

公告本
-----

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 94125731

※ 申請日期： 94.7.29

※IPC 分類：C09K11/06, H05B33/14

一、發明名稱：(中文/英文)

(2006.01) (2006.01)

有機電場發光元件及有機電場發光顯示裝置

ORGANIC ELECTROLUMINESCENCE ELEMENT AND ORGANIC  
ELECTROLUMINESCENCE DISPLAY DEVICE

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

三洋電機股份有限公司

SANYO ELECTRIC CO., LTD.

代表人：(中文/英文) 井植敏雅 / IUE, TOSHIMASA

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國大阪府守口市京阪本通2丁目5番5號

5-5, Keihan-Hondori 2-chome, Moriguchi-shi, Osaka, Japan

國籍：(中文/英文) 日本國 / JAPAN

三、發明人：(共9人)

姓名：(中文/英文)

1. 西村和樹 / NISHIMURA, KAZUKI

2. 濱田祐次(浜田祐次) / HAMADA, YUJI

3. 井寄將博 / IYORI, MASAHIRO

4. 橋本治壽(橋本治寿) / HASHIMOTO, HARUHISA

5. 坂田雅一 / SAKATA, MASAKAZU

6. 石田弘毅 / ISHIDA, HIROKI

7. 泉博章 / IZUMI, HIROAKI

8. 伊藤歌奈女 / ITO, KANAME

9. 石川香織 / ISHIKAWA, KAORI

國籍：(中文/英文) 1.至9. 日本國 / JAPAN

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項  第一款或  第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本國；2004年07月30日；特願2004-224905（主張優先權）
2. 日本國；2004年07月30日；特願2004-224906（主張優先權）
3. 日本國；2004年07月30日；特願2004-224907（主張優先權）
4. 日本國；2004年07月30日；特願2004-224908（主張優先權）
5. 日本國；2004年07月30日；特願2004-224909（主張優先權）
6. 日本國；2004年07月30日；特願2004-224910（主張優先權）
7. 日本國；2004年11月30日；特願2004-347296（主張優先權）
8. 日本國；2005年01月31日；特願2005-024212（主張優先權）
9. 日本國；2005年02月25日；特願2005-050034（主張優先權）
10. 日本國；2005年02月25日；特願2005-050035（主張優先權）

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 五、中文發明摘要：

本發明係有關有機電場發光元件，其特徵係：以具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、配置於陽極與中間單元間之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之隣接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO: lowest unoccupied molecular orbital)之能階(energy level)的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與隣接層之最高被占分子軌道(HOMO: highest occupied molecular orbital)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 之間存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 的關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從隣接層拔除所產生之電洞供給至第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給至第 2 發光單元。

## 六、英文發明摘要：

The present invention relates to an organic electroluminescence element characterized by comprising a cathode, an anode, a middle unit disposed between the cathode and the anode, a first light-emitting unit disposed between the cathode and the middle unit, a second light-emitting unit disposed between the cathode and the middle unit, wherein an electron pulling layer for pulling electron from the adjacent layer on the cathode side is provided in the middle unit, the absolute energy level value of the lowest unoccupied molecular orbital (LUMO) of the electron pulling layer  $|LUMO(A)|$  and the absolute energy level value of the highest occupied molecular orbital (HOMO) of the adjacent layer  $|HOMO(B)|$  exist the following relationship:  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ .

The middle unit supplies the hole produced by pulling the electron from the adjacent layer by electron pulling layer to the first light-emitting unit, and supplies the pulled electron to the second light-emitting unit at the same time.

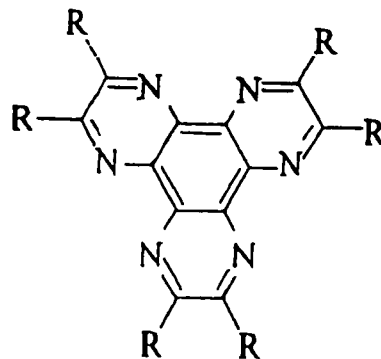
## 七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

30	中間單元	41	第1發光單元
42	第2發光單元	51	陰極
52	陽極		

## 八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：



## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關有機電場發光元件及有機電場發光顯示裝置。

### 【先前技術】

有機電場發光元件(有機 EL 元件)從應用於顯示器或照明之觀點正活躍地進行開發。有機 EL 元件之驅動原理如下所述。亦即，從陽極及陰極注入各個電洞及電子，並輸送至有機薄膜中，於發光層再結合產生激發狀態，從該激發狀態獲得發光。為了提高發光效率，必須有效率地注入電洞及電子、並輸送至有機薄膜中。但是，有機 EL 元件內載體之移動由於受到電極與有機薄膜間之能障(energy barrier)或有機薄膜內載體移動低的限制，因此發光效率之提昇亦有限制。

另一方面，提昇發光效率之另一方法可列舉如：積層複數個發光層之方法。例如將具有補色關係之橘色發光層與藍色發光層經由積層使直接接觸，有時可獲得比為 1 層時有更高之發光效率。例如藍色發光層之發光效率為  $10\text{cd}/\text{A}$ 、橘色發光層之發光效率為  $8\text{cd}/\text{A}$  時，將該等進行積層作成白色發光元件時即可獲得  $15\text{cd}/\text{A}$  之發光效率。

但是，將 3 層以上發光層積層使各自直接接觸時則發光效率不能獲得提昇，此為電子與電洞再結合領域之擴大受限，使再結合領域無法超出 3 層以上。

於 2004 年春季第 51 次應用物理學關係聯合演講會演講稿集 No.3 第 1464 頁，演講編號 28p-ZQ-14「具有雙重絕緣層之載體再結合型有機 EL 元件」方面揭示有藉由  $V_2O_5$ 、ITO 等無機半導體層將 2 個發光單元積層，在無機半導體層之內部產生載體，於 2 個發光層供給載體之方法。該方法為利用無機半導體層中所含載體之方法，為產生載體，而必須外加高電壓。因此，驅動電壓變高，而為不適用於攜帶機器等之低電壓驅動者。

於日本專利特開 2003-272860 號公報、特開 2003-264085 號公報、特開平 11-329748 號公報及特開 2004-39617 號公報亦提案有藉由電荷發生層等將複數之發光單元積層之有機 EL 元件，但是必需以高電壓驅動，而無法獲得高發光效率。

### 【發明內容】

本發明之目的係提供於具備至少 2 個發光單元之有機 EL 元件，以低電壓可驅動且發光效率高，可顯示所期待發光色之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置。

### < 第 1 形態 >

依本發明第 1 形態之有機 EL 元件，其特徵係具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、配置於陽極與中間單元間之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占

分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給第1發光單元，同時將拔除之電子供給第2發光單元。

以下，對於本發明各形態之共通事項亦有以「本發明」而加以說明。

根據本發明，於第1發光單元與第2發光單元之間設置中間單元，於中間單元設置電子拔除層。於電子拔除層之陰極側設置鄰接層。鄰接層之HOMO能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 與電子拔除層之LUMO能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$ 之關係。亦即，電子拔除層之LUMO的能階與鄰接層之HOMO能階之值接近。因此，電子拔除層可從鄰接層拔除電子，經由從該鄰接層將電子拔除，於鄰接層產生電洞。鄰接層設置於第1發光單元內時，於第1發光單元產生電洞。又，鄰接層為設置於電子拔除層與第1發光單元之間時，亦即設置於中間單元內時於鄰接層所產生之電洞，則供給第1發光單元。供給第1發光單元之電洞與源自陰極之電子再結合，由此，第1發光單元產生發光。

另一方面，於電子拔除層所拔除之電子供給第2發光單元，與從陽極供給之電洞再結合，由此，第2發光單元產生發光。

根據本發明，於各個第1發光單元及第2發光單元可形成再結合領域，由此，第1發光單元與第2發光單元可

各自產生發光。

本發明中，由於電子拔除層將電子從鄰接層拔除，係以電子拔除層之 LUMO 能階比鄰接層之 LUMO 能階更接近鄰接層之 HOMO 能階者為佳。亦即，鄰接層之 LUMO 能階的絕對值  $|LUMO(B)|$  以可滿足以下之關係者較佳。

$$|HOMO(B)| - |LUMO(A)| < |LUMO(A)| - |LUMO(B)|$$

作為電子拔除層所使用材料之 LUMO 能階的絕對值一般由於比鄰接層之 HOMO 能階的絕對值小，因此，在此情況下，各個能階之絕對值為以下之關係式所示。

$$0\text{eV} < |HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$$

本發明之第 1 發光單元及第 2 發光單元可各自從單一之發光層形成，亦可將複數發光層進行積層，使直接接觸而構成。但是，於本發明第 1 發光層與第 2 發光層為具有將各自 2 個發光層進行積層使直接接觸之構造時則特別有用。亦即，於該等情況下，若將第 1 發光單元與第 2 發光單元直接進行積層，則成為 4 個發光層直接積層之構造，如上所述，由於電子與電洞再結合領域之擴大受到限制，再結合領域則不能超出 4 個發光層。因此，於 4 個發光層之厚度方向之 1 處產生再結合，而無法獲得高發光效率。又，由於在第 1 發光單元與第 2 發光單元各自分別發光時之再結合領域之不同領域再結合，發出與第 1 發光單元及第 2 發光單元之發光色不同之光。

根據本發明，經由在第 1 發光單元與第 2 發光單元之間設置中間單元，於各個第 1 發光單元及第 2 發光單元可



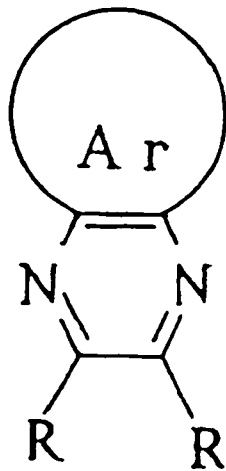
再結合，亦即各個第 1 發光單元及第 2 發光單元可形成再結合領域，各個第 1 發光單元及第 2 發光單元可獨自發光。因此在可獲得高發光效率之同時可發出與第 1 發光單元及第 2 發光單元之發光色相同之光。

本發明中，鄰接層係以由電洞輸送性材料所形成者為佳，尤以從芳基胺系電洞輸送性材料所形成者更佳。

本發明中，鄰接層亦可設置於第 1 發光單元內。尤其，第 1 發光單元內在位於中間單元側之發光層的主體材料為以適當電洞輸送性材料作為鄰接層時，可將第 1 發光單元內中間單元側之發光層作為鄰接層。

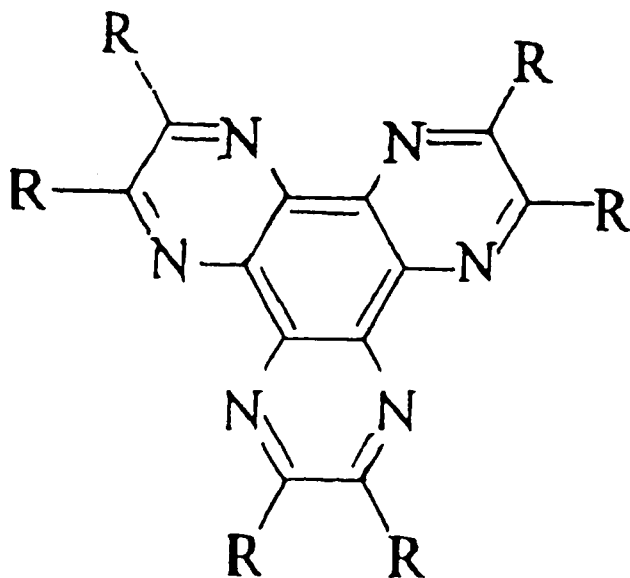
本發明中，鄰接層可設置於中間單元內。第 1 發光單元內中間單元側之發光層的主體材料為以非適當之電洞輸送性材料作為鄰接層時，因有時無法作為鄰接層使之作用，所以，於此時可在中間單元內設置鄰接層。此時，鄰接層設置於電子拔除層與第 1 發光單元之間。

本發明中，只要電子拔除層之 LUMO 能階的絕對值比鄰接層之 HOMO 能階的絕對值小於 1.5eV 者即可使用，並無特別之限制。具體之例係如：由以下所示構造式表示之吡啶衍生物所形成。



(此處，Ar 表示芳基，R 表示氫原子、碳原子數 1 至 10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氰基。)

於本發明中，更好者為由以下所示構造式表示之六氮雜聯伸三苯衍生物所形成之電子拔除層。



(此處，R 表示氫原子、碳原子數 1 至 10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氰基。)

依本發明之理想實施形態中，第 1 發光單元與第 2 發光單元為實質上發出同色光之單元。此時，實質上以使用相同材料形成為相同構造者較佳。

本發明中構成第 1 發光單元及第 2 發光單元之發光層

以由主體材料及摻雜材料(dopant material)所形成者較佳。必要時亦可含有載體輸送性之第 2 摻雜材料。摻雜材料可為單重發光材料，亦可為三重態發光材料(磷光發光材料)。

於本發明方面，在電子拔除層與第 2 發光單元之間以設置電子注入層者較佳。電子注入層為由金屬鋰所形成時，其厚度以在 0.3 至 0.9nm 範圍內者較佳。經由將從金屬鋰形成電子注入層之厚度作成在該等範圍內，即可延長元件壽命且可降低驅動電壓。電子注入層之更佳厚度為在 0.6 至 0.9nm 之範圍內。

又，在電子注入層與第 2 發光單元之間以設置電子輸送層較佳。電子輸送層可由在有機 EL 元件中一般作為電子輸送材料所使用之材料所形成。

依本發明第 1 形態之底部發光(bottom emission)型有機電場發光顯示裝置，其特徵係：具備具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣(active matrix)驅動基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板上，以及以陰極及陽極中設置於基板側的電極作為透明電極之底部發光型有機電場顯示裝置；其特徵為：該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元及配置於陽極與中間單元間之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰

極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給第1發光單元，同時將拔除之電子供給第2發光單元。

有機電場發光元件為白色發光元件時，以在主動矩陣驅動基板與有機電場發光元件間配置濾色器者較佳。

● 依本發明第1形態之頂部發光(top emission)型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板，以及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明的密封基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板與密封基板之間，以及以陰極及陽極中設置於密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為：該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第1發光單元及配置於陽極與中間單元間之第2發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子的電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由

電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給第 2 發光單元。

有機電場發光元件為白色發光元件時，以在密封基板與有機電場發光元件間配置濾色器者較佳。

於本發明之頂部發光型有機電場顯示裝置中，以有機電場發光元件發光之光從設置主動矩陣之側及反側之密封基板射出。一般主動矩陣(基板)係由積層多數之層而形成，設置於每個像素之薄膜電晶體等之主動元件由於不使光穿透，為底部發光型時，由於該等多數層或薄膜電晶體等主動元件存在，使得所射出之光衰減，而如為頂部發光型時，則不會受到該主動矩陣電路之影響，而可將光射出。尤其是本發明之有機電場發光元件因具有複數之發光單元，為頂部發光型時與底部發光型相比，發出之光所通過之膜數少即可，而可提高為了調節因光之干擾導至出射光衰減或出射光視野角度衰減之設計的自由度。

本發明之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置為具備至少 2 個發光單元之有機 EL 元件，為能以低電壓驅動且發光效率高之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置。

### < 第 2 形態 >

依本發明第 2 形態之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、配置於陽極與中間單元間，發出與第 1 發光單元實質上為不同色光之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子

之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在有 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給第1發光單元，同時將拔除之電子供給第2發光單元。

依本發明之第2形態，經由在第1發光單元與第2發光單元之間設置中間單元，於各個第1發光單元及第2發光單元中使可再結合。亦即，各個第1發光單元及第2發光單元可形成再結合領域，各個第1發光單元及第2發光單元可獨自發光。因此，在可獲得高發光效率之同時可發出將第1發光單元及第2發光單元各個發光色合成之色光。

於本發明中，中間單元內之電子注入層宜由例如鋰及銻等鹼金屬、氧化鋰( $\text{Li}_2\text{O}$ )等鹼金屬氧化物、鹼土金屬、鹼土金屬氧化物等形成。

依本發明第2形態之底部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板上，以及以陰極及陽極中設置於基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為：該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之

中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、及配置於陽極與中間單元間且發出與第 1 發光單元實質上為不同色光之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層從鄰接層拔除電子所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給第 2 發光單元。

依本發明第 2 形態之頂部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板、及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板與密封基板之間，以及以陰極及陽極中設置於密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、及配置於陽極與中間單元間且發出與第 1 發光單元實質上為不同色光之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的

絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$  之關係，中間單元將經由電子拔除層從鄰接層拔除電子所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給第 2 發光單元。

依本發明第 2 形態之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置為具備至少 2 個實質上發出不同色光之發光單元的有機 EL 元件，為能以低電壓驅動且發光效率高，顯示所期望之發光色之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置。

### ● < 第 3 形態 >

依本發明第 3 形態之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、及發出配置於陽極與中間單元間之色光的第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值

●  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$  之關係，位於第 1 發光單元之中間單元側之發光層含有芳基胺系電洞輸送性材料，該發光層係設置成鄰接於電子拔除層，以具有作為鄰接層之功能，中間單元將經由電子拔除層從上述發光層將電子拔除所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給第 2 發光單元。

根據本發明之第 3 形態，於第 1 發光單元與第 2 發光單元之間設置中間單元，於中間單元設置電子拔除層。



又，位於第 1 發光單元之中間單元側之發光層含有芳基胺系電洞輸送性材料，該發光層係鄰接於電子拔除層而設置。因此，於第 3 形態，該發光層具有作為鄰接層之功能。依本發明之第 3 形態，由於位於第 1 發光單元之中間單元側之發光層具有作為鄰接層之功能，所以與將鄰接層設置於中間單元內時相比，可降低驅動電壓，並可提高發光效率。

於本發明之第 3 形態，位於第 1 發光單元之中間單元側之發光層含有芳基胺系電洞輸送性材料。芳基胺系電洞輸送性材料於該發光層中以含有 50 重量%以上者較佳，更好含有 70 重量%以上。該芳基胺系電洞輸送性材料以作為主體材料而含於該發光層者較佳。

依本發明第 3 形態之底部發光型有機電場顯示裝置，其具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用的主動元件之主動矩陣驅動基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板上，以及以陰極及陽極中設置於基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、及配置於陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對

值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - LUMO(A) \leq 1.5\text{eV}$  之關係，位於第 1 發光單元之中間單元側之發光層含有芳基胺系電洞輸送性材料，該發光層係設置成鄰接於電子拔除層，以具有作為上述鄰接層之功能，中間單元將經由電子拔除層從發光層將電子拔除所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給第 2 發光單元。

依本發明第 3 形態之頂部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件之主動矩陣驅動基板、及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，該有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板與密封基板之間，以及以陰極及陽極中設置於密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、及配置於陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關係，位於第 1 發光單元之中間單元側之發光層含有芳基胺系電洞輸送性材

料，該發光層之設置係以作為上述鄰接層並發揮功能而鄰接於電子拔除層，中間單元將經由電子拔除層從發光層將電子拔除而產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給第 2 發光單元。

依本發明第 3 形態之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置為具備至少 2 個發光單元之有機 EL 元件，能以低電壓驅動且發光效率高之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置。

#### < 第 4 形態 >

依本發明第 4 形態之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、及配置於陽極與中間單元間之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層、及鄰接電子拔除層之陽極側之電子注入層，電子拔除層之最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關係，電子注入層之最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(C)|$  或功函數之絕對值  $|WF(C)|$  比  $|LUMO(A)|$  小，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子經由電子注入層供給第 2 發光單元。

於本發明之第 4 形態中，電子注入層之 LUMO 能階的絕對值  $|LUMO(C)|$  或功函數之絕對值  $|WF(C)|$  比電子拔除層之 LUMO 能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  小，因此，從電子拔除

層拔除之電子向電子注入層移動，從電子注入層供給第 2 發光單元。

於本發明中，電子拔除層之厚度以在 8 至 100nm 之範圍內較佳。經由將厚度設定在該等範圍內，可作成壽命特性及發光效率優越之有機電場發光元件。電子拔除層之厚度若未滿 8nm，則壽命特性及發光效率可能有降低的情形。又，電子拔除層之厚度若超過 100nm，則不但壽命特性及發光效率降低，更可能會產生黑點的情形。電子拔除層之較佳厚度在 10 至 80nm 範圍內，以在 10 至 30nm 範圍內為特佳。

依本發明第 4 形態之底部發光型有機電場顯示裝置，其特徵係具備具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板上，以及以陰極及陽極中設置於基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為：該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、及配置於陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層及鄰接電子拔除層之陽極側之電子注入層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值

$|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的

絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關係，電子注入層之最低空分子軌道 (LUMO) 能階的絕對值  $|LUMO(C)|$  或功函數之絕對值  $|WF(C)|$  比  $|LUMO(A)|$  小，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除而產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子經由電子注入層供給第 2 發光單元。

依本發明第 4 形態之頂部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用的主動元件之主動矩陣驅動基板、及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板與密封基板之間，以及以陰極及陽極中設置於密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、及配置於陽極與中間單元間之第 2 發光單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層、及鄰接電子拔除層之陽極側之電子注入層，電子拔除層之最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關係，電子注入層之最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(C)|$  或功函數之絕對值  $|WF(C)|$  比  $|LUMO(A)|$

小，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子經由電子注入層供給第 2 發光單元。

本發明第 4 形態之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置為具備至少 2 個發光單元之有機 EL 元件，為能以低電壓驅動且發光效率高之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置。

#### < 第 5 形態 >

本發明第 5 形態之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、及配置於陽極與中間單元間之第 2 發光單元，配置於陽極與第 2 發光單元間之電洞注入單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給第 2 發光單元之有機電場發光元件，電洞注入單元為由芳基胺系輸送性材料組成之電洞注入層、及配置於該電洞注入層與上述陽極間之電洞注入促進層所構成，電洞注入促進層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(X)|$  為陽極功函數之絕對值  $|WF(Y)|$  與電洞注入層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(Z)|$  具有  $|WF(Y)| < |HOMO(X)| <$

|HOMO(Z)|之關係。

根據本發明之第 5 形態，陽極與第 2 發光單元之間具備電洞注入單元，電洞注入單元為由芳基胺系輸送性材料組成之電洞注入層、及配置於該電洞注入層與該陽極間之電洞注入促進層所構成。電洞注入促進層之 HOMO 能階的絕對值 |HOMO(X)| 為陽極功函數之絕對值 |WF(Y)| 與電洞注入層之 HOMO 能階的絕對值 |HOMO(Z)| 具有  $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$  之關係。由於陽極、電洞注入促進層及電洞注入層具有  $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$  之關係，所以從陽極之電洞可有效地朝向電洞注入促進層及電洞注入層移動，而供給第 2 發光單元。

依本發明第 5 形態之有機 EL 元件具備第 1 發光單元及第 2 發光單元之至少 2 個發光單元、及配置於該等發光單元間之中間單元，中間單元設置從鄰接層將電子拔除之電子拔除層。經由從該電子拔除層之鄰接層將電子拔除，於鄰接層產生電洞，該電洞供給第 1 發光單元。因此，可將電洞有效地供給第 1 發光單元。該結果與第 1 發光單元相比，向第 2 發光單元之電洞供給不足，第 1 發光單元之發光強度與第 2 發光單元之發光強度之平衡變差。

根據本發明之第 5 形態，由如上述之電洞注入層與電洞注入促進層組成之電洞注入單元由於設置在第 2 發光單元之陽極側，對於第 2 發光單元可促進電洞之注入，而可提高第 2 發光單元之發光強度。根據本發明之第 5 形態，第 1 發光單元與第 2 發光單元可平衡發光，使可獲得

所期待之發光色。

於本發明之第 5 形態中，電洞注入單元之電洞注入層由芳基胺系電洞輸送性材料所形成。芳基胺系電洞輸送性材料之例可列舉如 N, N'-雙-(3-甲基苯基)-N, N'-雙-(苯基)聯苯胺 (TPD) 及 N, N'-二(稠四苯-1-基)-N, N'-二苯基聯苯胺 (NPB) 等。

又，電洞注入單元之電洞注入促進層其 HOMO 之能階的絕對值只要能滿足上述式之關係者即可使用，並無特別之限制。

依本發明第 5 形態之底部發光型有機電場顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用的主動元件之主動矩陣驅動基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板上，以及以陰極及陽極中設置於基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為：該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、配置於陽極與中間單元間之第 2 發光單元、及配置於陽極與第 2 發光單元間之電洞注入單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關



係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給第 2 發光單元之有機電場發光元件，電洞注入單元為由芳基胺系輸送性材料組成之電洞注入層、及配置於該電洞注入層與該陽極間之電洞注入促進層所構成，電洞注入促進層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值  $|HOMO(X)|$  為陽極功函數之絕對值  $|WF(Y)|$  與電洞注入層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值  $|HOMO(Z)|$  具有  $|WF(Y)| <$

●  $|HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$  之關係。

本發明第 5 形態之頂部發光型有機電場顯示裝置之特徵係：具備具有夾在陽極與陰極之元件構造之有機電場發光元件及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件的主動元件之主動矩陣驅動基板、及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且該有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板與密封基板之間，以及以陰極及陽極中設置於密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為：有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之中間單元、配置於陰極與中間單元間之第 1 發光單元、配置於陽極與中間單元間之第 2 發光單元、及配置於陽極與第 2 發光單元間之電洞注入單元，於中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的

絕對值  $|HOMO(B)|$  有  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$  之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給第 2 發光單元之有機電場發光元件，電洞注入單元為由芳基胺系輸送性材料組成之電洞注入層、及配置於該電洞注入層與陽極間之電洞注入促進層所構成，電洞注入促進層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(X)|$  為陽極功函數之絕對值  $|WF(Y)|$  與電洞注入層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(Z)|$  具有  $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$  之關係。

本發明第 5 形態之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置為具備至少 2 個發光單元之有機 EL 元件，為能以低電壓驅動且發光效率高，顯示所期待發光色之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置。

#### < 第 6 形態 >

本發明第 6 形態之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之發光單元、配置於陰極與發光單元間之電洞注入單元的有機 EL 元件，電洞注入單元具有設置於陽極側之第 1 電子拔除層、及於陰極側鄰接第 1 電子拔除層設置之電洞輸送性材料構成之第 1 鄰接層。

本發明第 6 形態之電洞注入單元具有第 1 電子拔除層、及第 1 鄰接層，第 1 電子拔除層設置於陽極側，第 1 鄰接層設置於陰極側，係鄰接於第 1 電子拔除層。第 1

鄰接層由電洞輸送性材料構成，經由在有機 EL 元件外加電壓之第 1 鄰接層中之電子係於第 1 電子拔除層拔除。經拔除該電子，於第 1 鄰接層產生電洞，該電洞供給發光單元，於發光單元中，供給之電洞與源自陰極之電子再結合，產生發光單元。另一方面，於第 1 電子拔除層拔除之電子於陽極吸收。

如此，於本發明從第 1 鄰接層經由第 1 電子拔除層將電子拔除，在第 1 鄰接層產生電洞，該電洞供給發光單元。因此，根據本發明之第 6 形態，從電洞注入單元可有效地將電洞供給發光單元。因此可降低驅動電壓，並可提高發光效率。

於本發明之第 6 形態，電洞注入單元之第 1 電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(A_1)|$  與第 1 鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值  $|HOMO(B_1)|$  係以存在著  $|HOMO(B_1)| - |LUMO(A_1)| \leq 1.5\text{eV}$  之關係者為佳。亦即，第 1 電子拔除層 LUMO 之能階以與第 1 鄰接層 HOMO 之能階為近似值者較佳。經由此，第 1 電子拔除層可易於將電子從第 1 鄰接層拔除，可從第 1 鄰接層產生更多之電洞。因此驅動電壓更低，並可更提高發光效率。

於本發明之第 6 形態，發光單元可為單一發光單元，亦可將複數發光單元組合。將複數發光單元組合時以如上述之本發明，係以挾在中間單元之組合者較佳。具體而言，以具有挾著中間單元，設置於陰極側之第 1 發光單

元、及設置於陽極側之第 2 發光單元較佳。中間單元以設置與電洞注入單元同樣之電子拔除層及鄰接層，經由此可將電洞供給第 1 發光單元者較佳。

於本發明之第 6 形態，第 1 及第 2 鄰接層以由電洞輸送性材料形成者較佳，又以由芳基胺系電洞輸送性材料形成者較佳。

於本發明之第 6 形態，中間單元之第 2 鄰接層可設置於第 1 發光單元內。尤其在第 1 發光單元內位於中間單元側之發光層的主體材料為適合作為第 2 鄰接層之電洞輸送性材料時，可將第 1 發光單元內中間單元側之發光層作為第 2 鄰接層。

