

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6548359号  
(P6548359)

(45) 発行日 令和1年7月24日(2019.7.24)

(24) 登録日 令和1年7月5日(2019.7.5)

(51) Int.Cl.	F 1		
<b>HO5B 33/12</b>	<b>(2006.01)</b>	HO5B 33/12	C
<b>HO1L 51/50</b>	<b>(2006.01)</b>	HO5B 33/14	A
<b>HO5B 33/26</b>	<b>(2006.01)</b>	HO5B 33/26	Z
<b>HO1L 27/32</b>	<b>(2006.01)</b>	HO5B 33/12	E
<b>GO9F 9/30</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1L 27/32	

請求項の数 19 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-98509 (P2014-98509)  
 (22) 出願日 平成26年5月12日 (2014.5.12)  
 (65) 公開番号 特開2015-216040 (P2015-216040A)  
 (43) 公開日 平成27年12月3日 (2015.12.3)  
 審査請求日 平成29年5月10日 (2017.5.10)

(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 梶本 典史  
 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 小西 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1電極、第1発光層、第2発光層、第2電極をこの順で有する、白色を発光する有機発光素子であって、

前記第1電極は光取り出し電極であり、前記第2電極は反射電極であり、

前記第1発光層は青色の光を発光する発光層であり、前記第2発光層は青色よりも長波な可視光を放出する発光層であり、

前記第1発光層が有する発光材料が発光する最大ピーク波長を  $\lambda_1$ 、前記第2発光層が有する発光材料が発光する最大ピーク波長を  $\lambda_2$  とする場合、

前記第1発光層と前記第2電極との光学距離  $L_1$  が下記式 (a) を満たし、

前記第2発光層と前記第2電極との光学距離  $L_2$  が下記式 (b) を満たし、

前記第1電極と前記第1発光層との間に配置されている第1有機化合物層を有し、前記第1有機化合物層の屈折率が、前記波長  $\lambda_1$  において1.70以下であり、

前記第1発光層と前記第2発光層との間に配置されている第3有機化合物層をさらに有し、前記第3有機化合物層の屈折率は、前記波長  $\lambda_1$  において1.70以下であることを特徴とする有機発光素子。

$$\left( \frac{\lambda_1}{8} \right) \times \left( 3 - \left( 2 \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) \right) < L_1 < \left( \frac{\lambda_1}{8} \right) \times \left( 5 - \left( 2 \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) \right) \dots (a)$$

$$\left( \frac{\lambda_2}{8} \right) \times \left( - \left( 2 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right) - 1 \right) < L_2 < \left( \frac{\lambda_2}{8} \right) \times \left( - \left( 2 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right) + 1 \right) \dots (b)$$

10

20

1：前記第2電極で前記波長 1 の光が反射する際の位相シフト

2：前記第2電極で前記波長 2 の光が反射する際の位相シフト

【請求項2】

前記第1電極の光取り出し側に非干渉層を有し、前記非干渉層の屈折率が、前記波長 1 において1.65以下であることを特徴とする請求項1に記載の有機発光素子。

【請求項3】

前記第1電極の屈折率が、前記波長 1 において2.2以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の有機発光素子。

【請求項4】

前記第2発光層が2種の発光材料を有し、前記波長 2 は、前記2種の発光材料のいずれかが発する光の最大ピーク波長または前記2種の発光材料が発する光を混色した光の最大ピーク波長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発光素子。 10

【請求項5】

前記第2発光層が有する発光材料は、赤色を発する発光材料および緑色を発光する発光材料であることを特徴とする請求項4に記載の有機発光素子。

【請求項6】

前記第2電極と前記第2発光層との間に配置されている第2有機化合物層をさらに有し、前記第2有機化合物層の屈折率は、前記波長 1 において1.70以下であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか一項に記載の有機発光素子。 20

【請求項7】

前記第1発光層の屈折率は、前記波長 1 において1.8至乃2.1であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一項に記載の有機発光素子。

【請求項8】

前記第1発光層と前記第2発光層との間に配置されている電荷発生層をさらに有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか一項に記載の有機発光素子。

【請求項9】

複数の発光点を有し、前記発光点は請求項1乃至8のいずれか一項に記載の有機発光素子を有することを特徴とする表示装置。 30

【請求項10】

前記有機発光素子に接続されている能動素子をさらに有し、前記能動素子は、活性層に酸化物半導体を有することを特徴とする請求項9に記載の表示装置。

【請求項11】

カラーフィルタを光取り出し側に有することを特徴とする請求項9または10に記載の表示装置。

【請求項12】

画像情報を入力する入力部と、前記画像情報を表示する表示部とを有し、前記表示部が請求項9乃至11のいずれか一項に記載の表示装置であることを特徴とする画像情報処理装置。 40

【請求項13】

請求項1乃至8のいずれか一項に記載の有機発光素子と、前記有機発光素子に駆動電流を供給する回路とを有することを特徴とする照明装置。

【請求項14】

請求項1乃至8のいずれか一項に記載の有機発光素子と、放熱部材とを有することを特徴とする照明装置。

【請求項15】

前記有機発光素子に接続されている能動素子をさらに有し、前記能動素子は、活性層に酸化物半導体を有することを特徴とする請求項13または14に記載の照明装置。

【請求項16】

感光体と、前記感光体を帯電させる帯電部と、前記感光体を露光する露光部と、前記感 50

光体の静電潜像を現像する現像部と、を有する電子写真方式の画像形成装置であって、

前記露光部は、請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の有機発光素子を有し、前記有機発光素子は前記感光体の長軸方向に沿って列を形成して配置されていることを特徴とする画像形成装置。

【請求項 1 7】

前記有機発光素子に接続されている能動素子をさらに有し、前記能動素子は活性層に酸化半導体を有することを特徴とする請求項 1 6 に記載の画像形成装置。

【請求項 1 8】

感光体と、前記感光体を帯電させる帯電部と、前記感光体の静電潜像を現像する現像部と、を有する電子写真方式の画像形成装置に設けられ、前記感光体を露光する露光器であって、

10

請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の有機発光素子を有し、前記有機発光素子が前記感光体の長軸方向に沿って、列を形成して配置されていることを特徴とする露光器。

【請求項 1 9】

前記有機発光素子に接続されている能動素子をさらに有し、前記能動素子は活性層に酸化半導体を有することを特徴とする請求項 1 8 に記載の露光器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機発光素子に関し、さらに、係る有機発光素子を用いてなる表示装置、画像情報処理装置、照明装置、画像形成装置、露光器に関する。

20

【背景技術】

【0002】

近年、数ボルト程度の低駆動電圧で自己発光する有機発光素子が注目を集めている。有機発光素子は、一般的には、金属反射層を有する反射電極と発光層と光取り出し電極とが積層された構成である。この有機発光素子は、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】

特に有機 EL (エレクトロルミネッセンス) 表示装置の高精細化の要求は高まりつつあり、白色有機発光素子とカラーフィルタを使った方式 (以後、「白 + CF 方式」と称する) に注目が集まっている (非特許文献 1)。白 + CF 方式は、高精細メタルマスクを用いずに有機膜を基板全面にベタ蒸着することが可能となるため、マスク塗り分け方式に比べ、高い歩留まりが期待できる。また、カラーフィルタを用いることで画素サイズおよび画素間のピッチはフォトリソグラフィ技術の限界まで縮小でき、高精細化を比較的容易に達成することができる。

30

【0004】

また、白 + CF 方式では、耐久特性の観点から、タンデム型素子が用いられることが多く、非特許文献 1 でもタンデム型素子が用いられている。タンデム型素子は、一般的に、複数の有機 EL ユニットの、陰極と陽極の間で、電荷発生層を介して積層する構造である。そのため、1 素子当たりの電流を少なくでき、駆動劣化速度を低減できるといった優れた特徴がある。

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】Chang - Wook Han et . al . SID 2012 DIGEST 279

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

50

しかしながら、白+CF方式はカラーフィルタに起因した輝度の低下が問題となること  
が多い。そのため、消費電力を低減できる高効率な白色有機発光素子の実現が望まれてい  
る。

【0007】

有機発光素子の発光効率向上には、マイクロキャビティ方式を使うことが主流である。  
マイクロキャビティ方式は、マイクロレンズのような凹凸の構造物の必要がなく、外光反  
射特性の観点から、表示装置に適した方式である。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、光学干渉を使って励起子の  
放射速度を増加させ、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。特に、金属反射層の反射面と発光層の発光位置と  
の距離  $d$  が  $d = i / (4n)$  の条件（ $i = 1, 3, 5 \dots$ ）を満たす場合、干渉効果  
による放射強度増加が最も大きくなることが知られている。 $i$  は干渉次数であり、 $\lambda$  は発  
光分子のPLスペクトルの真空中でのピーク波長であり、 $n$  は発光点と金属反射層間の有  
効屈折率に相当する。通常、白色有機発光素子では、発光層からの放射光の波長に合わ  
せて、上記の条件をそれぞれ満たすように複数の発光層が配置される。

