

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5425242号
(P5425242)

(45) 発行日 平成26年2月26日 (2014. 2. 26)

(24) 登録日 平成25年12月6日 (2013. 12. 6)

(51) Int. Cl.	F I
H05B 33/28 (2006.01)	H05B 33/28
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A
H05B 33/24 (2006.01)	H05B 33/24
H05B 33/26 (2006.01)	H05B 33/26 Z
G09F 9/30 (2006.01)	G09F 9/30 365 Z
請求項の数 6 (全 15 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2012-17448 (P2012-17448)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年1月31日 (2012. 1. 31)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-157226 (P2013-157226A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成25年8月15日 (2013. 8. 15)	(74) 代理人	100096828
審査請求日	平成24年1月31日 (2012. 1. 31)		弁理士 渡辺 敬介
		(74) 代理人	100110870
			弁理士 山口 芳広
		(72) 発明者	水野 信貴
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		審査官	濱野 隆
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 有機EL素子及びこれを用いた表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反射金属膜を有する第1電極と、半透過金属膜からなる第2電極と、前記第1電極と第2電極との間に配置された、少なくとも発光層を含む有機化合物層とを有する赤色を発する有機EL素子であって、

前記第2電極の光取り出し側には可干渉な膜厚からなる光学調整層が配置されており、前記発光層の発光位置から前記第1電極の反射面までの光学距離 L_1 が下記式(I)を満たしており、前記発光層から前記光学調整層を含めた第2電極方向における反射率が発光スペクトルの最大ピーク波長において60乃至75%であり、吸収率が6%未満であることを特徴とする有機EL素子。

式 (I)

$$(-1 - (2\phi_1 / \pi)) \times (\lambda / 8) < L_1 < (1 - (2\phi_1 / \pi)) \times (\lambda / 8)$$

(λ は発光スペクトルの最大ピーク波長、 ϕ_1 は前記第1電極における反射時の位相シフト [rad])

【請求項 2】

前記発光層の発光位置から前記第2電極の反射面までの光学距離 L_2 が下記式(II)を満たしていることを特徴とする請求項1に記載の有機EL素子。

式 (II)

$$(-1 - (2\phi_2 / \pi)) \times (\lambda / 8) < L_2 < (1 - (2\phi_2 / \pi)) \times (\lambda / 8)$$

(λ は発光スペクトルの最大ピーク波長、 ϕ_2 は前記第2電極における反射時の位相シフ

ト[rad])

【請求項3】

前記第1電極の反射面における反射率は発光スペクトルの最大ピーク波長において85%以上であることを特徴とする請求項1又は2に記載の有機EL素子。

【請求項4】

前記有機EL素子は発光スペクトルの最大ピーク波長が600nm以上であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の有機EL素子。

【請求項5】

前記光学調整層の光取り出し側に、前記光学調整層よりも屈折率が低く、可干渉な膜厚からなる反射調整層が配置されている請求項1乃至4のいずれか1項に記載の有機EL素子。

10

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれか1項に記載の赤色を発する有機EL素子と、緑色を発する有機EL素子と、青色を発する有機EL素子と、を備えたことを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機EL(エレクトロルミネッセンス)素子とこれを用いた表示装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

近年、数ボルト程度の低駆動電圧で自己発光する有機EL素子が注目を集めている。有機EL素子は、面発光特性、軽量、視認性といった優れた特徴を活かし薄型ディスプレイや照明器具、ヘッドマウントディスプレイ、また電子写真方式プリンタのプリントヘッド用光源など発光装置としての実用化が進みつつある。

【0003】

特に表示装置の低消費電力化の要求は高まりつつあり、有機EL素子の発光効率のさらなる改善が期待されている。発光効率を飛躍的に改善させるデバイス構造の一つに、マイクロキャビティ方式がある。発光分子は、光の「強めあう干渉」が起きる空間に向かって光を強く放射する性質がある。つまり、光学干渉を用いることで、放射パターンを制御することが可能となる。マイクロキャビティ方式では、発光分子からみて光取り出し方向に「強めあう干渉」が生じるようにデバイスパラメータ(膜厚や屈折率)を設計する。

30

【0004】

マイクロキャビティ方式を採用した有機EL素子は、光取り出し側の電極には半透過金属膜を形成し、光取り出し側とは逆側には電極の機能を兼ねた反射金属膜を有するのが一般的である。特許文献1では反射金属膜として高反射金属である銀(Ag)を用いると同時に、反射金属膜と発光層の発光位置との光学距離Lに関して

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

を満たすことで、取り出したい波長λの光を正面方向に集光させている。さらには、光取り出し側の電極として厚さ10nmのMgAg合金からなる半透過金属膜を形成することで、両電極間でキャビティ構造を作っている。尚、上記式中、φは反射金属膜における反射時の位相シフト[rad]、干渉次数mは0又は正の整数でありm=0の時に光学距離Lは上記式を満足する正の最小値をとる。

40

【0005】

また、マイクロキャビティ方式では光取り出し側電極近傍の構成も重要となる。特許文献2では、光取り出し電極としてMgを主成分とする金属薄膜を17乃至20nmで形成することが好適であるとしている。また特許文献3では、光取り出し側の電極である金属薄膜上部に、光学調整層として1.7以上の屈折率を有する有機キャッピング層を形成することを特徴としている。有機キャッピング層は、有機EL素子の保護と同時に、光取り出し側電極での全反射を抑制することによる発光効率の向上を目的としている。

50

【 0 0 0 6 】

ここで、有機 E L 素子内での光の挙動は、光学シミュレーションで計算可能であり、非特許文献 1 に詳しい。また、光学多層薄膜の反射率、透過率、位相シフト等の計算手法に関しては非特許文献 2 に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 7 7 6 8 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 2 5 3 1 1 3 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 6 - 1 5 6 3 9 0 号公報

