

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5991686号
(P5991686)

(45) 発行日 平成28年9月14日 (2016.9.14)

(24) 登録日 平成28年8月26日 (2016.8.26)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 5 B 33/12	(2006.01)	HO 5 B	33/12		C
HO 1 L 51/50	(2006.01)	HO 5 B	33/14		A

請求項の数 15 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2016-81204 (P2016-81204)	(73) 特許権者	510038670
(22) 出願日	平成28年4月14日 (2016.4.14)		Lumio tec 株式会社
審査請求日	平成28年4月14日 (2016.4.14)		山形県米沢市八幡原五丁目4 1 4 9 番地の 8
早期審査対象出願		(74) 代理人	100134544 弁理士 森 隆一郎
		(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100126893 弁理士 山崎 哲男
		(74) 代理人	100149548 弁理士 松沼 泰史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機エレクトロルミネッセント素子および照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陰極と陽極との間に、少なくとも有機化合物からなる発光層を含む複数の発光ユニットが電荷発生層を挟んで積層された構造を有し、前記複数の発光ユニットが発光することで白色光が得られる有機エレクトロルミネッセント素子であって、

赤色波長域に1つのピーク波長を有する赤色光を発する赤色燐光発光層と、緑色波長域に1つのピーク波長を有する緑色光を発する緑色燐光発光層とからなる発光層を含む第1の発光ユニットと、

青色波長域に1つまたは2つのピーク波長を有する青色光を発する青色蛍光発光層からなる発光層を含む第2の発光ユニットと、

青色波長域に1つまたは2つのピーク波長を有する青色光を発する青色蛍光発光層からなる発光層を含む第3の発光ユニットとを有し、

前記第1の発光ユニットと前記第2の発光ユニットとが第1の電荷発生層を挟んで積層され、前記第2の発光ユニットと前記第3の発光ユニットとが第2の電荷発生層を挟んで積層され、

前記陽極、前記第3の発光ユニット、前記第2の電荷発生層、前記第2の発光ユニット、前記第1の電荷発生層、前記第1の発光ユニットおよび前記陰極がこの順に積層された構造を有し、

前記第1の発光ユニット、前記第2の発光ユニットおよび前記第3の発光ユニットが発光することで得られる前記白色光が、少なくとも380nm~780nmの波長域に亘つ

て連続した発光スペクトルを有し、かつ、この発光スペクトルにおいて、590 nm ~ 640 nmの赤色波長域に1つのピーク波長と、500 nm ~ 550 nmの緑色波長域に1つのピーク波長と、440 nm ~ 490 nmの青色波長域に1つまたは2つのピーク波長と、を有することを特徴とする有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項2】

500 nm ~ 520 nmの青色波長域ないし緑色波長域に1つのボトム波長を有することを特徴とする請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項3】

前記500 nm ~ 520 nmの青色波長域ないし緑色波長域にある1つのボトム波長の発光強度が、他の波長域にあるボトム波長の発光強度よりも低いことを特徴とする請求項2に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

10

【請求項4】

前記380 nm ~ 780 nmの波長域において、最も高い発光強度を有するピーク波長の発光強度を(A)、前記500 nm ~ 520 nmの青色波長域ないし緑色波長域にある1つのボトム波長の発光強度を(B)とした場合、前記(A)に対する前記(B)の比率((B)/(A))が0.50以下であることを特徴とする請求項2または3に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項5】

前記赤色波長域および緑色波長域において、互いに隣接するピーク波長の間にある1つのボトム波長と、前記500 nm ~ 520 nmの青色波長域ないし緑色波長域にある1つのボトム波長との間隔が50 nm以上であることを特徴とする請求項2 ~ 4のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

20

【請求項6】

前記白色光の発光色が、「JIS Z 9112」に規定される色度範囲のうち、昼光色(D)であり、かつ、前記白色光の平均演色評価数(Ra)が、70以上であることを特徴とする請求項1 ~ 5のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項7】

前記電荷発生層は、電子受容性物質と電子供与性物質とから構成される電氣的絶縁層からなり、この電氣的絶縁層の比抵抗が $1.0 \times 10^2 \cdot \text{cm}$ 以上であることを特徴とする請求項1 ~ 6のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

30

【請求項8】

前記電氣的絶縁層の比抵抗が $1.0 \times 10^5 \cdot \text{cm}$ 以上であることを特徴とする請求項7に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項9】

前記電荷発生層は、異なる物質の混合層からなり、その一成分が金属酸化物であり、この金属酸化物が酸化還元反応による電荷移動錯体を形成しており、

前記陰極と前記陽極との間に電圧を印加したときに、前記電荷移動錯体中の電荷が、それぞれ前記陰極側および前記陽極側に向かって移動することにより、前記電荷発生層を挟んで前記陰極側に位置する一の発光ユニットに正孔を注入し、前記電荷発生層を挟んで前記陽極側に位置する他の発光ユニットに電子を注入することを特徴とする請求項1 ~ 6のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

40

【請求項10】

前記電荷発生層は、電子受容性物質と電子供与性物質との積層体からなり、

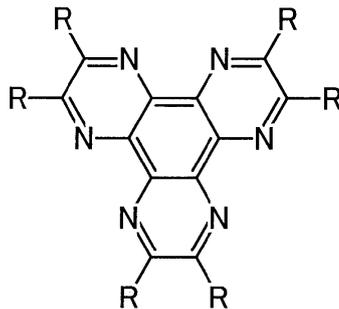
前記陰極と前記陽極との間に電圧を印加したときに、前記電子受容性物質と前記電子供与性物質との界面において、これら電子受容性物質と電子供与性物質との間での電子移動を伴う反応により発生した電荷が、それぞれ前記陰極側および前記陽極側に向かって移動することにより、前記電荷発生層を挟んで前記陰極側に位置する一の発光ユニットに正孔を注入し、前記電荷発生層を挟んで前記陽極側に位置する他の発光ユニットに電子を注入することを特徴とする請求項1 ~ 6のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

50

【請求項 1 1】

前記電荷発生層は、下記式(1)で表わされる構造を有する化合物を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【化 1】



R=F,Cl,Br,I,CN,CF₃の電子求引基を示す。

(1)

10

【請求項 1 2】

請求項 1 ~ 1 1 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子を備えることを特徴とする照明装置。

【請求項 1 3】

前記有機エレクトロルミネッセント素子の光取り出し面側に光学フィルムを備えることを特徴とする請求項 1 2 に記載の照明装置。

【請求項 1 4】

前記白色光の発光色が、「JIS Z 9112」に規定される色度範囲のうち、昼光色(D)、昼白色(N)、白色(W)のいずれかであり、かつ、前記白色光の平均演色評価数(Ra)が80以上であることを特徴とする請求項 1 2 または 1 3 に記載の照明装置。

20

【請求項 1 5】

前記白色光における演色評価数のうち、R13およびR15がそれぞれ70以上であることを特徴とする請求項 1 2 ~ 1 4 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機エレクトロルミネッセント(EL)素子および照明装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

有機EL素子は、対向する陰極と陽極との間に有機化合物からなる発光層を有する自己発光型素子であり、陰極と陽極との間に電圧を印加したときに、陰極側から発光層に注入された電子と、陽極側から発光層に注入された正孔(ホール)とが、発光層内で再結合することによって生じた励起子(エキシトン)により発光する。

【0003】

イーストマンコダック社のTang等は、この有機EL素子の高効率化のため、キャリア輸送性の異なる有機化合物を積層し、電子および正孔がそれぞれ陰極および陽極よりバランス良く注入される構造とし、陰極と陽極との間に挟み込まれた有機層の層厚を200nm以下とすることで、10V以下の印加電圧で1000cd/m²と外部量子効率1%の実用化に十分な高輝度および高効率を得ることに成功した(例えば、非特許文献1参照)。

