

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5238911号
(P5238911)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月5日(2013.4.5)

(51) Int.Cl. F I
H05B 33/12 (2006.01) H05B 33/12 C
H01L 51/50 (2006.01) H05B 33/14 A

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-543405 (P2012-543405)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成24年3月9日(2012.3.9)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2012/056134		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02012/128079	(74) 代理人	100087767
(87) 国際公開日	平成24年9月27日(2012.9.27)		弁理士 西川 恵清
審査請求日	平成24年9月25日(2012.9.25)	(74) 代理人	100155745
(31) 優先権主張番号	特願2011-66567 (P2011-66567)		弁理士 水尻 勝久
(32) 優先日	平成23年3月24日(2011.3.24)	(74) 代理人	100143465
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 竹尾 由重
早期審査対象出願		(74) 代理人	100136696
			弁理士 時岡 恭平
		(72) 発明者	葛岡 義和
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子及び白色発光有機エレクトロルミネッセンスパネル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

陽極と陰極の間に、発光ピーク波長の異なる少なくとも4種類の発光ドーパントを含む白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子であって、

前記4種類の発光ドーパントは発光ピーク波長が発光ドーパントA、発光ドーパントB、発光ドーパントC、発光ドーパントDの順に長くなっており、

発光スペクトルが、

{ 50度 - 70度の第一の輝度平均値 / 第一の正面輝度 } > { 50度 - 70度の第二の輝度平均値 / 第二の正面輝度 } であり、

ここにおいて、前記「50度 - 70度の第一の輝度平均値」は、前記発光ドーパントAの発光ピーク波長における50度 - 70度の輝度平均値であり、前記「第一の正面輝度」は、前記発光ドーパントAの発光ピーク波長における正面輝度であり、前記「50度 - 70度の第二の輝度平均値」は、前記発光ドーパントDの発光ピーク波長における50度 - 70度の輝度平均値であり、前記「第二の正面輝度」は前記発光ドーパントDの発光ピーク波長における正面輝度であり、

{ 50度 - 70度の第三の輝度平均値 / 第三の正面輝度 } > { 50度 - 70度の第四の輝度平均値 / 第四の正面輝度 } であり、

ここにおいて、前記「50度 - 70度の第三の輝度平均値」は、前記発光ドーパントCの発光ピーク波長における50度 - 70度の輝度平均値であり、前記「第三の正面輝度」は、前記発光ドーパントCの発光ピーク波長における正面輝度であり、前記「50度 - 7

10

20

0度の第四の輝度平均値」は、前記発光ドーパントBの発光ピーク波長における50度 - 70度の輝度平均値であり、前記「第四の正面輝度」は前記発光ドーパントBの発光ピーク波長における正面輝度であることを特徴とする白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項2】

前記発光ドーパントBのピーク波長が480～520nmであり、前記発光ドーパントCのピーク波長が520～580nmであることを特徴とする請求項1に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項3】

前記発光ドーパントAは青色発光ドーパントであり、前記発光ドーパントDは赤色発光ドーパントであることを特徴する請求項1又は2に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

10

【請求項4】

{50度 - 70度の第一の輝度平均値 / 第一の正面輝度} > 1であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項5】

{50度 - 70度の第二の輝度平均値 / 第二の正面輝度} < 1であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項6】

前記陽極と前記陰極間に、2つの発光ユニットと、これら2つの発光ユニット間を接続する中間接続層とを設けてから構成され、前記一方の発光ユニットが前記発光ドーパントAを含み、前記他方の発光ユニットが前記発光ドーパントC及び前記発光ドーパントDを含むことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

20

【請求項7】

前記発光ドーパントAを含む前記一方の発光ユニットに前記発光ドーパントBが含有され、この発光ドーパントBは1重項発光材料であることを特徴とする請求項6に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項8】

前記発光ドーパントC及びDを含む前記他方の発光ユニットに前記発光ドーパントBが含有され、この発光ドーパントBは3重項発光材料であることを特徴とする請求項6に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

30

【請求項9】

前記発光ドーパントAは1重項発光材料であり、前記発光ドーパントC及びDは3重項発光材料であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項10】

前記陽極と前記陰極のいずれか一方は反射性電極であり、前記一方の発光ユニットは前記他方の発光ユニットよりも前記反射性電極から遠い位置にあり、相関色温度2000 - 4500Kの白色発光を行うことを特徴とする請求項6乃至9のいずれか1項に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

40

【請求項11】

発光スペクトルが前記4種類の発光ドーパントからのみ由来していることを特徴とする請求項1乃至10のいずれか1項に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項12】

請求項1乃至11のいずれか1項に記載の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の光取り出し面に散乱性の光拡散層が設けられていることを特徴とする白色発光有機エレクトロルミネッセンスパネル。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光効率、とくに発光光の外部取り出し効率に優れた白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子と、この白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子を使用した高効率な面光源である白色発光有機エレクトロルミネッセンスパネルに関するものである。

【背景技術】

【0002】

電極間に発光層を設け、電氣的に発光を得るエレクトロルミネッセンス素子や発光ダイオードは、ディスプレイ表示装置としての利用はもちろん、平面型照明、光ファイバー用光源、液晶ディスプレイ用バックライト、液晶プロジェクタ用バックライトなどの各種光源としても、盛んに研究開発が進んでいる。

10

【0003】

特に、有機エレクトロルミネッセンス素子は、近年注目を集めており、発光効率、低電圧駆動、軽量、低コストという点ですぐれている。これらの照明用途では蛍光灯に匹敵する発光効率を目標として、素子構成、材料、駆動方法、製造方法などの改良が検討されている。

【0004】

しかし、有機エレクトロルミネッセンス素子のように、発光層自体から発光を取り出す固体内発光素子では、発光層の屈折率と出射媒質との屈折率により決まる臨界角以上の発光光は全反射し内部に閉じ込められ、導波光として失われる。

20

【0005】

スネルの法則による計算では、発光層の屈折率を n としたとき、発生した光が外部に取り出される光取り出し効率は、 $\eta = 1 / (2n^2)$ で近似される。発光層の屈折率を有機物の代表値として 1.7 とすると、 $\eta = 17\%$ 程度となり、 80% 以上の光は導波光として素子側面方向の損失光として失われる。

【0006】

このように、導波光を外部に取り出すには、発光層と出射面との間に反射・屈折角を乱れさせる領域を形成し、スネルの法則を崩して、本来導波光として全反射される光の伝送角を変化させてやるか、発光自体に集光性を持たせる必要がある。

【0007】

特許文献1や特許文献2にも記されているように、通常、有機エレクトロルミネッセンス素子の電子輸送性発光層の厚さは数十～百数十nmであり、可視光波長のオーダーである。したがって、最終的に外部に出射する光は干渉を起こし、発光領域と反射電極との距離 d により強め合ったり弱め合ったりする。また、特許文献1の図13では正面方向の放射光のみを記述しているが、実際には斜め方向の光も存在し、距離 d と発光波長 λ によっては、放射光の角度により干渉条件が異なる。その結果、正面方向の光は強め合い、広角度方向の光は弱め合う場合や、その反対の場合が起こりうる。すなわち、発光輝度が視角度により変化する。

30

【0008】

特許文献1や特許文献2では、上述した導波光を取り出す構造を設ける前の有機エレクトロルミネッセンス素子の光取り出し面からの輝度分布において、下記式(1)を満たす素子の光取り出し面に光拡散構造等を設けると、光拡散構造を設けた後の有機エレクトロルミネッセンス素子の発光効率として高いものが得られると記されている。

40

【0009】

正面輝度値 $< (50\text{度} - 70\text{度方向の輝度値}) \dots (1)$

この発明では、光拡散層を設ける前の状態において、特に、正面方向の発光は弱め合うが、素子内部に閉じ込められる導波光は強め合うような構成とされている。このように、通常は導波光として素子内部に閉じ込められる広角度成分の光を強め合うように基本構成を決定し、大部分の光量が分布する導波光を増幅した上で、上記光拡散層を形成すると、外部に出射できる正面方向の光が強め合うように基本構成を決定するよりも、発光効率が

