



(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 I506121 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：100109567

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 03 月 21 日

(51)Int. Cl. : C09K11/06 (2006.01)

C09B47/04 (2006.01)

H01L51/50 (2006.01)

H05B33/14 (2006.01)

(30)優先權：2010/03/31 日本

2010-082706

(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：能渡廣美 NOWATARI, HIROMI (JP)；瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201038120A

TW 201144386A

US 2006/0279190A1

US 2007/0116983A1

US 2007/0210322A1

審查人員：方冠岳

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：21 共 120 頁

(54)名稱

發光元件，發光裝置，電子裝置以及照明裝置

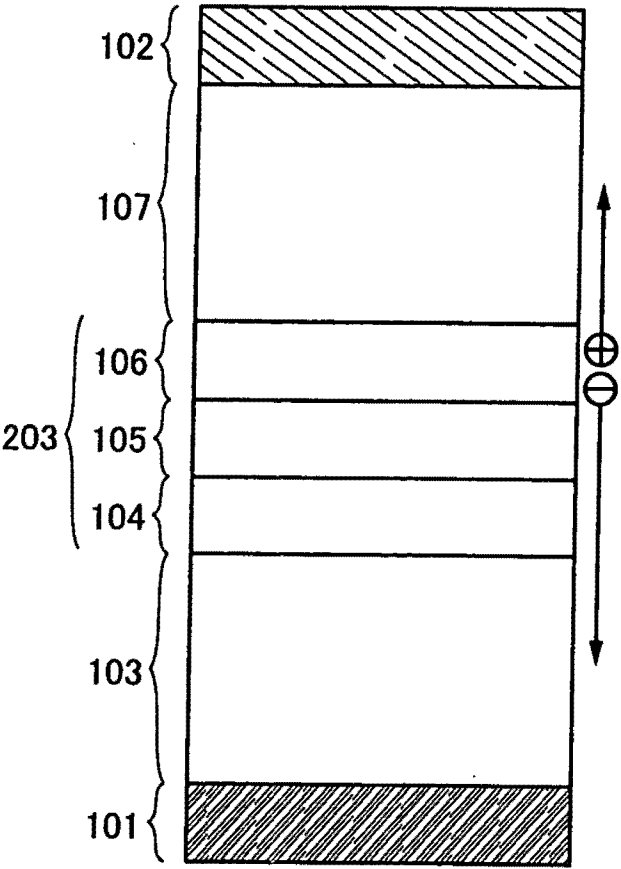
LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-EMITTING DEVICE, ELECTRONIC DEVICE, AND
LIGHTING DEVICE

(57)摘要

一種發光元件，其以高亮度發光，並且可以在低電壓下驅動。所述發光元件包括位於陽極和陰極之間的 n 個 (n 是大於或等於 2 的自然數) EL 層，包括介於從陽極計第 m (m 是自然數， $1 \leq m \leq n-1$) 個 EL 層和第 $(m+1)$ 個 EL 層之間的第一層、第二層和第三層。所述第一層作為電荷產生區域且具有電洞傳輸性質，並包含受體物質。所述第三層具有電子傳輸性質，且包含鹼金屬等。所述第二層由基於酞菁的材料形成，提供在所述第一層和第三層之間，從而在將第一層中產生的電子通過第三層注入所述第 m 個 EL 層的時候，可以降低注入位壘。

A light-emitting element that emits light with high luminance and can be driven at low voltage. The light-emitting element includes n (n is a natural number greater than or equal to 2) EL layers between an anode and a cathode, and includes a first layer, a second layer, and a third layer between an m -th (m is a natural number, $1 \leq m \leq n-1$) EL layer from the anode and an $(m+1)$ th EL layer. The first layer functions as a charge-generation region, has hole-transport properties, and contains an acceptor substance. The third layer has electron-transport properties and contains an alkali metal or the like. The second layer is formed of a phthalocyanine-based material and is provided between the first layer and the third layer, whereby an injection barrier at the time of injecting electrons generated in the first layer into the m -th EL layer through the third layer can be lowered.

圖 4A



- 101 . . . 陽極
- 102 . . . 陰極
- 103 . . . 第一 EL 層
- 104 . . . 第三層
- 105 . . . 第二層
- 106 . . . 第一層
- 107 . . . 第二 EL 層
- 203 . . . 中間層

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：100109567

※申請日：100 年 03 月 21 日

※IPC 分類：

COPK 11/66 (2006.01)
COPB 47/64 (2006.01)
H01C 51/60 (2006.01)
H05B 33/14 (2006.01)

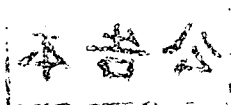
一、發明名稱：(中文／英文)

發光元件，發光裝置，電子裝置以及照明裝置

Light-emitting element, light-emitting device, electronic device, and lighting device

二、中文發明摘要：

一種發光元件，其以高亮度發光，並且可以在低電壓下驅動。所述發光元件包括位於陽極和陰極之間的 n 個 (n 是大於或等於 2 的自然數) EL 層，包括介於從陽極計第 m (m 是自然數， $1 \leq m \leq n-1$) 個 EL 層和第 $(m+1)$ 個 EL 層之間的第一層、第二層和第三層。所述第一層作為電荷產生區域且具有電洞傳輸性質，並包含受體物質。所述第三層具有電子傳輸性質，且包含鹼金屬等。所述第二層由基於酞菁的材料形成，提供在所述第一層和第三層之間，從而在將第一層中產生的電子通過第三層注入所述第 m 個 EL 層的時候，可以降低注入位壘。



三、英文發明摘要：

A light-emitting element that emits light with high luminance and can be driven at low voltage. The light-emitting element includes n (n is a natural number greater than or equal to 2) EL layers between an anode and a cathode, and includes a first layer, a second layer, and a third layer between an m -th (m is a natural number, $1 \leq m \leq n-1$) EL layer from the anode and an $(m+1)$ th EL layer. The first layer functions as a charge-generation region, has hole-transport properties, and contains an acceptor substance. The third layer has electron-transport properties and contains an alkali metal or the like. The second layer is formed of a phthalocyanine-based material and is provided between the first layer and the third layer, whereby an injection barrier at the time of injecting electrons generated in the first layer into the m -th EL layer through the third layer can be lowered.

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第 4A 圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

101：陽極

102：陰極

103：第一 EL 層

104：第三層

105：第二層

106：第一層

107：第二 EL 層

203：中間層

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】

本發明涉及包括電致發光層的發光元件（也稱作EL元件）；包括所述發光元件的發光裝置；以及包括所述發光裝置的電子裝置和照明裝置。

【先前技術】

包括電致發光層（也稱作EL層）的發光元件包括將EL層夾在一對電極之間的結構。當在所述一對電極之間施加電壓的時候，所述EL層發光。所述EL層包含有機化合物，包括至少一個含有發光物質的發光層。所述發光元件具有簡單的結構。這種發光元件作為下一代平板顯示器元件而吸引了人們的注意，這是因為這種發光元件具有以下特性：尺寸薄、重量輕、高回應速度、直流低壓驅動。另外，所述發光元件是面光源，認為其可以作為光源，用作例如液晶顯示器的背光或者照明。

下面將對以上發光元件的發光機制進行描述。當在一對電極之間施加電壓的時候，從陰極注入的電子與從陽極注入的電洞在EL層中重新結合。由於所述重新結合，釋放出能量，造成發光。

人們提出了一種發光元件，其中，為了提高發光元件的發光亮度，將多個發光單元（在本文中也稱作EL層）層疊起來，提供的電流的電流密度與單層的情況相同（例如專利文獻1）。

專利文獻1描述了一種發光元件，其中通過電荷產生層將多個發光單元分隔開。具體來說，在專利文獻1所述的發光元件中，將包含五氧化二釩的電荷產生層層疊在第一發光單元的包含鹼金屬的電子注入層上，將第二發光單元層疊在所述電荷產生層之上。所述電荷產生層中包含的五氧化二釩是一種金屬氧化物。

[參考文獻]

專利文獻1：日本公開專利申請第2003-272860號。

【發明內容】

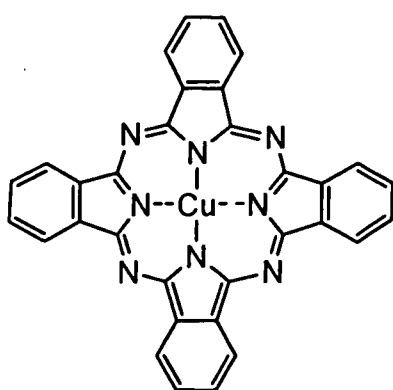
在專利文獻1所述的將多個發光單元層疊的發光元件中，將電荷產生層中產生的電子注入所述第一發光單元，用於第一發光單元的發光。與此同時，將電荷產生層產生的電洞注入第二發光單元，用於第二發光單元的發光。但是，在專利文獻1中，包含具有金屬氧化物的電荷產生層的發光元件具有高注入位壘。當將電子從電荷產生層注入第一發光單元，需要使用高電壓以驅動發光元件。

基於以上內容，本發明的一個實施方式的目的是提供一種發光元件，其能夠以高亮度發光，可以在低電壓條件下驅動。另一個目的是提供一種發光裝置，通過包括所述發光元件，降低該發光裝置的能耗。另一個目的是提供包括所述發光裝置的電子裝置和照明裝置。

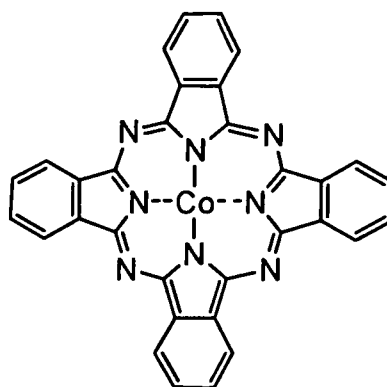
本發明的一個實施方式涉及一種發光元件，其包括位

於陽極和陰極之間的 n 個（ n 是大於或等於2的自然數）EL層，包括介於從陽極計第 m （ m 是自然數， $1 \leq m \leq n-1$ ）個EL層和第 $(m+1)$ 個EL層之間的第一層、第二層和第三層。所述第一層提供在所述第 $(m+1)$ 個EL層和第二層之間，其與所述第 $(m+1)$ 個EL層和第二層接觸，作為電荷產生區域，其具有電洞傳輸性質，包含受體物質。第二層提供在所述第一層和第三層之間，與所述第一層和第三層接觸，由基於酞菁的材料形成。所述第三層提供在所述第二層和第 m 個EL層之間，與所述第二層和第 m 個EL層接觸，具有電子傳輸性質，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物。所述基於酞菁的材料是以下的任一材料：銅（II）酞菁（CuPc），酞菁（H₂Pc），酞菁錫（II）錯合物（SnPc），酞菁鋅錯合物（ZnPc），鈷（II）酞菁， β -型（CoPc）和酞菁鐵（FePc）。以下顯示了這些基於酞菁的材料的结构式。

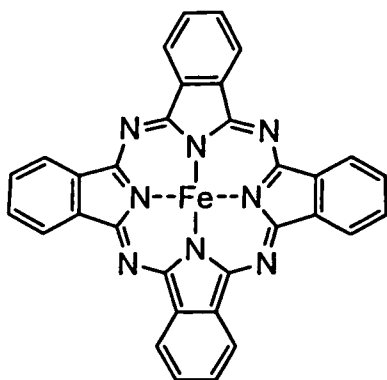
[化學式 1]



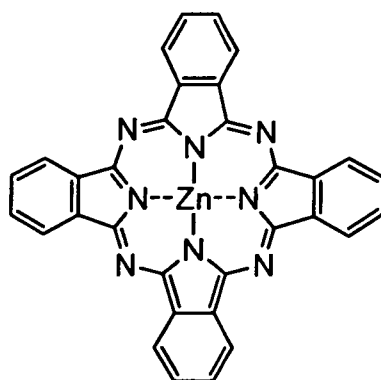
CuPc



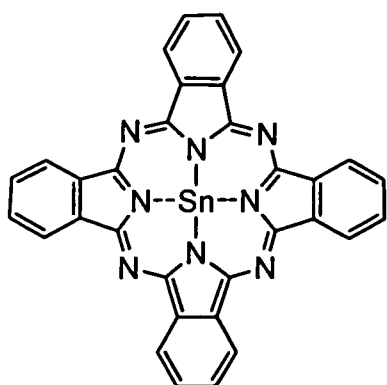
CoPc



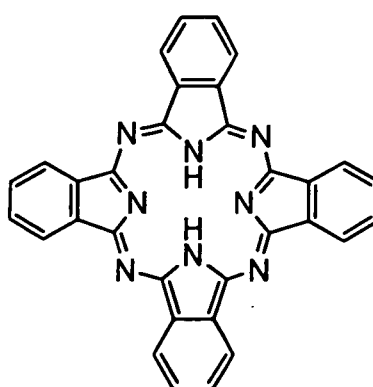
FePc



ZnPc



SnPc

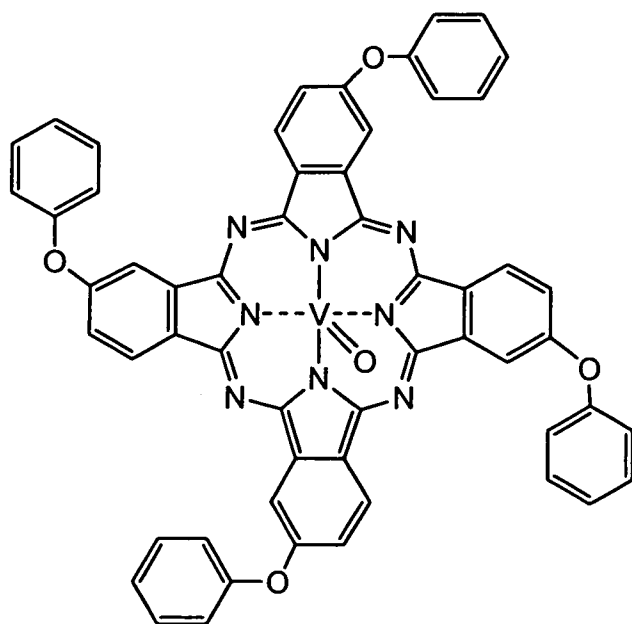


H₂Pc

本發明的另一個實施方式涉及一種發光元件，其包括位於陽極和陰極之間的 n 個（ n 是大於或等於2的自然數）EL層，包括介於從陽極計第 m （ m 是自然數， $1 \leq m \leq n-1$ ）個

EL層和第 $(m+1)$ 個EL層之間的第一層、第二層和第三層。所述第一層提供在所述第 $(m+1)$ 個EL層和第二層之間，其與所述第 $(m+1)$ 個EL層和第二層接觸，作為電荷產生區域，其具有電洞傳輸性質，包含受體物質。第二層提供在所述第一層和第三層之間，與所述第一層和第三層接觸，由具有苯氧基的基於酞菁的材料（也稱作酞菁衍生物）形成。所述第三層提供在所述第二層和第 m 個EL層之間，與所述第二層和第 m 個EL層接觸，具有電子傳輸性質，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物。所述包含苯氧基的基於酞菁的材料是PhO-VOPc（氧釩基2,9,16,23-四苯氧基-29*H*,31*H*-酞菁；由Synthon BV生產）。以下顯示了具有苯氧基的基於酞菁的材料的一種結構式。

[化學式2]



PhO-VOPc

所述由基於酞菁的材料形成的第二層提供在第一層（其作為電荷產生區，具有電洞傳輸性質，包含受體物質）和第三層（其具有電子傳輸性質，包含鹼金屬等）之間，從而在將所述第一層中產生的電子通過所述第三層注入第 m 個 EL 層的時候，降低電子注入位壘。因此，可以在低電壓驅動所述發光元件。另外，所述 n 個 EL 層提供在所述陽極和陰極之間，由此所述發光元件可以以高亮度發光。

所述第二層的 LUMO 能級大於或等於 -5.0 eV ，優選大於或等於 -5.0 eV 且小於或等於 -3.0 eV 。因此，可以很容易地將電子從第一層傳輸到第二層，通過第三層，從第二層傳輸到第 m 個 EL 層。因此，可以在低電壓驅動所述發光元件。

在以上發光元件中，所述第三層具有電子傳輸性質，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物、或稀土金屬化合物。因此，電子可以在所述第三層中傳輸，可以將電子高效地從第二層通過第三層注入到 EL 層（第 m 個 EL 層）。另外，所述第三層包含上述金屬或者上述金屬化合物，因此可以在將第一層中產生的電子通過第二層和第三層注入到所述 EL 層（所述第 m 個 EL 層）的時候，一定程度上降低電子注入位壘。

在上述發光元件中，可以使用具有以下性質的層作為第三層：該層包含電子傳輸物質，其中上述鹼金屬、上述鹼土金屬、上述稀土金屬、上述鹼金屬化合物、上述鹼土金屬化合物或者上述稀土金屬化合物與電洞傳輸物質的質

量比為 0.001 : 1 至 0.1 : 1，在此情況下，上述影響變得顯著。

在上述發光元件中，所述第三層包含電子傳輸物質。所述第三層可以是包含電子傳輸物質的層與包含上述金屬或者上述金屬化合物的層的層疊結構，不限於電子傳輸物質與上述金屬或上述金屬化合物包含在同一個膜中的結構。

在上述發光元件中，所述第一層作為電荷產生區域，具有電洞傳輸性質，並包含受體物質。因此，在所述第一層中產生的電洞可以在所述第一層中高效地傳輸，電洞可以高效地注入所述 EL 層（所述第 $(m+1)$ 個 EL 層）。另外，所述第一層包含受體物質，因此可以有效地作為電荷產生區域。另外，所述第一層包含受體物質；因此，在將第一層中產生的電子通過所述第二層和第三層注入 EL 層（所述第 m 個 EL 層）的時候，電子注入位壘可以一定程度地降低。

在上述發光元件中，可以使用過渡金屬氧化物或者週期表第 4-8 族的金屬的氧化物作為所述第一層包含的受體物質。所述材料具有很強的受體性質；因此例如在施加電壓的時候，可以很容易地在所述第一層中產生電荷。

在上述發光元件中，優選使用氧化鋁作為第一層中包含的受體物質，在此情況下，上述效果變得顯著。另外，氧化鋁具有低的吸濕性，因此適合用作發光元件的材料。

在上述發光元件中，所述第一層包含電洞傳輸物質。

所述第一層不限於電洞傳輸物質和受體物質包含在同一個膜中的結構，還可以是包含電洞傳輸物質的層與包含受體的層的層疊結構。

在以上發光元件中，所述第二層可以是包含以下物質的層：鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物、或稀土金屬化合物。當包含上述金屬或者上述金屬化合物的層用作第二層的時候，電子可以更容易地傳輸。因此，可以在低電壓驅動所述發光元件。

所述第二層可以是具有以下性質的層：其中上述金屬或者上述金屬化合物與上述基於酞菁的材料以 0.001 : 1 至 0.1 : 1 的質量比包含在該層中。在此情況下，上述效果變得顯著。

可以使用上述發光元件製造發光裝置。另外，可以使用上述發光裝置製造電子裝置或照明裝置。所述發光元件優選用於這些目的，在此情況下可以獲得顯著的效果。

注意在本說明書中，發光裝置表示圖像顯示器裝置、發光裝置、或者光源（包括照明裝置）。而且，所述發光裝置也包括以下類別中的任一模組：其中連接器（諸如 FPC（撓性印刷電路）、TAB（帶式自動接合）帶或 TCP（帶載封裝））連接於發光裝置的模組；在 TAB 帶或 TCP 端部裝配印刷線路板的模組；包括通過 COG（玻璃上的晶片（Chip on Glass））法直接安裝在發光元件上的 IC（積體電路）模組。

注意，在此說明書中，“第一”和“第二”之類的序數是

出於方便的目的，並不是用來表示步驟的順序以及層的層疊順序。另外，在此說明書中的序數並不表示本發明所述的特定名稱。

根據本發明的一個實施方式，由基於酞菁的材料形成的第二層位於第一層和第三層之間，因此在將第一層中產生的電子通過第三層注入所述EL層的時候，降低電子注入位壘。因此，可以在低電壓驅動所述發光元件。另外，所述多個EL層提供在所述陽極和陰極之間，由此所述發光元件可以以高亮度發光。

發明詳述

下面將結合圖式對本發明的實施方式和例子進行詳細描述。應注意，本發明不限於以下說明，本領域技術人員可以很容易地理解，在不背離本發明精神和範圍的前提下可以進行各種變動和改進。因此，本發明不應被解釋為限制於以下給出的實施方式和實施例的描述。

【實施方式】

（實施方式1）

下面將參照圖1，圖2A和2B，圖3，圖4A和4B以及圖5描述作為本發明一個實施方式的發光元件的結構的例子。

圖1顯示的發光元件包括位於一對電極（陽極101和陰極102）之間的多個EL層201。當所述發光元件的結構包括 n 個（ n 是大於或等於2的自然數）層疊的層的時候，例

如，所述發光元件包括EL層201- m （ m 是自然數， $1 \leq m \leq n-1$ ）（也稱作第 m 個EL層）和EL層201- $m+1$ （也稱作第（ $m+1$ ）個EL層）。另外，所述發光元件包括位於所述EL層201-1和EL層201-2（圖中未顯示）之間的中間層202-1；在EL層201- m 和EL層201- $m+1$ 之間的中間層202- m （也稱爲第 m 個中間層）；以及位於EL層201- $n-1$ （圖中未顯示）和EL層201- n 之間的中間層202- $n-1$ （也稱作第（ $n-1$ ）個中間層）。注意所述中間層沒有與電源等連接，因此處於浮動狀態。所述多個EL層201各自由有機化合物形成，包括至少一個含有發光物質的發光層。

圖2A顯示圖1的發光元件的結構的一部分（EL層201- m ，中間層202- m ，EL層201- $m+1$ ）。如圖2A所示，從陰極側102起，所述中間層202- m 包括第一層106，第二層105和第三層104。

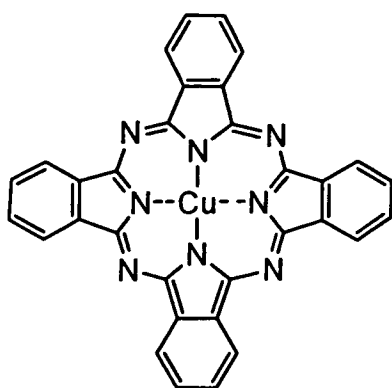
所述第一層106設置在所述EL層201- $m+1$ 和第二層105之間，並與這兩個層接觸。所述第一層106作爲電荷產生區域，具有電洞傳輸性質，包含受體物質。另外，所述第一層106包含電洞傳輸物質。認爲電洞和電子通過以下方式產生：當在一對電極（陽極101和陰極102）之間施加電壓的時候，例如，受體物質從電洞傳輸物質提取電子。所述第一層106中產生的電子注入EL層201- m 中，用於EL層201- m 的發光。與此同時，所述第一層106中產生的電洞注入EL層201- $m+1$ 中，用於EL層201- $m+1$ 的發光。所述第一層106的厚度大於或等於10奈米，且小於或等於200奈米

。即使當第一層106的厚度增大的時候，電導性的變化很小；因此，可以抑制發光元件的驅動電壓的增大。通過調節第一層106的厚度，可以在不造成驅動電壓升高的情況下，對發光進行光學調節。

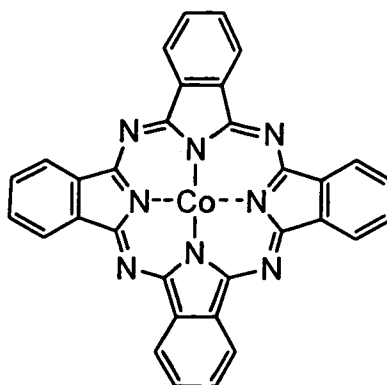
所述第二層105設置在所述第一層106和第三層104之間，並與這兩個層接觸。所述第二層105由基於酞菁的材料形成，具有接受第一層106中產生的電子並且通過第三層104為EL層201-*m*提供電子的功能。因此，所述第二層105作為電子中繼層。另外，所述第二層105的LUMO能級高於或等於-5.0 eV，優選高於或等於-5.0 eV且小於或等於-3.0 eV，具有在將第一層106中產生的電子通過第三層104注入EL層201-*m*的時候，降低電子注入位壘的功能。因此，通過提供第二個層105，可以在低電壓下驅動所述發光元件。

具體來說，所述基於酞菁的材料優選是以下的任一材料：CuPc（銅（II）酞菁），H₂Pc（酞菁），SnPc（酞菁錫（II）錯合物），ZnPc（酞菁鋅錯合物），CoPc（鈷（II）酞菁，β-形式），以及FePc（酞菁鐵），其結構式如下所示。以下所示的各種基於酞菁的材料各自包括以Cu，Co，Fe，Zn或Sn作為中心金屬的酞菁，或者不包括中心金屬的酞菁。

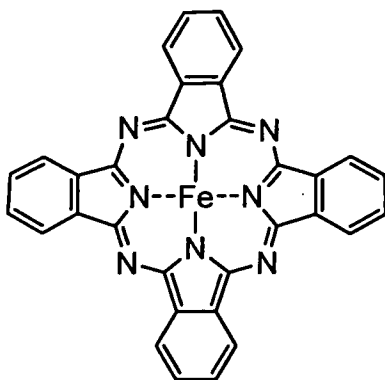
[化學式 3]



