202446775

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202446775 A

(43)公開日： 中華民國 113 (2024) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：113104426 (22)申請日： 中華民國 107 (2018) 年 04 月 03 日

(51)Int. Cl.： *C07F1/10 (2006.01)* *H05B33/22 (2006.01)*
H10K50/00 (2023.01) *H10K59/00 (2023.01)*
G09F9/30 (2006.01)

(30)優先權：2017/04/07 日本 2017-077059
2017/04/07 日本 2017-077061
2017/06/09 日本 2017-114262

(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：大澤信晴 OHSAWA, NOBUHARU (JP) ；瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)

(74)代理人：林怡芳；童啓哲

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：111 共 307 頁

(54)名稱

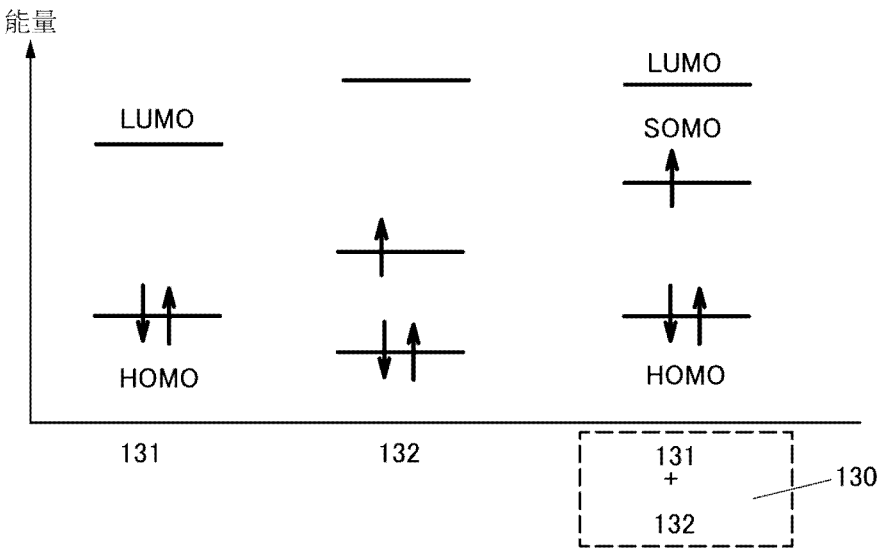
發光元件、顯示裝置、電子裝置以及照明設備

(57)摘要

本發明提供一種驅動電壓低且可靠性良好的發光元件。本發明是一種在陰極與發光層之間包括電子注入層的發光元件。該電子注入層是過渡金屬和具有非共用電子對的有機化合物的混合膜，且過渡金屬原子與該有機化合物形成 SOMO。

A reliable light-emitting element with low driving voltage is provided. The light-emitting element includes an electron-injection layer between a cathode and a light-emitting layer. The electron-injection layer is a mixed film of a transition metal and an organic compound having an unshared electron pair. An atom of the transition metal and the organic compound form SOMO.

指定代表圖：



符號簡單說明：

130:電子注入層

131:化合物

132:過渡金屬

【圖1C】

【發明摘要】

【中文發明名稱】　發光元件、顯示裝置、電子裝置以及照明設備

【英文發明名稱】　LIGHT-EMITTING ELEMENT, DISPLAY DEVICE, ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

【中文】

本發明提供一種驅動電壓低且可靠性良好的發光元件。本發明是一種在陰極與發光層之間包括電子注入層的發光元件。該電子注入層是過渡金屬和具有非共用電子對的有機化合物的混合膜，且過渡金屬原子與該有機化合物形成SOMO。

【英文】

A reliable light-emitting element with low driving voltage is provided. The light-emitting element includes an electron-injection layer between a cathode and a light-emitting layer. The electron-injection layer is a mixed film of a transition metal and an organic compound having an unshared electron pair. An atom of the transition metal and the organic compound form SOMO.

【指定代表圖】　圖1C

【代表圖之符號簡單說明】

130：電子注入層

131：化合物

132：過渡金屬

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】　發光元件、顯示裝置、電子裝置以及照明設備

【英文發明名稱】　LIGHT-EMITTING ELEMENT, DISPLAY DEVICE, ELECTRONIC DEVICE, AND LIGHTING DEVICE

【技術領域】

【0001】本發明的一個實施方式是一種新穎的包括電子注入層的發光元件。此外，本發明的一個實施方式是一種包括該發光元件的顯示裝置、電子裝置以及照明設備。

【0002】注意，本發明的一個實施方式不侷限於上述技術領域。本說明書等所公開的發明的一個實施方式的技術領域係關於一種物體、方法或製造方法。另外，本發明的一個實施方式係關於一種製程（process）、機器（machine）、產品（manufacture）或組合物（composition of matter）。因此，明確而言，作為本說明書所公開的本發明的一個實施方式的技術領域的例子可以舉出半導體裝置、顯示裝置、液晶顯示裝置、發光裝置、照明設備、蓄電裝置、記憶體裝置、這些裝置的驅動方法和這些裝置的製造方法。

【先前技術】

【0003】近年來，對利用電致發光（Electroluminescence：EL）的發光元件的研究開發日益火熱。這些發光元件的基本結構是在一對電極間夾有包含發光物質的層（EL層）的結構。藉由將電壓施加到該元件的電極間，可以獲得來自發光物質的發光。

【0004】由於上述發光元件是自發光型發光元件，所以使用該發光元件的顯示裝置具有良好的可見度、不需要背光源及功耗低等優點。而且，該顯示裝置還具有如下優點：能夠被製造得薄且輕；以及回應速度快等。

【0005】一般而言，在發光元件中，為了降低驅動電壓，在陰極與發光層之間設置電子注入層。為了減少與陰極之間的電子的注入能障，作為該電子注入層，使用以鋰（Li）或鈣（Ca）為代表的鹼金屬或鹼土金屬等功函數小的金屬或這些金屬的化合物（例如專利文獻1）。

【0006】在將上述發光元件用於發光裝置時，有如下兩個方法：在像素中的各子像素中設置能夠發射互不相同的顏色的光的EL層的方法（以下稱為分別塗佈方式）；以及在像素中的子像素中例如設置能夠發射白色光的共同的EL層，在各子像素中設置能夠使互不相同的顏色的光透過的濾色片的方法（以下稱為濾色片方式）。

【0007】作為濾色片方式的優點可以舉出：由於所有子像素共同使用EL層，所以與分別塗佈方式相比，EL層的材料的損耗少，且可以減少在形成EL層時需要的製程，由此可以以低成本及高生產率製造發光裝置。並且，在分別塗佈方式中，為了防止各子像素的EL層的材料互相混入，在各子像素之間需要餘地，而由於在濾色片方式中不需要該餘地，可以實現像素密度更高的高清晰的發光裝置。

【0008】上述發光元件根據包含在EL層中的發光物質的種類可以提供各種發光顏色。在將上述發光元件應用於照明設備時，需要能夠發射白色或近似白色的發光的高效率的發光元件。另外，在將上述發光元件應用於濾色片方式

的發光裝置時，需要發射色純度高的發光的高效率的發光元件。此外，對這些發光元件有低功耗化的要求。

【0009】 為了提高發光元件的發光效率，重要的是提高從發光裝置提取光的效率。為了提高發光元件的光提取效率，已提出了如下方法：採用利用一對電極間的光的諧振效應的光學微諧振腔（micro optical resonator）（微腔）結構而提高特定波長的光強度（例如，參照專利文獻2）。

【0010】 另外，作為發射白色光的發光元件，提出了在多個EL層之間設置電荷產生層的元件（也稱為串聯元件）。

【0011】 關於這種發光元件，為了提高其元件特性，正積極地進行元件結構的改進、材料的開發等。

【0012】

[專利文獻1] 日本專利申請公開第2001-102175號公報

[專利文獻2] 日本專利申請公開第2015-130319號公報

【發明內容】

【0013】 功函數小的金屬或這些金屬的化合物與氧或水的反應性高，而不容易處理。此外，在將該金屬或化合物用於發光元件時受到氧或水的影響，有時會發生發光元件的發光效率的下降、驅動電壓的上升或可靠性的降低等。因此，需要開發一種不容易受氧或水的影響且與陰極的電子的注入能障小的電子注入層。

【0014】 與疊層元件的電荷產生層相鄰的電子注入層需要具有高電子注入性。因此，該電子注入層使用鋰及銫等鹼金屬或這些金屬的化合物、鈣等鹼

土金屬或這些金屬的化合物。但是，在將該金屬及該化合物用於電子注入層時，有時該金屬擴散到電子傳輸層中，而成為發生串擾的原因。

【0015】鑒於上述問題，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。本發明的一個實施方式的目的是提供一種抗濕性高的發光元件。本發明的一個實施方式的目的是提供一種抗氧化性高的發光元件。本發明的一個實施方式的目的是提供一種功耗得到降低的發光元件。本發明的一個實施方式的目的是提供一種可靠性高的發光元件。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。本發明的一個實施方式的目的是提供一種新穎的半導體裝置。本發明的一個實施方式的目的是提供一種串擾的發生被抑制的發光元件。本發明的一個實施方式的目的是提供一種發射色純度高的光的發光元件。

【0016】本發明的一個實施方式的目的是提供一種使用上述發光元件的具有高抗濕性的電子裝置及照明設備。本發明的一個實施方式的目的是提供一種使用上述發光元件的功耗得到降低的發光裝置。本發明的一個實施方式的目的是提供一種使用上述發光元件的使用壽命長的發光裝置。

【0017】注意，上述目的的記載不妨礙其他目的的存在。本發明的一個實施方式並不一定需要實現所有上述目的。此外，可以從說明書等的記載得知並衍生上述目的以外的目的。

【0018】本發明的一個實施方式是一種發光元件，其中，在陽極與陰極之間包括發光層，在發光層與陰極之間包括第一層，第一層包含具有非共用電子對的第一有機化合物及過渡金屬，第一有機化合物與過渡金屬形成SOMO（單佔據分子軌域：Single Occupied Molecular Orbital）。

【0019】本發明的其他實施方式是一種發光元件，其中，在陽極與陰極之間包括第一發光單元及第二發光單元，在第一發光單元與第二發光單元之間包括第一層，第一層包含第一有機化合物及過渡金屬，第一有機化合物具有非共用電子對，並且，第一有機化合物與過渡金屬形成SOMO。

【0020】本發明的其他實施方式是一種發光元件，其中，在陽極與陰極之間包括第一發光單元及第二發光單元，在第一發光單元與第二發光單元之間包括第一層及電荷產生層，第一層與電荷產生層彼此接觸，第一層包含第一有機化合物及第一過渡金屬，第一有機化合物具有非共用電子對，並且，第一有機化合物與第一過渡金屬形成SOMO。

【0021】在上述結構中第一有機化合物較佳為具有缺電子型芳雜環。此外，更佳的是，第一有機化合物具有吡啶環、二嗪環和三嗪環中的至少一個。

【0022】在上述結構中，構成第一有機化合物的碳原子數較佳為25以上且100以下。

【0023】在上述結構中，第一有機化合物較佳為不包含1，10-啡啉骨架。

【0024】在上述結構中，較佳為第一有機化合物所具有的LUMO（最低空分子軌域：Lowest Unoccupied Molecular Orbital）能階為-3.6eV以上且-2.3eV以下。

【0025】在上述結構中，過渡金屬較佳為屬於週期表中的第5族、第7族、第9族和第11族中的任一個。更佳的是，過渡金屬屬於週期表中的第11族。進一步較佳的是，過渡金屬是Ag。

【0026】在上述結構中，較佳的是，在陰極與第一層之間還包括第二層，並且第二層包含具有缺電子型芳雜環的第二有機化合物。

【0027】在上述結構中，第二有機化合物所具有的LUMO能階較佳為比SOMO能階低。

【0028】在上述結構中，發光元件較佳為不包括鹼金屬及鹼土金屬。

【0029】在上述結構中，較佳的是，在第一層中金屬與第一有機化合物的莫耳比為0.2以上且0.8以下。

【0030】在上述結構中，陰極較佳為包含與第一層的金屬相同的物質。另外，發光層較佳為包含第一有機化合物。

【0031】本發明的其他實施方式是一種電子裝置，包括：上述各結構的顯示裝置；以及外殼和觸控感測器中的至少一個。本發明的其他實施方式是一種照明設備，包括：上述各結構的發光元件；以及外殼和觸控感測器中的至少一個。另外，本發明的一個實施方式在其範疇內不僅包括具有發光元件的發光裝置，還包括具有發光裝置的電器設備。因此，本說明書中的發光裝置是指影像顯示裝置或光源（包括照明設備）。另外，如下顯示模組也是本發明的一個實施方式：在發光元件中安裝有連接器諸如FPC（Flexible Printed Circuit：撓性電路板）或TCP（Tape Carrier Package：捲帶式封裝）的顯示模組；在TCP的端部設置有印刷線路板的顯示模組；或者IC（積體電路）藉由COG（Chip On Glass：玻璃上晶片）方式直接安裝在發光元件上的顯示模組。

【0032】根據本發明的一個實施方式，可以提供一種驅動電壓低的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種抗濕性高的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種抗氧化性高的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種功耗得到降低的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種可靠性高的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以

提供一種新穎的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種新穎的半導體裝置。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種串擾的發生被抑制的發光元件。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種發射色純度高的光的發光元件。

【0033】 根據本發明的一個實施方式，可以提供一種使用上述發光元件的具有高抗濕性的電子裝置及照明設備。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種適用上述發光元件的功耗得到降低的發光裝置。根據本發明的一個實施方式，可以提供一種使用上述發光元件的使用壽命長的發光裝置。

【0034】 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，可以從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載得知並衍生上述效果以外的效果。

【圖式簡單說明】

【0035】

在圖式中：

圖1A至圖1C是說明本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖及電子注入層的能階相關的圖；

圖2A及圖2B是說明本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖3A及圖3B是說明本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖4A及圖4B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的俯視圖及剖面示意圖；

圖5A及圖5B是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的剖面示意圖；

圖6是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的剖面示意圖；

圖7A至圖7G是示出電晶體的一個例子的剖面圖；

圖8A至圖8D是說明本發明的一個實施方式的電子裝置的圖；

圖9A至圖9E是說明本發明的一個實施方式的顯示裝置的立體圖；

圖10A至圖10C是說明本發明的一個實施方式的照明設備的圖；

圖11是說明本發明的一個實施方式的照明設備的圖；

圖12是說明實施例中的發光元件的剖面示意圖；

圖13是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖14是說明實施例中的發光元件的電流密度-電壓特性的圖；

圖15是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖16是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖17是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖18是說明實施例中的薄膜的吸收光譜的圖；

圖19是說明實施例中的薄膜的吸收光譜的圖；

圖20是說明實施例中的薄膜的吸收光譜的圖；

圖21是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖22是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖23是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖24是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖25是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖26是說明實施例中的薄膜的吸收光譜的圖；

圖27是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖28是說明實施例中的發光元件的電流密度-電壓特性的圖；

圖29是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖30是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖31是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖32是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖33是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖34是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖35是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖36是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖37是說明實施例中的發光元件的剖面示意圖；

圖38是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖39是說明實施例中的發光元件的電流密度-電壓特性的圖；

圖40是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖41是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖42是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖43是說明實施例中的發光元件的驅動壽命測試結果的圖；

圖44是說明實施例中的發光元件的驅動壽命測試結果的圖；

圖45是說明實施例中的發光元件的驅動壽命測試結果的圖；

圖46是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖47是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖48是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖49A及圖49B是說明本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖50A及圖50B是說明本發明的一個實施方式的發光元件的剖面示意圖；

圖51是說明實施例中的發光元件的剖面示意圖；

圖52A及圖52B是實施例中的發光元件的放大照片；

圖53是說明實施例中的亮度-相鄰像素的距離的關係的圖；

圖54是說明實施例中的發光元件的剖面示意圖；

圖55是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖56是說明實施例中的發光元件的電流密度-電壓特性的圖；

圖57是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖58是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖59是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖60是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖61是說明實施例中的發光元件的電流密度-電壓特性的圖；

圖62是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖63是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖64是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖65是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖66是說明實施例中的發光元件的電流密度-電壓特性的圖；

圖67是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖68是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖69是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖70是說明實施例中的發光元件的剖面示意圖；

圖71是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖72是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖73是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖74是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖75是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖76是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖77是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖78是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖79是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖80是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖81是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖82是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖83是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖84是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖85是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖86是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖87是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖88A及圖88B是說明實施例中的有機化合物的LUMO能階與恆溫恆濕保存測試後的發光面積比的關係的圖；

圖89是說明實施例中的發光元件的剖面示意圖；

圖90是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖91是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖92是說明實施例中的發光元件的電力效率-亮度特性的圖；

圖93是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖94是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖95是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖96是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖97是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖98是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖99是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖100是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖101是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖；

圖102是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖103是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖104是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖105是說明實施例中的發光元件的電致發射光譜的圖；

圖106是說明實施例中的發光元件的驅動壽命測試結果的圖；

圖107是說明實施例中的ESR（Electron Spin Resonance：電子自旋共振）測定結果的圖；

圖108是說明實施例中的發光元件的電流效率-亮度特性的圖；

圖109是說明實施例中的發光元件的電流-電壓特性的圖；

圖110是說明實施例中的發光元件的外部量子效率-亮度特性的圖；

圖111是說明實施例中的發光元件的電場發射光譜的圖。

【實施方式】

【0036】 以下，參照圖式詳細地說明本發明的實施方式。注意，本發明不侷限於以下說明，其方式及詳細內容在不脫離本發明的精神及其範圍的情況下可以被變換為各種各樣的形式。因此，本發明不應該被解釋為僅侷限在以下所示的實施方式所記載的內容中。

【0037】 另外，為了便於理解，有時在圖式等中示出的各結構的位置、大小及範圍等並不表示其實際的位置、大小及範圍等。因此，所公開的發明不一定侷限於圖式等所公開的位置、大小及範圍等。

【0038】 此外，在本說明書等中，為了方便起見，附加了第一、第二等序數詞，而其有時並不表示製程順序或疊層順序。因此，例如可以將“第一”適當地

替換為“第二”或“第三”等來進行說明。此外，本說明書等所記載的序數詞與用於指定本發明的一個實施方式的序數詞有時不一致。

【0039】 注意，在本說明書等中，當利用圖式說明發明的結構時，在不同的圖式中共同使用表示相同的部分的符號。

【0040】 外，在本說明書等中，可以將“膜”和“層”相互調換。例如，有時可以將“導電層”變換為“導電膜”。此外，例如，有時可以將“絕緣膜”變換為“絕緣層”。

【0041】

實施方式1

在本實施方式中，參照圖1A至圖1C說明本發明的一個實施方式的發光元件。

【0042】

<發光元件的結構實例1>

圖1A是本發明的一個實施方式的發光元件150的剖面示意圖。

【0043】 發光元件150包括一對電極（電極101及電極102）以及該一對電極間的EL層100。EL層100至少包括發光層140及電子注入層130。

【0044】 此外，圖1A所示的EL層100除了發光層140及電子注入層130以外還包括電洞注入層111、電洞傳輸層112及電子傳輸層118等功能層。

【0045】 注意，雖然在本實施方式中以一對電極中的電極101為陽極且以電極102為陰極來進行說明，但是發光元件150的結構並不侷限於此。也就是說，也可以將電極101用作陰極且將電極102用作陽極，倒序地層疊該電極間的各

層。換言之，從陽極一側依次層疊電洞注入層111、電洞傳輸層112、發光層140、電子傳輸層118及電子注入層130即可。

【0046】 EL層100的結構不侷限於圖1A所示的結構，其至少包括發光層140及電子注入層130，可以包括電洞注入層111、電洞傳輸層112及電子傳輸層118也可以不包括這些層。

【0047】 在一對電極間的EL層中，根據其功能形成各層即可，不侷限於上述層。就是說，一對電極間的EL層也可以包括具有如下功能的層：減少電洞或電子的注入能障；提高電洞或電子的傳輸性；阻礙電洞或電子的傳輸性；或者抑制因電極導致的淬滅現象等。

【0048】 發光層140較佳為包括主體材料及客體材料（發光材料）。

【0049】 作為主體材料，較佳為使用具有傳輸電洞的功能（電洞傳輸性）的材料（電洞傳輸性材料）和具有傳輸電子的功能（電子傳輸性）的材料（電子傳輸性材料）中的一者或兩者，也可以使用具有電洞傳輸性及電子傳輸性的材料。

【0050】 當主體材料是電子傳輸性材料與電洞傳輸性材料的組合時，能夠藉由調整其混合比而容易地控制載子平衡。明確而言，較佳為電子傳輸性材料與電洞傳輸性材料的重量比為1：9至9：1。另外，藉由採用該結構，可以容易地控制載子平衡，由此也可以容易地對載子再結合區域進行控制。

【0051】 作為客體材料，使用發光化合物即可，作為該發光化合物，較佳為使用能夠發射螢光的物質（下面，螢光性化合物）或者能夠發射磷光的物質（下面，也稱為磷光性化合物）。

【0052】 為了降低發光元件的驅動電壓，需要減小發光層140與電極102間的電子注入能障。因此，較佳為在發光層140與電極102之間設置電子注入層130。在習知的發光元件中，電子注入層130使用功函數小的具有鹼金屬或鹼土金屬的金屬材料。但是，由於功函數小的金屬材料與氧及水的反應性高，所以在用於發光元件時，成為發光效率的降低、驅動電壓的上升、元件壽命的降低、收縮（發光部端部的非發光區域）的發生等的原因，有時導致發光元件的特性降低或可靠性的降低。換言之，功函數小的金屬材料成為元件劣化的原因。因此，為了抑制發光元件的特性降低或可靠性的降低，發光元件較佳為不具有鹼金屬及鹼土金屬。

【0053】 另一方面，雖然功函數大的金屬與氧及水的反應性低，但是當將功函數大的金屬用於電子注入層130時，由於電子注入層130與電極102之間形成電子注入能障，所以有發光元件的驅動電壓的上升及發光效率的降低等的問題。

【0054】 這裡，本發明人發現藉由使具有非共用電子對的化合物與過渡金屬相互作用形成SOMO並將形成該SOMO的組合的化合物及過渡金屬的複合材料用於電子注入層，可以降低電子注入層與陰極的電子注入能障，並可以得到抗濕性高的發光元件。

【0055】 為了使具有非共用電子對的化合物與過渡金屬相互作用形成SOMO，該化合物及過渡金屬的電子數的總和較佳為奇數。因此，當該化合物的電子數為偶數時，過渡金屬較佳為週期表中的奇數的族。此外，當該化合物的電子數為奇數時，過渡金屬較佳為週期表中的偶數的族。

【0056】作為具有非共用電子對的化合物，較佳為使用具有傳輸電子的功能的有機化合物。此外，較佳為使用能夠用作該過渡金屬的電子受體的有機化合物。

【0057】因此，本發明的一個實施方式的發光元件是將具有非共用電子對的有機化合物與過渡金屬的複合材料用於電子注入層的發光元件。

【0058】由於過渡金屬與水及氧的反應性低，所以當將其用於發光元件時，使用功函數小的金屬時因水及氧導致的元件劣化的擔憂較少。由此，本發明的一個實施方式可以提供抗濕性及抗氧化性優異的發光元件。

【0059】圖1B示出本發明的一個實施方式的發光元件中的電子注入層130的示意圖。電子注入層130包括具有非共用電子對的化合物131及過渡金屬132。

【0060】圖1C示出本發明的一個實施方式的發光元件中的電子注入層130的能量圖。當混合過渡金屬132和化合物131時，化合物131與過渡金屬132的原子相互作用，由此形成SOMO。此時，化合物131與過渡金屬132的原子相互作用形成的HOMO（Highest Occupied Molecular Orbital：最高佔據分子軌域）能階較佳為與原來的化合物131所具有的HOMO能階相同。當作為化合物131使用具有傳輸電子的功能的有機化合物時，化合物131所具有的HOMO能階低，不容易向化合物131注入電洞。因此，當化合物131與過渡金屬132的原子相互作用形成的HOMO能階與原來的化合物131所具有的HOMO能階相等時，電子注入層130與電極102之間的電洞注入能障變大，電洞不容易從電子注入層130傳到電極102而能夠提高發光元件中的載子平衡，所以是較佳的。注意，在本說明書等中，HOMO是指被電子佔據的能量最高的分子軌域。

【0061】 由於SOMO是只有一個電子的軌域，所以在對發光元件150施加電壓時，SOMO中的電子成為發光元件中的載子，並被傳輸到電子傳輸層118及發光層140。此外，能夠使電子容易地從電極102注入到電子注入層130。換言之，由於電子注入層130具有形成SOMO的組合的材料，能夠使電子容易地從電極102注入到EL層100中。此外，SOMO能階較佳為比化合物131所具有的LUMO能階低。因此，化合物131的LUMO能階較佳為較高。明確而言，化合物131的LUMO能階較佳為-3.6eV以上且-2.3eV以下。當將具有這種LUMO能階的有機化合物和過渡金屬混合時，藉由相互作用形成的SOMO能階成為適合於電子注入的能階，由此可以降低電子注入層130與電極102間的電子注入能障。

【0062】 有機化合物的HOMO能階及LUMO能階通常利用CV（循環伏安法）、光電子能譜法（photoelectron spectroscopy）、吸收光譜法（optical absorption spectroscopy）、逆光電子能譜法等估算。當對不同化合物間的值進行比較時，較佳為使用藉由相同的測定估算出的值進行比較。

【0063】 這裡上述過渡金屬較佳為屬於第5族、第7族、第9族、第11族中的任一種。在這些奇數族的過渡金屬中，在最外層的軌域中具有一個電子（不成對電子）的金屬容易與化合物131形成SOMO，所以是尤其較佳的。

【0064】

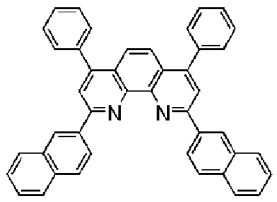
<藉由量子化學計算估算過渡金屬132與化合物131的相互作用的SOMO能階>

這裡，為了使化合物131與過渡金屬132形成SOMO，需要使化合物131與過渡金屬132相互作用。於是，藉由量子化學計算估算有機化合物與各種過渡金屬原子相互作用時的穩定能及有機化合物與過渡金屬原子相互作用時形成的

SOMO能階。表1示出其結果。此外，作為具有非共用電子對的有機化合物，使用下述2,9-雙（萘-2-基）-4,7-二苯基-1,10-啡啉（簡稱：NBPhen）。

【0065】

[化1]



NBPhen

【0066】

[表 1]

	穩定化能量（eV）	HOMO（eV）	SOMO（eV）	LUMO（eV）
NBPhen	-	-5.74	-	-2.04
NBPhen + Cu	-2.28	-5.04	-3.04	-1.99
NBPhen + Ag	-0.23	-5.85	-3.26	-2.07
NBPhen +Au	-0.23	-5.85	-4.41	-2.67
NBPhen + Co	-2.47	-5.25	-3.10	-2.09
NBPhen + Mn	-2.70	-5.43	-3.31	-1.98
NBPhen + Li	-2.31	-5.50	-2.96	-1.91

【0067】作為量子化學計算程式，使用Gaussian09。使用高性能電腦（SGI株式會社製造，ICE X）進行計算。首先，利用密度泛函理論（DFT）計算出有機化合物的基態、過渡金屬的基態以及有機化合物與過渡金屬的複合材料的基態下的最穩定結構。作為基底函數使用6-311G（d，p）及LanL2DZ。作為泛函數使用B3LYP。接著，從有機化合物與過渡金屬的複合材料的總能量中減去有機化合物的總能量與過渡金屬的總能量的總和算出穩定能。換言之，（穩定能）

=（有機化合物與過渡金屬的複合材料的總能量）-（有機化合物的總能量）-（過渡金屬的總能量）。以勢能、電子間靜電能、電子的運動能、包括所有的複雜的電子間的相互作用的交換相關能的總和表示DFT的所有的能量。在DFT中，由於使用以電子密度表示的單電子勢的泛函（函數的函數之意）來近似交換相關作用，所以計算精度高。

【0068】 從表1可知，在作為上述複合材料的過渡金屬，使用第7族的過渡金屬的錳（Mn）、第9族的過渡金屬的鈷（Co）、第11族的過渡金屬的銅（Cu）、銀（Ag）、金（Au）時，穩定能為負值。這表示在將具有非共用電子對的有機化合物（此時NBPhen）與過渡金屬混合時，有機化合物與過渡金屬原子相互作用的情況與不發生相互作用的情況相比能量上更穩定。換言之，從表1可知，在將過渡金屬與具有非共用電子對的有機化合物混合時，該有機化合物與過渡金屬相互作用而該有機化合物與過渡金屬穩定。此外，表1及後面說明的表2中的HOMO及LUMO的能階藉由計算算出，有時該計算值與實測值不同。

【0069】 藉由該有機化合物與過渡金屬相互作用形成SOMO。該SOMO是來源於金屬所具有的不成對電子的軌域，也分佈於有機化合物的軌域上。由此，可知過渡金屬的電子軌域與有機化合物的電子軌域相互作用。此外，表1示出該SOMO能階。在作為電子注入層130使用化合物131與過渡金屬132的複合材料時，SOMO能階越高越有利於電子注入性，所以是較佳的。因此，在本發明的一個實施方式中作為與化合物131相互作用的過渡金屬132，尤其較佳為使用與被廣泛地用作用於電子注入層的材料的Li具有相等的SOMO能階的Cu、Ag、Co、Mn。

【0070】 藉由化合物131與過渡金屬132相互作用形成SOMO，在電子注入層130中形成不成對電子。因此，可以利用電子自旋共振法（ESR）觀察到SOMO的形成。此外，為了良好地使電子從電極102注入到發光層140中，起因於SOMO的自旋密度較佳為1×10^{16}spins/cm^{3}以上，更佳為5×10^{16}spins/cm^{3}以上，進一步較佳為1×10^{17}spins/cm^{3}以上。

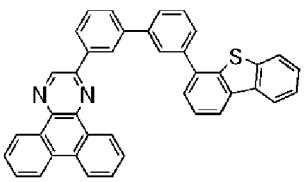
【0071】 另一方面，在考慮發光元件的製程時，一般而言，發光元件的EL層，尤其是電子注入層及陰極藉由真空蒸鍍法形成。此時，作為材料，較佳為使用能夠簡單地進行真空蒸鍍的材料，亦即熔點低的材料。這裡，第11族元素的熔點比第7族或第9族元素低，因此第11族元素適合用於真空蒸鍍。此外，尤其較佳為第11族元素中熔點特別低的Ag。此外，藉由使用真空蒸鍍法，可以簡單地將過渡金屬原子和有機化合物混合，所以是較佳的。

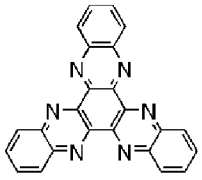
【0072】 Ag及Cu也可以被用作陰極材料。藉由作為電子注入層130及電極102使用相同的材料，可以簡單地製造發光元件，所以是較佳的。此外，藉由作為電子注入層130及電極102使用相同的材料，可以提高電子注入層130與電極102的密接性，因此可以提高發光元件的可靠性。此外，可以降低發光元件的製造成本。

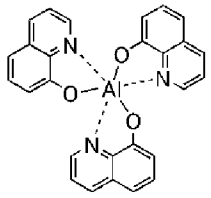
【0073】 接著，藉由量子化學計算估算出在當過渡金屬132使用Ag時作為化合物131使用具有非共用電子對的各種有機化合物的情況下，化合物131與Ag原子相互作用時的穩定能及SOMO能階。表2示出其結果。此外，以下示出所使用的有機化合物及其簡稱。另外，量子化學計算的計算方法與表1的計算方法相同。

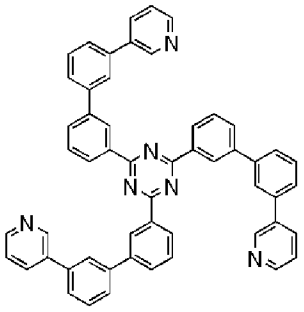
【0074】

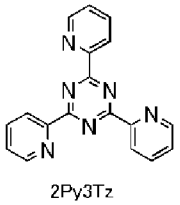
[化2]

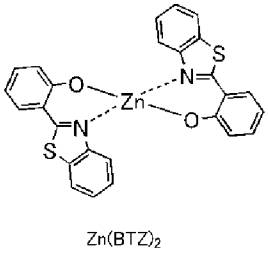












【0075】

[表 2]

	穩定化能量（eV）	HOMO（eV）	SOMO（eV）	LUMO（eV）
2mDBTBPDBq-II	-	-5.96	-	-2.10
2mDBTBPDBq-II + Ag	-0.08	-5.98	-4.37	-2.71
Alq3	-	-5.25	-	-2.01
Alq3 + Ag	-0.16	-5.42	-3.78	-2.20
HATNA	-	-6.65	-	-2.90
HATNA + Ag	-0.59	-6.30	-4.05	-3.01
2Py3Tzn	-	-6.89	-	-2.20
2Py3Tzn + Ag	-0.28	-6.78	-3.63	-2.45
TmPPPyTz	-	-6.52	-	-2.26
TmPPPyTz + Ag	-0.04	-6.55	-4.51	-2.89
$Zn(BTZ)_2$	-	-5.60	-	-2.00
$Zn(BTZ)_2$ + Ag	-0.14	-5.68	-4.09	-2.33

【0076】從表2可知，在將具有非共用電子對的各種有機化合物與過渡金屬（這裡，Ag）混合時，穩定能為負值，所以具有非共用電子對的有機化合物與過渡金屬的複合材料相互作用來穩定化。

【0077】較佳的是，在化合物131與過渡金屬132原子相互作用時，過渡金屬132原子為電子施體，化合物131為電子受體。此時，化合物131較佳為具有缺電子型芳雜環。在採用這種結構時，由於化合物131容易接受電子，所以可以降低與過渡金屬132的原子相互作用時的穩定能。此外，由於具有缺電子型芳雜環的化合物的電子傳輸性優異，所以在用於電子注入層時，可以降低發光元件的驅動電壓，因此作為化合物131較佳為使用具有缺電子型芳雜環的化合物。

【0078】該缺電子型芳雜環較佳為含氮芳雜環，較佳為具有吡啶環、二嗪環（嘧啶環、吡嗪環、嗒咿環）和三嗪環中的至少一個。由於這些環的電化學穩定性優異，所以可以提供可靠性高的發光元件。此外，由於電子傳輸性優異，所以可以提供驅動電壓得到降低的發光元件。此外，作為具有該缺電子型芳雜環的化合物，也可以使用金屬錯合物。

【0079】當作為化合物131使用有機化合物時碳原子數較佳為25以上且100以下。藉由採用這種碳原子數可以實現昇華性良好的有機化合物，由此可以抑制真空蒸鍍中的有機化合物的熱分解，從而可以得到材料的良好的使用效率。再者，玻璃化轉變點（Tg）較佳為100℃以上。藉由將具有這種Tg的有機化合物用於EL層，可以實現耐熱性優異的發光元件。

【0080】從表1及表2可知，NBPhen、二喹喔啉並[2，3-a：2’，3’-c]吩嗪（簡稱：HATNA）、2，4，6-三[3’-（吡啶-3-基）聯苯-3-基]-1，3，5-三嗪（簡稱：TmPPPyTz）與Ag原子相互作用時的穩定能小於其他有機化合物與Ag原子相互

作用時的穩定能。這是因為可以在化合物131與過渡金屬132相互作用時形成螯合環（化合物131與過渡金屬132相互作用形成環結構）。這些化合物（NBPhen、HATNA及TmPPPyTz）所具有的雜環在多個雜環上具有共軛雙鍵的N-C-C-N，因此可以形成螯合環。藉由具有該鍵合部分，因此，在化合物131配位於過渡金屬132原子時形成螯合環時，穩定能變小，所以是較佳的。

【0081】 過渡金屬132與化合物131的莫耳比較佳為0.1以上且10以下，更佳為0.2以上且2以下，進一步較佳為0.2以上且0.8以下。藉由以這種比例混合過渡金屬132和化合物131，可以提供具有優異的電子注入性的發光元件。當與上述比例相比過渡金屬132與化合物131的莫耳比過低時，與過渡金屬132相互作用形成SOMO的化合物131的量較少，因此有時導致電子注入性下降。此外，當與上述比例相比過渡金屬132的莫耳比過高時，電子注入層130的穿透率降低，因此有時導致發光元件的發光效率下降。

【0082】 電子注入層130的厚度較佳為3nm以上，更佳為5nm以上。藉由採用該結構，有利於混合有過渡金屬132和化合物131的複合材料更好的發揮作用。此外，電子注入層130的厚度較佳為50nm以下，更佳為20nm以下，進一步較佳為10nm以下。藉由採用該結構，可以減少電子注入層130的光吸收，並可以提供具有高發光效率的發光元件。

【0083】 接著，藉由量子化學計算估算在作為過渡金屬132使用偶數族的過渡金屬的鐵（Fe）且作為化合物131使用銅酞青（簡稱：CuPc）的情況下，化合物131與過渡金屬132相互作用時的穩定能及SOMO能階。表3示出其結果。另外，量子化學計算的計算方法與表1的計算方法相同。

【0084】

[表 3]

	穩定化能量（eV）	HOMO（eV）	SOMO（eV）	LUMO（eV）
CuPc	-	-5.17	-6.55	-2.98
CuPc + Fe	-3.80	-4.84	-3.92	-2.95

【0085】 銅酞青是電子數為奇數的化合物，且其SOMO位於比HOMO能階低的能階。從表3可知，在作為具有非共用電子對的有機化合物使用銅酞青時，藉由與偶數族的過渡金屬（此時Fe）混合，穩定能變為負值。換言之，可知藉由具有非共用電子對的有機化合物與過渡金屬原子相互作用，可以實現穩定化。

【0086】 藉由銅酞青與Fe的相互作用，形成銅酞青與Fe的複合材料的SOMO。該SOMO的能階位於銅酞青的HOMO能階與LUMO能階之間。因此，藉由將該複合材料用於電子注入層130，可以提供電子注入性優異的發光元件。

【0087】

<發光元件的結構實例2>

下面，參照圖2A及圖2B對與圖1A至圖1C所示的發光元件150不同的結構實例進行說明。

【0088】 圖2A及圖2B是示出本發明的一個實施方式的發光裝置的剖面示意圖。此外，在圖2A及圖2B中，有時以相同的陰影表示與圖1A至圖1C所示的元件符號具有相同功能的部分而省略其元件符號。此外，有時使用相同的元件符號表示具有相同功能的部分而省略其詳細說明。

【0089】 圖2A所示的發光元件152包括一對電極（電極101及電極102）以及該一對電極間的EL層105。EL層105至少包括發光層140及電子注入層130。EL層105還包括緩衝層117。緩衝層117設置於電子注入層130與電極102之間。

【0090】 圖2A所示的EL層105除了發光層140以外還包括電洞注入層111、電洞傳輸層112及電子傳輸層118等功能層。

【0091】 藉由在電極102與電子傳輸層118之間設置緩衝層117，可以減少電子傳輸層118、電子注入層130、發光層140等與氧或水分接觸的概率，由此可以提高發光元件的抗濕性及抗氧化性。

【0092】 在本發明的一個實施方式中電子注入層130使用上述化合物131和過渡金屬132的複合材料，緩衝層117使用具有缺電子型芳雜環的有機化合物。如上所述，由於缺電子型芳雜環的電子傳輸性優異，所以可以降低發光元件的驅動電壓。

【0093】 藉由在電子注入層130與電極102之間夾持緩衝層117，可以降低電極102與電子注入層130的能障，所以是較佳的。緩衝層的厚度較佳為1nm以上且20nm以下。藉由採用這種結構，可以在保持高電子傳輸性的同時降低電子注入能障。

【0094】 用於緩衝層117的有機化合物的LUMO能階較佳為比電子注入層130中形成的SOMO能階低。藉由採用這種結構，可以降低電子注入層130與電極102間的電子注入能障，所以是較佳的。

【0095】 上述過渡金屬132和具有非共用電子對的化合物131的複合材料可以用於薄膜太陽能電池。更明確而言，上述複合材料也適用於薄膜太陽能電池的電子注入層。

【0096】

<發光元件的結構實例3>

圖2B所示的發光元件154包括一對電極（電極101及電極102）以及該一對電極間的EL層107。EL層107至少包括發光層140及電子注入層130。EL層107還包括電荷產生層160。電荷產生層160設置在電子注入層130與電極102之間。

【0097】 圖2B所示的EL層107除了發光層140以外還包括電洞注入層111、電洞傳輸層112及電子傳輸層118等功能層。

【0098】 藉由在電極102與電子傳輸層118之間設置電荷產生層160，可以減少進入電子傳輸層118、電子注入層130、發光層140等的氧及水分的量，由此可以提高發光元件的抗濕性及抗氧化性。

【0099】 如上所述，在電荷產生層160具有電洞傳輸性材料及電子接受性材料的情況下，當作為電子注入層130使用功函數小的具有鹼金屬或稀土金屬的金屬材料時，由於電荷產生層160的電子接受性材料從用於電子注入層130的材料抽出電子，因此在電荷產生層160及電子注入層130的介面附近形成空乏層，有時導致驅動電壓上升。為了防止形成該空乏層，需要在電子注入層130與電荷產生層160之間設置具有傳送電子的功能的層。

【0100】 另一方面，在本發明的一個實施方式的發光元件中，藉由使電子注入層130包含過渡金屬和具有非共用電子對的化合物的複合材料，不容易發生因電荷產生層160的電子接受性材料導致的電子的抽出。因此，可以在不形成上述空乏層的情況下設置電荷產生層160，由此可以製造疊層數少且驅動電壓低的發光元件。

【0101】 對電荷產生層160的厚度沒有特別的限制，可以適當地調整厚度。例如，藉由調整發光層140至電極102的厚度，可以將從發光層140發射的光

高效地提取到發光元件的外部。換言之，藉由調整電荷產生層160的厚度，可以提高光提取效率。

【0102】 電荷產生層160與電極102較佳為以彼此接觸的方式設置。藉由採用該結構，可以抑制電極102與EL層107的電子注入能障，由此可以降低發光元件的驅動電壓。再者，更佳的是，電荷產生層160與電子注入層130接觸。如上所述，在本發明的一個實施方式中，即使電荷產生層160與電子注入層130接觸也可以製造驅動電壓低的發光元件。藉由採用該結構，可以抑制EL層107的疊層數。

【0103】 過渡金屬氧化物適合用於電荷產生層160所包含的電子接受性材料。作為該過渡金屬氧化物，例如可以舉出鈦氧化物、釩氧化物、鉭氧化物、鉬氧化物、鎢氧化物、錸氧化物、鍀氧化物、釕氧化物、鉻氧化物、鋯氧化物、鉿氧化物以及銀氧化物。尤其較佳為使用鉬氧化物，因為其在大氣中穩定、吸濕性低且廉價。藉由使用該過渡金屬氧化物，可以降低與電極102的電子注入能障，所以是較佳的。因此，本發明的一個實施方式是電子注入層130包含過渡金屬元素且電荷產生層160包含過渡金屬元素的發光元件。注意，電荷產生層160所包含的電子接受性材料不侷限於上述化合物。

【0104】 作為電荷產生層160所包含的電洞傳輸性材料較佳為使用包含吡咯骨架、噻吩骨架、呋喃骨架和芳香胺骨架中的一個的有機化合物。由於具有該骨架的有機化合物的電洞傳輸性高，所以藉由將該有機化合物用於電荷產生層160可以降低發光元件的驅動電壓。電荷產生層160所包含的電洞傳輸性材料不侷限於上述化合物。

【0105】

<發光元件的結構實例4>

下面，參照圖49A及圖49B對與圖1A至圖1C所示的發光元件150、圖2A及圖2B所示的發光元件152及發光元件154不同的結構實例進行說明。

【0106】 圖49A及圖49B是發光元件2250a及發光元件2250b的剖面示意圖。

【0107】 發光元件2250a及發光元件2250b在基板2200上包括電極2101、電極2102、電極2103以及電極2104。此外，在電極2101與電極2102之間、電極2102與電極2103之間以及電極2102與電極2104之間至少包括發光單元2106、發光單元2108以及電子注入層2130。另外，在發光單元2106與發光單元2108之間設置電荷產生層2115。注意，發光單元2106及發光單元2108可以具有相同結構或不同結構。

【0108】 夾在發光單元2106與發光單元2108之間的電荷產生層2115例如只要具有在將電壓施加到電極2101和電極2102之間時，將電子注入到一個發光單元且將電洞注入到另一個發光單元的結構即可。例如，在圖49A及圖49B中，在以使電極2102的電位高於電極2101的電位的方式施加電壓時，電荷產生層2115將電子注入到發光單元2106且將電洞注入到發光單元2108。

【0109】 發光單元2106例如包括電洞注入層2111、電洞傳輸層2112、發光層2140以及電子傳輸層2113。此外，發光單元2108例如包括電洞注入層2116、電洞傳輸層2117、發光層2170、電子傳輸層2118以及電子注入層2119。

【0110】 這裡，如圖49A及圖49B所示，電子注入層2130較佳為與電子傳輸層2113相鄰並設置在發光單元2108與電子傳輸層2113之間。此外，電荷產生層2115較佳為與電子注入層2130相鄰並設置在電子注入層2130與發光單元2108之間。藉由採用這種結構，可以向發光單元2106高效地傳輸電子。

【0111】在發光元件的結構實例中，電極2101、電極2103及電極2104為陽極且電極2102為陰極，但是發光元件2250a及發光元件2250b的結構不侷限於此。也就是說，也可以使電極2101、電極2103及電極2104為陰極而電極2102為陽極，將該電極間的各層的疊層順序倒過來。換言之，可以從發光單元2106的陽極一側依次層疊電洞注入層2111、電洞傳輸層2112、發光層2140、電子傳輸層2113以及電子注入層2130，從發光單元2108的陽極一側依次層疊電洞注入層2116、電洞傳輸層2117、發光層2170、電子傳輸層2118以及電子注入層2119。

【0112】發光元件2250a及發光元件2250b的結構不侷限於圖49A及圖49B所示的結構，其至少包括發光層2140、發光層2170、電荷產生層2115以及電子注入層2130，可以包括電洞注入層2111、電洞注入層2116、電洞傳輸層2112、電洞傳輸層2117、電子傳輸層2113、電子傳輸層2118、電子注入層2119也可以不包括這些層。

【0113】在一對電極間根據其功能形成各層即可，不侷限於上述層。就是說，一對電極層之間也可以包括具有如下功能的層：減少電洞或電子的注入能障；提高電洞或電子的傳輸性；阻礙電洞或電子的傳輸性；或者抑制因電極導致的淬滅現象等。

【0114】如發光單元2108那樣，在發光單元的陽極一側的表面接觸於電荷產生層2115時，有時電荷產生層2115還可以具有發光單元2108的電洞注入層的功能，所以在該發光單元中也可以不設置電洞注入層。

【0115】雖然在圖49A及圖49B中說明了具有兩個發光單元的發光元件，但是可以將同樣的結構應用於層疊有三個以上的發光單元的發光元件。如發光元件2250a及發光元件2250b所示，藉由在一對電極間以由電荷產生層將其隔開的

方式配置多個發光單元，可以實現在保持低電流密度的同時還可以進行高亮度發光，並且壽命更長的發光元件。另外，還可以實現功耗低的發光元件。

【0116】 在發光元件2250a中，電極2101、電極2103及電極2104具有反射可見光的功能，電極2102具有透過可見光的功能。此外，在發光元件2250b中，電極2101、電極2103及電極2104具有透過可見光的功能，電極2102具有反射可見光的功能。

【0117】 因此，發光元件2250a所發射的光藉由電極2102射出到外部，發光元件2250b所發射的光藉由電極2101、電極2103及電極2104射出到外部。注意，本發明的一個實施方式不侷限於此，也可以採用從形成有發光元件的基板2200的上方及下方的兩者提取光的發光元件。

【0118】 電極2101包括導電層2101a以及導電層2101a上的與其接觸的導電層2101b。此外，電極2103包括導電層2103a以及導電層2103a上的與其接觸的導電層2103b。電極2104包括導電層2104a以及導電層2104a上的與其接觸的導電層2104b。

【0119】 導電層2101b、導電層2103b及導電層2104b具有透過可見光的功能。此外，在發光元件2250a中，導電層2101a、導電層2103a及導電層2104a具有反射可見光的功能。另外，在發光元件2250b中，導電層2101a、導電層2103a及導電層2104a具有透過可見光的功能。

【0120】 圖49A所示的發光元件2250a及圖49B所示的發光元件2250b在由電極2101及電極2102夾持的區域2222B與由電極2102及電極2103夾持的區域2222G與由電極2102及電極2104夾持的區域2222R之間都包括分隔壁2145。分隔壁2145具有絕緣性。分隔壁2145覆蓋電極2101、電極2103及電極2104的端部，

並包括與該電極重疊的開口部。藉由設置分隔壁2145，可以將各區域的基板2200上的該電極分為島狀。

【0121】 在圖49A及圖49B中，示出電洞注入層2111、電洞注入層2116、電洞傳輸層2112、電洞傳輸層2117、發光層2140、發光層2170、電子傳輸層2113、電子傳輸層2118、電子注入層2119、電荷產生層2115及電極2102在各區域中沒有被分開地設置的例子，但是也可以在各區域分開地設置。

【0122】 在本發明的一個實施方式的發光元件2250a及發光元件2250b中，藉由對區域2222B的一對電極（電極2101及電極2102）之間、區域2222G的一對電極（電極2102及電極2103）之間以及區域2222R的一對電極（電極2102及電極2104）之間施加電壓，電子從每個陰極注入到電子注入層2119，電洞從陽極注入到電洞注入層2111，由此電流流過。此外，電子從電荷產生層2115注入到電子注入層2130，電洞從電荷產生層2115注入到電洞注入層2116。並且，注入的載子（電子及電洞）再結合，從而形成激子。在包含發光材料的發光層2140及發光層2170中，在載子（電子及電洞）再結合而形成激子時，發光層2140及發光層2170所包含的發光材料處於激發態，由此從發光材料得到發光。

【0123】 發光層2140及發光層2170較佳為包含發射紫色、藍色、藍綠色、綠色、黃綠色、黃色、黃橙色、橙色和紅色的光的發光材料中的一種或多種。

【0124】 發光層2140及發光層2170也可以具有兩層的疊層結構。藉由作為兩層的發光層分別使用第一化合物及第二化合物這兩種具有發射不同顏色的功能的發光材料，可以同時得到多種發光。尤其是，較佳為以藉由組合發光層2140及發光層2170所發射的光能夠得到白色或接近白色的發光的方式選擇各發光層所使用的發光材料。

【0125】 發光層2140及發光層2170也可以具有三層以上的疊層結構，也可以包括不具有發光材料的層。

【0126】 發光元件2250a及發光元件2250b在從區域2222B、區域2222G及區域2222R發射的光被提取的方向上具有包括光學元件2224B、光學元件2224G及光學元件2224R的基板2220。從各區域發射的光透過各光學元件射出到發光元件的外部。也就是說，從區域2222B發射的光透過光學元件2224B射出，從區域2222G發射的光透過光學元件2224G射出，且從區域2222R發射的光透過光學元件2224R射出。

【0127】 光學元件2224B、光學元件2224G及光學元件2224R具有選擇性地使入射光中的呈現特定顏色的光透過的功能。例如，從區域2222B發射的光透過光學元件2224B成為藍色光，從區域2222G發射的光透過光學元件2224G成為綠色光，從區域2222R發射的光透過光學元件2224R成為紅色光。

【0128】 在圖49A及圖49B中使用虛線的箭頭示意性地示出透過各光學元件從各區域射出的藍色（B）光、綠色（G）光、紅色（R）光。圖49A所示的發光元件2250a是頂部發射型發光元件，圖49B所示的發光元件2250b是底部發射型發光元件。

【0129】 在各光學元件之間包括遮光層2223。遮光層2223具有遮蔽從相鄰的區域發射的光的功能。此外，也可以採用不設置遮光層2223的結構。此外，也可以不設置光學元件2224B、光學元件2224G和光學元件2224R中的一個或兩個以上。藉由採用不設置光學元件2224B、光學元件2224G或光學元件2224R的結構，可以提高從發光元件發射的光的提取效率。

【0130】藉由使用對電洞傳輸性材料添加電子受體（受體）的材料或對電子傳輸性材料添加電子予體（施體）的材料，可以形成電荷產生層2115。

【0131】這裡，為了降低發光元件的驅動電壓，較佳為採用如下結構：藉由降低從電荷產生層2115至電子傳輸層2113的電子注入能障，將電荷產生層2115中產生的電子順利地注入並傳輸到電子傳輸層2113。因此，較佳為在電荷產生層2115與電子傳輸層2113之間設置電子注入層2130。由於電子注入層2119及電子注入層2130需要高電子注入性，所以該電子注入層使用如鋰（Li）及銫（Cs）那樣的鹼金屬或其化合物、如鈣（Ca）那樣的鹼土金屬或其化合物。但是，在將該金屬及該化合物用於電子注入層2130的情況下，例如如圖50A及圖50B所示，在對電極2103及電極2102之間施加電壓而使區域2222G中流過電流時，有時藉由電子注入層2130及電子傳輸層2113與區域2222G相鄰的區域2222B及區域2222R中也流過電流，產生不僅從區域2222G發射光而且從相鄰的區域2222B及區域2222R也發射光的現象（被稱為串擾）。此外，在圖50A及圖50B中，以實線箭頭表示區域2222G、區域2222R及區域2222B中流過的電流。

【0132】如上所述當發光元件中產生串擾時，不僅從所希望的區域（例如區域2222G）發射光，而且從其他區域（例如區域2222B及2222R）也發射光，這有時導致發光元件2250a及發光元件2250b所發射的光的色純度降低或發光強度下降。

【0133】產生串擾的原因之一是用於由電荷產生層2115及電子傳輸層2113夾持的電子注入層2130的鹼金屬、鹼土金屬或其化合物擴散到電子傳輸層2113導致的電子傳輸層2113的導電性（尤其是垂直於施加電壓的方向的方向上的導電性）上升。尤其是，當將如Li及Ca那樣的原子序數小的金屬或其化合物

用於電子注入層2130時，該原子序數小的金屬容易擴散電子傳輸層2113。因此，為了抑制串擾，電子注入層2130較佳為不具有鹼金屬及鹼土金屬。另一方面，當不在電子注入層2130中使用鹼金屬、鹼土金屬或其化合物時，由於從電荷產生層2115至電子傳輸層2113的電子注入能障變高，電子不容易注入到電子傳輸層2113，所以有時發光元件的驅動電壓變高或發光效率下降。

【0134】 因此，為了降低發光元件的驅動電壓、提高發光效率、抑制串擾，較佳為將電子注入性優異且不容易擴散的金屬用於電子注入層2130。用於電子注入層2130的不容易擴散的金屬較佳為原子半徑大的金屬。此外，較佳為原子量大的金屬。

【0135】 另一方面，雖然原子半徑大的金屬及原子量大的金屬不容易擴散，但是在將這些金屬用於電子注入層2130時，有時電荷產生層2115與電子傳輸層2113之間形成電子注入能障，導致發光元件的驅動電壓升高或發光效率下降。

【0136】 這裡本發明人發現藉由將上述形成SOMO的組合的化合物和過渡金屬的複合材料用於相鄰於電荷產生層2115的電子注入層2130，可以得到電子注入特性優異且串擾得到抑制的發光元件。

【0137】 因此，本發明的一個實施方式的發光元件是如下發光元件：在包括多個發光單元的發光元件中，將具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料用於設置在發光單元之間的電子注入層2130。

【0138】 由於過渡金屬的原子量大而不容易擴散到有機化合物中，所以可以提供串擾得到抑制的發光元件。

【0139】 由於上述具有非共用電子對的有機化合物用來傳輸電子，所以較佳為其至少具有 π共軛體系。此時， 較佳為具有π電子（Pz軌域）的原子具有該非共用電子對或者與具有π電子（Pz軌域）的原子鍵合（相鄰）的原子具有該非共用電子對。

【0140】 這裡，當將圖1A至圖1C所示的過渡金屬132和化合物131的複合材料用於電子注入層2130時，化合物131和過渡金屬132的原子相互作用形成的HOMO能階較佳為與原來的化合物131所具有的HOMO能階相等。當作為化合物131使用具有傳輸電子的功能的有機化合物時，化合物131所具有的HOMO能階較低，不容易向化合物131注入電洞。由此，當化合物131與過渡金屬132相互作用形成的HOMO能階與原來的化合物131所具有的HOMO能階相等時，電子注入層2130與電荷產生層2115之間的電洞注入能障變大，由此電洞不容易從電子注入層2130傳到電荷產生層2115，能夠提高發光元件中的載子平衡，所以是較佳的。

【0141】 當電子注入層2119及電子注入層2130使用上述複合材料時，由於SOMO是僅具有一個電子的軌域，所以在向發光元件2250a及發光元件2250b施加電壓時SOMO中的電子成為發光元件中的載子，該電子傳輸到電子傳輸層2113及發光層2140。此外，能夠使電子容易地從電荷產生層2115注入到電子注入層2130。換言之，由於電子注入層2130具有形成SOMO的組合的材料，能夠使電子容易地從電荷產生層2115注入到發光單元2106中。此外，SOMO能階較佳為比化合物2131所具有的LUMO能階低。因此，化合物131的LUMO能階較佳為較高。明確而言，化合物131的LUMO能階較佳為-3.6eV以上且-2.3eV以下。當將具有這種LUMO能階的有機化合物和過渡金屬混合時，藉由相互作用形成的SOMO能階

成為適合於電子注入的能階，由此可以降低電子注入層2130與電荷產生層2115間的電子注入能障。

【0142】藉由使化合物131與過渡金屬132相互作用形成SOMO，在電子注入層130中形成不成對電子。因此，可以利用ESR觀察到SOMO的形成。此外，為了良好地使從電荷產生層2115注入到發光層2140中，起因於SOMO的自旋密度較佳為1×10^{16}spins/cm^{3}以上，更佳為5×10^{16}spins/cm^{3}以上，進一步較佳為1×10^{17}spins/cm^{3}以上。此外，為了抑制串擾，起因於SOMO的自旋密度較佳為5×10^{17}spins/cm^{3}以下。

【0143】

<發光元件的組件>

下面，對圖1A至圖1C、圖2A及圖2B、圖49A及圖49B以及圖50A及圖50B所示的發光元件的組件的詳細內容進行說明。

【0144】

<<電子注入層>>

電子注入層130、電子注入層2130及電子注入層2119是包含電子注入性高的物質的層，上述過渡金屬和具有非共有電子對的有機化合物的複合材料適合用於這些層。此外，作為用於電子注入層130、電子注入層2130及電子注入層2119的有機化合物，較佳為使用電子傳輸性優異的材料，明確而言，例如可以使用如下金屬錯合物或雜芳族化合物等。

【0145】作為電子注入層130、電子注入層2130及電子注入層2119的材料，可以舉出包括喹啉配體、苯并喹啉配體、噁唑配體或噻唑配體的金屬錯合物、吡啶衍生物、嘧啶衍生物、吡嗪衍生物、三嗪衍生物、噁二唑衍生物、三

唑衍生物、啡啉衍生物等。明確而言，可以舉出Alq_3、$Almq_3$、$BeBq_2$、BAlq、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱:Znq）、雙[2-（2-苯并噁唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱:ZnPBO）、雙[2-（2-苯并噻唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱:ZnBTZ）等金屬錯合物。此外，可以舉出2-（4-聯苯基）-5-（4-三級丁苯基）-1,3,4-二唑（簡稱：PBD）、1,3-雙[5-（對-三級丁基苯基）-1,3,4-噁二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、9-[4-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基）苯基]-9H-咔唑（簡稱：CO11）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-三級丁基苯基）-1，2，4-三唑（簡稱：TAZ）、3-（4-三級丁基苯基）-4-（4-乙基苯基）-5-（4-聯苯基）-1，2，4-三唑（簡稱：p-EtTAZ）、4，4’-雙（5-甲基苯并噁唑-2-基）二苯乙烯（簡稱：BzOs）、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：mDBTBIm-II）等具有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]喹噁啉(簡稱:2mDBTPDBq-II)、2-[3’-（二苯并噻吩-4-基）聯苯-3-基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2mDBTBPDBq-II）、2-[3’-（9H-咔唑-9-基）聯苯-3-基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2mCzBPDBq）、2-[4-（3，6-二苯基-9H-咔唑-9-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2CzPDBq-III）、7-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：7mDBTPDBq-II）及6-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱:6mDBTPDBq-II)、4,6-雙[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(簡稱:4,6mPnP2Pm)、4，6-雙[3-（4-二苯并噻吩基）苯基]嘧啶（簡稱：4，6mDBTP2Pm-II）、4，6-雙[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]嘧啶（簡稱：4，6mCzP2Pm）、4-{3-[3’-（9H-咔唑-9-基）]聯苯-3-基}苯并呋喃并[3，2-d]嘧啶（簡稱：4mCzBPBfpm）等具有二嗪骨架的雜環化合物、2-{4-[3-（N-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑-9-基]苯基}-4，

6-二苯基-1，3，5-三嗪（簡稱：PCCzPTzn）、2，4，6-三[3'-（吡啶-3-基）聯苯-3-基]-1，3，5-三嗪（簡稱：TmPPPyTz）、2，4，6-三（2-吡啶）-1，3，5-三嗪（簡稱：2Py3Tzn）等具有三嗪骨架的雜環化合物、3，5-雙[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]吡啶（簡稱：35DCzPPy）、1，3，5-三[3-（3-吡啶基）苯基]苯（簡稱：TmPyPB）、浴銅靈（簡稱：BCP）、2,9-雙（萘-2-基）-4,7-二苯基-1,10-啡啉（簡稱：NBPhen）等具有吡啶骨架的雜環化合物。其中，具有二嗪骨架及三嗪骨架的雜環化合物和具有吡啶骨架的雜環化合物具有高可靠性，所以是較佳的。尤其是，具有二嗪（嘧啶或吡嗪）骨架及三嗪骨架的雜環化合物具有高電子傳輸性，還有助於降低驅動電壓。在此所述的物質主要是電子移動率為$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的物質。另外，只要是電子傳輸性比電洞傳輸性高的物質，就可以將上述物質之外的物質用於電子注入層130、電子注入層2130及電子注入層2119。

【0146】

<<電洞注入層>>

電洞注入層111及電洞注入層2111具有降低來自一對電極中的一個（電極101或電極102、電極2101或電極2102）的電洞的注入能障促進電洞注入的功能，電洞注入層2116具有降低來自電荷產生層2115的電洞的注入能障促進電洞注入的功能。例如，電洞注入層111、電洞注入層2111及電洞注入層2116可以使用過渡金屬氧化物、酞青衍生物或芳香胺等形成。作為過渡金屬氧化物可以舉出鉬氧化物、釩氧化物、釕氧化物、鎢氧化物、錳氧化物等。作為酞青衍生物，可以舉出酞青或金屬酞青等。作為芳香胺，可以舉出聯苯胺衍生物或伸苯基二胺衍

生物等。另外，也可以使用聚噻吩或聚苯胺等高分子衍生物，典型的是：作為被自摻雜的聚噻吩的聚（乙基二氧噻吩）/聚（苯乙烯磺酸）等。

【0147】 電洞注入層111、電洞注入層2111及電洞注入層2116也可以包含電洞傳輸性材料和對該電洞傳輸性材料呈現電子接受性的材料的複合材料。或者，也可以使用包含呈現電子接受性的材料的層與包含電洞傳輸性材料的層的疊層。在定態或者在存在有電場的狀態下，電荷的授受可以在這些材料之間進行。作為呈現電子接受性的材料，可以舉出醌二甲烷衍生物、四氯苯醌衍生物、六氮雜聯伸三苯衍生物等有機受體。明確而言，可以舉出7，7，8，8-四氰基-2，3，5，6-四氟醌二甲烷（簡稱：F_4-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）等具有拉電子基團（鹵基或氰基）的衍生物。此外，也可以使用過渡金屬氧化物、例如第4族至第8族金屬的氧化物。明確而言，可以使用氧化釩、氧化鈮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鉬、氧化鎢、氧化錳、氧化錸等。特別較佳為使用氧化鉬，因為其在大氣中也穩定，吸濕性低，並且容易處理。

【0148】 作為電洞傳輸性材料，可以使用電洞傳輸性比電子傳輸性高的材料，較佳為使用具有$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的電洞移動率的材料。明確而言，可以使用作為能夠用於發光層140的電洞傳輸性材料而舉出的芳香胺、咔唑衍生物、芳烴、二苯乙烯衍生物等。上述電洞傳輸性材料也可以是高分子衍生物。

【0149】 另外，作為電洞傳輸性材料還可以舉出芳烴，例如，可以舉出2-三級丁基-9，10-二（2-萘基）蒽（簡稱：t-BuDNA）、2-三級丁基-9，10-二（1-萘基）蒽、9，10-雙（3，5-二苯基苯基）蒽（簡稱：DPPA）、2-三級丁基-9，10-雙（4-苯基苯基）蒽（簡稱：t-BuDBA）、9，10-二（2-萘基）蒽（簡稱：

DNA）、9，10-二苯基蒽（簡稱：DPAnth）、2-三級丁基蒽（簡稱：t-BuAnth）、9，10-雙（4-甲基-1-萘基）蒽（簡稱：DMNA）、2-三級丁基-9，10-雙[2-（1-萘基）苯基]蒽、9，10-雙[2-（1-萘基）苯基]蒽、2，3，6，7-四甲基-9，10-二（1-萘基）蒽、2，3，6，7-四甲基-9，10-二（2-萘基）蒽、9，9’-聯蒽、10，10’-二苯基-9，9’-聯蒽、10，10’-雙（2-苯基苯基）-9，9’-聯蒽、10，10’-雙[（2，3，4，5，6-五苯基）苯基]-9，9’-聯蒽、蒽、稠四苯、紅螢烯、苝、2，5，8，11-四（三級丁基）苝等。此外，還可以使用稠五苯、蔻等。如此，更佳為使用具有1×10^{-6}cm^2/Vs以上的電洞移動率且碳原子數為14至42的芳烴。

【0150】另外，芳烴可以具有乙烯基骨架。作為具有乙烯基的芳烴，例如，可以舉出4，4’-雙（2，2-二苯基乙烯基）聯苯（簡稱：DPVBi）、9，10-雙[4-（2，2-二苯基乙烯基）苯基]蒽（簡稱：DPVPA）等。

【0151】另外，可以使用4-{3-[3-（9-苯基-9H-芴-9-基）苯基]苯基}二苯并呋喃（簡稱：mmDBFFLBi-II）、4，4’，4’’-（苯-1，3，5-三基）三（二苯并呋喃）（簡稱：DBF3P-II）、1，3，5-三（二苯并噻吩-4-基）苯（簡稱：DBT3P-II）、2，8-二苯基-4-[4-（9-苯基-9H-芴-9-基）苯基]二苯并噻吩（簡稱：DBTFLP-III）、4-[4-（9-苯基-9H-芴-9-基）苯基]-6-苯基二苯并噻吩（簡稱：DBTFLP-IV）、4-[3-（聯伸三苯-2-基）苯基]二苯并噻吩（簡稱：mDBTPTp-II）等的噻吩化合物、呋喃化合物、芴化合物、聯伸三苯化合物、菲化合物等。其中，具有吡咯骨架、呋喃骨架、噻吩骨架、芳香胺骨架的化合物穩定且可靠性良好，所以是較佳的。具有上述骨架的化合物具有高電洞傳輸性，也有助於驅動電壓的降低。

【0152】

<<電洞傳輸層>>

電洞傳輸層112、電洞傳輸層2112及電洞傳輸層2117是包含電洞傳輸性材料的層，可以使用作為電洞注入層111、2111及電洞注入層2116的材料例示出的材料。電洞傳輸層112、電洞傳輸層2112及電洞傳輸層2117分別具有將從電洞注入層111、電洞注入層2111及電洞注入層2116注入的電洞傳輸至發光層140、發光層2140及發光層2170的功能。

【0153】 此外，較佳為將具有電洞注入層111所包含的受體材料的LUMO能階與發光層140所包含的材料的HOMO能階之間的HOMO能階的電洞傳輸性材料用於電洞傳輸層112。同樣地，較佳為將具有電洞注入層2111所包含的受體材料的LUMO能階與發光層2140所包含的材料的HOMO能階之間的HOMO能階的電洞傳輸性材料用於電洞傳輸層2112。此外，電洞傳輸層112、電洞傳輸層2112及電洞傳輸層2117不限於單層，也可以是兩層以上的層疊。此時，較佳為以HOMO能階從電洞注入層111一側向發光層140一側、從電洞注入層2111一側向發光層2140一側、從電洞注入層2116一側向發光層2170一側依次降低的方式層疊電洞傳輸性材料。當電洞傳輸層112、電洞傳輸層2112及電洞傳輸層2117具有兩層以上的疊層時，為了順利地傳輸電洞，所使用的各電洞傳輸性材料的HOMO能階的差較佳為0eV以上且0.5eV以下，更佳為0eV以上且0.3eV以下，進一步較佳為0eV以上且0.2eV以下。

【0154】 作為具有電洞傳輸性的材料，例如可以舉出：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）、9，9-二甲基-N-苯基-N-[4-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）苯基]芴-2-胺（簡稱：PCBAF）、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以及具有咔唑骨架的化合物具有高可靠性和高電洞傳輸性，也有助於降低驅動電壓，所以是較佳的。另外，除了上述電洞傳輸性材料以外，也可以從各種物質中選擇電洞傳輸性材料來使用。

【0155】再者，作為電洞傳輸性高的物質，例如可以舉出3-[4-（1-萘基）-苯基]-9-苯基-9H-咔唑（簡稱：PCPN）、3-[4-（9-菲基）-苯基]-9-苯基-9H-咔唑（簡稱：PCPPn）、4-苯基-4’-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）三苯胺（簡稱：PCBA1BP）、4，4'-二（1-萘基）-4’’-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）三苯胺（簡稱：PCBNBB）、

4-苯基二苯基-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）胺（簡稱：PCA1BP）、3，3'-雙（9-苯基-9H-咔唑）（簡稱：PCCP）、N-[4-（9H-咔唑-9-基）苯基]-N-（4-苯基）苯基苯胺（簡稱：YGA1BP）、1，3，5-三（二苯并噻吩-4-基）-苯（簡稱：DBT3P-II）、4，4'，4''-（苯-1，3，5-三基）三（二苯并呋喃）（簡稱：DBF3P-II）、4-苯基-4'-（9-苯基芴-9-基）三苯胺（簡稱：BPAFLP）、4-[3-（聯伸三苯-2-基）苯基]二苯并噻吩（簡稱：mDBTPTp-II）、4，4'-雙[N-（1-萘基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：NPB或α-NPD）、N，N'-雙（3-甲基苯基）-N，N'-二苯基-[1，1'-聯苯]-4，4'-二胺（簡稱：TPD）、4，4'，4''-三（咔唑-9-基）三苯胺（簡稱：TCTA）、4，4'，4''-三（N，N-二苯基胺基）三苯胺（簡稱：TDATA）、4，4'，4''-三[N-（3-甲基苯基）-N-苯基胺基]三苯胺（簡稱：MTDATA）、4，4'-雙[N-（螺-9，9'-二芴-2-基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：BSPB）等具有芳香胺骨架的化合物、3-[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA1）、3，6-雙[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA2）、3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基咔唑-3-基）胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCN1）等。除此以外，可以使用4，4'-二（N-咔唑基）聯苯（簡稱：CBP）、1，3，5-三[4-（N-咔唑基）苯基]苯（簡稱：TCPB）等咔唑化合物、胺化合物、二苯并噻吩化合物、二苯并呋喃化合物、芴化合物、聯伸三苯化合物或菲化合物等。在此所述的物質主要是電洞移動率為$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的物質。但是，只要是其電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用這些以外的物質。

【0156】此外，也可以將這些能夠用於電洞傳輸層的化合物用於電洞注入層。

【0157】

<<電荷產生層>>

電荷產生層160及電荷產生層2115既可以是對電洞傳輸性材料添加有作為電子受體的受體性物質的結構，又可以是對電子傳輸性材料添加有作為電子予體的施體性物質的結構。另外，也可以層疊這兩種結構。

【0158】當電荷產生層160及電荷產生層2115包含由有機化合物與受體性物質構成的複合材料時，作為該複合材料使用可以用於上述電洞注入層111的複合材料即可。作為有機化合物，可以使用芳香胺化合物、咔唑化合物、芳烴、高分子化合物（低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等）等各種化合物。另外，作為有機化合物，較佳為使用其電洞移動率為$1\times10^{-6}cm^2/Vs$以上的物質。但是，只要是其電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用這些以外的物質。因為由有機化合物和受體性物質構成的複合材料具有良好的載子注入性以及載子傳輸性，所以可以實現低電壓驅動以及低電流驅動。注意，在發光單元的陽極一側的表面接觸於電荷產生層160及電荷產生層2115時，電荷產生層160及電荷產生層2115還可以具有該發光單元的電洞注入層或電洞傳輸層的功能，所以在該發光單元中也可以不設置電洞注入層或電洞傳輸層。

【0159】注意，電荷產生層160及電荷產生層2115也可以是組合包含有機化合物和受體性物質的複合材料的層與由其他材料構成的層的疊層結構。例如，也可以是組合包含有機化合物和受體性物質的複合材料的層與包含選自供電子性物質中的一個化合物和高電子傳輸性的化合物的層的結構。另外，也可以是組合包含有機化合物和受體性物質的複合材料的層與包含透明導電膜的結構。

【0160】從光提取效率的觀點來看，電荷產生層160及電荷產生層2115較佳為具有可見光透射性（明確而言，可見光對於電荷產生層160及電荷產生層2115的透射率為40%以上）。另外，電荷產生層160及電荷產生層2115即使其導電率小於一對電極（電極2101、電極2102、電極2103及電極2104）也發揮作用。

【0161】藉由使用上述材料形成電荷產生層160及電荷產生層2115，可以抑制在層疊發光層時的驅動電壓的增大。

【0162】

<<發光層>>

發光層140、發光層2140及發光層2170包含具有發射紫色、藍色、藍綠色、綠色、黃綠色、黃色、橙色和紅色中的至少一個的光的功能的發光材料。此外，發光層140、發光層2140及發光層2170除了發光材料以外還包含用作主體材料的電子傳輸性材料及/或電洞傳輸性材料。

【0163】作為發光材料，可以使用將單重激發態能轉換成發光的發光性物質或將三重激發態能轉換成發光的發光性物質。作為上述發光物質，可以舉出如下材料。

【0164】作為將單重激發能轉換為發光的發光性物質，例如可以舉出發射螢光的物質（螢光性化合物）。對螢光性化合物沒有特別的限制，較佳為使用蒽衍生物、稠四苯衍生物、䓛（chrysene）衍生物、菲衍生物、芘衍生物、茀衍生物、二苯乙烯衍生物、吖啶酮衍生物、香豆素衍生物、啡噁𠯿衍生物、啡噻𠯿衍生物等，例如可以使用如下物質。

【0165】明確而言，作為該材料，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-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-（9-苯基-9H-芴-9-基）苯基]-N，N'-雙（4-三級丁苯基）芘-1，6-二胺（簡稱：1，6tBu-FLPAPrn）、N，N'-二苯基-N，N'-雙[4-（9-苯基-9H-芴-9-基）苯基]-3，8-二環己基芘-1，6-二胺（簡稱：ch-1，6FLPAPrn）、N,N'-（芘-1,6-二基）雙[（6,N-二苯基苯并[b]萘并[1,2-d]呋喃）-8-胺]（簡稱：1,6BnfAPrn-03）、N，N'-雙[4-（9H-咔唑-9-基）苯基]-N，N'-二苯基二苯乙烯-4，4'-二胺（簡稱：YGA2S）、4-（9H-咔唑-9-基）-4'-（10-苯基-9-蒽基）三苯胺（簡稱：YGAPA）、4-（9H-咔唑-9-基）-4'-（9，10-二苯基-2-蒽基）三苯胺（簡稱：2YGAPPA）、N，9-二苯基-N-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-咔唑-3-胺（簡稱：PCAPA）、芘、2，5，8，11-四（三級丁基）芘（簡稱：TBP）、4-（10-苯基-9-蒽基）-4'-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）三苯胺（簡稱：PCBAPA）、N，N''-（2-三級丁基蒽-9，10-二基二-4，1-伸苯基）雙[N，N'，N'-三苯基-1，4-苯二胺]（簡稱：DPABPA）、N，9-二苯基-N-[4-（9，10-二苯基-2-蒽基）苯基]-9H-咔唑-3-胺（簡稱：2PCAPPA）、N-[4-（9，10-二苯基-2-蒽基）苯基]-N，N'，N'-三苯基-1，4-苯二胺（簡稱：2DPAPPA）、N，N，N'，N'，N''，N''，N'''，N'''-八苯基二苯并[g，p]䓛（chrysene）-2，7，10，15-四胺（簡稱：DBC1）、香豆素30、N-（9，10-二苯基-2-蒽基）-N，9-二苯基-9H-咔唑-3-胺（簡稱：2PCAPA）、N-[9，10-雙（1，1'-聯苯-2-基）-2-蒽基]-N，9-二苯基-9H-咔唑-3-胺（簡稱：2PCABPhA）、N-（9，10-二苯基-2-蒽基）-N，N'，N'-三苯基-1，4-苯二胺（簡稱：2DPAPA）、N-[9，10-雙（1，1'-聯苯-2-基）-2-蒽基]-N，N'，N'-三苯基-1，

4-苯二胺（簡稱：2DPABPhA）、9，10-雙（1，1'-聯苯-2-基）-N-[4-（9H-咔唑-9-基）苯基]-N-苯基蒽-2-胺（簡稱：2YGABPhA）、N，N，9-三苯基蒽-9-胺（簡稱：DPhAPhA）、香豆素6、香豆素545T、N，N'-二苯基喹吖酮（簡稱：DPQd）、紅螢烯、2，8-二-三級丁基-5，11-雙（4-三級丁苯基）-6，12-二苯基稠四苯（簡稱：TBRb）、尼羅紅、5，12-雙（1，1'-聯苯-4-基）-6，11-二苯基稠四苯（簡稱：BPT）、2-（2-{2-[4-（二甲胺基）苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亞基）丙二腈（簡稱：DCM1）、2-{2-甲基-6-[2-（2，3，6，7-四氫-1H，5H-苯并[ij]喹嗪-9-基）乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙二腈（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）苊并[1，2-a]丙二烯合芴-3，10-二胺（簡稱：p-mPhAFD）、2-{2-異丙基-6-[2-（1，1，7，7-四甲基-2，3，6，7-四氫-1H，5H-苯并[ij]喹嗪-9-基）乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙二腈（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）、5，10，15，20-四苯基雙苯并（tetraphenylbisbenzo）[5，6]茚并[1，2，3-cd:1'，2'，3'-lm]芘等。

【0166】作為將三重激發能轉換為發光的發光性物質，例如可以舉出發射磷光的物質（磷光性化合物）。另外，作為磷光性化合物，可以舉出銥、銖、鉑類有機金屬錯合物或金屬錯合物。另外，可以舉出具有卟啉配體的鉑錯合物或有機銥錯合物，其中尤其較佳為使用有機銥錯合物，例如，銥類鄰位金屬錯

合物。作為鄰位金屬化的配體，可以舉出4H-三唑配體、1H-三唑配體、咪唑配體、吡啶配體、嘧啶配體、吡嗪配體或異喹啉配體等。此時，磷光性化合物具有三重MLCT（Metal to Ligand Charge Transfer：從金屬到配體的電荷轉移）躍遷的吸收帶。

【0167】作為在藍色或綠色的波長區域具有發光峰值的物質，例如可以舉出三{2-[5-（2-甲基苯基）-4-（2,6-二甲基苯基）-4H-1,2,4-三唑-3-基-κN2]苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（mpptz-dmp）$_3$）、三（5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑）銥（III）（簡稱：Ir（Mptz）$_3$）、三[4-（3-聯苯）-5-異丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑]銥（III）（簡稱：Ir（iPrptz-3b）$_3$）、三[3-（5-聯苯）-5-異丙基-4-苯基-4H-1，2，4-三唑〕銥（III）（簡稱：Ir（iPr5btz）$_3$）等具有4H-三唑骨架的有機金屬銥錯合物；三[3-甲基-1-（2-甲基苯基）-5-苯基-1H-1,2,4-三唑]銥（III）（簡稱：Ir（Mptz1-mp）$_3$）、三（1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑）銥（III）（簡稱：Ir（Prptz1-Me）$_3$）等具有1H-三唑骨架的有機金屬銥錯合物；fac-三[1-（2,6-二異丙基苯基）-2-苯基-1H-咪唑]銥（III）（簡稱：Ir（iPrpmi）$_3$）、三[3-（2,6-二甲基苯基）-7-甲基咪唑并[1,2-f]菲啶根（phenanthridinato）]銥（III）（簡稱：Ir（dmpimpt-Me）$_3$）等具有咪唑骨架的有機金屬銥錯合物；以及雙[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶根-N,$C^{2'}$]銥（III）四（1-吡唑基）硼酸鹽（簡稱：FIr6）、雙[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶根-N,$C^{2'}$]銥（III）吡啶甲酸鹽（簡稱：FIrpic）、雙{2-[3',5'-雙（三氟甲基）苯基]吡啶根-N,$C^{2'}$}銥（III）吡啶甲酸鹽（簡稱：Ir（CF_3ppy）$_2$（pic））、雙[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶根-N,$C^{2'}$]銥（III）乙醯丙酮（簡稱：FIr（acac））等以具有拉電子基團的苯基吡啶衍生物為配體的有機金屬銥錯合物。在上述金屬錯合物中，由於具有4H-三唑骨架、1H-三唑骨架及咪唑骨架等含氮五元雜環骨

