

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5181019号
(P5181019)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

(51) Int.Cl. F I
HO 1 L 51/50 (2006.01) HO 5 B 33/14 A
GO 9 F 9/30 (2006.01) HO 5 B 33/22 C
HO 1 L 27/32 (2006.01) HO 5 B 33/22 D
 HO 5 B 33/22 A
 GO 9 F 9/30 3 6 5 Z

請求項の数 13 (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2010-507120 (P2010-507120)
 (86) (22) 出願日 平成20年12月4日(2008.12.4)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2008/072067
 (87) 国際公開番号 W02009/125519
 (87) 国際公開日 平成21年10月15日(2009.10.15)
 審査請求日 平成22年10月6日(2010.10.6)
 (31) 優先権主張番号 PCT/JP2008/056900
 (32) 優先日 平成20年4月7日(2008.4.7)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000005016
 パイオニア株式会社
 神奈川県川崎市幸区新小倉1番1号
 (74) 代理人 100104503
 弁理士 益田 博文
 (72) 発明者 小山田 崇人
 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番2号 パ
 イオニア株式会社 総合研究所内
 審査官 中山 佳美

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子及び表示パネル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

透明又は半透明な第1電極と、
 前記第1電極と対をなす光を反射する第2電極と、
 前記第1電極から取り出されたホールと、前記第2電極から取り出された電子との再結合によって発光する光電変換層を備える有機半導体層とを有し、
 前記有機半導体層は、
 前記第1電極と前記光電変換層との間に、銀又は金を少なくとも成分の一部として含有するとともに部分的に光を反射しかつ透過性を有する光取り出し向上層と、
 前記第1電極上に形成されており前記第1電極からホールを取り出し易くするホール注入層と、
 前記ホール注入層によって取り出されたホールを前記光電変換層に輸送するホール輸送層と、
 を備え、
 前記光取り出し向上層は、
 前記有機半導体層内にて、イオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の強いアクセプター性を有する有機半導体材料、酸化物、フッ化物又は無機化合物を含有する機能層に当該光取り出し向上層の陰極側で接している又は陰極側と陽極側の両方で接触して挟み込まれているとともに、
イオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の前記強いアクセプター性材料を含有し、それ

10

20

ぞれアクセプター材料を含まない前記ホール注入層と前記ホール輸送層との間に形成されている

ことを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

請求項 1 記載の発光素子において、

前記光取り出し向上層は、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、タングステン酸化物、ゲルマニウム酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、亜鉛酸化物を含む導電性酸化物、または酸化物半導体、キノジメタン誘導体、ホウ素化合物を含む有機分子若しくは有機化合物、または塩化鉄、塩化アンチモン、フッ化アンチモンを含む金属塩化合物、あるいはこれらの材料と有機半導体材料を混合した材料により構成されている

10

ことを特徴とする発光素子。

【請求項 3】

請求項 1 記載の発光素子において、

前記有機半導体材料は、キノジメタン誘導体又はホウ素化合物である

ことを特徴とする発光素子。

【請求項 4】

請求項 1 記載の発光素子において、

前記酸化物は、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、亜鉛酸化物又はゲルマニウム酸化物である

ことを特徴とする発光素子。

20

【請求項 5】

請求項 1 記載の発光素子において、

前記無機化合物は、ハロゲン化物金属の金属塩化合物である

ことを特徴とする発光素子。

【請求項 6】

請求項 1 記載の発光素子において、

前記光取り出し向上層は、イオン化ポテンシャルが 5.5 eV 以上の前記強いアクセプター性材料とホール輸送材料とを混合した薄膜である

ことを特徴とする発光素子。

30

【請求項 7】

請求項 1 記載の発光素子において、

前記第 2 電極から電子を取り出し易くする電子注入層と、

前記電子注入層によって取り出された電子を前記光電変換層に輸送する電子輸送層とを有することを特徴とする発光素子。

【請求項 8】

請求項 1 記載の発光素子において、

前記光取り出し向上層の膜厚が 1 nm 以上 50 nm 以下である

ことを特徴とする発光素子。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の発光素子において、

前記光電変換層の発光スペクトルの半値幅が 1 nm 以上 80 nm 以下、あるいは前記発光スペクトルの最大発光強度が 1 となるように規格化した場合の波長 1 nm ごとの発光強度の総和である発光スペクトル面積が、1 以上 80 以下である

ことを特徴とする発光素子。

40

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の発光素子において、

前記光取り出し向上層は、不連続部を有する

ことを特徴とする発光素子。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の発光素子において、

50

前記不連続部は、前記光取り出し向上層の前記第 1 電極上以外の領域に形成されていることを特徴とする発光素子。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の発光素子において、

前記光取り出し向上層は、前記第 1 電極上以外の領域に、抵抗値を増大させた抵抗増大部を有する

ことを特徴とする発光素子。

【請求項 1 3】

透明又は半透明な第 1 電極と、

前記第 1 電極と対をなす光を反射する第 2 電極と、

前記第 1 電極から取り出されたホールと、前記第 2 電極から取り出された電子との再結合によって発光する光電変換層を備える有機半導体層とを有し、

前記有機半導体層が、

前記第 1 電極と前記光電変換層との間に、銀又は金を少なくとも成分の一部として含有するとともに部分的に光を反射しかつ透過性を有する光取り出し向上層と、

前記第 1 電極上に形成されており前記第 1 電極からホールを取り出し易くするホール注入層と、

前記ホール注入層によって取り出されたホールを前記光電変換層に輸送するホール輸送層と、

を備え、

前記光取り出し向上層は、

前記有機半導体層内にて、イオン化ポテンシャルが 5 . 5 e V 以上の強いアクセプター性を有する有機半導体材料、酸化物、フッ化物又は無機化合物を含有する機能層に当該光取り出し向上層の陰極側で接している又は陰極側と陽極側の両方で接触して挟み込まれているとともに、

イオン化ポテンシャルが 5 . 5 e V 以上の前記強いアクセプター性材料を含有し、それぞれアクセプター材料を含まない前記ホール注入層と前記ホール輸送層との間に形成されている、

発光素子によって各画素が構成されていることを特徴とする表示パネル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一対の電極の間に与えた印加電圧に応じて発光層を発光させる発光素子等に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、フラットパネルディスプレイの 1 つとして有機エレクトロルミネッセンス（以下「EL」と省略する）現象を利用して画像を表示する有機 EL ディスプレイの開発が盛んに行われている。

【0003】

有機 EL ディスプレイは、有機電界発光素子の発光現象を利用して画像を表示する自発光型のディスプレイであるため、視野角が広く消費電力が小さく、かつ軽量で薄く構成することができる点が特徴である。有機電界発光素子は、2 つの電極の間に有機半導体層が形成されており、この有機半導体層の一部には発光層が形成されている（特許文献 1 参照）。

【0004】

従来の有機 EL ディスプレイでは、各有機電界発光素子の内部において発光層が生成した光は、基板や有機半導体層内においてその層が延びる方向（横方向）に光導波しており、その割合は約 80 % にも到達する。そのため従来の有機電界発光素子は、有機ディスプレイの正面方向への光取り出し効率は一般的に 20 % 程度に留まっており光取り出し効率

10

20

30

40

50

が悪く、輝度を上げることが困難であった。

【0005】

このため、有機半導体層内に、発光層からの光取り出し効率を向上させるべく機能層（以下「光取り出し向上層」と称する）を設けた有機電界発光素子が従来より知られている（例えば特許文献2及び特許文献3参照）。この従来技術では、Agを少なくとも成分の一部として含有する光取り出し向上層を透明電極に接して形成した構成が開示されている。

【特許文献1】特開2007-12369号公報

【特許文献2】特開2008-28371号公報（表6、第2図）

【特許文献3】特開2008-59905号公報（第2図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、このような光取り出し向上層を設けた場合には、この光取り出し向上層に隣接するその他の有機半導体層との電荷注入壁が増大し、素子の駆動電圧が上昇、且つキャリアバランス変化に伴う輝度低下が生ずることも考えられる。また上述したように、上記特許文献2及び3に記載の従来技術には、Agを少なくとも成分の一部として含有する光取り出し向上層を透明電極に接して形成した構成が開示されているが、この場合、透明電極の屈折率nの値は約2.0以上と大きく、光は屈折率nが高い方向に導波する性質を有するため、発光強度の利得が少なくなる。特に、透明電極とAg層との屈折率差が大きい

【0007】

本発明が解決しようとする課題には、上記した問題が一例として挙げられる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、請求項1記載の発明は、透明又は半透明な第1電極と、前記第1電極と対をなす光を反射する第2電極と、前記第1電極から取り出されたホールと、前記第2電極から取り出された電子との再結合によって発光する光電変換層を備える有機半導体層とを有し、前記有機半導体層は、前記第1電極と前記光電変換層との間に、銀又は金を少なくとも成分の一部として含有するとともに部分的に光を反射しかつ透過性を有する光取り出し向上層と、前記第1電極上に形成されており前記第1電極からホールを取り出し易くするホール注入層と、前記ホール注入層によって取り出されたホールを前記光電変換層に輸送するホール輸送層と、を備え、前記光取り出し向上層は、前記有機半導体層内にて、イオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の強いアクセプター性を有する有機半導体材料、酸化物、フッ化物又は無機化合物を含有する機能層に当該光取り出し向上層の陰極側で接している又は陰極側と陽極側の両方で接触して挟み込まれているとともに、イオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の前記強いアクセプター性材料を含有し、それぞれアクセプター材料を含まない前記ホール注入層と前記ホール輸送層との間に形成されている。

【0009】

上記課題を解決するために、請求項13記載の発明は、透明又は半透明な第1電極と、前記第1電極と対をなす光を反射する第2電極と、前記第1電極から取り出されたホールと、前記第2電極から取り出された電子との再結合によって発光する光電変換層を備える有機半導体層とを有し、前記有機半導体層が、前記第1電極と前記光電変換層との間に、銀又は金を少なくとも成分の一部として含有するとともに部分的に光を反射しかつ透過性を有する光取り出し向上層と、前記第1電極上に形成されており前記第1電極からホールを取り出し易くするホール注入層と、前記ホール注入層によって取り出されたホールを前記光電変換層に輸送するホール輸送層と、を備え、前記光取り出し向上層は、前記有機半導体層内にて、イオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の強いアクセプター性を有する有

10

20

30

40

50

機半導体材料、酸化物、フッ化物又は無機化合物を含有する機能層に当該光取り出し向上層の陰極側で接している又は陰極側と陽極側の両方で接触して挟み込まれているとともに、イオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の前記強いアクセプター性材料を含有し、それぞれアクセプター材料を含まない前記ホール注入層と前記ホール輸送層との間に形成されている、発光素子によって各画素が構成されている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の一実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

【0011】

図1は、第1実施形態としての発光素子が表示パネルの有機電界発光素子3に適用された場合の一例を示す部分断面図である。なお各層の厚さは説明の都合上簡素化しているが、これに限られない。

【0012】

有機電界発光素子3は有機半導体素子の一例であり、例えば赤色、緑色及び青色に対応させて各々形成される。図示の有機電界発光素子3は1画素を構成している。

【0013】

有機電界発光素子3は、例えばボトムエミッション型の有機電界発光素子であり、例えば赤色、緑色及び青色の各画素に対応させて各々形成される。有機電界発光素子3は、ガラス基板45上に、陽極46、ホール注入層47、光取り出し向上層99、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、電子注入層51及び陰極52が順次積層された構造となっている。なお有機電界発光素子3は、発光層49内に電荷及び励起子を各々閉じ込めるための電荷及び励起子拡散層が積層された構造を採用しても良い。

【0014】

陽極46上には、隣り合う有機電界発光素子3間に、1画素の発光エリアを限定するための発光エリア限定層54が形成されている。この発光エリア限定層54は、絶縁材料で構成されている。

【0015】

ガラス基板45は、透明、半透明又は不透明な材質によって構成されている。上記陽極46は第1電極に相当し、ガラス基板45に沿って覆うように形成されている。この陽極46は、後述する発光層49に対してホールを供給する機能を有する。陽極46は、本実施形態では、主としてITO(Indium Tin Oxide)を材質とした金属電極であるものとする。なお、これ以外にも、例えばAu、Ag、Cu又はIZO(Indium Zinc Oxide)を材質としても良く、それらの合金も採用することができる。またその他にも陽極46は、Al、Mo、Ti、Mg又はPtなどを採用することができる。

【0016】

このホール注入層47は、この陽極46からホールを取り出し易くする機能を有する。このホール注入層47は、例えば、正孔注入層としては、特に限定はないが、銅フタロシアニン等の金属フタロシアニン類および無金属フタロシアニン類、カーボン膜、ポリアニリン等の導電性ポリマーを好適に採用することができる。上記ホール輸送層48は、ホール注入層47によって陽極46から取り出されたホールを発光層49に輸送する機能を有する。このホール輸送層48は、例えば、正孔輸送性を有する有機化合物として、N, N, N', N' - テトラフェニル - 4, 4' - ジアミノフェニル、N, N' - ジフェニル - N, N' - ジ(3 - メチルフェニル) - 4, 4' - ジアミノビフェニル、2, 2 - ビス(4 - ジ - p - トリルアミノフェニル)プロパン、N, N, N', N' - テトラ - p - トリル - 4, 4' - ジアミノビフェニル、ビス(4 - ジ - p - トリルアミノフェニル)フェニルメタン、N, N' - ジフェニル - N, N' - ジ(4 - メトキシフェニル) - 4, 4' - ジアミノビフェニル、N, N, N', N' - テトラフェニル - 4, 4' - ジアミノジフェニルエーテル、4, 4' - ビス(ジフェニルアミノ)クオードリフェニル、4 - N, N -

10

20

30

40

50

ジフェニルアミノ - (2 - ジフェニルビニル) ベンゼン、 3 - メトキシ - 4 ' - N , N - ジフェニルアミノスチルベンゼン、 N - フェニルカルバゾール、 1 , 1 - ビス (4 - ジ - p - トリアミノフェニル) - シクロヘキサン、 1 , 1 - ビス (4 - ジ - p - トリアミノフェニル) - 4 - フェニルシクロヘキサン、 ビス (4 - ジメチルアミノ - 2 - メチルフェニル) - フェニルメタン、 N , N , N - トリ (p - トリル) アミン、 4 - (ジ - p - トリルアミノ) - 4 ' - [4 (ジ - p - トリルアミノ) スチリル] スチルベン、 N , N , N ' , N ' - テトラ - p - トリル - 4 , 4 ' - ジアミノ - ビフェニル、 N , N , N ' , N ' - テトラフェニル - 4 , 4 ' - ジアミノ - ビフェニル N - フェニルカルバゾール、 4 , 4 ' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニル - アミノ] ビフェニル、 4 , 4 ' ' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニル - アミノ] p - ターフェニル、 4 , 4 ' - ビス [N - (2 - ナフチル) - N - フェニル - アミノ] ビフェニル、 4 , 4 ' - ビス [N - (3 - アセナフテニル) - N - フェニル - アミノ] ビフェニル、 1 , 5 - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニル - アミノ] ナフタレン、 4 , 4 ' - ビス [N - (9 - アントリル) - N - フェニル - アミノ] ビフェニル、 4 , 4 ' ' - ビス [N - (1 - アントリル) - N - フェニル - アミノ] p - ターフェニル、 4 , 4 ' - ビス [N - (2 - フェナントリル) - N - フェニル - アミノ] ビフェニル、 4 , 4 ' - ビス [N - (8 - フルオランテニル) - N - フェニル - アミノ] ビフェニル、 4 , 4 ' - ビス [N - (2 - ピレニル) - N - フェニル - アミノ] ビフェニル、 4 , 4 ' - ビス [N - (2 - ペリレニル) - N - フェニル - アミノ] ビフェニル、 4 , 4 ' - ビス [N - (1 - コロネニル) - N - フェニル - アミノ] ビフェニル、 2 , 6 - ビス (ジ - p - トリルアミノ) ナフタレン、 2 , 6 - ビス [ジ - (1 - ナフチル) アミノ] ナフタレン、 2 , 6 - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - (2 - ナフチル) アミノ] ナフタレン、 4 , 4 ' ' - ビス [N , N - ジ (2 - ナフチル) アミノ] ターフェニル、 4 , 4 ' - ビス { N - フェニル - N - [4 - (1 - ナフチル) フェニル] アミノ } ビフェニル、 4 , 4 ' - ビス [N - フェニル - N - (2 - ピレニル) - アミノ] ビフェニル、 2 , 6 - ビス [N , N - ジ (2 - ナフチル) アミノ] フルオレン、 4 , 4 ' ' - ビス (N , N - ジ - p - トリルアミノ) ターフェニル、 ビス (N - 1 - ナフチル) (N - 2 - ナフチル) アミン等が挙げられる。また、このホール輸送材質はホール注入層を兼ねる事ができる材質でもある。

【 0 0 1 7 】

光取り出し向上層 9 9 は、ホール注入層 4 7 とホール輸送層 4 8 との間に形成されている。光取り出し向上層 9 9 は、例えば銀又は金を少なくとも成分の一部として含有するとともに部分的に光を反射しかつ透過性を有する。光取り出し向上層 9 9 は、機能層としてのこれらホール注入層 4 7 とホール輸送層 4 8 によって挟み込まれており、ホール注入層 4 7 またはホール輸送層 4 8 の界面でオーミックコンタクトさせることで、駆動電圧の上昇を抑制することができる。なおここでいう機能層は、後述する混合系の各層によっても同様の効果を発揮することができるばかりでなく、薄膜内部で電荷移動錯体の形成などによるキャリア濃度の向上に伴う導電性構造が考えられ、さらに駆動電圧を低下させることができる。この光取り出し向上層 9 9 の詳細については後述する。

