

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6025367号
(P6025367)

(45) 発行日 平成28年11月16日(2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日(2016.10.21)

(51) Int.Cl.	F 1
H05B 33/02 (2006.01)	H05B 33/02
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A
G09F 9/30 (2006.01)	G09F 9/30 365
H01L 27/32 (2006.01)	

請求項の数 11 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2012-87102 (P2012-87102)	(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
(22) 出願日	平成24年4月6日(2012.4.6)	(74) 代理人	100096828 弁理士 渡辺 敏介
(65) 公開番号	特開2012-253011 (P2012-253011A)	(74) 代理人	100110870 弁理士 山口 芳広
(43) 公開日	平成24年12月20日(2012.12.20)	(72) 発明者	石津谷 幸司 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
審査請求日	平成27年3月4日(2015.3.4)	審査官	大竹 秀紀
(31) 優先権主張番号	特願2011-107385 (P2011-107385)		
(32) 優先日	平成23年5月12日(2011.5.12)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】有機EL素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明電極と、反射電極と、前記透明電極と前記反射電極との間に配置されている発光層を含む有機EL層と、前記透明電極の光出射側に配置された透明層と、前記透明層の光出射側に配置され直線状の傾斜部を有する凸形状の光取り出し構造体と、を備え、前記透明層と前記光取り出し構造体の屈折率が前記発光層の屈折率以上である有機EL素子であって、

前記反射電極に垂直な面で切断したときに前記反射電極と前記傾斜部とでつくられる2つの傾斜角 θ_1 と θ_2 が最大になる断面において、前記発光層で発光し前記光取り出し構造体に入射した導波光を前記光取り出し構造体から有機EL素子の外に取り出すための下記条件1と条件2のうち少なくとも一つを満たすように前記光取り出し構造体の傾斜部が設定されていることを特徴とする有機EL素子。

条件1：

【数1】

$$\sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_1}\right) \leq \theta_1 \leq 90^\circ \quad \dots \text{式1-1}$$

かつ

【数2】

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \dots \text{式 } 1-2$$

かつ

【数3】

$$\sin(\theta_2 + \phi_1) \geq \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式 } 1-3$$

かつ

【数4】

10

$$\sin(180^\circ - \theta_2 - 2\phi_1 - \phi_2) \geq \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式 } 1-4$$

かつ

【数5】

$$-\frac{n_0}{n_2} < \sin(180^\circ - \theta_2 - 2\phi_1 - 3\phi_2) < \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式 } 1-5$$

かつ

【数6】

20

$$\sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_0} \sin(180^\circ - \theta_2 - 2\phi_1 - 3\phi_2)\right) + \phi_2 = 0 \quad \dots \text{式 } 1-6$$

条件2：

【数7】

$$\sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_1}\right) \leq \theta_3 \leq 90^\circ \quad \dots \text{式 } 2-1$$

かつ

【数8】

30

$$n_1 \sin \theta_3 = n_2 \sin \theta_4 \quad \dots \text{式 } 2-2$$

かつ

【数9】

$$\sin(\theta_4 - \phi_2) \geq \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式 } 2-3$$

かつ

【数10】

40

$$-\frac{n_0}{n_2} < \sin(\theta_4 - 3\phi_2) < \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式 } 2-4$$

かつ

【数11】

$$\sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_0} \sin(\theta_4 - 3\phi_2)\right) + \phi_2 = 0 \quad \dots \text{式 } 2-5$$

ここで、 n_0 ：前記有機EL素子の外部領域の屈折率、 n_1 ：前記発光層の屈折率、 n_2 ：前記光取り出し構造体の屈折率、 θ_1, θ_3 ：前記発光層内での前記導波光と前記反射電極の垂線とがなす角度、 ϕ_1, ϕ_2 ：前記光取り出し構造体内での前記導波光と前記反射電

50

極の垂線とがなす角度である。

【請求項 2】

前記光取り出し構造体が発光領域外にのみ設けられ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。

【請求項 3】

前記 2 つの傾斜角 α_1 と α_2 が異なることを特徴とする請求項 2 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 4】

前記光取り出し構造体が発光領域の外周を取り囲んで設けられてい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 5】

前記発光領域の外周を取り囲んで設けられている光取り出し構造体の前記 2 つの傾斜角 α_1 と α_2 が異なることを特徴とする請求項 4 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 6】

前記光取り出し構造体が少なくとも発光領域の上に設けられ、前記 2 つの傾斜角 α_1 と α_2 が同じ角度であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機 E L 素子。

【請求項 7】

前記光取出し構造体の高さに対する前記透明層の厚みの比率が 2 . 0 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の有機 E L 素子。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の有機 E L 素子と、撮像素子と、を備えた撮像装置。

20

【請求項 9】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の有機 E L 素子を複数有する表示装置。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の有機 E L 素子と、前記有機 E L 素子によって感光される感光体と、を備えた画像形成装置。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の有機 E L 素子を有することを特徴とする照明装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機 E L 素子に関し、特に導波光を正面方向に取り出す構造を有する有機 E L 素子に関する。

【背景技術】

【0002】

有機 E L 素子の消費電力を低減するためには、有機 E L 素子の発光強度を向上させることが必要である。有機 E L 素子の発光強度を向上させる手法としては、有機 E L 素子の発光層で発光した光のうち、全反射によって有機 E L 素子内に閉じ込められている光を取り出す手法が知られている。

40

【0003】

図 10 は従来の有機 E L 素子 101 の概略断面図である。図 10 を用いて全反射による光の閉じ込めについて説明する。基板 102 には一般的にガラス（屈折率 1 . 5 程度）が使用される。透明電極 106 には一般的に酸化インジウム錫（ITO）や酸化インジウム亜鉛（IZO（登録商標））等（屈折率 1 . 9 ~ 2 . 1 程度）が使用され、有機 E L 層 104 中の発光層 105 には一般的に Alq₃ 等（屈折率 1 . 7 ~ 1 . 9 程度）が使用される。これらの材料は概ね平行に積層されている。全反射は光が屈折率の高い媒質から低い媒質に入射する際にスネルの法則に従って臨界角以上の入射角で発生する。有機 E L 素子 101 の構成では大きく分けて 2 つの全反射が発生する。

【0004】

50

第一の全反射は透明電極 106 と基板 102 との界面で発生する。これは発光層 105 よりも基板 102 の屈折率が低いためである。ここで全反射した光は、基板 102 と透明電極 106 との界面と、反射電極 103 と有機 EL 層 104 との界面との間で反射を繰り返して、基板 102 の面内方向に伝搬する伝搬光 111 となるため有機 EL 素子 101 内に閉じ込められる。このような伝搬光 111 は有機 EL 素子 101 の外部領域 110 (空気) には取り出されないため有機 EL 素子 101 の発光強度を低下させる要因となる。従って発光強度を向上させるためには、発光層 105 から外部領域 110 に取り出されるまでの間に、発光層 105 の屈折率よりも低屈折率の媒質を設けないことが必要である。

【0005】

第二の全反射は基板 102 と外部領域 110 との界面で発生する。これは外部領域 110 (空気) の屈折率が発光層 105 の屈折率よりも低いためである。ここで全反射した光は、基板 102 と外部領域 110 との界面と、反射電極 103 と有機 EL 層 104 との界面との間で反射を繰り返して伝搬光 111' となるため有機 EL 素子 101 内に閉じ込められる。有機 EL 素子 101 で発光した光を人間の目で認識するためには外部領域 110 に取り出す必要がある。このため上記第一の全反射のように高屈折率の材料で代替することはできない。従って発光強度を向上させるためには、有機 EL 素子 101 と外部領域 110 との界面の角度を変える、又は界面で散乱させることにより、有機 EL 素子 101 と外部領域 110 との界面で全反射条件を満たさないようにする必要である。