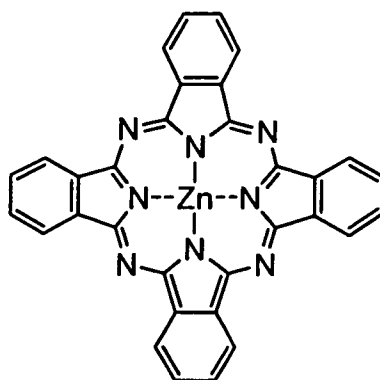
CuPc



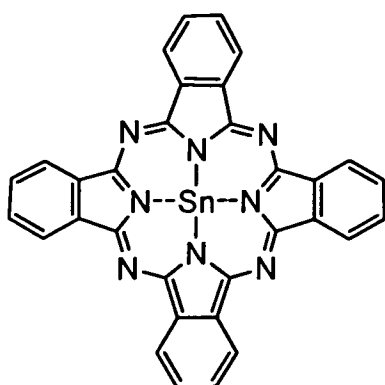
CoPc



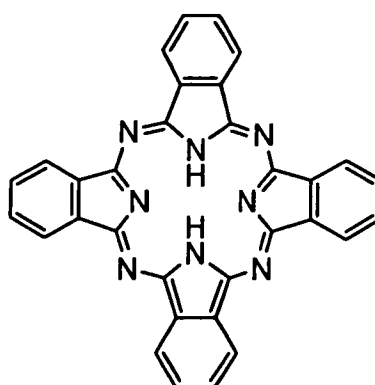
FePc



ZnPc



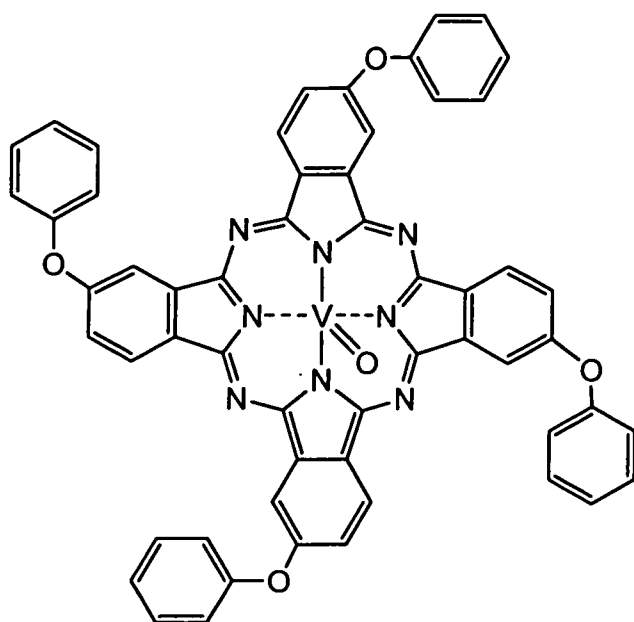
SnPc

H₂Pc

或者，具體來說，基於酞菁的材料優選是 PhO-VOPc
 (氧釩基 2,9,16,23-四苯氧基-29*H*,31*H*-酞菁；由 Syntho
 BV 生產)，其結構式如下所示。以下顯示的酞菁材料是

具有苯氧基的酞菁衍生物。所述包含苯氧基的酞菁衍生物可溶於溶劑中；因此所述酞菁衍生物的優點是在形成發光元件的過程中可以很容易地操作，有利於用來成膜的設備的維護。

[化學式 4]



PhO-VOPc

所述第三層 104 設置在所述第二層 105 和 EL 層 201-*m* 之間，並與這兩個層接觸。所述第三層 104 具有電子傳輸性質，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物，具有將從第二層 105 接受的電子提供給 EL 層 201-*m* 的功能。所述電子可以高效地在第三層 104 中傳輸。因此，電子可以高效地從第二層 105 通過第三層 104 注入 EL 層 201-*m*。另外，所述第三層 104 包含上述金屬或者上述金屬化合物，因此可以在將第一層 106 中產生的電子通過第二層 105 和第三層 104 注入到

所述 EL 層 201-*m* 的時候，一定程度上降低電子注入緩衝。因此，所述第三層 104 作為電子注入緩衝層。

在沒有提供第二層 105 的情況下，第一層 106（作為電荷產生區域，具有電洞傳輸性質，包含受體物質）和第三層 104（具有電子傳輸性質，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或者稀土金屬化合物）互相直接接觸。所述第一層 106 是 p-型區域，所述第三層 104 是 n-型區域；因此，當所述第一層 106 和第三層 104 互相接觸的時候，形成 p-n 接合，導致形成耗盡層。因此，提高了發光元件的驅動電壓。

與之相對的是，在本發明的一個實施方式中，在第一層 106 和第三層 104 之間提供第二層 105，從而可以防止形成上述的耗盡層。因此，通過提供所述第二層 105，可以抑制發光元件驅動電壓的升高。

另外，在沒有提供第二層 105 的情況下，第一層 106（作為電荷產生區域，具有電洞傳輸性質，包含受體物質）和第三層 104（具有電子傳輸性質，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或者稀土金屬化合物）互相直接接觸。所述第一層 106 中包含的受體物質具有很強的受體性質，所述第三層 104 中包含的上述金屬或上述金屬化合物具有很強的給體性質。因此，當所述第一層 106 和第三層 104 相互接觸的時候，具有強受體性質的物質和具有強給體性質的物質相互接近的可能性增大了。當具有強受體性質的物質與具有強給體性質的物質

相互接近的時候，所述物質發生相互作用，由此會抑制所述受體物質和給體物質的功能。因此，提高了發光元件的驅動電壓。

與之相對的是，在本發明的一個實施方式中，在所述第一層106和第三層104之間提供了第二層105，由此可以防止具有強受體性質的物質和具有強給體性質的物質之間發生相互作用。因此，通過提供所述第二層105，可以抑制發光元件驅動電壓的升高。

下面將結合能帶圖進行描述。

圖2B是圖2A所示的元件結構的能帶圖。在圖2B中，編號113表示EL層201- m 的最低未佔據分子軌道（LUMO）能級；114表示第二層105的LUMO能級；115表示第一層106中的受體物質的受體能級；117表示EL層201- $m+1$ 的LUMO能級。

認為電洞和電子按照以下方式在第一層106中產生：當對EL元件施加電壓的時候，受體物質從電洞傳輸物質提取電子。所述第一層106中產生的電子注入EL層201- m 中，用於EL層201- m 的發光。與此同時，所述第一層106中產生的電洞注入EL層201- $m+1$ 中，用於EL層201- $m+1$ 的發光。

所述第一層106具有電洞傳輸性質；因此，第一層106中產生的電洞在該層中高效地傳輸。因此，可以將電洞高效地注入EL層201- $m+1$ 中。另外，所述第一層106包含受體物質，因此第一層106可以有效地作為電荷產生區域。

另外，所述第一層106包含受體物質；因此，在將第一層106中產生的電子通過所述第二層105和第三層104注入EL層201-*m*的時候，電子注入緩衝可以一定程度地降低。

所述第二層105由以上所述基於酞菁的材料形成，具有接受第一層106中產生的電子並且通過第三層104為EL層201-*m*提供電子的功能。因此，所述第二層105作為電子中繼層。

對第二層105的LUMO能級114進行控制，使其位於第一層106中的受體物質的受體能級115和EL層201-*m*的LUMO能級113之間。因此，當將第一層106中產生的電子注入EL層201-*m*的時候，電子注入位壘可以降低。具體來說，第二層105的LUMO能級114大於或等於-5.0 eV且小於或等於-3.0 eV。因此，可以在低電壓驅動所述發光元件。

將從第一層106的受體能級115傳輸到第二層105的LUMO能級114的電子給予第三層104。所述第三層104具有電子傳輸性質；因此，傳輸到第三層104的電子在該層中高效地傳輸，很容易地注入所述EL層201-*m*的LUMO能級113。所述第三層104包含上述鹼金屬、上述鹼土金屬、上述稀土金屬、上述鹼金屬化合物、上述鹼土金屬化合物、或者上述稀土金屬化合物，因此具有一定程度降低電子注入位壘的功能。因此，可以更容易地傳輸電子。

在此之後，在EL層201-*m*中，電子與從陽極101側注入的電洞重新結合，使得EL層201-*m*發光。另一方面，在

此第一層 106 中產生的電洞與從陰極 102 側注入的電子在 EL 層 201- $m+1$ 中重新結合，使得 EL 層 201- $m+1$ 發光。

如上所述，儘管所述第二層 105 由基於酞菁的材料形成，所述第二層 105 可以包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或者稀土金屬化合物。相對於所述基於酞菁的材料，上述金屬或者上述金屬化合物作為給體物質。

圖 3 是第二層 105 中包含鹼金屬等的情況的能帶圖的一個例子。在圖 3 中，編號 120 表示第二層 105 中的給體物質的給體能級。形成的給體能級 120 位於第一層 106 中的受體物質的受體能級 115 和 EL 層 201- m 的 LUMO 能級 113 之間。具體來說，給體物質的給體能級大於或等於 -5.0 eV 且小於或等於 -3.0 eV。

所述給體能級 120 會影響第二層 105 的 LUMO 能級 114。因此，電子可以很容易地從第一層 106 的受體能級 115 傳輸到第二層 105 的 LUMO 能級 114。

下面將對第一層 106，第二層 105 和第三層 104 進行描述。

所述第一層 106 作為電荷產生區域，具有電洞傳輸性質，包含受體物質。另外，所述第一層 106 包含電洞傳輸物質。

可以將許多種化合物用作所述電洞傳輸物質，例如芳胺化合物，吡啶衍生物，芳烴，或高分子化合物（例如低聚物，樹枝狀聚合物，或聚合物）。具體地，首選使用電

洞遷移率大於或等於 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 的物質。但是，也可以使用不同於上述物質的其他物質，只要所述物質的電洞傳輸性質高於電子傳輸性質即可。

芳胺化合物的具體例子包括 4,4'-二 [*N*- (1-萘基) -*N*-苯基胺基]聯苯 (縮寫: NPB)，*N,N'*-二 (3-甲基苯基) -*N,N'*-二苯基-[1,1'-聯苯基]-4,4'-二胺 (縮寫: TPD)，4,4',4''-三 (咔唑-9-基) 三苯基胺 (縮寫: TCTA)，4,4',4''-三 (*N,N*-二苯基胺基) 三苯基胺 (縮寫: TDATA)，4,4',4''-三 [*N*- (3-甲基苯基) -*N*-苯基胺基]三苯基胺 (縮寫: MTDATA)，*N,N'*-二 (4-甲基苯基) -*N,N'*-二苯基-*p*-苯二胺 (縮寫: DTDPPA)，4,4'-二 [*N*- (4-二苯基胺基苯基) -*N*-苯基胺基]聯苯 (縮寫: DPAB)，1,3,5-三 [*N*- (4-二苯基胺基苯基) -*N*-苯基胺基]苯 (縮寫: DPA3B)，4-苯基-4'- (9-苯基芴-9-基) 三苯基胺 (縮寫: BPAFLP)，等。

咔唑衍生物的具體例子包括 3-[*N*- (9-苯基咔唑-3-基) -*N*-苯基胺基]-9-苯基咔唑 (縮寫: PCzPCA1)，3,6-二 [*N*- (9-苯基咔唑-3-基) -*N*-苯基胺基]-9-苯基咔唑 (縮寫: PCzPCA2)，3-[*N*- (1-萘基) -*N*- (9-苯基咔唑-3-基) 胺基]-9-苯基咔唑 (縮寫: PCzPCN1)，等。另外，可以包括以下的物質：4,4'-二 (*N*-咔唑基) 聯苯 (縮寫: CBP)，1,3,5-三 [4- (*N*-咔唑基) 苯基]苯 (縮寫: TCPB)，9-[4- (10-苯基-9-蒽基) 苯基]-9*H*-咔唑 (縮寫: CzPA)，9-苯基-3-[4- (10-苯基-9-蒽基) 苯基]-9*H*-咔唑 (縮寫

：PCzPA），1,4-二[4-（*N*-咔唑基）苯基]-2,3,5,6-四苯基苯，等等。

芳烴的具體例子包括2-叔丁基-9,10-二（2-萘基）蒽（縮寫：t-BuDNA）、2-叔丁基-9,10-二（1-萘基）蒽、9,10-二（3,5-二苯基苯基）蒽（縮寫：DPPA）、2-叔丁基-9,10-二（4-苯基苯基）蒽（縮寫：t-BuDBA）、9,10-二（2-萘基）蒽（縮寫：DNA）、9,10-二苯基蒽（縮寫：DPAnth），2-叔丁基蒽（縮寫：t-BuAnth），9,10-二（4-甲基-1-萘基）蒽（縮寫：DMNA）、9,10-二[2-（1-萘基）苯基]-2-叔丁基蒽、9,10-二[2-（1-萘基）苯基]蒽和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'-二（2-苯基苯基）-9,9'-聯蒽，10,10'-二[（2,3,4,5,6-五苯基）苯基]-9,9'-聯蒽，蒽，稠四苯，紅熒烯，芘，2,5,8,11-四（叔丁基）芘等。另外，所述芳烴可以具有乙烯基骨架。包含乙烯基骨架的芳烴的例子是4,4'-雙（2,2-二苯基乙烯基）聯苯（縮寫：DPVBi），9,10-雙[4-（2,2-二苯基乙烯基）苯基]蒽（縮寫：DPVPA），等等。

高分子化合物的具體例子包括聚（*N*-乙烯基咔唑）（縮寫：PVK），聚（4-乙烯基三苯基胺）（縮寫：PVTTPA）等等。

在此處，具體來說，優選所述電洞傳輸物質不含胺骨架。本發明人發現當第一層106是使用受體物質以及不含

胺骨架的電洞傳輸物質形成的時候，所述第一層106作為電荷產生區域，儘管不會發生基於電荷傳輸相互作用的吸收。因此，在可見光區域不具有吸收峰，作為電荷產生區域的所述第一層106可以很容易地形成，由此可以避免由於吸光造成的發光效率降低。

注意在作為相關技術給出的專利文獻1中，通常認為很重要的一點是在作為電荷產生區域的層內，通過氧化-還原反應形成電荷傳輸錯合物。另外，根據專利文獻1，當用作電洞傳輸物質的有機化合物的電離電位等於或高於5.7 eV的時候，在有機化合物和受體物質之間發生氧化-還原反應的可能性較低。因此，為了促進氧化-還原反應的發生，通常認為用作電洞傳輸物質的有機化合物的電離電位需要等於或低於5.7 eV，具體來說是需要具有高電子-給體性質的物質，例如芳基胺。但是，當所述包含胺骨架的化合物與受體物質之間發生氧化-還原反應的時候，在可見光區域和紅外區域發生基於電荷傳輸相互作用的吸收。實際上，專利文獻1所示的吸收光譜顯示，通過將具有芳基胺骨架的化合物與氧化釩混合，在大約500奈米和1300奈米的波長處產生新的吸收。另外，當具有芳基胺骨架的化合物與F₄-TCNQ混合的時候，在大約700 nm，900 nm和1200 nm的波長處產生新的吸收。在此情況下，特別是在可見光區域的吸收峰會造成發光效率的減小。但是，通常認為電荷傳輸錯合物的形成對於電荷產生層是不可避免的，認為吸收是不可避免的。

與之相對的，在本發明的一個實施方式中，儘管第一層 106 是使用受體物質以及不含胺骨架的電洞傳輸物質形成的，所述第一層 106 作為電荷產生層，而不會發生基於電荷傳輸相互作用的吸收。在這樣的作為電荷產生區域的層中，可以通過施加電場產生電荷，電洞和電子可以被注入 EL 層。此方面與作為電荷產生區域的常規的層不同。實際上，9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9*H*-咔唑（縮寫：CzPA）是一種不含胺骨架的作為電洞傳輸物質的咔唑衍生物，其電離電位為 5.7 eV（AC-2，理研公司（Riken Keiki Co., Ltd.）的產品），其具有很高的電離電位。可能是由於以上原因，即使將 CzPA 與作為受體物質的氧化鋁混合，也不會發生基於電荷傳輸相互作用的吸收。但是，所述第一層 106 作為電荷產生區域；因此，在本發明的一個實施方式中可以使用 CzPA。

需要注意，不包括胺骨架的電洞傳輸物質的例子包括上述咔唑衍生物，例如 CBP，TCPB，CzPA，PCzPA 和 1,4-二[4-(*N*-咔唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯；以及芳烴，例如 *t*-BuDNA，DPPA，*t*-BuDBA，DNA，DPAnth，*t*-BuAnth，DMNA，2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽，9,10-二[2-(1-萘基)苯基]-2-叔丁基蒽，9,10-二[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'-二(2-苯基苯基)-9,9'-聯蒽，10,10'-二[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-聯蒽，蒽，

DPVBi和DPVPA。另外，可以使用咪唑衍生物的聚合物，例如PVK。

可以使用過渡金屬氧化物或者週期表第4-8族的金屬的氧化物作為所述第一層106包含的受體物質。具體來說，優選使用氧化釩、氧化鈮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鉬、氧化鎢、氧化錳和氧化銻，這是因為它們具有高電子接受性質。氧化鉬具有低吸濕性，因此是特別優選的。濕氣會對EL元件造成負面影響。出於該原因，優選在EL元件中使用具有低吸濕性的材料。

所述第一層106可以是具有以下性質的層：包含受體物質和電洞傳輸物質，其中受體物質與電洞傳輸物質的質量比為0.1：1至4.0：1。

所述第一層不限於電洞傳輸物質和受體物質包含在同一個膜中的結構，還可以是包含電洞傳輸物質的層與包含受體物質的層的層疊的結構。注意對於層疊結構，所述包含電洞傳輸物質的層與所述EL層201- $m+1$ 接觸。

所述第一層106的厚度大於或等於10奈米，且小於或等於200奈米。即使當第一層106的厚度增大的時候，電導性的變化很小；因此，可以抑制發光元件的驅動電壓的增大。通過調節第一層106的厚度，可以在不造成驅動電壓升高的情況下，對發光進行光學調節。

所述第二層105具有以下功能：快速地接受吸收到第一層106中的受體物質的電子，並通過第三層104將電子給予EL層201- m 。所述第二層105由基於酞菁的材料形成。

第二層 105 的 LUMO 能級 114 位於第一層 106 中的受體物質的受體能級 115 和 EL 層 201-*m* 的 LUMO 能級 113 之間。具體來說，所述 LUMO 能級優選大於或等於 -5.0 eV 且小於或等於 -3.0 eV。通過提供第二層 105，使得可以在將第一層 106 產生的電子通過第三層 104 注入 EL 層 201-*m* 的時候，降低電子注入位壘。可以將 CuPc，H₂Pc，SnPc，ZnPc，CoPc 和 FePc 中的任一種具體用作所述基於酞菁的材料。另外，具體來說，可以將 PhO-VOPc 用作所述基於酞菁的材料。提供第二層 105，從而可以在低電壓下驅動發光元件。

可以將給體物質加入所述第二層 105 中，使得所述給體物質與基於酞菁的材料的質量比為 0.001 : 1 至 0.1 : 1。給體物質的例子包括有機化合物，例如四硫稠四苯（縮寫：TTN），二茂鎳，以及十甲基二茂鎳，另外還包括鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、上述金屬的化合物（例如鹼金屬化合物（例如氧化物，例如氧化鋰，鹵化物，以及碳酸鹽，例如碳酸鋰或碳酸銻），鹼土金屬化合物（例如氧化物，鹵化物和碳酸鹽），以及稀土金屬化合物（例如氧化物，鹵化物和碳酸鹽））。

所述第三層 104 具有將從第二層 105 接受的電子給予 EL 層 201-*m* 的功能。所述第三層 104 具有電子傳輸性質，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、上述金屬的化合物（例如鹼金屬化合物（例如氧化物，例如氧化鋰，鹵化物，以及碳酸鹽，例如碳酸鋰或碳酸銻），鹼土金屬化合物（

例如氧化物，鹵化物 and 碳酸鹽），稀土金屬化合物（例如氧化物，鹵化物 and 碳酸鹽）等等。另外，所述第三層 104 包含電子傳輸物質。

可以將以下物質用作所述電子傳輸物質：具有喹啉骨架或苯並喹啉骨架的金屬錯合物，例如三（8-羥基喹啉（quinolinolato））鋁（縮寫：Alq）、三（4-甲基-8-羥基喹啉）鋁（縮寫：Almq₃）、二（10-羥基苯並[h]-喹啉）鉍（縮寫：BeBq₂）或二（2-甲基-8-羥基喹啉）（4-苯基酚）鋁（縮寫：BAlq）等。或者可以使用包含噁唑基或噻唑基配體的金屬錯合物等，例如二[2-（2-羥基苯基）苯並噁唑]鋅（縮寫：Zn（BOX）₂）或二[2-（2-羥基苯基）苯並噻唑]鋅（縮寫：Zn（BTZ）₂）等。除了金屬錯合物以外，還可以使用 2-（4-聯苯基）-5-（4-叔丁基苯基）-1,3,4-噁二唑（縮寫：PBD）、1,3-二[5-（對-叔丁基苯基）-1,3,4-噁二唑-2-基]苯（縮寫：OXD-7）、9-[4-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基）苯基]呋唑（縮寫：CO11），3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-叔丁基苯基）-1,2,4-三唑（縮寫：TAZ）、紅啡啉（縮寫：BPhen）、浴銅靈（縮寫：BCP）等。在此所述的物質主要是電子遷移率大於或等於 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 的那些物質。注意可以使用除了上述物質之外的物質，只要其電子傳輸性質高於電洞傳輸性質即可。此外，所述第三層 104 不限於單層，可以是由任一上述物質形成的兩個或多個層的疊層。另外，可以使用高分子化合物，例如聚[（9,9-二己基芴-2,7-二基）-共-（吡啶-3,5-

二基)] (縮寫: PF-Py) 或聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基) -共-(2,2'-聯吡啶-6,6'-二基)] (縮寫: PF-BPy) 。

可以將具有以下性質的層用作第三層104: 其中包含上述鹼金屬、上述鹼土金屬、上述稀土金屬、上述鹼金屬化合物、上述鹼土金屬化合物、或者上述稀土金屬化合物以及所述電子傳輸物質, 其中上述金屬或者上述金屬化合物與所述電子傳輸物質的質量比為0.001:1至0.1:1。

所述第三層104可以高效地傳輸電子。因此, 電子可以高效地從第二層105通過第三層104注入EL層201-*m*。另外, 所述第三層104包含上述金屬或者上述金屬化合物, 因此可以在將第一層106中產生的電子通過第二層105和第三層104注入到所述EL層201-*m*的時候, 一定程度上降低電子注入位壘。

所述第三層104可以是包含電子傳輸物質的層與包含上述金屬或者上述金屬化合物的層的層疊結構, 不限於電子傳輸物質與上述金屬或上述金屬化合物包含在同一個膜中的結構。注意對於層疊結構, 所述包含電子傳輸物質的層與所述EL層201-*m*接觸。

另外, 所述第三層104的一部分或者整個第三層104可以作為包括在EL層201-*m*中的層的一部分。例如, 可以將第三層104的一部分用作包括在EL層201-*m*中的電子傳輸層。

所述第一層106, 第二層105和第三層104可以通過很多種方法形成, 不限於乾法(例如真空蒸發法)和濕法(

例如噴墨法和旋塗法)。

下面將描述所述發光元件的其他結構。

陽極101優選使用金屬、合金、導電化合物或它們的混合物等形成，具有高功函(具體地，大於或等於4.0 eV)。具體例子包括：氧化銦錫(ITO)、含矽或氧化矽的氧化銦錫、氧化銦鋅(IZO)、含氧化鎢和氧化鋅的氧化銦等。

或者，可以使用金(Au)、鉑(Pt)、鎳(Ni)、鎢(W)、鉻(Cr)、鉬(Mo)、鐵(Fe)、鈷(Co)、銅(Cu)、鈀(Pd)、鈦(Ti)、金屬材料的氮化物(例如氮化鈦)、氧化鉬、氧化釩、氧化鈦、氧化鎢、氧化錳、氧化鈦等。或者，可以使用導電聚合物，例如，聚(3,4-伸乙基二氧噻吩)/聚(苯乙炔磺酸)(PEDOT/PSS)或聚苯胺/聚(苯乙炔磺酸)(PAni/PSS)。注意，當電荷產生區域與陽極101接觸的時候，可以將很多種導電材料，例如Al和Ag用於陽極101，而不考慮它們的功函數。

所述陽極101一般通過濺射法形成。例如，氧化銦-氧化鋅(IZO)膜可採用濺射方法使用在氧化銦中加入1-20重量%氧化鋅的靶形成。可以使用其中氧化鎢和氧化鋅分別以0.5-5重量%和0.1-1重量%的量加入氧化銦的鈀，通過濺射法形成包含氧化鎢和氧化鋅的氧化銦的膜。或者，可以通過溶膠-凝膠法等方法形成陽極101。

陰極102優選使用金屬、合金、導電化合物或它們的混合物等形成，具有高功函(具體地，等於或低於3.8 eV

）。例如，可以使用以下任一材料：週期表第1族或第2族的元素，它們為鹼金屬，例如鋰（Li）或銫（Cs），鹼土金屬，例如鎂（Mg），鈣（Ca）或銦（Sr），或者它們的合金（例如Mg-Ag或Al-Li）；稀土金屬，例如鎔（Eu）和鐿（Yb）或者其合金；等等。可以通過真空蒸發法形成包含鹼金屬、鹼土金屬或其合金的膜。或者，可以通過濺射法形成包含鹼金屬或鹼土金屬的合金。另外，可以通過噴墨法等形成銀糊料等。

或者，所述陰極102可以使用鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物、或稀土金屬化合物（例如氟化鋰（LiF），氧化鋰（LiOx），氟化銫（CsF），氟化鈣（CaF₂）或氟化鉕（ErF₃））的膜與鋁之類的金屬的膜的疊層形成。

注意在此實施方式所述的發光元件中，陽極和陰極中的至少一種可以具有傳輸可見光的性質。可以通過使用ITO之類的透明電極，或者通過減小電極的厚度，確保光傳輸性質。

下面將描述多個EL層201的具體例子。

各個EL層201包括至少一個含有發光物質的發光層。各個EL層201可以具有發光層和發光層以外的層的層疊結構。所述多個EL層201可以具有不同的層疊結構。所述EL層201可以由不同的材料形成。

不同於發光層的層的例子包括含有電洞注入物質並且具有電洞注入性質的層（即電洞注入層），包含電洞傳輸物質並且具有電洞傳輸性質的層（即電洞傳輸層），包含

電子傳輸物質並且具有電子傳輸性質的層（即電子傳輸層），包含電子注入物質並且具有電子注入性質的層（即電子注入層），包含雙極性物質並且具有雙極性質（電子傳輸和電洞傳輸性質）的層等。這些層可以根據適當的情況合併。另外，所述電荷產生層可以作為以下的形式提供：與EL層201-1中的陽極101接觸的層，以及與EL層201-*n*中的陰極102接觸的層。

下面將描述用來形成電洞注入層，電洞傳輸層，發光層，電子傳輸層和電子注入層的物質的具體例子。

所述電洞注入層是包含電洞注入物質的層。例如，可以將以下物質用作電洞注入物質：金屬氧化物，例如氧化鉬、氧化鈮、氧化鈦、氧化鎢、氧化錳等。可以使用基於酞菁的化合物如酞菁（縮寫： H_2Pc ）或銅（II）酞菁（縮寫： $CuPc$ ）。可以使用聚合物，例如PEDOT/PSS（縮寫）。

所述電洞傳輸層是包含電洞傳輸物質的層。可以將以下物質用作所述電洞傳輸物質：與以上給出的用於第一層106的電洞傳輸物質類似的任何物質。因此，將以上的描述結合於此。注意所述包含電洞傳輸物質的層不限於單層，可以是由任一上述物質形成的兩個或多個層的疊層。

發光層是包含發光物質的層。可以將下文所述的任何螢光化合物和磷光化合物用作所述發光物質。光的發射分為從單重激發態發射的光和從三重激發態發射的光。包含螢光化合物的發光層發射的光是從單重激發態發射的光，