10

【0008】

ここで、タンデム型素子では、発光色ごとに干渉次数が異なるため、視野角特性が問題  
となることが多い。それは、干渉次数が大きい（反射面と発光位置との距離  $d$  が大きい）  
ほど、配光特性が悪化する（正面と広角側の色及び発光強度の差が大きくなる）ためであ  
る。そのことは、干渉次数が大きいほど、角度の変化に対する光学距離  $d$  の変化が大きい  
ことに起因している。また、その傾向は、干渉の強度を大きくするほど顕著となる。その  
ため、タンデム型白色素子においては、発光効率改善のために干渉の強度を大きくすると  
、顕著に視野角特性が悪化する傾向がある。つまり、発光効率と視野角特性のトレードオ  
フの関係が、他の構成に比べ大きくなるといった課題があった。

20

【0009】

そこで、本発明は、消費電力と視野角特性の両方を改善した、白色を発光する有機発光  
素子、及び該有機発光素子を用いた各種装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

即ち、本発明の有機発光素子は、第1電極、第1発光層、第2発光層、第2電極をこの  
順で有する、白色を発光する有機発光素子であって、

前記第1電極は光取り出し電極であり、前記第2電極は反射電極であり、

前記第1発光層は青色の光を発光する発光層であり、前記第2発光層は青色よりも長波  
な可視光を放出する発光層であり、

前記第1発光層が有する発光材料が発光する最大ピーク波長を  $\lambda_1$ 、前記第2発光層が  
有する発光材料が発光する最大ピーク波長を  $\lambda_2$  とする場合、

前記第1発光層と前記第2電極との光学距離  $L_1$  が下記式（a）を満たし、

前記第2発光層と前記第2電極との光学距離  $L_2$  が下記式（b）を満たし、

前記第1電極と前記第1発光層との間に配置されている第1有機化合物層を有し、前記  
第1有機化合物層の屈折率が、前記波長  $\lambda_1$  において1.70以下であり、

40

前記第1発光層と前記第2発光層との間に配置されている第3有機化合物層をさらに有  
し、前記第3有機化合物層の屈折率は、前記波長  $\lambda_1$  において1.70以下であることを  
特徴とする。

$$\left( \frac{\lambda_1}{8} \right) \times \left( 3 - \left( 2 \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) \right) < L_1 < \left( \frac{\lambda_1}{8} \right) \times \left( 5 - \left( 2 \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) \right) \dots (a)$$

$$\left( \frac{\lambda_2}{8} \right) \times \left( - \left( 2 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right) - 1 \right) < L_2 < \left( \frac{\lambda_2}{8} \right) \times \left( - \left( 2 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right) + 1 \right) \dots (b)$$

$\lambda_1$  : 前記第2電極で前記波長  $\lambda_1$  の光が反射する際の位相シフト

$\lambda_2$  : 前記第2電極で前記波長  $\lambda_2$  の光が反射する際の位相シフト

50

## 【発明の効果】

## 【0011】

本発明の有機発光素子は、低消費電力化と高視野角化を同時に達成することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0012】

【図1】本発明の有機発光素子を用いた表示装置の一例を模式的に示す図である。

【図2】本発明の照明装置の模式図である。

【図3】本発明の画像形成装置の模式図である。

【図4】本発明の露光器の模式図である。

【図5】解析で使用した発光材料のスペクトルを示す図である。

10

【図6】解析で使用したカラーフィルタの透過率を示す図である。

【図7】解析で使用した材料の光学特性を示す図である。

【図8】消費電力と視野角特性の関係を示す図である。

【図9】消費電力と視野角特性の関係を示す図である。

【図10】消費電力と視野角特性の関係を示す図である。

【図11】低屈折率層の膜厚と視野角特性の関係を示す図である。

【図12】第1電荷輸送層の $n_1$ での屈折率と $u'v' = 0.007$ における消費電力の関係を示す図である。

【図13】第1電荷輸送層の屈折率と $u'v' = 0.007$ における消費電力との関係を示す図である。

20

【図14】光取り出し電極の屈折率と $u'v' = 0.007$ における消費電力との関係を示す図である。

【図15】消費電力と視野角特性の関係を示す図である。

【図16】第1発光層の屈折率と $u'v' = 0.007$ における消費電力との関係を示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0013】

以下、本発明の有機発光素子について、図面を用いて説明する。図1は、本発明の有機発光素子を用いた表示装置の一例を模式的に示す図であり、図1(a)は斜視図、図1(b)は図1(a)のA-A'断面図である。

30

## 【0014】

図1(a)の表示装置では、表示領域100内に複数の副画素10が配置されており、副画素10は、本発明の有機発光素子よりなり、発光点となる。図1(b)の有機発光素子は、白色を発光するボトムエミッション型のタンデム型有機発光素子である。そして、支持基板1上に、カラーフィルタ基板2、第1電極である光透過性の光取り出し電極4、青色の光を発光する第1発光層52、第2発光層72、第2電極である反射電極80をこの順で有し、光取り出し電極4から光を取り出す。

## 【0015】

図1(b)において、10Rは赤色発光の副画素、10Gは緑色発光の副画素、10Bは青色発光の副画素、10Wは白色発光の副画素であり、これらの副画素10R、10G、10B、10Wで1画素を構成する。以下、便宜上、赤色発光の副画素を「R副画素」、緑色発光の副画素を「G副画素」、青色発光の副画素を「B副画素」、白色発光の副画素を「W副画素」と記す場合がある。R副画素10R、G副画素10G、B副画素10Bは、支持基板1と光取り出し電極4の間に、有機発光素子から発せられる白色光をそれぞれの画素の色に変換するカラーフィルタ3R、3G、3Bを有する。

40

## 【0016】

ここで、反射電極80は、発光波長での反射率が70%以上の金属電極である。また、光取り出し電極4は光を外に取り出す側の電極であり、発光波長での透過率が80%以上の透明導電性膜で構成される電極である。尚、ここでの発光波長とは、有機発光素子から発光される白色光のスペクトル範囲のことを指す。反射電極80で使用される電極材料

50

は、反射率が70%以上の金属電極であればよく、Al、Ag、Mg、W、Ti、Mo、Auなどの金属やその合金及びそれらの積層膜を使用でき、成膜プロセス、注入特性など適宜最適な材料を選択すればよい。また、光取り出し電極4は、ITO、IZO、AZO、IGZO、 $12CaO \cdot 7Al_2O_3$  (C12A7)などの透明導電性材料やその積層膜を使用でき、成膜プロセス、注入特性など適宜最適な材料を選択することができる。

【0017】

図1(b)の有機発光素子は、光取り出し電極4と反射電極80との間に挟持された有機化合物層を複数有する。具体的には、第1有機ELユニット50と、第2有機ELユニット70を有する。そして、第1有機ELユニット50は、第1電荷輸送層51と第1発光層52と第2電荷輸送層53で構成され、同様に第2有機ELユニット70は、第3電荷輸送層71と第2発光層72と第4電荷輸送層73で構成される。例えば、第1電荷輸送層51が正孔輸送層の場合、第3電荷輸送層71は正孔輸送層であり、第2電荷輸送層53及び第4電荷輸送層73は電子輸送層となる。一方で、第1電荷輸送層51が電子輸送層の場合、第3電荷輸送層71は電子輸送層であり、第2電荷輸送層53及び第4電荷輸送層73は正孔輸送層となる。図1(b)の有機発光素子において、第1電荷輸送層51が、光取り出し電極4と第1発光層52との間に配置されている第1有機化合物層である。また、第4電荷輸送層73が、反射電極80と第2発光層72との間に配置されている第2有機化合物層である。そして、第2電荷輸送層53と第3電荷輸送層71が、第1発光層52と第2発光層72との間に配置されている第3有機化合物層である。さらに、図1(b)の有機発光素子は、第1発光層52と第2発光層72との間に配置されている電荷発生層60を有する。

【0018】

これらの電荷輸送層は、発光効率、駆動寿命、光学干渉といった観点から最適な材料を選択することができ、正孔輸送層は電子ブロック層や正孔注入層として機能してもよく、電子輸送層は正孔ブロック層や電子注入層として機能させてもよい。また、電荷輸送層は機能分離のため、正孔注入層と電子ブロック層などの積層構造や電子注入層と正孔ブロック層などの積層構造としてもよい。