架的有機金屬銥錯合物的三重激發能很高並具有優異的可靠性及發光效率，所以是特別較佳的。

【0168】作為在綠色或黃色的波長區域具有發光峰值的物質，例如可以舉出三（4-甲基-6-苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（mppm）$_3$）、三（4-三級丁基-6-苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（tBuppm）$_3$）、（乙醯丙酮根）雙（6-甲基-4-苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（mppm）$_2$（acac））、（乙醯丙酮根）雙（6-三級丁基-4-苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（tBuppm）$_2$（acac））、（乙醯丙酮根）雙[4-（2-降莰基）-6-苯基嘧啶]銥（III）（簡稱：Ir（nbppm）$_2$（acac））、（乙醯丙酮根）雙[5-甲基-6-（2-甲基苯基）-4-苯基嘧啶]銥（III）（簡稱：Ir（mpmppm）$_2$（acac））、（乙醯丙酮根）雙{4，6-二甲基-2-[6-（2，6-二甲基苯基）-4-嘧啶基-κN3〕苯基-κC}銥（III）（簡稱：Ir（dmppm-dmp）$_2$（acac））、（乙醯丙酮根）雙（4，6-二苯基嘧啶）銥（III）（簡稱：Ir（dppm）$_2$（acac））等具有嘧啶骨架的有機金屬銥錯合物；（乙醯丙酮根）雙（3,5-二甲基-2-苯基吡嗪）銥（III）（簡稱：Ir（mppr-Me）$_2$（acac））、（乙醯丙酮根）雙（5-異丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪）銥（III）（簡稱：Ir（mppr-iPr）$_2$（acac））等具有吡嗪骨架的有機金屬銥錯合物；三（2-苯基吡啶-N,C$^{2'}$）銥（III）（簡稱：Ir（ppy）$_3$）、雙（2-苯基吡啶根-N,C$^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（ppy）$_2$（acac））、雙（苯并[h]喹啉）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（bzq）$_2$（acac））、三（苯并[h]喹啉）銥（III）（簡稱：Ir（bzq）$_3$）、三（2-苯基喹啉-N,C$^{2'}$）銥（III）（簡稱：Ir（pq）$_3$）、雙（2-苯基喹啉-N,C$^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（pq）$_2$（acac））等具有吡啶骨架的有機金屬銥錯合物；雙（2，4-二苯基-1，3-噁唑-N，C$^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（dpo）$_2$（acac））、雙{2-[4'-（全氟苯基）

苯基]吡啶-N，$C^{2'}$}銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（p-PF-ph）$_2$（acac））、雙（2-苯基苯并噻唑-N，$C^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（bt）$_2$（acac））等有機金屬銥錯合物；三（乙醯丙酮根）（單啡啉）鋱（III）（簡稱：Tb（acac）$_3$（Phen））等稀土金屬錯合物。在上述物質中，由於具有嘧啶骨架的有機金屬銥錯合物也具有顯著優良的可靠性及發光效率，所以是尤其較佳的。

【0169】另外，作為在黃色或紅色的波長區域具有發光峰值的物質，例如可以舉出（二異丁醯甲烷根）雙[4，6-雙（3-甲基苯基）嘧啶根]銥（III）（簡稱：Ir（5mdppm）$_2$（dibm））、雙[4，6-雙（3-甲基苯基）嘧啶根]（二新戊醯基甲烷根）銥（III）（簡稱：Ir（5mdppm）$_2$（dpm））、雙[4，6-二（萘-1-基）嘧啶根]（二新戊醯基甲烷根）銥（III）（簡稱：Ir（d1npm）$_2$（dpm））等具有嘧啶骨架的有機金屬銥錯合物；（乙醯丙酮根）雙（2，3，5-三苯基吡嗪根）銥（III）（簡稱：Ir（tppr）$_2$（acac））、雙（2，3，5-三苯基吡嗪根）（二新戊醯基甲烷根）銥（III）（簡稱：Ir（tppr）$_2$（dpm））、（乙醯丙酮根）雙[2，3-雙（4-氟苯基）喹喔啉]合銥（III）（簡稱：Ir（Fdpq）$_2$（acac））等具有吡嗪骨架的有機金屬銥錯合物；三（1-苯基異喹啉-N，$C^{2'}$）銥（III）（簡稱：Ir（piq）$_3$）、雙（1-苯基異喹啉-N，$C^{2'}$）銥（III）乙醯丙酮（簡稱：Ir（piq）$_2$（acac））等具有吡啶骨架的有機金屬銥錯合物；2，3，7，8，12，13，17，18-八乙基-21H，23H-卟啉鉑（II）（簡稱：PtOEP）等鉑錯合物；以及三（1，3-二苯基-1，3-丙二酮（propanedionato））（單啡啉）銪（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）銪（III）（簡稱：Eu（TTA）$_3$（Phen））等稀土金屬錯合物。在上述物質中，由於具有嘧啶骨架的有機金屬

銥錯合物也具有顯著優良的可靠性及發光效率，所以是尤其較佳的。另外，具有吡嗪骨架的有機金屬銥錯合物可以實現色度良好的紅色光。

【0170】 作為該能夠將三重激發能轉換為發光的材料，除了磷光性化合物之外，可以舉出熱活化延遲螢光（Thermally activated delayed fluorescence：TADF）材料。因此，可以將有關磷光性化合物的記載看作有關熱活化延遲螢光性化合物的記載。熱活化延遲螢光性化合物是指單重激發能階與三重激發能階的差較小且具有藉由反系間竄越將能量從三重激發能轉換為單重激發能的功能的材料。因此，能夠藉由微小的熱能量將三重激發態上轉換（up-convert）為單重激發態（反系間竄越）並能夠高效地呈現來自單重激發態的發光（螢光）。另外，可以高效地獲得熱活化延遲螢光的條件為如下：單重激發態能階與三重激態發能階的能量差較佳為大於0eV且為0.3eV以下，更佳為大於0eV且為0.2eV以下，進一步較佳為大於0eV且為0.1eV以下。

【0171】 當熱活化延遲螢光性化合物由一種材料構成時，例如可以使用如下材料。

【0172】 首先，可以舉出富勒烯或其衍生物、原黃素等吖啶衍生物、曙紅（eosin）等。另外，可以舉出包含鎂（Mg）、鋅（Zn）、鎘（Cd）、錫（Sn）、鉑（Pt）、銦（In）或鈀（Pd）等的含金屬卟啉。作為該含金屬卟啉，例如也可以舉出原卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（Proto IX））、中卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（Meso IX））、血卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（Hemato IX））、糞卟啉四甲基酯-氟化錫錯合物（SnF_2（Copro III-4Me））、八乙基卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（OEP））、初卟啉-氟化錫錯合物（SnF_2（Etio I））、八乙基卟啉-氯化鉑錯合物（$PtCl_2OEP$）等。

【0173】另外，作為由一種材料構成的熱活化延遲螢光性化合物，還可以使用具有富π電子型芳雜族骨架及缺π電子型芳雜族骨架的雜環化合物。明確而言，可以舉出2-（聯苯-4-基）-4，6-雙（12-苯基吲哚并[2，3-a]咔唑-11-基）-1，3，5-三嗪（簡稱：PIC-TRZ）、2-{4-[3-（N-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑-9-基]苯基}-4，6-二苯基-1，3，5-三嗪（簡稱：PCCzPTzn）、2-[4-（10H-啡噁吡-10-基）苯基]-4，6-二苯基-1，3，5-三嗪（簡稱：PXZ-TRZ）、3-[4-（5-苯基-5，10-二氫啡吡-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-吖啶-10-基）-9H-氧雜蒽-9-酮（簡稱：ACRXTN）、雙[4-（9，9-二甲基-9，10-二氫吖啶）苯基]碸（簡稱：DMAC-DPS）、10-苯基-10H，10’H-螺[吖啶-9，9’-蒽]-10’-酮（簡稱：ACRSA）等。該雜環化合物具有富π電子型芳雜族骨架及缺π電子型芳雜族骨架，因此電子傳輸性及電洞傳輸性高，所以是較佳的。尤其是，在缺π電子型芳雜族骨架中，二嗪骨架（嘧啶骨架、吡嗪骨架、嗒吡骨架）或三嗪骨架穩定且可靠性良好，所以是較佳的。另外，在富π電子型雜芳族骨架中，吖啶骨架、啡噁吡骨架、啡噻吡骨架、呋喃骨架、噻吩骨架及吡咯骨架穩定且可靠性良好，所以具有選自該骨架中的任何一個或多個是較佳的。作為吡咯骨架，特別較佳為使用吲哚骨架、咔唑骨架及9-苯基-3，3’-聯-9H-咔唑骨架。另外，在富π電子型雜芳族骨架和缺π電子型雜芳族骨架直接鍵合的物質中，富π電子型雜芳族骨架的施體性和缺π電子型雜芳族骨架的受體性都強，單重激發能階與三重激發能階的差異變小，所以是尤其較佳的。

【0174】另外，顯示熱活化延遲螢光的材料既可以是能夠單獨從三重激發態藉由反系間竄躍生成單重激發態的材料，又可以由形成激態錯合物（也稱為Exciplex）的多個材料構成。

【0175】作為用於發光層140、發光層2140及發光層2170的主體材料可以使用電洞傳輸性材料及電子傳輸性材料。

【0176】雖然對能夠用於發光層的主體材料的材料沒有特別的限制，但是例如可以舉出：三（8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：Alq_3）、三（4-甲基-8-羥基喹啉）鋁（III）（簡稱：$Almq_3$）、雙（10-羥基苯并[h]喹啉）鈹（II）（簡稱：$BeBq_2$）、雙（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基苯酚）鋁（III）（簡稱：BAlq）、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱：Znq）、雙[2-（2-苯并噁唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）、雙[2-（2-苯并噻唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnBTZ）等金屬錯合物；2-（4-聯苯基）-5-（4-三級丁基苯基）-1,3,4-噁二唑（簡稱：PBD）、1,3-雙[5-（對三級丁基苯基）-1,3,4-噁二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-三級丁基苯基）-1,2,4-三唑（簡稱：TAZ）、2,2',2''-（1,3,5-苯三基）三（1-苯基-1H-苯并咪唑）（簡稱：TPBI）、浴銅靈（簡稱：BCP）、9-[4-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基）苯基]-9H-咔唑（簡稱：CO11）等雜環化合物；4，4’-雙[N-（1-萘基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：NPB或α-NPD）、N，N’-雙（3-甲基苯基）-N，N’-二苯基-[1，1’-聯苯]-4，4’-二胺（簡稱：TPD）、4，4’-雙[N-（螺-9，9’-二芴-2-基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：BSPB）等芳香胺化合物。另外，可以舉出蒽衍生物、菲衍生物、嵌二萘衍生物、䓛（chrysene）衍生物、二苯并[g,p]䓛（chrysene）衍生物等縮合多環芳香化合物（condensed polycyclic aromatic compound）。具體地，可以舉出9，10-二苯基蒽（簡稱：DPAnth）、N,N-二苯基-9-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-咔唑-3-胺（簡稱：CzA1PA）、4-（10-苯基-9-蒽基）三苯胺（簡稱：DPhPA）、YGAPA、PCAPA、N,9-二苯基-N-{4-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]苯基}-9H-咔唑-3-胺（簡稱：PCAPBA）、2PCAPA、

6,12-二甲氧基-5,11-二苯蕗、DBC1、9-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-咔唑（簡稱：CzPA）、3,6-二苯基-9-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-咔唑（簡稱:DPCzPA）、9,10-雙（3,5-二苯基苯基）蒽（簡稱:DPPA）、9,10-二（2-萘基）蒽（簡稱：DNA）、2-三級丁基-9,10-二（2-萘基）蒽（簡稱：t-BuDNA）、9,9'-聯蒽（簡稱：BANT）、9,9'-（二苯乙烯-3,3'-二基）二菲（簡稱：DPNS）、9,9'-（二苯乙稀-4,4'-二基）二菲（簡稱：DPNS2）、以及1,3,5-三（1-芘基）苯（簡稱：TPB3）等。從這些物質及各種物質中可以選擇一種或多種具有比上述發光材料的能隙大的能隙的物質。此外，當發光材料是磷光性化合物時，作為主體材料可以選擇其三重激發能比發光材料的三重激發能大的物質。

【0177】 當作為發光層的主體材料使用多個材料時,較佳為組合形成激態錯合物的兩種化合物而使用。在此情況下，可以適當地使用各種載子傳輸材料。特別較佳的是，為了高效地形成激態錯合物，組合電子傳輸性材料和電洞傳輸性材料。

【0178】 這是因為如下緣故：當組合電子傳輸性材料和電洞傳輸性材料而得到形成激態錯合物的主體材料時，藉由調節電子傳輸性材料和電洞傳輸性材料的混合比率，容易使發光層中的電洞和電子之間的載子平衡最佳化。藉由使發光層中的電洞和電子之間的載子平衡最佳化，可以抑制發光層中的電子和電洞再結合的區域偏於一側。藉由抑制產生再結合的區域偏於一側，可以提高發光元件的可靠性。

【0179】 作為電子傳輸性材料，可以使用包含鋅或鋁的金屬錯合物、含氮雜芳香化合物等缺π電子型雜芳香化合物等。明確而言，可以舉出雙（10-羥基苯并[h]喹啉）鈹（II）（簡稱：$BeBq_2$）、雙（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基苯酚）

鋁（III）（簡稱：BAlq）、雙（8-羥基喹啉）鋅（II）（簡稱：Znq）、雙[2-（2-苯并噁唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnPBO）或雙[2-（2-苯并噻唑基）苯酚]鋅（II）（簡稱：ZnBTZ）等的金屬錯合物、2-（4-聯苯基）-5-（4-三級丁苯基）-1,3,4-二唑（簡稱：PBD）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-三級丁基苯基）-1，2，4-三唑（簡稱：TAZ）、1,3-雙[5-（對-三級丁基苯基）-1,3,4-噁二唑-2-基]苯（簡稱：OXD-7）、9-[4-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-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：mDBTBIm-II）等具有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]喹噁啉（簡稱：2mDBTPDBq-II）、2-[3’-（二苯并噻吩-4-基）聯苯-3-基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2mDBTBPDBq-II）、2-[3’-（9H-咔唑-9-基）聯苯-3-基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2mCzBPDBq）、2-[4-（3，6-二苯基-9H-咔唑-9-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：2CzPDBq-III）、7-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：7mDBTPDBq-II）及6-[3-（二苯并噻吩-4-基）苯基]二苯并[f，h]喹噁啉（簡稱：6mDBTPDBq-II）、4，6-雙[3-（菲-9-基）苯基]嘧啶（簡稱：4，6mPnP2Pm）、4，6-雙[3-（4-二苯并噻吩基）苯基]嘧啶（簡稱：4，6mDBTP2Pm-II）、4，6-雙[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]嘧啶（簡稱：4，6mCzP2Pm）、4-{3-[3’-（9H-咔唑-9-基）]聯苯-3-基}苯并呋喃并[3，2-d]嘧啶（簡稱：4mCzBPBfpm）等具有二嗪骨架的雜環化合物、2-{4-[3-（N-苯基-9H-咔唑-3-基）-9H-咔唑-9-基]苯基}-4，6-二苯基-1，3，5-三嗪（簡稱：PCCzPTzn）、2，4，6-三[3'-（吡啶-3-基）聯苯-3-基]-1，3，5-三嗪（簡稱：TmPPPyTz）、2，4，6-三（2-吡啶）-1，3，5-三嗪（簡稱：2Py3Tzn）等具有三嗪骨架的雜環化合物、

3，5-雙[3-（9H-咔唑-9-基）苯基]吡啶（簡稱：35DCzPPy）、1，3，5-三[3-（3-吡啶基）苯基]苯（簡稱：TmPyPB）等具有吡啶骨架的雜環化合物。其中，具有二嗪骨架及三嗪骨架的雜環化合物和具有吡啶骨架的雜環化合物具有高可靠性，所以是較佳的。尤其是，具有二嗪（嘧啶或吡嗪）骨架及三嗪骨架的雜環化合物具有高電子傳輸性，還有助於降低驅動電壓。

【0180】作為電洞傳輸性材料，較佳為使用富π電子型雜芳族（例如咔唑衍生物或吲哚衍生物）或芳香胺等。明確而言，可以舉出：2-[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯基胺基]螺-9,9'-聯芴（簡稱：PCASF）、4,4',4''-三[N-（1-萘基）-N-苯基胺基]三苯胺（簡稱：1'-TNATA）、2,7-雙[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]螺-9,9'-二芴（簡稱：DPA2SF）、N,N'-雙（9-苯基咔唑-3-基）-N,N'-二苯基苯-1,3-二胺（簡稱：PCA2B）、N-（9，9-二甲基-2-二苯基胺基-9H-芴-7-基）二苯基胺（簡稱：DPNF）、N，N'，N''-三苯基-N,N',N''-三（9-苯基咔唑-3-基）苯-1,3,5-三胺（簡稱：PCA3B）、2-[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯基胺基]螺-9,9'-二芴（簡稱：PCASF）、2-[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]螺-9,9'-二芴（簡稱：DPASF）、N,N'-雙[4-（咔唑-9-基）苯基]-N,N'-二苯基-9，9-二甲基芴-2,7-二胺（簡稱：YGA2F）、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-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]聯苯（簡稱：DPAB）、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）三苯基胺（簡稱：mBPAFLP）、N-（9,9-二甲基-9H-芴-2-基）-N-{9，9-二甲基-2-[N'-苯基-N'-（9,9-二甲基-9H-芴-2-基）胺基]-9H-芴-7-基}苯基胺（簡稱：DFLADFL）、3-[N-

（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA1）、3-[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzDPA1）、3,6-雙[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzDPA2）、N-N’-雙{4-[雙（3-甲基苯基）胺基]苯基}-N,N’-二苯基-（1,1’-聯苯）-4,4’-二胺（簡稱：DNTPD）、3,6-雙[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-（1-萘基）胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzTPN2）、3，6-雙[N-（9-苯基咔唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCA2）、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）、3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基咔唑-3-基）胺基]-9-苯基咔唑（簡稱：PCzPCN1）、9，9-二甲基-N-苯基-N-[4-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）苯基]芴-2-胺（簡稱：PCBAF）、N-苯基-N-[4-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）苯基]-螺-9，9'-聯芴-2-胺（簡稱：PCBASF）、N-（4-聯苯）-N-（9,9-二甲基-9H-芴-2-基）-9-苯基-9H-咔唑-3-胺（簡稱：PCBiF）、N-（1,1’-聯苯-4-基）-N-[4-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）苯基]-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺（簡稱：PCBBiF）等具有芳香胺骨架的化合物；1,3-雙（N-咔唑基）苯（簡稱：mCP）、4，4'-二（N-咔唑基）聯苯（簡稱：CBP）、3，6-雙（3，5-二苯基苯基）-9-苯基咔唑（簡稱：CzTP）、9-苯基-9H-3-（9-苯基-9H-咔唑-3-基）咔唑（簡稱：PCCP）等具有咔唑骨架的化合物；4，4'，4"-（苯-1，3，5-三基）三（二苯并噻吩）（簡稱：DBT3P-II）、2，8-二苯基-4-[4-（9-苯基-9H-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以及具有咔唑骨架的化合物具有高可靠性和高電洞傳輸性，也有助於降低驅動電壓，所以是較佳的。

【0181】形成激態錯合物的主體材料的組合不侷限於上述化合物，可以使用載子能夠移動並能夠形成激態錯合物的組合的化合物，其中該激態錯合物的發光可以與發光材料的吸收光譜中的最長波長一側的吸收帶（相當於從發光材料的單重基態到單重激發態的遷移的吸收）重疊，還可以使用其他材料。

【0182】作為用於發光層的主體材料，也可以使用熱活化延遲螢光材料。

【0183】作為用於發光層的電子傳輸性材料可以使用與用於電子注入層的電子傳輸性材料相同的材料。由此，可以使發光元件的製造簡化，從而可以降低發光元件的製造成本。

【0184】

<<電子傳輸層>>

電子傳輸層118、電子傳輸層2113及電子傳輸層2118是包含電子傳輸性高的物質的層。作為用於電子傳輸層118、電子傳輸層2113及電子傳輸層2118的材料可以舉出具有喹啉配體、苯并喹啉配體、噁唑配體、噻唑配體的金屬錯合物、噁二唑衍生物、三唑衍生物、啡啉衍生物、吡啶衍生物、聯吡啶衍生物等。明確而言，可以使用能夠用於電子注入層130、電子注入層2130及電子注入層2119的化合物的金屬錯合物或雜芳族化合物。另外，也可以將上述物質之外的物質用於電子傳輸層118、電子傳輸層2113及電子傳輸層2118，只要該物質為電子傳輸性比電洞傳輸性高的物質。

【0185】電子傳輸層118、電子傳輸層2113及電子傳輸層2118不限於單層，還可以層疊兩層以上的由上述物質構成的層。

【0186】另外，還可以在電子傳輸層118與發光層140之間、電子傳輸層2113與發光層2140之間以及電子傳輸層2118與發光層2170之間設置控制電子載子的移動的層。該控制電子載子的移動的層是對上述電子傳輸性高的材料添加少量的電子俘獲性高的物質而成的層，藉由抑制電子載子的移動，可以調節載子平衡。這種結構對抑制因電子穿過發光層而引起的問題（例如元件壽命的下降）發揮很大的效果。

【0187】作為用於電子傳輸層的電子傳輸性材料可以使用與用於電子注入層的電子傳輸性材料相同的材料。此外，作為用於電子傳輸層的電子傳輸性材料可以使用與用於發光層的電子傳輸性材料相同的材料。由此，可以使發光元件的製造簡化，從而可以降低發光元件的製造成本。

【0188】另外，上述電洞注入層、電洞傳輸層、發光層、電子傳輸層及電子注入層分別可以藉由蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗佈法、凹版印刷等方法形成。此外，作為上述電洞注入層、電洞傳輸層、發光層、電子傳輸層及電子注入層，除了上述材料之外，也可以使用量子點等無機化合物或高分子化合物（低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等）。

【0189】作為量子點，可以使用膠狀量子點、合金型量子點、核殼（Core Shell）型量子點、核型量子點等。此外，也可以使用包含第2族與第16族、第13族與第15族、第13族與第17族、第11族與第17族或第14族與第15族的元素群的量子點。或者，可以使用包含鎘（Cd）、硒（Se）、鋅（Zn）、硫（S）、磷（P）、

銦（In）、碲（Te）、鉛（Pb）、鎵（Ga）、砷（As）、鋁（Al）等元素的量子點。

【0190】作為用於濕處理的液體介質，例如可以使用：甲乙酮、環己酮等酮類；乙酸乙酯等脂肪酸酯類；二氯苯等鹵化烴類；甲苯、二甲苯、均三甲苯、環己基苯等芳烴類；環己烷、十氫化萘、十二烷等脂肪族烴類；二甲基甲醯胺（DMF）、二甲亞碸（DMSO）等有機溶劑。

【0191】作為可以用於發光層的高分子化合物，例如可以舉出：聚伸苯基亞乙烯（PPV）衍生物諸如聚[2-甲氧基-5-（2-乙基己氧基）-1,4-伸苯基伸乙烯基]（簡稱：MEH-PPV）、聚（2，5-二辛基-1，4-伸苯基亞乙烯）等；聚芴衍生物諸如聚（9,9-二正辛基芴基-2,7-二基）（簡稱：PF8）、聚[（9，9-二正辛基芴基-2，7-二基）-alt-（苯并[2，1，3]噻二唑-4，8-二基）]（簡稱：F8BT）、聚[（9，9-二正辛基芴基-2，7-二基）-alt-（2，2’-聯噻吩-5，5’-二基）]（簡稱F8T2）、聚[（9，9-二辛基-2，7-二伸乙烯基伸芴基（divinylenefluorenylene））-alt-（9，10-蒽）]、聚[（9，9-二己基芴-2，7-二基）-alt-（2，5-二甲基-1，4-亞苯）]等；聚烷基噻吩（PAT）衍生物諸如聚（3-己基噻吩-2，5-二基）（簡稱：P3HT）等、聚亞苯衍生物等。另外，也可以對上述高分子化合物、聚（9-乙烯基咔唑）（簡稱：PVK）、聚（2-乙烯基萘）、聚[雙（4-苯基）（2,4,6-三甲基苯基）胺]（簡稱：PTAA）等高分子化合物摻雜發光性低分子化合物，而將其用於發光層。作為發光性低分子化合物，可以使用以上舉例的螢光性化合物。

【0192】

<<一對電極>>

電極101、電極102、電極2101、電極2102、電極2103及電極2104被用作發光元件的陽極或陰極。電極101、電極102、電極2101、電極2102、電極2103及電極2104可以使用金屬、合金、導電性化合物及其混合物或疊層體等形成。

【0193】電極101或電極102較佳為使用具有反射光的功能的導電材料形成。電極2102或電極2101、電極2103及電極2104（電極2101、電極2103及電極2104為一個組合，以下同樣）較佳為使用具有反射光的功能的導電材料形成。作為該導電材料，可以舉出鋁（Al）或包含Al的合金等。作為包含Al的合金，可以舉出包含Al及L（L表示鈦（Ti）、釹（Nd）、鎳（Ni）和鑭（La）中的一個或多個）的合金等，例如為包含Al及Ti的合金或者包含Al、Ni及La的合金等。鋁具有低電阻率和高光反射率。此外，由於鋁在地殼中大量地含有且不昂貴，所以藉由使用鋁可以降低發光元件的製造成本。此外，銀（Ag）由於具有高光反射率，所以適合用於電極材料。此外，Ag是第11族的過渡金屬，當作為本發明的一個實施方式的電子注入層中使用Ag的發光元件的陰極使用Ag時，電極與電子注入層的密接性提高，所以是較佳的。此外，也可以使用包含Ag、N（N表示釔（Y）、Nd、鎂（Mg）、鐿（Yb）、Al、Ti、鎵（Ga）、鋅（Zn）、銦（In）、鎢（W）、錳（Mn）、錫（Sn）、鐵（Fe）、Ni、銅（Cu）、鈀（Pd）、銥（Ir）和金（Au）中的一個或多個）的合金等。作為包含銀的合金，例如可以舉出如下合金：包含銀、鈀及銅的合金；包含銀及銅的合金；包含銀及鎂的合金；包含銀及鎳的合金；包含銀及金的合金；以及包含銀及鐿的合金等。除了上述材料以外，可以使用鎢、鉻（Cr）、鉬（Mo）、銅及鈦等的過渡金屬。

【0194】另外，從發光層獲得的光透過電極101及/或電極102或者電極2102及/或電極2101、電極2103及電極2104被提取。由此，電極101和電極102中的至

少一個以及電極2102和電極2101、電極2103及電極2104中的至少一個較佳為使用具有透過光的功能的導電材料形成。作為該導電材料，可以舉出可見光穿透率為40%以上且100%以下，較佳為60%以上且100%以下，且電阻率為$1\times10^{-2}\Omega\cdot cm$以下的導電材料。

【0195】 此外，電極101、電極102、電極2101、電極2102、電極2103及電極2104也可以使用具有透過光的功能及反射光的功能的導電材料形成。作為該導電材料，可以舉出可見光反射率為20%以上且80%以下，較佳為40%以上且70%以下，且電阻率為$1\times10^{-2}\Omega\cdot cm$以下的導電材料。例如，可以使用具有導電性的金屬、合金和導電性化合物中的一種或多種。明確而言，例如可以使用銦錫氧化物（Indium Tin Oxide，以下稱為ITO）、包含矽或氧化矽的銦錫氧化物（簡稱：ITSO）、氧化銦-氧化鋅（Indium Zinc Oxide）、含有鈦的氧化銦-錫氧化物、銦-鈦氧化物、包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦等金屬氧化物。另外，可以使用具有透過光的程度的厚度（較佳為1nm以上且30nm以下的厚度）的金屬膜。作為金屬，例如可以使用Ag、Ag及Al、Ag及Mg、Ag及Au以及Ag及Yb等的合金等。

【0196】 導電層2101b、導電層2103b及導電層2104b較佳為使用上述具有透過光的功能的導電性材料形成。此外，導電層2101a、導電層2103a、導電層2104a較佳為使用上述具有反射光的功能的導電性材料、具有透過光的功能的導電性材料或者具有透過光功能及反射光的功能的導電性材料形成。

【0197】 注意，在本說明書等中，作為具有透光的功能的材料，使用具有使可見光透過的功能且具有導電性的材料即可，例如有上述以ITO為代表的氧化物導電體、氧化物半導體或包含有機物的有機導電體。作為包含有機物的有機導電體，例如可以舉出包含混合有機化合物與電子予體（施體）而成的複合材

料、包含混合有機化合物與電子受體（受體）而成的複合材料等。另外，也可以使用石墨烯等無機碳類材料。另外，該材料的電阻率較佳為$1\times10^{5}\Omega\cdot cm$以下，更佳為$1\times10^{4}\Omega\cdot cm$以下。

【0198】 另外，可以藉由層疊多個上述材料形成電極101和電極102中的一者或兩者以及電極2102和電極2101、電極2103及電極2104中的一者或兩者。

【0199】 為了提高光提取效率，可以與具有透過光的功能的電極接觸地形成其折射率比該電極高的材料。作為這種材料，只要具有透過可見光的功能即可，可以為具有導電性的材料，也可以為不具有導電性的材料。例如，除了上述氧化物導電體以外，還可以舉出氧化物半導體、有機物。作為有機物，例如可以舉出作為發光層、電洞注入層、電洞傳輸層、電子傳輸層或電子注入層例示出的材料。另外，也可以使用無機碳類材料或具有透過光的程度的厚度的金屬薄膜，也可以層疊多個具有幾nm至幾十nm厚的層。

【0200】 當電極101或電極102被用作陰極時，較佳為使用功函數小（3.8eV以下）的材料。當電極2102或電極2101、電極2103及電極2104被用作陰極時，較佳為使用功函數小（3.8eV以下）的材料。

【0201】 當電極101或電極102被用作陽極時，較佳為使用功函數大（4.0eV以上）的材料。當電極2102或電極2101、電極2103及電極2104被用作陽極時，較佳為使用功函數大（4.0eV以上）的材料。

【0202】 電極101及電極102也可以採用具有反射光的功能的導電材料及具有透過光的功能的導電材料的疊層。在此情況下，電極101及電極102具有調整光學距離的功能而可以使來自各發光層的所希望的波長的光諧振而增強該波長的光，所以是較佳的。同樣地，電極2102及/或電極2101、電極2103、電極2104

也可以採用具有反射光的功能的導電材料及具有透過光的功能的導電材料的疊層。此時，電極2101、電極2102、電極2103及電極2104具有調整光學距離的功能而可以使來自各發光層的所希望的波長的光諧振而增強該波長的光，所以是較佳的。

【0203】 作為電極101、電極102、電極2101、電極2102、電極2103及電極2104的成膜方法，可以適當地使用濺射法、蒸鍍法、印刷法、塗佈法、MBE（Molecular Beam Epitaxy：分子束磊晶）法、CVD法、脈衝雷射沉積法、ALD（Atomic Layer Deposition：原子層沉積）法等。

【0204】

<<微腔結構>>

在本發明的一個實施方式的發光元件中，例如，圖49A及圖49B所示的電極2101使用具有反射光的功能的導電性材料形成，電極2102使用具有透過光的功能及反射光的功能的導電性材料形成，並採用光學微腔諧振器（微腔）結構，可以使從發光層2140或發光層2170得到的光在電極間諧振，從而可以增強從電極2102射出的光中的所希望的波長的光的強度。

【0205】 這裡，對從電極2102一側（陰極一側）提取光的情況進行說明，但是也可以從電極2101一側（陽極一側）提取光。此時，電極2101使用具有反射光的功能及透過光的功能的導電性材料形成，電極2102使用具有反射光的功能的導電性材料形成即可。

【0206】 從發光層2140及發光層2170射出的光在一對電極（例如，電極2101及電極2102）之間被諧振。另外，發光層2140及發光層2170形成在能夠使所射出的光中的所希望的波長的光的強度增強的位置。例如，藉由調整從電極

2101的反射區域到發光層2170的發光區域的光學距離以及從電極2102的反射區域到發光層2170的發光區域的光學距離，可以增強從發光層2170射出的光中的所希望的波長的光的強度。此外，藉由調整從電極2101的反射區域到發光層2140的發光區域的光學距離以及從電極2102的反射區域到發光層2140的發光區域的光學距離，可以增強從發光層2140射出的光中的所希望的波長的光的強度。也就是說，當採用層疊多個發光層（在此為發光層2140及發光層2170）的發光元件時，較佳為分別將發光層2140及發光層2170的光學距離最佳化。

【0207】 例如，為了使從發光層2140獲得的所希望的光（波長：λ）放大，較佳為將從電極2101的反射區域到發光層2140中的能夠獲得所希望的光的區域（發光區域）的光學距離及從電極2102的反射區域到發光層2140中的能夠獲得所希望的光的區域（發光區域）的光學距離都調整為（2m'-1）λ/4（注意，m'為自然數）左右。注意，在此說明的"發光區域"是指發光層2140中的電洞與電子的再結合區域。

【0208】 藉由進行上述光學調整，可以使能夠從發光層2140獲得的發射光譜變窄，由此可以獲得色純度良好的發光。

【0209】

<<基板>>

本發明的一個實施方式的發光元件可以在由玻璃、塑膠等構成的基板上製造。作為在基板上層疊的順序，可以從電極101一側依次層疊，也可以從電極102一側依次層疊。在發光元件2250a及發光元件2250b中，可以從電極2101、電極2102及電極2103一側依次層疊，也可以從電極2102一側依次層疊。

【0210】另外，作為能夠形成本發明的一個實施方式的發光元件的基板，例如可以使用玻璃、石英或塑膠等。或者，也可以使用撓性基板。撓性基板是可以彎曲（flexible）的基板，例如由聚碳酸酯、聚芳酯製成的塑膠基板等。另外，可以使用薄膜、無機蒸鍍薄膜等。注意，只要在發光元件及光學元件的製造過程中起支撐物的作用，就可以使用其他材料。或者，只要具有保護發光元件及光學元件的功能即可。

【0211】例如，在本說明書等中，可以使用各種基板形成發光元件。對基板的種類沒有特別的限制。作為該基板的例子，例如可以使用半導體基板（例如，單晶基板或矽基板）、SOI基板、玻璃基板、石英基板、塑膠基板、金屬基板、不鏽鋼基板、具有不鏽鋼箔的基板、鎢基板、具有鎢箔的基板、撓性基板、貼合薄膜、包含纖維狀的材料的纖維素奈米纖維（CNF）或紙或者基材薄膜等。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，可以舉出如下例子。例如，可以舉出以聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET）、聚萘二甲酸乙二醇酯（PEN）、聚醚碸（PES）、聚四氟乙烯（PTFE）為代表的塑膠。或者，作為例子，可以舉出丙烯酸樹脂等樹脂等。或者，作為例子，可以舉出聚丙烯、聚酯、聚氟化乙烯或聚氯乙烯等。或者，作為例子，可以舉出聚醯胺、聚醯亞胺、芳族聚醯胺、環氧樹脂、無機蒸鍍薄膜、紙類等。

【0212】另外，也可以作為基板使用撓性基板，並在撓性基板上直接形成發光元件。或者，也可以在基板與發光元件之間設置剝離層。當在剝離層上製造發光元件的一部分或全部，然後將其從基板分離並轉置到其他基板上時可以使用剝離層。此時，也可以將發光元件轉置到耐熱性低的基板或撓性基板上。

另外，作為上述剝離層，例如可以使用鎢膜和氧化矽膜的無機膜的疊層結構或在基板上形成有聚醯亞胺等樹脂膜的結構等。

【0213】 也就是說，也可以使用一個基板來形成發光元件，然後將發光元件轉置到另一個基板上。作為發光元件被轉置的基板的例子，除了上述基板之外，還可以舉出玻璃紙基板、石材基板、木材基板、布基板（包括天然纖維（絲、棉、麻）、合成纖維（尼龍、聚氨酯、聚酯）或再生纖維（醋酯纖維、銅氨纖維、人造纖維、再生聚酯）等）、皮革基板、橡膠基板等。藉由採用這些基板，可以製造不易損壞的發光元件、耐熱性高的發光元件、實現輕量化的發光元件或實現薄型化的發光元件。

【0214】 另外，也可以在上述基板上例如形成場效應電晶體（FET），並且在與FET電連接的電極上製造發光元件150、發光元件2250a及發光元件2250b。由此，可以製造藉由FET控制發光元件的驅動的主動矩陣型顯示裝置。

【0215】 作為形成光學元件的基板2220，可以使用上述基板。

【0216】

<<遮光層>>

遮光層2223具有抑制外光的反射的功能。或者，遮光層2223具有防止從相鄰的發光元件發射出的光混合的功能。遮光層2223可以使用金屬、包含黑色顏料的樹脂、碳黑、金屬氧化物、包含多種金屬氧化物的固溶體的複合氧化物等。

【0217】

<<光學元件>>

光學元件2224B、光學元件2224G及光學元件2224R具有選擇性地使入射光中的呈現特定顏色的光透過的功能。例如，從區域2222B發射的光透過光學元件

2224B成為藍色光，從區域2222G發射的光透過光學元件2224G成為綠色光，從區域2222R發射的光透過光學元件2224R成為紅色光。

【0218】作為光學元件2224R、光學元件2224G、光學元件2224B，例如可以採用彩色層（也稱為濾色片）、帶通濾光片、多層膜濾光片等。此外，可以將顏色轉換元件應用於光學元件。顏色轉換元件是將入射光轉換為其波長比該入射光長的光的光學元件。作為顏色轉換元件，較佳為使用利用量子點的元件。藉由利用量子點，可以提高顯示裝置的色彩再現性。

【0219】另外，也可以在光學元件2224R、光學元件2224G及光學元件2224B上重疊地設置一個或多個其他光學元件。作為其他光學元件，例如可以設置圓偏光板或防反射膜等。藉由將圓偏光板設置在顯示裝置中的顯示元件所發射的光被提取的一側，可以防止從顯示裝置的外部入射的光在顯示裝置的內部被反射而射出到外部的現象。另外，藉由設置防反射膜，可以減弱在顯示裝置的表面被反射的外光。由此，可以清晰地觀察顯示裝置所發射的光。

【0220】

<<分隔壁>>

分隔壁2145只要具有絕緣性即可，使用無機材料或有機材料形成。作為該無機材料，可以舉出氧化矽、氧氮化矽、氮氧化矽、氮化矽、氧化鋁、氮化鋁等。作為該有機材料，例如可以舉出丙烯酸樹脂或聚醯亞胺樹脂等感光樹脂材料。

【0221】注意，氧氮化矽膜是指其組成中氧含量多於氮含量的膜，較佳為在55atoms%以上且65atoms%以下、1atoms%以上且20atoms%以下、25atoms%以上且35atoms%以下、0.1atoms%以上且10atoms%以下的範圍內分別包含氧、氮、矽和氫。氮氧化矽膜是指其組成中氮含量多於氧含量的膜，較佳為在55atoms%

以上且65atoms%以下、1atoms%以上且20atoms%以下、25atoms%以上且35atoms%以下、0.1atoms%以上且10atoms%以下的範圍內分別包含氮、氧、矽和氫。

【0222】 本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

【0223】

實施方式2

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

【0224】

<發光元件的結構實例5>

圖3A及圖3B是發光元件250及發光元件252的剖面示意圖。

【0225】 圖3A及圖3B所示的發光元件250及發光元件252在一對電極(電極101與電極102)之間具有多個發光單元(圖3A及圖3B中的發光單元106和發光單元108)。注意，在發光元件250及發光元件252中，雖然對電極101為陽極且電極102為陰極時的情況進行說明，但是作為發光元件250的結構也可以採用與此相反的結構。

【0226】 在圖3A及圖3B所示的發光元件250及發光元件252中，層疊有發光單元106和發光單元108，並且在發光單元106與發光單元108之間設置有電荷產生層115。另外，發光單元106和發光單元108可以具有相同結構或不同結構。

【0227】 發光元件250及發光元件252包括發光層140和發光層170。發光單元106除了發光層170之外還包括電洞注入層111、電洞傳輸層112、電子傳輸層113及電子注入層114。發光單元108除了發光層140之外還包括電洞注入層116、電洞傳輸層119、電子傳輸層118及電子注入層130。

【0228】 上述實施方式1所示的過渡金屬和具有非共用電子對的有機化合物的複合材料適合用於電子注入層114及電子注入層130。藉由採用這種結構，可以提供具有優異的抗濕性、高可靠性以及低驅動電壓的發光元件。此外，如圖3B所示的發光元件252那樣，也可以在電子注入層130與電極102之間設置電荷產生層160。藉由採用該結構，可以提供抗濕性、抗氧化性更優異的元件。

【0229】 如上所述，電荷產生層115及電荷產生層160可以採用對電洞傳輸性材料添加有作為電子受體的受體性物質的結構，也可以採用對電子傳輸性材料添加有作為電子予體的施體性物質的結構。另外，也可以層疊這兩種結構。藉由採用該結構，可以簡單地製造抗濕性優異的發光元件。

【0230】 在本發明的一個實施方式的發光元件中，電荷產生層115及電荷產生層160也可以使用相同的材料形成。例如，電荷產生層115及電荷產生層160也可以使用與電洞傳輸性材料相同的受體材料形成。藉由採用該結構，可以簡單地製造抗濕性優異的發光元件。

【0231】 夾在發光單元106與發光單元108之間的電荷產生層115只要具有在將電壓施加到電極101和電極102之間時，將電子注入到一個發光單元且將電洞注入到另一個發光單元的結構即可。例如，在圖3A及圖3B中，在以使電極101的電位高於電極102的電位的方式施加電壓時，電荷產生層115將電子注入到發光單元106且將電洞注入到發光單元108。

【0232】 雖然在圖3A及圖3B中說明了具有兩個發光單元的發光元件，但是可以將同樣的結構應用於層疊有三個以上的發光單元的發光元件。如發光元件250所示，藉由在一對電極間以由電荷產生層將其隔開的方式配置多個發光單元，可以實現在保持低電流密度的同時還可以進行高亮度發光，並且壽命更長的發光元件。另外，還可以實現低功耗的發光元件。

【0233】 另外，在上述各結構中，用於發光單元106及發光單元108的客體材料的發光顏色既可以相同又可以不同。當發光單元106和發光單元108包含具有發射相同顏色的發光的功能的客體材料時，發光元件250及發光元件252成為以較低的電流呈現高發光亮度的發光元件，所以是較佳的。另外，當發光單元106和發光單元108包含發射呈現彼此不同顏色的發光的功能的客體材料時，發光元件250發射多個顏色的發光，所以是較佳的。此時，當將發光波長不同的多個發光材料用於發光層140和發光層170中的一個或兩個時，合成具有不同的發光峰值的光，因此發光元件250的發射光譜具有至少兩個極大值。

【0234】 上述結構適合獲得白色發光的情況。藉由使發光層140與發光層170的光為互補色的關係，可以獲得白色發光。尤其較佳為以實現演色性高的白色發光或至少具有紅色、綠色、藍色的發光的方式選擇客體材料。

【0235】 另外，在層疊三個以上的發光單元的發光元件中，用於各發光單元的客體材料的發光顏色可以相同或不同。在發光元件包括發射相同顏色的發光的多個發光單元的情況下，這些發光單元可以以比其他的顏色低的電流值獲得高發光亮度的發光顏色。這種結構適於發光顏色的調整。尤其較佳為用於使用發光效率不同且呈現不同發光顏色的客體材料的情況。例如，在設置三個發光單元的情況下，藉由設置包含呈現相同發光顏色的螢光性化合物的兩個發光

單元及包含呈現與該螢光性化合物不同的發光顏色的磷光性化合物的一個發光單元，可以調整螢光發光及磷光發光的發光強度。換言之，可以根據發光單元的個數調整發光顏色的強度。

【0236】 在採用上述包括兩個螢光發光單元及一個磷光發光單元的發光元件的情況下，為了高效地獲得白色發光，較佳為採用如下結構：發光單元包括包含藍色螢光性化合物的兩個發光單元及包含黃色磷光性化合物的一個發光單元的結構；發光單元包括包含藍色螢光性化合物的兩個發光單元及包含紅色磷光性化合物及綠色磷光性化合物的一個發光單元的結構；發光單元包括包含藍色螢光性化合物的兩個發光單元及包含紅色磷光性化合物、黃色磷光性化合物及綠色磷光性化合物的一個發光單元的結構。

【0237】 此外，也可以將發光層140和發光層170中的至少一個進一步分割為層狀並使各層含有不同的發光材料。也就是說，發光層140和發光層170中的至少一個也可以由兩層以上的多個層形成。例如，在從電洞傳輸層一側依次層疊第一發光層和第二發光層來形成發光層的情況下，可以將具有電洞傳輸性的材料用於第一發光層的主體材料，並且將具有電子傳輸性的材料用於第二發光層的主體材料。在此情況下，第一發光層和第二發光層所包含的發光材料也可以是相同或不同的材料。另外，第一發光層和第二發光層所包含的發光材料可以是具有發射相同顏色的發光的功能的材料，也可以是具有發射不同顏色的發光的功能的材料。藉由採用具有發射彼此不同顏色的發光的功能的多個發光材料的結構，也可以得到由三原色或四種以上的發光顏色構成的演色性高的白色發光。

【0238】另外，可以利用蒸鍍法（包括真空蒸鍍法）、噴墨法、塗佈法、凹版印刷等的方法形成發光單元106、發光單元108及電荷產生層115。

【0239】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。

【0240】

實施方式3

在本實施方式中，以下參照圖4A及圖4B、圖5A及圖5B以及圖6對使用實施方式1及實施方式2所示的發光元件的發光裝置的實例進行說明。

【0241】圖4A是示出發光裝置的俯視圖，圖4B是沿圖4A中的A-B以及C-D切割的剖面圖。該發光裝置包括以虛線表示的用來控制發光元件的發光的驅動電路部（源極一側驅動電路）601、像素部602以及驅動電路部（閘極一側驅動電路）603。另外，元件符號604是密封基板，元件符號625是乾燥劑，元件符號605是密封劑，由密封劑605圍繞的內側是空間607。

【0242】另外，引導佈線608是用來傳送輸入到源極一側驅動電路601及閘極一側驅動電路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。另外，雖然在此只圖示FPC，但是該FPC也可以安裝有印刷線路板（PWB：Printed Wiring Board）。本說明書中的發光裝置不僅包括發光裝置主體，並且還包括安裝有FPC或PWB的發光裝置。

【0243】接下來，參照圖4B說明上述發光裝置的剖面結構。在元件基板610上形成有驅動電路部及像素部，在此示出作為驅動電路部的源極一側驅動電路601及像素部602中的一個像素。

【0244】另外，在源極一側驅動電路601中，形成組合n通道TFT623和p通道TFT624的CMOS電路。此外，驅動電路也可以使用各種CMOS電路、PMOS電路或NMOS電路形成。另外，在本實施方式中，雖然示出將驅動電路形成於基板上的驅動器一體型，但不需要必須採用該結構，也可以將驅動電路形成於外部而不形成於基板上。

【0245】此外，像素部602由包括開關用TFT611、電流控制用TFT612、電連接於該電流控制用TFT612的汲極的第一電極613的像素形成。另外，以覆蓋第一電極613的端部的方式形成有絕緣物614。絕緣物614可以使用正型光敏樹脂膜來形成。

【0246】另外，為了提高形成於絕緣物614上的膜的覆蓋率，將絕緣物614的上端部或下端部形成為具有曲率的曲面。例如，在作為絕緣物614的材料使用光敏丙烯酸樹脂的情況下，較佳為僅使絕緣物614的上端部具有曲面。該曲面的曲率半徑為0.2μm以上且0.3μm以下。此外，作為絕緣物614，可以使用負型光敏材料或正型光敏材料。

【0247】在第一電極613上形成有EL層616及第二電極617。在此，作為用作陽極的第一電極613的材料較佳為使用功函數大的材料。例如，除了ITO膜、包含矽的銦錫氧化物膜、包含2wt%以上且20wt%以下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膜等。注意，當採用疊層結構時，佈線電阻也低，可以得到良好的歐姆接觸，並且可以將其用作陽極。

【0248】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。作為構成EL層616的材料，也可以使用低分子化合物、或者高分子化合物（包含低聚物、樹枝狀聚合物）。

【0249】另外，作為形成在EL層616上並用作陰極的第二電極617的材料，較佳為使用功函數小的材料（Al等）。注意，當使產生在EL層616中的光透過第二電極617時，作為第二電極617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%以上且20wt%以下的氧化鋅的氧化銦、包含矽的銦錫氧化物、氧化鋅（ZnO）等）構成的疊層。

【0250】此外，發光元件618由第一電極613、EL層616、第二電極617形成。該發光元件618較佳為具有實施方式1及實施方式2所示的結構。另外，像素部包括多個發光元件，本實施方式的發光裝置也可以包括具有實施方式1及實施方式2所說明的結構的發光元件和具有其他結構的發光元件的兩者。

【0251】再者，藉由利用密封劑605將密封基板604與元件基板610貼合在一起，在由元件基板610、密封基板604及密封劑605圍繞的空間607中設置有發光元件618。另外，在空間607中填充有填充劑，除了填充有惰性氣體（氮、氬等）以外，還有時填充有樹脂或乾燥材料、或者樹脂與乾燥材料的兩者。

【0252】作為密封劑605，較佳為使用環氧類樹脂或玻璃粉。另外，這些材料較佳為儘量不使水分、氧透過的材料。此外，作為用於密封基板604的材料，除了玻璃基板、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（聚氟乙烯）、聚酯或丙烯酸樹脂等構成的塑膠基板。

【0253】藉由上述方法可以得到使用實施方式1及實施方式2中說明的發光元件的發光裝置。

【0254】

<發光裝置的結構實例1>

在圖5A和圖5B中，作為發光裝置的一個例子示出形成有呈現白色發光的發光元件及彩色層（濾色片）的發光裝置的例子。

【0255】 圖5A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1026、EL層1028、發光元件的第二電極1029、密封基板1031、密封劑1032等。

【0256】 另外，在圖5A和圖5B中將彩色層（紅色彩色層1034R、綠色彩色層1034G、藍色彩色層1034B）設置於透明基材1033上。另外，還可以設置黑色層（黑矩陣）1035。對設置有彩色層及黑色層的透明基材1033進行對準將其固定在基板1001上。此外，彩色層及黑色層由覆蓋層1036覆蓋。另外，圖5A示出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、藍色光、綠色光，因此能夠以四個顏色的像素呈現影像。

【0257】 圖5B示出將紅色彩色層1034R、綠色彩色層1034G、藍色彩色層1034B形成在閘極絕緣膜1003與第一層間絕緣膜1020之間的例子。如圖5B所示，也可以將彩色層設置在基板1001與密封基板1031之間。

【0258】 另外，雖然作為上述說明的發光裝置採用從形成有TFT的基板1001一側取出發光的結構（底部發射型）的發光裝置，但是也可以採用從密封基板1031一側取出發光的結構（頂部發射型）的發光裝置。

【0259】

<發光裝置的結構實例2>

圖6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。直到製造連接TFT與發光元件的陽極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1021相同的材料或其他各種材料形成。

【0260】 雖然發光元件的第一下部電極1025W、1025R、1025G、1025B在這裡都為陽極，但是也可以為陰極。另外，在圖6所示的頂部發射型的發光裝置中，較佳為下部電極1025W、1025R、1025G、1025B為反射電極。另外，較佳為第二電極1029具有發射光及使光透過的功能。另外，較佳為在第二電極1029與下部電極1025W、1025R、1025G、1025B間採用微腔結構，來放大特定波長的光。EL層1028的結構採用如實施方式2所說明那樣的結構，並且採用能夠得到白色發光的元件結構。

【0261】 在圖5A、圖5B和圖6中，藉由使用多個發光層或者使用多個發光單元等來實現能夠得到白色發光的EL層的結構，即可。注意，獲得白色發光的結構不侷限於此。

【0262】 在採用如圖6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。可以在密封基板1031上設置有位於像素與像素之間的黑色層（黑矩陣）1030。彩色層（紅色彩色層1034R、綠色彩色層1034G、藍色彩色層1034B）、

黑色層（黑矩陣）也可以由覆蓋層覆蓋。另外，作為密封基板1031使用具有透光性的基板。

【0263】 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，但並不侷限於此，也可以以紅色、綠色、藍色的三個顏色進行全彩色顯示。另外，也可以以紅色、綠色、藍色和黃色的四個顏色進行全彩色顯示。

【0264】 藉由上述方法可以得到使用實施方式1及實施方式2中說明的發光元件的發光裝置。

【0265】 本實施方式可以與其他實施方式適當地組合。

【0266】

實施方式4

在本實施方式中，參照圖7A至圖7G對可用於本發明的一個實施方式的顯示裝置的電晶體進行說明。

【0267】 圖7A所示的電晶體為所謂底閘極型通道蝕刻結構的電晶體。電晶體在基板411上包括：被用作閘極電極的導電層431；被用作閘極絕緣層的絕緣層434；半導體層432；以及被用作源極電極及汲極電極的一對導電層433a及導電層433b。半導體層432中的與導電層431重疊的部分被用作通道形成區域。半導體層432與導電層433a及導電層433b連接。

【0268】 圖7A所示的電晶體包括用作源極區域及汲極區域的一對雜質半導體層435。雜質半導體層435設置在半導體層432與導電層433a間以及半導體層432與導電層433b間。半導體層432以與雜質半導體層435接觸的方式設置，雜質半導體層435以與導電層433a或導電層433b接觸的方式設置。

【0269】 半導體層432例如可以使用含有矽的半導體。作為含有矽的半導體，例如，可以使用氫化非晶矽、微晶矽或多晶矽等。尤其較佳為使用氫化非晶矽，由此可以在大型基板上以高良率形成。本發明的一個實施方式的顯示裝置即使使用採用場效移動率相對較低的非晶矽的電晶體也可以實現良好的顯示。

【0270】 半導體層432也可以使用有機物。作為該有機物，例如可以使用上述電子傳輸性材料或電洞傳輸性材料。此外，也可以使用聚噻吩、聚對伸苯基伸乙烯基、聚二乙炔等高分子化合物。此外，該有機物不侷限於此。

【0271】 構成雜質半導體層435的雜質半導體膜使用添加有賦予一種導電類型的雜質元素的半導體來形成。當電晶體為n型通道時，作為添加有賦予一種導電型的雜質元素的半導體，例如可以舉出添加有P或As的矽。或者，當電晶體為p通道型時，作為添加有賦予一種導電型的雜質元素，例如可以添加B，但是電晶體較佳為n通道型。雜質半導體層可使用非晶半導體或者如微晶半導體等的結晶半導體來形成。此外，實施方式1所示的過渡金屬和具有非共用電子對的有機化合物的複合材料適合用於雜質半導體層435。

【0272】 圖7B所示的電晶體在半導體層432與雜質半導體層435間包括半導體層437。

【0273】 半導體層437可以使用與半導體層432同樣的半導體膜形成。半導體層437可以用作進行雜質半導體層435的蝕刻時防止半導體層432被蝕刻而消失的蝕刻停止層。另外，雖然在圖7A中示出半導體層437被左右分離的例子，但是半導體層437的一部分也可以覆蓋半導體層432的通道形成區域。

【0274】 另外，可以使半導體層437的雜質濃度低於雜質半導體層435的濃度雜質。由此，可以將半導體層437用作LDD（Lightly Doped Drain：輕摻雜汲極）區域，由此可以抑制驅動電晶體時的熱載子劣化。

【0275】 圖7C所示的電晶體在半導體層432的通道形成區域上設置有絕緣層484。絕緣層484用作雜質半導體層435的蝕刻時的蝕刻停止層。

【0276】 圖7D所示的電晶體包括半導體層432p替代半導體層432。半導體層432p含有具有高結晶性的半導體膜。例如，半導體層432p含有多晶半導體或單晶半導體。由此，可以實現具有高場效移動率的電晶體。

【0277】 圖7E所示的電晶體在半導體層432的通道形成區域中包括半導體層432p。例如，圖7E所示的電晶體可以藉由對成為半導體層432的半導體膜照射雷射等來使該半導體膜局部晶化而形成。由此，可以實現具有高場效移動率的電晶體。

【0278】 圖7F所示的電晶體在圖7B所示的電晶體的半導體層432的通道形成區域中包括結晶性的半導體層432p。

【0279】 圖7G所示的電晶體是圖7C所示的電晶體的半導體層432的通道形成區域中包括結晶性的半導體層432p的電晶體。

【0280】 接著，對電晶體所包括的組件進行詳細的說明。

【0281】 電晶體包括被用作閘極電極的導電層、半導體層、被用作源極電極的導電層、被用作汲極電極的導電層以及被用作閘極絕緣層的絕緣層。

【0282】 注意，對本發明的一個實施方式的顯示裝置所包括的電晶體的結構沒有特別的限制。例如，可以採用平面型電晶體、交錯型電晶體或反交錯型

電晶體。另外，還可以採用頂閘極型或底閘極型的電晶體結構。或者，也可以在通道的上下設置有閘極電極。

【0283】 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）。當使用具有結晶性的半導體時可以抑制電晶體的特性劣化，所以是較佳的。

【0284】 例如，可以將矽用於形成有電晶體的通道的半導體。作為矽，尤其較佳為使用非晶矽。藉由使用非晶矽可以在大型基板上高良率地形成電晶體而具有高量產性。

【0285】 另外，可以使用微晶矽、多晶矽、單晶矽等具有結晶性的矽。尤其是，多晶矽與單晶矽相比能夠在低溫下形成，並且其場效移動率比非晶矽高，所以多晶矽的可靠性高。

【0286】 本實施方式所示的底閘極結構的電晶體由於能夠減少製程，所以是較佳的。另外，此時藉由使用非晶矽，可以在比多晶矽低的溫度下形成，並且作為半導體層下方的佈線或電極的材料及基板材料可以使用耐熱性低的材料，由此可以擴大材料的選擇範圍。例如，較佳為使用極大面積的玻璃基板等。另一方面，頂閘極型電晶體容易自對準地形成雜質區域，從而可以減少特性的不均勻等，所以是較佳的。有某些情況下，頂閘極型電晶體尤其適合於使用多晶矽或單晶矽等的情況。

【0287】

<<基板>>

雖然對基板411的材料等沒有特別的限制，但是至少需要能夠承受後續的加熱處理的耐熱性。例如，作為基板411，可以使用玻璃基板、陶瓷基板、石英基板、藍寶石基板等。另外，還可以使用以矽或碳化矽為材料的單晶半導體基板或多晶半導體基板、以矽鍺等為材料的化合物半導體基板、SOI（Silicon On Insulator：絕緣層上覆矽）基板等，並且也可以將在這些基板上設置有半導體元件的基板用作基板411。當作為基板411使用玻璃基板時，藉由使用第6代（1500mm×1850mm）、第7代（1870mm×2200mm）、第8代（2200mm×2400mm）、第9代（2400mm×2800mm）、第10代（2950mm×3400mm）等的大面積基板，可以製造大型顯示裝置。藉由使用這種大面積基板，可以降低製造成本，所以是較佳的。

【0288】 作為基板411，也可以使用撓性基板，並且在撓性基板上直接形成上述電晶體。或者，也可以在基板411與上述電晶體之間設置剝離層。剝離層可以在如下情況下使用，亦即在剝離層上製造電晶體的一部分或全部，然後將其從基板411分離並轉置到其他基板上的情況。此時，也可以將上述電晶體轉置到耐熱性低的基板或撓性基板上。

【0289】

<<導電層>>

作為可用於電晶體的閘極、源極及汲極的材料，可以舉出鋁、鈦、鉻、鎳、銅、釔、鋯、鉬、銀、鉭或鎢等金屬或者以上述金屬為主要成分的合金等。另外，可以使用包含這些材料的單層或疊層。例如，可以舉出包含矽的鋁膜的單層結構、在鈦膜上層疊鋁膜的兩層結構、在鎢膜上層疊鋁膜的兩層結構、在銅-鎂-鋁合金膜上層疊銅膜的兩層結構、在鈦膜上層疊銅膜的兩層結構、在鎢膜上

層疊銅膜的兩層結構、依次層疊鈦膜或氮化鈦膜、鋁膜或銅膜以及鈦膜或氮化鈦膜的三層結構、以及依次層疊鉬膜或氮化鉬膜、鋁膜或銅膜以及鉬膜或氮化鉬膜的三層結構等。另外，可以使用氧化銦、氧化錫或氧化鋅等氧化物。另外，藉由使用包含錳的銅，可以提高蝕刻時的形狀的控制性，所以是較佳的。

【0290】 另外，作為可用於電晶體的閘極、源極及汲極的具有透光性的導電性材料，可以使用氧化銦、銦錫氧化物、銦鋅氧化物、氧化鋅、添加有鎵的氧化鋅等導電氧化物或石墨烯。或者，可以使用金、銀、鉑、鎂、鎳、鎢、鉻、鉬、鐵、鈷、銅、鈀或鈦等金屬材料、包含該金屬材料的合金材料。或者，還可以使用該金屬材料的氮化物（例如，氮化鈦）等。另外，當使用金屬材料、合金材料（或者它們的氮化物）時，將其形成得薄到具有透光性，即可。此外，可以將上述材料的疊層膜用作導電層。例如，藉由使用銀和鎂的合金與銦錫氧化物的疊層膜等，可以提高導電性，所以是較佳的。上述材料也可以用於構成顯示裝置的各種佈線及電極等的導電層、顯示元件所包括的導電層（被用作像素電極及共用電極的導電層）。

【0291】

<<絕緣層>>

作為可用於各絕緣層的絕緣材料，例如可以使用丙烯酸樹脂或環氧樹脂等樹脂、矽酮等具有矽氧烷鍵的樹脂、無機絕緣材料如氧化矽、氧氮化矽、氮氧化矽、氮化矽或氧化鋁等。

【0292】 作為透水性低的絕緣膜，可以舉出氮化矽膜、氮氧化矽膜等含有氮及矽的膜以及氮化鋁膜等含有氮及鋁的膜等。另外，也可以使用氧化矽膜、氧氮化矽膜以及氧化鋁膜等。

【0293】 注意，本實施方式所示的電晶體所包含的導電膜、絕緣膜、半導體膜等各種膜可以利用濺射法、化學氣相沉積（CVD）法、電漿增強化學氣相沉積（PECVD）法、真空蒸鍍法、脈衝雷射沉積（PLD）法形成。注意，不侷限於此，例如也可以使用塗佈法、印刷法、熱CVD（Chemical Vapor Deposition）法或原子層沉積（ALD：Atomic Layer Deposition）法形成。作為熱CVD法的例子，可以舉出MOCVD（Metal Organic Chemical Vapor Deposition：有機金屬化學氣相沉積）法等，可以利用MOCVD法形成導電膜、絕緣膜、半導體膜等。

【0294】

實施方式5

在本實施方式中，說明本發明的一個實施方式的電子裝置。

【0295】 由於本發明的一個實施方式是使用有機EL的發光元件，所以可以製造具有平面並具有良好的發光效率及高可靠性的電子裝置。此外，藉由本發明的一個實施方式，可以製造具有曲面並具有良好的發光效率及高可靠性的電子裝置。

【0296】 作為電子裝置，例如可以舉出：電視機；桌上型或膝上型個人電腦；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；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。

【0297】 圖8A和圖8B所示的可攜式資訊終端900包括外殼901、外殼902、顯示部903及鉸鏈部905等。

【0298】 外殼901與外殼902藉由鉸鏈部905連接在一起。可攜式資訊終端900可以從折疊狀態（圖8A）轉換成如圖8B所示的展開狀態。由此，攜帶時的可攜性好，並且由於具有大顯示區域，所以使用時的可見度高。

【0299】 可攜式資訊終端900跨著由鉸鏈部905連接的外殼901和外殼902設置有撓性顯示部903。

【0300】 可以將使用本發明的一個實施方式製造的發光裝置用於顯示部903。由此，可以以高良率製造可攜式資訊終端。

【0301】 顯示部903可以顯示文件資訊、靜態影像和動態影像等中的至少一個。當在顯示部中顯示文件資訊時，可以將可攜式資訊終端900用作電子書閱讀器。

【0302】 當使可攜式資訊終端900展開時，顯示部903被保持為大幅度彎曲的狀態。例如，可以以包括以1mm以上且50mm以下，較佳為5mm以上且30mm以下的曲率半徑彎曲的部分的方式保持顯示部903。顯示部903的一部分跨著外殼901和外殼902連續地配置有像素，從而能夠進行曲面顯示。

【0303】 顯示部903被用作觸控面板，可以用手指或觸控筆等進行操作。

【0304】 顯示部903較佳為由一個撓性顯示器構成。由此，可以跨著外殼901和外殼902進行連續的顯示。此外，外殼901和外殼902也可以分別設置有顯示器。

【0305】 為了避免在使可攜式資訊終端900展開時外殼901和外殼902所形成的角度超過預定角度，鉸鏈部905較佳為具有鎖定機構。例如，鎖定角度（達到該角度時不能再繼續打開）較佳為90°以上且小於180°，典型的是，可以為90°、120°、135°、150°或175°等。由此，可以提高可攜式資訊終端900的方便性、安全性和可靠性。

【0306】 當鉸鏈部905具有上述鎖定機構時，可以抑制過大的力施加到顯示部903，從而可以防止顯示部903的損壞。由此，可以實現可靠性高的可攜式資訊終端。

【0307】 外殼901和外殼902也可以包括電源按鈕、操作按鈕、外部連接埠、揚聲器、麥克風等。

【0308】 外殼901和外殼902中的任一個可以設置有無線通訊模組，可以藉由網際網路、局域網（LAN）、無線保真（Wi-Fi：註冊商標）等電腦網路進行資料收發。

【0309】 圖8C所示的可攜式資訊終端910包括外殼911、顯示部912、操作按鈕913、外部連接埠914、揚聲器915、麥克風916、照相機917等。

【0310】 可以將利用本發明的一個實施方式製造的發光裝置用於顯示部912。由此，可以以高良率製造可攜式資訊終端。

【0311】 在可攜式資訊終端910中，在顯示部912中具有觸控感測器。藉由用手指或觸控筆等觸摸顯示部912可以進行打電話或輸入文字等各種操作。

【0312】 另外，藉由操作按鈕913，可以進行電源的ON、OFF工作或切換顯示在顯示部912上的影像的種類。例如，可以將電子郵件的編寫畫面切換為主功能表畫面。

【0313】 另外，藉由在可攜式資訊終端910內部設置陀螺儀感測器或加速度感測器等檢測裝置，可以判斷可攜式資訊終端910的方向（縱向或橫向），而對顯示部912的螢幕顯示方向進行自動切換。另外，螢幕顯示方向的切換也可以藉由觸摸顯示部912、操作操作按鈕913或者使用麥克風916輸入聲音來進行。

【0314】 可攜式資訊終端910例如具有選自電話機、筆記本和資訊閱讀裝置等中的一種或多種功能。明確地說，可攜式資訊終端910可以被用作智慧手機。可攜式資訊終端910例如可以執行行動電話、電子郵件、文章的閱讀及編輯、音樂播放、動畫播放、網路通訊、電腦遊戲等各種應用程式。

【0315】 圖8D所示的照相機920包括外殼921、顯示部922、操作按鈕923、快門按鈕924等。另外，照相機920安裝有可裝卸的鏡頭926。

【0316】 可以將利用本發明的一個實施方式製造的發光裝置用於顯示部922。由此，可以製造功耗低的照相機。

【0317】 在此，雖然照相機920具有能夠從外殼921拆卸下鏡頭926而交換的結構，但是鏡頭926和外殼921也可以被形成為一體。

【0318】 藉由按下快門按鈕924，照相機920可以拍攝靜態影像或動態影像。另外，也可以使顯示部922具有觸控面板的功能，藉由觸摸顯示部922進行攝像。

【0319】 另外，照相機920還可以具備另外安裝的閃光燈裝置及取景器等。另外，這些構件也可以組裝在外殼921中。

【0320】 圖9A是示出手錶型可攜式資訊終端9200的立體圖，圖9B是示出手錶型可攜式資訊終端9201的立體圖。

【0321】 圖9A所示的可攜式資訊終端9200可以執行行動電話、電子郵件、文章的閱讀及編輯、音樂播放、網路通訊、電腦遊戲等各種應用程式。另外，顯示部9001的顯示面彎曲，可沿著其彎曲的顯示面進行顯示。另外，可攜式資訊終端9200可以進行基於通訊標準的近距離無線通訊。例如，藉由與可進行無線通訊的耳麥相互通訊，可以進行免提通話。另外，可攜式資訊終端9200包括

連接端子9006，可以藉由連接器直接與其他資訊終端進行資料的交換。另外，也可以藉由連接端子9006進行充電。另外，充電動作也可以利用無線供電進行，而不藉由連接端子9006。

【0322】 圖9B所示的可攜式資訊終端9201與圖9A所示的可攜式資訊終端不同之處在於顯示部9001的顯示面不彎曲。此外，可攜式資訊終端9201的顯示部的外形為非矩形（在圖9B中為圓形狀）。

【0323】 圖9C至圖9E是示出能夠折疊的可攜式資訊終端9202的立體圖。另外，圖9C是將可攜式資訊終端9202展開的狀態的立體圖，圖9D是將可攜式資訊終端9202從展開的狀態和折疊的狀態中的一個轉換成另一個時的中途的狀態的立體圖，圖9E是將可攜式資訊終端9202折疊的狀態的立體圖。

【0324】 可攜式資訊終端9202在折疊狀態下可攜性好，而在展開狀態下因為具有無縫拼接較大的顯示區域所以顯示的一覽性強。可攜式資訊終端9202所包括的顯示部9001被由鉸鏈9055連結的三個外殼9000支撐。藉由鉸鏈9055使兩個外殼9000之間彎曲，可以使可攜式資訊終端9202從展開的狀態可逆性地變為折疊的狀態。例如，能夠使可攜式資訊終端9202以1mm以上且150mm以下的曲率半徑彎曲。

【0325】 本實施方式可以與其他實施方式適當地組合。

【0326】

實施方式6

在本實施方式中，參照圖10A至圖10C以及圖11說明將本發明的一個實施方式的發光元件適用於各種照明設備的情況的例子。藉由使用本發明的一個實施方式的發光元件，可以製造具有良好的發光效率及高可靠性的照明設備。

【0327】藉由將本發明的一個實施方式的發光元件形成在具有撓性的基板上，能夠實現在曲面上具有發光區域的電子裝置或照明設備。

【0328】另外，還可以將應用了本發明的一個實施方式的發光元件的發光裝置適用於汽車的照明，其中該照明被設置於擋風玻璃、天花板等。

【0329】圖10A示出多功能終端3500的一個面的立體圖，圖10B示出多功能終端3500的另一個面的立體圖。在多功能終端3500中，外殼3502組裝有顯示部3504、照相機3506、照明3508等。可以將本發明的一個實施方式的發光裝置用於照明3508。

【0330】將包括本發明的一個實施方式的發光裝置的照明3508用作面光源。因此，不同於以LED為代表的點光源，能夠得到指向性低的發光。例如，在將照明3508和照相機3506組合使用的情況下，可以在使照明3508點亮或閃爍的同時使用照相機3506來進行拍攝。因為照明3508具有面光源的功能，可以獲得仿佛在自然光下拍攝般的照片。

【0331】注意，圖10A及圖10B所示的多功能終端3500與圖9A至圖9C所示的電子裝置同樣地可以具有各種各樣的功能。

【0332】另外，可以在外殼3502的內部設置揚聲器、感測器（該感測器具有測量如下因素的功能：力、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉速、距離、光、液、磁、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電力、輻射線、流量、濕度、傾斜度、振動、氣味或紅外線）、麥克風等。另外，藉由在多功能終端3500內部設置具有陀螺儀和加速度感測器等檢測傾斜度的感測器的檢測裝置，可以判斷多功能終端3500的方向（縱或橫）而自動進行顯示部3504的螢幕顯示的切換。

【0333】另外，也可以將顯示部3504用作影像感測器。例如，藉由用手掌或手指觸摸顯示部3504，來拍攝掌紋、指紋等，能夠進行個人識別。另外，藉由在顯示部3504中設置發射近紅外光的背光或感測光源，也能夠拍攝手指靜脈、手掌靜脈等。注意，可以將本發明的一個實施方式的發光裝置適用於顯示部3504。

【0334】圖10C示出安全燈（security light）3600的立體圖。燈3600在外殼3602的外側包括照明3608，並且，外殼3602組裝有揚聲器3610等。可以將本發明的一個實施方式的發光元件用於照明3608。

【0335】燈3600例如在抓住或握住照明3608時可以進行發光。另外，可以在外殼3602的內部設置有能夠控制燈3600的發光方式的電子電路。作為該電子電路，例如可以為能夠實現一次或間歇性的多次發光的電路或藉由控制發光的電流值能夠調整發光的光量的電路。另外，也可以組裝在照明3608進行發光的同時從揚聲器3610發出很大的警報音的電路。

【0336】燈3600因為能夠向所有方向發射光，所以可以發射光或發出光和聲音來恐嚇歹徒等。另外，燈3600可以包括具有攝像功能的數碼靜態相機等照相機。

【0337】圖11是將發光元件用於室內照明設備8501的例子。另外，因為發光元件可以實現大面積化，所以也可以形成大面積的照明設備。另外，也可以藉由使用具有曲面的外殼來形成發光區域具有曲面的照明設備8502。本實施方式所示的發光元件為薄膜狀，所以外殼的設計的彈性高。因此，可以形成能夠對應各種設計的照明設備。並且，室內的牆面也可以設置有大型的照明設備

8503。此外，也可以在照明設備8501、照明設備8502、照明設備8503中設置觸控感測器，啟動或關閉電源。

【0338】另外，藉由將發光元件用於桌子的表面一側，可以提供具有桌子的功能的照明設備8504。另外，藉由將發光元件用於其他家具的一部分，可以提供具有家具的功能的照明設備。

【0339】如上所述，藉由應用本發明的一個實施方式的發光裝置，能夠得到照明設備及電子裝置。注意，不侷限於本實施方式所示的電子裝置，可以應用於各種領域的照明設備及電子裝置。

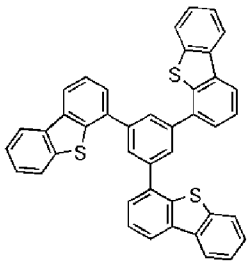
【0340】本實施方式所示的結構可以與其他實施方式所示的結構適當地組合而實施。

實施例1

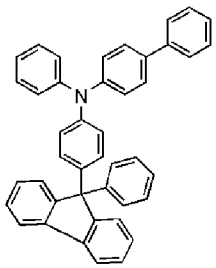
【0341】在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件2至發光元件4及比較發光元件1的製造實例。圖12示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表4示出元件結構的詳細內容。此外，以下示出在本實施例中使用的有機化合物的化學式。注意，其他化合物的結構和簡稱可以參照上述實施方式1。

【0342】

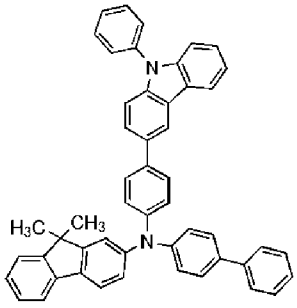
[化3]



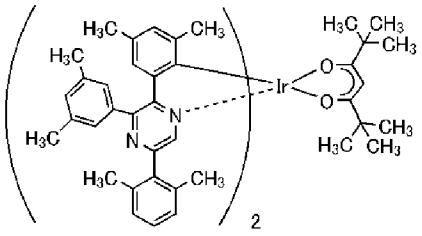
DBT3P-II



BPAFLP



PCBBiF



Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)

【0343】

[表 4]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
比較發光元件 1	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	20	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件 2	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	10	NBPhen:Ag	1:0.38
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-

	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件 3	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	10	Alq3:Ag	1:0.48
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件 4	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	10	2mDBTBPDBq-II:Ag	1:0.40
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0344】藉由循環伏安法（CV）算出用於發光元件2至發光元件4的電子注入層130的有機化合物的LUMO能階。

【0345】作為測定裝置，使用電化學分析儀（BAS株式會社（BAS Inc.）製造的ALS型號600A或600C）。以如下方法調變用於CV測定的溶液：作為溶劑，

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-Bu_4NClO_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，且使測定物件以2mmol/L的濃度溶解而調變。另外，作為工作電極使用鉑電極（BAS株式會社（BAS Inc.）制，PTE鉑電極），作為輔助電極使用鉑電極（BAS株式會社（BAS Inc.）制，VC-3用Pt對電極（5cm）），作為參比電極使用Ag/Ag^+電極（BAS株式會社（BAS Inc.）制，RE7非水溶劑型參比電極）。另外，測定在室溫（20℃以上25℃以下）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[eV]，因此利用HOMO能階[eV]=-4.94-Ea、LUMO能階[eV]=-4.94-Ec這兩個公式分別求得HOMO能階及LUMO能階。

【0346】 從上述測定算出NBPhen、Alq_3及2mDBTBPDBq-II的LUMO分別為-2.83eV、-2.80eV及-2.94eV。

【0347】

<發光元件的製造>

下面示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。比較發光元件1是在電子注入層中使用一般使用的Li化合物的LiF的發光元件，發光元件2至發光元件4是本發明的一個實施方式的在電子注入層中使用具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料的發光元件。

【0348】

<<比較發光元件1的製造>>

作為電極101，在基板210上形成厚度為70nm的ITSO膜。另外，電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0349】作為電洞注入層111，在電極101上將DBT3P-II與氧化鉬（MoO_3）以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為65nm的方式共蒸鍍。

【0350】作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0351】作為發光層140，在電洞傳輸層112上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及雙{4,6-二甲基-2-[5-(2,6-二甲基苯基)-3-(3,5-二甲基苯基)-2-吡嗪基-κN]苯基-κC}(2,2',6,6'-四甲基-3,5-庚二酮-κ^{2}O,O')銥(III)（簡稱：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm））以重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm））為0.75：0.25：0.06且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層140中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0352】作為電子傳輸層118（1），在發光層140上以25nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0353】作為電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以20nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0354】作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【0355】作為電極102，在電子注入層130上以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0356】在不進行密封的情況下在大氣中以80°C進行1小時的熱處理。藉由上述製程得到比較發光元件1。

【0357】

<<發光元件2的製造>>

發光元件2與上述比較發光元件1的製造的不同之處僅在於電子傳輸層118（2）及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件1相同。

【0358】 作為發光元件2的電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen

【0359】 作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.38且厚度為10nm的方式共蒸鍍。

【0360】

<<發光元件3及發光元件4的製造>>

發光元件3及發光元件4與上述發光元件2的製造的不同之處僅在於電子注入層130的形成製程，而其他製程都與發光元件2相同。

【0361】

<發光元件3的製造>

作為電子注入層130，在發光元件3的電子傳輸層118（2）上以Alq_3及Ag的重量比（Alq_3：Ag）為1：0.48且厚度為10nm的方式共蒸鍍。

【0362】

<發光元件4的製造>

作為電子注入層130，在發光元件4的電子傳輸層118（2）上以2mDBTBPDBq-II及Ag的重量比（2mDBTBPDBq-II：Ag）為1：0.40且厚度為10nm的方式共蒸鍍。

【0363】

<發光元件的特性>

接著，測定上述製造的比較發光元件1及發光元件2至發光元件4的元件特性。在亮度及CIE色度的測定中，利用色亮度計（由Topcon Technohouse公司製造的BM-5A）。在電致發射光譜的測定中，利用多通道光譜分析儀（由日本濱松光子學株式會社製造的PMA-11）。

【0364】 圖13、圖14、圖15及圖16分別示出所製造的比較發光元件1及發光元件2至發光元件4的電流效率-亮度特性、電流密度-電壓特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，各發光元件的測定在室溫（保持為23℃的氛圍）下進行。另外，圖17示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。注意，測定在室溫下進行。

【0365】 表5示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件1及發光元件2至發光元件4的元件特性。

【0366】

[表 5]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率 (%)
比較發光元件 1	3.3	2.1	(0.67, 0.33)	747	35	34	31
發光元件 2	3.6	3.0	(0.67, 0.33)	1021	34	30	29
發光元件 3	5.6	3.7	(0.66, 0.34)	1017	28	17	23
發光元件 4	4.4	3.3	(0.66, 0.34)	1072	32	23	27

【0367】 如圖16及表5所示，比較發光元件1及發光元件2至發光元件4都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過20%。如圖13及圖15所示，比較發光元件1及發光元件2至發光元件4都具有高電流效率及高電力效率。尤其是，比較發光元件1、發光元件2及發光元件4都具有非常高的效率，亦即外部量子效率超過25%。此外，本發明的一個實施方式的發光元件2及發光元件4示出與在電子注入層中使用一般使用的材料的LiF的比較發光元件1相等的高效率。

【0368】 如圖14所示，比較發光元件1及發光元件2至發光元件4示出良好的電流密度-電壓特性。尤其是，發光元件2示出與比較發光元件1相等的電流密度-電壓特性，由此可知NBPhen和Ag的複合材料具有非常良好的電子注入性。

【0369】 如圖17所示，比較發光元件1及發光元件2至發光元件4都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是619nm附近，半峰全寬都是58nm。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0370】

<發光元件的可靠性評價>

接著，對比較發光元件1及發光元件2至發光元件4進行恆溫恆濕保存測試。由於不對各發光元件進行密封，所以發光元件的陰極及EL層暴露於測試環境的氛圍。一般而言，當水分侵入到發光元件中時，產生黑點（發光部中的非發光區域）或收縮（發光部端部的非發光區域），對發光元件的可靠性造成負面影響。由此，藉由進行恆溫恆濕保存測試，可以對發光元件的抗水分的可靠性進行評價。

【0371】在比較發光元件1及發光元件2至發光元件4分別放置於溫度保持為65℃且濕度保持為95%的恆溫槽內48小時之後，對各發光元件的發光狀態進行調查。

【0372】發光狀態的評價藉由估算出在恆溫恆濕保存測試前後的發光面積的比率進行。表6示出其結果。

【0373】

[表 6]

	發光面積比
比較發光元件 1	6%
發光元件 2	56%
發光元件 3	83%
發光元件 4	68%

【0374】在表6中發光面積比（%）=恆溫恆濕保存測試後的發光面積/恆溫恆濕測試前的發光面積×100。從表6可知，與在電子注入層中使用鹼金屬化合物的LiF的比較發光元件1相比，本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件2至發光元件4的發光面積比都較大。換言之，本發明的一個實施方式的發光元件與在電子注入層中使用如鹼金屬那樣的功函數小的材料的發光元件相比具有優異的抗濕性。這是因為功函數小的材料的與水的反應性較高，水分侵入到發光元件中。另一方面，由於本發明的一個實施方式的發光元件使用與水的反應性低的過渡金屬，所以水分不容易侵入到發光元件中。因此，可以實現抗濕性高的發光元件。