於本發明之第 6 形態，第 2 鄰接層可設置於中間單元內。第 1 發光單元內中間單元側之發光層的主體材料並不適用為第 2 鄰接層之電洞輸送性材料時，由於無法發揮作為第 2 鄰接層之功能，因此，此時可於中間單元內設置第 2 鄰接層。此時，第 2 鄰接層配置於第 2 電子拔除層與第 1 發光單元之間。

於本發明中，第 1 及第 2 電子拔除層例如可由上述構造式表示之吡啶衍生物形成。

於本發明中，第 1 及第 2 電子拔除層更好係可由上述構造式表示之六氮雜聯伸三苯衍生物形成第 1 及第 2 電子拔除層。

本發明第 6 形態之底部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發

光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板上，以及以陰極及陽極中設置於基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為：有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之發光單元、配置於陽極與發光單元間之電洞注入單元，該電洞注入單元具有設置於陽極側之第 1 電子拔除層、以及設置於陰極側且鄰接第 1 電子拔除層之由電洞輸送性材料構成之第 1 鄰接層。

本發明第 6 形態之頂部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件之主動元件的主動矩陣驅動基板、及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板與密封基板之間，以及以陰極及陽極中設置於密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為：該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之發光單元、配置於陽極與發光單元間之電洞注入單元之有機電場發光元件，電洞注入單元具有設置於陽極側之第 1 電子拔除層、及設置於陰極側且鄰接第 1 電子拔除層之由電洞輸送性材料所構成之第 1 鄰接層。

本發明第 6 形態之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置為

能以低電壓驅動且發光效率高之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置。

### < 第 7 形態 >

本發明第 7 形態之有機 EL 元件之特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、配置於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，電子拔除層為從鄰接於電子拔除層陰極側之鄰接層將電子拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，亦於陰極及最接近陰極之發光單元間設置電子輸送層，各電子輸送層之膜厚設定成隨著遠離陰極而變厚且設定在 40nm 以下。

於具備複數發光單元之以往有機 EL 元件，在接近陰極之發光單元電子之注入可流暢地進行，但是遠離陰極之發光單元電子之注入變少。因此，在遠離陰極之發光單元之發光強度相對地變弱，而有無法獲得高發光效率之問題。於本發明之第 7 情況中，將各電子輸送層之膜厚設定成隨著遠離陰極而變厚。因此，於遠離陰極之發光單元電子之注入變高，可將在遠離陰極之發光單元之發光強度相

對地變高。其結果可改善在各發光單元發光強度之平衡，可提昇元件全體之發光效率。

於本發明之第 7 形態，各電子輸送層之膜厚設定在 40nm 以下。電子輸送層之膜厚如超過 40nm，則電子之移動無法流暢地進行，使發光強度有降低之傾向。

於設置複數發光單元時與上述電子之注入相同，電洞之注入亦隨著遠離陽極向發光單元有形成注入不充分的情形。於中間單元，從電子拔除層注入電洞。因此，於陽極與最接近陽極之發光單元之間設置電洞注入層時，該電洞注入層及各電子拔除層之膜厚以設定在隨著遠離陽極而變厚較佳。經由設定電洞注入層及各電子拔除層之膜厚，即使於遠離陽極之發光單元亦可將電洞充分注入，可改善各發光單元中發光強度之平衡，更可提高元件全體之發光效率。

電洞注入層及各電子拔除層以設定在 100nm 以下者較佳。電洞注入層及各電子拔除層之膜厚如超過 100nm，反而會妨礙電洞之移動，使發光強度有下降之傾向。

本發明第 7 形態之其他方式之有機 EL 元件，其特徵係：如上所述將電洞注入層及各電子拔除層之膜厚設定成隨著遠離陽極而變厚且設定在 100nm 以下。

本發明第 7 形態之其他方式之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、及配置於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，

電子拔除層為將電子從鄰接電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，於陽極及最接近陽極之發光單元間設置電洞注入層，該電洞注入層及各電子拔除層之膜厚設定成隨著遠離陽極而變厚且設定在100nm以下。

本發明之第7形態於複數發光單元之間配置中間單元，從該中間單元供給載體使發光單元發光。中間單元之機能係如上所述。

於本發明之第7形態中，陰極側及中間單元內之電子輸送層可由在有機EL元件一般作為電子輸送性材料使用之材料所形成。列舉例如菲繞啉衍生物、矽雜環戊二烯(silol)衍生物、三唑衍生物、喹啉酚金屬錯體衍生物、噁二唑衍生物等。

本發明第7形態之底部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板上，以及以陰極及陽極中設置於基板側之電極作為透明電極之底



部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、配置於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層及設置於陰極側之電子拔除層，該電子拔除層為將電子從鄰接電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除而產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，在陰極及最接近陰極之發光單元間亦設置電子輸送層，各電子輸送層之膜厚設定成隨著遠離陰極而變厚且設定在40nm以下。

本發明第7形態之頂部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件之主動矩陣驅動基板、及與該主動矩陣板相向設置之透明密封基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板與密封基板之間，以及以陰極及陽極中設置於密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為：有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、以及配置於發光單元間之中間單元，該中間單

元具有設置於陽極側之電子輸送層及設置於陰極側之電子拔除層，該電子拔除層為將電子從鄰接電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著

$|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，在陰極及最接近陰極之發光單元間設置電子輸送層，各電子輸送層之膜厚設定在隨著遠離陰極而變厚且設定在40nm以下。

本發明第7形態之其他方式之底部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板上，以及以陰極及陽極中設置於基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置其特徵為：有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、配置於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層及設置於陰極側之電子拔除層，電子拔除層為將電子從鄰接電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道

(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，於陽極及最接近陽極之發光單元間設置電洞注入層，該電洞注入層及各電子拔除層之膜厚設定成隨著遠離陽極而變厚且設定在100nm以下。

本發明第7形態之其他方式之頂部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板與密封基板之間，以及以陰極及陽極中設置於密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為：該有機電場發光元件具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、配置於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，該電子拔除層為將電子從鄰接電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產

生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元；於陽極及最接近陽極之發光單元間設置電洞注入層，該電洞注入層及各電子拔除層之膜厚設定成隨著遠離陽極而變厚且設定在 100nm 以下。

本發明第 7 形態之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置為具備將複數發光單元積層者，顯示高發光效率。

### < 第 8 形態 >

本發明第 8-1 形態之有機 EL 元件之特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、配置於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，該電子拔除層為從鄰接於電子拔除層之陰極側的鄰接層將電子拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$  之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除而產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，與最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(C)|$  有  $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$  之關係的電子拔除促進材料摻雜在電子拔除層中。

本發明第 8-2 形態之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、配置

於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，該電子拔除層為從鄰接於電子拔除層之陰極側的鄰接層將電子拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除而產生之電洞供給陰極側發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，由最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(C)|$ 存在著 $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$ 之關係的電子拔除促進材料組成之電子拔除層設置於電子拔除層與鄰接層之間。

本發明第 8-3 形態之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、配置於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，電子拔除層為從鄰接於電子拔除層之陰極側的鄰接層將電子拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除而產生之電洞供給陰極側發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元

件，最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(D)|$ 對於電子輸送層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(E)|$ 及 $|LUMO(A)|$ 存在著 $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 之關係之電子注入有機材料摻雜於電子輸送層及／或電子拔除層。

本發明第 8-4 形態之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、配置於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，電子拔除層為從鄰接於電子拔除層之陰極側的鄰接層將電子拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除而產生之電洞供給陰極側發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元；最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(D)|$ 對於電子輸送層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(E)|$ 及 $|LUMO(A)|$ 存在著 $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 之關係之由電子注入有機材料組成之電子注入有機材料層設置於電子拔除層與電子輸送層之間。

本發明第 8-5 形態之有機 EL 元件，其特徵係：具備陰極、陽極、配置於陰極與陽極間之複數發光單元、配置於發光單元間之中間單元，中間單元具有設置於陽極側之

電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，該電子拔除層為從鄰接於電子拔除層之陰極側的鄰接層將電子拔除之層，電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 之關係，中間單元將經由電子拔除層將電子從鄰接層拔除而產生之電洞供給陰極側發光單元，同時將拔除之電子經由電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，由至少 1 種選自鹼金屬、鹼土金屬及該等之氧化物組成之電子注入層設置於上述電子拔除層與上述電子輸送層之間，最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(D)|$ 對於電子輸送層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(E)|$ 及 $|LUMO(A)|$ 存在著 $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 之關係之電子注入有機材料或電子拔除層之材料摻雜於電子注入層。

本發明之第 8 形態方面，在複數發光單元之間配置中間單元，從該中間單元供給載體之同時使發光單元發光。中間單元之機能如上所述。

本發明第 8-1 形態之有機 EL 元件，其特徵係於上述本發明之有機 EL 元件中，最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(C)|$ 存在著 $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$ 之關係之電子拔除促進材料摻雜於電子拔除層。電子拔除促進材料之 LUMO 能階具有鄰接層之 HOMO 能階與電子拔除層之 LUMO 之能階間之值。因此，經如此

電子拔除促進材料所摻雜之電子拔除層方面，由鄰接層拔除電子變為容易。因此，根據本發明第 8-1 形態，由於電子拔除層可有效地從鄰接層拔除電子，所以更可提高發光效率。

例如電子拔除層之  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之  $|HOMO(B)|$  之關係以能滿足以下關係者較佳。

$$0 \leq |HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5 \text{ eV}$$

但是，於〈第 8 形態〉方面，在電子拔除層與鄰接層之間存在著具有  $|LUMO(C)|$  之能量值的電子拔除促進材料，當該能量絕對值之大小關係成為  $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$  時， $|HOMO(B)|$  與  $|LUMO(A)|$  之容許範圍可擴大到以下之範圍。

$$0 \leq |HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0 \text{ eV}$$

此係由於電子拔除補助材料之存在，而經由電子拔除補助材料將電子從鄰接層拔除。因此，即使電子拔除層之  $|LUMO(A)|$  與鄰接層之  $|HOMO(B)|$  之能量差變大，亦可產生充分之電子拔除效果。此時，電子拔除補助材料可作為摻雜劑使用，亦可作為層而插入。

例如表 8 之實施例 10 為電子拔除層 HAT-CN6 與鄰接層 CBP 之組合。此時 HAT-CN6 之  $|LUMO(\text{HAT-CN6})|$  與 CBP 之  $|HOMO(\text{CBP})|$  之差為 1.5 eV (參照表 9)。

將實施例 10 電子拔除層之 HAT-CN6 以 DTN 取代時，則

$$|HOMO(\text{CBP})| - |LUMO(\text{DTN})| = 2.0 \text{ eV}。此處，$$



$|HOMO(CBP)|=5.9\text{eV}$ 、 $|LUMO(DTN)|=3.9\text{eV}$ 。

如此，該元件之驅動電壓成為 45V，發光效率成為 8cd/A，在電壓增加之同時，發光效率顯著降低。其中，將作為電子拔除補助材料之 4F-TCNQ 在 DTN 層以 25% 之摻雜量進行摻雜。4F-TCNQ 之  $|LUMO(4F-TCNQ)|$  為 4.6eV。如此，該元件之電壓降低為 29V，發光效率提昇至 22cd/A。經由此，即使  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)|=2.0\text{eV}$ ，只要具有中間之能量值  $|LUMO(C)|$  之電子拔除補助材料的存在，即可充分提昇發光特性。

本發明第 8-2 形態之有機 EL 元件，其特徵係：於上述本發明之有機 EL 元件中，最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(C)|$  存在著  $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$  之關係之電子拔除促進材料組成之電子拔除促進層設置於電子拔除層與鄰接層之間。本發明之第 8-2 形態中，由電子拔除促進材料組成之電子拔除促進層設置於電子拔除層與鄰接層之間。如上所述，電子拔除促進材料之 LUMO 能階具有鄰接層之 HOMO 能階與電子拔除層之 LUMO 能階間之值。因此，與電子拔除層直接接觸鄰接層時相比，從鄰接層將電子拔除者更容易進行。根據本發明之第 8-2 形態，由於可有效地將電子從鄰接層拔除，所以可更提高發光效率。

本發明第 8-3 形態之有機 EL 元件，其特徵係：於上述本發明之有機 EL 元件中，最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(D)|$  對於電子輸送層之最低空分子軌道

(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(E)|$ 及 $|LUMO(A)|$ 存在著 $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 之關係之電子注入有機材料摻雜於電子輸送層及／或電子拔除層。電子注入有機材料之LUMO能階具有電子拔除層之LUMO能階與電子輸送層之LUMO能階間之值。由於該等電子注入有機材料摻雜於電子輸送層及／或電子拔除層，可於電子拔除層與電子輸送層之間設置中間之能階，經由此可促進將電子從電子拔除層向輸送層注入。因此，根據本發明之第8-3形態，由於可有效地將電子從電子拔除層注入電子輸送層，可更提高發光效率。

本發明第8-4形態之有機EL元件，其特徵係：於上述本發明之有機EL元件中，最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(D)|$ 由對於電子輸送層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(E)|$ 及 $|LUMO(A)|$ 存在著 $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 之關係之電子注入有機材料組成之電子注入有機材料層設置於電子拔除層與電子輸送層之間。於第8-4之形態中，由電子注入有機材料組成之電子注入有機材料層設置於電子拔除層與電子輸送層之間，因此於電子拔除層之LUMO能階與電子輸送層之LUMO能階之間設置具有該等之間的中間值之電子注入有機材料層之LUMO能階，促進將電子從電子拔除層向電子輸送層注入。因此，根據本發明之第8-4形態，由於可有效地將電子從電子拔除層注入電子輸送層，可更提高發光效率。

於本發明之第 8-1 形態至第 8-3 形態中，由至少 1 種選自鹼金屬、鹼土金屬及該等之氧化物組成之電子注入層係以設置在電子拔除層與電子輸送層之間者較佳。電子注入層之 LUMO 能階的絕對值  $|LUMO(F)|$  或功函數之絕對值  $|WF(F)|$  係以比電子拔除層之 LUMO 能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  小者較佳。從電子拔除層拔除之電子向電子注入層移動，從電子注入層經由電子輸送層而供給發光單元。

● 電子輸送層之 LUMO 能階的絕對值  $|LUMO(E)|$  係以比電子注入層之 LUMO 能階的絕對值  $|LUMO(F)|$  或功函數之絕對值  $|WF(F)|$  小者較佳。向電子注入層移動之電子通過電子輸送層而供給發光單元。

於本發明之第 8-4 形態中，上述電子注入層以設置在電子拔除層與電子注入有機材料層之間較佳。經由將電子注入層設置在電子拔除層與電子注入有機材料層之間，可將源自電子拔除層之電子以更佳效率供給電子輸送層。

● 於本發明之第 8-5 形態中，其特徵係：上述電子注入層設置於電子拔除層與電子輸送層之間，上述電子注入有機材料或電子拔除層之材料摻雜於電子注入層。電子注入有機材料或電子拔除層之材料經由摻雜於電子注入層可將源自電子拔除層之電子更有效地供給電子輸送層。摻雜電子注入有機材料及電子拔除層之材料之電子注入層可由複數之層構成。例如由摻雜電子拔除層之材料的第 1 電子注入層配置於陰極側，摻雜電子注入有機材料之第 2

電子注入層配置於陽極側之積層構造所構成電子注入層。

形成電子注入層之鹼金屬可列舉如：鋰、鉍等。鹼金屬氧化物可列舉如：氧化鋰( $\text{Li}_2\text{O}$ )等。鹼土金屬可列舉如：鎂等。又，亦可經由鹼金屬及鹼土金屬之碳酸鹽(例如碳酸鉍( $\text{Cs}_2\text{CO}_3$ )等)而形成電子注入層。

於本發明中間單元內之電子輸送層可由在有機 EL 元件中一般作為電子輸送性材料所使用之材料形成。可列舉如：菲繞啉衍生物、矽雜環戊二烯衍生物、三唑衍生物、喹啉酚金屬錯體衍生物、噁二唑衍生物等。

本發明第 8 形態之底部發光型有機電場發光顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件之主動矩陣驅動基板，於主動矩陣驅動基板上配置有機電場發光元件，以及以陰極及陽極中設置於基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場顯示裝置；其特徵為該有機電場發光元件為依上述本發明第 8-1 形態至第 8-5 形態任一者之有機電場發光元件。

本發明第 8 形態之頂部發光型有機電場顯示裝置，其係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元件用之主動元件之主動矩陣驅動基板、及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且該有機電場發光元件係配置於主動矩陣驅動基板與密封基板

之間，以及以陰極及陽極中設置於密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；其特徵為該有機電場發光元件為依上述本發明第 8-1 形態至第 8-5 形態任一者之有機電場發光元件。

本發明第 8 形態之有機 EL 元件及有機 EL 顯示裝置具備將複數發光單元積層者，顯示高發光效率。

如依本發明第 8-1 形態及第 8-2 形態，電子拔除促進材料摻雜於電子拔除層或是由電子拔除促進材料構成之電子拔除促進層設置於電子拔除層與鄰接層之間。因此，可更有效地進行將電子從鄰接層經由電子拔除層拔除，更可提高發光效率。如依本發明之第 8-3 形態至第 8-5 形態，電子注入有機材料摻雜於電子輸送層及／或電子拔除層、電子注入有機材料或電子拔除層之材料摻雜於電子注入層或是由電子注入有機材料構成之電子注入有機材料層設置於電子拔除層與電子輸送層之間。經由此，可更有效地進行將電子從電子拔除層向電子輸送層注入。因此，更可提高發光效率。

### 【實施方式】

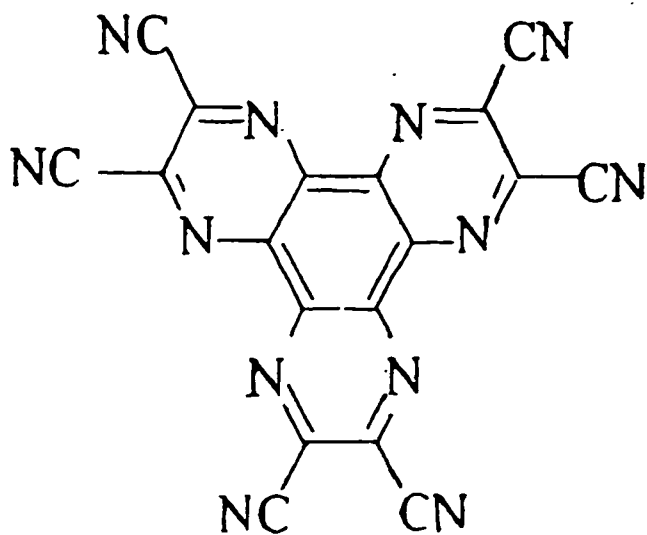
第 1 圖係呈示本發明之有機 EL 元件之模式剖面圖。如第 1 圖所示，於陰極 51 與陽極 52 之間設置第 1 發光單元 41 及第 2 發光單元 42。第 1 發光單元 41 與第 2 發光單元 42 之間設置中間單元 30。第 1 發光單元 41 對於中間單元 30 係設置於陰極 51 側，第 2 發光單元 42 對於中間單元 30 係設置於陽極 52 側。中間單元 30 內設置電子

拔除層。於該電子拔除層之陰極 51 側設置鄰接層。鄰接層係如上所述可設置於第 1 發光單元 41 內，亦可設置於中間單元 30 內。

第 2 圖係呈示中間單元周邊之能量圖表之圖。中間單元 30 由電子拔除層 31、電子注入層 32 及電子輸送層 33 構成。電子拔除層 31 之陰極側設置鄰接層 40。中間單元 30 之陽極側設置第 2 發光單元 42。第 2 圖係呈示僅有第 2 發光單元 42 之中間單元 30 側之層之圖示。

如第 2 圖所示，在電子拔除層 31 與第 2 發光單元 42 之間宜設置電子注入層 32。又在電子注入層 32 與第 2 發光單元 42 之間宜設置電子輸送層 33。

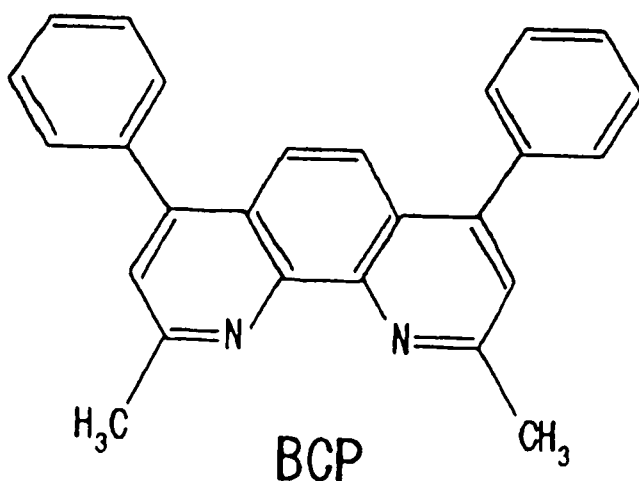
於第 2 圖所示之實施例中，電子拔除層 31 為由以下所示之構造式表示之六氮雜聯伸三苯六腈(以下稱為「HAT-CN6」)所形成。HAT-CN6 可根據例如 SYNTHESIS, April, 1994, 第 378 至 380 頁 "Improved Synthesis of 1, 4, 5, 8, 9, 12- Hexaazatriphenylenehexacarboxylic acid" 所揭示之方法製造。



### HAT-CN6

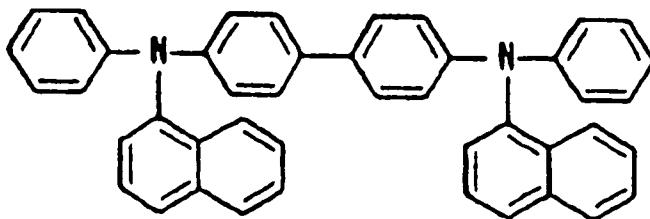
● 電子注入層 32 由鋰(金屬鋰)形成。電子注入層 32 可使用鋰及鈹等鹼金屬、 $\text{Li}_2\text{O}$  等鹼金屬氧化物、鹼土金屬、鹼土金屬氧化物等。

● 電子輸送層 33 由具有以下所示構造之 BCP(2,9-二甲基-4,7-二苯基-1,10-菲繞啉)等之鄰-、間-或對-菲繞啉衍生物所形成。電子輸送層 33 由例如於三(8-喹啉酚配位)鋁衍生物、噁二唑衍生物、矽雜環戊二烯衍生物、三唑衍生物等螯合物金屬錯體等有機 EL 元件一般作為電子輸送性材料使用之材料所形成。



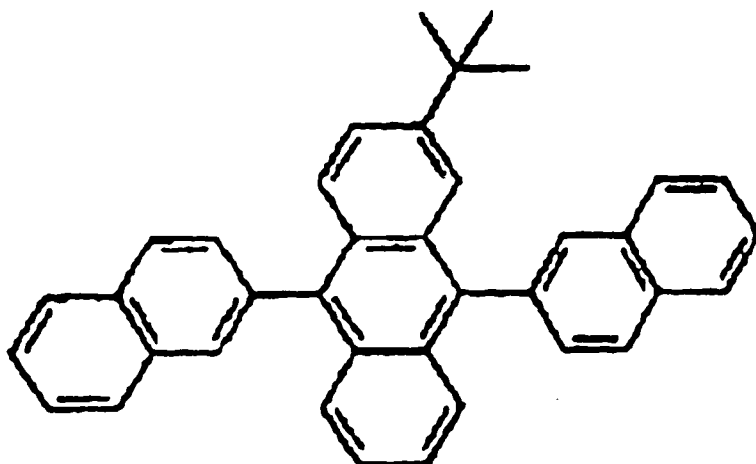
於本發明中，電子拔除層 31 之厚度以在 1 至 150nm 範圍內較佳，又以在 5 至 100nm 範圍內更佳。電子注入層 32 之厚度以在 0.1 至 10nm 範圍內較佳，又以在 0.1 至 1nm 範圍內更佳。電子輸送層 33 之厚度以在 1 至 100nm 範圍內較佳，又以在 5 至 50nm 範圍內更佳。

於第 2 圖所示之實施例中，鄰接層 40 由具有以下構造之 NPB(N, N'-二(稠四苯-1-基)-N, N'-二苯基聯苯胺)形成。



NPB

於第 2 圖所示之實施例中，作為第 2 發光單元 42 所示之層由具有以下構造之 TBADN(2-第三-丁基-9,10-二(2-萘基)蒽)所形成。



TBADN



如第 2 圖所示，電子拔除層 31 之 LUMO 能階的絕對值 (4.4eV) 與鄰接層 40 之 HOMO 能階的絕對值 (5.4eV) 之差在 1.5eV 以內。電子注入層 32 之 LUMO 能階 (功函數) 的絕對值比電子拔除層 31 之 LUMO 能階的絕對值小，電子輸送層 33 之 LUMO 能階的絕對值比電子注入層 32 之 LUMO 能階的絕對值小。

因此，電子拔除層 31 於陽極及陰極外加電壓時可將電子從鄰接層 40 拔除。拔除之電子通過電子注入層 32 及電子輸送層 33 而供給第 2 發光單元 42。

於鄰接層 40 由於電子被拔除而產生電洞。該電洞供給第 1 發光單元，與從陰極供給之電子再結合。其結果係在第 1 發光單元內發光。

供給第 2 發光單元之電子與從陽極供給之電洞在第 2 發光單元 42 內再結合。其結果係在第 2 發光單元 42 內發光。

如上所述，根據本發明在第 1 發光單元內及第 2 發光單元內可各自形成再結合領域並使之發光。其結果係提高發光效率之同時可發出第 1 發光單元及第 2 發光單元之發光色之光。

以下，對於本發明第 1 形態之實施例加以說明。

### < 實驗 1 >

(實施例 1 至 5 及比較例 1 至 2)

製作具有表 1 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施

例 1 至 5 及比較例 1 至 2 之有機 EL 元件。於以下之表中，( ) 內之數字表示各層之厚度 (nm)。

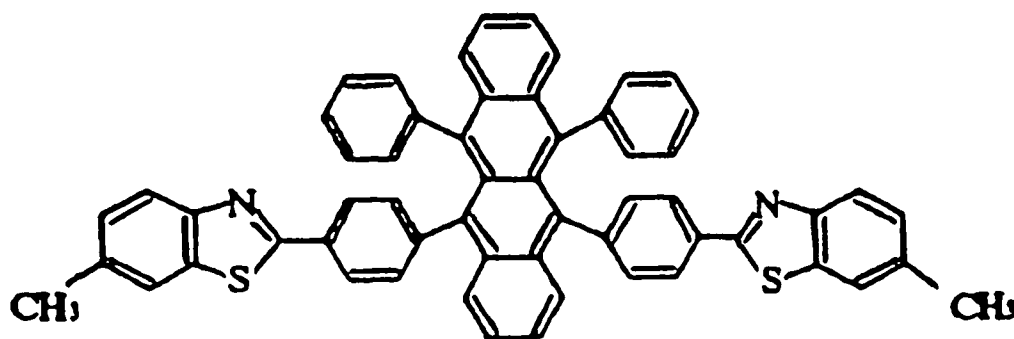
經由在形成 ITO(銻錫氧化物)膜之玻璃基板上形成氟碳(CF<sub>x</sub>)化合物層而製作陽極。氟碳化合物層經由 CHF<sub>3</sub> 氣體之等離子聚合形成。氟化碳層之厚度為 1nm。

在如以上操作所製作之陽極上經蒸鍍法依序將電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極堆積形成。

電洞注入層由 HAT-CN6 形成。

第 1 發光單元及第 2 發光單元係將橘色發光層 (NPB+3.0% DBzR) 及藍色發光層 (TBADN+2.5% TBP) 積層而形成。即使於任一個發光單元，橘色發光層均位於陽極側，而藍色發光層則位於陰極側。又，% 若無特別提示則為重量 %。

於橘色發光層方面，係使用 NPB 作為主體材料，係使用 DBzR 作為摻雜材料。DBzR 為 5,12-雙{4-(6-甲基苯并噻唑-2-基)苯基}-6,11-二苯基稠四苯，具有以下之構造。

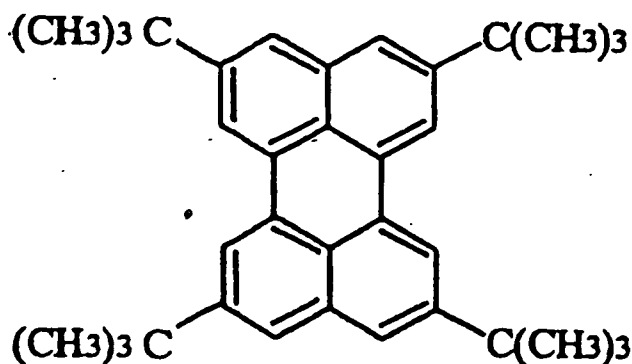


DBzR

藍色發光層係使用 TBADN 作為主體材料，使用 TBP

作為摻雜材料。

TBP 為 2,5,8,11-四-第三-丁基芘，具有以下之構造。



TBP

[表 1]

