

(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2008-160098

(P2008-160098A)

(43) 公開日 平成20年7月10日(2008.7.10)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 HO 1 L 51/50 (2006.01) HO 5 B 33/14 B 3 K 1 O 7

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 56 頁)

(21) 出願番号 特願2007-308620 (P2007-308620)
 (22) 出願日 平成19年11月29日(2007.11.29)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-325057 (P2006-325057)
 (32) 優先日 平成18年11月30日(2006.11.30)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 大澤 信晴
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 井上 英子
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 瀬尾 哲史
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 CC04 CC14 CC22
 DD53 DD58 DD64 DD67 FF14
 FF19

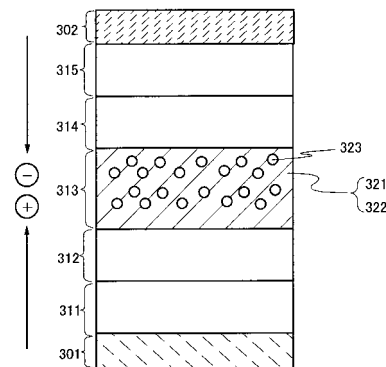
(54) 【発明の名称】 発光素子、発光装置および電子機器

(57) 【要約】

【課題】 発光効率が高く、かつ長寿命な発光素子を提供する。また、該発光素子を用いて発光装置を作製することにより、消費電力が少なく寿命が長い発光装置を提供する。

【解決手段】 陽極として機能する第1の電極301と陰極として機能する第2の電極302との間に、発光層313を有し、発光層313がホール輸送性を有する第1の有機化合物321と、電子輸送性を有する第2の有機化合物322と、ピラジン骨格を配位子として有する有機金属錯体323とを含む発光素子を作製する。また、該発光素子を用いて発光装置を作製する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体の配位子はピラジン骨格を有する配位子であり、前記有機金属錯体の中心金属は第 9 族または第 10 族元素である発光素子。

【請求項 2】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体の配位子は 2 - アリールピラジン誘導体であり、前記有機金属錯体の中心金属は第 9 族または第 10 族元素である発光素子。

10

【請求項 3】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体の配位子は 2 - フェニルピラジン誘導体であり、前記有機金属錯体の中心金属は第 9 族または第 10 族元素である発光素子。

【請求項 4】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体の配位子は 2 , 5 - ジフェニルピラジン誘導体であり、前記有機金属錯体の中心金属は第 9 族または第 10 族元素である発光素子。

20

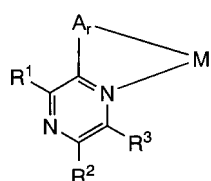
【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の発光素子において、前記中心金属がイリジウムまたは白金であることを特徴とする発光素子。

【請求項 6】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式 (G 1) で表される構造を有する発光素子。

【化 1】



(G1)

30

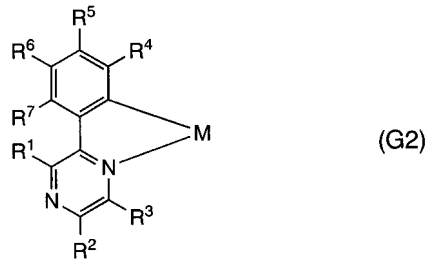
(式中、A_r はアリーレン基を表す。また、R¹ はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、R² は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、R³ は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、R² と R³ は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。)

【請求項 7】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式 (G 2) で表される構造を有する発光素子。

40

【化 2】

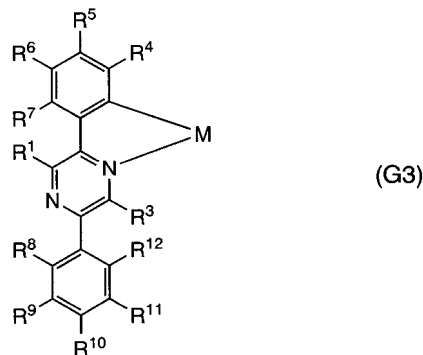


(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。)

【請求項 8】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式 (G3) で表される構造を有する発光素子。

【化 3】

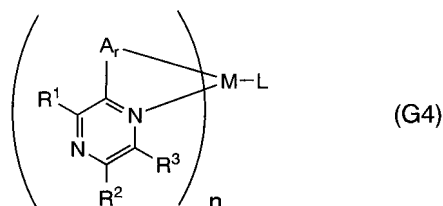


(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。)

【請求項 9】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式 (G4) で表される有機金属錯体である発光素子。

【化 4】



(式中、 A_r はアリーレン基を表す。また、 R^1 はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族

10

20

30

40

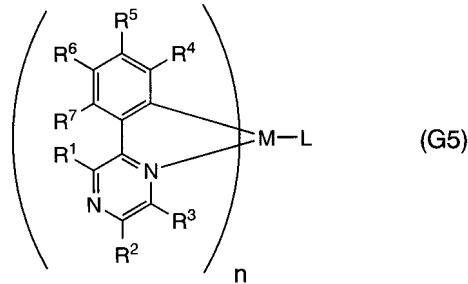
50

元素のいずれかを表す。また、Lはモノアニオン性の配位子である。また、前記Mが第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記Mが第10族元素の場合 $n = 1$ である。)

【請求項10】

第1の電極と第2の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第1の有機化合物と、電子輸送性を有する第2の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式(G5)で表される有機金属錯体である発光素子。

【化5】



10

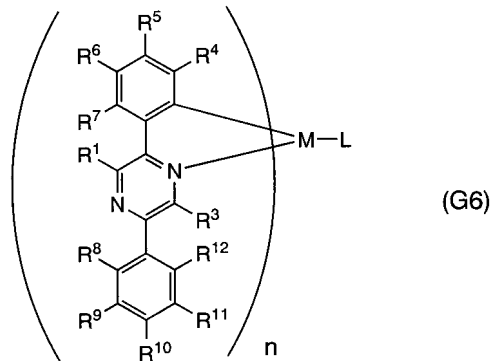
(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコシカルボニル基のいずれかを表す。また、Mは中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、Lはモノアニオン性の配位子である。また、前記Mが第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記Mが第10族元素の場合 $n = 1$ である。)

20

【請求項11】

第1の電極と第2の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第1の有機化合物と、電子輸送性を有する第2の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式(G6)で表される有機金属錯体である発光素子。

【化6】



30

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコシカルボニル基のいずれかを表す。また、Mは中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、Lはモノアニオン性の配位子である。また、前記Mが第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記Mが第10族元素の場合 $n = 1$ である。)

40

【請求項12】

請求項6乃至請求項11のいずれか一項に記載の発光素子において、前記Mがイリジウムまたは白金であることを特徴とする発光素子。

【請求項13】

請求項1乃至請求項12のいずれか一項に記載の発光素子において、前記第1の有機化合物は芳香族アミン化合物またはカルバゾール誘導体であることを特徴とする発光素子。

50

【請求項 14】

請求項 1 乃至請求項 1 2 のいずれかに記載の発光素子において、前記第 2 の有機化合物は複素芳香族化合物または金属錯体であることを特徴とする発光素子。

【請求項 15】

請求項 1 乃至請求項 1 2 のいずれか一項に記載の発光素子において、前記第 1 の有機化合物は芳香族アミン化合物またはカルバゾール誘導体であり、前記第 2 の有機化合物は複素芳香族化合物または金属錯体であることを特徴とする発光素子。

【請求項 16】

請求項 1 乃至請求項 1 5 のいずれか一項に記載の発光素子において、前記第 1 の有機化合物の量および / または前記第 2 の有機化合物の量は、前記有機金属錯体よりも多いことを特徴とする発光素子。

10

【請求項 17】

請求項 1 乃至請求項 1 5 のいずれか一項に記載の発光素子において、前記発光層における前記有機金属錯体の量は、1 質量% 以上 10 質量% 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項 18】

請求項 1 乃至請求項 1 7 のいずれか一項に記載の発光素子において、前記第 1 の有機化合物に対する前記第 2 の有機化合物の質量比は、1 / 20 以上 20 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項 19】

請求項 1 乃至請求項 1 7 のいずれか一項に記載の発光素子において、前記第 1 の有機化合物に対する前記第 2 の有機化合物の質量比は、1 以上 20 以下であることを特徴とする発光素子。

20

【請求項 20】

請求項 1 乃至請求項 1 9 のいずれか一項に記載の発光素子において、前記第 1 の有機化合物の LUMO 準位および前記第 2 の有機化合物の LUMO 準位に比べ、前記有機金属錯体の LUMO 準位は 0.2 eV 以上深いことを特徴とする発光素子。

【請求項 21】

請求項 1 乃至請求項 20 のいずれか一項に記載の発光素子を用いた発光装置。

【請求項 22】

請求項 21 に記載の発光装置を有する電子機器。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燐光性化合物を用いた発光素子に関する。また本発明は、前記発光素子を用いた発光装置に関する。また本発明は、前記発光装置を用いた電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、発光性の有機化合物や無機化合物を発光物質として用いた発光素子の開発が盛んである。特に、EL 素子と呼ばれる発光素子の構成は、電極間に発光物質を含む発光層を設けただけの単純な構造であり、薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、このような発光素子を用いたディスプレイは、コントラストや画質に優れ、視野角が広いという特徴も有している。さらに、これらの発光素子は面状光源であるため、液晶ディスプレイのバックライトや照明等の光源としての応用も考えられている。

40

【0003】

発光物質が発光性の有機化合物である場合、発光素子の発光機構はキャリア注入型である。すなわち、電極間に発光層を挟んで電圧を印加することにより、電極から注入されたキャリア（ホールおよび電子）が再結合して発光物質が励起状態となり、その励起状態が基

50

底状態に戻る際に発光する。そして、励起状態の種類としては、一重項励起状態 (S^*) と三重項励起状態 (T^*) が可能である。また、発光素子におけるその統計的な生成比率は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ であると考えられている。

【0004】

発光性の有機化合物は通常、基底状態が一重項状態である。したがって、一重項励起状態 (S^*) からの発光は、同じ多重度間の電子遷移であるため蛍光と呼ばれる。一方、三重項励起状態 (T^*) からの発光は、異なる多重度間の電子遷移であるため燐光と呼ばれる。ここで、蛍光を発する化合物 (以下、蛍光性化合物と称す) は室温において、通常、燐光は観測されず蛍光のみが観測される。したがって、蛍光性化合物を用いた発光素子における内部量子効率 (注入したキャリアに対して発生するフォトンの割合) の理論的境界は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ であることを根拠に 25% とされている。

10

【0005】

一方、燐光を発する化合物 (以下、燐光性化合物と称す) を用いれば、内部量子効率は 75 ~ 100% まで理論上は可能となる。つまり、蛍光性化合物に比べて 3 ~ 4 倍の発光効率が可能となる。このような理由から、高効率な発光素子を実現するために、燐光性化合物を用いた発光素子が提案されている (例えば、非特許文献 1 および非特許文献 2 参照)。なお、非特許文献 1 では、2 - フェニルピリジン を配位子とするイリジウム錯体 ($Ir(ppz)_3$) が、非特許文献 2 では、2 - (2' - ベンゾ [4, 5 - a] チエニル) ピリジン を配位子とするイリジウム錯体 ($[btp_2Ir(acac)]$) が、それぞれ燐光性化合物として用いられている。

20

【0006】

また、燐光性化合物を用いた発光素子の素子寿命と効率を改善するため、有機低分子正孔輸送物質及び有機低分子電子輸送物質を、燐光性ドーパント用のホスト物質として含有する発光層を使用した発光素子が開示されている (特許文献 1 参照)。

【0007】

【非特許文献 1】テツオ ツツイ、外 8 名、ジャパニーズ ジャーナル オブ アプライド フィジックス、vol. 38、L1502 - L1504 (1999)

【非特許文献 2】チハヤ アダチ、外 5 名、アプライド フィジクス レターズ、Vol. 78、No. 11、1622 - 1624 (2001)

【特許文献 1】特表 2004 - 515895 号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述した非特許文献 1 の報告によると、初期輝度を 500 cd/m^2 に設定した定電流駆動時の輝度の半減期は 170 時間程度であり、素子寿命に問題がある。非特許文献 1 では、ホールブロック層として BCP を適用しているが、その BCP の安定性が不十分であるため、素子寿命が良くないと報告されている。

【0009】

しかしながら、非特許文献 1 の素子構造から BCP を取り除いてしまうと、効率の良い発光は得られない。なぜならば、非特許文献 1 で発光層のホスト材料に用いられている CBP はホール輸送性が強いので、BCP をホールブロック層として設けなければ、ホールが電子輸送層にまで突き抜けてしまうためである。また、BCP が、発光層で生じた励起エネルギー (この場合は三重項励起エネルギー) をブロックする役目を果たしているためでもある。したがって、非特許文献 1 の素子構造では、BCP のおかげで高効率は得られるものの、BCP の影響で長寿命の発光素子は得られない。

40

【0010】

一方、特許文献 1 では、素子寿命と効率の改善について報告されているが、効率の面では、燐光性化合物の性能を引き出すことができていない。実際、特許文献 1 では、非特許文献 2 でも用いられているイリジウム錯体 $[btp_2Ir(acac)]$ を用いて発光素子を作製しているが、その効率は $0.9 \text{ cd/A} \sim 2.0 \text{ cd/A}$ 程度であり、非特許文献

50

2で報告されている効率に比べれば大きく劣る。

【0011】

以上のことから、燐光性化合物の極めて高い発光効率と、長寿命とを両立させることは非常に困難である。したがって現実的には、燐光性化合物を用いた発光素子においては、多少効率を犠牲にして寿命を確保しているのが現状である。

【0012】

以上のことから、本発明では、発光効率が高く、かつ長寿命な発光素子を提供することを課題とする。また、上述した発光素子を用いて発光装置を作製することにより、消費電力が少なく寿命が長い発光装置を提供することを課題とする。さらに、このような発光装置を電子機器に適用することにより、消費電力が少なく寿命が長い電子機器を提供することを課題とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明者らは鋭意検討を重ねた結果、ある特定の電子トラップ性の強い有機金属錯体を発光物質として用いた発光素子において、発光物質が含まれる発光層の構成を工夫することにより、上記課題を解決できることを見出した。より具体的には、ピラジン誘導体を配位子とする有機金属錯体を発光物質として用いた発光素子において、ホール輸送性の化合物と電子輸送性の化合物の両方を発光層に含有させることによって、上記課題を解決できることを見出した。

【0014】

すなわち本発明の構成は、第1の電極と第2の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第1の有機化合物と、電子輸送性を有する第2の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体の配位子はピラジン骨格を有する配位子であり、前記有機金属錯体の中心金属は第9族または第10族元素である発光素子である。

20

【0015】

また、本発明の他の構成は、第1の電極と第2の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第1の有機化合物と、電子輸送性を有する第2の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体の配位子は2-アリールピラジン誘導体であり、前記有機金属錯体の中心金属は第9族または第10族元素である発光素子である。

【0016】

ここで、上述の2-アリールピラジン誘導体としては、2-フェニルピラジン誘導体が好ましい。したがって本発明の他の構成は、第1の電極と第2の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第1の有機化合物と、電子輸送性を有する第2の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体の配位子は2-フェニルピラジン誘導体であり、前記有機金属錯体の中心金属は第9族または第10族元素である発光素子である。

30

【0017】

また、2-アリールピラジン誘導体としては、特に、2,5-ジフェニルピラジン誘導体が好ましい。したがって本発明の他の構成は、第1の電極と第2の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第1の有機化合物と、電子輸送性を有する第2の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体の配位子は2,5-ジフェニルピラジン誘導体であり、前記有機金属錯体の中心金属は第9族または第10族元素である発光素子である。

40

【0018】

なお、上述の構成において、前記中心金属としては、イリジウムまたは白金であることが発光効率の観点から好ましい。特に、イリジウムの場合には極めて高効率が得られるため、イリジウムが好ましい。

【0019】

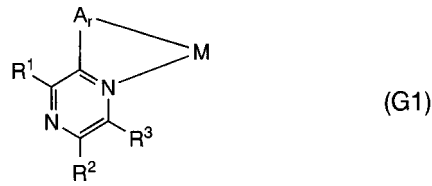
ここで、上述のピラジン骨格を有する配位子を用いた有機金属錯体は、具体的には、下記一般式(G1)で表される構造を有する有機金属錯体である。すなわち本発明の他の構成

50

は、第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式 (G1) で表される構造を有する発光素子である。

【0020】

【化1】



10

(式中、 A_r はアリーレン基を表す。また、 R^1 はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。)

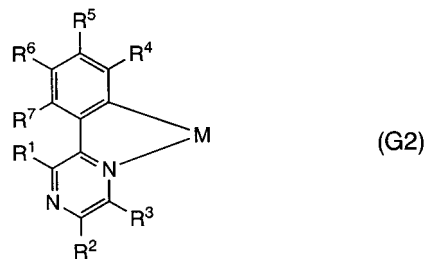
【0021】

一般式 (G1) で表される構造を有する有機金属錯体としては、下記一般式 (G2) で表される有機金属錯体が好ましい。したがって本発明の他の構成は、第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式 (G2) で表される構造を有する発光素子である。

20

【0022】

【化2】



30

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。)

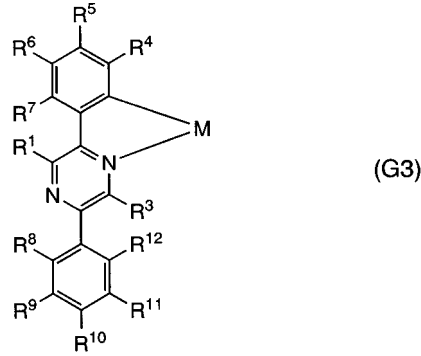
【0023】

また、一般式 (G1) で表される構造を有する有機金属錯体としては、特に、下記一般式 (G3) で表される有機金属錯体が好ましい。したがって本発明の他の構成は、第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第 1 の有機化合物と、電子輸送性を有する第 2 の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式 (G3) で表される構造を有する発光素子である。

40

【0024】

【化3】



10

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。)

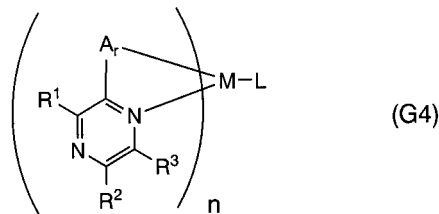
【0025】

ここで、上記一般式(G1)で表される構造を有する有機金属錯体は、より具体的には、下記一般式(G4)で表される有機金属錯体である。したがって本発明の他の構成は、第1の電極と第2の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第1の有機化合物と、電子輸送性を有する第2の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式(G4)で表される有機金属錯体である発光素子である。

20

【0026】

【化4】



30

(式中、 A_r はアリーレン基を表す。また、 R^1 はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、 L はモノアニオン性の配位子である。また、前記 M が第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第10族元素の場合 $n = 1$ である。)

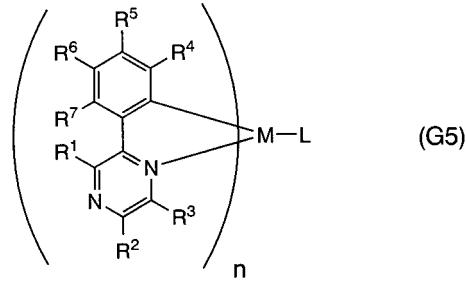
【0027】

また、上記一般式(G2)で表される構造を有する有機金属錯体は、より具体的には、下記一般式(G5)で表される有機金属錯体である。したがって本発明の他の構成は、第1の電極と第2の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第1の有機化合物と、電子輸送性を有する第2の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式(G5)で表される有機金属錯体である発光素子である。

