



(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 I542058 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：099141235

(51)Int. Cl. : **H01L51/50 (2006.01)**
H05B33/26 (2006.01)
F21S2/00 (2006.01)

(30)優先權：2009/12/01 日本 2009-273987

(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：瀬尾哲史 SEO, SATOSHI (JP)；鈴木恆德 SUZUKI, TSUNENORI (JP)；下垣智子 SHITAGAKI, SATOKO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW	I271119	US	2008/0231177A1
US	2009/0015140A1	US	2009/0058261A1
US	2009/0230847A1	WO	2006/115232A1

審查人員：陳基發

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：34 共 143 頁

(54)名稱

發光元件，發光裝置，電子裝置，與照明裝置

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

(57)摘要

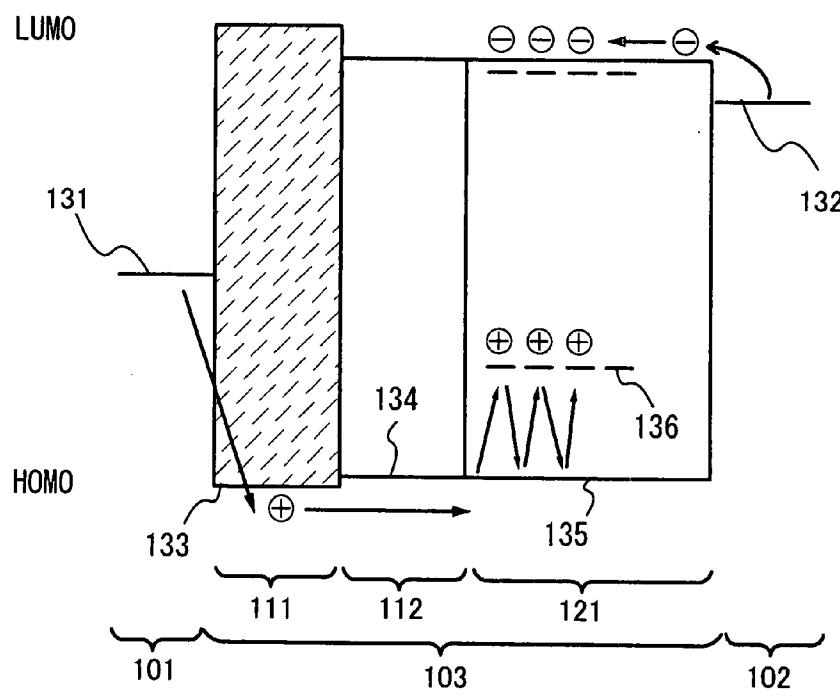
本發明的目的是提供一種具有長壽命和優良的發射效率和驅動電壓的發光元件。本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層和發光層。所述第一層包括第一有機化合物和電子接受化合物。所述第二層包括第二有機化合物，所述第二有機化合物的 HOMO 能級與第一有機化合物的 HOMO 能級相差從-0.2eV 到+0.2eV。所述發光層包括第三有機化合物和相對於第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質，所述第三有機化合物的 HOMO 能級與第二有機化合物的 HOMO 能級相差從-0.2eV 到+0.2eV。

Objects of the present invention are to provide: a light-emitting element having a long lifetime and good emission efficiency and drive voltage. One embodiment of the invention is a light-emitting element including, between an anode and a cathode, at least a stack structure in which a first layer, a second layer, and a light-emitting layer are provided in order from the anode side. The first layer includes a first organic compound and an electron-accepting compound. The second layer includes a second organic compound having a HOMO level differing from the HOMO level of the first organic compound by from -0.2 eV to +0.2 eV. The light-emitting layer includes a third organic compound having a HOMO level differing from

the HOMO level of the second organic compound by from -0.2 eV to +0.2 eV and a light-emitting substance having a hole-trapping property with respect to the third organic compound.

指定代表圖：

圖 1B



符號簡單說明：

- 101 · · · 陽極
- 102 · · · 陰極
- 103 · · · EL 層
- 111 · · · 第一層
- 112 · · · 第二層
- 121 · · · 發光層
- 131 · · · 陽極的功函數
- 132 · · · 陰極的功函數
- 133 · · · 第一有機化合物的 HOMO 能級
- 134 · · · 第二有機化合物的 HOMO 能級
- 135 · · · 第三有機化合物的 HOMO 能級

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)

公告本

※申請案號：099141235

H01L 51/50 (2006.01)

※申請日：099年11月29日

※IPC分類：

H05B 33/14 (2006.01)
H05B 33/26 (2006.01)

一、發明名稱：(中文／英文)

G09F 9/00 (2006.01)
F21S 7/00 (2006.01)

發光元件，發光裝置，電子裝置，與照明裝置

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

二、中文發明摘要：

本發明的目的是提供一種具有長壽命和優良的發射效率和驅動電壓的發光元件。本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層和發光層。所述第一層包括第一有機化合物和電子接受化合物。所述第二層包括第二有機化合物，所述第二有機化合物的HOMO能級與第一有機化合物的HOMO能級相差從-0.2eV到+0.2eV。所述發光層包括第三有機化合物和相對於第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質，所述第三有機化合物的HOMO能級與第二有機化合物的HOMO能級相差從-0.2eV到+0.2eV。

三、英文發明摘要：

Objects of the present invention are to provide: a light-emitting element having a long lifetime and good emission efficiency and drive voltage. One embodiment of the invention is a light-emitting element including, between an anode and a cathode, at least a stack structure in which a first layer, a second layer, and a light-emitting layer are provided in order from the anode side. The first layer includes a first organic compound and an electron-accepting compound. The second layer includes a second organic compound having a HOMO level differing from the HOMO level of the first organic compound by from -0.2 eV to +0.2 eV. The light-emitting layer includes a third organic compound having a HOMO level differing from the HOMO level of the second organic compound by from -0.2 eV to +0.2 eV and a light-emitting substance having a hole-trapping property with respect to the third organic compound.

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(1B)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

101：陽極

102：陰極

103：EL層

111：第一層

112：第二層

121：發光層

131：陽極的功函數

132：陰極的功函數

133：第一有機化合物的HOMO能級

134：第二有機化合物的HOMO能級

135：第三有機化合物的HOMO能級

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】

本發明涉及發光元件、發光裝置、電子裝置和照明裝置。

【先前技術】

近年來，對使用電致發光（EL）的發光元件進行了廣泛的研究和開發。在這樣的發光元件的基本結構中，含有具有發光性質的物質的層插在一對電極之間。通過對該元件施加電壓，該具有發光性質的物質能夠發射光。

由於這樣的發光元件是自發光元件，因此與液晶顯示器相比，它們的優點在於例如具有高的畫素可視性並且無需背光，從而被認為適合用於平板顯示元件。此外，上述發光元件還具有如下的優點：它們可以較薄且重量輕，並且還具有非常高速回應的特徵。

此外，由於這樣的發光元件可以以薄膜形式形成，因此它們易於提供平面光發射，由此實現利用平面光發射的大面積元件。這樣的特徵難以用點光源（以白熾燈和LED為代表）或線性光源（以螢光燈為代表）獲得。因此，該發光元件可以非常有效地用作適用於照明等等的平面光源。

按照利用電致發光的發光元件使用有機化合物還是無機化合物作為具有發光性質的物質而將其泛泛地分類。

在具有發光性質的物質是有機化合物的情況下，對發

光元件施加電壓使得電洞從陽極並且電子從陰極注入到含有具有發光性質的有機化合物的層中，從而使得電流流動。然後，載流子（電子和電洞）再結合，從而使具有發光性質的有機化合物進入受激態。當受激態返回基態時，發射光。一般來講，有機EL元件是指使用具有發光性質並且能夠用電流激發的有機化合物之發光元件。

有機化合物的受激態可以是單重態和三重態。通常用於有機EL元件的有機化合物的基態是單重態。來自單重受激態的光發射被稱為螢光，而來自三重受激態的光發射被稱為磷光。

其中堆疊不同有機化合物的層的異質結構的提出促進了這種發光元件的重大發展（見非專利文獻1）。這是因為，採用異質結構增加了載流子再結合效率，於是提高了發射效率。在非專利文獻1中，電洞傳輸層和具有電子傳輸性質的發光層被堆疊。

此外，就異質結構與驅動電壓或壽命的相關性已經進行了大量的研究。例如，有報告稱，在電洞傳輸層與陽極接觸的元件中，電洞傳輸層的電離電位（ionization potential）影響壽命（見非專利文獻2）。非專利文獻2中公開的元件隨著電洞傳輸層的電離電位的減小可以具有更長的壽命。有報告還稱，通過在陽極和電洞傳輸層之間提供具有低電離電位的電洞注入層，延長了元件的壽命（見非專利文獻3和4）。

[參考文獻]

[非專利文獻]

[非專利文獻 1] C. W. Tang 等， Applied Physics Letters
， Vol. 51， No. 12， pp. 913-915， 1987。

[非專利文獻 2] Chihaya Adachi 等， Applied Physics Letters， Vol. 66， No. 20， pp. 2679-2681， 1995。

[非專利文獻 3] Yasuhiko Shirota 等， Applied Physics Letters， Vol. 65， No. 7， pp. 807-809， 1994。

[非專利文獻 4] S. A. Van Slyke 等， Applied Physics Letters， Vol. 69， No. 15， pp. 2160-2162， 1996。

【發明內容】

根據非專利文獻 2 至 4，與陽極接觸的電洞注入層中的有機材料的電離電位（即，HOMO能級）優選是與陽極的功函數盡可能地接近的能級。因此，在具有電洞注入層、電洞傳輸層、和發光層的堆疊的發光元件的情況下，將該元件設計成使得陽極的功函數與電洞注入層、電洞傳輸層、以及發光層的 HOMO能級具有臺階形狀，如非專利文獻 3 的圖 2 所示。換句話說，電洞注入層和電洞傳輸層的材料被選擇成使得陽極的功函數與電洞注入層、電洞傳輸層、以及發光層的 HOMO能級被佈置成按照從陽極的功函數到發光層的 HOMO能級稍微降低的順序。

迄今為止，這樣的臺階形狀的設計被視為有機 EL 元件的標準設計。在上述元件設計的基礎上，已經研究了電洞

注入層、電洞傳輸層和發光層的各種材料以尋找實現最能改善壽命或效率的材料組合。這是有機EL元件的當前發展，並且仍然是主流。

然而，上述設計引起了陽極的功函數和發光層的HOMO能級之間增加的差異的難題。這是因為陽極和發光層之間的電洞注入勢壘（barrier）的減小需要許多HOMO能級的臺階，即，需要在陽極和發光層之間插入大量的層。這樣的元件是不實際的。通常在發光元件中最多包括兩層，即，電洞注入層和電洞傳輸層。

因此，電洞注入層和電洞傳輸層之間或電洞傳輸層和發光層之間的電洞注入勢壘能夠被減小，但難以被基本去除。尤其是，關於發射藍光的發光元件或發射磷光的元件，發光層的材料（尤其是主材料（host material））的能隙大，因此其HOMO能級傾向於相對較低的。這增加了陽極的功函數和發光層的HOMO能級之間的差異，導致大的電洞注入勢壘。在許多情況下，電洞傳輸層和發光層之間的電洞注入勢壘傾向於大的。

本發明的發明人已經發現，通過發光層的材料和結構的改進，這種電洞注入勢壘現在對於壽命正在成為一個問題。更準確地說，發明人認識到，儘管在非專利文獻2至4公佈時，發光層是限制壽命的一個因素，但在發光層在被改進的今日，在臺階形狀的設計中，電洞注入勢壘越來越成問題。

此外，採用習知的異質結構確保了發射效率，但可能

增加或顯著減小壽命，這取決於所採用的異質結構（材料的種類）。這種現象的原因仍未知。因此，目前這樣的現象趨向於被歸因於材料之間的親和力，並且仍待建立材料組合的原理。

因此，通過設計與習知異質結構不同的元件，本發明的發明人嘗試製造長壽命的發光元件，而不會不利地影響驅動電壓和發射效率。在設計這種元件的過程中，發明人還對材料組合進行了詳細的研究。

因此，本發明的一個目的是提供具有長壽命的發光元件。另一個目的是提供具有優良的發光效率和驅動電壓的發光元件。

再一個目的是通過使用本發明的發光元件，提供具有長壽命和低功耗的發光裝置、以及具有長壽命和低功耗的電子裝置和照明裝置。

首先，本發明的發明人發現了其中從陽極到發光層的層之間的電洞注入勢壘被基本去除的元件結構。發明人通過進一步的詳細研究發現，在這樣的元件結構中，具有電洞捕獲性質的物質作為發光物質被添加到發光層，由此實現上述目的。

因此，本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層和發光層。所述第一層包括第一有機化合物和電子接受化合物。所述第二層包括第二有機化合物，所述第二有機化合物的HOMO能級與第

一有機化合物的 HOMO 能級相差大於或等於 -0.2 eV 並且小於或等於 +0.2 eV。所述發光層包括第三有機化合物、和相對於第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質，所述第三有機化合物的 HOMO 能級與第二有機化合物的 HOMO 能級相差大於或等於 -0.2 eV 並且小於或等於 +0.2 eV。

在本說明書中，“陽極”是指釋放電洞的電極，並且“陰極”是指接收從陽極釋放的電洞的電極。此外，“陰極”還表示釋放電子的電極，並且“陽極”還表示接收從陰極釋放的電子的電極。

用於電洞注入層、電洞傳輸層和發光層的有機化合物的電洞傳輸骨架優選為相同的。因此，本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層和發光層。所述第一層包括：具有第一電洞傳輸骨架的第一有機化合物，以及電子接受化合物。所述第二層包括具有第二電洞傳輸骨架的第二有機化合物。所述發光層包括：具有第三電洞傳輸骨架的第三有機化合物、和相對於所述第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質。所述第一電洞傳輸骨架、第二電洞傳輸骨架和第三電洞傳輸骨架相同。

這裏，本發明的發明人發現，當對於用於電洞注入層、電洞傳輸層和發光層的有機化合物的電洞傳輸骨架應用特定的骨架時，所述層之間的電洞注入勢壘減小。此外，通過向電洞注入層添加電子接受化合物，陽極和電洞注入

層之間的電洞注入勢壘也能夠減小。因此，本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層和發光層。所述第一層包括：具有第一電洞傳輸骨架的第一有機化合物，和電子接受化合物。所述第二層包括具有第二電洞傳輸骨架的第二有機化合物。所述發光層包括：具有第三電洞傳輸骨架的第三有機化合物，和相對於所述第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質。所述第一電洞傳輸骨架、第二電洞傳輸骨架和第三電洞傳輸骨架每一個分別包括富 π 雜芳環(π excessive heteroaromatic ring)、三環稠合芳烴環、和四環稠合芳烴環中的至少任意一個的骨架。

電洞傳輸骨架優選地是咔唑、二苯並呋喃、二苯並噻吩、蒽中的至少任意一個的骨架。

此外，即使在將上述骨架中的任何特定骨架用作電洞傳輸骨架時，用於電洞注入、電洞傳輸和發光層的有機化合物的電洞傳輸骨架也優選是相同的。因此，本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層和發光層。所述第一層包括：具有第一電洞傳輸骨架的第一有機化合物，和電子接受化合物。所述第二層包括具有第一電洞傳輸骨架的第二有機化合物。所述發光層包括：具有第一電洞傳輸骨架的第三有機化合物，和相對於所述第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質

。所述第一電洞傳輸骨架包括富 π 雜芳環、三環稠合芳環、和四環稠合芳環中的至少任意一個的骨架。

電洞傳輸骨架優選地是咔唑、二苯並呋喃、二苯並噻吩、蒽中至少任意一個的骨架。

在上述發光元件的結構中，發光物質優選地為芳香胺化合物或有機金屬錯合物，這是因為它們中的每一個都具有高的電洞捕獲性質。尤其是，茈二胺（pyrene diamine）化合物或鋅錯合物是優選的，因為它們每一個不僅具有高的電洞捕獲性質，還具有高的發射效率。

本發明的發明人發現，在本發明一個實施例的上述發光元件中，設置滿足特定條件的另一個發光層進一步抑制了電洞傳到陰極的現象，由此顯著地改善了壽命和發射效率兩者。因此，本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層、第一發光層和第二發光層。所述第一層包括第一有機化合物和電子接受化合物。所述第二層包括第二有機化合物，所述第二有機化合物的HOMO能級與第一有機化合物的HOMO能級相差大於或等於-0.2eV並且小於或等於+0.2eV。所述第一發光層包括第三有機化合物和相對於所述第三有機化合物具有電洞捕獲性質的第一發光物質，所述第三有機化合物的HOMO能級與第二有機化合物的HOMO能級相差大於或等於-0.2eV並且小於或等於+0.2eV。所述第二發光層包括：第四有機化合物，所述第四有機化合物的HOMO能級與所

述第三有機化合物的HOMO能級相差大於或等於-0.2eV並且小於或等於+0.2eV，並且所述第四有機化合物的LUMO能級與所述第三有機化合物的LUMO能級相差大於或等於-0.2eV並且小於或等於+0.2eV；和相對於所述第四有機化合物具有電洞捕獲性質的第二發光物質。所述第四有機化合物和第三有機化合物是不同的化合物。

在本說明書中，“電洞傳到陰極”是指從陽極注入的電洞傳到陰極側而沒有與電子再結合的現象。

用於電洞注入層、電洞傳輸層、第一發光層和第二發光層的有機化合物的電洞傳輸骨架優選地是相同的。此外，第一和第二發光層的電子傳輸骨架優選地是相同的。因此，本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層、第一發光層和第二發光層。所述第一層包括：具有第一電洞傳輸骨架的第一有機化合物，以及電子接受化合物。所述第二層包括具有第二電洞傳輸骨架的第二有機化合物。所述第一發光層包括：具有第三電洞傳輸骨架和電子傳輸骨架的第三有機化合物；和相對於第三有機化合物具有電洞捕獲性質的第一發光物質。所述第二發光層包括：具有第四電洞傳輸骨架和電子傳輸骨架的第四有機化合物；和相對於第四有機化合物具有電洞捕獲性質的第二發光物質。所述第四有機化合物和第三有機化合物是不同的化合物。所述第一電洞傳輸骨架、第二電洞傳輸骨架、第三電洞傳輸骨架和第四電洞傳輸骨

架是相同的。

此處，本發明的發明人發現，當對於用於電洞注入層、電洞傳輸層、第一發光層和第二發光層的有機化合物的電洞傳輸骨架應用特定骨架時，層之間的電洞注入勢壘減小。此外，通過向電洞注入層添加電子接受化合物，陽極和電洞注入層之間的電洞注入勢壘也能夠減小。因此，本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層、第一發光層和第二發光層。所述第一層包括：具有第一電洞傳輸骨架的第一有機化合物，以及電子接受化合物。所述第二層包括具有第二電洞傳輸骨架的第二有機化合物。所述第一發光層包括：具有第三電洞傳輸骨架和電子傳輸骨架的第三有機化合物；和相對於第三有機化合物具有電洞捕獲性質的第一發光物質。所述第二發光層包括：具有第四電洞傳輸骨架和電子傳輸骨架的第四有機化合物；和相對於第四有機化合物具有電洞捕獲性質的第二發光物質。所述第四有機化合物於所述第三有機化合物是不同的化合物。所述第一電洞傳輸骨架、第二電洞傳輸骨架、第三電洞傳輸骨架和第四電洞傳輸骨架每一個分別包括富 π 雜芳環、三環稠合芳環、和四環稠合芳環中的至少任意一個的骨架。

電洞傳輸骨架優選地是咔唑、二苯並呋喃、二苯並噻吩、蒽中至少任意一個的骨架。

此外，即使在上述骨架中的任何特定骨架被用作電洞

傳輸骨架時，用於電洞注入層、電洞傳輸層、第一發光層和第二發光層的有機化合物的電洞傳輸骨架優選地是相同的。因此，本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層、第一發光層和第二發光層。所述第一層包括：具有第一電洞傳輸骨架的第一有機化合物；以及電子接受化合物。所述第二層包括具有第一電洞傳輸骨架的第二有機化合物。所述第一發光層包括：具有第一電洞傳輸骨架和電子傳輸骨架的第三有機化合物；和相對於第三有機化合物具有電洞捕獲性質的第一發光物質。所述第二發光層包括：具有第一電洞傳輸骨架和電子傳輸骨架的第四有機化合物；和相對於第四有機化合物具有電洞捕獲性質的第二發光物質。所述第四有機化合物和第三有機化合物是不同的化合物。所述第一電洞傳輸骨架包括富π雜芳環、三環稠合芳環、和四環稠合芳環中的至少任意一個的骨架。

電洞傳輸骨架優選地是咔唑、二苯並呋喃、二苯並噻吩、蒽中至少任意一個的骨架。

此處，對於包括如上所述的第一和第二發光層的結構中的較高的載流子再結合效率，優選地，第一發光層的電洞傳輸性質高於第二發光層的電洞傳輸性質，並且第一發光層的電子傳輸性質低於第二發光層的電子傳輸性質。

優選地，第一發光物質和第二發光物質每一個分別為芳香胺化合物或有機金屬錯合物，這是因為它們具有高的

電洞捕獲性質。具體地講，茈二胺化合物或銻錯合物是優選的，因為它們不僅具有高的電洞捕獲性質，還具有高的發射效率。

本發明的一個實施例覆蓋了其中第一發光物質和第二發光物質是相同的結構，因為這樣的結構也實現了本發明的效果。

上述發光元件的特徵是，電洞注入層是使用 HOMO能級與發光層的 HOMO能級接近的有機化合物（即，HOMO能級比習知發光元件中的 HOMO能級深得多的有機化合物）形成的。因此，本發明的一個實施例是包括具有大於或等於 -6.0 eV 並且小於或等於 -5.7 eV 的 HOMO能級的第一有機化合物的發光元件。

在上述發光元件中，可以在陽極和陰極之間設置多個堆疊結構（其中設置第一層、第二層和發光層，或者其中設置第一層、第二層、第一發光層和第二發光層）。

因此，本發明的一個實施例是在陽極和陰極之間至少包括如下堆疊結構的發光元件，在所述堆疊結構中，從陽極側起按順序設置第一層、第二層和發光層。所述第一層包括第一有機化合物和電子接受化合物。所述第二層包括第二有機化合物，所述第二有機化合物的 HOMO能級與第一有機化合物的 HOMO能級相差大於或等於 -0.2 eV 並且小於或等於 $+0.2\text{ eV}$ 。所述發光層包括：第三有機化合物，所述第三有機化合物的 HOMO能級與第二有機化合物的 HOMO能級相差大於或等於 -0.2 eV 並且小於或等於 $+0.2\text{ eV}$

；相對於第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質；和具有發光性質的物質。

所述發光元件包括如下的具有發光性質的物質，其激發能低於所述具有電洞捕獲性質的發光物質的激發能。

上述的本發明的一個實施例的發光元件具有諸如可應用於各種發光裝置的效用。因此，本發明還包括使用作為本發明的一個實施例的上述發光元件的發光裝置。請注意，在本說明書中，發光裝置是指圖像顯示裝置、發光裝置、或光源。此外，本發明的發光裝置的範疇包括：包括發光元件的模組，其與連接器（諸如撓性印刷電路（FPC））或者帶式自動接合（TAB）帶（諸如各向異性導電膜）或帶載封裝（TCP）附連；其中連接器的端部設置有印刷佈線板的模組；以及其中將積體電路（IC）通過玻璃上晶片（COG）方法直接安裝在設置有發光元件的基板上的模組。

作為本發明的一個實施例的上述發光裝置具有諸如可應用於各種電子裝置的顯示部分、發光部分、光源等的效用。因此，本發明還包括具有作為本發明的一個實施例的發光裝置的電子裝置。

作為本發明的一個實施例的上述發光裝置在諸如光源的各種照明裝置中具有效果。因此，本發明還包括使用作為本發明的一個實施例的上述發光裝置的照明裝置。

通過應用本發明，可以提供具有長壽命的發光元件，並且還可以提供具有優異發射效率和驅動電壓的發光元件

此外，可以提供具有長壽命和低功耗的發光裝置、以及具有長壽命和低功耗的電子裝置和照明裝置。

【實施方式】

現在將利用所附圖式詳細描述本發明的實施例。請注意，本發明不限於下面的說明，並且本領域技術人員將容易地理解，可以進行各種變化和修改而不偏離本發明的精神和範圍。因此，本發明不應被理解成僅限於下面實施例中的說明。

在本說明書中，當物質A散佈在由物質B形成的基質中時，形成該基質的物質B被稱為主材料，而散佈在基質中的物質A被稱為客材料。請注意，物質A和物質B可以分別是單一物質或者是兩種或更多種物質的混合物。

此外，在本說明書中，“HOMO能級”是指最高已占分子軌域的能級，而“LUMO能級”是指最低未占分子軌域的能級。

請注意，在本說明書中，“具有高HOMO能級或高LUMO能級”是指具有高能級，“具有低HOMO能級或低LUMO能級”是指具有低能級。例如，可以說具有 -5.5 eV 的HOMO能級的物質A具有比具有 -5.2 eV 的HOMO能級的物質B低 0.3 eV 的HOMO能級，並且具有比具有 -5.7 eV 的HOMO能級的物質C高 0.2 eV 的HOMO能級。

(實施例 1)

實施例 1 將參照要使用的材料和製備方法說明作為本發明的一個實施例的發光元件的結構。在實施例 1 中，插在陽極和陰極之間的區域被稱為 EL 層。

首先，圖 1A 和 1B 分別示出了本發明一個實施例的發光元件的概念元件結構及其能帶圖。為了比較，圖 2A 和圖 2B 分別示出了習知發光元件的概念元件結構及其能帶圖。

圖 2A 示出了如例如非專利文獻 3 中描述的習知發光元件的元件結構，所述結構具有設置在陽極 201 和陰極 202 之間的 EL 層。EL 層 203 具有堆疊結構，其中從陽極 201 起按順序設置了電洞注入層 211、電洞傳輸層 212 和發光層 221。

根據習知假設認為，優選地，與陽極 201 接觸的電洞注入層 211 的 HOMO 能級 233 應是與陽極 201 的功函數 231 盡可能接近的能級，如圖 2B 所示。因此，電洞注入層的 HOMO 能級 233、電洞傳輸層的 HOMO 能級 234、和發光層的 HOMO 能級 235 被設計成具有按照減小的 HOMO 能級的順序的臺階形狀。電洞可通過這些 HOMO 能級傳輸，並且在發光層 221 中與從陰極 202 注入的電子再結合，從而發光。請注意，附圖標記 232 表示陰極的功函數。

隨著發光層的材料（尤其是主材料）的能隙的增加，發光層的 HOMO 能級 235 趨向於減小。在該情況下，在陽極的功函數 231 和發光層的 HOMO 能級 235 之間存在較大的差。因此，在習知發光元件中，至少在電洞注入層的 HOMO

能級 233 和 電洞傳輸層的 HOMO 能級 234 之間 或者 在 電洞傳輸層的 HOMO 能級 234 和 發光層的 HOMO 能級 235 之間，電洞注入勢壘非常大。在許多情況下，電洞傳輸層 212 和 發光層 221 之間的電洞注入勢壘傾向於大的。

此外，對於習知發光元件，認為寧可使用這種電洞注入勢壘來累積電洞並阻止它們傳到陰極由此獲得高發射效率是重要的。周全的考慮下的用於阻止電洞傳到陰極的手段是設置電洞阻止層，該層在例如發光層和陰極之間產生大的電洞注入勢壘。這種為了較高發射效率而使用勢壘是具有異質結構的習知發光元件的原始概念。

然而，如上所述，本發明的發明人已經認識到這種電洞注入勢壘對於壽命是成問題的，引發了本發明。圖 1A 示出了本發明一個實施例的發光元件的概念元件結構，並且在陽極 101 和 陰極 102 之間設置了 EL 層 103。EL 層 103 至少具有堆疊結構，在該堆疊結構中，從陽極 101 起按順序設置第一層 111、第二層 112 和 發光層 121。進一步地，第一層 111 含第一有機化合物和電子接受化合物。第二層 112 含第二有機化合物。發光層 121 含第三有機化合物和相對於該第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質。

首先，本發明的發明人考慮了使第一層中的第一有機化合物的 HOMO 能級 133 與第二層中的第二有機化合物的 HOMO 能級 134 基本相等，如圖 1B 所示。相似地，本發明的發明人考慮了使第二層中的第二有機化合物的 HOMO 能級 134 與 發光層中的第三有機化合物的 HOMO 能級 135 基本

相等。因此，第一層 111 和第二層 112 之間的電洞注入勢壘、以及第二層 112 和發光層 121 之間的電洞注入勢壘中的每一個極度減小。

在本說明書中，具體地講，基本相等的 HOMO 能級是指彼此相差大於或等於 -0.2 eV 並且小於或等於 $+0.2\text{ eV}$ 的 HOMO 能級。這是因為相差 0.2 eV 或更小的電化學反應能可粗略地被視為相同的電化學反應能；通常，在兩種物質之間的電化學反應能的差為 0.2 eV 或更小的情況下，發生兩種類型的電化學反應（另一方面，如果差大大超過 0.2 eV ，則僅選擇性地發生一種類型的電化學反應）。稍後的示例中描述的實驗也表明，本發明的效果可利用大於或等於 -0.2 eV 並且小於或等於 $+0.2\text{ eV}$ 的 HOMO 能級差獲得。大於或等於 -0.1 eV 並且小於或等於 $+0.1\text{ eV}$ 的 HOMO 能級差對於以較高程度實現本發明的效果是更加優選的。

隨著發光層 121 中的第三有機化合物的增加的能隙，第三有機化合物的 HOMO 能級 135 趨向於減小。因此，當上述結構減小第一層 111 和第二層 112、以及第二層 112 和發光層 121 之間的電洞注入勢壘時，所有第一、第二、和第三有機化合物的 HOMO 能級都變得顯著地低於陽極的功函數 131。因此，在陽極的功函數 131 和第一有機化合物的 HOMO 能級 133 之間形成了大的電洞注入勢壘，這阻礙了電洞從陽極 101 到第一層 111 的注入。

因此，作為對於該陽極介面處的勢壘的解決方案，本發明的發明人考慮了向第一層 111 添加電子接受化合物。

通過向第一層 111 添加電子接受化合物，即使在陽極的功函數 131 和被包括在第一層 111 中的第一有機化合物的 HOMO 能級 133 之間存在能隙時，電洞也平穩地注入；因此，基本去除了電洞注入勢壘。可以將電子接受化合物和第一有機化合物組合，或從陽極起將其按順序層疊，來作為第一層 111。

上述結構基本去除了在習知元件中成問題的、從陽極到發光層的層之間的電洞注入勢壘。然而，已發現僅採用這樣的結構使得電洞容易傳到陰極，導致較低的發射效率。還發現該結構使得電子傳輸層在其被設置在發光層 121 和陰極 102 之間的情況下發射光。

