

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-118173

(P2013-118173A)

(43) 公開日 平成25年6月13日(2013.6.13)

|                                |                 |             |
|--------------------------------|-----------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                   | F I             | テーマコード (参考) |
| <b>H O 5 B 33/24 (2006.01)</b> | H O 5 B 33/24   | 3 K 1 0 7   |
| <b>H O 5 B 33/12 (2006.01)</b> | H O 5 B 33/12 B |             |
| <b>H O 1 L 51/50 (2006.01)</b> | H O 5 B 33/14 A |             |
|                                | H O 5 B 33/22 A |             |
|                                | H O 5 B 33/22 C |             |
| 審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 28 頁)  |                 |             |

(21) 出願番号 特願2012-207713 (P2012-207713)  
(22) 出願日 平成24年9月21日 (2012.9.21)  
(31) 優先権主張番号 特願2011-238944 (P2011-238944)  
(32) 優先日 平成23年10月31日 (2011.10.31)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(74) 代理人 100096828  
弁理士 渡辺 敬介  
(74) 代理人 100110870  
弁理士 山口 芳広  
(72) 発明者 ▲高▼谷 格  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
ヤノン株式会社内  
Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 CC04 CC45 DD10  
DD53 DD68 DD69 DD71 DD74  
FF00 FF06 FF19

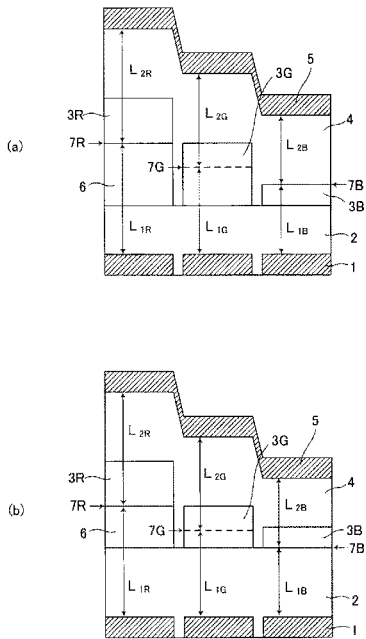
(54) 【発明の名称】 表示装置

(57) 【要約】

【課題】発光色毎に波長を強める干渉条件に発光位置と反射面の光学距離を合わせて発光効率を高めた表示装置を、金属マスクの使用枚数を低減させた方法により提供することにある。

【解決手段】各有機EL素子に共通する第1電荷輸送層2と第2電荷輸送層4とを備えた表示装置において、赤色の有機EL素子は発光層3Rと第1電荷輸送層2との間に膜厚調整層6を配置して、発光層3Rと膜厚調整層6との界面を発光位置7Rとし、緑色の有機EL素子は発光層3Gの中に発光位置7Gが来るようにアシストドーパントの濃度を調整し、青色の有機EL素子は発光層3Bと第1電荷輸送層2または第2電荷輸送層4との界面を発光位置7Bとする。

【選択図】図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

赤色発光の有機 EL 素子、緑色発光の有機 EL 素子、青色発光の有機 EL 素子を有し、前記各有機 EL 素子が、金属層を有する第 1 電極と、前記第 1 電極に接する第 1 電荷輸送層と、発光層と、第 2 電荷輸送層と、前記第 2 電荷輸送層に接して、金属層を有する第 2 電極と、を順に備え、

前記第 1 電荷輸送層と前記第 2 電荷輸送層とが各有機 EL 素子に共通で配置されている表示装置であって、

前記青色発光の有機 EL 素子において、発光層は前記第 1 電荷輸送層と第 2 電荷輸送層に接して配置され、

前記緑色発光の有機 EL 素子において、発光層はホスト材料と発光ドーパント材料とアシストドーパント材料を含み、前記第 1 電荷輸送層と前記第 2 電荷輸送層に接して配置され、

前記赤色発光の有機 EL 素子において、前記第 1 電荷輸送層と発光層との間、或いは、前記発光層と第 2 電荷輸送層との間のいずれかに膜厚調整層が配置され、

前記各有機 EL 素子において、各発光層の発光位置と第 1 電極にある反射面との間の第 1 光学距離  $L_1$  と、各発光層の発光位置と第 2 電極にある反射面との間の第 2 光学距離  $L_2$  とが、それぞれ各有機 EL 素子の発光波長  $\lambda$ 、各有機 EL 素子の第 1 電極の反射面で光が反射する際の位相シフト  $\phi_1$ 、各有機 EL 素子の第 2 電極の反射面で光が反射する際の位相シフト  $\phi_2$  に対して、

$$\left( \frac{\lambda}{16} \right) \times \left( -1 - \left( \frac{4\phi_1}{\pi} \right) \right) \leq L_1 \leq \left( \frac{\lambda}{16} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{4\phi_1}{\pi} \right) \right) \\ \left( \frac{\lambda}{16} \right) \times \left( -1 - \left( \frac{4\phi_2}{\pi} \right) \right) \leq L_2 \leq \left( \frac{\lambda}{16} \right) \times \left( 1 - \left( \frac{4\phi_2}{\pi} \right) \right)$$

を満たしていることを特徴とする表示装置。

## 【請求項 2】

前記青色発光の有機 EL 素子において、前記発光層の発光位置は前記発光層と第 2 電荷輸送層との界面にあり、前記第 1 光学距離は前記第 1 電荷輸送層と発光層の膜厚で設定され、前記第 2 光学距離は前記第 2 電荷輸送層の膜厚で設定され、

前記緑色の有機 EL 素子において、第 1 光学距離と第 2 光学距離は共に、前記第 1 電荷輸送層と発光層と前記第 2 電荷輸送層の膜厚と、発光層内のアシストドーパント材料の濃度と、で設定され、

前記赤色発光の有機 EL 素子において、前記発光層と第 1 電荷輸送層の間に前記膜厚調整層を有し、第 1 光学距離は前記第 1 電荷輸送層と前記膜厚調整層の膜厚で設定され、前記第 2 光学距離は前記第 2 電荷輸送層と発光層の膜厚で設定されている請求項 1 に記載の表示装置。

## 【請求項 3】

前記赤色発光の有機 EL 素子において、前記発光層はホスト材料と発光ドーパント材料とアシストドーパント材料を含み、前記膜厚調整層は前記アシストドーパント材料と同じ材料で形成されている請求項 2 に記載の表示装置。

## 【請求項 4】

前記緑色発光の有機 EL 素子において、下記式 (I) を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の表示装置。

式 (I)

$$LUMO_{Gh} < LUMO_{Ga} < LUMO_{Ge} < HOMO_{Ga} < HOMO_{Gh} < HOMO_{Ge}$$

(式 (I) において、 $LUMO_{Gh}$ 、 $LUMO_{Ge}$ 、 $LUMO_{Ga}$  はそれぞれ、緑色発光層のホスト材料、発光ドーパント材料、アシストドーパント材料の  $LUMO$  準位の絶対値であり、 $HOMO_{Gh}$ 、 $HOMO_{Ge}$ 、 $HOMO_{Ga}$  はそれぞれ、緑色発光層のホスト材料、発光ドーパント材料、アシストドーパント材料の  $HOMO$  準位の絶対値を示す。)

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、赤、緑、青の３色の有機ＥＬ（エレクトロルミネッセンス）素子を備えたフルカラー表示の表示装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の３色の有機ＥＬ素子を用いた表示装置の発光効率を高める技術として、電荷輸送層の膜厚を発光色に対応して、それぞれ異なる膜厚に設定する技術が知られている。これは発光色毎に波長を強める干渉条件に発光位置と反射面の光学距離を合わせ、発光効率を高めるものである。

【０００３】

特許文献１では、少なくとも赤、緑の２色に関して、真空蒸着にて金属マスクを用い、電荷輸送層を画素形状に合わせて形成することにより、赤、緑、青の３色の電荷輸送層の膜厚を発光色に対応して、それぞれ異なる膜厚に設定することが示されている。

【０００４】

一方で近年、多色表示装置の高精細化に伴い各色の画素サイズは微小化し、その画素形状に合わせた塗り分け用の金属マスクも高精細用になっているため、表示装置の製造コストに占める金属マスクの製造及び維持管理費用は、非常に大きなものになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２０００－３２３２７７号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

本発明の課題は、発光色毎に波長を強める干渉条件に発光位置と反射面の光学距離を合わせて発光効率を高めた表示装置を、金属マスクの使用枚数を低減させた方法により提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明は、赤色発光の有機ＥＬ素子、緑色発光の有機ＥＬ素子、青色発光の有機ＥＬ素子を有し、前記各有機ＥＬ素子が、金属層を有する第１電極と、前記第１電極に接する第１電荷輸送層と、発光層と、第２電荷輸送層と、前記第２電荷輸送層に接して、金属層を有する第２電極と、を順に備え、

前記第１電荷輸送層と前記第２電荷輸送層とが各有機ＥＬ素子に共通で配置されている表示装置であって、

前記青色発光の有機ＥＬ素子において、発光層は前記第１電荷輸送層と第２電荷輸送層に接して配置され、

前記緑色発光の有機ＥＬ素子において、発光層はホスト材料と発光ドーパント材料とアシストドーパント材料を含み、前記第１電荷輸送層と前記第２電荷輸送層に接して配置され、

前記赤色発光の有機ＥＬ素子において、前記第１電荷輸送層と発光層との間、或いは、前記発光層と第２電荷輸送層との間のいずれかに膜厚調整層が配置され、

前記各有機ＥＬ素子において、各発光層の発光位置と第１電極にある反射面との間の第１光学距離 $L_1$ と、各発光層の発光位置と第２電極にある反射面との間の第２光学距離 $L_2$ とが、それぞれ各有機ＥＬ素子の発光波長 $\lambda$ 、各有機ＥＬ素子の第１電極の反射面で光が反射する際の位相シフト $\phi_1$ 、各有機ＥＬ素子の第２電極の反射面で光が反射する際の位相シフト $\phi_2$ に対して、

$$(\lambda / 16) \times (-1 - (4\phi_1 / \pi)) \leq L_1 \leq (\lambda / 16) \times (1 - (4\phi_1 / \pi))$$

$$(\lambda / 16) \times (-1 - (4\phi_2 / \pi)) \leq L_2 \leq (\lambda / 16) \times (1 - (4\phi_2 / \pi))$$

を満たしていることを特徴とする。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 8 】

本発明によれば、金属マスクを用いて形成するのは、赤色、緑色、青色の各発光層と、赤色の有機ＥＬ素子で用いる膜厚調整層のみであり、従来に比べて、金属マスクの使用を低減させることができ、より安価に発光効率の高い表示装置を提供することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 本発明の表示装置の一実施形態の構成を模式的に示す斜視図である。