50

高められた有機エレクトロルミネッセンス素子が得られることが知られている。

尚、式(1)は下記式(2)とも言える。

【0010】

50度 - 70度方向の輝度平均値 / 正面輝度 > 1 ... (2)

また、特許文献2では複数色の発光層が存在する有機エレクトロルミネッセンス素子においては、効率の悪い色の発光層について陰極間と発光層の距離を最適化することが記されている。照明用途として有機エレクトロルミネッセンス素子を考えた場合、発光効率が高いだけでなく、発光色の視野角依存性も低減されることが望ましい。白色発光の有機エレクトロルミネッセンス素子として、発光色の視野角依存性がないことは理想的には各発光色の発光強度の視野角依存性がそろっていれば、発光色の視野角依存性がないことになり、特許文献2のように光学干渉の効果を用いて各発光色の発光効率の調整を行う場合は、各発光色の発光強度の視野角依存性がそろっていないことを前提にしなければならない。

10

【0011】

特許文献3でも記されているように、光散乱性の光散乱層を有機エレクトロルミネッセンス素子の光取り出し面に形成すると、一般に視野角依存性が低減することは知られているが、光拡散層を併用しない、元々の有機エレクトロルミネッセンス素子で視野角依存性が低ければ、なお発光色の視野角依存性が低減された有機エレクトロルミネッセンス素子が得られる。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2004 - 296423号公報

【特許文献2】特開2004 - 335183号公報

【特許文献3】国際公開番号WO2005 / 094130号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、視野角依存性が低減された高効率な白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子及びこれを用いた白色発光有機エレクトロルミネッセンスパネルを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明に係る白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、陽極と陰極の間に、発光ピーク波長の異なる少なくとも4種類の発光ドーパントを含む白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子であって、前記4種類の発光ドーパントは発光ピーク波長が発光ドーパントA、発光ドーパントB、発光ドーパントC、発光ドーパントDの順に長くなっており、発光スペクトルが、{50度 - 70度の第一の輝度平均値 / 第一の正面輝度} > {50度 - 70度の第二の輝度平均値 / 第二の正面輝度}であり、ここにおいて、前記「50度 - 70度の第一の輝度平均値」は、前記発光ドーパントAの発光ピーク波長における50度 - 70度の輝度平均値であり、前記「第一の正面輝度」は、前記発光ドーパントAの発光ピーク波長における正面輝度であり、前記「50度 - 70度の第二の輝度平均値」は、前記発光ドーパントDの発光ピーク波長における50度 - 70度の輝度平均値であり、前記「第二の正面輝度」は前記発光ドーパントDの発光ピーク波長における正面輝度であり、{50度 - 70度の第三の輝度平均値 / 第三の正面輝度} > {50度 - 70度の第四の輝度平均値 / 第四の正面輝度}であり、ここにおいて、前記「50度 - 70度の第三の輝度平均値」は、前記発光ドーパントCの発光ピーク波長における50度 - 70度の輝度平均値であり、前記「第三の正面輝度」は、前記発光ドーパントCの発光ピーク波長における正面輝度であり、前記「50度 - 70度の第四の輝度平均値」は、前記発光ドーパントBの発光ピーク波長における50度 - 70度の輝度平均値であり、前記「第四の正面輝度」

40

50

」は前記発光ドーパントBの発光ピーク波長における正面輝度であることを特徴とするものである。

【0015】

前記白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、前記発光ドーパントBのピーク波長が480～520nmであり、前記発光ドーパントCのピーク波長が520～580nmであることが好ましい。

【0016】

前記白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、前記発光ドーパントAは青色発光ドーパントであり、前記発光ドーパントDは赤色発光ドーパントであることが好ましい。

【0017】

前記白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、{50度-70度の第一の輝度平均値/第一の正面輝度}>1であることが好ましい。

【0018】

前記白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、{50度-70度の第二の輝度平均値/第二の正面輝度}<1であることが好ましい。

【0019】

前記白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、前記陽極と前記陰極間に、2つの発光ユニットと、これら2つの発光ユニット間を接続する中間接続層とを設けてから構成され、前記一方の発光ユニットが前記発光ドーパントAを含み、前記他方の発光ユニットが前記発光ドーパントC及び前記発光ドーパントDを含むことが好ましい。

【0020】

前記発光ドーパントAを含む前記一方の発光ユニットに前記発光ドーパントBが含有され、この発光ドーパントBは1重項発光材料であることが好ましい。

【0021】

前記発光ドーパントC及びDを含む前記他方の発光ユニットに前記発光ドーパントBが含有され、この発光ドーパントBは3重項発光材料であることが好ましい。

【0022】

前記白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、前記発光ドーパントAは1重項発光材料であり、前記発光ドーパントC及びDは3重項発光材料であることが好ましい。

【0023】

前記白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、前記陽極と前記陰極のいずれか一方は反射性電極であり、前記一方の発光ユニットは前記他方の発光ユニットよりも前記反射性電極から遠い位置にあり、相関色温度2000-4500Kの白色発光を行うことが好ましい。

【0024】

前記白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、発光スペクトルが前記4種類の発光ドーパントからのみ由来していることが好ましい。

【0025】

本発明に係る白色発光有機エレクトロルミネッセンスパネルは、前記白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の光取り出し面に散乱性の光拡散層が設けられていることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0026】

本発明は、高効率（高発光効率）で視野角依存性が低減されたものである。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の実施の形態の一例を示す放射パターンの説明図である。

【図2】同上の波長と発光強度の関係を示すグラフである。

【図3】同上の波長と発光強度の関係を示すグラフである。

【図4】同上の発光ドーパントのピーク波長に対応するu'v'表色系における座標を示

10

20

30

40

50

すダイヤモンドである。

【図5】同上の発光ドーパントのピーク波長に対応するu'v'表色系における座標を示すダイヤモンドである。

【図6】同上のベクトルXとベクトルYとベクトルZとの関係を示す説明図である。

【図7】(a)は同上の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の一例を示す断面図、(b)は同上の白色発光有機エレクトロルミネッセンスパネルの一例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明を実施するための形態を説明する。

10

【0029】

本明細書では光取り出し面に光拡散層を備えていない、陽極と対向する陰極間に有機発光層を備えた発光デバイスをも有機エレクトロルミネッセンス素子と呼び、前記有機エレクトロルミネッセンス素子の光取り出し面に光拡散層を備えた発光デバイスを有機エレクトロルミネッセンスパネルと呼ぶ。

【0030】

白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、陽極と陰極の間に発光ピークを有する複数種の発光ドーパントを含むものである。これらの発光ドーパントは、発光ピーク波長の異なる少なくとも4種類の発光ドーパントから構成されている。これら4種類の発光ドーパントは発光ピーク波長が発光ドーパントA、発光ドーパントB、発光ドーパントC、発光ドーパントDの順に長くなっている。白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、これら4種類の発光ドーパントのみに由来する発光スペクトルから実質的に白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の発光スペクトルが構成されていることが望ましい。これにより、高効率で視野角依存性が低減される。

20

【0031】

5種類の発光ドーパントを含む白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の発光スペクトルにおいては、4種類の発光ドーパントA、B、C、Dの決め方は、A、B、C、Dの順に長くなると決めているので、 $\sum C_i = 5$ 通り存在することになるが、基本的には5種類のうち、外部量子効率の高い、4種類を選ぶことが望ましい。6種類以上においても同様に4種類決めることが望ましい。

30

【0032】

白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子はその発光スペクトルが以下の式(F1)及び式(F2)で規定される両方の条件を満たすものである。

【0033】

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントAの発光ピーク波長における) > 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントDの発光ピーク波長における) ... (F1)

