

**發明專利說明書****公告本**

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97136736

※申請日期：97年09月24日

※IPC分類：H05B 33/22 (2006.01)

H05B 33/12 (2006.01)

H01L 51/50 (2006.01)

**一、發明名稱：**

(中) 發光元件，發光裝置，與電子設備

(英) Light-emitting element, light-emitting device, and electronic  
appliance**二、申請人：(共 1 人)**1. 姓名：(中) 半導體能源研究所股份有限公司  
(英) SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.代表人：(中) 1. 山崎 舜平  
(英) 1. YAMAZAKI, SHUNPEI地址：(中) 日本國神奈川縣厚木市長谷三九八番地  
(英) 398, Hase, Atsugi-shi, Kanagawa-ken 243-0036, Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

**三、發明人：(共 3 人)**1. 姓名：(中) 下垣 智子  
(英) SHITAGAKI, SATOKO國籍：(中) 日本  
(英) JAPAN2. 姓名：(中) 鈴木 恆德  
(英) SUZUKI, TSUNENORI國籍：(中) 日本  
(英) JAPAN3. 姓名：(中) 瀨尾 哲史  
(英) SEO, SATOSHI國籍：(中) 日本  
(英) JAPAN

#### 四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利  主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2007/09/27 ; 2007-250934  有主張優先權

## 五、中文發明摘要

發明之名稱：發光元件，發光裝置，與電子設備

在一對電極之間具有 EL 層的發光元件中，EL 層在用作陽極的電極和具有發光性的第四層（發光層）之間至少包括具有電洞注入性的第一層（電洞注入層）、具有電洞傳輸性的第二層（第一電洞傳輸層）、及具有電洞傳輸性的第三層（第二電洞傳輸層）。第二層的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）的絕對值比第一層及第三層的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）的絕對值大。藉由此結構，降低從用作陽極的電極一側注入的電洞的傳輸速度，以提高發光元件的發光效率。

## 六、英文發明摘要

發明之名稱：**LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-EMITTING DEVICE, AND ELECTRONIC APPLIANCE**

In a light-emitting element including an EL layer between a pair of electrodes, between an electrode functioning as an anode and a fourth layer having a light-emitting property (light-emitting layer), the EL layer includes at least a first layer having a hole-injecting property (hole-injecting layer), a second layer having a hole-transporting property (first hole-transporting layer), and a third layer having a hole-transporting property (second hole-transporting layer). The absolute value of the highest occupied molecular orbital level (HOMO level) of the second layer is larger than the absolute value of the highest occupied molecular orbital level (HOMO level) of each of the first layer and the third layer. With such a structure, the rate of transport of holes injected from the electrode functioning as an anode is reduced and emission efficiency of the light-emitting element is improved.

七、指定代表圖：

- (一)、本案指定代表圖為：第 (1A) 圖
- (二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

102：第一電極  
103：EL層  
104：第二電極  
111：第一層（電洞注入層）  
112：第二層（電洞傳輸層）  
113：第三層（電洞傳輸層）  
114：第四層（發光層）  
115：第五層（電子傳輸層）  
LUMO：最低空軌域能級  
HOMO：最高空軌域能級

- 八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

## 九、發明說明

### 【發明所屬之技術領域】

本發明涉及在一對電極之間夾著發光物質而成的電流激發型發光元件，具有這種發光元件的發光裝置、以及電子設備。

### 【先前技術】

近年來，對於利用電致發光（electroluminescence）的發光元件進行積極的研究開發。這種發光元件的基本結構是在一對電極之間夾著含有發光物質的層。藉由對該元件施加電壓，可以獲得來自發光物質的發光。

這種發光元件是自發光型元件，具有如下優點：即其像素的可見度高於液晶顯示器並且不需要背光等。由此，被認為適合用作平面顯示元件。此外，這種發光元件的重要優點是能夠製造成薄型且輕量。而且，非常快的回應速度也是其特徵之一。

進而，這種發光元件因為可以形成為膜狀，所以可以藉由形成大面積的元件，容易獲得面發光。當使用以白熾燈或 LED 為典型的點光源或以螢光燈為典型的線光源時，該特徵是很難獲得的，因而，作為能夠應用於照明等的面光源的利用價值也高。

該利用電致發光的發光元件可以根據發光物質是有機化合物還是無機化合物而被大致分類。在本發明中，使用有機化合物作為發光物質。在此情況下，藉由對發光元件

施加電壓，電子及電洞分別從一對電極注入到包含具有發光有機化合物的層，而電流流過。而且，這些載流子（電子和電洞）的重新結合引起發光有機化合物處於激發態，並且從激發態回到基態時發光。

由於這樣的機制，這種發光元件被稱為電流激發型發光元件。注意，作為有機化合物所形成的激發態可以採用單重激發態或三重激發態。從單重激發態發射的光被稱為螢光，而從三重激發態發射的光被稱為磷光。

對於這種發光元件，在改善其元件特性方面上存在依賴於物質的許多問題，為了解決這些問題，進行元件結構的改進、物質的開發等。

例如，在非專利文獻 1：Tetsuo Tsutsui 以及其他八名，*Japanese Journal of Applied Physics*，vol.38，L1502-1504（1999）中，藉由提供電洞阻擋層，使利用磷光物質的發光元件有效地發光。但是，如非專利文獻 1 所述，有如下問題：電洞阻擋層沒有耐久性，並且發光元件的使用壽命極短。

#### 【發明內容】

鑒於上述問題，本發明的目的在於藉由形成具有與現有結構不同的元件結構的發光元件，來提供一種發光元件，其發光效率高，且使用壽命比現有的發光元件的使用壽命長。本發明的目的還在於提供發光效率高的發光裝置以及電子設備。

本發明的一個面向為在一對電極之間包括 EL 層的發光元件，其中 EL 層在用作陽極的電極和具有發光性的第四層（發光層）之間至少包括具有電洞注入性的第一層（電洞注入層）、具有電洞傳輸性的第二層（第一電洞傳輸層）、以及具有電洞傳輸性的第三層（第二電洞傳輸層），並且第二層的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）的絕對值比第一層及第三層的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）的絕對值大。

注意，在上述結構中，第二層的 HOMO 能級的絕對值比第一層及第三層的 HOMO 能級的絕對值大  $0.1\text{eV}$  或以上。

此外，本發明的另一個面向是在一對電極之間包括 EL 層的發光元件，其中 EL 層在用作陽極的電極和第四層（發光層）之間至少包括第一層（電洞注入層）、第二層（第一電洞傳輸層）、以及第三層（第二電洞傳輸層），第二層的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）的絕對值比第一層及第三層的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）的絕對值小。

注意，在上述結構中，第二層的 HOMO 能級的絕對值比第一層及第三層的 HOMO 能級的絕對值小  $0.1\text{eV}$  或以上。

就是說，藉由形成上述兩種結構之一的發光元件，可以降低從用作陽極的電極一側注入的電洞的傳輸速度，因此可以提高發光元件的發光效率。

此外，除了上述各種結構以外，EL 層在用作陰極的電極和第四層（發光層）之間至少包括控制電子傳輸的第五層（載流子控制層）。第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電洞傳輸性的第二有機化合物，且第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。注意，更佳將濃度控制為第二有機化合物的含量為整體的大於或等於 1 重量%至小於或等於 20 重量%。

在上述結構中，當第五層（載流子控制層）動力地作用時，第二有機化合物的最低空軌域能級（LUMO 能級）的絕對值和第一有機化合物的最低空軌域能級（LUMO 能級）的絕對值的差異為 0.3 eV 或以下。當將第一有機化合物的偶極矩設定為  $P_1$ ，而將第二有機化合物的偶極矩設定為  $P_2$  時，滿足  $P_1/P_2 \geq 3$  的關係。

在上述結構中，較佳使用金屬錯合物作為第一有機化合物，而使用芳香胺化合物作為第二有機化合物。

此外，除了上述結構以外，當第五層（載流子控制層）熱力地作用時，第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電子陷阱性的第二有機化合物，且第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。注意，更佳將濃度控制為第二有機化合物的含量為整體的大於或等於 0.1 重量%至小於或等於 5 重量%。此外，第二有機化合物的 LUMO 能級的絕對值較佳比第一有機化合物的 LUMO 能級的絕對值大 0.3 eV 或以上。再者，較佳的是，使用金屬錯合物作為第一有機化合物，而使用香豆素衍生物或喹

吡啶酮衍生物作為第二有機化合物。

另外，在上述結構中，第五層的厚度較佳為大於或等於 5nm 且小於或等於 20nm。

注意，在上述各種結構中，第四層（發光層）較佳包含具有電子傳輸性的物質。

此外，本發明在其範圍內也包括具有上述發光元件的發光裝置、以及具有發光裝置的電子設備。在本發明說明中的發光裝置指的是圖像顯示裝置、或光源（包括照明裝置）。此外，發光裝置還包括如下所有的模組：在發光裝置中安裝有連接器例如 FPC（撓性印刷電路）、TAB（帶式自動鍵合）帶或 TCP（載帶封裝）的模組；在 TAB 帶或 TCP 前端上提供有印刷線路板的模組；或藉由 COG（晶玻接裝，chip on glass）方式將 IC（積體電路）直接安裝在發光裝置上的模組等。

由於根據本發明可以降低發光元件的載流子的電洞的傳輸速度，因此可以提高發光層中的重新結合的機率，以提高發光元件的發光效率。再者，藉由將能夠降低電子的傳輸速度的結構與上述結構組合，可以獲得效率高且使用壽命長的發光元件。此外，藉由將本發明的發光元件應用於發光裝置及電子設備，可以獲得減少了耗電量的發光裝置及電子設備。

### 【實施方式】

下面，將參照圖式說明本發明的實施方式。但是，本

發明不局限於如下說明，而其方式及詳細內容在不脫離本發明的宗旨及其範圍下可以被變換為各種各樣的形式。因此，本發明不應該被解釋為僅限定在實施方式所記載的內容中。

[實施方式 1]

在本實施方式 1 中，說明本發明的發光元件，該發光元件具有降低發光元件的載流子的電洞的傳輸速度的結構。

本實施方式 1 中的發光元件由用作陽極的第一電極、用作陰極的第二電極、以及提供在第一電極和第二電極之間的 EL 層構成。EL 層至少包括從第一電極一側按順序層疊的電洞注入層、第一電洞傳輸層、第二電洞傳輸層、以及發光層，並且第一電洞傳輸層的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）比電洞注入層及第二電洞傳輸層的 HOMO 能級深（絕對值較大）或淺（絕對值較小）。其他層並沒有特別的限制。此外，在本實施方式 1 的發光元件中，當藉由以第一電極 102 的電位比第二電極 104 的電位高的方式對它們分別施加電壓時，可以獲得發光。

於是，說明如下情況：如圖 1A 與 1B 所示，EL 層 103 從第一電極 102 一側包括第一層（電洞注入層）111、第二層（第一電洞傳輸層）112、第三層（第二電洞傳輸層）113、第四層（發光層）114、第五層（電子傳輸層）115、第六層（電子注入層）116。

在圖 1A 的發光元件的 EL 層 103 中，第二層（第一電洞傳輸層）112 的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）比第一層（電洞注入層）111 及第三層（第二電洞傳輸層 113）的 HOMO 能級深（絕對值較大）。藉由採用這種結構，可以降低從第一電極 102 注入的電洞到達第四層（發光層）114 的傳輸速度。在此情況下，具體而言，第二層 112 的 HOMO 能級的絕對值比第一層 111 及第三層 113 的 HOMO 能級的絕對值大 0.1eV 或以上。

另一方面，在圖 1B 的發光元件的 EL 層 103 中，第二層（第一電洞傳輸層）112 的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）比第一層（電洞注入層）111 及第三層（第二電洞傳輸層）113 的 HOMO 能級淺（絕對值較小）。藉由採用這種結構，也可以與圖 1A 的所示的情況同樣地降低從第一電極 102 注入的電洞到達第四層（發光層）114 的傳輸速度。在此情況下，具體而言，第二層 112 的 HOMO 能級的絕對值較佳比第一層 111 及第三層 113 的 HOMO 能級的絕對值小 0.1eV 或以上。

注意，由於當採用圖 1A 或 1B 的結構時都可以降低從第一電極 102 注入的電洞的傳輸速度，因此改善發光元件中的載流子平衡，可以實現元件的高效率化。此外，根據用於第一層（電洞注入層）111、第二層（第一電洞傳輸層）112、以及第三層（第二電洞傳輸層）113 的物質的 HOMO 能級而採用圖 1A 或 1B 的元件結構。

此外，特別是在第四層（發光層）114 包含具有電子

傳輸性的物質的情況下，本發明的結構（如圖 1A 或 1B 的結構）有效。在第四層（發光層）114 包含具有電子傳輸性的物質的情況下，發光區域位於第四層（發光層）114 和第三層（第二電洞傳輸層）113 的介面附近。而且，若是在該介面附近因過剩的電洞而生成陽離子，發光效率明顯地降低，因為陽離子成為淬滅劑的作用。然而，在本發明的結構中控制電洞的傳輸速度，因此可以抑制在第四層（發光層）114 周邊發生的陽離子生成，以抑制發光效率的降低。由此，可以形成發光效率高的發光元件。

參照圖 2A 和 2B 說明本實施方式 1 的發光元件的結構。基板 101 用作發光元件的支撐體。作為基板 101，例如可以使用玻璃、石英、塑膠等。

注意，可以將上述基板 101 留在利用本發明的發光元件的產品的發光裝置或電子設備中，但是也可以不留在最終產品中而只具有發光元件的製造工序中的支撐體的作用。

作為形成在基板 101 上的第一電極 102，較佳使用功函數大的（具體地， $4.0\text{eV}$  或以上）的金屬、合金、導電化合物、以及它們的混合物等。具體而言，例如可以舉出氧化銦-氧化錫（ITO：氧化銦錫）、含有矽或氧化矽的氧化銦錫、氧化銦-氧化鋅（IZO：氧化銦鋅）、含有氧化鎢及氧化鋅的氧化銦（IWZO）等。另外，可以舉出金（Au）、鉑（Pt）、鎳（Ni）、鎢（W）、鉻（Cr）、鉬（Mo）、鐵（Fe）、鈷（Co）、銅（Cu）、鈀（Pd）、Ti（鈦

) 或金屬材料的氮化物 (例如, 氮化鈦) 等。

通常藉由濺射法沈積這些材料。例如, 可以藉由使用相對於氧化銦添加 1wt% 至 20wt% 的氧化鋅的靶且利用濺射法來形成氧化銦鋅 (IZO)。此外, 可以藉由使用相對於氧化銦添加有 0.5wt% 至 5wt% 的氧化錫和 0.1wt% 至 1wt% 的氧化鋅的靶且利用濺射法, 來沈積含有氧化錫和氧化鋅的氧化銦 (IWZO)。除了上述方法之外, 還可以應用溶膠-凝膠法等、噴墨法、旋塗法等製造。

另外, 在形成在第一電極 102 上的 EL 層 103 中, 當使用下述複合材料做為與第一電極 102 接觸的第一層 111 的材料的情況下, 可以與功函數的大小無關地使用各種金屬、合金、導電化合物、以及這些的混合物等作為用於第一電極 102 的物質。例如, 還可以使用鋁 (Al)、銀 (Ag)、包含鋁的合金 (AlSi) 等。

此外, 還可以使用屬於元素週期表中第 1 族或第 2 族的元素 (其為功函數小的材料), 即鹼金屬如鋰 (Li) 或銫 (Cs) 等; 鹼土金屬如鎂 (Mg)、鈣 (Ca) 或銦 (Sr) 等; 包含這些金屬的合金 (MgAg、AlLi); 稀土金屬如鎔 (Eu)、鐳 (Yb) 等; 以及這些上述金屬的合金等。

注意, 在使用鹼金屬、鹼土金屬、以及包含這些金屬的合金形成第一電極 102 的情況下, 可以採用真空蒸鍍法或濺射法。再者, 在使用銀膏等的情況下, 可以採用塗敷法或噴墨法等。

可以使用已知的物質作為形成在第一電極 102 上的

EL 層 103，亦可以採用任一低分子化合物及高分子化合物。注意，用於形成 EL 層 103 的物質不僅只包括由有機化合物構成的結構，亦包括含無機化合物做為一部分的結構。

藉由將包含具有高電洞注入性的物質而成的電洞注入層、包含具有高電洞傳輸性的物質而成的電洞傳輸層、由發光物質構成的發光層、包含具有高電子傳輸性的物質而成的電子傳輸層、包含具有高電子注入性的物質而成的電子注入層等適當地組合而層疊，來形成 EL 層 103。

但是，在本實施方式 1 中，EL 層 103 需要如下結構：至少包括從第一電極 102 一側按順序層疊的電洞注入層、第一電洞傳輸層、第二電洞傳輸層、以及發光層，並且第一電洞傳輸層的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）比電洞注入層及第二電洞傳輸層的 HOMO 能級深（絕對值較大）。

圖 2A 和 2B 說明如下情況：EL 層 103 與圖 1A 和 1B 同樣地從第一電極 102 一側層疊第一層（電洞注入層）111、第二層（第一電洞傳輸層）112、第三層（第二電洞傳輸層）113、第四層（發光層）114、第五層（電子傳輸層）115、以及第六層（電子注入層）116 而成。

電洞注入層的第一層 111 是包含具有高電洞注入性的物質的電洞注入層。作為具有高電洞注入性的物質，可以使用鋁氧化物、釩氧化物、鈮氧化物、鎢氧化物、錳氧化物等。另外，作為低分子有機化合物，也可以使用酞菁類

化合物諸如酞菁（縮寫：H<sub>2</sub>Pc）、銅（II）酞菁（縮寫：CuPc）、釩氧酞菁（縮寫：VOPc）等。

此外，低分子有機化合物的例子有芳香胺化合物等，諸如 4,4',4''-三（N,N-二苯基胺基）-三苯胺（縮寫：TDATA）、4,4',4''-三[N-（3-甲基苯基）-N-苯基胺基]-三苯胺（縮寫：MTDATA）、4,4'-雙[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：DPAB）、4,4'-雙（N-{4-[N'-（3-甲基苯基）-N'-苯基胺基]苯基}-N-苯基胺基）聯苯（縮寫：DNTPD）、1,3,5-三[N-（4-二苯基胺基苯基）-N-苯基胺基]苯（縮寫：DPA3B）、3-[N-（9-苯基咪唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咪唑（縮寫：PCzPCA1）、3,6-二[N-（9-苯基咪唑-3-基）-N-苯基胺基]-9-苯基咪唑（縮寫：PCzPCA2）、以及 3-[N-（1-萘基）-N-（9-苯基咪唑-3-基）胺基]-9-苯基咪唑（縮寫：PCzPCN1）等。

再者，還可以使用高分子化合物（低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等）。例如，可以舉出以下高分子化合物：聚（N-乙烯基咪唑）（縮寫：PVK）；聚（4-乙烯基三苯胺）（縮寫：PVTPA）；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）；以及聚[N,N'-雙（4-丁基苯基）-N,N'-雙（苯基）聯苯胺]（縮寫：聚-TPD）等。另外，還可以使用添加了酸的高分子化合物諸如聚（3,4-伸乙二氧基噻吩）/聚（苯乙烯磺酸）（PEDOT/PSS）、以及聚苯胺/聚（苯乙烯磺酸）（PAni/PSS）等。

作為第一層 111 的材料，可以使用使具有高電洞傳輸性的物質包含具有受體（acceptor）性的物質的複合材料。注意，藉由使用使具有高電洞傳輸性的物質包含具有受體性的物質的複合材料，可以與其功函數無關地選擇用於形成電極的材料。換句話說，除了功函數大的材料之外，還可以使用功函數小的材料作為第一電極 102。這樣複合材料可以藉由具有高電洞傳輸性的物質和受體物質的共蒸鍍來形成。注意，在本發明說明中，複合指的不僅是兩種材料混合的狀態，亦指混合多種材料而在材料之間可發生電荷接收的狀態。

可以使用各種化合物作為用於複合材料的有機化合物，例如芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳香烴、以及高分子化合物（低聚物、樹枝狀聚合物、以及聚合物等）等。注意，較佳使用具有高電洞傳輸性的有機化合物作為用於複合材料的有機化合物。具體地說，較佳使用電洞遷移率為  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  或以上的物質。然而，只要是其電洞傳輸性比電子傳輸性高的物質，就可以使用除此之外的其他物質。下面，具體地舉出能夠用於複合材料的有機化合物。

可以使用如下材料作為能夠用於複合材料的有機化合物，例如芳香胺化合物諸如 MTDATA、TDATA、DPAB、DNTPD、DPA3B、PCzPCA1、PCzPCA2、PCzPCN1、4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB 或  $\alpha$ -NPD）、以及 N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯基]-4,4'-二胺（縮寫：TPD）等；或者咪唑衍生物諸如

4,4'-雙 ( 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- ( N-咔唑基 ) 苯基 ] -10-苯基蒽 ( 縮寫 : CzPA ) 、 以及 1,4-雙 [ 4- ( N-咔唑基 ) 苯基 ] -2,3,5,6-四苯基苯等。

此外，可以舉出芳香烴化合物，諸如 2-第三丁基-9,10-二 ( 2-萘基 ) 蒽 ( 縮寫 : t-BuDNA ) 、 2-第三丁基-9,10-二 ( 1-萘基 ) 蒽、 9,10-雙 ( 3,5-二苯基苯基 ) 蒽 ( 縮寫 : DPPA ) 、 2-第三丁基-9,10-雙 ( 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-第三丁基蒽 ( 縮寫 : t-BuAnth ) 、 9,10-雙 ( 4-甲基-1-萘基 ) 蒽 ( 縮寫 : DMNA ) 、 9,10-雙 [ 2- ( 1-萘基 ) 苯基 ] -2-第三丁基-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。

而且，還可以舉出芳香烴化合物，諸如 2,3,6,7-四甲基-9,10-二 ( 2-萘基 ) 蒽、 9,9'-聯蒽、 10,10'-二苯基-9,9'-聯蒽、 10,10'-雙 ( 2-苯基苯基 ) -9,9'-聯蒽、 10,10'-雙 [ ( 2,3,4,5,6-五苯基 ) 苯基 ] -9,9'-聯蒽、 蒽、 稠四苯、 紅熒烯、 芘、 2,5,8,11-四 ( 第三丁基 ) 芘、 稠五苯、 蒽、 4,4'-雙 ( 2,2-二苯基乙烯基 ) 聯苯 ( 縮寫 : DPVBi ) 、 以及 9,10-雙 [ 4- ( 2,2-二苯基乙烯基 ) 苯基 ] 蒽 ( 縮寫 : DPVPA ) 等。

此外，作為具有受體性的物質，可以舉出 7,7,8,8-四氫-2,3,5,6-四氫醌二甲烷 ( 縮寫 : F<sub>4</sub>-TCNQ ) 、 氫醌等的

有機化合物、以及過渡金屬氧化物。另外，還可以舉出屬於元素週期表中的第 4 族至第 8 族元素的金屬的氧化物。具體地說，較佳使用氧化鈮、氧化鋮、氧化鉬、氧化鉻、氧化鉍、氧化鎢、氧化錳以及氧化銻，因為它們的電子接受性高。其中，氧化鉬是尤其較佳的，因為氧化鉬在大氣中也穩定而且吸濕性低，就容易處理。

此外，第一層 111 也可以使用利用上述高分子化合物諸如 PVK、PVTPA、PTPDMA、或聚-TPD 等、以及上述具有受體性的物質形成的複合材料。

第一電洞傳輸層的第二層 112、以及第二電洞傳輸層的第三層 113 是包含具有高電洞傳輸性的物質的層。作為具有高電洞傳輸性的物質，可以使用芳香胺化合物諸如低分子有機化合物的 NPB（或  $\alpha$ -NPD）、TPD、4,4'-雙[N-（9,9'-二甲基芴-2-基）-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：DFLDPBi）、以及 4,4'-雙[N-（螺-9,9'-聯芴-2-基）-N-苯基胺基]-1,1'-聯苯（縮寫：BSPB）等、4,4'-雙（N-咔唑基）聯苯（縮寫：CBP）、2,7-二（N-咔唑基）-螺-9,9'-聯芴（縮寫：SFDCz）、4,4',4''-三[N-（3-甲基苯）-N-苯基胺基]三苯胺（縮寫：MTDATA）、N-[4-（9H-咔唑-9-基）苯基]-N-苯基-螺-9,9'-聯芴-2-胺（縮寫：YGASF）、N,N'-雙[4-（9H-咔唑-9-基）苯基]-N,N'-二苯基聯苯-4,4'-二胺（縮寫：YGABP）、1,3,5-三（N-咔唑基）苯（縮寫：TCzB）、4,4',4''-三（N-咔唑基）三苯胺（縮寫：TCTA）、4,4'-雙（N-{4-[N'-（3-甲基苯）-N'-苯基胺基]苯基}-N-苯基胺基

) 聯苯 (縮寫: DNTPD)、以及高分子化合物的 PVK、PVTFA、PTPDMA、聚-TPD。

注意, 上述物質主要具有  $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$  或以上的電洞遷移率。但是, 只要是其電洞傳輸性比電子傳輸性高的物質, 就可以使用所屬物質之外的已知物質。

在本實施方式 1 中, 可以將上述物質用於第一層 111、第二層 112、以及第三層 113。但是, 需要根據各種物質的最高佔據軌域能級 (HOMO 能級) 選擇所使用的物質, 以將用於第二層 112 的物質的 HOMO 能級設定為比用於第一層 111 及第三層 113 的物質的 HOMO 能級深 (絕對值較大) 或淺 (絕對值較小)。

注意, 在上述物質中, NPB 的 HOMO 能級為  $-5.27[\text{eV}]$ 、YGASF 的 HOMO 能級為  $-5.44[\text{eV}]$ 、YGABP 的 HOMO 能級為  $-5.40[\text{eV}]$ 、TCTA 的 HOMO 能級為  $-5.38[\text{eV}]$ 。因此, 在實現圖 1A 所示的結構的情況下, 例如採用如下組合: 可以將 HOMO 能級為  $-5.27$  的 NPB 和氧化鋁的複合材料用於第一層 111, 將 HOMO 能級為  $-5.44$  的 YGASF 用於第二層 112, 並將 HOMO 能級為  $-5.27$  的 NPB 用於第三層 113。

另一方面, 在上述材料中, NPB 的 HOMO 能級為  $-5.27[\text{eV}]$ 、DNTPD 的 HOMO 能級為  $-5.06[\text{eV}]$ 。因此, 在實現圖 1B 所示的結構的情況下, 例如將 HOMO 能級為  $-5.27$  的 NPB 和氧化鋁的複合材料用於第一層 111, 將 HOMO 能級為  $-5.06$  的 DNTPD 用於第二層 112, 並將

HOMO 能級為 -5.27 的 NPB 用於第三層 113。

注意，藉由採用上述結構，由第一層 111、第二層 112、以及第三層 113 形成帶隙，因此可以抑制從第一電極 102 注入的電洞的傳輸速度。從而還可以控制對於第四層 114 的電洞注入量。

第四層 114 是包含高發光性的物質的發光層。作為第四層 114，可以使用如下低分子有機化合物。

作為發射藍光的發光物質，可以舉出 N,N'-雙[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(縮寫：YGA2S)、4-(9H-咪唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯基胺(縮寫：YGAPA)等。

作為發射綠光的發光物質，可以舉出 N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺(縮寫：2PCAPA)、N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-咪唑-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-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(縮寫：2DPABPhA)、N-[4-(9H-咪唑-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)等。

作為發射黃光的發光物質，可以舉出紅熒烯、5,12-雙(1,1'-聯苯-4-基)-6,11-二苯基稠四苯(縮寫：BPT)等。作為發射紅光的發光物質，可以舉出 N,N,N',N'-四(4-

甲基苯基)稠四苯-5,11-二胺(縮寫:p-mPhTD)、7,13-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茈并[1,2-a]丙二烯合萸-3,10-二胺(縮寫:p-mPhAFD)等。

此外,第四層114也可以採用將上述具有高發光性的物質分散在其他物質中的結構。注意,在分散的情況下,分散物質的濃度較佳為整體的20%或以下。另外,可以使用已知物質作為使發光物質分散的物質,但較佳使用,與發光物質相比,最低空軌域能級(LUMO能級)較深(其絕對值較大),且最高佔據軌域能級(HOMO能級)較淺(其絕對值較小)的物質。

具體地說,可以使用金屬錯合物諸如三(8-羥基喹啉)鋁(III)(縮寫:Alq)、三(4-甲基-8-羥基喹啉)鋁(III)(縮寫:Almq<sub>3</sub>)、雙(10-羥基苯并[h]喹啉)鈹(II)(縮寫:BeBq<sub>2</sub>)、雙(2-甲基-8-羥基喹啉)(4-苯基苯酚)鋁(III)(縮寫:BAIq)、雙(8-羥基喹啉)鋁(III)(縮寫:Alq<sub>3</sub>)、雙[2-(2-苯并噁唑基)苯酚]鋁(III)(縮寫:Al(BOX)<sub>2</sub>)、以及雙2-(2-苯并噁唑基)苯酚]鋁(III)(縮寫:Al(BTZ)<sub>2</sub>)等。

此外,還可以使用雜環化合物諸如2-(4-聯苯基)-5-(4-第三丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(縮寫:PBD)、1,3-雙[5-(對-第三丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(縮寫:OXD-7)、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-第三丁基苯基)-1,2,4-三唑(縮寫:TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)-三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(縮寫:TPBI)、紅啡啉(縮

寫：BPhen)、以及浴銅靈(縮寫：BCP)等。

此外，還可以使用縮合芳族化合物如 9-[4-(N-咔唑基)]苯基-10-苯基蒽(縮寫：CzPA)、3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(縮寫：DPCzPA)、9,10-雙(3,5-二苯基苯基)蒽(縮寫：DPPA)、9,10-二(2-萘基)蒽(縮寫：DNA)、2-第三丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(縮寫：t-BuDNA)、9,9'-聯蒽(縮寫：BANT)、9,9'-(二苯乙烯-3,3'-二基)二菲(縮寫：DPNS)、9,9'-(二苯乙烯-4,4'-二基)二菲(縮寫：DPNS2)、以及 3,3',3''-(苯-1,3,5-三基)三芘(縮寫：TPB3)等。

此外，可以將多種物質用來分散發光物質。例如，爲了抑制結晶化，還可以添加用來抑制結晶化的物質，例如，紅熒烯。再者，爲了更有效地將能量轉移至發光物質，也可以添加 NPB 或 Alq 等。像這樣，當高發光性的物質分散在其他物質中時，可以抑制第四層 114 的結晶化。再者，還可以抑制起因於高濃度的發光性的物質所引起的濃度淬滅。

另外，尤其更佳的是，使用上述物質中的具有電子傳輸性的物質使發光物質分散來形成第四層 114。具體而言，可以使用上述金屬錯合物、雜環化合物、縮合芳族化合物之中的 CzPA、DNA、t-BuDNA。還可以使用下述高分子化合物作爲第五層 115 的物質。

此外，也可以將下述高分子化合物用作第四層 114。

作爲發射藍光的發光材料，可以舉出聚(9,9-二辛基

芴-2,7-二基) (縮寫: POF)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,5-二甲氧基苯-1,4-二基)] (縮寫: PF-DMOP)、聚{(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-[N,N'-二-(對-丁基苯基)-1,4-二胺基苯]} (縮寫: TAB-PFH) 等。

作為發射綠光的發光材料，可以舉出聚(對-苯撐乙烯) (縮寫: PPV)、聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-交替共聚-(苯并[2,1,3]噻二唑-4,7-二基)] (縮寫: PFBT)、聚[(9,9-二辛基-2,7-二乙烯亞芴)-交替共聚-(2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-苯撐)] 等。

作為發射橙光至紅光的發光材料，可以舉出聚[2-甲氧基-5-(2'-乙基己氧基)-1,4-苯撐乙烯] (縮寫: MEH-PPV)、聚(3-丁基噻吩-2,5-二基) (縮寫: R4-PAT)、聚{[9,9-二己基-2,7-雙(1-氰基乙烯)亞芴]-交替共聚-[2,5-二(N,N'-二苯基胺基)-1,4-苯撐]}、聚{[2-甲氧基-5-(2-乙基己氧基)-1,4-雙(1-氰基乙烯苯撐)]-交替共聚-[2,5-雙(N,N'-二苯基胺基)-1,4-苯撐]} (縮寫: CN-PPV-DPD) 等。

第五層 115 是電子傳輸層，包含具有高電子傳輸性的物質。例如，對於第五層 115，可以使用金屬錯合物諸如 Alq、Almq<sub>3</sub>、BeBq<sub>2</sub>、BAIq、Znq、ZnPBO 及 ZnBTZ 等作為低分子有機化合物。除了金屬錯合物之外，還可以使用雜環化合物諸如 PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen 及 BCP 等。在此提到的物質主要是電子遷移率為  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$

或以上的物質。注意，只要是其電子傳輸性高於電洞傳輸性，就可以使用上述物質之外的其他物質作為電子傳輸層。另外，除了單層結構之外，電子傳輸層還可以是上述物質構成的兩層以上的疊層。

作為第五層 115，也可以使用高分子化合物。例如，使用聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共聚-(吡啶-3,5-二基)](縮寫 PF-Py)、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,2'-聯吡啶-6,6'-二基)](縮寫：PF-BPy)等。

