

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5676949号
(P5676949)

(45) 発行日 平成27年2月25日 (2015. 2. 25)

(24) 登録日 平成27年1月9日 (2015. 1. 9)

(51) Int. Cl.

F 1

H 0 5 B 33/24 (2006. 01)

H 0 5 B 33/24

H 0 1 L 51/50 (2006. 01)

H 0 5 B 33/14 A

H 0 5 B 33/02 (2006. 01)

H 0 5 B 33/02

G 0 9 F 9/30 (2006. 01)

G 0 9 F 9/30 3 4 9 D

H 0 1 L 27/32 (2006. 01)

G 0 9 F 9/30 3 6 5

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2010-163790 (P2010-163790)
 (22) 出願日 平成22年7月21日 (2010. 7. 21)
 (65) 公開番号 特開2012-28064 (P2012-28064A)
 (43) 公開日 平成24年2月9日 (2012. 2. 9)
 審査請求日 平成25年7月18日 (2013. 7. 18)

(73) 特許権者 000001007
 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 ▲濱▼口 敦
 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
 (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 越河 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機 E L 表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光取り出し側の第1の電極と前記第1の電極に対向する第2の電極との間に、発光層を含む有機化合物層を有する R G B の3色の副画素の有機 E L 素子を複数備え、該有機 E L 素子は、前記有機化合物層よりも前記第1の電極側にある第1の反射面と、前記有機化合物層よりも前記第2の電極側にある第2の反射面との間で、前記発光層で発生する光を共振させる共振構造を有する有機 E L 表示装置において、

前記 R G B の3色のうち少なくとも1色の有機 E L 素子の発光層内での発光位置と前記第2の反射面との間の光学距離は、白色表示する際に、前記光学距離を変化させたときの必要電流密度の曲線における n 次の極小値から $\pm 10\%$ となる値であることを特徴とする有機 E L 表示装置。

10

【請求項 2】

前記光学距離は、前記必要電流密度の曲線における 2 次の極小値となる値であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機 E L 表示装置。

【請求項 3】

前記 R G B の3色のうち少なくとも1色の有機 E L 素子の前記第1の反射面と前記第2の反射面との間の光学距離は、前記発光層内での発光位置と前記第1の反射面との間の光学距離を変化させたときの必要電流密度の曲線における n 次の極小値から $\pm 10\%$ となる値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 表示装置。

【請求項 4】

20

前記RGBの3色のうちの少なくとも1色の有機EL素子は、青色を発する有機EL素子であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の有機EL表示装置。

【請求項5】

光取り出し側の第1の電極と前記第1の電極に対向する第2の電極との間に、発光層を含む有機化合物層を有するRGBの3色の副画素の有機EL素子を複数備え、該有機EL素子は、前記有機化合物層よりも前記第1の電極側にある第1の反射面と、前記有機化合物層よりも前記第2の電極側にある第2の反射面との間で、前記発光層で発生する光を共振させる共振構造を有する有機EL表示装置において、

前記RGBの3色の有機EL素子の発光層内での発光位置と前記第2の反射面との間の光学距離は、白色表示する際に、前記光学距離を変化させたときの必要電流密度の曲線におけるn次の極小値から±10%となる値であることを特徴とする有機EL表示装置。

10

【請求項6】

前記各色の前記光学距離は、前記必要電流密度の曲線における2次の極小値となる値であることを特徴とする請求項5に記載の有機EL表示装置。

【請求項7】

前記RGBの3色の有機EL素子の前記第1の反射面と前記第2の反射面との間の光学距離は、前記発光層内での発光位置と前記第1の反射面との間の光学距離を変化させたときの必要電流密度の曲線におけるn次の極小値から±10%となる値であることを特徴とする請求項5又は6に記載の有機EL表示装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、電極間に発光層を含む有機化合物層を有する有機EL素子を複数備えた有機EL表示装置に係り、詳しくは共振構造を有する有機EL表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

有機EL表示装置は、複数の有機EL素子を、例えばマトリクス状に配置したディスプレイである。有機EL素子は、有機電界発光素子、有機発光素子あるいは有機エレクトロルミネッセンス素子とも呼ばれ、陽極と陰極との間に発光層を含む有機化合物層が挟持された積層構造を有する。この有機EL素子は、有機化合物層に電流を流すと、各電極から

30

【0003】

有機EL表示装置は自発光型であるので、コントラストが高く、薄型化が容易なことから、近年、フラットパネルディスプレイの有力候補として注目され、活発に開発されている。また有機EL表示装置は、液晶に比べて応答速度が非常に速く、動画表示に適している。

【0004】

このような有機EL表示装置及び有機EL素子において、陽極から陰極までの光学膜厚を制御し、光干渉効果を利用して、光取り出し効率及び色純度を高める技術が種々提案されている。

40

【0005】

例えば特許文献1には、光の外部取り出し効率の高い有機EL表示装置を提供すべく、有機化合物材料層のいずれかの機能層に対して発光色ごとに異なる膜厚を設定する技術が提案されている。

【0006】

また特許文献2には、色度の極値を用いてカラーロバスト性を高めた有機EL素子及びその製造方法が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【0007】

【特許文献1】特開2000-323277号公報

【特許文献2】米国特許第6469438号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、特許文献1に記載の技術では、ある色の副画素の発光効率（電流輝度効率）を最大にしても、有機EL表示装置を白色表示したときに全副画素の総電流量が必ずしも最小にならない場合がある。なぜならば、白色表示する際に赤（R）、緑（G）、青（B）の各副画素を所定の割合で点灯させるが、各副画素を構成する有機EL素子が正面方向に呈する色度によって、所望の白色の色度を出すために必要な電流量も変化するからである。例えば、発光効率が高く、色度の浅い（CIEy値が大きい）青色素子と、発光効率が低く、色度の深い（CIEy値が小さい）青色素子が存在する場合、前者の発光効率が高いにもかかわらず、白色表示に必要な電流量が大きくなる。したがって、必ずしも発光効率だけで必要電流量が定まるわけではない。

10

【0009】

また特許文献2の技術では、各副画素の有機EL素子が呈する色を色度の極値に設定することにより、色度ずれの少ない表示装置を作製することが可能であるが、その一方で、表示装置の消費電力が大きくなってしまう。

【0010】

20

そこで本発明の目的は、有機EL素子の発光効率と色度を合わせて最適化し、必要電流量及び消費電力を最小にできる有機EL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】

上記の目的を達成すべく成された本発明の構成は以下の通りである。

【0012】

即ち、本発明に係る有機EL表示装置は、光取り出し側の第1の電極と前記第1の電極に対向する第2の電極との間に、発光層を含む有機化合物層を有するRGBの3色の副画素の有機EL素子を複数備え、該有機EL素子は、前記有機化合物層よりも前記第1の電極側にある第1の反射面と、前記有機化合物層よりも前記第2の電極側にある第2の反射面との間で、前記発光層で発生する光を共振させる共振構造を有する有機EL表示装置において、