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントCの発光ピーク波長における) > 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントBの発光ピーク波長における) ... (F2)

40

これら式(F1)かつ式(F2)の条件を満たすことにより、高発光効率で低視野角依存性の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子を形成できるものである。

【0034】

ここで、「(発光ドーパントAの発光ピーク波長)」とは、発光ドーパントAの発光ピーク波長 ± 1 nm以内を指す。発光ドーパントB、C、Dについても同様であり、「(発光ドーパントBの発光ピーク波長)」とは、発光ドーパントBの発光ピーク波長 ± 1 nm以内を指し、「(発光ドーパントCの発光ピーク波長)」とは、発光ドーパントCの発光ピーク波長 ± 1 nm以内を指し、「(発光ドーパントDの発光ピーク波長)」とは、発光ドーパントDの発光ピーク波長 ± 1 nm以内を指す。例えば、ある発光ドーパントの発光ピーク波長が400nmである場合、400nm ± 1 nmの範囲において50度 - 70度

50

の輝度平均値 / 正面輝度を計測して算出するものである。この波長分解能 ($\pm 1 \text{ nm}$) はトプコン製SR-3等、通常の色彩輝度計で発光スペクトル測定を行えば、問題なく測定できる精度である。「50度-70度の輝度平均値 / 正面輝度」は光拡散層を備えていない、白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の「発光ドーパントの発光ピーク波長における」輝度を参照するものとする。「50度-70度の輝度平均値」は、白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の正面0度に対して50度から70度の間で傾いた位置の輝度を計測し、その輝度を単純な算術平均したものである。「正面輝度」は白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の正面0度の輝度を指す。

【0035】

上記の式(F1)は、以下のように言い換えることもできる。

【0036】

{50度-70度の第一の輝度平均値 / 第一の正面輝度} > {50度-70度の第二の輝度平均値 / 第二の正面輝度} ... (F1)

ここにおいて、前記「50度-70度の第一の輝度平均値」は、前記発光ドーパントAの発光ピーク波長における50度-70度の輝度平均値であり、前記「第一の正面輝度」は、前記発光ドーパントAの発光ピーク波長における正面輝度であり、前記「50度-70度の第二の輝度平均値」は、前記発光ドーパントDの発光ピーク波長における50度-70度の輝度平均値であり、前記「第二の正面輝度」は前記発光ドーパントDの発光ピーク波長における正面輝度である。

【0037】

上記の式(F2)は、以下のように言い換えることもできる。

【0038】

{50度-70度の第三の輝度平均値 / 第三の正面輝度} > {50度-70度の第四の輝度平均値 / 第四の正面輝度} ... (F2)

ここにおいて、前記「50度-70度の第三の輝度平均値」は、前記発光ドーパントCの発光ピーク波長における50度-70度の輝度平均値であり、前記「第三の正面輝度」は、前記発光ドーパントCの発光ピーク波長における正面輝度であり、前記「50度-70度の第四の輝度平均値」は、前記発光ドーパントBの発光ピーク波長における50度-70度の輝度平均値であり、前記「第四の正面輝度」は前記発光ドーパントBの発光ピーク波長における正面輝度である。

【0039】

上記の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、陽極と陰極の間に設けられる4種類の発光ドーパントA, B, C, Dにおいて、特に、二番目に発光ピーク波長が長い発光ドーパントBは発光ピーク波長が480nm以上520nm以下、三番目に発光ピーク波長が長い発光ドーパントCは発光ピーク波長が520nm以上580nm以下であることが望ましい。このような構成にすることによって更に低視野角依存性が実現できる。この場合、発光ドーパントBよりも発光ピーク波長が短い発光ドーパントAは青色発光ドーパントを用い、発光ドーパントCよりも発光ピーク波長が長い発光ドーパントDは赤色発光ドーパントを用いるのが好ましい。

【0040】

上記の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、50度-70度の輝度平均値 / 正面輝度(発光ドーパントAの発光ピーク波長における) > 1であることが望ましい。すなわち、{50度-70度の第一の輝度平均値 / 第一の正面輝度} > 1であることが好ましい。発光ドーパントAは短波長発光ドーパントであり、他の発光ドーパントを用いた発光層に対して発光効率が低くなる傾向があるので、このような構成によって、光拡散層形成後などにおいて、白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の効率向上を図ることが望ましい。

【0041】

上記の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子は、50度-70度の輝度平均値 / 正面輝度(発光ドーパントDの発光ピーク波長における) < 1であることが望ましい。す

10

20

30

40

50

なわち、 $\{50\text{度} - 70\text{度の第二の輝度平均値} / \text{第二の正面輝度}\} > 1$ であることが好ましい。発光ドーパントDは長波長発光ドーパントであり、他の発光ドーパントを用いた発光層に対して発光効率が高めにできるので、このような構成によって、光拡散層形成後などにおいて、白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の効率向上を抑制することが望ましい。

【0042】

上記の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の形態としては、図7(a)に示すように、陽極10と陰極11の間に、有機発光層13として、二つの発光ユニット1と発光ユニット2とを設けたものが好ましい。また、この二つの発光ユニット1, 2間を接続する1つの中間接続層3を備えて有機発光層3が構成されているのが好ましい。さらに、一方の発光ユニット1が青色の発光ドーパントAを含有し、他方の発光ユニット2が緑色の発光ドーパントCと赤色の発光ドーパントDとを含むのが好ましい。また、上記の発光ドーパントAが1重項発光材料であり、発光ドーパントC及びDが3重項発光材料であることが望ましい。青色発光材料の3重項材料は通常寿命が短いため、素子の長寿命化のためには青色発光ドーパントAは1重項材料であることが望ましい。このときに、1重項材料である青色発光材料は他の発光層に対して発光効率が低くなる傾向にあるが、上記の式(F1)及び式(F2)の条件を満たすことにより、高効率にすることができ、長寿命かつ高効率な白色有機エレクトロルミネッセンス素子を得ることができる。発光ドーパントBは1重項発光材料であれば、同じ1重項発光材料の発光ドーパントAを含有する発光ユニット1に含まれるのが好ましく、発光ドーパントBが3重項発光材料であれば、同じ3重項発光材料の発光ドーパントC、Dを含有する発光ユニット2に含まれていることが好ましい。

【0043】

上記の「発光ユニット」とは、通常の有機EL素子を構成する要素のうち、陽極と陰極とを除いた構成要素をさす。「通常の有機EL素子を構成する要素」としては、例えば、(陽極)/発光層/(陰極)、(陽極)/ホール輸送層/発光層/(陰極)、(陽極)/ホール輸送層/発光層/電子輸送層/(陰極)、(陽極)/ホール注入層/ホール輸送層/発光層/電子輸送層/電子注入層/(陰極)などが挙げられる。また、上記の「中間接続層」とは、前述の発光ユニット1, 2間を接続する層であり、特開平11-329748号公報で示された透明導電膜を含む中間導電層、特開平11-329748号公報で示された中間電極、特開2003-272860号公報で示された電荷発生層、特開2004-281371号公報で示されたドーパントコネクタ、特開2006-49393号公報等で示された電荷引抜層と隣接層、等の公知の構成が使用可能であるが、光学設計がより簡便になる、金属酸化物膜や金属膜を用いない、有機化合物膜もしくは有機化合物にドーパントがドーパされた膜で構成されることが、有機発光層との屈折率差が低減されるので望ましい。

【0044】

さらに、上記の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子において、望ましい形態は、特に、陽極10および陰極11のいずれか一方は反射性電極である。この場合、発光ユニット1は発光ユニット2よりも反射性電極から遠い位置にあり、しかも、相関色温度2000-4500Kの赤色が比較的強い白色発光を行うものである。この場合、白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子がさらに高効率(高発光効率)で視野角依存性が低減されたものとなる。より好ましくは、陽極10が透明電極、陰極11が反射性電極である。