10

【非特許文献】

【 0 0 0 8 】

【非特許文献 1】S . Nowy et . al . , Journal of Applied Physics 1 0 4 , 1 2 3 1 0 9 (2 0 0 8)

【非特許文献 2】小檜山光信著, 「光学薄膜の基礎理論」, (日本), 第 2 版, オプトロニクス社, 2 0 0 3 年 7 月 2 3 日, p . 8 3 - 1 1 3

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

従来、光取り出し側電極に用いられる半透過金属膜の膜厚は 1 0 乃至 2 0 n m 程度で実施されていることが多い。しかしながら最適な膜厚は、反射金属膜と発光層との間の干渉次数や半透過金属膜の吸収によって異なるにも関わらず、ほぼ一様に規定されてきた。

20

【 0 0 1 0 】

本発明の課題は、反射金属膜と発光層との間の干渉次数や半透過金属膜の吸収を考慮し、最適な条件を設定して従来よりも高効率な有機 E L 素子を備えた表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明の課題は、干渉次数の影響及び半透過金属膜と光学調整層との組み合わせに関して有機 E L 素子内での光の挙動を鋭意解析し、本発明を達成した。

30

【 0 0 1 2 】

本発明は、反射金属膜を有する第 1 電極と、半透過金属膜からなる第 2 電極と、前記第 1 電極と第 2 電極との間に配置された、少なくとも発光層を含む有機化合物層と、を有する赤色を発する有機 E L 素子であって

前記第 2 電極の光取り出し側には可干渉な膜厚からなる光学調整層が配置されており、前記発光層の発光位置から前記第 1 電極の反射面までの光学距離 L_1 が下記式 (I) を満たしており、前記発光層から前記光学調整層を含めた第 2 電極方向における反射率が発光スペクトルの最大ピーク波長において 6 0 乃至 7 5 % であり、吸収率が 6 % 未満であることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

40

式 (I)

$$(-1 - (2\phi_1/\pi)) \times (\lambda/8) < L_1 < (1 - (2\phi_1/\pi)) \times (\lambda/8)$$

(λ は発光スペクトルの最大ピーク波長、 ϕ_1 は前記第 1 電極における反射時の位相シフト [r a d])

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

本発明においては、有機 E L 素子のマイクロキャビティの強度及び反射金属膜と発光層との間の干渉次数を最適化することで、発光効率が向上した有機 E L 素子を備えた表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 5 】

【図 1】本発明の表示装置の第 1 の実施形態の構成を模式的に示す図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態における赤色発光の有機 E L 素子の発光効率に関する反射率依存性を示す図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態における赤色発光の有機 E L 素子の反射率及び吸収率の A g 膜厚依存性を示す図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態における赤色発光の有機 E L 素子の発光効率に関する反射率依存性を示す図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態における赤色発光の有機 E L 素子の反射率の第 2 電極膜厚及び光学調整層膜厚依存性を示す図である。

10

【図 6】本発明の第 1 の実施形態における赤色発光の有機 E L 素子の発光効率に関する反射率依存性を示す図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態における赤色発光の有機 E L 素子の反射率及び吸収率の M g A g 膜厚依存性を示す図である。

【図 8】本発明の表示装置に用いられる有機 E L 素子の第 2 の実施形態の構成を模式的に示す断面図である。

【図 9】本発明の第 2 の実施形態における赤色発光の有機 E L 素子の発光効率及び反射率に関する光学調整層膜厚依存性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

20

以下、本発明の表示装置について図面を参照して説明する。尚、本明細書で特に図示または記載されない部分に関しては、当該技術分野の周知または公知技術を適用する。また以下に説明する実施形態は、発明の一つの実施形態であって、これらに限定されるものではない。

【 0 0 1 7 】

(第 1 の実施形態)

図 1 (a) は、本発明の表示装置の一実施形態の構成を模式的に示す斜視図である。本実施形態の表示装置は、有機 E L 素子を備える画素 1 0 0 を複数有している。そして、複数の画素 1 0 0 はマトリックス状に配置され、表示領域 1 0 1 を形成している。尚、画素とは、1 つの有機 E L 素子の発光領域に対応した領域を意味している。本実施形態の表示装置では、有機 E L 素子は画素 1 0 0 のそれぞれに 1 つの発光色の有機 E L 素子が配置された表示装置である。有機 E L 素子の発光色としては、色の 3 原色である、赤色 (R)、緑色 (G)、青色 (B) が代表的であるが、その他に白色、黄色、シアンなどでもよい。また、本実施形態の表示装置には、発光色の異なる複数の画素 (例えば赤色を発光する画素、緑色を発光する画素、及び青色を発光する画素) からなる画素ユニットが複数配列されている。画素ユニットとは、各画素の混色によって所望の色の発光を可能とする最小の単位を示す。

30

【 0 0 1 8 】

図 1 (b) は、図 1 (a) の A - A ' 線における部分断面模式図であり、各有機 E L 素子は絶縁性の隔壁 (不図示) で分離されている。基板 1 上に陽極として機能する反射金属膜からなる第 1 電極 2 が形成されている。第 1 電極 2 の上部には、発光層 4 R , 4 G , 4 B のいずれかを少なくとも含む有機化合物層 6 R , 6 G , 6 B、陰極として機能する半透過金属膜を有する第 2 電極 7、光学調整層 8 が順に積層されている。有機化合物層 6 R , 6 G , 6 B は、正孔輸送層 3、発光層 4、電子輸送層 5 からなる各種機能層を積層したものである。尚、正孔輸送層 3 及び電子輸送層 5 は配置しなくてもよく、また、これら以外に正孔注入層や電子注入層、正孔ブロック層や電子ブロック層などを適宜設けても良い。