【 図 2 】 本発明の表示装置の実施形態の構成を模式的に示す部分断面図である。

【 図 3 】 本発明の表示装置の実施形態の構成を模式的に示す部分断面図である。

【 図 4 】 本発明の表示装置の緑色発光の発光層の好ましいエネルギーバンド図である。

10

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 0 】

## 〔 本発明の基本的構成 〕

図 1 は、本発明の表示装置の一実施形態の構成を模式的に示す斜視図である。本発明の表示装置は、有機ＥＬ素子を備える画素 10 を複数有している。そして、複数の画素 10 はマトリックス状に配置され、表示領域 20 を形成している。尚、画素とは、1つの有機ＥＬ素子の発光領域に対応した領域を意味している。本発明の表示装置では、画素 10 のそれぞれに1つの色の有機ＥＬ素子が配置された表示装置である。各有機ＥＬ素子は、赤色、緑色、青色のいずれかを発光し、赤色画素、緑色画素、及び青色画素から画素ユニットが構成され、係る画素ユニットが表示領域 20 に複数配列されている。画素ユニットとは、各画素の混色によって所望の色の発光を可能とする最小の単位を示す。

20

## 【 0 0 1 1 】

図 2、図 3 は、図 1 の A - A' 線における部分断面模式図である。発光層中の発光位置により図 2 ( a ) 及び ( b )、図 3 ( a ) 及び ( b ) の 4 つの場合に分けられ、最も好ましいのは図 2 ( a ) の構成である。

## 【 0 0 1 2 】

各画素 10 は、基板（不図示）上に、第 1 電極 1 と、第 1 電荷輸送層 2 と、発光層と、第 2 電荷輸送層 4 と、第 2 電極 5 とを、この順で備える有機ＥＬ素子を有している。図 2 の 3 R、3 G、3 B は、それぞれ赤色発光の発光層、緑色発光の発光層、青色発光の発光層を表し、矢印 7 R、7 G、7 B で示した位置は発光位置を示している。また、赤色の有機ＥＬ素子には、発光層 3 R と第 1 電荷輸送層 2 又は第 2 電荷輸送層 4 との間に膜厚調整層 6 が配置される。

30

## 【 0 0 1 3 】

本発明は、第 1 電荷輸送層 2 と第 2 電荷輸送層 4 とが各有機ＥＬ素子で共通に配置されている表示装置である。従って、第 1 電荷輸送層 2 と第 2 電荷輸送層 4 の形成の際には画素形状に合わせた金属マスクを用いる事はない。

## 【 0 0 1 4 】

## 〔 発光位置と素子構成 〕

以下、図 2、図 3 を用いて、本発明における各色の発光層中の発光位置と取るべき素子構成について説明する。

40

## 【 0 0 1 5 】

## （ 青色発光の有機ＥＬ素子 ）

青色の有機ＥＬ素子において、発光層 3 B は画素形状に合わせた金属マスクを用いて蒸着により形成され、第 1 電荷輸送層 2 と第 2 電荷輸送層 4 に接して配置される。

## 【 0 0 1 6 】

図 2、図 3 中の矢印 7 B で示される位置が青色発光の発光位置である。発光位置 7 B が発光層 3 B と第 1 電荷輸送層 2 の界面に存在する場合を図 2 ( b ) と図 3 ( b ) に示し、発光位置 7 B が発光層 3 B と第 2 電荷輸送層 4 の界面に存在する場合を図 2 ( a ) と図 3 ( a ) に示す。尚、青色発光の有機ＥＬ素子において、発光位置 7 B は発光層 3 B の内部にあってもよいが、図としては省略する。

50

## 【 0 0 1 7 】

この時、発光位置 7 B と第 1 電極 1 の反射面との間の第 1 光学距離  $L_{1B}$  及び、発光位置 7 B と第 2 電極 5 の反射面との間の第 2 光学距離  $L_{2B}$  はそれぞれ、発光波長  $\lambda_B$  の  $1/4$  倍になるように設定される。尚、光学距離とは、係る距離に含まれる各層の屈折率に層の厚さを乗じた値の総和を言う。発光位置 7 B が発光層 3 B と第 1 電荷輸送層 2 の界面である場合には、図 2 ( b ) と図 3 ( b ) で示すように第 1 光学距離  $L_{1B}$  は、発光波長  $\lambda_B$  の  $1/4$  倍になるように第 1 電荷輸送層 2 の膜厚により設定される。また、第 2 光学距離  $L_{2B}$  は、発光波長  $\lambda_B$  の  $1/4$  倍になるように発光層 3 B と第 2 電荷輸送層 4 の膜厚により設定される。一方、発光位置 7 B が発光層 3 B と第 2 電荷輸送層 4 との界面である場合には、図 2 ( a ) と図 3 ( a ) で示すように第 1 光学距離  $L_{1B}$  は、発光波長  $\lambda_B$  の  $1/4$  倍になるように第 1 電荷輸送層 2 と発光層 3 B の膜厚により設定される。そして、第 2 光学距離  $L_{2B}$  は、発光波長  $\lambda_B$  の  $1/4$  倍になるように第 2 電荷輸送層 4 の膜厚により設定される。発光位置 7 B が発光層 3 B 内部にある場合には、発光層 3 B 内の発光位置から第 1 電極 1 の反射面までの間の第 1 光学距離  $L_{1B}$  は、第 1 電荷輸送層 2 に加えて、発光層 3 B の膜厚と発光位置によって、発光波長  $\lambda_B$  の  $1/4$  倍になるように設定される。また、発光層 3 B 内の発光位置から第 2 電極 5 の反射面までの間の第 2 光学距離  $L_{2B}$  についても、第 2 電荷輸送層 4 に加えて、発光層 3 B の膜厚と発光位置によって、発光波長  $\lambda_B$  の  $1/4$  倍になるように設定される。

10

## 【 0 0 1 8 】

このことにより、青色の有機 E L 素子においては、発光層 3 B のみを画素形状に合わせた金属マスクで形成することにより、第 1 光学距離  $L_{1B}$  と第 2 光学距離  $L_{2B}$  を発光波長  $\lambda_B$  の  $1/4$  倍に合わせることができる。

20

## 【 0 0 1 9 】

( 緑色発光の有機 E L 素子 )

緑色の有機 E L 素子において、発光層 3 G は画素形状に合わせた金属マスクを用いて蒸着により形成され、ホスト材料と発光ドーバント材料とアシストドーバント材料を含み、第 1 電荷輸送層 2 と第 2 電荷輸送層 4 に接して配置される。発光位置はアシストドーバント材料の濃度によって制御されて発光層 3 G 内にある。図 2、図 3 中の矢印 7 G で示される位置が発光位置である。

## 【 0 0 2 0 】

この時、青色の有機 E L 素子と同様に、発光位置 7 G と第 1 電極 1 の反射面との間の第 1 光学距離  $L_{1G}$  及び、発光位置 7 G と第 2 電極 5 の反射面との間の第 2 光学距離  $L_{2G}$  は、それぞれ発光波長  $\lambda_G$  の  $1/4$  倍になるように設定される。

30

## 【 0 0 2 1 】

発光層 3 G 内の発光位置 7 G から第 1 電極 1 の反射面までの間の第 1 光学距離  $L_{1G}$  は、青色の有機 E L 素子によって定められた第 1 電荷輸送層 2 に加えて、発光層 3 G の膜厚と発光位置 7 G によって、発光波長  $\lambda_G$  の  $1/4$  倍になるように設定される。また、発光層 3 G 内の発光位置 7 G から第 2 電極 5 の反射面までの間の第 2 光学距離  $L_{2G}$  についても、青色の有機 E L 素子によって定められた第 2 電荷輸送層 4 に加えて、発光層 3 G の膜厚と発光位置 7 G によって、発光波長  $\lambda_G$  の  $1/4$  倍になるように設定される。

40

## 【 0 0 2 2 】

このことにより、緑色の有機 E L 素子においても、発光層 3 G のみを画素形状に合わせた金属マスクで形成することにより、第 1 光学距離  $L_{1G}$  と第 2 光学距離  $L_{2G}$  を発光波長  $\lambda_G$  の  $1/4$  倍に合わせることができる。

## 【 0 0 2 3 】

( 赤色発光の有機 E L 素子 )

赤色の有機 E L 素子において、発光層 3 R と第 1 電荷輸送層 2 との間、或いは、発光層 3 R と第 2 電荷輸送層 4 との間には膜厚調整層 6 が配置される。図 2、図 3 中の矢印 7 R で示される位置が発光位置であり、発光位置 7 R は発光層 3 R と膜厚調整層 6 との界面にある。膜厚調整層 6 が発光層 3 R と第 1 電荷輸送層 2 の間に配置される場合を図 2 ( a )

50

と (b) に示し、膜厚調整層 6 が発光層 3 R と第 2 電荷輸送層 4 の間に配置される場合を図 3 (a) と (b) に示す。

#### 【 0 0 2 4 】

この時、青色や緑色の有機 EL 素子と同様に、発光位置 7 R と第 1 電極 1 の反射面との間の第 1 光学距離  $L_{1R}$  及び、発光位置 7 R と第 2 電極 5 の反射面との間の第 2 光学距離  $L_{2R}$  は、それぞれ発光波長  $\lambda_R$  の 1 / 4 倍になるように設定される。

#### 【 0 0 2 5 】

発光位置 7 R が発光層 3 R の第 1 電荷輸送層 2 側の界面である場合には、図 2 (a) と (b) で示されるように膜厚調整層 6 は第 1 電荷輸送層 2 と発光層 3 R の間に配置される。そして第 1 光学距離  $L_{1R}$  は、青色の有機 EL 素子によって定められた第 1 電荷輸送層 2 に加えて、膜厚調整層 6 の膜厚によって、発光波長  $\lambda_R$  の 1 / 4 倍になるように設定される。また、第 2 光学距離  $L_{2R}$  は、青色の有機 EL 素子によって定められた第 2 電荷輸送層 4 に加えて、発光層 3 R の膜厚によって、発光波長  $\lambda_R$  の 1 / 4 倍になるように設定される。一方、発光位置 7 R が発光層 3 R の第 2 電荷輸送層 4 側の界面である場合には、図 3 (a) と (b) で示されるように膜厚調整層 6 は発光層 3 R と第 2 電荷輸送層 4 の間に配置される。そして第 1 光学距離  $L_{1R}$  は、青色の有機 EL 素子によって定められた第 1 電荷輸送層 2 に加えて、発光層 3 R の膜厚によって、発光波長  $\lambda_R$  の 1 / 4 倍になるように設定される。また、第 2 光学距離  $L_{2R}$  は、青色の有機 EL 素子によって定められた第 2 電荷輸送層 4 に加えて、膜厚調整層 6 の膜厚によって、発光波長  $\lambda_R$  の 1 / 4 倍になるように設定される。

#### 【 0 0 2 6 】

このことにより、赤色の有機 EL 素子においては、発光層 3 R と膜厚調整層 6 を画素形状に合わせた金属マスクで形成することにより、第 1 光学距離  $L_{1R}$  と第 2 光学距離  $L_{2R}$  を発光波長  $\lambda_R$  の 1 / 4 倍に合わせることができる。

#### 【 0 0 2 7 】

以上のように、金属マスクを赤色、緑色、青色の各発光層 3 R , 3 G , 3 B と、赤色の有機 EL 素子で用いる膜厚調整層 6 を形成する 4 工程に用いるだけで、赤、緑、青色それぞれの第 1 光学距離  $L_{1R}$ 、 $L_{1G}$ 、 $L_{1B}$  及び第 2 光学距離  $L_{2R}$ 、 $L_{2G}$ 、 $L_{2B}$  を発光波長  $\lambda_R$ 、 $\lambda_G$ 、 $\lambda_B$  の 1 / 4 倍に合わせることができる。よって、金属マスクの使用を低減させることができる。