【 0 0 1 8 】

このホール輸送層 4 8 は、ホール注入層 4 7 と発光層 4 9 の間に形成されており、その材質である N P B がホール移動度を持つホール輸送性の材料として一般的であるが、本実施形態では発光効率向上又は発光効率低下抑止層という機能を発揮する。

【 0 0 1 9 】

上記発光層 4 9 は光電変換層に相当し、例えば有機物を材質としており、電界発光現象、つまり、いわゆるエレクトロルミネッセンス (E L : E l e c t r o l u m i n e s c e n c e) 現象を使った発光素子である。この発光層 4 9 は、複数の電極 4 6 , 5 2 の間のいずれかに積層されており、印加電圧によって複数の電極 4 6 , 5 2 の間に生じた電界によって発光する機能を有する。この発光層 4 9 は、その外部から電界を用いて受け取ったエネルギーに基づく光を放出する現象を利用し、自ら光を出力する。

【 0 0 2 0 】

10

20

30

40

50

電子輸送層 50 は、発光層 49 と電子注入層 51 との間に形成されている。電子輸送層 50 は、電子注入層 51 によって陰極 52 から取り出された電子を効率的に発光層 49 に輸送する。例えば、発光層 49 や電子輸送性有機半導体層の主成分の電子輸送性を有する有機化合物としては、p-テルフェニルやクアテルフェニル等の多環化合物およびそれらの誘導体、ナフタレン、テトラセン、ピレン、コロネン、クリセン、アントラセン、ジフェニルアントラセン、ナフタセン、フェナントレン等の縮合多環炭化水素化合物及びそれらの誘導体、フェナントロリン、バソフェナントロリン、フェナントリジン、アクリジン、キノリン、キノキサリン、フェナジン等の縮合複素環化合物およびそれらの誘導体や、フルオロセイン、ペリレン、フタロペリレン、ナフタロペリレン、ペリノン、フタロペリノン、ナフタロペリノン、ジフェニルプタジエン、テトラフェニルプタジエン、オキサジアゾール、アルダジン、ビスベンゾキサゾリン、ビススチリル、ピラジン、シクロペンタジエン、オキシシ、アミノキノリン、イミン、ジフェニルエチレン、ビニルアントラセン、ジアミノカルバゾール、ピラン、チオピラン、ポリメチン、メロシアニン、キナクリドン、ルブレン等およびそれらの誘導体等を挙げることができる。金属キレート錯体化合物、特に金属キレート化オキサノイド化合物では、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム、ビス(8-キノリノラト)マグネシウム、ビス[ベンゾ(f)-8-キノリノラト]亜鉛、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム、トリス(8-キノリノラト)インジウム、トリス(5-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム、8-キノリノラトリチウム、トリス(5-クロロ-8-キノリノラト)ガリウム、ビス(5-クロロ-8-キノリノラト)カルシウム等の8-キノリノラト或いはその誘導体を配位子として少なくとも一つ有する金属錯体も挙げることができる。

10

20

【0021】

また、電子輸送性を有する有機化合物として、オキサジアゾール類、トリアジン類、スチルベン誘導体およびジスチリルアリーレン誘導体、スチリル誘導体、ジオレフィン誘導体も好適に使用され得る。

【0022】

さらに、電子輸送性を有する有機化合物として使用できる有機化合物として、2,5-ビス(5,7-ジ-t-ペンチル-2-ベンゾオキサゾリル)-1,3,4-チアゾール、4,4'-ビス(5,7-t-ペンチル-2-ベンゾオキサゾリル)スチルベン、4,4'-ビス[5,7-ジ-(2-メチル-2-ブチル)-2-ベンゾオキサゾリル]スチルベン、2,5-ビス(5,7-ジ-t-ペンチル-2-ベンゾオキサゾリル)チオフェン、2,5-ビス[5-(, -ジメチルベンジル)-2-ベンゾオキサゾリル]チオフェン、2,5-ビス[5,7-ジ-(2-メチル-2-ブチル)-2-ベンゾオキサゾリル]-3,4-ジフェニルチオフェン、2,5-ビス(5-メチル-2-ベンゾオキサゾリル)チオフェン、4,4'-ビス(2-ベンゾオキサゾリル)ピフェニル、5-メチル-2-{2-[4-(5-メチル-2-ベンゾオキサゾリル)フェニル]ビニル}ベンゾオキサゾール、2-[2-(4-クロロフェニル)ビニル]ナフト(1,2-d)オキサゾール等のベンゾオキサゾール系、2,2'-(p-フェニレンジピニレン)-ビスベンゾチアゾール等のベンゾチアゾール系、2-{2-[4-(2-ベンゾイミダゾリル)フェニル]ビニル}ベンゾイミダゾール、2-[2-(4-カルボキシフェニル)ビニル]ベンゾイミダゾール等も挙げられる。

30

40

【0023】

さらに、電子輸送性を有する有機化合物として、1,4-ビス(2-メチルスチリル)ベンゼン、1,4-ビス(3-メチルスチリル)ベンゼン、1,4-ビス(4-メチルスチリル)ベンゼン、ジスチリルベンゼン、1,4-ビス(2-エチルスチリル)ベンゼン、1,4-ビス(3-エチルスチリル)ベンゼン、1,4-ビス(2-メチルスチリル)-2-メチルベンゼン、1,4-ビス(2-メチルスチリル)-2-エチルベンゼン等も挙げられる。

【0024】

また、さらに、電子輸送性を有する有機化合物として、2,5-ビス(4-メチルスチ

50

リル)ピラジン、2,5-ビス(4-エチルスチリル)ピラジン、2,5-ビス[2-(1-ナフチル)ピニル]ピラジン、2,5-ビス(4-メトキシスチリル)ピラジン、2,5-ビス[2-(4-ビフェニル)ピニル]ピラジン、2,5-ビス[2-(1-ピレニル)ピニル]ピラジン等が挙げられる。

【0025】

その他、さらに、電子輸送性を有する有機化合物として、1,4-フェニレンジメチリデン、4,4'-フェニレンジメチリデン、2,5-キシリレンジメチリデン、2,6-ナフチレンジメチリデン、1,4-ビフェニレンジメチリデン、1,4-p-テレフェニレンジメチリデン、9,10-アントラセンジイルジメチリデン、4,4'-(2,2-ジ-*t*-ブチルフェニルピニル)ビフェニル、4,4'-(2,2-ジフェニルピニル)ビフェニル等、従来有機EL素子の作製に使用されている公知のものを適宜用いることができる。

【0026】

発光層49上には電子注入層51が積層されている。この電子注入層51は、その陰極52から電子を取り出し易くする機能を有する。この電子注入層51上には陰極52が形成されている。なお、この電子注入層51はバッファ層や陰極52としての機能を含んでいても良い。この有機電界発光素子3は、陽極46と陰極52との間の印加電圧に応じた電界により発光層49が光を出力する。

【0027】

本実施形態のように有機電界発光素子3が、例えばボトムエミッションタイプである場合、この発光層49は、主として下方に光L(外部光)を放射するが、実際上においては一例として右側に示したように意図しない方向にも光Lを放射してしまう。有機電界発光素子3は、上述した光取り出し向上層99が存在しない構成である場合、発光層49が放射した一部の光Lは、外部光として有機電界発光素子3の外部に取り出されることなく、有機電界発光素子3内において消失してしまいがちである。本実施形態では、このように発光層49が放出した光Lのうち外部光として取り出すことができない光を「内部光」と呼ぶ。

【0028】

図2は、図1に示す有機電界発光素子3内における光路の一例を示す断面のイメージ図である。なお図示の各層の間には隙間が存在しているが、これは図面の見やすさを考慮して設けたものであるため、実際には存在していない。また請求項の有機半導体層とは、例えばホール注入層47、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50及び電子注入層51のいずれか又はこれらいずれかの組み合わせを表している。

【0029】

この有機半導体層においては、その一部、例えば上述した光取り出し向上層99に、金属、例えば銀又は銀の合金を含有させている。つまり光取り出し向上層99は、例えば銀或いは銀の合金又は粒子を含んでいる。この光取り出し向上層99は、その他にも、例えば銀又は銀の合金の薄膜であっても良い。なおこのような金属としては銀に限られず、その代わりに、例えば金を採用しても良い。

【0030】

光取り出し向上層99は、有機半導体層47~51内にて、イオン化ポテンシャルが5.5eV以上の強いアクセプター性若しくは強いドナー性を有する有機半導体材料、酸化物、フッ化物又は無機化合物を含有する機能層に接している又は挟み込まれた構成となっている。光取り出し向上層99は、例えばイオン化ポテンシャルが5.5eV以上の強いアクセプター性材料を含有する場合、ホール注入層47とホール輸送層48との間に形成されている。また光取り出し向上層99は、強いドナー性材料を含有する場合、電子注入層51と電子輸送層50との間に形成されている。光取り出し向上層99は、例えば金属層又は粒子である。

【0031】

有機電界発光素子3は、発光層49は、ホールと電子の再結合によって陽極46、陰極

10

20

30

40

50

5 2 及び発光層 4 9 に沿った方向を含め様々な方向に光を出力する。ここで、一般的な構成を採用した有機電界発光素子を例示した場合、当該一般的な有機電界発光素子においては、電子注入層 5 1、電子輸送層 5 0、発光層 4 9、ホール輸送層 4 8 及びホール注入層 4 7 などの有機半導体中の横方向への光伝搬は発光量の約 4 0 % と云われている。ここでいう横方向とは発光層 4 9 に沿った方向に相当する。発光層 4 9 では発光点 4 9 a において次のような光が生成される。

【 0 0 3 2 】

< 第 1 発光 >

第 1 発光は、左側に例示しているように通常の発光を表している。陽極 4 6 側への発光線 L は、透過性を有する光取り出し向上層 9 9 及び陽極 4 6 を透過して有機電界発光素子 3 の外部に出力される。ここでいう発光線 L は、上述した光 L に相当する。一方、陰極 5 2 側への発光線 L は陰極 5 2 で反射され、発光層 4 9、光取り出し向上層 9 9 及び陽極 4 6 を透過して有機電界発光素子 3 の外部に出力される。

10

【 0 0 3 3 】

< 第 2 発光 >

第 2 発光は、中央に図示しているようにマイクロキャピティ効果や多重反射干渉効果を利用した発光を表している。第 2 発光では上述した第 1 発光とは異なる点のみを説明する。第 2 発光では、陽極 4 6 側への発光線 L がホール輸送層 4 8 にて反射し陰極 5 2 側に戻り、この陰極 5 2 が反射して再度陽極 4 6 へ向かって有機電界発光素子 3 の外部に出力される。

20

【 0 0 3 4 】

< 第 3 発光 >

第 3 発光は、ここで、陽極 4 6 側への発光線 L のうち発光層 4 9 にやや沿った方向への発光線 L は、一般的な構成を採用した従来の有機電界発光素子の内部で消滅しがちであったが、この有機電界発光素子 3 は、上記光取り出し向上層 9 9 の表面荒さに応じて発光線 L が散乱されて、陽極 4 6 から有機電界発光素子 3 の外部に出力される。有機電界発光素子 3 は、発光層 4 9 に備えられた光取り出し向上層 9 9 によって光取り出し効率が向上するため、全体として発光量が増大する。このとき各層の屈折率が上述のように設定されていると、横方向への光伝搬を抑制し、さらに光取り出し効率を向上することができる。

30

【 0 0 3 5 】

< 光取り出し効率の検証 >

図 3 は、本実施形態による効果を検証するための第 1 の比較例としての光取り出し効率の一例を示す図である。この第 1 の比較例では光取り出し向上層 9 9 が設けられていない。

【 0 0 3 6 】

図 3 に示す一例においては、陽極 4 6、ホール注入層 4 7、ホール輸送層 4 8、発光層 4 9、電子輸送層 5 0、電子注入層 5 1 及び陰極 5 2 は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれITO/トリフェニルアミン誘導体層(32 nm)/NPB(38 nm)/Alq₃(60 nm)/Li₂O/Alであるものとする。なおこの場合において、Alq₃は電子輸送性の発光層であり、発光層 4 9 と電子輸送層 5 0 とを兼ねるものである(以下においても同様)。また、かっこ内の数値は各層の膜厚を表している。

40

【 0 0 3 7 】

また各層の屈折率 n は、ホール注入層 4 7 が 1.7 ~ 1.8 であり、発光層 4 9 が 1.7 ~ 1.8 であり、ホール輸送層 4 8 が 1.7 ~ 1.8 である。この比較例では、駆動電圧 V は 4.50 [V] であり、輝度 L は 274 [cd/m²] であり、電流効率 EL は 3.7 [cd/A] である。

【 0 0 3 8 】

図 4 は、本実施形態による効果を検証するための第 2 の比較例としての光取り出し効率の一例を示す図である。この第 2 の比較例ではホール注入層 4 7 及び光取り出し向上層 9 9 が設けられていない。

50

【0039】

図4に示す一例においては、陽極46、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、電子注入層51及び陰極52は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれITO/NPB(42nm)/Alq₃(60nm)/Li₂O/Alであるものとする。なお、かっこ内の数値は各層の膜厚を表している。この第2の比較例では、駆動電圧Vは4.9[V]であり、輝度Lは312[cd/m²]であり、電流効率ELは4.2[cd/A]である。

【0040】

図5は、光取り出し向上層99の厚さに応じた光取り出し効率の一例を示す図である。

【0041】

図5に示す一例においては、陽極46、ホール注入層47、光取り出し向上層99、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、電子注入層51及び陰極52は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれITO/トリフェニルアミン誘導体層(32nm)/Ag(Xnm)/MoO₃(3nm)/NPB(42nm)/Alq₃(60nm)/Li₂O/Alであるものとする。なおこの場合において、MoO₃は、上述した図2に示す積層構成では特に示さなかったが、光取り出し向上層99であるAgに接して設けられ、光取り出し向上層99と隣接するその他の有機半導体層47~51等との電荷注入壁の増大、素子の駆動電圧の上昇等を回避する機能を有する機能層である。このとき、MoO₃(3nm)の膜では均一な膜質が得られているとは考えにくく、Ag/MoO₃の界面ではAg:MoO₃の混合状態にあると考えられる。したがって、この層構成においては、光取り出し向上層99は、5.5eV以上の強アクセプター性材料であるモリブデン酸化物MoO₃を含有していると言える(以下においても同様)。また、かっこ内の数値は各層の膜厚を表している。

【0042】

また各層の屈折率nは、ホール注入層47が1.7~1.8であり、光取り出し向上層99が約0.2であり、発光層49が1.7~1.8であり、ホール輸送層48が1.7~1.8である。本実施形態における検証例における電流密度は、例えば7.5[mA/cm²]としている。

【0043】

光取り出し向上層99の厚さが例えば15nmである場合、駆動電圧Vは5.27[V]であり、輝度Lは580[cd/m²]であり、電流効率ELは7.7[cd/A]である。この検証例では、光取り出し向上層99の厚さが15[nm]のときに光取り出し効率が最大となっている。このようにすると、第1の比較例及び第2の比較例と比べて光取り出し効率を向上させることができている。

【0044】

図6は、光取り出し向上層99の厚さに応じた光取り出し効率の一例を示す図である。

【0045】

図6に示す一例においては、陽極46、ホール注入層47、光取り出し向上層99、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、電子注入層51及び陰極52は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれITO/40%-MoO₃:トリフェニルアミン誘導体混合層(32nm)/Ag(Xnm)/MoO₃(3nm)/NPB(42nm)/Alq₃(60nm)/Li₂O/Alであるものとする。ここで「40%-MoO₃:トリフェニルアミン誘導体混合層」とは、TPT-1(トリフェニルアミン誘導体)に40%MoO₃を混合させた層を示している。なお、かっこ内の数値は各層の膜厚を表している。

【0046】

また各層の屈折率nは、ホール注入層47が2.0より大きく、光取り出し向上層99が約0.2であり、発光層49が1.7~1.8であり、ホール輸送層48が1.7~1.8である。なお電子注入層51、電子輸送層50、発光層49、ホール輸送層48及びホール注入層47などの有機半導体層は、全てできる限り屈折率nが低いことが好ましい

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

光取り出し向上層 99 の厚さが例えば 15 nm である場合、駆動電圧 V は 5.10 [V] であり、輝度 L は 503 [cd/m²] であり、電流効率 EL は 6.7 [cd/A] である。この検証例では、光取り出し向上層 99 の厚さが 15 [nm] のときに光取り出し効率が最大となっている。このようにすると、第 1 の比較例及び第 2 の比較例と比べて光取り出し効率を向上させることができている。

【 0 0 4 8 】

図 7 は、光取り出し向上層 99 の厚さに応じた光取り出し効率の一例を示す図である。

【 0 0 4 9 】

図 7 に示す一例においては、陽極 46、ホール注入層 47、光取り出し向上層 99、ホール輸送層 48、発光層 49、電子輸送層 50、電子注入層 51 及び陰極 52 は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれ ITO/トリフェニルアミン誘導体層 (32 nm) / Au (X nm) / MoO₃ (3 nm) / NPB (42 nm) / Alq₃ (60 nm) / Li₂O / Al であるものとする。なお、かっこ内の数値は各層の膜厚を表している。

【 0 0 5 0 】

また各層の屈折率 n は、ホール注入層 47 が 1.7 ~ 1.8 であり、光取り出し向上層 99 が約 0.6 であり、発光層 49 が 1.7 ~ 1.8 であり、ホール輸送層 48 が 1.7 ~ 1.8 である。この例では既に説明した例と比べて、光取り出し向上層 99 の反射率が低下しているとともに屈折率が低下している。