【0006】

非特許文献 1 では、上記二つの全反射を低減するために、基板に発光層の屈折率よりも高い屈折率の材料 (屈折率 2.0) を用いて発光層から有機 EL 素子の外部領域までの間に発光層の屈折率よりも低い屈折率の材料をなくしている。更に基板上の外部領域との界面に球面状レンズを形成している。これにより外部光取り出し効率が向上すると報告されている。

【0007】

特許文献 1 では、上記第二の全反射を低減するために、有機 EL 素子上の外部領域との界面に、傾斜部を有する立体である正四角錐からなる光取り出し構造体を設けている。このように有機 EL 素子の光出射側に傾斜部を有する光取り出し構造体を設けると傾斜部により導波光に対する有機 EL 素子と外部領域との界面の角度が変わるために、特許文献 1 では傾斜部を全反射が発生しにくい角度に設計している。これにより外部光取り出し効率を向上させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献 1】特開 2005-055481 号公報

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献 1】Ak i y o s h i M i k a m i S I D ' 0 9 D I G E S T P . 9 0 7 6 0 . 4 L

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

非特許文献 1 のように面光源の有機 EL 素子に対して高屈折率レンズを複数個設けた構成では、外部光取り出し効率や高角度側の発光強度は向上しやすいものの、特に重要な正面方向の発光強度が向上しにくいという問題がある。この要因としては有機 EL 素子の発光のように指向性を持たず全方位に発光する面光源に対してレンズを複数個設けると任意の方向に集光させる光学設計ができないことが挙げられる。

【0011】

一方、有機 EL 素子の発光面積をレンズに対して十分に小さくして点光源とした構成では、点光源に対して最適なレンズ設計にすることにより、正面方向の発光強度を向上させ

10

20

30

40

50

ることができる。しかし、発光面積を小さくすると有機EL素子の発光に必要な電流密度が増大し、有機EL素子の発光強度の劣化進行が早くなるという問題がある。

【0012】

また、特許文献1のように傾斜部を有する光取り出し構造体を、非特許文献1のように発光層よりも高屈折率の材料で形成した構成では、正面方向の発光強度を向上させることができない場合があった。即ち光取り出し構造体の傾斜部の角度を最適な値に設定するだけでは伝搬光を正面方向に多く取り出せない場合があった。

【0013】

そこで、本発明は、伝搬光を正面方向に多く取り出せる構造を設けることにより、有機EL素子の発光面積を小さくすることなく、有機EL素子の正面方向の発光強度を向上させることができない有機EL素子の提供を目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するために、本発明は、透明電極と、反射電極と、前記透明電極と前記反射電極との間に配置されている発光層を含む有機EL層と、前記透明電極の光出射側に配置された透明層と、前記透明層の光出射側に配置され直線状の傾斜部を有する凸形状の光取り出し構造体と、を備え、前記透明層と前記光取り出し構造体の屈折率が前記発光層の屈折率以上である有機EL素子であって、

前記反射電極に垂直な面で切断したときに前記反射電極と前記傾斜部とでつくられる2つの傾斜角 α_1 と α_2 が最大になる断面において、前記発光層で発光し前記光取り出し構造体に入射した導波光を前記光取り出し構造体から有機EL素子の外に取り出すための下記条件1と条件2のうち少なくとも一つを満たすように前記光取り出し構造体の傾斜部が設定されていることを特徴とする有機EL素子を提供するものである。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、有機EL素子の発光領域の大きさに関係なく伝搬光を正面方向に多く取り出すことができる。これにより有機EL素子の正面方向の発光強度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

30

【図1】本発明の有機EL素子の概略断面図である。

【図2】有機EL素子の正面方向の発光強度向上メカニズムの説明図である。

【図3】実施例1の有機EL素子の概略図である。

【図4】実施例2の有機EL素子の概略図である。

【図5】実施例3及び4の有機EL素子の概略図である。

【図6】比較例1の有機EL素子の概略図である。

【図7】実施例5の有機EL素子の概略図である。

【図8】実施例6及び7の有機EL素子の概略図である。

【図9】傾斜角と比較例2に対する正面発光強度比の関係を示す図である。

【図10】従来の有機EL素子の概略断面図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の有機EL素子の好適な実施形態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又は記載されない部分に関しては、当該技術分野の周知又は公知技術を適用する。また、本発明は以下に説明する実施形態に限定されるものではない。

【0018】

図1は本発明の有機EL素子1の概略断面図であり、有機EL素子1は透明層7の内面側から順に透明電極6、発光層5を含む有機EL層(有機化合物層)4、反射電極3を備え、透明層7の外側に光取り出し構造体8を備えている。本明細書では、透明層7の発光層側の面を「透明層7の内面」、透明層7の発光層と反対側、つまり透明層7の光出射

50

側の面を「透明層7の外面」ということとする。基板2はガラス、プラスチック、シリコン等で形成される。基板2にはTFT等のスイッチング素子(不図示)が形成されていても良い。基板2上には有機EL素子1の発光を光出射側に反射する反射電極3が形成されている。反射電極3は高反射率を有する金属又はその合金で形成されるのが好ましい。特にAl、Ag、Pt、Au、Cu、Pd、Ni等が好適であるが、前記金属又はその合金上に、仕事関数の高いITOやIZO(登録商標)等の酸化物透明導電材料を積層した積層体であっても良い。

【0019】

反射電極3上には少なくとも発光層5を含む有機EL層4が形成されている。有機EL層4は発光層5以外に、正孔注入層、正孔輸送層、電子プロッキング層、正孔プロッキング層、電子輸送層、電子注入層等を含んでいても良い。各層には公知の有機EL材料を使用することができる。

10

【0020】

有機EL層4上には発光層5の屈折率以上の屈折率を有する透明電極6が形成されている。透明電極6は光の吸収が低く透過率が高い材料で形成されるのが好ましく、特にITOやIZO(登録商標)等の酸化物透明導電材料が好適である。

【0021】

透明電極6上には発光層5の屈折率以上の屈折率を有する透明層7が形成されている。透明層7は光の吸収が低く透過率が高い材料で形成されるのが好ましい。特に窒化ケイ素(SiN)、窒化チタン(TiN)等の無機窒化物、酸化チタン(TiO₂)、酸化亜鉛(ZnO)、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、酸化ジルコニウム(ZrO)、ITO、IZO(登録商標)等の無機酸化物、Al₂O₃、NPD等の有機材料が好適である。また、透明層7は透明電極6と同じ材料で形成されていても良いし、発光層5の屈折率以上の屈折率を有する材料の積層体であっても良い。尚、透明層7が保護層を兼ねていても良いし、酸化物透明導電層を用いることで透明電極6を兼ねていても良い。

20

【0022】

透明層7上には発光層5の屈折率以上の屈折率を有する光取り出し構造体8が形成されている。光取り出し構造体8は光の吸収が低く透過率が高い材料で形成されるのが好ましく、特にSiN、TiN等の無機窒化物、TiO₂、ZnO、Al₂O₃、ZrO、ITO、IZO(登録商標)等の無機酸化物、Al₂O₃、NPD等の有機材料が好適である。また、光取り出し構造体8は透明電極6や透明層7と同じ材料で形成されていても良い。