40

【0028】

【化5】



(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、 L はモノアニオン性の配位子である。また、前記 M が第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第10族元素の場合 $n = 1$ である。)

10

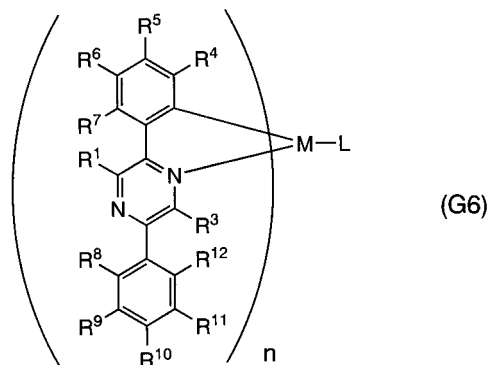
【0029】

また、上記一般式 (G3) で表される構造を有する有機金属錯体は、より具体的には、下記一般式 (G6) で表される有機金属錯体である。したがって本発明の他の構成は、第1の電極と第2の電極との間に発光層を有し、前記発光層は、ホール輸送性を有する第1の有機化合物と、電子輸送性を有する第2の有機化合物と、有機金属錯体とを含み、前記有機金属錯体は下記一般式 (G6) で表される有機金属錯体である発光素子である。

20

【0030】

【化6】



30

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、 L はモノアニオン性の配位子である。また、前記 M が第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第10族元素の場合 $n = 1$ である。)

40

【0031】

また、上述の一般式 (G1) ~ (G6) において、前記 M がイリジウムまたは白金であることが発光効率の観点から好ましい。特に、イリジウムの場合には極めて高効率が得られるため、イリジウムが好ましい。

【0032】

なお、上述した発光素子において、前記第1の有機化合物は芳香族アミン化合物またはカルバゾール誘導体であることが好ましい。また、前記第2の有機化合物は複素芳香族化合物または金属錯体であることが好ましい。さらに好ましくは、前記第1の有機化合物は芳香族アミン化合物またはカルバゾール誘導体であり、かつ、前記第2の有機化合物は複

50

素芳香族化合物または金属錯体である構成である。

【0033】

ここで、上述した発光素子において、前記第1の有機化合物の量および/または前記第2の有機化合物の量は、前記有機金属錯体よりも多いことが好ましい。すなわち、第1の有機化合物および/または前記第2の有機化合物が、前記有機金属錯体のホストとして機能することが好ましい。より好ましくは、前記発光層における前記有機金属錯体の量が、1質量%以上10質量%以下となる構成である。

【0034】

さらに、本発明の発光素子においては、前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物との割合も重要である。したがって本発明の発光素子において、前記第1の有機化合物に対する前記第2の有機化合物の質量比は、1/20以上20以下であることが好ましい。特に、前記第1の有機化合物に対する前記第2の有機化合物の質量比は、1以上20以下であることが好ましい。

10

【0035】

なお、上述した本発明の構成は、前記有機金属錯体の強い電子トラップ性を鑑みてなされた発明である。したがって本発明の発光素子は、上述した発光素子において、前記第1の有機化合物のLUMO準位および前記第2の有機化合物のLUMO準位に比べ、前記有機金属錯体のLUMO準位は0.2eV以上深いことを特徴とする。

【0036】

また、このようにして得られた本発明の発光素子は、発光効率が高く、かつ寿命が長いという特徴を有しているため、これを用いた発光装置(画像表示デバイスや発光デバイス)は、低消費電力や長寿命を実現できる。したがって本発明は、本発明の発光素子を用いた発光装置も含むものとする。また、該発光装置を有する電子機器も含むものとする。

20

【0037】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子を用いた画像表示装置もしくは照明装置を含む。また、発光素子にコネクター、例えば異方導電性フィルムもしくはTAB(Tape Automated Bonding)テープもしくはTCP(Tape Carrier Package)が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光素子にCOG(Chip On Glass)方式によりIC(集積回路)が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

30

【発明の効果】

【0038】

本発明を実施することで、発光効率が高い発光素子を提供することができる。また特に、発光効率が高く、かつ寿命が長い発光素子を提供することができる。

【0039】

さらに、上述した発光素子を用いて発光装置を作製することにより、消費電力が少なく寿命が長い発光装置を提供することができる。さらに、そのような発光装置を電子機器に適用することにより、消費電力が少なく寿命が長い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】

40

【0040】

以下では、本発明の実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。ただし、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれば容易に理解される。したがって、本発明は以下に示す実施の形態記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0041】

(実施形態1)

まず、本実施形態1では、本発明の発光素子の概念について説明する。なお、本明細書中においてHOMO準位又はLUMO準位が深いとは、そのエネルギーレベルが小さいことを意味し、HOMO準位又はLUMO準位が浅いとは、そのエネルギーレベルが大きいこ

50

とを意味する。例えば、 -2.54 eV のLUMO準位を有する物質Aは、 -2.28 eV のLUMO準位を有する物質BよりLUMO準位が 0.26 eV 深く、 -2.85 eV のLUMO準位を有する物質CよりLUMO準位が 0.31 eV 浅いと言うことができる。

【0042】

本発明者らは近年、発光素子の高性能化のため燐光性化合物に着目し、多種多様な燐光性の有機金属錯体を検討してきた。そして、その成果の一つとして、配位子がピラジン骨格を有し、中心金属が第9族または第10族である有機金属錯体（以下、「ピラジン系有機金属錯体」と記す）が、これまでに報告されてきた燐光性の有機金属錯体に比べても、非常に高効率で燐光を発することを見出した。

10

【0043】

ここで、本発明者らの物性評価により、一般的なホスト材料（発光層において、発光物質を分散させるために用いる材料）に比べ、該ピラジン系有機金属錯体は、比較的深いLUMO準位を有している（すなわち、ある程度の電子トラップ性を有している）ことが見出された。一方、従来 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ や $[\text{btpp}_2\text{Ir}(\text{acac})]$ のような、ピリジン誘導体を配位子とする有機金属錯体（以下、「ピリジン系有機金属錯体」と記す）は、逆にHOMOが浅いためホールトラップ性は高いが、電子は入りにくい性質であることも見出された。つまり、ピラジン系有機金属錯体とピリジン系有機金属錯体は、ホールおよび電子に対する親和性の観点において、逆の性質を有していることが判明したのである。なお、この点については実施例1にて後述する。

20

【0044】

そして本発明者らは、このピラジン系有機金属錯体特有の電子トラップ性が、発光素子を作製する際に、メリットと共にデメリットをももたらすことを、数多くの実験結果から見出したのである。

【0045】

メリットとしては、従来 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 系有機金属錯体に比べ、ピラジン系有機金属錯体は電子が入りやすい上に、ホールも比較的入りやすいという点である。つまり、ピラジン系有機金属錯体を、発光層においてホスト材料中に分散した場合、該ピラジン系有機金属錯体上でキャリアが直接再結合しやすい。したがって、ホスト材料からのエネルギー移動効率に関しては、それほど注意を払う必要がなくなるので、高効率な発光が可能である。

30

【0046】

しかしながら、発光層におけるキャリアバランスの観点においては、該ピラジン系有機金属錯体に適合するホスト材料の選択が非常に困難であるというデメリットに直面した。この問題点に関し、図2を用いて説明する。

【0047】

図2は、ピラジン系有機金属錯体をホスト材料中に分散した発光層200を、ホール輸送層201および電子輸送層202で挟んだ場合のバンドダイヤグラムである。図2(a)では、該ホスト材料としてホール輸送性を有する第1の有機化合物を用いた場合を、図2(b)では、該ホスト材料として電子輸送性を有する第2の有機化合物を用いた場合を、それぞれ示している。

40

【0048】

まず、図2(a)の場合、ピラジン系有機金属錯体の比較的深いLUMO準位232により、電子は該LUMO準位232にトラップされる。そして、電子が仮に第1の有機化合物のLUMO準位212に注入されたとしても、第1の有機化合物はホール輸送性であるため、その電子の移動は極めて遅い。一方、ホールに関しては、第1の有機化合物がホール輸送性であることに加え、ピラジン系有機金属錯体のHOMO準位231もそれを阻害しない（深いトラップを形成しない）。したがって、ホールは第1の有機化合物のHOMO準位211を伝導して、電子輸送層202の界面近傍まで容易に輸送される。つまり、発光領域は発光層200と電子輸送層202との界面という非常に狭い領域に限定されてしまう。

50

【 0 0 4 9 】

ここで、もし電子輸送層 2 0 2 のホールブロック性が低い場合、各材料の組み合わせによっては、図 2 (a) に示すようにホールが電子輸送層 2 0 2 にまで達してしまうことがある。そうすると、電子輸送層 2 0 2 が発光してしまうため、発光効率は激減する。むしろ、電子輸送層 2 0 2 としてホールブロック性の高い物質を用いれば、その問題は解消されて高効率を得られることを本発明者らは確認しているが、「発明が解決する課題」の項で述べたように、素子寿命には悪影響を及ぼす。また、三重項 - 三重項消滅による高輝度側での効率低下の懸念もある。

【 0 0 5 0 】

次に、図 2 (b) の場合、ピラジン系有機金属錯体の比較的深い L U M O 準位 2 3 2 により、電子は該 L U M O 準位 2 3 2 にトラップされる。第 2 の有機化合物は電子輸送性であるため、電子はトラップされながらも、第 2 の有機化合物の L U M O 準位 2 2 2 を伝導して少しずつホール輸送層 2 0 1 側へ移動することができる。ただし、その移動速度は、本来第 2 の有機化合物が持っている電子移動速度よりも遅くなってしまふ。一方、第 2 の有機化合物が電子輸送性であるため、その H O M O 準位 2 2 1 は比較的深く、ホールは注入されにくい。また仮に、注入されたとしても、第 1 の有機化合物は電子輸送性であるため、そのホールの移動は極めて遅い。ピラジン系有機金属錯体の H O M O 準位 2 3 1 にホールが注入される場合もあり得るが、輸送性は乏しい。つまり、図 2 (b) の構成では、発光層 2 0 0 は本来電子輸送性であるにもかかわらず、トラップの影響を受けて電子が移動しにくく、一方ホールは、ホール輸送層 2 0 1 と発光層 2 0 0 との界面に蓄積されてしまふ状態である。

10

20

【 0 0 5 1 】

この場合、ホール密度は、発光層 2 0 0 とホール輸送層 2 0 1 との界面において極めて高く、他の領域では極めて低い。一方電子は、トラップの影響で発光層 2 0 0 全域に広がるものの、その電子密度自体は全体的に低い。つまり、ホールの分布と電子の分布が、密度およびその分布形状において、全く異なる状態になってしまうのである。したがって、ホールと電子をバランスよく再結合させ、高効率を得ることが難しくなってしまう。また、このアンバランスさは、素子寿命にも悪影響を及ぼす。

【 0 0 5 2 】

以上の問題点を鑑み、本発明者らは、以下の点が重要であると考えた。つまり、第一には、図 2 (b) の構成において、ある程度の量のホールが発光層 2 0 0 に入るようにすることである。そして第二には、図 2 (b) の構成において、発光層 2 0 0 に入ったホールが少しずつ電子輸送層 2 0 2 に向かって動き、少しずつ動いてくる電子とバランスを取れるようにすることである。この二点を満たすような構成が、図 1 に示すようなバンドダイアグラムで代表される本発明の構成である。

30

【 0 0 5 3 】

図 1 における発光層 1 0 0 は、ホール輸送性の第 1 の有機化合物と、電子輸送性の第 2 の有機化合物と、ピラジン系有機金属錯体を含んでいる。該ピラジン系有機金属錯体の L U M O 準位 1 3 2 は、第 1 の有機化合物の L U M O 準位 1 1 2 および第 2 の有機化合物の L U M O 準位 1 2 2 よりも低いため、電子はピラジン系有機金属錯体の L U M O 準位 1 3 2 にトラップされる。ただし、第 2 の有機化合物は電子輸送性であるため、電子はピラジン系有機金属錯体の L U M O 準位 1 3 2 にトラップされながらも、少しずつホール輸送層 1 0 1 側へ移動することができる。一方、第 1 の有機化合物がホール輸送性であり、またホールを受け取りやすい性質もあるため、ホールはまず第 1 の有機化合物の H O M O 準位 1 1 1 に注入される。第 2 の有機化合物の H O M O 準位 1 2 1 には注入されにくい。この時、第 1 の有機化合物の量を調節することによって、注入されたホールの移動速度を調節することができるため、電子輸送層 1 0 2 側からやってくる電子の移動速度と合わせることができる。つまり、発光層 1 0 0 内において、ホールと電子のバランスをうまく取ることができるのである。そして、ホールはピラジン系有機金属錯体の H O M O 準位 1 3 1 に注入され、トラップされている電子と再結合して発光が得られる。

40

50

【0054】

このような工夫により、ピラジン系有機金属錯体の発光効率が高いというポテンシャルを最大限に活かすことができることを、本発明者らは見出したのである。そして、驚くべきことに、図1の本発明の構成は、図2の構成に比べ、数倍から、場合によっては数十倍もの長寿命化を達成できることを見出したのである。図2(a)は第1の有機化合物を、図2(b)は第2の有機化合物を、それぞれホストに用いているのに対し、図1は第1の有機化合物と第2の有機化合物の2種類をホストに用いている、というだけの違いである。にもかかわらず、ここまで著しく長寿命化されるという現象は、通常見られるものではなく、本発明者らの驚きとするところである。

【0055】

なお、特許文献1においても、発光層を混合層とすることで長寿命化できたとされているが、せいぜい2倍程度の改善であり、本発明ほどの寿命改善効果は得られていない。特許文献1によれば、混合層の適用により、有機物質の分解を導き得る電荷の蓄積を低減できるとされている。しかしながら、本発明のように、ピラジン系有機金属錯体の電子トラップ性に由来するキャリアバランスの問題点については、何ら言及されていない。つまり、用いる有機金属錯体が特許文献1と本発明とでは異なっているため、ホスト材料を2種類用いる場合の原理・効果も異なっており、それが寿命改善効果の差に表れているものと考えられる。なお、特許文献1で用いている燐光性化合物は、ポルフィリン錯体であるPtOEPと、ピリジン系有機金属錯体である[bt₂Ir(acac)]であり、いずれも電子トラップ性が低く、ホールトラップ性が強い。つまり、本願のピラジン系有機金属錯体と性質が逆である。

【0056】

以上では、バンドダイヤグラムを元に、本発明の概念と効果を説明した。以下では、より具体的な構成について説明する。

【0057】

(実施形態2)

本実施形態2では、本発明の発光素子の構成について、具体的な材料を列挙しながら説明する。素子構成を図3に示す。

【0058】

図3は、陽極として機能する第1の電極301と陰極として機能する第2の電極302との間に、発光層313を有し、発光層313はホール輸送性を有する第1の有機化合物321と、電子輸送性を有する第2の有機化合物322と、ピラジン系有機金属錯体323を含む本発明の発光素子である。まず以下では、発光層313の構成について説明する。

【0059】

発光層313において、第1の有機化合物321は、ホール輸送性を有する化合物である。具体的には、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)、4,4'-ビス[N-(9-フェナントリル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:PPB)、4,4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:TPD)、4,4'-ビス[N-(9,9-ジメチルフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DFLDPBi)、4,4',4''-トリス(N,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称:TDATA)、4,4',4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:m-MTDATA)、4,4',4''-トリ(N-カルバゾリル)トリフェニルアミン(略称:TCTA)、1,1-ビス[4-(ジフェニルアミノ)フェニル]シクロヘキサン(略称:TPAC)、9,9-ビス[4-(ジフェニルアミノ)フェニル]フルオレン(略称:TPAF)、4-(9-カルバゾリル)-4'-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)トリフェニルアミン(略称:YGAO11)、N-[4-(9-カルバゾリル)フェニル]-N-フェニル-9,9-ジメチルフルオレン-2-アミン(略称:YGAF)などの芳香族アミン化合物

10

20

30

40

50

や、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ピフェニル(略称:CBP)、1,3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称:mCP)、1,3,5-トリス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称:TCzB)などのカルバゾール誘導体を用いることができる。芳香族アミン化合物としては、ポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称:PVTFA)などの高分子化合物を用いることもできる。また、カルバゾール誘導体としては、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称:PVK)などの高分子化合物を用いることもできる。なお、上述した第1の有機化合物321の三重項励起エネルギーは、ピラジン系有機金属錯体323のそれよりも大きいことが好ましい。

【0060】

一方、第2の有機化合物322は、電子輸送性を有する化合物である。具体的には、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]カルバゾール(略称:CO11)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBD)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称:TPBI)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ピフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ピフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:p-EtTAZ)、9,9',9''-[1,3,5-トリアジン-2,4,6-トリイル]トリカルバゾール(略称:TCzTRZ)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(6,7-ジメチル-3-フェニルキノキサリン)(略称:TriMeQn)、9,9'-(キノキサリン-2,3-ジイルジ-4,1-フェニレン)ジ(9H-カルバゾール)(略称:CzQn)、3,3',6,6'-テトラフェニル-9,9'-(キノキサリン-2,3-ジイルジ-4,1-フェニレン)ジ(9H-カルバゾール)(略称:DCzPQ)、バソフェナントロリン(略称:BPhen)、バソキュプロイン(略称:BCP)などの複素芳香族化合物や、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III)(略称:BA1q)、トリス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾラト]アルミニウム(III)(略称:Al(OXD)₃)、トリス(2-ヒドロキシフェニル-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾラト)アルミニウム(III)(略称:Al(BIZ)₃)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛(II)(略称:Zn(BTZ)₂)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛(II)(略称:Zn(PBO)₂)などの金属錯体を用いることができる。複素芳香族化合物としては、ポリ(2,5-ピリジン-ジイル)(略称:PPy)のような高分子化合物を用いることもできる。また、金属錯体としては、下記参考文献で開示されているような金属錯体高分子化合物を用いることもできる(参考文献; X.T.Tao、外5名、アプライド フィジクス レターズ、Vol.70(12)、1503-1505(1997))。なお、上述した第2の有機化合物322の三重項励起エネルギーは、ピラジン系有機金属錯体323のそれよりも大きいことが好ましい。

【0061】

ピラジン系有機金属錯体323は、その配位子がピラジン骨格を有する配位子であり、また中心金属が第9族(Co、Rh、Ir)または第10族(Ni、Pd、Pt)元素である有機金属錯体である。さらに、該有機金属錯体は、燐光を発光することができる性質を持つ。このピラジン系有機金属錯体のより具体的な構造については、実施形態3で後述する。

【0062】

以上で述べたような第1の有機化合物、第2の有機化合物、およびピラジン系有機金属錯体を適宜組み合わせることにより、本発明の発光素子における発光層は構成される。ただし、発光層は他の物質をさらに含んでいてもよい。