30

前記RGBの3色のうち少なくとも1色の有機EL素子の発光層内での発光位置と前記第2の反射面との間の光学距離は、白色表示する際に、前記光学距離を変化させたときの必要電流密度の曲線におけるn次の極小値から±10%となる値であることを特徴とする有機EL表示装置である。

また、本発明に係る有機EL表示装置は、光取り出し側の第1の電極と前記第1の電極に対向する第2の電極との間に、発光層を含む有機化合物層を有するRGBの3色の副画素の有機EL素子を複数備え、該有機EL素子は、前記有機化合物層よりも前記第1の電極側にある第1の反射面と、前記有機化合物層よりも前記第2の電極側にある第2の反射面との間で、前記発光層で発生する光を共振させる共振構造を有する有機EL表示装置において、

40

前記RGBの3色の有機EL素子の発光層内での発光位置と前記第2の反射面との間の光学距離は、白色表示する際に、前記光学距離を変化させたときの必要電流密度の曲線におけるn次の極小値から±10%となる値であることを特徴とする有機EL表示装置でもある。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、有機EL素子の発光効率のみならず、色度を合わせて最適化することにより、有機EL表示装置の必要電流量及び消費電力を最小にできるという優れた効果を

50

奏する。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本実施形態の有機EL表示装置の積層構造を示す模式図である。

【図2】CIE色度座標を示す説明図である。

【図3】青色副画素の有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの発光効率 η (cd/A)を示す説明図である。

【図4】青色副画素の有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの色度(CIE x)を示す説明図である。

【図5】青色副画素の有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの色度(CIE y)を示す説明図である。

10

【図6】 250 cd/m^2 の白色表示時の青色副画素の有機発光素子の必要電流密度を示す説明図である。

【図7】有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの発光効率 η (cd/A)を示す説明図である。

【図8】有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの色度(CIE x 値)を示す説明図である。

【図9】有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの色度(CIE y 値)を示す説明図である。

【図10】有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの必要電流を示す説明図である。

20

【図11】実施例1において、正孔輸送層の膜厚に対する電流効率及びCIE y の色度を示す説明図である。

【図12】実施例1において、正孔輸送層の膜厚に対する白色を出す際の青色副画素の必要電流密度及び消費電力を示す説明図である。

【図13】正孔輸送層(HTL)膜厚に対する電流効率及びCIE y の色度を示す説明図である。

【図14】正孔輸送層(HTL)膜厚に対する白色を出す際の青色副画素の必要電流密度及び消費電力を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0015】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明するが、本発明は本実施形態に限定されない。なお、図面では、説明の都合上から、各層を認識可能な大きさで表しており、図面の縮尺は実際とは異なっている。また、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。

【0016】

まず図1を参照して、本発明に係る有機EL表示装置の一実施形態を構成する有機EL素子の積層構造について説明する。図1は、本実施形態の有機EL表示装置の積層構造を示す模式図である。図1に例示した本実施形態の有機EL表示装置は複数の有機EL素子を備え、各有機EL素子はトップエミッション型の素子であり、表示装置の利用者は基板側と反対の光取り出し側から観察することになる。また、本実施形態の有機EL表示装置は、有機EL素子からなる赤(R)、緑(G)、青(B)の光の3色を副画素として有するカラー表示ディスプレイである。なお、必要に応じて、赤画素をR、緑画素をG、青画素をBと記載する。

40

【0017】

なお、以下の説明において、「発光位置」とは、有機EL素子が有する厚さ方向の発光強度分布のピークが生じる位置のことを意味する。「共振構造」とは、微小共振器構造やマイクロキャビティ構造とも呼ばれ、光の干渉効果を利用した全ての構造を意味する。「共振構造」としては、例えば、一端が反射膜であり、もう一端が金属半透明膜である、いわゆるメタルキャビティ構造が挙げられる。また、一端が反射膜であり、もう一端が空隙

50

と半透明膜の界面であり、その界面が最大屈折率段差をなしている構造が挙げられる。さらに、一端が反射膜であり、もう一端が誘電体ミラーである構造が挙げられる。

【0018】

本実施形態の有機EL表示装置を構成する各有機EL素子は少なくとも2つの電極を有し、以下の説明では、光取り出し側に設けられている電極を第1の電極と、有機化合物層を挟んで第1の電極に対向している電極を第2の電極と、称する。さらに、有機化合物層よりも第1の電極側にある反射面を第1の反射面と、有機化合物層よりも第2の電極側にある反射面を第2の反射面と、称する。

【0019】

図1に示すように、本実施形態の有機EL表示装置において、第1の電極は陰極12からなり、第2の電極は陽極2からなっている。また、第1の反射面は陰極12の光取り出し側にある空隙と陰極12との界面にあり、第2の反射面は陽極2の反射層（図示せず）の有機化合物層側の界面にある。陰極12の光取り出し側にある不図示の封止部材内の空隙には窒素やアルゴンなどの気体が充填されており、陰極12との界面が有機EL素子内の最大屈折率段差をなしている。

10

【0020】

本発明は上記のような電極構成に限定されず、上述した共振構造を有する構成であれば、適用可能である。例えば、基板側に陰極を配置し、光取り出し側に陽極を配置してもよい。この場合には、陰極は少なくとも反射層を含み、陽極は透明電極である。いずれの構成であっても、光取り出し側の電極の光透過率が高いことが好ましい。

20

【0021】

陽極2と陰極12との間には、赤（R）、緑（G）、青（B）の各色に応じた発光層6、7、8を含む有機化合物層が挟持されている。本実施形態の有機化合物層は、R及びGについては、正孔（ホール）輸送層3、発光層6、7、正孔ブロック層9、電子輸送層10及び電子注入層11の積層構成からなっている。また、Bについては、正孔（ホール）輸送層3、電子ブロック層4、発光層8、正孔ブロック層9、電子輸送層10及び電子注入層11の積層構成からなっている。

【0022】

有機化合物層の積層構成は一例であり、層の省略や追加が可能である。例えば、電子ブロック層4は、陰極12から注入された電子が発光層8において十分に正孔（ホール）と再結合せずに陽極2に漏れてしまうことを防ぐために設けられているが、必須の層ではない。また、正孔ブロック層9は、陽極2から注入された正孔（ホール）が発光層6、7、8において十分に電子と再結合せずに陰極12に移動してしまうことを防ぐために設けられているが、必須の層ではない。有機化合物層の材料としては、一般的な公知の有機化合物材料を使用することが可能である。

30

【0023】

本実施形態の有機EL素子は、例えば、金属マスクを用いて低分子の有機化合物材料を真空蒸着することにより製造されるが、製造方法は本実施形態で例示するものに限定されない。例えば、有機化合物材料は高分子材料であってもよい。また、有機化合物層の形成方法は真空蒸着法に限定されず、例えば、スピコート法などのウェットプロセスを用いてもよい。

40

【0024】

本実施形態の有機EL表示装置は、基板1上に薄膜トランジスタ（TFT）を備えるアクティブマトリクス型の表示装置として形成され、フルカラーディスプレイを作製する場合は、例えば、赤緑青の3種類の副画素をマトリクス状に配置している。これに限定されず、例えば、赤緑青白の4種類の副画素、赤緑青の4種類の副画素、または赤緑青の4種類の副画素を配置してもよい。