30

【0023】

光取り出し構造体8は反射電極3に対して平行ではない傾斜部9a、9bを有している。即ち透明層側から徐々に細くなる傾斜部9a、9bを有する凸形状になっている。さらに言うと、光取り出し構造体8は、反射電極3に対して垂直な面で切断したときの断面において三角形の形状を有していることが好ましい。光取り出し構造体8の個数は一つでも良いし複数であっても良い。

【0024】

光取り出し構造体8の傾斜部よりも外側、即ち有機EL素子1の外部領域10は光取り出し構造体8よりも低屈折率の材料で形成されるのが好ましい。特に空気、窒素等の気体、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂等の有機材料、酸化ケイ素(SiO₂)等の無機酸化物が好適である。

40

【0025】

図1の有機EL素子は透明層7の外面側及び光取り出し構造体8の傾斜部9a、9b側を光出射側としており、基板2、反射電極3、有機EL層4、発光層5、透明電極6、透明層7は平行に積層されている。

【0026】

次に、図2(a)(b)を用いて本発明の有機EL素子における正面方向の発光強度向上の二つのメカニズムについて説明する。これらのメカニズムの特徴は光取り出し構造体8と外部領域10との界面で有機EL素子1内の導波光11を全反射させた後、反射電極

50

3で反射させて正面方向へ取り出すものである。「正面方向」とは、反射電極3に対して垂直な方向であって、反射電極3から光出射側に向かう方向のことである。

【0027】

図2(a)は本発明の有機EL素子の正面発光強度(正面方向の発光強度)向上の第一メカニズムである「3回反射モード」を説明する図である。「3回反射モード」とは、有機EL素子1内の導波光11を光取り出し構造体8と外部領域10との界面で2回反射させ、次に反射電極3で反射させることにより有機EL素子1の正面方向に導波光11を取り出すものである。図2(a)は反射電極3に対して垂直な面で切断したときの断面図であり、光取り出し構造体8の傾斜部9aの延長線と反射電極3とがなす角である傾斜角₁、及び傾斜部9bの延長線と反射電極3とがなす角である傾斜角₂が最大となる断面である。尚、有機EL層は図示していない。

【0028】

図2(a)に示すように、発光層5で発光した光のうち発光層5の屈折率n₁と外部領域10の屈折率n₀によって全反射条件を満たす光は、透明層と外部領域との界面と、反射電極との間で反射を繰り返し、透明層7と反射電極103との間の層内を導波している。この導波光11と反射電極3の垂線とがなす角度₁は式1-1で示される範囲である。

【0029】

【数1】

$$\sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_1}\right) \leq \theta_1 \leq 90^\circ \quad \dots \text{式1-1}$$

20

【0030】

導波光11が光取り出し構造体8に入射すると、光取り出し構造体8内の導波光11と反射電極3の垂線とがなす角度₂は、スネルの法則により発光層5の屈折率n₁、角度₁、光取り出し構造体8の屈折率n₂を用いて式1-2で示される。

【0031】

【数2】

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \dots \text{式1-2}$$

30

【0032】

光取り出し構造体8に入射した光が傾斜部9aで全反射するためには、光取り出し構造体8の屈折率n₂、外部領域10の屈折率n₀、傾斜角₁が式1-3の条件を満たす必要がある。

【0033】

【数3】

$$\sin(\theta_2 + \phi_1) \geq \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式1-3}$$

40

【0034】

傾斜部9aで全反射された導波光11は傾斜部9bの方向に進む。導波光11は傾斜部9bの垂線に対して180°-₂-₂-₁-₂の角度で入射する。傾斜部9bと外部領域10との界面で導波光11が全反射するためには、光取り出し構造体8の屈折率n₂、外部領域10の屈折率n₀、傾斜角₁、₂が式1-4の条件を満たす必要がある。

【0035】

【数4】

$$\sin(180^\circ - \theta_2 - 2\phi_1 - \phi_2) \geq \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式1-4}$$

50

【0036】

傾斜部 9 b で全反射された導波光 1 1 は反射電極 3 の方向に進む。導波光 1 1 は反射電極 3 で反射され、傾斜部 9 b の方向に進む。導波光 1 1 は傾斜部 9 b の垂線に対して $180^\circ - \phi_2 - 2\phi_1 - 3\phi_2$ の角度で入射する。なお、導波光 1 1 は、光取り出し構造体 8 と透明層 7 の界面で屈折するが、光取り出し構造体 8 から出て光取り出し構造体 8 に戻ってくる。このため、この屈折は、反射電極 3 で反射された後に傾斜部 9 b に入射する導波光 1 1 の角度には影響しない。

【 0 0 3 7 】

傾斜部 9 b と外部領域 1 0 との界面で導波光 1 1 が外部領域 1 0 に透過するためには、傾斜部 9 b と外部領域 1 0 との界面で全反射をさせないことが必要である。従って、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 、外部領域 1 0 の屈折率 n_0 、傾斜角 ϕ_1 、 ϕ_2 が式 1 - 5 の条件を満たす必要がある。 10

【 0 0 3 8 】

【 数 5 】

$$-\frac{n_0}{n_2} < \sin(180^\circ - \theta_2 - 2\phi_1 - 3\phi_2) < \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式 1 - 5}$$

【 0 0 3 9 】

外部領域 1 0 に取り出された導波光 1 1 は、傾斜部 9 b の垂線に対して $\sin^{-1}((n_2/n_0) \cdot \sin(180^\circ - \theta_2 - 2\phi_1 - 3\phi_2))$ の角度に進む。導波光 1 1 を有機 EL 素子 1 の正面方向に取り出すためには、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 、外部領域 1 0 の屈折率 n_0 、傾斜角 ϕ_1 、 ϕ_2 が式 1 - 6 の条件を満たす必要がある。 20

【 0 0 4 0 】

【 数 6 】

$$\sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_0} \sin(180^\circ - \theta_2 - 2\phi_1 - 3\phi_2)\right) + \phi_2 = 0 \quad \dots \text{式 1 - 6}$$

【 0 0 4 1 】

上述のように、「3回反射モード」では、式 1 - 1 ~ 式 1 - 6 を全て満たすことによって、導波光 1 1 を有機 EL 素子 1 の正面方向に取り出すことができ、正面方向の発光強度を向上させることができとなる。以下、式 1 - 1 ~ 式 1 - 6 を全て満たすことを、条件 1 を満たすという。本発明では、条件 1 を満たすように、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 、傾斜角 ϕ_1 、 ϕ_2 が設定されている。 30

【 0 0 4 2 】

また、上述した正面発光強度向上の第一メカニズムは、一つの光取り出し構造体 8 で起こる現象であり、複数個の光取り出し構造体 8 に渡って起こる現象ではない。つまり、傾斜部 9 b で全反射した導波光 1 1 が反射電極 3 で反射された後に、隣接する光取り出し構造体 8 の傾斜部 9 a, 9 b から外部領域 1 0 に取り出されるわけではない。言い換えると、条件 1 を満たすということは、一つの光取り出し構造体 8 内だけで上記メカニズムが起こっているといえる。このため、正面方向の発光強度を向上させるための光学設計として、一つの光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 、傾斜角 ϕ_1 、 ϕ_2 を設定するだけによく、光学設計が容易になる。 40

