



(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 I887239 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：109114984

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 05 月 06 日

(51)Int. Cl. : *H10K50/00 (2023.01)**F21S2/00 (2016.01)**F21Y115/10 (2016.01)*

(30)優先權：2019/05/17 日本

2019-094017

2019/11/29 日本

2019-216119

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

日本

(72)發明人：瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)；門間裕史 KADOMA, HIROSHI (JP)；奧山拓夢
OKUYAMA, TAKUMU (JP)；橋本直明 HASHIMOTO, NAOAKI (JP)；滝田悠介
TAKITA, YUSUKE (JP)；鈴木恒徳 SUZUKI, TSUNENORI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201840028A

CN 109509840A

EP 3276698A1

JP 2019-35933A

US 2018/0138416A1

審查人員：羅佳凌

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：49 共 163 頁

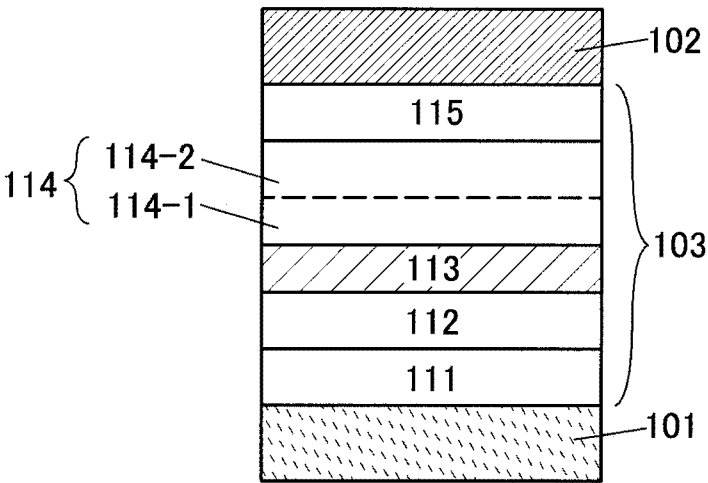
(54)名稱

發光元件、發光裝置、電子機器及照明裝置

(57)摘要

提供一種壽命長的發光元件。本發明的一個實施方式是一種一對電極間包括 EL 層的發光元件，其中藉由作為 EL 層所包括的電洞注入層及電子傳輸層使用特定的結構，以自發地變化的方式控制驅動時的載子平衡而抑制發光元件的初始劣化。另外，此時藉由增高 EL 層所包括的發光層與電子傳輸層的疊層介面的電子注入能障，其自發變化的速度變慢，所以可以實現從長期劣化的觀點來看很良好的發光元件。

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:電洞傳輸層
 - 113:發光層
 - 114:電子傳輸層
 - 114-1:第一電子傳輸層
 - 114-2:第二電子傳輸層
 - 115:電子注入層



I887239

【發明摘要】

【中文發明名稱】

發光元件、發光裝置、電子機器及照明裝置

【中文】

提供一種壽命長的發光元件。本發明的一個實施方式是一種一對電極間包括EL層的發光元件，其中藉由作為EL層所包括的電洞注入層及電子傳輸層使用特定的結構，以自發地變化的方式控制驅動時的載子平衡而抑制發光元件的初始劣化。另外，此時藉由增高EL層所包括的發光層與電子傳輸層的疊層介面的電子注入能障，其自發變化的速度變慢，所以可以實現從長期劣化的觀點來看很良好的發光元件。

【指定代表圖】第(1A)圖。

【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:電洞傳輸層

113:發光層

114:電子傳輸層

114-1:第一電子傳輸層

114-2:第二電子傳輸層

115:電子注入層

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

發光元件、發光裝置、電子機器及照明裝置

【技術領域】

【0001】本發明的一個實施方式係關於一種發光元件、發光裝置、電子機器及照明裝置。但是本發明的一個實施方式不侷限於此。本發明的一個實施方式係關於一種物體、方法、製造方法或驅動方法。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)或組合物(composition of matter)。

【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(也稱為有機EL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物質的有機化合物層(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，可以獲得來自發光物質的發光。

【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。而且，非常快的回應速度也是其

特徵之一。

【0004】此外，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泡或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，使用發光元件的顯示面板或照明裝置適用於各種各樣的電子機器，為了追求具有更良好的效率及壽命的發光元件的進一步研究開發日益活躍。

【0006】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性材料的結構。

【0007】

[專利文獻1]國際公開第2011/065136號小冊子

【發明內容】

【0008】到現在發光元件的特性顯著地提高，但是還不足以滿足對效率、可靠性等特性的高度要求。

【0009】於是，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發光效率良好的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的是提供一種壽命長的發光元件。另外，本發明的一個實施方式的目的是提供一種驅動電壓低

的發光元件。

【0010】另外，本發明的另一個實施方式的目的是提供一種可靠性高的發光裝置、電子機器及顯示裝置。另外，本發明的另一個實施方式的目的是提供一種功耗小的發光裝置、電子機器及顯示裝置。

【0011】注意，這些目的的記載不妨礙其他目的的存在。本發明的一個實施方式並不需要實現所有上述目的。另外，從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載中可明顯看出上述目的以外的目的，可以從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載中衍生上述目的以外的目的。

【0012】本發明的一個實施方式是一種在一對電極間包括EL層的發光元件，其中藉由作為EL層所包括的電洞注入層及電子傳輸層使用特定的結構以自發地變化的方式控制驅動時的載子平衡而抑制發光元件的初始劣化。另外，藉由增高EL層所包括的發光層與電子傳輸層的疊層介面的電子注入能障，其自發變化的速度變慢，所以可以實現從長期劣化的觀點來看也很良好的發光元件。其結果，驅動發光元件時的劣化曲線的形狀在驅動初期或長期驅動時都接近於更平坦的形狀。該電子注入能障也可以抑制從陰極一側注入到發光層的電子到達電洞傳輸層且抑制電子注入所導致的電洞傳輸層的劣化。

【0013】本發明的一個實施方式是一種發光元件，包括陽極與陰極間的EL層，其中EL層從陽極一側依次包括電洞注入層、發光層及電子傳輸層，電洞注入層與陽極接

觸，電洞注入層包括第一物質及第二物質，第一物質對第二物質具有電子接收性，第二物質的HOMO能階為 -5.7eV 以上且 -5.4eV 以下，發光層包括第三物質及第四物質，第四物質為主體材料，電子傳輸層包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層，第一電子傳輸層與發光層接觸，第一電子傳輸層包括第五物質，第二電子傳輸層包括第六物質，第五物質為電子傳輸性材料，第六物質為金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物，第五物質的LUMO能階比第四物質的LUMO能階深且它們之差為 0.15eV 以上且 0.40eV 以下。此時，第二電子傳輸層可以還包括作為電子傳輸性材料的第七物質。

【0014】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括陽極與陰極間的EL層，其中EL層從陽極一側依次包括電洞注入層、發光層及電子傳輸層，電洞注入層與陽極接觸，電洞注入層包括第一物質及第二物質，第一物質對第二物質具有電子接收性，第二物質的HOMO能階為 -5.7eV 以上且 -5.4eV 以下，發光層包括第三物質及第四物質，第四物質為主體材料，電子傳輸層包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層，第一電子傳輸層與發光層接觸，第一電子傳輸層包括第五物質及第六物質，第二電子傳輸層包括第七物質，第五物質及第七物質為電子傳輸性材料，第六物質為金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物，第五物質的LUMO能階比第四物質的LUMO能階深且它們之差為 0.15eV 以上且 0.40eV 以下。

【0015】本發明的另一個實施方式是一種發光元件，包括陽極與陰極間的EL層，其中EL層從陽極一側依次包括電洞注入層、發光層及電子傳輸層，電洞注入層與陽極接觸，電洞注入層包括第一物質及第二物質，第一物質對第二物質具有電子接收性，第二物質的HOMO能階為 -5.7eV 以上且 -5.4eV 以下，發光層包括第三物質及第四物質，第四物質為主體材料，電子傳輸層包括第一電子傳輸層及第二電子傳輸層，第一電子傳輸層與發光層接觸，第一電子傳輸層包括第五物質及第六物質，第二電子傳輸層包括第七物質及第八物質，第一電子傳輸層中的第六物質的比例大於第二電子傳輸層中的第八物質的比例，第五物質及第七物質為電子傳輸性材料，第六物質及第八物質為金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物，第五物質的LUMO能階比第四物質的LUMO能階深且它們之差為 0.15eV 以上且 0.40eV 以下。此時，各層中的第六物質及第八物質的比例較佳為以重量%表示。

【0016】另外，在上述結構中，第六物質與第八物質較佳為相同。並且，在上述各結構中，第五物質與第七物質較佳為相同。

【0017】在上述各結構中，第五物質的LUMO能階較佳為比第四物質的LUMO能階深且它們之差為 0.20eV 以上且 0.40eV 以下。

【0018】在上述各結構中，第五物質的HOMO能階較佳為 -6.0eV 以上。

【0019】在上述各結構中，第五物質的電場強度 [V/cm] 的平方根為 600 時的電子移動率較佳為 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下。

【0020】在上述各結構中，較佳的是，發光層還包括第九物質，第四物質與第九物質為形成激態錯合物的組合。注意，較佳的是，第四物質為電子傳輸性材料且第九物質為電洞傳輸性材料。

【0021】在上述各結構中，較佳的是，EL層包括電洞傳輸層，電洞傳輸層位於電洞注入層與發光層間，電洞傳輸層包括第十物質，第十物質的 HOMO 能階為第二物質的 HOMO 能階以下且大於第四物質的 HOMO 能階。注意，第十物質較佳為具有呋唑骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架和茚骨架中的至少一個。另外，第十物質較佳為與第二物質相同。

【0022】在上述各結構中，第六物質及第八物質較佳為包含鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物。

【0023】在上述各結構中，第六物質及第八物質較佳為包含氮及氧的配體以及鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物。

【0024】在上述各結構中，第六物質及第八物質較佳為具有包含氮及氧的配體和一價的金屬離子的金屬錯合物。

【0025】在上述各結構中，第六物質及第八物質較佳為包含具有 8-羥基喹啉 (Hydroxyquinolilato) 結構的配體和

一價的金屬離子的金屬錯合物。

【0026】在上述各結構中，第六物質及第八物質較佳為包含具有8-羥基喹啉結構的配體的鋰錯合物。

【0027】另外，本發明的一個實施方式不僅包括具有上述發光元件(也稱為發光元件)的發光裝置，而且還包括具有發光元件或發光裝置的電子機器(明確而言，具有發光元件或發光裝置及連接端子或者操作鍵的電子機器)以及具有發光元件或發光裝置的照明裝置(明確而言，具有發光元件或發光裝置及外殼的照明裝置)。因此，本說明書中的發光裝置是指影像顯示元件或光源(包括照明裝置)。此外，發光裝置還包括如下模組：發光裝置安裝有連接器諸如軟性印刷電路(FPC)或捲帶式封裝(TCP)的模組；在TCP端部設置有印刷線路板的模組；或者積體電路(IC)藉由晶粒玻璃接合(COG)方式直接安裝到發光元件的模組。

【0028】於是，本發明的一個實施方式可以提供一種新穎的發光元件。另外，本發明的一個實施方式可以提供一種壽命長的發光元件。另外，本發明的一個實施方式可以提供一種發光效率良好的發光元件。

【0029】另外，本發明的另一個實施方式可以提供一種可靠性高的發光裝置、電子機器及顯示裝置。另外，本發明的另一個實施方式可以提供一種功耗小的發光裝置、電子機器及顯示裝置。

【0030】注意，這些效果的記載不妨礙其他效果的存

在。本發明的一個實施方式並不需要具有所有上述效果。另外，從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載中可明顯看出上述效果以外的效果，可以從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載中衍生上述效果以外的效果。

【圖式簡單說明】

【0031】在圖式中：

[圖1A、圖1B及圖1C]是示出發光元件的結構的圖。

[圖2A及圖2B]是說明發光元件的機制的圖。

[圖3A及圖3B]是說明發光元件的結構的圖。

[圖4A、圖4B及圖4C]是說明發光裝置的圖。

[圖5A]是說明發光裝置的俯視圖，[圖5B]是說明發光裝置的剖面圖。

[圖6A]是說明移動電腦的圖，[圖6B]是說明可攜式影像再現裝置的圖，[圖6C]是說明數位相機的圖，[圖6D]是說明可攜式資訊終端的圖，[圖6E]是說明可攜式資訊終端的圖，[圖6F]是說明電視機的圖，[圖6G]是說明可攜式資訊終端的圖。

[圖7A、圖7B及圖7C]是說明電子機器的圖。

[圖8A及圖8B]是說明汽車的圖。

[圖9A及圖9B]是說明照明裝置的圖。

[圖10]是示出僅電子元件(electron-only element)的結構的圖。

[圖11]是僅電子元件的電流密度-電壓特性。

[圖 12]是電容 C 的頻率特性。

[圖 13]是 $-\Delta B$ 的頻率特性。

[圖 14]是各有機化合物的電子移動率的電場強度依賴性。

[圖 15]是說明發光元件的圖。

[圖 16]是示出發光元件 1 及對比發光元件 2 的電流密度-亮度特性的圖。

[圖 17]是示出發光元件 1 及對比發光元件 2 的電壓-亮度特性的圖。

[圖 18]是示出發光元件 1 及對比發光元件 2 的亮度-電流效率特性的圖。

[圖 19]是示出發光元件 1 及對比發光元件 2 的電壓-電流特性的圖。

[圖 20]是示出發光元件 1 及對比發光元件 2 的亮度-功率效率特性的圖。

[圖 21]是示出發光元件 1 及對比發光元件 2 的亮度-外部量子效率特性的圖。

[圖 22]是示出發光元件 1 及對比發光元件 2 的發射光譜的圖。

[圖 23]是示出發光元件 1 及對比發光元件 2 的可靠性的圖。

[圖 24]是示出發光元件 3 及發光元件 4 的電流密度-亮度特性的圖。

[圖 25]是示出發光元件 3 及發光元件 4 的電壓-亮度特性

的圖。

[圖 26]是示出發光元件 3 及發光元件 4 的亮度-電流效率特性的圖。

[圖 27]是示出發光元件 3 及發光元件 4 的電壓-電流特性的圖。

[圖 28]是示出發光元件 3 及發光元件 4 的亮度-功率效率特性的圖。

[圖 29]是示出發光元件 3 及發光元件 4 的亮度-外部量子效率特性的圖。

[圖 30]是示出發光元件 3 及發光元件 4 的發射光譜的圖。

[圖 31]是示出發光元件 3 及發光元件 4 的可靠性的圖。

[圖 32]是示出發光元件 5、發光元件 6 及發光元件 7 的電流密度-亮度特性的圖。

[圖 33]是示出發光元件 5、發光元件 6 及發光元件 7 的電壓-亮度特性的圖。

[圖 34]是示出發光元件 5、發光元件 6 及發光元件 7 的亮度-電流效率特性的圖。

[圖 35]是示出發光元件 5、發光元件 6 及發光元件 7 的電壓-電流特性的圖。

[圖 36]是示出發光元件 5、發光元件 6 及發光元件 7 的亮度-功率效率特性的圖。

[圖 37]是示出發光元件 5、發光元件 6 及發光元件 7 的亮度-外部量子效率特性的圖。

[圖 38]是示出發光元件 5、發光元件 6 及發光元件 7 的發射光譜的圖。

[圖 39]是示出發光元件 5、發光元件 6 及發光元件 7 的可靠性的圖。

[圖 40]是示出發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 的電流密度-亮度特性的圖。

[圖 41]是示出發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 的電壓-亮度特性的圖。

[圖 42]是示出發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 的亮度-電流效率特性的圖。

[圖 43]是示出發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 的電壓-電流特性的圖。

[圖 44]是示出發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 的亮度-功率效率特性的圖。

[圖 45]是示出發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 的亮度-外部量子效率特性的圖。

[圖 46]是示出發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 的發射光譜的圖。

[圖 47]是示出發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 的可靠性的圖。

[圖 48]是以結構式 (300) 表示的有機化合物的 ^1H -NMR 譜。

[圖 49]是以結構式 (301) 表示的有機化合物的 ^1H -NMR

譜。

【實施方式】

【0032】以下，參照圖式詳細地說明本發明的實施方式。注意，本發明不侷限於以下說明，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。

【0033】

實施方式1

在本實施方式中，使用圖1說明本發明的一個實施方式的發光元件的結構。

【0034】圖1A示出具有在用作陽極的第一電極101與用作陰極的第二電極102間夾有EL層103的結構的發光元件。EL層103具有作為功能層依次層疊有電洞注入層111、電洞傳輸層112、發光層113、電子傳輸層114、電子注入層115的結構。

【0035】電洞注入層111包括第一物質及第二物質。第一物質是對第二物質呈現電子接收性的物質。另外，第二物質是其HOMO能階為 -5.7eV 以上且 -5.4eV 以下的具有較深的HOMO能階的物質且較佳為電洞傳輸性材料。在該第二物質具有較深的HOMO能階時，向電洞傳輸層112及發光層113的電洞注入變容易。另一方面，第二物質的較

深的HOMO能階適度減弱與呈現電子接收性的第一物質的相互作用，所以電洞注入層111中的電洞的生成量變得較少，適度控制從第一電極101(陽極)向電洞注入層111的電洞注入。上述HOMO能階的範圍是為了適當地保持這平衡而設定的。關於第一物質及第二物質的具體例子，在實施方式2中詳細地說明。

【0036】另外，發光層113包括第三物質及第四物質。較佳為第三物質為客體材料且為發光層113中的發光材料。第四物質較佳為主體材料。關於第三物質及第四物質的具體例子，在實施方式2中詳細地說明。

【0037】在此，本發明的一個實施方式的發光元件在EL層103中的發光層113與電子傳輸層114接觸的介面處具有電子注入能障。另外，在電子傳輸層114具有多個疊層結構，例如如圖1A所示那樣地具有第一電子傳輸層114-1及第二電子傳輸層114-2的兩層的疊層結構時，本發明的一個實施方式的發光元件在發光層113與第一電子傳輸層114-1接觸的介面處具有電子注入能障。

【0038】另外，“在發光層113與電子傳輸層114接觸的介面處具有電子注入能障”是指：電子傳輸層114所包括的電子傳輸性材料的LUMO能階比發光層113所包括的主體材料的LUMO能階深且它們之差在所希望的範圍內。因此，在發光層113與第一電子傳輸層114-1接觸的圖1A的結構中，第一電子傳輸層114-1所包括的電子傳輸性材料(第五物質)的LUMO能階比發光層113所包括的主體材料(第四

物質)的LUMO能階深且它們之差在所希望的範圍內。在後面說明該所希望的範圍。

【0039】另外，本發明的一個實施方式的發光元件中的電子傳輸層114作為第六物質包括金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物。作為金屬，可以舉出鹼金屬、鹼土金屬及稀土金屬。

【0040】另外，作為第六物質較佳為使用金屬錯合物。在此，尤其較佳為使用包含鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物。另外，更佳為使用包含氮及氧的配體以及包含鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物。明確而言，作為上述鹼金屬、鹼土金屬及稀土金屬，可以舉出Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba等。

【0041】另外，作為上述金屬錯合物，較佳為使用包含氮及氧的配體和一價的金屬離子的金屬錯合物。作為一價的金屬離子，除了上述鹼金屬離子以外，還較佳為使用Ag、Au。

【0042】注意，作為包含氮及氧的配體，較佳為使用該氮和該氧對金屬形成螯合的配體。

【0043】另外，作為上述金屬錯合物，較佳為使用包含具有8-羥基喹啉結構的配體和一價的金屬離子的金屬錯合物。作為具有8-羥基喹啉結構的配體，可以舉出8-羥基喹啉及8-羥基喹啉的甲基取代物(例如2-甲基取代物、5-甲基取代物)等。8-羥基喹啉結構是指在取代或未取代的8-羥基喹啉(hydroxyquinolinol)中脫離-OH基的質子而成的結

構。作為一價的金屬離子，除了上述鹼金屬離子以外，還較佳為使用 Ag、Au。

【0044】因此，作為包含上述鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物，可以舉出：包含具有8-羥基喹啉結構的配體的鋰錯合物8-(羥基喹啉)鋰(簡稱：Li_q)；包含具有8-羥基喹啉結構的鈉錯合物8-(羥基喹啉)鈉(簡稱：Na_q)；包含具有8-羥基喹啉結構的鉀錯合物8-(羥基喹啉)鉀(簡稱：K_q)；包含具有8-羥基喹啉結構的配體的鎂錯合物雙(8-羥基喹啉)鎂(簡稱：Mg_{q2})。作為其他金屬錯合物，可以舉出包含具有8-羥基喹啉結構的配體的鋅錯合物雙(8-羥基喹啉)鋅(簡稱：Zn_{q2})等。作為包含具有8-羥基喹啉結構的配體，除了8-羥基喹啉以外還包括8-羥基喹啉的甲基取代物(例如，2-甲基取代物、5-甲基取代物)等。另外，8-羥基喹啉結構是指在取代或未取代的8-羥基喹啉(hydroxyquinolinol)中脫離-OH基的質子的結構。

【0045】注意，上述金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物(亦即，第六物質)存在於電子傳輸層114中的任何區域即可，例如，在電子傳輸層114具有疊層結構時，存在於其中任一層或兩個層即可。

【0046】例如，較佳為具有如下結構：接觸於發光層113的電子傳輸層114-1包括第五物質(電子傳輸性材料)且電子傳輸層114-2包括上述第六物質。此時，更佳的是，電子傳輸層114-2還包括第七物質(電子傳輸性材料)。另外，作為其他較佳的結構，可以舉出：接觸於發光層113

的電子傳輸層114-1包括第五物質(電子傳輸性材料)及上述第六物質且電子傳輸層114-2包括第七物質(電子傳輸性材料)。另外，作為其他較佳的結構，可以舉出：接觸於發光層的第一電子傳輸層114-1包括第五物質(電子傳輸性材料)及第六物質且第二電子傳輸層114-2包括第七物質(電子傳輸性材料)及第八物質(與第六物質同樣的金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物)，第一電子傳輸層114-1中的第六物質的比例大於第二電子傳輸層114-2中的第八物質的比例。在此情況下，各層中的第六物質、第八物質的比例較佳為以重量%表示。

【0047】另外，在上述結構中，第六物質及第八物質也可以使用相同材料。由此，可以降低製造成本。另外，可以更容易獲得以下說明的本發明的長壽命化的效果。

【0048】另外，在上述結構中，第五物質及第七物質(都是電子傳輸性材料)也可以使用相同材料。由此，可以降低製造成本。另外，可以更容易獲得以下說明的本發明的長壽命化的效果。

【0049】藉由採用上述結構，可以獲得長壽命的發光元件。以下，使用圖1B及圖1C進行說明。圖1B示出本發明的一個實施方式的發光元件的初期的載子移動。如上所述，在本發明的一個實施方式的發光元件中，在第二物質具有較深的HOMO能階時，向電洞傳輸層(ETL)112及發光層(EML)113的電洞注入變容易。另一方面，電子傳輸層(ETL)114所包括的電子傳輸性材料的LUMO能階比發光層

113所包括的主體材料的LUMO能階深且它們之差在所希望的範圍內，所以以不大幅度地下降發光效率的程度抑制從第二電極102(陰極)向發光層113的電子的注入及傳輸。其結果，發光元件的起始狀態為發光層113中的再結合區域113-1稍微擴大到電子傳輸層114的一部分的第一電子傳輸層114-1的狀態(參照圖1B)。

【0050】接著，在驅動上述發光元件時，在驅動初期發生如下變化。首先，由於電子傳輸層114所包括的第六物質(及第八物質)的變質，電子傳輸層114的電子傳輸性逐漸地提高。另一方面，如上所述，電洞注入層111中的電洞的生成量較少，適度抑制從第一電極101(陽極)向電洞注入層111的電洞注入。由此，稍微擴大到電子傳輸層的一部分的再結合區域變化而在發光層的更內部發生再結合(參照圖1C)。

【0051】這意味著：藉由驅動，發生自發地變化而發光效率稍微提高。該變化抵消劣化，所以可以獲得初始劣化小的發光元件。根據情況，如圖2A的發光元件的可靠性圖表中的區域(d)所示，呈現亮度暫時上升的傾向。

【0052】另外，發光層113與電子傳輸層114接觸的介面存在有電子注入能障，所以從電子傳輸層(ETL)114向發光層113注入的電子的比例被控制。這意味著使上述自發變化的速度較慢而可以長期地獲得自發變化的效果，所以可以實現從長期劣化的觀點來看也很良好發光元件。其結果，驅動發光元件時的劣化曲線的形狀在驅動初期或長期

驅動時接近於更平坦的形狀。另外，經過發光層 113 注入到電洞傳輸層 112 的電子的比例也下降，所以可以抑制電子的注入帶來的電洞傳輸層 112 的劣化，並且獲得能夠提高發光元件的可靠性的效果。

【0053】已知上述電子注入和傳輸性的自發變化藉由使一定量以上的第六物質(及第八物質)包含在電子傳輸層內而發生。尤其是，在第六物質(及第八物質)為上述金屬錯合物時容易獲得該效果。另外，在使用如下金屬錯合物時該效果很明顯：在包含鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物、包含氮及氧的配體和包含鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物、包含氮及氧的配體和一價的金屬離子的金屬錯合物、包含具有 8-羥基喹啉結構的配體和一價的金屬離子的金屬錯合物。上述金屬錯合物的平面性都較高。因此，可認為：上述金屬錯合物的相變或者上述金屬錯合物與電子傳輸性材料(第五物質、第七物質)的相互作用的變化帶來上述電子注入及傳輸性的自發變化。注意，本發明的一個實施方式的發光元件中的長壽命化的機制不侷限於該機制。

【0054】如上所述，需要使一定量以上的第六物質(及第八物質)包含在電子傳輸層內。各層中的第六物質(及第八物質)的比例較佳為 55% 以上且 80% 以下的重量%。更佳為 65% 以上且 80% 以下。

【0055】接著，說明上述發光層 113 與電子傳輸層 114 接觸的介面處的電子注入能障的所希望的範圍。該電子注

入能障是電子傳輸層114所包括的電子傳輸性材料的LUMO能階與發光層113所包括的主體材料的LUMO能階之差，相當於圖1B、圖1C中的以a表示的差距。

【0056】注意，在發光層113與電子傳輸層114接觸的介面設置的電子注入能障過大，載子的再結合被阻礙，所以發生發光效率下降。於是，以作為用於發光層113的主體材料使用9-(1-萘基)-10-[4-(2-萘基)苯基]蒽(簡稱： α N- β NPAnth)的情況為例，製造用於電子傳輸層114的電子傳輸性材料互不相同的多個發光元件，對各發光元件的可靠性進行評價，以求出上述的所希望的範圍。實際上的評價結果在實施例1及實施例2示出。

【0057】在實施例1及實施例2中使用的電子傳輸性材料為如下：2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑(簡稱：ZADN)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯基-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPDq-II)、2-苯基-3-{4-[10-(3-吡啶基)-9-蒽基]苯基}喹啉(簡稱：PyA1PQ)。以下表1示出用於電子傳輸層114的上述電子傳輸性材料、用於發光層113的 α N- β NPAnth的LUMO能階以及上述電子傳輸性材料與 α N- β NPAnth的LUMO能階之差。

【0058】

[表 1]

物質名稱（簡稱）	LUMO 能階（eV）	Δ ：與 α N- β NPAnth 之差（eV）
α N- β NPAnth	-2.74	0
ZADN	-2.87	0.13
2mDBTBPDq-II	-2.94	0.20
PyAIPQ	-3.00	0.26

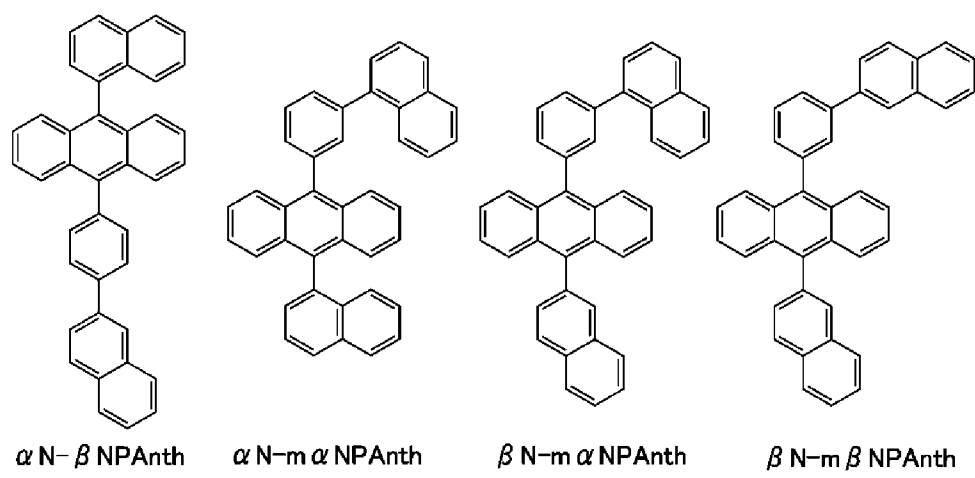
【0059】在實施例1及實施例2中，獲得如下結果：與 α N- β NPAnth之差較大，亦即0.20eV以上的2mDBTBPDq-II及PyAIPQ的可靠性比與 α N- β NPAnth之差較小，亦即0.13eV的ZADN更良好。換言之，可以實現初始劣化被抑制的同時長期劣化也被抑制的元件。因此，可知：為了在儘量不對發光元件的元件特性造成負面影響的範圍內提高元件的可靠性，較佳的是，電子傳輸層114所包括的電子傳輸性材料的LUMO能階與發光層113所包括的主體材料的LUMO能階設定為以下關係，以便在發光層113與電子傳輸層114接觸的介面形成電子注入能障。就是說，可知：用於電子傳輸層114的電子傳輸性材料的LUMO能階較佳為比發光層113所包括的主體材料的LUMO能階深且它們之差為0.15eV以上且0.40eV以下、0.20eV以上且0.40eV以下或0.20eV以上且0.35eV以下。

【0060】根據上述結果，作為用於本發明的一個實施方式的發光元件的發光層113的主體材料，除了上述 α N- β NPAnth以外例如還可以使用可呈現同樣物性的以下面結

構式表示的 9-(1-萘基)-10-[3-(1-萘基)苯基]蒽(簡稱： α N-m α NPAnth)、9-(2-萘基)-10-[3-(1-萘基)苯基]蒽(簡稱： β N-m α NPAnth)、9-(2-萘基)-10-[3-(2-萘基)苯基]蒽(簡稱： β N-m β NPAnth)等。注意，主體材料不侷限於此。

【 0061 】

[化學式 1]



【 0062 】 以下表 2 示出上述主體材料的 LUMO 能階。

【 0063 】

[表 2]

主體材料（簡稱）	LUMO 能階（eV）
α N- β NPAnth	-2.74
α N-m α NPAnth	-2.74
β N-m α NPAnth	-2.74
β N-m β NPAnth	-2.73

【 0064 】 另外，用於本發明的一個實施方式的發光元

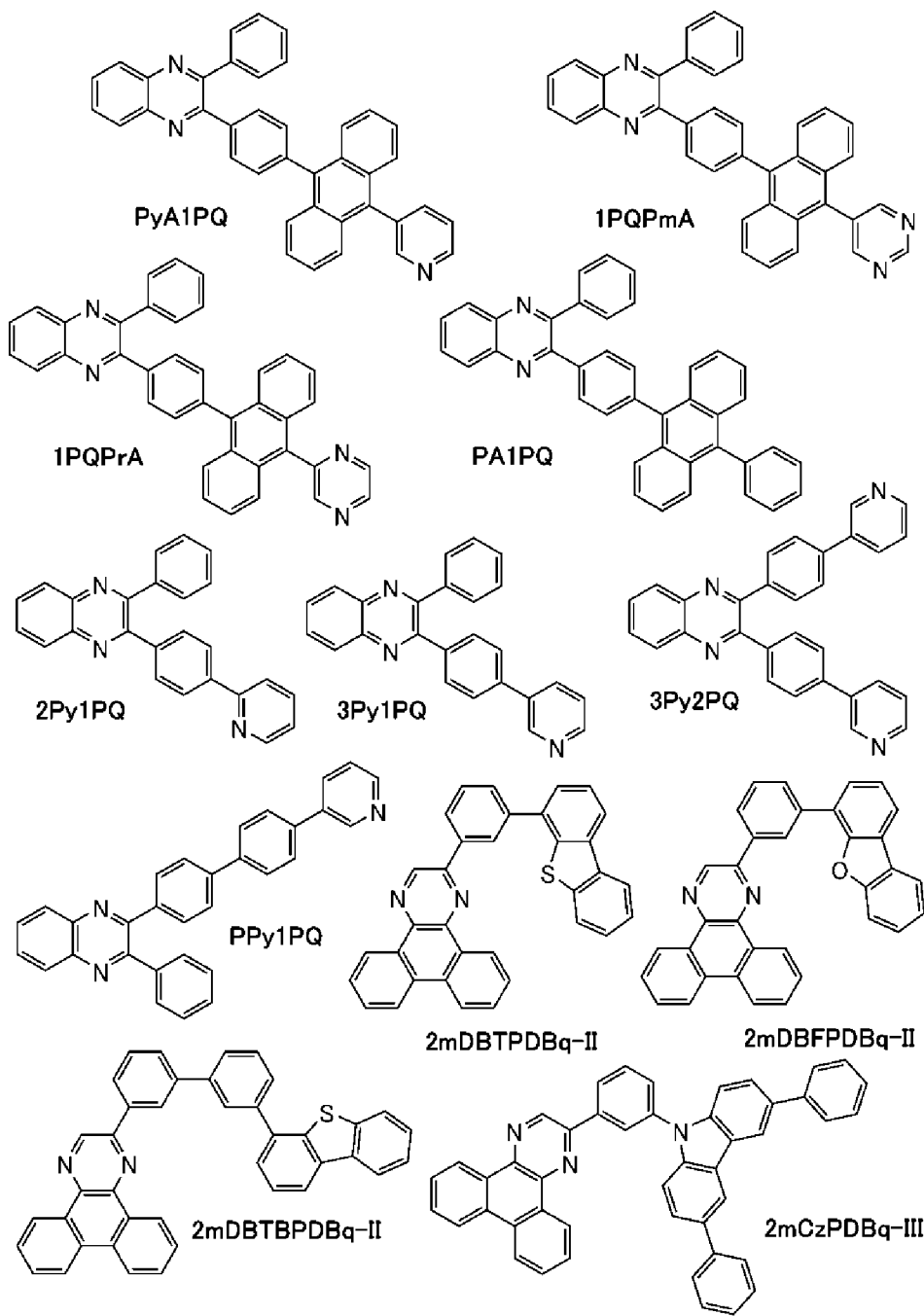
件的電子傳輸層114的電子傳輸性材料(尤其是第五物質)需要具有較深的LUMO能階。因此，較佳為使用具有包含兩個或三個氮的六員環的雜芳環的化合物。明確而言，較佳為具有二嗪骨架(嘧啶骨架、吡嗪骨架、嗒咭骨架)或三嗪骨架。尤其是，較佳為使用芳香環或雜芳環稠合還稠合到上述二嗪骨架而成的稠合雜芳環。作為上述稠合雜芳環，可以舉出喹啉環、二苯并喹啉環、苯并呋喃并嘧啶環、苯并噻吩并嘧啶環、萘并呋喃并吡嗪環、菲並呋喃并吡嗪(phenanthrofuropyrazine)環等。另外，上述具有包含兩個或三個氮的六員環的雜芳環的化合物較佳為還具有其他雜芳環(例如，吡啶環、二苯并噻吩環)。這是因為這與上述電子傳輸層114的電子的注入及傳輸性的自發變化有關。作為具體的化合物，除了上述2mDBTBPDBq-II、PyA1PQ以外，例如還可以使用以下面的結構式所示的物質，如：2-苯基-3-{4-[10-(嘧啶-5-基)-9-萘基]苯基}喹啉(簡稱：1PQPmA)、2-苯基-3-{4-[10-(吡嗪-2-基)-9-萘基]苯基}喹啉(簡稱：1PQPrA)、2-苯基-3-{4-[4-(3-吡啶基)-1-萘基]苯基}喹啉(簡稱：PyN1PQ)、2-苯基-3-{4-[5-(3-吡啶基)-1-萘基]苯基}喹啉(簡稱：PyN1PQ-02)、2-苯基-3-[4-(10-苯基9-萘基)苯基]喹啉(簡稱：PA1PQ)、2-苯基-3-[4-(2-吡啶基)苯基]喹啉(簡稱：2Py1PQ)、2-苯基-3-[4-(3-吡啶基)苯基]喹啉(簡稱：3Py1PQ)、2,3-雙[4-(3-吡啶基)苯基]喹啉(簡稱：3Py2PQ)、2-苯基-3-[4'-(3-吡啶基)聯苯基-4-基]喹啉(簡