包含磷光化合物的發光層發射的光是從三重激發態發射的光。

螢光化合物的例子包括 N,N' -二[4-(9*H*-咔唑-9-基)苯基]- N,N' -二苯基萘-4,4'-二胺 (縮寫: YGA2S), 4-(9*H*-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯基胺 (縮寫: YGAPA), 4-(9*H*-咔唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蒽基)三苯基胺 (縮寫: 2YGAPPA), $N,9$ -二苯基- N -[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9*H*-咔唑-3-胺 (縮寫: PCAPA), 芴, 2,5,8,11-四叔丁基芴 (縮寫: TBP), 4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9*H*-咔唑-3-基)三苯基胺 (縮寫: PCBAPA), N,N'' -(2-叔丁基蒽-9,10-二基二-4,1-伸苯基)二[N,N',N' -三苯基-1,4-苯二胺] (縮寫: DPABPA), $N,9$ -二苯基- N -[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-9*H*-咔唑-3-胺 (縮寫: 2PCAPPA), N -[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]- N,N',N' -三苯基-1,4-苯二胺 (縮寫: 2DPAPPA), $N,N,N',N',N'',N'',N''',N''''$ -八苯基二苯並[*g,p*]蒽-2,7,10,15-四胺 (縮寫: DBC1), 香豆素30, N -(9,10-二苯基-2-蒽基)- $N,9$ -二苯基-9*H*-咔唑-3-胺 (縮寫: 2PCAPA), N -[9,10-二(1,1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]- $N,9$ -二苯基-9*H*-咔唑-3-胺 (縮寫: 2PCABPhA), N -(9,10-二苯基-2-蒽基)- N,N',N' -三苯基-1,4-苯二胺 (縮寫: 2DPAPA), N -[9,10-二(1,1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]- N,N',N' -三苯基-1,4-苯二胺 (縮寫: 2DPABPhA), 9,10-二(1,1'-聯苯-2-基)- N -[4-(9*H*-咔唑-9-基)苯基]- N -苯

基蒽-2-胺（縮寫：2YGABPhA），*N,N*,9-三苯基蒽-9-胺（縮寫：DPhAPhA），香豆素545T，*N,N'*-二苯基喹吖酮（縮寫：DPQd），紅熒烯，5,12-二（1,1'-聯苯-4-基）-6,11-二苯基稠四苯（縮寫：BPT），2-（2-（2-（4-（二甲基胺基）苯基）乙烯基）-6-甲基-4*H*-哌喃-4-亞基）丙烷二腈（縮寫：DCM1），2-（2-（2-（2-（2,3,6,7-四氫-1*H*,5*H*-苯並[*ij*]喹啉（quinolizin）-9-基）乙烯基）-4*H*-哌喃-4-亞基）丙烷二腈（縮寫：DCM2），*N,N,N',N'*-四（4-甲基苯基）稠四苯-5,11-二胺（縮寫：p-mPhTD），7,14-二苯基-*N,N,N',N'*-四（4-甲基苯基）萘並[1,2-*a*]熒蒽-3,10-二胺（縮寫：p-mPhAFD），2-（2-（2-（2-（1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1*H*,5*H*-苯並[*ij*]喹啉（quinolizin）-9-基）乙烯基）-4*H*-哌喃-4-亞基）丙烷二腈（縮寫：DCJTI），2-（2-（2-（2-（1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1*H*,5*H*-苯並[*ij*]喹啉（quinolizin）-9-基）乙烯基）-4*H*-哌喃-4-亞基）丙烷二腈（縮寫：DCJTB），2-（2,6-二（2-（4-（二甲基胺基）苯基）乙烯基）-4*H*-哌喃-4-亞基）丙烷二腈（縮寫：BisDCM），2-（2,6-二（2-（8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1*H*,5*H*-苯並[*ij*]喹啉-9-基）乙烯基）-4*H*-哌喃-4-亞基）丙烷二腈（縮寫：BisDCJTM）等。

磷光化合物的例子包括二[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶根（pyridinato）-*N,C*^{2'}]銥（III）四（1-吡啶基）硼酸鹽（縮寫：Flr6），二[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶根-*N,C*^{2'}]

銱 (III) 皮考啉酸鹽 (縮寫: FIrpic), 二 [2- (3',5'-二
 三氟甲基苯基) 吡啶根- $N,C^{2'}$]銱 (III) 皮考啉酸鹽 (縮寫
 : Ir (CF₃ppy)₂ (pic)), 二 [2- (4',6'-二氟苯基) 吡啶
 根- $N,C^{2'}$]銱 (III) 乙醯丙酮 (縮寫: FIr (acac)), 三
 (2-苯基吡啶根) 銱 (III) (縮寫: Ir (ppy)₃), 二 (2-
 苯基吡啶根) 銱 (III) 乙醯丙酮 (縮寫: Ir (ppy)₂ (acac)),
 二 (苯並[h]喹啉根 (quinolinato)) 銱 (III)
) 乙醯丙酮 (縮寫: Ir (bzq)₂ (acac)), 三 (苯並[h]
 喹啉根) 銱 (III) (縮寫: Ir (bzq)₃), 二 (2,4-二苯
 基-1,3-噁唑根- $N,C^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮 (縮寫: Ir (dpo)
)₂ (acac)), 二 [2- (4'-全氟苯基苯基) 吡啶根]銱 (III)
) 乙醯丙酮 (縮寫: Ir (p-PF-ph)₂ (acac)), 二 (2-
 苯基苯並噁唑根- $N,C^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮 (縮寫: Ir
 (bt)₂ (acac)), (乙醯丙酮根) 二 [2,3-二 (4-氟苯基)
)-5-甲基吡嗪根]銱 (III) (縮寫: Ir (Fdppr-Me)₂ (acac)),
 (乙醯丙酮根) 二 {2- (4-甲氧基苯基)-3,5-
 二甲基吡嗪根}銱 (III) (縮寫: Ir (dmmoppr)₂ (acac))
), 二 [2- (2'-苯並[4,5-a]噁吩基) 吡啶根- $N,C^{3'}$]銱 (III)
) 乙醯丙酮 (縮寫: Ir (btp)₂ (acac)), 二 (1-苯
 基異喹啉根- $N,C^{2'}$) 銱 (III) 乙醯丙酮 (縮寫: Ir (piq)
)₂ (acac)), (乙醯丙酮根) 二 [2,3-二 (4-氟苯基) 喹
 喔啉根]銱 (III) (縮寫: Ir (Fdpq)₂ (acac)), (二
 新戊醯基甲烷根 (methanato)) 二 (2,3,5-三苯基吡嗪根)
) 銱 (III) (縮寫: Ir (tppr)₂ (dpm)), (乙醯丙酮

根) 二(2,3,5-三苯基吡嗪根) 銥(III) (縮寫: Ir(tppr)₂(acac)) , 2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21*H*,23*H*-卟啉鉑(II) (縮寫: PtOEP) , 三(乙醯丙酮根)(單啡啉) 銥(III) (縮寫: Tb(acac)₃(Phen)) , 三(1,3-二苯基-1,3-丙烷二根(propanedionato))(單啡啉) 銣(III) (縮寫: Eu(DBM)₃(Phen)) , 三[1-(2-噻吩甲醯基)-3,3,3-三氟乙醯丙酮根](單啡啉) 銣(III) (縮寫: Eu(TTA)₃(Phen)) , 等等。

注意所述發光層優選包括使得這些發光物質分散在主體材料中的結構。例如, 可以將以下物質用作所述主體材料, 芳胺化合物, 例如NPB, TPD, TCTA, TDATA, MTDATA, 或4,4'-二[N-(螺-9,9'-聯萘-2-基)-N-苯基胺基]聯苯(縮寫: BSPB) 或者咔唑衍生物, 例如PCzPCA1, PCzPCA2, PCzPCN1, CBP, TCPB或CzPA。

或者, 可以使用含有以下物質的電洞傳輸物質: 高分子化合物, 例如聚[N-(4-{*N'*-[4-(4-二苯基胺基) 苯基] 苯基-*N'*-苯基胺基} 苯基) 甲基丙烯醯胺] (縮寫: PTPDMA) 或者聚[N,*N'*-二(4-丁基苯基)-*N,N'*-二(苯基) 聯苯胺] (縮寫: Poly-TPD)。

或者, 可以將以下材料用作主體材料, 例如電子傳輸物質, 如包含喹啉骨架或者苯並喹啉骨架的金屬錯合物, 如Alq, Almq₃, BeBq₂或BAlq; 包含基於噁唑的配體或者基於噻唑的配體的金屬錯合物, 例如Zn(BOX)₂或Zn(BTZ)₂; PBD; OXD-7; CO11; TAZ; BPhen; 或BCP。

所述電子傳輸層是包含電子傳輸物質的層。可以將以下物質用作所述電子傳輸物質：與以上給出的用於第三層104的電子傳輸物質類似的任何物質。因此，將以上的描述結合於此。此外，所述電子傳輸層不限於單層，可以由任何上述物質形成的兩個或多個層的疊層。所述電子注入層是包含電子注入物質的層。電子注入物質的例子包括鹼金屬或鹼土金屬，例如氟化鋰（LiF），氟化銫（CsF）和氟化鈣（CaF₂），以及它們的配混物。或者，可以將包含鹼金屬、鹼土金屬或其化合物（例如包含鎂（Mg）的Alq（縮寫））的電子傳輸物質用作所述電子注入物質。通過所述結構，使得可以提高由陰極102注入電子的效率。

可以在所述EL層201-1或EL層201-*n*中提供電荷產生層。對於在EL層201-1或EL層201-*n*中提供電荷產生層的情況，所述電荷產生層包含電洞傳輸物質和受體物質。所述電荷產生層可以具有包含電洞傳輸物質的層與包含受體物質的層的層疊結構，不僅限於所述電洞傳輸物質和受體物質包含在同一個膜內的結構。注意於層疊結構中，所述包含受體物質的層與所述陽極101或陰極102接觸。

通過在EL層201-1或EL層201-*n*中提供電荷產生層，可以在無需考慮用來形成電極的物質的功函數的情況下形成陽極101或陰極102。注意所述EL層201-1或EL層201-*n*中提供的電荷產生層可以具有與上述第一層106類似的結構，可以使用與之類似的材料形成。因此，將以上的描述結合

於此。

注意可以通過以適當的組合將上述的層層疊起來，形成各個EL層201。另外，可以根據使用的材料，適當選擇各種方法（例如乾法和濕法）作為形成各個EL層201的方法。例如，可以使用真空蒸發法，噴墨法，旋塗法等等。另外，可以通過不同的形成方法形成各個層。

將包含上述物質的層結合起來，由此可以製造本實施方式所述的發光元件。所述發光元件可以由上述發光物質發光。因此，可以通過改變用於發光層中的發光物質的種類，發射各種顏色的光。另外，可以將發射不同顏色的光的很多種發光物質用作發光物質，由此也可以獲得具有寬光譜或者發射白光的發光。

對於迄今為止描述的包括 n 個EL層的發光元件，無須再言， n 可以為2或3。圖4A顯示發光元件的結構，在此情況下， n 為2，圖4B顯示該發光元件的能帶圖。注意編號111和112分別表示陽極101和陰極102的費米能級。

在圖4A所示的發光元件中，在一對電極（陽極101和陰極102）之間提供各自包括發光區域的第一EL層103和第二EL層107，在所述第一EL層103和第二EL層107之間提供中間層203。從陰極102側計，所述中間層203包括第一層106，第二層105和第三層104。

所述第一層106設置在所述第二EL層107和第二層105之間，並與這兩個層接觸。所述第二層105設置在所述第一層106和第三層104之間，並與這兩個層接觸。所述第三

層 104 設置在所述第二層 105 和第一 EL 層 103 之間，並與這兩個層接觸。

下面將結合能帶圖 4B 進行描述。

認為電洞和電子通過以下方式在第一層 106 中產生：當在一對電極（陽極 101 和陰極 102）之間施加電壓的時候，受體物質從電洞傳輸物質提取電子。另外，所述第一層 106 包含受體物質，因此可以有效地作為電荷產生區域。所述第一層 106 具有電洞傳輸性質；因此，第一層 106 中產生的電洞在該層中高效地傳輸。因此，所述電洞可以高效地注入第二 EL 層 107。另外，所述第一層 106 包含受體物質；因此，在將第一層 106 中產生的電子通過所述第二層 105 和第三層 104 注入第一 EL 層 103 的時候，電子注入位壘可以一定程度地降低。

所述第二層 105 由基於酞菁的材料形成，具有接受第一層 106 中產生的電子並且通過第三層 104 為第一 EL 層 103 提供電子的功能。因此，所述第二層 105 作為電子中繼層。

對第二層 105 的 LUMO 能級 114 進行控制，使其位於第一層 106 中的受體物質的受體能級 115 和第一 EL 層 103 的 LUMO 能級 113 之間。因此，當將第一層 106 中產生的電子注入第一 EL 層 103 的時候，電子注入位壘可以降低。因此，可以在低電壓驅動所述發光元件。

將從第一層 106 的受體能級 115 傳輸到第二層 105 的 LUMO 能級 114 的電子給予第三層 104。所述第三層 104 具

有電子傳輸性質；因此，傳輸到第三層104的電子在該層中高效地傳輸，很容易地注入所述第一EL層103的LUMO能級113。所述第三層104包含上述鹼金屬、上述鹼土金屬、上述稀土金屬、上述鹼金屬化合物、上述鹼土金屬化合物、或者上述稀土金屬化合物，因此具有一定程度降低電子注入位壘的功能。因此，可以更容易地傳輸電子。

在此之後，在第一EL層103中，電子與從陽極101側注入的電洞重新結合，使得第一EL層103發光。另一方面，在此第一層106中產生的電洞與從陰極102側注入的電子在第二EL層107中重新結合，使得第二EL層107發光。

圖5是能帶圖，其中所述第二層105包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物、或稀土金屬化合物。

圖5中的編號120表示第二層105中上述金屬或上述金屬化合物的能級（也稱作給體能級）。

所述給體能級120會影響第二層105的LUMO能級114。因此，電子可以很容易地從第一層106的受體能級115傳輸到第二層105的LUMO能級114。因此，可以在較低電壓驅動所述發光元件。

另外，在此實施方式所述的發光元件可以在很多種基片上製造。可以將以下物質用作基片：例如玻璃、塑膠、金屬板、金屬箔等等製造的基片。對於由基片側提取發光元件發射的光的情況，首選使用透光性基片。注意還可以使用上述以外的基片，只要它們可以在發光元件的製造工

藝中作為載體即可。

應注意，本實施方式中所述的結構可以與其他實施方式中所述的任何結構適當組合。

在以下所述的實施方式2-5中，為了方便起見，描述 $n = 2$ 的發光元件。

（實施方式2）

在此實施方式中，參照圖6A和6B描述根據本發明一個實施方式的發光元件的結構，以及該發光元件的能帶圖的例子。在此實施方式中，實施方式1所述的發光元件的一個例子中，第三層104具有包含電子傳輸物質的層與包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物的層的層疊結構。

如圖6A所示，該實施方式所述的發光元件包括位於一對電極（陽極101和陰極102）之間的第一EL層103和第二EL層107。所述第一EL層103和第二EL層107各自包含至少一個含有發光物質的發光層。在所述第一EL層103和第二EL層107之間，從陰極102側計，提供了第一層106，第二層105和第三層104。所述第一層106作為電荷產生區域，具有電洞傳輸性質，包含受體物質。另外，所述第一層106包含電洞傳輸物質。所述第二層105由基於酞菁的材料形成。

該實施方式的陽極101，陰極102，第一EL層103，第二層105，第一層106和第二EL層107可以具有實施方式1

所述的結構，可以使用實施方式1所述的物質形成。

所述第三層104包括以下的層的層疊結構：層104a，其與所述第二層105接觸；以及層104b，其與所述第一EL層103接觸。所述層104a包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物、或稀土金屬化合物。所述層104b是包含電子傳輸物質的層。

可以將以下物質用作所述層104b中的電子傳輸物質：與以上實施方式1給出的用於第三層104的電子傳輸物質類似的任何物質。

用於層104a的物質的例子包括以下具有高電子注入性質的物質：鹼金屬，例如鋰（Li）和銫（Cs）；鹼土金屬，例如鎂（Mg），鈣（Ca）和銦（Sr）；稀土金屬，例如鈺（Eu）和鐿（Yb）；鹼金屬化合物（例如氧化鋰氧化物，鹵化物，以及碳酸鹽，例如碳酸鋰和碳酸銫）；鹼土金屬化合物（例如氧化物，鹵化物和碳酸鹽）；稀土金屬化合物（例如氧化物，鹵化物和碳酸鹽）；等等。這些具有高電子注入性質的物質是優選的，因為它們在空氣中穩定，因此提供高產量，適於大規模生產。

提供了上述金屬或上述金屬化合物的單層作為層104a。形成的層104a具有極小的厚度（具體來說，厚度大於或等於0.1 nm，且小於或等於1 nm），以防驅動電壓增大。注意當在形成層104b之後，在層104b上形成層104a的情況下，用來形成層104a的物質可以部分存在於層104b中。換句話說，非常薄的層104a存在於第二層105和層104b之間

的介面處。

下面將結合能帶圖進行描述。

圖 6B 是圖 6A 所示的元件結構的能帶圖。在圖 6B 中，編號 113 表示第一 EL 層 103 的 LUMO 能級；114 表示第二層 105 的 LUMO 能級；115 表示第一層 106 中的受體物質的受體能級；117 表示第二 EL 層 107 的 LUMO 能級。符號 x 表示包含在第三層 104 中、由上述金屬或上述金屬化合物形成的物質。

認為電洞和電子通過以下方式在第一層 106 中產生：當在一對電極（陽極 101 和陰極 102）之間施加電壓的時候，受體物質從電洞傳輸物質提取電子。另外，所述第一層 106 包含受體物質，因此可以有效地作為電荷產生區域。所述第一層 106 具有電洞傳輸性質；因此，第一層 106 中產生的電洞在該層中高效地傳輸。因此，所述電洞可以高效地注入第二 EL 層 107。另外，所述第一層 106 包含受體物質；因此，在將第一層 106 中產生的電子通過所述第二層 105 和第三層 104 注入第一 EL 層 103 的時候，電子注入位壘可以一定程度地降低。

所述第二層 105 由基於酞菁的材料形成，具有接受第一層 106 中產生的電子並且通過第三層 104 為第一 EL 層 103 提供電子的功能。因此，所述第二層 105 作為電子中繼層。

對第二層 105 的 LUMO 能級 114 進行控制，使其位於第一層 106 中的受體物質的受體能級 115 和第一 EL 層 103 的

LUMO能級 113 之間。因此，當將第一層 106 中產生的電子注入第一 EL 層 103 的時候，電子注入位壘可以降低。具體來說，第二層 105 的 LUMO 能級 114 優選約大於或等於 -5.0 eV 且小於或等於 -3.0 eV。因此，可以在低電壓驅動所述發光元件。

將從第一層 106 的受體能級 115 傳輸到第二層 105 的 LUMO 能級 114 的電子給予第三層 104（層 104a 和層 104b）。通過在所述第二層 105 和層 104b 之間的介面處提供層 104a，使得可以一定程度降低第一層 106 和層 104b 之間的注入位壘。因此，可以將第一層 106 中產生的電子很容易地注入層 104b 中。所述層 104b 具有電子傳輸性質；因此，傳輸到層 104b 的電子在該層中高效地傳輸，很容易地注入所述第一 EL 層 103 的 LUMO 能級 113。注意所述層 104b 還可以作為第一 EL 層 103 的電子傳輸層。或者，還可以在第一 EL 層 103 中另外形成電子傳輸層。當另外形成電子傳輸層的時候，用於層 104b 的電子傳輸物質與用於電子傳輸層的電子傳輸物質可以是相同的或者不同的。

在此之後，在第一 EL 層 103 中，電子與從陽極 101 側注入的電洞重新結合，使得第一 EL 層 103 發光。與之相對的是，在此第一層 106 中產生的電洞與從陰極 102 側注入的電子在第二 EL 層 107 中重新結合，使得第二 EL 層 107 發光。

在此實施方式中，所述第三層 104 包括以下的層的層疊結構：層 104b，其包含電子傳輸物質；以及層 104a，其

包含金屬或金屬化合物。上文所述含有包括層 104b 和層 104a 的層疊結構的第三層 104 的發光元件的驅動電壓，低於包括結構中電子傳輸物質和金屬或金屬化合物包含在同一個膜內的第三層的發光元件的驅動電壓。

本實施方式中所述的結構可以與其他實施方式中所述的任一結構適當組合。

例如，如實施方式 1 所述，可以將給體物質加入所述第二層 105 中，使得所述給體物質與基於酞菁的材料的质量比為 0.001 : 1 至 0.1 : 1。在此情況下，可以將實施方式 1 所述的任一給體物質用作給體物質。

（實施方式 3）

在此實施方式中，參照圖 7A 和 7B 描述根據本發明一個實施方式的發光元件的結構，以及該發光元件的能帶圖的例子。在此實施方式中，在實施方式 1 所述的發光元件的所述第三層 104 包含電子傳輸物質，以及鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物、或稀土金屬化合物。

如圖 7A 所示，該實施方式所述的發光元件包括位於一對電極（陽極 101 和陰極 102）之間的第一 EL 層 103 和第二 EL 層 107。所述第一 EL 層 103 和第二 EL 層 107 各自包含至少一個含有發光物質的發光層。在所述第一 EL 層 103 和第二 EL 層 107 之間，從陰極 102 側計，提供了第一層 106，第二層 105 和第三層 104。所述第一層 106 作為電荷產生區域

，具有電洞傳輸性質，且包含受體物質。另外，所述第一層106包含電洞傳輸物質。所述第二層105由基於酞菁的材料形成。

該實施方式的陽極101，陰極102，第一EL層103，第二層105，第一層106和第二EL層107可以具有實施方式1所述的結構，可以使用實施方式1所述的物質形成。

在第一EL層103和第二層105之間提供第三層104，其包含電子傳輸物質和鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或者稀土金屬化合物。注意在此實施方式中，優選可以加入上述金屬或者上述金屬化合物，使得上述金屬或上述金屬化合物與電子傳輸物質的質量比為0.001：1至0.1：1。因此，可以獲得具有高膜品質的第三層104。

可以將以下物質用作所述第三層104中的電子傳輸物質：與以上實施方式1給出的用於第三層104的任一電子傳輸物質類似的物質。

可以將以上實施方式1所述的用在第三層104中的金屬或者金屬化合物，用作用於第三層104的鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物。

在所述第一EL層103中，可以形成電子傳輸層108，使其與第三層104接觸。對於在第一EL層103中形成電子傳輸層108的情況，第三層104中使用的電子傳輸物質和電子傳輸層108中使用的電子傳輸物質可以是相同的或者不

同的。

下面將結合能帶圖進行描述。

圖 7B 是圖 7A 所示的元件結構的能帶圖。在圖 7B 中，編號 113 表示第一 EL 層 103 的 LUMO 能級；114 表示第二層 105 的 LUMO 能級；115 表示第一層 106 中的受體物質的受體能級；117 表示第二 EL 層 107 的 LUMO 能級。符號 x 表示包含在第三層 104 中、由上述金屬或上述金屬化合物形成的物質。

認為電洞和電子通過以下方式在第一層 106 中產生：當在一對電極（陽極 101 和陰極 102）之間施加電壓的時候，受體物質從電洞傳輸物質提取電子。另外，所述第一層 106 包含受體物質，因此可以有效地作為電荷產生區域。所述第一層 106 具有電洞傳輸性質；因此，第一層 106 中產生的電洞在該層中高效地傳輸。因此，所述電洞可以高效地注入第二 EL 層 107。另外，所述第一層 106 包含受體物質；因此，在將第一層 106 中產生的電子通過所述第二層 105 和第三層 104 注入第一 EL 層 103 的時候，電子注入位壘可以一定程度地降低。

所述第二層 105 由基於酞菁的材料形成，具有接受第一層 106 中產生的電子並且通過第三層 104 為第一 EL 層 103 提供電子的功能。因此，所述第二層 105 作為電子中繼層。

對第二層 105 的 LUMO 能級 114 進行控制，使其位於第一層 106 中的受體物質的受體能級 115 和第一 EL 層 103 的

LUMO能級 113 之間。因此，當將第一層 106 中產生的電子注入第一 EL 層 103 的時候，電子注入位壘可以降低。具體來說，第二層 105 的 LUMO 能級 114 優選約大於或等於 -5.0 eV 且小於或等於 -3.0 eV。因此，可以在低電壓驅動所述發光元件。

將從第一層 106 的受體能級 115 傳輸到第二層 105 的 LUMO 能級 114 的電子給予第三層 104。所述第三層 104 具有電子傳輸性質；因此，傳輸到第三層 104 的電子在該層中高效地傳輸，很容易地注入所述第一 EL 層 103 的 LUMO 能級 113。此外，所述第三層 104 包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物、或者稀土金屬化合物，因此具有一定程度降低電子注入位壘的功能。因此，可以更容易地傳輸電子。

在此之後，在第一 EL 層 103 中，電子與從陽極 101 側注入的電洞重新結合，使得第一 EL 層 103 發光。與之相對的是，在此第一層 106 中產生的電洞與從陰極 102 側注入的電子在第二 EL 層 107 中重新結合，使得第二 EL 層 107 發光。

本實施方式中所述的結構可以與其他實施方式中所述的任一結構適當組合。

例如，如實施方式 1 所述，可以將給體物質加入所述第二層 105 中，使得所述給體物質與基於酞菁的材料的质量比為 0.001 : 1 至 0.1 : 1。在此情況下，可以將實施方式 1 所述的任一給體物質用作給體物質。

(實施方式4)

在此實施方式中，結合圖8A和8B描述作為本發明一個實施方式的發光元件的結構的例子。在此實施方式中，將描述實施方式1所述的發光元件中的第一層106的結構。

如圖8A和8B所示，該實施方式所述的發光元件包括位於一對電極（陽極101和陰極102）之間的第一EL層103和第二EL層107。所述第一EL層103和第二EL層107各自包含至少一個含有發光物質的發光層。在所述第一EL層103和第二EL層107之間，從陰極102側計，提供了第一層106，第二層105和第三層104。在圖8A和8B中，陽極101，陰極102，第一EL層103，第三層104，第二層105和第二EL層107可以具有實施方式1-3所述的任一結構，可以使用實施方式1-3所述的任一物質形成。

所述第一層106作為電荷產生區域，具有電洞傳輸性質，包含受體物質。另外，所述第一層106包含電洞傳輸物質。認為電洞和電子通過以下方式在第一層106中產生：當在一對電極（陽極101和陰極102）之間施加電壓的時候，受體物質從電洞傳輸物質提取電子。

圖8A所示的第一層106具有以下結構：其中電洞傳輸物質和受體物質包含在同一個膜中。注意優選加入受體物質，使得受體物質與電洞傳輸物質的質量比為0.1：1至4.0：1。這有助於第一層106中的電荷的產生。