40

【 0 0 1 9 】

本実施形態は、基板とは逆側から光を取り出すトップエミッション方式である。以下詳細に述べる。

【 0 0 2 0 】

50

基板 1 としては、各種のガラス基板、P o l y - S i や a - S i (アモルファスシリコン) 等で半導体を形成した T F T (薄膜トランジスタ) 等の駆動回路 (図示省略) を形成したガラス基板が用いられる。また、シリコンウエハー上に駆動回路を形成したガラス基板、シリコンウエハー上に駆動回路を設けたもの等も挙げることができる。

【 0 0 2 1 】

第 1 電極 2 は基板 1 上に形成された T F T 等の駆動回路と導通がとられており、有機 E L 素子の発光効率向上のために反射金属膜を有する。反射金属膜としては高反射性の金属が好適であり、具体的には可視光における反射率が 8 5 % 以上である、A l や A g 等の金属やその合金が挙げられる。また、第 1 電極 2 は反射金属膜単層でもよいし、バリア層を兼ねる仕事関数の大きい材料との積層体でもよい。積層材料の具体例としては酸化インジウム錫 (I T O) や酸化インジウム亜鉛などの透明電極や T i , M o , W 等の薄膜金属、M o O₃ 等の酸化膜が挙げられる。

10

【 0 0 2 2 】

正孔輸送層 3 には正孔注入層や電子ブロック層といった機能や層も含まれる。また電子輸送層 5 には電子注入層や正孔ブロック層といった機能や層も含まれる。本発明は有機化合物層 6 における機能層の積層数や各層に含まれる材料には限定されない。例えば、発光層 4 R , 4 G , 4 B を構成する発光材料は蛍光材料もしくは燐光材料のいずれでもよく、ホスト材料の中にドーピングされた形態でもよい。さらには、発光材料の他に少なくとも一種以上種類の化合物が素子性能向上のために含まれていてもよい。

【 0 0 2 3 】

20

光取り出し側の第 2 電極 7 には半透過金属膜が用いられる。具体的には、A g や M g が挙げられるが、光吸収の観点から A g が好適である。従来、電子注入性の観点から M g を主成分とする半透過金属膜が用いられることが多かったが、電子注入性に優れるアルカリ金属と組み合わせることで、A g を用いた半透過金属でも優れた電子注入性の実現できる。具体的には電子注入層としてアルカリ金属を用いる、半透過金属膜中にアルカリ金属を添加する、といった手法が挙げられる。

【 0 0 2 4 】

さらに第 2 電極 7 の上部には、第 2 電極 7 の保護を兼ねる光学調整層 8 が配置されている。光学調整層 8 の膜厚が可視光波長 (6 5 0 n m) 以下の場合、光学調整層 8 は可干渉な膜厚であり、赤色発光の発光層 4 R から第 2 電極方向への反射率に影響を及ぼすことになる。つまり、第 2 電極 7 と光学調整層 8 を組み合わせた実効的な反射率で赤色発光の有機 E L 素子を評価することが重要になる。尚、光学調整層 8 は反射率調整の観点から屈折率の高い材料が好ましいが、有機材料、無機材料、どちらでもよい。

30

【 0 0 2 5 】

赤色発光の発光層 4 R から第 1 電極 2 の方向へのマイクロキャビティ条件としては反射率が高いことと所望の波長において位相の整合がとれていることが重要である。特に反射率の高い第 2 電極 2 方向の位相の整合条件は重要であり、発光層 4 R の発光位置から第 1 電極 2 の反射面までの光学距離 L_1 について

式 (1)

$$L_1 = (2 m - (\varphi_1 / \pi)) \times (\lambda / 4)$$

40

を満たすことで、取り出したい波長 λ の光は正面方向の強度が強まる。ここで、 φ_1 は第 1 電極 2 での反射時の位相シフト [r a d] であり、干渉次数 m は 0 又は正の整数であり、 $m = 0$ の時に光学距離 L_1 は (1) を満足する正の最小値をとる。位相シフト φ_1 の値は金属種によって異なるが、概ね - 2 . 7 9 r a d 乃至 - 1 . 7 5 r a d 程度である。また、光学距離 L_1 は、発光層 4 R から第 1 電極 2 の反射面との間における各層の屈折率 $n \times$ 厚さ d の総和である。尚、薄膜を積層した場合の位相シフト [r a d] や反射率は一般的な光学多層薄膜の計算により求めることができる (例えば非特許文献 2 を参照)。但し、本発明においては広波長帯域にマイクロキャビティ効果を発現させ発光効率を向上させるために $m = 0$ が望ましい。よって、上記式は下記式 (2) を満たすことが好ましい。

【 0 0 2 6 】

50

式 (2)

$$L_1 = (- \varphi_1 / \pi) \times (\lambda / 4)$$

【 0 0 2 7 】

但し、実際の有機 E L 素子では、正面の取り出し効率とトレードオフの関係にある視野外角特性等も考慮すると、必ずしも上記膜厚と厳密に一致させる必要はない。具体的には、 L_1 が式 (2) を満たす値から $\pm \lambda / 8$ 以内の誤差があってもよい。よって、本発明の有機 E L 素子において、下記式 (I) を満たすことが好ましい。

【 0 0 2 8 】

式 (I)

$$(- 1 - (2 \varphi_1 / \pi)) \times (\lambda / 8) < L_1 < (1 - (2 \varphi_1 / \pi)) \times (\lambda / 8)$$

10

【 0 0 2 9 】

また、発光層 4 R から第 2 電極 7 の方向への位相の整合条件も同様にして、発光層 4 R の発光位置から第 2 電極 7 の反射面までの光学距離 L_2 について

式 (I I)

$$(- 1 - (2 \varphi_2 / \pi)) \times (\lambda / 8) < L_2 < (1 - (2 \varphi_2 / \pi)) \times (\lambda / 8)$$