【 0 0 5 1 】

光取り出し向上層 99 の厚さが例えば 15 nm である場合、駆動電圧 V は 5.29 [V] であり、輝度 L は 361 [cd/m²] であり、電流効率 EL は 4.9 [cd/A] である。この検証例では、光取り出し向上層 99 の厚さが 20 [nm] のときに光取り出し効率が最大となっている。このようにすると、第 1 の比較例及び第 2 の比較例と比べて光取り出し効率を向上させることができている。

【 0 0 5 2 】

図 8 は、光取り出し向上層 99 の厚さに応じた光取り出し効率の一例を示す図である。

【 0 0 5 3 】

図 8 に示す一例においては、上述した図 2 に示す積層構成に加え、光取り出し向上層 99 とホール輸送層 48 との間に第 2 のホール注入層を設けている。すなわち、陽極 46、ホール注入層 47、光取り出し向上層 99、第 2 のホール注入層、ホール輸送層 48、発光層 49、電子輸送層 50、電子注入層 51 及び陰極 52 は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれ ITO/トリフェニルアミン誘導体層 (32 nm) / Ag (X nm) / 40% - MoO₃ : トリフェニルアミン誘導体混合層 (28 nm) / NPB (10 nm) / Alq₃ (60 nm) / Li₂O / Al であるものとする。なお、かっこ内の数値は各層の膜厚を表している。

【 0 0 5 4 】

また各層の屈折率 n は、ホール注入層 47 が 1.7 ~ 1.8 であり、光取り出し向上層 99 が約 0.2 であり、第 2 のホール注入層が 2.0 より大きく、発光層 49 が 1.7 ~ 1.8 であり、ホール輸送層 48 が 1.7 ~ 1.8 である。すなわちこの例では、光取り出し向上層 99 を挟む 2 つのホール注入層のうち、陰極 52 側である第 2 のホール注入層側の屈折率 n の方が、陽極 46 側であるホール注入層 47 の屈折率 n より大きくなっている。このため、光取り出し向上層 99 の厚さが 10, 15, 20 nm のいずれの場合であっても、第 1 の比較例及び第 2 の比較例と比べて光取り出し効率が低下している。

【 0 0 5 5 】

なお、本実施形態は、上記に限られず、種々の変形が可能である。以下、そのような変形例を順を追って説明する。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

上記実施形態における有機電界発光素子 3 は、各層を次のように構成することもできる。

【 0 0 5 7 】

つまり光取り出し向上層 9 9 は透明或いは半透明の薄膜であり、反射率が高い薄膜が好ましく、更に隣接する層より屈折率が低くことが好ましい。この光取り出し向上層 9 9 の材質としては、例えば Ag, Au, Cu, Al, Pt, Mg の単体の金属、MgAg, MgAu などの合金系の薄膜、酸化物の薄膜、フッ化物の薄膜、酸化物、フッ化物と金属の混合系の薄膜などを採用することができる。特に Ag, Ag 合金、Mg 合金系は反射率が高く、Ag はバルクの屈折率は 1 以下と低い性質を有する。これらの金属、合金系材料を使用した薄膜は、例えば半透明の 1 nm 以上 50 nm 以下の膜厚として使用することができる。酸化物の薄膜、フッ化物の薄膜、フッ化物と金属の混合系の薄膜は、透明性が高い場合もあるので膜厚は限定されない。さらに、その薄膜は 10 nm 以下でラフネス（界面が平坦ではない）があるので、そのラフネスによって横方向への伝播した光が散乱され、正面方向へ放射される。基板 4 5 上の厚さ 3 nm の Au のラフネスは 2.6 nm である。

【 0 0 5 8 】

また、光取り出し向上層 9 9 をホール注入層 4 7 とホール輸送層 4 8 との間またはそれら少なくともいずれかの層の内に配置する場合、この光取り出し向上層 9 9 として、モリブデン酸化物 (MoO_x)、バナジウム酸化物 (VxO_y)、タングステン酸化物 (WO_x)、ゲルマニウム酸化物 (GeO_x)、レニウム酸化物 (RexO_y)、チタン酸化物 (TixO_y)、亜鉛酸化物 (ZnxO_y) などの導電性酸化物、酸化物半導体、キノジメタン誘導体 (TCNQ, F4-TCNQ, TNAP)、ホウ素化合物などの有機分子或いは有機化合物、 FeCl , SbCl , SbF_6 などの金属塩化合物などイオン化ポテンシャルが 5.5 eV 以上の強アクセプター性材料の薄膜やこれらの材料と有機半導体材料を混合した薄膜を用いるようにしてもよい。

【 0 0 5 9 】

光取り出し向上層 9 9 は、膜厚を、例えば 1 ~ 50 nm とした場合、その透過率が 400 nm ~ 700 nm の可視域で 1% ~ 99% 以下、特に 10 ~ 90%、更には 20 ~ 70% とすることができる。また光取り出し向上層 9 9 は、その反射率が 400 nm ~ 700 nm の可視域で 1% ~ 99% 以下、特に 5 ~ 95%、更には 10 ~ 70% とすることができる。

【 0 0 6 0 】

発光層 4 9 は隣接する層より屈折率が同程度、或いは低いのが望ましい。

【 0 0 6 1 】

1. 積層構成の一例

(1) ボトムエミッションタイプ (第 1 構成に相当)

有機電界発光素子 3 の積層構成としては、図 9 に示す一般的な構成に、図 10 に示す積層構成のように、ホール注入層 4 7 とホール輸送層 4 8 との間に光取り出し向上層 9 9 が形成されている構成の他にも、次のような構成を採用することができる。なお図 9 及び図 10 に示す有機電界発光素子の材質としては、一例として陽極 4 6 は ITO であり、ホール注入層 4 7 は CuPc または TPT-1 (トリフェニルアミン誘導体) であり、ホール輸送層 4 8 は NPB であり、発光層 4 9 は Alq_3 であり、電子輸送層 5 0 は Alq_3 であり、電子注入層 5 1 は Li_2O であり、陰極 5 2 は Al である。

【 0 0 6 2 】

有機電界発光素子の層構成としては、図 10 に示す構造 (構造 1 - 1 に相当) において、図 11 に示すようにホール輸送層 4 8 と光取り出し向上層 9 9 との間に第 2 ホール注入層 4 7 b が形成されている形態でも良い (構造 1 - 2 に相当)。第 2 ホール注入層 4 7 b の材質としては、 MoO_3 を例示することができる。光取り出し向上層 9 9 は機能層としての第 2 ホール注入層 4 7 b に接している。

【 0 0 6 3 】

有機電界発光素子の層構成としては、図 10 に示す構成に加えて、図 12 に示すように

光取り出し向上層 9 9 とホール注入層 4 7 との間に第 1 ホール注入層 4 7 a が形成されている形態でも良い(構造 1 - 3 に相当)。第 1 ホール注入層 4 7 a の材質としては、 MoO_3 を例示することができる。光取り出し向上層 9 9 は機能層としての第 1 ホール注入層 4 7 a に接している。

【0064】

有機電界発光素子の層構成としては、図 1 2 に示す構成に加えて、図 1 3 に示すようにホール輸送層 4 8 と光取り出し向上層 9 9 との間に第 2 ホール注入層 4 7 b が形成されている形態でも良い(構造 1 - 4 に相当)。第 2 ホール注入層 4 7 b の材質としては、 MoO_3 を例示することができる。光取り出し向上層 9 9 は機能層としての第 2 ホール注入層 4 7 b 及び第 1 ホール注入層 4 7 a に挟み込まれている。

10

【0065】

有機電界発光素子の層構成としては、図 1 0 に示す構成において、図 1 4 に示すようにホール注入層 4 7 の代わりに混合系ホール注入層 4 7 c が形成されている形態でも良い(構造 1 - 5 に相当)。混合系ホール注入層 4 7 c の材質としては、 $\text{MoO}_3 : \text{TPT} - 1$ (トリフェニルアミン誘導体) の混合層を例示することができる。光取り出し向上層 9 9 は機能層としての混合系ホール注入層 4 7 c に接している。

【0066】

有機電界発光素子の層構成としては、図 1 3 に示す構成における第 1 ホール注入層 4 7 a 及びホール注入層 4 7 の代わりに、図 1 5 に示すように混合系ホール注入層 4 7 c が形成されている形態でも良い(構造 1 - 6 に相当)。混合系ホール注入層 4 7 c の材質としては、 $\text{MoO}_3 : \text{TPT} - 1$ (トリフェニルアミン誘導体) の混合層を例示することができる。光取り出し向上層 9 9 は機能層としての第 2 ホール注入層 4 7 b 及び混合系ホール注入層 4 7 c に挟み込まれている。

20

【0067】

有機電界発光素子の層構成としては、図 1 0 に示す構成におけるホール輸送層 4 8、光取り出し向上層 9 9 及びホール注入層 4 7 の代わりに、図 1 6 に示すようにホール輸送層兼励起子閉じ込め層 4 8 b、混合系ホール輸送層 4 8 a、光取り出し向上層 9 9 及びホール輸送層 4 8 が形成されている形態でも良い(構造 1 - 7 に相当)。ホール輸送層兼励起子閉じ込め層 4 8 b の材質としては、NPB を例示することができる。混合系ホール輸送層 4 8 a の材質としては、 $\text{MoO}_3 : \text{TPT} - 1$ (トリフェニルアミン誘導体) を例示することができる。光取り出し向上層 9 9 は機能層としての混合系ホール輸送層 4 8 a に接している。

30

【0068】

有機電界発光素子の層構成としては、図 1 6 に示す構成における光取り出し向上層 9 9 とホール輸送層 4 8 との間に、図 1 7 に示すように第 1 ホール注入層 4 7 a が形成されている形態でも良い(構造 1 - 8 に相当)。第 1 ホール注入層 4 7 a の材質としては、 MoO_3 を例示することができる。光取り出し向上層 9 9 は機能層としての混合系ホール輸送層 4 8 a 及び第 1 ホール注入層 4 7 a により挟み込まれている。

【0069】

有機電界発光素子の層構成としては、図 1 7 に示す構成におけるホール輸送層 4 8 及び第 1 ホール注入層 4 7 a の代わりに、図 1 8 に示すように混合系ホール注入層 4 7 c が形成されている形態でも良い(構造 1 - 9 に相当)。混合系ホール注入層 4 7 c の材質としては、 $\text{MoO}_3 : \text{TPT} - 1$ (トリフェニルアミン誘導体) を例示することができる。光取り出し向上層 9 9 は機能層としての混合系ホール輸送層 4 8 a 及び混合系ホール注入層 4 7 c に依って挟み込まれている。

40

【0070】

有機電界発光素子の層構成としては、図 1 0 に示す構成におけるホール輸送層 4 8 と光取り出し向上層 9 9 との間に、図 1 9 に示すように第 2 ホール注入層 4 7 b が形成されている形態でも良い(比較構造に相当)。第 2 ホール注入層 4 7 b の材質としては、 MoO_3 を例示することができる。光取り出し向上層 9 9 は機能層としての第 2 ホール注入層 4

50

7 b に接している。

【0071】

有機電界発光素子の層構成としては、図18に示す構成における混合系ホール輸送層48 a 及び混合系ホール注入層47 c の代わりに、それぞれ図20に示すようにホール輸送層48 c 及びホール注入層47 d が形成されている形態でも良い(関連第1構造)。ホール輸送層48 c の材質としては、 MoO_3 などの酸化物半導体を例示することができ、ホール注入層47 d の材質としては、 MoO_3 などの酸化物半導体を例示することができる。光取り出し向上層99は機能層としてのホール輸送層48 c 及びホール注入層47 d によって挟み込まれている。このように酸化物で光取り出し向上層99を挟み込む構成とすると、ウェットプロセスでパターンを形成することが可能となる。

10

【0072】

有機電界発光素子の層構成としては、図20に示す構成におけるホール輸送層兼励起子閉じ込め層48 b の代わりに、図21に示すようにホール輸送層48 及びホール注入層47 が形成されている形態でも良い(関連第2構造)。ホール注入層47の材質としては、PEDOT:PSS などの塗布型ホール注入層、TPT-1 (トリフェニルアミン誘導体) を例示することができる。光取り出し向上層99は機能層としてのホール輸送層48 c 及びホール注入層47 d によって挟み込まれている。

【0073】

図22は、図9～図21に示した各構成を採用した有機電界発光素子の駆動電圧 V [V] 及び輝度 L [cd/m^2] の検証例を示す図である。この検証例における電流密度は、例えば 7.5 [mA/cm^2] としている。まず最初に図9～図21における各構成における材質を説明する。なおかつこ書きは膜厚を表している。「/」は各層の区切りを示しており、左から右へ陽極46からの各層の材質などを表している。なおITOは導電性酸化物の一例を表しており、 MoO_3 は酸化物半導体の一例を表している。

20

【0074】

一般第1構造： $\text{ITO}/\text{TPT}-1(32\text{nm})/\text{NPB}(38\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_2\text{O}/\text{Al}$

一般第2構造： $\text{ITO}/\text{CuPc}(25\text{nm})/\text{NPB}(45\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_2\text{O}/\text{Al}$

一般第3構造： $\text{ITO}/40\%-\text{MoO}_3:\text{TPT}-1(25\text{nm})/\text{NPB}(45\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_2\text{O}/\text{Al}$

30

構造1-1： $\text{ITO}/\text{TPT}-1(32\text{nm})/\text{Ag}(15\text{nm})/\text{NPB}(45\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_2\text{O}/\text{Al}$

構造1-2： $\text{ITO}/\text{TPT}-1(29\text{nm})/\text{MoO}_3(3\text{nm})/\text{Ag}(15\text{nm})/\text{NPB}(45\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_2\text{O}/\text{Al}$

構造1-3： $\text{ITO}/\text{TPT}-1(32\text{nm})/\text{Ag}(15\text{nm})/\text{MoO}_3(3\text{nm})/\text{NPB}(42\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_2\text{O}/\text{Al}$

構造1-4： $\text{ITO}/\text{TPT}-1(29\text{nm})/\text{MoO}_3(3\text{nm})/\text{Ag}(15\text{nm})/\text{MoO}_3(3\text{nm})/\text{NPB}(42\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_2\text{O}/\text{Al}$

構造1-5： $\text{ITO}/40\%-\text{MoO}_3:\text{TPT}-1(32\text{nm})/\text{Ag}(15\text{nm})/\text{NPB}(45\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_2\text{O}/\text{Al}$

40

構造1-6： $\text{ITO}/40\%-\text{MoO}_3:\text{TPT}-1(32\text{nm})/\text{Ag}(15\text{nm})/\text{MoO}_3(3\text{nm})/\text{NPB}(42\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_3\text{O}/\text{Al}$

構造1-7： $\text{ITO}/\text{TPT}-1(32\text{nm})/\text{Ag}(15\text{nm})/40\%-\text{MoO}_3:\text{TPT}-1(32\text{nm})/\text{NPB}(10\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_2\text{O}/\text{Al}$

構造1-8： $\text{ITO}/\text{TPT}-1(29\text{nm})/\text{MoO}_3(3\text{nm})/\text{Ag}(15\text{nm})/40\%-\text{MoO}_3:\text{TPT}-1(35\text{nm})/\text{NPB}(10\text{nm})/\text{Alq}_3(60\text{nm})/\text{Li}_3\text{O}/\text{Al}$

構造1-9： $\text{ITO}/40\%-\text{MoO}_3:\text{TPT}-1(32\text{nm})/\text{Ag}(15\text{nm})$

50

/ 40% - MoO₃ : TPT - 1 (45 nm) / NPB (10 nm) / Alq₃ (60 nm) / Li₃O / Al

構造 1 - 9' : ITO / 40% - MoO₃ : TPT - 1 (32 nm) / Ag (15 nm) / 40% - MoO₃ : TPT - 1 (3 nm) / NPB (42 nm) / Alq₃ (60 nm) / Li₂O / Al

比較構造 : ITO / Ag (15 nm) / MoO₃ (3 nm) / NPB (42 nm) / Alq₃ (60 nm) / Li₂O / Al

第 1 関連構造 : ITO / MoO₃ (39 nm) / Ag (15 nm) / MoO₃ (3 nm) / NPB (42 nm) / Alq₃ (60 nm) / Li₂O / Al

第 1' 関連構造 : ITO / MoO₃ (39 nm) / Ag (15 nm) / MoO₃ (35 nm) / NPB (10 nm) / Alq₃ (60 nm) / Li₂O / Al

【 0075 】

まず図 10 に示す構造 1 - 1 を採用した有機電界発光素子は、図 9 に示す一般第 1 構成、一般第 2 構成、一般第 3 構成及び、図 19 に示す比較構造（以下、単に「一般第 1 構成など」と称する）に比べて、駆動電圧 V が 9.5 [V] とかなり上昇している。これは、図 11 に示す構造 1 - 2 を採用した有機電界発光素子においても 9.4 [V] とほぼ同様のことが云える。

【 0076 】

次に図 12 に示す構造 1 - 3 を採用した有機電界発光素子は、駆動電圧 V が 5.4 [V] と大きく減少し、一般第 1 構成などの駆動電圧 V とほぼ同様となる。これは、図 13 に示す構造 1 - 4 を採用した有機電界発光素子、図 15 に示す構造 1 - 6 を採用した有機電界発光素子、図 17 に示す構造 1 - 8 を採用した有機電界発光素子、図 18 に示す構造 1 - 9 を採用した有機電界発光素子及び、図 18 に示す構造 1 - 9' を採用した有機電界発光素子においてもほぼ同様のことが云える。なおこれらのうち特に、図 13 に示す構造 1 - 4 を採用した有機電界発光素子、図 15 に示す構造 1 - 6 を採用した有機電界発光素子及び、図 18 に示す構造 1 - 9' を採用した有機電界発光素子においては、特に高い輝度 L [cd / m²] を確保することができている。