【0375】

<有機化合物和過渡金屬的複合材料的吸收光譜>

接著，對用於發光元件2至發光元件4的電子注入層的有機化合物和Ag的複合材料的薄膜的吸收光譜進行測定。同時，對Ag薄膜及有機化合物薄膜的吸收光譜進行測定。圖18至圖20示出其結果。有機化合物和Ag的複合材料的薄膜在石英基板上以莫耳比（有機化合物：Ag）為1：1且厚度為50nm的方式進行真空蒸鍍來形成。此外，有機化合物的薄膜在石英基板上以厚度為50nm的方式進行真空蒸鍍來形成。另外，Ag薄膜在石英基板上以厚度為2nm的方式進行真空蒸鍍來形成。此外，包含在厚度為2nm的Ag薄膜中的Ag的物質量與包含在厚度為50nm的有機化合物和Ag的複合材料的薄膜中的Ag的物質量大致相等。在吸收光譜的測定中，使用分光光度計（日立高新技術（Hitachi High-Technologies Corporation）製造的分光光度計U4100）。

【0376】 在圖18至圖20中從Ag薄膜在450nm附近觀察到金屬薄膜特有的表面電漿峰值。另一方面，從有機化合物和Ag的複合材料觀察不到該表面電漿峰值。表面電漿是在如金屬薄膜或金屬奈米粒子那樣的微細（奈米尺寸）的金屬的表面上被觀察的。因此，在有機化合物和Ag的複合材料中，Ag不以如Ag薄膜或Ag奈米粒子那樣的Ag原子的集合體的狀態存在，而是以作為Ag原子與有機化合物相互作用的狀態存在。換言之，可以說有機化合物和過渡金屬的Ag在其混合膜中彼此相互作用。

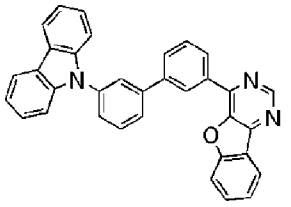
【0377】 如上所述，本發明的一個實施方式的發光元件具有優異的電子注入性，所以是驅動電壓低且發光效率高的發光元件。此外，由於不使用功函數小的材料，所以是抗濕性優異的發光元件。本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例2

【0378】在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件6及比較發光元件5的製造實例。圖12示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表7示出元件結構的詳細內容。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。注意，其他化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0379】

[化4]



4mCzBPBfpm

【0380】

[表 7]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
比較發光元件5	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	1	LiF	-
	電子傳輸層	118	40	4mCzBPBfpm	-
	發光層	140	40	4mCzBPBfpm:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件6	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	15	4mCzBPBfpm:Ag	1:0.22
	電子傳輸層	118	25	4mCzBPBfpm	-
	發光層	140	40	4mCzBPBfpm:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06

	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0381】

藉由循環伏安法（CV）測定算出用於發光元件6的電子注入層130的4mCzBPBfpm的LUMO能階。測定方法與實施例1相同。

【0382】其結果是4mCzBPBfpm的LUMO為-2.83eV，Alq_3的LUMO為-2.97eV。

【0383】

<發光元件的製造>

下面示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。在本實施例中，電子傳輸層為1層，比較發光元件5是在電子注入層中使用一般使用的Li化合物的LiF的發光元件，發光元件6是本發明的一個實施方式的在電子注入層中使用具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料的發光元件。在本實施例中例示出作為具有非共用電子對的有機化合物使用具有嘧啶環的有機化合物的發光元件。

【0384】

<<比較發光元件5的製造>>

作為電極101，在基板210上形成厚度為70nm的ITSO膜。另外，電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0385】作為電洞注入層111，在電極101上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為70nm的方式共蒸鍍。

【0386】作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0387】作為發光層140，在電洞傳輸層112上將4mCzBPBfpm、PCBBiF及Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)以重量比(4mCzBPBfpm：PCBBiF：Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm))為0.75：0.25：0.06且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層140中，4mCzBPBfpm及PCBBiF為主體材料，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0388】作為電子傳輸層118，在發光層140上以40nm的厚度蒸鍍4mCzBPBfpm。

【0389】作為電子注入層130，在電子傳輸層118上以1nm的厚度蒸鍍氟化鋰（LiF）。

【0390】作為電極102，在電子注入層130上以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0391】在不進行密封的情況下在大氣中以80℃進行1小時的熱處理。藉由上述製程得到比較發光元件5。

【0392】

<<發光元件6的製造>>

發光元件6與上述比較發光元件5的製造的不同之處僅在於電子傳輸層118及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件5相同。

【0393】作為發光元件6的電子傳輸層118，在發光層140上以25nm的厚度蒸鍍4mCzBPBfpm。

【0394】作為電子注入層130，在電子傳輸層118上將4mCzBPBfpm與Ag以重量比（4mCzBPBfpm：Ag）為1：0.22且厚度為15nm的方式共蒸鍍。

【0395】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的比較發光元件5及發光元件6的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0396】 圖21、圖22、圖23以及圖24分別示出所製造的比較發光元件5及發光元件6的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖25示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0397】 表8示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件5及發光元件6的元件特性。

【0398】

[表8]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE色度 (x, y)	亮度 (cd/m2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率 (%)
比較發光元件5	6.6	5.9	(0.66, 0.34)	1092	19	9	14
發光元件6	4.2	3.6	(0.66, 0.34)	872	24	18	18

【0399】 如圖22所示，與比較發光元件5相比，發光元件6示出良好的電流密度-電壓特性。這示出在使用發光層的主體材料作為電子傳輸層，電子注入層

與電子傳輸層接觸時，與使用一般使用的電子注入層材料的LiF的發光元件相比，本發明的一個實施方式的發光元件具有良好的電子注入性。

【0400】 如圖21、圖23、圖24及表8所示，與比較發光元件5相比，發光元件6具有良好的發光效率（電流效率、電力效率及外部量子效率）。這示出由於如上所述與比較發光元件5相比發光元件6的電子注入性優異，載子平衡良好。

【0401】 如圖25所示，比較發光元件5及發光元件6都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是616nm附近，半峰全寬都是53nm。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0402】 接著，對比較發光元件5及發光元件6進行驅動壽命測試。圖43示出驅動壽命測試的測定結果。此外，在驅動壽命測試中，在將各發光元件的電流密度設定為25mA/cm^2，且在電流密度為恆定的條件下使各發光元件連續驅動。

【0403】 如圖43所示，發光元件6的驅動壽命比比較發光元件5長，示出優異的驅動壽命。

【0404】 就是說，包括本發明的一個實施方式的電子注入層的發光元件具有優異的驅動壽命。

【0405】

<有機化合物和過渡金屬的複合材料的吸收光譜>

接著，對用於發光元件6的電子注入層的4mCzBPBfpm和Ag的複合材料的吸收光譜進行測定。圖26示出其結果。樣本的製造方法及測定方法與上述實施例1相同。

【0406】 在圖26中從Ag的薄膜在450nm附近觀察到金屬薄膜特有的表面電漿峰值。另一方面，與實施例1同樣地，從4mCzBPBfpm和Ag的複合材料觀察

不到該表面電漿峰值。因此，可以說在4mCzBPBfpm和Ag的複合材料的薄膜的狀態下4mCzBPBfpm與Ag相互作用。

【0407】如上所述，本發明的一個實施方式的發光元件也適用於在電子注入層及電子傳輸層中使用與發光層的主體材料相同的材料且電子注入層與電子傳輸層相鄰的元件。此外，具有嘧啶環的材料適用於本發明的一個實施方式的發光元件。本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例3

【0408】在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件8至發光元件10及比較發光元件7的製造實例。圖12示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表9示出元件結構的詳細內容。注意，在本實施例中使用的化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0409】

[表9]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
比較發光元件 7	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	118(2)	20	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

發光元件 8	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件 9	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	5	2Py3Tzn:Ag	1:0.35
	電子傳輸層	118(3)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
		118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件 10	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	5	TmPPPyTz:Ag	1:0.15
	電子傳輸層	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0410】藉由循環伏安法（CV）測定算出用於發光元件9及發光元件10的電子注入層130的有機化合物的LUMO能階。測定方法與實施例1相同。

【0411】其結果是2Py3Tzn的LUMO為-3.15eV，TmPPPyTz的LUMO為-3.00eV。

【0412】

<發光元件的製造>

下面示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。比較發光元件7是在電子注入層中使用一般使用的Li化合物的Li_20的發光元件，發光元件8至發光元件10是本發明的一個實施方式的在電子注入層中使用具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料的發光元件。在本實施例中例示出作為具有非共用電子對的有機化合物使用具有三嗪環的有機化合物的發光元件。

【0413】

<<比較發光元件7的製造>>

比較發光元件7與上述比較發光元件1的製造的不同之處僅在於電子傳輸層118及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件1相同。

【0414】作為電子傳輸層118（1），在發光層140上以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II，接著作為電子傳輸層118（2）以20nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O。

【0415】

<<發光元件8至發光元件10的製造>>

發光元件8至發光元件10與上述比較發光元件7的製造的不同之處僅在於電子傳輸層118（2）及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件7相同。

【0416】

<發光元件8的製造>

作為發光元件8的電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0417】 作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0418】

<發光元件9的製造>

作為發光元件9的電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen，接著作為電子傳輸層118（3），將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0419】 作為電子注入層130，在電子傳輸層118（3）上將2Py3Tzn與Ag以重量比（2Py3Tzn：Ag）為1：0.35且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0420】

<發光元件10的製造>

作為發光元件10的電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0421】 作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將TmPPPyTz與Ag以重量比（TmPPPyTz：Ag）為1：0.15且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0422】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的比較發光元件7及發光元件8至發光元件10的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0423】 圖27、圖28、圖29以及圖30分別示出所製造的比較發光元件7及發光元件8至發光元件10的電流效率-亮度特性、電流密度-電壓特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖31示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0424】 表10示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件7及發光元件8至發光元件10的元件特性。

【0425】

[表 10]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
比較發光元件 7	3.2	2.5	(0.66, 0.34)	964	39	38	31
發光元件 8	3.3	2.9	(0.66, 0.34)	1111	38	36	30
發光元件 9	3.3	3.0	(0.66, 0.34)	1123	37	35	29
發光元件 10	3.3	2.6	(0.66, 0.34)	988	38	36	30

【0426】 如圖30及表10所示，比較發光元件7及發光元件8至發光元件10都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過25%。如圖27及圖29所示，比較發光元件7及發光元件8至發光元件10都具有高電流效率及高電力效率。此外，本發明

的一個實施方式的發光元件8至發光元件10示出與在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O的比較發光元件7相等的高效率。

【0427】 如圖28所示，比較發光元件7及發光元件8至發光元件10示出良好的電流密度-電壓特性。此外，本發明的一個實施方式的發光元件8至發光元件10的電子注入性與在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O的比較發光元件7相等。

【0428】 如圖31所示，比較發光元件7及發光元件8至發光元件10都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是616nm附近，半峰全寬都是53nm左右。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0429】 接著，對比較發光元件7及發光元件8至發光元件10進行驅動壽命測試。圖44示出驅動壽命測試的測定結果。此外，在驅動壽命測試中，在將各發光元件的電流密度設定為25mA/cm^2，且在電流密度為恆定的條件下使各發光元件連續驅動。

【0430】 如圖44所示，發光元件8至發光元件10的驅動壽命與比較發光元件7相等。

【0431】 如上所述，在本發明的一個實施方式的發光元件中也較佳為使用具有三嗪環的有機化合物。本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

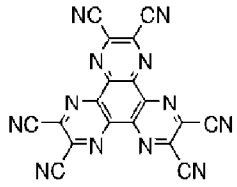
實施例4

【0432】 在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件12至發光元件14及比較發光元件11的製造實例。圖12示出在本實施例中製造

的發光元件的剖面示意圖，表11示出元件結構的詳細內容。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。注意，其他化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0433】

[化5]



HAT-CN

【0434】

[表 11]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
比較發光元件 11	電極	102	200	Al	-
	電子傳輸層	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件 12	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06

	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件 13	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130(2)	5	HATNA:Ag	1:0.28
		130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140(1)	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件 14	電極	102	200	Al	-
	Buffer 層	117	5	HAT-CN	-
	電子注入層	130(2)	5	HATNA:Ag	1:0.28
		130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140(1)	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0435】藉由循環伏安法（CV）測定算出用於發光元件13及發光元件14的電子注入層130的HATNA的LUMO能階。測定方法與實施例1相同。

【0436】其結果是HATNA的LUMO為-3.50eV。

【0437】

<<比較發光元件11的製造>>

比較發光元件11與上述比較發光元件1的製造的不同之處僅在於電子傳輸層118及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件1相同。

【0438】作為比較發光元件11的電子傳輸層118（1），以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0439】作為電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。此外，比較發光元件11採用在電子傳輸層118（2）上不設置電子注入層130的結構。

【0440】

<<發光元件12的製造>>

發光元件12與上述比較發光元件11的製造的不同之處僅在於電子注入層130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件11相同。

【0441】作為發光元件12的電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0442】

<<發光元件13的製造>>

發光元件13與上述比較發光元件11的製造的不同之處僅在電子傳輸層118（2）及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件11相同。

【0443】作為發光元件13的電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0444】 作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。再者，將HATNA與Ag以重量比（HATNA：Ag）為1：0.28且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0445】

<<發光元件14的製造>>

發光元件14是在上述發光元件13中還形成緩衝層117的發光元件，而其他製程與發光元件13相同。

【0446】 作為緩衝層117，在電子注入層130上以5nm的厚度蒸鍍HAT-CN。

【0447】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的比較發光元件11及發光元件12至發光元件14的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0448】 圖32、圖33、圖34以及圖35分別示出所製造的比較發光元件11及發光元件12至發光元件14的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖36示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0449】 表12示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件11、發光元件12至發光元件14的元件特性。

【0450】

[表 12]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
比較發光元件 11	9.4	5.8	(0.66, 0.34)	904	16	5	12

發光元件12	3.2	2.4	(0.66, 0.34)	912	38	38	31
發光元件13	3.2	2.4	(0.66, 0.34)	920	38	37	30
發光元件14	3.2	2.5	(0.66, 0.34)	876	36	36	30

【0451】 如圖35及表12所示，發光元件12至發光元件14都示出高發光效率，亦即外部量子效率為30%左右。如圖32及圖34所示，發光元件12至發光元件14都具有高電流效率及高電力效率。另一方面，不具有電子注入層130的比較發光元件11的效率較低。這示出藉由本發明的一個實施方式的電子注入層，發光元件可以具有良好的載子平衡。此外，發光元件13及發光元件14的效率與發光元件12相等，因此較佳為使用HATNA作為具有非共用電子對的有機化合物。此外，在陰極與電子注入層之間設置緩衝層的發光元件14也示出與發光元件12同樣的特性。

【0452】 如圖33所示，發光元件12至發光元件14示出良好的電流-電壓特性。此外，發光元件12至發光元件14的電流-電壓特性都相等，HATNA和過渡金屬的複合材料作為電子注入層示出良好的特性。此外，在陰極與電子注入層之間設置緩衝層的發光元件14也示出與發光元件12同樣的特性。另一方面，不具有電子注入層130的比較發光元件11具有高驅動電壓。這示出藉由具有本發明的一個實施方式的電子注入層，可以提高發光元件的電子注入性。

【0453】 如圖36所示，比較發光元件11、發光元件12、發光元件13及發光元件14都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是618nm附近，半峰全

寬都是58nm。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0454】如上所述，在本發明的一個實施方式的發光元件中，較佳為使用在如HATNA那樣的多個環結構上具有共軛雙鍵的N-C-C-N的有機化合物。此外，在本發明的一個實施方式的在使用具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料的電子注入層與陰極之間設置緩衝層的發光元件也是發光效率高、驅動電壓得到降低、功耗小的發光元件。

【0455】

<發光元件的可靠性評價>

接著，對比較發光元件11及發光元件12至發光元件14進行驅動壽命測試。圖45示出驅動壽命測試的測定結果。此外，在驅動壽命測試中，在將各發光元件的電流密度設定為25mA/cm^2，且在電流密度為恆定的條件下使各發光元件連續驅動。

【0456】如圖45所示，發光元件12至發光元件14的驅動壽命優越於比較發光元件11。此外，發光元件13及發光元件14的驅動壽命優越於發光元件12。由此，包括本發明的一個實施方式的電子注入層的發光元件具有良好的可靠性。

【0457】

<發光元件的可靠性評價>

接著，對發光元件13及發光元件14進行恆溫恆濕保存測試。由於不對各發光元件進行密封，所以發光元件的陰極及EL層暴露於測試環境的氛圍。

【0458】在發光元件13及發光元件14分別放置於溫度保持為65℃且濕度保持為95%的恆溫槽內48小時之後，對各發光元件的發光狀態進行調查。評價方法與實施例1相同。表13示出評價結果。

【0459】

[表 13]

	發光面積比
發光元件 13	83%
發光元件 14	67%

【0460】當估算出恆溫恆濕保存測試前後的發光面積的比例時，發光元件13及發光元件14的發光面積比分別為83%及67%。換言之，本發明的一個實施方式的發光元件具有優異的抗濕性。

【0461】本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例5

【0462】在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件16至發光元件18及比較發光元件15的製造實例。圖37示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表14示出元件結構的詳細內容。本實施例所示的元件結構是在陰極上設置EL層的所謂相反層疊結構（將在陽極上設置EL層的結構稱為正向層疊結構）。在本實施例中使用的有機化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式1。

【0463】

[表 14]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
比較發光元件	電極	102	200	Al	-
	電洞注入層	111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5

15	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		118(1)	30	NBPhen	
	電子注入層	130(2)	0.2	Li_2O	-
		130(1)	5	NBPhen	-
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件16	電極	102	200	Al	-
	電洞注入層	111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		118(1)	30	NBPhen	
	電子注入層	130	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件17	電極	102	200	Al	-
	電洞注入層	111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		118(1)	25	NBPhen	
	電子注入層	130(2)	5	NBPhen：Ag	1:0.19
		130(1)	5	2Py3Tz：Ag	1:0.35
	電極	101	70	ITSO	-
發光	電極	102	200	Al	-

元件18	電洞注入層	111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		118(1)	25	NBPhen	
	電子注入層	130(2)	5	NBPhen：Ag	1:0.19
		130(1)	5	TmPPPyTz：Ag	1:0.15
	電極	101	70	ITSO	-

【0464】

<<比較發光元件15的製造>>

作為電極101，在基板210上形成厚度為70nm的ITSO膜。另外，電極101的電極面積為$4mm^2$（2mm×2mm）。

【0465】接著，作為電子注入層130，在電極101上以5nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O。

【0466】作為電子傳輸層118（1），在電子注入層130上以30nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，作為電子傳輸層118(2)，以30nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0467】作為發光層140，在電子傳輸層118（2）上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）以重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm））為0.75：0.25：0.06且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層140中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir(dmdppr-dmp)$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0468】作為電洞傳輸層112，在發光層140上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0469】 作為電洞注入層111，在電洞傳輸層112上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為25nm的方式共蒸鍍。

【0470】 作為電極102，在電洞注入層111上以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0471】 在不進行密封的情況下在大氣中以80℃進行1小時的熱處理。藉由上述製程得到比較發光元件13。

【0472】

<<發光元件16至發光元件18的製造>>

發光元件16至發光元件18與上述比較發光元件15的製造的不同之處僅在於電子注入層130及電子傳輸層118（1）的形成製程，而其他製程都與比較發光元件15相同。

【0473】

<發光元件16的製造>

作為發光元件16的電子注入層130，在電極101上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0474】 作為電子傳輸層118（1），在電子注入層130上以30nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0475】

<發光元件17的製造>

作為發光元件17的電子注入層130，在電極101上將2Py3Tzn與Ag以重量比（2Py3Tzn：Ag）為1：0.35且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0476】 作為電子傳輸層118（1），在電子注入層130上以25nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0477】

<發光元件18的製造>

作為發光元件18的電子注入層130，在電極101上將TmPPPyTz與Ag以重量比（TmPPPyTz：Ag）為1：0.15且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0478】 作為電子傳輸層118（1），在電子注入層130上以25nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0479】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的比較發光元件15及發光元件16至發光元件18的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0480】 圖38、圖39、圖40以及圖41分別示出所製造的比較發光元件15及發光元件16至發光元件18的電流效率-亮度特性、電流密度-電壓特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖42示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0481】 表15示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件15及發光元件16至發光元件18的元件特性。

【0482】

[表 15]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)

比較發光元件 15	4.8	2.6	(0.66, 0.34)	933	36	24	27
發光元件 16	4.8	2.4	(0.66, 0.34)	853	36	23	27
發光元件 17	4.8	3.1	(0.66, 0.34)	1135	37	24	27
發光元件 18	4.6	2.3	(0.66, 0.34)	937	38	25	28

【0483】 如圖41及表15所示，比較發光元件15及發光元件16至發光元件18都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過25%。如圖38及圖40所示，比較發光元件15及發光元件16至發光元件18都具有高電流效率及高電力效率。此外，發光元件16至發光元件18也得到與比較發光元件15相同的效率，因此在將本發明的一個實施方式的發光元件應用於相反層疊的元件時，可以得到良好的發光效率。

【0484】 如圖39所示，比較發光元件15及發光元件16至發光元件18具有良好的電流密度-電壓特性。此外，比較發光元件15及發光元件16至發光元件18也具有相等的電流密度-電壓特性，因此在將本發明的一個實施方式的發光元件應用於相反層疊的元件時，可以得到良好的電流密度-電壓特性。

【0485】 如圖42所示，比較發光元件15及發光元件16至發光元件18都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是619nm附近，半峰全寬都是58nm。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0486】如上所述，本發明的一個實施方式的發光元件也可以應用於相反層疊的元件。本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例6

【0487】在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件19的製造實例。在本實施例中製造的發光元件的剖面模式圖與圖12同樣。表16示出元件結構的詳細內容。注意，在本實施例中使用的有機化合物的結構和簡稱可以參照上述實施方式1。

【0488】

[表 16]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發光元件 19	電極	102(2)	70	DBT3P-II	-
		102(1)	25	Ag	-
	電子注入層	130	5	NBphen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	118(2)	15	NBphen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140(1)	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101(2)	110	ITSO	-
		101(1)	100	APC	-

【0489】

<發光元件19的製造>

下面示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。

【0490】作為電極101，在基板210上以100nm的厚度形成銀、鈀、銅的合金（稱為Ag-Pd-Cu或APC），然後以110nm的厚度形成ITSO。另外，電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0491】作為電洞注入層111，在電極101上將DBT3P-II與氧化鉬（MoO_3）以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為65nm的方式共蒸鍍。

【0492】作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0493】作為發光層140，在電洞傳輸層112上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)以重量比(2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm))為0.75：0.25：0.06且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層140中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0494】作為電子傳輸層118（1），在發光層140上以25nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0495】作為電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0496】作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0497】作為電極102，在電子注入層130上以25nm的厚度蒸鍍Ag，接著以70nm的厚度形成DBT3P-II。

【0498】接著，在不進行密封的情況下在大氣中以80°C進行1小時的熱處理。藉由上述製程得到發光元件19。

【0499】

<發光元件的特性>

接著，對上述所製造的發光元件19的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0500】 圖46及圖47分別示出所製造的發光元件19的電流效率-亮度特性及電流-電壓特性。另外，圖48示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過發光元件19時的電致發射光譜。注意，測定在室溫下進行。

【0501】 表17示出1000cd/m^{2}附近的發光元件19的元件特性。

【0502】

[表 17]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m2)	電流效率 (cd/A)
發光元件 19	3.0	1.0	(0.67, 0.33)	998	96

【0503】 如圖48所示，發光元件19示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長是616nm，半峰全寬是24nm。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0504】 如圖46及表17所示，發光元件19雖然是深紅色的發光，但是電流效率很優異，亦即超過96cd/A。

【0505】 如圖47所示，發光元件19示出良好的電流-電壓特性，因此NBPhen和Ag的複合材料具有良好的電子注入性。由此，用於電子注入層130的金屬與用於作為陰極的電極102的金屬相同的發光元件具有良好的特性。

【0506】 本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

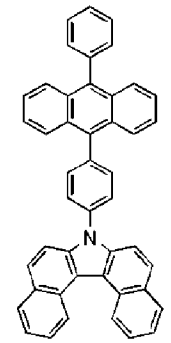
實施例7

【0507】在本實施例中，為了對串擾現象進行評價，製造解析度為326ppi的被動矩陣型面板。使用將RGB像素排列為條狀的面板，其像素尺寸為78μm×78μm。子像素（RGB各像素）為26μm×78μm，開口率為65.7%。

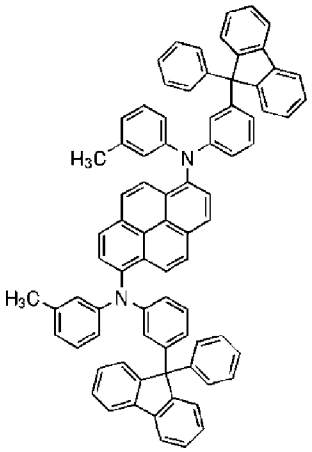
【0508】下面示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件20及比較發光元件21的製造實例。圖51示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表18及表19示出元件結構的詳細內容。在圖51中，區域2622R表示紅色像素，區域2622G表示綠色像素，區域2622B表示藍色像素。此外，在本實施例中製造的發光元件包括多個紅色（R）像素、綠色（G）像素及藍色（B）像素的三種像素。另外，在本實施例中製造的發光元件中多個像素依次排列成R像素、G像素、B像素。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。注意，其他化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0509】

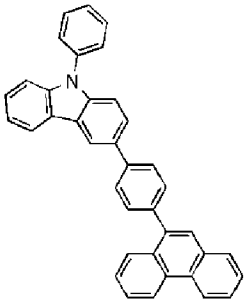
[化6]



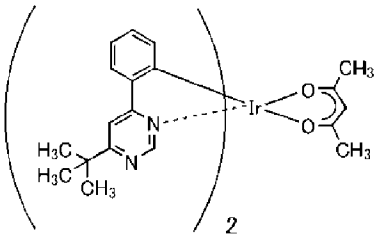
cgDBCzPA



1,6mMemFLPAPrn



PCPPn



Ir(tBuppm)$_2$(acac)

【0510】

[表 18]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發光元件 20	電極	2641(2)	70	DBT3P-II	-
		2641(1)	20	Ag	-
	電子注入層	2639	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	2638(2)	15	NBPhen	-
		2638(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	2646(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.8:0.2:0.06
		2646(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(tBuppm)$_2$（acac)	0.7:0.3:0.06
	電洞傳輸層	2637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	2635	13	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	2634	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電子傳輸層	2633(2)	10	NBPhen	-
		2633(1)	5	cgDBCzPA	-
	發光層	2644	30	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.03
	電洞傳輸層	2632	20	PCPPn	-
	電洞注入層	2631	13	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5

	電極	See Table 19			
比較發光元件21	電極	2641(2)	70	DBT3P-II	
		2641(1)	20	Ag	-
	電子注入層	2639	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	2638(2)	20	NBPhen	-
		2638(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	2646(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.8:0.2:0.06
		2646(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(tBuppm)_2$（acac)	0.7:0.3:0.06
	電洞傳輸層	2637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	2635	13	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	2634(2)	1	CuPc	-
		2634(1)	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	2633(1)	15	NBPhen	-
		2644	5	cgDBCzPA	-
	發光層	2632	30	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.03
	電洞傳輸層	2631	20	PCPPn	-
	電洞注入層	631	13	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	See Table 19			

【0511】

[表 19]

像素	元件符號	厚度 (nm)	材料
R 像素	2664c	80	ITSO
	2664b	6	Ti
	2664a	200	Al-Ni-La
G 像素	2663c	40	ITSO
	2663b	6	Ti
	2663a	200	Al-Ni-La
B 像素	2661b	6	Ti
	2661a	200	Al-Ni-La

【0512】

<發光元件的製造>

以下示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。發光元件20是本發明的一個實施方式的在設置在兩個發光單元之間的電子注入層中使用具有非共用電

子對的有機化合物和過渡金屬的混合膜的發光元件。比較發光元件21是在該電子注入層中使用一般使用的Li化合物的氧化鋰（Li_2O）的發光元件。

【0513】

<<發光元件20的製造>>

作為電極2661、電極2663以及電極2664，在基板2650上以200nm的厚度形成鋁（Al）-鎳（Ni）-鑭（La）合金膜。接著，以6nm的厚度形成鈦（Ti）膜，以300°C進行1小時的熱處理。接著，以R像素中的厚度為80nm且G像素中的厚度為40nm的方式形成ITSO膜。

【0514】作為電洞注入層2631，在電極2661、電極2663及電極2664上將DBT3P-II與氧化鉬（MoO_3）以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為13nm的方式共蒸鍍。

【0515】作為電洞傳輸層2632，在電洞注入層2631上以20nm的厚度蒸鍍PCPPn。

【0516】作為發光層2644，在電洞傳輸層2632上將cgDBCzPA與1，6mMemFLPAPrn以重量比（cgDBCzPA：1，6mMemFLPAPrn）為1:0.03且厚度為30nm的方式共蒸鍍。在發光層2644中，cgDBCzPA為主體材料，1，6mMemFLPAPrn為客體材料（螢光性化合物材料）。

【0517】作為電子傳輸層2633（1），在發光層2644上以5nm的厚度蒸鍍cgDBCzPA。

【0518】作為電子傳輸層2633（2），在電子傳輸層2633（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0519】作為電子注入層2634，在電子傳輸層2633（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0520】作為電荷產生層2635，在電子注入層2634上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為13nm的方式共蒸鍍。

【0521】作為電洞傳輸層2637，在電荷產生層2635上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0522】作為發光層2646，在電洞傳輸層2637上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir(tBuppm)$_2$(acac)以重量比(2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)$_2$(acac))為0.7：0.3：0.06且厚度為20nm的方式共蒸鍍。接著，將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)以重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)）為0.8：0.2：0.06且厚度為20nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層2646中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)及Ir(tBuppm)$_2$(acac)為客體材料（磷光性化合物）。

【0523】作為電子傳輸層2638（1），在發光層2646上以15nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0524】作為電子傳輸層2638（2），在電子傳輸層2638（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0525】作為電子注入層2639，在電子傳輸層2638（2）上以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O。

【0526】作為電極2662，在電子注入層2639上以20nm的厚度蒸鍍Ag。接著，以70nm的厚度蒸鍍DBT3P-II。

【0527】 接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板2652固定於形成有有機化合物的基板2650上，由此密封發光元件20。明確而言，將密封劑塗佈於基板2652的周圍，貼合該基板2652和形成有有機化合物的基板2650，以6J/cm^{2}照射波長為365nm的紫外光，並且以80℃進行1小時的加熱處理。藉由上述製程獲得發光元件20。

【0528】

<<比較發光元件21的製造>>

比較發光元件21與上述發光元件20的製造的不同之處僅在於電子傳輸層2633（2）及電子注入層2634的形成製程，而其他製程都與發光元件20相同。

【0529】 作為比較發光元件21的電子傳輸層2633（2），以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，作為電子注入層2634，以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O，然後以1nm的厚度蒸鍍CuPc。

【0530】

<各發光元件的串擾的觀察>

對發光元件20及比較發光元件21的串擾的情況進行評價。圖52A及圖52B示出其結果。圖52A是對使發光元件20的藍色像素發光時的像素進行觀察的放大照片，圖52B是對使比較發光元件21的藍色像素發光時的像素進行觀察的放大照片。對由圖52A及圖52B中的箭頭所示的藍色像素的左側的藍色像素（包括由箭頭所示的像素）輸入電流，而不對紅色像素、綠色像素及由箭頭所示的藍色像素的右側的像素輸入電流。

【0531】 從圖52A及圖52B可知，在比較發光元件21中，與電流流過的藍色像素相鄰的綠色像素及紅色像素也發光。另一方面，與比較發光元件21相比，

在發光元件20中，與上述藍色像素相鄰的綠色像素及紅色像素的發光得到抑制。由於比較發光元件21在與電荷產生層相鄰的電子傳輸層中使用鹼金屬化合物的Li_2O，所以Li容易擴散到該電子傳輸層中，在發光的藍色像素中流過的電流藉由該電子傳輸層也在相鄰的綠色像素及紅色像素中流過，因此會產生串擾。另一方面，由於本發明的一個實施方式的發光元件20在電子傳輸層中使用過渡金屬，所以不容易產生上述金屬擴散，因此可以抑制串擾。

【0532】 接著，估計因串擾從與藍色像素相鄰的像素發射的光的強度與藍色像素的距離的關係。圖53示出其結果。在圖53中，縱軸示出從圖52A及圖52B所示的資料抽出紅色像素的紅色發光的亮度，橫軸示出從圖52A及圖52B所示的資料抽出的圖52A及圖52B中由箭頭所示的藍色像素到該藍色像素的右側的紅色像素的距離。縱軸及橫軸的單位是任意單位。從圖53可知發光元件20的發光強度弱於比較發光元件21。換言之，與比較發光元件21相比，發光元件20中的產生串擾的距離更短。

【0533】 如上所述，根據本發明的一個實施方式的發光元件對串擾的抑制有效果。

實施例8

【0534】 以下示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件22及比較發光元件23的製造實例。圖54出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表20示出元件結構的詳細內容。注意，在本實施例中使用的有機化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式1。

【0535】

<發光元件的製造>

以下示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。發光元件22是本發明的一個實施方式的在設置在兩個發光單元之間的電子注入層中使用具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的混合膜的發光元件。比較發光元件23是在該電子注入層中使用一般使用的Li化合物的Li_2O的發光元件。

【0536】

[表 20]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發光元件22	電極	3641	200	Al	-
	電子注入層	3639	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電子傳輸層	3638(2)	10	NBPhen	-
		3638(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3646(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.8:0.2:0.06
		3646(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(tBuppm)_2(acac)$	0.7:0.3:0.06
	電洞傳輸層	3637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	3635	30	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	3634	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電子傳輸層	3633(2)	10	NBPhen	-
		3633(1)	5	cgDBCzPA	-
	發光層	3644	25	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.03
	電洞傳輸層	3632	10	PCPPn	-
	電洞注入層	3631	10	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	3642	70	ITSO	-
比較發光元件23	電極	3641	200	Al	-
	電子注入層	3639	1	LiF	1:0.19
	電子傳輸層	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3646(2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.8:0.2:0.06
		3646(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(tBuppm)_2(acac)$	0.7:0.3:0.06
	電洞傳輸層	3637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	3635(2)	30	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5

		3635(1)	1	CuPc	-
	電子注入層	3634(1)	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	5	cgDBCzPA	-
	發光層	3644	25	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.03
	電洞傳輸層	3632	10	PCPPn	-
	電洞注入層	3631	10	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	3642	70	ITSO	-

【0537】

<<發光元件22的製造>>

作為電極3642，在基板3650上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0538】作為電洞注入層3631，在電極3642上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為10nm的方式共蒸鍍。

【0539】作為電洞傳輸層3632，在電洞注入層3631上以10nm的厚度蒸鍍PCPPn。

【0540】作為發光層3644，在電洞傳輸層3632上將cgDBCzPA與1，6mMemFLPAPrn以重量比（cgDBCzPA：1，6mMemFLPAPrn）為1:0.03且厚度為25nm的方式共蒸鍍。在發光層3644中，cgDBCzPA為主體材料，1，6mMemFLPAPrn為客體材料（螢光性化合物材料）。

【0541】作為電子傳輸層3633（1），在發光層3644上以5nm的厚度蒸鍍cgDBCzPA。

【0542】作為電子傳輸層3633（2），在電子傳輸層3633（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0543】作為電子注入層3634，在電子傳輸層3633（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0544】作為電荷產生層3635，在電子注入層3634上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為30nm的方式共蒸鍍。

【0545】作為電洞傳輸層3637，在電荷產生層3635上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0546】作為發光層3646，在電洞傳輸層3637上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及$Ir(tBuppm)_2(acac)$以重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：$Ir(tBuppm)_2(acac)$）為0.7：0.3：0.06且厚度為20nm的方式共蒸鍍。接著，將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$以重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$）為0.8：0.2：0.06且厚度為20nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層3646中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$及$Ir(tBuppm)_2(acac)$為客體材料（磷光性化合物）。

【0547】作為電子傳輸層3638（1），在發光層3646上以15nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0548】作為電子傳輸層3638（2），在電子傳輸層3638（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0549】作為電子注入層3639，在電子傳輸層3638（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0550】作為電極3641，在電子注入層3639上以200nm的厚度蒸鍍Al。

【0551】接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板3652固定於形成有有機化合物的基板3650上，由此密封發光元件22。明確而言，將密封劑塗佈於基板3652的周圍，貼合該基板3652和形成有有機化合物膜的基板3650，以6J/cm^{2}照射波長為365nm的紫外光，並且以80℃進行1小時的加熱處理。藉由上述製程獲得發光元件22。

【0552】

<<比較發光元件23的製造>>

比較發光元件23與上述發光元件22的製造的不同之處僅在於電子傳輸層3633（2）、電子注入層3634、電子傳輸層3638（2）及電子注入層3639的形成製程，而其他製程都與發光元件22相同。

【0553】作為比較發光元件23的電子傳輸層3633（2），在電子傳輸層3633（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0554】作為電子注入層3634，在電子傳輸層3633（2）上以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O，然後以1nm的厚度蒸鍍CuPc。

【0555】作為電子傳輸層3638（2），在電子傳輸層3638（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0556】作為電子注入層3639，在電子傳輸層3638（2）上以1nm的厚度蒸鍍LiF。

【0557】

<各發光元件的測定>

接著，測定上述製造的發光元件22及比較發光元件23的元件特性。在亮度及CIE色度的測定中，利用色亮度計（由Topcon Technohouse公司製造的

BM-5A）。在電致發射光譜的測定中，利用多通道光譜分析儀（由日本濱松光子學株式會社製造的PMA-11）。

【0558】 圖55、圖56、圖57及圖58分別示出所製造的發光元件22及比較發光元件23的電流效率-亮度特性、電流密度-電壓特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，各發光元件的測定在室溫（保持為23°C的氛圍）下進行。另外，圖59示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。注意，測定在室溫下進行。

【0559】 表21示出1000cd/m^{2}附近的發光元件22及比較發光元件23的元件特性。

【0560】

[表 21]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
發光元件 22	6.40	2.04	(0.391, 0.391)	1030	50.4	24.8	29.7
比較發光元件 23	5.80	1.64	(0.390, 0.323)	876	53.2	28.8	30.6

【0561】 如圖58及表21所示，發光元件22及比較發光元件23都示出高發光效率，亦即外部量子效率超過30%。如圖55及圖57所示，發光元件22及比較發光元件23都具有高電流效率及高電力效率。此外，如圖55、圖57及圖58所示，發光元件22的發光效率與比較發光元件23相等。因此，本發明的一個實施方式的發光元件22示出與在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O及LiF的比較發光元件23相等的高效率。

【0562】如圖56所示，發光元件22及比較發光元件23具有良好的電流密度-電壓特性。此外，NBPhen和Ag的混合膜具有非常良好的電子注入性。

【0563】如圖59所示，發光元件22及比較發光元件23的電致發射光譜的峰值波長都是467nm、538nm、617nm附近，發光元件22及比較發光元件23發射在藍色、綠色、紅色的三種顏色的每一個波長區域具有峰值的白色光。由於發光元件22及比較發光元件23所示的電致發射光譜大致相等，所以本發明的一個實施方式的發光元件22具有優異的電子注入性，亦即與在電子注入層中使用一般使用的Li化合物的比較發光元件23相等的電子注入性。

【0564】如上所述，由於本發明的一個實施方式的發光元件具有良好的電子注入性，亦即與在電子注入層中使用一般使用的Li化合物的發光元件相等的電子注入性，所以可以提供驅動電壓低且發光效率高的發光元件。

實施例9

【0565】以下示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件24至發光元件26的製造實例。圖54示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表22示出元件結構的詳細內容。注意，在本實施例中使用的化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式1。

【0566】

[表 22]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發光元件24	電極	3641	200	Al	-
	電子注入層	3639	1	LiF	-
	電子傳輸層	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF :	0.75:0.25:0.06

				Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	
	電洞傳輸層	3637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	3635	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	3634	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電子傳輸層	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3632	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	3631	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	3642	70	ITSO	-
發光元件25	電極	3641	200	Al	-
	電子注入層	3639	1	LiF	-
	電子傳輸層	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	3635	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	3634	5	Alq：Ag	1:0.24
	電子傳輸層	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3632	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	3631	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5

	電極	3642	70	ITSO	-
發光元件26	電極	3641	200	Al	-
	電子注入層	3639	1	LiF	-
	電子傳輸層	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	3635	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	3634	5	2mDBTBPDBq-II : Ag	1:0.20
	電子傳輸層	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3632	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	3631	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	3642	70	ITSO	-

【0567】

<<發光元件24的製造>>

作為電極3642，在基板3650上形成厚度為70nm的ITSO膜。電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0568】作為電洞注入層3631，在電極3642上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為65nm的方式共蒸鍍。

【0569】作為電洞傳輸層3632，在電洞注入層3631上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0570】作為發光層3644，在電洞傳輸層3632上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）以重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm））為0.75：0.25：0.06且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層3644中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0571】作為電子傳輸層3633（1），在發光層3644上以10nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0572】作為電子傳輸層3633（2），在電子傳輸層3633（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0573】作為電子注入層3634，在電子傳輸層3633（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0574】作為電荷產生層3635，在電子注入層3634上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為80nm的方式共蒸鍍。

【0575】作為電洞傳輸層3637，在電荷產生層3635上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0576】作為發光層3646，在電洞傳輸層3637上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）以重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm））為0.75：0.25：0.06且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層3646中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0577】作為電子傳輸層3638（1），在發光層3646上以25nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0578】作為電子傳輸層3638（2），在電子傳輸層3638（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0579】作為電子注入層3639，在電子傳輸層3638（2）上以1nm的厚度蒸鍍LiF。

【0580】作為電極3641，在電子注入層3639上以200nm的厚度蒸鍍Al。

【0581】在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板3652固定於形成有有機化合物的基板3650上，由此密封發光元件24。明確而言，將密封劑塗佈於基板3652的周圍，貼合該基板3652和形成有有機化合物膜的基板3650，以6J/cm^{2}照射波長為365nm的紫外光，並且以80℃進行1小時的加熱處理。藉由上述製程獲得發光元件24。

【0582】

<<發光元件25及發光元件26的製造>>

發光元件25及發光元件26與上述發光元件24的製造的不同之處僅在於電子注入層3634的形成製程，而其他製程都與發光元件24相同。

【0583】

〈發光元件25的製造〉

作為電子注入層3634，在發光元件25的電子傳輸層3633（2）上將Alq_3與Ag以重量比（Alq_3：Ag）為1：0.24且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0584】

〈發光元件26的製造〉

作為電子注入層3634，在發光元件26的電子傳輸層3633（2）上將2mDBTBPDBq-II與Ag以重量比（2mDBTBPDBq-II：Ag）為1：0.20且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0585】

<<各發光元件的測定>>

接著，測定上述製造的發光元件24至比較發光元件26的元件特性。測定方法與實施例1相同。

【0586】 圖60、圖61、圖62及圖63分別示出所製造的發光元件24至發光元件26的電流效率-亮度特性、電流密度-電壓特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，各發光元件的測定在室溫（保持為23°C的氛圍）下進行。另外，圖64示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。注意，測定在室溫下進行。

【0587】 表23示出1000cd/m^{2}附近的發光元件24至發光元件26的元件特性。

【0588】

[表 23]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
發光元件24	6.30	1.41	(0.675, 0.325)	947	67.0	33.4	57.9
發光元件25	8.20	1.55	(0.671, 0.329)	983	63.4	24.3	51.2
發光元件26	7.00	1.41	(0.672, 0.328)	967	69.8	30.9	56.8

【0589】 如圖63及表23所示，發光元件24至發光元件26都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過50%。如圖60及圖62所示，發光元件24至發光元件26都具有高電流效率及高電力效率。尤其是發光元件24及發光元件26示出高效率。因此，本發明的一個實施方式的發光元件是具有良好的發光效率的發光元件。

【0590】 如圖61所示，發光元件24至發光元件26示出良好的電流密度-電壓特性。尤其是，發光元件24及發光元件26示出良好的電流密度-電壓特性。因此，具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料具有良好的電子注入性。

【0591】 如圖64所示，發光元件24至發光元件26都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是619nm附近，半峰全寬都是60nm左右。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0592】 如上所述，本發明的一個實施方式的發光元件具有優異的電子注入性，所以是驅動電壓低且發光效率高的發光元件。本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例10

【0593】 在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件27至發光元件29及比較發光元件30的製造實例。圖54示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表24及表25示出元件結構的詳細內容。此外，所使用的化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0594】

[表 24]

	層	元件符號	厚度	材料	重量比

			(nm)		
發光元件27	電極	3641	200	Al	-
	電子注入層	3639	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電子傳輸層	3638(2)	10	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	3635	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	3634	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電子傳輸層	3633(2)	15	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3632	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	3631	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	3642	70	ITSO	-
發光元件28	電極	3641	200	Al	-
	電子注入層	3639	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電子傳輸層	3638(2)	10	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	3635	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	3634(2)	5	2Py3Tz：Ag	1:0.35
		3634(1)	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電子傳輸層	3633(2)	10	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3632	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	3631	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	3642	70	ITSO	-

【0595】

[表 25]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
發光	電極	3641	200	Al	-

元件29	電子注入層	3639	5	NBPhen：Ag	-
	電子傳輸層	3638(2)	10	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	3635	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	3634(2)	5	TmPPPyTz：Ag	1:0.15
		3634(1)	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電子傳輸層	3633(2)	10	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3632	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	3631	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	3642	70	ITSO	-
比較發光元件30	電極	3641	200	Al	-
	電子注入層	3639	1	LiF	-
	電子傳輸層	3638(2)	15	NBPhen	-
		3638(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3646	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3637	20	BPAFLP	-
	電荷產生層	3635	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	3634	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	3633(2)	20	NBPhen	-
		3633(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	3644	40	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	3632	20	BPAFLP	-

	電洞注入層	3631	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	3642	70	ITSO	-

【0596】

<發光元件的製造>

下面示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。比較發光元件30是在電子注入層中使用一般使用的Li化合物的Li_2O及LiF的發光元件，發光元件27至發光元件29是本發明的一個實施方式的在電子注入層中使用具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的混合膜的發光元件。在發光元件27至發光元件29中例示出作為具有非共用電子對的有機化合物使用具有三嗪環的有機化合物的發光元件。

【0597】

<發光元件27的製造>

發光元件27與上述發光元件24的製造的不同之處僅在於電子傳輸層3638及電子注入層3639的形成製程，而其他製程都與發光元件24相同。

【0598】 作為電子傳輸層3638（2），在發光元件27的電子傳輸層3638（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0599】 作為電子注入層3639，在電子傳輸層3638（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0600】

<發光元件28及發光元件29的製造>

發光元件28及發光元件29與上述發光元件27的製造的不同之處僅在於電子傳輸層3633（2）及電子注入層3634的形成製程，而其他製程都與發光元件27相同。

【0601】

<發光元件28的製造>

作為電子傳輸層3633（2），在發光元件28的電子傳輸層3633（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0602】 作為電子注入層3634，在電子傳輸層3633（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將2Py3Tzn與Ag以重量比（2Py3Tzn：Ag）為1：0.35且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0603】

<發光元件29的製造>

作為電子傳輸層3633（2），在發光元件29的電子傳輸層3633（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0604】 作為電子注入層3634，在電子傳輸層3633（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將TmPPPyTz與Ag以重量比（TmPPPyTz：Ag）為1：0.15且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0605】

<比較發光元件30的製造>

比較發光元件30與上述發光元件27的製造的不同之處僅在於電子傳輸層3633（2）、電子注入層3634、電子傳輸層3638（2）及電子注入層3639的形成製程，而其他製程都與發光元件27相同。

【0606】 作為電子傳輸層3633（2），在比較發光元件30的電子傳輸層3633（1）上以20nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0607】 作為電子注入層3634，在電子傳輸層3633（2）上以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O。

【0608】 作為電子傳輸層3638（2），在電子傳輸層3638（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0609】 作為電子注入層3639，在電子傳輸層3638（2）上以1nm的厚度蒸鍍LiF。

【0610】

<各發光元件的測定>

接著，測定上述製造的發光元件27至發光元件29及比較發光元件30的元件特性。測定方法與實施例1相同。

【0611】 圖65、圖66、圖67及圖68分別示出所製造的發光元件27至發光元件29及比較發光元件30的電流效率-亮度特性、電流密度-電壓特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖69示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0612】 表26示出1000cd/m^{2}附近的發光元件27至發光元件29及比較發光元件30的元件特性。

【0613】

[表 26]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/m2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率 (%)
發光元件 27	6.60	1.80	(0.670, 0.331)	1120	63.3	29.6	52.4
發光元	6.00	1.40	(0.670,	889	62.3	33.2	53.0

件 28			0.331)				
發光元件 29	6.40	1.26	(0.669, 0.331)	801	63.8	33.2	52.9
比較發光元件 30	7.40	1.46	(0.668, 0.332)	924	63.5	26.9	52.0

【0614】 如圖68及表26所示，發光元件27至發光元件29及比較發光元件30都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過50%。如圖65及圖67所示，發光元件27至發光元件29及比較發光元件30都具有高電流效率及高電力效率。此外，本發明的一個實施方式的發光元件27至發光元件29示出與在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O及LiF的比較發光元件30相等的高效率。

【0615】 如圖66所示，發光元件27至發光元件29及比較發光元件30具有良好的電流密度-電壓特性。此外，本發明的一個實施方式的發光元件27至發光元件29的電子注入性比在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O及LiF的比較發光元件30更好。

【0616】 如圖69所示，發光元件27至發光元件29及比較發光元件30都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是620nm附近，半峰全寬都是60nm左右。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0617】 如上所述，在本發明的一個實施方式的發光元件中也較佳為使用具有三嗪環的有機化合物。以上、本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例11

【0618】在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件32至發光元件34及比較發光元件31、比較發光元件35至比較發光元件37的製造實例。圖70示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表27至表29示出元件結構的詳細內容。此外，在本實施例中使用的化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例1。

【0619】

[表 27]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
比較發光元件31	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	4118(2)	20	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-
發光元件32	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸	4112	20	BPAFLP	-

	層				
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-
發光元件33	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	Alq_3:Ag	1:0.24
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-

【0620】

[表 28]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
發光元件34	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	HATNA:Ag	1:0.28
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-

比較發光元件35	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4130	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-

【0621】

[表 29]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
比較發光元件36	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4130(2)	5	Alq_3:Ag	1:0.24
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-
比較發光元件37	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4130(2)	5	HATNA:Ag	1:0.28
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-

	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-

【0622】藉由循環伏安法（CV）測定算出用於發光元件32至發光元件34及比較發光元件31、比較發光元件35至比較發光元件37的電子注入層4130的有機化合物的LUMO能階。測定方法與實施例1所示的方法相同。表30示出其結果。

【0623】

[表 30]

	LUMO (eV)
NBPhen	-2.83
Alq_3	-2.80
HATNA	-3.50

【0624】

<發光元件的製造>

下面示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。比較發光元件31是在電子注入層中使用一般使用的Li化合物的氧化鋰（Li_2O）的發光元件，發光元件32至發光元件34是本發明的一個實施方式的在電子注入層中使用具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料的發光元件。此外，比較發光元件35至比較發光元件37是從發光元件32至發光元件34去除電荷產生層4135的發光元件。

【0625】

<<比較發光元件31的製造>>

作為電極4101，在基板4210上形成厚度為110nm的ITSO膜。另外，電極4101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0626】作為電洞注入層4111，在電極4101上將DBT3P-II與氧化鉬（MoO_3）以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為25nm的方式共蒸鍍。

【0627】作為電洞傳輸層4112，在電洞注入層4111上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0628】作為發光層4140，在電洞傳輸層4112上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）以重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm））為0.75：0.25：0.06且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層4140中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0629】作為電子傳輸層4118（1），在發光層4140上以5nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0630】作為電子傳輸層4118（2），在電子傳輸層4118（1）上以20nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0631】作為電子注入層4130，在電子傳輸層4118（2）上以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O。

【0632】作為電荷產生層4135，在電子注入層4130上將DBT3P-II與氧化鉬（MoO_3）以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為15nm的方式共蒸鍍。

【0633】作為電極4102，在電荷產生層4135上以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0634】在不進行密封的情況下在大氣中以80°C進行1小時的熱處理。藉由上述製程得到比較發光元件31。

【0635】

<<發光元件32至發光元件34的製造>>

發光元件32至發光元件34與上述比較發光元件31的製造的不同之處僅在於電子傳輸層4118（2）及電子注入層4130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件31相同。

【0636】

<發光元件32的製造>

作為發光元件32的電子傳輸層4118(2)，在電子傳輸層4118(1)上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0637】 作為電子注入層4130，在電子傳輸層4118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0638】

<發光元件33的製造>

作為發光元件33的電子傳輸層4118(2)，在電子傳輸層4118(1)上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0639】 作為電子注入層4130，在電子傳輸層4118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將Alq_3與Ag以重量比（Alq_3：Ag）為1：0.24且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0640】

<發光元件34的製造>

作為發光元件34的電子傳輸層4118(2)，在電子傳輸層4118(1)上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0641】 作為電子注入層4130，在電子傳輸層4118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將HATNA與Ag以重量比（HATNA：Ag）為1：0.28且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0642】

<<比較發光元件35的製造>>

比較發光元件35與上述發光元件32的製造的不同之處僅在於電子傳輸層4118及電荷產生層4135的形成製程，而其他製程都與發光元件32相同。

【0643】 作為電子傳輸層4118，在比較發光元件35的發光層4140上以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。接著，以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0644】 在電子注入層4130上不形成電荷產生層4135，作為電極4102以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0645】

<<比較發光元件36的製造>>

比較發光元件36與上述發光元件32的製造的不同之處僅在於電子傳輸層4118及電荷產生層4135的形成製程，而其他製程都與發光元件32相同。

【0646】 作為電子傳輸層4118，在比較發光元件36的發光層4140上以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。接著，以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0647】 在電子注入層4130上不形成電荷產生層4135，作為電極4102以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0648】

<<比較發光元件37的製造>>

比較發光元件37與上述發光元件32的製造的不同之處僅在於電子傳輸層4118及電荷產生層4135的形成製程，而其他製程都與發光元件32相同。

【0649】 作為電子傳輸層4118，在比較發光元件36的發光層4140上以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。接著，以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0650】 在電子注入層4130上不形成電荷產生層4135，作為電極4102以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0651】

<發光元件的特性>

接著，測定上述製造的比較發光元件31、發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37的元件特性。在亮度及CIE色度的測定中，利用色亮度計（由Topcon Technohouse公司製造的BM-5A）。在電致發射光譜的測定中，利用多通道光譜分析儀（由日本濱松光子學株式會社製造的PMA-11）。

【0652】 圖71、圖72、圖73及圖74分別示出所製造的比較發光元件31、發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性、電力效率-亮度特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，各發光元件的測定在室溫（保持為23℃的氛圍）下進行。另外，圖75示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0653】 表31示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件31、發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37的元件特性。

【0654】

[表 31]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/cm2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)

比較發光元件 31	4.40	3.07	(0.662, 0.338)	1150	37.5	26.8	29.0
發光元件 32	3.60	2.37	(0.663, 0.338)	932	39.3	34.3	30.7
發光元件 33	3.50	2.72	(0.662, 0.338)	1040	38.4	34.5	30.0
發光元件 34	3.10	2.24	(0.663, 0.337)	868	38.7	39.2	30.2
比較發光元件 35	3.30	2.28	(0.663, 0.337)	924	40.5	38.6	31.3
比較發光元件 36	3.40	2.73	(0.663, 0.337)	1080	39.8	36.7	30.6
比較發光元件 37	3.30	2.23	(0.663, 0.337)	888	39.9	37.9	30.8

【0655】 如圖74及表31所示，比較發光元件31、發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過25%。如圖71及圖73所示，比較發光元件31、發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37都具有高電流效率及高電力效率。此外，本發明的一個實施方式的發光元件32至發光元件34具有與在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O的比較發光元件31相等的高效率。此外，發光元件32至發光元件34具有與去除電荷產生層4135的比較發光元件35至比較發光元件37相等的高效率。

【0656】 如圖72所示，比較發光元件31、發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37具有良好的電流-電壓特性。尤其是，發光元件32至發光元件34與比較發光元件31相比具有良好的電流-電壓特性。因此，在電子注入層與電荷產生層接觸時，與在電子注入層中一般使用的Li化合物相比，過渡

金屬和具有非共用電子對的有機化合物的複合材料具有良好的電子注入性。此外，具有電荷產生層的發光元件32至發光元件34具有與不具有電荷產生層的比較發光元件35至比較發光元件37相等的良好的電流-電壓特性。

【0657】 如圖75所示，比較發光元件31、發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是616nm附近，半峰全寬都是58nm左右。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0658】

<發光元件的可靠性評價>

接著，對發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37進行恆溫恆濕保存測試。由於不對各發光元件進行密封，所以發光元件的陰極及EL層暴露於測試環境的氛圍。一般而言，當水分侵入到發光元件中時，產生黑點（發光部中的非發光區域）或收縮（發光部端部的非發光區域），對發光元件的可靠性造成負面影響。由此，藉由進行恆溫恆濕保存測試，可以對發光元件的抗水分的可靠性進行評價。

【0659】 這裡，表32示出用於恆溫恆濕保存測試的比較發光元件A的元件結構。此外，由於比較發光元件A的製造方法與實施例1所示的方法相同，所以省略製造方法的說明。另外，與發光元件32至發光元件34相同，比較發光元件A不進行密封。

【0660】

[表 32]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比

比較發光元件A	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4130	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	4118(2)	20	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-

【0661】在比較發光元件A、發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37分別放置於溫度保持為65℃且濕度保持為95%的恆溫槽內48小時之後，對各發光元件的發光狀態進行調查。

【0662】發光狀態的評價藉由算出在恆溫恆濕保存測試前後的發光面積的比率進行。關於比較發光元件A、發光元件32至發光元件34及比較發光元件35至比較發光元件37，每個元件製造6個樣本，進行恆溫恆濕保存測試。表33示出發光面積比較大的前3個樣本的平均值。

【0663】

[表 33]

	發光面積比
比較發光元件 A	0%
發光元件 32	84%
發光元件 33	79%
發光元件 34	87%
比較發光元件 35	78%
比較發光元件 36	86%
比較發光元件 37	86%

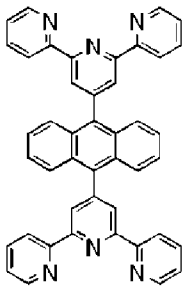
【0664】在表33中，發光面積比（%）=恆溫恆濕保存測試後的發光面積/恆溫恆濕測試前的發光面積×100。從表33可知，本發明的一個實施方式的發光元件32至發光元件34是在恆溫恆濕保存測試後也具有79%以上的發光面積比的抗濕性優異的發光元件。與在電子注入層4130中使用Li化合物的Li_2O的比較發光元件A相比，本發明的一個實施方式的發光元件32至發光元件34的抗濕性顯著得到提高。此外，不具有電荷產生層4135的比較發光元件35至比較發光元件37的抗濕性與本發明的一個實施方式的發光元件相等。由於本發明的一個實施方式的發光元件使用不容易與水起反應的過渡金屬，所以在發光元件中不容易侵入水分。因此，可以實現抗濕性高的發光元件。此外，發光元件32至發光元件34不進行在一般的發光元件中進行的密封。因此，藉由對發光元件32至發光元件34進行密封，可以進一步提高抗濕性。

實施例12

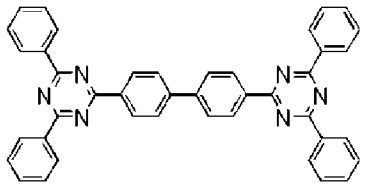
【0665】在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件43至發光元件46及比較發光元件38至比較發光元件42的製造實例。在本實施例中示出作為具有非共用電子對的有機化合物使用具有三嗪環及/或吡啶環的有機化合物的發光元件。圖70示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表34至表36示出元件結構的詳細內容。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。注意，其他化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0666】

[化7]



tPy2A



BTB

【0667】

[表 34]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
比較發光元件38	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	4118(2)	20	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-
比較發光元件39	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4130(1)	5	2Py3Tz:Ag	1:0.35
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-
比較發光	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4135	5	TmPPPyTz:Ag	1:0.15

元件40	電子傳輸層	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-

【0668】

[表 35]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
比較發光元件41	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4130(2)	5	tPy2A:Ag	1:0.30
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-
比較發光元件42	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4130(2)	5	BTB:Ag	1:0.18
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-

發光元件43	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	2Py3Tz:Ag	1:0.35
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-

【0669】

[表 36]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
發光元件44	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130	5	TmPPPyTz:Ag	1:0.15
	電子傳輸層	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-
發光元件45	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	tPy2A:Ag	1:0.3
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.3

	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-
發光元件46	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	BTB:Ag	1:0.18
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-

【0670】藉由循環伏安法（CV）測定算出用於發光元件43至發光元件46及比較發光元件39至比較發光元件42的電子注入層4130的有機化合物的LUMO能階。測定方法與實施例1相同。表37示出其結果。

【0671】

[表37]

	LUMO (eV)
2Py3Tzn	-3.15
TmPPPyTz	-3.00
tPy2A	-2.91

BTB	-3.01

【0672】

<發光元件的製造>

下面示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。

【0673】

<<比較發光元件38的製造>>

比較發光元件38與上述比較發光元件31的製造的不同之處僅在於電極4101及電洞注入層4111的形成製程，而其他製程都與比較發光元件31相同。

【0674】 作為電極4101，在基板4210上形成厚度為70nm的ITSO膜。另外，電極4101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0675】 作為電洞注入層4111，在電極4101上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為65nm的方式共蒸鍍。

【0676】

<<發光元件43至發光元件46的製造>>

發光元件43至發光元件46與上述比較發光元件38的製造的不同之處僅在於電子傳輸層4118（2）及電子注入層4130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件38相同。

【0677】

<發光元件43的製造>

作為發光元件43的電子傳輸層4118（2），在電子傳輸層4118（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0678】 作為電子注入層4130，在電子傳輸層4118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將2Py3Tzn與Ag以重量比（2Py3Tzn：Ag）為1：0.35且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0679】

<發光元件44的製造>

作為發光元件44的電子傳輸層4118（2），在電子傳輸層4118（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0680】 作為電子注入層4130，在電子傳輸層4118（2）上將TmPPPyTz與Ag以重量比（TmPPPyTz：Ag）為1:0.24且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0681】

<發光元件45的製造>

作為發光元件45的電子傳輸層4118（2），在電子傳輸層4118（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0682】 作為電子注入層4130，在電子傳輸層4118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.3且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將tPy2A與Ag以重量比（tPy2A：Ag）為1：0.30且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0683】

<發光元件46的製造>

作為發光元件46的電子傳輸層4118（2），在電子傳輸層4118（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0684】 作為電子注入層4130，在電子傳輸層4118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將BTB與Ag以重量比（BTB：Ag）為1：0.18且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0685】

<<比較發光元件39的製造>>

比較發光元件39與上述發光元件43的製造的不同之處僅在於電子傳輸層4118及電荷產生層4135的形成製程，而其他製程都與發光元件43相同。

【0686】 作為電子傳輸層4118，在比較發光元件39的發光層4140上以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。接著，以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0687】 在電子注入層4130上不形成電荷產生層4135，作為電極4102以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0688】

<<比較發光元件40的製造>>

比較發光元件40與上述發光元件44的製造的不同之處僅在於電子傳輸層4118及電荷產生層4135的形成製程，而其他製程都與發光元件44相同。

【0689】 作為電子傳輸層4118，在比較發光元件40的發光層4140上以15nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。接著，以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0690】 在電子注入層4130上不形成電荷產生層4135，作為電極4102以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0691】

<<比較發光元件41的製造>>

比較發光元件41與上述發光元件45的製造的不同之處僅在於電子傳輸層4118及電荷產生層4135的形成製程，而其他製程都與發光元件45相同。

【0692】 作為電子傳輸層4118，在比較發光元件41的發光層4140上以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。接著，以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0693】 在電子注入層4130上不形成電荷產生層4135，作為電極4102以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0694】

<<比較發光元件42的製造>>

比較發光元件42與上述發光元件46的製造的不同之處僅在於電子傳輸層4118及電荷產生層4135的形成製程，而其他製程都與發光元件46相同。

【0695】 作為電子傳輸層4118，在比較發光元件42的發光層4140上以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。接著，以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0696】 在電子注入層4130上不形成電荷產生層4135，作為電極4102以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0697】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的比較發光元件38至比較發光元件42及發光元件43至發光元件46的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0698】 圖76、圖77、圖78及圖79分別示出所製造的比較發光元件38至比較發光元件40、發光元件43及發光元件44的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性、外部量子效率-亮度特性以及以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。此外，圖80、圖81、圖82及圖83分別示出所製造的比較發

光元件38、比較發光元件41、比較發光元件42、發光元件45及發光元件46的電流效率-亮度特性、電流-電壓、外部量子效率-亮度特性以及以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0699】 表38示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件38至比較發光元件42及發光元件43至發光元件46的元件特性。

【0700】

[表 38]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/cm2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
比較發光元件 38	5.20	3.47	(0.662, 0.338)	1060	30.7	18.5	23.9
比較發光元件 39	3.30	3.04	(0.663, 0.337)	1120	37.0	35.2	29.0
比較發光元件 40	3.30	2.60	(0.663, 0.337)	988	38.0	36.2	30.0
比較發光元件 41	3.30	3.16	(0.669, 0.331)	1050	33.3	31.7	27.8
比較發光元件 42	3.40	3.28	(0.672, 0.328)	1100	33.6	31.0	28.6
發光元件 43	3.40	2.95	(0.663, 0.337)	1060	36.1	33.3	28.9
發光元件 44	4.20	2.77	(0.663, 0.337)	968	34.9	26.1	27.9
發光元件 45	3.50	3.12	(0.669, 0.330)	995	31.8	28.6	27.4
發光元件 46	3.40	3.48	(0.673, 0.327)	1100	31.7	29.3	27.7

【0701】 如圖77及圖81所示，比較發光元件38至比較發光元件42及發光元件43至發光元件46具有良好的電流-電壓特性。尤其是，發光元件43至發光元件46與比較發光元件38相比具有良好的電流-電壓特性。因此，在電子注入層與電荷產生層接觸時，與在電子注入層中一般使用的Li化合物相比，過渡金屬和具有非共用電子對的有機化合物的複合材料具有良好的電子注入性。此外，具有電荷產生層的發光元件43至發光元件46具有與不具有電荷產生層的比較發光元件39至比較發光元件42相等的良好的電流-電壓特性。

【0702】 如圖78及表38所示，比較發光元件38至比較發光元件42及發光元件43至發光元件46都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過20%。如圖76及圖80所示，比較發光元件38至比較發光元件42及發光元件43至發光元件46都具有高電流效率。此外，本發明的一個實施方式的發光元件43至發光元件46示出比在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O的比較發光元件38高的效率。因此，與比較發光元件38相比，發光元件43至發光元件46的載子平衡優異。此外，發光元件43至發光元件46具有與去除電荷產生層4135的比較發光元件39至比較發光元件42相等的高效率。

【0703】 如圖79及圖83所示，比較發光元件38至比較發光元件42及發光元件43至發光元件46都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是616nm附近，半峰全寬都是54nm。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0704】

<發光元件的可靠性評價>

接著，對比較發光元件A及發光元件43至發光元件46進行恆溫恆濕保存測試。由於不對各發光元件進行密封，所以發光元件的陰極及EL層暴露於測試環境的氛圍。評價方法與上述實施例11相同。

【0705】 發光狀態的評價藉由算出在恆溫恆濕保存測試前後的發光面積的比率進行。關於發光元件43至發光元件46及比較發光元件A，每個元件製造3個樣本，對這些元件進行恆溫恆濕保存測試。表39示出3個樣本的平均值。

【0706】

[表 39]

	發光面積比
比較發光元件 A	0%
發光元件 43	76%
發光元件 44	82%
發光元件 45	81%
發光元件 46	80%

【0707】 在表39中，發光面積比（%）=恆溫恆濕保存測試後的發光面積/恆溫恆濕測試前的發光面積×100。從表39可知，本發明的一個實施方式的發光元件43至發光元件46是在恆溫恆濕保存測試後也具有76%以上的發光面積比的抗濕性優異的發光元件。與在電子注入層4130中使用Li化合物的Li_2O的比較發光元件A相比，本發明的一個實施方式的發光元件43至發光元件46的抗濕性顯著得到提高。由於本發明的一個實施方式的發光元件使用不容易與水起反應的過渡金屬，所以在發光元件中不容易侵入水分。因此，可以實現抗濕性高的發光元

件。此外，發光元件43至發光元件46不進行在一般的發光元件中進行的密封。因此，藉由對發光元件43至發光元件46進行密封，可以進一步提高抗濕性。

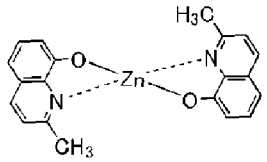
【0708】 如上所述，在本發明的一個實施方式的發光元件中也較佳為使用具有三嗪環及/或吡啶環的材料。本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例13

【0709】 在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件49及發光元件50及比較發光元件47及比較發光元件48的製造實例。表40示出比較發光元件47、比較發光元件48以及比較發光元件38的結構，表41示出發光元件49及發光元件50的結構。圖70示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖。此外，以下示出所使用的化合物的結構及簡稱。注意，其他化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0710】

[化8]



Znmq2

【0711】

[表 40]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
比較發光元件38	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注	4130	0.2	Li_2O	-

	入層				
	電子傳輸層	4118(2)	20	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-
比較發光元件47	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4130(2)	5	Zn(BTZ)$_2$:Ag	1:0.21
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-
比較發光元件48	電極	4102	200	Al	-
	電子注入層	4130(2)	5	Znmq$_2$:Ag	1:0.30
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.30
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-

【0712】

[表 41]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
發光元件49	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	$Zn(BTZ)_2$:Ag	1:0.21
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-
發光元件50	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	$Znmq_2$:Ag	1:0.30
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.19
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	4111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	70	ITSO	-

【0713】藉由循環伏安法（CV）測定算出用於發光元件49及發光元件50以及比較發光元件47及比較發光元件48的電子注入層4130的有機化合物的LUMO能階。測定方法與實施例1相同。表42示出其結果。

【0714】

[表42]

	LUMO（eV）
Zn（BTZ）$_2$	-3.16

$Znmq_2$	-2.68

【0715】

<<發光元件 49 及發光元件 50 的製造>>

發光元件 49 及發光元件 50 與上述發光元件 45 的製造的不同之處僅在於電子注入層 4130 的形成製程，而其他製程都與發光元件 45 相同。

【0716】

<發光元件 49 的製造>

作為電子注入層 4130，在電子傳輸層 4118（2）上將 NBPhen 與 Ag 以重量比（NBPhen：Ag）為 1：0.19 且厚度為 5nm 的方式共蒸鍍。接著，將 Zn（BTZ）$_2$與 Ag 以重量比（Zn（BTZ）$_2$：Ag）為 1：0.21 且厚度為 5nm 的方式共蒸鍍。

【0717】 <發光元件 50 的製造>

【0718】 作為電子注入層 4130，在電子傳輸層 4118（2）上將 NBPhen 與 Ag 以重量比（NBPhen：Ag）為 1：0.30 且厚度為 5nm 的方式共蒸鍍。接著，將 $Znmq_2$與 Ag 以重量比（$Znmq_2$：Ag）為 1：0.30 且厚度為 5nm 的方式共蒸鍍。

【0719】

<<比較發光元件 47 的製造>>

比較發光元件 47 與上述發光元件 49 的製程的不同之處僅在於電子傳輸層 4118 及電荷產生層 4135 的形成製程，而其他製程都與發光元件 49 相同。

【0720】 作為電子傳輸層 4118，在比較發光元件 47 的發光層 4140 上以 20nm 的厚度蒸鍍 2mDBTBPDBq-II。接著，以 10nm 的厚度蒸鍍 NBPhen。

【0721】 在電子注入層 4130 上不形成電荷產生層 4135，作為電極 4102 以 200nm 的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0722】

<<比較發光元件 48 的製造>>

比較發光元件 48 與上述發光元件 50 的製程的不同之處僅在於電子傳輸層 4118 及電荷產生層 4135 的形成製程，而其他製程都與發光元件 50 相同。

【0723】 作為電子傳輸層 4118，在比較發光元件 48 的發光層 4140 上以 20nm 的厚度蒸鍍 2mDBTBPDBq-II。接著，以 10nm 的厚度蒸鍍 NBPhen。

【0724】 在電子注入層 4130 上不形成電荷產生層 4135，作為電極 4102 以 200nm 的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0725】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的比較發光元件 38、比較發光元件 47、比較發光元件 48、發光元件 49 及發光元件 50 的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例 1 相同。

【0726】 圖 84、圖 85 及圖 86 分別示出所製造的比較發光元件 38、比較發光元件 47、比較發光元件 48、發光元件 49 及發光元件 50 的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖 87 示出以 2.5mA/cm^2 的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0727】 表 43 示出 1000cd/m^2 附近的比較發光元件 38、比較發光元件 47、比較發光元件 48、發光元件 49 及發光元件 50 的元件特性。

【0728】

[表 43]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/cm2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
比較發光元件 38	5.20	3.47	(0.662, 0.338)	1060	30.7	18.5	23.9
比較發光元件 47	3.40	3.16	(0.672, 0.328)	1049	33.2	30.7	28.4
比較發光元件 48	3.30	3.18	(0.668, 0.332)	1065	33.5	31.9	27.7
發光元件 49	3.80	3.31	(0.673, 0.327)	1041	31.4	26.0	27.6
發光元件 50	3.40	3.24	(0.669, 0.330)	1031	31.8	29.4	27.2

【0729】 如圖85所示，比較發光元件38、比較發光元件47、比較發光元件48、發光元件49及發光元件50具有相等的良好的電流-電壓特性。因此，在電子注入層中使用鋅化合物，且電子注入層與電荷產生層接觸時，過渡金屬和具有非共用電子對的有機化合物的複合材料具有與在電子注入層中一般使用的Li化合物相等的良好的電子注入性。此外，包括電荷產生層的發光元件49及發光元

件50具有與不包括電荷產生層的比較發光元件47及比較發光元件48相等的良好的電流-電壓特性。

【0730】 如圖86及表43所示，比較發光元件38、比較發光元件47、比較發光元件48、發光元件49及發光元件50都示出高發光效率，亦即外部量子效率超過20%。如圖84所示，比較發光元件38、比較發光元件47、比較發光元件48、發光元件49及發光元件50都具有良好的電流效率。

【0731】 如圖87所示，比較發光元件38、比較發光元件47、比較發光元件48、發光元件49及發光元件50都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是618nm附近，半峰全寬都是60nm。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0732】

<發光元件的可靠性評價>

接著，對比較發光元件A、發光元件49及發光元件50進行恆溫恆濕保存測試。由於不對各發光元件進行密封，所以發光元件的陰極及EL層暴露於測試環境的氛圍。評價方法與上述實施例11相同。

【0733】 發光狀態的評價藉由算出在恆溫恆濕保存測試前後的發光面積的比率進行。關於發光元件49、發光元件50及比較發光元件A，每個元件製造3個樣本，進行恆溫恆濕保存測試。表44示出3個樣本的平均值。

【0734】

[表 44]

	發光面積比
比較發光元件 A	0%

發光元件 49	83%
發光元件 50	83%

【0735】 在表44中，發光面積比（%）=恆溫恆濕保存測試後的發光面積/恆溫恆濕測試前的發光面積×100。從表44可知，本發明的一個實施方式的發光元件49及發光元件50是在恆溫恆濕保存測試後也具有80%以上的發光面積比的抗濕性優異的發光元件。與在電子注入層4130中使用Li化合物的Li_2O的比較發光元件A相比，本發明的一個實施方式的發光元件49及發光元件50的抗濕性顯著得到提高。由於本發明的一個實施方式的發光元件使用不容易與水起反應的過渡金屬，所以在發光元件中不容易侵入水分。因此，可以實現抗濕性高的發光元件。此外，發光元件49至發光元件50不進行在一般的發光元件中進行的密封。因此，藉由對發光元件49至發光元件50進行密封，可以進一步提高抗濕性。

【0736】 如上所述，如鋅錯合物那樣的金屬錯合物也適合用於本發明的一個實施方式的發光元件。本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例14

【0737】

<恆溫恆濕保存測試的可靠性及電子注入層材料的LUMO能階的相關>

標繪出相對於LUMO能階的上述實施例11至實施例13所記載的發光元件的恆溫恆濕保存測試的結果。圖88A及圖88B示出其結果。此外，作為各發光元件製造具有同一元件結構的3個至7個樣本，對該樣本進行恆溫恆濕保存測試。圖88A是包括電荷產生層的本發明的一個實施方式的發光元件的恆溫恆濕保存測試的結果，圖88B是不包括電荷產生層的比較發光元件的恆溫恆濕保存測試的結

果。當對圖88A與圖88B進行比較時，在圖88B中在LUMO能階高的區域（LUMO能階為-3.0eV以上的區域）中有的樣本的恆溫恆濕保存之後的發光面積比小於75%，抗濕性有偏差。另一方面，從圖88A可知在該區域中所有的發光元件具有高抗濕性，亦即恆溫恆濕保存之後的發光面積比超過75%。換言之，根據本發明的一個實施方式的在陰極與電子注入層之間包括電荷產生層的發光元件的製造偏差較少，可以以良好的良率製造該發光元件。根據本發明的一個實施方式的發光元件的用於電子注入層的材料選擇範圍較寬。因此，根據本發明的一個實施方式的發光元件是生產率優異的發光元件。

實施例15

【0738】 在上述實施例中示出在基板上設置陽極且在該陽極上層疊EL層的正向層疊結構的製造實例，但是在本實施例中示出在基板上設置陰極，在該陰極上層疊EL層的相反層疊結構的本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件52至發光元件54及比較發光元件51、比較發光元件55至比較發光元件57的製造實例。比較發光元件51是在電子注入層4130中使用Li_2O的發光元件，比較發光元件55至比較發光元件57是不包括電荷產生層4135的發光元件。圖89示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表45至表47示出元件結構的詳細內容。注意，所使用的化合物的結構及簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0739】

[表 45]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
比較發光元件51	電極	4101	200	Al	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電洞傳	4112	20	BPAFLP	-

	輸層				
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	4118(2)	5	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	15	NBPhen	
	電子注入層	4130(2)	0.2	Li_2O	-
		4130(1)	5	NBPhen	-
	電荷產生層	4135	40	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4102	70	ITSO	-
發光元件52	電極	4101	200	Al	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	4118(2)	5	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	15	NBPhen	
	電子注入層	4130	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電荷產生層	4135	40	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4102	70	ITSO	-

【0740】

[表 46]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
發光元件53	電極	4101	200	Al	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	4118(2)	5	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	10	NBPhen	
	電子注	4130(2)	5	NBPhen：Ag	1:0.19

	入層	4130(1)	5	Alq3：Ag	1:0.24
	電荷產生層	4135	40	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4102	70	ITSO	-
發光元件54	電極	4101	200	Al	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	4118(2)	5	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	10	NBPhen	
	電子注入層	4130(2)	5	NBPhen：Ag	1:0.19
		4130(1)	5	HATNA：Ag	1:0.28
	電荷產生層	4135	40	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4102	70	ITSO	-

【0741】

[表47]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
比較發光元件55	電極	4101	200	Al	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	4118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	30	NBPhen	
	電子注入層	4130	5	NBPhen：Ag	1:0.19
	電極	4102	70	ITSO	-
比較發光	電極	4101	200	Al	-
	電洞注	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5

元件56	入層				
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	4118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	25	NBPhen	
	電子注入層	4130(2)	5	NBPhen：Ag	1:0.19
		4130(1)	5	Alq3：Ag	1:0.35
	電極	4102	70	ITSO	-
比較發光元件57	電極	4101	200	Al	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電洞傳輸層	4112	20	BPAFLP	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.06
	電子傳輸層	4118(2)	30	2mDBTBPDBq-II	-
		4118(1)	25	NBPhen	
	電子注入層	4130(2)	5	NBPhen：Ag	1:0.19
		4130(1)	5	HATNA：Ag	1:0.15
	電極	4102	70	ITSO	-

【0742】

<<比較發光元件51的製造>>

作為電極4102，在基板4210上形成厚度為70nm的ITSO膜。另外，電極4102的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0743】作為電荷產生層4135，在電極4102上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為40nm的方式共蒸鍍。

【0744】作為電子注入層4130，在電荷產生層4135上以5nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O。

【0745】作為電子傳輸層4118（1），在電子注入層4130上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，作為電子傳輸層4118（2），以5nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0746】作為發光層4140，在電子傳輸層4118（2）上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）以重量比（2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm））為0.75：0.25：0.06且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層4140中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0747】作為電洞傳輸層4112，在發光層4140上以20nm的厚度蒸鍍BPAFLP。

【0748】作為電洞注入層4111，在電洞傳輸層4112上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為25nm的方式共蒸鍍。

【0749】作為電極4101，在電洞注入層4111上以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0750】在不進行密封的情況下在大氣中以80℃進行1小時的熱處理。藉由上述製程得到比較發光元件51。

【0751】

<<發光元件52的製造>>

發光元件52與上述比較發光元件51的製造的不同之處僅在於電子注入層4130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件51相同。

【0752】作為發光元件52的電子注入層4130，在電荷產生層4135上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0753】

<<發光元件53的製造>>

發光元件53與上述比較發光元件51的製造的不同之處僅在於電子注入層4130及電子傳輸層4118（1）的形成製程，而其他製程都與比較發光元件51相同。

【0754】作為發光元件53的電子注入層4130，在電荷產生層4135上將Alq_3與Ag以重量比（Alq_3：Ag）為1：0.24且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0755】作為電子傳輸層4118（1），在電子注入層4130上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，作為電子傳輸層4118（2）以5nm的厚度蒸鍍2mDBTBTDBq-II。