を満たすことで、取り出したい波長 λ の光は正面方向の強度が強まる。ここで、 φ_2 は第 2 電極 7 よりも上部における構造を 1 つのミラーとした場合の反射時の位相シフト [r a d] である。従って位相シフト φ_2 の値は半透過金属膜の金属種や膜厚だけでなく、光学調整層 8 の屈折率や膜厚にも依存することになる。

【 0 0 3 0 】

20

より好ましくは、 $\pm \lambda / 16$ 以内の誤差内に収まっているのがよい。つまり、有機 E L 素子は下記式 (I I I)、式 (I V) を満たすことが好ましい。

【 0 0 3 1 】

式 (I I I)

$$(- 1 - (4 \varphi_1 / \pi)) \times (\lambda / 16) < L_1 < (1 - (4 \varphi_1 / \pi)) \times (\lambda / 16)$$

式 (I V)

$$(- 1 - (4 \varphi_2 / \pi)) \times (\lambda / 16) < L_2 < (1 - (4 \varphi_2 / \pi)) \times (\lambda / 16)$$

【 0 0 3 2 】

30

また、発光層 4 R から第 2 電極 7 の方向への反射率に関しても第 2 電極 7 よりも上部における構造を 1 つのミラーとして考えることが重要である。第 2 電極 7 の方向への反射率が低過ぎるとキャビティ効果が薄いため正面方向の発光効率は向上しない。一方、第 2 電極 7 の方向への反射率が高過ぎると、有機 E L 素子内における多重反射回数が増えると同時に有機 E L 素子内吸収も増えるため正面方向の発光効率は向上しない。従って、有機 E L 素子の発光効率極大値を与える第 2 電極 7 の方向への最適反射率が存在することになるが、最適反射率は素子構造によって変化する。

【 0 0 3 3 】

本発明は赤色発光の発光層 4 R から第 1 電極 2 方向における干渉次数の違いによって、第 2 電極 7 の方向への最適反射率が異なることを見出した。具体的には、干渉次数が最も小さい式 (I) を満たす条件において、第 2 電極 7 の方向への反射率が従来よりも高い領域において発光効率の極大値を得る。

40

【 0 0 3 4 】

以下、第 2 電極 7 の半透過金属膜として A g を用いた場合の、第 2 電極 7 方向への反射率と発光効率の関係について解析した結果を説明する。以下のシミュレーションでは、特に記述がない限り、本実施形態における光学距離 L_1 、 L_2 はそれぞれ式 (I)、(I I) を満たす範囲で発光効率の最適化を行っている。シミュレーションは非特許文献 1、非特許文献 2 と同様の手法で実施し、内部量子効率は 70 % とした。

【 0 0 3 5 】

〔赤色発光の有機 E L 素子の発光効率に対する第 2 電極 7 方向の反射率依存性〕

50

図2は本実施形態において、最大ピーク波長が570nm以上650nm以下の赤色発光の有機EL素子(以下、赤色素子)について、発光層4Rから第2電極7の方向への反射率による発光効率変化を示したものである。反射率に関しては、光学調整層8に一般的に用いられる屈折率 $n = 1.7$ 程度の有機材料を85nmの膜厚として、第2電極7としてAgからなる半透過金属膜の膜厚を10乃至50nmまで変化させた場合の値である。第1電極2には厚膜のAlを用いている。第2電極7の膜厚と反射率、吸収率の関係を図3に示す。尚、本発明の赤色素子の発する光のスペクトルの最大ピーク波長は570nm以上650nm以下であり、表示装置として使用する場合は、600nm以上650nm以下がよく、露光装置に使用する場合は、570nm以上620nm以下がよい。

【0036】

10

図2から分かる通り、式(1)の $m = 1$ の場合は反射率が55%近傍で発光効率の極大値をとる。それに対して $m = 0$ の場合は、反射率が70%近傍で発光効率の極大値をとり、さらに、 $m = 1$ の場合の1.2倍程度の発光効率となる。 $m = 1$ の場合、正面へ光を取り出すためのキャビティ効果が狭い波長帯域でしか保てないため、反射率を大きくしても発光効率の向上率は小さく、さらに、発光効率の極大値は反射率が比較的低いところになる。それに対して $m = 0$ の場合、正面へ光を取り出すためのキャビティ効果が広い波長帯域で保てるため、反射率を上げた時の発光効率向上率は大きく、さらに、発光効率の極大値は反射率が比較的高いところになる。尚、反射率の値は発光スペクトルのピーク波長 $\lambda = 620\text{nm}$ での値である。

【0037】

20

本実施形態における $m = 0$ の条件においては、発光層4Rから第2電極7の方向への反射率が70%近傍で発光効率の極大値をとるが、反射率が60乃至75%の範囲であれば、極大値との発光効率差は5%以内であり好適であることが分かる。

【0038】

また、本実施形態において、光学調整層8の膜厚を70nm、85nm、100nmとした場合において、発光層4Rから第2電極7の方向への反射率による発光効率変化を示したものが図4である。図4から分かる通り、発光効率の変化は発光層4Rから第2電極7の方向への反射率で規定されており、全ての構成において発光効率の極大値は反射率が70%近傍でとっている。本質的に発光層4Rから第2電極7の方向への反射率が重要であることが分かる。尚、各構成において第2電極7の膜厚と反射率の関係を図5に示すが、同一の反射率を示す第2電極7の膜厚は光学調整層8の膜厚によって異なる。各構成において発光効率の極大値を示す構成を表1にまとめたが、発光効率の極大値は第2電極7の膜厚及び光学調整層8の膜厚から求められる反射率で決定されていることが分かる。尚、発光層4Rから第2電極7の方向への反射率計算に関しては、入射媒質を有機化合物層6R、出射媒質を空気として、表2に示す光学定数を用いて非特許文献2に記載の計算を行った。