【 0 0 4 3 】

図 2 (b) は本発明の有機 EL 素子の正面発光強度向上の第二メカニズムである「2回反射モード」を説明する図である。「2回反射モード」とは、有機 EL 素子 1 内の導波光 1 1 を光取り出し構造体 8 と外部領域 1 0 との界面で1回反射させ、次に反射電極 3 で反射させることにより有機 EL 素子 1 の正面方向に導波光 1 1 を取り出すものである。図 2 (b) は反射電極 3 に対して垂直な面で切断したときの断面図であり、光取り出し構造体 8 の傾斜部 9 a の延長線と反射電極 3 とがなす角である傾斜角 ϕ_1 、及び傾斜部 9 b の延長線と反射電極 3 とがなす角である傾斜角 ϕ_2 が最大となる断面である。尚、有機 EL 層は図示していない。 50

【0044】

図2(b)に示すように、発光層5で発光した光のうち発光層5の屈折率 n_1 と外部領域10の屈折率 n_0 によって全反射条件を満たす光は、透明層と外部領域との界面と、反射電極との間で反射を繰り返し、透明層7と反射電極103との間の層内を導波している。この導波光11と反射電極3の垂線とがなす角度 θ_3 は式2-1で示される範囲である。

【0045】

【数7】

$$\sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_1}\right) \leq \theta_3 \leq 90^\circ \quad \dots \text{式2-1}$$

10

【0046】

導波光11が光取り出し構造体8に入射すると、光取り出し構造体内での導波光11と反射電極3の垂線とがなす角度 θ_4 は、スネルの法則により発光層5の屈折率 n_1 、光取り出し構造体8の屈折率 n_2 、角度 θ_3 を用いて式2-2で示される。

【0047】

【数8】

$$n_1 \sin \theta_3 = n_2 \sin \theta_4 \quad \dots \text{式2-2}$$

【0048】

20

導波光11は傾斜部9bの垂線に対して $\theta_4 - \phi_2$ の角度で入射する。傾斜部9bと外部領域10との界面で導波光11が全反射するためには、光取り出し構造体8の屈折率 n_2 、外部領域10の屈折率 n_0 、角度 θ_4 、傾斜角 ϕ_2 が式2-3の条件を満たす必要がある。

【0049】

【数9】

$$\sin(\theta_4 - \phi_2) \geq \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式2-3}$$

【0050】

30

傾斜部9bで全反射された導波光11は反射電極3の方向に進む。導波光11は反射電極3で反射され、傾斜部9bの方向に進む。導波光11は傾斜部9bの垂線に対して $\theta_4 - 3\phi_2$ の角度で入射する。傾斜部9bと外部領域10との界面で導波光11が外部領域10に透過するためには、傾斜部9bと外部領域10との界面で全反射をさせないことが必要である。従って、光取り出し構造体8の屈折率 n_2 、外部領域10の屈折率 n_0 、角度 θ_4 、傾斜角 ϕ_2 が式2-4の条件を満たす必要がある。

【0051】

【数10】

$$-\frac{n_0}{n_2} < \sin(\theta_4 - 3\phi_2) < \frac{n_0}{n_2} \quad \dots \text{式2-4}$$

40

【0052】

外部領域10に取り出された導波光11は傾斜部9bの垂線に対して $\sin^{-1}((n_2/n_0) \cdot \sin(\theta_4 - 3\phi_2))$ の角度に進む。導波光11を有機EL素子1の正面方向に取り出すためには、光取り出し構造体8の屈折率 n_2 、外部領域10の屈折率 n_0 、角度 θ_4 、傾斜角 ϕ_2 が式2-5の条件を満たす必要がある。

【0053】

【数11】

$$\sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_0} \sin(\theta_4 - 3\phi_2) \right) + \phi_2 = 0 \quad \cdots \text{式2-5}$$

【0054】

上述のように、「2回反射モード」では、式2-1～式2-5を全て満たすことによって、導波光11を有機EL素子1の正面方向に取り出すことができ、正面方向の発光強度を向上させることができるとなる。以下、式2-1～式2-5を全て満たすことを、条件2を満たすという。本発明では、条件2を満たすように、光取り出し構造体8の屈折率n₂、傾斜角₁、₂が設定されている。

10

【0055】

また、上述した正面発光強度向上の第二メカニズムは、一つの光取り出し構造体8で起こる現象であり、複数個の光取り出し構造体8に渡って起こる現象ではない。言い換えると、条件2を満たすということは、一つの光取り出し構造体8内だけで上記メカニズムが起こっているといえる。このため、正面方向の発光強度を向上させるための光学設計として、一つの光取り出し構造体8の屈折率n₂、傾斜角₁、₂を設定するだけによく、光学設計が容易になる。

【0056】

本発明の有機EL素子は、上述した正面発光強度向上の条件1と条件2のうち少なくとも一つを満たす構成にすることにより正面方向の発光強度を大きく向上させることができ。また、本発明の有機EL素子は、傾斜角₁、₂が最大になる断面において条件1と条件2のうち少なくとも一つを満たす構造になっている。これは光取り出し構造体8の形状がどのような形状であっても、光取り出し構造体8は₁と₂が最大になる断面を有しており、その断面で導波光11を正面方向に取り出せる構造にすれば多くの導波光11を正面方向に取り出せると考えたからである。尚、発光層内での導波光11と反射電極3とがなす角度₁、₃は異なっていても良いし同じであっても良い。

20

【0057】

また、光取り出し構造体8を発光領域における透明層7の外面側（発光領域の光出射側）に設けた場合、導波光11は光取り出し構造体8に対して傾斜部9aの方向からも傾斜部9bの方向からも導波する。このため、傾斜角₁、₂を同じ角度にすると傾斜部9aと傾斜部9bの両方で導波光11を正面方向に取り出せる。即ち導波光11を正面方向により多く取り出せる。従って、光取り出し構造体8を少なくとも発光領域における透明層7の外面側に設け、光取り出し構造体8の傾斜角₁、₂を同じ角度にした場合、正面方向の発光強度をより向上させることができる。つまり、光取り出し構造体8が発光領域の上にある場合には、光取り出し構造体8の傾斜角₁、₂を同じにすることが望ましい。なお、光取り出し構造体8の傾斜角₁、₂を同じ角度にした場合、発光層5の屈折率n₁および光取り出し構造体8の屈折率n₂に応じて、傾斜角₁および₂の角度は表1に示す角度の範囲であることが好ましい。外部領域10の屈折率は1.0である。また、光取り出し構造体8の形状は錐体、錐台、プリズム形状であることが好ましい。

30

【0058】

光取り出し構造体8が発光領域の上にあり、傾斜角₁および₂の角度が同じ場合には、光取り出し構造体8の屈折率n₂が発光層5の屈折率n₁以上（n₂ > n₁）の条件で、傾斜角₁および₂の角度は22°以上32°以下が好ましく、さらに25°以上28°以下が好ましい。また、発光層5の屈折率n₁は1.7以上1.9以下で、光取り出し構造体8の屈折率n₂は1.7以上2.0以下である。

40

【0059】

【表1】

発光層 屈折率n ₁	光取り出し構造体 屈折率n ₂	傾斜角 ϕ_1, ϕ_2
1.7	1.7	24~32°
1.7	1.8	25~28°
1.8	1.8	24~32°
1.8	1.9	25~28°
1.9	1.9	22~32°
1.9	2.0	24~28°