【0019】

また、本発明において各有機化合物層に含まれる材料は限定されない。例えば、第1発光層52及び第2発光層72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、ホスト材料中にドーピングされた形態でもよく、更には、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。

【0020】

また、支持基板1としては、SiNなどの無機膜や高屈折率ガラス基板等の各種のガラス基板、Poly-Siやa-Si(アモルファスシリコン)、In-Ga-Zn-O(IGZO)等で半導体を形成したTFT(薄膜トランジスタ)等の駆動回路を形成したガラス基板やプラスチック基板が用いられる。

【0021】

ここで、表示装置においては、特に正面方向の輝度が高くなるように各有機化合物層の膜厚を設定することで、光学干渉により発光色も制御され、より高効率に正面方向に光が放射される。より具体的には、第1発光層52及び第2発光層72の発光位置から反射電極80のそれぞれの反射面までの距離 $d_0$ を $d_0 = i / 4 n_0$  ( $i = 1, 3, 5, \dots$ )に調整する干渉次数 $i$ の設定で、第1発光層52及び第2発光層72からの放射分布に正面方向の成分が多くなり、正面輝度が向上する。尚、 $n_0$ は発光位置から反射面までの層の有効屈折率、 $\lambda_0$ は第1発光層52及び第1発光層72のそれぞれの発光の最大ピーク波長である。

【0022】

さらに、反射面での波長 $\lambda_0$ の光が反射する際の位相シフトを正確に考慮すると、発光位置から反射電極80の反射面までの間の光学距離 $L$ は、反射面での波長 $\lambda_0$ の光が反射する際の位相シフトを $[rad]$ とすると、以下の式(1)で示される。尚、光学距離 $L$ は

10

20

30

40

50

、有機化合物層の各層の屈折率  $n_j$  と各層の厚さ  $d_j$  の積の総和である。つまり、 $L$  は、 $n_j \times d_j$  と表せ、また  $n_0 \times d_0$  と表せられる。尚、 $\theta$  は負の値である。

$$L = (2m - (\theta / \lambda)) \times (\lambda / 4) \cdots (1)$$

【0023】

上記式(1)中、 $m$  は0以上の整数である。尚、 $\theta = -$  で、 $m = 0$  では  $L = \lambda / 4$ 、 $m = 1$  では  $L = 3\lambda / 4$  となる。以後、便宜上、上記式(1)の  $m = 0$  の条件を「 $\lambda / 4$  の干渉条件」と、上記式(1)の  $m = 1$  の条件を「 $3\lambda / 4$  の干渉条件」と記載する。

【0024】

この時、実際の有機発光素子では、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を考慮すると、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、光学距離  $L$  が、式(1)を満たす値から  $\pm \lambda / 8$  の値の範囲内であればよい。よって、本発明の有機発光素子において、下記式(2)を満たすことが好ましい。さらに好ましくは、光学距離  $L$  が、式(1)を満たす値から  $\pm \lambda / 16$  の値の範囲内であればよく、下記式(2')を満たすことが好ましい。

$$(\lambda / 8) \times (4m - (2\theta / \lambda) - 1) < L < (\lambda / 8) \times (4m - (2\theta / \lambda) + 1) \cdots (2)$$

$$(\lambda / 16) \times (8m - (4\theta / \lambda) - 1) < L < (\lambda / 16) \times (8m - (4\theta / \lambda) + 1) \cdots (2')$$

【0025】

本発明の有機発光素子において、発光効率のよい白色光を放射するためには、第1発光層52と反射電極80との光学距離  $L_1$  と、第2発光層72と反射電極80との光学距離  $L_2$  を、それぞれ  $3\lambda / 4$  の干渉条件と  $\lambda / 4$  の干渉条件とすることが好ましい。

【0026】

そのため、光学距離  $L_1$  は、第1発光層52が有する発光材料が発光する最大ピーク波長を  $\lambda_1$  とし、反射電極80での波長  $\lambda_1$  の光が反射する際の位相シフトを  $\theta_1$  とした時に、下記式(a)を満たし、さらには下記式(a')を満たすことが好ましい。

$$(\lambda_1 / 8) \times (3 - (2\theta_1 / \lambda_1)) < L_1 < (\lambda_1 / 8) \times (5 - (2\theta_1 / \lambda_1)) \cdots (a)$$

$$(\lambda_1 / 16) \times (7 - (4\theta_1 / \lambda_1)) < L_1 < (\lambda_1 / 16) \times (9 - (4\theta_1 / \lambda_1)) \cdots (a')$$

【0027】

また、光学距離  $L_2$  は、第2発光層72が有する発光材料が発光する最大ピーク波長を  $\lambda_2$  とし、反射電極80での波長  $\lambda_2$  の光が反射する際の位相シフトを  $\theta_2$  とした時に、下記式(b)を満たし、さらには下記式(b')を満たすことが好ましい。

$$(\lambda_2 / 8) \times (-1 - (2\theta_2 / \lambda_2)) < L_2 < (\lambda_2 / 8) \times (1 - (2\theta_2 / \lambda_2)) \cdots (b)$$

$$(\lambda_2 / 16) \times (-1 - (4\theta_2 / \lambda_2)) < L_2 < (\lambda_2 / 16) \times (1 - (4\theta_2 / \lambda_2)) \cdots (b')$$

【0028】

本発明において、第1発光層52は青色の光を発光する発光層であり、第2発光層72は青色よりも長波な可視光を放出する発光層である。そして、第2発光層72は、2種の発光材料を有することが好ましく、第2発光層72が有する発光材料は、赤色を発する発光材料および緑色を発する発光材料であることがより好ましい。また、波長  $\lambda_2$  は、2種の発光材料のいずれかが発する光の最大ピーク波長または2種の発光材料が発する光を混合した光の最大ピーク波長とすることが、消費電力の観点から好ましい。

【0029】

一般的に、干渉次数が大きい(反射面と発光位置との距離  $L$  が大きい)ほど、正面と広角側の色及び発光強度の差が大きくなる。また、その傾向は、干渉の強度を大きくするほど顕著となる。そのため、光学距離  $L_1$  と光学距離  $L_2$  に、それぞれ  $3\lambda / 4$  の干渉条件と  $\lambda / 4$  の干渉条件というように異なる干渉条件を用いたタンデム構造は、視野角特性と消

10

20

30

40

50

費電力に明確なトレードオフの関係がある。本発明では、第1発光層52が青色の光を発光する発光層であるタンデム型白色有機発光素子において、光取り出し電極4と第1発光層52の間に配置されている第1有機化合物層(第1電荷輸送層51)の屈折率を、波長 $\lambda_1$ において1.70以下にすることで、視野角特性と消費電力の両方を改善できることを見出した。

【0030】

本発明の有機発光素子において、第2有機化合物層(第4電荷輸送層73)、第3有機化合物層(第2電荷輸送層53、第3電荷輸送層71)の屈折率は、波長 $\lambda_1$ において1.70以下であることが好ましい。以下、波長 $\lambda_1$ における屈折率が1.70以下である有機化合物層を「低屈折率層」と称する場合がある。また、光取り出し電極4の波長 $\lambda_1$ における屈折率が2.2以下であることが好ましい。また、第1発光層52の波長 $\lambda_1$ における屈折率が1.8至乃2.1の範囲であることが好ましい。

10

【0031】

また、本発明の有機発光素子は、光取り出し電極4の光取り出し側に、非干渉層を配置する構成でもよい。この場合、非干渉層の屈折率が、波長 $\lambda_1$ において1.65以下であることが好ましく、この屈折率を満たす材料であれば、有機材料からなってもよく、無機材料からなってもよい。

【0032】

<表示装置、画像情報処理装置、照明装置、画像形成装置、露光器>

本発明の有機発光素子は、表示装置、画像情報処理装置、照明装置、画像形成装置、露光器等に用いられる。

20

【0033】

本発明の表示装置は、図1に示す様に、複数の発光点(副画素10)を有し、発光点は本発明の有機発光素子を有する。そして、本発明の表示装置は、カラーフィルタ3R, 3G, 3Bを光取り出し側に有することが好ましい。

【0034】

本発明の画像情報処理装置は、画像情報を入力する入力部と、画像情報を表示する表示部とを有し、表示部が本発明の表示装置である。

【0035】

本発明の照明装置の第一は、本発明の有機発光素子と、有機発光素子に駆動電流を供給する回路とを有する。本発明の照明装置の第二は、本発明の有機発光素子と、放熱部材とを有する。

30

【0036】

図2は、本発明に係る照明装置の模式図である。照明装置は基板と有機発光素子138、AC/DCコンバーター回路139を有している。また不図示の放熱板等の放熱部材を例えば有機発光素子138が載置されている側の基板面に対する裏面側に有していてもよい。