10

20

30

40

50

【0063】

ここで、該発光層において、少なくとも第1の有機化合物と第2の有機化合物のいずれか一方がホスト材料となり、ピラジン系有機金属錯体がゲスト材料となる構成が好ましい。これは、ピラジン系有機金属錯体の濃度消光を防止するためである。また、発光層におけるキャリアバランスを、第1の有機化合物と第2の有機化合物で調節するためである。

【0064】

したがって、本発明の発光素子においては、第1の有機化合物および/または第2の有機化合物の量は、ピラジン系有機金属錯体よりも多いことが好ましい。具体的には、体積分率または質量分率が多いことが好ましい。また、濃度消光防止の観点からは、ピラジン系有機金属錯体の発光層における割合が、1質量%以上10質量%以下であることが好ましい。

10

【0065】

また、発光層において、第1の有機化合物と第2の有機化合物との質量比は、第1の有機化合物：第2の有機化合物 = 1 : 20 ~ 20 : 1の範囲が好ましい。つまり、第1の有機化合物に対する第2の有機化合物の質量比が、1/20以上20以下となっていることが好ましい。この範囲外の場合、先に述べた図2(a)または図2(b)の状態と実質的に同一になってしまう可能性があるためである。

【0066】

さらに本発明者らは、発光層において、ホール輸送性の第1の有機化合物に比べ、電子輸送性の第2の有機化合物が同量存在するか、あるいは多い構成が、特に効果的であることを見出した。これは、一般的な有機化合物において、ホール移動度の方が電子移動度よりも高いことに起因すると考えられる。したがって本発明では、第1の有機化合物に対する第2の有機化合物の質量比が、1以上20以下であることがさらに好ましい。特に寿命に対する効果が著しいのは、5以上20以下である。

20

【0067】

なお、本発明で用いるピラジン系有機金属錯体の電子トラップ性であるが、具体的には、第1の有機化合物のLUMO準位および第2の有機化合物のLUMO準位に比べ、0.2 eV以上深い場合が多い。そして、そのような場合に寿命改善効果および効率改善効果が著しいため、第1の有機化合物のLUMO準位および第2の有機化合物のLUMO準位に比べ、ピラジン系有機金属錯体のLUMO準位が0.2 eV以上深いことも、本発明の特徴の一つになる。

30

【0068】

次に、発光層313以外の層について説明する。ホール輸送層312およびホール注入層311は、必ずしも必要ではなく、適宜設ければよい。これらの層を構成する具体的な材料としては、ホール輸送性化合物が好ましく、上述したNPB、PPB、TPD、DFLDPBi、TDATA、m-MTDATA、TCrTA、TPAC、TPAF、YGAO11、YGAF、CBP、mCP、TCzB、PVTPA、PVKなどを用いることができる。また、9,10-ビス[4-(ジフェニルアミノ)フェニル]アントラセン(略称:TPA2A)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称:t-BuDNA)のように、三重項励起エネルギーの低いアントラセン誘導体も用いることができる。

40

【0069】

この特徴は、以下のように説明できる。本発明の発光層313は、実施形態1で述べたようにキャリアバランスがよいため、発光領域が発光層313とホール輸送層312との界面に偏ることがない。したがって、ホール輸送層312に、ピラジン系有機金属錯体323よりも三重項励起エネルギーが低い物質を適用したとしても、それがピラジン系有機金属錯体323に対するクエンチャ(消光剤)になりにくいためである。

【0070】

なお、上述のホール輸送性化合物と電子受容体を混合してホール輸送層312やホール注入層を形成してもよい。電子受容体としては、クロラニルや7,7,8,8-テトラシア

50

ノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン (略称: F₄ - TCNQ) のような有機化合物の他、酸化モリブデン、酸化バナジウム、酸化レニウムなどの遷移金属酸化物を用いることができる。また特に、ホール注入層 311 として、銅フタロシアニン、バナジルフタロシアニン、フルオロカーボンのような有機化合物や、酸化モリブデン、酸化ルテニウム、酸化アルミニウムのような無機化合物を使うこともできる。なお、ホール注入層 311 は、二層以上の層を積層して形成された多層構造であってもよい。また、ホール注入層 311 およびホール輸送層 312 は二種類以上の物質を混合して形成してもよい。

【0071】

電子輸送層 314 および電子注入層 315 は、必ずしも必要ではなく、適宜設ければよい。これらの層を構成する具体的な材料としては、電子輸送性化合物が好ましく、上述した CO11、OXD-7、PBD、TPBI、TAZ、p-ETTAZ、TCzTRZ、TrimeQn、CzQn、DCzPQ、BPhen、BCP、BALq、Al(OXD)₃、Al(BIZ)₃、Zn(BTZ)₂、Zn(PBO)₂、PPy などを用いることができる。また、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III) (略称: Alq₃)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III) (略称: Almq₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II) (略称: BeBq₂) のように、三重項励起エネルギーの低い物質も用いることができる (例えば、Alq₃ の発光スペクトルは、深赤色の 650 ~ 700 nm 程度であることが報告されている)。

10

【0072】

この特徴は、以下のように説明できる。本発明の発光層 313 は、実施形態 1 で述べたようにキャリアバランスがよいため、発光領域が発光層 313 と電子輸送層 314 との界面に偏ることがない。したがって、電子輸送層 314 に、ピラジン系有機金属錯体 323 よりも三重項励起エネルギーが低い物質を適用したとしても、それがピラジン系有機金属錯体 323 に対するクエンチャ (消光剤) になりにくいいためである。

20

【0073】

なお、上述の電子輸送性化合物と電子供与体を混合して電子輸送層 314 や電子注入層 315 を形成してもよく、電子供与体としては、テトラチアフルバレンのような有機化合物の他、リチウム、セシウムなどのアルカリ金属、マグネシウム、カルシウムなどのアルカリ土類金属、エルビウム、イッテルビウムなどの希土類金属や、それら金属の酸化物を用いることができる。また特に、電子注入層 315 として、酸化リチウム、フッ化リチウム、フッ化カルシウム、フッ化エルビウムなどのアルカリ金属化合物またはアルカリ土類金属化合物または希土類金属化合物を単独で用いることができる。なお、電子注入層 315 は、二層以上の層を積層して形成された多層構造であってもよい。また、電子輸送層 314 および電子注入層 315 は二種類以上の物質を混合して形成してもよい。

30

【0074】

第 1 の電極 301 について特に限定はないが、本実施形態 2 のように、陽極として機能する際は仕事関数の大きい物質で形成されていることが好ましい。具体的には、インジウム錫酸化物 (ITO)、または酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITSO)、2 ~ 20 wt % の酸化亜鉛を含む酸化インジウム (IZO) のような透光性の高い物質の他、金 (Au)、白金 (Pt)、ニッケル (Ni)、タングステン (W)、クロム (Cr)、モリブデン (Mo)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、銅 (Cu)、パラジウム (Pd) 等を用いることができる。なお、第 1 の電極 301 は、例えばスパッタ法や蒸着法等を用いて形成することができる。

40

【0075】

また、第 2 の電極 302 について特に限定はないが、本実施形態 2 のように、陰極として機能する際は仕事関数の小さい物質で形成されていることが好ましい。具体的には、アルミニウム (Al) やインジウム (In) の他、リチウム (Li) やセシウム (Cs) 等のアルカリ金属、マグネシウム (Mg) やカルシウム (Ca) 等のアルカリ土類金属、エルビウム (Er) やイッテルビウム (Yb) 等の希土類金属を用いることができる。また

50

、アルミニウムリチウム合金 (A l L i) やマグネシウム銀合金 (M g A g) のような合金を用いることもできる。また、電子輸送性化合物と電子供与体を混合して電子注入層 3 1 5 を形成した場合、 I T O 、 I T S O 、 I Z O のように、仕事関数は高いが透光性の高い物質を用いることもできる。なお、第 2 の電極 3 0 2 は、例えばスパッタ法や蒸着法等を用いて形成することができる。

【 0 0 7 6 】

なお、発光した光を外部に取り出すために、第 1 の電極 3 0 1 と第 2 の電極 3 0 2 のいずれか一または両方は、上述した I T O 、 I T S O 、 I Z O 等の透光性の高い物質からなる電極であることが好ましい。あるいはまた、可視光を透過出来るように、数 ~ 数十 n m の厚さで形成された電極であることが好ましい。

10

【 0 0 7 7 】

以上で述べた本発明の発光素子において、ホール注入層 3 1 1 、ホール輸送層 3 1 2 、発光層 3 1 3 、電子輸送層 3 1 4 、電子注入層 3 1 5 は、それぞれ、蒸着法、またはインクジェット法、または塗布法等、いずれの方法で形成しても構わない。また、第 1 の電極 3 0 1 または第 2 の電極 3 0 2 についても、スパッタリング法、蒸着法等、インクジェット法、または塗布法等、いずれの方法を用いて形成しても構わない。

【 0 0 7 8 】

また、以上で述べた本発明の発光素子は、タンデム構造の発光素子 (マルチフォトン素子とも呼ばれる) に適用してもよい。

20

【 0 0 7 9 】

(実施形態 3)

本実施形態 3 では、本発明の発光素子に用いることができるピラジン系有機金属錯体の構造について、具体的に例示する。

【 0 0 8 0 】

ピラジン系有機金属錯体は、その配位子がピラジン骨格を有する配位子であり、また中心金属が第 9 族 (C o 、 R h 、 I r) または第 1 0 族 (N i 、 P d 、 P t) 元素である有機金属錯体である。また、該有機金属錯体は、燐光を発光することができる性質を持っているればよい。

【 0 0 8 1 】

第 9 族や第 1 0 族の有機金属錯体は、 M L C T (M e t a l t o L i g a n d C h a r g e T r a n s f e r) 遷移を示すものが多い。特に、燐光性化合物においては、三重項 M L C T 遷移がよく観察される。ここで、 M L C T 遷移を示す有機金属錯体の L U M O 準位は、配位子の L U M O 準位の序列で決定されるため、 L U M O 準位の高い配位子を用いれば該有機金属錯体の L U M O 準位も高くなり、 L U M O 準位の低い配位子を用いれば該有機金属錯体の L U M O 準位も低くなる。そして、ピラジンはピリジンに比べ、 L U M O 準位が低いため、本発明で用いるピラジン系有機金属錯体は従来のピリジン系有機金属錯体に比べ、 L U M O 準位が低い (つまり電子トラップ性が高い) 性質を示す。

30

【 0 0 8 2 】

本発明に用いるピラジン系有機金属錯体の配位子は、ピラジン骨格を有していればよいが、中でも、該配位子が 2 - アリールピラジン誘導体である場合、その配位子は中心金属に対してシクロメタル化することができる。そしてシクロメタル化錯体は、高い燐光量子収率が可能である。したがって該配位子は、 2 - アリールピラジン誘導体であることが好ましい。

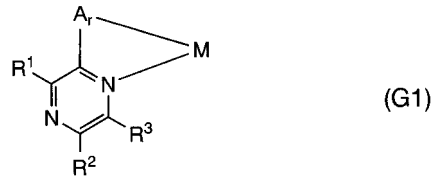
40

【 0 0 8 3 】

また、 2 - アリールピラジン誘導体がシクロメタル化した有機金属錯体としては、下記一般式 (G 1) で表される構造を有する有機金属錯体が挙げられる。

【 0 0 8 4 】

【化7】



(式中、 A_r はアリーレン基を表す。また、 R^1 はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。)

10

【0085】

さらに、2-アリールピラジン誘導体の一種である2-フェニルピラジン誘導体が配位子である場合、その配位子は中心金属に対してオルトメタル化することができる(オルトメタル化は、シクロメタル化の一種である)。そしてこのように、2-フェニルピラジンがオルトメタル化したオルトメタル錯体は、特に高い燐光量子収率が達成できることを本発明者らは見出した。したがって、配位子のさらに好ましい形態は、2-フェニルピラジン誘導体である。

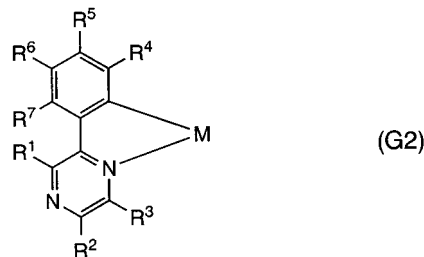
【0086】

また、2-フェニルピラジン誘導体がオルトメタル化した有機金属錯体としては、下記一般式(G2)で表される構造を有する有機金属錯体が挙げられる。

20

【0087】

【化8】



(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。)

30

【0088】

ここで、2-フェニルピラジン誘導体がオルトメタル化した有機金属錯体の中でも、2,5-ジフェニルピラジン誘導体がオルトメタル化した有機金属錯体は、LUMO準位がさらに深くなる。したがって、配位子が2,5-ジフェニルピラジン誘導体である場合、本発明の発光素子の効果は顕著になるので好ましい。

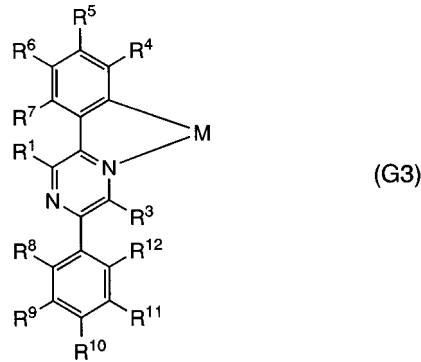
40

【0089】

また、2,5-ジフェニルピラジン誘導体がオルトメタル化した有機金属錯体としては、下記一般式(G3)で表される構造を有する有機金属錯体が挙げられる。

【0090】

【化 9】



10

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。)

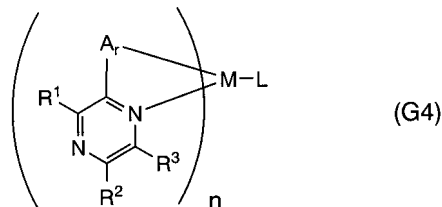
【0091】

なお、上述した一般式 (G1) ~ (G3) で表される構造を有する有機金属錯体は、具体的には、下記一般式 (G4) ~ (G6) で表されるような、ピラジン誘導体以外の配位子 L も有する混合配位子型の有機金属錯体であることが好ましい。これは、合成上容易なためである。

20

【0092】

【化 10】

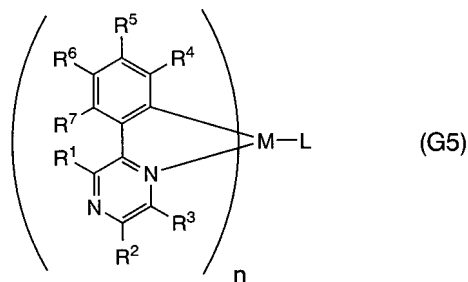


(式中、 A_r はアリーレン基を表す。また、 R^1 はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。また、 L はモノアニオン性の配位子である。また、前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。)

30

【0093】

【化 11】



40

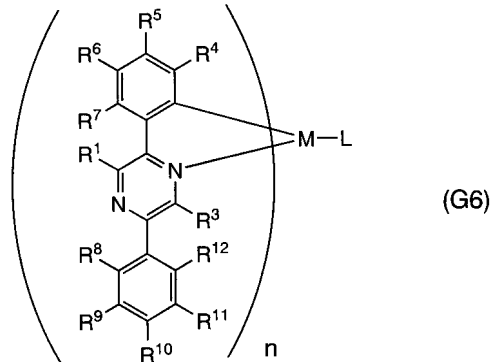
(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金

50

属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。また、L はモノアニオン性の配位子である。また、前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。)

【0094】

【化12】



10

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。また、L はモノアニオン性の配位子である。また、前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。)

20

【0095】

また、上述のピラジン系有機金属錯体の中心金属としては、重原子効果の観点からイリジウムまたは白金が好ましい。特にイリジウムの場合は、顕著な重原子効果が得られるために非常に高効率である上に、化学的にも安定であるため好ましい。

【0096】

次に、上述の一般式 (G1) ~ (G6) におけるアリーレン基 A_r 、各置換基 $R^1 \sim R^{12}$ 、モノアニオン性の配位子 L について、より詳細に説明する。

【0097】

まず、アリーレン基 A_r としては、炭素数が 6 ~ 25 のアリーレン基を用いることが好ましく、具体的にはフェニレン基、ジュロリジレン基、ナフチレン基、スピロフルオレンジイル基、9,9-ジメチルフルオレンジイル基、9,9-ジアルキルフルオレンジイル基を適用することができる。なお、これらのアリーレン基 A_r は、さらに置換基を有していてもよい。その場合の置換基としては、アルキル基、ハロゲン基、ハロアルキル基、アルコキシ基、アルコキシカルボニル基などが挙げられる。

30

【0098】

次に、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基のいずれかを表すが、該フェニル基は置換基をさらに有していてもよい。その場合の置換基としては、アルキル基、ハロゲン基、ハロアルキル基、アルコキシ基、アルコキシカルボニル基などが挙げられる。

【0099】

R^2 は水素、アルキル基、またはフェニル基のいずれかを表すが、該フェニル基は置換基をさらに有していてもよい。その場合の置換基としては、アルキル基、ハロゲン基、ハロアルキル基、アルコキシ基、アルコキシカルボニル基などが挙げられる。

40

【0100】

R^3 は水素、またはアルキル基を表す。また、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。具体的には、 R^2 と R^3 が互いに結合し、1,4-ブチレン基を形成してもよい。

【0101】

$R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。

50

【 0 1 0 2 】

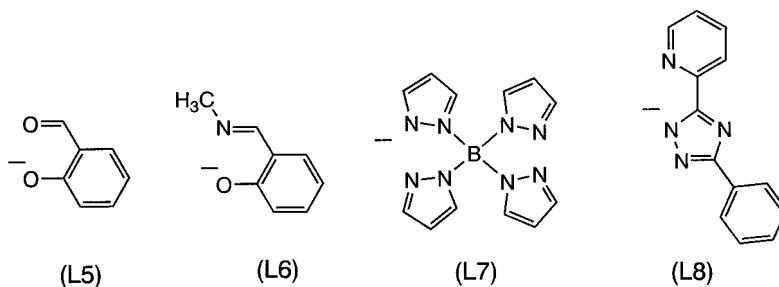
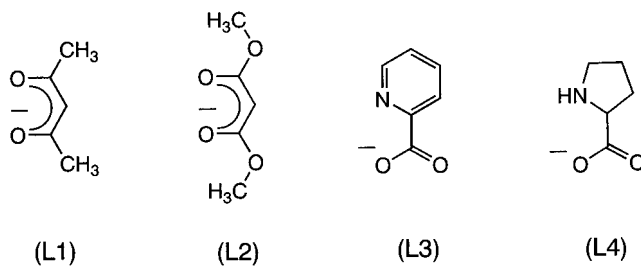
ここで、上述した構成において、アルキル基としては炭素数 1 ~ 4 が好ましく、具体的にはメチル基、エチル基、イソプロピル基、*t*-ブチル基が挙げられる。また、ハロゲン基としてはフルオロ基、クロロ基などが挙げられ、化学的安定性の観点からはフルオロ基が好ましい。また、ハロアルキル基としては、トリフルオロメチル基が好ましい。また、アルコキシ基としては炭素数 1 ~ 4 が好ましく、具体的にはメトキシ基、エトキシ基、イソプロポキシ基、*t*-ブトキシ基が挙げられる。また、アルコキシカルボニル基としては、炭素数 2 ~ 5 が好ましく、具体的には、メトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基、イソプロポキシカルボニル基、*t*-ブトキシカルボニル基が挙げられる。