40

【0004】

有機EL素子は、このようなTang等が示した素子構造を基礎として発展してきた。また、有機EL素子の素子構造としては、少なくとも1層以上の発光層を含む発光ユニットを1つの単位とし、複数の発光ユニットの間に電気絶縁性の電荷発生層(CGL)が配置されたマルチフォトンエミッション(MPE)構造の有機EL素子が開発されている(例えば、特許文献1参照)。このMPE構造の有機EL素子では、陰極と陽極との間に

50

電圧を印加したときに、電荷移動錯体中の電荷が、それぞれ陰極側および陽極側に向かって移動することにより、電荷発生層を挟んで陰極側に位置する一の発光ユニットに正孔を注入し、電荷発生層を挟んで陽極側に位置する他の発光ユニットに電子を注入する。これにより、同じ電流量のまま複数の発光ユニットからの発光が同時に得られるため、発光ユニットの個数倍相当の電流効率および外部量子効率を得ることが可能である。

【0005】

このタンデム構造の有機EL素子は、Tang等の有機EL素子の構造では実現できなかった、長寿命化や高輝度化、大面積での均一発光を可能とする技術として注目されている。

【0006】

上述した有機EL素子は、高速度での発光の切り換えが可能であり、素子構造が簡単に薄型化が可能であるなどの特性を有している。有機EL素子は、このような優れた特性を活かして、例えば携帯電話や車載機器などの表示装置に应用されている。さらに、近年、有機EL素子は、薄型面発光という特性を活かして、例えば、液晶ディスプレイのバックライトや一般照明等の照明装置としても注目されている。

【0007】

ところで、有機EL素子を照明装置に应用する場合は、高い色温度および演色性を有する白色光を得る必要がある。有機EL素子で白色光を得る方法としては、補色の関係にある2色の発光材料、例えば、青色発光層と黄色発光層とが発する光を混色して白色を得る方法や、赤色、青色、緑色の3つの発光層が発する光を混色して白色を得る方法等が挙げられる。

その中でも、赤色、青色、緑色の3つの発光層が発する光を混色する方法が、演色性の高い白色光を得るのに適している（例えば、特許文献2、3参照）。

【0008】

しかしながら、従来の有機EL素子では、高い色温度および演色性を得る観点から、赤色、青色、緑色の3つの発光層が発光することで得られる白色光の発光スペクトルが必ずしも十分に制御されたものとは言えなかった。すなわち、従来の有機EL素子は、照明装置の光源として必ずしも十分な性能を有するものではなかった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2003-272860号公報

【特許文献2】特開2006-287154号公報

【特許文献3】特開2009-224274号公報

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】Appl. Phys. Lett., 51, 913 (1987).

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、このような従来の事情に鑑みて提案されたものであり、色温度および演色性が高く、かつ高輝度発光および長寿命駆動が可能な白色光を得ることによって、特に照明装置の光源に用いて好適な有機エレクトロルミネッセント素子、および、そのような有機エレクトロルミネッセント素子を備えた照明装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明は以下の手段を提供する。

(1) 陰極と陽極との間に、少なくとも有機化合物からなる発光層を含む複数の発光ユニットが電荷発生層を挟んで積層された構造を有し、前記複数の発光ユニットが発光することで白色光が得られる有機エレクトロルミネッセント素子であって、

10

20

30

40

50

赤色波長域に1つのピーク波長を有する赤色光を発する赤色燐光発光層と、緑色波長域に1つのピーク波長を有する緑色光を発する緑色燐光発光層とからなる発光層を含む第1の発光ユニットと、

青色波長域に1つまたは2つのピーク波長を有する青色光を発する青色蛍光発光層からなる発光層を含む第2の発光ユニットと、

青色波長域に1つまたは2つのピーク波長を有する青色光を発する青色蛍光発光層からなる発光層を含む第3の発光ユニットとを有し、

前記第1の発光ユニットと前記第2の発光ユニットとが第1の電荷発生層を挟んで積層され、前記第2の発光ユニットと前記第3の発光ユニットとが第2の電荷発生層を挟んで積層され、

前記陽極、前記第3の発光ユニット、前記第2の電荷発生層、前記第2の発光ユニット、前記第1の電荷発生層、前記第1の発光ユニットおよび前記陰極がこの順に積層された構造を有し、

前記第1の発光ユニット、前記第2の発光ユニットおよび前記第3の発光ユニットが発光することで得られる前記白色光が、少なくとも380nm~780nmの波長域に亘って連続した発光スペクトルを有し、かつ、この発光スペクトルにおいて、590nm~640nmの赤色波長域に1つのピーク波長と、500nm~550nmの緑色波長域に1つのピーク波長と、440nm~490nmの青色波長域に1つまたは2つのピーク波長と、を有することを特徴とする有機エレクトロルミネッセント素子。

(2) 500nm~520nmの青色波長域ないし緑色波長域に1つのボトム波長を有することを特徴とする前記(1)に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

(3) 前記500nm~520nmの青色波長域ないし緑色波長域にある1つのボトム波長の発光強度が、他の波長域にあるボトム波長の発光強度よりも低いことを特徴とする前記(2)に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

(4) 前記380nm~780nmの波長域において、最も高い発光強度を有するピーク波長の発光強度を(A)、前記500nm~520nmの青色波長域ないし緑色波長域にある1つのボトム波長の発光強度を(B)とした場合、前記(A)に対する前記(B)の比率((B)/(A))が0.50以下であることを特徴とする前記(2)または(3)に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

(5) 前記赤色波長域および緑色波長域において、互いに隣接するピーク波長の間にある1つのボトム波長と、前記500nm~520nmの青色ないし緑色波長域にある1つのボトム波長との間隔が50nm以上であることを特徴とする前記(2)~(4)のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

(6) 前記白色光の発光色が、「JIS Z 9112」に規定される色度範囲のうち、昼光色(D)であり、かつ、前記白色光の平均演色評価数(Ra)が、70以上であることを特徴とする前記(1)~(5)のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

(7) 前記電荷発生層は、電子受容性物質と電子供与性物質とから構成される電氣的絶縁層からなり、この電氣的絶縁層の比抵抗が $1.0 \times 10^2 \cdot \text{cm}$ 以上であることを特徴とする前記(1)~(6)のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

(8) 前記電氣的絶縁層の比抵抗が $1.0 \times 10^5 \cdot \text{cm}$ 以上であることを特徴とする前記(7)に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

(9) 前記電荷発生層は、異なる物質の混合層からなり、その一成分が金属酸化物であり、この金属酸化物が酸化還元反応による電荷移動錯体を形成しており、

前記陰極と前記陽極との間に電圧を印加したときに、前記電荷移動錯体中の電荷が、それぞれ前記陰極側および前記陽極側に向かって移動することにより、前記電荷発生層を挟んで前記陰極側に位置する一の発光ユニットに正孔を注入し、前記電荷発生層を挟んで前記陽極側に位置する他の発光ユニットに電子を注入することを特徴とする前記(1)~(6)のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

(10) 前記電荷発生層は、前記電子受容性物質と前記電子供与性物質との積層体からな

10

20

30

40

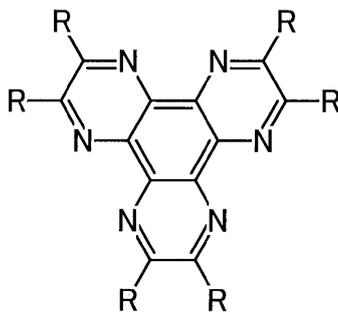
50

り、

前記陰極と前記陽極との間に電圧を印加したときに、前記電子受容性物質と前記電子供与性物質との界面において、これら電子受容性物質と電子供与性物質との間での電子移動を伴う反応により発生した電荷が、それぞれ前記陰極側および前記陽極側に向かって移動することにより、前記電荷発生層を挟んで前記陰極側に位置する一の発光ユニットに正孔を注入し、前記電荷発生層を挟んで前記陽極側に位置する他の発光ユニットに電子を注入することを特徴とする前記(7)~(9)のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

(11) 前記電荷発生層は、下記式(1)で表わされる構造を有する化合物を含むことを特徴とする前記(1)~(10)のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【化1】