【0756】

<<發光元件54的製造>>

發光元件54與上述比較發光元件51的製造的不同之處僅在於電子注入層4130及電子傳輸層4118（1）的形成製程，而其他製程都與比較發光元件51相同。

【0757】作為發光元件54的電子注入層4130，在電荷產生層4135上將HATNA與Ag以重量比（HATNA：Ag）為1：0.28且厚度為5nm的方式共蒸鍍。接著，將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0758】作為電子傳輸層4118（1），在電子注入層4130上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，作為電子傳輸層4118（2）以5nm的厚度蒸鍍2mDBTBTDBq-II。

【0759】

<<比較發光元件55的製造>>

比較發光元件55與上述發光元件52的製造的不同之處僅在於電荷產生層4135及電子傳輸層4118的形成製程，而其他製程都與發光元件52相同。

【0760】在比較發光元件55中不形成電荷產生層4135，在電極4102上形成電子注入層4130。

【0761】作為電子傳輸層4118（1），在電子注入層4130上以30nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，作為電子傳輸層4118（2）以30nm的厚度蒸鍍2mDBTBTDBq-II。

【0762】

<<比較發光元件56的製造>>

比較發光元件56與上述發光元件53的製造的不同之處僅在於電荷產生層4135及電子傳輸層4118的形成製程，而其他製程都與發光元件53相同。

【0763】在比較發光元件56中不形成電荷產生層4135，在電極4102上形成電子注入層4130。

【0764】作為電子傳輸層4118（1），在電子注入層4130上以25nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，作為電子傳輸層4118（2）以30nm的厚度蒸鍍2mDBTBTDBq-II。

【0765】

<<比較發光元件57的製造>>

比較發光元件57與上述發光元件54的製造的不同之處僅在於電荷產生層4135及電子傳輸層4118的形成製程，而其他製程都與發光元件54相同。

【0766】在比較發光元件57中不形成電荷產生層4135，在電極4102上形成電子注入層4130。

【0767】作為電子傳輸層4118（1），在電子注入層4130上以25nm的厚度蒸鍍NBPhen。接著，作為電子傳輸層4118（2）以30nm的厚度蒸鍍2mDBTBTDBq-II。

【0768】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的比較發光元件51、發光元件52至發光元件54及比較發光元件55至比較發光元件57的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0769】圖90、圖91以及圖92分別示出所製造的比較發光元件51、發光元件52至發光元件54及比較發光元件55至比較發光元件57的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性以及電力效率-亮度特性。另外，圖93示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0770】表48示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件51、發光元件52至發光元件54及比較發光元件55至比較發光元件57的元件特性。

【0771】

[表 48]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/cm2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
比較發光元件 51	4.00	3.09	(0.664, 0.336)	1007	32.6	25.6	25.8
發光元件 52	3.90	2.72	(0.664, 0.335)	892	32.8	26.5	26.0
發光元件 53	4.20	3.13	(0.664, 0.336)	1004	32.1	24.0	25.4
發光元件	3.90	3.62	(0.664,	1112	30.7	24.8	24.5

54			0.336)				
比較發光元件 55	5.00	2.77	(0.662, 0.337)	1009	36.4	22.9	28.3
比較發光元件 56	5.00	2.98	(0.662, 0.337)	1067	35.7	22.5	27.6
比較發光元件 57	5.00	2.83	(0.664, 0.336)	954	33.7	21.2	26.2

【0772】 如表48所示，比較發光元件51、發光元件52至發光元件54及比較發光元件55至比較發光元件57都具有非常高的發光效率，亦即外部量子效率為25%左右。此外，如圖90所示，各發光元件具有良好的電流效率。此外，如圖92及表48所示，發光元件52至發光元件54與比較發光元件55至比較發光元件57相比在200cd/m^2以上的區域中具有良好的電力效率。因此，本發明的一個實施方式的發光元件即使採用相反層疊的元件，也可以得到良好的發光效率。

【0773】 如圖91所示，比較發光元件51、發光元件52至發光元件54及比較發光元件55至比較發光元件57具有良好的電流-電壓特性。此外，本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件52至發光元件54與不包括電荷產生層4135的比較發光元件55至比較發光元件57相比具有良好的電流-電壓特性。因此，本發明的一個實施方式的發光元件即使採用相反層疊的元件，也可以得到良好的電流-電壓特性。

【0774】 如圖93所示，比較發光元件51、發光元件52至發光元件54及比較發光元件55至比較發光元件57都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是617nm附近，半峰全寬都是54nm。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0775】

<發光元件的可靠性評價>

接著，對發光元件52至發光元件54進行恆溫恆濕保存測試。由於不對各發光元件進行密封，所以陽極及EL層暴露於測試環境的氛圍。評價方法與上述實施例相同。

【0776】 發光狀態的評價藉由算出在恆溫恆濕保存測試前後的發光面積的比率進行。關於發光元件52至發光元件54，每個元件製造6個樣本，進行恆溫恆濕保存測試。表49示出發光面積比較大的前3個樣本的平均值。

【0777】

[表 49]

	發光面積比
發光元件 52	79%
發光元件 53	76%
發光元件 54	71%

【0778】 本發明的一個實施方式的發光元件52至發光元件54在高溫高濕測試之後也具有70%以上的發光面積比，具有優異的抗濕性。因此，本發明的一個實施方式的發光元件即使採用相反層疊的元件，也可以得到良好的抗濕性。

【0779】 如上所述，本發明的一個實施方式的發光元件也可以應用於相反層疊的元件。本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例16

【0780】 在本實施例中示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件58至發光元件63的製造實例。圖12示出在本實施例中製造的發光元件的剖面

示意圖，表50及表51示出元件結構的詳細內容。此外，所使用的化合物的結構及簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0781】

[表 50]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
發光元件58	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130(2)	5	Alq3:Au	1:0.4
		130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.3
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	112	20	PCBBiF	-
	電洞注入層	111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	110	ITSO	-
發光元件59	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130(2)	5	HATNA:Au	1:0.5
		130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.3
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)2(dpm)	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	112	20	PCBBiF	-
	電洞注入層	111	25	DBT3P-II : MoO3	1:0.5
	電極	101	110	ITSO	-
發光元件60	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	5	Alq3:Cu	1:0.15
	電子傳輸層	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-

	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0782】

[表 51]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
發光元件 61	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130(2)	5	HATNA:Cu	1:0.15
		130(1)	5	NBPhen:Cu	1:0.15
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件 62	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	5	Alq3:Mn	1:0.15
	電子傳輸層	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF: $Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件	電極	102	200	Al	-
	電子注	130(2)	5	HATNA:Co	1:0.15

63	入層	130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.3
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	112	20	BPAFLP	-
	電洞注入層	111	65	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0783】

<發光元件的製造>

以下示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。在電子注入層中作為具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料中的過渡金屬，發光元件58及發光元件59使用Au，發光元件60及發光元件61使用Cu，發光元件62使用Mn，發光元件63使用Co。

【0784】

<<發光元件58的製造>>

作為電極101，在基板210上形成厚度為110nm的ITSO膜。另外，電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0785】 作為電洞注入層111，在電極101上將DBT3P-II與氧化鉬（MoO_3）以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為25nm的方式共蒸鍍。

【0786】 作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍PCBBiF。

【0787】 作為發光層140，在電洞傳輸層112上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)以重量比(2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir(dmdppr-dmp)

$_2$（dpm））為0.75：0.25：0.08且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層140中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0788】作為電子傳輸層118（1），在發光層140上以20nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0789】作為電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0790】作為電子注入層130（1），在電子傳輸層118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.3且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0791】作為電子注入層130（2），在電子注入層130（1）上將Alq_3與Au以重量比（Alq_3：Au）為1：0.4且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0792】作為電極102，在電子注入層130（2）上以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0793】在不進行密封的情況下在大氣中以80℃進行1小時的熱處理。藉由上述製程得到發光元件58。

【0794】

<<發光元件59的製造>>

發光元件59與上述發光元件58的製造的不同之處僅在於電子注入層130（2）的形成製程，而其他製程都與發光元件58相同。

【0795】作為發光元件59的電子注入層130（2），在電子注入層130（1）上將HATNA與Au以重量比（HATNA：Au）為1：0.5且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0796】

<<發光元件60的製造>>

發光元件60與上述發光元件58的製造的不同之處僅在於電子傳輸層118（2）及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與發光元件58相同。

【0797】 作為發光元件60的電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0798】 作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將Alq_3與Cu以重量比（Alq_3：Cu）為1：0.15且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0799】

<<發光元件61的製造>>

發光元件61與上述發光元件58的製造的不同之處僅在於電子注入層130的形成製程，而其他製程都與發光元件58相同。

【0800】 作為發光元件61的電子注入層130（1），在電子傳輸層118（2）上將NBPhen與Cu以重量比（NBPhen：Cu）為1：0.15且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0801】 作為電子注入層130（2），在電子注入層130（1）上將HATNA與Cu以重量比（HATNA：Cu）為1：0.15且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0802】

<<發光元件62的製造>>

發光元件62與上述發光元件58的製造的不同之處僅在於電子傳輸層118（2）及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與發光元件58相同。

【0803】 作為發光元件62的電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0804】 作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將Alq_3與Mn以重量比（Alq_3：Mn）為1：0.15且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0805】

<<發光元件63的製造>>

發光元件63與上述發光元件58的製造的不同之處僅在於電子注入層130（2）的形成製程，而其他製程都與發光元件58相同。

【0806】 作為發光元件63的電子注入層130（2），在電子注入層130（1）上將HATNA與Co以重量比（HATNA：Co）為1：0.15且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0807】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的發光元件58至發光元件63的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0808】 圖94、圖95以及圖96分別示出所製造的比較發光元件58至發光元件63的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖97示出以2.5mA/cm^2的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0809】 表52示出1000cd/m^2附近的發光元件58至發光元件63的元件特性。

【0810】

[表 52]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/cm2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)

發光元件58	3.20	2.60	(0.67, 0.33)	928	35.6	35.0	29.5
發光元件59	3.00	2.78	(0.67, 0.33)	968	34.8	36.5	29.0
發光元件60	3.80	2.79	(0.67, 0.33)	965	34.6	28.6	28.5
發光元件61	3.00	2.51	(0.67, 0.33)	847	33.8	35.4	27.9
發光元件62	4.60	3.53	(0.66, 0.34)	1091	30.9	21.1	24.0
發光元件63	3.10	3.23	(0.66, 0.34)	1019	31.5	32.0	25.6

【0811】 如圖96及表52所示，發光元件58至發光元件63都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過20%。如圖94及表52所示，發光元件58至發光元件63具有高電流效率。

【0812】 如圖95所示，發光元件58至發光元件63具有良好的電流-電壓特性。因此，在電子注入層中作為具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料中的過渡金屬，可以使用Au、Cu、Mn或Co。

【0813】 如圖97所示，發光元件58至發光元件63都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是618nm附近，半峰全寬都是57nm左右。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0814】

<發光元件的可靠性評價>

接著，對發光元件58至發光元件63進行恆溫恆濕保存測試。由於不對各發光元件進行密封，所以發光元件的陰極及EL層暴露於測試環境的氛圍。評價方法與上述實施例相同。

【0815】 發光狀態的評價藉由算出在恆溫恆濕保存測試前後的發光面積的比率進行。關於發光元件58至發光元件63，每個元件製造3個樣本，進行恆溫恆濕保存測試。表53示出3個樣本的平均值。

【0816】

[表 53]

	發光面積比
發光元件 58	83%
發光元件 59	84%
發光元件 60	75%
發光元件 61	67%
發光元件 62	76%
發光元件 63	87%

【0817】 本發明的一個實施方式的發光元件58至發光元件63在高溫高濕測試之後也具有65%以上的發光面積比，具有優異的抗濕性。因此，在本發明的一個實施方式的發光元件中較佳為使用Au、Cu、Mn或Co。

【0818】 如上所述，在本發明的一個實施方式的發光元件中可以使用Au、Cu、Mn或Co。本實施例所示的結構可以與其他實施例及實施方式適當地組合而使用。

實施例17

【0819】 在本實施例中示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件65及發光元件66以及比較發光元件64的製造實例。圖12示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表54示出元件結構的詳細內容。此外，所使用的化合物的結構及簡稱可以參照上述實施例及實施方式。

【0820】

[表 54]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
比較發光元件64	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	118(2)	20	NBPhen	-
		118(1)	5	cgDBCzPA	-
	發光層	140	25	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn	1:0.03
	電洞傳輸層	112	20	PCPPn	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件65	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130(2)	5	Alq:Ag	1:0.3
		130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.3
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	5	cgDBCzPA	-
	發光層	140	25	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn	1:0.03
	電洞傳輸層	112	20	PCPPn	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-
發光元件66	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130(2)	5	HATNA:Ag	1:0.3
		130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.3
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	5	cgDBCzPA	-
	發光層	140	25	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn	1:0.03
	電洞傳輸層	112	20	PCPPn	-
	電洞注入層	111	20	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	70	ITSO	-

【0821】

<發光元件的製造>

以下示出在本實施例中製造的發光元件的製造方法。本實施例所示的發光元件是發射螢光的發光元件。

【0822】

<<比較發光元件64的製造>>

作為電極101，在基板210上形成厚度為70nm的ITSO膜。另外，電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0823】作為電洞注入層111，在電極101上將DBT3P-II與氧化鉬（MoO_3）以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為20nm的方式共蒸鍍。

【0824】作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍PCPPn。

【0825】作為發光層140，在電洞傳輸層112上將cgDBCzPA及1，6mMemFLPAPrn以重量比（cgDBCzPA：1，6mMemFLPAPrn）為1：0.03且厚度為25nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層140中，cgDBCzPA為主體材料，1，6mMemFLPAPrn為客體材料（螢光性化合物）。

【0826】作為電子傳輸層118（1），在發光層140上以5nm的厚度蒸鍍cgDBCzPA。

【0827】作為電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以20nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0828】作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O。

【0829】作為電極102，在電子注入層130（2）上以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0830】在不進行密封的情況下在大氣中以80℃進行1小時的熱處理。藉由上述製程得到發光元件58。

【0831】

<<發光元件65的製造>>

發光元件65與上述比較發光元件64的製造的不同之處僅在於電子傳輸層118（2）及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件64相同。

【0832】 作為發光元件65的電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0833】 作為電子注入層130（1），在電子傳輸層118（2）上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.3且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0834】 作為電子注入層130（2），在電子注入層130（1）上將Alq_3與Ag以重量比（Alq_3：Ag）為1：0.3且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0835】

<<發光元件66的製造>>

發光元件66與上述發光元件65的製造的不同之處僅在於電子注入層130的形成製程，而其他製程都與發光元件65相同。

【0836】 作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將HATNA與Ag以重量比（HATNA：Ag）為1：0.3且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0837】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的比較發光元件64、發光元件65及發光元件66的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0838】 圖98、圖99以及圖100分別示出所製造的比較發光元件64、發光元件65及發光元件66的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性以及外部量子效率-

亮度特性。另外，圖101示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0839】 表55示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件64、發光元件65及發光元件66的元件特性。

【0840】

[表 55]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/cm2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
比較發光元件 64	3.00	6.92	(0.14, 0.17)	936	13.5	14.2	11.1
發光元件 65	3.10	9.82	(0.14, 0.17)	1252	12.8	12.9	10.4
發光元件 66	3.00	6.14	(0.14, 0.17)	763	12.4	13.0	10.2

【0841】 如圖100及表55所示，比較發光元件64、發光元件65及發光元件66雖然是螢光發光元件，但是都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過10%。如圖98所示，電流效率也很高。此外，本發明的一個實施方式的發光元件65及發光元件66具有與在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O的比較發光元件64相等的高效率。

【0842】 如圖99所示，比較發光元件64、發光元件65及發光元件66具有良好的電流-電壓特性。此外，本發明的一個實施方式的發光元件65及發光元件66具有使用在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O的比較發光元件64相等的電子注入性。

【0843】如圖101所示，比較發光元件64、發光元件65及發光元件66都示出藍色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是466nm附近，半峰全寬都是40nm左右。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料的1，6mMemFLPAPrn發光。

【0844】

<發光元件的可靠性評價>

接著，對比較發光元件64、發光元件65及發光元件66進行恆溫恆濕保存測試。由於不對各發光元件進行密封，所以發光元件的陰極及EL層暴露於測試環境的氛圍。評價方法與上述實施例相同。

【0845】發光狀態的評價藉由算出在恆溫恆濕保存測試前後的發光面積的比率進行。關於比較發光元件64、發光元件65及發光元件66，每個元件製造6個樣本，進行恆溫恆濕保存測試。表56示出發光面積比較大的前3個樣本的平均值。

【0846】

[表 56]

	發光面積比
比較發光元件 64	0%
發光元件 65	79%
發光元件 66	82%

【0847】本發明的一個實施方式的發光元件65及發光元件66在高溫高濕測試之後也具有80%左右的發光面積比，具有優異的抗濕性。從表56可知與比較發光元件64相比發光元件65及發光元件66的抗濕性顯著得到提高。因此，本發

明的一個實施方式的發光元件即使採用螢光發光元件，也可以得到良好的抗濕性。

實施例18

【0848】在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件68及發光元件69及比較發光元件67的製造實例。圖3B示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表57及表58示出元件結構的詳細內容。此外，所使用的化合物的結構和簡稱可以參照上述實施例及實施方式。此外，比較發光元件67是在接觸於電荷產生層115的電子注入層114中使用Li化合物的發光元件，發光元件68及發光元件69是在電子注入層114中使用有機化合物和過渡金屬的複合材料的本發明的一個實施方式的發光元件。

【0849】

[表 57]

	層	元件符號	厚度 (nm)	材料	重量比
比較發光元件67	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	5	NBPhen:Cu	1:0.2
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	119	20	PCBBiF	-
	電荷產生層	115	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	114	0.2	Li_2O	-
	電子傳輸層	113(2)	20	NBPhen	-
		113(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	170	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	112	20	PCBBiF	-

	電洞注入層	111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	110	ITSO	-
發光元件68	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	5	NBPhen:Cu	1:0.2
	電子傳輸層	118(2)	10	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	119	20	PCBBiF	-
	電荷產生層	115	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	114	5	NBPhen:Cu	1:0.2
	電子傳輸層	113(2)	15	NBPhen	-
		113(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	170	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	112	20	PCBBiF	-
	電洞注入層	111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	110	ITSO	-

【0850】

[表 58]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
發光元件69	電極	102	200	Al	-
	電子注入層	130	1	LiF	-
	電子傳輸層	118(2)	15	NBPhen	-
		118(1)	25	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:$Ir(dmdppr\text{-}dmp)_2(dpm)$	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	119	20	PCBBiF	-
	電荷產生層	115	80	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	114	5	NBPhen:Mn	1:0.15

	電子傳輸層	113(2)	15	NBPhen	-
		113(1)	10	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	170	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	112	20	PCBBiF	-
	電洞注入層	111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	101	110	ITSO	-

【0851】

<<比較發光元件67的製造>>

作為電極101，形成厚度為110nm的ITSO膜。另外，電極101的電極面積為4mm^2（2mm×2mm）。

【0852】 作為電洞注入層111，在電極101上將DBT3P-II與氧化鉬（MoO_3）以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為25nm的方式共蒸鍍。

【0853】 作為電洞傳輸層112，在電洞注入層111上以20nm的厚度蒸鍍PCBBiF。

【0854】 作為發光層170，在電洞傳輸層112上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)以重量比(2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm))為0.75：0.25：0.08且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層170中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)為客體材料（磷光性化合物）。

【0855】 作為電子傳輸層113（1），在發光層170上以10nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0856】 作為電子傳輸層113（2），在電子傳輸層113（1）上以20nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0857】作為電子注入層114，在電子傳輸層113（2）上以0.2nm的厚度蒸鍍Li_2O。

【0858】作為電荷產生層115，在電子注入層114上將DBT3P-II與MoO_3以重量比（DBT3P-II:MoO_3）為1:0.5且厚度為80nm的方式共蒸鍍。

【0859】作為電洞傳輸層119，在電荷產生層115上以20nm的厚度蒸鍍PCBBiF。

【0860】作為發光層140，在電洞傳輸層119上將2mDBTBPDBq-II、PCBBiF及Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)以重量比(2mDBTBPDBq-II：PCBBiF：Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm))為0.75：0.25：0.08且厚度為40nm的方式共蒸鍍。另外，在發光層140中，2mDBTBPDBq-II及PCBBiF為主體材料，Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）為客體材料（磷光性化合物）。

【0861】作為電子傳輸層118（1），在發光層140上以25nm的厚度蒸鍍2mDBTBPDBq-II。

【0862】作為電子傳輸層118（2），在電子傳輸層118（1）上以10nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0863】作為電子注入層130，在電子傳輸層118（2）上將NBPhen與Cu以重量比（NBPhen：Cu）為1：0.2且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0864】作為電極102，在電子注入層130上以200nm的厚度蒸鍍鋁（Al）。

【0865】接著，在氮氛圍的手套箱內使用有機EL用密封劑將基板固定於形成有有機化合物的基板上，由此密封發光元件67。密封方法與上述實施例相同。藉由上述製程，得到比較發光元件67。

【0866】

<<發光元件68的製造>>

發光元件68與上述比較發光元件67的製造的不同之處僅在於電子傳輸層113（2）及電子注入層114的形成製程，而其他製程都與比較發光元件67相同。

【0867】作為發光元件68的電子傳輸層113（2），在電子傳輸層113（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0868】作為電子注入層114，在電子傳輸層113（2）上將NBPhen與Cu以重量比（NBPhen：Cu）為1：0.2且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0869】

<<發光元件69的製造>>

發光元件69與上述比較發光元件67的製造的不同之處僅在於電子傳輸層113（2）、電子注入層114及電子注入層130的形成製程，而其他製程都與比較發光元件67相同。

【0870】作為發光元件69的電子傳輸層113（2），在電子傳輸層113（1）上以15nm的厚度蒸鍍NBPhen。

【0871】作為電子注入層114，在電子傳輸層113（2）上將NBPhen與Mn以重量比（NBPhen：Mn）為1：0.15且厚度為5nm的方式共蒸鍍。

【0872】作為電子注入層130，在電子傳輸層113（2）上以1nm的厚度蒸鍍LiF。

【0873】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的比較發光元件67、發光元件68及發光元件69的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0874】 圖102、圖103以及圖104分別示出所製造的比較發光元件67、發光元件68及發光元件69的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖105示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0875】 表59示出1000cd/m^{2}附近的比較發光元件67、發光元件68及發光元件69的元件特性。

【0876】

[表 59]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/cm2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
比較發光元件 67	6.40	1.43	(0.68, 0.33)	1036	72.3	35.5	55.2
發光元件 68	5.80	1.67	(0.68, 0.33)	1182	71.0	38.4	54.9
發光元件 69	7.20	1.46	(0.66, 0.34)	908	62.2	27.2	44.1

【0877】 如圖104及表59所示，比較發光元件67、發光元件68及發光元件69都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過40%。如圖102所示，比較發光元件67、發光元件68及發光元件69具有高電流效率。

【0878】 如圖103所示，比較發光元件67、發光元件68及發光元件69具有良好的電流-電壓特性。因此，在電子注入層114中作為具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料中的過渡金屬，可以使用Cu或Mn。

【0879】 如圖105所示，比較發光元件67、發光元件68及發光元件69都是紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是618nm附近，半峰全寬都是53nm

左右。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0880】

<發光元件的可靠性評價>

接著，比較發光元件67及發光元件68進行驅動壽命測試。圖106示出驅動壽命測試的測定結果。此外，在驅動壽命測試中，在將各發光元件的電流密度設定為25mA/cm^2，且在電流密度為恆定的條件下使各發光元件連續驅動。

【0881】 如圖106所示，發光元件68的驅動壽命長於比較發光元件67。由此可知，在電子注入層114中包含有機化合物和過渡金屬的複合材料的發光元件具有良好的可靠性。

實施例19

【0882】 在本實施例中，對有機化合物和過渡金屬的複合材料的薄膜的ESR測定結果進行說明。

【0883】

<ESR測定用薄膜的製造>

以下示出ESR測定用薄膜的製造方法。

【0884】 作為薄膜1，在石英基板上將NBPhen與Ag以重量比（NBPhen：Ag）為1：0.19且厚度為100nm的方式真空蒸鍍。此外，以莫耳比（NBPhen：Ag）為1：1的方式形成。

【0885】 作為薄膜2，將NBPhen與Cu以重量比（NBPhen：Cu）為1：0.11且厚度為100nm的方式形成。

【0886】 作為薄膜3，將HATNA與Ag以重量比（HATNA：Ag）為1：0.28且厚度為100nm的方式形成。

【0887】 作為薄膜4，將HATNA與Cu以重量比（HATNA：Cu）為1：0.17且厚度為100nm的方式形成。

【0888】 作為薄膜5，將HATNA與Au以重量比（HATNA：Au）為1：0.52且厚度為100nm的方式形成。

【0889】 作為比較薄膜6，將NBPhen與Li以重量比（NBPhen：Li）為1：0.015且厚度為100nm的方式形成。

【0890】 作為比較薄膜7，將NBPhen與Li_2O以重量比（NBPhen：Li_2O）為1：0.05且厚度為100nm的方式形成。

【0891】 作為只包括有機化合物的比較薄膜8，在石英基板上將NBPhen以100nm的厚度真空蒸鍍。

【0892】 在ESR的測定中使用電子自旋共振譜儀（日立高新技術公司製造，E500）。此外，測定條件為如下條件。測定溫度為室溫（23℃），9.2GHz的高頻功率（微波功率）為1mW，磁場方向平行於薄膜表面。

【0893】 圖107示出薄膜1及比較薄膜8的ESR測定結果的一次微分曲線。如圖107所示，在薄膜1中在g值為2.029附近觀察到起因於由NBPhen與Ag的相互作用形成的SOMO的信號。另一方面，在比較薄膜8中觀察不到信號。

【0894】 表60示出從薄膜1至薄膜5及比較薄膜6至比較薄膜8的ESR測定結果算出的自旋密度。薄膜1至薄膜5、比較薄膜6及比較薄膜7的自旋密度為1×10^{17}spins/cm^3以上。由此可知，能夠用於本發明的一個實施方式的薄膜1至薄膜5可以適合用於圖3A及圖3B的電子注入層130及電子注入層114。

【0895】

[表 60]

	自旋密度[spins/cm³]
NBPhen (比較薄膜 8)	-
NBPhen+Ag (薄膜 1)	2.3E+17
NBPhen+Cu (薄膜 2)	2.3E+18
HATNA+Ag (薄膜 3)	3.3E+17
HATNA+Cu (薄膜 4)	5.1E+18
HATNA+Au (薄膜 5)	1.2E+19
NBPhen+Li (比較薄膜 6)	6.5E+17
NBPhen+Li2O (比較薄膜 7)	6.2E+17

【0896】 薄膜1及薄膜3的自旋密度為5×10^{17}spins/cm^{3}以下。由此可知，能夠用於本發明的一個實施方式的薄膜1及薄膜3可以適合用於電荷產生層，並對串擾的抑制很有效。

【0897】

實施例20

在本實施例中，示出本發明的一個實施方式的發光元件的發光元件70至發光元件73及比較發光元件74的製造實例。圖70示出在本實施例中製造的發光元件的剖面示意圖，表61及表62示出元件結構的詳細內容。注意，由於元件的製程與上述實施例相同，所以省略製造方法的詳細內容。此外，在本實施例中使用的化合物的結構及簡稱可以參照上述實施例。另外，發光元件70至發光元件73是作為在電子注入層4130中使用的具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬

的複合材料的過渡金屬分別使用Cu、Au、Mn、Co的發光元件，比較發光元件74是在電子注入層4130中使用Li化合物的發光元件。

【0898】

[表 61]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
發光元件70	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130	0.2	NBPhen:Cu	1:0.15
	電子傳輸層	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	4112	20	PCBBiF	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-
發光元件71	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	Alq3:Au	1:0.3
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.15
	電子傳輸層	4118(2)	10	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	4112	20	PCBBiF	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-
發光	電極	4102	200	Al	-

元件72	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	HATNA:Mn	1:0.15
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.3
	電子傳輸層	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	4112	20	PCBBiF	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-

【0899】

[表 62]

	層	元件符號	厚度(nm)	材料	重量比
發光元件73	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(2)	5	HATNA:Co	1:0.15
		4130(1)	5	NBPhen:Ag	1:0.3
	電子傳輸層	4118(2)	15	NBPhen	-
		4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	4112	20	PCBBiF	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-
比較發光元件74	電極	4102	200	Al	-
	電荷產生層	4135	15	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電子注入層	4130(1)	0.2	Li_2O	-
	電子傳	4118(2)	20	NBPhen	-

	輸層	4118(1)	5	2mDBTBPDBq-II	-
	發光層	4140	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :Ir(dmdppr-dmp)$_2$(dpm)	0.75:0.25:0.08
	電洞傳輸層	4112	20	PCBBiF	-
	電洞注入層	4111	25	DBT3P-II : MoO_3	1:0.5
	電極	4101	110	ITSO	-

【0900】

<發光元件的特性>

接著，對上述製造的發光元件70至發光元件73及比較發光元件74的元件特性進行測定。測定方法與上述實施例1相同。

【0901】 圖108、圖109以及圖110分別示出所製造的發光元件70至發光元件73及比較發光元件74的電流效率-亮度特性、電流-電壓特性以及外部量子效率-亮度特性。另外，圖111示出以2.5mA/cm^{2}的電流密度使電流流過各發光元件時的電致發射光譜。

【0902】 表63示出1000cd/m^{2}附近的發光元件70至發光元件73及比較發光元件74的元件特性。

【0903】

[表 63]

	電壓 (V)	電流密度 (mA/cm2)	CIE 色度 (x, y)	亮度 (cd/cm2)	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	外部電子效率(%)
發光元件 70	3.00	2.72	(0.668, 0.333)	1150	33.1	34.7	28.3
發光元件 71	3.60	2.77	(0.669, 0.331)	968	35.0	30.5	29.8
發光元件 72	2.80	3.29	(0.666, 0.334)	1111	33.8	37.9	27.8

發光元件73	2.90	3.25	(0.666, 0.334)	960	29.5	32.0	24.8
比較發光元件74	3.40	2.89	(0.667, 0.331)	965	33.4	30.9	28.5

【0904】 如圖110及表63所示，發光元件70至發光元件73及比較發光元件74都具有高發光效率，亦即外部量子效率超過25%。如圖108所示，發光元件70至發光元件73及比較發光元件74都具有高電流效率及高電力效率。此外，本發明的一個實施方式的發光元件70至發光元件73示出與在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O的比較發光元件74相等的高效率。

【0905】 如圖108所示，發光元件70至發光元件73及比較發光元件74具有良好的電流-電壓特性。此外，本發明的一個實施方式的發光元件70至發光元件73的電子注入性比在電子注入層中使用一般使用的材料的Li_2O的比較發光元件74相等。

【0906】 如圖111所示，發光元件70至發光元件73及比較發光元件74都示出紅色發光，其中電致發射光譜的峰值波長都是618nm附近，半峰全寬都是53nm左右。從所得到的電致發射光譜可知上述發光來源於客體材料Ir（dmdppr-dmp）$_2$（dpm）。

【0907】 因此，作為在本發明的一個實施方式的發光元件的電子注入層4130中使用的具有非共用電子對的有機化合物和過渡金屬的複合材料中的過渡金屬，可以使用Au、Cu、Mn或Co。

【符號說明】

【0908】

100：EL層

101：電極

101a：導電層

101b：導電層

102：電極

103：電極

103a：導電層

103b：導電層

104：電極

104a：導電層

104b：導電層

105：EL層

106：發光單元

107：EL層

108：發光單元

110：EL層

111：電洞注入層

112：電洞傳輸層

113：電子傳輸層

114：電子注入層

115：電荷產生層

116：電洞注入層

117：緩衝層

118：電子傳輸層

119：電洞傳輸層

130：電子注入層

131：化合物

132：過渡金屬

140：發光層

150：發光元件

152：發光元件

154：發光元件

160：電荷產生層

170：發光層

210：基板

222B：區域

223：遮光層

224B：光學元件

250：發光元件

252：發光元件

411：基板

431：導電層

432：半導體層

432p：半導體層

433a：導電層

433b：導電層

434：絕緣層

435：雜質半導體層

437：半導體層

484：絕緣層

601：源極一側驅動電路

602：像素部

603：閘極一側驅動電路

604：密封基板

605：密封劑

607：空間

608：佈線

610：元件基板

611：開關TFT

612：電流控制用TFT

613：電極

614：絕緣物

616：EL層

617：電極

618：發光元件

623：n通道型TFT

624：p通道型TFT

633：電子傳輸層

900：可攜式資訊終端

901：外殼

902：外殼

903：顯示部

905：鉸鏈部

910：可攜式資訊終端

911：外殼

912：顯示部

913：操作按鈕

914：外部連接埠

915：揚聲器

916：麥克風

917：照相機

920：照相機

921：外殼

922：顯示部

923：操作按鈕

924：快門按鈕

926：鏡頭

1001：基板

1002：基底絕緣膜

1003：閘極絕緣膜

1006：閘極電極

1007：閘極電極

1008：閘極電極

1020：層間絕緣膜

1021：層間絕緣膜

1022：電極

1024B：電極

1024G：電極

1024R：電極

1024W：電極

1025B：下部電極

1025G：下部電極

1025R：下部電極

1025W：下部電極

1026：分隔壁

1028：EL層

1029：電極

1031：密封基板

1032：密封劑

1033：基材

1034B：彩色層

1034G：彩色層

1034R：彩色層

1036：覆蓋層

1037：層間絕緣膜

1040：像素部

1041：驅動電路部

1042：周邊部

2101：電極

2101a：導電層

2101b：導電層

2102：電極

2103：電極

2103a：導電層

2103b：導電層

2104：電極

2104a：導電層

2104b：導電層

2106：發光單元

2108：發光單元

2111：電洞注入層

2112：電洞傳輸層

2113：電子傳輸層

2115：電荷產生層

2116：電洞注入層

2117：電洞傳輸層

2118：電子傳輸層

2119：電子注入層

2130：電子注入層

2131：化合物

2140：發光層

2145：分隔壁

2170：發光層

2200：基板

2220：基板

2222B：區域

2222G：區域

2222R：區域

2223：遮光層

2224B：光學元件

2224G：光學元件

2224R：光學元件

2250a：發光元件

2250b：發光元件

2622B：區域

2622G：區域

2622R：區域

2631：電洞注入層

2632：電洞傳輸層

2633：電子傳輸層

2634：電子注入層

2635：電荷產生層

2637：電洞傳輸層

2638：電子傳輸層

2639：電子注入層

2642：電極

2644：發光層

2646：發光層

2650：基板

2652：基板

2661：電極

2662：電極

2663：電極

2664：電極

3500：多功能終端

3502：外殼

3504：顯示部

3506：照相機

3508：照明

3600：燈

3602：外殼

3608：照明

3610：揚聲器

3631：電洞注入層

3632：電洞傳輸層

3633：電子傳輸層

3634：電子注入層

3635：電荷產生層

3637：電洞傳輸層

3638：電子傳輸層

3639：電子注入層

3641：電極

3642：電極

3644：發光層

3646：發光層

3650：基板

3652：基板

4100：EL層

4101：電極

4102：電極

4111：電洞注入層

4112：電洞傳輸層

4118：電子傳輸層

4135：電荷產生層

4130：電子注入層

4140：發光層

4210：基板

8501：照明設備

8502：照明設備

8503：照明設備

8504：照明設備

9000：外殼

9001：顯示部

9006：連接端子

9055：鉸鏈

9200：可攜式資訊終端

9201：可攜式資訊終端

9202：可攜式資訊終端

【生物材料寄存】

【0909】無

【發明申請專利範圍】

【請求項1】　一種發光元件，包括：

陽極與陰極之間的發光層； 以及

該發光層與該陰極之間的第一層，

其中，該第一層包含第一有機化合物及金屬，

並且，該第一有機化合物及該金屬的電子數的總和為奇數。

【請求項2】　一種發光元件，包括：

陽極與陰極之間的第一發光層與第二發光層； 以及

該第一發光層與該第二發光層之間的第一層，

其中，該第一層包含第一有機化合物及金屬，

並且，該第一有機化合物的電子數及該金屬的電子數的總和為奇數。

【請求項3】　如請求項 1 或 2 所述之發光元件，

其中，該金屬的電子數為奇數。

【請求項4】　如請求項 1 或 2 所述之發光元件，

其中，該第一有機化合物的電子數為奇數。

【請求項5】　一種發光元件，包括：

陽極與陰極之間的發光層； 以及

該發光層與該陰極之間的第一層，

其中，該第一層包含第一有機化合物及金屬，

該第一有機化合物及該金屬的電子數的總和為奇數，

該金屬的電子數為奇數，

並且，該金屬在最外層的軌域中具有一個電子。

【請求項6】　一種發光元件，包括：

陽極與陰極之間的第一發光層與第二發光層；以及

該第一發光層與該第二發光層之間的第一層，

其中，該第一層包含第一有機化合物及金屬，

該第一有機化合物的電子數及該金屬的電子數的總和為奇數，

該金屬的電子數為奇數，

並且，該金屬在最外層的軌域中具有一個電子。

【請求項7】　如請求項1、2、5及6中任一項所述之發光元件，

其中，以莫耳比為1：1的方式包含該第一有機化合物及該金屬的膜的自旋密度為1×10^{16} spins/cm^{3}以上。

【請求項8】　如請求項1、2、5及6中任一項所述之發光元件，

其中，該第一有機化合物具有缺電子型芳雜環。

【請求項9】　如請求項8所述之發光元件，

其中，該缺電子型芳雜環具有吡啶環、二嗪環和三嗪環中的至少一個。

【請求項10】　如請求項1、2、5及6中任一項所述之發光元件，

其中，該第一有機化合物具有25至100個碳原子。

【請求項11】　如請求項1、2、5及6中任一項所述之發光元件，

其中，該第一有機化合物的LUMO能階為-3.6eV以上且-2.3eV以下。

【請求項12】　如請求項1、2、5及6中任一項所述之發光元件，還包括該陰極與該第一層之間的第二層，

其中，該第二層包含具有缺電子型芳雜環的第二有機化合物。

【請求項13】　如請求項1、2、5及6中任一項所述之發光元件，

其中，不包含鹼金屬及鹼土金屬。

【請求項14】　一種顯示裝置，包括：

如請求項 1、2、5 及 6 中任一項所述之發光元件；以及

濾色片和電晶體中的至少一個。

【請求項15】　一種電子裝置，包括：

如請求項 14 所述之顯示裝置；以及

外殼和觸控感測器中的至少一個。

【請求項16】　一種照明設備，包括：

如請求項 1、2、5 及 6 中任一項所述之發光元件；以及

外殼和觸控感測器中的至少一個。

圖(發明圖式)

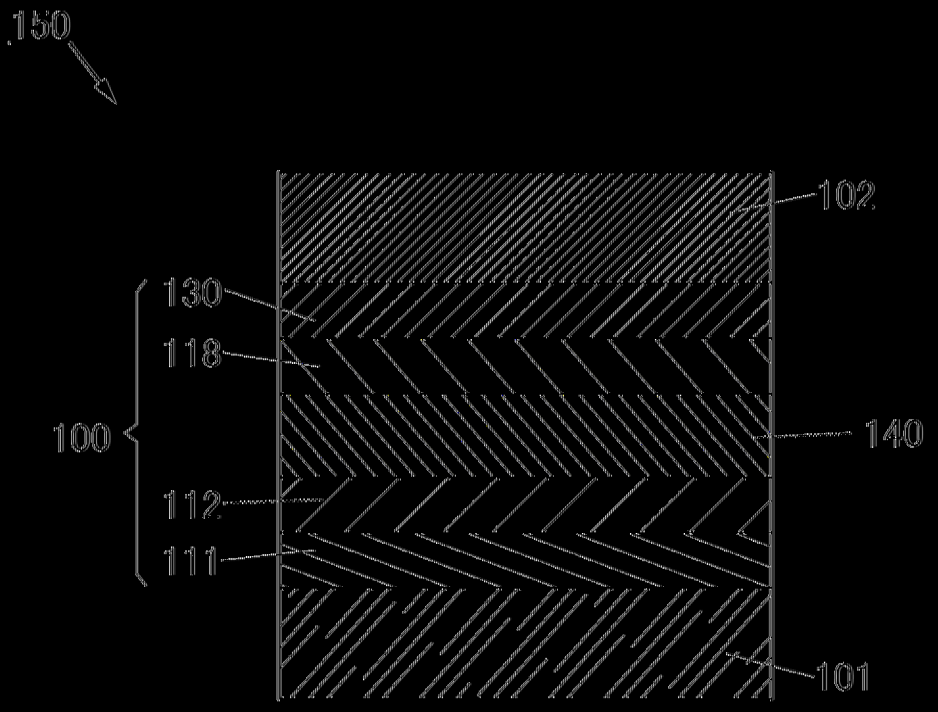


圖1A

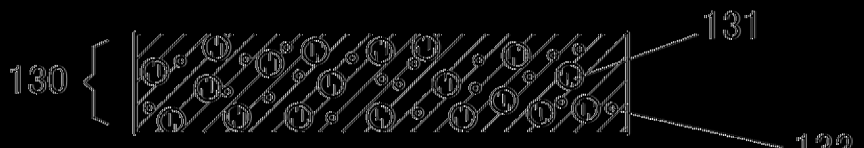


圖1B

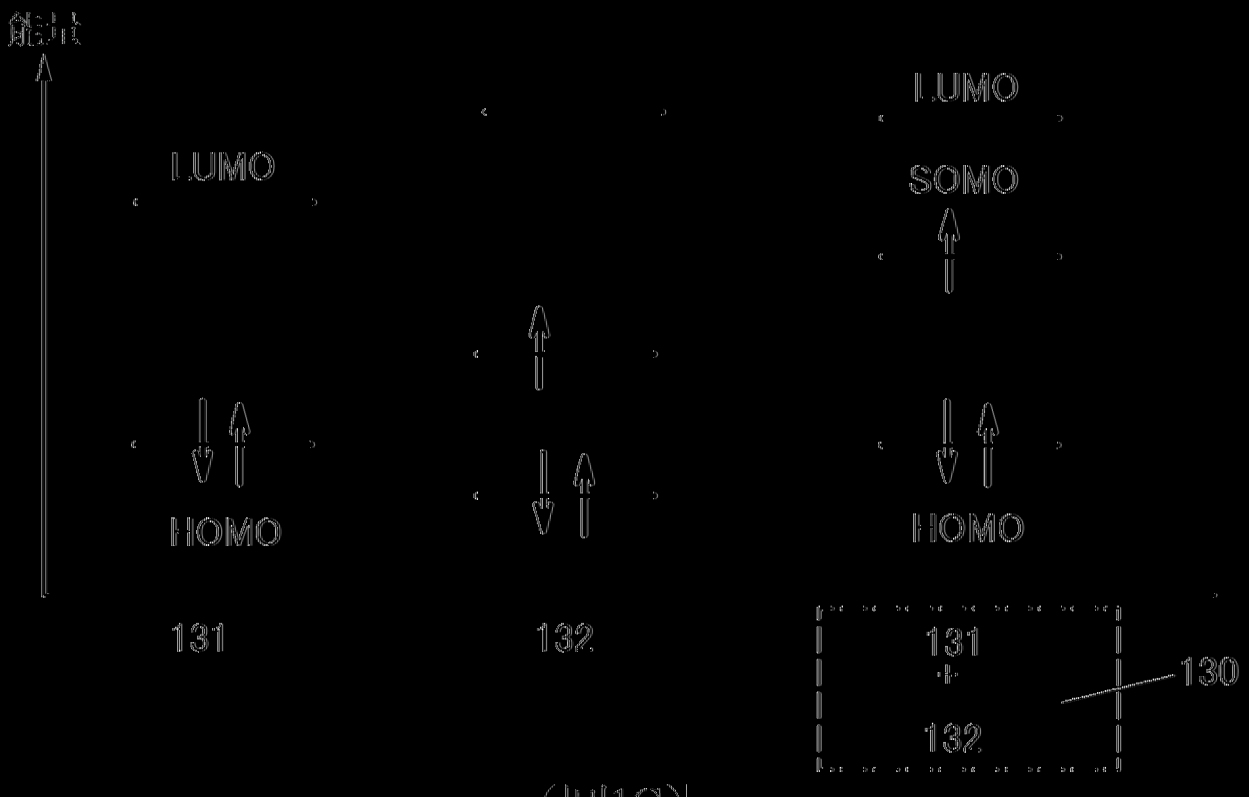


圖1C

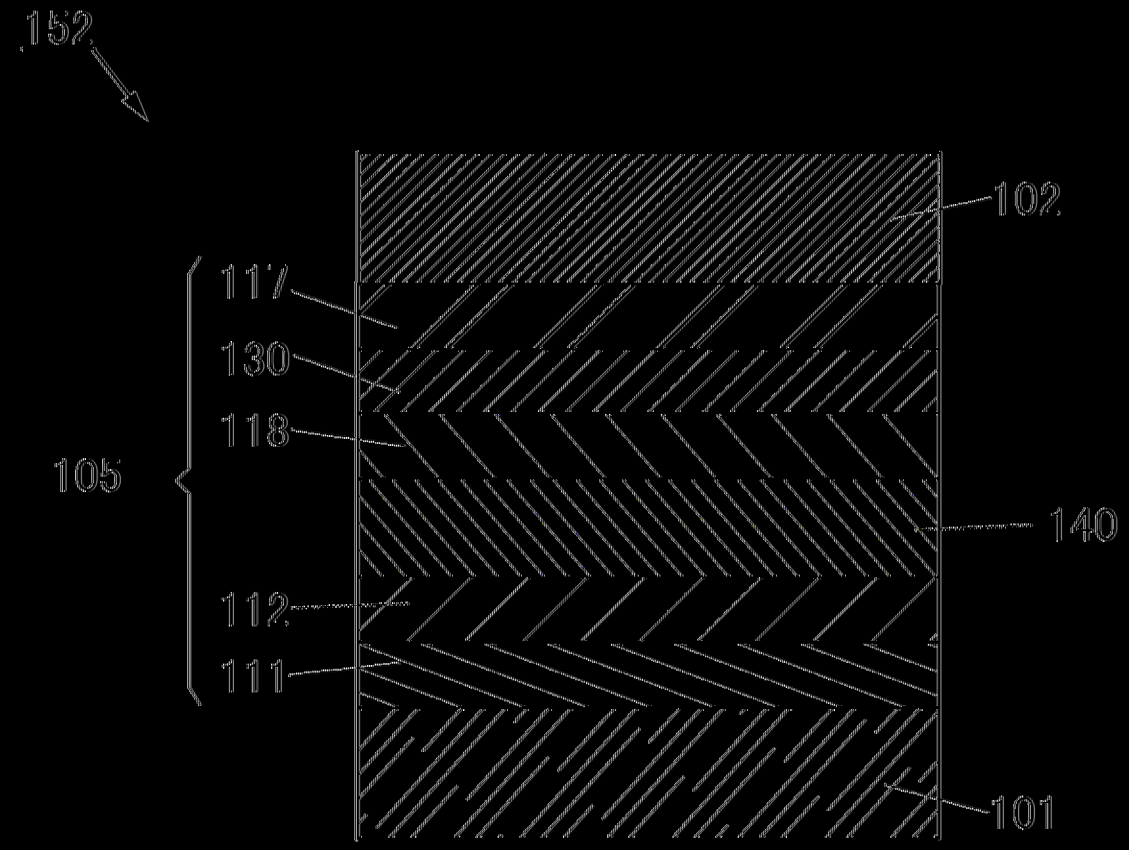

152
102
117
130
118
105
140
112
111
101

圖2A

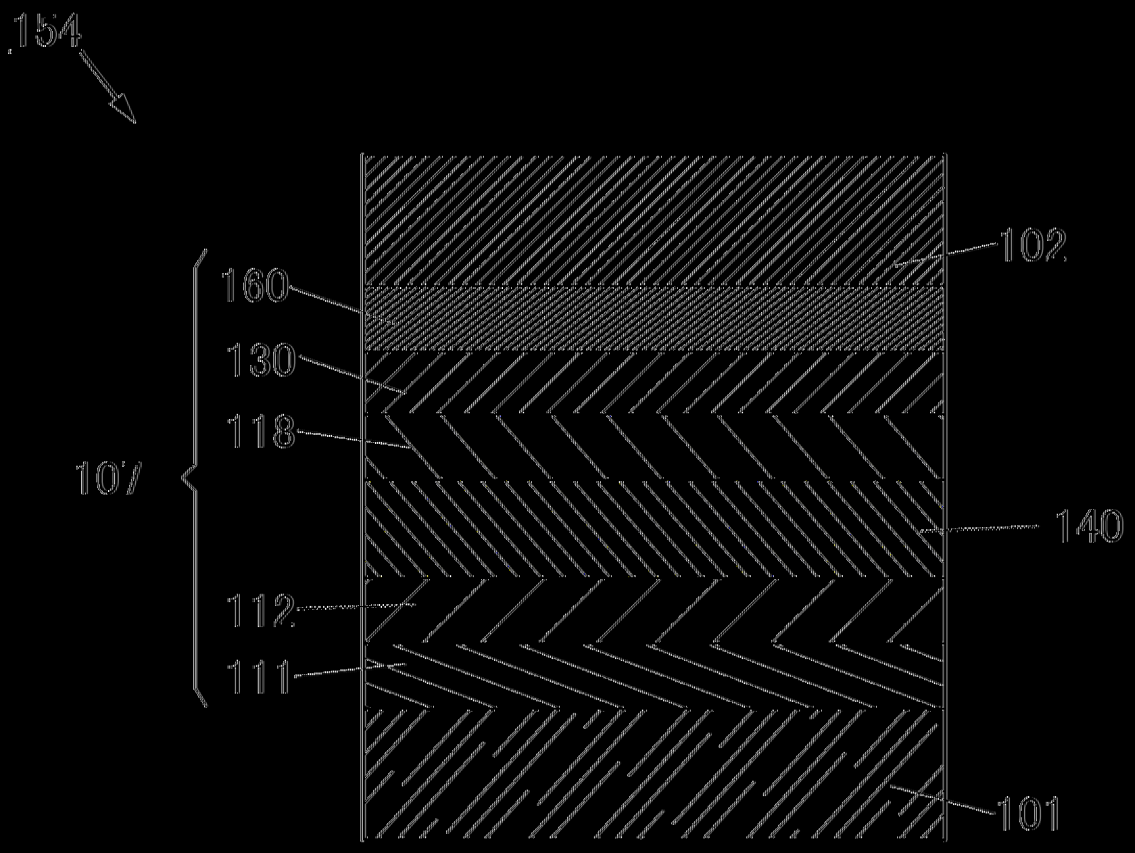
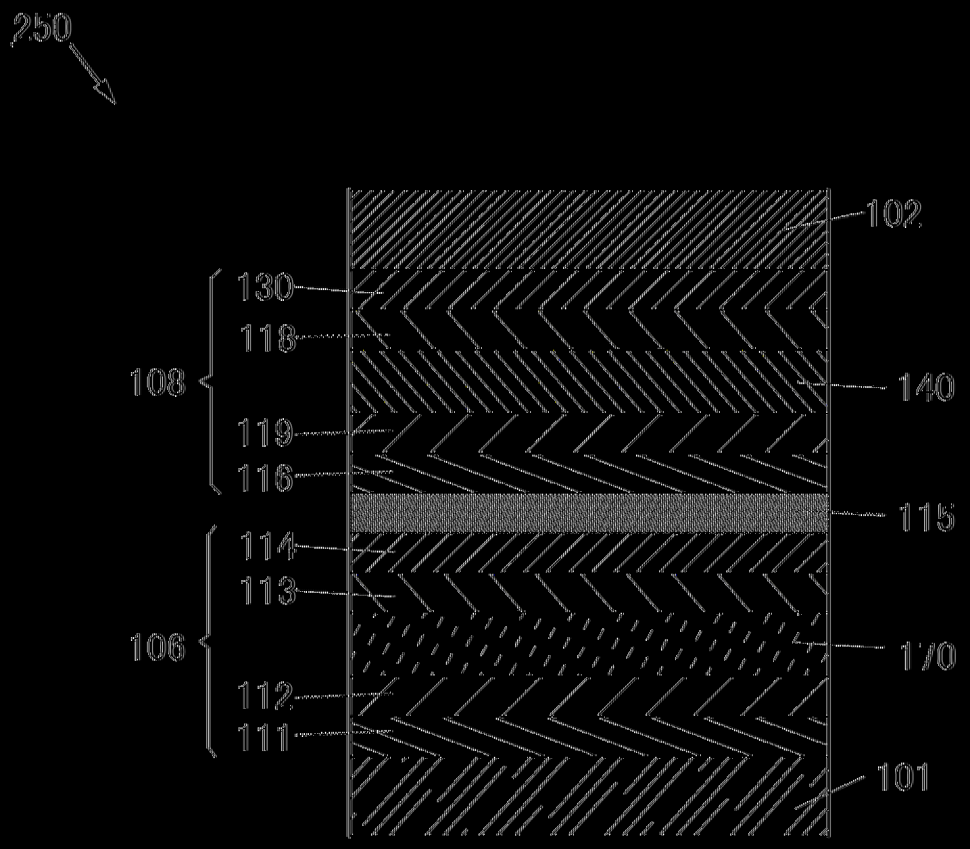
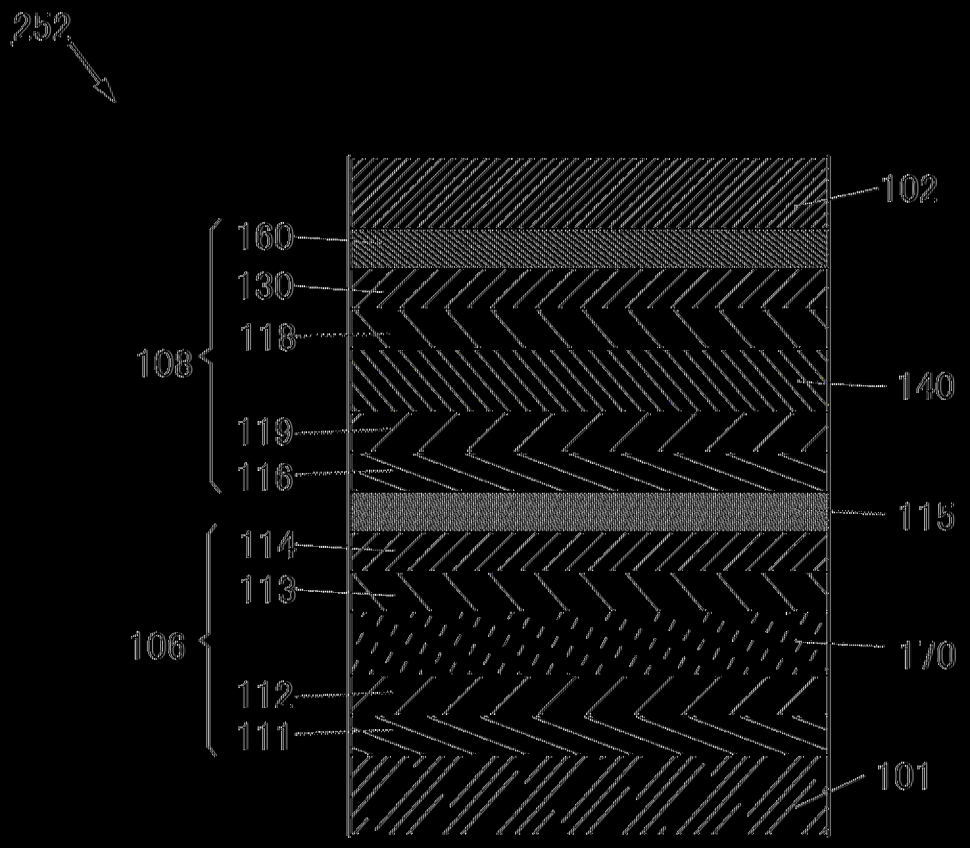

154
102
160
130
118
107
140
112
111
101

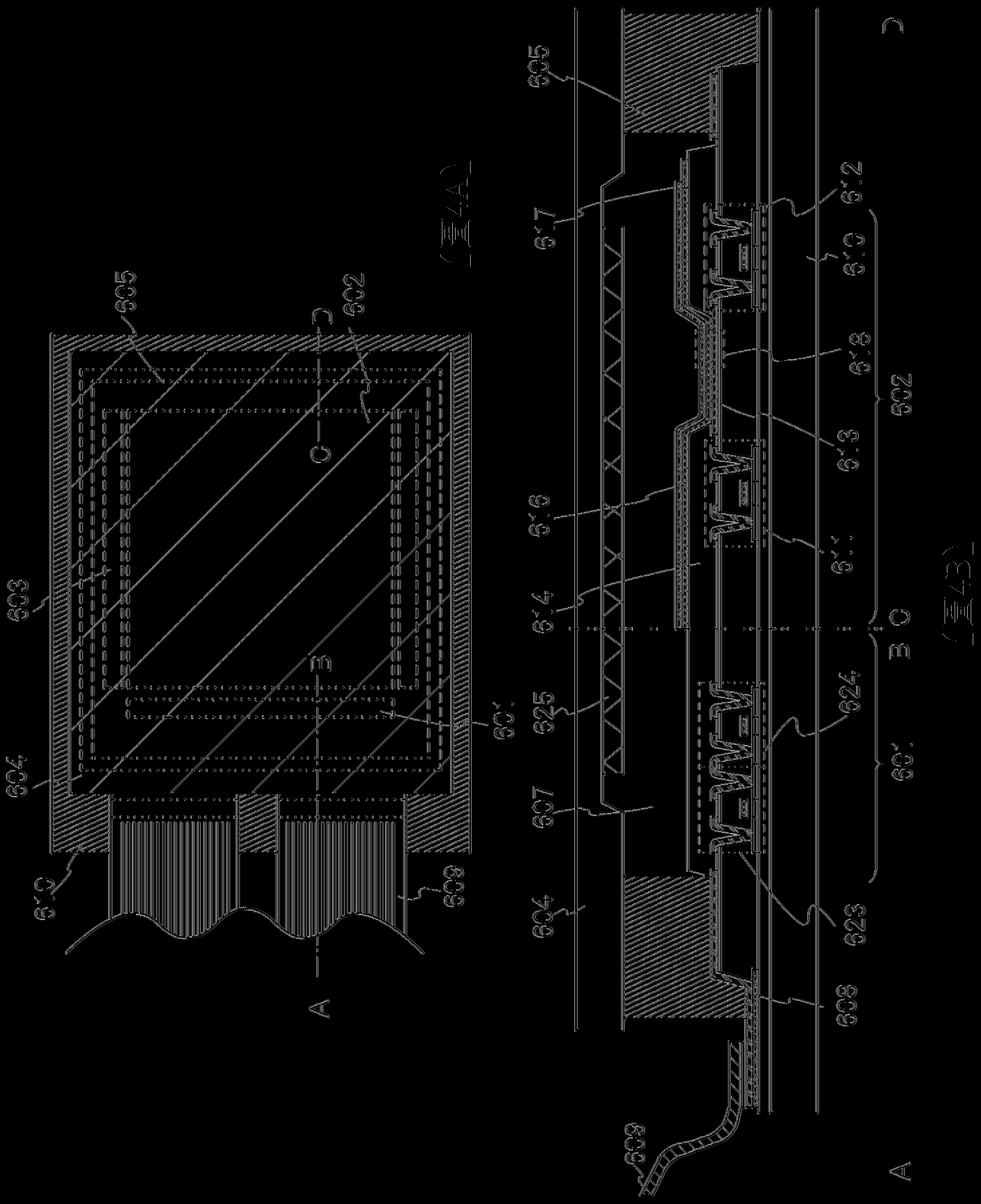
圖2B

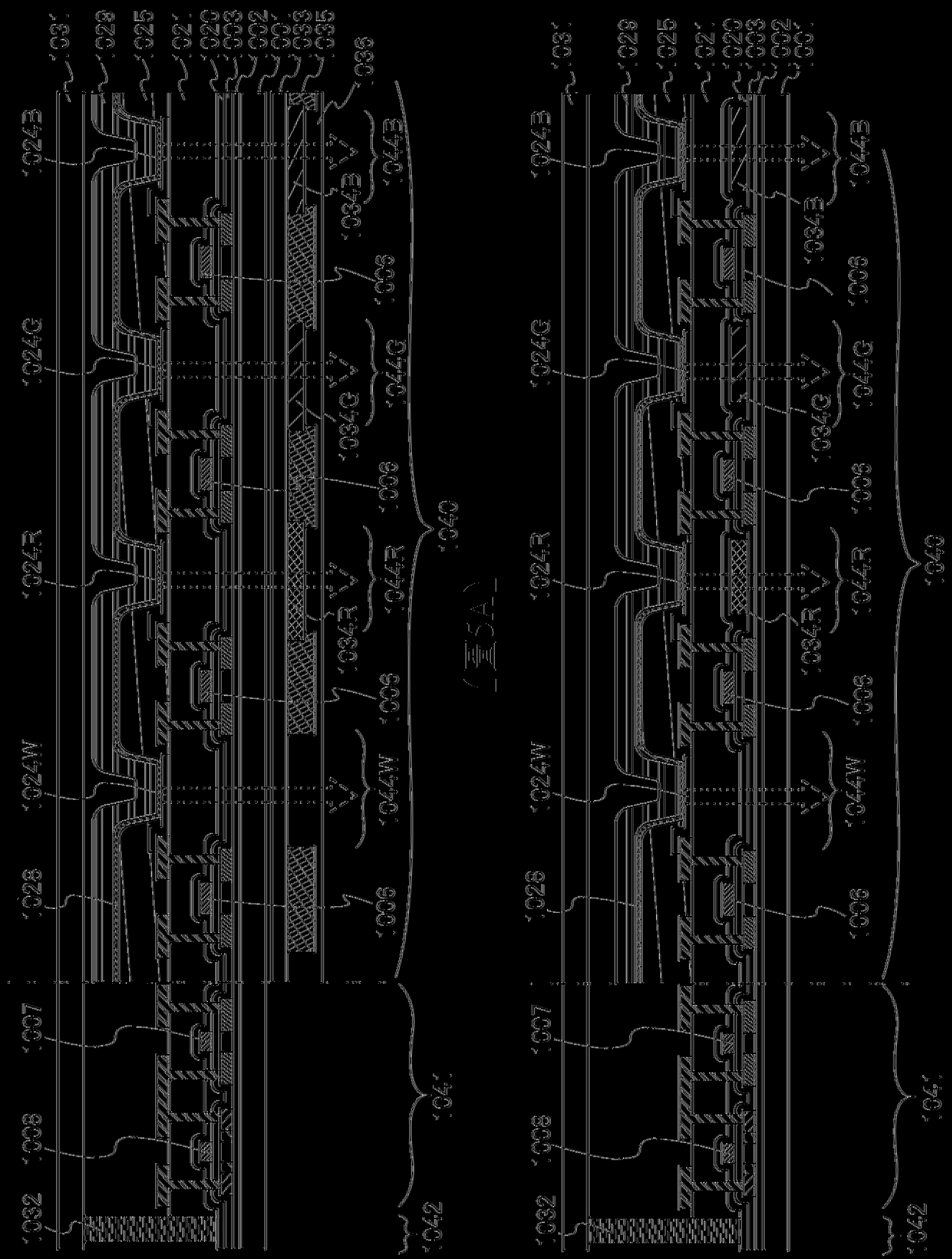

250
102
130
118
108
140
119
116
115
114
113
106
170
112
111
101

(圖3A)


252
102
160
130
118
108
140
119
116
115
114
113
106
170
112
111
101

(圖3B)


605
602'
C
603
604
601'
625
607
608
A
605
617
602
603'
624
626
608
A
C


(5A)
(5B)

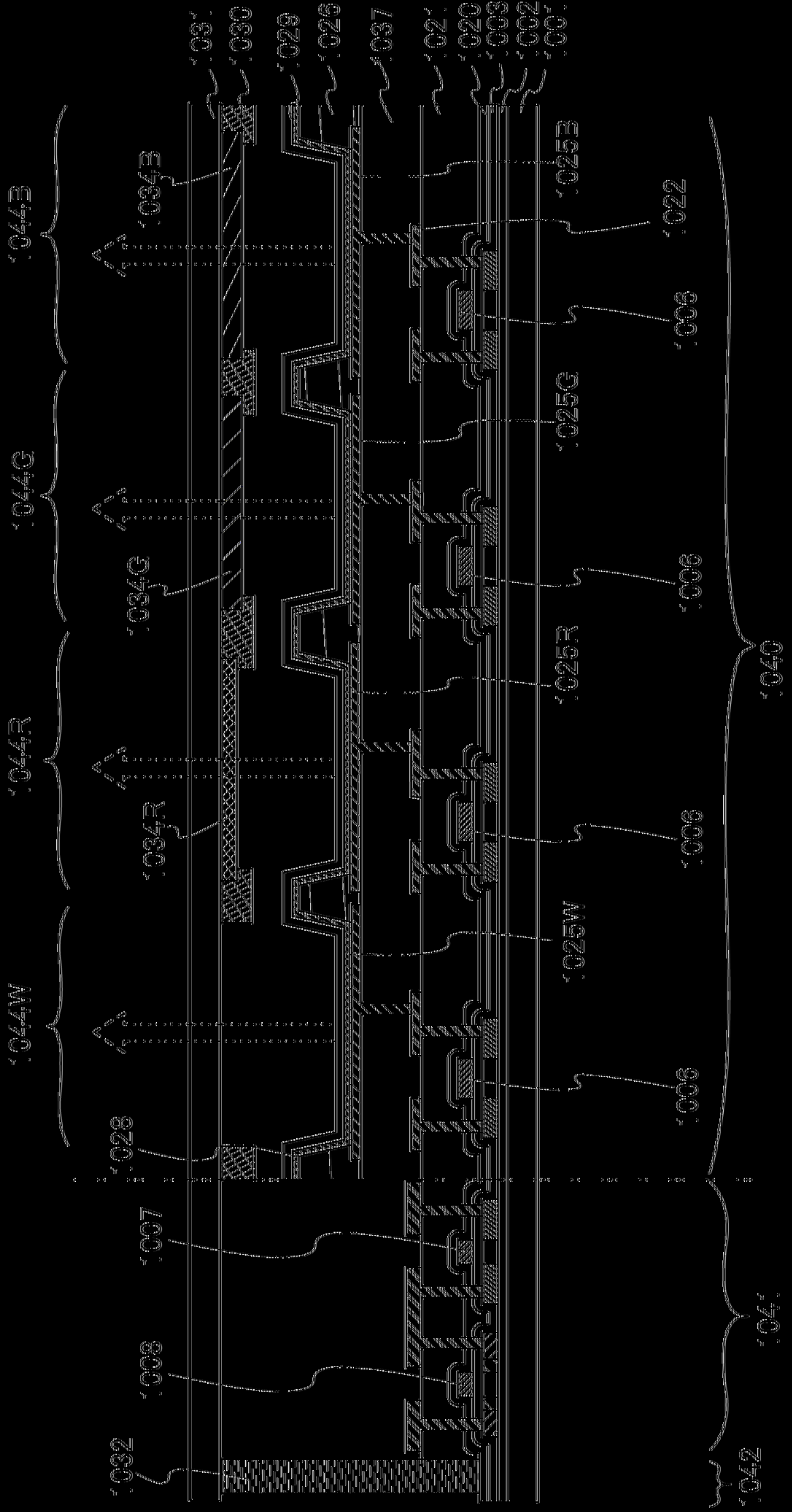

1031
1030
1029
1026
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1044B
1034B
1025B
1022
1008
1044G
1025G
1034G
1006
1044R
1025R
1040
1034R
1006
1044W
1025W
1006
1028
1007
1041
1008
1032
1042

圖6

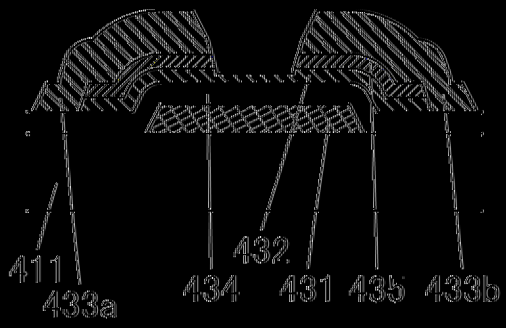


圖7A

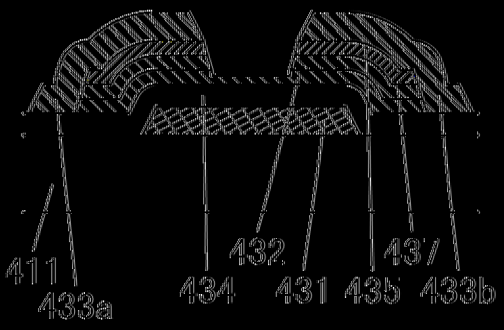


圖7B

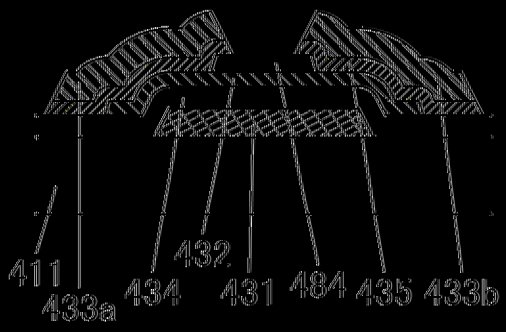


圖7C

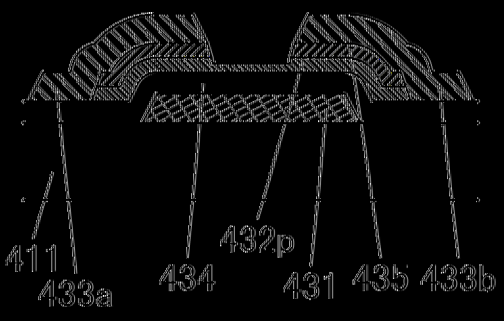


圖7D

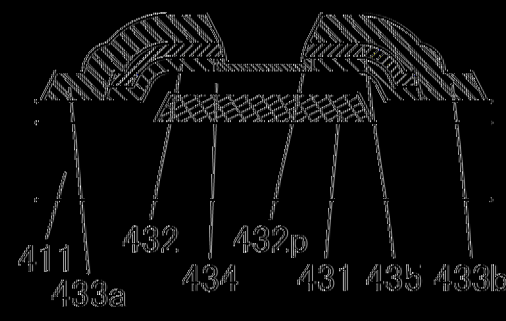


圖7E

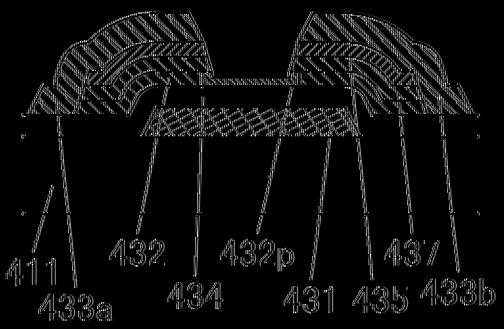


圖7F

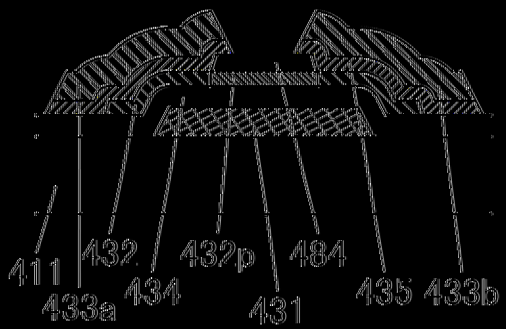


圖7G

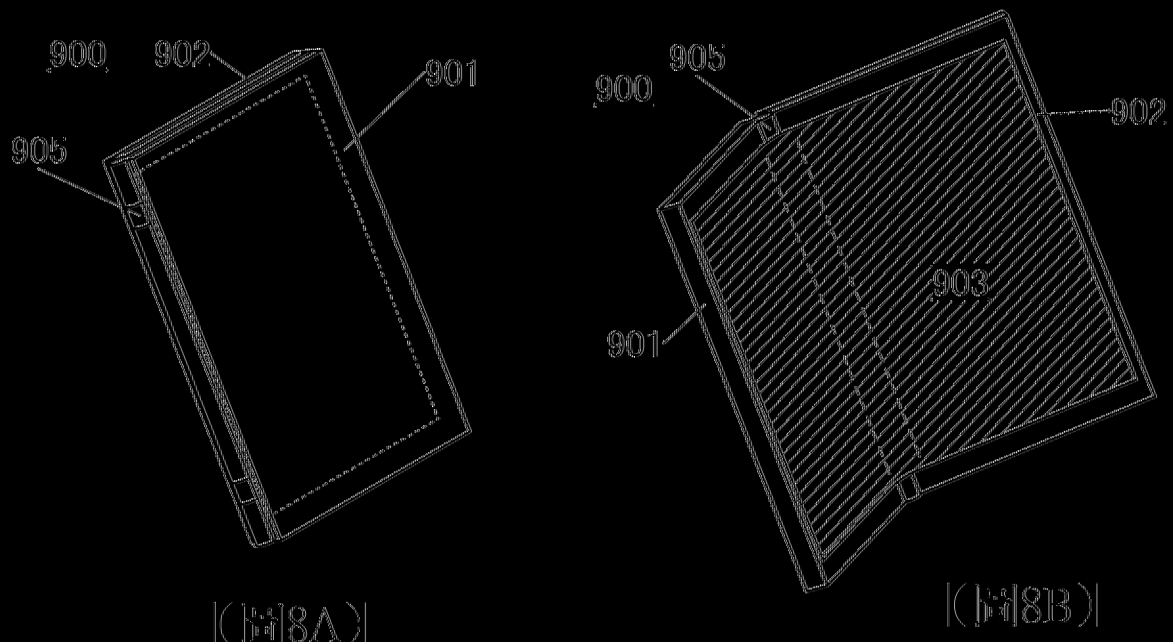


圖8A　圖8B

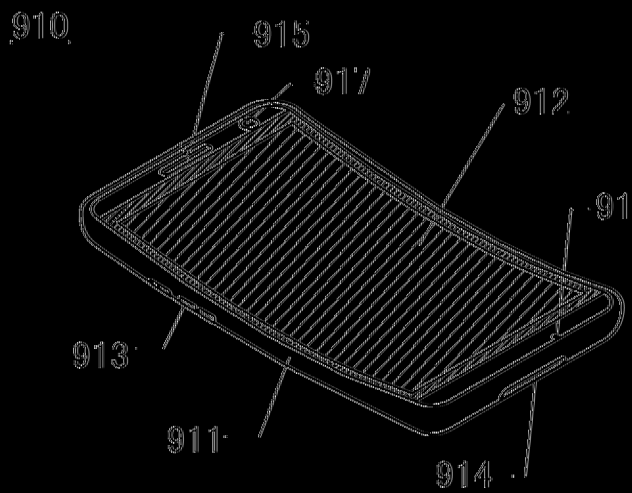


圖8C

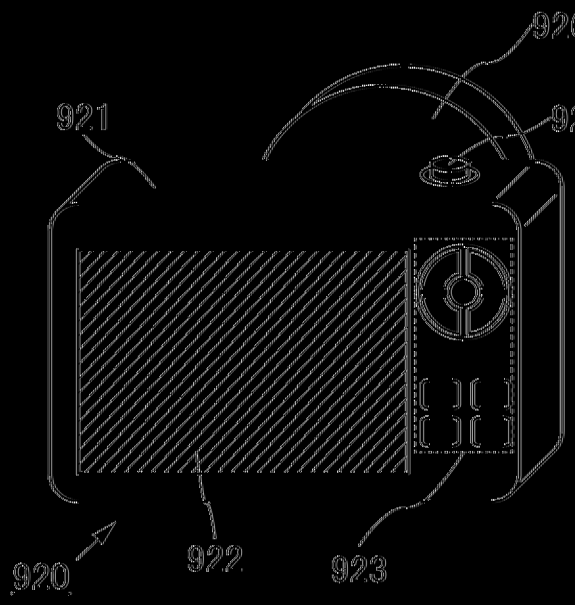


圖8D

9200

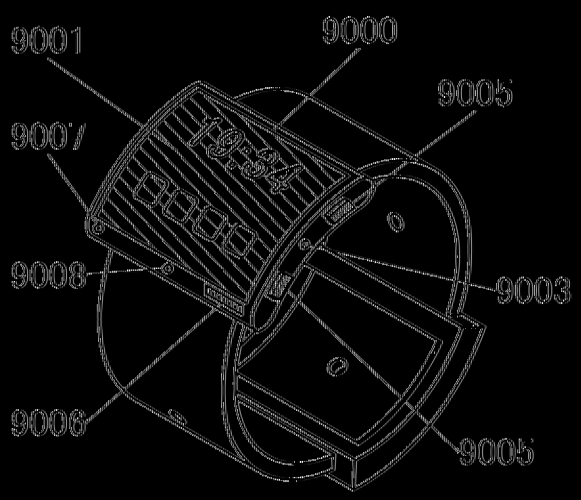


圖9A

9201

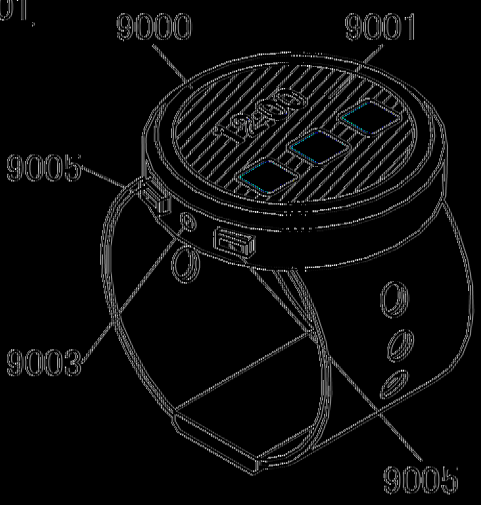


圖9B

9202

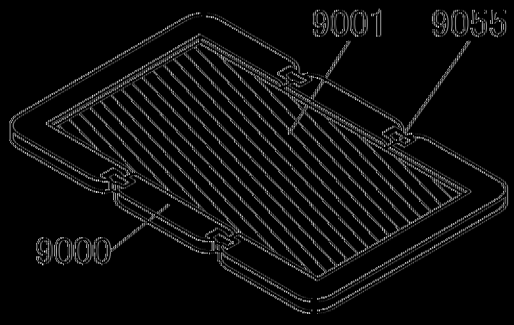


圖9C

9202

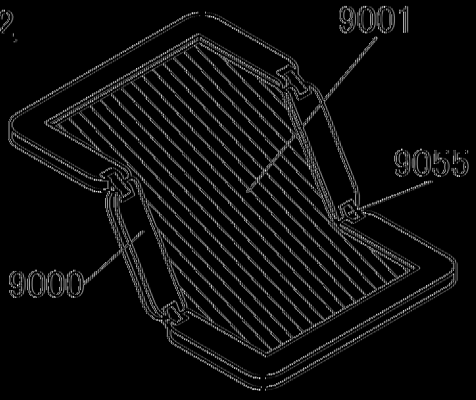


圖9D

9202

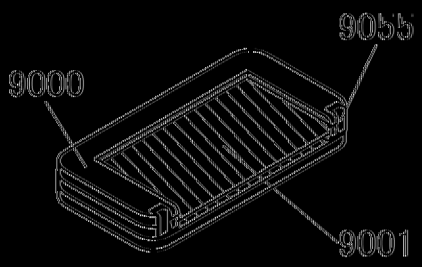


圖9E

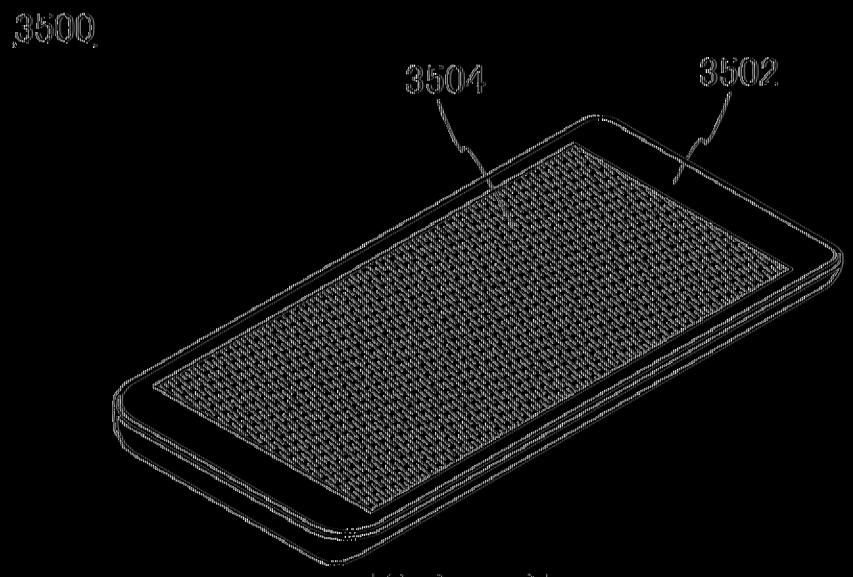


圖10A

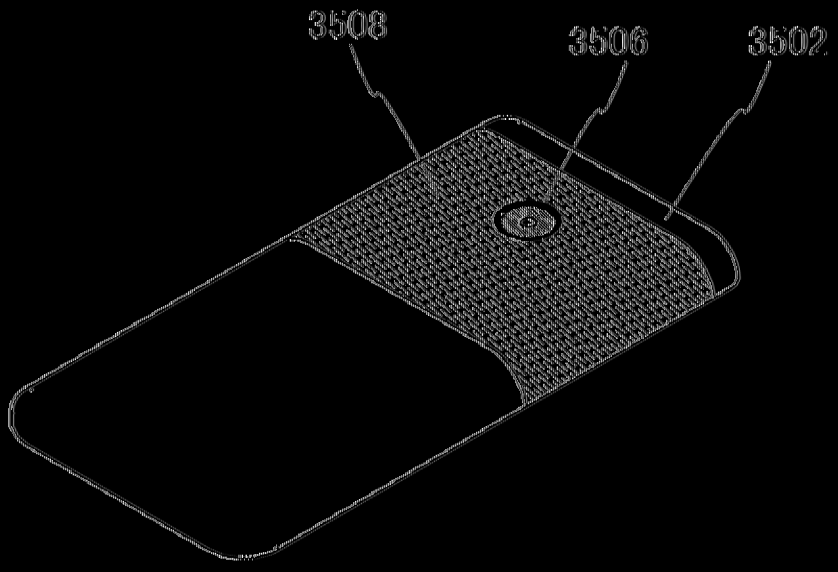


圖10B

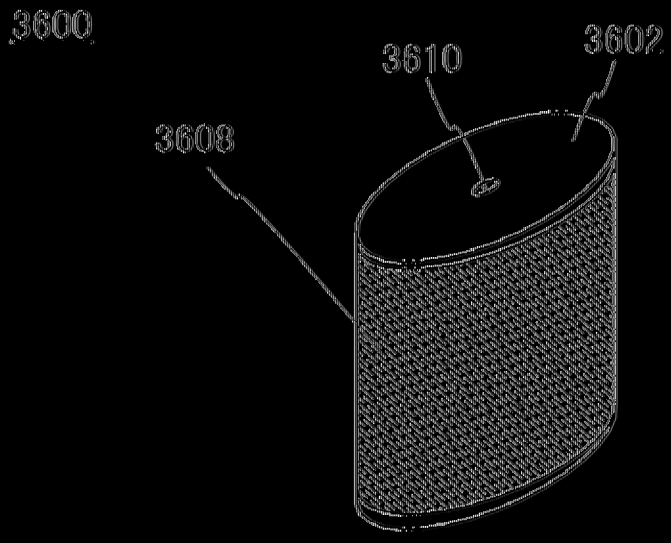
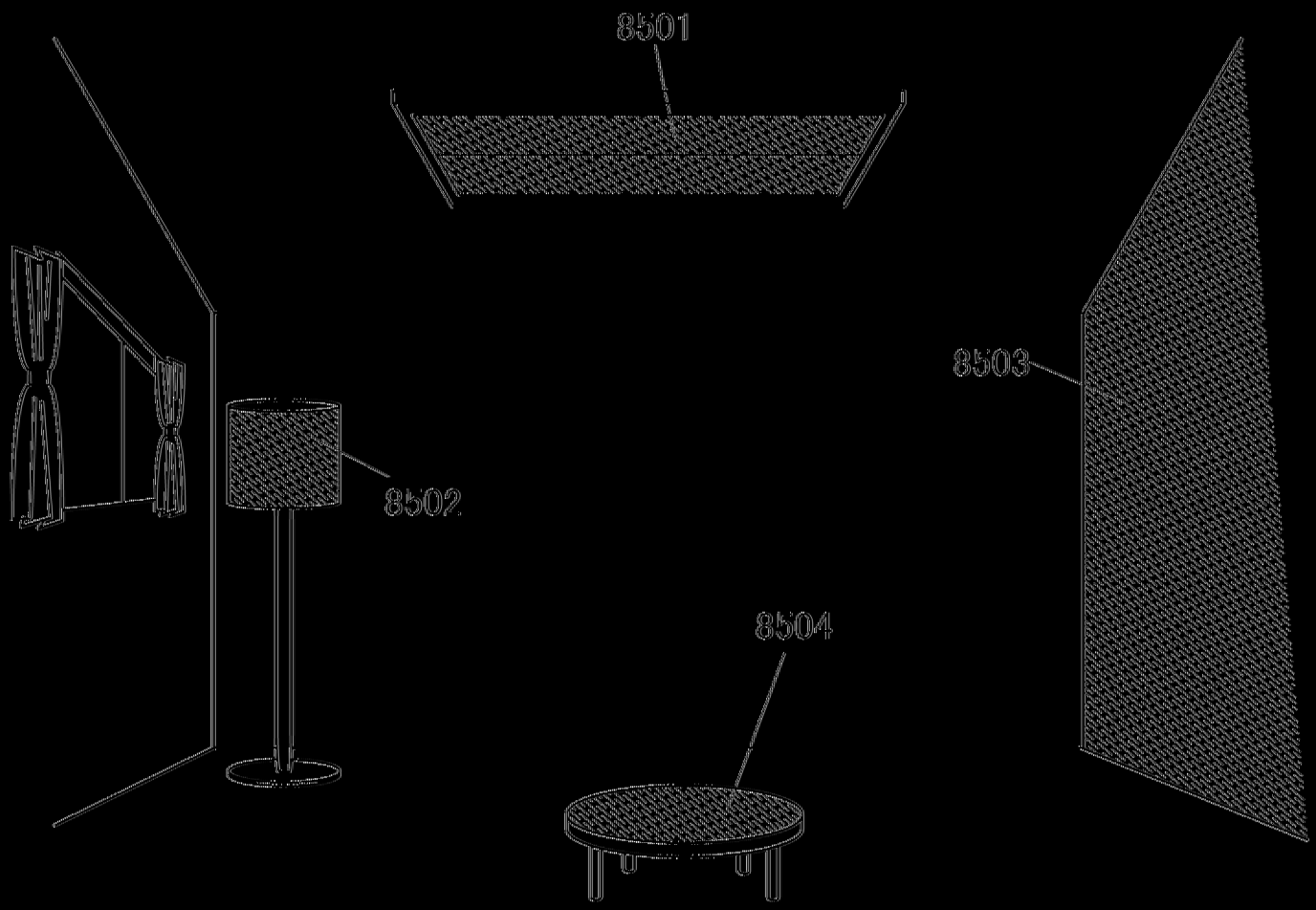
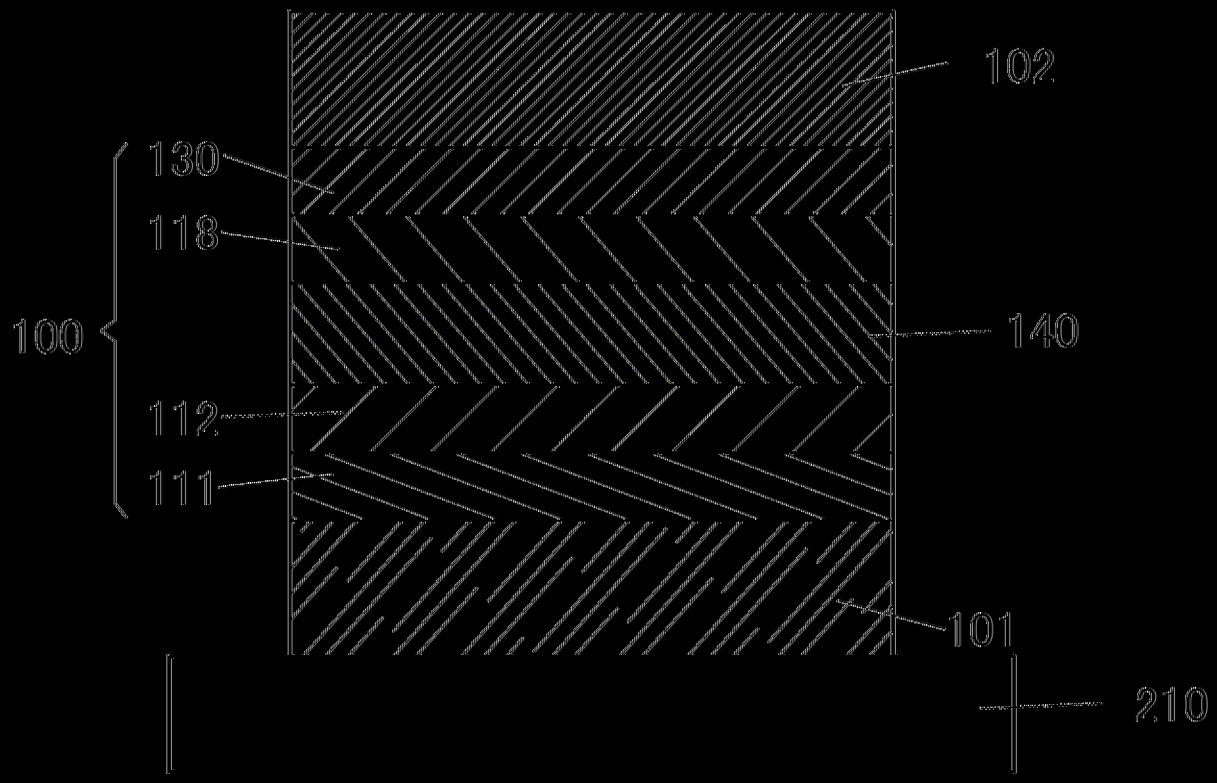