	陽極	電洞 注入層	第 2 發光單元	中間單元	第 1 發光單元	電子 輸送層	陰極
實施 例 1	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6 (15)/(0.1)/(100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)
實施 例 2	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/HAT-CN6 (15)/(100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)
實施 例 3	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6/NPB (15)/(0.1)/(100)/(20)	NPB+3.0%DBzR (10) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)
實施 例 4	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li/HAT-CN6 (15)/(0.3)/(100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)
實施 例 5	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Cs/HAT-CN6 (15)/(0.3)/(100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)
比較 例 1	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	無	無	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.2)/(200)
比較 例 2	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O (15)/(0.1)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)

對於所製作之各有機 EL 元件測定色度(CIE(x, y))及發光效率，測定結果及驅動電壓同時呈示於表 2。另外，發光效率為在 10mA/cm<sup>2</sup> 之值。

[表 2]

	驅動電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	發光效率 (cd/A)
實施例 1	10.3	0.37	0.41	22.8
實施例 2	22.1	0.32	0.36	10.2
實施例 3	16.8	0.33	0.38	15.3
實施例 4	10.0	0.36	0.40	23.1
實施例 5	10.1	0.36	0.40	22.9
比較例 1	6.0	0.30	0.40	10.1
比較例 2	26.0	0.15	0.21	3.1

由表 2 所示之結果明瞭各有機 EL 元件具備具有橘色發光層及藍色發光層之發光單元，由色度之測定結果可知發出白色光。

由實施例 1 至 5 與比較例 2 之比較明瞭，具備電子拔除層「HAT-CN6」之實施例 1 至 5 獲得之發光效率比未具備電子拔除層之比較例 2 高。又明瞭實施例 1 至 5 之有機 EL 元件與比較例 2 相比，呈示發光單元本身具有之發光色。

實施例 1 至 5 之有機 EL 元件顯示高發光效率之理由應為以下所述。亦即，實施例 1 至 5 之有機 EL 元件由於第 2 發光單元位於陽極側，相對地成為電洞多之狀態。因此，如不存在中間單元時電子便成為不足之狀態。另一方

面，由於第 1 發光單元位於陰極側，相對地成為電子多之狀態，如必須存在中間單元，則電洞即呈不足之狀態。

如上所述，如不存在中間單元時，由於 4 個發光層成為連續、直接接觸之狀態，在 4 個發光層中之 1 個領域中載體再結合。依本發明，經由在 4 個發光層正中設置中間單元，可補充陽極側第 2 發光單元中電子之不足及於陰極側第 1 發光單元中電洞之不足。其機制參照第 2 圖加以說明，若於陽極及陰極外加電壓，則電子從第 1 發光單元之鄰接層向電子拔除層拔除，於電子拔除層之 LUMO 注入拔除之電子。又，電子拔除之結果為於鄰接層之 HOMO 產生電洞。電子拔除層之 LUMO 電子經過中間單元內之電子注入層放入電子輸送層之 LUMO 後放入第 2 發光單元，與從陽極注入之電洞再結合。此時，除了源自中間單元之電子以外，於陰極注入之電子，應有助於在第 1 發光單元未消耗之電子亦同時再結合。經由此，第 2 發光單元中之橘色發光層與藍色發光層同時發光，產生補色型之白色發光。

另一方面，第 1 發光單元鄰接層之 HOMO 產生之電洞及第 2 發光單元未消耗、源自陽極之電洞在高電場中向第 1 發光單元移動，於第 1 發光單元中與從陰極注入之電子再結合。經由此，第 1 發光單元之橘色發光層與藍色發光層同時發光，產生補色型之白色發光。

如以上所述，由於在第 1 發光單元及第 2 發光單元 2 個地方產生白色發光，使發光效率提昇 2 倍。為經由  $V_2O_5$  等無機半導體層將複數發光單元組合之以往有機 EL 元件

時，利用無機半導體層中原本存在之載體。對於此，於本發明中，從不存在載體之中性有機層，亦即鄰接層將載體分離，利用該載體使之發光。因此，本發明之有機 EL 元件與以往之元件相比，可作成低驅動電壓。亦即，以將電子拔除能量(電子拔除層之 LUMO 與鄰接層之 HOMO 的差)及將產生之電子注入陽極側之發光層之能量差即可使之發光。

於本發明由於可使發光效率成為 2 倍，因此亦可提高元件之信賴性。例如初期亮度  $5000\text{cd}/\text{m}^2$  之亮度使連續發光時，通常之有機 EL 元件必需以  $5000\text{cd}/\text{m}^2$  之亮度直接發光。對於此，本發明之有機 EL 元件，由於發光效率成為 2 倍，只要元件中之 1 個發光單元以  $5000\text{cd}/\text{m}^2$  之一半，亦即  $2500\text{cd}/\text{m}^2$  之亮度發光即可。因此，元件流動之電流量只要一半即可，元件之負荷變小。於連續發光元件之壽命由於流動電流值之影響，依本發明而可提高元件之壽命。

由如上所述而明瞭依本發明經由在中間單元內設置電子拔除層，即可以低電壓驅動且發光效率高，為可顯示所期望發光色之有機 EL 元件。

## < 實驗 2 >

(實施例 6 及比較例 3)

與上述實驗 1 進行同樣之操作製作具備表 3 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施例 6 之有機 EL 元件。又，

除了未具有中間單元及第 1 發光單元以外，製作與實施例 4 之有機 EL 元件相同，如表 3 所示構造之比較例 3 之有機 EL 元件。

於本實施例方面，在中間單元之「HAT-CN6」層與第 1 發光單元之間形成由 NPB 組成之鄰接層。又，於本實施例中，第 1 發光單元及第 2 發光單元由藍色之單一發光層構成。如此，於第 1 發光單元陽極側之層中，未使用 NPB 等芳基胺系電洞輸送性材料作為主體材料時，以在中間單元內設置鄰接層較佳。

[表 3]

	陽極	電洞注入層	第 2 發光單元	中間單元	第 1 發光單元	電子輸送層	陰極
實施例 6	ITO /CFx	HAT-CN6/NPB (50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6/NPB (15)/(0.1)/(50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)
比較例 3	ITO /CFx	HAT-CN6/NPB (50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	無	無	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)

於實施例 6 及比較例 3 之有機 EL 元件中，與實驗 1 同樣操作，測定色度及發光效率，測定結果與驅動電壓同時呈示於表 4。

[表 4]

	驅動電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	發光效率 (cd/A)
實施例 6	9.9	0.17	0.40	31.6
比較例 3	3.1	0.18	0.39	19.6

由表 4 所示之結果明瞭，依本發明實施例 6 之有機

EL 元件顯示與具備單一發光單元之比較例 3 相同之色度，獲得與各發光單元單獨使用時相同之發光色。又明瞭實施例 6 之發光效率為比較例 3 發光效率之約 1.6 倍，獲得高發光效率。

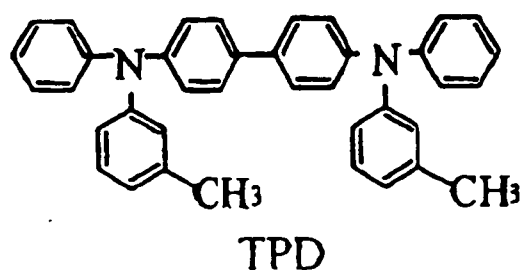
### < 實驗 3 >

進行與上述實驗 1 同樣之操作製作具備表 5 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施例 7 之有機 EL 元件。

於本實施例中，第 1 發光單元及第 2 發光單元使用與實施例 4 相同之藍色單一發光層。又，本實施例中，在中間單元內設置由 TPD 組成之鄰接層。在由該 TPD 組成之鄰接層與第 1 發光單元之間設置由 NPB 組成之電洞輸送層。

本實施例方面，在陽極與第 2 發光單元之間設置之電洞注入層亦使用 TPD。如表 5 所示，在「HAT-CN6」層與 NPB 層之間設置由 TPD 組成之層。

TPD 為 N, N'-雙-(3-甲基苯基)-N, N'-雙-(苯基)-聯苯胺，具有以下之構造。



TPD 之 HOMO 能階為  $-5.3\text{eV}$ 、LUMO 之能階為  $-2.5\text{eV}$ ，與 NPB (HOMO 能階  $= -5.4\text{eV}$ 、LUMO 能階  $= -2.6\text{eV}$ ) 幾乎為相同程度。



[表 5]

	陽極	電洞注入層	第 2 發光單元	中間單元	第 1 發光單元	電子輸送層	陰極
實施例 7	ITO /CFx	HAT-CN6/TPD/NPB (50)/(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6 /TPD/NPB (15)/(0.1)/(50) /(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)

於實施例 7 之有機 EL 元件中，與實驗 1 同樣操作，測定色度及發光效率，測定結果與驅動電壓共同呈示於表 6。

[表 6]

	驅動電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	發光效率 (cd/A)
實施例 7	8.9	0.16	0.39	32.0

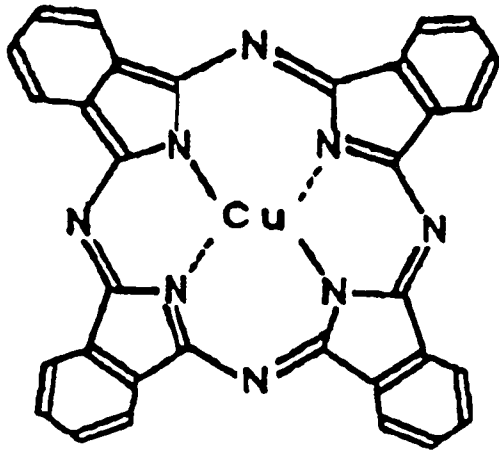
如表 6 所示，即使於形成由 TPD 組成之鄰接層時，與由 NPB 組成之鄰接層時相同，可獲得高發光效率。此為如上所述，其 HOMO 能階及 LUMO 能階與 NPB 為相同程度，因此，應是易於由鄰接層拔除電子，鄰接層產生之電洞易於向第 1 發光單元移動。

#### < 實驗 4 >

製作具備表 7 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施例 8 至 11 之有機 EL 元件。

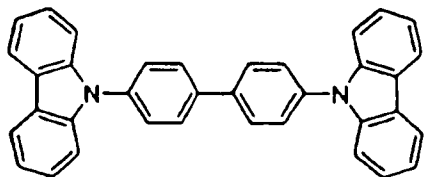
實施例 8 與實施例 7 相同，形成由 TPD 組成之鄰接層，於電洞注入層亦設置由 TPD 組成之層。

於實施例 9 方面，形成由 CuPc 組成之鄰接層，於電洞注入層亦設置 CuPc 層。CuPc 為銅酞菁，具有以下所示之構造。



CuPc

於實施例 10 方面，形成由 CBP 組成之鄰接層，於電洞注入層亦設置 CBP 層。CBP 為 4,4'-N,N'-二咔唑-聯苯，具有以下之構造。



CBP

於實施例 11 方面係使用 NPB 作為鄰接層。

實施例 8 至 11 之有機 EL 元件方面，係與實施例 7 相同，使用藍色之單一發光層作為第 1 發光單元及第 2 發光單元。

[表 7]

	陽極	電洞注入層	第 2 發光單元	中間單元	第 1 發光單元	電子 輸送層	陰極
實施 例 8	ITO /CF <sub>x</sub>	HAT-CN6/TPD/NPB (50)/(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6 /TPD/NPB (15)/(0.1)/(50) /(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)
實施 例 9	ITO /CF <sub>x</sub>	HAT-CN6/CuPc/NPB (50)/(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6 /CuPc/NPB (15)/(0.1)/(50) /(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)
實施 例 10	ITO /CF <sub>x</sub>	HAT-CN6/CBP/NPB (50)/(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6 /CBP/NPB (15)/(0.1)/(50) /(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)
實施 例 11	ITO /CF <sub>x</sub>	HAT-CN6/NPB (50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6/NPB (15)/(0.1)/(50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1)/(200)

於實施例 8 至 11 之各有機 EL 元件中，與上述實驗 1 同樣操作，測定色度及發光效率，測定結果與驅動電壓共同呈示於表 8。

[表 8]

	鄰接層	驅動電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	發光效率 (cd/A)
實施例 8	TPD	8.9	0.16	0.39	32.0
實施例 9	CuPc	6.6	0.13	0.36	25.1
實施例 10	CBP	39.0	0.16	0.34	20.1
實施例 11	NPB	9.9	0.17	0.40	31.6

如表 8 所示，即使於實施例 8 至 11 之任一個有機 EL 元件中，亦獲得高發光效率，又，可獲得與發光單元所使用之藍色發光層實質上相同之發光色。

[鄰接層之材料及電子拔除層之材料之 HOMO 及 LUMO 能階之測定]

鄰接層使用之材料及電子拔除層使用之材料用循環伏安法(CV:cyclic voltammetry)由以下之操作算出 HOMO 及 LUMO 之各能階值。

## 1. CV 測定

### (1) 氧化側之測定

將二氯甲烷作為溶劑，放入支援電解質(supporting electrolyte)第三-丁基銨過氧化物使濃度成為  $10^{-1}\text{mol/l}$ ，放入測定材料使成為  $10^{-3}\text{mol/l}$ ，調製試樣。所測定之氣體環境為大氣中，於室溫下測定。

### (2) 還原側之測定

將四氫呋喃作為溶劑，放入支援電解質第三-丁基銨過氧化物使濃度成為  $10^{-1}\text{mol/l}$ ，放入測定材料使成為  $10^{-3}\text{mol/l}$ ，調製試樣。所測定之氣體環境為在氮氣環境中，於室溫下測定。

## 2. HOMO 與 LUMO 之算出

### (1) 使用電離電勢測定裝置(理研計器公司製造

「AC-2」)預先在標準試樣 NPB 之薄膜中測定電離電勢。AC-2 之測定原理係如下所述。將從光源發出並經分光之紫外線照射於試樣，紫外線能量(波長)越來越大(短)。試樣為半導體時，紫外線之能量若超過電離電勢時，則光電子開始從試樣表面放出。用檢測器(opencounter)計算該光電子之數目。

將紫外線之能量與光電子之計數值(產量)之平方根關係以圖表表示，於該圖表以最小二乘法拉出近似直線，求出光電子放出之臨界值(threshold)能量。該臨界值能量在試樣為半導體時則為電離電勢。當試樣為金屬時則為功函數。以 AC-2 測定之 NPB 之電離電勢為  $-5.4\text{eV}$ 。

(2) 接著，測定 NPB 之 CV，測定氧化還原電位。NPB 之氧化電位為  $-0.5\text{V}$ ，還原電位為  $-2.3\text{V}$ 。因此，NPB 之 HOMO 為  $-5.4\text{eV}$ ，LUMO 為  $-2.6\text{eV}$  ( $5.4 - (0.5 + 2.3) = 2.6$ )。又，測定其他之材料，例如為 Alq 時氧化電位為  $+0.8\text{V}$ ，還原電位為  $-2.0\text{V}$ 。以 NPB 為基準時，Alq 之 HOMO 為  $5.7\text{eV}$  ( $5.4 - (0.8 - 0.5) = 5.7$ )，LUMO 為  $-2.9\text{eV}$  ( $5.7 - (0.8 + 2.0) = 2.9$ )。

經由以上之測定方法算出 TPD、CuPc、CBP、NPB 及 HAT-CN6 之 HOMO 及 LUMO 之能階，其結果如表 9 所示。又，於表 9 中，一併呈示各材料用於鄰接層之材料時的發光效率(實施例 6 至 9 之發光效率)。

[表 9]

	HOMO (eV)	LUMO (eV)	HOMO(B)   -   LUMO(A)   之值 (eV)	發光效率 (cd/A)
TPD	5.3	2.5	0.9	32.0
CuPc	5.1	3.3	0.7	25.1
CBP	5.9	2.6	1.5	20.1
NPB	5.4	2.6	1.0	31.6
HAT-CN6	7.0	4.4	—	—

由表 9 所示之結果明瞭，鄰接層材料之 HOMO 之能階的絕對值與電子拔除層材料之 LUMO 之能階的絕對值之差於 0 至 1.5eV 範圍中可獲得高發光效率之有機 EL 元件。

### < 實驗 5 >

製作具有表 10 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光層、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極，將中間單元內之  $\text{Li}_2\text{O}$  層之厚度  $x$  加以變化則各為 0.1nm、0.2nm、0.3nm、0.5nm、1nm 及 3nm 之有機 EL 元件。

[表 10]

陽極	電洞 注入層	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子 輸送層	陰極
		橘色 發光層	藍色 發光層		橘色 發光層	藍色 發光層		
ITO /CFx	HAT-CN6 (80)	NPB+ 3.0%DBzR (20)	80%TBADN+ 20%NPB+ 2.5%TBP (50)	BCP(15)/ $\text{Li}_2\text{O}(x)$ /HAT-CN6(80)	NPB+ 3.0%DBzR (20)	80%TBADN+ 20%NPB+ 2.5%TBP (50)	BCP (15)	$\text{Li}_2\text{O}(0.1)$ /Al(200)

於第 1 發光單元及第 2 發光單元中之橘色發光層與實驗 1 之橘色發光層相同。而且，藍色發光層係使用 80 重量%之 TBADN 作為主體材料，使用 2.5 重量%之 TBP 作為第 1 摻雜材料，使用 20 重量%之 NPB 作為第 2 摻雜材料。

將  $\text{Li}_2\text{O}$  層之膜厚加以變化的各有機 EL 元件測定  $10\text{mA}/\text{cm}^2$  中之發光效率，其結果如第 3 圖所示。

由第 3 圖所示之結果明瞭  $\text{Li}_2\text{O}$  之膜厚在 0.1nm 至 10nm 範圍內可發光。又，明瞭  $\text{Li}_2\text{O}$  之膜厚在 0.1nm 至 3nm 範圍其發光效率變得更高。

#### < 實驗 6 >

製作第 6 圖所示之有機 EL 元件。第 6 圖所示之有機 EL 元件在玻璃基板 50 上面形成陽極 52，在陽極 52 上形成由 HAT-CN6 組成之電洞注入層 44。在電洞注入層 44 上面形成由藍色發光層 42a 及橘色發光層 42b 組成之第 2 發光單元 42。在第 2 發光單元 42 上面形成中間單元 30。中間單元 30 為由電子拔除層 31、電子注入層 32 及電子輸送層 33 構成。中間單元 30 上面形成由藍色發光層 41a 及橘色發光層 41b 組成之第 1 發光單元 41。第 1 發光單元 41 上面形成由 BCP 組成之電子輸送層 43。電子輸送層 43 上面形成陰極 51。如表 11 所示，製作由金屬鋰組成之電子注入層 32 之厚度在 0.2nm 至 1.0nm 範圍內變化之實施例 12 至 19 之有機 EL 元件。

[表 11]

實施例	陽極	電洞 注入層	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子 輸送層	陰極
			橘色發光層	藍色發光層		橘色發光層	藍色發光層		
12	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.2)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
13	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.3)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
14	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (15)/(0.5)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
15	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
16	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
17	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (20)/(0.8)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
18	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.9)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
19	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(1.0)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)

評估實施例 12 至 19 各有機 EL 元件之特性。評估結果如表 12 所示。又，電壓及色度為以  $10\text{mA}/\text{cm}^2$  之電流驅動時之值。亮度半衰期為以  $40\text{mA}/\text{cm}^2$  之電流驅動時之值。



[表 12]

實施例	Li 層厚度 (nm)	電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	亮度半衰期 (hr)at40Ma/cm <sup>2</sup>
12	0.2	9.58	0.33	0.37	46
13	0.3	9.33	0.32	0.37	670
14	0.5	9.33	0.32	0.4	500
15	0.6	9.14	0.31	0.36	1000
16	0.6	8.98	0.29	0.37	1100
17	0.8	8.33	0.29	0.38	1000
18	0.9	8.64	0.29	0.35	730
19	1.0	9.44	0.32	0.37	300

由表 12 所示之結果明瞭由鋰組成之電子注入層厚度在 0.3 至 0.9nm 範圍，其亮度半衰期在 500 小時以上，獲得優越之壽命特性。尤其在 0.6 至 0.9nm 範圍內驅動電壓變低且獲得亮度半衰期在 1000 小時以上之值。

在電子注入層之厚度為 0.2nm 之實施例 12，壽命變得非常短且驅動電壓亦變高。電子注入層之厚度為 1.0nm 之實施例 19，壽命短且驅動電壓變高。

由以上所述明瞭，設置由鋰組成之電子注入層時，經由使電子注入層厚度在 0.3 至 0.9nm 範圍內，可作成驅動電壓低且壽命特性優越之有機 EL 元件。

認為經由設置由鋰組成之電子注入層，在與由 BCP 組成之電子輸送層之界面形成 Li-BCP 之錯體。經由形成該等錯體，BCP 之 LUMO 值下降，電子可流暢地從鋰注入 BCP。

#### [金屬鋰薄膜厚度之測定]

於實驗 6 中，電子注入層之金屬鋰薄膜厚度之測定係如下進行。

亦即，製作標準試樣，測定標準試樣之金屬鋰薄膜的厚度後，對於標準試樣經由 SIMS 製作校正曲線 (calibration curve)，使用該校正曲線對有機 EL 元件測定 SIMS，算出金屬鋰薄膜之厚度。以下對於該測定法加以詳細說明。

#### (1) 標準試樣之金屬鋰薄膜厚度的測定

在製作實施例 12、13、15 及 19 之有機 EL 元件時，經由 ICP(誘導結合等離子體法)測定金屬鋰薄膜之厚度。亦即，在製作各元件之前，在 100mm×100mm 大小之玻璃基板上以同條件只形成金屬鋰薄膜，將該等薄膜使用鹽酸與水之體積比為 1:9 之液體 50ml 萃取鋰金屬。萃取液用 ICP 法測定金屬鋰膜之重量。從鋰之固體密度  $0.534\text{mg}/\text{mm}^3$  求出金屬鋰薄膜之體積 ( $\text{mm}^3$ )。

接著，經由將該體積以膜面積  $10000\text{mm}^2$  ( $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ ) 切割，求出實際厚度 (nm)。

經由以上之操作，求出金屬鋰薄膜之厚度。實際上製作之有機 EL 元件(實施例 12、13、15 及 19)中電子注入

層(金屬鋰薄膜)之厚度認為與經由上述之操作而製作之金屬鋰薄膜之厚度相同。

經由 ICP 法以上述之操作求出之金屬鋰薄膜之厚度係如表 13 所示。

[表 13]

實施例	預定厚度 (nm)	Li 濃度 (mg/l)	Li 重量 (mg)	Li 實際體積 (mm <sup>2</sup> )	Li 實際膜厚 (nm)
12	0.2	0.022	0.0011	0.0021	0.21
13	0.3	0.031	0.0016	0.0029	0.29
15	0.6	0.063	0.0032	0.0059	0.59
19	1.0	0.11	0.0054	0.0101	1.01

(2)對於標準試樣經由 SIMS 製作校正曲線

對於上述實施例 12、13、15 及 19 之各試樣，以 SIMS 測定鋰深度方向之濃度分布。

第 7 圖係呈示對於鋰之 SIMS 側面圖，第 8 圖係呈示對於碳原子之 SIMS 側面圖。從第 7 圖及第 8 圖求出鋰與碳之強度比(鋰/碳計數比)，並呈示於表 14。又，計數比為碳側面圖中碳之平均強度為 1 時之鋰強度(波峰之高度)。例如碳之平均強度為  $1 \times 10$ ，鋰之波峰強度為  $4 \times 100$  時之計數比為 40。

[表 14]

實施例	Li 膜厚 (nm)	Li/C 計數比
12	0.2	15.2
13	0.3	14.2
15	0.6	22.2
19	1.0	40.5

從表 14 明瞭金屬鋰薄膜之厚度在 0.3nm 以上之範圍金屬鋰之膜厚與鋰／碳計數比存在著比例關係。因此，經由求出鋰／碳計數比可算出金屬鋰薄膜之厚度。以表 14 之結果為基礎製作金屬鋰薄膜之厚度與鋰／碳計數比之校正曲線，測定實施例 14、16、17 及 18 之 SIMS，由鋰／碳計數比測定各個金屬鋰薄膜(電子注入層)之厚度。

以下，以實施例對本發明第 2 形態加以說明。

#### < 實驗 7 >

(實施例 20 至 22 及比較例 4)

製作表 15 所示具有陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施例 1 之有機 EL 元件。又，如表 15 所示，除了無設置中間單元以外，進行與實施例 20 至 22 同樣之操作，製作比較例 4 之有機 EL 元件。於以下之表，( ) 內之數字表示各層之厚度 (nm)。

經由在形成 ITO(銦錫氧化物)膜之玻璃基板上形成

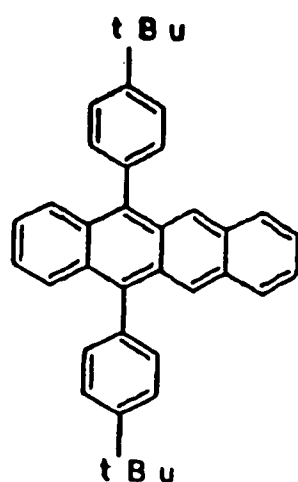
氟碳(CF<sub>x</sub>)化合物層而製作陽極。氟碳化合物係層由 CHF<sub>3</sub> 氣體之等離子聚合而形成。氟碳化合物層之厚度為 1nm。

在經由以上操作製作之陽極上經由蒸鍍法依序將電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極堆積形成。

電洞注入層係由 HAT-CN6 所形成。

第 2 發光單元由將綠色發光層(NPB+1.0% tBuDPN)及藍色發光層(TBADN+2.5% TBP)積層形成。於第 2 發光單元中，綠色發光層位於陽極側，藍色發光層位於陰極側。又，%若無特別提示則為重量%。

於綠色發光層，使用 NPB 作為主體材料，使用 DPN 作為摻雜材料。tBuDPN 為 5,12-雙(4-第三-丁基苯基)稠四苯，具有以下之構造。



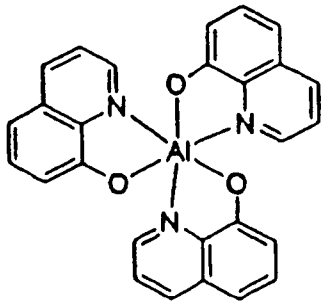
t B u D P N

藍色發光層使用 TBADN 作為主體材料，使用 TBP 作為摻雜材料。

第 1 發光單元係由紅色發光層(Alq+20% rubrene+

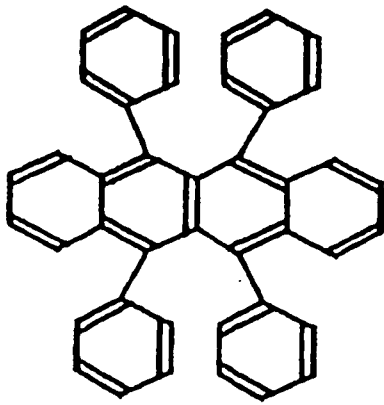
1.0% DCJTB) 形成。因此第 1 發光單元為由單一發光層所形成。

於紅色發光層，使用 Alq 作為主體材料，使用 DCJTB 作為摻雜材料(發光材料)，使用紅熒烯(rubrene)作為第 2 摻雜材料(載體輸送性材料)。Alq 為三-(8-喹啉酚配位)鋁(III)，具有以下之構造。



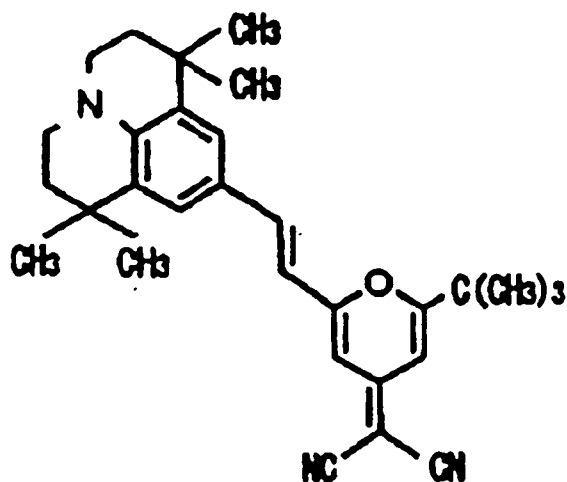
Alq

紅熒烯係具有以下之構造。



紅熒烯

DCJTB 為(4-二氫基亞甲基)-2-第三-丁基-6-(1,1,7,7-四甲基久洛尼定基(tetramethyljulolidyl)-9-烯基)-4H-吡喃，具有以下之構造。