30

【0039】

【表1】

	光学調整層		
	70nm	85nm	100nm
発光効率[cd/A]	41	41	41
Ag膜厚[nm]	34	30	26
反射率	72%	71%	71%

40

【0040】

【表 2】

	n	k
空気	1.00	0.00
光学調整層8	1.80	0.00
第2電極7	0.13	3.88
有機化合物層6R	1.80	0.00

【0041】

従来、第2電極7の膜厚が20nm以下で、発光層4Rから第2電極7の方向への反射率が低い領域で実施されていることが多い。理由として、短絡対策として有機化合物層6Rの膜厚を厚くできる $m=1$ の条件で検討されていることが多いのと、10%以上の吸収率を有するMgを主成分とする半透過金属膜を用いて検討を行っているためだと考えられる。第2電極7における吸収が大きいと、キャビティ効果よりも多重反射による吸収増大の方が大きくなるため、本実施形態のような高い反射率の領域では発光効率の低下を起こしてしまう。図6に $m=0$ の条件で光学調整層8の膜厚を85nmとし、半透過金属膜にAgを用いた場合とMgAgを用いた場合の発光効率の比較を示す。図6に示すように吸収率の大きいMgAgを半透過金属膜に用いた場合、発光層4Rから第2電極7の方向への反射率が70%だと発光効率の低下が起きており、さらに、発光効率の最大値と比較しても半透過金属膜にAgを用いたほうが高効率である。半透過金属膜にMgAgを用いた場合の反射率、吸収率を図7に示すが、吸収率は10%以上あることが分かる。それに対して図3に示したように、半透過金属膜にAgを用いた場合の吸収率は6%未満であるため発光効率を高く上げることができる。尚、吸収率の定義は100%から反射率と透過率の和を差し引いたものである。

【0042】

発光層4Rから第2電極7の方向への反射率は第2電極7に用いられる金属種の光学定数、膜厚、及び光学調整層8の屈折率、膜厚によって決まる。光学調整層8の屈折率は現実的には屈折率 n が1.5乃至2.2程度の材料が多く、発光層4Rから第2電極7の方向への反射率として好適な60乃至75%を出すためには、半透過金属膜の膜厚は20nmよりも厚いことが好ましい。また、本発明は発光層4Rから第2電極7の方向への吸収率が低いほど効果的であるため、可視波長帯域における吸収が少ない長波長領域に属する有機EL素子に特に効果的である。

【0043】

(第2の実施形態)

図8は、本発明の表示装置の第2の実施形態の赤色発光の有機EL素子の構成を模式的に示す断面図である。図中、図1(b)と同じ部材には同じ符号を付して説明を省略する。本実施形態は有機EL素子を水分、酸素から保護するための保護膜10が有機EL素子の光取り出し側に設けられており、光学調整層8と保護膜10との間に、光学調整層8よりも屈折率の低い部材からなる反射調整層9が形成されている。保護膜10は光透過率が高く防湿性に優れた材料が好ましく、具体的には窒化シリコン、酸化窒化シリコン等が好適である。保護膜10は防湿性を保つために1 μ m以上の膜厚を有することが一般的であり、可干渉膜厚よりも十分に厚い非干渉層とし考えることができる。本実施形態は、基板1とは逆側から光を取り出すトップエミッション方式である。以下詳細に述べる。

【0044】

正面における発光効率を向上させるマイクロキャビティ構造においては、前述した通り反射電極である第1電極2側の反射率及び位相条件、光取り出し側の第2電極7側の反射率、及び、位相条件が重要である。第1電極2側における反射金属膜としては高反射性の金属が好適であり、発光層4Rの発光位置から第1電極2における反射面までの光学距離 L_1 については前述の式(I)を満たすこととする。第2電極7側における位相条件は式(II)を満足することとする。ここで ϕ_2 は第2電極7よりも光取り出し側における構

10

20

30

40

50

造を１つのミラーとした場合の反射時の位相シフト[rad]であるため、第２電極７及び可干渉膜厚を有する光学調整層８、反射調整層９、の光学定数、膜厚、そして、保護層１０の屈折率によって決まる。第２電極７側における反射率も、第２電極７から保護層１０までを１つのミラーとした時の反射率であり、第２電極７及び可干渉膜厚を有する光学調整層８、可干渉膜厚を有する反射調整層９の光学定数、膜厚、そして、保護層１０の屈折率によって決まる。尚、第２電極７側における反射率計算については、干渉層である保護層１０を出射媒質とし、入射媒質は発光層４Ｒである。

【００４５】

〔赤色発光の有機ＥＬ素子の発光効率に対する第２電極７方向の反射率依存性〕

本実施形態における赤色素子は、第１電極２として厚膜のＡｇ合金、第２電極７として厚さ２６ｎｍのＡｇ膜、反射調整層９として厚さ１００ｎｍで屈折率１．４程度のＬｉＦ膜、保護層１０として屈折率２．０程度の窒化シリコン（ＳｉＮ）膜を設けた。光学調整層８に一般的に用いられる屈折率１．７程度の有機材料を採用し、光学調整層８の膜厚を変化させた場合の発光層４Ｒから第２電極７の方向への反射率の変化及び発光効率の変化を図９示す。図９より、光学調整層８の膜厚が１００ｎｍの時に反射率が７０％近傍で発光効率の極大値をとることがわかる。本実施形態では光学調整層８で反射率の調整を行ったが、第１の実施形態と同様に反射率が６０乃至７５％であれば好適であることが分かる。尚、反射率の値は発光スペクトルのピーク波長 $\lambda = 620\text{ nm}$ での値であり、計算は入射媒質を有機化合物層６Ｒ、出射媒質を非干渉層である保護層１０として、表３に示す光学定数を用いた。

【００４６】

【表３】

	n	k
保護層１０	1.95	0.00
反射調整層９	1.39	0.00
光学調整層８	1.80	0.00
第２電極７	0.13	3.88
有機化合物層６Ｒ	1.80	0.00