此外，第六層 116 是電子注入層，包含具有高電子注入性的物質。作為第六層 116，可以使用如氟化鋰(LiF)、氟化銫(CsF)和氟化鈣(CaF<sub>2</sub>)等的鹼金屬、鹼土金屬、或它們的化合物。此外，還可以使用包含鹼金屬、鹼土金屬、或它們的化合物的具有電子傳輸性的物質，具體地說，使用含鎂(Mg)的Alq等。此時，來自第二電極 104 的電子注入會更高效地進行。

作為第二電極 104，可以使用功函數小的(具體地說，3.8eV 或以下)的金屬、合金、導電化合物、或它們的混合物等。作為這種陰極材料的具體例子，可以舉出屬於元素週期表中的第 1 族或第 2 族的元素，即鹼金屬諸如鋰(Li)及銫(Cs)等；鹼土金屬諸如鎂(Mg)、鈣(Ca)及銦(Sr)等；含有這些元素的合金(MgAg、AlLi)；稀土金屬諸如鎔(Eu)及鐿(Yb)等；以及含有這些元素的合金等。

注意，在使用鹼金屬、鹼土金屬、包含它們的合金形

成第二電極 104 的情況下，可以採用真空蒸鍍法或濺射法。此外，在使用銀膏等的情況下，可以採用塗敷法或噴墨法等。

注意，藉由提供第六層 116，可以與功函數的大小無關地使用各種導電材料諸如 Al、Ag、ITO、含有矽或氧化矽的氧化銮錫等來形成第二電極 104。藉由濺射法、噴墨法、或旋塗法等形成這種導電材料。

此外，作為按順序層疊第一層 111、第二層 112、第三層 113、第四層 114、第五層 115、以及第六層 116 而形成的 EL 層 103 的製造方法，不論乾式法或濕式法，可以使用各種方法。例如，可以採用真空蒸鍍法、噴墨法、旋塗法等。此外，還可以在每個層中採用不同的方法而形成。

除了濺射法及真空蒸鍍法等乾式法之外，還可以使用金屬材料的膏劑的溶膠-凝膠法等濕式法形成第二電極 104。

在上述本發明的發光元件中，第一電極 102 和第二電極 104 之間產生的電位差引起電流流過，而藉由電洞和電子在 EL 層 103 中重新結合，使得發光元件發光。而且，該光經過第一電極 102 或第二電極 104 中的任何一方或雙方被提取到外部。因而，第一電極 102 或第二電極 104 中的任何一方或雙方成為具有透光性的電極。

注意，當只有第一電極 102 具有透光性時，如圖 3A 所示，EL 層 103 中產生的光經過第一電極 102 從基板 101

一側被提取。此外，當只有第二電極 104 具有透光性時，如圖 3B 所示，在 EL 層 103 中產生的光經過第二電極 104 從與基板 101 相反一側被提取。再者，當第一電極 102 及第二電極 104 都具有透光性時，如圖 3C 中所示，在 EL 層 103 中產生的光經過第一電極 102 和第二電極 104 從基板 101 一側和與基板 101 相反一側的雙方被提取。

注意，提供在第一電極 102 和第二電極 104 之間的層的結構不局限於上述結構。可以採用上述以外的結構，只要其結構中至少包括電洞注入層的第一層 111、第一電洞傳輸層的第二層 112、第二電洞傳輸層的第三層 113、以及發光層的第四層 114，並且選擇用於第二層 112 的物質的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）比用於第一層 111 及第三層 113 的物質的 HOMO 能級深（絕對值較大）或淺（絕對值較小）的物質。

此外，如圖 2B 所示，也可以採用在基板 101 上按順序層疊用作陰極的第二電極 104、EL 層 103、用作陽極的第一電極 102 的結構。注意，此時的 EL 層 103 採用如下結構，即在第二電極 104 上按順序層疊第六層 116、第五層 115、第四層 114、第三層 113、第二層 112、以及第一層 111。

注意，藉由使用本發明的發光元件，可以製造被動矩陣型發光裝置或由薄膜電晶體（TFT）控制發光元件的驅動的主動矩陣型發光裝置。

注意，當製造主動矩陣型發光裝置時的 TFT 的結構並

沒有特別限制。例如，可以適當地採用交錯型和反交錯型 TFT。另外，形成在 TFT 基板上的驅動電路既可以由 N 型和 P 型 TFT 構成，又可以由其中的任何一種構成。再者，用於 TFT 的半導體膜的結晶性也並沒有特別限制，而可以使用非晶半導體膜或結晶半導體膜。

實施方式 1 所示的發光元件藉由使用提供在第一電極 102 和發光層的第四層 114 之間的第一層 111、第二層 112、以及第三層 113 形成帶隙，來可以抑制從第一電極 102 注入的電洞的傳輸速度。因此，可以控制對第四層 114 的電洞注入量。由此，可以提高發光元件整體的載流子平衡，以形成高效率的元件。

#### [實施方式 2]

在本實施方式 2 中說明本發明的發光元件，其中除了降低實施方式 1 所示的電洞的傳輸速度的結構之外，還可以具有降低電子的傳輸速度的結構。

實施方式 2 中的發光元件由第一電極、第二電極、以及提供在第一電極和第二電極之間的 EL 層構成。EL 層至少包括從第一電極一側按順序層疊的電洞傳輸層、第一電洞傳輸層、第二電洞傳輸層、發光層、以及載流子控制層，並且提供為第一電洞傳輸層的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）比電洞傳輸層及第二電洞傳輸層的 HOMO 能級深（絕對值較大）或淺（絕對值較小），即可。其他層並沒有特別限制。

於是，說明如圖 4A 和 4B 所示，EL 層 103 的結構具有如下結構的情況：從第一電極 102 一側包括第一層（電洞注入層）111、第二層（第一電洞傳輸層）112、第三層（第二電洞傳輸層）113、第四層（發光層）114、第七層（載流子控制層）117、第五層（電子傳輸層）115、第六層（電子注入層）116。

在圖 4A 所示的發光元件的 EL 層 103 中，第二層（第一電洞傳輸層）112 的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）比第一層（電洞注入層）111 及第三層（第二電洞傳輸層）113 的 HOMO 能級深（絕對值較大）。藉由採用這種結構，可以降低從第一電極 102 注入的電洞到達第四層（發光層 114）的傳輸速度。在此情況下，具體而言，第二層 112 的 HOMO 能級的絕對值較佳比第一層 111 及第三層 113 的 HOMO 能級的絕對值大 0.1eV 或以上。

另一方面，在圖 4B 所示的發光元件的 EL 層 103 中，第二層（第一電洞傳輸層）112 的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）比第一層（電洞傳輸層）111 及第三層（第二電洞傳輸層）113 的 HOMO 能級淺（絕對值較小）。當採用這種結構時，也可以與圖 4A 的所示的情況同樣地降低從第一電極 102 注入的電洞到達第四層（發光層）114 的傳輸速度。在此情況下，具體而言，第二層 112 的 HOMO 能級的絕對值較佳比第一層 111 及第三層 113 的 HOMO 能級的絕對值小 0.1eV 或以上。

注意，在採用圖 4A 和 4B 的結構的情況下，都可以降

低從第一電極 102 注入的電洞的傳輸速度。

此外，在採用圖 4A 和 4B 的結構的情況下，都可以藉由在第一電極 102 和第四層（發光層）114 之間提供第七層（載流子控制層）117 來降低電子從第二電極 104 注入到達第四層（發光層）114 的傳輸速度。

由此，在第四層（發光層）114 中重新結合的載流子（電子和電洞）的平衡提高，從而可以實現元件的高效率化。注意，根據用於第一層（電洞注入層）111、第二層（第一電洞傳輸層）112、以及第三層（第二電洞傳輸層）113 的物質的 HOMO 能級，採用圖 4A 和 4B 中的任一種結構。

此外，在第四層（發光層）114 包含具有電子傳輸性的物質的情況下，圖 4A 和 4B 所示那樣的本發明的結構特別有效。在第四層（發光層）114 包含具有電子傳輸性的物質的情況下，發光區域為第四層（發光層）114 和第三層（第二電洞傳輸層）113 的介面附近。而且，若是因過剩的電洞而在該介面附近生成陽離子，發光效率明顯地降低，因為陽離子具有淬滅劑的作用。然而，由於在本發明的結構中降低電洞的傳輸速度，因此可以抑制第四層（發光層）114 周邊的陽離子生成，以抑制發光效率的降低。由此，可以形成發光效率高的發光元件。

在本實施方式 2 中，第一電極 102 用作陽極，而第二電極 104 用作陰極。就是說，當以將第一電極 102 的電位設定為高於第二電極 104 的電位的方式分別施加電壓時，

可以獲得發光。

接著，參照圖 5A 和 5B 說明本實施方式 2 中的發光元件的結構。基板 101 用作發光元件的支撐體。此外，作為基板 101，例如玻璃、石英、塑膠等可以使用。

作為形成在基板 101 上的第一電極 102，較佳使用功函數大（具體地說， $4.0\text{eV}$  或以上）的金屬、合金、導電化合物、以及這些的混合物等。可以使用與實施方式 1 同樣的材料。

此外，形成在第一電極 102 上的 EL 層 103 中，從第一電極 102 一側按順序層疊的第一層（電洞注入層）111、第二層（電洞傳輸層）112、第三層（電洞傳輸層）113、第四層（發光層）114 的結構、製造方法、以及能夠用於各種層的材料與實施方式 1 同樣，因此在本實施方式 2 中省略其說明。

本實施方式 2 的特徵在於：除了實施方式 1 所說明的結構以外，還可以在第四層（發光層）114 和第二電極 104 之間提供降低載流子（電子）的傳輸速度的第七層（下面，稱為載流子控制層）117。作為載流子控制層的結構，可以使用兩種方法（動力地控制載流子的傳輸速度的方法、以及熱力地控制載流子的傳輸速度的方法）。

作為第一方法，說明利用第七層（載流子控制層）117 動力地降低載流子（電子）的傳輸速度的情況。圖 6A 和 6B 示出其示意圖。

在第一電極 102 和第二電極 104 之間具有 EL 層 103

，構成 EL 層 103 的多個層從第一電極 102 一側按順序形成第一層（電洞注入層）111、第二層（電洞傳輸層）112、第三層（電洞傳輸層）113、第四層（發光層）114、第七層（載流子控制層）117、第五層（電子傳輸層）115、第六層（電子注入層）116。

第七層（載流子控制層）117 由兩種以上有機化合物構成。在此，說明如圖 6B 所示，第七層（載流子控制層）117 由第一有機化合物 201 和第二有機化合物 202 構成的情況。注意，將具有高電子傳輸性的有機化合物（具有電子傳輸性的有機化合物）用作第一有機化合物 201，而將具有高電洞傳輸性的有機化合物（具有電洞傳輸性的有機化合物）用作第二有機化合物 202。

此外，用於第二有機化合物 202 和第一有機化合物 201 的 LUMO 能級彼此近似。具體而言，第二有機化合物 202 的最低空軌域能級（LUMO 能級）的絕對值和第一有機化合物 201 的 LUMO 能級的絕對值的差異較佳為 0.3 eV 或以下，更佳為 0.2 eV 或以下。就是說，較佳地是，載流子電子在第一有機化合物 201 和第二有機化合物 202 之間容易傳輸。

在此情況下，因為第二有機化合物 202 具有與第一有機化合物 201 近似的 LUMO 能級，所以會被注入電子。從具有電子傳輸性的第一有機化合物 201 到具有電洞傳輸性的第二有機化合物 202 注入電子的速度（ $v_1$ ）、或者從第二有機化合物 202 到第一有機化合物 201 注入電子的速度

( $v_2$ ) 比在第一有機化合物 201 之間注入電子的速度 ( $v$ ) 小。

因此，藉由使用具有電子傳輸性的第一有機化合物 201 和具有電洞傳輸性的第二化合物 202 形成第七層 117，與只使用第一有機化合物 201 形成的情況相比，可以降低第七層 117 的電子傳輸速度。就是說，藉由使用第一有機化合物 201 和第二有機化合物 202 形成第七層 117，可以降低第七層 117 的載流子（電子）的傳輸速度。

注意，在使用第一有機化合物 201 和第二有機化合物 202 形成第七層 117 的情況下，較佳將濃度控制為第二有機化合物 202 的含量低於整體的 50%（質量比）。更佳將濃度控制為第二有機化合物 202 的含量為整體的大於或等於 1 重量%且小於或等於 20 重量%。

作為包含在第七層 117 中的第一有機化合物 201，具體而言，可以使用金屬錯合物諸如 Alq、Almq<sub>3</sub>、BeBq<sub>2</sub>、BAIq、Znq、ZnPBO 和 ZnBTZ 等；雜環化合物諸如 PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen 和 BCP 等；或者縮合芳族化合物諸如 CzPA、DPCzPA、DPPA、DNA、t-BuDNA、BANT、DPNS、DPNS2 和 TPB3 等。此外，還可以使用高分子化合物，諸如聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共聚-(吡啶-3,5-二基)]（縮寫：PF-Py）、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,2'-聯吡啶-6,6'-二基)]（縮寫：PF-BPy）等。

此外，作為包含在第七層 117 中的第二有機化合物

202，具體而言，可以使用縮合芳烴諸如 9,10-二苯基蒽（縮寫：DPAnth）和 6,12-二甲氧基-5,11-二苯基萘；芳香胺化合物諸如 N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺（縮寫：CzAlPA）、4-(10-苯基-9-蒽基)三苯胺（縮寫：DPhPA）、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺（縮寫：PCAPA）、N,9-二苯基-N-{4-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯基}-9H-咔唑-3-胺（縮寫：PCAPBA）、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺（縮寫：2PCAPA）、NPB（或  $\alpha$ -NPD）、TPD、DFLDPBi 和 BSPB 等。此外，也可以使用高分子化合物諸如 PVK、PVTFA、PTPDMA 和聚-TPD 等。

藉由組合上述材料形成第七層 117，抑制了從第一有機化合物 201 到第二有機化合物 202 的電子傳輸或者從第二有機化合物 202 到第一有機化合物 201 的電子傳輸，就可以抑制第七層 117 的電子傳輸速度。此外，由於第七層 117 具有第二有機化合物 202 分散在第一有機化合物 201 中的結構，因此不容易隨時間引起結晶化或凝聚。因而，上述對電子傳輸的抑制效果也不容易隨時間發生變化。結果，載流子平衡就不容易隨時間變化。這就使發光元件的使用壽命得到了改善，換句話說，可靠性得到了改善。

注意，在上述組合中，較佳組合作為第一有機化合物 201 的金屬錯合物和作為第二有機化合物 202 的芳香胺化合物。金屬錯合物的電子傳輸性高且偶極矩大，而芳香胺化合物的電洞傳輸性高且偶極矩相對小。像這樣，藉由組

合偶極矩彼此相差很大的物質，使得上述對電子傳輸的抑制效果更加顯著。具體地說，當第一有機化合物 201 的偶極矩為  $P_1$  而第二有機化合物 202 的偶極矩為  $P_2$  時，滿足  $P_1/P_2 \geq 3$  的組合是較佳的。

例如金屬錯合物的 Alq 的偶極矩為 9.40 德拜 (debye)，而芳香胺化合物的 2PCAPA 的偶極矩為 1.15 德拜。因而，較佳的是，當一種具有電子傳輸性的有機化合物如金屬錯合物被用作第一有機化合物 201，而具有電洞傳輸性的有機化合物如芳香胺化合物被用作第二有機化合物 202 時，滿足  $P_1/P_2 \geq 3$ 。

此外，包含在第七層 117 中的第二有機化合物 202 的發光顏色與包含在第四層 (發光層) 114 中的具有高發光性的物質的發光顏色較佳為相似顏色。具體地說，第二有機化合物 202 的發射光譜峰值與具有高發光性的物質的發射光譜峰值之間的差異較佳在 30nm 以內。藉由將差異設定在 30 nm 以內，第二有機化合物 202 的發光顏色與具有高發光性的物質的發光顏色為相似顏色。因而，即使因電壓等的變化而第二有機化合物 202 發光，也可以抑制發光顏色的改變。

作為第二方法，說明利用第七層 (載流子控制層) 117 熱力地降低載流子 (電子) 的傳輸速度的情況。圖 7 示出其示意圖 (帶隙圖)。

在第一電極 102 和第二電極 104 之間具有 EL 層 103，構成 EL 層 103 的多個層從第一電極 102 一側按順序形

成第一層（電洞注入層）111、第二層（電洞傳輸層）112、第三層（電洞傳輸層）113、第四層（發光層）114、第七層（載流子控制層）117、第五層（電子傳輸層）115、第六層（電子注入層）116。

第七層（載流子控制層）117 由兩種以上有機化合物構成。在此，說明第七層（載流子控制層）117 由第一有機化合物和第二有機化合物構成的情況。注意，將具有高電子傳輸性的有機化合物（具有電子傳輸性的有機化合物）用作第一有機化合物，而將具有高電子陷阱功能的有機化合物（具有電洞傳輸性的有機化合物）用作第二有機化合物。

此外，用於第二有機化合物和第一有機化合物具有 LUMO 能級。具體而言，第二有機化合物的最低空軌域能級（LUMO 能級）的絕對值較佳比第一有機化合物的 LUMO 能級的絕對值大  $0.3\text{eV}$  或以上。

如圖 7 所示，從第一電極 102 注入的電洞經過第一層 111、第二層 112、第三層 113，然後注入到第四層（發光層）114 中。另一方面，從第二電極 104 注入的電子經過第六層 116、第五層 115，然後注入到第七層（載流子控制層）117 中。由於第七層 117 由具有電子傳輸性的第一有機化合物 201 和具有電子陷阱性的第二有機化合物 202 構成，因此注入到第七層 117 中的電子進入第二有機化合物 202 的 LUMO 能級，而不進入第一有機化合物 201 的 LUMO 能級。從而可以降低電子的傳輸速度。

因此，藉由使用具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電子陷阱性的第二化合物形成第七層 117，與只使用第一有機化合物 201 形成的情況相比，可以降低第七層 117 的電子傳輸速度。就是說，藉由使用第一有機化合物 201 和第二有機化合物 202 形成第七層 117，可以降低第七層 117 的載流子（電子）的傳輸速度。

注意，在使用第一有機化合物和第二有機化合物形成第七層 117 的情況下，控制濃度使第二有機化合物 202 的含量較佳低於整體的 50%（質量比）。更佳將濃度控制為第二有機化合物的含量為整體的大於或等於 0.1 重量%且小於或等於 5 重量%。

作為包含在第七層 117 中的第一有機化合物，具體而言，可以使用金屬錯合物諸如 Alq、Almq<sub>3</sub>、BeBq<sub>2</sub>、BALq、Znq、ZnPBO 和 ZnBTZ 等；雜環化合物諸如 PBD、OXD-7、TAZ、TPBI、BPhen 和 BCP 等；或者縮合芳族化合物諸如 CzPA、DPCzPA、DPPA、DNA、t-BuDNA、BANT、DPNS、DPNS2 和 TPB3 等。

此外，還可以使用高分子化合物，諸如聚[(9,9-二己基芴-2,7-二基)-共聚-(吡啶-3,5-二基)]（縮寫：PF-Py）、聚[(9,9-二辛基芴-2,7-二基)-共聚-(2,2'-聯吡啶-6,6'-二基)]（縮寫：PF-BPy）等。尤其是，較佳採用對於電子穩定的金屬錯合物。

另外，作為包含在第七層 117 中的第二有機化合物，可以使用如下所示的物質。注意，第二有機化合物本身可

以發光，但是此時較佳第四層（發光層）114 和第二有機化合物的發光顏色是相似的顏色，以保持發光元件的顏色純度。

例如，當包含在第四層 114 中的有機化合物是發射藍光的有機化合物如 YGA2S 或 YGAPA 時，第二有機化合物較佳是發射藍至藍綠光的物質如吡啶酮、香豆素 102、香豆素 6H、香豆素 480D 或香豆素 30 等。

此外，當包含在第四層（發光層）114 中的有機化合物是發射綠光的有機化合物如 2PCAPA、2PCABPhA、2DPAPA、2DPABPhA、2YGABPhA 或 DPhAPhA 時，第二有機化合物 202 較佳是發射藍綠至黃綠光的物質如 N,N'-二甲基喹吡啶酮（縮寫：DMQd）、N,N'-二苯基喹吡啶酮（縮寫：DPQd）、9,18-二氫苯并[h]苯并[7,8]喹啉并[2,3-b]吡啶-7,16-二酮（縮寫：DMNQd-1）、9,18-二甲基-9,18-二氫苯并[h]苯并[7,8]喹啉并[2,3-b]吡啶-7,16-二酮（縮寫：DMNQd-2）、香豆素 30、香豆素 6、香豆素 545T 或香豆素 153 等。

此外，當包含在第四層（發光層）114 中的有機化合物是發射黃光的有機化合物如紅熒烯、BPT 時，第二有機化合物較佳是發射黃綠至橙黃光的物質如 DMQd、（2-{2-[4-（9H-咔唑-9-基）苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-哌喃-4-亞基）丙二腈（縮寫：DCMCz）等

此外，當包含在第四層（發光層）114 中的有機化合物是發射紅光的有機化合物如 p-mPhTD 或 p-mPhAFD 時

，第二有機化合物 202 較佳是發射橙至紅光的物質如（2-  
 {2-[4-（二甲基胺基）苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-哌喃-4-亞  
 基）丙二腈（縮寫：DCM1）、{2-甲基-6-[2-（2,3,6,7-四  
 氫-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基）乙烯基]-4H-哌喃-4-亞基}丙  
 二腈（縮寫：DCM2）、{2-（1,1-二甲基乙基）-6-[2-（  
 2,3,6,7-四氫-1,1,7,7-四甲基-1H,5H-苯并[ij]喹啉-9-基）乙  
 烯基]-4H-哌喃-4-亞基}丙二腈（縮寫：DCJTB）、尼祿紅  
 （Nile red）等。

此外，較佳地，當第四層（發光層）114 的發光材料  
 是磷光材料時，第二有機化合物也是磷光材料。例如，當  
 發光材料是上述發射紅光的  $\text{Ir}(\text{btp})_2(\text{acac})$  時，可以  
 使用發射紅光的磷光材料如（乙醯丙酮）雙[2,3-雙（4-氟  
 苯基）喹啉]銱（III）（縮寫： $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ ）  
 等作為第二有機化合物。注意，這種化合物是在用於發光  
 元件的化合物中的具有低 LUMO 能級的化合物。因此，藉  
 由將這種化合物添加到第一有機化合物 201 中，可以獲得  
 優質的電子陷阱性。

作為第二有機化合物，在如上例示的化合物之中尤其  
 較佳使用喹吡啶酮衍生物如 DMQd、DPQd、DMNQd-1 和  
 DMNQd-2，因為它們是化學穩定的。即，當應用喹吡啶酮  
 衍生物時，可以尤其延長發光元件的使用壽命。此外，因  
 為喹吡啶酮衍生物發射綠光，所以本發明的發光元件的元  
 件結構對發射綠光的發光元件尤其有效。在製造全彩色顯  
 示器中，綠光要求最高的亮度水準，因此發生其退化速度

比其他發光顏色更快的情形。然而，這種問題可以藉由應用本發明而改善。

注意，如上所述，第二有機化合物的 LUMO 能級的絕對值較佳比第一有機化合物的 LUMO 能級的絕對值大  $0.3\text{eV}$  或以上。從而，根據使用的第二有機化合物的種類，以滿足上述條件的方式適當地選擇第一有機化合物即可。

再者，較佳包含在第四層 114 中的具有高發光性的化合物和包含在第七層 117 中的第二有機化合物的發光顏色是相似的顏色。因此，較佳具有高發光性的物質的發射光譜和第二有機化合物的發射光譜之間的峰值差異在  $30\text{nm}$  以內。藉由將峰值差異設定在  $30\text{nm}$  以內時，具有高發光性的物質和第二有機化合物的發光顏色成爲相似的顏色。因此，即使當第二有機化合物因電壓等變化而發光時，也可以抑制發光顏色的變化。

但是，第二有機化合物不一定必須發光。例如，當具有高發光性的物質的發光效率較高時，較佳控制在第七層 117 中的第二有機化合物的濃度以致僅可以獲得具有高發光性的物質的發光（將第二有機化合物的濃度設定得稍微低，以可以抑制第二有機化合物的發光）。在此情況下，具有高發光性的物質和第二有機化合物的發光顏色是相似的顏色（即，它們具有幾乎相同水準的能隙）。因此，不容易發生從具有高發光性的物質到第二有機化合物的能量傳輸，可以獲得高發光效率。

注意，在此情況下，第二有機化合物較佳是香豆素衍生物如香豆素 102、香豆素 6H、香豆素 480D、香豆素 30、香豆素 6、香豆素 545T 和香豆素 153 等。香豆素衍生物的電子陷阱性較低，因此被添加到第一有機化合物中的香豆素衍生物的濃度可以較高。即，可以獲得容易調節濃度並控制具有所希望的性質的載流子傳輸的層。此外，因為香豆素衍生物具有高發光效率，所以即使第二有機化合物發光，也可以抑制發光元件整體的發光效率的降低。

注意，藉由採用上述兩種方法（動力地控制載流子的傳輸的方法、熱力地控制載流子的傳輸的方法）形成本發明的第七層 117，但是較佳在採用任何結構的情況下都將第七層 117 的厚度設定為大於或等於 5nm 且小於或等於 20nm。當厚度變厚時，因為載流子的傳輸速度過降低而驅動電壓提高，當厚度變薄時，可能會損害控制載流子的傳輸的功能。

此外，本發明中的第七層 117 用來控制電子的傳輸速度，所以第七層 117 可形成在第二電極 104 和第四層（發光層）114 之間。更佳與第四層（發光層）114 接觸地形成。藉由與第四層（發光層）114 接觸地提供來可以直接控制第四層（發光層）114 的電子注入，從而進一步抑制第四層（發光層）114 中的載流子平衡隨時間變化，以可以對於元件的使用壽命獲得更大效果。

注意，在以與第四層（發光層）114 接觸的方式形成第七層 117 的情況下，包含在第七層 117 中的第一有機化

合物和包含在第四層（發光層）114 中的大部分的有機化合物較佳互不相同。特別是，在第四層（發光層）114 的結構包含其中分散有具有高發光性的物質（第三有機化合物）的物質和具有高發光性的物質（第四有機化合物）的情況下，第三有機化合物和第一有機化合物較佳互不相同。藉由採用這種結構，從第七層 117 到第四層（發光層）114 的載流子（電子）的傳輸也在第一有機化合物和第三有機化合物之間被抑制，進一步提高提供第七層 117 而發揮的效果。

此外，第七層 117 包含兩種以上物質，因此藉由控制物質組合、混合比、及厚度等，可以精密地控制載流子平衡。從而，比現有技術容易地控制載流子平衡。再者，使用第七層 117 中的混合比低的有機化合物控制載流子傳輸，所以與使用單一物質進行控制的情況相比，不容易發生載流子平衡的變化。由此，載流子平衡不容易隨時間發生變化，可以實現發光元件的使用壽命的延長。

在 EL 層 103 中的第七層（載流子控制層）117 上，按順序層疊第五層（電子傳輸層）115、第六層（電子注入層）116。這些層的結構、製造方法以及能夠用於各種層的材料與實施方式 1 同樣，所以在實施方式 2 中省略其說明。

接著，在第六層（電子注入層）116 上形成第二電極 104。注意，第二電極 104 的製造方法、以及能夠使用的材料也與實施方式 1 同樣，所以在實施方式 2 中省略其說

明。

在實施方式 2 中，當只有第一電極 102 具有透光性時，如圖 3A 所示，EL 層 103 中產生的光經過第一電極 102 從基板 101 一側被提取。此外，當只有第二電極 104 具有透光性時，如圖 3B 所示，在 EL 層 103 中產生的光經過第二電極 104 從與基板 101 相反一側被提取。再者，當第一電極 102 及第二電極 104 都具有透光性時，如圖 3C 中所示，在 EL 層 103 中產生的光經過第一電極 102 和第二電極 104 從基板 101 一側和與基板 101 相反一側被提取。

注意，提供在第一電極 102 和第二電極 104 之間的層的結構不局限於上述結構。但是，可以採用上述以外的結構，只要其結構中至少包括電洞注入層的第一層 111、第一電洞傳輸層的第二層 112 以及第二電洞傳輸層的第三層 113、發光層的第四層 114、以及載流子控制層的第七層 117，並且選擇用於第二層 112 的物質的最高佔據軌域能級（HOMO 能級）比用於第一層 111 及第三層 113 的物質的 HOMO 能級深（絕對值較大）或淺（絕對值較小）的物質。

此外，如圖 5B 所示，也可以採用在基板 101 上按順序層疊用作陰極的第二電極 104、EL 層 103、用作陽極的第一電極 102 的結構。注意，此時的 EL 層 103 採用如下結構，即在第二電極 104 上按順序層疊第六層 116、第五層 115、第七層 117、第四層 114、第三層 113、第二層 112、以及第一層 111。

注意，藉由使用本發明的發光元件，可以製造被動矩陣型發光裝置及由薄膜電晶體（TFT）控制發光元件的驅動的主動矩陣型發光裝置。

注意，當製造主動矩陣型發光裝置時的 TFT 的結構並沒有特別限制。例如，可以適當地採用交錯型和反交錯型 TFT。另外，形成在 TFT 基板上的驅動電路既可以由 N 型和 P 型 TFT 構成，又可以由其中任何一種構成。再者，用於 TFT 的半導體膜的結晶性也並沒有特別限制，而可以使用非晶半導體膜或結晶半導體膜。

實施方式 2 所示的發光元件藉由使用提供在第一電極 102 和發光層的第四層 114 之間的第一層 111、第二層 112、以及第三層 113 形成帶隙，來可以抑制從第一電極 102 注入的電洞的傳輸速度。因此，可以抑制在第四層（發光層）114 周邊的陽離子的生成來提高發光元件整體的載流子平衡。由此可以形成高效率的元件。

另一方面，藉由第二電極 104 和第四層（發光層）114 之間提供第七層 117 來降低載流子（電子）的傳輸速度，可以將以往因傳輸速度高而形成在第四層（發光層）114 和第三層（電洞傳輸層）113 的介面附近的發光區域形成在與以前相比第四層（發光層）114 中的更中間。

此外，藉由提供第七層 117 來降低載流子（電子）的傳輸速度，可以防止無助於發光地從第四層（發光層）114 到達第三層（電洞傳輸層）113 的載流子（電子）所引起的第三層（電洞傳輸層）113 的退化。再者，藉由降

低載流子（電子）的傳輸速度，不但控制對於第四層（發光層）114 的載流子注入量，而且可以抑制該被控制的載流子（電子）注入量隨時間發生變化，因此可以防止因隨時間引起的平衡退化而降低重新結合的機率。從而，還可以實現提高元件的使用壽命（抑制亮度的隨時間發生的退化）。

在採用本實施方式所示的結構的情況下，因為控制注入到第四層 114 中的電洞及電子的傳輸速度以降低其速度，所以在第四層 114 中的載流子平衡提高的同時重新結合的機率也提高，以可以提高發光效率。

注意，在本實施方式 2 中，可以適當地組合實施方式 1 所示的結構而使用。

### [實施方式 3]

在本實施方式 3 中，參照圖 8 來說明一種發光元件，其中包括多個實施方式 1 及實施方式 2 所示的發光元件的 EL 層（下面，稱為疊層型元件）。該發光元件是在第一電極 801 和第二電極 802 之間具有多個 EL 層（第一 EL 層 803、第二 EL 層 804）的疊層型發光元件。注意，本實施方式 3 示出具有兩個 EL 層的情況，也可以具有三層或以上。

在實施方式 3 中，第一電極 801 用作陽極，而第二電極 802 用作陰極。第一電極 801 及第二電極 802 可以採用與實施方式 1 同樣的結構。此外，作為多個 EL 層（第一

EL 層 803、第二 EL 層 804)，可以採用與實施方式 1 及實施方式 2 所示的 EL 層同樣的結構。第一 EL 層 803 和第二 EL 層 804 可以具有相同的結構或不同的結構，且可類似於實施方式 1 或實施方式 2 的結構。

另外，多個 EL 層（第一 EL 層 803 與第二 EL 層 804）之間提供有電荷產生層 805。電荷產生層 805 具有當對第一電極 801 和第二電極 802 施加電壓時將電子注入到一方 EL 層，而將電洞注入到另一方 EL 層的功能。在本實施方式 3 中，當對第一電極 801 施加電壓以使得其電位比第二電極 802 的電位高時，從電荷產生層 805 到第一 EL 層 803 被注入電子，而到第二 EL 層 804 被注入電洞。

注意，考慮到光的提取效率，電荷產生層 805 較佳具有透光性。此外，即使其導電率比第一電極 801 和第二電極 802 低，電荷發光層 805 也起作用。

電荷產生層 805 可以採用具有高電洞傳輸性的物質添加有受體物質的結構或具有高電子傳輸性的物質添加有供體（donor）物質的結構。此外，還可以採用這兩種結構的疊層。

在採用具有高電洞傳輸性的物質添加有受體物質的結構的情況下，作為具有高電洞傳輸性的物質，例如可以使用芳族胺化合物如 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB 或  $\alpha$ -NPD）、N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺（縮寫：TPD）、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)、或4,4'-雙[N-(螺-9,9'-聯萘-2-基)-N-苯基胺基]-1,1'-聯苯(縮寫:BSPB)等。上述材料分別為主要具有 $10^{-6}\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ 或以上的電洞遷移率的物質。但也可以使用除此之外的其他材料,而只要其電洞傳輸性高於電子傳輸性。