【0025】

RGBの副画素を基板上に形成する方法としては、例えば、金属マスクを用いてRGBの光の三原色の発光材料を個別にパターン化する方式が挙げられる。また、カラーフィル

50

ターを介して白色発光を三原色に分ける方式が挙げられる。さらに、青色発光から蛍光体の色変換層（CCM）を通して緑色と赤色を得る方式などが挙げられる。

【0026】

これらの方式のうち、本実施形態では、金属マスクを用いてRGBの3色の発光材料を個別にパターン化する方式を例示して説明するが、本発明はこの方式に限定されない。

【0027】

まず図2を用いて、本発明が発光効率の最も高い構成を用いるのではなく、発光効率及び色度の双方を考慮して、白色表示時の消費電力を極小にする理由について説明する。図2は、CIE色度座標を示す説明図である。図2中、Wは表示装置の所定の白色の色度、Rは赤色素子の色度、Gは緑色素子の色度を表わしている。

10

【0028】

RGBの3色の副画素からなる有機EL表示装置において、白色Wを表示することを考える。各副画素が十分に小さい場合、観察者からはRGBが混色されて見える。そのため、RGBをそれぞれ所定の輝度で点灯させると、白色Wを表示することができる。

【0029】

図2において、色度座標上のRGBの三角形を $l_R : l_G : l_B$ の輝度比で光らせると、その重心がWとなる。ここで、R、GおよびWの座標が固定されているとき、図2において、Bの副画素を形成する有機EL素子がB1の色度を呈する場合とB2の色度を呈する場合とでは、前者のCIEy値が低い（色度が深い）ため、より高い輝度を必要とする。これは、B1の方がWから離れた座標に位置するため、RGBから構成される三角形の重心が、よりB側に引っ張られるからである。

20

【0030】

即ち、B1はB2よりも重心Wから離れているので、 l_B は小さくなる。一方、B2の方向に近づけると、発光効率 η_B は高くなる。一般的に l_B が小さいと消費電力が小さくなり、 η_B が大きくなると消費電力は小さくなる。つまり、 l_B / η_B が最小になるところが、消費電力が最小になる。よって、有機EL表示装置の白色表示時の消費電力を極小にするためには、各有機EL素子の構成を決定するときに、発光効率のみに着目して発光効率を最高に設定すれば良いわけではなく、発光効率と色度との双方を考慮する必要があることが分かる。

【0031】

30

次に、本実施形態の有機EL表示装置の消費電力及び必要電流を極小にする方法をより具体的に説明する。本実施形態の有機EL素子では、少なくとも、有機化合物層内での発光位置と第2の反射面との間の光学距離を最適化している。

【0032】

まず、有機化合物層内での発光位置と第1の反射面との間の光学距離が固定されている場合について説明する。例として、RとGの副画素が既に固定されており、Bの副画素に流す必要電流を最小にする方法を示す。

【0033】

ここで、有機EL表示装置の所望の白色の色度を(W_x, W_y)、取り出した光の赤色の色度を(R_x, R_y)、取り出した光の緑色の色度を(G_x, G_y)、とする。このとき、Bの有機発光素子内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離を調整して、 L_B / η_B の値が極小値、あるいは極小値から $\pm 10\%$ に収まる値になるような青色の色度(B_x, B_y)と電流効率 η_B (cd/A)を有するようになる。

40

【0034】

ここで、必要電流密度 i_R, i_G, i_B の曲線は、各色について $L_R / \eta_R, L_G / \eta_G$ もしくは L_B / η_B の式に、それぞれ各色の輝度 L_R, L_G, L_B (cd/m^2)と電流効率 η_R, η_G, η_B (cd/A)を代入して求められる。

【0035】

各色の輝度 L_R, L_G, L_B (cd/m^2)は下記式で、それぞれ算出される。

【0036】

50

【数 1】

$$L_R = L_W \times \frac{l_R}{l_R + l_G + l_B} \times \frac{100}{\text{偏光板透過率}} \times \frac{100}{\text{開口率}} \times \frac{100}{100 - \text{光学ロス}}$$

$$L_G = L_W \times \frac{l_G}{l_R + l_G + l_B} \times \frac{100}{\text{偏光板透過率}} \times \frac{100}{\text{開口率}} \times \frac{100}{100 - \text{光学ロス}}$$

$$L_B = L_W \times \frac{l_B}{l_R + l_G + l_B} \times \frac{100}{\text{偏光板透過率}} \times \frac{100}{\text{開口率}} \times \frac{100}{100 - \text{光学ロス}}$$

10

【0037】

なお、偏光板透過率は、偏光板を透過する透過率であり、偏光板を設けない構成であれば100とする。開口率は、有機EL表示装置の表示部の面積に対する各色の発光領域の面積である。通常、各色の開口率は10%以上50%以下である。また、光学ロス、有機発光素子内の有機化合物層や電極などによって吸収される損失など、偏光板以外の損失のことである。

【0038】

上記式において、 l_R 、 l_G 、 l_B はCIE色度座標系におけるRGBの3色及び白色の色度(R_x, R_y) (G_x, G_y) (B_x, B_y) (W_x, W_y)を用いて下記式から算出されるR、G、Bの輝度比である。なお、 l_R 、 l_G 、 l_B 及び η_R 、 η_G 、 η_B は光学距離をパラメータとしている。

20

【0039】

【数 2】

$$\begin{pmatrix} \frac{R_x}{R_y} & \frac{G_x}{G_y} & \frac{B_x}{B_y} \\ \frac{1-R_x-R_y}{R_y} & \frac{1-G_x-G_y}{G_y} & \frac{1-B_x-B_y}{B_y} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \frac{W_x}{W_y} \\ \frac{1-W_x-W_y}{W_y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_R \\ l_G \\ l_B \end{pmatrix}$$

30

【0040】

また図3は、青色副画素の有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの発光効率 η (cd/A)を示す説明図である。図4は、青色副画素の有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの色度(CIE x)を示す説明図である。図5は、青色副画素の有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離 d を変化させたときの色度(CIE y)を示す説明図である。図6は、 $250 \text{ cd}/\text{m}^2$ の白色表示時の青色副画素の有機発光素子の必要電流密度(mA/cm^2)を示す説明図である。

【0041】

40

図3に示すように、発光効率 η の曲線は、その振幅が減衰しながら、ある値に収束していくことが分かる。以下、この値を輝度収束値と呼ぶ。これは、発光材料のフォトルミネッセンス(以下、PLと略す)が、ある半値幅をもつことに由来する。つまり、半値幅＝ゼロであり、PLがインパルス関数(ディラックのデルタ関数)のようであれば、有機EL素子の発光効率 η の曲線が減衰することはない。しかし、実際には自然界にそのようなPLをもつ発光材料は見つかっておらず、有機EL素子から取り出される光の主なスペクトルのピークと、それに隣接するスペクトルが干渉し合い、互いに弱め合う。したがって、発光効率 η の曲線の高次の極値ほど、その絶対値が小さい。