為了在不使用勢壘（對電洞的阻斷）的情況下阻止電洞傳到陰極，添加具有電洞捕獲性質的物質是有效的。本發明的發明人詳盡地研究了多種類型的具有電洞捕獲性質的物質和其中添加了所述物質的區域。本發明的發明人因此發現，通過使添加到發光層的發光物質具有電洞捕獲性質，可在不增加驅動電壓的情況下解決上述問題。為了使電洞被該發光物質捕獲，第三有機化合物和具有電洞捕獲性質的所述發光物質優選地分別為主材料和客材料。此外，鑑於上述的電化學選擇性，具有電洞捕獲性質的發光物質的 HOMO 能級 136 優選比第三有機化合物的 HOMO 能級 135 高 0.3 eV 或更多。

僅阻止電洞傳到陰極以實現較高的發射效率還可以通過在陽極 101 和發光層 121 之間添加用於捕獲電洞的材料來

實現。然而，這種技術降低了電洞傳輸的速度，直到電洞到達發光層 121 以發射光，從而不可避免地使驅動電壓增加。此外，載流子再結合區域可能接近陽極，以使得電子傳到陽極，從而降低發射效率。相反，在圖 1A 和 1B 中示出的本發明的一個實施例的結構中，電洞從陽極 101 傳輸到發光層 121 而不受勢壘或陷阱/捕獲的影響，並因此地將驅動電壓的增加最小化。簡而言之，優選地，不向第二層添加具有電洞捕獲性質的材料。

此外，如圖 1B 所示，到達發光層 121 的電洞在具有電洞捕獲性質的發光物質的 HOMO 能級 136 處被捕獲，並且電洞突然減小其在發光層 121 中的移動速度。然後，減小其移動速度的這些電洞和從陰極 102 注入的電子有效率地再結合，導致高效的光發射。在圖 1B 中，附圖標記 132 表示陰極的功函數。此外，就驅動電壓而言，電子需要在發光層 121 中被充分地傳輸。因此，優選地，作為發光層 121 的主材料的第三有機化合物不僅具有電洞傳輸性質而且還具有電子傳輸性質。也就是說，第三有機化合物優選是雙極性材料 (bipolar material)。

在本說明書中，“雙極性材料”是指這樣的材料：所述材料能夠在 EL 層中注入電洞（電子被取走的反應）和注入電子（電子被接收的反應），在每一反應中相對穩定，並且能夠充分地傳輸電洞和電子兩者。

如上所述，在本發明的一個實施例的發光元件中，重要的是電洞平穩地從陽極傳輸到發光層而沒有遇到勢壘或

陷阱，並且電洞在發光層中減小其移動速度而不使用勢壘，由此導致高效的再結合。避免使用勢壘使得難以引發其中出現在小的區域上的電洞或電子的累積或集中促進劣化的現象，從而能夠有助於較長的壽命。此外，在從陽極到發光層的層之間基本不存在電洞注入勢壘或電洞陷阱，因此可以降低驅動電壓。此外，由於具有電洞捕獲性質的發光物質被用於發光層，以減小在發光層內部而不是在其外部的電洞傳輸的速度，因而，即使不使用勢壘，電洞和電子也能夠有效率地再結合；因此，可實現具有高發射效率以及長壽命的發光元件。此外，由於電洞被具有電洞捕獲性質的發光物質本身捕獲，因而，電洞和電子可有效率地再結合；因此，可實現具有高發射效率的發光元件。

鑑於上述內容，發光層 121 優選地具有比第二層 112 低的電洞傳輸性質。例如，為了使發光層 121 的電洞傳輸性質低於第二層 112 的電洞傳輸性質，第二有機化合物和第三有機化合物可以是相同的化合物。通過這種技術，發光層 121 具有比第二層 112 低的電洞傳輸性質，這是因為發光層 121 包括具有電洞捕獲性質的發光物質。

下面將基於上述要點描述可應用於第一、第二和第三有機化合物的材料的概念和具體實例。

如上所述，本發明的要點之一是基本去除第一和第二有機化合物之間的以及第二和第三有機化合物之間的電洞注入勢壘。作為為此的一種技術，本發明的發明人提出第一、第二和第三有機化合物的電洞傳輸骨架應相同。

“電洞傳輸骨架”是指其中分佈有HOMO的化合物的骨架的一部分或全部。HOMO的分佈可以通過分子軌域計算來發現。當化合物（實施例1中的第一、第二和第三有機化合物）的電洞傳輸骨架相同時，化合物的HOMO能級彼此接近，從而化合物之間的電化學勢壘減小。

將參照圖6A至6C、圖7A至7C、圖8A至8C、圖9A至9C、圖10A至10C、圖11A至11C、圖12A至12C、圖13A至13C以及圖14A至14C說明電洞傳輸骨架的具體實例。這些圖涉及以下化合物：圖6A至6C涉及9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（縮寫：CzPA）；圖7A至7C涉及3-苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（縮寫：CzPAP）；圖8A至8C涉及9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（縮寫：PCzPA）；圖9A至9C涉及4-[3-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]二苯並呋喃（縮寫：2mPDBFPA-II）；圖10A至10C涉及4-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]二苯並呋喃（縮寫：2PDBFPA-II）；圖11A至11C涉及4-[3-(聯伸三苯-2-基)苯基]二苯並噻吩（縮寫：mDBTPTp-II）；圖12A至12C涉及9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑（縮寫：CO11）；圖13A至13C涉及9-[4''-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)-[1,1':2',1'':2'',1''']]四聯苯-4-基]-9H-咔唑（縮寫：Z-CzPO11）；圖14A至14C涉及9-[4''-(苯並噁二唑-2-基)-[1,1':2',1'':2'',1''']]四聯苯-4-基]-9H-咔唑（縮寫：Z-CzPB0x）。圖6A、圖7A、圖8A、圖9A、圖10A、圖11A、圖12A、圖13A和圖14A分別圖示了化學式

。圖 6B 和 6C、圖 7B 和 7C、圖 8B 和 8C、圖 9B 和 9C、圖 10B 和 10C、圖 11B 和 11C、圖 12B 和 12C、圖 13B 和 13C 以及 圖 14B 和 14C 圖示了通過分子軌域計算而變得可見的最高已占分子軌域（HOMO）和最低未占分子軌域（LUMO）。

分子軌域計算通過下述步驟進行。首先，使用密度泛函理論（DFT）計算基態下的每個化合物的最佳分子結構。在 DFT 中，總能量被表示為電位能、電子之間的靜電能、電子動能、和包括電子之間的所有複雜交互作用的交換關聯能（exchange-correlation energy）的和。此外，在 DFT 中，交換關聯交互作用由電子密度表示的一個電子電位的泛函（即，另一個函數的函數）來近似，以使得能夠實現高速度和高準確度的計算。此處，使用 B3LYP（其是雜化泛函（hybrid functional））來指定與交換關聯能有關的每個參數的權重。此外，作為基函數（basis function），對所有的原子應用 6-311（為每一價層軌域使用三個收縮函數的三重分裂價層基組（triple-split valence basis set）的基函數）。通過上述基函數，例如，在氫原子的情況下考慮 1s 至 3s 的軌域，而在碳原子的情況下考慮 1s 至 4s 和 2p 至 4p 的軌域。此外，為了提高計算準確度，分別向氫原子和除了氫原子以外的原子添加作為極化基組（polarization basis set）的 p 函數和 d 函數。請注意，Gaussian03 被用作量子化學計算程式。使用高性能電腦（Altix 4700，由 SGI Japan, Ltd. 製造）用於計算。

圖 6B 和 6C、圖 7B 和 7C、圖 8B 和 8C、圖 9B 和 9C、圖

10B和10C、圖11B和11C、圖12B和12C、圖13B和13C、以及圖14B和14C中示出了通過Gauss View 4.1可視的所述化合物的最佳分子結構中的計算的HOMO和LUMO。在這些圖中，球體表示形成每一化合物的原子，並且原子周圍的雲狀物體表示HOMO或LUMO。根據這些圖，其中存在HOMO的骨架可被視為電洞傳輸骨架。

如圖6A至6C、圖7A至7C、以及圖8A至8C所示，CzPA、CzPAP和PCzPA每一個都是其中結合了蔥骨架和咔唑骨架的化合物。在CzPA和PCzPA中，HOMO分佈在蔥骨架上，並因此該蔥骨架可以被認為是電洞傳輸骨架。另一方面，在CzPAP中，HOMO主要圍繞蔥骨架分佈，而咔唑骨架對HOMO有微小貢獻。因此，蔥骨架和咔唑骨架都可以被認為是電洞傳輸骨架（請注意，蔥骨架的貢獻較大）。

如圖9A至9C以及圖10A至10C所示，2mPDBFPA-II和2PDBFPA-II每一個都是其中結合了蔥骨架和二苯並呋喃骨架的化合物。在2mPDBFPA-II中，HOMO圍繞蔥骨架分佈，因此蔥骨架可以被認為是電洞傳輸骨架。另一方面，在2PDBFPA-II中，HOMO主要分佈在蔥骨架上，而二苯並呋喃骨架對HOMO有微小貢獻。因此，蔥骨架和二苯並呋喃骨架都可以被認為是電洞傳輸骨架（請注意，蔥骨架的貢獻較大）。

如圖11A至11C所示，mDBTPTp-II是其中結合了聯伸三苯骨架和二苯並噁吩骨架的化合物。在mDBTPTp-II中，HOMO圍繞聯伸三苯骨架和二苯並噁吩骨架兩者分佈，

因此這兩種骨架都可以被認為是電洞傳輸骨架（兩種骨架對於它們各自的 HOMO 貢獻程度相同）。

如圖 12A 至 12C 和 圖 13A 至 13C 所示，CO11 和 Z-CzPO11 每一個都是其中結合了 1,3,4-噁二唑骨架和咔唑骨架的化合物。在每個化合物中，HOMO 圍繞咔唑骨架定位，因此咔唑骨架可以被認為是電洞傳輸骨架。

如圖 14A 至 14C 所示，Z-CzPB0x 是其中結合了苯並噁唑骨架和咔唑骨架的化合物。在 Z-CzPB0x 中，HOMO 圍繞咔唑骨架定位，因此咔唑骨架可以被認為是電洞傳輸骨架。

如上所述，可以通過分子軌域計算來估計電洞傳輸骨架。根據本發明的一個實施例，所述第一、第二和第三有機化合物具有相同的電洞傳輸骨架。

電洞傳輸骨架優選地是具有高施電子（electron-donating）性質的骨架；典型地，芳香胺骨架是公知的。可替換地，富 π 雜芳環或稠合芳烴環是有效的。請注意，“富 π 雜芳環”是指單雜（monohetero）五員芳環（例如，吡咯、呋喃、或噻吩），或具有通過芳環（典型地，苯環）的環融合而獲得的單雜五員芳環的骨架。

此外，本發明的發明人發現下述組合作為減小第一和第二有機化合物之間以及第二和第三有機化合物之間的電洞注入勢壘的技術。即，該技術提供這樣的結構，其中，第一有機化合物的電洞傳輸骨架（第一電洞傳輸骨架）、第二有機化合物的電洞傳輸骨架（第二電洞傳輸骨架）、

和第三有機化合物的電洞傳輸骨架（第三電洞傳輸骨架）每一個分別包括富 π 雜芳環、三環稠合芳烴環、和四環稠合芳烴環中的至少一個的骨架。本發明的發明人通過實驗發現，在這種情況下，即使所述第一、第二和第三電洞傳輸骨架彼此不同，也能基本去除電洞注入勢壘。因此，本發明的一個實施例也覆蓋了這樣的組合。

富 π 雜芳環的具體實例包括吡咯、呋喃、噻吩、吲哚、異吲哚、苯並呋喃、異苯並呋喃、苯並噻吩、異苯並噻吩、咔唑、二苯並呋喃和二苯並噻吩的骨架。此外，作為三環稠合芳烴環和四環稠合芳烴環，具體給出了菲、蒽、茈、蘚（chrysene）和聯伸三苯中任意一個的骨架。

具體地，電洞傳輸骨架優選地至少包括咔唑、二苯並呋喃、二苯並噻吩和蒽中任意一個的骨架。這是因為這些骨架不僅解決電洞注入勢壘的問題，而且還具有非常高的電化學穩定性和優異的電洞傳輸性質。

所述第一、第二和第三有機化合物的電洞傳輸骨架優選地是相同的，在這些骨架具有上述富 π 雜芳環（優選地，咔唑、二苯並呋喃和二苯並噻吩的骨架）和上述三環和四環稠合芳烴環（優選地，蒽的骨架）中的至少任意一個的骨架的情況下也是如此。如已經說明了的，這是因為只要骨架相同，就減小了骨架之間的電化學勢壘。

在本發明的一個實施例的上述發光元件中，所述第一、第二和第三有機化合物優選地是相同的化合物。這是因為，通過使化合物本身以及它們的電洞傳輸骨架相同，容

易發生分子軌域的重疊，由此大大促進了電洞傳輸。此外，利用相同的化合物可以接連地進行膜形成，並因此簡化了元件的製備。

下面將具體給出優選作為所述第一、第二和第三有機化合物的化合物。如上所述，有效的電洞傳輸骨架是芳香胺骨架或具有富 π 雜芳環和稠合芳烴環中任意一個的骨架。

具有作為電洞傳輸骨架的芳香胺骨架的化合物的具體實例包括：4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯（縮寫：NPB或 α -NPD），4-(10-苯基-9-蒽基)三苯基胺（縮寫：DPhPA），N,N-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑-3-胺（縮寫：CzA1PA），4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯基胺（縮寫：YGAPA），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]}-9H-咔唑-3-胺（縮寫：PCAPBA），N,9-二苯基-N-(9,10-二苯基-2-蒽基)-9H-咔唑-3-胺（縮寫：2PCAPA），4,4'-（喹噁啉-2,3-二基）雙（N,N-二苯基苯胺）（縮寫：TPAQn），N,N'-（喹噁啉-2,3-二基二-4,1-亞苯基）雙（N-苯基-1,1'-聯苯-4-胺）（縮寫：BPAPQ），N,N'-（喹噁啉-2,3-二基二-4,1-伸苯基）雙[雙（1,1'-聯苯-4-基）胺]（縮寫：BBAPQ），4,4'-（喹噁啉-2,3-二基）雙{N-[4-(9H-咔唑-9-基)苯基]-N-苯基苯胺}（縮寫：YGAPQ），N,N'-（喹噁啉-2,3-二基二-4,1-伸苯基）雙（

N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺) (縮寫: PCAPQ), 4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(3-苯基噁唑-2-基)三苯基胺(縮寫: YGA1PQ), N,9-二苯基-N-[4-(3-苯基噁唑-2-基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(縮寫: PCA1PQ), N,N,N'-三苯基-N'-[4-(3-苯基噁唑-2-基)苯基]-1,4-苯二胺(縮寫: DPA1PQ), 4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)三苯基胺(縮寫: YGAO11), N,9-二苯基-N-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咔唑-3-胺(縮寫: PCAO11), N,N,N'-三苯基-N'-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-1,4-苯二胺(縮寫: DPAO11), 4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(4,5-二苯基-4H-1,2,4-三唑-3-基)三苯基胺(縮寫: YGATAZ1), 4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(3,5-二苯基-4H-1,2,4-三唑-4-基)三苯基胺(縮寫: YGATAZ2)等。

具有作為電洞傳輸骨架的富 π 雜芳環和/或稠合芳烴環的化合物的具體實例包括: 1,1',1'''-(苯-1,3,5-三基)三芘, 9,10-二苯基蒽(縮寫: DPAnth), 9-(2-萘基)-10-[4-(1-萘基)苯基]蒽, 9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(縮寫: CzPA), 3-苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(縮寫: CzPAP), 3,6-二苯基-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(縮寫: DPCzPA), 3-(1-萘基)-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(縮寫: CzPA α N), 3-(聯苯-3-基)-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(縮寫: CzPAmB), 3-[4-(1-萘基)苯

基]-9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(縮寫：
CzPAαNP)，9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-
咔唑(縮寫：PCzPA)，9-(9,10-二苯基-2-蒽基)-9H-咔
唑(縮寫：2CzPA)，9-[4-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]-
9H-咔唑(縮寫：2CzPPA)，4-[3-(9,10-二苯基-2-蒽基)
苯基]二苯並呋喃(縮寫：2mPDBFPA-II)，4-[4-(
9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]二苯並呋喃(縮寫：
2PDBFPA-II)，4-{3-[10-(2-萘基)-9-蒽基]苯基}二苯並
呋喃，4-[3-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]二苯並噻吩(縮
寫：2mPDBTPA-II)，4-[3-(聯伸三苯-2-基)苯基]二苯
並噻吩(縮寫：mDBTPTp-II)，9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二
唑-2-基)苯基]-9H-咔唑(縮寫：CO11)，9-[4-(5-苯基-
1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-3-苯基-9H-咔唑(縮寫：
CO11-II)，9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-3,6-二苯
基-9H-咔唑(縮寫：CO11-III)，9-[4''-(5-苯基-1,3,4-
噁二唑-2-基)-[1,1':2',1'':2'',1''']四聯苯-4-基]-9H-咔唑
(縮寫：Z-CzPO11)，9-[4-(苯並噁唑-2-基)苯基]-3-
苯基-9H-咔唑(縮寫：CzBOx-II)，9-[4-(苯並噁唑-2-
基)苯基]-3,6-二苯基-9H-咔唑(縮寫：CzBOx-III)，9-
[4''-(苯並噁唑-2-基)-[1,1':2',1'':2'',1''']四聯苯-4-
基]-9H-咔唑(縮寫：Z-CzPB0x)等。

上面給出的化合物都是雙極性化合物，並且特別優選
作為第三有機化合物。

下面，將描述包括在發光層121中所包括的具有電洞

捕獲性質的發光物質。對於所述具有電洞捕獲性質的發光物質沒有任何限制，只要其相對於被包括在發光層 121 中的第三有機化合物具有電洞捕獲性質。換句話說，當所述發光物質被添加到發光層時，該發光物質能夠減小第三有機化合物的電洞遷移率。具體地講，該物質優選地具有比第三有機化合物的 HOMO 能級高 0.3 eV 或更多的 HOMO 能級。

此處，本發明的發明人發現，由於包括芳香胺化合物或有機金屬錯合物的發光物質相對於許多有機化合物具有電洞捕獲性質，因此在本發明中，優選這樣的物質作為所述發光物質。已發現茈二胺化合物或鋠錯合物由於其高的電洞捕獲特性而是特別優選的。

已發現茈二胺化合物或鋠錯合物相對於其中其電洞傳輸骨架具有蒽、咔唑、二苯並呋喃和二苯並噻吩中至少任意一個的骨架的化合物具有非常高的電洞捕獲性質。因此，具有這樣的骨架的第三有機化合物優選地與包括茈二胺化合物或鋠錯合物的發光物質相組合。

已通過實驗發現茈二胺化合物具有比具有與茈二胺化合物基本相同的 HOMO 能級的其他芳香胺化合物高的電洞捕獲性質（當被添加到發光層時大大減小發光層的電洞遷移率的能力）。因此，茈二胺化合物特別優選作為本發明中的所述發光物質。

下面將給出優選作為所述發光物質的物質。如上所述，芳香胺化合物或有機金屬錯合物優選作為所述發光物質

。芳香胺化合物的實例包括：N,N'-雙[4-(9H-咔唑-9-基)-苯基]-N,N'-二苯基芪-4,4'-二胺（縮寫：YGA2S），4-(9H-咔唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蒽基)三苯基胺（縮寫：YGAPA），4-(9H-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]-9H-咔唑-3-胺（縮寫：PCAPA），4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-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)雙[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]-9H-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''''-八苯基二苯並[g,p]蒄-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-9H-咔唑-3-胺（縮寫：2PCAPA），N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蒽基]-N,9-二苯基-9H-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-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-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)]-N-[4-(9H-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），4-(10-苯基-9-蒽基)-4'-(9-苯基-9H-茀-9-基)三苯基胺（縮寫：FLPAPA），

N,N,N',N'-四苯基茈-1,6-二胺，N,N'-（3-甲基苯基）-N,N'-二苯基茈-1,6-二胺，N,N'-雙[4-（9-苯基-9H-茀-9-基）苯基]-N,N'-二苯基茈-1,6-二胺（縮寫：1,6FLPAPrn），N,N'-雙（4-叔丁基苯基）-N,N'-雙[4-（9-苯基-9H-茀-9-基）苯基]-茈-1,6-二胺（縮寫：1,6tBu-FLPAPrn）等。

有機金屬錯合物的實例包括：雙[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶-N,C^{2'}]乙醯丙酮銻(III)（縮寫：FIracac），三（2-苯基吡啶-N,C^{2'}）銻(III)（縮寫：Ir(ppy)₃），雙[2-苯基吡啶-N,C^{2'}]乙醯丙酮銻(III)（縮寫：Ir(ppy)₂(acac)），三（苯並[h]喹啉）銻(III)（縮寫：Ir(bzq)₃），雙（苯並[h]喹啉）乙醯丙酮銻(III)（縮寫：Ir(bzq)₂(acac)），雙（2,4-二苯基-1,3-噁唑-N,C^{2'}）乙醯丙酮銻(III)（縮寫：Ir(dpo)₂(acac)），雙（2-苯基苯並噁唑-N,C^{2'}）乙醯丙酮銻(III)（縮寫：Ir(bt)₂(acac)），雙[2-（2'-苯並[4,5-α]噻吩基）吡啶-N,C^{3'}]乙醯丙酮銻(III)（縮寫：Ir(btp)₂(acac)），三（1-苯基異喹啉-N,C^{2'}）銻(III)（縮寫：Ir(piq)₃），雙（1-苯基異喹啉-N,C^{2'}）乙醯丙酮銻(III)（縮寫：Ir(piq)₂(acac)），2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉鉑(II)（縮寫：PtOEP）等。

下面，將描述被包括在第一層111中的電子接受化合物。僅通過與第一有機化合物混合（相接觸）或容易地通過施加電場，電子接受化合物從第一有機化合物接收電子。例如，給出過渡金屬氧化物和屬於週期表的第4-8族中任意族的金屬的氧化物。具體地，氧化釩、氧化鉻、氧化鉬、氧化

鉭、氧化鉻、氧化鋁、氧化鵝、氧化錳和氧化銣是優選的，因為它們的電子接受性高。尤其是，氧化鋁是優選的，因為它具有低的吸濕性質。此外，可以給出諸如 7,7,8,8-四氟基-2,3,5,6-四氟二甲基對苯醌（簡寫為： $F_4\text{-TCNQ}$ ）和四氯苯醌的有機化合物。

優選地，向第一層 111 添加電子接受化合物，使得電子接受化合物與第一有機化合物的質量比為從 1:0.1 到 1:4.0（這裏含端值）。

在電子接受化合物僅通過與第一有機化合物混合（相接觸）從第一有機化合物接收電子的情況下，在第一層中形成電荷傳輸錯合物。此時，發生由於電荷傳輸交互作用（charge transfer interaction）而導致的紅外區域中的吸收。當第一有機化合物是芳香胺化合物時，在許多情況下也發生可見光區域中的吸收，這在透射率方面是不利的。例如，在日本專利申請公開 No.2003-272860 中，氧化釩和具有芳香胺骨架的化合物的混合物導致在大約 500 nm 和大約 1300 nm 處的吸收。此外， $F_4\text{-TCNQ}$ 和具有芳香胺骨架的化合物的混合物導致在大約 700 nm、大約 900 nm 和大約 1200 nm 處的吸收。在該情況下，尤其是可見光區域中的吸收峰是發射效率降低的原因。

本發明的發明人發現，在使用電子接受化合物和第一有機化合物（所述第一有機化合物具有富 π 雜芳環（優選地，咔唑、二苯並呋喃、和二苯並噻吩的骨架）或上述三環或四環稠合芳烴環（優選地，蔥的骨架）作為電洞傳輸

骨架) 形成所述第一層的情況下，儘管沒有發生由於電荷傳輸交互作用而引起的吸收，但是對於從陽極的電洞注入的勢壘基本被去除。因此，可容易地形成在可見光區域不具有吸收峰的第一層，從而可以防止由透射率降低而導致的發射效率的降低。

上述結構帶來了下述效果。優選地，通過增加第一層 111 的厚度（這樣較不容易引起驅動電壓的變化）和通過減小其他層的厚度來進行用於光學設計的 EL 層 103 的厚度的改變。然而，如果第一層是在可見光區域中展現出吸收光譜峰的層，並且其厚度增加，則第一層 111 吸收從發光層 121 發射的光，這造成發射效率的降低。因此，使用上述不導致由電荷傳輸交互作用引起的吸收的第一層 111，由此使發射效率最優化。第一層 111 的厚度的增加在防止發光元件中的短路方面是有效的。

因此，從與電子接受化合物相結合的角度，第一有機化合物的電洞傳輸骨架優選地具有包括富 π 雜芳環或者三環或四環稠合芳烴環的骨架。具體地講，咔唑、二苯並呋喃、二苯並噻吩或蒽是優選的，因為它們具有非常高的電化學穩定性和優異的電洞傳輸性質。

請注意，在第一有機化合物具有芳香胺骨架的情況下，第一有機化合物的電洞傳輸骨架在許多情況下是芳香胺骨架。在這種情況下，發生上述的由電荷傳輸交互作用引起的吸收。因此，優選地，第一有機化合物不具有芳香胺骨架。

此外，習知假設是：如果有機化合物的電離電位為 5.7 eV 或更大（HOMO能級為 -5.7 eV 或更小），則難以在有機化合物和電子接受化合物之間引起氧化還原反應（例如，見日本專利申請公開No. 2003-272860）。因此，作為用於引起與電子接受化合物的氧化還原反應的有機化合物，已經認為有必要使用具有小於 5.7 eV 的電離電位的物質（HOMO能級大於 -5.7 eV ），尤其是，具有高施電子性質的物質，諸如芳香胺。儘管如此，在本發明的一個實施例中，根據本發明人的實驗發現，當第一有機化合物即使不包括芳香胺骨架也具有至少大於或等於 -6.0 eV 並且小於或等於 -5.7 eV 的HOMO能級時，儘管沒有由於與電子接受化合物的電荷傳輸交互作用引起的吸收，第一層也可起作用。

因此，在本發明的一個實施例的上述發光元件中，第一有機化合物的HOMO能級優選地大於或等於 -6.0 eV 並且小於或等於 -5.7 eV 。該結構使得即使在發光層的能隙大並且第一有機化合物的HOMO能級低時，仍易於實施本發明的概念。

如以上給出的，不具有芳香胺骨架的化合物的優選實例包括： $9,10$ -二苯基蒽（縮寫：DPAanth）， $9-(2\text{-}萘基)-10-[4-(1\text{-}萘基)苯基]蒽$ ， $9-[4-(10\text{-}苯基-9\text{-}蒽基)苯基]-9\text{H}\text{-}咔唑$ （縮寫：CzPA）， $3\text{-}苯基-9-[4-(10\text{-}苯基-9\text{-}蒽基)苯基]-9\text{H}\text{-}咔唑$ （縮寫：CzPAP）， $3,6$ -二苯基- $9-[4-(10\text{-}苯基-9\text{-}蒽基)苯基]-9\text{H}\text{-}咔唑$ （縮寫：DPCzPA）， $3-(1\text{-}萘基)-9-[4-(10\text{-}苯基-9\text{-}蒽基)苯基]-9\text{H}\text{-}咔唑$ （

縮寫：CzPAαN，3-（聯苯-3-基）-9-[4-（10-苯基-9-蔥基）苯基]-9H-咔唑（縮寫：CzPAmB），3-[4-（1-萘基）苯基]-9-[4-（10-苯基-9-蔥基）苯基]-9H-咔唑（縮寫：CzPAαNP），9-苯基-3-[4-（10-苯基-9-蔥基）苯基]-9H-咔唑（縮寫：PCzPA），9-（9,10-二苯基-2-蔥基）-9H-咔唑（縮寫：2CzPA），9-[4-（9,10-二苯基-2-蔥基）苯基]-9H-咔唑（縮寫：2CzPPA），4-[3-（9,10-二苯基-2-蔥基）苯基]二苯並呋喃（縮寫：2mPDBFPA-II），4-[4-（9,10-二苯基-2-蔥基）苯基]二苯並呋喃（縮寫：2PDBFPA-II），4-{3-[10-（2-萘基）-9-蔥基]苯基}二苯並呋喃，4-[3-（9,10-二苯基-2-蔥基）苯基]二苯並噁吩（縮寫：2mPDBTPA-II），4-[3-（聯伸三苯-2-基）苯基]二苯並噁吩（縮寫：mDBTPTp-II），9-[4-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基）苯基]-9H-咔唑（縮寫：CO11），9-[4-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基）苯基]-3-苯基-9H-咔唑（縮寫：CO11-II），9-[4-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基）苯基]-3,6-二苯基-9H-咔唑（縮寫：CO11-III），9-[4''-（5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基）-[1,1':2',1'':2'',1''']四聯苯-4-基]-9H-咔唑（縮寫：Z-CzPO11），9-[4-（苯並噁唑-2-基）苯基]-3-苯基-9H-咔唑（縮寫：CzBOx-II），9-[4-（苯並噁唑-2-基）苯基]-3,6-二苯基-9H-咔唑（縮寫：CzBOx-III），和9-[4''-（苯並噁唑-2-基）-[1,1':2',1'':2'',1''']四聯苯-4-基]-9H-咔唑（縮寫：Z-CzPB0x）。或者，可以使用咔唑衍生物的聚合物例如聚（N-乙烯基咔唑）（縮寫：PVK）

。

上面描述的是 EL層 103 的具體結構。下面將描述陽極 101 和陰極 102。

對於陽極 101，優選地使用具有高功函數的金屬、合金、導電化合物、或上述物質的混合物等（特別是，4.0 eV 或更高的功函數是優選的）。作為實例，給出了氧化銻-氧化錫（ITO：銻錫氧化物）、含有矽或氧化矽的氧化銻-氧化錫、氧化銻-氧化鋅（IZO：銻鋅氧化物）、含有氧化鎢和氧化鋅的氧化銻（IWZO）等。這些導電金屬氧化物膜通常通過濺射法沉積，但也可以通過噴墨法、旋塗法等、通過施加溶膠-凝膠法等形成。例如，可使用添加了 1 wt% - 20 wt% 的氧化鋅的氧化銻作為靶材通過濺射法來形成氧化銻-氧化鋅（IZO）。此外，可通過濺射法，使用其中包括相對於氧化銻為 0.5 wt% - 5 wt% 的氧化鎢和 0.1 wt% - 1 wt% 的氧化鋅的靶材，來形成含有氧化鎢和氧化鋅的氧化銻（IWZO）。此外，可以給出下述物質：金（Au）、鉑（Pt）、鎳（Ni）、鎢（W）、鉻（Cr）、鉬（Mo）、鐵（Fe）、鈷（Co）、銅（Cu）、鈀（Pd）、鈦（Ti）、金屬氮化物材料（例如氮化鈦）、氧化鋁、氧化釩、氧化釤、氧化鎢、氧化錳、氧化鈦等。可替換地，可使用導電聚合物，諸如聚（3,4-伸乙基二氧噻吩）/聚（苯乙烯磺酸）（PEDOT/PSS）或聚苯胺/聚（苯乙烯磺酸）（PA尼/PSS）。

