



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201936609 A

(43) 公開日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 16 日

(21) 申請案號：108110045

(22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 25 日

(51) Int. Cl. :

*C07D491/048(2006.01)**C09K11/06 (2006.01)**H05B33/14 (2006.01)**H05B33/02 (2006.01)**H01L51/54 (2006.01)*

(30) 優先權：2013/03/26 日本

2013-064261

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

日本

(72) 發明人：井上英子 INOUE, HIDEKO (JP) ; 金元美樹 KANAMOTO, MIKI (JP) ; 瀨尾広美 SEO, HIROMI (JP) ; 瀨尾哲史 SEO, SATOSHI (JP) ; 高橋辰義 TAKAHASHI, TATSUYOSHI (JP) ; 中川朋香 NAKAGAWA, TOMOKA (JP)

(74) 代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：40 共 156 頁

(54) 名稱

發光元件，化合物，有機化合物，顯示模組，照明模組，發光裝置，顯示裝置，照明裝置，與電子裝置

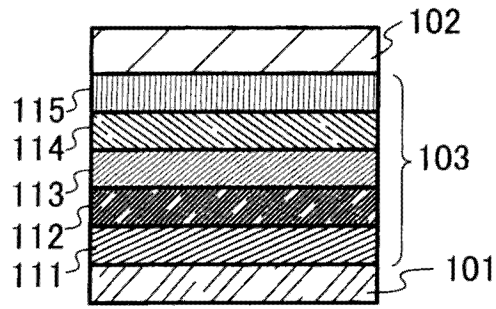
(57) 摘要

本發明的一個方式的目的是提供一種發光效率高的發光元件。另外，本發明的一個方式的目的是提供一種驅動電壓低的發光元件。此外，本發明的一個方式的目的是提供一種能夠用於發光元件的傳輸層、主體材料以及發光材料的新穎化合物。本發明的一個方式提供一種具有苯並呋喃並嘧啶骨架的新穎化合物。另外，本發明的一個方式提供一種在一對電極之間包括具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件。

A light-emitting element having high emission efficiency is provided. A light-emitting element having a low driving voltage is provided. A novel compound which can be used for a transport layer or as a host material or a light-emitting material of a light-emitting element is provided. A novel compound with a benzofuopyrimidine skeleton is provided. Also provided is a light-emitting element which includes the compound with the benzofuopyrimidine skeleton between a pair of electrodes.

指定代表圖：

圖 1A

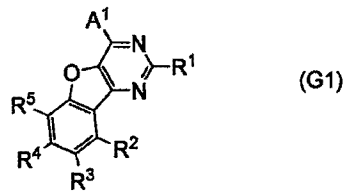


符號簡單說明：

- 101 . . . 第一電極
- 102 . . . 第二電極
- 103 . . . EL 層
- 111 . . . 電洞注入層
- 112 . . . 電洞傳輸層
- 113 . . . 發光層
- 114 . . . 電子傳輸層
- 115 . . . 電子注入層

特徵化學式：

G1



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件，化合物，有機化合物，顯示模組，照明模組，發光裝置，顯示裝置，照明裝置，與電子裝置
LIGHT-EMITTING ELEMENT, COMPOUND, ORGANIC
COMPOUND, DISPLAY MODULE, LIGHTING MODULE, LIGHT-
EMITTING DEVICE, DISPLAY DEVICE, LIGHTING DEVICE, AND
ELECTRONIC DEVICE

【技術領域】

[0001] 本發明關於係一種發光元件、化合物、有機化合物、顯示模組、照明模組、發光裝置、顯示裝置、照明裝置以及電子裝置。

【先前技術】

[0002] 由於具有薄型輕量、對輸入信號的高速回應以及低耗電量等優點，作為下一代的照明裝置或顯示裝置的使用以有機化合物為發光物質的發光元件(有機 EL 元件)的顯示裝置的開發正在加快地進行。

[0003] 在有機 EL 元件中，藉由將發光層夾在電極之間而施加電壓，從電極注入的電子及電洞再結合而使發光物質成為激發態，並且當該激發態回到基底態時發光。因為發光物質所發射的光的波長是該發光物質特有的，藉由

將不同種類的有機化合物用作發光物質，可以得到呈現各種波長的發光的發光元件。

[0004] 當將該發光元件用於顯示器等主要用來顯示影像的顯示裝置時，為了再現全彩色影像，至少需要得到紅、綠、藍這三種顏色的光。另外，當將該發光元件用於照明裝置時，為了實現高演色性，理想的是能夠得到在可見光區域中具有均勻的波長成分的光，實際上，在很多情況下藉由混合兩種以上的不同波長的光而得到的光被用於照明。另外，藉由混合紅色、綠色及藍色的三種光能夠得到具有高演色性的白色光是眾所周知的。

[0005] 上面已說明，發光物質所發射的光是該物質特有的。但是，發光元件的使用壽命、耗電量及發光效率等重要性能不僅取決於發光物質，並且在很大程度上還取決於發光層之外的其他層、元件結構、發光物質與主體材料的性質或相容性、載子平衡等。因此，為了使該領域成長，一定會需要多種發光元件用材料。根據上述理由，已經提出了具有各種分子結構的發光元件用材料(例如，參照專利文獻 1)。

[0006] 一般而言，在利用電致發光的發光元件中，處於激發態的生成比例為單重激發態：三重激發態=1：3。因此，在原理上，與作為發光材料使用將單重態激發能轉換成發光的螢光材料的發光元件相比，作為發光材料使用能夠將三重態激發能轉換成發光的磷光材料的發光元件可以獲得發光效率更高的發光元件。

[0007] 在此，作為主體-客體型發光層中的主體材料或構成接觸於發光層的各載子傳輸層的物質，為了高效地將激發能量轉換成來自發光物質的發光，使用具有比發光物質的能帶間隙大的能帶間隙或者比發光物質的三重激發能階(單重基態與三重激發態之間的能量差)高的三重激發能階的物質。

[0008] 然而，作為該發光元件的主體材料使用的物質大部分都是螢光材料，該物質中的三重激發態能階低於單重激發態能階。因此，與作為發光物質使用螢光材料的情況相比，在作為發光物質使用磷光材料的情況下，即便該螢光材料和該磷光材料具有同樣發光波長，主體材料也需要具有更大的能帶間隙。

[0009] 因此，為了高效地得到短波長的磷光發光，需要具有非常大的能帶間隙的主體材料及載子傳輸材料。然而，在均衡地實現低驅動電壓以及高發光效率等在發光元件中很重要的特性的同時開發具有那樣大的能帶間隙且用作發光元件用材料的物質是很困難的。

[0010]

[專利文獻 1]日本專利申請公開第 2007-15933 號公報

【發明內容】

[0011] 鑒於上述問題，本發明的一個方式的目的是提供一種發光效率高的發光元件。另外，本發明的一個方式的目的是提供一種驅動電壓低的發光元件。此外，本發

明的一個方式的目的是提供一種呈現磷光的發光效率高的發光元件。另外，本發明的一個方式的目的是提供一種呈現綠色至藍色的磷光的發光效率高的發光元件。

[0012] 本發明的一個方式的目的是提供一種能夠作為發光元件的載子傳輸層、主體材料以及發光材料使用的新穎化合物。尤其是，本發明的一個方式的目的是提供一種即使用於發射比綠色的波長短的磷光的發光元件也能夠得到特性良好的發光元件的新穎化合物。

[0013] 本發明的一個方式的目的是提供一種三重激發能階(T_1 能階)高的雜環化合物。尤其是，本發明的一個方式的目的是提供一種藉由用於發射比綠色的波長短的磷光的發光元件來能夠得到發光效率高的發光元件的雜環化合物。

[0014] 本發明的一個方式的目的是提供一種載子傳輸性高的雜環化合物。尤其是，本發明的一個方式的目的是提供一種能夠用於發射比綠色的波長短的磷光的發光元件且能夠得到驅動電壓低的發光元件的雜環化合物。

[0015] 本發明的其他方式的目的是提供一種使用上述雜環化合物的發光元件。

[0016] 本發明的其他方式的目的是提供使用上述雜環化合物的耗電量低的顯示模組、照明模組、發光裝置、照明裝置、顯示裝置以及電子裝置。

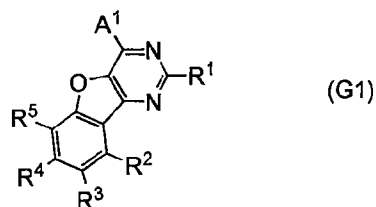
[0017] 注意，這些目的並不妨礙其他目的的存在。本發明的一個方式並不需要同時實現所有上述目的。有時

上述以外的目的從說明書、圖式、申請專利範圍等的記載是顯然的。

[0018] 可以藉由使用苯並呋喃並嘓啶(benzofuopyrimidine)骨架的化合物並將該化合物應用於發光元件來實現上述目的。

[0019] 即，本發明的一個方式是一種以下述通式(G1)表示的化合物。

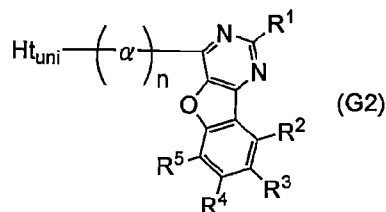
[0020]



[0021] 在上述通式(G1)中，A¹表示取代或未取代的碳原子數為6至100的芳基、取代或未取代的雜芳基、與包含取代或未取代的芳基及取代或未取代的雜芳基且碳原子數為6至100的基團中的任一個。另外，R¹至R⁵分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、取代或未取代的碳原子數為5至7的單環飽和烴、取代或未取代的碳原子數為7至10的多環飽和烴和取代或未取代的碳原子數為6至13的芳基中的任一個。

[0022] 本發明的其他方式是一種以下述通式(G2)表示的化合物。

[0023]

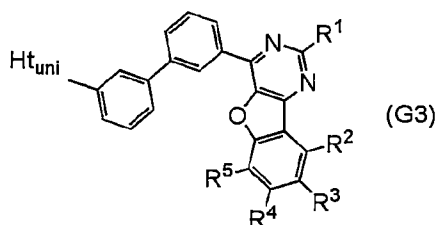


[0024] 在上述通式(G2)中， R^1 至 R^5 分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、取代或未取代的碳原子數為5至7的單環飽和烴、取代或未取代的碳原子數為7至10的多環飽和烴和取代或未取代的碳原子數為6至13的芳基中的任一個。另外， α 表示取代或未取代的伸苯基， n 表示0至4的整數。此外， Ht_{uni} 表示電洞傳輸骨架。

[0025] 本發明的其他方式是一種 n 為2的上述化合物。

[0026] 本發明的其他方式是一種以下述通式(G3)表示的化合物。

[0027]



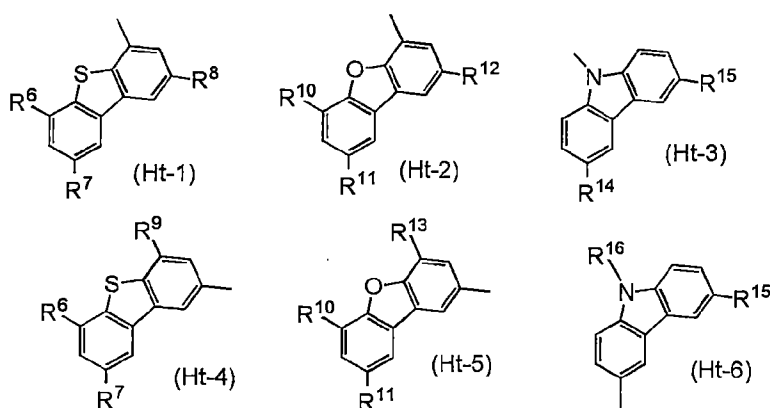
[0028] 在上述通式(G3)中， R^1 至 R^5 分別獨立地表示氫、碳原子數為1至6的烷基、取代或未取代的碳原子數為5至7的單環飽和烴、取代或未取代的碳原子數為7至10的多環飽和烴和取代或未取代的碳原子數為6至13的芳基中的任一個。 Ht_{uni} 表示電洞傳輸骨架。

[0029] 本發明的其他方式是一種 Ht_{uni} 為取代或未取

代的二苯並噻吩基(dibenzothiophenyl group)、取代或未取代的二苯並呋喃基和取代或未取代的咪唑基中的任一個的上述化合物。

[0030] 本發明的其他方式是一種 Ht_{uni} 為以下述通式 (Ht-1)至(Ht-6)表示的基團中的任一個的上述化合物。

[0031]



[0032] 在上述通式(G4)中， R^6 至 R^{15} 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基和取代或未取代的苯基中的任一個。另外， R^{16} 表示碳原子數為 1 至 6 的烷基和取代或未取代的苯基中的任一個。

[0033] 本發明的其他方式是一種以上述 A^1 表示的取代或未取代的芳基或者以上述 A^1 表示的包含取代或未取代的芳基及取代或未取代的雜芳基的基團的碳原子數為 6 至 54 的上述化合物。

[0034] 本發明的其他方式是一種以上述 A^1 表示的取代或未取代的芳基或者以上述 A^1 表示的包含取代或未取代的芳基及取代或未取代的雜芳基的基團的碳原子數為 6 至 33 的上述化合物。

[0035] 本發明的其他方式是一種 R^6 至 R^{15} 都表示氫的上述化合物。

[0036] 本發明的其他方式是一種 R^2 及 R^4 都表示氫的上述化合物。

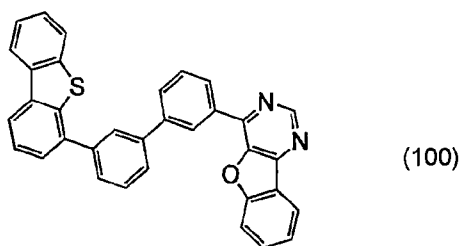
[0037] 本發明的其他方式是一種 R^1 至 R^5 都表示氫的上述化合物。

[0038] 本發明的其他方式是一種 R^2 、 R^4 以及 R^6 至 R^{15} 都表示氫的上述化合物。

[0039] 本發明的其他方式是一種 R^1 至 R^{15} 都表示氫的上述化合物。

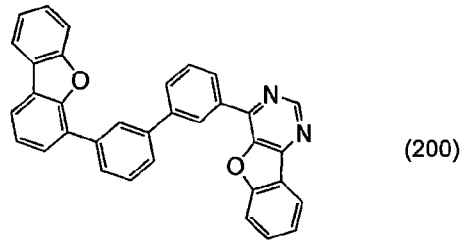
[0040] 本發明的其他方式是一種以下述結構式(100)表示的化合物。

[0041]



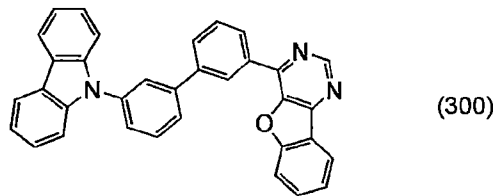
[0042] 本發明的其他方式是一種以下述結構式(200)表示的化合物。

[0043]



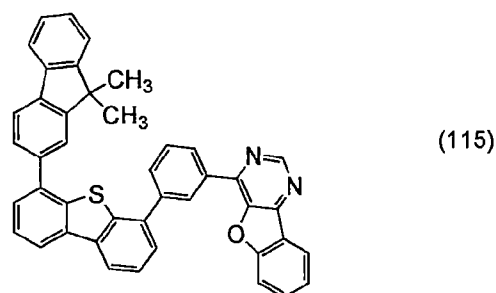
[0044] 本發明的其他方式是一種以下述結構式(300)表示的化合物。

[0045]



[0046] 本發明的其他方式是一種以下述結構式(115)表示的化合物。

[0047]



[0048] 另外，較佳為將本發明的化合物用作發光層的主體材料或構成載子傳輸層的材料。

[0049] 本發明的其他方式是一種作為部分結構包含

上述化合物的化合物。

[0050] 明確而言，本發明的其他方式是一種作為配體包含上述化合物的有機金屬錯合物。

[0051] 本發明的其他方式是一種在一對電極之間包含具有苯並呔喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件。

[0052] 本發明的其他方式是一種在一對電極之間包括發光層的發光元件。該發光層至少包含發光物質和具有苯並呔喃並嘧啶骨架的化合物。

[0053] 本發明的其他方式是一種在一對電極之間包括發光層的發光元件。該發光層包含銥錯合物和具有苯並呔喃並嘧啶骨架的化合物。

[0054] 本發明的其他方式是一種在一對電極之間包括載子傳輸層，具體為電子傳輸層的發光元件。該電子傳輸層包含具有苯並呔喃並嘧啶骨架的化合物。

[0055] 本發明的其他方式是一種在一對電極之間包括發光層以及電子傳輸層的發光元件。該發光層和該電子傳輸層中的至少一個包含具有苯並呔喃並嘧啶骨架的化合物。

[0056] 本發明的其他方式是一種該苯並呔喃並嘧啶骨架為苯並呔喃並[3,2-d]嘧啶骨架的上述發光元件。

[0057] 具有苯並呔喃並[3,2-d]嘧啶骨架的上述化合物的典型例子為如上所述的化合物。

[0058] 本發明的其他方式是一種包括上述發光元件的顯示模組。

[0059] 本發明的其他方式是一種包括上述發光元件的照明模組。

[0060] 本發明的其他方式是一種包括上述發光元件以及控制該發光元件的單元的發光裝置。

[0061] 本發明的其他方式是一種顯示裝置，該顯示裝置在顯示部包括上述發光元件，並具備控制該發光元件的單元。

[0062] 本發明的其他方式是一種照明裝置，該照明裝置在照明部包括上述發光元件，並具備控制該發光元件的單元。

[0063] 本發明的其他方式是一種包括上述發光元件的電子裝置。

[0064] 根據本發明的發光元件是一種發光效率高的發光元件，也是一種驅動電壓低的發光元件。另外，根據本發明的發光元件是一種呈現綠色至藍色區域的發光且發光效率高的發光元件。

[0065] 根據本發明的雜環化合物具有大的能隙，還具有高載子傳輸性。因此，可以作為構成發光元件的載子傳輸層的材料、發光層中的主體材料以及發光層中的發光物質適當地使用該雜環化合物。

[0066] 另外，在本發明的其他方式中，能夠提供使用上述雜環化合物且耗電量低的顯示模組、照明模組、發光裝置、照明裝置、顯示裝置以及電子裝置。

【圖式簡單說明】

[0067]

在圖式中：

圖 1A 和圖 1B 是發光元件的示意圖；

圖 2 是有機半導體元件的示意圖；

圖 3A 和圖 3B 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 4A 和圖 4B 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 5 是主動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 6A 和圖 6B 是被動矩陣型發光裝置的示意圖；

圖 7A 至圖 7D 是示出電子裝置的圖；

圖 8 是示出光源裝置的圖；

圖 9 是示出照明裝置的圖；

圖 10 是示出照明裝置以及電子裝置的圖；

圖 11 是示出車載顯示裝置以及照明裝置的圖；

圖 12A 至圖 12C 是示出電子裝置的圖；

圖 13A 和圖 13B 是 4mDBTBPBfpm-II 的 NMR 圖；

圖 14A 和圖 14B 是示出 4mDBTBPBfpm-II 的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 15A 和圖 15B 是示出 4mDBTBPBfpm-II 的 LC/MS 分析結果的圖；

圖 16A 和圖 16B 是 4mCzBPBfpm 的 NMR 圖；

圖 17A 和圖 17B 是示出 4mCzBPBfpm 的吸收光譜及發射光譜的圖；

圖 18A 和圖 18B 是示出 4mCzBPBfpm 的 LC/MS 分析

結果的圖；

圖 19 是示出發光元件 1 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 20 是示出發光元件 1 的電壓-亮度特性的圖；

圖 21 是示出發光元件 1 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 22 是示出發光元件 1 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 23 是示出發光元件 1 的亮度-功率效率特性的圖；

圖 24 是示出發光元件 1 的發射光譜的圖；

圖 25 是示出發光元件 1 的正規化亮度的隨時間變化特性的圖；

圖 26 是示出發光元件 2 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 27 是示出發光元件 2 的電壓-亮度特性的圖；

圖 28 是示出發光元件 2 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 29 是示出發光元件 2 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 30 是示出發光元件 2 的亮度-功率效率特性的圖；

圖 31 是示出發光元件 2 的發射光譜的圖；

圖 32 是示出發光元件 2 的正規化亮度的隨時間變化特性的圖；

圖 33 是示出發光元件 3 的電流密度-亮度特性的圖；

圖 34 是示出發光元件 3 的電壓-亮度特性的圖；

圖 35 是示出發光元件 3 的亮度-電流效率特性的圖；

圖 36 是示出發光元件 3 的亮度-外部量子效率特性的圖；

圖 37 是示出發光元件 3 的亮度-功率效率特性的圖；

圖 38 是示出發光元件 3 的發射光譜的圖；

圖 39 是示出發光元件 3 的正規化亮度的隨時間變化特性的圖；

圖 40A 和圖 40B 是 4mFDBtPBfpn 的 NMR 圖。

【實施方式】

[0068] 下面，說明本發明的實施方式。但是，本發明可以藉由多個不同方式而實施，所屬技術領域的普通技術人員可以很容易地理解一個事實就是其方式和詳細內容在不脫離本發明的精神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於本實施方式所記載的內容中。

[0069]

實施方式 1

本實施方式所說明的本發明的一個方式的化合物是具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物。具有該骨架的化合物的載子傳輸性(尤其是電子傳輸性)高。因此，能夠提供一種驅動電壓低的發光元件。

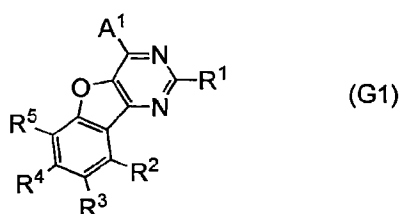
[0070] 另外，該化合物可以具有高三重激發能階(T_1 能階)，因此可以適當地應用於使用磷光物質的發光元件。明確而言，當該化合物具有高三重激發能階(T_1 能階)時，可以抑制磷光物質的激發能量轉移到該化合物，所以

能夠高效地將激發能量轉換為發光。作為典型的磷光物質，例子有銥錯合物。

[0071] 另外，作為苯並呋喃並嘓啶骨架，具體地可以舉出苯並呋喃並[3,2-d]嘓啶骨架，但不侷限於此。

[0072] 以下述通式(G1)示出上述具有苯並呋喃並嘓啶骨架的化合物的較佳具體例子。

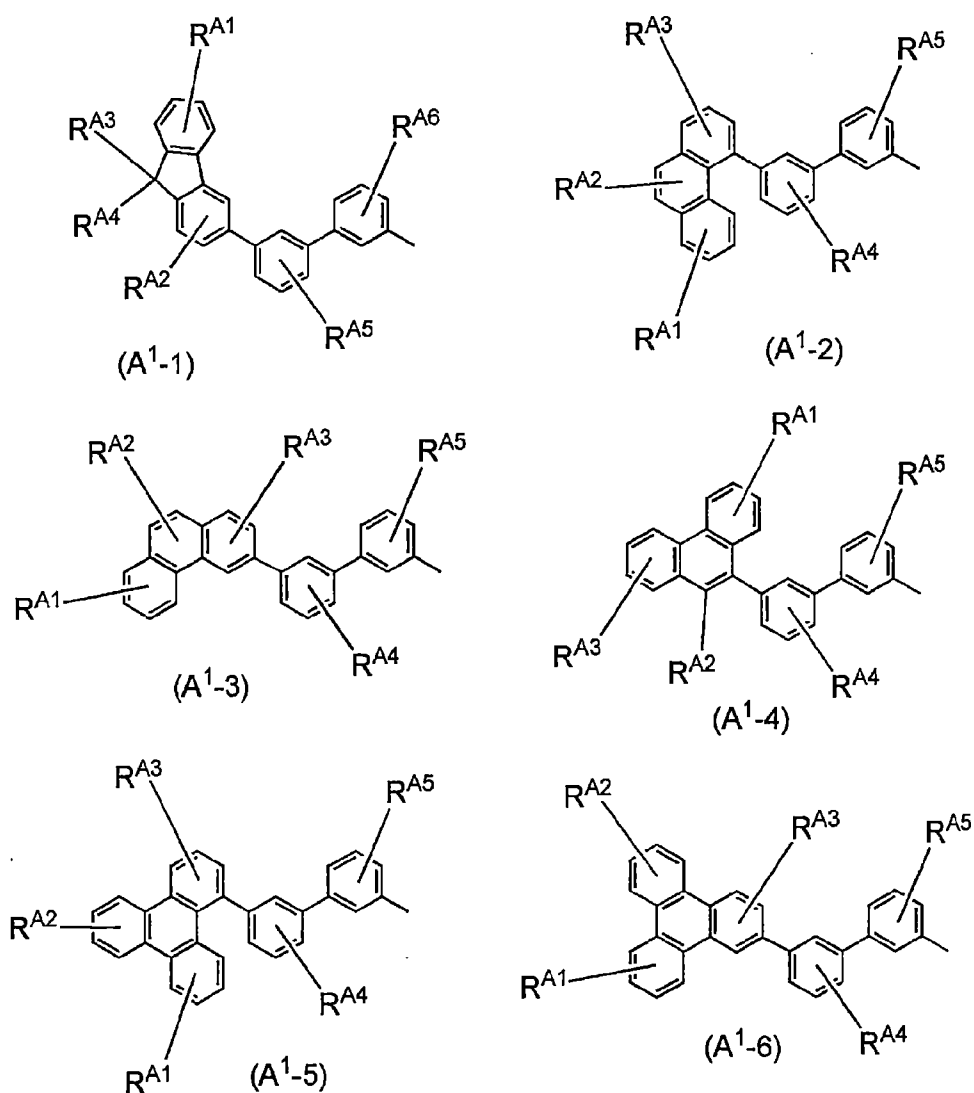
[0073]



[0074] 在通式中， A^1 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 100 的芳基、取代或未取代的雜芳基、與包含取代或未取代的芳基及取代或未取代的雜芳基且碳原子數為 6 至 100 的基團中的任一個。

[0075] 作為上述碳原子數為 6 至 100 的芳基的典型例子，可以舉出以下述通式(A^1-1)至(A^1-6)表示的基團。注意，下面就是一些典型例子，但是碳原子數為 6 至 100 的芳基不侷限於這些例子。