【 0 1 0 3 】

次に、モノアニオン性の配位子 L について説明する。モノアニオン性の配位子 L は、ベータジケトン構造を有するモノアニオン性の二座キレート配位子、またはカルボキシル基を有するモノアニオン性の二座キレート配位子、またはフェノール性水酸基を有するモノアニオン性の二座キレート配位子、または 2 つの配位元素がいずれも窒素であるモノアニオン性の二座キレート配位子のいずれかが配位能力が高く好ましい。より具体的には、以下の構造式 (L1) ~ (L8) に示すモノアニオン性の配位子が挙げられるが、これらに限定されることはない。

【 0 1 0 4 】

【 化 1 3 】



【 0 1 0 5 】

以上で述べたような形態により、本発明で用いることができるピラジン系有機金属錯体は構成されるが、以下では、その具体的な構造式を列挙する (下記構造式 (1) ~ (17))。ただし、本発明におけるピラジン系有機金属錯体は、これらに限定されることはない。

【 0 1 0 6 】

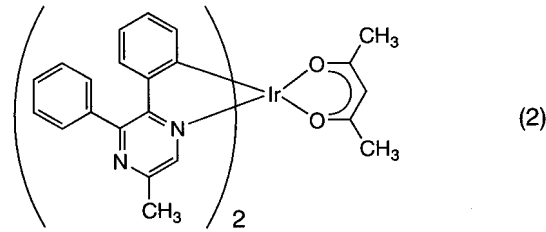
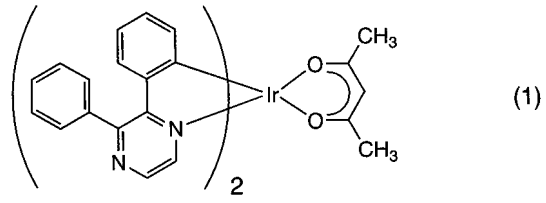
10

20

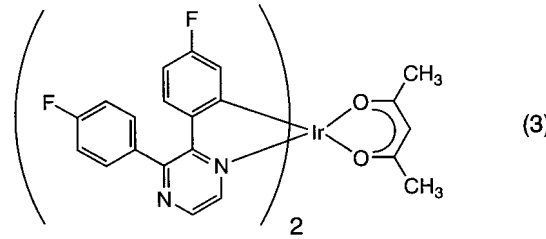
30

40

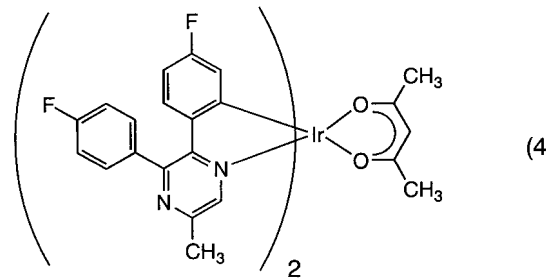
【化 1 4】



10



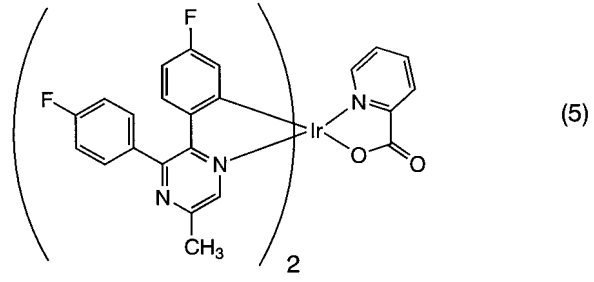
20



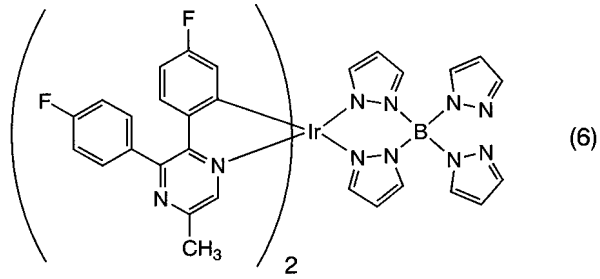
30

【 0 1 0 7 】

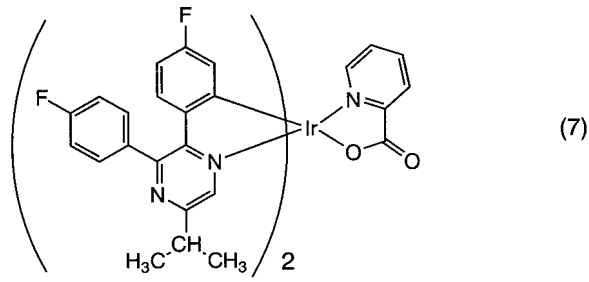
【化 1 5】



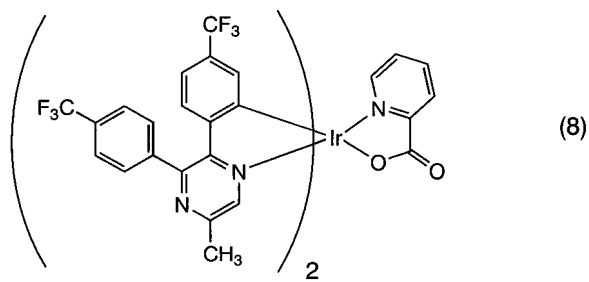
10



20

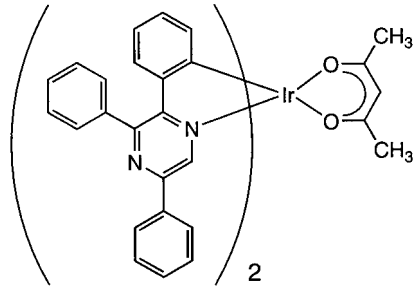


30

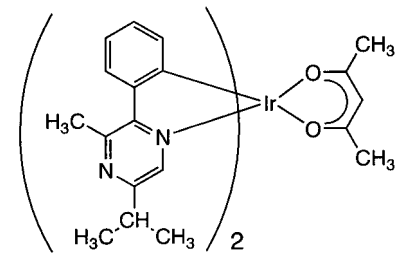
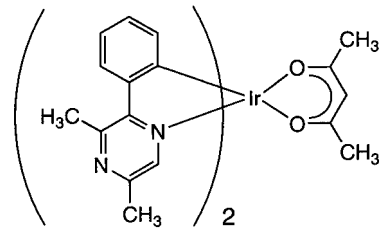
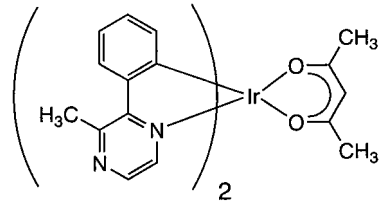


【 0 1 0 8 】

【化 1 6】



10

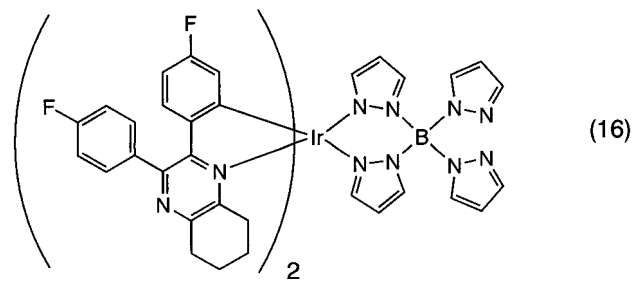
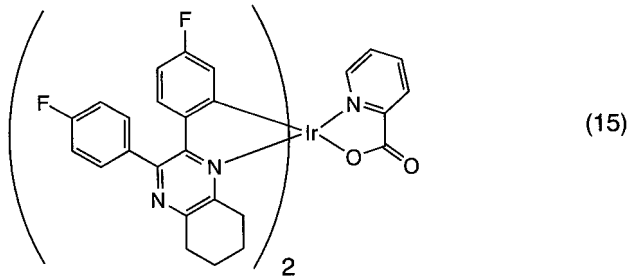
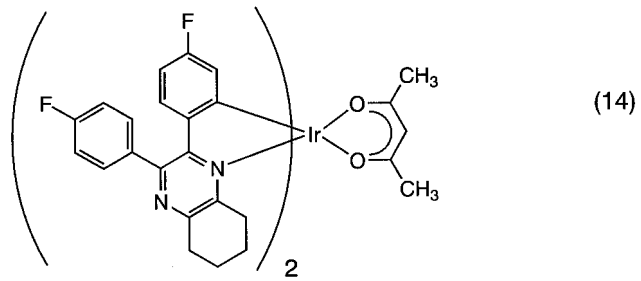
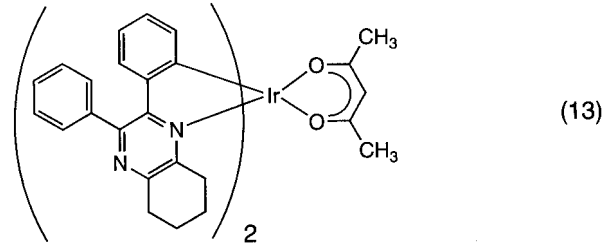


20

30

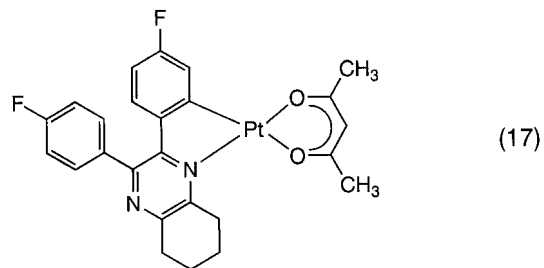
【 0 1 0 9 】

【化 1 7】



【 0 1 1 0】

【化 1 8】



【 0 1 1 1】

(実施形態 4)

本実施形態 4 では、本発明の発光素子を有する発光装置の一例として、画像表示装置について説明する。

【 0 1 1 2】

10

20

30

40

50

本実施形態では、画素部に本発明の発光素子を有する画像表示装置について図31を用いて説明する。なお、図31(A)は、画像表示装置を示す上面図、図31(B)は図31(A)をA-A'およびB-B'で切断した断面図である。この画像表示装置は、発光素子の発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部(ソース側駆動回路)601、画素部602、駆動回路部(ゲート側駆動回路)603を含んでいる。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

【0113】

なお、引き回し配線608はソース側駆動回路601及びゲート側駆動回路603に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC(フレキシブルプリントサーキット)609からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基板(PWB)が取り付けられていても良い。なお、本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

10

【0114】

次に、断面構造について図31(B)を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

20

【0115】

なお、ソース側駆動回路601はNチャンネル型TFT623とPチャンネル型TFT624とを組み合わせたCMOS回路が形成される。また、駆動回路を形成するTFTは、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成しても良い。また、本実施例では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0116】

また、画素部602はスイッチング用TFT611と、電流制御用TFT612とそのドレインに電氣的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成される。なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成する。

30

【0117】

また、被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径(0.2 μ m~3 μ m)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、光の照射によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光の照射によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

【0118】

第1の電極613上には、発光層を含む層616、および第2の電極617がそれぞれ形成されている。ここで、第1の電極613に用いる材料としては、さまざまな金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物を用いることができる。第1の電極を陽極として用いる場合には、その中でも、仕事関数の大きい(仕事関数4.0eV以上)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。例えば、珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層膜の他、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等を用いることができる。なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれ、さらに陽極として機能させることができる。

40

【0119】

50

また、発光層を含む層 6 1 6 は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピ
ンコート法等の種々の方法によって形成される。発光層を含む層 6 1 6 は、実施形態 1 ~
3 で示した発光層を有している。また、発光層を含む層 6 1 6 を構成する他の材料として
は、低分子材料、高分子材料と低分子材料との中間の性質を有する中分子材料（オリゴマ
ー、 dendrimer を含む）、または高分子材料であっても良い。また、発光層を含む層に
用いる材料としては、有機化合物だけでなく、無機化合物を用いてもよい。

【0120】

また、第 2 の電極 6 1 7 に用いる材料としては、さまざまな金属、合金、電気伝導性化
合物、およびこれらの混合物を用いることができる。第 2 の電極を陰極として用いる場合
には、その中でも、仕事関数の小さい（仕事関数 3 . 8 e V 以下）金属、合金、電気伝導
性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。例えば、元素周期表の第
1 族または第 2 族に属する元素、すなわちリチウム（Li）やセシウム（Cs）等のアル
カリ金属、およびマグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）
等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金（MgAg、AlLi）等が挙げられる
。なお、発光層を含む層 6 1 6 で生じた光を第 2 の電極 6 1 7 を透過させる場合には、第
2 の電極 6 1 7 として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜（酸化インジウム - 酸化
スズ（ITO）、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化イン
ジウム - 酸化亜鉛（IZO）、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム
（IWZO）等）との積層を用いることも可能である。

【0121】

さらにシール材 6 0 5 で封止基板 6 0 4 を素子基板 6 1 0 と貼り合わせることにより、
素子基板 6 1 0、封止基板 6 0 4、およびシール材 6 0 5 で囲まれた空間 6 0 7 に発光素
子 6 1 8 が備えられた構造になっている。なお、空間 6 0 7 には、充填材が充填されてお
り、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール材 6 0 5 で充填され
る場合もある。

【0122】

なお、シール材 6 0 5 にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、これらの材料
はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板 6 0 4
に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP（Fiber glass - Rei
nforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、ポリエステル
またはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

【0123】

以上のようにして、本発明の発光素子を有するアクティブマトリクス型の画像表示装置
を得ることができる。

【0124】

以上では、トランジスタによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の
画像表示装置について説明したが、この他、トランジスタ等の駆動用の素子を特に設けず
に発光素子を駆動させるパッシブマトリクス型の画像表示装置であってもよい。図 3 2 に
は本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の画像表示装置の斜視図を示す。図 3
2 において、基板 9 5 1 上には、電極 9 5 2 と電極 9 5 6 との間には発光層を含む層 9 5
5 が設けられている。電極 9 5 2 の端部は絶縁層 9 5 3 で覆われている。そして、絶縁層
9 5 3 上には隔壁層 9 5 4 が設けられている。隔壁層 9 5 4 の側壁は、基板面に近くなる
に伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つま
り、隔壁層 9 5 4 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同
様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接する辺）の方が上辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同様の
方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層 9 5 4 を設け
ることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。

【0125】

以上、本実施形態 4 で述べた本発明の画像表示装置は、実施形態 1 ~ 実施形態 3 で示し
た本発明の発光素子を有しているため、発光効率が高く、寿命が長い。したがって、本発

10

20

30

40

50

明の発光素子を用いた画像表示装置は、消費電力が低く、寿命が長いという特徴がある。

【0126】

なお、本実施形態4は、他の実施形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0127】

(実施形態5)

本発明の発光素子は発光効率が高く寿命が長いため、発光装置の一例である照明装置に用いることができる。そこで本実施形態5では、本発明の発光素子を有する照明装置の応用例を説明する。

【0128】

図4(A)は、本発明の発光素子を、照明装置の一種であるバックライトに用いた液晶表示装置の一例である。図4(A)に示した液晶表示装置は、筐体401、液晶層402、バックライト403、筐体404を有し、液晶層402は、ドライバIC405と接続されている。また、バックライト403は、本発明の発光素子が用いられおり、端子406により、電流が供給されている。

10

【0129】

本発明の発光素子を液晶表示装置のバックライトとして用いることにより、発光効率の高いバックライトが得られる。また、寿命の長いバックライトが得られる。また、本発明の発光素子を用いたバックライトは、面発光の照明装置であり面積化も可能であるため、面積化が可能であり、液晶表示装置の面積化も可能になる。さらに、本発明の発光素子を用いたバックライトは薄型で低消費電力であるため、表示装置の薄型化、低消費電力化も可能となる。

20

【0130】

図4(B)は、本発明の発光素子を適用した照明装置を、電気スタンドの光源として用いた例である。図4(B)に示す電気スタンドは、筐体411と、光源412を有し、光源412として、本発明の発光素子が用いられている。本発明の発光素子は長寿命であるため、電気スタンドも長寿命化できる。

【0131】

以上、本実施形態5で述べた本発明の照明装置は、実施形態1～実施形態3で示した本発明の発光素子を有しているため、発光効率が高く、寿命が長い。したがって、本発明の発光素子を用いた照明装置は、消費電力が低く、寿命が長いという特徴がある。

30

【0132】

(実施形態6)

実施形態4で示したような本発明の画像表示装置は、良好な画像を表示することができるため、本発明の画像表示装置を電子機器の表示部に適用することによって、優れた映像を提供できる電子機器を得ることができる。また、本発明の発光素子を含む画像表示装置や照明装置(すなわち発光装置)は消費電力が低く寿命が長い。したがって、本発明の発光装置を電子機器の表示部に適用することによって、消費電力の少ない電子機器を得ることができ、例えば、待受時間等の長い電話機等を得ることができる。以下に、本発明の発光素子を適用した発光装置を実装した電子機器の一実施例を示す。

【0133】

図5(A)は、本発明を適用して作製したコンピュータであり、本体511、筐体512、表示部513、キーボード514などによって構成されている。本発明の発光素子を有する発光装置を表示部として組み込むことでコンピュータを完成できる。

40

【0134】

図5(B)は、本発明を適用して作製した電話機であり、本体522には表示部521と、音声出力部524、音声入力部525、操作スイッチ526、527、アンテナ523等によって構成されている。本発明の発光素子を有する発光装置を表示部として組み込むことで電話機を完成できる。

【0135】

図5(C)は、本発明を適用して作製したテレビ受像機であり、表示部531、筐体5

50

32、スピーカー533などによって構成されている。本発明の発光素子を有する発光装置を表示部として組み込むことでテレビ受像機を完成できる。

【0136】

以上のように本発明の発光装置は、各種電子機器の表示部として用いるのに非常に適している。

【0137】

なお、本実施形態5では、コンピュータ等について述べているが、この他に、ナビゲーション装置、或いは照明機器等に本発明の発光素子を有する発光装置を実装しても構わない。

【実施例1】

【0138】

本実施例1では、本発明の発光素子に用いることができる有機金属錯体、すなわち、配位子がピラジン骨格を有する配位子であり、中心金属が第9族または第10族元素である有機金属錯体（ピラジン系有機金属錯体）に関し、電子トラップ性を評価した。

【0139】

評価方法としては、サイクリックボルタンメトリ（CV）測定によりピラジン系有機金属錯体の還元反応特性を測定し、その結果からLUMO準位を求める手法を用いた。また比較のため、従来のピラジン系有機金属錯体や、ホスト材料として広く用いられている物質に関しても、同様にLUMO準位を求め、ピラジン系有機金属錯体のLUMO準位と比較した。なお測定には、電気化学アナライザー（ピー・イー・エス（株）製、型番：ALSモデル600Aまたは600C）を用いた。