R=F,Cl,Br,I,CN,CF₃の電子求引基を示す。

(1)

(12) 前記(1)~(11)のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子を備えることを特徴とする照明装置。

(13) 前記有機エレクトロルミネッセント素子の光取り出し面側に光学フィルムを備えることを特徴とする前記(12)に記載の照明装置。

(14) 前記白色光の発光色が、「JIS Z 9112」に規定される色度範囲のうち、昼光色(D)、昼白色(N)、白色(W)の何れかであり、かつ、前記白色光の平均演色評価数(Ra)が80以上であることを特徴とする前記(12)または(13)に記載の照明装置。

(15) 前記白色光における演色評価数のうち、R13およびR15がそれぞれ70以上であることを特徴とする前記(12)~(14)のいずれか1項に記載の照明装置。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、色温度および演色性の高い白色光が得られる有機エレクトロルミネッセント素子、および、そのような有機エレクトロルミネッセント素子を備えた照明装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の有機EL素子の素子構造の一実施形態を示す概略断面図である。

【図2】本発明の有機EL素子の一実施形態により得られる白色光の発光スペクトルの一例を示すグラフである。

【図3】実施例1の有機EL素子の素子構造を示す断面図である。

【図4】実施例1, 3の有機EL素子の評価結果を示す図である。

【図5】実施例2の有機EL素子の素子構造を示す断面図である。

【図6】実施例2, 4の有機EL素子の評価結果を示す図である。

【図7】実施例5の照明装置の素子構造を示す断面図である。

【図8】実施例5の照明装置の評価結果を示す図である。

【図9】実施例6の照明装置の素子構造を示す断面図である。

【図10】実施例6の照明装置の評価結果を示す図である。

【図11】実施例7の照明装置の素子構造を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】実施例 7 および比較例の照明装置の評価結果を示す図である。

【図 1 3】比較例の照明装置の素子構造を示す断面図である。

【図 1 4】実施例 7 および比較例の照明装置の寿命特性の評価結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

本発明の有機エレクトロルミネッセント (E L) 素子および照明装置の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために、便宜上特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などが実際と同じであるとは限らない。また、以下の説明において例示される材料、寸法等は一例であって、本発明はそれらに必ずしも限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲で適宜変更して実施することが可能である。

【 0 0 1 6 】

[有機エレクトロルミネッセント素子 (有機 E L 素子)]

図 1 は、本発明の有機 E L 素子の素子構造の一実施形態を示す概略断面図である。

図 1 に示すように、本実施形態の有機 E L 素子 1 0 は、陰極 1 1 と陽極 1 2 との間に、少なくとも有機化合物からなる発光層を含む複数の発光ユニット 2 1 , 2 2 , 2 3 が電荷発生層 (C G L) 3 1 , 3 2 を挟んで積層された構造を有し、複数の発光ユニット 2 1 , 2 2 , 2 3 が発光することで白色光が得られる有機 E L 素子である。

本実施形態の有機 E L 素子 1 0 は、第 1 の発光ユニット 2 1 と、第 2 の発光ユニット 2 2 と、第 3 の発光ユニット 2 3 と、を有する。

【 0 0 1 7 】

第 1 の発光ユニット 2 1 は、赤色波長域に 1 つのピーク波長を有する赤色光を発する赤色燐光発光層と、緑色波長域に 1 つのピーク波長を有する緑色光を発する緑色燐光発光層とからなる発光層を含む。

第 2 の発光ユニット 2 2 は、青色波長域に 1 つまたは 2 つのピーク波長を有する青色光を発する青色蛍光発光層からなる発光層を含む。

第 3 の発光ユニット 2 3 は、青色波長域に 1 つまたは 2 つのピーク波長を有する青色光を発する青色蛍光発光層からなる発光層を含む。

【 0 0 1 8 】

第 1 の発光ユニット 2 1 と第 2 の発光ユニット 2 2 とが第 1 の電荷発生層 3 1 を挟んで積層されている。

第 2 の発光ユニット 2 2 と第 3 の発光ユニット 2 3 とが第 2 の電荷発生層 3 2 を挟んで積層されている。

【 0 0 1 9 】

本実施形態の有機 E L 素子 1 0 は、陽極 1 2 、第 3 の発光ユニット 2 3 、第 2 の電荷発生層 3 2 、第 2 の発光ユニット 2 2 、第 1 の電荷発生層 3 1 、第 1 の発光ユニット 2 1 および陰極 1 1 がこの順に積層された構造を有する。すなわち、本実施形態の有機 E L 素子 1 0 は、第 1 の発光ユニット 2 1 、第 2 の発光ユニット 2 2 および第 3 の発光ユニット 2 3 が、第 1 の電荷発生層 3 1 と第 2 の電荷発生層 3 2 を挟んで積層された構造 (M P E 構造) を有する。

【 0 0 2 0 】

本実施形態の有機 E L 素子 1 0 は、第 1 の発光ユニット 2 1 、第 2 の発光ユニット 2 2 および第 3 の発光ユニット 2 3 が発光することで得られる白色光が、少なくとも 3 8 0 n m ~ 7 8 0 n m の波長域に亘って連続した発光スペクトルを有する。また、本実施形態の有機 E L 素子 1 0 は、この発光スペクトルにおいて、5 9 0 n m ~ 6 4 0 n m の赤色波長域に 1 つのピーク波長と、5 0 0 n m ~ 5 5 0 n m の緑色波長域に 1 つのピーク波長と、4 4 0 n m ~ 4 9 0 n m の青色波長域に 1 つまたは 2 つのピーク波長と、を有する。

【 0 0 2 1 】

陰極 1 1 としては、一般的に仕事関数の小さい金属またはその合金、金属酸化物等を用

10

20

30

40

50

いることが好ましい。陰極 1 1 を形成する金属としては、例えば、L i 等のアルカリ金属、M g、C a 等のアルカリ土類金属、E u 等の希土類金属等の金属単体、または、これらの金属と A l、A g、I n 等を含む合金等が用いられる。

【 0 0 2 2 】

また、陰極 1 1 は、例えば、「特開平 1 0 - 2 7 0 1 7 1 号公報」や「特開 2 0 0 1 - 1 0 2 1 7 5 号公報」に開示されるように、陰極 1 1 と有機層との界面に金属ドーピングされた有機層を用いた構成であってもよい。この場合、陰極 1 1 の材料としては、導電性材料が用いられ、その仕事関数等の性質は特に制限されない。

【 0 0 2 3 】

また、陰極 1 1 は、例えば、「特開平 1 1 - 2 3 3 2 6 2 号公報」や「特開 2 0 0 0 - 1 8 2 7 7 4 号公報」に開示されるように、陰極 1 1 に接する有機層を、アルカリ金属イオン、アルカリ土類金属イオンおよび希土類金属イオンからなる群から選択される少なくとも 1 種を含有する有機金属錯体化合物により構成されていてもよい。この場合、有機金属錯体化合物中に含有される金属イオンを真空中で金属に還元し得る金属、例えば、A l、Z r、T i、S i 等の（熱還元性）金属、または、これらの金属を含有する合金を陰極 1 1 に用いることができる。これらの中でも、配線電極として一般に広く使用されている A l が、蒸着の容易さ、光反射率の高さ、化学的安定性等の観点から特に好ましい。

【 0 0 2 4 】

陽極 1 2 の材料としては、特に限定されず、この陽極 1 2 側から光を取り出す場合には、例えば、I T O（インジウム・オキシド）、I Z O（インジウム・亜鉛酸化物）等の透明導電材料が用いられる。

【 0 0 2 5 】

また、陽極 1 2 は、例えば、「特開 2 0 0 2 - 3 3 2 5 6 7 号公報」に開示された手法を用いて、有機膜に損傷のないようなスパッタリング法によって I T O の成膜を行う場合は、上記「特開平 1 0 - 2 7 0 1 7 1 号公報」に開示されている金属ドーピングされた有機層を電子注入層に用いることで、上述した I T O や I Z O 等の透明導電材料を陰極 1 1 に用いることもできる。