對於陰極 102，可使用具有低功函數的金屬、合金、

導電化合物、上述物質的混合物等（特別是， 3.8 eV 或更低的功函數）的物質。作為這種陰極材料的典型示例，可以使用屬於週期表中的族1或族2的元素，即：諸如鋰（Li）或銫（Cs）的鹼金屬，或諸如鎂（Mg）、鈣（Ca）、或锶（Sr）的鹼土金屬；含有任意這些元素的合金（諸如， MgAg 或 AlLi ）；諸如铕（Eu）或镱（Yb）的稀土金屬；或者含有這種稀土金屬的合金；等等。可替換地，可使用鹼金屬化合物、鹼土金屬化合物、或稀土金屬化合物（例如，氟化鋰（LiF）、氧化鋰（ LiO_x ）、氟化銫（CsF）、氟化鈣（ CaF_2 ）或氟化鉕（ ErF_3 ））的薄膜與諸如鋁的金屬膜的堆疊形成。鹼金屬、鹼土金屬、或包括這些金屬的合金的膜可通過真空蒸發法形成。含有鹼金屬或鹼土金屬的合金膜也可以通過濺射形成。此外，可替換地，可通過噴墨法等由銀漿形成膜。

請注意，在本發明的一個實施例的發光元件中，陽極和陰極中至少一個具有光透射性質。可通過使用諸如ITO的透明電極，或通過減小電極的厚度，來確保光透射性質。

此外，用於形成本發明的一個實施例的發光元件的基板可以被設置在陽極101側或陰極102側。基板的種類可以例如是玻璃、塑膠、或金屬等。請注意，只要可用作發光元件的支撐，也可使用其他種類的材料。在來自發光元件的光被通過基板提取到外部的情況下，基板優選地具有光透射性質。

利用上述結構，可製造本發明的一個實施例的發光元件。請注意，EL層103仍可包括另一層。具體地講，如圖3所示，元件結構可包括電子傳輸層113和電子注入層114。

電子傳輸層113包含例如具有喹啉骨架或苯並喹啉骨架的金屬錯合物，例如三（8-喹啉酚）鋁（縮寫：Alq），三（4-甲基-8-喹啉酚）鋁（縮寫：Almq₃），雙（10-羥基苯並[h]-喹啉）鍍（縮寫：BeBq₂），或雙（2-甲基-8-喹啉）（4-苯基苯酚）鋁（縮寫：BA1q）。或者，可以使用具有基於噁唑或者基於噻唑的配體的金屬錯合物，例如雙[2-（2-羥基苯基）苯並噁唑]鋅（縮寫：Zn(BOX)₂）或雙[2-（2-羥基苯基）苯並噻唑]鋅（縮寫：Zn(BTZ)₂）等。也可使用2-（4-聯苯基）-5-（4-叔丁基苯基）-1,3,4-噁二唑（縮寫：PBD）、1,3-雙[5-（p-叔丁基苯基）-1,3,4-噁二唑-2-基]苯（縮寫：OXD-7）、3-（4-聯苯基）-4-苯基-5-（4-叔丁基苯基）-1,2,4-三唑（縮寫：TAZ）、紅菲繞啉（bathophenanthroline，縮寫：BPhen）、浴銅靈（縮寫：BCP）等來代替金屬錯合物。此處提到的物質主要是具有大於或等於 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 的電子遷移率的物質。注意，也可以將以上所述以外的物質用作電子傳輸層，只要它的電子傳輸性高於它的電洞傳輸性。此外，電子傳輸層不限於單層，並且可以是兩個或多個含有任何上述物質的層的疊層。

或者，可以使用高分子化合物。例如，可以使用聚[（9,9-二己基茀-2,7-二基）-共-（吡啶-3,5-二基）]（縮寫

: PF-Py) , 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) 等。

對於電子注入層 114 , 可使用鹼金屬、鹼土金屬、或其化合物，諸如鋰、鈣、鎂、氟化鋰 (LiF) 、氧化鋰 (LiO_x) 、氟化銫 (CsF) 、或氟化鈣 (CaF₂) 。

可替換地，可使用包括電子傳輸物質和鹼金屬、鹼土金屬、或其化合物的層，特別是，可使用包括 Alq 和鎂 (Mg) 的層等。請注意，在該情況下，可更有效率地從陰極 102 注入電子。

下面描述製造本發明的一個實施例的發光元件的方法。作為該製造方法，優選地使用以真空蒸發法為代表的乾式法工藝。這是因為，在本發明的一個實施例的發光元件中，乾式法工藝更容易形成單獨區域用以堆疊第一層、第二層和發光層。就此而言，第一有機化合物、第二有機化合物、第三有機化合物、和發光物質優選地為低分子化合物。

然而，可以使用任何的各種方法來形成本發明的一個實施例的發光元件，無論該方法是乾式法工藝還是濕式法工藝。濕式法工藝的典型示例包括但不限於噴墨法、旋塗法等。

因此，通過應用本發明，可以提供具有長壽命的發光元件，還可以提供具有優異發射效率和驅動電壓的發光元件。

(實 施 例 2)

實施例 2 將參照要使用的材料和製備方法，說明作為本發明的一個實施例的較高載流子再結合效率的發光元件優選的結構。在實施例 2 中，插在陽極和陰極之間區域被稱為 EL 層。

圖 4A 和 4B 分別示出了實施例 2 中的本發明的一個實施例的發光元件的概念元件結構及其能帶圖。如圖 4A 所示，在本發明的一個實施例的發光元件中，在陽極 401 和陰極 402 之間設置 EL 層 403。EL 層 403 至少具有如下的堆疊結構，在該堆疊結構中，從陽極 401 起按順序設置了第一層 411、第二層 412、第一發光層 421、和第二發光層 422。此外，第一層 411 含有第一有機化合物和電子接受化合物。第二層 412 含有第二有機化合物。第一發光層 421 含有第三有機化合物和相對於第三有機化合物具有電洞捕獲性質的第一發光物質。第二發光層 422 含有第四有機化合物和相對於第四有機化合物具有電洞捕獲性質的第二發光物質。第四有機化合物是與第三有機化合物不同的化合物。

首先，如圖 4B 所示，本發明的發明人已考慮使第一層中的第一有機化合物的 HOMO 能級 433 與第二層中的第二有機化合物的 HOMO 能級 434 基本相等。相似地，發明人已考慮使第二層中的第二有機化合物的 HOMO 能級 434 與第一發光層中的第三有機化合物的 HOMO 能級 435 基本相等。此外，發明人已考慮使第一發光層中的第三有機化合物的 HOMO 能級 435 與第二發光層中的第四有機化合物的 HOMO

能級 437 基本相等。因此，在第一層 411 和第二層 412 之間，第二層 412 和第一發光層 421 之間，以及在第一發光層 421 和第二發光層 422 之間，電洞注入勢壘被極大地降低。

鑑於實施例 1 中描述的電化學選擇性，在本說明書中，基本相等的 HOMO 能級是指，具體地講，HOMO 能級彼此相差從 -0.2 eV 至 +0.2 eV（這裏含端值）。

如實施例 1 所述，即使在陽極的功函數 431 和第一層 411 中所包括的第一有機化合物的 HOMO 能級 433 之間存在能隙，通過向第一層 411 添加電子接受化合物，電洞也平穩地注入；因此，基本去除了電洞注入勢壘。可以組合電子接受化合物和第一有機化合物，或從陽極起將其按順序層疊，來作為第一層 411。

上述結構基本去除了從陽極到第一和第二發光層的層之間的電洞注入勢壘。

此外，出於與實施例 1 相同的原因，向每個發光層添加具有電洞捕獲性質的發光物質。具體地講，在第一發光層 421 中，添加相對於第一發光層 421 中所包括的第三有機化合物具有電洞捕獲性質的第一發光物質。在第二發光層 422 中，添加相對於第二發光層 422 中所包括的第四有機化合物具有電洞捕獲性質的第二發光物質。因此，可防止電洞傳到陰極而不增加驅動電壓。

為了使電洞被所述發光物質捕獲，在第一發光層 421 中，第三有機化合物和具有電洞捕獲性質的第一發光物質優選地分別為主材料和客材料。此外，在第二發光層 422

中，第四有機化合物和具有電洞捕獲性質的第二發光物質優選地分別為主材料和客材料。

鑑於上述電化學選擇性，具有電洞捕獲性質的第一發光物質的HOMO能級436優選地比第三有機化合物的HOMO能級435高0.3eV或更多。此外，鑑於上述電化學選擇性，具有電洞捕獲性質的第二發光物質的HOMO能級438優選地比第四有機化合物的HOMO能級437高0.3eV或更多。

僅為了較高的發射效率而防止電洞傳到陰極，也可以通過在陽極401和第一發光層421之間添加用於捕獲電洞的材料來實現。然而，這種技術減小了電洞傳輸的速度，直到電洞到達發光層421以發射光，從而不可避免地增加了驅動電壓。相反，在圖4A和4B中示出的本發明的一個實施例的結構中，電洞從陽極401傳輸到發光層421而不受勢壘或陷阱的影響，並相應地使驅動電壓的增加最小化。簡而言之，優選地，不向第二層添加具有電洞捕獲性質的材料。

此外，如圖4B所示，到達第一發光層421和第二發光層422的電洞在具有電洞捕獲性質的第一發光物質的HOMO能級436處和具有電洞捕獲性質的第二發光物質的HOMO能級438處被捕獲，並且在第一發光層421和第二發光層422中電洞突然減小其移動速度。然後，這些變慢的電洞和從陰極402注入的電子有效地再結合，導致高效的光發射。在圖4B中，附圖標記432表示陰極的功函數。此外，就驅動電壓方面而言，電子需要在第一發光層421和第二發光

層 422 中 被 充 分 地 傳 輸 。 因 此 ， 優 選 地 ， 作 為 第 一 發 光 層 421 的 主 材 料 的 第 三 有 機 化 合 物 以 及 作 為 第 二 發 光 層 422 的 主 材 料 的 第 四 有 機 化 合 物 ， 不 僅 具 有 電 洞 傳 輸 性 質 還 具 有 電 子 傳 輸 性 質 。 也 就 是 說 ， 第 三 和 第 四 有 機 化 合 物 優 選 地 是 雙 極 性 材 料 。

在 本 說 明 書 中 ， “雙 極 性 材 料 ” 是 指 這 樣 的 材 料 : 所 述 材 料 在 EL 層 中 能 夠 注 入 電 洞 (電 子 被 取 走 的 反 應) 和 注 入 電 子 (電 子 被 接 收 的 反 應) ， 在 每 個 反 應 中 相 對 穩 定 ， 並 且 能 夠 充 分 地 傳 輸 電 洞 和 電 子 兩 者 。

請 注意 ， 附 圖 標 記 439 表 示 第 一 層 411 中 所 包 括 的 第 一 有 機 化 合 物 的 LUMO 能 級 ; 附 圖 標 記 440 表 示 第 二 層 中 所 包 括 的 第 二 有 機 化 合 物 的 LUMO 能 級 ; 附 圖 標 記 443 表 示 具 有 電 洞 捕 獲 性 質 的 第 一 發 光 物 質 的 LUMO 能 級 ; 附 圖 標 記 444 表 示 第 二 發 光 物 質 的 LUMO 能 級 。

實 施 例 2 中 的 不 使 用 勢 壓 的 增 強 發 光 層 中 的 再 結 合 效 率 的 特 徵 方 案 是 : 堆 積 包 括 第 三 有 機 化 合 物 的 第 一 發 光 層 421 和 包 括 第 四 有 機 化 合 物 的 第 二 發 光 層 422 ， 並 且 第 三 和 第 四 有 機 化 合 物 為 有 意 地 不 同 的 化 合 物 。

如 上 所 述 ， 在 第 三 和 第 四 有 機 化 合 物 (它 們 的 HOMO 能 級 基 本 相 等) 之 間 基 本 沒 有 電 化 學 電 洞 注 入 勢 壓 。 然 而 ， 不 同 種 類 的 物 質 之 間 的 電 洞 傳 輸 比 相 同 種 類 的 物 質 之 間 的 電 洞 傳 輸 略 微 有 些 慢 。

對 於 電 子 ， 在 圖 4A 和 4B 中 示 出 的 本 發 明 的 一 個 實 施 例 中 ， 第 三 有 機 化 合 物 的 LUMO 能 級 441 和 第 四 有 機 化 合 物 的

LUMO能級442基本相同，並因此，對於從第四有機化合物到第三有機化合物的電子注入，基本不存在電化學勢壘。然而，因為第三和第四有機化合物是不同的化合物，因此與相同種類的物質之間的電子傳輸相比，它們之間的電子傳輸略微有些被抑制。鑑於電化學選擇性，基本相等的LUMO能級是指，具體地講，LUMO能級相差-0.2eV至+0.2eV（這裏含端值）。

因此，在第一發光層421和第二發光層422之間的界面處抑制了電洞和電子兩者的傳輸。因為在該界面處不存在電化學勢壘，因此這種抑制的效果並不很大。儘管如此，該效果影響了電洞和電子兩者，並因此，以該界面為中心形成載流子再結合區域。此外，由於該再結合不歸因於勢壘的使用，因此再結合區域不是局部化的，從而使得難以引起發生電洞或電子在小區域上（勢壘附近）的累積或聚集促進劣化的現象。

本發明的發明人發現，上述設計使得載流子主要在發光層內部（在第一發光層421和第二發光層422之間的界面附近）再結合，而不使用勢壘。因此，在形成接面的發光層中組合和包括不同雙極性材料（每種材料傳輸電洞和電子兩者）以產生載流子再結合的構思是一個可以被稱為“雙極性異質接面”的新概念，並且是本發明的重要構思之一。其能夠增加發射效率，並防止由勢壘引起的劣化。

如上所述，在本發明的一個實施例的發光元件中，重要的是電洞平穩地從陽極傳輸到發光層而沒有遇到勢壘或

陷阱，並且在不使用勢壘的情況下控制電子和電洞在發光層中的移動速度，由此導致高效的再結合。避免使用勢壘使得難以引發其中出現在小區域（勢壘的附近）上的電洞或電子的累積或集中促進劣化的現象，從而有助於得到較長的壽命。此外，在從陽極到發光層的層之間基本不存在電洞注入勢壘或電洞陷阱，因此可以降低驅動電壓。此外，由於在發光層中使用具有電洞捕獲性質的發光物質，並且還使用雙極性異質接面，因此即使不使用勢壘，電洞和電子也能夠有效地再結合。因此，可實現具有高發射效率以及長壽命的發光元件。

鑑於上述內容，第一發光層 421 優選地具有比第二層 412 低的電洞傳輸性質。為了使第一發光層 421 的電洞傳輸性質低於第二層 412 的電洞傳輸性質，例如，第二有機化合物和第三有機化合物可以是相同的化合物。通過這種技術，第一發光層 421 具有比第二層 412 低的電洞傳輸性質，因為發光層 421 包括具有電洞捕獲性質的第一發光物質。

下面將基於上述要點描述可應用於第一、第二、第三和第四有機化合物的材料的概念和具體示例。

如實施例 1 中那樣，第一、第二、第三、和第四有機化合物的電洞傳輸骨架優選地是相同的。電洞傳輸骨架的說明可參照圖 6A 至 6C、圖 7A 至 7C、圖 8A 至 8C、圖 9A 至 9C、圖 10A 至 10C、圖 11A 至 11C、圖 12A 至 12C、圖 13A 至 13C 和圖 14A 至 14C 在實施例 1 中找到。

此外，實施例 2 的要點之一是基本去除第三和第四有

機化合物之間的電子注入勢壘。作為為此的一種技術，本發明的發明人提出了第三有機化合物和第四有機化合物的電子傳輸骨架是相同的。

“電子傳輸骨架”是指其中分佈有LUMO的化合物的骨架的一部分或全部。LUMO的分佈可以通過分子軌域計算來發現。當化合物（實施例2中的第三和第四有機化合物）的電子傳輸骨架相同時，化合物的LUMO能級彼此接近，從而化合物之間的電化學勢壘降低。

將參照圖6A至6C、圖7A至7C、圖8A至8C、圖9A至9C、圖10A至10C、圖11A至11C、圖12A至12C、圖13A至13C、和圖14A至14C說明電子傳輸骨架的具體示例。如圖6A至6C、圖7A至7C、圖8A至8C所示出的，CzPA、CzPAP、和PCzPA每一個都是其中結合了蔥骨架和咔唑骨架的化合物。在每一化合物中，LUMO分佈在蔥骨架周圍，因此蔥骨架可以被認為是電子傳輸骨架。

如圖9A至9C以及圖10A至10C所示，2mPDBFPA-II和2PDBFPA-II每一個都是其中結合了蔥骨架和二苯並呋喃骨架的化合物。在每一化合物中，LUMO主要圍繞蔥骨架分佈，而二苯並呋喃骨架對LUMO有微小貢獻。因此，蔥骨架和二苯並呋喃骨架都可以被認為是電子傳輸骨架（請注意，蔥骨架的貢獻較大）。

如圖11A至11C所示，mDBTPTp-II是其中結合了聯伸三苯骨架和二苯並噻吩骨架的化合物。在mDBTPTp-II中，LUMO主要圍繞聯伸三苯骨架分佈，而二苯並噻吩骨架

對 LUMO 有微小貢獻，因此聯伸三苯骨架和二苯並噁吩骨架都可以被認為是電子傳輸骨架（請注意，聯伸三苯骨架比二苯並噁吩骨架的貢獻大）。

如圖 12A 至 12C 和 圖 13A 至 13C 所示，CO11 和 Z-CzPO11 每一個都是其中結合了 1,3,4-噁二唑骨架和咔唑骨架的化合物。在每個化合物中，LUMO 繞 1,3,4-噁二唑骨架為中心分佈，因此 1,3,4-噁二唑骨架可以被認為是電子傳輸骨架。

如圖 14A 至 14C 所示，Z-CzPBO_x 是其中結合了 苯並噁唑骨架和咔唑骨架的化合物。在 Z-CzPBO_x 中，LUMO 繞 苯並噁唑骨架為中心分佈，因此 苯並噁唑骨架可以被認為是電子傳輸骨架。

如上所述，可以通過分子軌域計算來估計電洞傳輸骨架和電子傳輸骨架。根據本發明的一個實施例，第一、第二、第三和第四有機化合物具有相同的電洞傳輸骨架，並且第三和第四有機化合物具有相同的電子傳輸骨架。

電洞傳輸骨架優選地是具有高施電子性質的骨架；典型地，芳香胺骨架是公知的。可替換地，富 π 雜芳環或稠合芳烴環是有效的。請注意，“富 π 雜芳環”是指單雜五員芳環（例如，吡咯、呋喃、或噁吩），或具有通過芳環（典型地，苯環）的環融合獲得的單雜五員芳環的骨架。

此外，本發明的發明人發現下述組合作為降低第一和第二有機化合物之間、第二和第三有機化合物之間、和第三和第四化合物之間的電洞注入勢壘的技術。即，該技術

提供這樣的結構，其中，第一有機化合物的電洞傳輸骨架（第一電洞傳輸骨架）、第二有機化合物的電洞傳輸骨架（第二電洞傳輸骨架）、第三有機化合物的電洞傳輸骨架（第三電洞傳輸骨架）和第四有機化合物的電洞傳輸骨架（第四電洞傳輸骨架）每一個都分別包括富 π 雜芳環、三環稠合芳烴環、和四環稠合芳烴環中的至少任意一個的骨架。本發明的發明人通過實驗發現，在這種情況下，即使第一、第二、第三和第四電洞傳輸骨架彼此不同，也能基本去除電洞注入勢壘。因此，本發明的一個實施例也涵蓋了這樣的組合。

富 π 雜芳環、三環稠合芳烴環、和四環稠合芳烴環的具體示例與實施例1中的相同。

在第一、第二、第三和第四有機化合物的電洞傳輸骨架具有上述富 π 雜芳環、三環和四環稠合芳烴環中的至少任意一個的骨架的情況下，這些骨架也優選是相同的。如上所述，這是因為只要骨架相同，就降低了骨架之間的電化學勢壘。

在本發明的一個實施例的發光元件中，第一、第二、和第三有機化合物優選是相同的化合物。這是因為，通過使化合物本身以及它們的電洞傳輸骨架相同，容易發生分子軌域的重疊，由此大大有助於電洞傳輸。此外，利用相同的化合物可接連地進行膜形成，並因此還簡化了元件製備。請注意，為了形成上述雙極性異質接面（以在不使用勢壘的情況下控制載流子再結合區域），第四有機化合物

是與第一、第二和第三有機化合物不同的化合物。

請注意，優選作為第一、第二、第三和第四有機化合物的化合物的具體示例包括：具有芳香胺骨架作為電洞傳輸骨架的化合物，以及具有富 π 雜芳環和/或稠合芳烴環作為電洞傳輸骨架的化合物，所述化合物在實施例1中給出了。

為了增加發光層中的再結合效率，優選地，第一發光層421具有比第二發光層422高的電洞傳輸性質和比第二發光層422低的電子傳輸性質。具有這種組合的雙極性異質接面也是本發明的一個特徵。

上述特徵可利用以下來實現：例如，其中向PCzPA（根據CV測量具有-5.79eV的HOMO能級）添加5wt%的1,6-FLPAPrn（具有-5.40eV的HOMO能級）作為第一發光物質的第一發光層，以及其中向CzPA（具有-5.79eV的HOMO能級）添加5wt%的1,6-FLPAPrn（其是與第一發光層中的相同的發光物質）作為第二發光物質的第二發光層。

如上所述，第一和第二發光物質優選地是相同的化合物，因為它們使得易於控制第一和第二發光層的電洞和電子傳輸性質。

第一和第二發光物質可以是發射顏色不同的發光物質，從而可發射具有發射顏色的混色的光。例如，第一發光物質的發射顏色是黃色，而第二發光物質的發射顏色是藍色，從而可發射白色光。

下面描述第一發光層421中所包括的具有電洞捕獲性

質的第一發光物質，以及第二發光層 422 中所包括的具有電洞捕獲性質的第二發光物質。

對於第一發光物質沒有任何限制，只要其相對於第一發光層 421 中所包括的第三有機化合物具有電洞捕獲性質。換句話說，當該發光物質被添加到第一發光層 421 時，該發光物質需要能夠降低第三有機化合物的電洞遷移率。具體地講，該物質優選地具有比第三有機化合物高 0.3 eV 或更多的 HOMO 能級。

類似地，對於第二發光物質沒有任何限制，只要其相對於第二發光層 422 中所包括的第四有機化合物具有電洞捕獲性質。換句話說，當該具有電洞捕獲性質的發光物質被添加到第二發光層 422 時，該具有電洞捕獲性質的發光物質需要能夠降低第四有機化合物的電洞遷移率。具體地講，該物質優選地具有比第四有機化合物高 0.3 eV 或更多的 HOMO 能級。

與實施例 1 中一樣，第一和第二發光物質優選地是包括芳香胺化合物或有機金屬錯合物（尤其是茈二胺化合物或鋠錯合物）的任何發光物質。已發現茈二胺化合物或鋠錯合物相對於其中其電洞傳輸骨架具有蒽、咔唑、二苯並呋喃和二苯並噻吩中的至少任意一個的骨架的化合物具有非常高的電洞捕獲性質。因此，第三和第四有機化合物的每一個優選地具有這樣的電洞傳輸骨架。

已通過實驗發現茈二胺化合物具有比其他具有與茈二胺化合物基本相同的 HOMO 能級的芳香胺化合物高的電洞

捕獲性質（當被添加到發光層時大大降低發光層的電洞遷移率的能力）。因此，茈二胺化合物特別優選作為本發明中的第一發光物質和/或第二發光物質。

第一和第二發光物質的具體示例可以與實施例1中給出的具有電洞捕獲性質的發光物質的示例相同。

下面，將描述第一層411中所包括的電子接受化合物。電子接受化合物也可以是與實施例1中的相同的化合物。優選地，電子接受化合物被包括在第一層411中，使得電子接受化合物與第一有機化合物的質量比為從1:0.1到1:4.0（這裏含端值）。

還如實施例1中那樣，優選第一發光層411中的第一有機化合物是不具有芳香胺骨架的化合物，並且具有從-6.0 eV到-5.7 eV的HOMO能級。

上面說明了EL層403的具體結構。下面將說明陽極401和陰極402。

陽極401和陰極402的具體結構可以與實施例1中的相同。請注意，在本發明的一個實施例的發光元件中，陽極和陰極中的至少一個具有光透射性質。可通過使用諸如ITO的透明電極，或通過減小降低電極的厚度，來確保光透射性質。

此外，用於形成本發明的一個實施例的發光元件的基板可以被設置在陽極401側或陰極402側。基板的種類可以是例如，玻璃、塑膠、或金屬等。請注意，也可使用其他種類的材料，只要它們可用作發光元件的支撐。在來自發

光元件的光通過基板被提取到外部的情況下，基板優選地具有光透射性質。

利用上述結構，可製造本發明的一個實施例的發光元件。請注意，EL層403仍可包括另一個層。具體地講，如圖5所示，元件結構可包括電子傳輸層413和電子注入層414。電子傳輸層413和電子注入層414的結構可以與實施例1中的相同。

下面描述本發明的一個實施例的發光元件的製造方法。作為該製造方法，優選地使用以真空蒸發法為代表的乾式法工藝。這是因為，在本發明的一個實施例的發光元件中，乾式法工藝更容易形成單獨的區域以用於堆疊第一層、第二層、第一發光層和第二發光層。就此而言，第一有機化合物、第二有機化合物、第三有機化合物、第四有機化合物、第一發光物質、和第二發光物質優選地為低分子化合物。

然而，可以使用任何各種方法來形成本發明的一個實施例的發光元件，無論該方法是乾式法工藝還是濕式法工藝。濕式法工藝的典型示例包括但不限於噴墨法、旋塗法等。

因此，通過應用本發明，可以提供具有長壽命的發光元件，並且還可以提供具有優異發射效率和驅動電壓的發光元件。

該實施例可以與任何其他實施例和示例組合。

(實 施 例 3)

該 實 施 例 描 述 了 與 實 施 例 1 和 2 中 的 不 同 的 發 光 層 結 構 。 請 注意 ， 將 使 用 圖 1A 和 1B 描 述 發 光 元 件 的 結 構 。

在 圖 1A 和 1B 中 ， 儘 管 根 據 實 施 例 1 ， 發 光 層 121 包 括 第 三 有 機 化 合 物 和 相 對 於 第 三 有 �机关化 合 物 具 有 電 洞 捕 獲 性 質 的 發 光 物 質 ， 但 根 據 實 施 例 3 ， 發 光 層 121 包 括 與 具 有 電 洞 捕 獲 性 質 的 發 光 物 質 不 同 的 能 夠 發 射 光 的 發 光 物 質 (具 有 發 光 性 質 的 物 質) 。 也 就 是 說 ， 該 實 施 例 的 發 光 層 121 還 包 括 除 了 具 有 電 洞 捕 獲 性 質 的 發 光 物 質 以 外 的 具 有 發 光 性 質 的 物 質 。

由 於 根 據 實 施 例 3 的 圖 1A 和 1B 中 的 結 構 ， 除 了 發 光 層 121 以 外 ， 在 實 施 例 1 中 已 被 描 述 ， 因 此 此 處 不 再 詳 述 。

發 光 層 121 包 括 : 具 有 發 光 性 質 的 物 質 ， 以 及 第 三 有 機 化 合 物 和 相 對 於 第 三 有 機 化 合 物 具 有 電 洞 捕 獲 性 質 的 發 光 物 質 (在 實 施 例 1 中 已 描 述) 。

作 為 所 述 具 有 發 光 性 質 的 物 質 ， 可 使 用 激 發 能 小 於 或 等 於 具 有 電 洞 捕 獲 性 質 的 發 光 物 質 的 激 發 能 的 物 質 。

作 為 所 述 具 有 發 光 性 質 的 物 質 ， 可 以 使 用 螢 光 材 料 或 者 磷 光 材 料 。 具 體 地 說 ， 可 以 適 宜 地 使 用 任 何 下 列 物 質 : 有 機 金 屬 錯 合 物 ， 例 如 N,N'-雙 [4-(9H-咔 啡 -9- 基) 苯 基]-N,N'-二 苟 基 芝 -4,4'-二 腺 (縮 寫 : YGA2S) ， 4-(9H-咔 啡 -9- 基) -4'- (10- 苟 基 -9- 蔥 基) 三 苟 基 腺 (縮 寫 : YGAPA) ， N-(9,10-二 苟 基 -2- 蔥 基) -N,9-二 苟 基 -9H-咔 啡 -3- 腺 (縮 寫 : 2PCAPA) ， N-[9,10-雙 (1,1'-聯 苟 -2- 基

) -2-蔥基]-N,9-二苯基-9H-咔唑-3-胺(縮寫：2PCABPhA)
)，N-(9,10-二苯基-2-蔥基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二
 胺(縮寫：2DPAPhA)，N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-
 蔥基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(縮寫：2DPABPhA)
 ，N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)]-N-[4-(9H-咔唑-9-基)
 苯基]-N-苯基蔥-2-胺(縮寫：2YGABPhA)，N,N,9-三苯
 基蔥-9-胺(縮寫：DPhAPHa)，紅熒烯，5,12-雙(1,1'-
 聯苯-4-基)-6,11-二苯基並四苯(縮寫：BPT)，
 N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)並四苯-5,11-二胺(縮寫：
 p-mPhTD)，7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)苊並
 [1,2-a]熒蔥-3,10-二胺(縮寫：p-mPhAFD)，雙[2-(2'-
 苯並[4,5-a]噻吩基)吡啶-N,C^{3'}]乙鹽丙酮鋠(III)(縮寫：
 Ir(btp)₂(acac))，雙(1-苯基異噁啉-N,C^{2'})乙鹽丙酮鋠
 (III)(縮寫：Ir(piq)₂(acac))，(乙鹽丙酮)雙[2,3-雙(
 4-氟苯基)噁噁啉]鋠(III)(縮寫：Ir(Fdpq)₂(acac))，和
 2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉鉑(II)(縮寫：
 PtOEP)；具有芳基胺骨架的化合物，例如茈，2,5,8,11-
 四(叔丁基)茈(縮寫：TBP)，4,4'-雙(2,2-二苯基乙
 烯基)聯苯(縮寫：DPVBi)，4,4'-雙[2-(N-乙基咔唑-
 3-基)乙烯基]聯苯(縮寫：BCzVBi)，雙(2-甲基-8-噁
 吲酚)(4-苯基苯酚)鋁(縮寫：BA1q)，雙(2-甲基-8-
 噁呡酚)氯化鋠(縮寫：Gamq2C1)，雙[2-(3',5'雙(三
 氟甲基)苯基)吡啶-N,C^{2'}]鋠(III)吡啶甲酸(縮寫：
 Ir(CF₃ppy)₂(pic))，雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啶-N,C^{2'}]

乙醯丙酮銻(III)（縮寫： $\text{FIr}(\text{acac})$ ），雙[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶-N,C^{2'}]銻(III)吡啶甲酸（縮寫： FIrpic ），雙[2-（4',6'-二氟苯基）吡啶-N,C^{2'}]銻(III)四（1-吡唑基）硼酸鹽（縮寫： FIr_6 ），2,3-雙（4-二苯基胺基苯基）喹噁啉（縮寫： TPAQn ），和4,4'-雙[N-（1-萘基）-N-苯基胺基]聯苯（縮寫： NPB ）；咔唑衍生物例如4,4'-二（N-咔唑基）聯苯（縮寫： CBP ）和4,4',4''-三（N-咔唑基）三苯基胺（縮寫： TCTA ）；金屬錯合物，例如雙[2-（2-羥基苯基）吡啶]鋅（縮寫： Znpp_2 ），雙[2-（2-羥基苯基）苯並噁唑]鋅（縮寫： ZnBOX ），雙（2-甲基-8-喹啉酚）（4-苯基苯酚）鋁（縮寫： BA1q ），和三（8-喹啉酚）鋁(III)（縮寫： Alq_3 ）；以及高分子化合物，例如聚（N-乙烯基咔唑）（縮寫： PVK ）等。

