物 614，可以使用負型感光樹脂或者正型感光樹脂。

[0121] 在第一電極 613 上形成有 EL 層 616 及第二電極 617。在此，較佳為使用具有高功函數的材料作為用作陽極的第一電極 613。例如，除了可以使用諸如 ITO 膜、包含矽的銦錫氧化物膜、包含 2wt%至 20wt%的氧化鋅的氧化銦膜、氮化鈦膜、鉻膜、鎢膜、Zn 膜、Pt 膜等的單層膜以外，還可以使用由氮化鈦膜和以鋁為主要成分的膜構成的疊層膜以及由氮化鈦膜、以鋁為主要成分的膜和氮化鈦膜構成的三層結構等。注意，如果這裡採用疊層結構，由於佈線的電阻值較低，因此可以得到好的歐姆接觸，另外，其可用作陽極。

[0122] 另外，EL 層 616 藉由使用蒸鍍遮罩的蒸鍍法、噴墨法、旋塗法等各種方法形成。EL 層 616 包括實施方式 1 所示的結構。另外，作為構成 EL 層 616 的其他材料，也可以使用低分子化合物或高分子化合物（包含低聚物、樹枝狀聚合物）。

[0123] 另外，作為用於形成在 EL 層 616 上並用作陰極的第二電極 617 的材料，較佳為使用具有功函數小的材料（Al、Mg、Li、Ca、或它們的合金或化合物（MgAg、

MgIn、AlLi 等)等)。注意，當使產生在 EL 層 616 中的光透過第二電極 617 時，較佳為使用由膜厚度減薄了的金屬薄膜和透明導電膜 (ITO、包含 2wt%至 20wt%的氧化銻的氧化銻、包含矽的銻錫氧化物、氧化鋅 (ZnO) 等)構成的疊層作為第二電極 617。

[0124] 另外，發光元件由第一電極 613、EL 層 616、第二電極 617 形成。該發光元件是實施方式 1 所示的發光元件。另外，像素部由多個發光元件構成，本實施方式的發光裝置也可以包括實施方式 1 所示的發光元件和具有其他結構的發光元件的兩者。

[0125] 另外，藉由使用密封材料 605 將密封基板 604 貼合到元件基板 610，將發光元件 618 設置在由元件基板 610、密封基板 604 以及密封材料 605 圍繞的空間 607 中。注意，空間 607 中填充有填料，作為該填料，可以使用惰性氣體 (氬或氬等)，還可以使用密封劑。藉由在密封基板中形成凹部且在其中設置乾燥劑，可以抑制水分所導致的劣化，所以是較佳的。

[0126] 另外，較佳為使用環氧類樹脂或玻璃粉作為密封材料 605。另外，這些材料較佳為儘可能地不使水或氧透過的材料。另外，作為用於密封基板 604 的材料，除了可以使用玻璃基板或石英基板以外，還可以使用由 FRP (Fiber Reinforced Plastics; 玻璃纖維強化塑膠)、PVF (聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸樹脂等構成的塑膠基板。

[0127] 雖然在圖 2A 和 2B 中沒有示出，但是也可以

在第二電極上設置保護膜。保護膜可以由有機樹脂膜或無機絕緣膜形成。另外，也可以以覆蓋密封材料 605 的露出部分的方式形成保護膜。另外，保護膜可以覆蓋一對基板的表面及側面、密封層、絕緣層等的露出側面而設置。

[0128] 作為保護膜可以使用不容易透過水等雜質的材料。因此，可以能夠高效地抑制水等雜質從外部擴散到內部。

[illegible]

[0130] 保護膜較佳為藉由步階覆蓋性（step coverage）良好的成膜方法來形成。這種方法中之一個是原子層沉積（ALD：Atomic Layer Deposition）法。較佳為將可以藉由 ALD 法形成的材料用於保護膜。藉由 ALD 法可以形成緻密且裂縫或針孔等缺陷被減少或具備均勻的厚度的保護膜。另外，可以減少當形成保護膜時加工部材受到的損傷。

[0131] 例如，藉由 ALD 法可以將均勻且缺陷少的保護膜形成在具有複雜的凹凸形狀的表面或觸控面板的頂面、側面以及背面上。

[0132] 如上所述，可以得到使用實施方式 1 所示的發光元件製造的發光裝置。

[0133] 因為本實施方式中的發光裝置使用實施方式 1 所示的發光元件，所以可以具有優良特性。明確而言，實施方式 1 所示的發光元件是壽命長的發光元件，從而可以實現可靠性良好的發光裝置。另外，使用實施方式 1 所示的發光元件的發光裝置的發光效率良好，由此可以實現低功耗的發光裝置。

[0134] 圖 3A 和 3B 示出藉由形成呈現白色發光的發光元件設置彩色層（濾色片）等來實現全彩色化的發光裝置的例子。圖 3A 示出基板 1001、基底絕緣膜 1002、閘極絕緣膜 1003、閘極電極 1006、1007、1008、第一層間絕緣膜 1020、第二層間絕緣膜 1021、周邊部 1042、像素部 1040、驅動電路部 1041、發光元件的第一電極 1024W、1024R、1024G、1024B、分隔壁 1025、EL 層 1028、發光元件的第二電極 1029、密封基板 1031、密封材料 1032 等。

[0135] 另外，在圖 3A 中，將彩色層（紅色彩色層 1034R、綠色彩色層 1034G、藍色彩色層 1034B）設置在透明基材 1033 上。另外，還可以設置黑矩陣 1035。對設置有彩色層及黑矩陣的透明基材 1033 進行對準而將其固

定到基板 1001 上。另外，彩色層及黑矩陣 1035 被保護層 1036 覆蓋。另外，圖 3A 示出具有光不透過彩色層而透射到外部的發光層及光透過各顏色的彩色層而透射到外部的發光層，不透過彩色層的光成為白色光且透過彩色層的光成為紅色光、綠色光、藍色光，因此能夠以四個顏色的像素呈現影像。

[0136] 圖 3B 示出將彩色層（紅色彩色層 1034R、綠色彩色層 1034G、藍色彩色層 1034B）形成在閘極絕緣膜 1003 和第一層間絕緣膜 1020 之間的例子。如上述那樣，也可以將彩色層設置在基板 1001 和密封基板 1031 之間。

[0137] 另外，雖然以上說明了具有從形成有 FET 的基板 1001 一側取出光的結構（底部發射型）的發光裝置，但是也可以採用具有從密封基板 1031 一側取出發光的結構（頂部發射型）的發光裝置。圖 4 示出頂部發射型發光裝置的剖面圖。在此情況下，基板 1001 可以使用不使光透過的基板。到製造用來使 FET 與發光元件的陽極連接的連接電極為止的製程與底部發射型發光裝置同樣地進行。然後，以覆蓋電極 1022 的方式形成第三層間絕緣膜 1037。該第三層間絕緣膜 1037 也可以具有平坦化的功能。第三層間絕緣膜 1037 可以使用與第二層間絕緣膜相同的材料或其他公知材料形成。

[0138] 雖然在此發光元件的第一電極 1024W、1024R、1024G、1024B 都是陽極，但是也可以是陰極。另外，在採用如圖 4 所示那樣的頂部發射型發光裝置的情況

下，第一電極較佳為反射電極。EL 層 1028 的結構採用實施方式 1 所示的 EL 層 103 的結構，並且採用能夠獲得白色發光的元件結構。

[0139] 在採用圖 4 所示的頂部發射結構的情況下，可以使用設置有彩色層（紅色彩色層 1034R、綠色彩色層 1034G、藍色彩色層 1034B）的密封基板 1031 進行密封。密封基板 1031 也可以設置有位於像素和像素之間的黑矩陣 1035。彩色層（紅色彩色層 1034R、綠色彩色層 1034G、藍色彩色層 1034B）、黑矩陣 1035 也可以被保護層 1036 覆蓋。另外，作為密封基板 1031，使用具有透光性的基板。另外，雖然在此示出了以紅色、綠色、藍色、白色的四個顏色進行全彩色顯示的例子，但是並不侷限於此。也可以以紅色、黃色、綠色、藍色的四個顏色或紅色、綠色、藍色的三個顏色進行全彩色顯示。

[0140] 在頂部發射型的發光裝置中，可以較佳地適用微腔結構。將反射電極用作第一電極且將半透射·半反射電極用作第二電極，由此可以得到具有微腔結構的發光元件。在反射電極與半透射·半反射電極之間至少含有 EL 層，並且至少含有成為發光區域的發光層。

[0141] 注意，反射電極的可見光反射率為 40% 至 100%，較佳為 70% 至 100%，並且其電阻率為 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下。另外，半透射·半反射電極的可見光反射率為 20% 至 80%，較佳為 40% 至 70%，並且其電阻率為 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下。

[0142] 從 EL 層所包含的發光層射出的光被反射電極和半透射·半反射電極反射，並且諧振。

[0143] 在該發光元件中，藉由改變透明導電膜、上述複合材料或載子傳輸材料等的厚度而可以改變反射電極與半透射·半反射電極之間的光程。由此，可以在反射電極與半透射·半反射電極之間加強諧振的波長的光且使不諧振的波長的光衰減。

[0144] 被反射電極反射回來的光（第一反射光）會給從發光層直接入射到半透射·半反射電極的光（第一入射光）帶來很大的干涉，因此較佳為將反射電極與發光層的光程調節為 $(2n-1)\lambda/4$ （注意， n 為 1 以上的自然數， λ 為要放大的光的波長）。藉由調節該光程，可以使第一反射光與第一入射光的相位一致，由此可以進一步放大從發光層發射的光。

[0145] 另外，在上述結構中，EL 層可以含有多個發光層，也可以只含有一個發光層。例如，可以組合上述結構與上述串聯型發光元件的結構，其中在一個發光元件中以其間夾著電荷產生層的方式設置多個 EL 層，並且，在每個 EL 層中形成一個或多個發光層。

[0146] 藉由採用微腔結構，可以加強指定波長的正面方向上的發光強度，由此可以實現低功耗化。注意，在為使用紅色、黃色、綠色以及藍色的四個顏色的子像素顯示影像的發光裝置的情況下，因為可以獲得由於黃色發光的亮度提高效果，而且可以在所有的子像素中採用適合各

顏色的波長的微腔結構，所以能夠實現具有良好的特性的發光裝置。

[0147] 因為本實施方式中的發光裝置使用實施方式 1 所示的發光元件，所以可以具有優良特性。明確而言，實施方式 1 所示的發光元件是壽命長的發光元件，從而可以實現可靠性良好的發光裝置。另外，使用實施方式 1 所示的發光元件的發光裝置的發光效率良好，由此可以實現低功耗的發光裝置。

[0148] 雖然到這裡說明了主動矩陣型發光裝置，但是下面說明被動矩陣型發光裝置。圖 5A 和圖 5B 示出藉由使用本發明製造的被動矩陣型發光裝置。注意，圖 5A 是示出發光裝置的透視圖，並且圖 5B 是沿圖 5A 的線 X-Y 切斷而獲得的剖面圖。在圖 5A 和圖 5B 中，在基板 951 上的電極 952 與電極 956 之間設置有 EL 層 955。電極 952 的端部被絕緣層 953 覆蓋。在絕緣層 953 上設置有隔離層 954。隔離層 954 的側壁具有如下傾斜，亦即越接近基板表面，兩個側壁之間的間隔越窄。換句話說，隔離層 954 的短邊方向的剖面是梯形，底邊（朝向與絕緣層 953 的面方向相同的方向並與絕緣層 953 接觸的邊）比上邊（朝向與絕緣層 953 的面方向相同的方向並與絕緣層 953 不接觸的邊）短。如此，藉由設置隔離層 954，可以防止起因於靜電等的發光元件的不良。另外，在被動矩陣型發光裝置中，藉由使用實施方式 1 所示的發光元件，也可以得到可靠性良好的發光裝置或者低功耗的發光裝置。

[0149] 以上說明的發光裝置能夠控制配置為矩陣狀的微小的多個發光元件中的每一個，所以作為進行影像的顯示的顯示裝置可以適當地利用。

[0150] 另外，本實施方式可以與其他實施方式自由地組合。

[0151]

實施方式 3

在本實施方式中，參照圖 6A 和圖 6B 對將實施方式 1 所示的發光元件用於照明裝置的例子進行說明。圖 6B 是照明裝置的俯視圖，圖 6A 是沿著圖 6B 的線 e-f 切斷的剖面圖。

[0152] 在本實施方式的照明裝置中，在用作支撐體的具有透光性的基板 400 上形成有第一電極 401。第一電極 401 相當於實施方式 1 中的第一電極 101。當從第一電極 401 一側取出光時，第一電極 401 使用具有透光性的材料形成。

[0153] 另外，在基板 400 上形成用來對第二電極 404 供應電壓的焊盤 412。

[0154] 在第一電極 401 上形成有 EL 層 403。EL 層 403 相當於實施方式 1 中的 EL 層 103 的結構或組合發光單元 511、發光單元 512 以及電荷產生層 513 的結構等。注意，作為它們的結構，參照各記載。

[0155] 以覆蓋 EL 層 403 的方式形成第二電極 404。第二電極 404 相當於實施方式 1 中的第二電極 102。當從

第一電極 401 一側取出光時，第二電極 404 使用反射率高的材料形成。藉由使第二電極 404 與焊盤 412 連接，將電壓供應到第二電極 404。

[0156] 如上所述，本實施方式所示的照明裝置具備包括第一電極 401、EL 層 403 以及第二電極 404 的發光元件。由於該發光元件是發光效率高的發光元件，所以本實施方式的照明裝置可以提供低功耗的照明裝置。

[0157] 使用密封材料 405、406 將形成有具有上述結構的發光元件的基板 400 和密封基板 407 固定來進行密封，由此製造照明裝置。也可以僅使用密封材料 405 和 406 中的一個。另外，也可以使內側的密封材料 406（在圖 6B 中未圖示）與乾燥劑混合，由此可以吸收水分而提高可靠性。

[0158] 另外，藉由以延伸到密封材料 405、406 的外部的方式設置焊盤 412 和第一電極 401 的一部分，可以將其用作外部輸入端子。另外，也可以在外部輸入端子上設置安裝有轉換器等的 IC 晶片 420 等。

[0159] 本實施方式所記載的照明裝置在 EL 元件中使用實施方式 1 所示的發光元件，可以實現可靠性良好的發光裝置。另外，可以實現低功耗的發光裝置。

[0160]

實施方式 4

在本實施方式中，對在其一部分包括實施方式 1 所示的發光元件的電子裝置的例子進行說明。實施方式 1 所示

的發光元件是壽命良好且可靠性良好的發光元件。其結果是，本實施方式所記載的電子裝置可以實現包括可靠性良好的發光部的電子裝置。

[0161] 作為採用上述發光元件的電子裝置，可以例如舉出電視機（也稱為電視機或電視接收機）、用於電腦等的顯示器、數位相機、數位攝影機、數位相框、行動電話機（也稱為行動電話、行動電話裝置）、可攜式遊戲機、可攜式資訊終端、音頻再生裝置、彈珠機等大型遊戲機等。以下，示出這些電子裝置的具體例子。

[0162] 圖 7A 示出電視機的一個例子。在電視機中，外殼 7101 中組裝有顯示部 7103。另外，在此示出利用支架 7105 支撐外殼 7101 的結構。可以利用顯示部 7103 顯示影像，並且將實施方式 1 所示的發光元件排列為矩陣狀而構成顯示部 7103。

[0163] 可以藉由利用外殼 7101 所具備的操作開關或另行提供的遙控器 7110 進行電視機的操作。藉由利用遙控器 7110 所具備的操作鍵 7109，可以控制頻道及音量，由此可以控制顯示在顯示部 7103 中的影像。另外，也可以在遙控器 7110 中設置用來顯示從該遙控器 7110 輸出的資訊的顯示部 7107。

[0164] 另外，電視機採用具備接收機、數據機等的結構。可以藉由接收機接收一般的電視廣播。再者，藉由數據機連接到有線或無線方式的通訊網路，能夠進行單向（從發送者到接收者）或雙向（發送者和接收者之間或接

收者之間等)的資訊通訊。

[0165] 圖 7B1 示出電腦，該電腦包括主體 7201、外殼 7202、顯示部 7203、鍵盤 7204、外部連接埠 7205、指向裝置 7206 等。另外，該電腦藉由將實施方式 1 所示的發光元件排列為矩陣狀並用於顯示部 7203 而製造。圖 7B1 中的電腦也可以為如圖 7B2 所示的方式。圖 7B2 所示的電腦設置有第二顯示部 7210 代替鍵盤 7204 及指向裝置 7206。第二顯示部 7210 是觸控面板，藉由利用指頭或專用筆操作顯示在第二顯示部 7210 上的輸入用顯示，能夠進行輸入。另外，第二顯示部 7210 不僅能夠顯示輸入用顯示，而且可以顯示其他影像。另外，顯示部 7203 也可以是觸控面板。因為兩個螢幕藉由鉸鏈部連接，所以可以防止當收納或搬運時發生問題如螢幕受傷、破壞等。

[0166] 圖 7C 示出可攜式遊戲機，該可攜式遊戲機由外殼 7301 和外殼 7302 的兩個外殼構成，並且藉由連接部分 7303 可以開閉地連接。外殼 7301 中組裝有將實施方式 1 所示的發光元件排列為矩陣狀而製造的顯示部 7304，並且外殼 7302 中組裝有顯示部 7305。另外，圖 7C 所示的可攜式遊戲機還具備揚聲器部分 7306、記錄介質插入部分 7307、LED 燈 7308、輸入單元（操作鍵 7309、連接端子 7310、感測器 7311（包括測量如下因素的功能：力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉動數、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、斜率、

振動、氣味或紅外線)、麥克風 7312) 等。當然，可攜式遊戲機的結構不侷限於上述結構，只要在顯示部 7304 和顯示部 7305 中的至少一個或兩個中使用將實施方式 1 所示的發光元件排列為矩陣狀製造的顯示部即可，而可以採用適當地設置有其他附屬設備的結構。圖 7C 所示的可攜式遊戲機具有如下功能：讀出儲存在記錄介質中的程式或資料並將其顯示在顯示部上；以及藉由與其他可攜式遊戲機之間進行無線通訊而實現資訊共用。另外，圖 7C 所示的可攜式遊戲機的功能不侷限於此，可以具有各種各樣的功能。

[0167] 圖 7D 示出可攜式終端的一個例子。行動電話機具備組裝在外殼 7401 中的顯示部 7402、操作按鈕 7403、外部連接埠 7404、揚聲器 7405、麥克風 7406 等。另外，行動電話機 7400 包括將實施方式 1 所示的發光元件排列為矩陣狀而製造的顯示部 7402。

[0168] 圖 7D 所示的可攜式終端也可以具有用指頭等觸摸顯示部 7402 來輸入資訊的結構。在此情況下，能夠用指頭等觸摸顯示部 7402 來進行打電話或編寫電子郵件等的操作。

[0169] 顯示部 7402 主要有三種螢幕模式。第一是以影像的顯示為主的顯示模式，第二是以文字等的資訊的輸入為主的輸入模式，第三是混合顯示模式和輸入模式的兩個模式的顯示輸入模式。

[0170] 例如，在打電話或編寫電子郵件的情況下，

可以採用將顯示部 7402 主要用於輸入文字的文字輸入模式而輸入在螢幕上顯示的文字。在此情況下，較佳為在顯示部 7402 的螢幕的大多部分中顯示鍵盤或號碼按鈕。

[0171] 另外，藉由在可攜式終端內部設置具有陀螺儀和加速度感測器等檢測傾斜度的感測器的檢測裝置，可以判斷可攜式終端的方向（縱或橫）而自動進行顯示部 7402 的螢幕顯示的切換。

[0172] 另外，藉由觸摸顯示部 7402 或對外殼 7401 的操作按鈕 7403 進行操作，來進行螢幕模式的切換。或者，也可以根據顯示在顯示部 7402 上的影像的種類切換螢幕模式。例如，當顯示在顯示部上的影像信號為動態影像的資料時，將螢幕模式切換成顯示模式，而當該影像信號為文字資料時，將螢幕模式切換成輸入模式。

[0173] 另外，當在輸入模式下藉由檢測出顯示部 7402 的光感測器所檢測的信號而得知在一定期間內沒有顯示部 7402 的觸摸操作輸入時，也可以進行控制以將螢幕模式從輸入模式切換成顯示模式。

[0174] 也可以將顯示部 7402 用作影像感測器。例如，藉由用手掌或指頭觸摸顯示部 7402，來拍攝掌紋、指紋等，能夠進行個人識別。另外，藉由在顯示部中使用發射近紅外光的背光源或發射近紅外光的感測用光源，也能夠拍攝指靜脈、手掌靜脈等。

[0175] 另外，本實施方式所示的結構可以與實施方式 1 至實施方式 4 所示的結構適當地組合來使用。

[0176] 如上所述，具備實施方式 1 所示的發光元件的發光裝置的應用範圍極為廣泛，而能夠將該發光裝置用於各種領域的電子裝置。藉由使用實施方式 1 所示的發光元件，可以得到可靠性良好的電子裝置。

[0177] 圖 8 示出將實施方式 1 所示的發光元件用於背光源的液晶顯示裝置的一個例子。圖 8 所示的液晶顯示裝置包括外殼 901、液晶層 902、背光單元 903 以及外殼 904，液晶層 902 與驅動器 IC905 連接。另外，在背光單元 903 中使用實施方式 1 所示的發光元件，並且藉由端子 906 將電流供應到背光單元 903。

[0178] 藉由將實施方式 1 所示的發光元件用於液晶顯示裝置的背光源，可以得到功耗得到降低的背光源。另外，藉由使用實施方式 1 所示的發光元件，能夠製造面發射的照明裝置，還能夠實現大面積化。由此能夠實現背光源的大面積化及液晶顯示裝置的大面積化。再者，使用實施方式 1 所示的發光元件的發光裝置可以使厚度比習知的發光裝置薄，所以還能夠實現顯示裝置的薄型化。

[0179] 圖 9 示出將實施方式 1 所示的發光元件用於作為照明裝置的檯燈的例子。圖 9 所示的檯燈包括外殼 2001 和光源 2002，並且作為光源 2002 使用實施方式 3 所記載的照明裝置。

[0180] 圖 10 示出將實施方式 1 所示的發光元件用於室內的照明裝置 3001 的例子。實施方式 1 所示的發光元件是可靠性高的發光元件，從而可以實現可靠性良好的照

明裝置。另外，因為實施方式 1 所示的發光元件能夠實現大面積化，所以能夠用於大面積的照明裝置。另外，因為實施方式 1 所示的發光元件的厚度薄，所以能夠製造實現薄型化的照明裝置。

[0181] 還可以將實施方式 1 所示的發光元件安裝在汽車的擋風玻璃或儀表板上。圖 11 示出將實施方式 1 所示的發光元件用於汽車的擋風玻璃或儀表板的一個實施方式。顯示區域 5000 至顯示區域 5005 使用實施方式 1 所示的發光元件設置。

[0182] 顯示區域 5000 和顯示區域 5001 是設置在汽車的擋風玻璃上的安裝有實施方式 1 所示的發光元件的顯示裝置。藉由使用具有透光性的電極形成第一電極和第二電極，可以將實施方式 1 所示的發光元件形成為能看到對面的景色的所謂的透視式顯示裝置。若採用透視式顯示，即使設置在汽車的擋風玻璃上，也不妨礙視界。另外，在設置用來驅動的電晶體等的情況下，較佳為使用具有透光性的電晶體，諸如使用有機半導體材料的有機電晶體或使用氧化物半導體的電晶體等。

[0183] 顯示區域 5002 是設置在支柱部分的安裝有實施方式 1 所示的發光元件的顯示裝置。藉由在顯示區域 5002 上顯示來自設置在車廂上的成像單元的影像，可以補充被支柱遮擋的視界。另外，同樣地，設置在儀表板部分上的顯示區域 5003 藉由顯示來自設置在汽車外側的成像單元的影像，能夠補充被車廂遮擋的視界的死角，而提

第 110145397 號

民國 112 年 6 月 1 日修正

高安全性。藉由顯示影像以補充不看到的部分，更自然且簡單地確認安全。

[0184] 顯示區域 5004 和顯示區域 5005 可以提供導航資訊、速度表、轉速表、行車距離、加油量、排檔狀態、空調的設定以及其他各種資訊。使用者可以適當地改變顯示內容及佈置。另外，這些資訊也可以顯示在顯示區域 5000 至顯示區域 5003 上。另外，也可以將顯示區域 5000 至顯示區域 5005 用作照明裝置。

[0185] 圖 12A 及圖 12B 是翻蓋式平板終端的一個例子。圖 12A 是打開的狀態，並且平板終端包括外殼 9630、顯示部 9631a、顯示部 9631b、顯示模式切換開關 9034、電源開關 9035、省電模式切換開關 9036 以及卡子 9033。該平板終端藉由將具備實施方式 1 所示的發光元件的發光裝置用於顯示部 9631a、顯示部 9631b 的一者或兩者來製造。

[0186] 在顯示部 9631a 中，可以將其一部分用作觸控面板區域 9632a，並且可以藉由接觸所顯示的操作鍵 9637 來輸入資料。另外，作為一個例子示出如下結構：顯示部 9631a 的一半隻具有顯示的功能，另一半具有觸控面板的功能，但是不侷限於該結構。也可以採用顯示部 9631a 的整個區域具有觸控面板的功能的結構。例如，可以使顯示部 9631a 的整個面顯示鍵盤按鈕來將其用作觸控面板，並且將顯示部 9631b 用作顯示畫面。

[0187] 另外，在顯示部 9631b 中與顯示部 9631a 同

第 110145397 號

民國 112 年 6 月 1 日修正

樣，也可以將其一部分用作觸控面板區域 9632b。另外，藉由使用指頭或觸控筆等接觸觸控面板上的鍵盤顯示切換按鈕 9639 的位置，可以在顯示部 9631b 上顯示鍵盤按鈕。

[0188] 另外，也可以對觸控面板區域 9632a 和觸控面板區域 9632b 同時進行觸摸輸入。

[0189] 另外，顯示模式切換開關 9034 能夠切換豎屏顯示和橫屏顯示等顯示的方向並切換黑白顯示和彩色顯示等。根據藉由平板終端所內置的光感測器所檢測的使用時的外光的光量，省電模式切換開關 9036 可以將顯示的亮度設定為最適合的亮度。平板終端也可以內置光感測器、陀螺儀和加速度感測器等檢測傾斜度的感測器等的其他檢測裝置。

[0190] 另外，圖 12A 示出顯示部 9631b 的顯示面積與顯示部 9631a 的顯示面積相等的例子，但是不侷限於此，既可以使一個顯示部的尺寸和另一個顯示部的尺寸不相等又可以使它們的顯示品質有差異。例如顯示部 9631a 和顯示部 9631b 中的一個與另一個相比可以進行高精細的顯示。

[0191] 圖 12B 是合上的狀態，並且本實施方式中的平板終端示出包括外殼 9630、太陽能電池 9633、充放電控制電路 9634、電池 9635 以及 DCDC 轉換器 9636 的例子。另外，在圖 12B 中，作為充放電控制電路 9634 的一個例子示出包括電池 9635 和 DCDC 轉換器 9636 的結構。

[0192] 另外，翻蓋式平板終端在不使用時可以合上外殼 9630。因此，可以保護顯示部 9631a 和顯示部 9631b，而可以提供一種耐久性優越且從長期使用的觀點來看可靠性優越的平板終端。

[0193] 另外，圖 12A 及圖 12B 所示的平板終端還可以具有如下功能：顯示各種各樣的資訊（靜態影像、動態影像、文字影像等）；將日曆、日期或時刻等顯示在顯示部上；對顯示在顯示部上的資訊進行觸摸輸入操作或編輯的觸摸輸入；藉由各種各樣的軟體（程式）控制處理等。

[0194] 藉由利用安裝在平板終端的表面上的太陽能電池 9633，可以將電力供應到觸控面板、顯示部或影像信號處理部等。注意，太陽能電池 9633 可以設置在外殼 9630 的一個面或兩個面，可以高效率地對電池 9635 充電。

[0195] 另外，參照圖 12C 所示的方塊圖對圖 12B 所示的充放電控制電路 9634 的結構和工作進行說明。圖 12C 示出太陽能電池 9633、電池 9635、DCDC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至開關 SW3 以及顯示部 9631，電池 9635、DCDC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至開關 SW3 對應於圖 12B 所示的充放電控制電路 9634。

[0196] 首先，說明在利用外光使太陽能電池 9633 發電時的工作的例子。使用 DCDC 轉換器 9636 對太陽能電池所產生的電力進行升壓或降壓以使它成為用來對電池

9635 進行充電的電壓。並且，當利用來自太陽能電池 9633 的電力使顯示部 9631 工作時使開關 SW1 導通，並且，利用轉換器 9638 將來自太陽能電池 9633 的電力升壓或降壓到顯示部 9631 所需要的電壓。另外，可以採用當不進行顯示部 9631 中的顯示時，使 SW1 關閉且使 SW2 導通來對電池 9635 進行充電的結構。

[0197] 注意，作為發電單元的一個例子示出太陽能電池 9633，但是發電單元不侷限於此，也可以使用壓電元件（piezoelectric element）或熱電轉換元件（珀耳帖元件（peltier element））等其他發電單元進行電池 9635 的充電。也可以使用以無線（不接觸）的方式收發電力來進行充電的無線電力傳輸模組或組合其他充電單元進行充電，並且也可以不包括發電單元。

[0198] 另外，只要具備上述顯示部 9631，就不侷限於圖 12A 至圖 12C 所示的形狀的平板終端。

[0199] 圖 13A 至圖 13C 示出能夠折疊的可攜式資訊終端 9310。圖 13A 示出展開狀態的可攜式資訊終端 9310。圖 13B 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 13C 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。

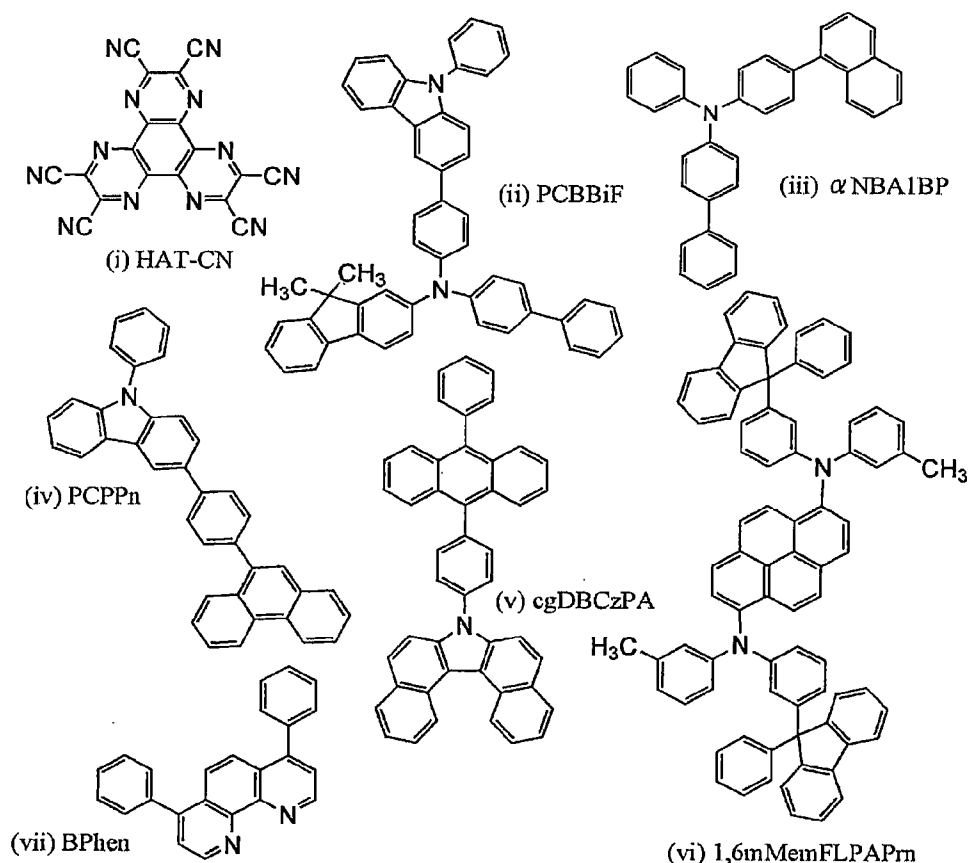
[0200] 顯示面板 9311 由鉸鏈部 9313 所連接的三個外殼 9315 支撐。顯示面板 9311 也可以為安裝有觸控感測

器（輸入裝置）的觸控面板（輸入輸出裝置）。藉由在兩個外殼 9315 之間的鉸鏈部 9313 處彎折顯示面板 9311，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面板 9311。顯示面板 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 9312。在顯示區域 9312 中可以顯示使用次數多的軟體或程式的快捷等，能夠順便地進行確認資訊或開啟軟體。

實施例 1

[0201] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的本發明的一個實施方式的發光元件 1 及對比發光元件 1 進行說明。以下示出用於發光元件 1 及對比發光元件 1 的有機化合物的結構式。

[0202]



[0203]

(發光元件 1 的製造方法)

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物 (ITO) 膜，由此形成第一電極 101。注意，將其厚度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。

[0204] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0205] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0206] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的

方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (i) 所表示的 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)，由此形成電洞注入層 111。

[0207] 然後，在電洞注入層 111 上以厚度為 20nm 的方式蒸鍍上述結構式 (ii) 所表示的 N-(1, 1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺 (簡稱：PCBBiF) 來形成第一電洞傳輸層 112-1，在第一電洞傳輸層 112-1 上以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (iii) 所表示的 4-(1-萘基)-4'-苯基三苯基胺 (簡稱：αNBA1BP) 來形成第二電洞傳輸層 112-2，在第二電洞傳輸層 112-2 上以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (iv) 所表示的 3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-吡啶 (簡稱：PCPPn) 來形成第三電洞傳輸層 112-3。

[0208] 接著，藉由將上述結構式 (v) 所表示的 7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]吡啶 (簡稱：cgDBCzPA) 和上述結構式 (vi) 所表示的 N, N'-雙(3-甲基苯基)-N, N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺 (簡稱：1, 6mMemFLPAPrn) 共蒸鍍，以形成發光層 113。將發光層 113 的厚度設定為 25nm，將 cgDBCzPA 與 1, 6mMemFLPAPrn 的重量比調節為 1:0.03。

[0209] 然後，在發光層 113 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍 cgDBCzPA，然後以厚度為 15nm 的方式蒸鍍上述結構式 (vii) 所示的紅啡啉（簡稱：BPhen），來形成電子傳輸層 114。

[0210] 在形成電子傳輸層 114 之後，藉由以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰（LiF）來形成電子注入層 115，接著，藉由以厚度為 200nm 的方式蒸鍍鋁來形成第二電極 102，由此製造本實施例的發光元件 1。

[0211]

（對比發光元件 1 的製造方法）

在對比發光元件 1 中，形成厚度為 25nm 的 PCBBiF 膜以代替發光元件 1 中的第一電洞傳輸層 112-1 和第二電洞傳輸層 112-2 的兩層。除此之外，對比發光元件 1 與發光元件 1 同樣地製造。換言之，對比發光元件 1 為沒有形成第二電洞傳輸層 112-2 的發光元件。

[0212] 以下表 1 示出發光元件 1 及對比發光元件 1 的元件結構。

[0213]

[表 1]

	電洞 注入層	電洞傳輸層			發光層	電子傳輸層		電子 注入層
		1	2	3				
	5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
發光元件 1	HAT-CN	PCBBiF	αNBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA： 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
對比 發光元件 1		PCBBiF						

[0214] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 1 及對比發光元件 1 暴露於大氣的方式使用玻璃基板進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對這些發光元件的初期特性及可靠性進行測量。另外，測量在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行。

[0215] 圖 14 至圖 19 分別示出發光元件 1 及對比發光元件 1 的亮度-電流密度特性、電流效率-亮度特性、亮度-電壓特性、電流-電壓特性、外部量子效率-亮度特性以及發射光譜。另外，表 2 示出各發光元件的 1000cd/m² 附近的主要特性值。

[0216]

[表 2]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
發光元件 1	3.0	0.20	5	0.14	0.17	13.1	11.2
對比發光元件 1	3.2	0.52	13	0.14	0.17	7.0	6.3

[0217] 圖 14 至圖 19 及表 2 表示本發明的一個實施方式的發光元件 1 為與不包括第二電洞傳輸層 112-2 的對比發光元件 1 相比驅動電壓或效率更良好的藍色發光元件。

[0218] 另外，圖 20 示出起始亮度為 5000cd/m² 且電流密度為恆定的條件下的相對於驅動時間的亮度變化的圖表。如圖 20 所示，作為本發明的一個實施方式的發光元

件的發光元件 1 與對比發光元件 1 相比伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小得多且壽命更良好。

[0219] 以下表 3 示出本實施例的發光元件中的第一電洞傳輸材料至第三電洞傳輸材料、主體材料及發光材料的各 HOMO 能階。注意，HOMO 能階及 LUMO 能階藉由循環伏安法 (CV) 測定算出。以下示出計算方法。

[0220] 作為測量裝置，使用電化學分析儀 (BAS 株式會社 (BAS Inc.) 製造的 ALS 型號 600A 或 600C)。關於 CV 測定中的溶液，作為溶劑使用脫水的二甲基甲醯胺 (DMF，西格瑪-奧爾德里奇公司 (Sigma-Aldrich Inc.) 製造，99.8%，目錄號碼：22705-6)，將作為支援電解質 (supporting electrolyte) 的過氯酸四正丁基銨 ($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ ，由東京化成工業株式會社製造，目錄號碼：T0836) 溶解於溶劑並使過氯酸四正丁基銨的濃度為 100mmol/L。另外，將測定對象溶解於溶劑並使其濃度為 2mmol/L。另外，作為工作電極使用鉑電極 (由 BAS 株式會社製造，PTE 鉑電極)，作為輔助電極使用鉑電極 (BAS 株式會社製造，VC-3 用 Pt 對電極 (5cm))，作為參考電極使用 Ag/Ag^+ 電極 (由 BAS 株式會社製造，RE7 非水溶劑型參考電極)。另外，測定在室溫下 (20℃ 至 25℃) 進行。將 CV 測定時的掃描速度統一為 0.1V/sec，測量出相對於參考電極的氧化電位 E_a [V] 及還原電位 E_c [V]。 E_a 為氧化-還原波之間的中間電位， E_c 為還原-氧化波之間的中間電位。在此，已知在本實施例中使用的參考電極的相對於真

空能階的勢能為 $-4.94[\text{eV}]$ ，因此利用 $\text{HOMO 能階}[\text{eV}]=-4.94-E_a$ 、 $\text{LUMO 能階}[\text{eV}]=-4.94-E_c$ 這兩個公式分別求得 HOMO 能階 及 LUMO 能階 。

[0221]

[表 3]

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	PCBBiF	α NBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.36	-5.52	-5.80	-5.69	-5.40

[0222] 如表 3 所示，在用於發光元件 1 的材料中，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階 深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階 ，主體材料的 HOMO 能階 深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階 ，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階 深於主體材料的 HOMO 能階 。另外，發光材料的 HOMO 能階 淺於主體材料的 HOMO 能階 。

[0223] 第一電洞傳輸材料的 PCBBiF 的 HOMO 能階 較淺，為 -5.36eV ，容易與 LUMO 能階 為 -4.41eV 的 HAT-CN 發生相互作用而發生電荷分離。

[0224] 在此，主體材料的 cgDBCzPA 的 HOMO 能階 為 -5.69eV ，與 PCBBiF 的 HOMO 能階 有 0.33eV 之差。另一方面，發光材料的 1, 6mMemFLPAPrn 的 HOMO 能階 為 -5.40eV ，與 PCBBiF 的 HOMO 能階 有 0.04eV 之差。發光材料與第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階 之差更小，所

以，假設為具有第一電洞傳輸層 112-1 與發光層 113 接觸的結構的發光元件的情況下，電洞容易注入發光材料。然而，如果電洞直接注入發光材料，電洞則有可能被發光材料俘獲在第一電洞傳輸層 112-1 與發光層的介面，導致發光區域的集中而促進劣化。另外，電洞不容易從第一電洞傳輸層 112-1 的電洞傳輸材料注入到發光層的主體材料，因此電洞積累在電洞傳輸材料中，電子積累在主體材料中。此時，電洞傳輸材料與主體材料之間有可能形成其能量比發光材料更低的激態錯合物，容易發生發光效率下降等的問題。