在圖8A中，將受體物質加入電洞傳輸物質中（也即

是說，用受體物質摻雜電洞傳輸物質），即使當第一層106的厚度增大的時候，驅動電壓的升高也可以受到抑制。因此，驅動電壓的提高可以受到抑制，可以通過光學調節提高色純度。另外，當第一層106的厚度增大的時候，可以防止發光元件的短路。

與之相對的是，圖8B所示的第一層106包括以下的層的層疊結構：層106a，其與所述第二EL層107接觸；以及層106b，其與所述第二層105接觸。所述層106a包含電洞傳輸物質。所述層106b包含受體物質。

在一些情況下，該第一層106表現出基於電荷傳輸相互作用的可見光吸收。對於包含電洞傳輸物質的層106a和包含受體物質的層106b相層疊的情況，電荷傳輸相互作用不會作用於整個第一層106，而是僅僅作用於層106a和層106b之間的介面上。出於這個原因，即使發生基於電荷傳輸相互作用的吸收，第一EL層103發射的光也比較不易被吸收，這是優選的。

可以將以下物質用作所述第一層106中的電洞傳輸物質：與以上實施方式1給出的用於第一層106的任一電洞傳輸物質類似的物質。

用於第一層106的受體物質的例子包括7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氰喹啉並二甲烷（縮寫：F₄-TCNQ），氰醌等。此外，給出過渡金屬氧化物。另外，可以使用週期表第4-8族的金屬的氧化物。具體來說，優選使用氧化釩、氧化鈮、氧化鉬、氧化鉍、氧化鎢、氧化錳和氧

化銻，這是因為它們具有高電子接受性質。具體來說，氧化鉬具有低吸濕性，因此是特別優選的。

本實施方式中所述的結構可以與其他實施方式中所述的任一結構適當組合。

例如，如實施方式1所述，可以將給體物質加入所述第二層105中，使得所述給體物質與基於酞菁的材料的质量比為0.001：1至0.1：1。在此情況下，可以將實施方式1所述的任一給體物質用作給體物質。

（實施方式5）

在此實施方式中，結合圖9A和9B描述作為本發明一個實施方式的發光元件的結構的例子以及能帶圖的例子。

如圖9A所示，該實施方式所述的發光元件包括位於一對電極（陽極101和陰極102）之間的第一EL層103和第二EL層107。所述第一EL層103和第二EL層107各自由有機化合物形成，包括至少一個含有發光物質的發光層。在所述第一EL層103和第二EL層107之間，從陰極102側計，提供了第一層106，第二層105和第三層104。在圖9A中，陽極101，陰極102，第三層104，第二層105和第一層106可以具有實施方式1-4所述的任一結構，可以使用實施方式1-4所述的任一物質形成。

所述第一EL層103包括：第一發光層103a，其發射光譜具有在藍色到藍綠色波長範圍的峰值；第二發光層103b，其發射光譜具有在黃色到橙色波長範圍的峰值。所述第

一發光層 103a 包含第一發光物質。所述第二發光層 103b 包含第二發光物質。所述第二 EL 層 107 包括：第三發光層 107a，其發射光譜具有在藍綠色到綠色波長範圍的峰值；第四發光層 107b，其發射光譜具有在橙色到紅色波長範圍的峰值。所述第三發光層 107a 包含第三發光物質。所述第四發光層 107b 包含第四發光物質。所述第一發光層 103a 和第二發光層 103b 可以以相反的順序層疊。所述第三發光層 107a 和第四發光層 107b 可以以相反的順序層疊。

當在一對電極（陽極 101 和陰極 102）之間施加電壓的時候，從陽極 101 注入的電洞以及在第一層 106 產生並且通過第二層 105 和第三層 104 注入的電子在第一發光層 103a 或第二發光層 103b 中重新結合，從而獲得第一光發射 330。另外，從陰極 102 注入的電子以及在第一層 106 中產生並從第一層 106 注入的電洞在第三發光層 107a 或第四發光層 107b 中重新結合，從而得到第二光發射 340。

圖 9B 顯示了第一光發射 330 和第二光發射 340 的發射光譜示意圖。第一光發射 330 是從第一發光層 103a 和第二發光層 103b 發出的光發射。因此，該發射光譜具有在藍色到藍綠色波長範圍以及黃色到橙色波長範圍的峰。換而言之，第一 EL 層 103 具有雙波長型白色或雙波長型接近白色顏色的光發射。第二光發射 340 是從第三發光層 107a 和第四發光層 107b 發出的光發射。因此，該發射光譜具有在藍綠色到綠色波長範圍以及橙色到紅色波長範圍的峰。換而言之，第二 EL 層 107 具有雙波長型白色或雙波長型接近白色

顏色的光發射，其不同於第一EL層103的光發射。

當第一光發射330和第二光發射340互相重疊的時候，所述發光元件可以具有覆蓋以下範圍的光發射：藍色到藍綠色波長範圍，藍綠色到綠色波長範圍，黃色到橙色波長範圍，以及橙色到紅色波長範圍。

例如，第一發光層103a對整個發射光譜的貢獻約為四分之一，即使第一發光層103a的發光亮度（其發射光譜在藍色到藍綠色波長範圍具有峰）隨著時間減弱或者由於電流密度的原因而變化；因此，色度的偏離較小。

儘管以上所述的實施例中，第一EL層103的發射光譜在藍色到藍綠色波長範圍以及黃色到橙色波長範圍具有峰，第二EL層107的發射光譜在藍綠色到綠色波長範圍以及橙色到紅色波長範圍具有峰，但是第一EL層103和第二EL層107可以各自具有相反的發射光譜。換而言之，可以使用一種結構，其中第二EL層107的發射光譜在藍色至藍綠色波長範圍以及黃色至橙色波長範圍具有峰，而第一EL層103的發射光譜在藍綠色至綠色波長範圍以及橙色至紅色波長範圍具有峰。另外，第一EL層103和第二EL層107可具有發光層以外的多層（例如電子傳輸層和電洞傳輸層）層疊的結構。

接下來描述可以用於此實施方式所述的發光元件的EL層的發光物質。但是，可以用於該實施方式所述的發光元件的物質不限於下文所述的那些。

例如，可以通過以下方式獲得藍光到藍綠光發射：使

用芴，TBP，9,10-二苯基蒽等作為發光物質（也稱作客體材料），並將所述客體材料分散在主體材料中。或者可以由以下物質產生藍光到藍綠光的發射：苯乙烯基伸芳基衍生物，例如DPVBi，或者蒽衍生物，例如DNA或*t*-BuDNA。可以使用聚合物，例如聚（9,9-二辛基芴）。另外，用於藍光發射的客體材料的例子包括：苯乙烯胺衍生物，例如YGA2S和*N,N'*-二苯基-*N,N'*-二（9-苯基-9*H*-咔唑-3-基）芴-4,4'-二胺（縮寫：PCA2S）。具體來說，YGA2S是優選的，因為其在450奈米左右具有峰。另外，優選將蒽衍生物用作主體材料，其中合適的包括*t*-BuDNA和CzPA。具體來說，CzPA是優選的，因為其是電化學穩定的。

可以通過以下方式獲得藍綠光到綠光的發射，例如：使用香豆素染料，例如香豆素30或香豆素6；FIrpic；Ir(pppy)₂(acac)；等作為客體材料，將客體材料分散在主體材料中。或者，可以由以下金屬錯合物獲得藍綠光到綠光的發射，例如BAIq，Zn(BTZ)₂或二（2-甲基-8-羥基喹啉（quinolinolato））氯化鎵（Ga(mq)₂Cl）。可以使用聚合物，例如聚（對伸苯基伸乙烯基）。另外，可以通過將以上所述的花或TBP以大於或等於5重量%的高濃度分散在主體材料中，製得藍綠光至綠光的發射。另外，優選將蒽衍生物用作藍綠色至綠色發光層的客體材料，在此情況下可以獲得高發光效率。例如，通過使用DPABPA，可以獲得高效率的藍綠光發射。另外，優選使用在2位取代有胺基的蒽衍生物，在此情況下可以獲得高效率的綠光

發射。具體來說，因為 2PCAPA 的壽命很長，其是適合的。對於這些材料的主體材料，優選蔥衍生物；其中上文描述的 CzPA 是電化學穩定的，因此是優選的。另外，對於通過將綠光發射和藍光發射結合而製造在藍色到綠色波長範圍具有兩個峰的發光元件，優選使用具有電子傳輸性質的蔥衍生物（例如 CzPA）作為用於藍光發射層的主體材料，優選將具有電洞傳輸性質的芳胺化合物（例如 NPB）作為綠光發射層的主體材料，在此情況下，可以在藍光發射層和綠光發射層之間的介面處獲得光發射。換句話說，在此情況下，對於 2PCAPA 之類的綠光發射材料，優選將 NPB 之類的芳胺化合物用作主體材料。

可以通過以下方式獲得黃色至橙色的光發射，例如通過使用紅熒烯，DCM1，DCM2，二[2-(2-噻吩基)吡啶]乙醯丙酮根銦（縮寫： $\text{Ir}(\text{thp})_2(\text{acac})$ ），二(2-苯基喹啉)乙醯丙酮根銦（縮寫： $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$ ）等作為客體材料，將所述客體材料分散在主體材料中。具體來說，優選將稠四苯衍生物（例如紅熒烯）作為客體材料，因為其具有高效率 and 化學穩定性。在此情況下，優選將 NPB 之類的芳胺化合物用作主體材料。或者，可以將金屬錯合物，例如二(8-羥基喹啉)鋅（縮寫： Znq_2 ）或二[2-肉桂醯基-8-羥基喹啉]鋅（縮寫： Znsq_2 ）用作主體材料。再或者，可以使用聚合物，例如聚(2,5-二烷氧基-1,4-伸苯基伸乙烯基)。

可以通過以下方式獲得橙色至紅色的光發射：例如使

用 BisDCM，4-（二氰基亞甲基）-2,6-二[2-（久洛尼定-9-基）乙炔基]-4*H*-嘓喃（縮寫：DCM1），2-{2-甲基-6-[2-（2,3,6,7-四氫-1*H*,5*H*-苯並[*ij*]喹嗪-9-基）乙烯基]-4*H*-嘓喃-4-亞基}丙烷二腈（縮寫：DCM2），Ir(thp)₂(acac)等作為客體材料，將該客體材料分散在主體材料中。或者，可以由 Znq₂或 Znsq₂之類的金屬錯合物獲得橙色至紅色的光發射。又或者，可以使用聚合物，例如聚（3-烷基噻吩）。優選將4*H*-嘓喃衍生物，例如 BisDCM，DCM2，DCJTI和 BisDCJTM作為發射紅光的客體材料，因為其具有高效率。具體來說，DCJTI和 BisDCJTM是優選的，因為它們在大約620奈米具有發射峰。

作為上述結構中的主體材料，優選使用發射波長比發光物質的發射波長短的主體材料，或者具有大的能帶隙的主體材料。具體來說，實施方式1的例子中給出的電洞傳輸材料或者電子傳輸材料可以適當選擇。或者，可以使用 CBP，TCTA，TCPB等。

通過將第一EL層的發射光譜與第二EL層的發射光譜合併，所述發光元件可以發出寬泛地覆蓋藍色至藍綠色波長範圍、藍綠色至綠色波長範圍、黃色至橙色波長範圍、以及橙色至紅色波長範圍的白光發射。

注意，可以通過以下方式使發射的光可以接近具有連續發射光譜的自然光：對各個層疊的層的厚度進行調節，故意略微地對光進行干涉，使得突出的尖峰的產生受到抑制，獲得形狀接近梯形的發射光譜。另外，可以通過調節

各個層疊的層的厚度以及故意使得光略微干涉，從而改變發射光譜的峰的位置。通過調節各個層疊的層的厚度，使得發射光譜中出現的多個峰的強度基本上相同，通過減小峰之間的間隔，可以獲得具有形狀接近梯形的發射光譜的白光發射。

爲了由本實施方式所述的發光元件的各個第一 EL 層 103 以及第二 EL 層 107 獲得白光，需要第一發光物質和第二發光物質以及第三發光物質和第四發光物質都發射光。出於這個原因，電洞傳輸物質和電子傳輸物質都優選用作主體材料，以便控制第一 EL 層 103 和第二 EL 層 107 中的電荷傳輸性質。可以適當地將實施方式 1 給出的物質用作第一 EL 層 103 和第二 EL 層 107 中的電洞傳輸物質或者電子傳輸物質。

例如，所述第一 EL 層 103 可以具有以下結構，其中，從陽極 101 側計，以下的層依次層疊：包含電洞傳輸物質和第一發光物質的層，包含電洞傳輸物質和第二發光物質的層，以及包含電子傳輸物質和第二發光物質的層。另外，所述第二 EL 層 107 可以具有以下結構，其中，從陽極 101 側計，以下的層依次層疊：包含電洞傳輸物質和第三發光物質的層，包含電洞傳輸物質和第四發光物質的層，以及包含電子傳輸物質和第四發光物質的層。

另外，可以選擇發射互補色光的物質作爲所述第一發光物質和第二發光物質。另外，可以選擇發射互補色光的物質作爲所述第三發光物質和第四發光物質。互補色的例

子包括藍色和黃色，以及藍綠色和紅色。可以由例如上述發光物質適當選擇發射藍光、黃光、藍綠光或紅光的物質。

如本實施方式所述，當EL層中包含具有不同發射波長的兩種發光物質的時候，發射波長處於較短波長側的發光物質的一部分激發能量轉移到發射波長位於較長波長側的發光物質，使得發射波長處於較長波長側的發光物質可以發光。

應注意，本實施方式中所述的結構可以與其他實施方式中所述的任一結構適當組合。

（實施方式6）

在此實施方式中，將參照圖10A-10E和圖11描述使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置完成的各種電子裝置和照明裝置。

以下給出了使用任一發光元件製造的發光裝置的電子裝置的例子：電視機裝置（也稱作電視機或電視接收器），電腦監視器等，照相機，例如數位照相機或數位攝像機，數位相框，移動電話（也稱作手機或手機裝置），攜帶型遊戲機，攜帶型資訊終端，音頻重現裝置，大型遊戲機，例如彈球機等。圖10A-10E顯示了這些電子裝置和照明裝置的一些具體例子。

圖10A顯示電視機裝置的一個例子。在電視機裝置9100中，顯示器部分9103結合在外殼9101之內。所述顯示

器部分9103可以顯示圖像。可以使用以上實施方式所述的任何發光元件製造發光裝置，所述發光裝置可以用作所述顯示器部分9103的圖像顯示裝置或者作為其光源。另外，所述外殼9101由支架9105支撐。

可以用外殼9101的操作開關或者獨立的遙控器9110操控所述電視機裝置9100。可以使用遙控器9110的操控鍵9109調節頻道和控制音量，由此控制顯示器部分9103上顯示的圖像。另外，可以在所述遙控器9110上提供顯示器部分9107，用來顯示從遙控器9110輸出的顯示資料。

注意為電視機裝置9100提供接收器、數據機等。可以用接收器接收一般的電視廣播。另外，當通過數據機，在有線或無線的情況下將顯示器裝置與通信網路連接的時候，可以進行單向（從發送者到接收者）、或雙向（在發送者和接收者之間，在接收者之間等）資訊通訊。

使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置消耗功率較少。因此，當將所述發光裝置用作電視機裝置的顯示器部分9103的圖像顯示裝置的時候，或者作為其光源的時候，所述電視機裝置可以具有長的壽命。

圖10B顯示電腦，其包括主體9201、外殼9202、顯示器部分9203、鍵盤9204、外部連接埠9205、點擊裝置9206等。注意按照以下方式製造電腦：使用本發明一個實施方式所述的發光元件製造的發光裝置用作顯示器部分9203的圖像顯示裝置，或者用作其光源。

使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置

消耗功率較少。因此，當將所述發光裝置用作電腦的顯示器部分 9203 的圖像顯示裝置的時候，或者作為其光源的時候，所述電腦可以具有長的壽命。

圖 10C 顯示攜帶型遊戲機，其包括兩個外殼，外殼 9301 和外殼 9302，這兩個外殼通過連接件 9303 連接，因此可以打開和折疊。顯示器部分 9304 和顯示器部分 9305 分別結合在外殼 9301 和外殼 9302 中。另外，圖 10C 所示的攜帶型遊戲機包括揚聲器部分 9306，記錄媒體插入部分 9307，LED 燈 9308，輸入裝置（操控鍵 9309，連接終端 9310，感測器 9311（具有測量作用力、位移、位置、速度、加速度、角速度、旋轉頻率、距離、亮度、液體、磁性、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電功率、輻射、流速、濕度、梯度、振動、氣味或紅外線的功能的感測器），或麥克風 9312）等。無須再言，所述攜帶型遊戲機的結構不限於以上結構，可以採用其他的結構，其中將使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置用於所述顯示器部分 9304 和顯示器部分 9305 中的至少一者或二者。所述攜帶型遊戲機可以適當地包括另外的附件。圖 10C 的攜帶型遊戲機具有以下功能：讀取存儲媒體中存儲的程式或者資料，將其顯示在顯示器部分上，以及通過無線通信與另一個攜帶型遊戲機分享資訊。注意圖 10C 所示的攜帶型遊戲機具有各種功能，不限於上述功能。

使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置消耗功率較少。因此，當將所述發光裝置用作攜帶型遊戲

機的顯示器部分9304和9305的圖像顯示裝置的時候，或者作為其光源的時候，所述攜帶型遊戲機可以具有長的壽命。

圖10D顯示移動電話的一個例子。移動電話9400提供有結合在外殼9401中的顯示器部分9402，操控按鈕9403，外部連接埠9404，揚聲器9405，麥克風9406等。注意按照以下方式製造移動電話9400：使用本發明一個實施方式所述的發光元件製造的發光裝置用作顯示器部分9402的圖像顯示裝置，或者用作其光源。

當用手指等接觸圖10D所示的移動電話9400的顯示器部分9402的時候，可以將資料輸入到移動電話9400中。使用者可以通過用手指等接觸顯示器部分9402撥打電話或者撰寫訊息。

顯示器部分9402主要有三種螢幕模式。第一種模式是主要用於顯示圖像的顯示模式。第二種模式是主要用於輸入文本之類的資料的輸入模式。第三種模式是顯示和輸入模式，這是顯示模式和輸入模式的組合。

例如，在撥打電話或者撰寫訊息的時候，顯示器部分9402上選擇主要用於輸入文本的文本輸入模式，以便可以輸入在螢幕上顯示的文本。在此情況下，優選在顯示器部分9402的幾乎整個螢幕上顯示鍵盤或數位按鍵。

當在移動電話9400內提供檢測裝置，包括用來檢測傾斜度的感測器，例如陀螺儀或者加速感測器的時候，檢測裝置檢測到移動電話9400的方向（移動電話9400是水平放

置或者垂直放置，用於風景模式或者肖像模式），使得顯示器部分9402的螢幕可以自動切換。

通過接觸顯示器部分9402或者操作外殼9401的操控按鍵9403，切換螢幕模式。或者可以根據顯示器部分9402上顯示的圖像的種類切換螢幕模式。例如，當顯示器部分上顯示的圖像的信號是移動圖像資料信號的時候，將螢幕模式切換到顯示器模式。當信號是文本資料信號的時候，螢幕模式切換到輸入模式。

另外，在輸入模式中，當沒有通過接觸顯示器部分9402而輸入持續一段時間，同時顯示器部分9402的光學感測器檢測到信號的時候，可以對螢幕模式進行控制，從輸入模式切換到顯示模式。

所述顯示器部分9402還可以作為圖像感測器。例如，當顯示器部分9402與手掌或者手指接觸的時候，獲取手掌印、指紋等的圖像，從而進行個人身份確認。另外，通過提供在顯示器部分發射近紅外光的背光或傳感光源，可以獲取指紋、掌紋等的圖像。

使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置消耗功率較少。因此，當將所述發光裝置用作移動電話9400的顯示器部分9402的圖像顯示裝置的時候，或者作為其光源的時候，所述移動電話可以具有長的壽命。

圖10E顯示一種照明裝置（臺燈），其包括照明部分9501，燈罩9502，可調節臂9503，支架9504，底座9505和電源開關9506。注意按照以下方式製造照明裝置：使用本

發明一個實施方式所述的發光元件製造的發光裝置用於照明部分 9501（也稱作光源）。注意，術語"照明裝置"包括天花板燈（固定於天花板的照明裝置），壁燈（懸掛在牆壁上的照明裝置）等，以及圖 10E 所示的臺燈。

使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置消耗功率較少。因此，當將所述發光裝置用於照明裝置（臺燈）的照明部分 9501（光源）的時候，所述照明裝置（臺燈）可以具有長的壽命。

圖 11 顯示將使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置用於室內照明裝置的例子。因為使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置還可以具有較大的面積，所述發光裝置可以用作大面積照明裝置，如圖中所示的固定於天花板的照明裝置 1001。另外，所述發光裝置可以用作掛壁式照明裝置 1002。因為使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置包括具有低驅動電壓的發光元件，因此所述發光裝置可以用作消耗較少功率的照明裝置。如圖 11 所示，圖 10E 所示的臺燈 1003 可以用於提供有內部照明裝置的室內。

如上文所述，可以通過使用本發明實施方式的發光元件製造的發光裝置獲得所述電子裝置或者照明裝置。使用本發明一個實施方式的發光元件製造的發光裝置的適用範圍非常寬，使得發光裝置可以用於很寬泛領域的電子裝置。

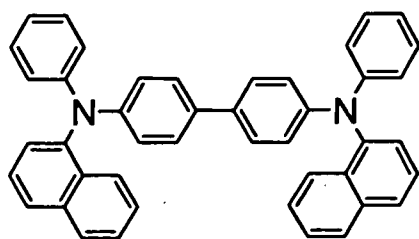
應注意，本實施方式中所述的結構可以與其他實施方

式中所述的任一結構適當組合。

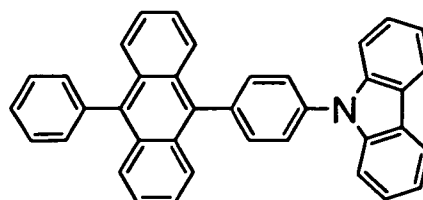
[實施例 1]

在本實施例中，參見圖 12 和圖 13 描述本發明一個實施方式的發光元件。在此實施例中，製造了發光元件 A，B 和 C 以及比較發光元件 a，對這些發光元件的工作特徵進行比較。在本實施例中使用的材料的結構式如下。

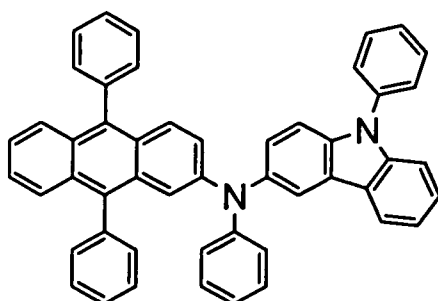
[化學式 5]



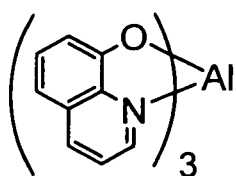
NPB



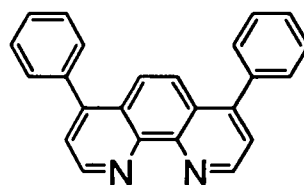
CzPA



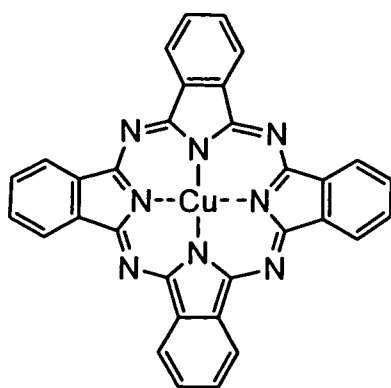
2PCAPA



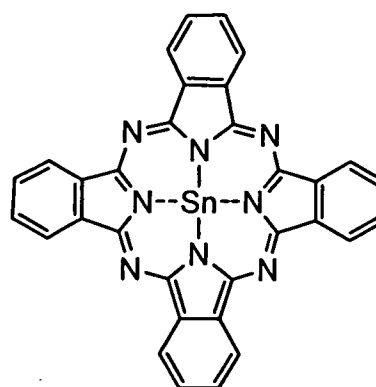
Alq



BPhen



CuPc



SnPc

下文中將描述本實施例的發光元件 A-C 以及比較發光元件 a 的製造方法。所述發光元件 A-C 以及比較發光元件 a

之間的差別在於第二層的結構，以及是否存在第二層。除了上述差別以外，所述發光元件A-C和比較發光元件a具有相同的結構；因此，下面將對這些發光元件的製造方法進行總體的描述。

首先，通過濺射法將含矽或氧化矽的氧化銦錫沈積在玻璃基片上，沈積之厚度為110奈米，形成陽極（電極面積：2mm × 2mm）。

接下來，將所述提供有陽極的玻璃基片固定在基片支架上，所述基片支架設置在真空蒸發設備的沈積室內，使得其上形成有陽極的表面朝下。將所述真空蒸發設備中的壓力減小到大約 10^{-4} Pa，然後將4,4'-二[N-（1-萘基）-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB）（這是一種電洞傳輸物質）和氧化鉬（VI）（這是一種受體物質）共蒸發，形成包含NPB和氧化鉬（VI）的層。該層的厚度為50奈米。將NPB與氧化鉬（VI）的質量比調節到4：1（= NPB：氧化鉬（VI））。應注意，共蒸發法是一種蒸鍍方法，該方法中，在一個處理室中同時由多個蒸發源進行蒸鍍。所述包含NPB和氧化鉬（VI）的層是包含有機化合物和無機化合物的複合材料的層，在施加電壓的時候作為電荷產生層。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積10奈米厚的NPB，形成第一電洞傳輸層。

接下來，共蒸發9-[4-（10-苯基-9-蒽基）苯基]-9H-咔唑（縮寫：CzPA）和N-（9,10-二苯基-2-蒽基）-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺（2PCAPA），形成第一發光層。將

CzPA 與 2PCAPA 的質量比調節到 1 : 0.05 (= CzPA : 2PCAPA) 。 CzPA 是一種電子傳輸物質，2PCAPA 是一種發射綠光的物質。第一發光層的厚度為 30 nm 。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積 10 奈米厚的三 (8-羥基喹啉) 鋁 (縮寫 : Alq) ，形成包含第一電子傳輸物質的層。

通過上述方式，形成第一 EL 層，其包括電荷產生層，第一電洞傳輸層，第一發光層和第一包含電子傳輸物質的層。

接下來，使用電阻加熱，通過蒸發方法，沈積厚度 10 奈米的紅啡啉 (縮寫 : BPhen) 。接下來，使用電阻加熱，通過蒸發方法，沈積厚度約 0.1 奈米的氧化鋰 (Li_2O) 。 BPhen 是一種電子傳輸物質。將包含 BPhen 的層和包含氧化鋰的層層疊，形成第三層。