當該實施例的這種發光層被用於製造通過一個基板發射具有不同顏色的光的發光元件時，形成第一層111和第二層112的材料和工藝對於兩個元件來說可以相同，由此可以簡化工藝。

例如，當想要通過一個基板發射具有兩種顏色的光時，通過用於發射具有第一種顏色的光的發光元件和用於發射具有第二種顏色的光的發光元件的每一個中的具有電洞捕獲性質的發光物質的HOMO能級和LUMO能級來確定第一層111和第二層112的材料。因此，如果使用發射具有第一種顏色的光的具有電洞捕獲性質的發光物質和發射具有第二種顏色的光的具有電洞捕獲性質的發光物質，則在包

括發射具有第一種顏色的光的具有電洞捕獲性質的發光物質的發光元件和包括發射具有第二種顏色的光的具有電洞捕獲性質的發光物質的發光元件之間，需要不同的用於第一層 111 和第二層 112 的材料；因此，工藝複雜。

相反，當發光層還包括除了所述具有電洞捕獲性質的發光物質以外的具有發光性質的物質（如該實施例中的發光層那樣）時，第一層 111 和第二層 112 的材料可以相同，而與發射顏色無關。

在本發明的一個實施例的發光元件中，重要的是電洞平穩地從陽極傳輸到發光層而沒有遇到勢壘或陷阱，並且電洞在發光層中降低其移動速度而不使用勢壘，由此導致高效的再結合。因此，具有電洞捕獲性質的發光物質確定發光層中第三有機化合物的 HOMO 能級和 LUMO 能級。第一層 111 和第二層 112 的材料相應也被確定。在想要通過一個基板發射兩種顏色的光的習知情況下，在用於發射具有第一種顏色的光的發光元件和用於發射具有第二種顏色的光的發光元件之間，發光層中的第三有機化合物的 HOMO 能級和 LUMO 能級不同，因此在這兩個元件之間，第一層 111 和第二層 112 的材料需要是不同的。

相反，利用用於發射具有第一種顏色的光的發光元件和用於發射具有第二種顏色的光的發光元件（其每一個都包括該實施例的發光層），用於第一層 111、第二層 112、以及發光層 121 所包括的第三有機化合物和相對於第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質的材料對於這兩個

元件可以是相同的。在用於發射具有第一種顏色的光的發光元件和用於發射具有第二種顏色的光的發光元件之間，使被添加到發光層 121 的具有發光性質的物質不同，因此可以提供顏色在這些元件之間不同的光發射。

在該情況下，儘管該實施例的發光層被用於發射具有第一種顏色的光的發光元件和發射具有第二種顏色的光的發光元件，但實施例 1 的發光層也可用於所述元件中的任意一個。換句話說，用於發射具有第一種和第二種顏色的光的發光元件可以是使用實施例 3 的發光層的發光元件與使用實施例 1 的發光層的發光元件的組合。

在圖 4A 和 4B 中，也可以應用該實施例 3 的發光層。在該情況下，該實施例的發光層可以應用於第一發光層 421 和第二發光層 422 中的一者或兩者。

在該情況下，在製造上述用於通過一個基板發射具有不同顏色的光的發光元件時，可以獲得與圖 1A 和 1B 中的相同的效果。此外，如上所述，用於發射具有不同顏色的光的發光元件的發光層可以是使用實施例 3 的發光層的發光元件和使用實施例 1 的發光層的發光元件的組合。此外，可以使一個發光層中的多種發光物質發射光。

儘管上述說明給出了期望通過一個基板的兩種顏色的光發射的情況，但對於該情況沒有限制。本發明可以應用於期望通過一個基板的兩種或更多種顏色的光發射的情況，或其中通過一個基板的兩種或更多種顏色的光發射獲得諸如白色的單色光的結構。

該實施例可以與任何其他實施例和示例組合。

(實施例 4)

實施例 4 將說明作為本發明的一個實施例的發光元件的結構。請注意，實施例 4 將參照圖 15A 和 15B 說明多個發光元件，在每一個發光元件中，在陽極和陰極之間設置了多個如實施例 1 和 2 中描述的 EL 層。

圖 15A 示出了級聯式 (tandem) 發光元件的示例，其中，在陽極 501 和陰極 502 之間堆疊了兩個 EL 層，即第一 EL 層 503 和第二 EL 層 504。實施例 1 或 2 中描述的 EL 層可應用於第一 EL 層 503 和第二 EL 層 504。

如實施例 1 和 2 所述，每個 EL 層的陽極側上的區域（實施例 1 和 2 中的第一層）包括電子接受化合物。該包括電子接受化合物的區域（在圖 15A 和圖 15B 中由附圖標記 511 和 512 表示）用作電荷生成層。設置適合的電子注入層 513 作為連接 EL 層的部分，並因此第一 EL 層 503 和第二 EL 層 504 串聯連接；因此，該元件用作級聯發光元件。電子注入層 513 的類型可以與實施例 1 中的電子注入層相同。

如圖 15B 所示，可進一步在電子注入層 513 和 EL 層（圖 15B 中的第二 EL 層 504）之間進一步設置輔助層 514。作為輔助層 514，例如，可形成 ITO 的透明導電膜等，以進行光學調整。可替換地，可形成以氧化鋁為代表的電子接受化合物的膜。此外，可替換地，可以設置下述的電子中繼 (electron-relay) 層作為輔助層 514。

電子中繼層是指能夠立即接收由電荷產生層（圖 15B 中的包括電子接受化合物的區域 512）中的電子接受化合物汲取的電子的層。因此，電子中繼層是含有具有高電子傳輸性質的物質的層，並且優選地使用其 LUMO 能級在所述電子接受化合物的受主能級和第一 EL 層 503 的 LUMO 能級之間的材料來形成。具體地講，該材料優選地具有大於或等於約 -5.0 eV 的 LUMO 能級，更優選地，具有大於或等於約 -5.0 eV 並且小於或低於 -3.0 eV 的 LUMO 能級。作為用於電子中繼層的物質，例如，可給出菲衍生物和含氮稠合芳香化合物。由含氮稠合芳香化合物於其穩定性而優選地用於電子中繼層。在含氮稠合芳香化合物中，優選使用具有電子接受基團（諸如氯基基團、氟基基團）的化合物，因為這種化合物進一步有利於在電子中繼層中接收電子。

可以用於電子中繼層的菲衍生物的具體實例包括：3,4,9,10-菲四甲酸二酐（縮寫：PTCDA），3,4,9,10-菲四甲酸-雙-苯並咪唑（縮寫：PTCBI），N,N'-二辛基-3,4,9,10-菲四甲酸二醯亞胺（縮寫：PTCDI-C₈H）等。作為含氮稠合芳香化合物的具體實例，可以給出以下實例：吡嗪並[2,3-f][1,10]鄰二氮雜菲-2,3-二腈（縮寫：PPDN），2,3,6,7,10,11-六氟基-1,4,5,8,9,12-六氮雜聯伸三苯（縮寫：HAT(CN)₆），2,3-二苯基吡啶並[2,3-b]吡嗪（縮寫：2PYPR），2,3-雙(4-氟苯基)吡啶並[2,3-b]吡嗪（縮寫：F₂PYPR）等。此外，任何下列材料可以用於電子中繼層：全氟並五苯，7,7,8,8-四氟基醌二甲烷（縮寫：TCNQ

) , 1,4,5,8-萘四甲酸二酐 (縮寫 : NTCDA) , 十六氟酞
氰銅 (縮寫 : F₁₆CuPc) , N,N'-雙 (2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,
7,8,8,8-十五氟辛基) -1,4,5,8-萘四甲酸二醯亞胺 (縮寫 :
NTCDI-C8F) , 3',4'-二丁基-5,5''-雙 (二氰基亞甲基)-
5,5''-二氫-2,2':5',2''-並三噁吩 (縮寫 : DCMT) , 富勒
烯亞甲基衍生物 (例如, [6,6]-苯基C₆₁丁酸甲酯 (縮寫 :
PCBM)) 等。

電子中繼層可包括施電子化合物。所述施電子化合物可以是：鹼金屬，鹼土金屬，稀土金屬，或者鹼金屬、鹼土金屬、或稀土金屬的化合物 (包括氧化物、鹵化物或碳酸鹽)。具體示例包括：諸如鋰 (Li)、鈾 (Cs)、鎂 (Mg)、鈣 (Ca)、锶 (Sr)、铕 (Eu) 和镱 (Yb) 的金屬，及其化合物。這些金屬或金屬化合物是優選的，因為它們的電子注入性質高。

儘管在該實施例中描述了具有兩個EL層的發光元件，但本發明可類似地應用於其中堆疊了三個或更多EL層的發光元件。這種級聯發光元件能夠在高亮度區域中發射光，同時保持低電流密度；因此，可實現具有長壽命的元件。當將該發光元件應用於照明時，例如，可抑制由電極材料的電阻導致的電壓降，從而實現大面積的均勻光發射。此外，可實現具有降低的功耗的發光裝置。因此，使用具有實施例1或2中描述的結構的EL層來製造級聯發光元件，從而在壽命和功耗上產生協同增效的效果。

此外，通過使EL層的發射顏色彼此不同，可從發光元

件作為整體發射具有所需顏色的光。例如，通過使第一和第二EL層的發射顏色為互補色，可從具有兩個EL層的發光元件作為整體發射白光。請注意，術語“互補”是指：當顏色被混合時獲得消色（achromatic color）的顏色關係。也就是說，可通過混合來自其發射顏色為互補色的物質的光來獲得白色光發射。這被應用於具有三個或更多發光單元的發光元件：例如，當第一、第二和第三EL層的發射顏色分別為紅色、綠色和藍色時，可從發光元件作為整體發射白光。

該實施例可與任何其他實施例和示例相組合。

（實施例5）

實施例5將說明作為使用上述實施例中描述的發光元件製造的發光裝置的示例的被動式矩陣發光裝置和主動式矩陣發光裝置。

圖26A至26D和圖27示出了被動式矩陣發光裝置的示例。

在被動式矩陣（也被稱為簡單矩陣）發光裝置中，被佈置為條帶（條帶形式）的多個陽極被設置成與佈置為條帶的多個陰極垂直。發光層插在每一個交點處。因此，在所選陽極（對其施加電壓）與所選陰極的交點處的畫素發射光。

圖26A至26C是密封之前的畫素部分的俯視圖，圖26D是沿圖26A至26C中的點劃線A-A'截取的橫截面圖。

在基板 601之上，形成絕緣層 602作為基底絕緣層。請注意，當不必要時，可以省略絕緣層 602。在絕緣層 602之上，以規律的間隔，以條帶形式佈置多個第一電極 603（圖 26A）。該實施例中描述的第一電極 603對應於本說明書中的陽極或陰極。

此外，在第一電極 603上設置在對應於畫素的區域中具有開口 605的分隔物 604。分隔物 604是使用絕緣材料形成的。例如，可使用聚醯亞胺、丙烯酸類樹脂、聚醯胺、聚醯亞胺醯胺（polyimide amide）、抗蝕劑（resist）、光敏或非光敏有機材料（諸如苯並環丁烯）、或SOG膜（諸如含有烷基基團的 SiO_x 膜）作為所述絕緣材料。對應於每個畫素的開口 605是發光區域（圖 26B）。

在具有開口的分隔物 604之上，設置多個分隔物 606以與第一電極 603相交（圖 26C）。所述多個分隔物 606彼此平行地形成，並且所述多個分隔物 606倒轉地漸縮（inversely tapered）。

在第一電極 603和分隔物 604之上，順序堆疊EL層 607和第二電極 608（圖 26D）。請注意，該實施例中的第二電極 608與本說明書中的陽極或陰極相對應。分隔物 604和分隔物 606的總高度大於EL層 607和第二電極 608的總厚度；因此，如圖 26D所示，EL層 607和第二電極 608被劃分為多個區域。請注意，所述多個劃分區域彼此電隔離。

第二電極 608以條帶形式形成，並且沿它們與第一電極 603相交的方向延伸。請注意，形成EL層 607的層的一部

分與形成第二電極 608的導電層的一部分形成在倒轉地漸縮的分隔物 606上；然而，它們與EL層 607和第二電極 608分開。

此外，當必要時，可以通過用於密封的粘合劑將密封材料（諸如密封罐或玻璃基板）附接於基板 601，從而可以將發光元件放置在密封的空間中。因此，可防止發光元件的劣化。密封空間可填充填料或乾燥的惰性氣體。此外，優選在基板和密封材料之間放入乾燥劑等，以防止由於濕氣等導致發光元件劣化。乾燥劑將微量的濕氣去除，從而實現充分的乾燥。作為乾燥劑，可使用鹼土金屬的氧化物，諸如氧化鈣或氧化鋇、沸石、或矽膠。鹼土金屬的氧化物通過化學吸附來吸收濕氣，而沸石和矽膠通過物理吸附來吸收濕氣。

圖 27是設置有撓性印刷電路（FPC）等的圖 26A至 26D 中示出的被動式發光裝置的俯視圖。

如圖 27所示，在形成圖像顯示的畫素部分中，掃描線和資料線被佈置為彼此相交，從而掃描線和資料線彼此垂直。

圖 26A至 26D中的第一電極 603對應於圖 27中的掃描線 703；圖 26A至 26D中的第二電極 608對應於圖 27中的資料線 708；並且倒轉地漸縮的分隔物 606對應於分隔物 706。圖 26D中示出的EL層 607插在資料線 708和掃描線 703之間，並且由區域 705表示的交點對應於一個畫素。

掃描線 703在其端部與連接線 709電連接，並且連接線

709 經由輸入端子 710 與 FPC 711b 相連接。此外，資料線 708 經由輸入端子 712 與 FPC 711a 相連接。

可根據需要設置光學膜，諸如偏振片、圓偏振片（包括橢圓偏振片）、延遲板（retardation plate）（四分之一波片或半波片）、或濾色器。此外，除了偏振片或圓偏振片以外還可以設置抗反射膜。通過設置抗反射膜，可進行抗眩光處理，由此反射光可以由於表面的粗糙度而被散射，以減少反射。

儘管圖 27 示出了其中在基板上沒有設置驅動電路的示例，但也可以在基板上安裝包括驅動電路的 IC 晶片。

當安裝 IC 晶片時，資料線側 IC 和掃描線側 IC（在每一個 IC 中形成有用於向畫素部分發送信號的驅動電路）被安裝在畫素部分的周邊或（外部）。作為用於安裝 IC 晶片的方法，可使用 COG 方法、TCP、引線接合法等。TCP 是與安裝有 IC 的 TAB 帶，並且 TAB 帶與元件形成基板上的佈線相連接以安裝 IC。資料線側 IC 和掃描線側 IC 可使用矽基板、絕緣體上矽（SOI）基板、玻璃基板、石英基板、或塑膠基板形成。

下面，參照圖 28A 和 28B 說明主動式矩陣發光裝置的示例。圖 28A 是發光裝置的俯視圖，圖 28B 是沿圖 28A 中的虛線 A-A' 截取的橫截面圖。本實施例中的主動式矩陣發光裝置包括設置在元件基板 801 上的畫素部分 802、驅動電路部分（源極側驅動電路）803、以及驅動電路部分（閘極側驅動電路）804。畫素部分 802、驅動電路部分 803 和驅動

電路部分 804 通過密封材料 805 被密封在元件基板 801 和密封基板 806 之間。

在元件基板 801 之上，設置有用於連接外部輸入端子的引線 807，通過該外部輸入端，來自外部的信號（例如，視頻信號、時鐘信號、啟動信號、或重置信號等）或電位被發送至驅動電路部分 803 和驅動電路部分 804。此處，描述了其中設置了 FPC 808 作為外部輸入端子的示例。請注意，儘管此處僅示出了 FPC，但也可以對其附接印刷線路板（PWB）。在本說明書中，所述發光裝置在其範疇中包括發光裝置本身以及其上安裝有 FPC 或 PWB 的發光裝置。

下面，參照圖 28B 說明主動式矩陣發光裝置的橫截面結構。儘管在元件基板 801 之上形成了驅動電路部分 803、驅動電路部分 804 和畫素部分 802，但圖 28B 僅示出了畫素部分 802 和作為源極側驅動電路的驅動電路部分 803。

在驅動電路部分 803 中，示出了包括 CMOS 電路的示例，所述 CMOS 電路包括 n 溝道 TFT 809 和 p 溝道 TFT 810。請注意，可使用各種類型的電路（諸如 CMOS 電路、PMOS 電路、或 NMOS 電路）來形成驅動電路部分中所包括的電路。在該實施例中，描述了其中在同一基板之上形成驅動電路和畫素部分的集成了驅動器的類型；然而，本發明不限於該結構，並且驅動電路可以形成在與其上形成有畫素部分的基板不同的基板之上。

畫素部分 802 具有多個畫素，每個畫素包括開關 TFT

811、電流控制 TFT 812、和與電流控制 TFT 812的佈線（源極電極或汲極電極）電連接的陽極 813。形成絕緣體 814以覆蓋陽極 813的端部部分。在該實施例中，使用正性光敏丙烯酸類樹脂形成絕緣體 814。請注意，對於TFT（諸如，開關TFT 811和電流控制TFT 812）的結構沒有任何特別的限制。例如，可使用交錯型（*staggered*）TFT或反向交錯型（*inverted-staggered*）TFT。也可以使用頂閘TFT或底閘TFT。對於用於TFT的半導體材料沒有特別限制，並且可使用矽或半導體氧化物，諸如包括銻、鎵和鋅的氧化物。此外，對於用於TFT的半導體的結晶性也沒有特別限制，並且可以使用非晶半導體或結晶半導體。

發光元件 817包括陽極 813、EL層 815和陰極 816。由於在任何上述實施例中描述了發光元件的結構和材料，因此在該實施例中省略其詳細說明。請注意，圖28A和28B中的陽極 813、EL層 815和陰極 816分別對應於圖1A和1B和圖3中的陽極 101、EL層 103和陰極 102。儘管未示出，陰極 816與作為外部輸入端子的FPC 808電連接。

絕緣體 814設置在陽極 813的端部。此外，為了使形成在絕緣體 814之上的陰極 816至少有利地覆蓋絕緣體 814，絕緣體 814優選地被形成為在上端部或下端部處具有曲率的彎曲表面。例如，優選地，絕緣體 814的上端部或下端部具有帶有曲率半徑（0.2 μm至3 μm）的彎曲表面。絕緣體 814可以使用諸如負性光敏樹脂或正性光敏樹脂的有機化合物或諸如氧化矽或氮化矽的無機化合物來形成，所

述負性光敏樹脂通過光而變得不可溶在蝕刻劑中，而所述正性光敏樹脂通過光而變得可溶在蝕刻劑中。

儘管圖 28B 的橫截面圖僅示出了一個發光元件 817，但是在畫素部分 802 中以矩陣形式佈置了多個發光元件。例如，在畫素部分 802 中形成了發射三種顏色（R、G和B）的光的發光元件，從而可以獲得能夠進行全色顯示的發光裝置。可替換地，可通過濾色器的組合來製造能夠進行全色顯示的發光裝置。

發光元件 817 形成在被元件基板 801、密封基板 806 和密封材料 805 圍繞的空間 808 中。空間 818 可填充有稀有氣體、氮氣、或密封材料 805。

優選使用透過盡可能少的濕氣和氧氣的材料作為密封材料 805，諸如基於環氧的樹脂。可使用玻璃基板、石英基板、由玻璃纖維強化塑膠（FRP）、聚氟乙烯（PVF）、聚酯、或丙烯酸類樹脂等形成的塑膠基板等作為密封基板 806。

以上述方式，可以獲得主動式矩陣發光裝置。

該實施例可以與任何其他實施例或示例組合。

（實施例 6）

實施例 6 將參照圖 29A 至 29E 和圖 30 紿出每一個都是使用任意上述實施例中描述的發光裝置製造的電子裝置和照明裝置的具體示例。

可應用於本發明的電子裝置的示例包括：電視機（也

被稱為電視或電視接收機）、電腦顯示器、數位照相機、數位攝像機、數位相框、行動電話、攜帶型遊戲機、攜帶型資訊終端、音頻再現裝置、遊戲機（例如，彈珠盤機（pachinko machine）或投幣機（slot machine））等。這些電子裝置和照明裝置的一些具體示例在圖 29A-29E 和圖 30 中示出。

圖 29A 示出了電視機 9100。在電視機 9100 中，顯示部 9103 被併入外殼 9101。使用本發明的一個實施例製造的發光裝置可以用在顯示部 9103 中，從而可以在顯示部 9103 上顯示圖像。請注意，此處，外殼 9101 由支架 9105 支撐。

可使用外殼 9101 的操作開關或單獨的遙控器 9110 來操作電視機 9100。可使用遙控器 9110 的操作鍵 9109 來控制頻道和音量，從而可以控制顯示在顯示部 9103 上的圖像。此外，遙控器 9110 可以設置有用於顯示從遙控器 9110 輸出的資料的顯示部分 9107。

圖 29A 中示出的電視機 9110 設有接收機、數據機等。利用接收機，電視機 9100 可以接收一般電視廣播。此外，當電視機 9100 經由數據機，通過有線或無線連接與通信網路相連接時，可以進行單向（從發射機到接收機）或雙向（在發射機和接收機或兩個接收機之間）的資料傳輸。

由於使用本發明的一個實施例製造的發光裝置具有高發射效率和長壽命，因此電視機 9100 中包括該發光裝置的顯示部 9103 可以顯示與習知圖像相比具有改善的圖像質量的圖像。

圖 29B 示出了電腦，其包括主體 9201、外殼 9202、顯示部 9203、鍵盤 9204、外部連接埠 9205、指向裝置 9206 等。電腦是使用根據本發明的一個實施例製造的發光裝置作為顯示部 9203 來製造的。

由於使用本發明的一個實施例製造的發光裝置具有高發射效率和長壽命，因此電腦中包括該發光裝置的顯示部 9203 可以顯示與習知圖像相比具有改善的圖像質量的圖像。

圖 29C 示出了攜帶型遊戲機，其包括：兩個外殼（外殼 9301 和外殼 9302），其與連接器 9303 相接合以打開和關閉。顯示部 9304 被併入外殼 9301 中，並且顯示部 9305 被併入外殼 9302 中。此外，圖 29C 中示出的攜帶型遊戲機包括操作鍵 9309、連接終端 9310、感測器 9311（具有測量以下各項的功能的感測器：力、移位元、位置、速度、加速度、角速度、旋轉頻率、距離、光、流體、磁、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電力、輻射、流速、濕度、梯度、振盪、氣味、或紅外線）和麥克風 9312。攜帶型遊戲機可進一步設置有揚聲器部 9306、記錄媒體插入部 9307、LED 燈 9308 等。無須說明，攜帶型娛樂機的結構不限於上述內容，只要使用任何上述實施例製造的發光裝置被用於顯示部 9304 和顯示部 9305 中的一個或兩個，即可接受。

圖 29C 示出的攜帶型遊戲機具有讀取存儲在記錄媒體中的程式或資料以將其顯示在顯示部上的功能，以及通過

無線通信與另一個攜帶型遊戲機共用資訊的功能。請注意，圖 29C示出的攜帶型遊戲機的功能不限於上述內容，攜帶型遊戲機可具有各種功能。

由於使用本發明的一個實施例製造的發光裝置具有高發射效率和長壽命，因此在攜帶型遊戲機中包括該發光裝置的顯示部（9304和9305）可以顯示與習知圖像相比具有改善的圖像質量的圖像。

圖 29D示出了行動電話的示例。行動電話 9400設置有顯示部 9402（併入外殼 9401中）、操作按鈕 9403、外部連接埠 9404、揚聲器 9405、麥克風 9406、天線 9407等。請注意，行動電話 9400是使用根據本發明的一個實施例製造的發光裝置作為顯示部 9402製造的。

用戶可通過用他們的手指等觸摸圖 29D示出的行動電話 9400的顯示部 9402來輸入資料、打電話或發簡訊。

顯示部 9402主要有三個螢幕模式。第一個模式是主要用於顯示圖像的顯示模式。第二個模式是主要用於輸入諸如文字的資料的輸入模式。第三個模式是其中組合了顯示模式和輸入模式的兩個模式的顯示和輸入模式。

例如，在撥打電話或發簡訊的情況下，對於顯示部 9402選擇主要用於輸入文字的輸入模式，從而可輸入顯示在螢幕上的字元。在該情況下，優選地在幾乎顯示部 9402的整個螢幕上顯示鍵盤或數位按鈕。

通過在行動電話 9400中設置包括用於檢測傾斜的感測器（諸如陀螺儀或加速度感測器）的檢測裝置，確定行動

電話 9400 的 方 向 (行 動 電 話 9400 是 被 水 平 放 置 還 是 垂 直 放 置 以 用 於 橫 向 模 式 (landscape mode) 或 直 立 模 式 (portrait mode)) , 從 而 可 自 動 切 換 顯 示 部 9402 的 螢 幕 上 的 顯 示 。

此 外 , 通 過 觸 摸 顯 示 部 9402 或 操 作 外 裝 9401 的 操 作 按 鈕 9403 來 切 换 螢 幕 模 式 。 可 替 换 地 , 可 基 於 顯 示 在 顯 示 部 9402 上 的 圖 像 的 種 類 来 切 换 螢 幕 模 式 。 例 如 , 當 顯 示 在 顯 示 部 上 的 圖 像 的 信 號 是 動 態 圖 像 資 料 的 信 號 時 , 螢 幕 模 式 被 切 换 成 顯 示 模 式 。 當 該 信 號 是 文 字 資 料 的 信 號 時 , 螢 幕 模 式 被 切 换 成 輸 入 模 式 。

此 外 , 在 輸 入 模 式 中 , 當 對 於 某 個 時 間 段 不 執 行 通 過 觸 摸 顯 示 部 9402 的 輸 入 , 同 時 顯 示 部 9402 中 的 光 學 感 測 器 檢 測 到 信 號 時 , 可 控 制 螢 幕 模 式 從 輸 入 模 式 切 换 成 顯 示 模 式 。

顯 示 部 9402 還 可 以 用 作 圖 像 感 測 器 。 例 如 , 通 過 用 手 掌 或 手 指 觸 摸 顯 示 部 9402 來 取 手 掌 紋 或 指 紋 等 的 圖 像 , 從 而 可 以 進 行 個 人 驗 證 。 此 外 , 通 過 在 顯 示 部 中 設 置 發 射 近 紅 外 光 的 背 光 或 感 測 光 源 , 可 取 手 指 靜 脈 或 手 掌 靜 脈 等 的 圖 像 。

由 於 使 用 本 發 明 的 一 個 實 施 例 製 造 的 發 光 裝 置 具 有 高 發 射 效 率 和 長 壽 命 , 行 動 電 話 中 的 包 括 該 發 光 裝 置 的 顯 示 部 9402 可 以 顯 示 與 習 知 圖 像 相 比 具 有 改 善 的 圖 像 質 量 的 圖 像 。

圖 29E 示 出 了 臺 式 照 明 裝 置 , 其 包 括 照 明 部 9501 、 遮

光罩 9502、可調臂 9503、支架 9504、底座 9505 和電源開關 9506。臺式照明裝置是使用本發明的一個實施例製造的發光裝置作為照明部 9501 製造的。請注意，照明裝置的模式不限於臺式照明裝置，還包括天花板固定照明裝置、壁掛照明裝置、攜帶型照明裝置等。

圖 30 示出了其中使用本發明的一個實施例製造的發光裝置被用於室內照明裝置 1001 的示例。由於使用本發明的一個實施例製造的發光裝置可以具有大面積，因此發光裝置可以用作具有大面積的照明設備。此外，可以使在任何上述實施例中描述的發光裝置較薄，因此其可以被用作捲式 (roll-up type) 照明裝置 1002。如圖 30 所示，圖 29E 示出的臺式照明裝置 1003 可以用在設置有室內照明裝置 1001 的房間中。

本發明的一個實施例的發光裝置還可以用作照明裝置。圖 31 示出了使用本發明的一個實施例的發光裝置作為背光的液晶顯示裝置的示例。圖 31 所示的顯示裝置包括：外殼 1101、液晶層 1102、背光 1103、和外殼 1104。液晶層 1102 與驅動器 IC 1105 電連接。本發明的一個實施例的發光裝置被用作背光 1103，並且電流通過終端 1106 被供應到背光 1103。

通過以該方式使用本發明的一個實施例的發光裝置作為液晶顯示裝置的背光，可以獲得具有低功耗的背光。此外，由於本發明的一個實施例的發光裝置是用於表面光發射的照明裝置，並且可以進行發光裝置的放大，因此可以

使背光更大。因此，可獲得具有低功耗的大面積液晶顯示裝置。

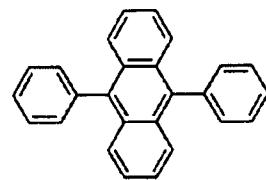
該實施例可以與任何其他實施例和示例組合。

以上述方式，可使用根據本發明的一個實施例製造的照明裝置來提供電子裝置和照明裝置。使用本發明的一個實施例製造的照明裝置的應用範圍非常寬，以致可應用於各個領域的電子裝置。

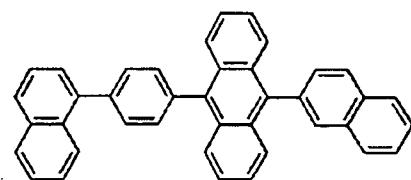
[示例 1]

示例 1 將給出優選作為本發明的一個實施例的照明元件中的第一、第二、第三和第四有機化合物的化合物的 HOMO 能級的測量示例。請注意，通過迴圈伏安 (CV) 測量來檢查 HOMO 能級，並且使用電化學分析儀（由 BAS Inc. 製造的 ALS 型號 600A 或 600C）進行測量。

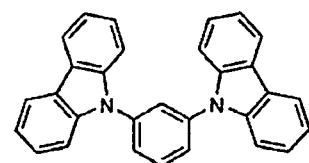
此外，下面將示出測量的 25 種化合物。化合物 1 和 2 每一個具有蒽作為骨架，其是三環稠合芳環。化合物 3 和 4 每一個具有咔唑作為骨架，即富 π 雜芳環。化合物 5 至 12 每一個具有蒽和咔唑兩者作為骨架。化合物 13 至 15 每一個具有蒽和二苯並呋喃（其是富 π 雜芳環）作為骨架。化合物 16 具有蒽和二苯並噻吩（其是富 π 雜芳環）作為骨架。化合物 17 是茈，其是四環稠合芳環。化合物 18 至 24 每一個具有咔唑作為骨架。



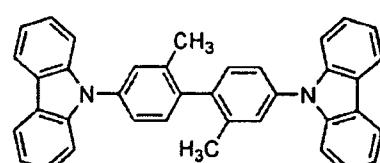
1 (DPAanth)