稱：PPy1PQ)、2,2'-(吡啶-2,6-二基)雙[4-苯基苯并[h]喹啉
 啉](簡稱：2,6(P-Bqn)2Py)、2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]
 二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTPDBq-II)、2-[3-(二苯基
 呋喃-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBFPDBq-
 II)、2-[3-(3,6-二苯基-9H-呋喃-9-基)苯基]二苯并[f,h]喹
 啉(簡稱：2mCzPDBq-III)、2-[3'-(9H-呋喃-9-基)聯苯基-3-
 基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mCzBPDBq)、2-[4-(9-苯基-
 9H-呋喃-3-基)苯基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：PCPDBq)、
 2,2'-(吡啶-2,6-二基)雙(4-苯基苯并[h]喹啉)(簡稱：
 2,6(P-Bqn)2Py)、4-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯基-3-基]苯
 并呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱：4mDBTBPBfpm-II)、4-[3'-
 (9H-呋喃-9-基)聯苯基-3-基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡
 稱：4mCzBPBfpm)、4,8-雙[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]苯
 并呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱：4,8mDBtP2Bfpm)、4,8-雙[3-
 (二苯基噻吩-4-基)苯基]苯并噻吩并[3,2-d]嘧啶(簡稱：
 4,8mDBtP2Btpm)、4,6-雙[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]苯并
 呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱：4,6mDBtP2Bfpm)、4,8-雙[3-
 (9H-呋喃-9-基)苯基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱：
 4,8mCzP2Bfpm)、9-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯基-3-基]萸
 并[1',2':4,5]呋喃并[2,3-b]吡嗪(簡稱：9mDBtBPNfpr)、
 10-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯基-3-基]萸并[1',2':4,5]呋
 喃并[2,3-b]吡嗪(簡稱：10mDBtBPNfpr)、12-[3'-(二苯基
 噻吩-4-基)聯苯基-3-基]菲並[9',10':4,5]呋喃并[2,3-b]吡
 嗪(簡稱：12mDBtBPPnfpr)、9-[3'-(6-苯基苯并[b]萸并

[1,2-d]呋喃 -8-基) 聯 苯 基 -3-基] 萘 并 [1',2' : 4,5] 呋喃 并 [2,3-b] 吡 嗪 (簡 稱 : 9mBnfBPNfpr) 等 , 但是不侷限於此 。
另外 , 上述物質可以用作第七物質 。

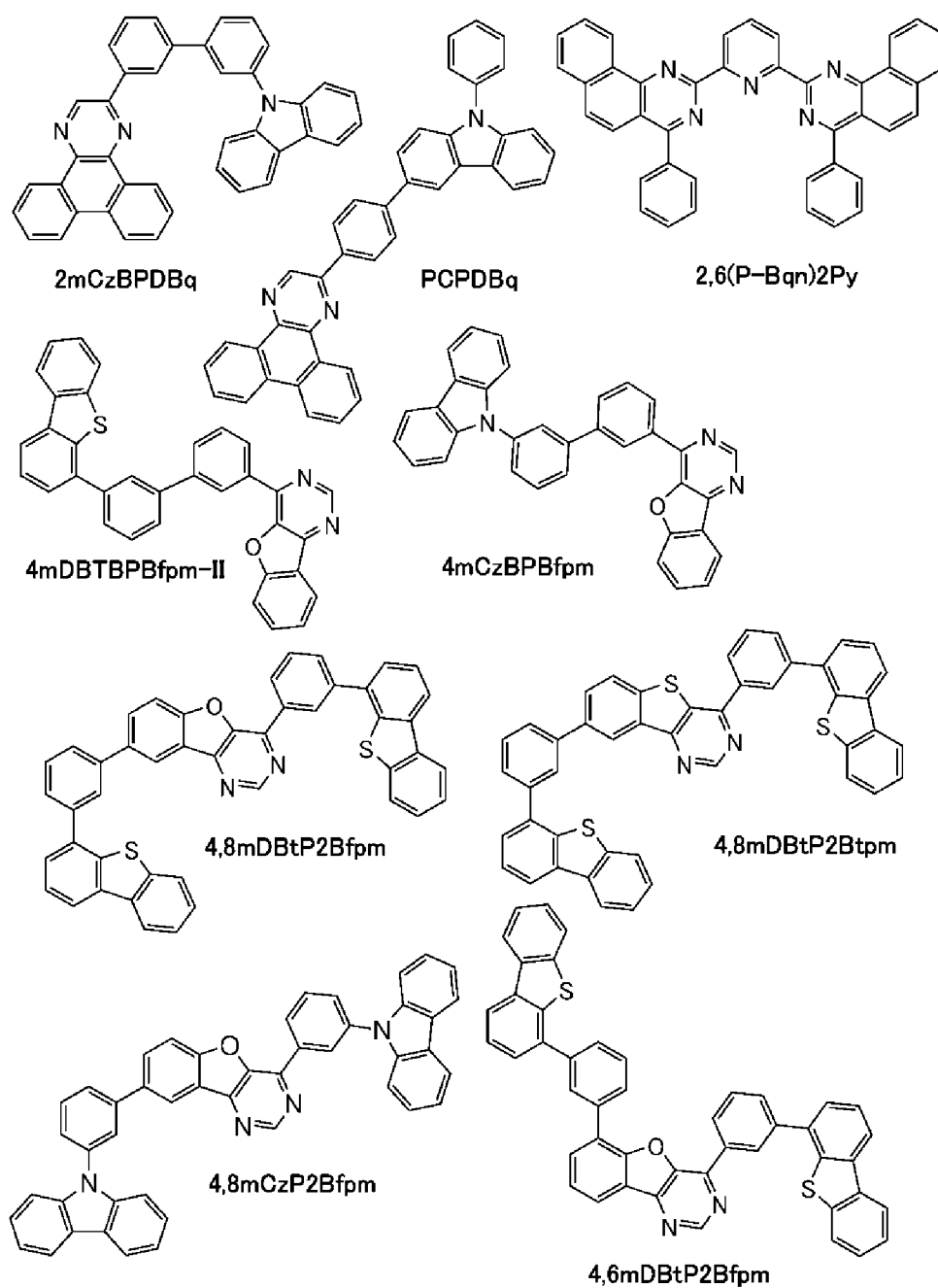
【 0065】

[化學式 2]



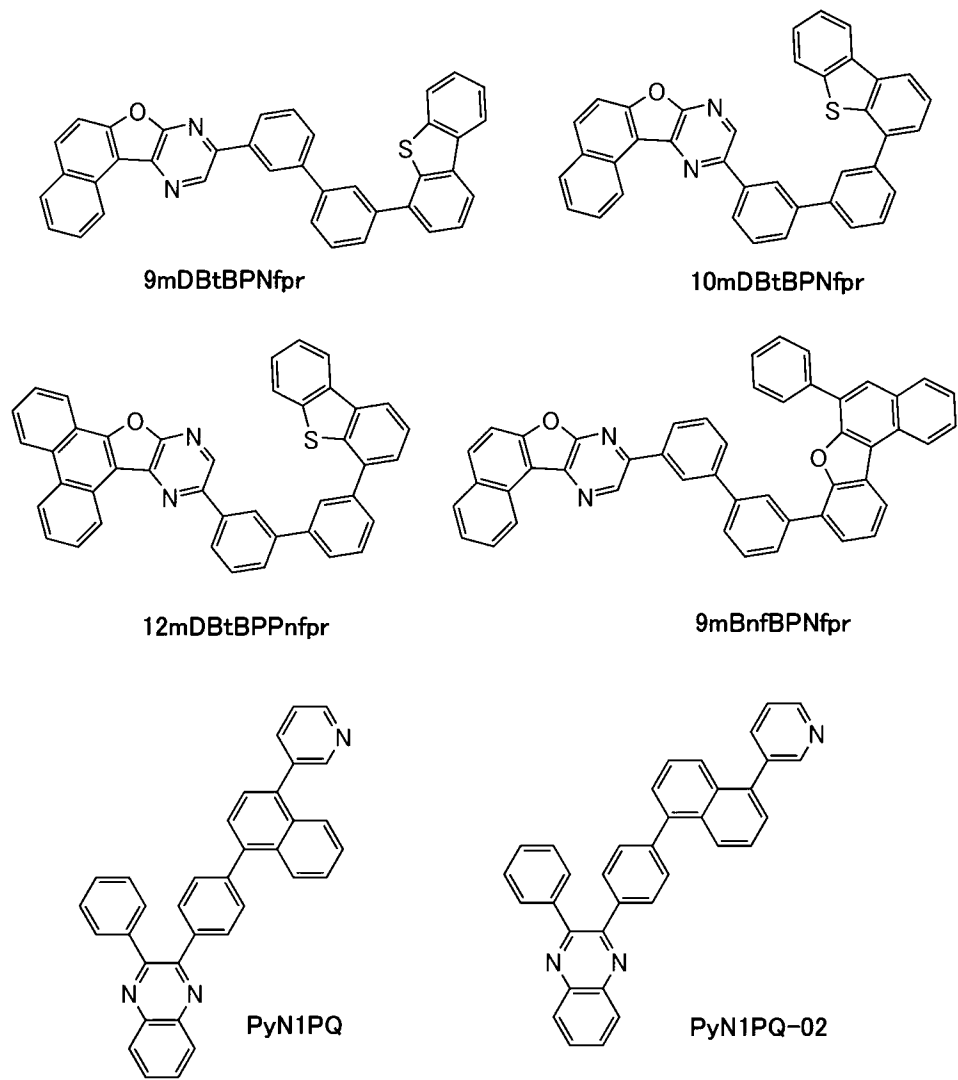
【 0066】

[化學式 3]



【 0067 】

[化學式 4]



【 0068 】 以下表 3 示出上述電子傳輸性材料的 LUMO 能階。

【 0069 】

[表 3]

電子傳輸性材料（簡稱）	LUMO 能階 (eV)
PyA1PQ	-3.00
1PQPmA	-3.00
1PQPrA	-3.00
PyN1PQ	-3.00
PyN1PQ-02	-3.00
PA1PQ	-3.00
2Py1PQ	-3.01
3Py1PQ	-3.01
3Py2PQ	-3.04
PPy1PQ	-3.01
2mDBTPDBq-II	-2.95
2mDBFPDBq-II	-2.94
2mDBTBPDBq-II	-2.94
2mCzPDBq-III	-2.99
2mCzBPDBq	-2.95
PCPDBq	-2.93
2, 6 (P-Bqn) 2Py	-2.92
4mDBTBPBfpm-II	-2.96
4mCzBPBfpm	-2.97
4, 8mDBtP2Bfpm	-3.02
4, 8mDBtP2Btpm	-3.01
4, 6mDBtP2Bfpm	-3.02
4, 8mCzP2Bfpm	-3.06
9mDBtBPNfpr	-3.05
10mDBtBPNfpr	-2.97
12mDBtBPPnfpr	-2.96
9mBnfBPNfpr	-3.03

【0070】另外，作為用於本發明的一個實施方式的發光元件中的電子傳輸層114的電子傳輸性材料，較佳為使用滿足上述LUMO能階的條件且其HOMO能階為 -6.0eV 以上的電子傳輸性材料。這是因為在驅動初期的狀態下藉由稍微接收電洞而引起圖1所示的機制。在上述電子傳輸性材料中，電場強度 $[\text{V}/\text{cm}]$ 的平方根為600時的電子移動率較佳為 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $1 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下，更佳為 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下。

【0071】另外，在本發明的一個實施方式的發光元件中，用於電洞注入層111的電洞傳輸性材料(第二物質)與用於電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料(第九物質)的HOMO能階的關係較佳為如下：用於電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料的HOMO能階相同於或深於用於電洞注入層111的電洞傳輸性材料的HOMO能階以下，並且它們之差為 0.2eV 以內。另外，作為上述電洞傳輸性材料，較佳為使用具有呋喃骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架及萘骨架的電洞傳輸性材料。另外，用於電洞注入層111的電洞傳輸性材料(第二物質)與用於電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料(第九物質)較佳為使用相同物質。由此，可以降低製造成本。另外，可以使製造裝置簡化。具體的化合物在實施方式2中詳細地說明。

【0072】注意，雖然圖1中未圖示，但是也可以在電洞傳輸層112與發光層間設置第二電洞傳輸層(例如，電子障壁層)。在此情況下，包含在第二電洞傳輸層中的電洞

傳輸性材料的 HOMO 能階較佳為比用於電洞傳輸層 112 的電洞傳輸性材料(第九物質)的 HOMO 能階深且它們之差為 0.2eV 以內。作為包括在第二電洞傳輸層中的電洞傳輸性材料，較佳為使用不具有三芳基胺結構的化合物，以便使 HOMO 能階接近於發光層 113 的主體材料的 HOMO 能階(具有較深的 HOMO 能階)。具體的化合物在實施方式 2 中詳細地說明。

【0073】在圖 2A 中，以實線表示圖 1A、圖 1B、圖 1C 所示的本發明的一個實施方式的發光元件的劣化曲線(f)，以虛線表示具有圖 2B 所示的元件結構的其他發光元件的劣化曲線(g)。另外，在圖 2A 所示的圖表中，橫軸表示時間，縱軸表示發光亮度。具有圖 2B 所示的元件結構的發光元件在發光層 113 與電子傳輸層 114 接觸的介面處不具有圖 1B、圖 1C 中的以 a 表示的差距(電子注入能障)而具有以 b(注意， $b < a$)表示的差距(注意，圖 2B 示出從開始驅動經過一定時間後的情況)。

【0074】在此，假設圖 1A、圖 1B、圖 1C 及圖 2B 所示的發光元件的電子傳輸層 114 的電子的注入及傳輸性都自發地變化而發光效率稍微提高(藉由驅動電子注入及傳輸性上升)。在此情況下，如上所述，初始劣化被抑制且有時發生如圖 2A 的 (d) 所示的微小的亮度上升。另一方面，在圖 2B 所示的發光元件中，發光層 113 與電子傳輸層 114 接觸的介面處的差距 b(注意， $b < a$)是作為電子注入能障不充分的。因此，不能使自發變化的速度變慢且不能長期獲得

自發變化的效果，所以從長期劣化的觀點來看很不利。另外，從電子傳輸層114注入到發光層113的電子如箭頭(c)所示地注入到電洞傳輸層112的概率增高。一般來說，因電子在電洞傳輸層112俘獲而導致發光元件的劣化，發生發光元件的可靠性降低(長期劣化的傾斜度(圖2A的(e))變大)的問題。

【0075】因此，可知：圖2B所示的發光元件的劣化曲線比圖1A所示的發光元件差，亦即從長期劣化的觀點來看可靠性下降。

【0076】如此，在包括在EL層103的發光層113與電子傳輸層114接觸的介面處具有電子注入能障的本發明的一個實施方式的發光元件具有從電子傳輸層114注入到發光層的電子不容易注入到電洞傳輸層112的結構，所以可以抑制因電子在電洞傳輸層112俘獲而導致發光元件的劣化，從而可以獲得可靠性高的發光元件。

【0077】

實施方式2

在本實施方式中，說明本發明的一個實施方式的發光元件。

【0078】

<發光元件的結構例子>

圖3A示出包括在一對電極之間具有發光層的EL層的發光元件的一個例子。明確而言，在第一電極101與第二電極102之間夾有EL層103。例如，當將第一電極101用作

陽極時，EL層103具有依次層疊有電洞注入層111、電洞傳輸層112、發光層113、電子傳輸層114及電子注入層115作為功能層的結構。

【0079】作為其他發光元件的結構，藉由具有包括以在一對電極之間夾有電荷產生層的方式形成的多個EL層的結構(串聯結構)而可以進行低電壓驅動的發光元件、以及藉由在一對電極之間形成光學微腔諧振器(微腔)結構而提高光學特性的發光元件等也包括在本發明的一個實施方式中。電荷產生層具有如下功能：在對第一電極101和第二電極102施加電壓時，對相鄰的EL層中的一個注入電子並對另一個EL層注入電洞的功能。

【0080】此外，上述發光元件的第一電極101和第二電極102中的至少一個為具有透光性的電極(透明電極、半透射-半反射電極等)。在具有透光性的電極為透明電極的情況下，透明電極的可見光穿透率為40%以上。此外，在該電極為半透射-半反射電極的情況下，半透射-半反射電極的可見光反射率為20%以上且80%以下，較佳為40%以上且70%以下。此外，這些電極的電阻率較佳為 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下。

【0081】此外，在上述本發明的一個實施方式的發光元件中，在第一電極101和第二電極102中的一個為具有反射性的電極(反射電極)的情況下，具有反射性的電極的可見光反射率為40%以上且100%以下，較佳為70%以上且100%以下。此外，該電極的電阻率較佳為 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以

下。

【0082】

<第一電極及第二電極>

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

【0083】注意，這些電極可以藉由濺射法及真空蒸鍍法形成。

【0084】

<電洞注入層>

電洞注入層111具有使向EL層103的電洞注入變得容易的功能。例如，電洞注入層111可以具有從陽極注入的電洞注入到電洞傳輸層112(或發光層113等)的功能。例如，電洞注入層111可以具有生成電洞而將該電洞注入到電洞

傳輸層 112(或發光層 113等)的功能。另外，電洞注入層 111包括有機受體材料(電子接收性材料，第一物質)以及 HOMO能階較深的電洞傳輸性材料(第二物質)。有機受體材料是對 HOMO能階較深的電洞傳輸性材料呈現電子接收性的物質。另外，HOMO能階較深的電洞傳輸性材料是其 HOMO能階為 -5.7eV 以上且 -5.4eV 以下的較深的 HOMO能階的物質。如上所述，在電洞傳輸性材料具有較深的 HOMO能階時，向電洞傳輸層 112的電洞注入變容易。

【0085】有機受體材料可以使用具有拉電子基團(尤其是氟基那樣的鹵基或氰基)的有機化合物等，可以從這樣的物質中適當地選擇對上述第二物質呈現電子接收性的物質。作為這種有機化合物，可以舉出醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮雜聯伸三苯衍生物等。明確而言，可以舉出 7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(簡稱：F₄-TCNQ)、氯醌、2,3,6,7,10,11-六氰-1,4,5,8,9,12-六氮雜聯伸三苯(簡稱：HAT-CN)、1,3,4,5,7,8-六氟四氰(hexafluorotetracyano)-萘醌二甲烷(naphthoquinodimethane)(簡稱：F₆-TCNNQ)、2-(7-二氰基亞甲基-1,3,4,5,6,8,9,10-八氟-7H-芘-2-亞基)丙二腈等。尤其是，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 等熱穩定，所以是較佳的。此外，包括拉電子基團(尤其是如氟基等鹵基、氰基)的[3]軸烯衍生物的電子接收性非常高所以特別較佳的，明確而言，可以舉出： $\alpha, \alpha', \alpha''$ -1,2,3-環丙烷三亞基三[4-氰-2,3,5,6-四氟苯乙腈]、 $\alpha, \alpha', \alpha''$ -1,2,3-

環丙烷三亞基三[2,6-二氯-3,5-二氟-4-(三氟甲基)苯乙腈]、 α,α',α'' -1,2,3-環丙烷三亞基三[2,3,4,5,6-五氟苯乙腈]等。

【0086】上述HOMO能階較深的電洞傳輸性材料較佳為具有電洞傳輸性骨架。作為該電洞傳輸性骨架，可以舉出電洞傳輸性材料的HOMO能階不過高(淺)的呋啞骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架及萸骨架等，較佳為具有上述骨架中的任一個。尤其是，可以為具有包括二苯并呋喃環或二苯并噻吩環的取代基的芳香胺、包括萘環的芳香單胺、或者9-萸基透過伸芳基鍵合於胺的氮的芳香單胺。

【0087】作為上述HOMO能階較深的電洞傳輸性材料，較佳為使用電場強度[V/cm]的平方根為600時的電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。此外，只要是電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，可以使用上述以外的物質。注意，這些材料較佳為包含N,N-雙(4-聯苯)胺基的物質，由此可以製造長壽命的發光元件。

【0088】作為上述HOMO能階較深的電洞傳輸性材料，明確而言，可以舉出N-(4-聯苯)-6,N-二苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(簡稱：BnfABP)、N,N-雙(4-聯苯)-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(簡稱：BBABnf)、4,4'-雙(6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-基)-4''-苯基三苯基胺(簡稱：BnfBB1BP)、N,N-雙(4-聯苯)苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-6-胺(簡稱：BBABnf(6))、N,N-雙(4-聯苯)苯并[b]萘并

[1,2-d]呋喃-8-胺(簡稱：BBABnf(8))、N,N-雙(4-聯苯)苯并[b]萘并[2,3-d]呋喃-4-胺(簡稱：BBABnf(II) (4))、N,N-雙[4-(二苯并呋喃-4-基)苯基]-4-胺基-p-三聯苯(簡稱：DBfBB1TP)、N-[4-(二苯并噻吩-4-基)苯基]-N-苯基-4-聯苯胺(簡稱：ThBA1BP)、4-(2-萘基)-4',4''-二苯基三苯基胺(簡稱：BBA β NB)、4-[4-(2-萘基)苯基]-4',4''-二苯基三苯基胺(簡稱：BBA β NBi)、4,4'-二苯基-4''-(6；1'-聯萘基-2-基)三苯基胺(簡稱：BBA α N β NB)、4,4'-二苯基-4''-(7；1'-聯萘基-2-基)三苯基胺(簡稱：BBA α N β NB-03)、4,4'-二苯基-4''-(7-苯基)萘基-2-基三苯基胺(簡稱：BBAP β NB-03)、4,4'-二苯基-4''-(6；2'-聯萘基-2-基)三苯基胺(簡稱：BBA(β N2)B)、4,4'-二苯基-4''-(7；2'-聯萘基-2-基)-三苯基胺(簡稱：BBA(β N2)B-03)、4,4'-二苯基-4''-(4；2'-聯萘基-1-基)三苯基胺(簡稱：BBA β N α NB)、4,4'-二苯基-4''-(5；2'-聯萘基-1-基)三苯基胺(簡稱：BBA β N α NB-02)、4-(4-聯苯基)-4'-(2-萘基)-4''-苯基三苯基胺(簡稱：TPBiA β NB)、4-(3-聯苯基)-4'-[4-(2-萘基)苯基]-4''-苯基三苯基胺(簡稱：mTPBiA β NBi)、4-(4-聯苯基)-4'-[4-(2-萘基)苯基]-4''-苯基三苯基胺(簡稱：TPBiA β NBi)、4-苯基-4'-(1-萘基)三苯基胺(簡稱： α NBA1BP)、4,4'-雙(1-萘基)三苯基胺(簡稱： α NBB1BP)、4,4'-二苯基-4''-[4'-(呋喃-9-基)聯苯-4-基]三苯基胺(簡稱：YGTBi1BP)、4'-[4-(3-苯基-9H-呋喃-9-基)苯基]三(1,1'-聯苯-4-基)胺(簡稱：YGTBi1BP-02)、4-二苯基-4'-(2-萘)-4''-{9-(4-聯苯基)呋喃}三苯基胺(簡稱：

YGTBi β NB)、N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]-N-[4-(1-萘基)苯基]-9,9'-螺二[9H-蒽]-2-胺(簡稱:PCBNBSF)、N,N-雙(-4-聯苯基)-9,9'-螺二[9H-蒽]-2-胺(簡稱:BBASF)、N,N-雙(1,1'-聯苯基-4-基)-9,9'-螺二[9H-蒽]-4-胺(簡稱:BBASF(4))、N-(1,1'-聯苯-2-基)-N-(9,9-二甲基-9H-蒽-2-基)-9,9'-螺二[9H-蒽]-4-胺(簡稱:oFBiSF)、N-(4-聯苯)-N-(二苯并呋喃-4-基)(9,9-二甲基-9H-蒽-2-基)胺(簡稱:FrBiF)、N-[4-(1-萘基)苯基]-N-[3-(6-苯基二苯并呋喃-4-基)苯基]-1-萘基胺(簡稱:mPDBfBNBN)、4-苯基-4'-(9-苯基蒽-9-基)三苯基胺(簡稱:BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基蒽-9-基)三苯基胺(簡稱:mBPAFLP)、4-苯基-4'-[4-(9-苯基蒽-9-基)苯基]三苯基胺(簡稱:BPAFLBi)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯基胺(簡稱:PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯基胺(簡稱:PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯基胺(簡稱:PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯基胺(簡稱:PCBNBB)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-二蒽-2-胺(簡稱:PCBASf)、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-蒽-2-胺(簡稱:PCBBiF)、3,3'-(萘-1,4-二基)雙(9-苯基-9H-咔唑)(簡稱:PCzN2)、4-(10-苯基-9-蒽)-4'-(9-苯基-9H-蒽-9-基)三苯基胺(簡稱:FLPAPA)等。

【0089】注意，電洞注入層111可以利用已知的各種

成膜方法形成，例如可以利用真空蒸鍍法形成。

【0090】

<電洞傳輸層>

電洞傳輸層112是將從第一電極101經過電洞注入層111注入的電洞傳輸到發光層113中的層。

【0091】作為電洞傳輸層112使用電洞傳輸性材料。另外，也可以使用上述電洞傳輸性材料。注意，用於電洞注入層111的電洞傳輸性材料與用於電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料的HOMO能階的關係較佳為如下：用於電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料的HOMO能階為用於電洞注入層111的電洞傳輸性材料的HOMO能階以下(相等於或深於用於電洞注入層111的電洞傳輸性材料的HOMO能階)且它們之差為0.2eV以內。兩者都使用相同材料時電洞的注入很順利，所以是更佳的。

【0092】另外，也可以在電洞傳輸層112與發光層113間包括第二電洞傳輸層。在包括第二電洞傳輸層時，也可以使該層具有作為電子障壁層的功能。

【0093】此外，在電洞傳輸層112與發光層113之間包括第二電洞傳輸層的情況下，比較用於的電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料的HOMO能階和用於形成第二電洞傳輸層的電洞傳輸性材料的HOMO能階時，後一者材料的HOMO能階較佳為比前者材料的HOMO能階更深。再者，較佳為以其差為0.2eV以下的方式選擇各自的材料。藉由使用於電洞注入層111及具有疊層結構的電洞傳輸層的這

些電洞傳輸性材料的HOMO能階具有上述關係，可以使電洞順利地注入到各層中，由此可以防止驅動電壓上升及發光層113中電洞過少的狀態。

【0094】此外，用於電洞注入層111及具有疊層結構的電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料較佳為分別具有電洞傳輸性骨架。作為該電洞傳輸性骨架，較佳為使用不會使上述電洞傳輸性材料的HOMO能階過淺的咔唑骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架及萸骨架。此外，當相鄰層的材料中共用用於電洞注入層111及具有疊層結構的電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料的電洞傳輸性骨架時，可以順利地進行電洞注入，所以是較佳的。作為上述電洞傳輸性骨架尤其較佳為使用二苯并呋喃骨架。另外，較佳為具有三芳胺結構。

【0095】此外，當用於電洞注入層111及具有疊層結構的電洞傳輸層112的電洞傳輸性材料在相鄰層之間相同時，電洞可以向陰極方向順利地注入相鄰的層，因此是較佳的結構。

【0096】另外，在電洞傳輸層112與發光層113間包括第二電洞傳輸層時，第二電洞傳輸層較佳為具有作為電子障壁層的功能。在此情況下，被用作電子障壁層的第二電洞傳輸層可以使用上述可用於電洞注入層111的電洞傳輸性材料。明確而言，較佳為具有咔唑骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架和萸骨架中的至少一個。另外，用於第二電洞傳輸層的電洞傳輸性材料的HOMO能階較佳為用

於被層疊的電洞傳輸層的電洞傳輸性材料的HOMO能階以下且它們之差為0.2eV以內。另外，作為用於第二電洞傳輸層的化合物，更佳為使用不具有三芳基胺結構的化合物。這是為了使HOMO能階接近於發光層113的主體材料的HOMO能階(具有較深的HOMO能階)。明確而言，可以舉出：如3,3'-(蔡-1,4-二基)雙(9-苯基-9H-咔唑)(簡稱：PCzN2)、3,3'-(蔡-1,5-二基)雙(9-苯基-9H-咔唑)(簡稱：1,5PC2N)、8,8'-(蔡-1,4-二基)雙(11-苯基-11H-苯并[a]咔唑)(簡稱：PaBC2N)、12,12'-(蔡-1,4-二基)雙(9-苯基-9H-二苯并[a,c]咔唑)(簡稱：PacDBC2N)、10,10'-(蔡-1,4-二基)雙(7-苯基苯并[c]咔唑)(簡稱：PcBC2N)、11-苯基-8-[4-(9-苯基咔唑-3-基)-1-蔡基]苯并[a]咔唑(簡稱：PCNPaBC)、7-苯基-10-[4-(9-苯基咔唑-3-基)-1-蔡基]苯并[c]咔唑(簡稱：PCNPcBC)、7-苯基-10-[5-(9-苯基咔唑-3-基)-1-蔡基]苯并[c]咔唑(簡稱：1,5PCNPcBC)、2,2'-(蔡-1,4-二基)雙(5-苯基-5H-苯并[b]咔唑)(簡稱：PbBC2N)等具有咔唑骨架的化合物或具有蔡環的化合物。

【0097】

<發光層>

在本發明的一個實施方式的發光元件中，發光層113包括使發光物質(客體材料)與分散發光物質的主體材料。

【0098】作為發光物質(客體材料)，可以使用發射螢光的物質(螢光發光材料)、發射磷光的物質(磷光發光材料)、呈現熱活化延遲螢光的熱活化延遲螢光(Thermally

activated delayed fluorescence : TADF)材料及其他發光物等。作為主體材料，除了電子傳輸性材料或電洞傳輸性材料以外，還可以使用上述 TADF 材料等各種載子傳輸材料。此外，作為主體材料，可以使用電洞傳輸性材料或電子傳輸性材料等。此外，作為電洞傳輸性材料或電子傳輸性材料等的具體例子，可以使用本說明書中描述的合適材料或公知已知材料的一種或多種。

【0099】作為可以用於發光層 113 的客體材料的螢光發光物質，例如可以舉出如下物質。注意，除此之外，還可以使用其他螢光發光物質。

【0100】例如，可以舉出 5,6-雙[4-(10-苯基-9-蒎基)苯基]-2,2'-聯吡啶(簡稱：PAP2BPy)、5,6-雙[4'-(10-苯基-9-蒎基)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]芘-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-蒎基)三苯胺(簡稱：YGAPA)、4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒎基)三苯胺(簡稱：2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒎基)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-蒎基)-4'-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)三苯胺(簡稱：PCBAPA)、N,N''-(2-三級丁基蒎-9,10-二

基二-4,1-伸苯基)雙[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](簡稱：DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(簡稱：2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(簡稱：2DPAPPA)、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-八苯基二苯并[g,p]蒽(chrysene)-2,7,10,15-四胺(簡稱：DBC1)、香豆素30、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(簡稱：2PCAPA)、N-[9,10-雙(1,1'-聯苯基-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-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基蒽-2-胺(簡稱：2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蒽-9-胺(簡稱：DPhAPhA)、香豆素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}丙二腈(簡稱：DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)稠四苯-5,11-二胺(簡稱：p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茚并[1,2-a]丙二烯合萸-3,10-二胺(簡稱：p-mPhAFD)、2-{2-異丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙二腈(簡稱：DCJTI)、

2-{2-三級丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙二腈(簡稱: DCJTB)、2-(2,6-雙{2-[4-(二甲胺基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亞基)丙二腈(簡稱: BisDCM)、2-{2,6-雙[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯并[ij]喹嗪-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙二腈(簡稱: BisDCJTM)、N,N'-二苯并-N-N'-(1,6-萘-二基)雙[(6,N-苯基苯并[b]蔡并[1,2-d]呋喃)-8-胺](簡稱: 1,6BnfAPrn-03)、3,10-雙[N-(9-苯基-9H-吡嗪-2-基)-N-苯基胺基]蔡并[2,3-b;6,7-b']雙苯并呋喃(簡稱: 3,10PCA2Nbf(IV)-02)、3,10-雙[N-(二苯并呋喃-3-基)-N-苯基胺基]蔡并[2,3-b;6,7-b']雙苯并呋喃(簡稱: 3,10FrA2Nbf(IV)-02)等。尤其是, 以1,6FLPAPrn、1,6mMemFLPAPrn、1,6BnfAPrn-03等萘二胺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。

【0101】此外, 作為可以用於發光層113的客體材料的磷光發光物質, 例如可以舉出如下物質。

【0102】例如可以使用如下材料, 三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN2]苯基-κC}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-吡啉基)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：FIracac)等以具有拉電子基團的苯基吡啉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，並且是在440nm至520nm具有發光峰的化合物。

【0103】此外，可以舉出：三(4-甲基-6-苯基嘧啉根)銱(III)(簡稱：[Ir(mppm)₃])、三(4-三級丁基-6-苯基嘧啉根)銱(III)(簡稱：[Ir(tBuppm)₃])、(乙醯丙酮根)雙(6-甲基-4-苯基嘧啉根)銱(III)(簡稱：[Ir(mppm)₂(acac)])、(乙醯丙酮根)雙(6-三級丁基-4-苯基嘧啉根)銱(III)(簡稱：[Ir(tBuppm)₂(acac)])、(乙醯丙酮根)雙[6-(2-降莖基)-4-苯基嘧啉根]銱(III)(簡稱：[Ir(nbppm)₂(acac)])、(乙醯丙酮根)雙[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘧啉根]銱(III)(簡稱：Ir(mpmpm)₂(acac))、(乙醯丙酮根)雙(4,6-二苯基嘧

啉根)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-苯基吡啉根- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$)、雙(2-苯基吡啉根- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$)、雙(苯并[h]喹啉)銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})]$)、三(苯并[h]喹啉)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{bzq})_3]$)、三(2-苯基喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{pq})_3]$)、雙(2-苯基喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})]$)等具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物；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具有發光峰。此外，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。

【0104】此外，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(蔡-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：

[Ir(tppr)₂(dpm)]、(乙醯丙酮根)雙[2,3-雙(4-氟苯基)喹啉合(quinoxalinato)]銱(III)(簡稱：[Ir(Fdpq)₂(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,C^{2'})銱(III)(簡稱：[Ir(piq)₃])、雙(1-苯基異喹啉-N,C^{2'})銱(III)乙醯丙酮(簡稱：[Ir(piq)₂(acac)])等具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物；2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-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)銬(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)銬(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具有發光峰。此外，具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物可以獲得色度良好的紅色發光。

【0105】此外，除了上述以外，還可以使用已知的磷光發光物質。

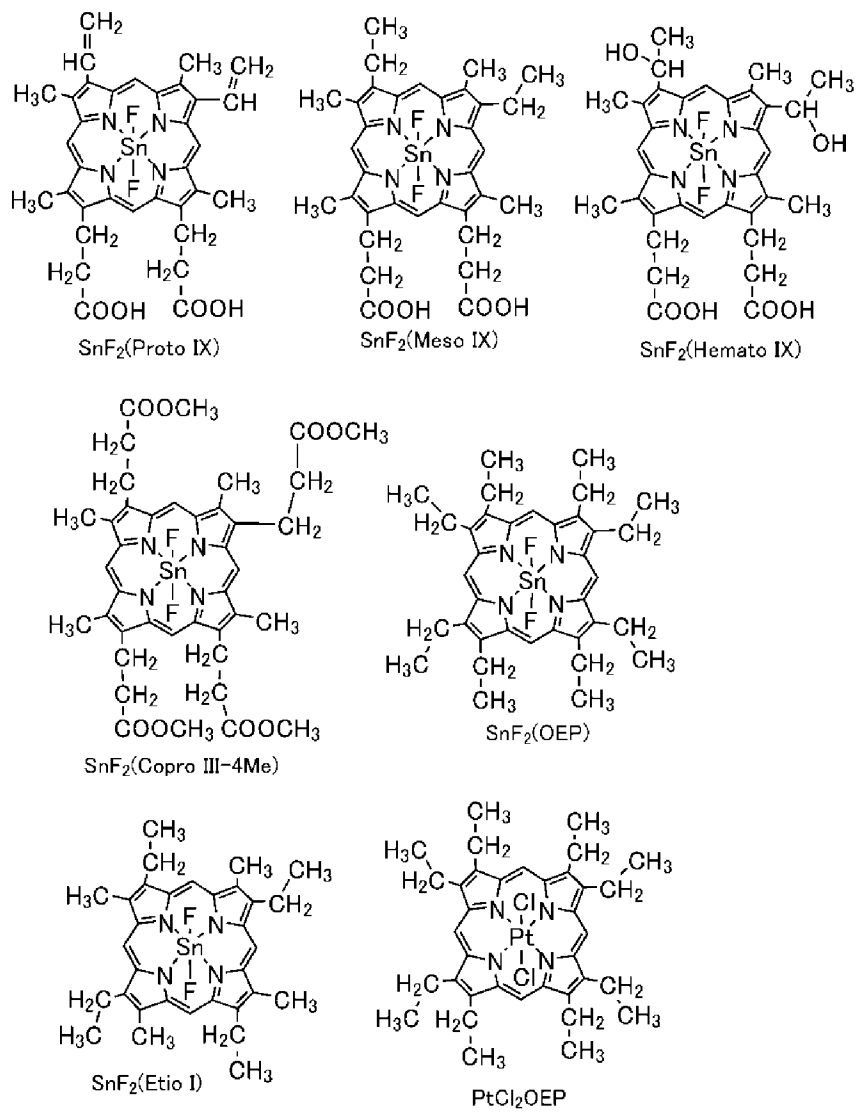
【0106】此外，作為可以用於發光層113的客體材料的TADF材料，例如可以舉出如下物質。

【0107】作為TADF材料，可以使用富勒烯及其衍生物、吡啶及其衍生物以及伊紅衍生物等。此外，還可以舉出包含鎂(Mg)、鋅(Zn)、鎘(Cd)、錫(Sn)、鉑(Pt)、銦(In)或鈀(Pd)等含金屬卟啉。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 ($\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$)、八乙基卟啉-氟化錫錯合物 ($\text{SnF}_2(\text{OEP})$)、初卟啉-氟化錫錯合物 ($\text{SnF}_2(\text{Etio I})$) 以及八乙基卟啉-氯化鉑錯合物 (PtCl_2OEP)等。

