

(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2009-295306

(P2009-295306A)

(43) 公開日 平成21年12月17日(2009.12.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO5B 33/12 (2006.01)	HO5B 33/12 C	3K107
HO1L 51/50 (2006.01)	HO5B 33/14 B	
	HO5B 33/22 A	
	HO5B 33/22 C	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2008-145170 (P2008-145170)
 (22) 出願日 平成20年6月2日(2008.6.2)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100091292
 弁理士 増田 達哉
 (74) 代理人 100091627
 弁理士 朝比 一夫
 (72) 発明者 三矢 将之
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 Fターム(参考) 3K107 AA01 CC04 CC06 CC21 DD51
 DD52 DD53 DD59 DD68 DD69
 DD73 DD76 DD78 FF13 FF14
 FF15 FF19

(54) 【発明の名称】 発光素子、表示装置および電子機器

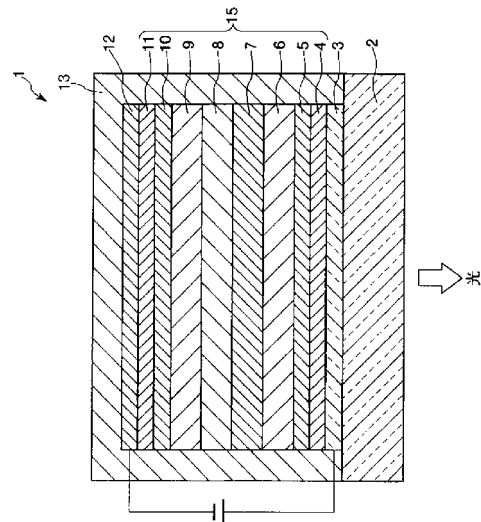
(57) 【要約】

【課題】 発光効率に優れる発光素子、この発光素子を備えた信頼性の高い表示装置および電子機器を提供すること。

【解決手段】 発光素子1は、陰極12と、陽極3と、陰極12と陽極3との間に設けられ、赤色に発光する赤色発光層6と、赤色発光層6と陰極12との間に設けられ、青色に発光する青色発光層8と、赤色発光層6と青色発光層8との層間にこれらに接するように設けられ、第1の材料と第1の材料よりも正孔移動度の高い第2の材料とを含んだ中間層7とを有し、赤色発光層6は、第1の発光材料と第1のホスト材料とを有し、第1の材料、第2の材料、第1のホスト材料のHOMOのエネルギー準位を HL_A [eV]、 HL_B [eV]、 HL_C [eV]としたとき、次式(1)および次式(2)を満足することを特徴とする。

$$|HL_B - HL_C| < |HL_A - HL_C| \quad \dots (1)$$

$$|HL_A - HL_C| \geq 0.3 [eV] \quad \dots (2)$$



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陰極と、
陽極と、

前記陰極と前記陽極との間に設けられ、第 1 の色に発光する第 1 の発光層と、
前記第 1 の発光層と前記陰極との間に設けられ、前記第 1 の色とは異なる第 2 の色に発光する第 2 の発光層と、

前記第 1 の発光層と前記第 2 の発光層との層間にこれらに接するように設けられ、第 1 の材料と前記第 1 の材料よりも正孔移動度の高い第 2 の材料とを含んで構成された中間層とを有し、

前記第 1 の発光層は、前記第 1 の色に発光する第 1 の発光材料と、第 1 の発光材料をゲスト材料として担持する第 1 のホスト材料とを有し、

前記第 1 の材料の最高占有分子軌道のエネルギー準位を $H L_A$ [e V]、前記第 2 の材料の最高占有分子軌道のエネルギー準位を $H L_B$ [e V]、前記第 1 のホスト材料の最高占有分子軌道のエネルギー準位を $H L_C$ [e V] としたとき、次式 (1) および次式 (2) を満足することを特徴とする発光素子。

$$| H L_B - H L_C | < | H L_A - H L_C | \quad \dots \quad (1)$$

$$| H L_A - H L_C | \geq 0.3 [e V] \quad \dots \quad (2)$$

【請求項 2】

前記第 2 の材料と前記第 1 のホスト材料とは、次式 (3) の関係を満足する請求項 1 に記載の発光素子。

$$| H L_B - H L_C | \geq 0.2 [e V] \quad \dots \quad (3)$$

【請求項 3】

前記第 1 の材料は、前記第 2 の材料よりも電子移動度の高いものである請求項 1 または 2 に記載の発光素子。

【請求項 4】

前記第 2 の色の光は、前記第 1 の色の光よりも、その波長が短いものである請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 5】

前記第 1 の材料の最低非占有分子軌道のエネルギー準位を $L L_A$ [e V]、前記第 2 の材料の最低非占有分子軌道のエネルギー準位を $L L_B$ [e V] としたとき、次式 (4) を満足する請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の発光素子。

$$L L_A - L L_B \geq 0.4 [e V] \quad \dots \quad (4)$$

【請求項 6】

前記第 2 の発光層は、前記第 2 の色に発光する第 2 の発光材料と、該第 2 の発光材料を担持する第 2 のホスト材料とを有し、

前記第 1 の材料の最低非占有分子軌道のエネルギー準位を $L L_A$ [e V]、前記第 2 のホスト材料の最低非占有分子軌道のエネルギー準位を $L L_D$ [e V] としたとき、次式 (5) を満足する請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の発光素子。

$$| L L_A - L L_D | \geq 0.2 [e V] \quad \dots \quad (5)$$

【請求項 7】

前記中間層中における第 1 の材料の含有量を A [w t %] とし、前記中間層中における第 2 の材料の含有量を B [w t %] としたときに、 $B / (A + B)$ は、 $0.1 \sim 0.9$ である請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 8】

前記第 1 の材料は、アセン系材料である請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 9】

前記第 2 の材料は、アミン系材料である請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の発光素子。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

前記中間層の平均厚さは、1～100nmである請求項1ないし9のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 11】

前記第1の発光層は、前記第1の色として赤色に発光する赤色発光層である請求項1ないし10のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 12】

前記第2の発光層は、前記第2の色として青色に発光する青色発光層である請求項1ないし11のいずれかに記載の発光素子。

【請求項 13】

前記第1の発光層と前記陽極との間、または、前記第2の発光層と前記陰極との間に設けられ、前記第1の色および前記第2の色とは異なる第3の色に発光する第3の発光層を有する請求項1ないし12のいずれかに記載の発光素子。

10

【請求項 14】

請求項1ないし13のいずれかに記載の発光素子を備えることを特徴とする表示装置。

【請求項 15】

請求項14に記載の表示装置を備えることを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光素子、表示装置および電子機器に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

有機エレクトロルミネッセンス素子（いわゆる有機EL素子）は、陽極と陰極との間に少なくとも1層の発光性有機層を介挿した構造を有する発光素子である。このような発光素子では、陰極と陽極との間に電界を印加することにより、発光層に陰極側から電子が注入されるとともに陽極側から正孔が注入され、発光層中で電子と正孔が再結合することにより励起子が生成し、この励起子が基底状態に戻る際に、そのエネルギー分が光として放出される。

【0003】

このような発光素子としては、例えば、陰極と陽極との間に、R（赤色）、B（青色）の2色に対応する2層の発光層を積層し、白色発光させるものが知られている（例えば、特許文献1参照）。このような白色発光する発光素子は、R（赤色）、B（青色）の2色が画素ごとに塗り分けられたカラーフィルタと組み合わせて用いることで、フルカラー画像を表示することができる。

30

【0004】

また、特許文献1にかかる発光素子では、発光層同士の間には中間層を設けることで、発光層間でのキャリア（電子および正孔）の移動を制限することができ、各発光層での正孔と電子との再結合の量を調整している。この結果、発光素子の発光効率、発光寿命等の性能を向上させている。

40

しかしながら、特許文献1にかかる発光素子では、中間層に一般的な正孔輸送材料や電子輸送材料をただ単純に適応しているため、発光効率が十分ではなかった。

【0005】

【特許文献1】特開2007-287691号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、発光効率に優れる発光素子、この発光素子を備えた信頼性の高い表示装置および電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 7 】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の発光素子は、陰極と、
陽極と、

前記陰極と前記陽極との間に設けられ、第 1 の色に発光する第 1 の発光層と、

前記第 1 の発光層と前記陰極との間に設けられ、前記第 1 の色とは異なる第 2 の色に発光する第 2 の発光層と、

前記第 1 の発光層と前記第 2 の発光層との層間にこれらに接するように設けられ、第 1 の材料と前記第 1 の材料よりも正孔移動度の高い第 2 の材料とを含んで構成された中間層とを有し、

前記第 1 の発光層は、前記第 1 の色に発光する第 1 の発光材料と、第 1 の発光材料をゲスト材料として担持する第 1 のホスト材料とを有し、

前記第 1 の材料の最高占有分子軌道のエネルギー準位を $H L_A$ [e V]、前記第 2 の材料の最高占有分子軌道のエネルギー準位を $H L_B$ [e V]、前記第 1 のホスト材料の最高占有分子軌道のエネルギー準位を $H L_C$ [e V] としたとき、次式 (1) および次式 (2) を満足することを特徴とする。

$$| H L_B - H L_C | < | H L_A - H L_C | \quad \cdots \quad (1)$$

$$| H L_A - H L_C | \geq 0.3 [e V] \quad \cdots \quad (2)$$

これにより、発光効率に優れた発光素子を提供することができる。

【 0 0 0 8 】

本発明の発光素子では、前記第 2 の材料と前記第 1 のホスト材料とは、次式 (3) の関係を満足することが好ましい。

$$| H L_B - H L_C | \geq 0.2 [e V] \quad \cdots \quad (3)$$

これにより、正孔は、第 1 の発光層の第 1 のホスト材料から中間層中の第 2 の材料へより優先的に移動しやすくなり、発光素子は発光効率に特に優れたものとなる。

【 0 0 0 9 】

本発明の発光素子では、前記第 1 の材料は、前記第 2 の材料よりも電子移動度の高いものであることが好ましい。

これにより、第 2 の発光層から第 1 の発光層へ中間層を介して輸送される電子は、第 1 の材料によってより優先的に輸送されやすいものとなる。また、発光素子は発光効率に特に優れたものとなる。