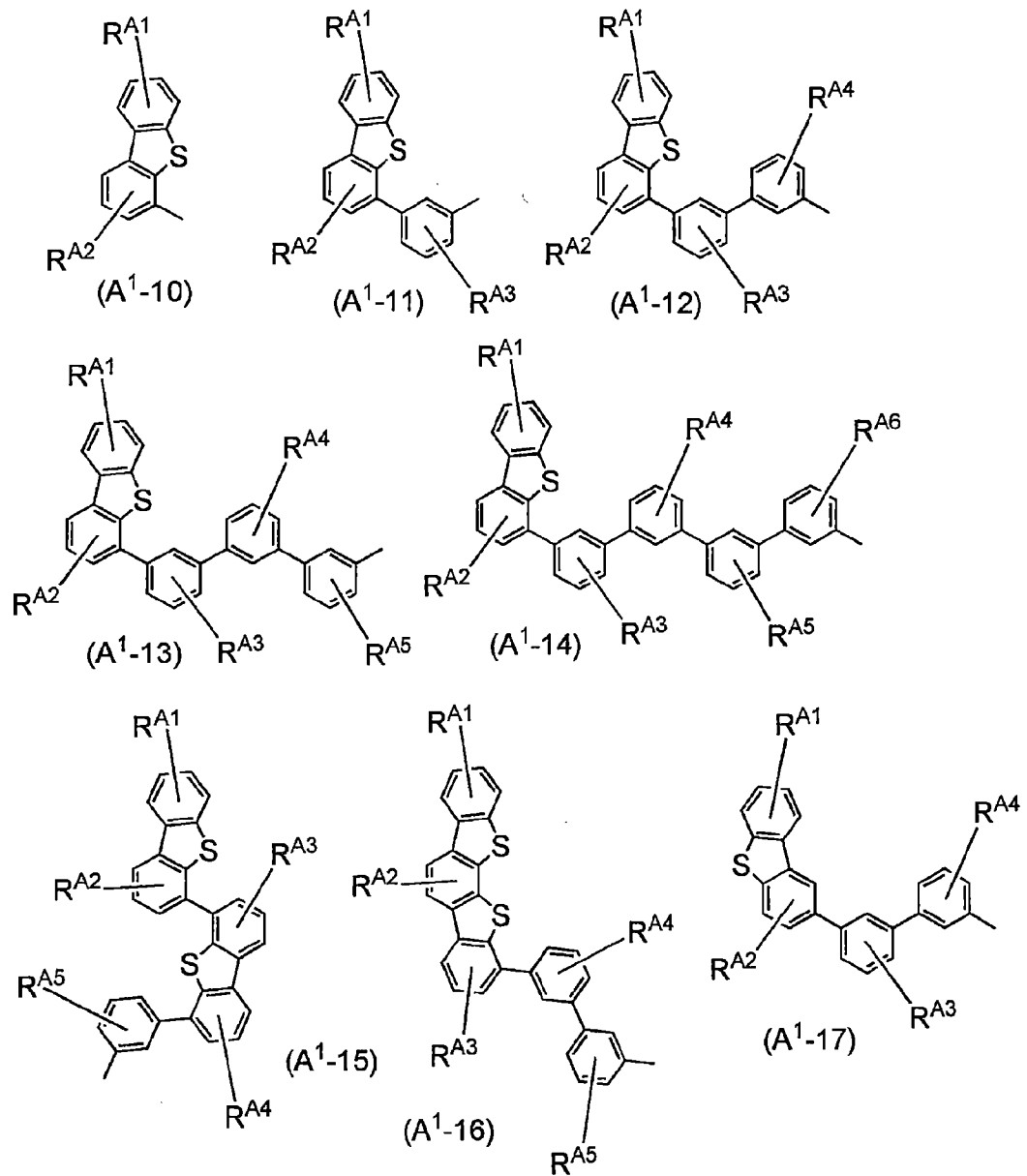
[0076]



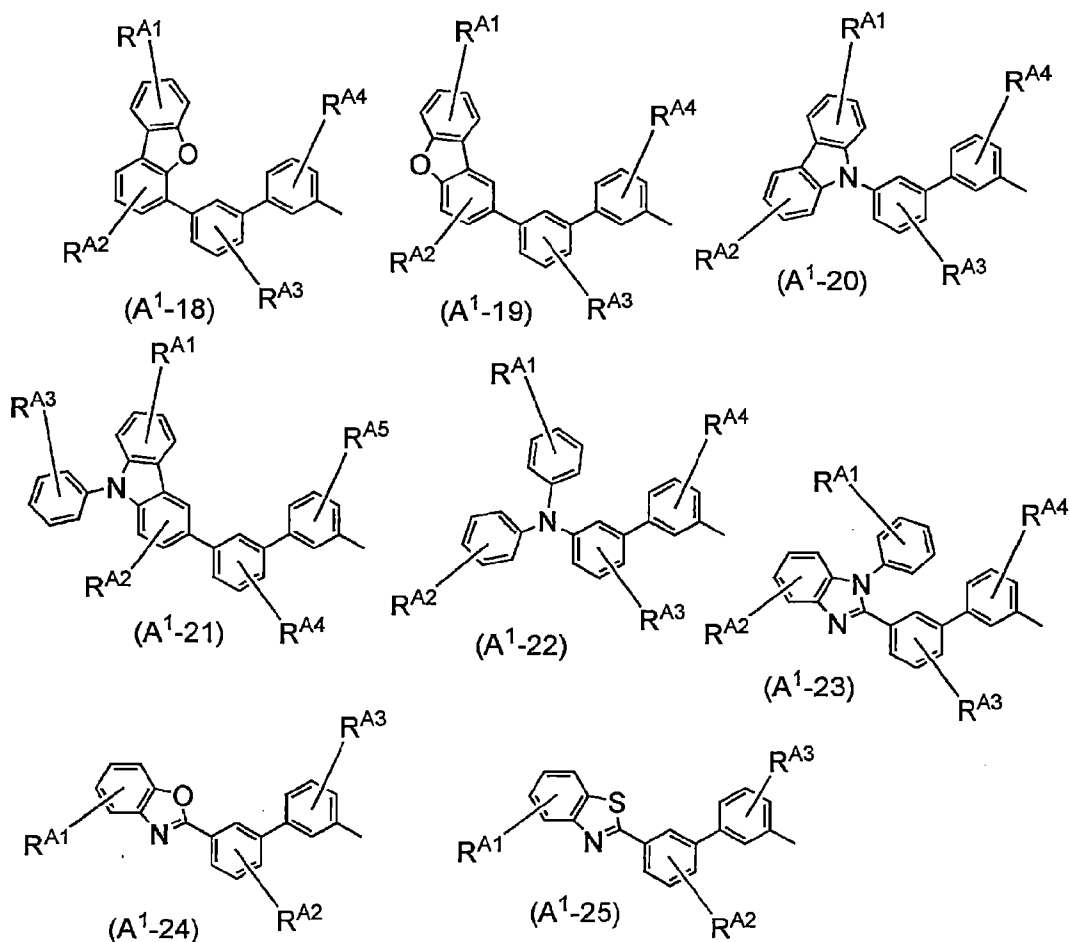
[0077] 在式中， R^{A1} 至 R^{A6} 分別具有 1 至 4 的取代基，並且該取代基分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的單環飽和烴、取代或未取代的碳原子數為 7 至 10 的多環飽和烴和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個。

[0078] 另外，作為上述雜芳基或者包含芳基及雜芳基的基團的典型例子，可以舉出以下述通式(A¹-10)至(A¹-25)表示的基團。注意，下面就是一些典型例子，A¹ 不侷限於這些例子。

[0079]



[0080]



[0081] 此外， R^1 至 R^5 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的單環飽和烴、取代或未取代的碳原子數為 7 至 10 的多環飽和烴和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個。

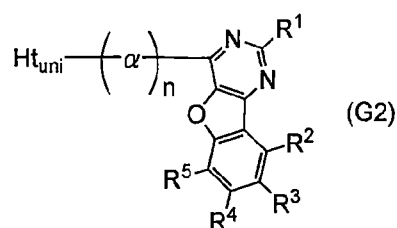
[0082] 另外，作為 R^1 至 R^5 中的碳原子數為 1 至 6 的烷基的具體例子，可以舉出甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、二級丁基、異丁基、三級丁基、戊基、異戊基、二級戊基、三級戊基、新戊基、己基、異己基、二級己基、三級己基、新己基、3-甲基戊基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、1,2-二甲基丁基以及 2,3-二甲基丁基等，作為取代或

未取代的碳原子數為 5 至 7 的單環飽和烴的具體例子，可以舉出環丙基、環丁基、環戊基、環己基、環辛基、2-甲基環己基、2,6-二甲基環己基等，作為取代或未取代的碳原子數為 7 至 10 的多環飽和烴的具體例子，可以舉出十氫萘基、金剛烷基，作為取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基的具體例子，可以舉出苯基、鄰甲苯基、間甲苯基、對甲苯基、均三甲苯基、鄰聯苯基、間聯苯基、對聯苯基、1-萘基、2-萘基、蒽基、9,9-二甲基蒽基等。

[0083] 只要取代基為不會對化合物的特性造成很大的變化的基團，諸如碳原子數為 1 至 3 的烷基， R^1 至 R^5 就可以具有該取代基。

[0084] 另外，可以以下述通式(G2)表示本實施方式所說明的苯並呋喃並嘓啶的更佳的具體例子。

[0085]



[0086] 在通式中， R^1 至 R^5 與上述通式(G1)中的 R^1 至 R^5 是同樣的，因此省略其重複的記載。參見通式(G1)中的 R^1 至 R^5 的記載。

[0087] 在上述通式(G2)中， α 表示取代或未取代的伸苯基， n 表示 0 至 4 的整數。只要取代基為不會對化合物

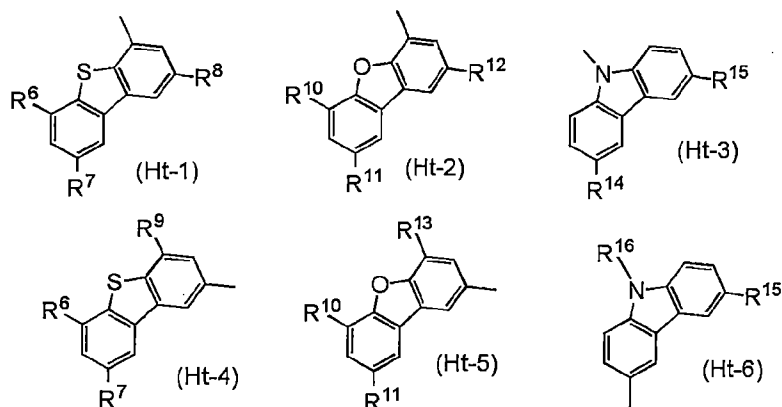
的特性造成很大的變化的基團，諸如碳原子數為 1 至 3 的烷基， α 就可以具有該取代基。

[0088] 另外，為了抑制 Ht_{uni} 與苯並呋喃並嘧啶骨架的互相作用且保持高三重激發能階(T_1 能階)， n 較佳為 1 以上，並且為了提高熱物理性質及分子的穩定性， n 較佳為 2。並且，在 n 為 2 的情況下，以 α 與 n 表示的 2 價的基較佳為 1,1'-聯苯-3,3'-二基。

[0089] 另外，在上述通式(G2)中， Ht_{uni} 表示具有電洞傳輸性的骨架。為了保持高三重激發能階(T_1 能階)，作為 Ht_{uni} 較佳為使用取代或未取代的二苯並噻吩基、取代或未取代的二苯並呋喃基或者取代或未取代的咪唑基。另外，只要取代基為不會對化合物的特性造成很大的變化的基，諸如碳原子數為 1 至 3 的烷基，以 Ht_{uni} 表示的基團就可以具有該取代基。

[0090] 作為 Ht_{uni} 的具體例子，以下述通式(Ht-1)至(Ht-6)表示的基團是較佳例子，因為該基團容易合成。當然， Ht_{uni} 不侷限於下面例子。

[0091]



[0092] R^6 至 R^{15} 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基和取代或未取代的苯基中的任一個。另外， R^{16} 表示碳原子數為 1 至 6 的烷基和取代或未取代的苯基中的任一個。只要取代基為不會對化合物的特性造成很大的變化的基團，諸如碳原子數為 1 至 3 的烷基，以 R^6 至 R^{15} 及 R^{16} 表示的基團就都可以具有該取代基。

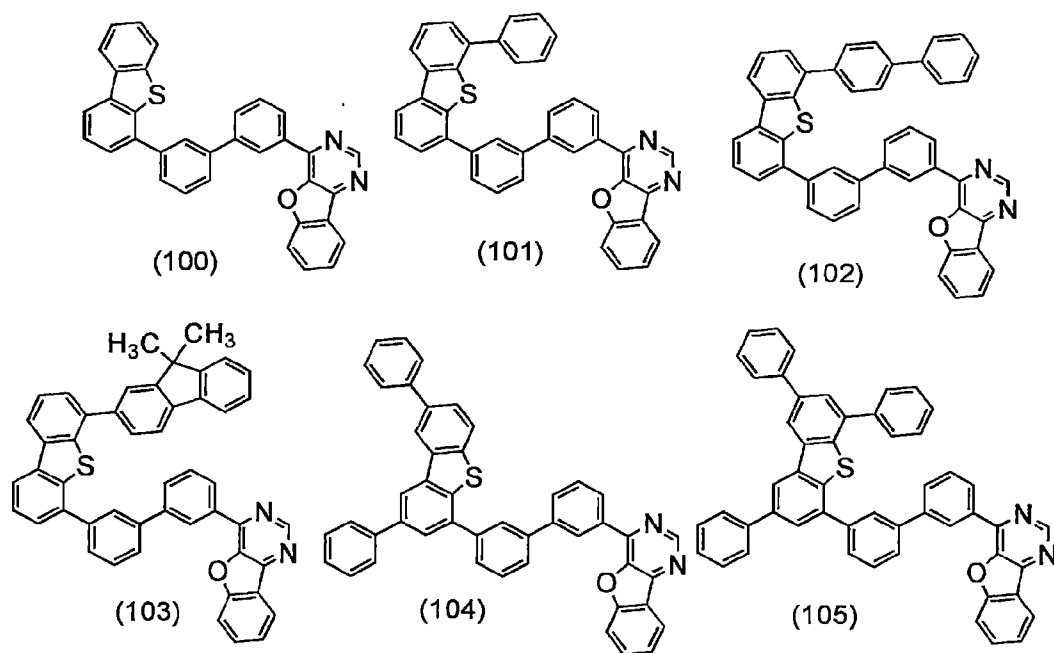
[0093] 此外， Ht_{uni} 為以上述通式 (Ht-1) 至 (Ht-6) 中的任一個表示的基團的本發明的一個方式的化合物具有高三重激發能階 (T_1 能階) 且具有電洞傳輸性，所以是較佳的。另外，當將以上述通式 (Ht-1) 至 (Ht-6) 表示的基團與苯並呋喃並嘧啶骨架組合時，將該以上述通式 (Ht-1) 至 (Ht-6) 表示的基團用作電子施體位置 (而將苯並呋喃並嘧啶骨架用作電子受體位置)。因此，當著眼於膜中的電荷傳輸性時， Ht_{uni} 為以上述通式 (Ht-1) 至 (Ht-6) 中的任一個表示的基團的本發明的一個方式的化合物在塊體 (bulk) 中具有高導電性並在介面具有高載子注入性，從而能夠以低電壓驅動，因此作為構成發光元件的材料較佳為使用該化合物。

[0094] 另外，當以上述通式(Ht-1)至(Ht-6)表示的基團中的 R^6 至 R^{15} 都是氫時，因為原料容易準備並且該化合物容易合成，所以是較佳的。

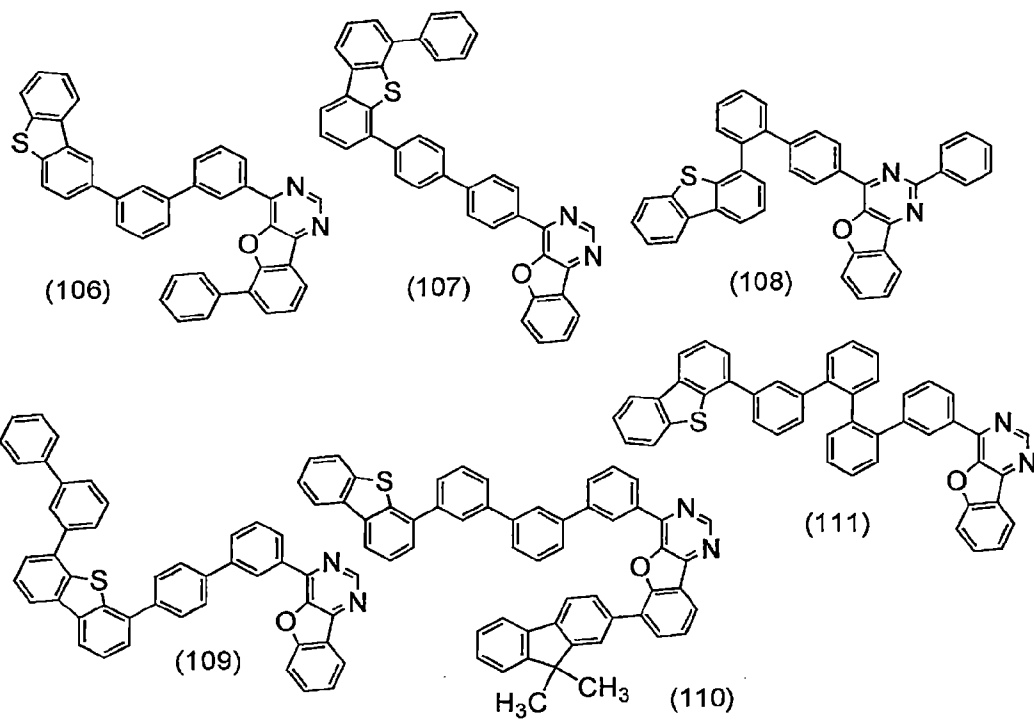
[0095] 此外，出於同樣的理由，較佳為採用以上述通式(G2)表示的化合物中的 R^2 以及 R^4 都是氫的結構。並且，更佳為採用 R^1 至 R^5 都是氫的結構。

[0096] 下面，示出上述化合物的典型例子。另外，本實施方式所說明的化合物不侷限於下面例子。

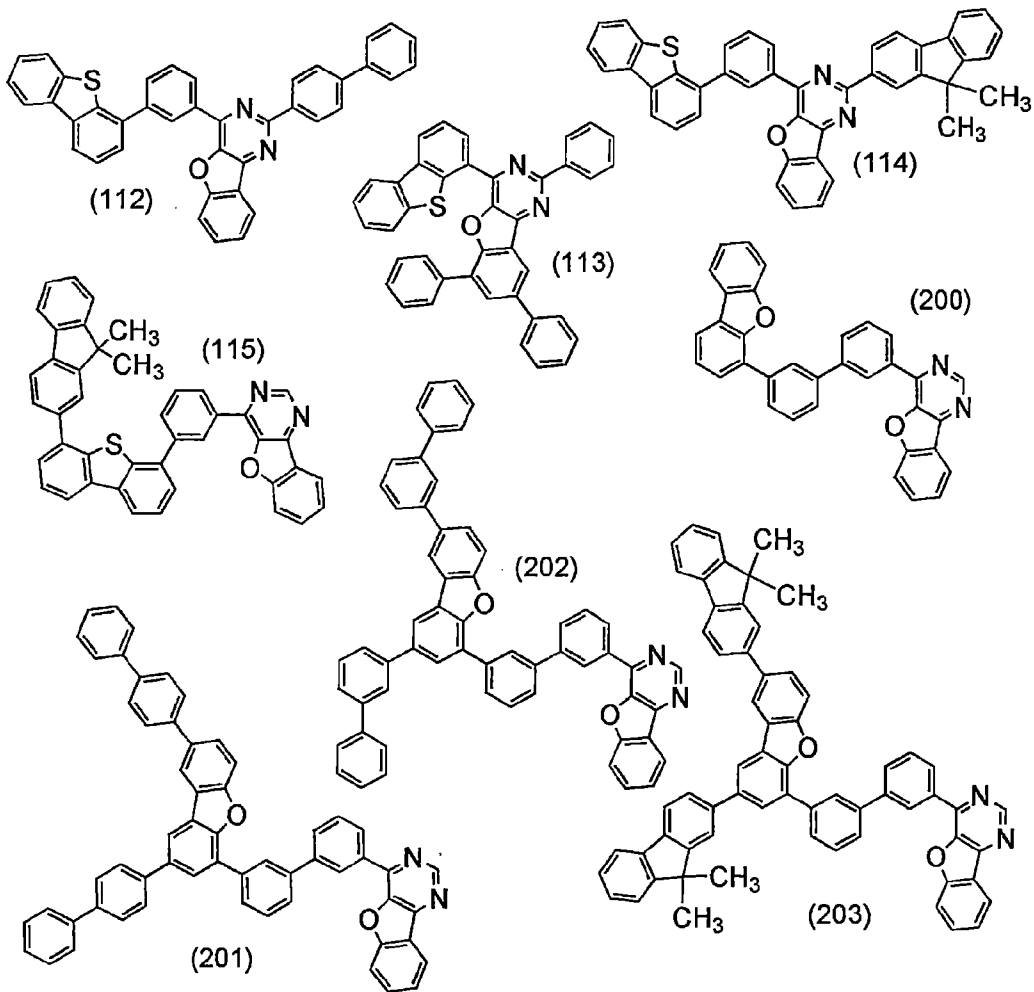
[0097]



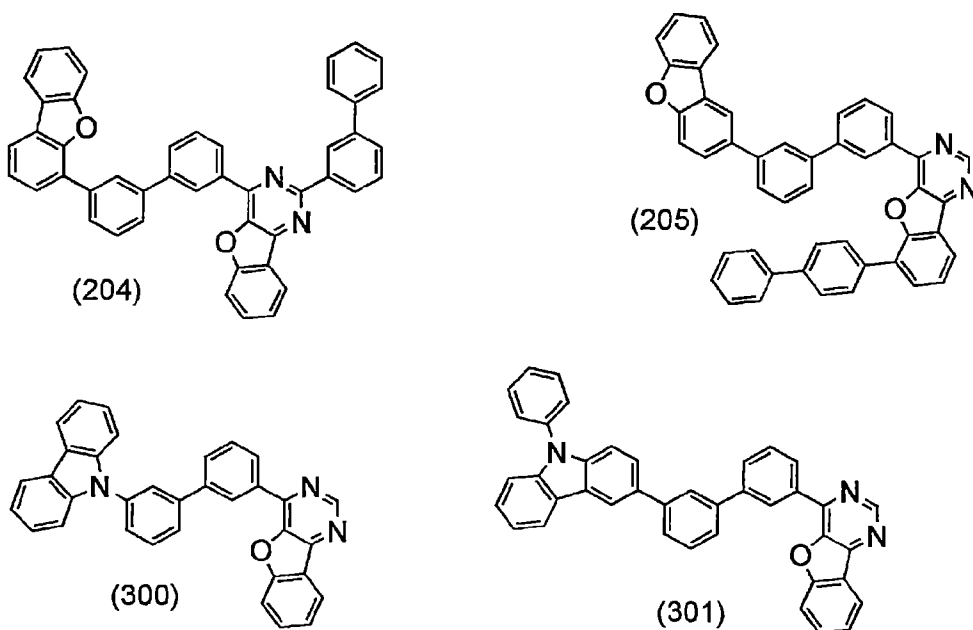
[0098]



[0099]



[0100]

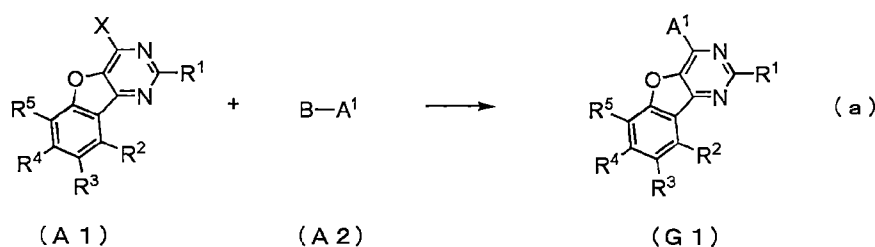


[0101] 由於其載子傳輸性高，所以如上所述那樣的本發明的一個方式的化合物適用於載子傳輸材料或主體材料。由此，還可以提供驅動電壓低的發光元件。另外，由於本發明的一個方式的化合物可以具有高三重激發能階(T_1 能階)，因此可以得到發光效率高的磷光發光元件。尤其是，在發光的峰值位於比綠色的發光短波長一側的磷光發光元件中，也可以提供發光效率高的發光元件。此外，具有高三重激發能階(T_1 能階)還意味著具有大能帶間隙，所以呈現藍色螢光的發光元件也可以高效率地發射光。

[0102] 接下來，說明以上述通式(G1)表示的化合物的合成方法。

[0103] 以通式(G1)表示的化合物可以藉由如下簡單的合成方案合成。例如，如下述合成方案(a)所示那樣，可以藉由使苯並咪喃並嘓啶衍生物的鹵化合物(A1)與以 A^1 表示的芳基、雜芳基或者包含芳基及雜芳基的基團的硼酸化合物(A2)起反應得到以通式(G1)表示的化合物。另外，在合成方案中，X 表示鹵元素。此外，B 表示硼酸、硼酸酯或環狀硼酸三醇酯鹽(triolborate salt)等。作為環狀硼酸三醇酯鹽，也可以使用鋰鹽、鉀鹽及鈉鹽。

[0104]



[0105] 在合成方案(a)中， R^1 至 R^5 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的單環飽和烴、取代或未取代的碳原子數為 7 至 10 的多環飽和烴和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個。

[0106] 此外，也可以使苯並咪喃並嘧啶衍生物的硼酸化合物與 A^1 的鹵化合物起反應。

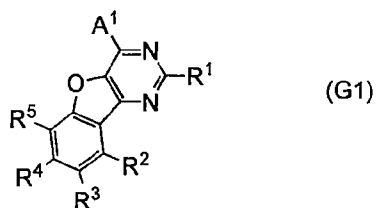
[0107] 各種上述化合物(A1)、(A2)可以合成，即可以合成多種以通式(G1)表示的化合物。因此，本發明的化合物具有種類豐富的特徵。

[0108] 上面，雖然說明了本發明的一個方式的化合物的合成方法的一個例子，但本發明不侷限於此，也可以藉由其他任何合成方法來合成。

[0109] 另外，作為部分結構包含本實施方式所說明的化合物的化合物也是本發明的一個方式。作為這種化合物，例如可以舉出作為配體具有該部分結構的有機金屬錯合物等。

[0110] 即，該化合物包含具有苯並咪喃並嘧啶骨架的化合物作為部分結構，該部分結構可以以下述通式(G1)表示。

[0111]



[0112] 在上述通式(G1)中，R¹至R⁵的結構與上述的R¹至R⁵的結構同樣，因此省略其重複說明。

[0113] 在上述通式(G1)中，A¹表示取代或未取代的碳原子數為6至100的芳基、取代或未取代的雜芳基、與包含取代或未取代的芳基及取代或未取代的雜芳基且碳原子數為6至100的基團中的任一個。在上述通式(G1)的說明中已說明了作為A¹可以使用的基團的具體例子，因此省略其說明。

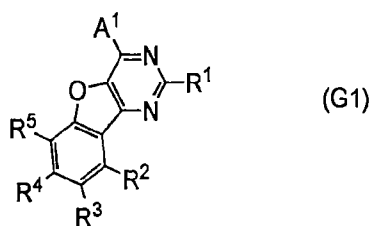
[0114] 此外，在具有以上述通式(G1)表示的部分結構的化合物是有機金屬錯合物的情況下，如果作為其中心金屬使用銱或鉑，則可以作為磷光發光物質使用該化合物。