【0140】

CV測定における溶液は、溶媒として脱水ジメチルホルムアミド（DMF）（（株）アルドリッチ製、99.8%、カタログ番号；22705-6）を用い、支持電解質である過塩素酸テトラ-n-ブチルアンモニウム（ $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ ）（（株）東京化成製、カタログ番号；T0836）を100mmol/Lの濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を1mmol/Lの濃度となるように溶解させて調製した。また、作用電極としては白金電極（ピー・イー・エス（株）製、PTE白金電極）を、補助電極としては白金電極（ピー・イー・エス（株）製、VC-3用Ptカウンター電極（5cm））を、参照電極としてはAg/Ag⁺電極（ピー・イー・エス（株）製、RE5非水溶媒系参照電極）をそれぞれ用いた。なお、測定は室温（20～25）で行った。また、CV測定時のスキャン速度は、0.1V/secに統一した。

【0141】

（参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーの算出）

まず、本実施例で用いる参照電極（Ag/Ag⁺電極）の真空準位に対するポテンシャルエネルギー（eV）を算出した。つまり、Ag/Ag⁺電極のフェルミ準位を算出した。メタノール中におけるフェロセンの酸化還元電位は、標準水素電極に対して+0.610[V vs. SHE]であることが知られている（参考文献；Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No. 1, 83-96, 2002）。一方、本実施例で用いる参照電極を用いて、メタノール中におけるフェロセンの酸化還元電位を求めたところ、+0.20V [vs. Ag/Ag⁺]であった。したがって、本実施例で用いる参照電極のポテンシャルエネルギーは、標準水素電極に対して0.41[eV]低くなっていることがわかった。

【0142】

ここで、標準水素電極の真空準位からのポテンシャルエネルギーは-4.44eVであることが知られている（参考文献；大西敏博・小山珠美著、高分子EL材料（共立出版）、p.64-67）。以上のことから、本実施例で用いる参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、-4.44-0.41=-4.85[eV]であると算出できた。

【0143】

10

20

30

40

50

(測定例； 構造式(9))

まず、本測定例で、構造式(9)で表される $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ を例に、CV測定からのLUMO準位の算出について詳述する。還元反応特性のCV測定結果を図30に示す。なお、還元反応特性の測定は、参照電極に対する作用電極の電位を -0.34 V から -2.40 V まで走査した後、 -2.40 V から -0.34 V まで走査した。

【0144】

図30に示すように、還元ピーク電位 E_{pc} は、 -1.88 V であった。また、酸化ピーク電位 E_{pa} は -1.82 V であった。したがって、半波電位 (E_{pc} と E_{pa} の中間の電位) は -1.85 V と算出できる。このことは、 $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ は $-1.85\text{ [V vs. Ag/Ag^+]}$ の電気エネルギーにより還元されることを示しており、このエネルギーはLUMO準位に相当する。ここで、上述した通り、本実施例で用いる参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、 -4.85 [eV] であるため、構造式(9)のピラジン系有機金属錯体のLUMO準位は、 $-4.85 - (-1.85) = -3.00\text{ [eV]}$ であることがわかった。

10

【0145】

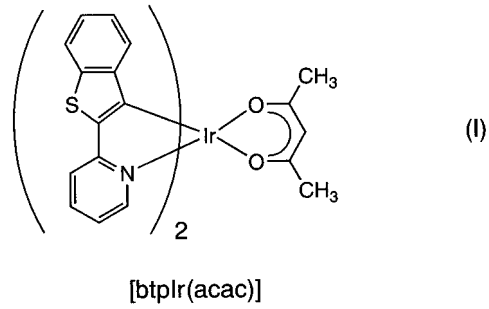
(測定結果のまとめ)

同様の手法にて、実施形態3で開示したピラジン系有機金属錯体のLUMO準位を測定した。また比較のため、 $[\text{btprIr}(\text{acac})]$ (下記構造式(I)) や $\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})$ (下記構造式(II)) のようなピリジン系有機金属錯体のLUMO準位も測定した。 $[\text{btprIr}(\text{acac})]$ は、特許文献1でも用いられている有機金属錯体である。また参考として、赤色の燐光性化合物のホスト材料として広範に用いられている電子輸送性の化合物 BAIq (下記構造式(III)) に関し、そのLUMO準位も評価した。

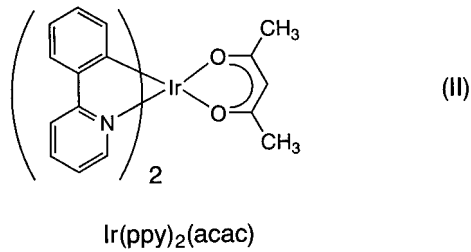
20

【0146】

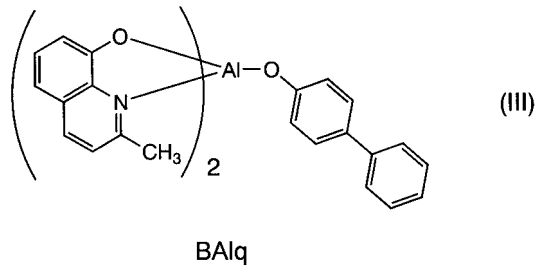
【化 1 9】



10



20



30

【 0 1 4 7】

結果を下記表 1 にまとめた。表 1 からわかる通り、ピリジン系有機金属錯体に比べ、ピラジン系有機金属錯体は深い LUMO 準位を有しており、全て - 2 . 7 e V よりも深い準位であった。また、これらの LUMO 準位の値は、BA1q と比べても深いことがわかる。一方、ピリジン系有機金属錯体は、BA1q よりも LUMO 準位が浅いことがわかる。したがって、本実施例の結果から、本発明で用いるピラジン系有機金属錯体は、比較的高い電子トラップ性を有することが示された。

【 0 1 4 8】

【表 1】

構造式 No.	物質の略称	$E_{1/2}$ [V vs. Ag/Ag ⁺]	LUMO 準位 [eV]
(1)	Ir(dppr) ₂ (acac)	-1.98	-2.87
(3)	Ir(Fdppr) ₂ (acac)	-1.92	-2.93
(4)	Ir(Fdppr-Me) ₂ (acac)	-2.00	-2.85
(5)	Ir(Fdppr-Me) ₂ (pic)	-1.82	-3.03
(6)	Ir(Fdppr-Me) ₂ (bpz4)	-1.86	-2.99
(7)	Ir(Fdppr-iPr) ₂ (pic)	-1.83	-3.02
(8)	Ir(CF ₃ dppr-Me) ₂ (pic)	-1.63	-3.22
(9)	Ir(tppr) ₂ (acac)	-1.85	-3.00
(13)	Ir(dpqtH) ₂ (acac)	-2.11	-2.74
(14)	Ir(FdpqtH) ₂ (acac)	-2.03	-2.82
(15)	Ir(FdpqtH) ₂ (pic)	-1.90	-2.85
(17)	Pt(FdpqtH)(acac)	-1.81	-3.04
(I)	[btpIr(acac)]	-2.39	-2.46
(II)	Ir(ppy) ₂ (acac)	-2.57	-2.28
(III)	BAlq	-2.31	-2.54

10

20

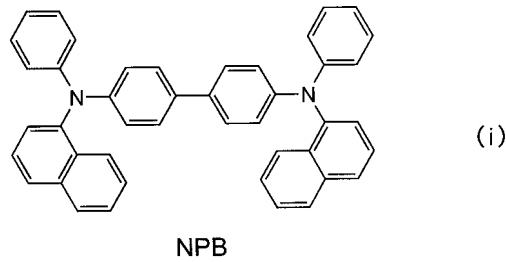
【実施例 2】

【0149】

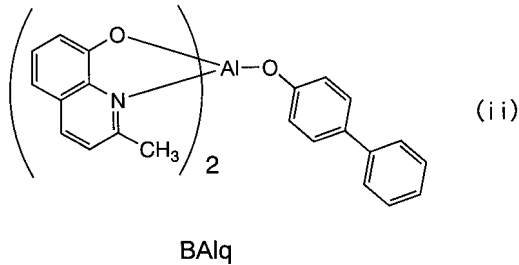
本実施例 2 では、本発明の発光素子について、比較例を交えながら具体的に例示する。なお、実施例で用いる物質の分子構造を、下記に示す。また、素子構造を図 3 に示す。

【0150】

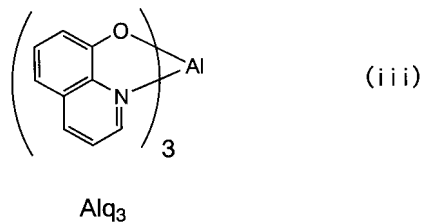
【化 2 0】



10



20



【 0 1 5 1】

本発明の発光素子 1、本発明の発光素子 2、比較発光素子 3、比較発光素子 4 の作製
まず、110 nm の膜厚でインジウム錫珪素酸化物 (ITO) が成膜されたガラス基板
を用意した。ITO 表面は、2 mm 角の大きさで表面が露出するよう周辺をポリイミド
膜で覆った。なお、ITO は発光素子の陽極として機能する第 1 の電極 301 である。
この基板の上に発光素子を形成するための前処理として、多孔質樹脂のブラシを用いて基板
表面を洗浄し、200 で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。

30

【 0 1 5 2】

次に、ITO が形成された面が下方となるように、基板を真空蒸着装置内に設けられた
ホルダーに固定した。

【 0 1 5 3】

真空装置内を 10^{-4} Pa に減圧した後、構造式 (i) で表される NPB と酸化モリブデ
ン (VI) とを、NPB : 酸化モリブデン (VI) = 4 : 1 (質量比) となるように共蒸
着することにより、ホール注入層 311 を形成した。膜厚は 50 nm とした。なお、共蒸
着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着法である。
次に、NPB を 10 nm 蒸着することにより、ホール輸送層 312 を形成した。

40

【 0 1 5 4】

さらにホール輸送層 312 上に、発光層 313 を 30 nm 形成した。発光素子 1、発光素
子 2、比較発光素子 3、比較発光素子 4 の構成を下記表 2 に示す。発光素子 1 と発光素子
2 は、第 1 の有機化合物として NPB を、第 2 の有機化合物として構造式 (ii) で表さ
れる BAlq を、ピラジン系有機金属錯体として実施形態 3 の構造式 (9) で表される
Ir (tppr)₂ (acac) を用いた本発明の発光素子である。表 2 に示す通り、発光
素子 1 と発光素子 2 では、NPB と BAlq の比率を変えている。一方、比較発光素子 3

50

は、BA1qを用いずにNPBのみをホスト材料として用いている。また、比較発光素子4は、NPBを用いずにBA1qのみをホスト材料として用いている。なお、発光層313の成膜は、全て共蒸着法を用いて行った。

【0155】

【表2】

	発光層における各物質の比率 (質量比)
発光素子1	NPB : BA1q : Ir(tppr) ₂ (acac)=0.25 : 1 : 0.06
発光素子2	NPB : BA1q : Ir(tppr) ₂ (acac)=0.10 : 1 : 0.06
比較発光素子3	NPB : Ir(tppr) ₂ (acac)=1 : 0.06
比較発光素子4	BA1q : Ir(tppr) ₂ (acac)=1 : 0.06

10

【0156】

次に、BA1qを10nm蒸着することにより、電子輸送層314を形成した。さらに電子輸送層314上に、構造式(iii)で表されるAlq₃とリチウム(Li)とを、Alq₃ : Li = 1 : 0.01 (質量比)となるように共蒸着することにより、電子注入層315を形成した。膜厚は50nmとした。最後に、陰極として機能する第2の電極302としてアルミニウムを200nm成膜し、本発明の発光素子を得た。なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0157】

発光素子1、発光素子2、比較発光素子3、比較発光素子4の動作特性

以上により得られた発光素子1、発光素子2、比較発光素子3、比較発光素子4を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

20

【0158】

各発光素子の電流密度 - 輝度特性を図6(a)に、電圧 - 輝度特性を図6(b)に、それぞれ示す。また、各発光素子の輝度 - 電流効率特性を図7に示す。また、各発光素子の発光スペクトルを図8に示す。発光スペクトルは、いずれの素子もほぼ同様であり、Ir(tppr)₂(acac)に由来する赤色発光であった。ただし、比較発光素子3のみは、480nm付近にBA1qの発光が若干観測された。

30

【0159】

図7からわかるように、比較発光素子3、比較発光素子4共に、実用輝度領域(100cd/m²以上)で電流効率が大幅に減少していることがわかる。比較発光素子3は、実施形態1の図2(a)で示した状態であり、電子トラップ性が高いIr(tppr)₂(acac)をホール輸送性の化合物であるNPBに添加しているため、発光領域が発光層313と電子輸送層314との界面近傍のみに限定されてしまう。そして、図8のスペクトルでは、電子輸送層314であるBA1qの発光が若干観測されている。つまり、ホールが電子輸送層314にまで抜けてしまっており、このことが電流効率低下の要因となっていると考えられる。比較発光素子4は、実施形態1の図2(b)で示した状態であり、電子トラップ性が高いIr(tppr)₂(acac)を電子輸送性の化合物であるBA1qに添加しているため、キャリアバランスが悪く電流効率が低下していると考えられる。また、図6(b)からわかるように、駆動電圧も高い。

40

【0160】

一方で、本発明の発光素子1および発光素子2は、図7からわかるように、極めて高い発光効率を示した。特に、外部量子効率については特筆すべきものがあり、1000cd/m²時で、いずれも20%を超えていた。

【0161】

次に、初期輝度を1000cd/m²に設定し、電流密度一定の条件でこれらの素子を駆動したところ、図9のような輝度劣化曲線が得られた。図9において、横軸は時間、縦軸

50

は初期輝度を100とした場合の相対輝度(%)である。図9からもわかるように、本発明の発光素子は寿命に関しても大幅に改善されていることがわかる。

【0162】

ここで、1000 cd/m²時の特性および寿命の比較を、下記表3にまとめた。ただし、図9からわかるように輝度半減期に至るまでには相当の時間がかかるため、寿命に関しては輝度が10%減衰するまでの時間で比較した。

【0163】

【表3】

	電圧 [V]	電流効率 [cd/A]	外部量子効率 [%]	パワー効率 [lm/W]	輝度10%減衰時間 [hr]
発光素子1	5.0	24	21	15	640
発光素子2	5.6	23	20	13	3,000*
比較発光素子3	5.6	4.2	3.5	2.3	300
比較発光素子4	6.6	12	10	5.6	240

※ 外挿値

10

【0164】

まず、電流効率、外部量子効率、パワー効率に関しては、表3からわかるように、NPBのみをホストに用いた比較発光素子3、およびBALqのみをホストに用いた比較発光素子4では、極めて低い効率しか得られなかったのに対し、それら2種類を発光層に適用した発光素子1、2は極めて高い効率が得られている。この結果は、NPB、BALqそれぞれ単体の性能からは、予想もし得なかった効果であると言える。寿命に関しても同様である。特に発光素子2に関しては優れた寿命が得られており、輝度半減期は5万時間程度と見積もられる。

20

【0165】

以上のことから、本発明の発光素子を作製することにより、高い発光効率と素子寿命を両立させることができることがわかった。したがって、本発明を実施することにより、発光効率が高く、かつ素子寿命の長い発光素子が得られる。

【実施例3】

【0166】

本実施例3では、本発明の発光素子(発光素子5)の作製例を具体的に例示する。素子構造を図3に示す。

30

【0167】

本発明の発光素子5の作製

まず、ホール注入層311およびホール輸送層312は、実施例2の発光素子1と同様に形成した。さらにホール輸送層312上に、発光層313を30nm形成した。発光層313においては、第1の有機化合物としてNPBを、第2の有機化合物としてBALqを、ピラジン系有機金属錯体として実施形態3の構造式(9)で表されるIr(tppr)₂(acac)を用い、質量比がNPB: BALq: Ir(tppr)₂(acac) = 0.1: 1: 0.06となるように共蒸着を行った。膜厚は50nmとした。

40

【0168】

次に、Alq₃を10nm蒸着することにより、電子輸送層314を形成した。さらに電子輸送層314上に、Alq₃とリチウム(Li)とを、Alq₃: Li = 1: 0.01(質量比)となるように共蒸着することにより、電子注入層315を形成した。膜厚は20nmとした。最後に、陰極として機能する第2の電極302としてアルミニウムを200nm成膜し、本発明の発光素子を得た。なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0169】

発光素子5の動作特性

以上により得られた発光素子5を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子

50

が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温（25 に保たれた雰囲気）で行った。

【0170】

発光素子5の電流密度-輝度特性を図10(a)に、電圧-輝度特性を図10(b)に、それぞれ示す。また、発光素子5の輝度-電流効率特性および輝度-外部量子効率特性を図11に示す。また、発光素子5の発光スペクトルを図12に示す。発光スペクトルは、 $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ に由来するスペクトルであった。

【0171】

まず、図12からわかるように、発光素子5の発光スペクトルのピークは620nm付近にあり、発光素子5はCIE色度座標が $(x, y) = (0.65, 0.35)$ の赤色発光を示した。

10

【0172】

また、図11からわかるように、本発明の発光素子5の電流効率は、200cd/m²時において最大値である30cd/Aに達し、極めて高効率であることがわかった。この時の外部量子効率は23%であった。また、実用輝度領域とも言える1000cd/m²時においても、電流効率は27cd/A（外部量子効率は20%）であり、極めて高効率であった。

【0173】

発光素子5は、発光物質である $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ （発光波長~620nm）よりも三重項励起エネルギーが低い Alq_3 （燐光発光波長は、650~700nm程度であることが報告されている）を、発光層313に接する電子輸送層314に用いているにもかかわらず、上述のように外部量子効率が20%を超える高効率を達成できている。これは、本発明の発光素子における発光領域が、発光層313と電子輸送層314との界面にのみ局在してはいないことを示唆している。このことは、本発明の特徴の一つであると言える。

20

【0174】

次に、初期輝度を1000cd/m²に設定し、電流密度一定の条件でこれらの素子を駆動したところ、図13のような輝度劣化曲線が得られた。図13において、横軸は時間、縦軸は初期輝度を100とした場合の相対輝度(%)である。図13からもわかるように、本発明の発光素子5は、図13の曲線の外挿値から、輝度の10%減衰時間が4,000時間にも及ぶと見積もられ、極めて長寿命であった。また、輝度半減期は、10万時間程度と見積もられる。

30

【実施例4】

【0175】

本実施例4では、本発明の発光素子について、比較例を交えながら具体的に例示する。素子構造を図3に示す。

【0176】

本発明の発光素子6、比較発光素子7、比較発光素子8の作製

本発明の発光素子6は、発光層313における $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ を $\text{Ir}(\text{dppr})_2(\text{acac})$ （実施形態3の構造式(1)）に換え、電子注入層315の膜厚を40nmとした以外は、実施例2の発光素子2と同様に作製した。また、比較発光素子7は、発光層313における $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ を $\text{Ir}(\text{dppr})_2(\text{acac})$ に換え、電子注入層315の膜厚を40nmとした以外は、実施例2の比較発光素子3と同様に作製した。また、比較発光素子8は、発光層313における $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ を $\text{Ir}(\text{dppr})_2(\text{acac})$ に換え、電子注入層315の膜厚を40nmとした以外は、実施例2の比較発光素子4と同様に作製した。つまり、発光素子6、比較発光素子7、比較発光素子8は、下記表4のように発光層313の構成は異なるが、他の層は同様にして作製された発光素子である。

40

【0177】

【表 4】

	発光層における各物質の比率（質量比）
発光素子 6	NPB : BA1q : Ir(dppr) ₂ (acac)=0.10 : 1 : 0.06
比較発光素子 7	NPB : Ir(dppr) ₂ (acac)=1 : 0.06
比較発光素子 8	BA1q : Ir(dppr) ₂ (acac)=1 : 0.06