作為受體物質,可舉出7,7,8,8-四氰基-2,3,5,6-四氰醌二甲烷(縮寫:F<sub>4</sub>-TCNQ)、氰醌等。另外,可舉出過渡金屬氧化物。另外,可舉出屬於週期表中的第4族至第8族的金屬的氧化物。具體地,氧化釩、氧化鈮、氧化鉬、氧化鉻、氧化鉍、氧化鎢、和氧化錒是較佳的,因為它們具有高電子接受性。其中,氧化鉬是尤其較佳的,因為它在大氣中穩定並且其吸濕性低,就容易處理。

另一方面,在採用具有高電子傳輸性的物質添加有供體物質的情況下,作為具有高電子傳輸性的物質,例如可以使用具有喹啉骨架或苯并喹啉骨架的金屬錯合物等,例如三(8-羥基喹啉)鋁(縮寫:Alq)、三(4-甲基-8-羥基喹啉)鋁(縮寫:Almq<sub>3</sub>)、雙(10-羥基苯并[h]喹啉)鉍(縮寫:BeBq<sub>2</sub>)、雙(2-甲基-8-羥基喹啉)(4-苯基苯酚)鋁(縮寫:BAIq)等。另外,也可以使用具有噁唑基配體或噻唑基配體的金屬錯合物等,如雙[2-(2-苯并噁基)苯酚]鋅(II)(縮寫:Zn(BOX)<sub>2</sub>)、雙[2-(2-苯并噻唑基)苯酚]鋅(II)(縮寫:Zn(BTZ)<sub>2</sub>)等。除了金屬錯合物以外,也可使用2-(4-聯苯基)-5-(4-第三

丁基苯基) -1,3,4-噁二唑 (縮寫: PBD)、1,3-雙[5-(對第三丁基苯基) -1,3,4-噁二唑 -2-基]苯 (縮寫: OXD-7)、3-(4-聯苯基) -4-苯基 -5-(4-第三丁基苯基) -1,2,4-三唑 (縮寫: TAZ)、紅啡啉 (縮寫: BPhen)、浴銅靈 (縮寫: BCP) 等。這裏所述的物質分別為主要具有  $10^{-6} \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$  或以上的電子遷移率的物質。然而可以使用除上述之外的其他物質, 只要其為電子的傳輸性比電洞傳輸性高的物質就可以。

此外, 作為供體物質, 可以使用鹼金屬、鹼土金屬、稀土金屬、屬於元素週期表中的第 13 族的金屬及其氧化物、或碳酸鹽。具體而言, 較佳使用鋰 (Li)、銫 (Cs)、鎂 (Mg)、鈣 (Ca)、鐿 (Yb)、銦 (In)、氧化鋰、碳酸銫等。另外, 也可以將有機化合物如四硫雜稠四苯 (tetrathianaphthacene) 用作供體物質。

注意, 藉由使用上述材料形成電荷產生層 805, 可以抑制當層疊 EL 層時的驅動電壓的上升。

在本實施方式 3 中, 雖然說明了具有兩個 EL 層的發光元件, 然而, 也可以採用層疊有三個或以上的 EL 層的發光元件。如根據實施方式 3 的發光元件, 可以藉由由電荷產生層使多個 EL 層間隔並將它們配置在一對電極之間, 在保持低電流密度的同時, 可以在高亮度區域中發光, 從而可以實現使用壽命長的元件。此外, 在採用照明作為應用例子時, 因為可以減少因電極材料的電阻導致的電壓下降, 所以可以實現大面積的均勻發光。此外, 可以實現

能夠進行低電壓驅動的低耗電量的發光裝置。

另外，藉由使各個 EL 層的發光顏色不相同，可以在發光元件的整體上獲得所希望顏色的發光。例如，在具有兩個 EL 層的發光元件中，藉由使第一 EL 層的發光顏色和第二 EL 層的發光顏色為補色，也可以獲得在發光元件的整體上進行白色發光的發光元件。注意，補色是指當顏色混合時呈現無彩色者。也就是說，若將發光顏色為補色的物質所發出的光混合，可以獲得白色發光。

而且，具有三個 EL 層的發光元件也與上述情況類似，例如，在第一 EL 層的發光顏色為紅色、第二 EL 層的發光顏色為綠色、第三 EL 層的發光顏色為藍色的情況下，在發光元件的整體上可以獲得白色發光。

注意，在本實施方式 3 中，可以適當地組合實施方式 1 及實施方式 2 所示的結構而使用。

#### [實施方式 4]

在本實施方式 4 中，參照圖 9A 和 9B 說明其像素部具有本發明的發光元件的發光裝置。圖 9A 是示出發光裝置的俯視圖，而圖 9B 是沿著線 A-A' 以及 B-B' 截斷圖 9A 而獲得的截面圖。

在圖 9A 中，由虛線表示的元件符號 901 是驅動電路部（源極側驅動電路）、由虛線表示的元件符號 902 是像素部、由虛線表示的元件符號 903 是驅動電路部（閘極側驅動電路）。此外，元件符號 904 表示密封基板，元件符

號 905 表示密封劑，由密封劑 905 圍繞的內側成爲空間 907。

另外，引導佈線 908 是用來傳送被輸入到源極側驅動電路 901 及閘極側驅動電路 903 的信號的佈線，從作爲外部輸入端子的 FPC（撓性印刷電路）909 接收視頻信號、時鐘信號、起始信號、重定信號等。另外，雖然這裏僅圖示了 FPC，但該 FPC 也可以安裝有印刷線路板（PWB）。本發明說明中的發光裝置除了發光裝置主體以外，還包括安裝有 FPC 或 PWB 的狀態。

接下來，參照圖 9B 說明截面結構。在元件基板 910 上形成有驅動電路部及像素部，這裏示出了作爲驅動電路部的源極側驅動電路 901 和像素部 902 中的一個像素。另外，在源極側驅動電路 901 中，形成組合了 N 通道型 TFT 923 和 P 通道型 TFT 924 的 CMOS 電路。此外，驅動電路也可以使用各種 CMOS 電路、PMOS 電路或者 NMOS 電路來形成。此外，雖然在本實施方式中示出了在基板上形成驅動電路的驅動器一體型，但是這並不是必須的，也可以將驅動電路形成在外部而不是形成在基板上。

此外，像素部 902 由多個包括開關 TFT 911、電流控制 TFT 912、電連接到其汲極的第一電極 913 的像素形成。另外，以覆蓋第一電極 913 的端部的方式形成絕緣物 914。

此外，較佳地是，爲獲得良好的被覆性而在絕緣物 914 的上端部或下端部形成具有曲率的曲面。例如，藉由

使用正型感光性丙烯酸系物作為絕緣物 914 的材料的情況下，可以只使絕緣物 914 的上端部成為具有曲率半徑（大於或等於  $0.2\mu\text{m}$  且小於或等於  $3\mu\text{m}$ ）的曲面。此外，作為絕緣物 914，可以使用藉由照射光而對蝕刻劑呈不溶解性的負型感光材料及藉由照射光而對蝕刻劑呈溶解性的正型感光材料。

在第一電極 913 上分別形成有 EL 層 916 以及第二電極 917。在此裏，作為用於第一電極 913 的材料，可以使用各種金屬、合金、導電化合物、以及這些的混合物。在將第一電極 913 用作陽極的情況下，較佳使用功函數大的（功函數為  $4.0\text{eV}$  或以上）的金屬、合金、導電化合物、以及這些的混合物等。例如，除了含矽的氧化銦錫膜、氧化銦鋅膜、氮化鈦膜、鉻膜、鎢膜、Zn 膜、Pt 膜等的單層膜之外，還可以使用疊層膜，如氮化鈦膜和以鋁為主要成分的膜的疊層；以及氮化鈦膜、以鋁為主要成分的膜和氮化鈦膜的三層結構等。另外，當採用疊層結構時，作為佈線的電阻也低，可以實現良好的歐姆接觸，並且可以使第一電極 913 發揮作為陽極的功能。

此外，EL 層 916 藉由使用蒸鍍掩模的蒸鍍法、噴墨法、旋塗法等各種方法來形成。EL 層 916 可以具有實施方式 1 或實施方式 2 中所示的結構。此外，作為構成 EL 層 916 的其他材料，也可以使用低分子化合物或高分子化合物（包括低聚物、樹枝狀聚合物）。另外，作為用於 EL 層的材料，不僅可以使用有機化合物，還可以使用無

機化合物。

另外，作為用於第二電極 917 的材料，可以使用各種金屬、合金、導電化合物、以及這些的混合物。在將第二電極 917 用作陰極的情況下，較佳使用功函數小的（功函數為  $3.8\text{eV}$  或以下）的金屬、合金、導電化合物、以及這些的混合物等。例如，可以舉出屬於元素週期表中的第 1 族或第 2 族的元素，即鋰（Li）或銫（Cs）等的鹼金屬；鎂（Mg）、鈣（Ca）或銣（Sr）等的鹼土金屬；以及包含這些的合金（MgAg、AlLi）等。

注意，當採用在 EL 層 916 產生的光透過第二電極 917 的結構時，作為第二電極 917，還可以使用低厚度的金屬薄膜和透明導電膜（氧化銦錫（ITO）、含矽或氧化矽的氧化銦錫、氧化銦鋅（IZO）、含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦（IWZO）等）的疊層。

另外，藉由使用密封劑 905 將密封基板 904 和元件基板 910 貼合在一起，形成在由元件基板 910、密封基板 904 以及密封劑 905 圍繞而成的空間 907 中具有發光元件 918 的結構。另外，在空間 907 中填充有填充劑，除了填充惰性氣體（氮或氬等）的情況以外，還有填充密封劑 905 的情況。

另外，密封劑 905 較佳使用環氧類樹脂。此外，這些材料較佳為盡可能地不透過水分、氧的材料。此外，作為用於密封基板 904 的材料，除了玻璃基板、石英基板以外，還可以使用由 FRP（Fiberglass-Reinforced Plastics；玻

璃纖維強化塑膠)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯或丙烯酸系物等構成的塑膠基板。

以上述方式，可以獲得具有本發明的發光元件的主動矩陣型發光裝置。

此外，本發明的發光元件不僅用於上述主動矩陣型發光裝置，而且還可以用於被動矩陣型發光裝置。圖 10A 和 10B 示出使用本發明的發光元件的被動矩陣型發光裝置的透視圖及截面圖。注意，圖 10A 是示出發光裝置的透視圖，而圖 10B 是沿著線 X-Y 截斷圖 10A 而獲得的截面圖。

在圖 10A 和 10B 中，在基板 1001 上，在第一電極 1002 和第二電極 1003 之間提供有 EL 層 1004。第一電極 1002 的端部被絕緣層 1005 覆蓋。並且，在絕緣層 1005 上提供有隔斷層(partition layer)1006。隔斷層 1006 的側壁傾斜，其隨著接近於基板表面，一方側壁和另一方側壁之間の間隔變窄。換言之，隔斷層 1006 的短邊方向的截面為梯形，梯形底邊(與絕緣層 1005 的表面平行且與絕緣層 1005 接觸的邊)比梯形上邊(與絕緣層 1005 的表面平行且不與絕緣層 1005 接觸的邊)短。像這樣，藉由提供隔斷層 1006，可以防止起因於靜電等的發光元件的缺陷。

以上述方式，可以獲得具有本發明的發光元件的被動矩陣型發光裝置。

注意，本實施方式所示的發光裝置(主動矩陣型發光裝置、被動矩陣型發光裝置)都使用本發明的具有高發光效率的發光元件形成，所以可以獲得減少了耗電量的發光

裝置。

注意，在實施方式 4 中，可以適當地組合實施方式 1 至 3 所示的結構而使用。

#### [實施方式 5]

在本實施方式 5 中，對於在其一部分包括實施方式 4 中所示的本發明的發光裝置的本發明的電子設備進行說明。作為這種電子設備，可以舉出攝影機如視訊攝影機或數位攝影機等、護目鏡型顯示器、導航系統、聲音再現裝置（汽車音響、組合音響等）、電腦、遊戲機、可攜式資訊終端（移動式電腦、行動電話、可攜式遊戲機或電子圖書等）、具有記錄介質的圖像再現裝置（具體為再現數位通用光碟（DVD）等記錄介質且具有可以顯示其圖像的顯示裝置的裝置）等。圖 11A 至 11D 示出這些電子設備的具體例子。

圖 11A 是根據本發明的電視裝置，包括框體 9101、支撐台 9102、顯示部 9103、揚聲器部 9104、視頻輸入端子 9105 等。在該電視裝置中，顯示部 9103 可以應用本發明的發光裝置。本發明的發光裝置具有可以獲得高發光效率的特徵，因此藉由應用本發明的發光裝置，可以獲得減少了耗電量的電視裝置。

圖 11B 是根據本發明的電腦，包括主體 9201、框體 9202、顯示部 9203、鍵盤 9204、外部連接埠 9205、定位裝置 9206 等。在該電腦中，顯示部 9203 可以應用本發明

的發光裝置。本發明的發光裝置具有可以獲得高發光效率的特徵，因此藉由應用本發明的發光裝置，可以獲得減少了耗電量的電腦。

圖 11C 是根據本發明的行動電話，包括主體 9401、框體 9402、顯示部 9403、聲音輸入部 9404、聲音輸出部 9405、操作鍵 9406、外部連接埠 9407、天線 9408 等。在該行動電話中，顯示部 9403 可以應用本發明的發光裝置。本發明的發光裝置具有可以獲得高發光效率的特徵，因此藉由應用本發明的發光裝置，可以獲得減少了耗電量的行動電話。

圖 11D 是根據本發明的攝影機，包括主體 9501、顯示部 9502、框體 9503、外部連接埠 9504、遙控接收部 9505、影像接收部 9506、電池 9507、聲音輸入部 9508、操作鍵 9509、目鏡部 9510 等。在該攝影機中，顯示部 9502 可以應用本發明的發光裝置。本發明的發光裝置具有可以獲得高發光效率的特徵，因此藉由應用本發明的發光裝置，可以獲得減少了耗電量的攝影機。

如上所述，本發明的發光裝置的應用範圍很廣泛，將該發光裝置可以應用於各種領域的電子設備。藉由使用本發明的發光裝置，可以獲得減少了耗電量的電子設備。

此外，本發明的發光裝置也可以用作照明裝置。圖 12 是將本發明的發光裝置用作背光的液晶顯示裝置的一個例子。圖 12 所示的液晶顯示裝置包括框體 1201、液晶層 1202、背光 1203 以及框體 1204，液晶層 1202 與驅動器

IC 1205 連接。此外，作為背光 1203 使用本發明的發光裝置，藉由端子 1206 供應電流。

藉由將本發明的發光裝置用作液晶顯示裝置的背光，可以獲得耗電量低的背光。此外，本發明的發光裝置是面發光的照明裝置，也可以實現大面積化，因此可以獲得實現低耗電量和大面積的液晶顯示裝置。

圖 13 是將應用本發明的發光裝置用作作為照明裝置的檯燈的例子。圖 13 所示的檯燈包括框體 1301 和光源 1302，將本發明的發光裝置用作光源 1302。本發明的發光裝置具有高發光效率的發光元件，所以可以用作低耗電量的檯燈。

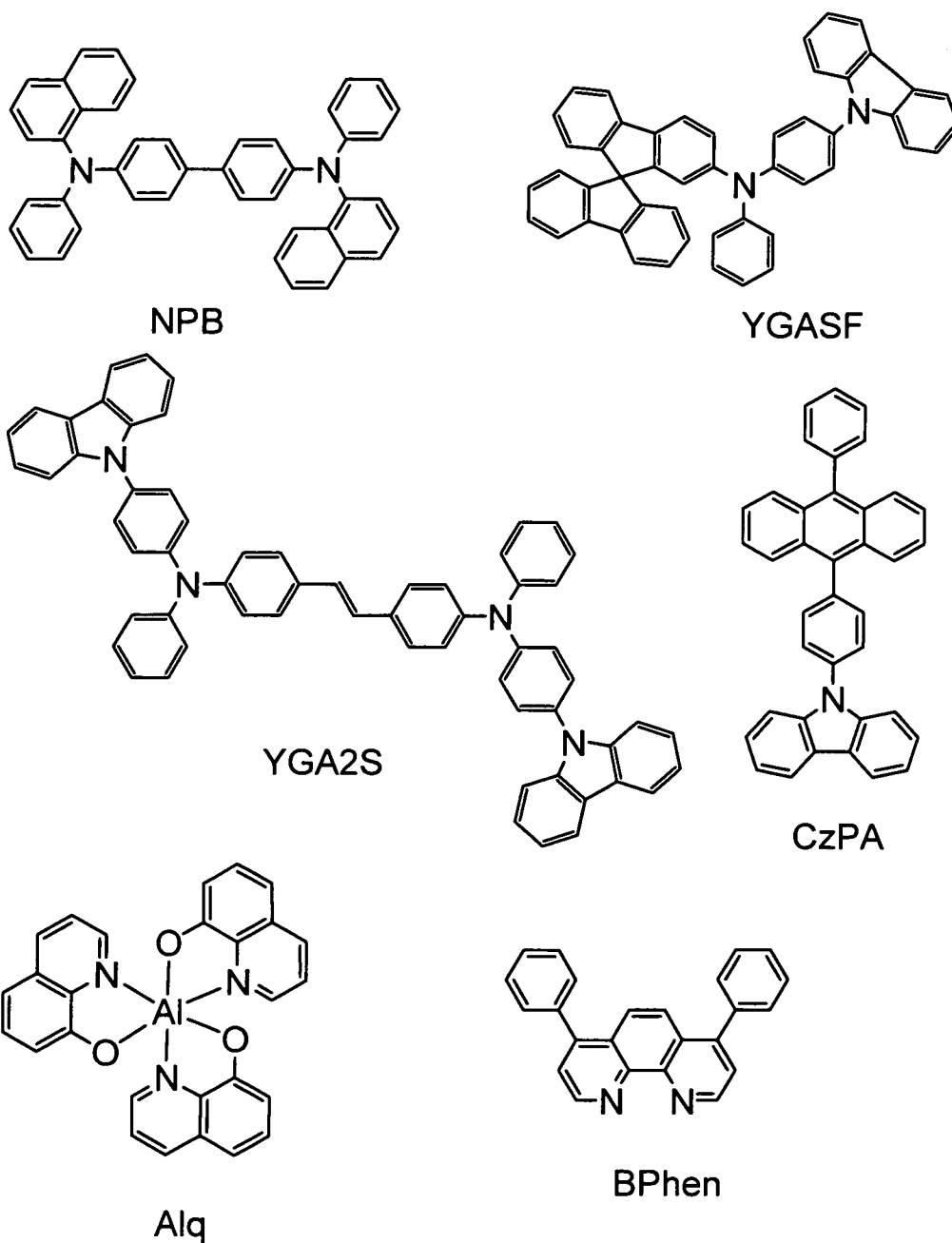
圖 14 為將應用本發明的發光裝置用作室內照明裝置 1401 的例子。由於本發明的發光裝置也可以實現大面積化，所以可以用作大面積的照明裝置。此外，本發明的發光裝置由於具有高發光效率的發光元件，因此可以用作低耗電量的照明裝置。像這樣，可以在將應用本發明的發光裝置用作室內照明裝置 1401 的房間內設置如圖 11A 所說明的本發明的電視裝置 1402，來欣賞廣播或電影。

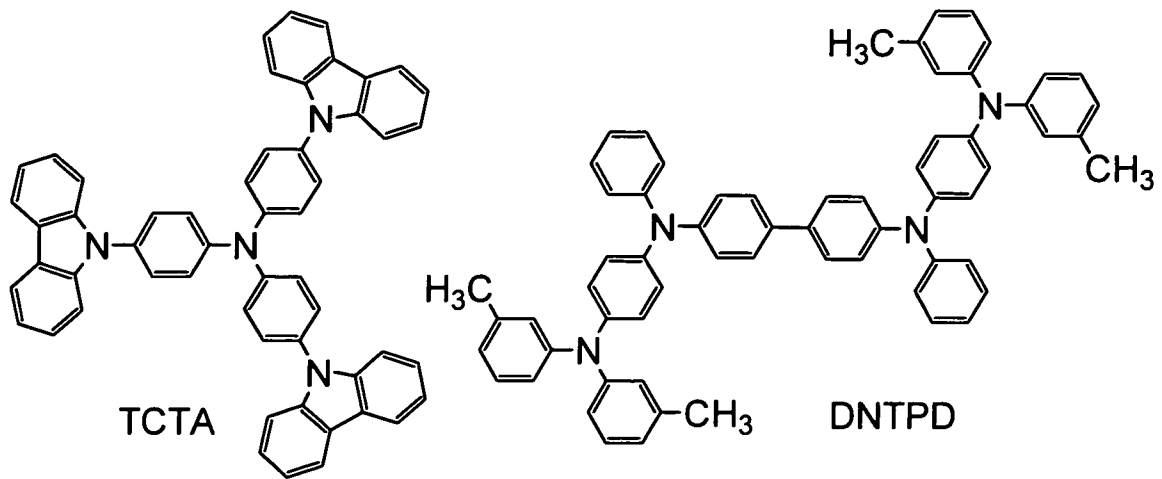
注意，在本實施方式 5 中，可以適當地組合實施方式 1 至 5 所示的結構而使用。

#### [實施例 1]

在本實施例 1 中，作為本發明的發光元件，示出具有實施方式 1 所說明的結構的發光元件的製造方法及元件特

性的測定結果。注意，圖 15A 示出本實施例所示的發光元件（發光元件 1 至發光元件 3）的元件結構，而圖 15B 示出發光元件 4 的元件結構，以與上述發光元件比較。此外，下面示出本實施例 1 中使用的有機化合物的結構式。





(發光元件 1 的製造)

發光元件 1 是具有在實施方式 1 中參照圖 1A 進行說明的結構的發光元件。具體而言，它是當圖 15A 中的第二層 1512 的 HOMO 能級比第一層 1511 及第三層 1513 的 HOMO 能級深（絕對值較大）時的發光元件。

首先，在玻璃基板 1501 上藉由濺射法沈積包含氧化矽的氧化銦錫，來形成第一電極 1502。注意，第一電極 1502 的厚度為 110nm，而電極面積為 2mm×2mm。

接著，在第一電極 1502 上形成層疊有多個層的 EL 層 1503。在本實施例中，EL 層 1503 具有按順序層疊電洞注入層的第一層 1511、電洞傳輸層的第二層 1512、電洞傳輸層的第三層 1513、發光層的第四層 1514、電子傳輸層 1515、電子注入層的第六層 1516 的結構。

在以將形成有第一電極 1502 的面成爲下面的方式將形成有第一電極 1502 的基板固定在提供在真空蒸鍍裝置內的基板支架，並減壓到  $10^{-4}$ Pa 左右，然後在第一電極 1502 上進行 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮

寫：NPB）和氧化鉬（VI）的共蒸鍍，從而形成電洞注入層的第一層 1511。使其厚度為 30 nm，並且控制蒸鍍速率以使 NPB 和氧化鉬（VI）的重量比為 4：1（=NPB：氧化鉬）。注意，共蒸鍍法為一種蒸鍍法，其中藉由在一個處理室內同時使用多個蒸發源來執行蒸鍍。

接著，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法，在第一層 1511 上沈積厚度為 10nm 的 N-[4-（9H-吡啶-9-基）苯基]-N-苯基-螺-9,9'-聯萘-2-胺（縮寫：YGASF），從而形成電洞傳輸層的第二層 1512。

接著，藉由使用電阻加熱的蒸鍍法，在第二層 1512 上沈積厚度為 20nm 的 4,4'-雙 N-（1-萘基）-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB），從而形成電洞傳輸層的第三層 1513。

接著，在第三層 1513 上形成發光層的第二層 1514。藉由進行 9-[4-（N-吡啶基）]苯基-10-苯基蔥（縮寫：CzPA）和 N,N'-雙[4-（9H-吡啶-9-基）苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺（縮寫：YGA2S）的共蒸鍍，來形成厚度為 30nm 的第四層 1514。在此，控制蒸鍍速率以使 CzPA 和 YGA2S 的重量比為 1：0.04（=CzPA：YGA2S）。

再者，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法，在第四層 1514 上沈積厚度為 20nm 的三（8-羥基喹啉）鋁（III）（縮寫：Alq），並在其上沈積厚度為 10nm 的紅啡啉（縮寫：BPhen），從而形成電子傳輸層的第二層 1515。

藉由在第五層 1515 上沈積厚度為 1nm 的氟化鋰 (LiF) ，形成電子注入層的第六層 1516 。

最後，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法沈積厚度為 200nm 的鋁，來形成第二電極 1504，從而形成發光元件 1。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封藉由上述步驟獲得的本發明的發光元件 1。然後，測定這種發光元件的工作特性。注意，在室溫（保持為 25℃ 的氣氛）下進行測定。

圖 17 示出發光元件 1 的電流密度-亮度特性。圖 18 示出電壓-亮度特性。圖 19 示出亮度-電流效率特性。圖 20 示出當流過 1mA 的電流時的發射光譜。

當發光元件 1 的亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的 CIE 色度座標為 ( $x=0.16$ ， $y=0.18$ )，並呈現源自 YGA2S 的藍光。另外，當亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的電流效率為  $5.4\text{cd/A}$ ，呈現高效率。當亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的驅動電壓為 5.6V。

#### (發光元件 2 的製造)

發光元件 2 是與發光元件 1 同樣地具有在實施方式 1 中參照圖 1A 說明的結構的發光元件。具體而言，它是在圖 15A 和 15B 中的第二層 1512 的 HOMO 能級比第一層 1511 及第三層 1513 的 HOMO 能級深（絕對值較大）的情況下的發光元件。

除了使用 4,4',4''-三(N-吡啶基)三苯胺（縮寫：TCTA）代替用於發光元件 1 的第二層 1512 的 YGASF 的

步驟之外，發光元件 2 的製造步驟與發光元件 1 的製造步驟同樣地進行。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封所獲得的本發明的發光元件 2。然後，測定該發光元件的工作特性。注意，在室溫（保持為 25℃ 的氣氛）下進行測定。

圖 17 示出發光元件 2 的電流密度-亮度特性。圖 18 示出電壓-亮度特性。圖 19 示出亮度-電流效率特性。圖 20 示出當流過 1mA 的電流時的發射光譜。

當發光元件 2 的亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的 CIE 色度座標為（ $x=0.16$ ， $y=0.18$ ），並呈現源自 YGA2S 的藍光。另外，當亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的電流效率為  $7.7\text{cd/A}$ ，呈現高效率。當亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的驅動電壓為 6.4V。

（發光元件 3 的製造）

發光元件 3 與發光元件 1 及發光元件 2 不同，是具有在實施方式 1 中參照圖 1B 說明的結構的發光元件。具體而言，它是在圖 15A 中的第二層 1512 的 HOMO 能級比第一層 1511 及第三層 1513 的 HOMO 能級淺（絕對值較小）的情況下的發光元件。

發光元件 3 使用 4,4'-雙（N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基胺基]苯基}-N-苯基胺基）聯苯（縮寫：DNTPD）代替用於發光元件 1 的第二層 1512 的 YGASF 與發光元件 1 同樣地製造。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封所獲得的本發明的發光元件 3。然後，測定該發光元件的工作特性。注意，在室溫（保持為 25°C 的氣氛）下進行測定。

圖 17 示出發光元件 3 的電流密度-亮度特性。圖 18 示出電壓-亮度特性。圖 19 示出亮度-電流效率特性。圖 20 示出當流過 1mA 的電流時的發射光譜。

當發光元件 3 的亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的 CIE 色度座標為  $(x=0.16, y=0.17)$ ，並呈現源自 YGA2S 的藍光。另外，當亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的電流效率為  $5.1\text{cd/A}$ ，呈現高效率。當亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的驅動電壓為 5.2V。

（發光元件 4 的製造）

接著，製造具有圖 15B 所示的結構的發光元件 4（不提供上述發光元件 1 至發光元件 3 中的第二層 1512 的結構）作為用來比較的發光元件。下面示出其製造方法。

首先，在玻璃基板 1501 上藉由濺射法沈積包含氧化矽的氧化銮錫，來形成第一電極 1502。注意，第一電極 1502 的厚度為 110nm，而電極面積為  $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。

在以將形成有第一電極 1502 的面成為下面的方式將形成有第一電極 1502 的基板固定在提供在真空蒸鍍裝置內的基板支架，並減壓到  $10^{-4}\text{Pa}$  左右，然後在第一電極 1502 上進行 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB）和氧化鋁（VI）的共蒸鍍，從而形成電洞注入

層的第一層 1511。其厚度為 30 nm，並且控制蒸鍍速率以使 NPB 和氧化鋁（VI）的重量比為 4：1（=NPB：氧化鋁）。注意，共蒸鍍法為一種蒸鍍法，其中藉由在一個處理室內同時使用多個蒸發源來執行蒸鍍。

接著，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法沈積厚度為 30nm 的 4,4'-二[N-（1-萘基）-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB），從而形成電洞傳輸層的第三層 1513。

然後，在第三層 1513 上形成發光層的第四層 1514。藉由進行（縮寫：CzPA）和 N,N'-雙[4-（9H-吡啶-9-基）苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺（縮寫：YGA2S）的共蒸鍍，來形成厚度為 30nm 的第四層 1514。在此，控制蒸鍍速率以使 CzPA 和 YGA2S 的重量比為 1：0.04（=CzPA：YGA2S）。

再者，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法，在第四層 1514 上沈積厚度為 20nm 的三（8-羥基喹啉）鋁（III）（縮寫：Alq），並在其上沈積 10nm 厚的紅啡啉（縮寫：BPhen），從而形成電子傳輸層的第五層 1515。

接著，藉由在第五層 1515 上沈積 1nm 厚的氟化鋰（LiF），形成電子注入層的第六層 1516。

最後，藉由使用電阻加熱的蒸鍍法沈積厚度為 200nm 的鋁，來形成第二電極 1504，從而製造發光元件 4。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封藉由上述步驟獲得的發光元件 4。然後，測定這種發光元件 4 的工作特性。注意，在室溫（保持為 25°C 的氣

氛) 下進行測定。

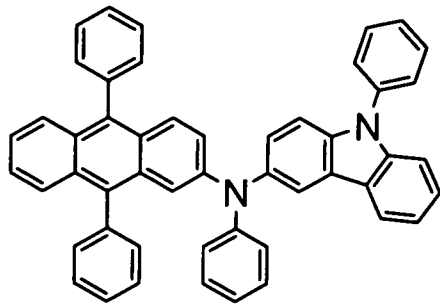
圖 17 示出發光元件 4 的電流密度-亮度特性。圖 18 示出電壓-亮度特性。圖 19 示出亮度-電流效率特性。

當發光元件 4 的亮度為  $1000\text{cd/m}^2$  時的 CIE 色度座標為 ( $x=0.16$ ,  $y=0.17$ )，並與發光元件 1 至 3 同樣地呈現源自 YGA2S 的藍光。另外，發光元件 4 的電流效率為  $3.6\text{cd/A}$ ，當與發光元件 1 至發光元件 3 的電流效率進行比較時，可得知其電流效率比發光元件 1 至發光元件 3 的電流效率低。

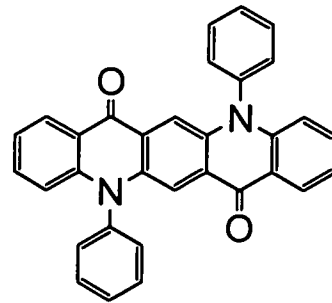
如上所述，可得知發光元件 1 至發光元件 3 是與發光元件 4 相比高效率的發光元件。因此，藉由應用本發明，可以獲得高效率的發光元件。

#### [實施例 2]

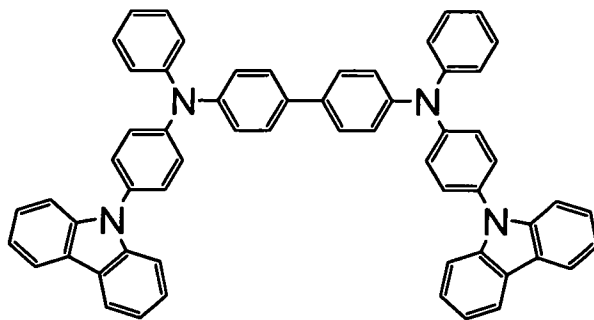
在本實施例 2 中，作為本發明的發光元件，示出具有實施方式 2 所說明的結構的發光元件的製造方法及元件特性的測定結果。注意，圖 16A 示出本實施例所示的發光元件（發光元件 5 至發光元件 7）的元件結構，而圖 16B 示出與該發光元件進行比較的發光元件 8 的元件結構。此外，下面示出用於實施例 2 的有機化合物的結構式。注意，對於實施例 1 所示的有機化合物可參照實施例 1 得知，而這裏省略其說明。



2PCAPA



DPQd



YGABP

(發光元件 5 的製造)

發光元件 5 是具有在實施方式 2 中參照圖 4A 進行說明的結構的發光元件。具體而言，它是當圖 16A 中的第二層 1612 的 HOMO 能級比第一層 1611 及第三層 1613 的 HOMO 能級深（絕對值較大）時的發光元件。再者，如圖 6A 和 6B 的示意圖所示，發光元件 5 是當第七層動力地控制載流子（電子）時的發光元件。