[0225] 在發光元件 1 中，在第二電洞傳輸層 112-2 中使用其 HOMO 能階比主體材料淺但比第一電洞傳輸材料深的第二電洞傳輸材料，由此，先使電洞從第一電洞傳輸層 112-1 注入第二電洞傳輸層 112-2。第二電洞傳輸材料的 α NBA1BP 的 HOMO 能階為 -5.52eV ，與第一電洞傳輸材料的 PCBBiF 之差較小，為 0.16eV 。因此，電洞順利地從第一電洞傳輸層 112-1 注入到第二電洞傳輸層 112-2。

[0226] 在此，考慮電洞從第二電洞傳輸層 112-2 注入到發光層 113 的情況。第二電洞傳輸材料與主體材料之間存在 0.17eV 左右的能障。在通常情況下，電洞順利地被注入，但是發光層 113 所包含的發光材料的 HOMO 能階為 -5.40eV ，不存在從第二電洞傳輸材料向發光材料的電洞注入能障。因此，向發光材料的電洞注入與向主體材料的電洞注入相比佔優勢。在電洞直接注入到發光材料的

情況下，如上所述，容易發生促進劣化且降低發光效率等問題。

[0227] 鑒於上述問題，在作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 1 中，在第二電洞傳輸層 112-2 與發光層 113 之間設置第三電洞傳輸層 112-3。第三電洞傳輸層 112-3 所包含的第三電洞傳輸材料的 PCPPn 的 HOMO 能階為 -5.80eV ，深於主體材料的 HOMO 能階。因此，不存在向主體材料的電洞注入能障，借助於主體材料與發光材料的混合比也使電洞優先地注入主體材料。另外，第三電洞傳輸材料與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.28eV （以一位有效數字表示為 0.3eV 以內），電洞順利地從第二電洞傳輸材料注入到第三電洞傳輸材料。

[0228] 注入到主體材料的電洞的一部分被發光材料俘獲，但是電洞可以在適當地被俘獲的同時向第二電極移動，而且，由於主體材料為具有電子傳輸性的蒽化合物，因此驅動電壓不會上升。另外，發光區域不集中，在發光層 113 中擴展，因此可以避免劣化的促進，而可以實現壽命或發光效率良好的發光元件。

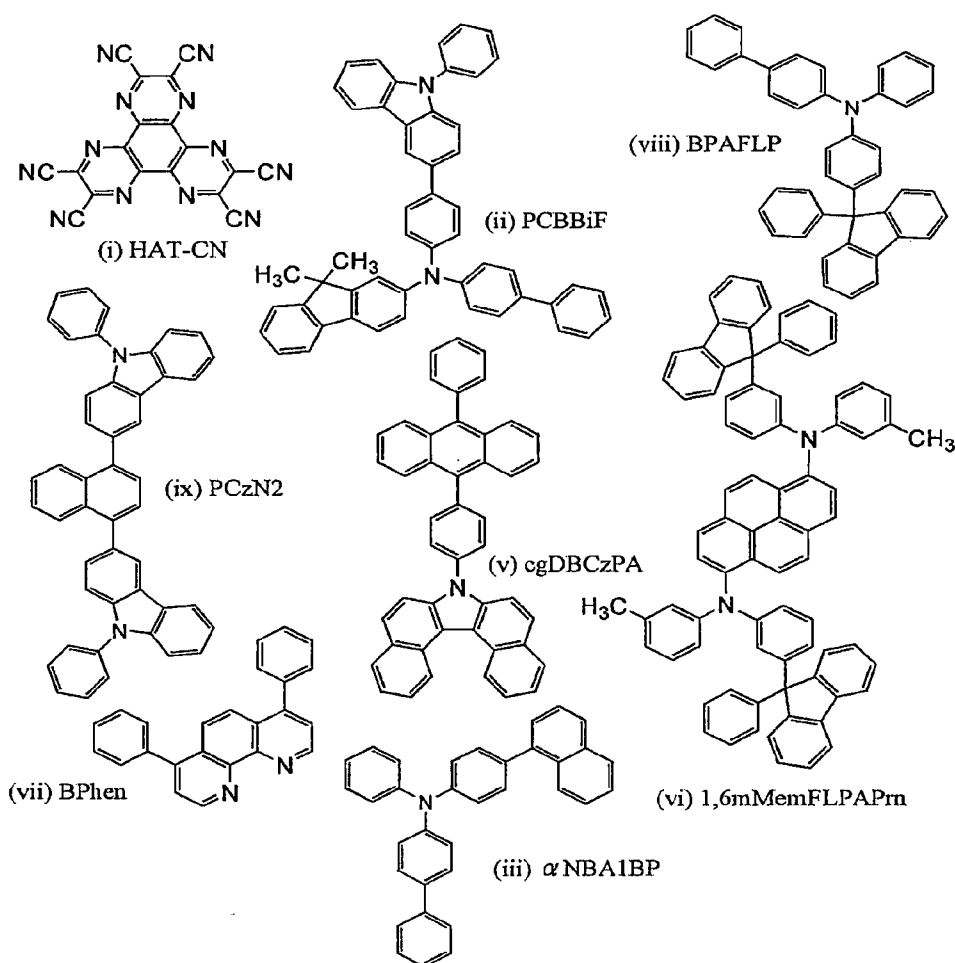
[0229] 另一方面，對比發光元件 1 沒有設置第二電洞傳輸層 112-2，因此，第一電洞傳輸層 112-1 與第三電洞傳輸層 112-3 的 HOMO 能階之差較大。由此，電洞不容易注入到發光層 113，驅動電壓會上升。由於電洞不容易被注入，因此發生電子積累在發光層 113 與電洞傳輸層的

介面或電子洩漏到電洞傳輸層等的問題。如果發生電子積累，則有可能發生發光區域的不均勻而對發光元件的壽命造成負面影響。另外，如果電子洩漏到電洞傳輸層，在電洞傳輸層中也發生載子再結合，使施體的發光概率相對地降低而導致發光效率的降低、或者使電洞傳輸材料劣化而導致壽命的下降。本發明的一個實施方式的發光元件 1 可以有效地抑制這些問題的發生，因此能夠實現非常良好的特性。

實施例 2

[0230] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的本發明的一個實施方式的發光元件 2 及發光元件 3 進行說明。以下示出用於發光元件 2 及發光元件 3 的有機化合物的結構式。

[0231]



[0232]

(發光元件 2 的製造方法)

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物 (ITSO) 膜，由此形成第一電極 101。注意，將其厚度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。

[0233] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0234] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻

30 分鐘左右。

[0235] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (i) 所表示的 2, 3, 6, 7, 10, 11-六氟-1, 4, 5, 8, 9, 12-六氮雜聯伸三苯（簡稱：HAT-CN），由此形成電洞注入層 111。

[0236] 然後，在電洞注入層 111 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍上述結構式 (ii) 所表示的 N-(1, 1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺（簡稱：PCBBiF）來形成第一電洞傳輸層 112-1，在第一電洞傳輸層 112-1 上以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (viii) 所表示的 4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯基胺（簡稱：BPAFLP）來形成第二電洞傳輸層 112-2，在第二電洞傳輸層 112-2 上以厚度為 15nm 的方式蒸鍍上述結構式 (ix) 所表示的 3, 3'-(蔡-1, 4-二基)雙(9-苯基-9H-咔唑)（簡稱：PCzN2）來形成第三電洞傳輸層 112-3。

[0237] 接著，藉由將上述結構式 (v) 所表示的 7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑（簡稱：cgDBCzPA）和上述結構式 (vi) 所表示的 N, N'-雙(3-甲基苯基)-N, N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺（簡稱：1, 6mMemFLPAPrn）共蒸鍍，以

形成發光層 113。將發光層 113 的厚度設定為 25nm，將 cgDBCzPA 與 1，6mMemFLPAPrn 的重量比調節為 1:0.03。

[0238] 然後，在發光層 113 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍 cgDBCzPA，然後以厚度為 15nm 的方式蒸鍍上述結構式 (vii) 所示的紅啡啉（簡稱：BPhen），來形成電子傳輸層 114。

[0239] 在形成電子傳輸層 114 之後，藉由以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰（LiF）來形成電子注入層 115，接著，藉由以厚度為 200nm 的方式蒸鍍鋁來形成第二電極 102，由此製造本實施例的發光元件 2。

[0240]

（發光元件 3 的製造方法）

在發光元件 3 中，將發光元件 2 的第二電洞傳輸層 112-2 中的 BPAFLP 改變為 α NBA1BP。除此之外，發光元件 3 與發光元件 2 同樣地製造。

[0241] 以下表 4 示出發光元件 2 及發光元件 3 的元件結構。

[0242]

[表 4]

	電洞 注入層	電洞傳輸層			發光層	電子傳輸層		電子 注入層
		1	2	3		10nm	15nm	
	5nm	10nm	5nm	15nm	25nm			1nm
發光元件 2	HAT-CN	PCBBiF	BPAFLP	PCzN2	cgDBCzPA： 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
發光元件 3	HAT-CN	PCBBiF	α NBA1BP	PCzN2	cgDBCzPA： 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0243] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 2 及發光元件 3 暴露於大氣的方式使用玻璃基板進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對這些發光元件的初期特性及可靠性進行測量。另外，測量在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行。

[0244] 圖 21 至圖 26 分別示出發光元件 2 及發光元件 3 的亮度-電流密度特性、電流效率-亮度特性、亮度-電壓特性、電流-電壓特性、外部量子效率-亮度特性以及發射光譜。另外，表 5 示出各發光元件的 1000cd/m² 附近的主要特性值。

[0245]

[表 5]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
發光元件 2	3.2	0.22	6	0.14	0.17	14.0	12.1
發光元件 3	3.1	0.29	7	0.14	0.17	14.1	12.2

[0246] 圖 21 至圖 26 及表 5 表示兩個發光元件都是特性良好的藍色發光元件。

[0247] 另外，圖 27 示出起始亮度為 5000cd/m² 且電流密度為恆定的條件下的相對於驅動時間的亮度變化的圖表。如圖 27 所示，本發明的一個實施方式的發光元件的

發光元件 2 及發光元件 3 伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小且壽命良好。

[0248] 以下表 6 示出本實施例的發光元件中的第一電洞傳輸材料至第三電洞傳輸材料、主體材料及發光材料的各 HOMO 能階。注意，HOMO 能階及 LUMO 能階藉由循環伏安法（CV）測定算出。計算方法與實施例 1 相同。

[0249]

[表 6]
發光元件 2

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	PCBBiF	BPAFLP	PCzN2	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.36	-5.51	-5.71	-5.69	-5.40

[0250]

[表 7]
發光元件 3

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	PCBBiF	α NBA1BP	PCzN2	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.36	-5.52	-5.71	-5.69	-5.40

[0251] 如表 6 和表 7 所示，在用於發光元件 2、發光元件 3 的材料中，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的 HOMO 能

階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於主體材料的 HOMO 能階。另外，發光材料的 HOMO 能階淺於主體材料的 HOMO 能階。

[0252] 第一電洞傳輸材料的 PCBBiF 的 HOMO 能階較淺，為 -5.36eV ，容易與 LUMO 能階為 -4.41eV 的 HAT-CN 發生相互作用而發生電荷分離。

[0253] 在此，主體材料的 cgDBCzPA 的 HOMO 能階為 -5.69eV ，與 PCBBiF 的 HOMO 能階有 0.33eV 之差。另一方面，發光材料的 1, 6mMemFLPAPrn 的 HOMO 能階為 -5.40eV ，與 PCBBiF 的 HOMO 能階有 0.04eV 之差。發光材料與第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差更小，所以，假設為具有第一電洞傳輸層 112-1 與發光層 113 接觸的結構的發光元件的情況下，電洞容易注入發光材料。然而，如果電洞直接注入發光材料，電洞則有可能被發光材料俘獲在第一電洞傳輸層 112-1 與發光層的介面，導致發光區域的集中而促進劣化。另外，電洞不容易從第一電洞傳輸層 112-1 的電洞傳輸材料注入到發光層的主體材料，因此電洞積累在電洞傳輸材料中，電子積累在主體材料中。此時，電洞傳輸材料與主體材料之間有可能形成其能量比發光材料更低的激態錯合物，容易發生發光效率下降等的問題。

[0254] 在發光元件 2 和發光元件 3 中，在第二電洞傳輸層 112-2 中使用其 HOMO 能階比主體材料淺但比第一電洞傳輸材料深的第二電洞傳輸材料，由此，先使電洞從

第一電洞傳輸層 112-1 注入第二電洞傳輸層 112-2。發光元件 2 的第二電洞傳輸材料的 BPAFLP 的 HOMO 能階為 -5.51eV ，其與第一電洞傳輸材料的 PCBBiF 的 HOMO 能階之差小，為 0.15eV 。另外，發光元件 3 的第二電洞傳輸材料的 αNBA1BP 的 HOMO 能階為 -5.52eV ，與第一電洞傳輸材料的 PCBBiF 之差較小，為 0.16eV 。因此，電洞順利地從第一電洞傳輸層 112-1 注入到第二電洞傳輸層 112-2。

[0255] 在此，考慮電洞從第二電洞傳輸層 112-2 注入到發光層 113 的情況。第二電洞傳輸材料與主體材料之間存在 0.17eV 至 0.18eV 左右的能障。在通常情況下，電洞順利地被注入，但是發光層 113 所包含的發光材料的 HOMO 能階為 -5.40eV ，在第二電洞傳輸材料與發光材料之間不存在能障。因此，向發光材料的電洞注入與向主體材料的電洞注入相比佔優勢。在電洞直接注入到發光材料的情況下，如上所述，容易發生促進劣化且降低發光效率等問題。

[0256] 鑒於上述問題，在作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 2 和發光元件 3 中，在第二電洞傳輸層 112-2 與發光層 113 之間設置第三電洞傳輸層 112-3。第三電洞傳輸層 112-3 所包含的第三電洞傳輸材料的 PCzN2 的 HOMO 能階為 -5.71eV ，大致等於（稍微深於）主體材料的 HOMO 能階。因此，不存在向主體材料的電洞注入能障，借助於主體材料與發光材料的混合比也使電洞優先地注入主體材料。另外，第三電洞傳輸材料與第二

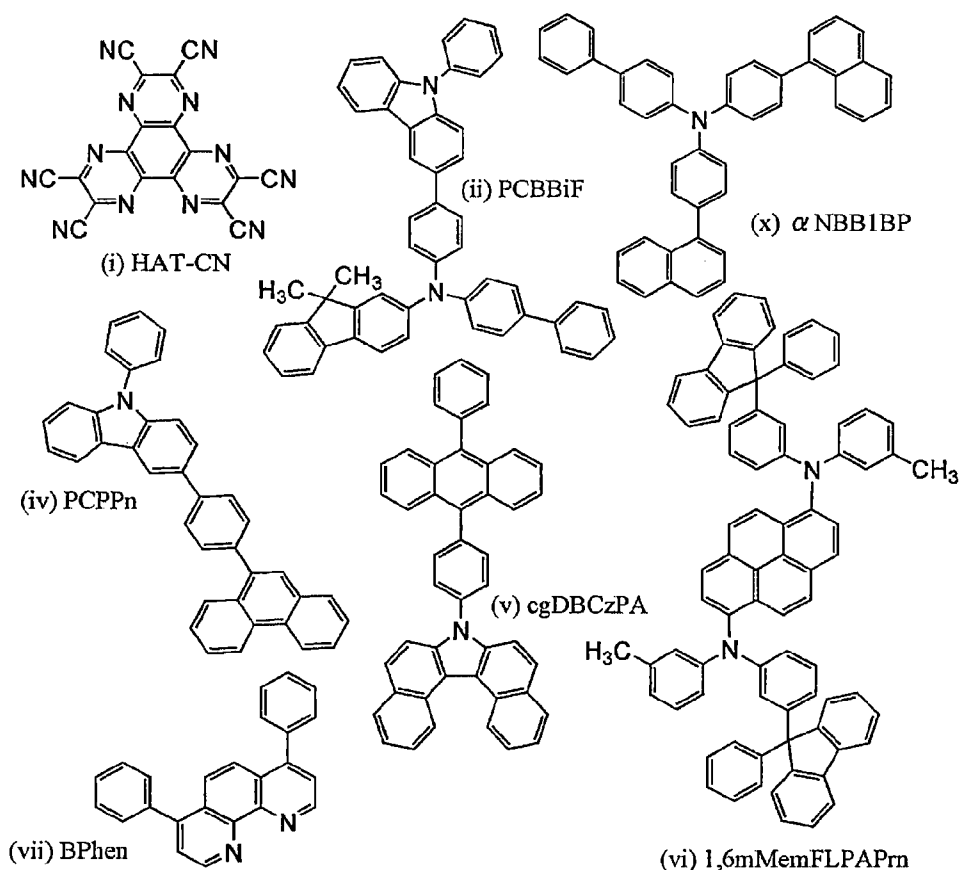
電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.20eV 、 0.19eV （以一位有效數字表示為 0.3eV 以內），電洞順利地從第二電洞傳輸材料注入到第三電洞傳輸材料。

[0257] 注入到主體材料的電洞的一部分被發光材料俘獲，但是電洞可以在適當地被俘獲的同時向第二電極移動，而且，由於主體材料為具有電子傳輸性的蔥化合物，因此驅動電壓不會上升。另外，發光區域不集中，在發光層 113 中擴展，因此可以避免劣化的促進，而可以實現壽命或發光效率良好的發光元件。

實施例 3

[0258] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的本發明的一個實施方式的發光元件 4 進行說明。以下示出用於發光元件 4 的有機化合物的結構式。

[0259]



[0260]

(發光元件 4 的製造方法)

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物 (ITO) 膜，由此形成第一電極 101。注意，將其厚度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。

[0261] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0262] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0263] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (i) 所表示的 2, 3, 6, 7, 10, 11-六氫-1, 4, 5, 8, 9, 12-六氮雜聯伸三苯（簡稱：HAT-CN），由此形成電洞注入層 111。

[0264] 然後，在電洞注入層 111 上以厚度為 20nm 的方式蒸鍍上述結構式 (ii) 所表示的 N-(1, 1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-呋-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺（簡稱：PCBBiF）來形成第一電洞傳輸層 112-1，在第一電洞傳輸層 112-1 上以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (x) 所表示的 4, 4'-二-(1-萘基)-4', '-苯基三苯基胺（簡稱： α NBB1BP）來形成第二電洞傳輸層 112-2，在第二電洞傳輸層 112-2 上以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (iv) 所表示的 3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-呋（簡稱：PCPPn）來形成第三電洞傳輸層 112-3。

[0265] 接著，藉由將上述結構式 (v) 所表示的 7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]呋（簡稱：cgDBCzPA）和上述結構式 (vi) 所表示的 N, N'-雙(3-甲基苯基)-N, N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺（簡稱：1, 6mMemFLPAPrn）共蒸鍍，以形成發光層 113。將發光層 113 的厚度設定為 25nm，將

cgDBCzPA 與 1，6mMemFLPAPrn 的重量比調節為 1:0.03。

[0266] 然後，在發光層 113 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍 cgDBCzPA，然後以厚度為 15nm 的方式蒸鍍上述結構式 (vii) 所示的紅啡啉（簡稱：BPhen），來形成電子傳輸層 114。

[0267] 在形成電子傳輸層 114 之後，藉由以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰（LiF）來形成電子注入層 115，接著，藉由以厚度為 200nm 的方式蒸鍍鋁來形成第二電極 102，由此製造本實施例的發光元件 4。

[0268] 以下表 8 示出發光元件 4 的元件結構。

[0269]

[表 8]

電洞 注入層	電洞傳輸層			發光層	電子傳輸層		電子 注入層
	1	2	3				
5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
HAT-CN	PCBBi F	αNBB1B P	PCPPn	cgDBCzPA： 1,6mMemFLPAPr n (1:0.03)	cgDBCzP A	BPhen	LiF

[0270] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 4 暴露於大氣的方式使用玻璃基板進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對這些發光元件的初期特性及可靠性進行測量。另外，測量在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行。

[0271] 圖 28 至圖 33 分別示出發光元件 4 的亮度-電流密度特性、電流效率-亮度特性、亮度-電壓特性、電流-電壓特性、外部量子效率-亮度特性以及發射光譜。另外，表 9 示出發光元件的 1000cd/m² 附近的主要特性值。

[0272]

[表 9]

電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
3.0	0.18	5	0.14	0.17	12.4	11.0

[0273] 圖 28 至圖 33 及表 9 表示發光元件 4 為特性良好的藍色發光元件。

[0274] 另外，圖 34 示出起始亮度為 5000cd/m² 且電流密度為恆定的條件下的相對於驅動時間的亮度變化的圖表。如圖 34 所示，作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 4 伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小且壽命良好。

[0275] 以下表 10 示出本實施例的發光元件中的第一電洞傳輸材料至第三電洞傳輸材料、主體材料及發光材料的各 HOMO 能階。注意，HOMO 能階及 LUMO 能階藉由循環伏安法（CV）測定算出。計算方法與實施例 1 相同。

[0276]

[表 10]

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	PCBBiF	α NBB1BP	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.36	-5.50	-5.80	-5.69	-5.40

[0277] 如表 10 所示，在用於發光元件 4 的材料中，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的 HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於主體材料的 HOMO 能階。另外，發光材料的 HOMO 能階淺於主體材料的 HOMO 能階。

[0278] 第一電洞傳輸材料的 PCBBiF 的 HOMO 能階較淺，為 -5.36eV，容易與 LUMO 能階為 -4.41eV 的 HAT-CN 發生相互作用而發生電荷分離。

[0279] 在此，主體材料的 cgDBCzPA 的 HOMO 能階為 -5.69eV，與 PCBBiF 的 HOMO 能階有 0.33eV 之差。另一方面，發光材料的 1, 6mMemFLPAPrn 的 HOMO 能階為 -5.40eV，與 PCBBiF 的 HOMO 能階有 0.04eV 之差。發光材料與第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差更小，所以，假設為具有第一電洞傳輸層 112-1 與發光層 113 接觸的結構的發光元件的情況下，電洞容易注入發光材料。然而，如果電洞直接注入發光材料，電洞則有可能被發光材料俘獲在第一電洞傳輸層 112-1 與發光層的介面，導致發光區域的集中而促進劣化。另外，電洞不容易從第一電洞

傳輸層 112-1 的電洞傳輸材料注入到發光層的主體材料，因此電洞積累在電洞傳輸材料中，電子積累在主體材料中。此時，電洞傳輸材料與主體材料之間有可能形成其能量比發光材料更低的激態錯合物，容易發生發光效率下降等的問題。

[0280] 在發光元件 4 中，第二電洞傳輸層 112-2 使用其 HOMO 能階比主體材料淺但比第一電洞傳輸材料深的第二電洞傳輸材料形成，由此，先使電洞從第一電洞傳輸層 112-1 注入第二電洞傳輸層 112-2。第二電洞傳輸材料的 α NBB1BP 的 HOMO 能階為 -5.50eV ，與第一電洞傳輸材料的 PCBBiF 之差較小，為 0.14eV 。因此，電洞順利地從第一電洞傳輸層 112-1 注入到第二電洞傳輸層 112-2。

[0281] 在此，考慮電洞從第二電洞傳輸層 112-2 注入到發光層 113 的情況。第二電洞傳輸材料與主體材料之間存在 0.19eV 左右的能障。在通常情況下，電洞順利地被注入，但是發光層 113 所包含的發光材料的 HOMO 能階為 -5.40eV ，不存在從第二電洞傳輸材料向發光材料的電洞注入能障。因此，向發光材料的電洞注入與向主體材料的電洞注入相比佔優勢。在電洞直接注入到發光材料的情況下，如上所述，容易發生促進劣化且降低發光效率等問題。

[0282] 鑒於上述問題，在作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 4 中，在第二電洞傳輸層 112-2 與發光層 113 之間設置第三電洞傳輸層 112-3。第三電洞

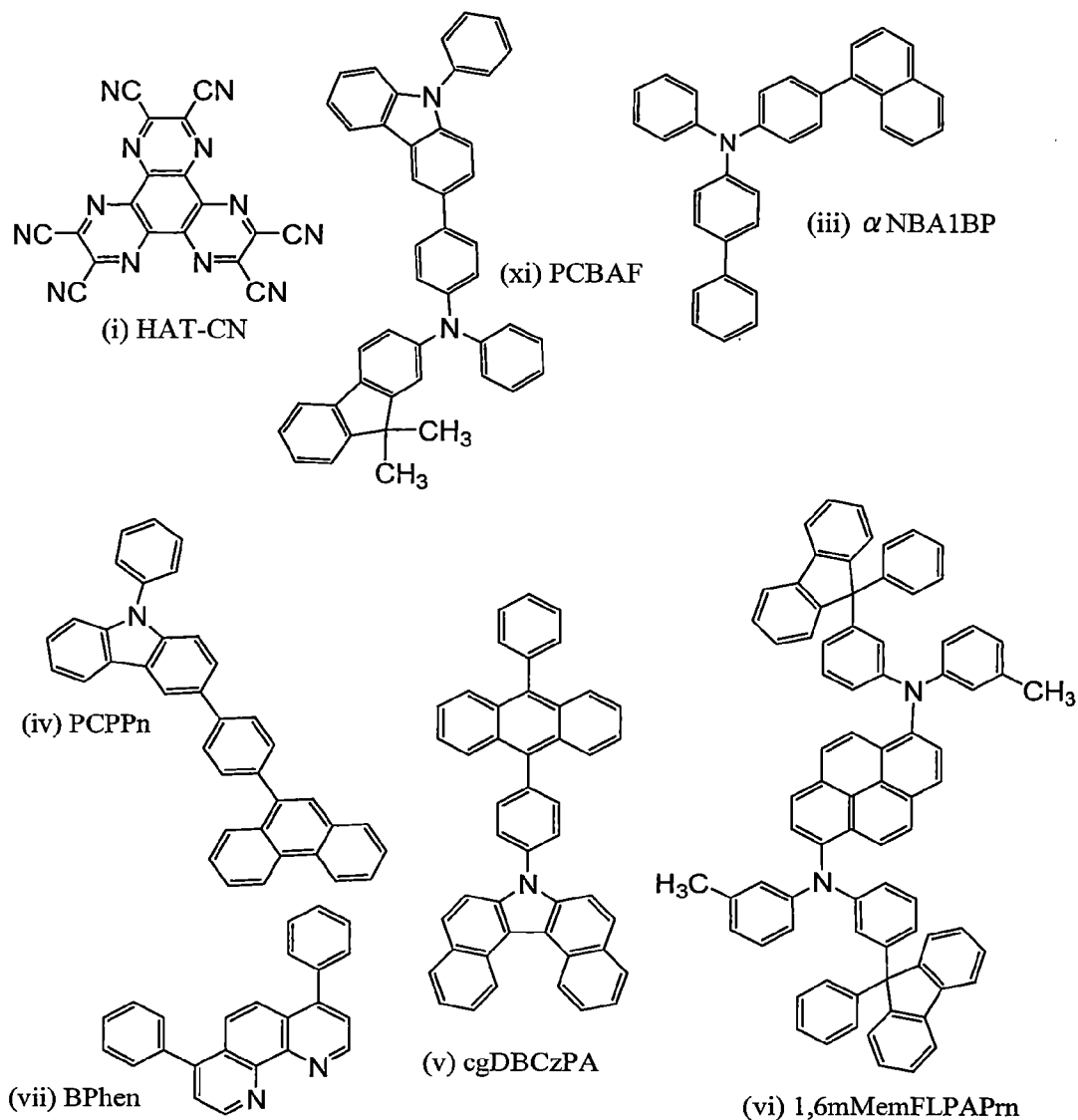
傳輸層 112-3 所包含的第三電洞傳輸材料的 PCPPn 的 HOMO 能階為 -5.80eV ，深於主體材料的 HOMO 能階。因此，不存在向主體材料的電洞注入能障，借助於主體材料與發光材料的混合比也使電洞優先地注入主體材料。另外，第三電洞傳輸材料與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.30eV （以一位有效數字表示為 0.3eV 以內），電洞順利地從第二電洞傳輸材料注入到第三電洞傳輸材料。

[0283] 注入到主體材料的電洞的一部分被發光材料俘獲，但是電洞可以在適當地被俘獲的同時向第二電極移動，而且，由於主體材料為具有電子傳輸性的蒽化合物，因此驅動電壓不會上升。另外，發光區域不集中，在發光層 113 中擴展，因此可以避免劣化的促進，而可以實現壽命或發光效率良好的發光元件。

實施例 4

[0284] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的本發明的一個實施方式的發光元件 5 進行說明。以下示出用於發光元件 5 的有機化合物的結構式。

[0285]



[0286]

(發光元件 5 的製造方法)

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物 (ITO) 膜，由此形成第一電極 101。注意，將其厚度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。

[0287] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0288] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170°C 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0289] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (i) 所表示的 2, 3, 6, 7, 10, 11-六氟-1, 4, 5, 8, 9, 12-六氮雜聯伸三苯（簡稱：HAT-CN），由此形成電洞注入層 111。

[0290] 然後，在電洞注入層 111 上以厚度為 20nm 的方式蒸鍍上述結構式 (xi) 所表示的 9, 9-二甲基-N-苯基-N-[4-（9-苯基-9H-吡啶-3-基）苯基]-萘-2-胺（簡稱：PCBAF）來形成第一電洞傳輸層 112-1，在第一電洞傳輸層 112-1 上以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (iii) 所表示的 4-（1-萘基）-4'-苯基三苯基胺（簡稱： α NBA1BP）來形成第二電洞傳輸層 112-2，在第二電洞傳輸層 112-2 上以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (iv) 3-[4-（9-菲基）-苯基]-9-苯基-9H-吡啶（簡稱：PCPPn）來形成第三電洞傳輸層 112-3。

[0291] 接著，藉由將上述結構式 (v) 所表示的 7-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-7H-二苯并[c,g]吡啶（簡稱：cgDBCzPA）和上述結構式 (vi) 所表示的 N, N'-雙

(3-甲基苯基)-N,N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(簡稱:1,6mMemFLPAPrn)共蒸鍍,以形成發光層113。將發光層113的厚度設定為25nm,將cgDBCzPA與1,6mMemFLPAPrn的重量比調節為1:0.03。

[0292] 然後,在發光層113上以厚度為10nm的方式蒸鍍cgDBCzPA,然後以厚度為15nm的方式蒸鍍上述結構式(vii)所示的紅啡啉(簡稱:BPhen),來形成電子傳輸層114。

[0293] 在形成電子傳輸層114之後,藉由以厚度為1nm的方式蒸鍍氟化鋰(LiF)來形成電子注入層115,接著,藉由以厚度為200nm的方式蒸鍍鋁來形成第二電極102,由此製造本實施例的發光元件5。

[0294] 以下表11示出發光元件5的元件結構。

[0295]

[表 11]

電洞 注入層	電洞傳輸層			發光層	電子傳輸層		電子 注入層
	1	2	3				
5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
HAT-CN	PCBAF	αNBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0296] 在氮氛圍的手套箱中,以不使發光元件5暴露於大氣的方式使用玻璃基板進行密封處理(將密封材料塗佈在元件的周圍,在密封時進行UV處理並在80℃的溫

度下進行 1 小時的熱處理），然後對這些發光元件的初期特性及可靠性進行測量。另外，測量在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行。

[0297] 圖 35 至圖 40 分別示出發光元件 5 的亮度-電流密度特性、電流效率-亮度特性、亮度-電壓特性、電流-電壓特性、外部量子效率-亮度特性以及發射光譜。另外，表 12 示出發光元件的 1000cd/m² 附近的主要特性值。

[0298]

[表 12]

電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
3.0	0.26	6	0.14	0.16	12.8	11.6

[0299] 圖 35 至圖 40 及表 12 表示發光元件 5 為特性良好的藍色發光元件。

[0300] 另外，圖 41 示出起始亮度為 5000cd/m² 且電流密度為恆定的條件下的相對於驅動時間的亮度變化的圖表。如圖 41 所示，作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 5 伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小且壽命良好。

[0301] 以下表 13 示出本實施例的發光元件中的第一電洞傳輸材料至第三電洞傳輸材料、主體材料及發光材料的各 HOMO 能階。注意，HOMO 能階及 LUMO 能階藉由循環伏安法（CV）測定算出。計算方法與實施例 1 相

同。

[0302]

[表 13]

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	PCBAF	α NBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.38	-5.52	-5.80	-5.69	-5.40

[0303] 如表 13 所示，在用於發光元件 5 的材料中，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的 HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於主體材料的 HOMO 能階。另外，發光材料的 HOMO 能階淺於主體材料的 HOMO 能階。

[0304] 第一電洞傳輸材料的 PCBAF 的 HOMO 能階較淺，為 -5.38eV，容易與 LUMO 能階為 -4.41eV 的 HAT-CN 發生相互作用而發生電荷分離。

[0305] 在此，主體材料的 cgDBCzPA 的 HOMO 能階為 -5.69eV，與 PCBAF 的 HOMO 能階有 0.31eV 之差。另一方面，發光材料的 1, 6mMemFLPAPrn 的 HOMO 能階為 -5.40eV，與 PCBAF 的 HOMO 能階有 0.02eV 之差。發光材料與第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差更小，所以，假設為具有第一電洞傳輸層 112-1 與發光層 113 接觸的結構的發光元件的情況下，電洞容易注入發光材料。然

而，如果電洞直接注入發光材料，電洞則有可能被發光材料俘獲在第一電洞傳輸層 112-1 與發光層的介面，導致發光區域的集中而促進劣化。另外，電洞不容易從第一電洞傳輸層 112-1 的電洞傳輸材料注入到發光層的主體材料，因此電洞積累在電洞傳輸材料中，電子積累在主體材料中。此時，電洞傳輸材料與主體材料之間有可能形成其能量比發光材料更低的激態錯合物，容易發生發光效率下降等的問題。

[0306] 在發光元件 5 中，第二電洞傳輸層 112-2 使用其 HOMO 能階比主體材料淺但比第一電洞傳輸材料深的第二電洞傳輸材料形成，由此，先使電洞從第一電洞傳輸層 112-1 注入第二電洞傳輸層 112-2。另外，第二電洞傳輸材料的 α NBA1BP 的 HOMO 能階為 -5.52eV ，與第一電洞傳輸材料的 PCBAF 之差較小，為 0.14eV 。因此，電洞順利地從第一電洞傳輸層 112-1 注入到第二電洞傳輸層 112-2。

[0307] 在此，考慮電洞從第二電洞傳輸層 112-2 注入到發光層 113 的情況。第二電洞傳輸材料的 α NBA1BP 與主體材料之間存在 0.17eV 左右的能障。在通常情況下，電洞順利地被注入，但是發光層 113 所包含的發光材料的 HOMO 能階為 -5.40eV ，不存在從第二電洞傳輸材料向發光材料的電洞注入能障。因此，向發光材料的電洞注入與向主體材料的電洞注入相比佔優勢。在電洞直接注入到發光材料的情況下，如上所述，容易發生促進劣化且降

低發光效率等問題。

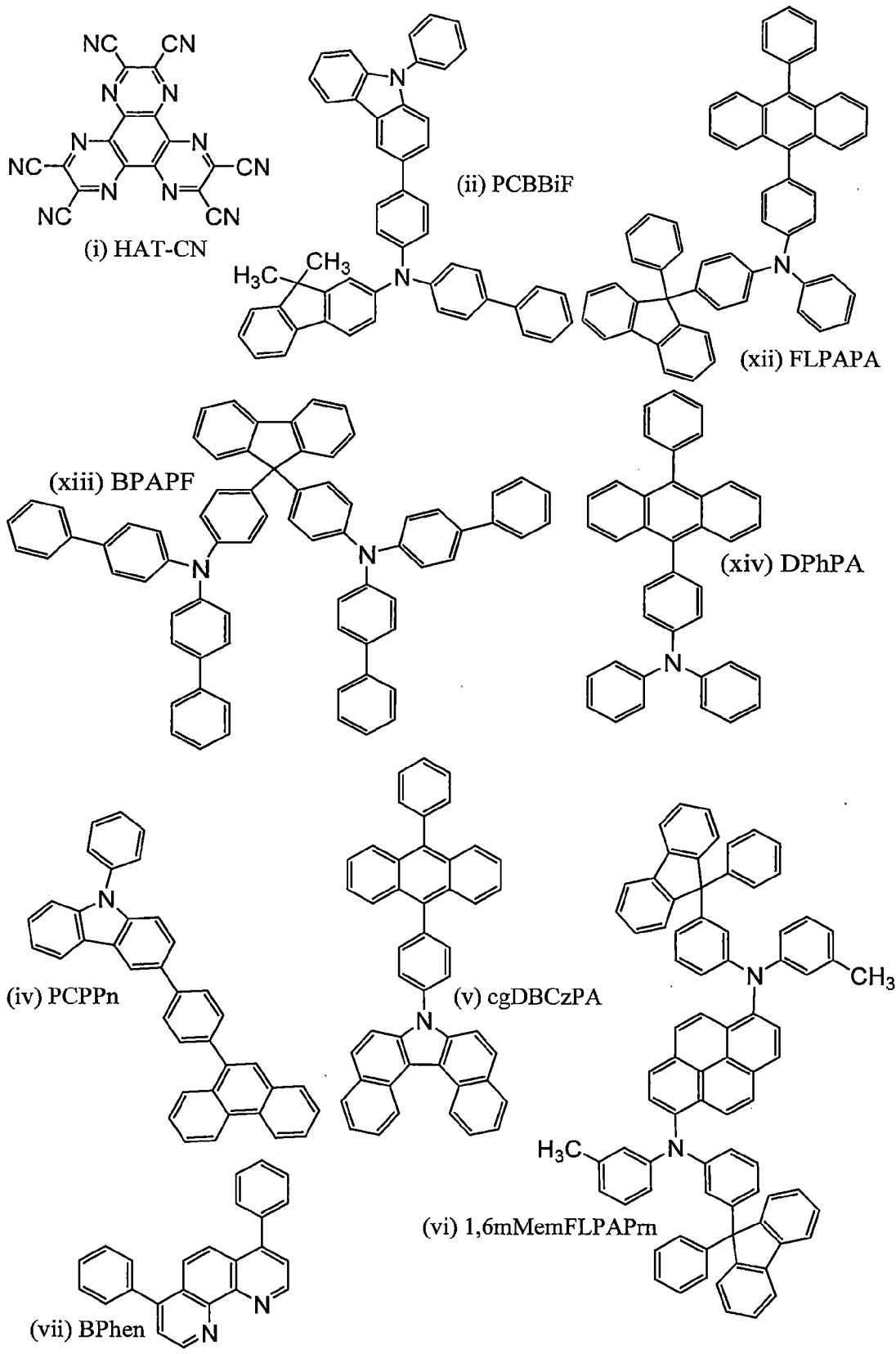
[0308] 鑒於上述問題，在作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 5 中，在第二電洞傳輸層 112-2 與發光層 113 之間設置第三電洞傳輸層 112-3。第三電洞傳輸層 112-3 所包含的第三電洞傳輸材料的 PCPPn 的 HOMO 能階為 -5.80eV ，深於主體材料的 HOMO 能階。因此，不存在向主體材料的電洞注入能障，借助於主體材料與發光材料的混合比也使電洞優先地注入主體材料。另外，第三電洞傳輸材料與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.27eV （以一位有效數字表示為 0.3eV 以內），電洞順利地從第二電洞傳輸材料注入到第三電洞傳輸材料。

[0309] 注入到主體材料的電洞的一部分被發光材料俘獲，但是電洞可以在適當地被俘獲的同時向第二電極移動，而且，由於主體材料為具有電子傳輸性的蔥化合物，因此驅動電壓不會上升。另外，發光區域不集中，在發光層 113 中擴展，因此可以避免劣化的促進，而可以實現壽命或發光效率良好的發光元件。

實施例 5

[0310] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的本發明的一個實施方式的發光元件 6、發光元件 7 及發光元件 8 進行說明。以下示出用於發光元件 6 至發光元件 8 的有機化合物的結構式。

[0311]



[0312]

（發光元件 6 的製造方法）

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物（ITSO）膜，由此形成第一電極 101。注意，將其厚度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。

[0313] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0314] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0315] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式（i）所表示的 2, 3, 6, 7, 10, 11-六氟-1, 4, 5, 8, 9, 12-六氮雜聯伸三苯（簡稱：HAT-CN），由此形成電洞注入層 111。

[0316] 然後，在電洞注入層 111 上以厚度為 20nm 的方式蒸鍍上述結構式（ii）所表示的 N-（1, 1'-聯苯-4-基）-9,9-二甲基-N-[4-（9-苯基-9H-吡啶-3-基）苯基]-9H-芴-2-胺（簡稱：PCBBiF）來形成第一電洞傳輸層 112-1，在第一電洞傳輸層 112-1 上以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述

結構式 (xii) 所表示的 4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-芴-9-基)三苯基胺(簡稱:FLPAPA)來形成第二電洞傳輸層 112-2,在第二電洞傳輸層 112-2 上以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (iv) 所表示的 3-[4-(9-菲基)-苯基]-9-苯基-9H-咔唑(簡稱:PCPPn)來形成第三電洞傳輸層 112-3。

