

(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2009-231274

(P2009-231274A)

(43) 公開日 平成21年10月8日(2009.10.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H05B 33/24 (2006.01)</b>	H05B 33/24	3K107
<b>H01L 51/50 (2006.01)</b>	H05B 33/14	A
<b>H05B 33/12 (2006.01)</b>	H05B 33/12	B

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 48 頁)

(21) 出願番号 特願2009-35625 (P2009-35625)  
 (22) 出願日 平成21年2月18日 (2009. 2. 18)  
 (31) 優先権主張番号 特願2008-46240 (P2008-46240)  
 (32) 優先日 平成20年2月27日 (2008. 2. 27)  
 (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 100090538  
 弁理士 西山 恵三  
 (74) 代理人 100096965  
 弁理士 内尾 裕一  
 (72) 発明者 長谷川 利則  
 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 CC06 CC07 CC37  
 DD10 DD22 DD23 DD24 DD27  
 DD28 DD29 FF04 FF06 FF13

(54) 【発明の名称】 有機発光素子及び表示装置

(57) 【要約】

【課題】 広い視野角特性と優れた色再現が可能な有機発光素子を提供する。また、この有機発光素子を有する表示装置を提供する。

【解決手段】 発光層よりも第1電極側にある第1反射面と、前記発光層よりも第2電極側にある第2反射面との間の光学距離が、相対的に短い第1領域と相対的に長い第2領域とを有する有機発光素子において、

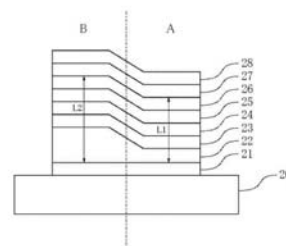
第1領域における光学距離  $L_1$  と第2領域における光学距離  $L_2$  は、共振波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  と  $\lambda_3$  と、前記第1反射面及び前記第2反射面で反射する際の位相シフトの和  $t$  との間で式1の関係を満たすように設定されている。

(式1)

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 2L_1 / (p - t/2) \\ \lambda_2 &= 2L_2 / (q + 1 - t/2) \\ \lambda_3 &= 2L_2 \cos \theta / (q - t/2) \end{aligned}$$

( $p, q$ は、それぞれ独立な1以上の整数、  $\theta = 0^\circ$ )

かつ、  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板の上に配置されている有機発光素子であって、

前記基板側から順に、第 1 電極と、発光層と、第 2 電極とを有し、前記発光層よりも第 1 電極側にある第 1 反射面と、前記発光層よりも第 2 電極側にある第 2 反射面との間の光学距離が、前記発光層で発光した光を共振させるように設定されており、

前記光学距離が相対的に短い第 1 領域と前記光学距離が相対的に長い第 2 領域とを有している有機発光素子において、

前記第 1 領域における前記光学距離  $L_1$  と前記第 2 領域における前記光学距離  $L_2$  は、共振波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  と  $\lambda_3$  と、前記第 1 反射面及び前記第 2 反射面で反射する際の位相シフトの和  $t$  と、ある視野角  $\theta$  との間で、式 1 の関係を満たすように設定されていることを特徴とする有機発光素子。

10

(式 1)

$$\lambda_1 = 2 L_1 / (p - t / 2)$$

$$\lambda_2 = 2 L_2 / (q + 1 - t / 2)$$

$$\lambda_3 = 2 L_2 \cos \theta / (q - t / 2)$$

( $p$ 、 $q$  は、それぞれ独立な正の整数、 $\theta > 0^\circ$ )

かつ、 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$

## 【請求項 2】

前記式 1 において、 $p = 2$ 、 $q = 2$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

20

## 【請求項 3】

前記視野角  $\theta$  は、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の有機発光素子。

## 【請求項 4】

有機発光素子からなる画素を複数有する表示装置において、少なくとも 1 つの前記画素を構成する有機発光素子が、請求項 1 乃至請求項 3 に記載の有機発光素子であることを特徴とする表示装置。

## 【請求項 5】

基板の上に有機発光素子からなる画素を複数有する表示装置であって、

30

各有機発光素子は、前記基板側から順に、第 1 電極と、発光層と、第 2 電極とを有し、前記発光層よりも第 1 電極側にある第 1 反射面と、前記発光層よりも第 2 電極側にある第 2 反射面との間の光学距離が、前記発光層で発光した光を共振させるように設定されており、

前記光学距離が相対的に短い第 1 画素と、前記光学距離が相対的に長い第 2 画素とを有している表示装置において、

前記第 1 画素における前記光学距離  $L_1$  と前記第 2 画素における前記光学距離  $L_2$  は、共振波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_2$  と  $\lambda_3$  と、前記第 1 反射面及び前記第 2 反射面で反射する際の位相シフトの和  $t$  と、ある視野角  $\theta$  との間で式 2 の関係を満たすように設定されていることを特徴とする表示装置。

40

(式 2)

$$\lambda_1 = 2 L_1 / (p - t / 2)$$

$$\lambda_2 = 2 L_2 / (q + 1 - t / 2)$$

$$\lambda_3 = 2 L_2 \cos \theta / (q - t / 2)$$

( $p$ 、 $q$  は、それぞれ独立な正の整数、 $\theta > 0^\circ$ )

かつ、 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$

## 【請求項 6】

発光色の異なる複数の前記画素を有する画素ユニットを複数有しており、

前記発光色のうちの少なくとも 1 色の画素が前記第 1 画素である前記画素ユニットと、前記 1 色の画素が前記第 2 画素である前記画素ユニットと、を有していることを特徴と

50

する請求項 5 に記載の表示装置。

【請求項 7】

隣り合う画素ユニットで前記第 1 画素と前記第 2 画素とが隣り合っていることを特徴とする請求項 6 に記載の表示装置。

【請求項 8】

前記第 2 画素に供給される電流値が前記第 1 画素に供給される電流値よりも大きくなるように設定されていることを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の表示装置。

【請求項 9】

発光色の異なる複数の画素を有する画素ユニットを複数有しており、前記発光色のうちの少なくとも 1 色について、前記第 1 画素と前記第 2 画素とを有する画素ユニットを有していることを特徴とする請求項 5 に記載の表示装置。

10

【請求項 10】

前記 1 色が青色であることを特徴とする請求項 6 または請求項 9 に記載の表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機化合物を用いた発光素子及びそれを利用した表示装置に関するものである。さらに詳しくは、有機化合物からなる薄膜に電界を印加することにより光を放出する有機発光素子及びそれを用いた表示装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

有機発光素子（有機エレクトロルミネッセンス素子）以下単に素子と記載する場合がある）が現在盛んに研究開発されている。このような有機発光素子は、陽極および陰極からなる一对の電極と、この一对の電極の間に形成されている、発光層を含む複数の有機化合物層とからなる。この有機化合物層は、各々数 10 nm 程度の厚さであり、かついずれか一方の電極は光を反射する電極である。もう一方の電極は光取り出し電極であり、外部環境との界面で発光の一部が反射される。これにより、有機発光素子の内部で特定の波長の光が共振して強められる光学干渉効果が顕著に現れる。

【0003】

図 1 は、一般的な有機発光素子の断面模式図である。図 1 において、有機発光素子は、基板 1 の上に、反射層 2、透明導電層（陽極）3、ホール輸送層 4、発光層 5、電子輸送層 6、電子注入層 7、半透過層 8、透明電極（陰極）9 を順に設けた構成である。この EL 素子に電流を流すことで、陽極から注入されたホールと陰極から注入された電子が、発光層において再結合し、発光を生じる。

30

【0004】

このような有機発光素子では、基板上の反射層 2 と半透過層 8 と間で共振器構造が構成される。ここで、反射層 2 と半透過層 8 の反射界面との間の光学距離を  $L$ 、共振波長を  $\lambda$ 、素子からの発光を視認する角度を  $\theta$ （素子に正対して視認する場合を  $0^\circ$ ）とする。また、上下各電極にて発光が反射する際の位相シフトの和を  $\phi$  (rad)、光学干渉の次数を  $m$  とした場合、各パラメータ間に数 1 を満足する関係があると、共振による発光の強め合いを利用できる。

40

【0005】

つまり、発光層を光励起して生じる発光スペクトル（PL スペクトル）のピーク波長と共振波長を合わせることによって、素子から取り出される発光スペクトルのピーク波長の強度を高めることができる。以下、PL スペクトルと区別するため、素子から取り出される発光スペクトルを EL スペクトルと呼ぶ。

$$(数 1) \quad \cos \theta = 2L \cos \phi / (m - \phi / 2) \quad (m \text{ は正の整数})$$

なお、実際に各電極にて発光が反射する際、反射界面を構成する電極材料および有機材料の組み合わせにより、位相シフトの和  $\phi$  は変化する。

【0006】

50

数 1 より、強め合いのピーク波長（共振波長）は光学距離  $L$  により変化する。また、素子に対して視認する角度（視野角）が大きくなると  $\cos$  値が減少し、共振波長が短波長側にシフトする。そのため、光学距離  $L$  を有する素子を観察する視野角を大きくしていくと、共振波長が発光層の発光スペクトル（PL スペクトル）のピーク波長からずれていく。その結果、EL スペクトルのピーク波長が強められない、さらには弱められていることになり、視野角が大きくなる程暗く見える問題があった。

【0007】

さらに、視野角が大きくなる場合、 $\cos$  値の減少に伴い、共振波長が短波長側にシフト（ブルーシフト）するため、発光素子の色みが変わって見えることも問題であった。

10

【0008】

これらのことは、発光素子を表示素子の画素として用いる場合にも問題となる。赤色、緑色、青色等、発光色の異なる複数の画素を画素ユニットとして有する表示装置の場合には、斜めから見ると各画素の色みが変わることによって混色のバランスも変わってしまう問題がさらにある。つまり、正面で赤色を示す発光素子を斜めから見ると橙色を、緑色の発光素子は青色を、青色の発光素子はより一層深い青色を示すようになる。そして、赤、緑、青の混色によって表現される白色の色み（ホワイトバランス）が崩れるのである。

【0009】

そこで、特許文献 1 では、1 つの発光素子内部に光学距離の異なる部分を設け、視野角特性が異なる発光を組み合わせることで、視野角による特性変化を平均化、緩和した発光素子が開示されている。特許文献 1 には、発光素子内部の光学距離を変更した素子が開示されており、例えば視野角  $0^\circ$  における共振波長と次数をそれぞれ、 $510 \text{ nm} / m = 2$ 、 $570 \text{ nm} / m = 1$  に設定した緑色発光素子が開示されている。

20

【0010】

また、特許文献 2 では、1 つの発光素子内部や、隣接して同一の発光色を示す画素間で、光学距離の異なる部分を複数設け、視野角特性を向上させた発光素子や表示装置が開示されている。この場合の光学距離は、それぞれ異なる各光学距離の平均値に対して  $2\% \sim 5\%$  の範囲で変化させた距離とし、光学干渉の次数はいずれの光学距離の部分においても同一の値に設定されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献 1】特開 2006 - 32327 号公報（段落番号 [0036]、図 1）

【特許文献 2】特開 2007 - 234581 号公報（段落番号 [0038]、図 5）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、特許文献 1 で開示されている発光素子は、異なる 2 つのピーク波長を持つ EL スペクトルを合成するため、その合成スペクトルの半値幅が広がり、発光色の色純度を高めることが難しいという課題があった。ここで、本明細書中において、半値幅とは、スペクトルのピーク強度比  $50\%$  におけるスペクトル幅を意味している。

40

【0013】

また、特許文献 2 で開示されている発光素子は、1 つの発光素子内部や、隣接する画素間で与える光学距離の変化が、平均光学距離の  $2 \sim 5\%$  程度であるため、視野角特性の改善効果が小さいという課題があった。

【0014】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、広い視野角特性を備えながら、発光の色純度が高く、優れた色再現を可能とする有機発光素子を提供することにある。また、本発明の別の目的は、それら有機発光素子を有する表示装置を提供することにある。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0015】

上記目的を達成するため、1つの有機発光素子内で、または画素ユニット間で、または1つの画素内で、発光層の発光を共振させるための光学距離が異なる部分を設ける。ここで、画素とは表示装置内で画像を構成する最小単位で、有機発光素子を含んでいる。画素ユニットとは、画素を複数組み合わせたものである。フルカラー表示装置の場合、白を表示できる組み合わせを考えるのが一般的で、例えば赤、青、緑のそれぞれ表示する画素の組み合わせが画素ユニットである。本発明では、それらを素子正面（視野角 $0^\circ$ ）から見た時のELスペクトルのピーク波長と、斜め（視野角 $\theta$ ）から見たときのELスペクトルのピーク波長がほぼ同一となるように設定する。ここで、本明細書中において、素子正面とは、光と出し面に垂直な方向を意味している。

10

## 【0016】

つまり、本発明の有機発光素子は、基板の上に配置されており、

前記有機発光素子は、前記基板側から順に、第1電極と、発光層と、第2電極とを有し、前記発光層よりも第1電極側にある第1反射面と、前記発光層よりも第2電極側にある第2反射面との間の光学距離が、前記発光層で発光した光を共振させるように設定されており、

前記光学距離が相対的に短い第1領域と前記光学距離が相対的に長い第2領域とを有している有機発光素子において、

前記第1領域における前記光学距離 $L_1$ と前記第2領域における前記光学距離 $L_2$ は、共振波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ と $\lambda_3$ と、前記第1反射面及び前記第2反射面で反射する際の位相シフトの和 $t$ と、ある視野角 $\theta$ との間で式1の関係を満たすように設定されていることを特徴とする。

20

(式1)

$$\lambda_1 = 2 L_1 / (p - t / 2)$$

$$\lambda_2 = 2 L_2 / (q + 1 - t / 2)$$

$$\lambda_3 = 2 L_2 \cos \theta / (q - t / 2)$$

( $p$ 、 $q$ は、それぞれ独立な正の整数、 $\theta = 0^\circ$ )