【 0108 】

[化學式 5]

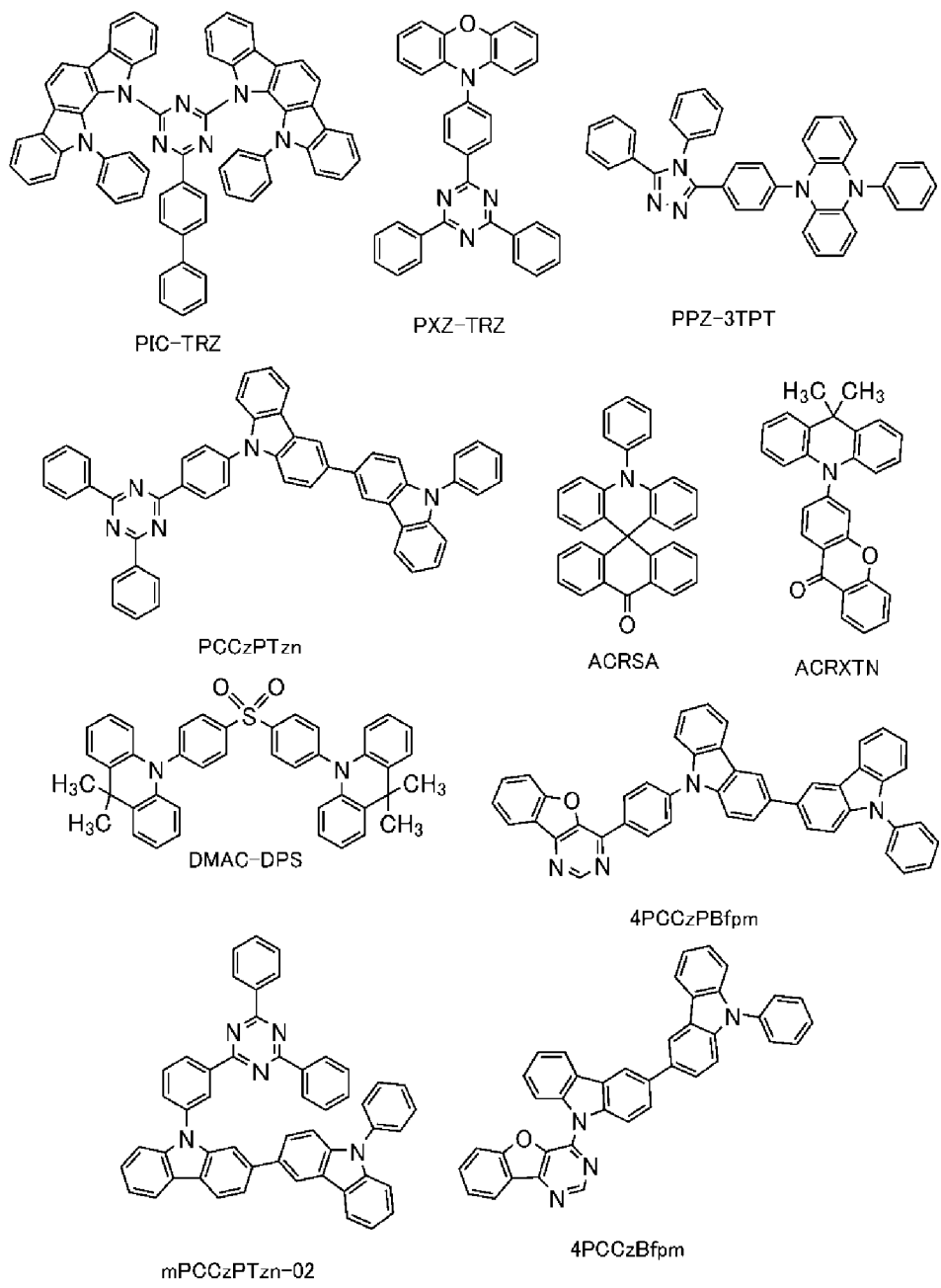


【 0109 】 此外，還可以使用由下述結構式表示的 2-(聯苯-4-基)-4,6-雙(12-苯基吡啶[2,3-a]吡啶-11-基)-1,3,5-三嗪(簡稱：PIC-TRZ)、2-{4-[3-(N-苯基-9H-吡啶-3-基)-9H-吡啶-9-基]苯基}-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(簡稱：

PCCzPTzn)、2-[4-(10H-啡啶-10-基)苯基]-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪(簡稱:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-苯基-5,10-二氫啡啶-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]砜(簡稱:DMAC-DPS)、10-苯基-10H,10'H-螺[吡啶-9,9'-蒽]-10'-酮(簡稱:ACRSA)、4-(9'-苯基-3,3'-聯-9H-卡啞-9-基)苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱:4PCCzBfpm)、4-[4-(9'-苯基-3,3'-聯-9H-卡啞-9-基)苯基]苯并呋喃并[3,2-d]嘧啶(簡稱:4PCCzPBfpm)、9-[3-(4,6-二苯基-1,3,5-三嗪-2-基)苯基]-9'-苯基-2,3'-聯-9H-卡啞(簡稱:mPCCzPTzn-02)等具有富 π 電子型雜芳環及缺 π 電子型雜芳環的雜環化合物。

【0110】

[化學式 6]



【0111】該雜環化合物具有富 π 電子型雜芳環和缺 π 電子型雜芳環，電子傳輸性和電洞傳輸性都高，所以是較佳的。尤其是，在具有缺 π 電子雜芳環的骨架中，吡啶骨架、二噁骨架(噁啶骨架、吡噁骨架、嗒咭骨架)及三噁骨架穩定且可靠性良好，所以是較佳的。尤其是，苯并呋喃并噁啶骨架、苯并噁吩并噁啶骨架、苯并呋喃并吡噁骨

架、苯并噻吩并吡嗪骨架的受體性高且可靠性良好，所以是較佳的。

【0112】此外，在具有富 π 電子雜芳環的骨架中，吡啶骨架、啡啶骨架、啡噻吩骨架、呋喃骨架、噻吩骨架及吡咯骨架穩定且可靠性良好，所以較佳為具有上述骨架中的至少一個。此外，作為呋喃骨架較佳為使用二苯并呋喃骨架，作為噻吩骨架較佳為使用二苯并噻吩骨架。作為吡咯骨架，特別較佳為使用吲哚骨架、咔唑骨架、吲哚咔唑骨架、聯咔唑骨架、3-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)-9H-咔唑骨架。

【0113】此外，在富 π 電子型雜芳環和缺 π 電子型雜芳環直接鍵合的物質中，富 π 電子雜芳環的電子供給性和缺 π 電子型雜芳環的電子接收性都高而 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。注意，也可以使用鍵合有氰基等拉電子基團的芳環代替缺 π 電子型雜芳環。此外，作為富 π 電子骨架，可以使用芳香胺骨架、吩嗪骨架等。此外，作為缺 π 電子骨架，可以使用氧雜蒽骨架、二氧化噻噸(thioxanthene dioxide)骨架、喹二唑骨架、三唑骨架、咪唑骨架、蒽醌骨架、苯基硼烷或boranthrene等含硼骨架、苯甲腈或氰苯等具有腈基或氰基的芳香環或雜芳環、二苯甲酮等羰骨架、氧化膦骨架、硼骨架等。

【0114】如此，可以使用缺 π 電子骨架及富 π 電子骨架代替缺 π 電子雜芳環和富 π 電子雜芳環中的至少一個。

【0115】TADF材料是指S1能階和T1能階之差較小且具有藉由反系間竄躍將三重激發能轉換為單重激發能的功能的材料。因此，能夠藉由微小的熱能量將三重激發能上轉換(up-convert)為單重激發能(反系間竄躍)並能夠高效地產生單重激發態。此外，可以將三重激發能轉換為發光。

【0116】以兩種物質形成激發態的激態錯合物(Exciplex)因S1能階和T1能階之差極小而具有將三重激發能轉換為單重激發能的TADF材料的功能。

【0117】注意，作為T1能階的指標，可以使用在低溫(例如，77K至10K)下觀察到的磷光光譜。關於TADF材料，較佳的是，當以藉由在螢光光譜的短波長側的尾處引切線得到的外推線的波長能量為S1能階並以藉由在磷光光譜的短波長側的尾處引切線得到的外推線的波長能量為T1能階時，S1與T1之差為0.3eV以下，更佳為0.2eV以下。

【0118】此外，當使用TADF材料作為發光層113的客體材料時，主體材料的S1能階較佳為比TADF材料的S1能階高。此外，主體材料的T1能階較佳為比TADF材料的T1能階高。

【0119】作為發光層113的主體材料，實施方式1示出作為用於本發明的一個實施方式的發光元件的主體材料較佳的材料，也可以根據需要使用以下所示的主體材料。

【0120】作為可以用作發光層113的主體材料的電洞傳輸性材料，較佳為使用具有電場強度[V/cm]的平方根為600時的電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質，例如可以

舉出如下物質。

【0121】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'-二芴-2-基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱：BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：mBPAFLP)、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)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-咔唑-3-基)苯基]螺-9,9'-二芴-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-芴-9-基)苯基]二苯并噻吩(簡稱：DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯并噻吩(簡稱：DBTFLP-IV)等具有噻吩骨架的化合物；以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯并呋喃)(簡稱：DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯并呋喃(簡稱：mmDBFFLBi-II)等具有呋喃骨架的化合物。其中，具有芳香胺骨架的化

合物、具有呋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。此外，也可以使用作為上述第二有機化合物的例子舉出的有機化合物。

【0122】此外，作為可以用作發光層113的主體材料的電子傳輸性材料，較佳為使用具有電場強度[V/cm]的平方根為600時的電子移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電子移動率的物質，例如可以舉出如下物質。除此以外，還可以使用後述的可以用於電子傳輸層114的電子傳輸性材料。

【0123】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-苯并呋唑基)苯酚]鋅(II)(簡稱：ZnPBO)、雙[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]鋅(II)(簡稱：ZnBTZ)等金屬錯合物；2-(4-聯苯基)-5-(4-三級丁基苯基)-1,3,4-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-呋唑(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)等具有聚呋唑(polyazole)骨架的雜環化合物；2-[3-(二苯并噻吩-4-基)苯基]二苯并[f,h]喹呋啉(簡稱：2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹呋啉(簡

稱：2mDBTBPDq-II)、2-[3'-(9H-咔唑-9-基)聯苯-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mCzBPDBq)、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)等具有二噁骨架的雜環化合物；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，具有二噁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，具有二噁(嘧啶或吡噁)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。

【0124】此外，在使用TADF材料作為發光層113的主體材料的情況下，可以使用與上述同樣的材料。當使用TADF材料作為主體材料時，由TADF材料生成的三重激發能經反系間竄躍轉換為單重激發能並進一步能量轉移到發光中心物質，由此可以提高發光元件的發光效率。此時，TADF材料被用作能量施體，發光中心物質被用作能量受體。由此，在使用螢光發光物質作為客體材料的情況下，使用TADF材料作為主體材料是非常有效的。此外，此時，為了得到高發光效率，TADF材料的S1能階較佳為比螢光發光物的S1能階高。此外，TADF材料的T1能階較佳為比螢光發光物質的S1能階高。因此，TADF材料的T1能階較佳為比螢光發光物質的T1能階高。

【0125】此外，較佳為使用呈現與螢光發光物質的最

低能量一側的吸收帶的波長重疊的發光的TADF材料。由此，激發能順利地從TADF材料轉移到螢光發光物質，可以高效地得到發光，所以是較佳的。

【0126】為了高效地從三重激發能藉由反系間竄躍生成單重激發能，較佳為在TADF材料中產生載子再結合。此外，較佳的是在TADF材料中生成的三重激發能不轉移到螢光發光物質。為此，螢光發光物質較佳為在螢光發光物質所具有的發光體(成為發光的原因的骨架)的周圍具有保護基。作為該保護基，較佳為不具有 π 鍵的取代基，較佳為飽和烴，明確而言，可以舉出碳原子數為3以上且10以下的烷基、取代或未取代的碳原子數為3以上且10以下的環烷基、碳原子數為3以上且10以下的三烷基矽基，更佳為具有多個保護基。不具有 π 鍵的取代基由於幾乎沒有傳輸載子的功能，所以對載子傳輸或載子再結合幾乎沒有影響，可以使TADF材料與螢光發光物質的發光體彼此遠離。在此，發光體是指在螢光發光物質中成為發光的原因的原子團(骨架)。發光體較佳為具有 π 鍵的骨架，較佳為包含芳香環，並較佳為具有稠合芳香環或稠合雜芳環。作為稠合芳香環或稠合雜芳環，可以舉出菲骨架、二苯乙烯骨架、吡啶酮骨架、啡啉骨架、啡噻啉骨架等。尤其是，具有蔡骨架、蔥骨架、萸骨架、蒽骨架、聯伸三苯骨架、稠四苯骨架、芘骨架、芘骨架、香豆素骨架、喹吡啶酮骨架、蔡并雙苯并呋喃骨架的螢光發光物質具有高螢光量子產率，所以是較佳的。

【0127】此外，在使用螢光發光物質作為發光層113的客體材料的情況下，作為主體材料，較佳為使用具有蔥骨架的材料。藉由將具有蔥骨架的物質，可以實現發光效率及耐久性都良好的發光層。作為具有蔥骨架的物質，具有二苯基蔥骨架(尤其是9,10-二苯基蔥骨架)的物質在化學上穩定，所以是較佳的。

【0128】此外，在主體材料具有呋唑骨架的情況下，電洞的注入/傳輸性得到提高，所以是較佳的，尤其是，在包含苯環稠合到呋唑的苯并呋唑骨架的情況下，其HOMO能階比呋唑淺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呋唑骨架的情況下，其HOMO能階比呋唑淺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。

【0129】因此，進一步較佳為用作主體材料的物質是具有9,10-二苯基蔥骨架及呋唑骨架(或者苯并呋唑骨架或二苯并呋唑骨架)的兩者的物質。注意，從上述電洞注入/傳輸性提高的觀點來看，也可以使用苯并茚骨架或二苯并茚骨架代替呋唑骨架。作為這種物質的例子，可以舉出9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-9H-呋唑(簡稱：PCzPA)、3-[4-(1-萘基)-苯基]-9-苯基-9H-呋唑(簡稱：PCPN)、9-[4-(10-苯基蔥基-9-基)苯基]-9H-呋唑(簡稱：CzPA)、7-[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-7H-二苯并[c,g]呋唑(簡稱：cgDBCzPA)、6-[3-(9,10-二苯基-2-蔥基)苯基]-苯

并[b]萘并[1,2-d]呋喃(簡稱：2mBnfPPA)、9-苯基-10-{4-(9-苯基-9H-芴-9-基)-聯苯-4'-基}-蒽(簡稱：FLPPA)、9-(1-萘基)-10-[4-(2-萘基)苯基]蒽(簡稱： α N- β NPAnth)等。尤其是，CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPA呈現非常好的特性，所以是較佳的。

【0130】此外，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，較佳為混合電子傳輸性材料和電洞傳輸性材料。藉由混合電子傳輸性材料和電洞傳輸性材料，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。電洞傳輸性材料和電子傳輸性材料的含量的重量比例為1：19至19：1即可。

【0131】如上所述，在主體材料是混合多種物質的材料的情況下，作為上述混合的材料的一部分，可以使用磷光發光物質。磷光發光物質在作為發光中心材料使用螢光發光物質時可以被用作對螢光發光物質供應激發能的能量施體。

【0132】此外，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。此外，藉由採用該結構可以降低驅動電壓，因此是較佳的。

【0133】注意，形成激態錯合物的材料的至少一個可

以為磷光發光物質。由此，可以高效地將三重激發能經反系間竄躍轉換為單重激發能。

【0134】關於形成激態錯合物的材料的組合，電洞傳輸性材料的HOMO能階較佳為電子傳輸性材料的HOMO能階以上。此外，電洞傳輸性材料的LUMO能階較佳為電子傳輸性材料的LUMO能階以上。注意，材料的LUMO能階及HOMO能階可以從藉由循環伏安(CV)測定測得的材料的電化學特性(還原電位及氧化電位)求出。

【0135】注意，激態錯合物的形成例如可以藉由如下方法確認：對電洞傳輸性材料的發射光譜、電子傳輸性材料的發射光譜及混合這些材料而成的混合膜的發射光譜進行比較，當觀察到混合膜的發射光譜比各材料的發射光譜向長波長一側漂移(或者在長波長一側具有新的峰)的現象時說明形成有激態錯合物。或者，對電洞傳輸性材料的瞬態光致發光(PL)、電子傳輸性材料的瞬態PL及混合這些材料而成的混合膜的瞬態PL進行比較，當觀察到混合膜的瞬態PL壽命與各材料的瞬態PL壽命相比具有長壽命成分或者延遲成分的比率變大等瞬態回應不同時說明形成有激態錯合物。此外，可以將上述瞬態PL稱為瞬態電致發光(EL)。換言之，與對電洞傳輸性材料的瞬態EL、電子傳輸性材料的瞬態EL及這些材料的混合膜的瞬態EL進行比較，觀察瞬態回應的不同，可以確認激態錯合物的形成。

【0136】

<電子傳輸層>

電子傳輸層114是從第二電極102注入的電子傳送到發光層113的層且與發光層113接觸。除了電子傳輸性材料以外，電子傳輸層114還包含金屬、金屬鹽、金屬氧化物和金屬錯合物中的任一個。尤其是，較佳為使用包含鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物。注意，上述金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物存在於電子傳輸層114中的任意區域即可，例如在電子傳輸層114具有疊層結構時，存在於其中的任意層中即可。另外，用於與發光層113接觸的電子傳輸層114(在具有疊層結構時是其中的與發光層接觸的層)的電子傳輸性材料的LUMO能階較佳為比用於發光層113的主體材料的LUMO能階深(或小)且他們之差為0.15eV以上且0.40eV以下或者0.20eV以上且0.40eV以下，更佳為0.20eV以上且0.35eV以下。

【0137】作為電子傳輸層114的電子傳輸性材料(亦即，第五物質、第七物質)，實施方式1示出作為用於本發明的一個實施方式的發光元件的電子傳輸性材料較佳的材料，但也可以根據需要使用以下所示的電子傳輸性材料。

【0138】作為用於電子傳輸層114的電子傳輸性材料較佳為使用HOMO能階為-6.0eV以上的電子傳輸性材料，作為HOMO能階為-6.0eV以上的電子傳輸性材料，電場強度[V/cm]的平方根為600時的電子移動率較佳為 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下，更佳為 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以下。

【0139】此外，作為HOMO能階為-6.0eV以上的電子

傳輸性材料，較佳為具有蔥骨架，更佳為具有蔥骨架及雜環骨架。

【0140】電子傳輸性材料一個實施方式除此之外，可以將可用於上述主體材料的電子傳輸性材料的一部分以及作為可以與上述螢光發光物質組合而用於主體材料的材料舉出的物質用於電子傳輸層114。

【0141】作為電子傳輸層114的金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物(亦即，第六物質、第八物質)，實施方式1示出較佳的例子，但也可以根據需要使用以下所示的物質。

【0142】作為金屬，可以舉出鹼金屬、鹼土金屬及稀土金屬。明確而言，可以舉出Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba。

【0143】作為金屬鹽，例如可以舉出上述金屬的鹵化物及上述金屬的碳酸鹽。明確而言，可以舉出LiF、NaF、KF、RbF、CsF、MgF₂、CaF₂、SrF₂、BaF₂、LiCl、NaCl、KCl、RbCl、CsCl、MgCl₂、CaCl₂、SrCl₂、BaCl₂、Li₂CO₃、Cs₂CO₃等。

【0144】作為金屬氧化物，例如可以舉出上述金屬的氧化物。明確而言，可以舉出Li₂O、Na₂O、Cs₂O、MgO、CaO等。

【0145】另外，如實施方式1中所述，作為第六物質(及第八物質)較佳為使用金屬錯合物。作為金屬錯合物，較佳為使用包含具有8-羥基喹啉結構的配體和一價的金屬

離子的金屬錯合物。作為具有8-羥基喹啉結構的配體，可以舉出8-羥基喹啉及8-羥基喹啉的甲基取代物(例如2-甲基取代物、5-甲基取代物)等。8-羥基喹啉結構是指在取代或未取代的8-羥基喹啉(hydroxyquinolinol)中脫離-OH基的質子而成的結構。

【0146】因此，作為包含上述鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物，可以舉出：包含具有8-羥基喹啉結構的配體的鋰錯合物8-(羥基喹啉)鋰(簡稱：Li_q)；包含具有8-羥基喹啉結構的鈉錯合物8-(羥基喹啉)鈉(簡稱：Na_q)；包含具有8-羥基喹啉結構的鉀錯合物8-(羥基喹啉)鉀(簡稱：K_q)；包含具有8-羥基喹啉結構的配體的鎂錯合物雙(8-羥基喹啉)鎂(簡稱：Mg_{q2})。作為其他金屬錯合物，可以舉出包含具有8-羥基喹啉結構的配體的鋅錯合物雙(8-羥基喹啉)鋅(簡稱：Zn_{q2})等。

【0147】

<電子注入層>

電子注入層115是用來提高從陰極102注入電子的效率的層，較佳為使用陰極102的材料之功函數的值與用於電子注入層115的材料的LUMO能階的值之差小(0.5eV以下)的材料。因此，作為電子注入層115，可以使用鋰、銫、氟化鋰(LiF)、氟化銫(CsF)、氟化鈣(CaF₂)、8-(羥基喹啉)鋰(簡稱：Li_q)、2-(2-吡啶基)苯酚鋰(簡稱：LiPP)、2-(2-吡啶基)-3-羥基吡啶合鋰(簡稱：LiPPy)、4-苯基-2-(2-吡啶基)苯酚鋰(簡稱：LiPPP)、鋰氧化物(LiO_x)、碳酸銫等

鹼金屬、鹼土金屬或者它們的化合物。此外，可以使用氟化鉕(ErF_3)等稀土金屬化合物。

【0148】此外，如圖3B所示的發光元件那樣，藉由在兩個EL層(103a、103b)之間設置電荷產生層104，可以具有多個EL層層疊在一對電極之間的結構(也稱為串聯結構)。注意，在本實施方式中，圖3A所說明的電洞注入層(111)、電洞傳輸層(112)、發光層(113)、電子傳輸層(114)和電子注入層(115)各自的功能及材料是與圖3B所說明的電洞注入層(111a、111b)、電洞傳輸層(112a、112b)、發光層(113a、113b)、電子傳輸層(114a、114b)和電子注入層(115a、115b)相同的。

【0149】

<電荷產生層>

在圖3B所示的發光元件中，電荷產生層104具有如下功能：當第一電極101(陽極)和第二電極102(陰極)之間被施加電壓時，對作為陽極的第一電極101一側的EL層103a注入電子且對作為陰極的第二電極102一側的EL層103b注入電洞的功能。電荷產生層104既可以具有對電洞傳輸性材料添加電子受體(受體)的結構(P型層)，也可以具有對電子傳輸性材料添加電子施體(施體)的結構(N型層)。或者，也可以層疊有這兩種結構。此外，也可以組合上述P型層與後述電子中繼層及電子注入緩衝層中的一個或兩個。此外，藉由使用上述材料形成電荷產生層104，可以抑制在層疊EL層時的驅動電壓的增大。

【0150】在電荷產生層104具有對電洞傳輸性材料添加電子受體的結構(P型層)的情況下，作為電洞傳輸性材料可以使用本實施方式所示的材料。此外，作為電子受體，可以舉出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氟醌二甲烷(簡稱：F₄-TCNQ)、四氯苯醌等。此外，可以舉出屬於元素週期表中第4族至第8族的金屬的氧化物。明確而言，可以舉出氧化釩、氧化鈮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鉬、氧化鎢、氧化錳、氧化銻等。

【0151】在電荷產生層104具有對電子傳輸性材料添加電子施體的結構(N型層)的情況下，作為電子傳輸性材料可以使用本實施方式所示的材料。此外，作為電子施體，可以使用鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬或屬於元素週期表中第2族、第13族的金屬及它們的氧化物或碳酸鹽。明確而言，較佳為使用鋰(Li)、銫(Cs)、鎂(Mg)、鈣(Ca)、鐿(Yb)、銦(In)、氧化鋰、碳酸銫等。此外，也可以將如四硫稠四苯(tetrathianaphthacene)等有機化合物用作電子施體。

【0152】上述較佳為與P型層組合的電子中繼層設置在電子注入緩衝層與P型層之間，由此起到防止電子注入緩衝層和P型層的相互作用，並順利地傳遞電子。此外，電子中繼層較佳為包含電子傳輸性材料，較佳為將電子中繼層所包含的電子傳輸性材料的LUMO能階設定在P型層中的電子接收性物質的LUMO能階與電子注入緩衝層所包含的物質的LUMO能階之間。明確而言，電子中繼層

中的電子傳輸性材料的LUMO能階較佳為 -5.0eV 以上，更佳為 -5.0eV 以上且 -3.0eV 以下。此外，作為電子中繼層中的電子傳輸性材料，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。

【0153】電子注入緩衝層可以使用鹼金屬、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。

【0154】此外，在電子注入緩衝層包含電子傳輸性材料及電子施體性物質的情況下，作為電子施體性物質，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。此外，作為電子傳輸性材料，可以使用與上面所說明的用於電子傳輸層的材料同樣的材料形成。

【0155】雖然圖3B示出層疊有兩個EL層103的結構，但是藉由在不同的EL層之間設置電荷產生層可以使其成為三個以上的EL層的疊層結構。

【0156】此外，可以使用上述電荷產生層代替上述電

子注入層。在此情況下，較佳為從陽極一側依次層疊電子注入緩衝層、電子中繼層及P型層。

【0157】

<基板>

本實施方式所示的發光元件可以形成在各種基板上。注意，對基板的種類沒有特定的限制。作為該基板的例子，可以舉出半導體基板(例如，單晶基板或矽基板)、SOI基板、玻璃基板、石英基板、塑膠基板、金屬基板、不鏽鋼基板、包含不鏽鋼箔的基板、鎢基板、包含鎢箔的基板、撓性基板、貼合薄膜、包含纖維狀材料的紙或基材薄膜等。

【0158】 作為玻璃基板的例子，有鋇硼矽酸鹽玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、鈉鈣玻璃等。作為撓性基板、貼合薄膜、基材薄膜等，可以舉出以聚對苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚醚砜(PES)為代表的塑膠、丙烯酸樹脂等合成樹脂、聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯、聚氯乙烯、聚醯胺、聚醯亞胺、芳香族聚醯胺樹脂、環氧樹脂、無機蒸鍍薄膜、紙類等。

【0159】 當製造本實施方式所示的發光元件時，可以利用蒸鍍法等真空製程或旋塗法、噴墨法等溶液製程。作為蒸鍍法，可以利用濺射法、離子鍍法、離子束蒸鍍法、分子束蒸鍍法、真空蒸鍍法等物理蒸鍍法(PVD法)或化學蒸鍍法(CVD法)等。尤其是，可以利用蒸鍍法(真空蒸鍍法)、塗佈法(浸塗法、染料塗佈法、棒式塗佈法、旋塗

法、噴塗法等)、印刷法(噴墨法、網版印刷(孔版印刷)法、平板印刷(平版印刷)法、柔版印刷(凸版印刷)法、照相凹版印刷法、微接觸印刷法、奈米壓印法等)等方法形成包括在發光元件的EL層中的功能層(電洞注入層(111、111a、111b)、電洞傳輸層(112、112a、112b)、發光層(113、113a、113b)、電子傳輸層(114、114a、114b)、電子注入層(115、115a、115b))以及電荷產生層(104)。

【0160】此外，本實施方式所示的構成發光元件的EL層(103、103a、103b)的各功能層(電洞注入層(111、111a、111b)、電洞傳輸層(112、112a、112b)、發光層(113、113a、113b)、電子傳輸層(114、114a、114b)、電子注入層(115、115a、115b))以及電荷產生層(104)的材料不侷限於此，只要為可以滿足各層的功能的材料就可以組合地使用。作為一個例子，可以使用高分子化合物(低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等)、中分子化合物(介於低分子與高分子之間的化合物：分子量為400至4000)、無機化合物(量子點材料等)等。作為量子點材料，可以使用膠狀量子點材料、合金型量子點材料、核殼型量子點材料、核型量子點材料等。

【0161】具有如上那樣的結構的用於本發明的一個實施方式的發光裝置的發光元件可以為長壽命的發光元件。

【0162】本實施方式所示的結構可以適當地與其他實施方式所示的結構組合而使用。

【0163】

實施方式3

在本實施方式中，說明本發明的一個實施方式的發光裝置。圖4A所示的發光裝置是形成在第一基板201上的電晶體(FET)202和發光元件(203R、203G、203B、203W)電連接而成的主動矩陣型發光裝置，多個發光元件(203R、203G、203B、203W)共同使用EL層204，並且採用根據各發光元件的發光顏色分別調整了各發光元件的電極之間的光學距離的微腔結構。此外，採用從EL層204得到的發光穿過形成在第二基板205上的彩色濾光片(206R、206G、206B)射出的頂部發射型發光裝置。

【0164】在圖4A所示的發光裝置中，將第一電極207用作反射電極，並將第二電極208用作對光(可見光或近紅外光)具有透過性及反射性的兩者的半透射-半反射電極。作為用來形成第一電極207及第二電極208的電極材料，可以參照其他實施方式而適當地使用。

【0165】此外，在圖4A中，例如，在以發光元件203R、203G、203B、203W分別作為紅色發光元件、綠色發光元件、藍色發光元件、白色發光元件的情況下，如圖4B所示，將發光元件203R中的第一電極207與第二電極208之間的距離調整為光學距離200R，將發光元件203G中的第一電極207與第二電極208之間的距離調整為光學距離200G，並且將發光元件203B中的第一電極207與第二電極208之間的距離調整為光學距離200B。此外，如圖4B所示，藉由在發光元件203R中將導電層210R層疊在第一電

極 207 上，並在發光元件 203G 中將導電層 210G 層疊在第一電極 207 上，可以進行光學調整。

【0166】在第二基板 205 上形成有彩色濾光片 (206R、206G、206B)。彩色濾光片使特定波長範圍的可見光透過並遮阻特定波長範圍的可見光。因此，如圖 4A 所示，藉由在與發光元件 203R 重疊的位置上設置只使紅色波長範圍的光透過的彩色濾光片 206R，可以從發光元件 203R 得到紅色光。此外，藉由在與發光元件 203G 重疊的位置上設置只使綠色波長範圍的光透過的彩色濾光片 206G，可以從發光元件 203G 得到綠色光。此外，藉由在與發光元件 203B 重疊的位置上設置只使藍色波長範圍的光透過的彩色濾光片 206B，可以從發光元件 203B 得到藍色光。但是，可以從發光元件 203W 得到白色光，而不設置濾光片。此外，也可以在各彩色濾光片的端部設置有黑色層 (黑矩陣) 209。再者，彩色濾光片 (206R、206G、206B) 或黑色層 209 也可以被由透明材料構成的保護層覆蓋。

【0167】雖然在圖 4A 中示出在第二基板 205 一側取出光的結構 (頂部發射型) 的發光裝置，但是也可以採用如圖 4C 所示那樣在形成有 FET 202 的第一基板 201 一側取出光的結構 (底部發射型) 的發光裝置。在底部發射型發光裝置中，將第一電極 207 用作半透射-半反射電極，並將第二電極 208 用作反射電極。此外，作為第一基板 201，至少使用具有透光性的基板。此外，如圖 4C 所示，將彩色濾光片 (206R'、206G'、206B') 設置在比發光元件 (203R、203G、

203B)更靠近第一基板201的一側即可。

【0168】此外，雖然在圖4A中示出發光元件為紅色發光元件、綠色發光元件、藍色發光元件以及白色發光元件的情況，但是本發明的一個實施方式的發光元件不侷限於該結構，也可以使用黃色發光元件或橙色發光元件。作為用來製造這些發光元件的EL層(發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層、電子注入層、電荷產生層等)的材料，可以參照其他實施方式而適當地使用。在此情況下，需要根據發光元件的發光顏色而適當地選擇彩色濾光片。

【0169】藉由採用上述結構，可以得到具備發射多個顏色的光的發光元件的發光裝置。

【0170】本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

【0171】

實施方式4

在本實施方式中，對本發明的一個實施方式的發光裝置進行說明。

【0172】藉由採用本發明的一個實施方式的發光元件的元件結構，可以製造主動矩陣型發光裝置或被動矩陣型發光裝置。此外，主動矩陣型發光裝置具有組合了發光元件和電晶體(FET)的結構。由此，被動矩陣型發光裝置和主動矩陣型發光裝置都包括在本發明的一個實施方式中。此外，可以將其他實施方式所示的發光元件應用於本實施

方式所示的發光裝置。

【0173】在本實施方式中，首先參照圖5說明主動矩陣型發光裝置。

【0174】圖5A是發光裝置的俯視圖，圖5B是沿著圖5A中的點劃線A-A'進行切割的剖面圖。主動矩陣型發光裝置具有設置在第一基板301上的像素部302、驅動電路部(源極線驅動電路)303以及驅動電路部(閘極線驅動電路)(304a、304b)。將像素部302及驅動電路部(303、304a、304b)用密封劑305密封在第一基板301與第二基板306之間。

【0175】在第一基板301上設置有引線307。引線307與作為外部輸入端子的FPC308電連接。FPC308用來對驅動電路部(303、304a、304b)傳遞來自外部的信號(例如，視訊信號、時脈信號、啟動信號或重設信號等)或電位。此外，FPC308也可以安裝有印刷線路板(PWB)。安裝有這些FPC和PWB的狀態也可以包括在發光裝置的範疇內。

【0176】圖5B示出剖面結構。

【0177】像素部302由具有FET(開關用FET)311、FET(電流控制用FET)312以及電連接於FET312的第一電極313的多個像素構成。對各像素所具有的FET的個數沒有特別的限制，而根據需要適當地設置即可。

【0178】對FET309、310、311、312沒有特別的限制，例如可以採用交錯型電晶體或反交錯型電晶體。此外，也可以採用頂閘極型或底閘極型等的電晶體結構。

【0179】此外，對可用於上述FET309、310、311、312的半導體的結晶性沒有特別的限制，可以使用非晶半導體和具有結晶性的半導體(微晶半導體、多晶半導體、單晶半導體或其一部分具有結晶區域的半導體)中的任一個。藉由使用具有結晶性的半導體，可以抑制電晶體特性的劣化，所以是較佳的。

【0180】作為上述半導體，例如可以使用第14族元素、化合物半導體、氧化物半導體、有機半導體等。典型地是，可以使用包含矽的半導體、包含砷化鎵的半導體或包含銦的氧化物半導體等。

【0181】驅動電路部303包括FET309及FET310。驅動電路部303既可以由包含單極性(N型和P型中的任一個)電晶體的電路形成，也可以由包含N型電晶體及P型電晶體的CMOS電路形成。此外，也可以採用外部具有驅動電路的結構。

【0182】第一電極313的端部由絕緣物314覆蓋。絕緣物314可以使用負型感光樹脂或正型感光樹脂(丙烯酸樹脂)等有機化合物或者氧化矽、氧氮化矽、氮化矽等無機化合物。絕緣物314的上端部或下端部較佳為有具有曲率的曲面。由此，可以使形成在絕緣物314上的膜具有良好的覆蓋性。

【0183】在第一電極313上層疊有EL層315及第二電極316。EL層315具有發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層、電子注入層、電荷產生層等。

【0184】作為本實施方式所示的發光元件317的結構，可以應用其他實施方式所示的結構或材料。雖然在此未圖示，但是第二電極316與作為外部輸入端子的FPC308電連接。

【0185】雖然在圖5B所示的剖面圖中僅示出一個發光元件317，但是，在像素部302中多個發光元件被配置為矩陣狀。藉由在像素部302中分別選擇性地形成能夠得到三種(R、G、B)顏色的發光的發光元件，可以形成能夠進行全彩色顯示的發光裝置。此外，除了可以得到三種(R、G、B)顏色的發光的發光元件以外，例如也可以形成能夠得到白色(W)、黃色(Y)、洋紅色(M)、青色(C)等顏色的發光的發光元件。例如，藉由對能夠得到三種(R、G、B)顏色的發光的發光元件追加能夠得到上述多種發光的發光元件，可以獲得色純度的提高、功耗的降低等效果。此外，也可以藉由與彩色濾光片組合來實現能夠進行全彩色顯示的發光裝置。作為彩色濾光片的種類，可以使用紅色(R)、綠色(G)、藍色(B)、青色(C)、洋紅色(M)、黃色(Y)等。

【0186】藉由使用密封劑305將第二基板306與第一基板301貼合在一起，使第一基板301上的FET(309、310、311、312)和發光元件317位於由第一基板301、第二基板306和密封劑305圍繞的空間318。此外，空間318可以填充有惰性氣體(如氮氣或氬氣等)，也可以填充有有機物(包括密封劑305)。

