

(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2013-157226

(P2013-157226A)

(43) 公開日 平成25年8月15日(2013.8.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05B 33/28 (2006.01)	H05B 33/28	3K107
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A	
H05B 33/26 (2006.01)	H05B 33/26 Z	

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-17448 (P2012-17448)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成24年1月31日 (2012.1.31)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100096828
			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
		Fターム(参考)	3K107 AA01 BB01 BB02 CC04 CC05 CC06 DD03 DD10 DD23 DD27 EE32 FF06

(54) 【発明の名称】 有機EL素子及びこれを用いた表示装置

(57) 【要約】

【課題】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して、発光効率が向上した有機EL素子を備えた表示装置を提供する。

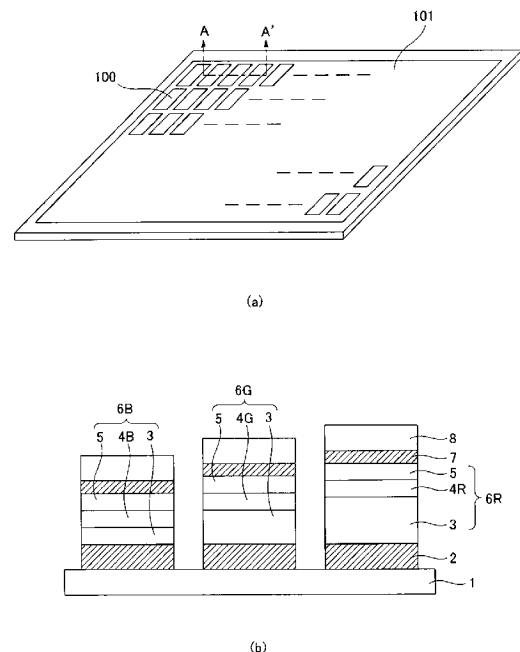
【解決手段】反射金属膜を有する第1電極2と、半透過金属膜からなる第2電極7との間に、発光層4Rを有する有機化合物層6Rを配置し、第2電極7を光取り出し側とする赤色発光の有機EL素子において、発光位置から第1電極2の反射面までの光学距離 L_1 が下記式(I)の条件を満たし、発光層4Rから第2電極7方向における反射率が発光スペクトルの最大ピーク波長において60%以上である有機EL素子とする。

式(I)

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

(λ は発光スペクトルの最大ピーク波長、 ϕ_1 は第1電極2における反射時の位相シフト[rad])

【選択図】図1



【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 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 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 E L 素子。

10

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 E L 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])

20

【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 E L 素子。

【請求項 4】

前記有機 E L 素子は発光スペクトルの最大ピーク波長が 600 nm 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 E L 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 E L 素子。

30

【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 E L 素子と、緑色を発する有機 E L 素子と、青色を発する有機 E L 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 E L (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】

40

【0002】

近年、数ボルト程度の低駆動電圧で自己発光する有機 E L 素子が注目を集めている。有機 E L 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 E L 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、マイクロキャピティ方式がある。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

50

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。

【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。

10

【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。

20

【0006】

ここで、有機EL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】

【0007】

【特許文献1】特開2003-77681号公報

【特許文献2】特開2006-253113号公報

【特許文献3】特開2006-156390号公報

30

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】S. Nowy et al., Journal of Applied Physics 104, 123109 (2008)

【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,2003年7月23日,p.83-113

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

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10乃至20nm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。

40

【0010】

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EL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】

【0011】

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EL素子内での光の挙動を鋭意解析し、本発明を達成した。

50

【 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 】

10

式 (I)

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

(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 】

20

【 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。

30

【 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 】

40

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

50

装置では、有機EL素子は画素100のそれぞれに1つの発光色の有機EL素子が配置された表示装置である。有機EL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。

【0018】

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EL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4R、4G、4Bのいずれかを少なくとも含む有機化合物層6R、6G、6B、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6R、6G、6B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。

【0019】

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。

【0020】

基板1としては、各種のガラス基板、Poly-Siやa-Si(アモルファスシリコン)等で半導体を形成したTFT(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。

【0021】

第1電極2は基板1上に形成されたTFT等の駆動回路と導通がとられており、有機EL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85%以上である、AlやAg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(ITO)や酸化インジウム亜鉛などの透明電極やTi、Mo、W等の薄膜金属、MoO₃等の酸化膜が挙げられる。

【0022】

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4R、4G、4B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類以上の化合物が素子性能向上のために含まれていてもよい。