【 0 0 2 6 】

したがって、陰極 1 1 および陽極 1 2 の両方を透明にして（第 1 の発光ユニット 2 1、第 2 の発光ユニット 2 2、第 3 の発光ユニット 2 3 や、第 1 の電荷発生層 3 1、第 2 の電荷発生層 3 2 も同様に透明であるから）、透明な有機 E L 素子 1 0 を作製することが可能である。また、一般的な有機 E L 素子の場合とは逆に、陽極 1 2 を金属材料、陰極 1 1 に透明導電材料を用いることで、陰極 1 1 側から光を取り出すことも可能である。また、成膜順序に関しては必ずしも陽極 1 2 側から始める必要はなく、陰極 1 1 側から成膜を始めてもよい。

【 0 0 2 7 】

第 1 の発光ユニット 2 1、第 2 の発光ユニット 2 2 および第 3 の発光ユニット 2 3 は、従来公知の有機 E L 素子 1 0 と同様に種々の構造を採用することができ、少なくとも有機化合物からなる発光層を含むものであれば、如何なる積層構造を有していてもよい。例えば、発光層の陰極 1 1 側に、電子輸送層や電子注入層等を配置し、発光層の陽極 1 2 側に、正孔輸送層や正孔注入層等を配置してもよい。

【 0 0 2 8 】

電子輸送層は、例えば、従来公知の電子輸送性物質からなる。本実施形態の有機 E L 素子 1 0 では、一般に有機 E L 素子に用いられる電子輸送性物質のなかでも、比較的深い H O M O（H i g h e s t O c c u p i e d M o l e c u l a r O r b i t a l）準位を有するものが好ましい。具体的には、少なくとも概ね 6 . 0 e V 以上の H O M O 準位を有する電子輸送性物質を用いることが好ましい。

【 0 0 2 9 】

電子注入層は、陰極 1 1、または第 1 の電荷発生層 3 1 および第 2 の電荷発生層 3 2 の少なくとも一方から電子の注入効率を向上させるために、陰極 1 1 と電子輸送層との間、

10

20

30

40

50

または第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32の少なくとも一方と陽極12側に位置する電子輸送層との間に挿入するものである。電子注入層の材料としては、一般的に、電子輸送層と同様の性質を有する電子輸送性物質が用いられる。電子輸送層と電子注入層をまとめて、電子輸送層と呼ぶこともある。

【0030】

正孔輸送層は、例えば、従来公知の正孔輸送性物質からなる。正孔輸送性物質としては、特に限定されない。正孔輸送性物質としては、例えば、イオン化ポテンシャルが5.7 eVより小さく、正孔輸送性、即ち電子供与性を有する有機化合物（電子供与性物質）を用いることが好ましい。

【0031】

正孔注入層は、陽極12、または第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32の少なくとも一方から正孔の注入効率を向上させるために、陽極12と正孔輸送層との間、または第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32の少なくとも一方と陰極11側に位置する正孔輸送層との間に挿入するものである。正孔注入層の材料としては、一般的に、正孔輸送層と同様の性質を有する電子供与性物質が用いられる。正孔輸送層と正孔注入層をまとめて、正孔輸送層と呼ぶこともある。

【0032】

第1の発光ユニット31に含まれる赤色燐光発光層と緑色燐光発光層は、有機化合物として、通常は主成分であるホスト材料と、少量成分であるゲスト材料とを含む。赤色の発光および緑色の発光は、特にゲスト材料の性質に起因する。

【0033】

赤色燐光発光層および緑色燐光発光層のホスト材料としては、電子輸送性の材料、ホール輸送性の材料、または両者を混合したもの等が用いられる。燐光発光層のホスト材料としては、具体的には、例えば、4,4'-ビスカルバゾリルピフェニル(CBP)や、2,9-ジメチル-4,7-ジフェニル-9,10-フェナントロリン(BCP)等が用いられる。

【0034】

ゲスト材料は、ドーパント材料とも呼ばれる。

ゲスト材料に燐光発光を利用するものは、通常、燐光発光材料と呼ばれる。この燐光発光材料で構成される発光層のことを燐光発光層と呼ぶ。

【0035】

燐光発光層では、電子と正孔の再結合により生じた75%の三重項励起子に加え、一重項励起子からのエネルギー移動により生成した25%分の三重項励起子も利用できるため、理論上は、100%の内部量子効率が得られる。すなわち、電子と正孔の再結合により生じた励起子が、発光層内で熱失活等を生じることなく光に変換される。実際に、イリジウムや白金等の重原子を含む有機金属錯体では、素子構造の最適化等によって100%に近い内部量子効率を達成している。

【0036】

燐光発光層のゲスト材料としては、特に制限されるものではない。

赤色燐光発光層のゲスト材料としては、例えば、Ir(piq)₃やIr(btpy)₃ならびにIr(btpp)₂acacやIr(2-phq)₂acac等の赤色燐光発光材料が用いられる。

緑色燐光発光層のゲスト材料としては、例えば、Ir(ppy)₃等の緑色燐光発光材料が用いられる。

【0037】

第2の発光ユニット22に含まれる青色蛍光発光層、および、第3の発光ユニット23に含まれる青色蛍光発光層は、有機化合物として、通常は主成分であるホスト材料と、少量成分であるゲスト材料とを含む。青色の発光は、特にゲスト材料の性質に起因する。

【0038】

青色蛍光発光層および青色蛍光発光層のホスト材料およびゲスト材料としては、例えば

10

20

30

40

50

、「国際公開第2012/053216号公報」の段落[0052]～[0061]に記載されている青色蛍光発光材料が用いられる。

青色蛍光発光層および青色蛍光発光層のゲスト材料としては、例えば、スチリルアミン化合物、フルオランテン化合物、アミノピレン化合物、ホウ素錯体等を用いることもできる。さらに、4,4'-ビス[4-(ジフェニルアミノ)スチリル]ビフェニル(BDAVBi)や2,7-ビス{2-[フェニル(m-トリル)アミノ]-9,9-ジメチル-フルオレン-7-イル}-9,9-ジメチルフルオレン(MDP3FL)等といった材料を用いることができる。

【0039】

第1の発光ユニット21、第2の発光ユニット22および第3の発光ユニット23を構成する各層の成膜方法としては、例えば、真空蒸着法やスピコート法等が用いられる。

【0040】

第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32は、電子受容性物質と電子供与性物質とから構成される電氣的絶縁層からなる。この電氣的絶縁層の比抵抗は $1.0 \times 10^2 \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましく、 $1.0 \times 10^5 \cdot \text{cm}$ 以上であることがより好ましい。

【0041】

また、第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32は、異なる物質の混合層からなり、その一成分が金属酸化物であり、この金属酸化物が酸化還元反応による電荷移動錯体を形成しているものであってもよい。この場合、陰極11と陽極12との間に電圧を印加したときに、電荷移動錯体中の電荷が、それぞれ陰極11側および陽極12側に向かって移動することにより、第2の電荷発生層32を挟んで陰極11側に位置する第2の発光ユニット22と第1の電荷発生層31を挟んで陰極11側に位置する第1の発光ユニット21とに正孔を注入し、第2の電荷発生層32を挟んで陽極12側に位置する第3の発光ユニット23と第1の電荷発生層31を挟んで陽極12側に位置する第2の発光ユニット22に電子を注入する。第2の電荷発生層32を挟んで陰極11側に位置する一の発光ユニット(第1の発光ユニット21または第2の発光ユニット22)に正孔を注入し、第2の電荷発生層32を挟んで陽極12側に位置する他の発光ユニット(第3の発光ユニット23)に電子を注入する。これにより、同じ電流量のまま第1の発光ユニット21、第2の発光ユニット22および第3の発光ユニット23からの発光が同時に得られるため、第1の発光ユニット21、第2の発光ユニット22および第3の発光ユニット23の発光効率を合算した電流効率および外部量子効率を得ることが可能である。