【0187】可以將環氧樹脂或玻璃粉用作密封劑305。此外，作為密封劑305，較佳為使用儘量未使水分和氧透過的材料。此外，第二基板306可以使用與第一基板301同樣的材料。由此，可以使用其他實施方式所示的各種基板。作為基板，除了玻璃基板和石英基板之外，還可以使用由FRP(Fiber-Reinforced Plastics：玻璃纖維強化塑膠)、PVF(polyvinyl fluoride：聚氟乙烯)、聚酯、丙烯酸樹脂等構成的塑膠基板。從黏合性的觀點來看，在作為密封劑使用玻璃粉的情況下，作為第一基板301及第二基板306較佳為使用玻璃基板。

【0188】如上所述，可以得到主動矩陣型發光裝置。

【0189】此外，當在撓性基板上形成主動矩陣型發光裝置時，可以在撓性基板上直接形成FET及發光元件，也可以在具有剝離層的其他基板上形成FET及發光元件之後藉由施加熱、力量、雷射照射等使FET與發光元件在剝離層分離再將其轉置於撓性基板。此外，作為剝離層，例如可以使用鎢膜及氧化矽膜的無機膜的疊層或聚醯亞胺等有機樹脂膜等。此外，作為撓性基板，除了可以形成電晶體的基板之外，還可以舉出紙基板、玻璃紙基板、芳香族聚醯胺薄膜基板、聚醯亞胺薄膜基板、布基板(包括天然纖維(絲、棉、麻)、合成纖維(尼龍、聚氨酯、聚酯)或再生纖維(醋酯纖維、銅氨纖維、人造纖維、再生聚酯)等)、皮革基板、橡皮基板等。藉由使用這種基板，可以實現良好的耐性及耐熱性且輕量化及薄型化。

【0190】此外，在驅動主動矩陣型發光裝置所具有的發光元件時，可以使發光元件以脈衝狀(例如，使用kHz、MHz等頻率)發光並將該光用於顯示。使用上述有機化合物形成的發光元件具有優良的頻率特性，可以縮短發光元件的驅動時間而減少功耗。此外，因驅動時間的縮短而發熱得到抑制，由此可以減輕發光元件的劣化。

【0191】本實施方式所示的結構可以適當地與其他實施方式所示的結構組合而使用。

【0192】

實施方式5

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

【0193】圖6A至圖6G所示的電子機器可以包括外殼7000、顯示部7001、揚聲器7003、LED燈7004、操作鍵7005(包括電源開關或操作開關)、連接端子7006、感測器7007(具有測量如下因素的功能：力、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉速、距離、光、液、磁、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電力、輻射線、流量、濕度、傾斜度、振動、氣味或紅外線)、麥克風7008等。

【0194】圖6A示出移動電腦，該移動電腦除了上述以

外還可以包括開關7009、紅外線埠7010等。

【0195】圖6B示出具備記錄介質的可攜式影像再現裝置(例如DVD再現裝置)，該可攜式影像再現裝置除了上述以外還可以包括第二顯示部7002、記錄介質讀取部7011等。

【0196】圖6C示出具有電視接收功能的數位相機，該數位相機除了上述以外還可以包括天線7014、快門按鈕7015、影像接收部7016等。

【0197】圖6D示出可攜式資訊終端。可攜式資訊終端具有將資訊顯示在顯示部7001的三個以上的面上的功能。在此，示出資訊7052、資訊7053、資訊7054分別顯示於不同的面上的例子。例如，在將可攜式資訊終端放在上衣口袋裡的狀態下，使用者能夠確認顯示在從可攜式資訊終端的上方看到的位置上的資訊7053。使用者可以確認顯示而無需從口袋裡拿出可攜式資訊終端，能夠判斷是否接電話。

【0198】圖6E示出可攜式資訊終端(包括智慧手機)，該可攜式資訊終端可以在外殼7000中包括顯示部7001、操作鍵7005等。可攜式資訊終端也可以設置有揚聲器7003、連接端子7006、感測器7007等。此外，可攜式資訊終端可以將文字或影像資訊顯示在其多個面上。在此，示出顯示有三個圖示7050的例子。此外，可以將由虛線矩形表示的資訊7051顯示在顯示部7001的另一個面上。作為資訊7051的例子，可以舉出提示收到來自電子郵件、SNS(Social

Networking Services：社交網路服務)或電話等的資訊；電子郵件或SNS等的標題；電子郵件或SNS等的發送者姓名；日期；時間；電池餘量；以及天線接收信號強度等。或者，可以在顯示有資訊7051的位置上顯示圖示7050等。

【0199】圖6F是大型電視機(也稱為電視機或電視接收器)，可以包括外殼7000、顯示部7001等。此外，在此示出由支架7018支撐外殼7000的結構。此外，藉由利用另外提供的遙控器7111等可以進行電視機的操作。此外，顯示部7001也可以具備觸控感測器，藉由用手指等觸摸顯示部7001可以進行操作。遙控器7111也可以具備顯示從該遙控器7111輸出的資料的顯示部。藉由利用遙控器7111所具備的操作鍵或觸控面板，可以進行頻道及音量的操作，並可以對顯示在顯示部7001上的影像進行操作。

【0200】圖6A至圖6F所示的電子機器可以具有各種功能。例如，可以具有如下功能：將各種資訊(靜態影像、動態影像、文字影像等)顯示在顯示部上的功能；觸控面板功能；顯示日曆、日期或時刻等的功能；藉由利用各種軟體(程式)控制處理的功能；無線通訊功能；藉由利用無線通訊功能來連接到各種電腦網路的功能；藉由利用無線通訊功能，進行各種資料的發送或接收的功能；讀出儲存在記錄介質中的程式或資料來將其顯示在顯示部上的功能等。此外，包括多個顯示部的電子機器可以具有在一個顯示部主要顯示影像資訊而在另一個顯示部主要顯示文本資訊的功能，或者具有藉由將考慮了視差的影像顯示於

多個顯示部上來顯示三維影像的功能等。再者，在具有影像接收部的電子機器中，可以具有如下功能：拍攝靜態影像的功能；拍攝動態影像的功能；對所拍攝的影像進行自動或手動校正的功能；將所拍攝的影像儲存在記錄介質(外部或內置於相機)中的功能；將所拍攝的影像顯示在顯示部的功能等。注意，圖6A至圖6F所示的電子機器可具有的功能不侷限於上述功能，而可以具有各種功能。

【0201】圖6G是手錶型可攜式資訊終端，例如可以被用作智慧手錶。該手錶型可攜式資訊終端包括外殼7000、顯示部7001、操作按鈕7022、7023、連接端子7024、錶帶7025、麥克風7026、感測器7029、揚聲器7030等。顯示部7001的顯示面彎曲，因此能夠沿著彎曲的顯示面進行顯示。此外，該手錶型可攜式資訊終端例如藉由與可進行無線通訊的耳麥相互通訊可以進行免提通話。此外，藉由利用連接端子7024，可以與其他資訊終端進行資料傳輸或進行充電。充電也可以藉由無線供電進行。

【0202】安裝在兼作框架(bezel)部分的外殼7000中的顯示部7001具有非矩形狀的顯示區域。顯示部7001可以顯示表示時間的圖示以及其他圖示等。此外，顯示部7001也可以為安裝有觸控感測器(輸入裝置)的觸控面板(輸入輸出裝置)。

【0203】圖6G所示的智慧手錶可以具有各種功能。例如，可以具有如下功能：將各種資訊(靜態影像、動態影像、文字影像等)顯示在顯示部上的功能；觸控面板功

能；顯示日曆、日期或時刻等的功能；藉由利用各種軟體(程式)控制處理的功能；無線通訊功能；藉由利用無線通訊功能來連接到各種電腦網路的功能；藉由利用無線通訊功能，進行各種資料的發送或接收的功能；讀出儲存在記錄介質中的程式或資料來將其顯示在顯示部上的功能等。

【0204】外殼7000的內部可具有揚聲器、感測器(具有測量如下因素的功能：力、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉速、距離、光、液、磁、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電力、輻射線、流量、濕度、傾斜度、振動、氣味或紅外線)、麥克風等。

【0205】可以將本發明的一個實施方式的發光裝置用於本實施方式所示的電子機器的各顯示部，由此可以實現長壽命的電子機器。

【0206】作為使用發光裝置的電子機器，可以舉出圖7A至圖7C所示的能夠折疊的可攜式資訊終端。圖7A示出展開狀態的可攜式資訊終端9310。圖7B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7C示出折疊狀態的可攜式資訊終端9310。可攜式資訊終端9310在折疊狀態下可攜性好，在展開狀態下因為具有無縫拼接的較大的顯示區域所以顯示一覽性強。

【0207】顯示部9311由藉由鉸鏈部9313連接的三個外殼9315來支撐。此外，顯示部9311也可以為安裝有觸控感

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

【0208】圖8A及圖8B示出使用發光裝置的汽車。就是說，可以與汽車一體地形成發光裝置。明確而言，可以用於圖8A所示的汽車的外側的燈5101(包括車身後部)、輪胎的輪轂5102、車門5103的一部分或整體等。此外，可以用於圖8B所示的汽車內側的顯示部5104、方向盤5105、變速杆5106、座位5107、內部後視鏡5108、擋風玻璃5109等。除此之外，也可以用於玻璃窗的一部分。

【0209】如上所述，可以得到使用本發明的一個實施方式的發光裝置的電子機器或汽車。此時，可以實現長壽命的電子機器。能夠使用的電子機器或汽車不侷限於本實施方式中示出的電子機器或汽車，在各種領域可以應用。

【0210】注意，本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而使用。

【0211】

實施方式6

在本實施方式中，參照圖9說明應用本發明的一個實施方式的發光裝置或其一部分的發光元件而製造的照明裝置的結構。

【0212】圖9A和圖9B示出照明裝置的剖面圖的例子。圖9A是在基板一側提取光的底部發射型照明裝置，而圖9B是在密封基板一側提取光的頂部發射型照明裝置。

【0213】圖9A所示的照明裝置4000在基板4001上包括發光元件4002。此外，照明裝置4000在基板4001的外側包括具有凹凸的基板4003。發光元件4002包括第一電極4004、EL層4005以及第二電極4006。

【0214】第一電極4004與電極4007電連接，第二電極4006與電極4008電連接。此外，也可以設置與第一電極4004電連接的輔助佈線4009。此外，在輔助佈線4009上形成有絕緣層4010。

【0215】基板4001與密封基板4011由密封劑4012黏合。此外，較佳為在密封基板4011與發光元件4002之間設置有乾燥劑4013。由於基板4003具有如圖9A所示那樣的凹凸，因此可以提高在發光元件4002中產生的光的提取效率。

【0216】圖9B所示的照明裝置4200在基板4201上包括發光元件4202。發光元件4202包括第一電極4204、EL層4205以及第二電極4206。

【0217】第一電極4204與電極4207電連接，第二電極4206與電極4208電連接。此外，也可以設置與第二電極

4206電連接的輔助佈線4209。此外，也可以在輔助佈線4209下設置絕緣層4210。

【0218】基板4201與具有凹凸的密封基板4211由密封劑4212黏合。此外，也可以在密封基板4211與發光元件4202之間設置障壁膜4213及平坦化膜4214。由於密封基板4211具有如圖9B所示那樣的凹凸，因此可以提高在發光元件4202中產生的光的提取效率。

【0219】作為上述照明裝置的應用例子，可以舉出室內照明的天花射燈。作為天花射燈，有天花安裝型燈或天花嵌入型燈等。這種照明裝置可以由發光裝置與外殼或覆蓋物的組合構成。

【0220】除此以外，也可以應用於能夠照射地面上以提高安全性的腳燈。例如，能夠將腳燈有效地利用於臥室、樓梯或通路等。在此情況下，可以根據房間的尺寸或結構而適當地改變其尺寸或形狀。此外，也可以組合發光裝置和支撐台構成安裝型照明裝置。

【0221】此外，也可以應用於薄膜狀照明裝置(片狀照明)。因為將片狀照明貼在牆上而使用，所以可以節省空間地應用於各種用途。此外，容易實現大面積化。此外，也可以將其貼在具有曲面的牆或外殼上。

【0222】藉由將本發明的一個實施方式的發光裝置或其一部分的發光元件用於上述以外的室內家具的一部分，可以提供具有家具的功能的照明裝置。

【0223】如上所述，可以得到使用發光裝置的各種各

樣的照明裝置。此外，這種照明裝置包括在本發明的一個實施方式中。

【0224】本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

實施例 1

【0225】在本實施例中，作為本發明的一個實施方式的發光元件，說明作為發光層的主體材料使用 9-(1-萘基)-10-[4-(2-萘基)苯基]蒽(簡稱： α N- β NPAnth)且作為電子傳輸層的電子傳輸性材料使用 2-苯基-3-{4-[10-(3-吡啶基)-9-蒽基]苯基]喹啉(簡稱：PyA1PQ)及 Liq 的發光元件 1。發光元件 1 中的發光層的主體材料(α N- β NPAnth)與電子傳輸層的電子傳輸性材料(PyA1PQ)的 LUMO 能階之差為 0.26eV。另外，在作為比較用的發光元件製造的對比發光元件 2 中，作為發光層的主體材料使用 α N- β NPAnth 且作為電子傳輸層的電子傳輸性材料使用 2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑(簡稱：ZADN)，對比發光元件 2 中的發光層的主體材料(α N- β NPAnth)與電子傳輸層的電子傳輸性材料(ZADN)的 LUMO 能階之差為 0.13eV。

【0226】下面，說明上述發光元件的元件結構、製造方法及其特性。圖 15 示出在本實施例中使用的發光元件的元件結構，表 4 示出其具體結構。另外，以下示出在本實施例中使用的材料的化學式。

【 0227 】

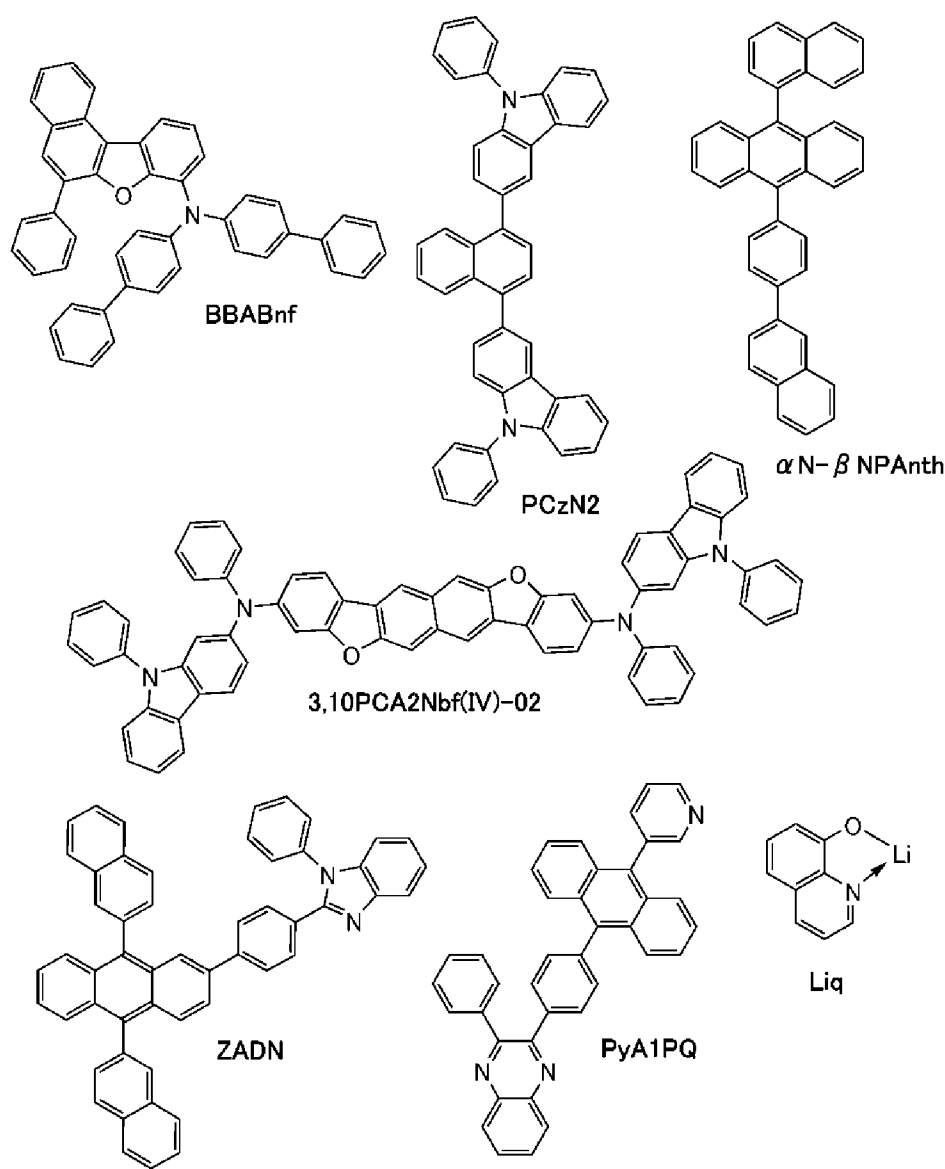
[表 4]

	第一電極	電洞注入層	電洞傳輸層		發光層	電子傳輸層		第二電極
發光元件1	ITO (70nm)	BBABnf : ALD-MP001Q (1: 0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	PyA1PQ: Liq (1: 2 12.5nm)	PyA1PQ: Liq (2: 1 12.5nm)	Al (200nm)
對比發光元件2	ITO (70nm)	BBABnf : ALD-MP001Q (1: 0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	ZADN: Liq (1: 2 12.5nm)	ZADN: Liq (2: 1 12.5nm)	Al (200nm)

*αN-βNPAnth：3，10PCA2Nbf（IV）-02（1：0.01525nm）

【 0228 】

[化學式 7]



【 0229 】

《 發光元件的製造 》

如圖 15 所示，本實施例所示的發光元件具有在形成在基板 900 上的第一電極 901 上依次層疊構成 EL 層 902 的電洞注入層 911、電洞傳輸層 912、發光層 913、電子傳輸層 914 且在電子傳輸層 914 上層疊有第二電極 903 的結構。

【 0230 】 首先，在基板 900 上形成第一電極 901。電極

面積為 $4\text{mm}^2(2\text{mm}\times 2\text{mm})$ 。另外，作為基板900使用玻璃基板。第一電極901藉由利用濺射法形成厚度為 70nm 的包含氧化矽的銦錫氧化物(ITSO)而形成。

【0231】在此，作為預處理，用水對基板的表面進行洗滌，以 200°C 焙燒1小時，然後進行UV臭氧處理370秒。然後，將基板放入其內部被減壓到 $1\times 10^{-4}\text{Pa}$ 左右的真空蒸鍍裝置中，並在真空蒸鍍裝置內的加熱室中，在 170°C 的溫度下進行真空焙燒30分鐘，然後對基板進行冷卻30分鐘左右。

【0232】接著，在第一電極901上形成電洞注入層911。電洞注入層911如下方法形成：將真空蒸鍍裝置內部減壓到 $1\times 10^{-4}\text{Pa}$ ，然後將N,N-雙(4-聯苯基-6-苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃-8-胺(簡稱：BBABnf)與ALD-MP001Q(分析工房株式會社，材料序號：1S20180314)以重量比為1：0.1(=BBABnf：ALD-MP001Q)且以膜厚度為 10nm 的方式共蒸鍍。

【0233】接著，在電洞注入層911上形成電洞傳輸層912。在本實施例中說明的發光元件的電洞傳輸層912具有第一電洞傳輸層912-1與第二電洞傳輸層912-2的疊層結構。作為第一電洞傳輸層912-1以厚度為 20nm 的方式蒸鍍BBABnf，然後作為第二電洞傳輸層912-2以厚度為 10nm 的方式蒸鍍3,3'-(萘-1,4-二基)雙(9-苯基-9H-咔唑)(簡稱：PCzN2)來形成電洞傳輸層912。注意，第二電洞傳輸層912-2也被用作電子障壁層。

【0234】接著，在電洞傳輸層912上形成發光層913。

【0235】發光層913以重量比為1：0.015(= α N- β NPAnth：3，10PCA2Nbf(IV)-02)的方式共蒸鍍(α N- β NPAnth)與3,10-雙[N-(9-苯基-9H-吡啶-2-基)-N-苯基胺基]萘并[2,3-b；6,7-b']雙苯并呋喃(簡稱：3,10PCA2Nbf(IV)-02)來形成。另外，膜厚度為25nm。

【0236】接著，在發光層913上形成電子傳輸層914。在形成電子傳輸層914時，採用使用電阻加熱的蒸鍍法。在本實施例中說明的發光元件的電子傳輸層914具有第一電子傳輸層914-1與第二電子傳輸層914-2的疊層結構。

【0237】在發光元件1中，作為第一電子傳輸層914-1以重量比為1：2(=PyA1PQ：Liq)且厚度為12.5nm的方式共蒸鍍2-苯基-3-{4-[10-(3-吡啶基)-9-蒽基]苯基}喹啉(簡稱：PyA1PQ)與8-羥基喹啉鋰(簡稱：Liq)，然後作為第二電子傳輸層914-2以重量比為2：1(=PyA1PQ：Liq)且厚度為12.5nm的方式共蒸鍍PyA1PQ與Liq，來形成電子傳輸層914。

【0238】在發光元件2中，作為第一電子傳輸層914-1以重量比為1：2(=ZADN：Liq)且厚度為12.5nm的方式共蒸鍍2-{4-[9,10-二(萘-2-基)-2-蒽基]苯基}-1-苯基-1H-苯并咪唑(簡稱：ZADN)與Liq，然後作為第二電子傳輸層914-2以重量比為2：1(=ZADN：Liq)且厚度為12.5nm的方式共蒸鍍ZADN與Liq，來形成電子傳輸層914。

【0239】接著，在電子傳輸層914上形成第二電極

903。藉由蒸鍍法使用鋁形成厚度為200nm的第二電極903。另外，在本實施例中第二電極903被用作陰極。

【0240】藉由上述製程在基板900上形成在一對電極之間夾有EL層的發光元件。另外，上述製程中說明的電洞注入層911、電洞傳輸層912、發光層913、電子傳輸層914是構成本發明的一個實施方式中的EL層的功能層。注意，也可以根據需要設置在本說明書中說明的電子注入層915、電荷產生層等。另外，在上述製造方法的蒸鍍過程中，都利用電阻加熱法進行蒸鍍。

【0241】另外，使用另一基板(未圖示)密封如上所述那樣製成的發光元件。使用另一基板(未圖示)進行密封時，在氮氛圍的手套箱內將塗佈有紫外光線而固化密封劑的另一基板(未圖示)固定於基板900上，並以密封劑附著於形成在基板900上的發光元件的周圍的方式將基板彼此黏合。在密封時以 $6\text{J}/\text{cm}^2$ 照射365nm的紫外光，並且以 80°C 進行1小時的加熱處理來使密封劑穩定化。

【0242】

《發光元件的工作特性》

對所製造的各發光元件的工作特性進行測量。測量以室溫(在保持為 25°C 的氛圍下)進行。另外，作為各發光元件的工作特性的結果，圖16示出電流密度-亮度特性，圖17示出電壓-亮度特性，圖18示出亮度-電流效率特性，圖19示出電壓-電流特性，圖20示出亮度-功率效率特性，圖21示出亮度-外部量子效率特性。

【 0243 】 此外，以下表 5 示出 1000cd/m²附近的各發光元件的主要初始特性值。

【 0244 】

[表 5]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
發光元件1	4.6	0.42	10	(0.14, 0.10)	910	8.8	6.0	10
對比發光元件2	4.4	0.36	8.9	(0.14, 0.11)	920	10	7.4	11

【 0245 】 圖 22 示出以 12.5mA/cm²的電流密度使電流流過各發光元件時的發射光譜。從圖 22 可知，各發光元件的發射光譜都在 457nm 附近具有峰，來源於包含在發光層 913 的 3，10PCA2Nbf(IV)-02 的發光。

【 0246 】 從圖 16 至圖 21 及表 5 所示的結果可知，作為發光層 913 的主體材料使用 α N- β NPAnth 且作為電子傳輸層 914 的電子傳輸性材料使用 PyA1PQ 及 Liq 的本發明的一個實施方式的發光元件 1 的電流-電壓特性、功率效率及發光效率比對比發光元件 2 良好。另外，可知該發光特性與對比發光元件 2 的發光特性差不多。

【 0247 】 另外，圖 23 示出以固定電流密度(50mA/cm²)驅動各元件時的相對於驅動時間的亮度的變化的圖表。從圖 23 可知，本發明一個實施方式的發光元件 1 是伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小且壽命良好的發光元件。可以說這是起因於如下的結果：作為發光層 913 的主體材料使

用的 α N- β NPAnth與作為電子傳輸層914的電子傳輸性材料使用的PyA1PQ的LUMO能階之差極大，亦即為0.26eV，發光層913與電子傳輸層914的疊層介面的電子注入能障增大，因此抑制從陰極一側注入到發光層的電子到達電洞傳輸層912，由此電子注入所導致的電洞傳輸層的劣化得到抑制。另一方面，與發光元件1相比，對比發光元件2的伴隨著驅動時間的累積的亮度下降更大。在對比發光元件2中，在電子傳輸層914中作為電子傳輸性材料使用的ZADN的LUMO能階比PyA1PQ淺，與作為發光層913的主體材料使用的 α N- β NPAnth的LUMO能階之差僅是0.13eV。由此，可以考慮從陰極一側注入到發光層的電子容易到達電洞傳輸層912，電洞注入層的劣化更明顯。

實施例2

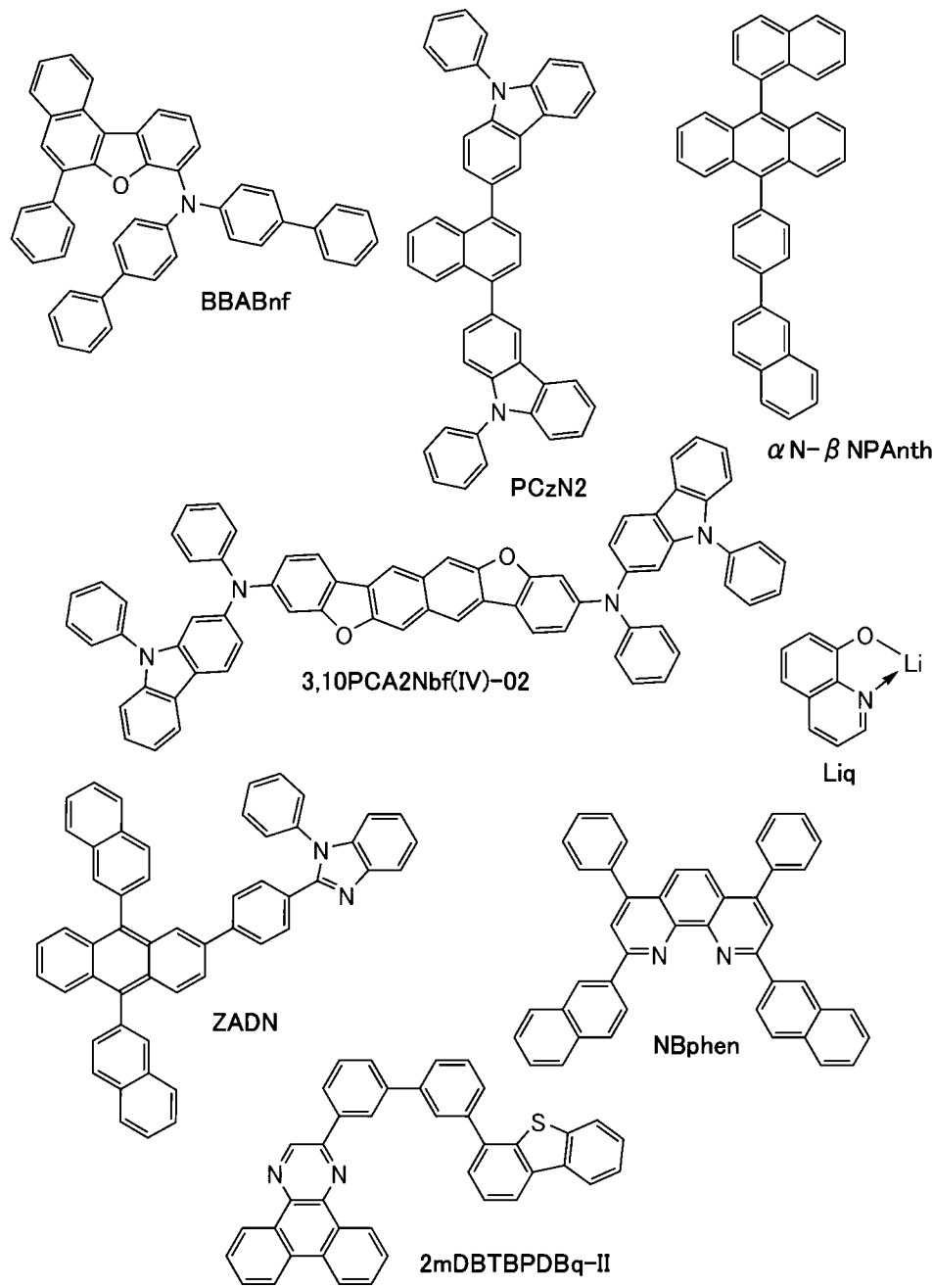
【0248】在本實施例中，說明發光元件3及發光元件4，該發光元件3及發光元件4具有與實施例1所示的構成發光元件1的EL層中的電子傳輸層的結構不同且在電子傳輸層與第二電極間包括電子注入層的結構。發光元件3及發光元件4的電子傳輸層都作為電子傳輸性材料至少包含2-[3'-(二苯并噻吩-4-基)聯苯基-3-基]二苯并[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPDq-II)且作為發光層的主體材料使用9-(1-萘基)-10-[4-(2-萘基)苯基]蒽(簡稱： α N- β NPAnth)，發光元件3及發光元件4中的發光層的主體材料(α N- β NPAnth)與電子傳輸層的電子傳輸性材料(2mDBTBPDq-II)的LUMO

能階之差為 0.20eV 。另外，在本實施例中說明的發光元件的元件結構是對圖15的結構追加電子傳輸層914與第二電極903間的電子注入層915而成的結構，其製造方法與實施例1相同。

【0249】以下示出本實施例中的用於各發光元件的材料的化學式。另外，以下表6示出各發光元件的具體結構。

【0250】

[化學式 8]



【 0251 】

[表 6]

	第一電極	電洞注入層	電洞傳輸層		發光層	電子傳輸層		電子注入層	第二電極
發光元件3	ITSO (70nm)	BBABnf: ALD-MP001Q (1: 0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	2mDBTBPDq-II: Liq (1: 215nm)	Nbphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
發光元件4	ITSO (70nm)	BBABnf: ALD-MP001Q (1: 0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	2mDBTBPDq-II: Liq (1: 215nm)	ZADN: Liq (1: 1.5 10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*αN-βNPAnth：3，10PCA2Nbf (IV) -02 (1：0.01525nm)

【 0252】

《發光元件的工作特性》

對所製造的各發光元件的工作特性進行測量。測量以室溫(在保持為25℃的氛圍下)進行。另外，作為各發光元件的工作特性的結果，圖24示出電流密度-亮度特性，圖25示出電壓-亮度特性，圖26示出亮度-電流效率特性，圖27示出電壓-電流特性，圖28示出亮度-功率效率特性，圖29示出亮度-外部量子效率特性。

【 0253】此外，下面的表7示出1000cd/m²附近的各發光元件的主要初始特性值。

【 0254】

[表 7]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
發光元件 3	5.0	0.45	11	(0.14, 0.11)	940	8.3	5.2	8.9
發光元件 4	5.0	0.42	10.0	(0.14, 0.11)	850	8.1	5.1	8.7

【0255】另外，圖30示出施加各發光元件呈現1000 cd/m²的亮度的電壓時的發射光譜。從圖30可知，各發光元件的發射光譜都在458nm附近具有峰，來源於包含在發光層913的3，10PCA2Nbf(IV)-02的發光。

【0256】從圖24至圖29及表7所示的結果可知，作為發光層913的主體材料使用 α N- β NPAnth且作為電子傳輸層914的電子傳輸性材料至少使用2mDBTBPDq-II的本發明的一個實施方式的發光元件3、發光元件4是電流-電壓特性、功率效率及發光效率都良好的發光元件。

【0257】另外，圖31示出以固定電流密度(50mA/cm²)驅動各元件時的相對於驅動時間的亮度的變化的圖表。從圖31可知，本發明一個實施方式的發光元件3及發光元件4是伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小且壽命良好的發光元件。可以說這是起因於如下的結果：作為發光層913的主體材料使用的 α N- β NPAnth與作為電子傳輸層914的電子傳輸性材料使用的2mDBTBPDq-II的LUMO能階之差極大，亦即為0.20eV，發光層913與電子傳輸層914的疊層界面的電子注入能障增大，因此抑制從陰極一側注入到發光層的電子到達電洞傳輸層，因此隨著電子注入所導致的電洞傳輸層的劣化得到抑制。另外，在伴隨著驅動時間的累積的亮度變化中確認到亮度大於初始值的舉動。如上所述，這是因為藉由這次發光元件使用電子傳輸性較慢的電子傳輸性材料在初期驅動狀態下載子再結合的區域擴大到電子傳輸層內部。可認為：伴隨驅動時間的累積載子的再

結合區域中的擴大到電子傳輸層的範圍減少，發光效率相對地增加，由此亮度上升。

【0258】

<參考例>

在本參考例中，對在各實施例中使用的有機化合物的HOMO能階、LUMO能階以及電子移動率的算出方法進行說明。

【0259】 HOMO能階及LUMO能階可以根據循環伏安法(CV)測量算出。

【0260】 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)。此外，作為CV測量中的溶劑，使用脫水二甲基甲醯胺(DMF)(株式會社Aldrich製造，99.8%，目錄號碼：22705-6)，使作為支援電解質的過氯酸四正丁銨($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$)(東京化成工業株式會社(Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.)製造，目錄號碼：T0836)以100mmol/L的濃度溶解，且使測量物件以2mmol/L的濃度溶解而調製。另外，作為工作電極使用鉑電極(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(BAS株式會社製造，RE7非水溶劑型參考電極)。注意，在室溫下(20℃至25℃)進行測量。將CV測量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Ea[V]及還原電位Ec[V]。Ea為氧化-還原波之間的中間電位，Ec為還原-氧化波之間的中間電

位。在此，已知在本實施例中使用的參考電極的相對於真空能階的勢能為 $-4.94[\text{eV}]$ ，因此利用 HOMO 能階 $[\text{eV}] = -4.94 - E_a$ 、LUMO 能階 $[\text{eV}] = -4.94 - E_c$ 這兩個公式可以分別求得 HOMO 能階及 LUMO 能階。

【0261】電子移動率可以藉由阻抗譜法 (Impedance Spectroscopy：IS 法) 測量。

【0262】作為 EL 材料的載子移動率的測量方法，已知有飛行時間法 (Time-of-flight：TOF 法) 或從空間電荷限制電流 (Space-charge-limited current：SCLC) 的 I-V 特性來求出的方法 (SCLC 法) 等。TOF 法與實際上的有機 EL 元件相比需要膜厚度更厚的樣本。SCLC 法具有不能得到載子移動率的電場強度依賴性等的缺點。在 IS 法中，由於測量所需要的有機膜的厚度薄，亦即幾百 nm 左右，所以可以使用較少量的 EL 材料形成膜，可以在採用近於實際上的 EL 元件的膜厚度的情況下測量移動率，可以得到載子移動率的電場強度依賴性。

【0263】在 IS 法中，對 EL 元件施加微小正弦波電壓信號 ($V = V_0[\exp(j\omega t)]$)，從其回應電流信號 ($I = I_0 \exp[j(\omega t + \phi)]$) 的電流振幅與輸入信號的相位差求出 EL 元件的阻抗 ($Z = V/I$)。藉由從高頻電壓變化到低頻電壓而將其施加到元件，可以使具有有助於阻抗的各種弛豫時間的成分分離並進行測量。

【0264】這裡，阻抗的倒數的導納 $Y (=1/Z)$ 如下述公式 (1) 那樣可以由電導 G 及電納 B 表示。

【 0265】

[公式 1]

$$Y = \frac{1}{Z} = G + jB \quad \dots(1)$$

【 0266】再者，藉由單一電荷注入(single injection)模型，可以算出下述公式(2)及(3)。這裡， g (公式(4))為微分電導。注意，在公式中， C 表示靜電電容(電容)， θ 表示渡越角(ωt)， ω 表示角頻率。 t 為渡越時間。作為分析使用電流方程、泊松方程、電流連續方程，並忽略擴散電流及陷阱態的存在。

【 0267】

[公式 2]

$$G = \frac{g\theta^3}{6} \frac{\theta - \sin \theta}{(\theta - \sin \theta)^2 + \left(\frac{\theta^2}{2} + \cos \theta - 1\right)^2} \quad \dots(2)$$

$$B = \omega C = \frac{g\theta^3}{6} \frac{\frac{\theta^2}{2} + \cos \theta - 1}{(\theta - \sin \theta)^2 + \left(\frac{\theta^2}{2} + \cos \theta - 1\right)^2} \quad \dots(3)$$

$$g = \frac{9}{4} \varepsilon \mu \frac{V_0}{d^3} \quad \dots(4)$$

【 0268】從靜電電容的頻率特性算出移動率的方法為 $-\Delta B$ 法。此外，從電導的頻率特性算出移動率的方法為 $\omega \Delta G$ 法。