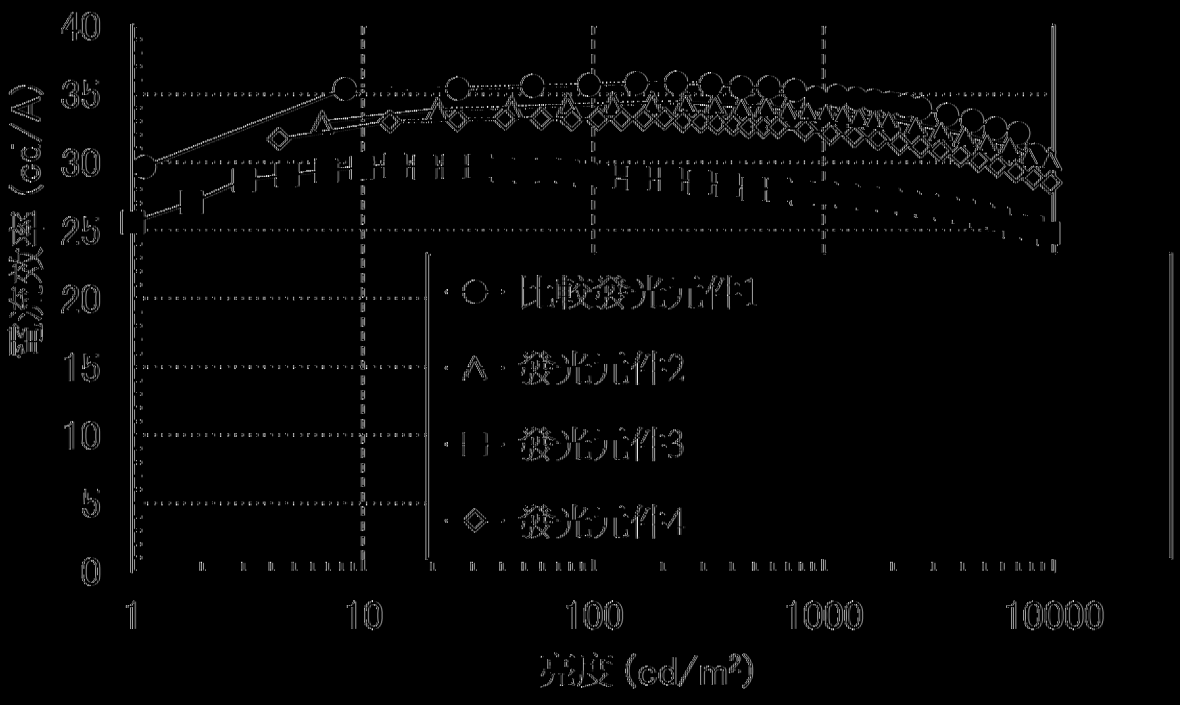
圖10C



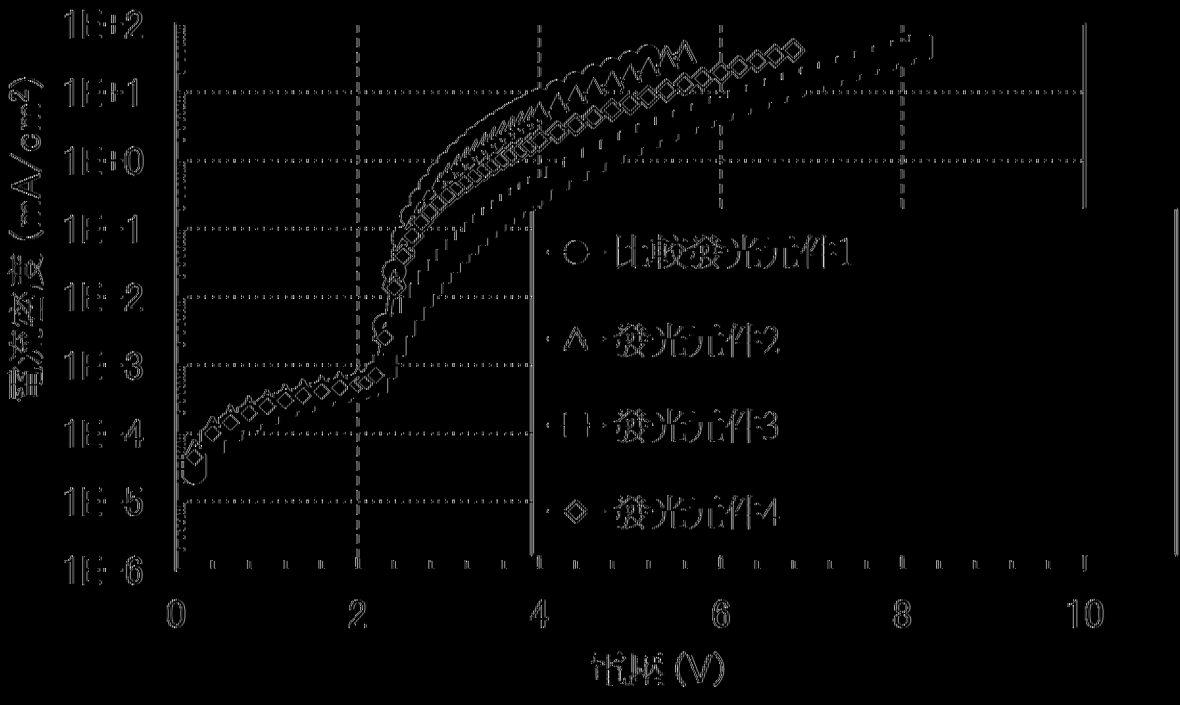
(圖11)



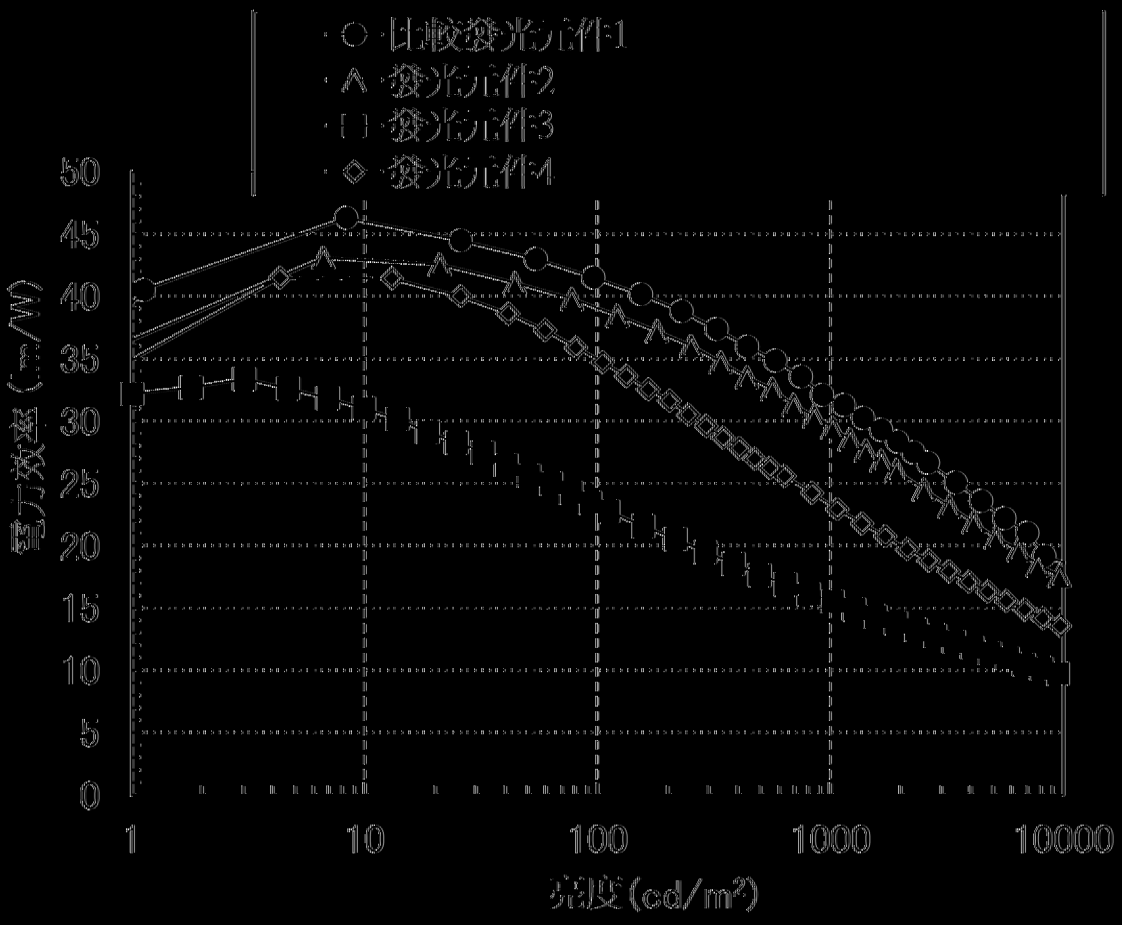
(圖12)


40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
·○· 比較發光元件1
·△· 發光元件2
·□· 發光元件3
·◇· 發光元件4

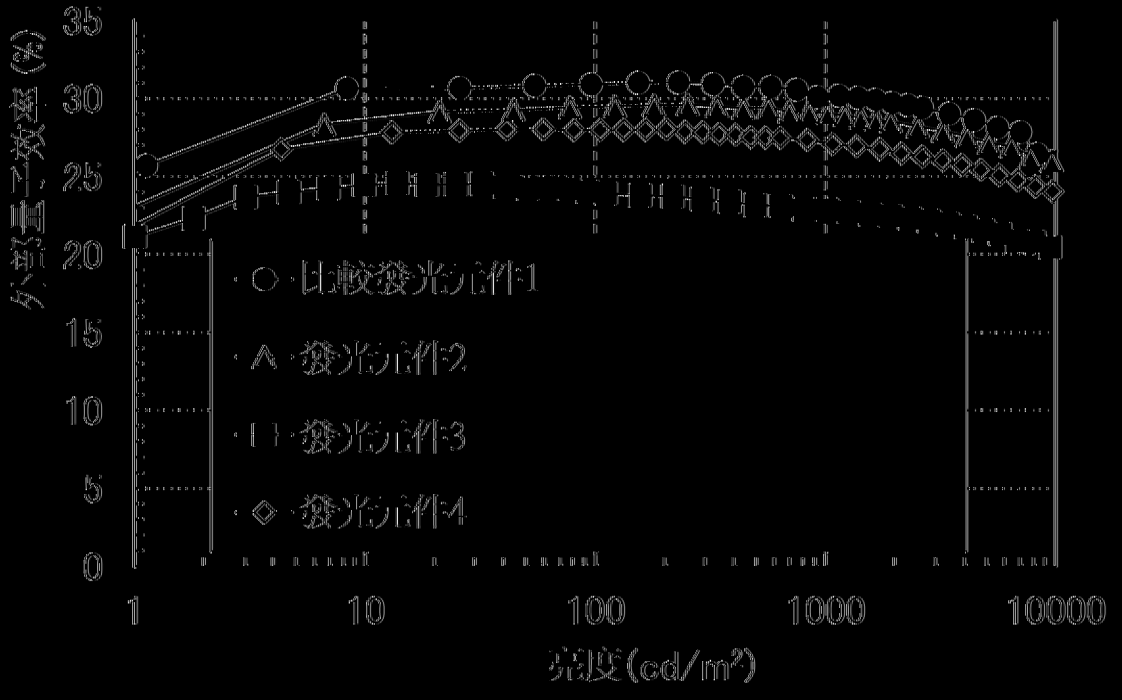
[圖13]


1E+2
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
2
4
6
8
10
電壓 (V)
·○· 比較發光元件1
·△· 發光元件2
·□· 發光元件3
·◇· 發光元件4

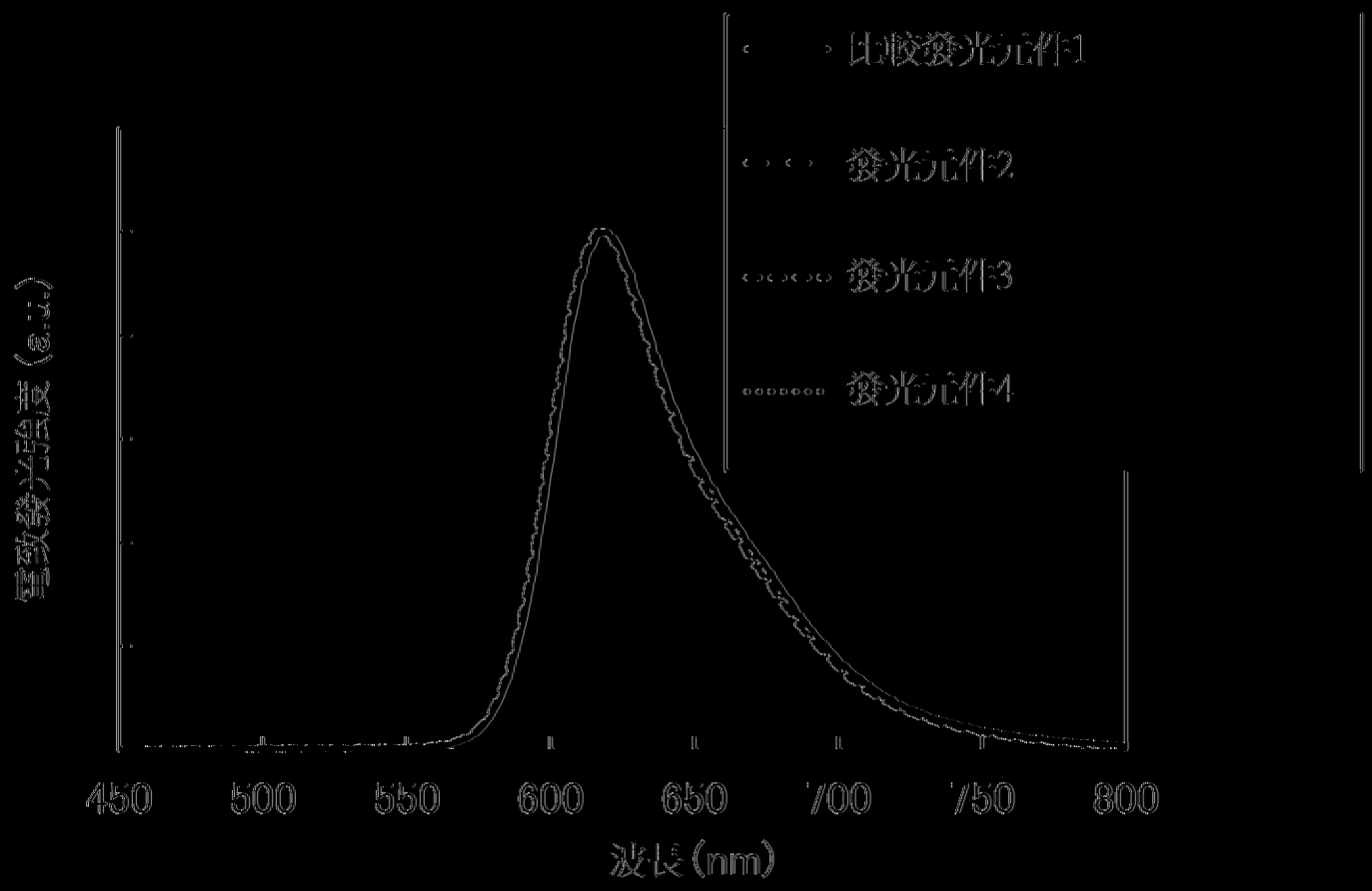
[圖14]


○ 比較發光元件1
△ 發光元件2
□ 發光元件3
◇ 發光元件4
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)

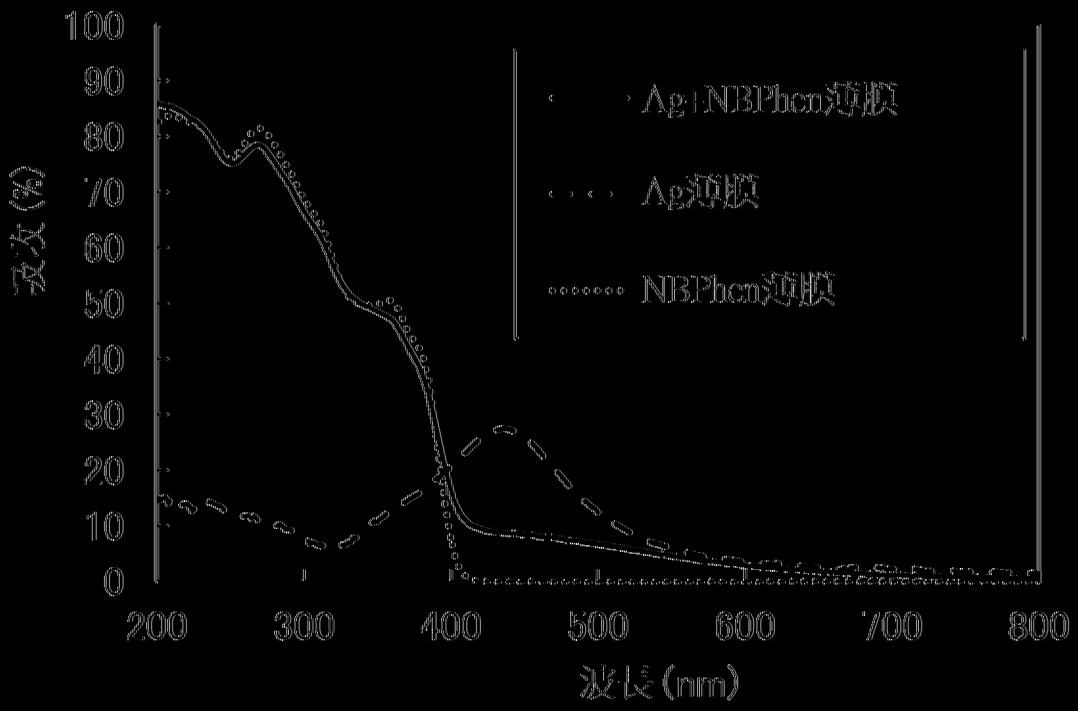
(圖15)


35
30
25
20
15
10
5
0
○ 比較發光元件1
△ 發光元件2
□ 發光元件3
◇ 發光元件4
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)

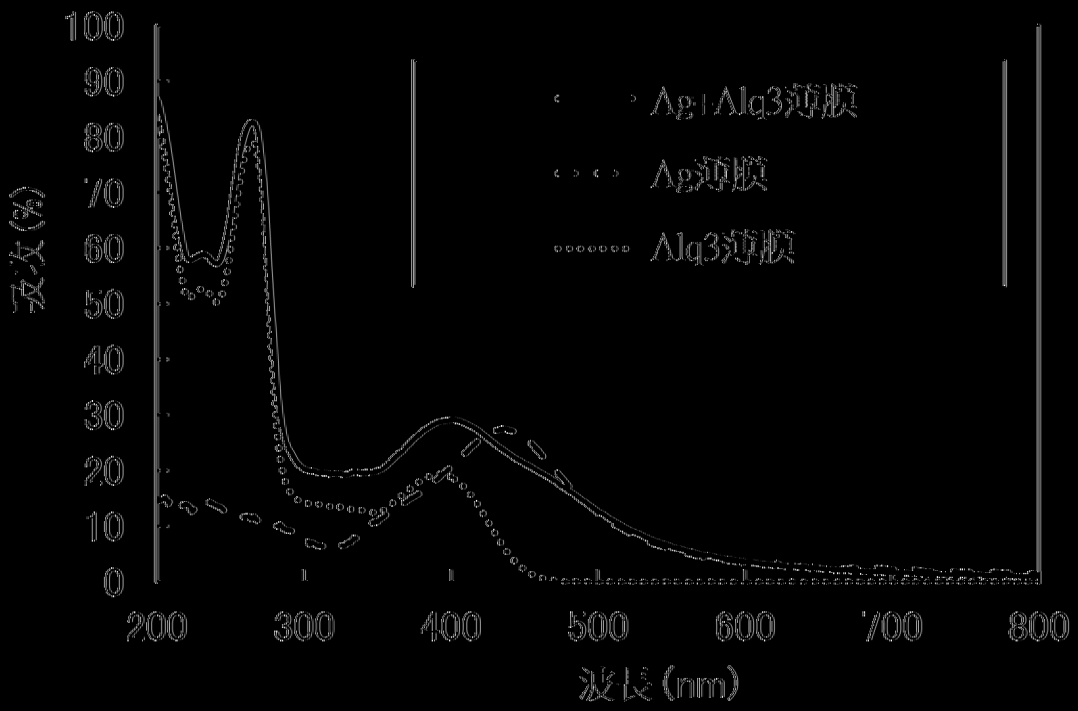
(圖16)


比較發光元件1
發光元件2
發光元件3
發光元件4
強度發光強度（a.u.）
450
500
550
600
650
700
750
800
波長(nm)

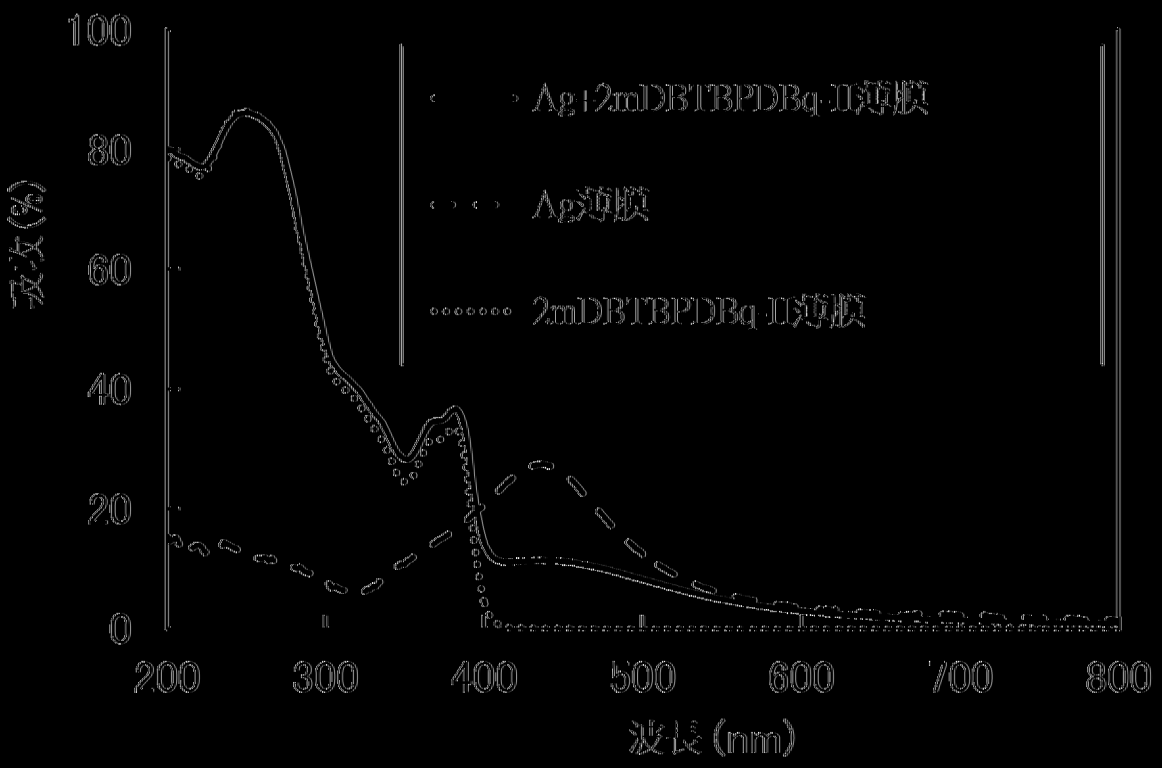
（圖17）

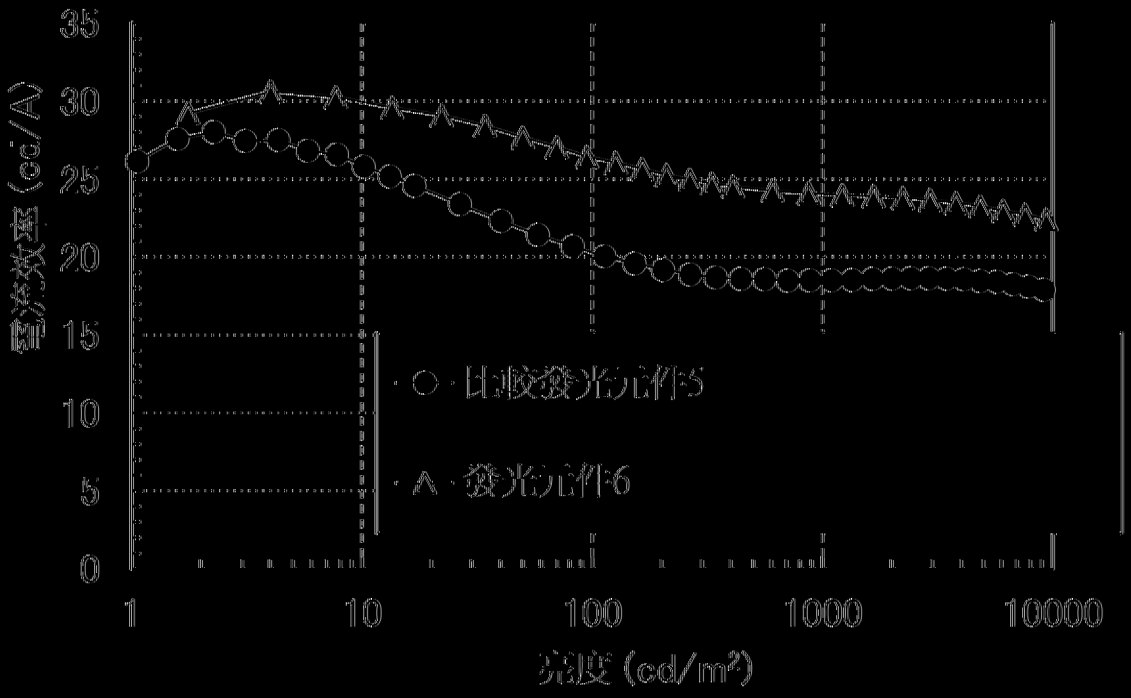

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
吸收(%)
200
300
400
500
600
700
800
波長(nm)
Ag+NBPhen薄膜
Ag薄膜
NBPhen薄膜

(圖18)

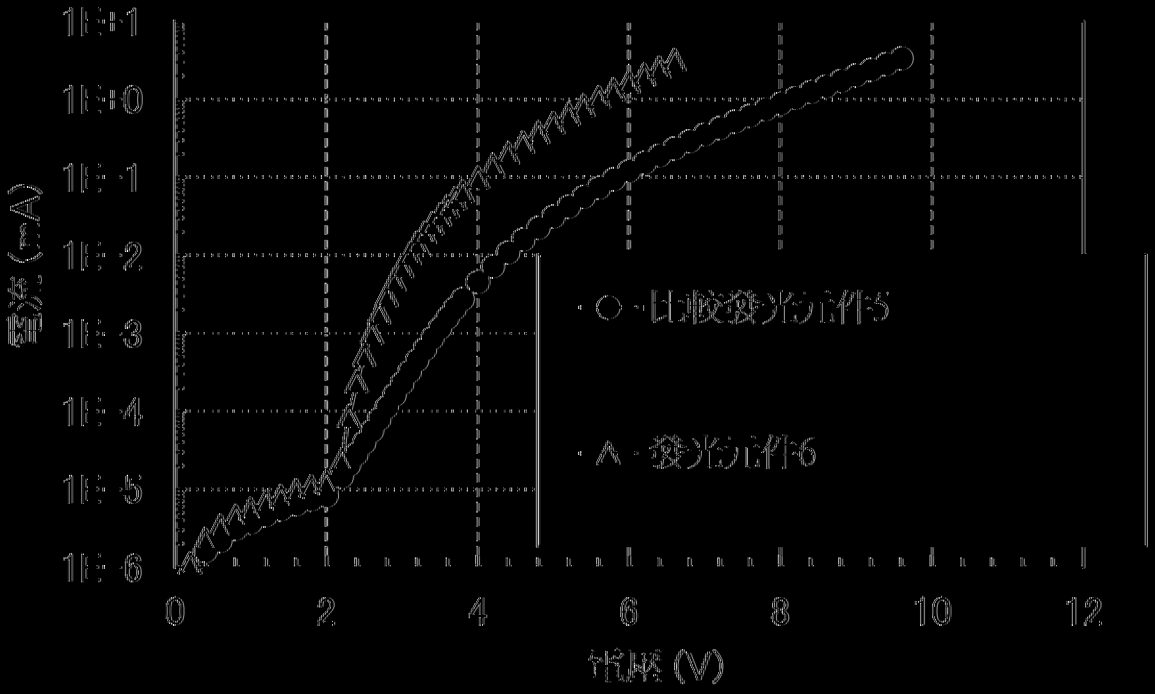

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
吸收(%)
200
300
400
500
600
700
800
波長(nm)
Ag+Alq3薄膜
Ag薄膜
Alq3薄膜

(圖19)

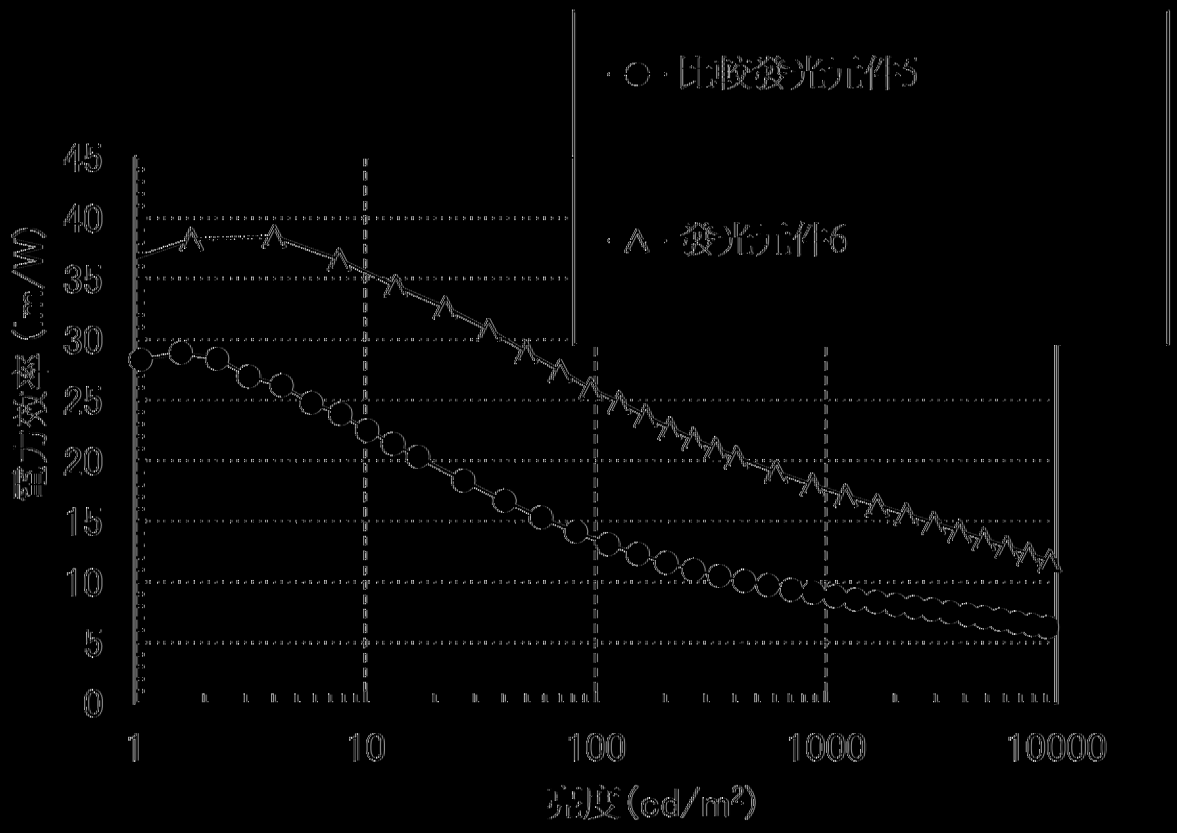

100
80
60
40
20
0
吸光(%)
200
300
400
500
600
700
800
波長(nm)
Ag+2mDBTBPDBq-II薄膜
Ag薄膜
2mDBTBPDBq-II薄膜


35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
·○·比較發光元件5
·△·發光元件6

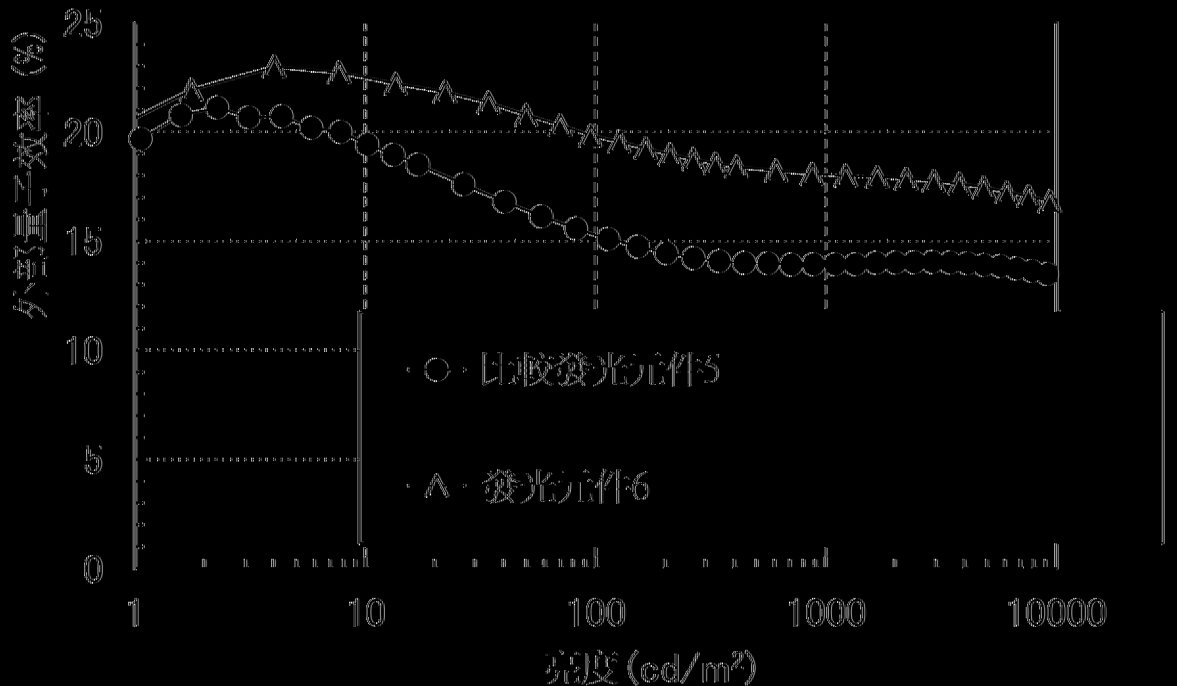
[圖21]


1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
2
4
6
8
10
12
電壓 (V)
·○·比較發光元件5
·△·發光元件6

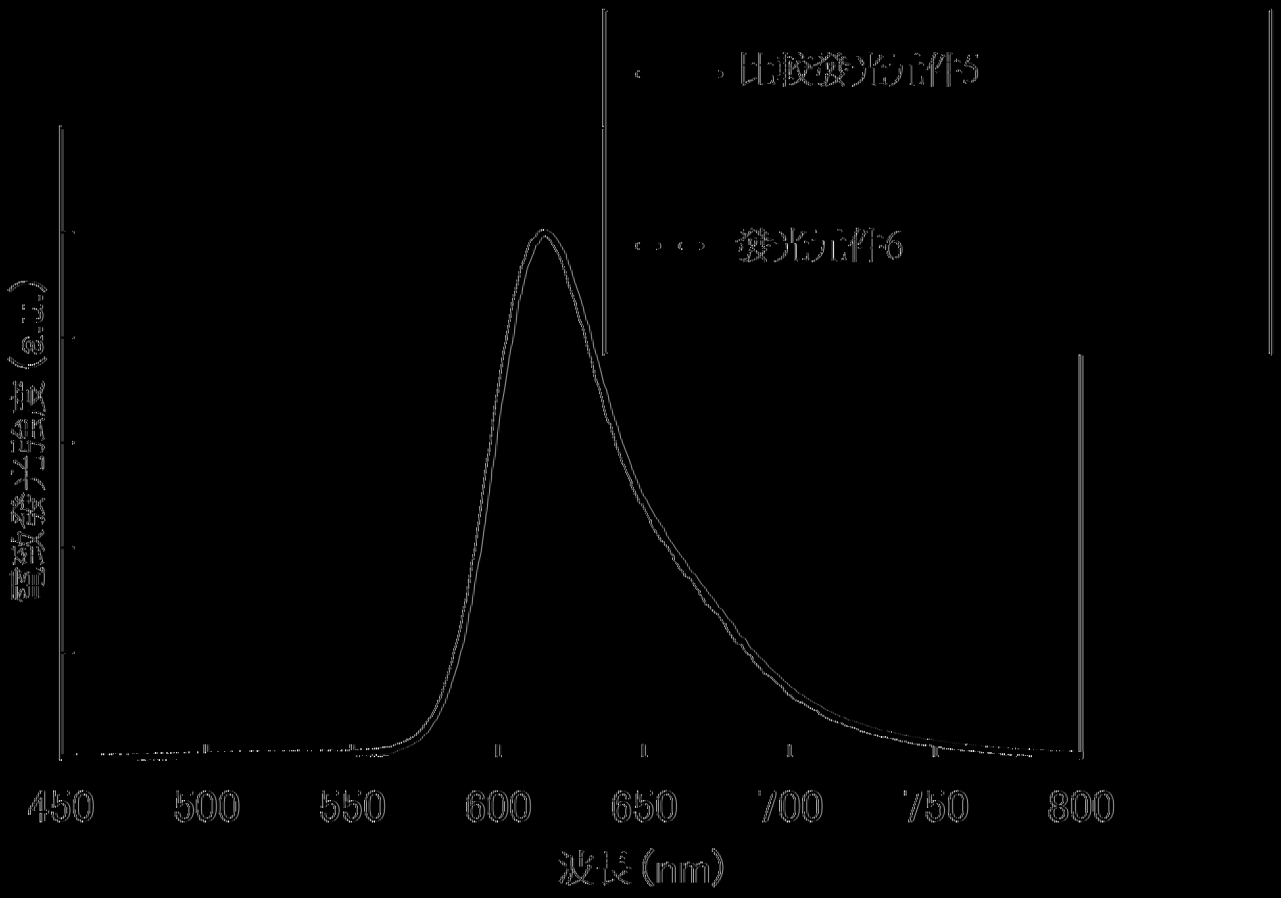
[圖22]

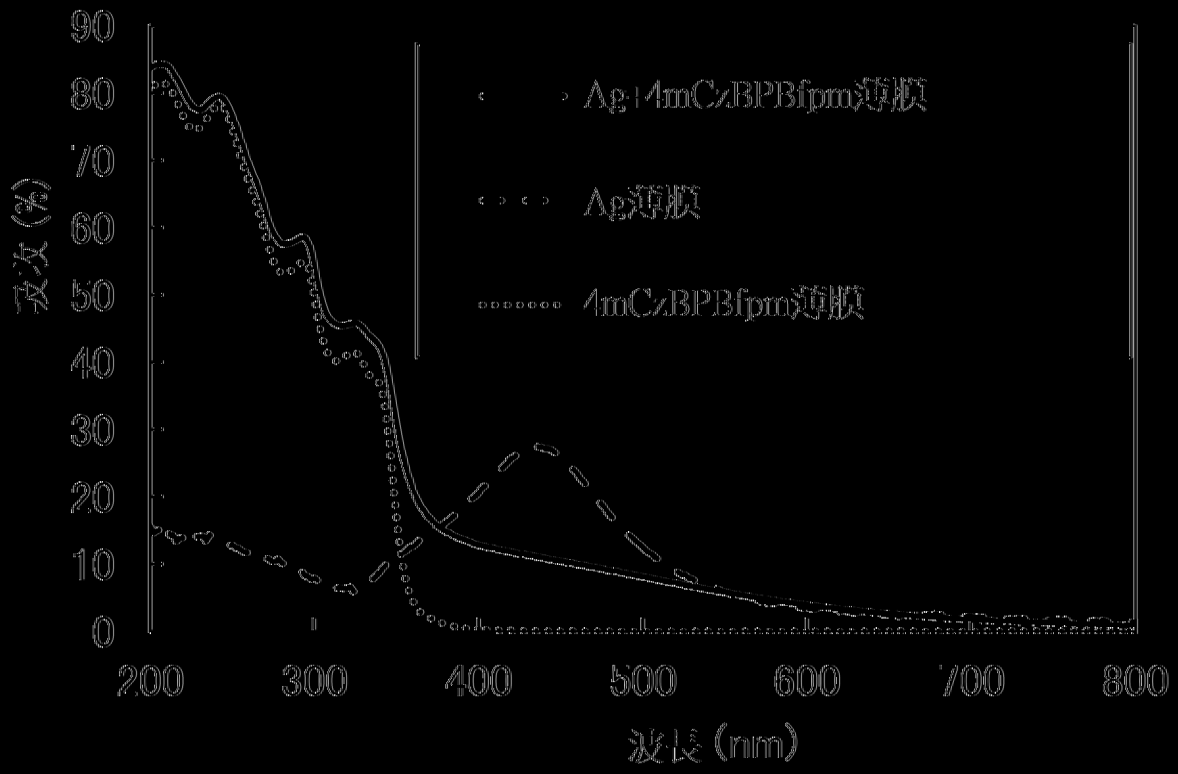

·○·比較發光元件5
·△·發光元件6
外部量子效率(%)
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)

[圖23]

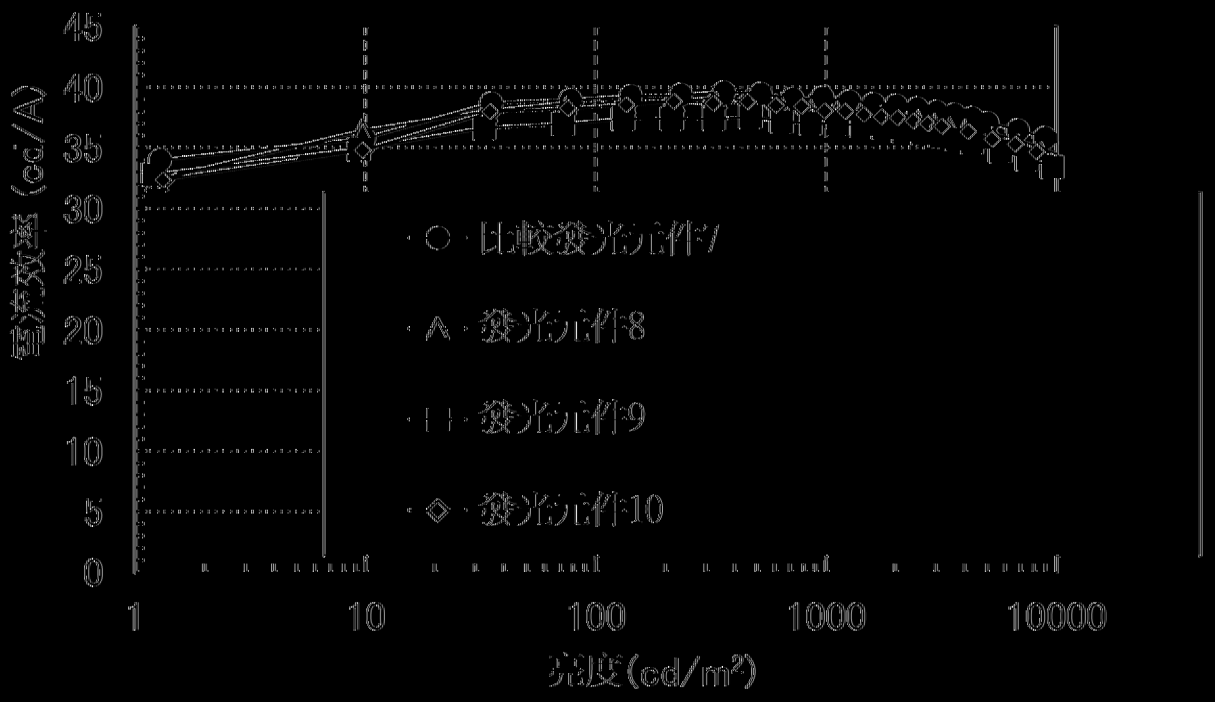

外部量子效率(%)
25
20
15
10
5
0
·○·比較發光元件5
·△·發光元件6
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)

[圖24]

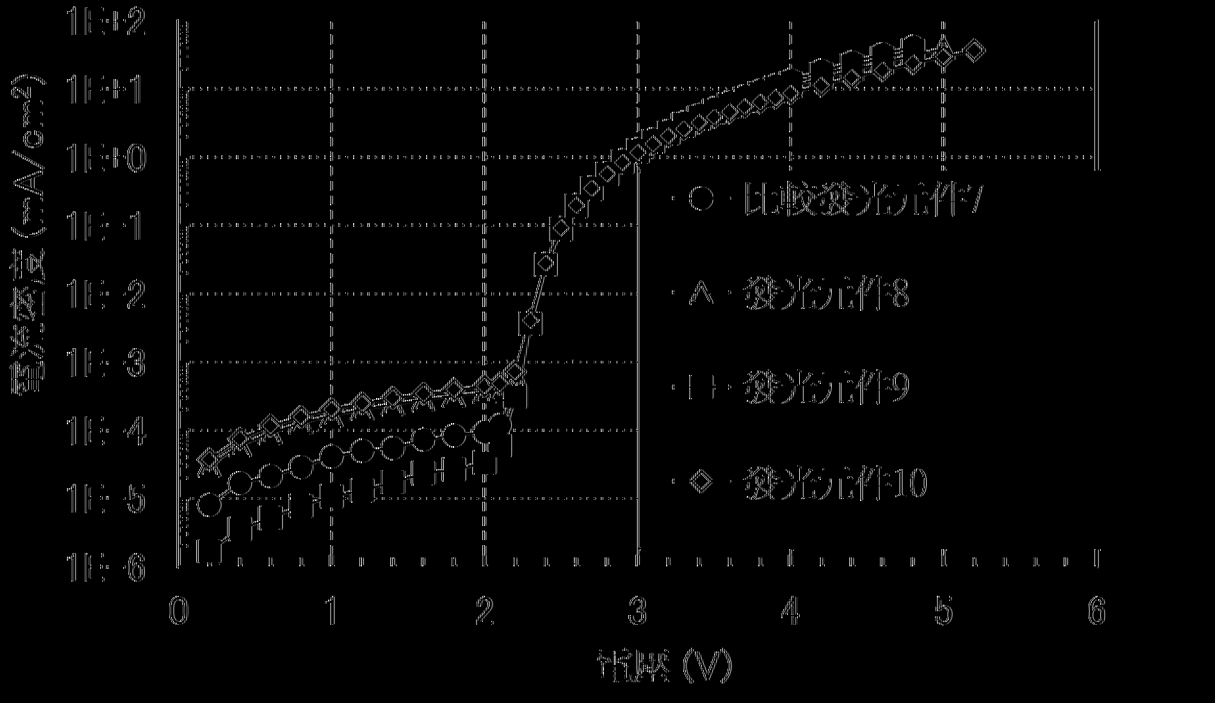

比較發光元件5
發光元件6
標準化發光強度（a.u.）
450
500
550
600
650
700
750
800
波長(nm)


90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
強度 (%)
200
300
400
500
600
700
800
波長 (nm)
Ag:4mCzBPBfpm薄膜
Ag薄膜
4mCzBPBfpm薄膜

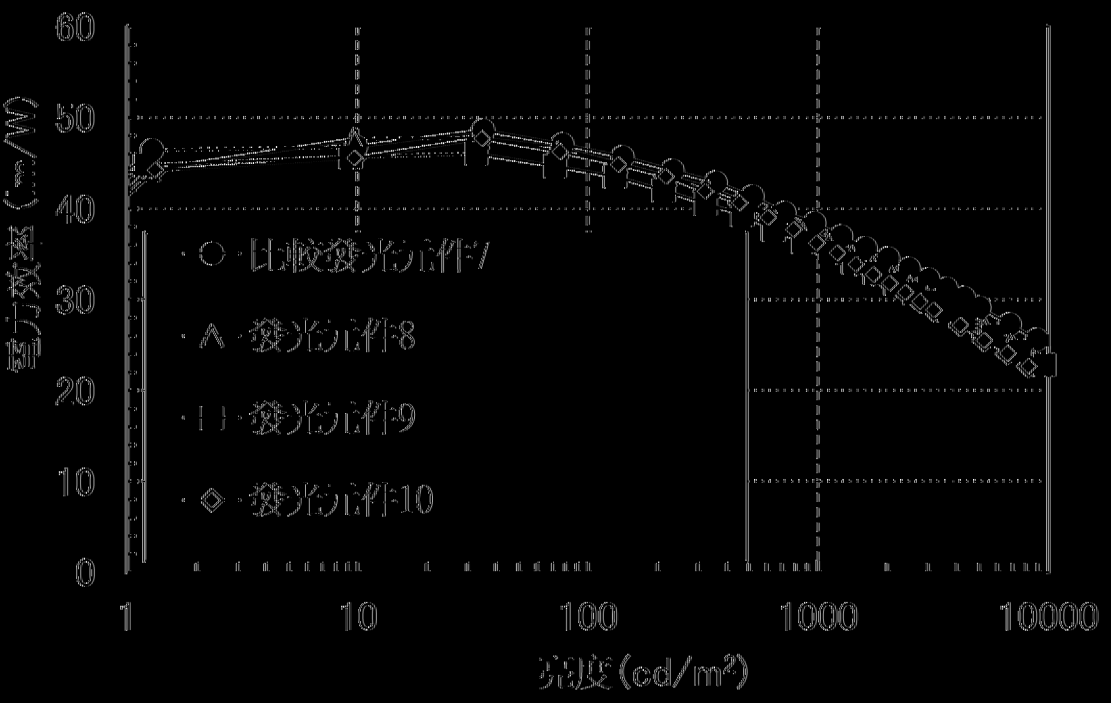
(圖26)


45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)
·○·比較發光元件7
·△·發光元件8
·□·發光元件9
·◇·發光元件10

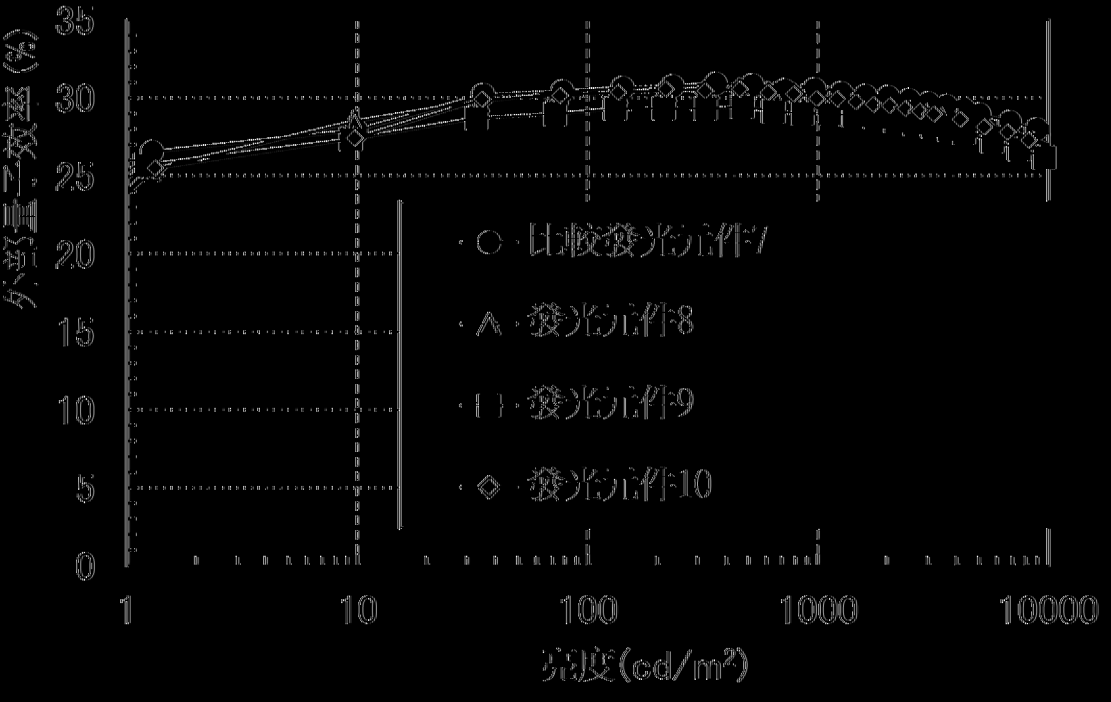
[圖27]


1E+2
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
1
2
3
4
5
6
電壓 (V)
·○·比較發光元件7
·△·發光元件8
·□·發光元件9
·◇·發光元件10

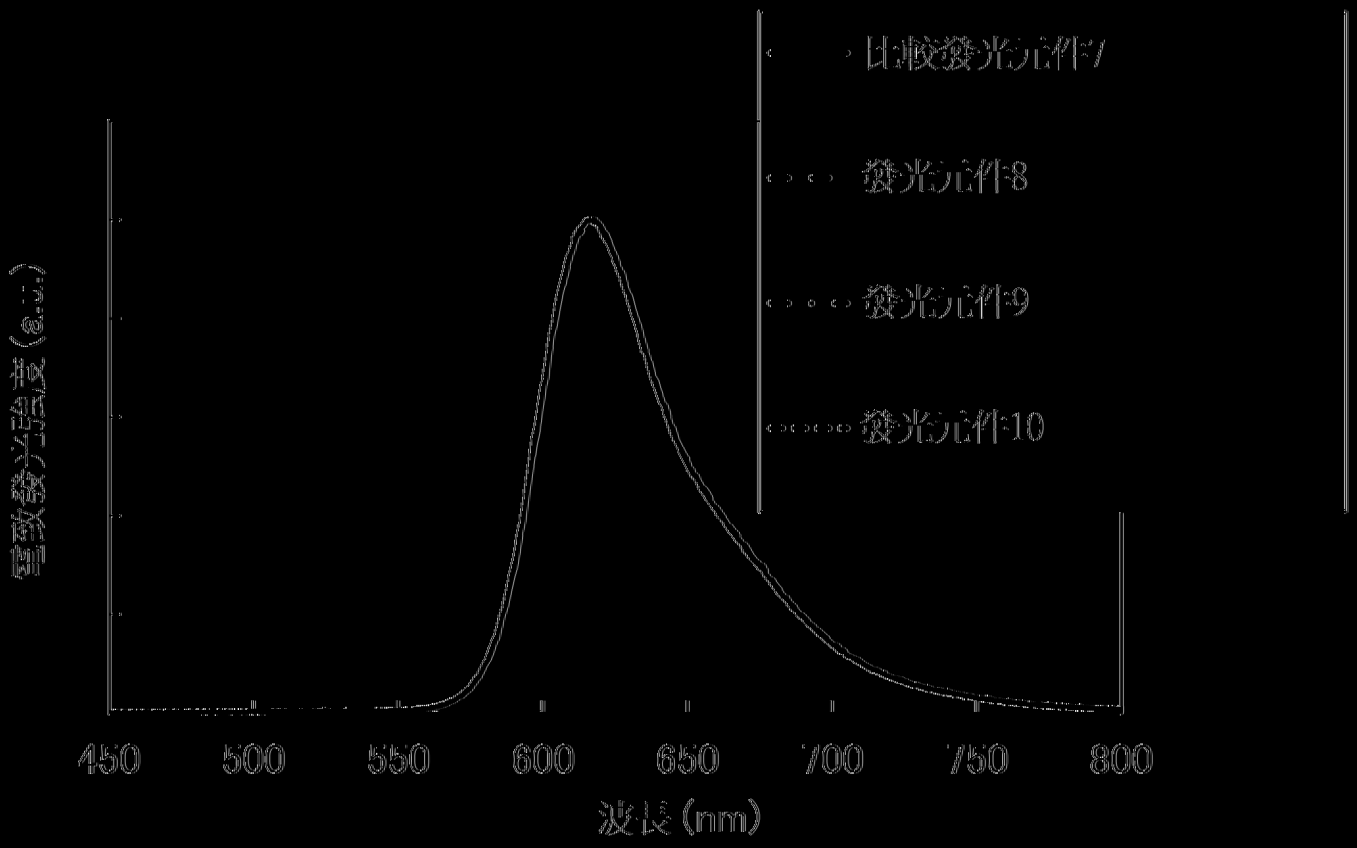
[圖28]


60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)
·○·比較發光元件7
·△·發光元件8
·□·發光元件9
·◇·發光元件10

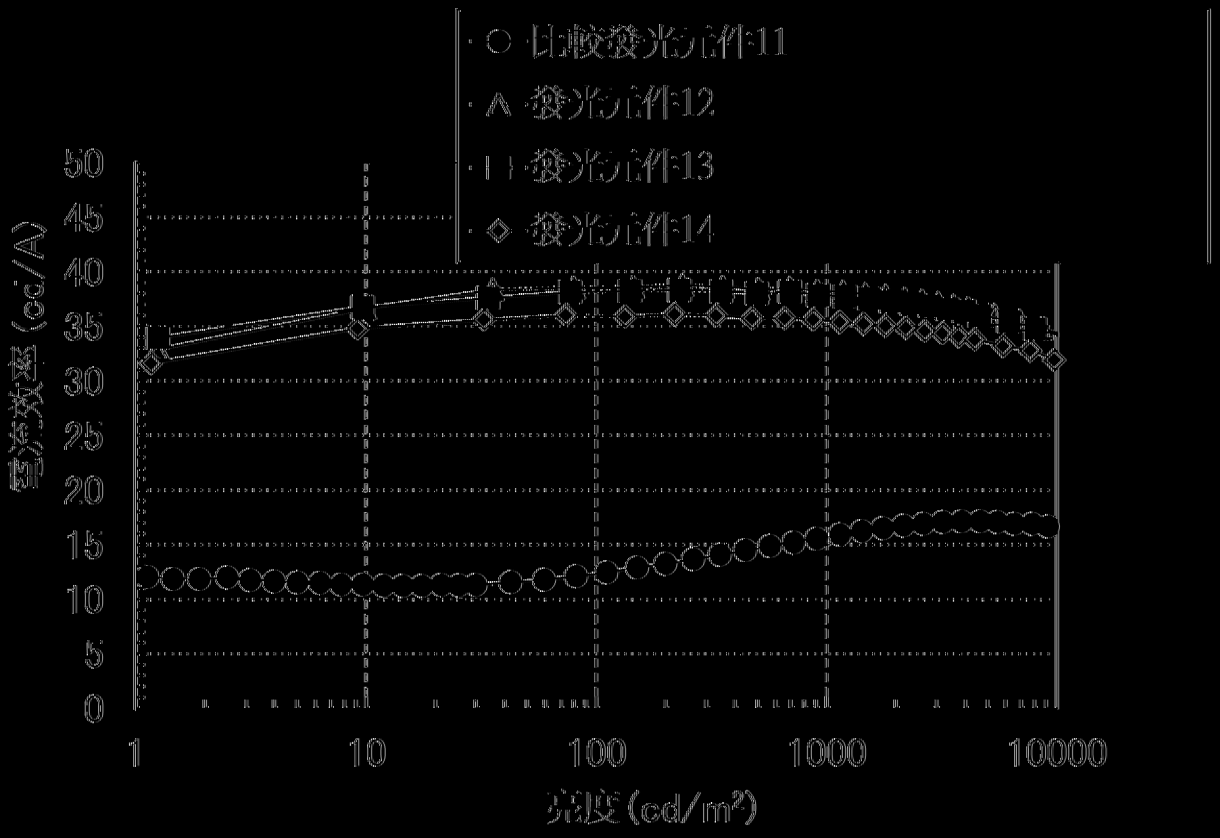
[圖29]


35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)
·○·比較發光元件7
·△·發光元件8
·□·發光元件9
·◇·發光元件10

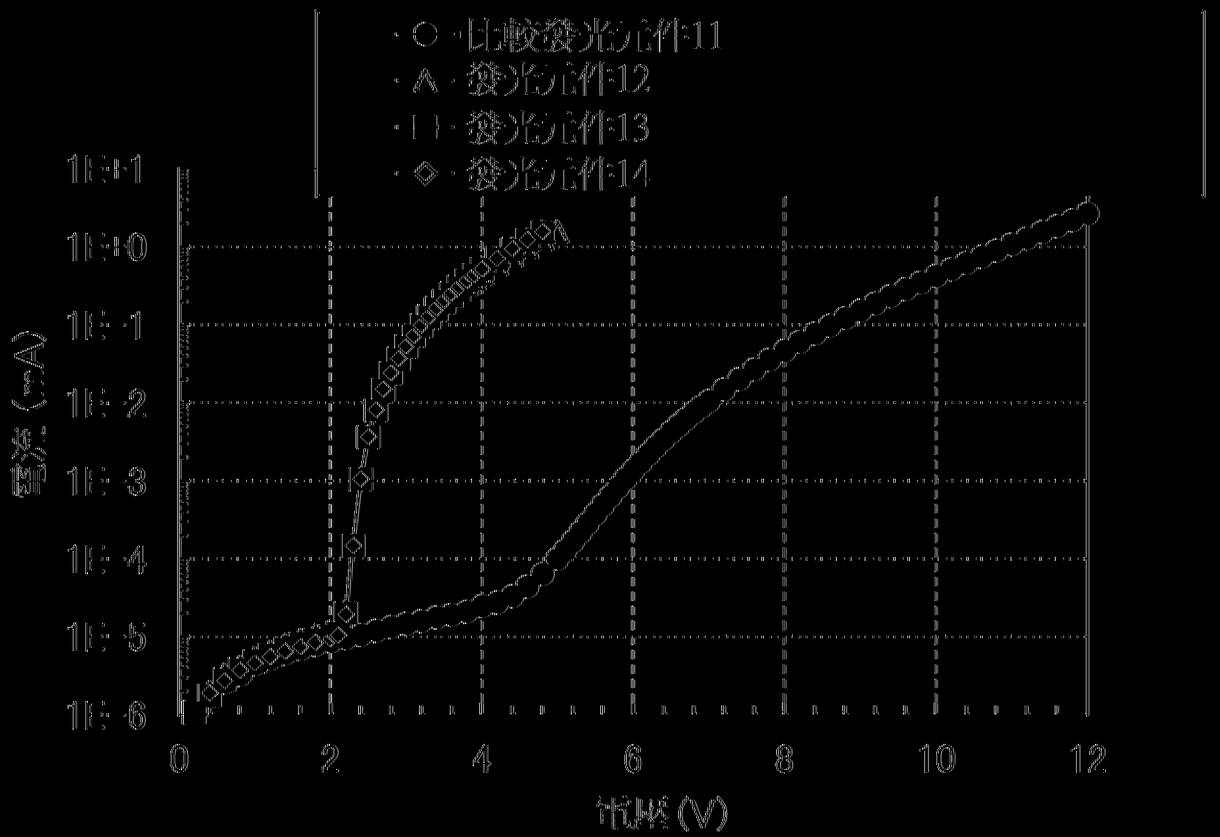
[圖30]


比較發光元件7
發光元件8
發光元件9
發光元件10
450
500
550
600
650
700
750
800
波長(nm)

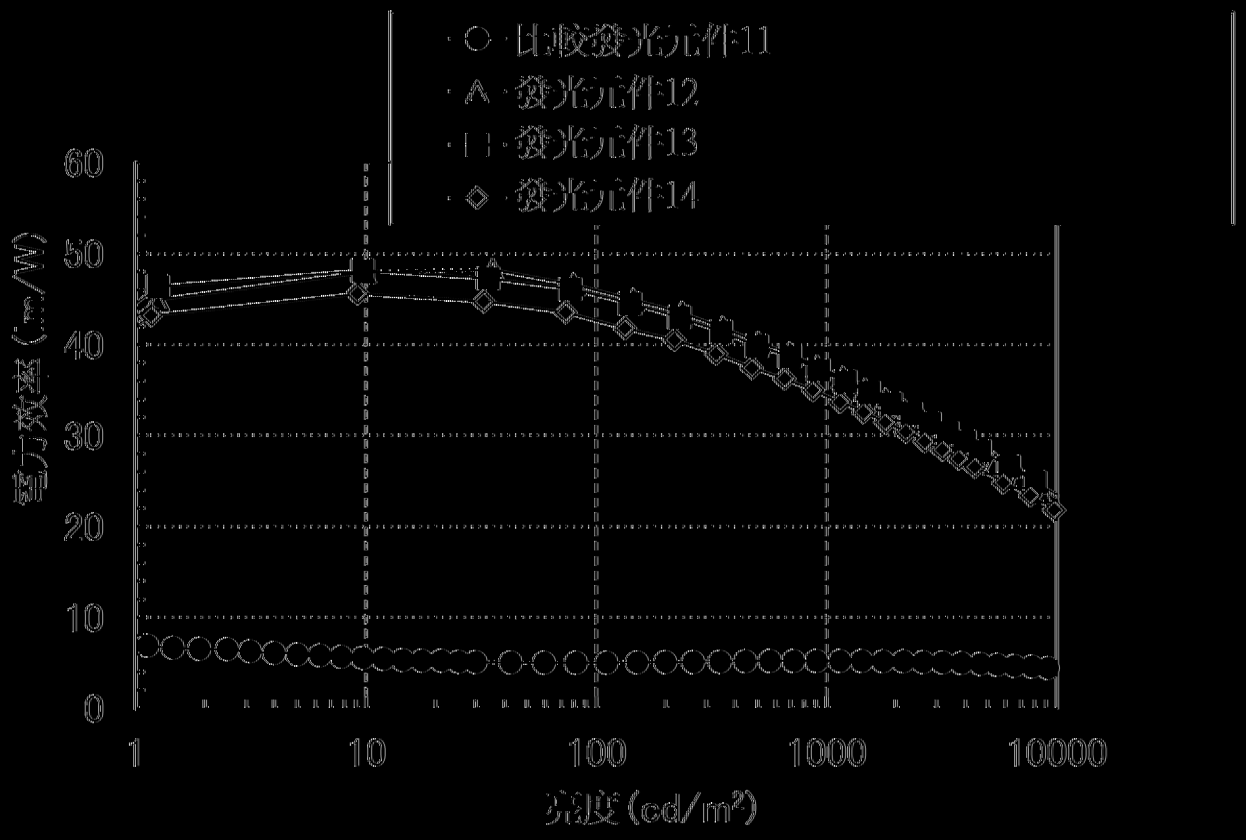
(圖31)


○ 比較發光元件11
△ 發光元件12
□ 發光元件13
◇ 發光元件14
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

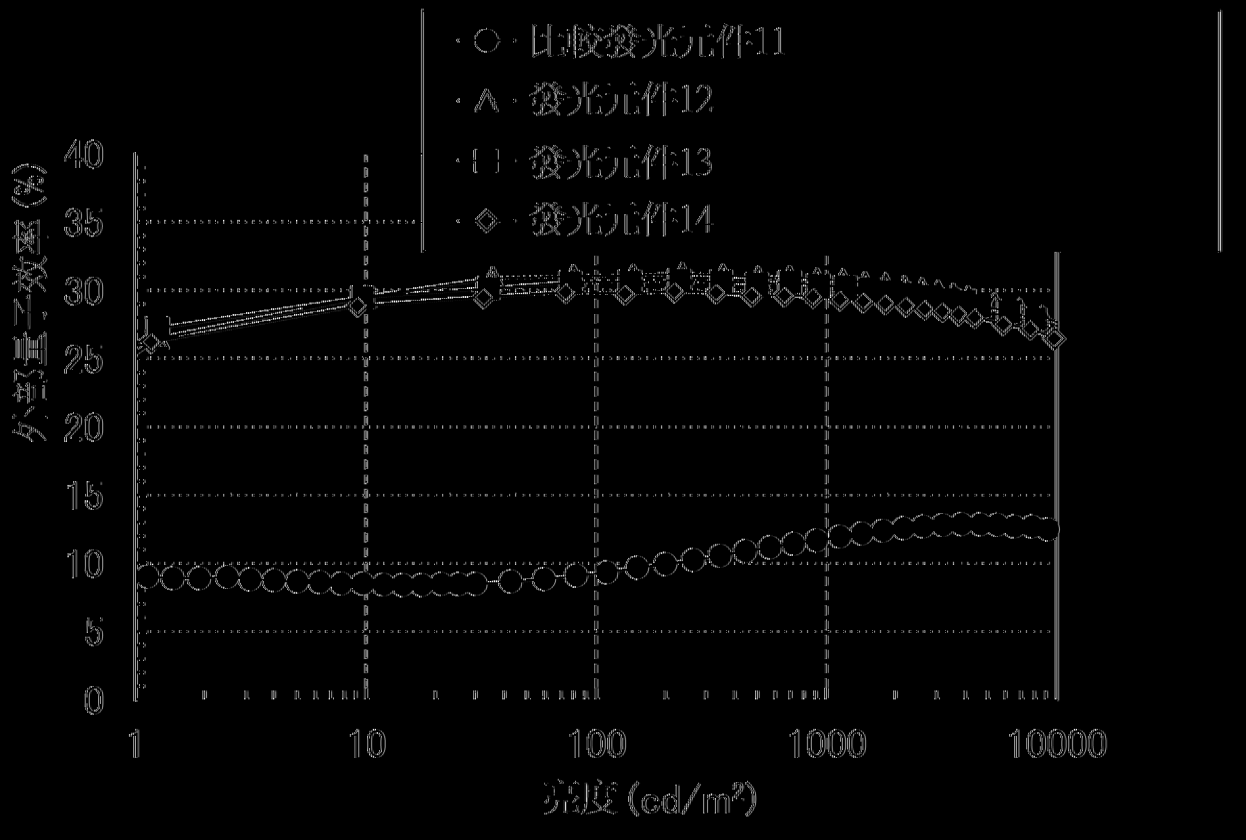
（圖32）


○ 比較發光元件11
△ 發光元件12
□ 發光元件13
◇ 發光元件14
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
2
4
6
8
10
12
電壓 (V)

（圖33）


○：比較發光元件11
△：發光元件12
□：發光元件13
◇：發光元件14
外部量子效率 (%)
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

【圖34】


○：比較發光元件11
△：發光元件12
□：發光元件13
◇：發光元件14
功率效率 (lm/W)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