本発明の発光素子では、前記第 2 の色の光は、前記第 1 の色の光よりも、その波長が短いものであることが好ましい。

これにより、各発光層は、バランスよく発光できるものとなり、発光素子は、発光効率が特に優れたものとなる。

【 0 0 1 0 】

本発明の発光素子では、前記第 1 の材料の最低非占有分子軌道のエネルギー準位を $L L_A$ [e V]、前記第 2 の材料の最低非占有分子軌道のエネルギー準位を $L L_B$ [e V] としたとき、次式 (4) を満足することが好ましい。

$$L L_A - L L_B \geq 0.4 [e V] \quad \cdots \quad (4)$$

このように、第 1 の材料と第 2 の材料とで最低空起動のエネルギー準位の差が十分に大きいことにより、第 2 の発光層から第 1 の発光層へ中間層を介して輸送される電子は、第 1 の材料によって輸送されやすいものとなる。

【 0 0 1 1 】

本発明の発光素子では、前記第 2 の発光層は、前記第 2 の色に発光する第 2 の発光材料と、該第 2 の発光材料を担持する第 2 のホスト材料とを有し、

前記第 1 の材料の最低非占有分子軌道のエネルギー準位を $L L_A$ [e V]、前記第 2 のホスト材料の最低非占有分子軌道のエネルギー準位を $L L_D$ [e V] としたとき、次式 (5) を満足することが好ましい。

$$| L L_A - L L_D | \geq 0.2 [e V] \quad \cdots \quad (5)$$

これにより、第2のホスト材料は、第1の材料により優先的に電子を受け渡ししやすいものとなる。

【0012】

本発明の発光素子では、前記中間層中における第1の材料の含有量をA [wt%]とし、前記中間層中における第2の材料の含有量をB [wt%]としたときに、 $B / (A + B)$ は、0.1~0.9であることが好ましい。

これにより、第1の発光層および第2の発光層間において中間層を介してキャリア（電子および正孔）の輸送をより好適に行うことができるとともに、第1の発光層および第2の発光層にそれぞれ十分な量の電子および正孔を注入して発光させることができる。

【0013】

本発明の発光素子では、前記第1の材料は、アセン系材料であることが好ましい。

これにより、第2の発光層から中間層を介して第1の発光層へ電子を円滑に受け渡すことができ、発光素子は発光効率に特に優れたものとなる。

本発明の発光素子では、前記第2の材料は、アミン系材料であることが好ましい。

これにより、第1の発光層から中間層を介して第2の発光層へ正孔を円滑に受け渡すことができ、発光素子は発光効率に特に優れたものとなる。

【0014】

本発明の発光素子では、前記中間層の平均厚さは、1~100nmであることが好ましい。

これにより、駆動電圧を抑えつつ、第1の発光層、第2の発光層間での中間層を介しての正孔および電子の受け渡しをより円滑に行うことができ、発光素子は、十分な輝度の光を放出できる。

本発明の発光素子では、前記第1の発光層は、前記第1の色として赤色に発光する赤色発光層であることが好ましい。

これにより、各発光層をよりバランスよく発光させることができる。

本発明の発光素子では、前記第2の発光層は、前記第2の色として青色に発光する青色発光層であることが好ましい。

これにより、各発光層をよりバランスよく発光させることができる。

【0015】

本発明の発光素子では、前記第1の発光層と前記陽極との間、または、前記第2の発光層と前記陰極との間に設けられ、前記第1の色および前記第2の色とは異なる第3の色に発光する第3の発光層を有することが好ましい。

これにより、各発光層をバランスよく発光させて、比較的簡単に目的とする色の光を放出させることができる。

本発明の表示装置は、本発明の発光素子を備えることを特徴とする。

これにより、優れた信頼性を有する表示装置を提供することができる。

本発明の電子機器は、本発明の表示装置を備えることを特徴とする。

これにより、優れた信頼性を有する電子機器を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の発光素子、表示装置および電子機器を添付図面に示す好適な実施形態について説明する。

図1は、本発明の発光素子の好適な実施形態の縦断面を模式的に示す図である。なお、以下では、説明の都合上、図1中の上側を「上」、下側を「下」として説明を行う。

図1に示す発光素子（エレクトロルミネッセンス素子）1は、R（赤色）、G（緑色）、B（青色）を発光させて、白色発光するものである。

【0017】

このような発光素子1は、陽極3と正孔注入層4と正孔輸送層5と赤色発光層（第1の発光層）6と中間層7と青色発光層（第2の発光層）8と緑色発光層（第3の発光層）9と電子輸送層10と電子注入層11と陰極12とがこの順に積層されてなるものである。

10

20

30

40

50

言い換えすれば、発光素子 1 は、正孔注入層 4 と正孔輸送層 5 と赤色発光層 6 と中間層 7 と青色発光層 8 と緑色発光層 9 と電子輸送層 10 と電子注入層 11 と陰極 12 とがこの順に積層で積層された積層体 15 が 2 つの電極間（陽極 3 と陰極 12 との間）に介挿されて構成されている。

【0018】

そして、発光素子 1 は、その全体が基板 2 上に設けられるとともに、封止部材 13 で封止されている。

このような発光素子 1 においては、赤色発光層 6、青色発光層 8、および緑色発光層 9 の各発光層に対し、陰極 12 側から電子が供給（注入）されるとともに、陽極 3 側から正孔が供給（注入）される。そして、各発光層では、正孔と電子とが再結合し、この再結合に際して放出されたエネルギーによりエキシトン（励起子）が生成し、エキシトンが基底状態に戻る際にエネルギー（蛍光やりん光）を放出（発光）する。これにより、発光素子 1 は、白色発光する。

【0019】

基板 2 は、陽極 3 を支持するものである。本実施形態の発光素子 1 は、基板 2 側から光を取り出す構成（ボトムエミッション型）であるため、基板 2 および陽極 3 は、それぞれ、実質的に透明（無色透明、着色透明または半透明）とされている。

基板 2 の構成材料としては、例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリプロピレン、シクロオレフィンポリマー、ポリアミド、ポリエーテルサルフォン、ポリメチルメタクリレート、ポリカーボネート、ポリアリレートのような樹脂材料や、石英ガラス、ソーダガラスのようなガラス材料等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができる。

【0020】

このような基板 2 の平均厚さは、特に限定されないが、0.1 ~ 30 mm 程度であるのが好ましく、0.1 ~ 10 mm 程度であるのがより好ましい。

なお、発光素子 1 が基板 2 と反対側から光を取り出す構成（トップエミッション型）の場合、基板 2 には、透明基板および不透明基板のいずれも用いることができる。

不透明基板としては、例えば、アルミナのようなセラミックス材料で構成された基板、ステンレス鋼のような金属基板の表面に酸化膜（絶縁膜）を形成したものの、樹脂材料で構成された基板等が挙げられる。

以下、発光素子 1 を構成する各部を順次説明する。

【0021】

（陽極）

陽極 3 は、後述する正孔注入層 4 を介して正孔輸送層 5 に正孔を注入する電極である。この陽極 3 の構成材料としては、仕事関数が大きく、導電性に優れる材料を用いるのが好ましい。

陽極 3 の構成材料としては、例えば、ITO (Indium Tin Oxide)、IZO (Indium Zinc Oxide)、 In_3O_3 、 SnO_2 、Sb 含有 SnO_2 、Al 含有 ZnO 等の酸化物、Au、Pt、Ag、Cu またはこれらを含む合金等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる用いることができる。

このような陽極 3 の平均厚さは、特に限定されないが、10 ~ 200 nm 程度であるのが好ましく、50 ~ 150 nm 程度であるのがより好ましい。

【0022】

（陰極）

一方、陰極 12 は、後述する電子注入層 11 を介して電子輸送層 10 に電子を注入する電極である。この陰極 12 の構成材料としては、仕事関数の小さい材料を用いるのが好ましい。

陰極 12 の構成材料としては、例えば、Li、Mg、Ca、Sr、La、Ce、Er、Eu、Sc、Y、Yb、Ag、Cu、Al、Cs、Rb またはこれらを含む合金等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせる（例えば、複数層の積層体等）

10

20

30

40

50

用いることができる。

【0023】

特に、陰極12の構成材料として合金を用いる場合には、Ag、Al、Cu等の安定な金属元素を含む合金、具体的には、MgAg、AlLi、CuLi等の合金を用いるのが好ましい。かかる合金を陰極12の構成材料として用いることにより、陰極12の電子注入効率および安定性の向上を図ることができる。

このような陰極12の平均厚さは、特に限定されないが、100～10000nm程度であるのが好ましく、200～500nm程度であるのがより好ましい。

なお、本実施形態の発光素子1は、ボトムエミッション型であるため、陰極12に、光透過性は、特に要求されない。

【0024】

(正孔注入層)

正孔注入層4は、陽極3からの正孔注入効率を向上させる機能を有するものである。

この正孔注入層4の構成材料(正孔注入材料)としては、特に限定されないが、例えば、銅フタロシアニンや、4,4',4''-トリス(N,N-フェニル-3-メチルフェニルアミノ)トリフェニルアミン(m-MTDATA)等が挙げられる。