【0042】

第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32は、電子受容性物質と電子供与性物質との積層体からなるものであってもよい。この場合も[0041]に記載の効果と同様の効果を得ることが可能である。

【0043】

第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32を構成する材料としては、例えば、上記特許文献1に記載されている材料が用いられる。それらの中でも、段落[0019]～[0021]に記載されている材料が好適に用いられる。また、第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32を構成する材料としては、「国際公開2010/113493号公報」の段落[0023]～[0026]に記載されている材料が用いられる。それらの中でも、特に、段落[0059]に記載されている強電子受容性物質(HATCN6)は、近年、第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32によく用いられる材料である。

【0044】

第1の電荷発生層31および第2の電荷発生層32を構成する材料としては、下記式(1)で表わされる構造を有する化合物が好ましい。なお、下記式(1)で表される構造において、Rにて記載された置換基がCN(シアノ基)の場合、上述したHATCN6に相当する。

10

20

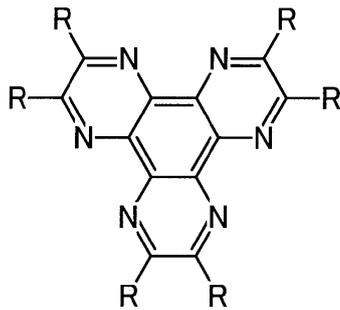
30

40

50

【 0 0 4 5 】

【 化 2 】

R=F,Cl,Br,I,CN,CF₃の電子求引基を示す。

(1)

10

【 0 0 4 6 】

図 2 は、本実施形態の有機 E L 素子 1 0 により得られる白色光の発光スペクトルの一例を示すグラフである。

具体的に、有機 E L 素子 1 0 により得られる白色光は、図 2 に示すように、いわゆる可視光として、少なくとも 3 8 0 n m ~ 7 8 0 n m の波長域に亘って連続した発光スペクトル S を有している。

【 0 0 4 7 】

発光スペクトル S は、5 9 0 n m ~ 6 4 0 n m の赤色波長域 R に 1 つのピーク波長 p_1 と、5 0 0 n m ~ 5 5 0 n m の緑色波長域 G に 1 つのピーク波長 p_2 と、4 4 0 n m ~ 4 9 0 n m の青色波長域 B に 1 つのピーク波長 p_3 もしくは 2 つのピーク波長 p_3, p_4 とを有している。

20

【 0 0 4 8 】

図 2 に示すように、5 0 0 n m ~ 5 2 0 n m の青色波長域ないし緑色波長域において、互いに隣接する 2 つのピーク波長 p_2, p_3 の間に、1 つのボトム波長 b_1 を有することが好ましい。

これにより、視感度の高いピーク波長 p_2 と短波長成分が含まれるピーク波長 p_3 の発光強度の比を好適に制御することで、高輝度発光と高演色性を両立することが可能となる。

【 0 0 4 9 】

また、図 2 に示すように、5 0 0 n m ~ 5 2 0 n m の青色波長域ないし緑色波長域にある 1 つのボトム波長 b_1 の発光強度が、他の波長域（緑色波長域ないし赤色波長域、青色波長域）にあるボトム波長 b_2, b_3 の発光強度よりも低いことが好ましい。

これにより、ボトム波長 b_2 を形成するピーク波長 p_1 ないし p_2 の発光強度比およびボトム波長 b_3 を形成するピーク波長 p_3 ないし p_4 の発光強度比をそれぞれ適正にすることで、照明に適した白色光の色温度を確保することができる。

30

【 0 0 5 0 】

例えば、3 8 0 n m ~ 7 8 0 n m の波長域において、最も高い発光強度を有するピーク波長（図 2 ではピーク波長 p_4 ）、の発光強度を (A)、5 0 0 n m ~ 5 2 0 n m の青色波長域ないし緑色波長域にある 1 つのボトム波長 b_1 の発光強度を (B) とした場合、(A) に対する (B) の比率 ((B) / (A)) が 0 . 5 0 以下であることが好ましい。これにより、高輝度発光と高演色性を両立することが可能となり、照明に適した白色光の色温度を確保することができる。

40

【 0 0 5 1 】

また、赤色波長域および緑色波長域において、互いに隣接するピーク波長 p_1, p_2 の間にある 1 つのボトム波長 b_1 と、5 0 0 n m ~ 5 2 0 n m の青色波長域ないし緑色波長域にある 1 つのボトム波長 b_2 との間隔が 5 0 n m 以上であることが好ましく、6 0 n m 以上であることがより好ましい。

これにより、青色波長域のピーク波長 p_3 と、赤色波長域のピーク波長 p_1 および緑色波長域のピーク波長 p_2 が近付き過ぎることに起因する演色性の低下を防ぐことができる

50

【0052】

また、青色蛍光発光層が発する青色光は、高色温度および演色性の高い白色光を得るためには重要な因子である。具体的には、440nm～490nmの青色波長域に1つのピーク波長 p_3 もしくは2つのピーク波長 p_3, p_4 のいずれかを有していることが好ましい。

【0053】

これにより、本実施形態の有機EL素子10は、色温度および演色性の高い白色光を得ることができる。具体的に、本実施形態の有機EL素子10では、「JIS Z 9112」に規定される色度範囲のうち、昼光色(D)、昼白色(N)、白色(W)のいずれかの光色に該当する白色光を得ることができる。また、本実施形態の有機EL素子10では、平均演色評価数(Ra)が好ましくは70以上、より好ましくは80以上となる白色光を得ることができる。

10

【0054】

本実施形態の有機EL素子10は、このような高い色温度および演色性を有した白色光が得られるため、例えば、液晶ディスプレイのバックライトや一般照明等の照明装置の光源として好適に用いられる。すなわち、本実施形態の有機EL素子10を備える照明装置では、色温度および演色性の高い白色光による照明が可能である。また、本実施形態の有機EL素子10は、照明装置の光源に限定されることなく、様々な用途に用いることができる。

20

【0055】

[照明装置]

本実施形態の照明装置は、上述の本実施形態の有機EL素子10を備える。

【0056】

本実施形態の照明装置は、上述の本実施形態の有機EL素子10の光取り出し面側に、演色性を向上させるための光学フィルムを備えた構成とすることもできる。

【0057】

通常、演色性は、平均演色評価数(Ra)で評価されることが多く、この平均演色評価数(Ra)は、8種類の演色評価数(R1～R8)の平均値で表されるものである。また、それ以外にも、赤色の色再現性を評価するR9や、西洋人の肌の色の再現性を評価するR13、日本人の肌の色の再現性を評価するR15などの7種類の演色評価数がある。

30

【0058】

本実施形態の照明装置で用いられる光学フィルムは、上述の発光スペクトルSのうち、540nm～580nmの波長域に現れる窪み(ボトム波長 b_2)をカバーし、演色性を維持しながら、色温度や偏差の改善を図るためのものである。

【0059】

また、一般的に、有機EL素子は、空気よりも屈折率の高い(屈折率1.6～2.1程度)発光層の内部で発光し、この発光層が発する光のうち15%～20%程度の光しか取り出せないと言われている。これは、臨界角以上の角度で界面に入射する光は全反射を起こし、素子外部に取り出すことができないことや、透明電極ないし発光層と透明基板との間で光が全反射を起こし、光が透明電極ないし発光層を導波し、結果として光が素子側面方向に逃げるためである。

40

【0060】

この光の取り出しの効率を向上させる手法としては、例えば、次のような手法が挙げられる。透明基板の表面に凹凸を形成し、透明基板と空気界面での全反射を防ぐ方法(例えば、「米国特許第4,774,435号明細書」を参照。)。基板に集光性を持たせることにより効率を向上させる方法(例えば、「特開昭63-314795号公報」を参照。)。素子の側面等に反射面を形成する方法(例えば、「特開平1-220394号公報」を参照。)。基板と発光体の間に中間の屈折率を持つ平坦層を導入し、反射防止膜を形成する方法(例えば、「特開昭62-172691号公報」を参照。)。基板と発光体の間