【圖35】

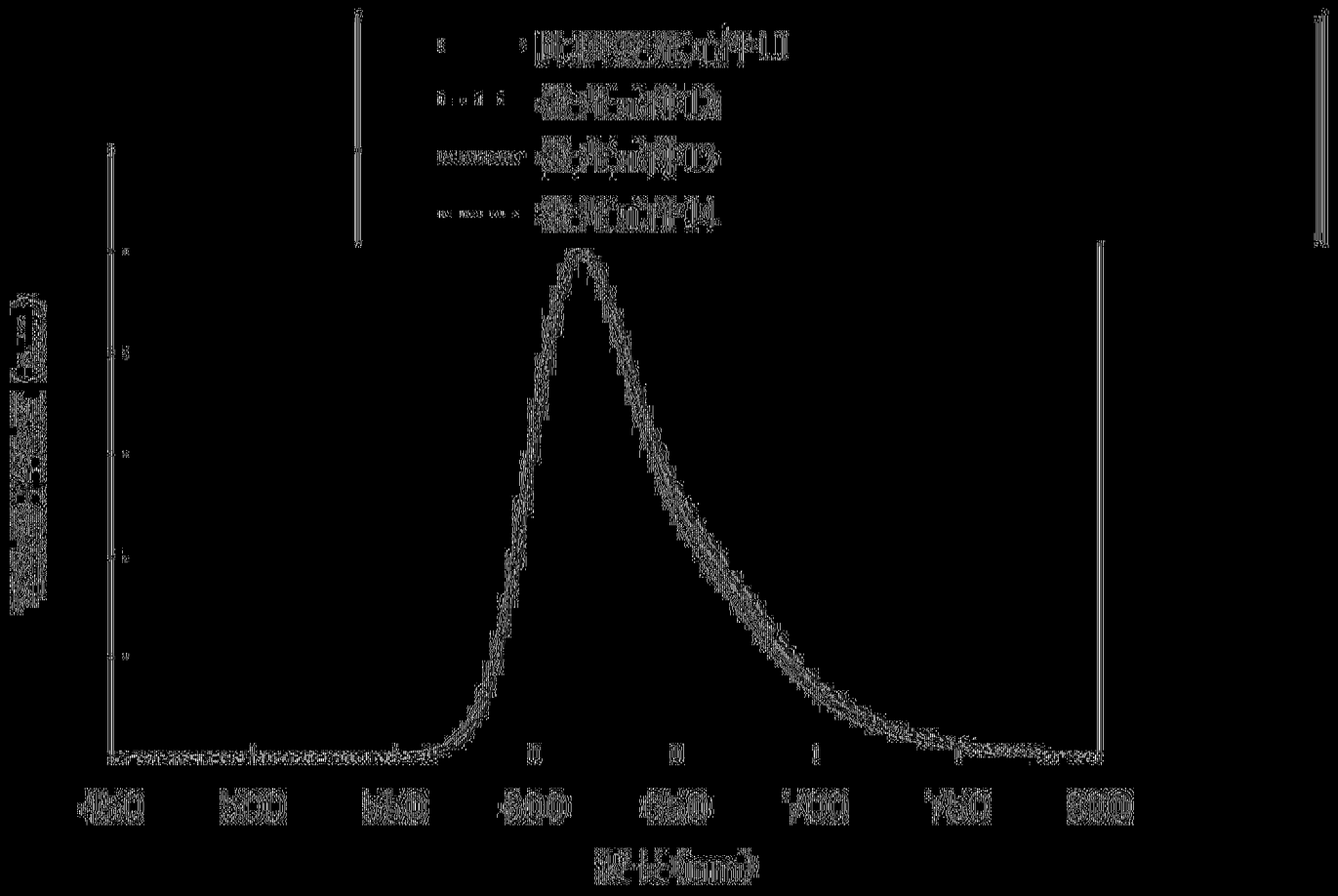
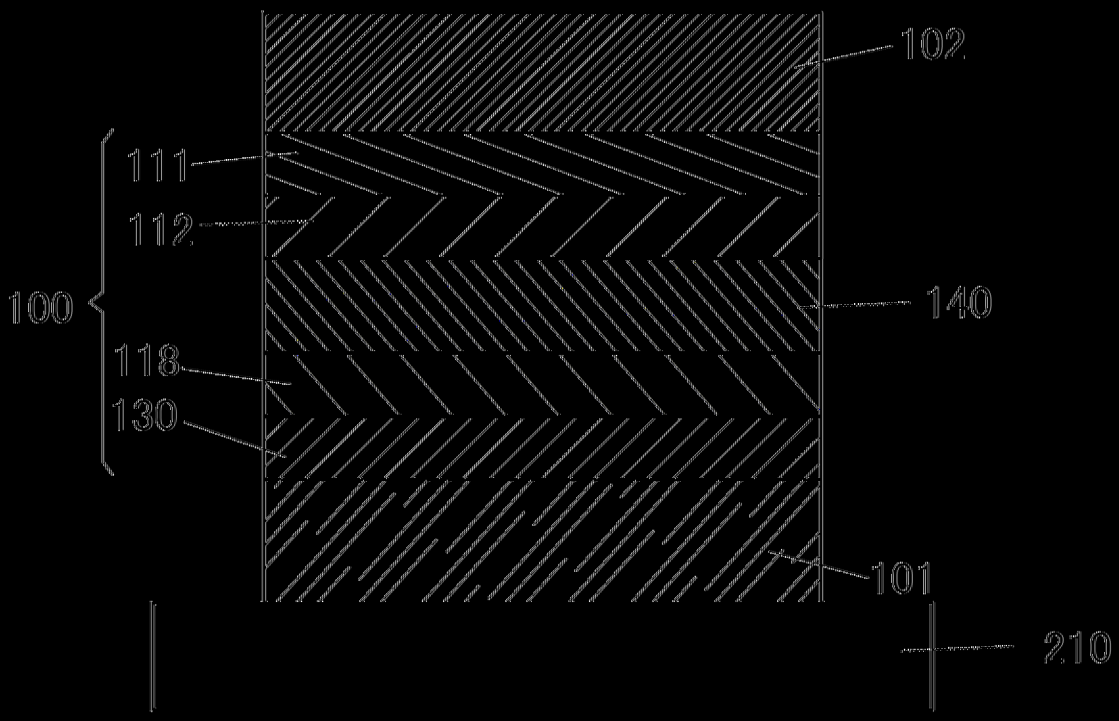
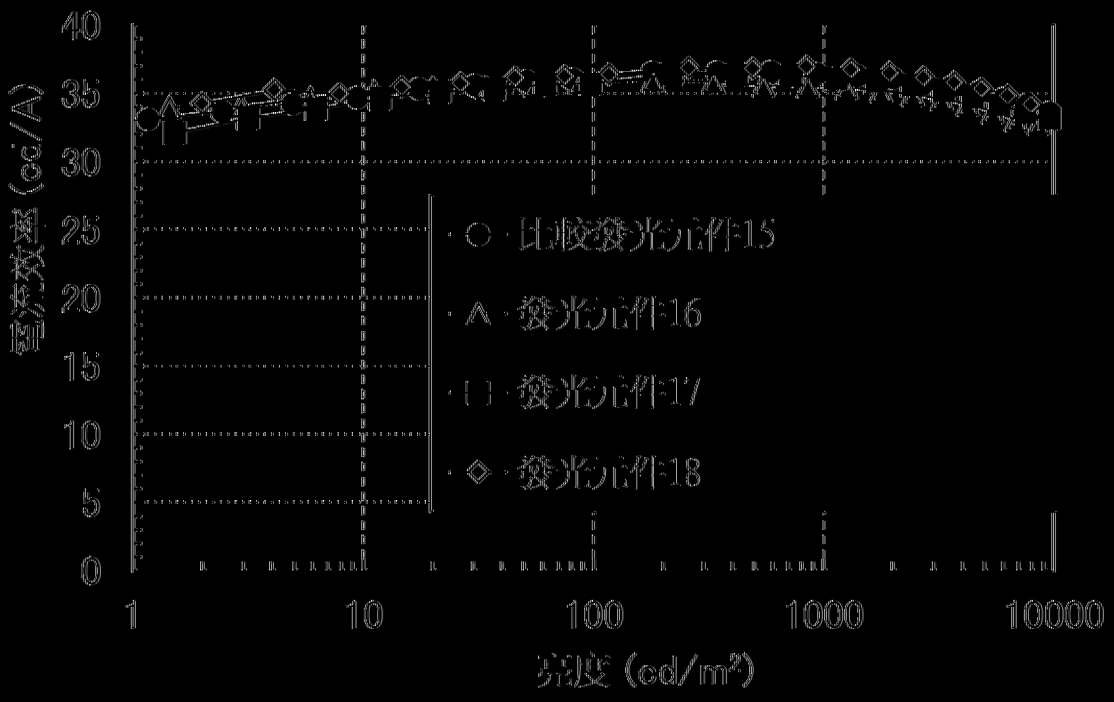
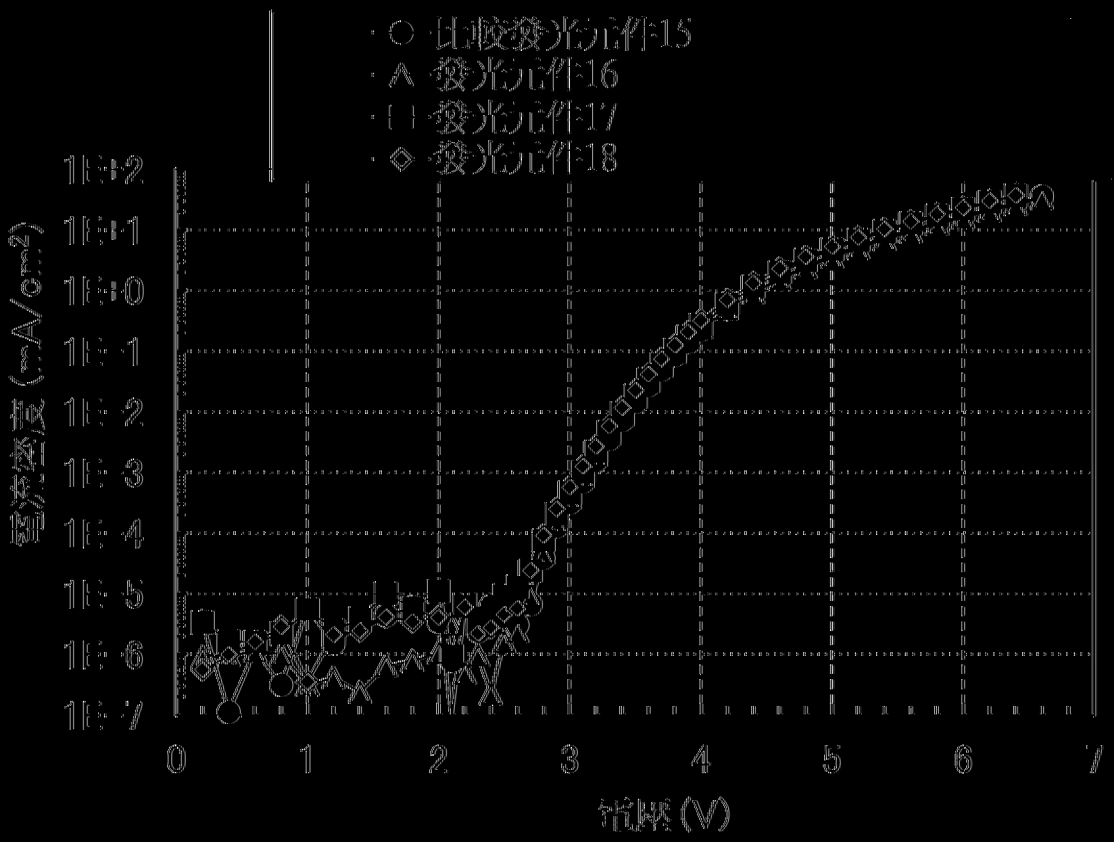


圖 3

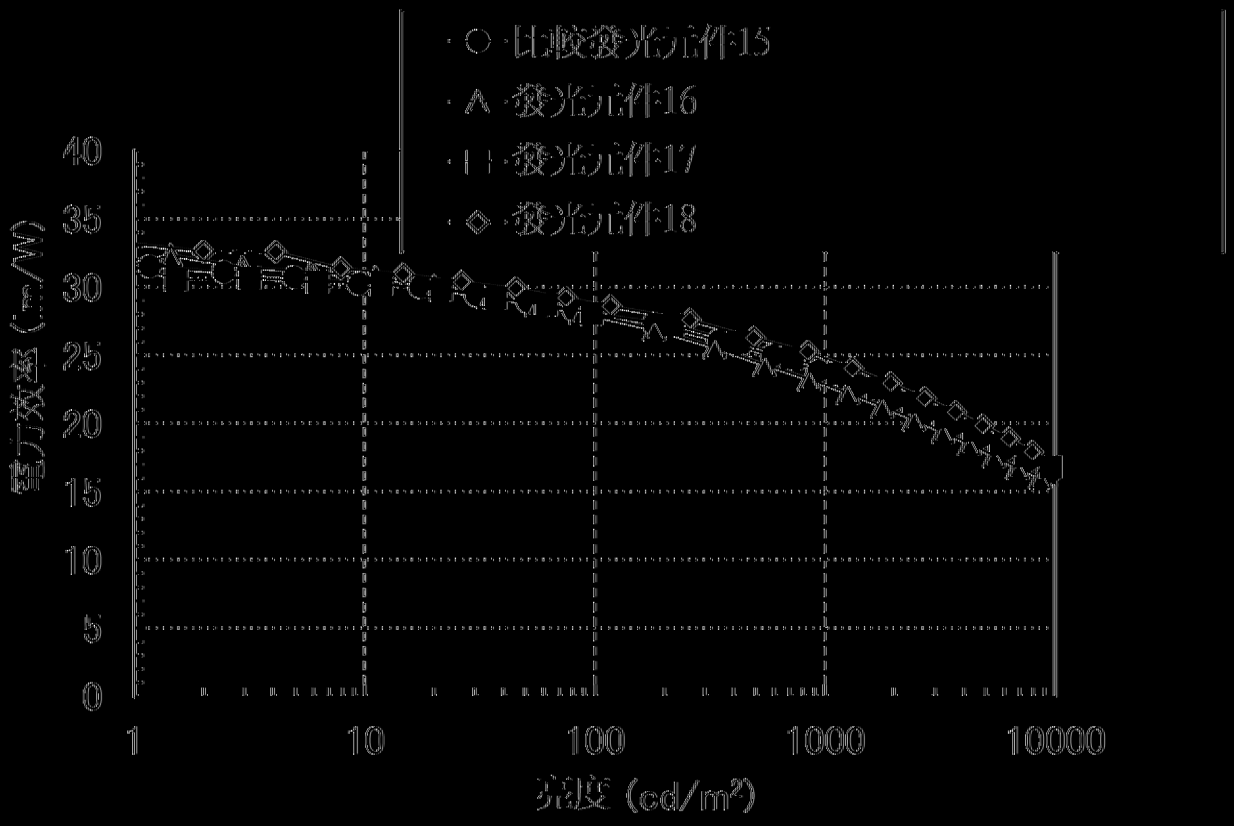

102
111
112
100
140
118
130
101
210


40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
·○·比較發光元件15
·△·發光元件16
·□·發光元件17
·◇·發光元件18

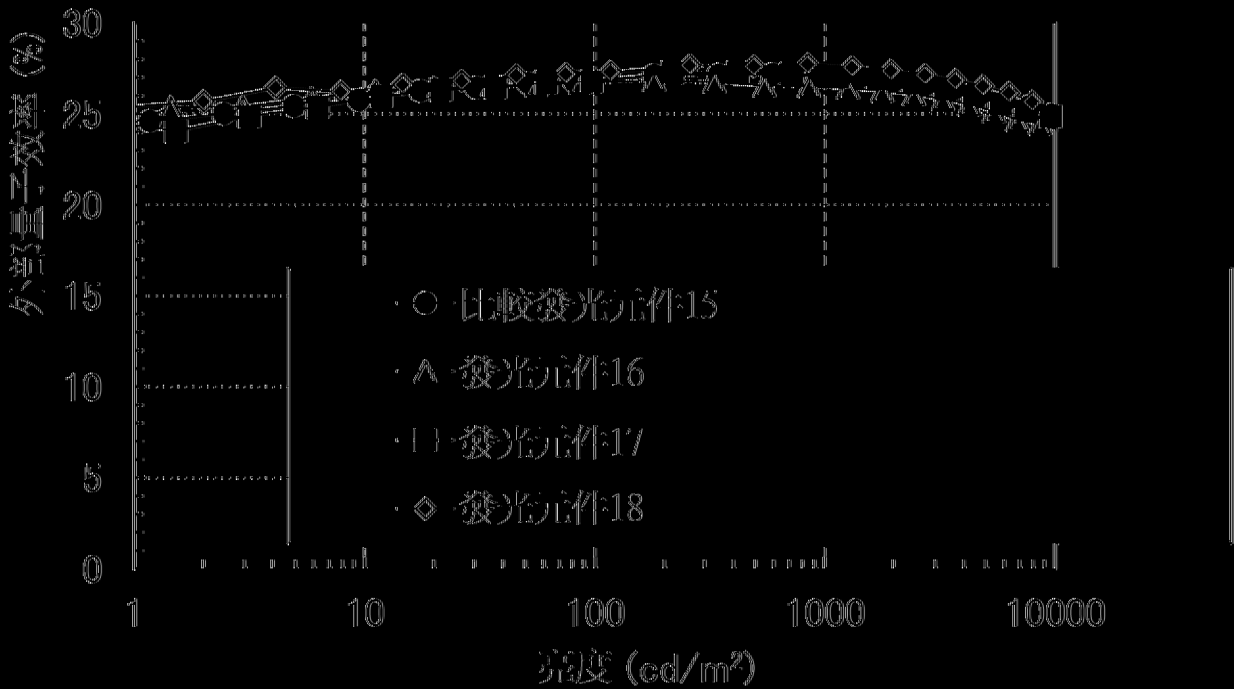
（圖38）


·○·比較發光元件15
·△·發光元件16
·□·發光元件17
·◇·發光元件18
1E+2
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
1E-7
0
1
2
3
4
5
6
7
電壓 (V)

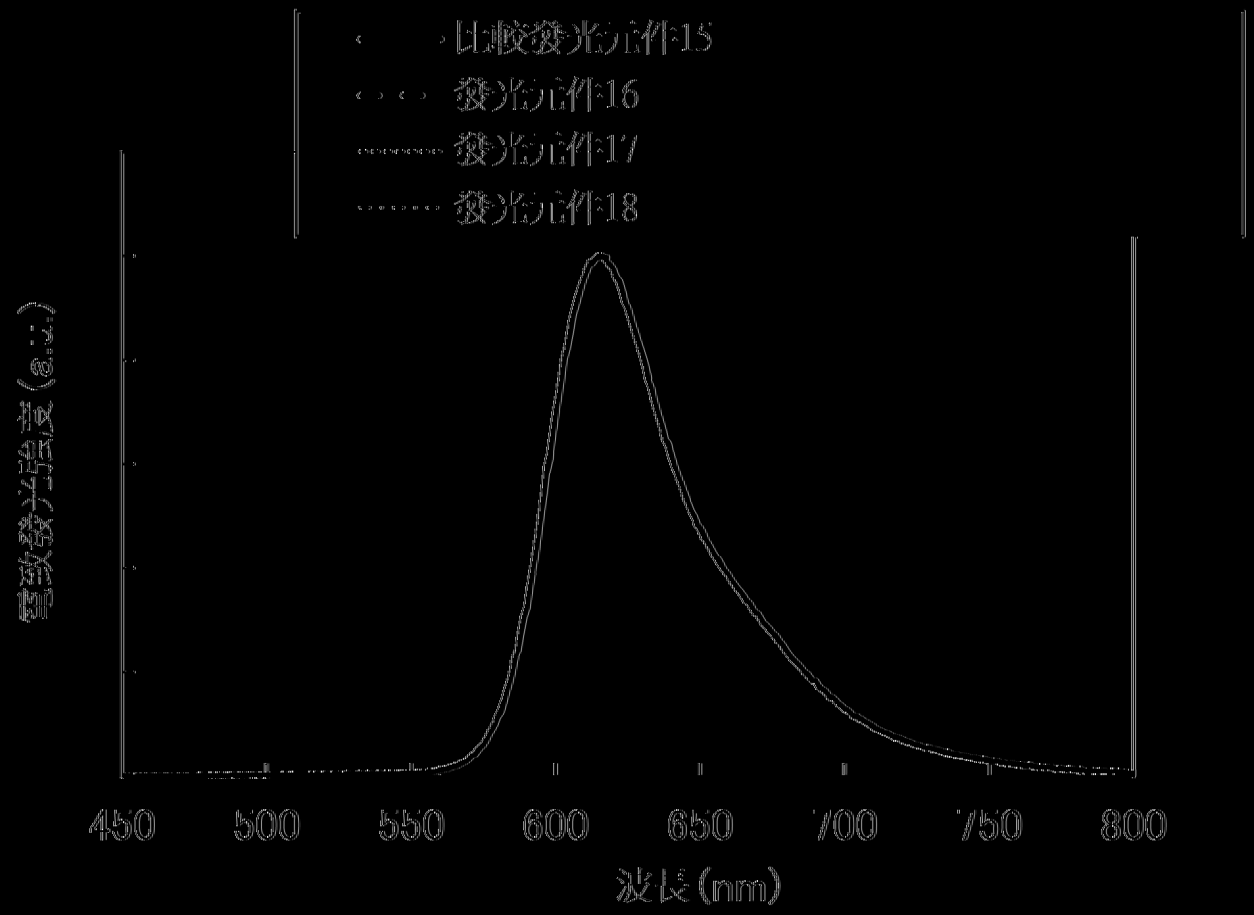
（圖39）


○ 比較發光元件15
△ 發光元件16
□ 發光元件17
◇ 發光元件18
外部量子效率 (%)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

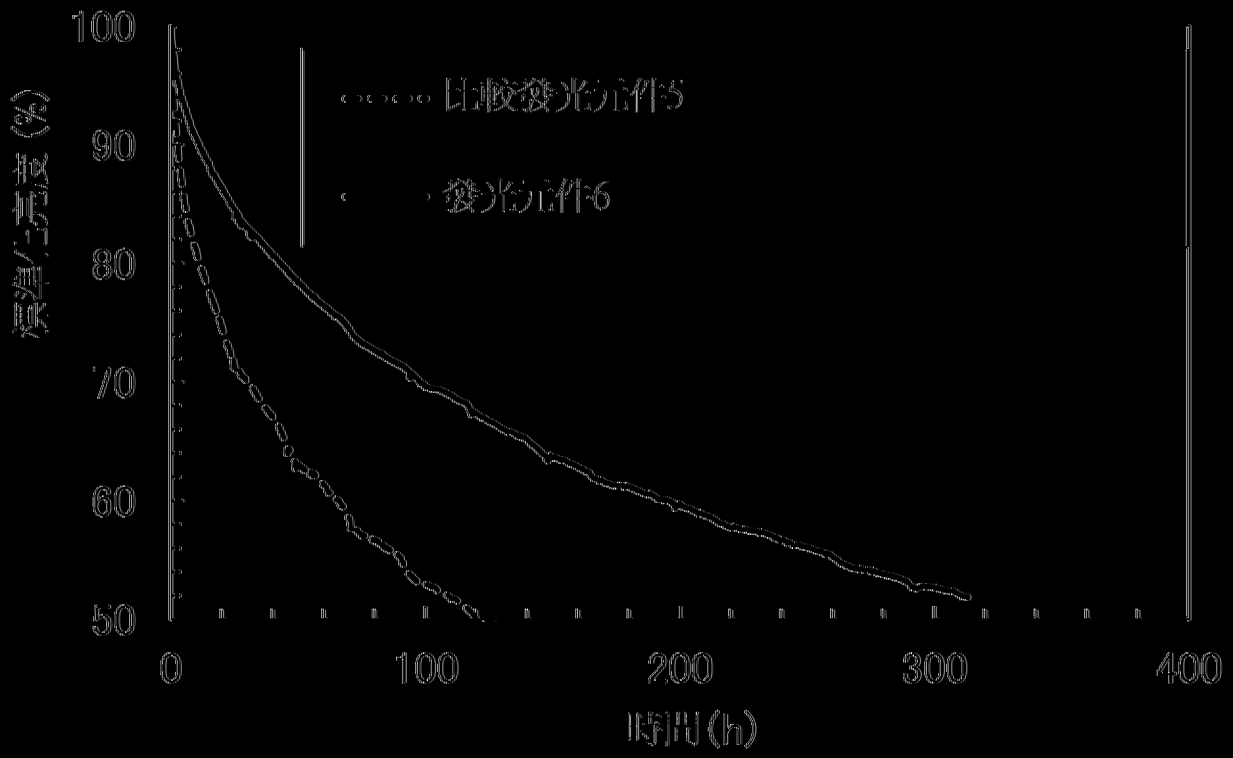
[圖40]

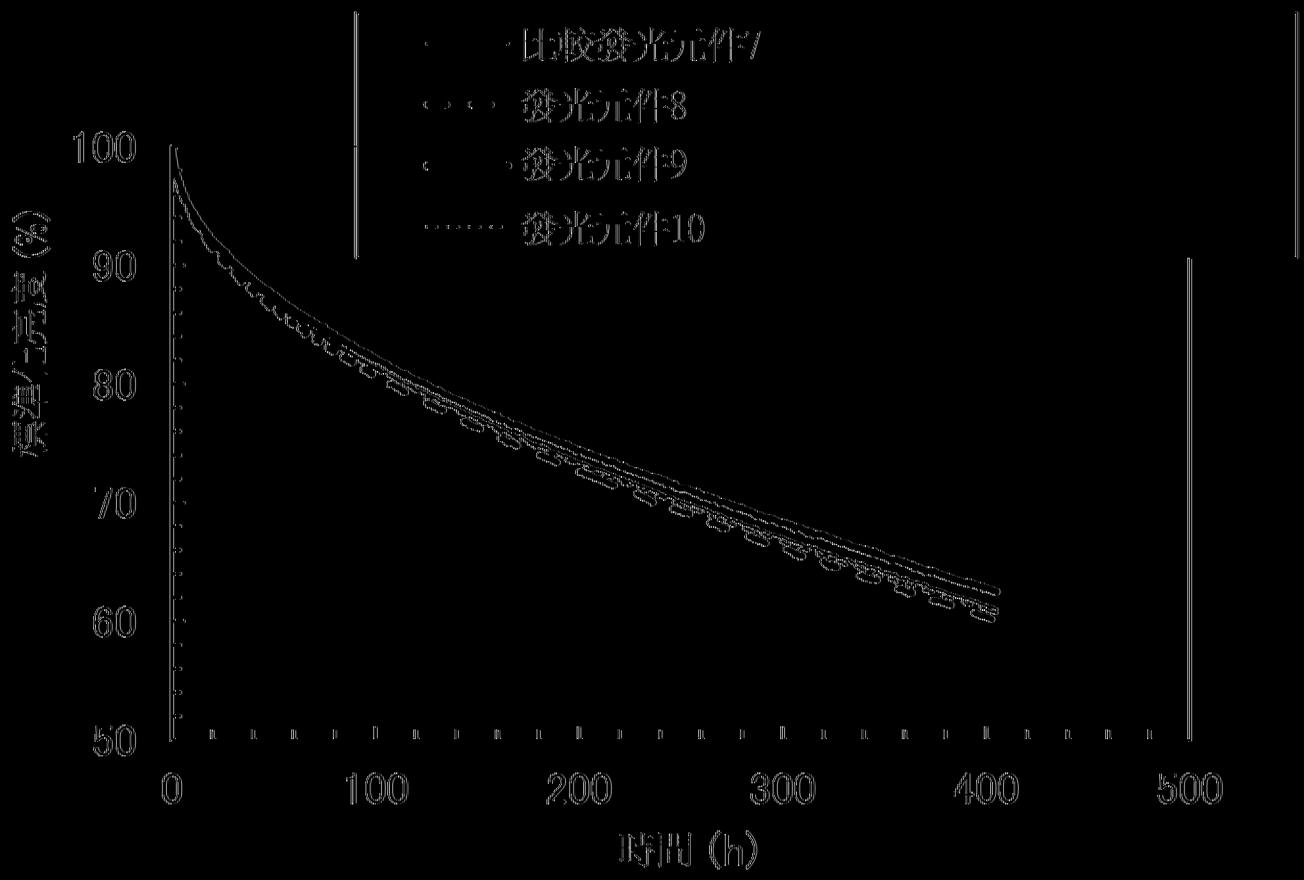

外部量子效率 (%)
0
5
10
15
20
25
30
○ 比較發光元件15
△ 發光元件16
□ 發光元件17
◇ 發光元件18
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

[圖41]

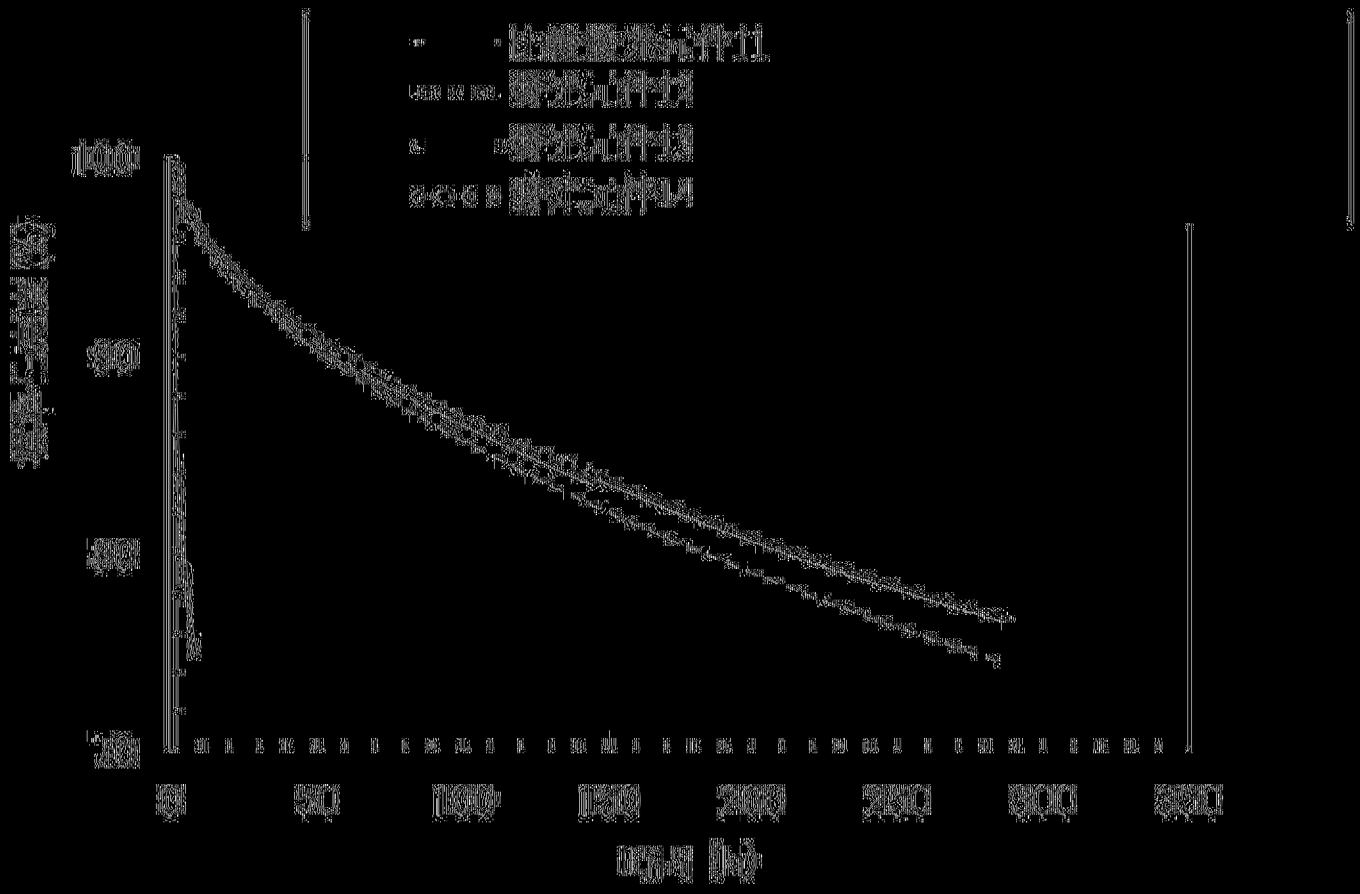

比較發光元件15
發光元件16
發光元件17
發光元件18
強度(a.u.)
450
500
550
600
650
700
750
800
波長(nm)

(圖42)

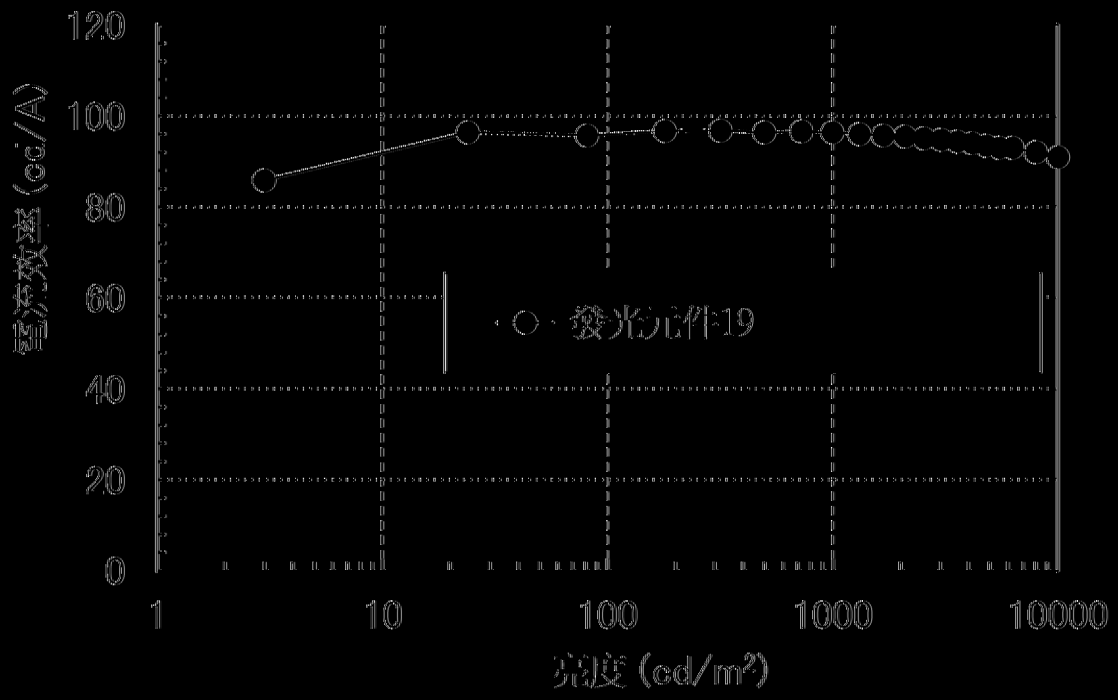

100
90
80
70
60
50
0
100
200
300
400
時間(h)
比較發光元件5
發光元件6


比較發光元件7
發光元件8
發光元件9
發光元件10
100
90
80
70
60
50
0
100
200
300
400
500
時間 (h)

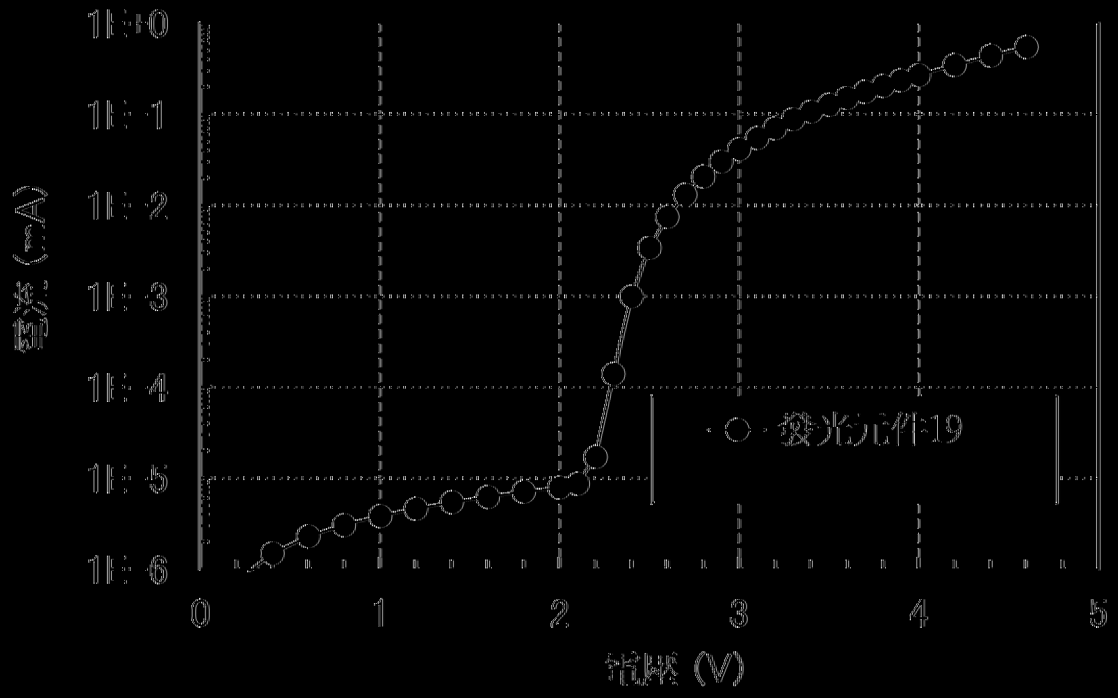
(圖44)



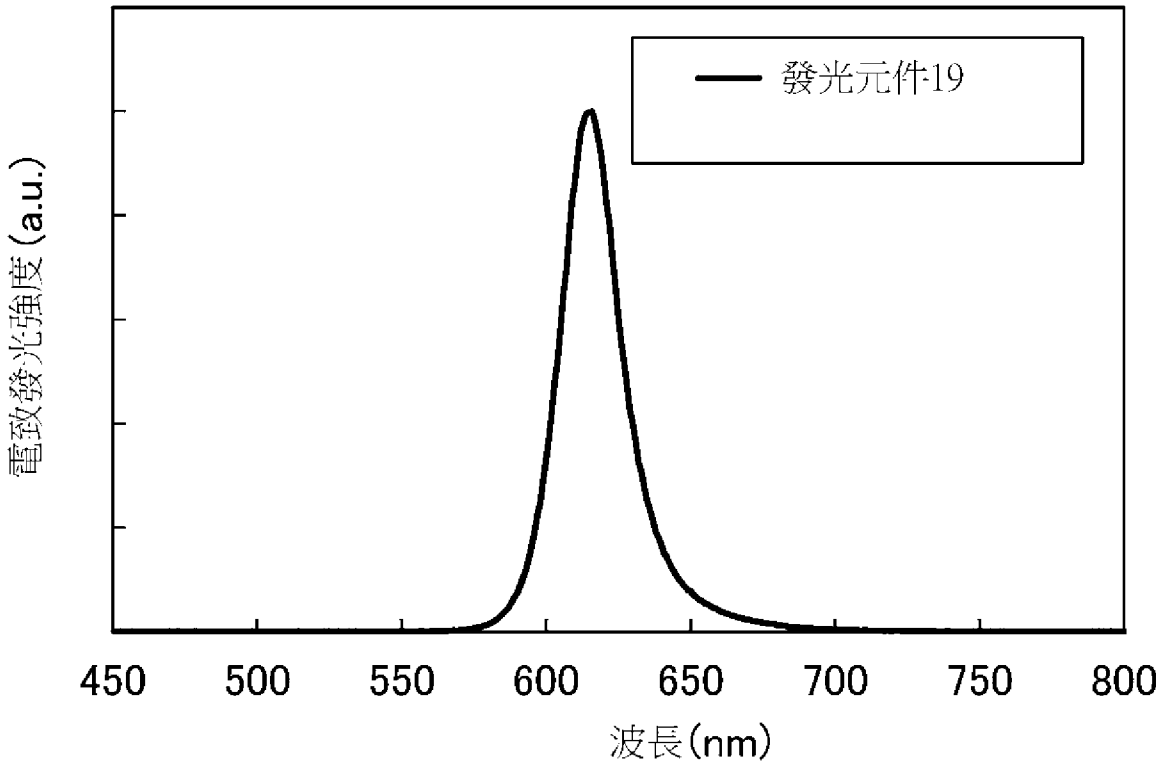
[圖式]


120
100
80
60
40
20
0
1
10
100
1000
10000
外部量子效率 (cd/A)
亮度 (cd/m²)
發光元件19

[圖46]


1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
1
2
3
4
5
電流 (A)
電壓 (V)
發光元件19

[圖47]



【圖48】

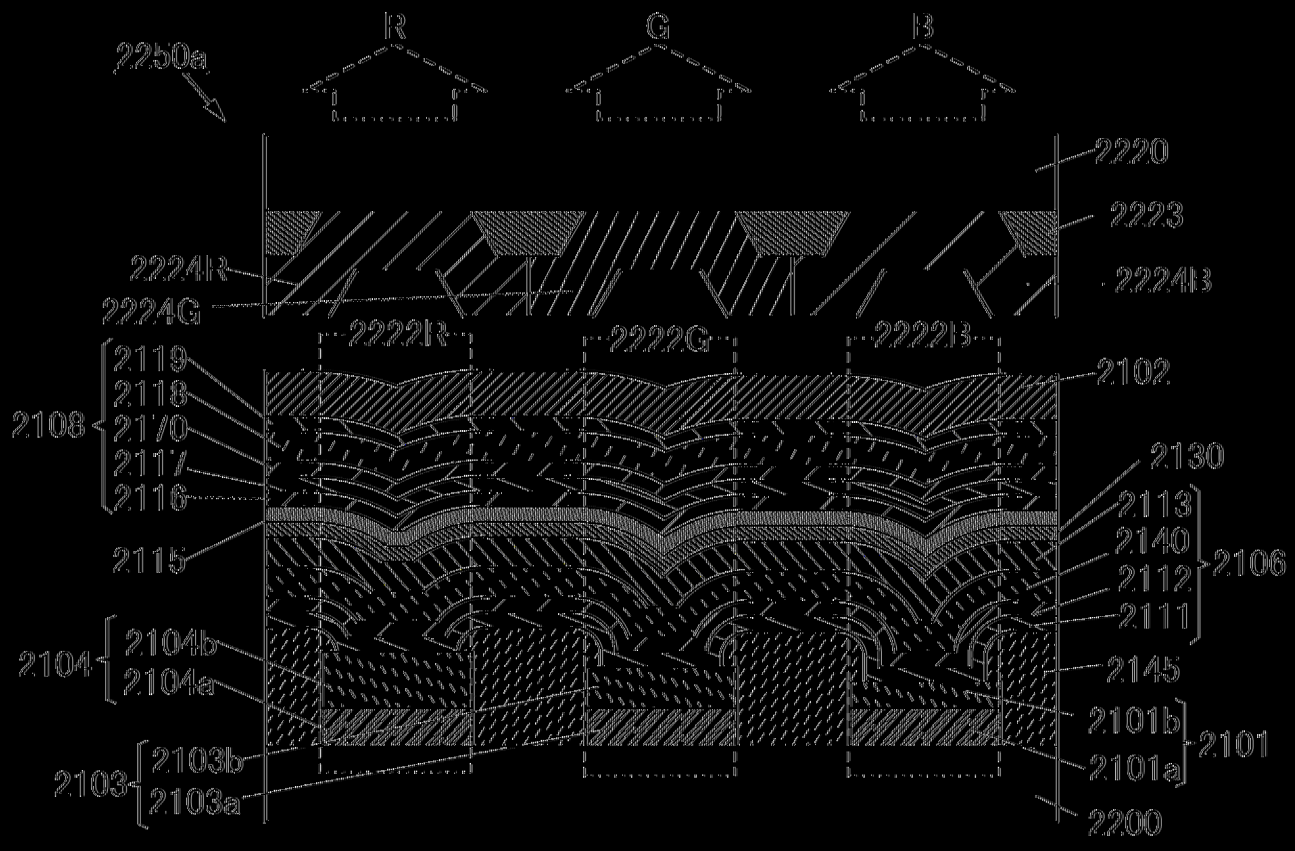

R
G
B
2250a
2220
2223
2224B
2224R
2224G
2222R
2222G
2222B
2102
2108
2119
2118
2110
2117
2116
2130
2115
2113
2140
2112
2111
2106
2104
2104b
2104a
2145
2101b
2101
2103
2103b
2103a
2101a
2200

圖49A

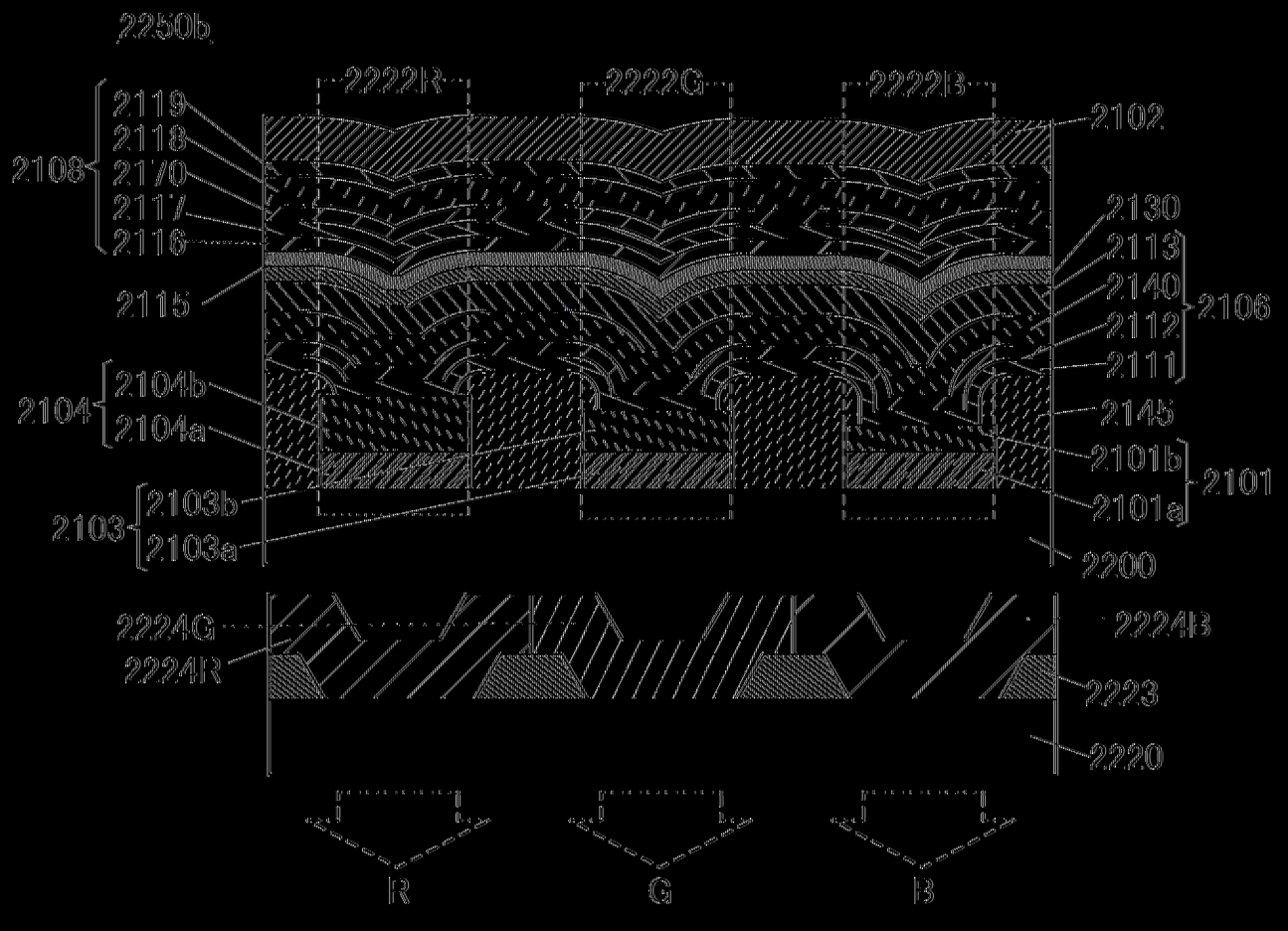

2250b
2222R
2222G
2222B
2102
2108
2119
2118
2110
2117
2116
2130
2115
2113
2140
2112
2111
2106
2104
2104b
2104a
2145
2101b
2101
2103
2103b
2103a
2101a
2200
2224G
2224R
2224B
2223
2220
R
G
B

圖49B

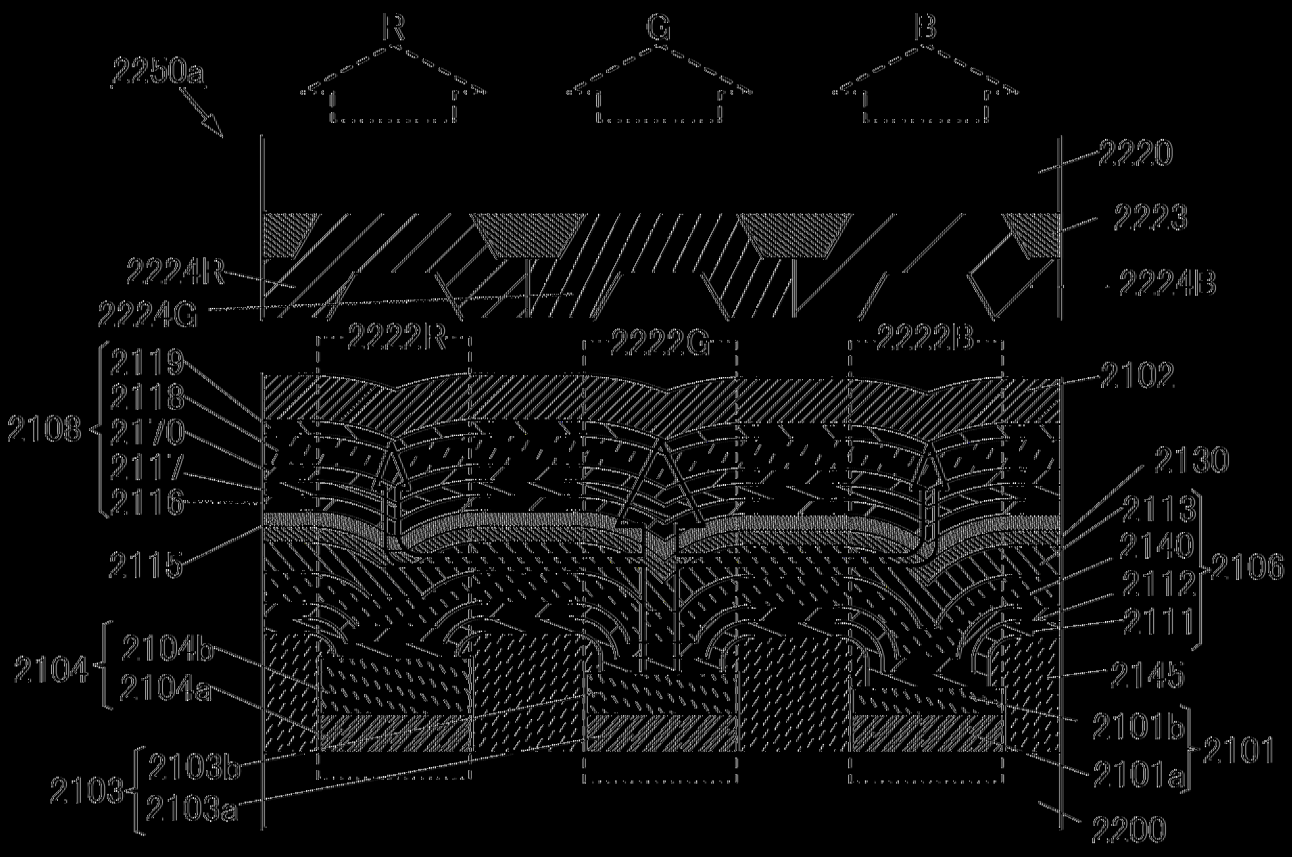

R
G
B
2250a
2220
2223
2224R
2224G
2224B
2222R
2222G
2222B
2102
2108
2119
2118
2170
2117
2116
2130
2113
2140
2112
2111
2106
2115
2104
2104b
2104a
2145
2101b
2101
2103
2103b
2103a
2101a
2200

圖50A

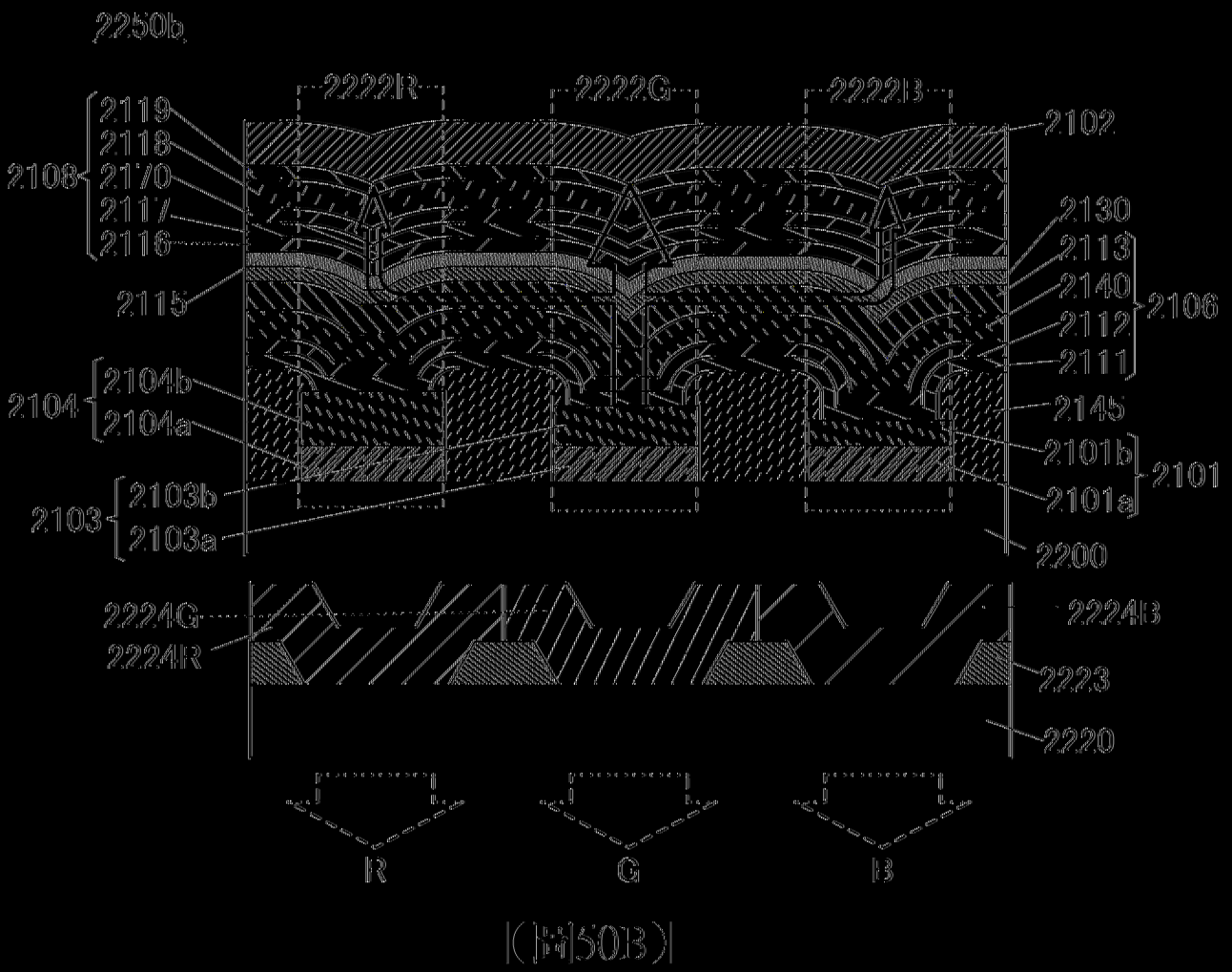
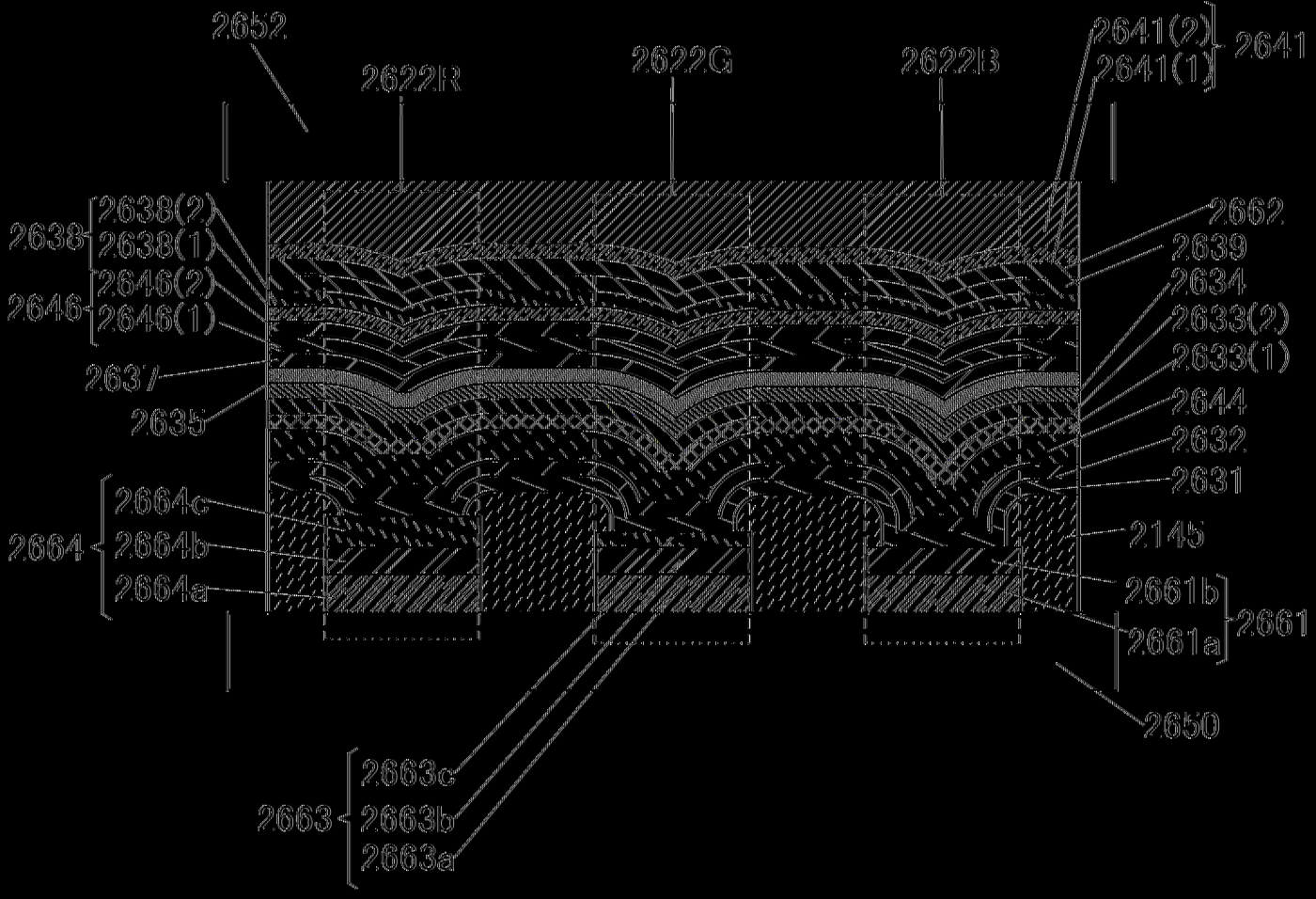
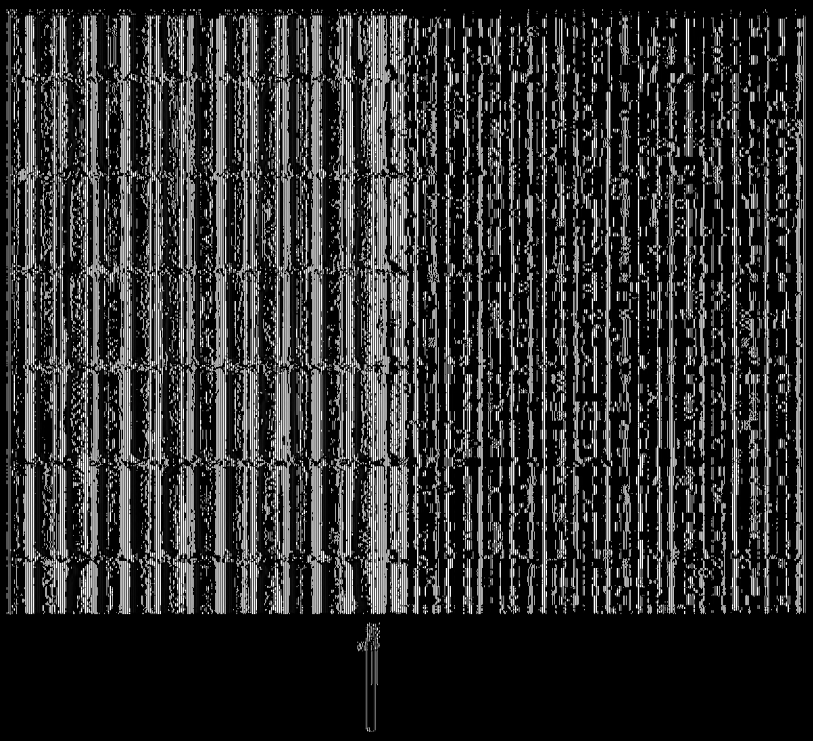
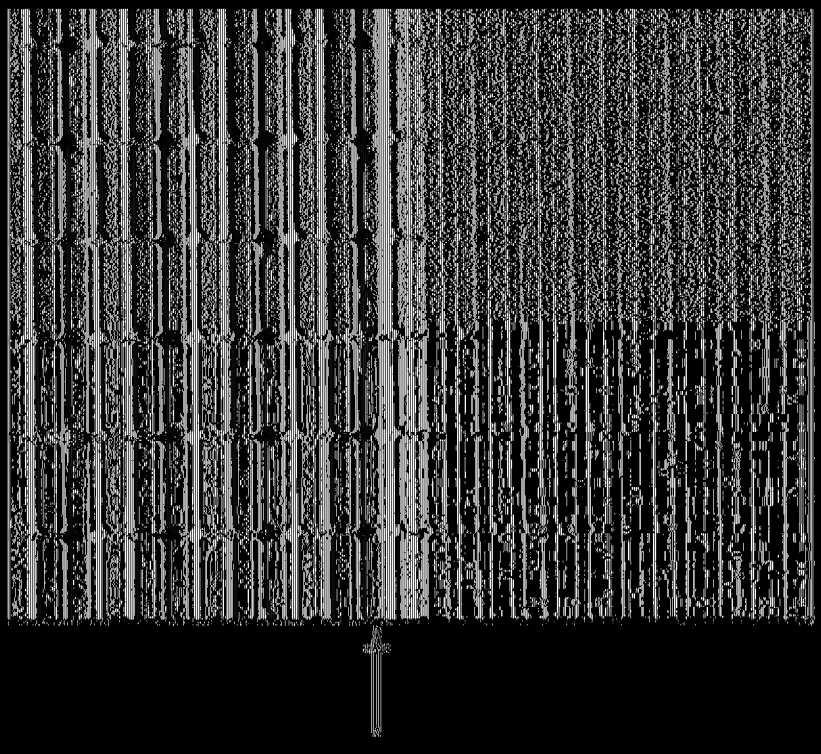

2250b
2222R
2222G
2222B
2102
2108
2119
2118
2170
2117
2116
2130
2113
2140
2112
2111
2106
2115
2104
2104b
2104a
2145
2101b
2101
2103
2103b
2103a
2101a
2200
2224G
2224R
2224B
2223
2220
R
G
B

圖50B

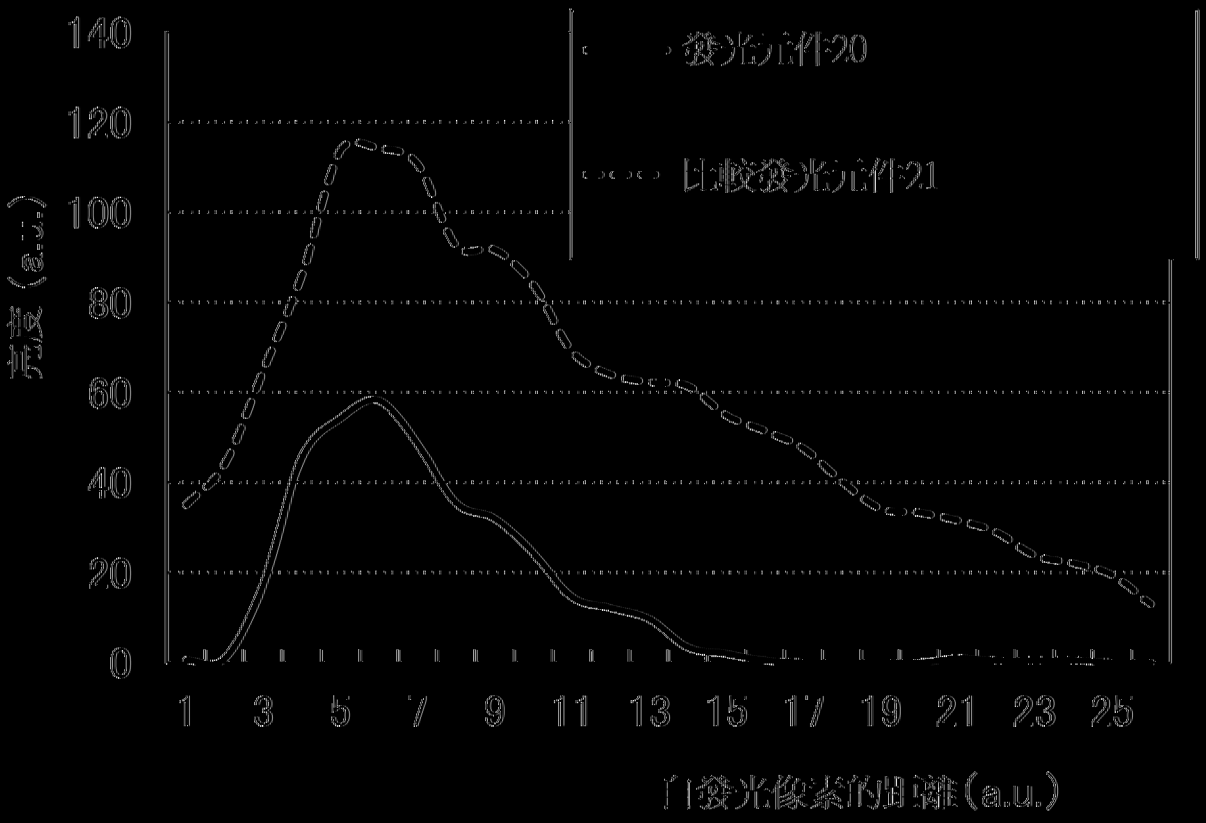

2652
2622R
2622G
2622B
2641(2)
2641(1)
2641
2638
2638(2)
2638(1)
2646
2646(2)
2646(1)
2637
2635
2664
2664c
2664b
2664a
2662
2639
2634
2633(2)
2633(1)
2644
2632
2631
2145
2661
2661b
2661a
2650
2663
2663c
2663b
2663a

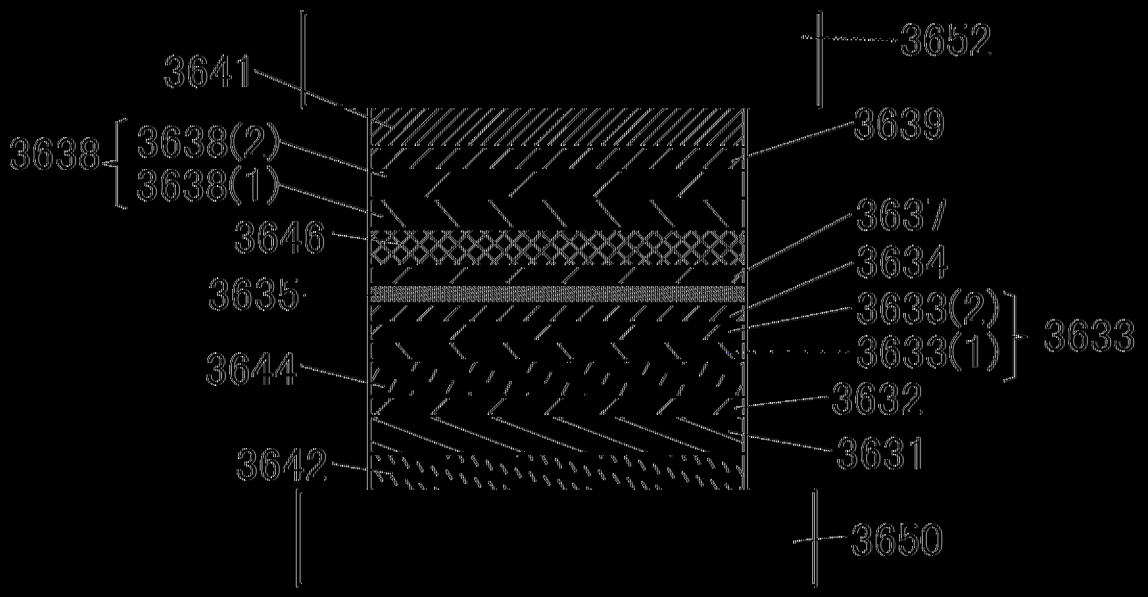


圖(圖52A)

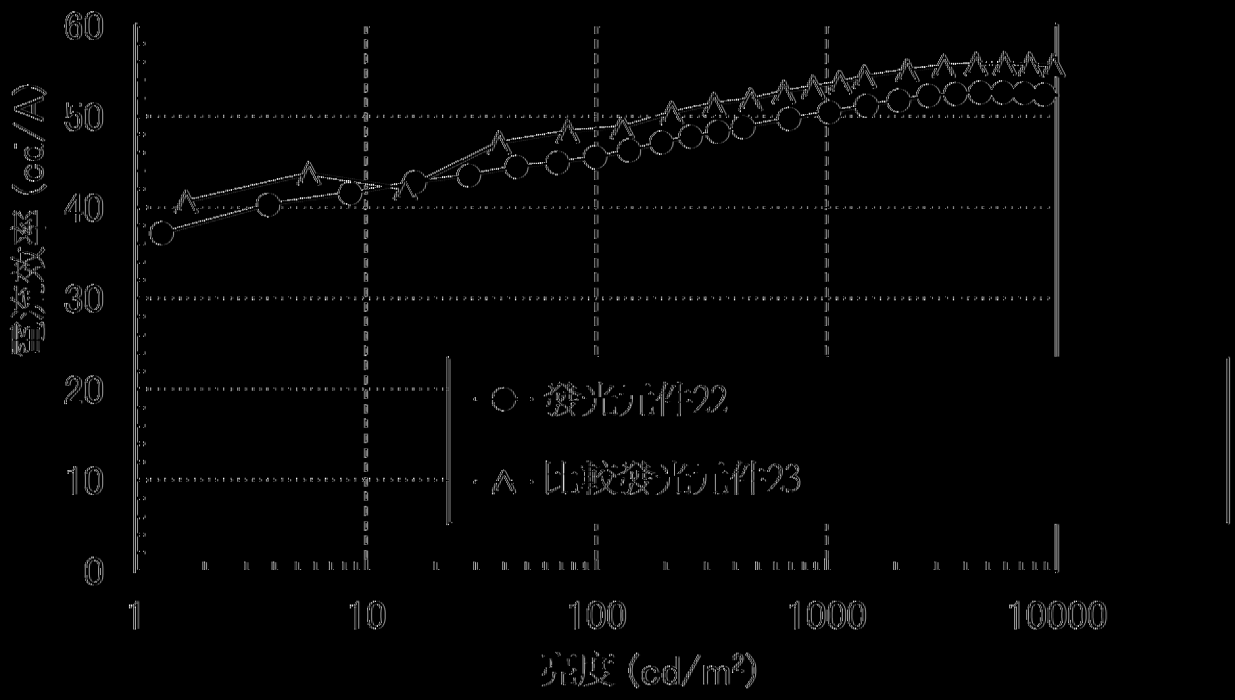


圖(圖52B)

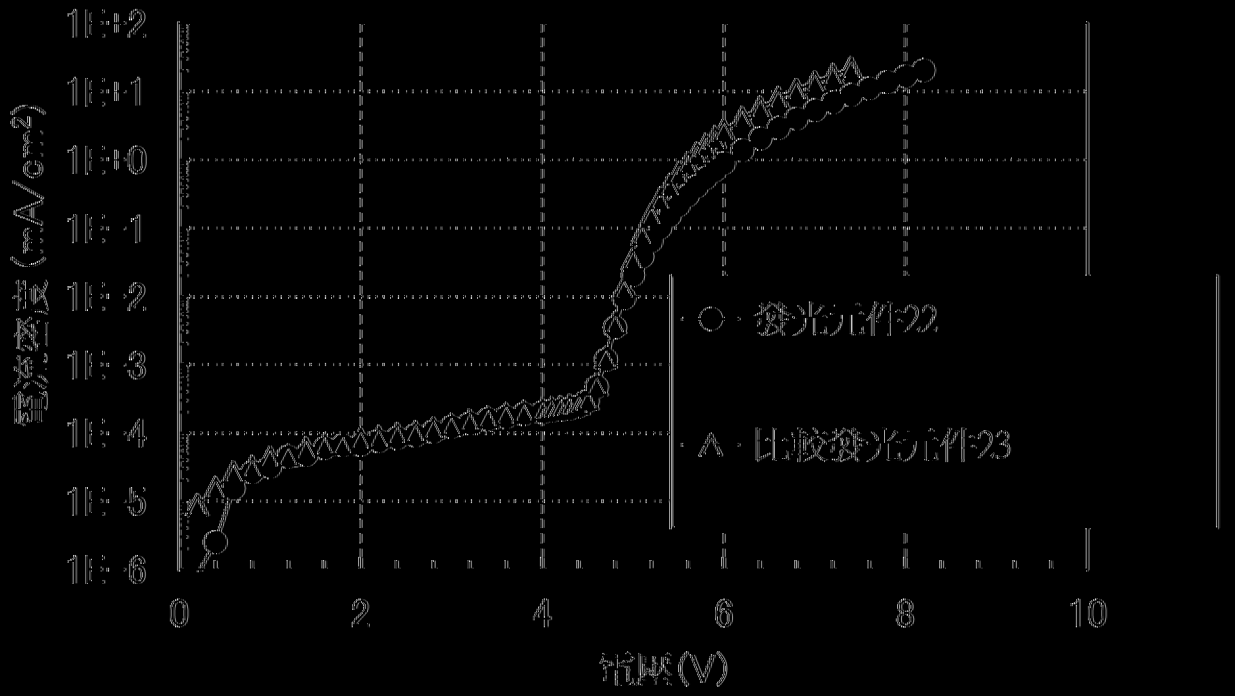

140
120
100
80
60
40
20
0
強度（a.u.）
1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
螢光像素的距離（a.u.）
發光元件20
比較發光元件21


3641
3638
3638(2)
3638(1)
3646
3635
3644
3642
3652
3639
3637
3634
3633(2)
3633(1)
3633
3632
3631
3650

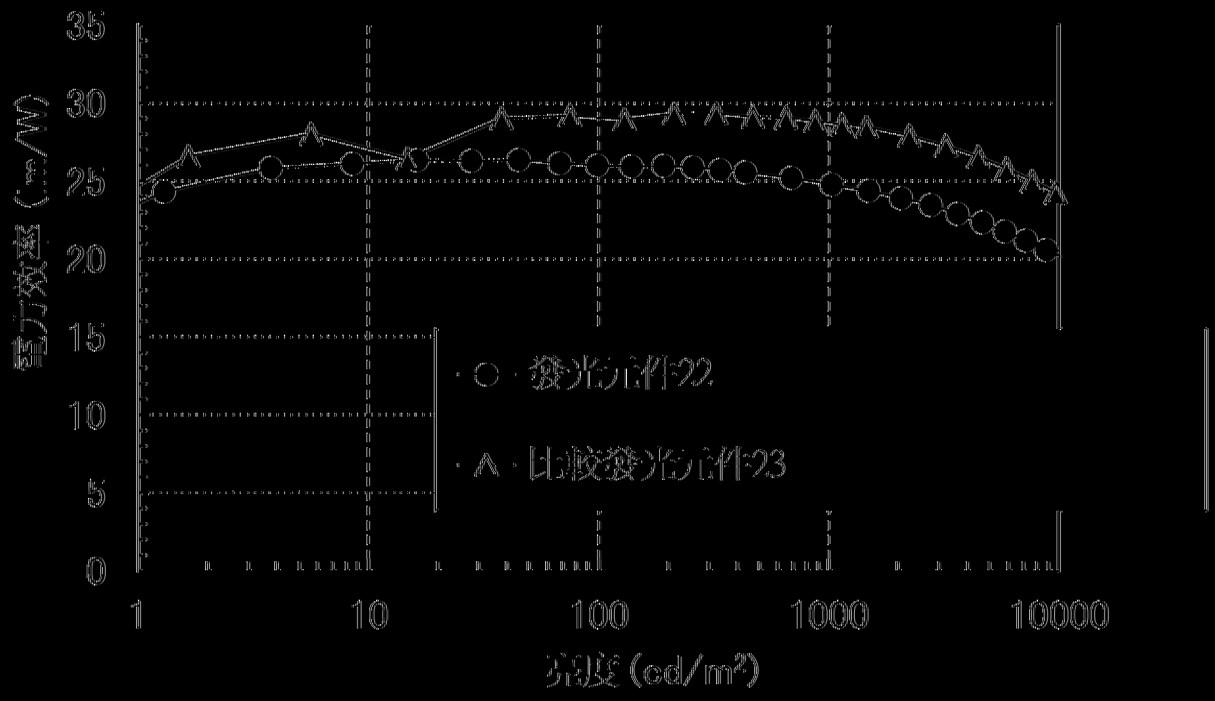
(圖54)


60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
外部量子效率 (%)
○：發光元件22
△：比較發光元件23

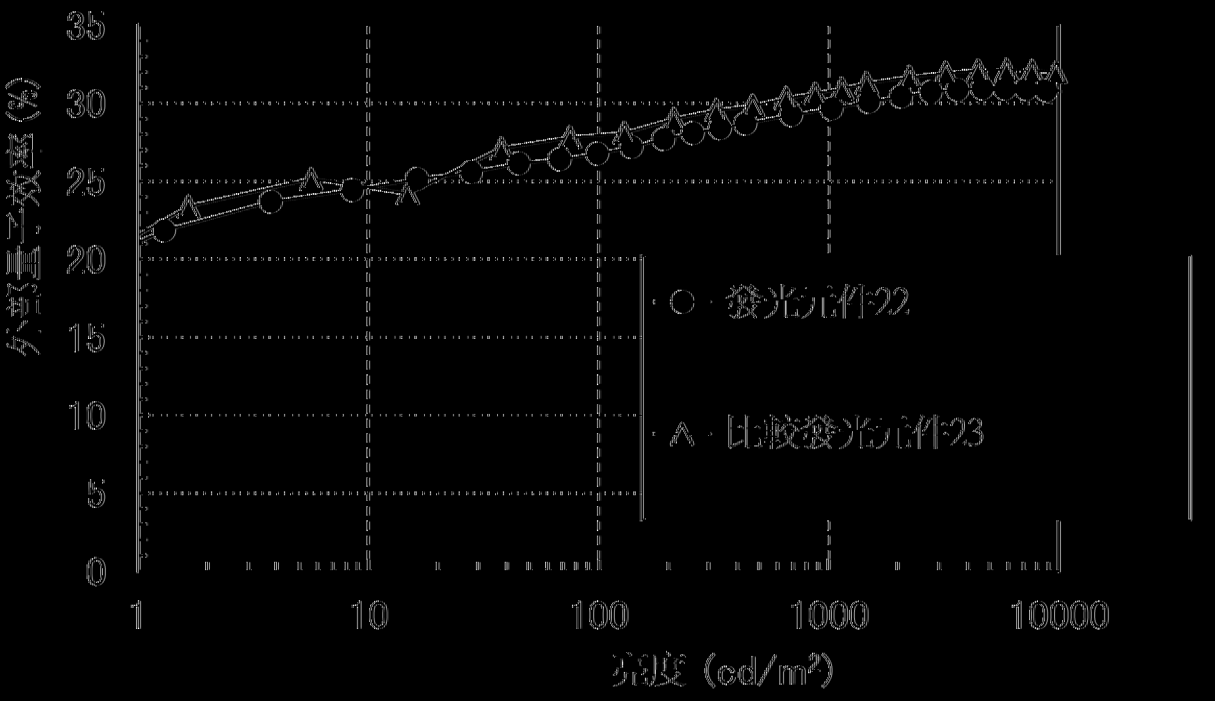
[圖55]


1E+2
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
2
4
6
8
10
電壓(V)
電流效率 (mA/cm²)
○：發光元件22
△：比較發光元件23

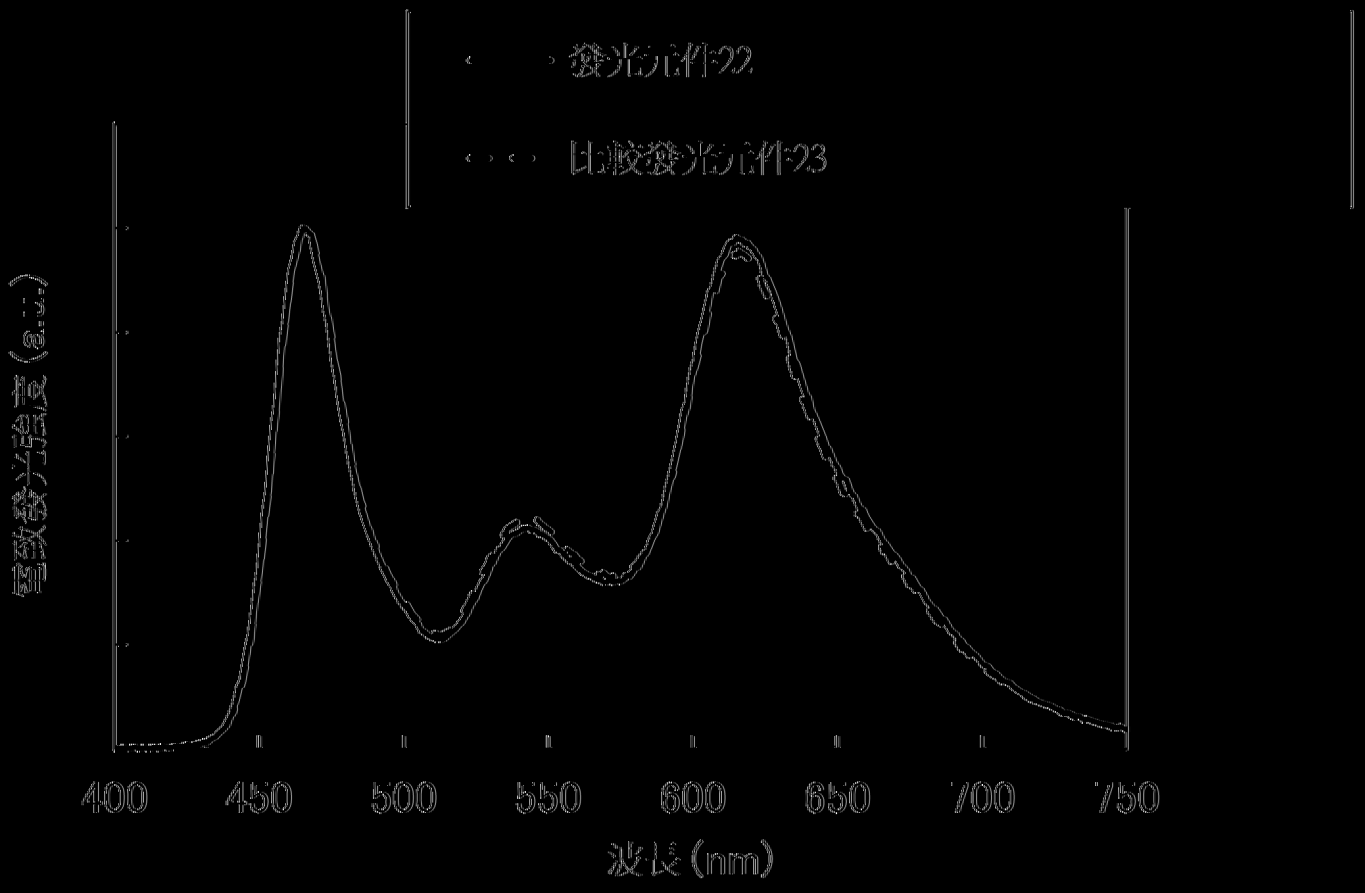
[圖56]