かつ、 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$

また、本発明の表示装置は、基板の上に配置された画素を構成する有機発光素子を複数有し、

30

各有機発光素子は、前記基板側から順に、第1電極と、発光層と、第2電極とを有し、前記発光層よりも第1電極側にある第1反射面と、前記発光層よりも第2電極側にある第2反射面との間の光学距離が、前記発光層で発光した光を共振させるように設定されており、

前記光学距離が相対的に短い第1画素と、前記光学距離が相対的に長い第2画素とを有している表示装置において、

前記第1画素における前記光学距離 $L_1$ と前記第2画素における前記光学距離 $L_2$ は、共振波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ と $\lambda_3$ と、前記第1反射面及び前記第2反射面で反射する際の位相シフトの和 $t$ と、ある視野角 $\theta$ との間で式2の関係を満たすように設定されていることを特徴とする。

40

(式2)

$$\lambda_1 = 2 L_1 / (p - t / 2)$$

$$\lambda_2 = 2 L_2 / (q + 1 - t / 2)$$

$$\lambda_3 = 2 L_2 \cos \theta / (q - t / 2)$$

( $p$ 、 $q$ は、それぞれ独立な正の整数、 $\theta = 0^\circ$ )

かつ、 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$

## 【発明の効果】

## 【0017】

本発明によれば、1つの有機発光素子内で、または画素ユニット間で、または1つの画

50

素内で、光学距離が異なる部分が設けられていることから、各部分での視野角特性はそれぞれ異なり、素子あるいは表示装置全体としては、それらが平均化された発光特性となる。そのため、発光特性の視野角依存性が改善される。また、各部分の発光強め合い波長がほぼ同一となるように設定されているため、E Lスペクトルの半値幅が広がることなく、高い色純度の発光を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】従来の有機発光素子の断面模式図。

【図2】一般的な有機発光素子の断面模式図。

【図3】青色発光層のPLスペクトル。

10

【図4】有機発光素子の発光スペクトル。

【図5】有機発光素子の視野角相対輝度プロファイル。

【図6】第1の実施の形態に係る有機発光素子の断面模式図。

【図7】第2の実施の形態に係る有機発光素子の断面模式図。

【図8】第3の実施の形態に係る表示装置の平面模式図。

【図9】第4の実施の形態に係る表示装置の平面模式図。

【図10】映像信号の変換方法を表すブロック図。

【図11】第5の実施の形態に係る表示装置の平面模式図。

【図12】実施例1に係る有機発光素子の断面模式図。

【図13】比較例1に係る有機発光素子の視野角相対輝度プロファイル。

20

【図14】比較例2に係る有機発光素子の視野角相対輝度プロファイル。

【図15】実施例2に係る表示装置の断面模式図。

【図16】実施例2に係る表示装置に用いた赤色発光層のPLスペクトル。

【図17】実施例2に係る表示装置に用いた緑色発光層のPLスペクトル。

【図18】実施例2に係る表示装置の視野角相対輝度プロファイル。

【図19】実施例3に係る表示装置の視野角相対輝度プロファイル。

【図20】比較例3に係る表示装置の視野角相対輝度プロファイル。

【発明を実施するための形態】

【0019】

[発光特性の変化について]

30

本発明に係る有機発光素子を説明する前に、まず図2に示す一般的な有機発光素子の例を用いて、共振効果を用いた発光特性の変化に関して説明する。

【0020】

図2は、基板と反対側から発光を取り出すトップエミッション型の発光素子の断面模式図である。図2において、10は基板、11は反射層、12は透明導電層、13はホール輸送層、14は発光層、15は電子輸送層、16は電子注入層、17は半透過層、18は透明電極をそれぞれ示す。この有機発光素子に電流を流すことで、反射層11から注入されたホールと半透過層18から注入された電子が、発光層14において再結合し、光を発生する。

【0021】

40

このような有機発光素子では、素子内部で生じた光が、反射層と透明導電層の界面と電子注入層と半透過層の界面との間に形成された共振器構造で、光学干渉による強め合いを受ける。この強め合いを受ける共振波長は、前述の数1により示され、共振器構造の光学距離Lや、反射界面での位相シフトの和  $t$  といった有機発光素子の構造パラメータと、光学干渉の次数mにより定まる。

【0022】

このような有機発光素子の場合、共振器構造の光学距離Lは、反射層と透明導電層の界面から電子注入層と半透過層の界面までにある層の光学距離の総和である。つまり透明導電層、各有機化合物層の屈折率nと膜厚dとの積ndの総和 ( $n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots$ ) である。

50

## 【 0 0 2 3 】

また、反射界面での位相シフト  $\phi$  は、反射界面を形成する2つの材料のうち、光が入射する側にある材料を媒質 I、他方の材料を媒質 II とし、それぞれの光学定数を  $(n_1, k_1)$ 、 $(n_2, k_2)$  とすると、下記数 2 で表すことができる。なお、これらの光学定数は、例えば分光エリプソメータ等を用いて測定することができる。

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{2n_1k_2}{n_1^2 - n_2^2 - k_2^2} \right) \quad (\text{ただし、} 0 < \phi < 2\pi)$$

例えば、有機発光素子における反射層と透明導電層界面に形成される反射界面の場合、光入射側にある透明導電層が媒質 I、反射層が媒質 II に相当する。電子注入層と半透過層の界面の場合、電子注入層が媒質 I、半透過層が媒質 II に相当する。数 1 における位相シフトの和  $\phi$  は、これら2つの界面での位相シフトをそれぞれ個別に計算し、足し合わせた結果である。

10

## 【 0 0 2 4 】

数 1 に示すように共振波長  $\lambda$  は、共振器構造の光学距離  $L$  に比例する。したがって、2つの反射界面の間にある層の膜厚を調節することにより共振器構造の光学距離  $L$  を変え、共振波長  $\lambda$  を調整することができる。また、発光素子を視認する角度（視野角）  $\theta$  が変化することによっても実効的な光学距離が変わり、視野角  $\theta$  における共振波長が変化する。表 1 には、各有機化合物層と半透過層及び、透明電極の膜厚を表 2 のように設定した有機発光素子において、透明導電層の膜厚を 69 ~ 110 nm の範囲で変更した場合の共振波長の変化をまとめて示す。なお、光学干渉の次数は、 $m=2$  の条件である。表 1 で示すように、共振器構造の光学距離を変化させることで、共振波長を調整することができる。なお、各層の光学定数は表 3 に示す値である。

20

## 【 0 0 2 5 】

## 【表 1】

表 1 透明導電層の膜厚と共振波長の関係

透明導電層膜厚	共振波長
69 nm	430 nm
74 nm	440 nm
80 nm	450 nm
86 nm	460 nm
92 nm	470 nm
98 nm	480 nm
104 nm	490 nm
110 nm	499 nm

30

## 【 0 0 2 6 】

## 【表 2】

表 2 各層の膜厚

層	膜厚
透明電極	34 nm
半透過層	10 nm
電子注入層	64 nm
電子輸送層	10 nm
発光層	36 nm
ホール輸送層	52 nm
透明導電層	69 ~ 110 nm
反射層	100 nm

40

## 【 0 0 2 7 】

## 【表 3】

表 3 各層光学定数

波長(nm)	反射層		透明導電層		正孔輸送層		発光層		電子注入層		電子注入層		半透過層	
	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k
430	0.62	3.96	1.95	0	1.97	0	2.03	0	1.84	0	1.84	0.01	0.24	6.38
440	0.65	4.06	1.94	0	1.92	0	1.98	0	1.81	0	1.81	0.01	0.24	6.38
450	0.68	4.15	1.92	0	1.89	0	1.94	0	1.79	0	1.79	0.01	0.25	6.38
460	0.71	4.25	1.91	0	1.87	0	1.91	0	1.77	0	1.77	0.01	0.25	6.38
470	0.73	4.34	1.89	0	1.86	0	1.89	0	1.76	0	1.76	0.01	0.26	6.38
480	0.76	4.43	1.88	0	1.84	0	1.87	0	1.75	0	1.75	0.01	0.26	6.38
490	0.79	4.52	1.87	0	1.84	0	1.86	0	1.74	0	1.74	0.01	0.27	6.38
500	0.82	4.61	1.85	0	1.83	0	1.85	0	1.73	0	1.73	0.01	0.28	6.38

## 【0028】

10

次に、光学干渉の次数  $m$  の共振波長変化について、透明導電層の膜厚が異なる 2 つの場合を調べてみた。表 4 には、透明導電層の膜厚 74 nm と 184 nm の有機発光素子において、次数  $m$  を 1 ~ 4 の間で変化させた場合の正面における共振波長の変化を示す。透明導電層以外の各層の膜厚は、表 2 に示す膜厚とした。

## 【0029】

## 【表 4】

表 4 次数と共振波長

次数	共振波長	
	透明導電層 74nm	透明導電層 184nm
1	798nm	1145nm
2	440nm	631nm
3	303nm	435nm
4	232nm	322nm

20

## 【0030】

この共振波長は、素子を視認する角度（視野角）にも影響を受ける。そこで、正面におけるこの可視光の波長領域に存在する 4 つの共振波長、透明導電層膜厚 74 nm、 $m = 1$ 、 $m = 2$ ，透明導電層膜厚 184 nm、 $m = 2$  及び  $m = 3$  に着目し、それらが視野角によりどのように変化するかを見積もった。表 5 は、前記 4 つの共振波長が視野角によりどのように変化するかを数 1 より計算し、まとめたものである。

## 【0031】

## 【表 5】

30

表 5 共振波長と視野角

視野角	透明導電層 74nm		透明導電層 184nm	
	$m=1$	$m=2$	$m=2$	$m=3$
0°	798 nm	440 nm	631 nm	435 nm
10°	786 nm	433 nm	621 nm	429 nm
20°	750 nm	413 nm	593 nm	409 nm
30°	691 nm	381 nm	546 nm	377 nm
40°	611 nm	337 nm	483 nm	334 nm
45°	564 nm	311 nm	446 nm	308 nm
50°	513 nm	283 nm	406 nm	280 nm
60°	399 nm	220 nm	315 nm	218 nm

## 【0032】

40

表 5 によれば、透明導電膜厚 74 nm で次数  $m = 2$  の場合、有機発光素子を正面より視認した場合共振波長は 440 nm であり、視野角を変化させ観測するとその共振波長は 440 nm より短波長側へシフトする。また、透明導電層 184 nm の有機発光素子を正面より視認した場合、可視光領域には 2 つの共振波長 631 nm ( $m = 2$ ) 及び 435 nm ( $m = 3$ ) が観測される。これらの共振波長も視野角の変化により短波長側へシフトする。特にこの共振波長 631 nm ( $m = 2$ ) の条件に着目すると、視野角 45° の時の共振波長は 446 nm となる。これは、透明導電層膜厚 74 nm の有機発光素子を正面より観測した場合における  $m = 2$  の共振波長 440 nm、透明導電層 184 nm の有機発光素子を正面より観測した場合における  $m = 3$  の共振波長 435 nm とほぼ一致している。

## 【0033】

50

つまり、この共振波長 631 nm ( $m = 2$ ) の条件は、正面より有機発光素子を視認し

た場合は、透明導電層膜厚 74 nm の  $m = 2$  条件や、透明導電層膜厚 184 nm の  $m = 3$  条件とは共振波長が異なる。しかし、この共振波長 631 nm ( $m = 2$ ) の条件は、視野角が変化して 45° になった場合に、それらの正面での共振波長とほぼ同一となる。

【0034】

このような、有機発光素子の光学距離や、発光素子を視認する視野角や光学干渉の次数により共振波長が変化することを利用し、有機発光素子の発光特性を調整することができる。例えば、発光色の調整に着目すると、発光層を構成する材料固有の PL スペクトルのピーク波長に対して、共振波長を長波長側にずらして設定すると、EL スペクトルを長波長側に設定することができる。また、共振波長を短波長側にずらして設定すると EL スペクトルを、短波長側に設定することができる。

10

【0035】

表 6 には、各有機化合物層、半透過層及び、透明電極の膜厚を表 2 のように設定した有機発光素子において、透明導電層の膜厚を 69 ~ 110 nm の範囲で変更した場合の、共振波長と正面から発光素子を視認した場合の発光色度、相対輝度の変化をまとめて示す。なお、この素子の発光層は、図 3 に示す青色の PL スペクトルを示す。この PL スペクトルは、汎用の分光光度計により測定することができる。

【0036】

【表 6】

表 6 発光特性の変化

透明導電層膜厚	共振波長	発光色度		相対輝度
		CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	
69 nm	430 nm	0.139	0.075	0.26
74 nm	440 nm	0.134	0.091	0.35
80 nm	450 nm	0.129	0.115	0.48
86 nm	460 nm	0.125	0.144	0.62
92 nm	470 nm	0.122	0.175	0.76
98 nm	480 nm	0.12	0.208	0.87
104 nm	490 nm	0.119	0.241	0.96
110 nm	499 nm	0.12	0.274	1

20

【0037】

このように、共振器構造の光学距離により共振波長を変化させることで、有機発光素子の発光色度や輝度といった発光特性を調整することが可能である。

30

【0038】

続いて、光学干渉の次数に着目した有機発光素子の特性変化について説明する。

【0039】

図 4 には、透明導電層の膜厚を 74 nm と 184 nm とし、その他各層を表 2 の膜厚とした有機発光素子を正面で観測した場合の EL スペクトルを示す。また、これら有機発光素子の発光色度を表 7 に示す。

【0040】

【表 7】

表 7 発光色度

透明導電層膜厚	発光色度	
	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>
74 nm	0.134	0.091
184 nm	0.157	0.083

