



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I540939 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 01 日

(21) 申請案號：100130486

(22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 08 月 25 日

(51) Int. Cl. : **H05B33/22 (2006.01)**

(30) 優先權：2010/09/14 日本 2010-205790

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

日本

(72) 發明人：瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP) ; 池田壽雄 IKEDA, HISAO (JP) ; 川田琢也  
KAWATA, TAKUYA (JP)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

TW 200913767A

TW 200950174A

JP 2008-98083A

審查人員：楊鴻偉

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：6 共 68 頁

(54) 名稱

固態發光元件，發光裝置和照明裝置

SOLID-STATE LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-EMITTING DEVICE, AND LIGHTING  
DEVICE

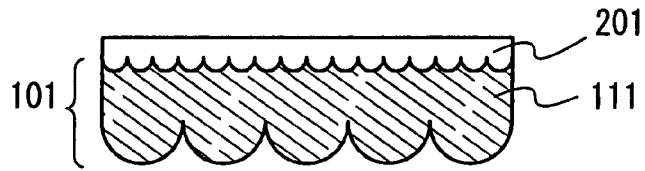
(57) 摘要

本發明的固態發光元件包含具有透射可見光的性質的結構體和在其頂側和底側的每一個上的不均勻結構；提供在所述結構體的一個表面上的高折射率材料層；和提供在所述高折射率材料層上的具有大於或等於 1.6 的折射率的發光體。所述高折射率材料層的一個表面比其與所述結構體接觸的另一表面平坦。所述高折射率材料層的折射率大於或等於 1.6。所述結構體的折射率大於 1.0 且小於所述高折射率材料層的折射率。

A solid-state light-emitting element includes a structure body having a property of transmitting visible light and an uneven structure on each of the top side and the bottom side thereof; a high refractive index material layer provided on one surface of the structure body; and a light-emitting body with a refractive index of greater than or equal to 1.6 provided over the high refractive index material layer. One surface of the high refractive index material layer is flatter than the other surface thereof which is in contact with the structure body. The refractive index of the high refractive index material layer is greater than or equal to 1.6. The refractive index of the structure body is greater than 1.0 and less than that of the high refractive index material layer.

指定代表圖：

圖 2A



符號簡單說明：

101 . . . 結構體

111 . . . 第一層

201 . . . 高折射率材料層

公告本
-----

# 發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100130486

※申請日：100年08月25日

※IPC分類：*H05B 33/22* (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

固態發光元件，發光裝置和照明裝置

Solid-state light-emitting element, light-emitting device, and lighting device

## 二、中文發明摘要：

本發明的固態發光元件包含具有透射可見光的性質的結構體和在其頂側和底側的每一個上的不均勻結構；提供在所述結構體的一個表面上的高折射率材料層；和提供在所述高折射率材料層上的具有大於或等於1.6的折射率的發光體。所述高折射率材料層的一個表面比其與所述結構體接觸的另一表面平坦。所述高折射率材料層的折射率大於或等於1.6。所述結構體的折射率大於1.0且小於所述高折射率材料層的折射率。

### 三、英文發明摘要：

A solid-state light-emitting element includes a structure body having a property of transmitting visible light and an uneven structure on each of the top side and the bottom side thereof; a high refractive index material layer provided on one surface of the structure body; and a light-emitting body with a refractive index of greater than or equal to 1.6 provided over the high refractive index material layer. One surface of the high refractive index material layer is flatter than the other surface thereof which is in contact with the structure body. The refractive index of the high refractive index material layer is greater than or equal to 1.6. The refractive index of the structure body is greater than 1.0 and less than that of the high refractive index material layer.

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第 ( 2A ) 圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

101：結構體

111：第一層

201：高折射率材料層

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於固態發光元件、包含所述發光元件的發光裝置和包含所述發光裝置的照明裝置。

### 【先前技術】

固態發光元件發射在具有比空氣高的折射率的區域中發射光；因此，固態發光元件的問題在於其光提取效率低於 100%，這歸因於在將光提取到空氣中時在具有高折射率的區域與空氣之間的介面處發生全反射的情況。

為了解決該問題，已經報道了一種發光元件，其中在固態發光元件的具有高折射率的區域的表面上提供具有高折射率的不均勻結構體以將光提取到空氣側等。

例如，在非特許文獻 1 中，作為用於改進發光元件的光提取效率的方式，使用其中組合了高折射率玻璃基板和高折射率透鏡的結構和其中在高折射率玻璃基板與空氣之間的介面處提供了不均勻結構的結構。

[非技術文獻 1] *White organic light-emitting diodes with fluorescent tube efficiency*(具有螢光管效率的白色有機發光二極體), *Nature*, 2009 年 5 月 14 日, 459 卷, 第 234-239 頁。

### 【發明內容】

然而，只有少數幾種透射可見光且具有高折射率的材

料(例如，玻璃和樹脂)且這類材料價格昂貴。因此，非特許文獻 1 中描述的結構具有生產成本高的問題。

因此，本發明的一個實施例的目的是提供廉價且具有高光提取效率的固態發光元件。另外，本發明的一個實施例的目的是提供包含所述固態發光元件的發光裝置或包含所述發光裝置的照明裝置。

爲了實現所述目的，本發明的發明人集中在具有高折射率的材料用量上。較佳的使用如下結構，其中提供與發光體接觸的折射率大於或等於 1.6 的薄材料層，提供與所述材料層接觸的折射率大於 1.0 且小於所述材料層的折射率的載體，且在所述材料層與所述載體之間的介面和在所述載體與空氣之間的介面的每一個都是不規則的。

利用這類結構，以超過臨界角的入射角從具有高折射率的介質進入具有低折射率的介質的光被全部反射，可以抑制光提取效率的降低且可以提供廉價的固態發光元件。

因此，本發明的一個實施例爲固態發光元件，其包含具有透射可見光的性質和在其頂側和底側的每一個上的不均勻結構的結構體；提供在所述結構體的一個表面上的高折射率材料層；和提供在所述高折射率材料層上的包含具有大於或等於 1.6 的折射率的發光區域的發光體。所述高折射率材料層的一個表面比其與所述結構體接觸的另一表面平坦。所述高折射率材料層的折射率大於或等於 1.6。所述構造體的折射率大於 1.0 且小於所述高折射率材料層的折射率。



此外，本發明的一個實施例為固態發光元件，其包含具有透射可見光的性質和在其頂側和底側的每一個上的不均勻結構的結構體；提供在所述結構體的一個表面上的高折射率材料層；提供在所述高折射率材料層上的第一電極；提供在所述第一電極上的含有發光物質的層；和提供在所述含有發光物質的層上的第二電極。所述高折射率材料層的一個表面比其與所述結構體接觸的另一表面平坦。所述高折射率材料層、所述第一電極和所述含有發光物質的層中每一個的折射率都大於或等於 1.6。所述結構體的折射率大於 1.0 且小於所述高折射率材料層的折射率。

出於下列原因，較佳的具有上述結構的固態發光元件：高折射率材料層和第一電極的接觸表面是平坦的；因此，即使在固態發光元件為有機 EL 元件的情況下，第一電極也可以成型為平坦的，可以抑制由於第一電極的不規則而經有機 EL 元件產生漏電流，並且可以獲得高可靠性。

此外，較佳的固態發光元件在高折射率材料層與第一電極之間包含具有大於或等於 1.6 的折射率的氮化物薄膜。

當在固態發光元件中的高折射率材料層與第一電極之間提供具有大於或等於 1.6 的折射率的氮化物薄膜時，可以在不降低光提取效率的情況下防止雜質擴散到發光體中。例如，出於下列原因，較佳的具有所述結構的固態發光元件：即使在固態發光元件為有機 EL 元件的情況下，EL 層也可以受到保護以免結構體或高折射率材料層中所含的

水分進入。

此外，在固態發光元件中，結構體的折射率較佳的大於或等於 1.3 且小於高折射率材料層的折射率。

此外，在固態發光元件中，高折射率材料層的折射率較佳的大於或等於 1.7。

此外，在固態發光元件中，結構體可包含多個層。在所述結構體包含多個層的情況下，這些層之間的折射率差較佳的小於或等於 0.15，在這種情況下，由於折射率差引起的光發射可降低到 1% 或更低。另外，所述折射率差更較佳的小於或等於 0.10。

例如，結構體可具有一種結構，其中，提供與高折射率材料層接觸的第一層和一個表面與所述第一層接觸的第二層；在所述第一層與所述第二層之間的折射率差小於或等於 0.15；所述第一層在與所述高折射率材料層接觸的表面上具有不均勻結構；且所述第二層在另一表面上具有不均勻結構。

此外，結構體可具有一種結構，其中，提供與高折射率材料層接觸的第一層、與所述第一層接觸的第二層和與所述第二層接觸的第三層；在所述第一層、所述第二層和所述第三層之間的折射率差小於或等於 0.15；所述第一層在與所述高折射率材料層接觸的表面上具有不均勻結構；且所述第三層在與所述第二層接觸的表面相反的表面具有不均勻結構。

本發明的一個實施例為包含固態發光元件的發光裝置

。另外，本發明的一個實施例為包含所述發光裝置的照明裝置。

根據本發明的一個實施例，可提供廉價且具有高光提取效率的固態發光元件。此外，可提供包含所述固態發光元件的發光裝置或包含所述發光裝置的照明裝置。

### 【實施方式】

將參考附圖詳細描述實施例和實例。應注意，本發明不受以下描述限制，且本領域技術人員可容易地理解可在不脫離本發明的精神和範圍的情況下進行各種改變和修改。因此，不應該將本發明視為局限於實施例和實例中的描述。應注意，在如下所述的本發明的結構中，相同部分或具有類似功能的部分在不同附圖中由相同參考數位指示，且不重復這類部分的描述。

#### (實施例 1)

在該實施例中，將參考圖 1A 和 1B 和圖 2A-2F 描述作為本發明的一個實施例的固態發光元件。

圖 1A 中圖示的固態發光元件包含結構體 101、高折射率材料層 201 和發光體 301。

結構體 101 具有透射可見光的性質(在下文中，簡稱為“透光性質”)和在其頂側和底側的每一個上的不均勻結構。雖然條紋形式的不均勻結構是有效的，但是較佳的呈矩陣狀的不均勻結構。結構體 101 的折射率大於 1.0 且小

於高折射率材料層 201 的折射率。具體地說，較佳的結構體 101 的折射率大於或等於 1.3 且小於高折射率材料層 201 的折射率。

圖 2A-2F 圖示在本發明的一個實施例的固態發光元件中包含的結構體 101 的實例。

圖 2A-2F 中圖示的結構體 101 的每一個都在其頂側和底側的每一個上具有不均勻結構。結構體 101 的不均勻結構的圖案不受特定限制。所述不均勻結構可具有例如半球形圖案(圖 2A-2D 和圖 2F)或具有尖端的圖案，諸如圓錐形或稜錐形(例如，三稜錐或正方稜錐)(圖 2E)。

在結構體 101 與高折射率材料層 201 相接觸的一側上的不均勻結構的不均勻度的大小和高度較佳的為約  $0.1\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$ 。在相反一側上的不均勻度的大小和高度較佳的為約  $0.1\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ 。在結構體 101 與高折射率材料層 201 相接觸的一側上的不均勻結構的大小影響高折射率材料層 201 所用的材料的量，其使不均勻度的大小和高度的容許範圍變窄。相比之下，在相反一側上的不均勻結構可具有超過  $1000\mu\text{m}$  的大小或高度。具體地說，在兩側上的不均勻度較佳的具有大於或等於  $1\mu\text{m}$  的大小或高度，在這樣的情況下可以降低光干涉的影響。

較佳的提供圖案，以使在相鄰圖案之間不形成空間。例如，較佳的以最緊密堆積的結構佈置圖案。給出正六邊形作為較佳的的基本形狀的實例。

結構體 101 可如圖 2A 中所圖示使用一種材料形成，

或如圖 2B-2F 中所圖示使用多種材料的堆疊層形成。在結構體 101 使用多個層形成的情況下，所述多個層可具有不同的折射率。

在結構體 101 具有因層而不同的折射率的情況下，所有層的折射率差較佳的小於或等於 0.15，在這樣的情況下，由折射率差引起的光反射可降低到 1% 或更低。所有層的折射率差更較佳的小於或等於 0.10；在結構體 101 中包含的各層之間的折射率差越小，可降低越多的折射率差引起的光反射。

在結構體包含具有不同折射率的多個層的情況下，當在高折射率材料層 201 側上的兩個相鄰層之一的折射率大於在提取光的一側上的另一層的折射率時，不均勻結構較佳的提供在這兩層之間的介面處。

此外，包含在結構體 101 中的在高折射率材料層 201 側上的兩個相鄰層之一的折射率小於或等於在提取光的一側上的另一層的折射率的情況是適宜的，在這樣的情況下，不需要提供不均勻結構的步驟。

在結構體 101 中所包含的層之中，出於下列原因，與高折射率材料層 201 接觸的層較佳的具有最低折射率：可抑制在結構體 101 中所包含的層之間的介面處的全反射，這引起光提取效率增加。

圖 2A 中圖示的結構體 101 僅包含第一層 111。第一層 111 可使用折射率大於 1.0 且小於高折射率材料層 201 的折射率的材料形成。

作為可用於第一層 111 的材料的實例，給出折射率大於 1.0 且小於 1.6 的玻璃、樹脂等。作為樹脂，可使用聚酯樹脂、聚丙烯腈樹脂、聚醯亞胺樹脂、聚甲基丙烯酸甲酯樹脂、聚碳酸酯樹脂、聚醚砜樹脂、聚醯胺樹脂、環烯烴樹脂、聚苯乙烯樹脂、聚醯胺醯亞胺樹脂、聚氯乙烯樹脂等。具體地說，較佳的使用折射率大於或等於 1.4 且小於 1.6 的材料。

作為在上述材料中形成不均勻結構的方法，例如，視情況可使用蝕刻法、噴砂法、微型噴砂法、液滴噴射法、印刷法（絲網印刷或平板印刷，透過其形成圖案）、塗布法，諸如旋塗法、浸塗法、分配器法、壓印法、奈米壓印法等。