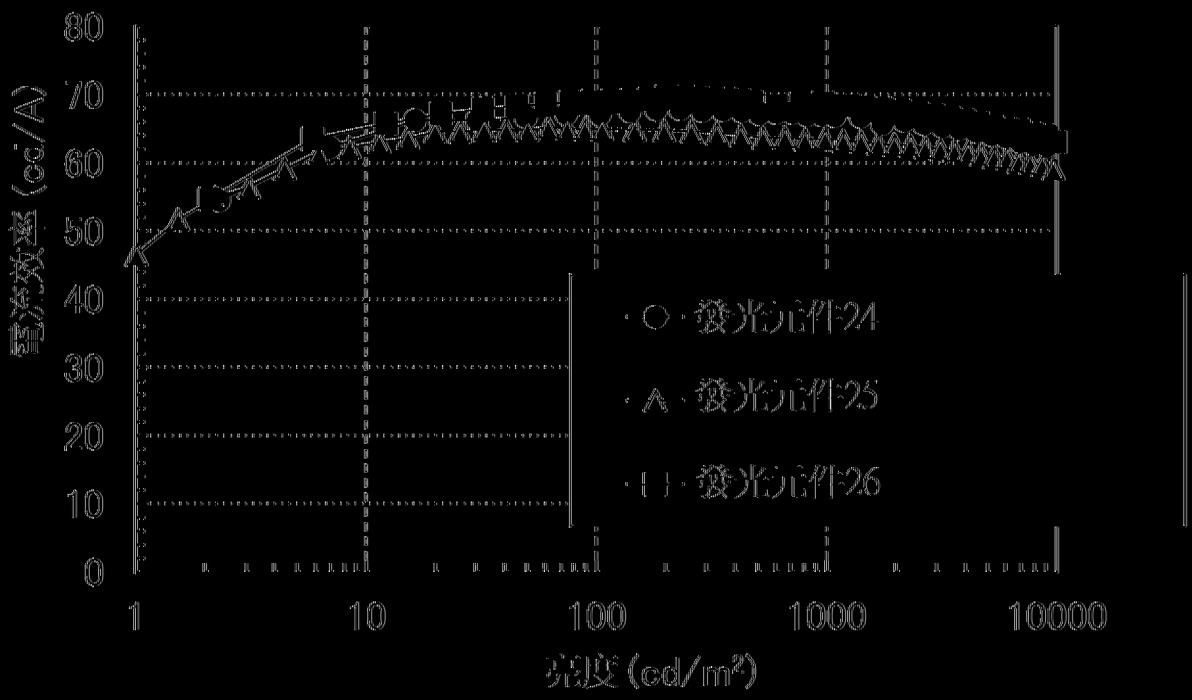

35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
強度 (cd/m²)
○：發光元件22
△：比較發光元件23

(圖57)

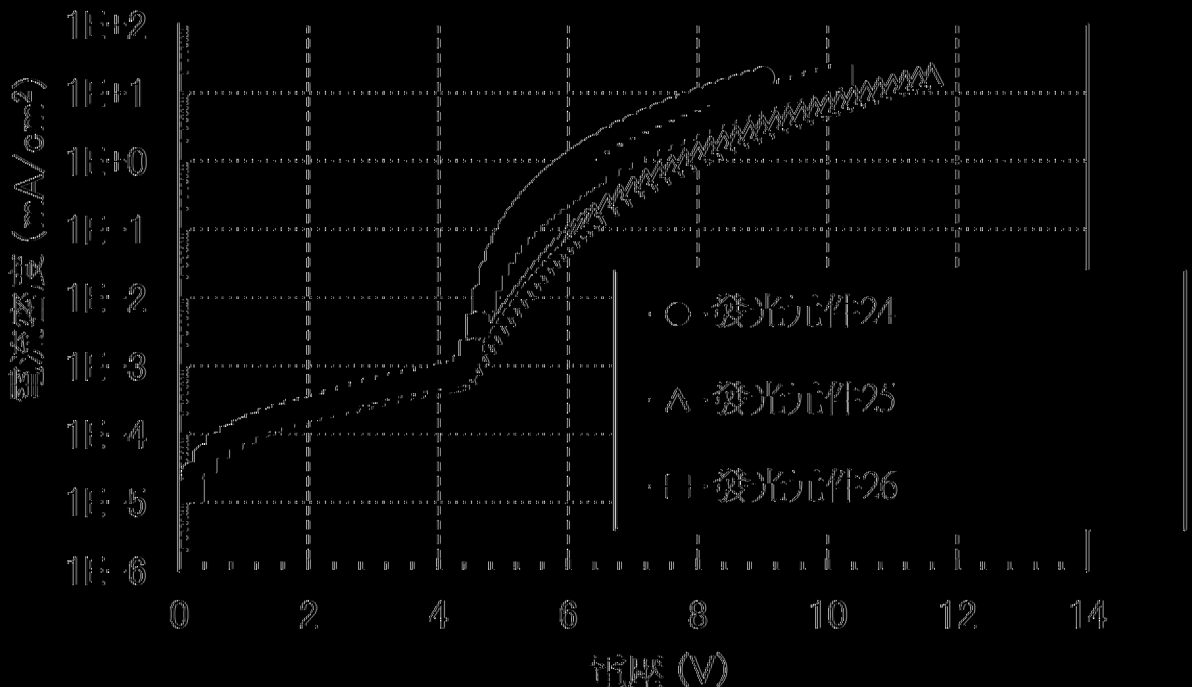

35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
強度 (cd/m²)
○：發光元件22
△：比較發光元件23

(圖58)

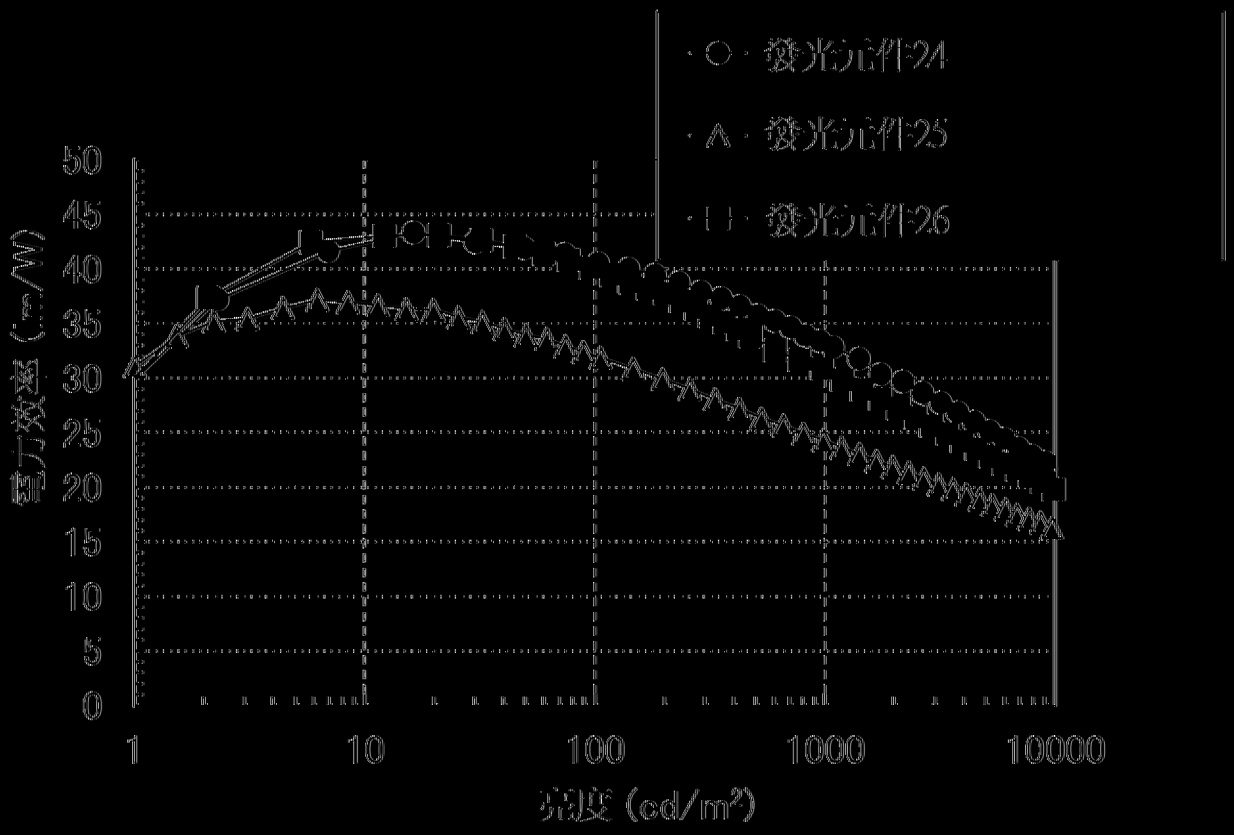

發光元件22
比較發光元件23
相對發光強度（a.u.）
400
450
500
550
600
650
700
750
波長(nm)


80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
強度 (cd/m²)
·○·發光元件24
·△·發光元件25
·□·發光元件26

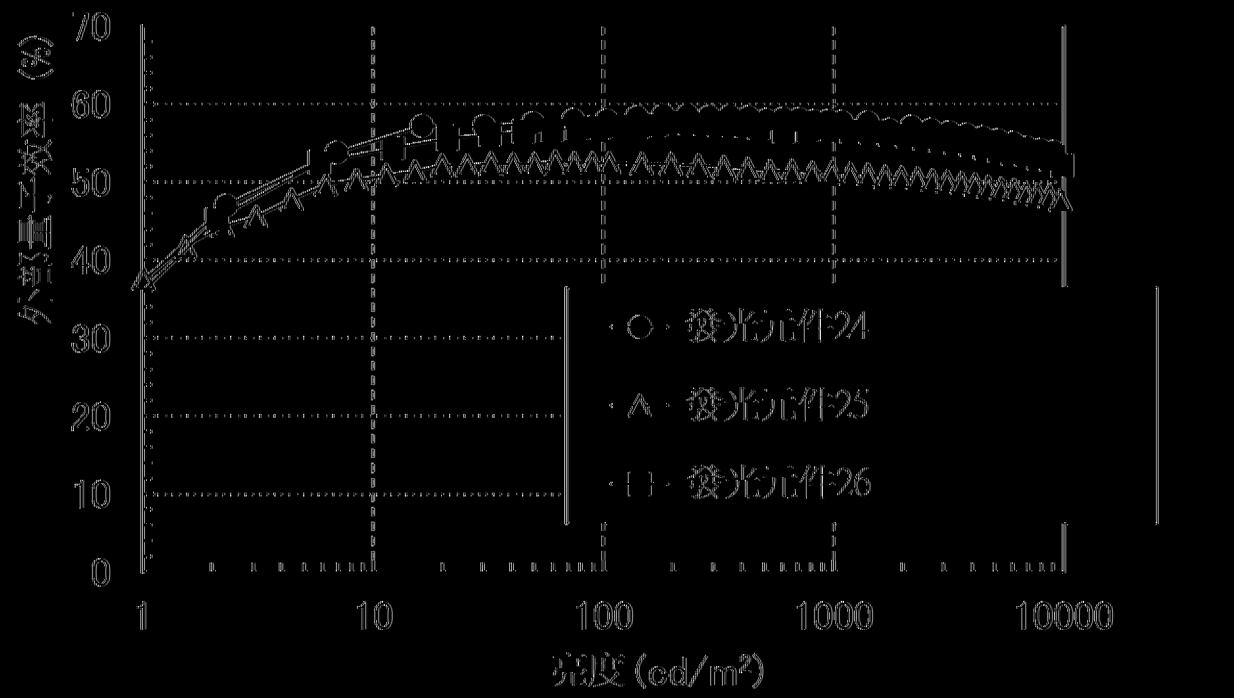
（圖60）


1E+2
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
2
4
6
8
10
12
14
電壓 (V)
·○·發光元件24
·△·發光元件25
·□·發光元件26

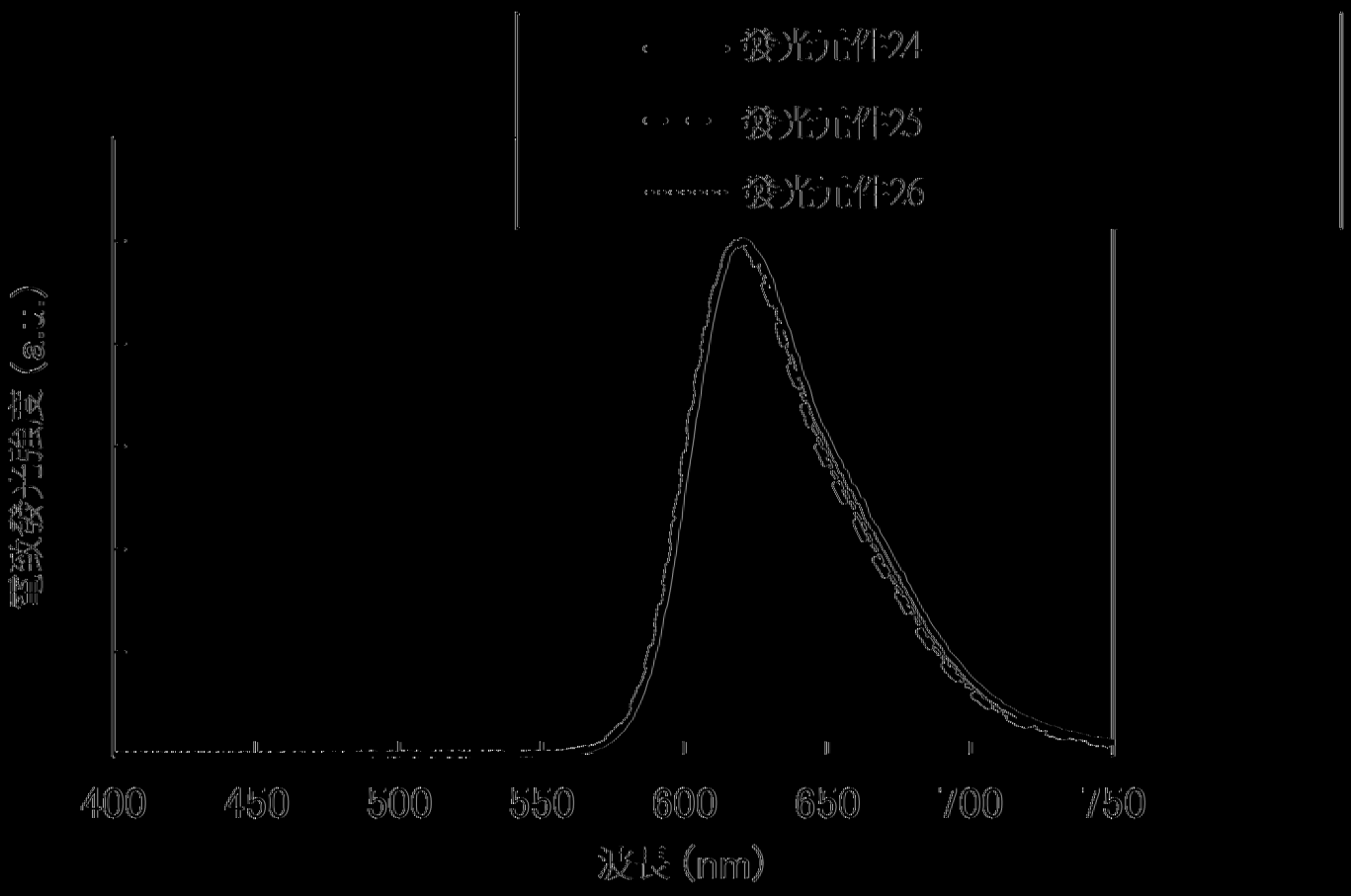
（圖61）

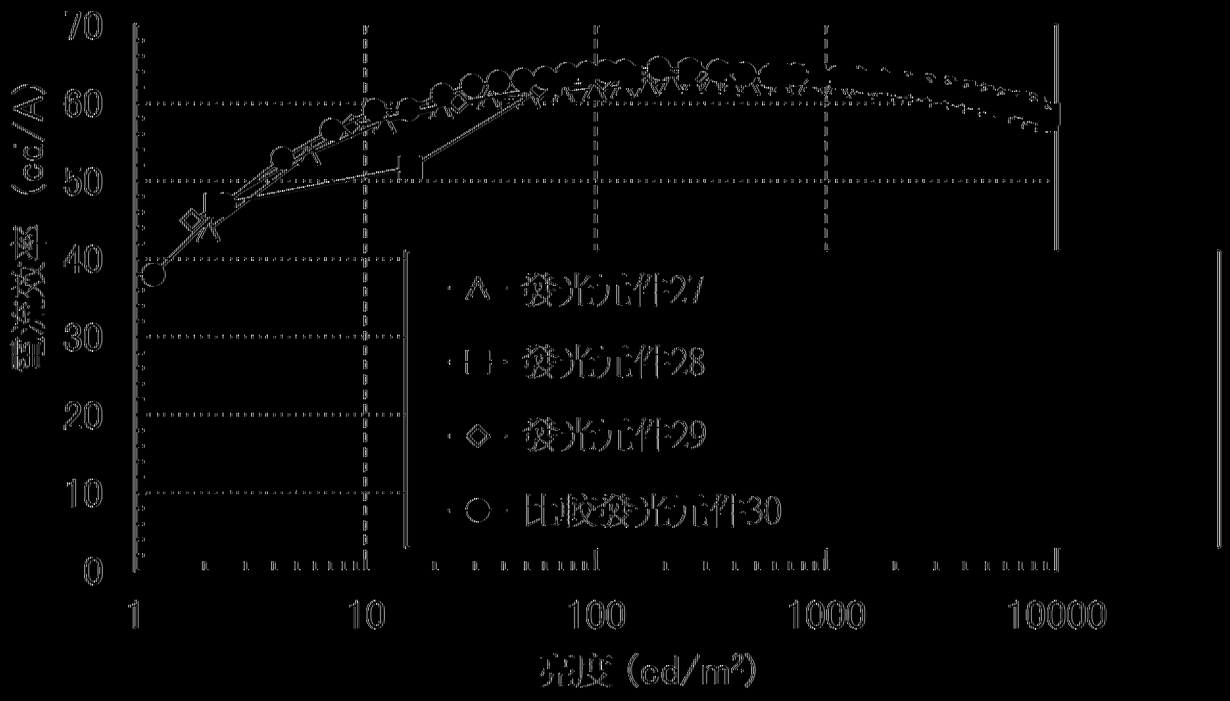

○ 發光元件24
△ 發光元件25
□ 發光元件26
外部量子效率 (EQE) %
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

(圖62)

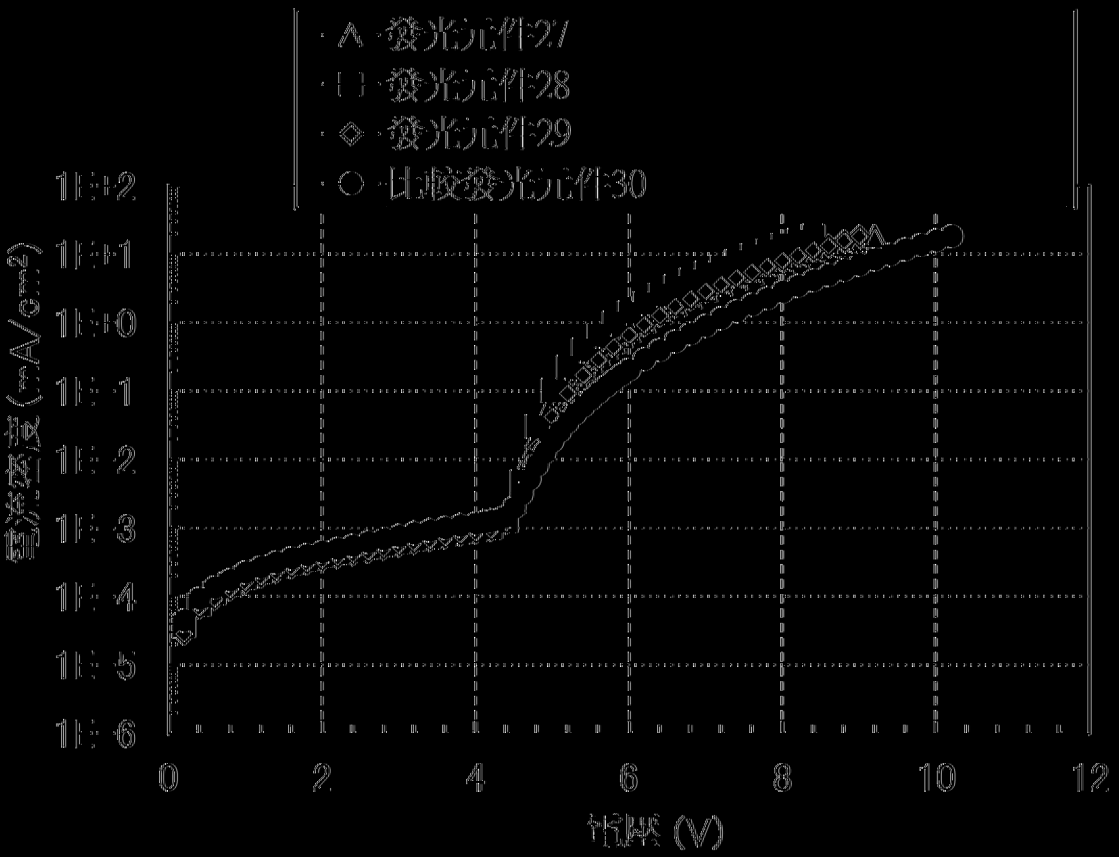

○ 發光元件24
△ 發光元件25
□ 發光元件26
電流效率 (cd/A)
0
10
20
30
40
50
60
70
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

(圖63)

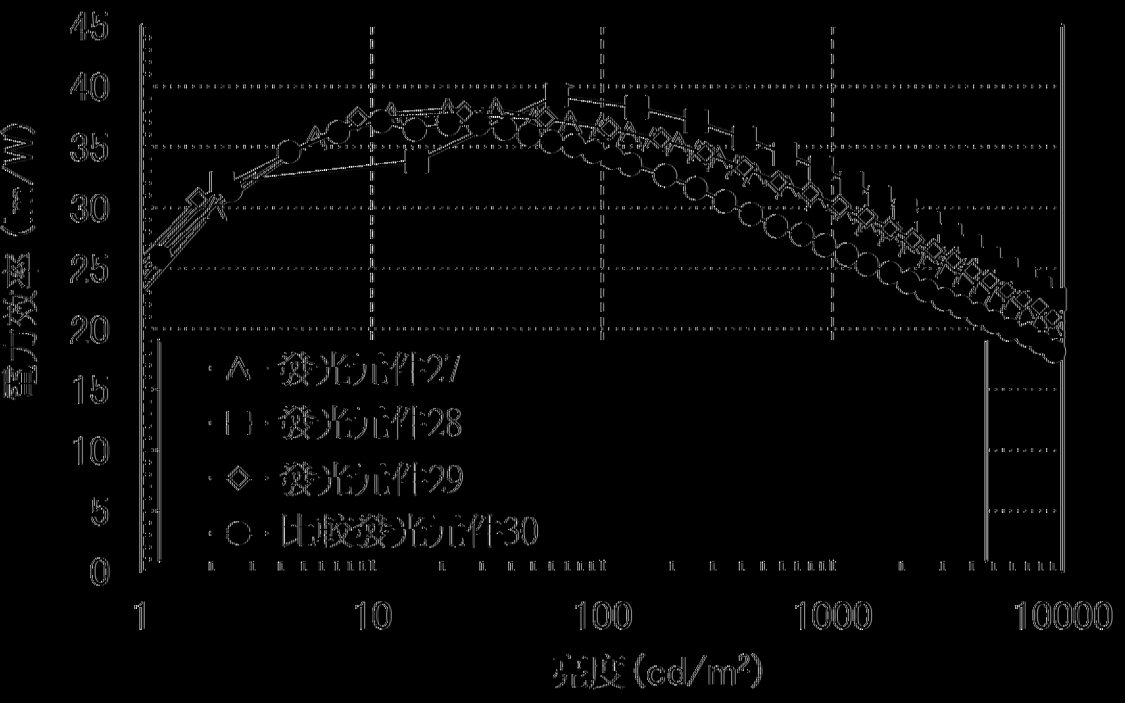

發光元件24
發光元件25
發光元件26
相對發光強度 (a.u.)
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)


70
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
· △ · 發光元件27
· □ · 發光元件28
· ◇ · 發光元件29
· ○ · 比較發光元件30

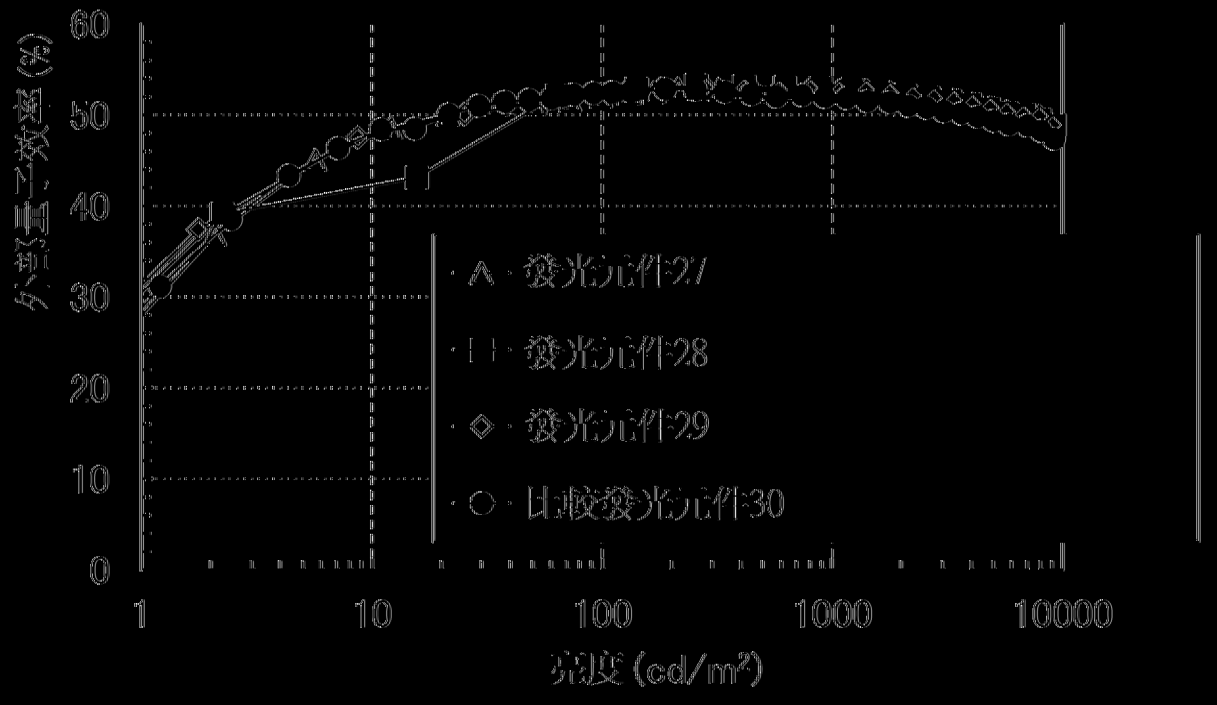
[圖65]


· △ · 發光元件27
· □ · 發光元件28
· ◇ · 發光元件29
· ○ · 比較發光元件30
0
2
4
6
8
10
12
電壓 (V)

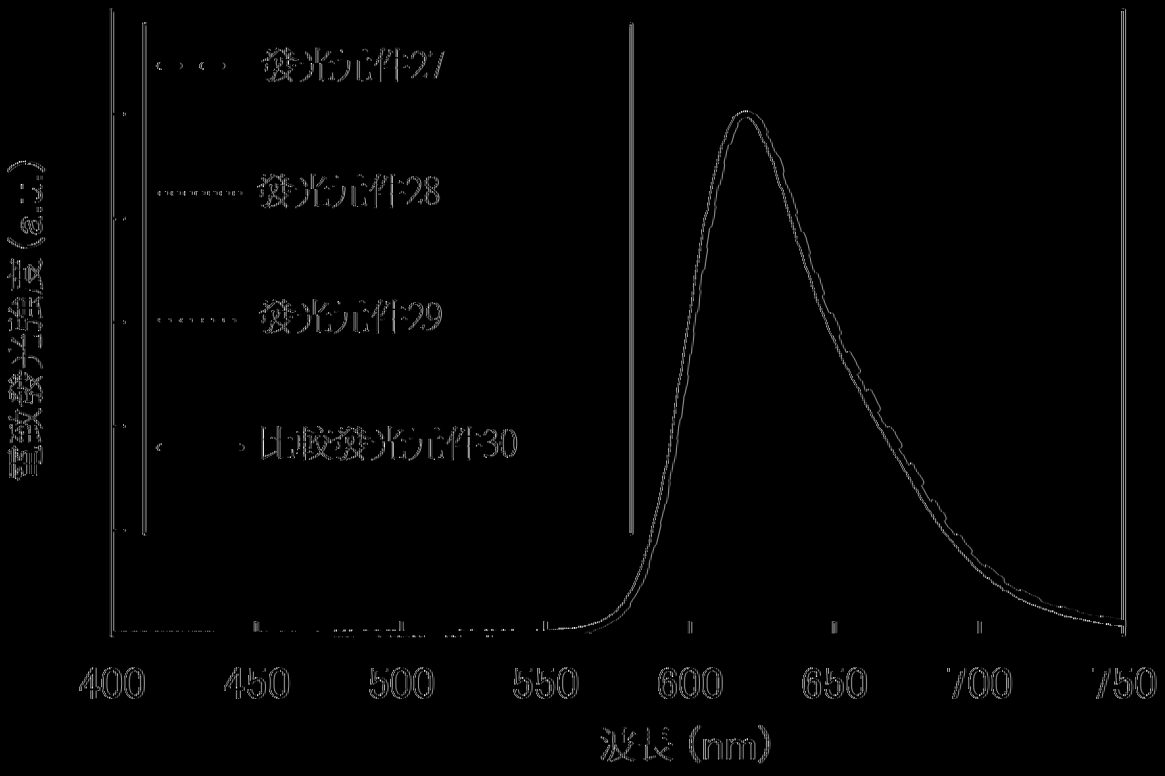
[圖66]

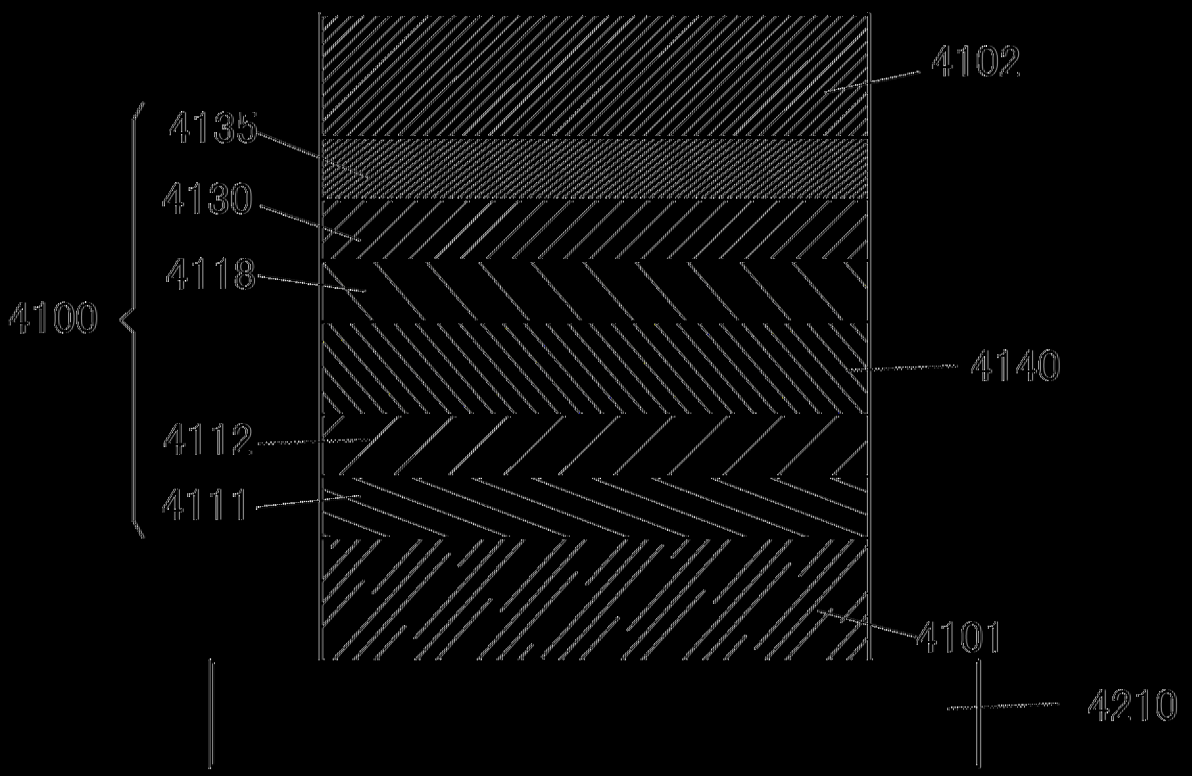

45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
·△· 發光元件27
·□· 發光元件28
·◇· 發光元件29
·○· 比較發光元件30

(圖67)

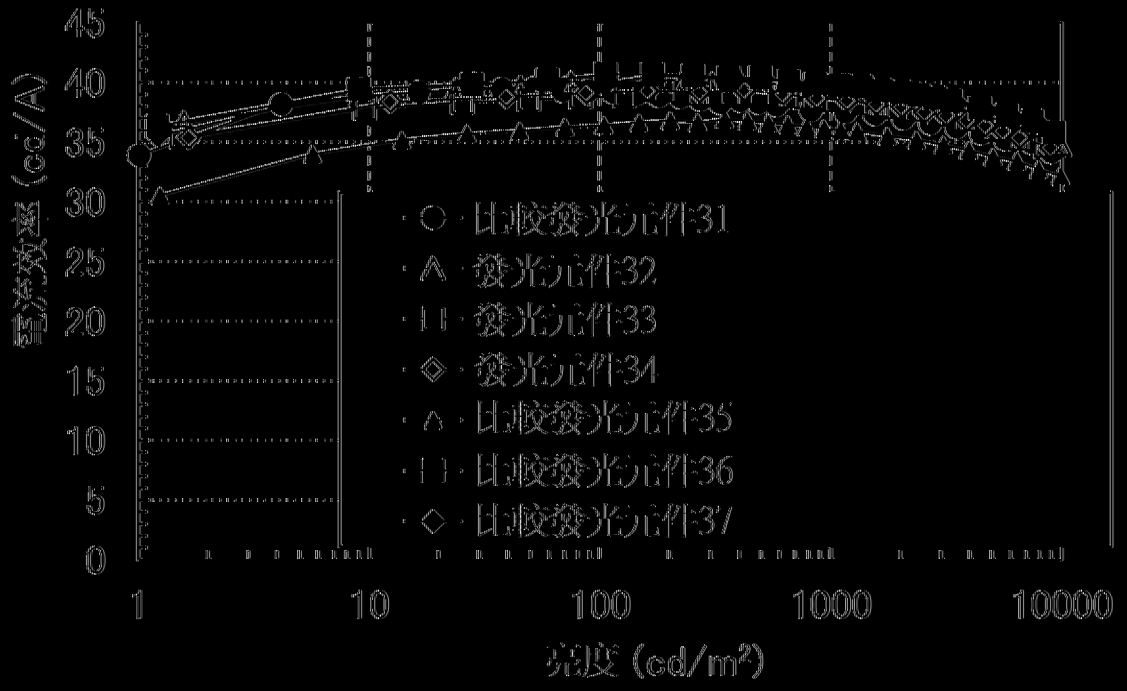

60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
·△· 發光元件27
·□· 發光元件28
·◇· 發光元件29
·○· 比較發光元件30

(圖68)

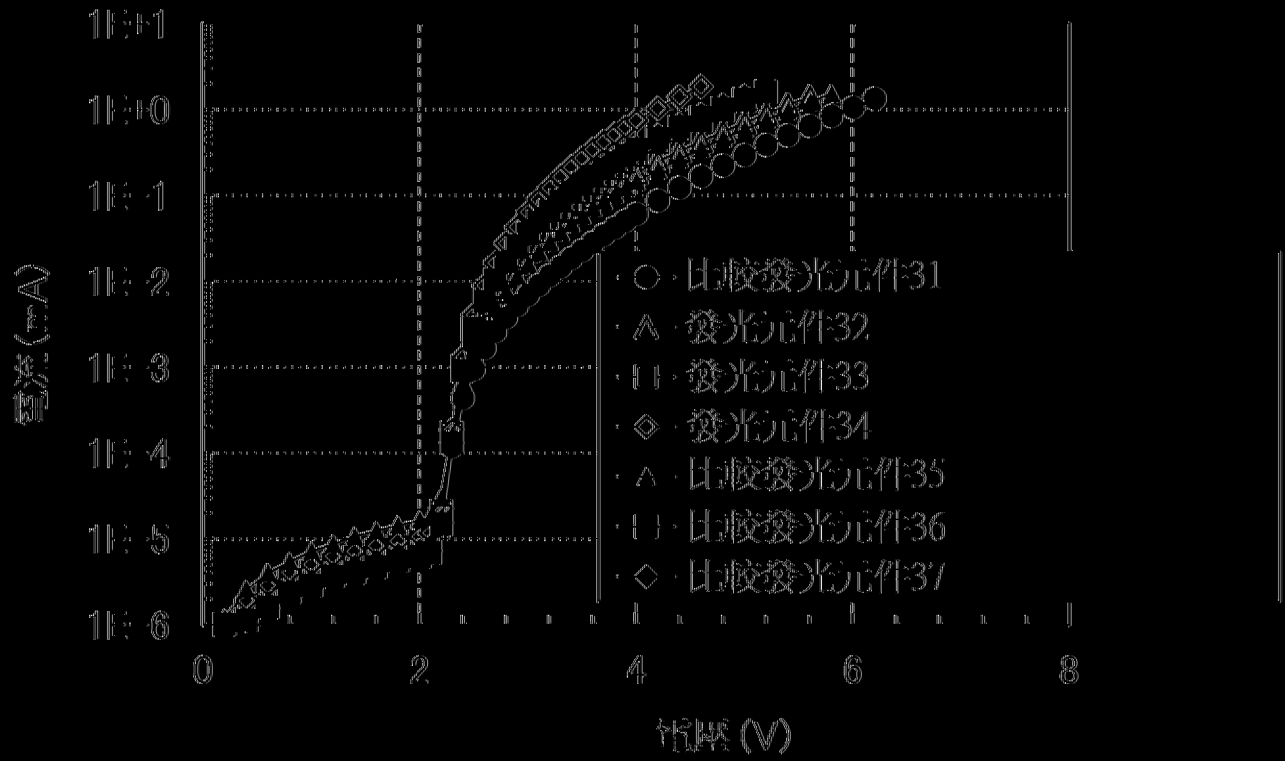

發光元件27
發光元件28
發光元件29
比較發光元件30
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)



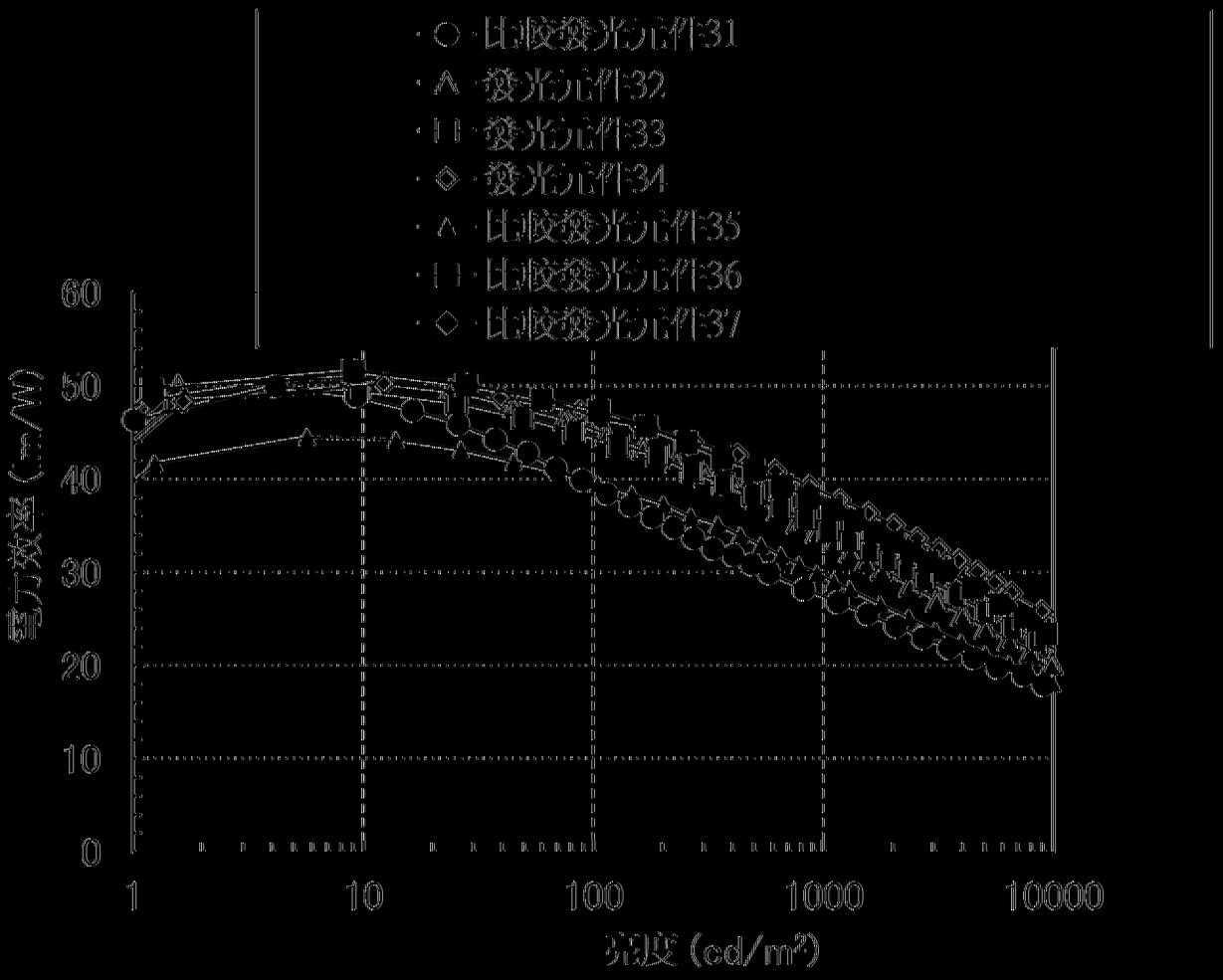
(圖10)


45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
○ · 比較發光元件31
△ · 發光元件32
□ · 發光元件33
◇ · 發光元件34
△ · 比較發光元件35
□ · 比較發光元件36
◇ · 比較發光元件37

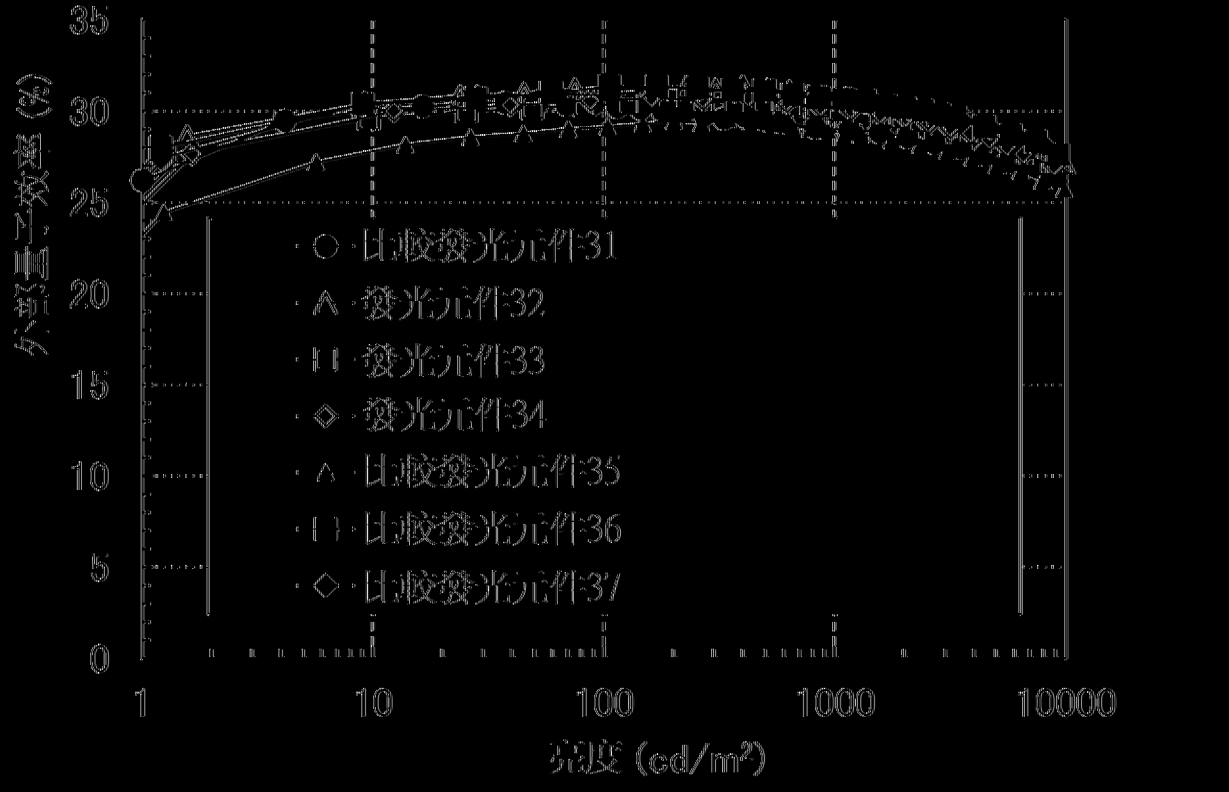
【圖1】


1E-1
1E-0
1E+1
1E+2
1E+3
1E+4
1E+5
1E+6
0
2
4
6
8
電壓 (V)
○ · 比較發光元件31
△ · 發光元件32
□ · 發光元件33
◇ · 發光元件34
△ · 比較發光元件35
□ · 比較發光元件36
◇ · 比較發光元件37

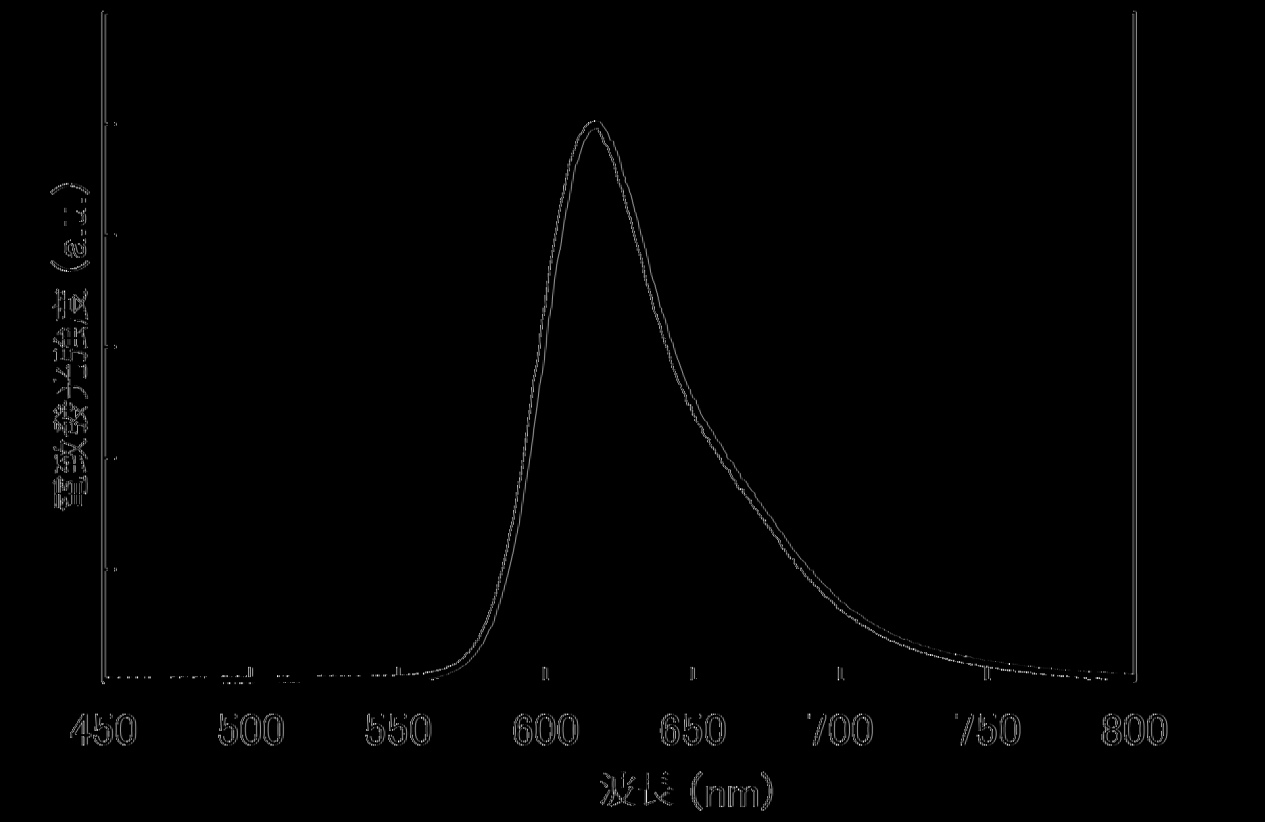
【圖2】


○：比較發光元件31
△：發光元件32
□：發光元件33
◇：發光元件34
△：比較發光元件35
□：比較發光元件36
◇：比較發光元件37
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
強度 (cd/m²)

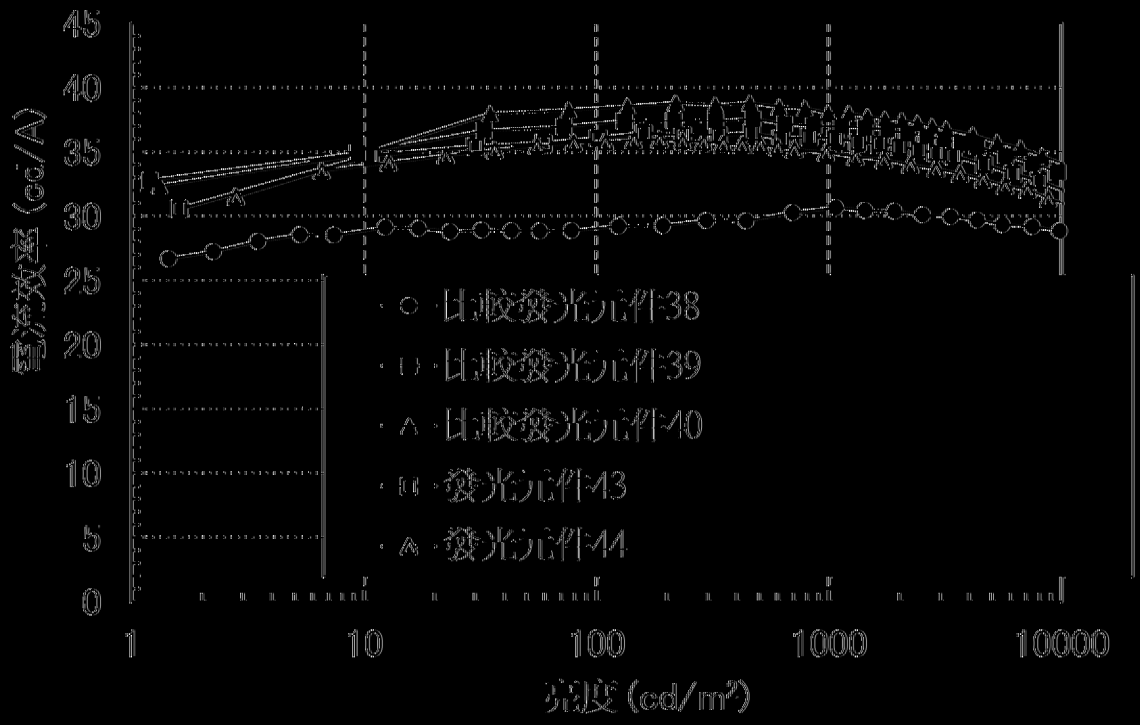
|(圖3)|


35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
強度 (cd/m²)
○：比較發光元件31
△：發光元件32
□：發光元件33
◇：發光元件34
△：比較發光元件35
□：比較發光元件36
◇：比較發光元件37

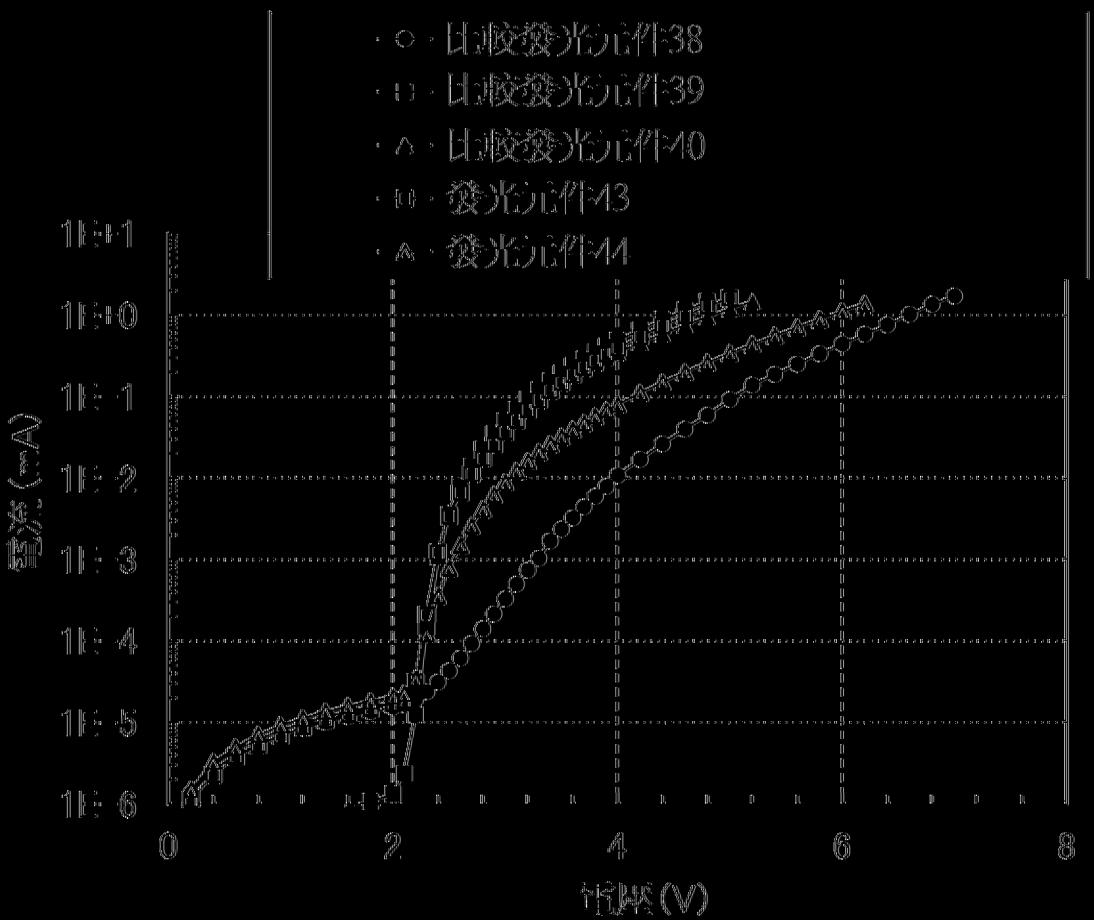
(圖4)


強度 (a.u.)
450
500
550
600
650
700
750
800
波長 (nm)
比較發光元件31
發光元件32
發光元件33
發光元件34
比較發光元件35
比較發光元件36
比較發光元件37

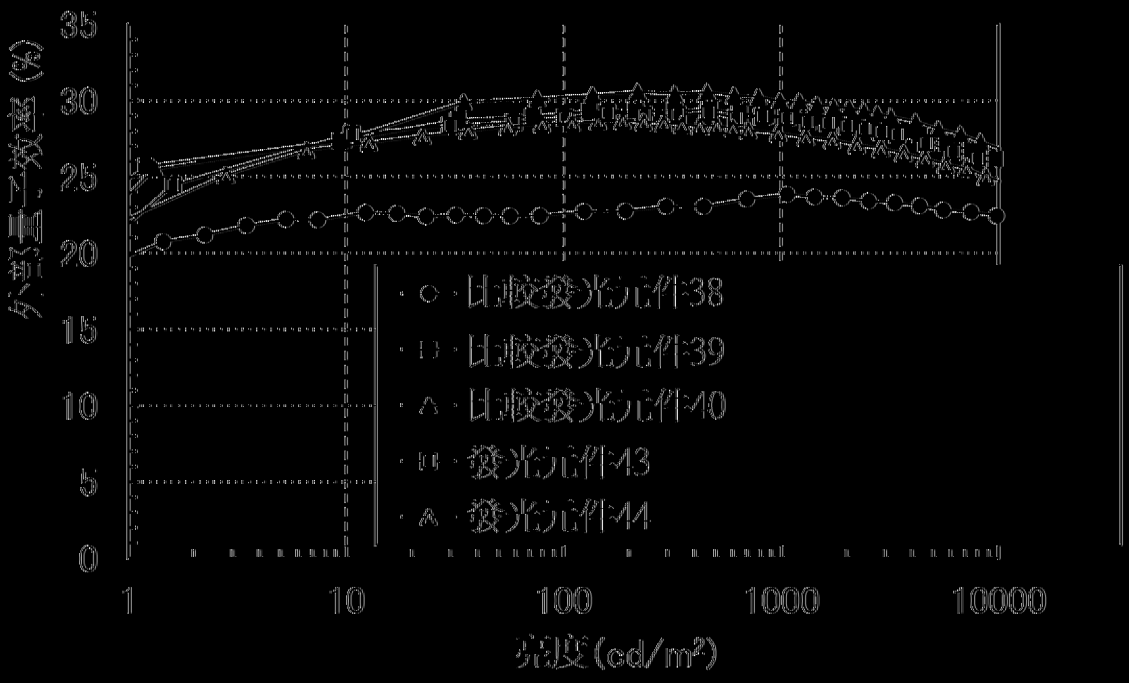
（圖75）


45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
強度 (cd/m²)
外部量子效率 (cd/A)
○：比較發光元件38
□：比較發光元件39
△：比較發光元件40
■：發光元件43
▲：發光元件44

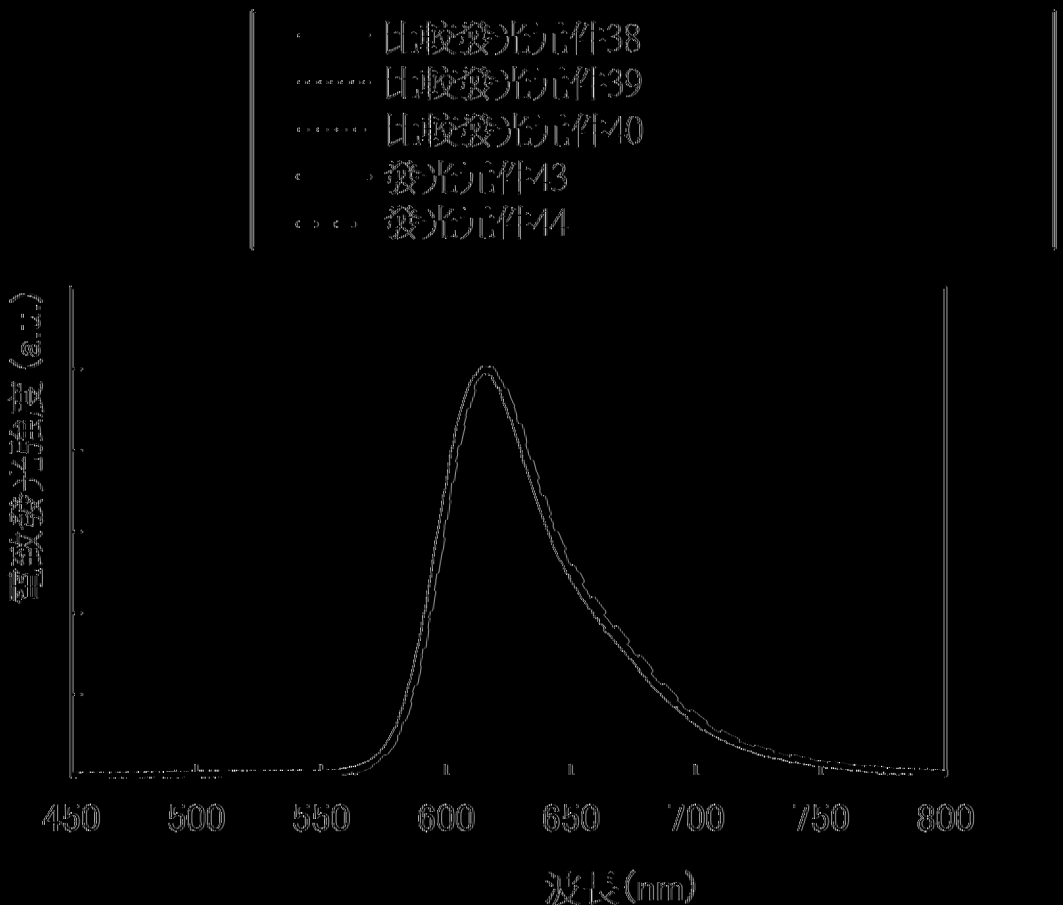
[圖16]


○：比較發光元件38
□：比較發光元件39
△：比較發光元件40
■：發光元件43
▲：發光元件44
1E-1
1E-0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
2
4
6
8
電壓 (V)
電流 (mA)

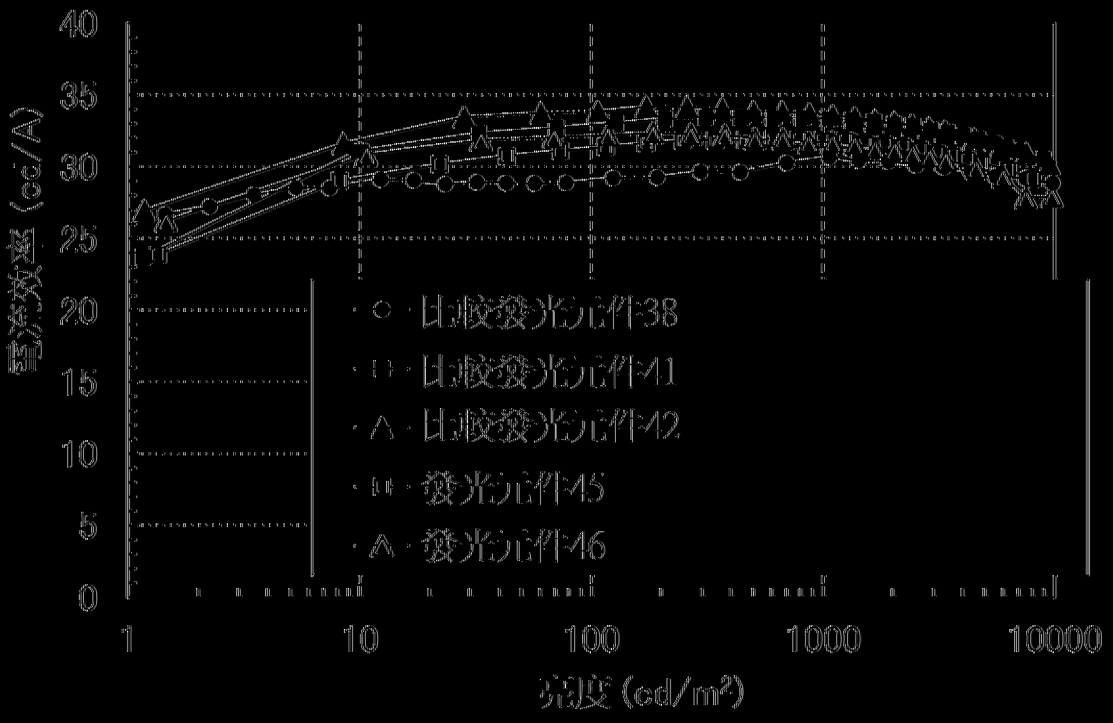
[圖17]


35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)
·○·比較發光元件38
·□·比較發光元件39
·△·比較發光元件40
·■·發光元件43
·▲·發光元件44

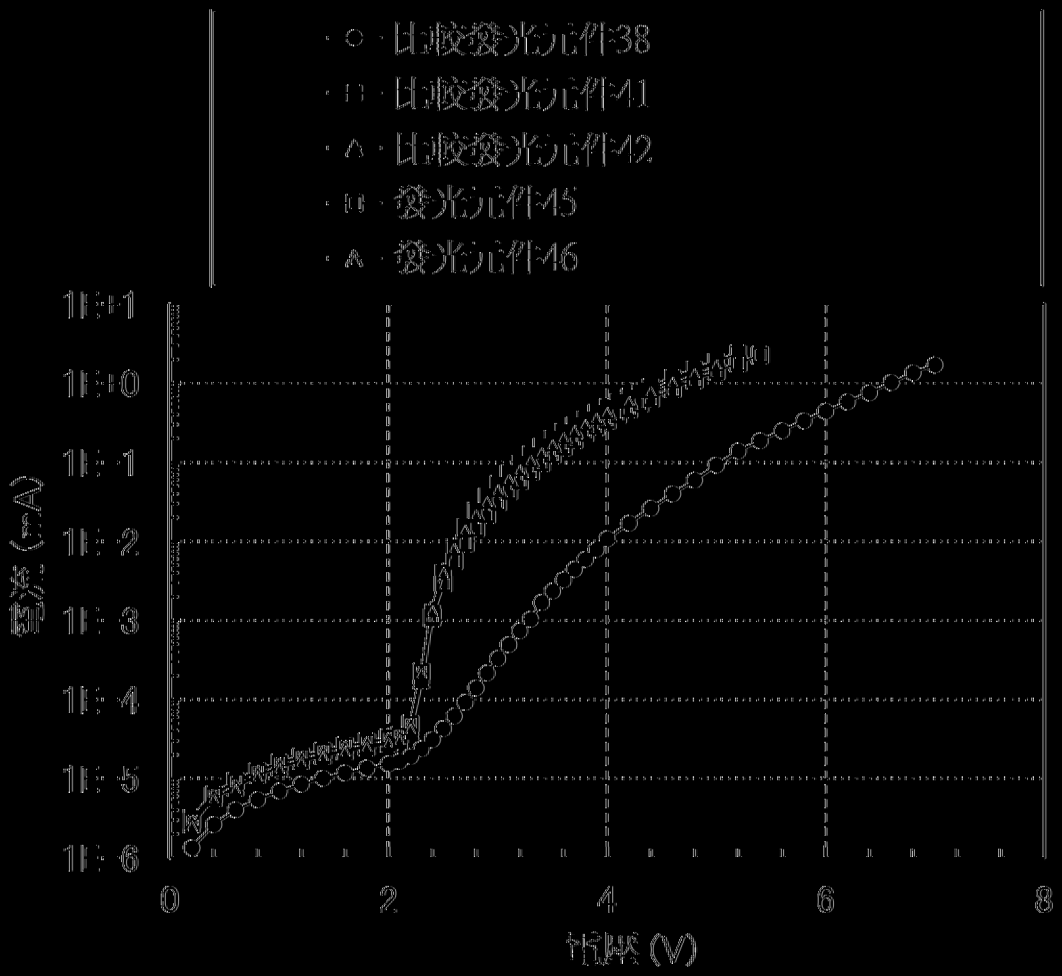
(圖7/8)


·○·比較發光元件38
·□·比較發光元件39
·△·比較發光元件40
·■·發光元件43
·▲·發光元件44
450
500
550
600
650
700
750
800
波長(nm)

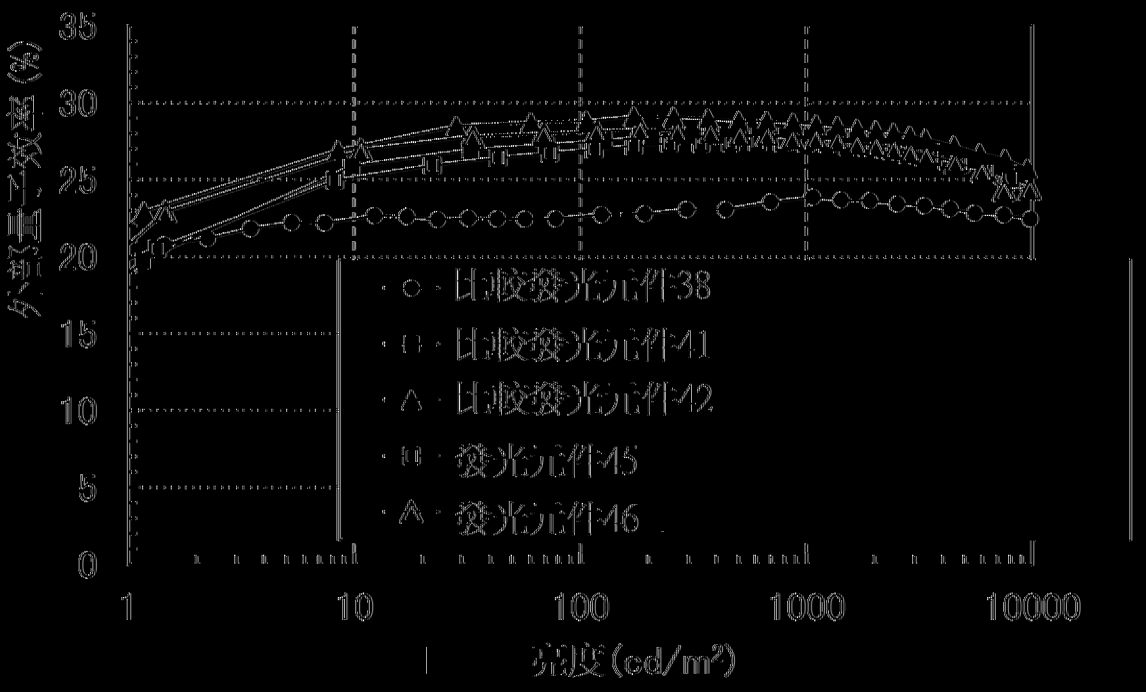
(圖9/9)


40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
・○・比較發光元件38
・□・比較發光元件41
・△・比較發光元件42
・■・發光元件45
・▲・發光元件46

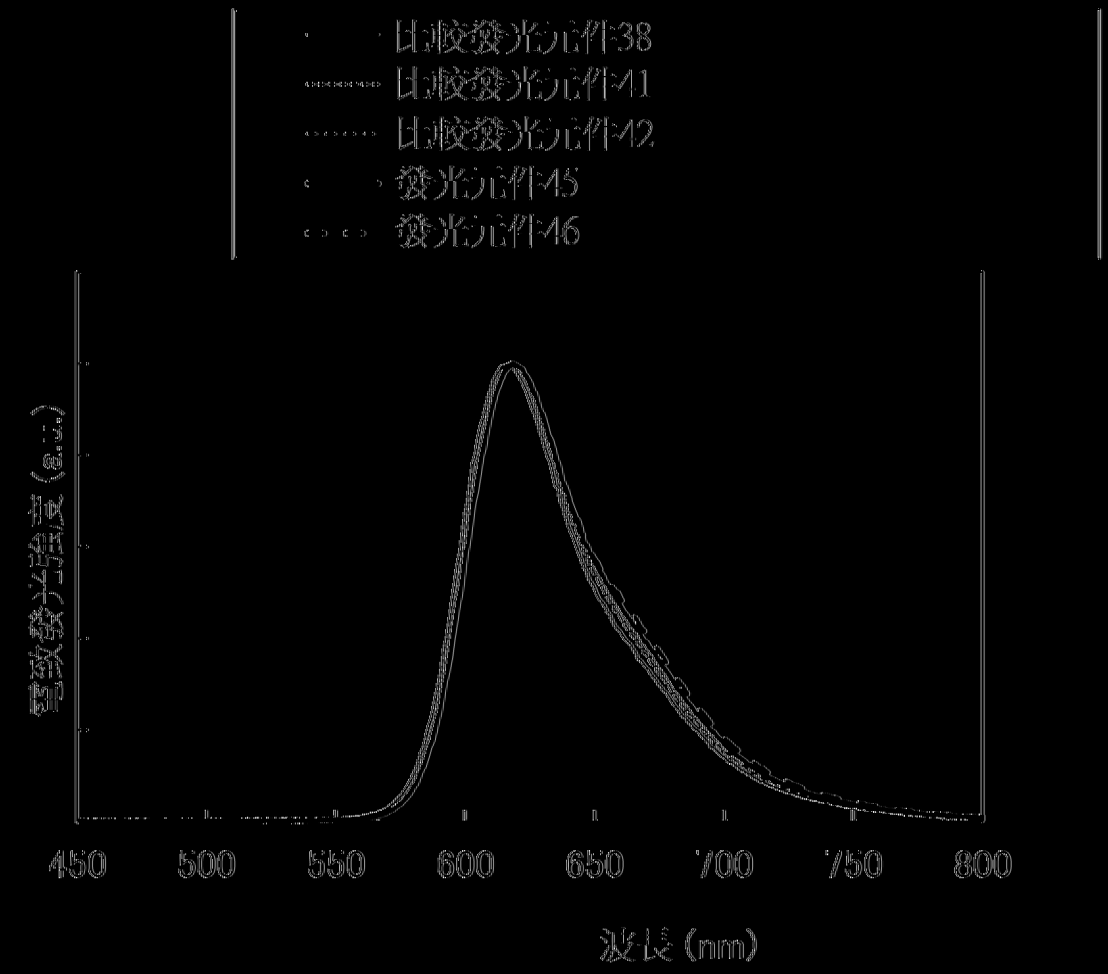
（圖80）


・○・比較發光元件38
・□・比較發光元件41
・△・比較發光元件42
・■・發光元件45
・▲・發光元件46
0
2
4
6
8
電壓 (V)

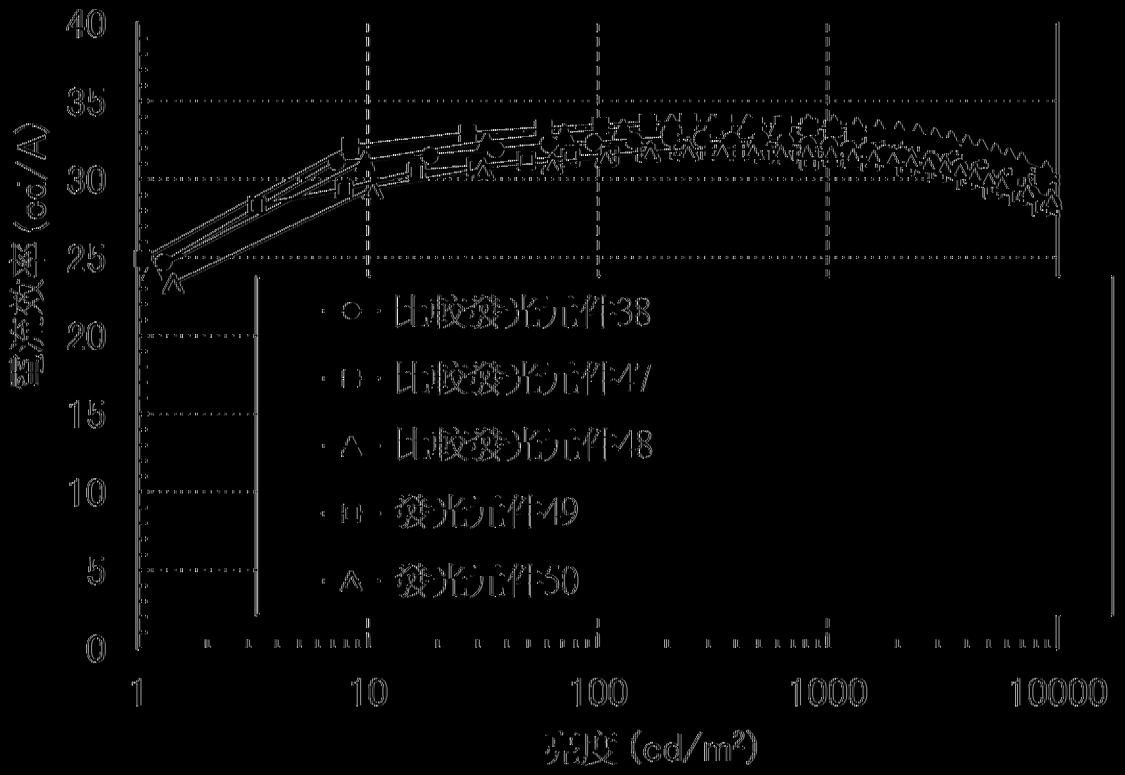
（圖81）


外量子效率 (%)
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
○ · 比較發光元件3
□ · 比較發光元件1
△ · 比較發光元件2
◇ · 發光元件5
☆ · 發光元件6

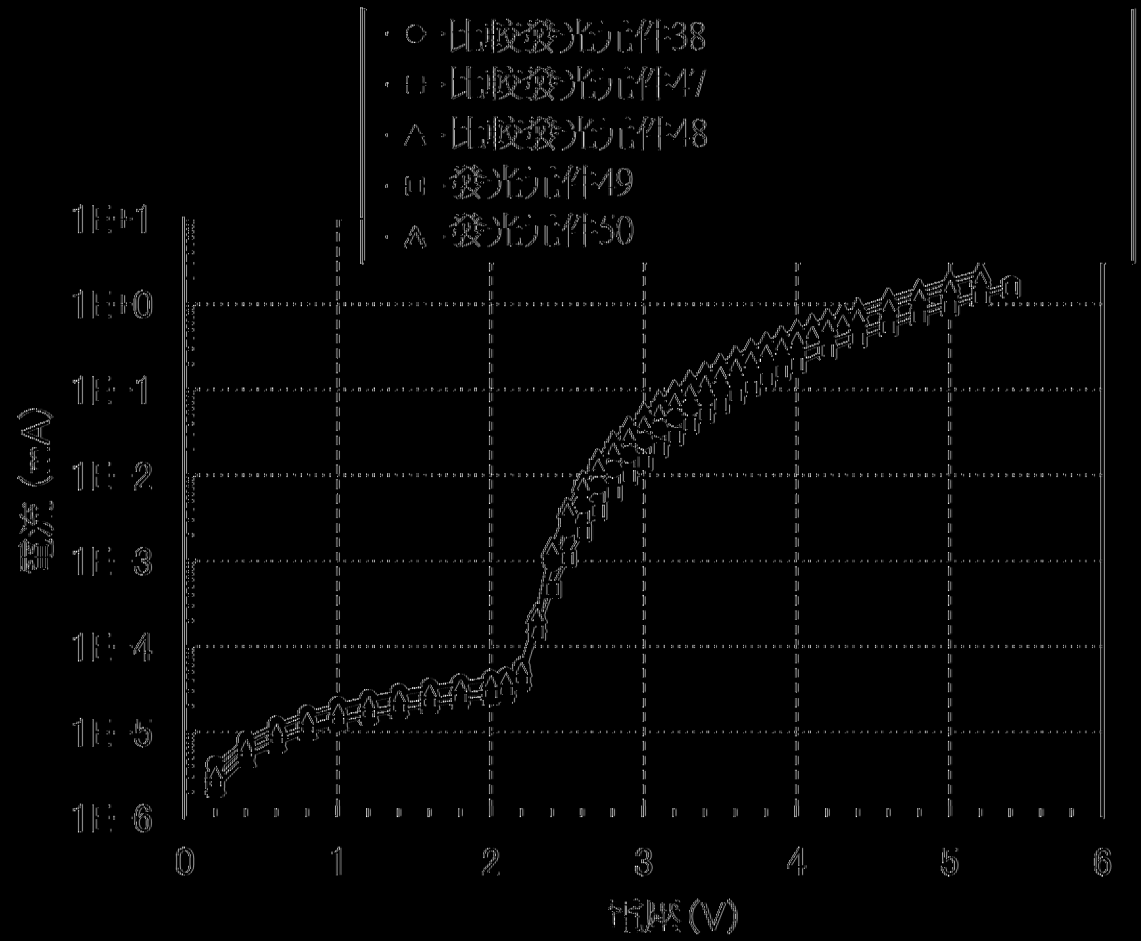
(圖82)


比較發光元件3
比較發光元件1
比較發光元件2
發光元件5
發光元件6
歸一化發光強度 (a.u.)
450
500
550
600
650
700
750
800
波長 (nm)

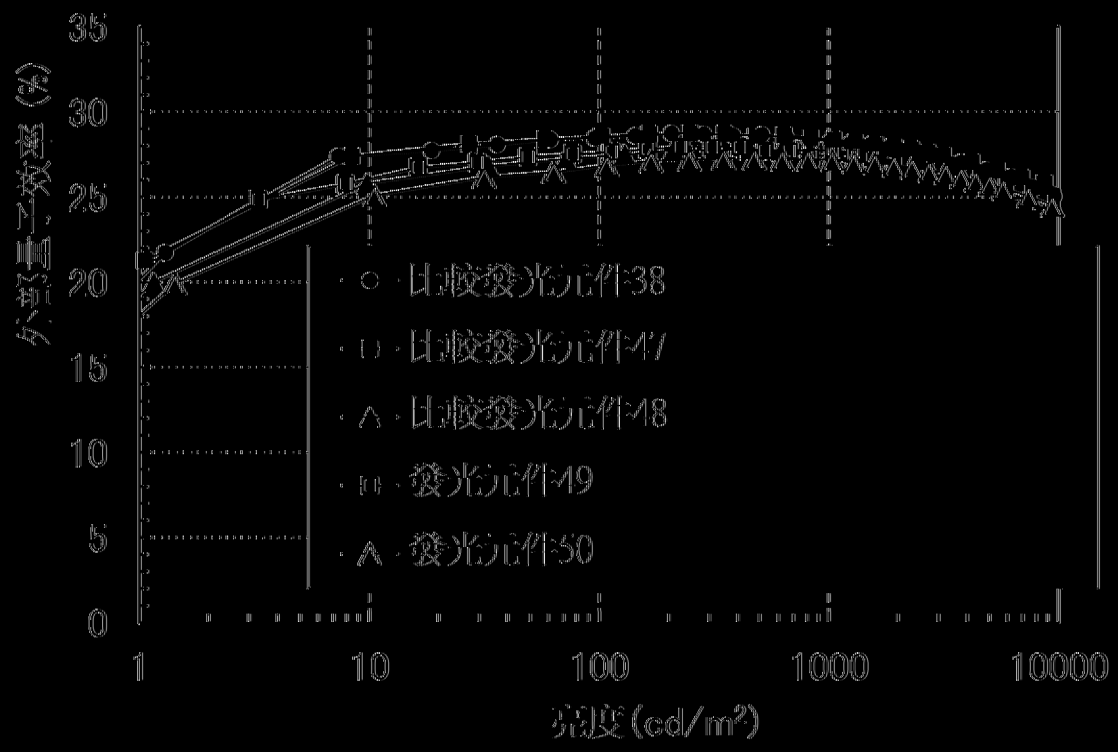
(圖83)