このような正孔注入層4の平均厚さは、特に限定されないが、5～150nm程度であるのが好ましく、10～100nm程度であるのがより好ましい。

なお、この正孔注入層4は、省略することができる。

【0025】

(正孔輸送層)

正孔輸送層5は、陽極3から正孔注入層4を介して注入された正孔を赤色発光層6まで輸送する機能を有するものである。

この正孔輸送層5の構成材料には、各種p型の高分子材料や、各種p型の低分子材料を単独または組み合わせて用いることができる。

このような正孔輸送層5の平均厚さは、特に限定されないが、10～150nm程度であるのが好ましく、10～100nm程度であるのがより好ましい。

なお、この正孔輸送層5は、省略することができる。

【0026】

(赤色発光層)

この赤色発光層(第1の発光層)6は、赤色(第1の色)に発光する第1の発光材料と、発光材料を担持するホスト材料(第1のホスト材料)とを含んで構成されている。

このように第1の色として比較的長い波長の光を用いることにより、最低非占有分子軌道(HOMO)と最高占有分子軌道(LUMO)とのエネルギー準位差(バンドギャップ)が比較的小さい発光材料を用いることができる。このようにバンドギャップが比較的小さい発光材料は、正孔や電子を捕獲しやすく、発光しやすい。したがって、陽極3側に赤色発光層6を設けることで、バンドギャップが大きく発光し難い青色発光層8や緑色発光層9を陰極12側とし、各発光層をバランスよく発光させることができる。

【0027】

また、このように第1の発光材料がバンドギャップの比較的小さな材料であると、第1の発光層6中の電子、正孔の密度が少ない場合であっても、好適に発光することができる。

このような赤色発光材料としては、特に限定されず、各種赤色蛍光材料、赤色燐光材料を1種または2種以上組み合わせて用いることができる。

【0028】

赤色蛍光材料としては、赤色の蛍光を発するものであれば特に限定されず、例えば、下記化1に示すテトラアリアルジインデノペリレン誘導体等のペリレン誘導体、ユーロピウム錯体、ベンゾピラン誘導体、ローダミン誘導体、ベンゾチオキサントン誘導体、ポルフィリン誘導体、ナイルレッド、2-(1,1-ジメチルエチル)-6-(2-(2,3,6,7-テトラヒドロ-1,1,7,7-テトラメチル-1H,5H-ベンゾ(ij)キ

10

20

30

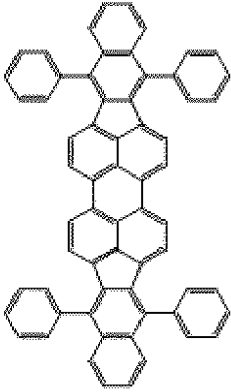
40

50

ノリジン - 9 - イル) エテニル) - 4 H - ピラン - 4 H - イリデン) プロパンジニトリル (DCJTB)、4 - (ジシアノメチレン) - 2 - メチル - 6 - (p - ジメチルアミノスチリル) - 4 H - ピラン (DCM) 等を挙げられる。

【0029】

【化1】



10

【0030】

赤色燐光材料としては、赤色の燐光を発するものであれば特に限定されず、例えば、イリジウム、ルテニウム、白金、オスミウム、レニウム、パラジウム等の金属錯体が挙げられ、これら金属錯体の配位子の内の少なくとも1つがフェニルピリジン骨格、ビピリジル骨格、ポルフィリン骨格等を持つものも挙げられる。より具体的には、トリス(1 - フェニルイソキノリン)イリジウム、ビス[2 - (2' - ベンゾ[4, 5 -]チエニル)ピリジネート - N, C^{3'}]イリジウム(アセチルアセトネート)(bt p 2 Ir (a c a c))、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18 - オクタエチル - 12 H, 23 H - ポルフィリン - 白金 (II)、ビス[2 - (2' - ベンゾ[4, 5 -]チエニル)ピリジネート - N, C^{3'}]イリジウム、ビス(2 - フェニルピリジン)イリジウム(アセチルアセトネート)が挙げられる。

20

【0031】

赤色発光層6中における赤色発光材料の含有量(ドーブ量)は、0.01 ~ 10 wt%であるのが好ましく、0.1 ~ 5 wt%であるのがより好ましい。赤色発光材料の含有量をこのような範囲内とすることで、発光効率を最適化することができ、後述する青色発光層8や緑色発光層9の発光量とのバランスをとりつつ赤色発光層6を発光させることができる。

30

【0032】

また、赤色発光層6の構成材料としては、前述したような赤色発光材料に加えて、この赤色発光材料をゲスト材料とする第1のホスト材料を用いる。この第1のホスト材料は、正孔と電子とを再結合して励起子を生成するとともに、その励起子のエネルギーを赤色発光材料に移動(フェルスター移動またはデクスター移動)させて、赤色発光材料を励起する機能を有する。このような第1のホスト材料は、例えば、ゲスト材料である赤色発光材料をドープメントとして第1のホスト材料にドープして用いることができる。

40

また、この第1のホスト材料は、後述する中間層7にある各材料と所定の条件を満足するものである。

【0033】

このような第1のホスト材料としては、用いる赤色発光材料に対して前述したような機能を発揮するものであれば、特に限定されないが、赤色発光材料が赤色蛍光材料を含む場合、例えば、ジスチリルアリーレン誘導体、ナフタセン誘導体、2 - t - プチル - 9, 10 - ジ(2 - ナフチル)アントラセン(TBADN)等のアントラセン誘導体、ペリレン誘導体、ジスチリルベンゼン誘導体、ジスチリルアミン誘導体、トリス(8 - キノリノラト)アルミニウム錯体(Alq₃)等のキノリノラト系金属錯体、トリフェニルアミンの4量体等のトリアリールアミン誘導体、オキサジアゾール誘導体、ルブレンおよびその誘

50

導体、シロール誘導体、ジカルバゾール誘導体、オリゴチオフエン誘導体、ベンゾピラン誘導体、トリアゾール誘導体、ベンゾオキサゾール誘導体、ベンゾチアゾール誘導体、キノリン誘導体、4,4'-ビス(2,2'-ジフェニルビニル)ビフェニル(DPVBi)等が挙げられ、これらのうち1種を単独でまたは2種以上を組み合わせることもできる。

また、赤色発光材料が赤色燐光材料を含む場合、第1のホスト材料としては、例えば、3-フェニル-4-(1'-ナフチル)-5-フェニルカルバゾール、4,4'-N,N'-ジカルバゾールビフェニル(CBP)等のカルバゾール誘導体等が挙げられ、これらのうち1種を単独でまたは2種以上を組み合わせることもできる。

【0034】

(中間層)

この中間層7は、前述した赤色発光層6と後述する青色発光層8との層間にこれらに接するように設けられている。そして、中間層7は、青色発光層8から赤色発光層6へ輸送される電子の量を調節する機能を有する。また、中間層7は、赤色発光層6から青色発光層8へ輸送される正孔の量を調節する機能を有する。この機能により、赤色発光層6および青色発光層8をそれぞれ効率よく発光させることができる。

【0035】

特に、本発明では、中間層7は、第1の材料と、第1の材料よりも正孔移動度の高い第2の材料とを含んで構成されている。また、第1の材料の最高占有分子軌道(HOMO)のエネルギー準位を HL_A [eV]、第2の材料の最高占有分子軌道(HOMO)のエネルギー準位を HL_B [eV]、第1のホスト材料の最高占有分子軌道(HOMO)のエネルギー準位を HL_C [eV]としたとき、次式(1)および次式(2)を満足するものである。

$$|HL_B - HL_C| < |HL_A - HL_C| \quad \dots \quad (1)$$

$$|HL_A - HL_C| \geq 0.3 \text{ [eV]} \quad \dots \quad (2)$$

上記のような式(1)および式(2)を満足することにより、赤色発光層6から青色発光層8へ輸送される正孔の量を制御することができる。この結果、発光素子1は、発光効率に優れたものとなる。

【0036】

詳しく説明すると、第1のホスト材料のHOMOのエネルギー準位が、第1の材料のHOMOのエネルギー準位よりも第2のHOMOのエネルギー準位と近く、第1のホスト材料のHOMOエネルギー準位が第2のHOMOのエネルギー準位と十分にはなれている。このため、正孔は、赤色発光層6の第1のホスト材料から中間層7中の第2の材料へ優先的に移動しやすくなる。また、正孔は、第1のホスト材料から第1の材料へは移動しにくいものとなる。すなわち、中間層7における第1の材料と第2の材料との含有量の比率を変更することで、赤色発光層6から青色発光層8へ輸送される正孔の量を調整することができる。

【0037】

また、第2の材料は、第1の材料よりも正孔移動度が高いものである。このため、一旦第2の材料に移動した正孔は、効率よく青色発光層8へ輸送される。

以上より、発光素子1は、このような中間層7を有することにより、各発光層中の正孔の密度を制御することができ、発光素子1の各発光層はバランスよく発光することができる。このため、発光素子1の発光効率を優れたものとすることができる。