[0317] 接著,藉由將上述結構式 (v) 所表示的 7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(簡稱:cgDBCzPA)和上述結構式 (vi) 所表示的 N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(簡稱:1,6mMemFLPAPrn)共蒸鍍,以形成發光層 113。將發光層 113 的厚度設定為 25nm,將 cgDBCzPA 與 1,6mMemFLPAPrn 的重量比調節為 1:0.03。

[0318] 然後,在發光層 113 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍 cgDBCzPA,然後以厚度為 15nm 的方式蒸鍍上述結構式 (vii) 所示的紅啡啉(簡稱:BPhen),來形成電子傳輸層 114。

[0319] 在形成電子傳輸層 114 之後,藉由以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰(LiF)來形成電子注入層 115,接著,藉由以厚度為 200nm 的方式蒸鍍鋁來形成第二電極 102,由此製造本實施例的發光元件 6。

[0320]

(發光元件 7 的製造方法)

在發光元件 7 中，作為第二電洞傳輸層 112-2 的材料使用上述結構式（ xiii ）所表示的 9，9-雙[4-（ N， N-雙-聯苯-4-基-胺基）苯基]-9H-芴（簡稱：BPAPF），除此之外，發光元件 7 和發光元件 6 同樣地形成。

[0321]

（發光元件 8 的製造方法）

在發光元件 8 中，作為第二電洞傳輸層 112-2 的材料使用上述結構式（ xiv ）所表示的 4-（ 10-苯基-9-蒽基）三苯基胺（簡稱：DPhPA），除此之外，發光元件 8 和發光元件 6 同樣地形成。

[0322] 以下表 14 示出發光元件 6、發光元件 7 及發光元件 8 的元件結構。

[0323]

[表 14]

	電洞 注入層	電洞傳輸層			發光層	電子傳輸層		電子 注入層
		1	2	3				
	5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
發光元件 6	HAT-CN	PCBBiF	FLPAPA	PCPPn	cgDBCzPA： 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
發光元件 7			BPAPF					
發光元件 8			DPhPA					

[0324] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 6 至發光元件 8 暴露於大氣的方式使用玻璃基板進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對這些發光元件的初期特性及可靠性進行測量。另外，測量在室

溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行。

[0325] 圖 42 至圖 47 分別示出發光元件 6 至發光元件 8 的亮度-電流密度特性、電流效率-亮度特性、亮度-電壓特性、電流-電壓特性、外部量子效率-亮度特性以及發射光譜。另外，表 15 示出各發光元件的 1000cd/m² 附近的主要特性值。

[0326]

[表 15]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
發光元件 6	3.2	0.32	8	0.14	0.18	13.0	10.8
發光元件 7	3.1	0.30	8	0.14	0.18	12.7	10.6
發光元件 8	3.1	0.25	6	0.14	0.17	12.7	11.0

[0327] 圖 42 至圖 47 及表 15 表示發光元件 6 至發光元件 8 都是特性良好的藍色發光元件。

[0328] 另外，圖 48 示出起始亮度為 5000cd/m² 且電流密度為恆定的條件下的相對於驅動時間的亮度變化的圖表。如圖 48 所示，作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 6 至發光元件 8 伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小且壽命良好。

[0329] 以下表 16 示出本實施例的發光元件中的第一電洞傳輸材料至第三電洞傳輸材料、主體材料及發光材料的各 HOMO 能階。注意，HOMO 能階及 LUMO 能階藉由

循環伏安法（CV）測定算出。計算方法與實施例 1 相同。

[0330]

[表 16]

發光元件 6

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	PCBBiF	FLPAPA	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.36	-5.54	-5.80	-5.69	-5.40

[0331]

[表 17]

發光元件 7

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	PCBBiF	BPAPF	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.36	-5.50	-5.80	-5.69	-5.40

[0332]

[表 18]

發光元件 8

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	PCBBiF	DPhPA	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.36	-5.53	-5.80	-5.69	-5.40

[0333] 如表 16 至表 18 所示，在用於發光元件 6 至

發光元件 8 的材料中，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的 HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於主體材料的 HOMO 能階。另外，發光材料的 HOMO 能階淺於主體材料的 HOMO 能階。

[0334] 第一電洞傳輸材料的 PCBBiF 的 HOMO 能階較淺，為 -5.36eV ，容易與 LUMO 能階為 -4.41eV 的 HAT-CN 發生相互作用而發生電荷分離。

[0335] 在此，主體材料的 cgDBCzPA 的 HOMO 能階為 -5.69eV ，與 PCBBiF 的 HOMO 能階有 0.33eV 之差。另一方面，發光材料的 1,6mMemFLPAPrn 的 HOMO 能階為 -5.40eV ，與 PCBBiF 的 HOMO 能階有 0.04eV 之差。發光材料與第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差更小，所以，假設為具有第一電洞傳輸層 112-1 與發光層 113 接觸的結構的發光元件的情況下，電洞容易注入發光材料。然而，如果電洞直接注入發光材料，電洞則有可能被發光材料俘獲在第一電洞傳輸層 112-1 與發光層的介面，導致發光區域的集中而促進劣化。另外，電洞不容易從第一電洞傳輸層 112-1 的電洞傳輸材料注入到發光層的主體材料，因此電洞積累在電洞傳輸材料中，電子積累在主體材料中。此時，電洞傳輸材料與主體材料之間有可能形成其能量比發光材料更低的激態錯合物，容易發生發光效率下降等的問題。

[0336] 在發光元件 6 至發光元件 8 中，第二電洞傳輸層 112-2 使用其 HOMO 能階比主體材料淺但比第一電洞傳輸材料深的第二電洞傳輸材料形成，由此，先使電洞從第一電洞傳輸層 112-1 注入第二電洞傳輸層 112-2。第二電洞傳輸材料的 FLPAPA（發光元件 6）、BPAPF（發光元件 7）及 DPhPA（發光元件 8）的 HOMO 能階分別為 -5.54eV 、 -5.50eV 及 -5.53eV ，其與第一電洞傳輸材料的 PCBBiF 的 HOMO 能階之差小，分別為 0.18eV 、 0.14eV 及 0.17eV 。因此，電洞順利地從第一電洞傳輸層 112-1 注入到第二電洞傳輸層 112-2。

[0337] 在此，考慮電洞從第二電洞傳輸層 112-2 注入到發光層 113 的情況。第二電洞傳輸材料與主體材料之間在發光元件 6 至發光元件 8 中分別存在 0.15eV 、 0.19eV 及 0.16eV 左右的能障。在通常情況下，電洞順利地被注入，但是發光層 113 所包含的發光材料的 HOMO 能階為 -5.40eV ，不存在從第二電洞傳輸材料向主體材料的電洞注入能障。因此，向發光材料的電洞注入與向主體材料的電洞注入相比佔優勢。在電洞直接注入到發光材料的情況下，如上所述，容易發生促進劣化且降低發光效率等問題。

[0338] 鑒於上述問題，在作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 6 至發光元件 8 中，在第二電洞傳輸層 112-2 與發光層 113 之間設置第三電洞傳輸層 112-3。第三電洞傳輸層 112-3 所包含的第三電洞傳輸材料的

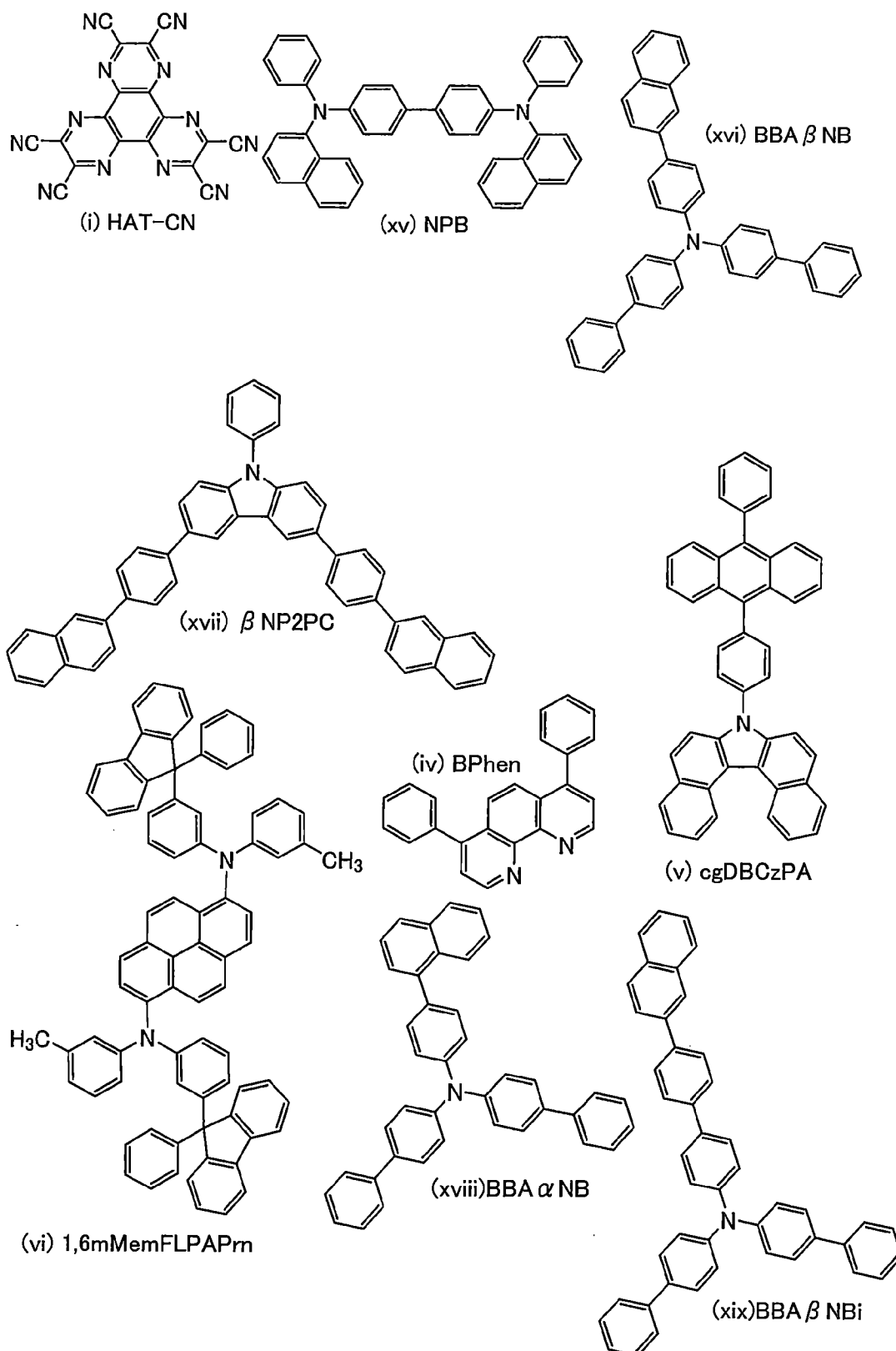
PCPPn 的 HOMO 能階為 -5.80eV ，深於主體材料的 HOMO 能階。因此，不存在向主體材料的電洞注入能障，借助於主體材料與發光材料的混合比也使電洞優先地注入主體材料。另外，第三電洞傳輸材料與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.26eV 至 0.30eV （以一位有效數字表示為 0.3eV 以內），電洞順利地從第二電洞傳輸材料注入到第三電洞傳輸材料。

[0339] 注入到主體材料的電洞的一部分被發光材料俘獲，但是電洞可以在適當地被俘獲的同時向第二電極移動，而且，由於主體材料為具有電子傳輸性的蒽化合物，因此驅動電壓不會上升。另外，發光區域不集中，在發光層 113 中擴展，因此可以避免劣化的促進，而可以實現壽命或發光效率良好的發光元件 6 至發光元件 8。

實施例 6

[0340] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的本發明的一個實施方式的發光元件 9、發光元件 10 及發光元件 11 進行說明。以下示出用於發光元件 9 至發光元件 11 的有機化合物的結構式。

[0341]



[0342]

(發光元件 9 的製造方法)

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的鈣

錫氧化物 (ITSO) 膜，由此形成第一電極 101。注意，將其厚度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。

[0343] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0344] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0345] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (i) 所表示的 2, 3, 6, 7, 10, 11-六氫-1, 4, 5, 8, 9, 12-六氮雜聯伸三苯 (簡稱: HAT-CN)，由此形成電洞注入層 111。

[0346] 然後，在電洞注入層 111 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍上述結構式 (xv) 所表示的 4, 4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯 (簡稱: NPB) 來形成第一電洞傳輸層 112-1，在第一電洞傳輸層 112-1 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍上述結構式 (xvi) 所表示的 4-(2-萘基)-4', 4''-二苯基三苯基胺 (簡稱: BBAβNB) 來形成第二電洞傳輸層 112-2，在第二電洞傳輸層 112-2 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍上述結構式 (xvii) 所表示的 3, 6-雙[4-

(2-萘基)苯基]-9-苯基-9H-咔唑(簡稱: β NP2PC)來形成第三電洞傳輸層 112-3。

[0347] 接著,藉由將上述結構式(v)所表示的 7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑(簡稱: cgDBCzPA)和上述結構式(vi)所表示的 N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺(簡稱: 1,6mMemFLPAPrn)共蒸鍍,以形成發光層 113。將發光層 113 的厚度設定為 25nm,將 cgDBCzPA 與 1,6mMemFLPAPrn 的重量比調節為 1:0.03。

[0348] 然後,在發光層 113 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍 cgDBCzPA,然後以厚度為 15nm 的方式蒸鍍上述結構式(vii)所示的紅啡啉(簡稱: BPhen),來形成電子傳輸層 114。

[0349] 在形成電子傳輸層 114 之後,藉由以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰(LiF)來形成電子注入層 115,接著,藉由以厚度為 200nm 的方式蒸鍍鋁來形成第二電極 102,由此製造本實施例的發光元件 9。

[0350]

(發光元件 10 的製造方法)

在發光元件 10 中,作為發光元件 9 的第二電洞傳輸層 112-2 的材料使用上述結構式(xviii)所表示的 4-(1-萘基)-4',4''-二苯基三苯基胺(簡稱: BBA α NB)代替 BBA β NB,除此之外,發光元件 10 和發光元件 9 同樣

地形成。

[0351]

(發光元件 11 的製造方法)

在發光元件 11 中，作為發光元件 9 的第二電洞傳輸層 112-2 的材料使用上述結構式 (xix) 所表示的 4-[4-(2-萘基) 苯基]-4' , 4'' -二苯基三苯基胺 (簡稱 : BBAβNBi) 代替 BBAβNB , 除此之外，發光元件 11 和發光元件 9 同樣地形成。

[0352] 以下表 19 示出發光元件 9 至發光元件 11 的元件結構。

[0353]

[表 19]

	電洞 注入層	電洞傳輸層			發光層	電子傳輸層		電子 注入層
		1	2	3				
	5nm	10nm	10nm	10nm	25nm	10nm	15nm	1nm
發光元件 9	HAT-CN	NPB	BBAβNB	βNP2PC	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
發光元件 10			BBAαNB					
發光元件 11			BBAβNBi					

[0354] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 9 至發光元件 11 暴露於大氣的方式使用玻璃基板進行密封處理 (將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理)，然後對這些發光元件的初期特性及可靠性進行測量。另外，測量在室溫 (保持為 25℃ 的氛圍) 下進行。

[0355] 圖 49 至圖 54 分別示出發光元件 9 至發光元件 11 的亮度-電流密度特性、電流效率-亮度特性、亮度-電壓特性、電流-電壓特性、外部量子效率-亮度特性以及發射光譜。另外，表 20 示出各發光元件的 1000cd/m² 附近的主要特性值。

[0356]

[表 20]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
發光元件 9	3.1	0.34	8.5	0.14	0.19	14.2	11.2
發光元件 10	3.1	0.34	8.6	0.14	0.17	13.8	11.5
發光元件 11	3.1	0.26	6.5	0.14	0.17	13.7	11.2

[0357] 圖 49 至圖 54 及表 20 表示發光元件 9 至發光元件 11 都是特性良好的藍色發光元件。

[0358] 另外，圖 55 示出電流值為 2mA 且電流密度為恆定的條件下的相對於驅動時間的亮度變化的圖表。如圖 55 所示，作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 9 至發光元件 11 伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小且壽命良好。

[0359] 以下表 21 示出本實施例的發光元件中的第一電洞傳輸材料至第三電洞傳輸材料、主體材料及發光材料的各 HOMO 能階。注意，HOMO 能階及 LUMO 能階藉由循環伏安法（CV）測定算出。計算方法與實施例 1 相

同。

[0360]

[表 21]

發光元件 9

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	NPB	BBAβNB	βNP2PC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.38	-5.47	-5.79	-5.69	-5.40

[0361]

[表 22]

發光元件 10

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	NPB	BBAαNB	βNP2PC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.38	-5.49	-5.79	-5.69	-5.40

[0362]

[表 23]

發光元件 11

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	NPB	BBAβNBi	βNP2PC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能 階 (eV)	-5.38	-5.47	-5.79	-5.69	-5.40

[0363] 如表 21 至表 23 所示，在用於發光元件 9 至發光元件 11 的材料中，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的

HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於主體材料的 HOMO 能階。另外，發光材料的 HOMO 能階淺於主體材料的 HOMO 能階。

[0364] 第一電洞傳輸材料的 NPB 的 HOMO 能階較淺，為 -5.38eV ，容易與 LUMO 能階為 -4.41eV 的 HAT-CN 發生相互作用而發生電荷分離。

[0365] 在此，主體材料的 cgDBCzPA 的 HOMO 能階為 -5.69eV ，與 NPB 的 HOMO 能階有 0.31eV 之差。另一方面，發光材料的 1, 6mMemFLPAPrn 的 HOMO 能階為 -5.40eV ，與 NPB 的 HOMO 能階有 0.02eV 之差。發光材料與第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差更小，所以，假設為具有第一電洞傳輸層 112-1 與發光層 113 接觸的結構的發光元件的情況下，電洞容易注入發光材料。然而，如果電洞直接注入發光材料，電洞則有可能被發光材料俘獲在第一電洞傳輸層 112-1 與發光層的介面，導致發光區域的集中而促進劣化。另外，電洞不容易從第一電洞傳輸層 112-1 的電洞傳輸材料注入到發光層的主體材料，因此電洞積累在電洞傳輸材料中，電子積累在主體材料中。此時，電洞傳輸材料與主體材料之間有可能形成其能量比發光材料更低的激態錯合物，容易發生發光效率下降等的問題。

[0366] 在發光元件 9 至發光元件 11 中，第二電洞傳輸層 112-2 使用其 HOMO 能階比主體材料淺但比第一電洞

傳輸材料深的第二電洞傳輸材料形成，由此，先使電洞從第一電洞傳輸層 112-1 注入第二電洞傳輸層 112-2。第二電洞傳輸材料的 $BBA\beta NB$ （發光元件 9）、 $BBA\alpha NB$ （發光元件 10）及 $BBA\beta NBi$ （發光元件 11）的 HOMO 能階分別為 -5.47eV 、 -5.49eV 及 -5.47eV ，其與第一電洞傳輸材料的 NPB 的 HOMO 能階之差小，分別為 0.09eV 、 0.11eV 及 0.09eV 。因此，電洞順利地從第一電洞傳輸層 112-1 注入到第二電洞傳輸層 112-2。

[0367] 在此，考慮電洞從第二電洞傳輸層 112-2 注入到發光層 113 的情況。第二電洞傳輸材料與主體材料之間在發光元件 9 至發光元件 11 中分別存在 0.22eV 、 0.20eV 及 0.22eV 左右的能障。在通常情況下，電洞順利地被注入，但是發光層 113 所包含的發光材料的 HOMO 能階為 -5.40eV ，不存在從第二電洞傳輸材料向主體材料的電洞注入能障。因此，向發光材料的電洞注入與向主體材料的電洞注入相比佔優勢。在電洞直接注入到發光材料的情況下，如上所述，容易發生促進劣化且降低發光效率等問題。

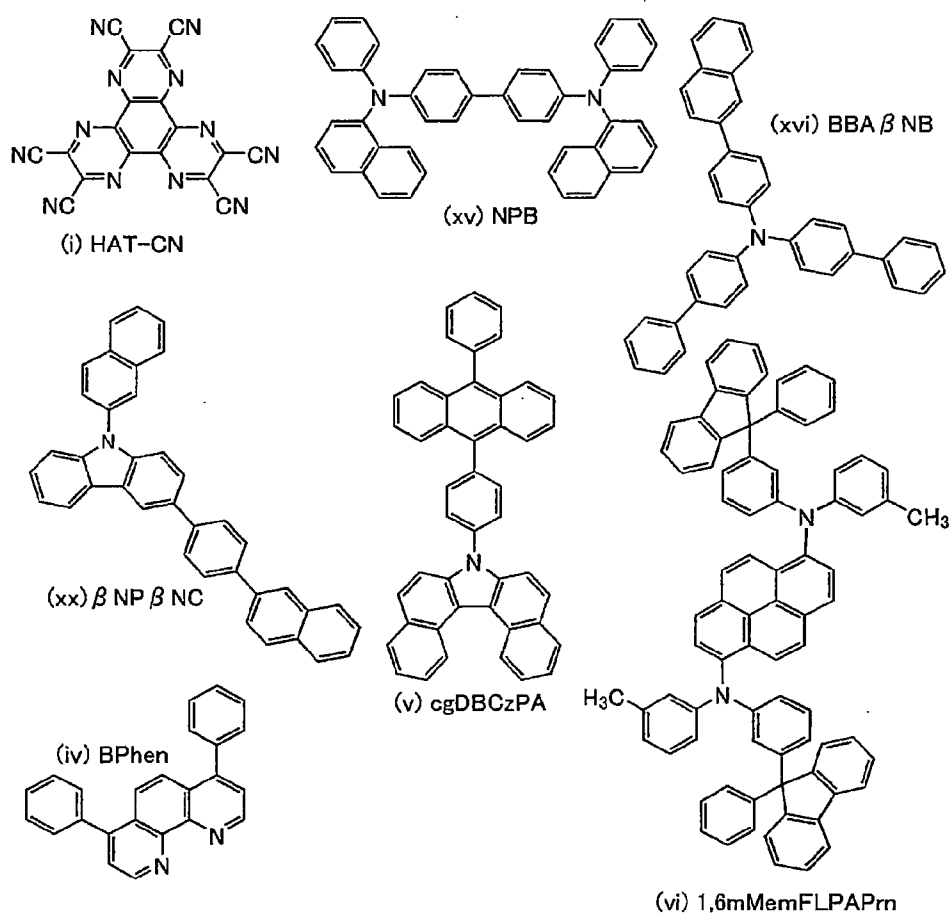
[0368] 鑒於上述問題，在作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 9 至發光元件 11 中，在第二電洞傳輸層 112-2 與發光層 113 之間設置第三電洞傳輸層 112-3。第三電洞傳輸層 112-3 所包含的第三電洞傳輸材料的 $\beta NP2PC$ 的 HOMO 能階為 -5.79eV ，深於主體材料的 HOMO 能階。因此，電洞順利地從第二電洞傳輸材料注入

到第三電洞傳輸材料，並且不存在從第三電洞傳輸材料向發光層 113 的電洞注入能障，借助於主體材料與發光材料的混合比也使電洞優先地注入主體材料。另外，第三電洞傳輸材料與第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.30eV 至 0.32eV （以一位有效數字表示為 0.3eV 以內），電洞順利地從第二電洞傳輸材料注入到第三電洞傳輸材料。

[0369] 注入到主體材料的電洞的一部分被發光材料俘獲，但是電洞可以在適當地被俘獲的同時向第二電極移動，而且，由於主體材料為具有電子傳輸性的蒽化合物，因此驅動電壓不會上升。另外，發光區域不集中，在發光層 113 中擴展，因此可以避免劣化的促進，而可以實現壽命或發光效率良好的發光元件 9 至發光元件 11。

實施例 7

[0370] 在本實施例中，對在實施方式 1 中說明的本發明的一個實施方式的發光元件 12 進行說明。以下示出用於發光元件 12 的有機化合物的結構式。



[0371]

(發光元件 12 的製造方法)

首先，在玻璃基板上藉由濺射法形成包含氧化矽的銦錫氧化物 (ITSO) 膜，由此形成第一電極 101。注意，將其厚度設定為 110nm，而其電極面積為 2mm×2mm。

[0372] 接著，作為為了在基板上形成發光元件的預處理步驟，用水洗滌基板表面，以 200℃ 烘焙 1 小時，並進行 370 秒的 UV 臭氧處理。

[0373] 然後，將基板引入到其內部壓力被降低到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空烘焙後，將基板冷卻 30 分鐘左右。

[0374] 接著，以使形成有第一電極 101 的面朝下的方式將形成有第一電極 101 的基板固定在設置於真空蒸鍍裝置內的基板支架上，然後在第一電極 101 上藉由利用電阻加熱的蒸鍍法以厚度為 5nm 的方式蒸鍍上述結構式 (i) 所表示的 2, 3, 6, 7, 10, 11-六氫-1, 4, 5, 8, 9, 12-六氮雜聯伸三苯（簡稱：HAT-CN），由此形成電洞注入層 111。

[0375] 然後，在電洞注入層 111 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍上述結構式 (xv) 所表示的 4, 4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：NPB）來形成第一電洞傳輸層 112-1，在第一電洞傳輸層 112-1 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍上述結構式 (xvi) 所表示的 4-(2-萘基)-4', 4''-二苯基三苯基胺（簡稱：BBAβNB）來形成第二電洞傳輸層 112-2，在第二電洞傳輸層 112-2 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍上述結構式 (xx) 所表示的 3-[4-(2-萘基)苯基]-9-(2-萘基)-9H-咔唑（簡稱：βNPβNC）來形成第三電洞傳輸層 112-3。

[0376] 接著，藉由將上述結構式 (v) 所表示的 7-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-7H-二苯并[c,g]咔唑（簡稱：cgDBCzPA）和上述結構式 (vi) 所表示的 N, N'-雙(3-甲基苯基)-N, N'-雙[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]芘-1,6-二胺（簡稱：1, 6mMemFLPAPrn）共蒸鍍，以形成發光層 113。將發光層 113 的厚度設定為 25nm，將 cgDBCzPA 與 1, 6mMemFLPAPrn 的重量比調節為

1:0.03。

[0377] 然後，在發光層 113 上以厚度為 10nm 的方式蒸鍍 cgDBCzPA，然後以厚度為 15nm 的方式蒸鍍上述結構式 (vii) 所示的紅啡啉（簡稱：BPhen），來形成電子傳輸層 114。

[0378] 在形成電子傳輸層 114 之後，藉由以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰（LiF）來形成電子注入層 115，接著，藉由以厚度為 200nm 的方式蒸鍍鋁來形成第二電極 102，由此製造本實施例的發光元件 12。

[0379] 以下表 24 示出發光元件 12 的元件結構。

[0380]

[表 24]

電洞 注入層	電洞傳輸層			發光層	電子 傳輸層		電子 注入層
	1	2	3				
5nm	10nm	10nm	10nm	25nm	10nm	15nm	1nm
HAT-CN	NPB	BBAβNB	βNPβNC	cgDBCzPA： 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0381] 在氮氛圍的手套箱中，以不使發光元件 12 暴露於大氣的方式使用玻璃基板進行密封處理（將密封材料塗佈在元件的周圍，在密封時進行 UV 處理並在 80℃ 的溫度下進行 1 小時的熱處理），然後對這些發光元件的初期特性及可靠性進行測量。另外，測量在室溫（保持為 25℃ 的氛圍）下進行。

[0382] 圖 56 至圖 61 分別示出發光元件 12 的亮度-

電流密度特性、電流效率-亮度特性、亮度-電壓特性、電流-電壓特性、外部量子效率-亮度特性以及發射光譜。另外，表 25 示出發光元件的 1000cd/m^2 附近的主要特性值。

[0383]

[表 25]

電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流效率 (cd/A)	外部量子效率 (%)
3.0	0.33	8.2	0.14	0.18	14.6	11.7

[0384] 圖 56 至圖 61 及表 25 表示發光元件 12 是特性良好的藍色發光元件。

[0385] 另外，圖 62 示出電流值為 2mA 且電流密度為恆定的條件下的相對於驅動時間的亮度變化的圖表。如圖 62 所示，作為本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件 12 伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小且壽命良好。

[0386] 以下表 26 示出本實施例的發光元件 12 中的第一電洞傳輸材料至第三電洞傳輸材料、主體材料及發光材料的各 HOMO 能階。注意，HOMO 能階及 LUMO 能階藉由循環伏安法（CV）測定算出。計算方法與實施例 1 相同。

[0387]

[表 26]

	第一 電洞傳輸層	第二 電洞傳輸層	第三 電洞傳輸層	發光層	
				主體材料	發光材料
材料	NPB	BBAβNB	βNPβNC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 能階 (eV)	-5.38	-5.47	-5.77	-5.69	-5.40

[0388] 如表 26 所示，在用於發光元件 12 的材料中，第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階，主體材料的 HOMO 能階深於第二電洞傳輸材料的 HOMO 能階，第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階深於主體材料的 HOMO 能階。另外，發光材料的 HOMO 能階淺於主體材料的 HOMO 能階。

[0389] 第一電洞傳輸材料的 NPB 的 HOMO 能階較淺，為 -5.38eV，容易與 LUMO 能階為 -4.41eV 的 HAT-CN 發生相互作用而發生電荷分離。

[0390] 在此，主體材料的 cgDBCzPA 的 HOMO 能階為 -5.69eV，與 NPB 的 HOMO 能階有 0.31eV 之差。另一方面，發光材料的 1, 6mMemFLPAPrn 的 HOMO 能階為 -5.40eV，與 NPB 的 HOMO 能階有 0.02eV 之差。發光材料與第一電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差更小，所以，假設為具有第一電洞傳輸層 112-1 與發光層 113 接觸的結構的發光元件的情況下，電洞容易注入發光材料。然而，如果電洞直接注入發光材料，電洞則有可能被發光材料俘獲在第一電洞傳輸層 112-1 與發光層的介面，導致發光區域的集中而促進劣化。另外，電洞不容易從第一電洞傳輸

層 112-1 的電洞傳輸材料注入到發光層的主體材料，因此電洞積累在電洞傳輸材料中，電子積累在主體材料中。此時，電洞傳輸材料與主體材料之間有可能形成其能量比發光材料更低的激態錯合物，容易發生發光效率下降等的問題。

[0391] 在發光元件 12 中，第二電洞傳輸層 112-2 使用其 HOMO 能階比主體材料淺但比第一電洞傳輸材料深的第二電洞傳輸材料形成，由此，先使電洞從第一電洞傳輸層 112-1 注入第二電洞傳輸層 112-2。第二電洞傳輸材料的 BBA β NB 的 HOMO 能階為 -5.47eV，其與第一電洞傳輸材料的 NPB 的 HOMO 能階之差小，為 0.09eV。因此，電洞順利地從第一電洞傳輸層 112-1 注入到第二電洞傳輸層 112-2。

[0392] 在此，設想第二電洞傳輸層 112-2 與發光層 113 接觸的發光元件，考慮電洞從第二電洞傳輸層 112-2 注入到發光層 113 的情況。第二電洞傳輸材料與主體材料之間存在 0.22eV 左右的能障。在通常情況下，電洞順利地被注入，但是發光層 113 所包含的發光材料的 HOMO 能階為 -5.40eV，不存在從第二電洞傳輸材料向主體材料的電洞注入能障。因此，向發光材料的電洞注入與向主體材料的電洞注入相比佔優勢。在電洞直接注入到發光材料的情況下，如上所述，容易發生促進劣化且降低發光效率等問題。

[0393] 鑒於上述問題，在作為本發明的一個實施方

式的發光元件的發光元件 12 中，在第二電洞傳輸層 112-2 與發光層 113 之間設置第三電洞傳輸層 112-3。第三電洞傳輸層 112-3 所包含的第三電洞傳輸材料的 $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$ 的 HOMO 能階為 -5.77eV ，深於主體材料的 HOMO 能階。因此，電洞順利地從第二電洞傳輸材料注入到第三電洞傳輸材料。另外，不存在從第三電洞傳輸材料向主體材料的電洞注入能障，借助於主體材料與發光材料的混合比也使電洞優先地注入主體材料，因此，電洞很少直接被注入到發光材料。另外，第二電洞傳輸材料與第三電洞傳輸材料的 HOMO 能階之差為 0.30eV （以一位有效數字表示為 0.3eV 以內），電洞順利地從第二電洞傳輸材料注入到第三電洞傳輸材料。

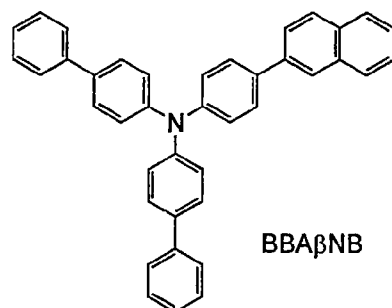
[0394] 注入到主體材料的電洞的一部分被發光材料俘獲，但是電洞可以在適當地被俘獲的同時向第二電極移動，而且，由於主體材料為具有電子傳輸性的蔥化合物，因此驅動電壓不會上升。另外，發光區域不集中，在發光層 113 中擴展，因此可以避免劣化的促進，而可以實現壽命或發光效率良好的發光元件 12。

[0395]

（參考例 1）

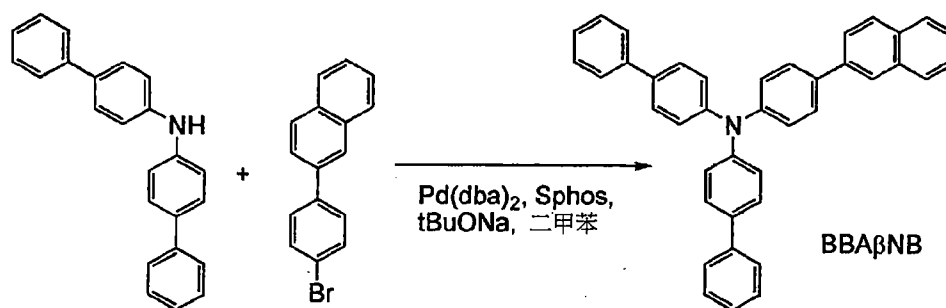
在本參考例中，對用於上述發光元件 9 及發光元件 12 的 4-萘基-4'，4''-二苯基三苯基胺（簡稱： $\text{BBA}\beta\text{NB}$ ）的合成方法進行說明。以下示出 $\text{BBA}\beta\text{NB}$ 的結構式。

[0396]



[0397] 將 2.3g (7.1mmol) 的雙(4-聯苯基)胺、2.0g (7.1mmol) 的 2-(4-溴苯基)萘、1.5g (15mmol) 的三級丁醇鈉 (簡稱: *tert*-BuONa) 以及 0.16g (0.40mmol) 的 2-二環己基膦基-2',6'-二甲氧-1,1'-聯苯 (簡稱: Sphos) 放在 200mL 三頸燒瓶中, 對燒瓶內進行氬氣置換, 然後加入 35mL 的二甲苯。在對該混合物進行減壓脫氣之後, 在氬氣流下以 60℃ 進行攪拌, 然後, 加入 0.12g (0.20mmol) 的雙(二亞苄基丙酮)鈀(0), 以 120℃ 攪拌該混合物 7 小時。在攪拌之後, 使用水和飽和食鹽水洗滌所得到的混合物, 且使用硫酸鎂使有機層乾燥。藉由重力過濾去除硫酸鎂, 濃縮所獲得的濾液, 從而獲得褐色固體。藉由利用高速液體層析法 (移動相 (mobile phase): 氯仿) 精煉該褐色固體, 以 93% 的回收率得到 3.5g 的目的物的淡黃色固體。以下示出該反應的合成路線。

[0398]



[0399] 以下示出所得到的淡黃色固體的 ¹H-NMR。

¹H-NMR (二氯甲烷-d₂, 500MHz) : δ=7.24(d, J=9.0Hz, 4H), 7.26(d, J=8.5Hz, 2H), 7.31(d, J=7.5Hz, 2H), 7.42(d, J=7.5Hz, 4H), 7.45-7.50(m, 2H), 7.55(d, J=8.5Hz, 4H), 7.60(d, J=7.5Hz, 4H), 7.68(d, J=8.5Hz, 2H), 7.76(dd, J₁=2.0Hz, J₂=8.5Hz, 1H), 7.85(d, J=8.0Hz, 1H), 7.90(t, J=8.05Hz, 2H), 8.05(s, 1H)

[0400] 另外，圖 63A 和圖 63B 示出 ¹H-NMR 譜。圖 63B 是圖 63A 中的 7.00ppm 至 8.20ppm 的範圍的放大圖。由此可知藉由本合成反應獲得了 BBAβNB。

[0401] 利用梯度昇華方法對所得到的 3.5g 的淡黃色固體 (BBAβNB) 進行昇華精煉。昇華精煉的條件為如下：壓力為 3.4Pa，氬流量為 15mL/min，加熱溫度為 265℃，加熱時間為 16 小時。在昇華精煉之後，以 81% 的回收率得到 2.8g 的目的物的淡黃色玻璃狀固體。

[0402] 利用循環伏安法 (CV) 測量計算出 BBAβNB 的 HOMO 能階和 LUMO 能階。以下示出計算方法。

[0403] 作為測量裝置，使用電化學分析儀 (BAS 株式會社 (BAS Inc.) 製造的 ALS 型號 600A 或 600C)。關於用

於 CV 測定的溶液，作為溶劑使用脫水的二甲基甲醯胺 (DMF，西格瑪-奧爾德里奇公司 (Sigma-Aldrich Inc.) 製造，99.8%，目錄號碼：22705-6)，將作為支援電解質 (supporting electrolyte) 的過氯酸四正丁基銨 ($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ ，由東京化成工業株式會社製造，目錄號碼：T0836) 溶解於溶劑並使過氯酸四正丁基銨的濃度為 100mmol/L。另外，將測定對象溶解於溶劑並使其濃度為 2mmol/L。另外，作為工作電極使用鉑電極 (由 BAS 株式會社製造，PTE 鉑電極)，作為輔助電極使用鉑電極 (BAS 株式會社製造，VC-3 用 Pt 對電極 (5cm))，作為參考電極使用 Ag/Ag^+ 電極 (由 BAS 株式會社製造，RE7 非水溶劑型參考電極)。另外，測定在室溫下 (20℃ 至 25℃) 進行。將 CV 測定時的掃描速度統一為 0.1V/sec，測量出相對於參考電極的氧化電位 $E_a[\text{V}]$ 及還原電位 $E_c[\text{V}]$ 。 E_a 為氧化-還原波之間的中間電位， E_c 為還原-氧化波之間的中間電位。在此，已知在本實施例中使用的參考電極的相對於真空能階的勢能為 -4.94[eV]，因此利用 $\text{HOMO 能階}[\text{eV}] = -4.94 - E_a$ 、 $\text{LUMO 能階}[\text{eV}] = -4.94 - E_c$ 這兩個公式分別求得 HOMO 能階及 LUMO 能階。反復進行 CV 測量 100 次，比較第 100 次測量中的氧化-還原波與第 1 次測量中的氧化-還原波，來調查化合物的電性穩定性。

[0404] 其結果表明：BBA β NB 的 HOMO 能階為 -5.47eV，而 LUMO 能階為 -2.28eV。另外，根據氧化-還原波的反復測量中的第 1 次測量與第 100 次測量的波形比

較，可知在 Ea 測量中保持了 83% 的峰強度，在 Ec 測量中保持了 92% 的峰強度，BBA β NB 的耐氧化及還原性非常高。

[0405] 另外，使用由 PerkinElmer, Inc. 製造的 Pyris 1 DSC 進行 BBA β NB 的差示掃描量熱計(DSC 測量)。在差示掃描量熱計中，連續地進行如下操作兩次：以 40°C /分鐘的升溫速度從 -10°C 升溫到 300°C，然後在相同溫度下保持 1 分鐘，接著，以 40°C /分鐘的降溫速度從 300°C 降溫到 -10°C。根據第 2 次操作的 DSC 測量結果可知 BBA β NB 的玻璃轉移溫度為 81°C。另外，根據第 1 次操作的 DSC 測量結果可知 BBA β NB 的熔點為 241°C。

[0406] 另外，對 BBA β NB 進行熱重-差熱分析 (TG-DTA: Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)

。在測量中，使用高真空差式型差熱天平(由 Bruker AXS 公司製造，TG-DTA 2410SA)。在氮氣流(流量為 200mL/min)和大氣壓下，以 10°C /min 的升溫速率進行測量。根據熱重-差熱分析結果可知，從熱重測量求得的 BBA β NB 的重量成為測量開始時的 -5% 的溫度(分解溫度)為 412°C，這表示 BBA β NB 的耐熱性高。