圖 2B-2E 中圖示的結構體 101 各自包含第一層 111 和第二層 112。第一層 111 在與高折射率材料層 201 接觸的表面上具有圖案。第二層 112 在與第一層 111 接觸的表面相反的表面具有圖案。

在圖 2C-2E 中圖示的結構體 101 的每一個上的第一層 111 可使用任何上述材料和方法形成。此外，第二層 112 可使用半球形透鏡、微透鏡陣列、提供有不均勻結構的薄膜、光漫射薄膜等以及可用於第一層 111 的材料和方法形成。例如，透過使用折射率與第一層 111 或上述透鏡或薄膜的折射率基本相同的黏著劑將上述透鏡或薄膜附著到第一層 111 上，使得可形成第二層 112。

在圖 2B 中圖示的結構體 101 的第一層 111 可使用與

圖 2C-2E 中圖示的第二層 112 的材料和方法類似的材料和方法形成。第二層 112 可使用與圖 2C-2E 中圖示的第一層 111 的材料和方法類似的材料和方法形成。

在結構體包含兩層的情況下，諸如圖 2B-2E 中圖示的結構體 101，在第一層 111 與第二層 112 之間的折射率差較佳的小於或等於 0.15。在結構體 101 中包含的各層之間的折射率差越小，可降低越多的由折射率差引起的光反射。此外，第一層 111 的折射率較佳的小於第二層 112 的折射率，在這樣的情況下，可降低由在第一層 111 與第二層 112 之間的介面處的全反射引起的光損失等且可增加光提取效率。

圖 2F 中圖示的結構體 101 包含第一層 111、第二層 112 和第三層 113。第一層 111 在與高折射率材料層 201 接觸的表面上具有不均勻結構。第二層 112 在與第三層 113 接觸的表面相反的表面上具有不均勻結構。第一層 111 和第二層 112 中每一個都可使用與圖 2C-2E 的情況下的材料和方法類似的材料和方法形成。

在圖 2F 中圖示的結構體 101 中，至少第三層 113 可具有作為載體的功能。因此，第一層 111 和第二層 112 較佳的形成為薄層且可使用經適當選擇的具有必需的光學特性的材料形成。第一層 111 和第二層 112 各自較佳的形成為約幾十微米的厚度，且如果需要，可形成為大於或等於幾十微米的厚度。

可不使用形成不均勻的方法而形成第三層 113，且因

此可使用適當選自上述玻璃或樹脂的廉價材料或市售材料形成第三層 113 而不考慮可加工性。例如，由於重新使用的容易性以及輕質和抗破裂性，較佳的樹脂。

在結構體包含三層的情況下，諸如圖 2F 中圖示的結構體 101，在三個層之間的折射率差較佳的小於或等於 0.15。所述三個層之間的折射率差越小，可降低越多的由折射率差引起的光反射。

此外，出於下列原因，較佳的第一層 111 的折射率最低，第二層 112 的折射率大於或等於第一層 111 的折射率，且第三層 113 的折射率大於或等於第二層 112 的折射率：可降低由在第一層 111 與第二層 112 之間的介面處和在第二層 112 與第三層 113 之間的介面處的全反射引起的光損失等，這引起光提取效率增加。

應注意，儘管在與高折射率材料層 201 接觸的結構體 101 的表面的圖案是在提供高折射率材料層 201 之前形成，在相反一側(提取光的一側)上的表面的圖案的形成時間卻不受限制。在相反一側上的表面的圖案可在提供高折射率材料層 201 之前或在結構體 101 上提供高折射率材料層 201、發光層等之後形成。較佳的在形成固態發光元件中包含的層之後(或在密封發光體等之後)，在提取光的一側上的表面上形成圖案，在這樣的情況下，可防止圖案在高折射率材料層 201、發光體等的形成過程期間或在轉移期間破裂。

高折射率材料層 201 由折射率玻璃、液體或樹脂形成



。高折射率材料層 201 具有透光性質。高折射率材料層 201 的折射率大於或等於 1.6、較佳的大於或等於 1.7 且小於或等於 2.1。作為具有高折射率的樹脂的實例，給出含溴的樹脂、含硫的樹脂等。例如，可使用含硫的聚醯亞胺樹脂、環硫化物樹脂、硫代氨基甲酸酯樹脂、溴化的芳族樹脂等。另外，可使用聚對苯二甲酸乙二酯 (PET)、三乙醯基纖維素 (TAC) 等。作為具有高折射率的液體，可使用含硫的接觸液體 (折射液體) 和二碘甲烷等。可使用適於所述材料的多種方法的任一種來形成高折射率材料層 201。例如，任何上述樹脂透過旋塗法沈積且透過熱或光來固化，從而可形成高折射率材料層 201。可考慮黏著強度、加工容易性等適當選擇材料和沈積方法。

一般來講，具有高折射率的樹脂價格昂貴。然而，在根據本發明的一個實施例的固態發光元件的高折射率材料層 201 可形成為薄至幾十微米。因此，可以低成本製造廉價且具有高光提取效率的固態發光元件。

發光體 301 可使用折射率大於或等於 1.6 的材料形成，諸如發光二極體 (LED)、有機電致發光 (EL) 元件或無機 EL 元件。圖 1B 圖示其中將有機 EL 用於發光體 301 的固態發光元件。

圖 1B 中圖示的固態發光元件包含結構體 101、高折射率材料層 201、第一電極 103、含有發光物質的 EL 層 102 和第二電極 108。

在圖 1B 中，與第一電極 103 接觸的高折射率材料層

201 的表面比與結構體 101 接觸的高折射率材料層 201 的表面平坦。因此，可抑制經 EL 層 102 產生漏電流。

如上所述，在該實施例的固態發光元件中，具有大於或等於 1.6 的折射率的薄的高折射率材料層提供在載體與發光體之間。此外，不均勻結構提供在載體與空氣之間的介面和載體與具有高折射率的層之間的介面處。

這類結構使得降低昂貴高折射率材料的使用量和實現廉價且具有高光提取效率的固態發光元件成爲可能。

該實施例可視情況與本說明書中的任何其他實施例組合。

#### (實施例 2)

在該實施例中，將描述本發明的一個實施例的固態發光元件的實例。在該實施例中，將參考圖 3A-3C 描述作爲實例的有機 EL 元件。

圖 3A 中圖示的發光元件包含在結構體 101 上的高折射率材料層 201、在高折射率材料層 201 上的氮化物薄膜 202、在氮化物薄膜 202 上的第一電極 103、在第一電極 103 上的 EL 層 102 和在 EL 層 102 上的第二電極 108。

EL 層 102 可包含至少一個含有發光有機化合物的發光層。另外，EL 層 102 可具有堆疊層結構，其中適當地組合了含有具有高電子傳輸性質的物質的層、含有具有高電洞傳輸性質的物質的層、含有具有高電子注入性質的物質的層、含有具有高電洞注入性質的物質的層、含有雙極

性物質(具有高電子傳輸性質和高電洞傳輸性質的物質)的層等。在圖 3A 中，在 EL 層 102 中，從第一電極 103 側以電洞注入層 701、電洞傳輸層 702、發光層 703、電子傳輸層 704 和電子注入層 705 的順序進行堆疊。此外，在該實施例中，EL 層 102 的折射率大於或等於 1.7。

較佳的提供氮化物薄膜 202，因為其具有保護一對電極層(第一電極 103 和第二電極 108)和隨後形成的 EL 層 102 免受結構體 101 和高折射率材料層 201 中所含的水分影響的作用。氮化物薄膜 202 具有透光性質。

將描述圖 3A 中圖示的發光元件的製造方法。

首先，製備結構體 101。對於結構體 101，可使用實施例 1 中所述的結構。在該實施例中，將具有 1.36 的折射率的氟樹脂薄膜形成在具有 1.5 的折射率的玻璃基板的一個表面上且透過壓印法形成不均勻結構。氟樹脂薄膜可形成為具有幾十微米的厚度。在形成一對電極層和 EL 層 102 之後，將不均勻結構提供於另一表面。後面將給出其詳細描述。

在提取光的一側上將不均勻結構提供於結構體 101，由此可以提取出通常已經在結構體 101 中引導的基板模式的光。因此，可增加光提取效率。

接著，高折射率材料層 201 形成在結構體 101 上。高折射率材料層 201 可使用實施例 1 中描述的任何材料形成。

因為結構體 101 提供有不均勻結構，因此可以提取出

通常已經在 EL 層中引導的波導模式的光。因此，可增加光提取效率。

高折射率材料層 201 的表面(在此，與氮化物薄膜 202 接觸的表面)比與結構體 101 接觸的另一表面平坦。因此，可以抑制經隨後形成的 EL 層 102 產生漏電流，並且可以獲得高可靠性。

接著，具有大於或等於 1.6 的折射率的氮化物薄膜 202 形成在高折射率材料層 201 上。作為氮化物薄膜 202，例如，可使用氮化矽薄膜、氮氧化矽 (silicon nitride oxide) 薄膜、氮化鋁薄膜等。在不降低光提取效率的情況下，提供氮化物薄膜 202 使得防止雜質擴散到發光元件中成為可能。例如，EL 層 102 可防止水分從結構體 101 或高折射率材料層 201 進入且可抑制發光元件的壽命降低。

接著，第一電極 103 形成在氮化物薄膜 202 上。第一電極 103 提供在從 EL 層 102 中提取光的一側上，且因此使用透光材料形成。

作為透光材料，可使用氧化銦、氧化銦錫(也稱作 ITO)、氧化銦鋅(也稱作 IZO)、氧化鋅、加入了鎳的氧化鋅等。

另外，作為第一電極 103，可使用諸如金、鉑、鎳、鎢、鉻、鈾、鐵、鈷、銅、鈮或鈦的金屬材料。此外，可使用金屬材料的氮化物(諸如氮化鈦)等。在使用所述金屬材料(或其氮化物)的情況下，可使第一電極 103 變薄從而透射光。

接著，EL層 102 形成在第一電極 103 上。在圖 3A 中，EL層 102 包含電洞注入層 701、電洞傳輸層 702、發光層 703、電子傳輸層 704 和電子注入層 705。

電洞注入層 701 為含有具有高電洞注入性質的物質的層。作為具有高電洞注入性質的物質，例如，可使用金屬氧化物，諸如氧化鋁、氧化鈦、氧化釩、氧化銻、氧化鈮、氧化鉻、氧化鋯、二氧化鉛、氧化鋇、氧化銀、氧化鎢和氧化錳。也可使用基於酞菁的化合物，諸如酞菁(簡寫為  $H_2Pc$ )或銅(II)酞菁(簡寫為  $CuPc$ )。

可使用下列芳族胺化合物(其為低分子的有機化合物)：  
 4,4',4''-三(*N,N*-二苯基氨基)三苯胺(簡寫為  $TDATA$ )、  
 4,4',4''-三[*N*-(3-甲基苯基)-*N*-苯基氨基]三苯胺(簡寫為  $MTDATA$ )、  
 4,4'-雙[*N*-(4-二苯基氨基苯基)-*N*-苯基氨基]聯苯(簡寫為  $DPAB$ )、  
 4,4'-雙(*N*-{4-[*N'*-(3-甲基苯基)-*N'*-苯基氨基]苯基}-*N*-苯基氨基)聯苯(簡寫為  $DNTPD$ )、  
 1,3,5-三[*N*-(4-二苯基氨基苯基)-*N*-苯基氨基]苯(簡寫為  $DPA3B$ )、  
 3-[*N*-(9-苯基喹啉-3-基)-*N*-苯基氨基]-9-苯基喹啉(簡寫為  $PCzPCA1$ )、  
 3,6-雙[*N*-(9-苯基喹啉-3-基)-*N*-苯基氨基]-9-苯基喹啉(簡寫為  $PCzPCA2$ )、  
 3-[*N*-(1-萘基)-*N*-(9-苯基喹啉-3-基)氨基]-9-苯基喹啉(簡寫為  $PCzPCN1$ )等。

可使用高分子化合物(諸如低聚物、樹枝狀聚合物或聚合物)。作為所述高分子化合物的實例，給出下列化合物：聚(*N*-乙基喹啉)(簡寫為  $PVK$ )、聚(4-乙基三苯胺)(簡寫為  $PVTPA$ )、聚[*N*-(4-{*N'*-[4-(4-二苯基氨基)苯基]

苯基 -*N'*-苯基氨基 } 苯基 ) 甲基丙稀醯胺 ] (簡寫為 PTPDMA) 和聚 [*N,N'*-雙 (4-丁基苯基) -*N,N'*-雙 (苯基) 聯苯胺 ] (簡寫為聚 -TPD)。還可使用向其中加入酸的高分子化合物，諸如聚 (3,4-亞乙基二氧噻吩) / 聚 (苯乙稀磺酸) (PEDOT/PSS) 或聚苯胺 / 聚 (苯乙稀磺酸) (PAni/PSS)。

具體地說，對於電洞注入層 701，較佳的使用複合材料，其中將受主物質加到具有高電洞傳輸性質的有機化合物中。透過使用將受主物質加到具有高電洞傳輸性質的物質中的複合材料，可獲得從第一電極 103 的優良電洞注入，其引起發光元件的驅動電壓降低。這類複合材料可透過共同沈積具有高電洞傳輸性質的物質和具有受主性質的物質來形成。電洞注入層 701 使用所述複合材料形成，由此可獲得從第一電極 103 到 EL 層 102 的優良電洞注入。

作為用於複合材料的有機化合物，可使用多種化合物中的任一種，諸如芳族胺化合物、噁唑衍生物、芳族烴和高分子化合物 (例如，低聚物、樹枝狀聚合物和聚合物)。用於複合材料的有機化合物較佳的為具有高電洞傳輸性質的有機化合物。具體地說，較佳的使用具有  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  或更高的電洞遷移率的物質。應注意，也可使用任何其他物質，只要其電洞傳輸性質高於其電子傳輸性質即可。下文將具體給出可用於複合材料的有機化合物。