【0042】

また、図4及び図5の色度(CIE x 、CIE y)曲線についても、同様に色度の振幅

50

が減衰しながらある値に収束していくことが分かる。

【0043】

さらに、図6は、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離Dを振って、それぞれ作製された有機EL素子の発光効率と色度の値を上記 L_B/η_B の式に入力し、当該する有機EL素子の必要電流を計算したものである。即ち、図6はRとGの色度で仮固定し、青色画素の有機EL素子の光学距離を横軸として、 L_B/η_B の式をプロットしたものである。図6の有機EL素子の必要電流も、発光効率の曲線の影響を受けて、その振幅が減衰しながら、ある値に収束していくのが分かる。なお、本発明において、必要電流あるいは消費電力が最小になる点とは、この減衰曲線のn次の極小値すべてを指す。

10

【0044】

この減衰曲線のn次の極小値においては、膜厚の変動（ばらつき）があったとしても、必要電流の変化が緩やかであるため、パネルの消費電力が安定している。また、本発明で開示される極小値とは、±10%程度のばらつきを許容する。これは、±10%のばらつきがあったとしても、消費電力は十分に小さく、またパネルの消費電力は比較的安定しているからである。なお、±10%は、極小値を示す光学距離からのずれを表すものである。

【0045】

また、本実施形態の有機EL素子は、第1の反射面と第2の反射面との間の光学距離が最適化されていることが望ましい。図7は、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離dを変化させたときの発光効率 η （cd/A）を示す説明図である。図8は、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離dを変化させたときの色度（CIE x値）を示す説明図である。図9は、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離dを変化させたときの色度（CIE y値）を示す説明図である。図10は、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離dを変化させたときの必要電流を示す説明図である。なお、図7から図10において、Dは発光層内の発光位置と第1の反射層との間の発光距離である。

20

【0046】

第1の反射面と第2の反射面との間の光学距離は、発光層内の発光位置と第1の反射面の光学距離と、発光層内の発光位置と第2反射面との光学距離の和で表わされる。したがって、図7から図10では、発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離d、及び第1の反射面と第2の反射面との間の光学距離Dの双方を最適化している。

30

【0047】

図7に示すように、発光効率 η の曲線は、その振幅が減衰しながら、輝度収束値に収束していくことが分かる。また、図8及び図9の色度（CIE x, CIE y）曲線についても、同様に色度の振幅が減衰しながら色度収束値に収束していくことが分かる。

【0048】

さらに、図10の250 cd/m²の白色表示時の必要電流の曲線も、その振幅を減衰させながら、ある一定の値に収束している。前述のとおり、本発明において、必要電流あるいは消費電力が最小になる点とは、この減衰曲線のn次の極小値すべてを指す。また、この必要電流あるいは消費電力が最小になる点近傍では、膜厚の変動（ばらつき）があったとしても、必要電流の変化が緩やかであるため、表示装置（パネル）の消費電力が安定している。

40

【0049】

このように、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離dだけではなく、第1の反射面と第2の反射面との間の光学距離Dも最適化することにより、さらに有機EL素子の必要電流を小さくすることが可能であることが分かる。

【0050】

また、RGBごとに干渉を合わせるため、例えば、金属マスクなどを用いて、有機化合物層の膜厚（光学距離）を変えることが考えられる。その際、膜厚を調整する層として、

50

電気抵抗の低い有機化合物材料を用いることが望ましい。電圧が低くなるほど、有機EL表示装置の消費電力が小さくなるからである。また、膜厚を調整する層として、該当する有機EL素子の発光色を透過させる有機化合物材料を用いることが望ましい。透過率が高いほど、有機EL素子の輝度が上がるからである。

【0051】

さらに、本発明において、有機EL表示装置の白色の色度は自由に設定することが可能であり、例えば、NTSC色度座標の $(W_x, W_y) = (0.310, 0.316)$ が考えられる。また例えば、D65標準色度 $(W_x, W_y) = (0.31271, 0.32902)$ が考えられる。

【0052】

以上で示した方法は、有機EL表示装置が白色表示する際に、ある1色の副画素の素子の必要電流を最小にする方法であるが、前提として、他の副画素の色度が仮固定されている必要がある。そのため、有機EL表示装置全体に流れる電流量を最小にするために、本発明で開示する方法を各色の副画素に繰り返し適用し、順次帰納法で各色の副画素の光学膜厚を最適化する方法が考えられる。以下にその方法を詳しく説明する。

【0053】

まず、3色のうち2色の色度を仮固定し、本発明において、それ以外の1色の素子の光学膜厚を最適化する。ここでは、例えば、RとGの色度を仮固定し、Bの素子の光学膜厚を最適化するものとする。次に、最適化された素子の色度は一意に決まるため、それ以外の2色のうち1色の色度を仮固定する。

【0054】

ここでは、例えば、Rの色度を仮固定し、既に最適化されているBの色度と合わせて、Gの素子の光学膜厚を最適化するものとする。次に、最適化された素子の色度は一意に決まるため、それ以外の1色、すなわちRの光学膜厚を最適化する。さらに、もう1度、RとGの色度を固定化し、Bの光学膜厚を再度最適化する。これを繰り返すと、RGBそれぞれの副画素の光学膜厚がそれぞれの最適値に収束していくため、有機EL表示装置全体に流れる電流量を最小にすることが可能である。

【0055】

なお、TFTの配線のレイアウトの都合から電源電圧をRGB共通にしている場合は、有機EL表示装置全体に流れる電流量を最小にしたとき、表示装置全体の消費電力も最小となる。しかし、電源電圧をRGB別々にしている場合は、そうはならない。このとき表示装置全体の消費電力 P は、 $P = V_R \times I_R + V_G \times I_G + V_B \times I_B$ の式で表わされる。

【0056】

ここで、 V_R ：R画素にかかる電圧、 V_G ：G画素にかかる電圧、 V_B ：B画素にかかる電圧である。また、 I_R ：R画素に流れる電流の合計、 I_G ：G画素に流れる電流の合計、 I_B ：B画素に流れる電流の合計であり、 $I_R = S \times i_R$ 、 $I_G = S \times i_G$ 、 $I_B = S \times i_B$ ； S は発光面積、 i は電流密度である。

【0057】

有機EL表示装置全体の消費電力 P を最小にするためには、各副画素に印加される電圧も加味した上で、上記方法を適用する必要がある。

【0058】

以上のように、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離、及び第1の反射面と第2の反射面との間の光学距離のそれぞれを最適化し、有機EL素子の必要電流および有機EL表示装置の消費電力を最小にしている。

【0059】

さらに、本発明において、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離に対する必要電流曲線の2次の極小値を用いることが望ましい。有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離が短い場合は、陽極－陰極間にリーク電流が発生し、ダークスポットや輝点の原因となるからである。2次の極小値を用いることによって、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離を、

