

(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2011-204618

(P2011-204618A)

(43) 公開日 平成23年10月13日(2011.10.13)

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

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2010-73200 (P2010-73200)	(71) 出願人	306037311
(22) 出願日	平成22年3月26日 (2010.3.26)		富士フイルム株式会社
			東京都港区西麻布2丁目26番30号
		(74) 代理人	100107515
			弁理士 廣田 浩一
		(74) 代理人	100107733
			弁理士 流 良広
		(74) 代理人	100115347
			弁理士 松田 奈緒子
		(74) 代理人	100136858
			弁理士 池田 浩
		(72) 発明者	今田 有紀
			神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地
			富士フイルム株式会社内

最終頁に続く

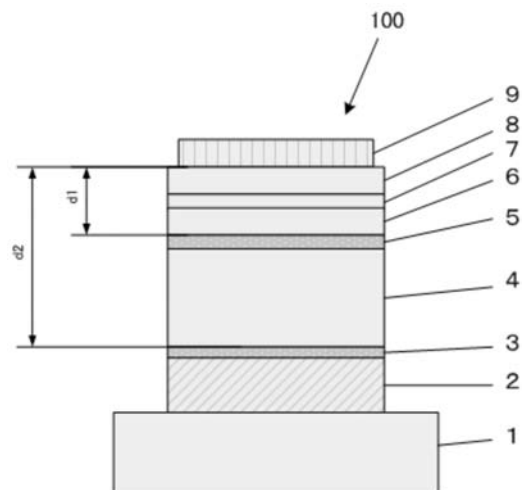
(54) 【発明の名称】 有機電界発光素子及びこれを使用した有機電界発光ディスプレイ

(57) 【要約】

【課題】優れた光取出し効率を有するとともに、有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応して色度変化を抑制することができる有機電界発光素子及びこの有機電界発光素子を使用した有機電界発光ディスプレイの提供。

【解決手段】本発明の有機電界発光素子は、第1の電極と、発光層と、半透過性の第2の電極と、中間層と、半透過層と、光透過層と、をこの順で少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記発光層から出射される光を前記第1の電極と前記第2の電極との間で共振させて出射させる第1の共振器構造と、前記光を前記第1の電極と前記半透過層との間で共振させて出射させる第2の共振器構造と、を有し、前記光透過層の厚みは、前記発光層から出射される光のピーク波長の $1/4$ の長さを t とし、前記光透過層の屈折率を n としたとき、 $0.9 \times t/n$ 以上 $1.1 \times t/n$ 以下である。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の電極と、発光層と、半透過性の第 2 の電極と、中間層と、半透過層と、光透過層と、をこの順で少なくとも有する有機電界発光素子であって、

前記発光層から出射される光を前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間で共振させて出射させる第 1 の共振器構造と、

前記光を前記第 1 の電極と前記半透過層との間で共振させて出射させる第 2 の共振器構造と、を有し、

前記光透過層の厚みは、前記発光層から出射される光のピーク波長の $1/4$ の長さを t とし、前記光透過層の屈折率を n としたとき、 $0.9 \times t/n$ 以上 $1.1 \times t/n$ 以下であることを特徴とする有機電界発光素子。

10

【請求項 2】

光透過層と該光透過層と隣接する層との屈折率差が、少なくとも 0.1 である請求項 1 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 3】

半透過層の材料が、金属である請求項 1 から 2 のいずれかに記載の有機電界発光素子。

【請求項 4】

金属が、銀、マグネシウム - 銀合金、及びアルミニウムから選択される少なくとも 1 種である請求項 3 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 5】

発光層が、少なくとも一種の燐光発光材料を含有する請求項 1 から 4 のいずれかに記載の有機電界発光素子。

20

【請求項 6】

有機電界発光素子が、ボトムエミッション型である請求項 1 から 5 のいずれかに記載の有機電界発光素子。

【請求項 7】

さらに、第 2 の電極と中間層との間に光透過層を有し、前記光透過層の厚みは、前記発光層から出射される光のピーク波長の $1/4$ の長さを t とし、前記光透過層の屈折率を n としたとき、 $0.9 \times t/n$ 以上 $1.1 \times t/n$ 以下である請求項 1 から 6 のいずれかに記載の有機電界発光素子。

30

【請求項 8】

発光層中の発光材料の発光スペクトルにおいて、正面共振波長は、発光スペクトルの短波長側から数えて 1 番目のピーク波長より短く、また、発光スペクトルが、 $\Delta\lambda < 25 \text{ nm}$ ($\Delta\lambda$ は下記一般式 (3) 参照) を満たす請求項 1 から 7 のいずれかに記載の有機電界発光素子。

$$\begin{aligned} \Delta\lambda &= \lambda(I_0) - \lambda(0.2 \times I_0) \\ \lambda(I_0) &> \lambda(0.2 \times I_0) \end{aligned} \quad \text{一般式 (3)}$$

但し、一般式 (3) 中、 $\lambda(I_0)$ は、正面共振波長、 I_0 は、その波長における発光強度を表し、 $\lambda(0.2 \times I_0)$ は、 $\lambda(I_0)$ の発光強度の 0.2 倍の発光強度となる波長を表す。

40

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれかに記載の有機電界発光素子をサブ画素とした赤色、緑色、青色の各単画素を有することを特徴とする有機電界発光ディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多重共振構造を有する有機電界発光素子（以下、「有機 EL 素子」と称することがある。）及びこれを使用した有機電界発光ディスプレイに関する。

50

【背景技術】

【0002】

有機電界発光素子は自発光型の表示装置であり、ディスプレイや照明の用途に用いられる。有機電界発光ディスプレイは、従来のCRTやLCDと比較して視認性が高い、視野角依存性がないといった表示性能の利点がある。また、ディスプレイを軽量化、薄層化できるといった利点もある。また、有機EL照明は、軽量化、薄層化という利点に加え、フレキシブル基板を用いることで、これまで実現できなかった形状の照明を実現できる可能性を持っている。

【0003】

このように有機電界発光素子は、優れた特徴を有するが、一般に、発光層を含め表示装置を構成する各層の屈折率は空気より高い。例えば、有機電界発光素子では、発光層などの有機薄膜層の屈折率は1.6～2.1である。このため、発光した光は界面で全反射しやすく、その光取出し効率は20%に満たない場合もあり、大部分の光を損失している。

例えば、一般的に知られる有機電界発光素子における有機電界発光表示部は、基板上に、一对の電極層の間に配される有機化合物層を備えて構成されている。該有機化合物層は、発光層を含み、有機電界発光素子は、該発光層から出射される光を光取出し面側から出射させている。

【0004】

しかしながら、この場合、光取出し面や電極層と有機化合物層の界面において、臨界角以上の光である全反射成分を取出すことができないため、光の取出し効率が低いという問題があった。

【0005】

このようなことから、光取出し効率を向上させるために、例えば、発光素子から放出される光を共振させる光共振層と、光共振層及び発光素子の間に介在する中間層とを有するマイクロキャビティ構造を有する有機電界発光素子が提案されている（特許文献1）。前記有機電界発光素子によれば、マイクロキャビティ構造でない有機電界発光素子と比較すると光取出し効率が向上する。

【0006】

しかしながら、前記有機電界発光素子では、光出射側の反射面を屈折率の異なる透明材を用いているので垂直入射付近の反射量を十分得ることができず、正面方向に対する光取出し効率の向上があまり見込めないといった問題があった。また、共振効果により、有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応して色が変動してしまう（色度変化）といった問題もあった。

【0007】

また、マイクロキャビティ構造を有する有機電界発光素子に関し、共振構造を2重に有する多重共振構造の有機電界発光素子が提案されている（特許文献2）。この有機電界発光素子は、全反射ミラーと、第1波長を選択的に反射する第1ハーフミラー層と、前記第1波長と異なる第2波長を選択的に反射する第2ハーフミラー層とを備え、これらで構成される第1共振部と第2共振部とで、それぞれ異なる基本波長に対して共振させることとしている。

前記有機電界発光素子は、第1共振部と第2共振部とにおける、異なる基本波長を合成し、例えば、青色（ λ_1 ）と橙色（ λ_2 ）とを示す基本波長の光を加法混色して白色発光させる。

【0008】

しかしながら、前記有機電界発光素子は、補色で白色を実現しているため、例えばカラーフィルターを用いた色選択手段を併用すると、有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応して色度変化が生じるという問題があった。

【0009】

このように、マイクロキャビティ構造を有する有機電界発光素子については、未だ光取出し効率の向上と色度変化の抑制効果は不十分であり、更なる改善が望まれているのが現

10

20

30

40

50

状である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2006-140130号公報

【特許文献2】特開2003-123987号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、従来における前記諸問題を解決し、以下の目的を達成することを課題とする。即ち、本発明は、優れた光取出し効率を有するとともに、有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応して生じる色度変化を抑制することができる有機電界発光素子、及びこの有機電界発光素子を使用した有機電界発光ディスプレイを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

前記課題を解決するための手段としては、以下の通りである。即ち、

<1> 第1の電極と、発光層と、半透過性の第2の電極と、中間層と、半透過層と、光透過層と、をこの順で少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記発光層から出射される光を前記第1の電極と前記第2の電極との間で共振させて出射させる第1の共振器構造と、前記光を前記第1の電極と前記半透過層との間で共振させて出射させる第2の共振器構造と、を有し、前記光透過層の厚みは、前記発光層から出射される光のピーク波長の $1/4$ の長さを t とし、前記光透過層の屈折率を n としたとき、 $0.9 \times t/n$ 以上 $1.1 \times t/n$ 以下であることを特徴とする有機電界発光素子である。

20

前記第1の電極から電子が前記発光層に注入され、前記第2の電極から正孔が前記発光層に注入され、前記発光層内で前記電子と前記正孔とが衝突される。前記電子と前記正孔とが衝突すると、前記発光層内の発光材料がエネルギーを得て励起状態となり、基底状態に戻るときに光が出射される。前記光の一部は、前記第1の電極と前記第2の電極との間で反射を繰り返して共振されて光が出射され、前記中間層、前記半透過層及び前記光透過層を経て外部へ出射される。

30

また、前記光の他の一部は、前記第1の電極と前記半透過層との間で反射を繰り返して共振されて光が出射され、前記中間層、前記半透過層及び前記光透過層を経て外部へ出射される。この構成のとき、光取出し効率は向上される。

前記光透過層は、厚みが前記発光層から出射される光のピーク波長の $4分の1$ の光学長とおおよそ等しくなる厚みであるので、前記構成による光取出し効率の向上に加えて、さらに光取出し効率が向上される。また、前記有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応して生じる色度変化も抑制される。

<2> 光透過層と該光透過層と隣接する層との屈折率差が、少なくとも 0.1 である前記<1>に記載の有機電界発光素子である。

<3> 半透過層の材料が、金属である前記<1>から<2>のいずれかに記載の有機電界発光素子である。

40

<4> 金属が、銀、マグネシウム-銀合金、及びアルミニウムから選択される少なくとも1種である前記<3>に記載の有機電界発光素子である。

<5> 発光層が、少なくとも一種の燐光発光材料を含有する前記<1>から<4>のいずれかに記載の有機電界発光素子である。

<6> 有機電界発光素子が、ボトムエミッション型である前記<1>から<5>のいずれかに記載の有機電界発光素子である。

<7> さらに、第2の電極と中間層との間に光透過層を有し、前記光透過層の厚みは、前記発光層から出射される光のピーク波長の $1/4$ の長さを t とし、前記光透過層の屈折率を n としたとき、 $0.9 \times t/n$ 以上 $1.1 \times t/n$ 以下である前記<1>から<6>のいずれかに記載の有機電界発光素子である。

50

< 8 > 発光層中の発光材料の発光スペクトルにおいて、正面共振波長は、発光スペクトルの短波長側から数えて１番目のピーク波長より短く、また、発光スペクトルが、下記一般式（３）を満たす前記< １ > から< ７ > のいずれかに記載の有機電界発光素子である。

$$\Delta \lambda = \lambda(I_0) - \lambda(0.2 \times I_0)$$

$$\lambda(I_0) > \lambda(0.2 \times I_0) \quad \text{一般式（３）}$$

但し、一般式（３）中、 $\lambda(I_0)$ は、正面共振波長、 I_0 は、その波長における発光強度を表し、 $\lambda(0.2 \times I_0)$ は、 $\lambda(I_0)$ の発光強度の 0.2 倍の発光強度となる波長を表す。

< ９ > 前記< １ > から< ８ > のいずれかに記載の有機電界発光素子をサブ画素とした赤色、緑色、青色の各単画素を有することを特徴とする有機電界発光ディスプレイである。