【0038】

また、第2の材料と、第1のホスト材料とは、下記式(3)の関係を満足することが好ましい。このように、第2の材料と第1のホスト材料とのHOMOのエネルギー準位差が十分に小さいことにより、正孔は、赤色発光層6の第1のホスト材料から中間層7中の第2の材料へより優先的に移動しやすくなる。

$$|HL_B - HL_C| \geq 0.2 \text{ [eV]} \quad \dots \quad (3)$$

なお、 $|HL_B - HL_C| \geq 0.1 \text{ [eV]}$ を満足することがより好ましい。

10

20

30

40

50

【0039】

また、第1の材料と第2の材料とは、第1の材料の最低非占有分子軌道(LUMO)のエネルギー準位を LL_A [eV]、第2の材料の最低非占有分子軌道(LUMO)のエネルギー準位を LL_B [eV]としたとき、次式(4)を満足することが好ましい。

$$LL_A - LL_B = 0.4 \text{ [eV]} \quad \dots \quad (4)$$

なお、 $LL_A - LL_B = 0.5$ [eV]を満足することがより好ましい。

このように、第1の材料と第2の材料とでLUMOのエネルギー準位の差が十分に大きいことにより、青色発光層8から赤色発光層6へ中間層7を介して輸送される電子は、第1の材料によって輸送されやすいものとなり、発光素子1は、発光効率に特に優れたものとなる。

10

【0040】

詳しく説明すると、青色発光層8の後述する第2のホスト材料から、第1の材料が電子を受け取った場合において、第1の材料に受け渡された電子は、LUMOのエネルギー準位が十分に高い第2の材料へは移りづらく、第1の材料を經由して輸送される。一旦第1の材料に受け渡された電子は、LUMOのエネルギー準位がより高い第2の材料へは移りづらく、第1の材料を經由して輸送される。以上より、青色発光層8から赤色発光層6へ中間層7を介して輸送される電子は、第1の材料によって輸送されやすいものとなる。この結果、第1の材料と第2の材料との含有量を調整することによって、青色発光層8から赤色発光層6へ中間層7を介して輸送される電子の量を調節することができる。以上より、発光素子1は、各発光層がバランスよく発光し、発光効率が特に優れたものとなったと

20

【0041】

また、後述する第2のホスト材料の最低非占有分子軌道のエネルギー準位を LL_D [eV]としたとき、第2のホスト材料と第1の材料とは、次式(5)を満足することが好ましい。このように、第2のホスト材料と第1の材料とのLUMOのエネルギー準位差が十分に小さいことにより、第2のホスト材料は、第1の材料により優先的に電子を受け渡ししやすいものとなる。このため、青色発光層8から赤色発光層6へ中間層7を介して輸送される電子は、第1の材料によってより優先的に輸送されやすいものとなる。

【0042】

$$|LL_A - LL_D| = 0.2 \text{ [eV]} \quad \dots \quad (5)$$

なお、 $|LL_A - LL_D| = 0.1$ [eV]を満足することがより好ましい。

また、発光素子1は、次式(6)を満足することが好ましい。このように、第2のホスト材料のLUMOのエネルギー準位よりも第2の材料のLUMOのエネルギー準位が十分に高いことにより、青色発光層8から中間層7に注入される電子は、第2の材料へは移動しにくいものとなる。言いかえると、第2のホスト材料は、第1の材料により優先的に電子を受け渡ししやすいものとなり、青色発光層8から赤色発光層6へ中間層7を介して輸送される電子は、第1の材料によってより優先的に輸送されやすいものとなる。

30

【0043】

$$LL_D - LL_B = 0.3 \text{ [eV]} \quad \dots \quad (6)$$

なお、式(6)では、 $LL_D - LL_B = 0.5$ [eV]を満足することがより好ましく、上述したような効果をより顕著に得ることができる。

40

また、第1の材料は、第2の材料よりも電子移動度の高いものであることが好ましい。これにより、青色発光層8から赤色発光層6へ中間層7を介して輸送される電子は、第1の材料によってより優先的に輸送されやすいものとなる。

【0044】

また、第1の材料および第2の材料としては、上述したような式(1)および式(2)の関係を満足するものであれば特に限定されず、正孔を輸送する機能を有する各種材料および電子を輸送する機能を有する各種材料を用いることができるが、例えば、第1の材料としてアセン系材料(すなわちアセン骨格を有する材料)を、第2の材料としてアミン系材料(すなわちアミン骨格を有する材料)を用いることができる。

50

発光素子 1 は、第 1 の材料および第 2 の材料としてこのような化合物を用いることにより、上述したような式 (1) および式 (2) を容易に満たすことができる。

【 0 0 4 5 】

また、アミン系材料は正孔輸送性を有し、正孔移動度が比較的高いものである。また、アセン系材料は電子輸送性および正孔輸送性を有し、電子移動度が比較的高いものである。これにより、中間層 7 は、電子輸送性および正孔輸送性を有する。すなわち、中間層 7 は、バイポーラ性を有する。このように中間層 7 がバイポーラ性を有すると、赤色発光層 6 から中間層 7 を介して青色発光層 8 へ正孔を円滑に受け渡すとともに、青色発光層 8 から中間層 7 を介して赤色発光層 6 へ電子を円滑に受け渡すことができる。その結果、赤色発光層 6 および青色発光層 8 にそれぞれ電子および正孔を効率的に注入して発光させることができる。

10

また、このような中間層 7 は、キャリア (電子、正孔) の輸送性に優れるため、中間層 7 内において、電子と正孔とが再結合しにくく、励起子が生成しにくいものとなっている。これにより、中間層 7 の励起子による劣化を防止または抑制し、その結果、発光素子 1 の耐久性を優れたものとすることができる。

【 0 0 4 6 】

第 1 の材料として用いることのできるアセン系材料としては、上述したような式 (1) および式 (2) を満たすことができ、アセン骨格を有するものであれば、特に限定されず、例えば、ナフタレン誘導体、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体、ペンタセン誘導体、ヘキサセン誘導体、ヘプタセン誘導体等が挙げられ、これらのうち 1 種または 2 種以上を組み合わせて用いることができるが、アントラセン誘導体を用いるのが好ましい。

20

アントラセン誘導体は、優れた電子輸送性を有しながらも、気相成膜法により簡単に成膜することができる。したがって、アセン系材料としてアントラセン誘導体を用いることにより、第 1 の材料 (ひいては中間層 7) の電子輸送性を優れたものとしつつ、均質な中間層 7 の形成を容易なものとするすることができる。

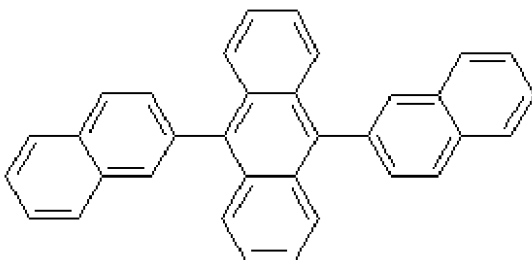
【 0 0 4 7 】

特に、アントラセン誘導体のなかでも、中間層 7 に用いられるアセン系材料としては、アントラセン骨格の 9 位および 10 位のそれぞれにナフチル基が導入されたものが好ましい。これにより、前述した効果が顕著となる。このようなアントラセン誘導体としては、例えば、下記化 2 で表されるような 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (A D N) や、下記化 3 で表されるような 2 - t - プチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (T B A D N)、下記化 4 で表されるような 2 - メチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (M A D N)、下記化 5 で表わされるような 2 - メチル - 9, 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン (, M A D N) 等が挙げられる。

30

【 0 0 4 8 】

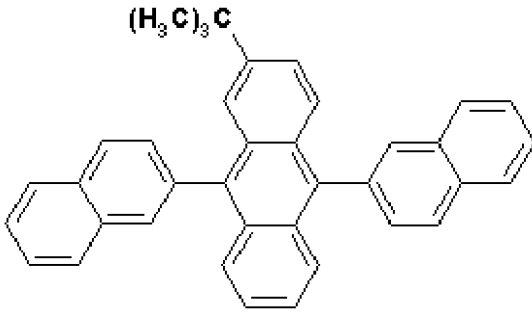
【化 2】



40

【 0 0 4 9 】

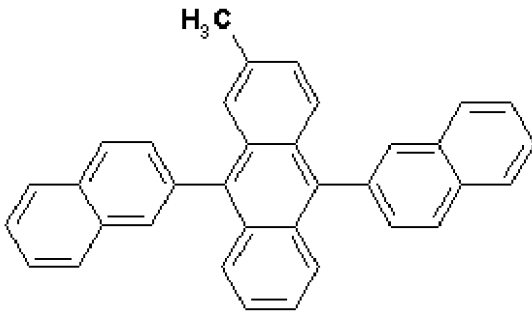
【化3】



10

【0050】

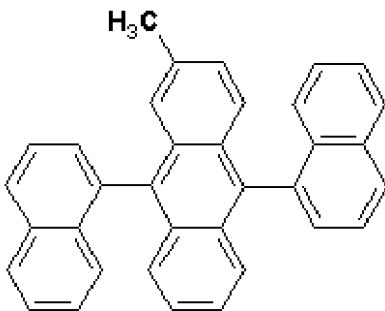
【化4】



20

【0051】

【化5】



30

【0052】

このようなアセン系材料は、一般に、電子輸送性に優れており、アセン系材料の電子移動度は、後述するアミン系材料の電子移動度よりも高い。したがって、青色発光層8から中間層7を介して赤色発光層6へ電子を円滑に受け渡すことができる。

このような中間層7中におけるアセン系材料の含有量は、特に限定されないが、10～90wt%であるのが好ましく、30～70wt%であるのがより好ましく、40～60wt%であるのがさらに好ましい。

【0053】

また、第2の材料として用いることのできるアミン系材料としては、前述したような式(1)を満足し、アミン骨格を有するものであれば、特に限定されず、例えば、前述した正孔輸送材料のうちのアミン骨格を有する材料を用いることができるが、ベンジジン系アミン誘導体を用いるのが好ましい。