【0023】

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、AgやMgが挙げられるが、光吸収の観点からAgが好適である。従来、電子注入性の観点からMg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、Ag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。

【0024】

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(650nm)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4Rから第2電極方向への反射率に影響を及ぼすことに

10

20

30

40

50

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 EL 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。

【0025】

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)

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

10

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 [rad] 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 -2.79 rad 乃至 -1.75 rad 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 [rad] 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。

【0026】

20

式 (2)

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

【0027】

但し、実際の有機 EL 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 EL 素子において、下記式 (I) を満たすことが好ましい。

【0028】

式 (I)

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

30

【0029】

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 (II)

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

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 [rad] 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。

【0030】

40

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 EL 素子は下記式 (III)、式 (IV) を満たすことが好ましい。

【0031】

式 (III)

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

式 (IV)

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

【0032】

50

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 EL 素子内における多重反射回数が増えると同時に有機 EL 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 EL 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。

【0033】

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。

10

【0034】

以下、第 2 電極 7 の半透過金属膜として Ag 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)、(II) 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。

【0035】

〔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〕

20

図 2 は本実施形態において、最大ピーク波長が 570 nm 以上 650 nm 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 4 R 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 85 nm 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 50 nm 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 570 nm 以上 650 nm 以下であり、表示装置として使用する場合は、600 nm 以上 650 nm 以下がよく、露光装置に使用する場合は、570 nm 以上 620 nm 以下がよい。

【0036】

30

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 $\lambda = 620$ nm での値である。

【0037】

40

本実施形態における $m = 0$ の条件においては、発光層 4 R 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 70 nm、85 nm、100 nm とした場合において、発光層 4 R 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 4 R 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 4 R 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

50

、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 4 R 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 6 R、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。

【 0 0 3 9 】

【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%

10

【 0 0 4 0 】

【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

20

【 0 0 4 1 】

従来、第 2 電極 7 の膜厚が 2 0 n m 以下で、発光層 4 R 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 6 R 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、1 0 % 以上の吸収率を有する M g 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 8 5 n m とし、半透過金属膜に A g を用いた場合と M g A g 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 M g A g を半透過金属膜に用いた場合、発光層 4 R から第 2 電極 7 の方向への反射率が 7 0 % 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 A g を用いたほうが高効率である。半透過金属膜に M g A g を用いた場合の反射率、吸収率を図 7 に示すが、吸収率は 1 0 % 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 A g 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 1 0 0 % から反射率と透過率の和を差し引いたものである。

30

40

【 0 0 4 2 】

発光層 4 R 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 4 R から第 2 電極 7 の方向への反射率として好適な 6 0 乃至 7 5 % を出すためには、半透過金属膜の膜厚は 2 0 n m よりも厚いことが好ましい。また、本発明は発光層 4 R 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 E L 素子に特に効果的である。

【 0 0 4 3 】

(第 2 の実施形態)

50

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 E L 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 E L 素子を水分、酸素から保護するための保護膜 1 0 が有機 E L 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 1 0 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 1 0 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 1 0 は防湿性を保つために $1\text{ }\mu\text{m}$ 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か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。

【 0 0 4 4 】

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 4 R 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 (I I) 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 1 0 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 1 0 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 1 0 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 1 0 を出射媒質とし、入射媒質は発光層 4 R である。

【 0 0 4 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〕

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 A g 合金、第 2 電極 7 として厚さ 26 nm の A g 膜、反射調整層 9 として厚さ 100 nm で屈折率 1 . 4 程度の L i F 膜、保護層 1 0 として屈折率 2 . 0 程度の窒化シリコン (S i N) 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 4 R 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 100 nm の時に反射率が 7 0 % 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 6 0 乃至 7 5 % 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 6 R、出射媒質を非干渉層である保護層 1 0 として、表 3 に示す光学定数を用いた。

【 0 0 4 6 】

【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

【 0 0 4 7 】

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MoO₃を蒸着し、各画素の発光領域に合わせてパターニングした。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ニングした。

【0052】

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6B, 6G, 6Rを形成した。尚、R, G, Bの発光色を示すそれぞれの有機EL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BphenとCsを共蒸着により形成した。

【0053】

次に第2電極7として、厚さ26nmのAg膜を真空蒸着法により各発光色の有機EL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Alq₃を85nmの厚さで成膜した。