【発明の効果】

【００１３】

本発明によれば、従来における前記諸問題を解決でき、前記目的を達成することができ、優れた光取出し効率を有するとともに、有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応して生じる色度変化を抑制することができる有機電界発光素子、及びこの有機電界発光素子を使用した有機電界発光ディスプレイを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】図１は、本発明の有機電界発光素子の一例を示す概略断面図である。

【図２】図２は、本発明の有機電界発光素子の他の一例を示す概略断面図である。

【図３】図３は、発光層から出射される光のうち、第２の電極に反射されることなく透過する光の発光スペクトルの形状の一例を示したグラフである。

【図４】図４は、発光層から出射される光のうち、第２の電極に反射されることなく透過する光の発光スペクトルの形状の他の一例を示したグラフである。

【図５】図５は、本発明の有機電界発光ディスプレイの一例を示す概略断面図である。

【図６】図６は、実施例１～３及び比較例１～比較例２の色度の角度依存性の一例を示したグラフである。

【図７】図７は、 $\Delta u'v'$ 値と視野角との関係の一例を示すグラフである。

【図８】図８は、比較例１の視野角に依存した発光スペクトルを示すグラフである。

【図９】図９は、実施例１の視野角に依存した発光スペクトルを示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

（有機電界発光素子）

本発明の有機電界発光素子は、第１の電極と、発光層と、半透過性の第２の電極と、中間層と、半透過層と、光透過層と、をこの順で少なくとも有し、前記有機電界発光素子は、第１の共振器構造と第２の共振器構造とを有する。

また、必要に応じて、正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層などから選択される機能層を有し、その他必要に応じて、基板、バリア層、その他の部材などを有する。

【００１６】

- 第１の電極、第２の電極 -

前記第１の電極は反射電極から構成され、前記第２の電極は半透過電極から構成される。

【００１７】

前記第１の電極としては、前記発光層から出射される光を光取出し面側に反射させる機能を有する電極として構成される。

【 0 0 1 8 】

前記第 1 の電極の平均厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、50 nm 以上が好ましい。

前記平均厚みが、50 nm 未満であると、十分な光反射率を得られないことがある。

前記第 2 の電極の平均厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、10 nm 以上が好ましく、20 nm 以上がよりに好ましい。

前記平均厚みが、10 nm 未満であると、前記第 1 の電極から反射される光の一部を透過させるとともに、前記各光の他の一部を反射できないことがある。また、高抵抗な電極となり消費電力が上がってしまうことがある。

前記平均厚みとしては、例えば、触針式表面形状測定器（アルバック社製 D e k t a k など）や有機電界発光素子の F I B 法で作成した断面試料の電子顕微鏡（日立製作所製）写真を用いて前記第 1 の電極又は第 2 の電極の厚みを 10 点測定し、その平均値を平均厚みとする。

10

【 0 0 1 9 】

前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極としては、陽極及び陰極のいずれかとして形成され、それぞれの電極により、前記有機電界発光素子における陽極と陰極とを構成する。

【 0 0 2 0 】

- - 陽極 - -

前記陽極は、正孔注入層、正孔輸送層、発光層などに正孔を供給するものであり、金属、合金、金属酸化物などを用いることができ、好ましくは仕事関数が 4 e V 以上の材料である。

20

前記陽極を形成する材料としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、例えば、アルミニウム、金、銀、クロム、ニッケルなどが挙げられる。

【 0 0 2 1 】

前記陽極の形成方法としては、前記材料によって種々の方法が用いられるが、例えば、電子ビーム法、スパッタリング法、抵抗加熱蒸着法などの方法で形成される。

【 0 0 2 2 】

- - 陰極 - -

前記陰極は、電子注入層、電子輸送層、発光層などに電子を供給するものであり、電子注入層、電子輸送層、発光層などの陰極と隣接する層との密着性やイオン化ポテンシャル、安定性等を考慮して選ばれる。

30

前記陰極の材料としては、金属、合金、金属酸化物などを用いることができ、好ましくは、仕事関数が 4 e V 以下の材料である。

前記材料としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、金、銀、鉛、アルミニウム、ナトリウム - カリウム合金、リチウム - アルミニウム合金、マグネシウム - 銀合金、それらの混合金属などが挙げられる。

前記アルカリ金属としては、例えば、リチウム、ナトリウム、カリウム、それらのフッ化物などが挙げられる。

前記アルカリ土類金属としては、例えば、マグネシウム、カルシウム、それらのフッ化物などが挙げられる。

40

前記希土類金属としては、例えば、インジウム、イッテリビウムなどが挙げられる。

【 0 0 2 3 】

前記陰極の形成方法としては、材料によって種々の方法が用いられるが、例えば電子ビーム法、スパッタリング法、抵抗加熱蒸着法などの方法で形成される。

前記陽極及び陰極のシート抵抗は、低い方が好ましく、数百 $\Omega / \square$ 以下が好ましい。

【 0 0 2 4 】

- 発光層 -

前記発光層の材料としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、電界印加時に陽極又は正孔注入層、正孔輸送層から正孔を注入することができると共に、

50

陰極又は電子注入層、電子輸送層から電子を注入することができる機能や、注入された電荷を移動させる機能、正孔と電子の再結合の場を提供して発光させる機能を有する層を形成することができるものなどを用いることができる。

【0025】

前記発光層の平均厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる、1 nm ~ 5 μm が好ましく、5 nm ~ 1 μm がより好ましく、10 nm ~ 500 nm が特に好ましい。前記平均厚みとしては、例えば、断面の電子顕微鏡写真を用いて前記発光層の厚みを10点測定し、その平均値を平均厚みとすることができる。

【0026】

前記発光層としては、発光材料を含む。前記発光層としては、発光材料のみで構成されていてもよいし、ホスト材料と発光材料の混合層であってもよい（後者の場合、発光材料を「発光性ドーパント」もしくは「ドーパント」と称する場合がある。）。

前記発光材料としては、蛍光発光材料でも燐光発光材料であってもよく、2種以上が混合されていてもよいが、高い効率が得られるという点で燐光発光材料を用いることが好ましい。

【0027】

前記燐光発光材料としては、一般に、遷移金属原子又はランタノイド原子を含む錯体を挙げることができる。

該遷移金属原子としては、特に制限はなく、例えば、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、タングステン、レニウム、オスミウム、イリジウム、金、銀、銅、白金などが挙げられ、これらの中でも、レニウム、イリジウム、白金がより好ましく、イリジウム、白金が特に好ましい。

【0028】

前記錯体の配位子としては、例えば、G. Wilkinson 等著, Comprehensive Coordination Chemistry, Pergamon Press 社1987年発行、H. Yersin 著, 「Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds」 Springer-Verlag 社1987年発行、山本明夫著「有機金属化学 - 基礎と応用 - 」裳華房社1982年発行等に記載の配位子などが挙げられる。

【0029】

前記錯体は、化合物中に遷移金属原子を一つ有してもよいし、また、2つ以上有するいわゆる複核錯体であってもよい。異種の金属原子を同時に含有していてもよい。

【0030】

これらの中でも、前記燐光発光材料の具体例としては、例えば、US 6303238 B 1、US 6097147、WO 00/57676、WO 00/70655、WO 01/08230、WO 01/39234 A2、WO 01/41512 A1、WO 02/02714 A2、WO 02/15645 A1、WO 02/44189 A1、WO 05/19373 A2、WO 2004/108857 A1、WO 2005/042444 A2、WO 2005/042550 A1、特開2001-247859、特開2002-302671、特開2002-117978、特開2003-133074、特開2002-235076、特開2003-123982、特開2002-170684、EP 1211257、特開2002-226495、特開2002-234894、特開2001-247859、特開2001-298470、特開2002-173674、特開2002-203678、特開2002-203679、特開2004-357791、特開2006-93542、特開2006-261623、特開2006-256999、特開2007-19462、特開2007-84635、特開2007-96259等の特許文献に記載の燐光発光化合物などが挙げられる。これらの中でも、Ir 錯体、Pt 錯体、Cu 錯体、Re 錯体、W 錯体、Rh 錯体、Ru 錯体、Pd 錯体、Os 錯体、Eu 錯体、Tb 錯体、Gd 錯体、Dy 錯体、Ce 錯体が好ましく、Ir 錯体、Pt 錯体、Re 錯体がより好ましく、金属 - 炭素結合、金属 - 窒素結合、金属 - 酸素結合、金属 - 硫黄結合の少なくとも一つの

10

20

30

40

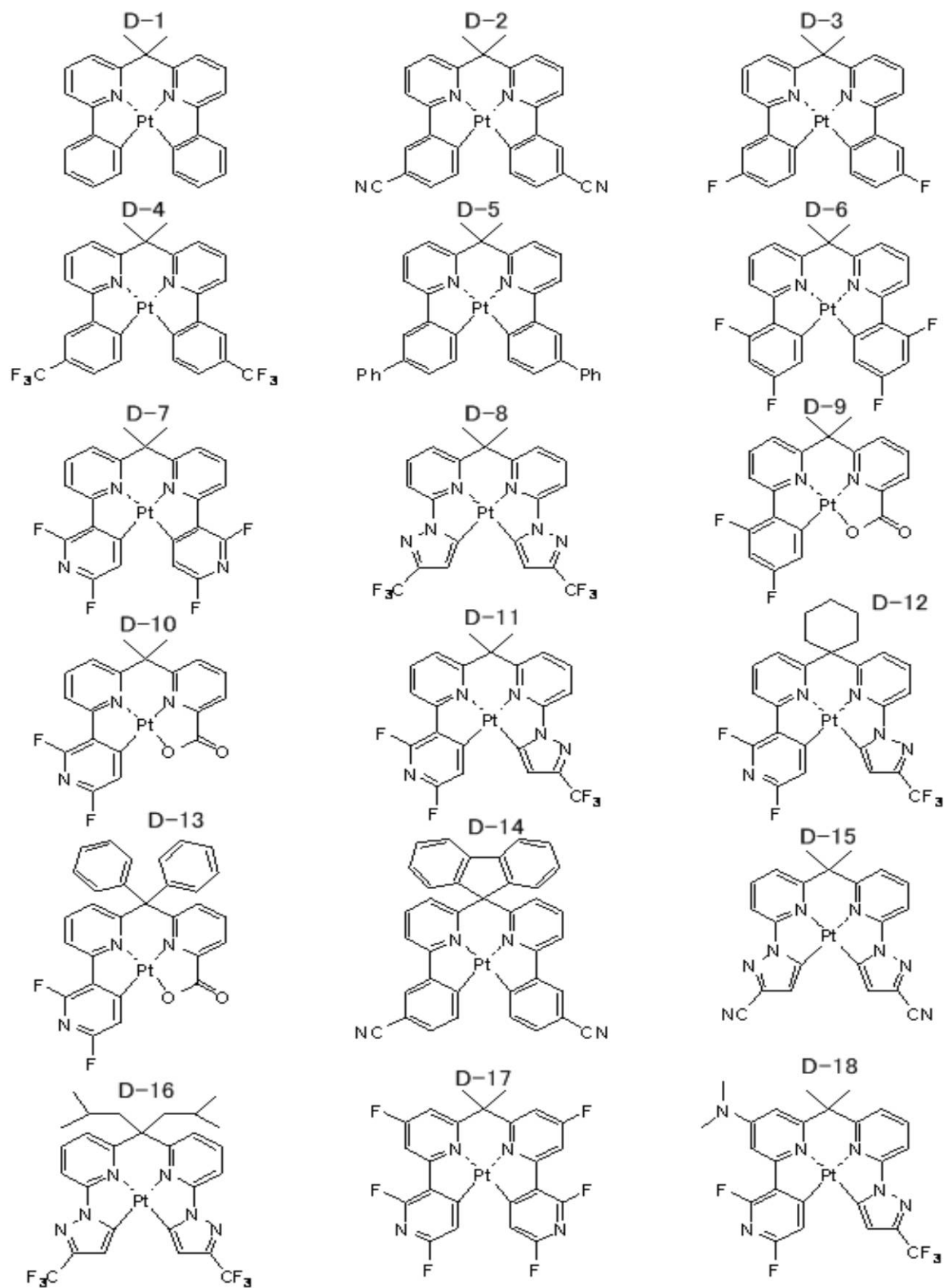
50

配位様式を含む I r 錯体、P t 錯体、R e 錯体が更に好ましく、発光効率、駆動耐久性、色度等の観点で、3 座以上の多座配位子を含む I r 錯体、P t 錯体、R e 錯体が特に好ましい。

【 0 0 3 1 】

本発明に用いる燐光発光材料の具体例として、以下の化合物が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【化 1】