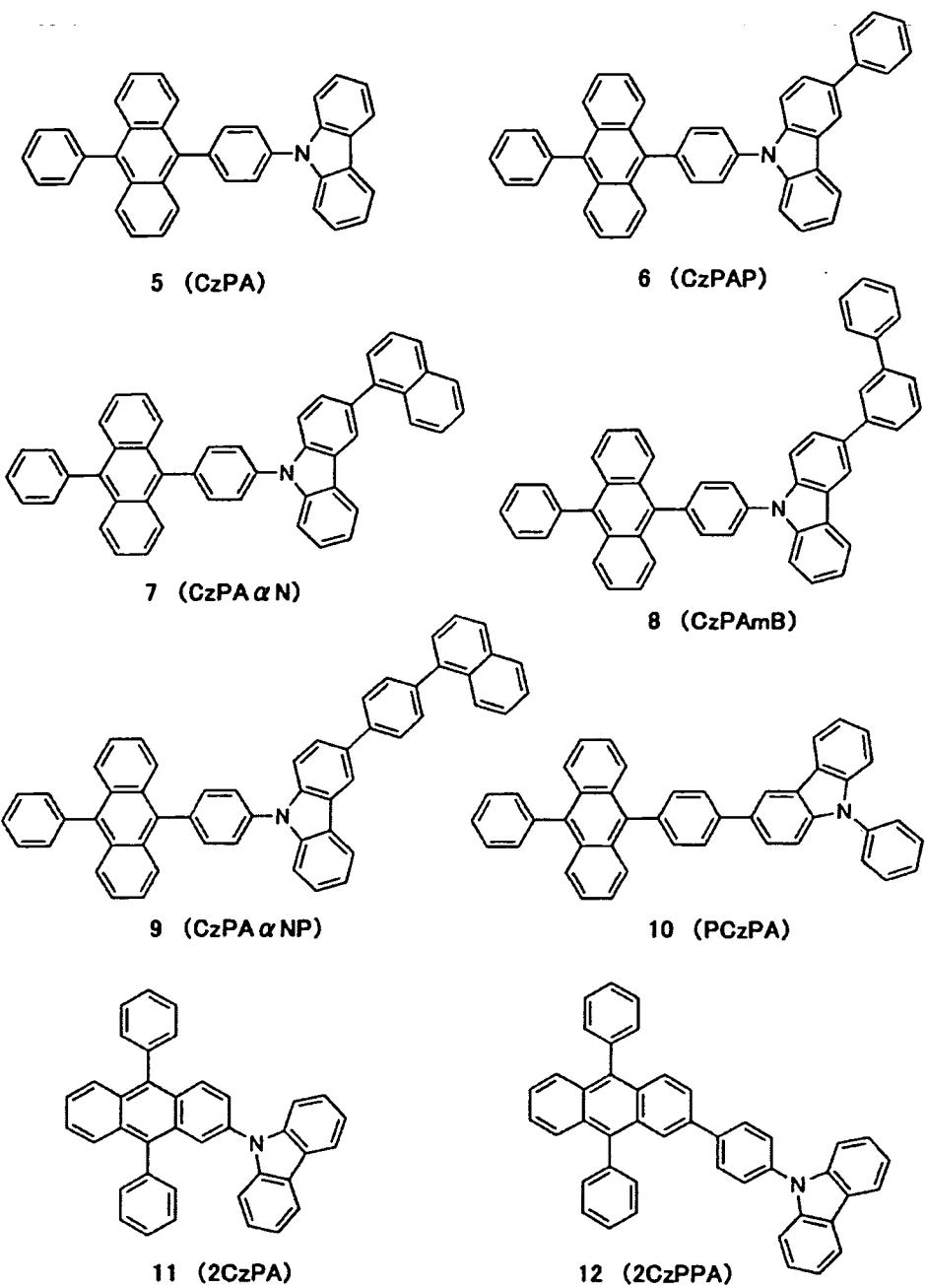
2 (BH-1)

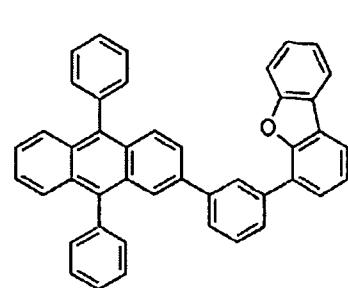


3 (mCP)

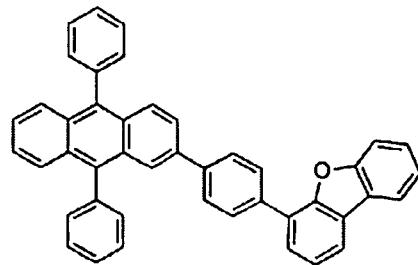


4 (dmCBP)

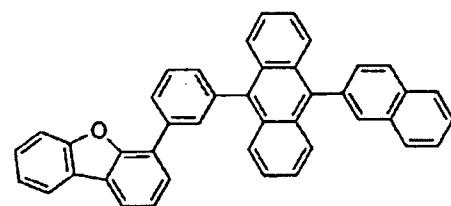




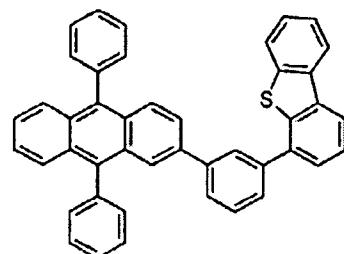
13 (2mPDBFPA-II)



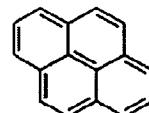
14 (2PDBFPA-II)



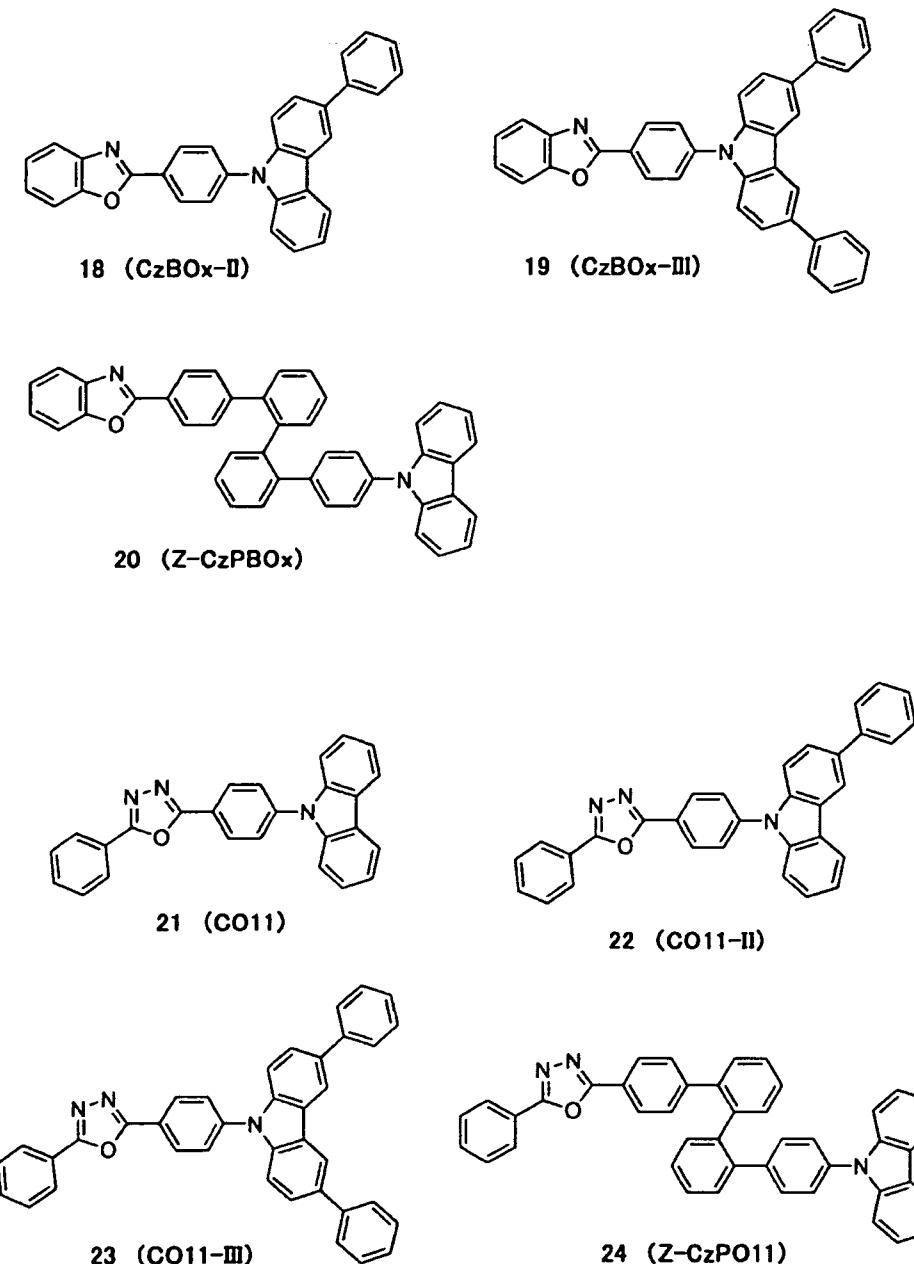
15 (BH-2)



16 (2mPDBTPA-II)



17 Pyrene



首先將具體說明測量方法。按如下所述製備用於CV測量的溶液：使用無水二甲基甲醯胺（DMF, Sigma-Aldrich Inc.的產品，99.8%，目錄號22705-6）作為溶劑，將作為支持電解質的四正丁基過氯酸銨（ $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$, Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.的產品，目錄號T0836）溶解於該溶劑中以得到100 mmol/L的濃度，並將待測物件進一步溶解於其中以得到2 mmol/L的濃度。注意，對於具有低

溶解度並且不能以 2 mmol/L 的濃度溶解的化合物，將未溶解的部分通過過濾去除，然後將濾液用於測量。將鉑電極（由 BAS Inc. 製造，PTE 鉑電極）用作工作電極，將鉑電極（由 BAS Inc. 製造，用於 VC-3 的 Pt 對電極，(5 cm)）用作輔助電極，並將 Ag/Ag⁺ 電極（由 BAS Inc. 製造，用於非水溶劑的 RE7 參考電極）用作參考電極。該測量在室溫下進行（20°C 至 25°C）。此外，在所有測量中，將 CV 中的掃描速率設定為 0.1 V/秒。

[計算參考電極相對於真空能級的電位能]

首先，計算示例 1 中使用的參考電極（Ag/Ag⁺）相對於真空能級的電位能 (eV)。也就是說，計算 Ag/Ag⁺ 電極的費米能級。已知甲醇中的二茂鐵相對於標準氫電極的氧化還原電位是 +0.610 [V vs. SHE]（參考文獻：Christian R. Goldsmith 等人，J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No. 1, 83-96, 2002）。另一方面，使用示例 1 中的參考電極，計算甲醇中的二茂鐵的氧化還原電位是 +0.11 V [vs. Ag/Ag⁺]。因此，發現示例 1 中使用的參考電極的電位能比標準氫電極的電位能低 0.50 [eV]。

此處，已知標準氫電極相對於真空能級的電位能是 -4.44 eV（參考文獻：Toshihiro Ohnishi 和 Tamami Koyama, High molecular EL material, Kyoritsu shuppan, pp. 64-67）。因此，可如下計算該示例中使用的參考電極相對於真空能級的電位能：-4.44 - 0.50 = -4.94 [eV]。

[化合物 1 (DPAnth) 的測量示例]

將以化合物 1 (DPAnth) 為例說明計算 HOMO能級的方法。首先，利用要測量的物件的溶液，從 -0.20V 至 1.30V 然後從 1.30V 至 -0.20V 對電位進行掃描。其結果是，觀察到 0.97V 的氧化峰電位 E_{pa} 和 0.83V 的還原峰電位 E_{pc} 。因此，半波電位（在 E_{pa} 和 E_{pc} 之間居中的電位）可被計算為 0.90V。這表明，通過 0.90[V vs. Ag/Ag⁺] 的電能氧化 DPAnth，並且該能量對應於 HOMO能級。這裏，由於如上所述的，該示例中使用的參考電極相對於真空能級的電位能為 -4.94[eV]，因此如下計算 DPAnth 的 HOMO能級：-4.94 - (0.90) = -5.84[eV]。

[測量結果]

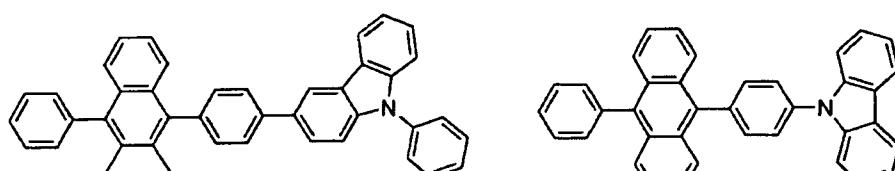
對於化合物 2至 24，通過相同的測量方法檢查 HOMO能級。圖 16 示出了測量結果。圖 16 顯示，在具有富 π 雜芳環的化合物、具有三環稠合芳烴環的化合物、以及具有四環稠合芳烴環的化合物當中，HOMO能級差粗略地為 0.2eV 或更小。此外，每個化合物的 HOMO能級為從 -5.7eV 至 -6.0 eV（這裏含端值）（對第二小數位進行了四捨五入）。這些結果表明：在每個具有從上述骨架中選擇的骨架作為電洞傳輸骨架的化合物之間基本之上不存在電洞注入勢壘。

因此，本發明中的第一、第二、第三和第四有機化合物的電洞傳輸骨架每一個分別至少包括任意的具有富 π 雜芳環（尤其是，咔唑、二苯並呋喃或二苯並噻吩）的化合

物、具有三環稠合芳烴環的化合物、和具有四環稠合芳烴環（尤其是，蒽）的化合物，從而可實現本發明的優選實施例。

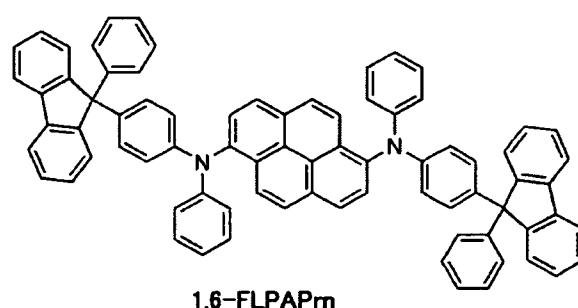
[示例 2]

示例 2 將說明作為本發明的實施例以及參考示例的發光元件的製造示例和特點。下面將示出示例 2 中使用的材料的結構式。

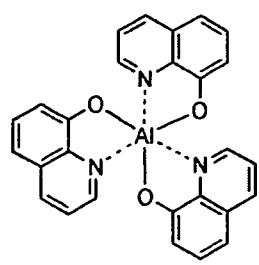


PCzPA

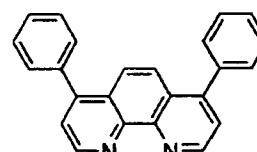
CzPA



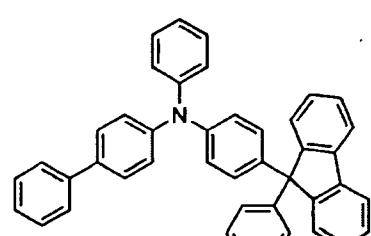
1,6-FLPAPPrm



Alq



BPhen



BPAFLP

首先，說明製造作為本發明的一個實施例的發光元件（發光元件1）的方法。圖5示出了元件結構。

（發光元件1）

首先，製備玻璃基板，其之上形成有厚度為 110 nm 的含氧化矽的銻錫氧化物（簡稱：ITSO）膜作為陽極401。ITSO膜的表面外周覆蓋有聚醯亞胺膜，從而該表面的2毫米見方部分被暴露。電極面積被設置成 $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ 。作為用於在該基板之上形成發光元件的預處理，用水清洗基板的表面，並在 200°C 烘培一個小時，然後進行370秒的UV臭氧處理。然後，將基板移到真空蒸發設備中，其中壓力被降低至約 10^{-5} Pa 。在真空蒸發設備的加熱室中，在真空中進行30分鐘的 170°C 烘培。然後，將基板冷卻約30分鐘。

下面，將設置有陽極401的玻璃基板固定到設置在真空蒸發設備的膜形成室中的基板架之上，使得其上形成有陽極401的表面朝下。

然後，首先，在陽極401之上共蒸發（co-evaporate）9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-9H-咔唑（縮寫：PCzPA）和氧化鋁（VI），從而形成第一層411，在第一層411中，對應於電子接受化合物的氧化鋁被添加到對應於第一有機化合物的PCzPA中。使用電阻加熱來進行所述蒸發。第一層411的厚度是 50 nm 。蒸發速率被控制為使得PCzPA對氧化鋁（VI）的重量比為 $1:0.5$ （=PCzPA:氧化鋁（VI））。請注意，共蒸發法是指在一個處理室中同時從

多個蒸發源進行蒸發的蒸發方法。

此後，通過使用電阻加熱的蒸發方法，將 PCzPA 單獨沉積 30 nm 厚，從而形成第二層 412，所述第二層 412 包括對應於第二有機化合物的 PCzPA。

接著，共蒸發 PCzPA 和 N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-苝-9-基)苯基]-N,N'-二苯基茈-1,6-二胺（簡稱：1,6FLPAPrn）以形成第一發光層 421，所述發光層 421 包括對應於第三有機化合物的 PCzPA 和相對於 PCzPA 具有電洞捕獲性質的對應於第一發光物質的 1,6FLPAPrn。第一發光層 421 的厚度為 20 nm。蒸發速率被控制為使得 PCzPA 對 1,6FLPAPrn 的重量比為 1:0.05 (=PCzPA:1,6FLPAPrn)。

接著，共蒸發 9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（簡稱：CzPA）和 1,6FLPAPrn 以形成第二發光層 422，所述發光層 422 包括對應於第四有機化合物的 CzPA 和相對於 CzPA 具有電洞捕獲性質的對應於第二發光物質的 1,6FLPAPrn。第二發光層 422 的厚度為 25 nm。蒸發速率被控制為使得 CzPA 與 1,6FLPAPrn 的重量比為 1:0.05 (=CzPA:1,6FLPAPrn)。

如上述實施例所述，對應於第一、第二、和第三有機化合物的 PCzPA 和對應於第四有機化合物的 CzPA 的電洞傳輸骨架每一個都是蒽。此外，所述化合物的電子傳輸骨架每一個都是蒽。此外，PCzPA 和 CzPA 是不同的化合物，並因此在第一發光層 421 和第二發光層 422 之間形成了雙極性異質接面。

此後，沉積 10 nm 厚的三（8-喹啉酚）鋁（簡稱：Alq），並沉積 15 nm 厚的紅菲繞啉（bathophenanthroline，簡稱：BPhen），以形成電子傳輸層 413。此外，沉積 1 nm 厚的氟化鋰以形成電子注入層 414。

最後，通過使用電阻加熱的蒸發方法形成 200 nm 厚的鋁膜，從而形成陰極 402。這樣，製備發光元件 1。

（參考發光元件 A）

為了比較，用另一種化合物代替用於發光元件 1 的第一層 411 和第二層 412 的有機化合物（PCzPA），來製備參考發光元件 A。

如下製備參考發光元件 A。首先，在陽極 401 之上共蒸發 4-苯基-4'-(9-苯基-9H-苝-9-基)三苯基胺（簡稱：BP AFLP）和氧化鋁（VI），以形成第一層 411。使用電阻加熱進行蒸發。第一層 411 的厚度是 50 nm。蒸發速率被控制為使得 BP AFLP 對氧化鋁（VI）的重量比為 1:0.5（=BP AFLP:氧化鋁（VI））。

此後，通過使用電阻加熱的蒸發方法，將 BP AFLP 單獨沉積 10 nm 厚，從而形成第二層 412。

接著，形成與發光元件 1 的第一發光層 421 相同的層。將第二發光層 422 形成為與發光元件 1 的相似，除了第二發光層 422 的厚度為 30 nm 而不是 25 nm。

此外，電子傳輸層 413、電子注入層 414 和陰極 402 與發光元件 1 的相同。

(參考發光元件 B)

為了比較，製備參考發光元件 B而不形成與發光元件 1 的第二層 412 對應的層。

如下製備參考發光元件 B。首先，在陽極 401 之上形成具有與發光元件 1 中的相同的結構的第一層 411。接著，不提供第二層 412，將第一發光層 421 形成為具有與發光元件 1 中的相同的結構。將第二發光層 422 形成為與發光元件 1 的相似，除了第二發光層 422 的厚度為 30 nm 而不是 25 nm。

此外，電子傳輸層 413、電子注入層 414 和陰極 402 與發光元件 1 的相同。

下面的表 1 概述了製備的發光元件 1 和參考發光元件 A 和 B 的元件結構。

[表 1]

	401	411	412	421	422	413		414	402
發光元件 1	ITSO 110 nm	PCzPA : MoOx (=1 : 0.5) 50nm	PCzPA 30nm	PCzPA : 1,6-FLPAPrn (=1 : 0.05) 20nm	CzPA : 1,6-FLPAPrn (=1 : 0.05) 25nm	Alq 10nm	Bphen 15nm	LiF 1nm	Al 200 nm
參考發光元件 A	ITSO 110 nm	BPAFLP : MoOx (=1 : 0.5) 50nm	BPAFLP 10nm	PCzPA : 1,6-FLPAPrn (=1 : 0.05) 20nm	CzPA : 1,6-FLPAPrn (=1 : 0.05) 30nm	Alq 10nm	Bphen 15nm	LiF 1nm	Al 200 nm
參考發光元件 B	ITSO 110 nm	PCzPA : MoOx (=1 : 0.5) 50nm	-	PCzPA : 1,6-FLPAPrn (=1 : 0.05) 20nm	CzPA : 1,6-FLPAPrn (=1 : 0.05) 30nm	Alq 10nm	Bphen 15nm	LiF 1nm	Al 200 nm

(元件的評估)

在氮氣氣氛下的手套式操作箱中密封如上所述獲得的發光元件1和參考發光元件A和B，使得元件的不暴露於大氣。然後，測量這些發光元件的工作特性。請注意，在室溫（在保持為 25°C 的大氣中）進行測量。

圖17A示出了發光元件1和參考發光元件A和B的亮度相對於電流效率的特性，圖17B示出了亮度相對於外部量子效率的特性，圖18示出了電壓相對於亮度的特性。圖19示出了當以 25 mA/cm^2 的電流密度使元件發射光時的發射光譜。

當使發光元件1以 1000 cd/m^2 的亮度發光時，其表現出優異的特性：驅動電壓為 4.6 V ，電流效率為 9.3 cd/A ，外部量子效率為 7.5% ，並且功率效率為 $6.3[1\text{ m/W}]$ 。尤其是，外部量子效率的值極高，以至於習知螢光元件不能實現該值。圖19示出了由於發光元件1中的1,6-FLPAPrн導致的陡峭的發射光譜；發射CIE色度座標 $(x,y) = (0.14, 0.18)$ 的純藍光。

至於參考發光元件A，外部量子效率保持在 5% 的水平，發射效率不像發光元件1那樣高。此外，發現驅動電壓超過了發光元件1的驅動電壓。電流效率高，但這是因為在長波側出現肩峰（如從圖19明顯可見），並且色純度降低（CIE色度座標 $(x,y) = (0.16, 0.25)$ ）。

下面將給出參考發光元件A為何在驅動電壓和發射效率方面比發光元件1差的可能原因。根據CV測量，用於參

考發光元件 A的第一層 411和第二層 412的 BPAFLP 的 HOMO 能級為 -5.51 eV，而如示例 1 中描述的，用於發光元件 1 的第一發光層的 PCzPA 的 HOMO能級為 -5.79 eV。也就是說，在第二層和第一發光層之間存在近乎 0.3 eV 的電洞注入勢壘。這可能導致較差的特性。

另一方面，參考發光元件 B 在低亮度區域表現出相對高的外部量子效率和電流效率，但在高亮度區域效率大大降低。這可能是因為，在高亮度區域中，電子傳到陽極側降低再結合效率。因此，其中沒有添加具有電洞捕獲性質的物質的第二層 412 在發光元件 1 中起到了重要作用。

接著，以下述方式進行對發光元件 1 和參考發光元件 A 和 B 的測試：驅動這些元件來以 1000 cd/m^2 的初始亮度的恆定電流持續發射光。結果在圖 20A 和 20B 中示出。在圖 20A 和 20B 中，垂直軸表示以 100% 的初始亮度正規化的亮度，並且水平軸表示驅動時間。圖 20A 中的水平軸（驅動時間）為對數標度，而圖 20B 中的為線性標度。

圖 20A 和 20B 證明了：即使在 1000 小時之後，發光元件 1 仍保持 92% 或更高的初始亮度，並且具有非常長的壽命。另一方面，參考發光元件 A 的亮度在驅動約 200 小時之後降低至初始亮度的大約 90%。這可能是受上述的從 BPAFLP 到 PCzPA 的電洞注入的勢壘的影響。如從圖 20B 可見，參考發光元件 B 在長期上並不大劣化，但具有顯著的初始劣化的問題。

上述結果證明：作為本發明的一個實施例的發光元件

1既可實現高發射效率，又可實現非常長的壽命。

此處，進行發光元件1的亮度的加速測試以估計 1000 cd/m^2 的初始亮度下的亮度半衰期(luminance half life)。在亮度的加速測試中，通過將初始亮度設置為 3000 cd/m^2 、 5000 cd/m^2 、 8000 cd/m^2 、 10000 cd/m^2 、 12000 cd/m^2 、 15000 cd/m^2 ，來以恆定電流驅動具有與發光元件1相同的結構的元件。然後，確定每個亮度下的亮度半衰期，並從初始亮度和亮度半衰期之間的關係圖來估計 1000 cd/m^2 的初始亮度下的亮度半衰期。

圖21A示出了對於亮度的加速測試的結果，並且圖21B示出了初始亮度和亮度半衰期之間的關係圖。在 3000 cd/m^2 和 5000 cd/m^2 的每一個初始亮度下，由於亮度尚未降低至一半，對劣化曲線進行外推以估計亮度半衰期。下面的表2概述了對於亮度的加速測試的結果。

[表2]

初始亮度(cd/m^2)	亮度半衰期(小時)
3,000	6,500*
5,000	2,600*
8,000	1,222
10,000	783
12,000	589
15,000	417

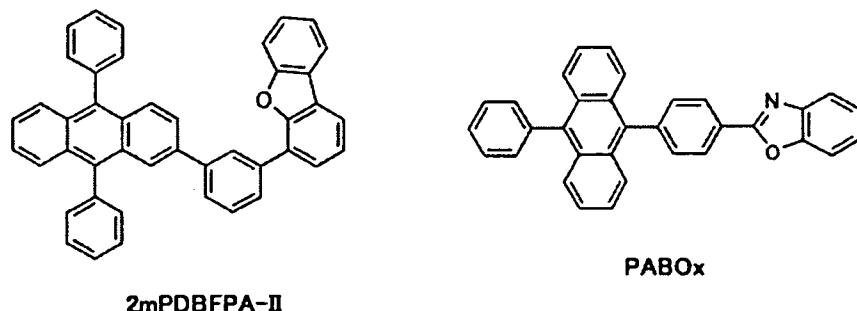
*外推值

表2中的結果被繪製成圖21B中的初始亮度與亮度半衰期之間的關係圖。發現發光元件1的亮度半衰期與初始亮

度的 1.7 次幕成反比，示出了強相關性。此外，根據這些結果， 1000 cd/m^2 的初始亮度下的亮度半衰期被估計為 42000 小時，這表示非常長的壽命。

[示例 3]

示例 3 將說明作為本發明的實施例以及參考示出的發光元件的製備示例和特性。下面示出了示例 3 中使用的材料的結構式。請注意，省略了示例 2 中也使用了的材料的結構式。



首先，說明製備作為本發明的一個實施例的發光元件（發光元件 2）的方法。圖 5 示出了元件結構。

（發光元件 2）

首先，製備玻璃基板，其之上形成有厚度為 110 nm 的含氧化矽的銻錫氧化物（簡稱：ITSO）膜作為陽極 401。ITSO 膜的表面的外周覆蓋有聚醯亞胺膜，從而該表面的 2 毫米見方的部分被暴露。電極面積被設置成 $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 。作為用於在該基板之上形成發光元件的預處理，用水清洗基板的表面，並在 200°C 烘焙一個小時，然後進行 370 秒的 UV 臭氧處理。然後，將基板移到真空蒸發設備中，其中

壓力被降低至約 10^{-5} Pa。在真空蒸發設備的加熱室中，在真空中進行 30 分鐘的 170°C 的烘培。然後，將基板冷卻約 30 分鐘。

下面，將設置有陽極 401 的玻璃基板固定到設置在真空蒸發設備的膜形成室中的基板架，使得其上形成有陽極 401 的表面朝下。

然後，首先，在陽極 401 之上共蒸發 9-苯基-3-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（縮寫：PCzPA）和氧化鋁（VI），從而形成第一層 411，在第一層 411 中，對應於電子接受化合物的氧化鋁被添加到對應於第一有機化合物的 PCzPA 中。使用電阻加熱來進行所述蒸發。第一層 411 的厚度是 50 nm。蒸發速率被控制為使得 PCzPA 對氧化鋁（VI）的重量比為 1:0.5 (=PCzPA:氧化鋁 (VI))。請注意，共蒸發法是指在一個處理室中同時從多個蒸發源進行蒸發的蒸發方法。

此後，通過使用電阻加熱的蒸發方法，將 4-[3-(9,10-二苯基-2-蒽基)苯基]二苯並呋喃（簡稱：2mPDBFPA-II）單獨沉積 50 nm 的厚度，從而形成第二層 412，所述第二層 412 包括對應於第二有機化合物的 2mPDBFPA-II。

接著，共蒸發 2mPDBFPA-II 和 N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-苝-9-基)苯基]-N,N'-二苯基苝-1,6-二胺（簡稱：1,6FLPAPrn）以形成第一發光層 421，所述第一發光層 421 包括對應於第三有機化合物的 2mPDBFPA-II 和相對於

2mPDBFPA-II具有電洞捕獲性質的對應於第一發光物質的1,6FLPAPrn。第一發光層421的厚度為10nm。蒸發速率被控制為使得2mPDBFPA-II對1,6FLPAPrn的重量比為1:0.05(=2mPDBFPA-II:1,6FLPAPrn)。

接著，共蒸發9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(簡稱：CzPA)和1,6FLPAPrn以形成第二發光層422，所述發光層422包括對應於第四有機化合物的CzPA和相對於CzPA具有電洞捕獲性質的對應於第二發光物質的1,6FLPAPrn。第二發光層422的厚度為25nm。蒸發速率被控制為使得CzPA對1,6FLPAPrn的重量比為1:0.05(=CzPA:1,6FLPAPrn)。

如上述實施例所述，對應於第一有機化合物的PCzPA、對應於第二和第三有機化合物的2mPDBFPA-II、和對應於第四有機化合物的CzPA的電洞傳輸骨架每一個都是蒽。此外，如示例2中那樣，形成雙極性異質接面。