40

【0041】

表 4 より、透明導電層膜厚 74 nm にて光学干渉の次数  $m = 2$  の場合と、透明導電層の膜厚が 184 nm にて次数  $m = 3$  の場合の共振波長は、それぞれ、440 nm と 435 nm でほぼ一致している。図 4 に示すように、これら発光スペクトルのピーク強度比は、約 1 : 0.75 であり、透明導電層膜厚 74 nm とした素子からより強い発光が観測された。これは、光学干渉の次数の影響で共振波長がほぼ一致していた場合でも、共振による強め合いの効果には違いがあり、より低い次数ほど強め合いの効果が増すからである。即ち、これらの有機発光素子では、正面方向においては透明導電層の膜厚が 74 nm の素子の

50

方が膜厚が 184 nm の素子よりも強い共振の効果を得ることができる。

【0042】

表 7 に示すよう共振波長がほぼ一致していても、発光の色度に多少の違いが生じる。ただし、特に青発光素子の場合、CIE y の色度座標が  $\pm 0.01$ 、レンジで 0.02 の範囲内であれば、人の目で視認した場合に色差を感じることはなく、実使用上発光色が等しいと言える。

【0043】

なお、表 4 に示したように、透明導電層の膜厚が 184 nm の素子では、次数  $m = 2$  の条件で 631 nm に共振波長を持つ。しかし、図 3 に示すように、発光層の PL スペクトルは、600 nm 以上の波長領域でほぼ強度 0 であるため、この共振波長は、正面における素子の発光特性にはほとんど影響しない。

10

【0044】

次に、視認する角度（視野角）と発光特性の関係について説明する。表 4 に示すように、透明導電層の膜厚 74 nm とした有機発光素子では、正面において光学干渉の次数  $m = 2$  とした場合、440 nm の共振波長となる。本有機発光素子の発光層は、図 3 に示すようなピーク波長 475 nm、半値幅 74 nm の PL スペクトルを有する。そのため、この発光素子を正面から視認した場合（即ち視野角  $0^\circ$ ）、次数  $m = 2$  の共振波長 440 nm は、発光層の PL スペクトルと重なるため、発光特性に影響を与える。

【0045】

この有機発光素子を視認する角度を変化させると、表 5 に示すように、共振波長が短波長側へとシフトする。そのため、正面にて次数  $m = 2$ 、440 nm の共振波長は、視野角の変化とともに、PL スペクトルとの重なり合わせが小さくなり、発光特性への影響が小さくなる。

20

【0046】

また、透明導電層の膜厚 184 nm とした有機発光素子では、正面において光学干渉の次数  $m = 2$  と  $m = 3$  の場合にそれぞれ 631 nm、435 nm に共振波長となる。この素子を正面から視認した場合、次数  $m = 3$  の共振波長 435 nm は、発光層の PL スペクトルの波長域に含まれるため、発光特性に影響する。また、先に記したように次数  $m = 2$  の共振波長である 631 nm は、発光層の PL スペクトルの波長域には含まれないので、この共振波長は有機発光素子を正面で視認した場合の発光特性にはほとんど影響しない。

30

【0047】

ところが、視認する角度が大きくなると、表 5 に示すように、いずれの次数の共振波長も短波長側へとシフトする。そのため、次数  $m = 3$  の共振波長は、視野角の増大とともに PL スペクトルのピーク波長からずれ、発光特性への影響が小さくなる。一方、次数  $m = 2$  の共振波長は、視野角が大きくなるにつれ、PL スペクトルの波長域にはいる。表 5 には記載されていないが、透明導電層の膜厚が 184 nm の共振波長は、視野角  $41.2^\circ$  の時に 475 nm となり、PL スペクトルの最も発光強度の高い波長（ピーク波長）と一致する。このように、透明導電層膜厚を 184 nm とした有機素子の次数  $m = 2$  の共振波長は、視野角が大きくなるにつれて、発光特性への影響が大きくなる。

【0048】

図 5 には、透明導電層の膜厚が 74 nm と 184 nm の有機発光素子の正面発光輝度を 1 とし、視野角  $0 \sim 90^\circ$  の範囲で観察した場合の、視野角による相対輝度の変化を示す。また、それら透明導電層の膜厚 74 nm と 184 nm の発光を 1 : 1 で合成した発光の視野角による相対輝度変化を示す。さらに、図 5 には、どの角度から発光素子を視認しても等しい輝度となる均等拡散光源（Lambertian）の輝度プロファイルも合わせて示す。

40

【0049】

図 5 に示すように、透明導電層の膜厚によって、視野角 相対輝度のプロファイルは異なる。透明導電層膜厚 74 nm の有機発光素子では、視野角が大きくなるにつれて、輝度が低下する。しかし、透明導電層の膜厚を 184 nm とした有機発光素子では、視野角が

50

大きくなるにつれて輝度が上昇し、視野角 50° 付近で正面に対して輝度比 1.3 の最高輝度を示す。

【0050】

これらの変化は、視野角の増大により実効的な光学距離が変わり、共振波長が短波長側へとシフトしたことによるものである。透明導電層の膜厚が 74 nm の発光素子では、次数 m = 2 の共振波長が視野角の増大とともに短波長シフトし、発光層の PL スペクトルにおいて発光強度の低い波長範囲となり、輝度が低下する。視野角 50° 付近より視野角の増大に伴う輝度低下の傾きが緩和するのは、次数 m = 1 の共振波長による影響が加わるためである。

【0051】

一方、透明導電層の膜厚が 184 nm の発光素子では、視野角により次数 m = 3 の共振波長の影響は小さくなるものの、次数 m = 2 の共振波長が視野角の増大により短波長側へシフトし、発光特性に影響を与える。視野角 40 ~ 50° 付近で共振波長が 483 ~ 406 nm となり、PL スペクトルにおいて発光強度の強い波長範囲に含まれることから、共振の効果が強く働き、この角度の輝度が最大となる。

【0052】

このようにある視野角における共振波長と光学干渉の次数との関係を考慮し、共振器構造の光学距離の設定を行うと、視野角の変化に伴う発光特性の変化をコントロールすることが可能になる。このとき、ある視野角を 0° < | | 60° の範囲に設定すると、広い範囲で視野角特性を補償する事ができるため、好ましい。

【0053】

また、図 5 には、透明導電層膜厚 74 nm 及び 184 nm の素子の発光を 1 : 1 の比で合成した発光の視野角 相対輝度変化プロファイルを合わせて示す。図 5 に示すように、合成光のプロファイルは、均等拡散光源のそれとほぼ等しい。そのため、2 つの素子からの発光を合成した光は、どの角度から視認した場合でも均等拡散光源とほぼ等しい発光を得ることができる。

【0054】

[本発明に係る有機発光素子の構成について]

本発明では、これら光学距離や、視野角、光学干渉の次数により、共振波長や強め合いの効果が変化し、素子を正面から視認した際の発光特性を調整することが可能なことに着目した。さらに、異なる輝度プロファイルを持つ発光の合成により、視野角の変化に伴う発光特性の変化を調整することが可能になることに着目した。

【0055】

そこで本発明の有機発光素子は、正面で優れた色純度の発光を示すとともに、広い範囲の視野角に対しても優れた表示特性を備える素子とするため、発光素子内に、光学距離が相対的に短い第 1 領域と、光学距離が相対的に長い第 2 領域とを設けた。そして、素子を正面から視認した場合の第 1 領域における光学距離 L<sub>1</sub>、第 2 領域における光学距離 L<sub>2</sub> を、共振波長 λ<sub>1</sub>、λ<sub>2</sub>、λ<sub>3</sub> と、位相シフトの和 φ と、ある視野角 θ との間で数 3 の関係を満たすように設定した。

(数 3)

λ<sub>1</sub> = 2 L<sub>1</sub> / ( p - φ / 2 ) . . . ( 1 )

λ<sub>2</sub> = 2 L<sub>2</sub> / ( q + 1 - φ / 2 ) . . . ( 2 )

λ<sub>3</sub> = 2 L<sub>2</sub> cos θ / ( q - φ / 2 ) . . . ( 3 )

( p、q は、それぞれ独立な正の整数、φ = 0° )

かつ、λ<sub>1</sub> = λ<sub>2</sub> = λ<sub>3</sub> . . . ( 4 )

この有機発光素子では、素子内部に設けられた 2 つの領域における共振波長が同一であるが、光学距離はそれぞれ異なっている。正面方向に対して第 1 領域では低次の光学干渉条件であり、第 2 領域では高次の光学干渉条件になっている。したがって、第 1 領域では第 2 領域に比べてより強い共振の効果を得ることができ、正面でより高い輝度を得ることができる。即ち、第 1 領域では正面での特性を優先した発光特性の調整を行う。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 6 】

一方、第2領域では、視野角の変化に伴う発光特性の変化を調整する。そのため、第2領域には、少なくとも2つの異なる共振条件が存在するように設定する。1つ目の共振条件は、正面において、 $L_1$ と同一の共振波長を、第1領域とは異なる次数( $q+1$ )で強め合う条件である。2つ目の共振条件は、ある視野角において、 $L_1$ の正面方向の共振波長と同じ波長を、正面方向よりも低い次数( $q$ )で干渉して強め合う条件である。このとき、第2領域の正面における次数 $q$ の共振波長 $\lambda_4$ は数4を満たし、発光層のPLスペクトルには含まれない波長領域にある。

$$(数4) \quad \lambda_4 = 2L_2 / (q - t/2)$$

これにより、 $L_1$ の正面方向の共振波長 $\lambda_1$ とほぼ同一の波長となる $L_2$ の正面方向の共振波長 $\lambda_2$ は、 $L_1$ に比べて高次の干渉条件であることから、発光特性の調整効果は第1領域に比べて低い。しかし、共振波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ が同一になっているため、正面から視認した場合、第1領域と第2領域の発光色は同一にすることができる。また、視野角が変化した場合、これらの共振波長は短波長側にシフトし、視野角変化とともに発光層のPLスペクトルにおいて強度の小さい波長領域となり、発光特性への影響は小さくなる。一方、 $L_2$ の正面において共振波長 $\lambda_2$ より高次の干渉条件を満たす共振波長 $\lambda_4$ は、視野角の変化とともに、発光層PLスペクトルの発光強度の高い波長領域へと変化する。そして、ある視野角において、共振波長 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ とほぼ同一の共振波長 $\lambda_3$ についての共振条件を満たす。つまり、共振波長 $\lambda_2$ より高次の干渉条件を満たす共振波長は、正面では発光特性への影響がないものの視野角変化により発光特性へ影響するため、この特徴を利用し、発光素子の視野角特性を調整することが可能となるのである。

## 【 0 0 5 7 】

したがって、第2領域では、発光素子を正面から視認した場合は第1領域と同等な発光色を示し、その視野角による発光特性は、第1領域の発光特性とは異なる特性に調整することが可能である。

## 【 0 0 5 8 】

この時、素子全体としての発光特性は、第1領域と第2領域の特性を合成したものとなる。本発明の有機発光素子では、各部における正面での共振波長を同一にしている。そのため、発光素子を正面から視認した場合の発光色は、素子全体で同一であるため、光学干渉条件の違いによる素子内部の色ムラを生じさせない。

## 【 0 0 5 9 】

同様に、視野角による発光特性も各領域の特性を合成したものである。そのため、合成光の視野角特性が、所望の視野角発光特性となるように、第1領域の視野角特性を考慮し、第2領域の視野角特性を設定するとよい。即ち第2領域の視野角特性で素子全体の視野角特性を補償する。特に、合成光の視野角相対輝度プロファイルが、均等拡散光源のそれと同一になるように設定すると、斜め方向から視認しても輝度の低下が少ないため、好ましい。

## 【 0 0 6 0 】

ところで、このような複数の異なる発光を混合し、その合成光を得る場合、合成される光の色度座標( $x_t, y_t$ )及び輝度 $Y_t$ は、下記のように算出することができる。具体的には、発光の色度座標を( $x_i, y_i$ )、輝度を $Y_i$  ( $i=1, 2, \dots$ )とすると、下記数5を用いて算出することができる。

(数5)

$$x_t = (x_1 S_1 + x_2 S_2 + \dots + x_i S_i) / (S_1 + S_2 + \dots + S_i)$$

$$y_t = (y_1 S_1 + y_2 S_2 + \dots + y_i S_i) / (S_1 + S_2 + \dots + S_i)$$

$$= (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_i) / (S_1 + S_2 + \dots + S_i)$$

$$S_i = Y_i / y_i$$

$$Y_t = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_i$$

本発明の有機発光素子は、素子内部の光学距離と共振波長との間に数3の関係を満足するように設定した。これにより、正面における優れた発光効率と、広い視野角特性を兼ね

10

20

30

40

50

備えた発光素子を実現できる。

【0061】

なお、本明細書中における式中の等号“=”は、厳密に等しいということではなく、概念的に概ね等しいということを表している。例えば、数3(3)では、2つの共振波長が厳密に一致してない場合においても、有機発光素子の発光色度が実使用上等しいと考えられる範囲内であればよく、具体的には±10nmの範囲内であればよい。

【0062】

また、以上の説明では、主に正面において、透明導電層の膜厚が74nmであり次数m=2の場合の共振波長と、透明導電層の膜厚が184nmであり次数m=3の場合の共振波長とを一致させる事例を用いて説明してきた。これは、数3においてp=2、q=2の関係となる。

10

【0063】

しかしながら、本発明ではこれらpやqについては特に制限はなく、p、qがそれぞれ3以上の場合でも同様な効果を期待することができる。表8には、一例として透明導電層の膜厚を74nmと300nmとした有機発光素子の各次数における共振波長の視野角変化を示す。