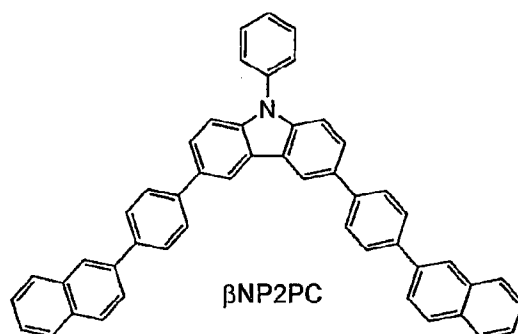
[0407]

(參考例 2)

在本參考例中，對用於上述發光元件 9 至發光元件 11 的 3,6-雙[4-(2-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-吡啶(簡稱: β NP2PC)的合成方法進行說明。以下示出 β NP2PC 的結

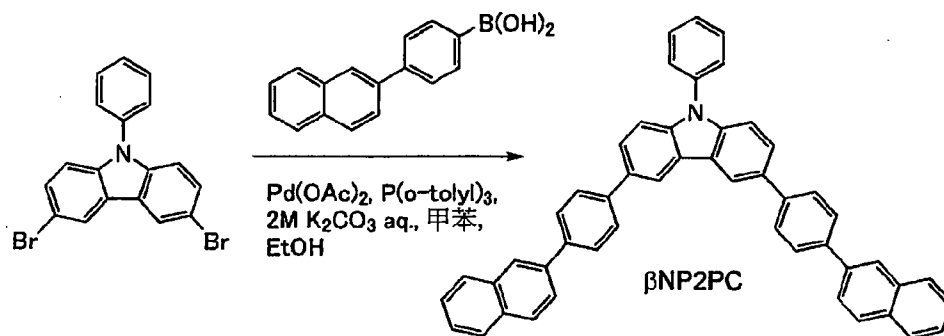
構式。

[0408]



[0409] 將 1.9g (4.8mmol) 的 3,6-二溴-9-苯基-9H-吡啶、2.4g (9.7mmol) 的 4-(2-萘基) 苯基硼酸、0.12g (0.40mmol) 的三(鄰-甲苯基) 膦以及 2.7g (19mmol) 的碳酸鉀放在 200mL 的三頸燒瓶中。對燒瓶內進行氮氣置換，然後在其混合物中加入 40mL 的甲苯、10mL 的乙醇以及 10mL 的水。在對該混合物進行減壓的同時，攪拌該混合物而脫氣。在脫氣之後，對該混合物加入 22mg (0.10mmol) 的醋酸鈮(II)。在氮氣流下，將混合物在 80℃ 下攪拌 4 小時，以析出固體。藉由吸引過濾回收所析出的固體。將所回收的固體溶解在約 750mL 的熱甲苯中，且將該溶液藉由矽藻土、礬土及矽酸鎂吸引過濾。濃縮所得到的濾液以得到固體，然後用甲苯洗滌該固體，以 99% 的回收率得到 2.6g 的目的物的白色粉末。以下示出本反應的合成路線。

[0410]



[0411] 利用梯度昇華方法對所得到的 2.6g 的白色粉末進行昇華精煉。昇華精煉的條件為如下：壓力為 3.0Pa，氬流量為 5.0mL/min，加熱溫度為 350℃。在昇華精煉之後，以 77%的回收率得到 2.0g 的白色固體。

[0412] 對所得到的物質的 $^1\text{H-NMR}$ 進行測量。以下示出測量資料。

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300MHz) : $\delta=7.47\text{-}7.55(\text{m}, 7\text{H})$, $7.65(\text{s}, 2\text{H})$, $7.67(\text{d}$, $J=2.4\text{Hz}, 2\text{H})$, $7.76(\text{dd}$, $J_1=8.4\text{Hz}, J_2=1.8\text{Hz}$, $2\text{H})$, $7.75\text{-}7.97(\text{m}, 16\text{H})$, $8.14(\text{d}$, $J=1.8\text{Hz}, 2\text{H})$, $8.51(\text{d}$, $J=1.5\text{Hz}, 2\text{H})$

[0413] 另外，圖 64A 和圖 64B 示出 $^1\text{H-NMR}$ 譜。圖 64B 是圖 64A 中的 7.20ppm 至 8.60ppm 的範圍的放大圖。由此可知藉由本合成反應獲得了 βNP2PC 。

[0414] 另外，對所得到的 βNP2PC 進行熱重-差熱分析。在測定中，使用高真空差式型差熱天平(由 Bruker AXS 公司製造，TG-DTA 2410SA)。在氮氣流(流量為 200mL/min)和常壓下，以 10℃/min 的升溫速率進行測定。從重量和溫度之間的關係(熱重)可知 βNP2PC 的 5%失重溫度為 500℃ 以上。由此可知， βNP2PC 具有良好的耐

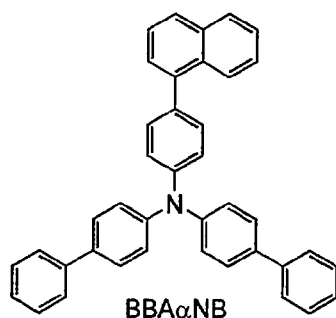
熱性。

[0415]

(參考例 3)

在本參考例中，對用於上述發光元件 10 的 4-(1-萘基)-4', 4''-二苯基三苯基胺 (簡稱: BBA α NB) 的合成方法進行說明。以下示出 BBA α NB 的結構式。

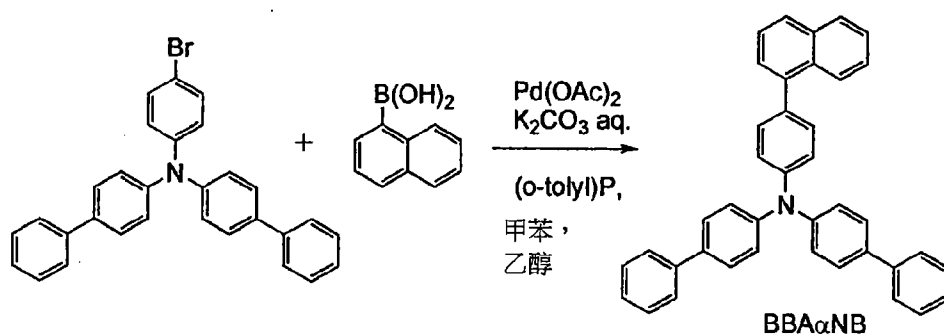
[0416]



[0417] 將 4.8g (10mmol) 的 4-溴-4', 4''-二苯基三苯基胺、1.8g (10mmol) 的 2-萘基硼酸、0.31g (1.0mmol) 的三(2-甲基苯基)膦、40mL 的甲苯、10mL 的乙醇以及 10mL 的碳酸鉀水溶液 (2.0mol/L) 放在 200mL 三頸燒瓶中，在對燒瓶內進行減壓的同時進行攪拌，以使該混合物脫氣。在脫氣之後，使系統內處於氮氣流下，然後將混合物加熱到 60℃。在加熱之後，加入 0.12g (0.5mmol) 的醋酸鈮 (II)，在 80℃ 下攪拌該混合物 1.5 小時。在攪拌之後，將該混合物冷卻到室溫，然後使用水洗滌該混合物的有機層，使用甲苯對所得到的水層進行萃取，將萃取溶液和有機層合併，使用飽和食鹽水進

行洗滌，加入硫酸鎂進行乾燥。對該混合物進行重力過濾，濃縮所得到的濾液，獲得了目的物的褐色固體。將所得到的固體溶解於氯仿，藉由利用高速液體層析法（日本分析工業公司製造的循環製備高效液相層析 (recycling preparative HPLC) 的 LC-SakuraNEXT，移動相：氯仿）精煉該溶液，以 75% 的回收率得到 3.9g 的目的物的白色固體。以下示出該反應的合成路線。

[0418]



[0419] 測定所得到的白色固體的 ^1H -NMR。以下示出資料。

^1H NMR (二氯甲烷- d_2 , 500MHz) : $\delta=7.26\text{-}7.29$ (m, 6H), 7.31 (t, $J=7.0\text{Hz}$, 2H), 7.41-7.54 (m, 10H), 7.56 (d, $J=8.5\text{Hz}$, 4H), 7.60 (d, $J=7.0\text{Hz}$, 4H), 7.84 (d, $J=8.0\text{Hz}$, 1H), 7.90 (d, $J=7.0\text{Hz}$, 1H), 8.03 (d, $J=9.0\text{Hz}$, 1H)

[0420] 另外，圖 65A 和圖 65B 示出 ^1H -NMR 譜。圖 65B 是圖 65A 中的 7.0ppm 至 8.5ppm 的範圍的放大圖。由此可知藉由本合成獲得了 BBA α NB。

[0421] 利用梯度昇華方法對所得到的 3.9g 的固體 (BBA α NB) 進行昇華精煉。昇華精煉的條件為如下：壓力為 3.4Pa，氫流量為 15mL/min，加熱溫度為 250℃，加熱時間為 16 小時。其結果是，以 62%的回收率得到 2.4g 的目的物的固體。

[0422] 利用循環伏安法(CV)測量計算出 BBA α NB 的 HOMO 能階和 LUMO 能階。以下示出計算方法。

[0423] 作為測量裝置，使用電化學分析儀(BAS 株式會社(BAS Inc.)製造的 ALS 型號 600A 或 600C)。關於 CV 測定中的溶液，作為溶劑使用脫水的二甲基甲醯胺(DMF，西格瑪-奧爾德里奇公司(Sigma-Aldrich Inc.)製造，99.8%，目錄號碼：22705-6)，將作為支援電解質(supporting electrolyte)的過氯酸四正丁基銨($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ ，由東京化成工業株式會社製造，目錄號碼：T0836)溶解於溶劑並使過氯酸四正丁基銨的濃度為 100mmol/L。另外，將測定對象溶解於溶劑並使其濃度為 2mmol/L。另外，作為工作電極使用鉑電極(由 BAS 株式會社製造，PTE 鉑電極)，作為輔助電極使用鉑電極(BAS 株式會社製造，VC-3 用 Pt 對電極(5cm))，作為參考電極使用 Ag/Ag⁺電極(由 BAS 株式會社製造，RE7 非水溶劑型參考電極)。另外，測定在室溫下(20℃至 25℃)進行。將 CV 測定時的掃描速度統一為 0.1V/sec，測量出相對於參考電極的氧化電位 E_a [V]及還原電位 E_c [V]。 E_a 為氧化-還原波之間的中間電位， E_c 為還原-氧化波之間的中間電

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

[0424] 其結果表明：在 $\text{BBA}\alpha\text{NB}$ 的氧化電位 $E_a[\text{V}]$ 的測定中，HOMO 能階為 -5.49eV ，而 LUMO 能階為 -2.24eV 。另外，根據氧化-還原波的反復測量中的第 1 次測量與第 100 次測量的波形比較，可知在 E_a 測量中保持了 93% 的峰強度，在 E_c 測量中保持了 92% 的峰強度， $\text{BBA}\alpha\text{NB}$ 的耐氧化及還原性非常高。

[0425] 另外，使用由 PerkinElmer, Inc. 製造的 Pyris 1 DSC 進行 $\text{BBA}\alpha\text{NB}$ 的差示掃描量熱計(DSC 測量)。在差示掃描量熱計中，連續地進行如下操作兩次：以 $40^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 的升溫速度從 -10°C 升溫到 270°C ，然後在相同溫度下保持 1 分鐘，接著，以 $40^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 的降溫速度從 270°C 降溫到 -10°C 。採用第二次的測定結果。根據 DSC 測量結果可知 $\text{BBA}\alpha\text{NB}$ 的玻璃轉移溫度為 84°C 。

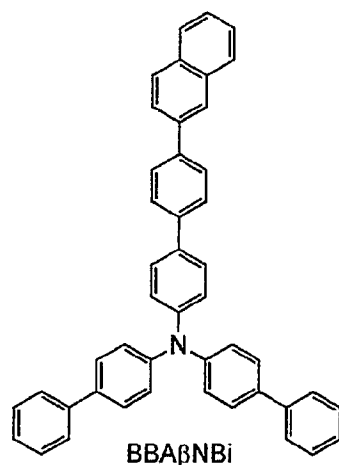
[0426]

(參考例 4)

在本參考例中，對用於上述發光元件 11 的 4-[4-(2-萘基)苯基]-4'-, 4''-二苯基三苯基胺(簡稱： $\text{BBA}\beta\text{NBi}$)的合成方法進行說明。以下示出 $\text{BBA}\beta\text{NBi}$ 的

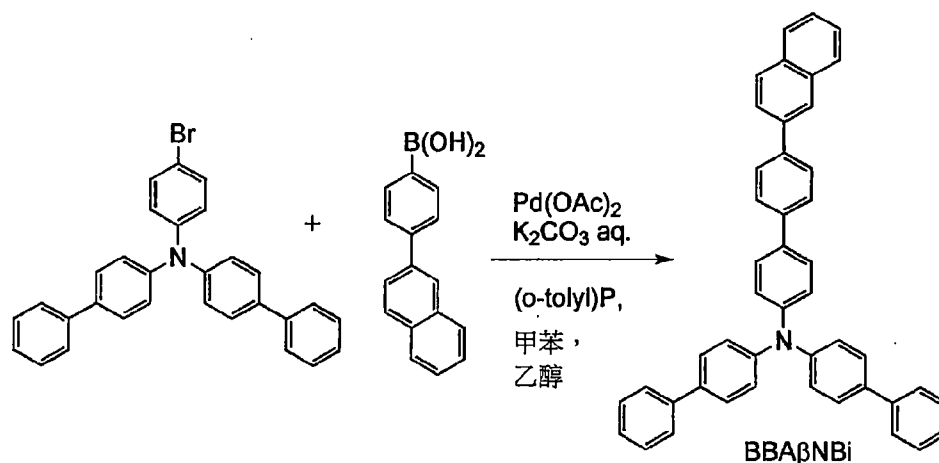
結構式。

[0427]



[0428] 將 4.8g (10mmol) 的 4-溴-4', 4''-二苯基三苯基胺、2.5g (10mmol) 的 4-(2-萘基) 苯基硼酸、0.31g (0.50mmol) 的三(2-甲基苯基) 膦、40mL 的甲苯、10mL 的乙醇以及 10mL 的碳酸鉀水溶液 (2.0mol/L) 放在 200mL 三頸燒瓶中，在對燒瓶內進行減壓的同時進行攪拌，以使該混合物脫氣。在脫氣之後，使系統內處於氫氣流下，然後將混合物加熱到 60℃。在加熱之後，加入 0.11g (0.5mmol) 的醋酸鈮 (II)，在 80℃ 下攪拌該混合物 1.5 小時。在攪拌之後，將該混合物冷卻到室溫，然後藉由吸引過濾回收所析出的固體，使用甲苯、乙醇及水進行洗滌。使用氯仿洗滌所得到的固體，藉由吸引過濾以 49% 的回收率回收 2.9g 的目的物的褐色固體。以下示出該反應的合成路線。

[0429]



[0430] 測定所得到的褐色固體的 ^1H -NMR。以下示出資料。

^1H NMR (二氯甲烷- d_2 , 500MHz, 500MHz) :
 δ =7.22-7.25 (m, 6H), 7.31 (t, J =7.3Hz, 2H), 7.42 (t, J =7.8Hz, 4H), 7.46-7.52 (m, 2H), 7.55 (d, J =7.5Hz, 4H), 7.59-7.63 (m, 6H), 7.74 (d, J =8.0Hz, 2H), 7.18-7.83 (m, 3H), 7.87 (d, J =7.5Hz, 1H), 7.93 (t, J =8.7, 2H), 8.11 (s, 1H)

[0431] 另外，圖 66A 和圖 66B 示出 ^1H -NMR 譜。圖 66B 是圖 66A 中的 7.0ppm 至 8.3ppm 的範圍的放大圖。由此可知藉由本合成反應獲得了 BBA β NBi。

[0432] 利用梯度昇華方法對所得到的 2.9g 的固體 (BBA β NBi) 進行昇華精煉。昇華精煉的條件為如下：壓力為 4.0Pa，氬流量為 15mL/min，加熱溫度為 300 $^{\circ}\text{C}$ ，加熱時間為 16 小時。其結果是，以 65% 的回收率得到 1.9g 的目的物的白色固體。

[0433] 利用循環伏安法(CV)測量計算出 BBA β NBi 的

HOMO 能階和 LUMO 能階。計算方法與參考例 3 同樣。

[0434] 其結果表明：在 BBA β NBi 的氧化電位 E_a [V] 的測定中，HOMO 能階為 -5.47eV ，而 LUMO 能階為 -2.38eV 。另外，根據氧化-還原波的反復測量中的第 1 次測量與第 100 次測量的波形比較，可知在 E_a 測量中保持了 82% 的峰強度，在 E_c 測量中保持了 67% 的峰強度，BBA β NBi 的耐氧化及還原性非常高。

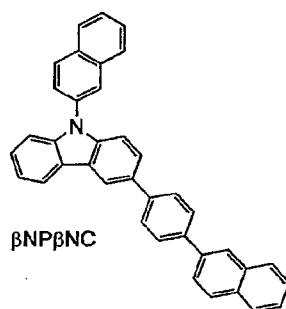
[0435] 另外，使用由 PerkinElmer, Inc. 製造的 Pyris 1 DSC 進行 BBA β NBi 的差示掃描量熱計(DSC 測量)。在差示掃描量熱計中，連續地進行如下操作兩次：以 $40^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 的升溫速度從 -10°C 升溫到 270°C ，然後在相同溫度下保持 1 分鐘，接著，以 $40^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 的降溫速度從 270°C 降溫到 -10°C 。採用第二次的測定結果。根據 DSC 測量結果可知 BBA β NBi 的玻璃轉移溫度為 97°C ，這表示 BBA β Nbi 為具有良好的耐熱性的化合物。

[0436]

(參考例 5)

在本參考例中，對用於上述發光元件 12 的 3-[4-(2-萘基)苯基]-9-(2-萘基)-9H-咔唑(簡稱: $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$)的合成方法進行說明。以下示出 $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$ 的結構式。

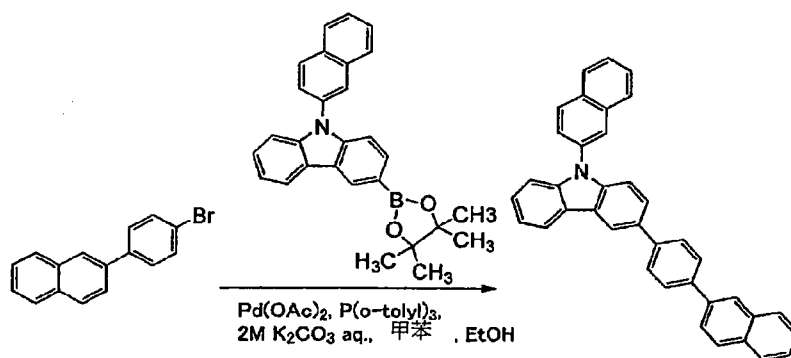
[0437]



[0438] 將 2.3g (8.1mmol) 的 2-(4-溴苯基) 萘、3.4g (8.1mol) 的 4,4,5,5-四甲基-2-[9-(2-萘基)-9H-卡啉-3-基]-1,3,2-二氧硼戊環、50mg (0.16mmol) 的三(o-甲苯基) 膦及 2.2g (16mmol) 的碳酸鉀放在 200mL 的三頸燒瓶中。對燒瓶內進行氮氣置換，然後在其混合物中加入 30mL 的甲苯、10mL 的乙醇以及 8.0mL 的水。在對該混合物進行減壓的同時，攪拌該混合物而脫氣。在脫氣之後，對該混合物加入 18mg (0.081mmol) 的醋酸鈣(II)。在氮氣流下，將混合物在 80℃ 下攪拌 4 小時，以析出固體。藉由吸引過濾回收所析出的固體。使用甲苯對濾液的水層進行萃取，將萃取溶液和有機層合併，使用飽和食鹽水進行洗滌。使用硫酸鎂對有機層進行乾燥，對該混合物進行重力過濾。將藉由濃縮所得到的濾液而獲得的固體和回收的固體溶解於約 200mL 的熱甲苯，藉由矽藻土（日本和光純藥工業株式會社製造，目錄號碼：537-02305）、礬土及矽酸鎂（日本和光純藥工業株式會社製造，目錄號碼：066-05265）對該溶液進行吸引過濾。濃縮所得到的濾液以得到固體，然後用甲苯進行再結晶，以 72% 的回收率得到 2.9g 的目的物的白色粉末。

以下示出該合成反應的反應路線。

[0439]



[0440] 利用梯度昇華方法對所得到的 2.9g 的白色粉末進行昇華精煉。昇華精煉的條件為如下：壓力為 3.9Pa，氬流量為 5.0mL/min，加熱溫度為 280℃。在昇華精煉之後，以 72% 的回收率得到 2.1g 的 β NP β NC 的白色固體。

[0441] 對所得到的物質的 ^1H -NMR 進行測量。以下示出測量資料。

^1H NMR (CDCl_3 , 300MHz) : δ =7.35 (ddd , $J_1=6.6\text{Hz}$, $J_2=1.2\text{Hz}$, 1H) , 7.42-7.63 (m , 5H) , 7.60 (dd , $J_1=9.6\text{Hz}$, $J_2=6.3\text{Hz}$, 2H) , 7.69-7.76 (m , 2H) , 7.82-8.01 (m , 10H) , 8.08-8.13 (m , 3H) , 8.25 (d , $J=7.8\text{Hz}$, 1H) , 8.46 (d , $J=1.5\text{Hz}$, 1H)

[0442] 另外，圖 67A 和圖 67B 示出 ^1H -NMR 譜。圖 67B 是圖 67A 中的 7.20ppm 至 8.60ppm 的範圍的放大圖。由此可知藉由本合成反應獲得了 β NP β NC。

[0443] 另外，對所得到的 β NP β NC 進行熱重-差熱分

析。在測定中，使用高真空差式型差熱天平(由 Bruker AXS 公司製造，TG-DTA 2410SA)。在氮氣流(流量為 200mL/min)和常壓下，以 10℃/min 的升溫速率進行測定。從重量和溫度之間的關係(熱重)可知 $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$ 的 5%失重溫度為 431℃。由此可知， $\beta\text{NP}\beta\text{NC}$ 具有良好的耐熱性。

【符號說明】

[0444]

101：第一電極

102：第二電極

103：EL 層

111：電洞注入層

112-1：第一電洞傳輸層

112-2：第二電洞傳輸層

112-3：第三電洞傳輸層

113：發光層

114：電子傳輸層

115：電子注入層

116：電荷產生層

117：P 型層

118：電子中繼層

119：電子注入緩衝層

400：基板

- 401：第一電極
- 403：EL 層
- 404：第二電極
- 405：密封材料
- 406：密封材料
- 407：密封基板
- 412：焊盤
- 420：IC 晶片
- 501：第一電極
- 502：第二電極
- 511：第一發光單元
- 512：第二發光單元
- 513：電荷產生層
- 601：驅動電路部（源極線驅動電路）
- 602：像素部
- 603：驅動電路部（閘極線驅動電路）
- 604：密封基板
- 605：密封材料
- 607：空間
- 608：佈線
- 609：FPC（軟性印刷電路板）
- 610：元件基板
- 611：開關 FET
- 612：電流控制 FET

613：第一電極
614：絕緣物
616：EL層
617：第二電極
618：發光元件
901：外殼
902：液晶層
903：背光單元
904：外殼
905：驅動器 IC
906：端子
951：基板
952：電極
953：絕緣層
954：隔離層
955：EL層
956：電極
1001：基板
1002：基底絕緣膜
1003：閘極絕緣膜
1006：閘極電極
1007：閘極電極
1008：閘極電極
1020：第一層間絕緣膜

1021：第二層間絕緣膜

1022：電極

1024W：第一電極

1024R：第一電極

1024G：第一電極

1024B：第一電極

1025：分隔壁

1028：EL層

1029：第二電極

1031：密封基板

1032：密封材料

1033：透明基材

1034R：紅色彩色層

1034G：綠色彩色層

1034B：藍色彩色層

1035：黑矩陣

1036：保護層

1037：第三層間絕緣膜

1040：像素部

1041：驅動電路部

1042：周邊部

2001：外殼

2002：光源

3001：照明裝置

5000：顯示區域
5001：顯示區域
5002：顯示區域
5003：顯示區域
5004：顯示區域
5005：顯示區域
7101：外殼
7103：顯示部
7105：支架
7107：顯示部
7109：操作鍵
7110：遙控器
7201：主體
7202：外殼
7203：顯示部
7204：鍵盤
7205：外部連接埠
7206：指向裝置
7210：第二顯示部
7301：外殼
7302：外殼
7303：連接部
7304：顯示部
7305：顯示部

7306：揚聲器部
7307：儲存媒體插入部
7308：LED 燈
7309：操作鍵
7310：連接端子
7311：感測器
7400：行動電話機
7401：外殼
7402：顯示部
7403：操作按鈕
7404：外部連接埠
7405：揚聲器
7406：麥克風
9033：夾子
9034：開關
9035：電源開關
9036：開關
9038：操作開關
9310：可攜式資訊終端
9311：顯示面板
9312：顯示區域
9313：鉸鏈
9315：外殼
9630：外殼

9631：顯示部

9631a：顯示部

9631b：顯示部

9632a：觸控面板區域

9632b：觸控面板區域

9633：太陽能電池

9634：充放電控制電路

9635：電池

9636：DCDC 轉換器

9637：操作鍵

9638：轉換器

9639：按鈕

第 110145397 號

民國 112 年 6 月 1 日修正

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種發光元件，包括：

第一電極；

第二電極；以及

EL層，

其中該 EL層位於該第一電極與該第二電極之間，

其中該 EL層包括電洞注入層、第一層、第二層、第三層及發光層，

其中該電洞注入層位於該第一電極與該第一層之間，

其中該第二層位於該第一層與該第三層之間，

其中該發光層位於該第三層與該第二電極之間，

其中該電洞注入層包含有機受體，

其中該第一層包含第一材料，

其中該第二層包含第二材料，

其中該第三層包含第三材料，

其中該發光層包含第一主體材料及發光材料，

其中該第三材料的 HOMO能階深於該第一材料的 HOMO能階，

其中該第一主體材料的 HOMO能階深於該第二材料的 HOMO能階，

其中該第二材料的該 HOMO能階與該第三材料的該 HOMO能階之差為 0.3eV 以下，並且

其中該發光材料的 HOMO能階淺於該第一主體材料的該 HOMO能階。

第 110145397 號

民國 112 年 6 月 1 日修正

【請求項2】根據請求項1之發光元件，其中該第一材料的該HOMO能階淺於或等於 -5.4eV 。

【請求項3】根據請求項1之發光元件，其中該第一材料為三芳基胺且具有蒽基胺骨架。

【請求項4】根據請求項1之發光元件，其中該第二材料為三芳基胺且具有三苯基胺骨架。

【請求項5】一種發光元件，包括：

第一電極；

第二電極；以及

EL層，

其中該EL層位於該第一電極與該第二電極之間，

其中該EL層包括電洞注入層、第一層、第二層、第三層及發光層，

其中該電洞注入層位於該第一電極與該第一層之間，

其中該第二層位於該第一層與該第三層之間，

其中該發光層位於該第三層與該第二電極之間，

其中該電洞注入層包含有機受體，

其中該第一層包含第一材料，

其中該第二層包含具有三苯基胺骨架之第二材料，

其中該第三層包含具有咔唑骨架之第三材料，

其中該發光層包含第一主體材料及發光材料，

其中該第三材料的HOMO能階深於該第一材料的HOMO能階，

其中該第一主體材料的HOMO能階深於該第二材料的

第 110145397 號

民國 112 年 6 月 1 日修正

HOMO能階，並且

其中該第二材料的該HOMO能階與該第三材料的該HOMO能階之差為0.3eV以下。

【請求項6】根據請求項1或5之發光元件，其中該有機受體具有鹵基和氰基中至少一者。

【請求項7】根據請求項1或5之發光元件，其中該第一材料的該HOMO能階與該第二材料的該HOMO能階之差為0.3eV以下。

【請求項8】根據請求項5之發光元件，其中該發光材料的HOMO能階淺於該第一主體材料的該HOMO能階。

【請求項9】根據請求項1或5之發光元件，其中該第一主體材料包含卟啉骨架。

【請求項10】根據請求項1或5之發光元件，其中該發光材料為磷光發光物質。

【請求項11】根據請求項1或5之發光元件，其中該發光材料發射綠色或紅色磷光。

【請求項12】根據請求項1或5之發光元件，其中該發光材料為有機金屬銦錯合物。

【請求項13】根據請求項1或5之發光元件，其中該發光材料為具有吡啶骨架的有機金屬銦錯合物。

【請求項14】根據請求項1或5之發光元件，
其中該發光層另外包含第二主體材料，
其中該第一主體材料為電洞傳輸材料，並且
其中該第二主體材料為電子傳輸材料。

第 110145397 號

民國 112 年 6 月 1 日修正

【請求項15】一種發光裝置，包括：
基板上的電晶體；以及
請求項1或5之發光元件。

【請求項16】一種電子裝置，包括：
感測器、操作按鈕、揚聲器或麥克風；以及
請求項15之發光裝置。

【請求項17】一種照明裝置，包括：
外殼；以及
請求項15之發光裝置。

【發明圖式】

圖 1A

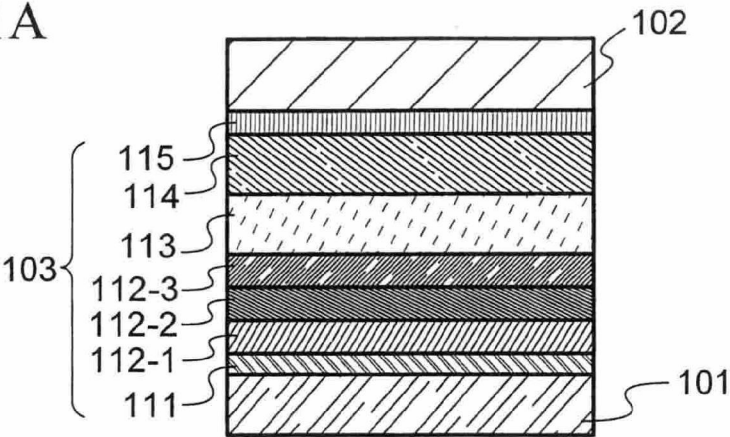


圖 1B

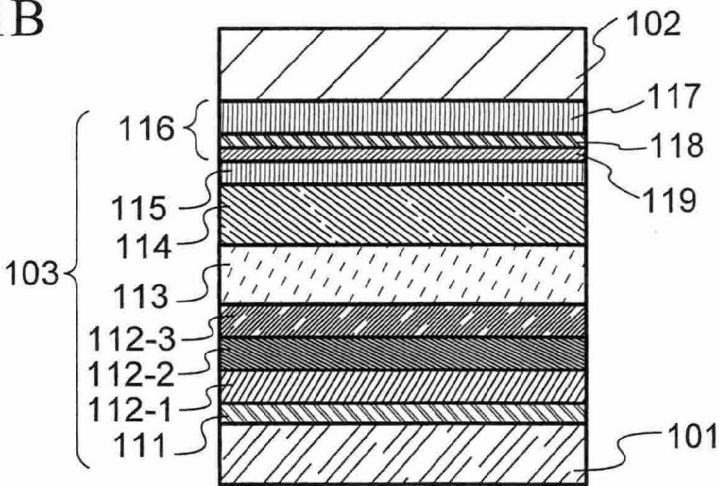


圖 1C

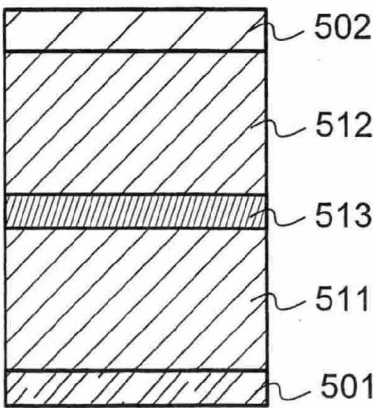


圖 2A

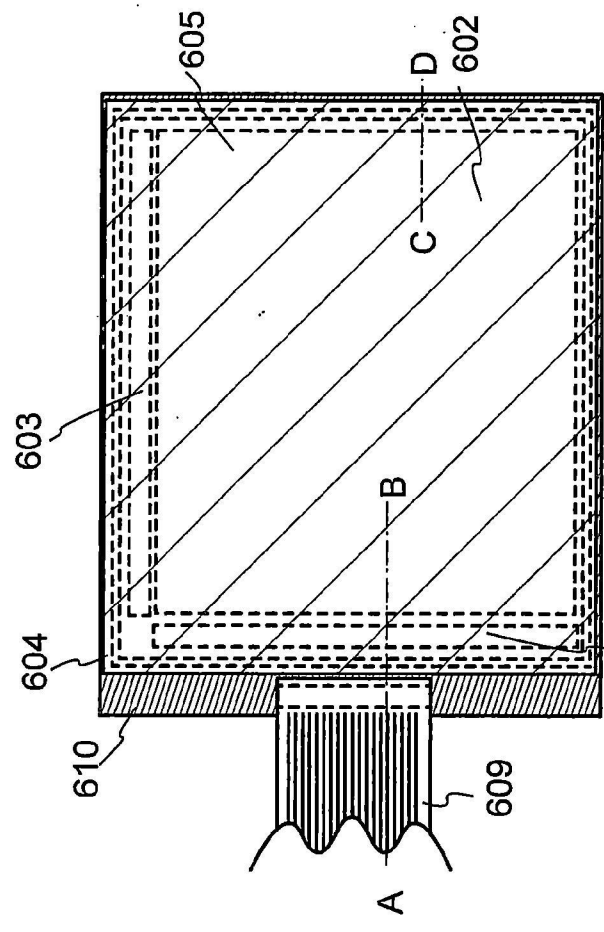
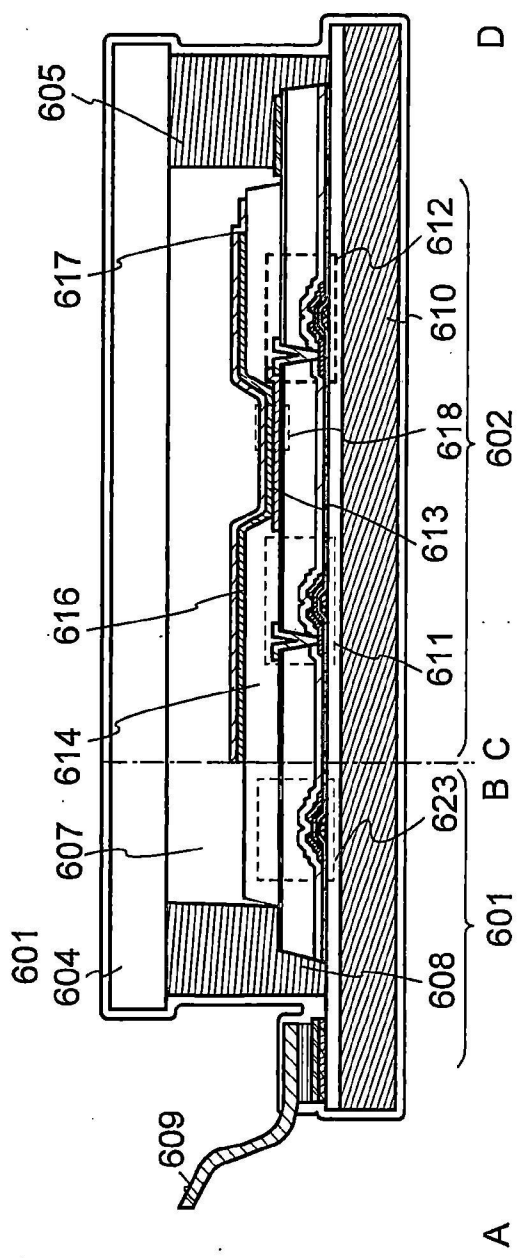


圖 2B



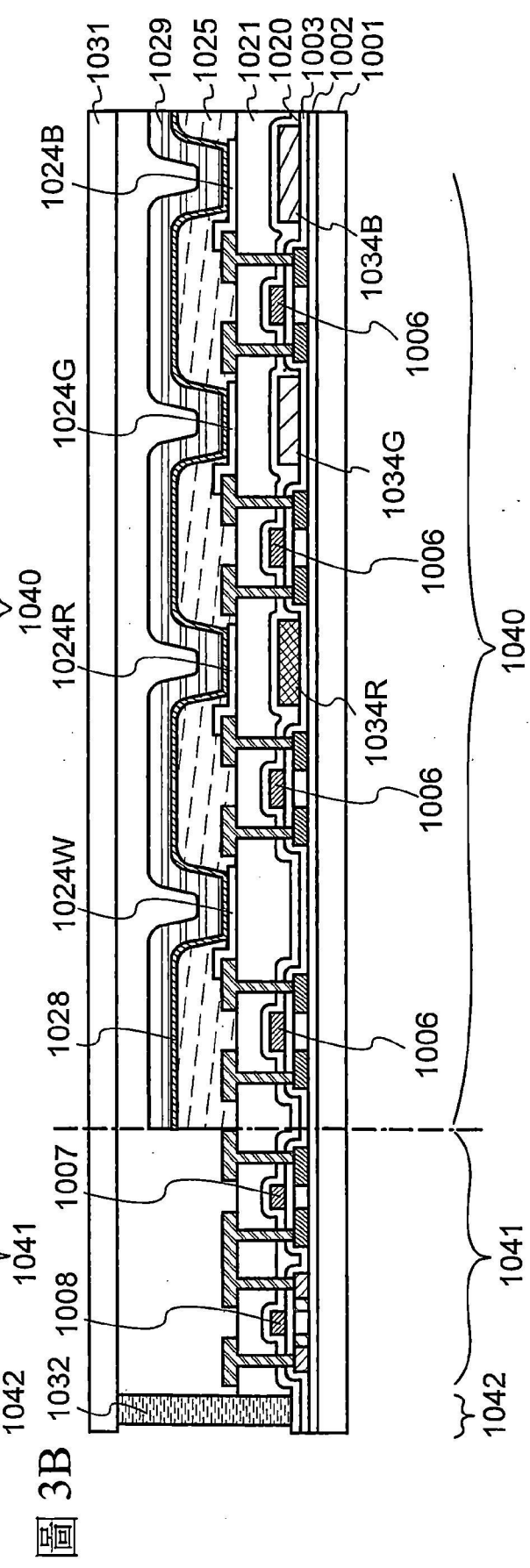
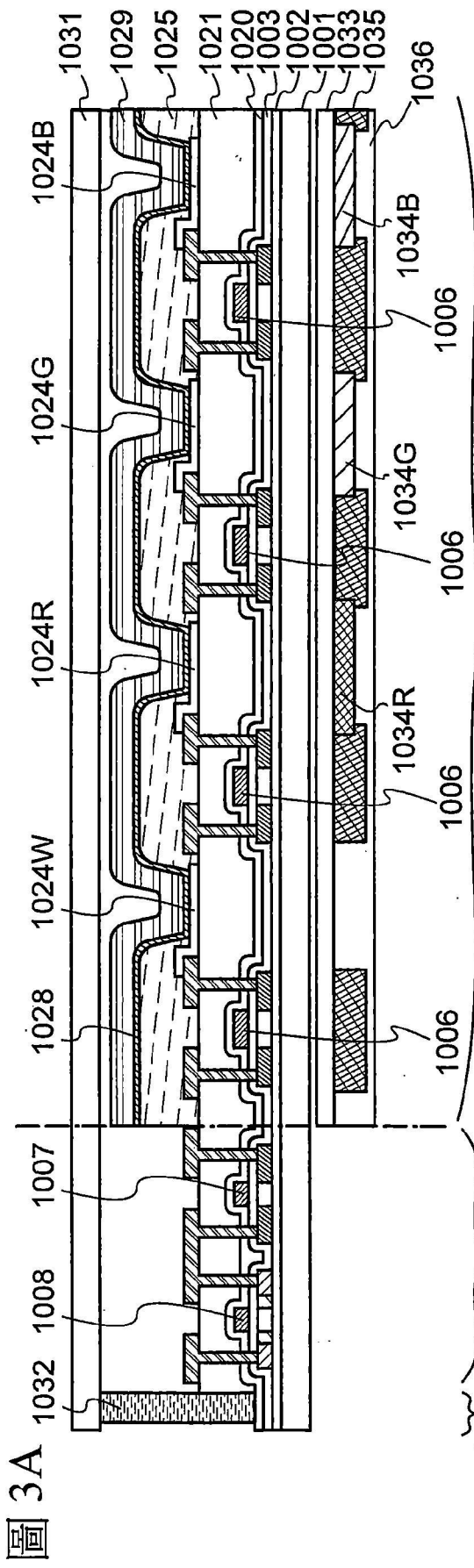