#### 【 0 0 2 8 】

また本発明は、発光層中の発光位置により上述の図 2 (a)、(b)、図 3 (a)、(b) の 4 つの場合に分けられ、最も好ましいのは図 2 (a) である。図 2 (a) の場合、赤色の発光層 3 R の第 1 電荷輸送層 2 側の界面に発光位置 7 R があり、青色の発光層 3 B の第 2 電荷輸送層 4 側の界面に発光位置 7 B がある。この場合、発光層 3 R , 3 B に発光効率の高い材料を用いることができるため好ましい。発光層に用いることができる具体的材料については後述する。

#### 【 0 0 2 9 】

[ 第 1 光学距離  $L_1$  と第 2 光学距離  $L_2$  についての詳細 ]

本発明の発光波長、 $\lambda_R$ 、 $\lambda_G$ 、 $\lambda_B$  はそれぞれ、赤色、緑色、青色の発光波長を示すが、より詳細には、発光材料の発光スペクトルではなく、有機 EL 素子から発するスペクトルのピーク波長を示す。

#### 【 0 0 3 0 】

本発明のように発光色毎に波長を強める干渉条件に発光位置と反射面との間の光学距離を合わせるには、反射界面での位相シフト  $\phi$  を考慮すると、光学距離  $L$  は以下の式 (A) で表される。尚、式中の  $m$  は 0 以上の整数である。

#### 【 0 0 3 1 】

式 (A)

$$L = (\lambda / 4) \times (2m - (\phi / \pi))$$

本発明は、第 1 光学距離  $L_1$  と第 2 光学距離  $L_2$  が発光波長  $\lambda$  の 1 / 4 倍であるため、 $m$

が 0 の場合である。m が 0 の場合が最も干渉による効果が高い。また m が 1 以上の場合、各色の光学距離 L の差が大きくなるため、膜厚調整層が赤と緑の両方に必要か、もしくは緑色の発光層膜厚が著しく厚くなり、緑色の有機 EL 素子のみ電圧が非常に大きくなってしまふ。本発明では、膜厚調整層を赤色の有機 EL 素子のみを用いるため、m = 0 の場合に限定され、位相シフトをおおよそ  $-\pi$  とすると、第 1 光学距離  $L_1$  と第 2 光学距離  $L_2$  は発光波長  $\lambda$  の  $1/4$  倍となる。しかしながら、実際には位相シフト  $\phi$  を考慮して式 (A) に基づいて設定される。また、有機化合物層の成膜ばらつきなどで、光学距離が式 (A) を完全に満たさない場合も考えられる。しかし、式 (A) を満たす光学距離から発光波長の  $1/16$  倍程度のずれであれば干渉効果が得られる。よって、第 1 光学距離  $L_1$  と第 2 光学距離  $L_2$  は、以下の式 (B) を満たせばよい。

10

【0032】

式 (B)

$$(\lambda/16) \times (-1 - (4\phi/\pi)) \leq L \leq (\lambda/16) \times (1 - (4\phi/\pi))$$

【0033】

即ち、各有機 EL 素子において、第 1 電極の反射面で光が反射する際の位相シフト  $\phi_1$ 、各有機 EL 素子の第 2 電極の反射面で光が反射する際の位相シフト  $\phi_2$  に対して、

$$(\lambda/16) \times (-1 - (4\phi_1/\pi)) \leq L_1 \leq (\lambda/16) \times (1 - (4\phi_1/\pi))$$

$$(\lambda/16) \times (-1 - (4\phi_2/\pi)) \leq L_2 \leq (\lambda/16) \times (1 - (4\phi_2/\pi))$$

を満たしていればよい。

【0034】

20

すなわち、青色の有機 EL 素子において、以下の式 (C) を満たせばよい。

【0035】

式 (C)

$$(\lambda_B/16) \times (-1 - (4\phi_{1B}/\pi)) \leq L_{1B} \leq (\lambda_B/16) \times (1 - (4\phi_{1B}/\pi))$$

$$(\lambda_B/16) \times (-1 - (4\phi_{2B}/\pi)) \leq L_{2B} \leq (\lambda_B/16) \times (1 - (4\phi_{2B}/\pi))$$

ここで、 $\phi_{1B}$  は、青色の有機 EL 素子の第 1 電極の反射面で光が反射する際の位相シフト、 $\phi_{2B}$  は、青色の有機 EL 素子の第 2 電極の反射面で光が反射する際の位相シフトである。さらに、 $\phi_{1B}$ 、 $\phi_{2B}$  がともにおよそ  $-\pi$  であるので、青色の有機 EL 素子において、以下の式 (C') を満たせばよい。

30

【0036】

式 (C')

$$3\lambda_B/16 \leq L_{1B} \leq 5\lambda_B/16$$

$$3\lambda_B/16 \leq L_{2B} \leq 5\lambda_B/16$$

【0037】

また、緑色の有機 EL 素子において、以下の式 (D) を満たせばよい。

【0038】

式 (D)

$$(\lambda_G/16) \times (-1 - (4\phi_{1G}/\pi)) \leq L_{1G} \leq (\lambda_G/16) \times (1 - (4\phi_{1G}/\pi))$$

$$(\lambda_G/16) \times (-1 - (4\phi_{2G}/\pi)) \leq L_{2G} \leq (\lambda_G/16) \times (1 - (4\phi_{2G}/\pi))$$

40

ここで、 $\phi_{1G}$  は、緑色の有機 EL 素子の第 1 電極の反射面で光が反射する際の位相シフト、 $\phi_{2G}$  は、緑色の有機 EL 素子の第 2 電極の反射面で光が反射する際の位相シフトである。さらに、 $\phi_{1G}$ 、 $\phi_{2G}$  がともにおよそ  $-\pi$  であるので、緑色の有機 EL 素子において、以下の式 (D') を満たせばよい。

【0039】

式 (D')

$$3\lambda_G/16 \leq L_{1G} \leq 5\lambda_G/16$$

50

$$3 \lambda_G / 16 \quad L_{2G} \quad 5 \lambda_G / 16$$

【0040】

また、赤色の有機EL素子において、以下の式(E)を満たせばよい。

【0041】

式(E)

$$(\lambda_R / 16) \times (-1 - (4\phi_{1R} / \pi)) \quad L_{1R} \quad (\lambda_R / 16) \times (1 - (4\phi_{1R} / \pi))$$

$$(\lambda_R / 16) \times (-1 - (4\phi_{2R} / \pi)) \quad L_{2R} \quad (\lambda_R / 16) \times (1 - (4\phi_{2R} / \pi))$$

10

ここで、 $\phi_{1R}$ は、赤色の有機EL素子の第1電極の反射面で光が反射する際の位相シフト、 $\phi_{2R}$ は、赤色の有機EL素子の第2電極の反射面で光が反射する際の位相シフトである。さらに、 $\phi_{1R}$ 、 $\phi_{2R}$ がともにおよそ $-\pi$ であるので、赤色の有機EL素子において、以下の式(E')を満たせばよい。

【0042】

式(E')

$$3 \lambda_R / 16 \quad L_{1R} \quad 5 \lambda_R / 16$$

$$3 \lambda_R / 16 \quad L_{2R} \quad 5 \lambda_R / 16$$

20

また、反射界面での位相シフト $\phi$ は反射面を形成する材料の屈折率 $n$ と吸収係数 $k$ を用いて計算することができる(例えば、Principles of Optics, Max Born and Emil Wolf, 1974 (PERGAMON PRESS)等参照)。

【0043】

また、本発明で発光位置が2つの層の界面にある(赤色と青色の有機EL素子)とは、界面から発光層の内側に0乃至5nm離れた位置に発光領域の中心があることを示す。また、発光位置が発光層内にある(緑色の有機EL素子)とは、界面から発光層の内側に5nmを超えて離れた位置に発光領域の中心があることを示す。

【0044】

[本発明で用いられる材料]

30

図2の(a)の構成を中心に、本発明の好ましい実施形態を説明する。また、基板上に形成される第1電極1が陽極、第2電極5が陰極であり、基板と逆側の第2電極5側から光が取り出される、いわゆるトップエミッション型について説明する。しかし本発明は陽極と陰極が逆でもよく、また基板側から光が取り出される、いわゆるボトムエミッション型でもよい。また用いる材料として例を示すが、本発明で用いる材料は必ずしもここに挙げた材料である必要はなく、好ましい例である。

【0045】

(第1電極)

図2中の第1電極1は、基板(不図示)上に画素形状に形成され、金属層の反射面を有しているが、該金属層に透明導電材料を積層して用いてもよい。

【0046】

40

用いられる金属は、Al、Ag、Mo、W、Cr、Au、Sn、Si、Cu、Ti、Pt、Pd、Niなどが用いられ、これらの合金を用いてもよく、また、これらの金属からなる層を積層して用いてもよい。透明導電材料としては酸化インジウム錫(ITO)、酸化インジウム亜鉛などの導電性金属酸化物を用いることができる。但し、金属層の反射面に積層して透明導電材料からなる層を第1電荷輸送層2側に配置する場合には、その光学膜厚は、発光位置から第1電極1にある反射面との間の第1光学距離 $L_1$ に含まれる。

【0047】

(第1電荷輸送層)

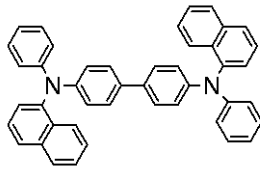
第1電極1上には、第1電荷輸送層2が各有機EL素子で共通に形成される。第1電荷輸送層2は、蒸着、塗布、転写等の方法で形成される。第1電極1が陽極の場合、第1電荷輸送層2は正孔輸送層となる。正孔輸送層にはアリアルアミン類など、従来から知られ

50

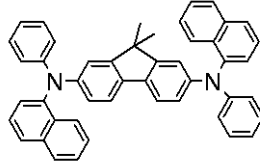
た正孔輸送材料が用いられるが、正孔注入材料と正孔輸送材料、更には電子ブロック材料等を積層して用いてもよい。本発明では正孔注入材料や電子ブロック材料を積層して用いた場合も、合わせて正孔輸送層とする。正孔輸送層に用いられる材料の例を以下に示す。