【0064】

【表8】

表8 共振波長と視野角

視野角	透明導電層 74nm	透明導電層 300nm	
	数式3 次数m=2	数式3 次数m=3	数式3次数m=4
0°	440 nm	575 nm	439 nm
10°	433 nm	566 nm	432 nm
20°	413 nm	540 nm	412 nm
30°	381 nm	498 nm	380 nm
40°	337 nm	440 nm	336 nm
50°	283 nm	369 nm	282 nm
60°	220 nm	287 nm	219 nm

20

【0065】

表8に示すように、透明導電層の膜厚を変化させ、発光素子の光学距離を調整することで、数1におけるm=2とm=4の正面における共振波長を一致させることができる。また、視野角を変化させると、より低次のm=3の共振波長が、発光層のPLスペクトルに重なり合いが可能な波長領域へとシフトする様子が分かる。この数1でのm=2とm=4の組み合わせ条件は、数3においてp=2、q=3の条件となる。したがって、q=3以上の条件であっても、有機発光素子へ適用可能である。

30

【0066】

しかし、透明導電層300nmとした場合、表9に示すように、透明導電層74nmの発光色度に比べて大きく異なる。特にCIEyの色度座標は、0.1程度変化しているため、人の目で視認した場合にやや色みの違いが認識される。

【0067】

【表9】

表9 発光色度

透明導電層膜厚	発光色度	
	CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>
74nm	0.134	0.091
300nm	0.164	0.192

40

【0068】

そのため、なるべく低い次数において共振波長を一致させる事が好ましい。また、先に記したように、共振の強め合い効果は次数が低いほど強い。そのため、発光特性調整の自由度という観点で考えた場合も、p、qはできるだけ小さい方が好ましい。

【0069】

但し、数1においてm=1の条件を満たすためには、透明導電層及び有機化合物層の膜厚を薄く設定する必要がある。この有機発光素子で次数m=1共振波長440nmを実現

50

させようとする、透明導電層とホール輸送層の膜厚を大きく変更する必要がある。それらの膜厚にはいくつの組み合わせがあるが、一例を挙げると透明導電層を8 nm、ホール輸送層を10 nmにする必要がある。このように薄い膜厚にすると、素子作成時に取り込まれる異物やゴミによる短絡等が発生し、問題となる。そのため、数3のp、qとしては、p = 2、q = 2の組み合わせが、特に好ましい。

#### 【0070】

また、このような共振波長の設定は、様々な発光色を示す有機発光素子に適用できる。一般に青色の有機発光素子は、発光効率が他の色の素子に比べて低く、素子正面で高い発光効率を得るためには、例えば、マイクロキャピティ等の手法を用いて発光の放射特性を素子正面に集中させ、見かけ上発光効率高める手段が用いられる。このとき、正面以外の領域での発光放射強度は弱まるため、角度をつけて素子を観察した場合、暗く視認される。

10

#### 【0071】

本発明は、このような発光材料が備える発光効率が比較的低い素子、特に青色発光素子に適用すると、素子正面での高い発光効率と、良好な視野角特性を両立できるため、好ましい。さらに、有機素子を構成する各層の材料には屈折率の波長分散特性があり、特に短波長側で屈折率の変化が大きい。そのため、特に青色発光素子において視野角によるELスペクトルの変化が大きくなる。この点からも、青色発光素子に本発明を適用することは特に好ましい。ここで、青色発光とは、そのピーク波長が400 ~ 500 nmの波長域の発光を意味している。

20

#### 【0072】

また、本発明のように光学距離の異なる部分を設ける構成は、発光色度の要求から有機発光素子の共振波長を、発光層のPLスペクトルのピーク波長よりも短波長側に設定する必要がある有機発光素子に適用すると好ましい。発光層のPLスペクトルのピーク波長よりも長波長側に設定すると、視野角が大きくなるにつれて共振波長がPLスペクトルのピーク波長に近づいていくため、視野角 相対輝度変化プロファイルが単調減少を描く曲線ではなくなる。そのため、発光特性の異なる部分(A部とB部)の光を合成して、均等拡散光源のプロファイルに近づけることが難しくなるからである。

#### 【0073】

(第1の実施の形態)

以下に図を用いて、本発明の有機発光素子を詳細に説明する。

30

#### 【0074】

図6は、本発明の有機発光素子の一例を示しており、トップエミッション型発光素子の断面模式図である。図6において、20は基板、21は反射層、22は透明導電層(陽極)、23はホール輸送層、24は発光層、25は電子輸送層、26は電子注入層、27は半透過層、28は透明電極(陰極)をそれぞれ示す。この有機発光素子に透明導電層を陽極、透明電極を陰極として電流を流すことで、透明導電層22から注入されたホールと半透過層28から有機化合物層へ注入された電子が、発光層24において再結合し、発光を生じる。

#### 【0075】

なお、本実施の形態では、基板20の上に陽極を形成した構成の一例を示したが、基板側より陰極、有機化合物層、陽極の順序で構成されていてもよく、電極の積層順序に特に制限はない。

40

#### 【0076】

本発明で用いる基板20は、特に限定するものではないが、金属、セラミックス、ガラス、石英等が用いられる。また、プラスチックシート等のフレキシブルシートを用いたフレキシブル基板とすることも可能である。この基板20の上に、反射層21と透明導電層22(第1電極)が形成してある。反射層21としては、透明導電層との界面における反射率が少なくとも50%以上、好ましくは、80%以上であることが望ましい。この反射層22とその発光層側に設けられる透明導電層23との界面が、本実施の形態の有機

50

発光素子における共振器構造を形成する第1電極側の第1反射面となっている。

【0077】

また、本実施の形態では簡略のため、反射層21が透明導電層22に接しており、導電部材(電極)としての機能を兼ねる事例を示したが、反射層21は発光を反射する特性を備えた部材で形成されていればよい。反射層21は、導電部材(電極)としての機能を兼ね備えていても、反射層21とは別に電極を設けてもよい。したがって反射層21と別に電極を設ける場合は、例えば誘電体多層膜ミラーのような絶縁性の部材を反射層として用いることができる。

【0078】

反射層21を構成する材料としては、特に限定されないが、例えば銀やアルミニウム、クロム等の金属や、それらの合金等が用いられる。

10

【0079】

透明導電層22として、金属酸化物導電膜、具体的には、酸化インジウムと酸化錫の化合物膜(ITO)や、酸化インジウムと酸化亜鉛の化合物膜(IZO)等を用いることができる。なお、ここで用いる「透明」とは、可視光に対して70~100%透過率を有していることであり、より具体的には、消衰係数が0.05以下、好ましくは、0.01以下であることが、透明導電層での発光の減衰を抑える観点で好ましい。

【0080】

ホール輸送層23、発光層24、電子輸送層25、電子注入層26等の有機化合物層に用いられる有機化合物としては、低分子材料で構成されても、高分子材料で構成されても、両者を用いて構成されてもよい。さらに、蛍光発光材料、燐光発光材料等を適用することも可能であり、特に限定されるものではない。必要に応じて周知の材料を使用できる。

20

【0081】

また、電子注入層26として、例えば、フッ化リチウムや、アルカリ金属、アルカリ土類金属等のような広く一般に用いられる電子注入材料を用いることができる。また、電子輸送性の有機化合物材料に、アルカリ金属やアルカリ土類金属、もしくはその化合物を0.1~数十%含有させることにより、電子注入層とすることもできる。その際、電子注入層の膜厚を10~100nm程度とすると、この後に形成する半透過層27や、透明電極28の成膜ダメージを緩和できるため好ましい。

【0082】

本発明の有機化合物層は、一般には真空蒸着法、イオン化蒸着法、スパッタリング、プラズマあるいは、適当な溶媒に溶解させて公知の塗布法(例えば、スピンコーティング、ディッピング、キャスト法、インクジェット法等)により薄膜を形成する。

30

【0083】

半透過層27として、アルミニウム、銀、マグネシウム、カルシウム等の金属単体やそれらの合金を用いることができる。特に、銀とマグネシウムの合金(銀マグネシウム)は、電子の注入性と、発光の反射率の観点で好ましい。また、半透過層の膜厚は、例えば、2nm以上50nm以下の膜厚から選択すると、発光の一部が透過するため、発光の取り出し効率の観点より好ましい。このような素子構成の場合、半透過層27とその上に設けられる透明電極28との界面でも発光は反射されるが、電子注入層26と半透過層27との界面での反射の方が大きい。従って、本実施の形態の有機発光素子における共振器構造を形成する発光層よりも第2電極側の第2反射面は、電子注入層26と半透過層27との界面となる。この第2反射面は半透過層を設けることによって形成してもよいが、半透過層を設けずに形成してもよい。例えば、透明電極28の光取り出し側が空気などの気体層である場合には、透明電極と気体層との間に大きな屈折率差が生じる。この場合には透明電極と気体層との界面を第2反射面として共振器を構成することができる。

40

【0084】

透明電極28は、陰極としての機能と発光の取り出し電極としての機能を有している。透明電極28は、透明導電層22と同様に金属酸化物導電膜を用いることができる。透明電極28の膜厚は、好ましくは10~1000nm、より好ましくは30~300nmの

50

範囲で設定されると、電極のシート抵抗の低減と高い光学透過率とを両立できるため望ましい。また、透明電極 28 は如何なる方法で成膜されてもよく、例えばスパッタリング等により形成することができる。

【0085】

本実施の形態の有機発光素子では、図 6 に示すように、同一発光素子の内部で、共振器構造の光学距離が相対的に短い第 1 領域 (A 部) と、相対的に長い第 2 領域 (B 部) が形成されるよう、透明導電層 22 の膜厚が 1 つの有機発光素子で異なる厚さに設定した。それ以外の各有機化合物層、半透過層、透明電極の膜厚は、1 つの素子で同一の膜厚である。

【0086】

図 6 に示すように、透明導電層の膜厚を 1 素子で部分的に異ならせることは、いかなる方法でもよい。例えば、汎用のリソグラフィ技術を利用して行うことができる。その場合、まず、素子全体に透明導電層を厚い方の膜厚 (B 部) になるように一括して成膜する。その後、レジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとしてウエットエッチングを施し、A 部にある透明導電層を所望の膜厚になるように選択的に除去し、1 発光素子で透明導電層膜厚を異ならせることができる。また、スパッタリングで透明導電層を成膜する際に汎用のシャドーマスクを利用する場合は、まず素子全体に透明導電層を薄い方の膜厚 (A 部) になるよう一括して成膜する。続いて、シャドーマスクを利用して、透明導電層膜厚を薄くする部分 (A 部) をマスクし、再びスパッタリングで透明導電層を成膜する。このようにして、1 素子における透明導電層の膜厚を部分的に異ならせることができる。

10

20

【0087】

また、このような透明導電層の膜厚により光学距離の調整を行う場合、透明導電層の有無で調整することも可能である。この場合、従来の有機発光素子を作成する際にも必要となる透明導電層をパターニングする際のマスク寸法の工夫により、素子内部で透明導電層を有する部分、有しない部分を作成できる。この場合、反射層から有機化合物層へホールを注入する必要があるため、反射層の仕事関数が低く注入障壁が生じる場合は、反射層とホール輸送層の間に透明導電層の膜厚よりも薄いホール注入層を挿入するとよい。

【0088】

このような手法により、透明導電層の膜厚を変更した後、各有機化合物層、半透過層、透明電極を一括して成膜することで、本実施の形態の有機発光素子を得ることができる。

30

【0089】

本実施の形態で示すように、光学距離の調整を透明導電層に膜厚差を設けることにより行うと、各有機化合物層の膜厚を A 部と B 部で同一にできるため、駆動特性が素子内で均一となり好ましい。

【0090】

また、透明導電層ではなく、各有機化合物層の膜厚により光学距離を調整する場合は、キャリア移動度が比較的大きな層、例えばホール輸送層、電子輸送層で行うと、有機発光素子の駆動特性への影響が少なく、好ましい。

【0091】

さらに、光学距離の調整を透明導電層と各有機化合物層の膜厚の両者を変更して行うことも可能である。

40

【0092】

なお、素子の内部で有機化合物層膜厚を変更することは、汎用の蒸着マスク等を用いて部分的に膜厚を調整することで行う。

【0093】

また、本実施の形態では、有機発光素子内部に異なる光学距離を 2 つ備える場合について説明してきたが、本発明は、素子内部の光学距離を 2 つに限定するものではない。同一の発光素子内で 3 つ以上複数の異なる光学距離がある場合にも適用できる。

【0094】

50

## (第2の実施の形態)

図7は、第2の実施の形態に係る有機発光素子の模式図である。基板20の上に、反射層(第1電極)21、ホール輸送層23、発光層24、電子輸送層25、電子注入層26、半透過層27、透明電極(第2電極)28を順次設け有機発光素子を構成した。そして、素子の周辺部に素子分離層29、素子分離層29上に形成されている透明電極28の上に補助電極30を設けたものである。図7(b)は本実施の形態の有機発光素子を上部より観察した場合の平面模式図であり、図7(a)は図7(b)のa-a'における断面模式図である。

## 【0095】

本発明の有機発光素子は、透明導電層や、各有機化合物層の膜厚を変え、光学距離が相対的に短い第1領域と、光学距離が相対的に長い第2領域と、を有している。本実施の形態の有機発光素子によれば、素子内で光学距離が異なる部分を形成するために、透明導電層や有機化合物層の膜厚を異ならせる必要がある。このときの膜厚差は発光特性の調整の仕方にもよるが、例えば表4に示す共振条件を適用した場合、透明導電層の膜厚差は110nmになる。このような素子の内部でこのような大きな膜厚差が生じると、各有機化合物層や透明電極28に段切れを生じることがある。特に上部の透明電極28が素子内で分断され電氣的な接続が絶たれると、第1領域或いは第2領域の一方を駆動できなくなるなどの問題を生じる可能性がある。