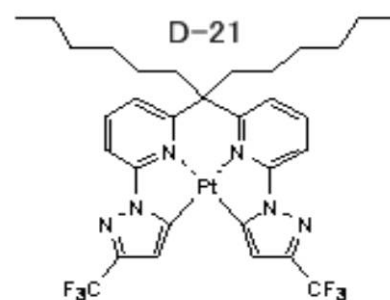
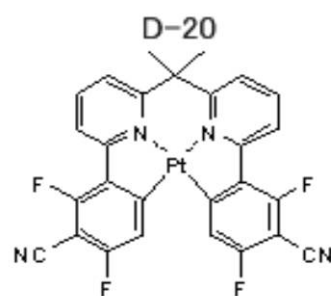
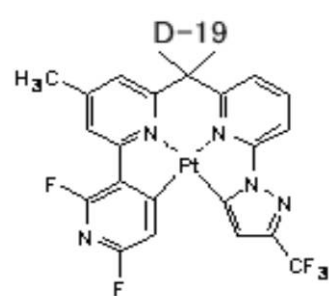
10

20

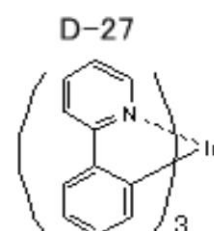
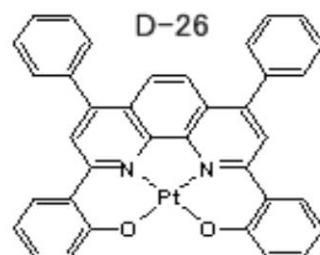
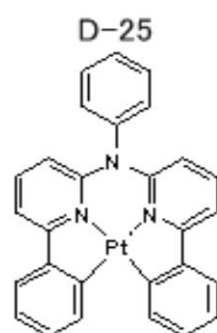
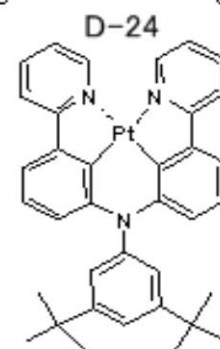
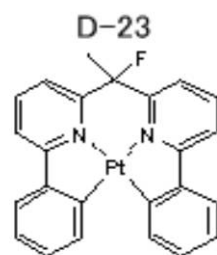
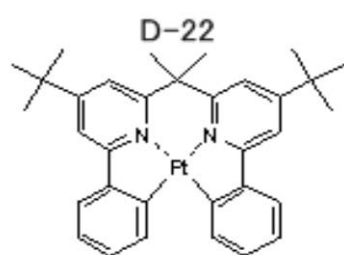
30

40

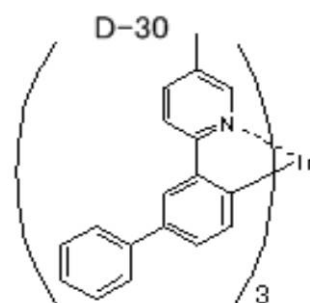
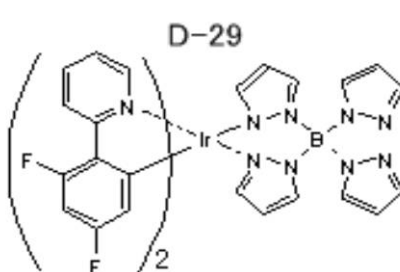
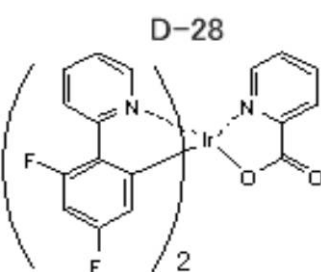
【化 2】



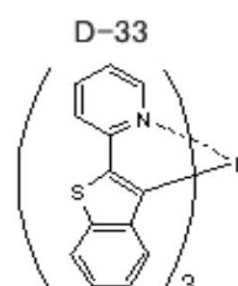
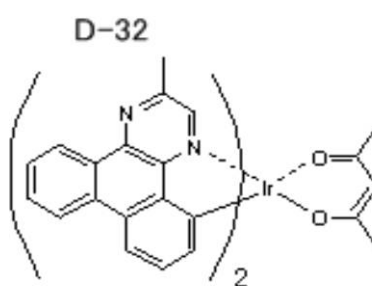
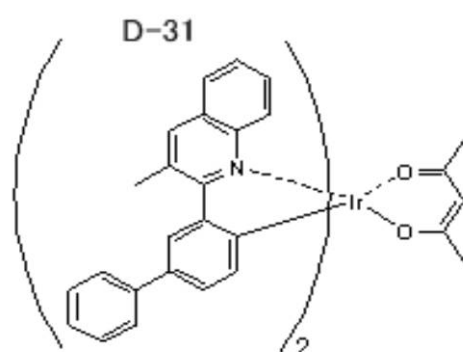
10



20

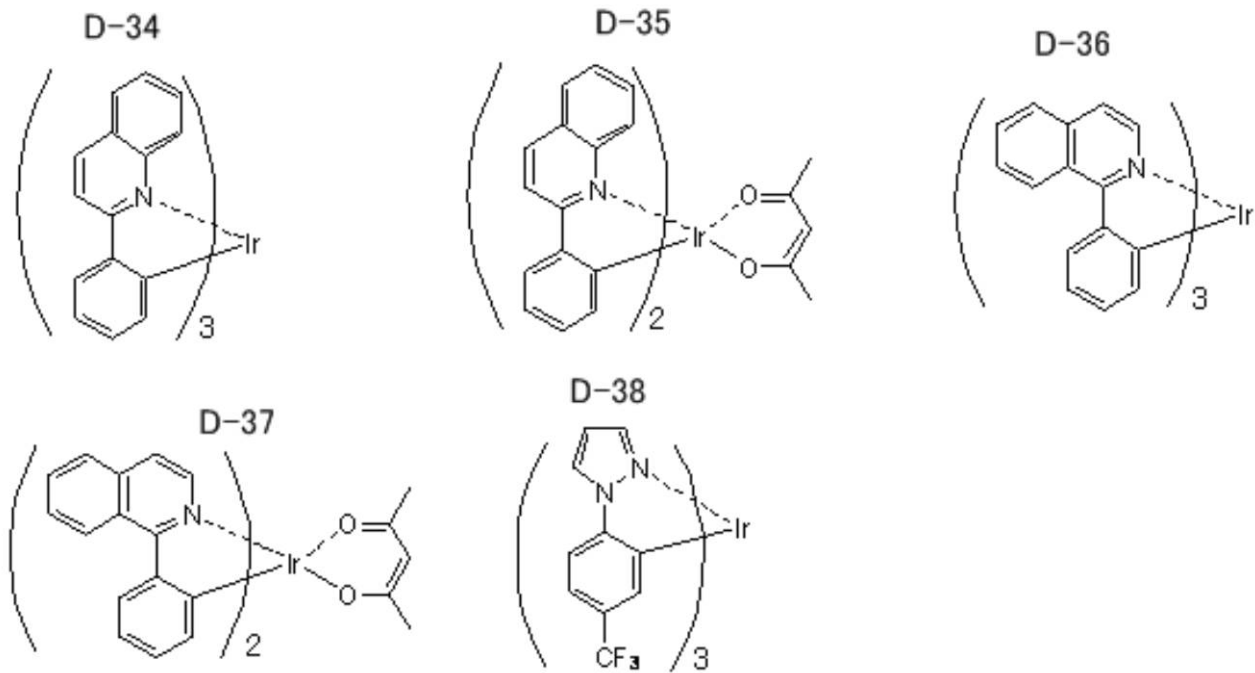


30



40

【化 3】



10

20

【0032】

前記発光材料の含有量としては、発光層中に一般的に発光層を形成する全化合物質量に対して、0.1質量%～50質量%含有されるが、耐久性、外部量子効率の観点から1質量%～50質量%含有されることが好ましく、2質量%～40質量%含有されることがより好ましい。

【0033】

前記ホスト材料としては、正孔輸送性に優れる正孔輸送性ホスト材料及び電子輸送性に優れる電子輸送性ホスト材料を用いることができる。

【0034】

前記正孔輸送性ホストとしては、例えば、以下の材料が挙げられる。即ち、ピロール、インドール、カルバゾール、アザインドール、アザカルバゾール、トリアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、ピラゾール、イミダゾール、チオフェン、ポリアリーールアルカン、ピラゾリン、ピラゾロン、フェニレンジアミン、アリーールアミン、アミノ置換カルコン、スチリルアントラセン、フルオレノン、ヒドラゾン、スチルベン、シラザン、芳香族第三級アミン化合物、スチリルアミン化合物、芳香族ジメチリデン系化合物、ポルフィリン系化合物、ポリシラン系化合物、ポリ(N-ビニルカルバゾール)、アニリン系共重合体、チオフェンオリゴマー、ポリチオフェン等の導電性高分子オリゴマー、有機シラン、カーボン膜、及び、それらの誘導体等が挙げられる。中でも、インドール誘導体、カルバゾール誘導体、芳香族第三級アミン化合物、チオフェン誘導体であることが好ましく、分子内にカルバゾール基を有するものがより好ましく、t-ブチル置換カルバゾール基を有する化合物が特に好ましい。

30

40

【0035】

前記電子輸送性ホスト材料としては、耐久性向上、駆動電圧低下の観点から、電子親和力E_aが2.5eV以上3.5eV以下であることが好ましく、2.6eV以上3.4eV以下であることがより好ましく、2.8eV以上3.3eV以下であることが特に好ましい。また、耐久性向上、駆動電圧低下の観点から、イオン化ポテンシャルI_pが5.7eV以上7.5eV以下であることが好ましく、5.8eV以上7.0eV以下であることがより好ましく、5.9eV以上6.5eV以下であることが特に好ましい。

【0036】

前記電子輸送性ホスト材料としては、例えば、以下の材料が挙げられる。即ち、ピリジ

50

ン、ピリミジン、トリアジン、イミダゾール、ピラゾール、トリアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、フルオレノン、アントラキノジメタン、アントロン、ジフェニルキノン、チオピランジオキシド、カルボジイミド、フルオレニリデンメタン、ジスチリルピラジン、フッ素置換芳香族化合物、ナフタレンペリレン等の複素環テトラカルボン酸無水物、フタロシアニン、及びそれらの誘導体（他の環と縮合環を形成してもよい）、B A l q などの 8 - キノリノール誘導体の金属錯体やメタルフタロシアニン、ベンゾオキサゾールやベンゾチアゾールを配位子とする金属錯体に代表される各種金属錯体等が挙げられる。

【 0 0 3 7 】

前記電子輸送性ホスト材料としては、金属錯体、アゾール誘導体（ベンズイミダゾール誘導体、イミダゾピリジン誘導体等）、アジン誘導体（ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体等）が好ましく、中でも、耐久性の点から、金属錯体化合物がより好ましい。金属錯体化合物（A）は、金属に配位する窒素原子、酸素原子及び硫黄原子の少なくともいずれかを有する配位子を有する金属錯体が好ましい。

10

【 0 0 3 8 】

金属錯体中の金属イオンは、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、ベリリウムイオン、マグネシウムイオン、アルミニウムイオン、ガリウムイオン、亜鉛イオン、インジウムイオン、錫イオン、白金イオン、又はパラジウムイオンであることが好ましく、ベリリウムイオン、アルミニウムイオン、ガリウムイオン、亜鉛イオン、白金イオン、又はパラジウムイオンがより好ましく、アルミニウムイオン、亜鉛イオン、又はパラジウムイオンが特に好ましい。

20

【 0 0 3 9 】

前記金属錯体中に含まれる配位子としては、種々の公知の配位子であればよく、例えば、「Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds」、Springer-Verlag 社、H. Yersin 著、1987 年発行、「有機金属化学 - 基礎と応用 -」、裳華房社、山本明夫著、1982 年発行等に記載の配位子が挙げられる。

【 0 0 4 0 】

前記配位子としては、含窒素ヘテロ環配位子（炭素数 1 ~ 30 が好ましく、炭素数 2 ~ 20 がより好ましく、炭素数 3 ~ 15 が特に好ましい）が好ましい。また、前記配位子としては、単座配位子であっても 2 座以上の配位子であってもよいが、2 座以上 6 座以下の配位子であることが好ましい。また、2 座以上 6 座以下の配位子と単座の混合配位子も好ましい。