圖 4

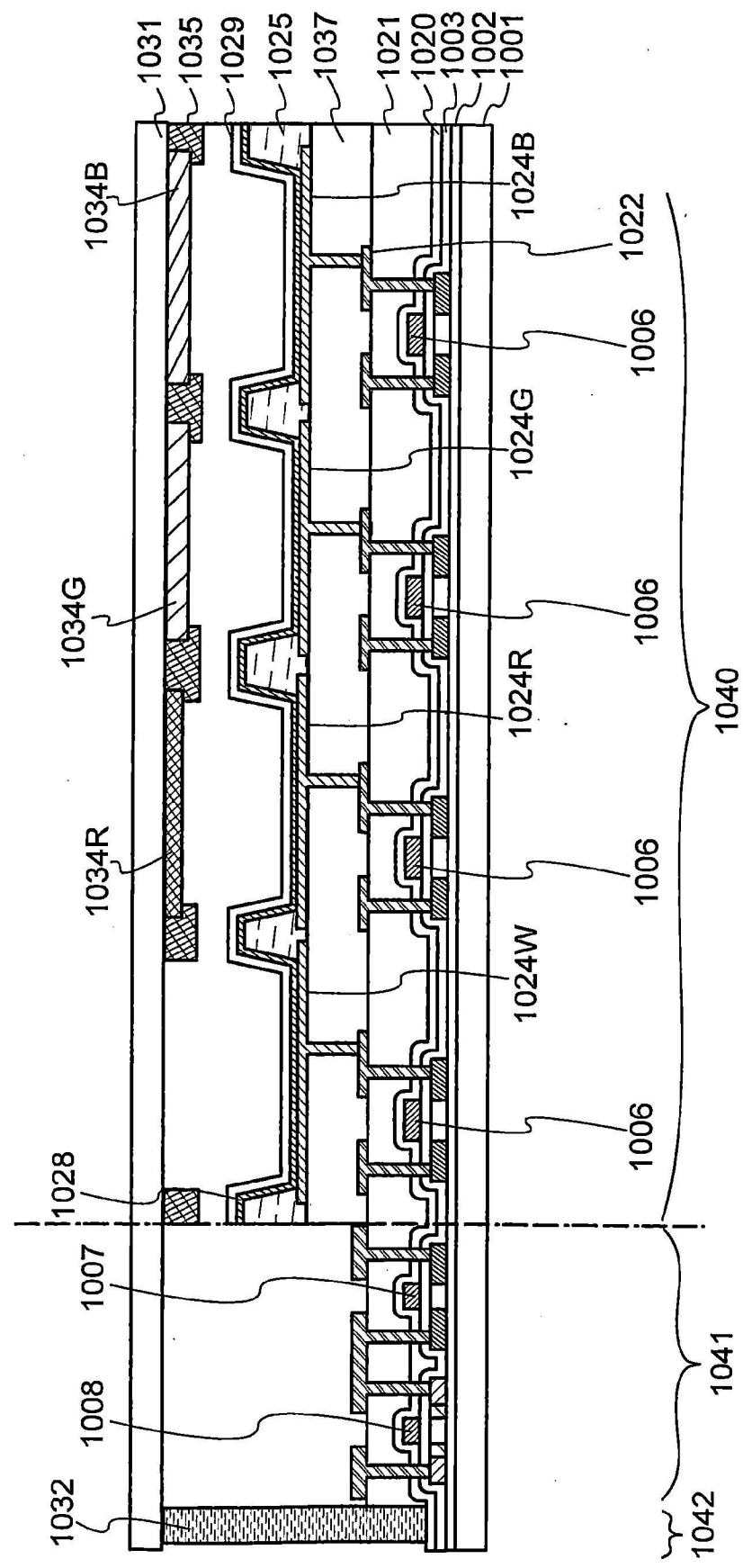


圖 5A

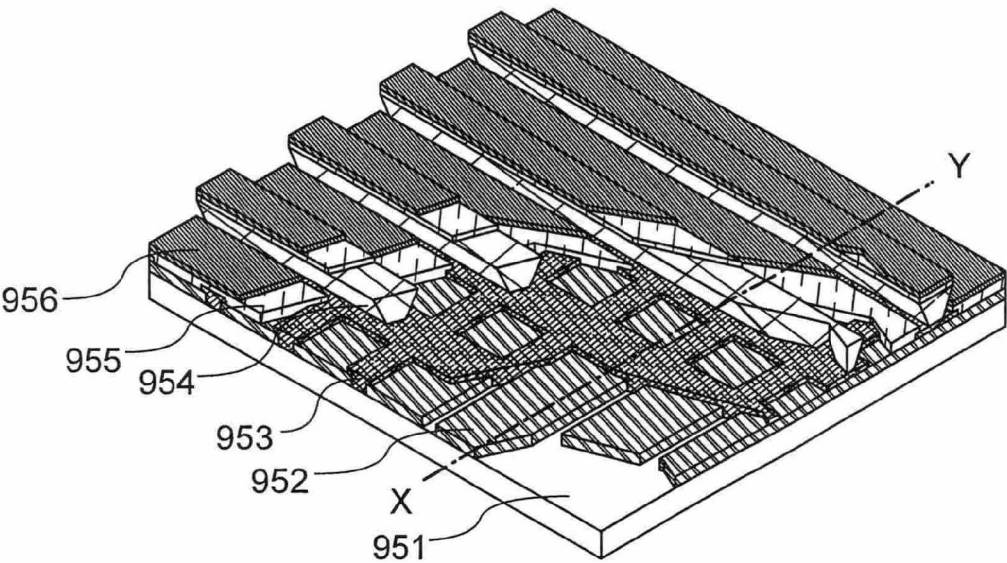


圖 5B

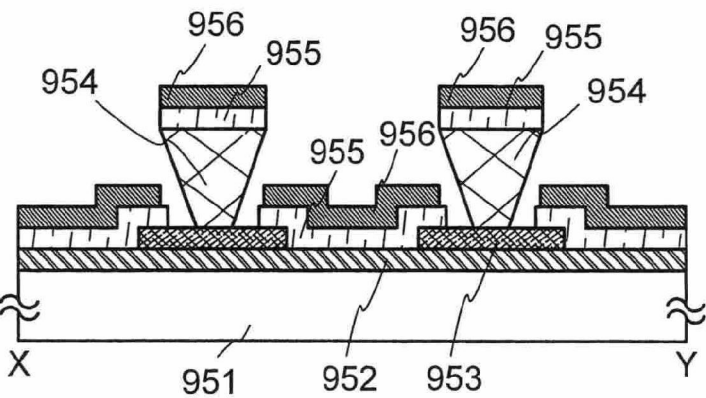


圖 6A

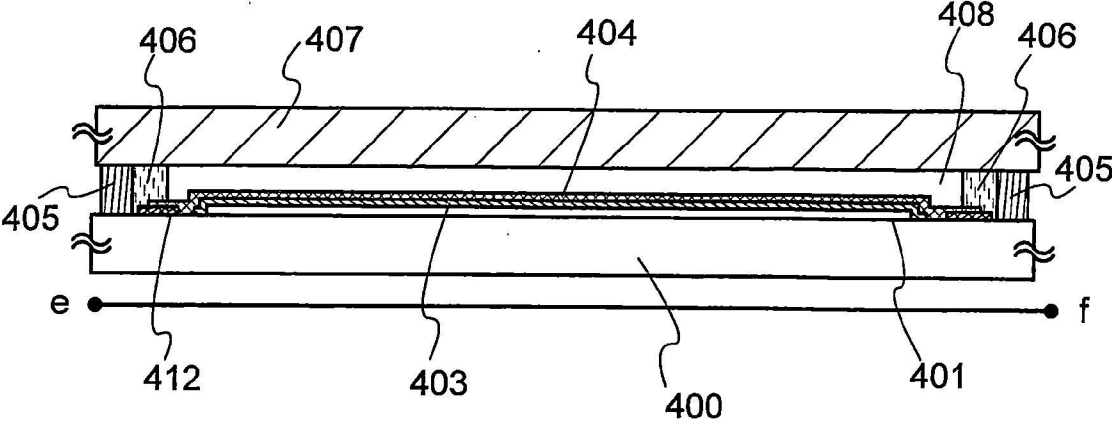


圖 6B

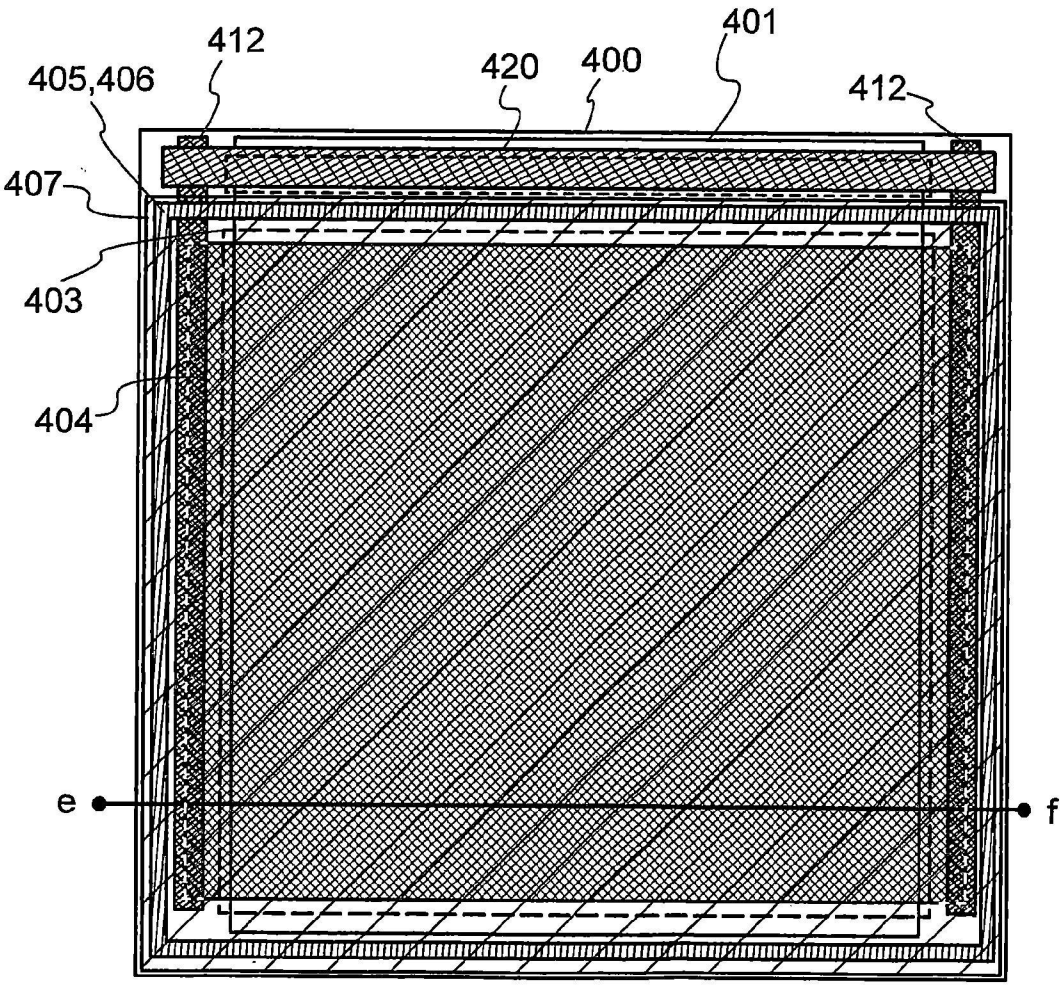


圖 7A

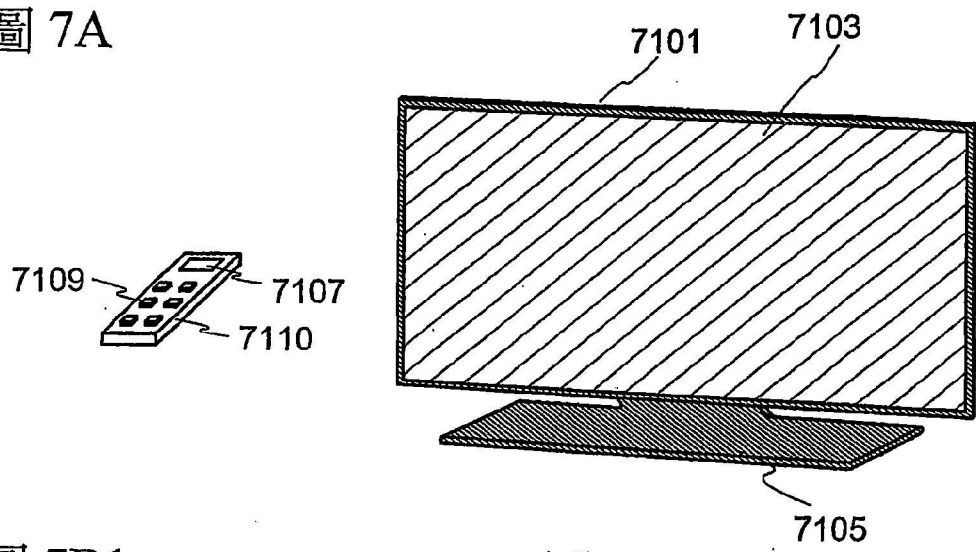


圖 7B1

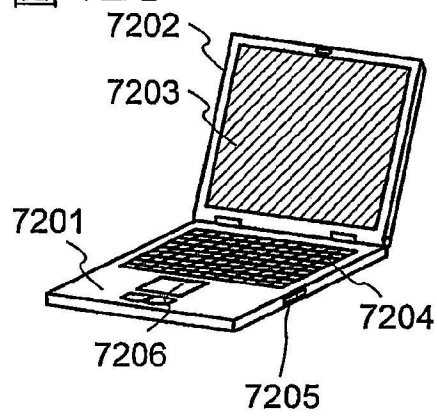


圖 7B2

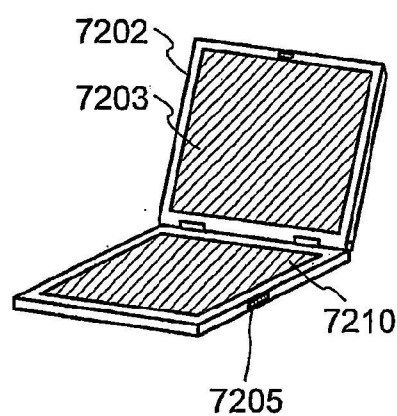


圖 7C

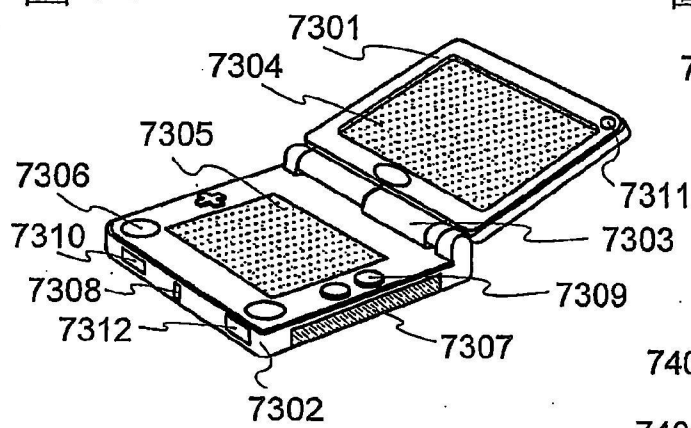


圖 7D

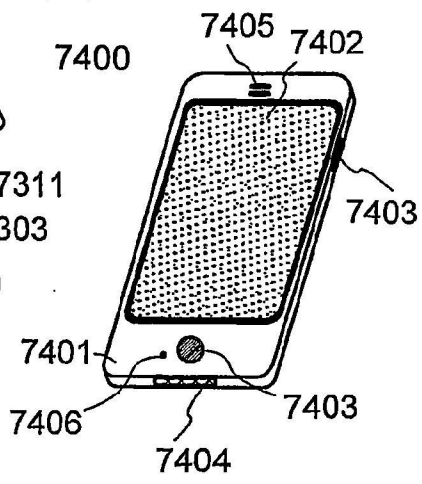


圖 8

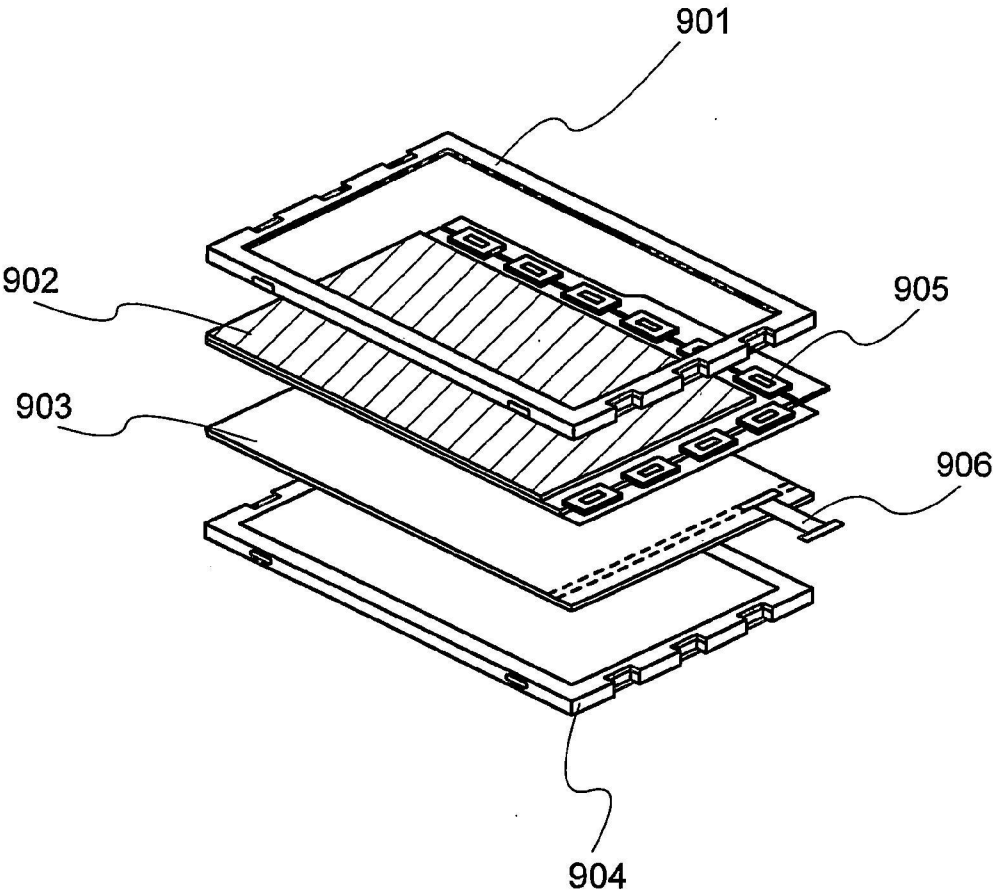


圖 9

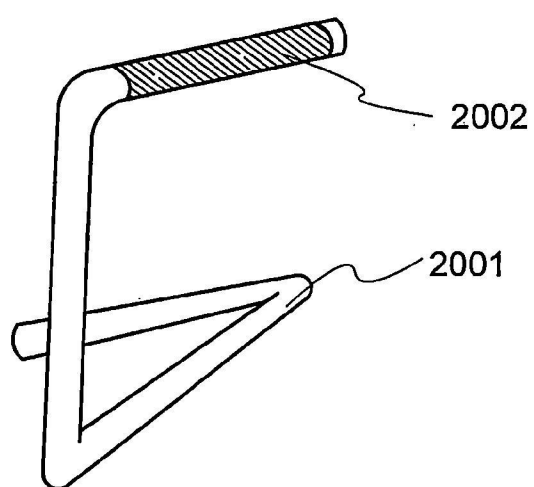


圖 10

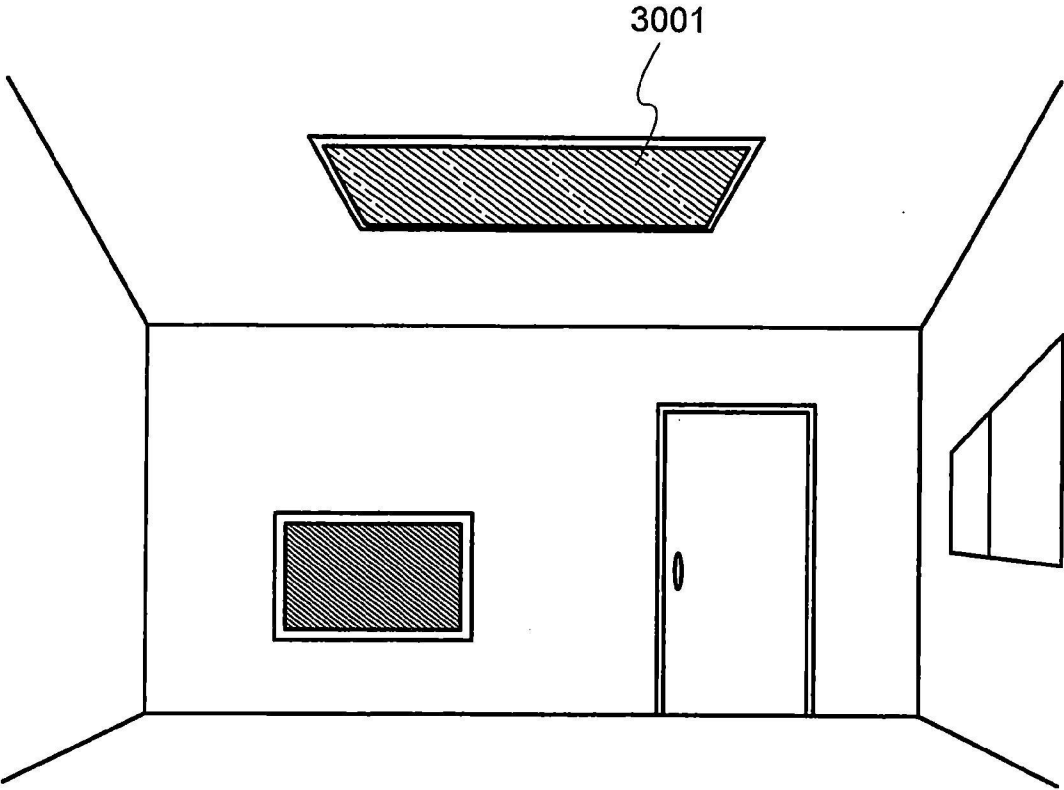


圖 11

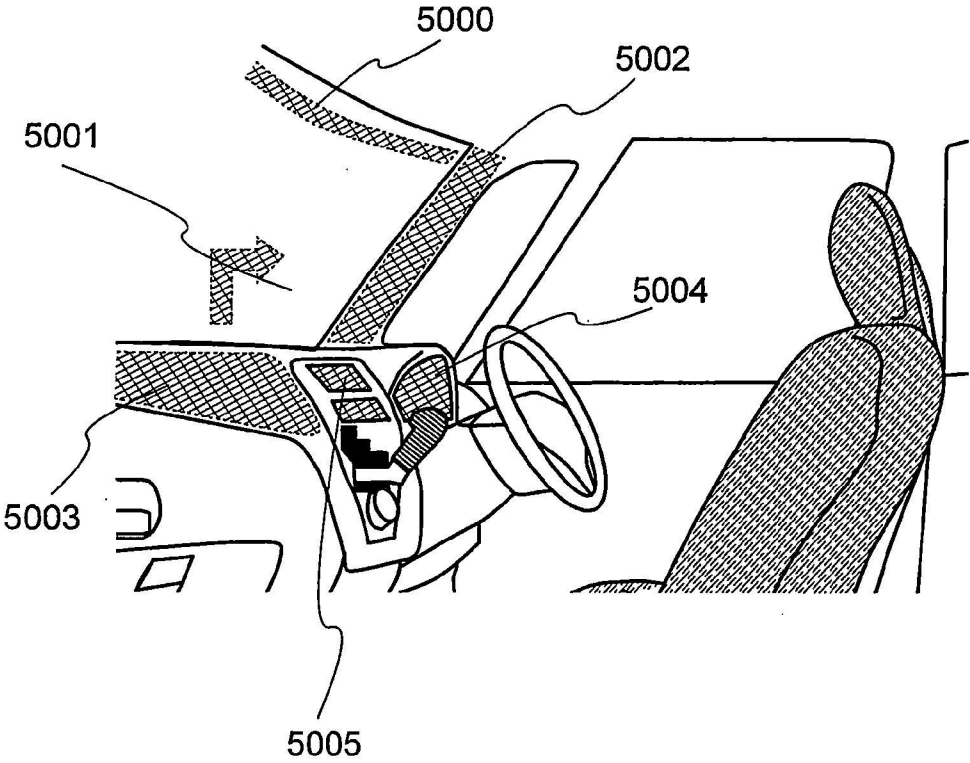


圖 12A

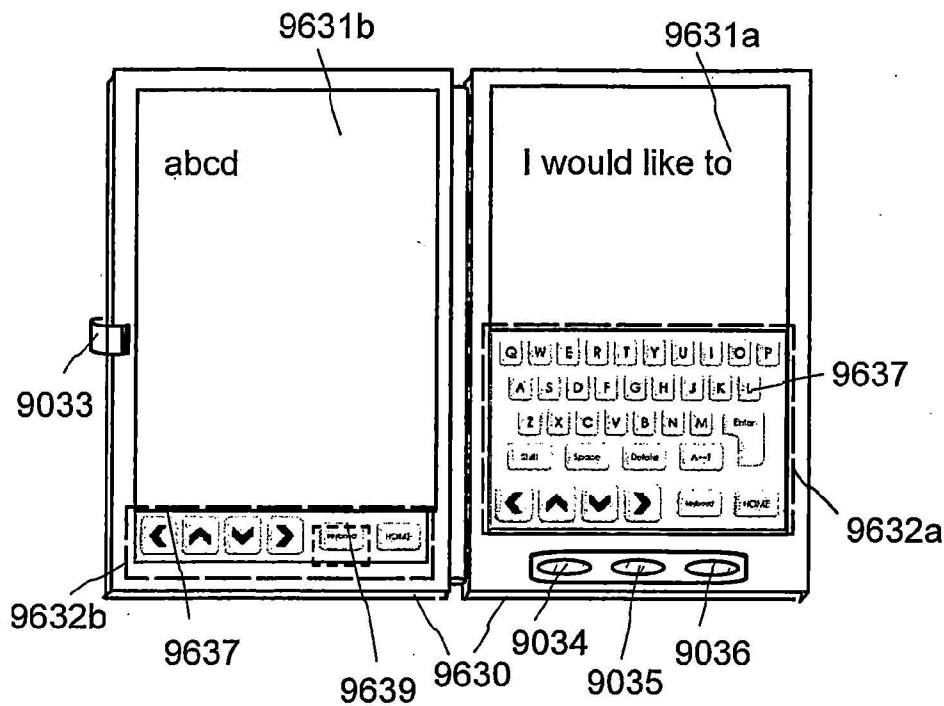


圖 12B

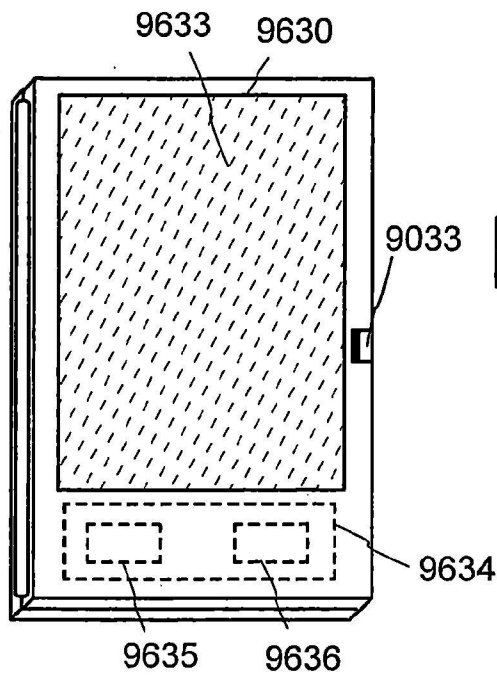


圖 12C

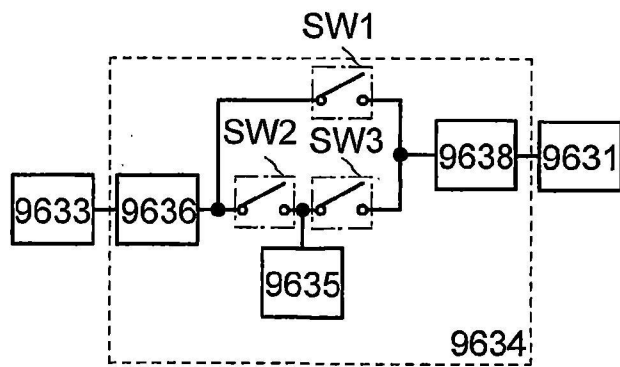


圖 13A

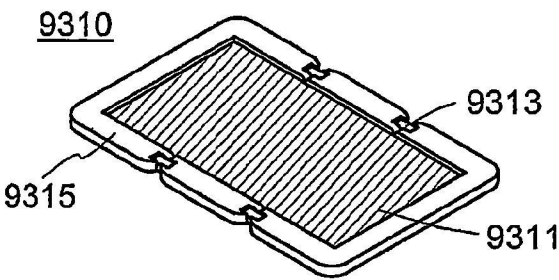


圖 13B

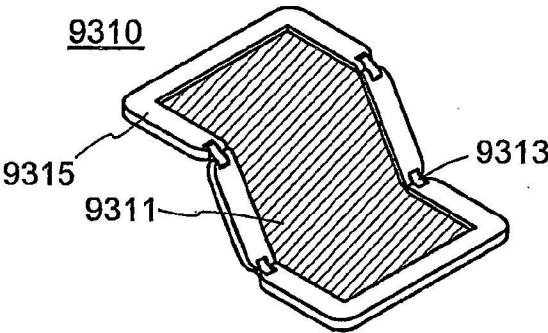


圖 13C