【 0077 】

(2) トップエミッションタイプ (第 2 構成に相当)

上述した実施形態は、主としてボトムエミッションタイプの有機電界発光素子 3 について説明してきたが、光 L が発光層 49 から陰極 52 を経由して出力されるトップエミッションタイプの有機電界発光素子にも適用することができる。

【 0078 】

有機電界発光素子の層構成としては、図 9 に示す構成において、図 23 に示すように第 1 電子輸送層 50 a と第 2 電子輸送層 50 b との間に光取り出し向上層 99 が形成された構成であっても良い (構造 2 - 1)。これら第 1 電子輸送層 50 a 及び第 2 電子輸送層 50 b の材質としては、それぞれ Alq₃ を例示することができる。

【 0079 】

有機電界発光素子の積層構成としては、図 23 に示す構成に加えて、図 24 に示すように第 1 電子輸送層 50 a と光取り出し向上層 99 との間に第 1 電子注入層 51 a が形成された構成であっても良い (構造 2 - 2 に相当)。第 1 電子注入層 51 a の材質としては、Li₂O を例示することができる。光取り出し向上層 99 は機能層としての第 1 電子注入層 51 a に接している。

【 0080 】

有機電界発光素子の層構成としては、図 23 に示す構成に加えて、図 25 に示すように光取り出し向上層 99 と第 2 電子輸送層 50 b との間に第 2 電子注入層 51 b が形成された構成であっても良い (構造 2 - 3 に相当)。第 2 電子注入層 51 b の材質としては、Li₂O を例示することができる。光取り出し向上層 99 は機能層としての第 2 電子注入層 51 b に接している。

【 0081 】

10

20

30

40

50

有機電界発光素子の層構成としては、図 25 に示す構成に加えて、図 26 に示すように第 1 電子輸送層 50 a と光取り出し向上層 99 との間に第 1 電子注入層 51 a が形成された構成であっても良い（構造 2 - 4 に相当）。光取り出し向上層 99 は機能層としての第 1 電子注入層 51 a 及び第 2 電子注入層 51 b によって挟み込まれている。

【0082】

有機電界発光素子の層構成としては、図 23 に示す構成における電子注入層 51 及び第 1 電子輸送層 50 a の代わりに、図 27 に示すように混合系電子注入層 51 c が形成された構成であっても良い（構造 2 - 5 に相当）。混合系電子注入層 51 c の材質としては、 Li_2O を例示することができる。光取り出し向上層 99 は機能層としての混合系電子注入層 51 c に接している。

10

【0083】

有機電界発光素子の層構成としては、図 27 に示す構成において、図 28 に示すように光取り出し向上層 99 と第 2 電子輸送層 50 b との間に第 2 電子注入層 51 b が形成された構成であっても良い（構造 2 - 6 に相当）。第 2 電子注入層 51 b の材質としては、 Li_2O を例示することができる。光取り出し向上層 99 は機能層としての混合系電子注入層 51 c 及び第 2 電子注入層 51 b に挟み込まれている。

【0084】

有機電界発光素子の層構成としては、図 25 に示す構成における第 2 電子注入層 51 b 及び第 2 電子輸送層 50 b の代わりに、図 29 に示すように混合系電子輸送層 50 c が形成された構成であっても良い（構造 2 - 7 に相当）。混合系電子輸送層 50 c の材質としては、 Li_2O 及び Alq_3 の混合膜を例示することができる。光取り出し向上層 99 は機能層としての混合系電子輸送層 50 c に接している。

20

【0085】

有機電界発光素子の層構成としては、図 29 に示す構成において、図 30 に示すように第 1 電子輸送層 50 a と光取り出し向上層 99 との間に第 1 電子注入層 51 a が形成された構成であっても良い（構造 2 - 8 に相当）。光取り出し向上層 99 は機能層としての第 1 電子注入層 51 a 及び混合系電子輸送層 50 c に挟み込まれている。

【0086】

有機電界発光素子の層構成としては、図 29 に示す構成における電子注入層 51 及び第 1 電子輸送層 50 a の代わりに、図 31 に示すように混合系電子注入層 51 c が形成された構成であっても良い（構造 2 - 9 に相当）。光取り出し向上層 99 は機能層としての混合系電子注入層 51 c 及び混合系電子輸送層 50 c によって挟み込まれている。

30

【0087】

上記各構成例においては、陽極 46 は透明或いは半透明の薄膜が良く、光取り出し向上層 99 に用いられた材料を使用することができる。第 2 構成の場合、反射率高い薄膜が良く、光取り出し向上層 99 に用いられた材料を一部使用でき、かつ金属系、合金系の膜厚は 50 nm 以上が好ましい。

【0088】

<ホール注入層>

ホール注入層 47 は、主に陽極 46（例えばITO）からホール輸送層 48 へのホール注入を促す。ホール注入層 47 は、例えば、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、タングステン酸化物、ゲルマニウム酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、亜鉛酸化物などの導電性酸化物、キノジメタン誘導体（TCNQ, F4-TCNQ, TNAP）、ホウ素化合物などの有機分子或いは有機化合物、 $FeCl$, $SbCl$, SbF_6 などの金属塩化合物などを混合することで、第 1 ホール注入層 47 a、ホール輸送層 48 は必要なくなる場合がある。駆動電圧低減効果は、ホール注入層 47 或いはホール輸送層 48 / 光取り出し向上層 99 の界面でオーミックコンタクトさせることで得られる。更に、混合系の場合には、薄膜内部で電荷移動錯体の形成などによるキャリア濃度向上に伴い導電性が向上することも考えられ、光取り出しの際の膜厚調整に伴う駆動電圧の変化を抑制し、且つ低駆動電圧を維持できる。ホール注入層 47 は、第 1 ホール注入層 47 a と第 2 ホール注入層

40

50

47b、ホール輸送層48より屈折率を同程度或いは高くすることで、光が屈折率の低いところから高いところへ向かう性質を利用できるため、光取り出し効率がより向上する。また、特に膜厚が10nm以下と十分に薄い場合は屈折率の影響を無くすることができる。

【0089】

<第1ホール注入層>

光取り出し向上層99を使用した場合、各々の金属で仕事関数が多様であり、ホール注入層47から光取り出し向上層99へのホール注入障壁が高くなり駆動電圧が向上するおそれがある。そこでホール注入層47/光取り出し向上層99の界面に第1ホール注入層47aを設ける。第1ホール注入層47aの材質としては、例えば、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、タングステン酸化物、ゲルマニウム酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、亜鉛酸化物などの導電性酸化物、キノジメタン誘導体(TCNQ, F4-TCNQ, TNAP)、ホウ素化合物などの有機分子或いは有機化合物、FeCl, SbCl, SbF6などの金属塩化合物などが好ましい。第1ホール注入層47aを設ける方法もあるが、例示した材料とホール注入層47を混合した場合、第1ホール注入層47a、ホール輸送層48は必要なくなる場合もある。駆動電圧低減効果は、ホール注入層47或いはホール輸送層48/光取り出し向上層99の界面でオーミックコンタクトさせることで得られる。更に、混合系の場合には、薄膜内部で電荷移動錯体の形成などによるキャリア濃度向上に伴い導電性が向上することも考えられ、光取り出しの際の膜厚調整に伴う駆動電圧の変化を抑制し、且つ低駆動電圧を維持できる。第1ホール注入層47aは、ホール注入層47より屈折率を同程度或いは低く、第2ホール注入層47b或いはホール輸送層48より屈折率を同程度或いは高くすることで、光が屈折率の低いところから高いところへ向かう性質を利用できるため、光取り出し効率がより向上する。また、特に膜厚が10nm以下と十分に薄い場合は屈折率の影響を無くすることができる。

【0090】

<第2ホール注入層>

光取り出し向上層99を使用した場合、各々の金属で仕事関数が多様であり、光取り出し向上層99からホール輸送層48へのホール注入障壁が高くなり駆動電圧が向上するおそれがある。これを回避するため、光取り出し向上層99/ホール輸送層48或いは発光層49の界面に第2ホール注入層47bを設ける。第2ホール注入層47bの材質としては、例えば、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、タングステン酸化物、ゲルマニウム酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、亜鉛酸化物などの導電性酸化物、キノジメタン誘導体(TCNQ, F4-TCNQ, TNAP)、ホウ素化合物などの有機分子或いは有機化合物、FeCl, SbCl, SbF6などの金属塩化合物などが好ましい。また、これらの材料をホール輸送(層)材と混合することによっても駆動電圧を低減することができるという効果が得られる。この駆動電圧低減の効果は、光取り出し向上層99/ホール輸送層48の界面でオーミックコンタクトさせることで得られ、混合系においても同様の効果が得られると考えられる。更に、混合系は薄膜内部で電荷移動錯体の形成などによるキャリア濃度向上に伴い導電性が向上することも考えられ、光取り出しの際の膜厚調整に伴う駆動電圧の変化を抑制し、且つ低駆動電圧を維持できる。第2ホール注入層47bは、ホール注入層47、第1ホール注入層47aより屈折率を同程度或いは低くすることで、光が屈折率の低いところから高いところへ向かう性質を利用できるため、光取り出し効率がより向上する。また、特に膜厚が10nm以下と十分に薄い場合は屈折率の影響を無くすることができる。

【0091】

<ホール輸送層>

ホール輸送層48については上述した第2ホール注入層47bとほぼ同様であるので説明を省略する。

【0092】

<陰極>

陰極52は、図2、図9~図21のいずれかに示す構成(第1構成:ボトムエミッショ

10

20

30

40

50

ンタイプに相当)の場合、反射率高い薄膜が良く、光取り出し向上層99に用いられた材料を一部使用でき、かつ金属系、合金系の膜厚は50nm以上1000nm以下が好ましい。陰極52は、図23~図31のいずれかに示す構造(第2構成:トップエミッションタイプに相当)の場合、透明或いは半透明の薄膜が良く、光取り出し向上層99に用いられた材料を使用することができ、1nm以上100nm以下が好ましい。

【0093】

<電子注入層>

電子注入層51には、例えばアルカリ金属、アルカリ土類金属などの仕事関数が3.0eVより浅いエネルギーの材料を含有する化合物が使用される。特にCsは2.0eV付近と低い。電子注入層51に電子輸送性を有する有機分子を混合した場合、電子輸送層50は必要なくなる場合がある。電子注入層51は、第1電子注入層51aと第2電子注入層51b、電子輸送層50より屈折率を同程度或いは高くすることで、光が屈折率の低いところから高いところへ向かう性質を利用できるため、光取り出し効率がより向上する。また、特に膜厚が10nm以下と十分に薄い場合は屈折率の影響を無くすることができる。

10

【0094】

<第1電子注入層>

第1電子注入層51aは、ドーブする材料が異なるものの考え方は上述した第1ホール注入層47aとほぼ同様であり、屈折率の考えもほぼ同様である。すなわちこの第1電子注入層51aは、電子注入層51或いは電子輸送層50より屈折率を同程度或いは低く、第2電子注入層51bより屈折率を同程度或いは高くすることで、光が屈折率の低いところから高いところへ向かう性質を利用できるため、光取り出し効率がより向上する。また、特に膜厚が10nm以下と十分に薄い場合は屈折率の影響を無くすることができる。

20

【0095】

<第2電子注入層>

第2電子注入層51bは、ドーブする材料が異なるものの考え方は上述した第2ホール注入層47bとほぼ同様であり、屈折率の考えもほぼ同様である。この第2電子注入層51bは、電子注入層51、第1電子注入層51a、第1電子輸送層50aより屈折率を同程度或いは低くすることで、光が屈折率の低いところから高いところへ向かう性質を利用できるため、光取り出し効率がより向上する。また、特に膜厚が10nm以下と十分に薄い場合は屈折率の影響を無くすることができる。

30

【0096】

<電子輸送層>

電子輸送層50は、上述した電子注入層51及び第1電子注入層51aとほぼ同様であるので、説明を省略する。

【0097】

以上説明したように、本実施形態における発光素子は、透明又は半透明な第1電極46(陽極に相当)と、前記第1電極46と対をなす光を反射する第2電極52(陰極に相当)と、前記第1電極46及び前記第2電極52の一方から取り出されたホールと、前記第1電極46及び前記第2電極52の他方から取り出された電子との再結合によって発光する光電変換層49(発光層に相当)を備える有機半導体層47, 48, 49, 50, 51とを有し、前記有機半導体層47, 48, 49, 50, 51は、前記第1電極46と前記光電変換層49との間に、銀又は金を少なくとも成分の一部として含有するとともに部分的に光を反射かつ透過性を有する光取り出し向上層99を備え、前記光取り出し向上層99は、前記有機半導体層47, 48, 49, 50, 51内にて、(一例としてイオン化ポテンシャルが5.5eV以上の)強いアクセプター性若しくは強いドナー性を有する有機半導体材料、酸化物、フッ化物又は無機化合物を含有する機能層に接している又は挟み込まれていることを特徴とする。なおこのような構成の発光素子は、上述した有機電界発光素子3のみならず、半導体レーザなどの他の発光素子も適用することができる。

40

【0098】

以上説明したように、本実施形態における表示パネルは、透明又は半透明な第1電極4

50

6 (陽極に相当)と、前記第1電極46と対をなす光を反射する第2電極52 (陰極に相当)と、前記第1電極46及び前記第2電極52の一方から取り出されたホールと、前記第1電極46及び前記第2電極52の他方から取り出された電子との再結合によって発光する光電変換層49 (発光層に相当)を備える有機半導体層47, 48, 49, 50, 51とを有し、前記有機半導体層47, 48, 49, 50, 51が、前記第1電極46と前記光電変換層49との間に、銀又は金を少なくとも成分の一部として含有するとともに部分的に光を反射しかつ透過性を有する光取り出し向上層99を備え、前記光取り出し向上層99は、前記有機半導体層47, 48, 49, 50, 51内にて、(一例としてイオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の)強いアクセプター性若しくは強いドナー性を有する有機半導体材料、酸化物、フッ化物又は無機化合物を含有する機能層に接している又は挟み込まれている、発光素子が各画素を構成することを特徴とする。

10

【0099】

まず発光素子3は、有機半導体層47, 48, 49, 50, 51において、ホールと電子の再結合によって第1電極46側、第2電極52側及び有機半導体層47, 48, 49, 50, 51に沿った方向を含め様々な方向に光を出力する。第1電極46側への光は、透過性を有する光取り出し向上層99及び第1電極46を透過して発光素子3の外部に出力される。

【0100】

一方、第2電極52側への光は、マイクロキャビティ効果、多重反射干渉効果により、第2電極52で反射され、有機半導体層47, 48, 49, 50, 51、光取り出し向上層99及び第1電極46を透過して発光素子の外部に出力される。

20

【0101】

ここで、第1電極46側への光のうち有機半導体層47, 48, 49, 50, 51にやや沿った方向への光は、一般的な構成を採用する従来の有機電界発光素子の内部で消滅しがちであったが、この発光素子3は、上記光取り出し向上層99の表面荒さに応じて散乱されて、第1電極46を経由して発光素子3の外部に出力される。発光素子3は、基板45に工夫をしなくても、有機半導体層47, 48, 49, 50, 51に備えられた光取り出し向上層99によって光取り出し効率が向上するため、全体として輝度を上げることができる。

【0102】

なお、例えば特開2008-28371公報(段落[0031]、[0062]乃至[0073]、表6、図2)や、特開2008-59905号公報(段落[0044]乃至[0047]、[0057]、[0058]、図2)、特開2004-79452号公報(段落[0041]、[0075]乃至[0081]、図3)等には、Agを少なくとも成分の一部として含有する光取り出し向上層99を透明電極(ボトムエミッションの場合には第1電極46、トップエミッションの場合には第2電極52)に接して形成した構成が開示されている。この場合、透明電極の屈折率nの値は約2.0以上と大きく、光は屈折率nが高い方向に導波する性質を有するため、発光強度の利得が少なくなる。特に、透明電極とAg層との屈折率差が大きいため、上記導波特性は顕著に発生すると考えられる。これに対し、本実施形態では、有機半導体層47, 48, 49, 50, 51内に光取り出し向上層99を形成しているため、透明電極(ボトムエミッションの場合には第1電極46、トップエミッションの場合には第2電極52)中の導波特性を、光取り出し向上層99を形成しない従来構成の場合と同等とできる上、さらに、有機半導体層47, 48, 49, 50, 51内の導波光を取り出すことが可能である。したがって、上記構成に比べ、光取り出し効率を向上させて、全体として輝度を上げることができる。

30

40

【0103】

ここで発光素子は、その有機半導体層47, 48, 49, 50, 51に光取り出し向上層99を備えても、この光取り出し向上層99が隣接する有機半導体層47, 48, 49, 50, 51との間で円滑な電荷のやり取りが可能のため、駆動電圧の上昇を回避することができる。またこのような発光素子は、光電変換層49内のキャリアバランスを整える

50

ことができる。またこのような発光素子は、消費電力を低減することができ、かつ素子への負担が減るため、素子寿命が長くなる。

【0104】

このような光取り出し向上層99を設けた場合には、一見すると、この光取り出し向上層99に隣接するその他の有機半導体層47～51などとの電荷注入壁が増大し、素子の駆動電圧が上昇、且つキャリアバランス変化に伴う輝度低下が生ずることも考えられる。しかしながらこの光取り出し向上層99は、有機半導体層47～51内にて、イオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の強いアクセプター性若しくは強いドナー性を有する有機半導体材料、酸化物、フッ化物又は無機化合物を含有する機能層に接している又は挟み込まれているため、その他の有機半導体層47～51などとの電荷注入壁が増大しなく、素子の駆動電圧が上昇せず、且つキャリアバランス変化に伴う輝度低下が生ずることが無くなる。