可用於複合材料的有機化合物的實例包括：芳族胺化合物，諸如 TDATA、MTDATA、DPAB、DNTPD、DPA3B、PCzPCA1、PCzPCA2、PCzPCN1、4,4'-雙 [*N*-(1-萘基)-

*N*-苯基氨基]聯苯(簡寫為 NPB 或  $\alpha$ -NPD)和 *N,N'*-雙(3-甲基苯基)-*N,N'*-二苯基-[1,1'-聯苯基]-4,4'-二胺(簡寫為 TPD)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡寫為 BPAFLP)；和喹啉衍生物，諸如 4,4'-二(*N*-喹啉基)聯苯(簡寫為 CBP)、1,3,5-三[4-(*N*-喹啉基)苯基]苯(簡寫為 TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9*H*-喹啉(簡寫為 CzPA)、9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9*H*-喹啉(簡寫為 PCzPA)和 1,4-雙[4-(*N*-喹啉基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯。

可使用下列芳族烴化合物中的任一種：2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(簡寫為 *t*-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-雙(3,5-二苯基苯基)蒽(簡寫為 DPPA)、2-叔丁基-9,10-雙(4-苯基苯基)蒽(簡寫為 *t*-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(簡寫為 DNA)、9,10-二苯基蒽(簡寫為 DPAnth)、2-叔丁基蒽(簡寫為 *t*-BuAnth)、9,10-雙(4-甲基-1-萘基)蒽(簡寫為 DMNA)、9,10-雙[2-(1-萘基)苯基]-2-叔丁基蒽、9,10-雙[2-(1-萘基)苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽等。

可使用下列芳族烴化合物中的任一種：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、並四苯、紅熒烯(rubrene)、芴、2,5,8,11-四(叔丁基)芴、並五苯、蒽(coronene)、4,4'-雙(2,2-二苯基乙烯基)聯苯(簡寫為 DPVBi)、9,10-雙[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(簡寫為

DPVPA)等。

作為電子受主的實例，可給出有機化合物，諸如 7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氰醌二甲烷(簡寫為 F<sub>4</sub>-TCNQ)和 氯醌；和過渡金屬氧化物。還可給出屬於周期表中的第 4-8 族的金屬的氧化物。具體地說，由於高電子接受性質，較佳的氧化鈮、氧化鋱、氧化鈿、氧化鉻、氧化鋁、氧化鎢、氧化錳和氧化銻。在這些物質中，特別較佳的氧化鋁，因為其在空氣中穩定，具有低吸濕性且易於操作。

應注意，複合材料可使用上述電子受主和諸如 PVK、PVTFA、PTPDMA 或 Poly-TPD 的上述高分子化合物形成且可用於電洞注入層 701。

電洞傳輸層 702 為含有具有高電洞傳輸性質的物質的層。作為具有高電洞傳輸性質的物質，可使用下列芳族胺化合物中的任一種，例如：NPB；TPD；BPAFLP；4,4'-雙[N-(9,9-二甲基芴-2-基)-N-苯基氨基]聯苯(簡寫為 DFLDPBi)；和 4,4'-雙[N-(螺-9,9'-聯芴-2-基)-N-苯基氨基]聯苯(簡寫為 BSPB)。在此給出的物質主要是具有  $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/V·s 或更高的電洞遷移率的物質。應注意，也可使用任何其他物質，只要其電洞傳輸性質高於其電子傳輸性質即可。應注意，含有具有高電洞傳輸性質的物質的層不限於單層且可為含有任何上述物質的兩個或多個層的堆疊。

對於電洞傳輸層 702，可使用吡啶衍生物，諸如 CBP、CzPA 或 PCzPA；或蔥衍生物，諸如 t-BuDNA、DNA 或 DPAnth。



對於電洞傳輸層 702，還可使用高分子化合物，諸如 PVK、PVTBA、PTPDMA 或 Poly-TPD。

發光層 703 為含有發光有機化合物的層。作為發光有機化合物，例如，可使用顯示出熒光的熒光化合物或顯示出磷光的磷光化合物。

作為可用於發光層 703 的熒光化合物，給出用於藍光發射的材料、用於綠光發射的材料、用於黃光發射的材料和用於紅光發射的材料。作為用於藍光發射的材料的實例，給出下列材料：*N,N'*-雙[4-(9*H*-喹啉-9-基)苯基]-*N,N'*-二苯基芪-4,4'-二胺(簡寫為 YGA2S)、4-(9*H*-喹啉-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(簡寫為 YGAPA)、4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9*H*-喹啉-3-基)三苯胺(簡寫為 PCBAPA)等。作為用於綠光發射的材料的實例，給出下列材料：*N*-(9,10-二苯基-2-蒽基)-*N*,9-二苯基-9*H*-喹啉-3-胺(簡寫為 2PCAPA)、*N*-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]-*N*,9-二苯基-9*H*-喹啉-3-胺(簡寫為 2PCABPhA)、*N*-(9,10-二苯基-2-蒽基)-*N,N',N'*-三苯基-1,4-苯二胺(簡寫為 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(簡寫為 2DPABPhA)、*N*-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)]-*N*-[4-(9*H*-喹啉-9-基)苯基]-*N*-苯基蒽-2-胺(簡寫為 2YGABPhA)、*N,N*,9-三苯基蒽-9-胺(簡寫為 DPhAPhA)等。作為用於黃光發射的材料，給出紅熒烯、5,12-雙(1,1'-聯苯-4-基)-6,11-二苯基並四苯(簡寫為 BPT)等。作為用於紅光發射的材料的實例，給出 *N,N,N',N'*-四(4-甲基苯基)

並四苯-5,11-二胺(簡寫為 p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)苾並[1,2-a]芴蔥-3,10-二胺(簡寫為 p-mPhAFD)等。

作為可用於發光層 703 的磷光化合物，給出用於藍光發射的材料、用於綠光發射的材料、用於黃光發射的材料、用於橙光發射的材料和用於紅光發射的材料。作為用於藍光發射的材料的實例，給出下列材料：四(1-吡啶基)硼酸雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根合-N,C<sup>2'</sup>]銥(III)(簡寫為 FIr6)；吡啶甲酸雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根合-N,C<sup>2'</sup>]銥(III)(簡寫為 FIrpic)；吡啶甲酸雙{2-[3',5'-雙(三氟甲基)苯基]吡啶根合-N,C<sup>2'</sup>}銥(III)(簡寫為 Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic))；乙醯丙酮酸雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶根合-N,C<sup>2'</sup>]銥(III)(簡寫為 FIr(acac))等。作為用於綠光發射的材料的實例，給出下列材料：三(2-苯基吡啶根合-N,C<sup>2'</sup>)銥(III)(簡寫為 Ir(ppy)<sub>3</sub>)、乙醯丙酮酸雙[2-苯基吡啶根合-N,C<sup>2'</sup>]銥(III)(簡寫為 Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac))、乙醯丙酮酸雙(1,2-二苯基-1*H*-苾並咪啶根合)銥(III)(簡寫為 Ir(pbi)<sub>2</sub>(acac))、乙醯丙酮酸雙(苾並[*h*]喹啉根合)銥(III)(簡寫為 Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac))、三(苾並[*h*]喹啉根合)銥(III)(簡寫為 Ir(bzq)<sub>3</sub>)等。作為用於黃光發射的材料的實例，給出下列材料：乙醯丙酮酸雙(2,4-二苯基-1,3-噁啶根合-N,C<sup>2'</sup>)銥(III)(簡寫為 Ir(dpo)<sub>2</sub>(acac))、乙醯丙酮酸雙[2-(4'-全氟苯基)吡啶根合]銥(III)(簡寫為 Ir(p-PF-ph)<sub>2</sub>(acac))、乙醯丙酮酸雙(2-苯基苾並噁啶根合-N,C<sup>2'</sup>)銥(III)(簡寫為 Ir(bt)<sub>2</sub>(acac))、(乙醯丙酮合)雙

[2,3-雙(4-氟苯基)-5-甲基吡嗪根合]銱(III)(簡寫為  $\text{Ir}(\text{Fdppr-Me})_2(\text{acac})$ )、(乙醯丙酮合)雙{2-(4-甲氧基苯基)-3,5-二甲基吡嗪根合}銱(III)(簡寫為  $\text{Ir}(\text{dmmoppr})_2(\text{acac})$ )等。作為用於橙光發射的材料的實例，給出下列材料：三(2-苯基喹啉根合- $N, C^{2'}$ )銱(III)(簡寫為  $\text{Ir}(\text{pq})_3$ )、乙醯丙酮酸雙(2-苯基喹啉根合- $N, C^{2'}$ )銱(III)(簡寫為  $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$ )、(乙醯丙酮合)雙(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪根合)銱(III)(縮寫： $[\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})]$ )、(乙醯丙酮合)雙(5-異丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根合)銱(III)(簡寫為  $\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})$ )等。作為用於紅光發射的材料的實例，有機金屬複合物，諸如乙醯丙酮酸雙[2-(2'-苯並[4,5- $\alpha$ ]噻吩基)吡啶根合- $N, C^{3'}$ ]銱(III)(簡寫為  $[\text{Ir}(\text{btp})_2(\text{acac})]$ )、乙醯丙酮酸雙(1-苯基異喹啉根合- $N, C^{2'}$ )銱(III)(簡寫為  $[\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})]$ )、(乙醯丙酮合)雙[2,3-雙(4-氟苯基)喹啉根合]銱(III)(簡寫為  $[\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})]$ )、(乙醯丙酮合)雙(2,3,5-三苯基吡嗪根合)銱(III)(簡寫為  $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})]$ )、(2,2,6,6-四甲基-3,5-庚二酮酸)雙(2,3,5-三苯基吡嗪根合)銱(III)(簡寫為  $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ )和(2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21*H*,23*H*-卟啉根合)鉑(II)(簡寫為 PtOEP)。另外，稀土金屬複合物，諸如三(乙醯丙酮合)(單菲咯啉)銱(III)(簡寫為  $\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})$ )、三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮根合)(單菲咯啉)銱(III)(簡寫為  $\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})$ )和三[1-(2-噻吩甲醯基)-3,3,3-三氟丙酮根合](單菲咯啉)銱(III)(簡寫為  $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})$ )，顯示從稀土金屬離子的光發射(在不同

多重性 (multiplicity) 之間的電子躍遷) 且因此可作為磷光化合物使用。

應注意，發光層 703 可具有將上述發光有機化合物 (客體材料) 分散在其他物質 (主體材料) 中的結構。作為主體材料，可使用多種材料，且較佳的使用具有比發光材料高的最低未占分子軌道水平 (LUMO 水平) 且具有比發光材料低的最高佔有分子軌道水平 (HOMO 水平) 的物質。

作為主體材料的具體實例，給出下列化合物：金屬複合物，諸如三 (8-羥基喹啉) 鋁 (III) (簡寫為 Alq)、三 (4-甲基-8-羥基喹啉) 鋁 (III) (簡寫為 Almq<sub>3</sub>)、雙 (10-羥基苯並 [h] 羥基喹啉) 鉍 (II) (簡寫為 BeBq<sub>2</sub>)、雙 (2-甲基-8-羥基喹啉) (4-苯基苯酚根合) 鋁 (III) (簡寫為 BAlq)、雙 (8-羥基喹啉) 鋅 (II) (簡寫為 Znq)、雙 [2-(2-苯並噁唑基) 苯酚根合] 鋅 (II) (簡寫為 ZnPBO) 和雙 [2-(2-苯並噻唑基) 苯酚根合] 鋅 (II) (簡寫為 ZnBTZ)；雜環化合物，諸如 2-(4-聯苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑 (簡寫為 PBD)、1,3-雙 [5-(*p*-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基] 苯 (簡寫為 OXD-7)、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑 (簡寫為 TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-苯三酚基) 三 (1-苯基-1*H*-苯並咪唑) (簡寫為 TPBI)、紅菲繞啉 (簡寫為 BPhen) 和浴銅靈 (BCP)；稠合芳族化合物，諸如 9-[4-(10-苯基-9-蔥基) 苯基]-9*H*-喹啉 (簡寫為 CzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蔥基) 苯基]-9*H*-喹啉 (簡寫為 DPCzPA)、9,10-雙 (3,5-二苯基苯基) 蔥 (簡寫為 DPPA)、9,10-二 (2-萘基) 蔥 (簡寫為 DNA)、2-

叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(簡寫為 t-BuDNA)、9,9'-聯蒽(簡寫為 BANT)、9,9'-(苈-3,3'-二基)二菲(簡寫為 DPNS)、9,9'-(苈-4,4'-二基)二菲(簡寫為 DPNS2)、3,3',3''-(苯-1,3,5-三酚基)三芘(簡寫為 TPB3)、9,10-二苯基蒽(簡寫為 DPAnth)和 6,12-二甲氧基-5,11-二苯基蒽；芳族胺化合物，諸如 *N,N*-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9*H*-吡啶-3-胺(簡寫為 CzAlPA)、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺(簡寫為 DPhPA)、*N*,9-二苯基-*N*-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9*H*-吡啶-3-胺(簡寫為 PCAPA)、*N*,9-二苯基-*N*-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯基}-9*H*-吡啶-3-胺(簡寫為 PCAPBA)、*N*-(9,10-二苯基-2-蒽基)-*N*,9-二苯基-9*H*-吡啶-3-胺(簡寫為 2PCAPA)、NPB(或  $\alpha$ -NPD)、TPD、DFLDPBi 和 BSPB；等。

可使用多種材料作為主體材料。例如，為了抑制結晶，還可加入抑制結晶的物質，諸如紅熒烯。另外，可進一步加入 NPB、Alq 等以將能量有效轉移到客體材料。

當使用客體材料分散在主體材料中的結構時，可抑制發光層 703 的結晶。另外，可抑制由高濃度的客體材料引起的濃度淬滅。

對於發光層 703，可使用高分子化合物。具體地說，給出用於藍光發射的材料、用於綠光發射的材料和用於橙-紅光發射的材料。作為用於藍光發射的材料的實例，給出下列材料：聚(9,9-二辛基芴-2,7-二基)(簡寫為 PFO)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基-共聚-(2,5-二甲氧基苯-1,4-