【0037】

本発明の画像形成装置は、感光体と、感光体を帯電させる帯電部と、感光体を露光する露光部と、感光体に現像材を供給し、感光体の静電潜像を現像する現像部とを有する電子写真方式の画像形成装置であって、露光部は、本発明の有機発光素子を有し、有機発光素子は感光体の長軸方向に沿って列を形成して、例えば一列に配置されている。

40

【0038】

図3は、本発明に係る画像形成装置126の模式図である。画像形成装置126は、感光体127、露光部128、帯電部130、現像部131、転写器132、搬送ローラー133、定着器135を有する。露光部128から光129が発せられ、感光体127の表面に静電潜像が形成される。この露光部128が本発明に係る有機発光素子を有する。現像部131はトナー等を有する。帯電部130は感光体127を帯電させる。転写器132は現像された画像を記録媒体134に転写する。搬送ローラー133は記録媒体134を搬送する。記録媒体134は例えば紙である。定着器135は記録媒体134に形成

50



された画像を定着させる。

【0039】

本発明の露光器は、感光体と、感光体を帯電させる帯電部と、感光体の静電潜像を現像する現像部と、を有する電子写真方式の画像形成装置に設けられ、感光体を露光する露光器であって、本発明の有機発光素子を有し、有機発光素子が感光体の長軸方向に沿って、列を形成して配置されている。

【0040】

図4は、本発明の露光器の模式図である。露光器128は、発光部136が長尺状の基板に複数配置されている。発光部136は、本発明の有機発光素子を有する。矢印137は有機発光素子が配列されている列方向を表わす。この列方向は、回転する感光体127の軸の方向と同じである。図4(a)は発光部136を感光体127の長軸方向に沿って配置した形態である。図4(b)は、図4(a)とは異なる形態を表わし、第一の列と第二の列のそれぞれにおいて発光部136が列方向に交互に配置されている形態である。第一の列と第二の列は行方向に異なる位置に配置されている。第一の列は、複数の発光部136が間隔をあけて配置されている。第二の列は、第一の列の発光部136同士の間隔に対応する位置に発光部136を有する。すなわち、行方向にも、複数の発光部136が間隔をあけて配置されている。図4(b)の配置は、たとえば格子状に配置されている状態、千鳥格子に配置されている状態、あるいは市松模様と言い換えることもできる。

【0041】

本発明の有機発光素子は、その発光の制御のために、能動素子、例えばトランジスタ等のスイッチング素子と接続していてもよく、能動素子は、活性層に酸化物半導体を有することが好ましい。能動素子は酸化物半導体部がアモルファスでも結晶でもあるいは両者の混在でもよい。結晶は単結晶、微結晶、あるいはC軸等の特定軸が配向している結晶のいずれかあるいは少なくともいずれか2種の混合でもよい。

【実施例】

【0042】

以下、図1(b)に示す素子構成において、第1有機化合物層(第1電荷輸送層51)の屈折率と表示装置特性(消費電力 視野角特性関係)について解析した結果を説明する。

【0043】

<解析の計算条件>

まず、解析で使用した計算条件について説明する。

【0044】

図5には、解析に使用した、赤色を発する発光材料、緑色を発する発光材料、青色を発する発光材料のPLスペクトルである。PLスペクトルは最大ピーク値で規格化している。以後、便宜上、赤色を発光する発光材料を「RD」、緑色を発光する発光材料を「GD」、青色を発光する発光材料を「BD」と記す場合がある。また、図6には、解析で使用したカラーフィルタ3R、3G、3Bの透過率を示した。発光材料及びカラーフィルタは、図5, 6に示すものに限定されず、色域(gamut)などの表示装置特性を最適化できる組み合わせを用いればよい。

【0045】

図7に、各発光層52, 72のホスト及び各電荷輸送層51, 53, 71, 73に使用した材料M1乃至M5の光学特性(屈折率及び消費係数)を示した。尚、図7には、後述する電荷発生層60として用いた材料M6, M7の光学特性も併せて示した。材料の屈折率は、分散特性が顕著となる青領域の屈折率を採用することが望ましく、本検討では、波長 $\lambda_1$ における屈折率として、図5に示すBDの最大ピーク波長 $\lambda_1 = 455 \text{ nm}$ の値を採用している。材料M2, M3, M5は、波長 $\lambda_1$ における屈折率が1.70以下の材料である。以下、波長 $\lambda_1$ における屈折率が1.70以下である材料を「低屈折率材料」と称する場合がある。なお、本発明における低屈折率層の消光係数は使用する波長領域において0.02以下が望ましい。それは、多重干渉に起因した素子内の光吸収が増加し、消費

10

20

30

40

50

電力低下を引き起こすためである。また、低屈折率層は、波長  $\lambda_1$  における屈折率が 1.70 以下であれば、低屈折率材料のみで構成されていてもよいし、例えば、正孔輸送材料や電子輸送材料に低屈折率材料をドーブした形態でもよい。尚、材料の光学特性は、物質の表面で光が反射する際の偏光状態の変化を観測して、その物質の光学定数を決定する方法である周知のエリプソメトリーを用いた市販の分光エリプソメーターにて計測することができる。尚、低屈折率材料としては、誘電異方性を有し、基板面内方向の波長  $\lambda_1$  における屈折率が 1.70 以下となるような材料も選択することができる。

【0046】

本検討では、光取り出し電極 4 及び各電荷輸送層 51, 53, 71, 73 の膜厚と GD のエキシトン生成割合  $\gamma$  を変数として多目的最適化計算を行った。表 1 に、光取り出し電極 4 及び各電荷輸送層 51, 53, 71, 73 の膜厚と GD のエキシトン生成割合  $\gamma$  の下限値と上限値を示す。

【0047】

【表 1】

	下限	上限
光取り出し電極膜厚 [nm]	20	190
第1電荷輸送層膜厚 [nm]	5	100
第2電荷輸送層膜厚 [nm]	10	100
第3電荷輸送層膜厚 [nm]	10	100
第4電荷輸送層膜厚 [nm]	5	80
GDのエキシトン生成割合 $\gamma$	0.2	0.75

【0048】

第 1 発光層 52 及び第 2 発光層 72 の膜厚はそれぞれ 20 nm と固定し、発光材料として、一方は BD のみのドーブ、他方は GD と RD の混合ドーブ（以後、「GD + RD」と称する場合がある）とした。キャリアバランスを 1 とし、BD と GD + RD のエキシトン生成効率をそれぞれ 0.4 と 1 とした。つまり、GD のエキシトン生成割合を  $\gamma$  とした場合、RD のエキシトン生成割合は  $1 - \gamma$  となる。また、BD と GD と RD のバルクでの発光収率をそれぞれ 0.82、0.82、0.71 と仮定した。ここでバルクでの発光収率は、光学干渉が存在しない場合における発光材料の発光収率である。光学シミュレーションは、Chance、Prock、Silbey (CPS) らの提案したダイポールモデル (Nowy et al., Journal of Applied Physics 104, 123109 (2008) 中の式 (2) 参照) を用いた。尚、各発光層 52, 72 は、発光ドーパントが宿主材料にドーブされた形態で、その屈折率は、宿主として用いた材料の屈折率に等しいと仮定した。

【0049】

電荷発生層 60 は、Cs がドーブされた電子注入層と MoO<sub>3</sub> の積層膜を仮定し、ともに膜厚は 5 nm とし計算を行った。Cs ドーブ層と MoO<sub>3</sub> の光学特性を、それぞれ図 7 の M6 と M7 とし示した。本発明の効果は、電荷発生層 60 の材料に左右されなく、成膜プロセス、注入特性など適宜最適な材料を選択すればよい。

【0050】

本解析においては、図 1 (b) に例示したボトムエミッション型を仮定し、光取り出し電極 4 の光取り出し側に接している層を、波長  $\lambda_1$  における屈折率が 1.45 の非干渉層（インコヒーレント層）として計算を行った。また、光取り出し電極 4 は ITO、反射電極 80 は Al であると仮定した。

【0051】

多目的最適化アルゴリズムは NES A + で行い、消費電力と視野角特性が最小になるように最適化計算を行った。また、各実験の成功条件を表 2 に示した。値は正面方向の発光特性を示している。また、視野角特性 ( $u', v'$ ) は、基板法線方向から 60° の角度

10

20

30

40

50

での色度変化の最大値である。解析結果にて示す消費電力と視野角特性の関係図は、成功した実験値で構成されるパレート最適解である。

【 0 0 5 2 】

【表 2】

	下限	上限
gamut (sRGB) [%]	105	—
B画素の色度CIE_y	—	0.07
G画素の色度CIE_x	0.18	0.31
R画素の色度CIE_x	0.635	—