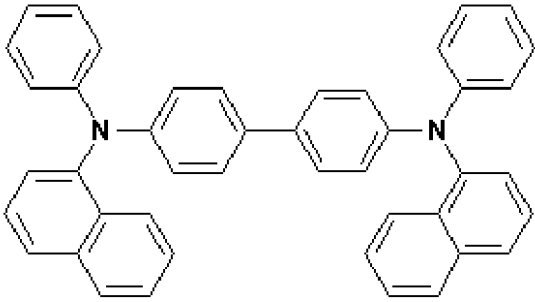
特に、ベンジジン系アミン誘導体のなかでも、中間層7に用いられるアミン系材料としては、2つ以上のナフチル基を導入したものが好ましい。このようなベンジジン系アミン誘導体としては、例えば、下記化6で表されるようなN,N'-ビス(1-ナフチル)-N,N'-ジフェニル〔1,1'-ピフェニル〕-4,4'-ジアミン(-NPD)や、下記化7で表されるようなN,N,N',N'-テトラナフチル-ベンジジン(TNB)などが挙げられる。

40

50

【 0 0 5 4 】

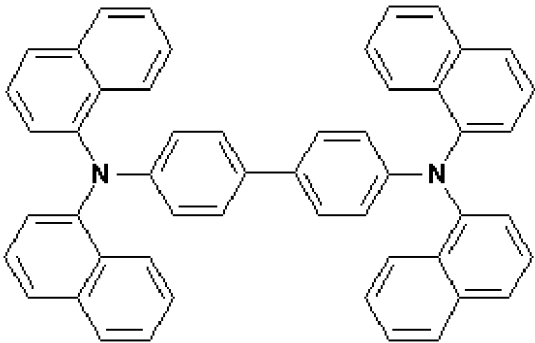
【 化 6 】



10

【 0 0 5 5 】

【 化 7 】



20

【 0 0 5 6 】

このようなアミン系材料は、一般に、正孔輸送性に優れており、アミン系材料の正孔移動度は、前述したアセン系材料の正孔移動度よりも高い。したがって、赤色発光層 6 から中間層 7 を介して青色発光層 8 へ正孔を円滑に受け渡すことができる。

このような中間層 7 中におけるアミン系材料の含有量は、特に限定されないが、10 ~ 90 wt % であるのが好ましく、30 ~ 70 wt % であるのがより好ましく、40 ~ 60 wt % であるのがさらに好ましい。

30

【 0 0 5 7 】

また、中間層 7 中における第 1 の材料の含有量を A [wt %] とし、中間層 7 中における第 2 の材料の含有量を B [wt %] としたときに、 $B / (A + B)$ は、0.1 ~ 0.9 であるのが好ましく、0.3 ~ 0.7 であるのがより好ましく、0.4 ~ 0.6 であるのがさらに好ましい。これにより、赤色発光層 6 および青色発光層 8 間において中間層 7 を介してキャリア（電子および正孔）の輸送をより好適に行うことができるとともに、赤色発光層 6 および青色発光層 8 にそれぞれ十分な量の電子および正孔を注入して発光させることができる。

【 0 0 5 8 】

また、中間層 7 の平均厚さは、特に限定されないが、1 ~ 100 nm であるのが好ましく、3 ~ 50 nm であるのがより好ましく、5 ~ 30 nm であるのがさらに好ましい。これにより、駆動電圧を抑えつつ、赤色発光層 6、青色発光層 8 間での中間層 7 を介しての正孔および電子の受け渡しをより円滑に行うことができ、発光素子 1 は、十分な輝度の光を放出できる。

40

【 0 0 5 9 】

(青色発光層)

青色発光層（第 2 の発光層）8 は、青色（第 2 の色）に発光する青色発光材料（第 2 の発光材料）と、青色発光材料をゲスト材料として担持する第 2 のホスト材料とを含んで構成されている。

このような青色発光材料としては、特に限定されず、各種青色蛍光材料、青色燐光材料

50

を1種または2種以上組み合わせて用いることができる。

【0060】

青色蛍光材料としては、青色の蛍光を発するものであれば、特に限定されず、例えば、ジスチリル誘導体、フルオランテン誘導体、ピレン誘導体、ペリレンおよびペリレン誘導体、アントラセン誘導体、ベンゾオキサゾール誘導体、ベンゾチアゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、クリセン誘導体、フェナントレン誘導体、ジスチリルベンゼン誘導体、テトラフェニルブタジエン、4,4'-ビス(9-エチル-3-カルバゾピニレン)-1,1'-ビフェニル(BCzVBi)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-コ-(2,5-ジメトキシベンゼン-1,4-ジイル)]、ポリ[(9,9-ジヘキシルオキシフルオレン-2,7-ジイル)-オルト-コ-(2-メトキシ-5-{2-エトキシヘキシルオキシ}フェニレン-1,4-ジイル)]、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-コ-(エチルニルベンゼン)]等が挙げられ、これらのうち1種を単独でまたは2種以上を組み合わせて用いることもできる。

10

【0061】

青色燐光材料としては、青色の燐光を発するものであれば、特に限定されず、例えば、イリジウム、ルテニウム、白金、オスミウム、レニウム、パラジウム等の金属錯体が挙げられる。より具体的には、ビス[4,6-ジフルオロフェニルピリジネート-N, C^{2'}]-ピコリネート-イリジウム、トリス[2-(2,4-ジフルオロフェニル)ピリジネート-N, C^{2'}]-イリジウム、ビス[2-(3,5-トリフルオロメチル)ピリジネート-N, C^{2'}]-ピコリネート-イリジウム、ビス(4,6-ジフルオロフェニルピリジネート-N, C^{2'})イリジウム(アセチルアセトネート)が挙げられる。

20

また、青色発光層8に用いることのできる第2のホスト材料としては、前述した第1のホスト材料と同様のホスト材料を用いることができる。

【0062】

(緑色発光層)

緑色発光層(第3の発光層)9は、緑色(第3の色)に発光する緑色発光材料(第3の発光材料)と、緑色発光材料をゲスト材料とする第3のホスト材料とを含んで構成されている。

このような緑色発光材料としては、特に限定されず、各種緑色蛍光材料、緑色燐光材料を1種または2種以上組み合わせて用いることができる。

30

【0063】

緑色蛍光材料としては、緑色の蛍光を発するものであれば特に限定されず、例えば、クマリン誘導体、キナクリドンおよびその誘導体、9,10-ビス[(9-エチル-3-カルバゾール)-ピニレニル]-アントラセン、ポリ(9,9-ジヘキシル-2,7-ピニレンフルオレニレン)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-コ-(1,4-ジフェニレン-ピニレン-2-メトキシ-5-{2-エチルヘキシルオキシ}ベンゼン)]、ポリ[(9,9-ジオクチル-2,7-ジピニレンフルオレニレン)-オルト-コ-(2-メトキシ-5-(2-エトキシヘキシルオキシ)-1,4-フェニレン)]等が挙げられ、これらのうち1種を単独でまたは2種以上を組み合わせて用いることもできる。

40

【0064】

緑色燐光材料としては、緑色の燐光を発するものであれば特に限定されず、例えば、例えば、イリジウム、ルテニウム、白金、オスミウム、レニウム、パラジウム等の金属錯体が挙げられる。中でも、これら金属錯体の配位子の内の少なくとも1つが、フェニルピリジン骨格、ビピリジル骨格、ポルフィリン骨格等を持つものが好ましい。より具体的には、ファク-トリス(2-フェニルピリジン)イリジウム(Ir(ppy)₃)、ビス(2-フェニルピリジネート-N, C^{2'})イリジウム(アセチルアセトネート)、ファク-トリス[5-フルオロ-2-(5-トリフルオロメチル-2-ピリジン)フェニル-C, N]イリジウムが挙げられる。

また、緑色発光層9に用いることのできる第3のホスト材料としては、前述した第1の

50

ホスト材料と同様のホスト材料を用いることができる。

【0065】

(電子輸送層)

電子輸送層10は、陰極12から電子注入層11を介して注入された電子を緑色発光層9に輸送する機能を有するものである。

電子輸送層10の構成材料(電子輸送材料)としては、例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(Alq_3)等の8-キノリノールなしいその誘導体を配位子とする有機金属錯体などのキノリン誘導体、オキサジアゾール誘導体、ペリレン誘導体、ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、キノキサリン誘導体、ジフェニルキノン誘導体、ニトロ置換フルオレン誘導体等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を組み合わせ用

10

いることができる。
電子輸送層10の平均厚さは、特に限定されないが、0.5~100nm程度であるのが好ましく、1~50nm程度であるのがより好ましい。

【0066】

(電子注入層)

電子注入層11は、陰極12からの電子注入効率を向上させる機能を有するものである。

この電子注入層11の構成材料(電子注入材料)としては、例えば、各種の無機絶縁材料、各種の無機半導体材料が挙げられる。

【0067】

このような無機絶縁材料としては、例えば、アルカリ金属カルコゲナイド(酸化物、硫化物、セレン化物、テルル化物)、アルカリ土類金属カルコゲナイド、アルカリ金属のハロゲン化物およびアルカリ土類金属のハロゲン化物等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を組み合わせ用いることができる。これらを主材料として電子注入層を構成することにより、電子注入性をより向上させることができる。特にアルカリ金属化合物(アルカリ金属カルコゲナイド、アルカリ金属のハロゲン化物等)は仕事関数が非常に小さく、これを用いて電子注入層11を構成することにより、発光素子1は、高い輝度を得られるものとなる。