10

【0060】

また、条件1よりも条件2を満たすように、光取り出し構造体8の屈折率n₂、傾斜角 ϕ_1, ϕ_2 を設定することが望ましい。これは以下の理由のためである。すなわち、一般的に、発光層からの放射角が大きくなると、立体角が大きくなるため、その放射角での光量が大きくなる。そして、条件1を満たす放射角 ϕ_1 よりも条件2を満たす放射角 ϕ_3 の方が大きい。このため、条件2を満たす場合の方が、条件1を満たす場合よりも、正面方向に取り出せる光量が大きくなるため、正面方向の発光強度を向上させる効果が大きくなる。

【0061】

また、光取り出し構造体8を発光領域外における透明層7の外面側のみに設けた場合、発光領域では透明層7と外部領域10との界面で全反射しない光を取り出すことができ、発光領域外では発光領域で全反射した導波光11を取り出すことができる。従ってこの構成とした場合にも、導波光11を正面方向に取り出せるため正面方向の発光強度を向上させることができる。この構成をとると、例えば複数の発光領域から構成されるディスプレイにおいて、発光領域外における透明層7の外面側のみに光取り出し構造体8を設けることができるため、光取り出し構造体8の形成領域を少なくすることができる点でより好ましい。更に、発光領域の上に光取り出し構造体8が配置されていないので、発光領域から正面方向へ放出された光が、有機EL素子1から出射される際に光取り出し構造体8によって正面方向以外の方向へ出射されにくくなり、正面方向の発光強度をより高めることができる。

20

【0062】

また、光取り出し構造体8を発光領域外における透明層7の外面側のみに設けた場合には、光取り出し構造体8の傾斜角 ϕ_1, ϕ_2 を異ならせることが望ましい。傾斜角 ϕ_1, ϕ_2 を異ならせることにより、条件1および条件2を満たすように設計することができるため、正面方向の発光強度が大きく向上する。

30

【0063】

また、光取り出し構造体8を発光領域外における透明層7の外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合、発光領域で全反射した導波光11が光取り出し構造体8に入射する確率が高くなるため、導波光11をより多く正面方向に取り出せる。従ってこの構成とした場合、正面方向の発光強度をより向上させることができる。尚、発光領域の外周を一つの光取り出し構造体8が一重に取り囲んでも良いし、複数の光取り出し構造体が取り囲んでいても良い。

40

【0064】

また、光取り出し構造体8を発光領域外における透明層7の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合においては、光取り出し構造体8の傾斜角 ϕ_1 は発光領域側にあり、傾斜角 ϕ_2 は発光領域とは反対側にあることが好ましい。

【0065】

光取り出し構造体8の傾斜角 ϕ_2 を24°、26°、28°、30°、32°にした場合においては、発光層5の屈折率n₁および光取り出し構造体8の屈折率n₂に応じて、傾斜角 ϕ_1 の角度は表2に示す角度の範囲であることが好ましい。外部領域10の屈折率は

50

1. 0 である。

【 0 0 6 6 】

光取り出し構造体 8 を発光領域外における透明層 7 の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 が発光層 5 の屈折率 n_1 以上 ($n_2 > n_1$) の条件で、傾斜角 θ_2 が 24° 以上 32° 以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は、 11° 以上 45° 以下が好ましい。また、発光層 5 の屈折率 n_1 は 1.7 以上 1.9 以下で、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 は 1.7 以上 2.1 以下である。

【 0 0 6 7 】

光取り出し構造体 8 を発光領域外における透明層 7 の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 が発光層 5 の屈折率 n_1 以上 ($n_2 > n_1$) の条件で、傾斜角 θ_2 が 24° 以上 30° 以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は 16° 以上 45° 以下が好ましく、さらには 32° 以上 35° 以下が好ましい。

【 0 0 6 8 】

光取り出し構造体 8 を発光領域外における透明層 7 の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 が発光層 5 の屈折率 n_1 以上 ($n_2 > n_1$) の条件で、傾斜角 θ_2 が 24° 以上 28° 以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は 20° 以上 45° 以下が好ましく、さらには 32° 以上 38° 以下が好ましい。

【 0 0 6 9 】

光取り出し構造体 8 を発光領域外における透明層 7 の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 が発光層 5 の屈折率 n_1 以上 ($n_2 > n_1$) の条件で、傾斜角 θ_2 が 24° 以上 26° 以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は 25° 以上 45° 以下が好ましく、さらには 32° 以上 40° 以下が好ましい。

【 0 0 7 0 】

光取り出し構造体 8 を発光領域外における透明層 7 の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 が発光層 5 の屈折率 n_1 以上 ($n_2 > n_1$) の条件で、傾斜角 θ_2 が 26° 以上 32° 以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は 11° 以上 42° 以下が好ましく、さらには 27° 以上 33° 以下が好ましい。

【 0 0 7 1 】

光取り出し構造体 8 を発光領域外における透明層 7 の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 が発光層 5 の屈折率 n_1 以上 ($n_2 > n_1$) の条件で、傾斜角 θ_2 が 26° 以上 30° 以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は 16° 以上 42° 以下が好ましく、さらには 27° 以上 35° 以下が好ましい。

【 0 0 7 2 】

光取り出し構造体 8 を発光領域外における透明層 7 の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 が発光層 5 の屈折率 n_1 以上 ($n_2 > n_1$) の条件で、傾斜角 θ_2 が 26° 以上 28° 以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は 20° 以上 42° 以下が好ましく、さらには 27° 以上 38° 以下が好ましい。

【 0 0 7 3 】

光取り出し構造体 8 を発光領域外における透明層 7 の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体 8 の屈折率 n_2 が発光層 5 の屈折率 n_1 以上 ($n_2 > n_1$) の条件で、傾斜角 θ_2 が 28° 以上 32° 以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は 11° 以上 39° 以下が好ましく、さらには 23° 以上 33° 以下が好ましい。

10

20

30

40

50

【0074】

光取り出し構造体8を発光領域外における透明層7の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体8の屈折率 n_2 が発光層5の屈折率 n_1 以上($n_2 > n_1$)の条件で、傾斜角 θ_2 が28°以上30°以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は16°以上39°以下が好ましく、さらには23°以上35°以下が好ましい。

【0075】

光取り出し構造体8を発光領域外における透明層7の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、光取り出し構造体8の屈折率 n_2 が発光層5の屈折率 n_1 以上($n_2 > n_1$)の条件で、傾斜角 θ_2 が30°以上32°以下の範囲では、傾斜角 θ_1 は11°以上36°以下が好ましく、さらには18°以上33°以下が好ましい。

10

【0076】

また、光取り出し構造体8を発光領域外における透明層7の外面側のみに設けた場合や、外面側に発光領域の外周を取り囲んで設けた場合には、傾斜角 θ_2 が24°のときでは、傾斜角 θ_1 は、30°以上45°以下が好ましく、さらには、32°以上43°以下が好ましい。傾斜角 θ_2 が26°のときでは、傾斜角 θ_1 は、25°以上42°以下が好ましく、さらには27°以上40°以下が好ましい。傾斜角 θ_2 が28°のときでは、傾斜角 θ_1 は、20°以上39°以下が好ましく、さらには23°以上38°以下が好ましい。傾斜角 θ_2 が30°のときでは、傾斜角 θ_1 は、16°以上36°以下が好ましく、さらには18°以上35°以下が好ましい。傾斜角 θ_2 が32°のときでは、傾斜角 θ_1 は、11°以上34°以下が好ましく、さらには13°以上33°以下が好ましい。