【 0 0 4 8 】

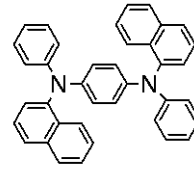
## 【化 1】



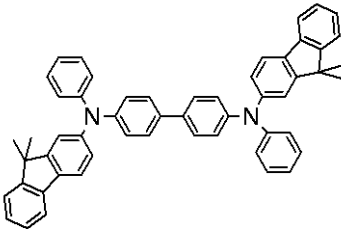
HT1



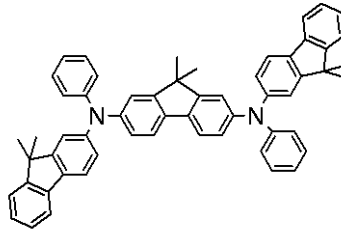
HT2



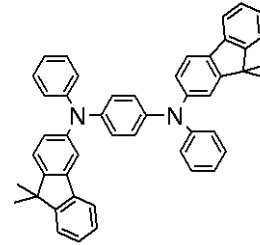
HT3



HT4

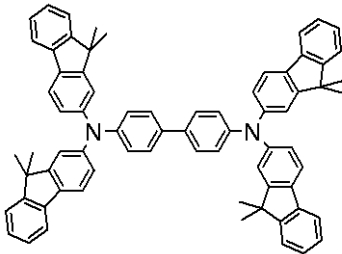


HT5

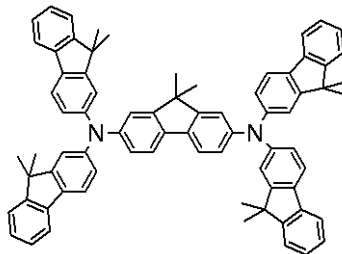


HT6

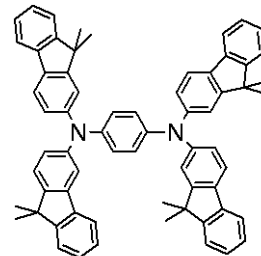
10



HT7

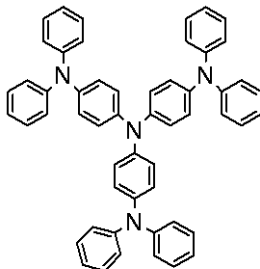


HT8

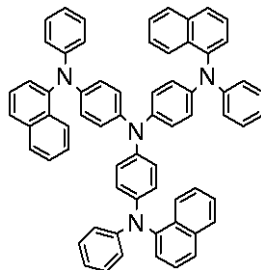


HT9

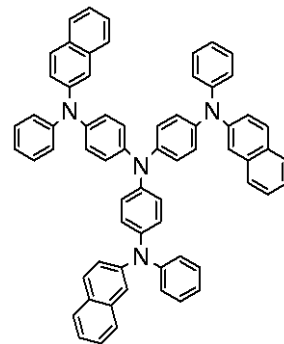
20



HT10

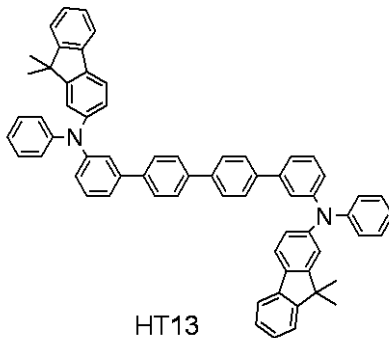


HT11

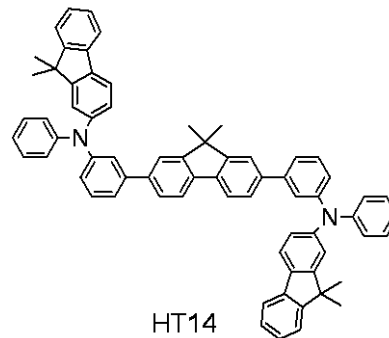


HT12

30



HT13



HT14

40

## 【 0 0 4 9 】

(膜厚調整層)

第 1 電荷輸送層 2 上には、赤色発光の発光層 3 R、緑色発光の発光層 3 G、青色発光の

50

発光層 3 B が金属マスクを用いて形成される。そして、図 2 ( a ) の場合第 1 電荷輸送層 2 と赤色発光の発光層 3 R との間には膜厚調整層 6 が金属マスクを用いて蒸着により形成される。

【 0 0 5 0 】

膜厚調整層 6 に用いられる材料は、図 2 ( a ) と ( b ) の構成の場合は、第 1 電荷輸送層 2 に用いられるような正孔輸送材料を用いることができるが、第 1 電荷輸送層 2 と同じ材料でも異なる材料でもよい。また、膜厚調整層 6 が陰極側である図 3 ( a ) と ( b ) の構成の場合は、赤色発光の発光層 3 R のホスト材料と同じ材料が好ましい。

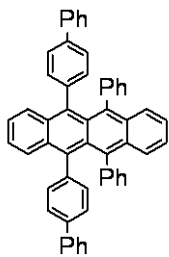
【 0 0 5 1 】

( 赤色発光層 )

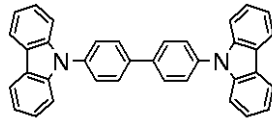
赤色発光の発光層 3 R については、ホスト材料と発光ドーパント材料と発光層のアシストドーパント材料を含むことが好ましい。赤色発光層 3 R のホスト材料の例としては、以下の構造式の材料が挙げられる。

【 0 0 5 2 】

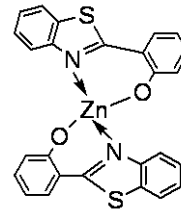
【 化 2 】



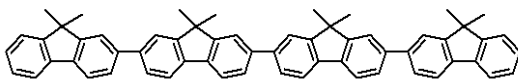
RH1



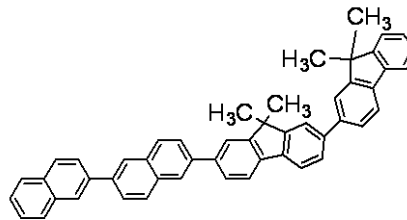
RH2



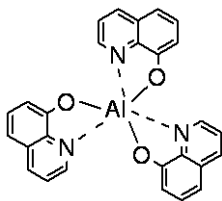
RH3



RH4



RH5



RH6

【 0 0 5 3 】

また赤色発光層 3 R の発光ドーパント材料としては、以下の構造式の材料が例として挙げられ、特に好ましいのは、R D 7 乃至 R D 1 1 に示すような赤色燐光を発する材料である。これらは発光効率が高いため好ましい。R D 7 乃至 1 1 に示す赤色燐光を発する材料を用いた場合、発光位置は赤色の発光層の正孔輸送層側の界面となる場合が多く、図 2 ( a ) と ( b ) で示される。

【 0 0 5 4 】

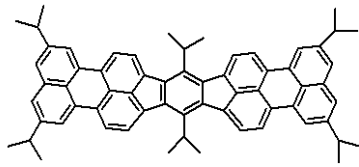
10

20

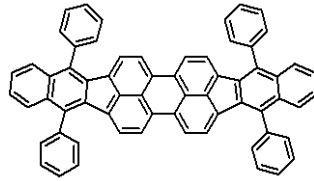
30

40

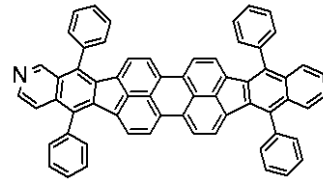
## 【化 3】



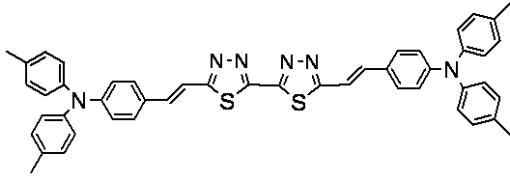
RD1



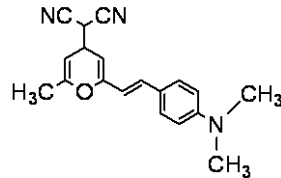
RD2



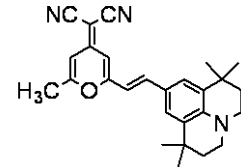
RD3



RD4

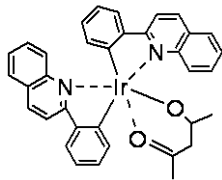


RD5

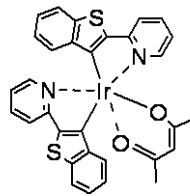


RD6

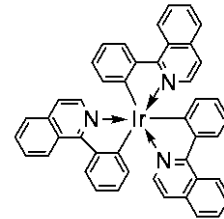
10



RD7

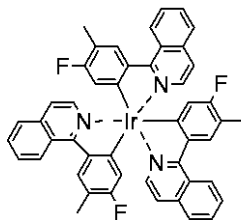


RD8

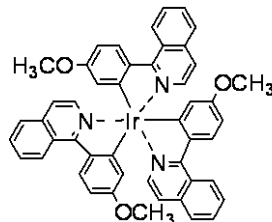


RD9

20



RD10



RD11

30

## 【 0 0 5 5 】

アシストドーパント材料としては、膜厚調整層 6 が発光層 3 R の陽極側にある場合、アリアルアミン類など、従来から知られた正孔輸送材料を用いるのが好ましく、より好ましくは膜厚調整層 6 と同じ材料である。アシストドーパント材料と膜厚調整層 6 が同じ材料であると、赤色の発光層にホール注入がされやすくなり、電圧の低減効果がある。

## 【 0 0 5 6 】

( 緑色発光層 )

緑色発光の発光層 3 G については、ホスト材料と、発光ドーパント材料と、アシストドーパント材料を含み、好ましくは、下記式 ( I ) を満たす。

## 【 0 0 5 7 】

式 ( I )

$$LUMO_{Gh} < LUMO_{Ga} < LUMO_{Ge} < HOMO_{Ga} < HOMO_{Gh} < HOMO_{Ge}$$

上記式 ( I ) において、 $LUMO_{Gh}$ 、 $LUMO_{Ge}$ 、 $LUMO_{Ga}$  はそれぞれ、緑色発光層のホスト材料、発光ドーパント材料、アシストドーパント材料の  $LUMO$  準位の絶対値である。また、 $HOMO_{Gh}$ 、 $HOMO_{Ge}$ 、 $HOMO_{Ga}$  はそれぞれ、緑色発光層のホスト材料、発光ドーパント材料、アシストドーパント材料の  $HOMO$  準位の絶対値を示す。

## 【 0 0 5 8 】

40

50

式 ( I ) を満たす緑色発光の発光層 3 G の好ましいエネルギーバンド図を図 4 に示す。発光ドーパント材料は発光層 3 G の 10 重量 % 以下、アシストドーパント材料は 10 重量 % 乃至 90 重量 % の含有量である。ホスト材料とアシストドーパント材料は、好ましくは上記式 ( I ) の関係を満たし、本発明では、バンドギャップの広い方をホスト材料、狭い方をアシストドーパント材料と定義する。

【 0059 】

一般に緑色発光層 3 G は電子輸送性で、発光位置 7 G が正孔輸送層との界面になるものが多い。しかし図 4 に示すエネルギーバンド図では、電子は発光ドーパントの LUMO 準位にトラップされ、発光ドーパント材料は緑色発光層 3 G の全体積の 10 % 以下であるため、電子は移動しにくくなる。また、正孔はアシストドーパントの HOMO 準位にトラップされ、電子と同じく正孔も移動しにくくなる。アシストドーパントの濃度が発光ドーパントの濃度と同程度に低い場合には、電子と正孔の移動度は同程度となるため、再結合位置は発光層の中心近傍となる。しかし、アシストドーパントの濃度を発光ドーパントの濃度よりも増やすことにより、正孔が電子よりも移動しやすくなる。そのため、再結合位置は陰極側に動き、逆にアシストドーパントの濃度を発光ドーパントの濃度よりも減らすと、電子が正孔よりも移動しやすくなるため、再結合位置は陽極側に動く。そのため、電子と正孔の再結合位置はアシストドーパントの濃度により発光層 3 G の内部で制御することができ、発光位置 7 G がアシストドーパントの濃度により制御されることになる。発光位置は、アシストドーパントや発光ドーパントのホール移動度によっても変化する。しかしながら、アシストドーパントの濃度が発光ドーパント濃度より高い場合に発光位置が発光層の中心よりも陰極側となり、発光ドーパント濃度より低い場合に発光位置が発光層の中心よりも陽極側になる傾向がある。本発明では、アシストドーパントを発光ドーパントよりも高い濃度で用い、発光層の中心近傍よりも陰極側にすることで発光位置と反射面の光学距離を合わせて発光効率を高める事が出来る。具体的には上述したように発光ドーパント材料は発光層 3 G の 10 重量 % 以下、アシストドーパント材料は 10 重量 % 乃至 90 重量 % の含有量である。アシストドーパントの濃度はより好ましくは 30 重量 % 乃至 70 重量 % の含有量である。