20

【0068】

アルカリ金属カルコゲナイドとしては、例えば、 Li_2O 、 LiO 、 Na_2S 、 Na_2Se 、 NaO 等が挙げられる。

30

アルカリ土類金属カルコゲナイドとしては、例えば、 CaO 、 BaO 、 SrO 、 BeO 、 BaS 、 MgO 、 $CaSe$ 等が挙げられる。

アルカリ金属のハロゲン化物としては、例えば、 CsF 、 LiF 、 NaF 、 KF 、 $LiCl$ 、 KCl 、 $NaCl$ 等が挙げられる。

【0069】

アルカリ土類金属のハロゲン化物としては、例えば、 CaF_2 、 BaF_2 、 SrF_2 、 MgF_2 、 BeF_2 等が挙げられる。

また、無機半導体材料としては、例えば、 Li 、 Na 、 Ba 、 Ca 、 Sr 、 Yb 、 Al 、 Ga 、 In 、 Cd 、 Mg 、 Si 、 Ta 、 Sb および Zn のうちの少なくとも1つの元素を含む酸化物、窒化物または酸化窒化物等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を組み合わせ用いることができる。

40

電子注入層11の平均厚さは、特に限定されないが、0.1~1000nm程度であるのが好ましく、0.2~100nm程度であるのがより好ましく、0.2~50nm程度であるのがさらに好ましい。

【0070】

(封止部材)

封止部材13は、陽極3、積層体15、および陰極12を覆うように設けられ、これらを気密的に封止し、酸素や水分を遮断する機能を有する。封止部材13を設けることにより、発光素子1の信頼性の向上や、変質・劣化の防止(耐久性向上)等の効果が得られる

50

。

封止部材 13 の構成材料としては、例えば、Al、Au、Cr、Nb、Ta、Ti またはこれらを含む合金、酸化シリコン、各種樹脂材料等を挙げることができる。なお、封止部材 13 の構成材料として導電性を有する材料を用いる場合には、短絡を防止するために、封止部材 13 と陽極 3、積層体 15、および陰極 12 との間には、必要に応じて、絶縁膜を設けるのが好ましい。

【0071】

また、封止部材 13 は、平板状として、基板 2 と対向させ、これらの間を、例えば熱硬化性樹脂等のシール材で封止するようにしてもよい。

以上のように構成された発光素子 1 によれば、第 1 の材料と第 2 の材料とを含んで構成された中間層 7 が赤色発光層 6 と青色発光層 8 との間での電子と正孔の輸送のバランスをとることができるため、赤色発光層 6 および青色発光層 8 をそれぞれ効率よく発光させることができる。このため、発光素子 1 は、発光効率が優れたものとなっている。

【0072】

特に、本実施形態では、第 2 の色の光は、第 1 の色の光よりも、その波長が短いものである。このような場合、一般の発光素子では、波長の短い光が発光層から放出されにくく、各発光層の発光バランスを取りにくい欠点があった。しかしながら、本発明では、上述したような中間層 7 により、波長の短い光を放出する層（本実施形態では青色発光層）に電子と正孔とを集中させることができる。このため、各発光層は、バランスよく発光できるものとなっており、発光素子 1 は、発光効率が優れたものとなっている。

また、本実施形態では、陽極 3 側から陰極 12 側へ、赤色発光層 6、中間層 7、青色発光層 8、緑色発光層 9 の順に設けることで、比較的簡単に、R（赤色）、G（緑色）、B（青色）をバランスよく発光させて、白色発光させることができる。

以上のような発光素子 1 は、例えば、次のようにして製造することができる。

【0073】

[1] まず、基板 2 を用意し、この基板 2 上に陽極 3 を形成する。

陽極 3 は、例えば、プラズマ CVD、熱 CVD のような化学蒸着法（CVD）、真空蒸着等の乾式メッキ法、電解メッキ等の湿式メッキ法、溶射法、ゾル・ゲル法、MOD 法、金属箔の接合等を用いて形成することができる。

[2] 次に、陽極 3 上に正孔注入層 4 を形成する。

正孔注入層 4 は、例えば、CVD 法や、真空蒸着、スパッタリング等の乾式メッキ法等を用いた気相プロセスにより形成することができる。

【0074】

また、正孔注入層 4 は、例えば、正孔注入材料を溶媒に溶解または分散媒に分散してなる正孔注入層形成用材料を、陽極 3 上に供給した後、乾燥（脱溶媒または脱分散媒）することによっても形成することができる。

正孔注入層形成用材料の供給方法としては、例えば、スピンコート法、ロールコート法、インクジェット印刷法等の各種塗布法を用いることもできる。かかる塗布法を用いることにより、正孔注入層 4 を比較的容易に形成することができる。

【0075】

正孔注入層形成用材料の調製に用いる溶媒または分散媒としては、例えば、各種無機溶媒や、各種有機溶媒、または、これらを含む混合溶媒等が挙げられる。

なお、乾燥は、例えば、大気圧または減圧雰囲気中での放置、加熱処理、不活性ガスの吹付け等により行うことができる。

また、本工程に先立って、陽極 3 の上面には、酸素プラズマ処理を施すようにしてもよい。これにより、陽極 3 の上面を親液性を付与すること、陽極 3 の上面に付着する有機物を除去（洗浄）すること、陽極 3 の上面付近の仕事関数を調整すること等を行うことができる。

ここで、酸素プラズマ処理の条件としては、例えば、プラズマパワー 100 ~ 800 W 程度、酸素ガス流量 50 ~ 100 mL/min 程度、被処理部材（陽極 3）の搬送速度 0

10

20

30

40

50

． 5 ～ 10 mm / sec 程度、基板 2 の温度 70 ～ 90 程度とするのが好ましい。

【 0076 】

[3] 次に、正孔注入層 4 上に正孔輸送層 5 を形成する。

正孔輸送層 5 は、例えば、CVD 法や、真空蒸着、スパッタリング等の乾式メッキ法等を用いた気相プロセスにより形成することができる。

また、正孔輸送材料を溶媒に溶解または分散媒に分散してなる正孔輸送層形成用材料を、正孔注入層 4 上に供給した後、乾燥（脱溶媒または脱分散媒）することによっても形成することができる。

【 0077 】

[4] 次に、正孔輸送層 5 上に、赤色発光層 6 を形成する。

赤色発光層 6 は、例えば、CVD 法や、真空蒸着、スパッタリング等の乾式メッキ法等を用いた気相プロセスにより形成することができる。

[5] 次に、赤色発光層 6 上に、中間層 7 を形成する。

中間層 7 は、例えば、CVD 法や、真空蒸着、スパッタリング等の乾式メッキ法等を用いた気相プロセスにより形成することができる。

【 0078 】

[6] 次に、中間層 7 上に、青色発光層 8 を形成する。

青色発光層 8 は、例えば、CVD 法や、真空蒸着、スパッタリング等の乾式メッキ法等を用いた気相プロセスにより形成することができる。

[7] 次に、青色発光層 8 上に、緑色発光層 9 を形成する。

緑色発光層 9 は、例えば、CVD 法や、真空蒸着、スパッタリング等の乾式メッキ法等を用いた気相プロセスにより形成することができる。

【 0079 】

[8] 次に、緑色発光層 9 上に電子輸送層 10 を形成する。

電子輸送層 10 は、例えば、CVD 法や、真空蒸着、スパッタリング等の乾式メッキ法等を用いた気相プロセスにより形成することができる。

また、電子輸送層 10 は、例えば、電子輸送材料を溶媒に溶解または分散媒に分散してなる電子輸送層形成用材料を、緑色発光層 9 上に供給した後、乾燥（脱溶媒または脱分散媒）することによっても形成することができる。

[9] 次に、電子輸送層 10 上に、電子注入層 11 を形成する。

電子注入層 11 の構成材料として無機材料を用いる場合、電子注入層 11 は、例えば、CVD 法や、真空蒸着、スパッタリング等の乾式メッキ法等を用いた気相プロセス、無機微粒子インクの塗布および焼成等を用いて形成することができる。

【 0080 】

[10] 次に、電子注入層 11 上に、陰極 12 を形成する。

陰極 12 は、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、金属箔の接合、金属微粒子インクの塗布および焼成等を用いて形成することができる。

以上のような工程を経て、発光素子 1 が得られる。

最後に、得られた発光素子 1 を覆うように封止部材 13 を被せ、基板 2 に接合する。

以上説明したような発光素子 1 は、例えば光源等として使用することができる。また、複数の発光素子 1 をマトリクス状に配置することにより、ディスプレイ装置（本発明の表示装置）を構成することができる。

なお、ディスプレイ装置の駆動方式としては、特に限定されず、アクティブマトリクス方式、パッシブマトリクス方式のいずれであってもよい。

【 0081 】

次に、本発明の表示装置を適用したディスプレイ装置の一例について説明する。

図 2 は、本発明の表示装置を適用したディスプレイ装置の実施形態を示す縦断面図である。

図 2 に示すディスプレイ装置 100 は、基板 21 と、サブ画素 100R、100G、100B に対応して設けられた複数の発光素子 1R、1G、1B およびカラーフィルタ 19

10

20

30

40

50

R、19G、19Bと、各発光素子1R、1G、1Bをそれぞれ駆動するための複数の駆動用トランジスタ24とを有している。ここで、ディスプレイ装置100は、トップエミッション構造のディスプレイパネルである。

【0082】

基板21上には、複数の駆動用トランジスタ24が設けられ、これらの駆動用トランジスタ24を覆うように、絶縁材料で構成された平坦化層22が形成されている。

各駆動用トランジスタ24は、シリコンからなる半導体層241と、半導体層241上に形成されたゲート絶縁層242と、ゲート絶縁層242上に形成されたゲート電極243と、ソース電極244と、ドレイン電極245とを有している。