[0115]

實施方式 2

在本實施方式中，例示出將實施方式 1 所記載的以下述通式(G1)表示的化合物用於有機半導體元件之一種的垂直電晶體(靜電感應電晶體：SIT)的活性層的方式。

[0116]



[0117] 如圖 2 所示，作為元件結構，具有將包含以通式(G1)表示的化合物的薄膜狀活性層 1202 夾在源極電極 1201 與汲極電極 1203 之間並將閘極電極 1204 嵌埋到活性層 1202 中的結構。閘極電極 1204 電連接於用來施加閘極電壓的單元，並且，源極電極 1201 及汲極電極 1203 電連接於用來控制源極-汲極之間的電壓的單元。

[0118] 在這種元件結構中，當在不施加閘極電壓的狀態下對源極-汲極之間施加電壓時，電流流動(成為 ON 狀態)。並且，當在該狀態下施加閘極電壓時，在閘極電極 1204 周圍產生空乏層，電流不流動(成為 OFF 狀態)。藉由上述機制，該元件作為電晶體運行。

[0119] 在垂直電晶體中，與發光元件同樣，作為活性層的材料需要兼備高載子傳輸性和良好的膜質的材料。以通式(G1)表示的化合物充分滿足該條件，所以可以適用於活性層的材料。

[0120]

實施方式 3

下面，參照圖 1A 說明包括包含苯並咪唑並嘧啶骨架的化合物的發光元件的一個方式。

[0121] 根據本實施方式中的發光元件在一對電極之

間具有多個層。在本方式中，發光元件由第一電極 101、第二電極 102、設置於第一電極 101 與第二電極 102 之間的 EL 層 103 構成。注意，在圖 1A 中，將第一電極 101 用作陽極且將第二電極 102 用作陰極。即，採用當以使第一電極 101 的電位高於第二電極 102 的電位的方式對第一電極 101 和第二電極 102 施加電壓時能夠得到發光的結構。當然，也可以將第一電極用作陰極且將第二電極用作陽極。此時，EL 層的疊層順序與下面所說明的順序相反。另外，在本實施方式所示的發光元件中，EL 層 103 的至少一個層包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物。此外，包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的層較佳為發光層或電子傳輸層，因為可以有效地利用上述化合物的特性，並且可以得到具有良好的特性的發光元件。

[0122] 作為用作陽極的電極，較佳為使用功函數大(具體為 4.0eV 以上)的金屬、合金、導電化合物、以及這些物質的混合物等。明確而言，例如可以舉出氧化銦-氧化錫(ITO：銦錫氧化物)、包含矽或氧化矽的氧化銦-氧化錫、氧化銦-氧化鋅、包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銦(IWZO)等。雖然通常藉由濺射法形成這些導電金屬氧化物膜，但是也可以應用溶膠-凝膠法等來製造。例如，可以使用對氧化銦添加有 1wt%以上且 20wt%以下的氧化鋅的靶材而藉由濺射法形成氧化銦-氧化鋅。另外，可以使用對氧化銦添加有 0.5wt%以上且 5wt%以下的氧化鎢和 0.1wt%以上且 1wt%以下的氧化鋅的靶材而藉由濺射法形

成包含氧化鎢及氧化鋅的氧化銮(IWZO)。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)或金屬材料的氮化物(例如，氮化鈦)等。另外，也可以使用石墨烯(graphene)。

[0123] 對 EL 層 103 的疊層結構沒有特別的限制，可以適當地組合包含電子傳輸性高的物質的層、包含電洞傳輸性高的物質的層、包含電子注入性高的物質的層、包含電洞注入性高的物質的層、包含具有雙極性的物質(電子及電洞傳輸性高的物質)的層或載子阻擋層等來構成。在本實施方式中，EL 層 103 具有在用作陽極的電極上依次層疊電洞注入層 111、電洞傳輸層 112、發光層 113、電子傳輸層 114 及電子注入層 115 的結構。下面具體地示出構成各層的材料。

[0124] 電洞注入層 111 是包含電洞注入性的物質的層。作為電洞注入層 111 可以使用鉬氧化物、釩氧化物、鈮氧化物、鎢氧化物、錳氧化物等。另外，也可以使用酞青類化合物如酞青(簡稱：H₂Pc)、銅酞青(簡稱：CuPc)等；芳香胺化合物如 4,4'-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱：DPAB)、N,N'-雙{4-[雙(3-甲基苯基)胺基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-聯苯)-4,4'-二胺(簡稱：DNTPD)等；或者高分子化合物等如聚(伸乙二氧噻吩)/聚(苯乙烯磺酸)(PEDOT/PSS)等來形成電洞注入層 111。

[0125] 另外，作為電洞注入層 111，也可以使用在具有電洞傳輸性的物質中含有對該物質呈現電子接受性的物

質(以下就稱為電子接受物質)的複合材料。在本說明書中，“複合材料”不僅是指混合兩個材料而成的材料，也是指藉由混合多個材料來使其處於在材料之間可以轉移電荷的狀態的材料。該電荷的轉移包括只當存在電場時發生的電荷的轉移。

[0126] 此外，藉由使用在具有電洞傳輸性的物質中含有電子接受物質的複合材料，可以不顧及材料的功函數而選擇形成電極的材料。即，作為用作陽極的電極，除了功函數大的材料以外，還可以使用功函數小的材料。作為電子接受物質，可以舉出 7,7,8,8-四氫基-2,3,5,6-四氫喹啉並二甲烷(簡稱：F₄-TCNQ)、氯醌等。另外，也可以使用過渡金屬氧化物。尤其是，較佳為使用屬於元素週期表中的第 4 族至第 8 族的金屬的氧化物。明確而言，由於其電子接受性高，所以較佳為使用氧化釩、氧化鈮、氧化鉭、氧化鉻、氧化鈿、氧化鎢、氧化錳、氧化鋇。其中，作為電子接受物質特別較佳為使用氧化鈿，因為其在大氣中也穩定，吸濕性低，並且容易處理。

[0127] 作為用於複合材料的具有電洞傳輸性的物質，可以使用各種有機化合物如芳香胺化合物、吡啶化合物、芳烴、高分子化合物(低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等)等。作為用於複合材料的有機化合物，較佳為使用電洞傳輸性高的有機化合物。明確而言，較佳為使用電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。但是，只要是其電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用這些以外的物

質。下面，具體地列舉可以用作複合材料中的具有電洞傳輸性的物質的有機化合物。

[0128] 例如，作為芳香胺化合物，可以舉出 N,N'-二(p-甲苯基)-N,N'-二苯基-p-苯二胺(簡稱：DTDPPA)、4,4'-雙[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱：DPAB)、N,N'-雙{4-[雙(3-甲基苯基)胺基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-聯苯)-4,4'-二胺(簡稱：DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯基胺基苯基)-N-苯基胺基]苯(簡稱：DPA3B)等。

[0129] 作為可用於複合材料的咔唑化合物，明確而言，可以舉出 3-[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑(簡稱：PCzPCA1)、3,6-雙[N-(9-苯基咔唑-3-基)-N-苯基胺基]-9-苯基咔唑(簡稱：PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咔唑-3-基)胺基]-9-苯基咔唑(簡稱：PCzPCN1)等。

[0130] 另外，作為可用於複合材料的咔唑化合物，還可以舉出 4,4'-二(N-咔唑基)聯苯(簡稱：CBP)、1,3,5-三[4-(N-咔唑基)苯基]苯(簡稱：TCPB)、9-[4-(10-苯基-9-蒽基)苯基]-9H-咔唑(簡稱：CzPA)、1,4-雙[4-(N-咔唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0131] 此外，作為可用於複合材料的芳烴，例如可以舉出 2-三級丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(簡稱：t-BuDNA)、2-三級丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-雙(3,5-二苯基苯基)蒽(簡稱：DPPA)、2-三級丁基-9,10-雙(4-苯基苯基)蒽(簡稱：t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(簡稱：DNA)、9,10-二

苯基蒽(簡稱：DPAnth)、2-三級丁基蒽(簡稱：t-BuAnth)、9,10-雙(4-甲基-1-萘基)蒽(簡稱：DMNA)、2-三級丁基-9,10-雙[2-(1-萘基)苯基]蒽、9,10-雙[2-(1-萘基)苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽、9,9'-聯蒽、10,10'-二苯基-9,9'-聯蒽、10,10'-雙(2-苯基苯基)-9,9'-聯蒽、10,10'-雙[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-聯蒽、蒽、稠四苯、紅螢烯、芘、2,5,8,11-四(三級丁基)芘等。除此之外，還可以使用稠五苯、蔻等。如上所述，更佳為使用具有 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的電洞移動率的碳原子數為 14 至 42 的芳烴。

[0132] 注意，可用於複合材料的芳烴也可以具有乙烯基骨架。作為具有乙烯基的芳烴，例如可以舉出 4,4'-雙(2,2-二苯基乙烯基)聯苯(簡稱：DPVBi)、9,10-雙[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(簡稱：DPVPA)等。

[0133] 另外，也可以使用聚(N-乙烯基吡啶)(簡稱：PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(簡稱：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](簡稱：PTPDMA)、聚[N,N'-雙(4-丁基苯基)-N,N'-雙(苯基)聯苯胺](簡稱：Poly-TPD)等高分子化合物。

[0134] 電洞傳輸層 112 是包含具有電洞傳輸性的物質的層。作為具有電洞傳輸性的物質，同樣可以使用上述可用於複合材料的具有電洞傳輸性的物質。另外，為了避免重複而省略詳細說明。參見複合材料的記載。此外，電洞傳輸層也可以包含實施方式 1 所說明的具有苯並咪唑並

嘧啶骨架的化合物。

[0135] 發光層 113 是包含發光物質的層。發光層 113 既可以由只包含發光物質的膜構成，又可以由在主體材料中分散有發光物質的膜構成。

[0136] 對在發光層 113 中能夠用作發光物質的材料沒有特別的限制，而這些材料所發射的光可以是螢光也可以是磷光。作為上述發光物質，例如可以舉出如下材料。作為螢光物質，可以舉出 N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-N,N'-二苯基芴-1,6-二胺(簡稱：1,6FLPAPrn)、N,N'-雙[4-(9H-咪唑-9-基)苯基]-N,N'-二苯基二苯乙烯-4,4'-二胺(簡稱：YGA2S)、4-(9H-咪唑-9-基)-4'-(10-苯基-9-蔥基)三苯胺(簡稱：YGAPA)、4-(9H-咪唑-9-基)-4'-(9,10-二苯基-2-蔥基)三苯胺(簡稱：2YGAPPA)、N,9-二苯基-N-[4-(10-苯基-9-蔥基)苯基]-9H-咪唑-3-胺(簡稱：PCAPA)、芴、2,5,8,11-四(三級丁基)芴(簡稱：TBP)、4-(10-苯基-9-蔥基)-4'-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)三苯胺(簡稱：PCBAPA)、N,N''-(2-三級丁基蔥-9,10-二基二-4,1-伸苯基)雙[N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺](簡稱：DPABPA)、N,9-二苯基-N-[4-(9,10-二苯基-2-蔥基)苯基]-9H-咪唑-3-胺(簡稱：2PCAPPA)、N-[4-(9,10-二苯基-2-蔥基)苯基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(簡稱：2DPAPPA)、N,N,N',N',N'',N'',N''',N''''-八苯基二苯並[g,p]蒽(chrysene)-2,7,10,15-四胺(簡稱：DBC1)、香豆素 30、N-(9,10-二苯基-2-蔥基)-N,9-二苯基-9H-咪唑-3-胺(簡稱：2PCAPA)、

N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蔥基]-N,9-二苯基-9H-吡啶-3-胺(簡稱: 2PCABPhA)、N-(9,10-二苯基-2-蔥基)-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(簡稱: 2DPAPA)、N-[9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-2-蔥基]-N,N',N'-三苯基-1,4-苯二胺(簡稱: 2DPABPhA)、9,10-雙(1,1'-聯苯-2-基)-N-[4-(9H-吡啶-9-基)苯基]-N-苯基蔥-2-胺(簡稱: 2YGABPhA)、N,N,9-三苯基蔥-9-胺(簡稱: DPhAPhA)、香豆素 545T、N,N'-二苯基喹吡啶酮(簡稱: DPQd)、紅螢烯、5,12-雙(1,1'-聯苯-4-基)-6,11-二苯基稠四苯(簡稱: BPT)、2-(2-{2-[4-(二甲胺基)苯基]乙烯基}-6-甲基-4H-吡喃-4-亞基)丙二腈(簡稱: DCM1)、2-{2-甲基-6-[2-(2,3,6,7-四氫-1H, 5H-苯並[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙二腈(簡稱: DCM2)、N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)稠四苯-5,11-二胺(簡稱: p-mPhTD)、7,14-二苯基-N,N,N',N'-四(4-甲基苯基)茛並[1,2-a]丙二烯合第-3,10-二胺(簡稱: p-mPhAFD)、2-{2-異丙基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯並[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙二腈(簡稱: DCJTI)、2-{2-三級丁基-6-[2-(1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯並[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙二腈(簡稱: DCJTB)、2-(2,6-雙{2-[4-(二甲胺基)苯基]乙烯基}-4H-吡喃-4-亞基)丙二腈(簡稱: BisDCM)、2-{2,6-雙[2-(8-甲氧基-1,1,7,7-四甲基-2,3,6,7-四氫-1H,5H-苯並[ij]喹啉-9-基)乙烯基]-4H-吡喃-4-亞基}丙二腈(簡稱: BisDCJTM)、N,N'-雙[4-(9-苯基-9H-第-9-基)苯基]-N,N'-

二苯基芘-1,6-二胺(簡稱：1,6FLPAPrn)等。作為藍色磷光物質，可以舉出：三{2-[5-(2-甲基苯基)-4-(2,6-二甲基苯基)-4H-1,2,4-三唑-3-基- κ N2]苯基- κ C}銱(III)(簡稱：[Ir(mpptz-dmp)₃])、三(5-甲基-3,4-二苯基-4H-1,2,4-三唑(triazolato))銱(III)(簡稱：[Ir(Mptz)₃])、三[4-(3-聯苯)-5-異丙基-3-苯基-4H-1,2,4-三唑(triazolato)]銱(III)(簡稱：[Ir(iPrptz-3b)₃])等具有4H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物；三[3-甲基-1-(2-甲基苯基)-5-苯基-1H-1,2,4-三唑(triazolato)]銱(III)(簡稱：[Ir(Mptz1-mp)₃])、三(1-甲基-5-苯基-3-丙基-1H-1,2,4-三唑(triazolato))銱(III)(簡稱：[Ir(Prptz1-Me)₃])等具有1H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物；面-三[1-(2,6-二異丙基苯基)-2-苯基-1H-咪唑]銱(III)(簡稱：[Ir(iPrpmi)₃])、三[3-(2,6-二甲基苯基)-7-甲基咪唑並[1,2-f]菲啉根(phenanthridinato)]銱(III)(簡稱：[Ir(dmpimpt-Me)₃])等具有咪唑骨架的有機金屬銱錯合物；以及雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-N,C^{2'}]銱(III)四(1-吡啉基)硼酸鹽(簡稱：FIr6)、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-N,C^{2'}]銱(III)吡啉甲酸酯(簡稱：FIRpic)、雙{2-[3,5-雙(三氟甲基)苯基]吡啉根-N,C^{2'}}銱(III)吡啉甲酸酯(簡稱：[Ir(CF₃ppy)₂(pic)])、雙[2-(4',6'-二氟苯基)吡啉根-N,C^{2'}]銱(III)乙醯丙酮(簡稱：FIRacac)等以具有拉電子基團的苯基吡啉衍生物為配體的有機金屬銱錯合物。注意，由於具有4H-三唑骨架的有機金屬銱錯合物的可靠性及發光效率都高，所以是特別較佳的。另外，作為綠色磷光物質的例

子，可以舉出：三(4-甲基-6-苯基嘓啉根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mppm})_3]$)、三(4-三級丁基-6-苯基嘓啉根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]$)、(乙醯丙酮根)雙(6-甲基-4-苯基嘓啉根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mppm})_2(\text{acac})]$)、(乙醯丙酮根)雙(6-三級丁基-4-苯基嘓啉根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)、(乙醯丙酮根)雙[6-(2-降莖基)-4-苯基嘓啉根]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{nbppm})_2(\text{acac})]$)、(乙醯丙酮根)雙[5-甲基-6-(2-甲基苯基)-4-苯基嘓啉根]銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mpmppm})_2(\text{acac})]$)、(乙醯丙酮根)雙(4,6-二苯基嘓啉根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$)等具有嘓啉骨架的有機金屬銱錯合物；(乙醯丙酮根)雙(3,5-二甲基-2-苯基吡嗪根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})]$)、(乙醯丙酮根)雙(5-異丙基-3-甲基-2-苯基吡嗪根)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})]$)等具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物；三(2-苯基吡啉根- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$)、雙(2-苯基吡啉根- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$)、雙(苯並[h]喹啉)銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})]$)、三(苯並[h]喹啉)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{bzq})_3]$)、三(2-苯基喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)(簡稱： $[\text{Ir}(\text{pq})_3]$)、雙(2-苯基喹啉- $\text{N},\text{C}^{2'}$)銱(III)乙醯丙酮(簡稱： $[\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})]$)等具有吡啉骨架的有機金屬銱錯合物；以及三(乙醯丙酮根)(單啡啉)銱(III)(簡稱： $[\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})]$)等稀土金屬錯合物。另外，由於具有嘓啉骨架的有機金屬銱錯合物的可靠性及發光效率都非常高，所以是特別較佳的。作為紅色磷光物質的例子，可以

舉出：(二異丁醯基甲烷根(diisobutyrylmethanato))雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘧啶根]銱(III)(簡稱：[Ir(5mdppm)₂(dibm)])、雙[4,6-雙(3-甲基苯基)嘧啶根](二新戊醯基甲烷根)銱(III)(簡稱：[Ir(5mdppm)₂(dpm)])、雙[4,6-二(萘-1-基)嘧啶根](二新戊醯基甲烷根)銱(III)(簡稱：[Ir(d1npm)₂(dpm)])等具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物；(乙醯丙酮根)雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)銱(III)(簡稱：[Ir(tppr)₂(acac)])、雙(2,3,5-三苯基吡嗪根)(二新戊醯基甲烷根)銱(III)(簡稱：[Ir(tppr)₂(dpm)])、(乙醯丙酮根)雙[2,3-雙(4-氟苯基)喹啉合]銱(III)(簡稱：[Ir(Fdpq)₂(acac)])等具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物；三(1-苯基異喹啉-N,C^{2'})銱(III)(簡稱：[Ir(piq)₃])、雙(1-苯基異喹啉-N,C^{2'})銱(III)乙醯丙酮(簡稱：[Ir(piq)₂(acac)])等具有吡啶骨架的有機金屬銱錯合物；2,3,7,8,12,13,17,18-八乙基-21H,23H-卟啉鉑(II)(簡稱：PtOEP)等鉑錯合物；以及三(1,3-二苯基-1,3-丙二酮(propanedionato))(單啡啉)銩(III)(簡稱：[Eu(DBM)₃(Phen)])、三[1-(2-噁吩甲醯基)-3,3,3-三氟丙酮](單啡啉)銩(III)(簡稱：[Eu(TTA)₃(Phen)])等稀土金屬錯合物。注意，由於具有嘧啶骨架的有機金屬銱錯合物的可靠性及發光效率都非常高，所以是特別較佳的。另外，由於具有吡嗪骨架的有機金屬銱錯合物可以獲得色度良好的紅色發光，所以藉由將其用於白色發光元件，可以提高演色性。此外，具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物也呈現藍色至紫外線區域的發光，因此也可以用作發光材料。還可以使用具有苯並呋喃

並嘧啶骨架的化合物。

[0137] 另外，除了上述物質之外，還可以選自各種物質中使用。

[0138] 作為分散發光物質的主體材料，較佳為使用具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物。

[0139] 由於具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物具有大能帶間隙以及高三重激發能階(T_1 能階)，因此該化合物特別適用於分散發射呈現能量大的發光的發光物質，諸如發射藍色的螢光物質或發射綠色與藍色之間的顏色的磷光物質等的主體材料。當然，也可以將該化合物用作分散發射比藍色的波長長的螢光的螢光物質或發射比綠色的波長長的磷光的磷光物質等的主體材料。另外，由於該化合物的載子傳輸性(尤其是電子傳輸性)高，因此能夠實現驅動電壓低的發光元件。

[0140] 此外，作為構成與發光層相鄰的載子傳輸層(較佳為電子傳輸層)的材料，也有效地使用該具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物。因為該化合物具有大能帶間隙或高三重激發能階(T_1 能階)，即便發光物質是呈現藍色螢光或綠色至藍色的磷光等能量大的發光的材料，也能夠將在主體材料中再結合的載子的能量有效地移動到發光物質，從而可以製造發光效率高的發光元件。另外，當將上述化合物用作主體材料或構成載子傳輸層的材料時，作為發光材料，較佳為選擇其能帶間隙比該化合物的能帶間隙小的物質或者其單重激發能階(S_1 能階)以及其三重激發能階(T_1

能階)比該化合物低的物質，但不侷限於此。

[0141] 下面，例示出當作為上述主體材料不使用具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物時可以使用的材料。

[0142] 作為具有電子傳輸性的材料，可以舉出：雙(10-羥基苯並[h]喹啉)鉍(II)(簡稱：BeBq₂)、雙(2-甲基-8-羥基喹啉)(4-苯基苯酚)鋁(III)(簡稱：BAIq)、雙(8-羥基喹啉)鋅(II)(簡稱：Znq)、雙[2-(2-苯並噁唑基)苯酚]鋅(II)(簡稱：ZnPBO)、雙[2-(2-苯並噁唑基)苯酚]鋅(II)(簡稱：ZnBTZ)等金屬錯合物；2-(4-聯苯基)-5-(4-三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(簡稱：PBD)、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-三級丁基苯基)-1,2,4-三唑(簡稱：TAZ)、1,3-雙[5-(對三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(簡稱：OXD-7)、9-[4-(5-苯基-1,3,4-噁二唑-2-基)苯基]-9H-咪唑(簡稱：CO11)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)三(1-苯基-1H-苯並咪唑)(簡稱：TPBI)、2-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]-1-苯基-1H-苯並咪唑(簡稱：mDBTBIIm-II)等具有多唑骨架的雜環化合物；2-[3-(二苯並噁吩-4-基)苯基]二苯並[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(二苯並噁吩-4-基)聯苯-3-基]二苯並[f,h]喹啉(簡稱：2mDBTBPDBq-II)、2-[3'-(9H-咪唑-9-基)聯苯-3-基]二苯並[f,h]喹啉(簡稱：2mCzBPDBq)、4,6-雙[3-(菲-9-基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mPnP2Pm)、4,6-雙[3-(4-二苯並噁吩基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mDBTP2Pm-II)等具有二嗪骨架的雜環化合物；以及3,5-雙[3-(9H-咪唑-9-基)苯基]吡啶(簡稱：35DCzPPy)、1,3,5-三[3-(3-吡啶基)

苯基]苯(簡稱：TmPyPB)等具有吡啶骨架的雜環化合物。其中，具有二噁骨架的雜環化合物以及具有吡啶骨架的雜環化合物的可靠性高，所以是較佳的。尤其是，具有二噁(嘧啶或吡嗪)骨架的雜環化合物具有高電子傳輸性，也有助於降低驅動電壓。另外，具有上述苯並咪喃並嘧啶骨架的化合物是電子傳輸性比較高的材料且分類為具有電子傳輸性的材料。

[0143] 另外，作為可以用作上述主體材料且具有電洞傳輸性的材料，可以舉出：4,4'-雙[N-(1-萘基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱：NPB)、N,N'-雙(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-聯苯]-4,4'-二胺(簡稱：TPD)、4,4'-雙[N-(螺-9,9'-二芴-2-基)-N-苯基胺基]聯苯(簡稱：BSPB)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：BPAFLP)、4-苯基-3'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：mBPAFLP)、4-苯基-4'-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(簡稱：PCBA1BP)、4,4'-二苯基-4''-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(簡稱：PCBBi1BP)、4-(1-萘基)-4'-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(簡稱：PCBANB)、4,4'-二(1-萘基)-4''-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)三苯胺(簡稱：PCBNBB)、9,9-二甲基-N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]芴-2-胺(簡稱：PCBAF)、N-苯基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]螺-9,9'-二芴-2-胺(簡稱：PCBASF)等具有芳香胺骨架的化合物；1,3-雙(N-吡啶基)苯(簡稱：mCP)、4,4'-二(N-吡啶基)聯苯(簡稱：CBP)、3,6-雙(3,5-二苯基苯基)-9-苯基吡啶(簡稱：CzTP)、3,3'-

雙(9-苯基-9H-吡啶)(簡稱：PCCP)等具有吡啶骨架的化合物；4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並噻吩)(簡稱：DBT3P-II)、2,8-二苯基-4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]二苯並噻吩(簡稱：DBTFLP-III)、4-[4-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]-6-苯基二苯並噻吩(簡稱：DBTFLP-IV)等具有噻吩骨架的化合物；以及4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並咪喃)(簡稱：DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-苯基-9H-芴-9-基)苯基]苯基}二苯並咪喃(簡稱：mmDBFFLBi-II)等具有咪喃骨架的化合物。其中，具有芳香胺骨架的化合物以及具有吡啶骨架的化合物具有高可靠性和高電洞傳輸性，也有助於降低驅動電壓，所以是較佳的。

[0144] 另外，當發光物質為磷光物質時，作為主體材料較佳為選擇具有比該磷光物質的三重激發能階(T_1 能階)高的三重激發能階(T_1 能階)的物質，而當發光物質為螢光物質時，作為主體材料較佳為選擇其能帶間隙比該螢光發光物質的能帶間隙大的物質。此外，除了主體材料以及磷光物質之外，在發光層中也可以包含第三物質。

[0145] 在此，為了當使用磷光物質時獲得發光效率更高的發光元件，考慮主體材料與磷光物質之間的能量轉移。在主體材料及磷光物質中都發生載子的再結合，所以為了提高發光效率，需要高效率地進行從主體材料向磷光物質的能量轉移。

[0146] 關於從主體材料向磷光物質的能量轉移，已提倡下述兩個機制。一個是德克斯特(Dexter)機制，另一

個是福斯特(Förster)機制。下面說明各機制。在此，將賦予激發能量的分子記為主體分子，而將接受激發能量的分子記為客體分子。

[0147]

《福斯特機制(偶極-偶極交互作用)》

福斯特機制在能量轉移中不需要分子間的直接接觸。藉由主體分子和客體分子間的偶極振盪的共振現象的發生能量轉移。藉由偶極振盪的共振現象，主體分子給客體分子供應能量，由此主體分子處於基態，而客體分子處於激發態。算式(1)示出福斯特機制的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

[0148]

[算式 1]

$$k_{h^* \rightarrow g} = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \epsilon_g(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad (1)$$