【 0269】實際上，首先，製造想要算出電子移動率的

材料的僅電子元件。僅電子元件是以作為載子只流過電子的方式設計的元件。在本說明書中，對從靜電電容的頻率特性算出移動率的方法(- ΔB 法)進行說明。圖10示出僅電子元件的示意圖。

【0270】另外，如圖10所示，為測量而製造的僅電子元件在第一電極1001與第二電極1002間包括第一層1010、第二層1011及第三層1012。測量電子移動率的材料被用於第二層1011即可。在此，作為ZADN與Liq為1：1(重量比)的共蒸鍍膜的電子移動率的測量的一個例子進行說明。以下表示出具體的結構例子。

【0271】

[表8]

陽極			第一層	第二層	第三層	陰極
100nm	50nm	100nm	1nm	200nm	1nm	100nm
APC	NITO	Al	Liq	ZADN：Liq (0.5：0.5)	Liq	Al

【0272】圖11示出了使用ZADN及Liq的共蒸鍍膜作為第二層1011形成的僅電子元件的電流密度-電壓特性。

【0273】阻抗測量在5.0V至9.0V的範圍內施加直流電壓的同時在交流電壓為70mV、頻率為1Hz至3MHz的條件下進行測量。從這裡得到的阻抗的倒數的導納(上述(1)公式)算出電容。圖12示出施加電壓為7.0V時算出的電容C的頻率特性。

【0274】由於由微小電壓信號注入的載子所產生的空間電荷不能完全跟上微小交流電壓，電容C的頻率特性是從電流產生相位差得到的。這裡，膜中的載子的渡越時間被所注入的載子到達相對電極的時間T定義，由以下公式(5)表示。

【0275】

[公式3]

$$T = \frac{4}{3} \frac{L^2}{\mu V_0} \quad \cdots (5)$$

【0276】負電納變化(-ΔB)對應於靜電電容變化-ΔC乘以角頻率ω的值(-ωΔC)。由公式(3)導出最低頻率一側的峰頻率f'_{max}(=ω_{max}/2π)與渡越時間T之間滿足以下公式(6)的關係。

【0277】

[公式4]

$$T = \frac{4.5}{2\pi f'_{\max}} \quad \cdots (6)$$

【0278】圖13示出從上述測量算出的(亦即，直流電壓為7.0V時的)-ΔB的頻率特性。在圖式中以箭頭示出從圖13求出的最低頻率一側的峰頻率f'_{max}。

【0279】由於從由上述測量及分析得到的f'_{max}求出渡越時間T(參照上述公式(6))，所以可以從上述公式(5)求出這裡的電壓為7.0V時的電子移動率。藉由在直流電壓為5.0V至9.0V範圍內進行同樣的測量，可以算出各電壓(電

場強度)的電子移動率，因此也可以測量移動率的電場強度依賴性。

【0280】圖14示出藉由上述算法獲得的各有機化合物的電子移動率的電場強度依賴性，表9示出從圖14讀出的電場強度[V/cm]的平方根為 $600[\text{V/cm}]^{1/2}$ 時的電子移動率的值。

【0281】

[表9]

	電子移動率 (cm^2/Vs)
cgDBCzPA	7.7×10^{-5}
2mDBTBPD Bq-II	2.2×10^{-5}
ZADN : Liq (1 : 1)	3.5×10^{-6}

【0282】如上所述可以算出電子移動率。注意，關於詳細的測量方法，參照Takayuki Okachi等人的“Japanese Journal of Applied Physics” Vol. 47, No. 12, 2008, pp. 8965-8972。

實施例3

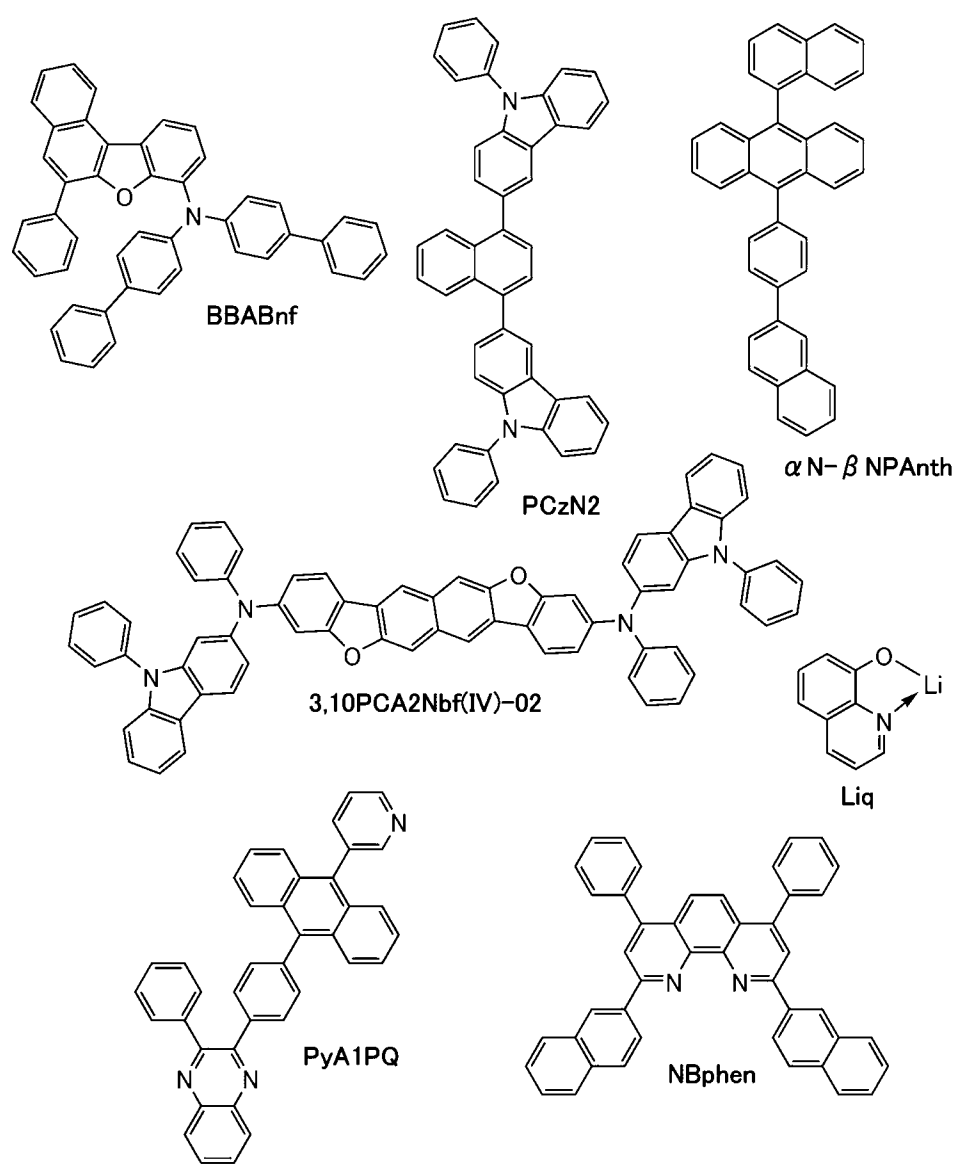
【0283】在本實施例中，說明發光元件5、發光元件6及發光元件7。用於發光元件5的電子傳輸層的材料為與實施例1所示的發光元件1相同的材料。另外，發光元件6及

發光元件7的電子傳輸層都作為電子傳輸性材料至少包含ALD-MC057Q(分析工房株式會社，材料序號：1S20190330)(LUMO能階： -2.98eV)，並且發光元件6及發光元件7的發光層都作為主體材料使用9-(1-萘基)-10-[4-(2-萘基)苯基]蒽(簡稱： $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAnth}$)。因此，發光元件6及發光元件7中的發光層的主體材料($\alpha\text{N}-\beta\text{NPAnth}$)與電子傳輸層的電子傳輸性材料(ALD-MC057Q)的LUMO能階之差為 0.24eV 。另外，在本實施例中說明的發光元件具有如圖15所示那樣的元件結構，其製造方法與實施例2相同。

【0284】以下示出本實施例中的用於各發光元件的材料的化學式。另外，以下表10示出各發光元件的具體結構。

【0285】

[化學式 9]



【 0286 】

[表 10]

	第一電極	電洞注入層	電洞傳輸層		發光層	電子傳輸層		電子注入層	第二電極
發光元件 5	ITSO (70nm)	BBABnf: ALD- MP001Q (1: 0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	PyA1PQ: Liq (1: 2.3 12.5nm)	PyA1PQ: Liq (1: 1.7 12.5nm)	Liq (1nm)	Al (200nm)
發光元件 6	ITSO (70nm)	BBABnf: ALD- MP001Q (1: 0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	ALD-MC057Q: Liq (1: 2 25nm)		Liq (1nm)	Al (200nm)
發光元件 7	ITSO (70nm)	BBABnf: ALD- MP001Q (1: 0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	ALD-MC057Q: Liq (1: 2.5 15nm)	NBphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*αN-βNPAnth：3，10PCA2Nbf (IV) -02 (1：0.01525nm)

【 0287】

《發光元件的工作特性》

對所製造的各發光元件的工作特性進行測量。測量以室溫(在保持為25℃的氛圍下)進行。另外，作為各發光元件的工作特性的結果，圖32示出電流密度-亮度特性，圖33示出電壓-亮度特性，圖34示出亮度-電流效率特性，圖35示出電壓-電流特性，圖36示出亮度-功率效率特性，圖37示出亮度-外部量子效率特性。

【 0288】此外，以下表11示出1000cd/m²附近的各發光元件的主要初始特性值。

【 0289】

[表 11]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x, y)	亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
發光元件 5	4.6	0.41	10	(0.14, 0.11)	970	9.6	6.5	10
發光元件 6	4.2	0.39	9.7	(0.14, 0.10)	1100	11	8.3	12
發光元件 7	4.6	0.37	9.3	(0.13, 0.12)	960	10	7.1	11

【0290】另外，圖38示出施加各發光元件呈現1000cd/m²的亮度的電壓時的發射光譜。從圖38可知，各發光元件的發射光譜在460nm附近具有峰，都來源於包含在發光層913的3，10PCA2Nbf(IV)-02的發光。

【0291】從圖32至圖37及表11所示的結果可知，作為發光層913的主體材料使用 α N- β NPAnth且作為電子傳輸層914的電子傳輸性材料至少使用ALD-MC057Q的本發明的一個實施方式的發光元件6及發光元件7的電流-電壓特性、功率效率及發光效率都良好。

【0292】另外，圖39示出以固定電流密度(50mA/cm²)驅動各元件時的相對於驅動時間的亮度的變化的圖表。從圖39可知，本發明一個實施方式的發光元件5、發光元件6及發光元件7是伴隨著驅動時間的累積的亮度下降小且壽命良好的發光元件。可以說這是起因於如下的結果：作為發光層913的主體材料使用的 α N- β NPAnth與作為電子傳輸層914的電子傳輸性材料使用的各材料的LUMO能階之差都極大，亦即發光元件5中與PyA1PQ的LUMO能階之差為

0.26eV，發光元件6及發光元件7中與ALD-MC057Q的LUMO能階之差為0.24eV，發光層913與電子傳輸層914的疊層介面的電子注入能障增大，抑制從陰極一側注入到發光層的電子到達電洞傳輸層，由此電子注入所導致的電洞傳輸層的劣化得到抑制。另外，在伴隨著驅動時間的累積的亮度變化中確認到亮度大於初始值的舉動。如上所述，這是因為藉由這次發光元件使用電子傳輸性較慢的電子傳輸性材料在初期的驅動狀態下載子再結合的區域擴大到電子傳輸層內部。可認為：伴隨著驅動時間的累積載子的再結合區域中的擴大到電子傳輸層的範圍減少，發光效率相對增加，由此亮度上升。

實施例4

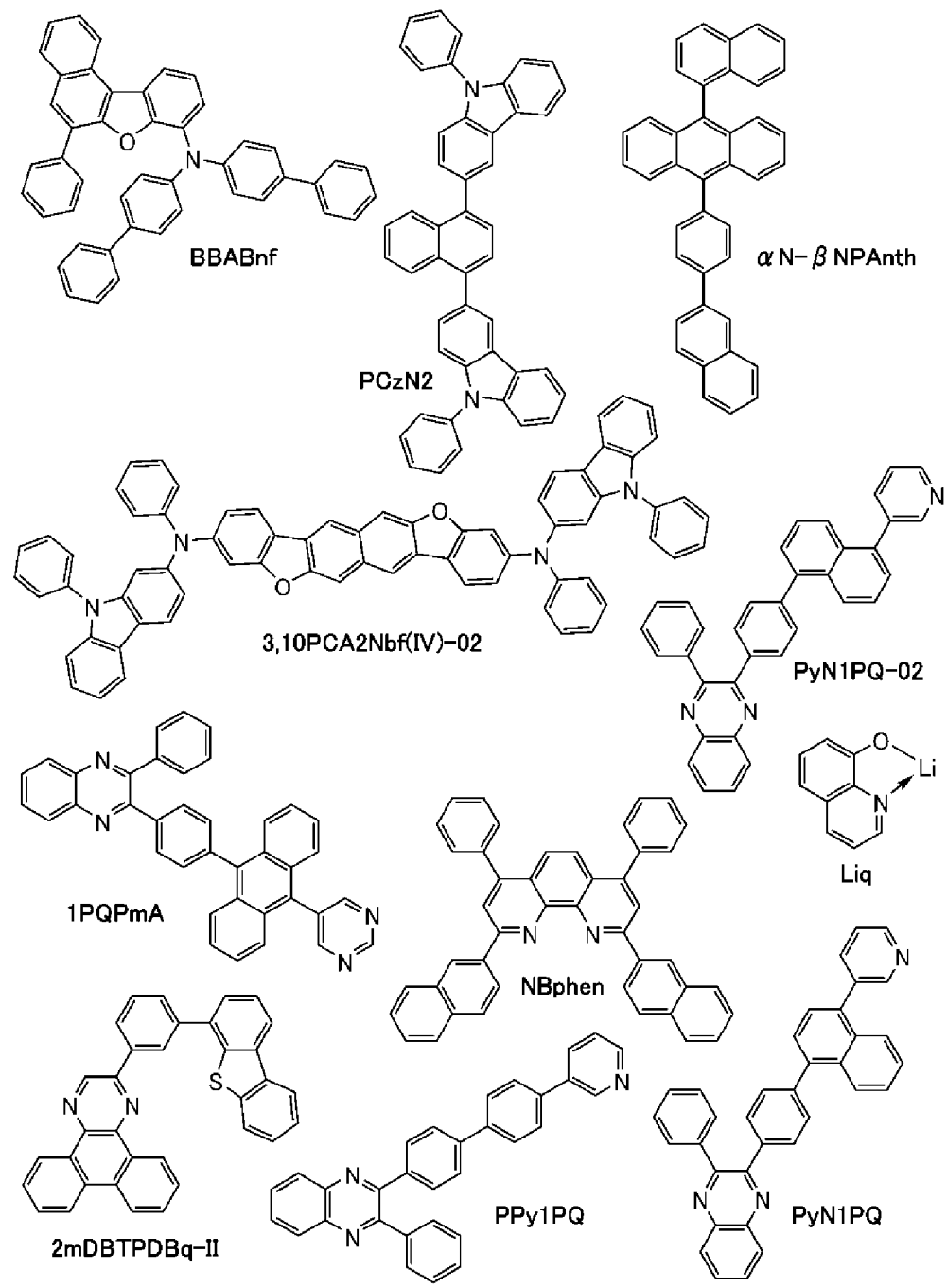
【0293】在本實施例中，說明發光元件8、發光元件9、發光元件10、發光元件11及發光元件12。如以下表12所示，用於各發光元件的材料除了電子傳輸層以外都相同。另外，發光元件8、發光元件9、發光元件10、發光元件11及發光元件12中的發光層的主體材料的LUMO能階(α N- β NPAnth：-2.74eV)與電子傳輸層的電子傳輸性材料的LUMO能階之差分別為0.26eV、0.20eV、0.27eV、0.26eV、0.26eV。另外，在本實施例中說明的發光元件具有如圖15所示那樣的元件結構，其製造方法與實施例2相同。

【0294】以下示出本實施例中的用於各發光元件的材

料的化學式。另外，以下表 12 示出各發光元件的具體結構。

【 0295】

[化學式 10]



【 0296】

[表 12]

	第一電極	電洞注入層	電洞傳輸層		發光層	電子傳輸層		電子注入層	第二電極
發光元件8	ITO (70nm)	BBABnf : ALD-MP001Q (1: 0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	1PQPmA: Liq (1: 2 25nm)		Liq (1nm)	Al (200nm)
發光元件9						2mDBTPDBq-II : Liq (1: 2 15nm)	Nbphen (10nm)		
發光元件 10						PPy1PQ: Liq (1: 2 12.5nm)	PPy1PQ: Liq (1: 0.5 12.5nm)		
發光元件 11						PyN1PQ: Liq (1: 1 25nm)			
發光元件 12						PyN1PQ-02: Liq (1: 1 25nm)			

* αN-βNPAnth : 3 , 10PCA2Nbf (IV) -02 (1 : 0.015 25nm)

【 0297】

《發光元件的工作特性》

對所製造的各發光元件的工作特性進行測量。測量以室溫(在保持為25℃的氛圍下)進行。另外，作為各發光元件的工作特性的結果，圖40示出電流密度-亮度特性，圖41示出電壓-亮度特性，圖42示出亮度-電流效率特性，圖43示出電壓-電流特性，圖44示出亮度-功率效率特性，圖45示出亮度-外部量子效率特性。

【 0298】此外，以下表13示出1000cd/m²附近的各發光元件的主要初始特性值。

【 0299】

[表 13]

	電壓 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度		亮度 (cd/m ²)	電流效率 (cd/A)	功率效率 (lm/W)	外部量子效率 (%)
				x	y				
發光元件 8	4.8	0.48	12	0.13	0.12	1100	9.6	6.3	9.7
發光元件 9	4.8	0.37	9.3	0.13	0.12	920	9.8	6.4	10
發光元件 10	4.6	0.42	10	0.14	0.10	890	8.5	5.8	9.3
發光元件 11	4.7	0.39	9.6	0.14	0.11	890	9.2	6.1	9.8
發光元件 12	4.8	0.42	10	0.13	0.12	1000	9.8	6.4	9.7

【 0300 】 另外，圖 46 示出施加各發光元件呈現 1000cd/m²的亮度的電壓時的發射光譜。從圖 46可知，各發光元件的發射光譜在 459nm附近具有峰，都來源於包含在發光層 913 的 3，10PCA2Nbf(IV)-02 的發光。

【 0301 】 從圖 40至圖 45及表 13所示的結果可知，作為發光層 913 的主體材料使用 α N- β NPAnth 且作為電子傳輸層 914 的電子傳輸性材料使用表 12 所示的電子傳輸性材料的本發明的一個實施方式的發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 的電流-電壓特性、功率效率及發光效率都良好。

【 0302 】 另外，圖 47 示出以固定電流密度 (50mA/cm²) 驅動各元件時的相對於驅動時間的亮度的變化的圖表。從圖 47 可知，本發明一個實施方式的發光元件 8、發光元件 9、發光元件 10、發光元件 11 及發光元件 12 是伴隨著驅動

時間的累積的亮度下降小且壽命良好的發光元件。可以說這是起因於如下的結果：作為發光層913的主體材料使用的 α N- β NPAnth與作為電子傳輸層914的電子傳輸性材料使用的材料的LUMO能階之差都極大，亦即0.20eV至0.27eV，發光層913與電子傳輸層914的疊層介面的電子注入能障增大，抑制從陰極一側注入到發光層的電子到達電洞傳輸層，由此電子注入所導致的電洞傳輸層的劣化得到抑制。另外，在伴隨著驅動時間的累積的亮度變化中示出亮度大於初始值的舉動。如上所述，這是因為藉由這次發光元件使用電子傳輸性較慢的電子傳輸性材料在驅動初期的驅動狀態下載子再結合的區域擴大到電子傳輸層內部。可認為：伴隨著驅動時間的累積載子的再結合區域中的擴大到電子傳輸層擴大的範圍減少，發光效率相對增加，由此亮度上升。

實施例5

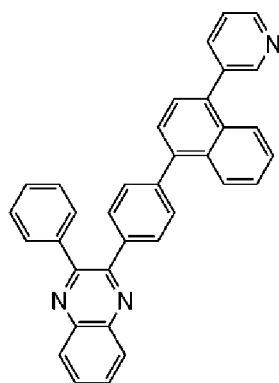
【0303】

《合成例1》

在本實施例中，說明實施方式1所示的有機化合物2-苯基-3-{4-[4-(3-吡啶基)-1-萘基]苯基}喹啉(簡稱：PyN1PQ)(結構式(300))的合成方法。以下示出PyN1PQ的結構。

【0304】

[化學式 11]



PyN1PQ
(300)

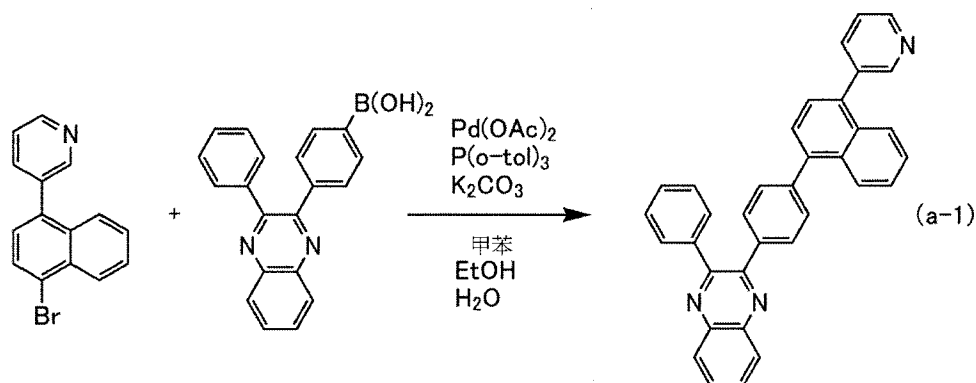
【0305】添加 3-(4-溴萘-1-基)吡啶 1.8g(6.2mmol)、4-(3-苯基喹啉-2-基)苯基硼酸 2.2g(6.8mmol)、三(鄰甲苯)磷 0.19g(0.62mmol)、碳酸鉀 1.7g(6.0mmol)，用氮氣置換燒瓶內的空氣。對該混合物添加甲苯 60mL、乙醇 12mL 及水 6mL，在減壓下進行攪拌來進行脫氣。對該混合物添加酞酸鈣(II) 28mg(0.12mmol)，在氮氣流下以 80℃ 進行 6 小時的攪拌。

【0306】在經過規定時間之後，將水加入到該混合物中，並用甲苯萃取水層。將所得到的萃取液與有機層合在一起，使用水及飽和食鹽水洗滌，使用硫酸鎂進行乾燥。對該混合物進行重力過濾，並且濃縮濾液，以得到固體 3.5g。藉由矽膠管柱層析法(展開溶劑為甲苯/乙酸乙酯=9/1)對該固體進行純化，以得到目的物的淡黃色固體 2.6g。對所得到的固體添加甲醇，照射超音波後，回收固體。使用甲苯、甲醇的混合溶劑使所得到的固體再結晶，

以 71% 的產率得到目的物的白色固體 2.1g(4.4mmol)。以下式(a-1)表示合成方案。

【 0307 】

[化學式 12]



【 0308 】藉由利用梯度昇華方法(train sublimation method)昇華純化獲得的 2.1g 的白色固體。昇華純化在壓力為 3.6Pa、氬流量為 5mL/min 的條件下加熱到 245℃ 來進行。在昇華純化之後，以 94% 的回收率得到目的物的 2.0g 的白色固體。

【 0309 】此外，下面示出藉由上述合成方法得到的白色固體的利用核磁共振分光法(^1H -NMR)得到的分析結果。另外，圖 48 示出 ^1H -NMR 譜。從該結果可知，在本實施例中得到了由上述結構式(300)表示的有機化合物 PyN1PQ。

【 0310 】 ^1H NMR(CDCl₃, 300MHz): δ =7.39-7.56(m, 10H)、7.62-7.72(m, 4H)、7.78-7.90(m, 4H)、7.96-8.03(m, 1H)8.19-8.27(m, 2H)、8.71(dd, J =1.5Hz, 4.8Hz, 1H)、8.80(dd, J =1.1Hz, 2.2Hz, 1H)。

實施例 6

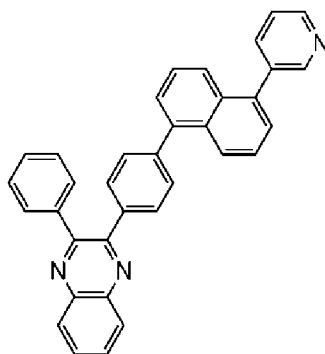
【0311】

《合成例 2》

在本實施例中，說明實施方式 1 所示的有機化合物 2-苯基-3-{4-[5-(3-吡啶基)-1-萘基]苯基}喹啉(簡稱：PyN1PQ-02)(結構式(301))的合成方法。以下示出 PyN1PQ-02 的結構。

【0312】

[化學式 13]



PyN1PQ-02
(301)

【0313】

<步驟 1：3-(5-氯萘-1-基)吡啶的合成>

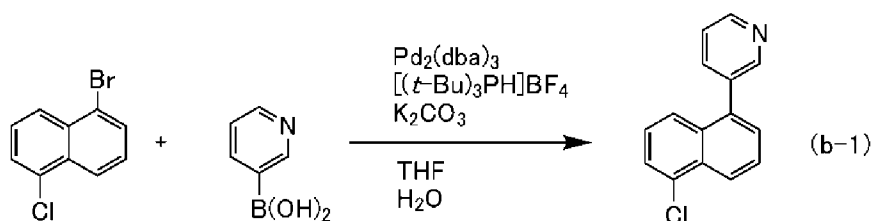
將 1-溴-5-氯萘 5.0g(21mmol)、3-吡啶硼酸 2.5g(21mmol)及碳酸鉀 11g(83mmol)放入 500mL 三頸燒瓶內，用氮氣置換燒瓶內的空氣。對該混合物添加 THF 200mL 及水 40mL，在減壓下進行攪拌來進行脫氣。

【0314】對該混合物添加三三級丁基磷四氟硼酸鹽

0.18g(0.62mmol)及三(二亞苺基丙酮)二鈀(0)0.19g(0.21mmol)，以 80℃ 的溫度攪拌該溶液 2 小時。在經過規定時間之後，將水加入該混合物中並使用甲苯萃取水層，將所得到的萃取液與有機層合在一起而用水、飽和食鹽水進行洗滌，使用硫酸鎂使有機層乾燥。接著，藉由重力過濾分離該混合物，濃縮濾液。藉由矽膠管柱層析法(展開溶劑為甲苯：乙酸乙酯=2：1)對得到的固體進行純化，以 94% 的產率得到目的物的橙色固體 4.7g(20mmol)。以下式 (b-1) 表示步驟 1 的合成方案。

【 0315】

[化學式 14]



【 0316】

<步驟 2：PyN1PQ-02 的合成>

接著，添加在步驟 1 中得到的 3-(5-氯萘-1-基)吡啶 1.3g (5.3mmol)、4-(3-苯基喹啉-2-基)苯基硼酸 1.9g(5.9mmol)、磷酸鉀 3.4g(16mmol)及三級丁基醇 1.2g(16mmol)，用氮氣置換燒瓶內的空氣。

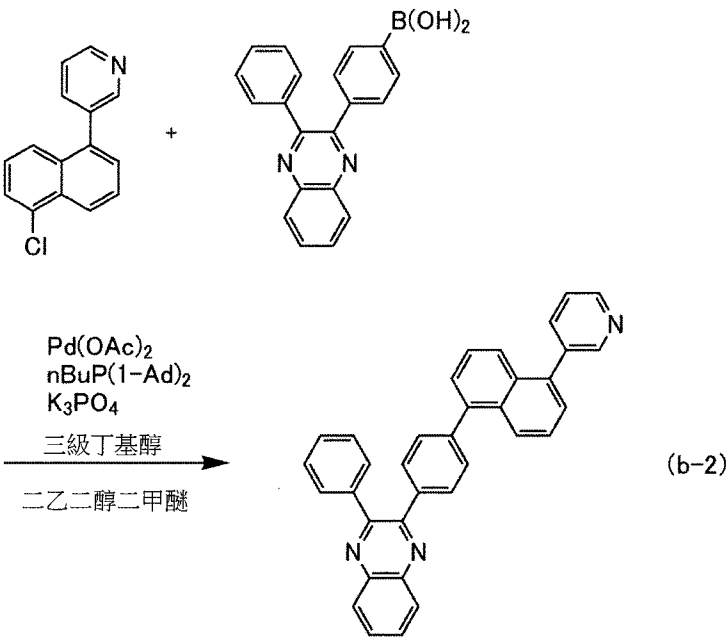
【 0317】對該混合物添加二乙二醇二甲醚 55mL，在減壓下進行攪拌來進行脫氣。對該混合物添加二(1-金剛烷基)-正丁基膦 0.19g(0.53mmol)及醋酸鈀(II)60mg(0.27mmol)，

在氮氣流下以140℃進行6小時的攪拌。

【0318】在經過規定時間之後，將水加入到該混合物中，並用甲苯萃取水層。將所得到的萃取液與有機層合在一起，使用水及飽和食鹽水洗滌，使用硫酸鎂進行乾燥。對該混合物進行重力過濾，並且濃縮濾液，以得到固體。藉由矽膠管柱層析法(展開溶劑為甲苯：乙酸乙酯=9：1)對該固體進行純化，以得到目的物的淡黃色固體2.1g。使用甲苯、甲醇的混合溶劑使所得到的固體再結晶，以63%的產率得到目的物的白色固體1.6g(3.4mmol)。以下式(b-2)表示步驟2的合成方案。

【0319】

[化學式15]



【0320】藉由利用梯度昇華方法昇華純化獲得的1.4g的白色固體。昇華純化在壓力為3.3Pa、氬流量為5mL/min

的條件下加熱到235℃來進行。昇華純化後，以90%的回收率得到白色固體1.3g。

【0321】此外，下面示出藉由上述步驟2得到的白色固體的利用核磁共振分光法($^1\text{H-NMR}$)得到的分析結果。另外，圖49示出 $^1\text{H-NMR}$ 譜。從該結果可知，在本實施例中得到了由上述結構式(301)表示的有機化合物PyN1PQ-02。

【0322】 $^1\text{H NMR}(\text{CDCl}_3, 300\text{MHz})$ ： $\delta=7.40-7.55(\text{m}, 10\text{H})$ 、 $7.61-7.71(\text{m}, 4\text{H})$ 、 $7.78-7.88(\text{m}, 4\text{H})$ 、 $7.94-8.00(\text{m}, 1\text{H})$ 、 $8.19-8.27(\text{m}, 2\text{H})$ 、 $8.71(\text{dd}, J=1.8\text{Hz}, 4.8\text{Hz}, 1\text{H})$ 、 $8.78(\text{dd}, J=1.1\text{Hz}, 2.2\text{Hz}, 1\text{H})$ 。

【符號說明】

【0323】

101:第一電極

102:第二電極

103:EL層

111:電洞注入層

112:電洞傳輸層

113:發光層

114:電子傳輸層

114-1:第一電子傳輸層

114-2:第二電子傳輸層

115:電子注入層

103a,103b:EL層

104:電荷產生層

111a,111b:電洞注入層

112a,112b:電洞傳輸層

113a,113b:發光層

114a,114b:電子傳輸層

115a,115b:電子注入層

200R,200G,200B:光學距離

201:第一基板

202:電晶體(FET)

203R,203G,203B,203W:發光元件

204:EL層

205:第二基板

206R,206G,206B:濾光片

206R',206G',206B':濾光片

207:第一電極

208:第二電極

209:黑色層(黑矩陣)

210R,210G:導電層

301:第一基板

302:像素部

303:驅動電路部(源極線驅動電路)

304a,304b:驅動電路部(閘極線驅動電路)

305:密封劑

306:第二基板

307:引線

308:FPC

309:FET

310:FET

311:FET

312:FET

313:第一電極

314:絕緣物

315:EL層

316:第二電極

317:發光元件

318:空間

900:基板

901:第一電極

902:EL層

903:第二電極

911:電洞注入層

912:電洞傳輸層

913:發光層

914:電子傳輸層

915:電子注入層

1001:第一電極

1002:第二電極

1010:第一層
 1011:第二層
 1012:第三層
 4000:照明裝置
 4001:基板
 4002:發光元件
 4003:基板
 4004:第一電極
 4005:EL層
 4006:第二電極
 4007:電極
 4008:電極
 4009:輔助佈線
 4010:絕緣層
 4011:密封基板
 4012:密封劑
 4013:乾燥劑
 4015:擴散片
 4200:照明裝置
 4201:基板
 4202:發光元件
 4204:第一電極
 4205:EL層
 4206:第二電極

4207:電 極

4208:電 極

4209:輔 助 佈 線

4210:絕 緣 層

4211:密 封 基 板

4212:密 封 劑

4213:障 壁 膜

4214:平 坦 化 膜

4215:擴 散 片

5101:燈

5102:輪 轂

5103:車 門

5104:顯 示 部

5105:方 向 盤

5106:變 速 杆

5107:座 位

5108:內 部 後 視 鏡

5109:擋 風 玻 璃

7000:外 殼

7001:顯 示 部

7002:第 二 顯 示 部

7003:揚 聲 器

7004:LED燈

7005:操 作 鍵

7006:連接端子
7007:感測器
7008:麥克風
7009:開關
7010:紅外線埠
7011:記錄介質讀取部
7012:支撐部
7013:耳機
7014:天線
7015:快門按鈕
7016:影像接收部
7018:支架
7020:照相機
7021:外部連接部
7022,7023:操作按鈕
7024:連接端子
7025:錶帶
7026:麥克風
7027:表示時刻的圖示
7028:其他圖示
7029:感測器
7030:揚聲器
7052,7053,7054:資訊
9310:可攜式資訊終端

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

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種發光元件，包含：

陽極；

陰極；以及

該陽極與該陰極之間的電致發光(Electroluminescence；EL)層，

其中該EL層從該陽極一側包含電洞注入層、發光層及電子傳輸層，

其中該電洞注入層與該陽極接觸，

其中該電洞注入層包含第一物質及第二物質，

其中該第一物質為具有拉電子基團的有機化合物，

其中該第二物質的HOMO能階為 -5.7eV 以上且 -5.4eV 以下，

其中該發光層包含第三物質及第四物質，該第三物質為發光物質，並且該第四物質為主體材料，

其中該電子傳輸層包含第一電子傳輸層及第二電子傳輸層，

其中該第一電子傳輸層與該發光層接觸，

其中該第一電子傳輸層包含第五物質，

其中該第二電子傳輸層包含第六物質，

其中該第五物質為電子傳輸性材料，

其中該第六物質為金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物，並且

其中該第五物質的第一LUMO能階比該第四物質的第

二 LUMO 能階低且該第一 LUMO 能階與該第二 LUMO 能階之差為 0.15eV 以上且 0.40eV 以下。

【請求項 2】一種發光元件，包含：

陽極；

陰極；以及

該陽極與該陰極之間的 EL 層，

其中該 EL 層從該陽極一側包含電洞注入層、發光層及電子傳輸層，

其中該電洞注入層與該陽極接觸，

其中該電洞注入層包含第一物質及第二物質，

其中該第一物質為具有拉電子基團的有機化合物，

其中該第二物質的 HOMO 能階為 -5.7eV 以上且 -5.4eV 以下，

其中該發光層包含第三物質及第四物質，該第三物質為發光物質，並且該第四物質為主體材料，

其中該電子傳輸層包含第一電子傳輸層及第二電子傳輸層，

其中該第一電子傳輸層與該發光層接觸，

其中該第一電子傳輸層包含第五物質及第六物質，

其中該第二電子傳輸層包含第七物質，

其中該第五物質及該第七物質為電子傳輸性材料，

其中該第六物質為金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物，並且

其中該第五物質的第一 LUMO 能階比該第四物質的第

二 LUMO 能階低且該第一 LUMO 能階與該第二 LUMO 能階之差為 0.15eV 以上且 0.40eV 以下。

【請求項3】根據請求項2之發光元件，
其中該第二電子傳輸層包含該第七物質及第八物質，
其中該第一電子傳輸層中的該第六物質的重量比例大於該第二電子傳輸層中的該第八物質的重量比例，並且
其中該第八物質為金屬、金屬鹽、金屬氧化物或金屬錯合物。

【請求項4】根據請求項3之發光元件，其中該第六物質與該第八物質相同。

【請求項5】根據請求項2之發光元件，其中該第五物質與該第七物質相同。

【請求項6】根據請求項1或2之發光元件，
其中該第一 LUMO 能階與該第二 LUMO 能階之差為 0.20eV 以上且 0.40eV 以下。

【請求項7】根據請求項1或2之發光元件，
其中該第五物質的 HOMO 能階為 -6.0eV 以上。

【請求項8】根據請求項1或2之發光元件，
其中該第五物質的電場強度 $[\text{V}/\text{cm}]$ 的平方根為 600 時的電子移動率為 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下。

【請求項9】根據請求項1或2之發光元件，
其中該發光層還包含第九物質，
其中該第四物質為電子傳輸性材料，
其中該第九物質為電洞傳輸性材料，並且

其中該第四物質與該第九物質為形成激態錯合物的組合。

【請求項10】根據請求項1或2之發光元件，
其中該EL層包含電洞傳輸層，
其中該電洞傳輸層位於該電洞注入層與該發光層之間，
其中該電洞傳輸層包含第十物質，並且
其中該第十物質的HOMO能階為該第二物質的HOMO能階以下且大於該第四物質的HOMO能階。