【 0060 】

尚、本発明で定義する HOMO、LUMO の値は、エネルギーレベルの絶対値で示している。HOMO は最高被占軌道のことであり、大気中光電子分光法 ( AC - 2 ) を用いて測定した。また、LUMO は、上記の方法で測定した HOMO の値から吸収スペクトルの吸収端から求めたバンドギャップを引いて算出した。

【 0061 】

緑色発光層 3 G のホスト材料の例としては、以下の構造式の材料が挙げられる。

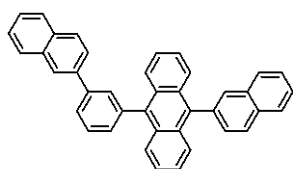
【 0062 】

10

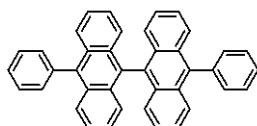
20

30

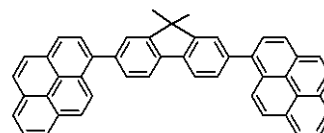
## 【化 4】



GH1

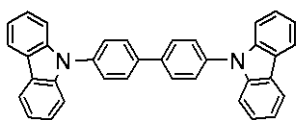


GH2

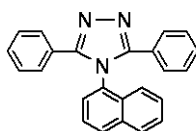


GH3

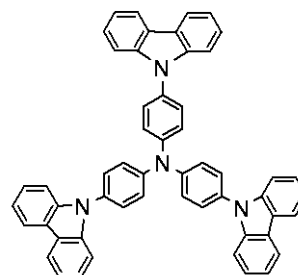
10



GH4

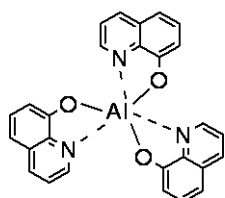


GH5



GH6

20



GH7

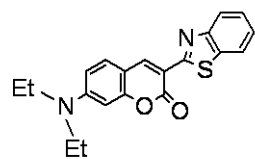
## 【 0 0 6 3 】

また緑色発光層 3 G の発光ドーパント材料としては以下の構造式の材料が例として挙げられる。

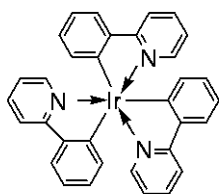
30

## 【 0 0 6 4 】

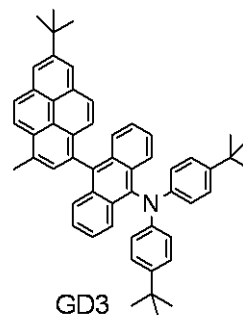
## 【化 5】



GD1

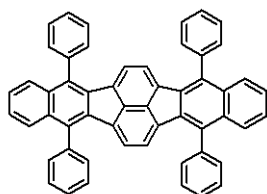


GD2

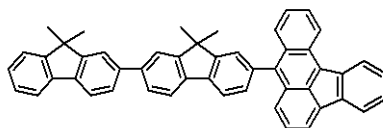


GD3

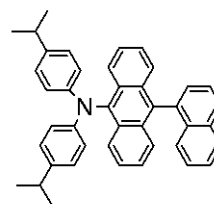
10



GD4

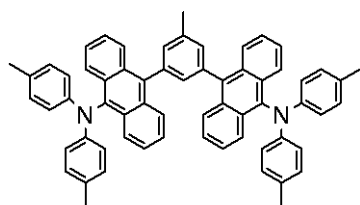


GD5

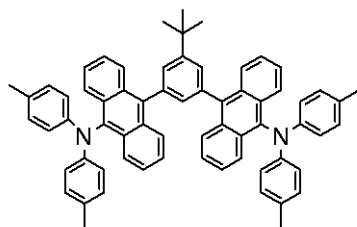


GD6

20

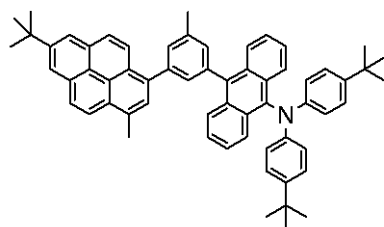


GD7

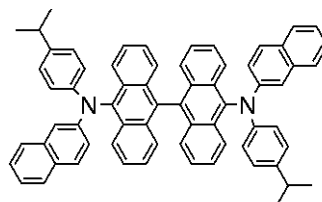


GD8

30



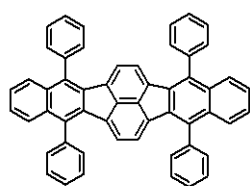
GD9



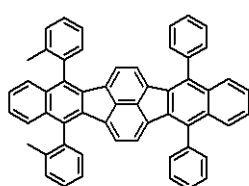
GD10

## 【 0 0 6 5 】

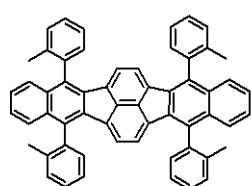
## 【化 6】



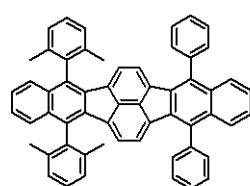
GD11



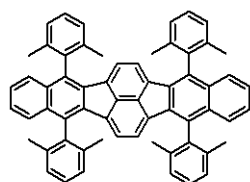
GD12



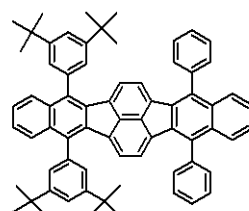
GD13



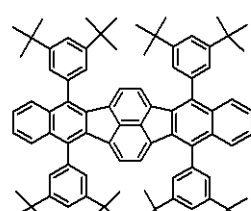
GD14



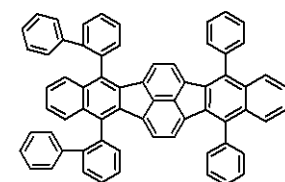
GD15



GD16

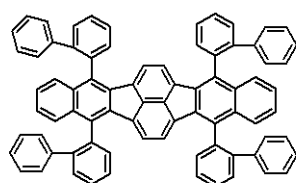


GD17

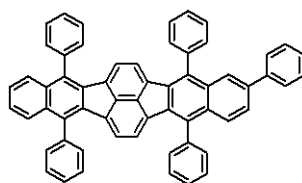


GD18

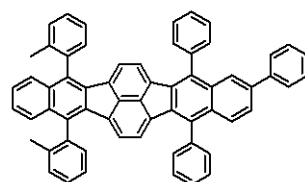
10



GD19

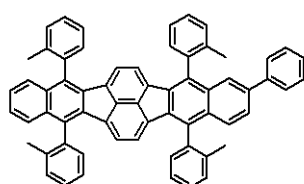


GD20

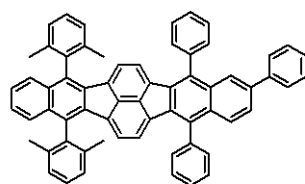


GD21

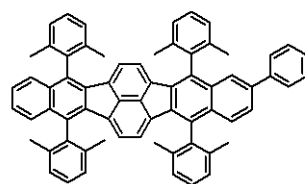
20



GD22

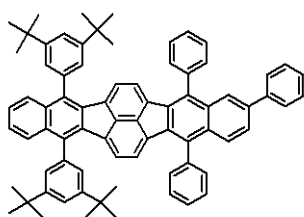


GD23

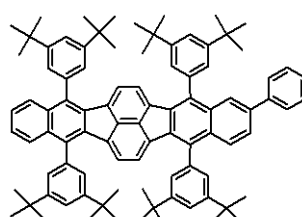


GD24

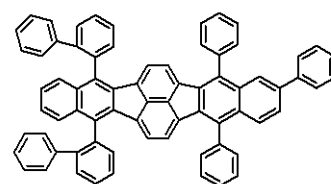
30



GD25

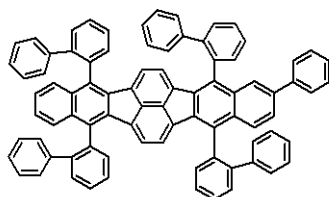


GD26

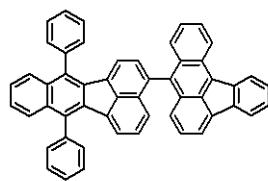


GD27

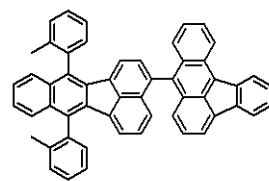
40



GD28



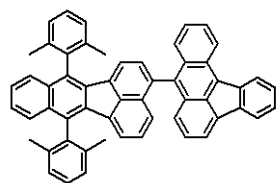
GD29



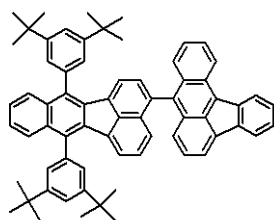
GD30

## 【 0 0 6 6 】

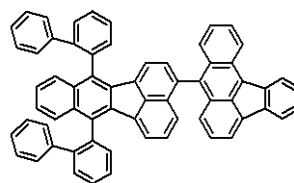
【化 7】



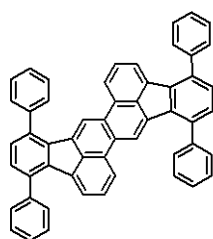
GD31



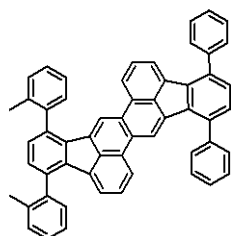
GD32



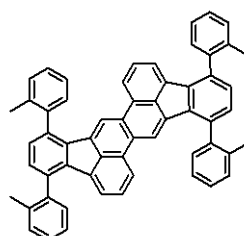
GD33



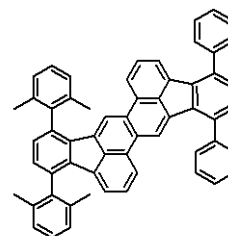
GD34



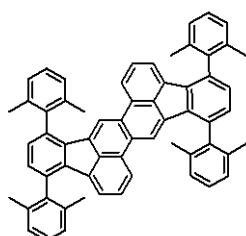
GD35



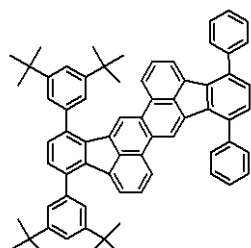
GD36



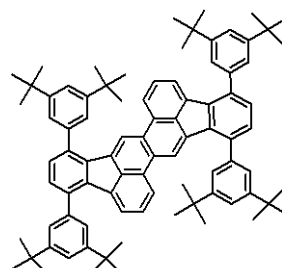
GD37



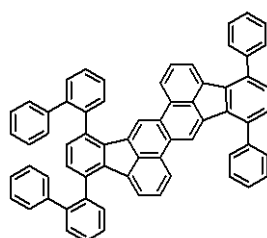
GD38



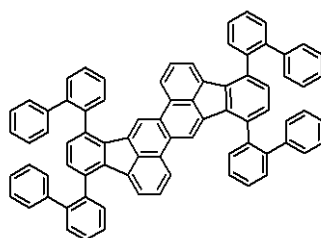
GD39



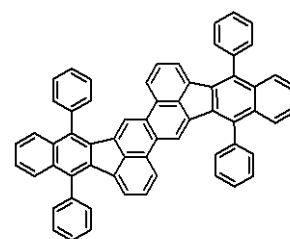