[0149] 在算式(1)中， ν 表示頻率， $f'_h(\nu)$ 表示主體分子的正規化發射光譜(當考慮單重激發態下的能量轉移時其相當於螢光光譜，而當考慮三重激發態下的能量轉移時其相當於磷光光譜)， $\epsilon_g(\nu)$ 表示客體分子的莫耳吸光係數， N 表示亞佛加厥數， n 表示介質的折射率， R 表示主體分子和客體分子的分子間距離， τ 表示所測量的激發態的壽命(螢光壽命或磷光壽命)， c 表示光速， ϕ 表示發光量子產率(當考慮單重激發態下的能量轉移時相當於螢光量子產率，而當考慮三重激發態下的能量轉移時相當於磷光量子產率)， K^2 表示主體分子和客體分子的躍遷偶極矩的配向的係數(0至4)。此外，在無規配向中， $K^2=2/3$ 。

[0150]

《德克斯特機制(電子交換交互作用)》

在德克斯特機制中，主體分子和客體分子接近於產生軌道的重疊的接觸有效距離，藉由交換激發態的主體分子的電子和基態的客體分子的電子，發生能量轉移。算式(2)示出德克斯特機制的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ 。

[0151]

[算式 2]

$$k_{h^* \rightarrow g} = \left(\frac{2\pi}{h} \right) K^2 \exp\left(-\frac{2R}{L} \right) \int f'_h(\nu) \epsilon'_g(\nu) d\nu \quad (2)$$

[0152] 在算式(2)中， h 表示普朗克常數， K 表示具有能量維數(energy dimension)的常數， ν 表示頻率， $f'_h(\nu)$ 表示主體分子的正規化發射光譜(當考慮單重激發態下的能量轉移時相當於螢光光譜，而當考慮三重激發態下的能量轉移時相當於磷光光譜)， $\epsilon'_g(\nu)$ 表示客體分子的正規化吸收光譜， L 表示有效分子半徑， R 表示主體分子和客體分子的分子間距離。

[0153] 在此，算式(3)表示從主體分子到客體分子的能量轉移效率 Φ_{ET} 。此算式中， k_r 表示發光過程(當考慮單重激發態下的能量轉移時相當於螢光，而當考慮三重激發態下的能量轉移時相當於磷光)的速度常數， k_n 表示非發光過程(熱失活或系間竄躍)的速度常數， τ 表示所測量的激發態的壽命。

[0154]

[算式 3]

$$\Phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \rightarrow g}} \quad (3)$$

[0155] 首先從算式(3)可知，為了提高能量轉移效率 Φ_{ET} ，使能量轉移的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ 比其他競爭的速度常數 $k_r + k_n (=1/\tau)$ 大得多即可。並且，為了增大該能量轉移的速度常數 $k_{h^* \rightarrow g}$ ，從算式(1)及算式(2)可知，在福斯特機制及德克斯特機制中，主體分子的發射光譜(當考慮單重激發態下的能量轉移時相當於螢光光譜，而當考慮三重激發態下的能量轉移時相當於磷光光譜)與客體分子的吸收光譜的重疊越大越好。

[0156] 在此，在考慮到主體分子的發射光譜和客體分子的吸收光譜的重疊的情況下，客體分子的吸收光譜中的最長波長(低能量)一側的吸收帶是很重要的。

[0157] 在本實施方式中，作為客體材料使用磷光化合物。在磷光化合物的吸收光譜中，最有助於發光的吸收帶位於相當於從基態到三重激發態的直接躍遷的吸收波長附近，這是呈現在最長波長一側的吸收帶。由此，較佳的是，主體材料的發射光譜(螢光光譜及磷光光譜)與磷光化合物的吸收光譜的最長波長一側的吸收帶重疊。

[0158] 例如，大部分有機金屬錯合物，尤其是發光銻錯合物，在最長波長一側的吸收帶在 500nm 至 600nm 附近出現寬吸收帶。該吸收帶主要來源於三重 MLCT(從金屬到配體的電荷轉移：Metal to Ligand Charge Transfer)躍遷。但是，可以認為在該吸收帶的一部分中也包括來源

於三重 $\pi-\pi^*$ 躍遷或單重 MLCT 躍遷的吸收，這些吸收互相重疊，在吸收光譜的最長波長一側形成寬吸收帶。因此，在作為客體材料使用有機金屬錯合物(尤其是銻錯合物)時，如上所述那樣，較佳為使位於最長波長一側的寬吸收帶與主體材料的發射光譜大部分地重疊。

[0159] 在此首先，考慮由主體材料的三重激發態的能量轉移。根據上述可知，在由三重激發態的能量轉移中，只要使主體材料的磷光光譜與客體材料的最長波長一側的吸收帶大部分地重疊即可。

[0160] 然而，此時成為問題的是由主體分子的單重激發態的能量轉移。在除了由三重激發態的能量轉移以外，還高效地進行由單重激發態的能量轉移時，從上述可知，除了主體材料的磷光光譜以外，還需要以使螢光光譜與客體材料的最長波長一側的吸收帶重疊的方式設計主體材料。換言之，若不以主體材料的螢光光譜位於與磷光光譜大致相同的位置的方式設計主體材料，則不能高效地進行由主體材料的單重激發態及三重激發態的兩者的能量轉移。

[0161] 另一方面，一般而言，由於 S_1 能階與 T_1 能階大不相同(S_1 能階 $>$ T_1 能階)，所以螢光的發射波長與磷光的發射波長也大不相同(螢光的發射波長 $<$ 磷光的發射波長)。例如，在使用磷光化合物的發光元件中，通常使用的 4,4'-二(N-咔唑基)聯苯(簡稱：CBP)的磷光光譜位於 500nm 附近，而其螢光光譜位於 400nm 附近，兩者之間具

有 100nm 的差異。從上述例子來看，以主體材料的螢光光譜位於與磷光光譜大致相同的位置的方式設計主體材料是極為困難的。

[0162] 另外，因為 S_1 能階高於 T_1 能階，所以螢光光譜位於與客體材料的最長波長一側的吸收光譜接近的波長的主體材料的 S_1 能階低於客體材料的 T_1 能階。

[0163] 於是，當作為發光物質使用磷光發光物質時，除了主體材料以及發光材料之外，發光層還包括第三物質，其中，主體材料與第三物質的組合較佳為形成激態錯合物(也稱為“exciplex”)的組合。

[0164] 此時，當在發光層中載子(電子及電洞)再結合時，主體材料和第三物質形成激態錯合物。激態錯合物的螢光光譜位於比單個主體材料的螢光光譜以及單個第三物質的螢光光譜長波長一側，因此在主體材料以及第三物質的 T_1 能階保持高於客體材料的 T_1 能階的狀態下，可以最大限度地提高由單重激發態的能量轉移。另外，因為激態錯合物的 T_1 能階與 S_1 能階相互接近，所以螢光光譜與磷光光譜位於大致相同的位置。由此，可以使相當於客體分子從單重基態到三重激發態的遷移的吸收(客體分子的吸收光譜中的位於最長波長一側的寬吸收帶)與激態錯合物的螢光光譜及磷光光譜的兩者大部分地重疊，從而能夠得到能量轉移效率高的發光元件。

[0165] 作為第三物質，可以使用可用作上述主體材料或添加物的材料。另外，作為主體材料與第三物質的組

合，只要是形成激態錯合物的組合即可，但較佳的是容易接受電子的化合物(具有電子傳輸性的化合物)與容易接受電洞的化合物(具有電洞傳輸性的化合物)的組合。

[0166] 在使用具有電子傳輸性的化合物和具有電洞傳輸性的化合物構成主體材料和第三物質的情況下，也可以藉由調節兩者的混合比來控制載子平衡。明確而言，主體材料與第三物質(或添加物)的比例較佳為 1 : 9 至 9 : 1。注意，此時，也可以將分散有一種發光物質的發光層分成為兩層，並且使該兩層中的主體材料與第三物質的混合比不同。由此，可以對發光元件的載子平衡進行最佳化，從而可以提高使用壽命。另外，也可以將一個的發光層用作電洞傳輸層而將另一個發光層用作電子傳輸層。

[0167] 在具有如上所述那樣的結構的發光層由多個材料構成時，可以藉由利用真空蒸鍍法的共蒸鍍、使用材料溶液的噴墨法、旋塗法或浸漬塗布法等來製造。

[0168] 電子傳輸層 114 是包含具有電子傳輸性的物質的層。例如，電子傳輸層 114 是由如下具有喹啉骨架或苯並喹啉骨架的金屬錯合物等構成的層：三(8-羥基喹啉)鋁(簡稱：Alq)、三(4-甲基-8-羥基喹啉)鋁(簡稱：Almq₃)、雙(10-羥基苯並[h]喹啉)鋁(簡稱：BeBq₂)、雙(2-甲基-8-羥基喹啉)(4-苯基苯酚)鋁(簡稱：BA1q)等。除此之外，還可以使用雙[2-(2-羥基苯基)苯並噁唑]鋅(簡稱：Zn(BOX)₂)、雙[2-(2-羥基苯基)苯並噻唑]鋅(簡稱：Zn(BTZ)₂)等具有噁唑類、噻唑類配體的金屬錯合物等。

再者，除了金屬錯合物之外，還可以使用 2-(4-聯苯基)-5-(4-三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑(簡稱：PBD)、1,3-雙[5-(對三級丁基苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(簡稱：OXD-7)、3-(4-聯苯基)-4-苯基-5-(4-三級丁基苯基)-1,2,4-三唑(簡稱：TAZ)、紅啡啉(簡稱：BPhen)、浴銅靈(簡稱：BCP)等。在此所述的物質主要是電子移動率為 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的物質。注意，只要是其電子傳輸性比電洞傳輸性高的物質，就可以作為電子傳輸層使用上述以外的物質。

[0169] 另外，也可以作為構成電子傳輸層 114 的材料使用具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物。由於該具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物具有大能帶間隙以及高三重激發能階(T_1 能階)，所以能夠有效地防止在發光層中激發能量轉移到電子傳輸層 114，從而能夠抑制起因於激發能量轉移的發光效率的降低，還能夠得到發光效率高的發光元件。此外，具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的載子傳輸性高，因此能夠提供一種驅動電壓低的發光元件。

[0170] 另外，電子傳輸層也可以是由上述物質構成的層的兩層以上的疊層，而不侷限於單層。

[0171] 另外，也可以在電子傳輸層與發光層之間設置控制電子載子的移動的層。這是對如上所述那樣的電子傳輸性高的材料添加少量的電子捕獲性高的物質而成的層，並且藉由抑制電子載子的移動，可以調節載子平衡。這種結構對由於電子穿過發光層而發生的問題(例如，元件使用壽命的降低)的抑制發揮很大的效果。

[0172] 此外，發光層的主體材料和構成電子傳輸層的材料較佳為具有相同的骨架。由此，更容易進行載子的移動，從而可以降低驅動電壓。並且，更有效的是上述主體材料和構成電子傳輸層的材料是相同的材料。

[0173] 另外，還可以在電子傳輸層 114 與第二電極 102 之間以接觸於第二電極 102 的方式設置電子注入層 115。作為電子注入層 115，可以使用鋰、鈣、氟化鋰 (LiF)、氟化銫 (CsF)、氟化鈣 (CaF₂) 等。此外，也可以使用具有電子傳輸性的物質與對該物質具有電子給予性的物質 (以下就稱為電子給予性物質) 的複合材料。作為電子給予性物質，可以舉出鹼金屬、鹼土金屬或它們的化合物。此外，藉由作為電子注入層 115 使用這種複合材料，可以有效地進行從第二電極 102 的電子注入，因此是更佳的。藉由採用該結構，作為陰極，除了功函數小的材料之外還可以使用其他導電材料。

[0174] 作為形成用作陰極的電極的物質，可以使用功函數小 (具體為 3.8 eV 以下) 的金屬、合金、導電化合物以及這些的混合物等。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，即鋰 (Li) 或銫 (Cs) 等鹼金屬、鎂 (Mg)、鈣 (Ca) 或銦 (Sr) 等鹼土金屬、包含這些金屬的合金 (MgAg、AlLi)、鎔 (Eu) 或鐿 (Yb) 等稀土金屬以及包含這些稀土金屬的合金等。然而，藉由在第二電極 102 與電子傳輸層之間設置電子注入層，可以不顧及功函數的大小而將各種導電材料，諸如 Al、Ag、

ITO、包含矽或氧化矽的氧化銻-氧化錫等用於第二電極 102。這些導電材料可以藉由濺射法、噴墨法、旋塗法等形成。

[0175] 另外，作為 EL 層 103 的形成方法，無論是乾處理還是濕處理，都可以使用各種方法。例如，也可以使用真空蒸鍍法、噴墨法或旋塗法等。另外，也可以根據各電極或各層使用不同的成膜方法來形成。

[0176] 電極既可以藉由利用溶膠-凝膠法的濕處理形成，又可以藉由利用金屬材料的膏劑的濕處理形成。另外，也可以藉由濺射法或真空蒸鍍法等乾處理形成。

[0177] 注意，設置於第一電極 101 與第二電極 102 之間的 EL 層的結構不侷限於上述結構。但是，較佳為採用在離第一電極 101 及第二電極 102 遠的部分設置電洞與電子再結合的發光區域的結構，以便抑制由於發光區域與用於電極或載子注入層的金屬的接近而發生的淬滅。

[0178] 另外，為了抑制由在發光層中產生的激子的能量轉移，直接接觸於發光層的電洞傳輸層或電子傳輸層，尤其是直接接觸於接近發光層 113 中的發光區域一側的載子傳輸層較佳為使用具有比發光層的發光物質或者包含在發光層中的發光物質大的能隙的物質構成。

[0179] 在具有如上所述那樣的結構的發光元件中，電流因在第一電極 101 與第二電極 102 之間產生的電位差而流動，並且電洞和電子在作為包含發光性高的物質的層的發光層 113 中再結合，以進行發光。即，採用在發光層

113 中形成發光區域的結構。

[0180] 光經過第一電極 101 和第二電極 102 中的任一者或兩者被提取到外面。因此，第一電極 101 和第二電極 102 中的任一者或兩者由具有透光性的電極構成。當只有第一電極 101 具有透光性時，光經過第一電極 101 從基板一側被提取。另外，當只有第二電極 102 具有透光性時，光經過第二電極 102 從與基板相反一側被提取。當第一電極 101 和第二電極 102 都具有透光性時，光經過第一電極 101 及第二電極 102 從基板一側及與基板的相反一側被提取。

[0181] 由於本實施方式的發光元件使用能隙大的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物形成，所以即使發光物質是能隙大且發射藍色的螢光物質或能隙大且發射綠色與藍色之間的顏色的磷光物質，也能夠高效率地進行發光，從而可以得到發光效率高的發光元件。由此，能夠提供耗電量更低的發光元件。另外，由於具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物具有高載子傳輸性，所以能夠提供驅動電壓低的發光元件。

[0182] 將由玻璃或塑膠等構成的基板用作支撐體來製造這種發光元件即可。藉由在一個基板上形成多個這種發光元件，可以製造被動矩陣型發光裝置。或者，也可以在由玻璃或塑膠等構成的基板上形成電晶體，並且在與電晶體電連接的電極上製造該發光元件。由此，可以製造主動矩陣型發光裝置，在該裝置中電晶體控制發光元件的驅

動。注意，對電晶體的結構沒有特別的限制，可以使用交錯 TFT 或反交錯 TFT。另外，對用於 TFT 的半導體的結晶度也沒有特別的限制。此外，在 TFT 基板中形成的驅動電路可以由 N 型和 P 型中的任何一種或兩種形成。作為構成 TFT 的半導體層的材料，只要是矽(Si)及鍺(Ge)等元素週期表中的第 14 族元素、砷化鎵及磷化銦等化合物以及氧化鋅及氧化錫等氧化物等呈現半導體特性的物質，就可以使用任何材料。作為呈現半導體特性的氧化物(氧化物半導體)，可以使用選自銦、鎵、鋁、鋅以及錫中的元素的複合氧化物。例如，可以舉出氧化鋅(ZnO)、含有氧化鋅的氧化銦(IZO: Indium Zinc Oxide)、由氧化銦、氧化鎵、氧化鋅構成的氧化物(IGZO: Indium Gallium Zinc Oxide)。另外，也可以使用有機半導體。該半導體層的結構可以為結晶結構或非晶結構。此外，作為結晶結構的半導體層的具體例子，可以舉出單晶半導體、多晶半導體或微晶半導體。

實施方式 4

[0183] 在本實施方式中，參照圖 1B 說明具有層疊有多個發光單元的結構的發光元件(以下也稱為疊層型元件)的方式。該發光元件是在第一電極與第二電極之間具有多個發光單元的發光元件。一個發光單元具有與實施方式 3 所示的 EL 層 103 同樣的結構。即，可以說實施方式 3 所示的發光元件是具有一個發光單元的發光元件，而本實施

方式所示的發光元件是具有多個發光單元的發光元件。

[0184] 在圖 1B 中，在第一電極 501 與第二電極 502 之間層疊有第一發光單元 511 和第二發光單元 512，並且在第一發光單元 511 與第二發光單元 512 之間設置有電荷產生層 513。第一電極 501 和第二電極 502 分別相當於實施方式 3 中的第一電極 101 和第二電極 102，並且可以應用與實施方式 3 所說明的材料同樣的材料。另外，第一發光單元 511 和第二發光單元 512 可以具有相同結構或不同結構。

[0185] 電荷產生層 513 包含由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料。作為該由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料，可以使用實施方式 3 所示的可用於電洞注入層的複合材料。作為有機化合物，可以使用芳香胺化合物、吡啶化合物、芳烴、高分子化合物(低聚物、樹枝狀聚合物、聚合物等)等各種化合物。另外，作為有機化合物，較佳為使用其電洞移動率為 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的有機化合物。但是，只要是其電洞傳輸性高於電子傳輸性的物質，就可以使用這些以外的物質。因為由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料具有良好的載子注入性以及載子傳輸性，所以可以實現低電壓驅動以及低電流驅動。注意，在陽極一側的介面接觸於電荷產生層的發光單元中，電荷產生層還可以具有電洞傳輸層的功能，所以也可以不設置電洞傳輸層。

[0186] 注意，電荷產生層 513 也可以藉由採用組合

包含由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料的層與其他材料構成的層的疊層結構形成。例如，也可以藉由組合包含由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料的層與包含選自電子給予性物質中的一個化合物和具有高電子傳輸性的化合物的層形成。另外，也可以藉由組合包含由有機化合物和金屬氧化物構成的複合材料的層與透明導電膜形成。

[0187] 總之，夾在第一發光單元 511 與第二發光單元 512 之間的電荷產生層 513 只要具有在將電壓施加到第一電極 501 和第二電極 502 時，將電子注入到一者發光單元且將電洞注入到另一者發光單元的結構即可。例如，在圖 1B 中，電荷產生層 513 具有在以使第一電極的電位高於第二電極的電位的方式施加電壓時，將電子注入到第一發光單元 511 且將電洞注入到第二發光單元 512 的結構即可。

[0188] 雖然在本實施方式中說明了具有兩個發光單元的發光元件，但是可以同樣地應用層疊有三個以上的發光單元的發光元件。如根據本實施方式的發光元件那樣，藉由在一對電極之間以由電荷產生層將其隔開的方式來配置多個發光單元，該發光元件在保持低電流密度的同時還可以進行高亮度發光，並且可以實現使用壽命更長的發光元件。另外，還可以實現能夠進行低電壓驅動且耗電量低的發光裝置。

[0189] 此外，藉由使各發光單元的發光顏色不同，

可以以整個發光元件得到所希望的顏色的發光。例如，藉由在具有兩個發光單元的發光元件中使第一發光單元的發光顏色和第二發光單元的發光顏色成為互補色關係，可以實現以整個發光元件發射白色光的發光元件。注意，互補色是指當顏色混合時得到無彩色的顏色關係。即，當混合互補色關係的顏色的光時，可以得到白色光。另外，具有三個發光單元的發光元件也是同樣的，例如，在第一發光單元的發光顏色是紅色，第二發光單元的發光顏色是綠色，第三發光單元的發光顏色是藍色的情況下，可以以整個發光元件發射白色光。此外，藉由在一者的發光單元中應用使用磷光物質的發光層而在另一者的發光單元中應用使用螢光物質的發光層，能夠在一個發光元件中高效地得到螢光發光和磷光發光的兩者。例如，藉由在一者的發光單元中得到紅色和綠色的磷光發光而在另一者發光單元中得到藍色的螢光發光，能夠得到發光效率高的白色發光。

[0190] 因為本實施方式的發光元件包含具有苯並咪唑並嘧啶骨架的化合物，所以可以得到發光效率高的發光元件。另外，還可以得到驅動電壓低的發光元件。此外，由於包含該化合物的發光單元可以得到來源於發光物質的高色純度的光，所以容易調變發光元件整體的顏色。

[0191] 注意，本實施方式可以與其他實施方式適當地組合。

[0192]
實施方式 5

在本實施方式中，說明使用包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件的發光裝置。

[0193] 在本實施方式中，參照圖 3A 和圖 3B 說明使用包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件來製造的發光裝置的一個例子。另外，圖 3A 是示出發光裝置的俯視圖，圖 3B 是沿圖 3A 中的 A-B 以及 C-D 切割的剖面圖。該發光裝置包括以虛線表示的用來控制發光元件 618 的發光的驅動電路部(源極一側驅動電路)601、像素部 602 以及驅動電路部(閘極一側驅動電路)603。另外，元件符號 604 是密封基板，元件符號 625 是乾燥劑、元件符號 605 是密封材料，由密封材料 605 圍繞的內側是空間 607。

[0194] 另外，引導佈線 608 是用來傳送輸入到源極一側驅動電路 601 及閘極一側驅動電路 603 的信號的佈線，並且從用作外部輸入端子的 FPC(撓性印刷電路)609 接收視訊信號、時脈信號、啟動信號、重設信號等。另外，雖然在此只圖示 FPC，但是該 FPC 也可以安裝有印刷線路板(PWB)。本說明書中的發光裝置不僅包括發光裝置主體，並且還包括安裝有 FPC 或 PWB 的發光裝置。

[0195] 接下來，參照圖 3B 說明剖面結構。在元件基板 610 上形成有驅動電路部及像素部，在此示出作為驅動電路部的源極一側驅動電路 601 及像素部 602 中的一個像素。

[0196] 另外，在源極一側驅動電路 601 中，形成組

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

[0197] 此外，像素部 602 由包括開關用 TFT611、電流控制用 TFT612、電連接於該電流控制用 TFT612 的汲極電極的第一電極 613 的多個像素形成。另外，以覆蓋第一電極 613 的端部的方式形成有絕緣物 614。在此，可以使用正型的光敏樹脂膜來形成絕緣物 614。

[0198] 另外，為了提高形成於絕緣物 614 上的膜的覆蓋率，將絕緣物 614 的上端部或下端部形成為具有曲率的曲面。例如，在作為絕緣物 614 的材料使用正型的光敏丙烯酸樹脂的情況下，較佳為使只有絕緣物 614 的上端部包括具有曲率半徑(0.2 μm 至 3 μm)的曲面。此外，作為絕緣物 614，可以使用負型光敏材料或正型光敏材料。

[0199] 在第一電極 613 上形成有 EL 層 616 及第二電極 617。在此，作為用作陽極的第一電極 613 的材料較佳為使用功函數大的材料。例如，除了 ITO 膜、包含矽的銦錫氧化物膜、包含 2wt%至 20wt%的氧化鋅的氧化銦膜、氮化鈦膜、鉻膜、鎢膜、Zn 膜、Pt 膜等的單層膜以外，還可以使用由氮化鈦膜和以鋁為主要成分的膜構成的疊層膜以及由氮化鈦膜、以鋁為主要成分的膜和氮化鈦膜構成

的三層結構膜等。疊層結構達成低佈線電阻、良好的歐姆接觸，並且可以將其用作陽極。

[0200] 另外，EL 層 616 藉由使用蒸鍍遮罩的蒸鍍法、噴墨法、旋塗法等各種方法形成。EL 層 616 包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物。此外，作為構成 EL 層 616 的其他材料，也可以使用低分子化合物、或者高分子化合物(包含低聚物、樹枝狀聚合物)。

[0201] 另外，作為形成在 EL 層 616 上並用作陰極的第二電極 617 的材料，較佳為使用功函數小的材料(Al、Mg、Li、Ca、或它們的合金及化合物、MgAg、MgIn、AlLi 等)。注意，當使產生在 EL 層 616 中的光透過第二電極 617 時，作為第二電極 617 較佳為使用由膜厚度減薄了的金屬薄膜和透明導電膜(ITO、包含 2wt%至 20wt%的氧化鋅的氧化銻、包含矽的銻錫氧化物、氧化鋅(ZnO)等)構成的疊層結構。

[0202] 此外，發光元件由第一電極 613、EL 層 616、第二電極 617 形成。該發光元件具有實施方式 3 或實施方式 4 所示的結構。另外，像素部由多個發光元件構成，本實施方式的發光裝置也可以包括具有實施方式 3 或實施方式 4 所說明的結構的發光元件和具有其他結構的發光元件的兩者。

[0203] 再者，藉由利用密封材料 605 將密封基板 604 與元件基板 610 貼合在一起，在由元件基板 610、密封基板 604 及密封材料 605 圍繞的空間 607 中設置有發光元件

618。另外，在空間 607 中填充有填充劑，除了填充有惰性氣體(氮、氬等)以外，還有時填充有樹脂或乾燥材料、或者樹脂與乾燥材料兩者。

[0204] 作為密封材料 605，較佳為使用環氧類樹脂或玻璃粉。另外，這些材料較佳為儘量不使水分、氧透過的材料。此外，作為用於密封基板 604 的材料，除了玻璃基板、石英基板之外，還可以使用由 FRP(Fiber Reinforced Plastics：纖維強化塑膠)、PVF(聚氟乙烯)、聚酯或丙烯酸樹脂等構成的塑膠基板。

[0205] 如上所述，可以得到使用包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件製造的發光裝置。

[0206] 圖 4A 和圖 4B 示出藉由形成呈現白色發光的發光元件且設置著色層(濾色片)等來實現全彩色化的發光裝置的例子。圖 4A 示出基板 1001、基底絕緣膜 1002、閘極絕緣膜 1003、閘極電極 1006、1007、1008、第一層間絕緣膜 1020、第二層間絕緣膜 1021、周邊部 1042、像素部 1040、驅動電路部 1041、發光元件的第一電極 1024W、1024R、1024G、1024B、分隔壁 1025、EL 層 1028、發光元件的第二電極 1029、密封基板 1031、密封材料 1032 等。

[0207] 在圖 4A 中，將著色層(紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G、藍色著色層 1034B)設置於透明基材 1033 上。另外，還可以設置黑色層(黑矩陣)1035。對設置有著色層及黑色層的透明基材 1033 進行對準將其固定到

基板 1001。此外，著色層及黑色層由覆蓋層 1036 覆蓋。另外，圖 4A 示出光不透過著色層而透射到外部的發光層及光透過各顏色的著色層而透射到外部的發光層，不透過著色層的光成為白色光且透過著色層的光成為紅色光、藍色光、綠色光，因此能夠以四個顏色的像素呈現影像。