10

【 0 0 5 3 】

表 3 には、本解析での消費電力算出の前提となる、表示装置仕様を示した。画素の開口率を 25% とし、副画素 10 の開口率を R、G、B、W とともに一律の 6.25% とした。本解析では、表 3 に示した仕様の表示装置が CIE Y x y ( x , y ) = ( 0.313 , 0.329 ) の白色光で且つ輝度 250 cd / cm<sup>2</sup> を放射するのに必要な電力を計算した。具体的には、W の色度及び発光効率を求め、R、G、B、W の必要電流を算出した。本解析では駆動電圧を 13.5 V と仮定して、必要電流値から消費電力の計算を行った。

【 0 0 5 4 】

【表 3】

対角インチ	3inch	
縦比	3	
横比	4	
副画素開口率	6.25%	
画素開口率	25%	
円偏光板透過率	45%	
白色発光の狙い色度	CIE_x	0.313
	CIE_y	0.329
白色発光の輝度	250cd/m <sup>2</sup>	
駆動電圧(固定)	13.5V	

20

30

【 0 0 5 5 】

< 解析結果 >

〔第 1 電荷輸送層 5 1 を低屈折率層とすることの効果〕

表 4 に示す素子の消費電力及び視野角特性 ( u ' v ' ) の関係を図 8 に示した。

【 0 0 5 6 】

【表 4】

素子		第 1 電荷 輸送層	第 1 発光層		第 2 電荷 輸送層	第 3 電荷 輸送層	第 2 発光層		第 4 電荷 輸送層
			ドープ	ホスト			ドープ	ホスト	
D100	比較 形態	M1	BD	M1	M1	M1	RD+GD	M1	M1
D101	実施 形態	M2	BD	M1	M1	M1	RD+GD	M1	M1
D102	比較 形態	M1	BD	M2	M1	M1	RD+GD	M1	M1
D103	比較 形態	M1	BD	M1	M2	M1	RD+GD	M1	M1
D104	比較 形態	M1	BD	M1	M1	M2	RD+GD	M1	M1
D105	比較 形態	M1	BD	M1	M1	M1	RD+GD	M2	M1
D106	比較 形態	M1	BD	M1	M1	M1	RD+GD	M1	M2

10

## 【 0 0 5 7 】

表 4 の素子では、第 1 発光層 5 2 が B D のみのドープ、第 2 発光層 7 2 が G D と R D の混合ドープである。そして、各発光層 5 2 , 7 2 及び各電荷輸送層 5 1 , 5 3 , 7 1 , 7 3 が、素子 D 1 0 0 では、すべて材料 M 1 で構成され、素子 D 1 0 1 乃至 1 0 6 では、い

20

## 【 0 0 5 8 】

図 8 に示す様に、比較形態である素子 D 1 0 0 は、視野角特性が悪い領域 ( $u'v'$  が  $0.04 \sim 0.05$ ) で  $190 \text{ mW}$  程度の消費電力であるのに対して、 $u'v'$  値が小さくなるにつれ、消費電力が増加し、 $u'v'$  が  $0.007$  で約  $250 \text{ mW}$  となった。このように、消費電力と視野角特性に明確なトレードオフの関係があることがわかる。その他の比較形態 (素子 D 1 0 2 乃至 1 0 6) も同様の傾向で、第 1 電荷輸送層 5 1 以外の層のみを、材料 M 2 で構成しても効果が得られないことがわかる。一方で、実施形態

30

## 【 0 0 5 9 】

以上、第 1 電荷輸送層 5 1 を低屈折率層とすることで、消費電力と視野角特性のトレードオフの関係を小さくすることができ、 $u'v'$  が小さい領域で消費電力低減効果が高いことを示した。

## 【 0 0 6 0 】

〔第 1 発光層 5 2 が青色発光層である素子において第 1 電荷輸送層 5 1 を低屈折率層と

40

することの効果〕  
次に、3 / 4 の干渉条件である第 1 発光層 5 2 が、青色の光を発光する発光層である素子で初めて、第 1 電荷輸送層 5 1 を低屈折率層とすることの効果が見られることを示す。

## 【 0 0 6 1 】

表 5 に示す素子の消費電力と視野角特性の関係図を図 9 に示した。図 9 には、比較のため、素子 D 1 0 0、素子 D 1 0 1 の結果も併せて示した。

## 【 0 0 6 2 】

【表 5】

素子		第1電荷 輸送層	第1発光層		第2電荷 輸送層	第3電荷 輸送層	第2発光層		第4電荷 輸送層
			ドーム	基板			ドーム	基板	
D107	比較 形態	M1	RD+GD	M1	M1	M1	BD	M1	M1
D108	比較 形態	M2	RD+GD	M1	M1	M1	BD	M1	M1
D109	比較 形態	M1	RD+GD	M1	M1	M2	BD	M1	M1
D110	比較 形態	M1	RD+GD	M1	M1	M1	BD	M1	M2

10

## 【0063】

表5の素子では、第1発光層52がGDとRDの混合ドープ、第2発光層72がBDのみのドープであり、全てが比較形態である。素子D107は、各発光層52, 72及び各電荷輸送層51, 53, 71, 73がすべて材料M1で構成された素子である。一方、素子D108乃至110では、電荷輸送層のいずれか一層が低屈折率材料である材料M2で構成され、その他の電荷輸送層及び各発光層52, 72が材料M1で構成される。

## 【0064】

素子D108は、素子D101と同様に、第1電荷輸送層51が低屈折率層となった構成である。一方、素子D109は、青色を発光する発光層(第2発光層72)の光取り出し側に接する層が低屈折率層となった構成である。また、素子D110はBDの表面プラズモン損失を抑制でき、BDの発光効率が他の構成に比べ改善されると予測される素子である。一般的に、BDを $\lambda/4$ の干渉条件とした場合、表面プラズモン損失が主な光学ロスとなり、BDの発光効率が低下することが知られている。その抑制法として、発光層と反射金属の間に低屈折率層を導入する方法が提案されている(特開2013-179248号公報)。

20

## 【0065】

図9の結果をみると、素子D107は、 $u'v'$ が0.02以下で急激に消費電力が増加しており、その増加率は素子D100に比べ大きい。つまり、素子D100に比べ、消費電力と視野角特性のトレードオフの関係がより強いことがわかる。素子D107と素子D108乃至110の比較を行うと、どの素子も視野角が良い領域( $u'v'$ が0.015以下)では、素子D107と同様の消費電力増加が見られた。つまり、低屈折率層の導入効果は見られなかった。

30

## 【0066】

特に、素子D110は、 $u'v'$ が0.015よりも大きな領域においては、消費電力低下の効果は見られ、期待した表面プラズモン抑制が達成されたと推測できる。しかしながら、視野角特性の良い領域( $< 0.015$ )では、素子D107と同様に消費電力が急激に増加した。つまり、視野角特性の良い領域においては、素子D107と同様の消費電力と視野角特性のトレードオフ関係であることが分かる。このことは、複数の発光層で構成される白色有機発光素子においては、赤色、緑色、青色の干渉のバランスが重要であり、RGB塗り分け構成で有効な効率改善方法が必ずしも効果的とは限らないことを示している。また、同様に、素子D108及びD109も低屈折率層導入効果は見られなかった。このことから、 $\lambda/4$ の干渉条件である第2発光層72が、青色の光を発光する発光層である素子においては、第1電荷輸送層51及び青色を発光する発光層(第2発光層72)の光取り出し側に接する層を低屈折率層とする効果は得られないことが分かった。

40

## 【0067】

以上、 $\lambda/4$ の干渉条件である第1発光層52が、青色の光を発光する発光層である素子で、かつ、第1電荷輸送層51に低屈折率層を導入することで初めて、低消費電力化と高視野角化を同時に達成することができることを示した。

## 【0068】

50

〔第1電荷輸送層51における低屈折率層の導入位置について〕

次に、低屈折率層を第1電荷輸送層51のどの位置に導入すると効果が得られるかについて説明する。

【0069】

表6に示す素子の消費電力と視野角特性の関係を図10に示した。図10には、比較のため、素子D100、素子D101の結果も併せて示した。

【0070】

【表6】

素子		第1-1電荷輸送層		第1-2電荷輸送層		第1発光層		第2電荷輸送層	第3電荷輸送層	第2発光層		第4電荷輸送層
		材料	膜厚[nm]	材料	膜厚[nm]	ドープ	ホスト			ドープ	ホスト	
D111	実施形態	M2	2-80	M1	10	BD	M1	M1	M1	RD+GD	M1	M1
D112	実施形態	M2	2-80	M1	20	BD	M1	M1	M1	RD+GD	M1	M1
D113	実施形態	M1	10	M2	2-80	BD	M1	M1	M1	RD+GD	M1	M1
D114	実施形態	M1	20	M2	2-80	BD	M1	M1	M1	RD+GD	M1	M1