10

【0105】

上記実施形態における発光素子3においては、上述した構成に加えてさらに、前記有機半導体層は、前記第1電極46と前記第2電極52の一方(例えば実施形態では陽極に相当)上に形成されており前記一方の電極からホールを取り出し易くするホール注入層47と、前記ホール注入層47によって取り出されたホールを前記光電変換層49に輸送するホール輸送層48とを有することを特徴とする。

【0106】

このような構成の発光素子3は有機電界発光素子と呼ばれている。このような構成とすると、有機電界発光素子3は、光電変換層49は、ホールと電子の再結合によって第1電極46側、第2電極52側及び光電変換層49に沿った方向を含め様々な方向に光を出力する。第1電極46側への光は、透過性を有する光取り出し向上層99及び第1電極46を透過して有機電界発光素子3の外部に出力される。

20

【0107】

一方、第2電極52側への光は、マイクロキャピティ効果、多重反射干渉効果により、第2電極52で反射され、有機半導体層47, 48, 49, 50, 51、光取り出し向上層99及び第1電極46を透過して有機電界発光素子3の外部に出力される。

【0108】

ここで、第1電極46側への光のうち光電変換層49にやや沿った方向への光は、一般的な構成を採用した従来の有機電界発光素子3の内部で消滅しがちであったが、この有機電界発光素子3は、上記光取り出し向上層99の表面荒さに応じて光が散乱されて第1電極46を経由して有機電界発光素子3の外部に出力される。有機電界発光素子3は、光取り出し向上層99によって光取り出し効率が向上するため、全体として発光量が増大する。

30

【0109】

このような光取り出し向上層99を設けた場合には、一見すると、この光取り出し向上層99に隣接するその他の有機半導体層47～51などとの電荷注入壁が増大し、素子の駆動電圧が上昇、且つキャリアバランス変化に伴う輝度低下が生ずることも考えられる。しかしながらこの光取り出し向上層99は、有機半導体層47～51内にて、イオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の強いアクセプター性若しくは強いドナー性を有する有機半導体材料、酸化物、フッ化物又は無機化合物を含有する機能層に接している又は挟み込まれているため、その他の有機半導体層47～51などとの電荷注入壁が増大しなく、素子の駆動電圧が上昇せず、且つキャリアバランス変化に伴う輝度低下が生ずることが無くなる。

40

【0110】

上記実施形態における発光素子3は、上述した構成に加えてさらに、光取り出し向上層99は、イオン化ポテンシャルが5.5 eV以上の前記強いアクセプター性材料を含有し、前記光取り出し向上層99は、前記ホール注入層47と前記ホール輸送層48との間に形成されていることを特徴とする。

50

【 0 1 1 1 】

このようにすると、発光層 4 9 が出力した光は、光取り出し向上層 9 9 によって効率よく、陽極 4 6 側から有機電界発光素子 3 の外部へと取り出されるようになる。このため有機電界発光素子 3 は、いわゆるボトムエミッションタイプである場合には特に光取り出し効率が向上するようになる。

【 0 1 1 2 】

上記実施形態における発光素子 3 は、上述した構成に加えてさらに、光取り出し向上層 9 9 は、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、タングステン酸化物、ゲルマニウム酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、亜鉛酸化物を含む導電性酸化物、または酸化物半導体、キノジメタン誘導体、ホウ素化合物を含む有機分子若しくは有機化合物、または塩化鉄、塩化アンチモン、フッ化アンチモンを含む金属塩化合物、あるいはこれらの材料と有機半導体材料を混合した材料により構成されていることを特徴とする。

10

【 0 1 1 3 】

このようにすると、光取り出し向上層 9 9 に、イオン化ポテンシャルが 5 . 5 e V 以上の強いアクセプター性材料を含有させることができる。その結果、発光層 4 9 が出力した光は、光取り出し向上層 9 9 によって効率よく、陽極 4 6 側から有機電界発光素子 3 の外部へと取り出されるようになる。このため有機電界発光素子 3 は、いわゆるボトムエミッションタイプである場合には特に光取り出し効率が向上するようになる。

【 0 1 1 4 】

上記実施形態における発光素子 3 は、上述した構成に加えてさらに、前記有機半導体材料は、キノジメタン誘導体又はホウ素化合物であることを特徴とする。

20

【 0 1 1 5 】

上記実施形態における発光素子 3 は、上述した構成に加えてさらに、前記酸化物は、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、タングステン酸化物又はゲルマニウム酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、亜鉛酸化物であることを特徴とする。

【 0 1 1 6 】

上記実施形態における発光素子 3 は、上述した構成に加えてさらに、前記無機化合物は、ハロゲン化物金属などの金属塩化合物であることを特徴とする。

【 0 1 1 7 】

上記実施形態における発光素子 3 は、上述した構成に加えてさらに、前記光取り出し向上層 9 9 は、イオン化ポテンシャルが 5 . 5 e V 以上の前記強いアクセプター性材料とホール輸送材料とを混合した薄膜であることを特徴とする。

30

【 0 1 1 8 】

上記実施形態における発光素子 3 においては、上述した構成に加えてさらに、前記有機半導体層は、前記第 1 電極 4 6 と前記第 2 電極 5 2 の他方（例えば実施形態では陰極に相当）から電子を取り出し易くする電子注入層 5 1 と、前記電子注入層 5 1 によって取り出された電子を前記光電変換層 4 9 に輸送する電子輸送層 5 0 とを有することを特徴とする。

【 0 1 1 9 】

上記実施形態における発光素子 3 は、上述した構成に加えてさらに、前記強いドナー性材料を含有し、前記光取り出し向上層 9 9 は、前記電子注入層 5 1 と前記電子輸送層 5 0 との間に形成されていることを特徴とする。

40

【 0 1 2 0 】

このようにすると、発光層 4 9 が出力した光は、光取り出し向上層 9 9 によって効率よく、陰極 5 2 側から有機電界発光素子 3 の外部へと取り出されるようになる。このため有機電界発光素子 3 は、いわゆるトップエミッションタイプである場合には特に光取り出し効率が向上する。

【 0 1 2 1 】

光取り出し向上層 9 9 を電子注入層 5 1 と電子輸送層 5 0 との間またはこれら少なくともいずれかの層の内に配置する場合、アルカリ金属、アルカリ土類金属などの仕事関数が

50

3.0 eVより浅いエネルギーの材料を含有する化合物などの強ドナー性材料の薄膜やこれらの材料と電子輸送材料を混合した薄膜を用いることができる。

【0122】

上記実施形態における発光素子3は、上述した構成に加えてさらに、前記光取り出し向上層99は、金属層又は粒子であり、前記金属層49は、仕事関数が3.0 eV以下のアルカリ金属、アルカリ土類金属又は希土類であることを特徴とする。

【0123】

上記実施形態における発光素子3は、上述した構成に加えてさらに、前記酸化層は、仕事関数が3.0 eV以下の酸化アルカリ金属であることを特徴とする。

【0124】

上記実施形態における発光素子3は、上述した構成に加えてさらに、前記無機化合物は、仕事関数が3.0 eV以下のフッ化アルカリ金属、塩化アルカリ金属又はヨウ化アルカリ金属であることを特徴とする。

【0125】

上記実施形態における発光素子3は、上述した構成に加えてさらに、前記有機半導体材料は、テトラシアフルバレン誘導体又はホウ素化合物であることを特徴とする。

【0126】

上記実施形態における発光素子3は、上述した構成に加えてさらに、前記光取り出し向上層99は、イオン化ポテンシャルが5.0 eV以上の前記強いドナー性材料と電子輸送材料とを混合した薄膜であることを特徴とする。

【0127】

上記実施形態における発光素子3は、上述した構成に加えてさらに、前記光取り出し向上層99の膜厚が1 nm以上50 nm以下であることを特徴とする。

【0128】

2. 発光層の発光スペクトルを限定する場合

一般に、反射電極である陰極52（トップエミッションタイプでは陽極46。以下同様）と透明又は半透明な陽極46（トップエミッションタイプでは陰極52。以下同様）を有する有機電界発光素子の場合、陽極46とガラス基板45との間に材質の違いによる屈折率差がある上、陰極52の有機半導体層側の面は鏡面であるため、干渉効果によって、発光スペクトルが素子の表示を見る角度（視角）に応じてブルーシフト（青色化）する可能性がある。特に、上述した実施形態のように、光取り出し効率を向上させるために光取り出し向上層99を形成し、マイクロキャピティ効果や多重反射干渉効果を利用した有機電界発光素子の場合、干渉効果を最大限に活用しているため、視角によってより大きく色調がずれる上に、特に白色光を発光させる場合にはホワイトバランスが大きく崩れるという問題が生じる可能性がある。このような場合に、例えばカラーフィルタを用いても、色純度を高めることはできるが、上述のような見る角度によって色が変るという視角依存性（視野角特性）を改善することはできない。本変形例は、このような問題を解決するために、発光層49の発光スペクトルを限定するものである。

【0129】

本願発明者等は、発光層49を構成する発光材料を複数種類において変更しつつ、光取り出し向上層99等の厚さを適宜変更し、有機電界発光素子3の輝度L、全光束、CIE（Commission Internationale de l'Éclairage）色度座標の変化量等の測定を行った。以下、その詳細について説明する。

【0130】

本変形例では、発光層49を構成する発光材料として、Alq₃、Irppy、C545T、赤色Ir錯体、PtOEPの5種類を用いている。これらの発光材料の化学構造式を図32にそれぞれ示す。

【0131】

図33は、発光層49を構成する上記5種類の発光材料の発光スペクトルの一例を示す図であり、図34は、それらのスペクトルの半値幅及び規格化した発光スペクトル面積の

10

20

30

40

50

一例を示す図である。

【0132】

図33に示す例では、横軸に波長(nm)、縦軸に発光強度をとっており、各スペクトルの最大発光強度が1となるように規格化したものを示している。この例では、5種類の発光材料のうち、Alq₃を実線、Irppyを破線、C545Tを点線、赤色Ir錯体を一点鎖線、PtOEPを二点鎖線にて示している。

【0133】

図34に示すように、5種類の発光材料Alq₃、Irppy、C545T、赤色Ir錯体、PtOEPのスペクトルの半値幅(nm)はそれぞれ、110, 90, 65, 90, 20となっており、規格化した発光スペクトル面積はそれぞれ、111, 88, 67, 98, 33となっている。ここで、規格化した発光スペクトル面積とは、発光スペクトルの最大発光強度が1となるように規格化した場合の波長1nmごとの発光強度の総和のことであり、次式で求められる。

【0134】

【数1】

$$T = \sum_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} I_{\lambda}$$

上式において、Tは規格化した発光スペクトル面積、Iは発光スペクトルの最大発光強度が1となるように規格化した場合の波長が(1nm単位)であるときの発光強度、max及びminは発光スペクトルの波長域の最大値及び最小値である。

【0135】

図35は、発光材料としてAlq₃を用いた場合の輝度L、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。

【0136】

図35に示す一例においては、陽極46、ホール注入層47、光取り出し向上層99、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、電子注入層51及び陰極52は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれITO/HIL(Hole Injection Layer:ホール注入層)/Ag(Xnm)/MoO₃(3nm)/NPB(42nm)/Alq₃(60nm)/Li₂O/Alであるものとする。なおこの場合において、前述したように、MoO₃は機能層であり、またAlq₃は発光層49と電子輸送層50とを兼ねるものである(以下においても同様)。また、かっこ内の数値は各層の膜厚を表している。

【0137】

図35において、CIEは、視角を0°(正面)から60°まで変化させた場合の色度変化を表している。また、判定欄は、輝度L、全光束、及びCIE色度座標の変化量の3項目について良否の判定を行い、良判定である項目が3つ以上である場合を、2つである場合を、1つ以下である場合を×としている。判定基準は、輝度L及び全光束については最上欄に記載した比較例の発光素子と比較し、比較例よりも値が大きければ良判定とし、色度座標の変化量については、おおよそ0.050以下であるものを良判定とする。これは、一般に色度座標の変化量が約0.050以下である場合には、視角依存性(視野角特性)の向上を実現できると考えられるからである。良判定である項目については図中において斜線で示している。なお、最上欄に記載された比較例は、光取り出し向上層99が形成されておらず、マイクロキャピティ効果や多重反射干渉効果を利用しない有機電界発光素子である場合の一例である。この比較例では、ホール注入層47の材質としてCuPc(銅フタロシアニン)を用いており、その他ではTPA(トリフェニルアミン)を用いている。

【0138】

図35に示す例では、光取り出し向上層99の厚さが例えば5nmである場合、色度座

10

20

30

40

50

標の変化量は0.038であり0.050以下であるので良判定であるが、輝度L及び全光束については比較例よりも値が小さくなっており、良判定の項目が1つのみであるため判定は×となっている。また、光取り出し向上層99の厚さが例えば10, 15, 20, 25 nmである場合、輝度L及び全光束は比較例よりも値が大きく良判定であるが、色度座標の変化量については0.050より大きくなっており、良判定の項目が2つのみであるためそれぞれ判定は△となっている。

【0139】

図36は、発光材料としてIrppyを用いた場合の輝度L、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。

【0140】

図36に示す一例においては、陽極46、ホール注入層47、光取り出し向上層99、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、電子注入層51及び陰極52は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれITO/HIL/Ag(X nm)/MoO₃(3 nm)/NPB/9%Irppy:TAZ(40 nm)/Alq₃(20 nm)/Li₂O(10 nm)/Al(80 nm)であるものとする。ここで「9%Irppy:TAZ」とは、TAZ(トリアジン誘導体)に9%Irppyを混合させた層を示している。またここでは、Alq₃は電子輸送層50として機能する(以下においても同様)。

【0141】

図36に示す例では、例えば、光取り出し向上層99及びホール輸送層48の厚さがそれぞれ15 nm, 37 nmである場合、18 nm, 37 nmである場合、及び22 nm, 37 nmである場合に、輝度L及び全光束について比較例よりも値が大きくなっており、且つ、色度座標の変化量についてもおおよそ0.050以下(光取り出し向上層99及びホール輸送層48の厚さが22 nm, 37 nmである場合の色度座標の変化量は0.058であり0.050よりも大きな値となっているが、許容範囲内であるためここでは良判定としている)となっており、良判定の項目が3つであるため判定が△となっている。したがって、これらにおいては、比較例と比べて視角依存性(視野角特性)の向上を実現でき、且つ色純度に優れ、且つ光取り出し効率を向上させることができている。その他については、良判定の項目が2つであるためそれぞれ判定は△となっている。

【0142】

図37は、発光材料としてC545Tを用いた場合の輝度L、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。

【0143】

図37に示す一例においては、陽極46、ホール注入層47、光取り出し向上層99、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、電子注入層51及び陰極52は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれITO/HIL/Ag(X nm)/MoO₃(3 nm)/NPB/C545T:Alq₃(0.75:2, 40 nm)/Alq₃(20 nm)/Li₂O(10 nm)/Al(80 nm)であるものとする。ここで「C545T:Alq₃(0.75:2, 40 nm)」とは、C545TとAlq₃とを0.75:2.0の混合比で混合させた層を示している。

【0144】

図37に示す例では、例えば、光取り出し向上層99及びホール輸送層48の厚さがそれぞれ15 nm, 37 nmである場合、20 nm, 37 nmである場合、20 nm, 42 nmである場合、25 nm, 37 nmである場合、及び25 nm, 42 nmである場合に、輝度L及び全光束について比較例よりも値が大きく(光取り出し向上層99及びホール輸送層48の厚さが25 nm, 37 nmである場合の全光束は0.95であり比較例の1.00よりも小さな値となっているが、許容範囲内であるためここでは良判定としている)、且つ、色度座標の変化量についても0.050よりも値が小さくなっており、良判定の項目が3つであるため判定が△となっている。したがって、これらにおいては、比較例と比べて視角依存性(視野角特性)の向上を実現でき、且つ色純度に優れ、且つ光取り出し効率を向上させることができている。その他については、良判定の項目が2つであるた

10

20

30

40

50

めそれぞれ判定は となっている。

【0145】

図38は、発光材料として赤色Ir錯体を用いた場合の輝度L、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。

【0146】

図38に示す一例においては、陽極46、ホール注入層47、光取り出し向上層99、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、電子注入層51及び陰極52は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれITO/HIL/Ag(Xnm)/MoO₃(3nm)/NPB/赤色Ir錯体：キノリン誘導体(40nm)/Alq₃(37.5nm)/Li₂O(10nm)/Al(80nm)であるものとする。

10

【0147】

図38に示す例では、例えば、光取り出し向上層99及びホール輸送層48の厚さがそれぞれ20nm, 52nmである場合、及び20nm, 62nmである場合に、輝度L及び全光束について比較例よりも値が大きくなっており、且つ、色度座標の変化量についても0.050よりも大きな値ではあるが許容範囲内であることから、良判定の項目が3つであるため判定が となっている。したがって、これらにおいては、比較例と比べて視角依存性(視野角特性)の向上を実現でき、且つ色純度に優れ、且つ光取り出し効率を向上させることができている。その他については、良判定の項目が2つであるため判定は となっている。

【0148】

20

図39は、発光材料としてPtOEPを用いた場合の輝度L、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。

【0149】

図39に示す一例においては、陽極46、ホール注入層47、光取り出し向上層99、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、電子注入層51及び陰極52は、各層の区切りを「/」で表すものとして、それぞれITO/HIL/Ag(Xnm)/MoO₃(3nm)/NPB/9%PtOEP:Alq₃(40nm)/Alq₃(37.5nm)/Li₂O(10nm)/Al(80nm)であるものとする。