DCJT B

於本實施例，在中間單元之「HAT-CN6」層與第1發光單元間之中間單元內形成由NPB組成之鄰接層。而且，於本實施例中，第1發光單元由紅色之單一發光層構成。如此，於第1發光單元陽極側之層中，未使用NPB等芳基胺系電洞輸送性材料作為主體材料時，以在中間單元內設置鄰接層者較佳。

[表 15]

	陽極	電洞注入層	第2發光單元		中間單元	第1發光單元	電子輸送層	陰極
實施例 20	ITO /CF <sub>x</sub>	HAT -CN6 (50)	NPB +1.0%tBuDPN (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Li <sub>2</sub> O (0.1) /HAT-CN6 (50) /NPB (30)	Alq +20%rubrene +1.0%DCJT B (30)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
實施例 21	ITO /CF <sub>x</sub>	HAT -CN6 (50)	NPB +1.0%tBuDPN (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Li (0.3) /HAT-CN6 (50) /NPB (30)	Alq +20%rubrene +1.0%DCJT B (30)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
實施例 22	ITO /CF <sub>x</sub>	HAT -CN6 (50)	NPB +1.0%tBuDPN (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Cs (0.3) /HAT-CN6 (50) /NPB (30)	Alq +20%rubrene +1.0%DCJT B (30)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
比較例 4	ITO /CF <sub>x</sub>	HAT -CN6 (50)	NPB +1.0%tBuDPN (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	無	Alq +20%rubrene +1.0%DCJT B (30)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)

測定所製作各有機 EL 元件之色度 (CIE(x, y)) 及發光效率，測定結果與驅動電壓共同表示於表 2。又，發光效率為於  $10\text{mA}/\text{cm}^2$  中之值。

[表 16]

	驅動電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	發光效率 (cd/A)
實施例 20	6.7	0.23	0.38	20.5
實施例 21	6.2	0.23	0.37	21.5
實施例 22	6.4	0.23	0.38	20.9
比較例 4	18	0.63	0.34	2.6

由表 16 所示之結果明瞭實施例 20 至 22 之有機 EL 元件與比較例 4 之有機 EL 元件相比，獲得高發光效率。又，由色度之測定結果明瞭實施例 20 至 22 之有機 EL 元件與比較例 4 之有機 EL 元件相比，可獲得更接近白色之發光。於比較例 4 中，將紅色發光層作為中心引起再結合，而變成紅色發光。

實施例 20 至 22 之有機 EL 元件顯示高發光效率及良好之白色之理由係如上所述者。

於本實施例中，由於在第 1 發光單元與第 2 發光單元之 2 個地方產生發光，所以發光效率提昇 2 倍。又，由於第 1 發光單元與第 2 發光單元各自發光，可獲得將第 1 發光單元之綠色及藍色與第 2 發光單元之紅色所組合之白色發光。對於此，在未設置中間單元時，如上所述，由



於在 3 個發光層中之 1 個領域發光，經由發光領域之位置偏移，R(紅色)、G(綠色)及 B(藍色)發光強度之平衡便易於崩潰，而無法獲得良好之白色。因此，如依本發明之第 2 形態，即可獲得 RGB 平衡良好之白色發光。

不只限於本實施例之第 2 發光單元，在將 2 層發光層積層之發光單元時，發光層之主體材料係以將電子輸送性材料及電洞輸送性材料成對使用者較佳。(於本實施例中，藍色發光層係使用電子輸送性材料之 TBADN、綠色發光層使用電洞輸送性材料之 NPB)，經由此，電子與電洞之再結合在兩發光層之界面固定，即使對元件外加電壓之變化，亦向發光側移動，而發光色不會產生變化。此處，電子輸送性材料為電子之移動度比電洞之移動度高之有機材料，電洞輸送性材料為電洞移動度比電子移動度高的有機材料。

#### < 實驗 8 >

(實施例 23 及比較例 5)

與上述實驗 7 同樣操作，製作具備表 17 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施例 23 的有機 EL 元件。又，除了未具有中間單元以外，製作與實施例 23 的有機 EL 元件相同、表 17 所示構造之比較例 5 的有機 EL 元件。

於本實施例中，第 1 發光單元與實驗 7 之第 2 發光單元同樣地形成，由設置於陽極側之綠色發光層及設置於陰極側之藍色發光層所形成。

於本實施例中，第 2 發光單元由橘色發光層 (NPB+3.0 % DBzR) 及藍色發光層 (TBADN+2.5% TBP) 積層而形成。於橘色發光層方面，使用 NPB 作為主體材料，使用 DBzR 作為摻雜材料。

實施例 23 及比較例 5 之有機 EL 元件係具有上述之構造，具有橘色 / 藍色 / 綠色 / 藍色之 4 個發光層。

[表 17]

	陽極	電洞注入層	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子輸送層	陰極
實施例 23	ITO / CF <sub>1</sub>	HAT -CN6 (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) / Li <sub>2</sub> O (0.1) / HAT-CN6 (100)	NPB +1.0%tBuDPN (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) / Al (200)
比較例 5	ITO / CF <sub>1</sub>	HAT -CN6 (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	無	NPB +1.0%tBuDPN (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) / Al (200)

對於實施例 23 及比較例 5 之有機 EL 元件進行與實驗 7 同樣操作，測定色度及發光效率，測定結果與驅動電壓共同呈示於表 18。

[表 18]

	驅動電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	發光效率 (cd/A)
實施例 23	17.0	0.25	0.35	13.0
比較例 5	24.0	0.26	0.34	6.3

由表 18 所示之結果明瞭本發明實施例 23 之有機 EL 元件與比較例 5 之有機 EL 元件比較，顯示高發光效率。又，實施例 23 之有機 EL 元件與比較例 5 之有機 EL 元件比較，顯示良好之白色發光。此乃因於實施例 23 之有機

EL 元件，第 1 發光單元與第 2 發光單元分別各自發光，而比較例 5 之有機 EL 元件在連續設置之 4 個發光層中之 1 個地方發光。比較例 5 只有一方之發光單元產生再結合，又再結合領域亦未擴大，所以發光效率減半。

以下，以實施例對本發明之第 3 形態加以說明。

### < 實驗 9 >

(實施例 24 至 26 及比較例 6)

製作表 19 所示之陽極、電洞輸送層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施例 24 至 26 及比較例 6 之有機 EL 元件。又，如表 19 所示，於實施例 24 至 26，將中間單元之電子拔除層之「HAT-CN6」層鄰接、設置於第 1 發光單元使之直接接觸。於比較例 6 方面，在電子拔除層之「HAT-CN6」層與第 1 發光單元之間設置 NPB 層作為鄰接層。於以下之表，( ) 內之數字表示各層之厚度 (nm)。

經由在形成 ITO(銻錫氧化物)膜之玻璃基板上形成氟碳化合物(CF<sub>x</sub>)層製作陽極。氟碳化合物層經由 CHF<sub>3</sub> 氣體之等離子聚合而形成。氟碳化合物層之厚度為 1nm。

在經由以上操作而製作之陽極上經由蒸鍍法依序將電洞輸送層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極堆積形成。

電洞輸送層係由 NPB 形成。

第 1 發光單元及第 2 發光單元係將橘色發光層 (NPB+3.0%DBzR) 及藍色發光層 (TBADN+2.5%TBP) 積層而

形成。於任何一個發光單元中，橘色發光層位於陽極側，藍色發光層位於陰極側。又，%若無特別提示則為重量%。

於橘色發光層方面，使用 NPB 作為主體材料，使用 DBzR 作為摻雜材料。

藍色發光層係使用 TBADN 作為主體材料，使用 TBP 作為摻雜材料。

[表 19]

	陽極	電洞 注入層	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子 輸送層	陰極
實施例 24	ITO /CF <sub>1</sub>	NPB (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Li <sub>2</sub> O (0.1) /HAT-CN6 (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
實施例 25	ITO /CF <sub>1</sub>	NPB (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Li (0.3) /HAT-CN6 (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
實施例 26	ITO /CF <sub>1</sub>	NPB (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Cs (0.3) /HAT-CN6 (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
比較例 6	ITO /CF <sub>1</sub>	NPB (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Li <sub>2</sub> O (0.1) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)

測定所製作各有機 EL 元件之色度 (CIE(x, y)) 及發光效率，測定結果與驅動電壓共同呈示於表 20。又，發光效率係於 10mA/cm<sup>2</sup> 中之值。

[表 20]

	驅動電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	發光效率 (cd/A)
實施例 24	21.2	0.36	0.42	11.7
實施例 25	20.8	0.35	0.41	12.0
實施例 26	21.0	0.36	0.41	11.9
比較例 6	23.2	0.35	0.41	9.7

由表 20 所示之結果明瞭使用第 1 發光單元之橘色發光層作為鄰接層之實施例 24 至 26 方面，與使用中間單元內之 NPB 層作為鄰接層之比較例 6 相比，驅動電壓變低。又，發光效率亦提昇。此乃因經由鄰接電子拔除層而設置第 1 發光單元之橘色發光層，將電子從電子拔除層拔除而產生之電洞可有效地供給第 1 發光單元。

根據本發明之第 3 形態，第 1 發光單元之中間單元側的發光層係作為鄰接層之功能。因此，第 1 發光單元以與電子拔除層直接接觸而設置，與在電子拔除層與第 1 發光單元之間設置鄰接層時相比，可降低驅動電壓，並可提高發光效率。

以下，以實施例對本發明之第 4 形態加以說明。

#### < 實驗 10 >

製作第 6 圖所示之有機 EL 元件。

如表 21 所示，於第 6 圖所示之元件構造中，使中間單元電子拔除層 (HAT-CN6) 之厚度在 5 至 150nm 之範圍內

變化。

[表 21]

實施例	陽極	電洞注入層	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子輸送層	陰極
			橘色發光層	藍色發光層		橘色發光層	藍色發光層		
27	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(5)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
28	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
29	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(30)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
30	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.69)/(80)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
31	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(100)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)
32	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(150)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/Al (1)/(200)

評估實施例 27 至 32 之有機 EL 元件之特性。電壓、色度及效率係以 10mA/cm<sup>2</sup> 之電流驅動時之值，亮度半衰期為以 40mA/cm<sup>2</sup> 之電流驅動時之值。評估結果如表 22 所示。

[表 22]

實施例	電子拔除層之厚度 (nm)	電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	電流效率 (cd/A)	電力效率 (lm/W)	亮度半衰期 (hr)at40Ma/cm <sup>2</sup>
27	5	8.85	0.29	0.36	28.74	10.20	500
28	10	8.98	0.29	0.37	29.84	10.44	1100
29	30	8.93	0.31	0.4	33.15	11.66	1000
30	80	8.94	0.31	0.41	30.21	10.62	950
31	100	8.97	0.31	0.41	29.14	10.2	900
32	150	8.99	0.32	0.42	25.71	8.98	600

由表 22 所示之結果明瞭實施例 28 至 31 之亮度半衰期在 900 小時以上，壽命特性優越。又，電力效率亦優越。又，實施例 28 及 29 之亮度半衰期在 1000 小時以上，電力效率在  $101\text{m/W}$  以上，壽命特性及發光效率佳。

對此，可知實施例 27 之亮度半衰期低且壽命特性差。此應為因電子拔除層之厚度過薄，鋰從電子注入層向陰極方向擴散，經擴散之鋰達至第 1 發光單元之發光層為止，而抑制電洞與電子之再結合。

於實施例 32 方面，亮度半衰期降低，電力效率亦變低，壽命特性及發光效率降低。又，於實施例 32 則發生黑點。

由以上明瞭電子拔除層之厚度宜在 8 至 100nm 範圍內，更宜在 10 至 80nm 範圍內，最好在 10 至 30nm 範圍內。

以下，以實施例對本發明之第 5 形態加以說明。

第 9 圖為本發明之有機 EL 元件所示之模式剖面圖。如第 9 圖所示，陰極 51 與陽極 52 之間設置第 1 發光單元 41 及第 2 發光單元 42。在第 1 發光單元 41 及第 2 發光單元 42 之間設置中間單元 30。第 1 發光單元 41 對於中間單元 30 係設置於陰極 51 側，第 2 發光單元 42 對於中間單元 30 係設置於陽極 52 側。中間單元 30 內設置電子拔除層。於該電子拔除層之陰極 51 側設置鄰接層。鄰接層如上所述，可設置於第 1 發光單元 41 內，亦可設置於中間單元 30 內。

第 2 發光單元 42 與陽極 52 之間設置電洞注入單元

10。電洞注入單元 10 由位於第 2 發光單元 42 側之電洞注入層 10b 及位於陽極 52 側之電洞注入促進層 10a 所構成。

第 10 圖係呈示電洞注入單元周邊之能量圖表之圖。

於第 10 圖所示之實施例中，陽極 52 係由 ITO(銦錫氧化物)所形成。

電洞注入促進層 10a 係由 CuPc 所形成。

電洞注入層 10b 係由 NPB 所形成。

於第 10 圖中，只將陽極 52 側之發光層的橘色發光層作為第 2 發光單元 42，如圖所示。該橘色發光層係使用 NPB 作為主體材料。

如第 10 圖所示，陽極 52 之功函數的絕對值為 4.7eV，電洞注入促進層 10a 之 HOMO 能階的絕對值為 5.0eV，電洞注入層 10b 之 HOMO 能階的絕對值為 5.4eV。

電洞注入促進層 10a 之 HOMO 值係如上所述，為在陽極 52 之功函數的值與電洞注入層 10b 之 HOMO 值間之值，所以可使電洞易於從陽極 52 向電洞注入層 10b 移動。因此，可促進電洞從陽極 52 向第 2 發光單元注入。據此，可有效地將電洞注入第 2 發光單元，可相對地提高第 2 發光單元之發光強度，並可提昇元件全體之發光效率。

於本發明之第 5 形態中，電洞注入促進層 10a 之厚度宜在 1 至 100nm 之範圍，更好在 5 至 20nm 之範圍。又，電洞注入層 10b 之厚度宜在 1 至 300nm 之範圍，更宜在 10 至 200nm 之範圍。

< 實驗 11 >



(實施例 33 至 35 及比較例 7)

製作具有表 23 所示之陽極、電洞注入單元、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施例 33 至 35 及比較例 7 之有機 EL 元件。於以下之表，( ) 內之數字表示各層之厚度 (nm)。

經由在形成 ITO(銦錫氧化物)膜之玻璃基板上形成氟碳(CF<sub>x</sub>)化合物層製作陽極。氟碳化合物層係經由 CHF<sub>3</sub> 氣體之等離子聚合而形成。氟碳化合物層之厚度為 1nm。

在經由以上操作所製作之陽極上經由蒸鍍法依序將電洞注入單元、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極堆積形成。

於實施例 33 至 35 中，電洞注入單元由 CuPc 組成之電洞注入促進層與由 NPB 組成之電洞注入層構成。於比較例 7 方面係形成由 NPB 組成之電洞注入單元。

中間單元除了由 Li<sub>2</sub>O、鋰或銫形成電子注入層以外，進行與第 2 圖所示中間單元 30 同樣之操作形成。

第 1 發光單元及第 2 發光單元由將橘色發光層 (NPB+3.0% DBzR) 及藍色發光層 (TBADN+2.5% TBP) 積層形成。於任何一個發光單元中，橘色發光層位於陽極側，藍色發光層位於陰極側。又，% 若無特別提示則為重量%。

於橘色發光層方面，係使用 NPB 作為主體材料，使用 DBzR 作為摻雜材料。

藍色發光層方面係使用 TBADN 作為主體材料，使用 TBP 作為摻雜材料。

[表 23]

	陽極	電洞注入單元	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子輸送層	陰極
實施例 33	ITO /CFx	CuPc/NPB (10) / (50)	NPB+ 3.0%DBzR (30)	TBADN+ 2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6 (15) / (0.1) / (100)	NPB+ 3.0%DBzR (30)	TBADN+ 2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1) / (200)
實施例 34	ITO /CFx	CuPc/NPB (10) / (50)	NPB+ 3.0%DBzR (30)	TBADN+ 2.5%TBP (40)	BCP/Li/HAT-CN6 (15) / (0.3) / (100)	NPB+ 3.0%DBzR (30)	TBADN+ 2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1) / (200)
實施例 35	ITO /CFx	CuPc/NPB (10) / (50)	NPB+ 3.0%DBzR (30)	TBADN+ 2.5%TBP (40)	BCP/Cs/HAT-CN6 (15) / (0.3) / (100)	NPB+ 3.0%DBzR (30)	TBADN+ 2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1) / (200)
比較例 7	ITO /CFx	NPB (100)	NPB+ 3.0%DBzR (30)	TBADN+ 2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>2</sub> O/HAT-CN6 (15) / (0.1) / (100)	NPB+ 3.0%DBzR (30)	TBADN+ 2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O/Al (0.1) / (200)

測定所製作各有機 EL 元件之色度 (CIE(x, y)) 及發光效率，測定結果與驅動電壓共同表示於表 24。又，發光效率係於 10mA/cm<sup>2</sup> 中之值。

[表 24]

	驅動電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	發光效率 (cd/A)
實施例 33	16.7	0.33	0.39	19.8
實施例 34	15.8	0.33	0.38	20.8
實施例 35	16.1	0.32	0.38	20.1
比較例 7	21.2	0.36	0.42	11.7

由表 24 所示之結果明瞭於設置本發明第 5 形態之電洞注入促進層及電洞注入層組成之電洞注入單元之實施例 33 至 35，與只將 NPB 層作為電洞注入單元之比較例 7 相比，驅動電壓變低，獲得高發光效率。此應為於本發明

之第 5 形態，經由在陽極與電洞注入層之間設置電洞注入促進層，可使電洞易於從陽極向第 2 發光單元移動，而促進第 2 發光單元之電洞的注入。

以下，以實施例對本發明之第 6 形態加以說明。

依本發明第 6 形態實施例之有機 EL 元件係具有如第 9 圖所示之構造，於第 9 圖中，電洞注入單元 10 係由第 1 電子拔除層 10a 與第 1 鄰接層 10b 所構成。

第 11 圖係呈示電洞注入單元 10 周邊之能量圖表之圖。電洞注作單元 10 由第 1 電子拔除層 10a 與第 1 鄰接層 10b 所構成，第 1 電子拔除層 10a 係由 HAT-CN6 所形成。

第 1 鄰接層 10b 係由 NPB 所形成。

於本發明之第 6 形態中，第 1 電子拔除層 10a 之厚度宜在 1 至 150nm 之範圍內，更宜在 5 至 100nm 之範圍內。又，第 1 鄰接層 10b 之厚度較宜在 1 至 300nm 之範圍，更宜在 5 至 200nm 之範圍。

陽極 52 係由 ITO(銦錫氧化物)所形成。

如第 11 圖所示，第 1 電子拔除層 10a 之 LUMO 能階的絕對值(4.4eV)與第 1 鄰接層 10b 之 HOMO 能階的絕對值(5.4 eV)之差為 1.0eV。因此，第 1 電子拔除層 10a 在陽極及陰極外加電壓時可將電子從第 1 鄰接層 10b 拔除。所拔除之電子經陽極 52 吸收。

另一方面，於第 1 鄰接層 10b 方面，由於電子被拔除而產生電洞。該電洞供給第 2 發光單元，與從中間單元 30 或陰極 51 供給之電子再結合。如以上之操作，第 1 電

子拔除層 10a 經由從第 1 鄰接層 10b 將電子拔除，在第 1 鄰接層 10b 產生電洞，該電洞供給發光單元。陽極 52 之功能函數絕對值為 4.8 eV，第 1 電子拔除層 10a 之 HOMO 能階的絕對值為 7.0eV，由於其差大至 2.2eV，因此源自陽極 52 之第 1 電子拔除層 10a 中難以注入電洞。本發明之第 6 形態係如上所述，經由源自第 1 鄰接層 10b 之第 1 電子拔除層 10a 將電子拔除，在第 1 鄰接層 10b 發生電洞，而將該電洞供給發光單元。

於本發明之第 6 形態方面，經由如上所述之機制，可有效地將電洞從電洞注入單元 10 供給發光單元，因此，可降低驅動電壓，並提昇發光效率。

### < 實驗 12 >

(實施例 36 至 38 及比較例 8 至 9)

製作具有表 25 所示之陽極、電洞注入單元、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施例 36 至 38 及比較例 8 至 9 之有機 EL 元件。於以下之表，( ) 內之數字表示各層之厚度 (nm)。

經由在形成 ITO(銻錫氧化物)膜之玻璃基板上形成氟碳(CF<sub>x</sub>)化合物層製作陽極。氟碳化合物層經由 CHF<sub>3</sub> 氣體之等離子聚合而形成。氟碳化合物層之厚度為 1nm。

在經由以上操作製作之陽極上經由蒸鍍法依序將電洞注入單元、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極堆積形成。

於實施例 36 至 38 之電洞注入單元方面，形成

「HAT-CN6」層作為第 1 電子拔除層，於其上形成 NPB 層作為第 1 鄰接層。於比較例 8 方面，只用 NPB 層形成電洞注入單元。於比較例 9 方面不形成電洞注入單元而是直接在陽極上形成第 2 發光單元。

中間單元係由使用  $\text{Li}_2\text{O}$ 、鋰或銫而形成電子注入層。

第 1 發光單元及第 2 發光單元係由將橘色發光層 (NPB+3.0%DBzR) 及藍色發光層 (TBADN+2.5%TBP) 積層形成。於任何一個發光單元中，橘色發光層位於陽極側，藍色發光層位於陰極側。又，%若無特別提示則為重量%。

於橘色發光層方面，使用 NPB 作為主體材料，使用 DBzR 作為摻雜材料。

藍色發光層係使用 TBADN 作為主體材料，使用 TBP 作為摻雜材料。

[表 25]

	陽極	電洞注入單元	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子輸送層	陰極
實施例 36	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Li <sub>2</sub> O (0.1) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
實施例 37	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Li (0.3) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
實施例 38	ITO /CF <sub>2</sub>	HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Cs (0.3) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
比較例 8	ITO /CF <sub>2</sub>	NPB (100)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Li <sub>2</sub> O (0.1) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)
比較例 9	ITO /CF <sub>2</sub>	無	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15) /Li <sub>2</sub> O (0.1) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3.0%DBzR (30)	TBADN +2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li <sub>2</sub> O (0.1) /Al (200)

測定所製作各有機 EL 元件之色度 (CIE(x, y)) 及發光

效率，測定結果與驅動電壓共同呈示於表 26。又，發光效率係於  $10\text{mA}/\text{cm}^2$  中之值。

[表 26]

	驅動電壓 (V)	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	發光效率 (cd/A)
實施例 36	12.4	0.35	0.42	20.2
實施例 37	11.5	0.34	0.41	21.2
實施例 38	11.8	0.35	0.42	20.9
比較例 8	21.0	0.36	0.42	11.7
比較例 9	13.0	0.32	0.41	17.3

由表 26 所示之結果明瞭本發明之第 6 形態，形成由第 1 電子拔除層與第 1 鄰接層組成之電洞注入單元之實施例 36 至 38 之有機 EL 元件與比較例 8 及 9 之有機 EL 元件相比，驅動電壓變低，發光效率變高。

以下，以實施例對本發明之第 7 形態加以說明。

第 12 圖係呈示本發明第 7 形態之有機 EL 元件所示之模式剖面圖。如第 12 圖所示，陰極 51 與陽極 52 之間設置第 1 發光單元 41、第 2 發光單元 42 及第 3 發光單元 43。在第 1 發光單元 41 及第 2 發光單元 42 之間設置中間單元 30。於第 2 發光單元 42 與第 3 發光單元 43 之間設置中間單元 31。

中間單元 30 由設置於位於陰極 51 側之電子拔除層

30a、位於陽極 52 側之電子輸送層 30c、電子拔除層 30a 及電子輸送層 30c 間之電子注入層 30b 所構成。中間單元 31 亦同，由設置於陰極 51 側之電子拔除層 31a、設置於陽極 52 側之電子輸送層 31c、電子拔除層 31a 及電子輸送層 31c 間之電子注入層 31b 所構成。

陰極 51 與第 1 發光單元 41 之間設置電子輸送層 12。陽極 52 與第 3 發光單元 43 之間設置電洞注入層 10。

於本發明之第 7 形態方面，各電子輸送層 12、30c 及 31c 之膜厚設定在隨著遠離陰極 51 而變厚。因此，電子輸送層 30c 之膜厚設定使比電子輸送層 12 之膜厚更厚，電子輸送層 31c 之膜厚設定使比電子輸送層 30c 之膜厚更厚，電子輸送層 12、30c 及 31c 各個膜厚設定在 40nm 以下。

經由將電子輸送層 12、30c 及 31c 之膜厚如上所述設定，可改善對於各發光單元 41、42 及 43 之電子注入的平衡。因此，可使各發光單元 41、42 及 43 之發光強度接近均一，其結果可提昇元件整體之發光效率。

根據本發明第 7 形態之其他方式，電洞注入層 10 及電子拔除層 30a 及 31a 之膜厚設定在隨著遠離陽極 52 而變厚。因此，電子拔除層 31a 之膜厚設定使比電洞注入層 10 之膜厚更厚，電子拔除層 30a 之膜厚設定使比電子拔除層 31a 之膜厚更厚。又，電洞注入層及電子拔除層 30a 及 31a 之各個膜厚設定使在 100nm 以下。

經由將電洞注入層 10 及電子拔除層 30a 及 31a 之膜

厚如上所述而設定，可改善對於各發光單元 41、42 及 43 之電洞注入的平衡。其結果為可使各發光單元 41、42 及 43 之發光強度接近均一，可提昇元件整體之發光效率。

於第 12 圖所示之實施例，雖然具有 3 個發光單元，但是本發明並不只限於此，只要設置至少 2 個發光單元即可。

第 13 圖係呈示中間單元周邊之能量圖表之圖。中間單元 30 係由電子拔除層 30a、電子注入層 30b 及電子輸送層 30c 所構成。電子拔除層 30a 之陰極側設置鄰接層 40。中間單元 30 之陽極側設置第 2 發光單元 42。第 13 圖係呈示只有第 2 發光單元 42 之中間單元 30 側之層的圖。

於第 13 圖所示之實施例中，電子拔除層 30a 係由 HAT-CN6 所形成。

電子注入層 30b 係由鋰(金屬鋰)所形成。

電子輸送層 30c 係由 BCP 所形成。

於本發明之第 7 形態中，電子輸送層之膜厚如上所述在 40nm 以下，更好在 1 至 40nm 之範圍。電子注入層 30b 之膜厚宜在 0.1 至 10nm 之範圍，更宜在 0.1 至 1nm 之範圍。電子拔除層 30a 之膜厚如上所述宜在 100nm 以下，更宜在 1 至 100nm 之範圍內，最好在 5 至 50nm 之範圍內。

於第 13 圖所示之實施例中，鄰接層 40 係由 NPB 所形成。

於第 13 圖所示之實施例中，第 2 發光單元 42 所示之



層係由 TBADN 所形成。

如第 13 圖所示，電子拔除層 30a 之 LUMO 能階的絕對值 (4.4eV) 與鄰接層 40 之 HOMO 能階的絕對值 (5.4eV) 之差在 1.5eV 以內。電子注入層 30b 之 LUMO 能階 (功函數) 之絕對值比電子拔除層 30a 之 LUMO 能階的絕對值小，電子輸送層 30c 之 LUMO 能階的絕對值亦比電子注入層 30b 之 LUMO 能階的絕對值小。

因此，電子拔除層 30a 於陽極及陰極外加電壓時可將電子從鄰接層 40 拔除。拔除之電子通過電子注入層 30b 及電子輸送層 30c 供給第 2 發光單元 42。

於鄰接層 40 由於電子被拔除而產生電洞。該電洞供給第 1 發光單元，與從陰極或鄰接之中間單元供給之電子再結合。該結果為在第 1 發光單元內發光。

供給第 2 發光單元之電子與從陽極或鄰接之中間單元供給之電洞在第 2 發光單元 42 內再結合。該結果為在第 2 發光單元 42 內發光。

於第 3 發光單元亦同樣地發光。

如上所述，根據本發明在第 1 發光單元內、第 2 發光單元內及第 3 發光單元內可各自形成再結合領域，可使之發光。該結果為提高發光效率之同時亦可以第 1 發光單元、第 2 發光單元及第 3 發光單元之發光色發光。

### < 實驗 13 >

製作具有表 27 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之有

機 EL 元件。於以下之表，( ) 內之數字表示各層之膜厚 (nm)。於中間單元中，由 BCP 形成之電子輸送層之膜厚 X 如表 28 所示，在 70nm 至 500nm 之間變化。

經由在形成 ITO(銦錫氧化物)膜之玻璃基板上形成氟碳(CF<sub>x</sub>)化合物層製作陽極。氟碳化合物層經由 CHF<sub>3</sub> 氣體之等離子聚合而形成。氟碳化合物層之厚度為 1nm。