[0208] 圖 4B 示出將著色層(紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G、藍色著色層 1034B)形成在閘極絕緣膜 1003 與第一層間絕緣膜 1020 之間的例子。如圖 4B 所示，也可以將著色層設置在基板 1001 與密封基板 1031 之間。

[0209] 另外，雖然上面說明了具有在形成有 TFT 的基板 1001 一側取出光的結構(底部發射型)的發光裝置，但是也可以採用具有在密封基板 1031 一側取出光的結構(頂部發射型)的發光裝置。圖 5 示出頂部發射型發光裝置的剖面圖。在此情況下，基板 1001 可以使用不使光透過的基板。直到製造連接 TFT 與發光元件的陽極的連接電極為止的製程與底部發射型發光裝置同樣地進行。然後，以覆蓋電極 1022 的方式形成第三層間絕緣膜 1037。該第三層間絕緣膜也可以具有平坦化的功能。第三層間絕緣膜 1037 可以使用與第二層間絕緣膜相同的材料或其他已知的材料形成。

[0210] 雖然在此將發光元件的第一電極 1024W、1024R、1024G、1024B 都用作陽極，但也可以將其用作陰極。另外，在採用如圖 5 所示的頂部發射型發光裝置的情

況下，第一電極較佳為反射電極。EL 層 1028 的結構採用如實施方式 3 或實施方式 4 所說明那樣的結構，並且採用能夠得到白色發光的元件結構。

[0211] 在圖 4A 和圖 4B 以及圖 5 中，藉由使用多個發光層或者使用多個發光單元等來實現能夠得到白色發光的 EL 層的結構。當然，能夠得到白色發光的結構不侷限於此。

[0212] 在採用如圖 5 所示的頂部發射結構的情況下，可以使用設置有著色層(紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G、藍色著色層 1034B)的密封基板 1031 進行密封。也可以在密封基板 1031 上設置有位於像素與像素之間黑色層(黑矩陣)1035。著色層(紅色著色層 1034R、綠色著色層 1034G、藍色著色層 1034B)、黑色層(黑矩陣)也可以如圖 4A 所示那樣由覆蓋層覆蓋。另外，作為密封基板 1031 使用具有透光性的基板。

[0213] 另外，雖然在此示出了以紅色、綠色、藍色、白色的四個顏色進行全彩色顯示的例子，但並不侷限於此，也可以以紅色、綠色、藍色的三個顏色進行全彩色顯示。

[0214] 因為本實施方式的發光裝置使用實施方式 3 或實施方式 4 所記載的發光元件(包含具有苯並咪唑並嘧啶骨架的化合物的發光元件)，所以可以得到具有良好的特性的發光裝置。明確而言，具有苯並咪唑並嘧啶骨架的化合物具有大的能隙或高三重激發能階(T_1 能階)，可以抑

制由發光物質的能量轉移，因此能夠提供發光效率高的發光元件，從而能夠實現耗電量降低了的發光裝置。另外，具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的載子傳輸性高，因此能夠得到驅動電壓低的發光元件，從而能夠得到驅動電壓低的發光裝置。

[0215] 上面說明了主動矩陣型發光裝置，下面將說明被動矩陣型發光裝置。圖 6A 和圖 6B 示出藉由本發明的應用製造的被動矩陣型發光裝置。另外，圖 6A 是表示發光裝置的透視圖，並且圖 6B 是沿圖 6A 中的 X-Y 切割的剖面圖。在圖 6A 和圖 6B 中，在基板 951 上的電極 952 與電極 956 之間設置有 EL 層 955。電極 952 的端部由絕緣層 953 覆蓋。在絕緣層 953 上設置有分隔壁層 954。分隔壁層 954 的側壁具有如下傾斜：越接近基板表面，兩個側壁之間間隔越窄。即，分隔壁層 954 的短邊方向的剖面是梯形，底邊(朝向與絕緣層 953 的面方向相同的方向並與絕緣層 953 接觸的邊)短於上邊(朝向與絕緣層 953 的面方向相同的方向並不與絕緣層 953 接觸的邊)。藉由如此設置分隔壁層 954，可以防止起因於靜電等的發光元件的不良。此外，在被動矩陣型發光裝置中，也藉由使用以低電壓驅動的實施方式 3 或實施方式 4 所記載的發光元件(包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件)，能夠以低耗電量驅動。

[0216] 上述發光裝置能夠控制配置為矩陣狀的微小的多個發光元件中的每一個，所以該發光裝置適用於進行

影像顯示的顯示裝置。

[0217]

實施方式 6

在本實施方式中，說明在其一部分包括實施方式 3 或實施方式 4 所示的發光元件的電子裝置。由於實施方式 3 或實施方式 4 所記載的發光元件包括包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件，因此該發光元件是耗電量降低了的發光元件，其結果，作為本實施方式所記載的電子裝置能夠實現具有耗電量降低了的顯示部的電子裝置。另外，實施方式 3 或實施方式 4 所記載的發光元件是驅動電壓低的發光元件，從而能夠實現驅動電壓低的電子裝置。

[0218] 作為應用上述發光元件的電子裝置，例如可以舉出電視機(也稱為電視或電視接收機)、用於電腦等的顯示器、數位相機、數位攝影機、數位相框、行動電話機(也稱為行動電話、行動電話裝置)、可攜式遊戲機、可攜式資訊終端、音頻再生裝置、大型遊戲機如彈珠機等。下面示出這些電子裝置的具體例子。

[0219] 圖 7A 示出電視機的一個例子。在電視機中，外殼 7101 組裝有顯示部 7103。此外，在此示出利用支架 7105 支撐外殼 7101 的結構。可以利用顯示部 7103 顯示影像，將與實施方式 3 或實施方式 4 所說明的發光元件同樣的發光元件排列為矩陣狀構成顯示部 7103。因為該發光元件包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物，所以可以

為發光效率高的發光元件。另外，還可以為驅動電壓低的發光元件。因此，包括由該發光元件構成的顯示部 7103 的電視機可以為具有耗電量降低與驅動電壓低的電視機。

[0220] 可以藉由利用外殼 7101 所具備的操作開關或另外提供的遙控器 7110 進行電視機的操作。藉由利用遙控器 7110 所具備的操作鍵 7109，可以進行頻道及音量的操作，並可以對在顯示部 7103 上顯示的影像進行操作。此外，也可以在遙控器 7110 中設置顯示從該遙控器 7110 輸出的資訊的顯示部 7107。

[0221] 另外，電視機具備有接收機及數據機等。可以藉由利用接收機接收一般的電視廣播。再者，藉由數據機將電視機連接到有線或無線方式的通信網路，從而可以進行單向(從發送者到接收者)或雙向(發送者和接收者之間或接收者之間等)的資訊通信。

[0222] 圖 7B 示出電腦，包括主體 7201、外殼 7202、顯示部 7203、鍵盤 7204、外部連接埠 7205、指向裝置 7206 等。另外，將與實施方式 3 或實施方式 4 所說明的發光元件同樣的發光元件排列為矩陣狀而將其用於顯示部 7203 來製造該電腦。因為該發光元件包含具有苯並咪喃並嘧啶骨架的化合物，所以可以為發光效率高的發光元件。還可以為驅動電壓低的發光元件。因此，包括由該發光元件構成的顯示部 7203 的電腦可以具有降低了的耗電量以及低驅動電壓。

[0223] 圖 7C 示出可攜式遊戲機，包括外殼 7301 和

外殼 7302 的兩個外殼，並且藉由聯結部 7303 可以開閉地連接。外殼 7301 組裝有將與實施方式 3 或實施方式 4 所說明的發光元件同樣的發光元件排列為矩陣狀來製造的顯示部 7304，而外殼 7302 組裝有顯示部 7305。此外，圖 7C 所示的可攜式遊戲機還具備揚聲器部 7306、記錄媒體插入部 7307、LED 燈 7308、輸入單元(操作鍵 7309、連接端子 7310、感測器 7311(包括測定如下因素的功能：力量、位移、位置、速度、加速度、角速度、轉動數、距離、光、液、磁、溫度、化學物質、聲音、時間、硬度、電場、電流、電壓、電力、輻射線、流量、濕度、斜率、振動、氣味或紅外線)、麥克風 7312)等。當然，可攜式遊戲機的結構不侷限於上述結構，只要在顯示部 7304 及顯示部 7305 的兩者或一者中使用將與實施方式 3 或實施方式 4 所說明的發光元件同樣的發光元件排列為矩陣狀來製造的顯示部即可，還可以採用適當地設置其他輔助設備的結構。圖 7C 所示的可攜式遊戲機具有讀出儲存在儲存介質中的程式或資料並將其顯示在顯示部上的功能、以及藉由與其他可攜式遊戲機進行無線通訊而實現資訊共用的功能。另外，圖 7C 所示的可攜式遊戲機的功能不侷限於此，而可以具有各種各樣的功能。在包括如上所述那樣的顯示部 7304 的可攜式遊戲機中，因為用於顯示部 7304 的發光元件包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物，所以該發光元件具有高發光效率，因此可以為耗電量降低了的可攜式遊戲機。此外，藉由使用於顯示部 7304 的發光元件

包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物，可以以低電壓驅動該發光元件，從而可以為驅動電壓低的可攜式遊戲機。

[0224] 圖 7D 示出行動電話機的一個例子。行動電話機除了組裝在外殼 7401 中的顯示部 7402 之外還具備操作按鈕 7403、外部連接埠 7404、揚聲器 7405 以及麥克風 7406 等。另外，該行動電話機包括將與實施方式 3 或實施方式 4 所說明的發光元件同樣的發光元件排列為矩陣狀來製造的顯示部 7402。因為該發光元件包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物，所以可以為發光效率高的發光元件。還可以為驅動電壓低的發光元件。因此，包括由該發光元件構成的顯示部 7402 的行動電話機可以具有低耗電量與低驅動電壓。

[0225] 圖 7D 所示的行動電話機也可以採用用手指等觸摸顯示部 7402 來輸入資訊的結構。此時，可以用手指等觸摸顯示部 7402 來進行打電話或編寫電子郵件的操作。

[0226] 顯示部 7402 的螢幕主要有如下三個模式：第一是以影像顯示為主的顯示模式；第二是以文字等資訊輸入為主的輸入模式；第三是混合顯示模式與輸入模式的兩個模式的顯示及輸入模式。

[0227] 例如，在打電話或編寫電子郵件時，將顯示部 7402 設定為以文字輸入為主的文字輸入模式，並進行顯示在螢幕的文字的輸入操作，即可。在此情況下，較佳的是，在顯示部 7402 的螢幕的大部分上顯示鍵盤或號碼

按鈕。

[0228] 另外，藉由在行動電話機內部設置具有陀螺儀和加速度感測器等檢測傾斜度的感測器的檢測裝置，判斷行動電話機的方向(縱向或橫向)，而可以對顯示部 7402 的螢幕顯示進行自動切換。

[0229] 此外，藉由觸摸顯示部 7402 或對外殼 7401 的操作按鈕 7403 進行操作來切換螢幕模式。也可以根據顯示在顯示部 7402 上的影像種類切換螢幕模式。例如，當顯示在顯示部上的影像信號為動態影像的資料時，將螢幕模式切換成顯示模式，而當顯示在顯示部上的影像信號為文字資料時，將螢幕模式切換成輸入模式。

[0230] 另外，當在輸入模式下藉由檢測出顯示部 7402 的光感測器所檢測的信號得知在一定期間內沒有顯示部 7402 的觸摸操作輸入時，也可以控制為將螢幕模式從輸入模式切換成顯示模式。

[0231] 還可以將顯示部 7402 用作影像感測器。例如，藉由用手掌或手指觸摸顯示部 7402，來拍攝掌紋、指紋等，而可以進行身份識別。此外，藉由在顯示部中使用發射近紅外光的背光或感測光源，也可以得到手指靜脈、手掌靜脈等影像。

[0232] 另外，本實施方式所示的結構可以適當地與實施方式 1 至 5 所示的結構組合而使用。

[0233] 如上所述，具備實施方式 3 或實施方式 4 所說明的包含具有苯並咪喃並嘓啶骨架的化合物的發光元件

的發光裝置的應用範圍極廣，從而可以將該發光裝置應用於各種領域的電子裝置。藉由使用具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物，能夠得到耗電量降低與驅動電壓低了的電子裝置。

[0234] 另外，包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件可以用於光源裝置。參照圖 8 說明將包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件用於光源裝置的一個方式。此外，光源裝置是指作為照射光的單元包括具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件且至少包括對該發光元件供應電流的輸入輸出端子部的裝置。另外，該發光元件較佳為由密封單元與外部氛圍隔絕。

[0235] 圖 8 示出將包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件用於背光的液晶顯示裝置的一個例子。圖 8 所示的液晶顯示裝置包括外殼 901、液晶層 902、背光 903 以及外殼 904，液晶層 902 與驅動器 IC905 連接。另外，在背光 903 中使用包含上述化合物的發光元件，並且藉由端子 906 將電流供應到背光 903。

[0236] 藉由將包含上述化合物的發光元件用於液晶顯示裝置的背光，能夠得到耗電量低了的背光。另外，藉由使用含有上述化合物的發光元件，能夠製造面發光的照明裝置，還能夠實現大面積化。由此能夠實現背光的大面積化及液晶顯示裝置的大面積化。再者，使用包含上述化合物的發光元件的背光可以形成為比習知的背光更薄，所以還能夠實現顯示裝置的薄型化。

[0237] 圖 9 示出將包含具有苯並呔喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件用於作為照明裝置的檯燈的例子。圖 9 所示的檯燈包括外殼 2001 和光源 2002，並且作為光源 2002 使用包含上述化合物的發光元件。

[0238] 圖 10 示出將包含具有苯並呔喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件用於室內的照明裝置 3001 的例子。因為包含上述有機化合物的發光元件是耗電量降低了的發光元件，所以能夠實現耗電量降低了的照明裝置。另外，由於包含上述有機化合物的發光元件能夠實現大面積化，因此可以用於大面積的照明裝置。另外，因為包含上述化合物的發光元件的厚度薄，所以能夠製造薄型照明裝置。

[0239] 還可以將包含具有苯並呔喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件安裝於汽車的擋風玻璃或儀表板上。圖 11 示出將包含上述化合物的發光元件用於汽車的擋風玻璃或儀表板的一個方式。顯示區域 5000 至顯示區域 5005 為使用包含上述化合物的發光元件設置的顯示區域。

[0240] 顯示區域 5000 和顯示區域 5001 是設置於汽車的擋風玻璃上且安裝有包含上述化合物的發光元件的顯示裝置。藉由使用具有透光性的電極形成第一電極和第二電極，可以將包含上述化合物的發光元件形成為能看到對面的景色的所謂的透視式顯示裝置。如果採用透視式顯示，即使設置於汽車的擋風玻璃上，也不妨礙視界。另外，在設置用來驅動的電晶體等的情況下，較佳為使用具有透光性的電晶體，諸如使用有機半導體材料的有機電晶

體或使用氧化物半導體的電晶體等。

[0241] 顯示區域 5002 是設置於立柱部分且安裝有包含上述化合物的發光元件的顯示裝置。藉由在顯示區域 5002 上顯示來自設置於車廂上的成像單元的影像，可以補充被立柱遮擋的視界。另外，同樣地，設置於儀表板部分上的顯示區域 5003 藉由顯示來自設置於汽車外側的成像單元的影像，可以補充被車廂遮擋的視界的死角來提高安全性。藉由顯示影像以補充看不到的部分，更自然且簡單地確認安全。

[0242] 顯示區域 5004 和顯示區域 5005 可以提供導航資訊、速度表、轉速計、行車距離、加油量、排檔狀態、空調的設定等各種資訊。使用者可以適當地改變其顯示專案及佈置。另外，這些資訊也可以顯示在顯示區域 5000 至顯示區域 5003 上。此外，也可以將顯示區域 5000 至顯示區域 5005 用作照明裝置。

[0243] 藉由包含具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物，使含有該化合物的發光元件具有低驅動電壓與低耗電量。由此，即便設置如顯示區域 5000 至顯示區域 5005 那樣的多個大面積屏面，也可以減少電池的負載並舒適地使用，從而使用包含上述化合物的發光元件的發光裝置或照明裝置可以適用於車載用發光裝置或照明裝置。

[0244] 圖 12A 和圖 12B 是能夠折疊的平板終端的一個例子。圖 12A 是打開的狀態的平板終端，並且該平板終端包括外殼 9630、顯示部 9631a、顯示部 9631b、顯示模

式切換開關 9034、電源開關 9035、省電模式切換開關 9036、夾子 9033 以及操作開關 9038。此外，藉由將具備使用上述化合物的發光元件的發光裝置用於顯示部 9631a 和顯示部 9631b 的一者或兩者製造該平板終端。

[0245] 在顯示部 9631a 中，可以將其一部分用作觸控面板區域 9632a，並且可以藉由觸摸所顯示的操作鍵 9637 輸入資料。此外，作為一個例子示出顯示部 9631a 的一半只具有顯示的功能，另一半具有觸控面板的功能的結構，但是不侷限於該結構。也可以使顯示部 9631a 的所有的區域具有觸控面板的功能。例如，可以使顯示部 9631a 的整個面顯示鍵盤按鈕來將其用作觸控面板，並且將顯示部 9631b 用作顯示螢幕。

[0246] 此外，顯示部 9631b 與顯示部 9631a 同樣，也可以將其一部分用作觸控面板區域 9632b。此外，藉由使用手指或觸控筆等觸摸觸控面板上的鍵盤顯示切換按鈕 9639，可以在顯示部 9631b 上顯示鍵盤按鈕。

[0247] 此外，也可以對觸控面板區域 9632a 和觸控面板區域 9632b 同時進行觸摸輸入。

[0248] 另外，顯示模式切換開關 9034 可以選擇切換豎屏顯示和橫屏顯示等顯示的方向以及黑白顯示和彩色顯示等。省電模式切換開關 9036 可以根據平板終端所內置的光感測器所檢測的使用時的外光的光量，將顯示的亮度設定為最合適的亮度。平板終端除了光感測器以外還可以內置陀螺儀和加速度感測器等檢測傾斜度的感測器等的其

他檢測裝置。

[0249] 此外，圖 12A 示出顯示部 9631b 的顯示面積與顯示部 9631a 相同的例子，但是不侷限於此，可以使一者的尺寸和另一者的尺寸不同，也可以使它們的顯示品質有差異。例如，顯示部 9631a 和 9631b 中的一者與另一者相比可以進行高精細的顯示。

[0250] 圖 12B 是合上的狀態的平板終端，並示出本實施方式的平板終端具備外殼 9630、太陽能電池 9633、充放電控制電路 9634、電池 9635 以及 DC 對 DC 轉換器 9636 的例子。此外，在圖 12B 中，作為充放電控制電路 9634 的一個例子示出具有電池 9635 和 DC 對 DC 轉換器 9636 的結構。

[0251] 此外，平板終端能夠進行折疊，所以不使用時可以合上外殼 9630。因此，可以保護顯示部 9631a 和顯示部 9631b，從而可以提供一種具有良好的耐久性且在長期使用上具有良好的可靠性的平板終端。

[0252] 此外，圖 12A 和圖 12B 所示的平板終端還可以具有如下功能：顯示各種各樣的資訊(靜態影像、動態影像、文字影像等)的功能；將日曆、日期或時刻等顯示在顯示部上的功能；對顯示在顯示部上的資訊進行操作或編輯的觸摸輸入的功能；藉由各種各樣的軟體(程式)控制處理的功能等。

[0253] 藉由利用安裝在平板終端的表面上的太陽能電池 9633，可以將電力供應到觸控面板、顯示部或影像

信號處理部等。另外，藉由將太陽能電池 9633 設置於外殼 9630 的一個面或兩個面，可以高效地對電池 9635 進行充電，所以是較佳的。

[0254] 另外，參照圖 12C 所示的方塊圖對圖 12B 所示的充放電控制電路 9634 的結構和工作進行說明。圖 12C 示出太陽能電池 9633、電池 9635、DC 對 DC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至 SW3 以及顯示部 9631。電池 9635、DC 對 DC 轉換器 9636、轉換器 9638、開關 SW1 至 SW3 對應於圖 12B 所示的充放電控制電路 9634。

[0255] 首先，說明在利用外光使太陽能電池 9633 發電時的工作的例子。使用 DC 對 DC 轉換器 9636 對太陽能電池 9633 所產生的電力進行升壓或降壓以使它成為用來對電池 9635 進行充電的電壓。並且，當利用來自太陽能電池 9633 的電力使顯示部 9631 工作時，使開關 SW1 導通並利用轉換器 9638 將該電力升壓或降壓到顯示部 9631 所需要的電壓。另外，當不進行顯示部 9631 中的顯示時，使開關 SW1 截止且使開關 SW2 導通來對電池 9635 進行充電。

[0256] 注意，作為發電單元的一個例子示出太陽能電池 9633，但並不侷限於此，也可以使用壓電元件 (piezoelectric element) 或熱電轉換元件 (珀耳帖元件 (Peltier element)) 等其他發電單元進行電池 9635 的充電。也可以使用以無線 (不接觸) 的方式收發電力來進行充電的無線電力傳輸模組

或組合其他充電單元進行充電，並且也可以不包括發電單元。

[0257] 另外，只要具備上述顯示部 9631，就當然不侷限於圖 12A 至圖 12C 所示的電子裝置。

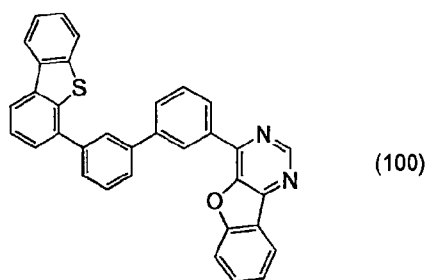
實施例 1

[0258]

《合成例 1》

在本合成例中，說明實施方式 1 所示的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的 4-[3'-(二苯並噻吩-4-基)聯苯-3-基]苯並呋喃並[3,2-d]嘧啶(簡稱：4mDBTBPFpm-II)(結構式(100))的合成方法。下面示出 4mDBTBPFpm-II 的結構式。

[0259]



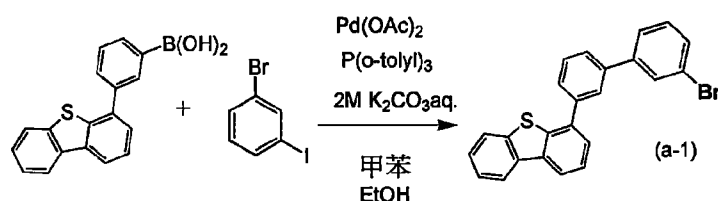
[0260]

〈步驟 1：4-(3'-溴聯苯-3-基)二苯並噻吩的合成〉

首先，將 48g 的 3-(二苯並噻吩-4-基)苯硼酸、54g 的 3-碘溴苯、1.9g 的三(2-甲基苯基)膦(簡稱：P(o-tolyl)₃)、160mL 的 2M 碳酸鉀水溶液、800mL 的甲苯以及 80mL 的

乙醇放入到安裝有回流管的 3L 三頸燒瓶，對燒瓶內進行氮氣置換，並且將其加熱到 80°C 使其溶解。在該混合液中添加 0.38g 的醋酸鈣(II)，並攪拌 8 小時。再者，還添加 0.92g 的三(2-甲基苯基)膦、0.18g 的醋酸鈣(II)，並攪拌 6 小時。然後，在該溶液中加水，使用甲苯對有機層進行萃取。使用硫酸鎂對得到的有機層進行乾燥，過濾乾燥後的溶液。在蒸餾而去除該溶液的溶劑之後，將得到的殘渣溶解於熱甲苯中，並使得到的溶液經過依次層疊有矽藻土(日本和光純藥工業公司、目錄號碼：531-16855，以下使用與此同樣的矽藻土)、礬土、矽酸鎂(日本和光純藥工業公司、目錄號碼：540-00135，以下使用與此同樣的矽酸鎂)的助濾劑進行熱過濾。蒸餾而去除溶劑，並藉由使用甲苯與甲醇的混合溶劑對得到的固體進行再結晶，來以 34% 的產率得到白色固體。下面，(a-1) 示出步驟 1 的合成方案。

[0261]



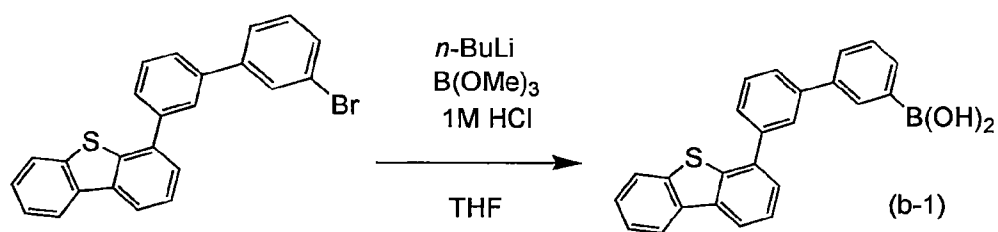
[0262]

〈步驟 2：3'-(二苯並噻吩-4-基)-3-聯苯硼酸的合成〉

將藉由上述步驟 1 得到的 30g 的 4-(3'-溴聯苯-3-基)

二苯並噻吩放入到安裝有滴液漏斗的 1L 三頸燒瓶，對燒瓶內進行氮氣置換。並且，在低溫槽中將添加有 300mL 的四氫呋喃(脫水)的燒瓶冷卻到 -78°C ，然後使用滴液漏斗滴加 50mL 的正丁基鋰(1.6M 己烷溶液)，再者，將 64mL 的四氫呋喃(脫水)放入該滴液漏斗中而倒入反應溶液中。在以 -78°C 攪拌該反應溶液 1 小時之後，滴加 11mL 的硼酸三甲酯，並在將該溫度上升到室溫後在該室溫下攪拌 18 小時。然後，在該溶液中添加 48mL 的 1M 鹽酸，攪拌 1 小時。在得到的混合物中加水，並使用乙酸乙酯對有機層進行萃取。使用水和飽和食鹽水對所得到的有機層進行洗滌，並使用硫酸鎂進行乾燥。過濾乾燥後的溶液。藉由蒸餾而去除該溶液的溶劑，並且使用甲苯對所得到的固體進行洗滌，來以 40% 的產率得到白色固體。下面，(b-1) 示出步驟 2 的合成方案。

[0263]



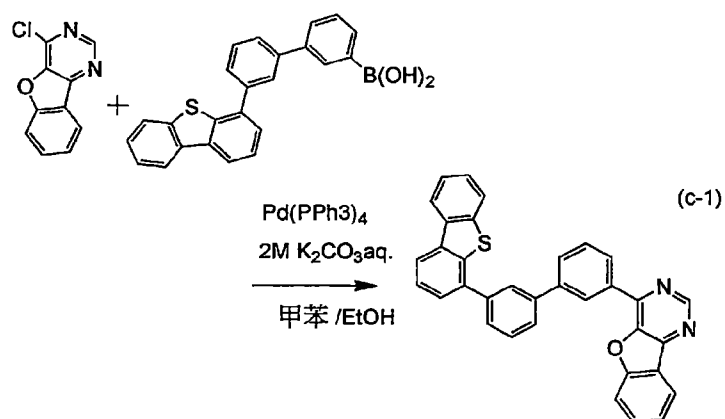
[0264]