【0045】

本発明の白色発光有機エレクトロルミネッセンスパネルは、上記の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子の光取り出し面に散乱性の光拡散層が設けられて形成されている。ここで、「光拡散層」とは、基本的に、全反射角以上の角度にある光の伝送角を効率良く全反射角以下の伝送角に乱すことができ、素子内部に閉じ込められている導波光をより多く外部に出射できるように形成されておればよく、特に限定は無いが、特開2004-

10

20

30

40

50

335183号公報や特開2004-296423号公報に記されているような公知の光拡散層が用いることができる。また、光拡散層の全光線透過率は特に55-85%であることが好ましい。光拡散層の形成位置については、陽極10と陰極11の間以外の光取り出し面(有機発光層の発光が外部に放射される面)となる任意の位置に形成できる。例えば、図7(b)に示すように、ITOなどの透明な陽極10が形成された支持基板12の陽極10が形成された表面とは異なる表面(光取り出し面)に粘着剤や接着剤を介して光拡散層14としての拡散フィルムを貼り合わせることができる。若しくは、白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子を搭載した支持基板12に光拡散性を持たせてもよく、また透明電極と支持基板の間に形成してもよい。

【0046】

このように光拡散層を設けることによって、視野角依存性が低減されるものである。

【0047】

以下に、本発明について数値計算により検証を行った結果を説明する。

【0048】

まず、数値計算の手法について述べる。発光ピーク波長 $p \text{ nm}$ 、ピークに対する標準偏差 $n \text{ nm}$ で定義される、ピーク値が1である規格化されたガウシアン $G(p, n)$ で発光スペクトル形状を規定する。

【0049】

次に、放射輝度の角度依存性 $D(\theta, n)$ については面光源(白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子)の正面方向に対する、光源から検出器方向の角度を θ として、

$D(\theta, n) = \cos^n(\theta)$ で定義する。

【0050】

この式においては $n = 1$ の場合は面光源の放射分布として、通常仮定されるランパーシアン分布となり、

$n > 1$ の場合、50-70度の放射輝度平均値 < 正面方向の放射輝度

$n = 1$ の場合、50-70度の放射輝度平均値 = 正面方向の放射輝度

$n < 1$ の場合、50-70度の放射輝度平均値 > 正面方向の放射輝度

となる。図1に $n < 1$ 、 $n = 1$ 、 $n > 1$ の場合の放射分布を示す。数値計算上

$0 < \cos(\theta) < 1$ [0-90°]であり、 $0 < n_1 < n_2$ である場合、

50-70度の放射輝度平均値 / 正面方向の放射輝度 ($n = n_1$) > 50-70度の放射輝度平均値 / 正面方向の放射輝度 ($n = n_2$) が成立する。

【0051】

ランパーシアンとは正面方向と各方向の放射輝度が等しい放射分布のことである。

【0052】

角度 θ から測定したときの4種類の発光スペクトルから構成される合成されたスペクトル $S(\lambda, \theta)$ は以下の[数1]に示す式で定義する。

【0053】

【数1】

$$S(\lambda, \theta) = P_A \times D(\theta, n_A) \times G(\lambda_{pA}, \sigma_A) + P_B \times D(\theta, n_B) \times G(\lambda_{pB}, \sigma_B) + P_C \times D(\theta, n_C) \times G(\lambda_{pC}, \sigma_C) + P_D \times D(\theta, n_D) \times G(\lambda_{pD}, \sigma_D)$$

P_A, P_B, P_C, P_D はそれぞれ、発光ドーパントA, B, C, Dの発光強度に比例する量である。 $D(\theta, n_A), D(\theta, n_B), D(\theta, n_C), D(\theta, n_D)$ はそれぞれ、発光ドーパントA, B, C, Dの放射輝度の角度依存性を示す式である。

p_A, p_B, p_C, p_D はそれぞれ発光ドーパントA, B, C, Dの発光ピーク波長(nm)である。 $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C, \sigma_D$ はそれぞれ発光ドーパントA, B, C, Dの発光スペクトルの標準偏差(nm)である。

【0054】

10

20

30

40

50

発光ピーク波長、発光スペクトル標準偏差、発光ピーク強度、放射輝度の角度依存性を表 1 に示される条件で計算し、その際の各観測角度における色度の差を表 1 において示している。表 1 の全てのスペクトルにおいて、正面におけるスペクトルは一致しており、表 1 の 4 条件は計算条件としては各発光色の発光強度の角度依存性の差異しか存在しない。

【 0 0 5 5 】

【表 1】

		S1	S2	S3	S4
A	中心波長 λ_{0A}/nm	450			
	標準偏差 σ_A/nm	20			
	強度 P_A	0.2			
	n_A	0.8			
B	中心波長 λ_{0B}/nm	520			
	標準偏差 σ_B/nm	20			
	強度 P_B	0.6			
	n_B	1.0	1.3	0.9	1.1
C	中心波長 λ_{0C}/nm	570			
	標準偏差 σ_C/nm	20			
	強度 P_C	0.5			
	n_C	1.3	1.0	1.1	0.9
D	中心波長 λ_{0D}/nm	615			
	標準偏差 σ_D/nm	20			
	強度 P_D	20			
	n_D	1.3		1.2	
正面色度(CIE.x, CIE.y)		0.431, 0.438	0.431, 0.438	0.431, 0.438	0.431, 0.438
色度変化 CIE.x		0.066	0.032	0.055	0.031
色度変化 CIE.y		0.025	0.034	0.006	0.013
正面色度 u', v'		0.233, 0.533	0.233, 0.533	0.233, 0.533	0.233, 0.533
色度変化 u'		0.031	0.007	0.031	0.014
色度変化 v'		0.019	0.017	0.010	0.009
$\Delta(x,y)$		0.071	0.047	0.055	0.033
$\Delta(u', v')$		0.036	0.019	0.032	0.016

10

20

30

S 1 , S 2 共に $n_A = 0.8$, $n_D = 1.3$ なので、
 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパント A の発光ピーク波長における)
 > 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパント D の発光ピーク波長における)

が成立しており、

S 1 では、 $n_B = 1.0$, $n_C = 1.3$ なので、
 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパント C の発光ピーク波長における)
 < 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパント B の発光ピーク波長における)

40

であり、

S 2 では、 $n_B = 1.3$, $n_C = 1.0$ なので、
 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパント C の発光ピーク波長における)
 > 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパント B の発光ピーク波長における)

である。

【 0 0 5 6 】

S 1 と S 2 の比較から、CIE 表色系においても、 $u' v'$ 表色系においても、S 2 が発光色の視野角依存性が小さいことがわかる。

【 0 0 5 7 】

50

また、同様の条件で角度依存性の大きさの異なる、S3, S4でも発光色の視野角依存性について検討する。

【0058】

S3, S4共に

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントAの発光ピーク波長における)
 < 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントDの発光ピーク波長における)

が成立している。

【0059】

S3では、 $n_B = 0.9$, $n_C = 1.2$ なので、

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントCの発光ピーク波長における)
 > 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントBの発光ピーク波長における)

である。

【0060】

S4では、 $n_B = 1.2$, $n_C = 0.9$ なので、

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントCの発光ピーク波長における)
 < 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントBの発光ピーク波長における)

である。

【0061】

S3とS4の比較から、CIE表色系においても、 u', v' 表色系においても、S4が発光色の視野角依存性が小さいことがわかる。つまり、

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントAの発光ピーク波長における)
 > 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントDの発光ピーク波長における)

において、

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントCの発光ピーク波長における)
 > 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントBの発光ピーク波長における)

が、視野角依存性低減に有用な構成だと理解される。

【0062】

表1の角度依存性は各発光ドーパントの個別の角度依存性について記している。各発光ドーパントの各発光ピーク波長においては、4種類の発光ドーパントによる発光ドーパントが混ざっている状態においては、

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントAの発光ピーク波長における)
 と50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントDの発光ピーク波長における)
)の大小関係および、