此後，沉積10nm厚的2-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]苯並噁唑(簡稱：PABOx)，並沉積15nm厚的紅菲繞啉(簡稱：BPhen)，以形成電子傳輸層413。此外，沉積1nm厚的氟化鋰以形成電子注入層414。

最後，通過使用電阻加熱的蒸發方法形成200nm厚的鋁膜，從而形成陰極402。這樣，製備發光元件2。

(元件的評估)

在氮氣氣氛下的手套式操作箱中密封如上所述獲得的

發光元件 2，使得元件不暴露於大氣。然後，測量發光元件 2的工作特性。請注意，在室溫下（在保持為 25°C 的大氣中）進行測量。

圖 22A 示出了發光元件 2 的亮度相對於電流效率的特性，圖 22B 示出了亮度相對於外部量子效率的特性，圖 23 示出了電壓相對於亮度的特性。圖 24 示出了當使元件以 25 mA/cm^2 的電流密度發射光時的發射光譜。

當使發光元件 2 以 1000 cd/m^2 的亮度發光時，其表現出優異的特性：驅動電壓為 3.4V，電流效率為 11 cd/A ，外部量子效率為 8.0%，並且功率效率為 10 [lm/W] 。尤其是，外部量子效率的值極高，以至於習知螢光元件不能實現該值。圖 24 示出了由於發光元件 2 中的 1,6-FLPAPrн 導致的陡峭的發射光譜；發射 CIE 色度座標 (x, y) = (0.14, 0.21) 的純藍光。

接著，以下述方式進行發光元件 2 的測試：驅動該元件來以 5000 cd/m^2 的初始亮度的恆定電流持續發射光。結果在圖 25 中示出。在圖 25 中，垂直軸表示以 100% 的初始亮度正規化的亮度，並且水平軸表示驅動時間。水平軸（驅動時間）為線性標度。

根據圖 25，在 5000 cd/m^2 的初始亮度下的發光元件 2 的亮度半衰期被估計為 2500 小時或更多。這基本上等於示例 2 中描述的發光元件 1 在 5000 cd/m^2 的初始亮度下的亮度半衰期。因此，利用對於亮度的相同加速因數，在 1000 cd/m^2 的初始亮度下的發光元件 2 的亮度半衰期被估計為

40000小時或更多，類似發光元件1。因此發光元件2具有極長的壽命。

上述結果證明作為本發明的一個實施例的發光元件2既可實現高發射效率，又可實現非常長的壽命。尤其是，該元件在具有超過 $10[1\text{m}/\text{W}]$ 的功率效率的同時實現了長壽命，因此，被認為具有足夠的性能表現作為照明用發射藍光的發光部件。

[示例4]

示例4將說明作為本發明的實施例以及參考示出的發光元件的製備示例和特性。請注意，省略了示例2和3中也使用的材料的結構式。

首先，說明製備作為本發明的一個實施例的發光元件（發光元件3）的方法。圖3示出了元件結構。

（發光元件3）

首先，製備玻璃基板，其之上形成有厚度為 110nm 的含氧化矽的銻錫氧化物（簡稱：ITSO）膜作為陽極101。ITSO膜的表面外周覆蓋有聚醯亞胺膜，從而該表面的2毫米見方的部分被暴露。電極面積被設置成 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。作為用於在該基板之上形成發光元件的預處理，用水清洗基板的表面，並在 200°C 烘焙一個小時，然後進行370秒的UV臭氧處理。然後，將基板移到真空蒸發設備中，其中壓力被降低至約 10^{-5} Pa 。在真空蒸發設備的加熱室中，在

真空中進行 30 分鐘的 170°C 烘焙。然後，將基板冷卻約 30 分鐘。

接著，將設置有陽極 101 的玻璃基板固定到設置在真空蒸發設備的膜形成室中的基板架，使得其上形成有陽極 101 的表面朝下。

然後，首先，在陽極 101 之上共蒸發 9-(4-(10-苯基-9-蒽基)苯基)-9H-咔唑（縮寫：PCzPA）和氧化鋁（VI），從而形成第一層 111，在第一層 111 中，對應於電子接受化合物的氧化鋁被添加到對應於第一有機化合物的 PCzPA 中。使用電阻加熱來進行所述蒸發。第一層 111 的厚度是 70 nm。蒸發速率被控制為使得 PCzPA 與氧化鋁（VI）的重量比為 1:0.5 (=PCzPA:氧化鋁 (VI))。請注意，共蒸發法是指在一個處理室中同時從多個蒸發源進行蒸發的蒸發方法。

此後，通過使用電阻加熱的蒸發方法，將 PCzPA 單獨沉積 30 nm 厚，從而形成第二層 112，所述第二層 112 包括對應於第二有機化合物的 PCzPA。

接著，共蒸發 9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑（簡稱：CzPA）和 N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-茀-9-基)苯基]-N,N'-二苯基茈-1,6-二胺（簡稱：1,6FLPAPrn）以形成第一發光層 121，所述第一發光層 121 包括對應於第三有機化合物的 CzPA 和相對於 CzPA 具有電洞捕獲性質的對應於第一發光物質的 1,6FLPAPrn。第一發光層 121 的厚度為 20 nm。蒸發速率被控制為使得 CzPA 與 1,6FLPAPrn 的重量

比為 1:0.05 (=CzPA:1,6FLPAPrn)。

如上述實施例所述，對應於第一和第二有機化合物的 PCzPA、和對應於第三有機化合物的 CzPA 的電洞傳輸骨架每一個都是蔥。此外，如示例 2 和 3 中那樣形成雙極性異質接面。

此後，沉積 10 nm 厚的 CzPA，並沉積 15 nm 厚的紅菲繞啉（簡稱：BPhen），以形成電子傳輸層 113。此外，沉積 1 nm 厚的氟化鋰以形成電子注入層 114。

最後，通過使用電阻加熱的蒸發方法形成 200 nm 厚的鋁膜，從而形成陰極 102。這樣，製備發光元件 3。

（元件的評估）

在氮氣氣氛下的手套式操作箱中密封如上所述獲得的發光元件 3，使得元件不暴露於大氣。然後，測量發光元件 3 的工作特性。請注意，在室溫下（在保持為 25°C 的大氣中）進行測量。

圖 32 示出了發光元件 3 的亮度相對於電流效率的特性和相對於外部量子效率的特性，並且圖 33 示出了電壓相對於亮度的特性。圖 34 示出了當使元件以 25 mA/cm² 的電流密度發射光時的發射光譜。

當使發光元件 3 以 1000 cd/m² 的亮度發光時，其表現出優異的特性：驅動電壓為 3.1 V，電流效率為 12 cd/A，外部量子效率為 10.0%，並且功率效率為 13 [lm/W]。尤其是，外部量子效率的值極高，以至於習知螢光元件不能實現該

值。根據圖 34，作為發光元件 3 的發射光譜，獲得峰值在 467 nm 處的陡峭光譜；發射 CIE 色度座標 (x, y) = (0.14, 0.21) 的藍光。

接著，以 5000 cd/m^2 的初始亮度的恆定電流進行驅動測試，由此亮度半衰期為 810 小時。由於示例 2 和 3 中的結果表明亮度半衰期與初始亮度的 1.7 次幕成反比，所以在 1000 cd/m^2 的初始亮度下的亮度半衰期被計算為 12000 小時。

上述結果證明，作為本發明的一個實施例的發光元件 3 可實現極低的驅動電壓、非常高的發射效率、和非常長的壽命。尤其是，元件在具有超過 $10[1\text{m}/\text{W}]$ 的功率效率的同時實現了長壽命，因此，被認為具有足夠的性能表現來作為照明用發射藍光的發光部件。

本申請案基於 2009 年 12 月 1 日提交到日本專利局的日本專利申請 No. 2009-273987，通過引用將其全部內容併入在此。

【圖式簡單說明】

圖 1A 和 1B 示出了根據實施例的發光元件。

圖 2A 和 2B 示出了習知發光元件。

圖 3 示出了根據實施例的發光元件。

圖 4A 和 4B 示出了根據實施例的發光元件。

圖 5 示出了根據示例的發光元件。

圖 6A 至 6C 示出了用於根據實施例的發光元件的化合物

圖 7A至 7C示出了用於根據實施例的發光元件的化合物。

圖 8A至 8C示出了用於根據實施例的發光元件的化合物。

圖 9A至 9C示出了用於根據實施例的發光元件的化合物。

圖 10A至 10C示出了用於根據實施例的發光元件的化合物。

圖 11A至 11C示出了用於根據實施例的發光元件的化合物。

圖 12A至 12C示出了用於根據實施例的發光元件的化合物。

圖 13A至 13C示出了用於根據實施例的發光元件的化合物。

圖 14A至 14C示出了用於根據實施例的發光元件的化合物。

圖 15A和 15B每一個示出了根據實施例的發光元件。

圖 16是用於描述根據示例的發光元件的化合物的圖。

圖 17A和 17B是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 18是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 19是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 20A和 20B是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 21A和 21B是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 22A 和 22B 是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 23 是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 24 是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 25 是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 26A 至 26D 示出了根據實施例的發光裝置。

圖 27 示出了根據實施例的發光裝置。

圖 28A 和 28B 示出了根據實施例的顯示裝置。

圖 29A 至 29E 每一個示出了根據實施例的電子裝置。

圖 30 示出了根據實施例的照明裝置。

圖 31 示出了根據實施例的顯示裝置。

圖 32 是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 33 是用於描述根據示例的發光元件的圖。

圖 34 是用於描述根據示例的發光元件的圖。

【主要元件符號說明】

101：陽極

102：陰極

103：EL層

111：第一層

112：第二層

113：電子傳輸層

114：電子注入層

121：發光層

131：陽極的功函數

132：陰極的功函數

133：第一有機化合物的HOMO能級

134：第二有機化合物的HOMO能級

135：第三有機化合物的HOMO能級

201：陽極

202：陰極

203：EL層

211：電洞注入層

212：電洞傳輸層

221：發光層

231：陽極的功函數

232：陰極的功函數

233：電洞注入層的HOMO能級

234：電洞傳輸層的HOMO能級

235：發光層的HOMO能級

401：陽極

402：陰極

403：EL層

411：第一層

412：第二層

421：第一發光層

422：第二發光層

431：陽極的功函數

432：陰極的功函數

- 433 : 第一有機化合物的 HOMO能級
434 : 第二有機化合物的 HOMO能級
435 : 第三有機化合物的 HOMO能級
436 : 第一發光物質的 HOMO能級
437 : 第四有機化合物的 HOMO能級
438 : 第二發光物質的 HOMO能級
439 : 第一有機化合物的 LUMO能級
440 : 第二有機化合物的 LUMO能級
441 : 第三有機化合物的 LUMO能級
442 : 第四有機化合物的 LUMO能級
443 : 第一發光物質的 LUMO能級
444 : 第二發光物質的 LUMO能級
501 : 陽極
502 : 陰極
503 : 第一EL層
504 : 第二EL層
511、512 : 電荷生成層
513 : 電子注入層
514 : 輔助層
601 : 基板
602 : 絝緣層
603 : 第一電極
604 : 分隔物
605 : 開口

606 : 分隔物

607 : EL層

608 : 第二電極

703 : 掃描線

705 : 區域

706 : 分隔物

708 : 資料線

709 : 連接線

711a、711b : FPC (撓性印刷電路)

712 : 輸入端子

801 : 元件基板

802 : 畫素部分

803 : 驅動電路部分 (源側驅動電路)

804 : 驅動電路部分 (閘側驅動電路)

805 : 密封材料

806 : 密封基板

807 : 引線

808 : FPC (撓性印刷電路)

809 : n-溝道TFT

810 : p-溝道TFT

811 : 開關TFT

812 : 電流控制TFT

813 : 陽極

814 : 絶緣體

815 : EL層

816 : 陰極

817 : 發光元件

818 : 空間

1001 : 室內照明裝置

1002 : 捲式照明裝置

1003 : 臺式照明裝置

1101 : 外殼

1102 : 液晶層

1103 : 背光

1104 : 外殼

1105 : 驅動器 IC

1106 : 終端

9100 : 電視機

9101 : 外殼

9103 : 顯示部

9105 : 支架

9107 : 顯示部分

9109 : 操作鍵

9110 : 遙控器

9201 : 主體

9202 : 外殼

9203 : 顯示部

9204 : 鍵盤

9205：外部連接埠

9206：指向裝置

9301：外殼

9302：外殼

9303：連接器

9304：顯示部

9305：顯示部

9306：揚聲器部

9307：記錄媒體插入部

9308：LED燈

9309：操作鍵

9310：連接終端

9311：感測器

9312：麥克風

9400：行動電話

9401：外殼

9402：顯示部

9403：操作按鈕

9404：外部連接埠

9405：揚聲器

9406：麥克風

9407：天線

9501：照明部

9502：遮光罩

9503：可調臂

9504：支架

9505：底座

9506：電源開關

I542058

(34)

空白頁

七、申請專利範圍：

1. 一種發光元件，包含

在陽極和陰極之間至少如下的堆疊結構，所述堆疊結構包括第一層、第二層和發光層，其中，所述第一層在所述陽極和所述第二層之間，所述第二層在所述第一層和所述發光層之間，並且所述發光層在所述第二層和所述陰極之間，

其中，所述第一層包括具有第一電洞傳輸骨架的第一有機化合物和電子接受化合物，

其中，所述第二層包括具有第二電洞傳輸骨架的第二有機化合物，

其中，所述發光層包括具有第三電洞傳輸骨架的第三有機化合物和相對於所述第三有機化合物具有電洞捕獲性質的發光物質，

其中，所述第一電洞傳輸骨架、所述第二電洞傳輸骨架和所述第三電洞傳輸骨架每一個分別包括富 π 雜芳環、三環稠合芳烴環、和四環稠合芳烴環中的至少任意一個的骨架，以及

其中，所述發光物質為茈二胺化合物或鋅錯合物。

2. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，

該發光元件還包含第二發光層，並且所述第二發光層在所述發光層和所述陰極之間，

其中，所述第三有機化合物還具有電子傳輸骨架，其中，所述第二發光層包括具有第四電洞傳輸骨架和所述電

子傳輸骨架的第四有機化合物、和相對於所述第四有機化合物具有電洞捕獲性質的第二發光物質，

其中，所述第四有機化合物和所述第三有機化合物是不同的化合物，以及

其中，所述第四電洞傳輸骨架包括富 π 雜芳環、三環稠合芳烴環、和四環稠合芳烴環中的至少任意一個的骨架。

3. 根據申請專利範圍第1項之發光元件，其中，所述發光物質為芳香胺化合物或有機金屬錯合物。

4. 根據申請專利範圍第2項之發光元件，其中，所述第二發光物質為芳香胺化合物或有機金屬錯合物。

5. 根據申請專利範圍第2項之發光元件，其中，所述第二發光物質為茈二胺化合物或鋠錯合物。

6. 根據申請專利範圍第2項之發光元件，其中，所述發光物質和所述第二發光物質相同。

7. 根據申請專利範圍第1項之發光元件，其中，所述第一有機化合物的HOMO能級為大於或等於-6.0eV並且小於或等於-5.7eV。

8. 根據申請專利範圍第1項之發光元件，在所述陽極和所述陰極之間包括多個所述堆疊結構。

9. 根據申請專利範圍第1項之發光元件，其中，所述第一電洞傳輸骨架、所述第二電洞傳輸骨架和所述第三電洞傳輸骨架相同。

10. 根據申請專利範圍第2項之發光元件，其中，所述

第一電洞傳輸骨架、所述第二電洞傳輸骨架、所述第三電洞傳輸骨架和所述第四電洞傳輸骨架相同。

11. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，其中，所述富 π 雜芳環、三環稠合芳烴環、和四環稠合芳烴環中的至少任意一個的骨架是咔唑、二苯並呋喃、二苯並噁吩、蒽中至少任意一個的骨架。

12. 根據申請專利範圍第 1 項之發光元件，
其中，所述第二有機化合物的 HOMO能級與所述第一有機化合物的 HOMO能級相差大於或等於 -0.2 eV 並且小於或等於 +0.2 eV，以及

其中，所述第三有機化合物的 HOMO能級與所述第二有機化合物的 HOMO能級相差大於或等於 -0.2 eV 並且小於或等於 +0.2 eV。

13. 一種發光裝置，包括根據申請專利範圍第 1 項之發光元件。

14. 一種電子裝置，包括具有根據申請專利範圍第 13 項之發光裝置的顯示部。

15. 一種照明裝置，包括具有根據申請專利範圍第 13 項之發光裝置的照明部。

圖 1A

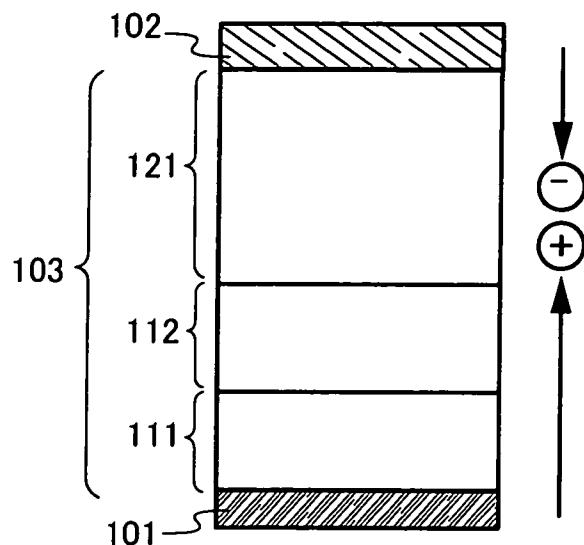
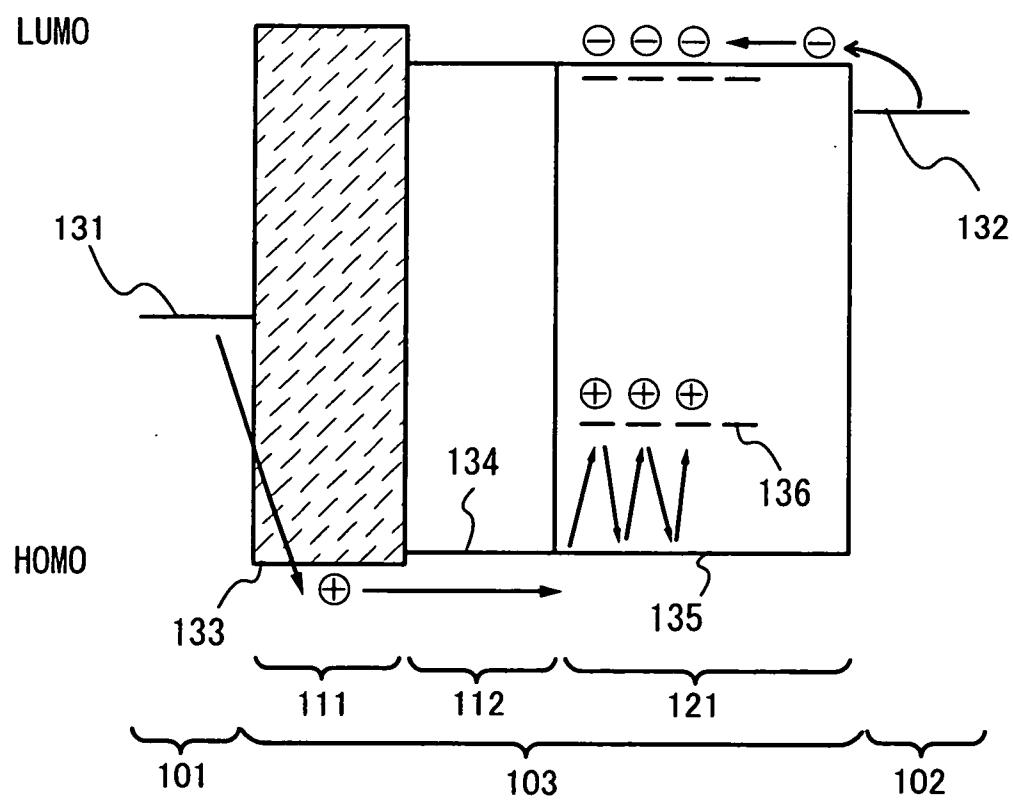
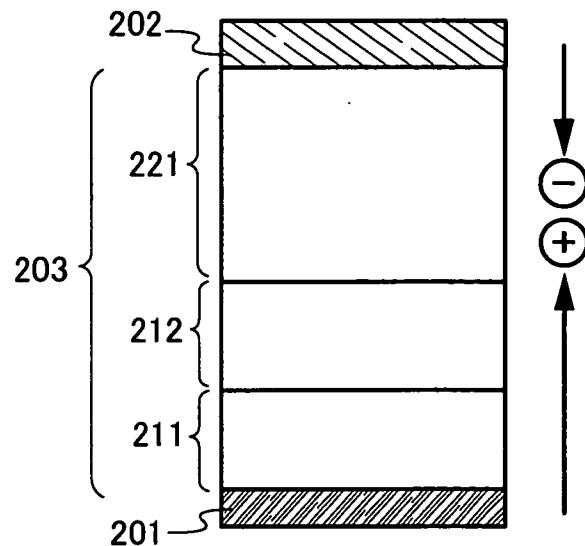


圖 1B



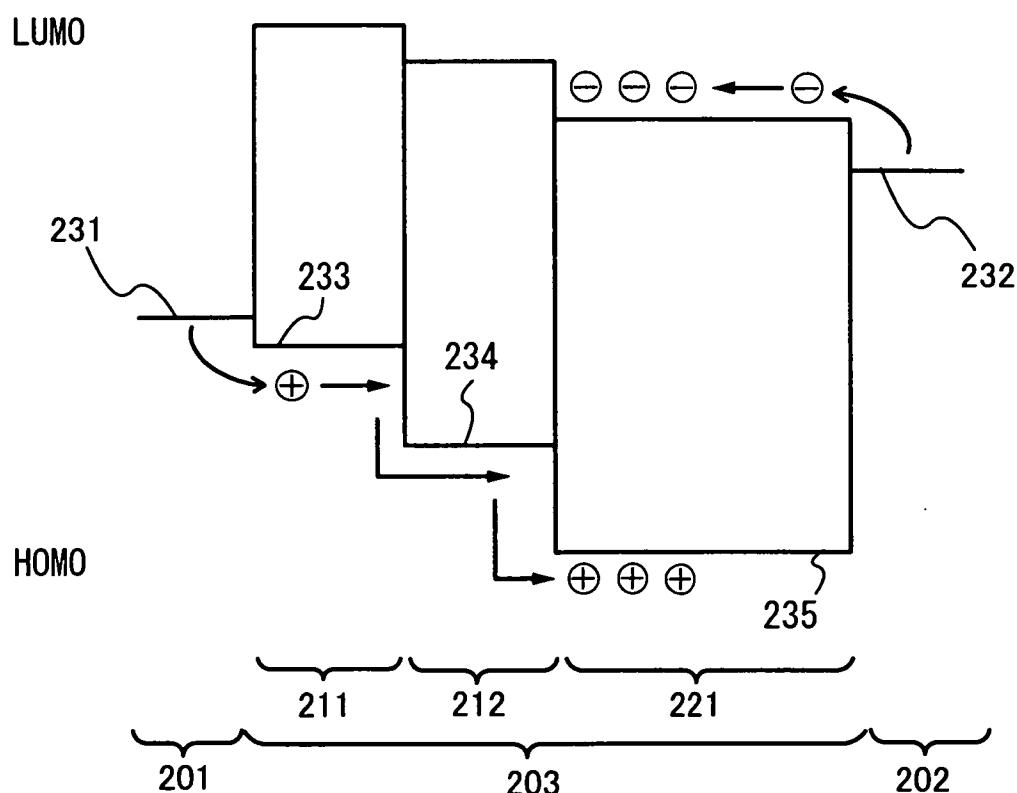
I542058

圖 2A



先前技藝

圖 2B



先前技藝

圖 3

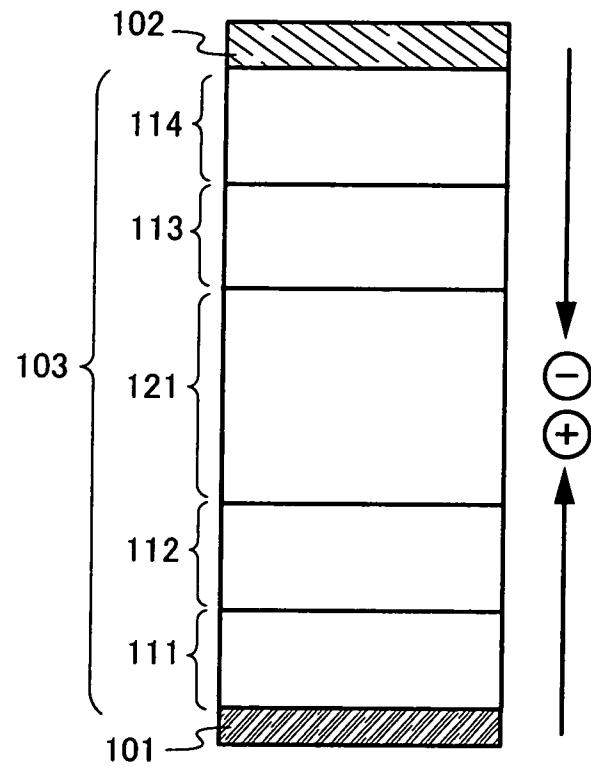


圖 4A

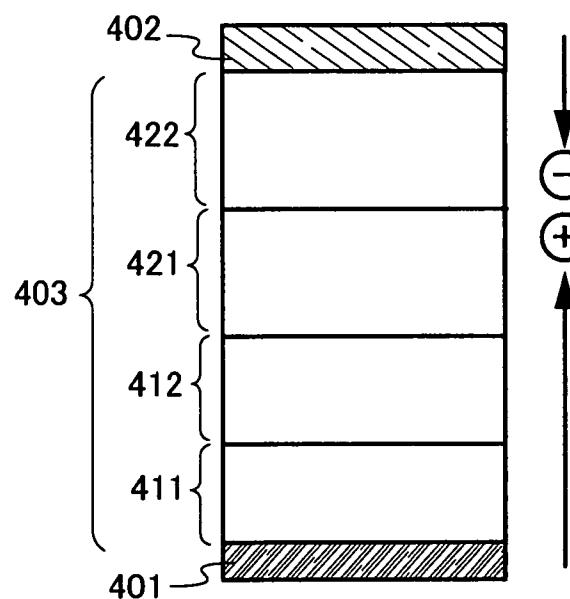


圖 4B

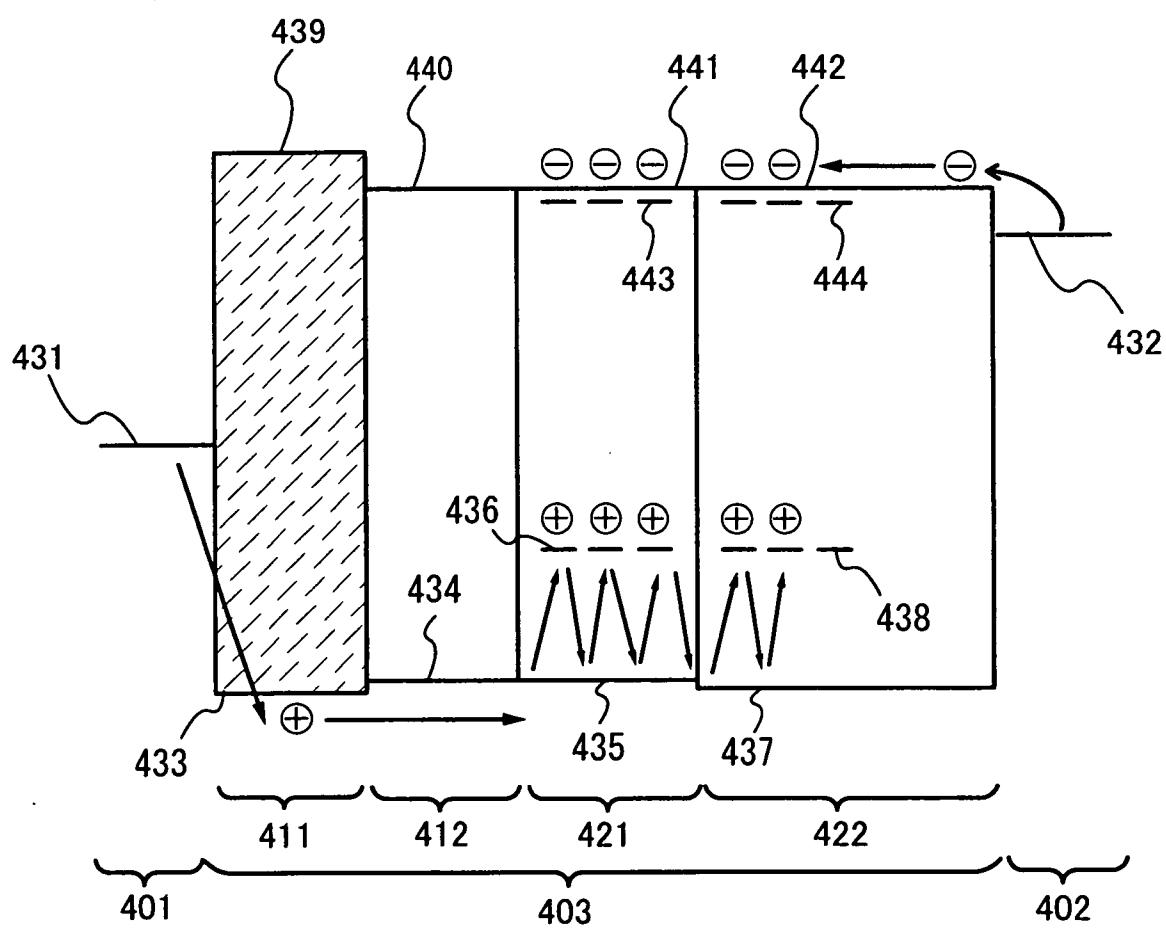
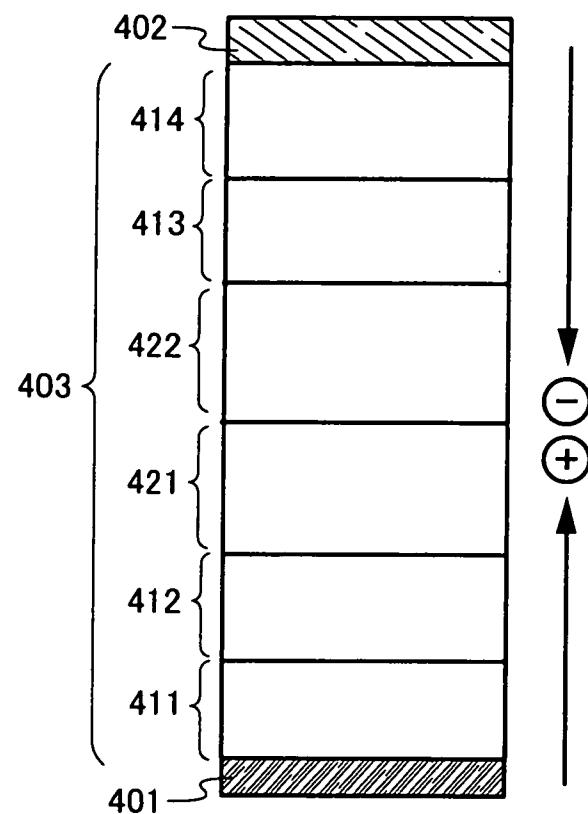