在經由以上操作製作之陽極上經由蒸鍍法依序將電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極堆積形成。

電洞注入層係由 HAT-CN6 所形成。

中間單元除了由 Li<sub>2</sub>O 形成電子注入層以外，進行與第 2 圖所示之中間單元 30 同樣之操作而形成。

第 1 發光單元及第 2 發光單元由將橘色發光層(90% NPB+10% tBuDPN+3.0% DBzR)及藍色發光層(80% TBADN+20% NPB+2.5% TBP)積層形成。於任何一個發光單元中，橘色發光層位於陽極側，藍色發光層位於陰極側。又，% 若無特別提示則為重量%。

於橘色發光層方面使用 90% NPB+10% tBuDPN 作為主體材料，對於 NPB 與 tBuDPN 之總合 100 重量%係使用 3.0 重量%之 DBzR 作為摻雜材料。

藍色發光層係使用 80% TBADN+20% NPB 作為主體材料，對於 TBADN 與 NPB 之總合 100 重量%係使用 2.5 重量%之 TBP 作為摻雜材料。

[表 27]

陽極	電洞 注入層	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子 輸送層	陰極
ITO /CFx	HAT -CN6 (50)	90%NPB +10%(BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TEADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (X) /Li <sub>2</sub> O (0.2) /HAT-CN6 (50)	90%NPB +10%(BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TEADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12)	LiF (1) /Al (200)

測定所製作各有機 EL 元件之發光效率，測定結果與驅動電壓共同呈示於表 28。又，發光效率係於 20mA/cm<sup>2</sup>中之值。

[表 28]

陰極側 電子輸送層 之膜厚(nm)	中間單元之 電子輸送層 膜厚(nm)	電子輸送層之膜厚比 (中間單元/陰極側)	發光 效率 (cd/A)	發光效率 之比(%)	驅動電壓 (V)
12	7	0.6	22.8	93	7.9
12	12	1.0	24.1	100	7.2
12	17	1.4	29.5	122	7.8
12	22	1.8	30.5	127	7.7
12	32	2.7	26.4	110	7.8
12	40	3.3	24.4	101	8.2
12	50	4.2	19.1	79	8.5

由表 28 所示之結果明瞭將中間單元之電子輸送層之

膜厚作成 17nm 至 40nm，如比陰極側之電子輸送層厚時，與陰極側之電子輸送層之膜厚相同，作成 120nm 時相比，發光效率提昇。此應為經由將中間單元之電子輸送層之膜厚變厚，促進從陰極側所分離之第 2 發光單元中之電子的注入，該結果為於第 1 發光單元及第 2 發光單元電子之注入幾乎為相同程度，第 1 發光單元及第 2 發光單元之發光強度接近均一，提昇元件整體之發光效率。

中間單元之電子輸送層之膜厚作成 50nm 時發光效率會降低。此應為因電子輸送層之膜厚過厚，在電子之注入中發生障礙，導至發光效率降低。

又，將中間單元之電子輸送層之膜厚作成 7nm，比陰極側之電子輸送層之膜厚薄時發光效率會降低。

由此得知本發明之第 7 形態經由將各電子輸送層之膜厚設定在隨著遠離陰極使變厚且設定在 40nm 以下可獲得良好之發光效率。

#### < 實驗 14 >

製作具有表 29 所示之陽極、電洞注入層、第 3 發光單元、第 2 中間單元、第 2 發光單元、第 1 中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之有機 EL 元件。於以下之表，( ) 內之厚度表示各層之厚度 (nm)。

第 1 中間單元及第 2 中間單元除了將第 1 中間單元之電子輸送層之膜厚 X 及第 2 中間單元之電子輸送層之膜厚 Y 變化為表 30 所示者之外，進行與實驗 13 同樣之操作而形成。

第 1 至第 3 發光單元亦與實驗 13 中之發光單元進行同樣之操作而形成。又，陽極、電洞注入層、電子輸送層及陰極亦與實驗 13 進行同樣之操作而形成。

測定所製作有機 EL 元件之發光效率，測定結果示於表 30。

[表 29]

陽極	電洞注入層	第 3 發光單元		第 2 中間單元	第 2 發光單元		第 1 中間單元
ITO /CFx	HAT -CN6 (50)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (Y) /Li <sub>2</sub> O (0.2) /HAT-CN6 (50)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (X) /Li <sub>2</sub> O (0.2) /HAT-CN6 (50)

第 1 發光單元		電子輸送層	陰極
90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12)	LiF (1) /Al (200)

[表 30]

陰極側 電子輸送層 之膜厚(nm)	第 1 中間單元之電子輸送層膜厚 X (nm)	第 2 中間單元之電子輸送層膜厚 Y (nm)	電子輸送層之膜厚比 (第 1 中間單元/陰極側)	電子輸送層之膜厚比 (第 2 中間單元/陰極側)	發光效率 (cd/A)	驅動電壓 (V)
12	12	12	1.00	1.00	57.1	11.2
12	14	18	1.17	1.50	65	11.3

由表 30 所示而明瞭，經由使第 1 中間單元之電子輸

送層之膜厚厚於陰極側之電子輸送層之膜厚，且使第 2 中間單元之電子輸送層之膜厚厚於第 1 中間單元之電子輸送層之膜厚，即可獲得高發光效率。

### < 實驗 15 >

製作具有表 31 所示之陽極、電洞注入層、第 4 發光單元、第 3 中間單元、第 3 發光單元、第 2 中間單元、第 2 發光單元、第 1 中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之有機 EL 元件。

除了將第 1 中間單元之電子輸送層之膜厚  $X$ 、第 2 中間單元之電子輸送層之膜厚  $Y$  及第 3 中間單元之電子輸送層之膜厚  $Z$  設定為如表 32 所示之值以外，進行與實驗 13 之中間單元同樣之操作而形成。

第 1 至第 4 發光單元由進行與實驗 13 之發光單元同樣之操作而形成。又，陽極、電洞注入層、電子輸送層及陰極由進行與實驗 13 相同之操作而形成。

測定所製作各有機 EL 元件之發光效率，發光效率與驅動電壓共同呈示於表 32。

[表 31]

陽極	電洞 注入層	第 4 發光單元		第 3 中間單元	第 3 發光單元		第 2 中間單元
		90%NPB +10%(BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)		90%NPB +10%(BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	
ITO /CFx	HAT -CN6 (20)			BCP (Z) /Li <sub>2</sub> O (0.2) /HAT-CN6 (20)			BCP (Y) /Li <sub>2</sub> O (0.2) /HAT-CN6 (20)

第 2 發光單元		第 1 中間單元	第 1 發光單元		電子 輸送層	陰極
90%NPB +10%(BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)		90%NPB +10%(BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)		
		BCP (X) /Li <sub>2</sub> O (0.2) /HAT-CN6 (20)			BCP (12)	LiF (1) /Al (200)

[表 32]

陰極側 電子輸送層 之膜厚(nm)	第 1 中間單 元之電子輸 送層膜厚 X (nm)	第 2 中間單 元之電子輸 送層膜厚 Y (nm)	第 3 中間單 元之電子輸 送層膜厚 Z (nm)	發光效率 (cd/A)	驅動電壓 (V)
12	12	12	12	75.3	1.76
12	14	16	18	79.2	17.5

由表 32 所示之結果明瞭，經由使第 1 中間單元之電子輸送層之膜厚厚於陰極側之電子輸送層之膜厚、使第 2 中間單元之電子輸送層之膜厚厚於第 1 中間單元之電子輸送層之膜厚、使第 3 中間單元之電子輸送層之膜厚厚於第 2 中間單元之電子輸送層之膜厚，則可獲得高發光效率。

### < 實驗 16 >

於本實驗中，將電洞注入層及電子拔除層之厚度改變。

製作具有表 33 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之有機 EL 元件。

除了將中間單元之電子拔除層之膜厚 Y 如表 34 所示在 10nm 至 110nm 之範圍內變化、中間單元之電子輸送層之膜厚與陰極側之電子輸送層之膜厚相同，作成 12nm 以外，進行與實驗 13 相同之操作而形成各層。

測定所製作各有機 EL 元件之發光效率，發光效率與驅動電壓共同呈示於表 34。

[表 33]

陽極	電洞 注入層	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子 輸送層	陰極
ITO /CFx	HAT -CN6 (X)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) /Li <sub>2</sub> O (0.2) /HAT-CN6 (Y)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12)	LiF (1) /Al (200)



[表 34]

陽極側電洞 注入層膜厚 X(nm)	中間單元之電 子拔除層膜厚 Y (nm)	發光效率 (cd/A)	發光效率之比 (%)	驅動電壓 (V)
50	10	18.6	77	7.7
50	50	24.1	100	7.2
50	70	26.5	110	7.7
50	100	24.8	103	8.1
50	110	19.2	80	8.6

由表 34 所示之結果明瞭，經由使中間單元之電子拔除層之膜厚作成厚於陰極側之電洞注入層之膜厚，在 70nm 至 100nm 範圍內、電洞注入層之膜厚同樣地作成 50nm，即可獲得高發光效率。可知如將電子拔除層之膜厚作成 110nm，則發光效率會降低。此應為如電子拔除層之厚度過厚，則在電洞之移動會產生障礙之故。又，如電子拔除層之膜厚過薄於電洞注入層之膜厚時，則發光效率會降低。

#### < 實驗 17 >

於本實驗中，將發光單元作成 3 個，使改變中間單元之電子拔除層之膜厚。

製作具有表 35 所示之陽極、電洞注入層、第 3 發光

單元、第 2 中間單元、第 2 發光單元、第 1 中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之有機 EL 元件。

將第 1 發光單元之電子拔除層之膜厚 Z 及第 2 中間單元之電子拔除層之膜厚 Y 如表 36 所示使之改變。除此之外，進行與實驗 13 同樣之操作而形成陽極、電洞注入層、各發光單元、各中間單元、電子輸送層及陰極。

測定所製作各有機 EL 元件之發光效率，驅動電壓與測定結果共同呈示於表 36。

[表 35]

陽極	電洞 注入層	第 3 發光單元		第 2 中間單元	第 2 發光單元		第 1 中間單元
		ITO /CFx	HAT -CN6 (X)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) /Li <sub>2</sub> O (0.2) /HAT-CN6 (Y)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)

第 1 發光單元		電子 輸送層	陰極
90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12)	LiF (1) /Al (200)

[表 36]

陽極側電洞 注入層膜厚 X(nm)	第 1 中間單元 之電子拔除層 膜厚 Y(nm)	第 2 中間單元 之電子拔除層 膜厚 Z(nm)	發光效率 (cd/A)	驅動電壓 (V)
50	50	50	57.1	11.2
50	60	70	61.2	11.7

由表 36 所示之結果明瞭，經由使第 1 中間單元之電子拔除層之膜厚厚於比陽極側之電子注入層之膜厚、使第 2 中間單元之電子拔除層之膜厚厚於第 1 中間單元之電子拔除層之膜厚即可獲得高發光效率。

### < 實驗 18 >

於本實驗改變中間單元之電子拔除層及電子輸送層。

製作具有表 37 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之有機 EL 元件。

將中間單元之電子輸送層之膜厚 Z 及電子拔除層之膜厚 Y 以如表 38 所示使之改變。除此之外，進行與實驗 13 同樣之操作，形成陽極、電洞注入層、各發光單元、中間單元、電子輸送層及陰極。

測定所製作各有機 EL 元件之發光效率，驅動電壓與測定結果共同呈示於表 38。

[表 37]

陽極	電洞 注入層	第 2 發光單元		中間單元	第 1 發光單元		電子 輸送層	陰極
ITO /CFx	HAT -CN6 (X)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (Z) /Li <sub>2</sub> O (0.2) /HAT-CN6 (Y)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (W)	LiF (1) /Al (200)

[表 38]

陽極側 電洞注入層 膜厚 X(nm)	中間單元之 電子拔除層 膜厚 Y(nm)	陰極側 電洞輸送層 膜厚 W(nm)	中間單元之 電子拔除層 膜厚 Z(nm)	發光 效率 (cd/A)	發光 效率之比 (%)	驅動 電壓 (V)
50	10	12	7	18.8	78	7.8
50	50	12	12	24.1	100	7.2
50	70	12	17	30.2	125	7.6

由表 38 所示之結果明瞭，經由將中間單元之電子輸送層之膜厚厚於陰極側之電子輸送層之膜厚，且使中間單元之電子拔除層之膜厚厚於陽極側之電洞注入層之膜厚，即可獲得高發光效率。又，可知使中間單元之電子輸送層之膜厚薄於陰極側之電子輸送層之膜厚、使中間單元之電子拔除層之膜厚薄於陽極側之電洞注入層之膜厚，則發光效率會降低。

將表 28 之中間單元之電子輸送層之膜厚作成 17nm 時(發光效率 29.5cd/A)與將表 34 之中間單元之電洞注入層之膜厚作成 70nm 時(26.5cd/A)相比，發光效率更高，為 30.2cd/A。由此明瞭於中間單元中，經由將電子輸送層及電洞注入層任一個膜厚作成本發明第 7 形態之厚度，可更進一層提昇發光效率。

以下，以實施例對本發明之第 8 形態加以說明。

第 14 圖係呈示本發明第 8 形態之有機 EL 元件之模式

剖面圖。如第 14 圖所示，在陰極 51 與陽極 52 之間設置第 1 發光單元 41 及第 2 發光單元 42。於第 1 發光單元 41 與第 2 發光單元 42 之間設置中間單元 30。第 1 發光單元 41 對於中間單元 30 設置於陰極 51 側，第 2 發光單元 42 對於中間單元 30 設置於陽極 52 側。

中間單元 30 內設置電子拔除層 31 及電子輸送層 33。

根據本發明之第 8-1 形態，於電子拔除層 31 中摻雜電子拔除促進材料。於電子拔除層 31 之電子拔除促進材料之含量宜在 0.1 至 50 重量%之範圍內，更宜為 1 至 45 重量%。

根據本發明之第 8-2 形態，在電子拔除層 31 與第 1 發光單元 41 之間設置電子拔除促進層 34。電子拔除促進層 34 之厚度宜在 0.1 至 100nm 之範圍內，更宜在 0.5 至 50nm 之範圍內。

根據本發明之第 8-3 形態，於電子輸送層 33 及／或電子拔除層 31 中摻雜電子注入有機材料。電子注入有機材料之含量宜在 0.1 至 50 重量%之範圍內，更宜在 1 至 45 重量%之範圍內。

根據本發明之第 8-4 形態，在電子拔除層 31 與電子輸送層 33 之間設置由電子注入有機材料組成之電子注入有機材料層 35。電子注入有機材料層 35 之厚度宜在 0.1 至 100nm 之範圍內，更宜在 0.5 至 50nm 之範圍內。

於本發明之第 8 形態中，當設置電子注入層 32 時係設置於電子拔除層 31 與電子輸送層 33 之間，當電子注入

有機材料層 35 存在時係設置於電子拔除層 31 與電子注入有機材料層 35 之間。電子注入層 32 之厚度宜在 0.1 至 100nm 之範圍內，更宜在 0.2 至 50nm 之範圍內。由於電子注入層 32 之厚度極薄，可以擴散於鄰接之電子注入有機材料層 35 或電子輸送層 33 之表面，以摻雜狀態形成。

第 15 圖係呈示本發明第 8-1 形態之一實施例的中間單元周邊之能量圖表之圖。中間單元 30 由電子拔除層 31、電子注入層 32 及電子輸送層 33 所構成。於電子拔除層 31 之陰極側設置第 1 發光單元 41 之中間單元 30 側之發光層的鄰接層 40。又，中間單元 30 之陽極側設置第 2 發光單元 42。第 2 圖呈示第 2 發光單元 42 之中間單元 30 側的發光層之圖。

第 15 圖所示之實施例中，電子拔除層 31 由 HAT-CN6 所形成。

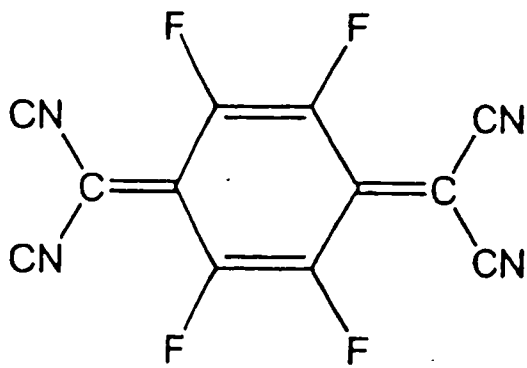
電子注入層 32 係由鋰(金屬鋰)所形成。

電子輸送層 33 係由 BCP 所形成。

鄰接層(發光層)40 含有 NBP 作為主體材料。

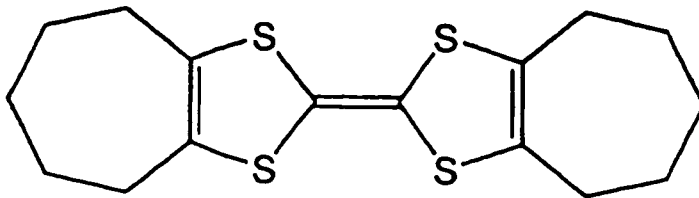
作為第 2 發光單元 42 所示之發光層含有 TBADN 作為主體材料。

第 15 圖所示實施例，於電子拔除層 31 中摻雜 4F-TCNQ (2, 3, 5, 6-四氟-7, 7, 8, 8-四氰基-對苯醌二甲烷)。亦即，摻雜 4F-TCNQ 作為電子拔除促進材料。4F-TCNQ 具有以下之構造。



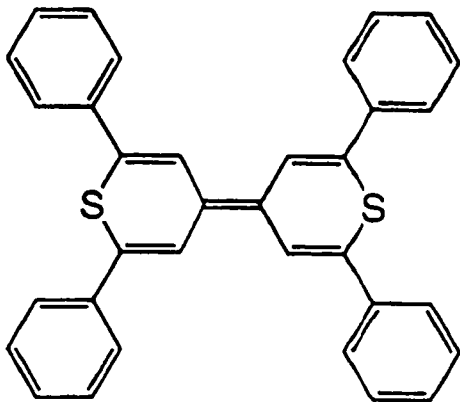
4F-TCNQ

於後述之實施例中，作為電子拔除促進材料所使用之 OHBBDT(4, 5, 6, 7, 4', 5', 6', 7'-八氫-[2, 2']二[苯并[1, 3]亞二硫雜環戊烯])具有以下之構造。



OHBBDT

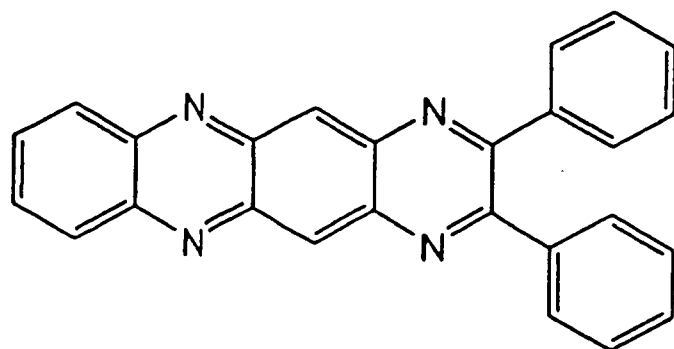
於後述之實施例中，作為電子拔除促進材料所使用之 TPBT(2, 2, 2', 2'-四苯基-4, 4'-二(亞硫代吡喃))具有以下之構造。



TPBT

於後述之實施例中，作為電子注入有機材料所使用之

DTN(2,3-二苯基-1,4,6,11-四氮雜稠四苯)具有以下之構造。



DTN

如第 15 圖所示，電子拔除層 31 之 LUMO 能階的絕對值(4.4eV)與鄰接層 40 之 HOMO 能階的絕對值(5.4eV)之差在 2.0eV 以內，於第 15 圖為 1.0eV。該值為 2.0eV 時，電子拔除層 31 於陽極及陰極外加電壓時可將電子從鄰接層 40 拔除。再者，該值小則電子拔除之效果大。例如該值為 1.5eV 時，電子拔除之效果比該值為 2.0eV 時之效果大，再者，如第 15 圖，在 1.0eV 以下者最佳。電子拔除層 31 中摻雜有 4F-TCNQ，該 4F-TCNQ 之 LUMO 能階的絕對值為 4.6eV。因此，經由摻雜電子拔除促進材料，即可易於將電子從鄰接層 40 拔除，而可有效地拔除電子。所拔除之電子通過電子注入層 32 及電子輸送層 33 並供給第 2 發光單元 42。

於鄰接層 40 方面，由於電子被拔除而產生電洞。該電洞於第 1 發光單元內與從陰極供給之電子再結合。該結果為在第 1 發光單元內發光。

供給第 2 發光單元之電子與從陽極供給之電洞在第 2



發光單元 42 內再結合。該結果為在第 2 發光單元 42 內發光。

如上所述，在第 1 發光單元及第 2 發光單元內可各自形成再結合領域並使之發光。該結果為在提高發光效率之同時可發出第 1 發光單元及第 2 發光單元之發光色之光。

第 16 圖係呈示本發明第 8-1 形態及第 8-4 形態之中間單元周邊之能量圖表之圖。於第 16 圖所示之實施例，在電子拔除層 31 與電子輸送層 33 之間設置由 DTN 組成之電子注入有機材料層 35。

電子拔除層 31 中，與第 15 圖所示之實施例相同，係摻雜 4F-TCNQ 作為電子拔除促進材料。因此，可易於將電子從鄰接層 40 拔除。經電子拔除層 31 拔除之電子雖供給電子輸送層 33，但在電子拔除層 31 與電子輸送層 33 之間設置電子注入有機材料層 35，其 LUMO 能階為電子拔除層 31 與電子輸送層 33 間之值，可有效地將電子注入電子輸送層 33。

第 16 圖所示之實施例方面係將由電子注入有機材料組成之電子有機材料層 35 設置於電子拔除層 31 與電子輸送層 33 之間，根據本發明之第 8-3 形態將由 DTN 組成之電子注入有機材料摻雜於電子拔除層 31 及／或電子輸送層 33，亦可獲得同樣之效果。

於第 15 圖及第 16 圖所示之各實施例中，在電子拔除層 31 內摻雜作為電子拔除促進材料之 4F-TCNQ，於鄰接層 40 與電子拔除層 31 之間設置由 4F-TCNQ 組成之電子拔

除促進層 34，亦可獲得同樣之效果。

### < 實驗 19 >

(實施例 39 至 53 及比較例 10 至 12)

製作具有表 39 所示之陽極、電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極之實施例 39 至 53 及比較例 10 至 12 之有機 EL 元件。

經由在形成 ITO(銦錫氧化物)膜之玻璃基板上形成氟碳(CF<sub>x</sub>)化合物層製作陽極。氟碳化合物層經 CHF<sub>3</sub> 氣體之等離子聚合而形成。氟碳化合物層之厚度為 1nm。

在經由以上操作製作之陽極上經由蒸鍍法依序將電洞注入層、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層及陰極堆積而形成。

第 1 發光單元及第 2 發光單元係積層橘色發光層(NPB+10% tBuDPN+3.0% DBzR)及藍色發光層(TBADN+20% NPB+2.5% TBP)而形成。於任何一個發光單元中，橘色發光層位於陽極側，藍色發光層位於陰極側。又，%若無特別提示則為重量%。

於橘色發光層，使用 NPB 及 tBuDPN 作為主體材料，使用 DBzR 作為摻雜材料。

藍色發光層使用 TBADN 及 NPB 作為主體材料，使用 TBP 作為摻雜材料。

測定所製作各有機 EL 元件之發光效率，測定結果與驅動電壓共同呈示於表 39。又，發光效率係於 10mA/cm<sup>2</sup>中之值。

[表 3 9]

	陽極	電洞 注入層	第2發光單元		中間單元	第1發光單元		電子 輸送層	陰極	驅動 電壓	發光 效率 (cd/A)
			橘色 發光層	藍色 發光層		橘色 發光層	藍色 發光層				
實施 例 39	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6+25%4F-TCNQ (10)/(0.2)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.2	32.0
實施 例 40	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6+20%tBuDPN (10)/(0.2)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.3	28.8
實施 例 41	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6+25%TPBT (10)/(0.2)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.2	29.8
實施 例 42	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6/TPBT (10)/(0.2)/(47)/(3)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	8.5	29.7
實施 例 43	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/DTN/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6 (10)/(3)/(0.2)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.1	33.1
實施 例 44	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/BCP+50%DTN/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6 (10)/(3)/(0.2)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.3	24.5
實施 例 45	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/DTN/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6+25%4F-TCNQ (10)/(3)/(0.2)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	6.8	34.5
實施 例 46	ITO /CFx	HAT-CN6/NPB (50)/(30)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/DTN/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6+25%4F-TCNQ/NPB (10)/(3)/(0.2)/(50)/(30)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.4	33.5
實施 例 47	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/50%DTN+50%HAT-CN6/HAT-CN6 (10)/(3)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	11.0	27.0
實施 例 48	ITO /CFx	HAT-CN6/NPB (50)/(30)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/DTN/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6+25%4F-TCNQ/NPB (10)/(3)/(0.2)/(50)/(30)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.3	32.5
實施 例 49	ITO /CFx	HAT-CN6/NPB (50)/(30)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/DTN/Cs/HAT-CN6+25%4F-TCNQ/NPB (10)/(3)/(0.2)/(50)/(30)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.3	32.6
實施 例 50	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6+25%4F-TCNQ (10)/(0.2)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.2	31.8
實施 例 51	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/50%tBuDPN+50%HAT-CN6/HAT-CN6 (15)/(3)/(25)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.3	29.7
實施 例 52	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/50%tBuDPN+50%DTN/HAT-CN6 (15)/(3)/(25)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.2	31.3
實施 例 53	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/50%tBuDPN+50%DTN/50%tBuDPN+50%HAT-CN6/HAT-CN6 (15)/(3)/(3)/(25)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.3	33.8
比較 例 10	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/HAT-CN6 (10)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	14.2	11.5
比較 例 11	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP/Li <sub>0.9</sub> O/HAT-CN6 (10)/(0.2)/(50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	7.4	24.0
比較 例 12	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	無	NPB+10%tBuDPN +3.0%DBzR (30)	TBADN+20%NPB +2.5%TBP (40)	BCP (10)	LiF/Al (10)/(2000)	6.0	12.1



如表 39 所示，於實施例 39 方面，將 4F-TCNQ 作為電子拔除促進材料摻雜於電子輸送層中。於實施例 40 方面，將 OHBBDT 作為電子拔除促進材料摻雜於電子拔除層。於實施例 41 方面將 TPBT 作為電子拔除促進材料摻雜於電子拔除層。

於實施例 42 方面，在電子輸送層與作為鄰接層之第 1 發光單元的橘色發光層之間設置由 TPBT 組成之電子拔除促進層。

於實施例 43 方面，在由 BCP 組成之電子輸送層與由  $\text{Li}_2\text{O}$  組成之電子注入層之間設置由電子注入有機材料之 DTN 組成之電子注入有機材料層。

於實施例 44 方面，在由 BCP 組成之電子輸送層與由  $\text{Li}_2\text{O}$  組成之電子注入層之間設置經摻雜 50%DTN 之 BCP 層。因此在電子輸送層之表面摻雜由 DTN 組成之電子注入有機材料。

於實施例 45 方面，在由 BCP 組成之電子輸送層與由  $\text{Li}_2\text{O}$  組成之電子注入層之間設置由 DTN 組成之電子注入有機材料層。又，於電子拔除層中摻雜由 4F-TCNQ 組成之電子拔除促進材料。

於實施例 46 方面，在由 BCP 組成之電子輸送層與由  $\text{Li}_2\text{O}$  組成之電子注入層之間設置由 DTN 組成之電子注入有機材料層。又，於電子拔除層中摻雜 4F-TCNQ，在中間單元內設置由 NPB 組成之層的鄰接層。

於實施例 47 方面，在電子拔除層與由 BCP 組成之電

子輸送層之間設置由摻雜 50%DTN 之 HAT-CN6 組成之層。因此，在電子拔除層之表面摻雜由 DTN 組成之電子注入有機材料。

於實施例 48 方面，在由 BCP 組成之電子輸送層與由鋰組成之電子注入層之間設置由 DTN 組成之電子注入有機材料層。又，於電子拔除層中摻雜 4F-TCNQ，在中間單元內設置由 NPB 組成之鄰接層。

於實施例 49 方面，在由 BCP 組成之電子輸送層與由鉍組成之電子注入層之間設置由 DTN 組成之電子注入有機材料層。又，於電子拔除層中摻雜由 4F-TCNQ 組成之電子拔除促進材料。又，在中間單元中設置由 NPB 組成之鄰接層。