二基)](簡寫為 PF-DMOP)、聚{(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-[*N,N'*-二(對丁基苯基)-1,4-二氨基苯]}(簡寫為 TAB-PFH)等。作為用於綠光發射的材料實例，給出下列材料：聚(對亞苯基亞乙烯基)(簡寫為 PPV)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-交替共聚-(苯並[2,1,3]噻二唑-4,7-二基)](簡寫為 PFBT)、聚[(9,9-二辛基-2,7-二亞乙烯基亞芴基)-交替共聚-(2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-亞苯基)]等。作為用於橙-紅光發射的材料，給出下列材料：聚[2-甲氧基-5-(2'-乙基己氧基)-1,4-亞苯基亞乙烯基](簡寫為 MEH-PPV)、聚(3-丁基噻吩-2,5-二基)(簡寫為 R4-PAT)、聚{[9,9-二己基-2,7-雙(1-氰基亞乙烯基)亞芴基]-交替共聚-[2,5-雙(*N,N'*-二苯基氨基)-1,4-亞苯基]}、聚{[2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-雙(1-氰基亞乙烯基亞苯基)]-交替共聚-[2,5-雙(*N,N'*-二苯基氨基)-1,4-亞苯基]}(簡寫為 CN-PPV-DPD)等。

此外，透過提供多個發光層且使發光層的發射顏色不同，總體上可以從發光元件獲得具有所要顏色的光發射。例如，在具有兩個發光層的發光元件中，當使第一發光層的發射顏色和第二發光層的發射顏色成為互補色時，可以獲得如下發光元件，從整個發光元件中發出白光。應注意，“互補色”是指在混合時可產生無色的顏色。換句話說，當混合從發射互補色的物質得到的光時，可得到白色發射。這可適用於具有三個或更多個發光層的發光元件。

電子傳輸層 704 為含有具有高電子傳輸性質的物質的

層。作為具有高電子傳輸性質的物質的實例，給出下列物質：具有喹啉骨架或苯並喹啉骨架的金屬複合物，諸如三(8-羥基喹啉)鋁(簡寫為 Alq)、三(4-甲基-8-羥基喹啉)鋁(簡寫為 Almq<sub>3</sub>)、雙(10-羥基苯並[h]-羥基喹啉)鈹(簡寫為 BeBq<sub>2</sub>)和雙(2-甲基-8-羥基喹啉)(4-苯基苯酚根合)鋁(簡寫為 BAlq)。還可使用包括基於噁唑或基於噻唑的配位元體的金屬複合物等，諸如雙[2-(2-羥基苯基)苯並噁唑根合]鋅(簡寫為 Zn(BOX)<sub>2</sub>)或雙[2-(2-羥基苯基)苯並噻唑根合]鋅(簡寫為 Zn(BTZ)<sub>2</sub>)。除了金屬複合物之外，還可使用 2-(4-聯苯基)-5-(4-叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(簡寫為 PBD)、1,3-雙[5-(對叔丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(簡寫為 OXD-7)、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁基苯基)-1,2,4-三唑(簡寫為 TAZ)、紅菲繞啉(簡寫為 BPhen)、浴銅靈(簡寫為 BCP)等。在此給出的物質主要是具有  $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/V·s 或更高的電子遷移率的物質。應注意，所述電子傳輸層不限於單層且可為包含任何上述物質的兩個或更多個層的堆疊。

電子注入層 705 為含有具有高電子注入性質的物質的層。對於電子注入層 705，可使用鹼金屬、鹼土金屬或其化合物，諸如鋰、銫、鈣、氟化鋰、氟化銫、氟化鈣或氧化鋰。還可使用諸如氟化鋇的稀土金屬化合物。還可使用用於形成電子傳輸層 704 的任何上述物質。

應注意，如上所述的電洞注入層 701、電洞傳輸層 702、發光層 703、電子傳輸層 704 和電子注入層 705 各

自可以透過諸如蒸發法(例如，真空蒸發法)、噴墨法或塗布法的方法形成。

應注意，如圖 3B 中圖示，多個 EL 層可堆疊在第一電極 103 與第二電極 108 之間。在該情況下，電荷產生層 803 較佳的提供在第一 EL 層 800 與第二 EL 層 801 之間，它們是堆疊的。電荷產生層 803 可使用上述複合材料形成。此外，電荷產生層 803 可具有包含含有複合材料的層和含有另一材料的層的堆疊結構。在該情況下，作為含有另一材料的層，可使用含有供電子物質和具有高電子傳輸性質的物質的層、由透明導電薄膜形成的層等。關於具有這類結構的發光元件，幾乎不存在諸如能量傳遞和淬滅的問題，由於材料選擇方面的擴展，可容易地得到具有高發射效率和長壽命的發光元件。此外，可容易地得到從一個 EL 層提供磷光且從另一 EL 層提供螢光的發光元件。應注意，該結構可與 EL 層的任何上述結構組合。

此外，透過形成彼此發射不同顏色的光的 EL 層，發光元件總體上可提供所要顏色的光發射。例如，在具有兩個 EL 層的發光元件中，第一 EL 層和第二 EL 層的發射顏色是互補的，從而可使發光元件總體上反射白光。這可適用於具有三個或更多個 EL 層的發光元件。

如圖 3C 中圖示，EL 層 102 可包含：在第一電極 103 與第二電極 108 之間的電洞注入層 701、電洞傳輸層 702、發光層 703、電子傳輸層 704、電子注入緩衝層 706、電子中繼層 707 和與第二電極 108 接觸的複合材料層 708



較佳的提供與第二電極 108 接觸的複合材料層 708，在這樣情況下，可降低特別是在第二電極 108 由濺射方法形成時對 EL 層 102 引起的損壞。複合材料層 708 可使用上述複合材料形成，其中受主物質包含在具有高電洞傳輸性質的有機化合物中。

此外，透過提供電子注入緩衝層 706，可降低在複合材料層 708 與電子傳輸層 704 之間的注入障礙；因此，可將複合材料層 708 中產生的電子容易地注入電子傳輸層 704 中。

可將具有高電子注入性質的物質用於電子注入緩衝層 706，例如鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、上述金屬的化合物(例如，鹼金屬化合物(例如，諸如氧化鋰的氧化物、鹵化物和諸如碳酸鋰或碳酸銻的碳酸鹽)、鹼土金屬化合物(例如，氧化物、鹵化物和碳酸鹽)或稀土金屬化合物(例如，氧化物、鹵化物和碳酸鹽))。

此外，在電子注入緩衝層 706 含有具有高電子傳輸性質的物質和施主物質的情況下，較佳的加入施主物質，使得施主物質與具有電子傳輸性質的物質的質量比為 0.001:1 至 0.1:1。應注意，作為施主物質，可使用諸如四硫丁省(tetrathianaphthacene)(簡寫為 TTN)、二茂鎳或十甲基二茂鎳的有機化合物以及鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、上述金屬的化合物(例如，鹼金屬化合物(例如，諸如氧化鋰的氧化物、鹵化物和諸如碳酸鋰或碳酸銻的碳酸鹽

)、鹼土金屬化合物(例如，氧化物、鹵化物和碳酸鹽)或稀土金屬化合物(例如，氧化物、鹵化物和碳酸鹽))。應注意，作為具有高電子傳輸性質的物質，可使用與用於如上所述的電子傳輸層 704 的材料類似的材料。

此外，電子中繼層 707 較佳的形成在電子注入緩衝層 706 與複合材料層 708 之間。並非必須提供電子中繼層 707，然而，透過提供具有高電子傳輸性質的電子中繼層 707，電子可迅速傳輸到電子注入緩衝層 706。

在將電子中繼層 707 夾在複合材料層 708 與電子注入緩衝層 706 之間的結構為在複合材料層 708 中所含的受主物質與在電子注入緩衝層 706 中所含的施主物質較不可能彼此相互作用且因此其功能幾乎不會彼此妨礙的結構。因此，可抑制驅動電壓增加。

電子中繼層 707 含有具有高電子傳輸性質的物質，且以具有高電子傳輸性質的物質的 LUMO 水平位於在複合材料層 708 中所含的受主物質的 LUMO 水平與在電子傳輸層 704 中所含的具有高電子傳輸性質的物質的 LUMO 水平之間的方式形成。在電子中繼層 707 含有施主物質的情況下，控制施主物質的施主水平以位於在複合材料層 708 中所含的受主物質的 LUMO 水平與在電子傳輸層 704 中所含的具有高電子傳輸性質的物質的 LUMO 水平之間。作為能級的具體值，在電子中繼層 707 中所含的具有高電子傳輸性質的物質的 LUMO 水平較佳的大於或等於  $-5.0$  eV、更較佳的大於或等於  $-5.0$  eV 且小於或等於  $-3.0$  eV。

作為在電子中繼層 707 中所含的具有高電子傳輸性質的物質，較佳的使用基於酞菁的材料或具有金屬-氧鍵和芳族配位元體的金屬複合物。

作為在電子中繼層 707 中所含的基於酞菁的材料，較佳的使用以下各材料中的任一種：CuPc、酞菁錫(II)複合物(SnPc)、酞菁鋅複合物(ZnPc)、酞菁鈷(II) $\beta$ -形式(CoPc)、酞菁鐵(FePc)和氧釩基 2,9,16,23-四苯氧基-29H,31H-酞菁(PhO-VOPc)。

作為在電子中繼層 707 中所含的具有金屬-氧鍵和芳族配位元體的金屬複合物，較佳的使用具有金屬-氧雙鍵的金屬複合物。金屬-氧雙鍵具有受主性質(容易地接受電子的性質)，因此，可更容易地轉移電子(施予和接受)。此外，認為具有金屬-氧雙鍵的金屬複合物是穩定的。因此，使用具有金屬-氧雙鍵的金屬複合物使得在低壓下更穩定地驅動發光元件成為可能。

作為具有金屬-氧鍵和芳族配位元體的金屬複合物，較佳的基於酞菁的材料。具體地說，較佳的以下各材料中的任一種：氧釩基酞菁(VOPc)、酞菁氧化錫(IV)複合物(SnOPc)和酞菁氧化鈦複合物(TiOPc)，因為就分子結構而言金屬-氧雙鍵更可能對另一分子起作用並且受主性質較高。

應注意，作為如上所述的基於酞菁的材料，較佳的具有苯氧基的基於酞菁的材料。具體地說，較佳的具有苯氧基的酞菁衍生物，諸如 PhO-VOPc。具有苯氧基的酞菁衍

生物可溶於溶劑中，且因此具有在形成發光元件期間易於操作的優勢和便於維修用於薄膜形成的設備的優勢。

電子中繼層 707 還可含有施主物質。作為施主物質，除了鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬和上述金屬的化合物（例如，鹼金屬化合物（例如，諸如氧化鋰的氧化物、鹵化物和諸如碳酸鋰或碳酸鈹的碳酸鹽）、鹼土金屬化合物（例如，氧化物、鹵化物和碳酸鹽）或稀土金屬化合物（例如，氧化物、鹵化物和碳酸鹽））之外，還可使用下列物質中的任一種：有機化合物，諸如四硫丁省（簡寫為 TTN）、二茂鎳和十甲基二茂鎳。當這類施主物質包含在電子中繼層 707 中時，電子可容易地轉移且可在較低電壓下驅動發光元件。

在施主物質包含在電子中繼層 707 中的情況下，除了作為具有高電子傳輸性質的物質的如上所述的材料之外，可使用具有大於在複合材料層 708 中所含的受主物質的受主水平的 LUMO 水平的物質。具體地說，較佳的使用具有大於或等於  $-5.0\text{eV}$ 、較佳的大於或等於  $-5.0\text{eV}$  且小於或等於  $-3.0\text{eV}$  的 LUMO 水平的物質。作為這類物質的實例，給出茈衍生物、含氮的稠合芳族化合物等。應注意到，含氮的稠合芳族化合物由於其穩定性而較佳的用於電子中繼層 707。

作為茈衍生物的具體實例，給出下列化合物：  
3,4,9,10-茈四甲酸二酐（簡寫為 PTCDA）、3,4,9,10-茈四甲酸-雙-苯並咪唑（簡寫為 PTCBI）、*N,N'*-二辛基-3,4,9,10-茈

四羧酸二醯亞胺 (簡寫為 PTCDI-C8H)、*N,N'*-二己基-3,4,9,10-芘四羧酸二醯亞胺 (Hex PTC) 等。

作為含氮的稠合芳族化合物的具體實例，給出下列化合物：吡嗪並 [2,3-f][1,10]菲咯啉-2,3-二甲腈 (PPDN)、2,3,6,7,10,11-六氰基-1,4,5,8,9,12-六氮雜苯並菲 (HAT(CN)<sub>6</sub>)、2,3-二苯基吡啶並 [2,3-b]吡嗪 (2PYPR)、2,3-雙(4-氟苯基)吡啶並 [2,3-b]吡嗪 (F2PYPR) 等。

此外，可使用 7,7,8,8-四氰基醯二甲烷 (簡寫為 TCNQ)、1,4,5,8-萘四甲酸二酐 (簡寫為 NTCDA)、全氟並五苯、十六氟酞菁銅 (簡寫為 F<sub>16</sub>CuPc)、*N,N'*-雙(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-十五氟辛基-1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺 (簡寫為 NTCDI-C8F)、3',4'-二丁基-5,5"-雙(二氰基亞甲基)-5,5"-二氫-2,2':5',2"-三聚噻吩)(簡寫為 DCMT)、亞甲基富勒烯 (例如，[6,6]-苯基 C<sub>61</sub>丁酸甲酯) 等。