【0178】

発光素子 6、比較発光素子 7、比較発光素子 8 の動作特性

以上により得られた発光素子 6、比較発光素子 7、比較発光素子 8 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温（25 に保たれた雰囲気）で行った。

10

【0179】

各発光素子の電流密度 - 輝度特性を図 14 (a) に、電圧 - 輝度特性を図 14 (b) に、それぞれ示す。また、各発光素子の輝度 - 電流効率特性を図 15 に示す。また、各発光素子の発光スペクトルを図 16 に示す。発光スペクトルは、いずれの素子もほぼ同様であり、Ir(dppr)₂(acac) に由来する橙色発光であった（ただし、比較発光素子 7 のみ、若干短波長の発光を示している）。

20

【0180】

図 15 からわかるように、比較発光素子 8 は、実用輝度領域（1000 cd/m² 以上）で電流効率が減少していることがわかる。比較発光素子 8 は、実施形態 1 の図 2 (b) で示した状態であり、電子トラップ性が高い Ir(dppr)₂(acac) を電子輸送の化合物である BA1q に添加しているため、キャリアバランスが悪く電流効率が低下していると考えられる。また、図 14 (b) からわかるように、駆動電圧も高い。

【0181】

ただし、比較発光素子 7 は、図 2 (a) に示した状態と類似であるものの、初期特性としては本発明の発光素子 6 とほぼ同等の性能を示している。これは、実施例 2 の比較発光素子 3 と異なり、電子輸送層 314 に用いている BA1q の発光が観測されていないためと考えられる。実施例 1 からわかるように、本実施例 4 で用いている Ir(dppr)₂(acac) は、実施例 2 で用いた Ir(tppr)₂(acac) に比べれば電子トラップ性が弱い。このため、比較発光素子 7 においては多少の電子が発光層 313 の内部にまで進み、電子輸送層 314 の BA1q の発光を抑制できているものと推察される。

30

【0182】

しかしながら驚くべきことに、素子寿命においては、本発明の発光素子 6 と比較発光素子 7 とでは著しい差が見られた。初期輝度を 10000 cd/m² に設定し、電流密度一定の条件でこれらの素子を駆動した際の輝度劣化曲線を、図 17 に示す。図 17 において、横軸は時間、縦軸は初期輝度を 100 とした場合の相対輝度（%）である。図 17 からわかるように、本発明の発光素子 6 のみが明らかに長寿命である。

【0183】

ここで、10000 cd/m² 時の特性および寿命の比較を、下記表 5 にまとめた。

40

【0184】

【表 5】

	電圧 [V]	電流効率 [cd/A]	外部量子効率 [%]	パワー効率 [lm/W]	輝度半減期 [hr]
発光素子 6	6.2	28	15	14	4,100 [※]
比較発光素子 7	5.6	28	14	16	84
比較発光素子 8	6.8	16	8.0	7.4	190

※ 外挿値

【0185】

10

まず、電流効率、外部量子効率、パワー効率に関しては、表 5 からわかるように、BA1qのみをホストに用いた比較発光素子 8 では、極めて低い効率しか得られなかったのに対し、NPB および BA1q の 2 種類をホストに用いた発光素子 6、および NPB のみをホストに用いた比較発光素子 7 は、高い効率が得られている。また、素子寿命に関しては、比較発光素子 7、8 の輝度半減期がいずれも 100 時間前後であるのに対し、本発明の発光素子 6 の輝度半減期は、外挿値から 4000 時間程度と見積もられる。

【0186】

特に、発光素子 6 と比較発光素子 7 は、初期特性がほぼ同等であるにも関わらず、著しい寿命の違いが観察されており、極めて驚くべきものである。この要因は定かではないが、比較発光素子 7 においては、発光領域の関係で、やはり電子輸送層 314 に用いている BA1q の励起状態が何らかの形で寿命に影響を及ぼしているものと思われる。

20

【0187】

以上のことから、本発明の発光素子を作製することにより、高い発光効率と素子寿命を両立させることができることがわかった。したがって、本発明を実施することにより、発光効率が高く、かつ素子寿命の長い発光素子が得られる。

【実施例 5】

【0188】

本実施例 5 では、本発明の発光素子について、比較例を交えながら具体的に例示する。素子構造を図 3 に示す。

【0189】

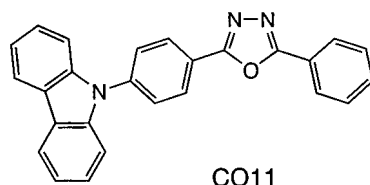
30

本発明の発光素子 9、比較発光素子 10 の作製

本発明の発光素子 9 は、発光層 313 における BA1q を下記構造式 (iv) で表される CO11 に換えた以外は、実施例 2 の発光素子 2 と同様に作製した。但し、比率を NPB : CO11 : Ir(tppr)₂(acac) = 0.5 : 1 : 0.06 (質量比) とした。また、比較発光素子 10 は、発光層 313 における BA1q を CO11 に換えた以外は、実施例 2 の比較発光素子 3 と同様に作製した。CO11 は、1,3,4-オキサジアゾール骨格を有する複素芳香族化合物である。

【0190】

【化 21】



(iv)

CO11

40

【0191】

発光素子 9、比較発光素子 10 の動作特性

以上により得られた発光素子 9、比較発光素子 10 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温 (25 に保たれた雰囲気) で行

50

った。

【0192】

各発光素子の電流密度 - 輝度特性を図18(a)に、電圧 - 輝度特性を図18(b)に、それぞれ示す。また、各発光素子の輝度 - 電流効率特性を図19に示す。また、各発光素子の発光スペクトルを図20に示す。発光スペクトルは、いずれの素子もほぼ同様であり、 $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ に由来する赤色発光であった。

【0193】

図19からわかるように、比較発光素子10は、実用輝度領域($100\text{cd}/\text{m}^2$ 以上)で電流効率が減少していることがわかる。比較発光素子10は、実施形態1の図2(b)で示した状態であり、電子トラップ性が高い $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ を電子輸送の化合物であるC011に添加しているため、キャリアバランスが悪く電流効率が低下していると考えられる。また、図18(b)からわかるように、駆動電圧も高い。一方で、本発明の発光素子9は、図19からわかるように、高い発光効率を示した。

10

【0194】

次に、初期輝度を $1000\text{cd}/\text{m}^2$ に設定し、電流密度一定の条件でこれらの素子を駆動したところ、図21のような輝度劣化曲線が得られた。図21において、横軸は時間、縦軸は初期輝度を100とした場合の相対輝度(%)である。図21からもわかるように、本発明の発光素子は寿命に関しても大幅に改善されていることがわかる。なお、 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 時の特性および寿命の比較を、下記表6にまとめた。

【0195】

20

【表6】

	電圧 [V]	電流効率 [cd/A]	外部量子効率 [%]	パワー効率 [lm/W]	輝度半減期 [hr]
発光素子9	4.4	22	17	16	2,900*
比較発光素子10	7.0	12	10	5.4	230*

※ 外挿値

【0196】

以上のことから、本発明の発光素子を作製することにより、高い発光効率と素子寿命を両立させることができることがわかった。したがって、本発明を実施することにより、発光効率が高く、かつ素子寿命の長い発光素子が得られる。

30

【実施例6】

【0197】

本実施例6では、本発明の発光素子について、比較例を交えながら具体的に例示する。素子構造を図3に示す。

【0198】

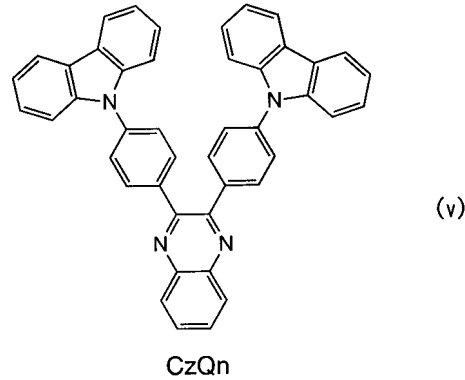
本発明の発光素子11、比較発光素子12の作製

本発明の発光素子11は、発光層313におけるBALqを下記構造式(V)で表されるCzQnに換えた以外は、実施例2の発光素子2と同様に作製した。但し、比率をNPB:CzQn: $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac}) = 0.25:1:0.06$ (質量比)とした。また、比較発光素子12は、発光層313におけるBALqをCzQnに換えた以外は、実施例2の比較発光素子3と同様に作製した。CzQnは、キノキサリン骨格を有する複素芳香族化合物である。

40

【0199】

【化 2 2】



10

【 0 2 0 0】

発光素子 1 1、比較発光素子 1 2 の動作特性

以上により得られた発光素子 1 1、比較発光素子 1 2 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温（25 に保たれた雰囲気）で行った。

【 0 2 0 1】

各発光素子の電流密度 - 輝度特性を図 2 2 (a) に、電圧 - 輝度特性を図 2 2 (b) に、それぞれ示す。また、各発光素子の輝度 - 電流効率特性を図 2 3 に示す。また、各発光素子の発光スペクトルを図 2 4 に示す。発光スペクトルは、いずれの素子もほぼ同様であり、 $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ に由来する赤色発光であった。

20

【 0 2 0 2】

図 2 3 からわかるように、比較発光素子 1 2 は、実用輝度領域（ 1000 cd/m^2 以上）で電流効率が減少していることがわかる。比較発光素子 1 2 は、実施形態 1 の図 2 (b) で示した状態であり、電子トラップ性が高い $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ を電子輸送の化合物である CzQn に添加しているため、キャリアバランスが悪く電流効率が低下していると考えられる。また、図 2 2 (b) からわかるように、駆動電圧も高い。一方で、本発明の発光素子 1 1 は、図 2 3 からわかるように、高い発光効率を示した。

30

【 0 2 0 3】

次に、初期輝度を 1000 cd/m^2 に設定し、電流密度一定の条件でこれらの素子を駆動したところ、図 2 5 のような輝度劣化曲線が得られた。図 2 5 において、横軸は時間、縦軸は初期輝度を 100 とした場合の相対輝度（%）である。図 2 5 からわかるように、本発明の発光素子は寿命に関しても大幅に改善されていることがわかる。なお、 1000 cd/m^2 時の特性および寿命の比較を、下記表 7 にまとめた。

【 0 2 0 4】

【表 7】

	電圧 [V]	電流効率 [cd/A]	外部量子効率 [%]	パワー効率 [lm/W]	輝度半減期 [hr]
発光素子 11	6.0	19	15	10	2,600 [※]
比較発光素子 12	8.6	4.4	3.5	1.6	310 [※]

※ 外挿値

40

【 0 2 0 5】

以上のことから、本発明の発光素子を作製することにより、高い発光効率と素子寿命を両立させることができることがわかった。したがって、本発明を実施することにより、発光効率が高く、かつ素子寿命の長い発光素子が得られる。

【実施例 7】

50

【0206】

本実施例7では、本発明の発光素子について、比較例を交えながら具体的に例示する。素子構造を図3に示す。

【0207】

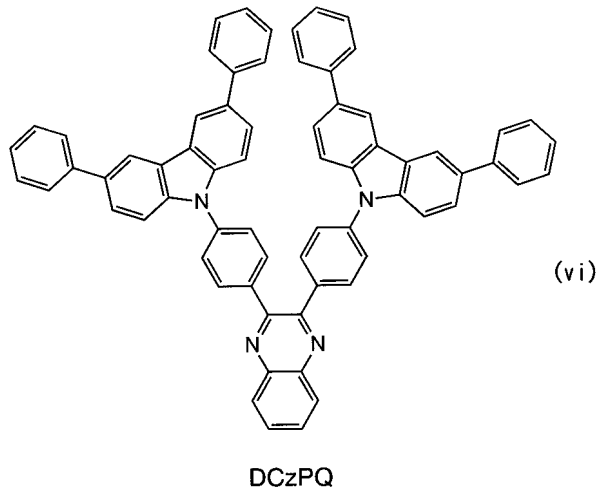
本発明の発光素子13、比較発光素子14の作製

本発明の発光素子13は、発光層313におけるBALqを下記構造式(Vi)で表されるDCzPQに換えた以外は、実施例2の発光素子2と同様に作製した。但し、比率をNPB:DCzPQ:Ir(tppr)₂(acac)=0.5:1:0.06(質量比)とした。また、比較発光素子14は、発光層313におけるBALqをDCzPQに換えた以外は、実施例2の比較発光素子3と同様に作製した。DCzPQは、キノキサリン骨格を有する複素芳香族化合物である。

10

【0208】

【化23】



20

【0209】

発光素子13、比較発光素子14の動作特性

以上により得られた発光素子13、比較発光素子14を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温(25℃)に保たれた雰囲気で行った。

30

【0210】

各発光素子の電流密度-輝度特性を図26(a)に、電圧-輝度特性を図26(b)に、それぞれ示す。また、各発光素子の輝度-電流効率特性を図27に示す。また、各発光素子の発光スペクトルを図28に示す。発光スペクトルは、いずれの素子もほぼ同様であり、Ir(tppr)₂(acac)に由来する赤色発光であった。

【0211】

図27からわかるように、比較発光素子14は、実用輝度領域(100cd/m²以上)で電流効率が減少していることがわかる。比較発光素子14は、実施形態1の図2(b)で示した状態であり、電子トラップ性が高いIr(tppr)₂(acac)を電子輸送の化合物であるDCzPQに添加しているため、キャリアバランスが悪く電流効率が低下していると考えられる。また、図26(b)からわかるように、駆動電圧も高い。一方で、本発明の発光素子13は、図27からわかるように、高い発光効率を示した。

40

【0212】

次に、初期輝度を1000cd/m²に設定し、電流密度一定の条件でこれらの素子を駆動したところ、図29のような輝度劣化曲線が得られた。図29において、横軸は時間、縦軸は初期輝度を100とした場合の相対輝度(%)である。図29からもわかるように、本発明の発光素子は寿命に関しても大幅に改善されていることがわかる。なお、100

50

0 cd/m² 時の特性および寿命の比較を、下記表 8 にまとめた。

【0213】

【表 8】

	電圧 [V]	電流効率 [cd/A]	外部量子効率 [%]	パワー効率 [lm/W]	輝度半減期 [hr]
発光素子 13	5.6	18	14	10	2,200*
比較発光素子 14	8.8	3.0	2.5	1.1	180*

※ 外挿値

10

【0214】

以上のことから、本発明の発光素子を作製することにより、高い発光効率と素子寿命を両立させることができることがわかった。したがって、本発明を実施することにより、発光効率が高く、かつ素子寿命の長い発光素子が得られる。

【実施例 8】

【0215】

本実施例 8 では、本発明の発光素子について、比較例を交えながら具体的に例示する。素子構造を図 3 に示す。

【0216】

本発明の発光素子 15、比較発光素子 16 の作製

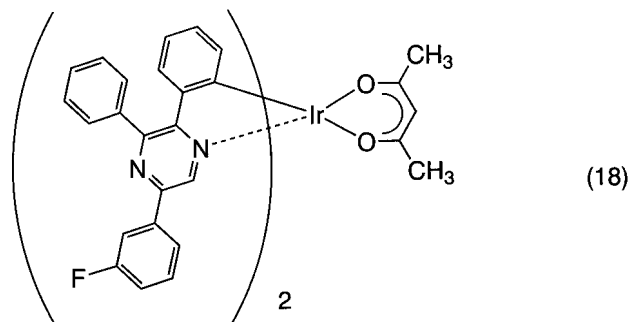
まず、ホール注入層 311 およびホール輸送層 312 は、実施例 2 の発光素子 1 と同様に形成した。さらにホール輸送層 312 上に、発光層 313 を形成した。本発明の発光素子 15 においては、第 1 の有機化合物として NPB を、第 2 の有機化合物として BA1q を、ピラジン系有機金属錯体として下記構造式 (18) で表される (アセチルアセトナト) ビス [5 - (3 - フルオロフェニル) - 2, 3 - ジフェニルピラジナト] イリジウム (III) (略称: [Ir(dppr-3FP)₂(acac)]) を用い、質量比が NPB : BA1q : Ir(dppr-3FP)₂(acac) = 0.05 : 1 : 0.06 となるように共蒸着を行い、発光層 313 とした。膜厚は 50 nm とした。一方、比較発光素子 16 においては、NPB を用いず、BA1q : Ir(dppr-3FP)₂(acac) = 1 : 0.06 となるように共蒸着を行い、発光層 313 とした。膜厚は 50 nm とした。なお、Ir(dppr-3FP)₂(acac) は、実施の形態 3 で示した一般式 (G6) で表される有機金属錯体に含まれる有機金属錯体である。

20

30

【0217】

【化 24】



40

【0218】

次に、Alq₃ を 30 nm 蒸着することにより、電子輸送層 314 を形成した。さらに電子輸送層 314 上に、フッ化リチウム (LiF) を 1 nm 蒸着することにより、電子注入層 315 を形成した。最後に、陰極として機能する第 2 の電極 302 としてアルミニウムを 200 nm 成膜し、本発明の発光素子 15 および比較発光素子 16 を得た。なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0219】

50

発光素子 15、比較発光素子 16 の動作特性

以上により得られた発光素子 15、比較発光素子 16 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温（25 に保たれた雰囲気）で行った。

【0220】

各発光素子の電流密度 - 輝度特性を図 33 (a) に、電圧 - 輝度特性を図 33 (b) に、それぞれ示す。また、各発光素子の輝度 - 電流効率特性を図 34 に示す。また、各発光素子の発光スペクトルを図 35 に示す。発光スペクトルから、いずれの素子においても $\text{Ir}(\text{dppr}-3\text{FP})_2(\text{acac})$ に由来する赤色発光が観察されていることがわかる。なお、発光素子 15 の CIE 色度座標は $(x, y) = (0.67, 0.33)$ であり、NTSC で定められた赤色の色度座標に一致する良好な赤色発光を示した。

10

【0221】

次に、初期輝度を 1000 cd/m^2 に設定し、電流密度一定の条件でこれらの素子を駆動したところ、図 36 のような輝度劣化曲線が得られた。図 36 において、横軸は時間、縦軸は初期輝度を 100 とした場合の相対輝度 (%) である。図 36 からわかるように、本発明の発光素子は寿命に関しても大幅に改善されていることがわかる。また、 1000 cd/m^2 時の特性および寿命の比較を、下記表 9 にまとめた。なお、図 36 からわかるように、発光素子 15 が輝度半減期まで達するには 10000 時間以上かかると推定されるため、輝度が 86% に達するまでの時間を比較した。

20

【0222】

【表 9】

	電圧 [V]	電流効率 [cd/A]	外部量子効率 [%]	パワー効率 [lm/W]	輝度 86% 到達時間 [hr]
発光素子 15	8.8	18	16	6.3	410
比較発光素子 16	9.2	6.9	5.8	2.4	64

【0223】

以上のことから、本発明の発光素子を作製することにより、高い発光効率と素子寿命を両立させることができることがわかった。したがって、本発明を実施することにより、発光効率が高く、かつ素子寿命の長い発光素子が得られる。