於實施例 50 方面，在電子拔除層中摻雜由 4F-TCNQ 組成之電子拔除促進材料。

於實施例 51 方面，在由鎂組成之電子注入層中摻雜 50%作為電子拔除層材料之 HAT-CN6。又，鎂之功函數為  $-3.7\text{eV}$ 。

於實施例 52 方面，在由鎂組成之電子注入層中摻雜 50%作為電子注入有機材料之 DTN。

於實施例 53 方面，設置鎂中摻雜 50% HAT-CN6 之第 1 電子注入層及鎂中摻雜 50%DTN 之第 2 電子注入層。第 1 電子注入層配置於陰極側，第 2 電子注入層配置於陽極側。

於比較例 10 方面，在中間單元內只設置電子拔除層

及電子輸送層。

於比較例 11 方面，只設置電子拔除層、電子注入層及電子輸送層。

於比較例 12 方面，並未設置中間單元。

由表 39 所示之結果明瞭，本發明第 8-1 形態之實施例 39 至 41 與比較例 10 至 12 比較，顯示良好之發光效率。

本發明第 8-2 形態之實施例 42 與比較例 10 至 12 比較，顯示良好之發光效率。

本發明第 8-4 形態之實施例 43 與比較例 10 至 12 比較，顯示良好之發光效率。

本發明第 8-3 形態之實施例 44 與比較例 10 至 12 比較，顯示良好之發光效率。

本發明第 8-1 形態及第 8-4 形態之實施例 45 及 46 與比較例 10 至 12 比較，顯示良好之發光效率。

本發明第 8-3 形態之實施例 47 與比較例 10 至 12 比較，顯示良好之發光效率。

本發明第 8-1 形態及第 8-4 形態之實施例 48 及 49 與比較例 10 至 12 比較，顯示良好之發光效率。

本發明第 8-1 形態之實施例 50 與比較例 10 至 12 比較，顯示良好之發光效率。

本發明第 8-5 形態之實施例 51 至 53 與比較例 10 至 12 比較，顯示良好之發光效率。

表 40 係呈示 4F-TCNQ、OHBBDT、TPBT、DTN、HAT-CN6、NPB 及 BCP 之 HOMO 能階的絕對值及 LUMO 之能階的絕對值。

[表 40]

	HOMO(eV)	LUMO(eV)
4F-TCNQ	—	4.6
OHBBDT	—	5.0
TPBT	—	4.9
DTN	6.5	3.9
HAT-CN6	7.0	4.4
NPB	5.4	2.6
BCP	6.4	2.7

如表 40 所示，於本發明之第 8 形態中，作為電子拔除促進材料使用之 4F-TCNQ、OHBBDT 及 TPBT 之 LUMO 能階的絕對值高於電子拔除層之 HAT-CN6 之 LUMO 能階的絕對值，其值係低於作為鄰接層之主體材料之 NPB 的 HOMO 能階的絕對值。

於本發明之第 8 形態中，作為電子注入有機材料使用之 DTN 之 LUMO 能階小於電子拔除層之 HAT-CN6 之 LUMO 能階的絕對值，而大於電子輸送層之 BCP 之 LUMO 能階的絕對值。

第 4 圖係呈示本發明實施例之底部發光型有機 EL 顯示裝置之剖面圖。該有機 EL 顯示裝置方面係使用 TFT 作

為主動元件，於各像素中驅動發光。又，亦可使用二極管等作為主動元件。於該有機 EL 顯示裝置設置濾光器。該有機 EL 顯示裝置係如箭頭所示，在基板 1 之下方射出光而顯示之底部發光型顯示裝置。

參照第 4 圖，在由玻璃等透明基板組成之基板 1 上面設置第 1 絕緣層 2。第 1 絕緣層 2 由例如  $\text{SiO}_2$  及  $\text{SiN}_x$  等形成。在第 1 絕緣層 2 上面形成由多晶矽層組成之通道領域 20，在通道領域 20 上面形成汲極 21 及源極 23，在汲極 21 與源極 23 之間藉由第 2 絕緣層 3 設置閘極 22。在閘極 22 上面設置第 3 絕緣層 4。第 2 絕緣層 3 由例如  $\text{SiN}_x$  及  $\text{SiO}_2$  形成，第 3 絕緣層 4 由  $\text{SiO}_2$  及  $\text{SiN}_x$  形成。

在第 3 絕緣層 4 上面形成第 4 絕緣層 5。第 4 絕緣層 5 由例如  $\text{SiN}_x$  形成。第 4 絕緣層 5 上之像素領域部分設置濾色層 7。濾色層 7 設置 R(紅色)、G(綠色)或 B(藍色)等之濾色器。在濾色層 7 上面設置第 1 平坦化膜 6。汲極 21 上方之第 1 平坦化膜 6 形成通孔(through-hole)部，在第 1 平坦化膜 6 上面形成由 ITO(銻錫氧化物)組成之電洞注入電極 8 導入通孔部內。於像素領域之電洞注入電極(陽極)8 上面形成電洞注入層 10。於像素領域以外之部分形成第 2 平坦化膜 9。

電洞注入層 10 上面設置根據本發明經積層之發光元件層 11。發光元件層 11 具有在第 2 發光單元上面經由中間單元將第 1 發光單元積層之本發明之構造。發光元件層 11 上面設置電子輸送層 12，電子輸送層 12 上面設置電子



注入電極(陰極)13。

如上所述，於本實施例之有機 EL 元件方面，在像素領域上面構成電洞注入電極(陽極)8、電洞注入層 10、具有本發明構造之發光元件層 11、電子輸送層 12 及電子注入電極(陰極)13 經積層之有機 EL 元件。

於本實施例之發光元件層 11 方面，由於使用將橘色發光層與藍色發光層進行積層之發光單元，從發光元件層 11 發出白色之光。該白色之發光通過基板 1 向外部射出，由於在發光側設置濾色層 7，對應濾色層 7 之顏色而射出 R、G 或 B 之顏色。為以單色發光之元件時可不使用濾色層 7。

第 5 圖係呈示本發明實施例之頂部發光型有機 EL 顯示裝置之剖面圖。本實施例之有機 EL 顯示裝置為如箭頭所示，在基板 1 之上方射出光顯示之頂部發光型有機 EL 顯示裝置。

從基板 1 至陽極 8 之部分由與第 4 圖所示之實施例大約相同之操作製作。但是，濾色層 7 並未設置在第 4 絕緣層 5 之上，而是設置在有機 EL 元件上方。具體而言，在由玻璃等組成之透明密封基板 10 上安裝濾色層 7，經由在濾色層上面塗覆保護膜層 15，藉由透明黏合劑層 14 貼在陽極 8 上面安裝。又，本實施例中，陽極與陰極之位置與第 4 圖所示之實施例相反。

形成透明之電極作為陽極 8，例如經由將膜厚約 100nm 之 ITO 及膜厚約 20nm 之銀進行積層而形成。形成

反射電極作為陰極 13，例如形成膜厚約 100nm 之鋁、鉻或銀之薄膜。保護膜層 15 係由丙烯酸樹脂等形成厚度約  $1\ \mu\text{m}$ 。濾色層 7 可為顏料型亦可為染料型。其厚度約為  $1\ \mu\text{m}$ 。

從發光元件層 11 發出之白色光通過密封基板 16 向外部射出，由於在發光側設置濾色層 7，因此對應濾色層 7 之顏色射出 R、G 或 B 之顏色。由於本實施例之有機 EL 顯示裝置為頂部發光型，在設置薄膜電晶體之領域亦可作為像素領域使用，在比第 4 圖所示實施例更廣範圍設置濾色層 7。發光元件層 11 根據本發明由有機 EL 元件形成，為發光效率高之發光元件層，由於根據本實施例可在更廣之領域作為像素領域使用，所以可將發光效率高之發光元件層之優點充分活用。又，由於形成具有複數發光單元之發光元件層可不用考慮主動矩陣引起之影響而進行，因此可提高設計之自由度。

於上述實施例中，雖使用玻璃板作為密封基板，但於本發明中之密封基板並不只限於玻璃板，亦可將例如  $\text{SiO}_2$  等氧化膜或  $\text{SiN}_x$  等氮化膜等膜狀物作為密封基板使用。此時，由於在元件上可直接形成膜狀之密封基板，所以不需設置透明黏合劑層。

即使為頂部發光型之顯示裝置，元件之構造與頂部發光型相同，在第 1 平坦化膜 6 上面形成電洞注入電極，依序以電洞注入層 10、第 2 發光單元、中間單元、第 1 發光單元、電子輸送層 12、電子注入電極 13 形成。此時電

洞注入電極(陽極)作成具有光反射性之金屬膜或 ITO 與金屬膜之積層構造，電子注入電極(陰極)作成非常薄具有透光性之金屬膜或該等金屬膜與 ITO 等透光性導電體層之積層構造。由此可將光從陰極側取出。

上述各實施例為在陽極與陰極之間配置 2 個發光單元(第 1 發光單元及第 2 發光單元)之有機 EL 元件之例示，但本發明中發光單元之數不只限於 2 個，可設置 3 個以上發光單元，亦可於各發光單元間設置中間單元。

### ●【圖式簡單說明】

第 1 圖係依本發明一實施例之有機 EL 元件之模式剖面圖。

第 2 圖係呈示中間單元周邊之能量圖表之圖。

第 3 圖係呈示  $\text{Li}_2\text{O}$  層之膜厚與發光效率之關係圖。

第 4 圖係呈示本發明一實施例之底部發光型有機 EL 顯示裝置之剖面圖。

第 5 圖係呈示本發明實施例之頂部發光型有機 EL 顯示裝置之剖面圖。

第 6 圖係呈示本發明其他實施例之有機 EL 元件之模式剖面圖。

第 7 圖係厚度不同之金屬鋰薄膜之鋰的 SIMS 側面像。

第 8 圖係厚度不同之金屬鋰薄膜之碳的 SIMS 側面像。

第 9 圖係呈示本發明一實施例之有機 EL 元件之模式剖面圖。

第 10 圖係呈示第 9 圖所示之有機 EL 元件電洞注入單

元周邊之能量圖表之圖。

第 11 圖係呈示第 9 圖所示之有機 EL 元件電洞注入單元周邊之能量圖表之圖。

第 12 圖係呈示本發明一實施例之有機 EL 元件之模式剖面圖。

第 13 圖係呈示中間單元周邊之能量圖表之圖。

第 14 圖係呈示本發明一實施例之有機 EL 元件之模式剖面圖。

第 15 圖係呈示中間單元周邊之能量圖表之圖。

第 16 圖係呈示中間單元周邊之能量圖表之圖。

【主要元件符號說明】

1	基板	2	第 1 絕緣層
3	第 2 絕緣層	4	第 3 絕緣層
5	第 4 絕緣層	6	第 1 平坦化膜
7	濾色層	8	電洞注入電極/陽極
9	第 2 平坦化膜		
10	電洞注入單元/電洞注入層/密封基板		
10a	電洞注入促進層/第 1 電子拔除層		
10b	電洞注入層/第 1 鄰接層		
11	發光元件層	12	電子輸送層
13	電子注入電極/陰極	14	透明黏合劑層
15	保護膜層	16	密封基板
20	通道領域	21	汲極
22	閘極	23	源極

30	中間單元	30a	電子拔除層
30b	電子注入層	30c	電子輸送層
31	電子拔除層 / 中間單元	31a	電子拔除層
31b	電子注入層	31c	電子輸送層
32	電子注入層	33	電子輸送層
34	電子拔除促進層	35	電子注入有機材料層
40	鄰接層	41	第 1 發光單元
41a	藍色發光層	41b	橘色發光層
42	第 2 發光單元	42a	藍色發光層
42b	橘色發光層		
43	電子輸送層 / 第 3 發光單元		
44	電洞注入層	50	玻璃基板
51	陰極	52	陽極

## 十、申請專利範圍：

1. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

於上述中間單元中設置為了從鄰接陰極側之鄰接層將電子拔除之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元，

其中，上述第 2 發光單元係實質上發出與上述第 1 發光單元相同色光之發光單元。

2. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

於上述中間單元中設置為了從鄰接陰極側之鄰接層將電子拔除之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值

$|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$  之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元，

其中，上述第 1 發光單元及上述第 2 發光單元具有將 2 個發光層直接接觸之積層構造。

3. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

於上述中間單元中設置為了從鄰接陰極側之鄰接層將電子拔除之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$  之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元，

其中，上述鄰接層係設置在上述第 1 發光單元內。

4. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、配置於上

述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

於上述中間單元中設置為了從鄰接陰極側之鄰接層將電子拔除之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元，

其中，上述鄰接層係設置於上述中間單元內。

5. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

於上述中間單元中設置為了從鄰接陰極側之鄰接層將電子拔除之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元，



其中，在上述電子拔除層與上述第 2 發光單元之間設置電子注入層。

6. 如申請專利範圍第 5 項之有機電場發光元件，其中，上述電子注入層係由金屬鋰所形成，其厚度在 0.3 至 0.9nm 範圍內。

7. 如申請專利範圍第 5 項之有機電場發光元件，其中，在上述電子注入層與上述第 2 發光單元之間設置電子輸送層。

8. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件之主動矩陣驅動基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板上，以及以上述陰極及上述陽極中設於上述基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場顯示裝置；

其特徵為：上述有機電場發光元件具備上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元及配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值

$|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$  之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元。

9. 如申請專利範圍第 8 項之有機電場發光顯示裝置，其中，上述有機電場發光元件為白色發光元件，於上述有機電場發光元件與上述基板之間設置濾色器。

10. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件之主動矩陣驅動基板，以及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板與上述密封基板之間，以及以上述陰極及上述陽極中設置於上述密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；

其特徵為上述有機電場發光元件具備：上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、及配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分

子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元。

11. 如申請專利範圍第 10 項之有機電場發光顯示裝置，其中，上述有機電場發光元件為白色發光元件，在上述有機電場發光元件與上述密封基板之間配置濾色器。
12. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、以及配置於上述陽極與上述中間單元間且發出與上述第 1 發光單元實質上為不同色光之第 2 發光單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元。

13. 如申請專利範圍第 12 項之有機電場發光元件，其中，於鄰接上述電子拔除層之陽極側設置電子注入層，上述電子注入層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(C)|$ 或功函數之絕對值 $|WF(C)|$ 小於 $|LUMO(A)|$ ，

上述中間單元係將由上述電子拔除層拔除之電子經由上述電子注入層而供給上述第 2 發光單元。

14. 如申請專利範圍第 13 項之有機電場發光元件，其中，在上述電子注入層與上述第 2 發光單元間之上述中間單元內設置電子輸送層，上述電子輸送層之最低空分子軌道之能階的絕對值 $|LUMO(D)|$ 小於 $|LUMO(C)|$ 或 $|WF(C)|$ ，

上述中間單元係將由上述電子拔除層拔除之電子經由上述電子注入層及上述電子輸送層供給上述第 2 發光單元。

15. 如申請專利範圍第 12 項之有機電場發光元件，其中，上述第 1 發光單元與上述第 2 發光單元中至少一方具有使 2 個發光層直接接觸之積層構造。

16. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板上，以及以上述陰極及上述陽極中設置於上述基板側

之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；

其特徵為：上述有機電場發光元件具備：上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、及配置於上述陽極與上述中間單元間且發出與上述第 1 發光單元實質上為不同色光之第 2 發光單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元。

17. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件之主動矩陣驅動基板，以及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且於上述主動矩陣驅動基板與上述密封基板間配置上述有機電場發光元件，以及以上述陰極及上述陽極中設於上述密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有

機電場發光顯示裝置；

其特徵為：上述有機電場發光元件具備上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、及配置於上述陽極與上述中間單元間且發出與上述第 1 發光單元實質上為不同色光之第 2 發光單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$ 之關係，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元。

18. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、及配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

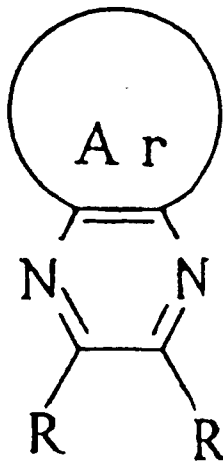
於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5eV$ 之

關係，

位於上述第 1 發光單元之中間單元側的發光層含有芳基胺系電洞輸送性材料，該發光層係設置成鄰接於上述電子拔除層，以具有做為上述鄰接層之功能，

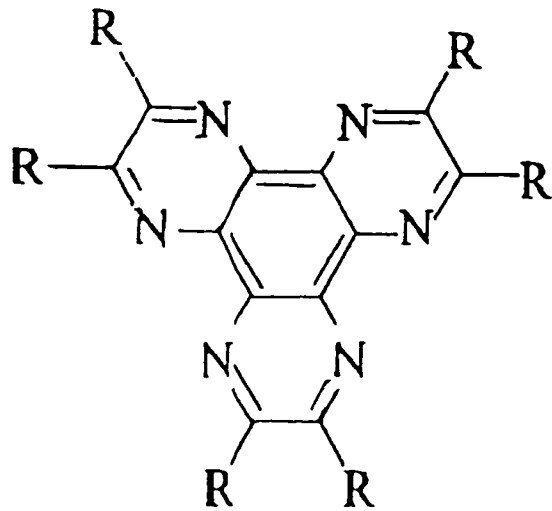
上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述發光層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元。

19. 如申請專利範圍第 18 項之有機電場發光元件，其中，上述電子拔除層係由以下所示構造式表示之吡啞衍生物所形成者



(此處，Ar 表示芳基，R 表示氫原子、碳原子數 1 至 10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氰基)。

20. 如申請專利範圍第 18 項之有機電場發光元件，其中，該上述電子拔除層係由以下所示構造式表示之六氮雜聯伸三苯衍生物所形成者



(此處，R 表示氫原子、碳原子數 1 至 10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氰基)。

21. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板上，以及以上述陰極及上述陽極中設於上述基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；

其特徵為：上述有機電場發光元件具備上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元及配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分



子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - LUMO(A)| \leq 1.5eV$ 之關係，

位於上述第 1 發光單元之中間單元側的發光層含有芳基胺系電洞輸送性材料，該發光層係設置成鄰接於上述電子拔除層，以具有作為上述鄰接層之功能，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述發光層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元。

22. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件之主動矩陣驅動基板及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板與上述密封基板之間，以及以上述陰極及上述陽極中設置於上述密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；

其特徵為：上述有機電場發光元件具備：上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元及配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，

位於上述第 1 發光單元之中間單元側之發光層含有芳基胺系電洞輸送性材料，該發光層係配置成鄰接於上述電子拔除層，以具有作為上述鄰接層之功能，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元。

23. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、及配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元，

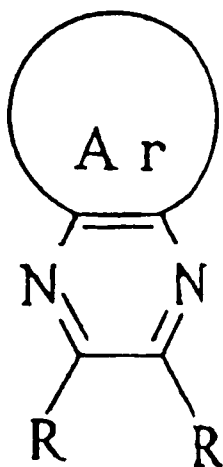
於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層、及鄰接上述電子拔除層之陽極側之電子注入層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，上述電子注入層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(C)|$ 或功函數之絕對值 $|WF(C)|$ 小於 $|LUMO(A)|$ ，

上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子經由上述電子注入層供給上述第 2 發光單元。

24. 如申請專利範圍第 23 項之有機電場發光元件，其中，在上述中間單元內之上述電子注入層與上述第 2 發光單元間之上述中間單元內設置電子輸送層，上述電子輸送層之最低空分子軌道之能階的絕對值  $|LUMO(D)|$  小於  $|LUMO(C)|$  或功函數之絕對值  $|WF(C)|$ ，

上述中間單元係將由上述電子拔除層拔除之電子經由上述電子注入層及上述電子輸送層供給上述第 2 發光單元者。

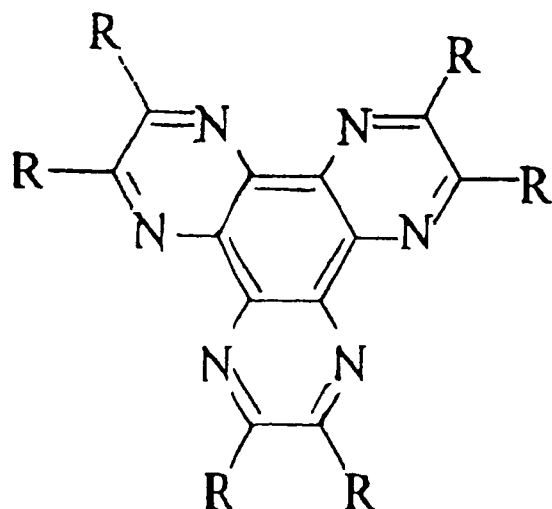
25. 如申請專利範圍第 23 項之有機電場發光元件，其中，上述電子拔除層之厚度在 8 至 100nm 範圍內。
26. 如申請專利範圍第 23 項之有機電場發光元件，其中，上述電子拔除層由以下所示構造式所示之吡啞衍生物所形成



(此處，Ar 表示芳基，R 表示氫原子、碳原子數 1 至

10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氰基)。

27. 如申請專利範圍第 23 項之有機電場發光元件，其中，上述電子拔除層係由以下所示構造式表示之六氮雜聯伸三苯衍生物所形成者



(此處，R 表示氫原子、碳原子數 1 至 10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氰基)。

28. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元、及配置於上述陽極與上述第 2 發光單元間之電洞注入單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值

$|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關

係，上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元，

上述電洞注入單元係由芳基胺系電洞輸送性材料組成之電洞注入層、及配置於該電洞注入層與上述陽極間之電洞注入促進層所構成，上述電洞注入促進層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值

$|HOMO(X)|$  為上述陽極功函數之絕對值  $|WF(Y)|$  與上述電洞注入層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值  $|HOMO(Z)|$  存在著  $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$  之關係。

29. 如申請專利範圍第 28 項之有機電場發光元件，其中，於鄰接上述電子拔除層之陽極側設置電子注入層，上述電子注入層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(C)|$  或功函數之絕對值  $|WF(C)|$  小於  $|LUMO(A)|$ ，

上述中間單元係將由上述電子拔除層拔除之電子經由上述電子注入層供給上述第 2 發光單元者。

30. 如申請專利範圍第 29 項之有機電場發光元件，其中，在上述電子注入層與上述第 2 發光單元間之上述中間單元內設置電子輸送層，上述電子輸送層之最低空分子軌道之能階的絕對值  $|LUMO(D)|$  小於  $|LUMO(C)|$  或  $|WF(C)|$ ，

上述中間單元係將由上述電子拔除層拔除之電子

經由上述電子注入層及上述電子輸送層供給上述第 2 發光單元者。

31. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造之有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板上，以及以上述陰極及上述陽極中設置於上述基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；

其特徵為：上述有機電場發光元件具備上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元及配置於上述陽極與上述第 2 發光單元間之電洞注入單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元，

上述電洞注入單元係由芳基胺系電洞輸送性材料組成之電洞注入層、及配置於該電洞注入層與上述陽極間之電洞注入促進層構成，上述電洞注入促進層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(X)|$ 為上述陽極功函數之絕對值 $|WF(Y)|$ 與上述電洞注入層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(Z)|$ 存在著 $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$ 之關係。

32. 一種有機電場顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件之主動矩陣驅動基板，以及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板與上述密封基板之間，以及以上述陰極及上述陽極中設置於上述密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；

其特徵為：上述有機電場發光元件具備上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之中間單元、配置於上述陰極與上述中間單元間之第 1 發光單元、配置於上述陽極與上述中間單元間之第 2 發光單元及配置於上述陽極與上述第 2 發光單元間之電洞注入單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之鄰接層

拔除電子之電子拔除層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元，

上述電洞注入單元係由芳基胺系電洞輸送性材料組成之電洞注入層、及配置於該電洞注入層與上述陽極間之電洞注入促進層所構成，上述電洞注入促進層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值

$|HOMO(X)|$ 為上述陽極功函數之絕對值 $|WF(Y)|$ 與上述電洞注入層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(Z)|$ 存在著 $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$ 之關係。

33. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之發光單元、配置於上述陽極與上述發光單元間之電洞注入單元，

上述電洞注入單元具有設置於上述陽極側之第 1 電子拔除層及設置於上述陰極側且鄰接上述第 1 電子拔除層之由電洞輸送性材料構成之第 1 鄰接層。

34. 如申請專利範圍第 33 項之有機電場發光元件，其中，上述第 1 電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A_1)|$ 與上述第 1 鄰接層之最高被占分



子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B_1)|$ 存在著  
 $|HOMO(B_1)| - |LUMO(A_1)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係。

35. 如申請專利範圍第 33 項之有機電場發光元件，其中，上述發光單元具有設置於陰極側之第 1 發光單元及設置於陽極側之第 2 發光單元，且該二者之間夾有中間單元，

於上述中間單元設置為了從鄰接陰極側之第 2 鄰接層拔除電子之第 2 電子拔除層，上述第 2 電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值

$|LUMO(A_2)|$ 與上述第 2 鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B_2)|$ 存在著 $|HOMO(B_2)| - |LUMO(A_2)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，

上述中間單元將經由上述第 2 電子拔除層將電子從上述第 2 鄰接層拔除所產生之電洞供給上述第 1 發光單元，同時將拔除之電子供給上述第 2 發光單元者。

36. 如申請專利範圍第 35 項之有機電場發光元件，其中，於鄰接上述電子第 2 電子拔除層之陽極側設置電子注入層，上述第 2 電子注入層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(C)|$ 或功函數之絕對值 $|WF(C)|$ 小於 $|LUMO(A_2)|$ ，

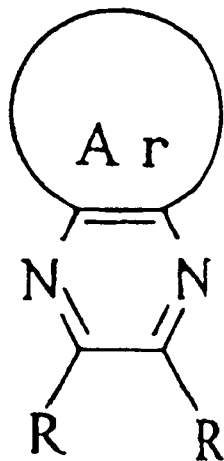
上述中間單元係將上述第 2 電子拔除層拔除之電子經由上述電子注入層供給上述第 2 發光單元者。

37. 如申請專利範圍第 36 項之有機電場發光元件，其中，在上述電子注入層與上述第 2 發光單元間之上述中間

單元內設置電子輸送層，上述電子輸送層之最低空分子軌道之能階的絕對值  $|LUMO(D)|$  小於  $|LUMO(C)|$  或  $|WF(C)|$ ，

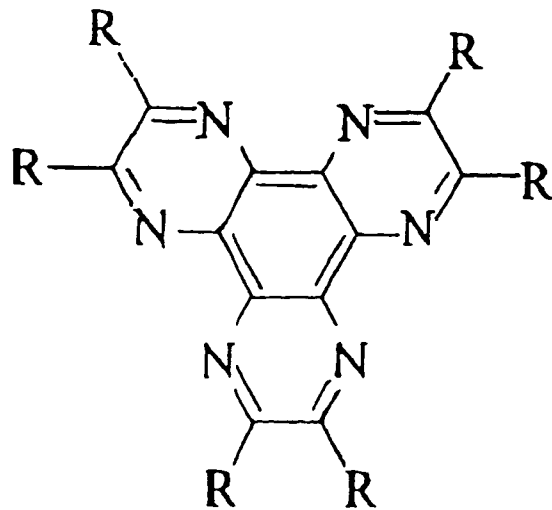
上述中間單元係將上述第 2 電子拔除層拔除之電子經由上述電子注入層及上述電子輸送層供給上述第 2 發光單元者。

38. 如申請專利範圍第 33 項之有機電場發光元件，其中，上述第 1 電子拔除層及／或第 2 電子拔除層係由以下所示構造式表示之吡啞衍生物所形成者



(此處，Ar 表示芳基，R 表示氫原子、碳原子數 1 至 10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氫基)。

39. 如申請專利範圍第 33 項之有機電場發光元件，其中，上述第 1 電子拔除層及／或第 2 電子拔除層係由以下所示構造式表示之六氮雜聯伸三苯衍生物所形成者



(此處，R 表示氫原子、碳原子數 1 至 10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氰基)。

40. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之複數個發光單元、以及配置於上述發光單元間之中間單元，

上述中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，上述電子拔除層係從鄰接於上述電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除電子之層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關係，上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由上述電子輸送層供給陽極側之發光單元的有機電場發光元件，

於上述陰極與最接近上述陰極之上述發光單元間

亦設置電子輸送層，且將各電子輸送層之膜厚設定成隨著遠離上述陰極而變厚且在 40nm 以下者。

41. 如申請專利範圍第 40 項之有機電場發光元件，其中，於上述陽極及最接近上述陽極之上述發光單元間設置電洞注入層，該電洞注入層及各電子拔除層之膜厚設定成隨著遠離上述陽極而變厚且在 100nm 以下者。

42. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之複數個發光單元、及配置於上述發光單元間之中間單元，

上述中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，上述電子拔除層係將電子從鄰接於上述電子拔除層之陰極側之鄰接層拔除之層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著

$|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 之關係，上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由上述電子輸送層供給陽極側之發光單元，