10

20

30

40

50

ある程度厚くすることになるので、多少の異物が存在してもリークしない有機EL素子を作製することが可能となる。有機EL素子のリークを防止することにより、有機EL表示装置の製造の歩留まりを向上させることができる。

【0060】

以上、本発明の好適な実施形態を説明したが、これは本発明の説明のための例示であり、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、上記実施形態とは異なる種々の態様で実施することができる。

【0061】

例えば、上記実施形態ではトップエミッション型の有機EL素子を複数備えた表示装置の例について説明したが、基板側から光を取り出すボトムエミッション型の有機EL素子を複数備えた表示装置であっても適用可能である。

10

【実施例】

【0062】

以下に、実施例を示して、本発明に係る有機EL表示装置をより詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されない。

【0063】

〔実施例1〕

実施例1の有機EL表示装置は、各画素がトップエミッション型の有機EL素子からなり、陽極が基板側に位置し、陰極が光取り出し側に位置する層構成である。また、実施例1の有機EL表示装置は、RGBの3色を副画素として有する。

20

【0064】

実施例1は、第1の反射面とRGBの各有機化合物層の光取り出し側の端面までの光学距離は共通であり、有機EL素子の発光層内の発光位置と第2の反射面との間の光学距離のみRGBごとに異なる構成である。

【0065】

再び図1を参照して、実施例1の有機EL表示装置の作製方法について説明する。図1に示すように、まず、TF Tが形成された基板1上に、コンタクトホールを有する平坦化膜を形成した。なお、図1において、TF T、平坦化膜及びコンタクトホールは図示していない。

【0066】

次に、真空装置中でスパッタ法によって、平坦膜上にAg合金膜を100nm形成した上に、同じくスパッタ法によって酸化インジウム錫(ITO)膜を10nm積層し、これらをパターンングすることにより陽極2とした。なお、図1中には、Ag合金膜と酸化インジウム錫(ITO)膜を合わせて陽極2として表している。陽極2はコンタクトホールを介してTF Tに接続されている。また、Ag合金膜は陽極であるとともに、第2の反射面の役割を果たす。

30

【0067】

次に、陽極2上に形成した絶縁層に対して、フォトリソグラフィ技術を用いて不図示の素子分離膜を作製した。この素子分離膜は、画素および副画素を分離し、TF Tによって独立に駆動させるために設けられる。

40

【0068】

次に、基板の前処理について説明する。基板の前処理は、まずアルバック社製の真空装置中で、基板が100℃になるようにして5分間加熱した。続いて、装置中に乾燥空気を導入し、UVを基板に照射することにより、オゾン洗浄を行なった。さらに、装置中を真空に戻したのち、10分間加熱した。

【0069】

前処理が終了したのち、正孔輸送層(ホール輸送層)3を形成する。正孔輸送層3としては、下記構造式HT1の正孔輸送材料を用いた。正孔輸送層の膜厚は、金属マスクを用いてRGBごとに変える。正孔輸送層の膜厚については後述する。

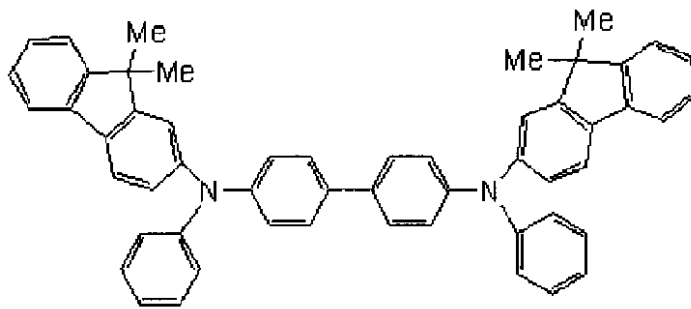
【0070】

50

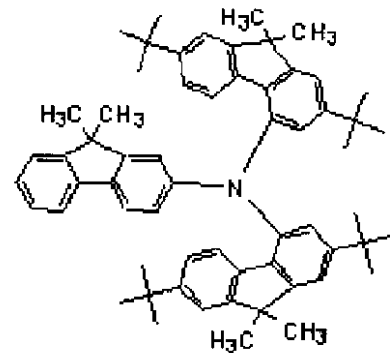
続いて、B画素に対してのみ、電子ブロック層4を形成する。本実施例では、R及びG画素に対しては、電子ブロック層4は形成しない。したがって、B画素の正孔輸送層を成膜後、基板から金属マスクを取り外さず、電子ブロック層4を成膜するチャンバへと移動させた。ここで、下記構造式HT2の電子ブロック材料を10nmの膜厚となるように成膜した。

【0071】

【化1】



HT1



HT2

10

20

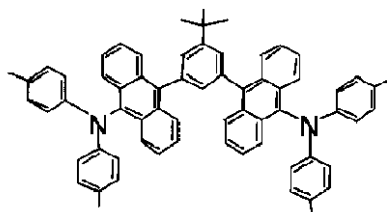
【0072】

次に、発光層の形成について詳しく説明する。まず、Gの発光層7の形成について説明する。電子ブロック層4を形成後、一旦、金属マスクを基板から取り外した。そして、金属マスクを再度、基板にアライメントしてRB画素を覆い、G画素のみ開口している状態にして、Gの発光層を蒸着するためのチャンバへと移動させた。下記構造式GD8の緑色発光ドーパント（10vol%）と、下記構造式GD12のアシストドーパント（30vol%）と、下記構造式GH3の発光層ホスト材料の共蒸着膜を45nmの膜厚で成膜してGの発光層7を形成した。Gの発光層内の発光位置は、基板から近い方に分布している。

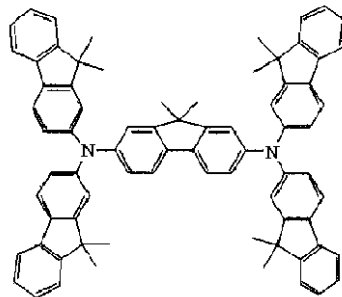
30

【0073】

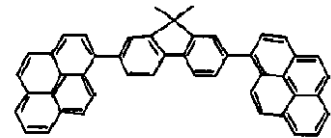
【化2】



GD8



GD12



GH3

40

【0074】

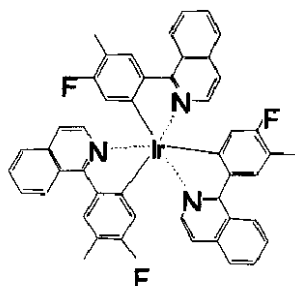
次に、Rの発光層6の形成について説明する。Gの発光層7を形成後、一旦、金属マスクを基板から取り外した。そして、金属マスクを再度、基板にアライメントしてG、B画素を覆い、R画素のみ開口している状態にして、Rの発光層を蒸着するためのチャンバへと移動させた。下記構造式RD10の赤色発光ドーパント（3vol%）と、下記構造式RD12のアシストドーパント（10vol%）と、下記構造式RH4の発光層ホスト材