〈步驟 3：4-[3'-(二苯並噻吩-4-基)聯苯-3-基]苯並呋喃並 [3,2-d] 嘓啶(簡稱：4mDBTBPFpm-II)的合成〉

將藉由上述步驟 2 得到的 2.3g 的 3'-(二苯並噻吩-4-

基)-3-聯苯硼酸、1.2g 的 4-氯苯並呋喃 [3,2-d] 嘓啶、5.4mL 的 2M 碳酸鉀水溶液、27mL 的甲苯以及 2.7mL 的乙醇放入到安裝有回流管的 100mL 三頸燒瓶，在減壓下攪拌使其脫氣，對燒瓶內進行氫氣置換。在該混合物中添加 68mg 的四(三苯基膦)鈀(0)(簡稱： $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$)，以 80°C 加熱 2 小時，使其反應。使用水以及乙醇對所得到的混合物進行洗滌，並藉由使用甲苯進行再結晶，來以 60% 的產率得到 1.8g 的白色固體。下面，(c-1) 示出步驟 3 的合成方案。

[0265]



[0266] 藉由利用梯度昇華方法 (train sublimation method) 對所得到的 2.3g 的白色固體進行昇華純化。該昇華純化在壓力為 3.2Pa 且氫流量為 15mL/min 的條件下進行，並且以 235°C 對固體進行加熱。在昇華純化之後，以 22% 的收集率得到 0.5g 的目的物的白色固體。

[0267] 並且，藉由利用梯度昇華方法對在上述昇華純化中未昇華純化的 1.5g 的固體進行昇華純化。該昇華

純化在壓力為 2.7Pa、氫流量為 5.0mL/min 且加熱溫度為 245°C 的條件下進行。在昇華純化之後，以 92% 的收集率得到 1.4g 的目的物的白色固體。

[0268] 另外，下面示出利用核磁共振法 ($^1\text{H-NMR}$) 來分析藉由上述步驟 3 得到的白色固體的結果。由此可知：藉由上述步驟得到了 4mDBTBPBfp_m-II。

[0269] $^1\text{H-NMR}$. $\delta(\text{CDCl}_3)$: 7.44-7.54(m, 4H), 7.60-7.61(m, 2H), 7.66-7.51(m, 4H), 7.78-7.84(m, 2H), 7.91-7.92(d, 1H), 8.17(ts, 1H), 8.20-8.23(m, 2H), 8.31-8.32(d, 1H), 8.62-8.63(d, 1H), 8.96-8.97(t, 1H), 9.30(s, 1H)。

[0270] 另外，圖 13A 和 13B 示出 $^1\text{H NMR}$ 圖。注意，圖 13B 為放大圖 13A 中的 7.2ppm 至 8.8ppm 的範圍的圖。由測定結果可知：得到了目的物的 4mDBTBPBfp_m-II。

[0271]

〈〈4mDBTBPBfp_m-II 的物理性質〉〉

接著，圖 14A 示出 4mDBTBPBfp_m-II 的甲苯溶液中的吸收光譜及發射光譜，圖 14B 示出薄膜狀態的 4mDBTBPBfp_m-II 的吸收光譜及發射光譜。使用紫外可見分光光度計(日本分光公司製造，V550 型)進行光譜的測定。將 4mDBTBPBfp_m-II 的甲苯溶液注入到石英皿中來測定甲苯溶液的光譜。另外，將 4mDBTBPBfp_m-II 蒸鍍在石英基板上來製造樣本，從而測定薄膜的光譜。注意，圖示

的甲苯溶液的吸收光譜是減去只將甲苯放入到石英皿而測定出的吸收光譜的吸收光譜，圖示的薄膜的吸收光譜是減去石英基板的吸收光譜的吸收光譜。

[0272] 由圖 14A 可知：在甲苯溶液中的 4mDBTBPBfpm-II 中，在 282nm 附近及 320nm 附近觀察到吸收峰值。另外，由圖 14B 可知：在 4mDBTBPBfpm-II 的薄膜中，在 244nm 附近、268nm 附近、290nm 附近、326nm 附近及 340nm 附近觀察到吸收峰值，並且發光波長的峰值為 410nm(激發波長為 340nm)。由此可知：4mDBTBPBfpm-II 在極短波長的區域中呈現吸收以及發光。

[0273] 另外，在大氣中利用光電子分光光度裝置(日本理研計器公司製造，AC-2)測定薄膜狀態的 4mDBTBPBfpm-II 的游離電位值。將所測得的游離電位值換算為負值，其結果是，4mDBTBPBfpm-II 的 HOMO 能階為 -6.38eV。根據圖 14B 的薄膜的吸收光譜的資料可知，從假定為直接躍遷的 Tauc 曲線算出的 4mDBTBPBfpm-II 的吸收端為 3.50eV。由此，可以固體狀態的 4mDBTBPBfpm-II 的光學能隙推測為 3.50eV，從而根據先得到的 HOMO 能階及該能隙值，可以將 4mDBTBPBfpm-II 的 LUMO 能階推測為 -2.88eV。如此，可知：4mDBTBPBfpm-II 在固體狀態下具有 3.50eV 的大能隙。

[0274] 另外，藉由利用液相層析-質譜分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry，簡稱：LC/MS 分析)對 4mDBTBPBfpm-II 進行分析。

[0275] 在 LC/MS 分析中，使用 Waters(沃特斯) Corporation 製造的 Acquity UPLC 及 Waters Corporation 製造的 Xevo G2 Tof MS。

[0276] 在 MS 分析中，藉由電灑游離法(ElectroSpray Ionization，簡稱：ESI)進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為 3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為 30V，並且以正模式進行檢測。再者，在碰撞室(collision cell)內將以上述條件離子化了的成分碰撞到氬氣體來使其離解為子離子。將與氬氣碰撞時的能量(碰撞能量：collision energy)設定為 50eV 及 70eV。另外，將檢測的質量範圍設定為 $m/z=100$ 至 1200。

[0277] 圖 15A 和圖 15B 示出其結果。圖 15A 示出碰撞能量為 50eV 時的結果，圖 15B 示出碰撞能量為 70eV 時的結果。

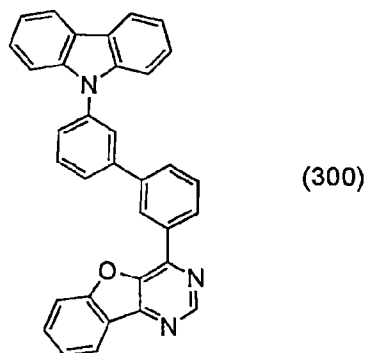
實施例 2

[0278]

《合成例 2》

在本合成例中，具體地示出實施方式 1 所說明的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的 4-{3-[3'-(9H-呋啶-9-基)]聯苯-3-基}苯並呋喃並[3,2-d]嘧啶(簡稱：4mCzBPBfpm)(結構式(300))的合成例。下面示出 4mCzBPBfpm 的結構式。

[0279]

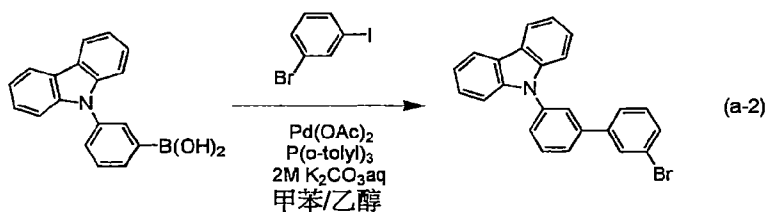


[0280]

〈步驟 1：9-[3-(3-溴苯基)苯基]-9H-吡啶的合成〉

首先，將 16g(56mmol)的 3-(9H-吡啶-9-基)苯基硼酸、19g(67mmol)的 3-碘溴苯、0.68g(2.2mmol)的三(鄰甲苯基)膦、56mL 的 2M 碳酸鉀水溶液、250mL 的甲苯以及 30mL 的乙醇放入到 1L 三頸燒瓶，對燒瓶內進行氮氣置換。在該混合物中添加 0.13g(0.56mmol)的醋酸鈣，並以 80°C 加熱並攪拌 14 小時。使用甲苯對得到的反應混合物的水層進行萃取，將得到的萃取溶液和有機層合併而使用水和飽和食鹽水對其進行洗滌。對該有機層添加硫酸鎂並進行乾燥，對得到的混合物進行重力過濾，來得到濾液。濃縮該濾液來得到油狀物。使用再循環製備型高效液相色譜(recycling preparative HPLC)的 LC-SakuraNEXT 對得到的油狀物進行純化。藉由濃縮得到的餾分，並使用甲苯和甲醇對其進行洗滌，來得到 9-[3-(3-溴苯基)苯基]-9H-吡啶(13g 的白色固體，產率為 58%)。下面，(a-2)示出步驟 1 的合成方案。

[0281]

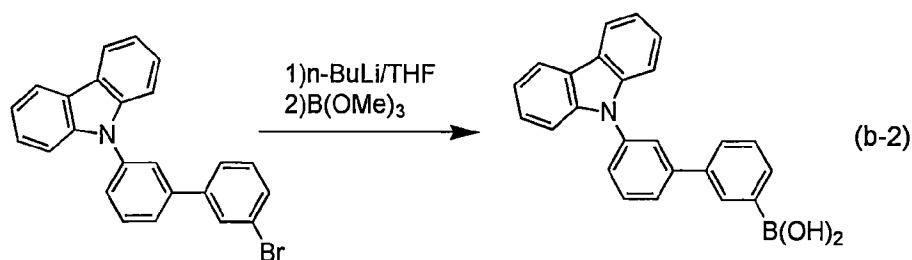


[0282]

〈步驟 2：3-[3'-(9H-吡啶-9-基)]聯苯硼酸的合成〉

首先，將 13g(33mmol)的 9-[3-(3'-溴苯基)苯基]-9H-吡啶放入到 500mL 三頸燒瓶，在使燒瓶脫氣且對該燒瓶內進行氮氣置換之後添加 160mL 的四氫呋喃，並以 -78℃ 攪拌。在上述混合溶劑中滴加 24mL(40mmol)的正丁基鋰 (1.65mol/L 己烷溶液)，並以 -78℃ 攪拌 1 小時。在經過指定的時間之後，在該混合溶液中添加 4.7mL(43mmol)的硼酸三甲酯，在將該混合溶液的溫度上升到 20℃ 的同時攪拌 18 小時。在經過指定的時間之後，在反應溶液中添加 100mL 的 1mol/L 鹽酸，在室溫下攪拌 30 分鐘。使用乙酸乙酯對該混合物的水層進行萃取，使用飽和食鹽水對得到的萃取溶液進行洗滌。對有機層添加無水硫酸鎂並進行乾燥，對得到的混合物進行重力過濾，濃縮濾液來得到固體。使用甲苯對該固體進行洗滌，來得到 3-[3'-(9H-吡啶-9-基)]聯苯硼酸(6.0g 的白色固體，產率為 51%)。下面，(b-2)示出步驟 2 的合成方案。

[0283]



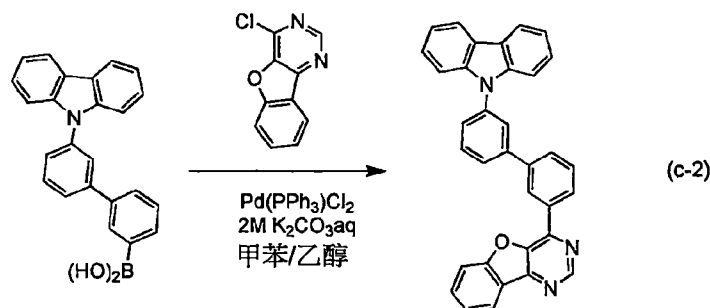
[0284]

〈步驟 3：4-{3-[3'-(9H-咔唑-9-基)]聯苯-3-基}苯並咪喃並[3,2-d]嘧啶(簡稱：4mCzBPBfpm)的合成〉

首先，將 3.0g(8.3mmol)的 3-[3'-(9H-咔唑-9-基)]聯苯硼酸、1.7g(8.3mmol)的 4-氯苯並咪喃[3,2-d]嘧啶、8.3mL 的 2M 碳酸鉀水溶液、40mL 的甲苯以及 4mL 的乙醇放入到 200mL 三頸燒瓶，對燒瓶內進行氮氣置換。在該混合物中添加 68.3mg(0.059mmol)的雙(三苯基膦)二氯化鈀(II)(Pd(PPh₃)₂Cl₂)，並以 80°C 加熱並攪拌 6 小時。使用甲苯對得到的反應溶液的水層進行萃取，將得到的萃取溶液和有機層合併而使用飽和食鹽水對其進行洗滌。對有機層添加無水硫酸鎂並進行乾燥，對得到的混合物進行重力過濾來得到濾液。將藉由濃縮該濾液得到的固體溶解於甲苯，並且使該溶液經過矽藻土、礬土、矽藻土來過濾。使用甲苯對藉由濃縮該濾液得到的固體進行再結晶，來得到白色固體(收量為 2.0g，產率為 50%)。藉由利用梯度昇華方法對該 2.0g 的白色固體進行昇華純化。該昇華純化在壓力為 2.3Pa 且氬流量為 10mL/min 的條件下進行，並且以 250°C 對固體進行加熱。在昇華純化之後，以 65% 的收集率得到 1.3g 的目的物的白色固體。下面，(c-2)示出步

驟 2 的合成方案。

[0285]



[0286] 另外，下面示出利用核磁共振法 ($^1\text{H-NMR}$) 來分析藉由上述步驟 3 得到的白色固體的結果。

[0287] $^1\text{H-NMR}$. $\delta(\text{CDCl}_3)$: 7.32(m, 2H), 7.44(m, 2H), 7.52-7.55(m, 3H), 7.63-7.64(m, 1H), 7.69-7.77(m, 4H), 7.85-7.88(m, 2H), 7.97(t, 1H), 8.18(d, 2H), 8.31(d, 1H), 8.65(m, 1H), 8.92(t, 1H), 9.27(s, 1H)。

[0288] 另外，圖 16A 和 16B 示出 $^1\text{H NMR}$ 圖。注意，圖 16B 為放大圖 16A 中的 7.6ppm 至 9.4ppm 的範圍的圖。由測定結果可知：得到了目的物的 4mCzBPBfpm。

[0289]

<<4mCzBPBfpm 的物理性質>>

接著，圖 17A 示出 4mCzBPBfpm 的甲苯溶液中的吸收光譜及發射光譜，圖 17B 示出薄膜狀態的 4mCzBPBfpm 的吸收光譜及發射光譜。使用紫外可見分光光度計(日本分光公司製造，V550 型)進行光譜的測定。將 4mCzBPBfpm

的甲苯溶液注入到石英皿中來測定甲苯溶液的光譜。另外，將 4mCzBPBfpm 蒸鍍在石英基板上來製造樣本，從而測定薄膜的光譜。注意，圖示的甲苯溶液的吸收光譜是減去只將甲苯放入到石英皿而測定出的吸收光譜的吸收光譜，圖示的薄膜的吸收光譜是減去石英基板的吸收光譜的吸收光譜。

[0290] 由圖 17A 可知：在甲苯溶液中的 4mCzBPBfpm 中，在 294nm 附近、324nm 附近及 334nm 附近觀察到吸收峰值，發光波長的峰值為 422nm(激發波長為 330nm)。另外，由圖 17B 可知：在 4mCzBPBfpm 的薄膜中，在 207nm 附近、243nm 附近、262nm 附近、289nm 附近、295nm 附近、326nm 附近及 341nm 附近觀察到吸收峰值，發光波長的峰值為 440nm(激發波長為 341nm)。由此可知：4mCzBPBfpm 在極短波長的區域中呈現吸收以及發光。

[0291] 另外，在大氣中利用光電子分光光度裝置(日本理研計器公司製造，AC-2)測定薄膜狀態的 4mCzBPBfpm 的游離電位值。將所測得的游離電位值換算為負值，其結果是，4mCzBPBfpm 的 HOMO 能階為 -6.13eV 。根據圖 17B 的薄膜的吸收光譜的資料可知，從假設為直接躍遷的 Tauc 曲線算出的 4mCzBPBfpm 的吸收端為 3.49eV 。由此，可以將固體狀態的 4mCzBPBfpm 的光學能隙推測為 3.49eV ，從而根據先得到的 HOMO 能階及該能隙值，可以將 4mCzBPBfpm 的 LUMO 能階推測為 -2.64eV 。如此，

可知：4mCzBPBfpm 在固體狀態下具有 3.49eV 的大能隙。

[0292] 此外，藉由利用液相層析-質譜分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry，簡稱：LC/MS 分析)對 4mCzBPBfpm 進行分析。

[0293] 在 LC/MS 分析中，使用 Waters(沃特斯) Corporation 製造的 Acquity UPLC 及 Waters Corporation 製造的 Xevo G2 Tof MS。

[0294] 在 MS 分析中，藉由電灑游離法(ElectroSpray Ionization，簡稱：ESI)進行離子化。此時，將毛細管電壓設定為 3.0kV，將樣本錐孔電壓設定為 30V，並且以正模式進行檢測。再者，在碰撞室(collision cell)內將以上述條件離子化了的成分碰撞到氬氣體來使其離解為子離子。將與氬氣碰撞時的能量(碰撞能量：collision energy)設定為 50eV 及 70eV。另外，將檢測的質量範圍設定為 $m/z=100$ 至 1200。

[0295] 圖 18A 和圖 18B 示出其結果。圖 18A 示出碰撞能量為 50eV 時的結果，圖 18B 示出碰撞能量為 70eV 時的結果。

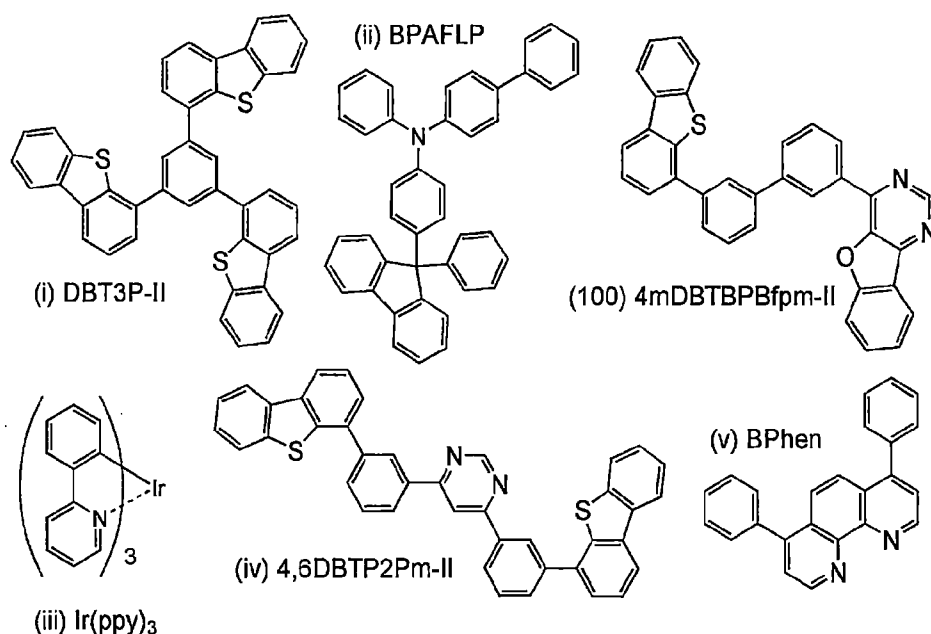
實施例 3

[0296] 在本實施例中，說明將實施方式 1 所示的具有苯並呋喃並嘓啶骨架的化合物的 4mDBTBPBfpm-II 用作使用發射綠色的磷光物質的發光層中的主體材料的發光元

件(發光元件 1)。

[0297] 另外，以下述結構式(i)至(v)、(100)示出在本實施例中使用的化合物的分子結構。作為元件結構採用圖 1A 所示的結構。

[0298]



[0299]

〈發光元件 1 的製造〉

首先，準備作為第一電極 101 形成有 110nm 的包含矽的銦錫氧化物(ITSO)的玻璃基板。利用聚醯亞胺膜覆蓋該 ITSO 表面以使其表面露出 2mm×2mm 的面積。作為用來在該基板上形成發光元件的預處理，利用水洗滌基板表面，並以 200℃ 焙燒 1 小時，然後進行 370 秒的 UV 臭氧處理。此後，將基板引入到其內部被減壓到 10⁻⁴Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以

170°C 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後冷卻基板 30 分鐘左右。

[0300] 接著，以使形成有 ITSO 膜的表面朝下方的方式將基板固定於設置在真空蒸鍍裝置內的支架上。

[0301] 在將真空蒸鍍裝置內減壓到 10^{-4} Pa 後，將以上述結構式(i)表示的 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並噻吩)(簡稱：DBT3P-II)和氧化鋇(VI)以 DBT3P-II：氧化鋇=4：2(重量比)的比例共蒸鍍，由此形成電洞注入層 111。將其膜厚度設定為 20nm。注意，共蒸鍍是指使多個不同的物質分別從不同的蒸發源同時蒸發的蒸鍍法。

[0302] 接著，以厚度為 20nm 的方式蒸鍍以上述結構式(ii)表示的 4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：BPAFLP)來形成電洞傳輸層 112。

[0303] 並且，以厚度為 20nm 的方式將以上述結構式(100)表示的 4-[3'-(二苯並噻吩-4-基)聯苯-3-基]苯並咪唑並[3,2-d]嘧啶(簡稱：4mDBTBPFpm-II)和以上述結構式(iii)表示的三(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})銱(III)(簡稱：[Ir(ppy)₃])以 4mDBTBPFpm-II：[Ir(ppy)₃]=1：0.08(重量比)的比例共蒸鍍，然後以厚度為 20nm 的方式將 4mDBTBPFpm-II 和 [Ir(ppy)₃] 以 4mDBTBPFpm-II：[Ir(ppy)₃]=1：0.04(重量比)的比例共蒸鍍，由此在電洞傳輸層 112 上形成發光層 113。

[0304] 接著，藉由以厚度為 10nm 的方式蒸鍍以上述結構式(iv)表示的 4,6-雙[3-(4-二苯並噻吩基)苯基]嘧啶(簡

稱：4,6mDBTP2Pm-II)，接著以厚度為 15nm 的方式蒸鍍以上述結構式(v)表示的紅啡啉(簡稱：BPhen)，形成電子傳輸層 114。

[0305] 再者，以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰來在電子傳輸層 114 上形成電子注入層 115。最後，作為用作陰極的第二電極 102 形成 200nm 的鋁膜，以完成發光元件 1。在上述蒸鍍過程中，蒸鍍都使用電阻加熱法。

[0306]

⟨⟨發光元件 1 的工作特性⟩⟩

在氮氛圍的手套箱中，以不使上述步驟得到的發光元件 1 暴露於大氣的方式對該發光元件進行密封處理，然後對該發光元件的工作特性進行測定。注意，在室溫下(在保持於 25°C 的氛圍中)進行測定。

[0307] 關於發光元件 1，圖 19 示出電流密度-亮度特性，圖 20 示出電壓-亮度特性，圖 21 示出亮度-電流效率特性，圖 22 示出亮度-外部量子效率特性，圖 23 示出亮度-功率效率特性。

[0308] 根據圖 21 可知：發光元件 1 具有良好的亮度-電流效率特性，並且是發光效率高的發光元件。由此可知：即便 4mDBTBPBfpm-II，即實施方式 1 所說明的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物具有高三重激發能階(T_1 能階)以及大的能隙，並且是發射綠色的磷光物質，也能夠有效地激發。另外，根據圖 20 可知：發光元件 1 具有良好的電壓-亮度特性，並且是驅動電壓低的發光元件。這

表示 4mDBTBPBfp_m-II，即實施方式 1 所說明的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物具有高載子傳輸性。與此同樣，根據圖 19 及圖 22 可知：發光元件 1 具有良好的電流密度-亮度特性及良好的亮度-外部量子效率特性。其結果，如圖 23 所示那樣，發光元件 1 具有非常良好的功率效率。

[0309] 接著，圖 24 示出當使 0.1mA 的電流流過所製造的發光元件 1 中時的發射光譜。示出以 1 為最大發光強度時的相對值作為發光強度。由圖 24 可知：發光元件 1 呈現來源於作為發光物質的 [Ir(ppy)₃] 的綠色的發光。

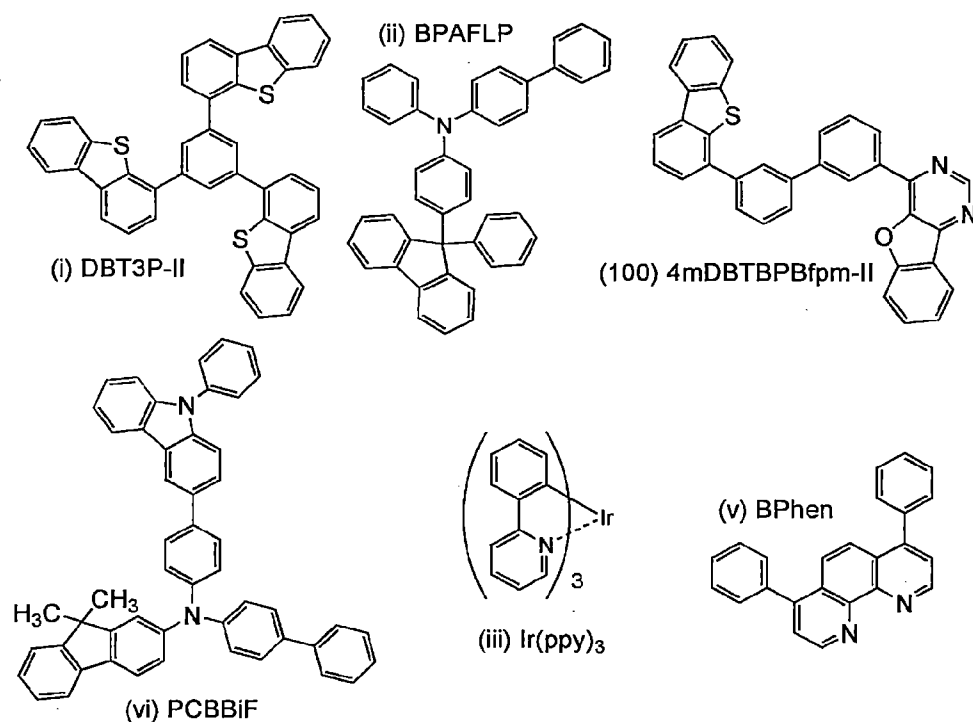
[0310] 另外，圖 25 示出將初始亮度設定為 5000cd/m² 並在電流密度固定的條件下驅動發光元件 1 以進行可靠性測試的結果。圖 25 示出將初始亮度設定為 100% 時的正規化亮度的變化。由其結果可知：發光元件 1 是隨著驅動時間的經過而發生的亮度下降小且可靠性高的發光元件。