【００４７】

本発明の表示装置の用途として、高輝度による視認性の向上が重要なモバイル用途、例えばデジタルカメラやデジタルビデオカメラなどの撮像装置の背面モニタ、電子ビューファインダー、携帯電話用ディスプレイなどが挙げられる。また、同じ輝度でも低消費電力が期待されるので、屋内で使用する用途にも有用である。本発明は、上述した趣旨を逸脱しない限り、以上説明した構成に限られることはなく、種々の応用・変形が可能である。

【００４８】

また、本発明の赤色を発する有機ＥＬ素子は、露光光源や照明のような発光装置として用いることができる。また、露光光源は電子写真方式の画像形成装置に使用することができる。画像形成装置は、露光光源と、露光光源によって潜像が形成される感光体と、感光体を帯電する帯電手段と、を有している。

【実施例】

【００４９】

（実施例１）

実施例１として、図１に示す構成の表示装置を以下に示す方法で作製した。

【００５０】

先ずガラス基材上に、低温ポリシリコンからなるＴＦＴ駆動回路（不図示）を形成し、その上にアクリル樹脂からなる平坦化膜（不図示）を形成して基板１とした。

【００５１】

次に、第１電極２（陽極）としてＡｌＮｄ合金をスパッタリング法により形成した後に

M o O₃を蒸着し、各画素の発光領域に合わせてパターンニングした。そして、絶縁層としてポリイミド系樹脂をスピンコートし、フォトリソグラフィによって画素に応じた発光領域となるようにパターンニングした。

【 0 0 5 2 】

次に、各有機化合物層を順次、真空蒸着法により成膜し有機化合物層 6 B , 6 G , 6 R を形成した。尚、R , G , B の発光色を示すそれぞれの有機 E L 素子において所望の色度・発光効率が出るよう正孔輸送層 3 の膜厚を各発光色で変えて形成した。電子注入層に関しては第 2 電極 7 からの注入性確保のために B p h e n と C s を共蒸着により形成した。

【 0 0 5 3 】

次に第 2 電極 7 として、厚さ 2 6 n m の A g 膜を真空蒸着法により各発光色の有機 E L 素子にわたって成膜した後に、光学調整層 8 として有機化合物 A l q₃ を 8 5 n m の厚さで成膜した。

【 0 0 5 4 】

最後に、窒素雰囲気中のグローブボックスにて、乾燥剤を入れた封止ガラス（不図示）とガラス基板の成膜面とを U V 硬化樹脂を用いて封止した。

【 0 0 5 5 】

本発明の条件を満足する赤色素子の構成及び特性に関して比較を行った結果を表 4 に示す。相対効率は本実施例における発光効率 [c d / A] を 1 とした時の効率比を示している。また、反射率、吸収率に関しては、発光スペクトルの最大ピーク波長である $\lambda = 6 2 0$ n m において、光学多層薄膜の計算により求めた計算値である。

【 0 0 5 6 】

表 4 に示す素子構成に関して説明する。実施例 1 と比較例 1 とでは、第 1 電極 2 と発光層 4 R との間における干渉条件が異なっており、実施例 1 が式 (1) において $m = 0$ の条件なのに対して比較例 1 は $m = 1$ となっている。また、実施例 1 と比較例 2 とでは第 2 電極 7 の材料が異なっており、実施例 1 では A g を採用しているのに対して、比較例 3 では M g と A g を 9 : 1 の質量比で共蒸着した金属薄膜を採用している。

【 0 0 5 7 】

実施例 1 と比較例 1 との比較から分かる通り、第 1 電極 2 と発光層 4 R との間における干渉条件は $m = 0$ の条件の方が高効率である。また、実施例 1 と比較例 2 との比較から、発光層 4 R から第 2 電極 7 の方向への反射率が好適であっても、吸収率が低い実施例 1 の方が高効率である。以上の結果はシミュレーション結果と整合がとれており、実験結果と矛盾しないことが確認された。

【 0 0 5 8 】

また、実施例 1 と比較例 3 とでは、第 2 電極 7 の A g 膜厚が異なっており、実施例 1 では A g 膜の厚さが 3 0 n m なのに対し、比較例 2 では A g 膜の厚さが 1 8 n m と薄いため発光層 4 R から第 2 電極 7 の方向への反射率が低い。また、実施例 1 と比較例 4 とでは、第 2 電極 7 の A g 膜厚が異なっており、実施例 1 では A g 膜の厚さが 3 0 n m なのに対し比較例 2 では A g 膜の厚さが 3 8 n m と厚いため、発光層 4 R から第 2 電極 7 の方向への反射率が高い。実施例 1 と比較例 3、比較例 4 との比較から分かる通り、式 (1) において $m = 0$ の条件下では発光層 4 R から第 2 電極 7 の方向への反射率が 6 0 乃至 7 5 % 以内である実施例 1 の方が高効率である。以上の結果はシミュレーション結果と整合がとれており、実験結果と矛盾しないことが確認された。

【 0 0 5 9 】

尚、第 1 電極 2（陽極）における反射時の位相シフトは発光スペクトルの最大ピーク波長である $\lambda = 6 2 0$ n m において約 $- 2 . 6 2$ r a d である。従って、光学距離 L_1 に関する式 (I) の条件は $5 2$ n m $< L_1 < 2 0 7$ n m となる。発光位置を発光層 4 R の中心とすると、有機化合物層 6 R の屈折率は約 1 . 7 のため、実施例 1 における発光位置から第 1 電極 2 の反射面までの光学距離 L_1 は約 1 0 6 n m であり、式 (I) を満たしている。但し、M o O₃ 膜については膜厚が 1 n m 以下と薄いため光学距離 L_1 に含めていない。