30

【0224】

本実施の形態では、新規物質である、(アセチルアセトナト)ビス[5-(3-フルオロフェニル)-2,3-ジフェニルピラジナト]イリジウム($\text{Ir}(\text{dppr}-3\text{FP})_2(\text{acac})$)を使用しているため、その合成例を具体的に例示する。

【0225】

<ステップ 1 ; 5-(3-フルオロフェニル)-2,3-ジフェニルピラジン(略称: $\text{Hdppr}-3\text{FP}$)の合成>

40

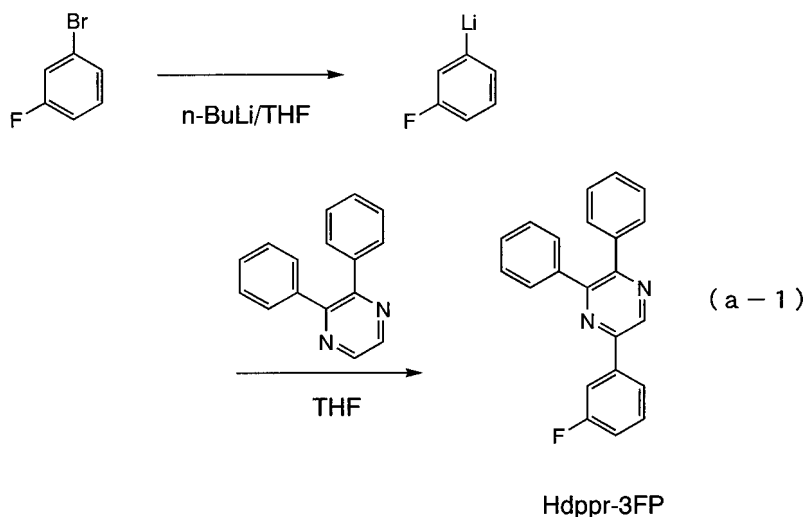
まず、窒素雰囲気にて、3-プロモフルオロベンゼン 1.49 g と、テトラヒドロフラン 11 mL の混合溶液に、-78 にて n-ブチルリチウムのヘキサン溶液 (1.58 mol/L) 7.5 mL を滴下した後、そのまま -78 にて 30 分間攪拌した。得られた溶液を、2,3-ジフェニルピラジン 2.45 g と、テトラヒドロフラン 20 mL の混合溶液を氷冷したところへ滴下し、室温にて 1 週間攪拌した。この混合物に水を加え、酢酸エチルを抽出溶媒として有機層を抽出した。得られた有機層を水で洗浄し、無水硫酸マグネシウムにて乾燥した。乾燥した後の溶液をろ過した。この溶液の溶媒を留去した後、留去により得られた残渣を、ジクロロメタンを展開溶媒とするシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製することにより、目的のピラジン誘導体 $\text{Hdppr}-3\text{FP}$ を得た(橙色粉末、収率 8%)。

50

ステップ1の合成スキームを下記(a-1)に示す。

【0226】

【化25】



10

【0227】

<ステップ2；ジ-μ-クロロ-ビス[ビス{5-(3-フルオロフェニル)-2,3-ジフェニルピラジナト}イリジウム(III)](略称：[Ir(dppr-3FP)₂Cl]₂)の合成>

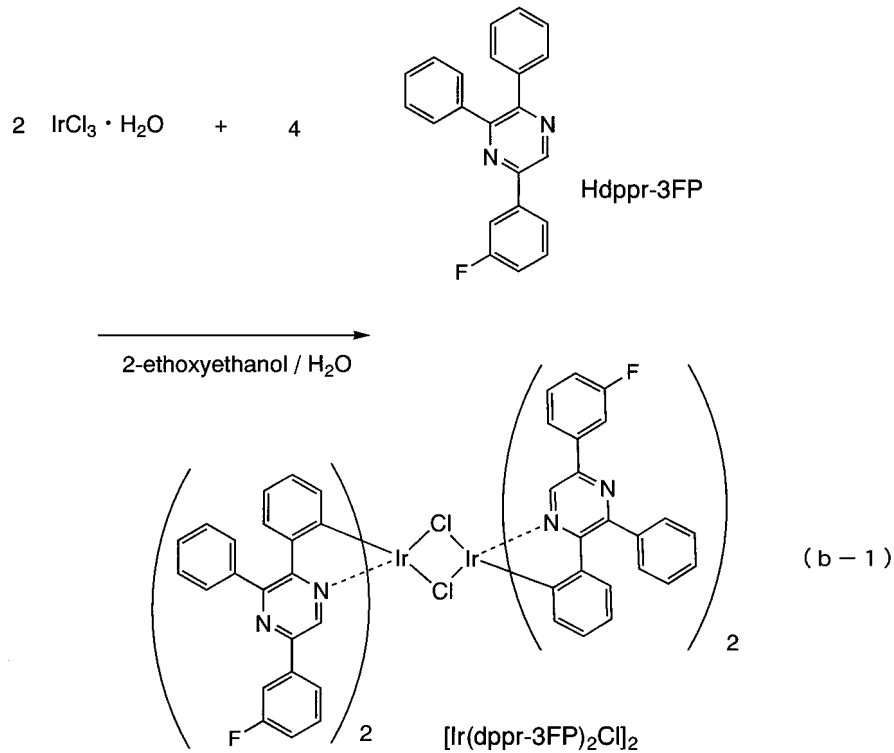
20

ステップ1に続いて、2-エトキシエタノール4.5 mL、水1.5 mL、上記ステップ1で得たピラジン誘導体Hdppr-3FP 0.40 g、塩化イリジウム水和物(IrCl₃·H₂O)(Sigma-Aldrich社製) 0.18 gを、還流管を付けたナスフラスコに入れ、フラスコ内をアルゴン置換した。その後、マイクロ波(2.45 GHz 200 W)を5時間照射し、反応させた。反応溶液より析出してきた橙色粉末をろ過し、エタノールにて洗浄することにより、複核錯体[Ir(dppr-3FP)₂Cl]₂を得た(収率12%)。なお、マイクロ波の照射はマイクロ波合成装置(CEM社製Discovery)を用いた。ステップ2の合成スキームを下記(b-1)に示す。

30

【0228】

【化 2 6】



10

20

【 0 2 2 9】

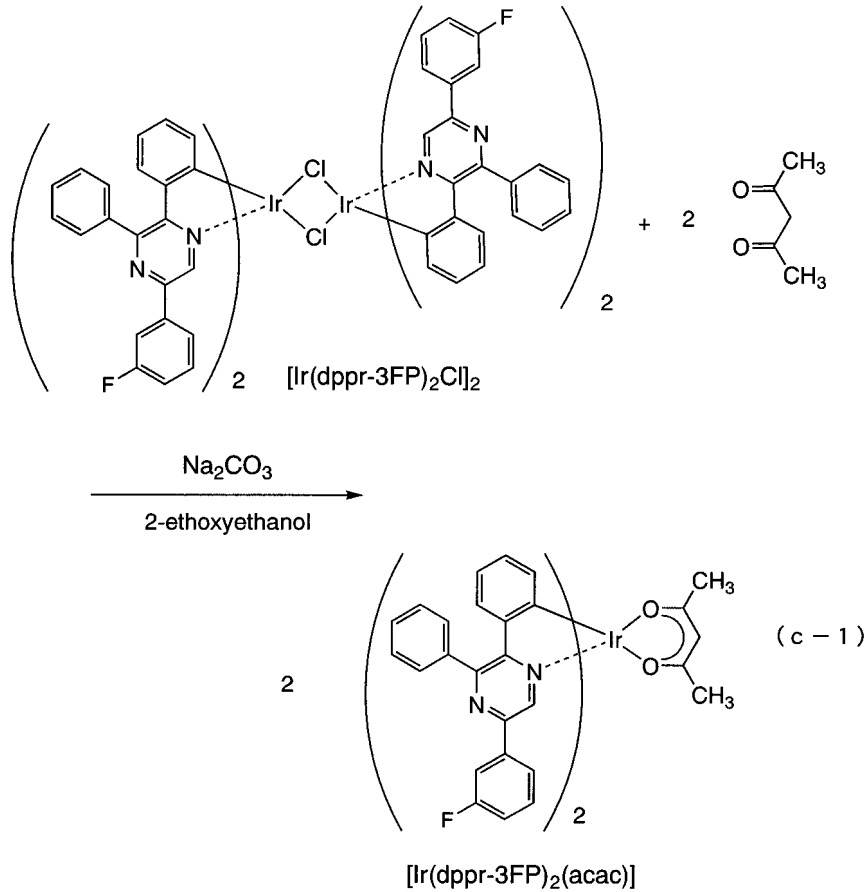
<ステップ 3 ; (アセチルアセトナト)ビス[5-(3-フルオロフェニル)-2,3-ジフェニルピラジナト]イリジウム(III)(略称:[Ir(dppr-3FP)₂(acaac)]の合成>

ステップ 2 に続き、2-エトキシエタノール 5 mL、上記ステップ 2 で得た複核錯体 [Ir(dppr-3FP)₂Cl]₂ 0.13 g、アセチルアセトン 0.02 mL、炭酸ナトリウム 0.078 g を、還流管を付けたナスフラスコに入れ、フラスコ内をアルゴン置換した。その後、マイクロ波 (2.45 GHz 100 W) を 15 分間照射し、反応させた。反応溶液をろ過し、得られたろ液の溶媒を留去した。留去により得られた残渣を、メタノールにて再結晶することにより、Ir(dppr-3FP)₂(acaac) を得ることができる。(赤色粉末、収率 100%)。ステップ 3 の合成スキームを下記 (c-1) に示す。

30

【 0 2 3 0】

【化 2 7】



10

20

【図面の簡単な説明】

【 0 2 3 1】

【図 1】本発明の発光素子のバンドダイヤグラムを説明する図。

【図 2】従来の発光素子のバンドダイヤグラムを説明する図。

【図 3】本発明の発光素子の素子構造を説明する図。

30

【図 4】本発明の発光素子を用いた照明器具について説明する図。

【図 5】本発明の発光装置を用いた電子機器について説明する図。

【図 6】実施例 2 で作製した発光素子の特性を示す図。

【図 7】実施例 2 で作製した発光素子の特性を示す図。

【図 8】実施例 2 で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図 9】実施例 2 で作製した発光素子の輝度劣化曲線を示す図。

【図 10】実施例 3 で作製した発光素子の特性を示す図。

【図 11】実施例 3 で作製した発光素子の特性を示す図。

【図 12】実施例 3 で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図 13】実施例 3 で作製した発光素子の輝度劣化曲線を示す図。

40

【図 14】実施例 4 で作製した発光素子の特性を示す図。

【図 15】実施例 4 で作製した発光素子の特性を示す図。

【図 16】実施例 4 で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図 17】実施例 4 で作製した発光素子の輝度劣化曲線を示す図。

【図 18】実施例 5 で作製した発光素子の特性を示す図。

【図 19】実施例 5 で作製した発光素子の特性を示す図。

【図 20】実施例 5 で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図 21】実施例 5 で作製した発光素子の輝度劣化曲線を示す図。

【図 22】実施例 6 で作製した発光素子の特性を示す図。

【図 23】実施例 6 で作製した発光素子の特性を示す図。

50

- 【図 2 4】実施例 6 で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。
 【図 2 5】実施例 6 で作製した発光素子の輝度劣化曲線を示す図。
 【図 2 6】実施例 7 で作製した発光素子の特性を示す図。
 【図 2 7】実施例 7 で作製した発光素子の特性を示す図。
 【図 2 8】実施例 7 で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。
 【図 2 9】実施例 7 で作製した発光素子の輝度劣化曲線を示す図。
 【図 3 0】実施例 1 で測定した C V 曲線を示す図。
 【図 3 1】本発明の発光素子を用いた発光装置について説明する図。
 【図 3 2】本発明の発光素子を用いた発光装置について説明する図。
 【図 3 3】実施例 8 で作製した発光素子の特性を示す図。
 【図 3 4】実施例 8 で作製した発光素子の特性を示す図。
 【図 3 5】実施例 8 で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。
 【図 3 6】実施例 8 で作製した発光素子の輝度劣化曲線を示す図。

10

【符号の説明】

【 0 2 3 2 】

- 1 0 0 発光層
 1 0 1 ホール輸送層
 1 0 2 電子輸送層
 1 1 1 第 1 の有機化合物の H O M O 準位
 1 1 2 第 1 の有機化合物の L U M O 準位
 1 2 1 第 2 の有機化合物の H O M O 準位
 1 2 2 第 2 の有機化合物の L U M O 準位
 1 3 1 ピラジン系有機金属錯体の H O M O 準位
 1 3 2 ピラジン系有機金属錯体の L U M O 準位
 2 0 0 発光層
 2 0 1 ホール輸送層
 2 0 2 電子輸送層
 2 1 1 第 1 の有機化合物の H O M O 準位
 2 1 2 第 1 の有機化合物の L U M O 準位
 2 2 1 第 2 の有機化合物の H O M O 準位
 2 2 2 第 2 の有機化合物の L U M O 準位
 2 3 1 ピラジン系有機金属錯体の H O M O 準位
 2 3 2 ピラジン系有機金属錯体の L U M O 準位
 3 0 1 第 1 の電極
 3 0 2 第 2 の電極
 3 1 1 ホール注入層
 3 1 2 ホール輸送層
 3 1 3 発光層
 3 1 4 電子輸送層
 3 1 5 電子注入層
 3 2 1 第 1 の有機化合物
 3 2 2 第 2 の有機化合物
 3 2 3 ピラジン系有機金属錯体
 4 0 1 筐体
 4 0 2 液晶層
 4 0 3 バックライト
 4 0 4 筐体
 4 0 5 ドライバ I C
 4 0 6 端子
 4 1 1 筐体

20

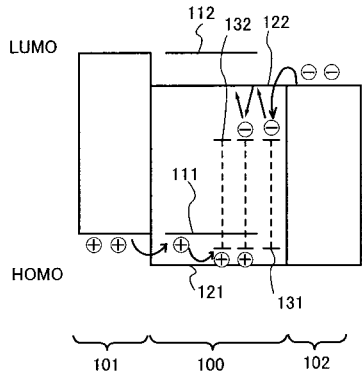
30

40

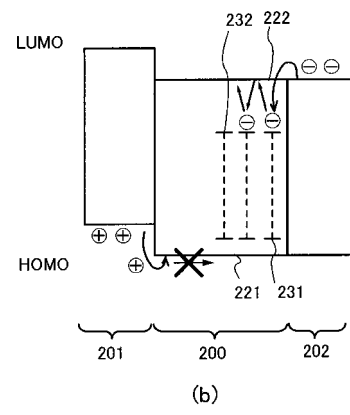
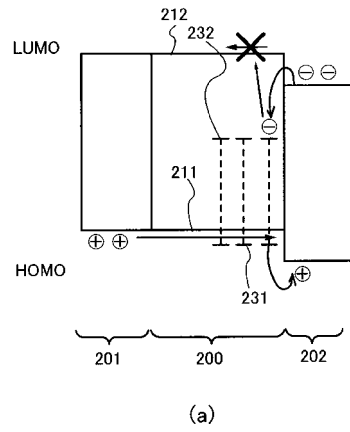
50

4 1 2	光源	
5 1 1	本体	
5 1 2	筐体	
5 1 3	表示部	
5 1 4	キーボード	
5 2 1	表示部	
5 2 2	本体	
5 2 3	アンテナ	
5 2 4	音声出力部	
5 2 5	音声入力部	10
5 2 6	操作スイッチ	
5 3 2	筐体	
5 3 3	スピーカー	
6 0 1	駆動回路部 (ソース側駆動回路)	
6 0 2	画素部	
6 0 3	駆動回路部 (ゲート側駆動回路)	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	20
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 T F T	
6 1 2	電流制御用 T F T	
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	発光層を含む層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	
6 2 3	Nチャネル型 T F T	30
6 2 4	Pチャネル型 T F T	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	発光層を含む層	
9 5 6	電極	

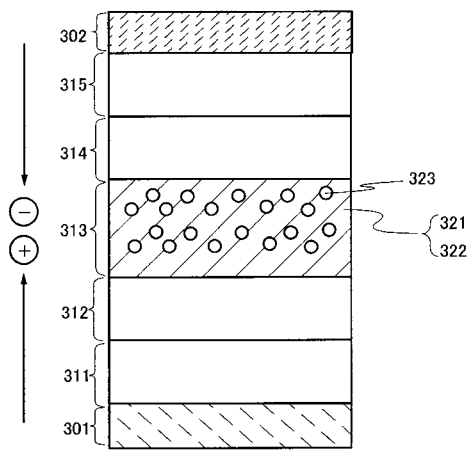
【 図 1 】



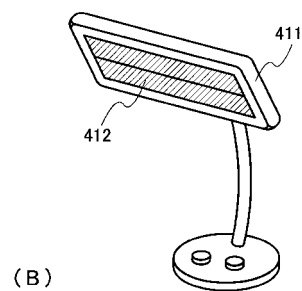
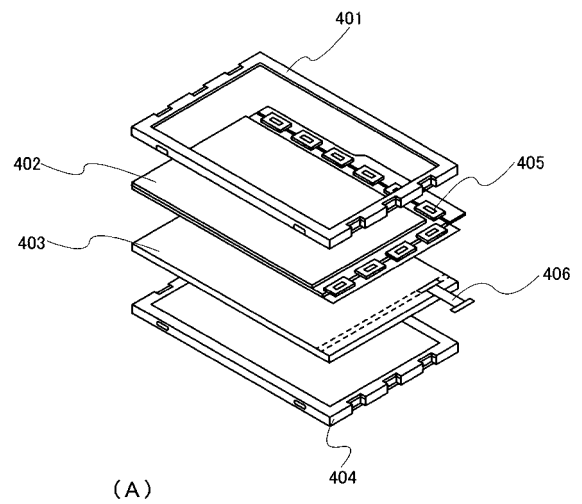
【 図 2 】