50

に基板よりも低屈折率を持つ平坦層を導入する方法（例えば、「特開2001-202827号公報」を参照。）。基板、透明電極層や発光層のいずれかの層間（含む、基板と外界間）に回折格子を形成する方法（例えば、「特開平11-283751号公報」を参照。）。

【0061】

なお、照明装置では、上述した演色性の向上を図るために、上記光学フィルムの表面にさらにマイクロレンズアレイ等を設けた構造としたり、集光シートと組み合わせることにより、特定方向、例えば、素子発光面に対し正面方向に集光することにより、特定方向上の輝度を高めたりすることが可能である。さらに、有機EL素子からの光放射角を制御するために、光拡散フィルムを集光シートと併用してもよい。このような光拡散フィルムとしては、例えば、きもと社製の光拡散フィルム（ライトアップ）等が用いられる。

10

【0062】

本実施形態の照明装置は、色温度および演色性の高い白色光を得ることができる。具体的に、本実施形態の照明装置では、「JIS Z 9112」に規定される色度範囲のうち、昼光色（D）、昼白色（N）、白色（W）のいずれかの光色に該当する白色光を得ることができる。また、本実施形態の照明装置では、平均演色評価数（Ra）が好ましくは80以上、より好ましくは85以上となる白色光を得ることができる。

【0063】

本実施形態の照明装置は、白色光における演色評価数のうち、R13およびR15がそれぞれ70以上であることが好ましく、80以上であることがより好ましい。

20

【0064】

なお、本発明は、上述の実施形態のものに必ずしも限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

具体的に、本実施形態の有機EL素子は、上述の図2に示す色温度および演色性の高い発光スペクトルSを有する白色光を得るための素子構造として、上述の図1に示す素子構造を好適に採用するものであるが、このような素子構造に必ずしも制限されるものではない。すなわち、本実施形態の有機EL素子の素子構造としては、上述の図2に示すような色温度および演色性の高い発光スペクトルSを有する白色光が得られるものであればよく、それに合わせて様々な素子構造や材料等を採用することが可能である。

【実施例】

30

【0065】

以下、実施例により本発明の効果をより明らかなものとする。

なお、本発明は、以下の実施例に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲で適宜変更して実施することができる。

【0066】

（実施例1）

「有機EL素子の作製」

実施例1では、図3に示す素子構造を有する有機EL素子を作製した。

具体的には、まず、厚み100nm、幅2mm、シート抵抗約20 Ω /sqのITO膜が成膜された、厚さ0.7mmのソーダライムガラス基板を用意した。

40

そして、この基板を、中性洗剤、イオン交換水、アセトン、イソプロピルアルコールで各5分間の超音波洗浄した後、スピン乾燥し、さらにUV/O₃処理を施した。

【0067】

次に、真空蒸着装置内の蒸着用つば（タンタル製またはアルミナ製）の各々に、図3に示す各層の構成材料を充填した。そして、上記基板を真空蒸着装置にセットし、真空度1 $\times 10^{-4}$ Pa以下の減圧雰囲気下で、蒸着用つばに通電して加熱し、各層を蒸着速度0.1nm/秒で所定の膜厚に蒸着した。また、発光層等2つ以上の材料からなる層は、所定の混合比で形成されるように、蒸着用つばに通電を行い共蒸着した。

また、陰極を蒸着速度1nm/秒で所定の膜厚に蒸着した。

【0068】

50

「有機EL素子の評価」

以上のようにして作製した実施例1の有機EL素子に、電源（KEITHLEY 2425）を接続し、 3 mA/cm^2 の定電流を通電することで、実施例1の有機EL素子を発光させた。このとき、有機EL素子から正面方向に向けて発せられた光の発光スペクトルを、マルチチャンネルアナライザー（商品名：PMA-11、浜松ホトニクス社製）により測定した。

【0069】

そして、この測定結果に基づき、発光色をCIE表色系の色度座標で評価した。また、この色度座標に基づいて、発光色を「JIS Z 9112」に規定される光源色に区分した。また、「JIS Z 8725」の規定に基づき、黒体軌跡からの偏差 d_{uv} を導出した。さらに、発光色の平均演色評価数（Ra）を、「JIS Z 8726」に規定される方法によって導出した。これらをまとめた評価結果を図4に示す。

10

【0070】

(実施例2)

実施例1と同様の作製方法を用いて、図5に示す素子構造を有する実施例2の有機EL素子を作製した。

そして、実施例2の有機EL素子を、実施例1と同様の方法で評価した。その評価結果を図6に示す。

【0071】

図4、6に示すように、実施例1、2の有機EL素子では、何れも色温度および演色性の高い白色光が得られた。したがって、このような本発明の有機EL素子を備える照明装置では、色温度および演色性の高い白色光による照明が可能であることが明らかとなった。

20

【0072】

(実施例3)

上記実施例1の有機EL素子の光取り出し面（陽極）側に、光学フィルムを貼付した照明装置を作製した。

そして、実施例3の照明装置を、実施例1と同様の方法で評価した。その評価結果を図4に示す。

【0073】

(実施例4)

上記実施例2の有機EL素子の光取り出し面（陽極）側に、光学フィルムを貼付した照明装置を作製した。

そして、実施例4の照明装置を、実施例1と同様の方法で評価した。その評価結果を図6に示す。

【0074】

図4、6に示すように、実施例3、4の照明装置では、有機EL素子の光取り出し面（陽極）側に光学フィルムを貼付することによって、光学フィルムを貼付しなかった場合（図中の破線で示す。）と比較して、その形状が変化していることがわかる。特に、緑色波長域ないし赤色波長域に現れる2つのピーク波長の発光強度が相対的に強くなっていることが分かった。

40

【0075】

これにより、実施例3の照明装置では、Raが82となり、また、実施例4の照明装置では、Raが82となり、何れにおいても、非常に優れた演色性が得られた。

【0076】

(実施例5)

実施例1と同様の作製方法を用いて、図7に示す素子構造を有する実施例5の照明装置を作製した。

そして、実施例5の照明装置を、実施例1と同様の方法で評価した。その評価結果を図8に示す。

50

【 0 0 7 7 】

(実施例 6)

実施例 1 と同様の作製方法を用いて、図 9 に示す素子構造を有する実施例 6 の照明装置を作製した。

そして、実施例 6 の照明装置を、実施例 1 と同様の方法で評価した。その評価結果を図 1 0 に示す。

【 0 0 7 8 】

図 8 , 1 0 に示すように、実施例 5 , 6 の照明装置では、何れも色温度および演色性の高い白色光が得られた。したがって、このような本発明の有機 E L 素子を備える照明装置では、色温度および演色性の高い白色光による照明が可能であることが明らかとなった。

10

【 0 0 7 9 】

(実施例 7)

実施例 1 と同様の作製方法を用いて、図 1 1 に示す素子構造を有する実施例 7 の照明装置を作製した。

そして、実施例 7 の照明装置を、実施例 1 と同様の方法で評価した。その評価結果を図 1 2 に示す。

【 0 0 8 0 】

(比較例)

実施例 1 と同様の作製方法を用いて、図 1 3 に示す素子構造を有する比較例の照明装置を作製した。

20

そして、比較例の照明装置を、実施例 1 と同様の方法で評価した。その評価結果を図 1 2 に示す。

【 0 0 8 1 】

[実施例 7 および比較例の照明装置の評価]

実施例 7 および比較例の照明装置の輝度を測定した。結果を表 1 に示す。なお、表 1 において、実施例 7 の照明装置の輝度は、比較例の照明装置の輝度を基準とする相対値である。