30

【 0 0 4 1 】

前記配位子としては、例えば、アジン配位子（例えば、ピリジン配位子、ビピリジル配位子、ターピリジン配位子などが挙げられる。）、ヒドロキシフェニルアゾール配位子（例えば、ヒドロキシフェニルベンズイミダゾール配位子、ヒドロキシフェニルベンズオキサゾール配位子、ヒドロキシフェニルイミダゾール配位子、ヒドロキシフェニルイミダゾピリジン配位子などが挙げられる。）、アルコキシ配位子（例えば、メトキシ、エトキシ、ブトキシ、2 - エチルヘキシロキシなどが挙げられ、炭素数 1 ~ 30 が好ましく、炭素数 1 ~ 20 がより好ましく、炭素数 1 ~ 10 が特に好ましい。）、アリーロキシ配位子（例えば、フェニロキシ、1 - ナフチロキシ、2 - ナフチロキシ、2, 4, 6 - トリメチルフェニロキシ、4 - ビフェニロキシなどが挙げられ、炭素数 6 ~ 30 が好ましく、炭素数 6 ~ 20 がより好ましく、炭素数 6 ~ 12 が特に好ましい。）、ヘテロアリーロキシ配位子（例えば、ピリジルオキシ、ピラジロキシ、ピリミジロキシ、キノリロキシなどが挙げられ、炭素数 1 ~ 30 が好ましく、炭素数 1 ~ 20 がより好ましく、炭素数 1 ~ 12 が特に好ましい。）、アルキルチオ配位子（例えば、メチルチオ、エチルチオなどが挙げられ、炭素数 1 ~ 30 が好ましく、炭素数 1 ~ 20 がより好ましく、炭素数 1 ~ 12 が特に好ましい。）、アリールチオ配位子（例えば、フェニルチオなどが挙げられ、炭素数 6 ~ 30 が好ましく、炭素数 6 ~ 20 がより好ましく、炭素数 6 ~ 12 が特

40

50

に好ましい。)、ヘテロアリールチオ配位子(例えば、ピリジルチオ、2-ベンズイミゾリルチオ、2-ベンズオキサゾリルチオ、2-ベンズチアゾリルチオなどが挙げられ、炭素数1~30が好ましく、炭素数1~20がより好ましく、炭素数1~12が特に好ましい。)、シロキシ配位子(例えば、トリフェニルシロキシ基、トリエトキシシロキシ基、トリイソプロピルシロキシ基などが挙げられ、炭素数1~30が好ましく、炭素数3~25がより好ましく、炭素数6~20が特に好ましい。)、芳香族炭化水素アニオン配位子(例えば、フェニルアニオン、ナフチルアニオン、及びアントラニルアニオンなどが挙げられ、炭素数6~30が好ましく、炭素数6~25がより好ましく、炭素数6~20が特に好ましい。)、芳香族ヘテロ環アニオン配位子(例えば、ピロールアニオン、ピラゾールアニオン、ピラゾールアニオン、トリアゾールアニオン、オキサゾールアニオン、ベンゾオキサゾールアニオン、チアゾールアニオン、ベンゾチアゾールアニオン、チオフエンアニオン、及びベンゾチオフエンアニオンなどが挙げられ、炭素数1~30が好ましく、炭素数2~25がより好ましく、炭素数2~20が特に好ましい。)、インドレニンアニオン配位子などが挙げられ、含窒素ヘテロ環配位子、アリールオキシ配位子、ヘテロアリールオキシ基、シロキシ配位子などが好ましく、含窒素ヘテロ環配位子、アリールオキシ配位子、シロキシ配位子、芳香族炭化水素アニオン配位子、芳香族ヘテロ環アニオン配位子などがさらに好ましい。

10

【0042】

前記金属錯体電子輸送性ホストの例としては、例えば、特開2002-235076、特開2004-214179、特開2004-221062、特開2004-221065、特開2004-221068、特開2004-327313等に記載の化合物が挙げられる。

20

【0043】

前記ホスト材料の三重項最低励起準位(T1)としては、前記燐光発光材料のT1より高いことが色純度、発光効率、駆動耐久性の点で好ましい。

【0044】

また、前記ホスト材料の含有量としては、特に制限されるものではないが、発光効率、駆動電圧の観点から、発光層を形成する全化合物質量に対して15質量%以上95質量%以下であることが好ましい。

【0045】

前記発光層の形成方法としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば抵抗加熱蒸着、電子ビーム、スパッタリング、分子積層法、コーティング法、LB法などの方法が挙げられる。これらの中でも、抵抗加熱蒸着、コーティング法が特に好ましい。

30

前記コーティング法としては、例えば、スピンコート法、キャスト法、ディップコート法などが挙げられる。

【0046】

- 正孔注入層、正孔輸送層 -

前記正孔注入層及び正孔輸送層の材料としては、陽極から正孔を注入する機能、正孔を輸送する機能、陰極から注入された電子を障壁する機能のいずれかを有しているものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

40

前記正孔注入層及び正孔輸送層の材料としては、例えば、カルバゾール誘導体、トリアゾール誘導体、オキサゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、ポリアリーラルカン誘導体、ピラゾリン誘導体、ピラズロン誘導体、フェニレンジアミン誘導体、アリールアミン誘導体、アミノ置換カルコン誘導体、スチリルアントラセン誘導体、フルオレノン誘導体、ヒドラゾン誘導体、スチルベン誘導体、シラザン誘導体、芳香族第三級アミン化合物、スチリルアミン化合物、芳香族ジメチリディン系化合物、ポルフィリン系化合物、ポリシラン系化合物、ポリ(N-ビニルカルバゾール)誘導体、アニリン系共重合体、チオフエンオリゴマー、ポリチオフエン等の導電性高分子オリゴマーなどが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよく、2種以上を併用してもよい。

50

【 0 0 4 7 】

前記正孔注入層及び正孔輸送層としては、前記材料の 1 種又は 2 種以上からなる単層構造であってもよいし、同一組成又は異種組成の複数層からなる多層構造であってもよい。

前記正孔注入層及び正孔輸送層の形成方法としては、例えば、真空蒸着法、LB 法、正孔注入剤及び正孔輸送剤を溶媒に溶解又は分散させてコーティングする方法（スピンコート法、キャスト法、ディップコート法など）が用いられる。コーティング法の場合、樹脂成分と共に溶解乃至分散することができる。

前記樹脂成分としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、ポリ塩化ビニル樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂、ポリブチルメタクリレート樹脂、ポリエステル樹脂、ポリスルホン樹脂、ポリフェニレンオキシド樹脂、ポリブタジエン、ポリ（N - ビニルカルバゾール）樹脂、炭化水素樹脂、ケトン樹脂、フェノキシ樹脂、ポリアミド樹脂、エチルセルロース、酢酸ビニル樹脂、ABS 樹脂、ポリウレタン樹脂、メラミン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂などが挙げられる。これらは、1 種単独で使用してもよく、2 種以上を併用してもよい。

前記正孔注入層及び正孔輸送層の厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば 1 nm ~ 5 μm が好ましく、5 nm ~ 1 μm がより好ましく、10 nm ~ 500 nm が特に好ましい。前記平均厚みとしては、例えば、断面の電子顕微鏡写真を用いて前記正孔注入層又は正孔輸送層の厚みを 10 点測定し、その平均値を平均厚みとすることができる。

【 0 0 4 8 】

- 電子注入層、電子輸送層 -

前記電子注入層及び電子輸送層の材料としては、陰極から電子を注入する機能、電子を輸送する機能、陽極から注入された正孔を障壁する機能のいずれかが有しているものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

前記電子注入層及び電子輸送層の材料としては、例えば、トリアゾール誘導体、オキサゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、フルオレノン誘導体、アントラキノジメタン誘導体、アントロン誘導体、ジフェニルキノン誘導体、チオピランジオキシド誘導体、カルボジイミド誘導体、フルオレニリデンメタン誘導体、ジスチリルピラジン誘導体、ナフタレンペリレン等の複素環テトラカルボン酸無水物、フタロシアニン誘導体、8 - キノリノール誘導体の金属錯体やメタルフタロシアニン、ベンゾオキサゾールやベンゾチアゾールを配位子とする金属錯体に代表される各種金属錯体などが挙げられる。これらは、1 種単独で使用してもよく、2 種以上を併用してもよい。

【 0 0 4 9 】

前記電子注入層及び電子輸送層としては、前記材料の 1 種又は 2 種以上からなる単層構造であってもよいし、同一組成又は異種組成の複数層からなる多層構造であってもよい。

前記電子注入層及び電子輸送層の形成方法としては、例えば真空蒸着法や LB 法、電子注入剤及び電子輸送剤を溶媒に溶解乃至分散させてコーティングする方法（スピンコート法、キャスト法、ディップコート法など）などが用いられる。コーティング法の場合、樹脂成分と共に溶解乃至分散することができ、前記樹脂成分としては、例えば、正孔注入層及び正孔輸送層の場合に例示したものが適用できる。

前記電子注入層及び電子輸送層の厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、1 nm ~ 5 μm が好ましく、5 nm ~ 1 μm がより好ましく、10 nm ~ 500 nm が特に好ましい。前記平均厚みとしては、例えば、断面の電子顕微鏡写真を用いて前記電子注入層又は電子輸送層の厚みを 10 点測定し、その平均値を平均厚みとすることができる。

【 0 0 5 0 】

- 中間層 -

前記中間層としては、前記第 2 の電極の光取出し面側に有し、入射される光の光路長である、該中間層内を進行する光の長さを調整する機能を有する。

前記中間層としては、前記機能を有するものであれば特に制限はなく、例えば、第 1 の電極と半透過層で反射するときの位相差の和が 2π の整数倍であるとき、前記第 1 の電極から前記半透過層までの光路長を、発光層における発光ピーク波長を λ としたとき、 $\lambda/2$ の整数倍となるように調整するものなどが挙げられる。

前記中間層としては、このような態様であれば、形状、構造、大きさ等について、特に制約はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

【0051】

前記中間層の材料としては、入射光の波長や光強度に有意な影響を与えないものであれば、特に制限はなく、光学的に透明な無機及び有機の各種の材料、例えば、ポリアクリレート、ポリメタクリル酸メチル、ポリイミドなどの透明樹脂が挙げられる。

10

前記中間層の形成方法としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる、例えば、電子ビーム法、スパッタリング法、抵抗加熱蒸着法、スピンコート法、スプレーコート法、インクジェット法などの方法が挙げられる。

【0052】

前記中間層の厚みとしては、所定の波長の光が観察する角度による色度変化を抑制できるように調整され、具体的には、下記一般式(1)及び一般式(2)より、第 1 の電極と中間層との間に挟持される材料の屈折率とその組成、厚みなどによって決定される。

【0053】

【数 1】

20

$$nd_1 = \frac{(2\pi m - \phi_0(\theta) - \phi_1(\theta))\lambda_1}{4\pi \cos \theta} = \frac{(2\pi m - \phi_0(0) - \phi_1(0))\lambda_1}{4\pi} \quad \theta = 0^\circ \quad \text{一般式 (1)}$$

但し、 n は、各層の屈折率を表し、 d_1 は、前記第 1 の電極の発光層側表面と前記第 2 の電極の該発光層側表面との間の距離を表し、 m は、次数を表し、 ϕ_0 は、第 1 の電極での反射位相ずれ量を表し、 ϕ_1 は、第 2 の電極での反射位相ずれ量を表し、 ϕ_2 は、半透過層での反射位相ずれ量を表し、 λ_1 は、発光させる光のピーク波長を表す。

【数 2】

30

$$nd_2 = \frac{(2\pi m - \phi_0(\theta) - \phi_2(\theta))\lambda_1}{4\pi \cos \theta} = \frac{(2\pi m - \phi_0(45^\circ) - \phi_2(45^\circ))\lambda_1}{4\pi \cos 45^\circ} \quad \theta = 45^\circ \quad \text{一般式 (2)}$$

但し、 n は、各層の屈折率を表し、 d_2 は、前記第 1 の電極の発光層側の表面と前記中間層の前記発光層側の表面との間の距離を表し、 m は、次数を表し、 ϕ_0 は、第 1 の電極での反射位相ずれ量を表し、 ϕ_1 は、第 2 の電極での反射位相ずれ量を表し、 ϕ_2 は、半透過層での反射位相ずれ量を表し、 λ_1 は、発光させる光のピーク波長を表す。

【0054】

前記一般式(1)は、波長 λ_1 の光を正面方向 ($\theta = 0^\circ$) から観察したときの共振条件を表す。前記正面方向とは、前記基板から前記発光層へ垂線を引き、この方向から見た視野角 (θ) が 0° のときをいう。

40

前記一般式(2)は、波長 λ_1 の光を 45° 方向 ($\theta = 45^\circ$) から観察したときの共振条件を表す。前記 45° 方向とは、前記基板から前記発光層へ垂線を引き、この方向の視野角 (θ) を 0° としたとき、視野角 (θ) が 45° のときをいう。

【0055】

前記中間層の厚みを、前記一般式(1)及び一般式(2)の関係を満たすようにすることで、有機電界発光素子に対する観察者の位置を 45° (視野角 45°) のような高角度側にシフト (移動) させても、高角度からの観察に対する距離 d_2 の共振器長の作用で、引き続き高角度側においても波長 λ_1 の光が放射される。