【0150】

図39に示す例では、例えば、光取り出し向上層99及びホール輸送層48の厚さがそれぞれ20nm, 52nmである場合、及び20nm, 62nmである場合に、輝度L及び全光束について比較例よりも値が大きくなっており、且つ、色度座標の変化量についても0.050より小さな値であり、良判定の項目が3つであるため判定が となっている。したがって、これらにおいては、比較例と比べて視角依存性(視野角特性)の向上を実現でき、且つ色純度に優れ、且つ光取り出し効率を向上させることができている。その他については、同等以上の項目が2つであるため判定は となっている。

30

【0151】

図40は、発光層49を構成する上記5種類の発光材料について、前述した発光スペクトルの半値幅及び規格化した発光スペクトル面積と、上述した測定結果のうちの色度座標の変化量とを対応させた例を示す図である。

40

【0152】

図40に示す例では、各発光材料について、上述した図35乃至図39で示す色度座標の変化量のうち、光取り出し向上層99の厚さが約20nmであり、且つ、機能層(MoO₃:3nm)とホール輸送層48を合わせた厚さが、各表の最上欄に示す比較例におけるホール輸送層48の厚さと同等となる場合の値を選択して示している。なお、この選択した値を含む行を、上述した図35乃至図39において矢印にて示す。また図40において、色度座標の変化量の欄の「μキャピティ構造無し」とは、各表の最上欄に示す比較例における色度座標の変化量のことであり、「μキャピティ構造有り」は上記選択した色度座標の変化量である。

【0153】

50

図41は、上記図40に示す測定結果に基づき、半値幅と色度座標の変化量(μキャピティ構造有り)の関係の一例を示す図である。

【0154】

図41に示すように、発光スペクトルの半値幅が狭いほど色度座標の変化量も小さくなっている。また、各発光材料の測定値に基づく近似曲線Xが示すように、半値幅が80nm以下の範囲では、色度座標の変化量がほぼ0.03~0.05の範囲に収まっている。すなわち、発光スペクトルの半値幅が1nm以上80nm以下の範囲においては、前述したように色度座標の変化量が約0.050以下であることから、視角依存性(視野角特性)の向上を実現することができる。

【0155】

図42は、上記図40に示す測定結果に基づき、発光スペクトル面積と色度座標の変化量(μキャピティ構造有り)の関係の一例を示す図である。

【0156】

図42に示すように、規格化した発光スペクトル面積が狭いほど色度座標の変化量も小さくなっている。また、各発光材料の測定値に基づく近似曲線Yが示すように、発光スペクトル面積が80nm以下の範囲では、色度座標の変化量がほぼ0.03~0.05の範囲に収まっている。すなわち、この発光スペクトル面積が1以上80以下の範囲においては、前述したように色度座標の変化量が約0.050以下であることから、視角依存性(視野角特性)の向上を実現することができる。

【0157】

上記変形例における発光素子3においては、上述した構成に加えてさらに、光電変換層49の発光スペクトルの半値幅が1nm以上80nm以下、あるいは発光スペクトルの最大発光強度が1となるように規格化した場合の波長1nmごとの発光強度の総和である発光スペクトル面積が、1以上80以下であることを特徴とする。

【0158】

これにより、CIE色度座標の変化量がほぼ0.03~0.05の範囲に収まるため、視角依存性(視野角特性)の向上を実現でき、且つ色純度に優れ、且つ光取り出し効率を向上させることができる。

【0159】

3. 光取り出し向上層を不連続または抵抗値を増大させる場合

上述した実施形態のように、光取り出し効率を向上させるために光取り出し向上層99を形成した有機電界発光素子の場合、光取り出し向上層99が反射性、透過性、及び導電性を兼ね備えた材質で構成され、陽極46(トップエミッションタイプでは陰極52。以下同様)とほぼ同等の導電性(抵抗値)を有するため、表示パネル上で多数の画素を点灯させる場合に、陽極46間に短絡が発生してしまい、発光が観測されない、あるいは発光が得られないという問題が生じる可能性がある。本変形例は、このような問題を解決するために、光取り出し向上層99を所定の領域で不連続とする、あるいは抵抗値を増大させるものである。

【0160】

図43は、有機電界発光素子3が適用された表示パネルの概念的な構成例を、部分的に拡大した部分拡大図と共に示す図である。

【0161】

図43に示す例では、表示パネルは例えばパッシブマトリクス構成(アクティブマトリクス構成でもよい)となっている。この例では、ガラス基板45上に複数の陽極46(陽極46-1~46-m)を平行に配置し、その上にホール注入層47、光取り出し向上層99、ホール輸送層48、発光層49、電子輸送層50、及び電子注入層51を積層し、さらにその上に複数の陰極52(陰極52-1~52-n)を陽極46と直交するように積層することにより、表示パネルが構成されている。

【0162】

図43中の部分拡大図には、表示パネル中の例えば4つの有機電界発光素子3(4画素

10

20

30

40

50

）について、各発光素子 3 と隔壁 6 0、及び光取り出し向上層 9 9 が有する分断部 6 5（不連続部に相当）の位置関係を示している。なお、この部分拡大図では、煩雑防止のため、光取り出し向上層 9 9 以外の層構成の図示を省略している。隔壁 6 0 は、陰極 5 2 にほぼ平行な方向に延設されており、陽極 4 6 に沿う方向に隣り合う発光素子 3 同士におけるホール注入層 4 7、光取り出し向上層 9 9、ホール輸送層 4 8、発光層 4 9、電子輸送層 5 0、電子注入層 5 1、及び陰極 5 2 を隔てるように設けられている（後述の図 4 4 参照）。一方、分断部 6 5 は、光取り出し向上層 9 9 が分断されることにより不連続となっている部分であり（後述の図 4 5 参照）、隔壁 6 0 に沿う方向に隣り合う発光素子 3 同士の間に設けられている。

【 0 1 6 3 】

図 4 4 は、図 4 3 中 A - A 線による断面例を示す断面図である。なお、この図 4 4 では煩雑防止のため、ホール輸送層 4 8、発光層 4 9、電子輸送層 5 0、及び電子注入層 5 1 を、1 つの層として図示している。

【 0 1 6 4 】

図 4 4 に示す例では、ガラス基板 4 5 上に設けられた陽極 4 6 に直交するように発光エリア限定層 5 4 を形成し、この発光エリア限定層 5 4 上に絶縁材料で構成された逆テーパ状の隔壁 6 0 が形成されている。これら発光エリア限定層 5 4 及び隔壁 6 0 により、上述したように、隣り合う発光素子 3 同士におけるホール注入層 4 7、光取り出し向上層 9 9、ホール輸送層 4 8、発光層 4 9、電子輸送層 5 0、電子注入層 5 1、及び陰極 5 2 が隔てられている。

【 0 1 6 5 】

図 4 5 は、図 4 3 中 B - B 線による断面例を示す断面図である。なお、この図 4 5 でも、上記図 4 4 と同様に、ホール輸送層 4 8、発光層 4 9、電子輸送層 5 0、及び電子注入層 5 1 を 1 つの層として図示している。

【 0 1 6 6 】

図 4 5 に示すように、光取り出し向上層 9 9 は、陽極 4 6 上以外の領域に分断部 6 5 を有している。分断部 6 5 は、光取り出し向上層 9 9 が分断されることにより不連続となっている部分であり、その部分は例えばホール注入層 4 7 又はホール輸送層 4 8 と同じ材質で構成してもよいし、その他の材料で構成してもよい。なお、この図 4 5 に示す例では、陽極 4 6 上以外の領域のみに分断部 6 5 を設けるようにしたが、これに限らず、光取り出し向上層 9 9 の光取り出し向上機能を損なわない限りにおいては、陽極 4 6 上の領域に分断部 6 5 を設けてもよい。

【 0 1 6 7 】

上記分断部 6 5 の形成方法としては、例えば、プラズマエッチングなどで光取り出し向上層 9 9 の所望の箇所をエッチングする、また、ステンレス基材に穴加工し、光取り出し向上層 9 9 を形成する等が挙げられる。あるいは、ドナーシートに光取り出し向上層 9 9 を形成し、当該光取り出し向上層 9 9 を配置したい箇所にレーザー照射によりドナーシートからホール注入層 4 7 へ転写することにより、分断部 6 5 を形成してもよい。この際、ホール注入層 4 7 上にのみ限定されるわけではなく、ホール注入層 4 7 ごと陽極 4 6 上に転写してもよい。また、光取り出し向上層 9 9 の材質を溶解させ、インクジェットで所望のエリアに光取り出し向上層 9 9 を形成することにより分断部 6 5 を形成してもよい。また、ホール注入層 4 7 上に隔壁を設けることにより、光取り出し向上層 9 9 を分断してもよい。

【 0 1 6 8 】

上記変形例における発光素子 3 においては、上述した構成に加えてさらに、光取り出し向上層 9 9 は、不連続部 6 5（分断部に相当）を有することを特徴とする。

【 0 1 6 9 】

このようにすると、例えば光取り出し向上層 9 9 に不連続部 6 5 を設けない構成の場合には、光取り出し向上層 9 9 が反射性、透過性、及び導電性を兼ね備えた材質で構成され、陽極 4 6 とほぼ同等の導電性（抵抗値）を有するため、表示パネル上で多数の画素を点

10

20

30

40

50

灯させる場合に陽極 4 6 間に短絡が発生してしまい、発光が観測されない、あるいは発光が得られないという問題が生じる可能性があったのに対し、上記変形例では、光取り出し向上層 9 9 に不連続部 6 5 を設けるため、陽極 4 6 間の短絡を防止することができる。これにより、各有機電界発光素子 3 を独立して発光させることが可能となる。

【0170】

上記変形例における発光素子 3 においては、上述した構成に加えてさらに、不連続部 6 5 は、光取り出し向上層 9 9 の第 1 電極 4 6 上以外の領域に形成されていることを特徴とする。これにより、光取り出し向上層 9 9 の光取り出し向上機能を損なうことなく、陽極 4 6 間の短絡を防止することができる。

【0171】

なお、以上では光取り出し向上層 9 9 に不連続部 6 5 を設ける構成としたが、光取り出し向上層 9 9 に抵抗値を増大させた抵抗増大部を設けるようにしてもよい。図 4 6 は、この場合における図 4 3 中 B - B 線に対応する断面例を示す断面図である。

【0172】

図 4 6 に示すように、光取り出し向上層 9 9 は、陽極 4 6 上以外の領域に抵抗増大部 6 6 を有している。抵抗増大部 6 6 は、例えば、ある程度酸素が存在する雰囲気下での加熱処理（レーザー）、あるいは光取り出し向上層 9 9 の薄膜化等により、光取り出し向上層 9 9 のその他の部分より抵抗値を増大させた部分である。

【0173】

上記変形例における発光素子 3 においては、上述した構成に加えてさらに、光取り出し向上層 9 9 は、第 1 電極 4 6 上以外の領域に、抵抗値を増大させた抵抗増大部 6 6 を有することを特徴とする。このようにすると、陽極 4 6 間の短絡を防止することができるので、各有機電界発光素子 3 を独立して発光させることが可能となる。

【0174】

なお、以上では、一例として基板 4 5 が陽極 4 6 側に配置しているがこれに限られず、陰極 5 2 側に配置していても良い。

【0175】

また、以上既に述べた以外にも、上記実施形態や各変形例による手法を適宜組み合わせ利用しても良い。

【図面の簡単な説明】

【0176】

【図 1】第 1 実施形態としての発光素子が表示パネルの有機電界発光素子に適用された場合の一例を示す部分断面図である。

【図 2】図 1 に示す有機電界発光素子内における光路の一例を示す断面のイメージ図である。

【図 3】本実施形態による効果を検証するための第 1 の比較例としての光取り出し効率の一例を示す図である。

【図 4】本実施形態による効果を検証するための第 2 の比較例としての光取り出し効率の一例を示す図である。

【図 5】光取り出し向上層の厚さに応じた光取り出し効率の一例を示す図である。

【図 6】光取り出し向上層の厚さに応じた光取り出し効率の一例を示す図である。

【図 7】光取り出し向上層の厚さに応じた光取り出し効率の一例を示す図である。

【図 8】光取り出し向上層の厚さに応じた光取り出し効率の一例を示す図である。

【図 9】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。

【図 10】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。

【図 11】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。

【図 12】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。

【図 13】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。

【図 14】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。

【図 15】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。

10

20

30

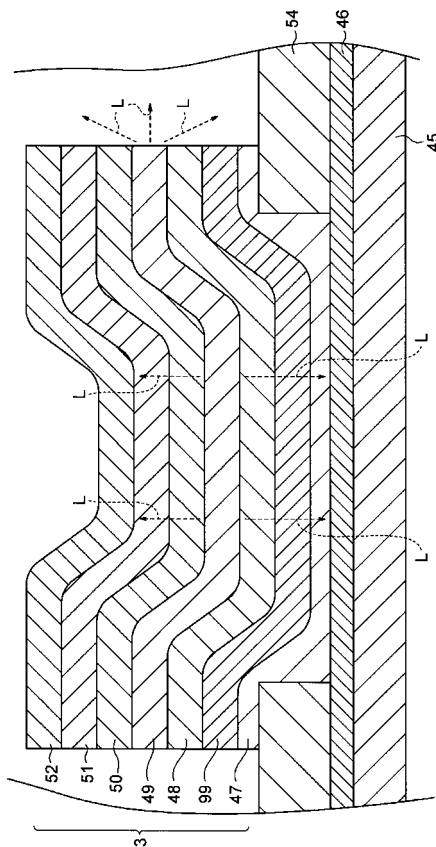
40

50

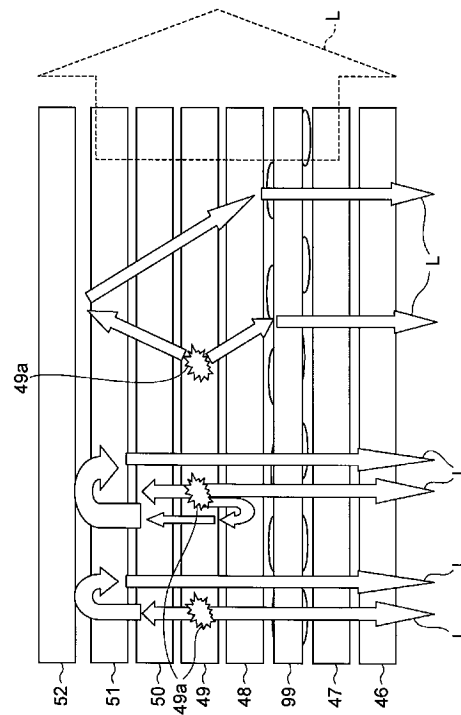
- 【図16】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図17】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図18】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図19】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図20】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図21】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図22】図9～図21に示した各構成を採用した有機電界発光素子の駆動電圧及び輝度の検証例を示す図である。
- 【図23】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図24】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。 10
- 【図25】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図26】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図27】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図28】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図29】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図30】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図31】有機電界発光素子の構成例を示す断面図である。
- 【図32】発光層を構成する5種類の発光材料の化学構造式を示す図である。
- 【図33】発光層を構成する5種類の発光材料の発光スペクトルの一例を示す図である。
- 【図34】発光層を構成する5種類の発光材料の発光スペクトルの半値幅及び規格化した発光スペクトル面積の一例を示す図である。 20
- 【図35】発光材料としてAlq₃を用いた場合の輝度、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。
- 【図36】発光材料としてIrppyを用いた場合の輝度、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。
- 【図37】発光材料としてC545Tを用いた場合の輝度、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。
- 【図38】発光材料として赤色Ir錯体を用いた場合の輝度、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。
- 【図39】発光材料としてPtOEPを用いた場合の輝度、全光束、CIE色度座標の変化量の一例を示す図である。 30
- 【図40】発光層を構成する5種類の発光材料について、発光スペクトルの半値幅及び規格化した発光スペクトル面積と、測定結果のうちの色度座標の変化量とを対応させた例を示す図である。
- 【図41】図40に示す測定結果に基づく、半値幅と色度座標の変化量の関係の一例を示す図である。
- 【図42】図40に示す測定結果に基づく、発光スペクトル面積と色度座標の変化量の関係の一例を示す図である。
- 【図43】有機電界発光素子が適用された表示パネルの概念的な構成例を、部分的に拡大した部分拡大図と共に示す図である。 40
- 【図44】図43中A-A線による断面例を示す断面図である。
- 【図45】図43中B-B線による断面例を示す断面図である。
- 【図46】光取り出し向上層に抵抗増大部を設ける場合における図43中B-B線に対応する断面例を示す断面図である。
- 【符号の説明】
- 【0177】
- | | |
|-----|------------------|
| 46 | 陽極（第1電極に相当） |
| 47 | ホール注入層（機能層に相当） |
| 47a | 第1ホール注入層（機能層に相当） |
| 47b | 第2ホール注入層（機能層に相当） |
- 50

- 4 7 c 混合系ホール注入層（機能層に相当）
- 4 7 d ホール注入層（機能層に相当）
- 4 8 ホール輸送層（機能層に相当）
- 4 8 a 混合系ホール輸送層（機能層に相当）
- 4 8 c ホール輸送層（機能層に相当）
- 4 9 発光層（光電変換層に相当）
- 5 0 電子輸送層
- 5 0 a 第1電子輸送層（機能層に相当）
- 5 0 b 第2電子輸送層（機能層に相当）
- 5 0 c 混合系電子輸送層（機能層に相当）
- 5 1 電子注入層
- 5 1 a 第1電子注入層（機能層に相当）
- 5 1 b 第2電子注入層（機能層に相当）
- 5 1 c 混合系電子注入層（機能層に相当）
- 5 2 陰極（第2電極に相当）
- 6 5 分断部（不連続部に相当）
- 6 6 抵抗増大部
- 9 9 光取り出し向上層