実施例 7 および比較例の照明装置の相関色温度 (K) を測定した。結果を表 1 に示す。

実施例 7 および比較例の照明装置の発光色を測定した。結果を表 1 に示す。

実施例 7 および比較例の照明装置の x y 色度座標を測定した。結果を表 1 に示す。

30

実施例 7 および比較例の照明装置に、電源 (K E I T H L E Y 2 4 2 5) を接続し、 $3 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の定電流を通電することで、実施例 7 および比較例の照明装置を発光させた。このとき、照明装置から正面方向に向けて発せられた光の発光スペクトルを、マルチチャンネルアナライザ (商品名 : P M A - 1 1 、浜松ホトニクス社製) により測定した。そして、この測定結果から、「 J I S Z 8 7 2 5 」の規定に基づき、黒体軌跡からの偏差 $d u v$ を導出した。さらに、発光色の平均演色評価数 (R a) を、「 J I S Z 8 7 2 6 」に規定される方法によって導出した。結果を表 1 に示す。

【 0 0 8 2 】

[実施例 7 および比較例の照明装置の寿命特性の評価]

実施例 7 および比較例の照明装置に電源制御ユニット (商品名 : P E L - 1 0 0 T B 、イーエッチシー社製) を接続し、 $1 0 \text{ mA} / \text{cm}^2$ および $2 0 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の定電流を通電することで、照明装置の寿命加速試験を行った。

40

このとき、照明装置から正面方向に向けて発せられた光の輝度および発光スペクトルを、所定の経過時間に応じて分光放射輝度計 (商品名 : S R - 3 A R 、トプコンテクノハウス社製) による輝度値の測定を行い、経過時間ごとの輝度の減衰率を算出した。

上記の加速試験により得られた輝度減衰率のデータは、比較例および実施例にて必要となる所定の輝度よりも高い値であるため、電流密度 $1 0 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 駆動時の寿命を、電流密度 $2 0 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 駆動時の寿命をとした際に、以下の式により加速係数 B を算出した。

$$\left(\frac{\quad}{\quad} \right) = (2 0 \div 1 0) ^ B$$

50

その後、比較例および実施例7にて所定の輝度を得るために必要となる電流密度XおよびYを算出し、以下の累乗関数によって当該輝度における寿命推定カーブを作成した。結果を図14に示す。

$x(10/X)^B$ ・・・比較例の推定寿命

$x(10/Y)^B$ ・・・実施例7の推定寿命

【0083】

【表1】

	実施例7	比較例
相対輝度	1.60	1.00
相関色温度(K)	5,380	4,870
発色光	N(昼白色)	N(昼白色)
xy色度座標	(0.335, 0.341)	(0.351, 0.372)
平均演色評価数(Ra)	91	96

10

【0084】

図12および表1に示すように、実施例7の照明装置は、高色温度でかつ演色性の高い白色光が得られた。したがって、このような本発明の有機EL素子を備える照明装置では、色温度および演色性の高い白色光による照明が可能であることが明らかとなった。

20

また、図14の結果から、実施例7の照明装置は、比較例の照明装置に対して1.60倍の輝度にも関わらず、比較例の照明装置とほぼ同等の輝度寿命を得ることができることが分かった。すなわち、実施例7の照明装置は、高色温度および高演色を達成しながら、高輝度かつ長寿命発光を実現することができる。

【符号の説明】

【0085】

10・・・有機エレクトロルミネッセント素子(有機EL素子)、11・・・陰極、12・・・陽極、21・・・第1の発光ユニット、22・・・第2の発光ユニット、23・・・第3の発光ユニット、31・・・第1の電荷発生層、32・・・第2の電荷発生層。

30

【要約】

【課題】色温度および演色性の高い白色光を得ることによって、特に照明装置の光源に用いて好適な有機EL素子および照明装置を提供する。

【解決手段】赤色燐光発光層と緑色燐光発光層を含む第1の発光ユニット21と、青色蛍光発光層を含む第2の発光ユニット22と、青色蛍光発光層を含む第3の発光ユニット23と、を有し、陽極12、第3の発光ユニット23、第2の電荷発生層32、第2の発光ユニット22、第1の電荷発生層31、第1の発光ユニット21および陰極11がこの順に積層された構造を有し、第1の発光ユニット21、第2の発光ユニット22および第3の発光ユニット23が発光することで得られる白色光が、590nm~640nmの赤色波長域に1つのピーク波長と、500nm~550nmの緑色波長域に1つのピーク波長と、440nm~490nmの青色波長域に1つまたは2つのピーク波長と、を有する有機EL素子10。

40

【選択図】図1

【図1】

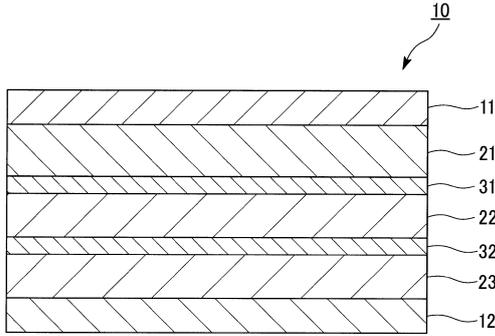


図1

【図3】

陰極	100nm
電子輸送層	68nm
緑色燐光発光層	20nm 20%
赤色燐光発光層	10nm 2%
正孔輸送層	30nm
電荷発生層	6.3nm
電子輸送層	15nm
青色燐光発光層	25nm 5%
正孔輸送層	40nm
電荷発生層	6.3nm
電子輸送層	25nm
青色燐光発光層	25nm 5%
正孔輸送層	65nm
陽極	100nm

図3

【図2】

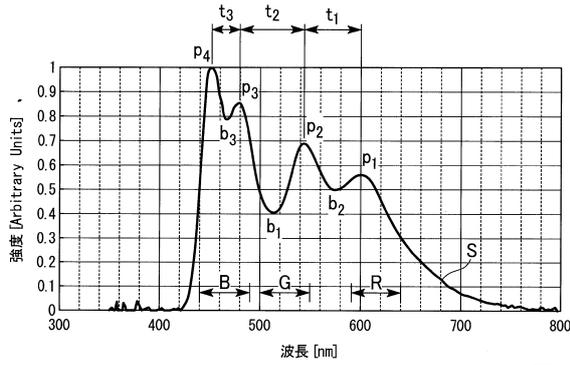
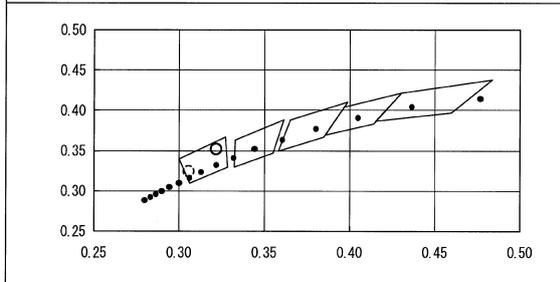
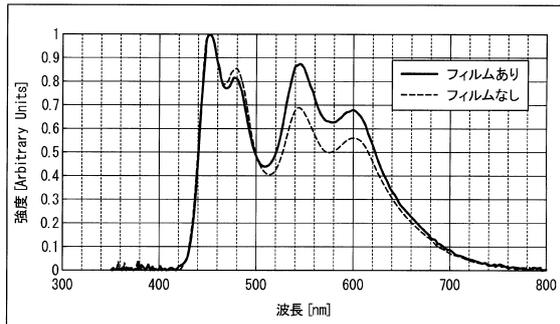


図2

【図4】



フィルムあり	フィルムなし
(0.321, 0.352)	(0.306, 0.325)
5,970K duv=0.0107 D(昼光色)	6,950K duv0.0047 D(昼光色)
Ra 82	Ra 88

図4

【図5】

陰極	100nm
電子輸送層	68nm
緑色燐光発光層	20nm 20%
赤色燐光発光層	10nm 2%
正孔輸送層	30nm
電荷発生層	6.3nm
電子輸送層	15nm
青色燐光発光層	25nm 8%
正孔輸送層	40nm
電荷発生層	6.3nm
電子輸送層	25nm
青色燐光発光層	25nm 8%
正孔輸送層	65nm
陽極	100nm