20

【0077】

【表2】

発光層 屈折率n ₁	光取り出し構造体 屈折率n ₂	傾斜角 ϕ_1	傾斜角 ϕ_2	
1.7	1.8	32~43°	24°	10
1.7	1.9	31~44°		
1.8	1.8	32~43°		
1.8	1.9	31~44°		
1.8	2.0	30~44°		
1.9	1.9	31~44°		
1.9	2.0	30~44°		
1.9	2.1	30~45°		
1.7	1.7	27~40°	26°	20
1.7	1.8	27~41°		
1.8	1.8	27~41°		
1.8	1.9	26~41°		
1.9	1.9	26~41°		
1.9	2.0	25~42°		
1.7	1.7	23~38°	28°	20
1.7	1.8	22~38°		
1.8	1.8	22~38°		
1.8	1.9	21~39°		
1.9	1.9	21~39°		
1.9	2.0	20~39°		
1.7	1.7	18~35°	30°	30
1.8	1.8	17~36°		
1.9	1.9	16~36°		
1.7	1.7	13~33°	32°	30
1.8	1.8	12~33°		
1.9	1.9	11~34°		

【0078】

本発明の有機EL素子において、光取り出し構造体8の高さに対する透明層7の厚みの比率は2.0以下が好ましく、1.0以下がより好ましい。これは、光取り出し構造体8の高さに対して透明層7の厚みが薄くなるにつれて導波光11が光取り出し構造体8に入射する確率が高くなるため、導波光11をより多く正面方向に取り出せるからである。従って正面方向の発光強度を向上させるためには、光取り出し構造体8の高さに対して透明層7の厚みがより薄い方が好ましい。

【0079】

本発明の有機EL素子は、照明や露光源などの発光装置に使用することができる。本発明の有機EL素子を備えた発光装置は、プリンターなどの画像形成装置に用いられ、画像形成装置は発光装置で感光される感光体をさらに備えている。また、本発明の有機EL素子を複数配置したアレイを、テレビなどの表示装置のディスプレイや撮像素子を備えた撮像装置のディスプレイあるいはビューファインダに使用することもできる。また、このアレイは携帯電話やスマートフォン、タブレットなどの携帯情報端末に使用することもできる。上記に例示した電子機器に使用される場合には、電子機器は、有機EL素子の他に、有機EL素子の発光を制御するための制御回路をさらに有している。

【実施例】

【0080】

以下、本発明の有機EL素子について、モンテカルロ法による光線追跡シミュレーションを実施し、正面方向の発光強度及び外部光取り出し効率の評価を行った。有機EL素子の発光強度の評価のため、有機EL素子から30cm離れた位置に光線ディテクターを設置した。

【0081】

[実施例1]

図3(a)(b)は本実施例の有機EL素子の概略図であり、図3(a)は有機EL素子を正面方向から見たときの概略平面図、図3(b)は有機EL素子を図3(a)の線分14を含む平面で切断したときの概略断面図である。

【0082】

本実施例では以下のシミュレーションモデルを用いてシミュレーションを行った。本実施例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしている。本実施例の反射電極3、有機EL層4、発光層5、透明層7、光取り出し構造体8、外部領域10は以下のとおりである。

<反射電極3>

- 反射率95%

<有機EL層4>

- 厚み0.1μm、屈折率1.85、吸収なし

<発光層5>

- 屈折率1.85、吸収なし

・有機EL層4の厚みの中心位置を発光層5とし、発光層5の周囲に絶縁層12を設けることにより発光領域15の直径を27μmとした。

<透明電極6>

- 厚み0.1μm、屈折率2.00、吸収率1%/μm

<透明層7>

- 厚み0.9μm、屈折率1.95、吸収率1%/μm

<光取り出し構造体8>

- 光取り出し構造体8の高さが最大となる稜線16が直線状であるプリズム形状

- 屈折率:1.95、吸収率:1%/μm

- 傾斜角₁、₂が最大になるときの断面形状での底辺の幅は10.0μm

- 傾斜角₁:25°、傾斜角₂:25°。

<外部領域10>

- 屈折率1.0

【0083】

[実施例2]

図4(a)(b)は本実施例の有機EL素子の概略図であり、図4(a)は有機EL素子を正面方向から見たときの概略平面図、図4(b)は有機EL素子を図4(a)の線分14を含む平面で切断したときの概略断面図である。

【0084】

本実施例の有機EL素子は、透明層7の屈折率を1.85とし、光取り出し構造体8の形状を底辺の1辺が10μmの正四角錐形状、屈折率を1.85としている点が実施例1と異なる。この点を除いては、実施例1と同じ材料を用い、実施例1と同じ構成としている。本実施例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしている。

【0085】

[実施例3]

図5(a)(b)は本実施例の有機EL素子の概略図であり、図5(a)は有機EL素子を正面方向から見たときの概略平面図、図5(b)は有機EL素子を図5(a)の線分14を含む平面で切断したときの概略断面図である。

【0086】

本実施例の有機EL素子は、光取り出し構造体8の形状を底辺の半径が3.5μmの円

10

20

30

40

50

錐形状、傾斜角 α_1 、 α_2 を両方30°としている点が実施例2と異なる。この点を除いては、実施例2と同じ材料を用い、実施例2と同じ構成としている。本実施例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしている。

【0087】

[比較例1]

図6(a)(b)は本比較例の有機EL素子の概略図であり、図6(a)は有機EL素子を正面方向から見たときの概略平面図、図6(b)は有機EL素子を図6(a)の線分14を含む平面で切断したときの概略断面図である。

【0088】

本比較例の有機EL素子は、透明層7の外面側に光取り出し構造体8の代わりに半球形状のレンズ13を設けている点が実施例2と異なる。この点を除いては、実施例2と同じ材料を用い、実施例2と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。本比較例のレンズ13は以下のとおりである。

<レンズ13>

- ・半球形状、半径3.5μm
- ・屈折率：1.85、吸収率：1%/μm

【0089】

[比較例2]

本比較例の有機EL素子は、透明層7の外面側に光取り出し構造体8を設けない点が実施例2と異なる。この点を除いては、実施例2と同じ材料を用い、実施例2と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0090】

[実施例4]

本実施例の有機EL素子は、光取り出し構造体8の傾斜角 α_1 、 α_2 を両方25°としている点が実施例3と異なる。この点を除いては、実施例3と同じ材料を用い、実施例3と同じ構成としている。本実施例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしている。

【0091】

[比較例3]

本比較例の有機EL素子は、光取り出し構造体8の傾斜角 α_1 、 α_2 を両方20°としている点が実施例3と異なる。この点を除いては、実施例3と同じ材料を用い、実施例3と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0092】

[比較例4]

本比較例の有機EL素子は、光取り出し構造体8の傾斜角 α_1 、 α_2 を両方35°としている点が実施例3と異なる。この点を除いては、実施例3と同じ材料を用い、実施例3と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0093】

[比較例5]

本比較例の有機EL素子は、光取り出し構造体8の傾斜角 α_1 、 α_2 を両方45°としている点が実施例3と異なる。この点を除いては、実施例3と同じ材料を用い、実施例3と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0094】

[比較例6]

本比較例の有機EL素子は、透明層7の屈折率を1.50とし、光取り出し構造体8の屈折率を1.50、傾斜角 α_1 、 α_2 を両方20°としている点が実施例3と異なる。この

10

20

30

40

50

点を除いては、実施例 3 と同じ材料を用い、実施例 3 と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0095】

[比較例 7]