【請求項11】根據請求項10之發光元件，
其中該第十物質具有呋唑骨架、二苯并呋喃骨架、二苯并噻吩骨架和萘骨架中的至少一個。

【請求項12】根據請求項10之發光元件，
其中該第二物質與該第十物質相同。

【請求項13】根據請求項4之發光元件，
其中該第六物質及該第八物質為包含鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物。

【請求項14】根據請求項4之發光元件，
其中該第六物質及該第八物質為包含氮及氧的配體及包含鹼金屬或鹼土金屬的金屬錯合物。

【請求項15】根據請求項4之發光元件，
其中該第六物質及該第八物質為包含具有8-羥基喹啉結構的配體和一價的金屬離子的金屬錯合物。

【請求項16】根據請求項4之發光元件，

其中該第六物質及該第八物質為包含具有8-羥基喹啉結構的配體的鋰錯合物。

【請求項17】一種發光裝置，包含：

請求項1或2之發光元件；以及

軟性印刷電路(Flexible Printed Circuit；FPC)。

【請求項18】一種電子機器，包含：

請求項17之發光裝置；以及

麥克風、照相機、操作按鈕、外部連接部和揚聲器中的至少一個。

【請求項19】一種照明裝置，包含：

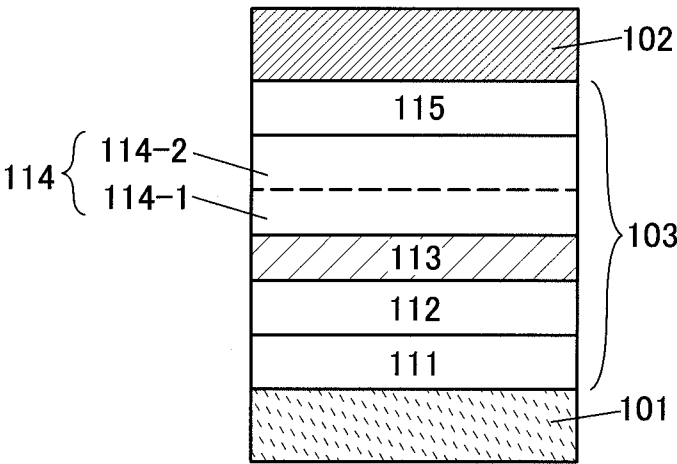
請求項1或2之發光元件；以及

外殼和覆蓋物中的至少一個。

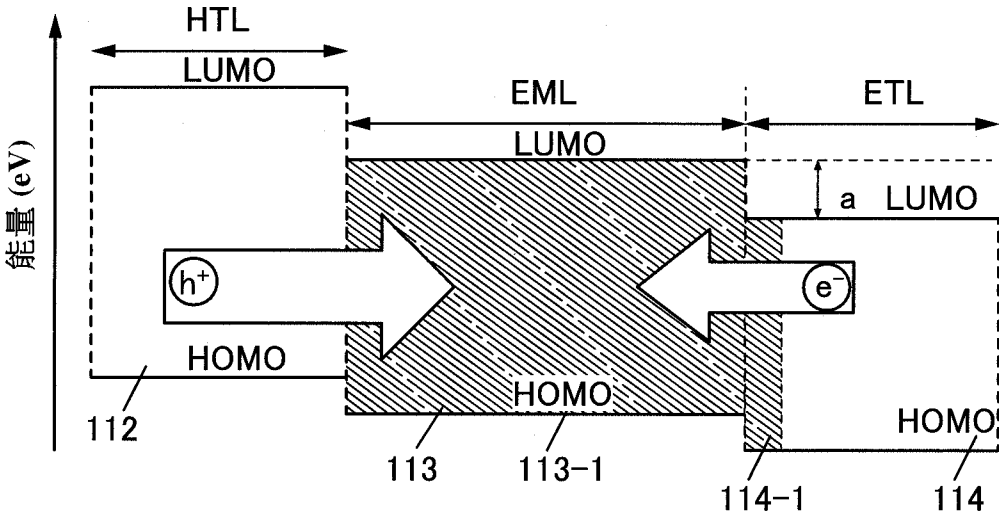
【請求項20】根據請求項1或2之發光元件，

其中該發光物質為螢光物質或磷光物質。

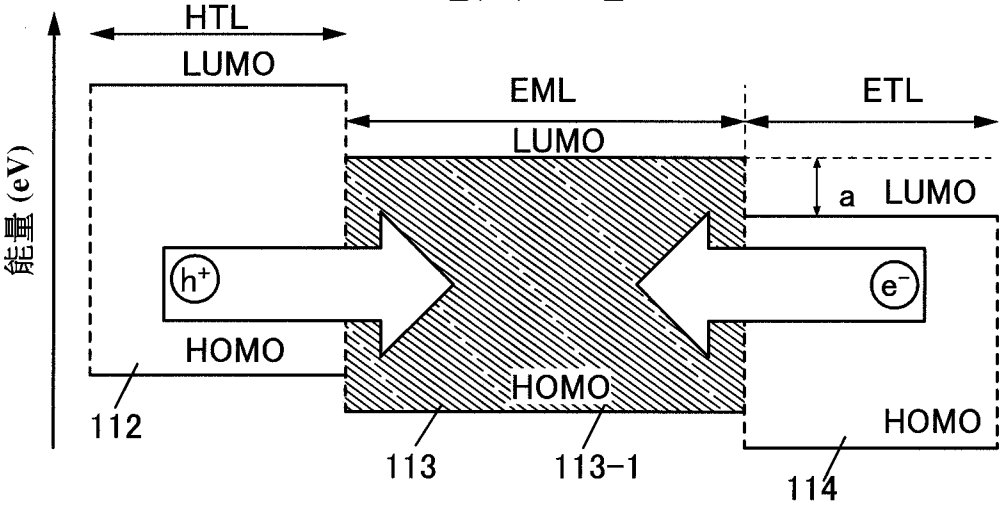
【發明圖式】



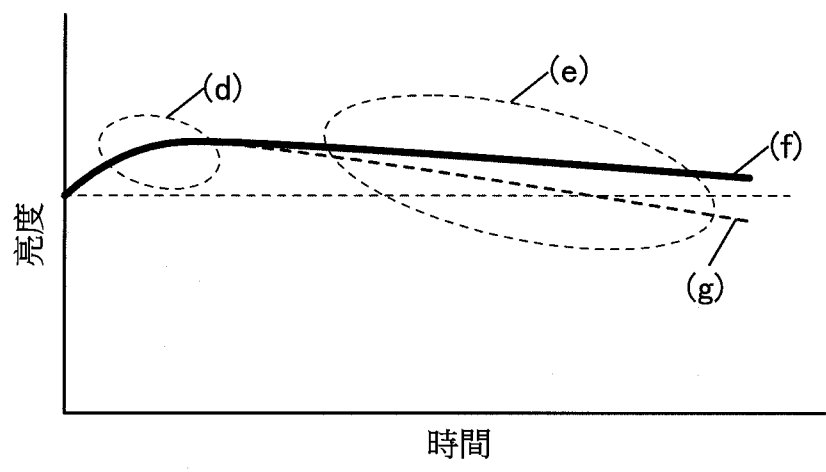
【圖 1A】



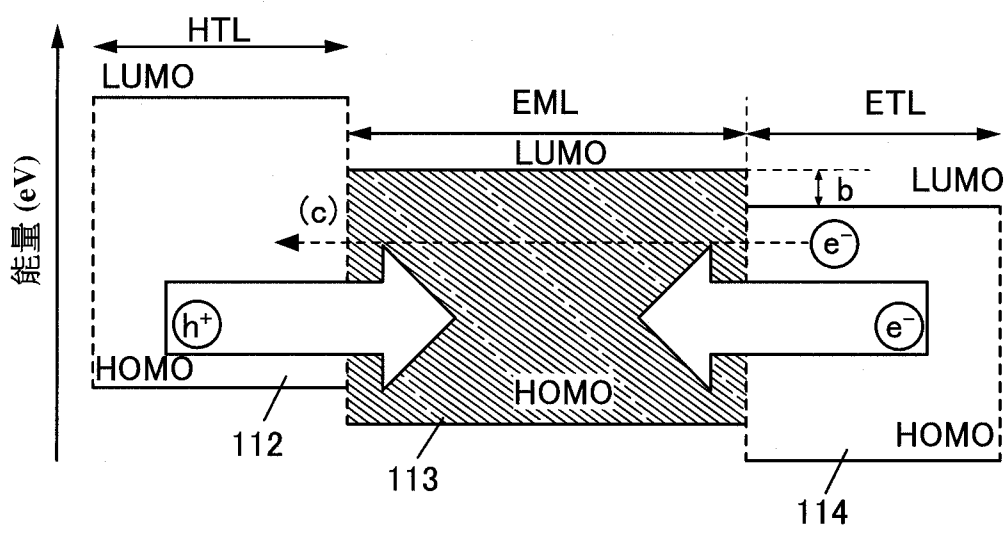
【圖 1B】



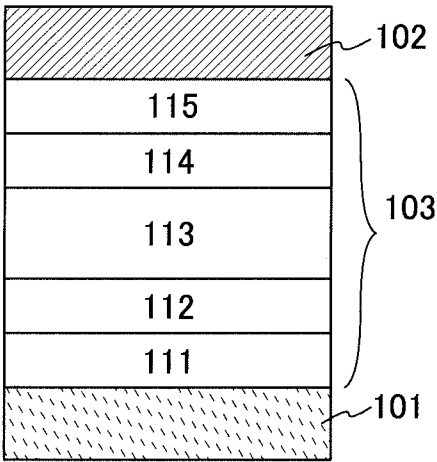
【圖 1C】



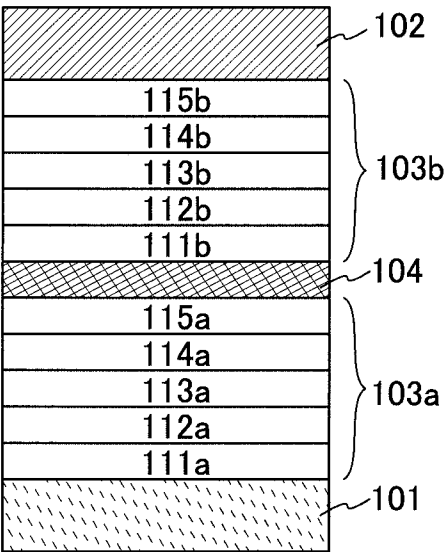
【圖 2A】



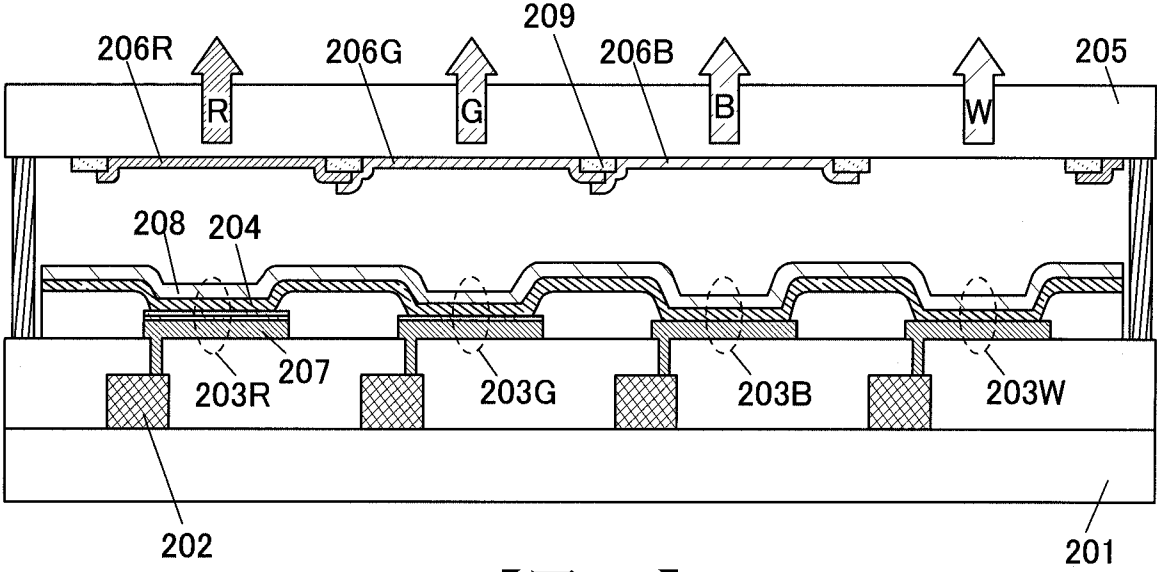
【圖 2B】



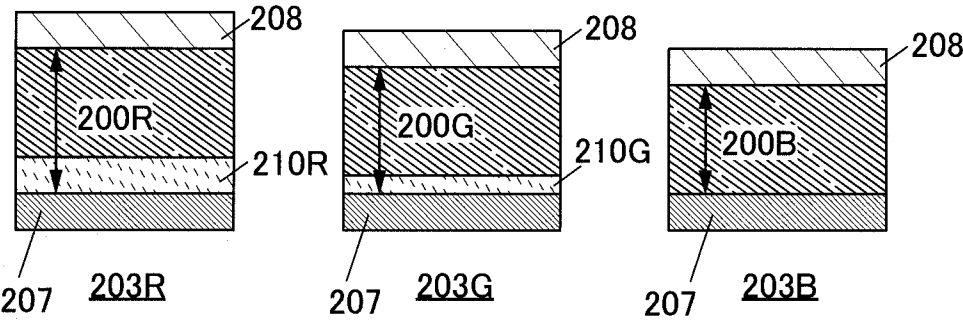
【圖 3A】



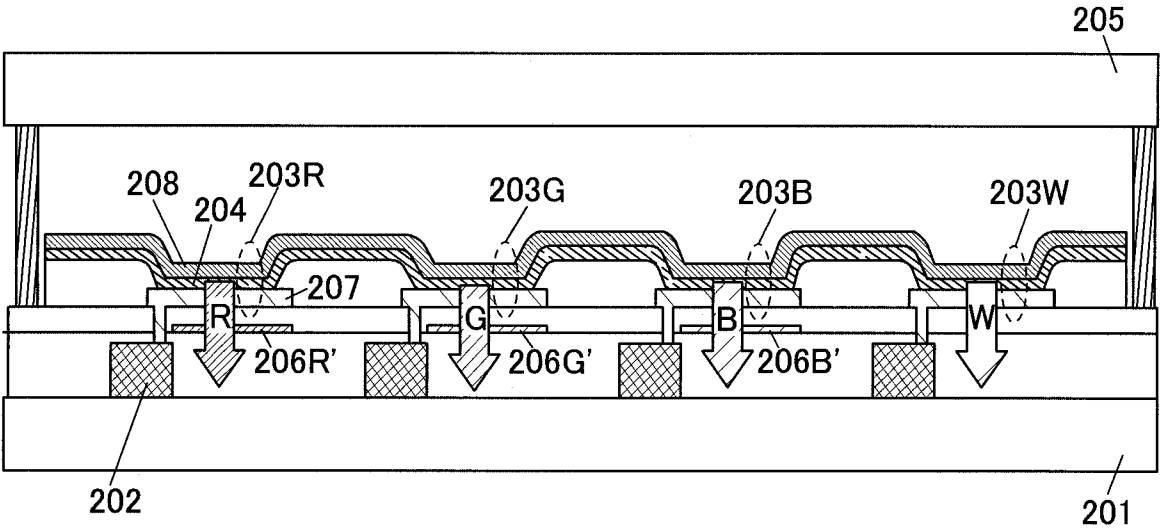
【圖 3B】



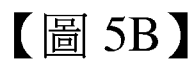
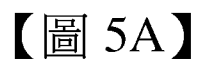
【圖 4A】