GD40



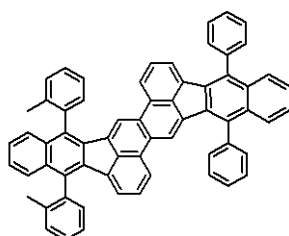
GD41



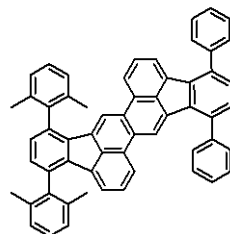
GD42



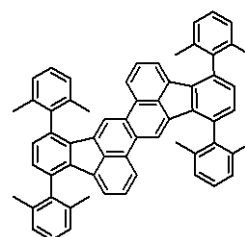
GD43



GD44



GD45



GD46

【 0 0 6 7 】

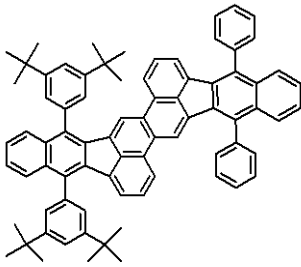
10

20

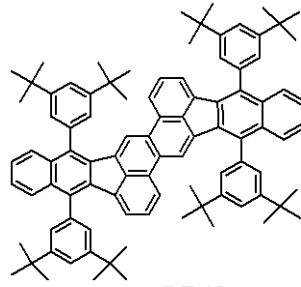
30

40

## 【化 8】

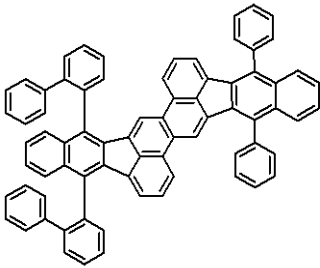


GD47

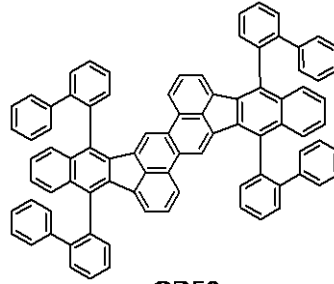


GD48

10



GD49



GD50

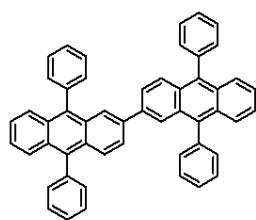
20

## 【 0 0 6 8 】

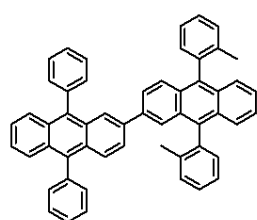
また、緑色発光層 3 G のアシストドーパント材料としては以下の構造式の材料が例として挙げられる。

## 【 0 0 6 9 】

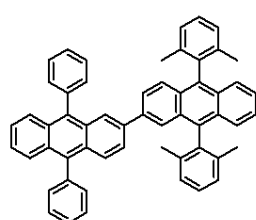
## 【化 9】



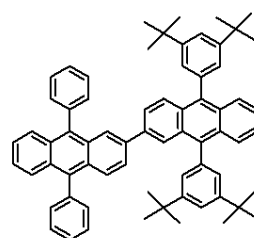
GD51



GD52

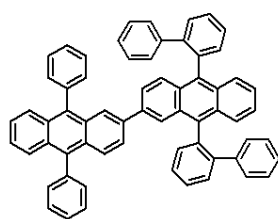


GD53

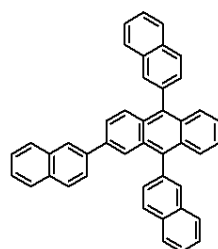


GD54

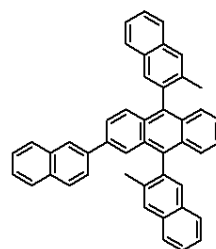
10



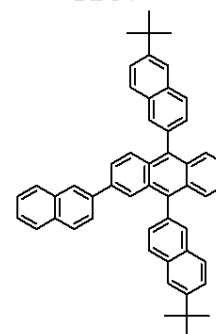
GD55



GD56

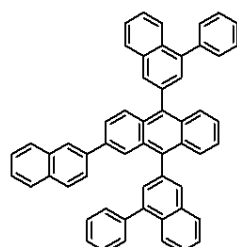


GD57

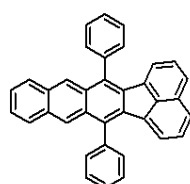


GD58

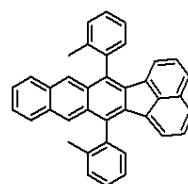
20



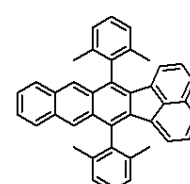
GD59



GD60

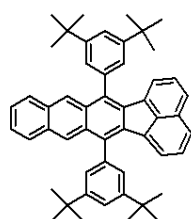


GD61

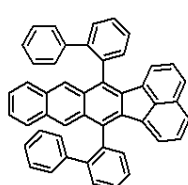


GD62

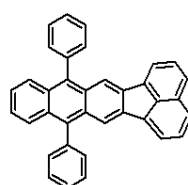
30



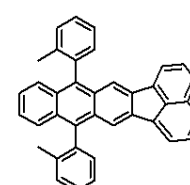
GD63



GD64

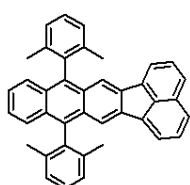


GD65

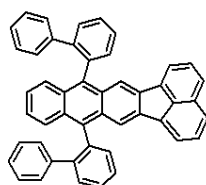


GD66

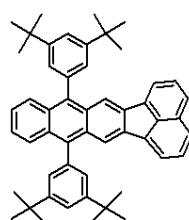
40



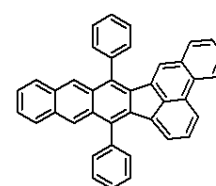
GD67



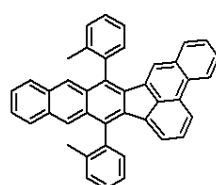
GD68



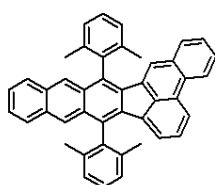
GD69



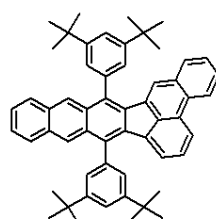
GD70



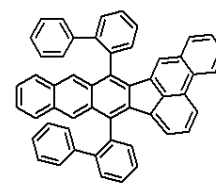
GD71



GD72



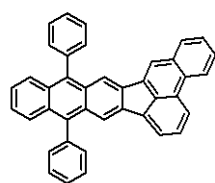
GD73



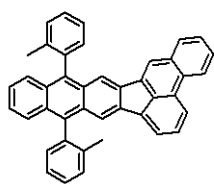
GD74

50

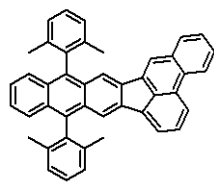
## 【化 1 0】



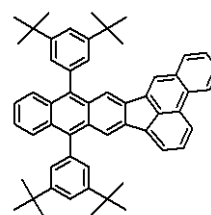
GD75



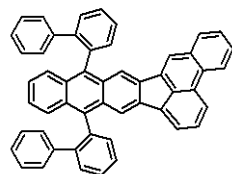
GD76



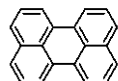
GD77



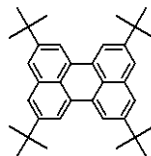
GD78



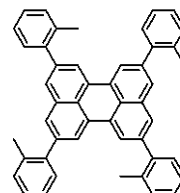
GD79



GD80

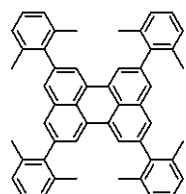


GD81

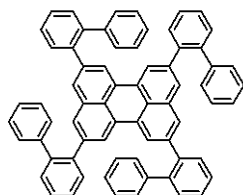


GD82

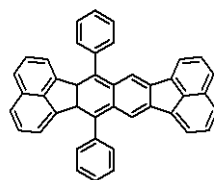
10



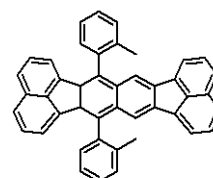
GD83



GD84

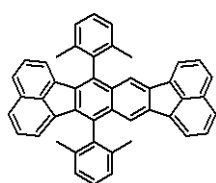


GD85

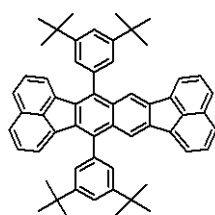


GD86

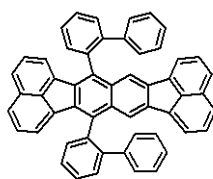
20



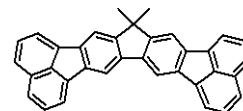
GD87



GD88

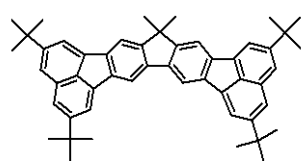


GD89

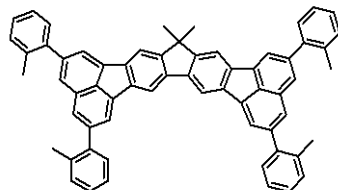


GD90

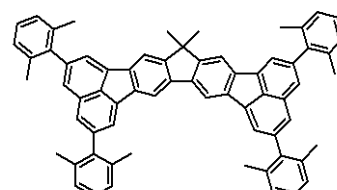
30



GD91

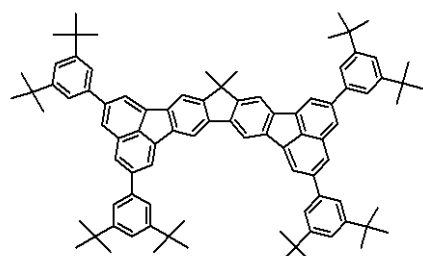


GD92

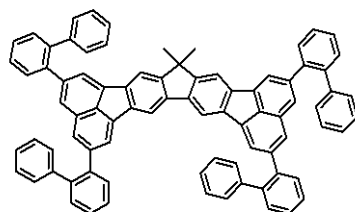


GD93

40



GD94



GD95

## 【 0 0 7 1】

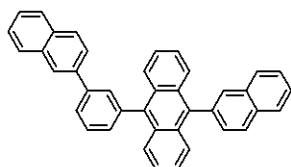
( 青色発光層 )