本比較例の有機 EL 素子は、光取り出し構造体 8 の傾斜角 α_1 、 α_2 を両方 25° としている点が比較例 6 と異なる。この点を除いては、比較例 6 と同じ材料を用い、比較例 6 と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0096】

[比較例 8]

本比較例の有機 EL 素子は、光取り出し構造体 8 の傾斜角 α_1 、 α_2 を両方 30° としている点が比較例 6 と異なる。この点を除いては、比較例 6 と同じ材料を用い、比較例 6 と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0097】

[比較例 9]

本比較例の有機 EL 素子は、光取り出し構造体 8 の傾斜角 α_1 、 α_2 を両方 35° としている点が比較例 6 と異なる。この点を除いては、比較例 6 と同じ材料を用い、比較例 6 と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0098】

[比較例 10]

本比較例の有機 EL 素子は、光取り出し構造体 8 の傾斜角 α_1 、 α_2 を両方 45° としている点が比較例 6 と異なる。この点を除いては、比較例 6 と同じ材料を用い、比較例 6 と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0099】

[比較例 11]

本比較例の有機 EL 素子は、透明層 7 の外面側に光取り出し構造体 8 を設けない点が比較例 6 と異なる。この点を除いては、比較例 6 と同じ材料を用い、比較例 6 と同じ構成としている。本比較例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしていない。

【0100】

[実施例 5]

図 7 (a) (b) は本実施例の有機 EL 素子の概略図であり、図 7 (a) は有機 EL 素子を正面方向から見たときの概略平面図、図 7 (b) は有機 EL 素子を図 7 (a) の線分 14 を含む平面で切断したときの概略断面図である。

【0101】

本実施例の有機 EL 素子は、光取り出し構造体 8 が実施例 3 と異なる。この点を除いては、実施例 3 と同じ材料を用い、実施例 3 と同じ構成としている。本実施例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしている。本実施例の光取り出し構造体 8 は以下のとおりである。

<光取り出し構造体 8 >

- ・円錐形状、半径 $5.75 \mu m$
- ・屈折率 : 1.85、吸収率 : $1\% / \mu m$
- ・傾斜角 α_1 : 30° 、傾斜角 α_2 : 30°
- ・図 7 (a) (b) に示すように発光領域の光出射側に設けず、発光領域の外周に同心円状に 10 個配置した。

【0102】

[実施例 6]

10

20

30

40

50

図8(a)(b)は本実施例の有機EL素子の概略図であり、図8(a)は有機EL素子を正面方向から見たときの概略平面図、図8(b)は有機EL素子を図8(a)の線分14を含む平面で切断したときの概略断面図である。

【0103】

本実施例の有機EL素子は、光取り出し構造体8が実施例2と異なる。この点を除いては、実施例2と同じ材料を用い、実施例2と同じ構成としている。本実施例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしている。本実施例の光取り出し構造体8は以下のとおりである。

<光取り出し構造体8>

- ・図8(a)(b)に示すように、発光領域の光出射側に設けず、発光領域の外周を取り囲むようなリング形状とした。
- ・屈折率: 1.85、吸収率: 1% / μm
- ・光取り出し構造体8の高さが最大となる稜線16を有しており、稜線16の中心と発光領域の中心が一致している。
- ・稜線16から内周側・外周側に向かうにつれて光取り出し構造体8の高さが低くなる。
- ・稜線16の内周部が傾斜部9a(傾斜角₁)、稜線16の外周部が傾斜部9b(傾斜角₂)。
- ・傾斜角₁、₂が最大になるときの断面形状での底辺の幅は幅11.5 μm
- ・傾斜角₁: 30°、傾斜角₂: 30°。

【0104】

[実施例7]

本実施例の有機EL素子は、光取り出し構造体8の傾斜角₁を20°としている点が実施例6と異なる。この点を除いては、実施例6と同じ材料を用い、実施例6と同じ構成としている。本実施例のシミュレーションモデルは上述した本発明の必要条件を満たしている。

【0105】

(シミュレーション結果)

表3は実施例1~7、比較例1~11のシミュレーション結果であり、光取り出し構造体8を設けていない比較例2に対する正面発光強度及び外部光取り出し効率の比率を示している。以下、表3を参照してシミュレーション結果の比較・評価を行う。

【0106】

10

20

30

【表3】

	光取り出し構造体の形状	光取り出し構造体の屈折率	傾斜角9a	傾斜角9b	正面発光強度(比較例2比)	外部光取り出し効率(比較例2比)
実施例1	プリズム	1.95	25°	25°	2.2	1.7
実施例2	四角錐	1.85	25°	25°	2.4	2.2
実施例3	円錐	1.85	30°	30°	2.0	2.0
比較例1	半球状レンズ	1.85	—	—	0.9	2.2
比較例2	なし	—	—	—	1	1
実施例4	円錐	1.85	25°	25°	2.3	1.8
比較例3	円錐	1.85	20°	20°	1.1	1.6
比較例4	円錐	1.85	35°	35°	1.3	1.9
比較例5	円錐	1.85	45°	45°	1.1	1.8
比較例6	円錐	1.50	20°	20°	0.9	1.2
比較例7	円錐	1.50	25°	25°	1.0	1.3
比較例8	円錐	1.50	30°	30°	1.3	1.3
比較例9	円錐	1.50	35°	35°	1.4	1.3
比較例10	円錐	1.50	45°	45°	1.2	1.3
比較例11	なし	—	—	—	1.0	1.0
実施例5	円錐	1.85	30°	30°	1.6	1.5
実施例6	リング	1.85	30°	30°	3.1	2.3
実施例7	リング	1.85	20°	30°	3.5	2.2

【0107】

(実施例1～3、比較例1及び2のシミュレーション結果の比較・評価)

実施例1では正面発光強度が比較例2の2.2倍と大きく向上している。また、実施例1では外部光取り出し効率も比較例2の1.7倍と大きく向上している。実施例2では正面発光強度が比較例2の2.4倍と大きく向上している。実施例3では正面発光強度が比較例2の2.0倍と大きく向上している。

【0108】

一方、比較例1では外部光取り出し効率は比較例2の2.2倍と大きく向上しているが、正面発光強度が比較例2の0.9倍と低下しており、半球形状のレンズでは正面発光強度を向上させることはできない。

【0109】

このように、本発明の有機EL素子は光取り出し構造体8の形状が異なった場合においても、実施例1～3のように上述した本発明の必要条件を満たしている限り正面発光強度を向上させることができる。

【0110】

(実施例3及び4、比較例2～11のシミュレーション結果の比較・評価)

図9は表1の実施例3及び4、比較例2～11のシミュレーション結果における光取り出し構造体8の傾斜角₁、₂と正面発光強度比の関係を示すグラフである。

【0111】

実施例3及び4、比較例2～5では透明層7及び光取り出し構造体8の屈折率が1.85である。比較例2では光取り出し構造体8を設けていないため傾斜角₁、₂を0°とした。図9に示すように、実施例3及び4では正面発光強度が比較例2の2倍以上に向上している。光取り出し構造体8の屈折率が1.85の場合、条件1又は条件2を満たす傾斜角₁、₂の角度の範囲は24～32°である。実施例3及び4の傾斜角₁、₂はそれぞれ30°、25°であるため本発明の有機EL素子は正面発光強度を向上させるのに有効である。一方、比較例3～5では正面発光強度が比較例2の1.1～1.3倍と低く