接下來，使用電阻加熱，通過蒸發工藝，沈積厚度約為 3 奈米的加入了鋰的 CuPc，SnPc 和 CuPc (作為酞菁材料) 任一者，形成第二層。在發光元件 A 中，沈積 CuPc；在發光元件 B 中，沈積 SnPc；在發光元件 C 中，沈積加入了鋰 (Li) 的 CuPc。在發光元件 C 中，將 CuPc 與 Li 的質量比調節到 1 : 0.02 (=CuPc : Li) 。在比較發光元件 a 中沒有形成第二層。

接下來，將 4,4'-二 [N- (1-萘基) -N-苯基胺基] 聯苯 (縮寫 : NPB) (這是一種電洞傳輸物質) 和氧化鋁 (VI) (這是一種受體物質) 共蒸發，形成第一層。第一層的厚

度為60奈米。將NPB與氧化鉬(VI)的質量比調節到4:1(=NPB:氧化鉬(VI))。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積10奈米厚的NPB，形成第二電洞傳輸層。

接下來，將CzPA和2PCAPA共蒸發，形成第二發光層。將CzPA與2PCAPA的質量比調節到1:0.05(=CzPA:2PCAPA)。CzPA是一種電子傳輸物質，2PCAPA是一種發射綠光的物質。第二發光層的厚度為30 nm。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積10奈米厚的Alq，形成第二包含電子傳輸物質的層。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積20奈米厚的BPhen，形成第三包含電子傳輸物質的層。接下來，使用電阻加熱，通過蒸發方法，沈積厚度約1奈米的氟化鋰(LiF)，形成電子注入層。

通過以上方式，形成第二EL層，其包括所述第二電洞傳輸層，第二發光層，第二包含電子傳輸物質的層，第三包含電子傳輸物質的層，以及電子注入層。

接下來，沈積厚度為200奈米的鋁，形成陰極。由此，製得發光元件A-C以及比較發光元件a。

下表1列出了發光元件A-C以及比較發光元件a的結構的部分。所述發光元件A-C各自對應於實施方式1、2或4描述的發光元件。注意所有的發光元件具有相同結構的陽極、第一EL層和第二EL層；因此省去了對第一EL層和第二EL層的詳細描述。

[表 1]

	陽極	第一 EL層	第三層	第二層	第一層	第二 EL層	陰極
發光元件 A	NITO (110nm)	*	BPhen (20nm) \ Li ₂ O (0.1nm)	CuPc (3nm)	NPB:MoO _x (60nm 4:1)	*	Al (200nm)
發光元件 B				SnPc (3nm)			
發光元件 C				CuPc:Li (3nm 1:0.02)			
比較發光元件 a				-			

* 省去了對材料和厚度的描述。

將通過上述步驟製造的發光元件 A-C以及比較發光元件 a在氮氣氣氛的手套箱中密封，防止所述發光元件暴露於空氣。然後測量這些發光元件的工作特徵。注意測量在室溫下進行（氣氛保持在 25℃）。注意所有的發光元件發射波長約為 520 奈米的綠光，這些光來自作為發光物質的 2PCAPA。

圖 12列出了發光元件 A-C以及比較發光元件 a的電壓 - 電流密度特徵圖。圖 13顯示了它們的電流密度 -電流效率特徵圖。表 2顯示了這些發光元件在大約 1000 cd/m²的主要特徵的初始值。

[表 2]

	電壓 (V)	色度(x,y)	電流效率 (cd/A)	外部量子效率(%)
發光元件 A	7.7	(0.27, 0.61)	24	7.2
發光元件 B	7.8	(0.26, 0.62)	24	7.2
發光元件 C	7.6	(0.25, 0.62)	24	7.1
比較發光元件a	9.2	(0.25, 0.61)	25	7.3

圖 12顯示由於第二層的緣故，在對這些發光元件施加相同的電壓的時候，發光元件 A-C的電流密度大於比較發

光元件 a。換而言之，對於相同的電流密度，發光元件 A-C 各自的驅動電壓低於比較發光元件 a。

另外，圖 13 顯示的電流密度-電流效率特徵表明，在任意電流密度之下，發光元件 A-C 的電流效率基本上與比較發光元件 a 相同。

根據圖 12 和圖 13 的結果，發光元件 A-C 各自的驅動電壓可以減小到低於比較發光元件 a，電流效率保持基本上與比較發光元件 a 的電流效率相同。

如表 2 所示，在大約 1000 cd/m^2 下各個發光元件 A-C 的驅動電壓（即 A：7.7 V，B：7.8 V，C：7.6 V）低於比較發光元件 a 的驅動電壓（即 9.2 V）。所述發光元件 A-C 各自的色度基本上與比較發光元件 a 相同。所述發光元件 A-C 各自的電流效率基本上與比較發光元件 a 相同。所述發光元件 A-C 各自的外部量子效率基本上與比較發光元件 a 相同。

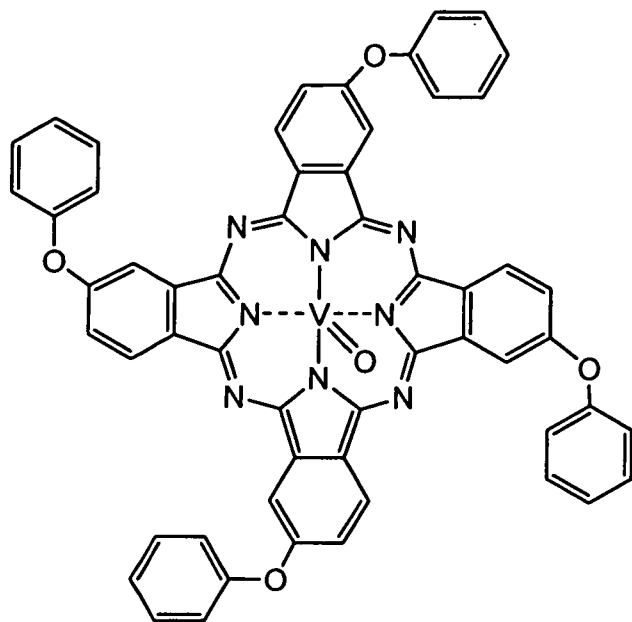
如上所述，發光元件 A-C 各自的驅動電壓低於比較發光元件 a。換而言之，發光元件 A-C 中提供的第二層各自具有顯著的效果，第二層使得發光元件能夠在低的電壓下驅動。

[實施例 2]

在本實施例中，參見圖 14 和圖 15 描述本發明一個實施方式的發光元件。在此實施例中，製造了發光元件 D 和發光元件 E 以及比較發光元件 b，對這些發光元件的工作特徵

進行比較。在本實施例中使用的材料的結構式如下。注意省去了實施方式1使用的材料的結構式。

[化學式 6]



PhO-VOPc

除了第二層以外，所述發光元件D和E以及比較發光元件b按照與實施例1所述的發光元件類似的方式製造。在各個發光元件D和E中，將PhO-VOPc（其為包含苯氧基的基於酞菁的衍生物）或者其中加入了鋰的PhO-VOPc作為酞菁材料沈積至厚度約為3奈米，從而形成第二層。在發光元件D中，沈積PhO-VOPc。在發光元件E中，沈積其中加入了鋰（Li）的PhO-VOPc。在發光元件E中，將PhO-VOPc與Li的重量比調節到1：0.02（=PhO-VOPc：Li）。在比較發光元件b中沒有形成第二層。由此，製得發光元件D和E以及比較發光元件b。

下表3列出了發光元件D和E以及比較發光元件b的結

構的部分。所述發光元件D和E各自對應於實施方式1、2或4描述的發光元件。注意所有的發光元件具有相同結構的陽極、第一EL層和第二EL層；因此省去了對第一EL層和第二EL層的詳細描述。

[表 3]

	陽極	第一EL層	第三層	第二層	第一層	第二EL層	陰極
發光元件D	NITO (110nm)	*	BPhen (20nm) \ Li ₂ O (0.1nm)	PhO-VOPc (3nm)	NPB:MoO _x (60nm 4:1)	*	Al (200nm)
發光元件E				PhO-VOPc :Li (3nm 1:0.02)			
比較發光元件b				-			

將通過上述步驟製造的發光元件D和E以及比較發光元件b在氮氣氣氛的手套箱中密封，防止所述這些發光元件暴露於空氣。然後測量這些發光元件的工作特徵。注意測量在室溫下進行（氣氛保持在25℃）。注意所有的發光元件發射波長約為520奈米的綠光，這些光來自作為發光物質的2PCAPA。

圖14列出了發光元件D和E以及比較發光元件b的電壓-電流密度特徵圖。圖15顯示了它們的電流密度-電流效率特徵圖。表4顯示了這些發光元件在大約1000 cd/m²的主要特徵的初始值。

[表 4]

	電壓(V)	色度(x,y)	電流效率(cd/A)	外部量子效率(%)
發光元件D	7.3	(0.26, 0.64)	31	8.9
發光元件E	7.5	(0.29, 0.62)	31	8.9
比較發光元件b	8.1	(0.26, 0.63)	32	9.1

圖14顯示由於第二層的緣故，在對這些發光元件施加

相同的電壓的時候，發光元件D和E的電流密度大於比較發光元件b。換而言之，對於相同的電流密度，發光元件D和E各自的驅動電壓低於比較發光元件b。

另外，圖15顯示的電流密度-電流效率特徵表明，在任意電流密度之下，發光元件D和E的電流效率基本上與比較發光元件b相同。

根據圖14和圖15的結果，發光元件D和E各自的驅動電壓可以減小到低於比較發光元件b，電流效率保持基本上與比較發光元件b的電流效率相同。

如表4所示，在大約 1000 cd/m^2 下各個發光元件D和E的驅動電壓（即D：7.3 V，E：7.5 V）低於比較發光元件b的驅動電壓（即8.1 V）。所述發光元件D和E各自的色度基本上與比較發光元件b相同。所述發光元件D和E各自的電流效率基本上與比較發光元件b相同。所述發光元件D和E各自的外部量子效率基本上與比較發光元件b相同。

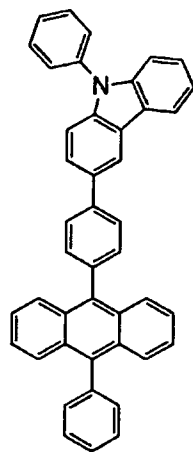
如上所述，發光元件D和E各自的驅動電壓低於比較發光元件b。換而言之，發光元件D和E中提供的第二層各自具有顯著的效果，第二層使得發光元件能夠在低的電壓下驅動。

PhO-VOPc是包含苯氧基的酞菁衍生物，在此實施例中用作酞菁材料，其可溶於溶劑中；因此，在形成發光元件的時候可以很容易地對PhO-VOPc進行操作，有助於用來成膜的設備的維護。

[實施例 3]

在本實施例中，參見圖 16 和圖 17 描述本發明一個實施方式的發光元件。在此實施例中，製造了發光元件 F 和發光元件 G 以及比較發光元件 c，對這些發光元件的工作特徵進行比較。在本實施例中使用的材料的結構式如下。注意省去了實施例 1 使用的材料的結構式。

[化學式 7]



PCzPA

下文中將描述發光元件 F 和 G 以及比較發光元件 c 的製造方法。發光元件 F 和發光元件 G 之間的區別在於第一 EL 層、第一層和第二 EL 層的結構。發光元件 F 和比較發光元件 c 之間的區別在於是否存在第二層。除了上述差別以外，所述發光元件 D 和 E 以及比較發光元件 b 具有相同的結構；因此，下面將對這些發光元件的製造方法進行總體的描述。

首先，通過濺射法將含矽或氧化矽的氧化銦錫沈積在玻璃基片上，沈積之厚度為 110 奈米，形成陽極（電極面積：2 mm × 2 mm）。

接下來，將所述提供有陽極的玻璃基片固定在基片支架上，所述基片支架設置在真空蒸發設備的沈積室內，使得其上形成有陽極的表面朝下。將所述真空蒸發設備中的壓力減小到大約 10^{-4} Pa，然後將 9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（縮寫：PCzPA）或 NPB（這是一種電洞傳輸物質）和氧化鋁（VI）（這是一種受體物質）共蒸發，形成包含 PCzPA 或 NPB 和氧化鋁（VI）的層。該層的厚度為 50 奈米。將 PCzPA 或 NPB 與氧化鋁（VI）的質量比調節到 4：1（= PCzPA 或 NPB：氧化鋁（VI））。在發光元件 F 和比較發光元件 c 中，形成包含 PCzPA 和氧化鋁（VI）的層。在發光元件 G 中，形成包含 NPB 和氧化鋁（VI）的層。應注意，共蒸發法是一種蒸鍍方法，該方法中，在一個處理室中同時由多個蒸發源進行蒸鍍。所述包含 PCzPA 或 NPB 和氧化鋁（VI）的層是包含有機化合物和無機化合物的複合材料的層，在施加電壓的時候作為電荷產生層。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積 10 奈米厚的 PCzPA 或 NPB，形成第一電洞傳輸層。在發光元件 F 和比較發光元件 c 中，沈積 PCzPA。在發光元件 G 中，沈積 NPB。

接下來，將 CzPA 和 2PCAPA 共蒸發，形成第一發光層。將 CzPA 與 2PCAPA 的質量比調節到 1：0.05（= CzPA：2PCAPA）。CzPA 是一種電子傳輸物質，2PCAPA 是一種發射綠光的物質。第一發光層的厚度為 30 nm。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積10奈米厚的Alq，形成第一包含電子傳輸物質的層。

通過上述方式，形成第一EL層，其包括電荷產生層，第一電洞傳輸層，第一發光層和第一包含電子傳輸物質的層。

接下來，使用電阻加熱，通過蒸發方法，沈積厚度10奈米的BPhen。接下來，使用電阻加熱，通過蒸發方法，沈積厚度約0.1奈米的氧化鋰（ Li_2O ）。BPhen是一種電子傳輸物質。將包含BPhen的層和包含氧化鋰的層層疊，形成第三層。

接下來，使用電阻加熱，通過蒸發法，沈積厚度約為2奈米的CuPc作為酞菁材料，在發光元件F和發光元件G中形成第二層。在比較發光元件c中沒有形成第二層。

接下來，共蒸發作為電洞傳輸物質的PCzPA或NPB以及作為受體物質的氧化鋁（VI），形成所述第一層。第一層的厚度為60奈米。將PCzPA或NPB與氧化鋁（VI）的質量比調節到4：1（= PCzPA或NPB：氧化鋁（VI））。在發光元件F和比較發光元件c中，形成包含PCzPA和氧化鋁（VI）的層。在發光元件G中，形成包含NPB和氧化鋁（VI）的層。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積10奈米厚的PCzPA或NPB，形成第二電洞傳輸層。在發光元件F和比較發光元件c中，沈積PCzPA。在發光元件G中，沈積NPB。

接下來，將 CzPA 和 2PCAPA 共蒸發，形成第二發光層。將 CzPA 與 2PCAPA 的質量比調節到 1 : 0.05 (= CzPA : 2PCAPA) 。 CzPA 是一種電子傳輸物質，2PCAPA 是一種發射綠光的物質。第二發光層的厚度為 30 nm 。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積 10 奈米厚的 Alq，形成第二包含電子傳輸物質的層。

接下來，使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積 20 奈米厚的 BPhen，形成第三包含電子傳輸物質的層。接下來，使用電阻加熱，通過蒸發方法，沈積厚度約 1 奈米的氟化鋰 (LiF)，形成電子注入層。

通過以上方式，形成第二 EL 層，其包括所述第二電洞傳輸層，第二發光層，第二包含電子傳輸物質的層，第三包含電子傳輸物質的層，以及電子注入層。

接下來，沈積厚度為 200 奈米的鋁，形成陰極。由此，製得發光元件 F 和 G 以及比較發光元件 c。

下表 5 列出了發光元件 F 和 G 以及比較發光元件 c 的結構。所述發光元件 F 和 G 各自對應於實施方式 1、2 或 4 描述的發光元件。

[表 5]

	陽極	第一EL層	第三層	第二層	第一層	第二EL層	陰極
發光元件 F	NITO (110nm)	PCzPA:Mo Ox (50nm 4:1) \ CzPA(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)	BPhen (10nm) \ Li ₂ O (0.1nm)	CuPc (2nm)	PCzPA:Mo Ox (60nm 4:1)	PCzPA(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ Phen(20nm) \ LiF(1nm)	Al (200nm)
發光元件 G		NPB:MoOx (50nm 4:1) \ NPB(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)		CuPc (2nm)	NPB:MoO x (60nm 4:1)	NPB(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ Phen(20nm) \ LiF(1nm)	
發光元件 c		PCzPA:Mo Ox (50nm 4:1) \ CzPA(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)		-	PCzPA:Mo Ox (60nm 4:1)	PCzPA(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ Phen(20nm) \ LiF(1nm)	

*EML 1, 2 = CzPA:2PCAPA (30 nm, 1:0.05)

將通過上述步驟製造的發光元件F和G以及比較發光元件c在氮氣氣氛的手套箱中密封，防止所述這些發光元件暴露於空氣。然後測量這些發光元件的工作特徵。注意測量在室溫下進行（氣氛保持在25℃）。注意所有的發光元件發射波長約為520奈米的綠光，這些光來自作為發光物質的2PCAPA。

圖16列出了發光元件F和G以及比較發光元件c的電壓-電流密度特徵圖。圖17顯示了它們的電流密度-電流效率特徵圖。表6顯示了這些發光元件在大約1000 cd/m²的主要特徵的初始值。

[表 6]

	電壓(V)	色度(x,y)	電流效率(cd/A)	外部量子效率(%)
發光元件F	7.3	(0.23, 0.65)	28	8.2
發光元件G	7.2	(0.23, 0.64)	26	7.8
比較發光元件c	8	(0.23, 0.65)	27	8.1

圖 16 顯示由於第二層的緣故，在對這些發光元件施加相同的電壓的時候，發光元件 F 和 G 的電流密度大於比較發光元件 c。換而言之，對於相同的電流密度，發光元件 F 和 G 各自的驅動電壓低於比較發光元件 c。

另外，圖 17 顯示的電流密度 - 電流效率特徵表明，在任意電流密度之下，發光元件 F 和 G 的電流效率基本上與比較發光元件 c 相同。

根據圖 16 和圖 17 的結果，發光元件 F 和 G 各自的驅動電壓可以減小到低於比較發光元件 c，電流效率保持基本上與比較發光元件 b 的電流效率相同。

如表 6 所示，在大約 1000 cd/m^2 下各個發光元件 F 和 G 的驅動電壓（即 F：7.3 V，G：7.2 V）低於比較發光元件 c 的驅動電壓（即 8.0 V）。所述發光元件 F 和 G 各自的色度基本上與比較發光元件 c 相同。所述發光元件 F 和 G 的電流效率基本上與比較發光元件 c 相同。所述發光元件 F 和 G 各自的外部量子效率基本上與比較發光元件 c 相同。

如上所述，發光元件 F 和 G 各自的驅動電壓低於比較發光元件 c。換而言之，發光元件 F 和 G 中提供的第二層各自具有顯著的效果，第二層使得發光元件能夠在低的電壓下驅動。

另外，如圖 17 和表 6 所示，在發光元件 F 中，使用包含 PCzPA 和氧化鋁（VI）的層作為電荷產生層和第一層，其電流效率高於發光元件 G，後者使用包含 NPB 和氧化鋁（VI）的層作為電荷產生層和第一層。以上情況的原因如下：相對於包含 NPB 和氧化鋁（VI）的層，包含 PCzPA 和氧化鋁（VI）的層幾乎沒有基於電荷傳輸相互作用的光吸收，因此在光提取時的光損失較小。

[實施例 4]

在本實施例中，參見圖 18 和圖 19 描述本發明一個實施方式的發光元件。在此實施例中，製造了發光元件 H 和發光元件 I 以及比較發光元件 d，對這些發光元件的工作特徵進行比較。

除了第三層以外，發光元件 H 和 I 以及比較發光元件 d 分別按照實施例 3 所述的發光元件 F 和 G 以及比較發光元件 c 的方式製備。在發光元件 H 和 I 以及比較發光元件 d 中，通過使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積厚度為 10 奈米的加入了鋰（Li）的 BPhen，形成第三層。將 BPhen 與 Li 的質量比調節到 1 : 0.02（= BPhen : Li）。由此，製得發光元件 H 和 I 以及比較發光元件 d。

下表 7 列出了發光元件 H 和 I 以及比較發光元件 d 的結構。所述發光元件 H 和 I 各自對應於實施方式 1、3 或 4 描述的發光元件。

[表 7]

	陽極	第一EL層	第三層	第二層	第一層	第二EL層	陰極
發光元件: H	NITO (110nm)	PCzPA:MoO _x (50nm 4:1) \ PCzPA(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)	BPhen: Li (10nm 1:0.02)	CuPc (2nm)	PCzPA:Mo Ox (60nm 4:1)	PCzPA(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ BPhen(20nm) \ LiF(1nm)	Al (200nm)
發光元件 I		NPB:MoO _x (50nm 4:1) \ NPB(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)		CuPc (2nm)	NPB:MoO _x (60nm 4:1)	NPB(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ BPhen(20nm) \ LiF(1nm)	
比較發 光元件d		PCzPA:MoO _x (50nm 4:1) \ PCzPA(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)		-	PCzPA:Mo Ox (60nm 4:1)	PCzPA(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ BPhen(20nm) \ LiF(1nm)	

*EML 1, 2 = CzPA:2PCAPA (30 nm, 1:0.05)

對製得的發光元件 H和 I以及比較發光元件 d的工作特徵進行測量。注意測量在室溫下進行（氣氛保持在 25℃）。注意所有的發光元件發射波長約為 520奈米的綠光，這些光來自作為發光物質的 2PCAPA。

圖 18列出了發光元件 H和 I以及比較發光元件 d的電壓 - 電流密度特徵圖。圖 19顯示了它們的電流密度 - 電流效率特徵圖。表 8顯示了這些發光元件在大約 1000 cd/m²的主要特徵的初始值。

[表 8]

	電壓(V)	色度(x,y)	電流效率(cd/A)	外部量子效率(%)
發光元件H	7.6	(0.24, 0.64)	28	8.4
發光元件I	7.4	(0.24, 0.64)	26	7.7
比較發光元件d	7.9	(0.24, 0.64)	28	8.4

圖 18顯示由於第二層的緣故，在對這些發光元件施加相同的電壓的時候，發光元件 H和 I的電流密度大於比較發光元件 d。換而言之，對於相同的電流密度，發光元件 H和 I各自的驅動電壓低於比較發光元件 d。

另外，圖 19顯示的電流密度-電流效率特徵表明，在任意電流密度之下，發光元件 H和 I的電流效率基本上與比較發光元件 d相同。

根據圖 18和圖 19的結果，發光元件 H和 I各自的驅動電壓可以減小到低於比較發光元件 d，電流效率保持基本上與比較發光元件 d的電流效率相同。

如表 8所示，在大約 1000 cd/m²下各個發光元件 H和 I的驅動電壓（即 H：7.6 V，I：7.4 V）低於比較發光元件 d的驅動電壓（即 7.9 V）。所述發光元件 H和 I各自的色度基本上與比較發光元件 d相同。所述發光元件 H和 I各自的電流效率基本上與比較發光元件 d相同。所述發光元件 H和 I各自的外部量子效率基本上與比較發光元件 d相同。

如上所述，發光元件 H和 I各自的驅動電壓低於比較發光元件 d。換而言之，發光元件 H和 I中提供的第二層各自具有顯著的效果，第二層使得發光元件能夠在低的電壓下

驅動。

另外，如圖 19 和表 8 所示，在發光元件 H 中，使用包含 PCzPA 和氧化鉬（VI）的層作為電荷產生層和第一層，其電流效率高於發光元件 I，後者使用包含 NPB 和氧化鉬（VI）的層作為電荷產生層和第一層。以上情況的原因如下：相對於包含 NPB 和氧化鉬（VI）的層，包含 PCzPA 和氧化鉬（VI）的層幾乎沒有基於電荷傳輸相互作用的光吸收，因此在光提取時的光損失較小。

[實施例 5]

在本實施例中，參見圖 20 和圖 21 描述本發明一個實施方式的發光元件。在此實施例中，製造了發光元件 J 和發光元件 K 以及比較發光元件 e，對這些發光元件的工作特徵進行比較。

除了第三層以外，發光元件 J 和 K 以及比較發光元件 e 分別按照實施例 3 所述的發光元件 F 和 G 以及比較發光元件 c 的方式製備。在發光元件 J 和 K 以及比較發光元件 e 中，通過使用電阻加熱進行蒸發工藝，沈積厚度為 10 奈米的加入了鈣（Ca）的 BPhen，形成第三層。將 BPhen 與 Ca 的質量比調節到 1：0.08（= BPhen：Ca）。由此，製得發光元件 J 和 K 以及比較發光元件 e。

下表 9 列出了發光元件 J 和 K 以及比較發光元件 e 的結構。所述發光元件 J 和 K 各自對應於實施方式 1、3 或 4 描述的發光元件。

[表 9]

	陽極	第一EL層	第三層	第二層	第一層	第二EL層	陰極
發光元件J	NITO (110nm)	PCzPA:MoO _x (50nm 4:1) \ PCzPA(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)	BPhen: Ca (10nm 1:0.08)	CuPc (2nm)	PCzPA:Mo Ox (60nm 4:1)	PCzPA(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ BPhen(20nm) \ LiF(1nm)	Al (200nm)
發光元件K		NPB:MoO _x (50nm 4:1) \ NPB(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)		CuPc (2nm)	NPB:MoO _x (60nm 4:1)	NPB(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ BPhen(20nm) \ LiF(1nm)	
比較發光元件e		PCzPA:MoO _x (50nm 4:1) \ PCzPA(10nm) \ EML1 \ Alq(10nm)		-	PCzPA:Mo Ox (60nm 4:1)	PCzPA(10nm) \ EML2 \ Alq(10nm) \ BPhen(20nm) \ LiF(1nm)	

*EML 1, 2 = CzPA:2PCAPA (30 nm, 1:0.05)

對製得的發光元件J和K以及比較發光元件e的工作特徵進行測量。注意測量在室溫下進行（氣氛保持在25℃）。注意所有的發光元件發射波長約為520奈米的綠光，這些光來自作為發光物質的2PCAPA。

圖20列出了發光元件J和K以及比較發光元件e的電壓-電流密度特徵圖。圖21顯示了它們的電流密度-電流效率特徵圖。表10顯示了這些發光元件在大約1000 cd/m²的主要特徵的初始值。

[表 10]

	電壓 (V)	色度(x,y)	電流效率 (cd/A)	外部量子效率(%)
發光元件 J	7.6	(0.23, 0.65)	26	7.8
發光元件 K	7.5	(0.23, 0.64)	25	7.4
比較發光元件 e	8.2	(0.23, 0.65)	27	7.9