前記基板の正面方向では、距離 d_1 の共振器長により共振効果を得た波長 λ_1 が取り出されるが、有機電界発光素子に対する観察者の位置が高角度側へシフトしていくと、共振

50

波長は、短波長側へシフトしていく。そうすると、距離 d_1 による共振効果は小さくなっていくので、光強度は小さくなっていく。

しかし、前記有機電界発光素子に対する観察者の位置が前記有機電界発光素子の面に近づくような高角度側においては、前記一般式(2)において、距離 d_2 が波長 λ_1 の共振器長を満たすような関係にあることから、距離 d_2 による共振効果により再び波長 λ_1 光が強め合い取り出されるので、有機電界発光素子に対する観察者の位置を変えてもスペクトル変化量を抑制することができる。

【0056】

但し、スペクトルのピークまたは色度の角度変化量は、図3及び図4に一例を示したように、発光材料の発光スペクトルの形に依存する。共振波長は、例えば、図8に示すように、視野角が大きくなるにつれて、短波長へシフトしていく。発光材料は、短波長側からも発光していることから、短波長側での発光強度が強めあうこととなり、視野角依存特性(観察者の位置に対応した色度変化)が変わる。そのため、正面共振波長は、前記発光スペクトルの短波長側から数えて1番目のピーク波長より、短い波長に合わせることが好ましい。発光材料のピーク波長の光強度を1とし、前記ピーク波長よりも短波長側であって、光強度が0.2となるまでの前記発光スペクトルの短波長側の傾斜を以下の一般式(3)で表現することができる。

$$\begin{aligned} \Delta \lambda &= \lambda(I_0) - \lambda(0.2 \times I_0) \\ \lambda(I_0) &> \lambda(0.2 \times I_0) \end{aligned} \quad \text{一般式(3)}$$

一般式(3)中、 $\lambda(I_0)$ は、正面共振波長、 I_0 は、その波長における発光強度を表し、 $\lambda(0.2 \times I_0)$ は、 $\lambda(I_0)$ の発光強度の0.2倍の発光強度となる波長を表す。

なお、光強度が0.2となるまでの $\Delta \lambda$ と定義したのは、0.2以下では発光成分のS/N比が悪くなり、ノイズが多くなるからである。

【0057】

前記一般式(3)中の $\Delta \lambda$ が小さいと色度変化を抑えることができる。 $\Delta \lambda$ は、図3、図4に示すように、発光スペクトルのピーク波長よりも短波長側の傾斜を表す。 $\Delta \lambda$ が小さいほど、図3に示すように傾斜が急になり、 $\Delta \lambda$ が大きいほど、図4に示すように傾斜が緩やかになる。

$\Delta \lambda$ が大きいと、視野角が変化(有機電界発光素子に対する観察者の位置が変化)しても共振できる発光成分が多く存在するため、短波長側で発光強度が強めあうこととなり、視野角依存特性が変わる。

発明者らの鋭意研究の成果により、本発明の有機電界発光素子では、 $\Delta \lambda$ を25nm未満とすると、色味の変化が抑制され、ディスプレイとしての性能を満たすことを知見した。

前記色度変化としては、図7に示すように、 $\Delta u'v'$ 値を用いる。前記色度変化としては、正面(視野角0°)での $u'v'$ 値からの角度毎の変化量で表す。ディスプレイなど表示デバイスにおいては、一般的に $\Delta u'v'$ 値が0.02を超えると好ましくないことが知られている。

例えば、赤色(図7中、 $\Delta \lambda = 25\text{nm}$ (共振波長が短波長側))では、 $\Delta \lambda < 25\text{nm}$ において、色度変化の指標 $\Delta u'v'$ を視野角0~80°の範囲で測ると、0.02以下に色度変化量を抑えられている。また、図7に示すように、青色(図7中、 $\Delta \lambda = 20\text{nm}$)や緑色(図7中、 $\Delta \lambda = 15\text{nm}$)でも同様に効果が得られる。なお、発光スペクトルのピーク波長よりも長波長側に共振波長を設定すると、図7に示すように、 $\Delta u'v'$ 値が0.02を超えてしまう。このように、共振波長をピーク波長よりも短波長側にし、 $\Delta \lambda$ を25nm未満とすることで、色度変化を抑制することができる。

【0058】

具体的には、前記中間層の平均厚みとしては、前記発光層から出射される光の色により

変えることができ、例えば、赤色の場合以下のように決定される。

正面方向へ取り出される光のピーク波長を 620 nm としたとき、発光層などを含む第 1 の共振器構造の厚みの合計が一般式 (1) に従って、 324 nm となり、中間層媒体の屈折率を 1.8 としたとき、第 2 の共振器構造の厚みを一般式 (2) に従って求めると、 465 nm となる。

したがって、その差分から第 2 の電極の平均厚みを差し引いた厚みが中間層の平均厚みとなり、この場合 130 nm が最適となる。

前記中間層においては、発光スペクトルがブロードなため $\pm 5\text{ nm}$ 程度は許容誤差範囲である。視野角に依存したピーク波長シフトを抑える角度域を 45° 方向よりも低角側に設定してもよく、 40° 方向で一般式 (2) に従うと、中間層の平均厚みは、 90 nm となる。これ以上低角にすると、ピーク波長シフトが高角側で大きくなり、高視野角の色味を損なう問題がでてくる。

したがって、この場合、中間層の厚みは、 $85 \sim 135\text{ nm}$ が好ましく、 $125 \sim 135\text{ nm}$ がより好ましい。

前記平均厚みが、 85 nm 未満であったり、 135 nm を超えると、観察者の位置によっては色度変化や色ずれが大きくなったり、効率の向上が少なく、本発明の効果が得られないことがある。前記平均厚みとしては、例えば、断面の電子顕微鏡写真を用いて前記中間層の厚みを 10 点測定し、その平均値を平均厚みとすることができる。

【0059】

また、緑色、及び青色の場合も、赤色の場合と同様の原理で平均厚みを求めることができる。

【0060】

- 半透過層 -

前記半透過層は、前記中間層と前記光透過層との間に有し、前記発光層から出射される光及び前記第 1 の電極から反射される光の一部を透過させるとともに、前記各光の他の一部を反射させる機能を有する。

【0061】

前記半透過層の材料としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、例えば、金属などが挙げられる。

前記金属としては、例えば、銀、マグネシウム - 銀合金、アルミニウムなどが挙げられる。

前記半透過層の形成方法としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、電子ビーム法、スパッタリング法、抵抗加熱蒸着法などの方法が挙げられる。

【0062】

前記半透過層の平均厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、 $3\text{ nm} \sim 50\text{ nm}$ が好ましく、 $5\text{ nm} \sim 40\text{ nm}$ がより好ましく、 $10\text{ nm} \sim 30\text{ nm}$ が特に好ましい。

前記平均厚みが、 3 nm 未満であると、反射率が低いため、本発明の効果が得られないことがあり、 10 nm を超えると、透過率が低いため、本発明の効果が得られないことがある。前記平均厚みとしては、例えば、断面の電子顕微鏡写真を用いて前記半透過層の厚みを 10 点測定し、その平均値を平均厚みとすることができる。

【0063】

また、前記半透過層の平均厚みとしては、光学距離 d_1 の共振効果を高めるために前記第 2 の電極よりも平均厚みを薄くすることが好ましい。前記半透過層の平均厚みと前記第 2 の電極との平均厚みの比 (半透過層の平均厚み / 第 2 の電極の平均厚み) としては、 $0.1 \sim 2$ が好ましく、 $0.2 \sim 1.5$ がより好ましく、 $0.4 \sim 1$ が特に好ましい。

前記平均厚みの比が、 0.1 未満であると、反射率が不十分で、本発明の効果が得られないことがあり、 2 を超えると、目的とする波長が強められない、もしくは高角側から見たときの色度抑制効果が得られないことがある。

【0064】

- 光透過層 -

前記光透過層は、基板と、前記半透過層との間に少なくとも有し、前記半透過層と基板界面との反射光の位相を打ち消し、前記基板への光の透過量を増大させ、併せて観察する角度による色度変化を抑制する機能を有する。

前記光透過層としては、このような機能を有すれば、形状、構造、大きさ等について、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

【0065】

前記光透過層の材料としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択すればよく、例えば、フッ化マグネシウム、 Alq 、サイトップ（旭硝子）、 $SiNx$ などが挙げられる。

10

【0066】

前記光透過層としては、例えば、図2に一例を示すように、前記基板と前記半透過層との間の他に、さらに前記第2の電極と前記中間層との間に有するようにしてもよい。このような構成とすることにより、第2の電極の界面における反射防止効果を向上させることができ、より光取出し効率を向上させることができる。

【0067】

前記光透過層の平均厚みとしては、前記発光層から出射される光のピーク波長の $1/4$ の長さを t とし、前記光透過層の屈折率を n としたとき、 $0.9 \times t/n$ 以上 $1.1 \times t/n$ 以下が好ましい。

20

前記平均厚みが、 $0.9 \times t/n$ 未満であると、本発明の効果による光取出し効率向上効果が得られないことがあり、 $1.1 \times t/n$ を超えると、材料によっては吸収によって逆に光取出し効率が下がることもある。

具体的には、例えば、ピーク波長を赤色の 620nm とし、 MgF_2 を材料とした場合、 MgF_2 は、屈折率が 1.38 であるから、 $101\text{nm} \sim 123.5\text{nm}$ が好適となる。反射による位相変化などの構造全体として最適化すると、 $101\text{nm} \sim 123.5\text{nm}$ より 10nm 薄い方がよいことから、 $91\text{nm} \sim 113.5\text{nm}$ が好ましい。

前記光透過層においては、発光スペクトルがブロードなので、 $\pm 5\text{nm}$ 程度は厚みの変化として許容される。したがって、光透過層の平均厚みとしては、 $86\text{nm} \sim 118.5\text{nm}$ がより好ましい。

30

前記平均厚みとしては、例えば、断面の電子顕微鏡写真を用いて前記光透過層の厚みを10点測定し、その平均値を平均厚みとすることができる。

【0068】

前記光透過層と隣接している層との屈折率差(Δn)としては、(Δn)が大きいと界面反射率が上がるため、効果がより強調されるので少なくとも 0.1 が好ましい。

前記屈折率差が、 0.1 未満であると、反射率が低いため本発明の意図する共振構造が得られないことがある。ここで、前記隣接している層とは、図1においては、基板、半透過層のことをいい、図2においては、基板、半透過層、中間層及び第2の電極のことをいう。前記屈折率は、エリプソメーター（堀場製作所製）を用いて測定することができる。

40

【0069】

- 基板 -

前記基板としては、その形状、構造、大きさ等を適宜選択すればよく、一般的には、基板の形状としては、板状であることが好ましい。基板の構造としては、単層構造であってもよいし、積層構造であってもよく、また、単一部材で形成されていてもよいし、2以上の部材で形成されていてもよい。

前記基板としては、無色透明であっても、有色透明であってもよいが、発光層から発せられる光を散乱又は減衰等させることがない点で、無色透明であることが好ましい。

【0070】

前記基板の材料としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、イットリア安定化ジルコニア（ YSZ ）、ガラス等の無機材料、ポリエチレンテレ

50

フタレート樹脂、ポリブチレンフタレート樹脂、ポリエチレンナフタレート樹脂、ポリエステル樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリエーテルスルホン樹脂、ポリアリレート樹脂、ポリイミド樹脂、ポリシクロオレフィン樹脂、ノルボルネン樹脂、ポリ(クロロトリフルオロエチレン)樹脂などが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

【0071】

前記基板としてガラスを用いる場合には、その材質については、ガラスからの溶出イオンを少なくするため、無アルカリガラスを用いることが好ましい。また、ソーダライムガラスを用いる場合には、シリカなどのバリアコートをしたもの(例えば、バリアフィルム基板)を使用することが好ましい。有機材料の場合には、耐熱性、寸法安定性、耐溶剤性、電気絶縁性、及び加工性に優れていることが好ましい。

10

【0072】

前記熱可塑性基板を用いる場合には、更に必要に応じて、ハードコート層、アンダーコート層などを設けてもよい。

前記基板の上面に、該上面形状を平坦化させる平坦化層を配し、該平坦化層上に前記光透過層などが配されることとしてもよい。

該平坦化層の材料としては、特に制限はないが、目的に応じて適宜変更できるが、例えば、 SiO_2 、 SiON 、ポリイミドなどが挙げられる。

【0073】

以上のように構成される本発明の有機電界発光素子の実施形態の一例を図2を用いて説明する。

20

前記有機電界発光素子100は、第1の電極9、電子輸送層8、発光層7、正孔輸送層6、第2の電極5、中間層4、半透過層3、光透過層2、基板1の順に配されている。

この有機電界発光素子100においては、第1の電極9、電子輸送層8、発光層7、正孔輸送層6、及び第2の電極5で構成される第1の共振器構造として機能するとともに、第1の電極9、電子輸送層8、発光層7、正孔輸送層6、第2の電極5、中間層4、及び半透過層3で構成される第2の共振器構造として機能する。