## 【0096】

そこで、本実施の形態では、第1領域と第2領域を電氣的に接続する補助電極を設ける構成とした。これにより、透明電極28で段切れが生じ電氣的な接続が不可能になる場合においても、補助電極30を通じ、第1領域或いは第2領域のいずれにも電氣的な接続が可能になる。素子分離層29には、絶縁性の樹脂材料や無機絶縁材料を用いることができ、例えばアクリル樹脂、ポリイミド樹脂、窒化珪素等を用いることができる。補助電極30は抵抗率が比較的に低い材料を用いることが好ましく、例えばアルミニウム、銀、亜鉛等の金属やそれらの合金を用いることができる。

## 【0097】

## (第3の実施の形態)

本実施の形態の表示装置は、有機発光素子からなる画素を複数有する表示装置であって、これら各画素の発光を制御する駆動回路を備えており、少なくとも1つの画素が本発明の有機発光素子により構成されている。そしてそのうち少なくとも1色を発光する画素が、画素の内部で光学距離が異なる部分が設けられ、それらの光学距離と共振波長が数3の関係を満足するように設定されている。

## 【0098】

図8は、本実施形態の表示装置の一例として、赤、緑、青のうち青色発光画素のみに画素の内部で光学距離が異なる部分を設けた表示装置を上部より観察した場合の平面模式図である。表示領域31内に複数の画素ユニット32がマトリクス状に配列されており、各画素ユニットは、赤色発光画素R、緑色発光画素G及び、青色発光画素Bで構成されている。青色発光画素Bには、発光層の発光を共振させるための光学距離が相対的に短い領域B<sub>A</sub>と長い領域B<sub>B</sub>とが設けられている。

## 【0099】

なお、本発明において画素とは、独立して発光の制御が可能である最小の単位を示す。そして画素ユニットとは、発光色の異なる複数の画素で構成され、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。

## 【0100】

本実施の形態において、すべての画素が本発明の有機発光素子であってもよいし、一部の画素のみが本発明の有機発光素子でもよい。即ち、本発明の有機発光素子と従来の有機発光素子を両方有する構成であってもよい。この場合は、両者の割合を調整することで、表示装置の発光特性を調整することができる。

## 【0101】

10

20

30

40

50

また、このように両方有する場合には、本発明の有機発光素子と従来の有機発光素子を規則的に配列されてもよいが、本発明の有機発光素子が不規則に点在し配置されていてもよい。

#### 【0102】

さらに、本実施の形態において、本発明の有機発光素子を備える画素としては、いずれの発光色を示す画素にも適用可能である。表示装置の青色の発光を示す画素を構成する有機発光素子が本発明の有機発光素子であると、色純度が高く良好な視野角特性を備えた発光が得られるため、好ましい。

#### 【0103】

(第4の実施の形態)

本実施の形態の表示装置は、有機発光素子からなる画素を複数有する表示装置である。各有機発光素子は、図2に示すような一般的な素子構成である。そして、発光層の発光を共振させるための光学距離が相対的に短い第1画素と長い第2画素とが設けられている。つまり、本形態の表示装置は発光特性の異なる画素をそれぞれ独立して駆動制御することが可能である。

#### 【0104】

そして、第1画素における共振器構造の光学距離が数3の(1)、第2画素における共振器構造の光学距離が、数3の(2)および(3)を満たすように設定されている。

#### 【0105】

画素ユニットを構成する画素のうち少なくとも1種類の発光色について、光学距離と共振波長の関係が数3の(1)を満足する第1画素を含む画素ユニットと、数3の(2)および(3)を満足する第2画素を含む画素ユニットとを有している。その結果、正面における優れた発光特性と、広い視野角特性を兼ね備えた表示装置が実現できる。

#### 【0106】

図9は、本実施形態の表示装置の一例として、赤、緑、青のうち青色発光画素のみに光学距離が異なる第1画素と第2画素とを設けた表示装置を上部より観察した場合の平面模式図である。表示領域31内に複数の画素ユニット32がマトリックス状に配列されており、各画素ユニットは、赤色発光画素R、緑色発光画素G及び、青色発光画素Bで構成されている。画素ユニット32には、発光層の発光を共振させるための光学距離が相対的に短い画素B<sub>1</sub>を含む画素ユニットと、前記光学距離が相対的に長い画素B<sub>2</sub>を含む画素ユニットがある。そして、赤色発光画素R、緑色発光画素G及び青色発光画素B<sub>1</sub>と画素B<sub>2</sub>の発光は、各画素が有する駆動回路によって制御されている。

#### 【0107】

さらに、隣り合う画素ユニットに画素B<sub>1</sub>と画素B<sub>2</sub>をそれぞれ配置すると、隣り合う画素ユニット間で視野角特性が補償され、また、正面における発光色は同一であることから、良好な表示性能を備える装置が実現できる。特に隣接する画素ユニットの間隔が狭い高解像度の表示装置に適用すると、隣り合う画素ユニット間の差異が認識され難くなるため、好ましい。さらには、画素B<sub>1</sub>を有する画素ユニットと画素B<sub>2</sub>を有する画素ユニットが上下左右方向に交互に配置されていると、表示領域全体に渡って視野角特性が補償されるため、好ましい。

#### 【0108】

なお、本実施の形態の第1画素、第2画素のように、別々の画素で光学距離を変更する場合、一方の画素を透明導電層有りとし、もう一方をなしとして、光学距離を変更することも可能である。

#### 【0109】

さらに、本実施の形態において、発光層の発光を共振させるための光学距離が相対的に短い第1画素と長い第2画素は、いずれの発光色を示す画素にも適用可能であり、全ての発光色に適用してもよい。特に、発光色度の要求から、発光素子の共振波長を、発光層のPLスペクトルのピーク波長よりも短波長側に設定する必要がある有機発光素子で構成される画素に適用すると好ましい。さらに好ましくは、表示装置の青色の発光を示す画素を

10

20

30

40

50

構成する有機発光素子が本発明の有機発光素子であると、色純度が高く良好な視野角特性を備えた発光が得られるため好ましい。

【0110】

ここで、第1画素と第2画素とを同じ電流値で駆動した場合、本表示装置の正面から視認すると、それらの共振波長は同一であるものの光学干渉の次数が異なるため、第1画素の方が第2画素よりも、正面輝度が明るくなる。これは、表示面の輝度ムラやちらつきとなって認識されるため好ましくない。そこで、本実施の形態では、第1画素と第2画素とを同じ正面輝度で発光させる場合には、第2画素に供給される電流値が第1画素に供給される電流値よりも大きくなるように設定されていることが好ましい。

【0111】

第1画素に供給される電流値と、第2画素に供給される電流値とを異ならせるためには、各画素へ入力する映像信号を変換する方法がある。あるいは、あらかじめ各画素や画素ユニット毎に駆動回路を異ならせることで、回路より有機発光素子へ供給される出力電流値を異ならせる方法がある。

【0112】

映像信号を変換し、各画素の輝度差を補償する方法としては特に制限はなく、いかなる方法も利用可能である。例えば、第1画素と第2画素の配置や発光特性の情報を記憶する手段とその情報を用いて各々の画素の発光特性差に応じ、映像信号を補正する手段を組み合わせる方法で行うことができる。図10は、この記憶手段と補正手段の組み合わせにより、映像信号を変換する方法の一例を示すブロック図である。図10において、40は映像信号、41は記憶手段、42は補正手段、43は補正映像信号をそれぞれ示す。第1画素の発光を制御するスイッチング素子に供給する映像信号40あるいは第2画素の発光を制御するスイッチング素子に供給する映像信号40を記憶手段41に記憶された情報に基づいて補正手段42によって補正し、補正映像信号43として出力する。

【0113】

また、駆動回路を異ならせることにより各画素の輝度差を補償する方法としては、特に制限はなく、いかなる方法も利用可能である。例えば、駆動回路で用いるTFTのチャネル幅とチャネル長の比を調整し、第1画素に比べて第2画素の方へより大きな駆動電流が供給されるようにしてもよい。また、カレントミラー型の画素回路の場合は、第1画素と第2画素とで、回路のミラー比を変更し、画素に供給される駆動電流値を調整することも可能である。

【0114】

さらに、各画素の輝度差を補償する別な手法としては、画素の面積を調整してもよい。その場合、より高い輝度が期待できる第1画素の面積を第2画素の面積より小さくし、第2画素と同一の発光強度となるように調整することができる。

【0115】

(第5の実施の形態)

本実施の形態の表示装置は、有機発光素子からなる画素を複数有する表示装置である。各有機発光素子は、図2に示すような一般的な素子構成である。そして、発光色の異なる複数の前記画素を有する画素ユニットを複数有しており、発光色のうちの少なくとも1色について、発光層の発光を共振させるための光学距離が相対的に短い第1画素と長い第2画素を有している。

【0116】

そして、第1画素における共振器構造の光学距離が数3の(1)、第2画素における共振器構造の光学距離とが、数3の(1)および(2)を満たすように設定されている。

【0117】

画素ユニットを構成する画素のうち少なくとも1種類の発光色について、各画素ユニットは、光学距離と共振波長の関係が数3の(1)を満足する第1画素と、光学距離と共振波長の関係が数3の(2)および(3)を満足する第2画素とを有している。その結果、正面における優れた発光特性と、広い視野角特性を兼ね備えた表示装置が実現できる。

## 【0118】

本実施の形態では、各画素ユニットで優れた発光特性と、広い視野角特性を得ることができるため、第4の実施の形態に比べてよりきめ細かい表示が可能である。

## 【0119】

図11は、本実施形態の表示装置の一例として、赤、緑、青のうち緑色発光画素のみに光学距離が異なる第1画素と第2画素とを設けた表示装置を上部より観察した場合の平面模式図である。表示領域31内に複数の画素ユニット31がマトリクス状に配列されている。そして、各画素ユニットは、赤色発光画素R、青色発光画素B、発光層の発光を共振させるための光学距離が相対的に短い緑色発光画素G<sub>1</sub>、前記光学距離が相対的に長い緑色発光画素G<sub>2</sub>から構成されている。赤色発光画素R、青色発光画素B及び緑色発光画素G<sub>1</sub>と画素G<sub>2</sub>の発光は、各画素が有する駆動回路によって制御されている。

10

## 【0120】

図11のように赤、緑、青のうち視感効率が最も高い緑色の画素に、発光層の発光を共振させるための光学距離が異なる2つの画素を設けることにより、より効果的に視野角特性を改善することができる。

## 【0121】

緑色発光画素G<sub>1</sub>と緑色発光画素G<sub>2</sub>は、図11のように離間して配置されていてもよいし、隣り合って配置されていてもよい。離間して配置される方が、空間周波数が上がり、人間の目にはより解像度が高く見えるため、好ましい。緑色発光画素G<sub>1</sub>と緑色発光画素G<sub>2</sub>が隣り合って配置される場合には、素子分離層等の部材によって離間して配置されていてもよいし、離間されずに隣接して配置されていてもよい。

20

## 【0122】

緑色発光画素G<sub>1</sub>と緑色発光画素G<sub>2</sub>は、同じ正面輝度で発光させなくてもよいが、同じ正面輝度で発光させる方が、正面におけるより優れた発光特性と、より広い視野角特性を得ることができる。緑色発光画素G<sub>1</sub>と緑色発光画素G<sub>2</sub>の正面輝度差を補償する方法は、第4の実施の形態と同様の方法を用いることができる。

## 【0123】

以上、本発明の表示装置の実施の形態について説明したが、本発明の表示装置は、照明や、電子機器のディスプレイとして、また、表示装置用のバックライト等の様々な用途に適用することができる。電子機器のディスプレイとしては、テレビ受像機、パーソナルコンピュータのディスプレイ、撮像装置の背面表示部、携帯電話の表示部、携帯ゲーム機の表示部等が挙げられる。その他、携帯音楽再生装置の表示部、携帯情報端末(PDA)の表示部、カーナビゲーションシステムの表示部等がある。

30

## 【実施例】

## 【0124】

以下、本発明の好適な実施例を図面に基づいて詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限るものではない。

## 【0125】

## &lt;実施例1&gt;

本実施例は、第1の実施の形態に係る表示装置に対応するものである。図12に示す有機発光素子を以下の示す方法で作成した。

40

## 【0126】

基板50の上に、反射層51としてアルミニウム合金(AlNd)を約100nmスパッタリング法にて成膜し、その上に透明導電層(陽極)52としてITOをスパッタリング法にて184nmの厚さで成膜した。その後、透明導電層52の上にレジストパターンを形成する。このとき、レジストパターンは、有機発光素子の開口面積の50%になるように形成した。そして、このレジストパターンをマスクとして、ドライエッチングにより、レジストパターンが形成されていない部分の透明導電層52の膜厚を74nmになるように、選択的に除去した。これにより、本発明の有機発光素子では、同一発光素子の内部に透明導電層の膜厚が74nmの部分と184nmの部分が存在する。さらに、アクリル

50

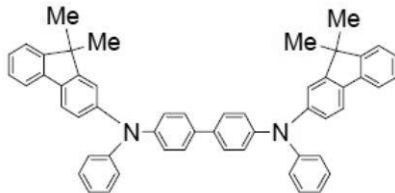
樹脂による素子分離層 5 3 を形成し、基板を作成した。これをイソプロピルアルコール ( I P A ) で超音波洗浄した後、煮沸洗浄し、乾燥した。さらに、U V / オゾン洗浄してから有機化合物を真空蒸着により成膜した。

【 0 1 2 7 】

まず、ホール輸送層 5 4 として下記構造式で示される化合物 [ I ] を、5 2 n m の厚さで成膜した。この際の真空度は  $1 \times 10^{-4}$  P a 、蒸着レートは 0 . 2 n m / s e c である。