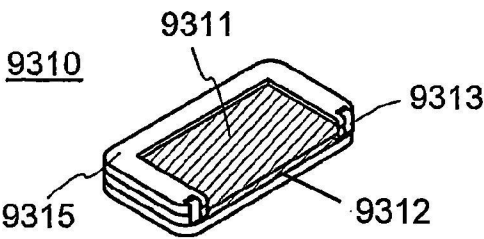


圖 14

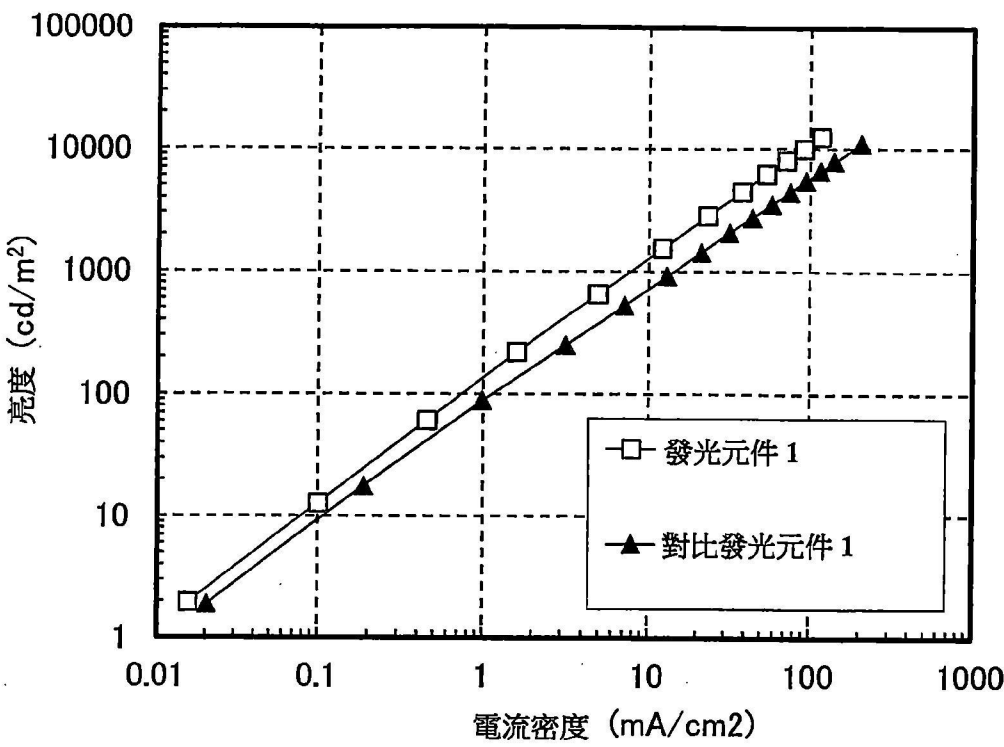


圖 15

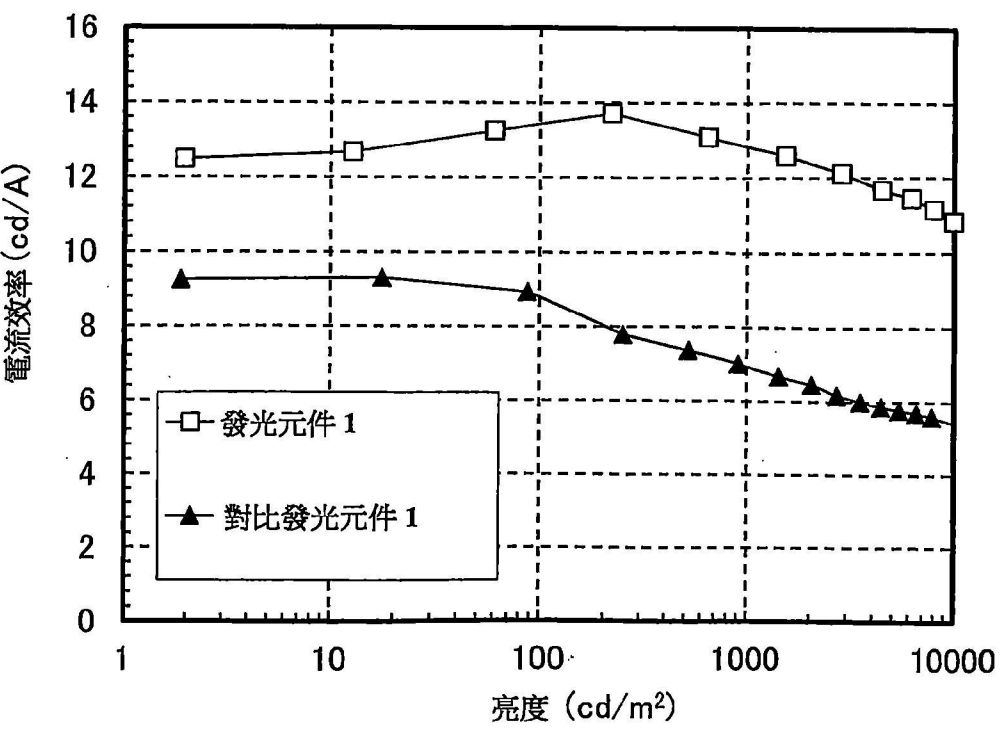


圖 16

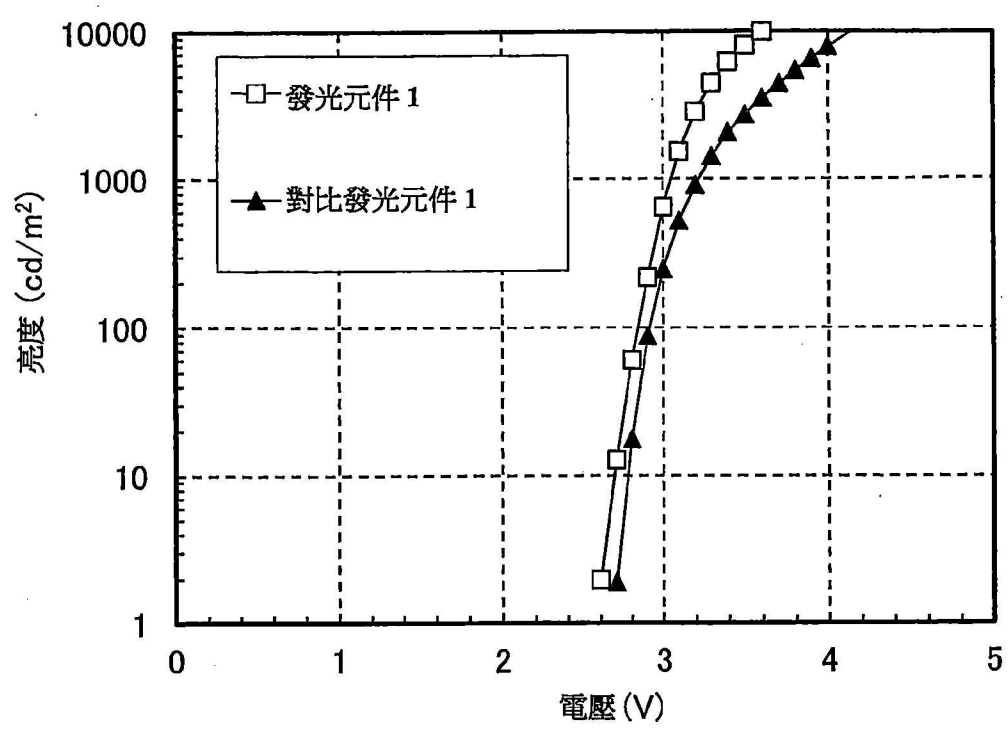


圖 17

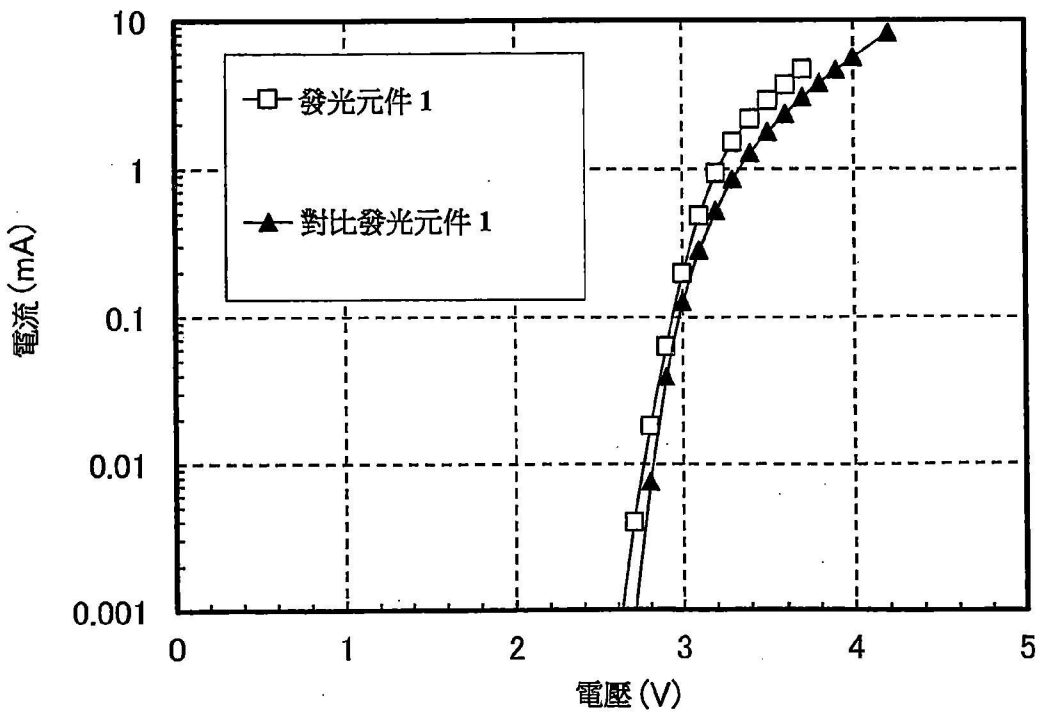


圖 18

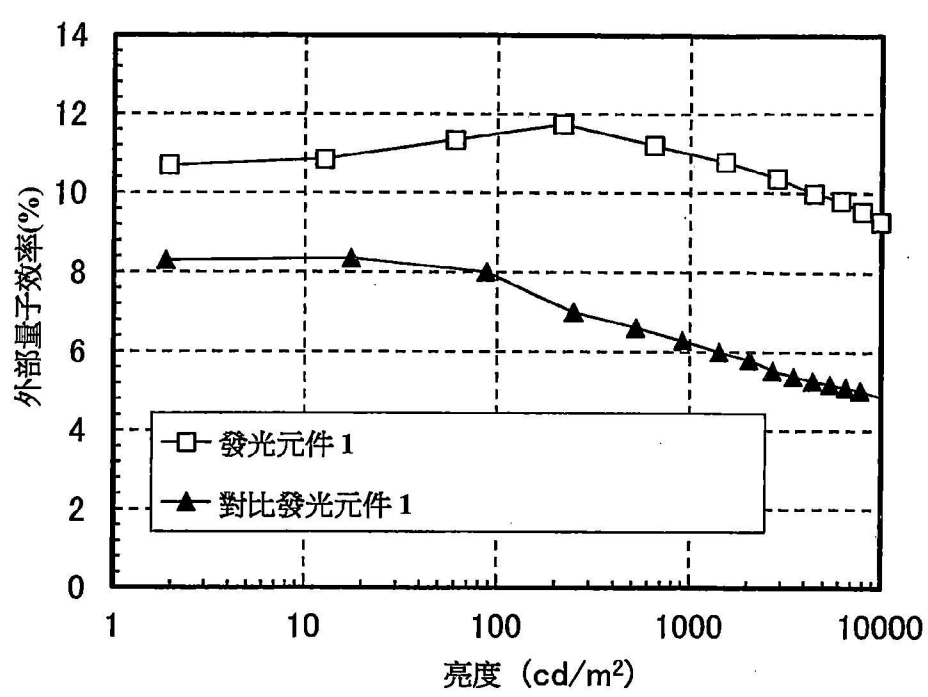


圖 19

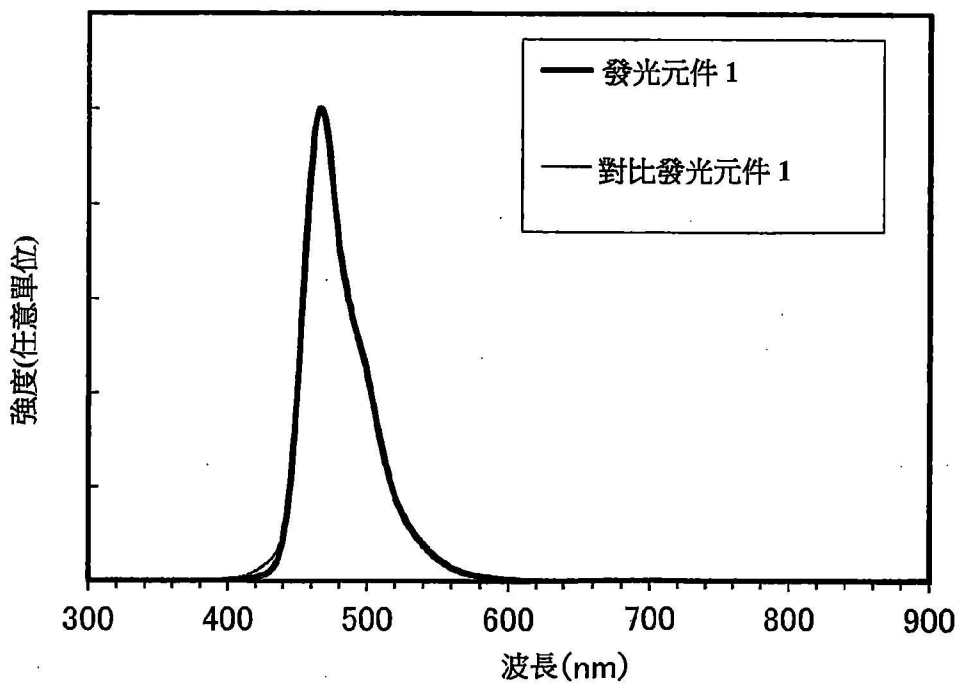


圖 20

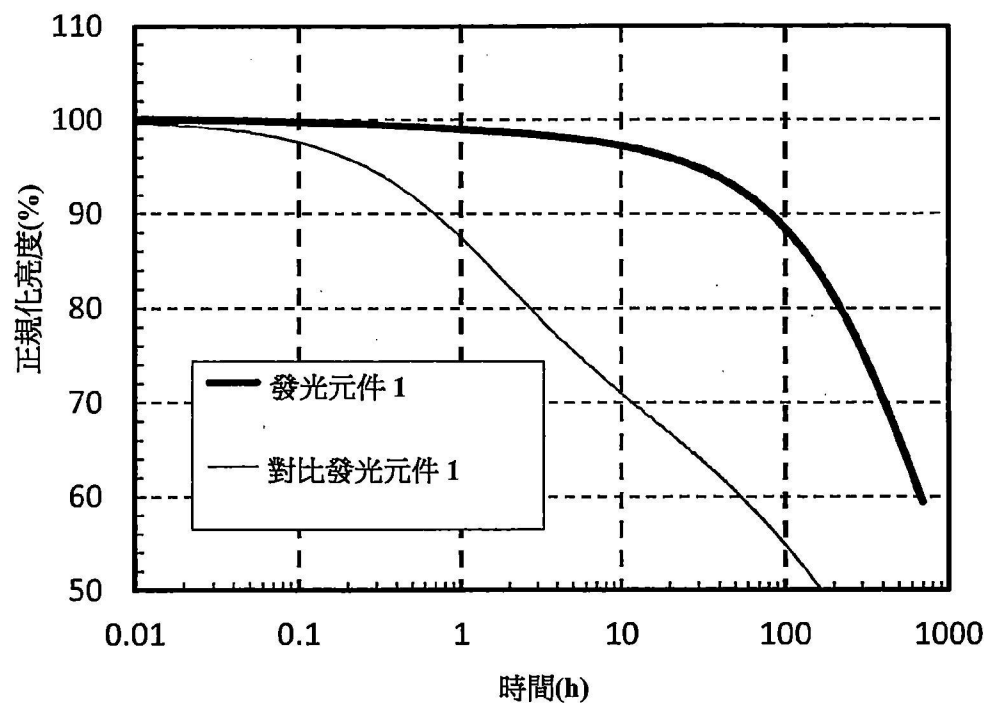


圖 21

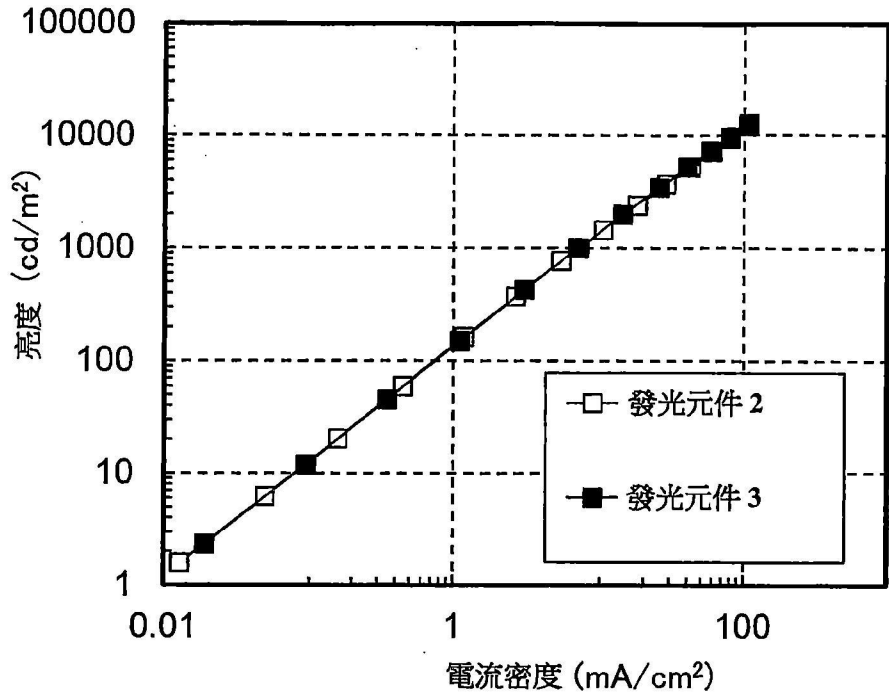


圖 22

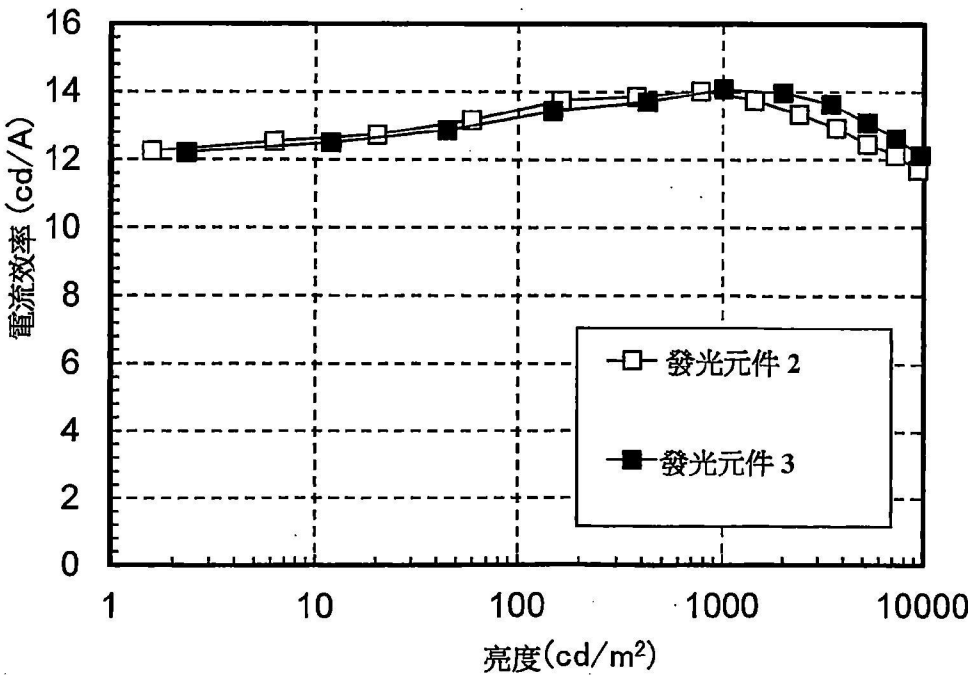


圖 23

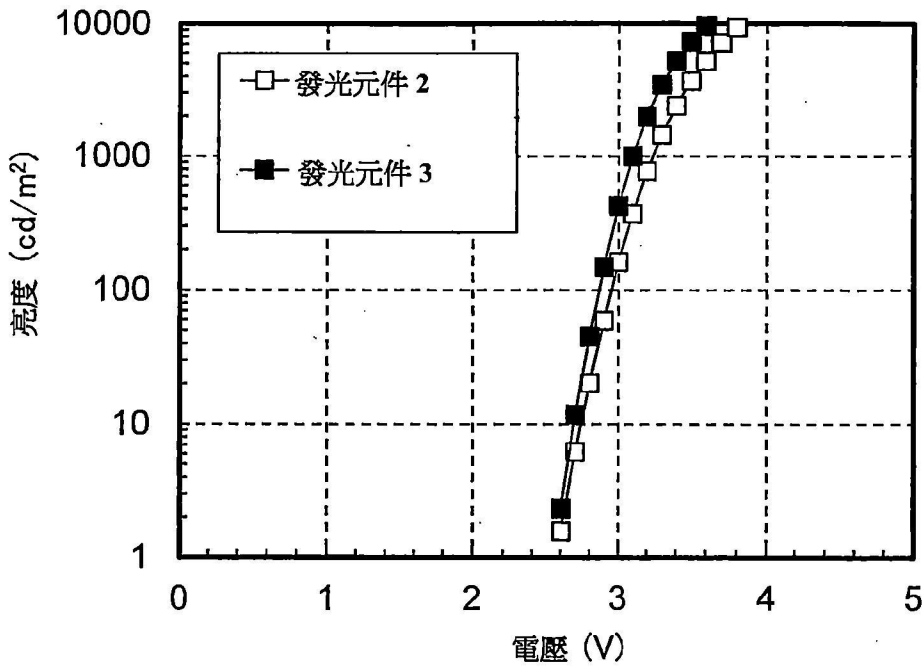


圖 24

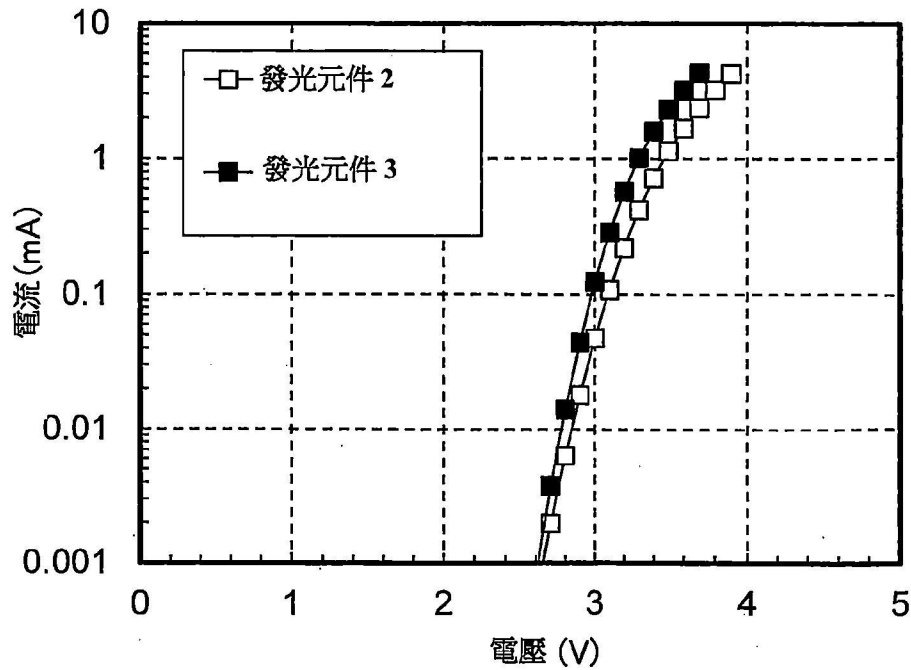


圖 25

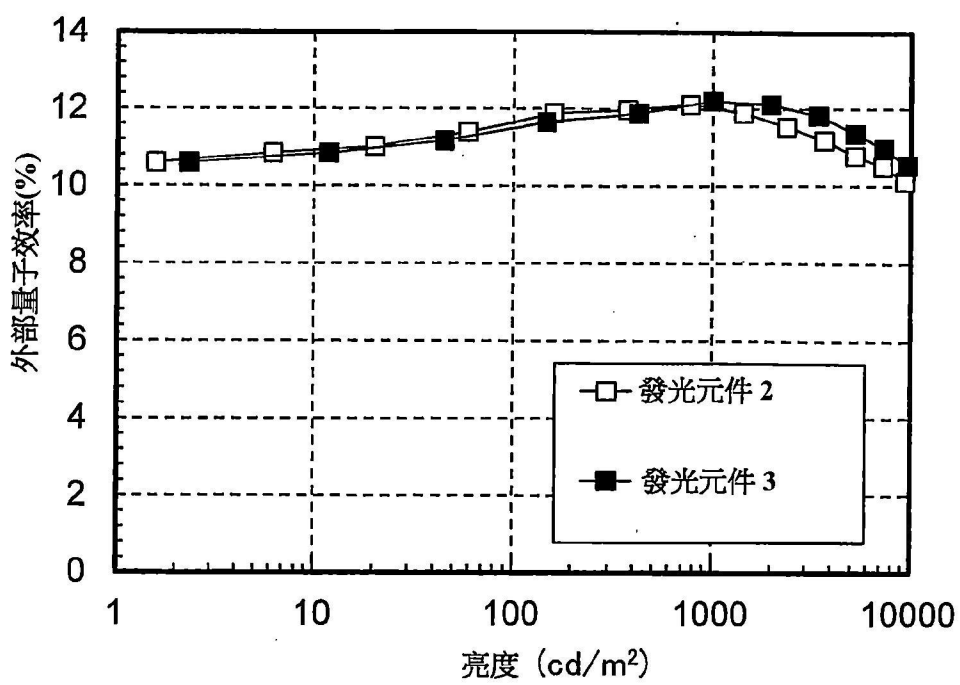


圖 26

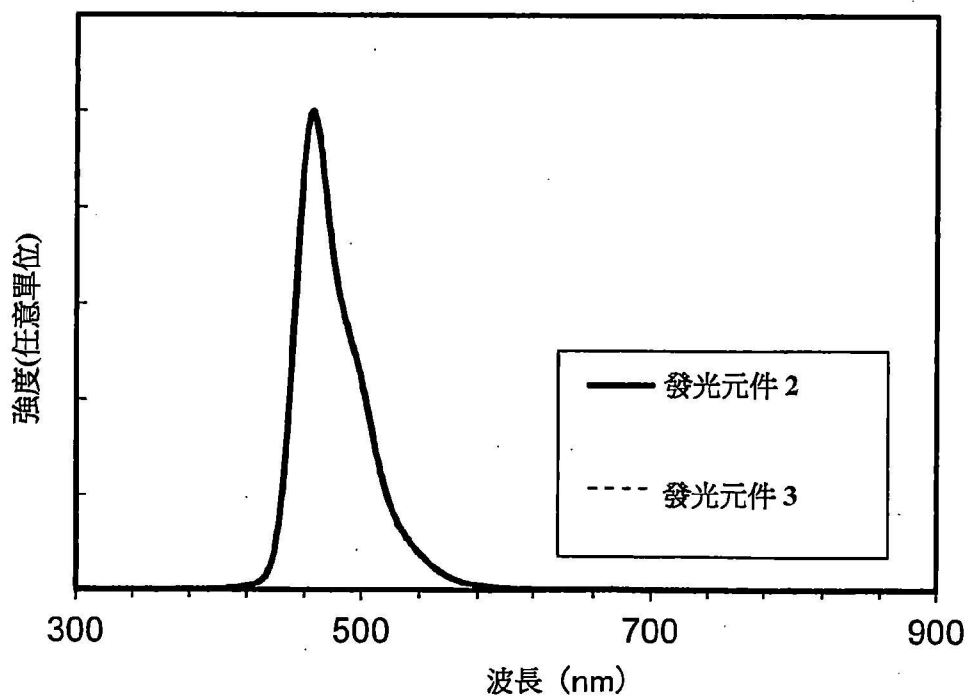


圖 27

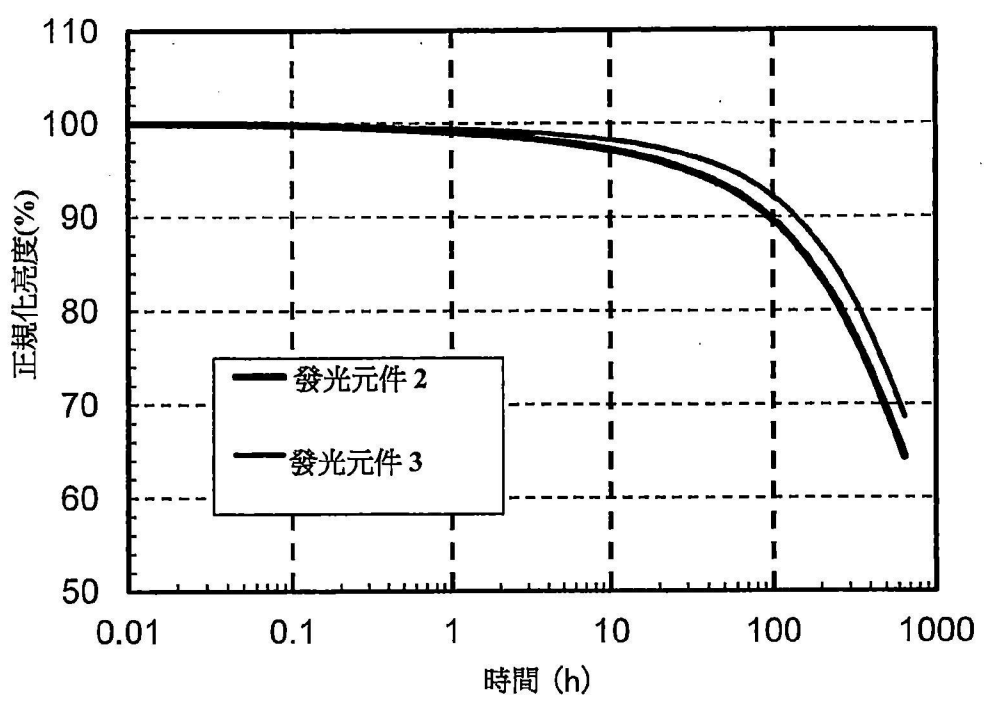


圖 28

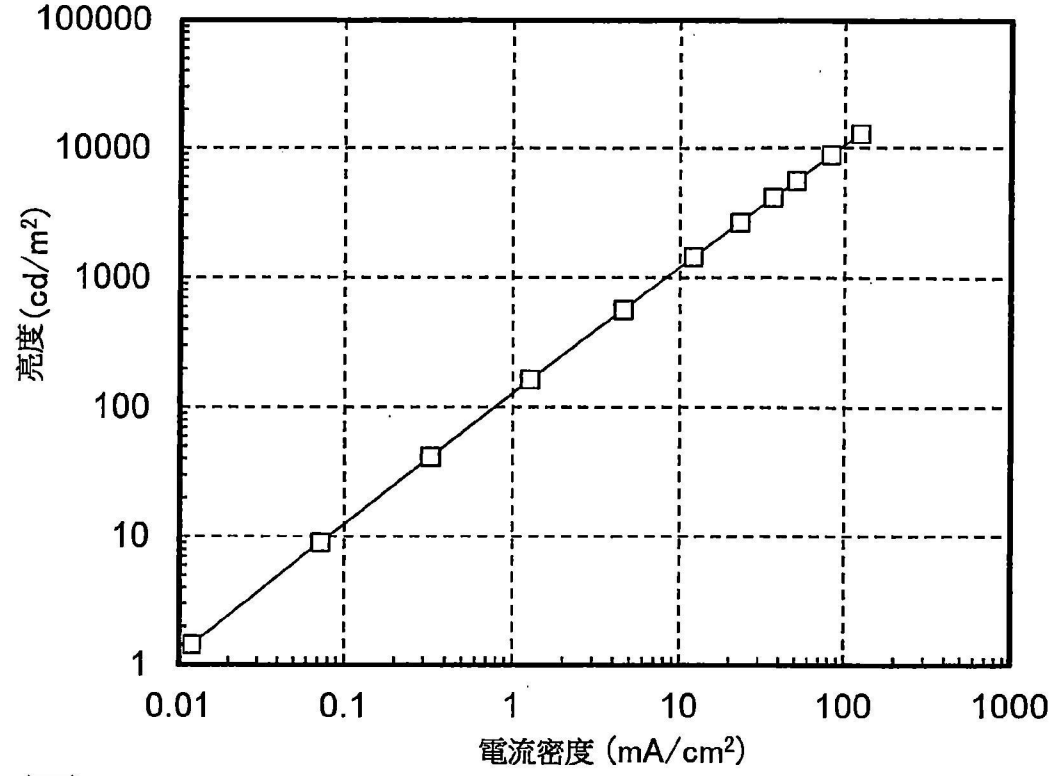


圖 29

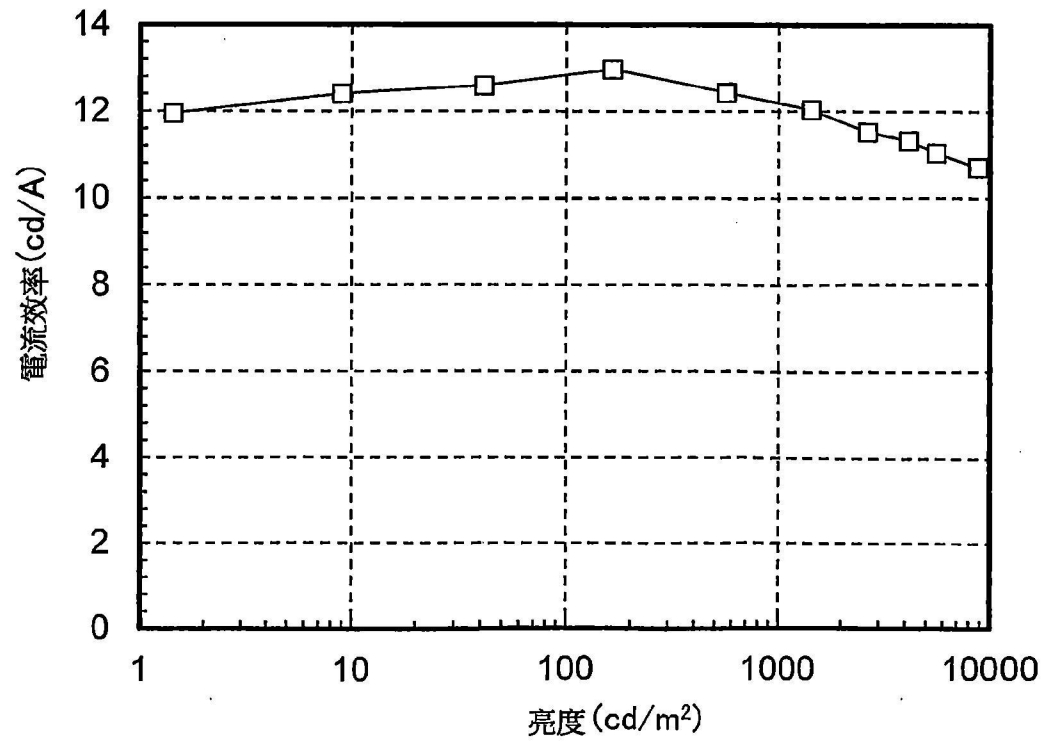


圖 30

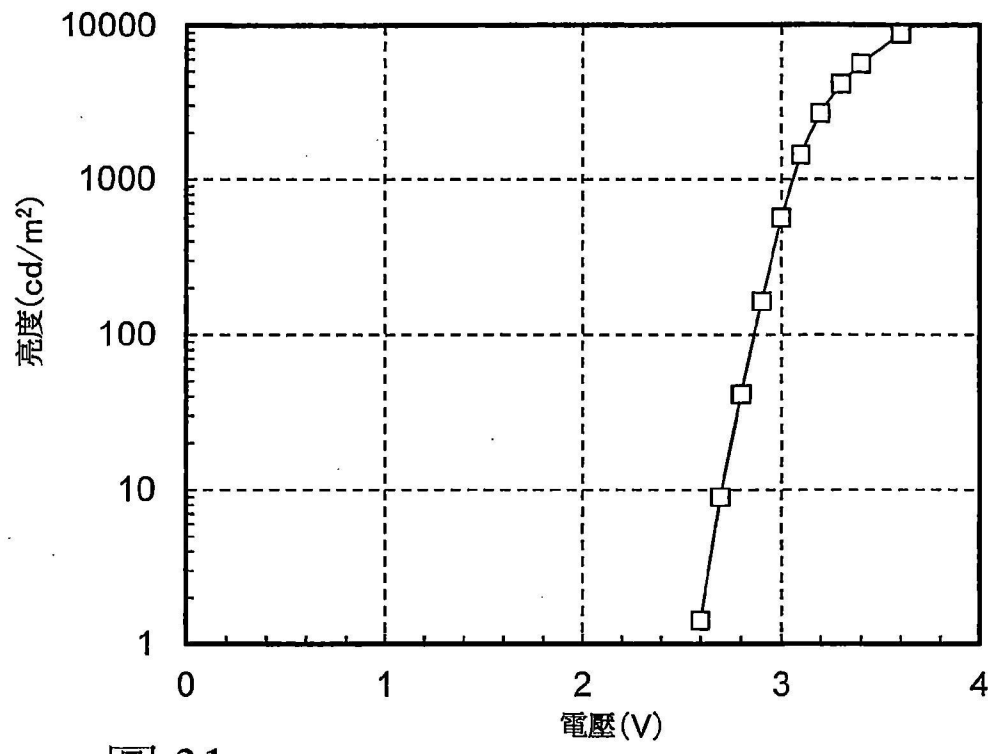


圖 31

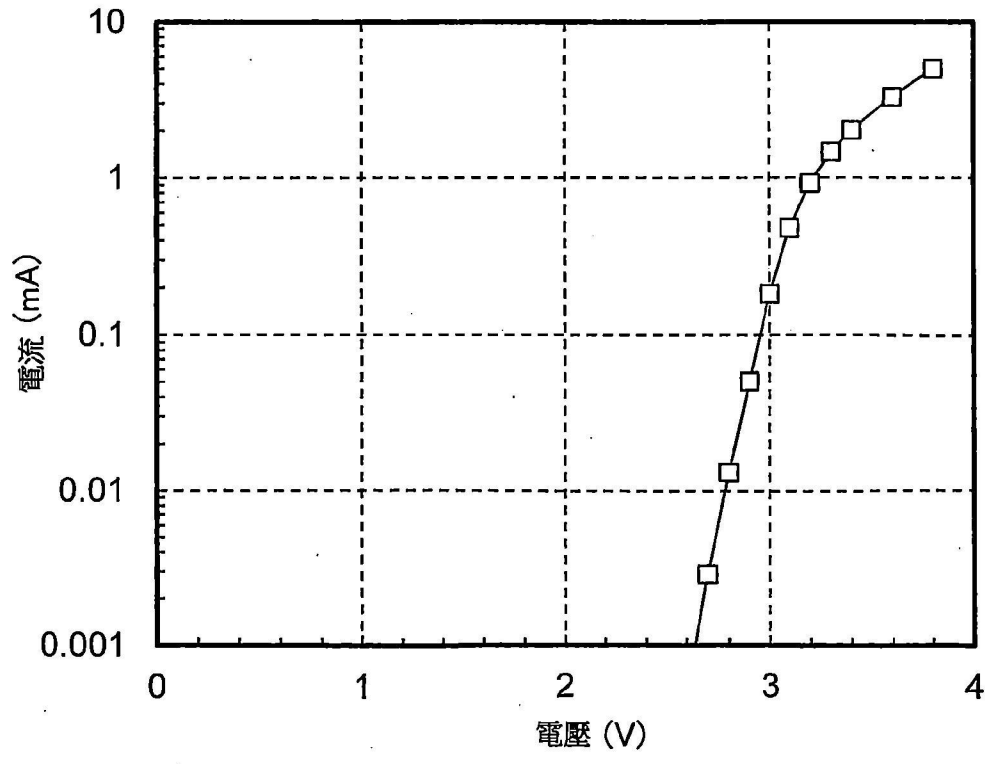


圖 32

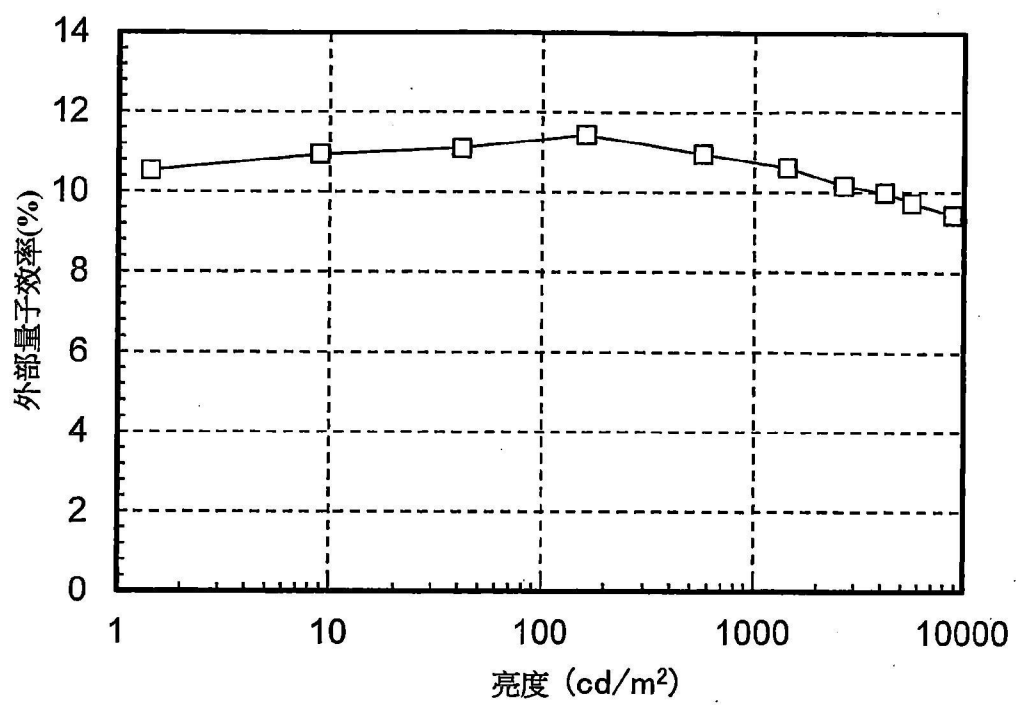


圖 33