50

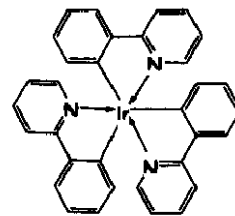
料の共蒸着膜を 50 nm の膜厚で成膜して R の発光層 6 を形成した。R の発光層内の発光位置は、基板から近い方に分布している。

【0075】

【化3】

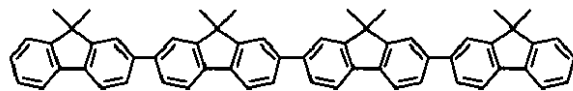


RD10



RD12

10



RH4

20

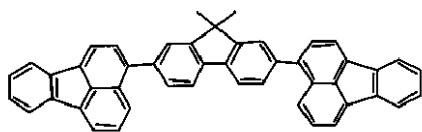
【0076】

最後に、B の発光層 8 の形成について説明する。R の発光層 6 を形成後、一旦、金属マスクを基板から取り外した。そして、金属マスクを再度、基板にアライメントして G, R 画素を覆い、B 画素のみ開口している状態にして、B の発光層を蒸着するためのチャンバへと移動させた。下記構造式 BD12 の青色発光ドーパント (5 vol %) と、下記構造式 BH14 の発光層ホスト材料の共蒸着膜を 35 nm の膜厚で成膜して B の発光層 8 を形成した。B の発光層内の発光位置は、基板から遠い方に分布している。以上のように発光層を形成した。

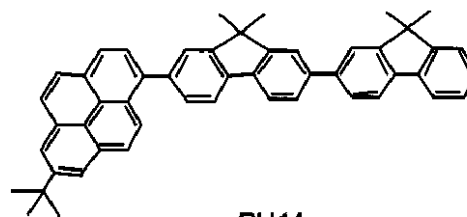
【0077】

【化4】

30



BD12



BH14

【0078】

以下の層については、RGB 共通である。発光層成膜後、金属マスクを基板から取り外した。正孔ブロック層を蒸着するためのチャンバへと移動させ、下記構造式 HB1 で示される有機化合物を 10 nm の膜厚で成膜して正孔ブロック層 9 を形成した。

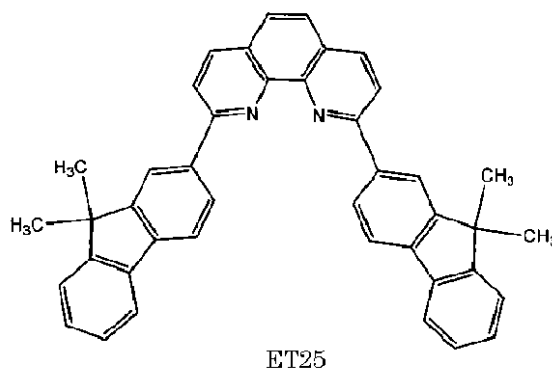
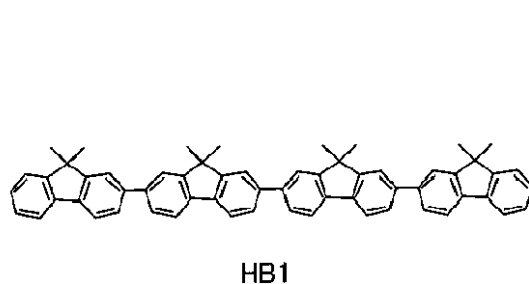
【0079】

次に、電子輸送層を蒸着するためのチャンバへと移動させ、下記構造式 ET25 で示されるフェナントロリン化合物を 10 nm の膜厚で成膜して電子輸送層 10 を形成した。

【0080】

40

【化 5】



10

【0081】

次に、電子輸送層 10 を形成後、電子注入層 11 を形成する。基板を電子注入層を蒸着するためのチャンバへと移動させた。そして、上記構造式 ET25 で示されるフェナントロリン化合物と炭酸セシウムを、セシウムの濃度が 23 wt % となるように蒸着レートを調整して、共蒸着膜の厚さが 60 nm になるまで成膜し、電子注入層 11 とした。

【0082】

次に、電子注入層 11 上に陰極 12 を形成する。陰極 12 は、Ag とインジウム亜鉛酸化物 (IZO) を、この順に積層してなり、スパッタ法を用いて、Ag を 12 nm、IZO を 60 nm 形成した。Ag と IZO の界面は第 1 の反射面となる。

20

【0083】

最後に、基板を N_2 雰囲気中に移動させ、基板 1 の周縁部に紫外線硬化樹脂を塗布し、この樹脂上にガラス基板を貼り合わせた状態で、紫外線を照射して硬化する。この際、画素部に紫外線が当たらないようにマスクする。

【0084】

赤色副画素の正孔輸送層の膜厚は 220 nm、緑色副画素の正孔輸送層の膜厚は 167 nm とした。本実施例においては赤色副画素の色度は CIE 色度座標系において (0.670, 0.330) であった。また、緑色副画素の色度は CIE 色度座標系において (0.240, 0.698) であった。

30

【0085】

以下に、白色 6500 K を表示させる際に、必要な消費電力を最小にすることを考える。図 11 及び図 12 を参照し、青色に関して、有機化合物層内の発光位置と第 2 の反射面までの光路長を変化させるため正孔輸送層 (HTL) 膜厚を振った時の特性変化を説明する。図 11 は、正孔輸送層 (HTL) 膜厚に対する電流効率及び CIE y の色度を示す説明図である。図 11 より、CIE y の極値を狙う場合には、正孔輸送層 (HTL) = 115 nm となり、電流効率の最大値を狙うには、正孔輸送層 (HTL) = 160 nm となる。なお、正孔輸送層 (HTL) が 150 nm よりも厚い領域では、色再現範囲に白色 6500 K が入らないため、白色を表示できなくなる。

40

【0086】

また、図 12 は、正孔輸送層 (HTL) 膜厚に対する白色を出す際の青色副画素の必要電流密度及び消費電力を示す説明図である。図 12 から分かる通り、青色副画素の必要電流密度と消費電力の間には正の相関があり、必要電流密度が最小となる。正孔輸送層 (HTL) = 135 nm は消費電力の最小値近傍となっている。

【0087】

実施例 1 は青色副画素の必要電流密度を最小とする構成とし、CIE y の極値をとる構成を比較例 1、電流効率を最大にする構成を比較例 2 として消費電力の比較を行ったものが表 1 である。表 1 から分かる通り、青色副画素の必要電流密度を最小とした本実施例は最も消費電力が低い。

50

【0088】

【表1】

	HTL膜厚[nm]	CIE _x	CIE _y	効率[cd/A]	消費電力[mW]
実施例1	135	0.128	0.083	4.5	324
比較例1	115	0.153	0.035	0.9	455
比較例2	160	0.097	0.311	13.3	348

【0089】

また、この実施例1の色度に基づいて、RとGの有機化合物層内の発光位置と第2の反射面までの光路長を計算する。すると、実施例1のRとGの有機化合物層内の発光位置と第2の反射面までの光路長がそれぞれRとGの素子の必要電流が極小を示す光路長の±10%以内の範囲に入っていた。