【0054】

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UV硬化樹脂を用いて封止した。

【0055】

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[cd/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 $\lambda = 620\text{ nm}$ 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。

【0056】

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4R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Agを採用しているのに対して、比較例3ではMgとAgを9:1の質量比で共蒸着した金属薄膜を採用している。

【0057】

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4R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4R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。

【0058】

また、実施例1と比較例3とでは、第2電極7のAg膜厚が異なっており、実施例1で

10

20

30

40

50

は Ag 膜の厚さが 30 nm なのに対し、比較例 2 では Ag 膜の厚さが 18 nm 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 Ag 膜厚が異なっており、実施例 1 では Ag 膜の厚さが 30 nm なのに対し比較例 2 では Ag 膜の厚さが 38 nm 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 60 乃至 75 % 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。

【0059】

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 $\lambda = 620 \text{ nm}$ において約 -2.62 rad である。従って、光学距離 L_1 に関する式 (I) の条件は $52 \text{ nm} < L_1 < 207 \text{ nm}$ 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 106 nm であり、式 (I) を満たしている。但し、 MoO_3 膜については膜厚が 1 nm 以下と薄いため光学距離 L_1 に含めていない。

【0060】

【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	28	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(ppy) ₃	25	CBP+Ir(ppy) ₃	25	CBP+Ir(ppy) ₃	25	CBP+Ir(ppy) ₃	25	CBP+Ir(ppy) 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)		(0.681,0.318)	
	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	4.8%		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 SiN 膜を CVD 法により $6\ \mu\text{m}$ の厚さに形成した。

【0062】

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 $60\ \text{nm}$ 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 $[\text{cd}/\text{A}]$ 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 60 乃至 75 % 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。

10

【0063】

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 $\lambda = 620\ \text{nm}$ において約 $-2.27\ \text{rad}$ である。従って光学距離 L_1 に関する式 (I) の条件は $34\ \text{nm} < L_1 < 189\ \text{nm}$ となる。発光位置を発光層 4R の中心とすると、有機化合物層 6R の屈折率は約 1.7 で ITO 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 $92\ \text{nm}$ であり式 (I) を満たしている。

【0064】

【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	SiN	80000	SiN	80000
反射調整層 9	LiF	100	LiF	100
光学調整層 8	Alq3	100	Alq3	60
第 2 電極 7	Ag	28	Ag	28
電子輸送層 5	BCP/Bphen + Cs	10/40	BCP/Bphen + Cs	10/40
発光層 4R	CBP + Ir(ppv) ₃	25	CBP + Ir(ppv) ₃	25
正孔輸送層 3	NPB	30	NPB	30
第 1 電極 2	AgPdCu/ITO	150/10	AgPdCu/ITO	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%	

20

30

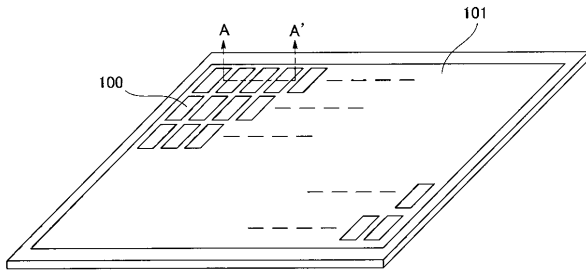
40

【符号の説明】

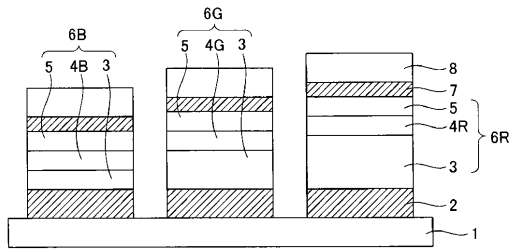
【0065】

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】

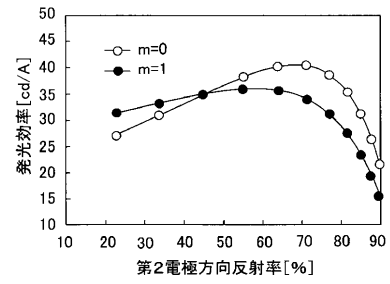


(a)

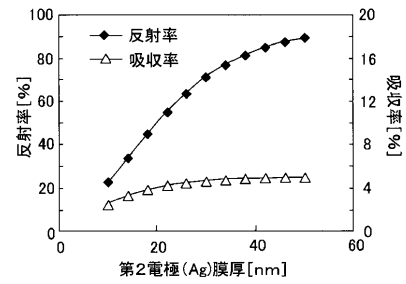


(b)