10

20

30

40

50

なっている。したがって本発明における有機EL素子は上述した本発明の必要条件を満たすことにより特異的に正面発光強度を向上させることができる。

【0112】

比較例6～11では透明層7及び光取り出し構造体8の屈折率が1.50である。比較例11では光取り出し構造体8を設けていないため傾斜角₁、₂を0°とした。比較例9の傾斜角が35°の場合に正面発光強度は最大となるが、比較例2の1.4倍の値であり実施例3及び4と比べると低い。これは上述のように透明層7の屈折率が発光層5よりも小さいことにより、透明電極6と透明層7との界面で全反射する導波光11が存在しているためである。従って光取り出し構造体8に入射する光が減少し、比較例6～11では正面発光強度が比較例2の0.9～1.4倍と低くなっている。以上説明したように、本発明の有機EL素子は上述した光取り出し構造体8の傾斜角₁、₂の角度だけでなく、屈折率も条件1又は条件2を満たすことが必要である。

【0113】

(実施例5～7、比較例2のシミュレーション結果の比較・評価)

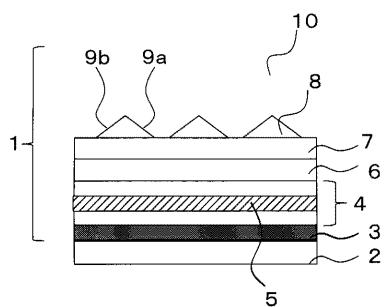
実施例5では正面発光強度が比較例2の1.6倍に向上している。このように光取り出し構造体8は発光領域における透明層7の外面側に設けなくても、発光領域の外周に設けることで正面発光強度を向上させることができる。これは本発明の有機EL素子が導波光11を正面方向に取り出すことを特徴としているためである。実施例6では正面発光強度が比較例2の3.1倍と大きく向上している。このように正面発光強度が大きく向上した理由として、発光領域の外周を取り囲むように光取り出し構造体8を設けることにより、導波光11が光取り出し構造体8に入射する確率が高くなり、その結果として正面発光強度が向上したと考えられる。実施例7では正面発光強度が比較例2の3.5倍と更に大きく向上している。この結果から、発光領域外に光取り出し構造体8を設ける場合、傾斜角₁、₂は同じ角度でなくても良いことが分かる。

【符号の説明】

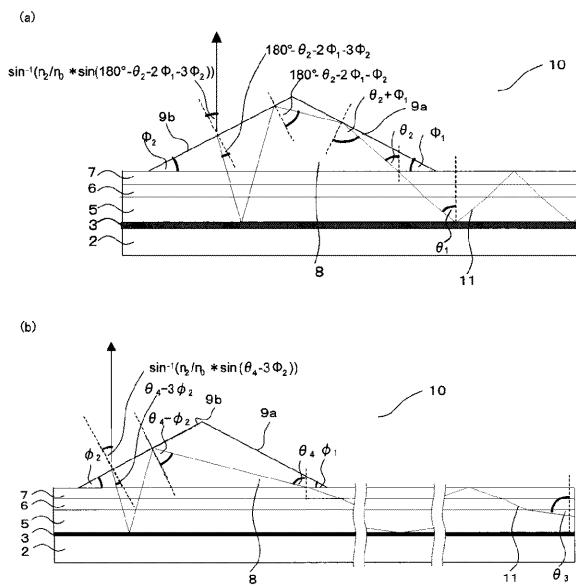
【0114】

1：有機EL素子、2：基板、3：反射電極、4：有機EL層、5：発光層、6：透明電極、7：透明層、8：光取り出し構造体、9a、9b：傾斜部、10：外部領域、11：導波光、15：発光領域

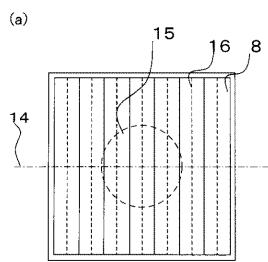
【図1】



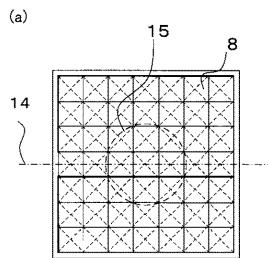
【図2】



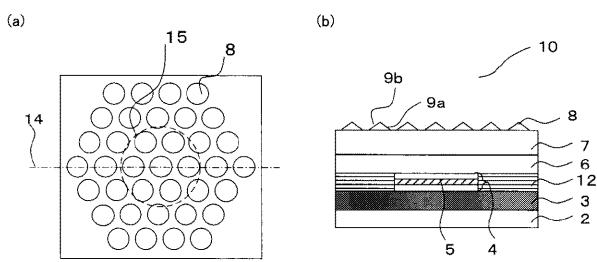
【図3】



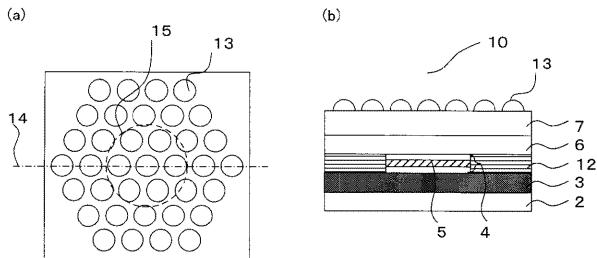
【図4】



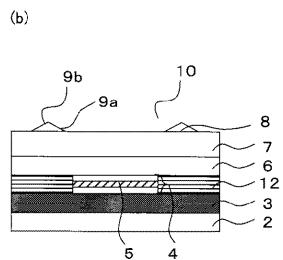
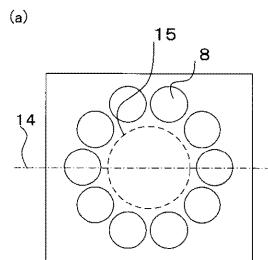
【図5】



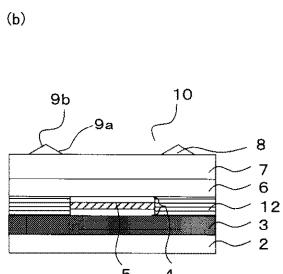
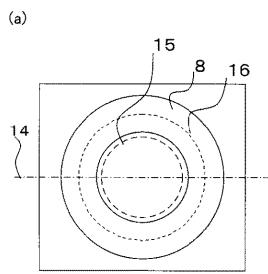
【図6】



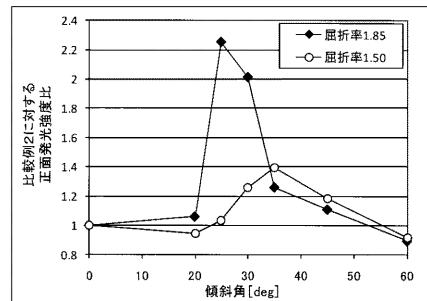
【図7】



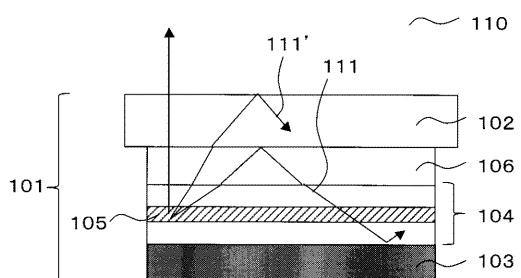
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-059543(JP,A)
特開2005-190931(JP,A)
特開2010-092866(JP,A)
特開2005-158665(JP,A)
特開2004-327217(JP,A)
特開2008-108705(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 51/50
H05B 33/02