應注意，在施主物質包含在電子中繼層 707 中的情況下，電子中繼層 707 可透過諸如共蒸發具有高電子傳輸性質的物質和施主物質的方法形成。

電洞注入層 701、電洞傳輸層 702、發光層 703 和電子傳輸層 704 各自可使用任何上述材料形成。

隨後，第二電極 108 形成在 EL 層 102 上。

將第二電極 108 提供在與提取光的一側相反的一側上且使用反射材料形成。作為反射材料，可以使用諸如鋁、金、鉑、銀、鎳、鎢、鉻、鈾、鐵、鈷、銅或鈮的金屬材

料。另外，可使用下列材料中的任一種：含鋁的合金（鋁合金），諸如鋁和鈦的合金、鋁和鎳的合金及鋁和釹的合金；和含銀的合金，諸如銀和銅的合金。由於耐熱性而較佳的銀和銅的合金。此外，使金屬薄膜和金屬氧化物薄膜堆疊在鋁合金薄膜上，由此可防止鋁合金薄膜的氧化。作為用於金屬薄膜或金屬氧化物薄膜的材料之實例，給出鈦、氧化鈦等。此外，較佳的上述材料，因為它們大量存在於地殼中且價廉，從而實現了發光元件的生產成本降低。

最後，在結構體 101 的提取光的一側的表面上利用具有 1.5 的折射率的微透鏡陣列形成不均勻結構。

以上述方式，可製造該實施例的有機 EL 元件。

根據本發明的一個實施例，可在使用降低量的高折射率材料的情況下得到具有高光提取效率的元件。

### (實施例 3)

在該實施例中，將參考圖 4A 和圖 4B 描述包含含有根據本發明的一個實施例的固態發光元件的發光裝置的照明裝置的實例。

圖 4A 圖示照明裝置（臺燈），其包含照明部分 7501、遮光罩 7502、可調節臂 7503、載體 7504、底座 7505 和電源開關 7506。應注意，所述照明裝置透過使用發光裝置用於照明部分 7501 而製造，所述發光裝置根據本發明的一個實施例製造。應注意，除了圖 4A 中圖示的臺燈以外，所述照明裝置按其種類包括天棚燈（天棚固定照明裝

置)、壁燈(壁掛照明裝置)等。

應注意，透過使用發光裝置(對其應用本發明的一個實施例)，對於照明裝置(臺燈)的照明部分 7501，可提供具有高功率效率和光提取效率且在平面內均勻發射光的照明裝置(臺燈)。

圖 4B 圖示一個實例，其中發光裝置(對其應用本發明的一個實施例)用於內部照明裝置。本發明的一個實施例的發光裝置在增加面積方面有利，且因此可用作如由天棚燈 3001 所圖示的具有大面積的照明裝置。另外，所述發光裝置可用於壁掛照明裝置 3002。應注意，透過使用所述發光裝置(對其應用本發明的一個實施例)，可提供具有高功率效率和光提取效率且在平面內均勻發射光的照明裝置。如圖 4B 中所圖示，圖 4A 中圖示的臺燈 3000 也可用於提供有內部照明裝置的空間中。

#### [實例 1]

在該實例中，透過計算得到本發明的一個實施例的固態發光元件的光提取效率。

在該實例中，將作為照明設計分析軟體的 LightTools 7.1 SR1(由 Cybernet Systems, Co., Ltd.生產)用於計算。

下文將參考圖 5A-5D 描述該實例中使用的固態發光元件的結構。在該實例中，有機 EL 元件用作固態發光元件。

(習知實例 1)

在圖示於圖 5A 中的習知實例 1 的有機 EL 元件中，由氧化銦錫 (ITO) 形成的第一電極 1003、含有發光物質的 EL 層 1002 和由鋁形成的第二電極 1008 以該順序堆疊在玻璃基板 1000 上。

用於計算的條件如下。玻璃基板、第一電極和 EL 層的折射率分別為 1.5、2.0 和 1.78。第一電極的透射率為 90%，EL 層的發光區域的面積為 60 微米<sup>2</sup>，EL 層的發射波長為 550nm，且第二電極的反射率為 90%。

(習知實例 2)

在圖示於圖 5B 中的習知實例 2 的有機 EL 元件中，除了習知實施例 1 的結構以外，將具有 1.5 的折射率的半球形微透鏡 1004 提供在玻璃基板 1000 的表面上，在所述表面上沒有形成電極和 EL 層 1002。所述半球的直徑為 30  $\mu\text{m}$ 。

(結構實例 1)

在作為本發明的一個實施例的有機 EL 元件的結構實例 1(圖 5C)中，除了習知實例 2 的結構以外，將高折射率材料層 1006 提供在玻璃基板 1005 與第一電極 1003 之間。高折射率材料層 1006 的折射率為 1.8。此外，在玻璃基板 1005 與高折射率材料層 1006 接觸的表面上，向玻璃基板 1005 提供半球形不均勻結構。所述半球的直徑為 30  $\mu\text{m}$ 。



## (結構實例 2)

在作為本發明的一個實施例的有機 EL 元件的結構實例 2(圖 5D)中，除了習知實例 2 的結構，將低折射率材料層 1007 和高折射率材料層 1006 從玻璃基板 1000 側開始以該順序提供在玻璃基板 1000 與第一電極 1003 之間。低折射率材料層 1007 和高折射率材料層 1006 的折射率分別為 1.36 和 1.8。此外，使用其中半球形不均勻結構提供在低折射率材料層 1007 與高折射率材料層 1006 之間的介面處的結構。所述半球的直徑為  $30\mu\text{m}$ 。

表 1 顯示從計算得到的各元件的光提取效率和習知實例 2、結構實例 1 和結構實例 2 各自的光提取效率與習知實例 1 的光提取效率的比率，將所述習知實例 1 的光提取效率設為 1。

[表 1]

	光提取效率(%)	與習知實例 1 的比率
習知實例 1	16.8	1
習知實例 2	33.3	1.98
結構實例 1	44.9	2.67
結構實例 2	53.3	3.17

如在表 1 中所示，結構實例 1 和結構實例 2 的光提取效率高於習知實例 1 和習知實例 2 的光提取效率。

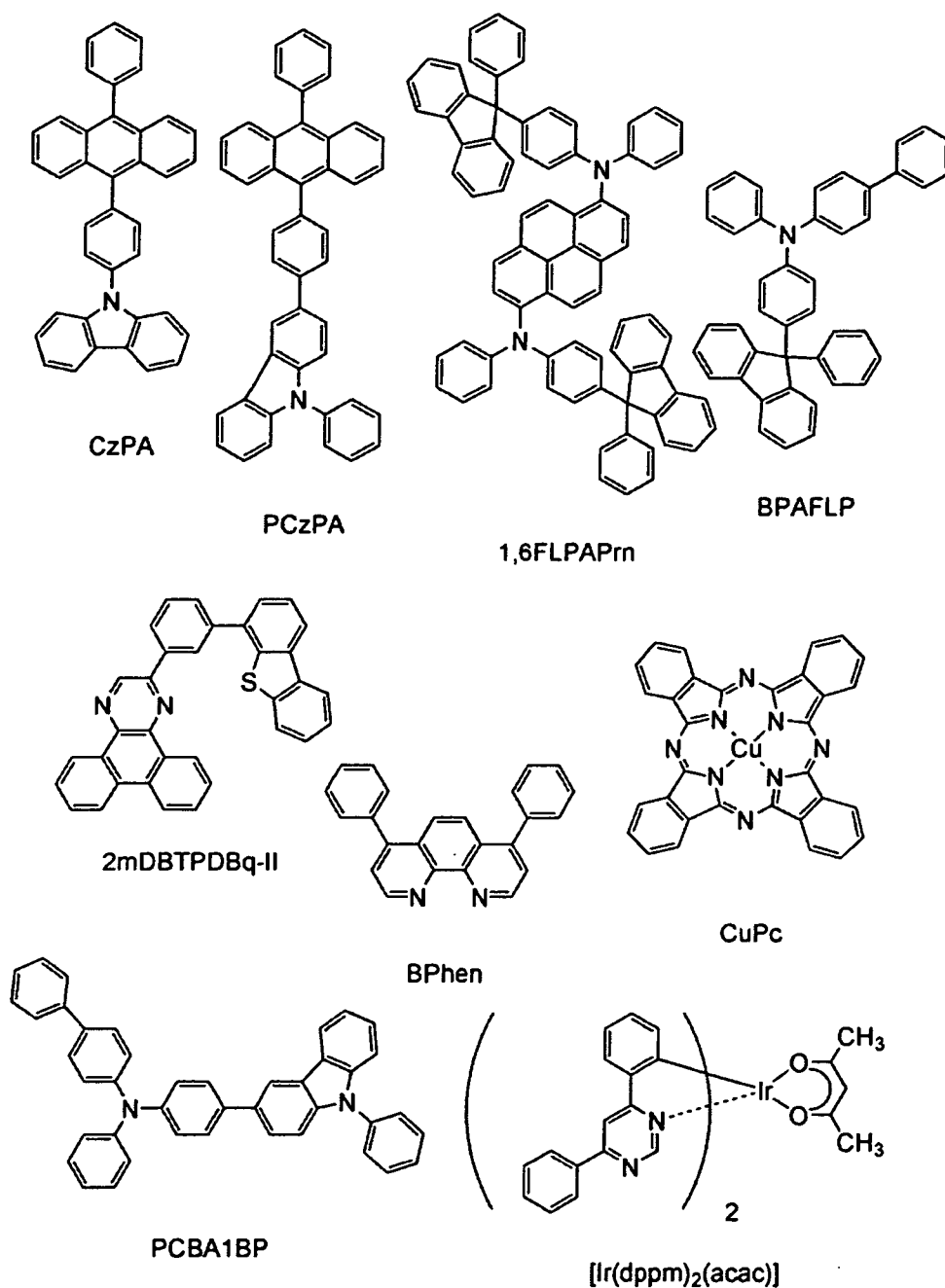
此外，結構實例 2 具有最高光提取效率。結構實例 2 包含低折射率材料層 1007，低折射率材料層 1007 為在高折射率材料層 1006 與玻璃基板 1000 之間的具有比玻璃基板 1000 低的折射率的層。結構實例 2 具有最高光提取效率的原因在於能夠降低在低折射率材料層 1007 與玻璃基板 1000 之間的介面處由於全反射引起的光損失等，這導致光提取效率增加。

上述結果表明應用本發明的一個實施例使得實現價廉且具有高光提取效率的固態發光元件成為可能。

#### [實例 2]

在該實例中，將參考圖 6A-6D 描述根據本發明的一個實施例的固態發光元件。在該實例中的所有固態發光元件都為有機 EL 元件。在該實例中使用的材料的化學式顯示如下。

[化學式1]



在該實例中，製造發光元件 1、發光元件 2 和比較性發光元件 3。

各自作為根據本發明的一個實施例的發光元件 1(圖 6A)和發光元件 2(圖 6B)包含結構體 101。另外，高折射率材料層 201 形成在結構體 101 上，且發光體 301 形成在

高折射率材料層 201 上。

在圖示於圖 6A 中的發光元件 1 的結構體 101 中，第一層 111、第三層 113 和第二層 112a 從高折射率材料層 201 側提供。第一層 111 由具有  $6\mu\text{m}$  的斜度的微透鏡陣列 (折射率：約 1.5) 形成。第三層 113 由具有  $0.7\text{mm}$  的厚度的玻璃 (折射率：約 1.48) 形成。第二層 112a 由半球形透鏡 (折射率：約 1.5) 形成。應注意，第三層 113 和第二層 112a 與在其間的透光樹脂 (折射率：約 1.5) 彼此接觸。

在圖示於圖 6B 中的發光元件 2 的結構體 101 中，第一層 111、第三層 113 和第二層 112b 從高折射率材料層 201 側提供。第一層 111 由具有  $6\mu\text{m}$  的斜度的微透鏡陣列 (折射率：約 1.5) 形成。第三層 113 由具有  $0.7\text{mm}$  的厚度的玻璃 (折射率：約 1.48) 形成。第二層 112b 由透鏡擴散板 (折射率：約 1.5) 形成。應注意，第三層 113 和第二層 112b 與在其間的透光樹脂 (折射率：約 1.5) 彼此接觸。

在作為習知實例的比較性發光元件 3 中，發光體 301 形成在第三層 113 上 (圖 6C)。第三層 113 由具有  $0.7\text{mm}$  的厚度的玻璃 (折射率：約 1.48) 形成。

下文將描述具體製造方法。

(發光元件 1)

首先，透過使用模具將具有約 1.5 的折射率的微透鏡陣列形成在具有約 1.48 的折射率的玻璃 (EAGLE XG<sup>®</sup> (由 Corning Incorporated 製造) 上。所述微透鏡陣列使用含有

環氧甲基丙烯酸酯作為其主要組分的 OPTOKLEB HS226(由 ADELL Corporation 生產)形成。如上所述，所述微透鏡陣列的斜度為  $6\mu\text{m}$ 。

接著，用刮棒塗布機將高折射率樹脂(具有約 10nm 的厚度)施用在微透鏡陣列上，且隨後透過用紫外光(波長： $365\text{nm}$ )在大於或等於  $90\text{mW}/\text{cm}^2$  下輻照 1 分鐘來固化，從而形成高折射率材料層 201。應注意，將具有約 1.8 的折射率的 UV 可固化的功能性硬塗劑(hard coating agent)LIODURAS<sup>®</sup> TYT 80-01(由 TOYO INK CO., LTD 生產)用作高折射率樹脂。

然後，發光體 301 形成在高折射率材料層 201 上。後面將描述發光體 301 的具體製造方法。

在形成發光體 301 之後，將具有約 1.5 的折射率的半球形透鏡提供在玻璃的未形成發光體 301 的一側的表面上且在與發光體 301 的發光區域重疊的位置處，其中在其間的透光樹脂具有約 1.5 的折射率。應注意，將非球面聚光透鏡 35×26.2 FL (由 Edmund Optics Japan Co., Ltd.生產)用作半球形透鏡。另外，將 ELC-2500 Clear (由 Electro-Lite Corporation 生產)用作透光樹脂。