圖 20 顯示由於第二層的緣故，在對這些發光元件施加相同的電壓的時候，發光元件 J 和 K 的電流密度大於比較發光元件 e。換而言之，對於相同的電流密度，發光元件 J 和 K 各自的驅動電壓低於比較發光元件 e。

另外，圖 21 顯示的電流密度 - 電流效率特徵表明，在任意電流密度之下，發光元件 J 和 K 的電流效率基本上與比較發光元件 e 相同。

根據圖 20 和圖 21 的結果，發光元件 J 和 K 各自的驅動電壓可以減小到低於比較發光元件 e，電流效率保持基本上與比較發光元件 e 的電流效率相同。

如表 10 所示，在大約 1000 cd/m^2 下各個發光元件 J 和 K 的驅動電壓（即 J：7.6 V，K：7.5 V）低於比較發光元件 e 的驅動電壓（即 8.2 V）。所述發光元件 J 和 K 各自的色度基本上與比較發光元件 e 相同。所述發光元件 J 和 K 各自的電流效率基本上與比較發光元件 e 相同。所述發光元件 J 和 K 各自的外部量子效率基本上與比較發光元件 e 相同。

如上所述，發光元件 J 和 K 各自的驅動電壓低於比較發光元件 e。換而言之，發光元件 J 和 K 中提供的第二層各自具有顯著的效果，第二層使得發光元件能夠在低的電壓下

驅動。

另外，如圖 21 和表 10 所示，在發光元件 J 中，使用包含 PCzPA 和氧化鉬（VI）的層作為電荷產生層和第一層，其電流效率高於發光元件 K，後者使用包含 NPB 和氧化鉬（VI）的層作為電荷產生層和第一層。以上情況的原因如下：相對於包含 NPB 和氧化鉬（VI）的層，包含 PCzPA 和氧化鉬（VI）的層幾乎沒有基於電荷傳輸相互作用的光吸收，因此在光提取時的光損失較小。

此申請基於 2010 年 3 月 31 日向日本專利局提交的日本專利申請 2010-082706 號，其整個內容通過引用結合於此。

【圖式簡單說明】

圖 1 顯示了發光元件的結構的一個例子。

圖 2A 顯示發光元件的結構的一個例子，圖 2B 顯示發光元件的能帶圖的一個例子。

圖 3 顯示了發光元件的能帶圖的一個例子。

圖 4A 顯示發光元件的結構的一個例子，圖 4B 顯示發光元件的能帶圖的一個例子。

圖 5 顯示了發光元件的能帶圖的一個例子。

圖 6A 顯示發光元件的結構的一個例子，圖 6B 顯示發光元件的能帶圖的一個例子。

圖 7A 顯示發光元件的結構的一個例子，圖 7B 顯示發光元件的能帶圖的一個例子。

圖 8A 和 8B 是發光元件的結構的例子。

圖 9A 顯示發光元件的結構的一個例子，圖 9B 顯示發光元件的發射光譜的例子。

圖 10A-10E 顯示了電子裝置的例子。

圖 11 顯示了照明裝置的例子。

圖 12 顯示了發光元件的特徵。

圖 13 顯示了發光元件的特徵。

圖 14 顯示了發光元件的特徵。

圖 15 顯示了發光元件的特徵。

圖 16 顯示了發光元件的特徵。

圖 17 顯示了發光元件的特徵。

圖 18 顯示了發光元件的特徵。

圖 19 顯示了發光元件的特徵。

圖 20 顯示了發光元件的特徵。

圖 21 顯示了發光元件的特徵。

【主要元件符號說明】

101：陽極

102：陰極

103：第一 EL 層

103a：第一發光層

103b：第二發光層

104：第三層

104a：層

104b：包含電子傳輸物質的層

105：第二層

106：第一層

106a：包含電洞傳輸物質的層

106b：包含受體物質的層

107：第二 EL 層

107a：第三發光層

107b：第四發光層

108：電子傳輸層

111：陽極 101 的費米能級

112：陰極 102 的費米能級

113：EL 層 201- m 的 LUMO 能級

114：第二層 105 的 LUMO 能級

115：第一層 106 中的受體物質的受體能級

117：EL 層 201- $m+1$ 的 LUMO 能級，第二 EL 層 107 的

LUMO 能級

120：第二層 105 中的給體物質的給體能級

201：EL 層

202：中間層

201-1：第一個 EL 層

202-1：第一個中間層

201- m ：第 m 個 EL 層

202- m ：第 m 個中間層

201- $m+1$ ：第 $m+1$ 個 EL 層

202- $m+1$ ：第 $m+1$ 個中間層

201- n ：第 n 個 EL 層

202- $n-1$ ：第 $n-1$ 個 中 間 層

203：中 間 層

330：第 一 光 發 射

340：第 二 光 發 射

1001：固 定 於 天 花 板 的 照 明 裝 置

1002：掛 壁 式 照 明 裝 置

1003：臺 燈

9100：電 視 機 裝 置

9101：外 殼

9103：顯 示 器 部 分

9105：支 架

9107：顯 示 器 部 分

9109：操 控 鍵

9110：遙 控 器

9201：主 體

9202：外 殼

9203：顯 示 器 部 分

9204：鍵 盤

9205：外 部 連 接 埠

9206：點 擊 裝 置

9301：外 殼

9302：外 殼

9303：連 接 件

9304：顯示器部分
9305：顯示器部分
9306：揚聲器部分
9307：記錄媒體插入部分
9308：LED燈
9309：操控鍵
9310：連接終端
9311：感測器
9312：麥克風
9400：移動電話
9401：外殼
9402：顯示器部分
9403：操控按鈕
9404：外部連接埠
9405：揚聲器
9406：麥克風
9501：照明部分
9502：燈罩
9503：可調節臂
9504：支架
9505：底座
9506：電源開關

七、申請專利範圍：

1. 一種發光元件，其包括：

位於陽極和陰極之間的 n 個 EL 層， n 是大於或等於 2 的自然數；以及

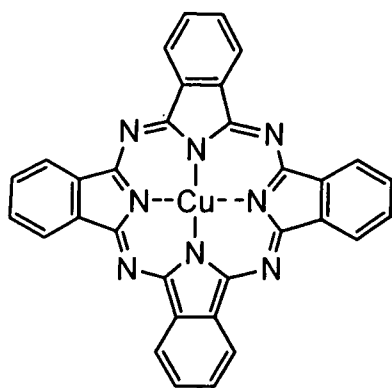
從陽極計，介於第 m 個 EL 層和第 $(m+1)$ 個 EL 層之間的第一層，第二層和第三層， m 是大於或等於 1 且小於或等於 $(n-1)$ 的自然數，

其中，所述第一層提供在所述第 $(m+1)$ 個 EL 層和第二層之間，與所述第 $(m+1)$ 個 EL 層以及第二層接觸，包含有機化合物和受體物質，

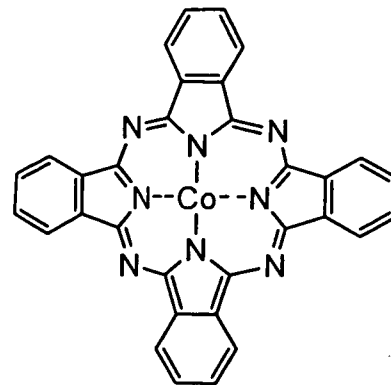
所述第二層提供在所述第一層和第三層之間，與所述第一層和第三層接觸，由基於酞菁的材料形成，

所述第三層提供在所述第二層和第 m 個 EL 層之間，與所述第二層和第 m 個 EL 層接觸，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物，以及

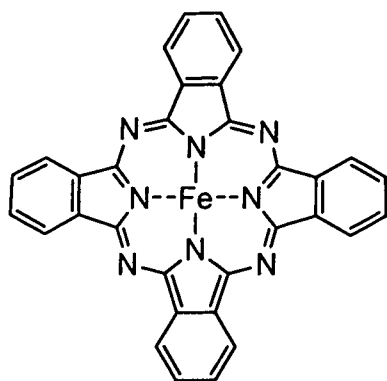
所述基於酞菁的材料是以下結構式所示的任意材料：



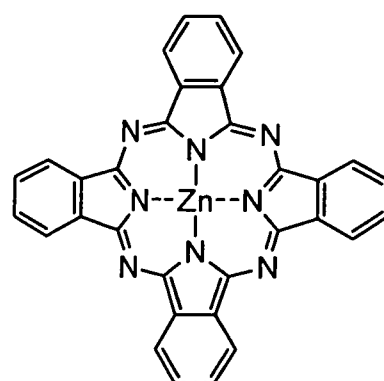
CuPc



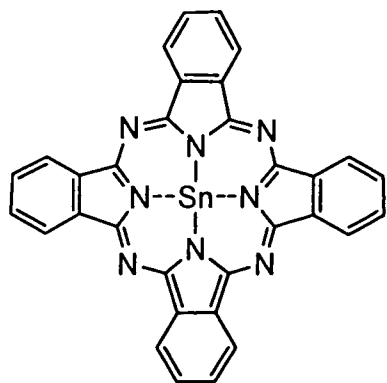
CoPc



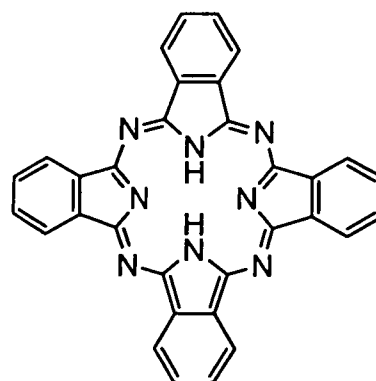
FePc



ZnPc



SnPc



H₂Pc

2. 一種發光元件，其包括：

位於陽極和陰極之間的 n 個 EL 層， n 是大於或等於 2 的自然數；以及從陽極計，介於第 m 個 EL 層和第 $(m + 1)$ 個 EL 層之間的第一層，第二層和第三層， m 是大於或

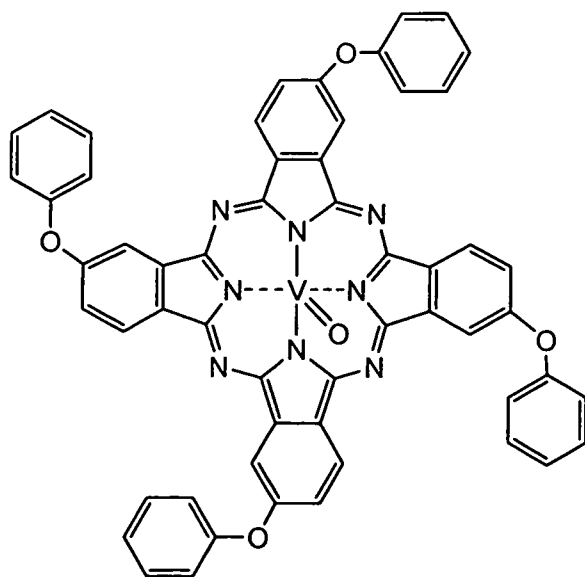
等於 1 且小於或等於 $(n-1)$ 的自然數，

其中，所述第一層提供在第 $(m+1)$ 個 EL 層和第二層之間，與所述第 $(m+1)$ 個 EL 層以及第二層接觸，包含有機化合物和受體物質，

所述第二層提供在所述第一層和第三層之間，與所述第一層和第三層接觸，由具有苯氧基的基於酞菁的材料形成，

所述第三層提供在所述第二層和第 m 個 EL 層之間，與所述第二層和第 m 個 EL 層接觸，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物，以及

所述基於酞菁的材料是以下結構式所示的材料：



PhO-VOPc

3. 一種發光元件，其包括：

位於陽極和陰極之間的 n 個 EL 層， n 是大於或等於 2 的自然數；以及

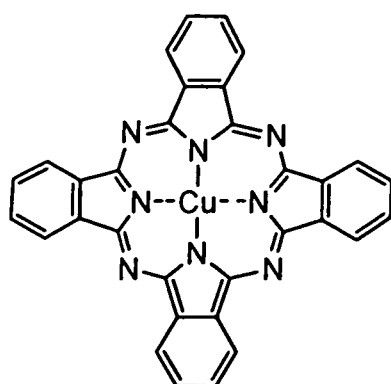
從陽極計，介於第 m 個 EL 層和第 $(m+1)$ 個 EL 層之間的第一層，第二層和第三層， m 是大於或等於 1 且小於或等於 $(n-1)$ 的自然數，

所述第一層提供在所述第 $(m+1)$ 個 EL 層和第二層之間，與所述第 $(m+1)$ 個 EL 層以及第二層接觸，包含有機化合物以及過渡金屬氧化物或者周期表第 4-8 族的任一金屬的氧化物，

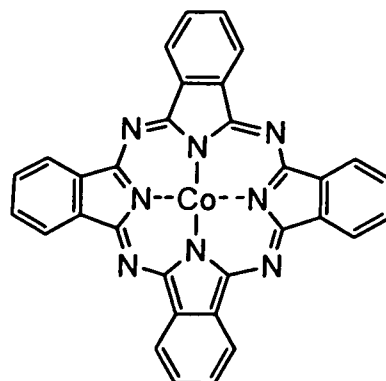
所述第二層提供在所述第一層和第三層之間，與所述第一層和第三層接觸，由基於酞菁的材料形成，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物，

所述第三層提供在所述第二層和第 m 個 EL 層之間，與所述第二層和第 m 個 EL 層接觸，包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物，以及

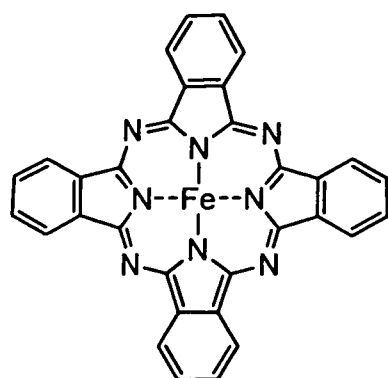
所述基於酞菁的材料是以下結構式所示的任一材料：



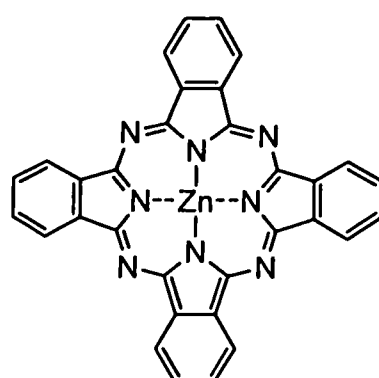
CuPc



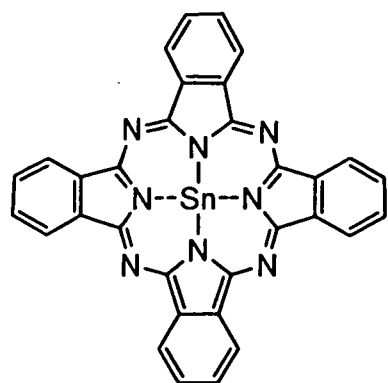
CoPc



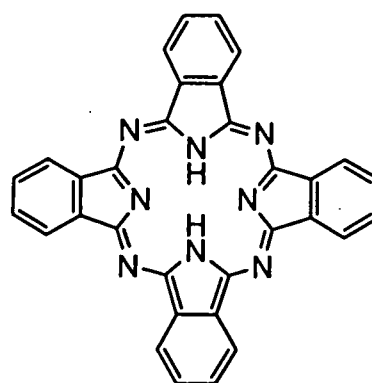
FePc



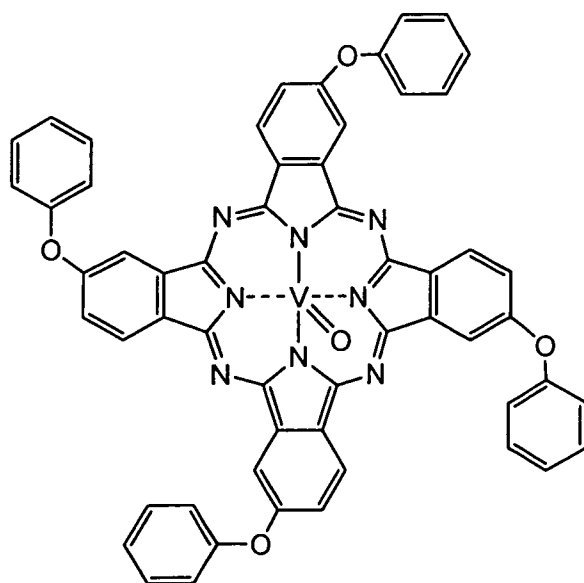
ZnPc



SnPc



H₂Pc



PhO-VOPc

4. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述第一層作為電荷產生層且具有電洞傳輸性質，以及其中所述第三層具有電子傳輸性質。

5. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述第三層還包含電子傳輸物質，以及

其中在所述第三層中，所述鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物與電子傳輸物質的質量比為 0.001 : 1 至 0.1 : 1。

6. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述第三層還包含電子傳輸物質，以及

其中，包含電子傳輸物質的層和包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物的層相互層疊。

7. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述受體物質是過渡金屬的氧化物或者周期表第

4-8 族的任一金屬的氧化物。

8. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述受體物質是氧化鉬。

9. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述第一層還包含電洞傳輸物質，以及

其中包含電洞傳輸物質的層與包含受體物質的層相互層疊。

10. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述第二層還包含鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物、或稀土金屬化合物。

11. 如申請專利範圍第 10 項之發光元件，其中在所述第二層中，所述鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物或稀土金屬化合物與基於酞菁的材料的质量比為 0.001 : 1 至 0.1 : 1。

12. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述第二層基本上由基於酞菁的材料所組成。

13. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述第二層的 LUMO 能級大於或等於 -5.0 eV 且小於或等於 -3.0 eV。

14. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述第二層的 LUMO 能級位於所述受體物質的受體能級和第 m 個 EL 層的 LUMO 能級之間。

15. 一種包含如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之

發光元件的發光裝置。

16. 一種包含如申請專利範圍第 15 項之發光裝置的電子裝置。

17. 一種包含如申請專利範圍第 15 項之發光裝置的照明裝置。

18. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之發光元件，其中所述第一層具有包含所述有機化合物之層以及包含所述受體物質之層的層疊結構。