40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
・○・比較發光元件38
・□・比較發光元件47
・△・比較發光元件48
・■・發光元件49
・▲・發光元件50

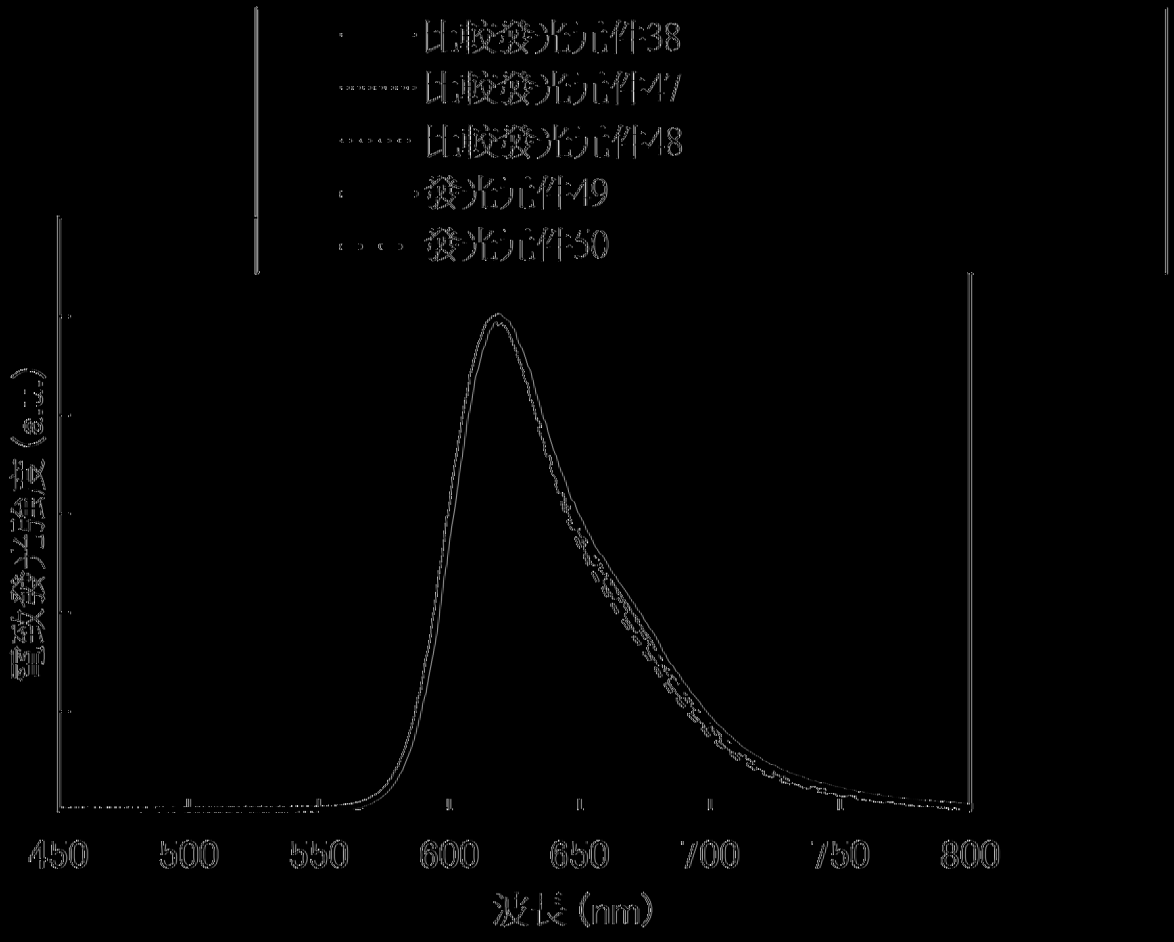
|(圖84)|


・○・比較發光元件38
・□・比較發光元件47
・△・比較發光元件48
・■・發光元件49
・▲・發光元件50
0
1
2
3
4
5
6
電壓 (V)

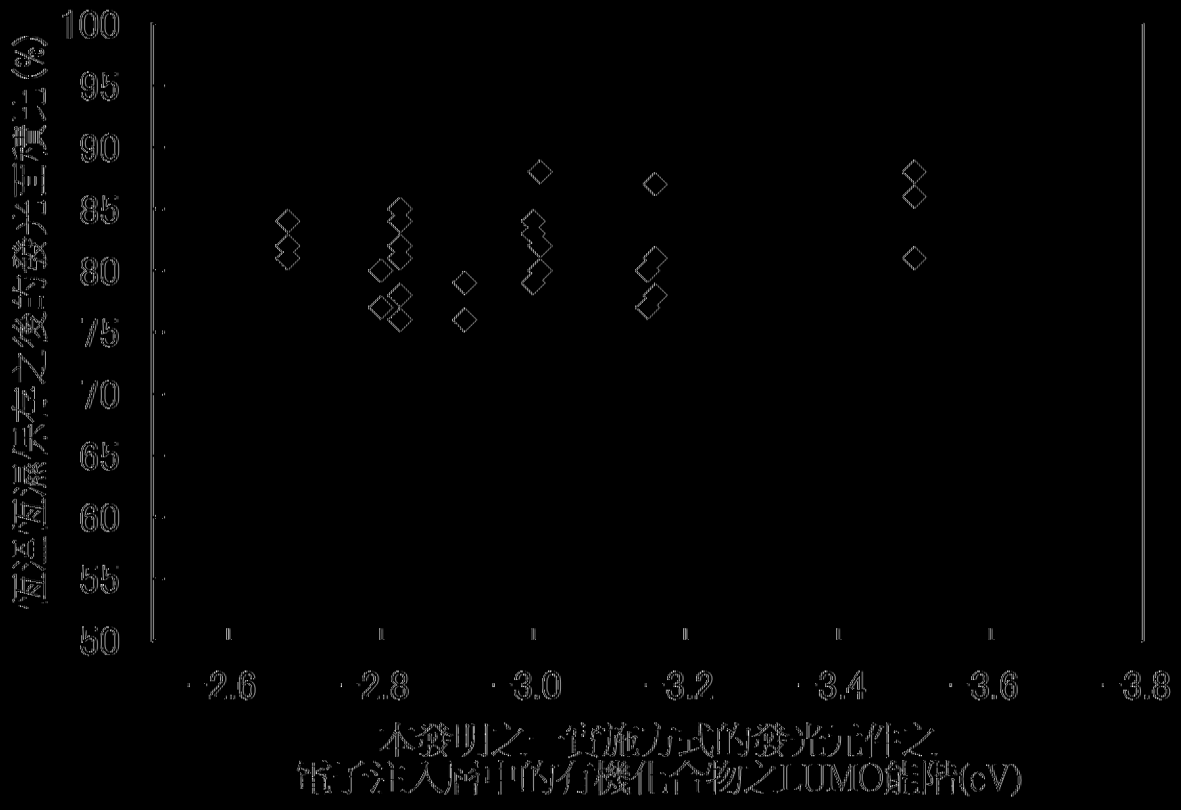
(圖85)


35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
比較發光元件38
比較發光元件47
比較發光元件48
發光元件49
發光元件50

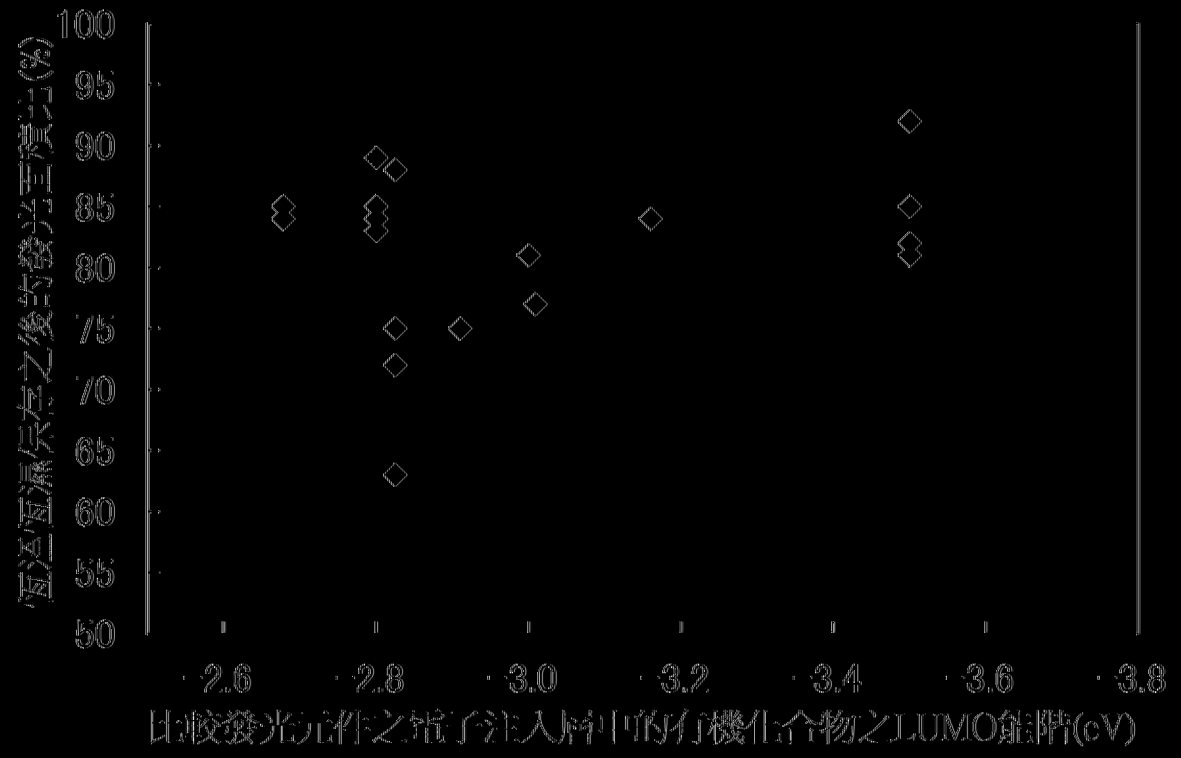
(圖86)


比較發光元件38
比較發光元件47
比較發光元件48
發光元件49
發光元件50
450
500
550
600
650
700
750
800
波長 (nm)

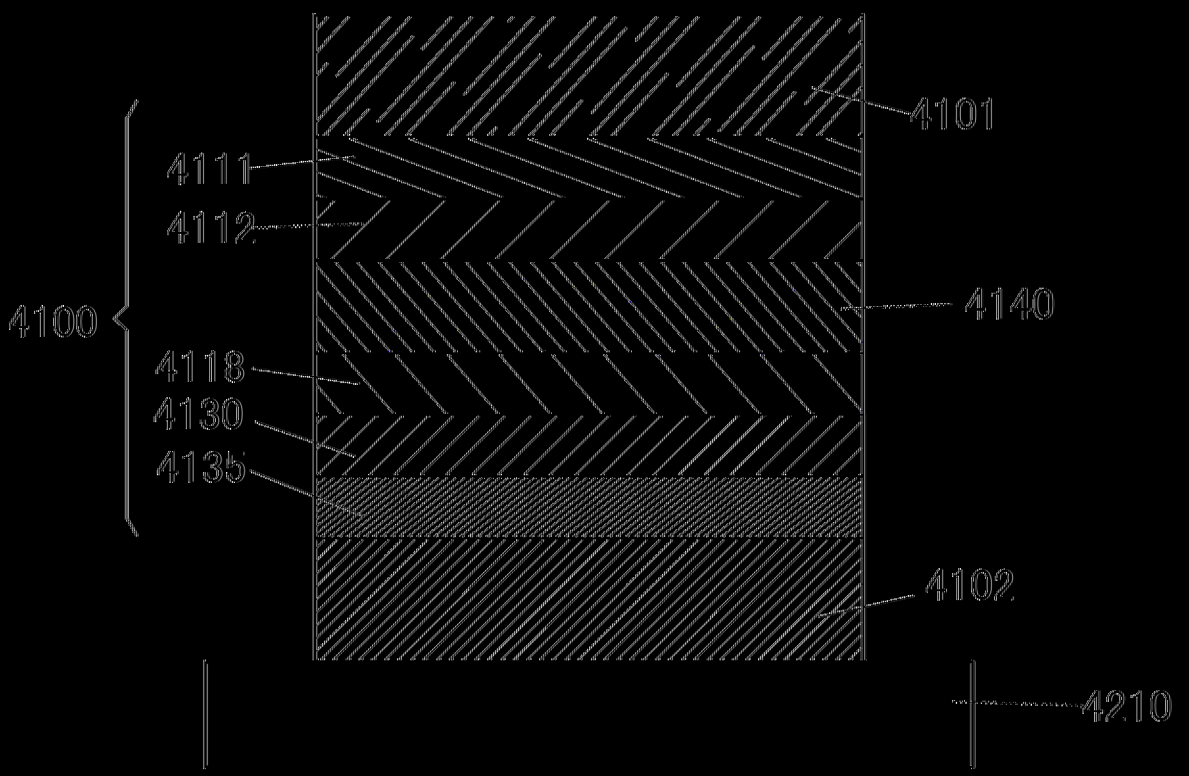
(圖87)

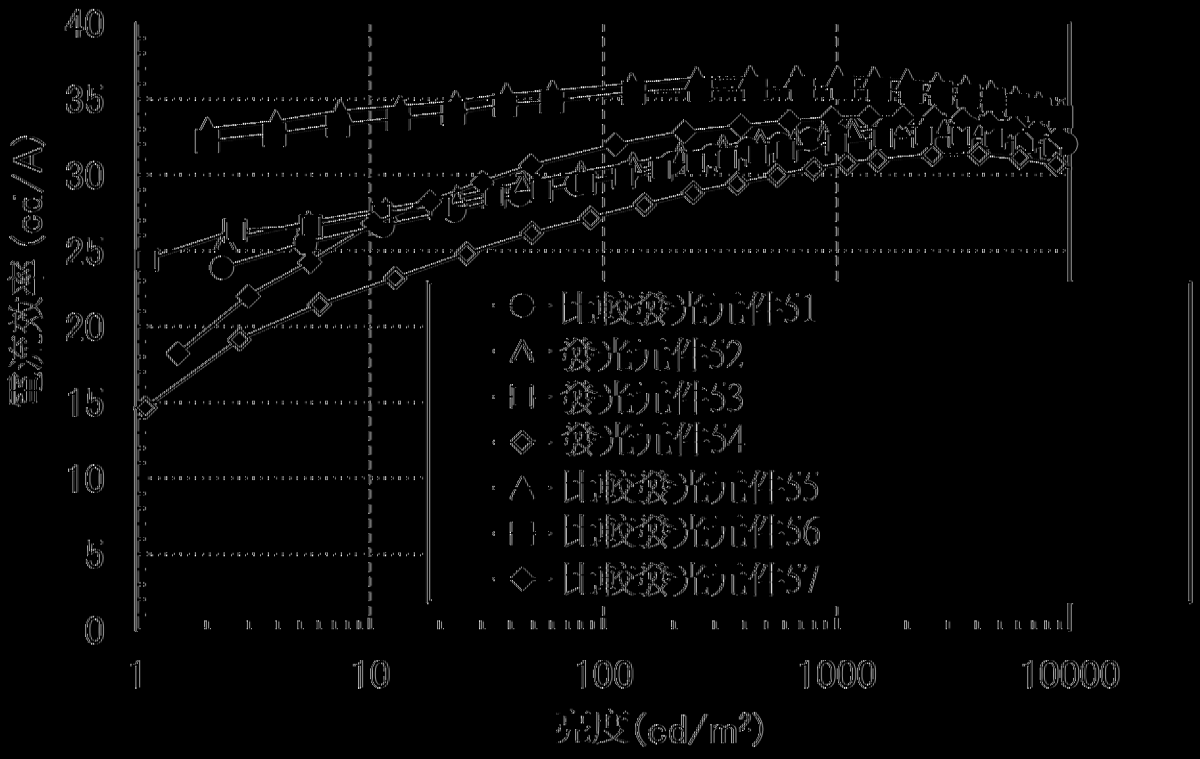

100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
本發明之一實施方式的發光元件之電子注入層中的有機化合物之LUMO能階(eV)

(圖88A)

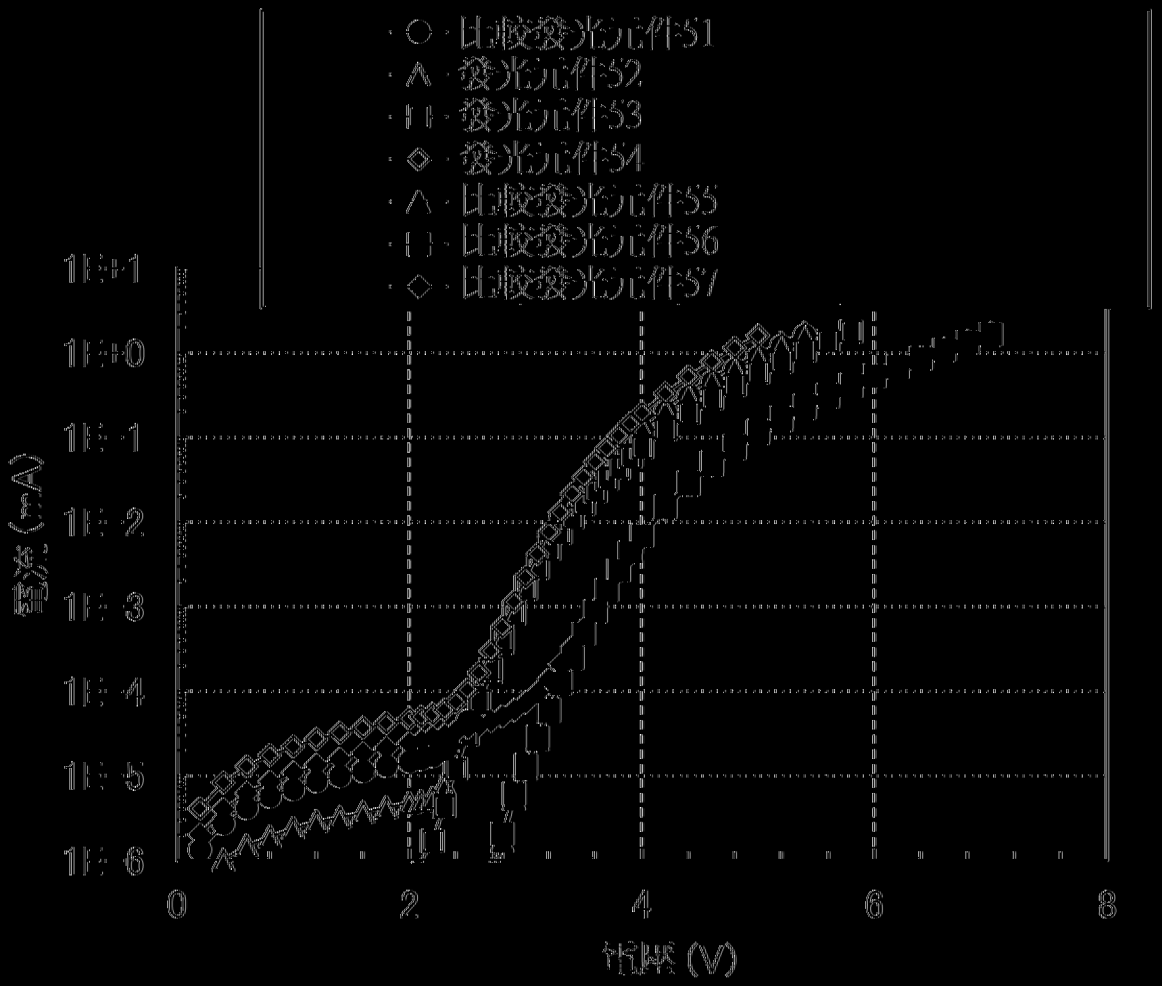

100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
2.6
2.8
3.0
3.2
3.4
3.6
3.8
比較發光元件之電子注入層中的有機化合物之LUMO能階(eV)

(圖88B)

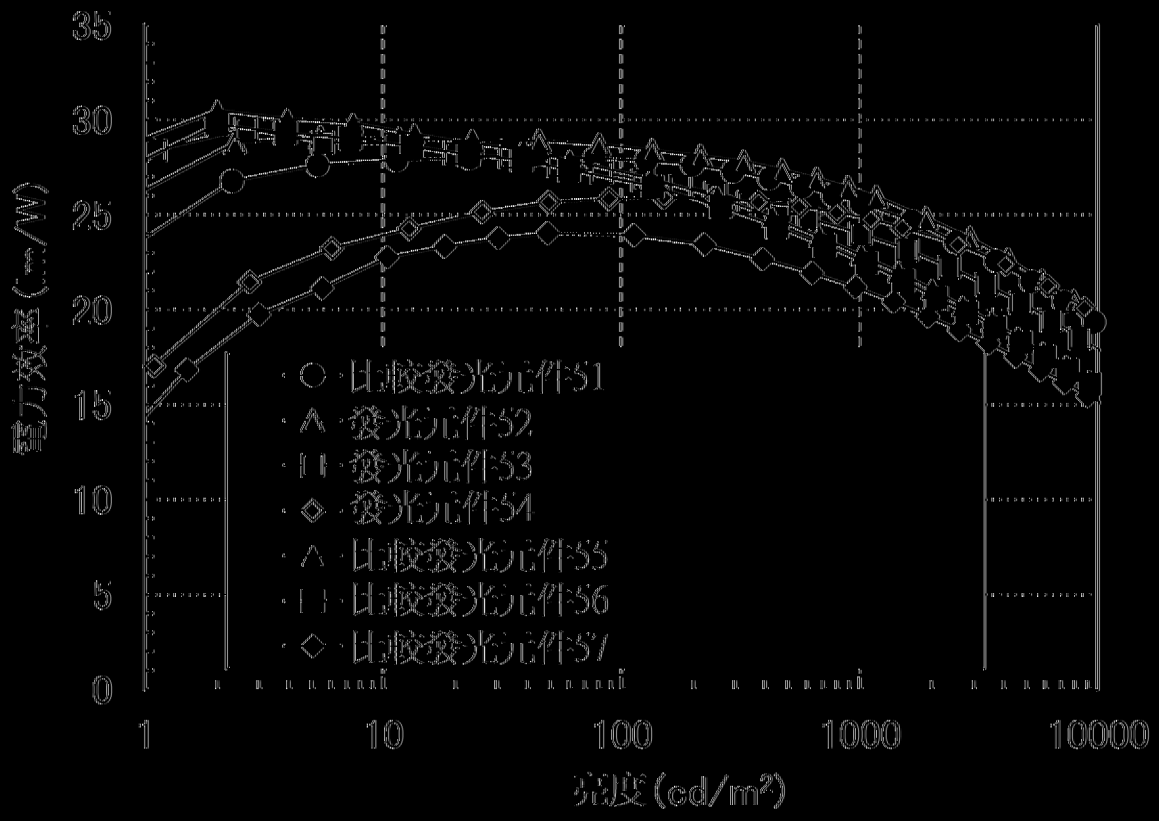

4101
4111
4112
4100
4140
4118
4130
4135
4102
4210


40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
發光效率 (cd/A)
○：比較發光元件51
△：發光元件52
□：發光元件53
◇：發光元件54
△：比較發光元件55
□：比較發光元件56
◇：比較發光元件57

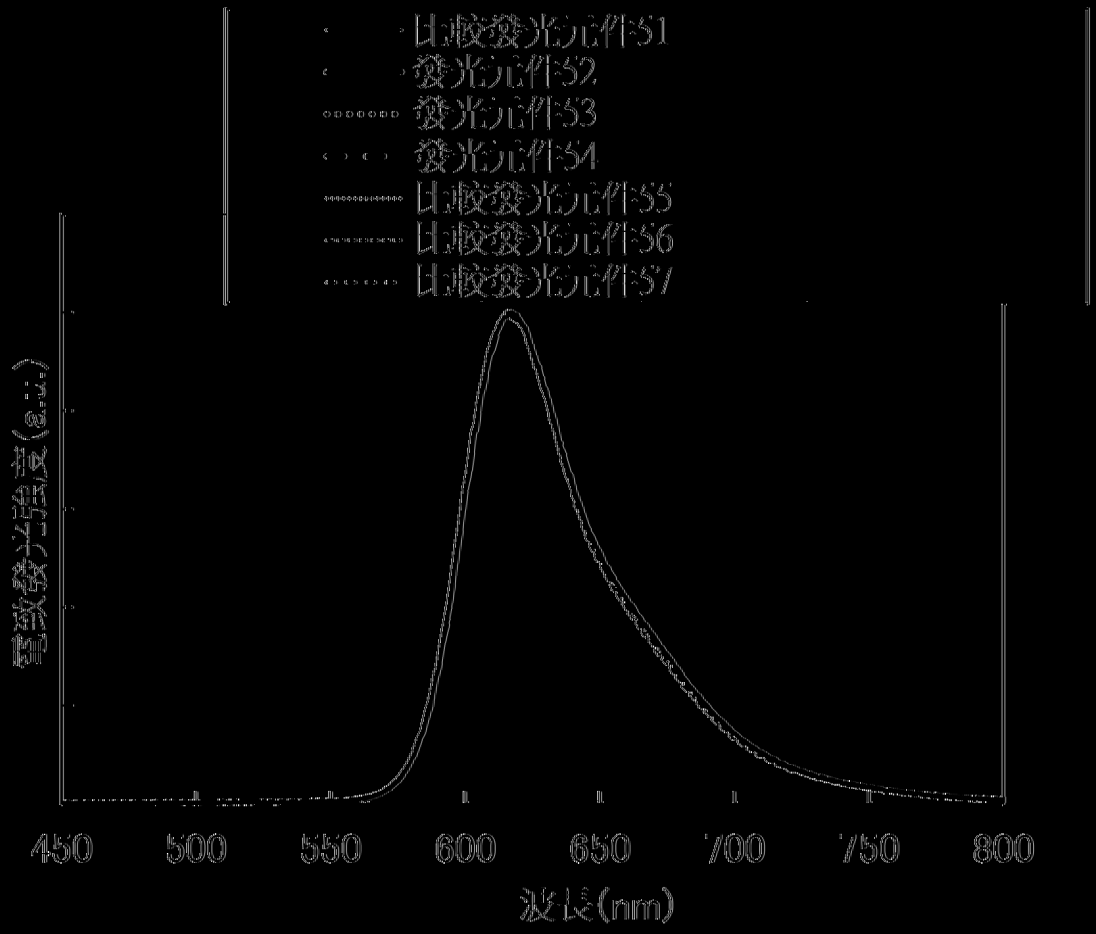
[圖90]


○：比較發光元件51
△：發光元件52
□：發光元件53
◇：發光元件54
△：比較發光元件55
□：比較發光元件56
◇：比較發光元件57
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
2
4
6
8
電流 (mA)
電壓 (V)

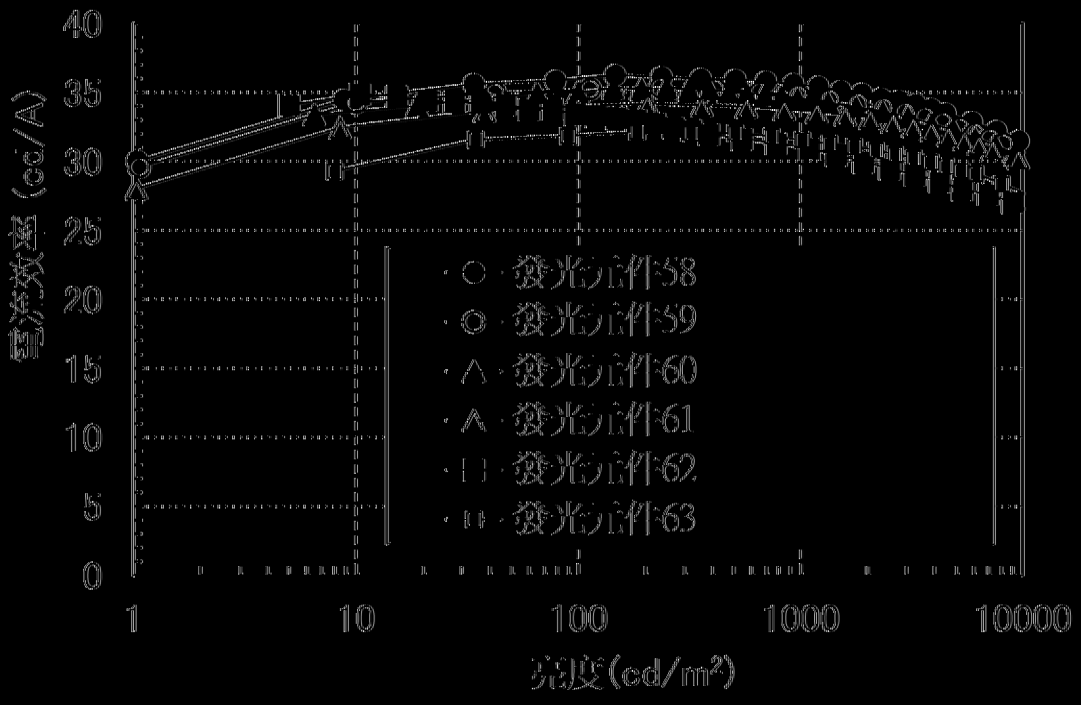
[圖91]


35
30
25
20
15
10
5
0
電流效率(cd/A)
○ 比較發光元件51
△ 發光元件52
□ 發光元件53
◇ 發光元件54
△ 比較發光元件55
□ 比較發光元件56
◇ 比較發光元件57
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)

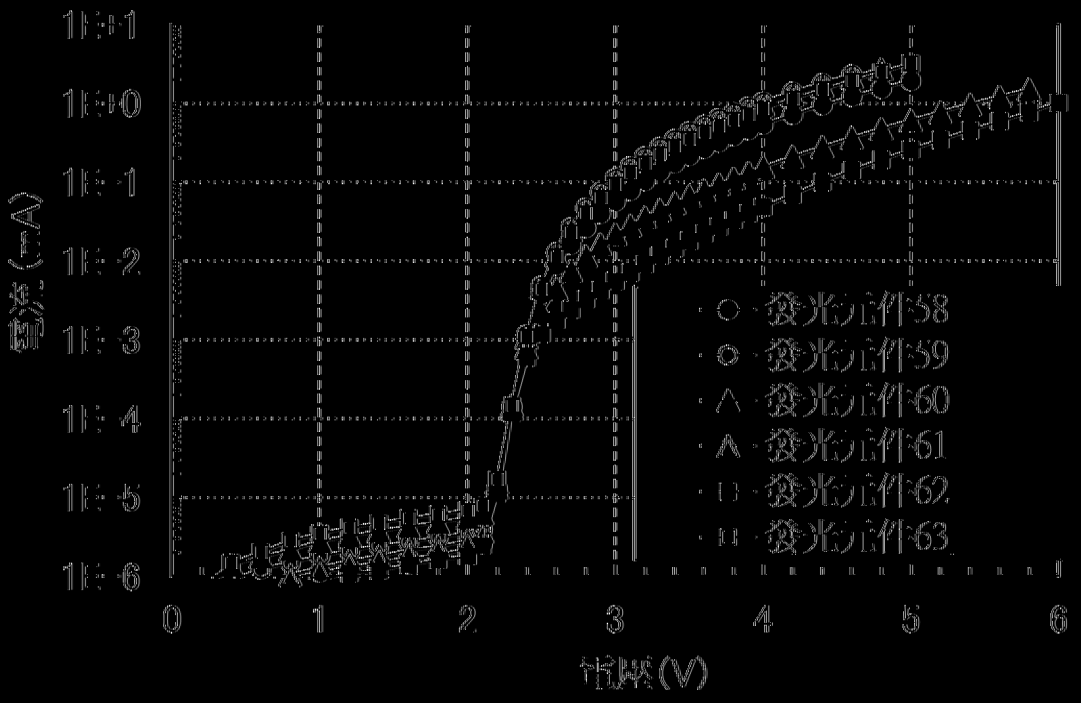
【圖92】


比較發光元件51
發光元件52
發光元件53
發光元件54
比較發光元件55
比較發光元件56
比較發光元件57
正規化發光強度(a.u.)
450
500
550
600
650
700
750
800
波長(nm)

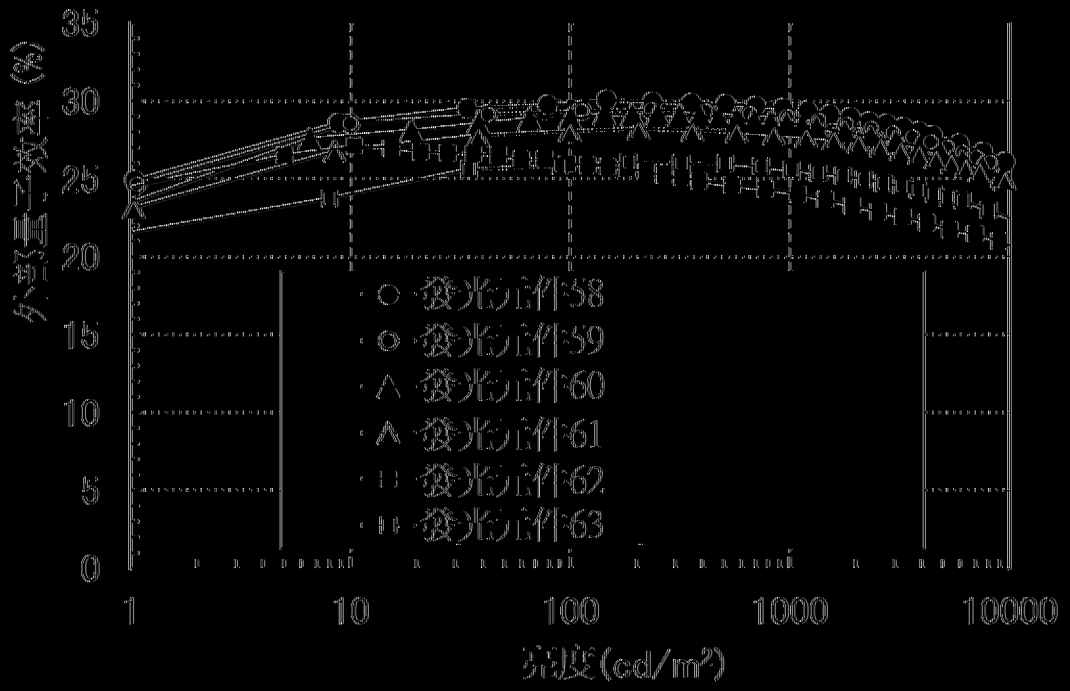
【圖93】


40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)
·○·發光元件58
·○·發光元件59
·△·發光元件60
·△·發光元件61
·□·發光元件62
·□·發光元件63

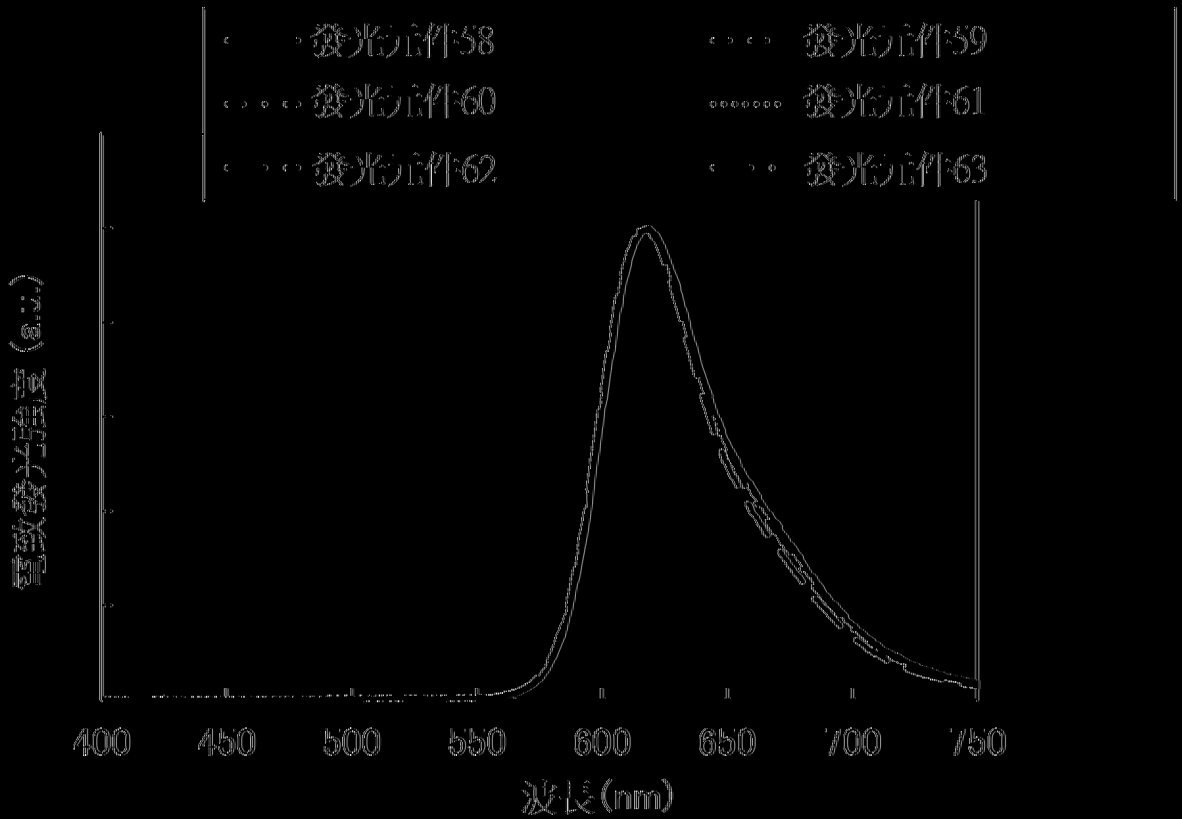
【圖94】


1E-1
1E-0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
1
2
3
4
5
6
·○·發光元件58
·○·發光元件59
·△·發光元件60
·△·發光元件61
·□·發光元件62
·□·發光元件63

【圖95】


外部量子效率(%)
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)
○ 發光元件58
○ 發光元件59
△ 發光元件60
△ 發光元件61
□ 發光元件62
□ 發光元件63

[圖96]


發光元件58
發光元件59
發光元件60
發光元件61
發光元件62
發光元件63
相對發光強度(a.u.)
400
450
500
550
600
650
700
750
波長(nm)

[圖97]

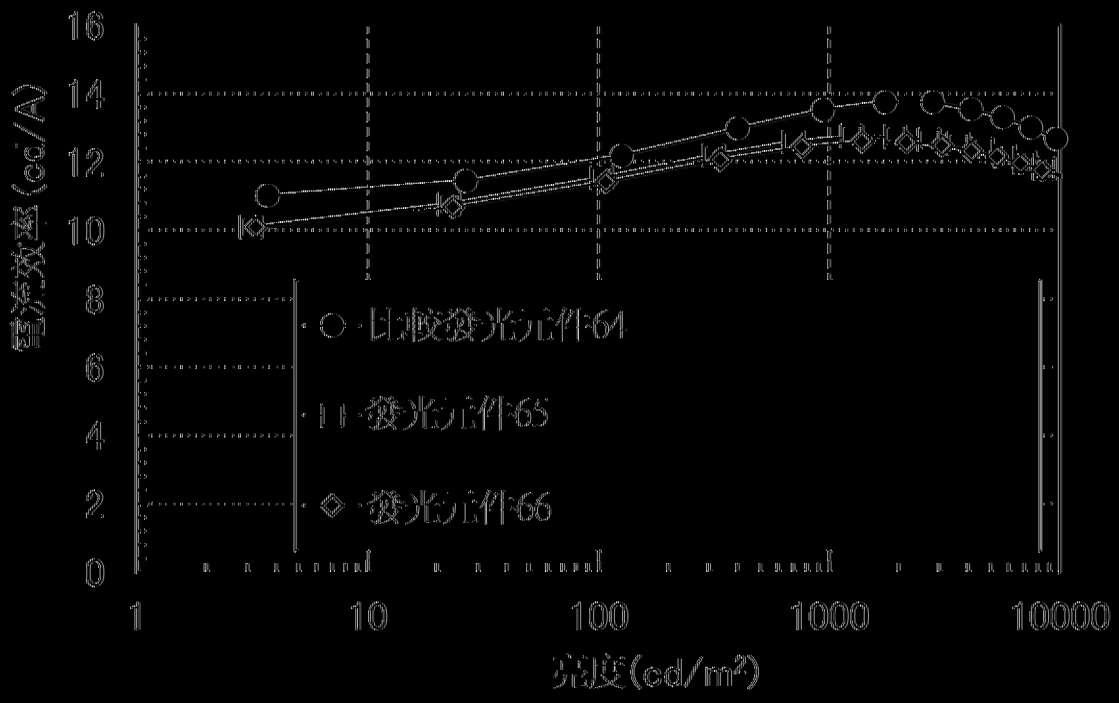

電流效率 (cd/A)
16
14
12
10
8
6
4
2
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)
○ 比較發光元件61
□ 發光元件65
◇ 發光元件66

圖98

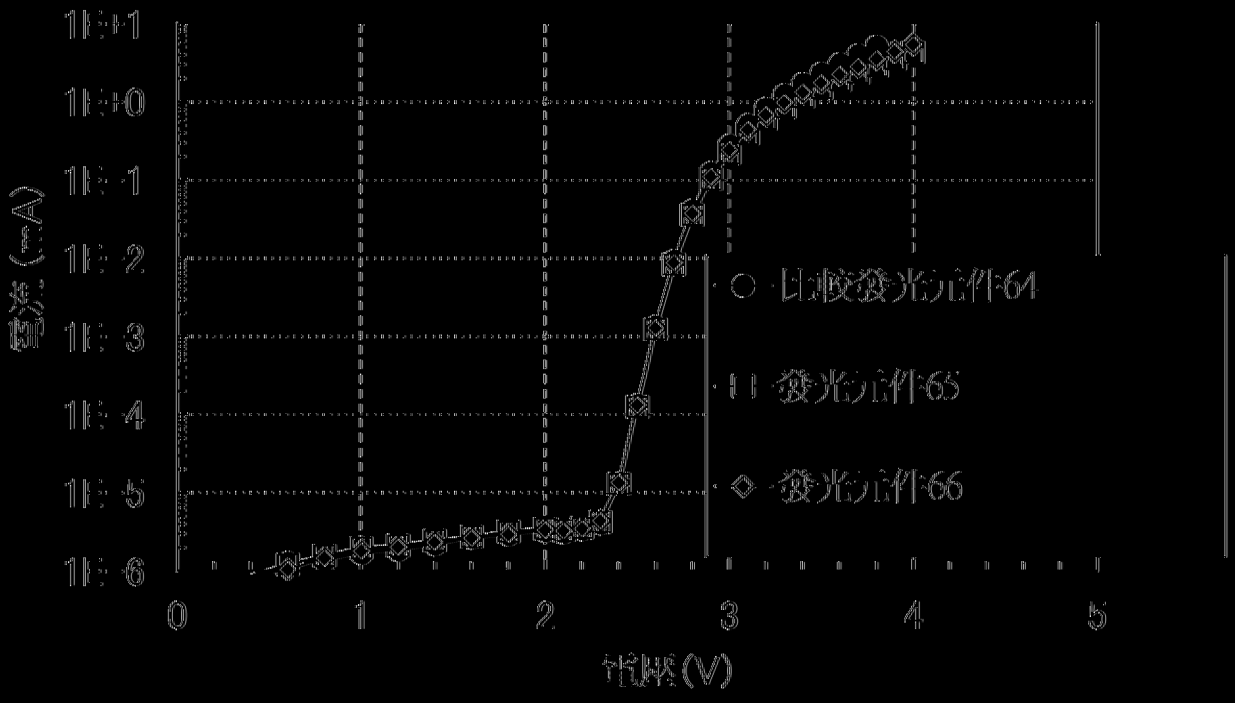
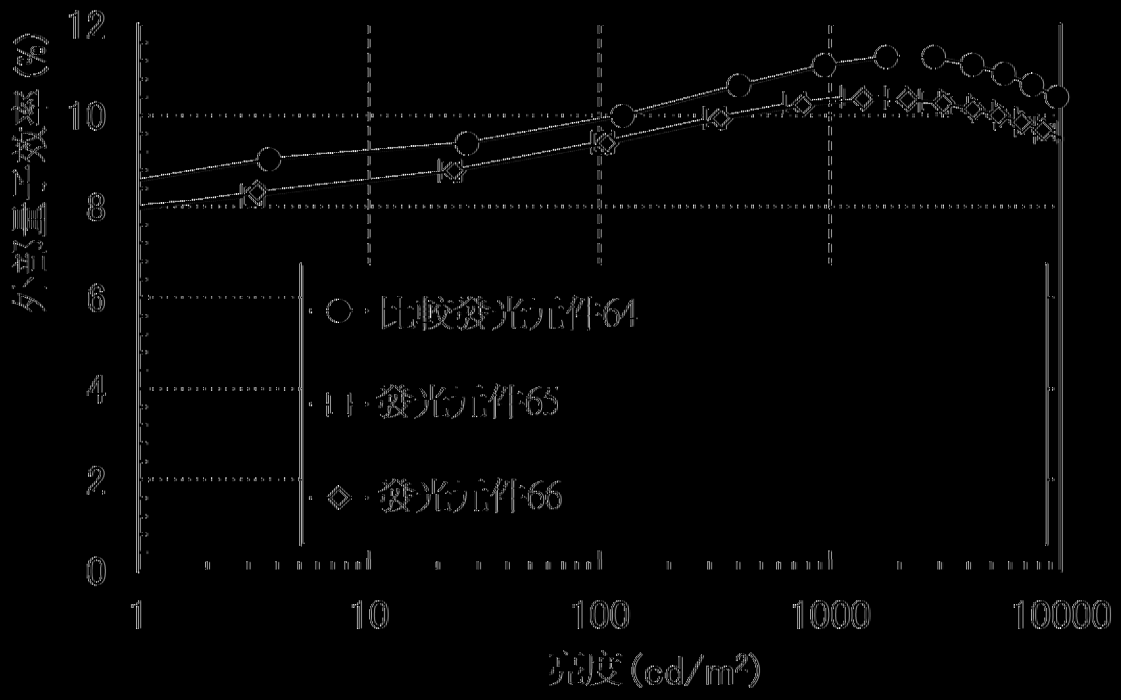
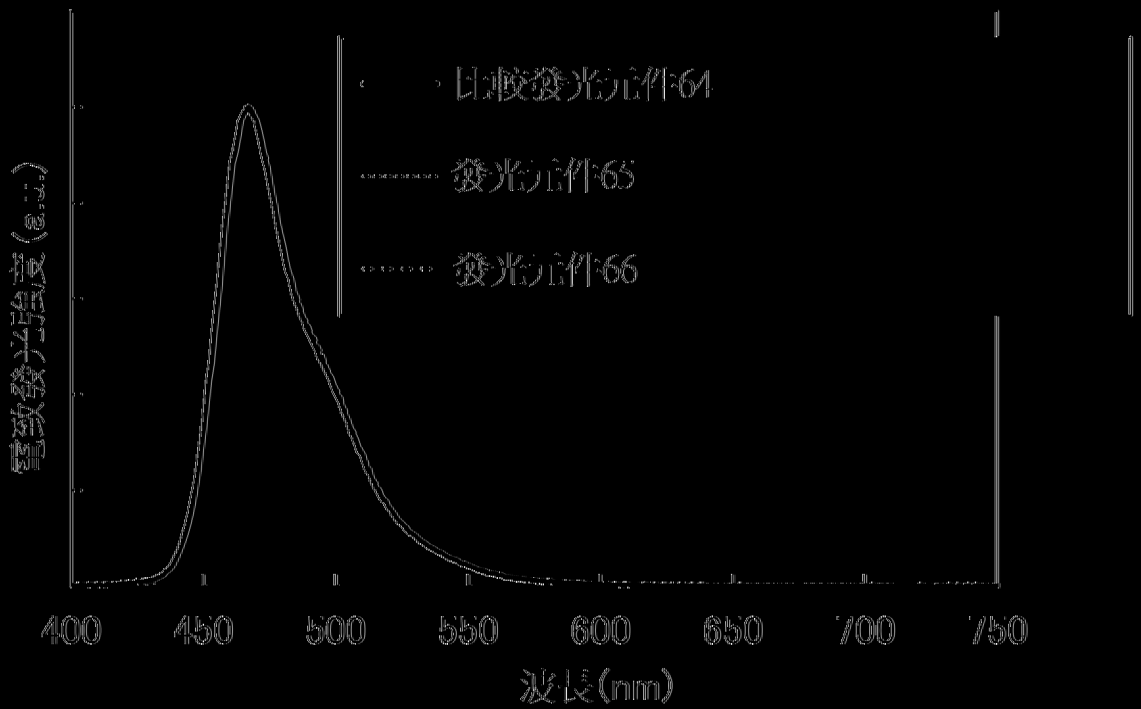

電流 (mA)
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
1
2
3
4
5
電壓(V)
○ 比較發光元件61
□ 發光元件65
◇ 發光元件66

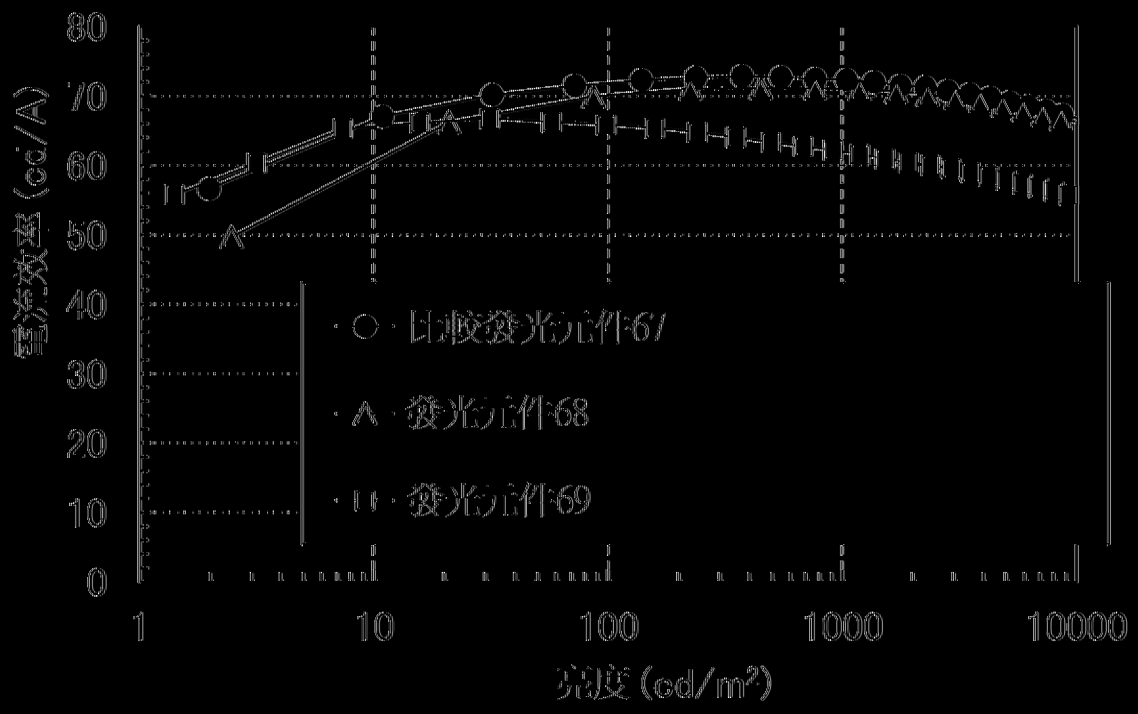
圖99


外部量子效率(%)
12
10
8
6
4
2
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)
比較發光元件64
發光元件65
發光元件66

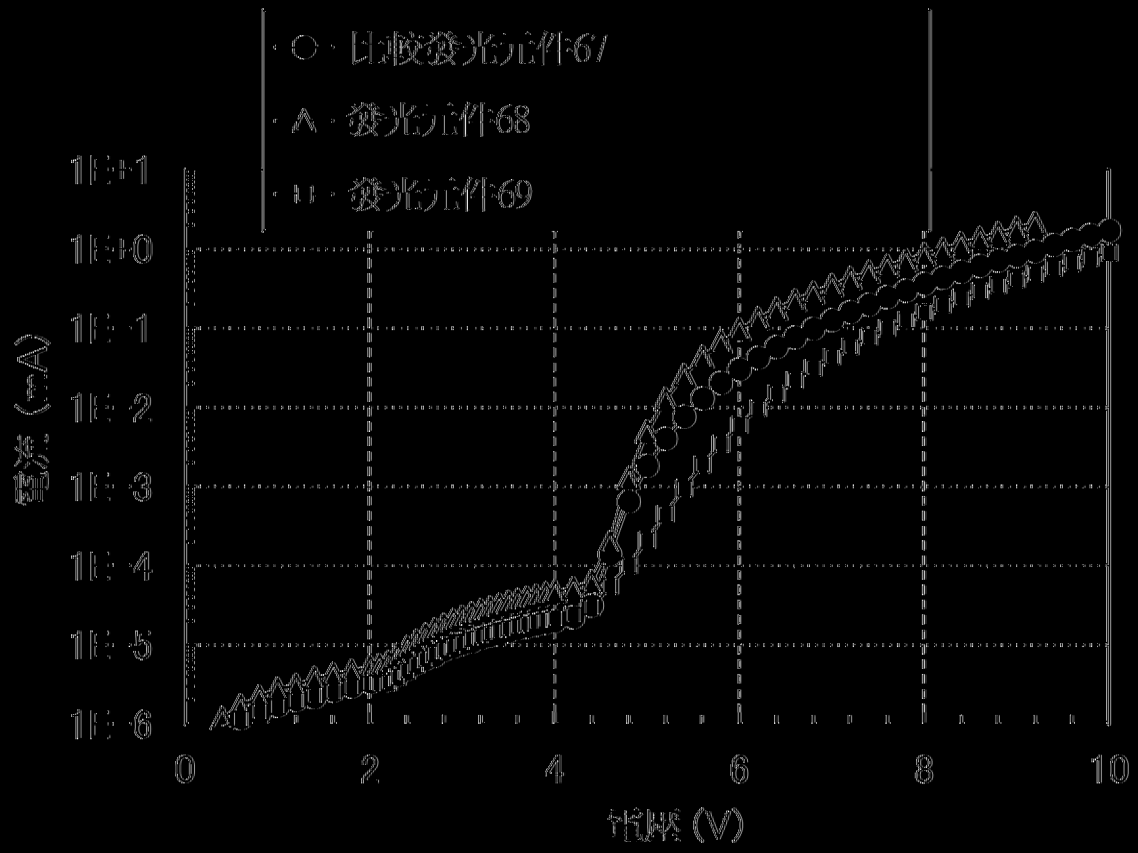
【圖100】


相對光強度(a.u.)
400
450
500
550
600
650
700
750
波長(nm)
比較發光元件64
發光元件65
發光元件66

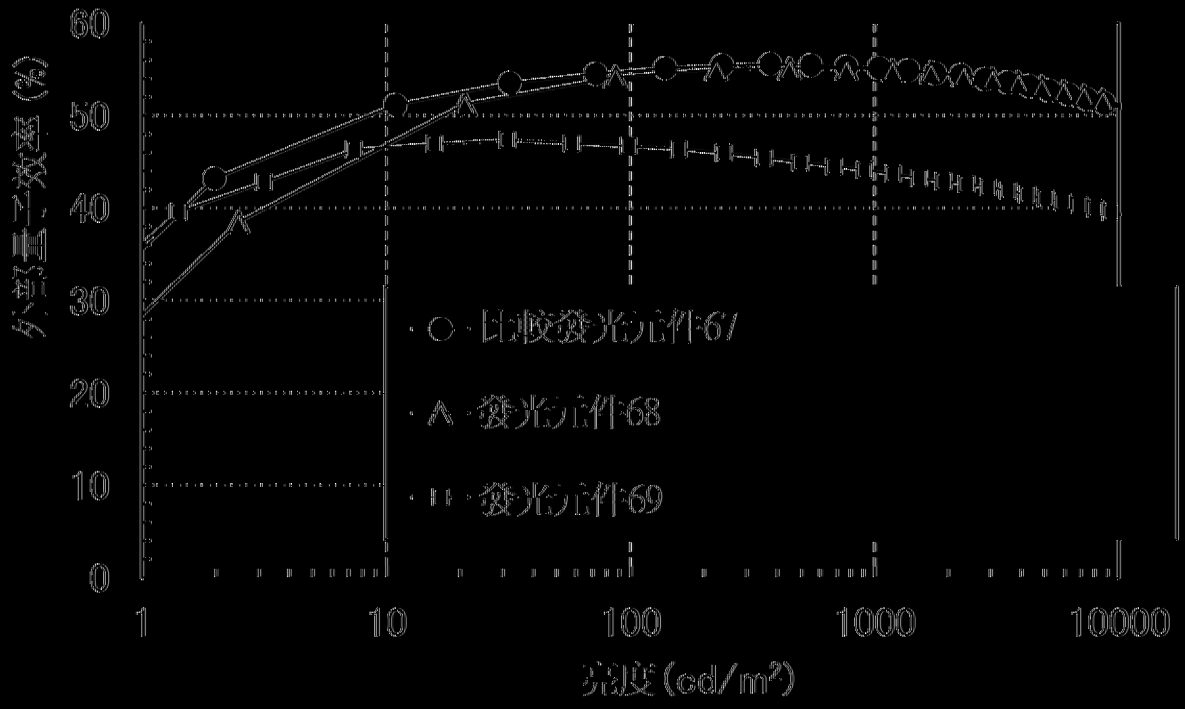
【圖101】


80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
外部量子效率 (%)
・○・比較發光元件6
・△・發光元件68
・□・發光元件69

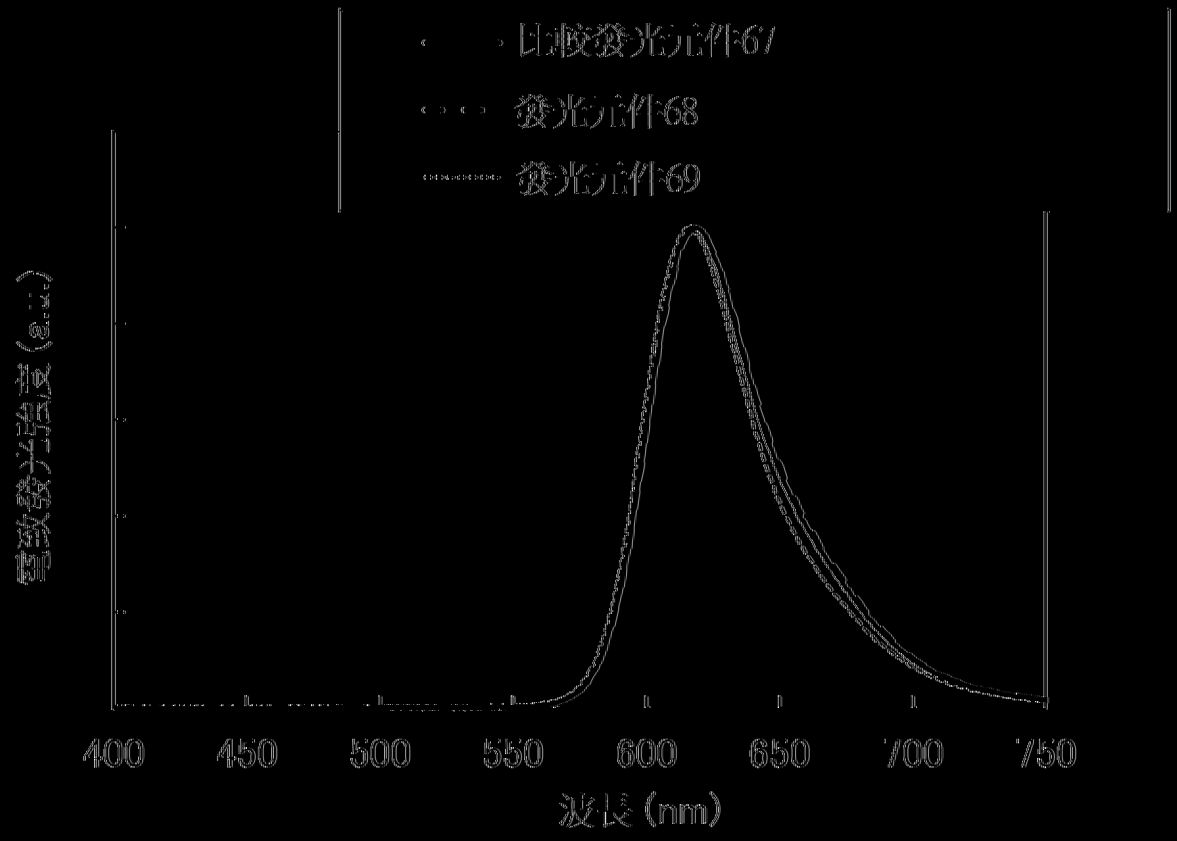
圖(圖102)


・○・比較發光元件6
・△・發光元件68
・□・發光元件69
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
2
4
6
8
10
電壓 (V)
電流 (A)

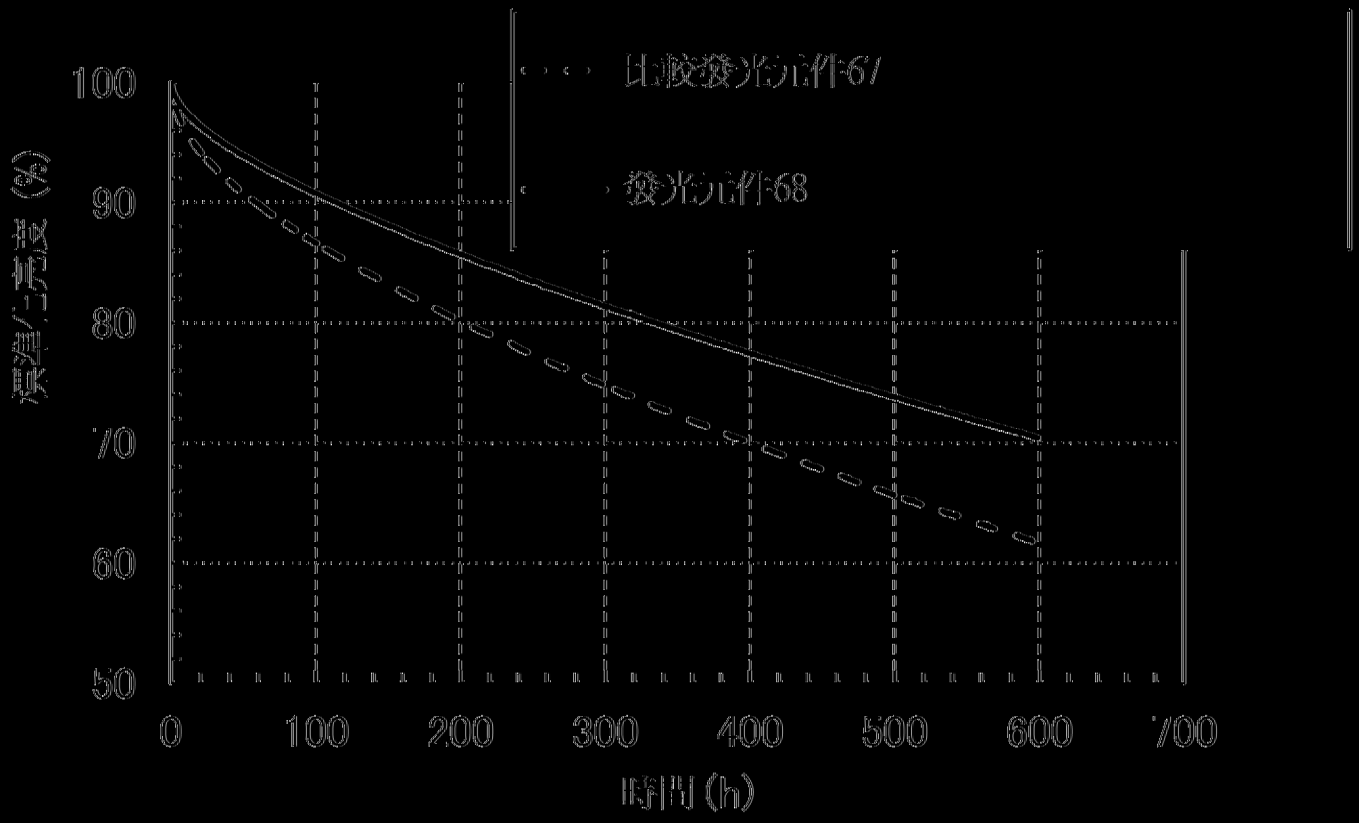
圖(圖103)

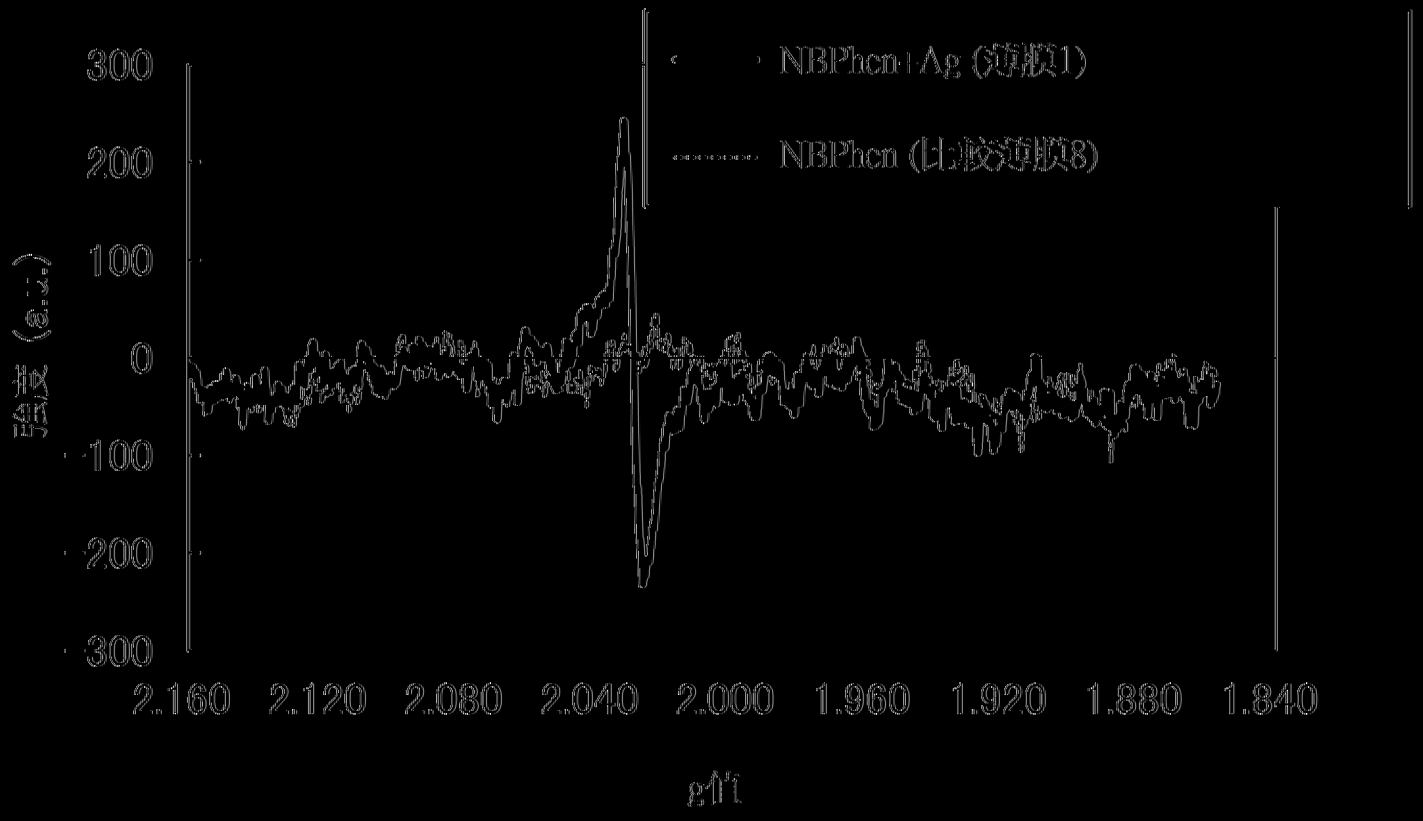

60
50
40
30
20
10
0
1
10
100
1000
10000
亮度(cd/m²)
·○·比較發光元件6/
·△·發光元件68
·□·發光元件69

|(圖104)|


·比較發光元件6/
·發光元件68
·發光元件69
400
450
500
550
600
650
700
750
波長(nm)

|(圖105)|


比較發泡試件67
發泡試件68
100
90
80
70
60
50
殘留率（%）
0
100
200
300
400
500
600
700
時間（h）


NBPhen-Ag (金膜1)
NBPhen (比較膜8)
300
200
100
0
-100
-200
-300
磁場 (G)
2.160
2.120
2.080
2.040
2.000
1.960
1.920
1.880
1.840
g值

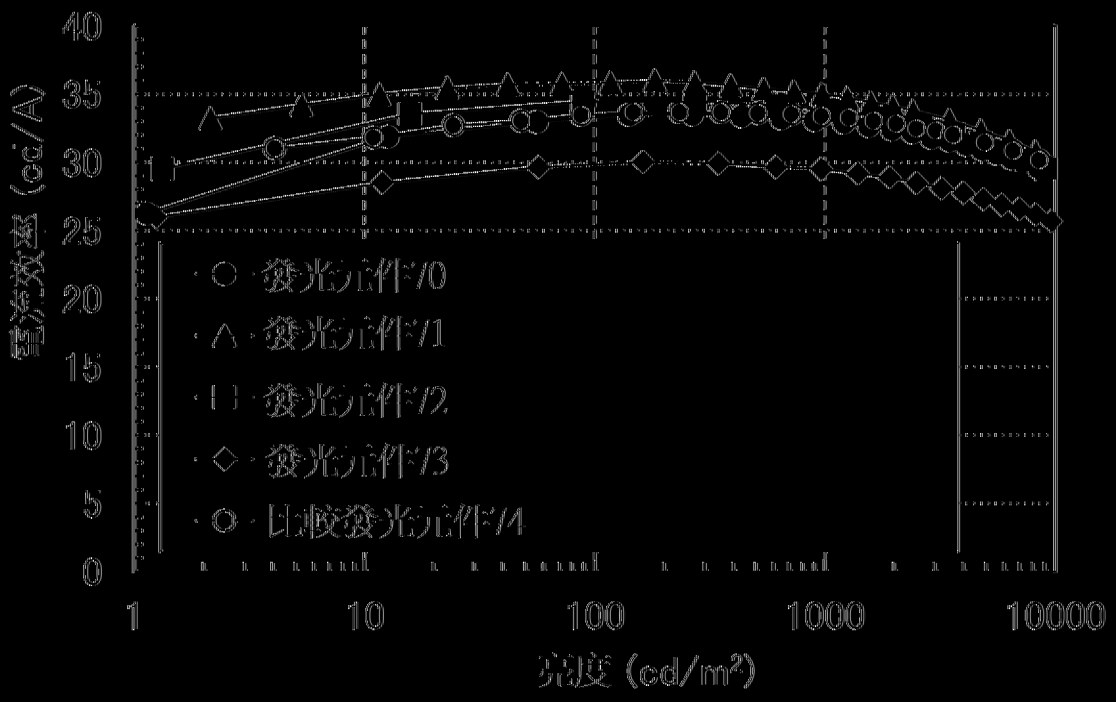

40
35
30
25
20
15
10
5
0
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)
○：發光元件0
△：發光元件1
□：發光元件2
◇：發光元件3
○：比較發光元件4

圖108

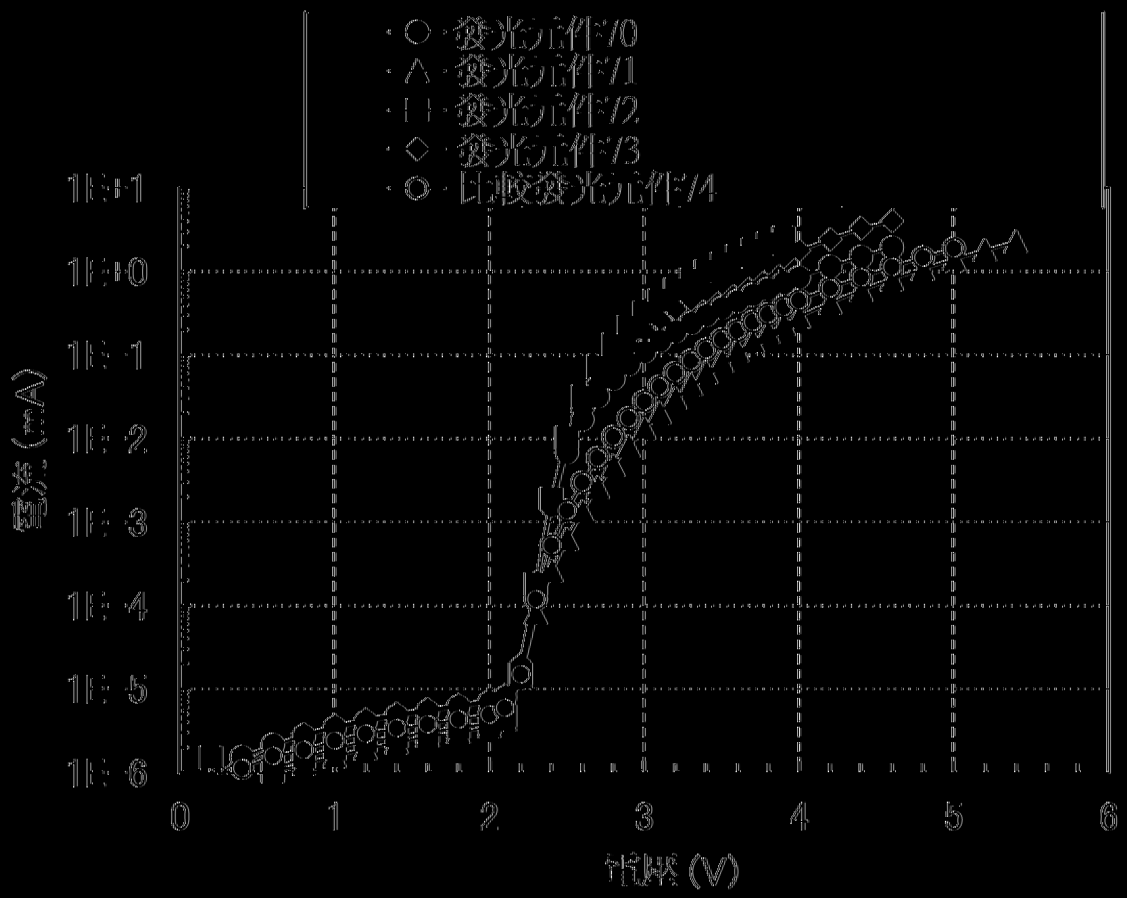
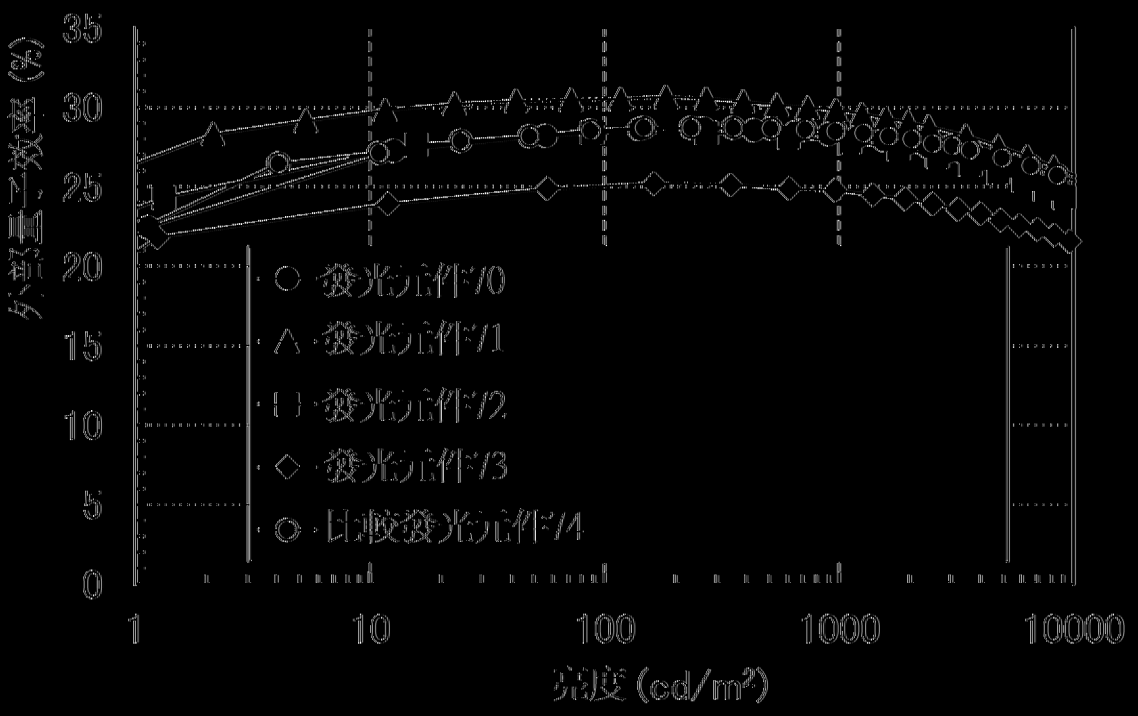
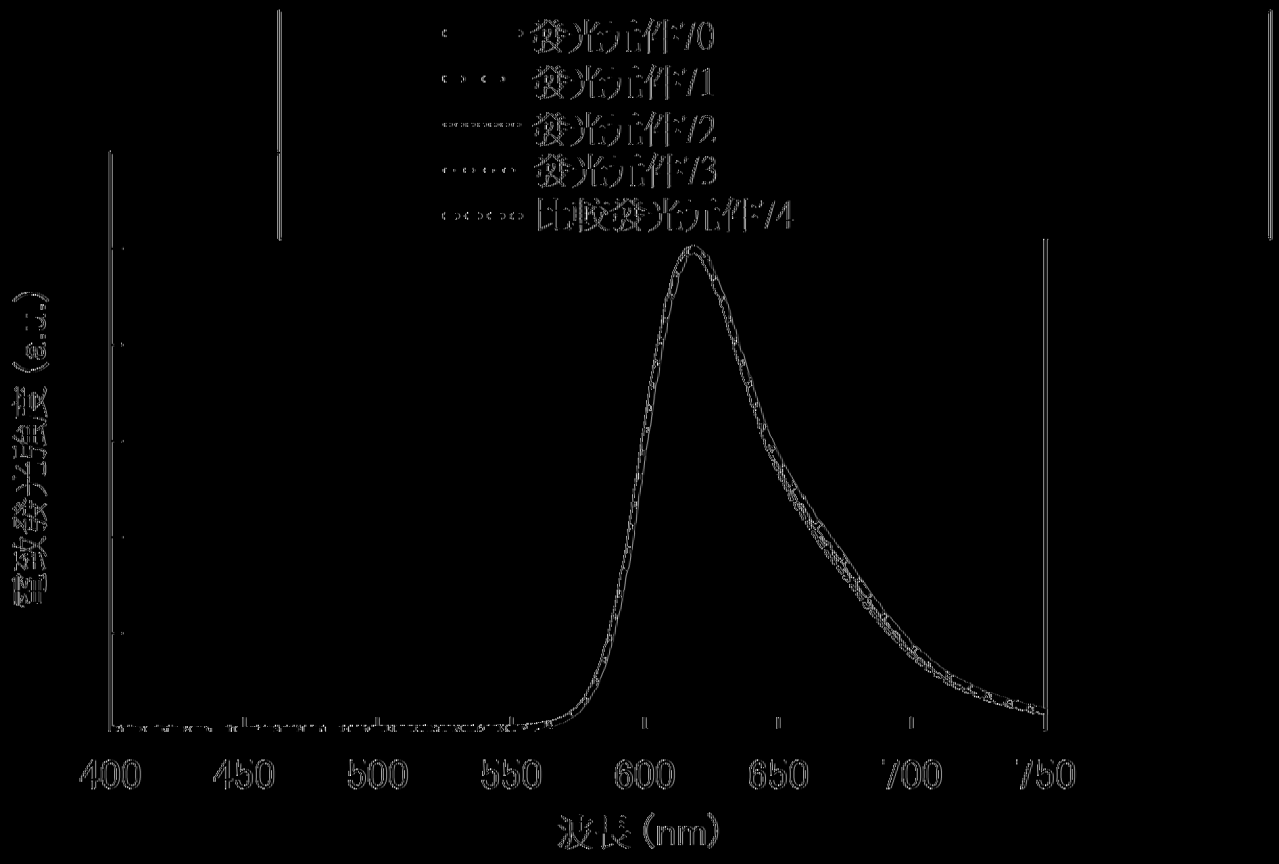

○：發光元件0
△：發光元件1
□：發光元件2
◇：發光元件3
○：比較發光元件4
1E+1
1E+0
1E-1
1E-2
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
0
1
2
3
4
5
6
電壓 (V)

圖109


外量子效率 (%)
35
30
25
20
15
10
5
0
○ 發光元件0
△ 發光元件1
□ 發光元件2
◇ 發光元件3
○ 比較發光元件4
1
10
100
1000
10000
亮度 (cd/m²)

[圖110]


發光元件0
發光元件1
發光元件2
發光元件3
比較發光元件4
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 (nm)

[圖111]