平坦化層上には、各駆動用トランジスタ24に対応して発光素子1R、1G、1Bが設けられている。

10

【0083】

発光素子1Rは、平坦化層22上に、反射膜32、腐食防止膜33、陽極3、積層体(有機EL発光部)15、陰極12、陰極カバー34がこの順に積層されている。本実施形態では、各発光素子1R、1G、1Bの陽極3は、画素電極を構成し、各駆動用トランジスタ24のドレイン電極245に導電部(配線)27により電氣的に接続されている。また、各発光素子1R、1G、1Bの陰極12は、共通電極とされている。

【0084】

なお、発光素子1G、1Bの構成は、発光素子1Rの構成と同様である。また、図2では、図1と同様の構成に関しては、同一符号を付してある。また、反射膜32の構成(特性)は、光の波長に応じて、発光素子1R、1G、1B間で異なってもよい。

20

隣接する発光素子1R、1G、1B同士の間には、隔壁31が設けられている。また、これらの発光素子1R、1G、1B上には、これらを覆うように、エポキシ樹脂で構成されたエポキシ層35が形成されている。

【0085】

カラーフィルタ19R、19G、19Bは、前述したエポキシ層35上に、発光素子1R、1G、1Bに対応して設けられている。

カラーフィルタ19Rは、発光素子1Rからの白色光Wを赤色に変換するものである。また、カラーフィルタ19Gは、発光素子1Gからの白色光Wを緑色に変換するものである。また、カラーフィルタ19Bは、発光素子1Bからの白色光Wを青色に変換するものである。このようなカラーフィルタ19R、19G、19Bを発光素子1R、1G、1Bと組み合わせて用いることで、フルカラー画像を表示することができる。

30

【0086】

また、隣接するカラーフィルタ19R、19G、19B同士の間には、遮光層36が形成されている。これにより、意図しないサブ画素100R、100G、100Bが発光するのを防止することができる。

そして、カラーフィルタ19R、19G、19Bおよび遮光層36上には、これらを覆うように封止基板20が設けられている。

【0087】

以上説明したようなディスプレイ装置100は、単色表示であってもよく、各発光素子1R、1G、1Bに用いる発光材料を選択することにより、カラー表示も可能である。

40

このようなディスプレイ装置100(本発明の表示装置)は、各種の電子機器に組み込むことができる。

図3は、本発明の電子機器を適用したモバイル型(またはノート型)のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図である。

【0088】

この図において、パーソナルコンピュータ1100は、キーボード1102を備えた本体部1104と、表示部を備える表示ユニット1106とにより構成され、表示ユニット1106は、本体部1104に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。

このパーソナルコンピュータ1100において、表示ユニット1106が備える表示部

50

が前述のディスプレイ装置 100 で構成されている。

【0089】

図 4 は、本発明の電子機器を適用した携帯電話機（PHS も含む）の構成を示す斜視図である。

この図において、携帯電話機 1200 は、複数の操作ボタン 1202、受話口 1204 および送話口 1206 とともに、表示部を備えている。

携帯電話機 1200 において、この表示部が前述のディスプレイ装置 100 で構成されている。

【0090】

図 5 は、本発明の電子機器を適用したデジタルスチルカメラの構成を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。

ここで、通常のカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルスチルカメラ 1300 は、被写体の光像を CCD（Charge Coupled Device）などの撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

デジタルスチルカメラ 1300 におけるケース（ボディー）1302 の背面には、表示部が設けられ、CCD による撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、被写体を電子画像として表示するファインダとして機能する。

【0091】

デジタルスチルカメラ 1300 において、この表示部が前述のディスプレイ装置 100 で構成されている。

ケースの内部には、回路基板 1308 が設置されている。この回路基板 1308 は、撮像信号を格納（記憶）し得るメモリが設置されている。

また、ケース 1302 の正面側（図示の構成では裏面側）には、光学レンズ（撮像光学系）や CCD などを含む受光ユニット 1304 が設けられている。

撮影者が表示部に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン 1306 を押下すると、その時点における CCD の撮像信号が、回路基板 1308 のメモリに転送・格納される。

【0092】

また、このデジタルスチルカメラ 1300 においては、ケース 1302 の側面に、ビデオ信号出力端子 1312 と、データ通信用の入出力端子 1314 とが設けられている。そして、図示のように、ビデオ信号出力端子 1312 にはテレビモニタ 1430 が、データ通信用の入出力端子 1314 にはパーソナルコンピュータ 1440 が、それぞれ必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、回路基板 1308 のメモリに格納された撮像信号が、テレビモニタ 1430 や、パーソナルコンピュータ 1440 に出力される構成になっている。

【0093】

なお、本発明の電子機器は、図 3 のパーソナルコンピュータ（モバイル型パーソナルコンピュータ）、図 4 の携帯電話機、図 5 のデジタルスチルカメラの他にも、例えば、テレビや、ビデオカメラ、ビューファインダ型、モニタ直視型のビデオテープレコーダ、ラップトップ型パーソナルコンピュータ、カーナビゲーション装置、ページャ、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニタ、電子双眼鏡、POS 端末、タッチパネルを備えた機器（例えば金融機関のキャッシュディスプレイ、自動券売機）、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電表示装置、超音波診断装置、内視鏡用表示装置）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、フライトシュミレータ、その他各種モニタ類、プロジェクター等の投射型表示装置等に適用することができる。

【0094】

以上、本発明の発光素子、表示装置および電子機器を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらに限定されるものでない。

10

20

30

40

50

例えば、前述した実施形態では、発光素子が3層の発光層を有するものについて説明したが、発光層が2層または4層以上であってもよい。また、発光層の発光色としては、前述した実施形態のR、G、Bに限定されない。発光層が2層または4層以上である場合でも、各発光層の発光スペクトルを適宜設定することで、白色発光させることができる。

また、中間層は、発光層同士の少なくとも1つの層間に設けられていればよく、2層以上の中間層を有していてもよい。

【実施例】

【0095】

次に、本発明の具体的実施例について説明する。

1. 発光素子の製造

10

(実施例1)

<1> まず、平均厚さ0.5mmの透明なガラス基板を用意した。次に、この基板の上に、スパッタ法により、平均厚さ50nmのITO電極(陽極)を形成した。

そして、基板をアセトン、2-プロパノールの順に浸漬し、超音波洗浄した後、酸素プラズマ処理を施した。

【0096】

<2> 次に、ITO電極上に、LG101(LGケミカル社製)を真空蒸着法により蒸着させ、平均厚さ30nmの正孔注入層を形成した。

<3> 次に、正孔注入層上に、前記化1に表わされるN,N'-ビス(1-ナフチル)-N,N'-ジフェニル[1,1'-ピフェニル]-4,4'-ジアミン(-NPD)を真空蒸着法により蒸着させ、平均厚さ20nmの正孔輸送層を形成した。

20

【0097】

<4> 次に、正孔輸送層上に、赤色発光層の構成材料を真空蒸着法により蒸着させ、平均厚さ10nmの赤色発光層(第1の発光層)を形成した。赤色発光層の構成材料としては、赤色発光材料(ゲスト材料)として前記化1で表わされるテトラアリアルジインデノペリレン誘導体(RD-1)を用い、ホスト材料としてルブレン(RB)を用いた。また、赤色発光層中の発光材料(ドーパント)の含有量(ドーブ濃度)は、1.5wt%とした。

【0098】

<5> 次に、赤色発光層上に、中間層の構成材料を真空蒸着法により蒸着させ、平均厚さ15nmの中間層を形成した。中間層の構成材料としては、第1の材料として前記化5で表わされる、-MADN(アセン系材料)を用い、第2の材料として前述した化6で表される-NPD(アミン系材料)を用いた。また、中間層中における第1の材料の含有量は、50wt%とし、中間層中における第2の材料の含有量は、50wt%とした。

30

【0099】

<6> 次に、中間層上に、青色発光層の構成材料を真空蒸着法により蒸着させ、平均厚さ10nmの青色発光層(第2の発光層)を形成した。青色発光層の構成材料としては、青色発光材料としてBD102(出光興産社製)を用い、ホスト材料として2-t-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(TBADN)を用いた。また、青色発光層中の青色発光材料(ドーパント)の含有量(ドーブ濃度)は、9.0wt%とした。

40

【0100】

<7> 次に、青色発光層上に、緑色発光層の構成材料を真空蒸着法により蒸着させ、平均厚さ30nmの緑色発光層(第3の発光層)を形成した。緑色発光層の構成材料としては、緑色発光材料(ゲスト材料)としてキナクリドンを用い、ホスト材料としてトリス(8-キノリノラト)アルミニウム(Alq₃)を用いた。また、緑色発光層中の緑色発光材料(ドーパント)の含有量(ドーブ濃度)は、3.0wt%とした。

<8> 次に、緑色発光層上に、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(Alq₃)を真空蒸着法により成膜し、平均厚さ20nmの電子輸送層を形成した。

50

【0101】

< 9 > 次に、電子輸送層上に、フッ化リチウム (LiF) を真空蒸着法により成膜し、平均厚さ 1 nm の電子注入層を形成した。

< 10 > 次に、電子注入層上に、Al を真空蒸着法により成膜した。これにより、Al で構成される平均厚さ 200 nm の陰極を形成した。

< 11 > 次に、形成した各層を覆うように、ガラス製の保護カバー (封止部材) を被せ、エポキシ樹脂により固定、封止した。

以上の工程により、図 1 に示すような発光素子を製造した。

【0102】

(実施例 2)

前述した化 4 で表される TBADN (アセン系材料) を第 1 の材料として用いて中間層を形成した以外は、前述した実施例 1 と同様にして発光素子を製造した。

(比較例)

前述した化 4 で表される 2 - メチル - 9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (MADN) を第 1 の材料として用いて中間層を形成した以外は、前述した実施例 1 と同様にして発光素子を製造した。