首先，在玻璃基板 1601 上藉由濺射法沈積包含氧化矽的氧化銦錫，來形成第一電極 1602。注意，第一電極 1602 的厚度為 110nm，而電極面積為 2mm×2mm。

接著，在第一電極 1602 上形成層疊有多個層的 EL 層 1603。在本實施例中，EL 層 1603 具有按順序層疊電洞注入層的第一層 1611、電洞傳輸層的第二層 1612、電洞傳

輸層的第三層 1613、發光層的第四層 1614、用來控制電子載流子的傳輸的載流子控制層的第七層 1617、電子傳輸層的第五層 1615、電子注入層的第六層 1616 的結構。

在以將形成有第一電極 1602 的面成爲下面的方式將形成有第一電極 1602 的基板固定在提供在真空蒸鍍裝置內的基板支架，並減壓到  $10^{-4}$  Pa 左右，然後在第一電極 1602 上進行 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB）和氧化鋇（VI）的共蒸鍍，從而形成電洞注入層的第一層 1611。其厚度爲 30 nm，並且控制蒸鍍速率以使 NPB 和氧化鋇（VI）的重量比爲 4：1（=NPB：氧化鋇）。注意，共蒸鍍法爲一種蒸鍍法，其中藉由在一個處理室內同時使用多個蒸發源來執行蒸鍍。

接著，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法，在第一層 1611 上沈積厚度爲 10nm 的 N-[4-(9H-吡啶-9-基)苯基]-N-苯基-螺-9,9'-聯萘-2-胺（縮寫：YGASF），從而形成電洞傳輸層的第二層 1612。

接著，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法，在第二層 1612 上沈積厚度爲 20nm 的 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB），從而形成電洞傳輸層的第三層 1613。

接著，在第三層 1613 上形成發光層的第四層 1614。藉由進行 9-[4-(N-吡啶基)]苯基-10-苯基蔥（縮寫：CzPA）和 N-(9,10-二苯基-2-蔥基)-N,9-二苯基-9H-吡啶-3-胺（縮寫：2PCAPA）的共蒸鍍，來形成厚度爲 30nm

的第四層 1614。在此，控制蒸鍍速率以使 CzPA 和 2PCAPA 的重量比為 1 : 0.05 (=CzPA : 2PCAPA)。

再者，在第四層 1614 上進行三(8-羥基喹啉)鋁(III) (縮寫: Alq) 和 N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-吡啶-3-胺(縮寫: 2PCAPA) 的共蒸鍍，來形成厚度為 10nm 的用來控制電子載流子的傳輸的載流子控制層的第七層 1617。在此，控制蒸鍍速率以使 Alq 和 2PCAPA 的重量比為 1 : 0.1 (=Alq : 2PCAPA)。

然後，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法在第七層 1617 上沈積厚度為 30nm 的三(8-羥基喹啉)鋁(III) (縮寫: Alq)，從而形成電子傳輸層的第五層 1615。

接著，藉由在第五層 1615 上沈積厚度為 1nm 的氟化鋰(LiF)，形成電子注入層的第六層 1616。

最後，藉由使用電阻加熱的蒸鍍法沈積厚度為 200nm 的鋁，來形成第二電極 1604，從而製造發光元件 5。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封藉由上述步驟獲得的本發明的發光元件 5。然後，測定該發光元件的工作特性。注意，在室溫(保持為 25°C 的氣氛)下進行測定。

圖 21 示出發光元件 5 的電流密度-亮度特性。圖 22 示出電壓-亮度特性。圖 23 示出亮度-電流效率特性。圖 24 示出當流過 1mA 的電流時的發射光譜。此外，圖 25 示出，對於發光元件 5 以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試而得到的結果(縱軸為當以

5000cd/m<sup>2</sup> 為 100%時的相對亮度)。

當發光元件 5 的亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的 CIE 色度座標為 (x=0.29, y=0.63)，並呈現源自 2PCAPA 的綠光。另外，當亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的電流效率為 19cd/A，呈現高效率。當亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的驅動電壓為 8.4V。

再者，對於發光元件 5 以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試。結果，發光元件 5 在 1000 小時之後也保持起始亮度的 81%，就可得知它具有高效率，而且具有長的使用壽命。

(發光元件 6 的製造)

發光元件 6 是具有在實施方式 2 中參照圖 4A 進行說明的結構的發光元件。具體而言，它是當圖 16A 中的第二層 1612 的 HOMO 能級比第一層 1611 及第三層 1613 的 HOMO 能級深(絕對值較大)時的發光元件。再者，如圖 7 的示意圖所示，發光元件 6 是當第七層熱力地控制載流子(電子)時的發光元件。

除了作為用於發光元件 5 的第七層 1617 的 Alq 和 2PCAPA 的共蒸鍍膜採用 Alq 和 N,N'-二苯基喹吡啶酮(縮寫: DPQd)的共蒸鍍膜之外，與發光元件 5 同樣地製造發光元件 6。在此，控制蒸鍍速率以使 Alq 和 DPQd 的重量比為 1:0.005 (=Alq:DPQd)。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封所獲得的本發明的發光元件 6。然後，測定該發光

元件的工作特性。注意，在室溫（保持為 25°C 的氣氛）下進行測定。

圖 21 示出發光元件 6 的電流密度-亮度特性。圖 22 示出電壓-亮度特性。圖 23 示出亮度-電流效率特性。圖 24 示出當流過 1mA 的電流時的發射光譜。此外，圖 25 示出，對於發光元件 6 以  $5000\text{cd/m}^2$  的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試而得到的結果（縱軸為當以  $5000\text{cd/m}^2$  為 100% 時的相對亮度）。

當發光元件 6 的亮度為  $5000\text{cd/m}^2$  時的 CIE 色度座標為（ $x=0.29$ ， $y=0.62$ ），並呈現源自 2PCAPA 的綠光。另外，當亮度為  $5000\text{cd/m}^2$  時的電流效率為  $15\text{cd/A}$ ，呈現高效率。當亮度為  $5000\text{cd/m}^2$  時的驅動電壓為 9V。

再者，對於發光元件 6 以  $5000\text{cd/m}^2$  的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試。結果，發光元件 6 在 1000 小時之後也保持起始亮度的 80%，就可得知具有高效率，而且具有長的使用壽命。

（發光元件 7 的製造）

發光元件 7 是具有在實施方式 2 中參照圖 4A 進行說明的結構的發光元件。具體而言，它是當圖 16A 中的第二層 1612 的 HOMO 能級比第一層 1611 及第三層 1613 的 HOMO 能級深（絕對值較大）時的發光元件。再者，如圖 6A 和 6B 的示意圖所示，發光元件 7 是當第七層動力地控制載流子（電子）時的發光元件。

發光元件 7 使用 N,N'-雙[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基聯苯-4,4'-二胺(縮寫:YGABP)代替用於發光元件 5 的第二層 1612 的 YGASF 與發光元件 5 同樣地製造。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封所獲得的本發明的發光元件 7。然後，測定該發光元件的工作特性。注意，在室溫(保持為 25°C 的氣氛)下進行測定。

圖 21 示出發光元件 7 的電流密度-亮度特性。圖 22 示出電壓-亮度特性。圖 23 示出亮度-電流效率特性。圖 24 示出當流過 1mA 的電流時的發射光譜。此外，圖 25 示出，對於發光元件 7 以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試而得到的結果(縱軸為當以 5000cd/m<sup>2</sup> 為 100%時的相對亮度)。

當發光元件 7 的亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的 CIE 色度座標為 (x=0.29, y=0.63)，並呈現源自 2PCAPA 的綠光。另外，當亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的電流效率為 17cd/A，呈現高效率。當亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的驅動電壓為 8.1V。

再者，對於發光元件 7 以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試。結果，發光元件 7 在 1000 小時之後也保持起始亮度的 85%，就可得知具有高效率，而且具有長的使用壽命。

(發光元件 8 的製造)

接著，製造具有圖 16B 所示的結構的發光元件 8（不提供上述發光元件 5 至發光元件 7 中的第二層 1612 及第七層 1617 的結構）作為用來比較的發光元件。下面示出其製造方法。

首先，在玻璃基板 1601 上藉由濺射法沈積包含氧化矽的氧化銦錫，來形成第一電極 1602。注意，第一電極 1602 的厚度為 110nm，而電極面積為 2mm×2mm。

接著，在以將形成有第一電極 1602 的面成為下面的方式將形成有第一電極 1602 的基板固定在提供在真空蒸鍍裝置內的基板支架，並減壓到  $10^{-4}$ Pa 左右，然後在第一電極 1602 上進行 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB）和氧化鉬（VI）的共蒸鍍，從而形成電洞注入層的第一層 1611。其厚度為 50 nm，並且控制蒸鍍速率以使 NPB 和氧化鉬（VI）的重量比為 4：1（=NPB：氧化鉬）。注意，共蒸鍍法為一種蒸鍍法，其中藉由在一個處理室內同時使用多個蒸發源來執行蒸鍍。

接著，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法，沈積厚度為 10nm 的 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB），從而形成電洞傳輸層的第三層 1613。

接著，在第三層 1613 上形成發光層的第四層 1614。藉由進行 9-[4-(N-咪唑基)]苯基-10-苯基蔥（縮寫：CzPA）和 N-(9,10-二苯基-2-蔥基)-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺（縮寫：2PCAPA）的共蒸鍍，來形成厚度為 40nm 的第四層 1614。在此，控制蒸鍍速率以使 CzPA 和

2PCAPA 的重量比為 1 : 0.05 (=CzPA : 2PCAPA)。

再者，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法，在第四層 1614 上沈積厚度為 30nm 的三(8-羥基喹啉)鋁(III) (縮寫：Alq)，從而形成電子傳輸層的第五層 1615。

接著，藉由在第五層 1615 上沈積厚度為 1nm 的氟化鋰(LiF)，形成電子注入層的第六層 1616。

最後，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法沈積厚度為 200nm 的鋁，來形成第二電極 1604，從而製造發光元件 8。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封藉由上述步驟獲得的發光元件 8。然後，測定這種發光元件 8 的工作特性。注意，在室溫(保持為 25°C 的氣氛)下進行測定。

圖 21 示出發光元件 8 的電流密度-亮度特性。圖 22 示出電壓-亮度特性。圖 23 示出亮度-電流效率特性。此外，圖 25 示出，對於發光元件 8 以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試而得到的結果(縱軸為當以 5000cd/m<sup>2</sup> 為 100%時的相對亮度)。

當發光元件 8 的亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的 CIE 色度座標為(x=0.30, y=0.62)，而電流效率為 13cd/A，並且它與發光元件 5 至發光元件 7 同樣地呈現源自 2PCAPA 的綠光。當將發光元件 8 的電流效率與發光元件 5 至發光元件 7 的電流效率進行比較時，可得知發光元件 8 的電流效率比發光元件 5 至發光元件 7 低。另外，當以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度時的電流進行連續發光測試時，如圖 25 所示，其

亮度在 220 小時之後降低至起始亮度的 85%，並呈現比發光元件 5 至發光元件 7 短的使用壽命。

根據上述可得知與發光元件 8 相比，發光元件 5 至發光元件 7 具有高效率，而且具有長的使用壽命。因此，藉由應用本發明，可以獲得具有高效率且其使用壽命長的發光元件。

### [實施例 3]

在本實施例 3 中，示出具有與在實施例 2 中圖 16A 所示的元件結構相同的結構的發光元件（發光元件 9 至發光元件 11）的製造方法及元件特性的測定結果。注意，在本實施例中的說明中也參照圖 16A 和 16B。此外，對於本實施例 3 中使用的有機化合物，參照實施例 1 或實施例 2，而在此省略其說明。

#### （發光元件 9 的製造）

發光元件 9 是具有在實施方式 2 中參照圖 4A 進行說明的結構的發光元件。具體而言，它是當圖 16A 中的第二層 1612 的 HOMO 能級比第一層 1611 及第三層 1613 的 HOMO 能級深（絕對值較大）時的發光元件。再者，如圖 6A 和 6B 的示意圖所示，發光元件 9 是當第七層動力地控制載流子（電子）時的發光元件。

首先，在玻璃基板 1601 上藉由濺射法沈積包含氧化矽的氧化銻錫，來形成第一電極 1602。注意，第一電極

1602 的厚度為 110nm，而電極面積為 2mm×2mm。

接著，在第一電極 1602 上形成層疊有多個層的 EL 層 1603。在本實施例中，EL 層 1603 具有按順序層疊電洞注入層的第一層 1611、電洞傳輸層的第二層 1612、電洞傳輸層的第三層 1613、發光層的第四層 1614、用來控制電子載流子的傳輸的載流子控制層的第七層 1617、電子傳輸層的第五層 1615、電子注入層的第六層 1616 的結構。

在以將形成有第一電極 1602 的面成爲下面的方式將形成有第一電極 1602 的基板固定在提供在真空蒸鍍裝置內的基板支架，並減壓到  $10^{-4}$ Pa 左右，然後在第一電極 1602 上進行 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB）和氧化鉬（VI）的共蒸鍍，從而形成電洞注入層的第一層 1611。其厚度為 30 nm，並且控制蒸鍍速率以使 NPB 和氧化鉬（VI）的重量比爲 4：1（=NPB：氧化鉬）。注意，共蒸鍍法爲一種蒸鍍法，其中藉由在一個處理室內同時使用多個蒸發源來執行蒸鍍。

接著，藉由使用電阻加熱的蒸鍍法，在第一層 1611 上沈積 10nm 厚的 N-[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N-苯基-螺-9,9'-聯萘-2-胺（縮寫：YGASF），從而形成電洞傳輸層的第二層 1612。

接著，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法，在第二層 1612 上沈積厚度爲 20nm 的 4,4'-二[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB），從而形成電洞傳輸層的第三層 1613。

接著，在第三層 1613 上形成發光層的第四層 1614。藉由進行 9-[4-(N-咔唑基)]苯基-10-苯基蒽（縮寫：CzPA）和 N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺（縮寫：2PCAPA）的共蒸鍍，來形成厚度為 30nm 的第四層 1614。在此，控制蒸鍍速率以使 CzPA 和 2PCAPA 的重量比為 1:0.05 (=CzPA:2PCAPA)。

再者，在第四層 1614 上進行三(8-羥基喹啉)鋁(III)（縮寫：Alq）和 N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺（縮寫：2PCAPA）的共蒸鍍，來形成厚度為 10nm 的用來控制電子載流子的傳輸的載流子控制層的第七層 1617。在此，控制蒸鍍速率以使 Alq 和 2PCAPA 的重量比為 1:0.1 (=Alq:2PCAPA)。

再者，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法在第七層 1617 上沈積厚度為 30nm 的紅啡啉（縮寫：BPhen），從而形成電子傳輸層的第五層 1615。

接著，藉由在第五層 1615 上沈積厚度為 1nm 的氟化鋰（LiF），形成電子注入層的第六層 1616。

最後，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法沈積厚度為 200nm 的鋁，來形成第二電極 1604，從而製造發光元件 9。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的藉由上述步驟獲得的本發明的發光元件 9。然後，測定該發光元件的工作特性。注意，在室溫（保持為 25°C 的氣氛）下進行測定。

圖 26 示出發光元件 9 的電流密度-亮度特性。圖 27

示出電壓-亮度特性。圖 28 示出亮度-電流效率特性。圖 29 示出當流過 1mA 的電流時的發射光譜。此外，圖 30 示出，對於發光元件 9 以  $5000\text{cd/m}^2$  的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試而得到的結果（縱軸為當以  $5000\text{cd/m}^2$  為 100% 時的相對亮度）。

當發光元件 9 的亮度為  $5000\text{cd/m}^2$  時的 CIE 色度座標為（ $x=0.29$ ， $y=0.63$ ），並呈現源自 2PCAPA 的綠光。另外，當亮度為  $5000\text{cd/m}^2$  時的電流效率為  $24\text{cd/A}$ ，呈現非常高的效率。當亮度為  $5000\text{cd/m}^2$  時的驅動電壓為 5.4V。

再者，對於發光元件 9 以  $5000\text{cd/m}^2$  的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試。結果，發光元件 9 在 1000 小時之後也保持起始亮度的 71%，就可得知具有高效率，而且具有長的使用壽命。

（發光元件 10 的製造）

發光元件 10 是具有在實施方式 2 中參照圖 4A 進行說明的結構的發光元件。具體而言，它是當圖 16A 中的第二層 1612 的 HOMO 能級比第一層 1611 及第三層 1613 的 HOMO 能級深（絕對值較大）時的發光元件。再者，如圖 7 的示意圖所示，發光元件 10 是當第七層熱力地控制載流子（電子）時的發光元件。

除了作為用於發光元件 9 的第七層 1617 的 Alq 和 2PCAPA 的共蒸鍍膜採用 Alq 和 N,N'-二苯基喹吡啶酮（縮寫：DPQd）的共蒸鍍膜之外，與發光元件 9 同樣地製

造發光元件 10。在此，控制蒸鍍速率以使 Alq 和 DPQd 的重量比為 1 : 0.005 (=Alq : DPQd)。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封所獲得的本發明的發光元件 10。然後，測定該發光元件的工作特性。注意，在室溫（保持為 25℃ 的氣氛）下進行測定。

圖 26 示出發光元件 10 的電流密度-亮度特性。圖 27 示出電壓-亮度特性。圖 28 示出亮度-電流效率特性。圖 29 示出當流過 1mA 的電流時的發射光譜。此外，圖 30 示出，對於發光元件 10 以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試而得到的結果（縱軸為當以 5000cd/m<sup>2</sup> 為 100%時的相對亮度）。

當發光元件 10 的亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的 CIE 色度座標為 (x=0.28, y=0.62)，並呈現源自 2PCAPA 的綠光。另外，當亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的電流效率為 19cd/A，呈現非常高的效率。當亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的驅動電壓為 6.4V。

再者，對於發光元件 10 以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試。結果，發光元件 10 在 1000 小時之後也保持起始亮度的 80%，就可得知具有高效率，而且具有長的使用壽命。

（發光元件 11 的製造）

發光元件 11 是具有在實施方式 2 中參照圖 4A 進行說

明的結構的發光元件。具體而言，它是當圖 16A 中的第二層 1612 的 HOMO 能級比第一層 1611 及第三層 1613 的 HOMO 能級深（絕對值較大）時的發光元件。再者，如圖 6A 和 6B 的示意圖所示，發光元件 11 是當第七層動力地控制載流子（電子）時的發光元件。

除了將 N,N'-雙[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基聯苯-4,4'-二胺（縮寫:YGABP）作為用於發光元件 9 的第二層 1612 的 YGASF 之外，與發光元件 9 同樣地製造發光元件 11。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封所獲得的本發明的發光元件 11。然後，測定該發光元件的工作特性。注意，在室溫（保持為 25°C 的氣氛）下進行測定。

圖 26 示出發光元件 11 的電流密度-亮度特性。圖 27 示出電壓-亮度特性。圖 28 示出亮度-電流效率特性。圖 29 示出當流過 1mA 的電流時的發射光譜。此外，圖 30 示出，對於發光元件 11 以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試而得到的結果（縱軸為當以 5000cd/m<sup>2</sup> 為 100%時的相對亮度）。

當發光元件 11 的亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的 CIE 色度座標為（x=0.29，y=0.63），並呈現源自 2PCAPA 的綠光。另外，當亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的電流效率為 22cd/A，呈現非常高的效率。當亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的驅動電壓為 5.2V。

再者，對於發光元件 11 以  $5000\text{cd/m}^2$  的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試。結果，發光元件 11 在 1000 小時之後也保持起始亮度的 77%，就可得知具有高效率，而且具有長的使用壽命。

（發光元件 12 的製造）

接著，製造具有圖 16B 所示的結構的發光元件 12（不提供上述發光元件 9 至發光元件 11 中的第二層 1612 及第七層 1617 的結構）作為用來比較的發光元件。下面示出其製造方法。

首先，在玻璃基板 1601 上藉由濺射法沈積包含氧化矽的氧化銦錫，來形成第一電極 1602。注意，第一電極 1602 的厚度為 110nm，而電極面積為  $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ 。

在以將形成有第一電極 1602 的面成為下面的方式將形成有第一電極 1602 的基板固定在提供在真空蒸鍍裝置內的基板支架，並減壓到  $10^{-4}\text{Pa}$  左右，然後在第一電極 1602 上進行 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB）和氧化鉬（VI）的共蒸鍍，從而形成電洞注入層的第一層 1611。其厚度為 50 nm，並且控制蒸鍍速率以使 NPB 和氧化鉬（VI）的重量比為 4：1（=NPB：氧化鉬）。注意，共蒸鍍法為一種蒸鍍法，其中藉由在一個處理室內同時使用多個蒸發源來執行蒸鍍。

接著，藉由使用電阻加熱的蒸鍍法，沈積厚度為 10nm 的 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：

NPB)，從而形成電洞傳輸層的第三層 1613。

接著，在第三層 1613 上形成發光層的第四層 1614。藉由進行 9-[4-(N-咪唑基)]苯基-10-苯基蒽（縮寫：CzPA）和 N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺（縮寫：2PCAPA）的共蒸鍍，來形成厚度為 40nm 的第四層 1614。在此，控制蒸鍍速率以使 CzPA 和 2PCAPA 的重量比為 1：0.05（=CzPA：2PCAPA）。

再者，藉由使用電阻加熱的蒸鍍法，在第四層 1614 上沈積厚度為 30nm 厚的紅啡啉（縮寫：BPhen），從而形成電子傳輸層的第五層 1615。

接著，藉由在第五層 1615 上沈積厚度為 1nm 的氟化鋰（LiF），形成電子注入層的第六層 1616。

最後，藉由利用電阻加熱的蒸鍍法沈積厚度為 200nm 的鋁，來形成第二電極 1604，從而製造發光元件 12。

在氮氣氛的手套式操作箱中，以不被暴露在大氣的方式密封藉由上述步驟獲得的發光元件 12。然後，測定這種發光元件 12 的工作特性。注意，在室溫（保持為 25℃ 的氣氛）下進行測定。

圖 26 示出發光元件 12 的電流密度-亮度特性。圖 27 示出電壓-亮度特性。圖 28 示出亮度-電流效率特性。此外，圖 30 示出，對於發光元件 12 以 5000cd/m<sup>2</sup> 的起始亮度進行利用恆電流驅動的連續發光測試而得到的結果（縱軸為當以 5000cd/m<sup>2</sup> 為 100% 時的相對亮度）。

當發光元件 12 的亮度為 5000cd/m<sup>2</sup> 時的 CIE 色度座

標為 ( $x=0.30$ ,  $y=0.62$ )，而電流效率為  $17\text{cd/A}$ ，並且它與發光元件 9 至發光元件 11 同樣地呈現源自 2PCAPA 的綠光。當將發光元件 12 的電流效率與發光元件 9 至發光元件 11 的電流效率進行比較時，知道發光元件 12 的電流效率比發光元件 9 至發光元件 11 低。另外，當以  $5000\text{cd/m}^2$  的起始亮度時的電流進行連續發光測試時，如圖 30 所示，其亮度在 180 小時之後降低到起始亮度的 70%，並呈現比發光元件 9 至發光元件 11 短的使用壽命。

根據上述就可得知與發光元件 12 相比，發光元件 9 至發光元件 11 具有高效率，而且具有長的使用壽命。因此，藉由應用本發明，可以獲得具有高效率且其使用壽命長的發光元件。

#### [實施例 4]

在本實施例中，藉由迴圈伏安測量法 (CV) 測量 N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基-螺-9,9'-二芴-2-胺 (簡稱: YGASF)、N,N'-雙[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基聯苯-4,4'-二胺 (簡稱: YGABP)、4,4',4''-三(N-咔唑基)三苯胺 (簡稱: TCTA)、以及 4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯 (簡稱: NPB) 的氧化特性，該 YGASF、YGABP、TCTA、NPB 用於實施例 1、實施例 2、及實施例 3 中所製造的發光元件 (發光元件 1 至發光元件 3、發光元件 5 至發光元件 7、發光元件 9 至發光元件 11) 中用作電洞傳輸層的第二層 (圖 15A 中的第二層 1512

，圖 16A 中的第二層 1612) 及第三層 (圖 15A 和 15B 中的第三層 1513，圖 16A 和 16B 中的第三層 1613)。

此外，根據該測量結果，求得 YGASF、YGABP、TCTA、NPB 的 LUMO 能級。注意，使用電化學分析器 (由 BAS Inc. 生產，ALS 600A 型或 600C 型) 進行測量。

對於用於 CV 測量的溶液，使用脫水二甲基甲醯胺 (DMF) (由 Sigma-Aldrich Inc. 生產，99.8%，目錄編號：22705-6) 作為溶劑，將支持電解質過氯酸四正丁基銨 ( $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ ) (由 Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 生產，目錄編號：T0836) 溶解於溶劑中，並使其濃度為 100mmol/L。再者，使測量的物件溶解，並使其濃度為 10mmol/L。但是，不完全溶解時，其澄清液體使用於 CV 測量。另外，將鉑電極 (PTE 鉑電極，由 BAS Inc. 生產) 用作工作電極，將鉑電極 (VC-3 Pt 相對電極 (5 cm)，由 BAS Inc. 生產) 用作輔助電極，將  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  電極 (RE5 非水溶劑參考電極，由 BAS Inc. 生產) 用作參考電極。注意，測量是在室溫 (20°C 至 25°C) 下進行的。

(參考電極相對於真空能級的位能的計算)

首先，算出在本實施例 4 中使用的參考電極 ( $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  電極) 的相對於真空能級的位能 (eV)。也就是說，算出  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  電極的費米能級。已知的是，在甲醇中的二茂鐵的氧化還原電位相對於標準氫電極為 +0.610[V vs. SHE] (參照文件：Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc.,

Vol. 124, No.1, p.83-96, 2002)。另一方面，藉由利用在本實施例 4 中使用的參考電極來求得在甲醇中的二茂鐵的氧化還原電位，其結果是  $+0.20\text{V}[\text{V vs. Ag/Ag}^+]$ 。從而，可以得知在本實施例 4 中使用的參考電極的位能比標準氫電極低  $0.41[\text{eV}]$ 。

在此，已知的是，標準氫電極的相對於真空能級的位能差是  $-4.44\text{eV}$ （參照文獻：大西敏博、小山珠美，高分子 EL 材料（共立出版），p.64-67）。綜上所述，可以求得本實施例 4 所使用的參考電極的相對於真空能級的位能為  $-4.44-0.41=-4.85[\text{eV}]$ 。

（測量例 1；YGASF）

在本測量例 1 中，藉由迴圈伏安測量法（CV）測量 YGASF 的氧化特性。其中的掃描速度為  $0.1\text{V}/\text{sec}$ 。圖 31 示出其測量結果。注意，藉由將相對於參考電極的工作電極的電位從  $-0.18\text{V}$  掃描到  $+1.80\text{V}$ ，然後從將它  $+1.80\text{V}$  掃描到  $-0.18\text{V}$ ，來測量氧化特性。

從圖 31 可見，氧化峰值電位  $E_{pa}$  為  $+0.63\text{V}$ ，還原峰值電位  $E_{pc}$  為  $+0.55\text{V}$ 。從而，可算出  $+0.59\text{V}$  的半波電位（ $E_{pc}$  和  $E_{pa}$  的中間電位）。這表示 YGASF 由  $+0.59[\text{V vs. Ag/Ag}^+]$  的電能氧化，並且該電能相當於 HOMO 能級。在此，由於如上所述在本實施例 4 中使用的參考電極的相對於真空能級的位能為  $-4.85[\text{eV}]$ ，因此可以得知 YGASF 的 HOMO 能級為  $-4.85-(+0.59)=-5.44[\text{eV}]$ 。

## ( 測量例 2 ; YGABP )

在本測量例 2 中，藉由迴圈伏安測量法 ( CV ) 測量 YGABP 的氧化特性。其中的掃描速度為  $0.1\text{V}/\text{sec}$ 。圖 32 示出其測量結果。注意，藉由將相對於參考電極的工作電極的電位從  $-0.20\text{V}$  掃描到  $+1.00\text{V}$ ，然後將它從  $+1.00\text{V}$  掃描到  $-0.20\text{V}$ ，來測量氧化特性。

從圖 32 可見，氧化峰值電位  $E_{pa}$  為  $+0.66\text{V}$ ，還原峰值電位  $E_{pc}$  為  $+0.50\text{V}$ 。從而，可算出  $+0.58\text{V}$  的半波電位 (  $E_{pc}$  和  $E_{pa}$  的中間電位 )。這表示 YGABP 由  $+0.58[\text{V vs. Ag}/\text{Ag}^+]$  的電能氧化，並且該電能相當於 HOMO 能級。在此，由於如上所述在本實施例 4 中使用的參考電極的相對於真空能級的位能為  $-4.85[\text{eV}]$ ，因此可以得知 YGABP 的 HOMO 能級為  $-4.85 - (+0.58) = -5.43[\text{eV}]$ 。

## ( 測定例 3 ; TCTA )

在本測定例 3 中，藉由迴圈伏安測量法 ( CV ) 測量 TCTA 的氧化特性。掃描速度為  $0.1\text{V}/\text{sec}$ 。圖 33 示出其測定結果。注意，藉由將相對於參考電極的作用電極的電位從  $-0.10\text{V}$  掃描到  $+0.80\text{V}$ ，然後將它從  $+0.80\text{V}$  掃描到  $-0.10\text{V}$ ，來測量氧化特性。

從圖 33 可見，氧化峰值電位  $E_{pa}$  為  $+0.57\text{V}$ ，還原峰值電位  $E_{pc}$  為  $+0.49\text{V}$ 。從而，可算出  $+0.53\text{V}$  的半波電位 (  $E_{pc}$  和  $E_{pa}$  的中間電位 )。這表示 TCTA 由  $+0.53[\text{V vs.}$

Ag/Ag<sup>+</sup>]的電能氧化，並且該電能相當於 HOMO 能級。在此，如上所述在本實施例 4 中使用的參考電極的相對於真空能級的位能為 -4.85[eV]，因此可以得知 TCTA 的 HOMO 能級為  $-4.85 - (+0.53) = -5.38$ [eV]。

(測定例 4；NPB)

在本測定例 4 中，藉由迴圈伏安測量法 (CV) 測量 NPB 的氧化特性。掃描速度為 0.1V/sec。圖 34 示出其測定結果。注意，藉由將相對於參考電極的作用電極的電位從 -0.20V 掃描到 +0.80V，然後將它從 +0.80V 掃描到 -0.20V，來測量氧化特性。

從圖 34 可見，氧化峰值電位  $E_{pa}$  為 +0.45V，還原峰值電位  $E_{pc}$  為 +0.39V。從而，可算出 +0.42 V 的半波電位 ( $E_{pc}$  和  $E_{pa}$  的中間電位)。這表示 NPB 由 +0.42[V vs. Ag/Ag<sup>+</sup>]的電能氧化，並且該電能相當於 HOMO 能級。在此，如上所述在本實施例 4 中使用的參考電極的相對於真空能級的位能為 -4.85[eV]，因此可以得知 NPB 的 HOMO 能級為  $-4.85 - (+0.42) = -5.27$ [eV]。

(測定例 5；DNTPD)

在本測定例 5 中，藉由迴圈伏安測量法 (CV) 測量 DNTPD 的氧化特性。掃描速度為 0.1V/sec。圖 35 示出其測定結果。注意，藉由將相對於參考電極的作用電極的電位從 -0.05V 掃描到 +1.20V，然後將它從 +1.20V 掃描到

-0.05V，來測量氧化特性。

從圖 35 可見，氧化峰值電位  $E_{pa}$  為 +0.26V，還原峰值電位  $E_{pc}$  為 +0.15V。從而，可求得 +0.21 V 的半波電位（ $E_{pc}$  和  $E_{pa}$  的中間電位）。這表示 DNTPD 由 +0.21[V vs. Ag/Ag<sup>+</sup>]的電能氧化，並且該電能相當於 HOMO 能級。在此，如上所述在本實施例 4 中使用的參考電極的相對於真空能級的位能為 -4.85[eV]，因此可以得知 DNTPD 的 HOMO 能級為  $-4.85 - (+0.21) = -5.06$ [eV]。

注意，當對如上所述那樣求得的 YGASF、YGABP、TCTA、NPB 的 HOMO 能級進行比較時，可以得知 YGASF 的 HOMO 能級比 NPB 低 0.17[eV]，YGABP 的 HOMO 能級比 NPB 低 0.16[eV]，TCTA 的 HOMO 能級比 NPB 低 0.16[eV]。此外，當將 DNTPD 的 HOMO 能級與 NPB 的 HOMO 能級進行比較時，DNTPD 的 HOMO 能級比 NPB 高 0.21[eV]。

由此，藉由使用 YGASF、YGABP、TCTA、或 DNTPD 形成第一電洞傳輸層的第二層（圖 15A 中的第二層 1512、圖 16A 中的第二層 1612），並使用 NPB 形成第二電洞傳輸層的第三層（圖 15A 和 15B 中的第三層 1513、圖 16A 和 16B 中的第三層 1613），在第二層和第三層之間產生抑制電洞的傳輸的能帶。就是說，第二層（圖 15A 中的第二層 1512、圖 16A 中的第二層 1612）可以抑制注入到第三層的電洞（圖 15A 和 15B 中的第三層 1513、圖 16A 和 16B 中的第三層 1613），來降低電洞傳輸速度。

因此，可以說，本發明的發光元件的第一電洞傳輸層的第二層中使用 YGASF、YGABP、TCTA 或 DNTPD 的實施例 1 至實施例 3 的元件結構適合於本發明。