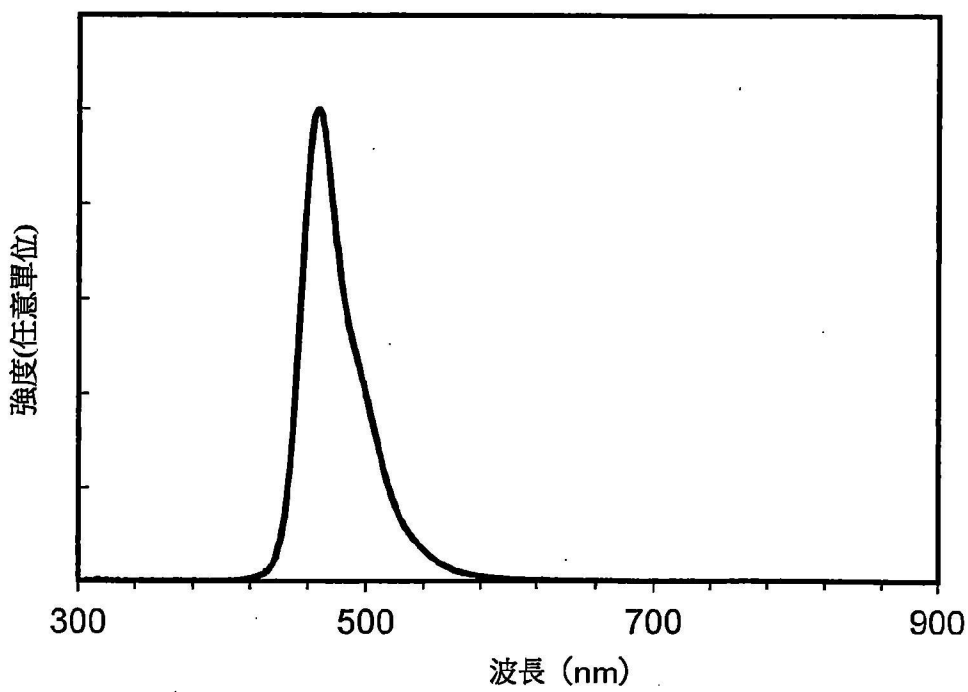


圖 34

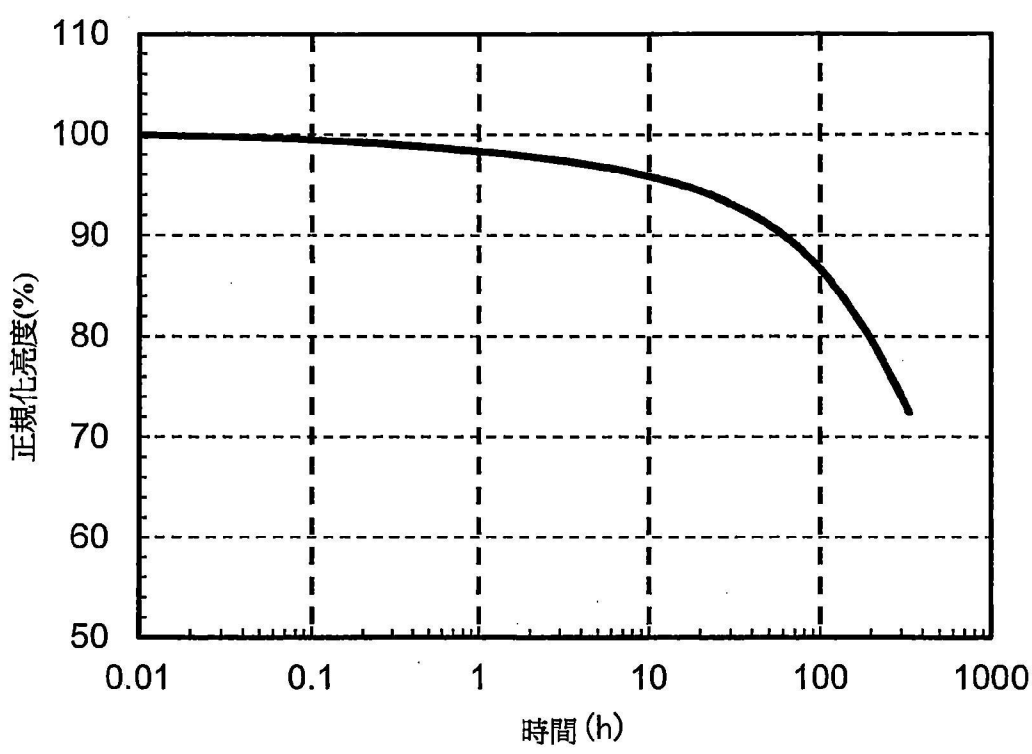


圖 35

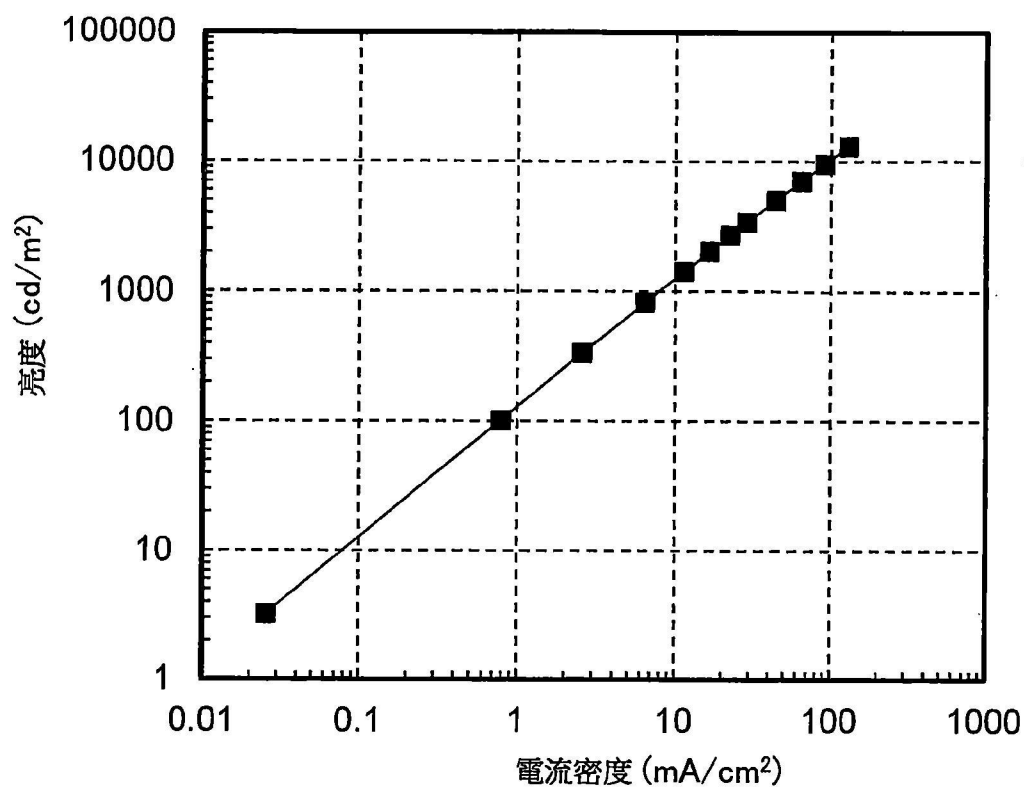


圖 36

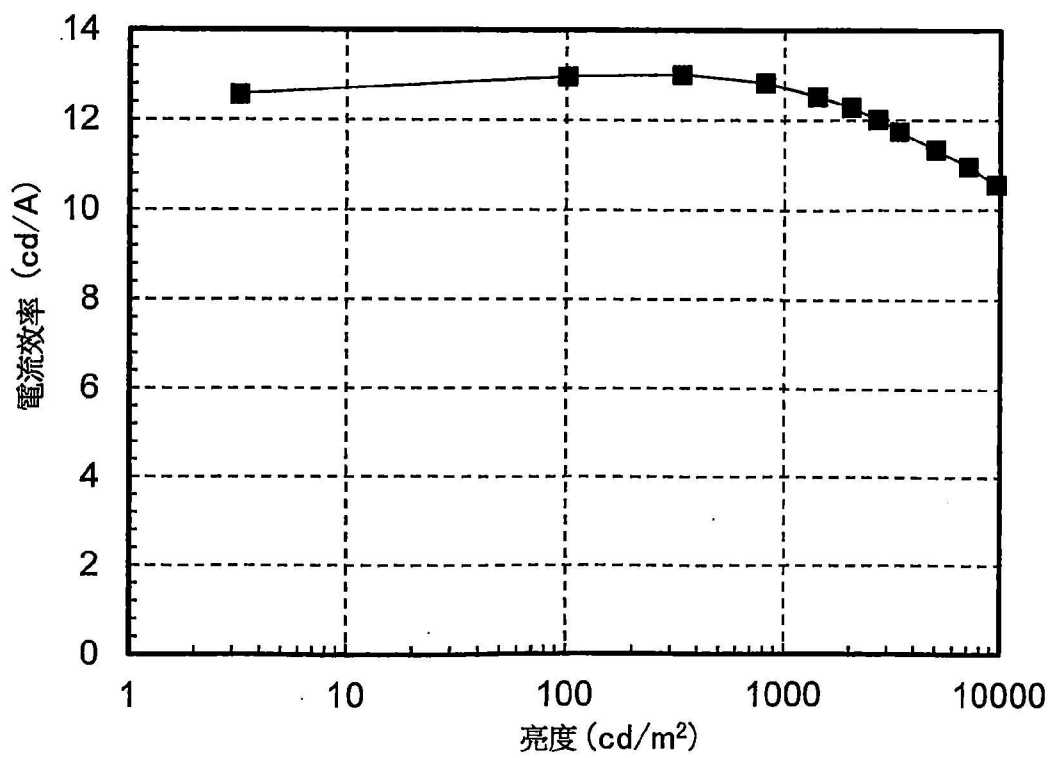


圖 37

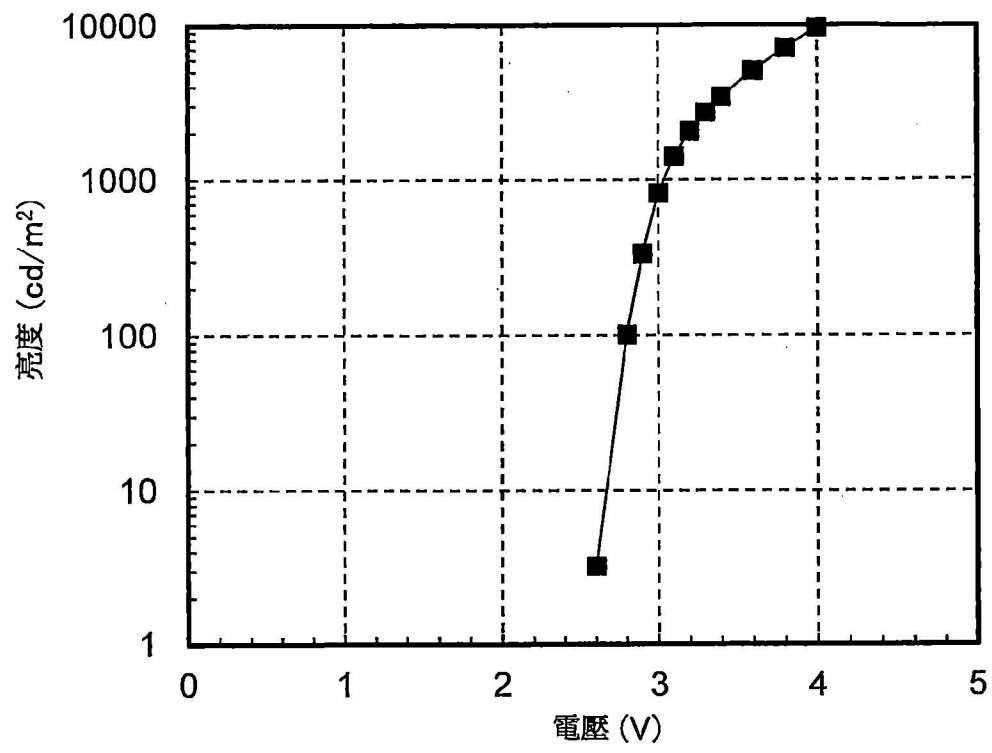


圖 38

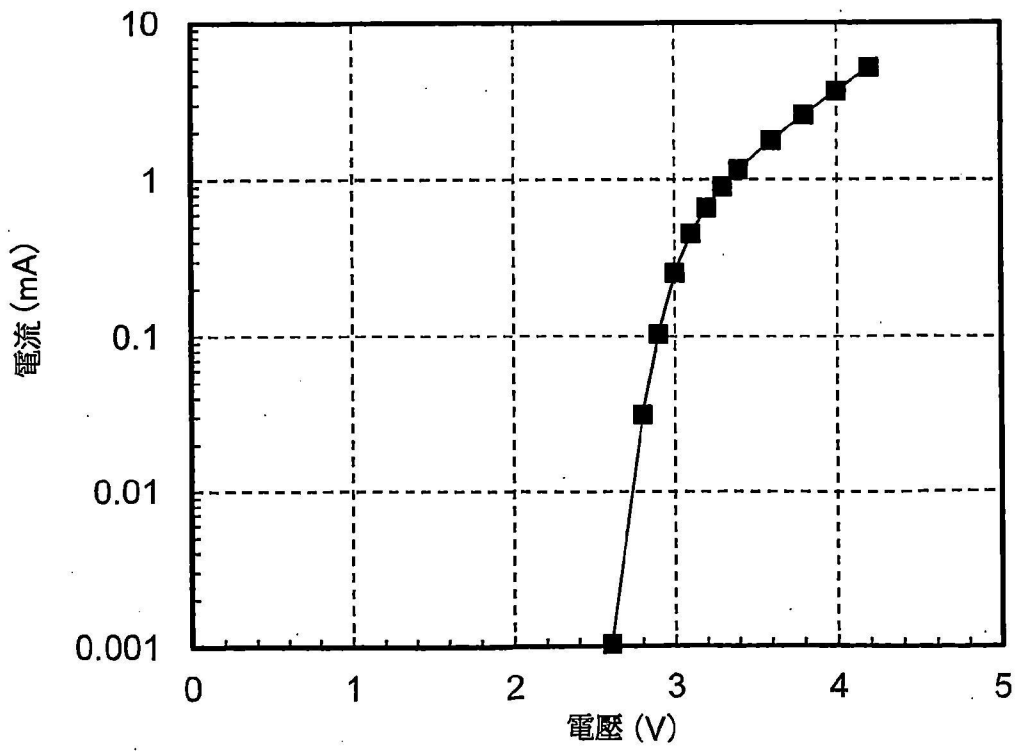


圖 39

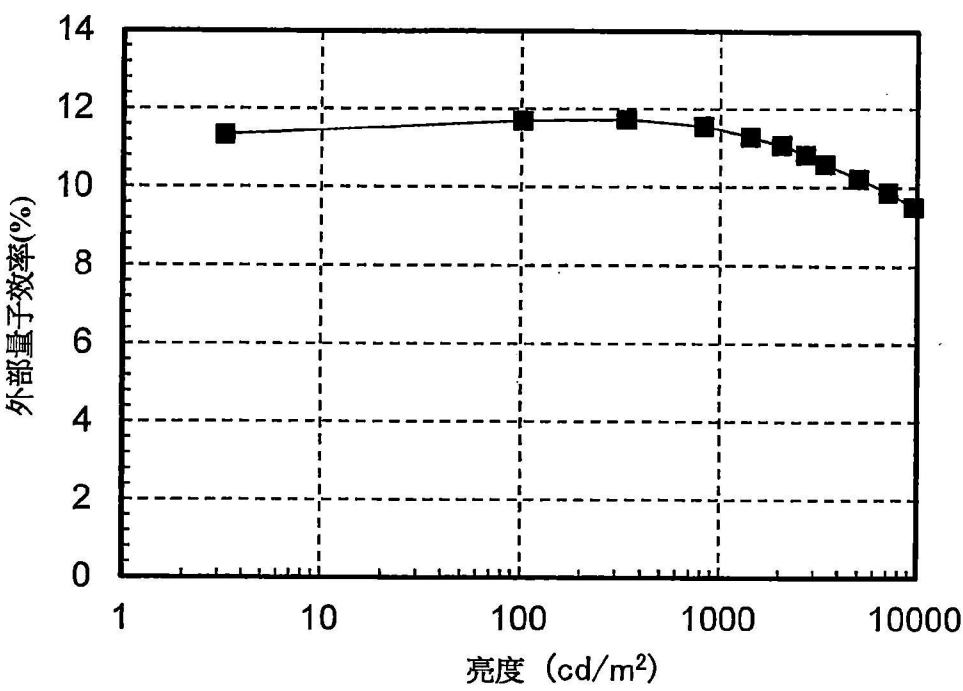


圖 40

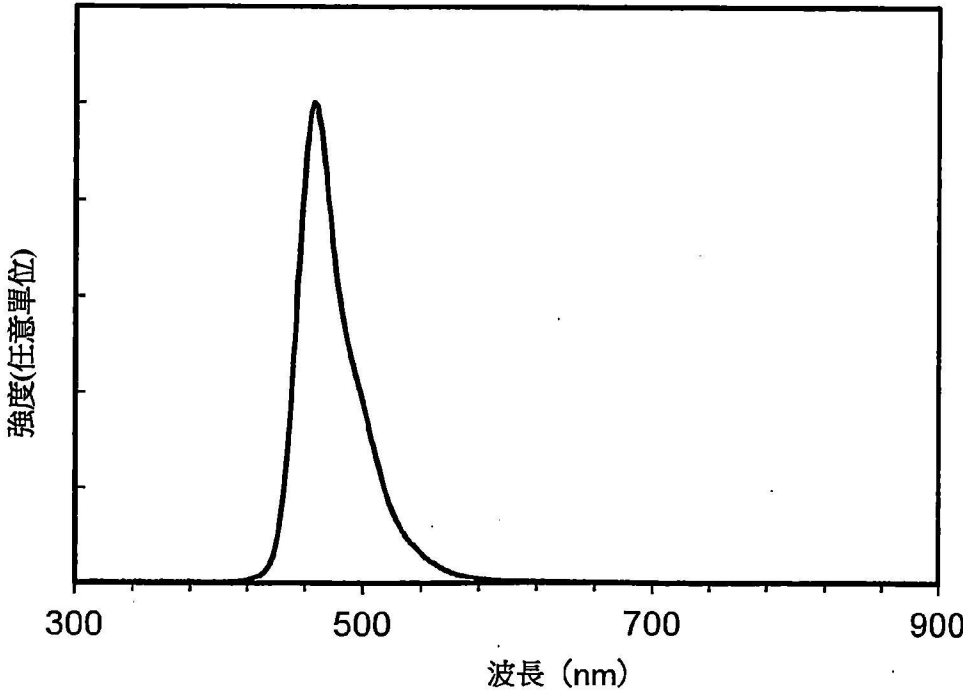


圖 41

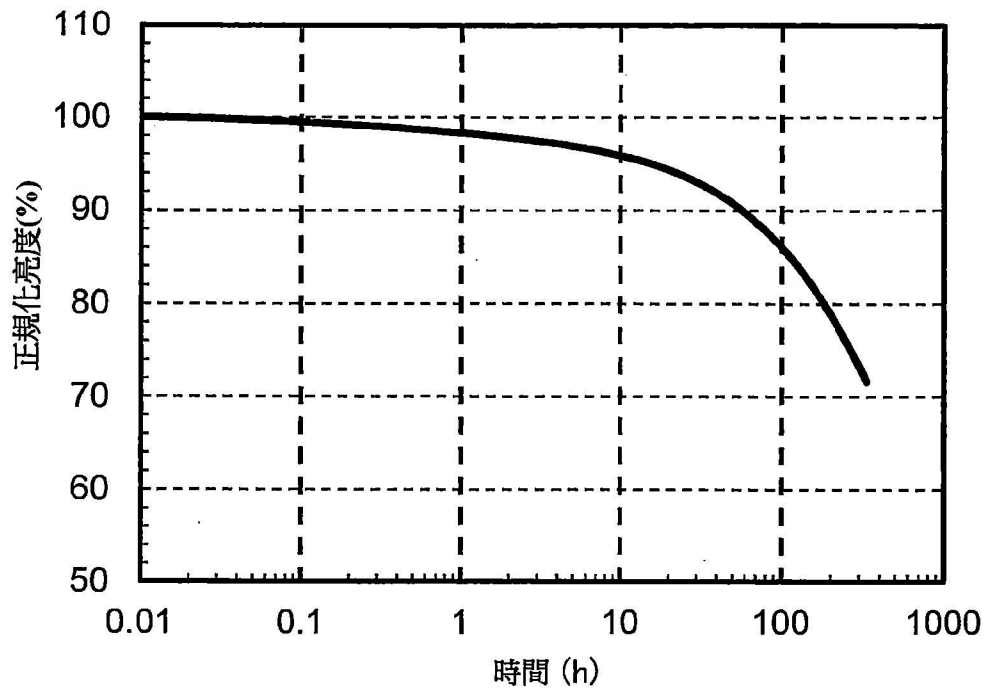


圖 42

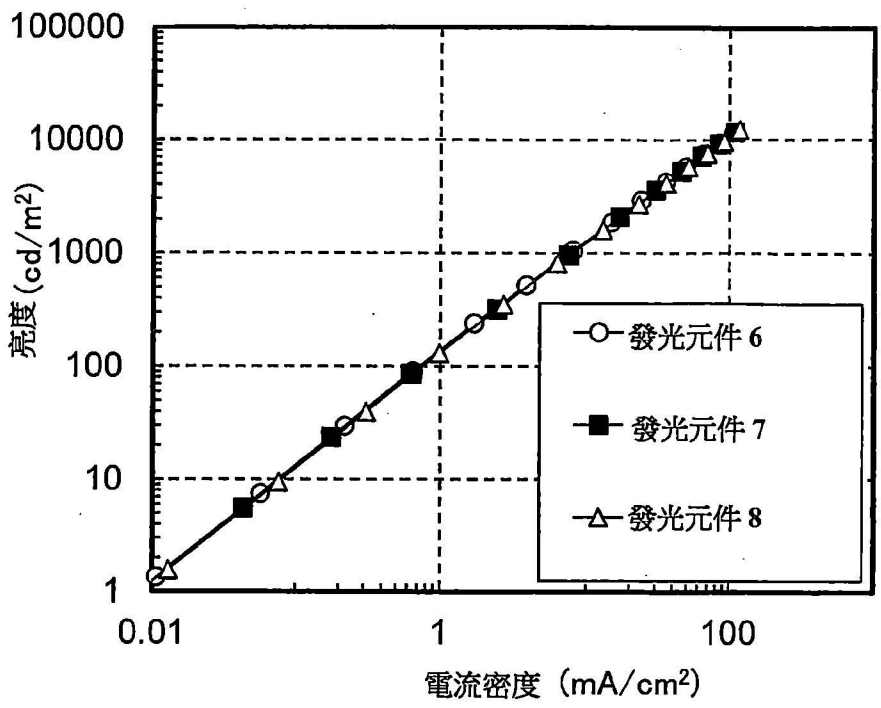


圖 43

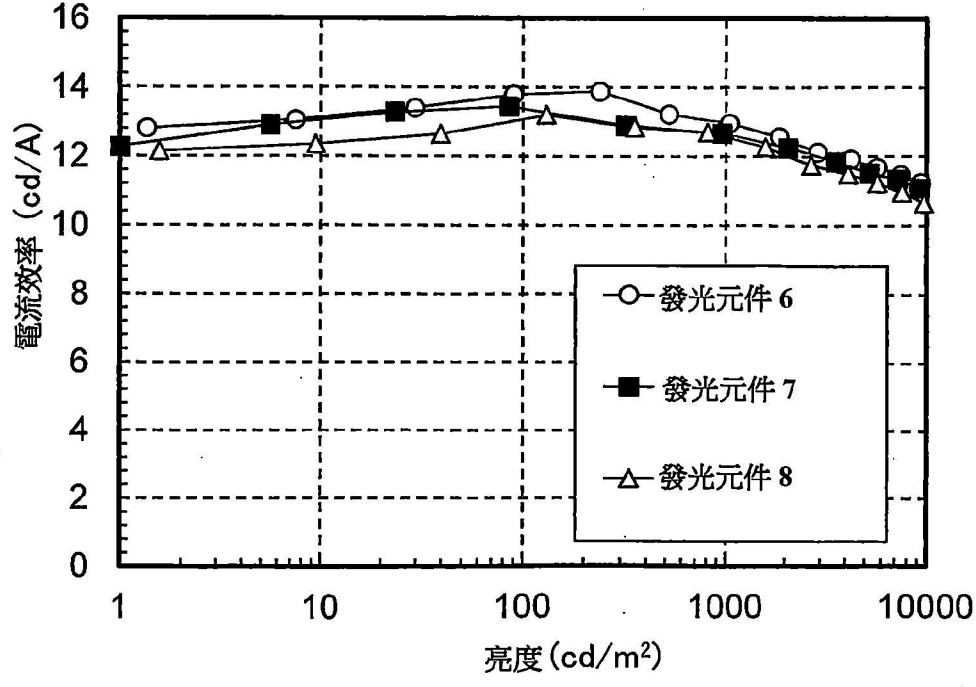


圖 44

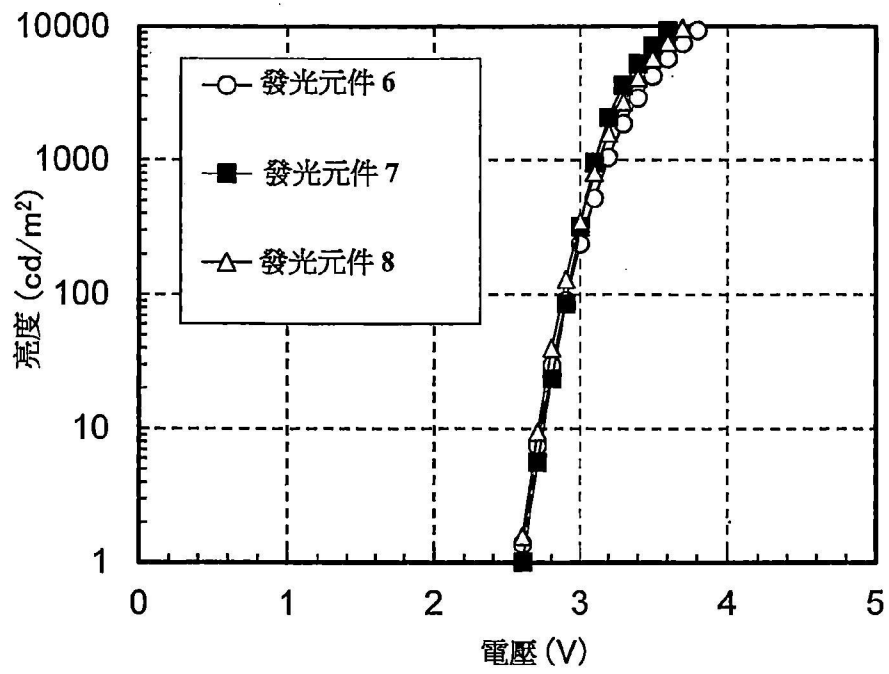


圖 45

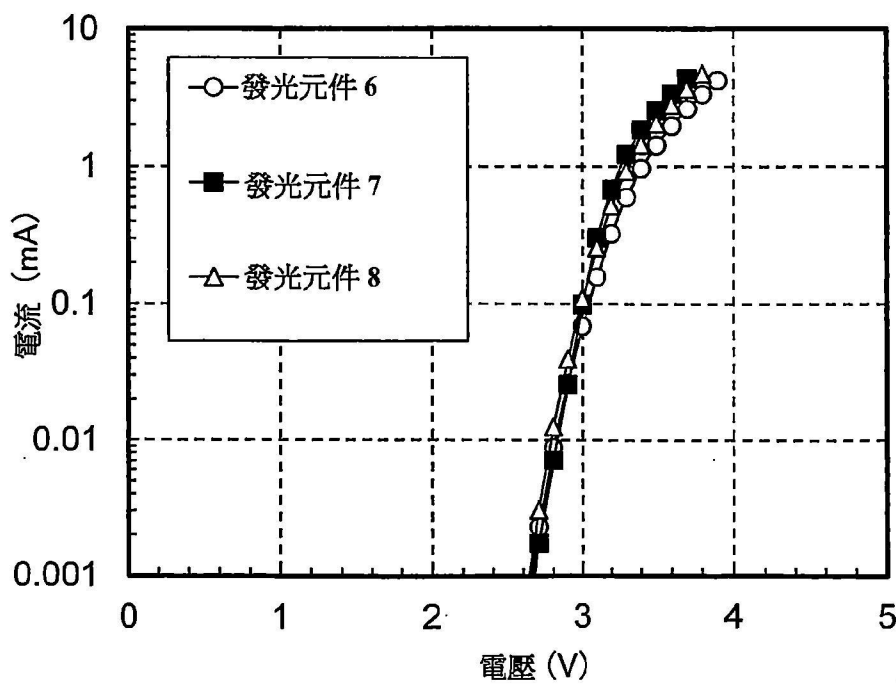


圖 46

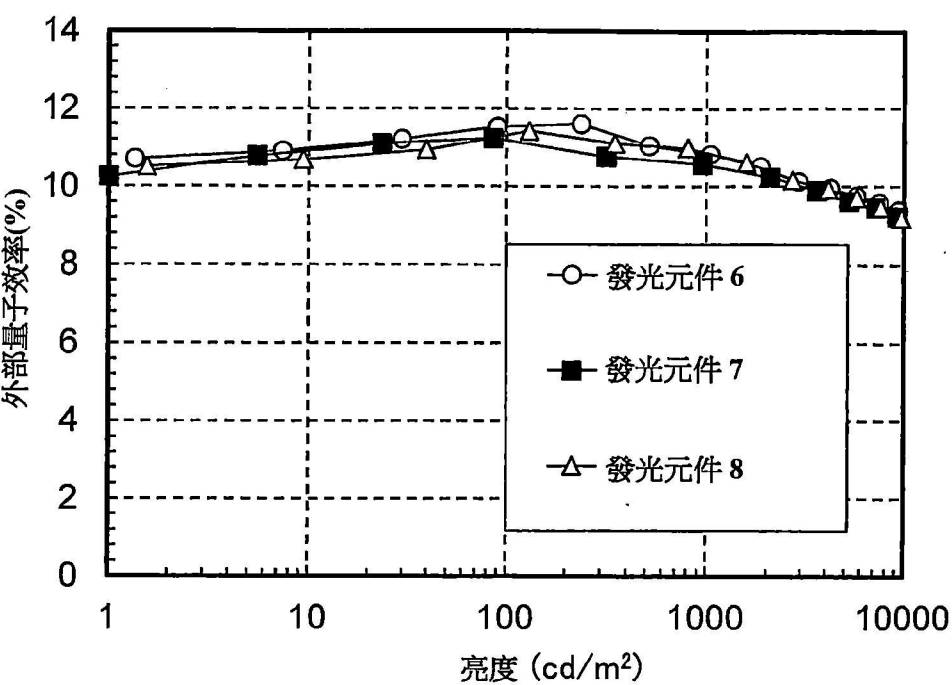


圖 47

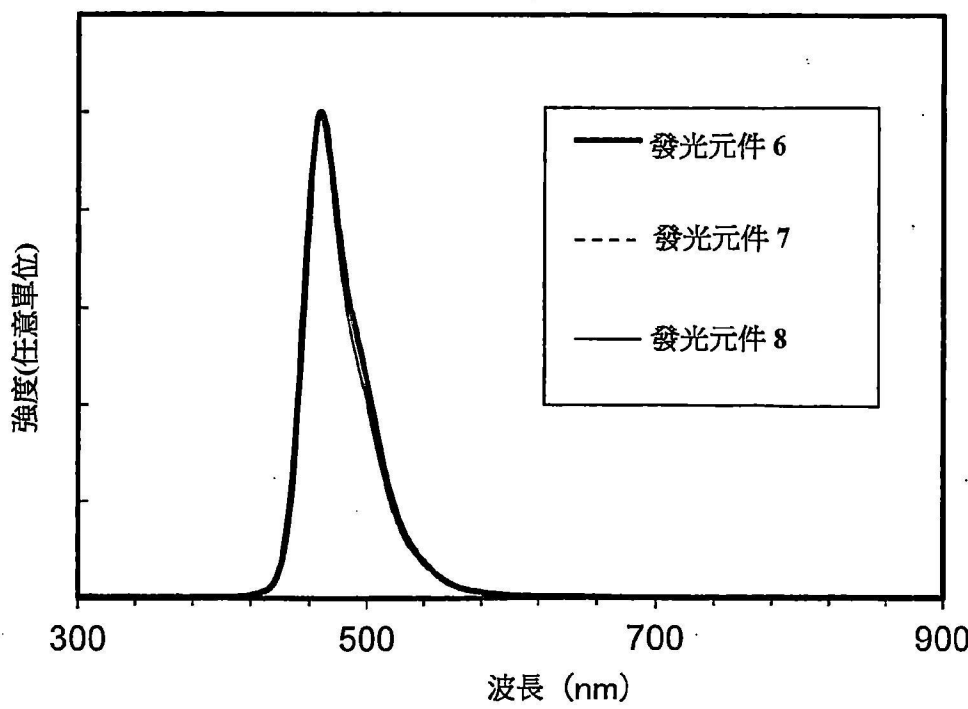


圖 48

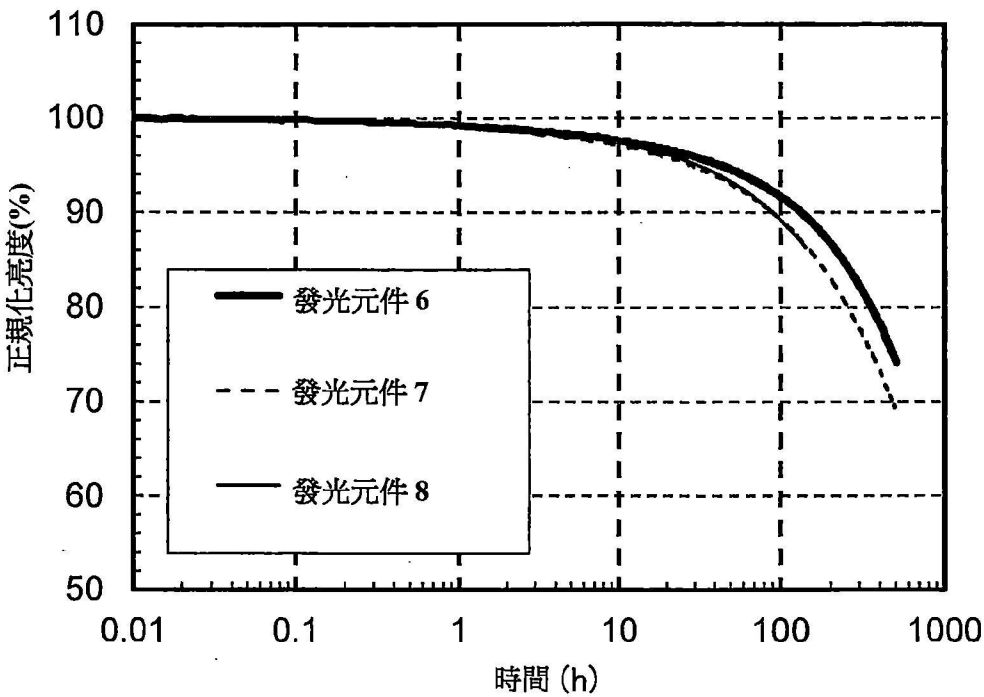


圖 49

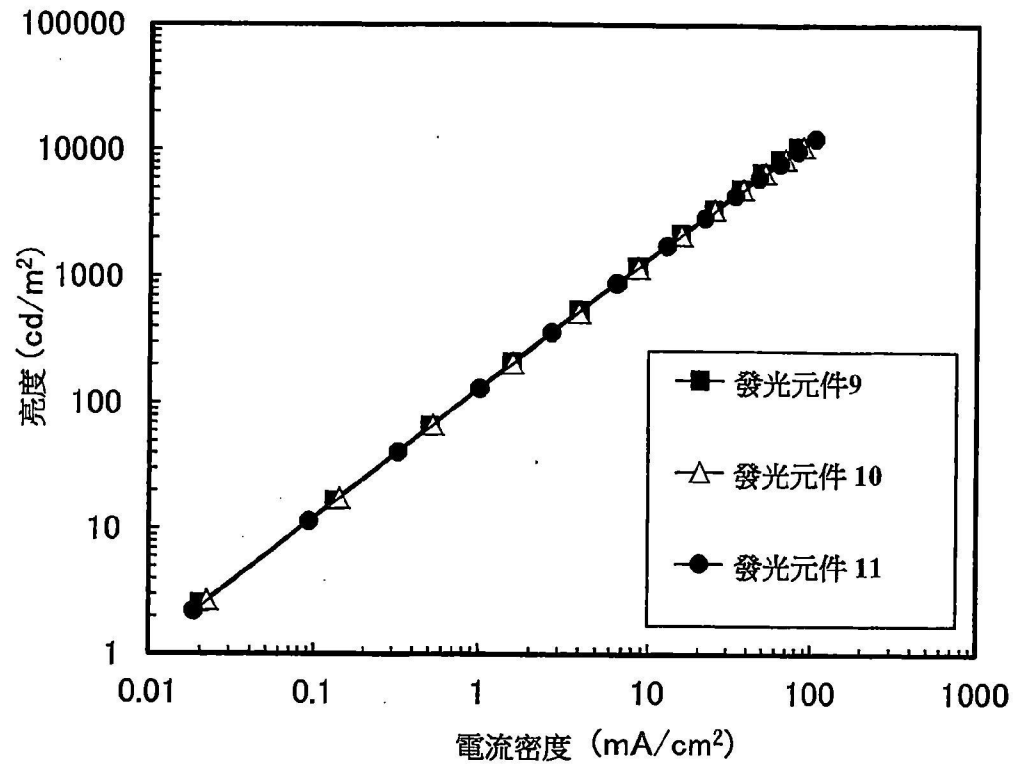


圖 50

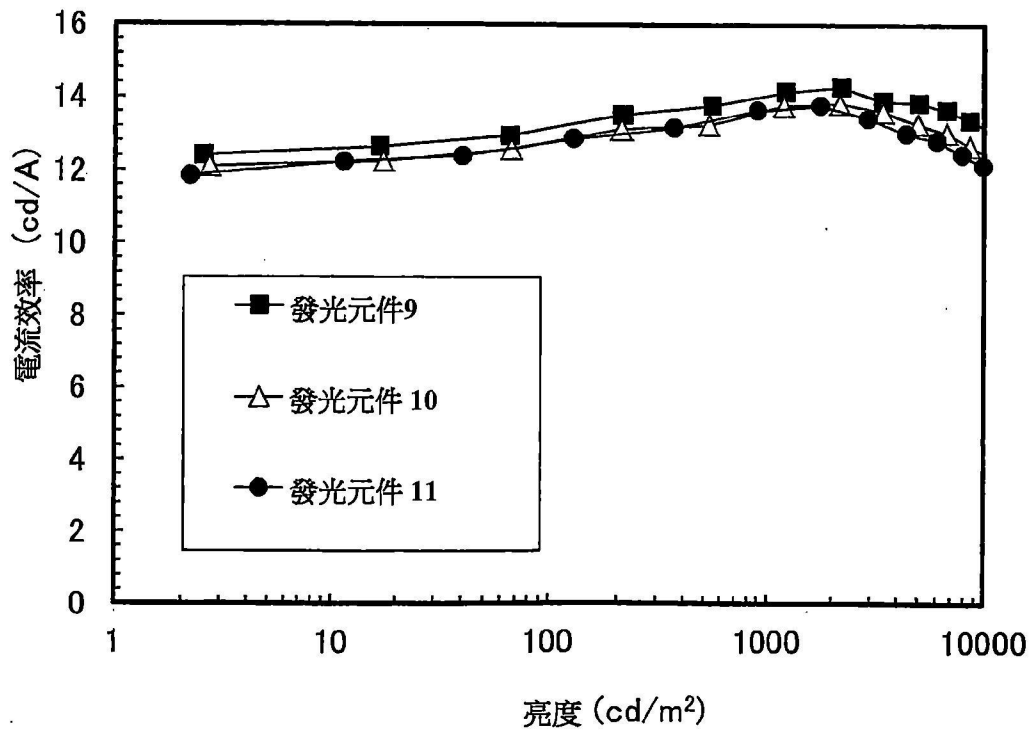


圖 51

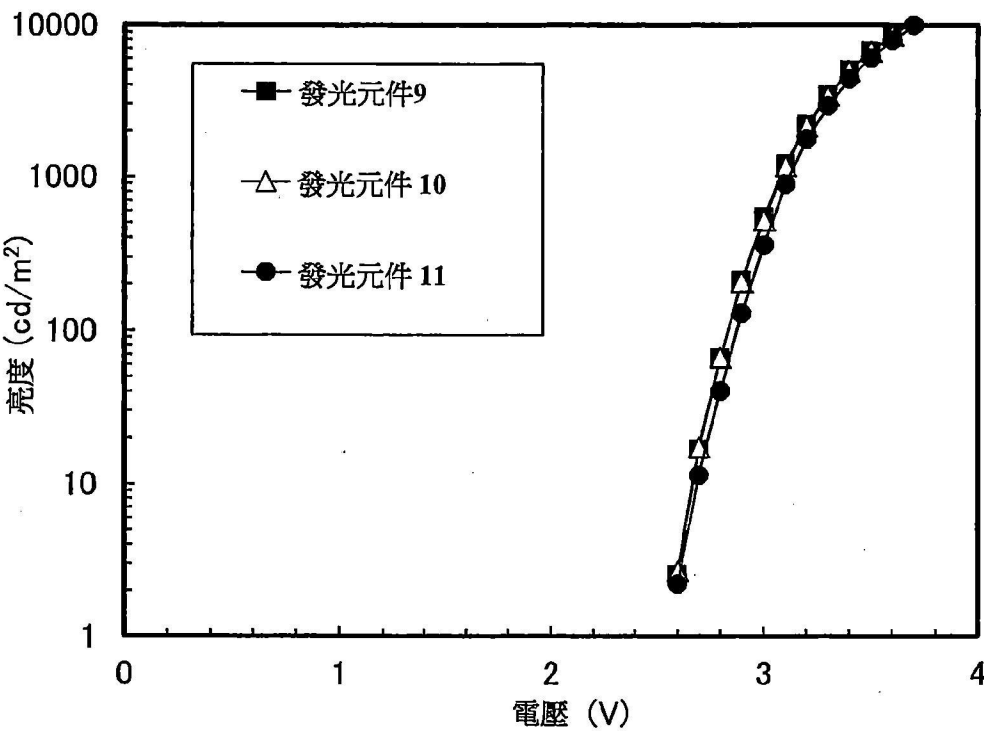


圖 52

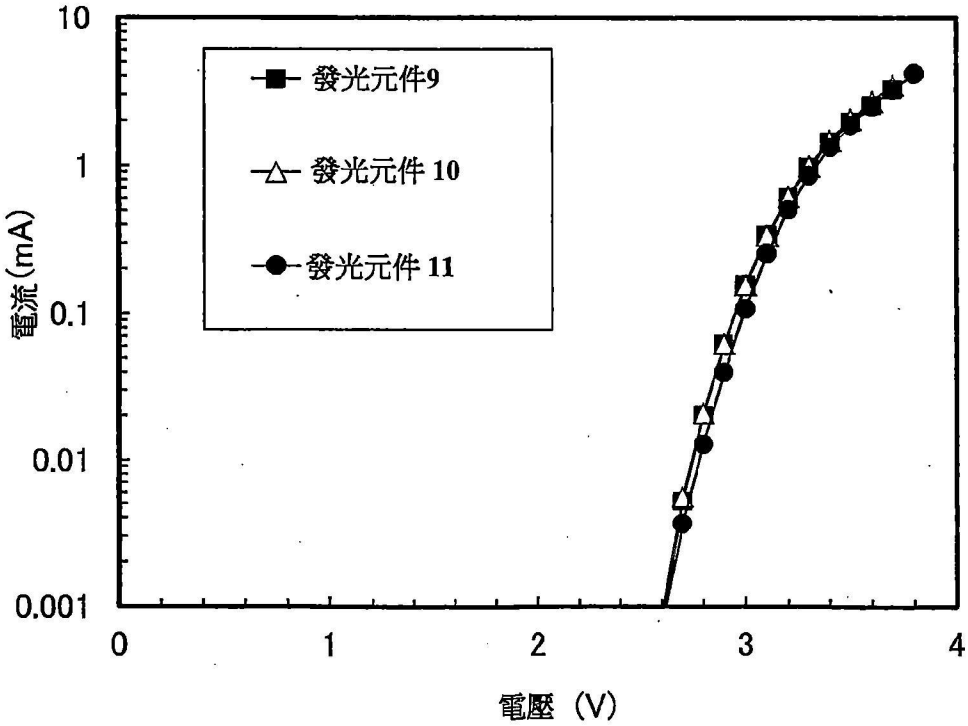