【 0 0 6 0 】

【表 4】

構成	実施例1		比較例1		比較例2		比較例3		比較例4	
	材料	膜厚[nm]	材料	膜厚[nm]	材料	膜厚[nm]	材料	膜厚[nm]	材料	膜厚[nm]
光学調整層8	Alq3	85	Alq3	85	Alq3	85	Alq3	85	Alq3	85
第2電極7	Ag	30	Ag	30	MgAg	26	Ag	18	Ag	38
電子輸送層5	BCP/Bphen + Cs	10/40	BCP/Bphen + Cs	10/40	BCP/Bphen + Cs	10/40	BCP/Bphen + Cs	10/40	BCP/Bphen + Cs	10/40
発光層4R	CBP + Ir(ppv) ₃	25	CBP + Ir(ppv) ₃	25	CBP + Ir(ppv) ₃	25	CBP + Ir(ppv) ₃	25	CBP + Ir(ppv) ₃	25
正孔輸送層3	NPB	50	NPB	213	NPB	50	NPB	50	NPB	50
第1電極2	AlNd/MoO ₃	150/0.5	AlNd/MoO ₃	150/0.5	AlNd/MoO ₃	150/0.5	AlNd/MoO ₃	150/0.5	AlNd/MoO ₃	150/0.5
特性	色度	(0.686,0.314)	(0.682,0.318)		(0.683,0.317)		(0.684,0.316)		(0.681,0.319)	
	相対色度	1.00	0.89		0.061		0.86		0.88	
反射率	71.2%		71.2%		72.6%		44.8%		81.5%	
吸収率	4.6%		4.6%		14.6%		3.8%		4.9%	

【0061】

(実施例2)

実施例2として、図8に示す構成の表示装置を作製した。正孔輸送層3から第2電極7までの作製プロセスは実施例1とほぼ同様であるため詳細な説明は省く。本実施例と実施例1との差異は、第1電極2としてAgPdCu合金とITOの積層膜を使用している点と、第2電極7の光取り出し側の構成である。本実施例では第2電極7に接して光学調整層8として厚さ100nmのAlq3膜、次いで反射調整層9として厚さ100nmのL

10

20

30

40

50

i F 膜を形成し、さらにその外側に保護層 10 として S i N 膜を C V D 法により 6 μ m の厚さに形成した。

【 0 0 6 2 】

本実施例における赤色素子の構成及び特性に関して比較を行った結果を表 5 に示す。比較例 5 は光学調整層 8 の膜厚が 6 0 n m であることを除いて実施例 2 と同一である。相対効率は本実施例における発光効率 [c d / A] を 1 とした時の効率比を示している。また、反射率、吸収率に関しては光学多層薄膜の計算により求めた計算値である。表 5 の結果より、光学調整層 8 の膜厚を変化させた場合においても反射率が 6 0 乃至 7 5 % 以内に入っている本実施例の方が高効率であることが示された。以上の結果はシミュレーション結果と整合がとれており、実験結果と矛盾しないことが確認された。

【 0 0 6 3 】

尚、第 1 電極 2 (陽極) における反射時の位相シフトは発光スペクトルの最大ピーク波長である $\lambda = 6 2 0$ n m において約 - 2 . 2 7 r a d である。従って光学距離 L_1 に関する式 (I) の条件は $3 4$ n m < L_1 < $1 8 9$ n m となる。発光位置を発光層 4 R の中心とすると、有機化合物層 6 R の屈折率は約 1 . 7 で I T O の屈折率は約 2 . 0 であるため、実施例 2 における発光位置から第 1 電極 2 の反射面までの光学距離 L_1 は約 9 2 n m であり式 (I) を満たしている。

【 0 0 6 4 】

【表 5】

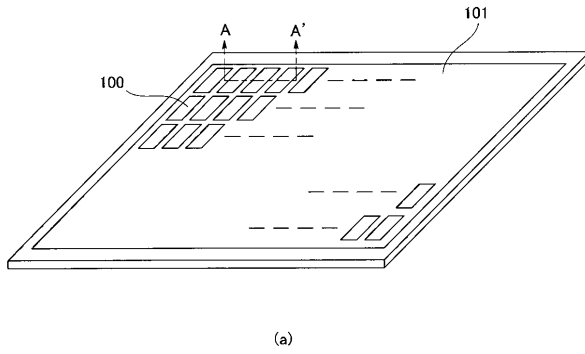
構成	実施例 2		比較例 5	
	材料	膜厚 [nm]	材料	膜厚 [nm]
保護層 10	S i N	80000	S i N	80000
反射調整層 9	L i F	100	L i F	100
光学調整層 8	A l q 3	100	A l q 3	60
第 2 電極 7	A g	26	A g	26
電子輸送層 5	B C P / B p h e n + C s	10 / 40	B C P / B p h e n + C s	10 / 40
発光層 4 R	C B P + I r (p p v) ₃	25	C B P + I r (p p v) ₃	25
正孔輸送層 3	N P B	30	N P B	30
第 1 電極 2	A g P d C u / I T O	150 / 10	A g P d C u / I T O	150 / 10
特性	色度	(0.680, 0.320)	(0.686, 0.314)	
	相対色度	1.00	0.80	
反射率	69.2%		58.1%	
吸収率	4.5%		4.8%	