50

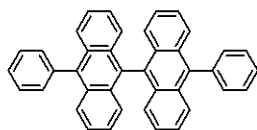
青色発光の発光層 3 B についても、ホスト材料と、発光ドーパント材料から形成することができる。青色発光層 3 B のホスト材料の例としては、以下の構造式の材料が挙げられる。

【 0 0 7 2 】

【 化 1 1 】

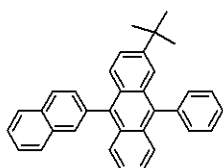


BH1

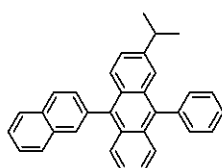


BH2

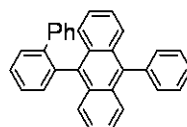
10



BH3

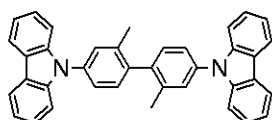


BH4

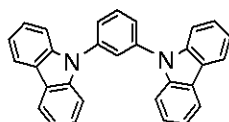


BH5

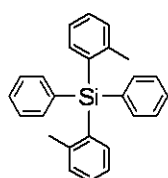
20



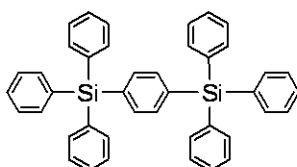
BH6



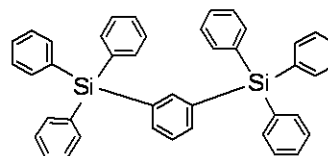
BH7



BH8



BH9

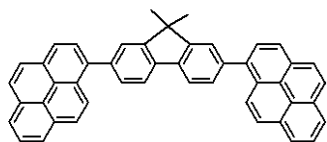


BH10

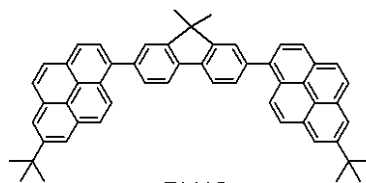
30

【 0 0 7 3 】

## 【化 1 2】

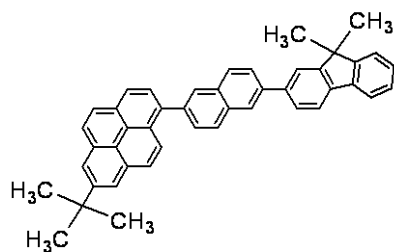


BH11

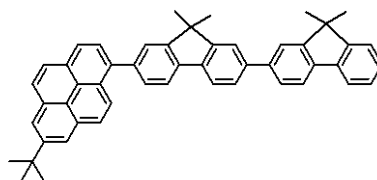


BH12

10

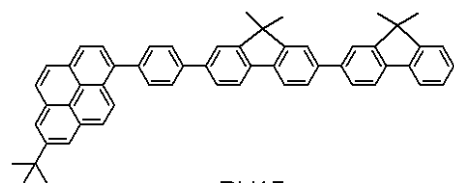


BH13



BH14

20



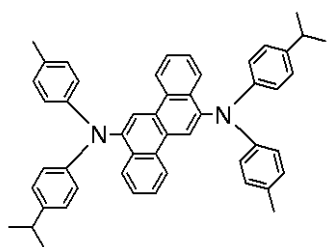
BH15

## 【 0 0 7 4】

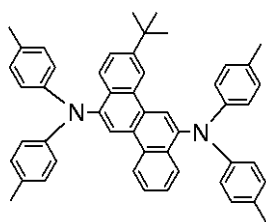
また青色発光層 3 B の発光ドーパント材料としては以下の構造式の材料が例として挙げられ、特に好ましいのは、B D 1 2 乃至 B D 1 8 に示す 5 員環を構造に含む発光ドーパント材料である。これらは発光効率が高いため好ましい。

## 【 0 0 7 5】

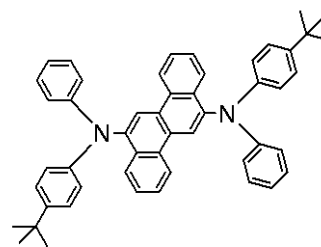
## 【化 1 3】



BD1

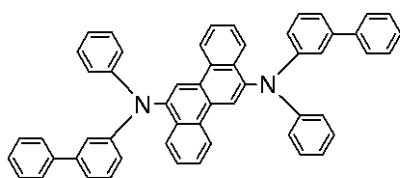


BD2

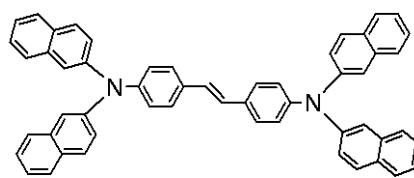


BD3

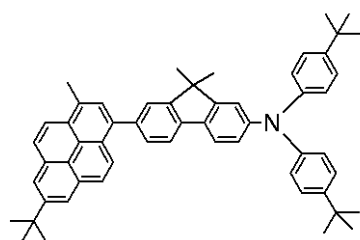
10



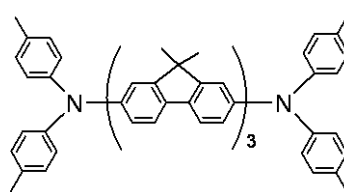
BD4



BD5

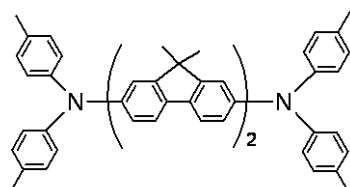


BD6



BD7

20

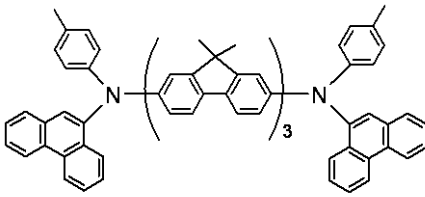


BD8

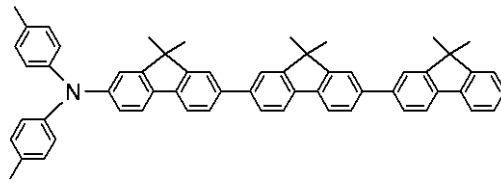
30

## 【 0 0 7 6 】

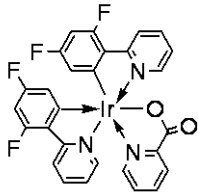
## 【化 1 4】



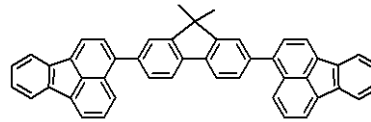
BD9



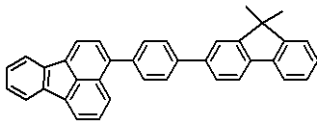
BD10



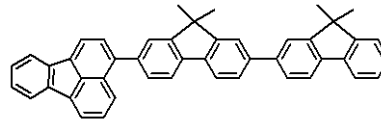
BD11



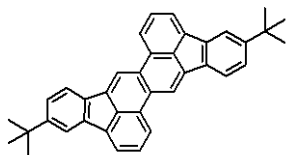
BD12



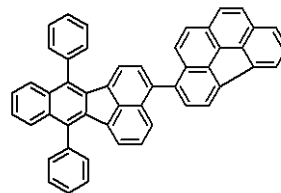
BD13



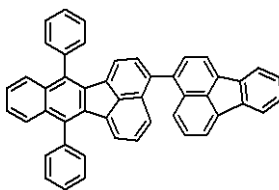
BD14



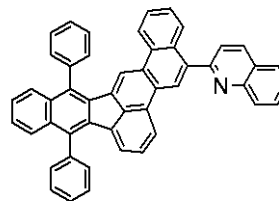
BD15



BD16



BD17



BD18

## 【 0 0 7 7 】

BD 1 2 乃至 1 8 に示す 5 員環を構造に含む材料は電子トラップ性が高く、発光位置は青色発光層 3 B の電子輸送層側の界面となる場合が多く、構成は図 2 ( a ) と図 3 ( a ) で示される。赤色の有機 EL 素子の場合、上述したように図 2 ( a ) と ( b ) の場合に効率が高く、最も好ましいのは図 2 ( a ) の構成となる。

## 【 0 0 7 8 】

( 第 2 電荷輸送層 )

赤色発光の発光層 3 R、緑色発光の発光層 3 G、青色発光の発光層 3 B、膜厚調整層 6 を金属マスクを用いて蒸着により形成した後は、第 2 電荷輸送層 4 が形成される。第 2 電荷輸送層 4 は、第 1 電荷輸送層 2 と同じく蒸着、塗布、転写等の方法で形成される。第

10

20

30

40

50

1 電極 1 が陽極の場合、第 2 電荷輸送層 4 は電子輸送層となる。電子輸送層には従来から知られたフェナントロリン誘導体等が用いられ、電子輸送層は電子輸送材料と電子注入材料、更には正孔ブロック材料等を積層して用いてもよい。

【0079】

電子注入材料にはアルカリ金属化合物やアルカリ土類金属化合物を用いるか、それらを有機化合物に含有させて用いてもよい。但し、本発明では電子注入材料や正孔ブロック材料を積層して用いた場合も、合わせて電子輸送層とする。

【0080】

(第2電極)

第2電荷輸送層4上には、第2電極5が形成される。第2電極5には、第1電極1に用いたような金属が用いられるが、陰極として電子注入を高めるためにアルカリ金属やアルカリ土類金属、それらの化合物を含有させたり積層して用いてもよい。トップエミッション型構成では、第2電極5は半透明電極とし、光を取り出すことができる膜厚に設定される。

10

【0081】

上記に述べた構成により、本発明は、金属マスクを4つの層(赤、緑、青色の各発光層3R, 3G, 3Bと、赤色の有機EL素子で用いる膜厚調整層6)を形成するのに用いるだけである。よって、赤、緑、青色それぞれ第1光学距離 $L_1$ 及び第2光学距離 $L_2$ を発光波長 $\lambda$ の $1/4$ 倍に合わせることができる。そして、金属マスクの使用を低減させた上で、発光効率の良いフルカラーの表示装置を提供する事ができる。

20

【実施例】

【0082】

(実施例1)

以下、本発明の実施例について説明するが、実施例に用いた材料や素子構成は、好ましい例であるが、これに限定されるものではない。

【0083】

ガラス基板上にTFE、有機平坦化層及び画素形状に加工したAl/ITO積層電極を形成し、さらにその周辺をポリイミド製素子分離膜で絶縁し、UV/オゾン洗浄を施した。第1電極1はAl/ITO積層電極であり、ITOの厚さは10nmとした。

【0084】

次に、真空蒸着装置(アルバック社製)に取り付け $1.33 \times 10^{-4}$  Pa ( $1 \times 10^{-6}$  Torr)まで排気した。そして、画素形状に加工した全ての第1電極上にわたって上述の正孔輸送材料であるHT13を17nmの厚さに蒸着し、第1電荷輸送層2とした。