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントBの発光ピーク波長における)
 と50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントCの発光ピーク波長における)

の大小関係にわずかに影響があり、混ざっている状態においてはそれぞれの発光ドーパントピーク波長における角度依存性は、発光ドーパント単体の角度依存性と比べるとその他の発光ドーパントの角度依存性の影響をわずかに受ける。しかし、それぞれの発光ドーパントのピークが最大ピークに対して約0.1倍以上あれば、混ざっている状態での各発光ピーク波長における不等号の向きは基本的に変わらないので、混ざっている状態でのそれぞれの発光ドーパントの発光ピーク波長における50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度の大小の不等号の向きは、その発光ピーク波長をもつ発光ドーパントの50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度の大小の不等号の向きと変わらない、と考えられる。

【0063】

図2は表1のS2における発光スペクトルの角度依存性、図3は表1のS2における発

10

20

30

40

50

光スペクトルの角度依存性（最大強度規格化）を示している。本シミュレーションにおいて発光ドーパントA、B、C、Dの和である図2を元に、各波長（450、520、570、615）における50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度を確認しても450においては1.16、520においては0.81、570においては0.97、615においては0.81となった。これから、4色の発光ドーパントの発光スペクトルの和においても、

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度（発光ドーパントAの発光ピーク波長における） > 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度（発光ドーパントDの発光ピーク波長における）

かつ、

50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度（発光ドーパントCの発光ピーク波長における） > 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度（発光ドーパントBの発光ピーク波長における）

を満たしている、といえる。

【0064】

表1を参照すると、S2において、発光ドーパントCは発光ピーク波長570nmであり、放射分布はランバーシアン（ $n_c = 1$ ）である。純粋に発光ドーパントCによる寄与のみを考えると、50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度は1.0でなければならないため、確かに4種類のドーパントの和であるスペクトルでは、各発光ドーパント波長における輝度の角度依存性は、1種類のドーパントの角度依存性と異なるものの、ドーパント間の50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度の大小関係を変えるほど、影響は強くない。このことはそれぞれの発光ドーパントの発光ピーク波長における角度依存性は基本的に当該発光ピーク波長をもつ発光ドーパントによって主に影響を受けていることによる。

【0065】

次に、発光ピーク波長と視野角依存性の関係について検討する。

【0066】

表2のT1、T2、T3の比較を行う。T1、T2、T3は各発光ドーパントA、B、C、Dのうち、発光ドーパントBの発光ピーク波長のみを変化させた際の発光色の角度依存性を示している。図4にT1で用いた発光ドーパントA、C、Dのピーク波長に対応するu'v'表色系における座標をダイヤモンドで示している。また発光ドーパントBのT1における波長520nm、T2における波長500nm、T3における波長490nmに対応するu'v'表色系における座標をサークルマークで示している。尚、ピーク波長に対応するu'v'表色系における座標とはピーク波長において鋭いピーク（標準偏差1nm）のスペクトルの座標である。

【0067】

10

20

30

【表 2】

	T1	T2	T3	U1	U2	
A	中心波長 λ_{pA}/nm		450			
	標準偏差 σ_A/nm		20			
	強度 P_A		0.2			
	n_A		0.8			
B	中心波長 λ_{pB}/nm	520	500	490	520	500
	標準偏差 σ_B/nm		20			
	強度 P_B		0.6			
	n_B		1.3		1.0	
C	中心波長 λ_{pC}/nm		570			
	標準偏差 σ_C/nm		20			
	強度 P_C		0.5			
	n_C		1.0		1.3	
D	中心波長 λ_{pD}/nm		615			
	標準偏差 σ_D/nm		20			
	強度 P_D		0.9			
	n_D		1.3			
$\alpha / ^\circ(\text{CIE.x, CIE.y})$	55	18	4	55	18	
$\beta / ^\circ(u', v')$	51	38	17	51	38	
正面色度(CIE.x, CIE.y)	0.431, 0.438	0.423, 0.387	0.416, 0.354	0.431, 0.438	0.423, 0.387	
色度変化 CIE.x	0.031	0.030	0.028	0.066	0.069	
色度変化 CIE.y	0.034	0.021	0.012	0.025	0.041	
正面色度 u', v'	0.233, 0.355	0.249, 0.342	0.259, 0.331	0.233, 0.355	0.249, 0.342	
色度変化 u'	0.007	0.011	0.014	0.031	0.030	
色度変化 v'	0.017	0.014	0.010	0.019	0.029	
$\Delta(x,y)$	0.047	0.037	0.030	0.071	0.081	
$\Delta(u', v')$	0.019	0.017	0.017	0.036	0.041	

T1, T2, T3において、 $n_A = 0.8$, $n_D = 1.3$ なので、0度から80度に向かうにつれて、発光色は発光ドーパントDよりも発光ドーパントAの影響が強まる。 u', v' 表色系において0度の色を始点として80度の色を終点とするベクトルを定義すると発光ドーパントAと発光ドーパントDの関係においては、図4における(V)のベクトル(ベクトルDA)の向きに色が変わる。次に残りの色で、ベクトルDAの色の変化を抑制させる場合は、図5において発光ドーパントBの座標は複数あるものの、BからCの向き(ベクトルBC)の向きに色を変えると(V)の色の変化を抑制させることができると考えられる。

【0068】

表2のは次式[数2]で定義され、単位は度である(但し、A, B, C, Dの座標はCIE表色系における座標である)。

【0069】

10

20

30

40

50

【数2】

$$\cos \alpha = \frac{|\vec{DA} \cdot \vec{BC}|}{|\vec{DA}| |\vec{BC}|}$$

表2のは次式【数3】で定義され、単位は度である（但し、A、B、C、Dの座標はu'v'表色系における座標である。）。

【0070】

【数3】

$$\cos \beta = \frac{|\vec{DA} \cdot \vec{BC}|}{|\vec{DA}| |\vec{BC}|}$$

10

、はそれぞれ、CIE表色系、u'v'表色系におけるベクトルDAとベクトルBCの成す角度を示している。

【0071】

表2において、T1、T2、T3は発光ドーパントBの波長がそれぞれ、520、500、490の場合の発光色の視野角依存性を検討した。ベクトルDAとベクトルBCの成す角度はCIE表色系、u'v'表色系で共にT1、T2、T3の順に小さくなっている。また、発光色の視野角依存性もCIE表色系、u'v'表色系で共にT1、T2、T3の順に小さくなっている。なお、参考までにCIE表色系の視野角依存性も記したが、照明の実際上は色空間の距離が等距離で定義されているu'v'表色系の視野角依存性の大小が重要である。

20

【0072】

表2において、U1、U2の比較を行う。U1、U2は発光ドーパントA、B、C、Dのうち、発光ドーパントBの波長を変化させている。T1、T2、T3系との違いはn_Bとn_Cの大小関係が逆転していることである。

【0073】

まず、発光ドーパントAと発光ドーパントDの関係において、n_A = 0.8、n_D = 1.3なので、0度から80度に向かうにつれて、発光色は発光ドーパントDよりも発光ドーパントAの影響が強まる。u'v'表色系において0度の色を開始点として80度の色を終点とするベクトルを定義すると発光ドーパントAと発光ドーパントDの関係においては、図4における(V)のベクトル(ベクトルDA)の向きに色が変わる。

30

【0074】

発光ドーパントBと発光ドーパントCの関係において、n_B = 1.0、n_C = 1.3なので、u'v'表色系において0度の色を開始点として80度の色を終点とするベクトルを定義すると図5においてCからBの向きに色が変わる。この点が先ほどのT1、T2、T3系と異なる。

40

【0075】

U1、U2の比較においてはベクトルDAとベクトルBCの成す角度が小さいほど、CIE表色系においても、u'v'表色系においても発光色の視野角依存性が大きいことが示されている。