圖 53

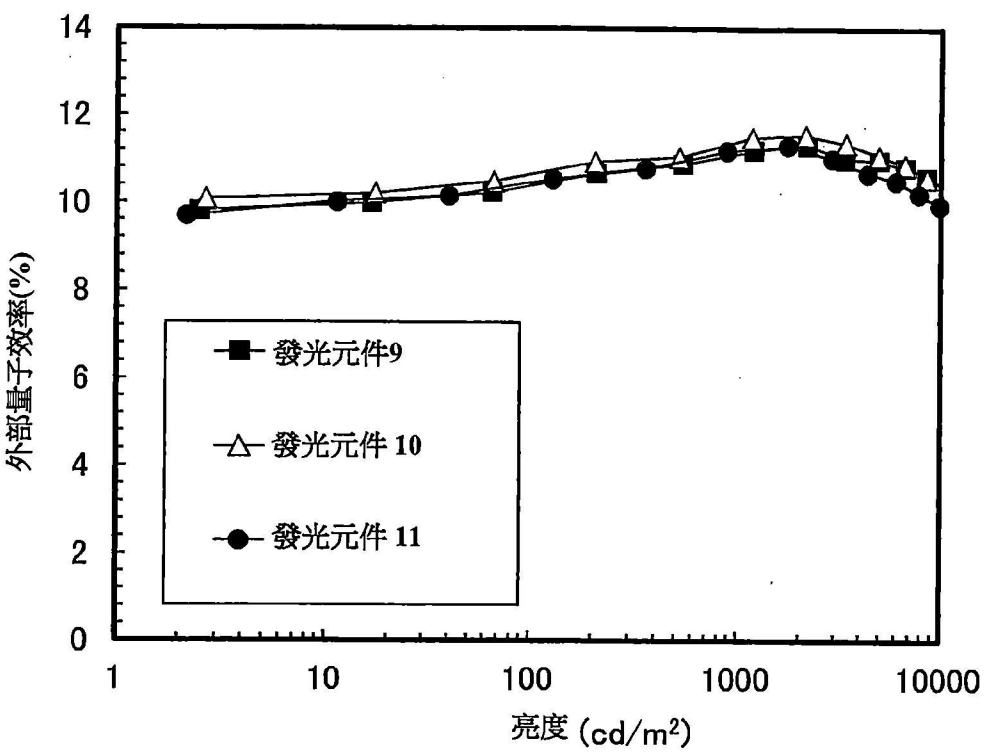


圖 54

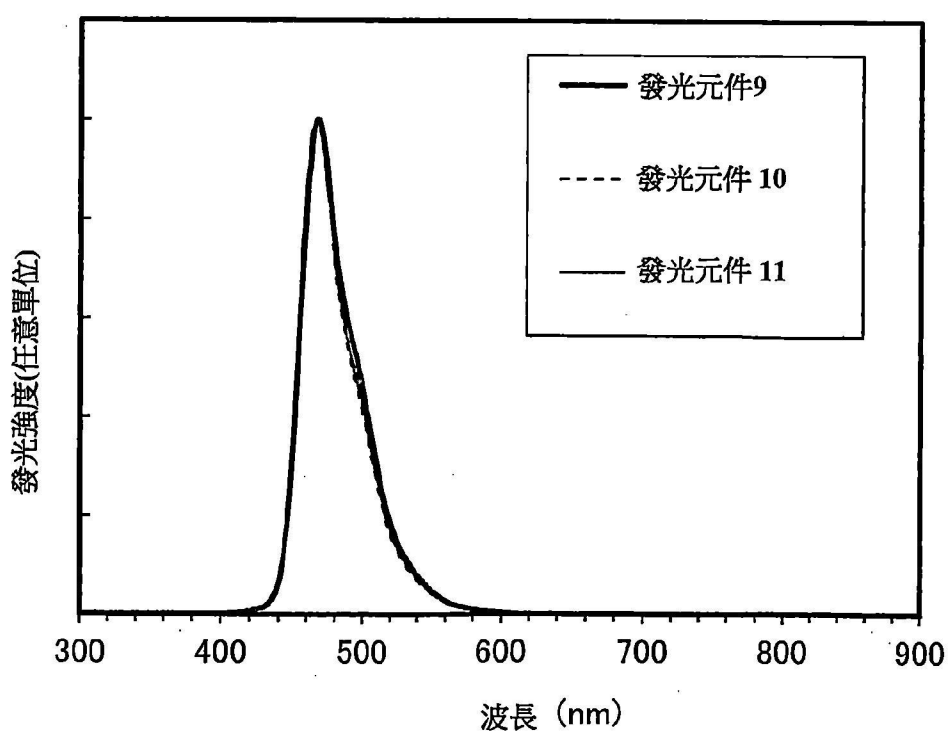


圖 55

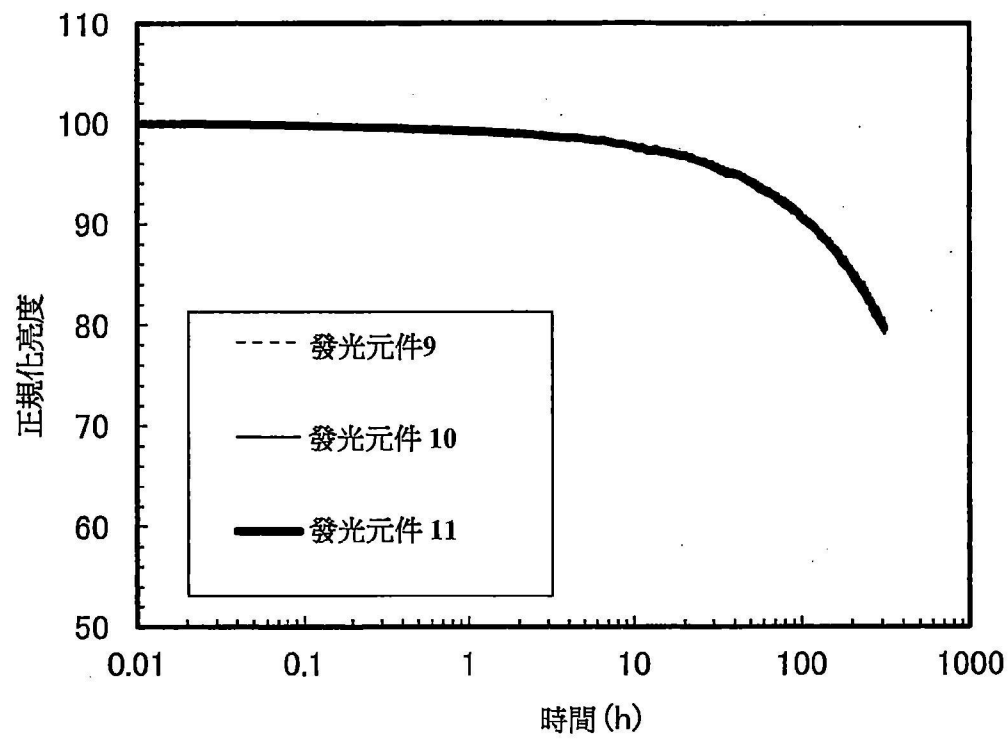


圖 56

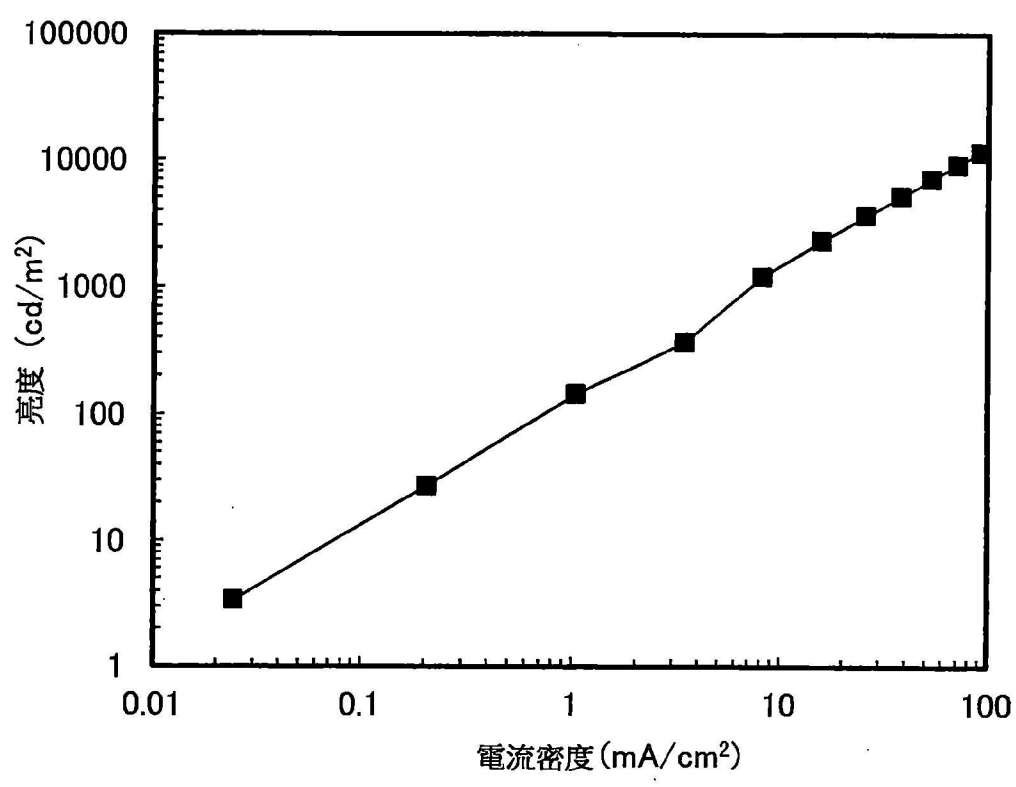


圖 57

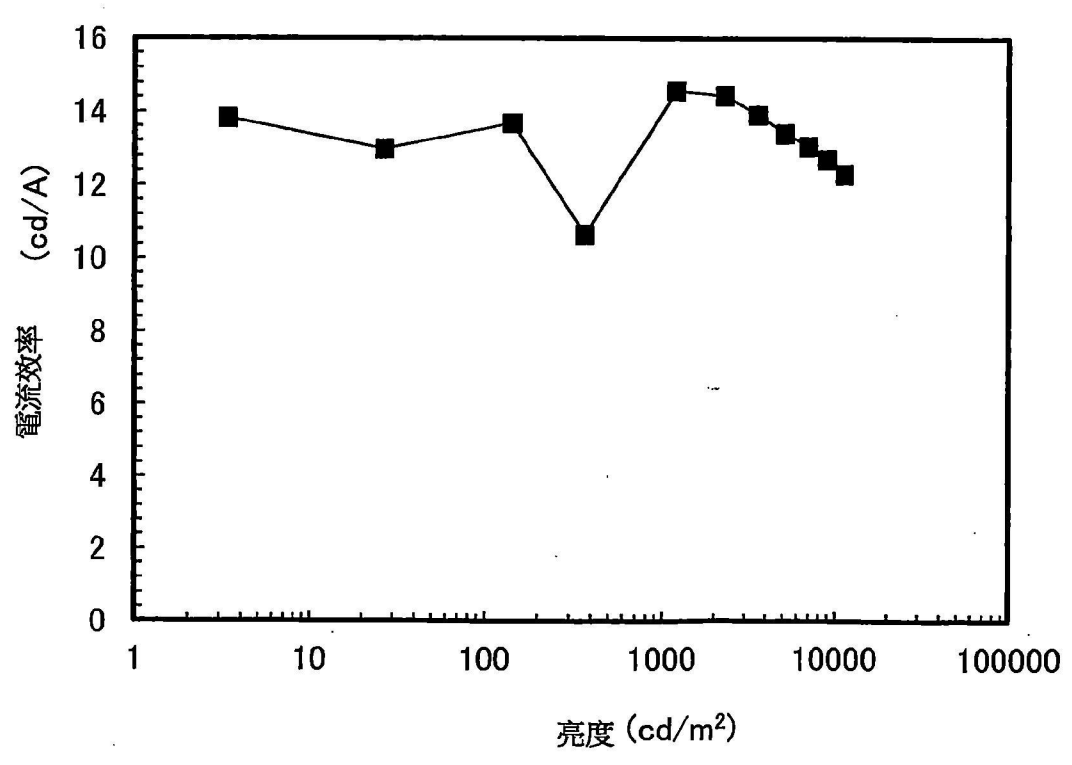


圖 58

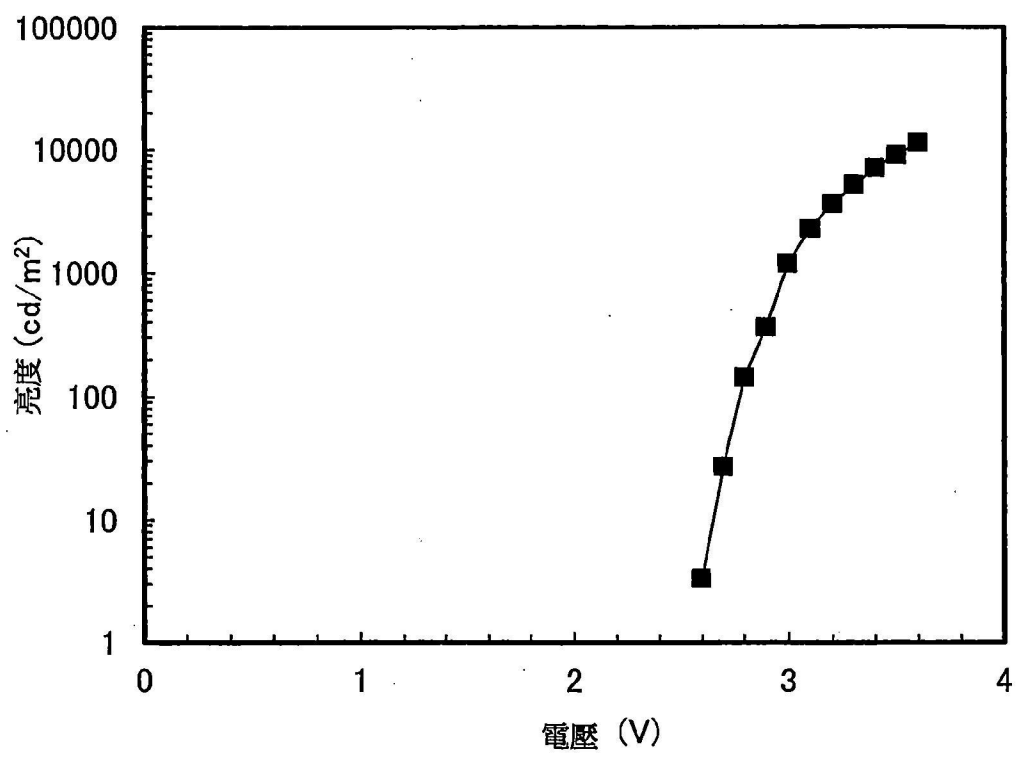


圖 59

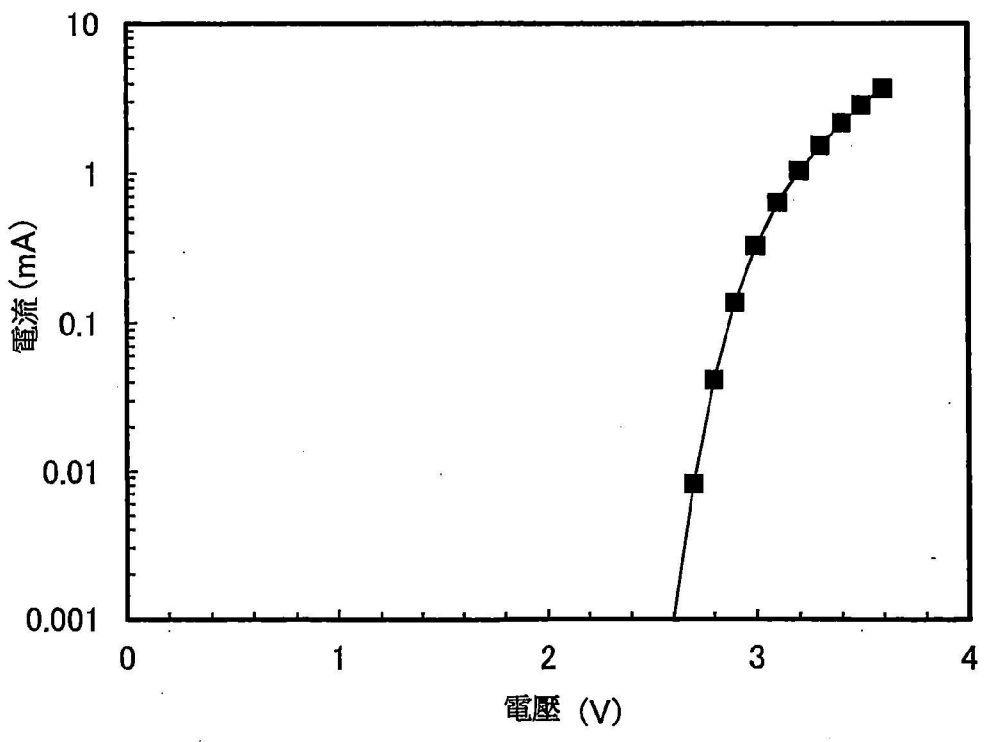


圖 60

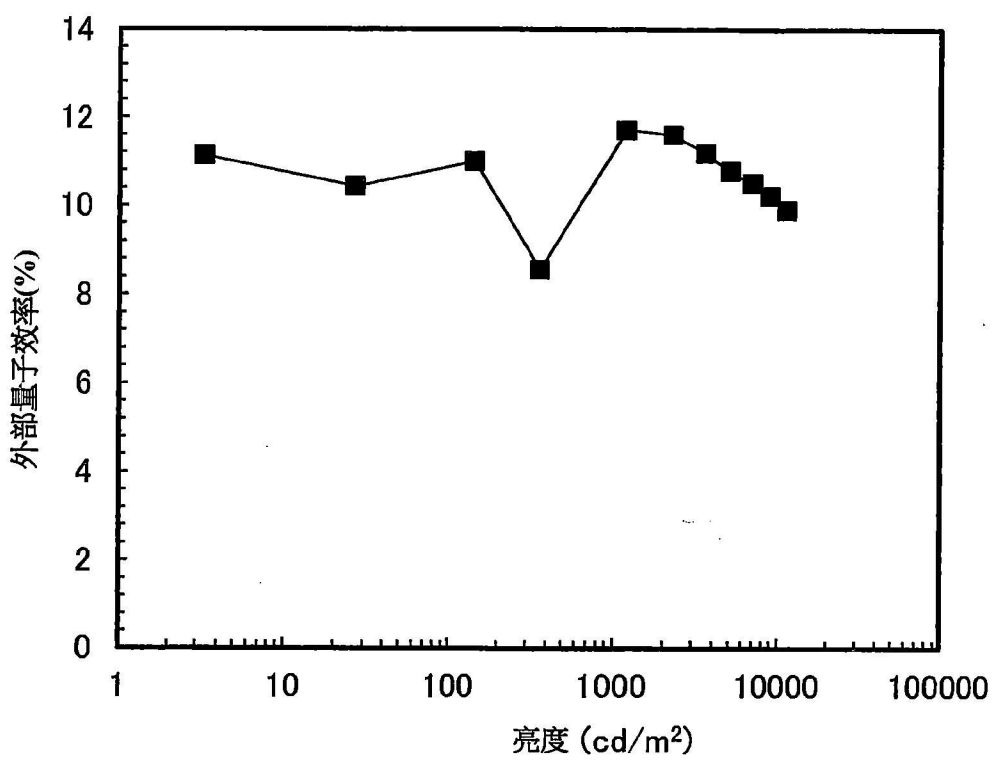


圖 61

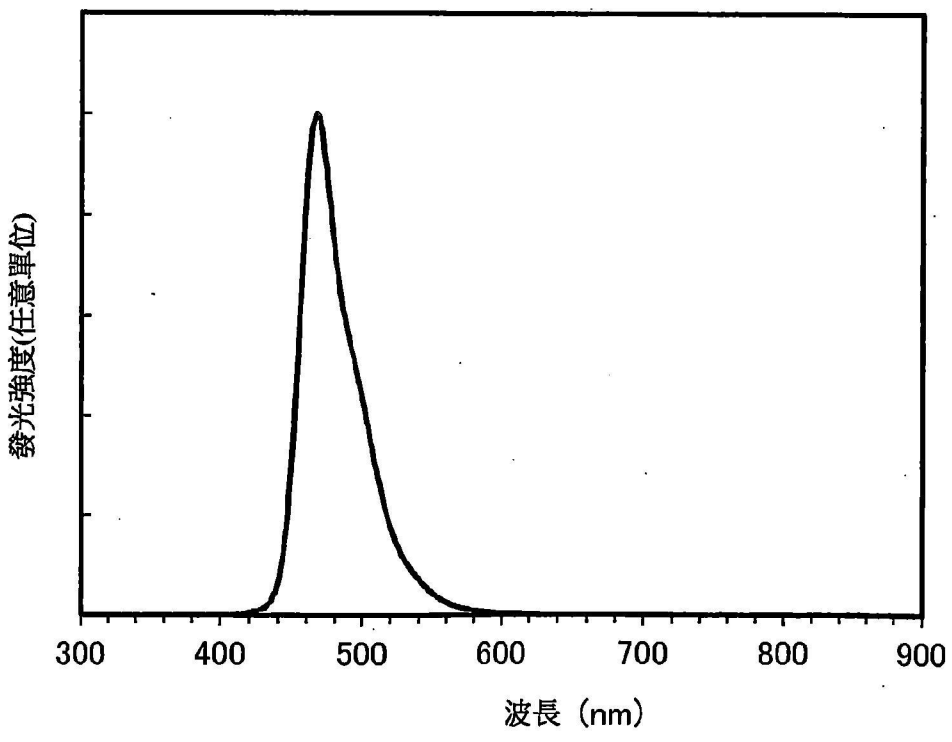


圖 62

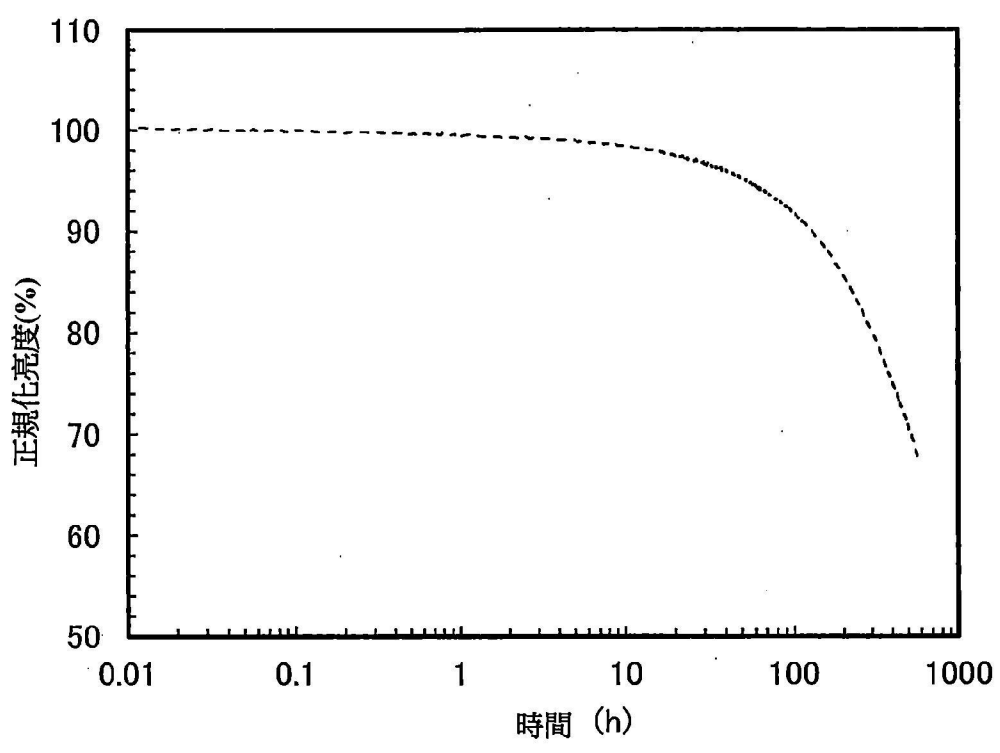


圖 63A

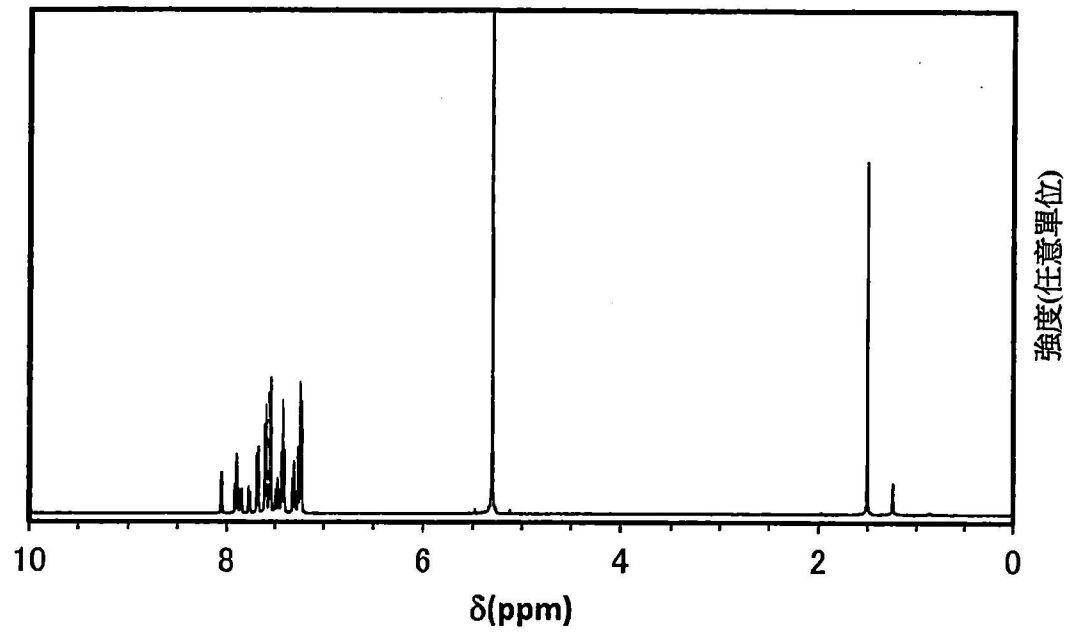


圖 63B

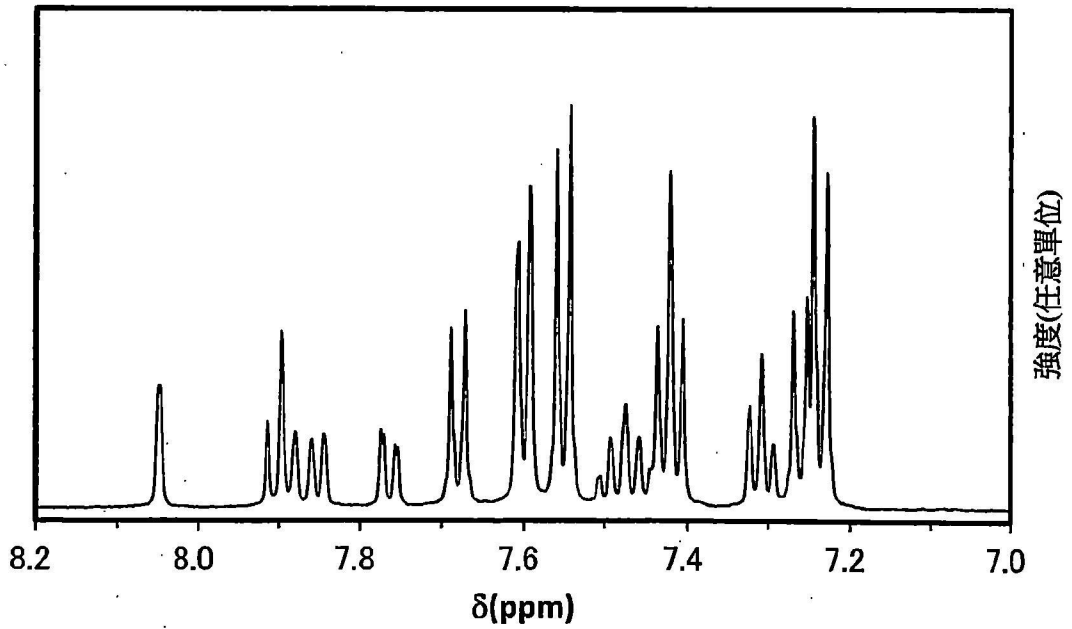


圖 64A

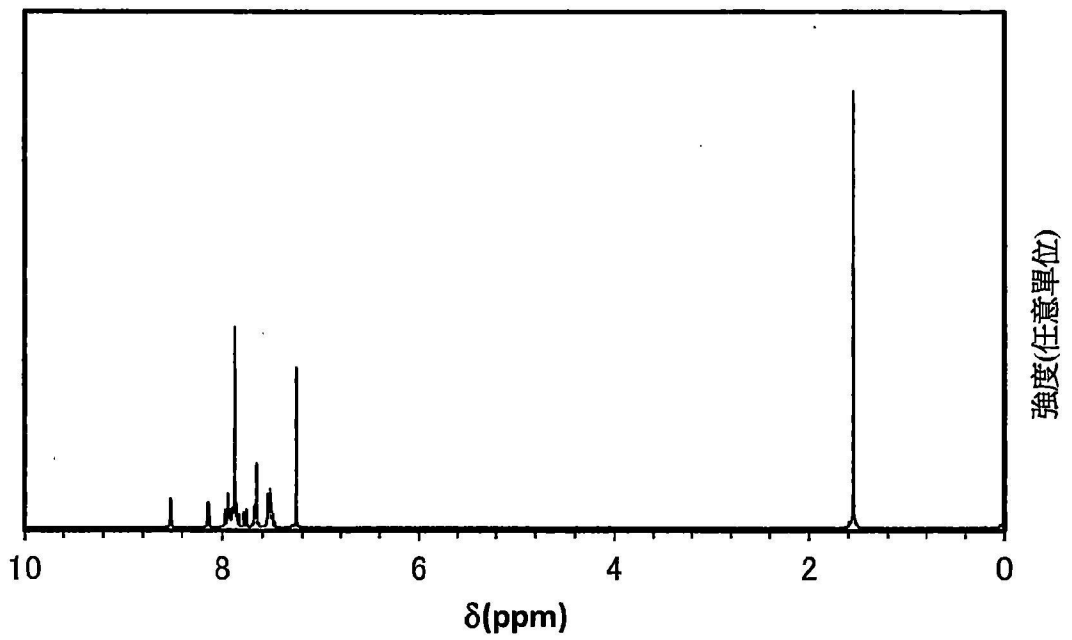


圖 64B

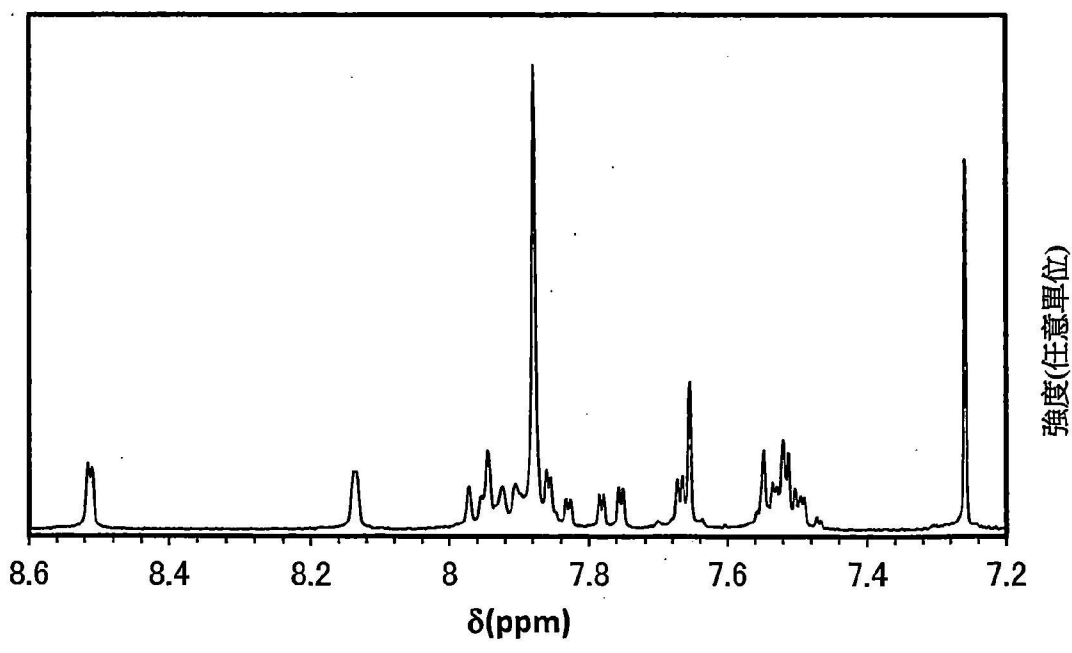


圖 65A

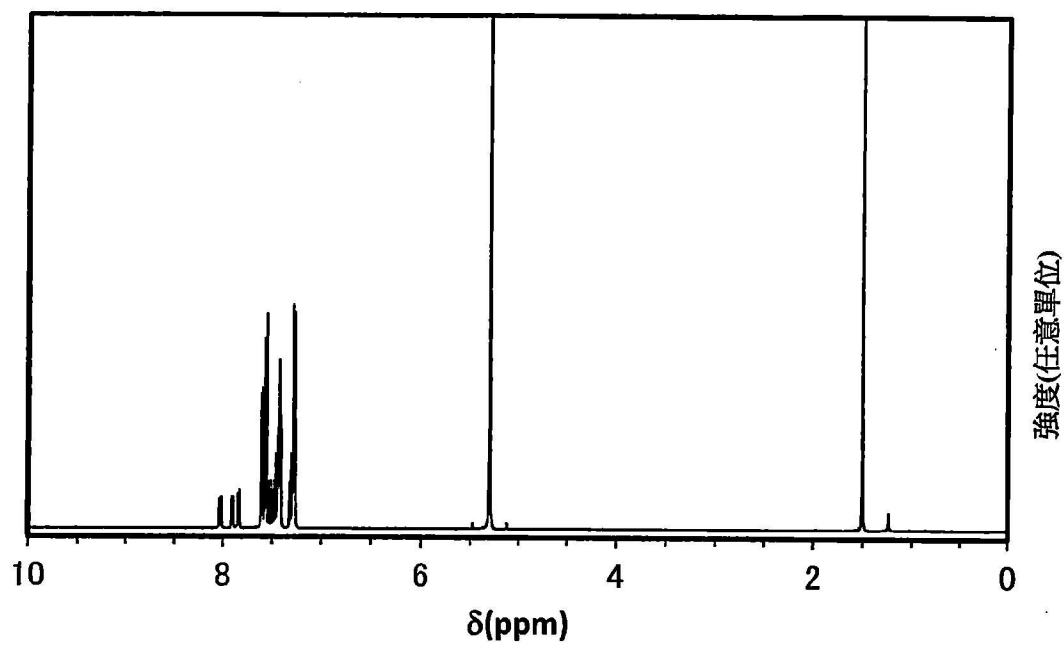


圖 65B

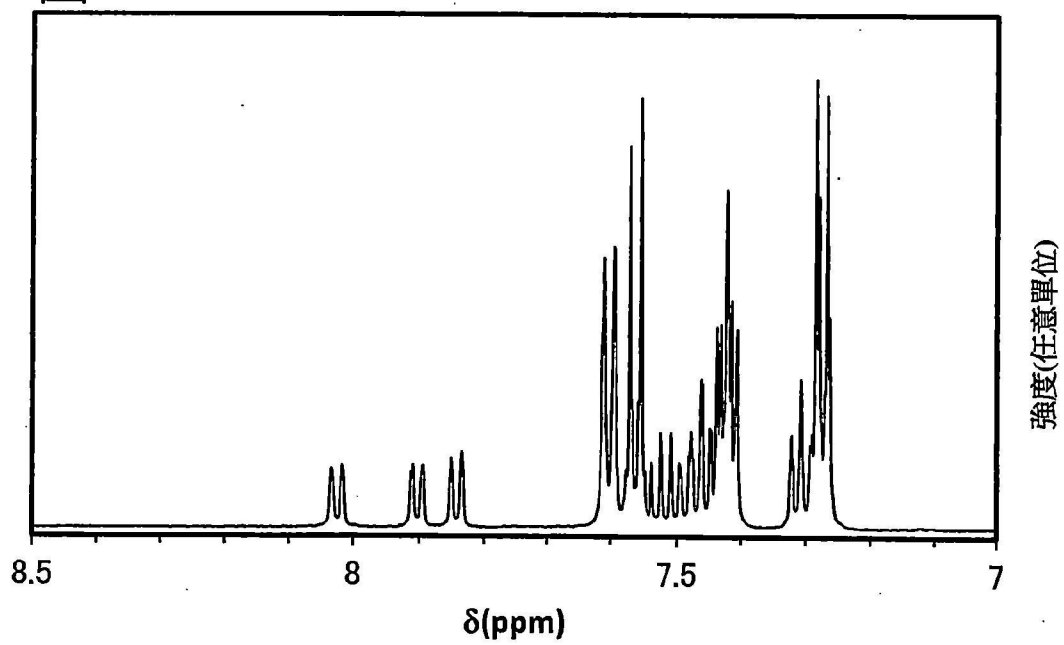


圖 66A

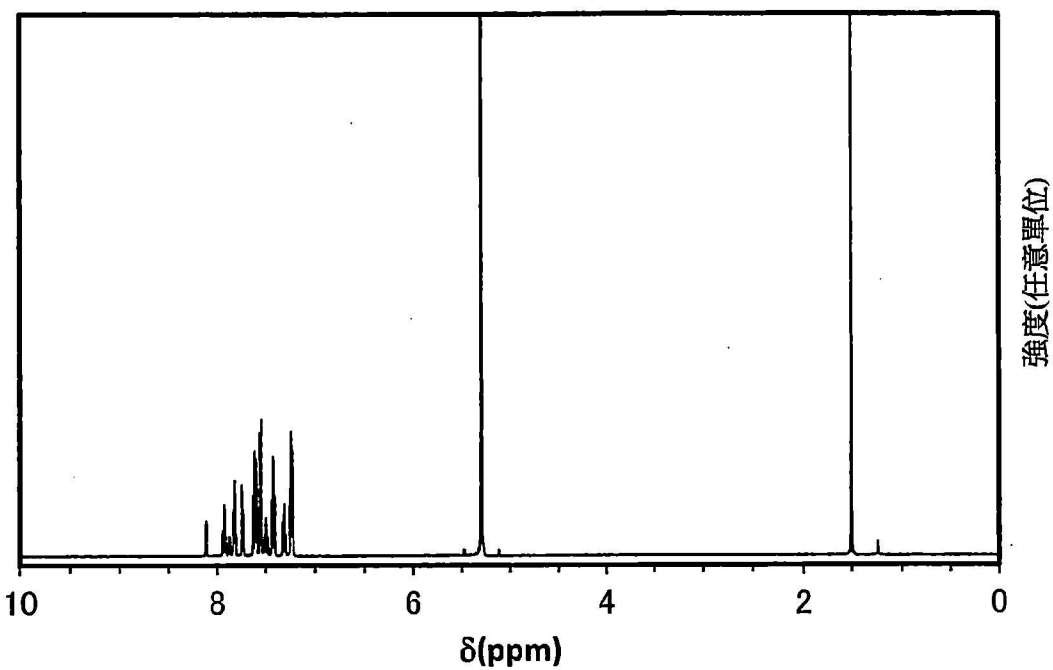


圖 66B

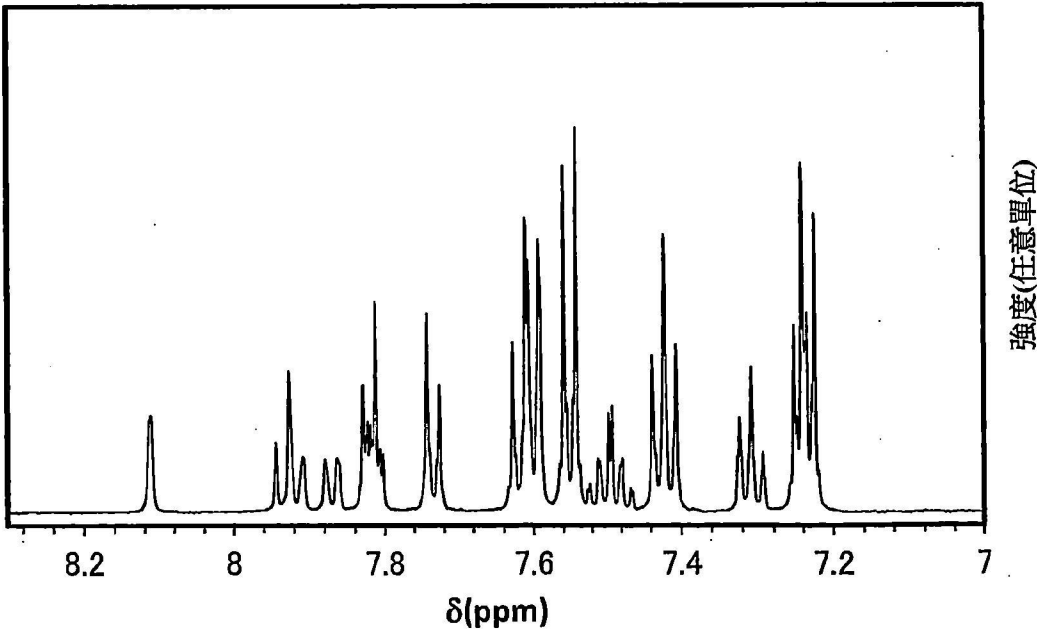


圖 67A

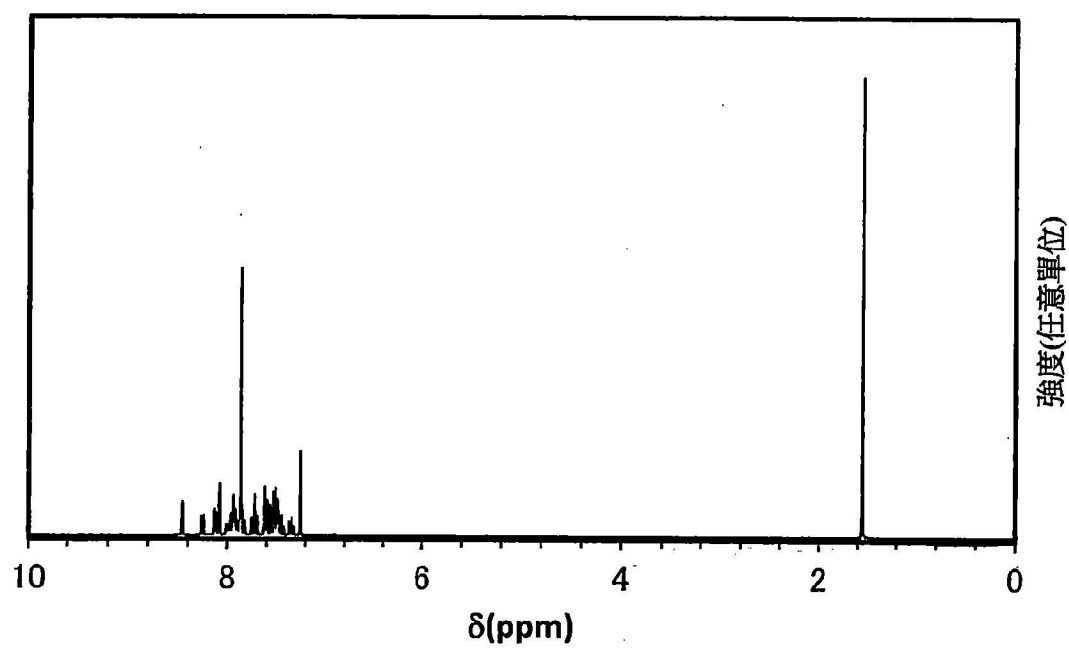


圖 67B