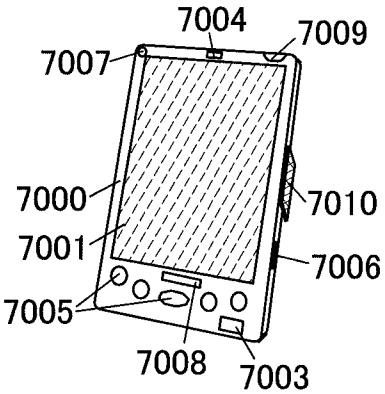


【圖 4B】

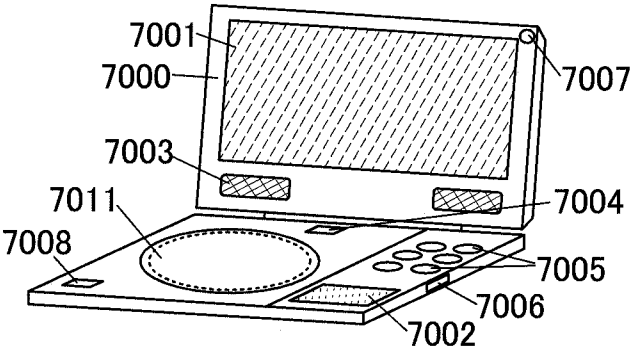


【圖 4C】

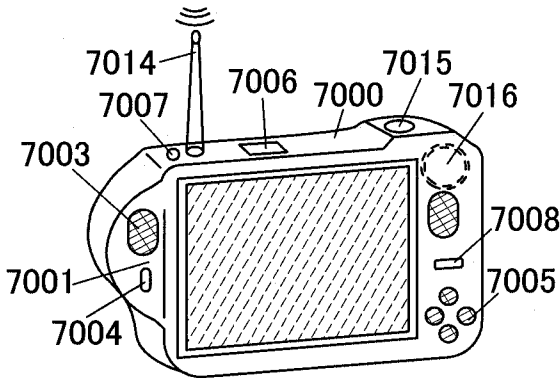




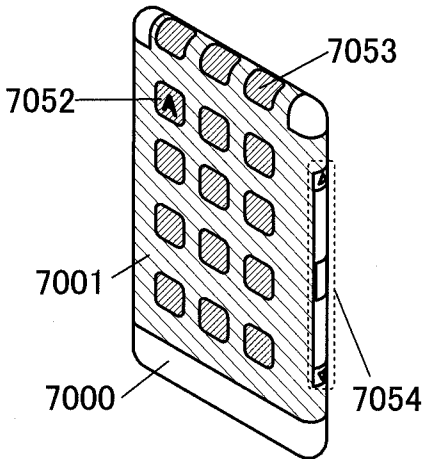
【圖 6A】



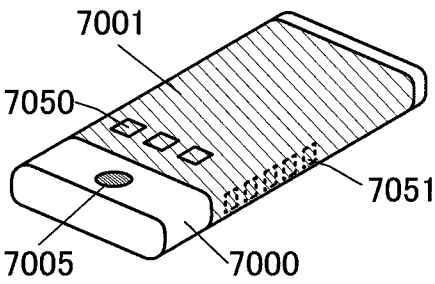
【圖 6B】



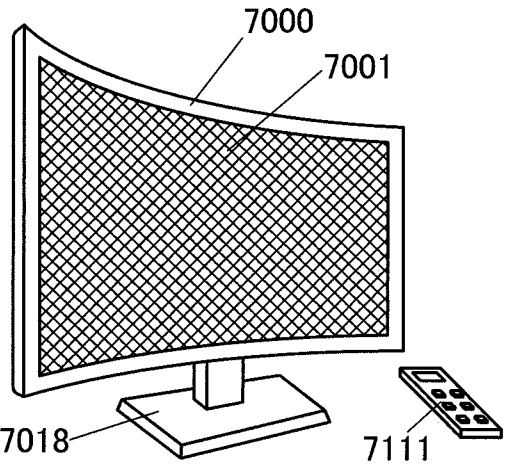
【圖 6C】



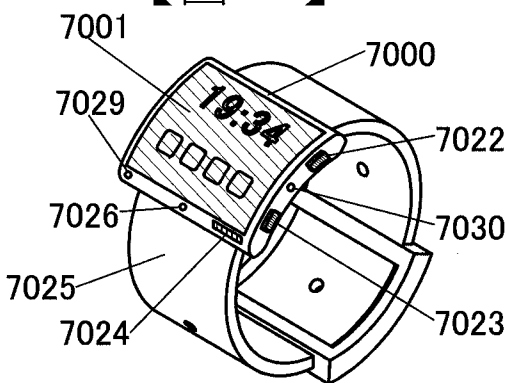
【圖 6D】



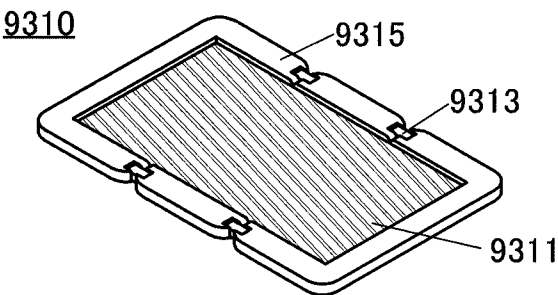
【圖 6E】



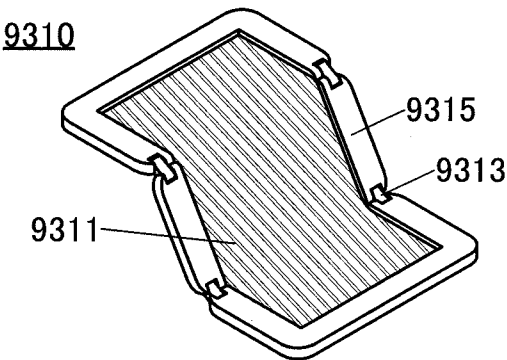
【圖 6F】



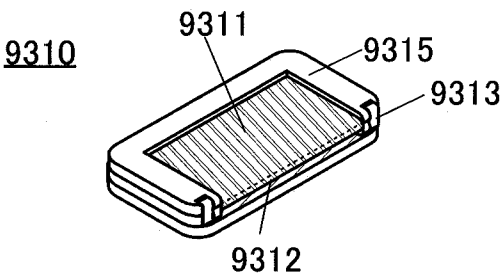
【圖 6G】



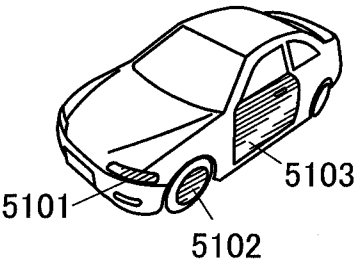
【圖 7A】



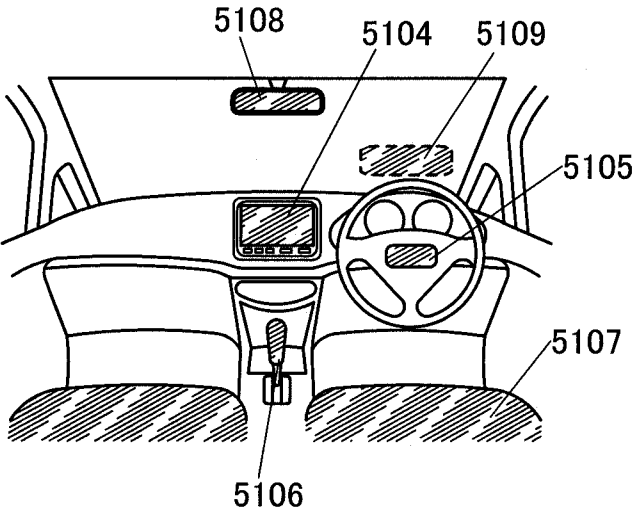
【圖 7B】



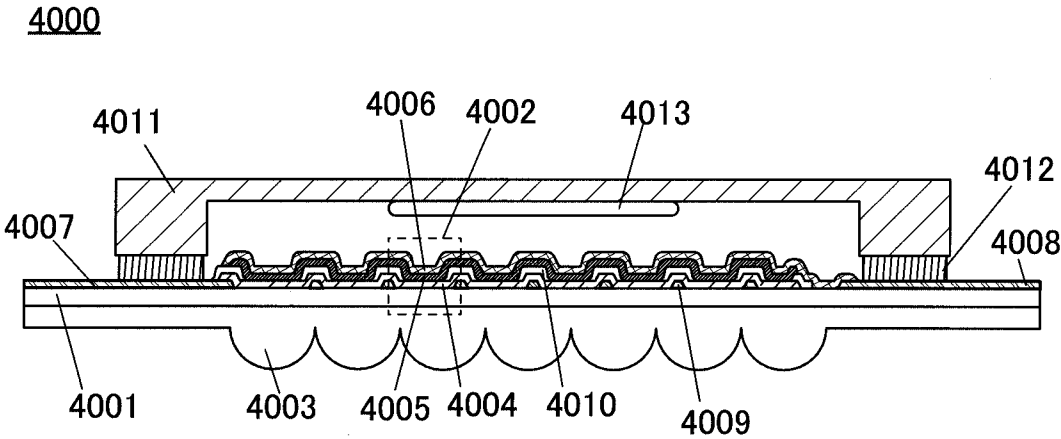
【圖 7C】



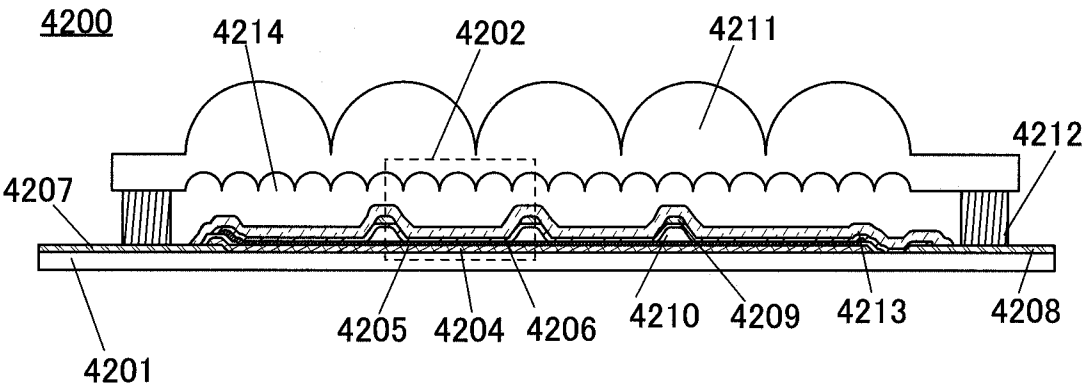
【圖 8A】



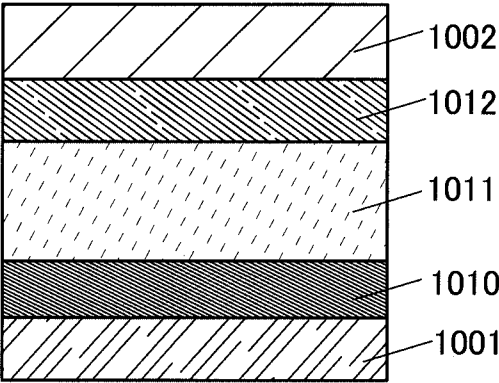
【圖 8B】



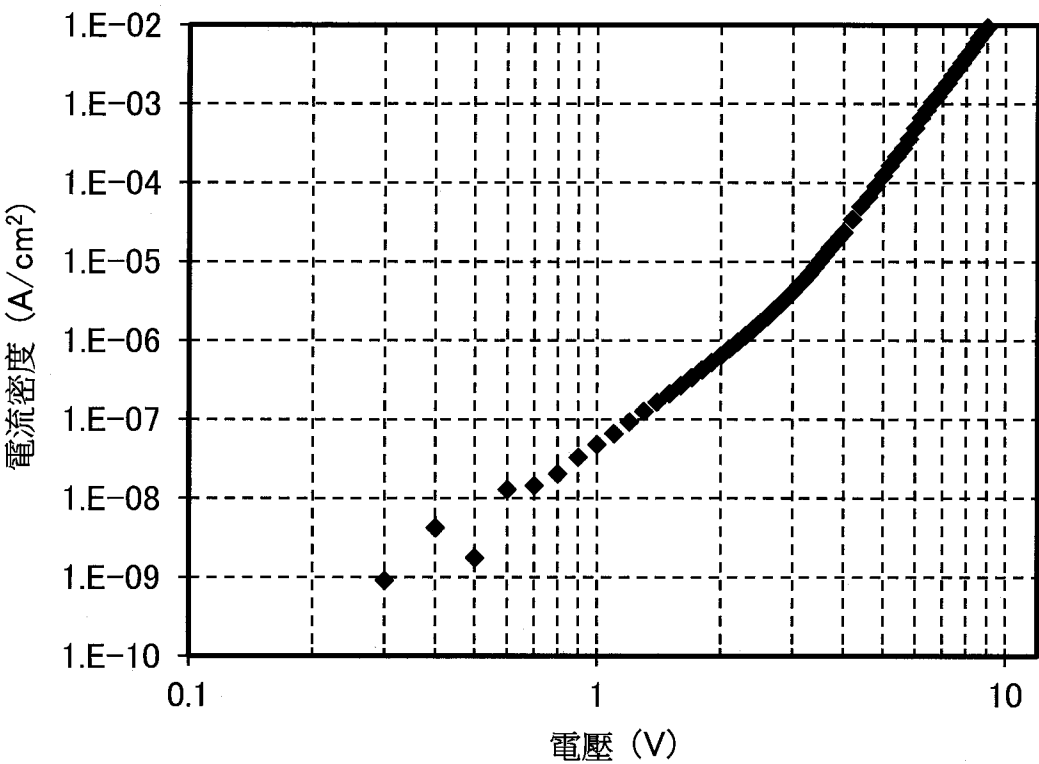
【圖 9A】



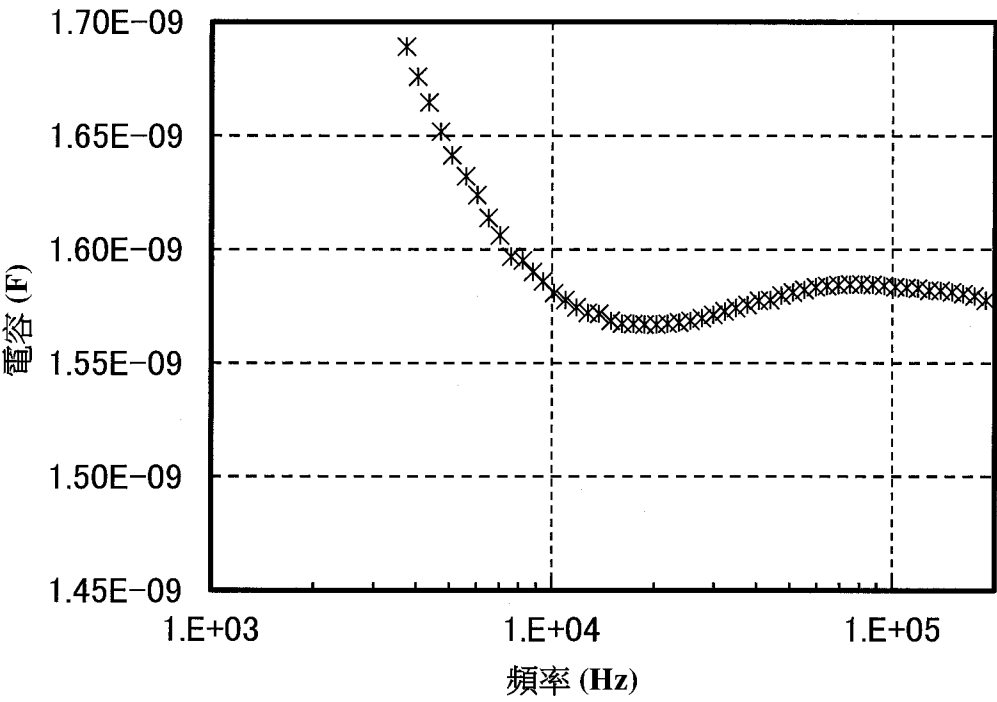
【圖 9B】



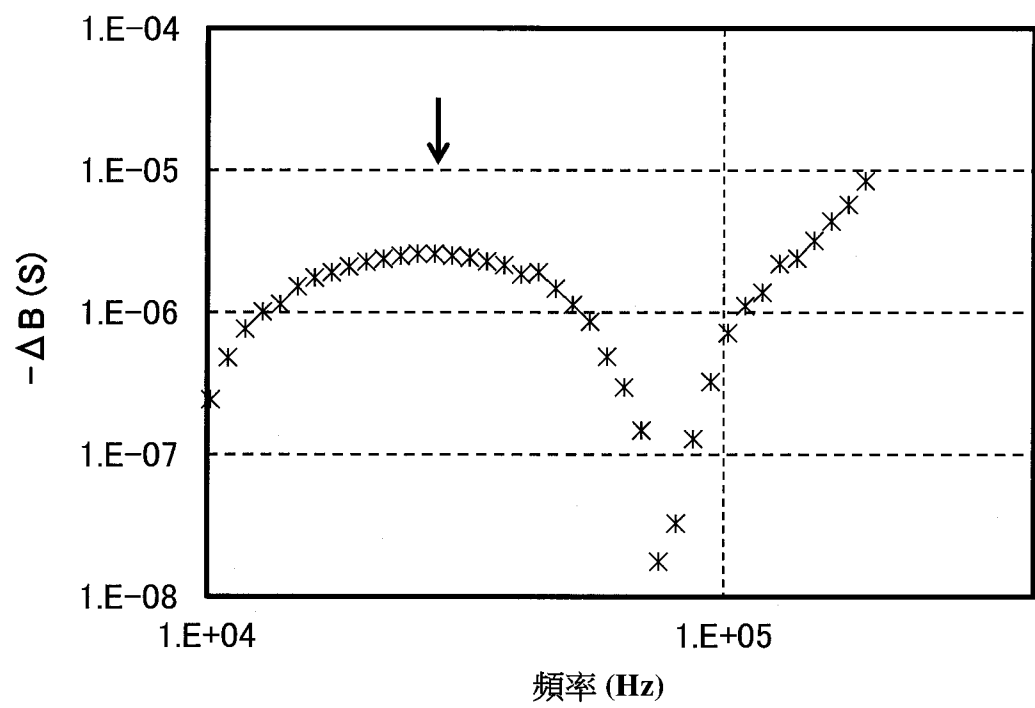
【圖 10】



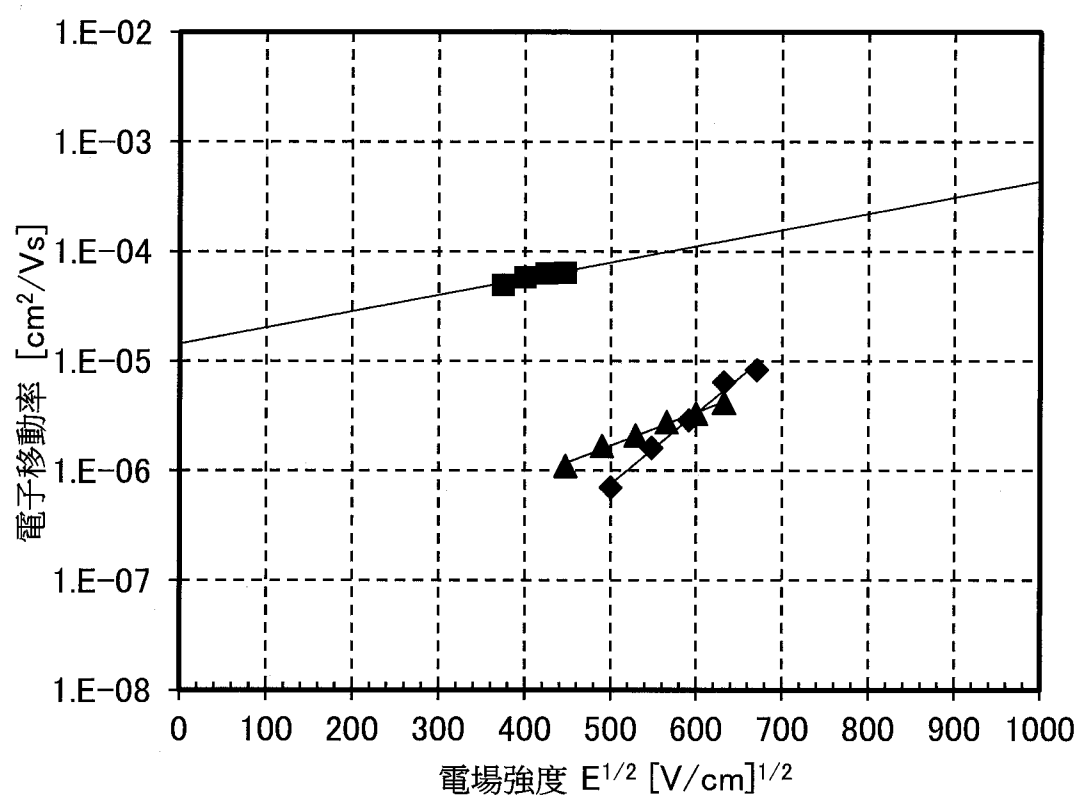
【圖 11】



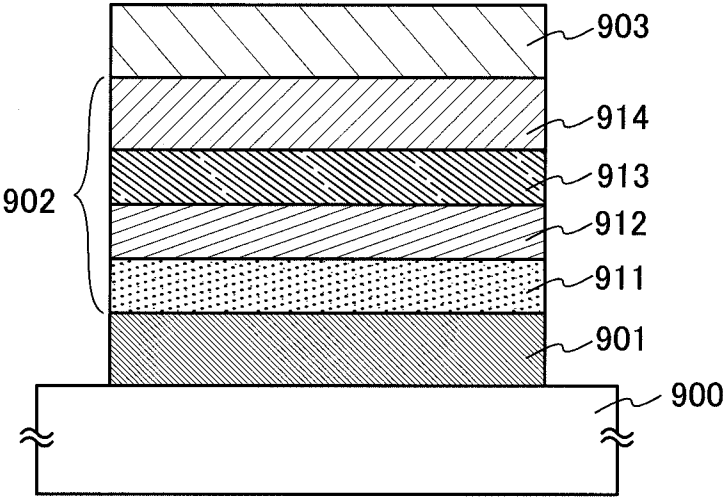
【圖 12】



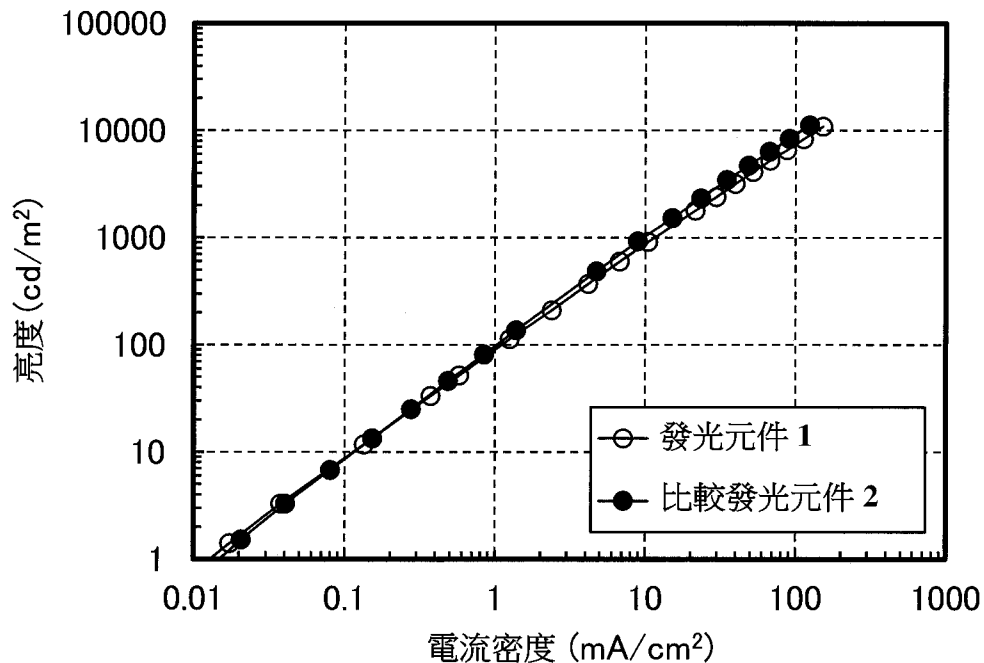
【圖 13】



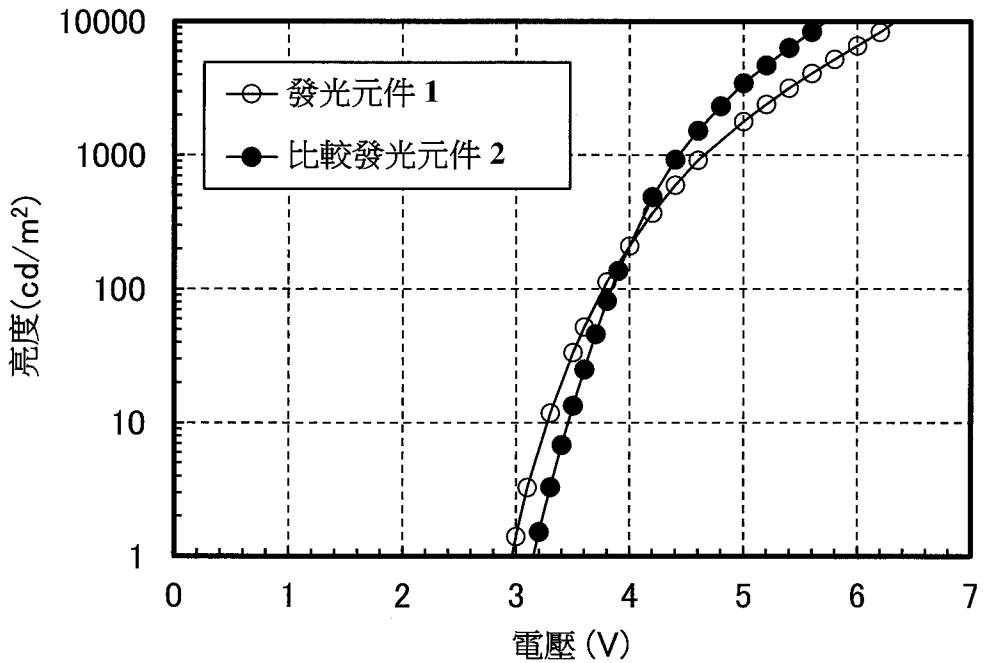
【圖 14】



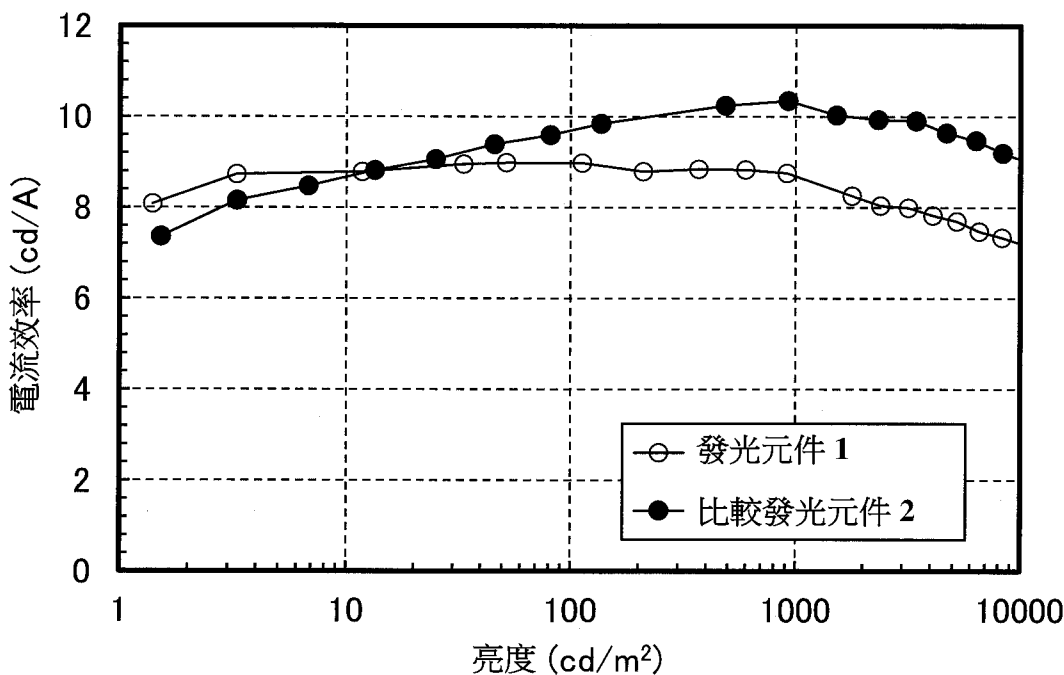
【圖 15】



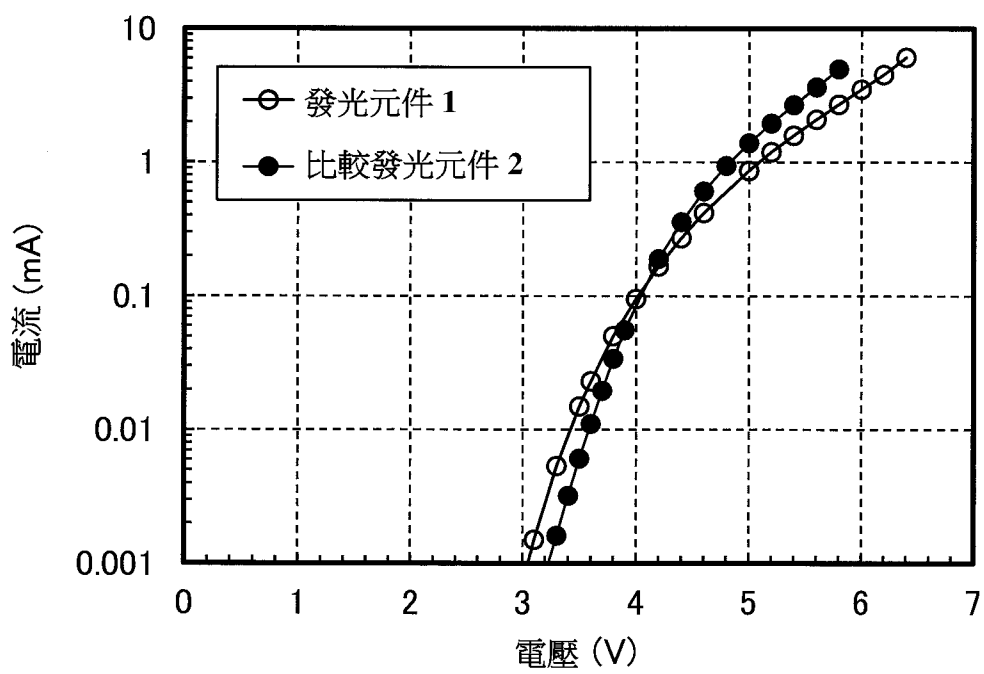
【圖 16】



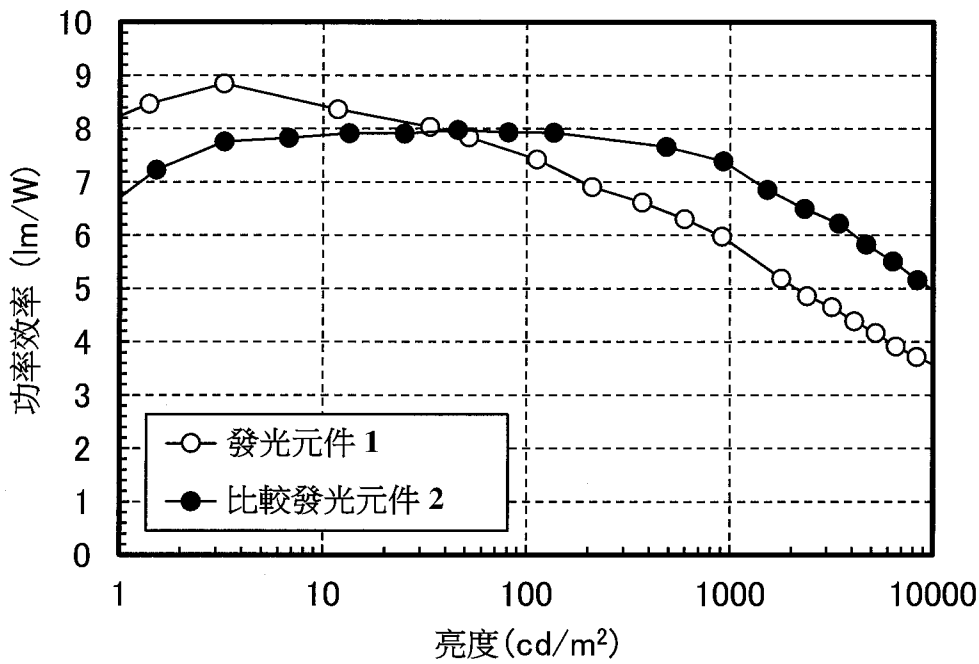
【圖 17】



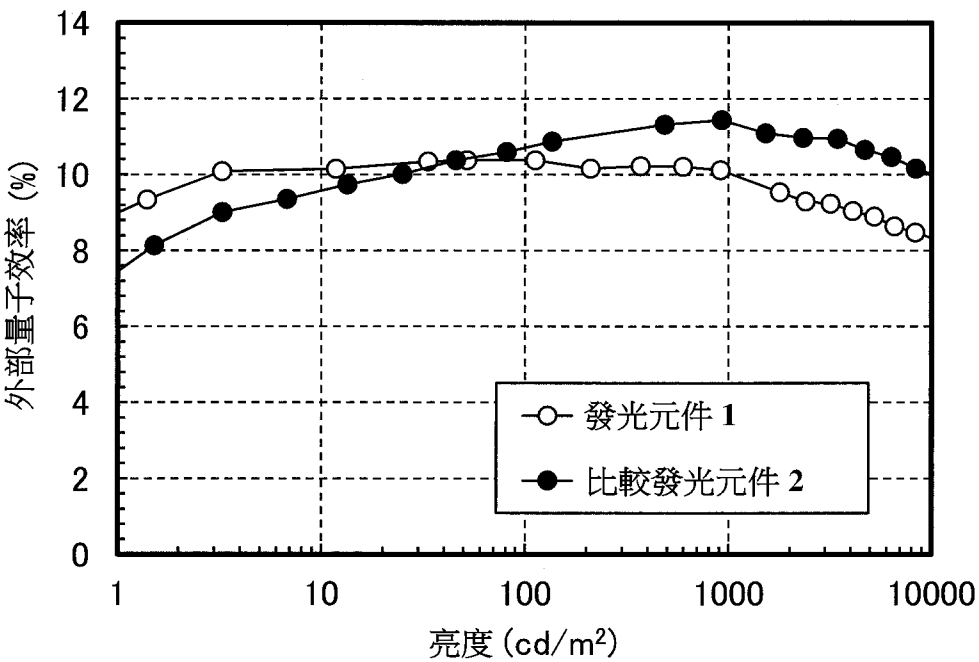
【圖 18】



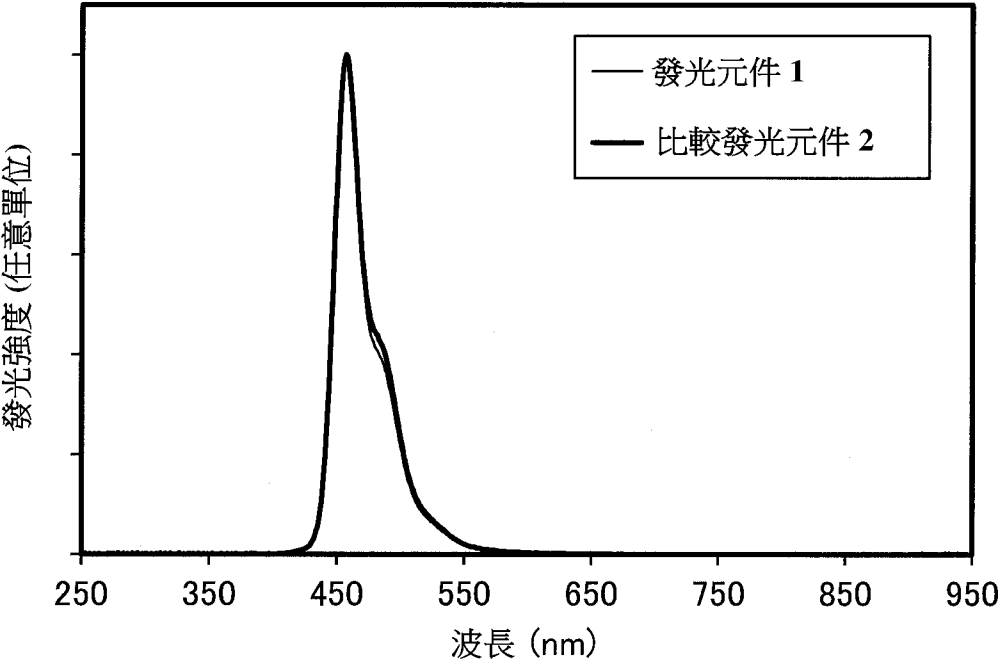
【圖 19】