#### [實施例 5]

在本實施例中，藉由迴圈伏安測量法 (CV) 測量三 (8-羥基喹啉) 鋁 (III) (簡稱：Alq)、N,N'-二苯基喹吡啉酮 (簡稱：DPQd)、N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-N,9-二苯基-9H-吡啶-3-胺 (簡稱：2PCAPA) 的還原特性，該 Alq、DPQd、2PCAPA 用於實施例 2 中所製造的發光元件 (發光元件 5 至發光元件 7)、及實施例 3 中所製造的發光元件 (發光元件 9 至發光元件 11) 中用作控制電子載流子的遷移的載流子控制層的第七層 (圖 16A 中的第七層 1617)。此外，根據該測量結果，求得 Alq、DPQd、2PCAPA 的 LUMO 能級。注意，使用電化學分析器 (由 BAS Inc. 生產，ALS 600A 型或 600C 型) 進行測量。

對於用於 CV 測量的溶液，使用脫水二甲基甲醯胺 (DMF) (由 Sigma-Aldrich Inc. 生產，99.8%，目錄編號：22705-6) 作為溶劑，將支持電解質過氯酸四正丁基銨 ( $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ ) (由 Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 生產，目錄編號：T0836) 溶解於溶劑中，並使其濃度為 100mmol/L。再者，使測量的物件溶解，並使其濃度為 10mmol/L。但是，不完全溶解時，其澄清液體使用於 CV 測量。另外，將鉑電極 (由 BAS Inc. 生產，PTE 鉑電極)

用作工作電極，將鉑電極（由 BAS Inc. 生產，VC-3 Pt 相對電極（5 cm））用作輔助電極，將 Ag/Ag<sup>+</sup>電極（由 BAS Inc. 生產，RE5 非水溶劑參考電極）用作參考電極。注意，測量是在室溫（20℃至 25℃）下進行的。

參考電極的相對於真空能級的位能的計算

首先，求得在本實施例 5 中使用的參考電極（Ag/Ag<sup>+</sup>電極）的相對於真空能級的位能（eV）。也就是說，求得 Ag/Ag<sup>+</sup>電極的費米能級。已知的是，在甲醇中的二茂鐵的氧化還原電位相對於標準氫電極為 +0.610[V vs. SHE]（參照文件：Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No.1, 83-96, 2002）。另一方面，藉由利用在本實施例 5 中使用的參考電極來求得在甲醇中的二茂鐵的氧化還原電位，其結果是 +0.20V[V vs. Ag/Ag<sup>+</sup>]。從而，可以得知在本實施例 5 中使用的參考電極的位能比標準氫電極低 0.41[eV]。

在此，已知的是，標準氫電極的相對於真空能級的位能差是 -4.44eV（參照文獻：大西敏博、小山珠美，高分子 EL 材料（共立出版），p.64-67）。綜上所述，可以求得本實施例 5 所使用的參考電極的相對於真空能級的位能為 -4.44-0.41=-4.85[eV]。

（測定例 6；Alq）

在本測定例 6 中，藉由迴圈伏安測量法（CV）測量 Alq 的還原特性。掃描速度為 0.1V/sec。圖 36 示出其測定

結果。注意，藉由將相對於參考電極的作用電極的電位從  $-0.69\text{V}$  掃描到  $-2.40\text{V}$ ，然後將它從  $-2.40\text{V}$  掃描到  $-0.69\text{V}$ ，來測量還原特性。

從圖 36 可見，還原峰值電位  $E_{pc}$  為  $-2.20\text{V}$ ，氧化峰值電位  $E_{pa}$  為  $-2.12\text{V}$ 。從而，可求得  $-2.16\text{V}$  的半波電位（ $E_{pc}$  和  $E_{pa}$  的中間電位）。這表示 Alq 由  $-2.16 [\text{V vs. Ag/Ag}^+]$  的電能還原，並且該電能相當於 LUMO 能級。在此，如上所述在本實施例 5 中使用的參考電極的相對於真空能級的位能為  $-4.85[\text{eV}]$ ，因此可以得知 Alq 的 LUMO 能級為  $-4.85 - (-2.16) = -2.69 [\text{eV}]$ 。

（測定例 7；DPQd）

在本測定例 7 中，藉由迴圈伏安測量法（CV）測量 DPQd 的還原特性。掃描速度為  $0.1\text{V/sec}$ 。圖 37 示出其測定結果。注意，藉由將相對於參考電極的作用電極的電位從  $-0.40\text{V}$  掃描到  $-2.10\text{V}$ ，然後將它從  $-2.10\text{V}$  掃描到  $-0.40\text{V}$ ，來測量還原特性。此外，DPQd 的溶解性低，當製備濃度為  $10\text{mmol/L}$  的溶液時也產生沒溶解的 DPQd，因此在沒溶解的 DPQd 沉澱的狀態下，提取澄清液體而將其使用於測定。

從圖 37 可見，還原峰值電位  $E_{pc}$  為  $-1.69\text{V}$ ，氧化峰值電位  $E_{pa}$  為  $-1.63\text{V}$ 。因此，可算出  $-1.66\text{V}$  的半波電位（ $E_{pc}$  和  $E_{pa}$  的中間電位）。這表示 DPQd 由  $-1.66 [\text{V vs. Ag/Ag}^+]$  的電能還原，並且該電能相當於 LUMO 能級。在

此，如上所述在本實施例 5 中使用的參考電極的相對於真空能級的位能為  $-4.85$  [eV]，因此可以得知 DPQd 的 LUMO 能級為  $-4.85 - (-1.66) = -3.19$  [eV]。

(測定例 8；2PCAPA)

在本測定例 8 中，藉由迴圈伏安測量法 (CV) 測量 2PCAPA 的還原特性。掃描速度為  $0.1$  V/sec。圖 38 示出其測定結果。注意，藉由將相對於參考電極的作用電極的電位從  $-0.41$  V 掃描到  $-2.50$  V，然後將它從  $-2.50$  V 掃描到  $-0.41$  V，來測量還原特性。

從圖 38 可見，還原峰值電位  $E_{pc}$  為  $-2.21$  V，氧化峰值電位  $E_{pa}$  為  $-2.14$  V。因此，可算出  $-2.18$  V 的半波電位 ( $E_{pc}$  和  $E_{pa}$  的中間電位)。這表示 2PCAPA 由  $-2.18$  [V vs. Ag/Ag<sup>+</sup>] 的電能還原，並且該電能相當於 LUMO 能級。在此，如上所述在本實施例 5 中使用的參考電極的相對於真空能級的位能為  $-4.85$  [eV]，因此可以得知 2PCAPA 的 LUMO 能級為  $-4.85 - (-2.18) = -2.67$  [eV]。

藉由當對上述那樣得到的 Alq 和 DPQd 的 LUMO 能級進行比較時，可以得知 DPQd 的 LUMO 能級比 Alq 低  $0.50$  [eV]。這意味著，藉由將 DPQd 添加到 Alq 中，該 DPQd 作為電子陷阱發揮作用。這表示實施方式 2 所說明的第七層熱力地控制載流子 (電子)，並且利用電子傳輸材料的金屬錯合物 (Alq) 和具有電子陷阱性的喹吡啶酮衍生物 (DPQd) 形成第七層的情況。

此外，當對如上所述那樣求得的 Alq 和 2PCAPA 的 LUMO 能級進行比較時，可以得知 2PCAPA 的 LUMO 能級和 Alq 的 LUMO 能級的差異為 0.02[eV]。這意味著，藉由將 2PCAPA 添加到 Alq 中，電子容易傳輸到 2PCAPA，從而層整體的電子傳輸速度降低。這表示在實施方式 2 中說明的第七層動力地控制載流子（電子）的傳輸的情況，即由電子傳輸材料的金屬錯合物（Alq）和具有電洞傳輸性的芳香胺化合物（2PCAPA）形成第七層的情況。

因此，可得知包括組合 Alq 和 DPQd、以及 Alq 和 2PCAPA 而成的載流子控制層的元件結構適合於本發明。

本發明說明根據 2007 年 9 月 27 日在日本專利局受理的日本專利申請編號 2007-250934 而製作，所述全部申請內容併入本發明說明中。

#### 【圖式簡單說明】

在圖式中：

圖 1A 和 1B 是示出實施方式 1 中的發光元件的能帶結構的圖；

圖 2A 和 2B 是示出實施方式 1 中的發光元件的疊層結構的圖；

圖 3A 至 3C 是示出實施方式 1 中的發光元件的發光方式的圖；

圖 4A 和 4B 是示出實施方式 2 中的發光元件的能帶結構的圖；

圖 5A 和 5B 是示出實施方式 2 中的發光元件的疊層結構的圖；

圖 6A 和 6B 是示出實施方式 2 中的發光元件的發光方式的圖；

圖 7 是示出實施方式 2 中的發光元件的能帶結構的圖

；

圖 8 是示出實施方式 3 中的發光元件的疊層結構的圖

；

圖 9A 和 9B 是示出實施方式 4 中的主動矩陣型發光裝置的圖；

圖 10A 和 10B 是示出實施方式 4 中的被動矩陣型發光裝置的圖；

圖 11A 至 11D 是示出實施方式 5 中的電子設備的圖

；

圖 12 是將本發明的發光裝置用作背光的液晶顯示裝置的圖；

圖 13 是示出使用本發明的發光裝置的檯燈的圖；

圖 14 是示出使用本發明的發光裝置的室內照明裝置的圖；

圖 15A 和 15B 是示出實施例 1 中的發光元件的元件結構的圖；

圖 16A 和 16B 是示出實施例 2 中的發光元件的元件結構的圖；

圖 17 是示出發光元件 1 至 4 的電流密度-亮度特性的

圖 ；

圖 18 是示出發光元件 1 至 4 的電壓 - 亮度特性的圖 ；

圖 19 是示出發光元件 1 至 4 的亮度 - 電流效率特性的

圖 ；

圖 20 是示出發光元件 1 至 3 的發射光譜的圖 ；

圖 21 是示出發光元件 5 至 8 的電流密度 - 亮度特性的

圖 ；

圖 22 是示出發光元件 5 至 8 的電壓 - 亮度特性的圖 ；

圖 23 是示出發光元件 5 至 8 的亮度 - 電流效率特性的

圖 ；

圖 24 是示出發光元件 5 至 7 的發射光譜的圖 ；

圖 25 是示出發光元件 5 至 8 利用恆電流驅動的連續發光測試結果的圖 ；

圖 26 是示出發光元件 9 至 12 的電流密度 - 亮度特性的圖 ；

圖 27 是示出發光元件 9 至 12 的電壓 - 亮度特性的圖

；

圖 28 是示出發光元件 9 至 12 的亮度 - 電流效率特性的圖 ；

圖 29 是示出發光元件 9 至 11 的發射光譜的圖 ；

圖 30 是示出發光元件 9 至 12 利用恆電流驅動的連續發光測試結果的圖 ；

圖 31 是示出 YGASF 的 CV 特性的曲線圖 ；

圖 32 是示出 YGABP 的 CV 特性的曲線圖 ；

圖 33 是示出 TCTA 的 CV 特性的曲線圖；

圖 34 是示出 NPB 的 CV 特性的曲線圖；

圖 35 是示出 DNTPD 的 CV 特性的曲線圖；

圖 36 是示出 Alq 的 CV 特性的曲線圖；

圖 37 是示出 DPQd 的 CV 特性的曲線圖；

圖 38 是示出 2PCAPA 的 CV 特性的曲線圖。

#### 【主要元件符號說明】

101：基板

102：第一電極

103：EL層

104：第二電極

111：第一層（電洞注入層）

112：第二層（電洞傳輸層）

113：第三層（電洞傳輸層）

114：第四層（發光層）

115：第五層（電子傳輸層）

116：第六層（電子注入層）

117：第七層（載流子控制層）

201：第一有機化合物

202：第二有機化合物

801：第一電極

802：第二電極

803：EL層

- 804 : EL 層
- 805 : 電荷產生層
- 901 : 源極側驅動電路
- 902 : 像素部
- 903 : 閘極側驅動電路
- 904 : 密封基板
- 905 : 密封劑
- 907 : 空間
- 908 : 佈線
- 909 : FPC ( 撓性印刷電路 )
- 910 : 元件基板
- 911 : 開關 TFT
- 912 : 電流控制 TFT
- 913 : 電極
- 914 : 絕緣物
- 916 : EL 層
- 917 : 電極
- 918 : 發光元件
- 923 : N 通道型 TFT
- 924 : P 通道型 TFT
- 1001 : 基板
- 1002 : 第一電極
- 1003 : 第二電極
- 1004 : EL 層

- 1005 : 絕緣層
- 1006 : 隔斷層
- 1201 : 框體
- 1202 : 液晶層
- 1203 : 背光
- 1204 : 框體
- 1205 : 驅動器 IC
- 1206 : 端子
- 1301 : 框體
- 1302 : 光源
- 1401 : 照明裝置
- 1402 : 電視裝置
- 1501 : 玻璃基板
- 1502 : 第一電極
- 1503 : EL 層
- 1504 : 第二電極
- 1511 : 第一層 ( 電洞注入層 )
- 1512 : 第二層 ( 電洞傳輸層 )
- 1513 : 第三層 ( 電洞傳輸層 )
- 1514 : 第四層 ( 發光層 )
- 1515 : 第五層 ( 電子傳輸層 )
- 1516 : 第六層 ( 電子注入層 )
- 1601 : 玻璃基板
- 1602 : 第一電極

- 1603 : EL 層
- 1604 : 第二電極
- 1611 : 第一層 ( 電洞注入層 )
- 1612 : 第二層 ( 電洞傳輸層 )
- 1613 : 第三層 ( 電洞傳輸層 )
- 1614 : 第四層 ( 發光層 )
- 1615 : 第五層 ( 電子傳輸層 )
- 1616 : 第六層 ( 電子注入層 )
- 1617 : 第七層 ( 載流子控制層 )
- 9101 : 框體
- 9102 : 支撐體
- 9103 : 顯示部
- 9104 : 揚聲器部
- 9105 : 視頻輸入端子
- 9201 : 主體
- 9202 : 框體
- 9203 : 顯示部
- 9204 : 鍵盤
- 9205 : 外部連接埠
- 9206 : 定位裝置
- 9401 : 主體
- 9402 : 框體
- 9403 : 顯示部
- 9404 : 聲音輸入部

9405 : 聲音輸出部

9406 : 操作鍵

9407 : 外部連接埠

9408 : 天線

9501 : 主體

9502 : 顯示部

9503 : 框體

9504 : 外部連接埠

9505 : 遙控接收部

9506 : 影像接收部

9507 : 電池

9508 : 聲音輸入部

9509 : 操作鍵

9510 : 目鏡部

## 十、申請專利範圍

1. 一種發光元件，包括：

一對電極之間的 EL 層，

其中，該 EL 層在用作陽極的電極和具有發光性的第四層之間包括具有電洞注入性的第一層、具有電洞傳輸性的第二層、以及具有電洞傳輸性的第三層，並且

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值大。

2. 如申請專利範圍第 1 項之發光元件，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值大  $0.1\text{eV}$  或以上。

3. 一種發光元件，包括：

一對電極之間的 EL 層，

其中，該 EL 層在用作陽極的電極和具有發光性的第四層之間包括具有電洞注入性的第一層、具有電洞傳輸性的第二層、以及具有電洞傳輸性的第三層，並且

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值小。

4. 如申請專利範圍第 3 項之發光元件，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值小  $0.1\text{eV}$  或以上。

5. 一種發光元件，包括：

一對電極之間的 EL 層，

其中，該 EL 層在用作陽極的電極和具有發光性的第四層之間包括具有電洞注入性的第一層、具有電洞傳輸性的第二層、以及具有電洞傳輸性的第三層，並在用作陰極的電極和該第四層之間包括控制電子傳輸的第五層，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值大，並且

其中，該第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電洞傳輸性的第二有機化合物，且該第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。

6. 一種發光元件，包括：

一對電極之間的 EL 層，

其中，該 EL 層在用作陽極的電極和具有發光性的第四層之間包括具有電洞注入性的第一層、具有電洞傳輸性的第二層、以及具有電洞傳輸性的第三層，並在用作陰極的電極和該第四層之間包括控制電子傳輸的第五層，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值小，並且

其中，該第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電洞傳輸性的第二有機化合物，且該第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。

7. 如申請專利範圍第 5 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值和該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值的差異為

0.3 eV 或以下，並且

其中，當該第一有機化合物的偶極矩為  $P_1$ ，並該第二有機化合物的偶極矩為  $P_2$  時，滿足  $P_1/P_2 \geq 3$  的關係。

8. 如申請專利範圍第 6 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值和該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值的差異為 0.3 eV 或以下，並且

其中，當該第一有機化合物的偶極矩為  $P_1$ ，並該第二有機化合物的偶極矩為  $P_2$  時，滿足  $P_1/P_2 \geq 3$  的關係。

9. 如申請專利範圍第 5 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值和該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值的差異為 0.3 eV 或以下，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且

其中，該第二有機化合物是芳香胺化合物。

10. 如申請專利範圍第 6 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值和該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值的差異為 0.3 eV 或以下，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且

其中，該第二有機化合物是芳香胺化合物。

11. 一種發光元件，包括：

一對電極之間的 EL 層，

其中，該 EL 層在用作陽極的電極和具有發光性的第

四層之間包括具有電洞注入性的第一層、具有電洞傳輸性的第二層、具有電洞傳輸性的第三層，並在用作陰極的電極和該第四層之間包括控制電子傳輸的第五層，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值大，並且

其中，該第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電子陷阱性的第二有機化合物，且該第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。

12. 一種發光元件，包括：

一對電極之間的 EL 層，

其中，該 EL 層在用作陽極的電極和具有發光性的第四層之間包括具有電洞注入性的第一層、具有電洞傳輸性的第二層、以及具有電洞傳輸性的第三層，並在用作陰極的電極和該第四層之間包括控制電子傳輸的第五層，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值小，並且

其中，該第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電子陷阱性的第二有機化合物，且該第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。

13. 如申請專利範圍第 11 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值比該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值大 0.3 eV 或以上。

14. 如申請專利範圍第 12 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值比該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值大  $0.3\text{ eV}$  或以上。

15. 如申請專利範圍第 11 項之發光元件，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且

其中，該第二有機化合物是香豆素衍生物。

16. 如申請專利範圍第 12 項之發光元件，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且

其中，該第二有機化合物是香豆素衍生物。

17. 如申請專利範圍第 11 項之發光元件，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且

其中，該第二有機化合物是喹吡啶酮衍生物。

18. 如申請專利範圍第 12 項之發光元件，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且

其中，該第二有機化合物是喹吡啶酮衍生物。

19. 如申請專利範圍第 1 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

20. 如申請專利範圍第 3 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

21. 如申請專利範圍第 5 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

22. 如申請專利範圍第 6 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

23. 如申請專利範圍第 11 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

24. 如申請專利範圍第 12 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

25. 如申請專利範圍第 5 項之發光元件，

其中，該第五層的厚度為大於或等於 5 nm 且小於或等於 20 nm。

26. 如申請專利範圍第 6 項之發光元件，

其中，該第五層的厚度為大於或等於 5 nm 且小於或等於 20 nm。

27. 如申請專利範圍第 11 項之發光元件，

其中，該第五層的厚度為大於或等於 5 nm 且小於或等於 20 nm。

28. 如申請專利範圍第 12 項之發光元件，

其中，該第五層的厚度為大於或等於 5 nm 且小於或等於 20 nm。

29. 一種包括如申請專利範圍第 1 項之發光元件的發光裝置。

30. 一種包括如申請專利範圍第 3 項之發光元件的發光裝置。

31. 一種包括如申請專利範圍第 5 項之發光元件的發光裝置。

32. 一種包括如申請專利範圍第 6 項之發光元件的發光裝置。

33. 一種包括如申請專利範圍第 11 項之發光元件的

發光裝置。

34. 一種包括如申請專利範圍第 12 項之發光元件的發光裝置。

35. 一種包括如申請專利範圍第 29 項的發光裝置之電子設備。

36. 一種包括如申請專利範圍第 30 項的發光裝置之電子設備。

37. 一種包括如申請專利範圍第 31 項的發光裝置之電子設備。

38. 一種包括如申請專利範圍第 32 項的發光裝置之電子設備。

39. 一種包括如申請專利範圍第 33 項的發光裝置之電子設備。

40. 一種包括如申請專利範圍第 34 項的發光裝置之電子設備。

41. 一種發光元件，包括：

第一電極；

第二電極；與

在該第一電極和該第二電極之間的 EL 層，該 EL 層包括：

位於該第一電極上且具有電洞注入性的第一層、

位於該第一層上且具有電洞傳輸性的第二層、

位於該第二層上且具有電洞傳輸性的第三層、以及

位於該第三層上且具有發光性的第四層，

其中，該第二層係介於該第一層及該第三層之間，以及

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層的最高佔據軌域能級的絕對值及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值大。

42. 如申請專利範圍第 41 項之發光元件，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層的最高佔據軌域能級的絕對值及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值大  $0.1\text{eV}$  或以上。

43. 一種發光元件，包括：

第一電極；

第二電極；與

在該第一電極和該第二電極之間的 EL 層，該 EL 層包括：

位於該第一電極上且具有電洞注入性的第一層、

位於該第一層上且具有電洞傳輸性的第二層、

位於該第二層上且具有電洞傳輸性的第三層、以及

位於該第三層上且具有發光性的第四層，

其中，該第二層係介於該第一層及該第三層之間，以及

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層的最高佔據軌域能級的絕對值及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值小。

44. 如申請專利範圍第 43 項之發光元件，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層的最高佔據軌域能級的絕對值及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值小  $0.1\text{eV}$  或以上。

45. 一種發光元件，包括：

第一電極；

第二電極；與

在該第一電極和該第二電極之間的 EL 層，該 EL 層包括：

位於該第一電極上且具有電洞注入性的第一層、

位於該第一層上且具有電洞傳輸性的第二層、

位於該第二層上且具有電洞傳輸性的第三層、

位於該第三層上且具有發光性的第四層、以及

位於該第二電極和該第四層之間之控制電子傳輸的第五層，

其中，該第二層係介於該第一層及該第三層之間，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層的最高佔據軌域能級的絕對值及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值大，以及

其中，該第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電洞傳輸性的第二有機化合物，且該第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。

46. 一種發光元件，包括：

第一電極；

第二電極；與

在該第一電極和該第二電極之間的 EL 層，該 EL 層包括：

位於該第一電極上且具有電洞注入性的第一層、  
位於該第一層上且具有電洞傳輸性的第二層、  
位於該第二層上且具有電洞傳輸性的第三層、  
位於該第三層上且具有發光性的第四層、以及  
位於該第二電極和該第四層之間之控制電子傳輸的第五層，

其中，該第二層係介於該第一層及該第三層之間，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層的最高佔據軌域能級的絕對值及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值小，並且

其中，該第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電洞傳輸性的第二有機化合物，且該第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。

47. 如申請專利範圍第 45 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值和該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值的差異為 0.3 eV 或以下，並且

其中，當該第一有機化合物的偶極矩為  $P_1$ ，並該第二有機化合物的偶極矩為  $P_2$  時，滿足  $P_1/P_2 \geq 3$  的關係。

48. 如申請專利範圍第 46 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值和該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值的差異為

0.3 eV 或以下，並且

其中，當該第一有機化合物的偶極矩為  $P_1$ ，並該第二有機化合物的偶極矩為  $P_2$  時，滿足  $P_1/P_2 \geq 3$  的關係。

49. 如申請專利範圍第 45 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值和該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值的差異為 0.3 eV 或以下，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且

其中，該第二有機化合物是芳香胺化合物。

50. 如申請專利範圍第 46 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值和該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值的差異為 0.3 eV 或以下，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且

其中，該第二有機化合物是芳香胺化合物。

51. 一種發光元件，包括：

第一電極；

第二電極；與

在該第一電極和該第二電極之間的 EL 層，該 EL 層包括：

位於該第一電極上且具有電洞注入性的第一層、

位於該第一層上且具有電洞傳輸性的第二層、

位於該第二層上且具有電洞傳輸性的第三層、

位於該第三層上且具有發光性的第四層、以及

位於該第二電極和該第四層之間之控制電子傳輸的第五層，

其中，該第二層係介於該第一層及該第三層之間，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層的最高佔據軌域能級的絕對值及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值大，並且

其中，該第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電子陷阱性的第二有機化合物，且該第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。

52. 一種發光元件，包括：

第一電極；

第二電極；與

在該第一電極和該第二電極之間的 EL 層，該 EL 層包括：

位於該第一電極上且具有電洞注入性的第一層、

位於該第一層上且具有電洞傳輸性的第二層、

位於該第二層上且具有電洞傳輸性的第三層、

位於該第三層上且具有發光性的第四層、以及

位於該第二電極和該第四層之間之控制電子傳輸的第五層，

其中，該第二層係介於該第一層及該第三層之間，

其中，該第二層的最高佔據軌域能級的絕對值比該第一層的最高佔據軌域能級的絕對值及該第三層的最高佔據軌域能級的絕對值小，並且

其中，該第五層包括具有電子傳輸性的第一有機化合物和具有電子陷阱性的第二有機化合物，且該第二有機化合物的含量低於整體的 50%（質量比）。

53. 如申請專利範圍第 51 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值比該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值大 0.3 eV 或以上。

54. 如申請專利範圍第 52 項之發光元件，

其中，該第二有機化合物的最低空軌域能級的絕對值比該第一有機化合物的最低空軌域能級的絕對值大 0.3 eV 或以上。

55. 如申請專利範圍第 51 項之發光元件，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且  
其中，該第二有機化合物是香豆素衍生物。

56. 如申請專利範圍第 52 項之發光元件，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且  
其中，該第二有機化合物是香豆素衍生物。

57. 如申請專利範圍第 51 項之發光元件，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且  
其中，該第二有機化合物是喹吡啶酮衍生物。