實施例 4

[0311] 在本實施例中，說明將實施方式 1 所示的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的 4mDBTBPBfp_m-II 用作使用發射綠色的磷光物質的發光層中的主體材料的發光元件(發光元件 2)。

[0312] 另外，以下述結構式 (i) 至 (iii)、(v)、(vi)、(100) 示出在本實施例中使用的化合物的分子結構。作為元件結構採用圖 1A 所示的結構。

[0313]



[0314]

〈〈發光元件 2 的製造〉〉

首先，準備作為第一電極 101 形成有 110nm 的包含矽的銻錫氧化物(ITSO)的玻璃基板。利用聚醯亞胺膜覆蓋該 ITSO 表面以使其表面露出 2mm×2mm 的面積。作為用來在該基板上形成發光元件的預處理，利用水洗滌基板表面，並以 200℃ 焙燒 1 小時，然後進行 370 秒的 UV 臭氧處理。此後，將基板引入到其內部被減壓到 10^{-4} Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170℃ 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後冷卻基板 30 分鐘左右。

[0315] 接著，以使形成有 ITSO 膜的表面朝下方的方式將基板固定於設置在真空蒸鍍裝置內的支架上。

[0316] 在將真空蒸鍍裝置內減壓到 10^{-4} Pa 後，將以上述結構式(i)表示的 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並噻吩)(簡稱：DBT3P-II)和氧化鋇(VI)以 DBT3P-II：氧化鋇=4：2(重量比)的比例共蒸鍍，由此形成電洞注入層 111。將其膜厚度設定為 20nm。注意，共蒸鍍是指使多個不同的物質分別從不同的蒸發源同時蒸發的蒸鍍法。

[0317] 接著，以厚度為 20nm 的方式蒸鍍以上述結構式(ii)表示的 4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：BPAFLP)來形成電洞傳輸層 112。

[0318] 然後，以厚度為 20nm 的方式將以上述結構式(100)表示的 4-[3'-(二苯並噻吩-4-基)聯苯-3-基]苯並呋喃並[3,2-d]嘧啶(簡稱：4mDBTBPFpm-II)、以上述結構式(vi)表示的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(簡稱：PCBBiF)和以上述結構式(iii)表示的三(2-苯基吡啶根-N,C^{2'})銱(III)(簡稱：[Ir(ppy)₃])以 4mDBTBPFpm-II：PCBBiF：[Ir(ppy)₃]=0.5：0.5：0.05(重量比)的比例共蒸鍍，然後以厚度為 20nm 的方式將 4mDBTBPFpm-II、PCBBiF 和 [Ir(ppy)₃]以 4mDBTBPFpm-II：PCBBiF：[Ir(ppy)₃]=0.8：0.2：0.05(重量比)的比例共蒸鍍，由此在電洞傳輸層 112 上形成發光層 113。

[0319] 接著，藉由以厚度為 10nm 的方式蒸鍍 4mDBTBPFpm-II，接著以厚度為 15nm 的方式蒸鍍以上述結構式(v)表示的紅啡啉(簡稱：BPhen)，形成電子傳輸

層 114。

[0320] 再者，以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰來在電子傳輸層 114 上形成電子注入層 115。最後，作為用作陰極的第二電極 102 形成 200nm 的鋁膜，以完成發光元件 2。在上述蒸鍍過程中，蒸鍍都使用電阻加熱法。

[0321]

〈〈發光元件 2 的工作特性〉〉

在氬氛圍的手套箱中，以不使藉由上述步驟得到的發光元件 2 暴露於大氣的方式對該發光元件進行密封處理，然後對該發光元件的工作特性進行測定。注意，在室溫下(在保持於 25°C 的氛圍中)進行測定。

[0322] 關於發光元件 2，圖 26 示出電流密度-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 示出亮度-外部量子效率特性，圖 30 示出亮度-功率效率特性。

[0323] 根據圖 28 可知：發光元件 2 具有良好的亮度-電流效率特性，並且是發光效率高的發光元件。由此可知：即便 4mDBTBPBfpm-II，即實施方式 1 所說明的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物具有高三重激發能階(T_1 能階)以及大的能隙，並且是發射綠色的磷光物質，也能夠有效地激發。另外，根據圖 27 可知：發光元件 2 具有良好的電壓-亮度特性，並且是驅動電壓低的發光元件。這表示 4mDBTBPBfpm-II，即實施方式 1 所說明的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物具有高載子傳輸性。與此同樣，

根據圖 26 及圖 29 可知：發光元件 2 具有良好的電流密度-亮度特性及良好的亮度-外部量子效率特性。其結果，如圖 30 所示那樣，發光元件 2 具有非常良好的功率效率。

[0324] 接著，圖 31 示出當使 0.1mA 的電流流過所製造的發光元件 2 中時的發射光譜。示出以 1 為最大發光強度時的相對值作為發光強度。由圖 31 可知：發光元件 2 呈現來源於作為發光物質的 $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$ 的綠色的發光。

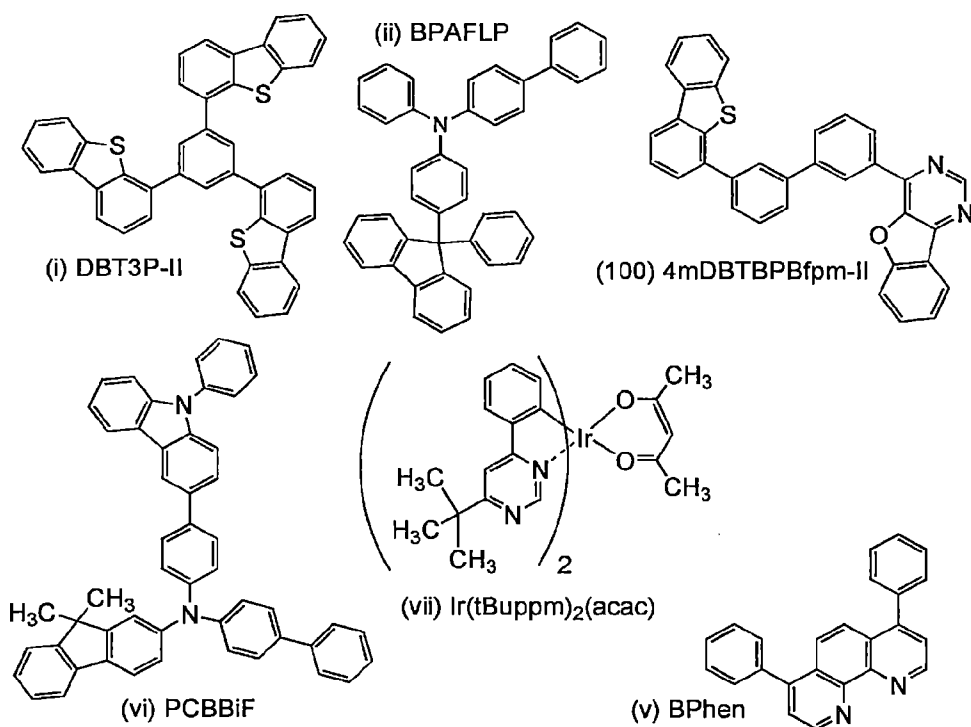
[0325] 另外，圖 32 示出將初始亮度設定為 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 並在電流密度固定的條件下驅動發光元件 2 以進行可靠性測試的結果。圖 32 示出將初始亮度設定為 100% 時的正規化亮度的變化。由其結果可知：發光元件 2 是隨著驅動時間的經過而發生的亮度下降小且可靠性高的發光元件。

實施例 5

[0326] 在本實施例中，說明將實施方式 1 所示的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的 4mDBTBPFpm-II 用作使用發射黃綠色的磷光物質的發光層中的主體材料的發光元件(發光元件 3)。

[0327] 另外，以下述結構式(i)、(ii)、(v)至(vii)、(100)表示在本實施例中使用的化合物的分子結構。作為元件結構採用圖 1A 所示的結構。

[0328]



[0329]

〈〈發光元件 3 的製造〉〉

首先，準備作為第一電極 101 形成有 110nm 的包含矽的銻錫氧化物(ITSO)的玻璃基板。利用聚醯亞胺膜覆蓋該 ITSO 表面以使其表面露出 2mm×2mm 的面積。作為用來在該基板上形成發光元件的預處理，利用水洗滌基板表面，並以 200°C 焙燒 1 小時，然後進行 370 秒的 UV 臭氧處理。此後，將基板引入到其內部被減壓到 10⁻⁴Pa 左右的真空蒸鍍裝置中，並且在真空蒸鍍裝置內的加熱室中以 170°C 進行 30 分鐘的真空焙燒，然後冷卻基板 30 分鐘左右。

[0330] 接著，以使形成有 ITSO 膜的表面朝下方的方式將基板固定於設置在真空蒸鍍裝置內的支架上。

[0331] 在將真空蒸鍍裝置內減壓到 10⁻⁴Pa 後，將以

上述結構式(i)表示的 4,4',4''-(苯-1,3,5-三基)三(二苯並噻吩)(簡稱：DBT3P-II)和氧化鋇(VI)以 DBT3P-II：氧化鋇=4：2(重量比)的比例共蒸鍍，由此形成電洞注入層 111。將其膜厚度設定為 20nm。注意，共蒸鍍是指使多個不同的物質分別從不同的蒸發源同時蒸發的蒸鍍法。

[0332] 接著，以厚度為 20nm 的方式蒸鍍以上述結構式(ii)表示的 4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(簡稱：BPAFLP)來形成電洞傳輸層 112。

[0333] 再者，以厚度為 20nm 的方式將以上述結構式(100)表示的 4-[3'-(二苯並噻吩-4-基)聯苯-3-基]苯並咪喃並[3,2-d]嘧啶(簡稱：4mDBTBPBfpm-II)、以上述結構式(vi)表示的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(簡稱：PCBBiF)和以上述結構式(vii)表示的雙[2-(6-三級丁基-4-嘧啶基-κN3)苯基-κC](2,4-戊二酮根-κ²O,O')銱(III)(簡稱：[Ir(tBuppm)₂(acac)])以 4mDBTBPBfpm-II：PCBBiF：[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.5：0.5：0.05(重量比)的比例共蒸鍍，然後以厚度為 20nm 的方式將 4mDBTBPBfpm-II、PCBBiF 和 [Ir(tBuppm)₂(acac)]以 4mDBTBPBfpm-II：PCBBiF：[Ir(tBuppm)₂(acac)]=0.8：0.2：0.05(重量比)的比例共蒸鍍，由此在電洞傳輸層 112 上形成發光層 113。

[0334] 接著，藉由以厚度為 10nm 的方式蒸鍍 4mDBTBPBfpm-II，接著以厚度為 15nm 的方式蒸鍍以上述結構式(v)表示的紅啡啉(簡稱：BPhen)，形成電子傳輸

層 114。

[0335] 再者，以厚度為 1nm 的方式蒸鍍氟化鋰來在電子傳輸層 114 上形成電子注入層 115。最後，作為用作陰極的第二電極 102 形成 200nm 的鋁膜，以完成發光元件 3。在上述蒸鍍過程中，蒸鍍都使用電阻加熱法。

[0336]

《發光元件 3 的工作特性》

在氮氛圍的手套箱中，以不使藉由上述步驟得到的發光元件 3 暴露於大氣的方式對該發光元件進行密封處理，然後對該發光元件的工作特性進行測定。注意，在室溫下(在保持於 25°C 的氛圍中)進行測定。

[0337] 關於發光元件 3，圖 33 示出電流密度-亮度特性，圖 34 示出電壓-亮度特性，圖 35 示出亮度-電流效率特性，圖 36 示出亮度-外部量子效率特性，圖 37 示出亮度-功率效率特性。

[0338] 根據圖 35 可知：發光元件 3 具有良好的亮度-電流效率特性，並且是發光效率高的發光元件。由此可知：即便 4mDBTBPBfpm-II，即實施方式 1 所說明的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物具有高三重激發能階(T_1 能階)以及大的能隙，並且是發射黃綠色的磷光物質，也能夠有效地激發。另外，根據圖 34 可知：發光元件 3 具有良好的電壓-亮度特性，並且是驅動電壓低的發光元件。這表示 4mDBTBPBfpm-II，即實施方式 1 所說明的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物具有高載子傳輸性。與此同

樣，根據圖 33 及圖 36 可知：發光元件 3 具有良好的電流密度-亮度特性及良好的亮度-外部量子效率特性。其結果，如圖 37 所示那樣，發光元件 3 具有非常良好的功率效率。

[0339] 接著，圖 38 示出當使 0.1mA 的電流流過所製造的發光元件 3 中時的發射光譜。示出以 1 為最大發光強度時的相對值作為發光強度。根據圖 38 可知：發光元件 3 呈現來源於作為發光物質的 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 的黃綠色的發光。

[0340] 另外，圖 39 示出將初始亮度設定為 $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 並在電流密度固定的條件下驅動發光元件 3 以進行可靠性測試的結果。圖 39 示出將初始亮度設定為 100% 時的正規化亮度的變化。由其結果可知：發光元件 3 是隨著驅動時間的經過而發生的亮度下降小且可靠性高的發光元件。

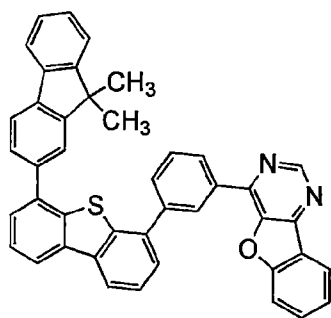
實施例 6

[0341]

《合成例 3》

在本合成例中，具體地示出實施方式 1 所說明的具有苯並呋喃並嘧啶骨架的化合物的 4- $\{3-[6-(9,9\text{-二甲基芡}-2\text{-基})\text{二苯並噻吩}-4\text{-基}]\text{苯基}\}$ 苯並呋喃並 $[3,2\text{-d}]\text{嘧啶}$ (簡稱：4mFDBtPBfpm)(結構式(115))的合成例。下面示出 4mFDBtPBfpm 的結構式。

[0342]



(115)

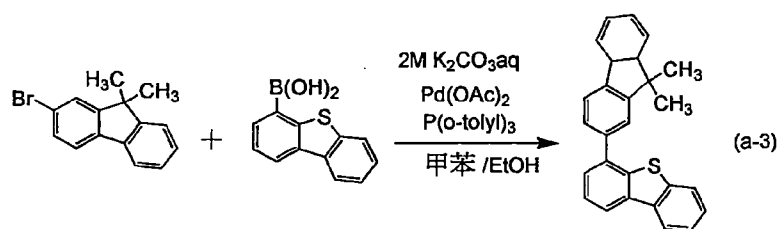
[0343]

〈步驟 1：4-(9,9-二甲基芐-2-基)二苯並噻吩的合成〉

首先，將 19g 的 2-溴-9,9-二甲基芐、16g 的二苯並噻吩-4-基硼酸、0.43g 的三(2-甲基苯基)膦(簡稱：P(o-tolyl)₃)、35mL 的 2M 碳酸鉀水溶液、270mL 的甲苯以及 90mL 的乙醇放入到安裝有回流管的三頸燒瓶，對燒瓶內進行氮氣置換。接著，添加 0.16g 的醋酸鈣且以 90°C 加熱 13 小時。再者，還添加 0.21g 的 P(o-tolyl)₃、79mg 的醋酸鈣，並且以 90°C 加熱 17 小時。在該所得到的混合物中加水，使用甲苯進行萃取。使用水對該萃取溶液進行洗滌，然後使用飽和食鹽水對該萃取溶液進行洗滌。對該溶液使用硫酸鎂進行乾燥而進行重力過濾。蒸餾而去除該濾液的溶劑，然後將所得到的殘渣溶解於甲苯中，並使該溶液經過依次層疊有矽藻土(日本和光純藥工業公司、目錄號碼：531-16855，以下使用與此同樣的矽藻土)、礬土、矽酸鎂(日本和光純藥工業公司、目錄號碼：540-00135，以下使用與此同樣的矽酸鎂)的助濾劑來進行過濾。蒸餾而去除溶劑，並且利用作為展開溶劑使用甲苯和己烷(體

積比為甲苯：己烷=1：10)的矽膠管柱層析法來進行純化。蒸餾而去除所得到的溶液的溶劑，並藉由使用甲苯與己烷的混合溶劑對其進行再結晶，來以 70%的產率得到白色固體。下面，(a-3)示出步驟 1 的合成方案。

[0344]



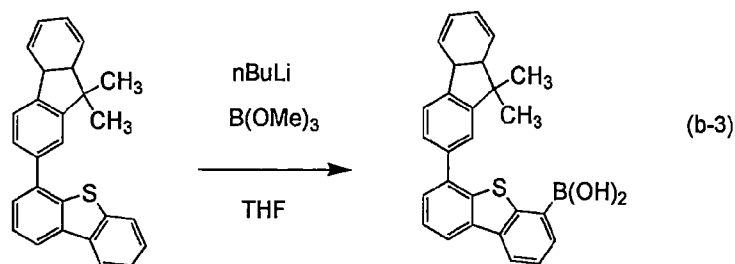
[0345]

〈步驟 2：6-(9,9-二甲基芴-2-基)二苯並噻吩-4-基硼酸的合成〉

接著，將 17g 的 4-(9,9-二甲基芴-2-基)二苯並噻吩放入到三頸燒瓶，對燒瓶內進行氮氣置換。並且，在低溫槽中將 250mL 的四氫呋喃(脫水)放入到燒瓶且將其冷卻到-40℃，然後使用滴加 34mL 的正丁基鋰(1.6M 己烷溶液)，在室溫下攪拌 1 小時。然後，將燒瓶冷卻到-40℃，滴加 6.6mL 的硼酸三甲酯，並在將該溫度上升到室溫後在該室溫下攪拌 21 小時。然後，添加 50mL 的 1M 鹽酸，攪拌 1 小時。使用乙酸乙酯萃取得到的混合物，使用飽和碳酸氫鈉水溶液對該混合物進行洗滌，然後使用飽和食鹽水對該混合物進行洗滌，並添加硫酸鎂來進行過濾。蒸餾而去除該濾液的溶劑，添加甲苯且使用超聲波進行洗滌，並且進

行進行抽濾，來以 34%的產率得到黃白色固體。下面，(b-3)示出步驟 2 的合成方案。

[0346]

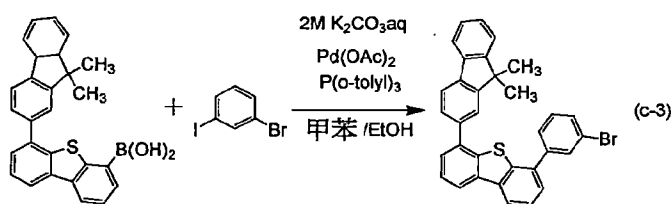


[0347]

〈步驟 3：4-(3-溴苯基)-6-(9,9-二甲基芴-2-基)二苯並噻吩的合成〉

接著，將 7.1g 的 6-(9,9-二甲基芴-2-基)二苯並噻吩-4-基硼酸、5.2g 的 3-碘-溴苯、0.57g 的 $P(o\text{-tolyl})_3$ 、5.1g 的碳酸鉀、74mL 的甲苯、19mL 的乙醇以及 19mL 的水放入到安裝有回流管的三頸燒瓶，對燒瓶內進行氮氣置換。接著，添加 0.21g 的醋酸鈣且以 80°C 加熱 8 小時。使用甲苯萃取所得到的混合物，使用飽和食鹽水對該混合物進行洗滌。並且，對該溶液使用硫酸鎂乾燥而進行過濾。蒸餾而去除該濾液的溶劑，然後將得到的殘渣溶解於甲苯中，並使該溶液經過依次層疊有矽藻土、礬土、矽酸鎂的助濾劑來進行過濾。蒸餾而去除該濾液的溶劑，並藉由利用作為展開溶劑使用甲苯和己烷(體積比為甲苯：己烷=1：10)的矽膠管柱層析法來進行純化，來以 74%的產率得到黃白色固體。下面，(c-3)示出步驟 3 的合成方案。

[0348]

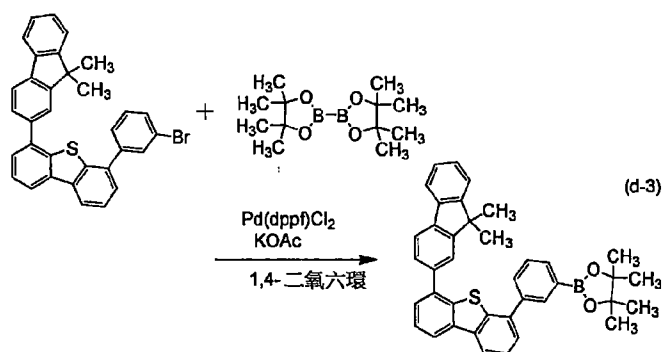


[0349]

〈步驟 4：3-[6-(9,9-二甲基芴-2-基)二苯並噻吩-4-基]苯基硼酸頻哪醇酯的合成〉

接著，將 2.5g 的 4-(3-溴苯基)-6-(9,9-二甲基芴-2-基)二苯並噻吩、1.2g 的雙(頻哪醇)二硼以及 1.4g 的醋酸鉀放入到安裝有回流管的三頸燒瓶，對燒瓶內進行氮氣置換。接著，添加 300mL 的二氧六環以及 0.19g 的 [1,1'-雙(二苯基膦基)二茂鐵]鈦(II)二氯甲烷加成物(簡稱：Pd(dppf)Cl₂)且以 90°C 加熱 9.5 小時。在得到的混合物中加水，使用乙酸乙酯對該溶液進行萃取，使用飽和食鹽水進行洗滌。並且，對該溶液使用硫酸鎂進行乾燥而進行過濾。蒸餾而去除該濾液的溶劑，然後將得到的殘渣溶解於甲苯中，並使該溶液經過依次層疊有矽藻土、礬土、矽酸鎂的助濾劑來進行過濾。蒸餾而去除該濾液的溶劑，並藉由利用作為展開溶劑使用甲苯和己烷(體積比為甲苯：己烷=1：10)的快速管柱層析法來進行純化，來以 17% 的產率得到無色油狀物。下面，(d-3)示出步驟 4 的合成方案。

[0350]

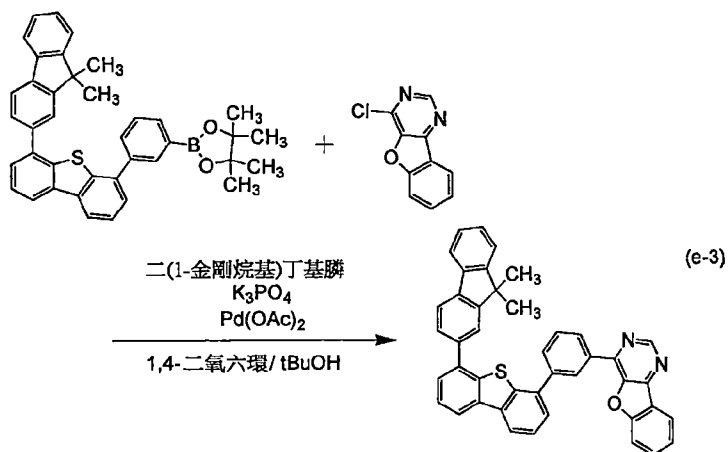


[0351]

〈 步驟 5：4mFDBtPBfpm 的合成 〉

最後，將 0.45g 的 3-[6-(9,9-二甲基芴-2-基)二苯並噻吩-4-基]苯基硼酸頻哪醇酯、0.14g 的 4-氯苯並呋喃[3,2-d]嘧啶、0.45g 的磷酸鉀、4mL 的二氧六環以及 0.16g 的三級丁醇放入到三頸燒瓶，對燒瓶內進行氮氣置換。接著，添加 1.8mg 的醋酸鈣以及 5.6mg 的二(1-金剛烷基)-n-丁基膦，並且使該混合物回流促進反應。在得到的混合物中加水，使用乙酸乙酯對該溶液進行萃取，使用飽和食鹽水對其進行洗滌，並且添加硫酸鎂進行重力過濾。蒸餾而去除該濾液的溶劑，並藉由利用作為展開溶劑使用甲苯和己烷(體積比為甲苯：己烷=1：5)的快速管柱層析法來進行純化，來以 10%的產率得到黃色固體。下面，(e-3)示出步驟 5 的合成方案。

[0352]



[0353] 另外，下面示出利用核磁共振法 ($^1\text{H-NMR}$) 來分析藉由上述步驟 3 得到的黃色固體的結果。

[0354] $^1\text{H-NMR}$. $\delta(\text{CDCl}_3)$: 1.37(s, 6H), 7.28-7.31(dt, 2H), 7.37(d, 1H), 7.44-7.50(m, 2H), 7.58-7.66(m, 5H), 7.69-7.73(m, 3H), 7.75-7.78(t, 1H), 7.82(s, 1H), 7.93(d, 1H), 8.23-8.28(m, 3H), 8.64(td, 1H), 9.02(ts, 1H), 9.27(s, 1H)。

[0355] 另外，圖 40A 和 40B 示出 $^1\text{H NMR}$ 圖。注意，圖 40B 為放大圖 40A 中的 7.0ppm 至 9.5ppm 的範圍的圖。由測定結果可知：得到了目的物的 4mFDBtPBfpm。

(參考例 1)

[0356] 在本參考例中，說明實施例 3 所使用的 4,6-雙[3-(4-二苯並噻吩基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mDBTP2Pm-II)的合成方法。

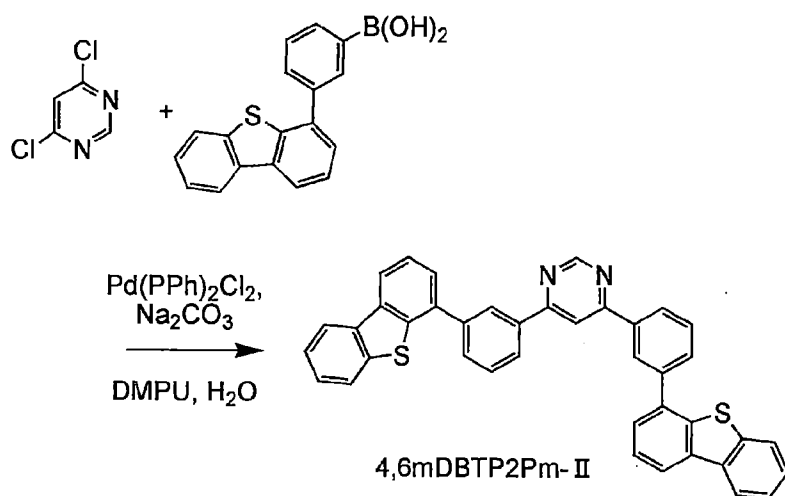
[0357]

< 4,6-雙[3-(4-二苯並噻吩基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mDBTP2Pm-

II)的合成)