10

【0071】

表6の素子では、第1発光層52がBDのみのドープ、第2発光層72がGDとRDの混合ドープであり、各発光層52、72及び第2乃至第4電荷輸送層53、71、73が、すべて材料M1で構成されている。第1電荷輸送層51は、第1-1電荷輸送層と第1-2電荷輸送層の2層構成であり、第1-1電荷輸送層は光取り出し電極4に、第1-2電荷輸送層は第1発光層52に接している。そして、素子D111と素子D112は、第1-2電荷輸送層を材料M1とし、膜厚をそれぞれ10nmと20nmと固定し、第1-1電荷輸送層を低屈折率材料である材料M2とし、第1-1電荷輸送層の膜厚を2nmから80nmの範囲で最適化を行った。また、素子D113と素子D114もまた、材料及び固定膜厚を表6に示すように第1-2電荷輸送層と第1-1電荷輸送層で入れ替えて、最適化を行っている。表6の素子は全てが本発明の実施形態である。

20

30

【0072】

図10から、素子D111乃至D114は、第1電荷輸送層51が単層で且つ低屈折率材料である材料M2で構成される素子D101とほぼ同様の消費電力と視野角特性のトレードオフの関係となった。つまり、第1電荷輸送層51は、第1発光層52と光取り出し電極4と接していなくともよいことを示している。

【0073】

図11には、素子D101、111乃至114の低屈折率層の膜厚と視野角特性の関係を示した。図11は、消費電力が240mW以下、 $u'v' = 0.02$ 以下のパレート最適解のみをプロットしている。図11から膜厚15nm以上あれば、低屈折率層導入効果が得られることがわかる。最適な膜厚は、材料の屈折率にも依存するため、必ずしもこの範囲ではなく、検討を重ねた結果、10nm以上であればよいことが分かった。

40

【0074】

以上、第1電荷輸送層51内の低屈折率層は、光取り出し電極4及び第1発光層52に接する必要がなく、光取り出し電極4と第1発光層52の間のいずれかの位置に挿入すれば本発明の効果が得られることを示した。

【0075】

〔第1電荷輸送層51の屈折率について〕

次に、第1電荷輸送層51の屈折率がどの程度ならば、消費電力及び視野角特性が改善されるかについて説明する。

【0076】

50

図12には、第1電荷輸送層51の $\lambda_1$ での屈折率と $u'v' = 0.007$ における消費電力の関係を示した。素子M1、M4、M5群では、第1発光層52がBDのみのドープ、第2発光層72がGDとRDの混合ドープである。そして、素子M1、M4、M5群では、各発光層52、72及び第2乃至第4電荷輸送層53、71、73がすべて、それぞれ材料M1、M4、M5で構成されており、第1電荷輸送層51の材料が、材料M1乃至M5のいずれかである。

#### 【0077】

図12をみると、第1電荷輸送層51を材料M1、M4で構成した場合、消費電力は大きく、群ごとの消費電力差も大きい。一方、第1電荷輸送層51を低屈折率材料である材料M2、M3、M5で構成した場合、消費電力が低く、群ごとの差も小さいことが分かる。つまり、高い視野角特性の領域においては、第1電荷輸送層51を低屈折率層とすることが、低消費電力化に最も効果的であることを示している。

10

#### 【0078】

通常、使用される電荷輸送層の $\lambda_1 = 455 \text{ nm}$ における屈折率は1.8から1.9程度である。図12から、破線で囲まれた屈折率領域であれば、 $u'v' = 0.007$ における消費電力が240 mW以下となることが分る。つまり、第1電荷輸送層51の $\lambda_1$ での屈折率を1.70以下にすることが望ましい。

#### 【0079】

以上、第1電荷輸送層51の $\lambda_1$ での屈折率を1.7以下することで初めて、消費電力と視野角特性の両方を改善できることを示した。実際に素子を設計する場合には、消費電力と視野角特性のパレート最適解の中から、所望の仕様を満たす膜厚とすればよい。

20

#### 【0080】

〔非干渉層の屈折率について〕

次に、本発明の第1電荷輸送層51の低屈折率化の効果に対する非干渉層の屈折率の影響について説明する。

#### 【0081】

図13には、素子D101において第1発光層52の屈折率と非干渉層の屈折率を変化させた場合の、第1電荷輸送層51の屈折率と $u'v' = 0.007$ における消費電力の関係を示した。第1発光層52の屈折率と非干渉層の屈折率は、波長 $\lambda_1$ での値である。図13の凡例に示す様に、非干渉層の屈折率は、それぞれ、1.45、1.63及び1.99である。図13に示したように、非干渉層の屈折率が1.45の場合、第1電荷輸送層51の屈折率が1.7以下の領域において消費電力が低下する。同様に、非干渉層の屈折率が1.63においても、第1電荷輸送層51の屈折率が1.7以下の領域では、第1電荷輸送層51の屈折率が1.9（材料M1）の場合に比べ、消費電力が低下している。つまり、第1電荷輸送層51の低屈折率化の効果がある。一方で、非干渉層の屈折率が1.99の場合、第1電荷輸送層51の屈折率が小さくなくても、消費電力は下がらない。検討を行った結果、光取り出し電極4の光取り出し側の非干渉層の屈折率は、波長 $\lambda_1$ において、1.65以下が望ましいことを明らかにした。

30

#### 【0082】

〔光取り出し電極4の屈折率について〕

次に、光取り出し電極4の、波長 $\lambda_1$ における屈折率の好ましい範囲について説明する。

40

#### 【0083】

図14には、素子D101において光取り出し電極4の屈折率を変化させた場合の、光取り出し電極4の屈折率と $u'v' = 0.007$ における消費電力の関係を示した。光取り出し電極4の屈折率は、波長 $\lambda_1$ での値である。図14から、光取り出し電極4の屈折率が2.2の場合、消費電力は206 mWとなるのに対して、屈折率が小さくなるほど、消費電力が低下していることがわかる。本検討から、光取り出し電極4の屈折率は2.2以下が望ましいことが明らかになった。

#### 【0084】

50

〔他の電荷輸送層（第2有機化合物層、第3有機化合物層）への低屈折率層導入の効果〕

次に、第1電荷輸送層51を低屈折率層とすると、他の電荷輸送層53, 71, 73を低屈折率層とすることがさらに効果的であることを説明する。

【0085】

表7の素子における消費電力と視野角特性の関係を図15に示した。図15には、比較のため、素子D100、素子D101の結果も併せて示した。図15において、本発明の実施形態は中抜きのプロットで、比較形態は中塗りのプロットで表した。

【0086】

【表7】

素子	実施形態	第1電荷輸送層	第1発光層		第2電荷輸送層	第3電荷輸送層	第2発光層		第4電荷輸送層
			ドーパント	ホスト			ドーパント	ホスト	
D201	実施形態	M2	BD	M1	M2	M1	RD+GD	M1	M1
D202	実施形態	M2	BD	M1	M1	M2	RD+GD	M1	M1
D203	実施形態	M2	BD	M1	M1	M1	RD+GD	M1	M2
D204	比較形態	M1	BD	M1	M2	M2	RD+GD	M1	M1
D205	比較形態	M1	BD	M1	M2	M1	RD+GD	M1	M2
D206	比較形態	M1	BD	M1	M1	M2	RD+GD	M1	M2
D401	実施形態	M2	BD	M1	M2	M2	RD+GD	M1	M2
D301	比較形態	M1	BD	M1	M2	M2	RD+GD	M1	M2
D501	比較形態	M1	BD	M2	M2	M2	RD+GD	M2	M2

10

20

【0087】

表7の素子では、第1発光層52がBDのみのドーパ、第2発光層72がGDとRDの混合ドーパである。そして、各発光層52, 72及び各電荷輸送層51, 53, 71, 73のうちの少なくとも2層が、低屈折率材料である材料M2で構成され、その他の層が材料M1で構成される。素子D201乃至D203は、第1電荷輸送層51を材料M2で構成し、且つ他の電荷輸送層53, 71, 73のうちいずれか一層を材料M2で構成しており、本発明の実施形態である。また、素子D401は、すべての電荷輸送層51, 53, 71, 73を材料M2で構成しており、本発明の実施形態である。一方、素子D204乃至D206は、第1電荷輸送層51を材料M1で構成し、他の電荷輸送層53, 71, 73のうちの2層を材料M2で構成しており、比較形態である。また、素子D301は、第1電荷輸送層51以外のすべての電荷輸送層53, 71, 73を材料M2で構成しており、素子D501は、更に各発光層52, 72も材料M2で構成しており、いずれも比較形態である。