【0074】

このように構成される有機電界発光素子100においては、前記正面方向($\theta = 0^\circ$)では、光学距離 d_1 の共振器長より選択された波長 λ_1 の光が出射される。これに対し、光軸方向からの観察する角度が大きくなる方向では、高角度からの観察に対する光学距離 d_2 の共振器長の作用で、引き続き高角度側においても波長 λ_1 の光が出射される。この結果として、有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応して生じる色度変化を抑制することができる。

30

【0075】

本発明の有機電界発光素子としては、大面積の発光デバイスを考えた時、透明電極のシート抵抗などの電気特性上、前記基板1側から光を取り出すボトムエミッション型の構成とすることが好ましい。

【0076】

(有機電界発光ディスプレイ)

40

本発明の有機電界発光ディスプレイは、前記有機電界発光素子を有してなり、必要に応じて、その他の構成を適用することができる。前記その他の構成としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、ディスプレイに必要な事項として、公知の手段すべてを適用することができる。

【0077】

前記有機電界発光ディスプレイとしては、図5に一例を示すように、赤色(R)、緑色(G)、青色(B)に対応する前記中間層の厚みを変化させることで各色の光を取り出す。このような構成とすることで、優れた光取出し効率を有するとともに、消費電力が低く、観察する角度による色度変化を抑制することができる。

【実施例】

50

【 0 0 7 8 】

以下、本発明の実施例を説明するが、本発明は、これらの実施例に何ら限定されるものではない。なお、実施例中の材料屈折率については、特に断りがない限り、エリプソメトリー法による測定値である。エリプソメトリー法は、単色光源で偏光子の角度スキャンによる測定方法であるため、その光源波長での屈折率を記載した。光源は、波長 632.8 nm の He - Ne レーザを使用した。

【 0 0 7 9 】

(実施例 1)

< 有機電界発光素子の作製 >

厚みが 0.7 mm、屈折率が 1.51 のガラス基板上に、光透過層として MgF_2 を厚みが 100 nm となるように、真空蒸着により形成した。光透過層の屈折率をエリプソメーターを用いて測定したところ、1.38 であった。

光透過層上に、半透過層として銀 (Ag) を厚みが 12 nm となるように真空蒸着により形成した。

半透過層上に、中間層として Alq (トリス (8 - ヒドロキシキノリナート) アルミニウム) を厚みが 130 nm となるように真空蒸着により形成した。Alq の屈折率をエリプソメーターを用いて測定したところ、1.74 であった。

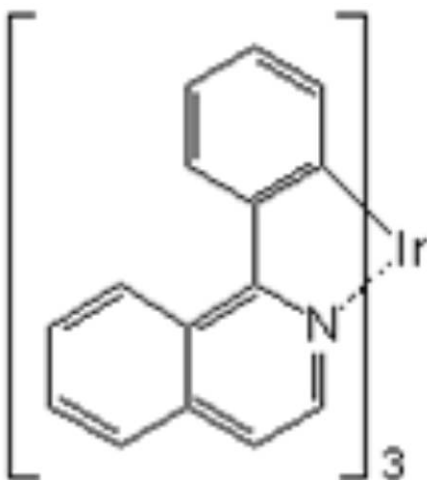
次に、中間層上に、第 2 の電極 (陽極) として銀 (Ag) を、厚みが 20 nm となるように、真空蒸着により形成し、形成した銀膜を電極端子と接触させた。

第 2 の電極上に、正孔輸送層として 2 - TNATA (4, 4', 4'' - トリス (2 - ナフチルフェニルアミノ) トリフェニルアミン) に F4 - TCNQ (2, 3, 5, 6 - テトラフルオロ - 7, 7, 8, 8 - テトラシアノキノジメタン) を 1.0 % ドープして厚みが 235 nm となるように、真空蒸着により形成し、さらに、正孔輸送層上に、NPD (N, N' - ジフェニル - N, N' - ジ (α - ナフチル) - ベンジジン) を厚みが 10 nm となるように真空蒸着した。

【 0 0 8 0 】

次に、NPD 上に、発光層を、ホスト材料として BAlq (アルミニウム (III) ビス (2 - メチル - 8 - キノリナート) 4 - フェニルフェノレート)、発光材料として下記構造式で表される発光材料 A を、質量比 95 : 5 の割合で、厚みが 30 nm となるように、真空共蒸着により形成した。なお、水晶振動子の信号を CRTM9000 (アルバック社製) でモニターした比率を質量比とした。

【 化 4 】



発光材料 A

【 0 0 8 1 】

次に、発光層上に、電子輸送層として BAlq (アルミニウム (III) ビス (2 - メチル - 8 - キノリナート) 4 - フェニルフェノレート) を、厚みが 39 nm となるように、真空蒸着により形成した。電子注入性をよくするため、BCP (2, 9 - ジメチル - 4

、7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン)を厚みが1nmとなるように真空蒸着させ、さらにLiFを厚みが1nmとなるように真空蒸着させた。

次に、LiF上に、第1の電極(陰極)として、Alを厚みが100nmとなるように、真空蒸着により形成することで有機電界発光素子(1)を作製した。

得られた有機電界発光素子(1)は、2次のマイクロキャビティ構造を有しており、作製した有機電界発光素子(1)は、赤(約620nm)の発光に最適化したものであった。

【0082】

(実施例2)

<有機電界発光素子の作製>

10

実施例1において、光透過層を以下のように形成した以外は実施例1と同様にして、有機電界発光素子(2)を作製した。

- 光透過層の形成 -

厚みが0.7mm、屈折率が1.51のガラス基板上に、光透過層としてMgF₂を厚みが112nmとなるように、真空蒸着により形成した。光透過層の屈折率をエリプソメーターを用いて測定したところ、1.38であった。

【0083】

得られた有機電界発光素子(2)は、2次のマイクロキャビティ構造を有しており、作製した有機電界発光素子(2)は、赤(約620nm)の発光に最適化したものであった。

20

【0084】

(実施例3)

<有機電界発光素子の作製>

実施例1において、中間層を以下のように形成した以外は実施例1と同様にして、有機電界発光素子(3)を作製した。

- 中間層の形成 -

半透過層上に、中間層としてMgF₂膜を厚み30nm蒸着し、続いてITOを厚みが100nmとなるように真空蒸着により形成した。それぞれの屈折率をエリプソメーターを用いて測定したところ、MgF₂が1.38、ITOが1.98であった。

【0085】

30

得られた有機電界発光素子(3)は、2次のマイクロキャビティ構造を有しており、作製した有機電界発光素子(3)は、赤(約620nm)の発光に最適化したものであった。

【0086】

(比較例1)

<有機電界発光素子の作製>

実施例1において、光透過層、半透過層、及び中間層を有さない構成とした以外は、実施例1と同様にして、有機電界発光素子(4)を作製した。

【0087】

(比較例2)

40

<有機電界発光素子の作製>

実施例1において、光透過層を有さない構成とした以外は、実施例1と同様にして、有機電界発光素子(5)を作製した。

【0088】

(評価)

作製した各有機電界発光素子の有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応した色度変化及び光取出し効率を以下のように評価した。結果を表1及び図6に示す。

【0089】

- 有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応した色度変化 -

作製した各有機電界発光素子を立てて配置し、各角度(前記基板から前記発光層へ垂線

50

を引き、この方向から見た視野角を 0° とし、前記垂線を基準に左右方向に $\pm 85^\circ$ まで 5° ずつ)における、CIE色度座標の u' 、 v' を、スペクトルより割り出した x 、 y 色度座標よりCIE1976の規格に基づいて求めた。結果を図6に示す。

【0090】

- 光取出し効率 -

作製した各有機電界発光素子を発光させ、その光量を光量計(マルチチャンネル分光器、オーシャンフォトンクス(株)社製)にて測定した。測定した光量に基づき、光取出し効率を算出した。

【0091】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	比較例1	比較例2
効率 (cd/A)	18.08	18.11	18.26	14.83	17.28

(表1中の効率とは、 $1,000\text{cd/m}^2$ での電流輝度効率を表す。)

【0092】

表1から、実施例1～3は、比較例1～2と比較して光取出し効率が向上していることがわかる。

また、図6から、実施例1～3は、 $\Delta u'v'$ 値が0.02であるのに対し、比較例1～比較例2では、 $\Delta u'v'$ 値が0.02を大きく上回っていることがわかる。これにより、実施例1～3では、有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応した色度変化が大きく抑制されていることがわかる。

図8に示すように、比較例1の発光スペクトルは、視野角が大きくなるにつれて、スペクトルのピーク位置が短波長側へシフトし、スペクトルの形状も変化していることがわかる。

一方、図9に示すように、実施例1の発光スペクトルは、比較例1と比べるとスペクトルのピーク位置のシフトが小さく、視野角が変わっても、比較的同じような形状をしていることがわかる。スペクトルの形状変化が、色味の変化と相関することが知られており、ピーク位置のシフト量、スペクトル形状ともに変化の少ない方が優れていることとなる。即ち、実施例1のような構成が、色度変化に加えて、光透過層の効果で光取り出しの輝度が向上していることがわかる。

【産業上の利用可能性】

【0093】

本発明の有機電界発光素子は、優れた光取出し効率を有するとともに、有機電界発光素子に対する観察者の位置に対応して色度変化を抑制することができるので、例えば、ディスプレイ、コンピュータ、車載用表示器、野外表示器、家庭用機器、業務用機器、家電用機器、交通関係表示器、時計表示器、カレンダー表示器、ルミネッセントスクリーン、音響機器等をはじめとする各種分野において好適に使用することができる。