58. 如申請專利範圍第 52 項之發光元件，

其中，該第一有機化合物是金屬錯合物，並且  
其中，該第二有機化合物是喹吡啶酮衍生物。

59. 如申請專利範圍第 41 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

60. 如申請專利範圍第 43 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

61. 如申請專利範圍第 45 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

62. 如申請專利範圍第 46 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

63. 如申請專利範圍第 51 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

64. 如申請專利範圍第 52 項之發光元件，

其中，該第四層包括具有電子傳輸性的物質。

65. 如申請專利範圍第 45 項之發光元件，

其中，該第五層的厚度為大於或等於 5 nm 且小於或等於 20 nm。

66. 如申請專利範圍第 46 項之發光元件，

其中，該第五層的厚度為大於或等於 5 nm 且小於或等於 20 nm。

67. 如申請專利範圍第 51 項之發光元件，

其中，該第五層的厚度為大於或等於 5 nm 且小於或等於 20 nm。

68. 如申請專利範圍第 52 項之發光元件，

其中，該第五層的厚度為大於或等於 5 nm 且小於或等於 20 nm。

69. 一種包括如申請專利範圍第 41 項之發光元件的

發光裝置。

70. 一種包括如申請專利範圍第 43 項之發光元件的發光裝置。

71. 一種包括如申請專利範圍第 45 項之發光元件的發光裝置。

72. 一種包括如申請專利範圍第 46 項之發光元件的發光裝置。

73. 一種包括如申請專利範圍第 51 項之發光元件的發光裝置。

74. 一種包括如申請專利範圍第 52 項之發光元件的發光裝置。

75. 一種包括如申請專利範圍第 69 項的發光裝置之電子設備。

76. 一種包括如申請專利範圍第 70 項的發光裝置之電子設備。

77. 一種包括如申請專利範圍第 71 項的發光裝置之電子設備。

78. 一種包括如申請專利範圍第 72 項的發光裝置之電子設備。

79. 一種包括如申請專利範圍第 73 項的發光裝置之電子設備。

80. 一種包括如申請專利範圍第 74 項的發光裝置之電子設備。

81. 如申請專利範圍第 43 項之發光元件，

其中，該第一電極用作為陽極，和

其中，該第二電極用作為陰極。

82. 如申請專利範圍第 46 項之發光元件，

其中，該第一電極用作為陽極，和

其中，該第二電極用作為陰極。

83. 如申請專利範圍第 1 項之發光元件，