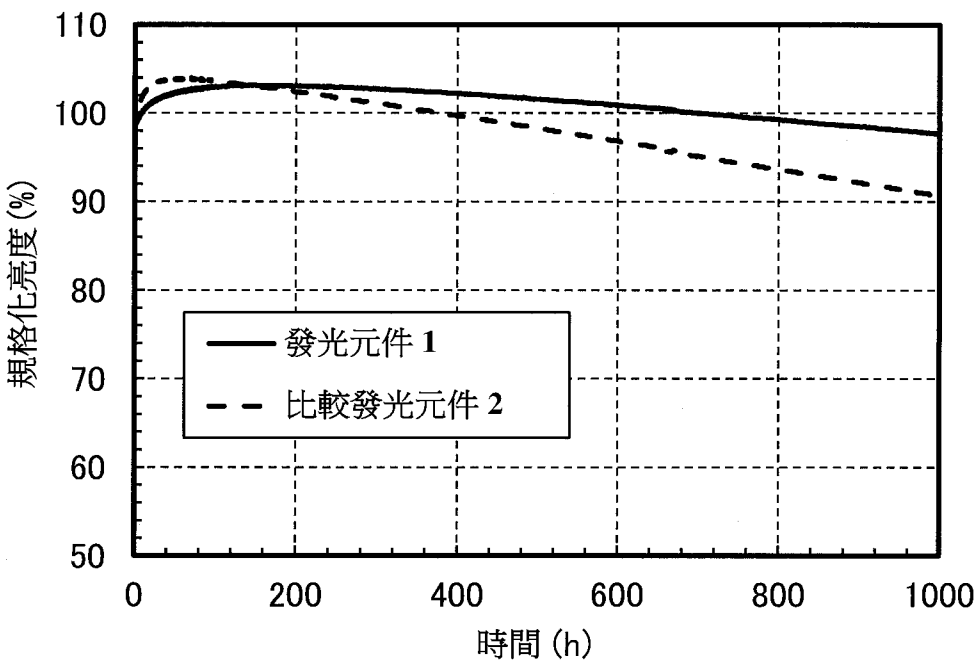
【圖 20】



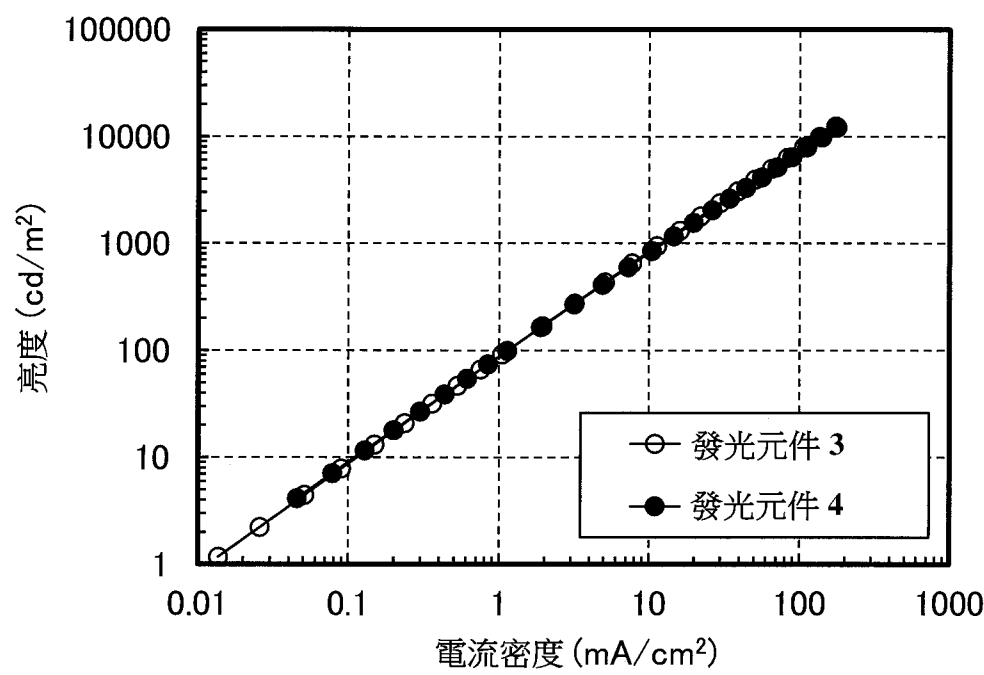
【圖 21】



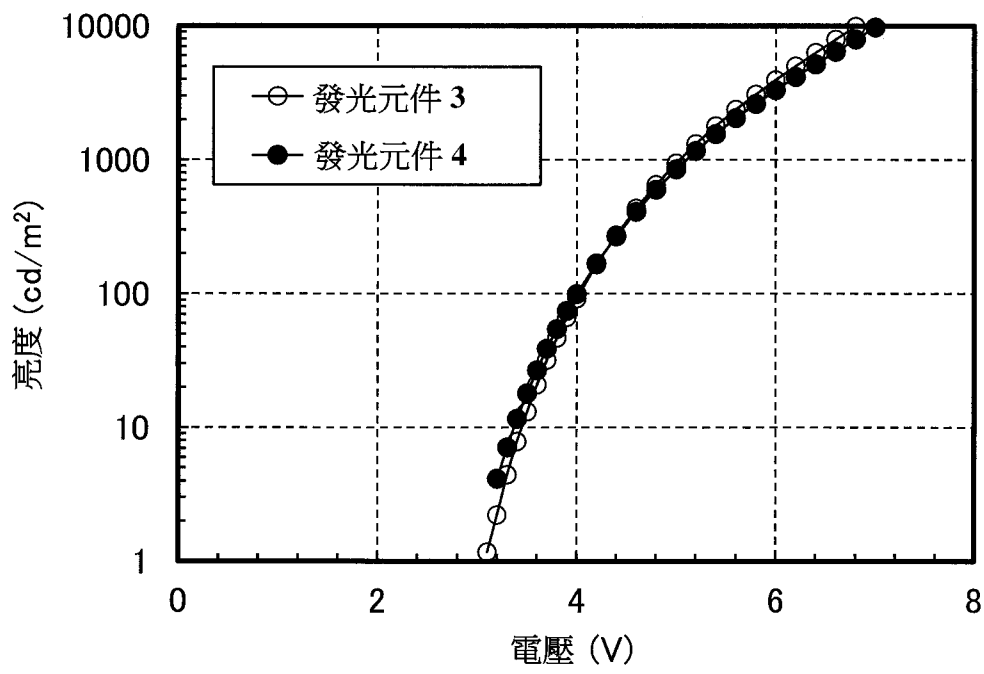
【圖 22】



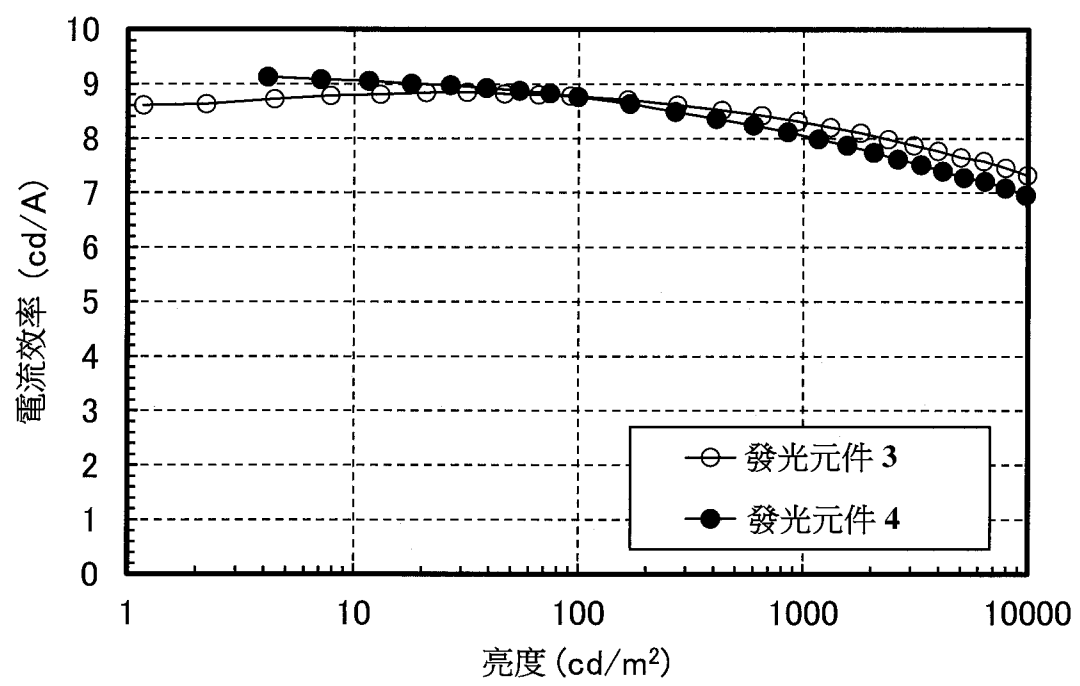
【圖 23】



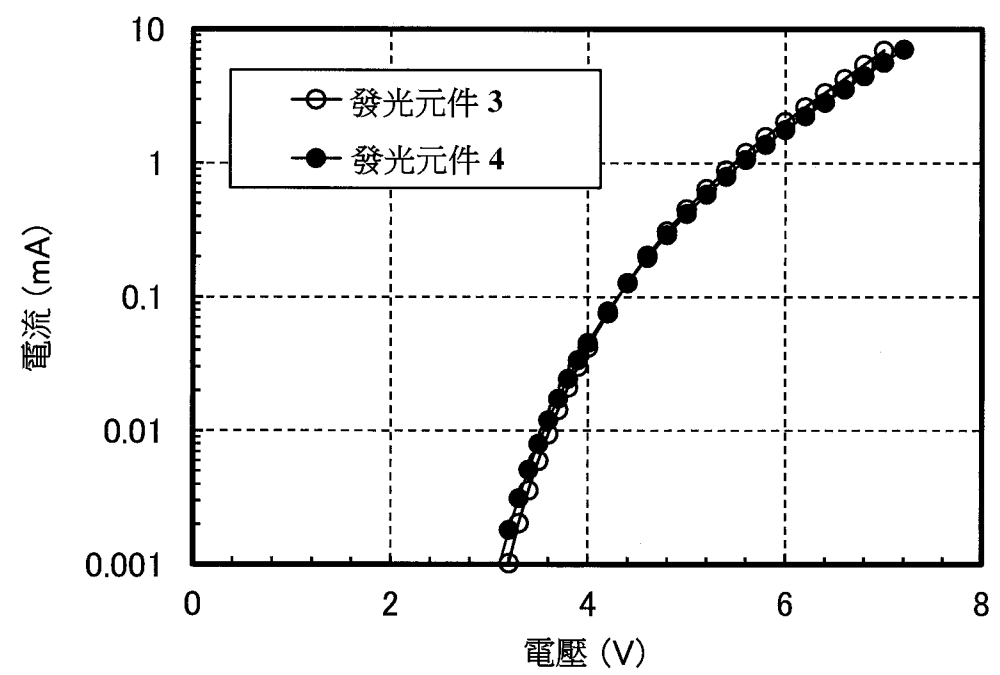
【圖 24】



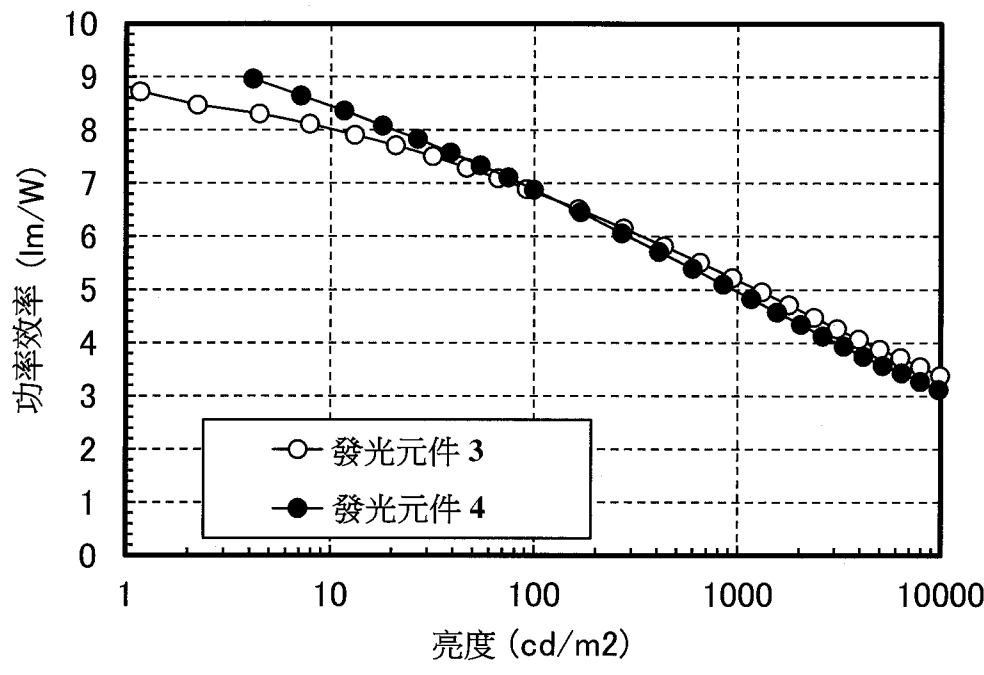
【圖 25】



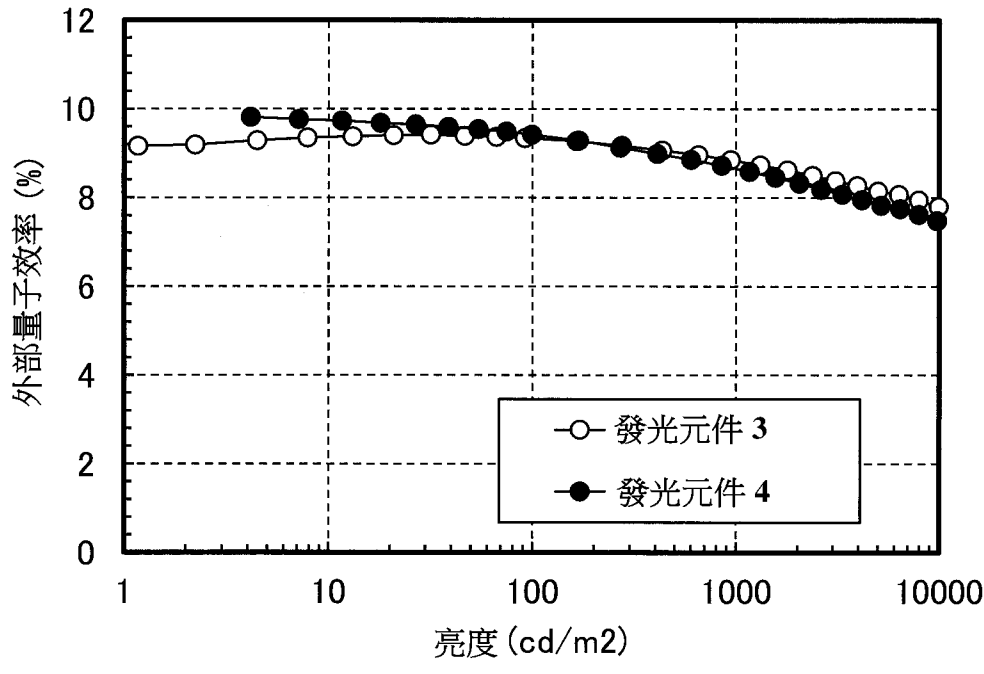
【圖 26】



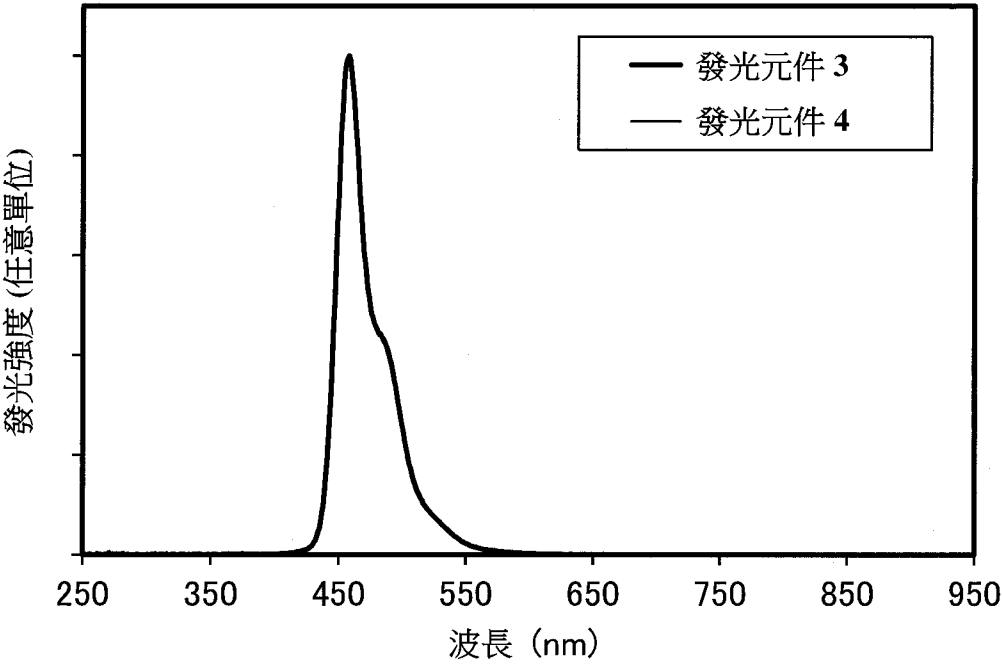
【圖 27】



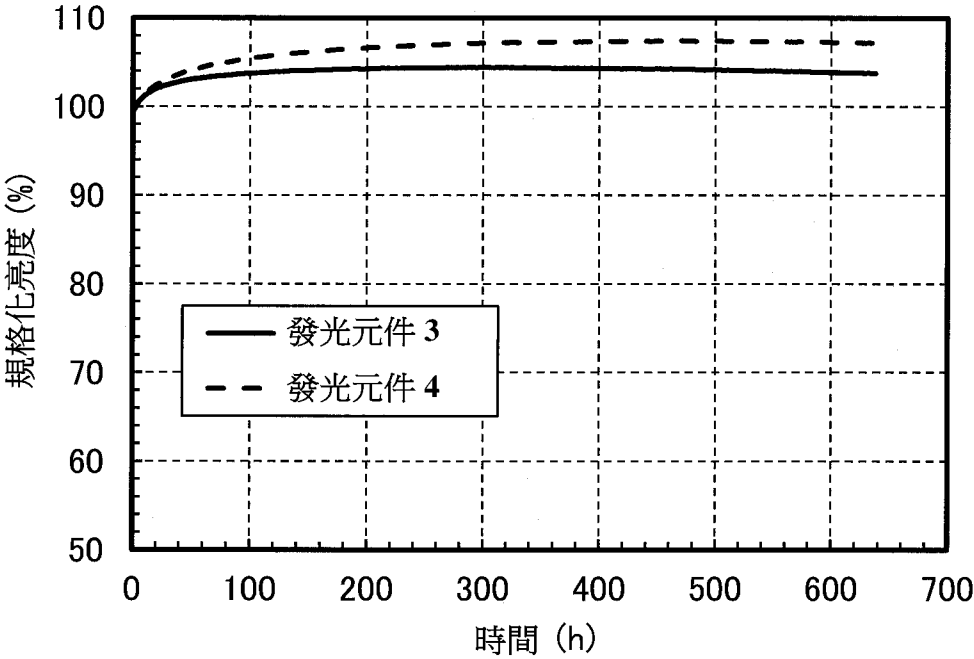
【圖 28】



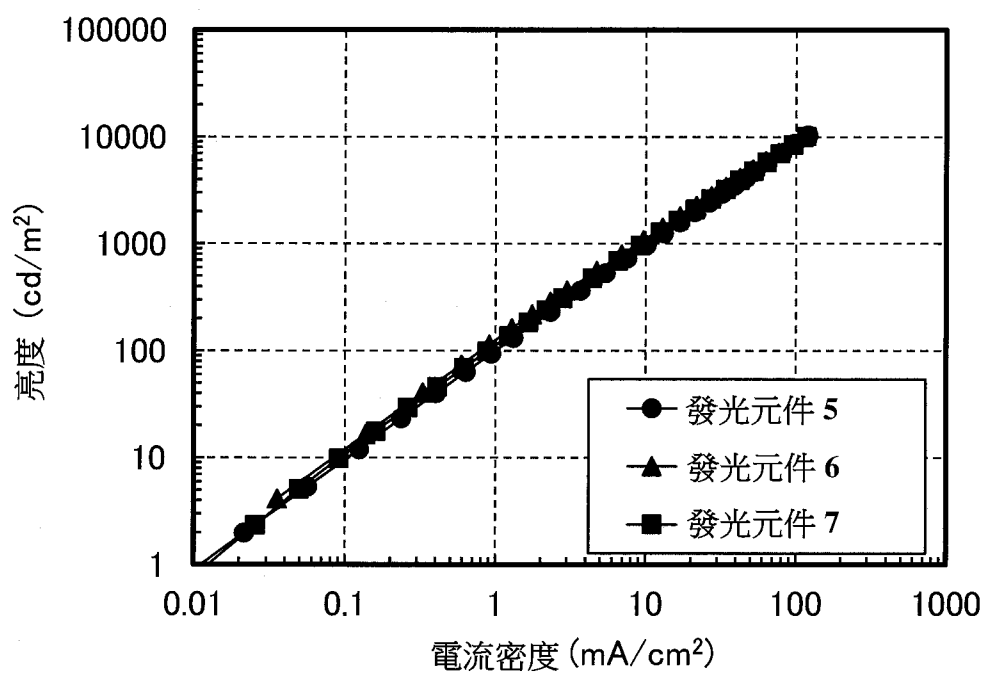
【圖 29】



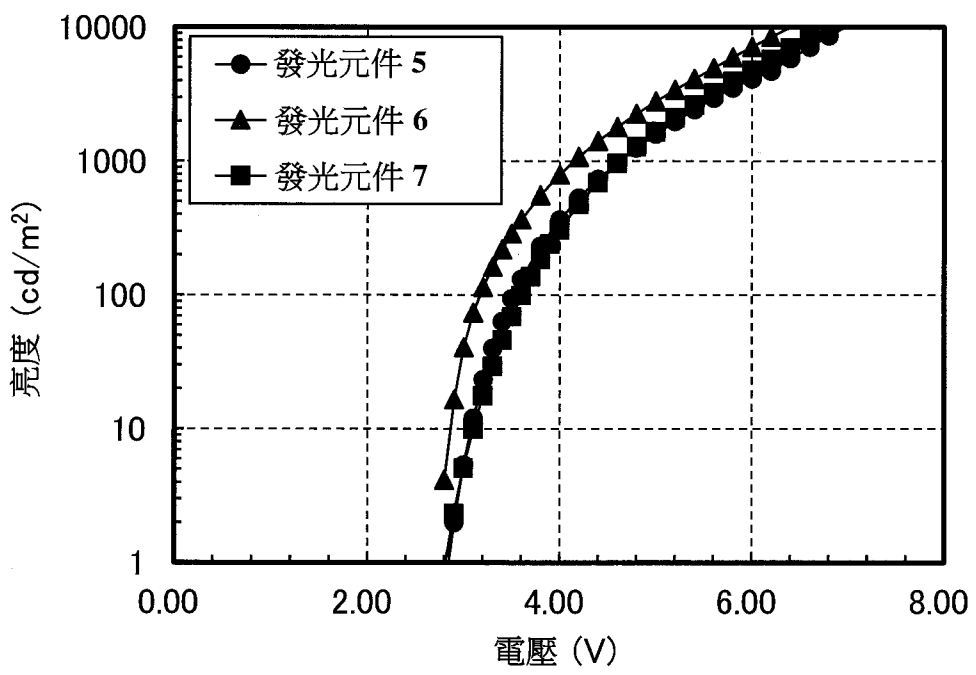
【圖 30】



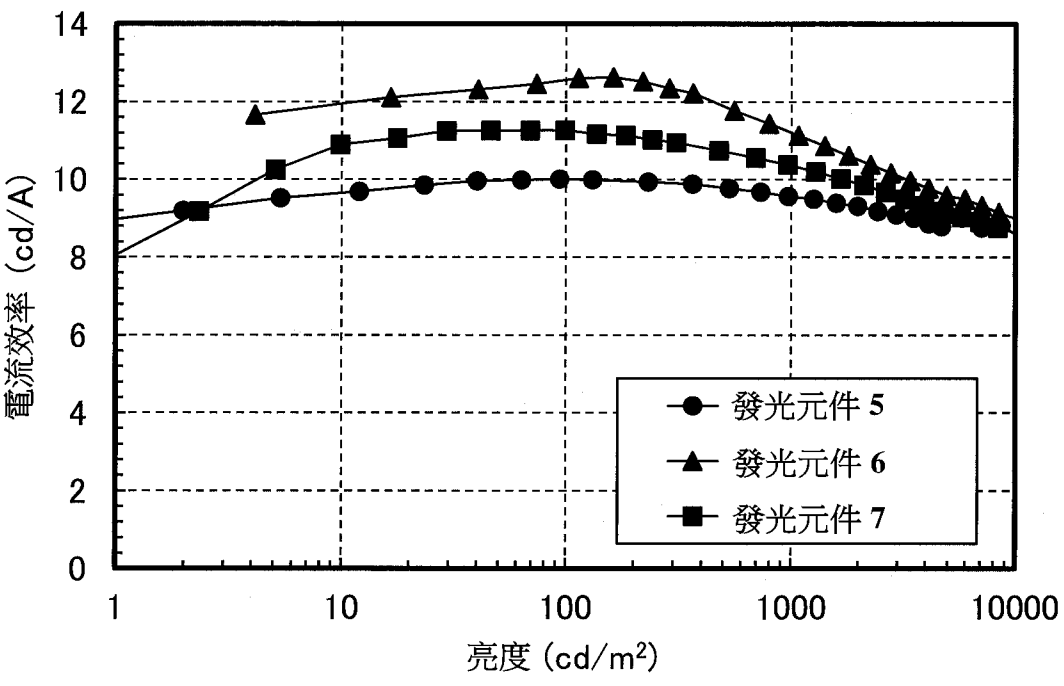
【圖 31】



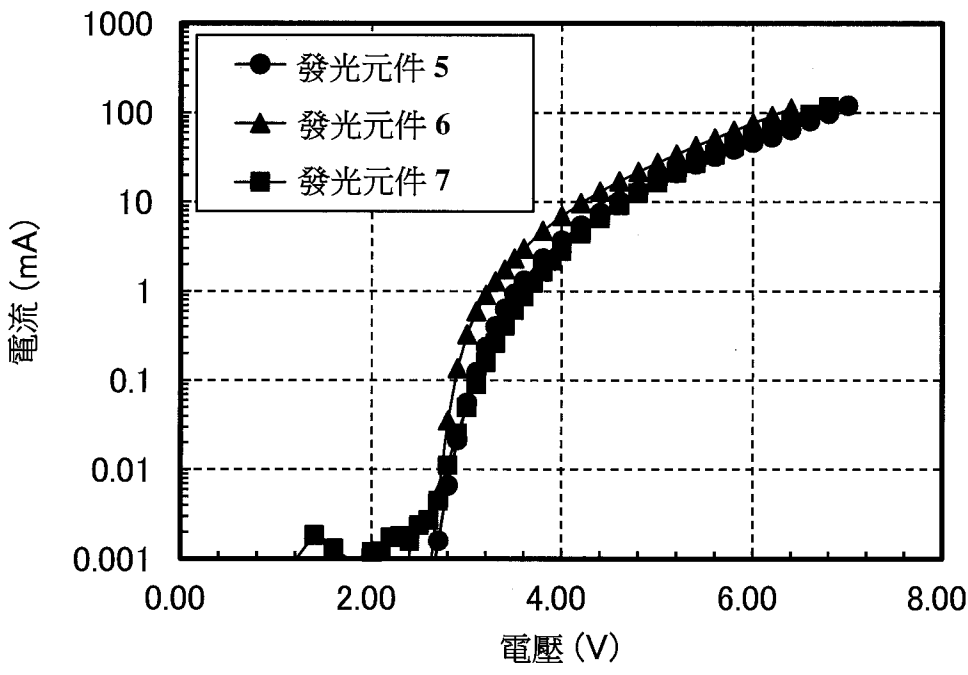
【圖 32】



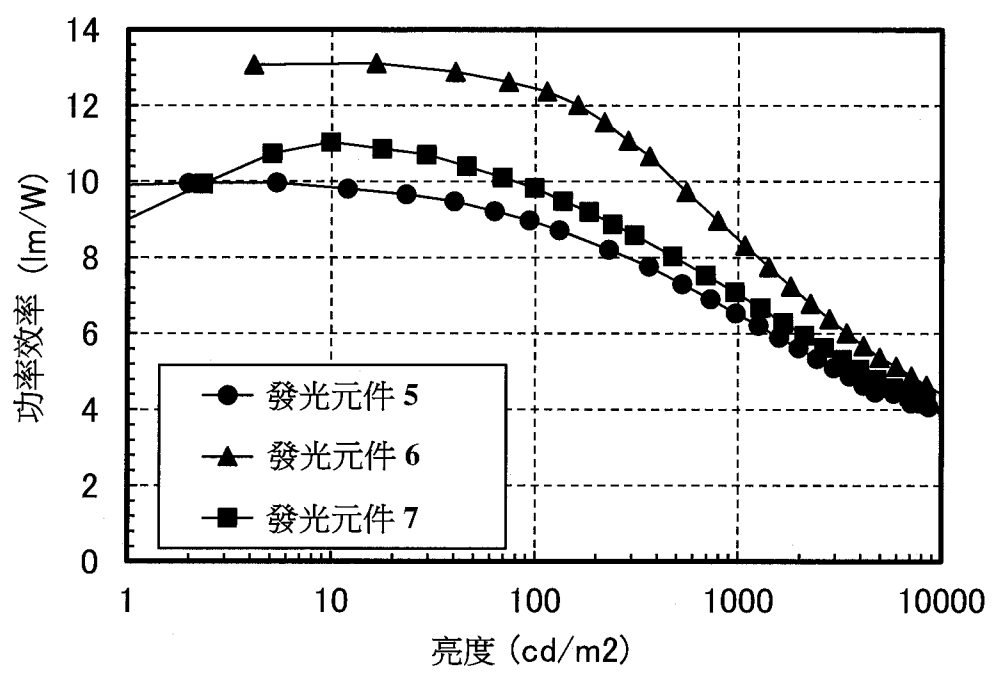
【圖 33】



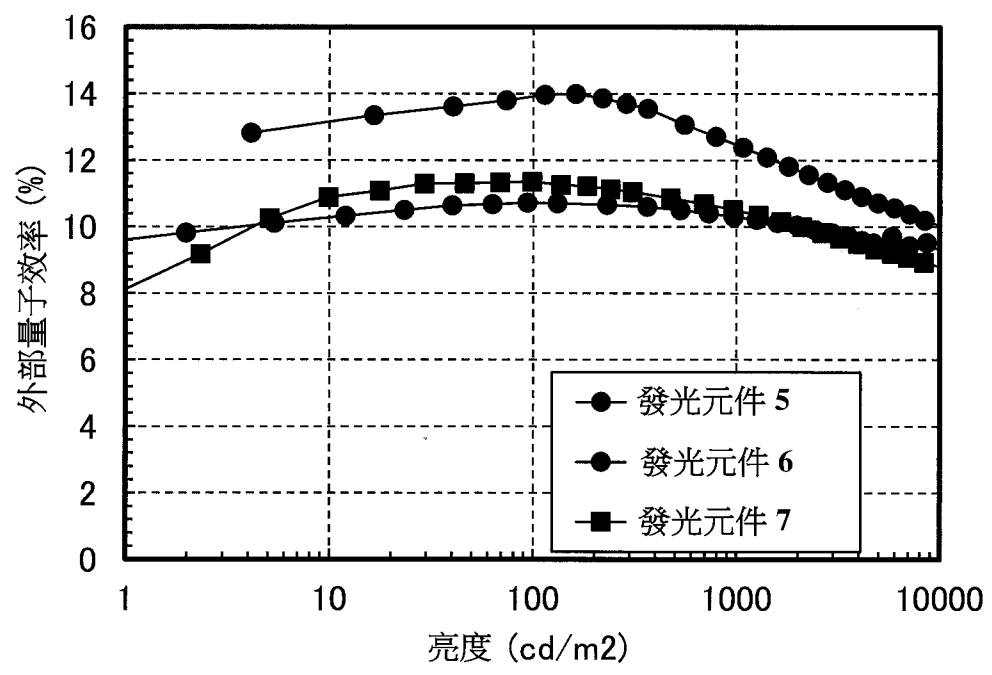
【圖 34】



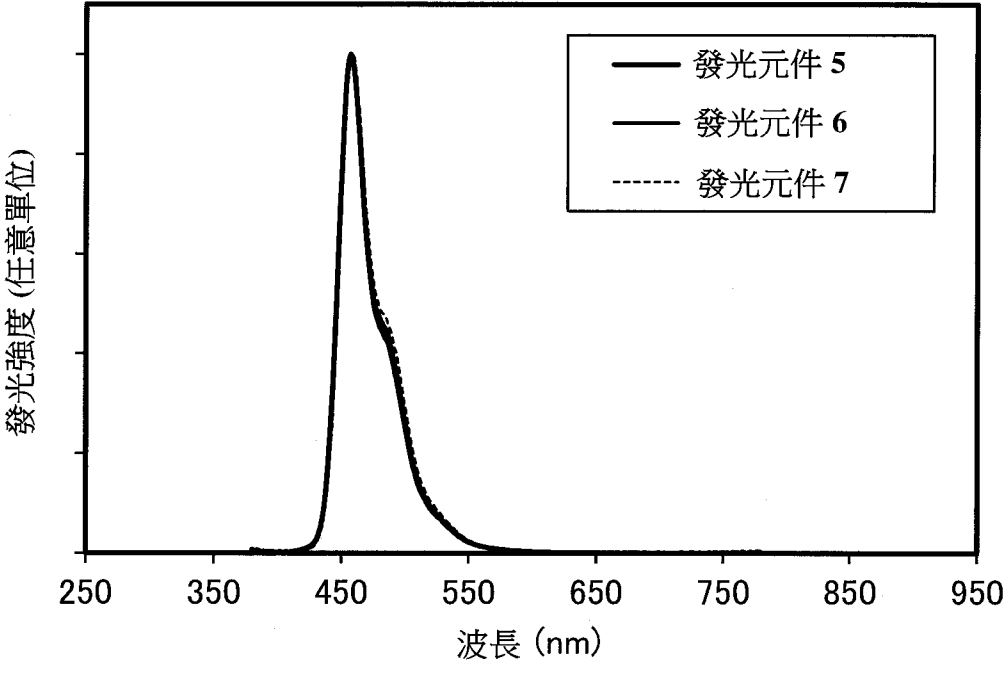
【圖 35】



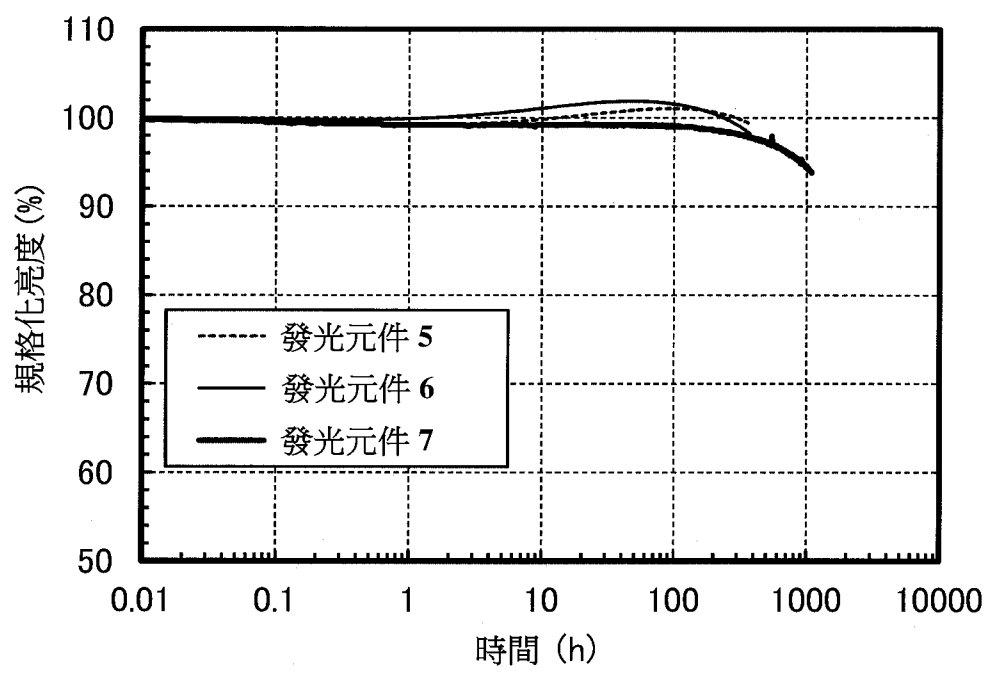
【圖 36】



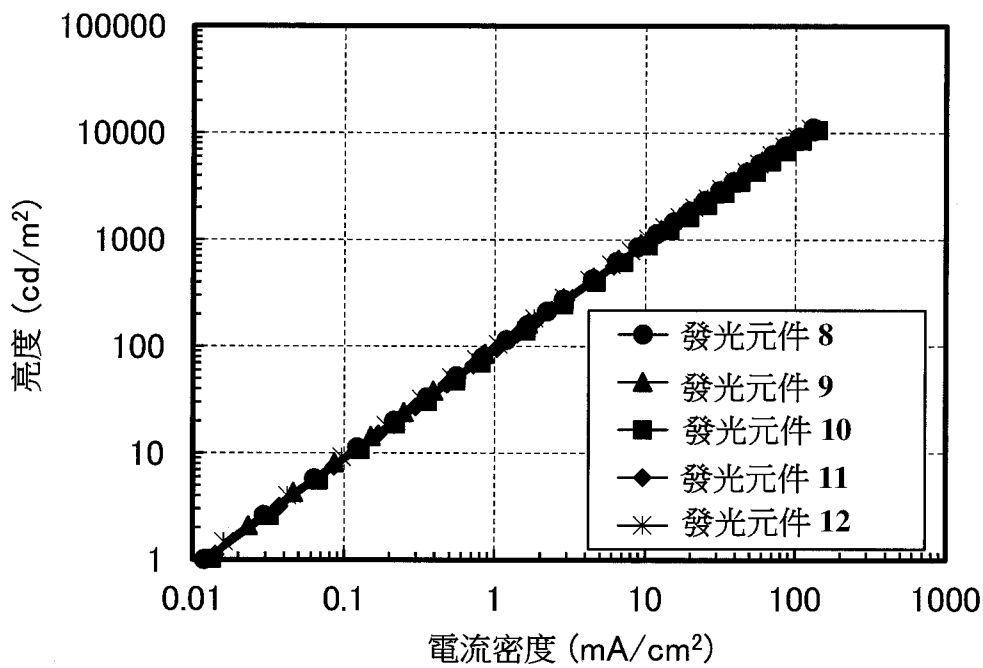
【圖 37】



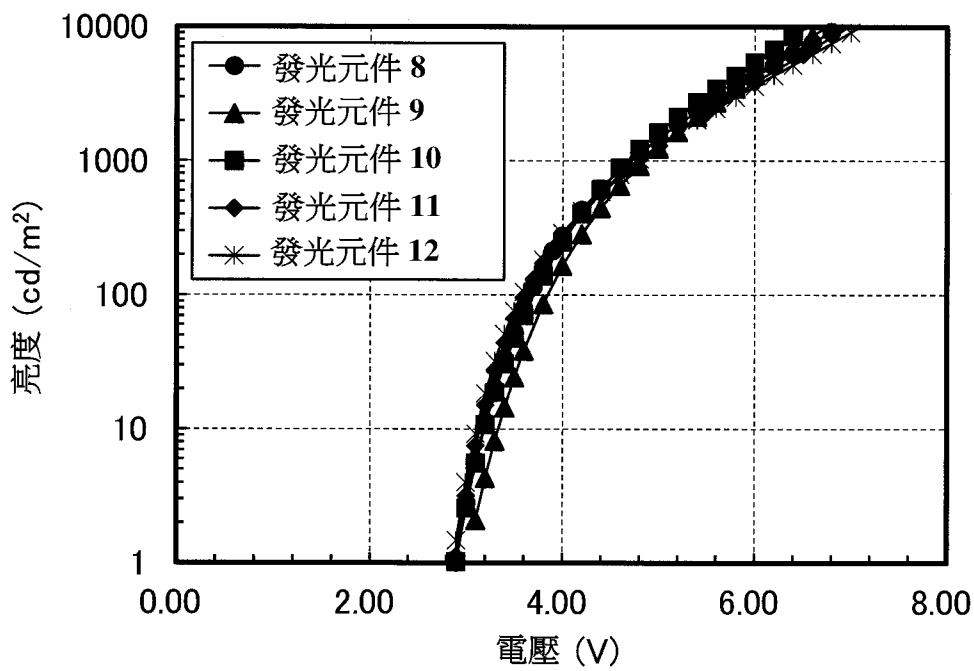
【圖 38】



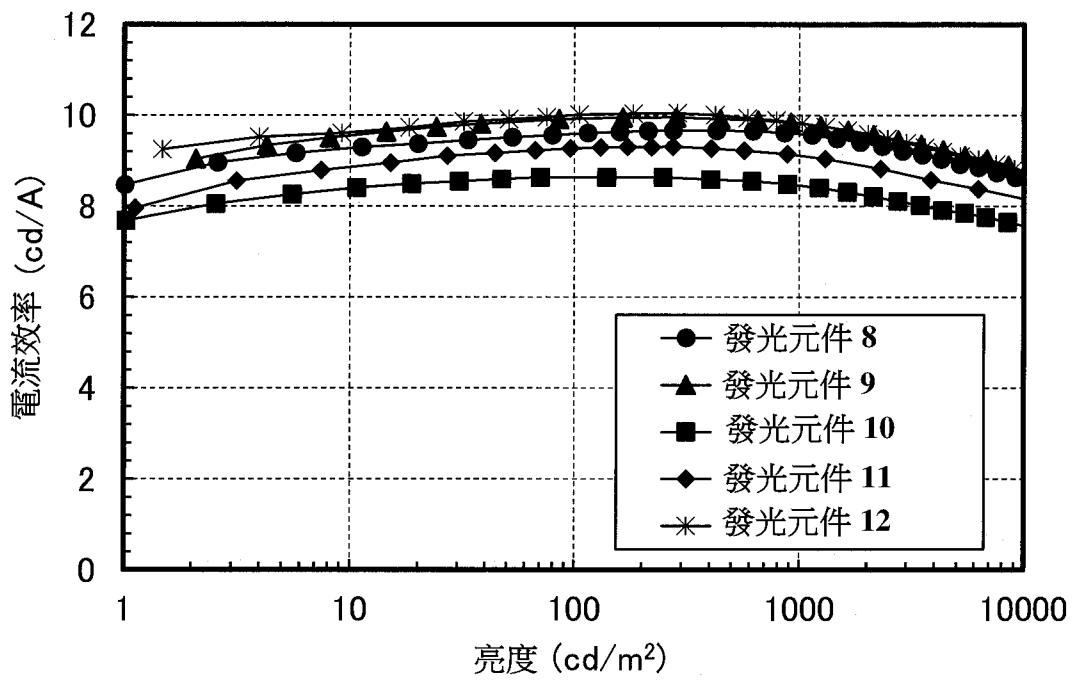
【圖 39】



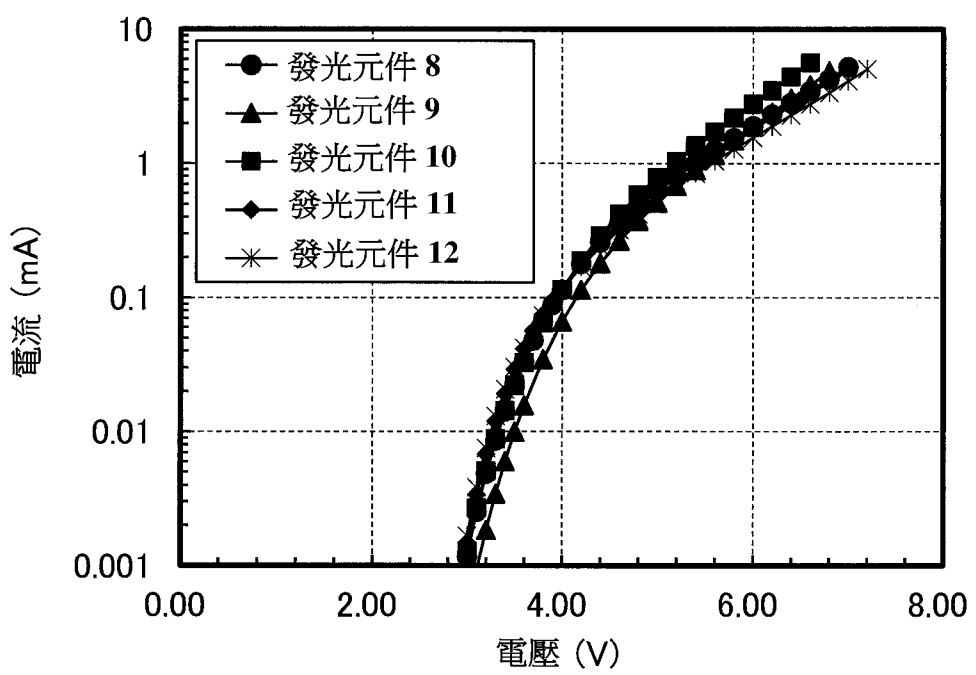
【圖 40】



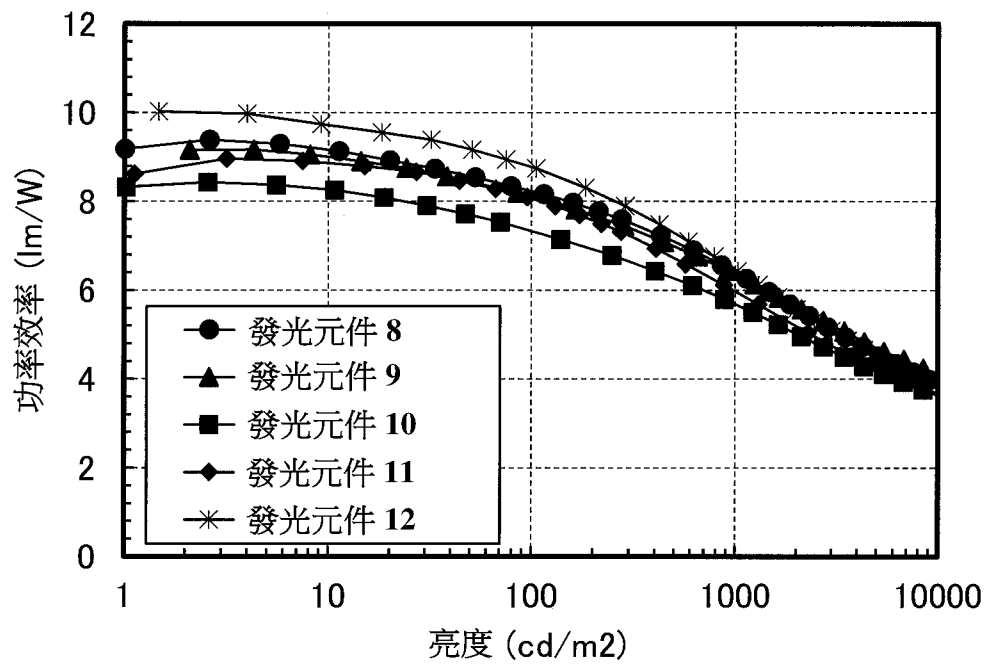
【圖 41】



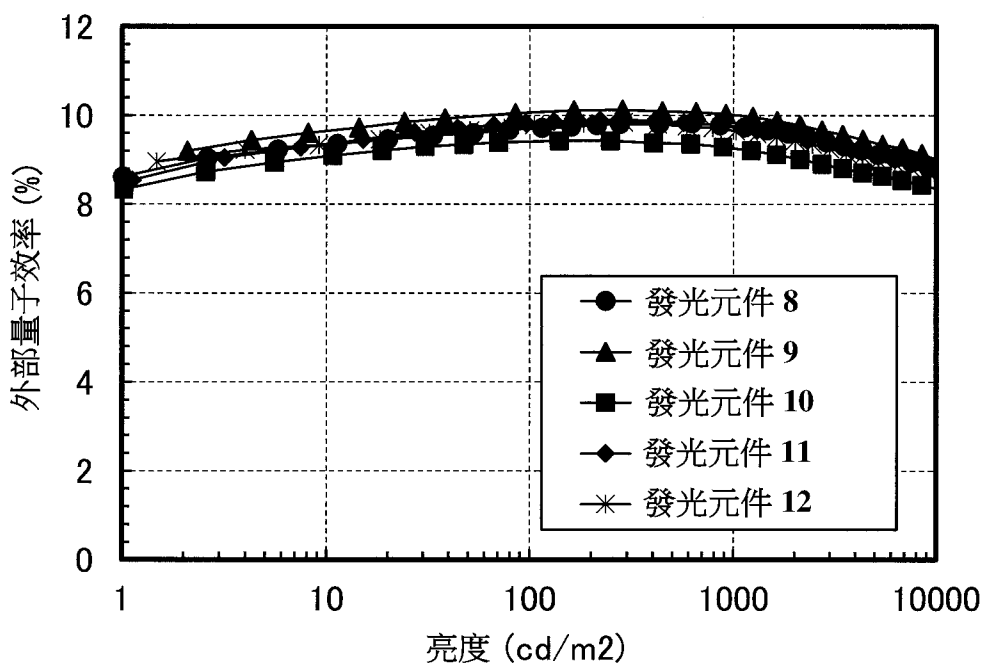
【圖 42】



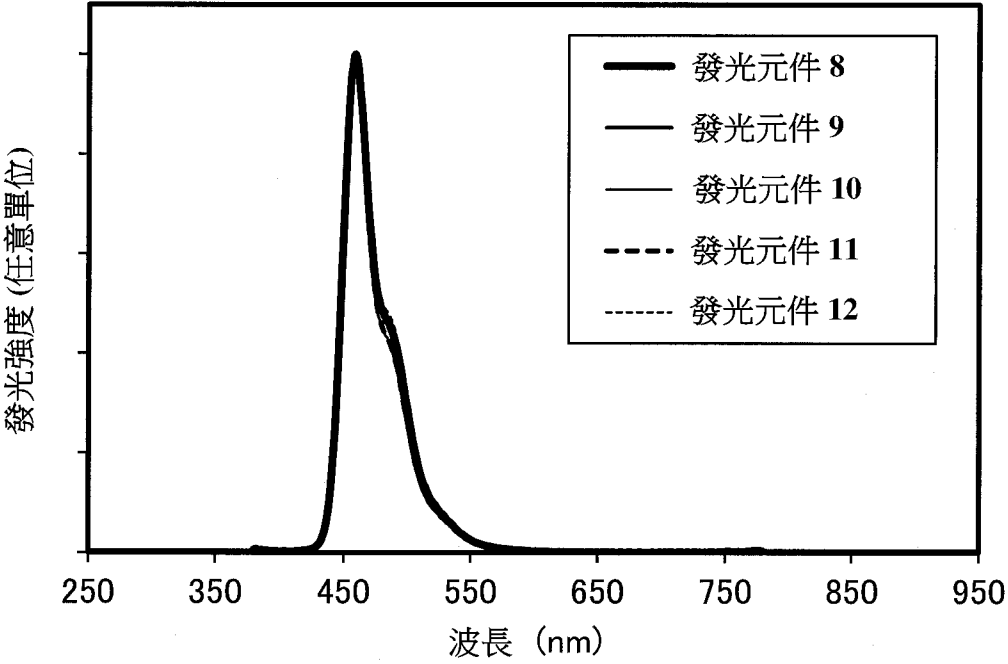
【圖 43】



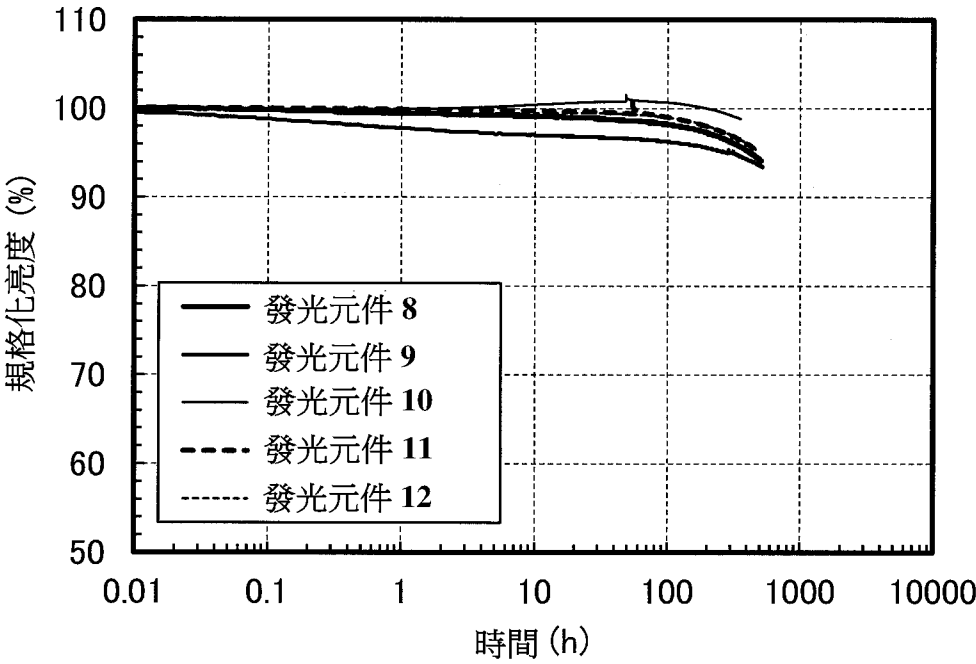
【圖 44】



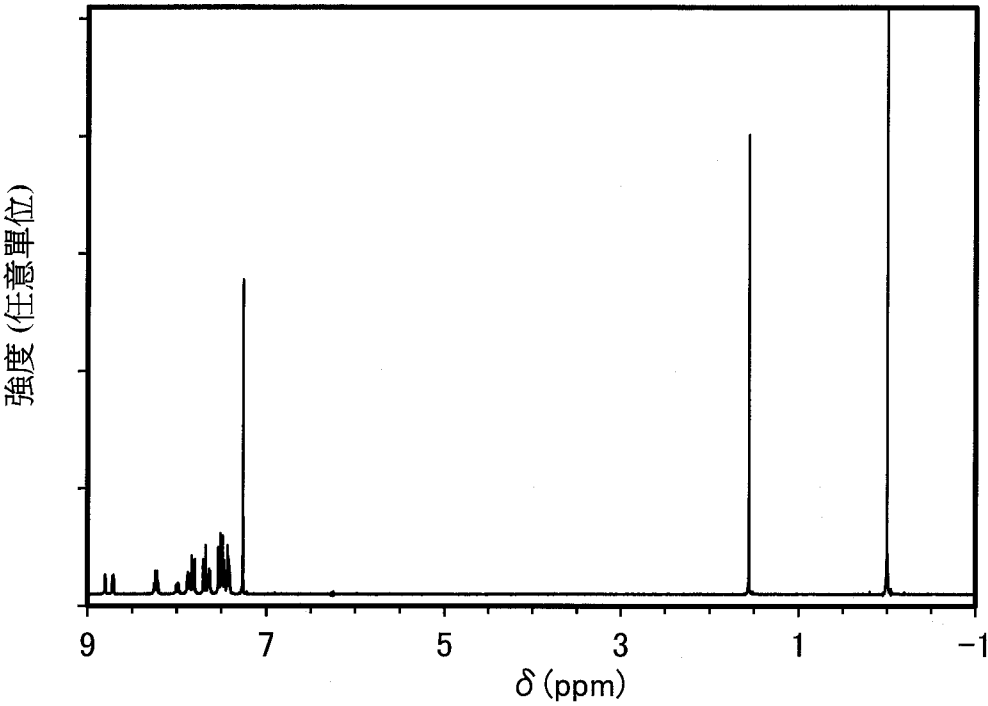
【圖 45】



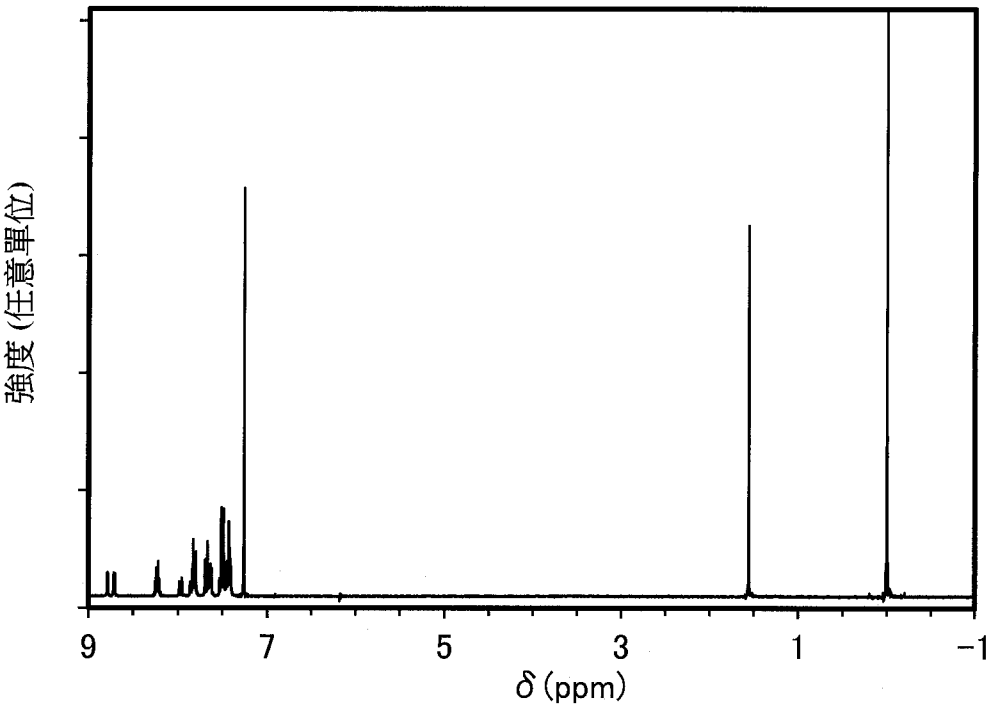
【圖 46】



【圖 47】



【圖 48】



【圖 49】