【符号の説明】

【0094】

- 100 有機電界発光素子
- 1 基板
- 2 光透過層
- 3 半透過層
- 4 中間層
- 5 第2の電極

10

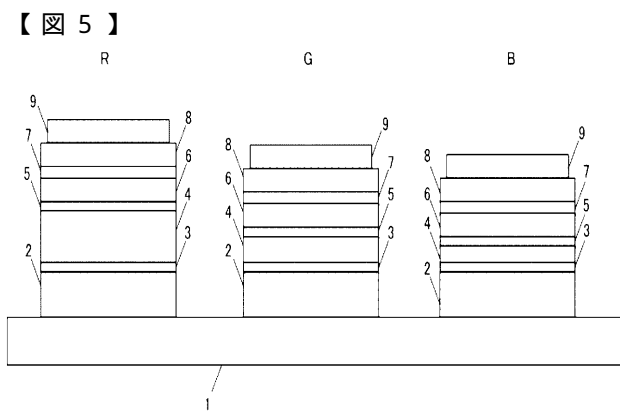
20

30

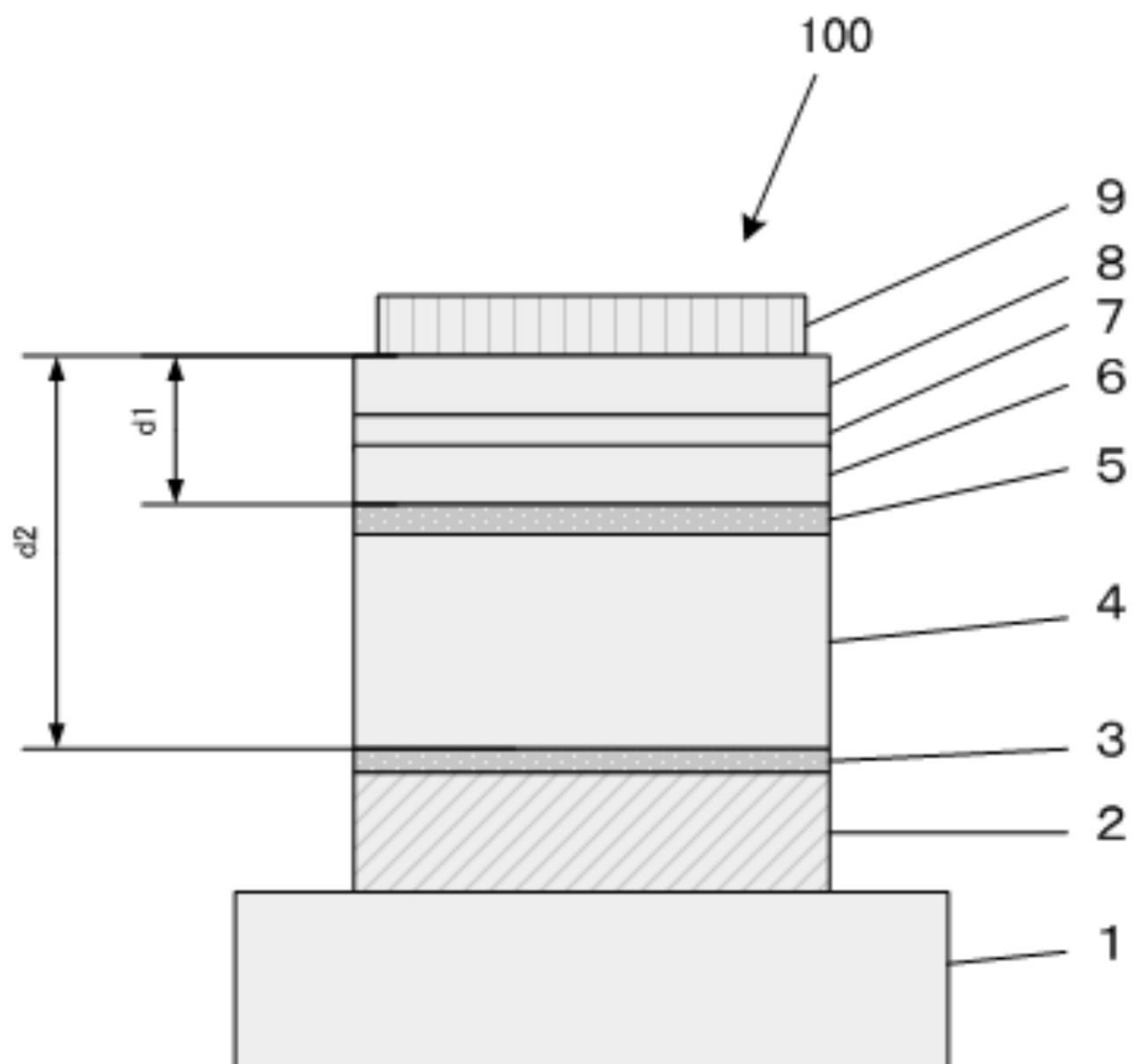
40

50

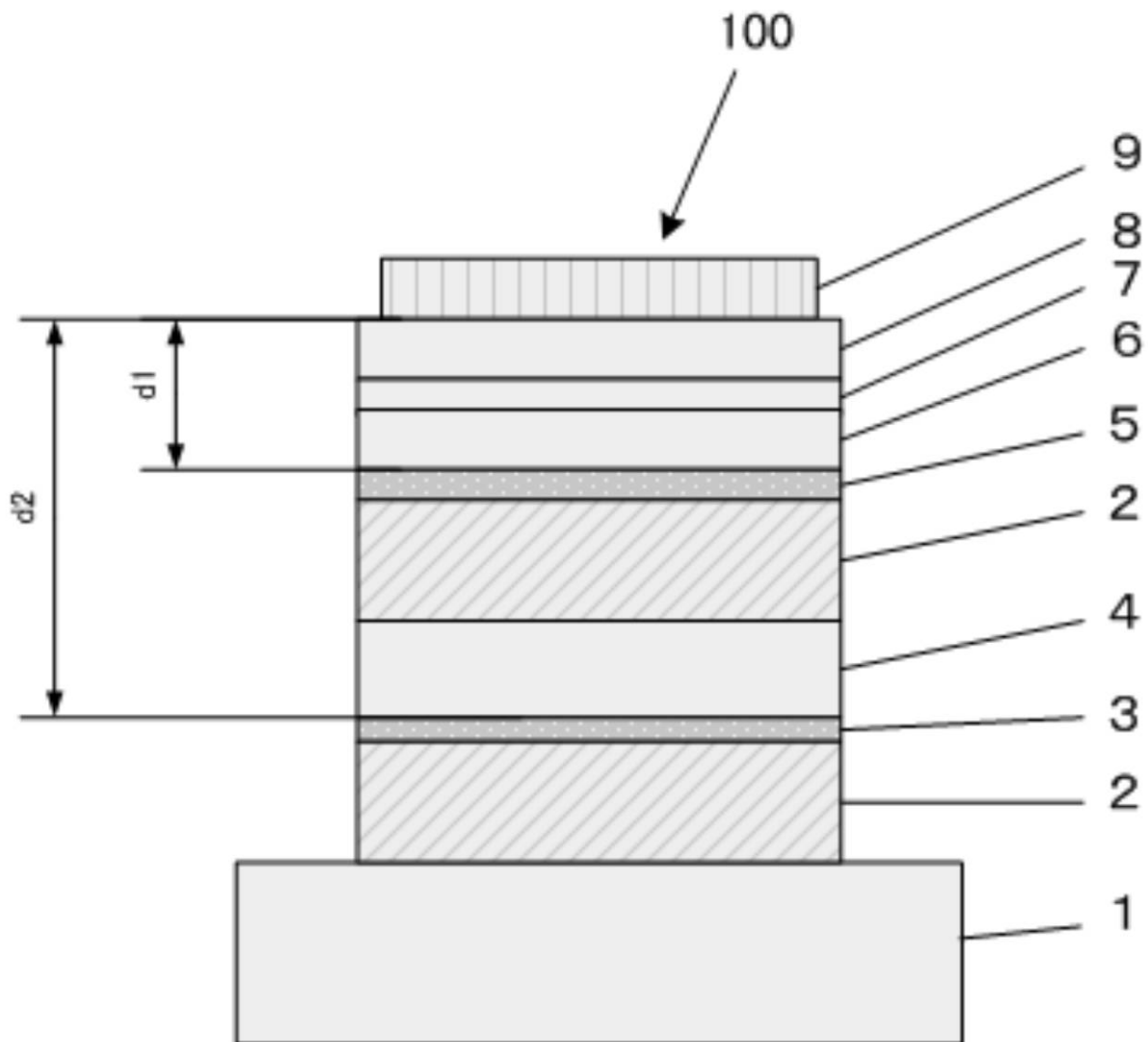
- 6 正孔輸送層
- 7 発光層
- 8 電子輸送層
- 9 第1の電極



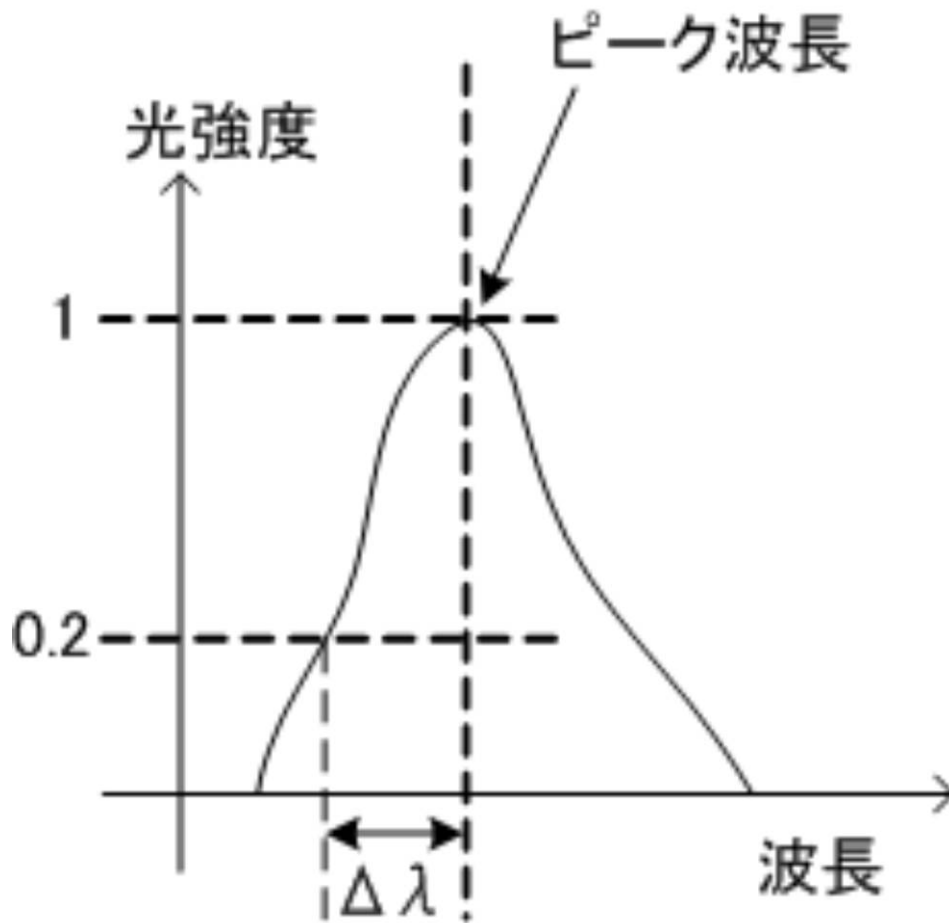
【図 1】



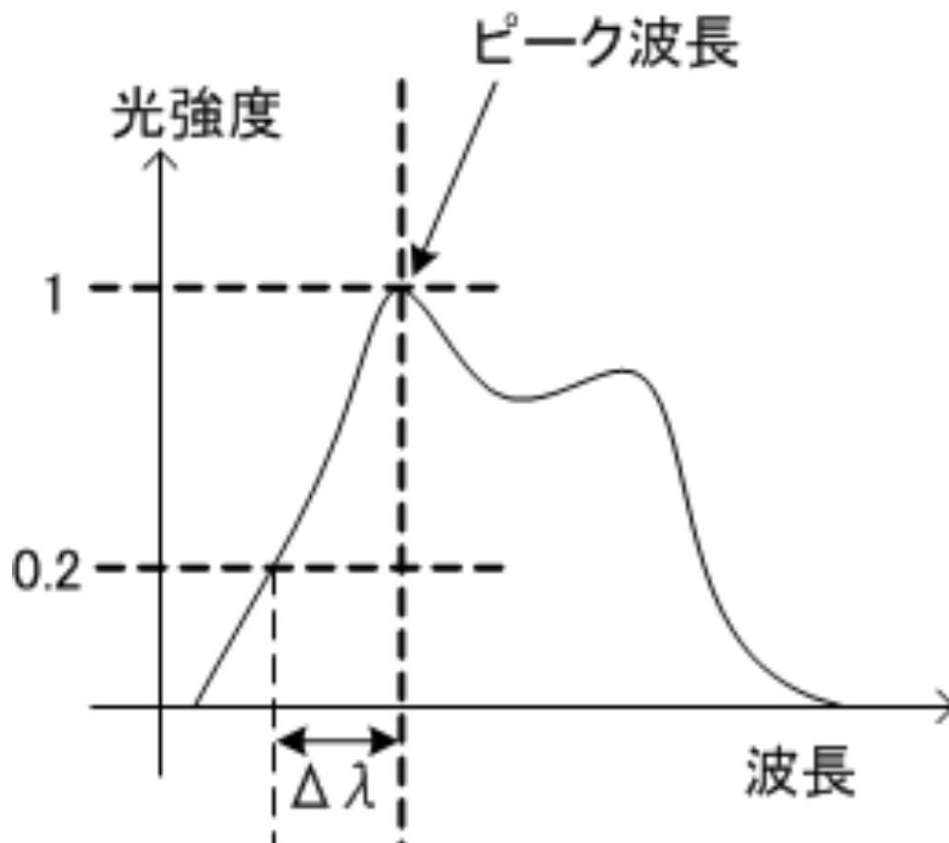
【 図 2 】



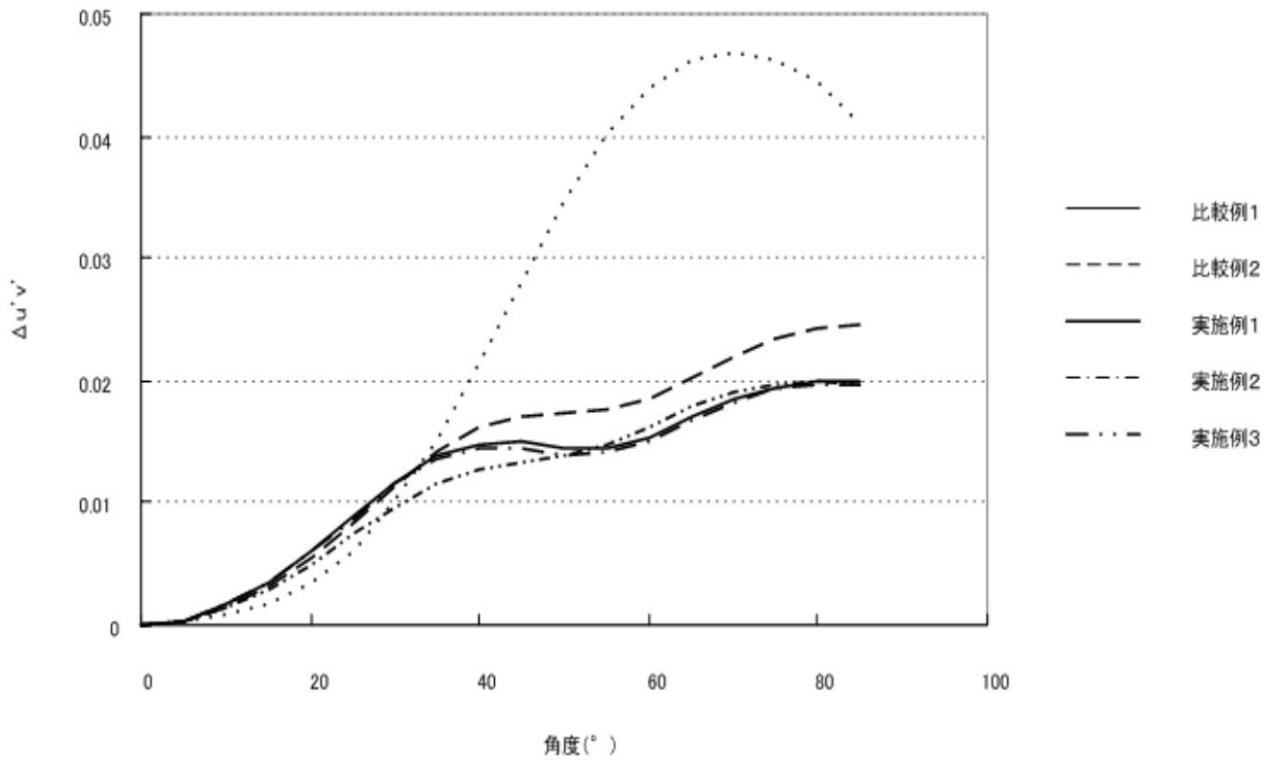
【図 3】



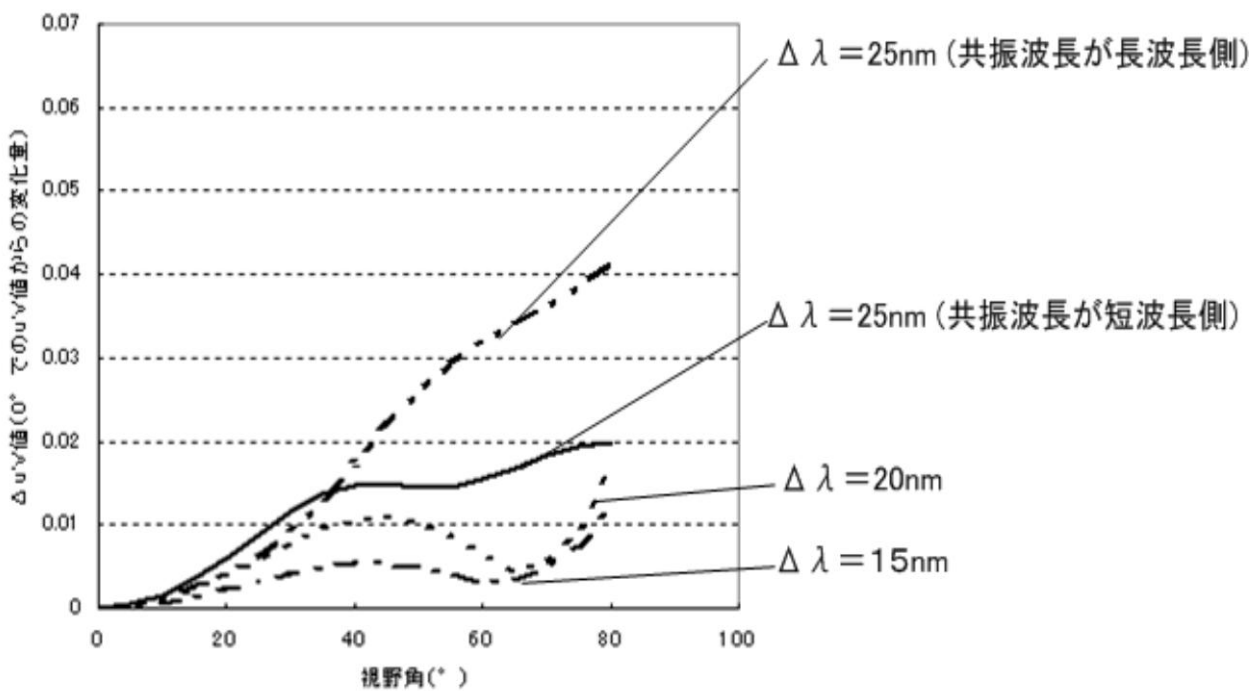
【図 4】



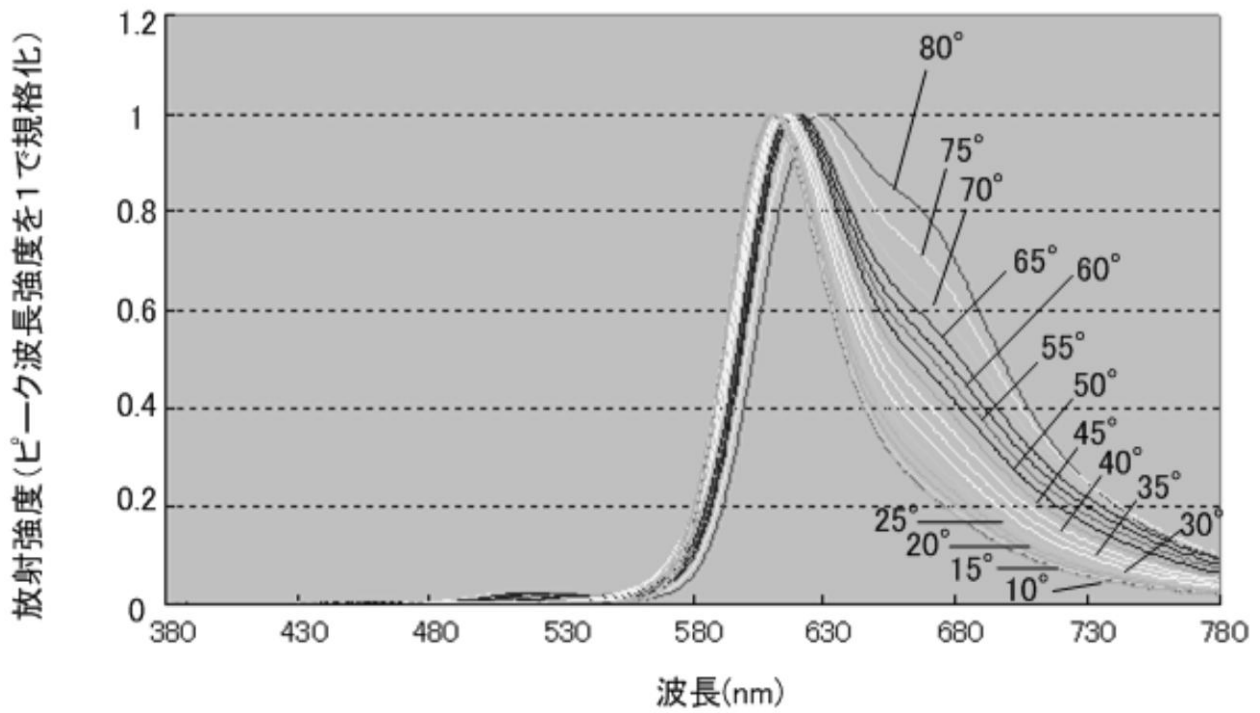
【図 6】



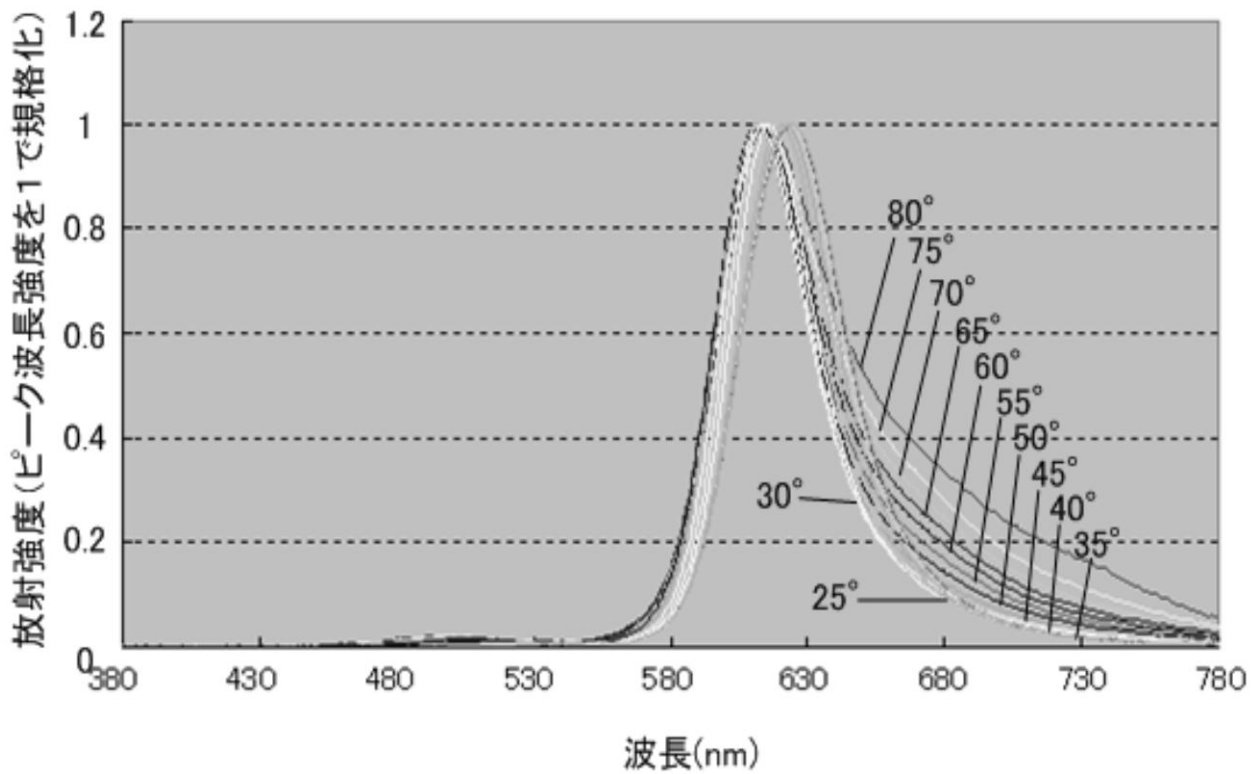
【図 7】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 北村 吉隆

神奈川県足柄上郡開成町牛島 5 7 7 番地 富士フイルム株式会社内

F ターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB06 BB07 BB08 CC05 CC37 DD02 DD10 DD22
DD28 DD44X DD64 DD67 EE33 FF06 FF13 FF15

专利名称(译)	有机电致发光器件和使用其的有机电致发光显示器		
公开(公告)号	JP2011204618A	公开(公告)日	2011-10-13