10

【0090】

〔実施例2〕

実施例2の有機EL表示装置はRGBの発光副画素からなり、RGの素子構成は実施例1と同一である。実施例2では、Bの素子構成について、有機化合物層内の発光位置と第2の反射面との光学距離のみならず、有機化合物層内の発光位置と第1の反射面との光学距離も最適化する。すなわち、第1の反射面から第2の反射面までの光学距離も最適化している。

20

【0091】

R、GとBの有機化合物層内の発光位置と第1の反射面との光学距離を変えるために、金属マスクを用いて電子輸送層を塗り分ける。

【0092】

有機化合物層内の発光位置と第1の反射面との間の光学距離を振るために電子注入層(EIL)膜厚を、第2の反射面から有機化合物層内の発光位置の間の光学距離を変化させるために、正孔輸送層(HTL)膜厚を振った。このときの青色副画素における必要電流密度の変化を図13に示す。図13は、正孔輸送層(HTL)膜厚を変化させたときの電子注入層(EIL)の膜厚に対する電流密度(mA/cm²)の変化である。図13から分かる通り、電子注入層(EIL)が薄いほど電流密度は低くなっている。

30

【0093】

また、このときの消費電力の変化を図14に示す。図14は、正孔輸送層(HTL)膜厚を変化させたときの電子注入層(EIL)の膜厚に対する消費電力(mW)の変化である。図14から分かる通り、必要電流密度の変化と同様にして電子注入層(EIL)が薄いほど消費電力は低くなっている。電子注入層(EIL)が薄いほど、発光点から光取り出し電極間までの光路長が青色の干渉長に合致していくためである。

【0094】

青色副画素における必要電流密度の最小値をとる特性は次の通りであった。すなわち、電子注入層(EIL)の膜厚が15nm、正孔輸送層(HTL)の膜厚が135nmで、CIE_x(0.130)、CIE_y(0.085)、発光効率が6.1(cd/A)及び消費電力が297(mW)であった。

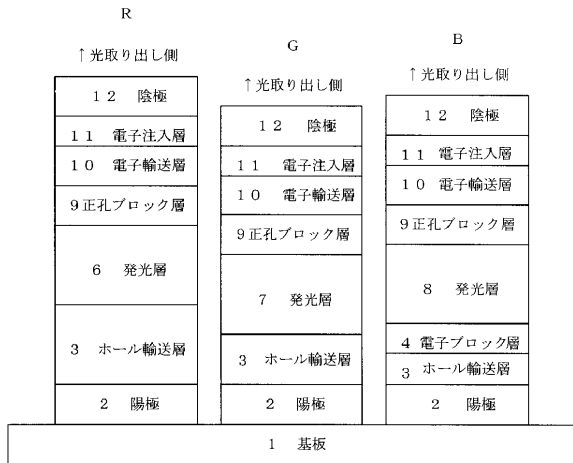
40

【符号の説明】

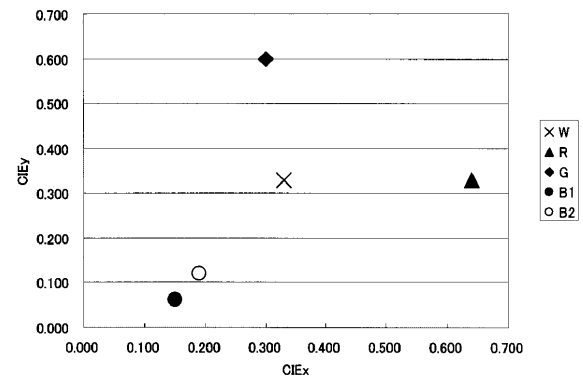
【0095】

2 第2の電極(陽極(金属反射膜))、3 ホール輸送層、4 電子ブロック層、6, 7, 8 発光層、9 正孔ブロック層、10 電子輸送層、11 電子注入層、12 第1の電極(陰極)