【0076】

表2の結果も、発光ドーパントAと発光ドーパントDの角度依存性による発光色変化を打ち消しあう向きに発光ドーパントB、発光ドーパントCの角度依存性を制御することで発光ドーパントA、B、C、Dから構成されたスペクトルの発光色の角度依存性を抑制できることを示しており、さらにu'v'表色系において、発光ドーパントAの発光ピーク波長に対応するu'v'表色系の座標と発光ドーパントDの発光ピーク波長に対応するu

50

‘v’表色系の座標から決まるベクトル(ベクトルDA)と、発光ドーパントBの発光ピーク波長に対応するu’v’表色系の座標と発光ドーパントCの発光ピーク波長に対応するu’v’表色系の座標から決まるベクトル(ベクトルBC)が略平行であることが望ましいことが示された。

【0077】

「打ち消しあう向き」をより一般化された表現で説明すると、図6において、ベクトルが同じ大きさで、向きが180度異なるベクトルXとベクトルYのいずれをベクトルZに足したとき、合成されたベクトルが小さくなるかを考えた場合、[数4]に示すように、

【0078】

【数4】

$$|\vec{Z} + \vec{Y}|^2 - |\vec{Z} + \vec{X}|^2 = 2|\vec{Z}||\vec{Y}|(\cos(\gamma) - \cos(\delta)) < 0$$

$$\therefore |\vec{Y}| = |\vec{X}|$$

γ /ベクトルZとベクトルYの成す角 ($> 90^\circ$)

δ /ベクトルZとベクトルXの成す角 ($< 90^\circ$)

より、ベクトルYとベクトルZの合成されたベクトルがベクトルXとベクトルZの合成されたベクトルよりも小さくなる。

【0079】

少なくとも4種類の発光ドーパントがあり、該発光ドーパントが波長の短いほうから発光ドーパントA、発光ドーパントB、発光ドーパントC、発光ドーパントDであり、u’v’表色系において、発光ドーパントAのピーク波長に対応する座標を(x_a, y_a)、

発光ドーパントBのピーク波長に対応する座標を(x_b, y_b)、発光ドーパントCのピーク波長に対応する座標を(x_c, y_c)、発光ドーパントDのピーク波長に対応する座標を(x_d, y_d)としたときに、発光ドーパントAと発光ドーパントDの関係において0度から80度になるにつれて強くなる発光ドーパントのピーク波長に対応する座標を終点側、弱くなる発光ドーパントに対応する座標を始点側にとってベクトルZを定義する。

【0080】

例えば、50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度(発光ドーパントAの発光ピーク波長における) $>$ 50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度(発光ドーパントDの発光ピーク波長における)の場合においては0度のときから80度になるにつれて発光ドーパントAの発光強度が発光ドーパントDに対して相対的につよくなるので、ベクトルZは($x_a - x_d, y_a - y_d$)となる。発光ドーパントB、Cについて、0度から80度になるにつれて発光ドーパントBが強くなる場合をベクトルX、発光ドーパントCが強くなる場合をベクトルYとする。ベクトルXは($x_b - x_c, y_b - y_c$)であり、ベクトルYは($x_c - x_b, y_c - y_b$)となる。ここでピーク波長の色度座標は常にu’v’表色形の外縁上に存在することと、発光ドーパントBのピーク波長が発光ドーパントCのピーク波長よりも小さいことを前提にすると、先ほどの議論と同様で、[数5]に示すように、

【0081】

【数5】

$$|\vec{Z} + \vec{Y}|^2 - |\vec{Z} + \vec{X}|^2 = 2|\vec{Z}||\vec{Y}|(\cos(\gamma) - \cos(\delta)) < 0$$

$$\therefore |\vec{Y}| = |\vec{X}|$$

γ /ベクトルZとベクトルYの成す角 ($> 90^\circ$)

δ /ベクトルZとベクトルXの成す角 ($< 90^\circ$)

10

20

30

40

50

となる。ベクトルYとは、発光ドーパントBと発光ドーパントCについて、0度から80度で発光ドーパントCが強くなる場合である。

【0082】

より一般化した表現で記すと、少なくとも4種類の発光ドーパントがあり、該発光ドーパントが波長の短いほうから発光ドーパントA、発光ドーパントB、発光ドーパントC、発光ドーパントDであり、 u' 、 v' 表色系において、発光ドーパントAのピーク波長に対応する座標を (x_a, y_a) 、発光ドーパントBのピーク波長に対応する座標を (x_b, y_b) 、発光ドーパントCのピーク波長に対応する座標を (x_c, y_c) 、発光ドーパントDのピーク波長に対応する座標を (x_d, y_d) としたときに、発光ドーパントAと発光ドーパントDの関係において0度から80度になるにつれて強くなる発光ドーパントのピーク波長に対応する座標を終点側、弱くなる発光ドーパントに対応する座標を始点側にとってベクトルZを定義したときに、発光ドーパントBと発光ドーパントCの関係において、0度から80度になるにつれて強くなる発光ドーパントのピーク波長に対応する座標を終点側、弱くなる発光ドーパントに対応する座標を始点側にとってベクトルYを定義したときに、ベクトルZとベクトルYが鈍角をなすように、発光ドーパントBと発光ドーパントCの角度依存性を決定していることが本発明で発光スペクトルの発光色の低視野角依存性が得られる本質である。

【0083】

上述の原理から発光ドーパントBと発光ドーパントCのピーク波長は u' 、 v' 色度図の緑領域の外縁の頂点をなす、520nmを境に両側に存在していることが望ましい。つまり、発光ドーパントBのピーク波長<520nm、かつ発光ドーパントCのピーク波長>520nmであることが望ましい。

【0084】

u' 、 v' 表色系において、発光ドーパントAの発光ピーク波長に対応する座標と発光ドーパントDの発光ピーク波長に対応する座標を結ぶ線分と、発光ドーパントBの発光ピーク波長に対応する座標と発光ドーパントCの発光ピーク波長に対応する座標を結ぶ線分を平行に近づけ、かつ、白色の発光スペクトルを得たい場合には発光ドーパントAのピーク波長が450-470nmであり、発光ドーパントBのピーク波長が495-510nmであり、発光ドーパントCのピーク波長が540-580nmであり、発光ドーパントDのピーク波長が600-700nmであることが、特に好適な形態である。尚、発光ドーパント自体は各波長において1重項材料、3重項材料様々な種類の発光材料が従来から発明されており、公知のものはもちろん、これから出てくる発光材料においても本発明の思想は適用可能である。

【0085】

発光ドーパントAと発光ドーパントDを結ぶ直線と発光ドーパントBと発光ドーパントCを結ぶ直線を略平行にし、かつ、演色性を高くなるように選ぶと、本発明において、特に望ましい形態は発光ドーパントAのピーク波長が450-470nmであり、発光ドーパントBのピーク波長が495-510nmであり、発光ドーパントCのピーク波長が540-580nmであり、発光ドーパントDのピーク波長が600-700nmとなる。

【0086】

本発明の発光ドーパントA、B、C、Dの好適な例としては以下に掲げられるが、以下の例に限定されず、公知の材料いずれも利用可能である。

【0087】

発光ドーパントAとしてTBP：発光ピーク波長442nmであり、(ピーク波長の u' 、 v')=(0.234, 0.035)である。発光ドーパントBとしてCoumarin6：発光ピーク波長510nmであり、(ピーク波長の u' 、 v')=(0.005, 0.564)である。発光ドーパントCとして緑色発光ドーパント：Bt₂Ir(acaac)：発光ピーク波長570nmであり、(ピーク波長の u' 、 v')=(0.203, 0.570)である。発光ドーパントDとしてBtp₂Ir(acaac)：発光ピーク

10

20

30

40

50

波長 620 nm であり、(ピーク波長の u' , v') = (0.520, 0.522) である。

【0088】

上記材料中、TBP は、1-tert-ブチル-ペリレンを表す。Bt₂Ir(acac) は、ビス(2-フェニルベンゾチオゾラト-N-C2)イリジウム(III)アセチルアセトネートを表す。Btp₂Ir(acac) はビス[2-(2'-ベンゾチエニル)ピリジナート-N, C3]イリジウム(III)アセチルアセトネートを表す。Coumarin6 は、3-(2-ベンゾチアゾリル)-7-(ジエチルアミノ)クマリンを表す。