【図1】



【図2】



【 図 3 】

	V @7.5mA/cm ²	L(cd/m ²) @7.5mA/cm ²	EL(cd/A) @7.5mA/cm ²
Ref	4.50	274	3.7

【 図 4 】

	V @7.5mA/cm ²	L(cd/m ²) @7.5mA/cm ²	EL(cd/A) @7.5mA/cm ²
Ref	4.9	312	4.2

【 図 5 】

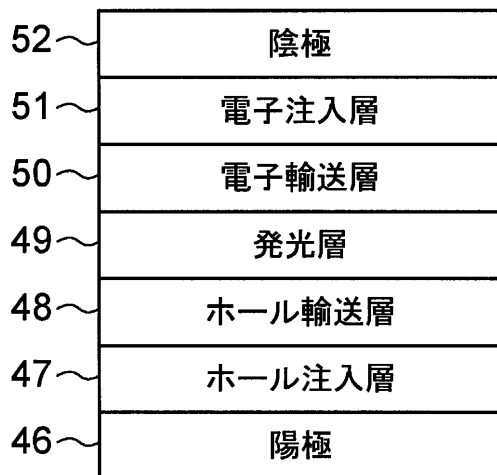
X	V @7.5mA/cm ²	L(cd/m ²) @7.5mA/cm ²	EL(cd/A) @7.5mA/cm ²
5	5.23	219	2.9
10	5.12	457	6.1
15	5.27	580	7.7
20	5.17	556	7.4
25	5.40	414	5.5

【 図 6 】

X	V @7.5mA/cm ²	L(cd/m ²) @7.5mA/cm ²	EL(cd/A) @7.5mA/cm ²
10	5.05	415	5.5
15	5.10	503	6.7
20	4.88	455	6.1

【 図 9 】

一般的な構造



【 図 7 】

X	V @7.5mA/cm ²	L(cd/m ²) @7.5mA/cm ²	EL(cd/A) @7.5mA/cm ²
10	5.20	366	4.9
15	5.29	361	4.9
20	5.20	376	5.0

【 図 8 】

X	V @7.5mA/cm ²	L(cd/m ²) @7.5mA/cm ²	EL(cd/A) @7.5mA/cm ²
10	4.27	267	3.6
15	4.46	269	3.6
20	4.47	235	3.3

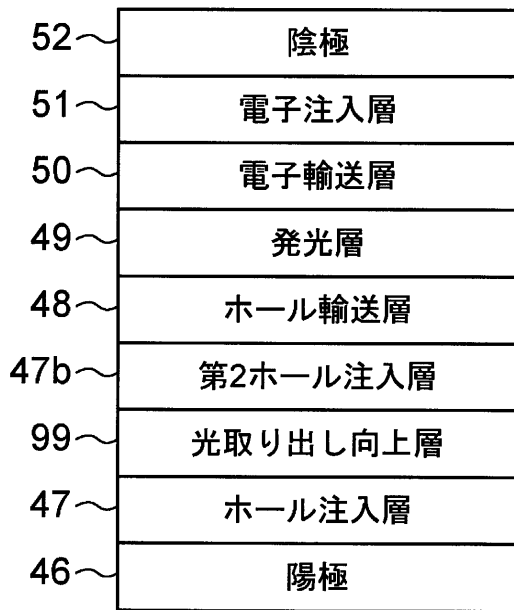
【 図 10 】

構造1-1



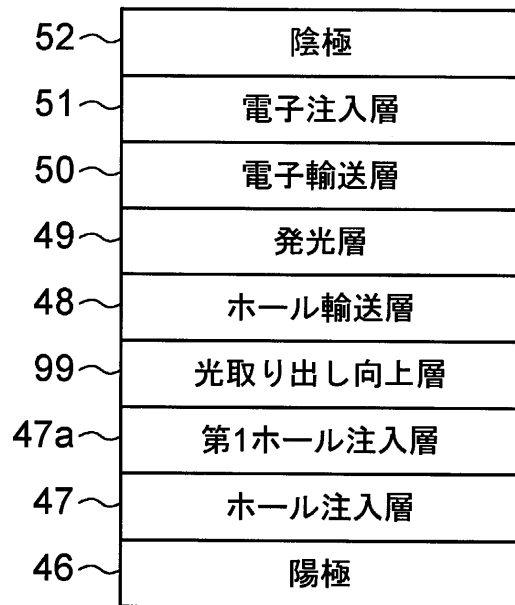
【図11】

構造1-2



【図12】

構造1-3



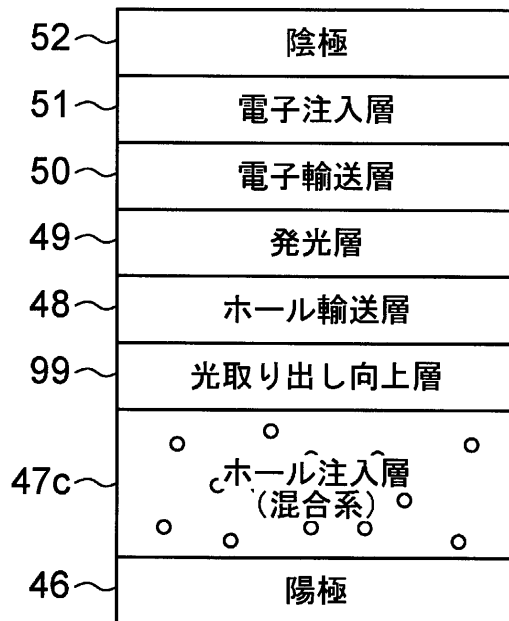
【図13】

構造1-4



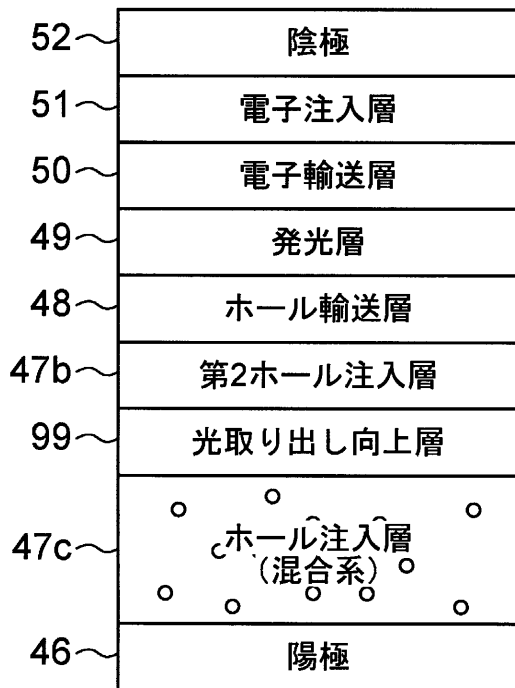
【図14】

構造1-5



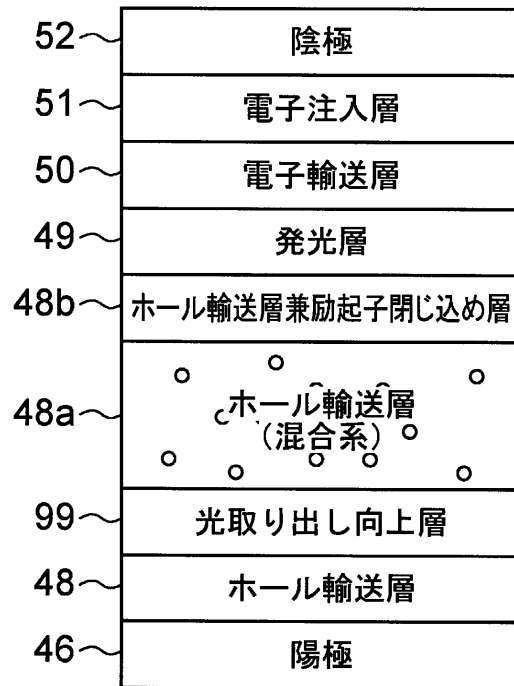
【図15】

構造1-6



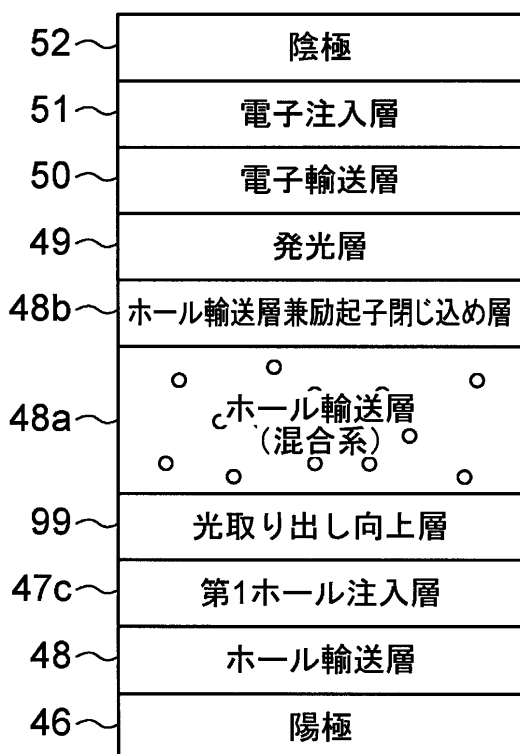
【図16】

構造1-7



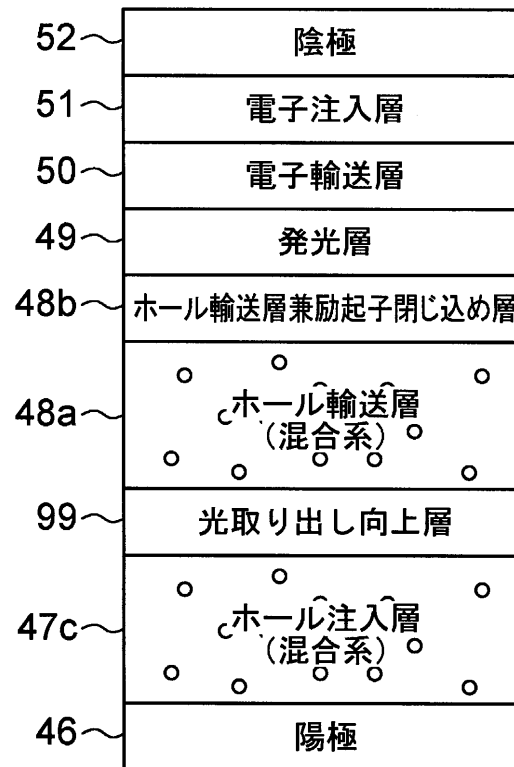
【図17】

構造1-8



【図18】

構造1-9



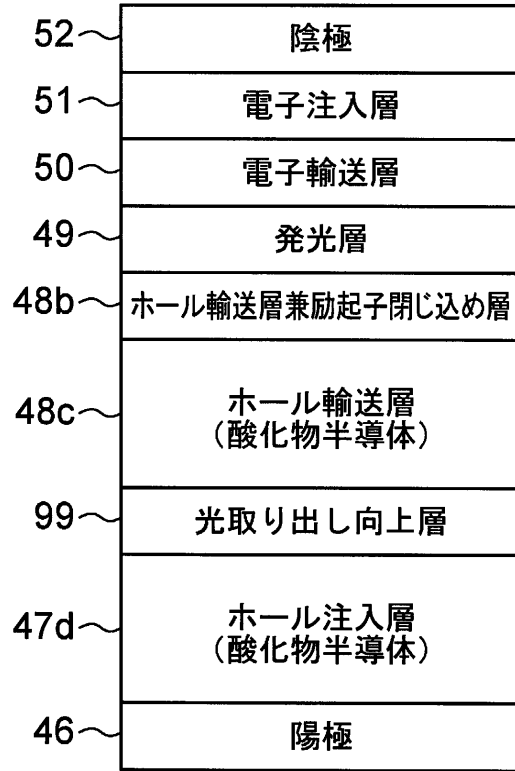
【図19】

比較構造



【図20】

関連第1構造



【図21】

関連第2構造



【図22】

構造	V	L(cd/m ²)
一般第1	4.9	290
一般第2	5.8	305
一般第3	4.6	263
1-1	9.5	<1
1-2	9.4	25
1-3	5.4	261
1-4	5.2	400
1-5	5.1	503
1-6	5.1	503
1-7	5.1	503
1-8	4.4	228
1-9	4.2	251
1-9'	4.6	447
比較	4.9	312
関連第1	4.6	343
関連第1'	5.0	408