図5

【 図 6 】

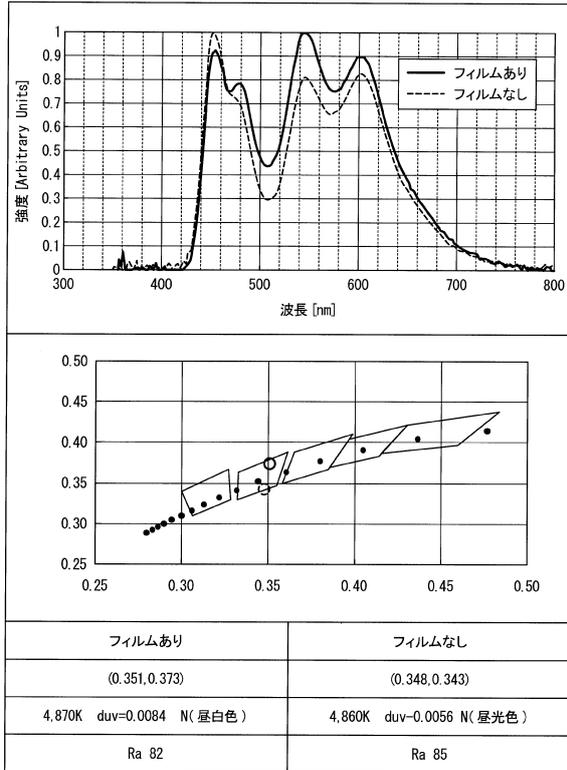


図6

【 図 7 】

陰極 100nm
電子輸送層 68nm
緑色燐光発光層 20nm 20%
赤色燐光発光層 10nm 2%
正孔輸送層 30nm
電荷発生層 6.3nm
電子輸送層 15nm
青色蛍光発光層 25nm 5%
正孔輸送層 40nm
電荷発生層 6.3nm
電子輸送層 25nm
青色蛍光発光層 25nm 5%
正孔輸送層 65nm
陽極 100nm

図7

【 図 8 】

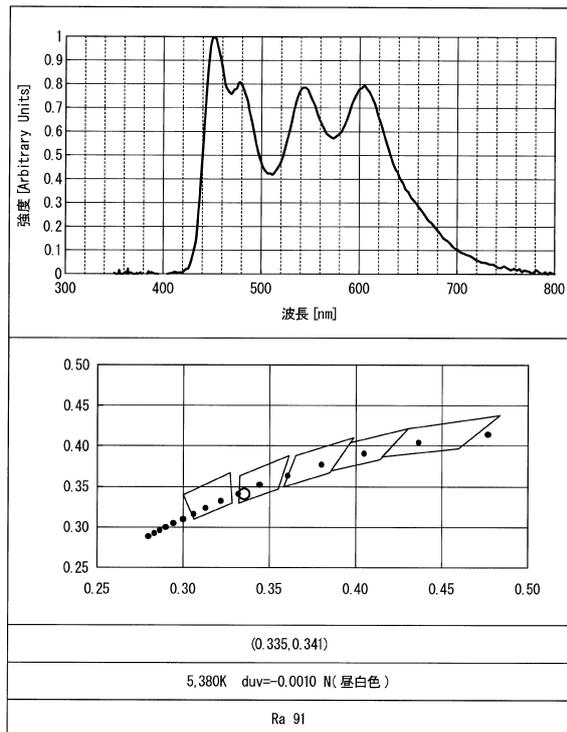


図8

【 図 9 】

陰極 100nm
電子輸送層 68nm
緑色燐光発光層 20nm 20%
赤色燐光発光層 10nm 2%
正孔輸送層 35nm
電荷発生層 6.3nm
電子輸送層 15nm
青色蛍光発光層 25nm 5%
正孔輸送層 45nm
電荷発生層 6.3nm
電子輸送層 15nm
青色蛍光発光層 25nm 5%
正孔輸送層 65nm
陽極 100nm

図9

【 図 1 0 】

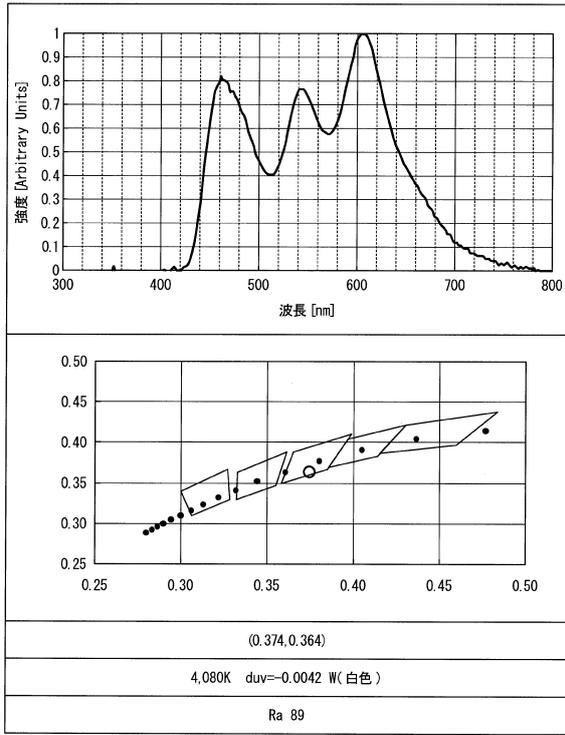


図 1 0

【 図 1 1 】

陰極	100nm
電子輸送層	68nm
綠色熾光発光層	20nm 20%
赤色熾光発光層	10nm 2%
正孔輸送層	30nm
電荷発生層	6.3nm
電子輸送層	15nm
青色蛍光発光層	25nm 5%
正孔輸送層	40nm
電荷発生層	6.3nm
電子輸送層	25nm
青色蛍光発光層	25nm 5%
正孔輸送層	65nm
陽極	100nm

図 1 1

【 図 1 2 】

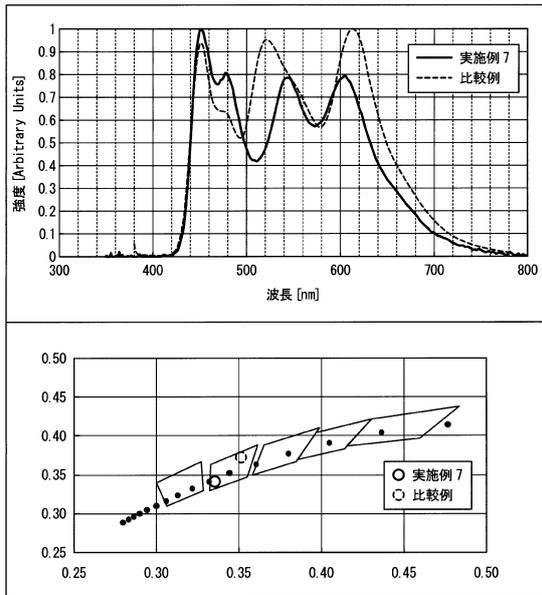


図 1 2

【 図 1 3 】

陰極	100nm
電子輸送層	50nm
綠色熾光発光層	20nm 20%
赤色熾光発光層	10nm 2%
正孔輸送層	40nm
電荷発生層	11.6nm
電子輸送層	25nm
青色蛍光発光層	25nm 5%
正孔輸送層	105nm
陽極	300nm

図 1 3

【 図 1 4 】

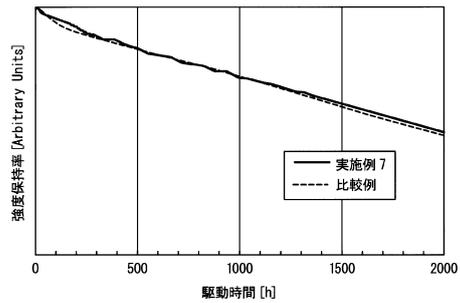


図 1 4

フロントページの続き

- (72)発明者 森本 満
山形県米沢市八幡原五丁目4149番地の8 Lumio tec株式会社内
- (72)発明者 田中 純一
山形県米沢市八幡原五丁目4149番地の8 Lumio tec株式会社内

審査官 大竹 秀紀

- (56)参考文献 特開2016-29667(JP,A)
特開2009-64596(JP,A)
特表2011-530510(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H01L | 51/50 |
| H05B | 33/12 |