(發光元件 2)

首先，第一層 111、第三層 113、高折射率材料層 201 和發光體 301 各自使用與發光元件 1 類似的材料和方法形成。

在形成發光體 301 之後，將具有約 1.5 的折射率的透鏡擴散板提供在玻璃的未形成發光體 301 的一側的表面上且在與發光體 301 的發光區域重疊的位置處，其中在其間的透光樹脂具有約 1.5 的折射率。作為透鏡擴散板，使用 LSD60PC10-F12 (由 Optical Solutions Corporation 生產)。另外，將 ELC-2500 Clear (由 Electro-Lite Corporation 生產) 用作透光樹脂。

(比較性發光元件 3)

發光體 301 形成在第三層 113 上，從而製造比較性發光元件 3。作為第三層 113，使用具有約 1.48 的折射率的玻璃 (EAGLE XG<sup>®</sup> 由 Corning Incorporated 生產)。發光體 301 透過與發光元件 1 類似的方法形成。

下文將參考圖 6D 描述包含於發光元件 1、發光元件 2 和比較性發光元件 3 中的發光體 301 的製造方法。

<發光體 301 的製造方法>

將含氧化矽的氧化銻錫 (ITSO) 透過濺鍍方法沈積，從而形成充當陽極的第一電極 1101。應注意，第一電極 1101 的厚度為 110nm 且其面積為 2mm×2mm。

接著，將基板 1100 固定到在真空蒸發設備中的基板座上，使得其上形成了第一電極 1101 的基板 1100 的表面面向下。將所述真空蒸發設備的壓力降低到約  $10^{-4}$  Pa。隨後將 9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-9H-吡啶 (簡寫為

PCzPA)和氧化鋇(VI)共蒸發在第一電極 1101 上以形成第一電洞注入層 1111a。第一電洞注入層 1111a 的厚度為 50nm。將 PCzPA 與氧化鋇(VI)的重量比調節到 2:1(= PCzPA:氧化鋇(VI))。應注意，共蒸發法是指其中在一個處理腔室中從多個蒸發源同時進行蒸發的蒸發方法。

接著，使 PCzPA 以 30nm 的厚度沈積在第一電洞注入層 1111a 上，從而形成第一電洞傳輸層 1112a。

此外，將 9-[4-(*N*-嗞唑基)]苯基-10-苯基蒽(簡寫為 CzPA)和 *N,N'*-雙[4-(9-苯基-9*H*-芴-9-基)苯基]-*N,N'*-二苯基芘-1,6-二胺(簡寫為 1,6FLPAPrn)共蒸發在第一電洞傳輸層 1112a 上，從而形成第一發光層 1113a。第一發光層 1113a 的厚度為 30nm。將 CzPA 與 1,6FLPAPrn 的重量比調節到 1:0.05 (= CzPA:1,6FLPAPrn)。

接著，在第一發光層 1113a 上，沈積厚度為 5nm 的 CzPA 且沈積厚度為 15nm 的紅菲繞啉(簡寫為 BPhen)，從而形成第一電子傳輸層 1114a。

然後，0.1nm 厚的 Li 透過蒸發形成在第一電子傳輸層 1114a 上，從而形成第一電子注入層 1115a。

然後，2nm 厚的銅酞菁(簡寫為 CuPc)透過蒸發形成在第一電子注入層 1115a 上，從而形成電子中繼層 1116。

接著，在電子中繼層 1116 上，共蒸發 4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡寫為 BPAFLP)和氧化鋇(VI)，從而形成第二電洞注入層 1111b。第二電洞注入層 1111b 的厚度為 60nm。將 BPAFLP 與氧化鋇(VI)的重量比調節到

2:1(= BPAFLP:氧化鉬)。應注意，該實施例中的第二電洞注入層 1111b 充當上述實施例中所述的電荷產生層。

接著，使 BPAFLP 以 20nm 的厚度沈積在第二電洞注入層 1111b 上，從而形成第二電洞傳輸層 1112b。

然後，在第二電洞傳輸層 1112b 上，共同沈積 2-[3-(二苯並噻吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹啉(簡寫為 2mDBTPDBq-II)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(簡寫為 PCBA1BP)和(乙醯丙酮合)雙(4,6-二苯基嘧啶根合)銱(III)(簡寫為  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ )，從而形成第二發光層 1113b。第二發光層 1113b 的厚度為 40nm。將 2mDBTPDBq-II 與 PCBA1BP 和  $\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})$  的重量比調節到 1.6:0.4:0.12 (= 2mDBTPDBq-II:PCBA1BP: $\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})$ )。

接著，在第二發光層 1113b 上，使 2mDBTPDBq-II 和 BPhen 各自以 15nm 的厚度沈積，從而形成第二電子傳輸層 1114b。

然後，1nm 厚的氟化鋰(LiF)透過蒸發形成在第二電子傳輸層 1114b 上，從而形成第二電子注入層 1115b。

然後，作為充當陰極的第二電極 1103，200nm 厚的鋁透過蒸發形成在第二電子注入層 1115b 上。

最後，在氮氣氛下將發光元件密封在手套箱中，從而使發光元件不暴露於空氣中。

應注意，在上述蒸發步驟中，蒸發都是透過電阻加熱方法進行。



表 2 顯示作為發光體 301 且透過上述步驟製造的有機 EL 元件的元件結構。

[表 2]

第一電極						電子中繼層
ITSO 110nm						
第一電洞注入層	第一電洞傳輸層	第一發光層	第一電子傳輸層		第一電子注入層	
PCzPA:MoOx (=2:1) 50nm	PCzPA 30nm	CzPA:1,6FLPAPm (=1:0.05) 30nm	CzPA 5nm	BPhen 15nm	Li 0.1nm	CuPc 2nm
第二電洞注入層	第二電洞傳輸層	第二發光層	第二電子傳輸層		第二電子注入層	第二電極
BPAFLP:MoOx (=2:1) 60nm	BPAFLP 20nm	2mDBTPDBq-II: PCBA1BP:Ir(dppm) <sub>2</sub> (acac) (=1.6:0.4:0.12) 40nm	2mDBTPDBq-II 15nm	BPhen 15nm	LiF 1nm	Al 200nm

表 3 顯示如上所述得到的發光元件 1、發光元件 2 和比較性發光元件 3 的相對功率效率。表 3 中所示的相對功率效率顯示為比較值，在該情況下，比較性發光元件 3 的功率效率為 1。

[表 3]

	相對功率效率
發光元件 1	1.92
發光元件 2	1.34
比較性發光元件 3	1

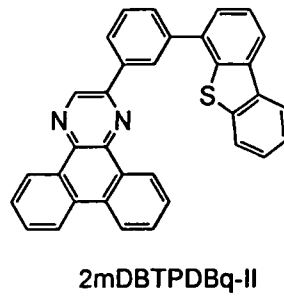
根據表 3，當與作為常規實施例的比較性發光元件 3 相比較時，發光元件 1 和發光元件 2(對其各應用本發明的一個實施例)的相對功率效率分別高達 1.92 和 1.34。

該實施例的結果表明應用根據本發明的一個實施例使得獲得具有高功率效率的固態發光元件成為可能。

#### (參考實例 1)

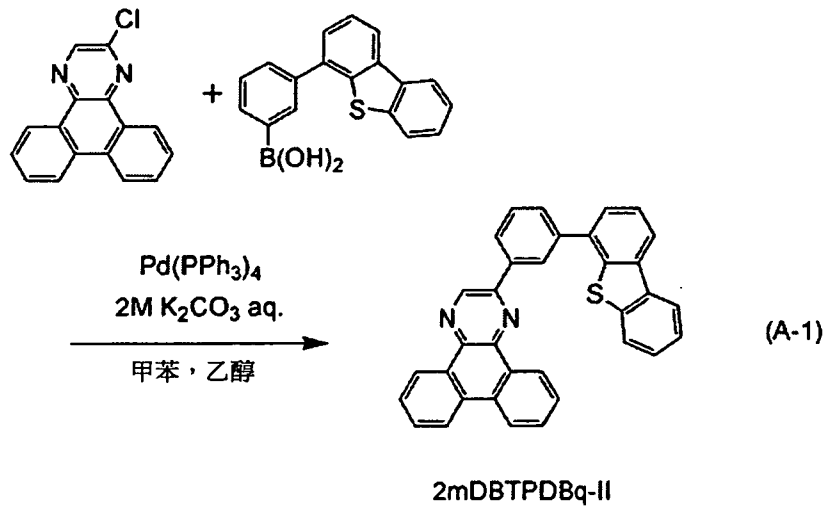
將描述在上述實施例中使用的 2-[3-(二苯並噻吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹啶(簡寫為 2mDBTPDBq-II)的合成方法。

[化學式2]



2mDBTPDBq-II 的合成方案示於 (A-1) 中。

[化學式3]



在 2L 三頸燒瓶中放入 5.3 g (20 mmol) 2-氯二苯並 [f,h] 喹啶、6.1 g (20 mmol) 3-(二苯並噻吩-4-基) 苯基硼酸、460 mg (0.4 mmol) 四(三苯基膦)合鈹(0)、300 mL 甲苯、20 mL 乙醇和 20 mL 2M 碳酸鉀水溶液。透過在減壓下攪拌使混合物脫氣，且將燒瓶中的空氣替換為氮氣。將該混合物在氮氣流下在 100°C 下攪拌 7.5 小時。在冷卻到室溫之後，將得到的混合物過濾以給出白色物質。將透過過濾得到物質用水和乙醇以該順序洗滌，隨後乾燥。將得到的固體溶解在約 600 mL 熱甲苯中，接著透過 Celite(由 Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 生產，目錄號 531-16855)

和 Florisil(由 Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 生產，目錄號 540-00135) 吸濾，由此得到澄清無色濾液。將得到的濾液濃縮並透過矽膠柱色譜法純化。該色譜法使用熱甲苯作為展開溶劑進行。將丙酮和乙醇加到在此得到的固體中，接著用超聲波輻照。隨後，將產生的懸浮固體過濾並將得到的固體乾燥以給出 7.85g 白色粉末，產率 80%。

透過分段式昇華 (train sublimation) 方法，純化 4.0g 得到的白色粉末。在純化中，將白色粉末在 300°C 下在 5.0Pa 的壓力下在 5mL/min 的氬氣流速下加熱。在純化之後，得到 3.5g 作為目標物質的白色粉末，產率 88%。

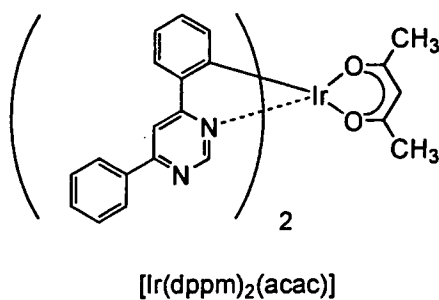
核磁共振 (NMR) 方法識別該化合物為 2-[3-(二苯並噻吩-4-基) 苯基] 二苯並 [*f,h*] 喹啉 (簡寫為 2mDBTPDBq-II)，其為待生產的物質。

所得到物質的  $^1\text{H}$  NMR 資料如下： $^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz):  $\delta$  (ppm) = 7.45-7.52 (m, 2H), 7.59-7.65 (m, 2H), 7.71-7.91 (m, 7H), 8.20-8.25 (m, 2H), 8.41 (d,  $J = 7.8$  Hz, 1H), 8.65 (d,  $J = 7.5$  Hz, 2H), 8.77-8.78 (m, 1H), 9.23 (dd,  $J = 7.2$  Hz, 1.5 Hz, 1H), 9.42 (dd,  $J = 7.8$  Hz, 1.5 Hz, 1H), 9.48 (s, 1H)。

(參考實例 2)

將描述在上述實施例中使用的 (乙醯丙酮合) 雙 (4,6-二苯基噻啉根合) 銱 (III) (簡寫為  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ ) 的合成方法。

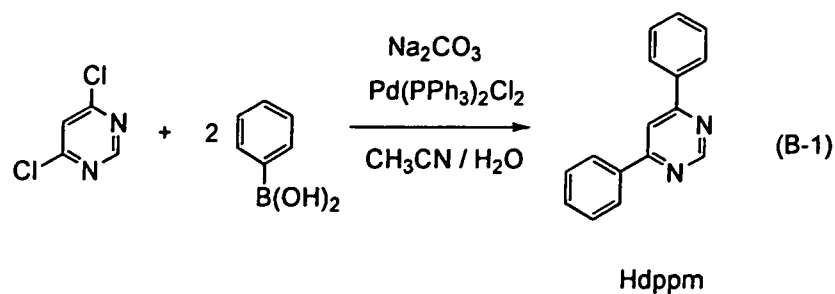
[化學式4]



<步驟 1：合成 4,6-二苯基嘓啶(簡寫為 Hdppm)>

首先，在裝有回流管的回收燒瓶中放入 5.02g 4,6-二氯嘓啶、8.29g 苯基硼酸、7.19g 碳酸鈉、0.29g 雙(三苯基膦)合鈹(II)二氯化物(簡寫為 Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)、20mL 水和 20mL 乙腈，且將燒瓶中的空氣替換為氬氣。使該反應容器經受使用微波(2.45GHz, 100W)的輻照 1 小時以變熱。在此，在燒瓶中進一步放入 2.08g 苯基硼酸、1.79g 碳酸鈉、0.070g Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>、5mL 水和 5mL 乙腈，且使混合溶液經受使用微波(2.45GHz, 100W)的輻照 1 小時以變熱。然後，將水加到該溶液中且將有機層用二氯甲烷萃取。將所得到的萃取物用水洗滌且用硫酸鎂乾燥。在乾燥之後，將溶液過濾。將該溶液的溶劑蒸餾出，且隨後將所得到的殘餘物透過矽膠柱色譜法使用二氯甲烷作為展開溶劑來純化。結果，得到嘓啶衍生物 Hdppm (黃白色粉末，產率 38%)。應注意，對於微波輻照，使用微波合成系統(Discovery, 由 CEM Corporation 生產)。步驟 1 的合成方案(B-1)顯示如下。