圖 5



I542058

圖 15A

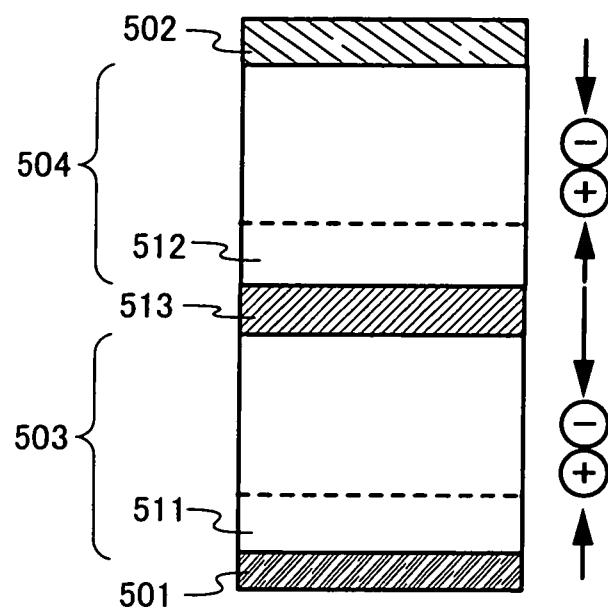


圖 15B

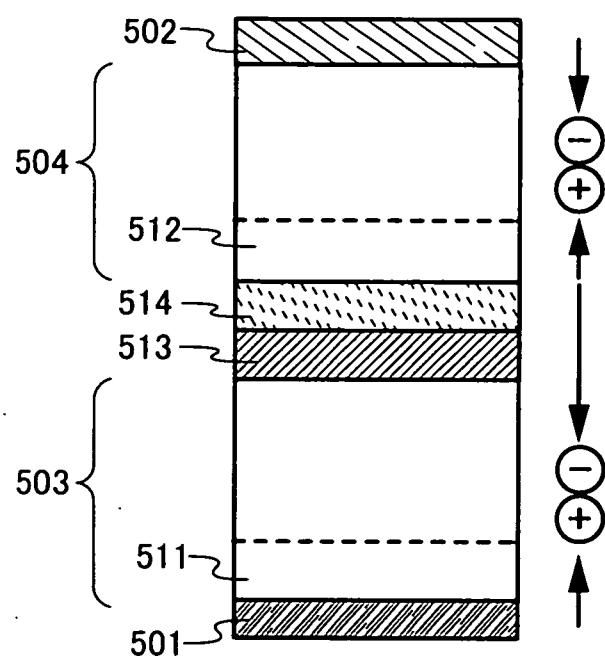


圖 16

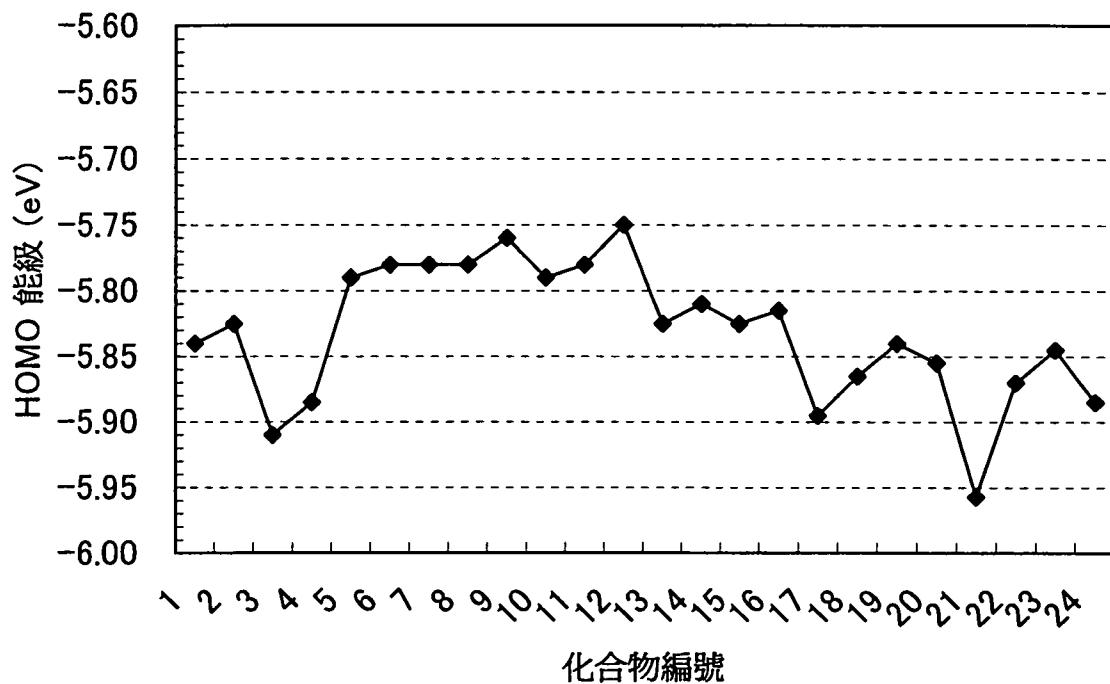


圖 17A

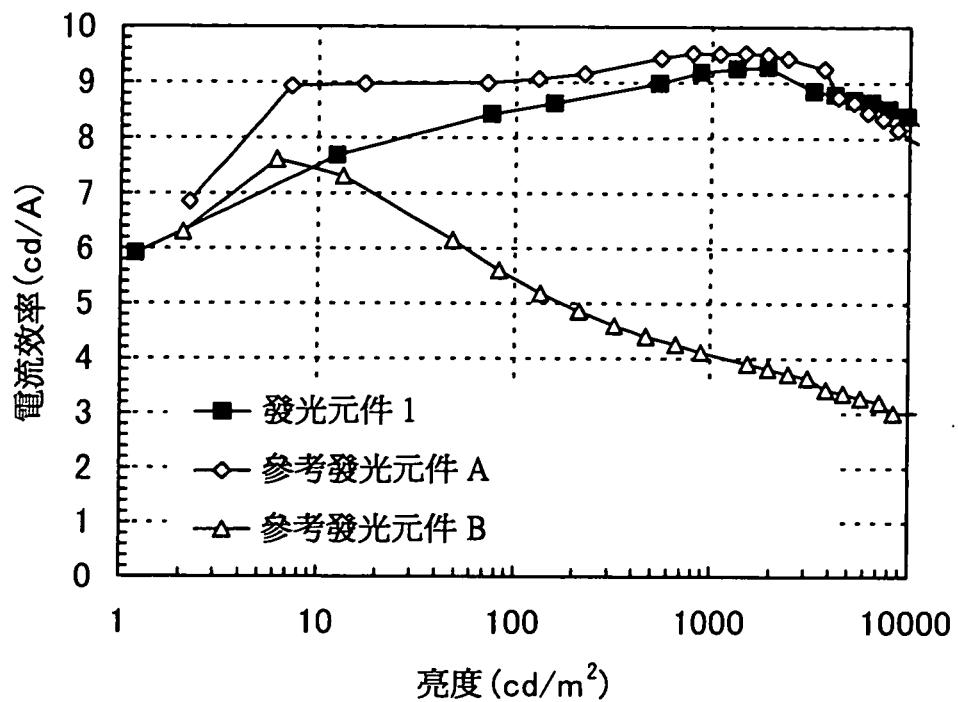


圖 17B

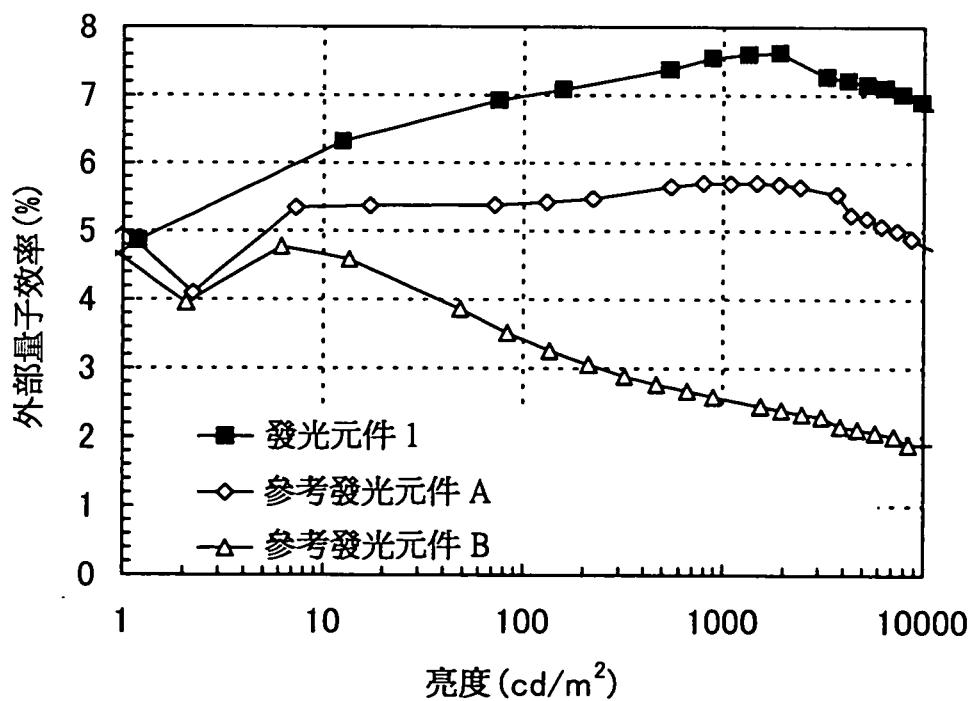


圖 18

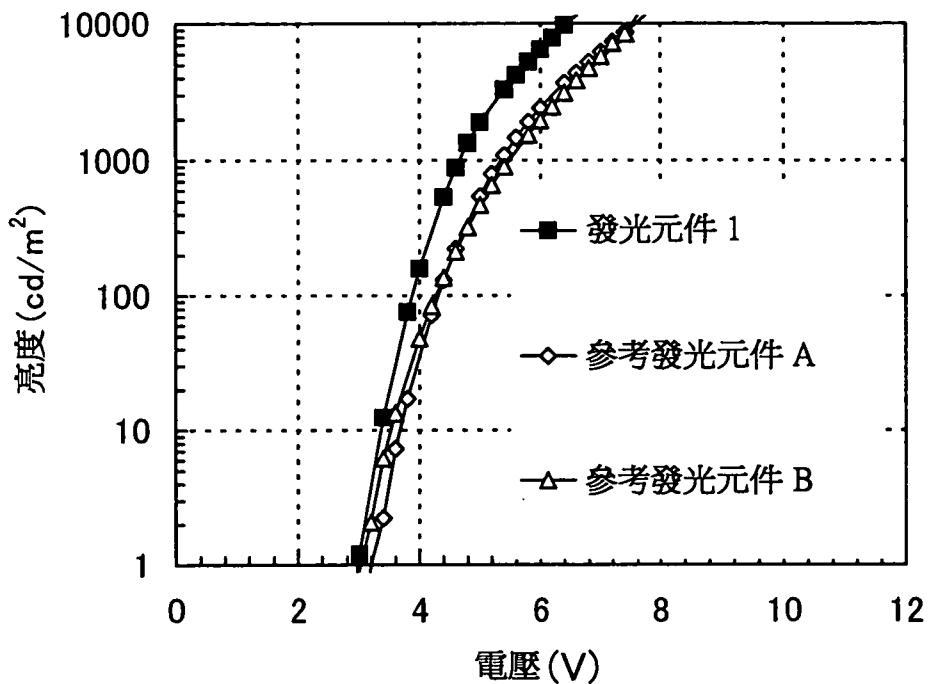


圖 19

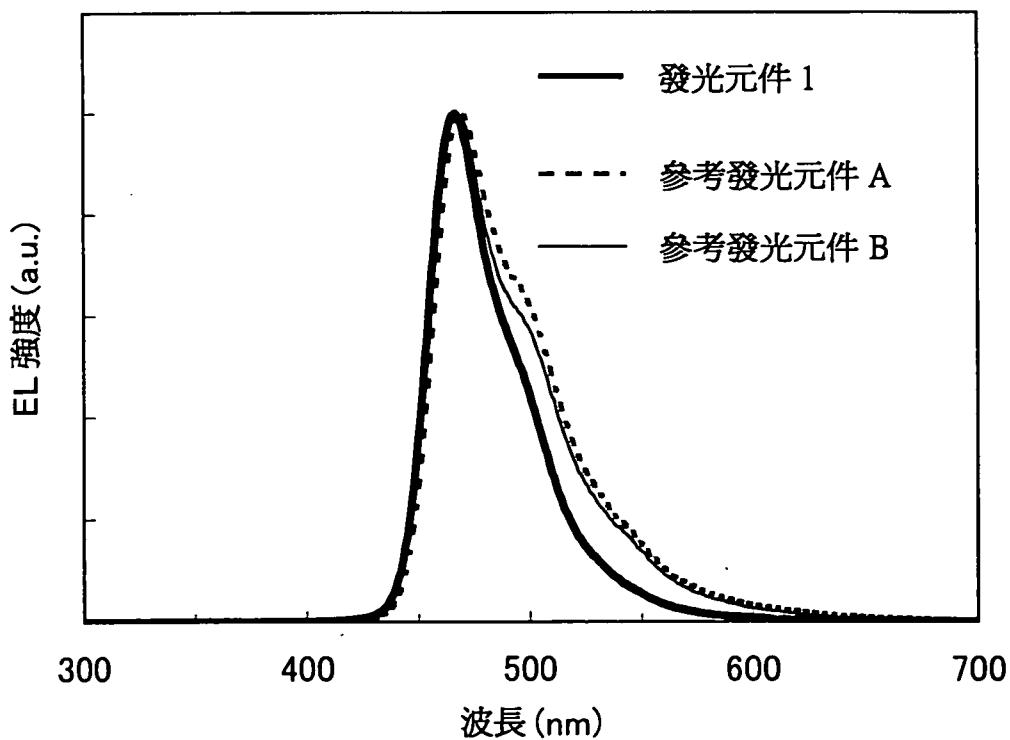


圖 20A

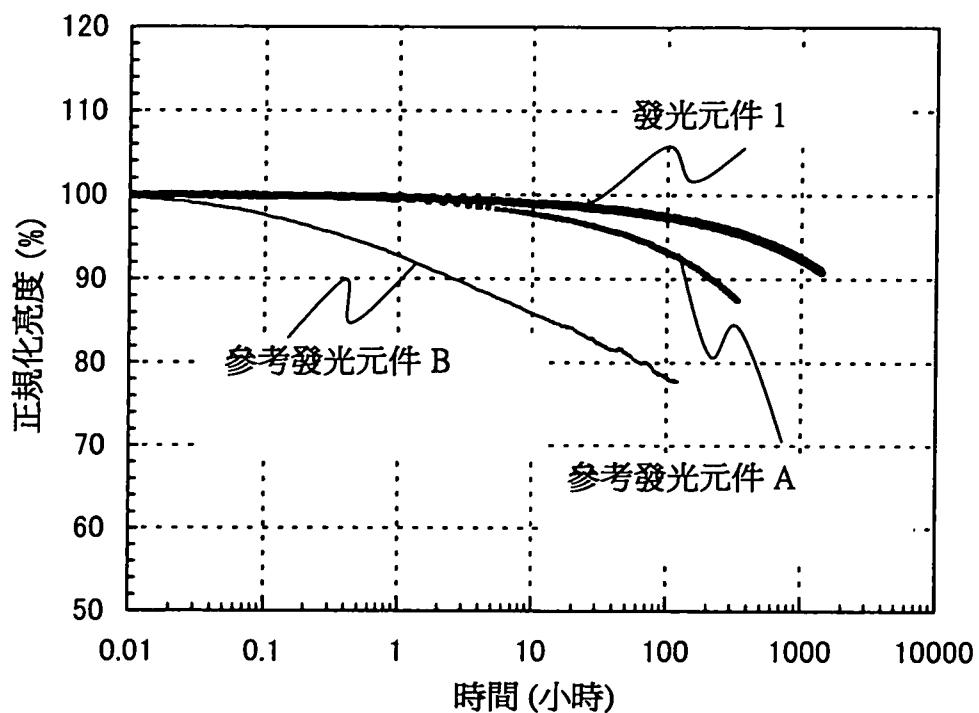


圖 20B

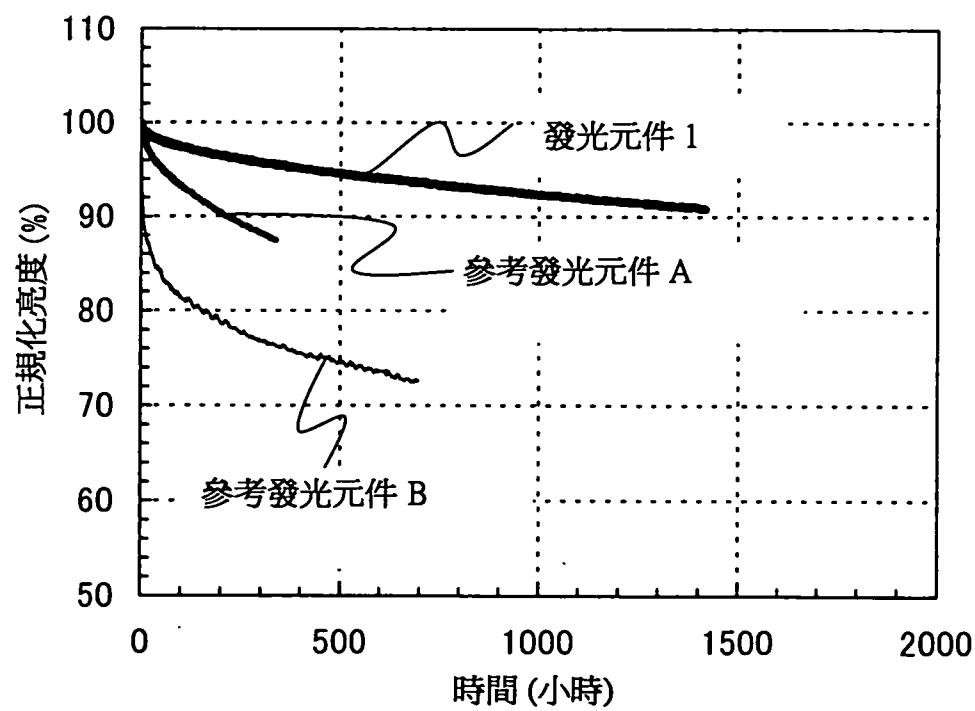


圖 21A

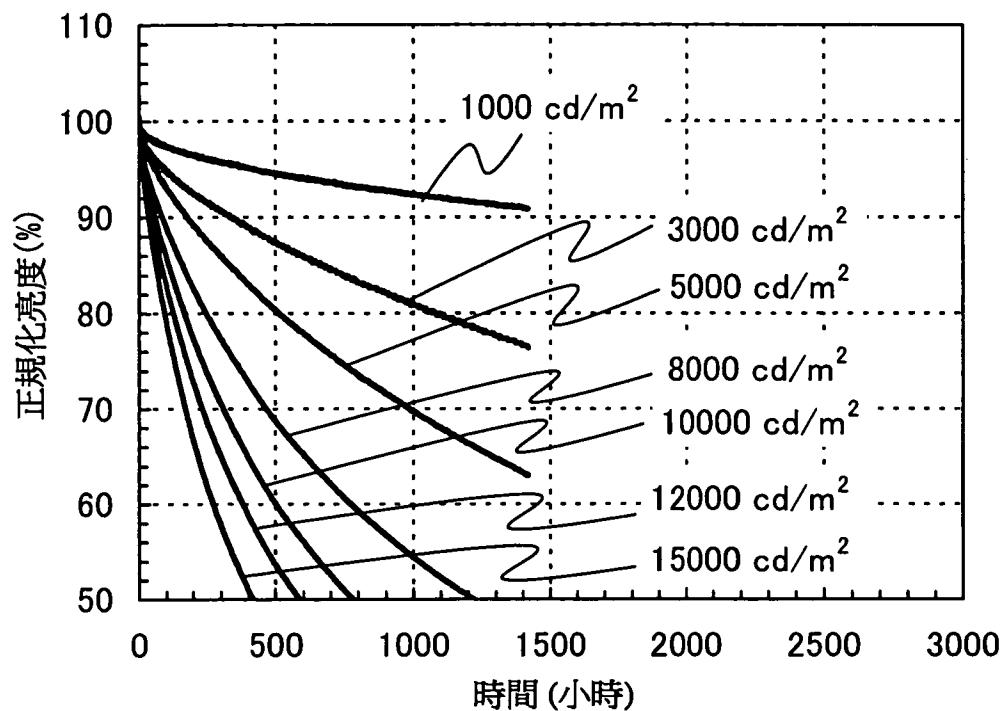


圖 21B

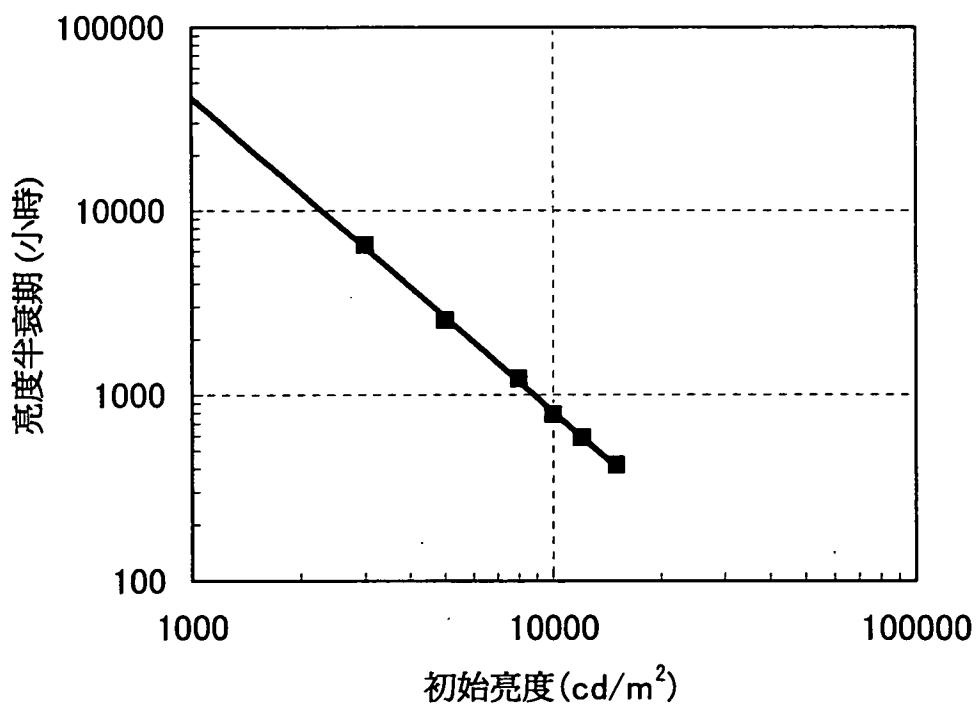


圖 22A

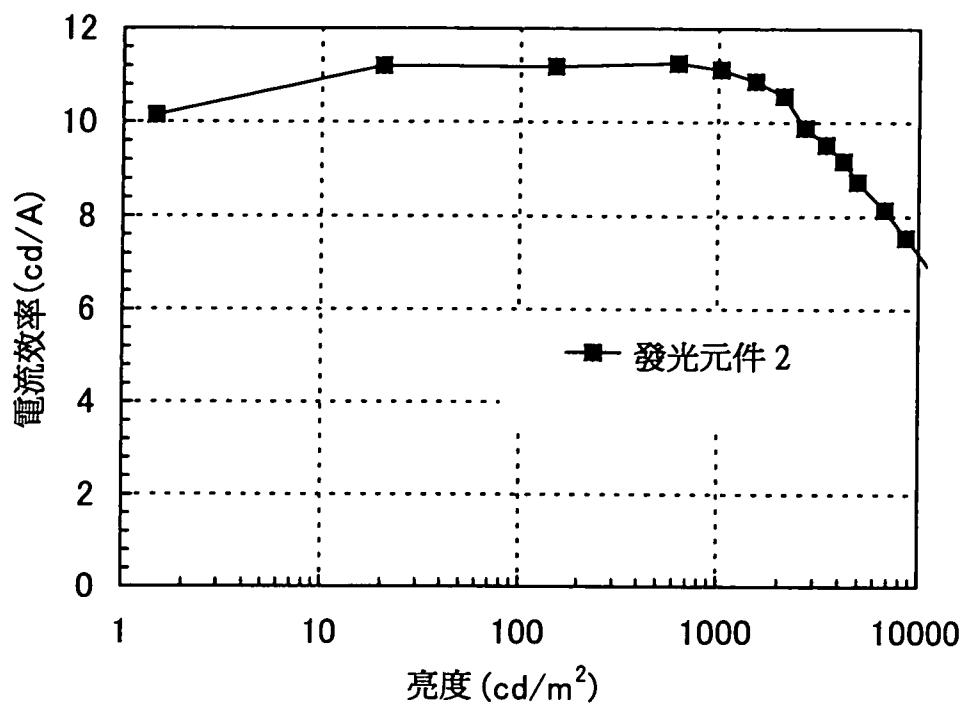


圖 22B

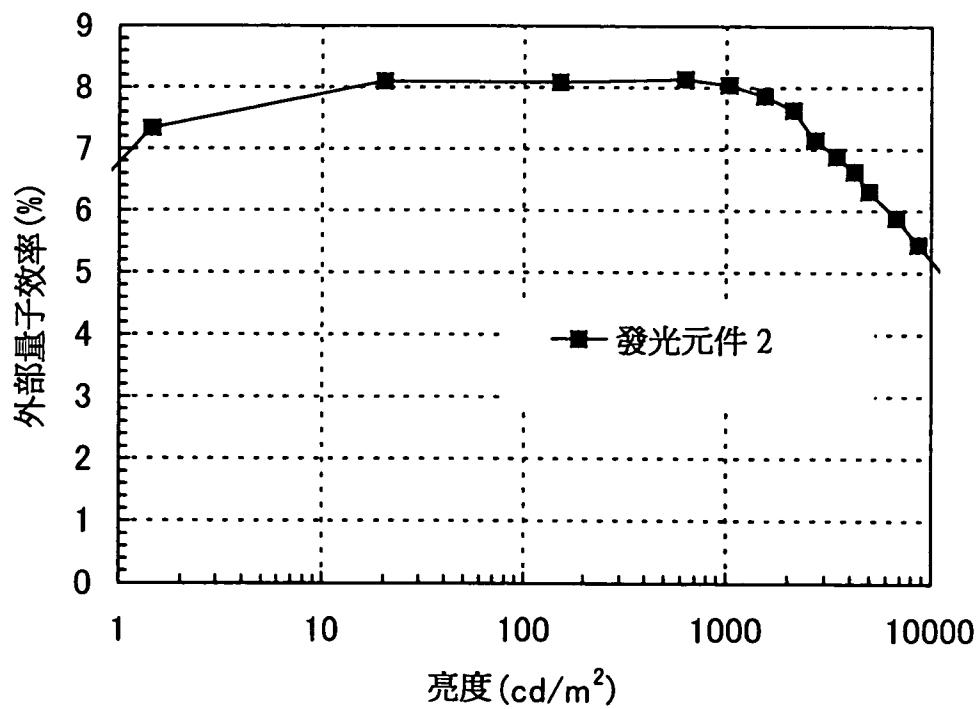


圖 23

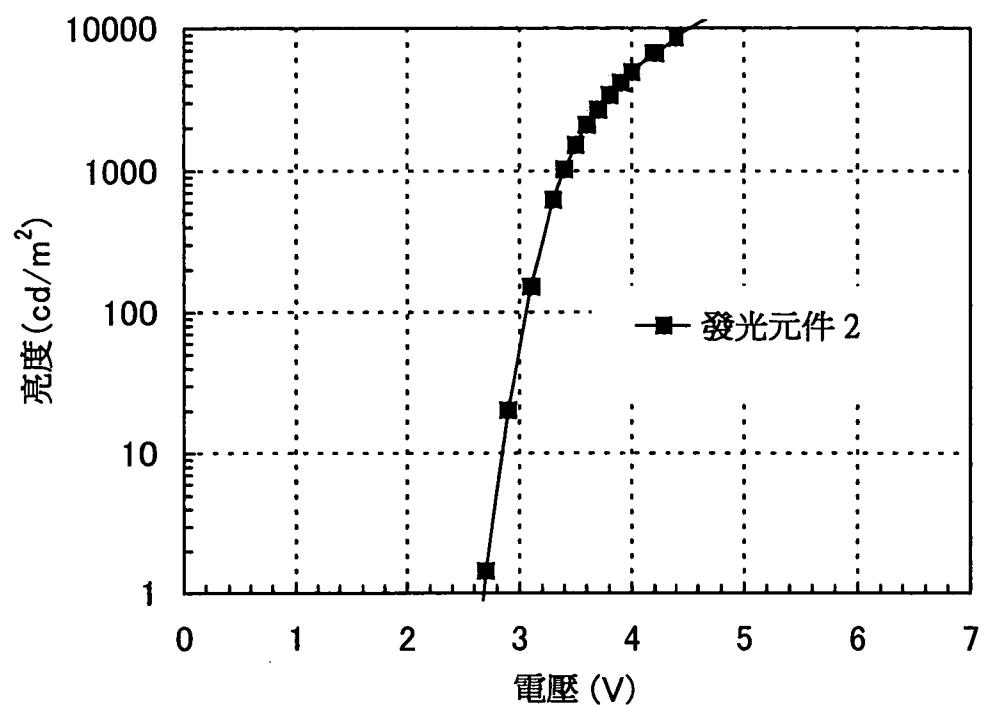


圖 24

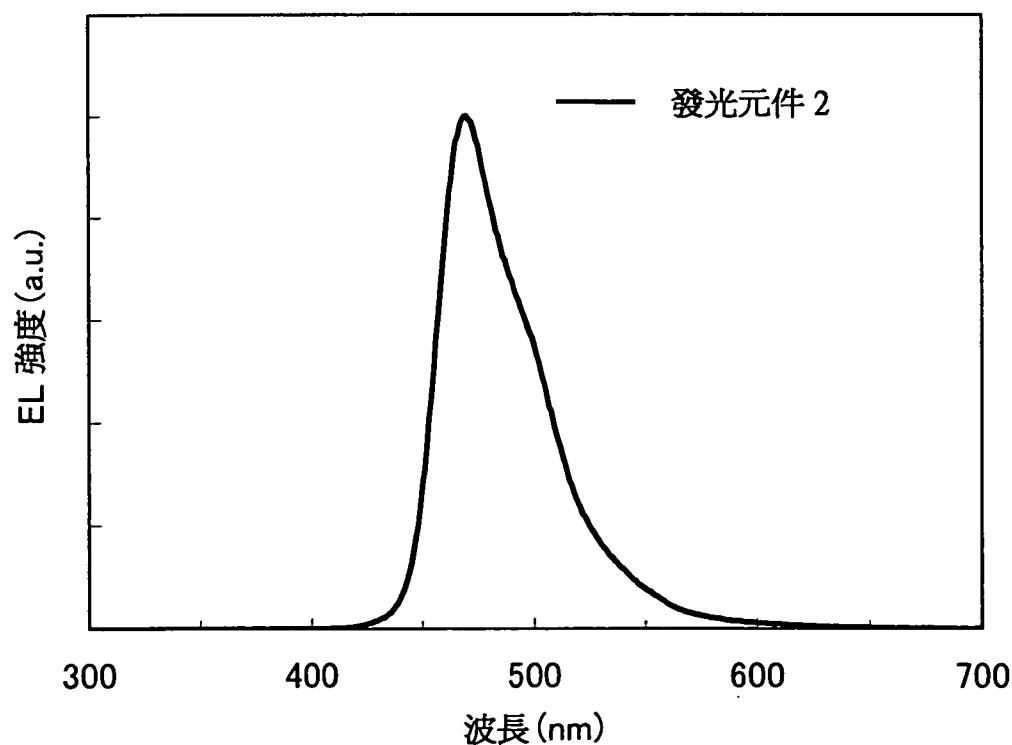
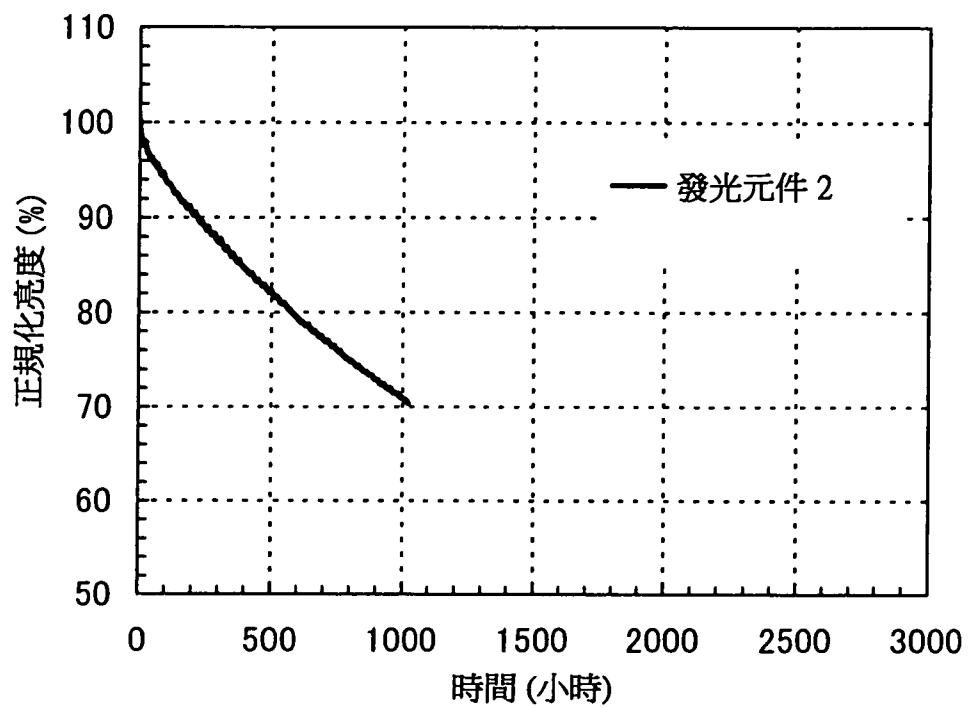