【符号の説明】

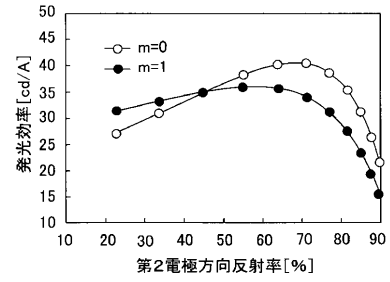
【 0 0 6 5 】

1 : 基板、 2 : 第 1 電極、 4 : 発光層、 6 : 有機化合物層、 7 : 第 2 電極、 8 : 光学調整層、 9 : 反射調整層

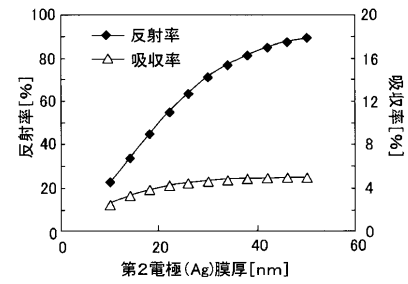
【図1】



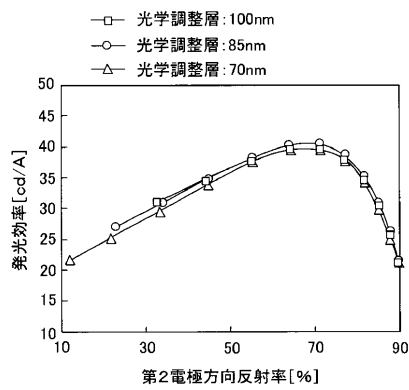
【図2】



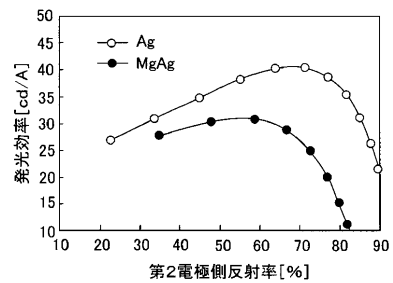
【図3】



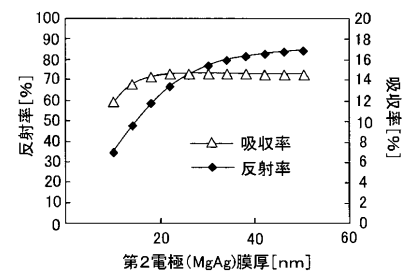
【図4】



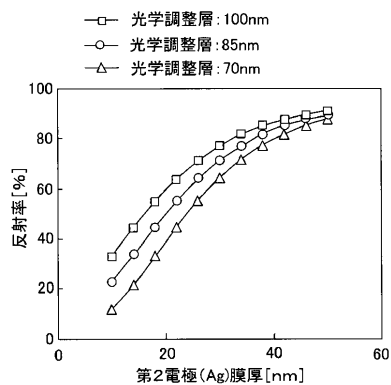
【図6】



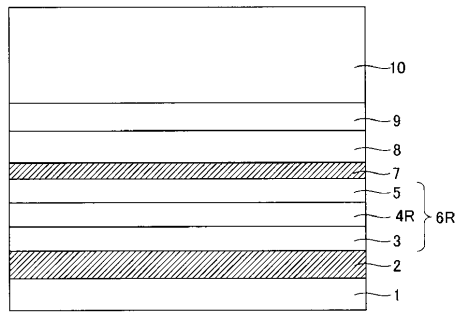
【図7】



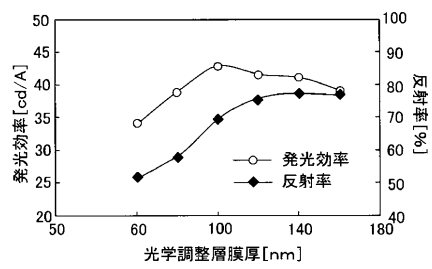
【図5】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H 0 1 L 27/32 (2006.01)

(56)参考文献 再公表特許第 2 0 1 1 / 0 5 5 4 4 0 (J P , A 1)

特開 2 0 0 6 - 1 7 3 0 9 2 (J P , A)

特開 2 0 1 1 - 9 6 6 7 8 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 1 5 7 8 7 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 2 6 6 6 7 3 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 2 1 2 6 2 2 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 1 5 7 2 7 7 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 5 4 2 2 5 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 1 1 8 1 7 3 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 1 1 8 1 7 6 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 1 5 7 2 7 6 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 1 7 9 0 2 6 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 1 5 7 2 7 8 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 1 0 3 3 0 3 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 1 2 3 2 4 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 5 B 3 3 / 2 8

G 0 9 F 9 / 3 0

H 0 1 L 2 7 / 3 2

H 0 1 L 5 1 / 5 0

H 0 5 B 3 3 / 2 6

专利名称(译)	有机EL元件和使用其的显示装置		
公开(公告)号	JP5425242B2	公开(公告)日	2014-02-26
申请号	JP2012017448	申请日	2012-01-31
[标]申请(专利权)人(译)	佳能株式会社		
申请(专利权)人(译)	佳能公司		
当前申请(专利权)人(译)	佳能公司		
[标]发明人	水野信貴		
发明人	水野 信貴		
IPC分类号	H05B33/28 H01L51/50 H05B33/24 H05B33/26 G09F9/30 H01L27/32		
CPC分类号	H01L51/5271 H01L51/5265		
FI分类号	H05B33/28 H05B33/14.A H05B33/24 H05B33/26.Z G09F9/30.365.Z G09F9/30.365 H01L27/32		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/BB02 3K107/CC04 3K107/CC05 3K107/CC06 3K107/DD03 3K107/DD10 3K107/DD23 3K107/DD27 3K107/EE32 3K107/FF06 5C094/AA07 5C094/BA27 5C094/EA06 5C094/HA08 5C094/JA01 5C094/JA11		
代理人(译)	渡边圭佑 山口 芳広		
审查员(译)	滨野隆		
其他公开文献	JP2013157226A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

发射红光的有机电致发光元件包括设置在包括反射金属膜的第一电极和包括半透明金属膜的第二电极之间的有机化合物层。有机化合物层包括发光层。第二电极设置在光提取侧。从发光位置到第一电极的反射表面的光学长度L1满足以下表达式： $(1 - (2\pi l / \pi)) \times (\lambda / 8)$

	光学調整層		
	70nm	85nm	100nm
発光効率[cd/A]	41	41	41
Ag膜厚[nm]	34	30	26
反射率	72%	71%	71%