【0089】

発光ドーパントA~Dとしては各種の材料を用いることができる。例えば、青領域の1重項材料としては、BCzVBi(4, 4'-ビス(9-エチル-3-カルバゾピニレン)-1, 1'-ビフェニル)、Perylene(ペリレン)、TBPe(2, 5, 8, 11-テトラ-tert-ブチルペリレン)、BCzVB(9H-カルバゾール-3, 3'- (1, 4-フェニレン-ジ-2, 1-エテン-ジイル)ビス[9-エチル-(9C)])、DPAVBi(4, 4-ビス[4-(ジ-p-トリルアミノ)スチリル]ビフェニル)を例示することができる。青領域の3重項材料としては、fac-Ir(Pmb)₃(トリス(1-フェニル-3-メチルベンゾイミダゾリン-2-イリデン-C, C2'))、mer-Ir(Pmb)₃(トリス(1-フェニル-3-メチルベンゾイミダゾリン-2-イリデン-C, C2'))等を例示することができる。緑~黄領域の1重項材料としては、Coumarin6(3-(2-ベンゾチアゾリル)-7-(ジエチルアミノ)クマリン)、C545T(2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1, 1, 7, 7'-テトラメチル-1H, 5H, 11H-10-(2-ベンゾチアゾリル)キノリジノ[9, 9a, 1gh]クマリン)、DMQA(N, N'-ジメチル-キナクリドン)、BA-TAD(N¹⁰, N¹⁰, N¹⁰', N¹⁰'-テトラフェニル-9, 9'-ピアントラセン-10, 10'-ジアミン)、Rubrene(ルブレン)等を例示することができる。緑~黄領域の3重項材料としては、Ir(ppy)₃(トリス(2-フェニルピリジン)イリジウム(III))、Ir(ppy)₂(acac)(ビス(2-フェニルピリジン)(アセチルアセトナート)イリジウム(III))、Ir(mppy)₃(トリス[2-(p-トリル)ピリジン]イリジウム(III))などを例示することができる。赤領域の1重項材料としては、DCM2(4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-ジユロリジル-9-エニル-4H-ピラン)、DCJT(4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6(1, 1, 7, 7-テトラメチルジユロリジル-9-エニル)-4H-ピラン)などを例示することができる。赤領域の3重項材料としては、Ir(btp)₂(acac)(ビス(2-ベンゾ[b]チオフェン-2-イル-ピリジン)(アセチルアセトナート)イリジウム(III))、Ir(piq)₃(トリス(1-フェニルイソキノリン)イリジウム(III))、Ir(piq)₂(acac)(ビス(1-フェニルイソキノリン)(アセチルアセトナート)イリジウム(III))などを例示することができる。

【0090】

実際の有機エレクトロルミネッセンス素子に適用すると、通常、白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子を考えた場合には、発光ドーパントAは青色発光材料(ピーク波長500nm以下)となり、発光ドーパントDは赤色発光材料(ピーク波長600nm以上)となる。発光ドーパントB, Cは緑色若しくは黄色発光材料(ピーク波長500-600nm)となる。通常、青色発光材料の内部量子効率是他の色の発光材料の内部量子効率に比べて低く、また、3重項材料の青色発光材料は短寿命なので、寿命が長い反面、内部量子効率が低い1重項材料の青色発光材料を利用することもあり、特開2004-335183号公報に記載されているような、光取り出し面に光散乱領域を設けていない状態において、青色発光ドーパントの発光強度が正面方向において干渉によって弱めあっており、斜め方向においては強め合っている状態を形成し、光散乱層を形成した場合の青色発光ドーパント発光効率を高めることが望ましい。つまり、光散乱層を形成していない場合において、50度-70度の輝度平均値/正面輝度(発光ドーパントAの発光ピーク波長にお

10

20

30

40

50

ける) > 1として、光拡散層を形成した場合の青色発光ドーパントの発光効率の利得を高めることが望ましい。

【0091】

また、赤色発光層は通常、他の色の発光層が存在すると発光効率が他の色よりも高くなりがちであるため、高効率の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子を形成する場合には赤の発光強度が高い場合が多い。この場合、光散乱層を形成していない場合において、50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度 (発光ドーパントDの発光ピーク波長における) < 1として、光拡散層を形成した場合の赤色発光ドーパントの発光効率の利得を低めることが望ましい。

【0092】

尚、各発光ドーパントの干渉の制御に関しては発光層と通常は反射性電極である、陰極間の距離を制御することにより、決まる。注目する発光ドーパントが存在する発光層の発光波長を、発光層と陰極間の距離をd、発光層と陰極間に存在する層の屈折率をnとした場合に、[数6]のように、

【0093】

【数6】

$$\frac{0.3\lambda}{n} < d < \frac{0.7\lambda}{n}$$

とすると、斜め方向が強めあう。また、[数7]のように、

【0094】

【数7】

$$0 < d < \frac{0.25\lambda}{n}$$

の場合、正面方向が強めあう。

【0095】

光学干渉の設計自体はここに掲げたものに限らず、他の周知の技術を使って設計してもよい。基本的にある発光層の50度 - 70度の輝度平均値 / 正面輝度を1より大きくしたり、小さくしたりする技術は周知の技術である。

【0096】

陰極が反射電極の場合の干渉制御について記したが、陰極が反射電極でない場合でも、各発光ドーパントがランバーシアンに対して正面方向が強め合っているか、斜め方向が強めあうかどうかは光学干渉に関する数値解析、シミュレーション等でも概ね予想可能であり、正孔輸送層膜厚、電子輸送層膜厚、発光層膜厚を適宜調整することで制御可能である。

【0097】

このようなランバーシアンに対して正面方向を強めたり、斜め方向を強めたりする技術に関する文献として、有機EL材料とディスプレイ(シーエムシー出版、p298 - p310)、有機ELハンドブック(発行:リアライズ理工センター/サイベック(株)、p203 - 228)、特開平7-240277号公報、特開2006-165271号公報等があり、周知の技術で光学干渉の制御自体は可能である。尚、拡散層などがあらかじめ一体化された基板や基板自体に拡散性のある基板上に、有機EL層を形成する場合、拡散層形成前の輝度分布を知ることはできないが、それと同じ条件で通常の拡散性のない基板上に有機EL層を形成すれば、本発明に適した素子かどうかを容易に調べることができるし、透過型電子顕微鏡で断面観察するなどして、その積層構成や各層の膜厚などがわかれば、ある程度輝度の角度分布を予想できる。

【0098】

10

20

30

40

50

本発明の効果がより顕著に発揮される場合は発光ドーパントAが1重項発光材料であり、発光ドーパントDが3重項発光材料である場合である。この場合、発光ドーパントDが発光ドーパントAに対して高効率で発光するため、光散乱層を設けたときの発光ドーパントAの発光効率向上の利得を発光ドーパントDの発光効率向上の利得に対して高めることが高効率の白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子および光散乱層を備えた白色発光有機エレクトロルミネッセンスパネルの実現に望ましい。更に発光ドーパントCが3重項発光材料であってもよい。発光ドーパントAは1重項材料であるため、高効率かつ長寿命の白色有機エレクトロルミネッセンス素子も実現できる。

【0099】

陰極と陽極間に2つの発光ユニットを有する中間接続層を用いる場合において、1重項発光材料のドーパントAは第1の発光ユニットに、3重項発光材料の発光ドーパントDは第2の発光ユニットに含まれることが、エネルギー移動を避けるために好適である。発光ドーパントCが3重項発光材料であれば発光ドーパントCは第2の発光ユニットに含まれることが好適である。発光ドーパントBが1重項発光材料であれば、発光ドーパントBは第1の発光ユニット、3重項発光材料であれば、発光ドーパントCは第2の発光ユニットに含まれることが望ましい。