於上述陽極及最接近上述陽極之上述發光單元間設置電洞注入層，該電洞注入層與各電子拔除層之膜厚設定成隨著遠離上述陽極而變厚且為 100nm 以下。

43. 如申請專利範圍第 40 項之有機電場發光元件，其中，鄰接上述電子拔除層之陽極側設置電子注入層，上述

電子注入層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(C)|$  或功函數之絕對值  $|WF(C)|$  小於  $|LUMO(A)|$ 、且上述電子輸送層之最低空分子軌道之能階的絕對值  $|LUMO(D)|$  小於  $|LUMO(C)|$  或  $|WF(C)|$ ，

上述中間單元係將上述電子拔除層拔除之電子經由上述電子注入層及上述電子輸送層供給上述發光單元者。

44. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板上，以及以上述陰極及上述陽極中設於上述基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；

其特徵為：上述有機電場發光元件具備上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之複數個發光單元、以及配置於上述發光單元間之中間單元，

上述中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層及設置於陰極側之電子拔除層，上述電子拔除層係將電子從鄰接上述電子拔除層陰極側之鄰接層拔除之層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關係，上述中間單元將經由上述

電子拔除層從上述鄰接層將電子拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由上述電子輸送層供給陽極側之發光單元，

於上述陽極及最接近上述陽極之上述發光單元間設置電洞注入層，該電洞注入層及各電子拔除層之膜厚設定成隨著遠離上述陽極而變厚且為 100nm 以下。

45. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板、及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板與上述密封基板之間，以及以上述陰極及上述陽極中設置於上述密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；

其特徵為：上述有機電場發光元件具備上述陰極、上述陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之複數發光單元、以及配置於上述發光單元間之中間單元，

上述中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層及設置於陰極側之電子拔除層，上述電子拔除層係將電子從鄰接上述電子拔除層之陰極側之鄰接層拔除之層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)|$

—  $|LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$  之關係，上述中間單元將經由上述電子拔除層從上述鄰接層拔除電子所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由上述電子輸送層供給陽極側之發光單元，

於上述陽極與最接近上述陽極之上述發光單元間設置電洞注入層，該電洞注入層及各電子拔除層之膜厚設定成隨著遠離上述陽極而變厚且為 100nm 以下。

46. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之複數個發光單元、以及配置於上述發光單元間之中間單元，

上述中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，上述電子拔除層係將電子從鄰接於上述電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(A)|$  與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著

$|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$  之關係，上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由上述電子輸送層供給陽極側，

最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(C)|$  存在著  $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$  之關係之電子拔除促進材料係摻雜於上述電子拔除層。

47. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之複數個發光單元、以及配置於上述發光單元間之中間單元，

上述中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，上述電子拔除層係將電子從鄰接於上述電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著

$|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 之關係，上述中間單元係由上述電子拔除層從上述鄰接層將電子拔除而產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子藉由上述電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，

最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值

$|LUMO(C)|$ 存在著 $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| >$

$|LUMO(A)|$ 之關係之電子拔除促進材料所構成之電子拔除促進層設置於上述電子拔除層與上述鄰接層之間。

48. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之複數個發光單元、配置於上述發光單元間之中間單元，

上述中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，上述電子拔除層係將



電子從鄰接於上述電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 之關係，上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由上述電子輸送層供給陽極側之發光單元，

最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值

$|LUMO(D)|$ 對於上述電子輸送層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(E)|$ 及 $|LUMO(A)|$ 存在著 $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 之關係之電子注入有機材料摻雜於上述電子輸送層及／或上述電子拔除層。

49. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之複數個發光單元、以及配置於上述發光單元間之中間單元，

上述中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層、及設置於陰極側之電子拔除層，上述電子拔除層係將電子從鄰接於上述電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值 $|LUMO(A)|$ 與上述鄰接層之最高被占分子軌道(HOMO)之能階的絕對值 $|HOMO(B)|$ 存在著

$|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 之關係，上述中間單

元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由上述電子輸送層供給陽極側之發光單元，

最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值

$|LUMO(D)|$  對於上述電子輸送層之最低空分子軌道(LUMO)之能階的絕對值  $|LUMO(E)|$  及  $|LUMO(A)|$  存在著  $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$  之關係之電子注入有機材料所構成之電子注入有機材料層設置於上述電子拔除層與上述電子輸送層之間。

50. 如申請專利範圍第 46 項之有機電場發光元件，其中，由選自鹼金屬、鹼土金屬及該等之氧化物中之至少一種所構成之電子注入層係設置在上述電子拔除層與上述電子輸送層之間。
51. 如申請專利範圍第 49 項之有機電場發光元件，其中，由選自鹼金屬、鹼土金屬及該等之氧化物中之至少一種所構成之電子注入層係設置在上述電子拔除層與上述電子注入有機材料層之間。
52. 一種有機電場發光元件，其特徵為：具備陰極、陽極、配置於上述陰極與上述陽極間之複數個發光單元、及配置於上述發光單元間之中間單元，

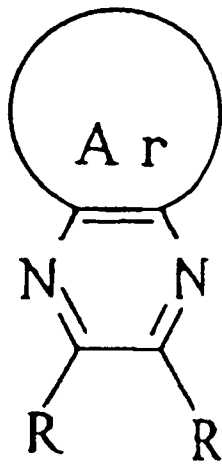
上述中間單元具有設置於陽極側之電子輸送層及設置於陰極側之電子拔除層，上述電子拔除層係將電子從鄰接於上述電子拔除層之陰極側的鄰接層拔除之層，上述電子拔除層之最低空分子軌道(LUMO)之能階

的絕對值  $|LUMO(A)|$  與上述鄰接層之最高被占分子軌道 (HOMO) 之能階的絕對值  $|HOMO(B)|$  存在著  $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$  之關係，上述中間單元將經由上述電子拔除層將電子從上述鄰接層拔除所產生之電洞供給陰極側之發光單元，同時將拔除之電子經由上述電子輸送層供給陽極側之發光單元之有機電場發光元件，

由選自鹼金屬、鹼土金屬及該等之氧化物中之至少一種構成之電子注入層設置在上述電子拔除層與上述電子輸送層之間，

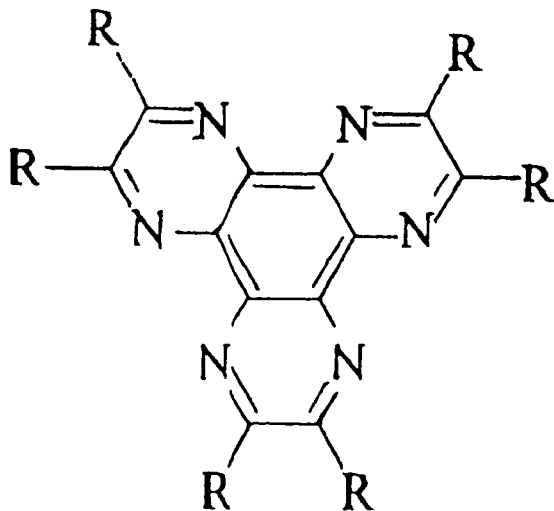
最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(D)|$  對於上述電子輸送層之最低空分子軌道 (LUMO) 之能階的絕對值  $|LUMO(E)|$  及  $|LUMO(A)|$  存在著  $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$  關係之電子注入有機材料或上述電子拔除層之材料摻雜於上述電子注入層。

53. 如申請專利範圍第 46 項之有機電場發光元件，其中，上述電子拔除層係由以下所示構造式表示之吡吡衍生物所形成



(此處，Ar 表示芳基，R 表示氫原子、碳原子數 1 至 10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氘基)。

54. 如申請專利範圍第 46 項之有機電場發光元件，其中，上述電子拔除層係由以下所示構造式表示之六氮雜聯伸三苯衍生物所形成者



(此處，R 表示氫原子、碳原子數 1 至 10 之烷基、烷氧基、二烷胺基或氟、氯、溴、碘或氘基)。

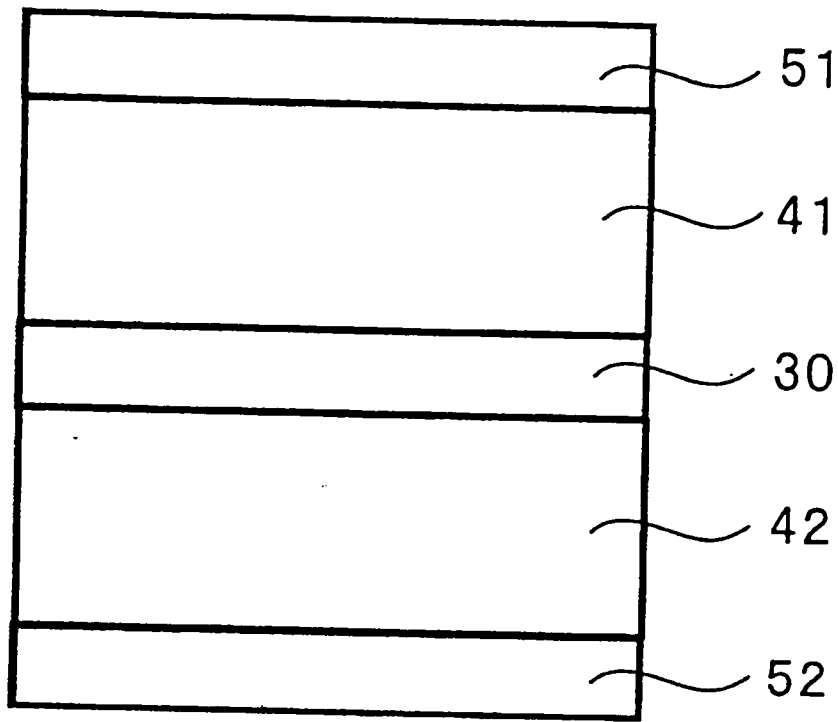
55. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給有機電場發光元

件用之主動元件的主動矩陣驅動基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板上，以及以上述陰極及上述陽極中設置於上述基板側之電極作為透明電極之底部發光型有機電場發光顯示裝置；

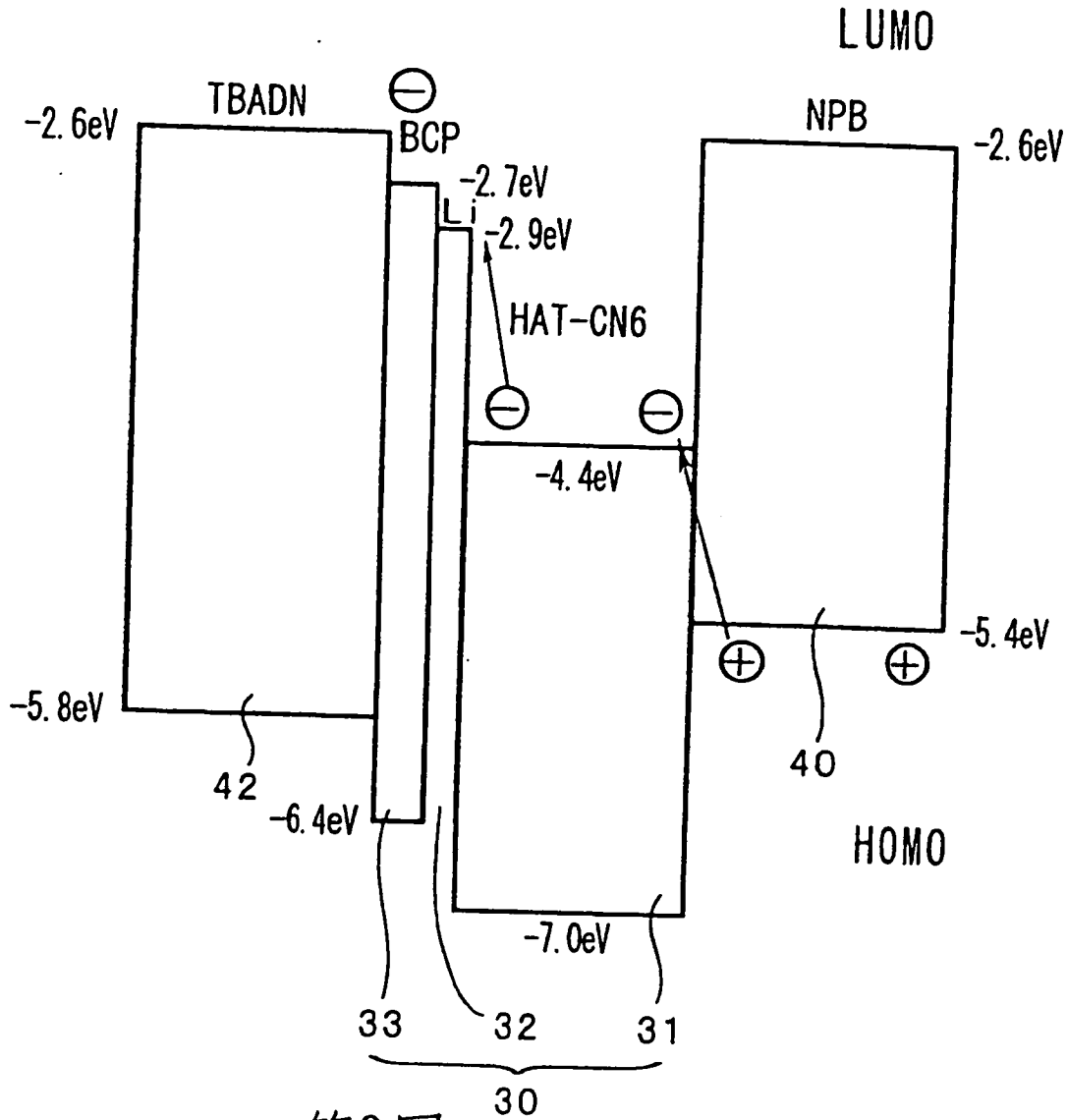
其特徵為：上述有機電場發光元件係申請專利範圍第 46 項之有機電場發光元件。

56. 一種有機電場發光顯示裝置，係具備：具有夾在陽極與陰極間之元件構造的有機電場發光元件、及設有將對應於每個顯示像素之顯示訊號供給上述有機電場發光元件用之主動元件的主動矩陣驅動基板、及與該主動矩陣驅動基板相向設置之透明密封基板，並且上述有機電場發光元件係配置於上述主動矩陣驅動基板與上述密封基板之間，以及以上述陰極及上述陽極中設置於上述密封基板側之電極作為透明電極之頂部發光型有機電場發光顯示裝置；