【 0 1 2 8 】

【 化 1 】



化合物 [ I ]

10

【 0 1 2 9 】

続いて、図 2 に示す P L スペクトルを示す青色の発光層 5 5 を真空蒸着法にて 3 6 n m の膜厚に形成した。蒸着時の真空度は  $1 \times 10^{-4}$  P a 、成膜速度は 0 . 2 n m / s e c の条件で成膜した。

20

【 0 1 3 0 】

更に電子輸送層 5 6 として、バソフェナントロリン ( B p h e n ) を真空蒸着法にて 1 0 n m の膜厚に形成した。蒸着時の真空度は  $1 \times 10^{-4}$  P a 、成膜速度は 0 . 2 n m / s e c の条件であった。

【 0 1 3 1 】

次に、電子注入層 5 7 として、B p h e n と  $C s_2 C O_3$  を共蒸着 ( 重量比 9 0 : 1 0 ) して 6 4 n m の膜厚に形成した。蒸着時の真空度は  $3 \times 10^{-4}$  P a 、成膜速度は 0 . 2 n m / s e c の条件であった。

【 0 1 3 2 】

続いて、半透過層 5 8 として銀を真空蒸着法にて 1 0 n m の膜厚で成膜した。蒸着時の真空度は  $1 \times 10^{-4}$  P a 、成膜速度は 0 . 2 n m / s e c の条件で成膜した。

30

【 0 1 3 3 】

次に、この電子注入層まで成膜した基板を、真空を破ることなくスパッタ装置に移動し、透明電極 5 9 として I T O を 3 4 n m 成膜し、有機発光素子を得た。

【 0 1 3 4 】

このようにして得られた有機発光素子の透明導電層の膜厚が異なるそれぞれの部位と、それらを合成した素子全体としての、発光効率、色度座標及び発光スペクトルの半値幅を表 1 0 にまとめて示す。また、それぞれの部位と素子全体としての視野角による相対輝度の変化を図 5 に示す。

40

【 0 1 3 5 】

【 表 1 0 】

表 1 0 発光効率、色度座標と発光スペクトルの半値幅

	発光効率 (c d / A)	色度座標		スペクトル半値幅
		CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	
透明導電層 7 4 n m	2.3	0.134	0.091	5 0 n m
透明導電層 1 8 4 n m	1.4	0.157	0.083	3 5 n m
合成発光	3.7	0.143	0.088	5 0 n m

【 0 1 3 6 】

このように本発明の有機発光素子は、1 つの発光素子の内部で、透明導電層の膜厚を変えているが、正面における共振による強め合い波長を一致させているため、それぞれの部

50

位で示す発光色度の差は小さく、実用上発光色が等しいと言える。また、図5より視野角特性は、透明導電層の膜厚により局部的に異なるプロファイルを示すものの、それらを合成した素子全体の視野角特性は、均等拡散光源のそれとほぼ同等であり、どの角度から視認しても等しい輝度として視認することが可能である。即ち広い視野角特性を有する有機発光素子と言える。

【0137】

(比較例1)

本比較例は、素子内部の透明導電層を同一膜厚に設定した有機発光素子において、視野角による相対輝度の変化を、均等拡散光源のそれと近づけた有機発光素子の事例である。

【0138】

この有機発光素子では、ホール輸送層の膜厚を98nmとした。それ以外は、実施例1と同様にして有機発光素子を作成した。この比較例1の発光素子の光学距離と、共振波長、及び、発光効率、色度座標、発光スペクトルの半値幅を表11と表12にそれぞれ示す。また、この素子の視野角による相対輝度プロファイルの変化を図13に示す。

【0139】

【表11】

表11 光学距離と共振波長

		透明導電層膜厚
		74nm
光学距離		590 nm
共振波長	次数m=1	961 nm
	次数m=2	529 nm
	次数m=3	365 nm

【0140】

【表12】

表12 発光効率、色度座標と発光スペクトルの半値幅

	発光効率 (cd/A)	色度座標		スペクトル半値幅
		CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	
透明導電層74nm	6.5	0.124	0.327	60nm

【0141】

図13に示すように、本比較例の有機発光素子の視野角相対輝度変化は、均等拡散光源のそれとほぼ同様な特性を示し、いずれの角度から観察しても輝度変化が少ない発光素子であることが分かる。ところが、その発光特性、特に発光色度CIE<sub>y</sub>座標は0.3以上となり、青白い(スカイブルー)の発光である。スペクトル半値幅も実施例1の素子に比べて大きく、本比較例の発光素子の色純度は低かった。

【0142】

なお、本有機発光素子の発光効率は6.5cd/Aで、実施例1の発光素子の約2倍となっている。これは、色度座標CIE<sub>y</sub>値が大きくなっていることから分かるように、本比較例の素子のELスペクトルのピーク波長が長波長シフトし、視感効率が高くなったためである。実施例1に示した本発明の有機発光素子でも、視感効率の高い波長領域にELスペクトルのピーク波長を設定することで、同様な効果を利用した発光効率の向上は可能である。

【0143】

(比較例2)

本比較例では、1つの発光素子の内部で透明導電層の膜厚を74nmと100nmとした。それ以外は、実施例1と同様にして有機発光素子を作成した。この比較例2の有機発光素子内部の光学距離と共振波長を表13に示す。

【0144】

10

20

30

40

【表 1 3】

表 1 3 光学距離と共振波長

	透明導電層膜厚		
	74nm	100nm	
光学距離	489 nm	540 nm	
共振波長	次数m=1	798 nm	880 nm
	次数m=2	440 nm	485 nm
	次数m=3	303 nm	335 nm

【 0 1 4 5】

このように本比較例のような透明導電層の膜厚にすると、その光学距離はそれぞれ 4 8 9 n m と 5 4 0 n m となり、それら光学距離の平均値 5 1 5 n m と比べて約 5 % 光学距離を短く、また長くしたことになる。共振波長についてみると、いずれの次数においても違いがあり、実施例 1 と同じ次数 m = 2 の場合、4 5 n m の違いがある。

10

【 0 1 4 6】

そして、このようにして得られた有機発光素子の透明導電層の膜厚が異なるそれぞれの部位と、それらを合成した素子全体としての、発光効率及、色度座標及び発光スペクトルの半値幅を表 1 4 にまとめて示す。また、それぞれの部位と素子全体としての視野角による相対輝度の変化を図 1 4 に示す。

【 0 1 4 7】

【表 1 4】

表 1 4 発光効率、色度座標と発光スペクトルの半値幅

	発光効率 (cd/A)	色度座標		スペクトル半 値幅
		CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	
透明導電層 7 4 n m	2.3	0.134	0.091	5 0 n m
透明導電層 1 8 4 n m	5.9	0.112	0.219	6 0 n m
合成発光	8.2	0.123	0.157	6 0 n m

20

【 0 1 4 8】

この比較例の有機発光素子は、次数 m = 2 の場合で、共振波長に 4 5 n m の差があり、同一発光素子の内部でも色度が大きく変わる。特に色度座標の C I E<sub>y</sub> 値についてみると、0 . 1 2 8 もの違いがあり、色度ずれが大きく同一発光色として許容できないため、実使用上色むらの問題が起きる。

【 0 1 4 9】

また、図 1 4 より、視野角特性は、透明導電層の膜厚がいずれの場合も、視野角の変化とともに、輝度が様に低下するプロファイルを示し、それらを合成した発光のそれも、同様であり、特に角度をつけて本有機発光素子を視認すると、暗く感じられる。

30

【 0 1 5 0】

なお、本比較例の発光素子においても、合成発光の発光効率が大きくなっているが、先の比較例 1 の場合と同様に、発光色度変化に伴う視観効率の影響である。実施例 1 の発光素子でもこのような発光色度座標の設定により、発光効率を向上させることができる。

【 0 1 5 1】

< 実施例 2 >

本実施例は、第 5 の実施の形態に係る表示装置に対応するものである。この表示装置は、赤、緑、青色の発光を示す有機発光素子を画素として複数有しており、1 つの発光画素ユニット内に、青色の発光画素を 2 画素備える。即ち、1 つの画素ユニットは、赤色発光画素、緑色発光画素、第 1 青色発光画素、第 2 青色発光画素の 3 色合計 4 画素で構成され、2 つの青色発光画素は、互いに異なる光学距離に設定された表示装置に関するものである。

40

【 0 1 5 2】

図 1 5 は、本発明の表示装置の 1 つの画素ユニットを示す断面模式図であり、以下に示す方法で作成した。

【 0 1 5 3】

支持体として支持体としてのガラス基板 6 0 の上に、低温ポリシリコンからなる T F T

50

駆動回路 6 1 を形成し、その上にアクリル樹脂からなる平坦化層 6 2 を形成して基板とした。この上に反射層 6 3 としてのアルミニウム合金 ( A l N d ) を約 1 0 0 n m スパッタリング法にて形成してパターンニングした。

【 0 1 5 4 】

次に、透明導電層 6 4 としての I T O をスパッタリング法にて全ての発光画素に対して一律に 7 4 n m の厚さで形成した後、シャドーマスクを用いて、第 2 青色発光画素に相当する領域に、透明導電層 I T O を 1 1 0 n m 追加成膜した。続いて、透明導電膜を画素毎にパターンニングし、陽極を形成した。

【 0 1 5 5 】

さらに、アクリル樹脂により素子分離層 6 5 を形成し基板を作成した。これをイソプロピルアルコール ( I P A ) で超音波洗浄し、次いで、煮沸洗浄後乾燥した。さらに、U V / オゾン洗浄してから有機化合物を真空蒸着により成膜した。

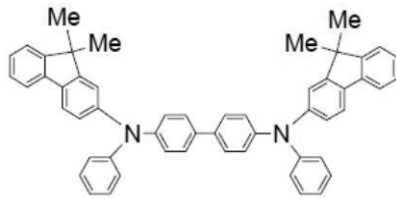
10

【 0 1 5 6 】

始めに、各画素に共通のホール輸送層 6 6 として下記構造式で示される化合物 [ I ] を、すべての画素に成膜した。この際の真空度は  $1 \times 10^{-4}$  P a 、蒸着レートは、 $0.2$  n m / s e c である。

【 0 1 5 7 】

【 化 2 】



20

化合物 [ I ]

【 0 1 5 8 】

次に、発光層として、シャドーマスクを用いて、赤色、緑色、青色それぞれの発光層を成膜した。赤色の発光層として、図 1 6 に示す P L スペクトルを示す赤色の発光層 6 7 を設けた。緑色の発光層として、図 1 7 に示す P L スペクトルを示す緑色の発光層 6 8 を設けた。青色の発光層として、図 2 に示す P L スペクトルを示す青色の発光層 6 9 を設けた。

30

【 0 1 5 9 】

更に各画素に共通の電子輸送層 7 0 としてバソフェナントロリン ( B p h e n ) を真空蒸着法にて形成した。蒸着時の真空度は  $1 \times 10^{-4}$  P a 、成膜速度は  $0.2$  n m / s e c の条件であった。

【 0 1 6 0 】

次に、各画素に共通の電子注入層 7 1 として、B p h e n と  $C s_2 C O_3$  を共蒸着 ( 重量比 9 0 : 1 0 ) して形成した。蒸着時の真空度は  $3 \times 10^{-4}$  P a 、成膜速度は  $0.2$  n m / s e c の条件であった。

40

【 0 1 6 1 】

続いて、各画素に共通の半透過層 7 2 として銀を真空蒸着法にて形成した。蒸着時の真空度は  $1 \times 10^{-4}$  P a 、成膜速度は  $0.2$  n m / s e c の条件で成膜した。

【 0 1 6 2 】

次に、この半透過層まで成膜した基板を、真空を破ること無しにスパッタ装置に移動し、各画素に共通の透明電極 7 3 として I T O を形成し、表示装置を得た。

【 0 1 6 3 】

この表示装置における、各画素の透明導電層、各有機化合物層、半透過層、透明電極の膜厚を表 1 5 にまとめて示す。

【 0 1 6 4 】

50

## 【表 1 5】

表 1 5 各層膜厚

	赤色発光画素	緑色発光画素	第 1 青色発光画素	第 2 青色発光画素
透明電極	34nm			
半透過層	10nm			
電子注入層	64nm			
電子輸送層	10nm			
発光層	50nm	50nm	36nm	
ホール輸送層	114nm	110nm	50nm	
透明導電層	74nm			184nm
反射層	100nm			

## 【 0 1 6 5】

10

この様にして得られた表示装置の色再現範囲（NTSC比）、視野角色ずれ量を表 1 8 に示す。また、この表示装置で白色（色度座標：0.32, 0.33, 輝度：300cd/m<sup>2</sup>）を表示した場合、視野角による相対輝度の変化を図 1 8 に示す。視野角色ずれ量は、正面から視認するときの視野角を 0°とし、視野角が 0°～50°の範囲で正面からの色ずれが最も大きいときの色ずれ量のことである。なお、視野角が 0°～50°の範囲での色ずれ量は、数 6 により算出される。この視野角色ずれ量が少ないほど、視野角による色みの変化が少ないと言える。

## 【 0 1 6 6】

## 【数 1】

$$\delta_{\theta} = \sqrt{(x_{\theta} - x_0)^2 + (y_{\theta} - y_0)^2} \quad (\text{数 6})$$

20

## 【 0 1 6 7】

x, y : 視野角  $\theta$  における CIE 色度座標、x<sub>0</sub>, y<sub>0</sub> : 視野角 0°（正面）における CIE 色度座標をそれぞれ示す。