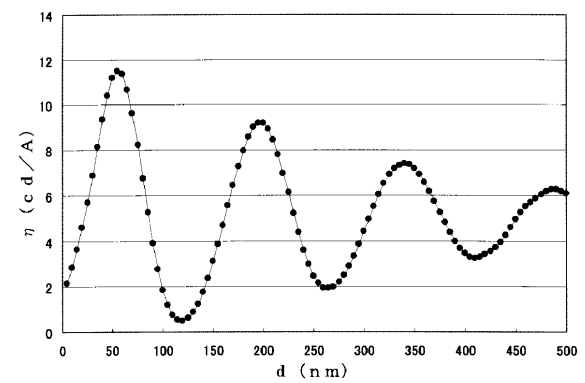
【図 1】



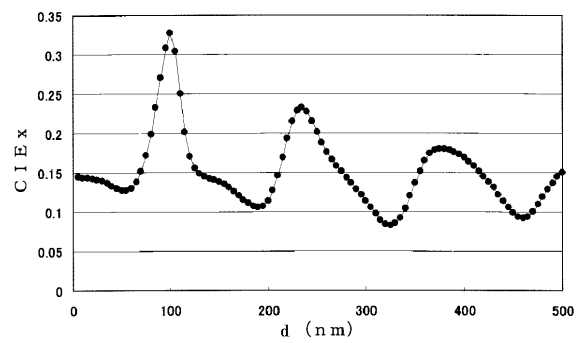
【図 2】



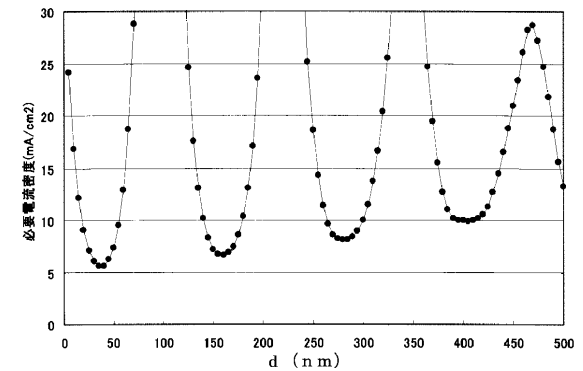
【図 3】



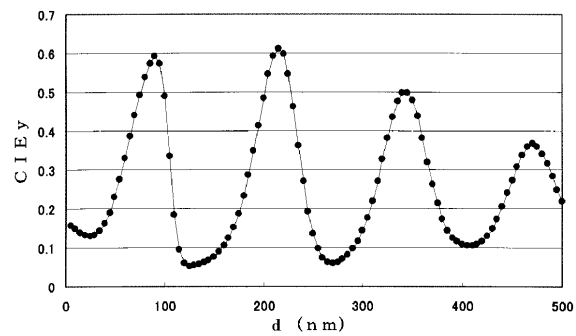
【図 4】



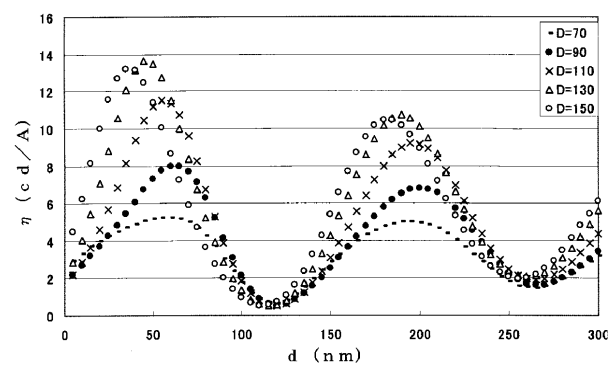
【図 6】



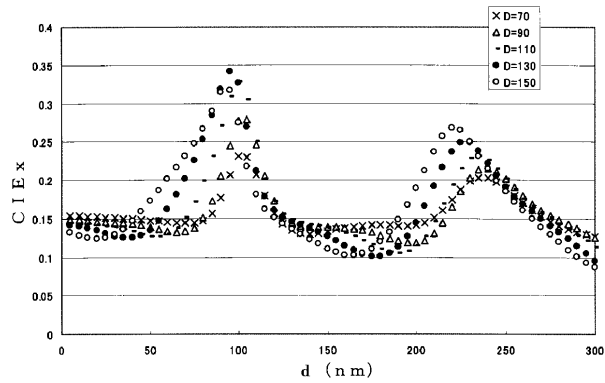
【図 5】



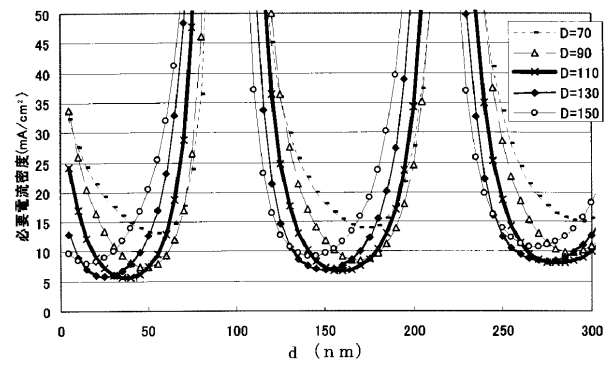
【図 7】



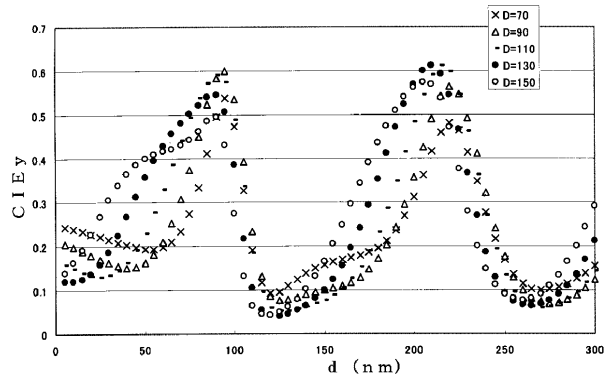
【図 8】



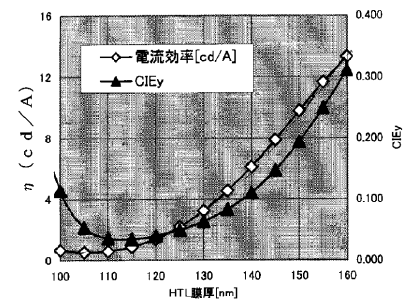
【図 10】



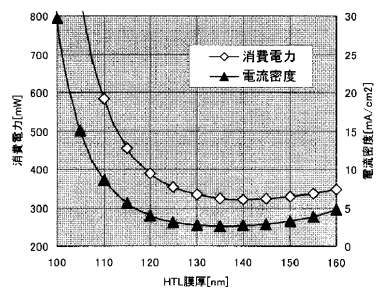
【図 9】



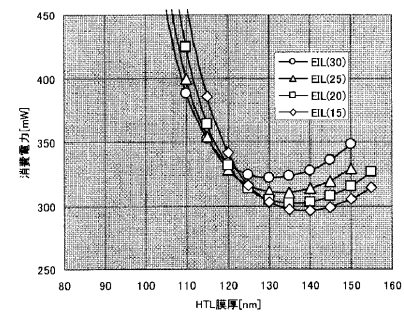
【図 11】



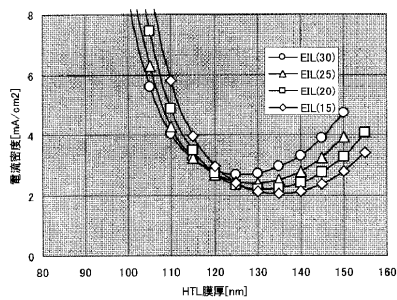
【図 12】



【図 14】



【図 13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-179780 (JP, A)
特開2010-146738 (JP, A)
特開2006-295104 (JP, A)
米国特許出願公開第2006/0226767 (US, A1)
特開2000-243573 (JP, A)
特開2009-140894 (JP, A)
特開2007-019489 (JP, A)
特開2005-150043 (JP, A)
特開2006-156344 (JP, A)
特開2005-101008 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05B 33/24
G09F 9/30
H01L 27/32
H01L 51/50
H05B 33/02

专利名称(译)	有机EL表示装置		
公开(公告)号	JP5676949B2	公开(公告)日	2015-02-25
申请号	JP2010163790	申请日	2010-07-21
[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	濱口敦 水野信貴		
发明人	▲濱▼口 敦 水野 信貴		
IPC分类号	H05B33/24 H01L51/50 H05B33/02 G09F9/30 H01L27/32		
CPC分类号	H01L27/3218 H01L27/3211 H01L51/5048 H01L51/5218 H01L51/5265 H01L2251/558		
FI分类号	H05B33/24 H05B33/14.A H05B33/02 G09F9/30.349.D G09F9/30.365 G09F9/30.365.Z H01L27/32		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC08 3K107/CC09 3K107/CC14 3K107/DD10 3K107/EE26 3K107/FF06 3K107/FF12 3K107/FF13 5C094/AA22 5C094/BA03 5C094/BA27 5C094/CA24 5C094/DA13 5C094/ED11 5C094/FA02 5C094/JA01		
代理人(译)	渡边圭佑 山口 芳広		
其他公开文献	JP2012028064A JP2012028064A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：优化有机EL显示装置的发光效率和色度，并最小化所需的电流量和功耗。溶剂：有机EL显示装置包括多个子像素为3的有机EL元件颜色R，G和B各自具有有机化合物层，所述有机化合物层包括在光提取侧上的第一电极和与第一电极相对的第二电极之间的发光层，所述有机EL元件各自具有谐振器结构，所述谐振器结构使在其中产生的光谐振。相对于有机化合物层，第一电极侧的第一反射表面和第二电极侧的第二反射表面之间的发光层。这里，三种颜色R，G和B的有机EL元件和第二反射表面的发光层中的发光位置之间的光学距离（d）被设定为从最小值的±10%的值。当至少改变光学距离（d）以通过混合三种颜色R，G和B进行预定的白色显示时所需电流密度曲线的（n）阶。