圖 25



I542058

圖 26A

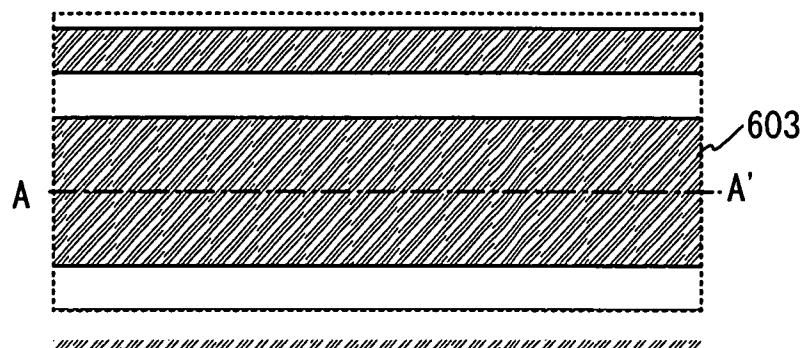


圖 26B

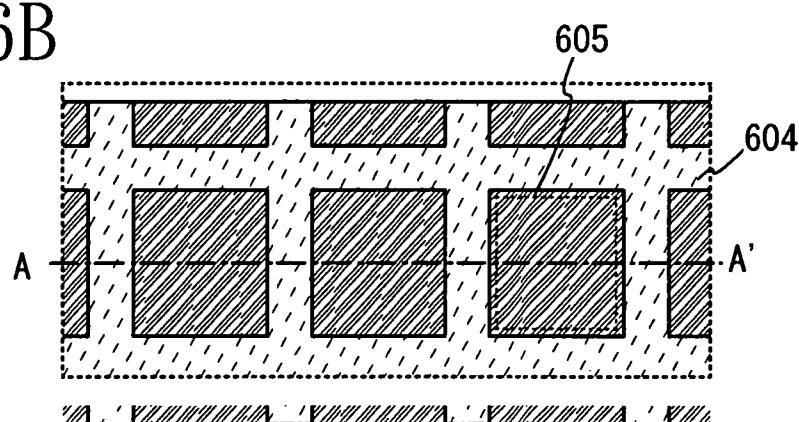


圖 26C

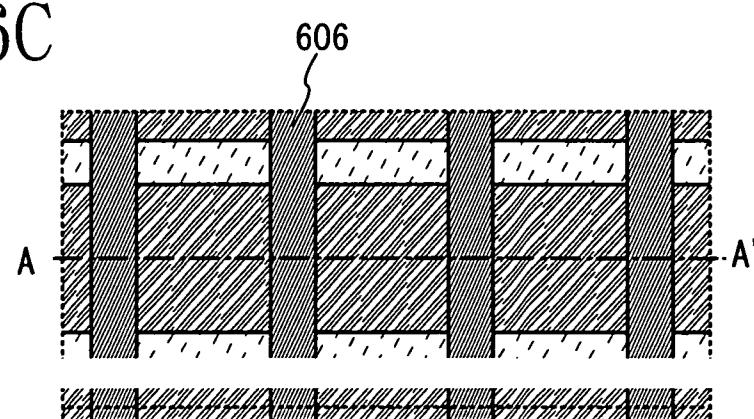


圖 26D

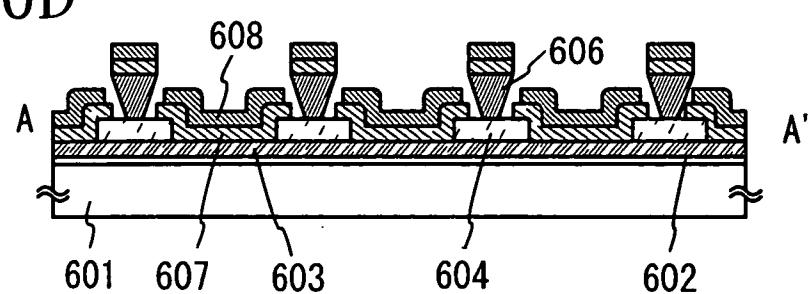


圖 27

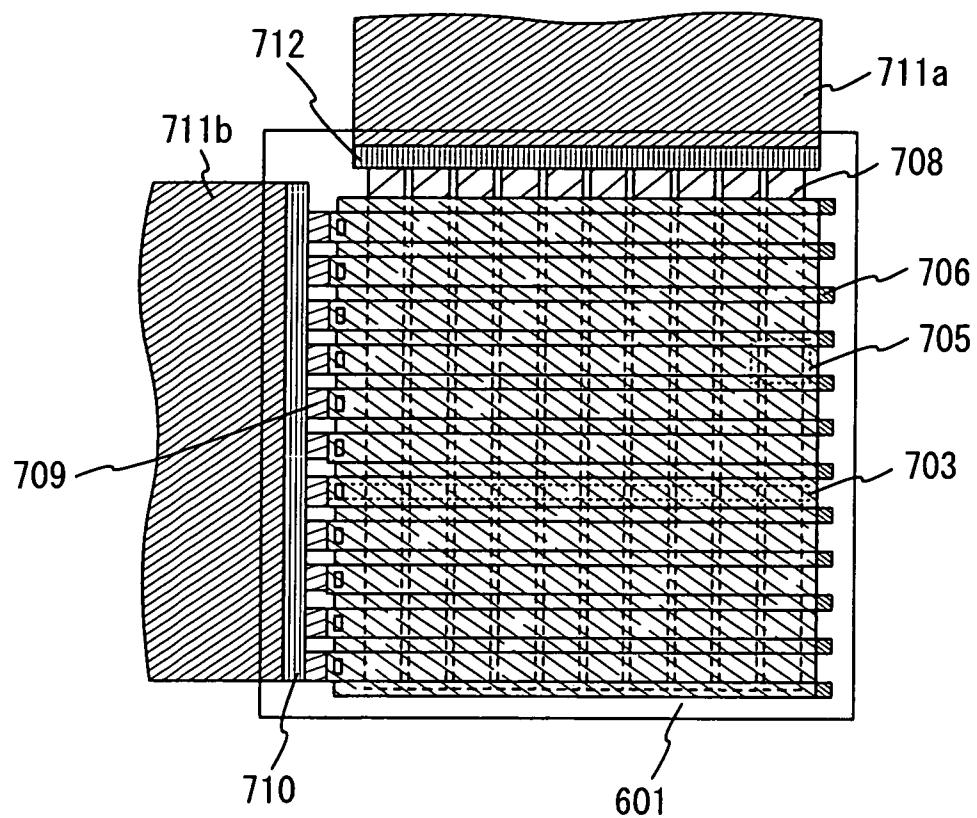


圖 28A

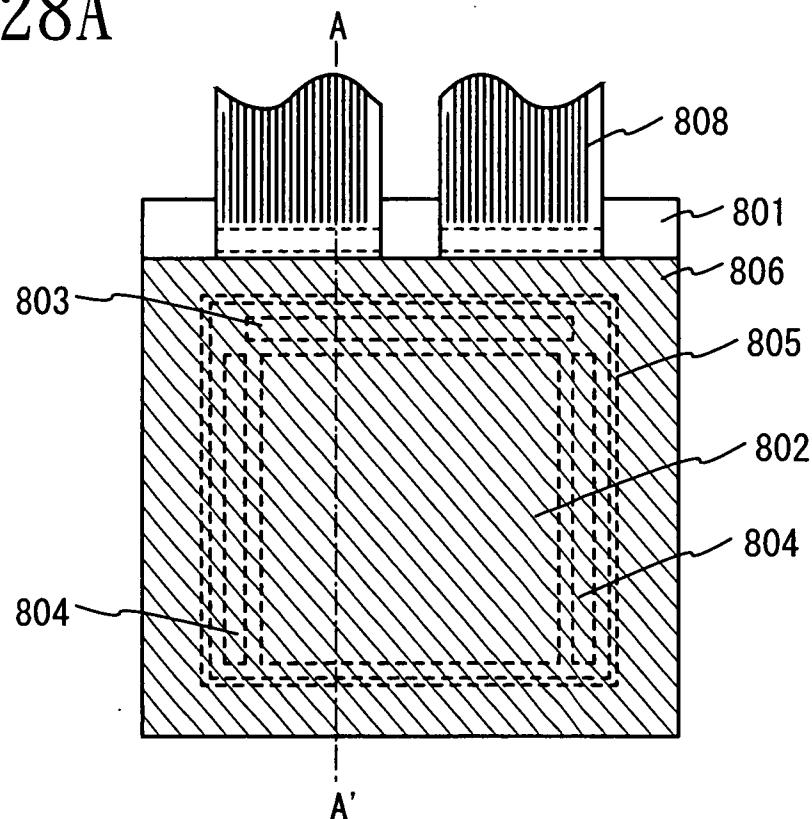


圖 28B

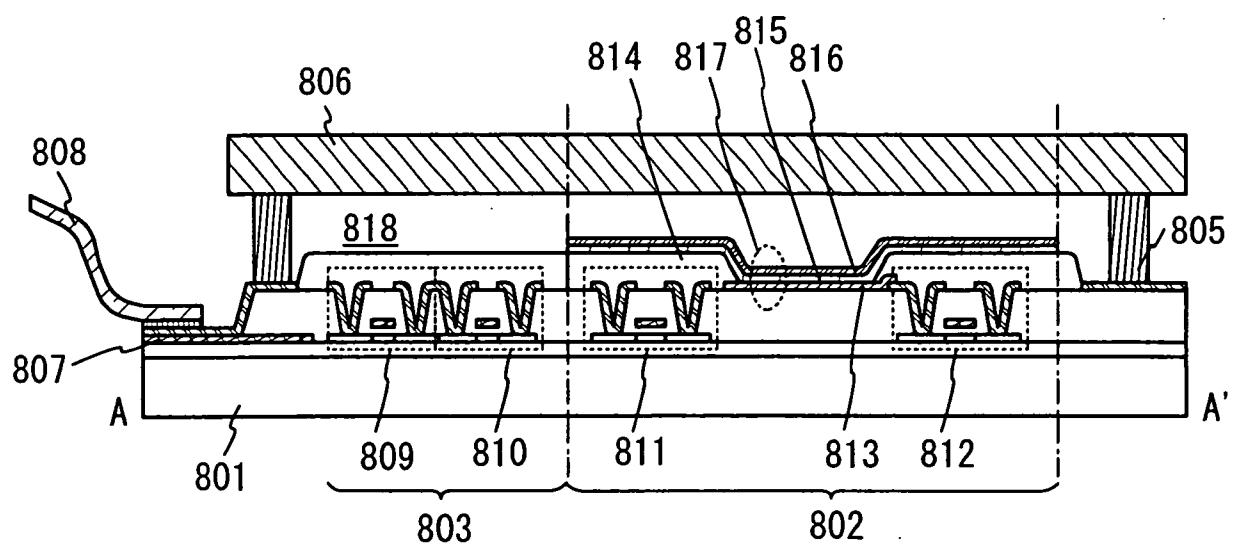


圖 29A

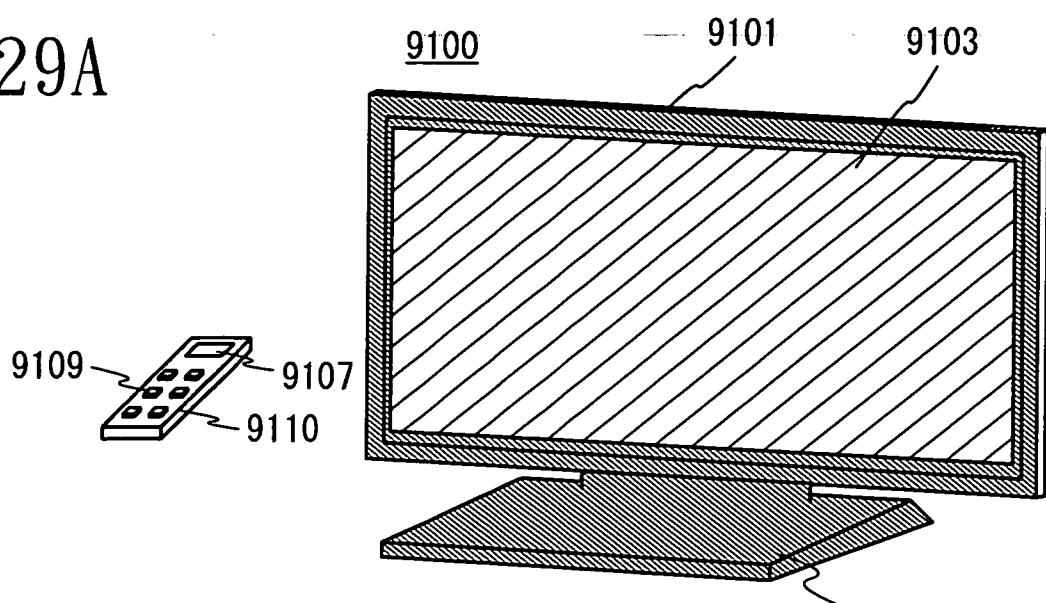


圖 29B

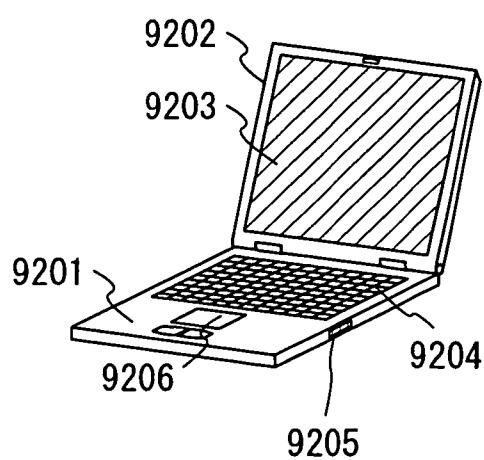


圖 29C

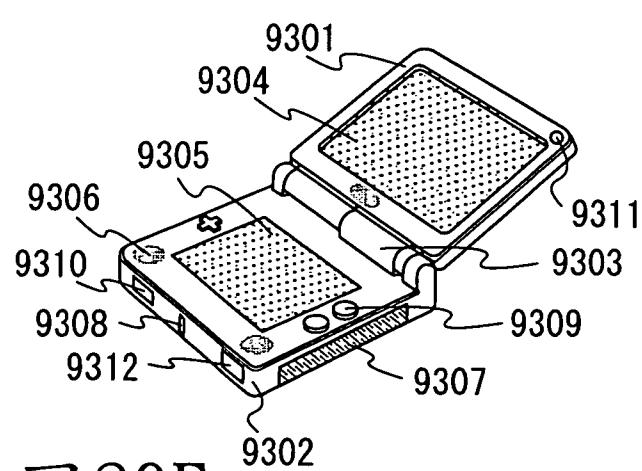


圖 29D

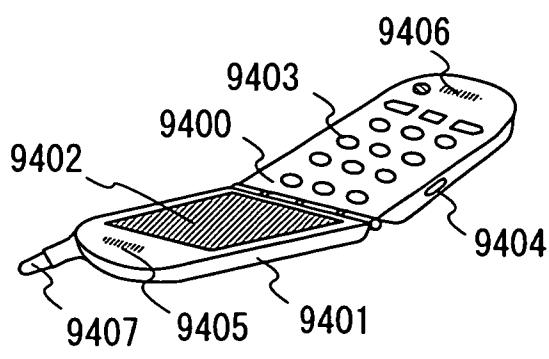
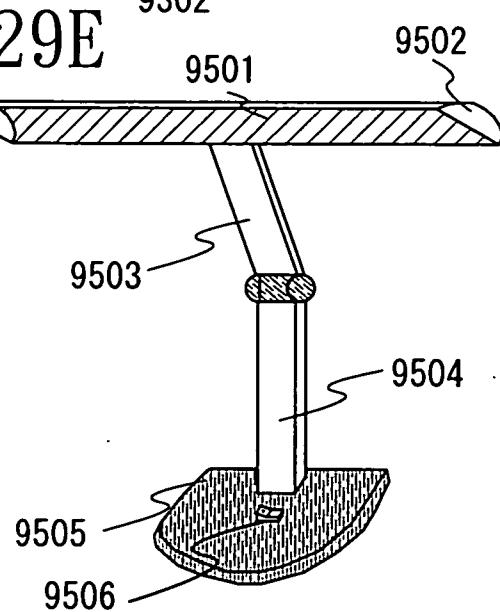
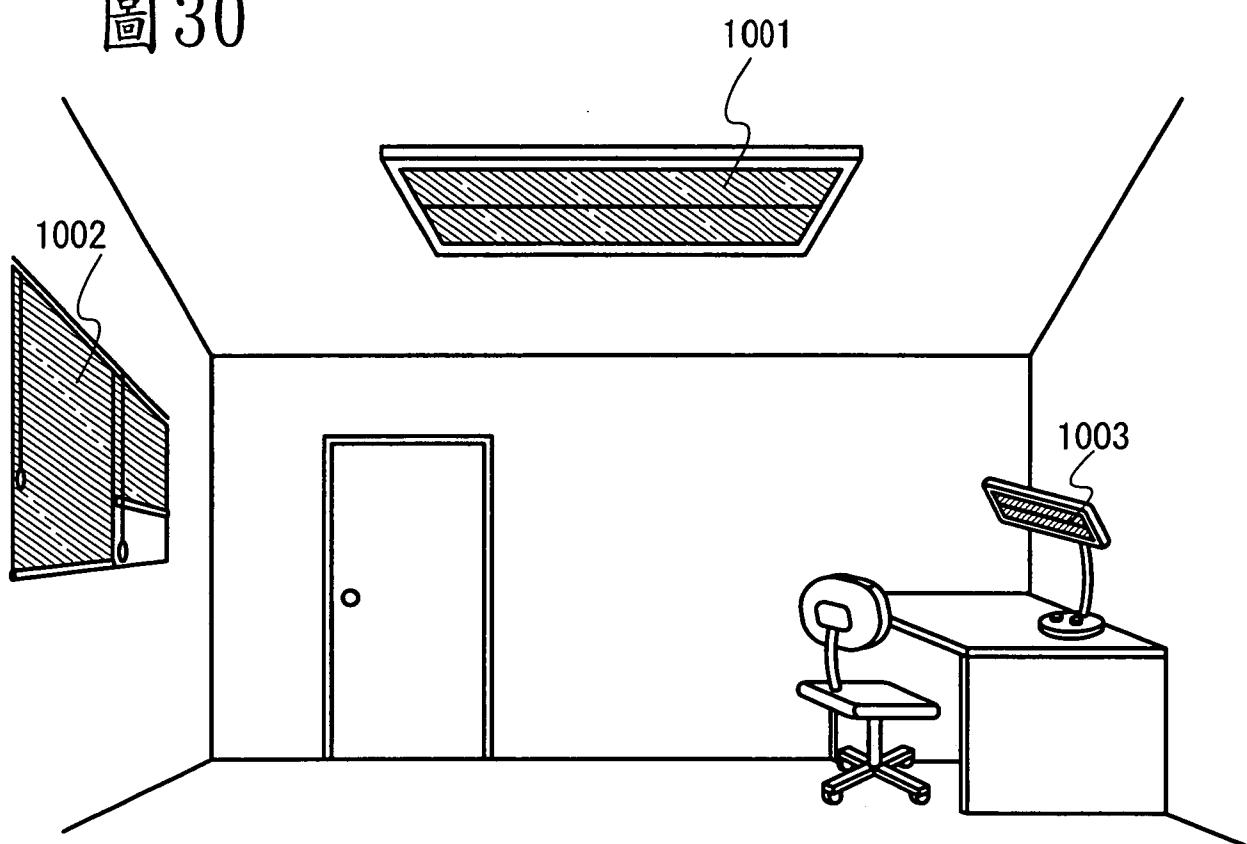


圖 29E



I542058

圖 30



I542058

圖31

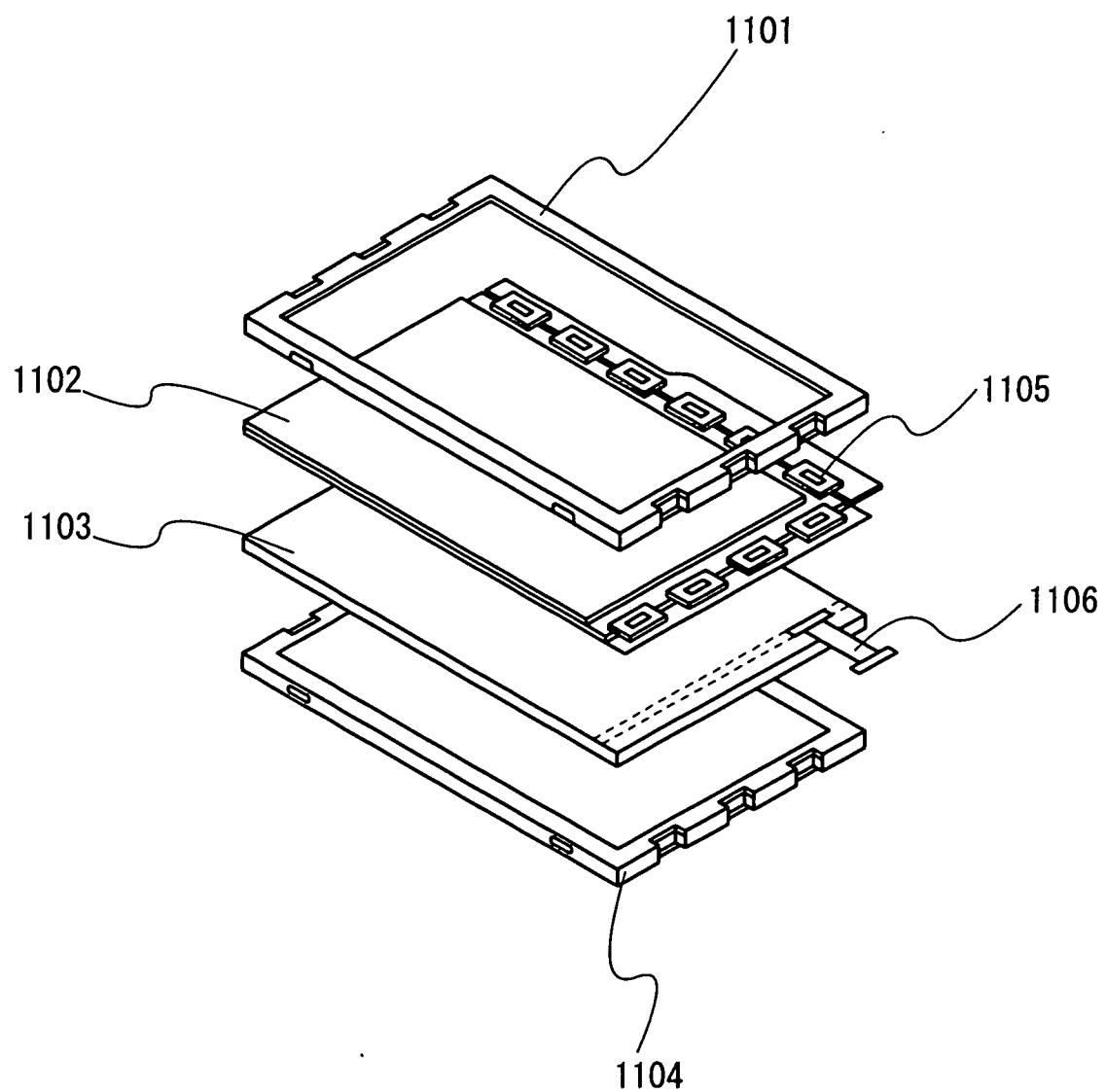
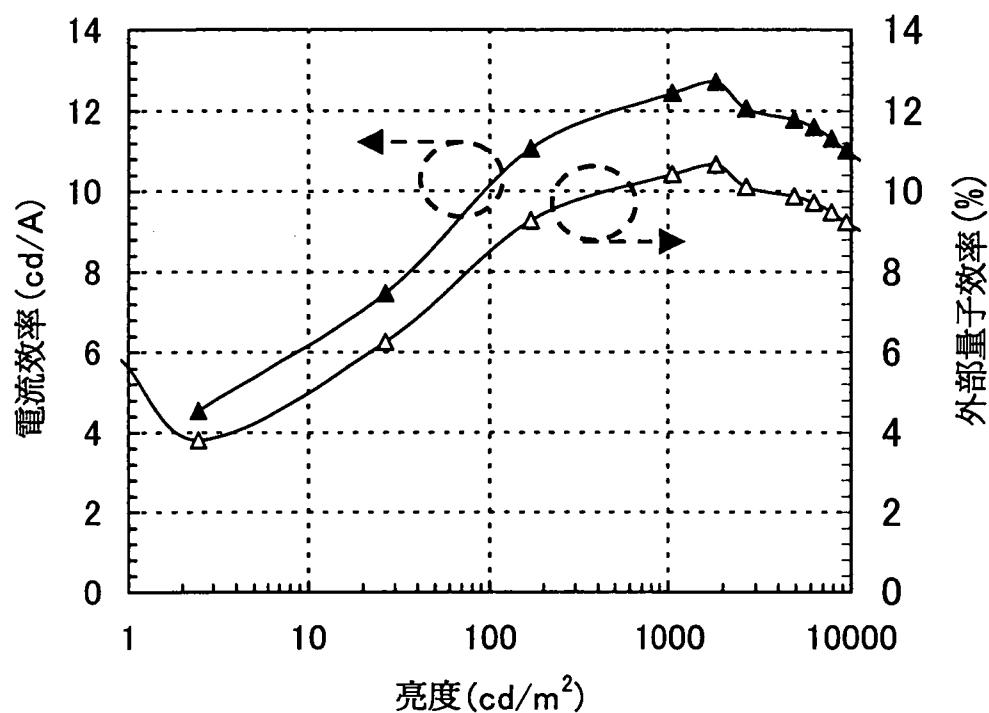
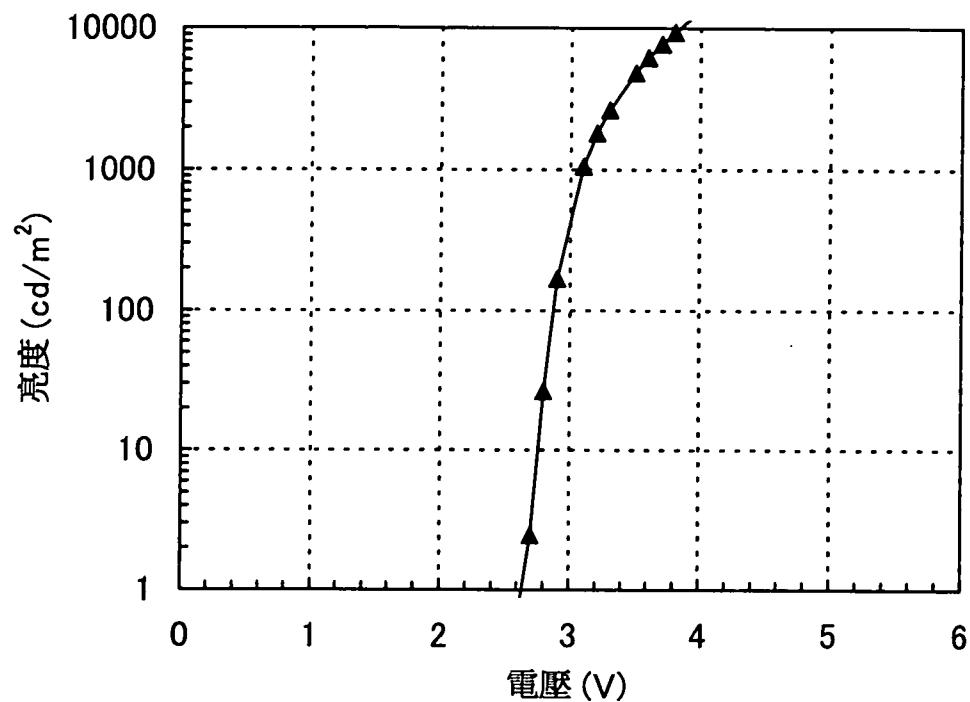


圖32



I542058

圖 33



I542058

圖34