30

40

【0088】

図15より、比較形態のうちのいくつかの素子は、 $u'v' > 0.03$ 領域では、消費電力が低下しているものもあるが、 $u'v'$ が0.02以下となる領域では優位差は見られない。つまり、第1電荷輸送層51以外の電荷輸送層53, 71, 73及び発光層52, 72のみを材料M2で構成しても、素子D100の消費電力と視野角特性のトレードオフの関係が改善されていないことがわかる。図8で示したように、素子D102乃至D106の様に、第1電荷輸送層51以外の層のみを材料M2で構成しても本発明の効果が得られない。図15からも明らかであるが、図8の素子D102乃至D106に、追加

50



で他の層に低屈折率層を導入してもさほど消費電力と視野角特性のトレードオフの度合いには変化が見られず、明確な導入効果は得られないことが分かる。一方、第1電荷輸送層51を材料M2で構成した実施形態の素子では、第1電荷輸送層51以外の電荷輸送層53, 71, 73を低屈折率層すると、視野角特性はほぼ損なわれずに消費電力が下がることがわかる。特に、低屈折率層の層数が多いほど、消費電力が低下する傾向が得られる。つまり、第1電荷輸送層51を低屈折率層として初めて、他の電荷輸送層を低屈折率層とすることの効果が発現する。

【0089】

このことから、第1電荷輸送層51を低屈折率層した上で、他の電荷輸送層を低屈折率層とすることが好ましい。

10

【0090】

〔発光層52, 72の屈折率について〕

次に、第1発光層52、第2発光層72の、波長 $\lambda_1$ における屈折率の好ましい範囲について説明する。

【0091】

図16には、素子D101において第1発光層52の屈折率を変化させた場合の、第1発光層52の屈折率と $u'v' = 0.007$ における消費電力の関係を示した。第1発光層52の屈折率は、波長 $\lambda_1$ での値である。図16から、第1発光層52の屈折率が1.8未満では、消費電力が増加することがわかる。つまり、第1電荷輸送層51の低屈折率化の効果が小さい。解析の結果、本発明における第1発光層52の屈折率は、波長 $\lambda_1$ にて、1.8以上2.1以下がより望ましいことが明らかとなった。第2発光層72についても同様である。

20

【0092】

〔まとめ〕

上記したように、タンデム型白色素子のような、発光色ごとに干渉次数が異なる構成では、視野角特性と消費電力のトレードオフの関係が問題となることが多い。それは、3/4の干渉条件の配光特性は、3/4の干渉条件のそれに比べ著しく角度依存性が大きいためであった。

【0093】

第1電荷輸送層51を低屈折率層にすることで、第1発光層52から発せられる青色の光の干渉強度を強めながら、3/4の干渉条件の配光特性の角度依存性を小さくすることができる。その結果、第2発光層72の干渉強度を増大させることができ、視野角特性を保持したまま、白色素子の発光効率を向上させることが可能となる。つまり、第1電荷輸送層51の低屈折率化により、高視野角化と低消費電力化の両立が可能となる。

30

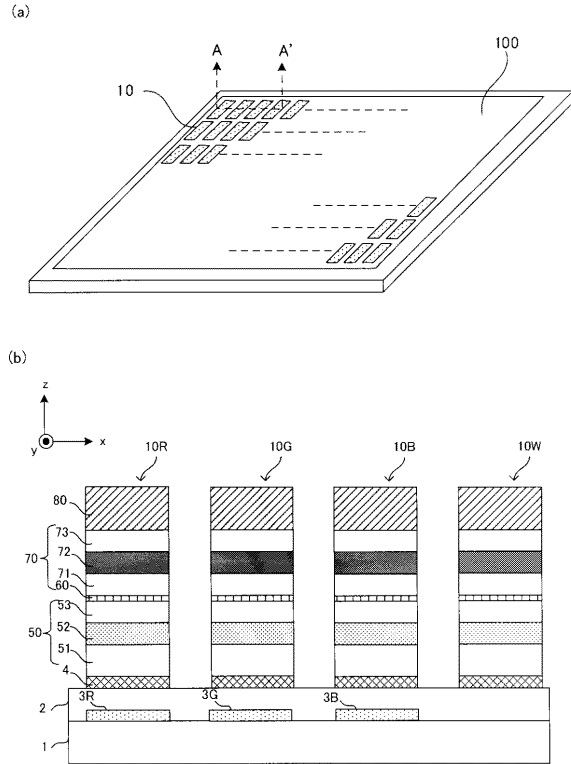
【符号の説明】

【0094】

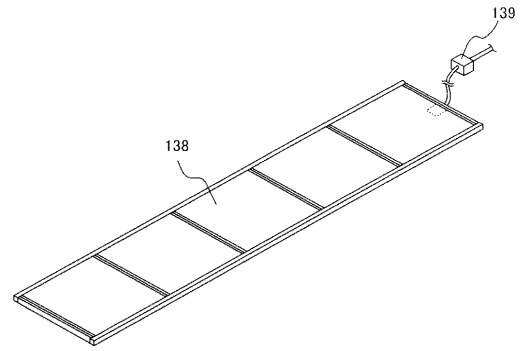
4：光取り出し電極（第1電極）、51：第1電荷輸送層（第1有機化合物層）、52：第1発光層、53：第2電荷輸送層（第3有機化合物層）、60：電荷発生層、71：第3電荷輸送層（第3有機化合物層）、72：第2発光層、73：第4電荷輸送層（第2有機化合物層）、80：反射電極（第2電極）