將 1.0g(6.7mmol)的 4,6-二氯嘓啶、5.1g(17mmol)的 3-(二苯並噻吩-4-基)苯基硼酸及 3.5g(34mmol)的碳酸鈉、20mL 的 1,3-二甲基-3,4,5,6-四氫-2(1H)嘓啶酮(簡稱:DMPU)及 10mL 的水放入到 100mL 茄形燒瓶中。在進行減壓的同時攪拌該混合物,以進行脫氣。對該混合物添加 56mg(81 μ mol)的雙(三苯基膦)二氯化鈣(II),進行氫氣置換。對反應容器照射微波(2.45GHz, 100W)1.5 小時來在加熱的同時進行攪拌。在加熱之後,對該混合物添加水,過濾,以得到濾渣。用二氯甲烷和乙醇對得到的固體進行洗滌。對得到的固體添加甲苯,使其經過矽藻土、礬土、矽酸鎂進行抽濾,濃縮濾液來得到固體。使用甲苯對得到的固體進行再結晶,以 63%的產率得到 2.52g 的白色固體。下面示出上述反應的合成方案。

[0358]



[0359] 藉由利用梯度昇華方法對得到的 2.5g 的固體

進行昇華純化。在壓力為 3.6Pa 且氫流量為 5mL/min 的條件下，以 300°C 加熱來進行純化。在昇華純化之後，以 79% 的收集率得到 1.98g 的白色固體。

[0360] 藉由利用核磁共振法 ($^1\text{H-NMR}$) 確認到上述化合物是目的物的 4,6-雙[3-(4-二苯並噻吩基)苯基]嘧啶(簡稱：4,6mDBTP2Pm-II)。

[0361] 下面示出得到的物質的 $^1\text{H NMR}$ 資料。

$^1\text{H NMR}(\text{CDCl}_3, 300\text{MHz})$: $\delta = 7.41-7.51(\text{m}, 4\text{H})$, $7.58-7.62(\text{m}, 4\text{H})$, $7.68-7.79(\text{m}, 4\text{H})$, $8.73(\text{dt}, J_1=8.4\text{Hz}, J_2=0.9\text{Hz}, 2\text{H})$, $8.18-8.27(\text{m}, 7\text{H})$, $8.54(\text{t}, J_1=1.5\text{Hz}, 2\text{H})$, $9.39(\text{d}, J_1=0.9\text{Hz}, 1\text{H})$ 。

[0362]

(參考例 2)

在本參考例中，說明實施例 4 及 5 所使用的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-咪唑-3-基)苯基]-9H-萸-2-胺(簡稱：PCBBiF)的合成方法。

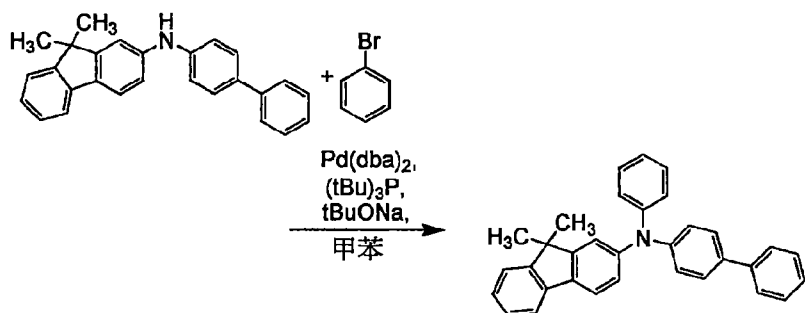
[0363]

(步驟 1：N-(1,1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-N-苯基-9H-萸-2-胺的合成)

將 45g(0.13mol)的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-9H-萸-2-胺、36g(0.38mol)的三級丁醇鈉、21g(0.13mol)的溴苯、500mL 的甲苯放入到 1L 三頸燒瓶中。在進行減壓的同時攪拌該混合物，以進行脫氣，在脫氣之後對該燒瓶內進行氮氣置換。然後，添加 0.8g(1.4mmol)的雙(二亞苄基

丙酮)鈀(0)、12mL(5.9mmol)的三(三級丁基)膦(10wt%的己烷溶液)。下面示出步驟 1 的合成方案。

[0364]



[0365] 在氮氣流下以 90℃ 攪拌該混合物 2 小時。然後，在將該混合物冷卻到室溫之後，藉由抽濾分離固體。濃縮得到的濾液，來得到 200mL 左右的褐色液體。在混合該褐色液體和甲苯之後，使用矽藻土、礬土、矽酸鎂對得到的溶液進行純化。濃縮得到的濾液，來得到淡黃色液體。使用己烷對該淡黃色液體進行再結晶，來以 95% 的產率得到 52g 的目的物的淡黃色粉末。

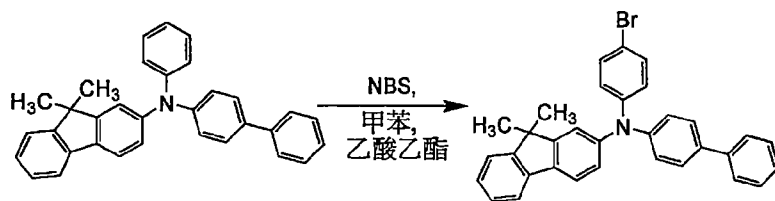
[0366]

(步驟 2：N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-(4-溴苯基)-9,9-二甲基-9H-萸-2-胺的合成)

將 45g(0.10mol)的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-N-苯基-9H-萸-2-胺放入到 1L 三角燒瓶中，添加 225mL 的甲苯並在加熱的同時攪拌而溶解。在將該溶液冷卻到室溫之後，添加 225mL 的乙酸乙酯，添加 18g(0.10mol)的 N-溴丁二醯亞胺(簡稱：NBS)，在室溫下攪拌混合物 2.5 小

時。在攪拌結束之後，使用飽和碳酸氫鈉水溶液對該混合物進行洗滌三次，使用飽和食鹽水對該混合物進行洗滌一次。對得到的有機層添加硫酸鎂，將其放置 2 小時並進行乾燥。對得到的混合物進行重力過濾去除硫酸鎂，濃縮得到的濾液，從而得到黃色液體。混合該黃色液體和甲苯，並且使用矽藻土、礬土、矽酸鎂對該溶液進行純化。濃縮得到的溶液，來得到淡黃色固體。使用甲苯/乙醇對該淡黃色固體進行再結晶，以 89% 的產率得到 47g 的目的物的白色粉末。下面示出步驟 2 的合成方案。

[0367]



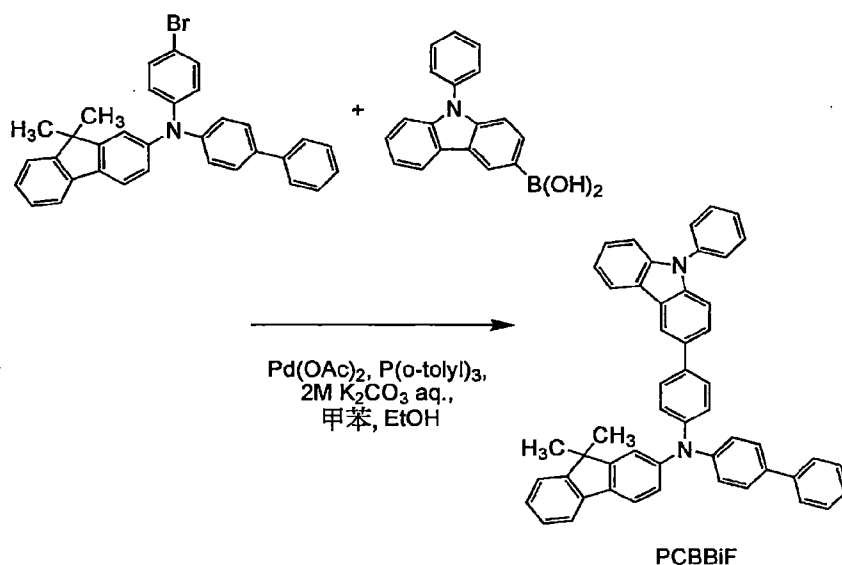
[0368]

〈步驟 3：PCBBiF 的合成〉

將 41g(80mmol)的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-N-(4-溴苯基)-9,9-二甲基-9H-芴-2-胺以及 25g(88mmol)的 9-苯基-9H-咪唑-3-基硼酸放入到 1L 三頸燒瓶中，添加 240mL 的甲苯、80mL 的乙醇以及 120mL 的碳酸鉀水溶液(2.0mol/L)，在進行減壓的同時攪拌該混合物，以進行脫氣，在脫氣之後對該燒瓶內進行氮氣置換。並且，添加 27mg(0.12mmol)的醋酸鈮(II)、154mg(0.5mmol)的三(鄰甲苯基)磷，再次

在進行減壓的同時攪拌該混合物，以進行脫氣，在脫氣之後對該燒瓶內進行氮氣置換。在氮氣流下以 110°C 攪拌該混合物 1.5 小時。下面示出步驟 3 的合成方案。

[0369]



[0370] 然後，在攪拌該混合物的同時將其冷卻到室溫，然後使用甲苯對該混合物的水層進行兩次的萃取。在混合得到的萃取溶液和有機層之後，使用水對其進行洗滌兩次，還使用飽和食鹽水對其進行洗滌兩次。對該溶液添加硫酸鎂，將其放置並進行乾燥。對該混合物進行重力過濾去除硫酸鎂，濃縮得到的濾液，來得到褐色溶液。在混合該褐色溶液和甲苯之後，使得到的溶液經過矽藻土、礬土、矽酸鎂來進行純化。濃縮得到的濾液，來得到淡黃色固體。使用乙酸乙酯/乙醇對該淡黃色固體進行再結晶，以 88% 的產率得到 46g 的目的物的淡黃色粉末。

[0371] 藉由利用梯度昇華方法對得到的 38g 的淡黃

色粉末進行昇華純化。在該昇華純化中，在壓力為 3.7Pa 且氬氣流量為 15mL/min 的條件下，以 345°C 加熱淡黃色粉末。在昇華純化之後，以 83% 的收集率得到 31g 的目的物的淡黃色固體。

[0372] 藉由核磁共振法(NMR)確認到該化合物是目的物的 N-(1,1'-聯苯-4-基)-9,9-二甲基-N-[4-(9-苯基-9H-吡啶-3-基)苯基]-9H-芴-2-胺(簡稱：PCBBiF)。

[0373] 下面示出得到的淡黃色固體的 ^1H NMR 資料。

^1H -NMR(CDCl_3 , 500MHz): δ =1.45(s, 6H), 7.18(d, J =8.0Hz, 1H), 7.27-7.32(m, 8H), 7.40-7.50(m, 7H), 7.52-7.53(m, 2H), 7.59-7.68(m, 12H), 8.19(d, J =8.0Hz, 1H), 8.36(d, J =1.1Hz, 1H)。

本申請案基於 2013 年 3 月 26 日向日本專利局申請的日本專利申請第 2013-064261 號，其全部內容併入本案參考。

【符號說明】

[0374]

101：第一電極

102：第二電極

103：EL 層

111：電洞注入層

112：電洞傳輸層

- 113：發光層
- 114：電子傳輸層
- 501：第一電極
- 502：第二電極
- 511：第一發光單元
- 512：第二發光單元
- 513：電荷產生層
- 601：驅動電路部(源極一側驅動電路)
- 602：像素部
- 603：驅動電路部(閘極一側驅動電路)
- 604：密封基板
- 605：密封材料
- 607：空間
- 608：佈線
- 609：FPC(撓性印刷電路板)
- 610：元件基板
- 611：開關用 TFT
- 612：電流控制用 TFT
- 613：第一電極
- 614：絕緣物
- 616：EL 層
- 617：第二電極
- 618：發光元件
- 623：n 通道型 TFT

624 : p 通道型 TFT
901 : 外殼
902 : 液晶層
903 : 背光
904 : 外殼
905 : 驅動 IC
906 : 端子
951 : 基板
952 : 電極
953 : 絕緣層
954 : 分隔壁層
955 : EL 層
956 : 電極
1001 : 基板
1002 : 基底絕緣膜
1003 : 閘極絕緣膜
1006 : 閘極電極
1007 : 閘極電極
1008 : 閘極電極
1020 : 第一層間絕緣膜
1021 : 第二層間絕緣膜
1022 : 電極
1024w : 發光元件的第一電極
1024r : 發光元件的第一電極

- 1024g：發光元件的第一電極
- 1024b：發光元件的第一電極
- 1025：分隔壁
- 1028：EL層
- 1029：發光元件的第二電極
- 1031：密封基板
- 1032：密封材料
- 1033：透明基材
- 1034r 紅色著色層
- 1034g 綠色著色層
- 1034b 藍色著色層
- 1035：黑色層(黑矩陣)
- 1037：第三層間絕緣膜
- 1040：像素部
- 1041：驅動電路部
- 1042：周邊部
- 1201：源極電極
- 1202：活性層
- 1203：汲極電極
- 1204：閘極電極
- 2001：外殼
- 2002：光源
- 3001：照明裝置
- 5000：顯示區域

- 5001 : 顯示區域
- 5002 : 顯示區域
- 5003 : 顯示區域
- 5004 : 顯示區域
- 5005 : 顯示區域
- 7101 : 外殼
- 7103 : 顯示部
- 7105 : 支架
- 7107 : 顯示部
- 7109 : 操作鍵
- 7110 : 遙控器
- 7201 : 主體
- 7202 : 外殼
- 7203 : 顯示部
- 7204 : 鍵盤
- 7205 : 外部連接埠
- 7206 : 指向裝置
- 7301 : 外殼
- 7302 : 外殼
- 7303 : 聯結部
- 7304 : 顯示部
- 7305 : 顯示部
- 7306 : 揚聲器部
- 7307 : 記錄媒體插入部

- 7308 : LED 燈
- 7309 : 操作鍵
- 7310 : 連接端子
- 7311 : 感測器
- 7401 : 外殼
- 7402 : 顯示部
- 7403 : 操作按鈕
- 7404 : 外部連接埠
- 7405 : 揚聲器
- 7406 : 麥克風
- 7400 : 行動電話機
- 9630 : 外殼
- 9631 : 顯示部
- 9631a : 顯示部
- 9631b : 顯示部
- 9632a : 觸控面板區域
- 9632b : 觸控面板區域
- 9633 : 太陽能電池
- 9634 : 充放電控制電路
- 9635 : 電池
- 9636 : DC 對 DC 轉換器
- 9637 : 操作鍵
- 9638 : 轉換器
- 9639 : 鍵盤顯示切換按鈕

9033：夾子

9034：顯示模式切換開關

9035：電源開關

9036：省電模式切換開關

9038：操作開關

發明摘要

【發明名稱】(中文/英文)

發光元件，化合物，有機化合物，顯示模組，照明模組，發光裝置，顯示裝置，照明裝置，與電子裝置

LIGHT-EMITTING ELEMENT, COMPOUND, ORGANIC

COMPOUND, DISPLAY MODULE, LIGHTING MODULE, LIGHT-

EMITTING DEVICE, DISPLAY DEVICE, LIGHTING DEVICE, AND

ELECTRONIC DEVICE

【中文】

本發明的一個方式的目的是提供一種發光效率高的發光元件。另外，本發明的一個方式的目的是提供一種驅動電壓低的發光元件。此外，本發明的一個方式的目的是提供一種能夠用於發光元件的傳輸層、主體材料以及發光材料的新穎化合物。本發明的一個方式提供一種具有苯並咪喃並嘧啶骨架的新穎化合物。另外，本發明的一個方式提供一種在一對電極之間包括具有苯並咪喃並嘧啶骨架的化合物的發光元件。

【英文】

A light-emitting element having high emission efficiency is provided. A light-emitting element having a low driving voltage is provided. A novel compound which can be used for a transport layer or as a host material or a light-emitting material of a light-emitting element is provided. A novel compound with a benzofuopyrimidine skeleton is provided. Also provided is a light-emitting element which includes the compound with the benzofuopyrimidine skeleton between a pair of electrodes.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1A)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

101：第一電極

102：第二電極

103：EL層

111：電洞注入層

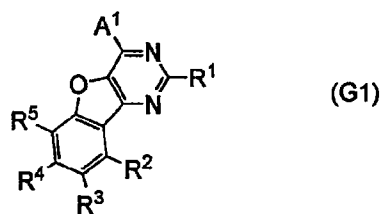
112：電洞傳輸層

113：發光層

114：電子傳輸層

115：電子注入層

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：G1



(G1)

申請專利範圍

1. 一種發光裝置，包括：

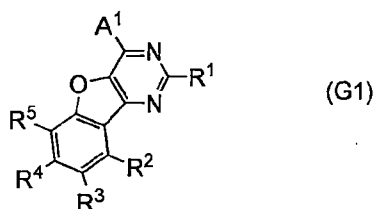
第一電極；

在該第一電極上的發光層；以及

第二電極，

其中，該發光層包括第一化合物及第二化合物與發光物質，

其中，該第一化合物是以式(G1)表示：



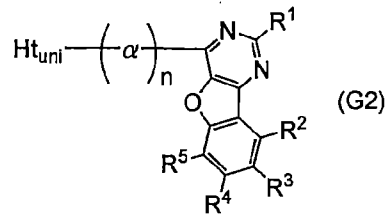
其中， A^1 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 100 的基團，該基團包括苯基、萘基、菲基、聯伸三苯基、二苯並噻吩基、二苯並呋喃基、咪唑基、苯並咪唑基、苯並噻唑基、苯並噻吩基、及三苯胺骨架中的至少一個；以及

其中， R^1 至 R^5 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的單環飽和烴、取代或未取代的碳原子數為 7 至 10 的多環飽和烴和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個。

2. 如申請專利範圍第 1 項之發光裝置，

其中：

該第一化合物是以式(G2)表示：



α 表示取代或未取代的伸苯基；

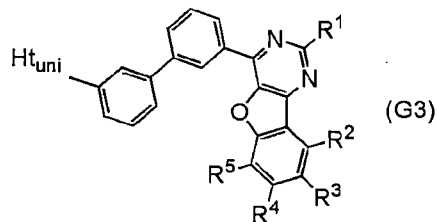
n 表示0至4的整數；以及

Ht_{uni} 表示電洞傳輸骨架。

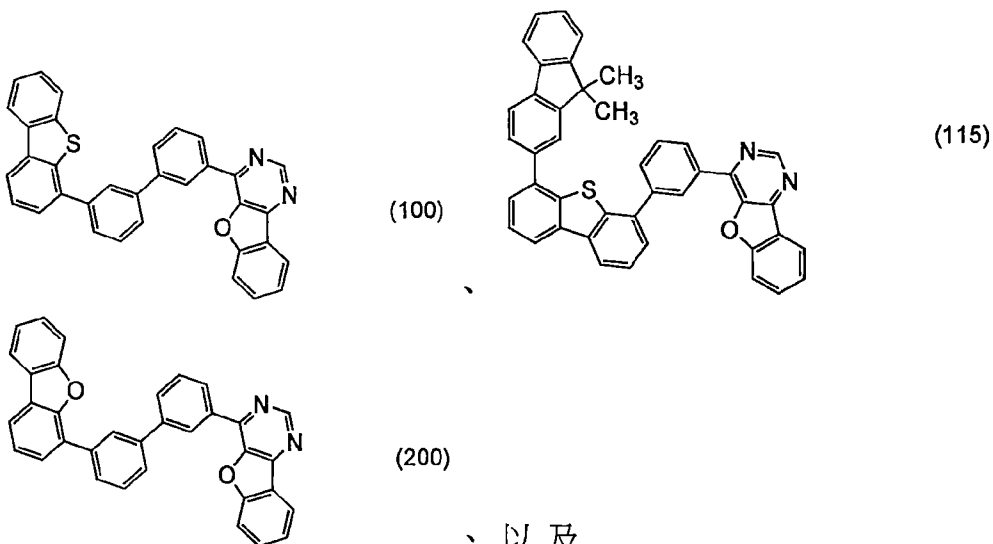
3.如申請專利範圍第1項之發光裝置，

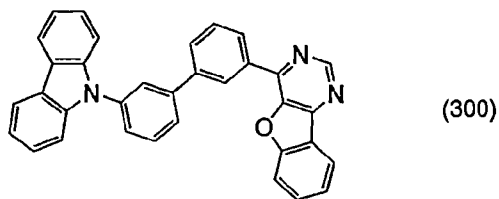
其中：

該第一化合物是以式(G3)表示：



4.如申請專利範圍第1項之發光裝置，其中，該第一化合物是以式(100)、(115)、(200)及(300)中任一個表示：





5. 一種發光裝置，包括：

第一電極；

在該第一電極上的發光層；

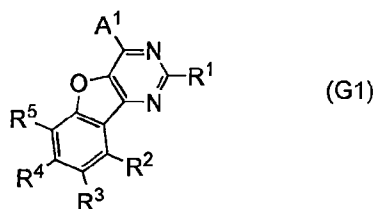
在該發光層上的電子傳輸層；以及

第二電極，

其中，該發光層包括第一化合物及第二化合物與發光物質，

其中，該電子傳輸層包括第四化合物，

其中，該第一化合物及該第四化合物中至少一個是以式(G1)表示：



其中， A^1 表示取代或未取代的碳原子數為 6 至 100 的基團，該基團包括苯基、萘基、菲基、聯伸三苯基、二苯並噻吩基、二苯並呋喃基、呋唑基、苯並咪唑基、苯並噁唑基、苯並噻唑基、及三苯胺骨架中的至少一個；以及

其中， R^1 至 R^5 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基、取代或未取代的碳原子數為 5 至 7 的單環飽和烴、取代或未取代的碳原子數為 7 至 10 的多環飽和烴和取代或未取代的碳原子數為 6 至 13 的芳基中的任一個。

6.如申請專利範圍第 5 項之發光裝置，

其中，該第一化合物是以該式(G1)表示；以及

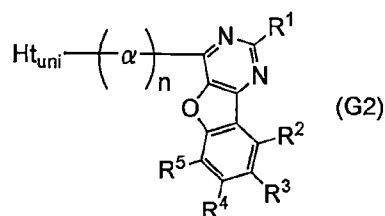
其中，該第四化合物是以該式(G1)表示。

7.如申請專利範圍第 5 項之發光裝置，

其中：

該第一化合物及該第四化合物中至少一個是以式(G2)

表示：



α 表示取代或未取代的伸苯基；

n 表示 0 至 4 的整數；以及

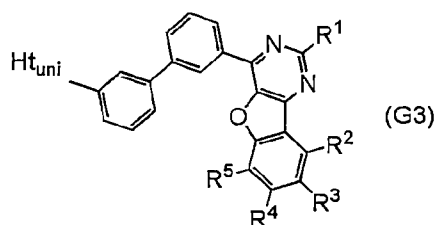
Ht_{uni} 表示電洞傳輸骨架。

8.如申請專利範圍第 5 項之發光裝置，

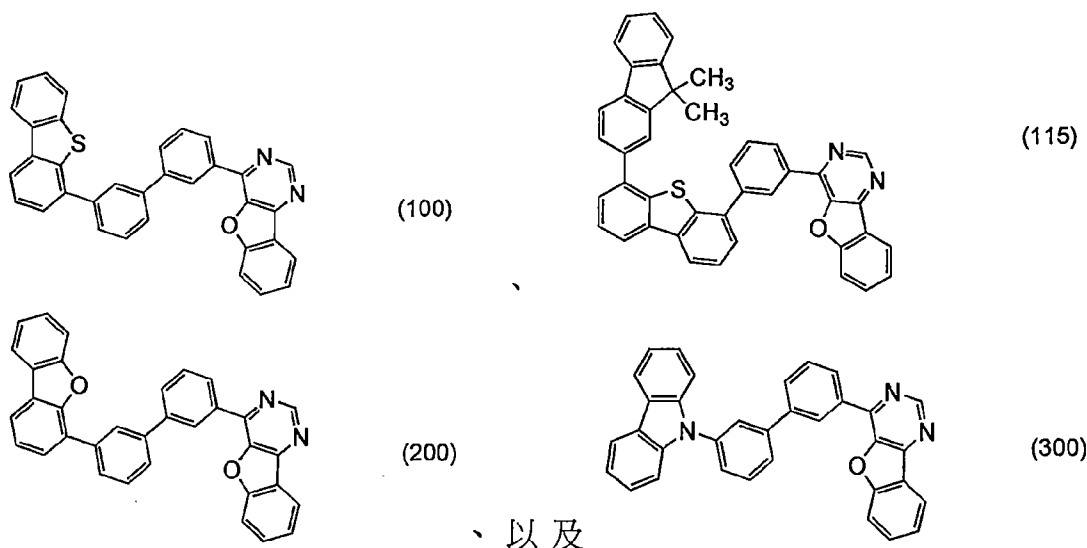
其中：

該第一化合物及該第四化合物中至少一個是以式(G3)

表示：



9.如申請專利範圍第 5 項之發光裝置，其中，該第一化合物及該第四化合物中至少一個是以式(100)、(115)、(200)及(300)中任一個表示：



10.如申請專利範圍第 1 或 5 項之發光裝置，其中，該發光物質包括磷光物質。

11.如申請專利範圍第 1 或 5 項之發光裝置，其中，該第一化合物具有電子傳輸性，以及其中，該第二化合物具有電洞傳輸性。

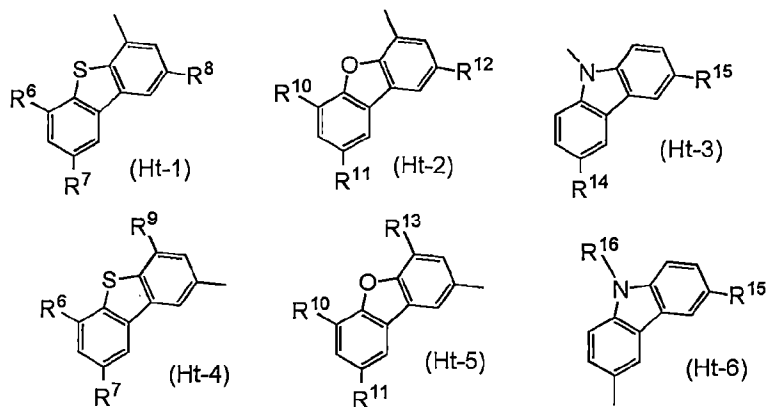
12.如申請專利範圍第 1 或 5 項之發光裝置，其中，該第一化合物與該第二化合物形成激態錯合物。

13.如申請專利範圍第 12 項之發光裝置，其中，該激態錯合物的發射光譜與吸收光譜的最長波長一側的該發光物質的吸收帶重疊。

14.如申請專利範圍第 1 或 5 項之發光裝置，其中， Ht_{uni} 表示取代或未取代的二苯並噻吩基、取代或未取代的二苯並呋喃基和取代或未取代的咪唑基中的任一個。

15.如申請專利範圍第 1 或 5 項之發光裝置，其中，

Ht_{uni} 表示以式 (Ht-1) 至 (Ht-6) 表示的基團中的任一個：



;

R^6 至 R^{15} 分別獨立地表示氫、碳原子數為 1 至 6 的烷基和取代或未取代的苯基中的任一個；以及

R^{16} 表示碳原子數為 1 至 6 的烷基和取代或未取代的苯基中的任一個。

16. 如申請專利範圍第 1 或 5 項之發光裝置，其中， n 為 2。