【0103】

2 . 放射輝度 (発光効率) の評価

各実施例および比較例について、直流電源を用いて発光素子に $18 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の定電流を流し、輝度計を用いて放射輝度 (初期の放射輝度) を測定した。なお、各実施例および比較例において、放射輝度をそれぞれ 5 個の発光素子について測定した。また、放射輝度としたのは、発光スペクトルの形状によらず、発光強度を評価するためである。

表 1 に、各実施例および比較例の赤色発光層、青色発光層のホスト材料、中間層の構成および HOMO、LUMO のエネルギー準位、また、上記の放射輝度の評価の結果を示す。但し、表中の X1 ~ X3 および Y1、Y2 は、それぞれ、下記式によって求められる値である。

【0104】

$$X1 = |HL_A - HL_C| - |HL_B - HL_C|$$

$$X2 = |HL_A - HL_C|$$

$$X3 = |HL_B - HL_C|$$

$$Y1 = LL_A - LL_B$$

$$Y2 = |LL_A - LL_D|$$

【0105】

10

20

30

【表 1】

表 1

	赤色発光層		中間層					青色発光層			X1	X2	X3	Y1	Y2	放射輝度 [W/(m ² ・sr)]
	第1のホスト材料	HL _C [eV]	第1の材料	HL _A [eV]	LL _A [eV]	第2の材料	HL _B [eV]	LL _B [eV]	第2のホスト材料	LL ₀ [eV]						
実施例 1	R B	5.4	α, α ⁻ MADN	5.8	2.8	α NPD	5.5	2.4	TBADN	2.9	0.3	0.4	0.1	0.4	0.1	2.22
実施例 2	R B	5.4	TBADN	5.8	2.9	α NPD	5.5	2.4	TBADN	2.9	0.3	0.4	0.1	0.5	0	2.20
比較例 1	R B	5.4	MADN	5.6	2.6	α NPD	5.5	2.4	TBADN	2.9	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	2.05

10

20

30

40

表 1 から明らかなように、各実施例の発光素子は、基準となる比較例の発光素子に比して一定の電流下での放射輝度が高いものであった。すなわち、各実施例の発光素子は、発光効率優れているものであった。

【図面の簡単な説明】

【0107】

【図 1】本発明の発光素子の好適な実施形態の縦断面を模式的に示す図である。

【図 2】本発明の表示装置を適用したディスプレイ装置の実施形態を示す縦断面図である。

【図 3】本発明の電子機器を適用したモバイル型（またはノート型）のパーソナルコンピュータの構成を示す斜視図である。

10

【図 4】本発明の電子機器を適用した携帯電話機（PHSも含む）の構成を示す斜視図である。

【図 5】本発明の電子機器を適用したデジタルスチルカメラの構成を示す斜視図である。

【符号の説明】

【0108】

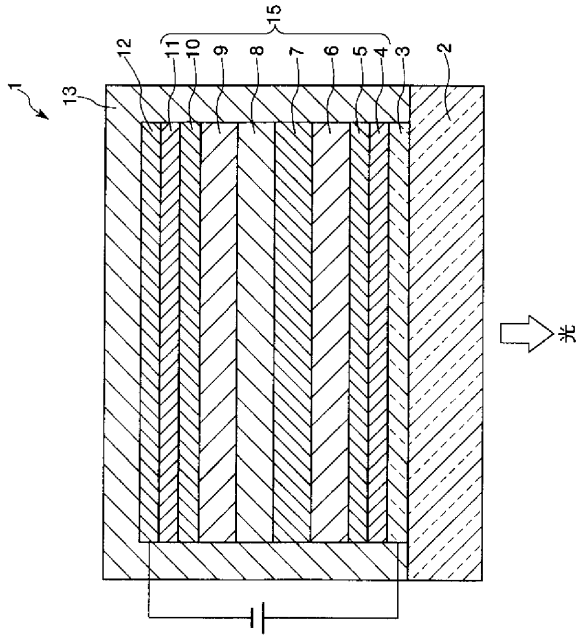
1、1 B、1 G、1 R ... 発光素子 2 ... 基板 3 ... 陽極 4 ... 正孔注入層 5 ... 正孔輸送層 6 ... 赤色発光層（第 1 の発光層） 7 ... 中間層 8 ... 青色発光層（第 2 の発光層） 9 ... 緑色発光層（第 3 の発光層） 10 ... 電子輸送層 11 ... 電子注入層 12 ... 陰極 13 ... 封止部材 15 ... 積層体 19 B、19 G、19 R ... カラーフィルタ 100 ... ディ스플레이装置 100 B、100 G、100 R ... サブ画素 20 ... 封止基板 21 ... 基板 22 ... 平坦化層 24 ... 駆動用トランジスタ 24 1 ... 半導体層 24 2 ... ゲート絶縁層 24 3 ... ゲート電極 24 4 ... ソース電極 24 5 ... ドレイン電極 27 ... 配線 31 ... 隔壁 32 ... 反射膜 33 ... 腐食防止膜 34 ... 陰極カバー 35 ... エポキシ層 36 ... 遮光層

1100 ... パーソナルコンピュータ 1102 ... キーボード 1104 ... 本体部 1106 ... 表示ユニット 1200 ... 携帯電話機 1202 ... 操作ボタン 1204 ... 受話口 1206 ... 送話口 1300 ... デジタルスチルカメラ 1302 ... ケース（ボディ） 1304 ... 受光ユニット 1306 ... シャッターボタン 1308 ... 回路基板 1312 ... ビデオ信号出力端子 1314 ... データ通信用の入出力端子 1430 ... テレビモニタ 1440 ... パーソナルコンピュータ

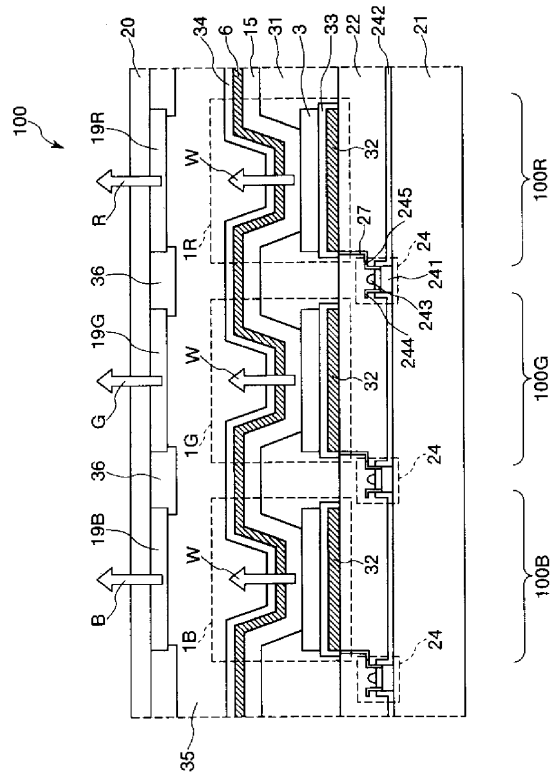
20

30

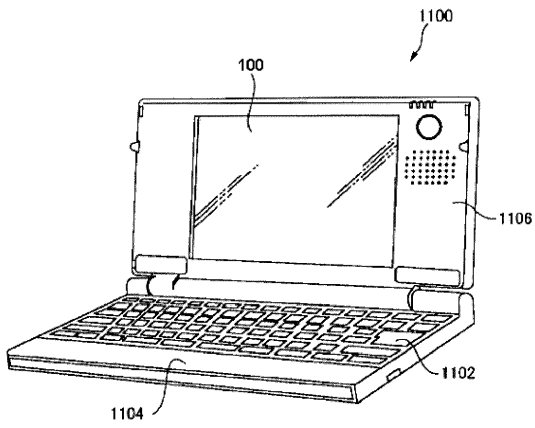
【 図 1 】



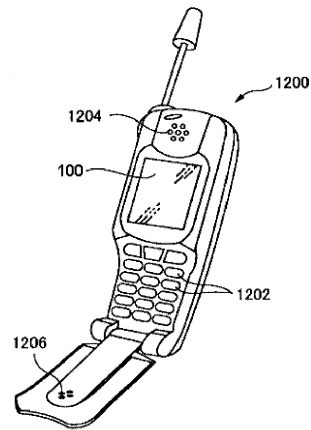
【 図 2 】



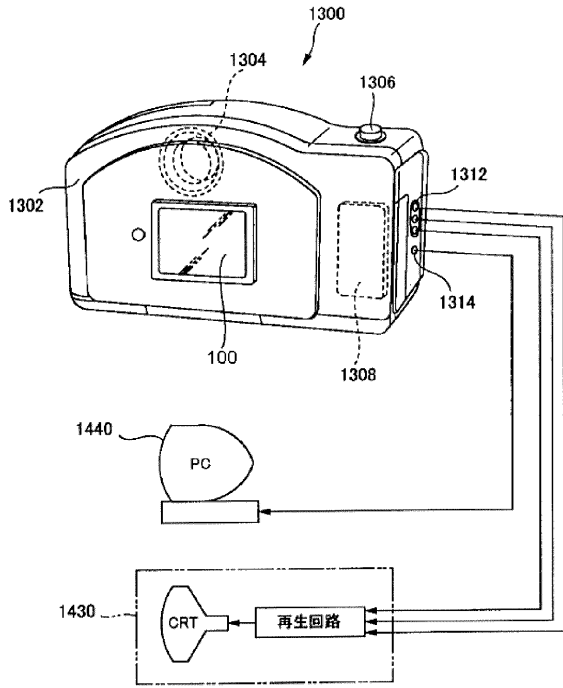
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

【要約の続き】

【選択図】図1