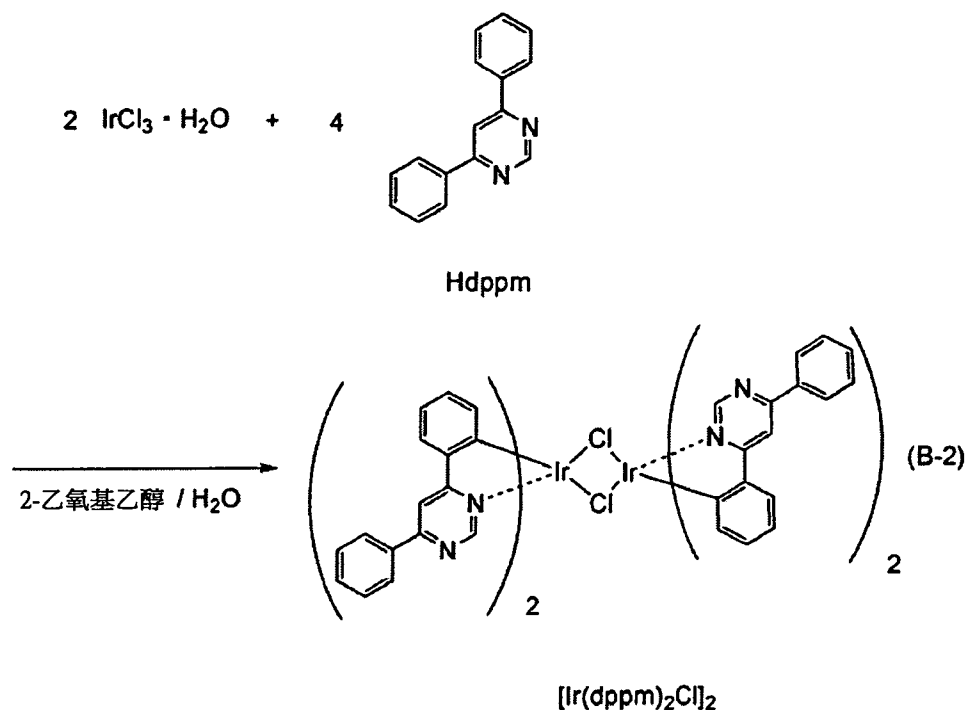
[化學式5]



<步驟 2：合成二- $\mu$ -氯-雙[雙(4,6-二苯基嘓啶根合)銱(III)](簡寫為  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2\text{Cl}]_2$ )>

接著，在裝有回流管的回收燒瓶中放入 15mL 2-乙氧基乙醇、5mL 水、1.10g 在步驟 1 中得到的 Hdppm 和 0.69g 氯化銱水合物 ( $\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )，且將燒瓶中的空氣替換為氬氣。然後，進行使用微波 (2.45GHz, 100 W) 的輻照 1 小時以引起反應。在將溶劑蒸餾出且將所得到的殘餘物過濾並用乙醇洗滌以得到雙核複合物之後，得到了  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2\text{Cl}]_2$  (紅棕色粉末，產率 88%)。步驟 2 的合成方案 (B-2) 顯示如下。

[化學式6]



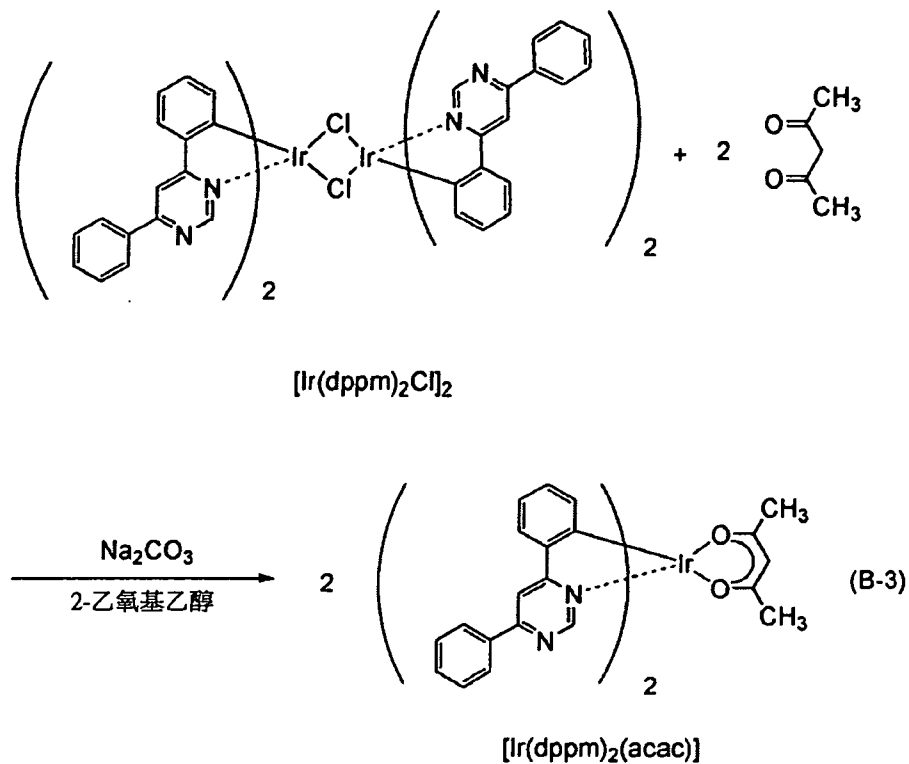
<步驟 3：合成(乙醯丙酮合)雙(4,6-二苯基嘧啶根合)銱(III)(簡寫為 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ )>

此外，在裝有回流管的回收燒瓶中放入 40 mL 2-乙氧基乙醇、1.44 g 在步驟 2 中得到的 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2\text{Cl}]_2$ 、0.30 g 乙醯丙酮和 1.07 g 碳酸鈉，且將燒瓶中的空氣替換為氬氣。然後，進行使用微波(2.45 GHz, 120 W)的輻照 1 小時以引起反應。將溶劑蒸餾出，將得到的殘餘物溶解於二氯甲烷中，且進行過濾以除去不溶物質。將所得到的濾液用水洗滌且隨後用飽和鹽水洗滌，且用硫酸鎂乾燥。在乾燥之後，將溶液過濾。將該溶液的溶劑蒸餾出，且隨後所得到的殘餘物透過矽膠柱色譜法使用體積比為 50:1 的二氯甲烷和乙酸乙酯作為展開溶劑來純化。然後，用二氯甲烷和己烷的混合溶劑進行重結晶以給出作為目標物質的橙色粉



末 (產率 : 32%)。步驟 3 的合成方案 (B-3) 顯示如下。

[化學式7]



在步驟 3 中得到的橙色粉末的核磁共振譜 (<sup>1</sup>H-NMR) 的分析結果顯示如下。結果表明在該合成實施例中得到了 [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]。

<sup>1</sup>H-NMR. δ (CDCl<sub>3</sub>): 1.83 (s, 6H), 5.29 (s, 1H), 6.48 (d, 2H), 6.80 (t, 2H), 6.90 (t, 2H), 7.55-7.63 (m 6H), 7.77 (d, 2H), 8.17 (s, 2H), 8.24 (d, 4H), 9.17 (s, 2H)。

### 【圖式簡單說明】

圖 1A 和 1B 各自圖示作為本發明的一個實施例的固態發光元件的一個實例；

圖 2A-2F 圖示根據實施例的結構體的實例；

圖 3A-3C 圖示根據實施例的有機 EL 元件的實例；  
圖 4A 和 4B 圖示根據實施例的照明裝置的實例；  
圖 5A-5D 圖示根據實施例的有機 EL 元件的實例；以  
及  
圖 6A-6D 圖示根據實施例的固態發光元件的實例。

**【 主要元件符號說明 】**

101：結構體  
201：高折射率材料層  
301：發光體  
111：第一層  
112：第二層  
113：第三層  
102：EL 層  
103：第一電極  
201：高折射率材料層  
202：氮化物薄膜  
108：第二電極  
701：電洞注入層  
702：電洞傳輸層  
703：發光層  
704：電子傳輸層  
705：電子注入層  
706：電子注入緩衝層

- 707：電子中繼層
- 708：複合材料層
- 7501：照明部分
- 7502：遮光罩
- 7503：可調節臂
- 7504：載體
- 7505：底座
- 7506：電源開關
- 3000：臺燈
- 3001：天棚燈
- 3002：壁掛照明裝置
- 1000：玻璃基板
- 1002：EL層
- 1003：第一電極
- 1008：第二電極
- 1004：半球形微透鏡
- 1005：玻璃基板
- 1006：高折射率材料層
- 1007：低折射率材料層
- 1100：基板
- 1101：第一電極
- 1111a：第一電洞注入層
- 1112a：第一電洞傳輸層
- 1113a：第一發光層

1114a : 第一電子傳輸層

1115a : 第一電子注入層

1116 : 電子中繼層

1111b : 第二電洞注入層

1112b : 第二電洞傳輸層

1113b : 第二發光層

1114b : 第二電子傳輸層

1115b : 第二電子注入層

**七、申請專利範圍：**

1. 一種固態發光元件，包含：

能夠透射可見光的結構體，該結構體包括：

第一層，該第一層的一個表面包括第一不均勻結構；以及

第二層，該第二層的一個表面與該第一層的另一表面接觸且該第二層的另一表面包括第二不均勻結構；

在該第一層的該一個表面上且與該第一層的該一個表面接觸的高折射率材料層；和

在該高折射率材料層上的包含具有大於或等於 1.6 的折射率的發光區域的發光體，

其中該高折射率材料層的一個表面比與該第一層接觸的另一表面平坦，

其中該高折射率材料層的折射率大於或等於 1.6，

其中該第一層的折射率和該第二層的折射率大於 1.0 且小於該高折射率材料層的折射率，且

其中該第二層的該折射率與該第一層的該折射率不同。

2. 如申請專利範圍第 1 項的固態發光元件，其中該第二層的該折射率大於該第一層的該折射率。

3. 如申請專利範圍第 1 項的固態發光元件，其中該高折射率材料層的折射率大於或等於 1.7。

4. 如申請專利範圍第 1 項的固態發光元件，其中該第一不均勻結構或該第二不均勻結構是條紋形式的或呈矩

陣狀。

5. 如申請專利範圍第 1 項的固態發光元件，其中該第一不均勻結構或該第二不均勻結構包含半球形圖案或具有尖端的圖案。

6. 如申請專利範圍第 1 項的固態發光元件，其中在該第一層與該第二層之間的折射率差小於或等於 0.15。

7. 如申請專利範圍第 1 項的固態發光元件，其中該第一不均勻結構的不均勻度的大小和高度為約  $0.1\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$ 。

8. 如申請專利範圍第 1 項的固態發光元件，其中該第二不均勻結構的不均勻度的大小和高度為約  $0.1\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ 。

9. 一種發光裝置，包含如申請專利範圍第 1 項的固態發光元件。

10. 一種照明裝置，包含如申請專利範圍第 9 項的發光裝置。

11. 一種固態發光元件，包含：

能夠透射可見光的結構體，該結構體包含：

第一層，該第一層的一個表面包括第一不均勻結構；以及

第二層，該第二層的一個表面與該第一層的另一表面接觸且該第二層的另一表面包括第二不均勻結構；

在該第一層的該一個表面上且與該第一層的該一個表

面接觸的高折射率材料層；

在該高折射率材料層上的第一電極；

在該第一電極上的含有發光物質的層；和

在該含有發光物質的層上的第二電極，

其中該高折射率材料層的一個表面比與該第一層接觸的另一表面平坦，

其中該高折射率材料層、該第一電極和該含有發光物質的層中每一個的折射率都大於或等於 1.6，

其中該第一層的折射率和該第二層的折射率大於 1.0 且小於該高折射率材料層的折射率，且

其中該第二層的該折射率與該第一層的該折射率不同。

12. 如申請專利範圍第 11 項的固態發光元件，其中具有大於或等於 1.6 的折射率的氮化物膜提供在該高折射率材料層與該第一電極之間。

13. 如申請專利範圍第 11 項的固態發光元件，其中該第二層的該折射率大於該第一層的該折射率。

14. 如申請專利範圍第 11 項的固態發光元件，其中該高折射率材料層的折射率大於或等於 1.7。

15. 如申請專利範圍第 11 項的固態發光元件，其中該第一不均勻結構或該第二不均勻結構是條紋形式的或呈矩陣狀。

16. 如申請專利範圍第 11 項的固態發光元件，其中該第一不均勻結構或該第二不均勻結構包括半球形圖案或

具有尖端的圖案。

17. 如申請專利範圍第 11 項的固態發光元件，

其中在該第一層與該第二層之間的折射率差小於或等於 0.15。

18. 如申請專利範圍第 11 項的固態發光元件，其中該第一不均勻結構的不均勻度的大小和高度為約  $0.1\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$ 。

19. 如申請專利範圍第 11 項的固態發光元件，其中該第二不均勻結構的不均勻度的大小和高度為約  $0.1\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$ 。