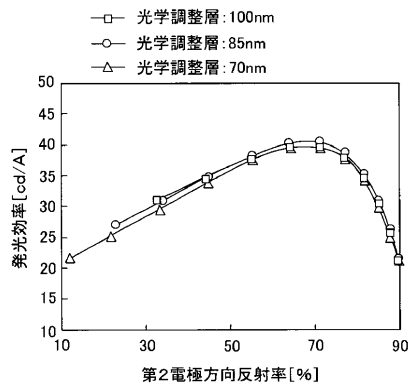
【図2】



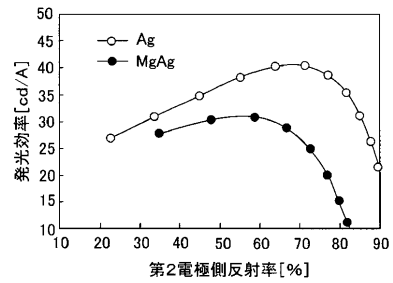
【図3】



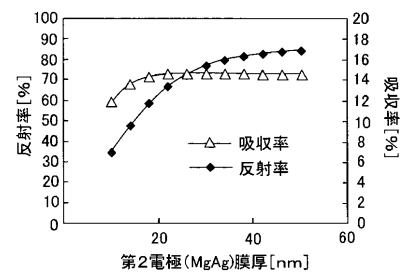
【図4】



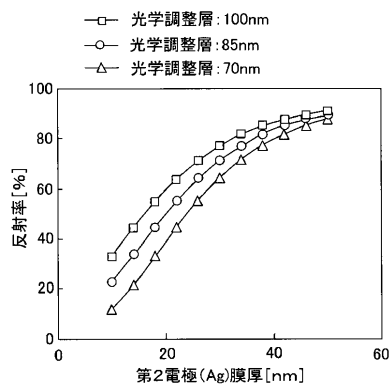
【図6】



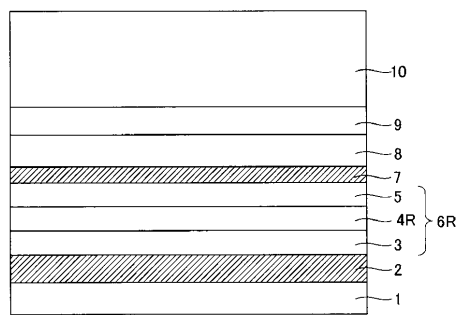
【図7】



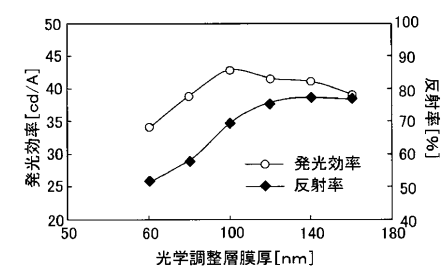
【図5】



【 図 8 】



【 図 9 】



专利名称(译)	有机EL元件和使用其的显示装置		
公开(公告)号	JP2013157226A	公开(公告)日	2013-08-15
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		
[标]发明人	水野信貴		
发明人	水野 信貴		
IPC分类号	H05B33/28 H01L51/50 H05B33/26		
CPC分类号	H01L51/5271 H01L51/5265		
FI分类号	H05B33/28 H05B33/14.A H05B33/26.Z G09F9/30.365 G09F9/30.365.Z H01L27/32 H05B33/24		
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		
其他公开文献	JP5425242B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种包括有机EL元件的显示装置，该显示装置通过优化微腔的强度和反射金属膜与发光层之间的干涉顺序而具有提高的发光效率。 解决方案：具有发光层4R的有机化合物层6R布置在具有反射金属膜的第一电极2和由半透射金属膜制成的第二电极7之间，第二电极7发出光。 在作为侧面的红色有机EL元件中，从发光位置到第一电极2的反射面的光学距离L1满足下式(1)的条件，并且从发光层4R到第二电极7的方向为有机EL元件在发射光谱的最大峰值波长处具有60%以上的反射率。 公式(1) $(-1 - (2\phi_1/\pi)) \times (\lambda/8) \leq L1 \leq (1 - (2\phi_1/\pi)) \times (\lambda/8)$ (λ 是发射光谱的最大峰值波长， ϕ_1 是在第一电极2上反射时的相移[rad]) [选择图]图1