圖 1

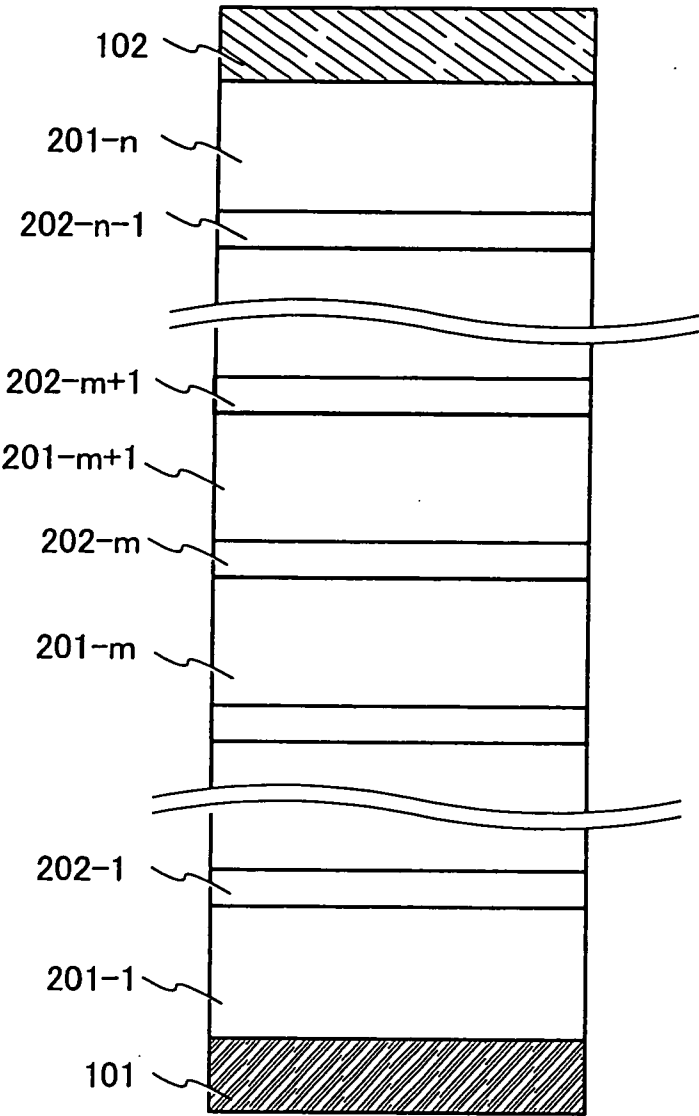


圖 2A

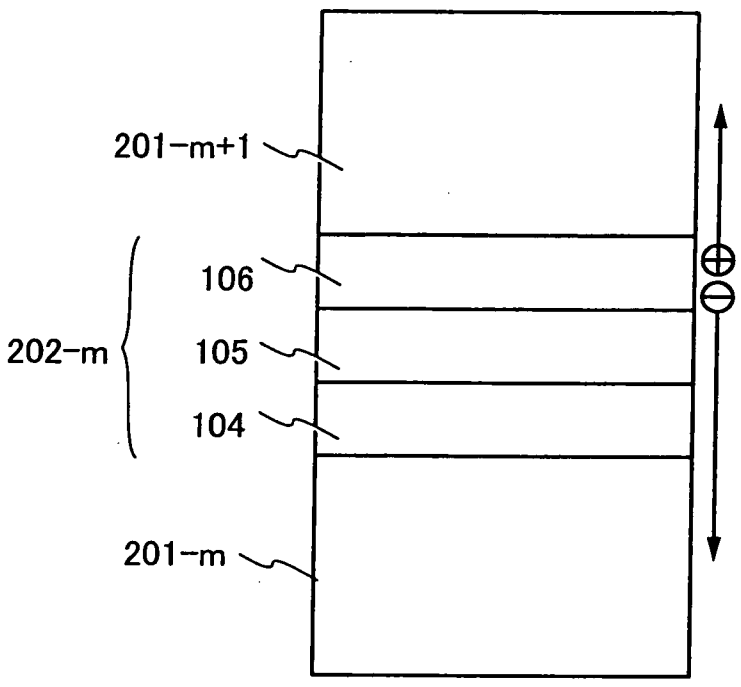


圖 2B

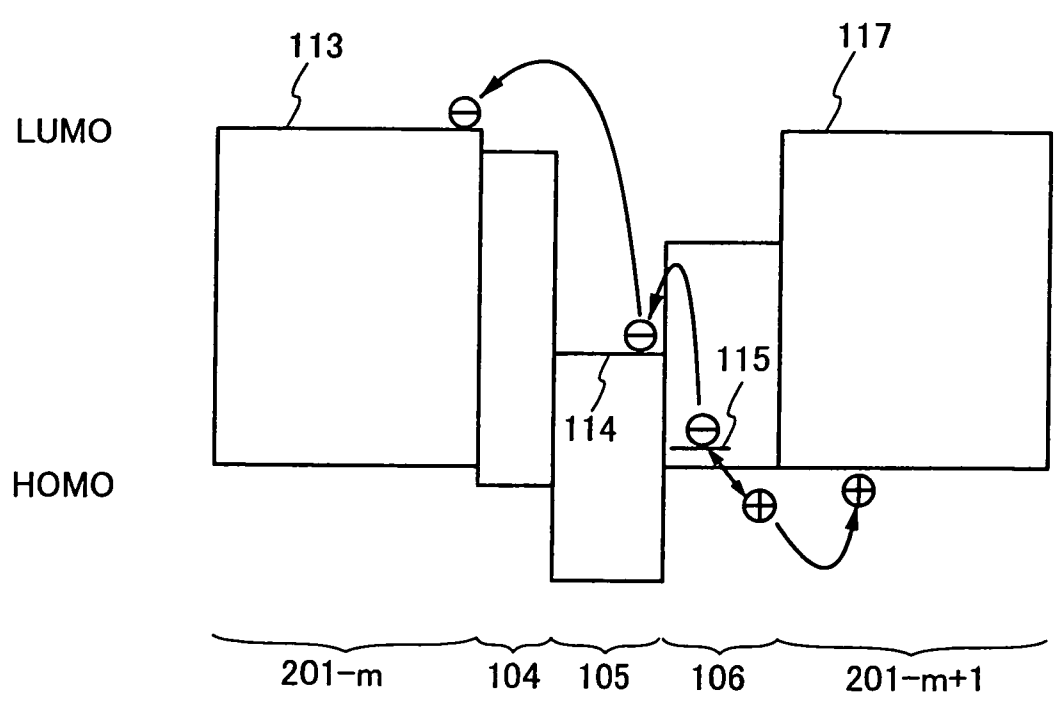


圖3

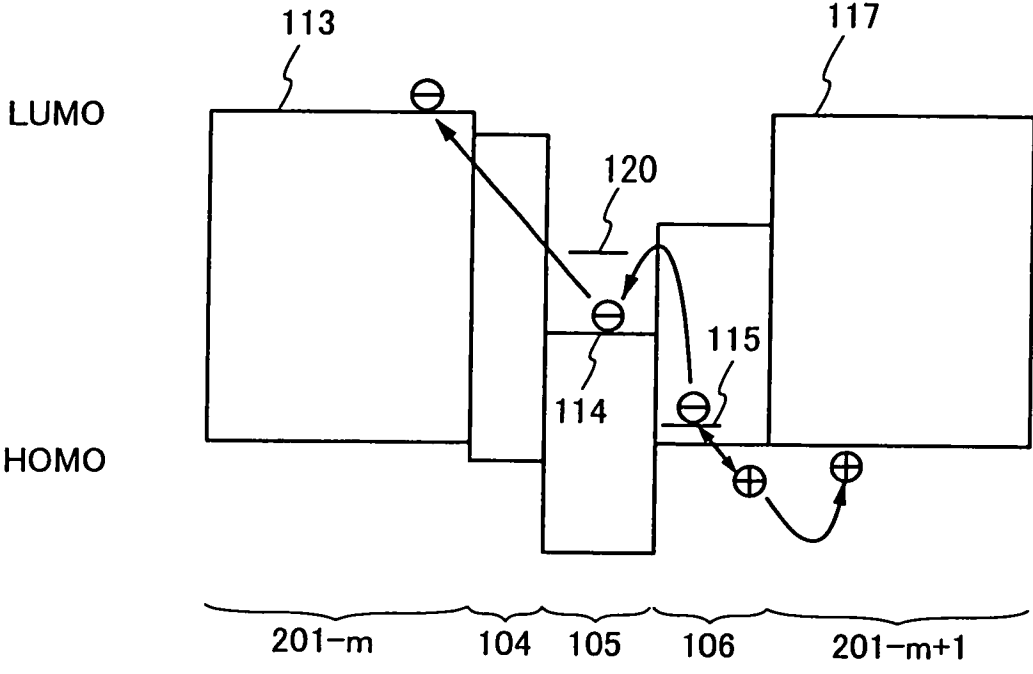


圖 4A

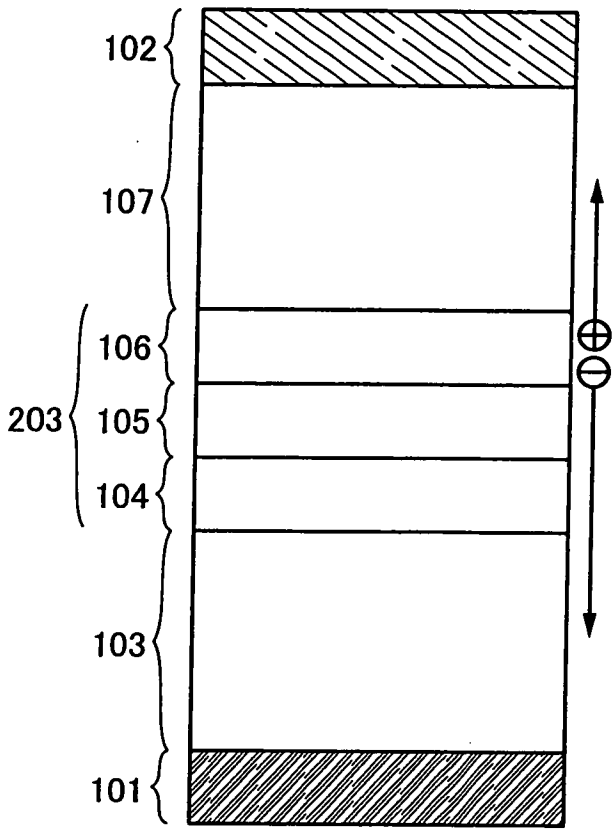


圖 4B

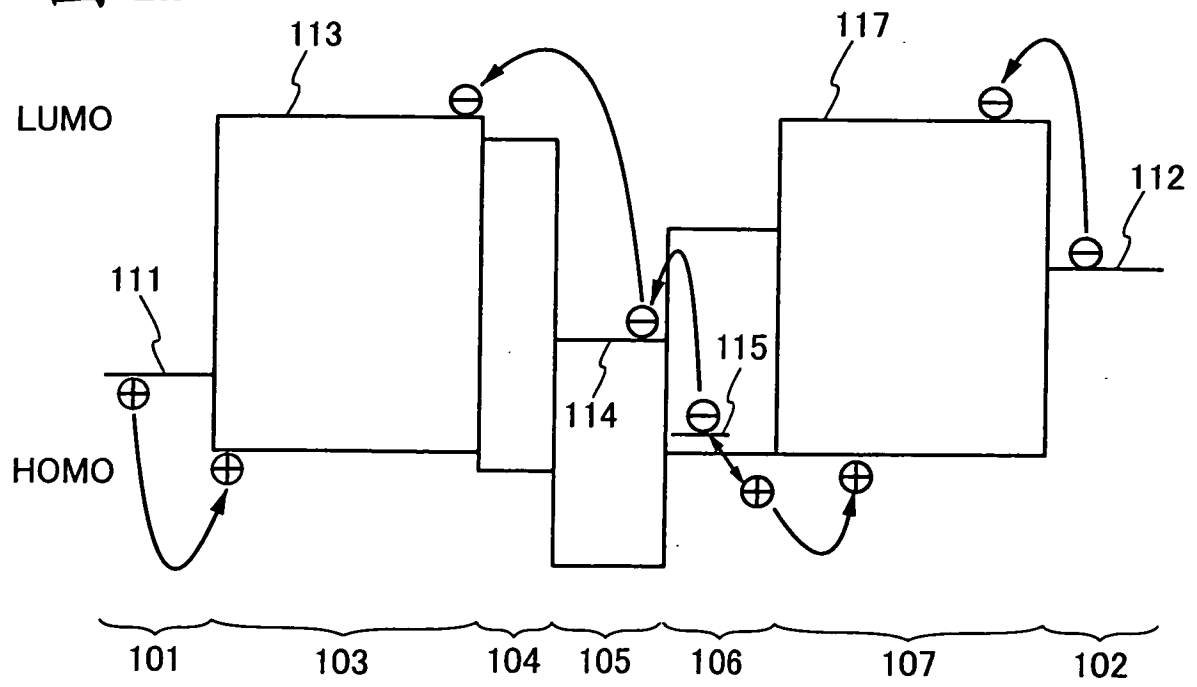


圖5

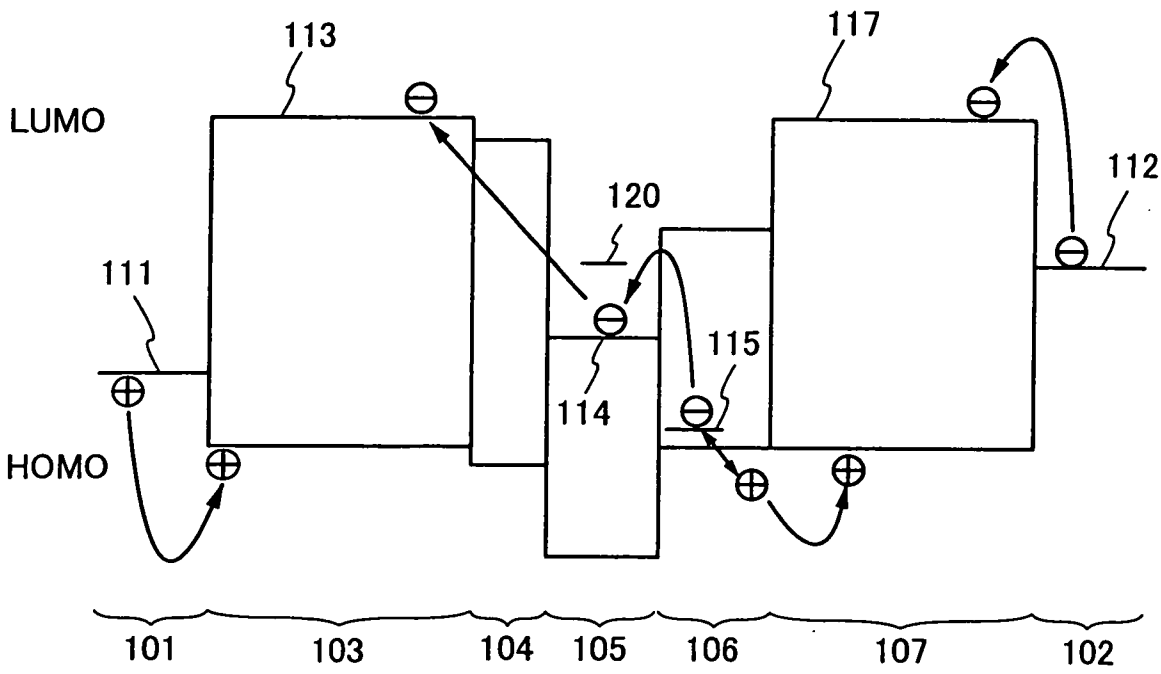


圖 6A

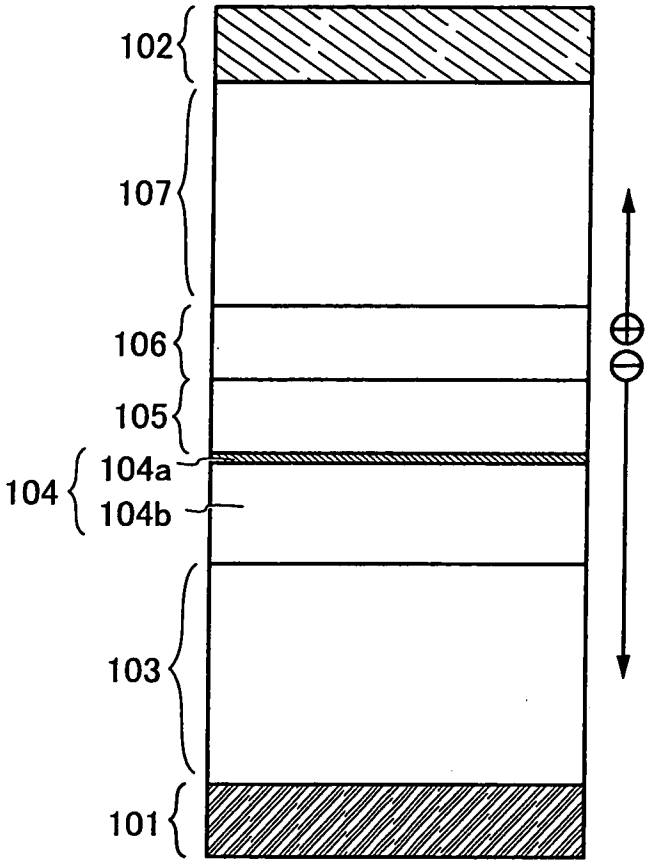


圖 6B

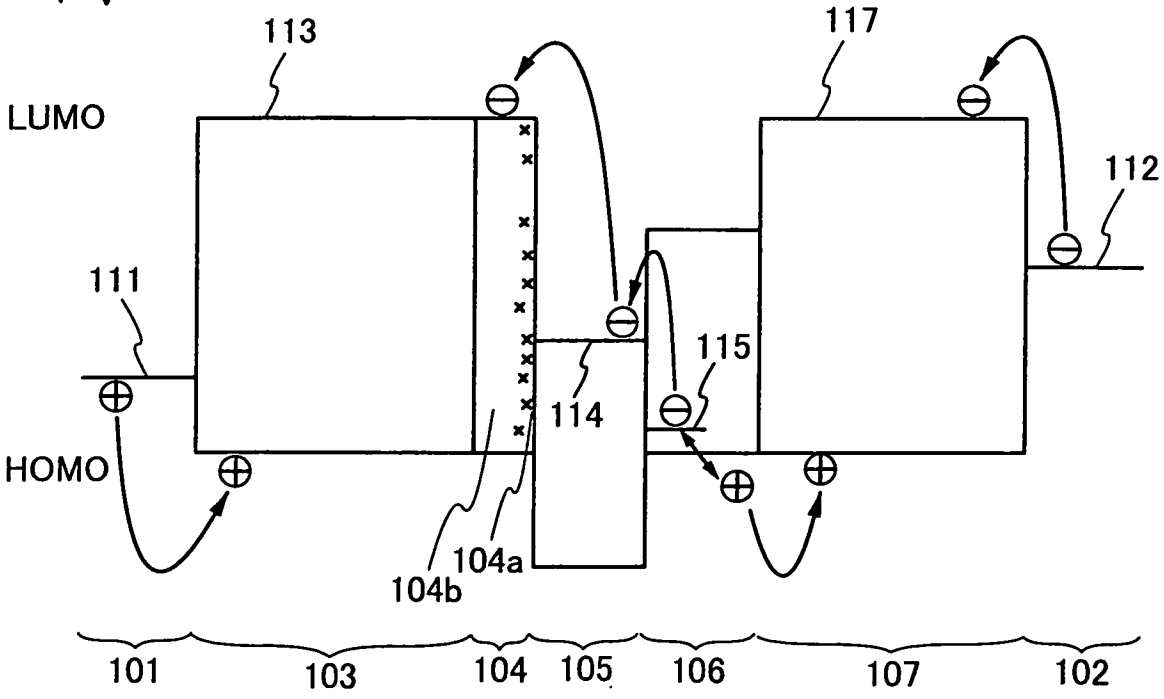


圖 7A

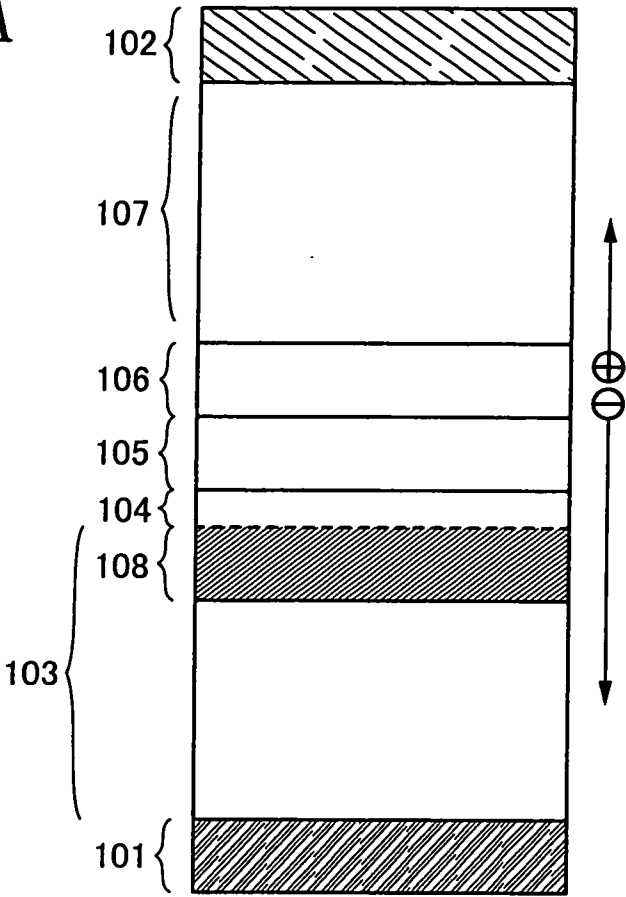


圖 7B

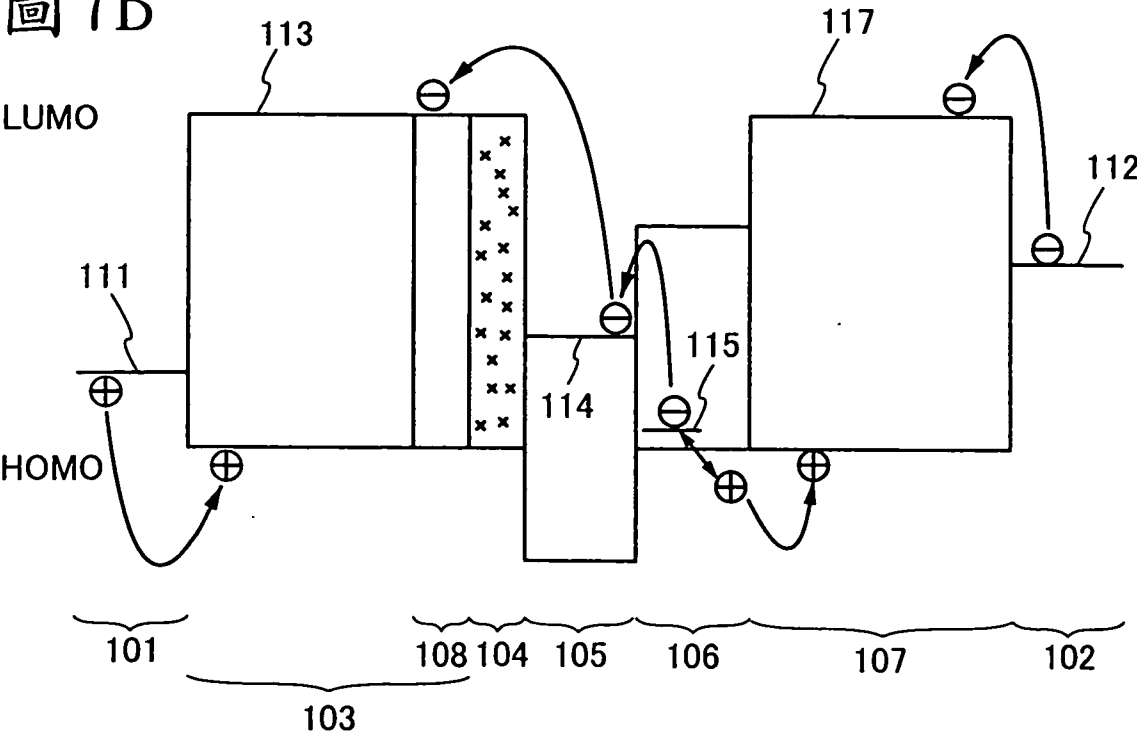


圖 8A

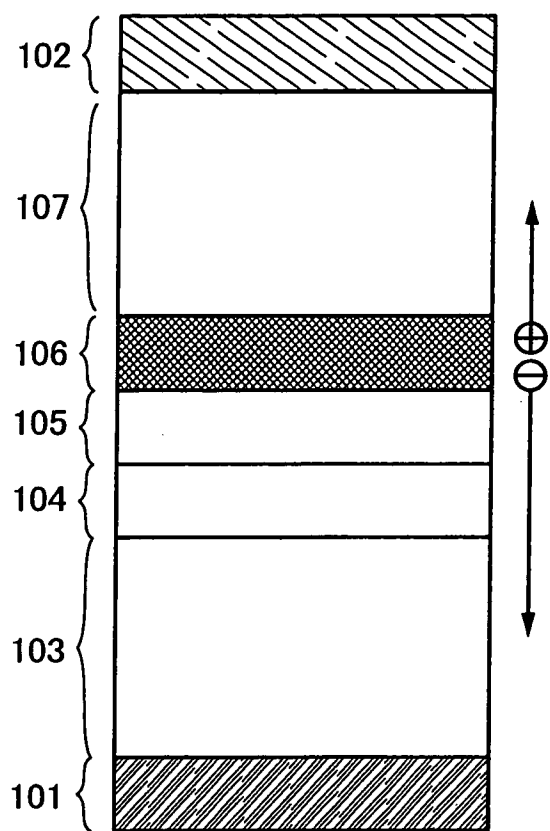


圖 8B

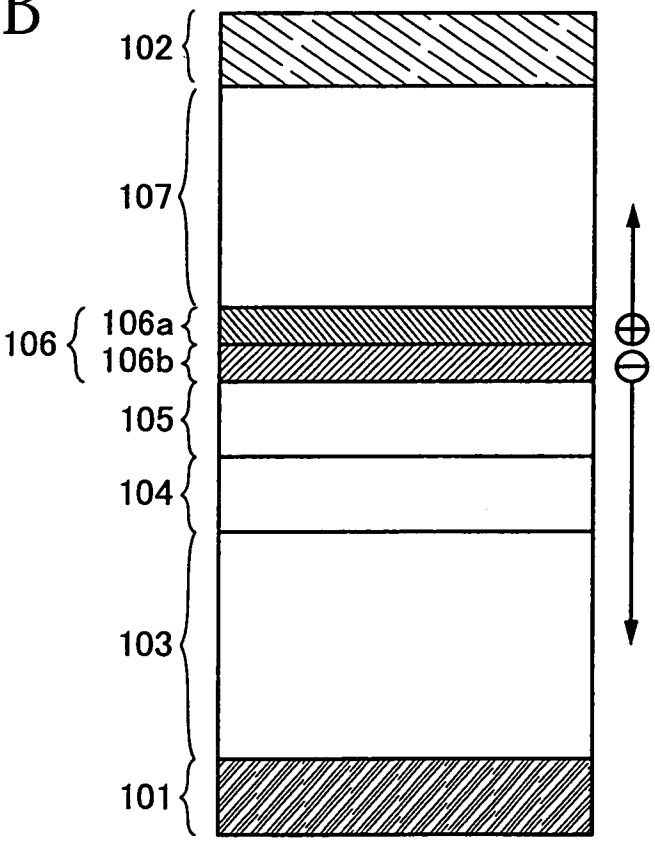


圖 9A

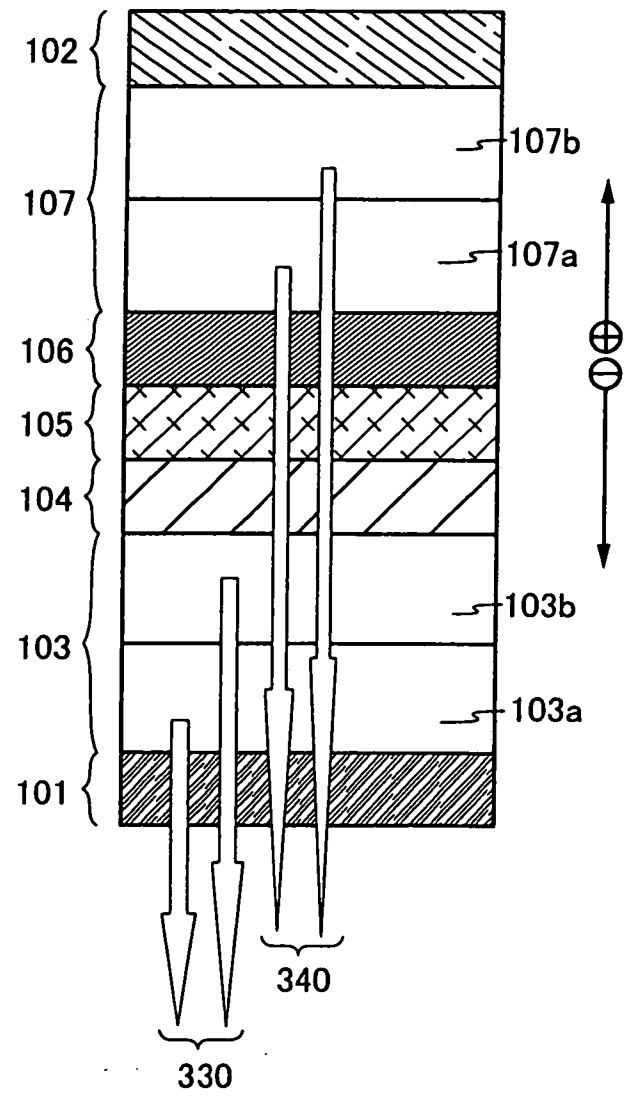


圖 9B

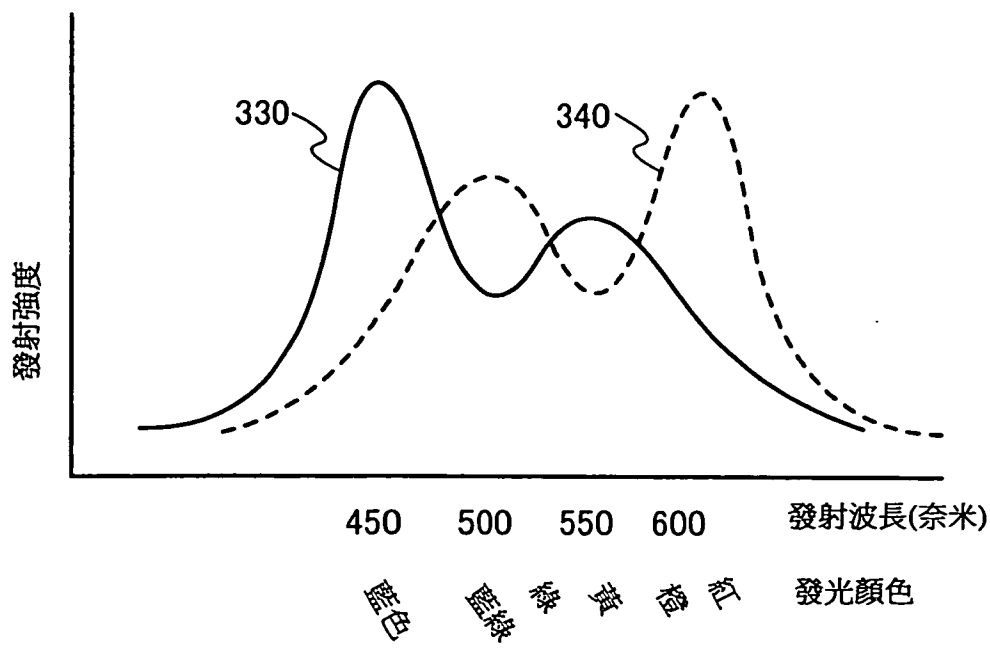


圖 10A