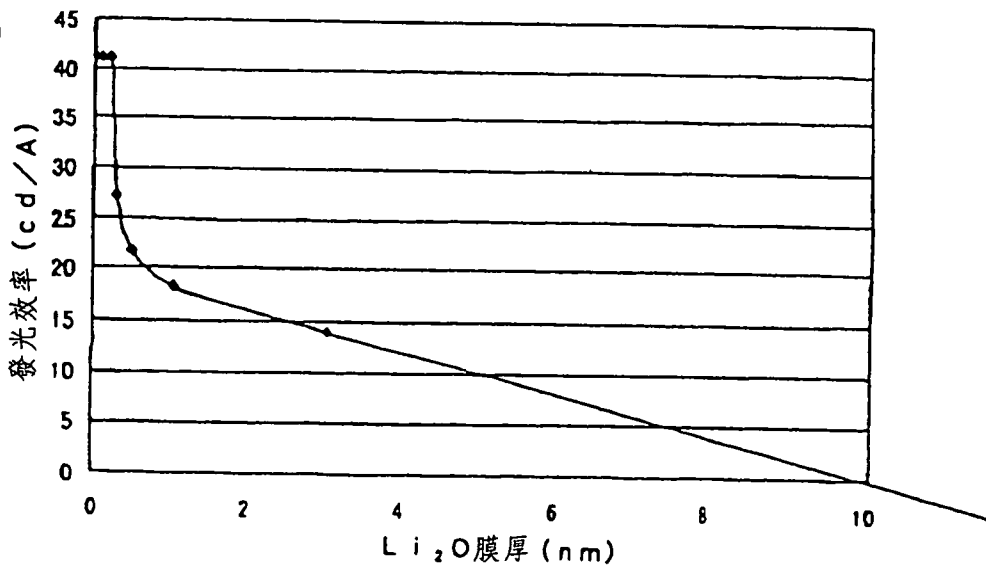
其特徵為：上述有機電場發光元件係申請專利範圍第 46 項之有機電場發光元件。



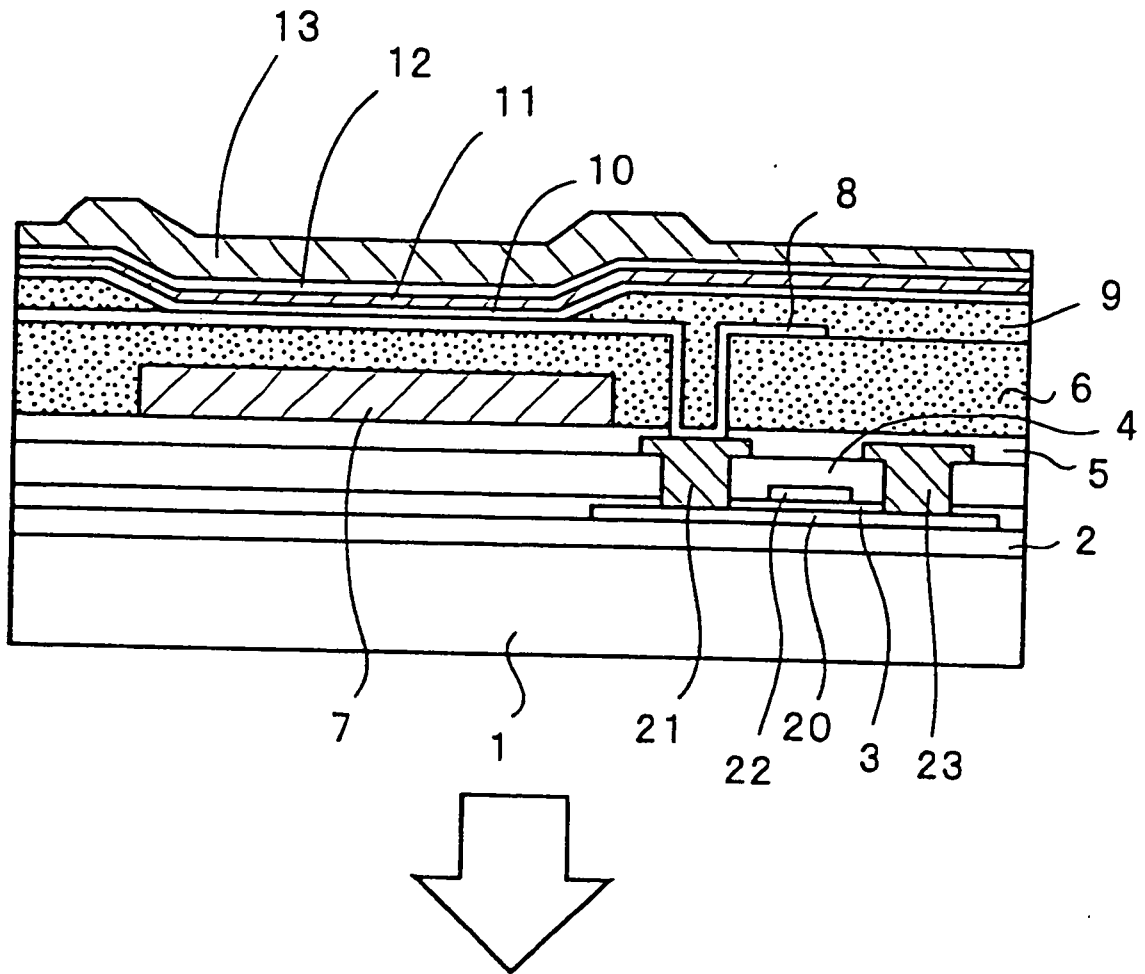
第1圖



第2圖

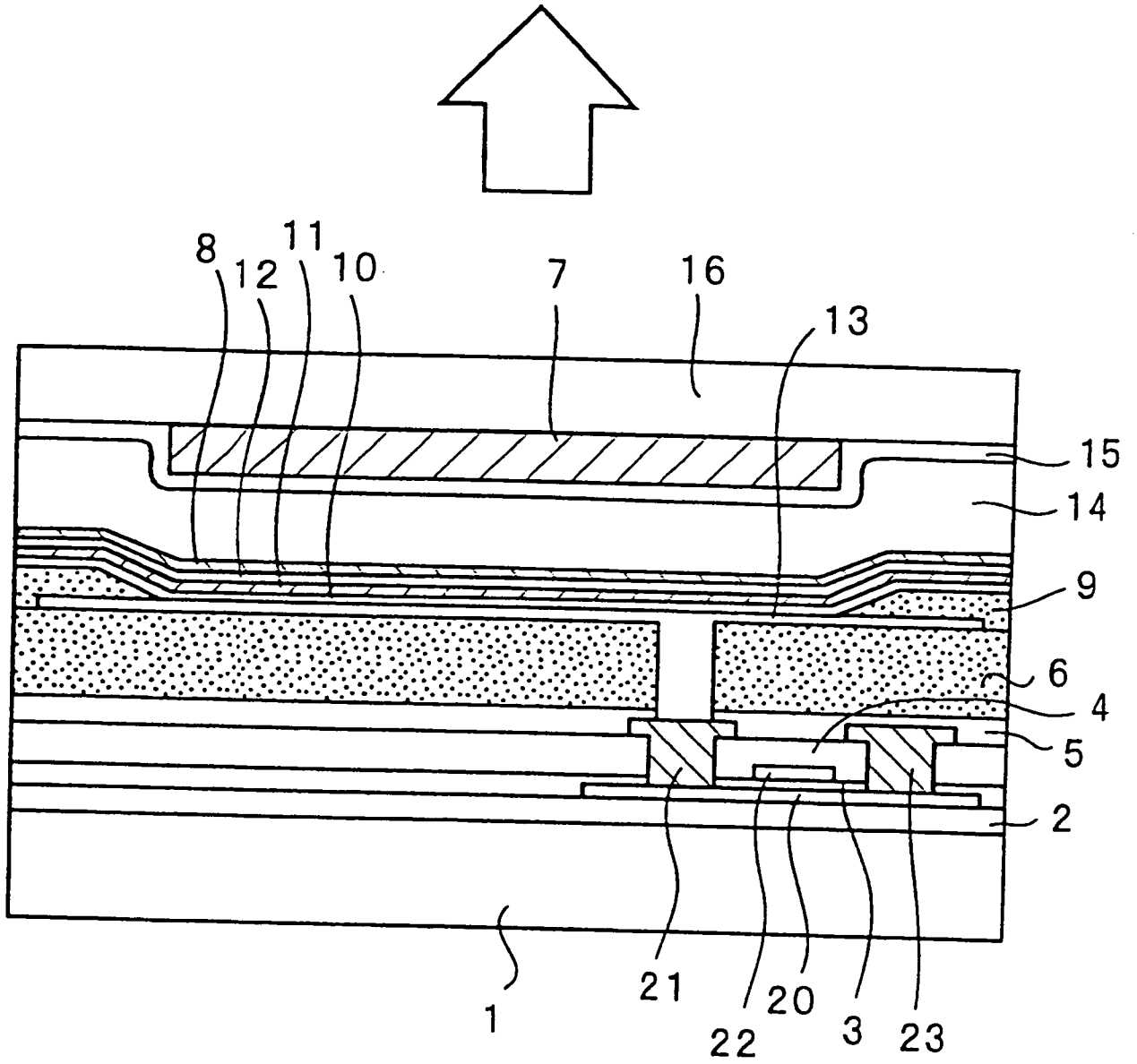


第3圖

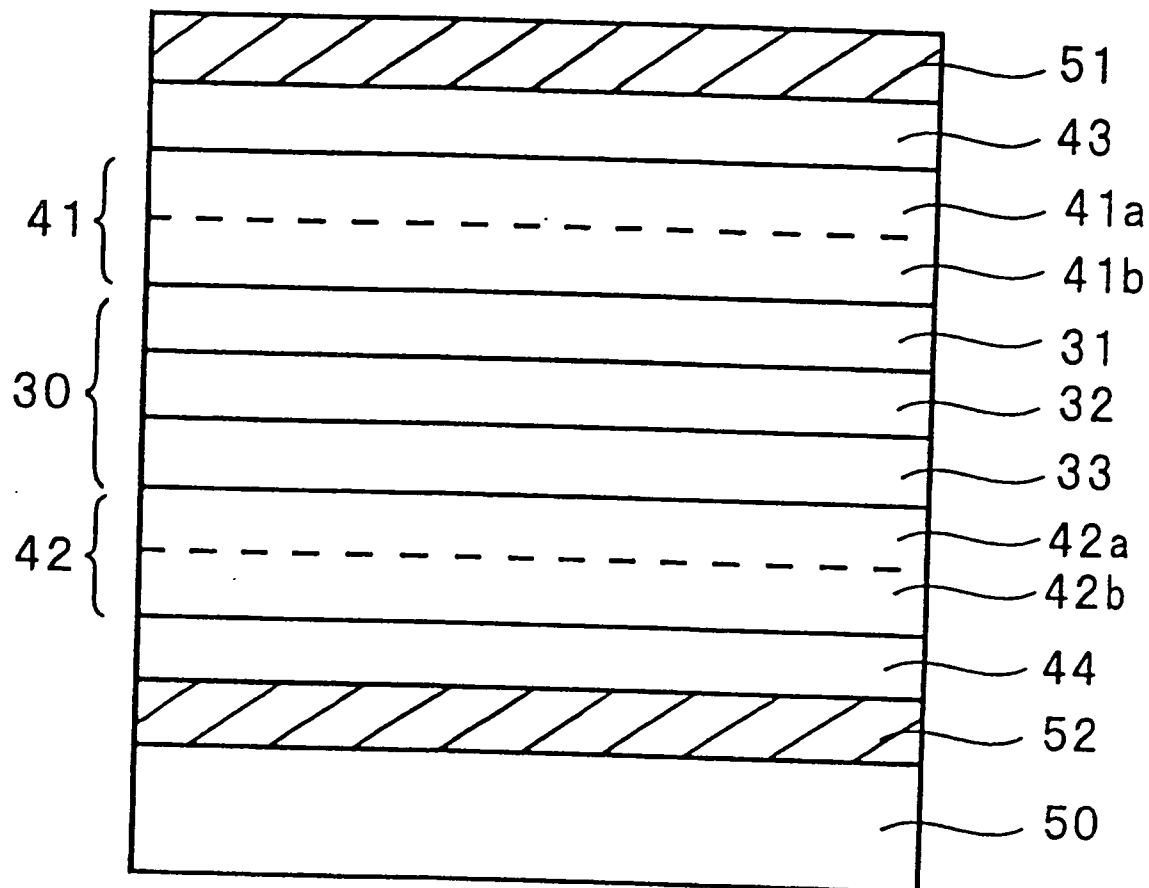


第4圖

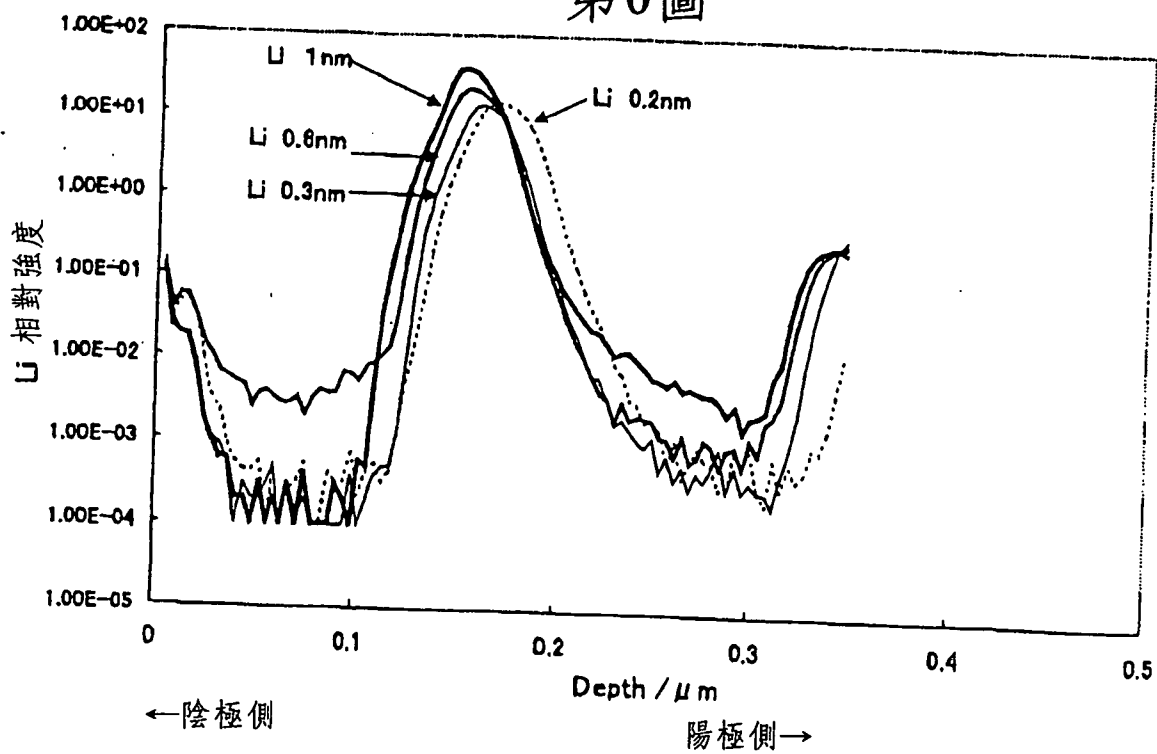




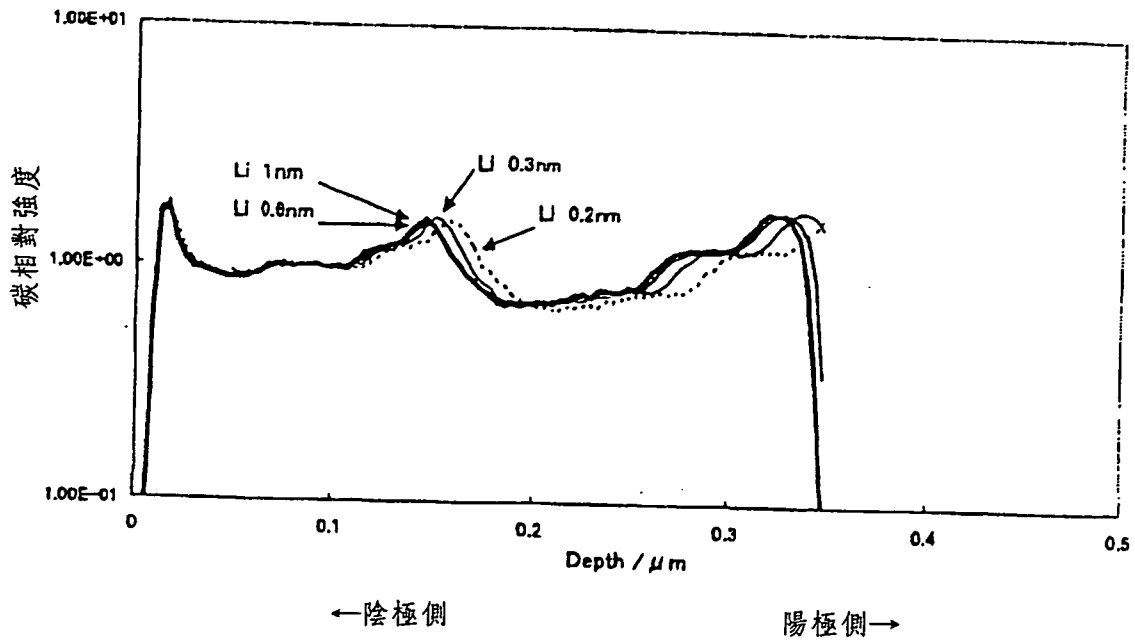
第5圖



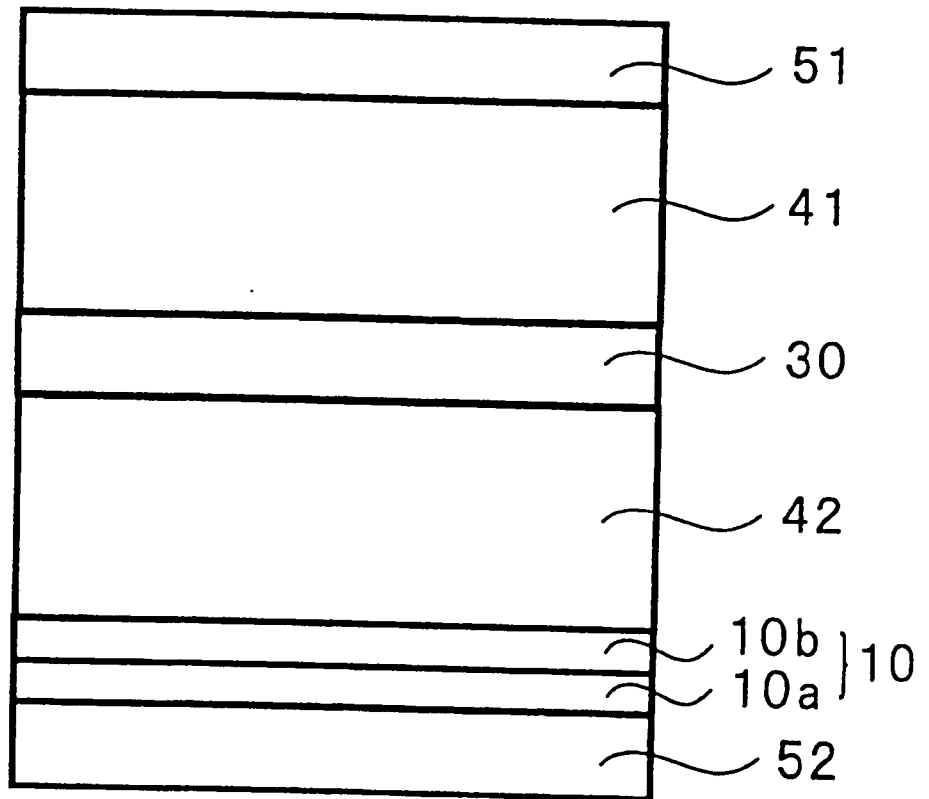
第6圖



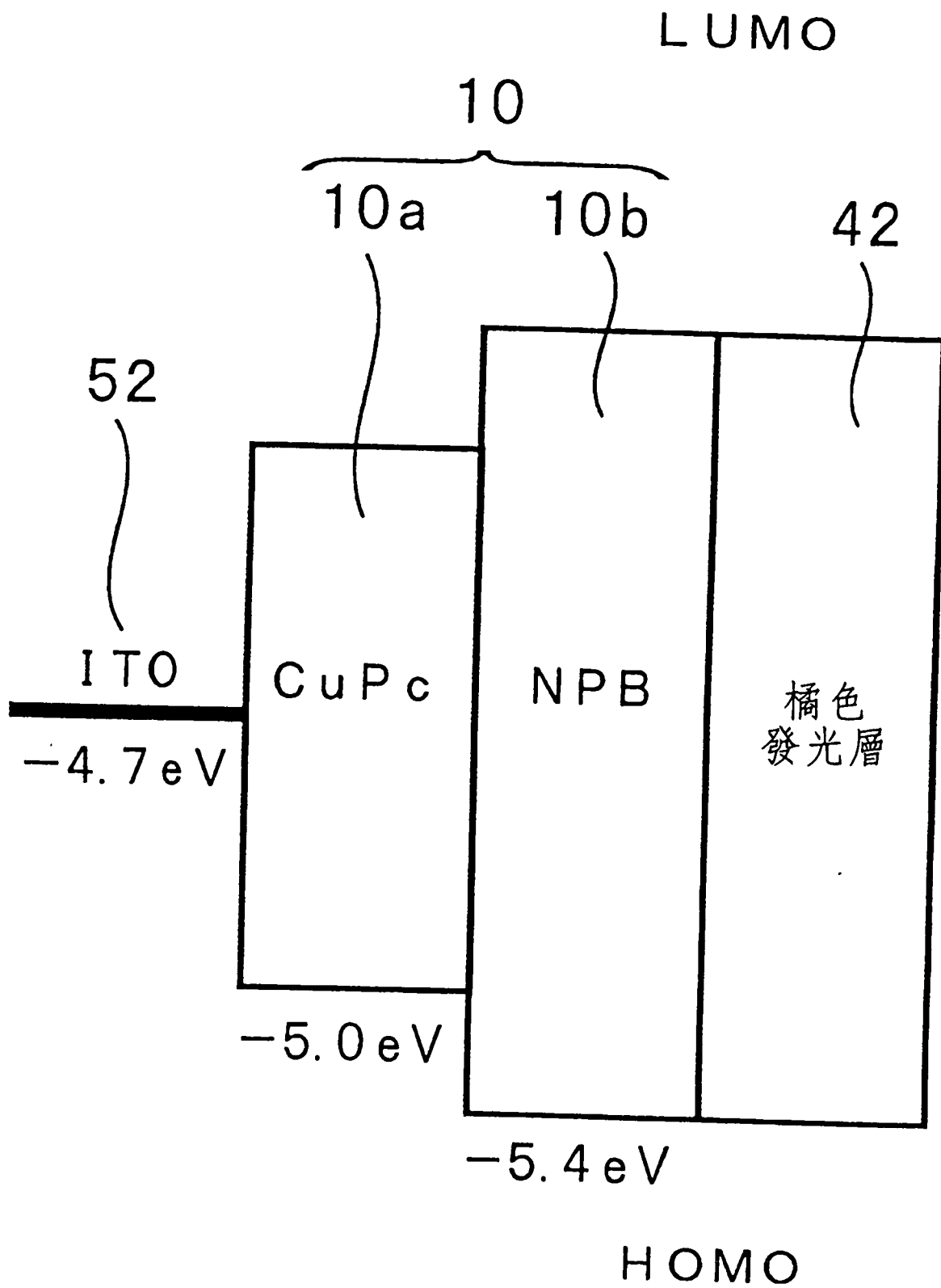
第7圖



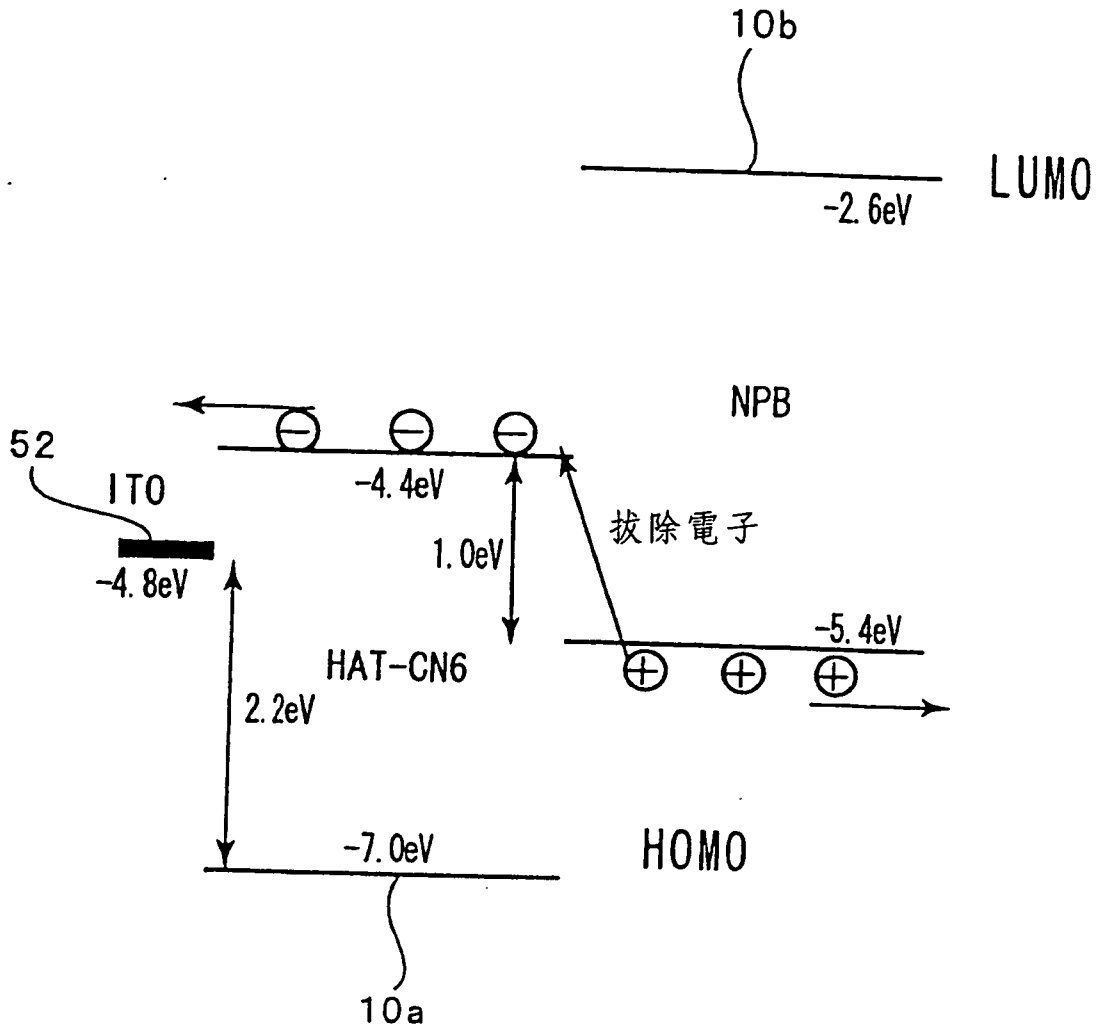
第8圖



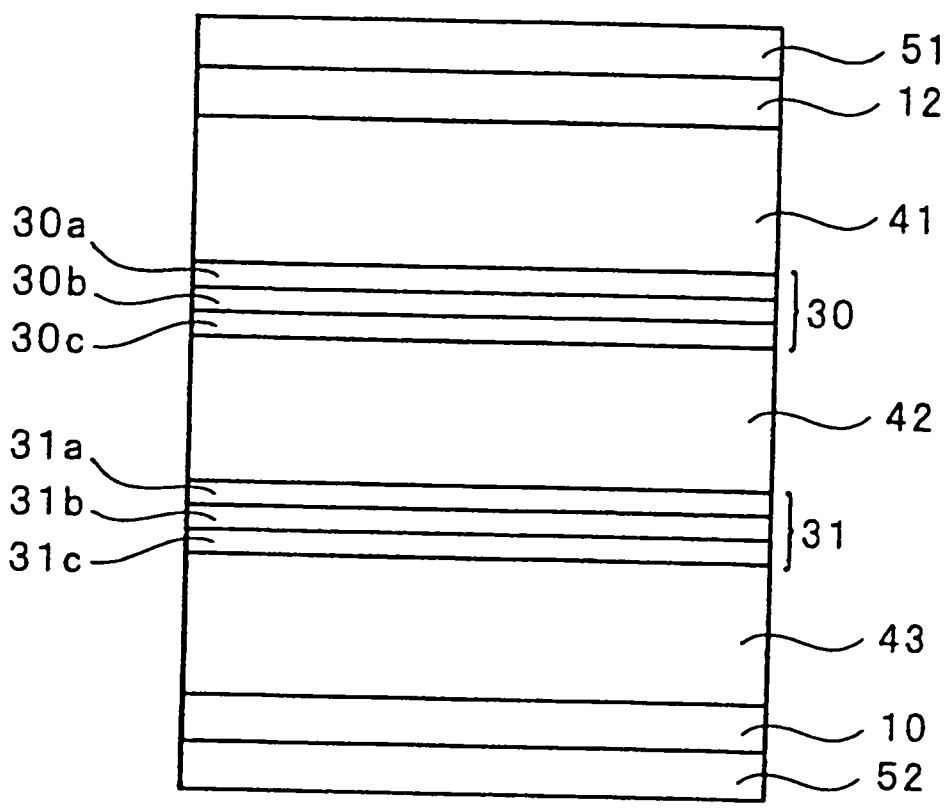
第9圖



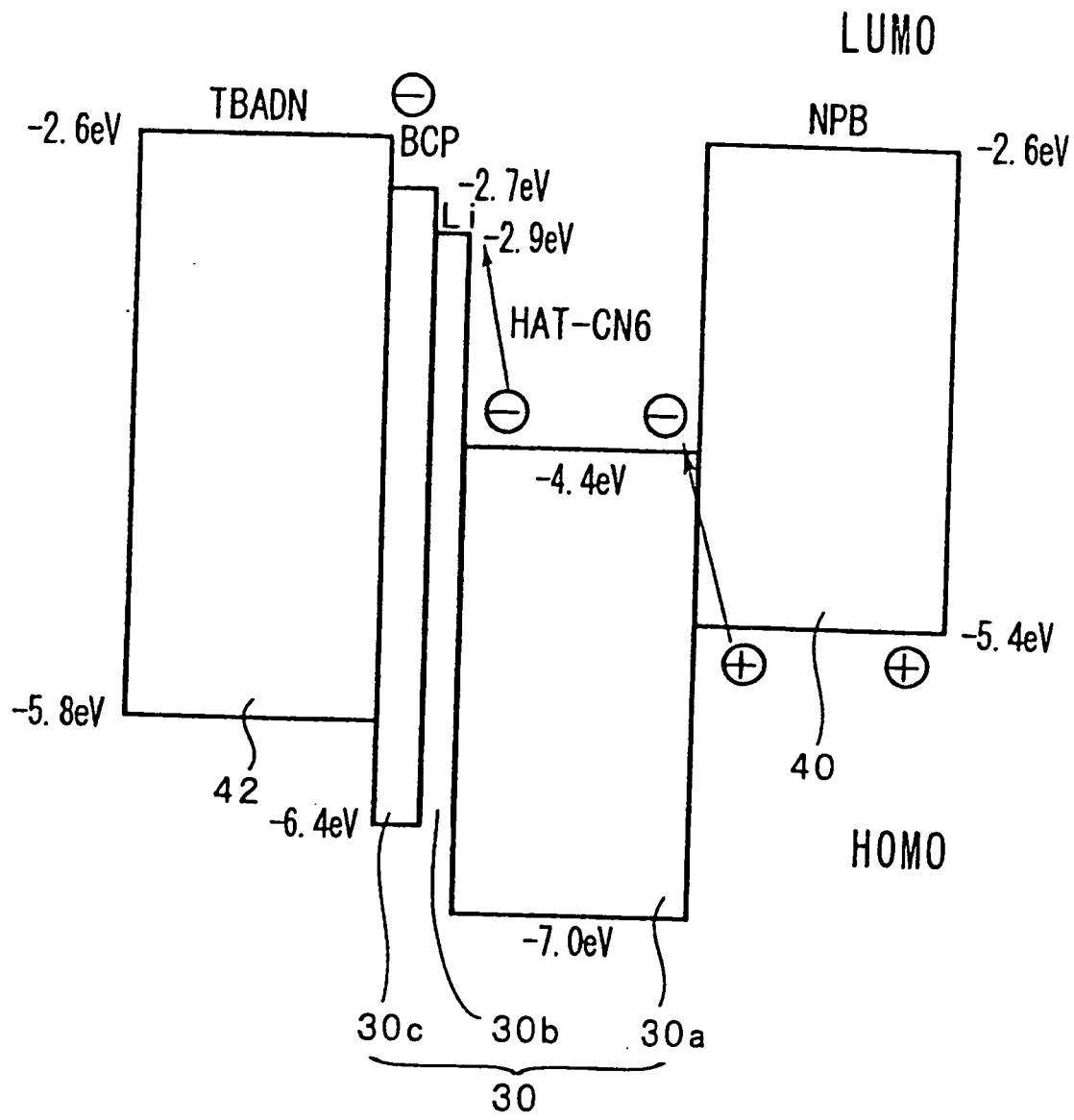
第10圖



第11圖

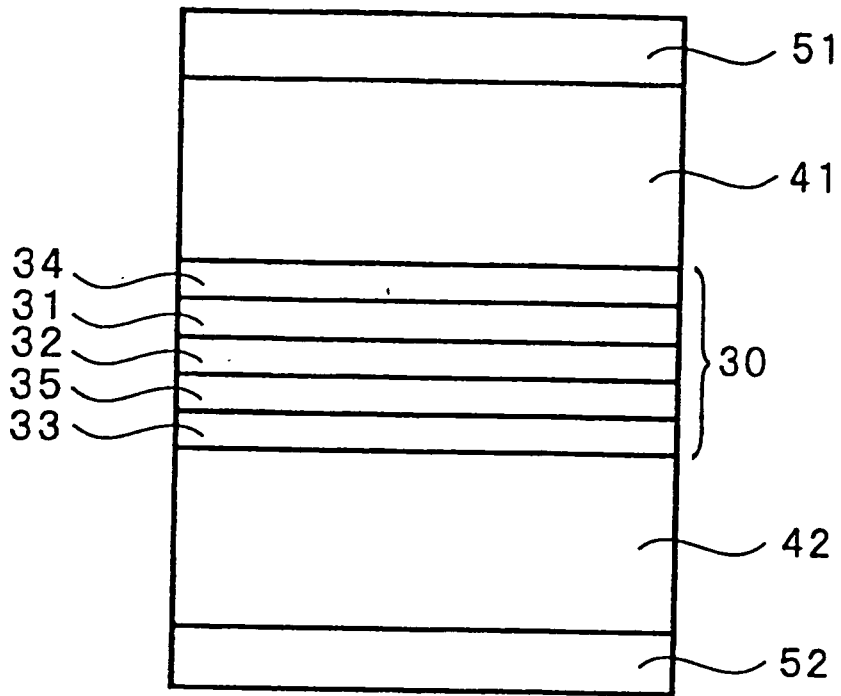


第12圖



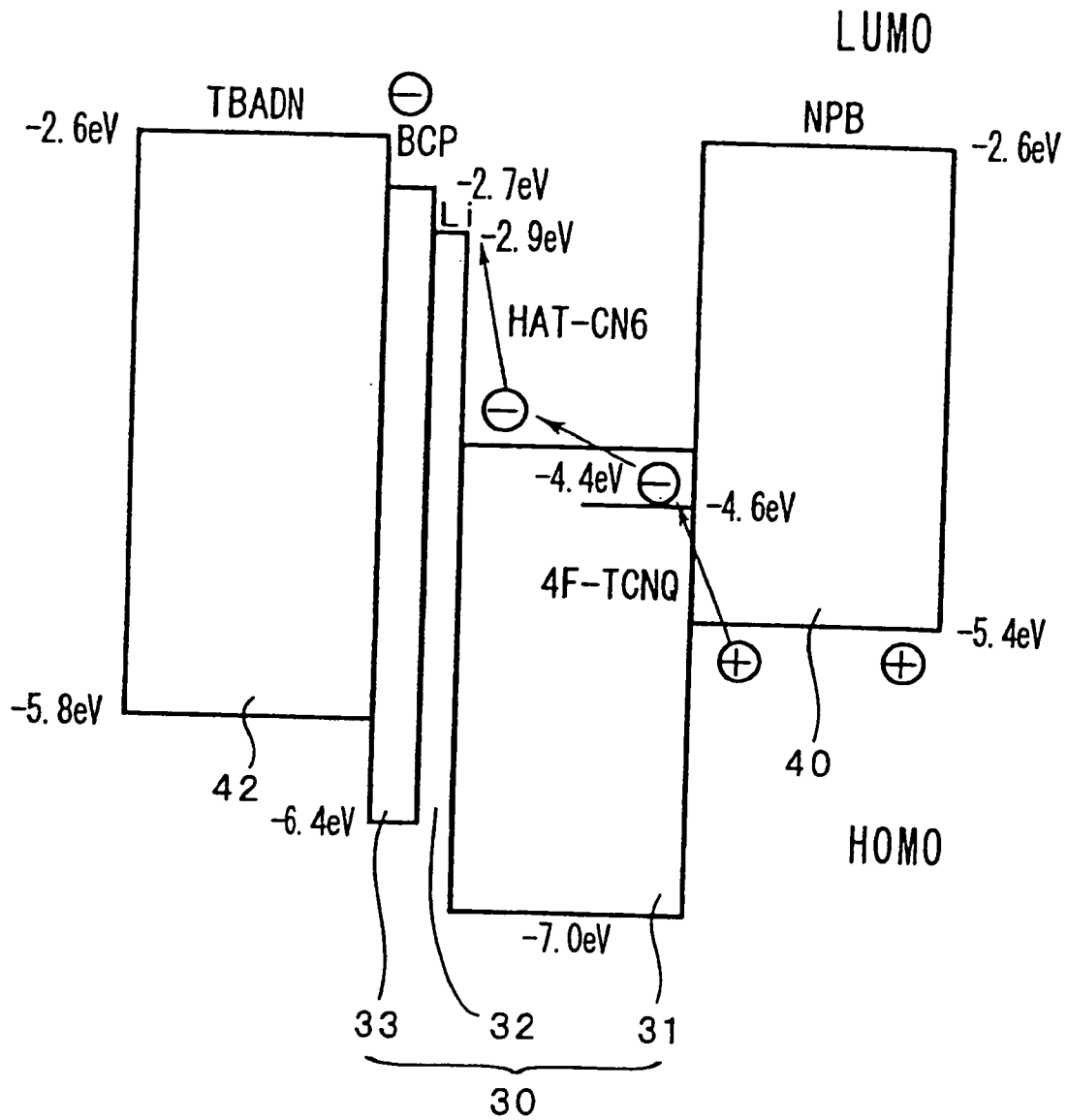
第13圖



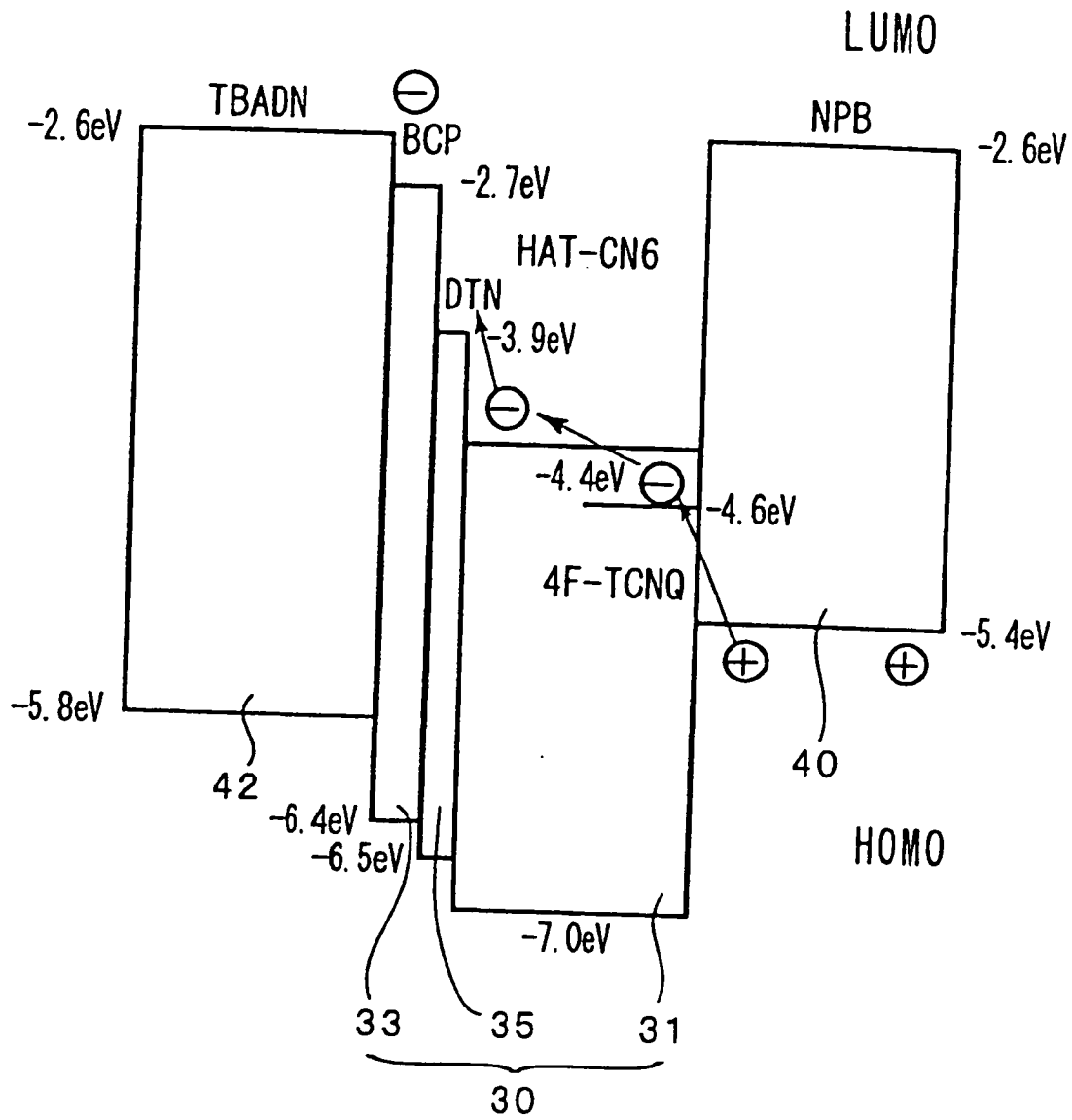


第14圖





第15圖



第16圖