## 【 0 1 6 8】

## &lt; 実施例 3 &gt;

本実施例は、第 4 の実施の形態に係る表示装置に対応するものである。本実施例では、1つの発光画素ユニットが、赤色、緑色、青色画素の 3 画素より構成されており、隣接画素ユニット間で青色発光画素の光学距離を異なる距離に設定した表示装置に関するものである。そのため本表示装置では、一方の発光画素ユニットを RGB と透明導電層 0nm、もう一方の発光画素ユニットでは、赤色、緑色画素で透明導電層 0nm、青色画素を 110nm とした。即ち、透明導電層の有無で光学距離の調整を行った。透明導電層は、スパッタリング法にて全ての発光画素に対して一律に 110nm の厚さで形成した後、レジストパターンを形成し、画素ユニット 2 の青色画素の領域をマスクし、その他の透明導電層をウエットエッチングにて除去することで形成した。続いて、ホール輸送層を、各発光画素ユニットに共通して、赤色画素 196nm、緑色画素 185nm、青色画素 127nm の膜厚で成膜した。それ以外は、実施例 2 の表示装置と同様に作成した。本実施例において、設定した各層の膜厚を、表 1 6 にまとめて示す。

30

## 【 0 1 6 9】

## 【表 1 6】

表 1 6 各層膜厚

	画素ユニット 1			画素ユニット 2		
	赤色画素	緑色画素	青色画素	赤色画素	緑色画素	青色画素
透明電極	34nm			34nm		
半透過層	10nm			10nm		
電子注入層	64nm			64nm		
電子輸送層	10nm			10nm		
発光層	50nm	50nm	36nm	50nm	50nm	36nm
ホール輸送層	196nm	185nm	127nm	196nm	185nm	127nm
透明導電層	0nm			なし		110nm
反射層	100nm			100nm		

40

## 【 0 1 7 0】

本実施例における、画素ユニット 1 と画素ユニット 2 の青色発光画素において、その正面の発光特性を表 1 7 に示す。表 1 7 より、本表示装置の青色画素は画素ユニットにより

50

発光効率が異なることが分かる。そのため、画素ユニット1と2に同一レベルの信号データを送ると、明るさに違いを生じる。そこで本表示装置では、あらかじめこの発光効率の差を見込み、各画素ユニットへ入力する映像信号を補正し、本表示装置を正面より視認した場合の輝度差を解消した。

【0171】

なお、画素ユニットを構成する画素数の関係より、本表示装置では、各画素の面積を実施例2に比べて4/3倍に拡大させた。

【0172】

【表17】

表17 発光効率、色度座標と発光スペクトルの半値幅

	発光効率 (cd/A)	色度座標		スペクトル半値幅
		CIE <sub>x</sub>	CIE <sub>y</sub>	
画素ユニット1	2.4	0.135	0.092	50nm
画素ユニット2	1.4	0.157	0.078	30nm
合成発光	3.7	0.144	0.088	50nm

10

【0173】

この様にして得られた表示装置の色再現範囲（NTSC比）、視野角色ずれ量を表18に示す。また、この表示装置で白色（色度座標：0.32, 0.33, 輝度：300cd/m<sup>2</sup>）を表示した場合、視野角による相対輝度の変化を図19に示す。

【0174】

（比較例3）

本比較例は、1つの発光画素ユニットを赤色、緑色、青色の3色、計3画素で形成し、各発光画素に従来の有機発光素子を適用させた表示装置である。画素ユニットを構成する画素数の関係から、各画素の開口面積を実施例2に比べて4/3倍に拡大させた。そして、青色発光画素には、先に比較例2で示した従来の青色発光素子を適用した。それ以外は、実施例2と同様にして表示装置を作成した。

20

【0175】

この様にして得られた表示装置の色再現範囲（NTSC比）、視野角色ずれ量を表18に示す。また、この表示装置で白色（色度座標：0.32, 0.33, 輝度：300cd/m<sup>2</sup>）を表示した場合、視野角による相対輝度の変化を図20に示す。

【0176】

【表18】

表18 色再現範囲と視野角色ずれ量

	色再現範囲 (NTSC比)	視野角色ずれ量 $\delta$
実施例2	72%	0.044
実施例3	72%	0.05
比較例3	48%	0.076

30

【0177】

図18、図19及び図20より、これら実施例2、実施例3と比較例3の表示装置の視野角による相対輝度変化のプロファイルは、均等拡散光源のそれとほぼ同一である。そのため、視野角をつけて表示装置を視認した場合も、正面より視認した時とほぼ同じ輝度として感じられるため、いずれの表示装置も広い視野角の表示装置と言える。

40

【0178】

一方、表示装置の色再現性についてみると、表18より、実施例2と実施例3の表示装置では、NTSC比の色再現範囲が72%、比較例3の表示装置では48%であった。本発明の表示装置が、従来の表示装置に比べてより広い色再現範囲を備えていることが分かる。

【0179】

また視野角による色ずれについてみると、実施例2及び実施例3で示した本発明の表示装置は、視野角の色ずれ量が0.05以下であり、従来の表示装置（比較例3）に比べて小さかった。本発明の表示装置は視野角による色みの変化が少ないと言える。

50

## 【0180】

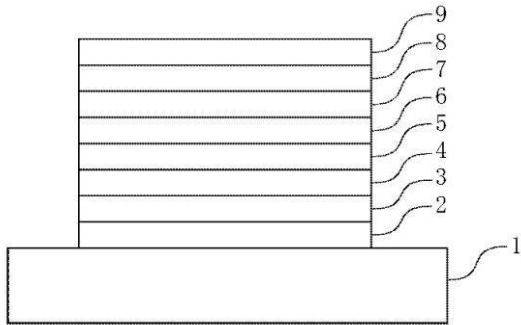
以上より、本発明の表示装置は、視野角による輝度の変化と色みの変化が少なく、また良好な色再現性を兼ね備えている。即ち本発明の表示装置は、広い視野角でありながら、優れた色再現を可能とする表示装置である。

## 【符号の説明】

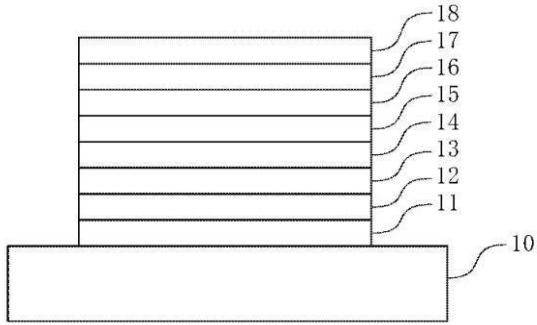
## 【0181】

- 20 基板
- 21 反射層
- 22、64 透明導電層
- 24 発光層
- 27、72 半透過層
- 28、73 透明電極
- 31 表示領域
- 32 画素ユニット
- 60 ガラス基板
- 63 反射性金属