40

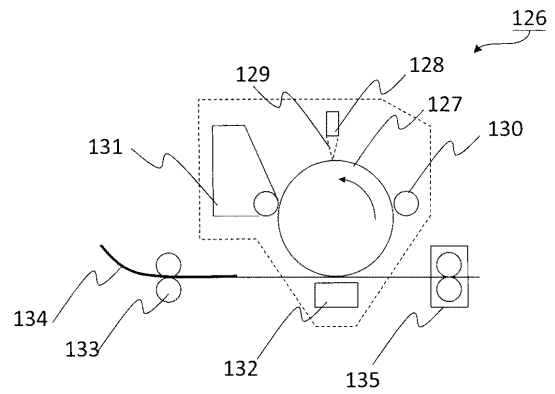
【 図 1 】



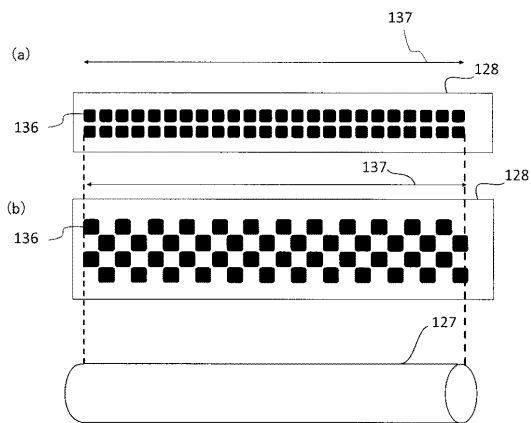
【 図 2 】



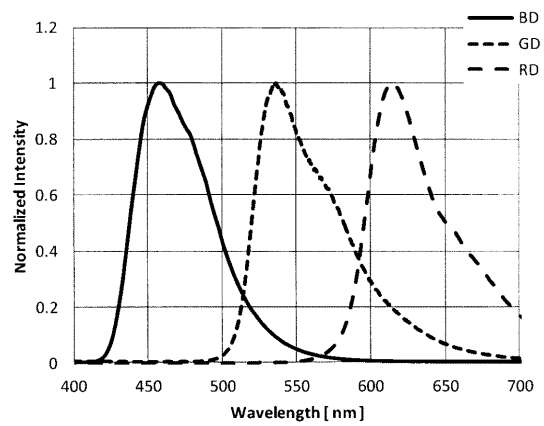
【 図 3 】



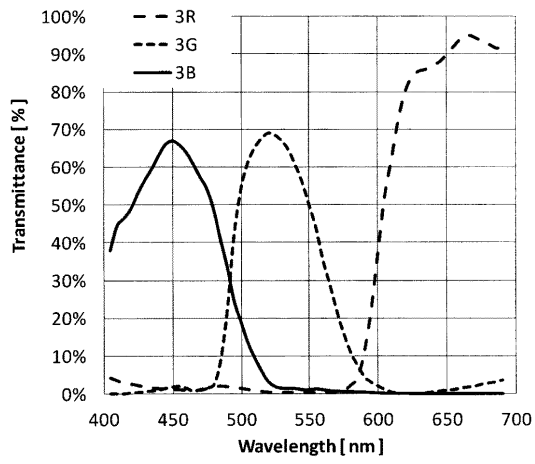
【 図 4 】



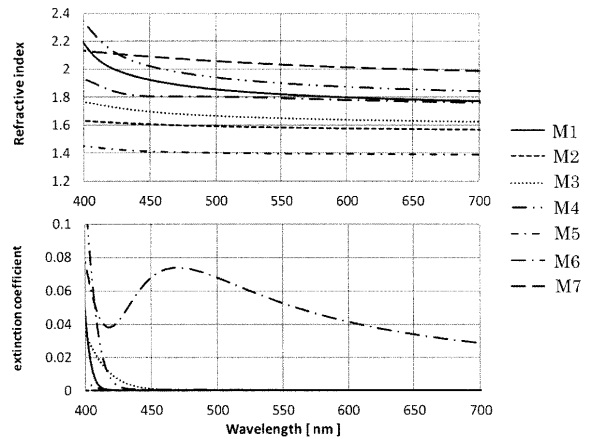
【 図 5 】



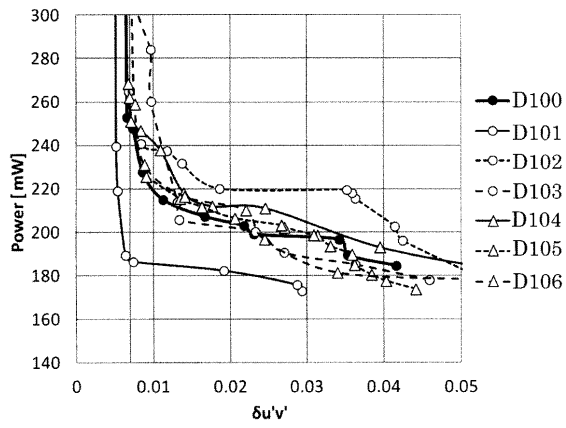
【 図 6 】



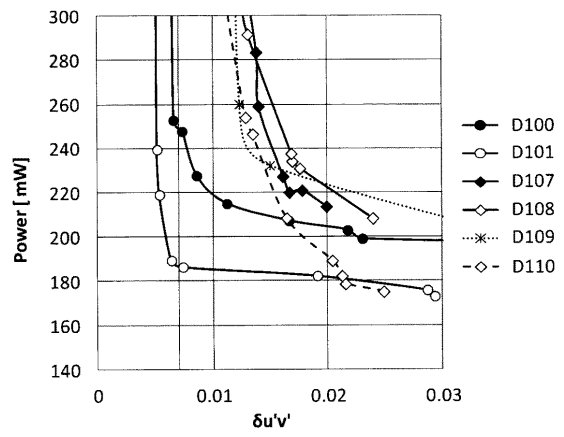
【 図 7 】



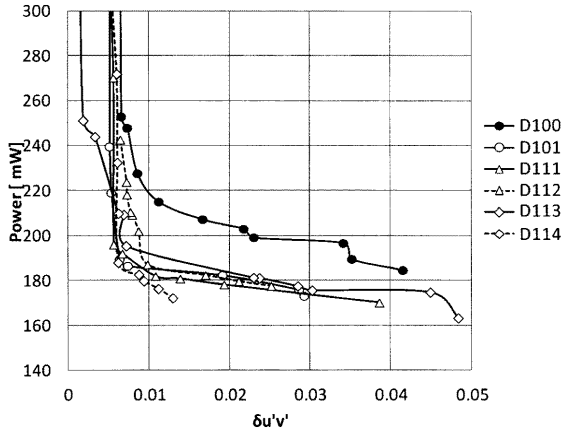
【 図 8 】



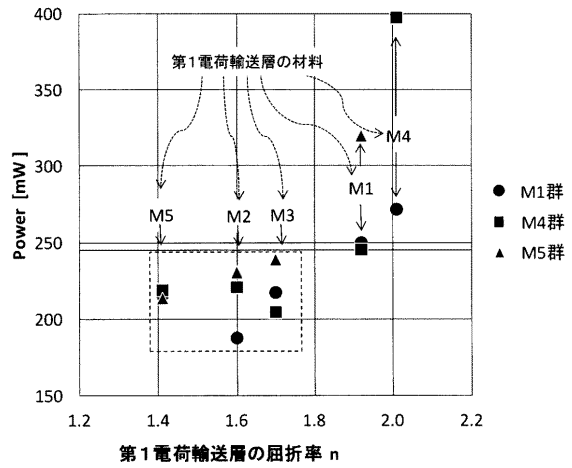
【 図 9 】



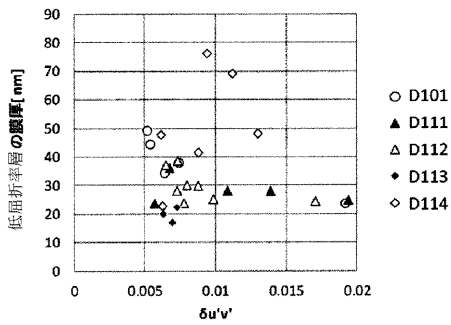
【 図 1 0 】



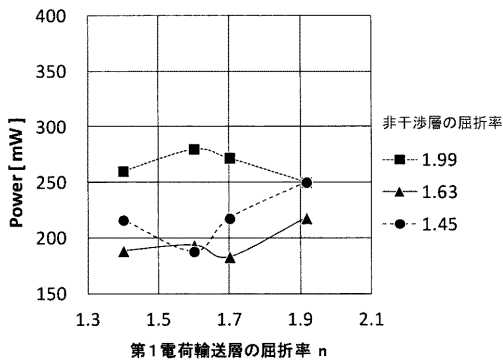
【 図 1 2 】



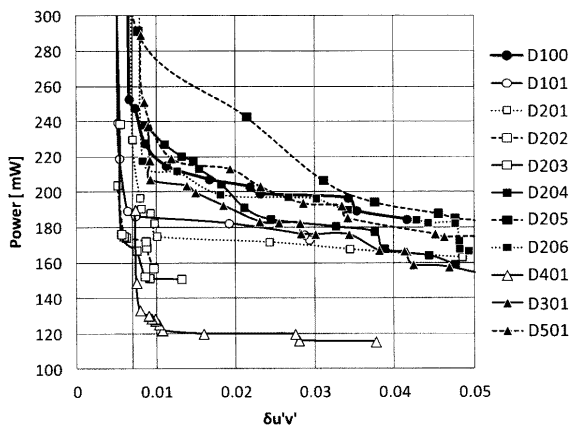
【 図 1 1 】



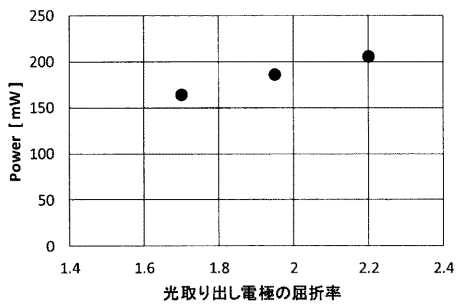
【 図 1 3 】



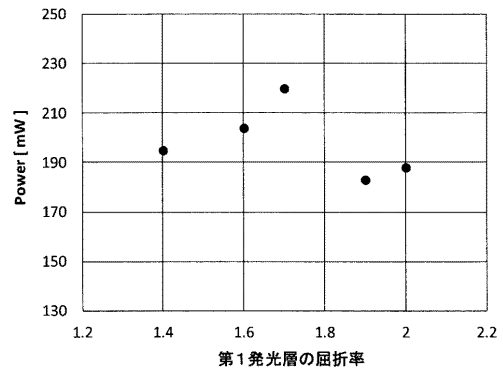
【 図 1 5 】



【 図 1 4 】



【図16】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 0 9 F 9/30 3 6 5

(56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0119357 (US, A1)  
特開2011-113973 (JP, A)  
国際公開第2008/105294 (WO, A1)  
特開2013-179248 (JP, A)  
特開2011-018451 (JP, A)  
特開2014-051448 (JP, A)  
特開2004-342614 (JP, A)  
特開2007-027092 (JP, A)  
特開2006-318697 (JP, A)  
特開2012-155953 (JP, A)  
特表2010-524153 (JP, A)  
国際公開第2011/039911 (WO, A1)  
特表2014-502041 (JP, A)  
国際公開第2013/190838 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 5 1 / 5 0 - 5 1 / 5 6  
H 0 1 L 2 7 / 3 2  
H 0 5 B 3 3 / 0 0 - 3 3 / 2 8