其中，該第三層與該第四層接觸。

圖 1A

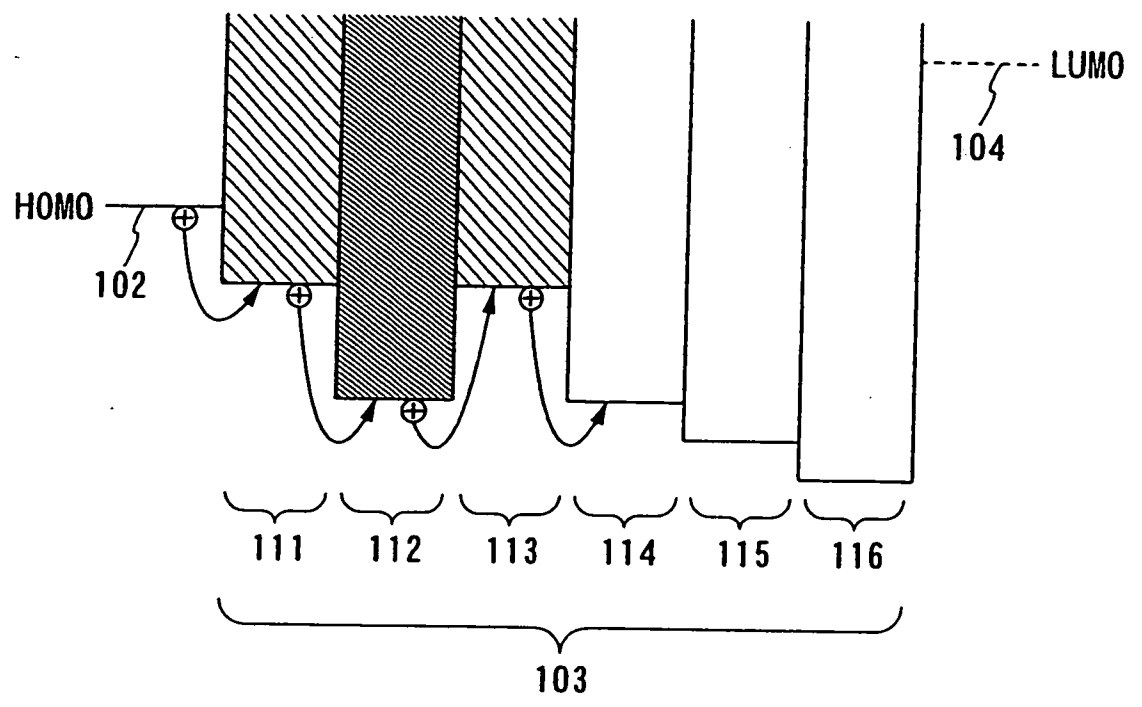


圖 1B

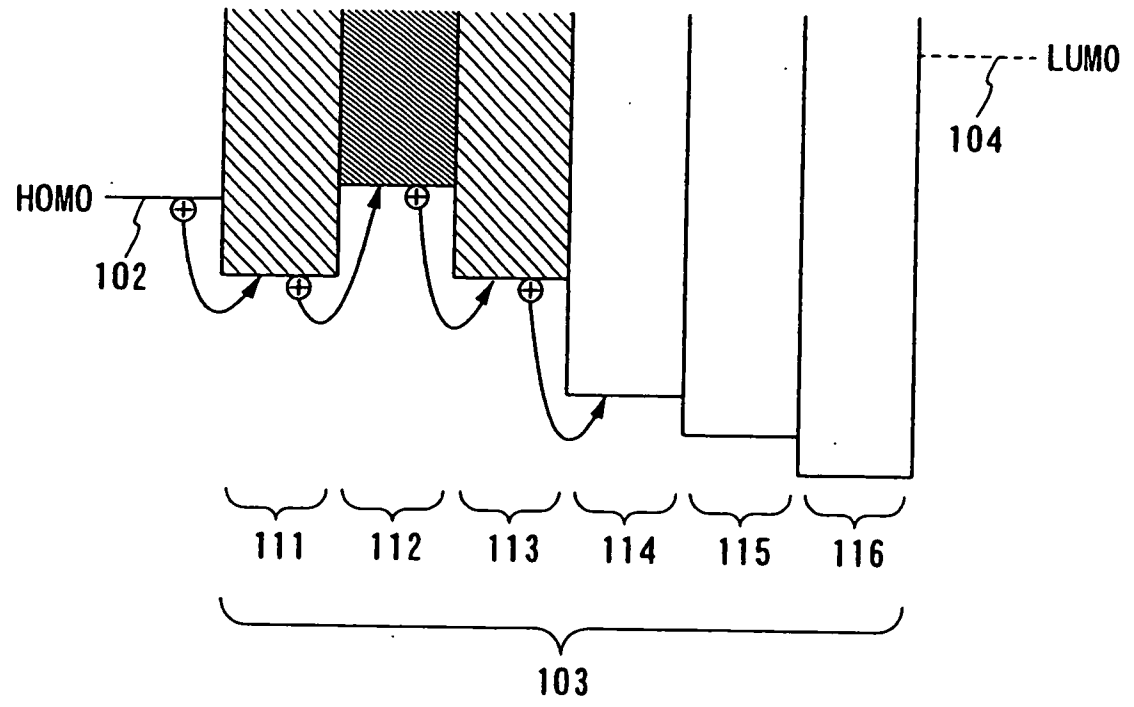


圖 2A

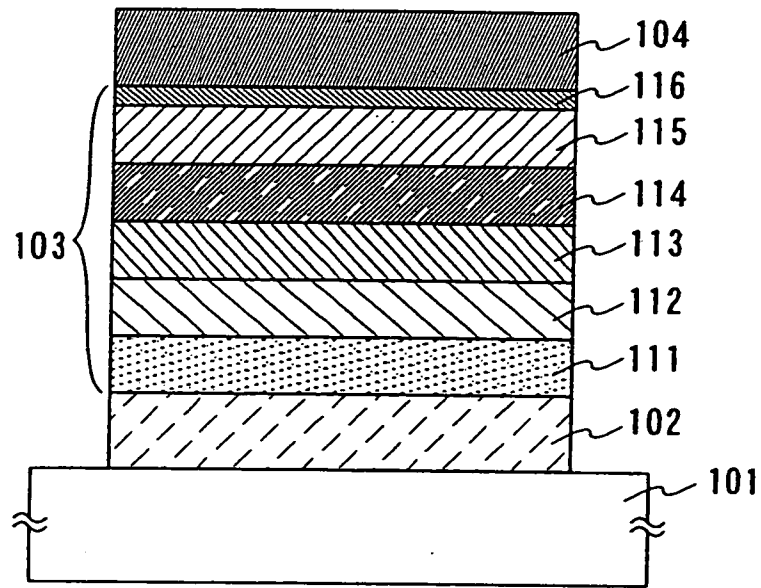


圖 2B

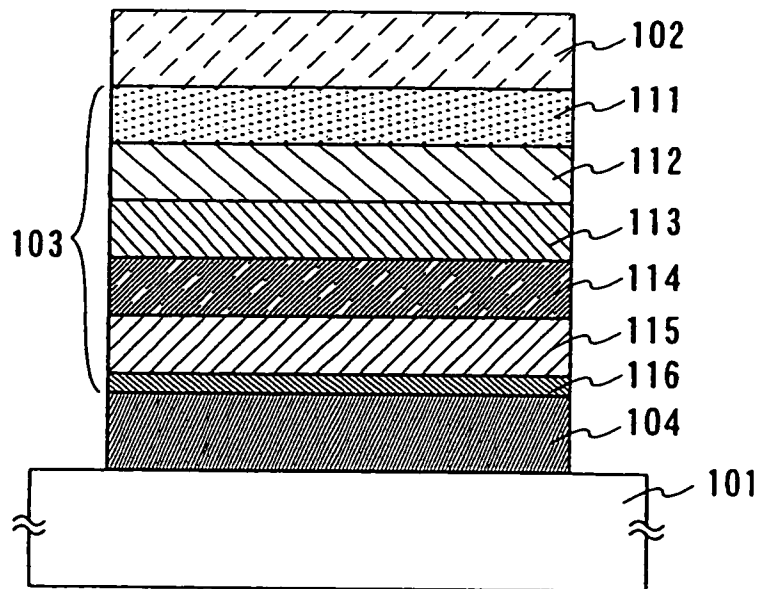


圖 3A

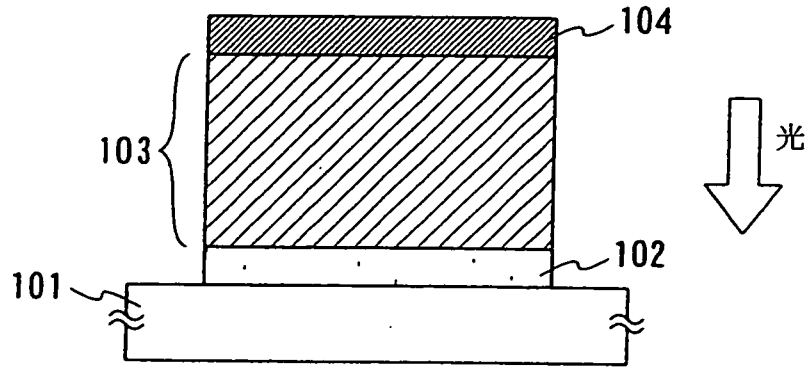


圖 3B

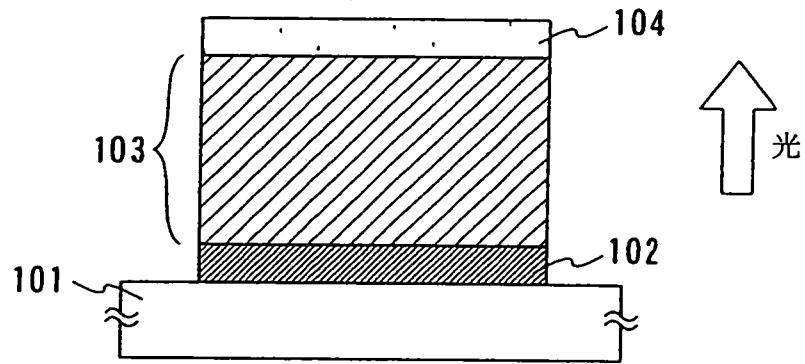


圖 3C

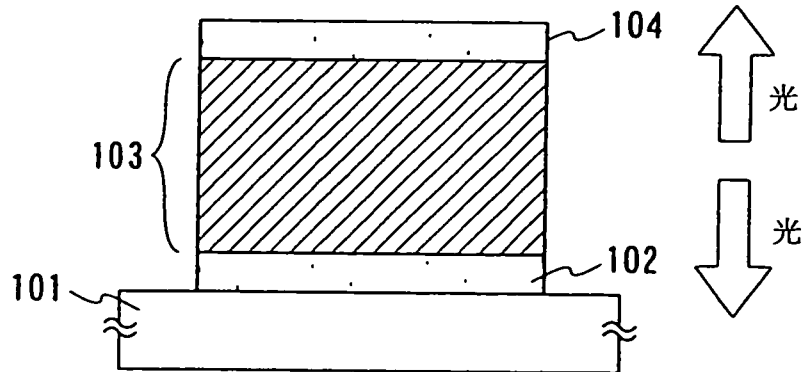


圖 4A

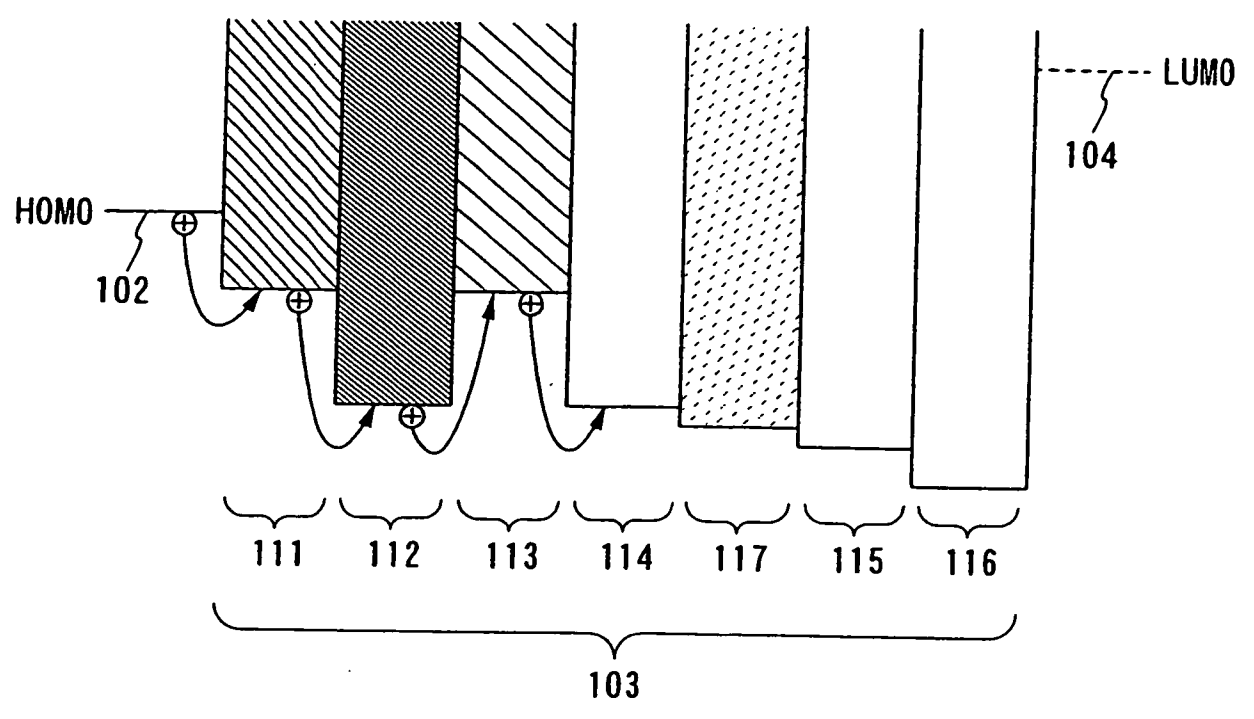


圖 4B

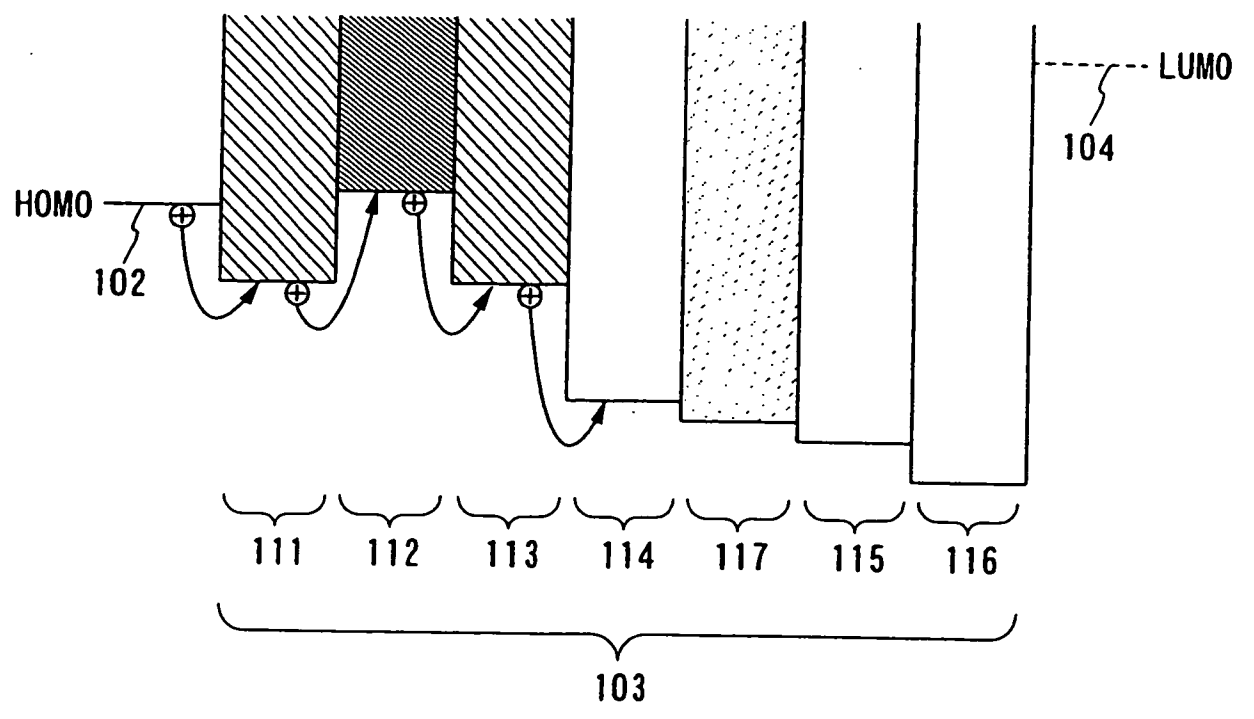


圖5A

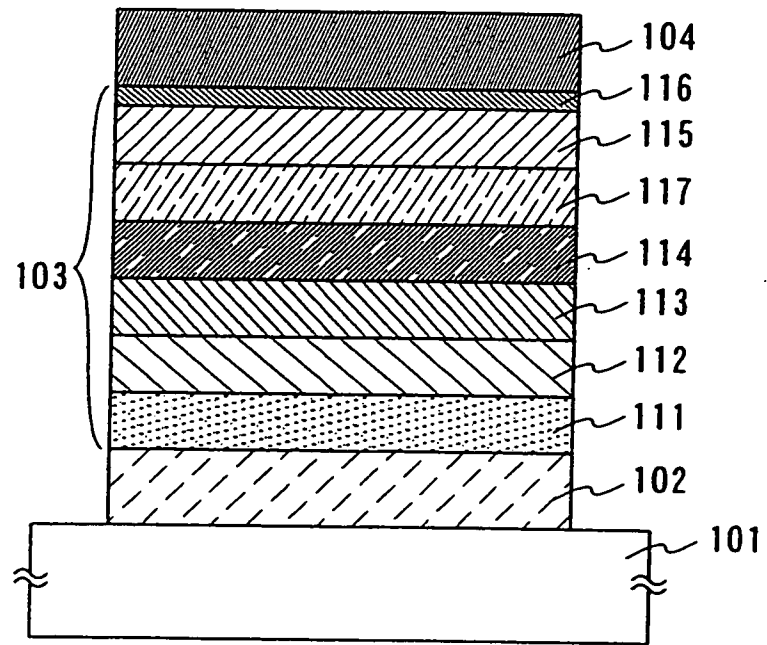


圖5B

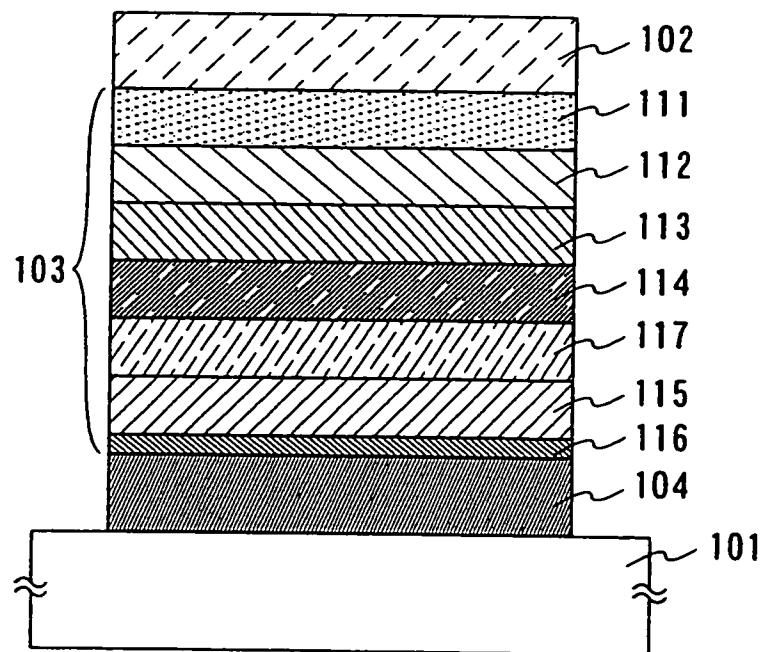


圖 6A

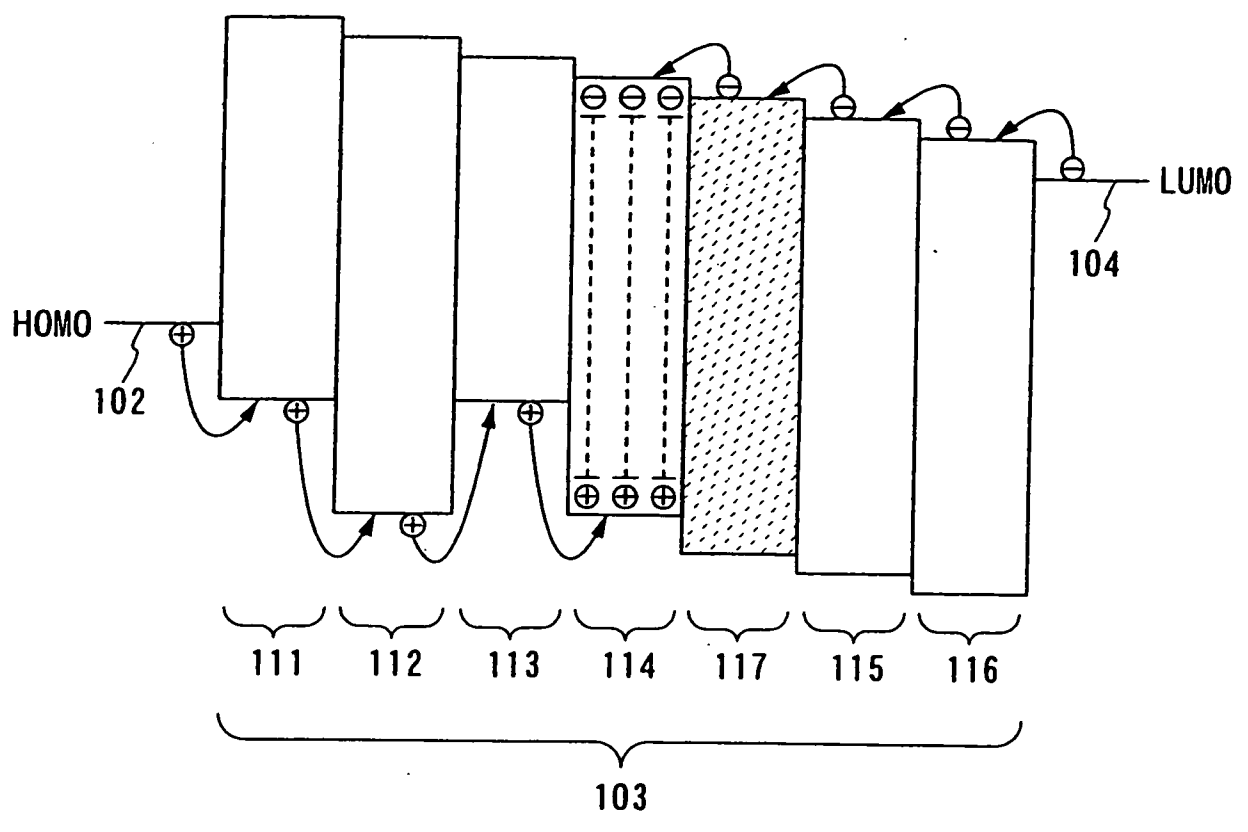


圖 6B

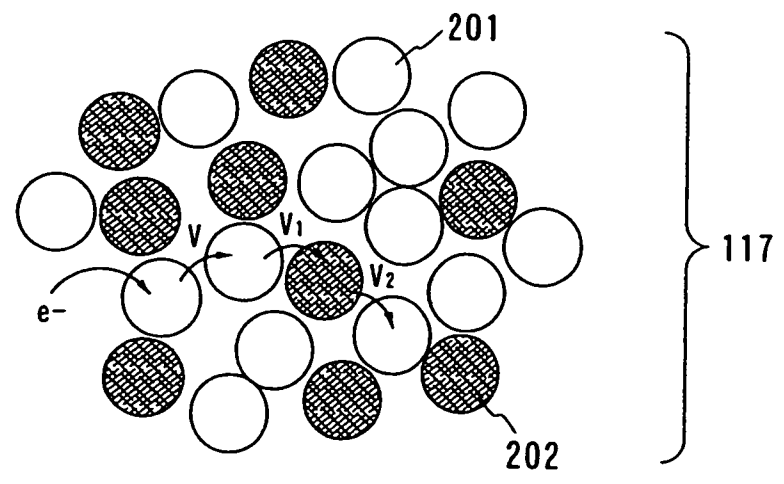


圖7

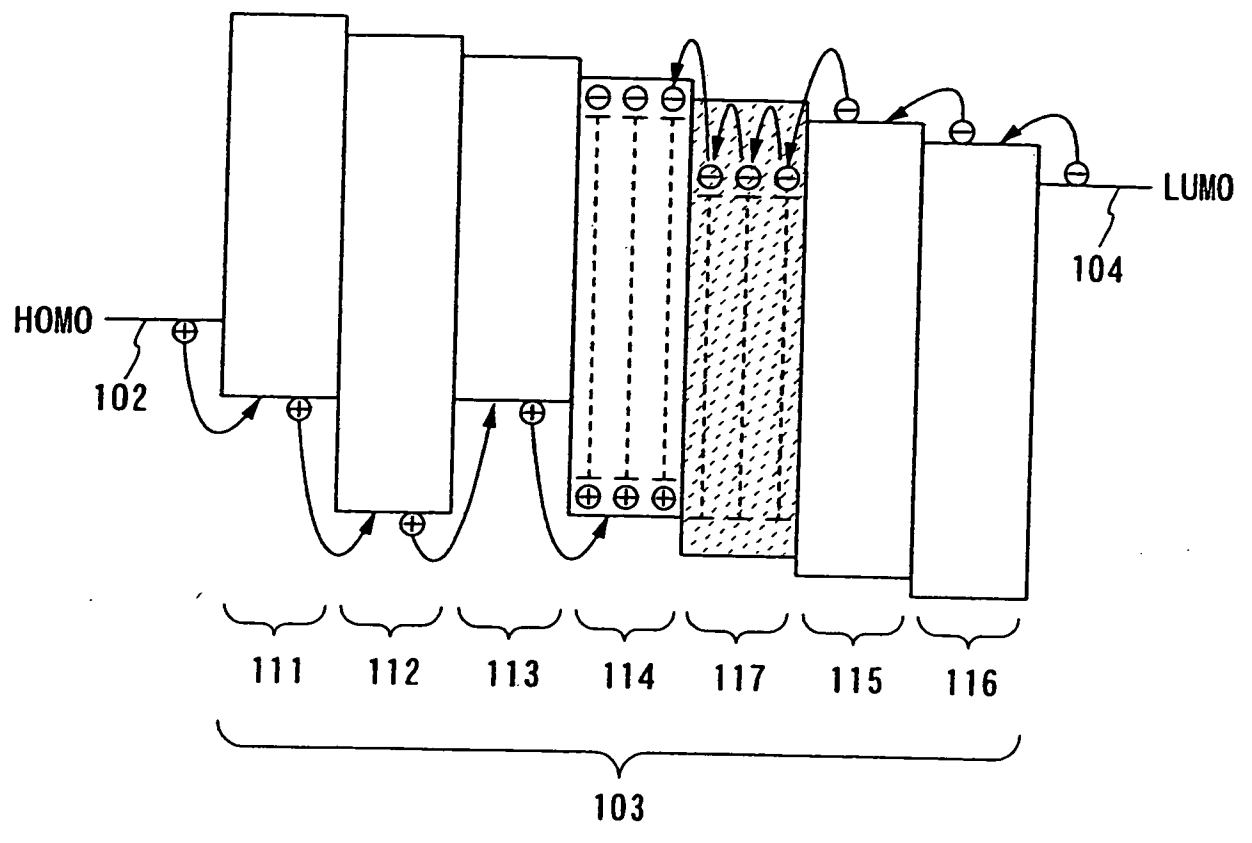


圖 8

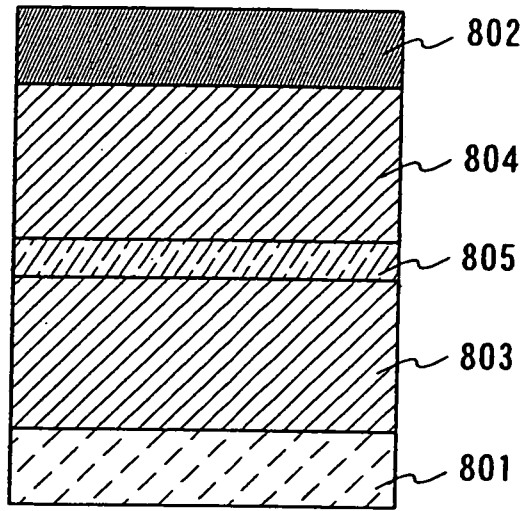


圖 9A

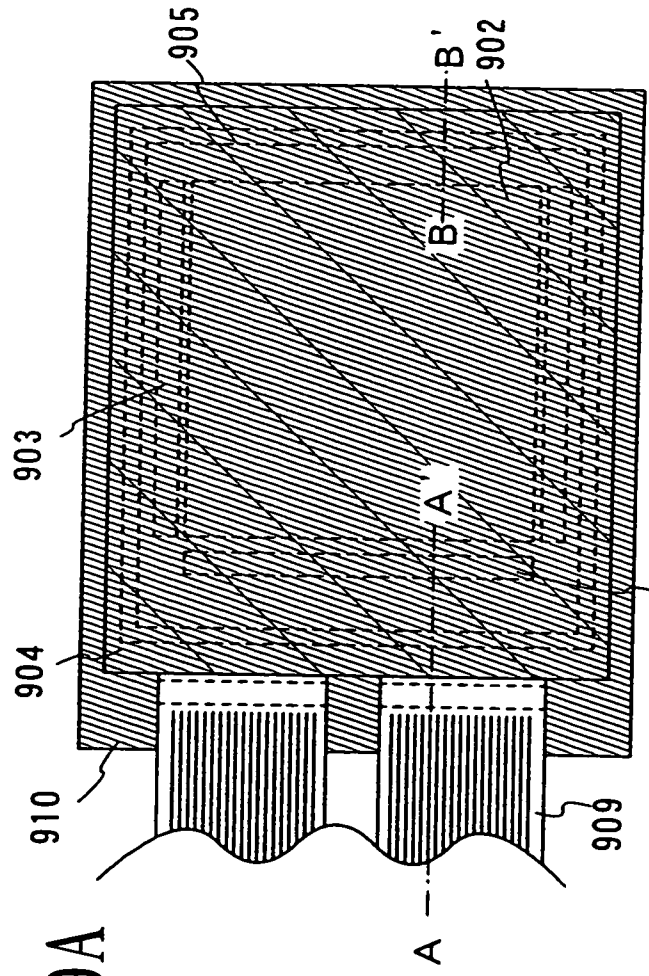


圖 9B

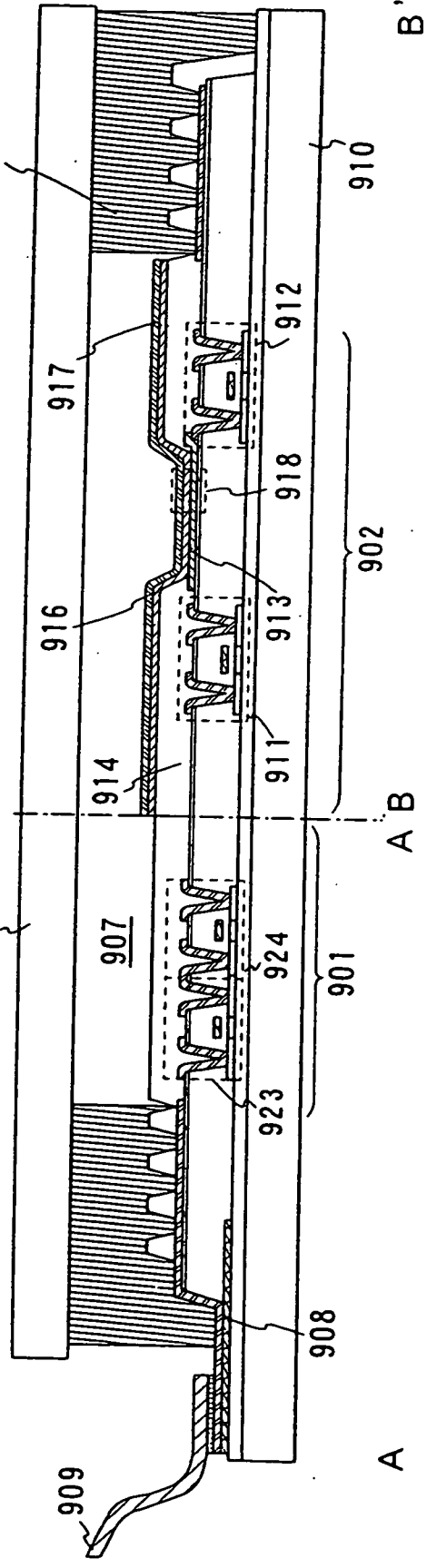


圖 10A

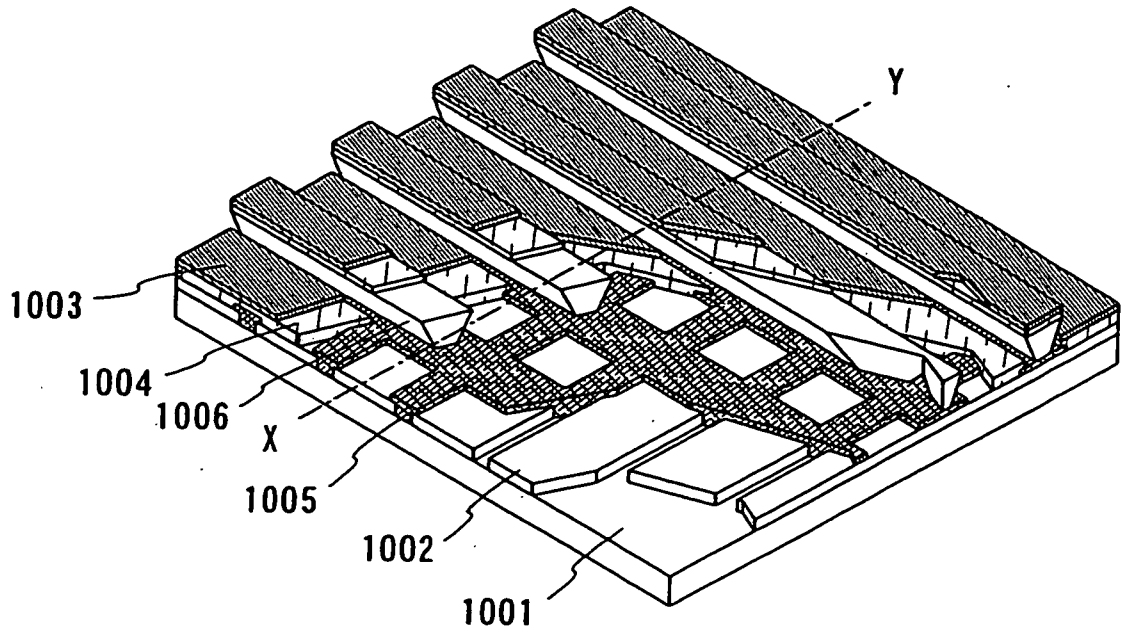


圖 10B

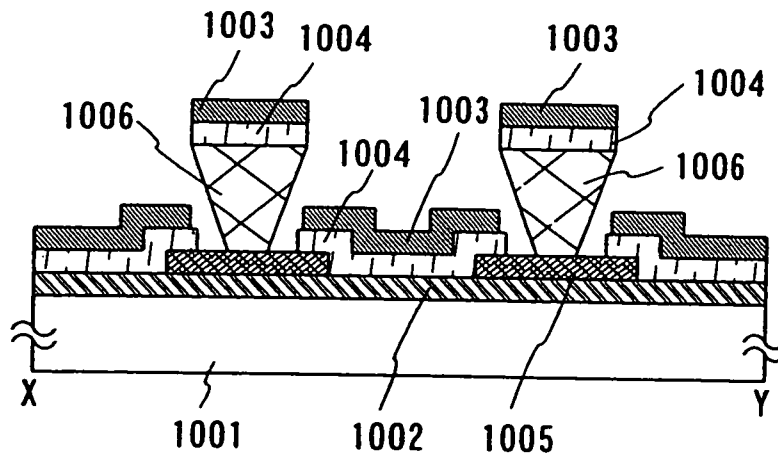


圖 11A

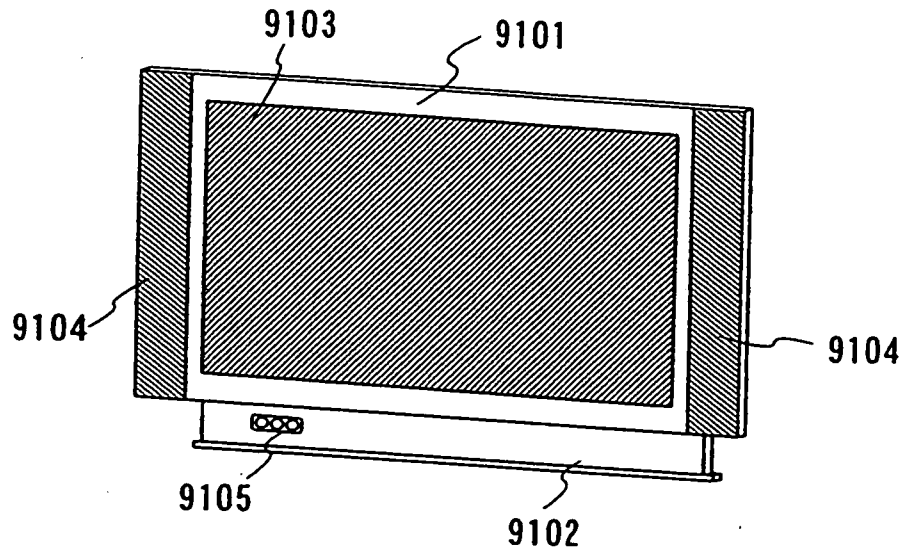


圖 11B

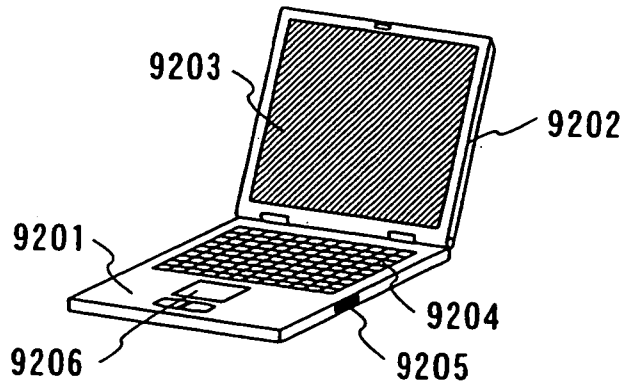


圖 11C

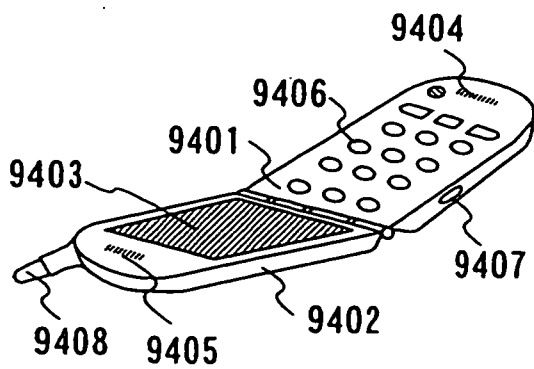


圖 11D

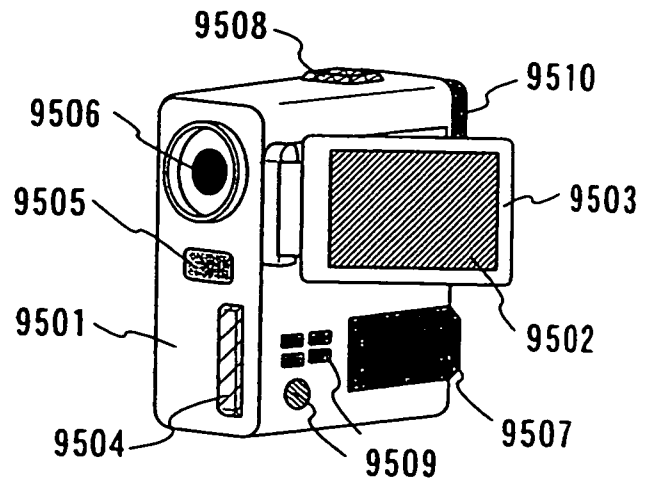


圖 12

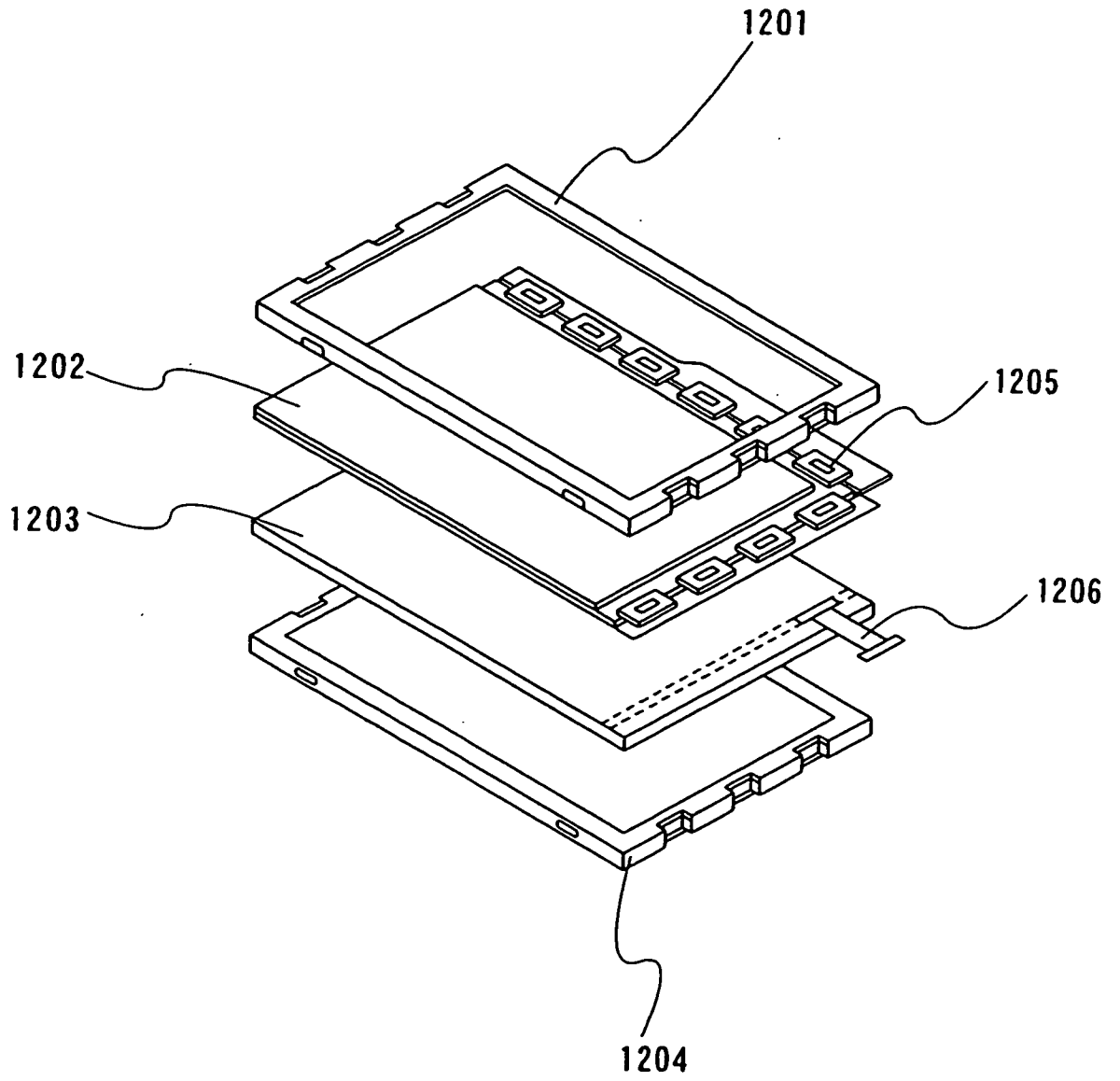


圖 13

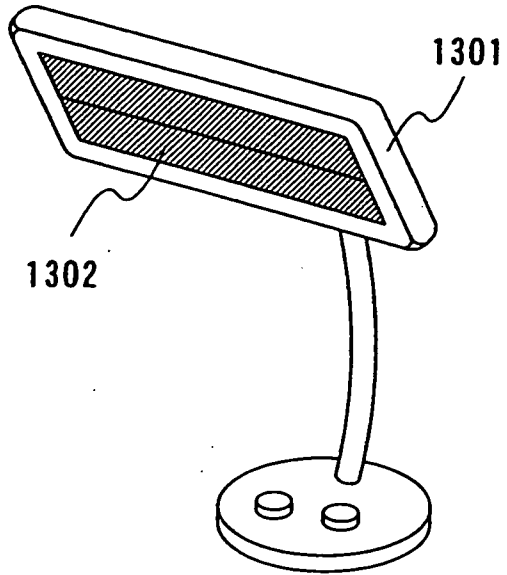


圖14