【0100】

特に、得られる白色発光スペクトルが相関色温度2000 - 4500 Kの白色である場合には、陰極か陽極のいずれか一方は反射性電極であり、上記第1の発光ユニットは第2の発光ユニットよりも反射性電極から遠い位置にあることが望ましい。これは通常光取り出し効率が50 nm以上反射性電極から離れた範囲で、反射性電極に近い発光ユニットのほうが光学干渉による利得が高いことによる。光学干渉による利得を考えた場合、反射性電極に近いほうが、特開2000 - 243573号公報にも記されているような干渉の次数が低いので干渉による利得が高い。反射性電極はアルミニウムなどの通常金属であり、発光層と金属が近づきすぎると、金属側に発光層の励起子が移動してしまい、光学干渉とは別の理由で、消光が生じるので、少なくとも発光層と陰極の距離は30 nm以上は離れていることが望ましい。相関色温度2000 - 4500 Kの白色では赤色の発光強度が比較的高い状態なので、反射電極に近い発光ユニットに赤色の発光層が存在していることが望ましい。

【符号の説明】

【0101】

- S 白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子
- P 白色発光有機エレクトロルミネッセンスパネル
- 1 発光ユニット
- 2 発光ユニット
- 3 中間接続層
- 10 陽極
- 11 陰極
- 12 光拡散層

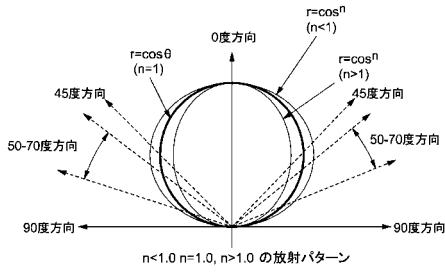
10

20

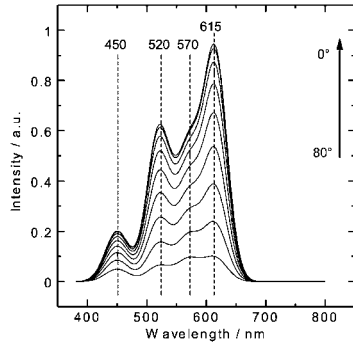
30

40

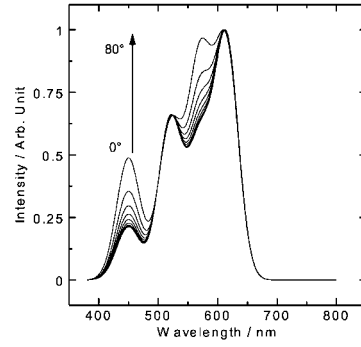
【 図 1 】



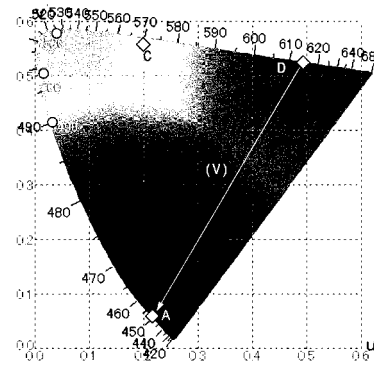
【 図 2 】



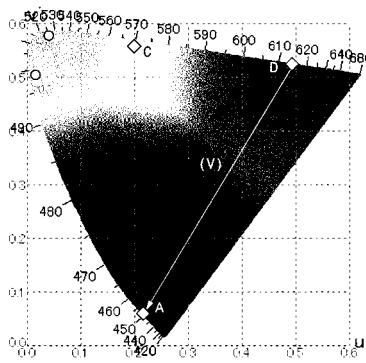
【 図 3 】



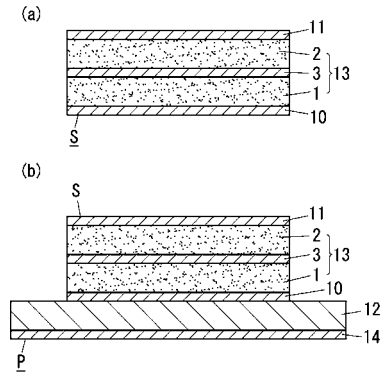
【 図 4 】



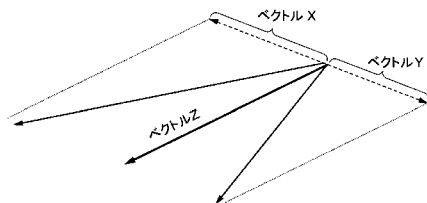
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 辻 博也
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 佐々木 博之
大阪府門真市大字門真1048番地 パナソニック出光OLED照明株式会社内
- (72)発明者 小原 賢
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 山江 和幸
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

審査官 西岡 貴央

- (56)参考文献 特開2011-49356(JP,A)
特開2010-539653(JP,A)
特開2010-541160(JP,A)
特開2010-287524(JP,A)
特開2004-296423(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------------|
| H05B | 33/00 - 33/28 |
| H01L | 51/50 - 51/56 |

专利名称(译)	白光发射有机电致发光器件和白光发射有机电致发光器件		
公开(公告)号	JP5238911B2	公开(公告)日	2013-07-17
申请号	JP2012543405	申请日	2012-03-09
[标]申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
[标]发明人	葛岡義和 辻博也 佐々木博之 小原賢 山江和幸		
发明人	葛岡 義和 辻 博也 佐々木 博之 小原 賢 山江 和幸		
IPC分类号	H05B33/12 H01L51/50		
CPC分类号	H01L51/5024 H01L27/3209 H01L51/5036		
FI分类号	H05B33/12.C H05B33/14.A		
代理人(译)	竹尾 由重 Tokioka恭平		
优先权	2011066567 2011-03-24 JP		
其他公开文献	JPWO2012128079A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供一种具有降低的视角依赖性的高效白光发射有机电致发光器件。它是一种发白光的有机电致发光器件，包括至少四种在阳极和阴极之间具有不同发光峰值波长的发光掺杂剂。四种发光掺杂剂的发光峰值波长按发光掺杂剂A，发光掺杂剂B，发光掺杂剂C和发光掺杂剂D的顺序较长。发光光谱是50至70度的平均亮度/正面亮度（在发光掺杂剂A的发光峰值波长处）> 50至70度的平均亮度/正面亮度（在发光掺杂剂D的发光峰值波长处），亮度平均值/正面亮度（在发光掺杂剂C的发光峰值波长处）> 50-70度的亮度平均值/正面亮度（在发光掺杂剂B的发光峰值波长处）为50-70度。

【 0 0 5 5 】

【 表 1 】

	S1	S2	S3	S4
A	中心波长 $\lambda_{c,0}$ /nm			
	450			
	标准偏差 σ_{λ} /nm			
	20			
B	中心波长 $\lambda_{c,0}$ /nm			
	520			
	标准偏差 σ_{λ} /nm			
	20			
C	中心波长 $\lambda_{c,0}$ /nm			
	570			
	标准偏差 σ_{λ} /nm			
	20			
D	中心波长 $\lambda_{c,0}$ /nm			
	615			
	标准偏差 σ_{λ} /nm			
	20			
正面色度(CIE-x, CIE-y)	0.431, 0.438	0.431, 0.438	0.431, 0.438	0.431, 0.438
色度变化 CIE-x	0.066	0.032	0.055	0.031
色度变化 CIE-y	0.025	0.034	0.006	0.013
正面色度 u', v'	0.233, 0.533	0.233, 0.533	0.233, 0.533	0.233, 0.533
色度变化 u'	0.031	0.007	0.031	0.014
色度变化 v'	0.019	0.017	0.010	0.009
$\angle(x,y)$	0.071	0.047	0.055	0.033
$\angle(u',v')$	0.036	0.019	0.032	0.016