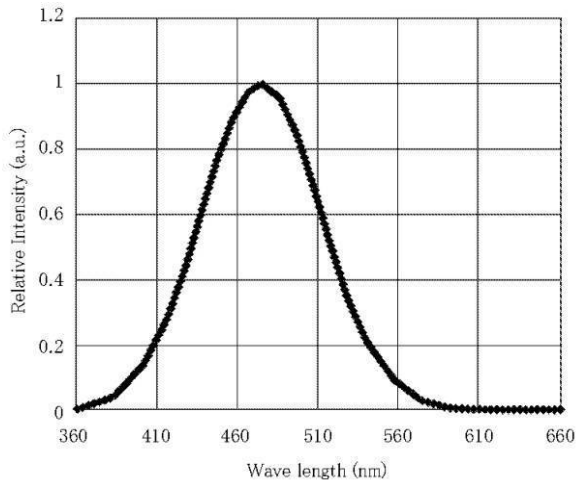
【 図 1 】



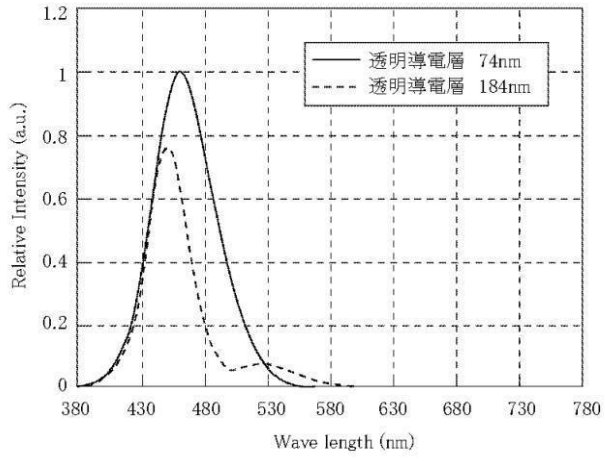
【 図 2 】



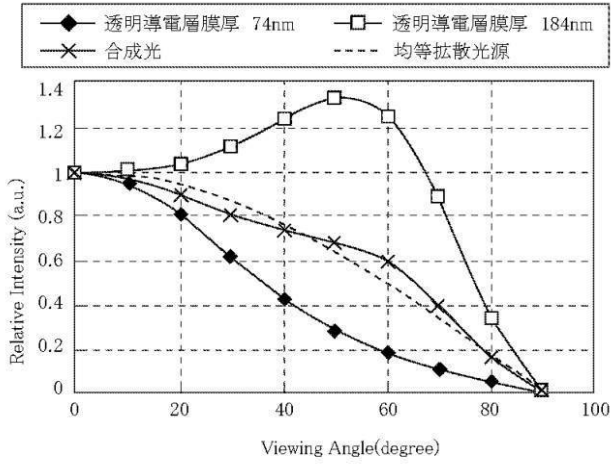
【 図 3 】



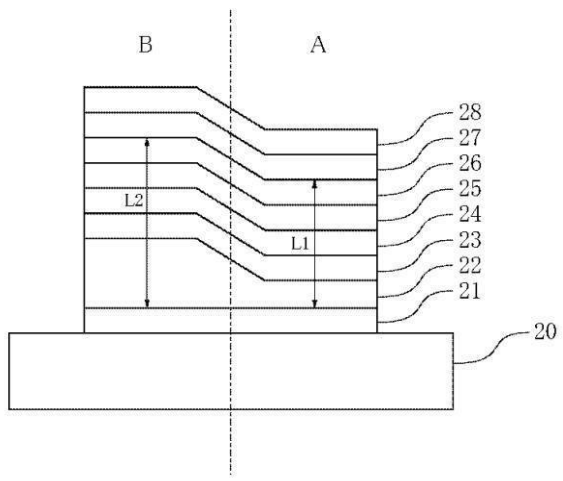
【 図 4 】



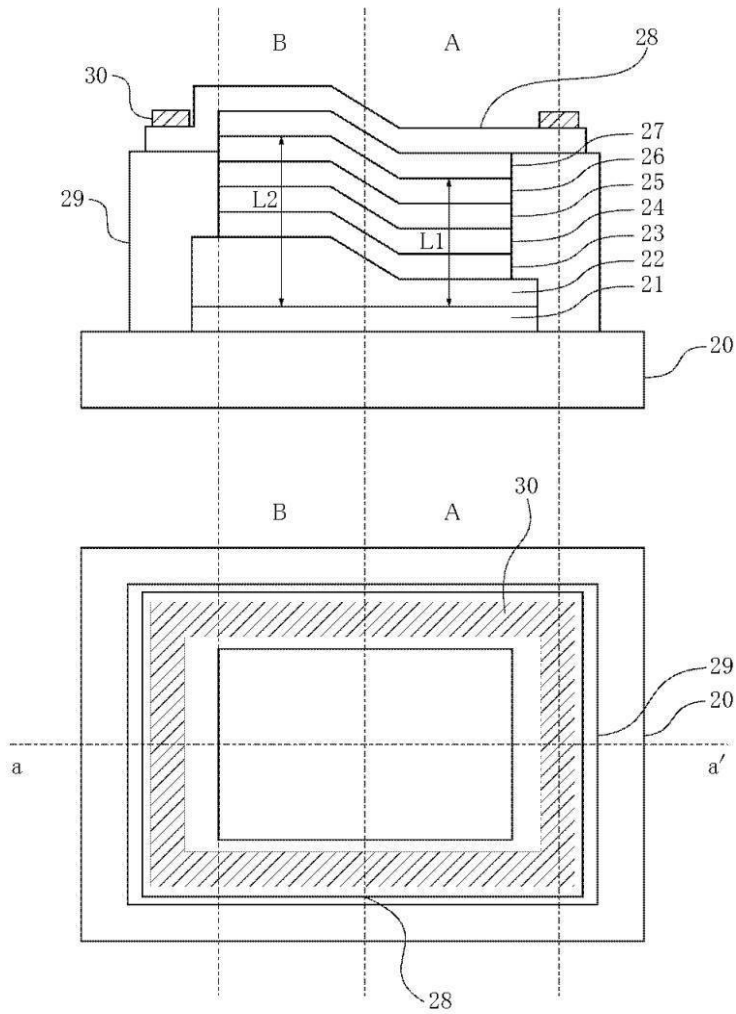
【 図 5 】



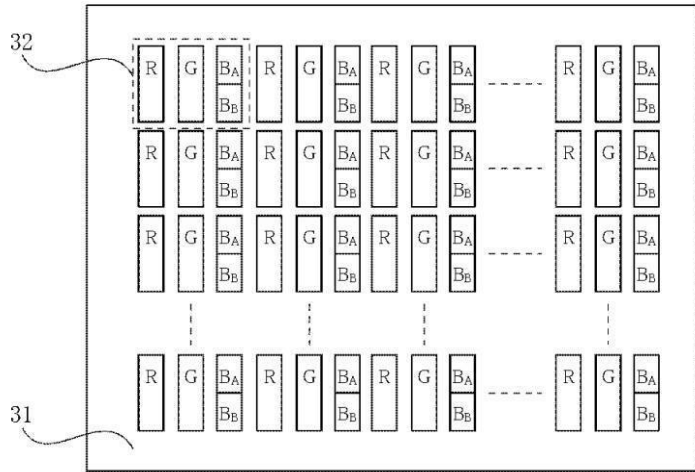
【 図 6 】



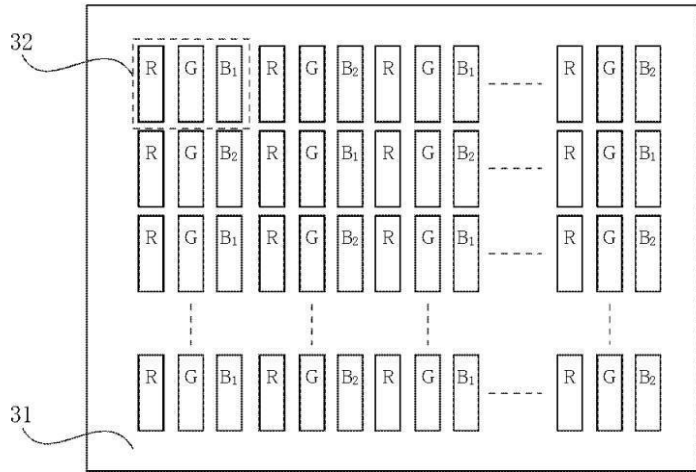
【 図 7 】



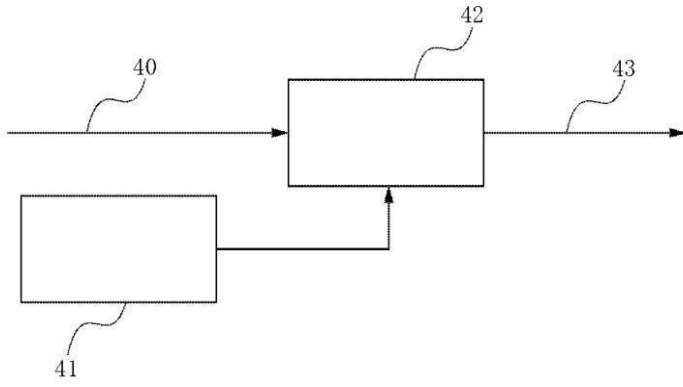
【 図 8 】



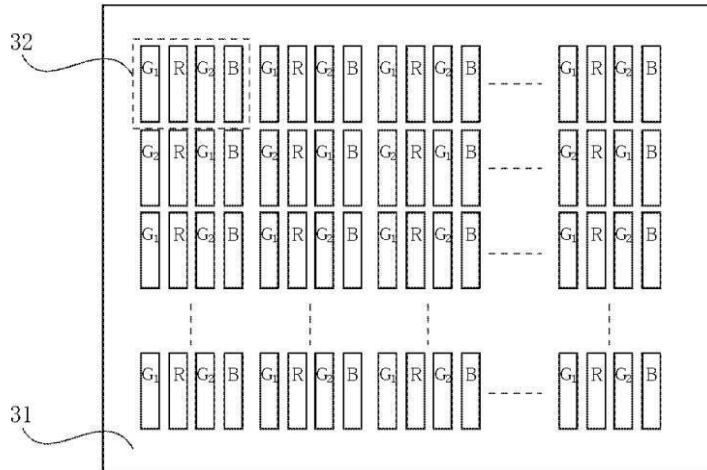
【 図 9 】



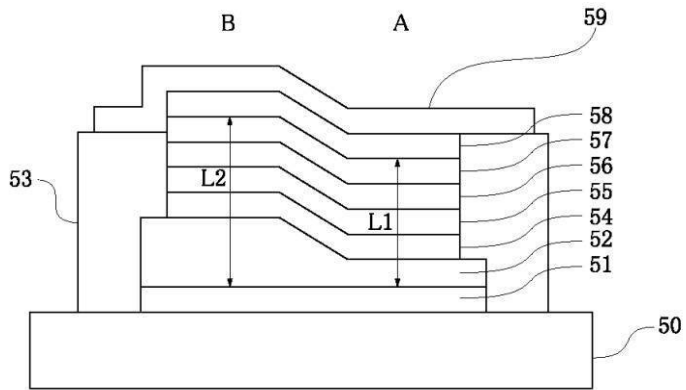
【図 10】



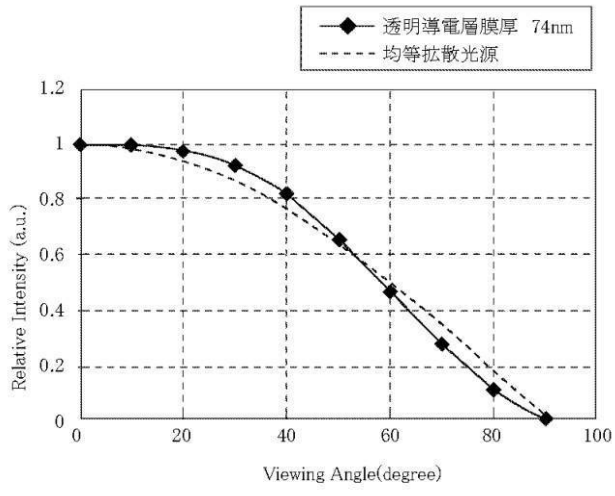
【 図 1 1 】



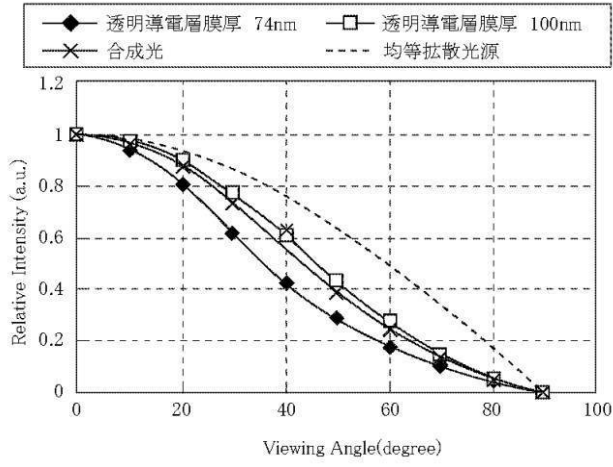
【 図 1 2 】



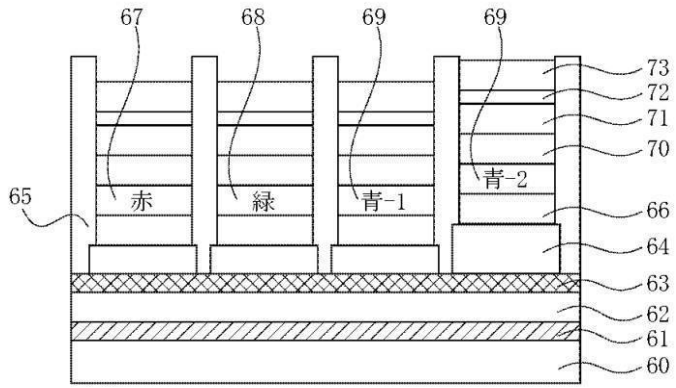
【 図 1 3 】



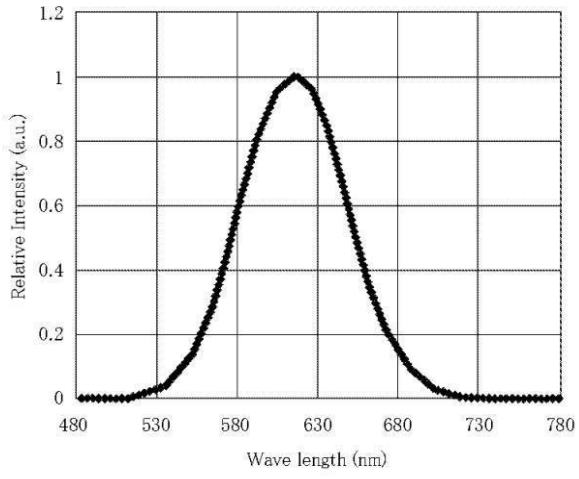
【 図 1 4 】



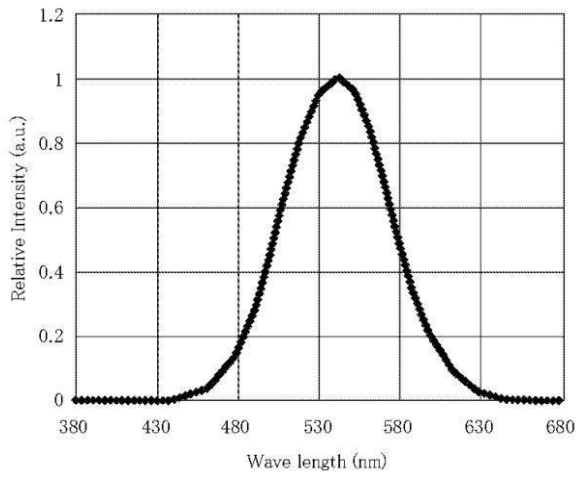
【 図 1 5 】



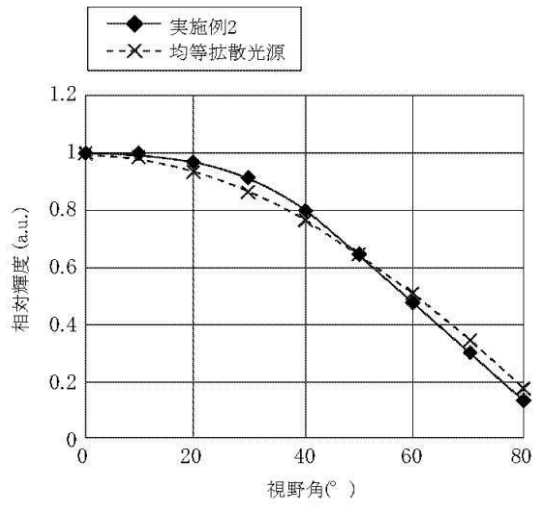
【 図 1 6 】



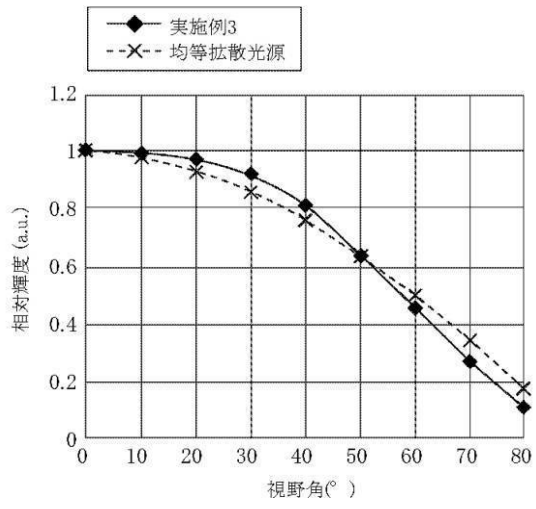
【 図 1 7 】



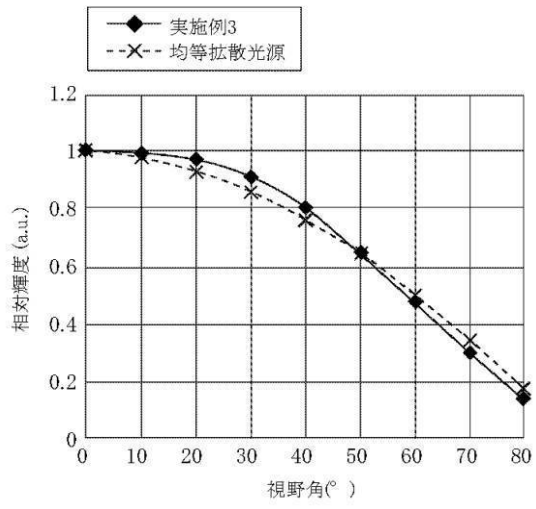
【 图 1 8 】



【图 19】



【 图 2 0 】



フロントページの続き

【要約の続き】

【選択図】 図6

专利名称(译)	<无法获取翻译>		
公开(公告)号	<a href="#">JP2009231274A5</a>	公开(公告)日	2012-04-05
申请号	JP2009035625	申请日	2009-02-18
[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	長谷川利則		
发明人	長谷川 利則		
IPC分类号	H05B33/24 H01L51/50 H05B33/12		
CPC分类号	H05B33/14 H01L51/006 H01L51/5209 H01L51/5265 H01L2251/558		
FI分类号	H05B33/24 H05B33/14.A H05B33/12.B		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC06 3K107/CC07 3K107/CC37 3K107/DD10 3K107/DD22 3K107/DD23 3K107/DD24 3K107/DD27 3K107/DD28 3K107/DD29 3K107/FF04 3K107/FF06 3K107/FF13		
代理人(译)	雄一Uchio		
优先权	2008046240 2008-02-27 JP		
其他公开文献	JP2009231274A		

摘要(译)

解决的问题：提供一种能够具有宽视角特性和出色的色彩再现性的有机发光器件。此外，提供了具有有机发光元件的显示装置。第一区域，其中在发光层的第一电极侧上的第一反射表面与在发光层的第二电极侧上的第二反射表面之间的光学距离相对短。以及具有相对较长的第二区域的有机发光器件，第一区域中的光学距离L1和第二区域中的光学距离L2是谐振波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 和 $\lambda_3$ ，第一反射表面和第二反射波长。设置为满足表达式1与被反射面反射时的相移之和的关系。(式1)  $\lambda_1 = 2 \cos t / (p - \phi t / 2\pi)$   $\lambda_2 = 2 \cos 2t / (q + 1 - \phi t / 2\pi)$   $\lambda_3 = 2L_2 \cos \alpha / (q - \phi t / 2\pi)$  (p和q是1或更大的独立整数， $\alpha \neq 0^\circ$ )  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$  [选择图]图6