20. 一種發光裝置，包含如申請專利範圍第 11 項的固態發光元件。

21. 一種照明裝置，包含如申請專利範圍第 20 項的發光裝置。



圖 1A

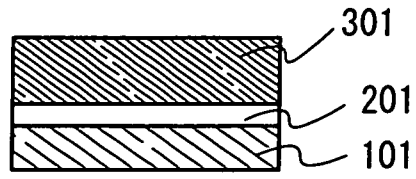


圖 1B

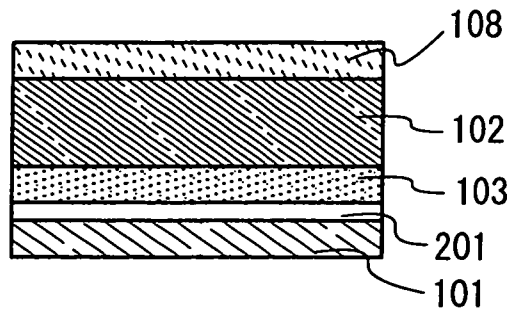


圖 2A

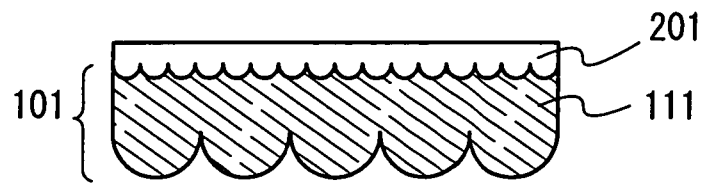


圖 2B

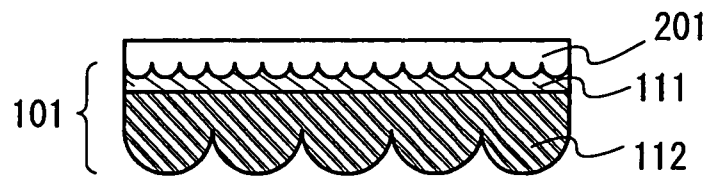


圖 2C

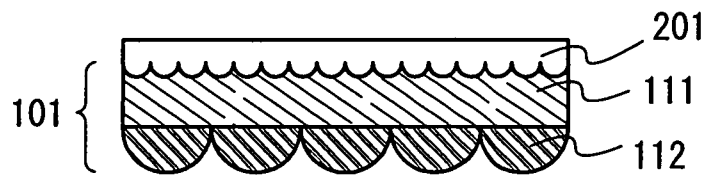


圖 2D

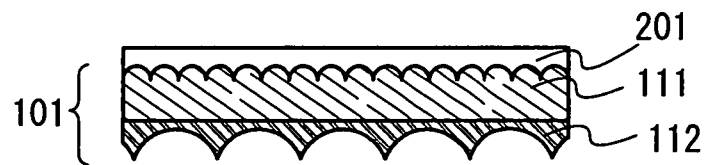


圖 2E

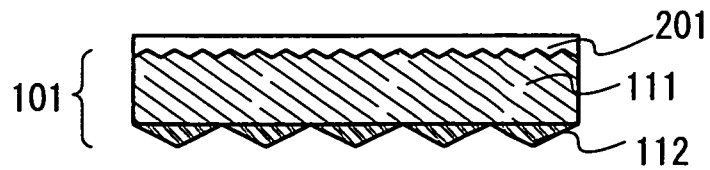


圖 2F

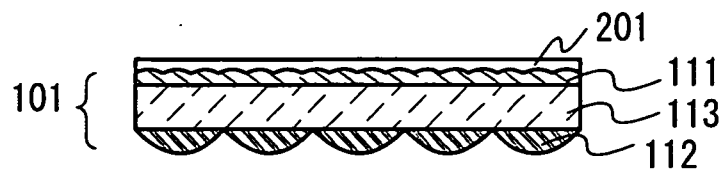


圖 3A

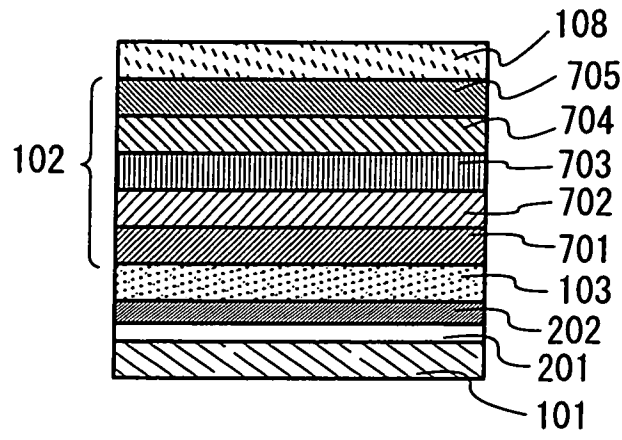


圖 3B

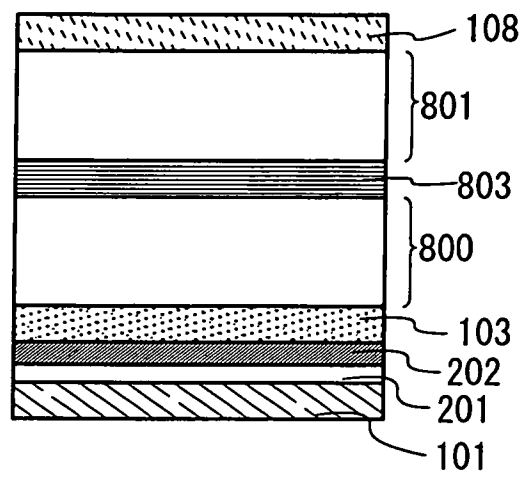


圖 3C

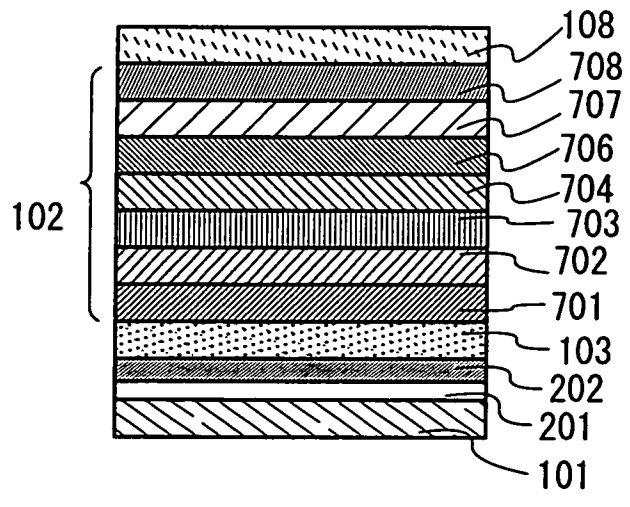


圖 4A

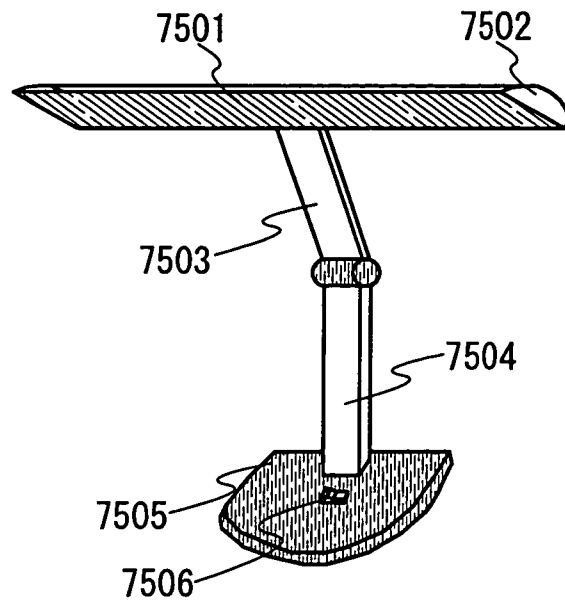


圖 4B

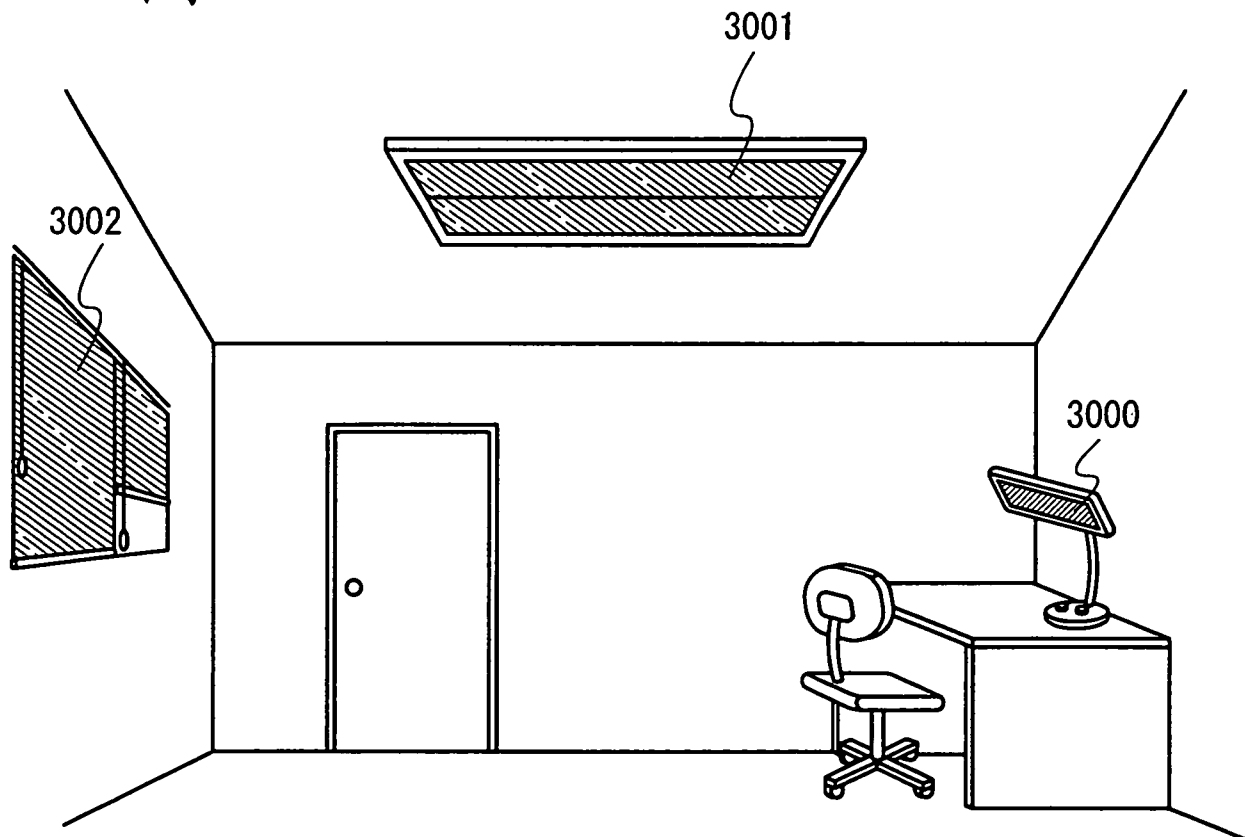


圖 5A

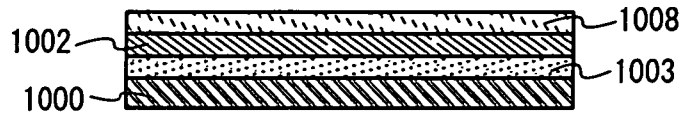


圖 5B

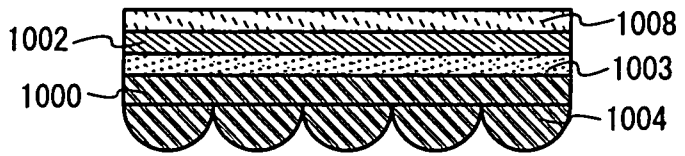


圖 5C

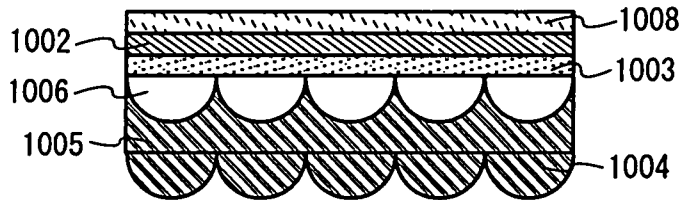


圖 5D

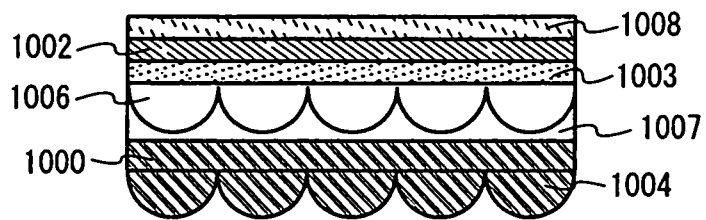


圖 6A

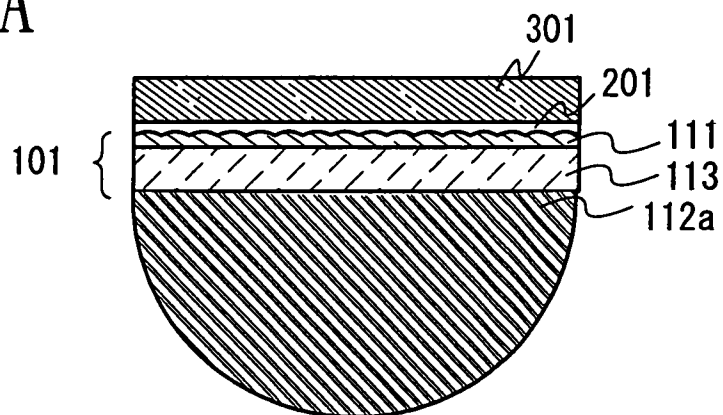


圖 6B

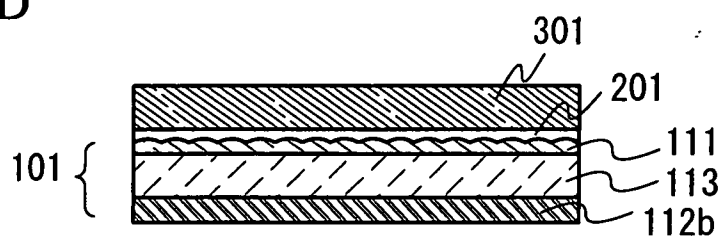


圖 6C

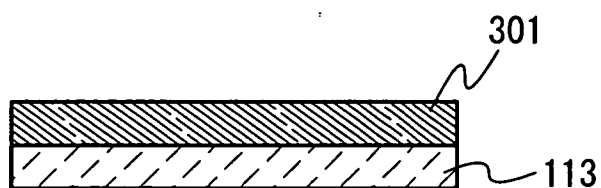


圖 6D