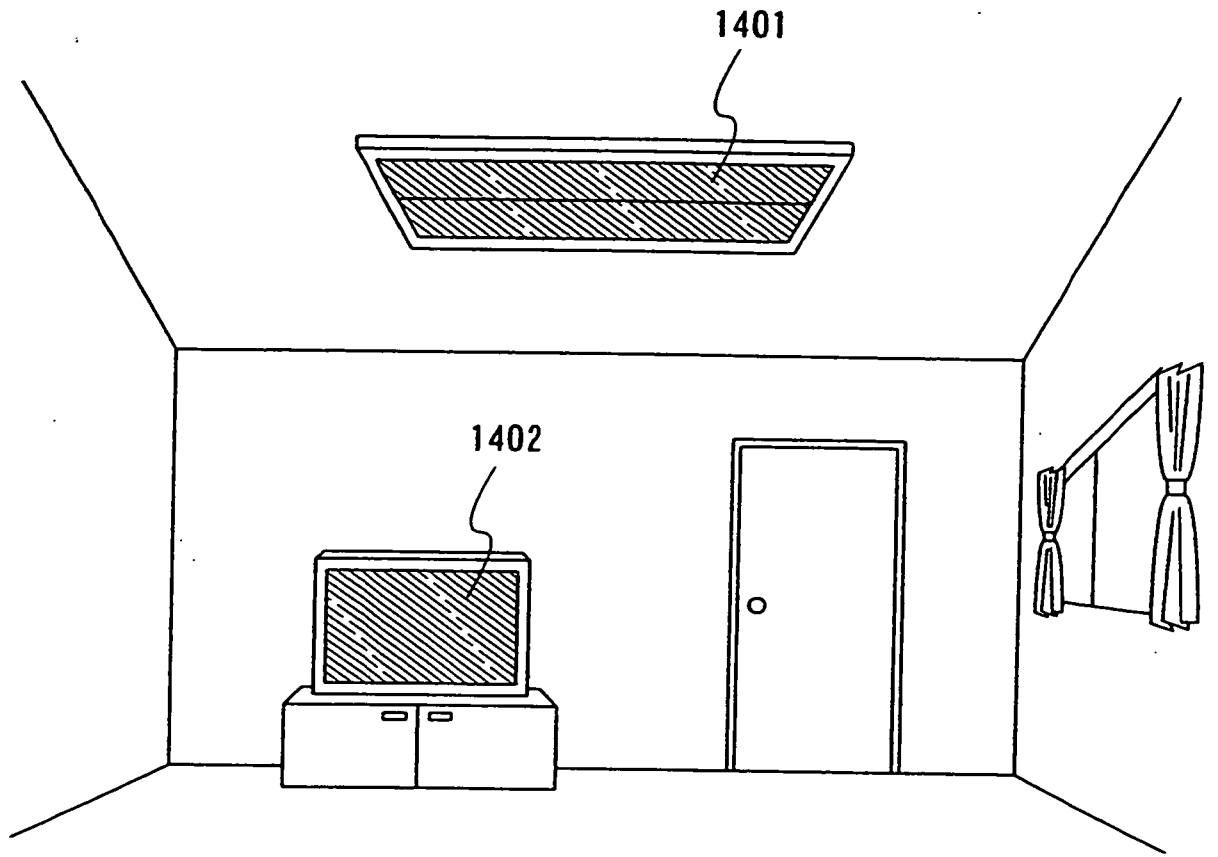


圖 15A

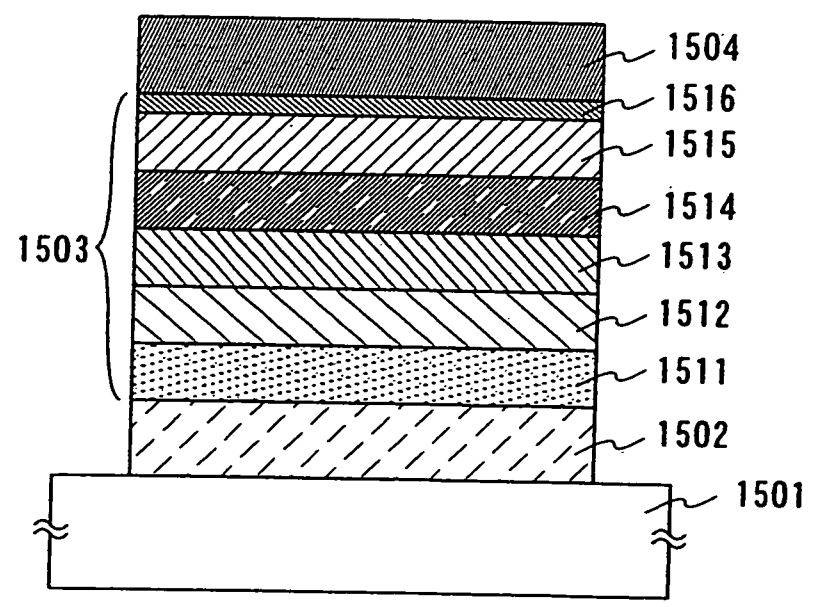


圖 15B

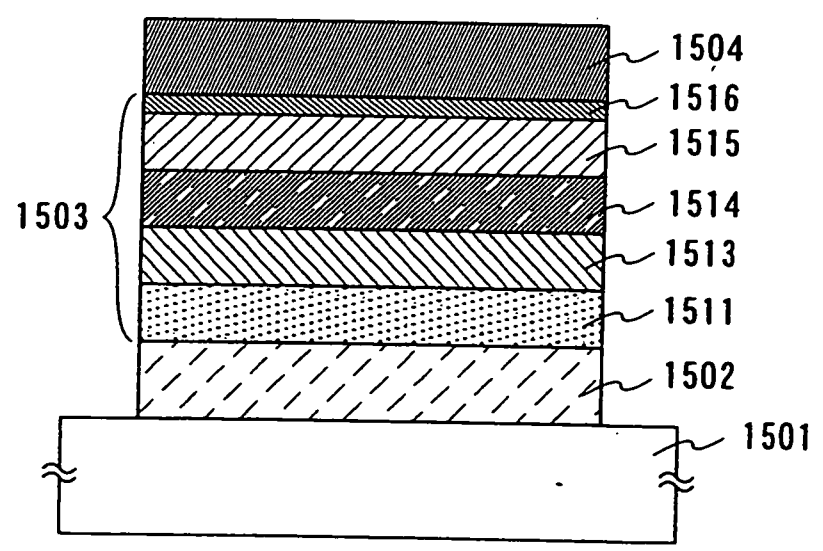


圖 16A

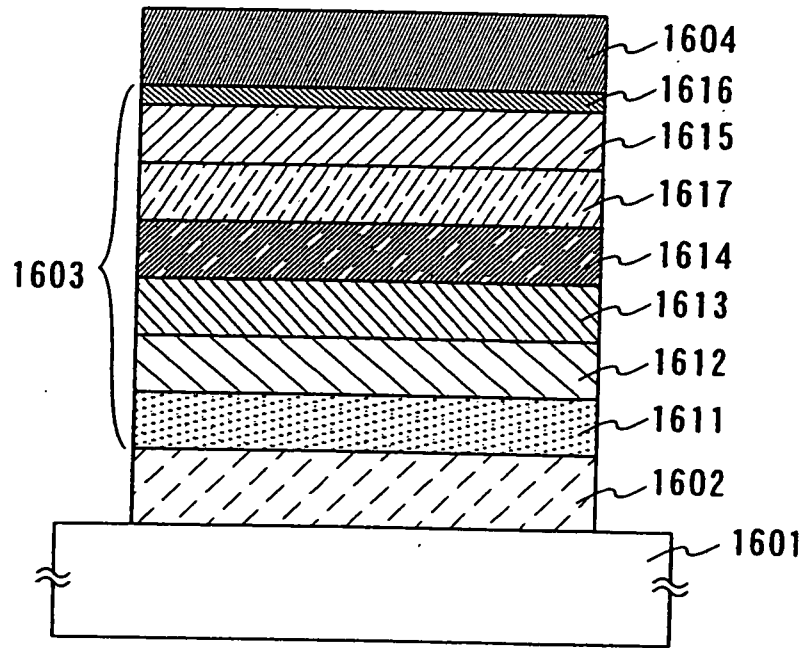


圖 16B

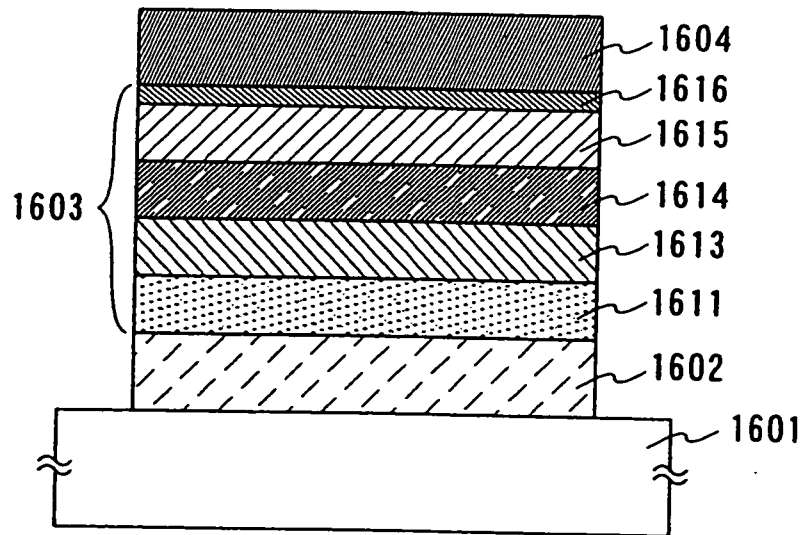


圖 17

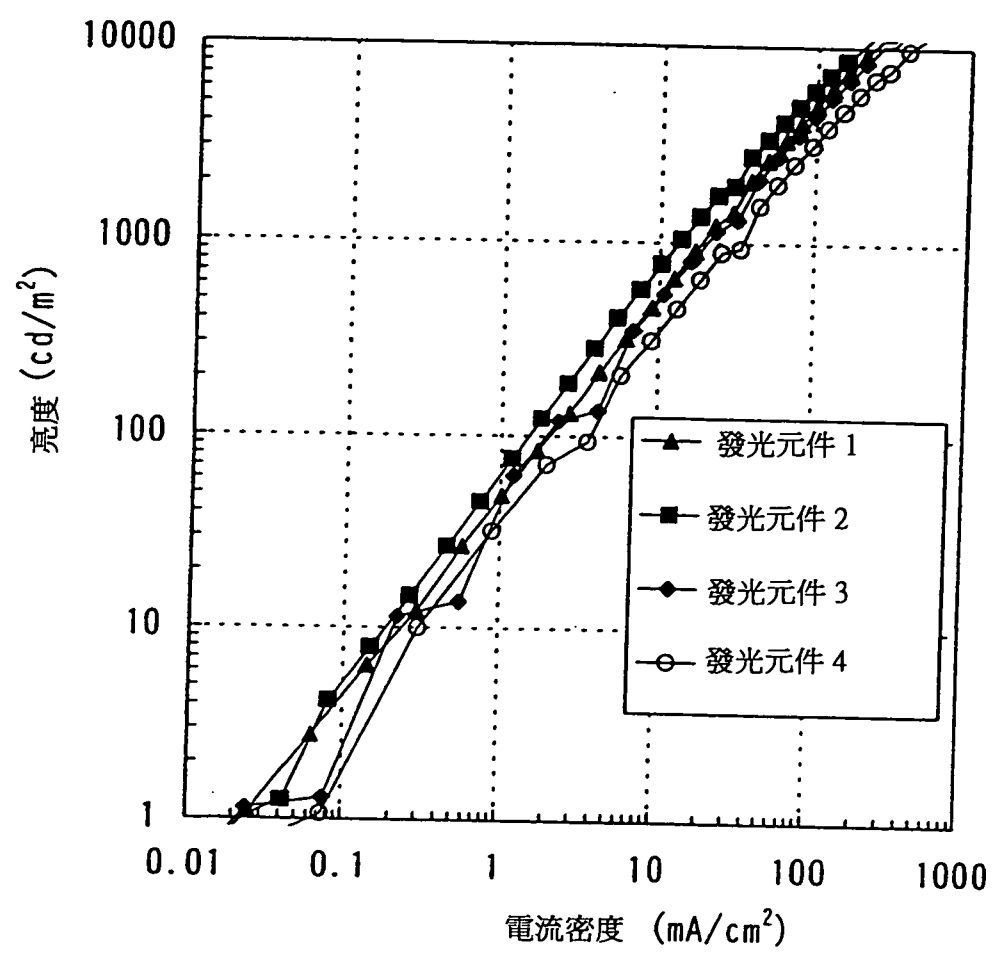


圖 18

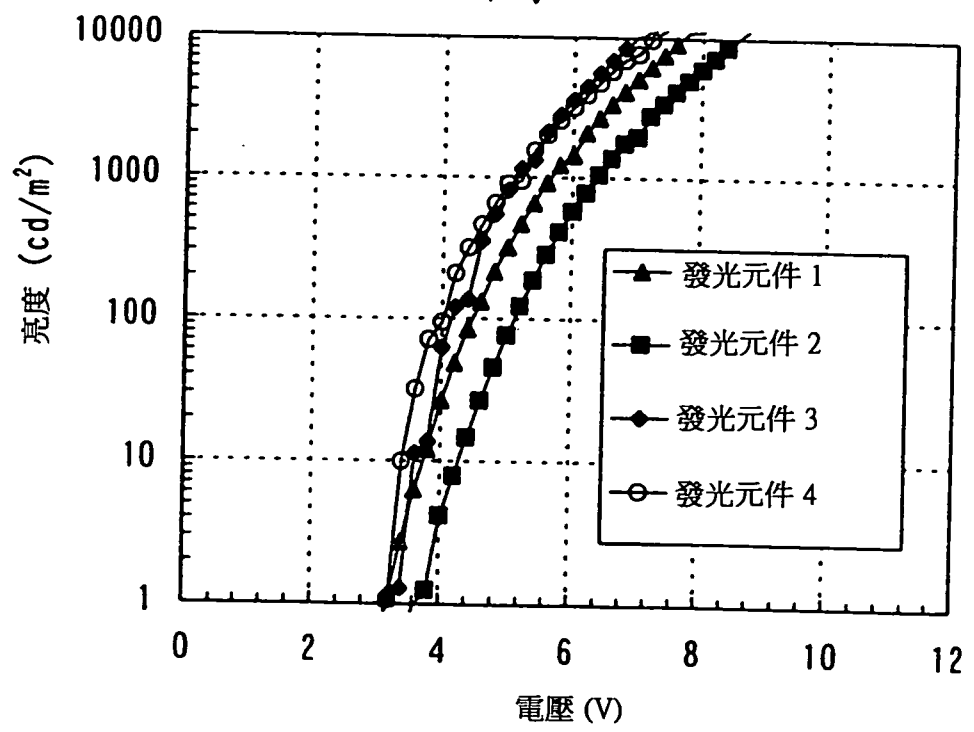


圖 19

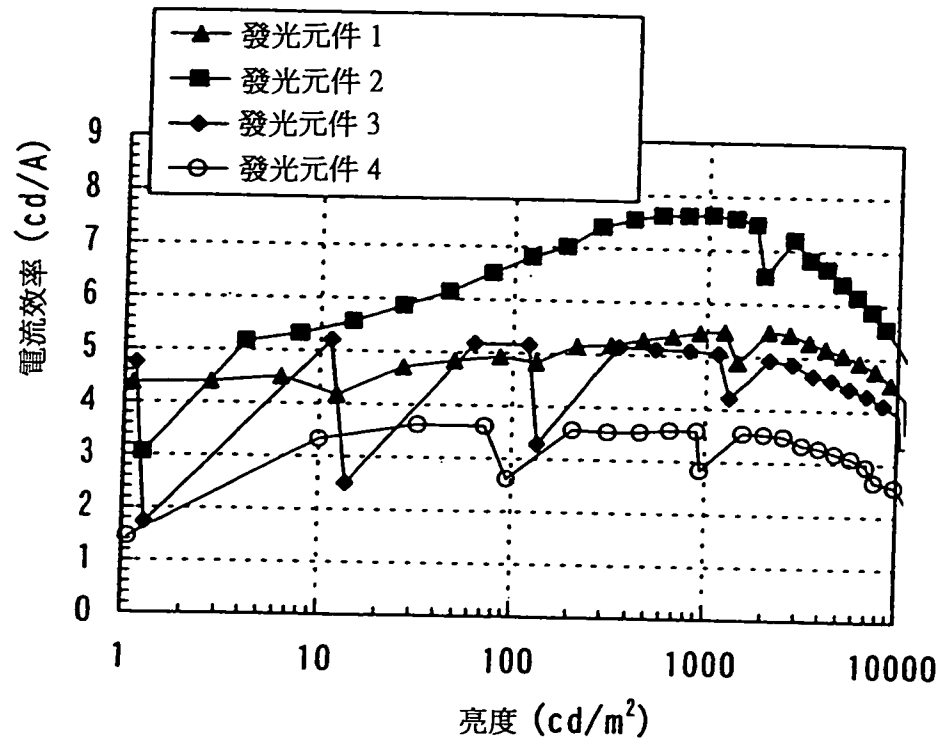


圖 20

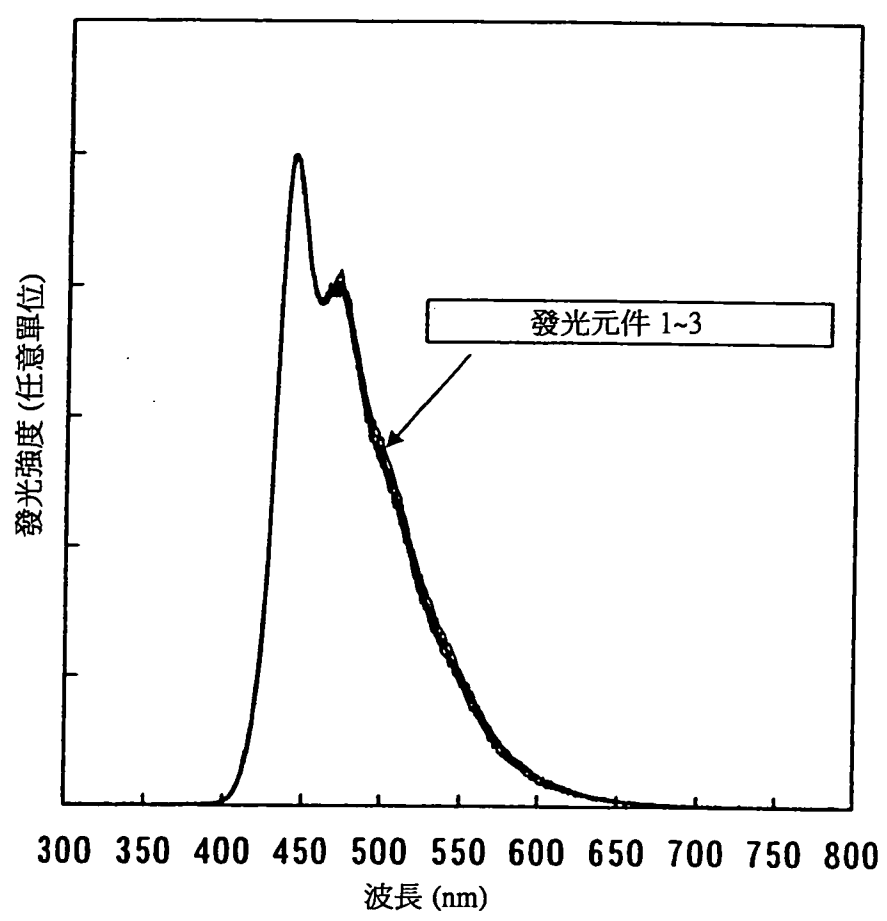


圖21

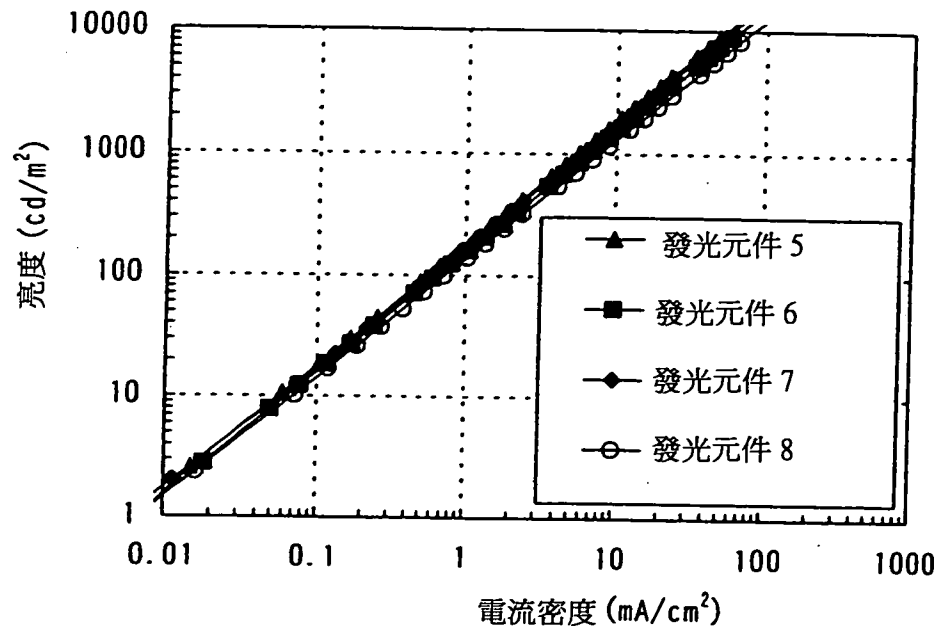


圖22

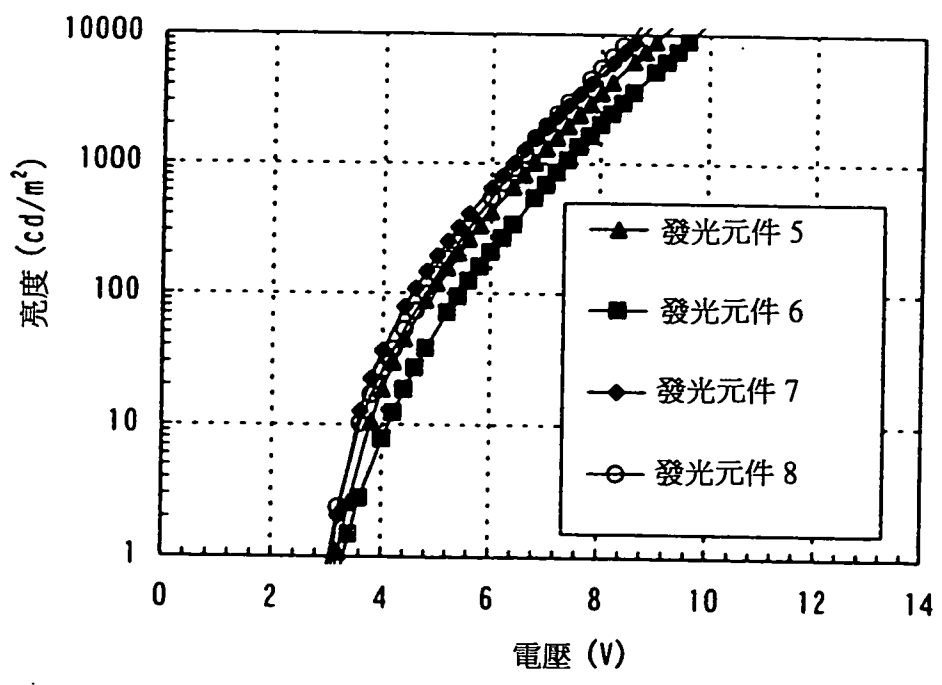


圖 23

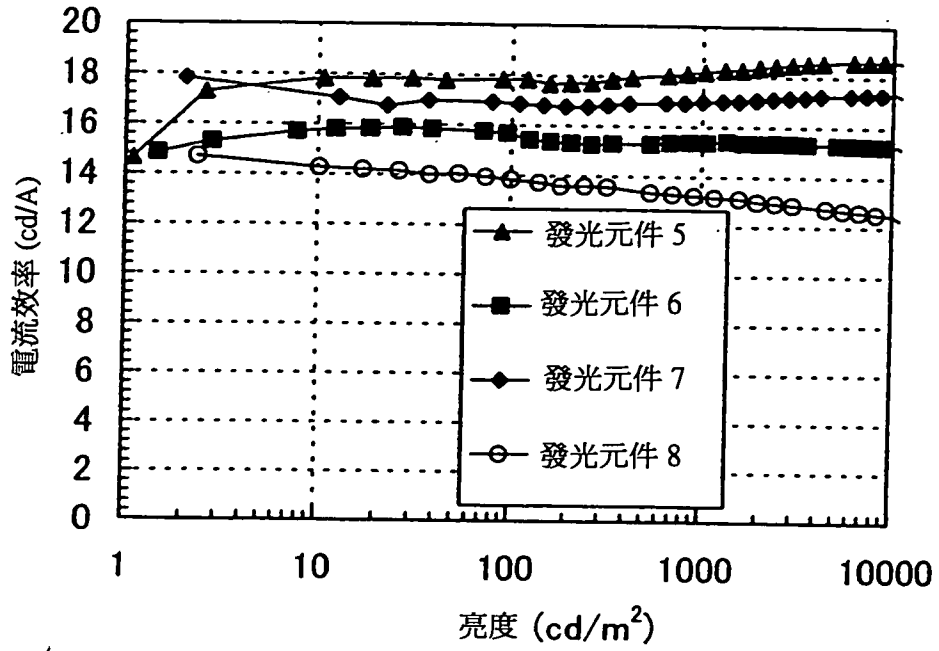


圖 24

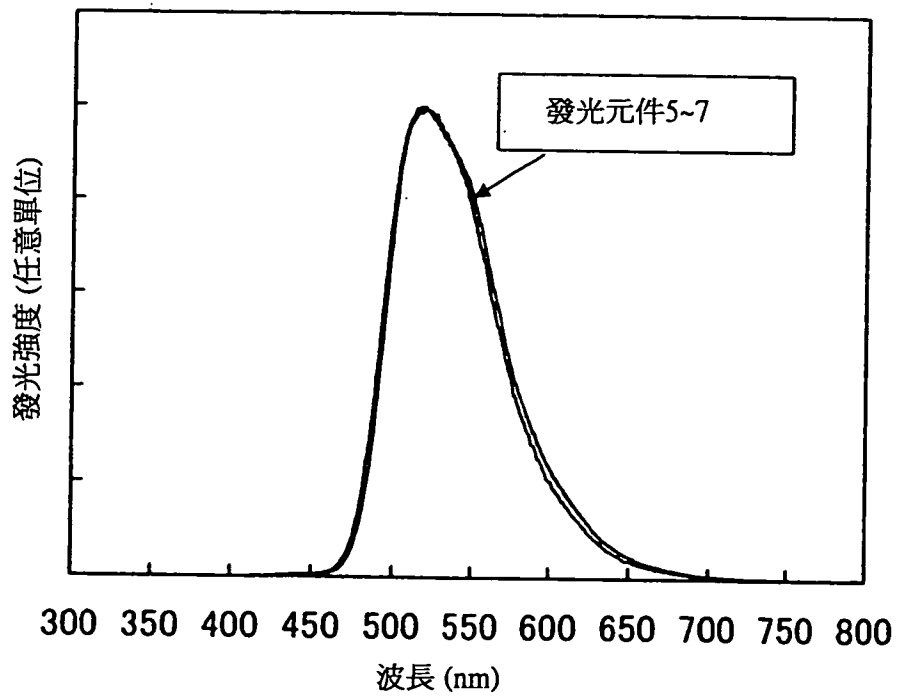


圖 25

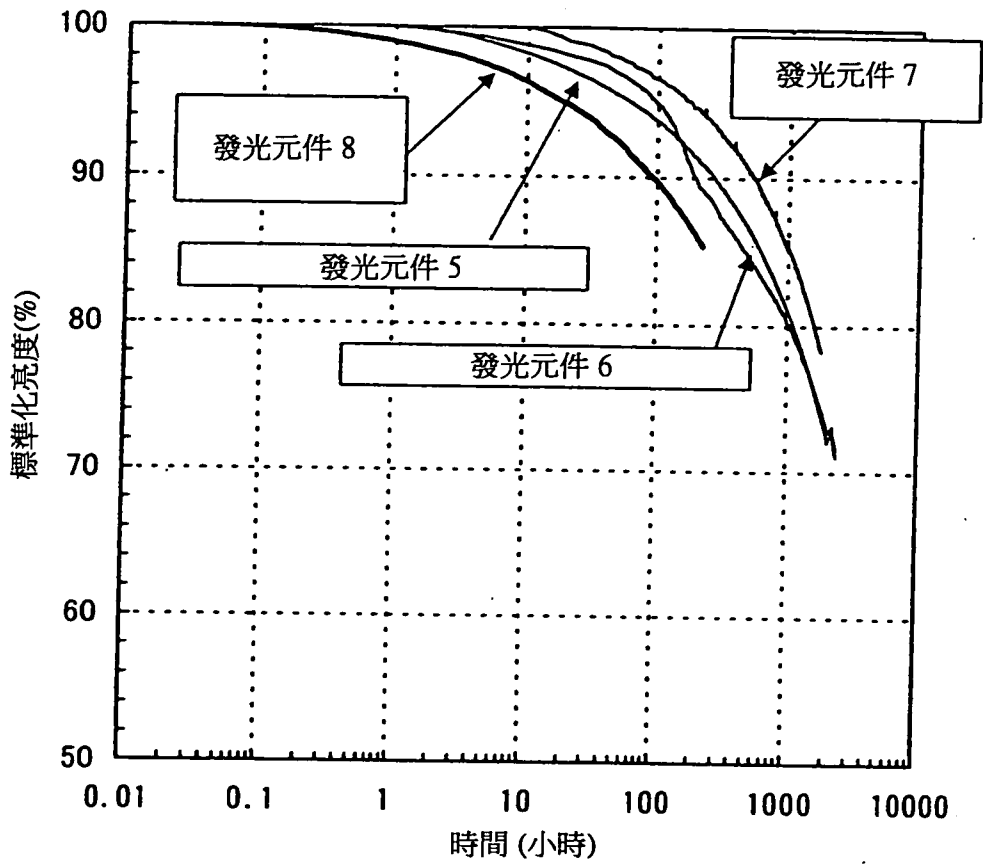


圖 26

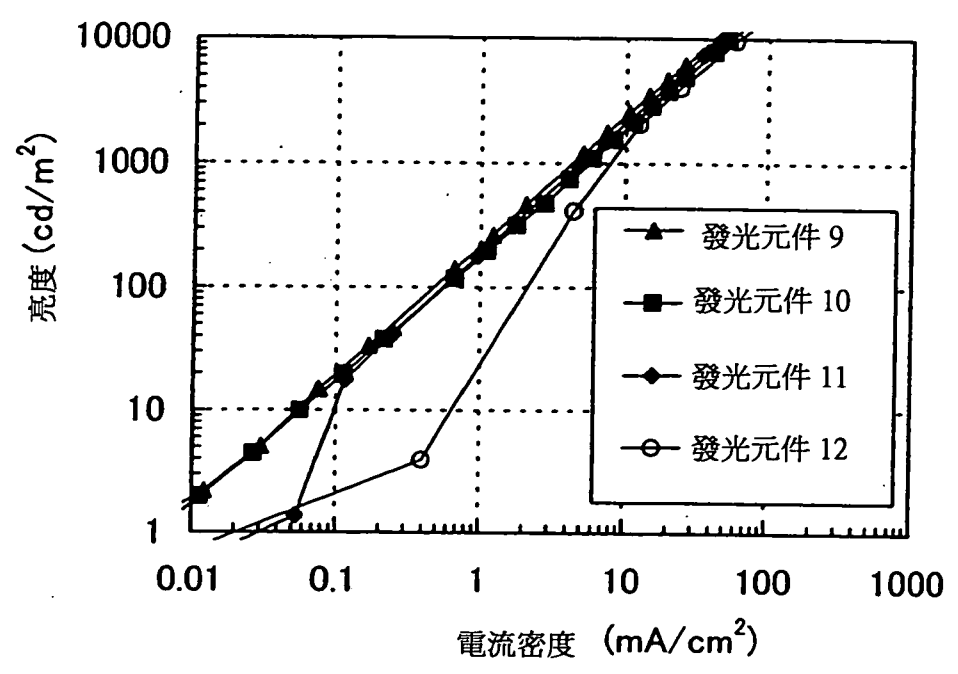


圖 27

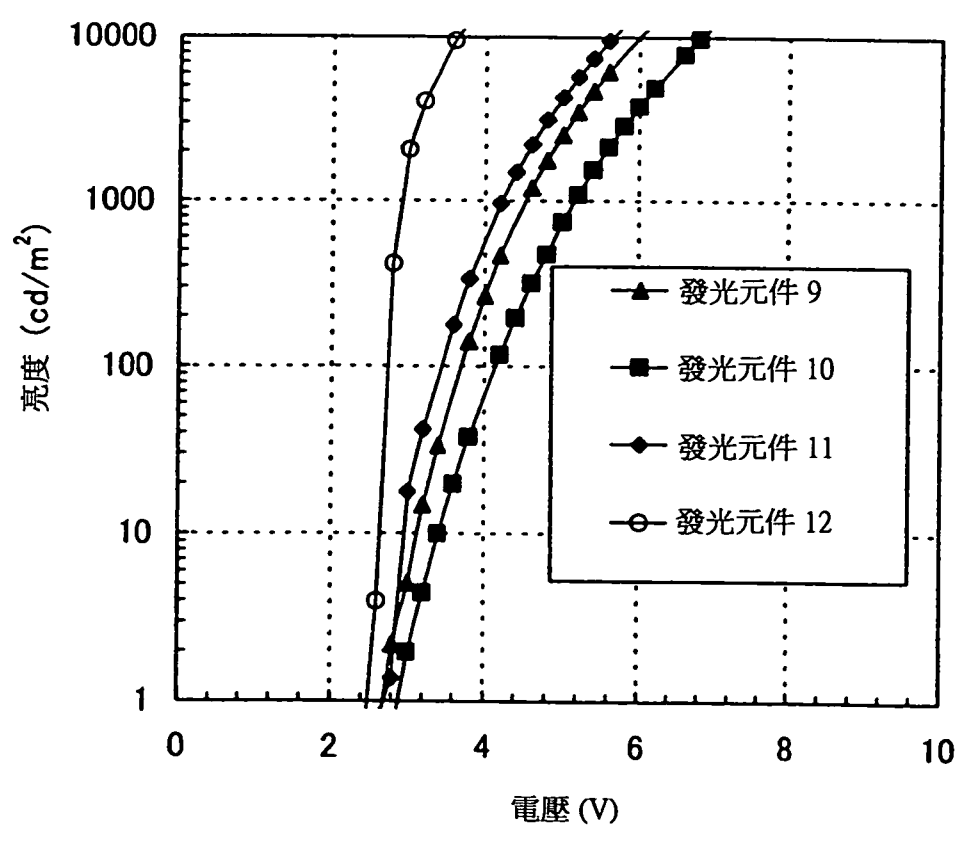


圖 28

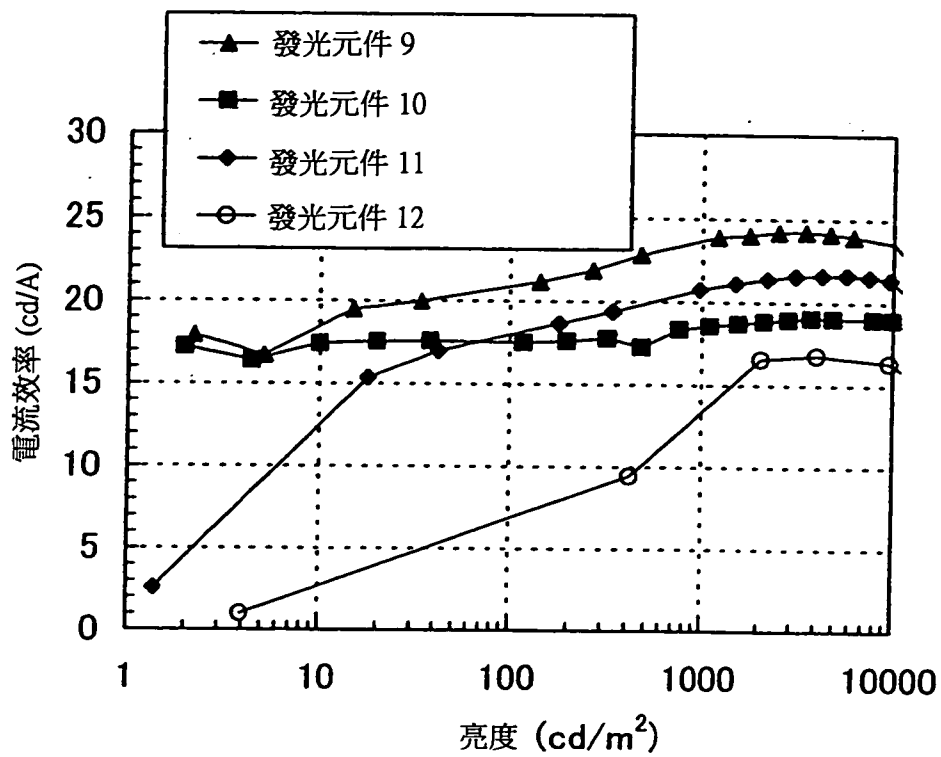


圖 29

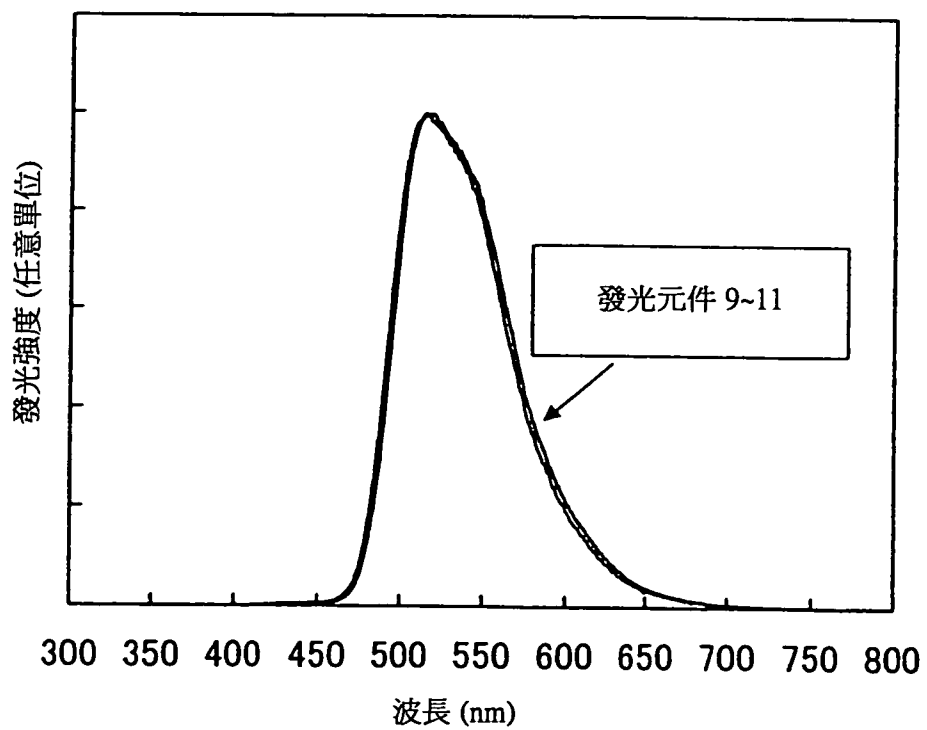


圖 30

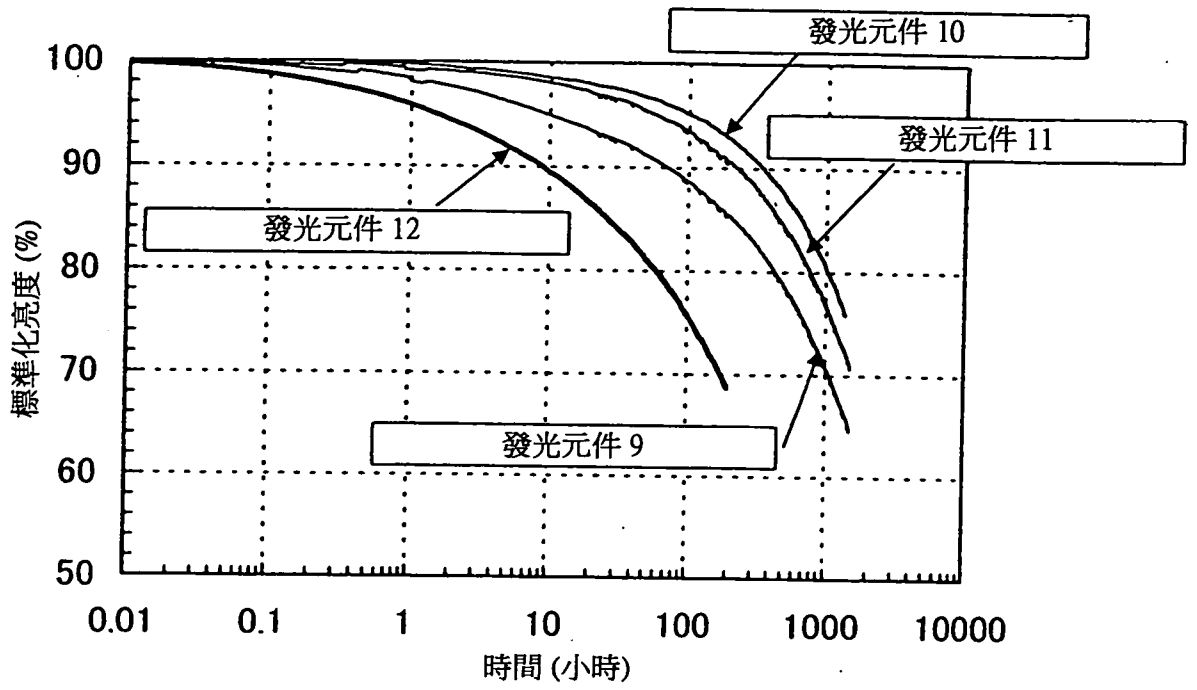


圖 31

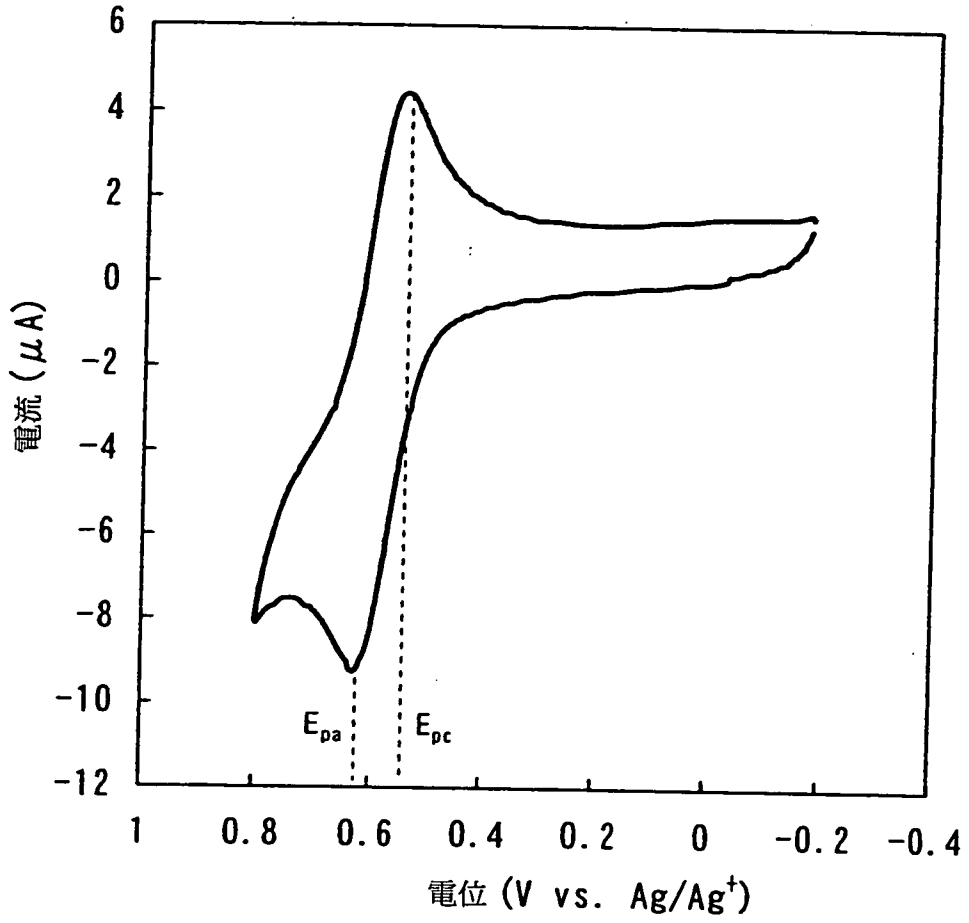


圖 32

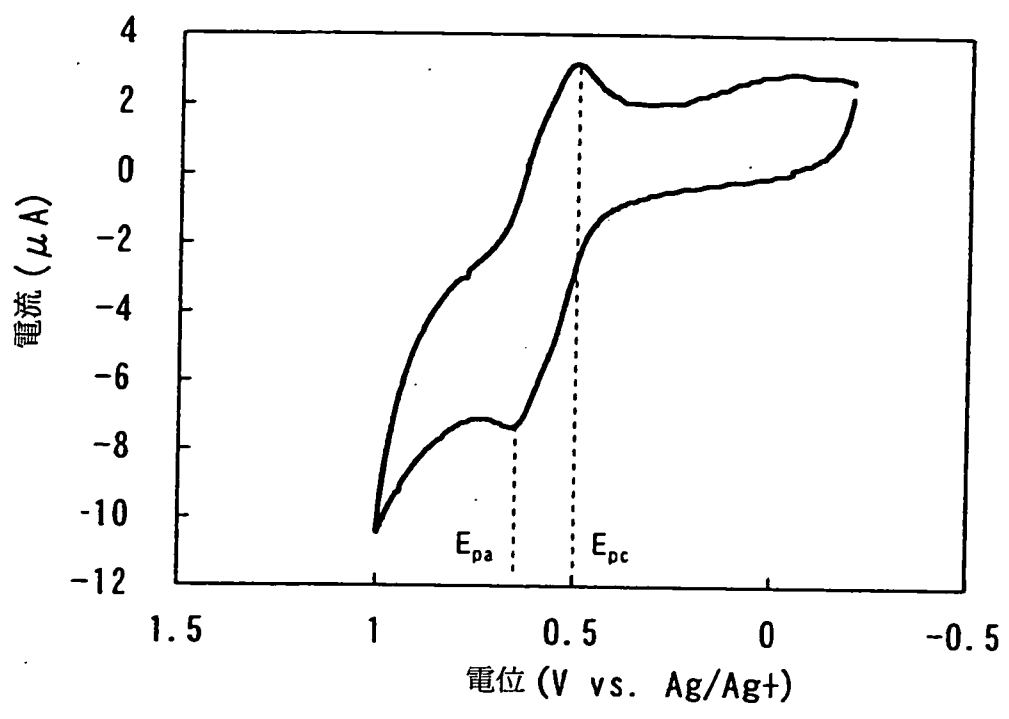


圖 33

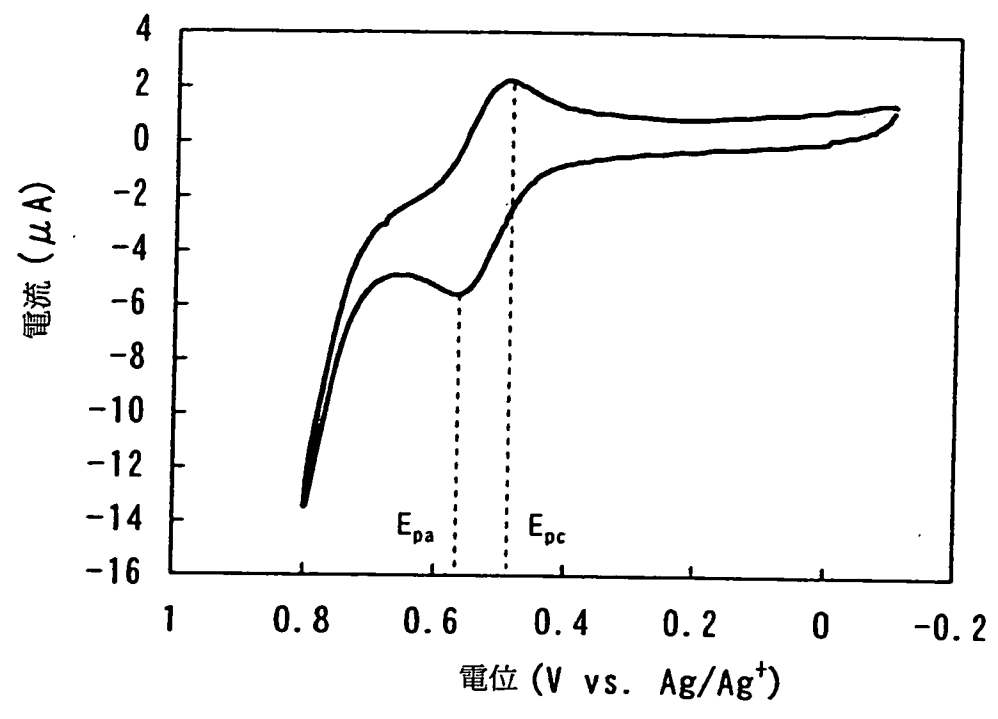


圖 34

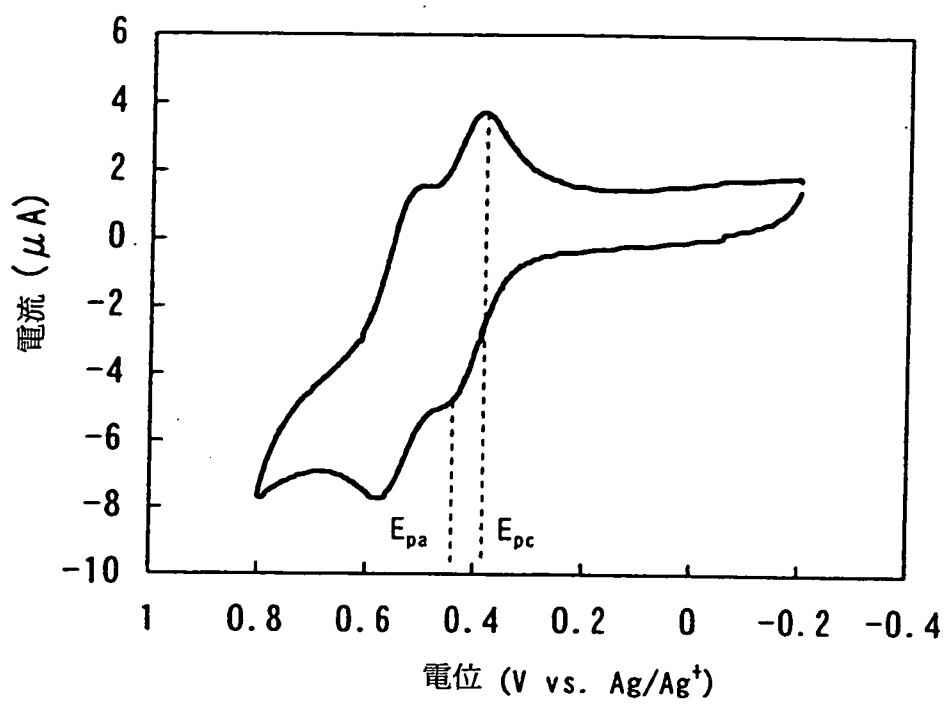


圖 35

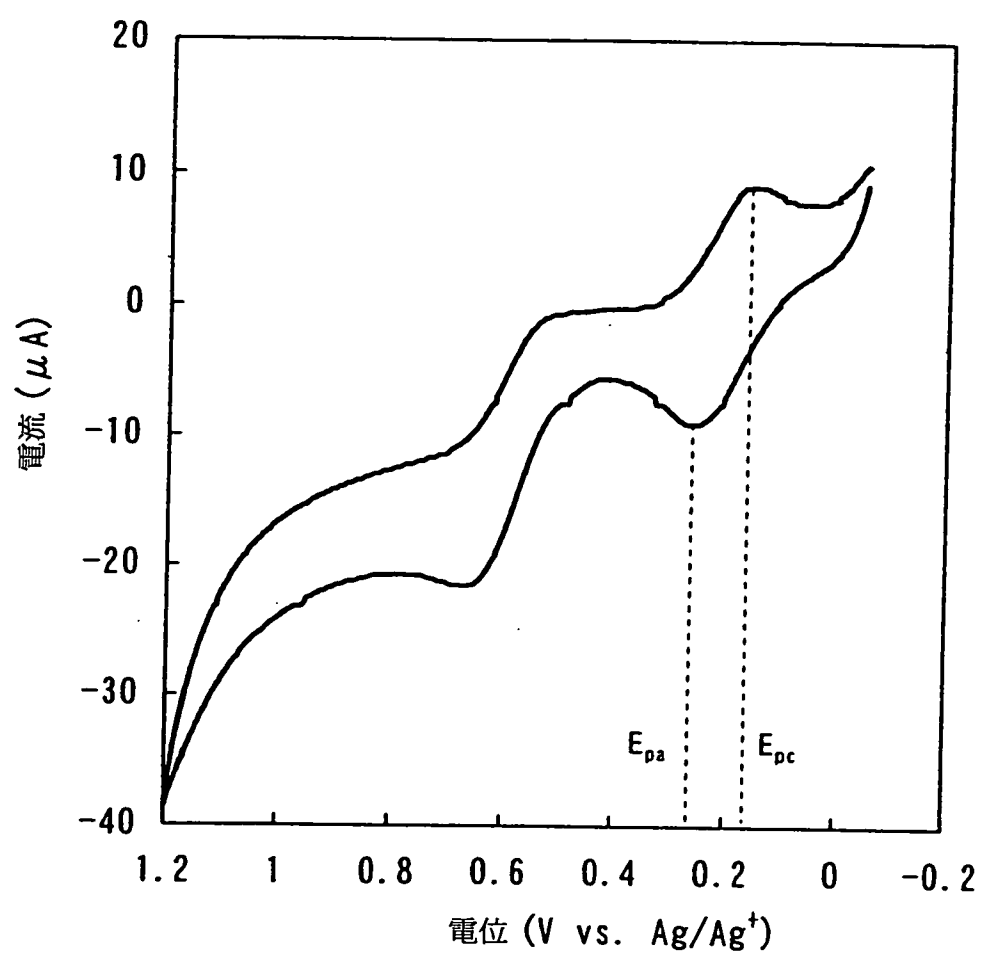


圖 36

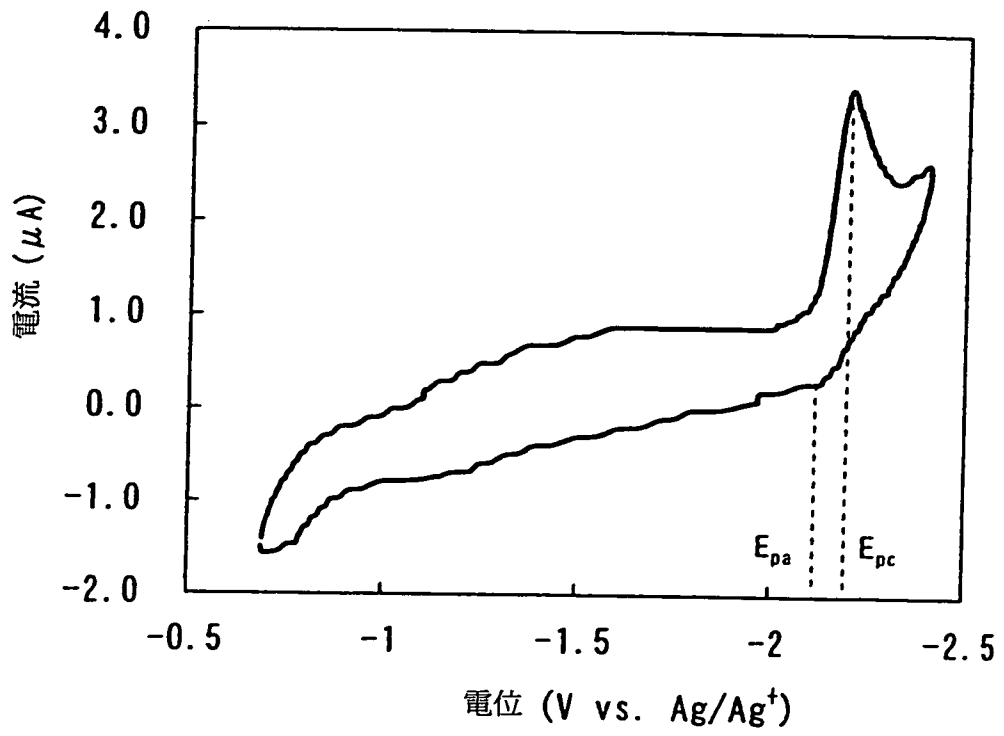


圖 37

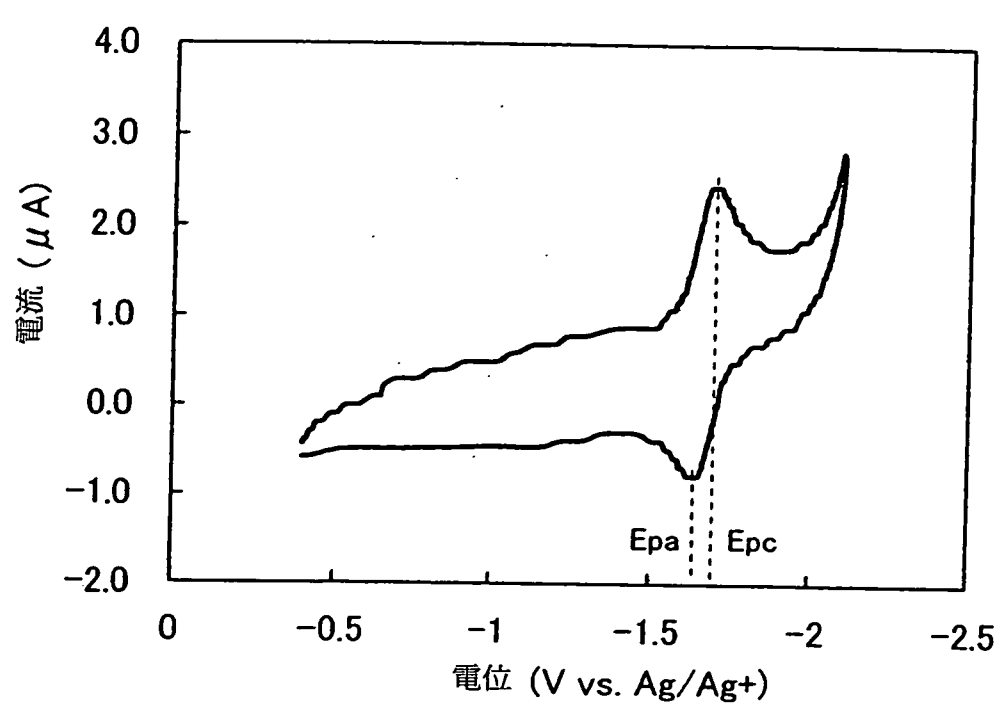


圖 38