申请号	JP2010073200	申请日	2010-03-26
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	今田有紀 北村吉隆		
发明人	今田 有紀 北村 吉隆		
IPC分类号	H05B33/24 H01L51/50 H05B33/12		
CPC分类号	H01L27/3206 H01L27/3211 H01L51/5265		
FI分类号	H05B33/24 H05B33/14.A H05B33/12.B G09F9/30.365 H01L27/32		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/BB06 3K107/BB07 3K107/BB08 3K107/CC05 3K107/CC37 3K107/DD02 3K107/DD10 3K107/DD22 3K107/DD28 3K107/DD44X 3K107/DD64 3K107/DD67 3K107/EE33 3K107/FF06 3K107/FF13 3K107/FF15 5C094/AA08 5C094/AA10 5C094/BA27 5C094/CA19 5C094/CA24 5C094/EA05 5C094/ED02 5C094/FB02 5C094/JA08 5C094/JA13		
代理人(译)	广田幸一 池田 浩		
其他公开文献	JP5567369B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供了一种有机场发光元件，其依次包括第一电极，发光层，半透射第二电极，中间层，半透射层和透光层。有机场发光元件还包括在第一电极和第二电极之间谐振并喷射从发光层喷射的光的第一谐振器结构，以及在第一电极和半导体衬底之间谐振并喷射光的第二谐振器结构，。将从发光层射出的光的峰值波长的四分之一设为 t ，将透光层的折射率设为 n 。透光层的厚度设定为高于 $0.9 * t / n$ 且低于 $1.1 * t / n$ 。