30

【0085】

次に画素形状の金属マスクを用い、第1電荷輸送層2上の赤色の画素となる部分に対して上述の正孔輸送材料であるHT4を45nmの厚さで蒸着し、膜厚調整層6とした。

【0086】

続いて画素形状の金属マスクを用い、膜厚調整層6上に、ホスト材料として上述のRH4、発光ドーパントとしてRD9(体積比4%)、アシストドーパントとしてHT4(体積比15%)を25nmの厚さに共蒸着し、赤色発光の発光層3Rとした。

40

【0087】

次に画素形状の金属マスクを用い、第1電荷輸送層2上の緑色の画素となる部分に対して緑色発光層3Gを蒸着した。具体的には、ホスト材料として上述のGH3、発光ドーパントとしてGD16(体積比1.5%)、アシストドーパントとしてGD65(体積比60%)を35nmの厚さに共蒸着した。発光層3Gのエネルギーバンドは以下の通りであり、式(I)に当てはまる。

GH3: HOMO = 5.72 eV, LUMO = 2.78 eV

GD16: HOMO = 5.75 eV, LUMO = 3.25 eV

GD65: HOMO = 5.58 eV, LUMO = 2.97 eV

【0088】

50

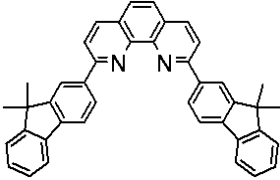
次に画素形状の金属マスクを用い、第1電荷輸送層2上の青色の画素となる部分に対してホスト材料として上述のBH14、発光ドーパントとしてBH12（体積比0.5%）を20nmの厚さに共蒸着し、青色発光の発光層3Bとした。

【0089】

次に第2電荷輸送層4として、下記構造式で示される、フェナントロリン誘導体を全ての発光層3R, 3G, 3B上にわたって40nmの膜厚で蒸着した。

【0090】

【化15】



10

【0091】

次に第2電荷輸送層4上に、炭酸セシウム（体積比3%）とAgを6nmの厚さに共蒸着し、更にAgを20nmの厚さに蒸着して第2電極5とした。

【0092】

その後、基板をグローブボックスに移し、窒素雰囲気中で乾燥剤を入れたガラスキャップにより封止した。

【0093】

20

上記手順で得られた表示装置を評価したところ、得られた発光から $\lambda_R = 623\text{ nm}$ 、 $\lambda_G = 517\text{ nm}$ 、 $\lambda_B = 452\text{ nm}$ であった。

【0094】

また、上記手順で作製した青色素子について第1光学距離 $L_{1B}$ を算出した。第1電極1に用いたAl/ITOの反射面はAlであり、ITOの膜厚は上述したように第1光学距離 $L_{1B}$ に含まれるため、ITO、第1電荷輸送層2、発光層3Bの光学膜厚の合計である。発光層3Bは発光ドーパントが電子をトラップするバンド構造になっており、発光位置7Bは第2電荷輸送層4との界面である。従って、ITOの屈折率を2.0、第1電荷輸送層2と発光層3Bの屈折率を1.8として、 $10\text{ nm} \times 2.0 + 17\text{ nm} \times 1.8 + 20\text{ nm} \times 1.8 = 86.6\text{ nm}$ である。

30

【0095】

また、上述した式(A)から算出される光学距離Lは、第1電極側の屈折率、吸収係数から算出される位相シフト $\phi = -139^\circ$ 、 $\lambda_B = 452\text{ nm}$ から、 $87.2\text{ nm}$ である。よって、作製した有機EL素子の第1光学距離 $L_1$ は発光波長 $\lambda_B$ の1/4倍にほぼ合っている。尚、屈折率と吸収係数はそれぞれの材料の膜を実際に分光エリプソメトリー測定装置を用いて測定した。

【0096】

表1に本実施例で作製した有機EL素子の各色の第1光学距離 $L_1$ と第2光学距離 $L_2$ 、及び式(A)から算出される光学距離をまとめた。緑色の有機EL素子の発光位置に関しては、アシストドーパントの濃度を最適化した結果、発光層3Gと第2電荷輸送層4との界面から発光層3G内部に7nm入った部分が発光領域の中心となっているとして算出している。

40

【0097】

【表 1】

|                      |          | R   | G   | B  |
|----------------------|----------|-----|-----|----|
| 第1光学距離 $L_1$<br>(nm) | 実施例1     | 132 | 101 | 87 |
|                      | 式(A)から算出 | 131 | 103 | 87 |
| 第2光学距離 $L_2$<br>(nm) | 実施例1     | 117 | 85  | 72 |
|                      | 式(A)から算出 | 112 | 86  | 70 |

## 【0098】

(比較例1)

10

緑色の有機EL素子にも膜厚調整層を形成し、第1光学距離 $L_{1G}$ と第2光学距離 $L_{2G}$ を発光波長 $\lambda_G$ の $1/4$ 倍の値に設定した表示装置を作製した。

## 【0099】

具体的には、緑色の発光層3Gの形成の際に、アシストドーパントを共蒸着せず、ホスト材料と発光ドーパント材料のみで28nmの厚さの緑色発光層3Gを形成した。次いで膜厚調整層としてホスト材料GH3を緑色発光層3G上に緑色の画素となる部分に対して7nmの厚さに積層した以外は実施例1と同様にして表示装置を作製した。

## 【0100】

以上より本実施例と比較例で作製した表示装置に用いた有機EL素子は各発光層の発光位置と第1電極1にある反射面との間の第1光学距離 $L_1$ と、各発光層の発光位置と第2電極5にある反射面との間の第2光学距離 $L_2$ とが、それぞれ各有機EL素子の発光波長の $1/4$ 倍の値に設定されている。

20

## 【0101】

また、表示装置の評価結果からも本実施例1と比較例1で作製した表示装置は発光効率が同等に高く、良好な表示装置である。比較例1が赤と緑色の有機EL素子で画素形状の金属マスクを使用し膜厚調整層を形成しているのに対し、実施例1では膜厚調整層は赤色の有機EL素子のみに形成しており、金属マスクに係るコストが低減されている。

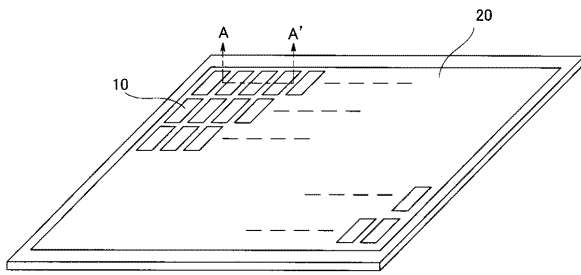
## 【符号の説明】

## 【0102】

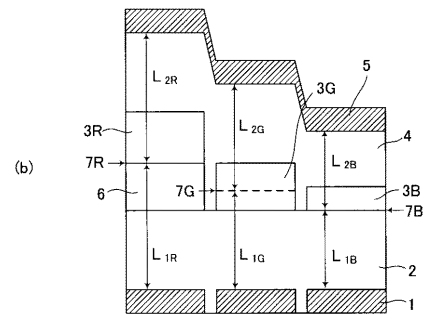
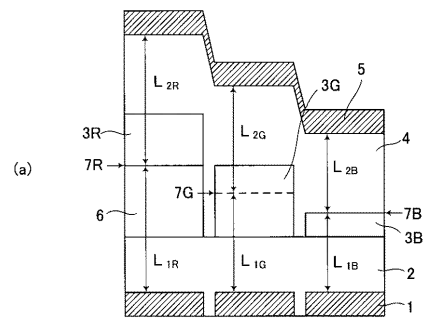
1：第1電極、2：第1電荷輸送層、3R：赤色発光層、3G：緑色発光層、3B：青色発光層、4：第2電荷輸送層、5：第2電極、6：膜厚調整層、7R：赤色発光位置、7G：緑色発光位置、7B：青色発光位置

30

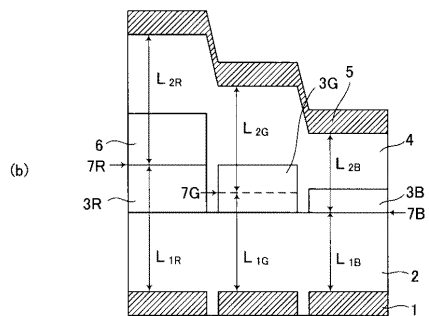
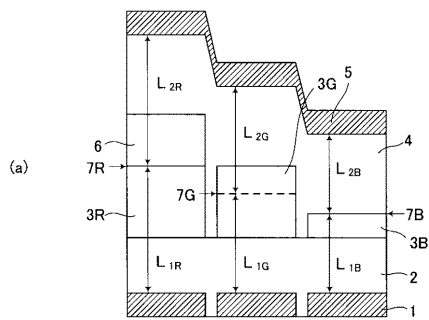
【図 1】



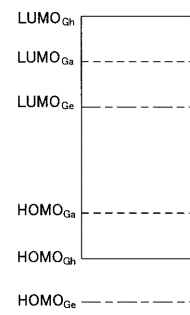
【図 2】



【図 3】



【図 4】



|                |                                                                                                                                                |         |            |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 表示装置                                                                                                                                           |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP2013118173A</a>                                                                                                                  | 公开(公告)日 | 2013-06-13 |
| 申请号            | JP2012207713                                                                                                                                   | 申请日     | 2012-09-21 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 佳能株式会社                                                                                                                                         |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 佳能公司                                                                                                                                           |         |            |
| [标]发明人         | 高谷格                                                                                                                                            |         |            |
| 发明人            | ▲高▼谷 格                                                                                                                                         |         |            |
| IPC分类号         | H05B33/24 H05B33/12 H01L51/50                                                                                                                  |         |            |
| CPC分类号         | H01L51/5028 H01L27/3211 H01L51/5064 H01L51/5218 H01L51/5265                                                                                    |         |            |
| FI分类号          | H05B33/24 H05B33/12.B H05B33/14.A H05B33/22.A H05B33/22.C H01L27/32                                                                            |         |            |
| F-TERM分类号      | 3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC04 3K107/CC45 3K107/DD10 3K107/DD53 3K107/DD68 3K107/DD69 3K107/DD71 3K107/DD74 3K107/FF00 3K107/FF06 3K107/FF19 |         |            |
| 代理人(译)         | 渡边圭佑<br>山口 芳広                                                                                                                                  |         |            |
| 优先权            | 2011238944 2011-10-31 JP                                                                                                                       |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>                                                                                                                      |         |            |

#### 摘要(译)

要解决的问题：通过使发光位置和反射表面之间的光学距离满足用于增加每种发光颜色的波长的干涉条件来提供增强发光效率的显示装置，其方法是减少数量使用中的金属掩模。注意：在包括各个有机EL元件共用的第一电荷传输层2和第二电荷传输层4的显示装置中，红色有机EL元件具有设置在发光之间的膜厚度调节层6层3R和第一电荷传输层2在发光层3R和膜厚调节层6之间的界面处具有发光位置7R，绿色有机EL元件具有调节浓度的辅助掺杂剂，以便在发光层3G中具有发光位置7G，并且蓝色有机EL元件在界面处具有发光位置7B发光层3B和第一电荷传输层2或第二电荷传输层4。