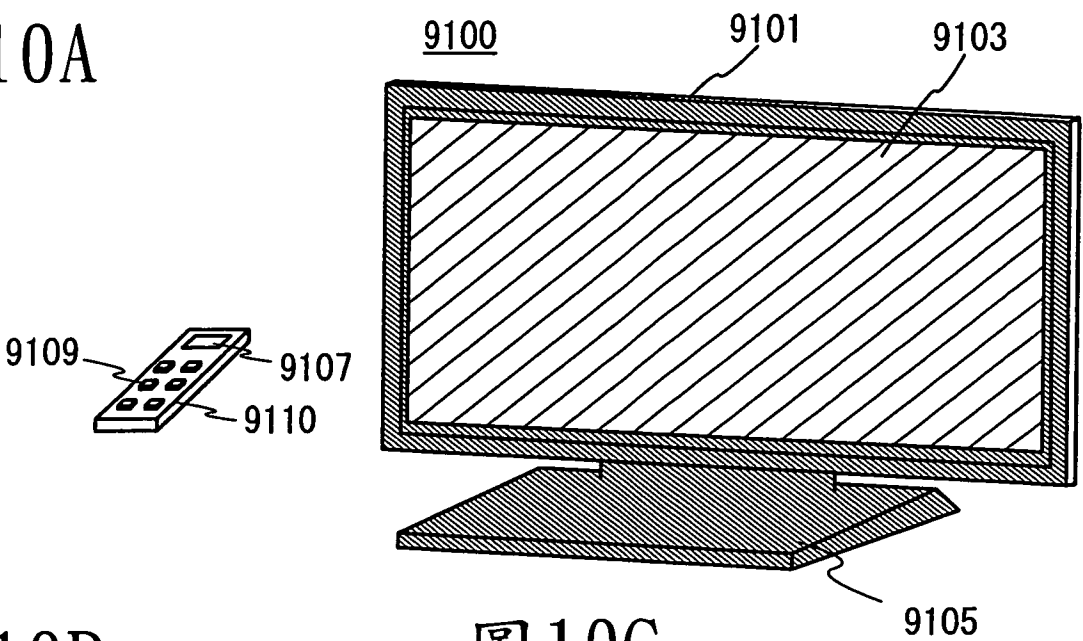


圖 10B

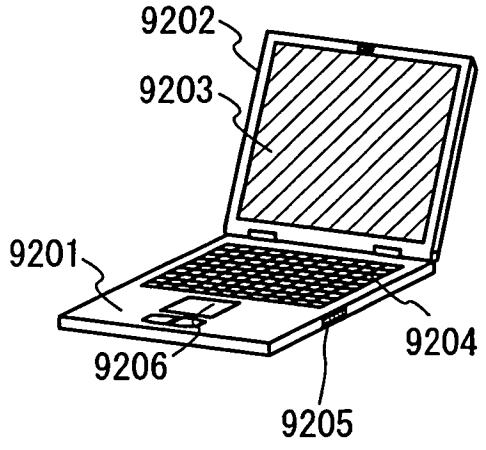


圖 10C

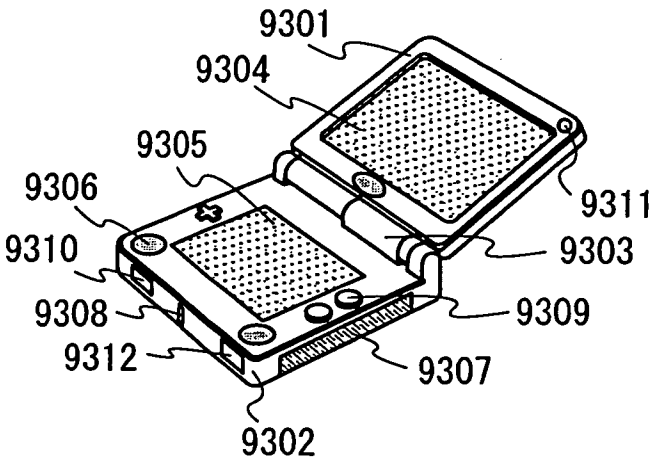


圖 10D

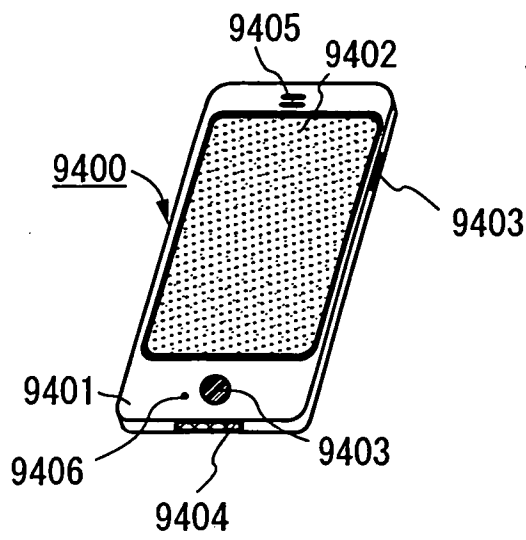


圖 10E

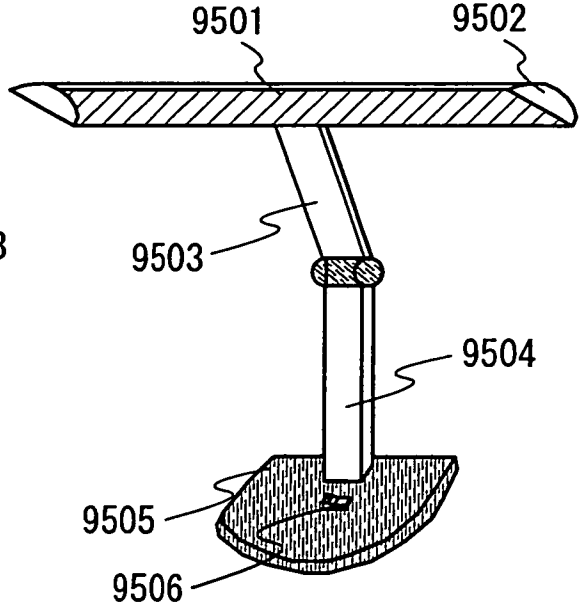


圖 11

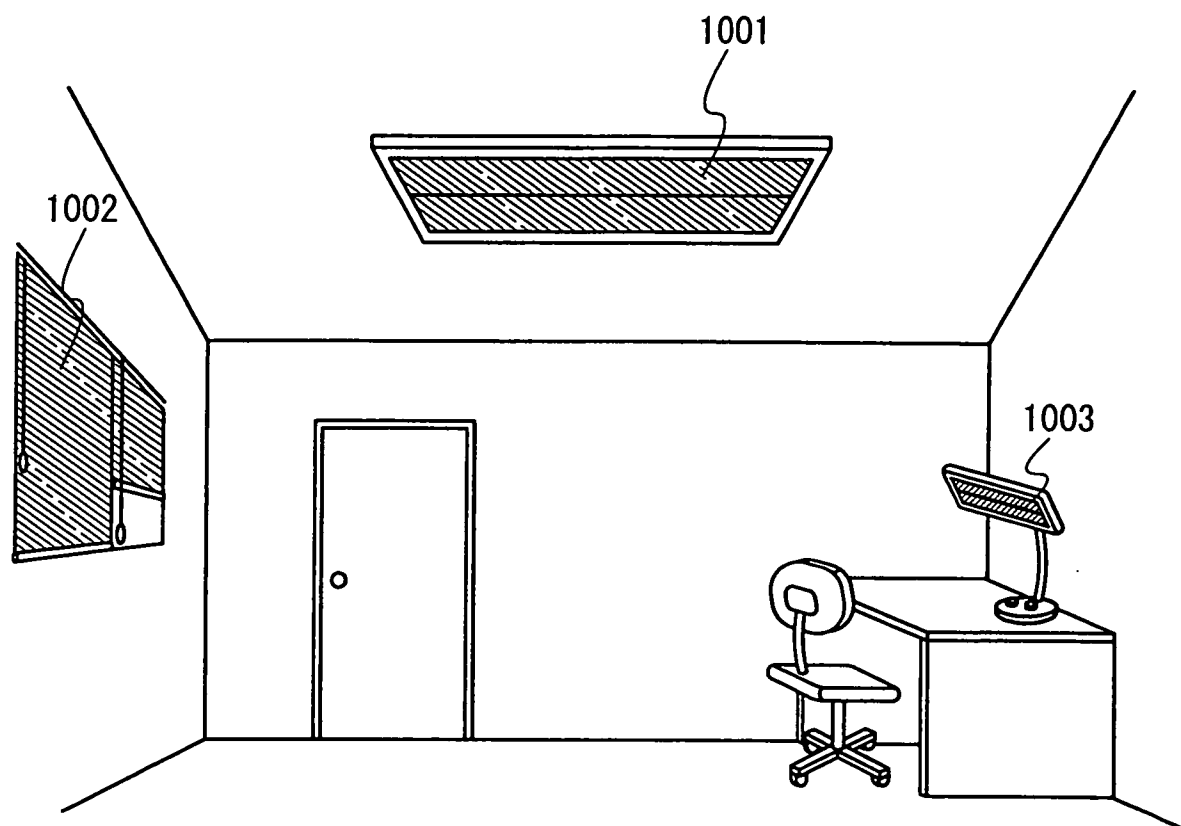


圖12

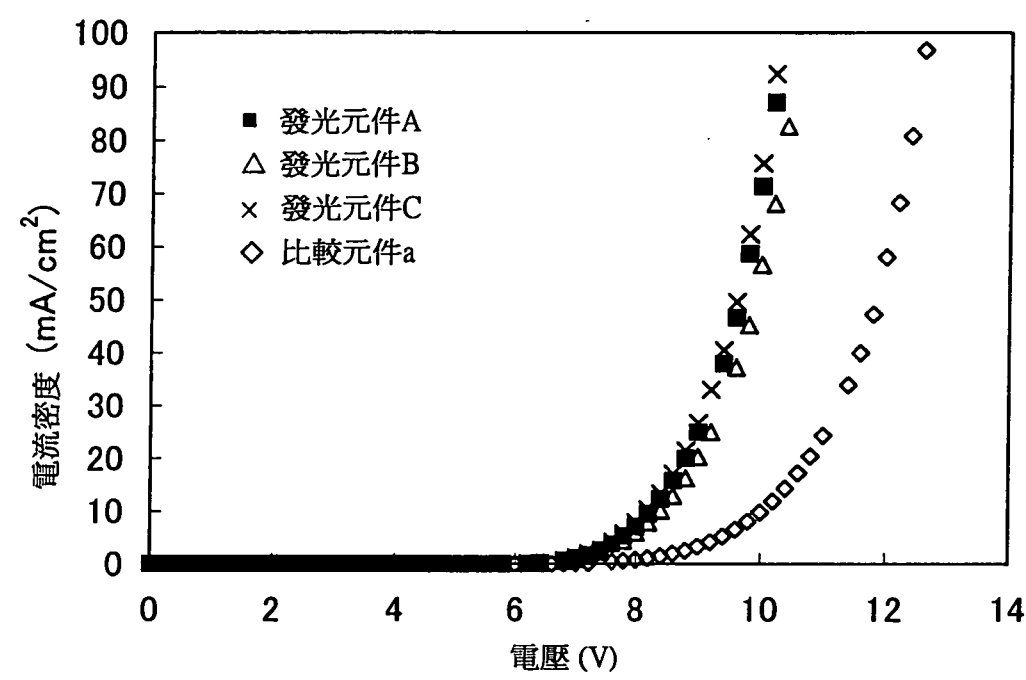


圖 13

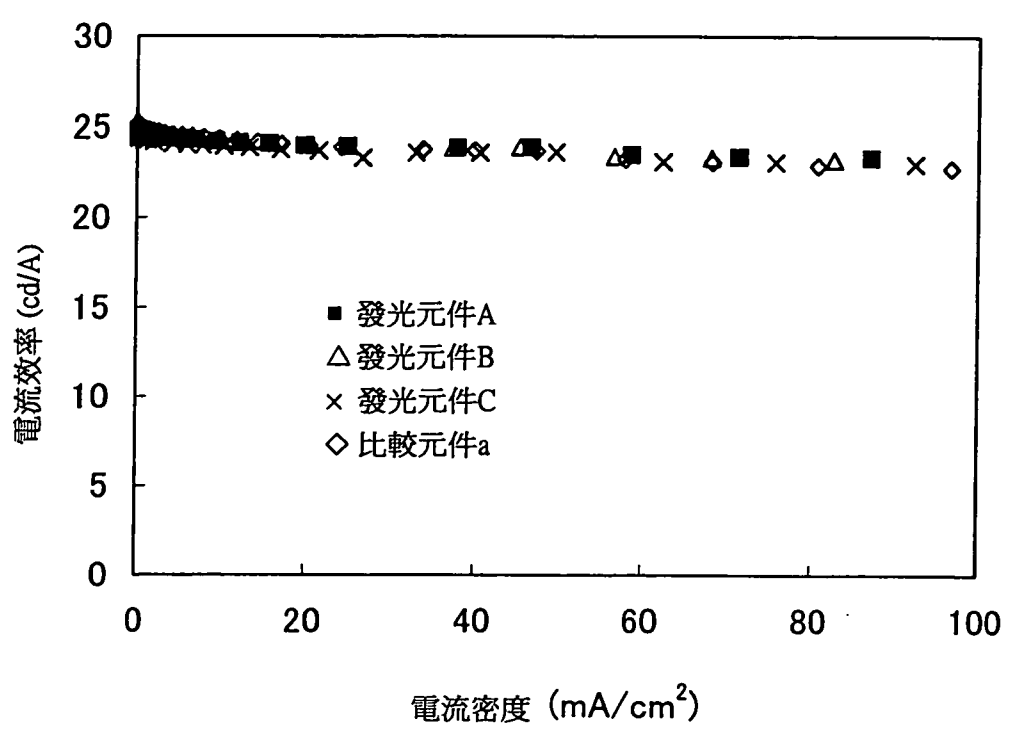


圖 14

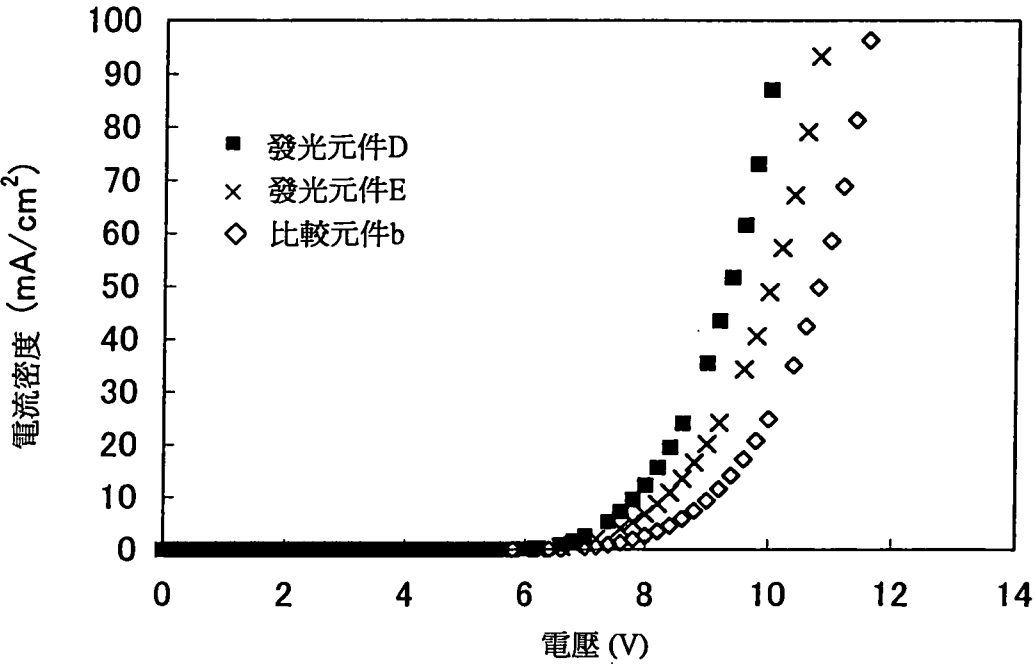


圖15

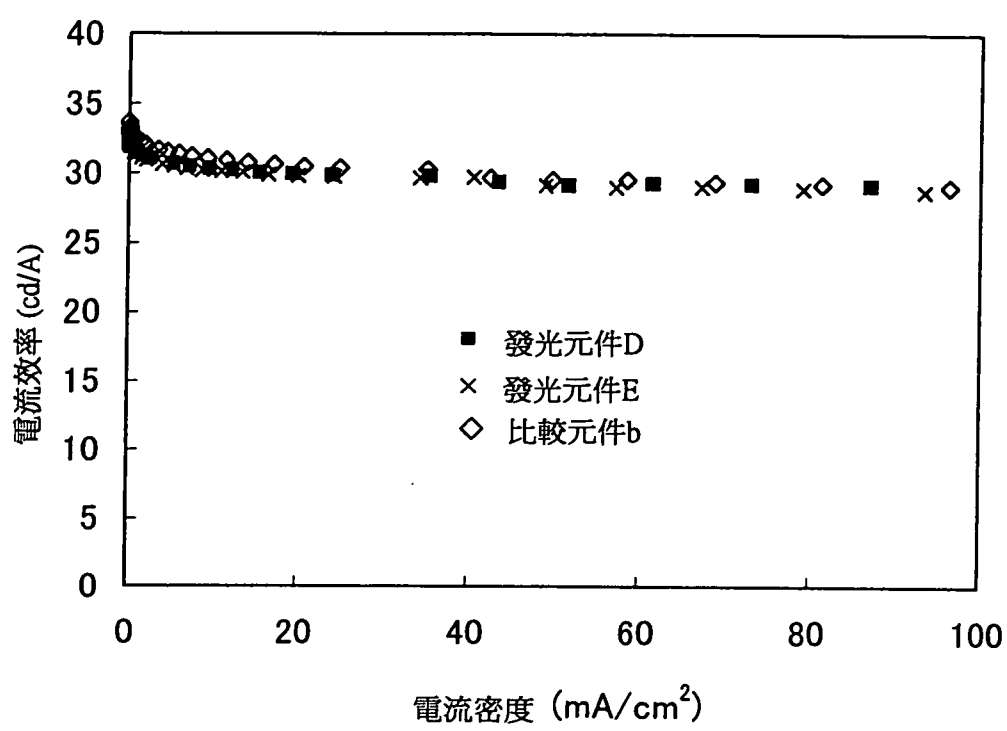


圖 16

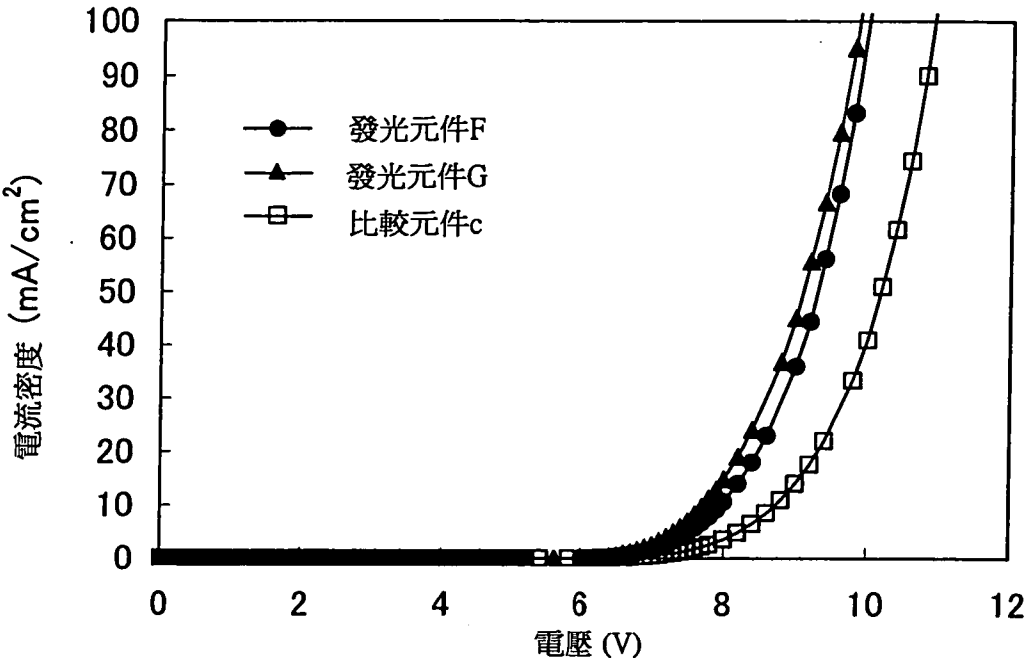


圖17

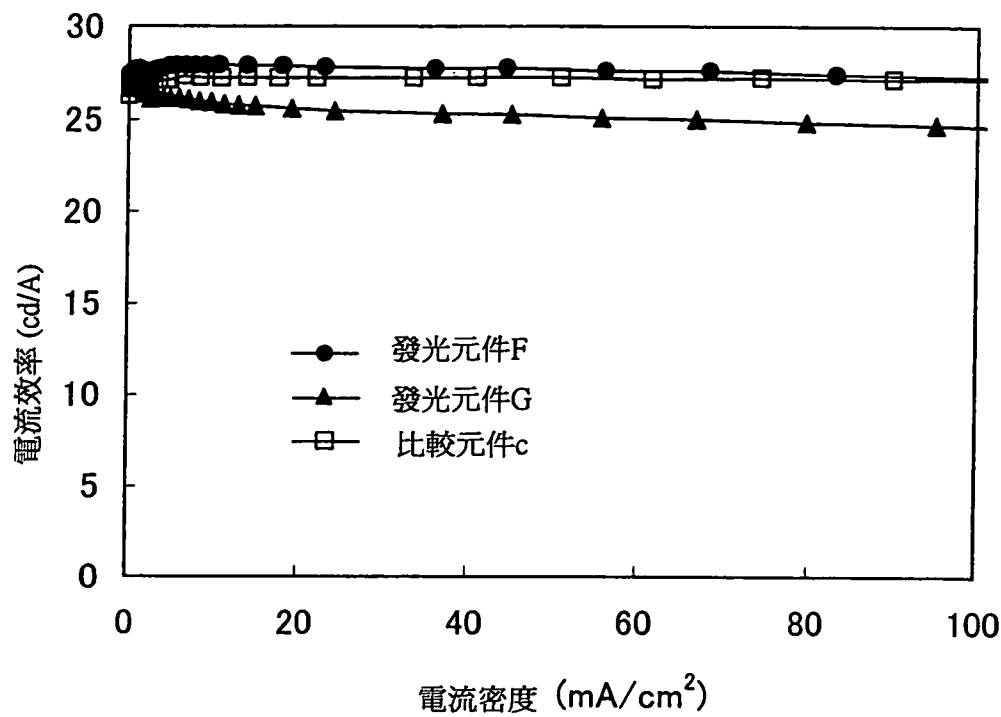


圖 18

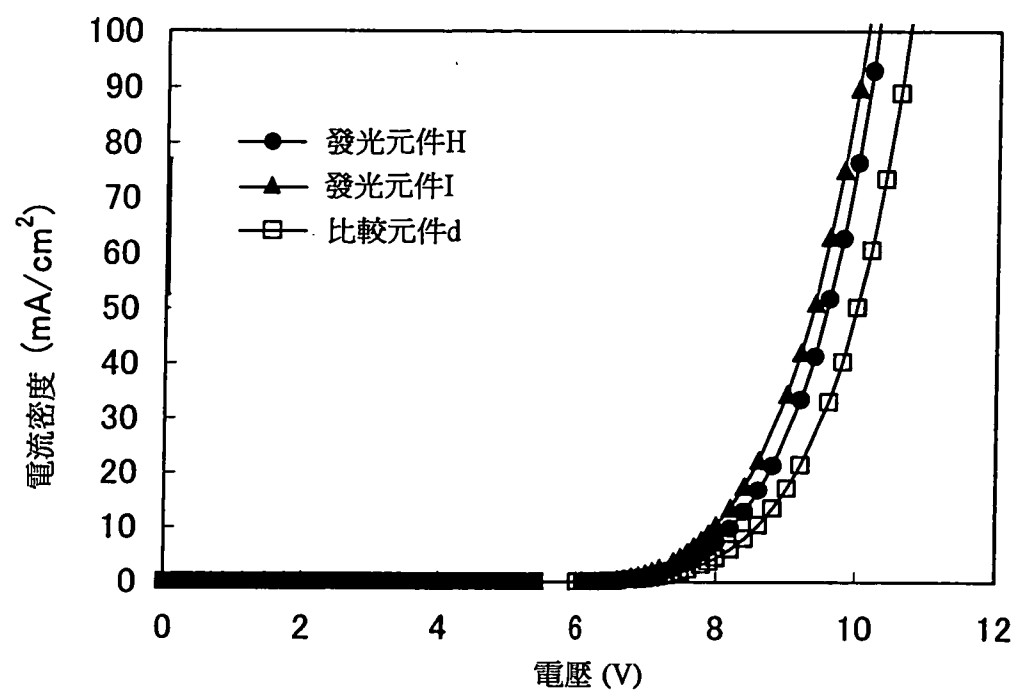


圖19

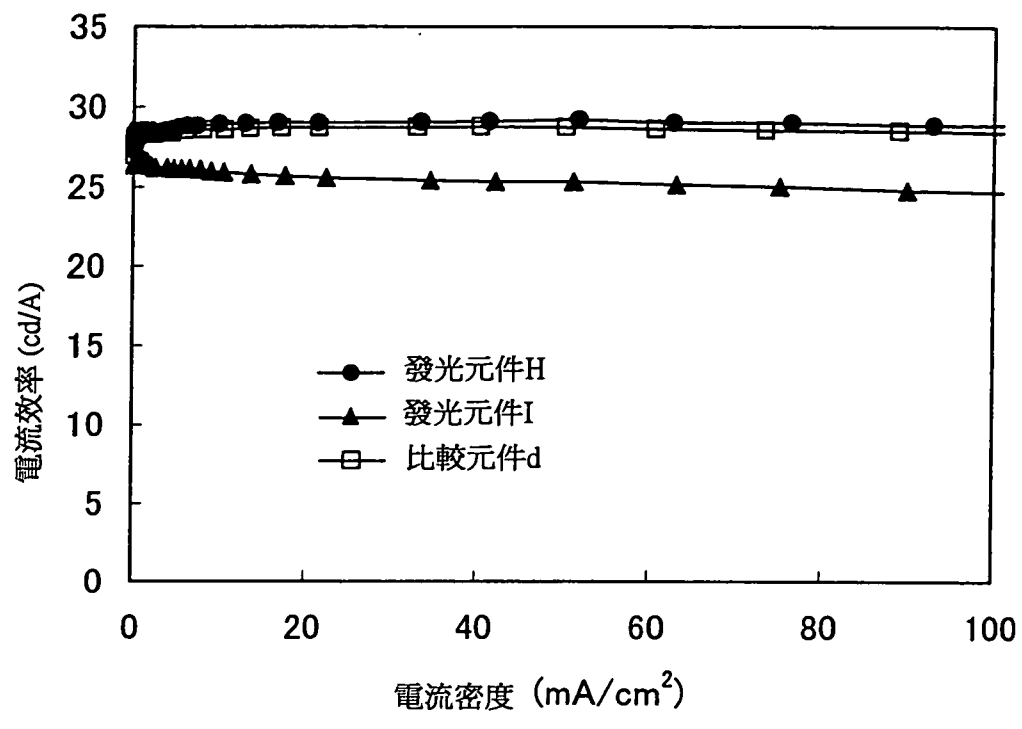


圖 20

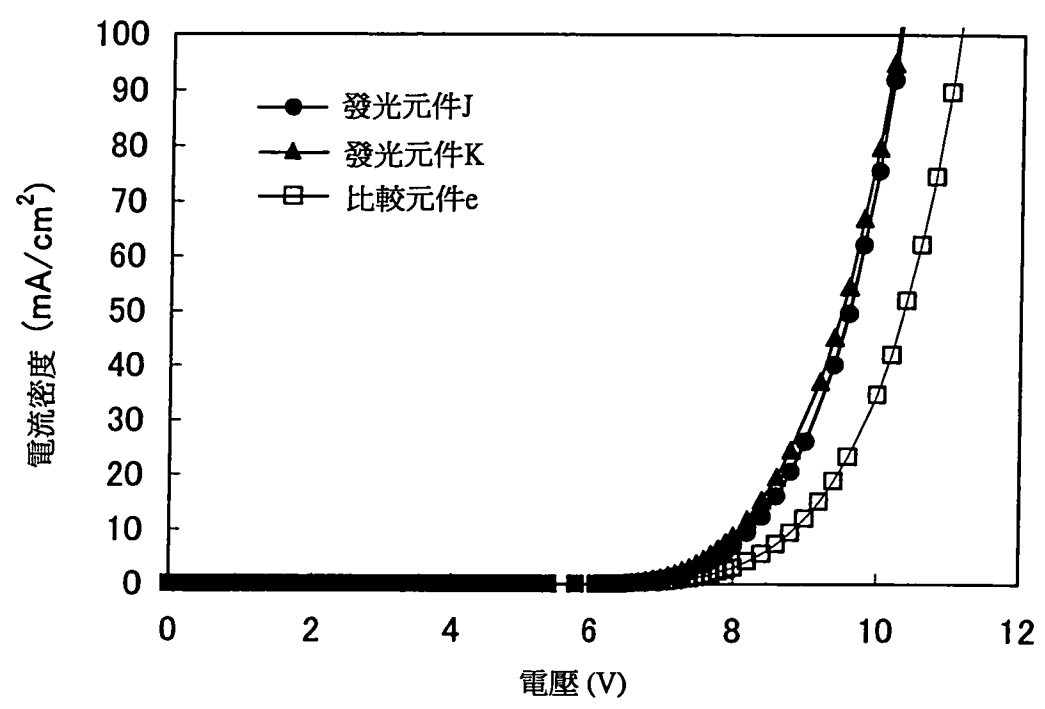


圖21