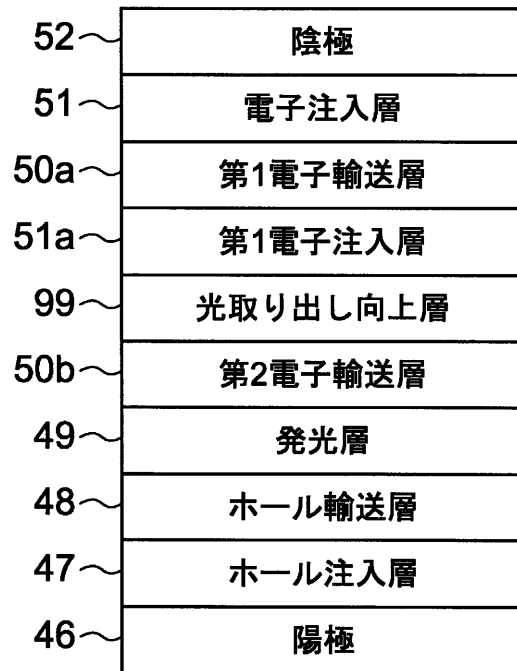
【図23】

構造2-1



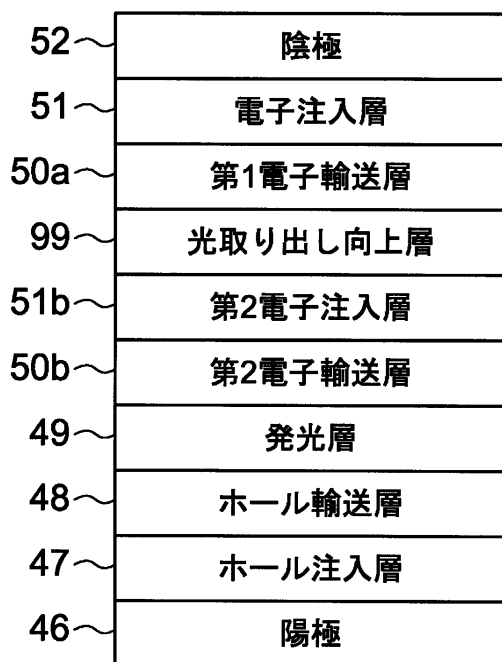
【図24】

構造2-2



【図25】

構造2-3



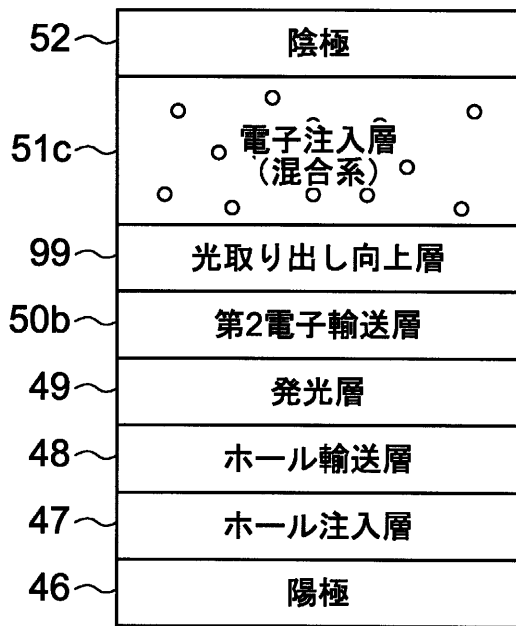
【図26】

構造2-4



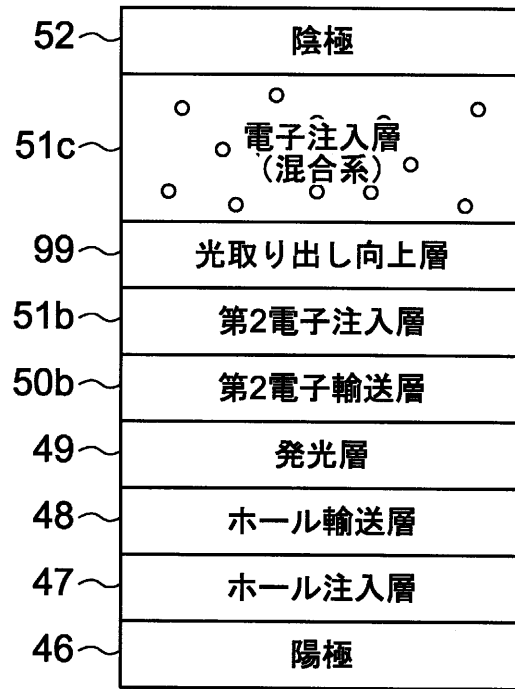
【図27】

構造2-5



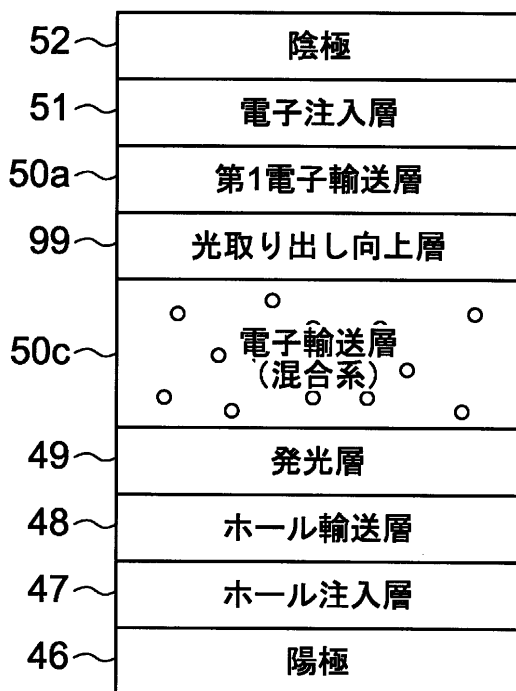
【図28】

構造2-6



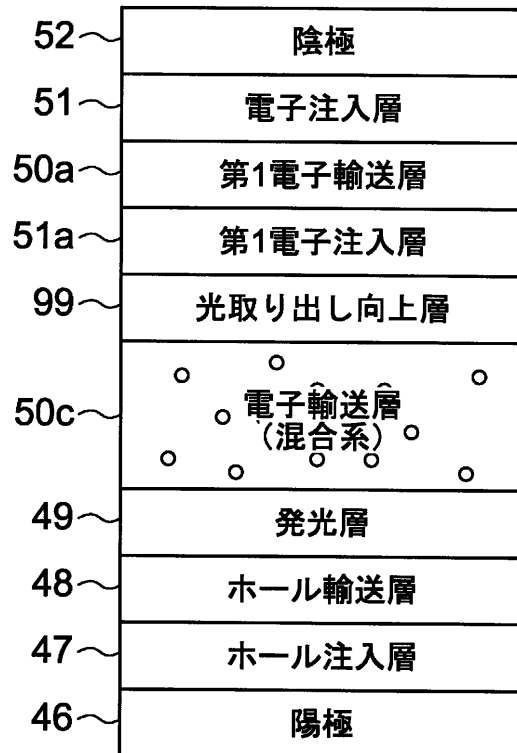
【図29】

構造2-7

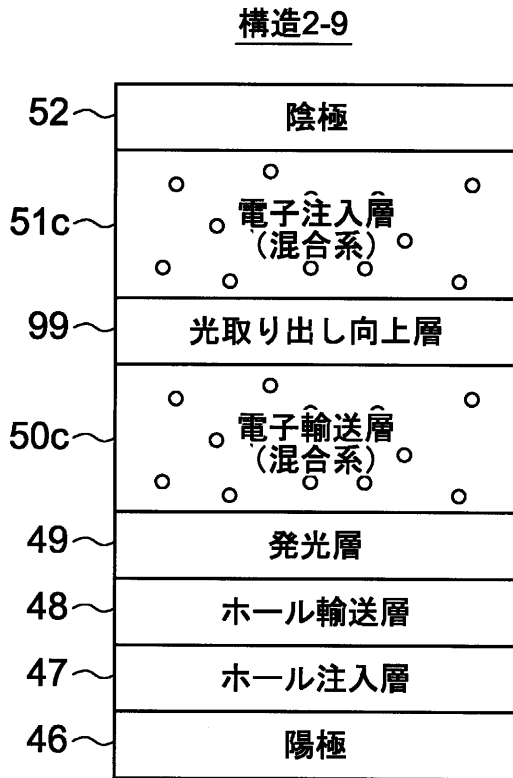


【図30】

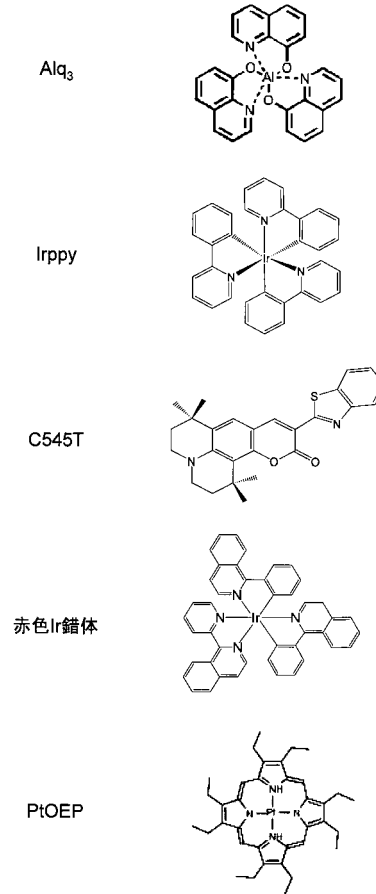
構造2-8



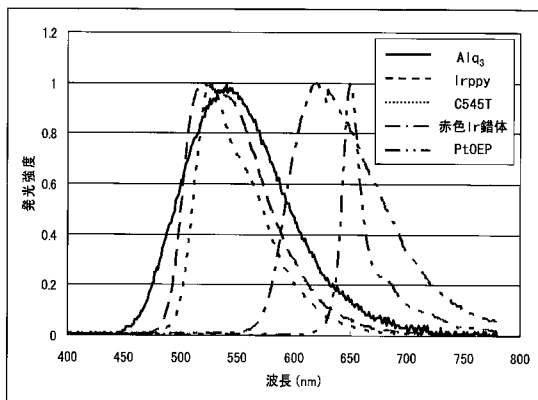
【図31】



【図32】



【図33】



【図34】

材料名	半値幅 (nm)	規格化した発光スペクトル面積
Alq ₃	110	111
Irppy	90	88
C545T	65	67
赤色Ir錯体	90	98
PtOEP	20	33

【図35】

ITO/HIL/Ag(Xnm)/MoO₃(3nm)/NPB(42nm)/Alq₃(60nm)/Li₂O/Al

Device structure	Li (正電)		全光束	位置CIE		ΔCIE		実化量 (Δx+Δy) ^{1/2}	判定	
	①7.5mA/cm ²	②7.5mA/cm ²		x	y	Δx	Δy			
HIL	Ag	NPB								
CuPc (25nm)	45nm		309 (1.00)	1.00	0.329	0.675	0.044	0.002	0.044	ref
TPA (32nm)	38nm		272 (0.88)	0.83	0.359	0.652	0.042	0.017	0.045	
TPA20nm	5nm	42nm	219 (0.71)	0.71	0.292	0.58	0.033	0.018	0.038	x
TPA20nm	10nm	42nm	457 (1.47)	1.28	0.338	0.560	0.217	0.001	0.217	Δ
TPA20nm	15nm	42nm	580 (1.87)	1.50	0.317	0.623	0.107	0.024	0.110	Δ
TPA20nm	20nm	42nm	556 (1.79)	1.43	0.292	0.654	0.108	0.066	0.127	Δ
TPA20nm	25nm	42nm	414 (1.33)	1.10	0.182	0.690	0.032	0.529	0.530	Δ

【図36】

ITO/HIL/Ag/MoO₃(3nm)/NPB/9%Irppy.TAZ(40nm)/Alq₃(20nm)/Li₂O(10)/Al(80nm)

Device structure	Li (正電)		全光束	位置CIE		ΔCIE		実化量 (Δx+Δy) ^{1/2}	判定	
	①2.5mA/cm ²	②2.5mA/cm ²		x	y	Δx	Δy			
HIL	Ag	NPB								
CuPc (25nm)	45nm		997 (1.00)	1.00	0.308	0.635	0.046	0.021	0.051	ref
TPA (32nm)	38nm		878 (0.88)	0.89	0.335	0.611	0.036	0.023	0.043	
TPA20nm	15nm	37nm	1495 (1.49)	1.30	0.268	0.669	0.050	0.003	0.050	○
TPA20nm	15nm	42nm	1510 (1.51)	1.38	0.285	0.660	0.091	0.014	0.082	Δ
TPA20nm	15nm	47nm	1465 (1.46)	1.42	0.330	0.630	0.099	0.047	0.110	Δ
TPA20nm	18nm	37nm	1508 (1.51)	1.21	0.229	0.697	0.032	0.032	0.043	○
TPA20nm	18nm	42nm	1671 (1.57)	1.43	0.278	0.673	0.095	0.050	0.107	Δ
TPA20nm	18nm	47nm	1493 (1.49)	1.40	0.335	0.633	0.120	0.049	0.130	Δ
TPA20nm	22nm	37nm	1480 (1.48)	1.20	0.187	0.719	0.008	0.056	0.056	○
TPA20nm	22nm	42nm	1712 (1.72)	1.44	0.246	0.700	0.073	0.056	0.062	Δ
TPA20nm	22nm	47nm	1584 (1.57)	1.40	0.295	0.669	0.123	0.031	0.127	Δ
TPA20nm	25nm	42nm	1486 (1.48)	1.25	0.245	0.705	0.079	0.024	0.083	Δ
TPA20nm	30nm	42nm	1407 (1.40)	1.13	0.200	0.734	0.065	0.059	0.081	Δ

【図 37】

ITO/HIL/Ag/MoO₃(3nm)/NPB/C545T:Alq₃(0.75:2, 40nm)/Alq₃(20nm)/Li₂O(10)/Al(80nm)

Device structure			L(正値) @7.5mA/cm ²	全光束	正面CIE		ΔCIE		変化量 (Δx ² +Δy ²) ^{1/2}	判定
HIL	Ag	NPB			x	y	Δx	Δy		
CuPc (25nm)		45nm	1148(1.05)	1.00	0.296	0.659	0.043	0.028	0.050	ref
TPA (32nm)		38nm	919(0.80)	0.86	0.333	0.629	0.032	0.025	0.041	Δ
TPA(32nm)	15nm	37nm	1549(1.43)	1.25	0.259	0.692	0.034	0.003	0.034	○
TPA(32nm)	15nm	42nm	1225(1.30)	1.20	0.299	0.684	0.068	0.003	0.076	Δ
TPA(32nm)	15nm	47nm	1474(1.28)	1.28	0.337	0.634	0.098	0.064	0.117	Δ
TPA(32nm)	20nm	37nm	1518(1.32)	1.06	0.209	0.719	0.006	0.025	0.025	○
TPA(32nm)	20nm	42nm	1310(1.58)	1.23	0.241	0.708	0.034	0.006	0.035	Δ
TPA(32nm)	20nm	47nm	1715(1.45)	1.29	0.263	0.695	0.082	0.015	0.084	Δ
TPA(32nm)	25nm	37nm	1307(1.14)	0.95	0.175	0.735	0.023	0.039	0.045	○
TPA(32nm)	25nm	42nm	1754(1.52)	1.25	0.222	0.725	0.035	0.018	0.039	○
TPA(32nm)	25nm	47nm	1833(1.42)	1.21	0.255	0.705	0.071	0.013	0.072	Δ

【図 38】

ITO/HIL/Ag/MoO₃(3nm)/NPB/6%赤色Ir錯体:キノリン誘導体(40nm)/Alq₃(37.5nm)/Li₂O(10)/Al(80nm)

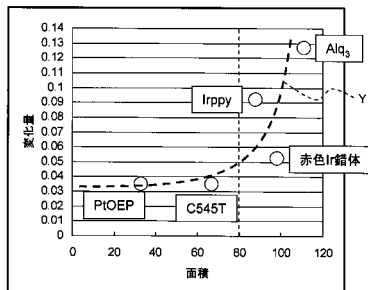
Device structure			L(正値) @7.5mA/cm ²	全光束	正面CIE		ΔCIE		変化量 (Δx ² +Δy ²) ^{1/2}	判定
HIL	Ag	NPB			x	y	Δx	Δy		
TPA (32nm)		55nm	298(1.00)	1.00	0.651	0.344	0.003	0.007	0.011	ref
TPA(32nm)	20nm	42nm	361(1.23)	0.94	0.623	0.378	0.013	0.005	0.013	Δ
TPA(32nm)	20nm	52nm	685(2.30)	1.21	0.658	0.342	0.038	0.037	0.052	○
TPA(32nm)	20nm	62nm	318(1.07)	1.43	0.683	0.317	0.038	0.039	0.054	○

【図 39】

ITO/HIL/Ag/MoO₃(3nm)/NPB/9%PtOEP:Alq₃(40nm)/Alq₃(37.5nm)/Li₂O(10)/Al(80nm)

Device structure			L(正値) @7.5mA/cm ²	全光束	正面CIE		ΔCIE		変化量 (Δx ² +Δy ²) ^{1/2}	判定
HIL	Ag	NPB			x	y	Δx	Δy		
CuPc (25nm)		55nm	49(1.00)	1.00	0.712	0.285	0.012	0.005	0.013	ref
TPA (32nm)	20nm	42nm	70(1.43)	0.86	0.714	0.66	0.041	0.016	0.045	Δ
TPA(32nm)	20nm	52nm	139(2.84)	1.73	0.723	0.277	0.032	0.014	0.035	○
TPA(32nm)	20nm	62nm	105(2.20)	2.36	0.728	0.274	0.013	0.038	0.015	○

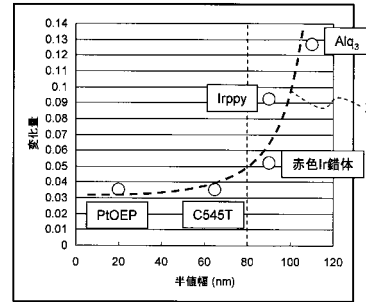
【図 42】



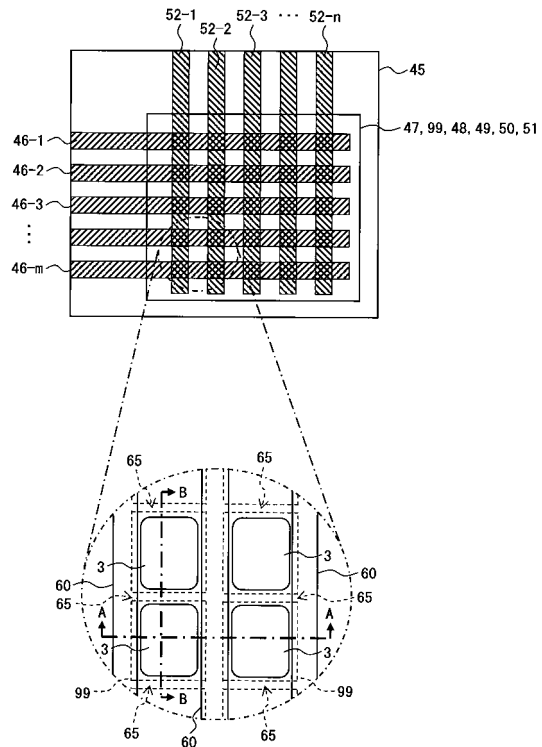
【図 40】

発光材料名	半値幅 (nm)	規格化した発 光スペクトル の面積	色度座標の変化量 (Δx ² +Δy ²) ^{1/2}		
			μキヤビティ構造 有り	μキヤビティ構造 無し	
			TPA	CuPc	
Alq ₃	110	111	0.127	0.045	0.044
Irppy	90	88	0.092	0.043	0.051
C545T	65	67	0.035	0.041	0.050
赤色Ir錯体	90	98	0.052	0.011	ND
PtOEP	20	33	0.035	ND	0.013

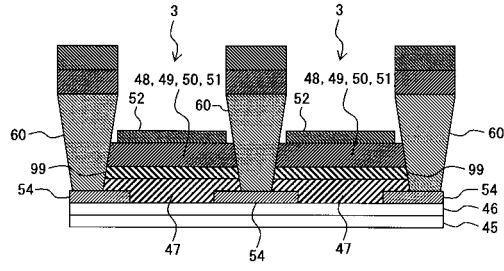
【図 41】



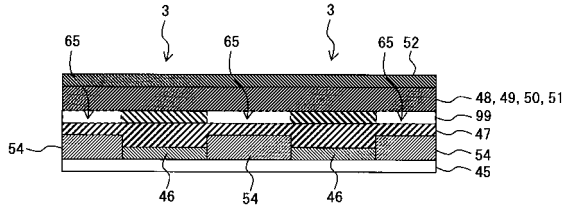
【図 43】



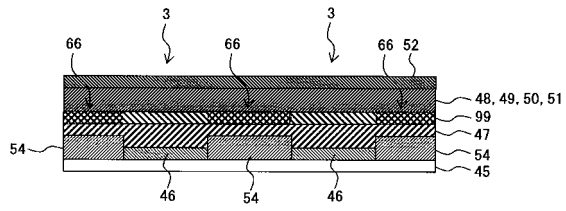
【 4 4 】



【 4 5 】



【 4 6 】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2006/098188(WO, A1)

特開2000-348865(JP, A)

特開2006-100796(JP, A)

特開2007-115645(JP, A)

特開2001-244079(JP, A)

特開2008-041361(JP, A)

特開2006-310257(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 51/50-51/56

H01L 27/32

H05B 33/00-33/28

G09F 9/30

专利名称(译)	发光装置和显示板		
公开(公告)号	JP5181019B2	公开(公告)日	2013-04-10
申请号	JP2010507120	申请日	2008-12-04
[标]申请(专利权)人(译)	日本先锋公司		
申请(专利权)人(译)	先锋公司		
当前申请(专利权)人(译)	先锋公司		
[标]发明人	小山田崇人		
发明人	小山田 崇人		
IPC分类号	H01L51/50 G09F9/30 H01L27/32		
FI分类号	H05B33/14.A H05B33/22.C H05B33/22.D H05B33/22.A G09F9/30.365.Z		
代理人(译)	增田博文		
审查员(译)	中山 佳美		
优先权	PCT/JP2008/056900 2008-04-07 WO		
其他公开文献	JPWO2009125519A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

为了解决在发光元件上形成光提取层时可能发生的问题。解决方案：有机半导体层47,48,49,50，在第一电极46和光电转换层49之间设置51，其中光提取改善层99包含银或金作为其至少一部分并且部分地反射光并且具有透明性它提供。光提取改善层99由有机半导体层47,48,49,50形成，在51中，电离势是具有更强烈的受体或供体强到5.5eV的有机半导体材料，氧化物，被夹或与含有氟化物或无机化合物作为实施例，所述功能层接触。

$$\text{数 } 1 \text{]} = \sum_{\lambda \text{ min}}^{\lambda \text{ max}} I_{\lambda}$$