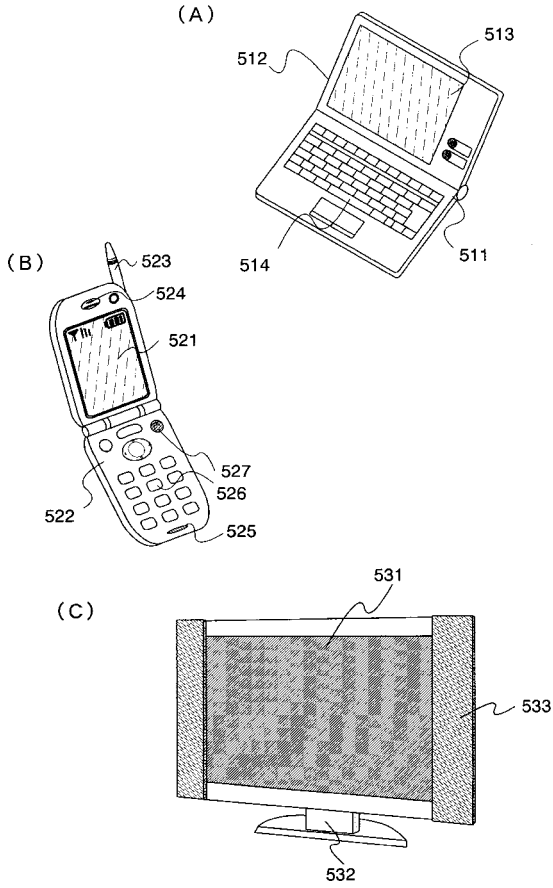
【 図 3 】



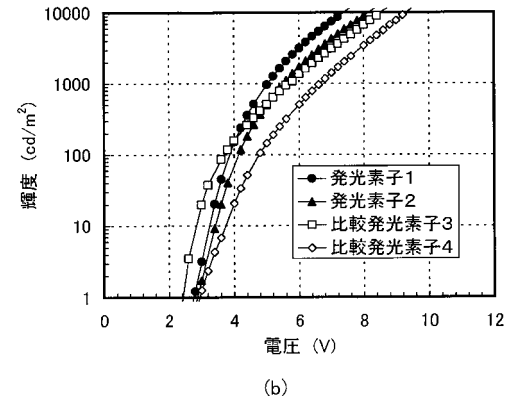
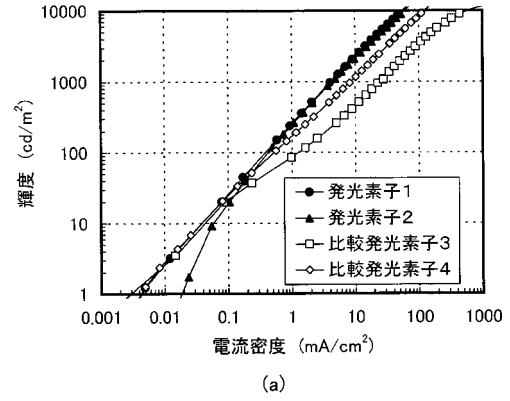
【 図 4 】



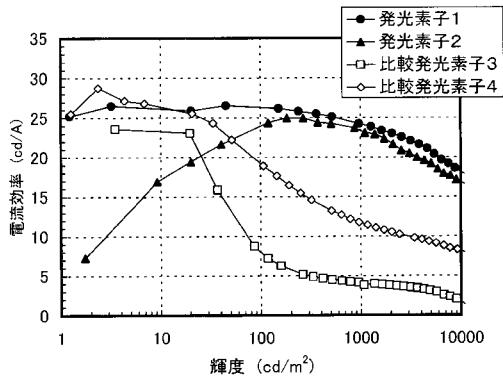
【 図 5 】



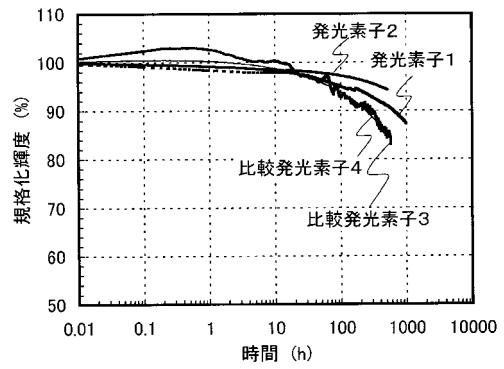
【 図 6 】



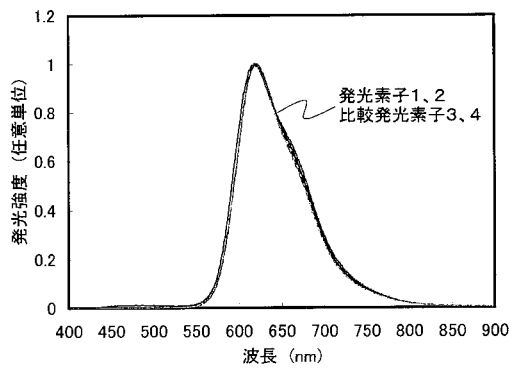
【 図 7 】



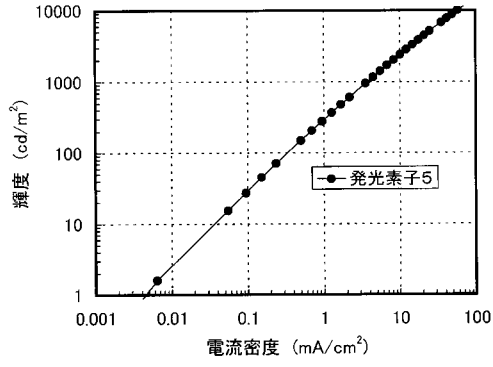
【 図 9 】



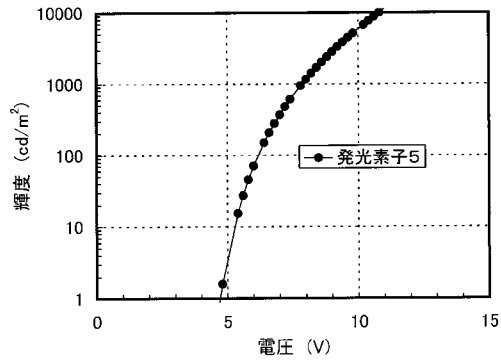
【 図 8 】



【 図 1 0 】

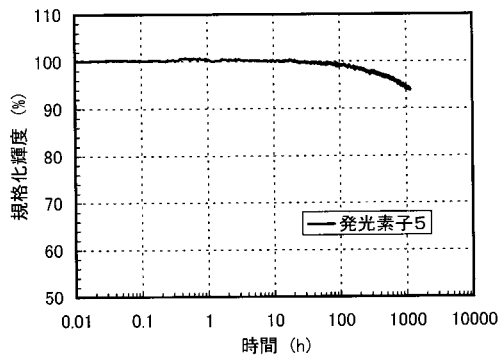


(a)

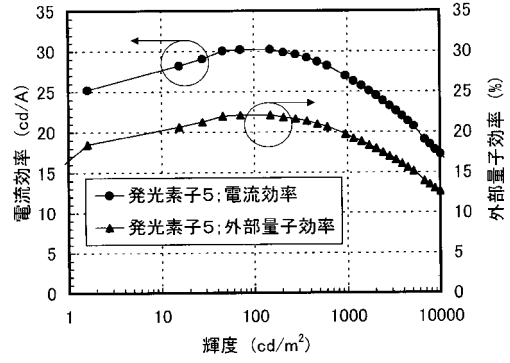


(b)

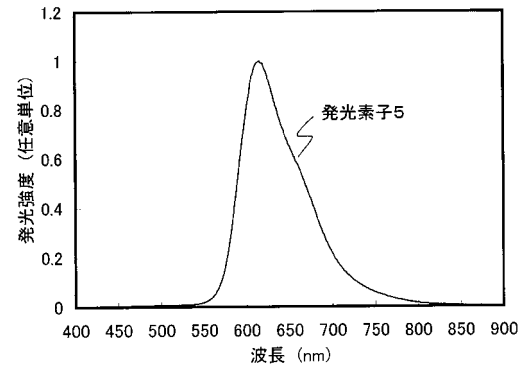
【 図 1 3 】



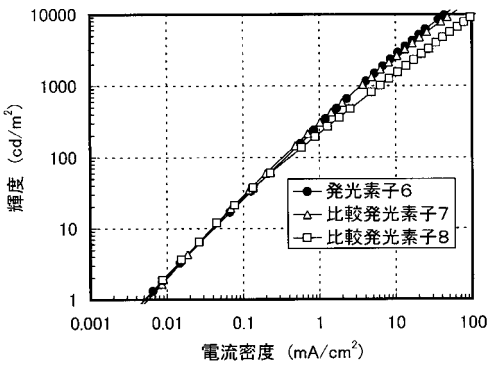
【 図 1 1 】



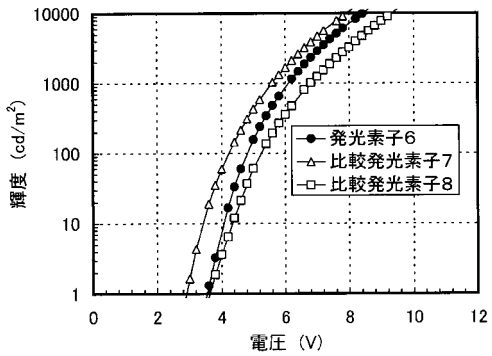
【 図 1 2 】



【 図 1 4 】

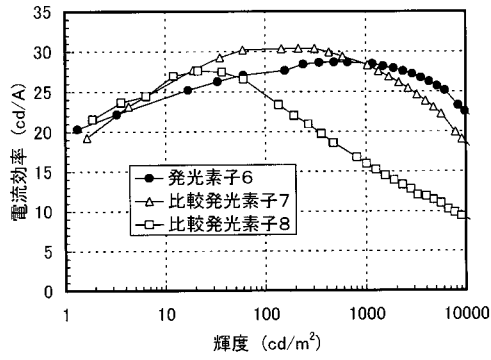


(a)

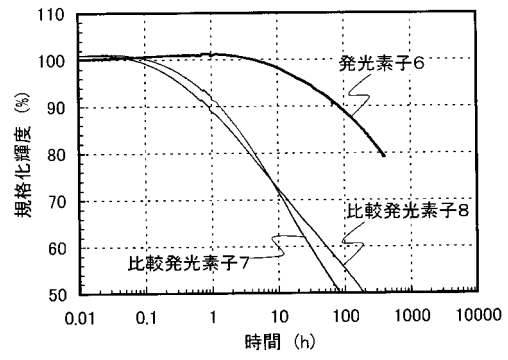


(b)

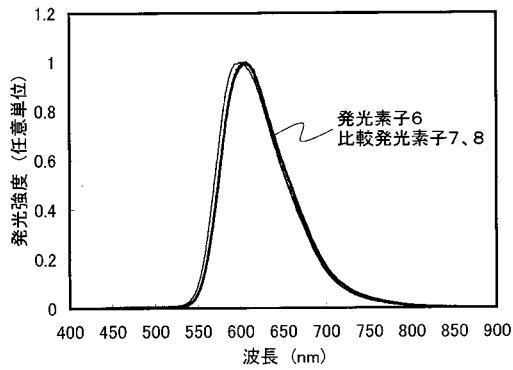
【 図 1 5 】



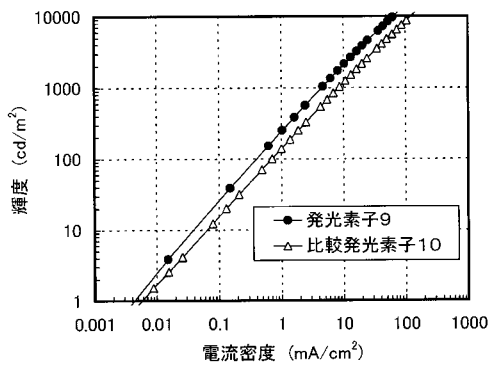
【 図 1 7 】



【 図 1 6 】

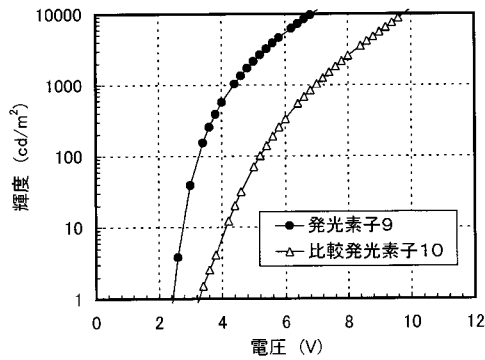
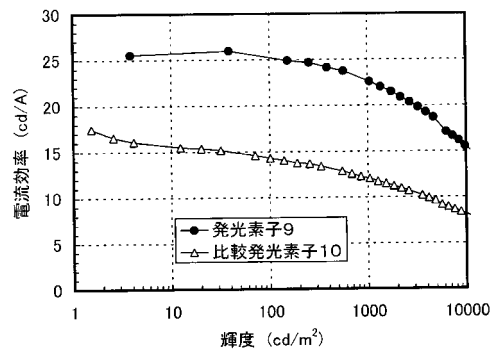


【 図 1 8 】



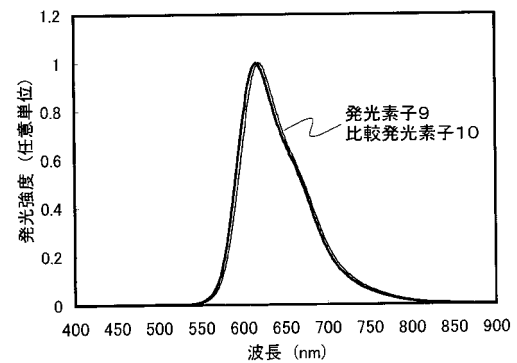
(a)

【 図 1 9 】

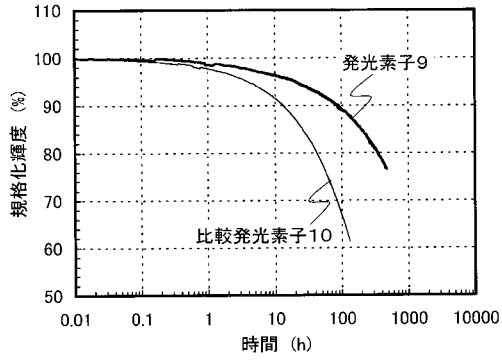


(b)

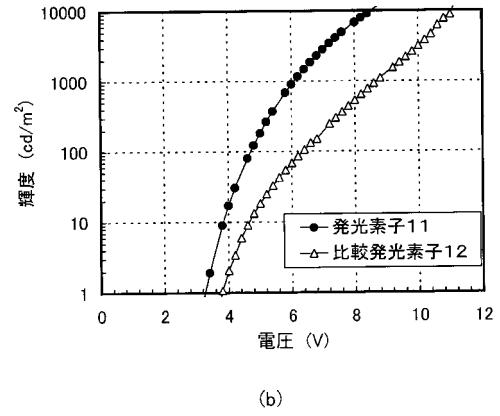
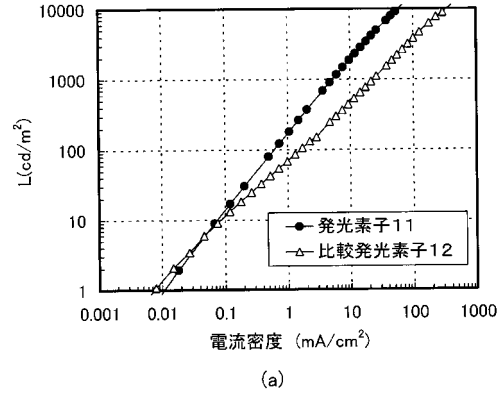
【 図 2 0 】



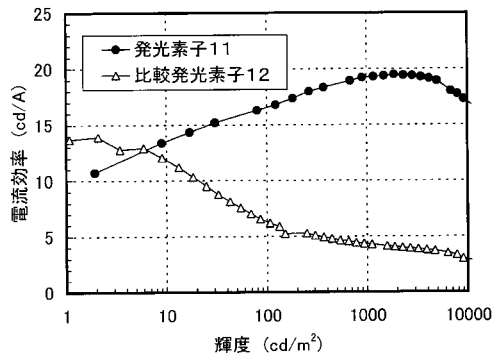
【 図 2 1 】



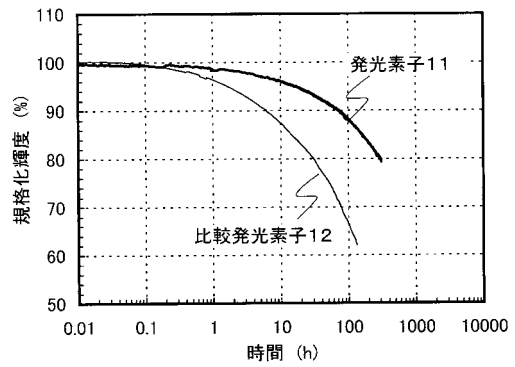
【 図 2 2 】



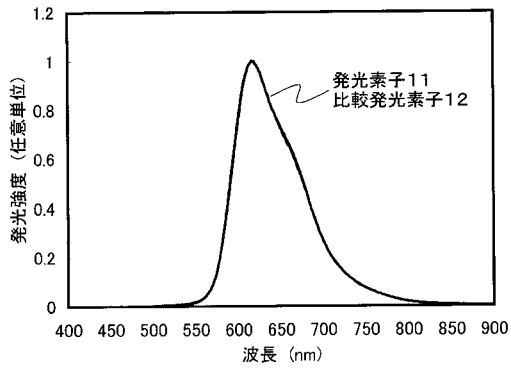
【 図 2 3 】



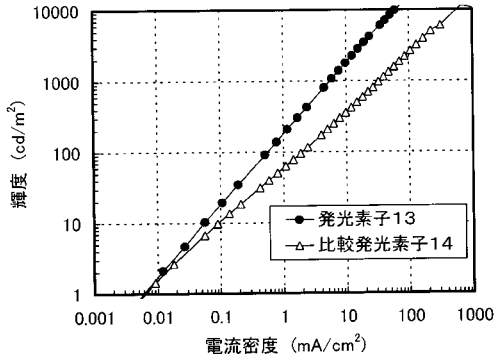
【 図 2 5 】



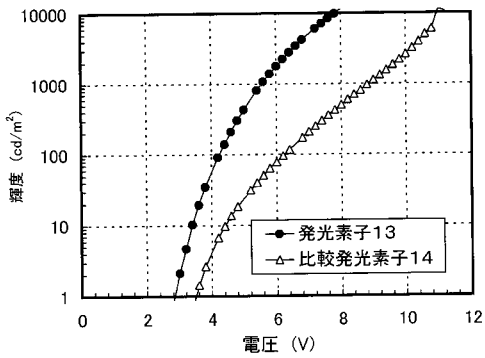
【 図 2 4 】



【図 2 6】

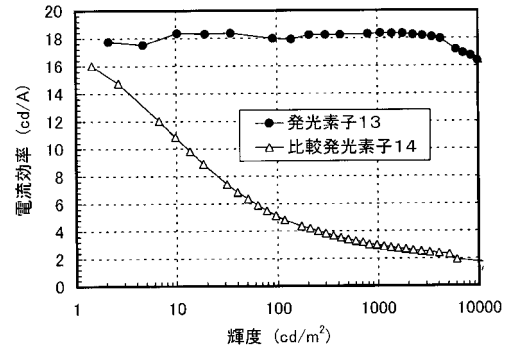


(a)

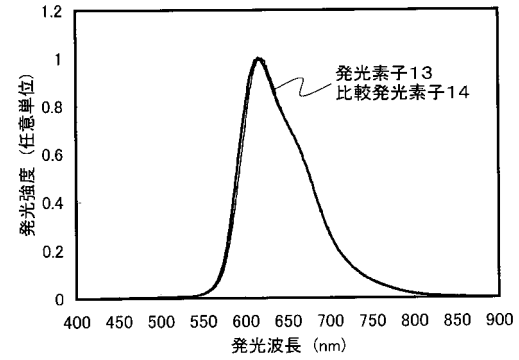


(b)

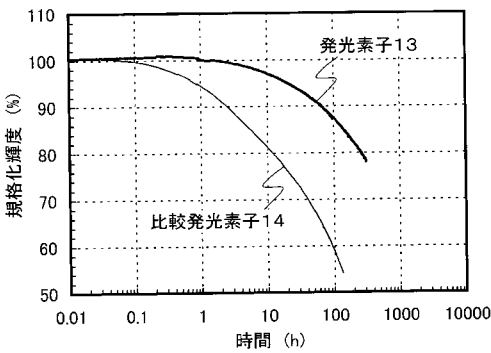
【図 2 7】



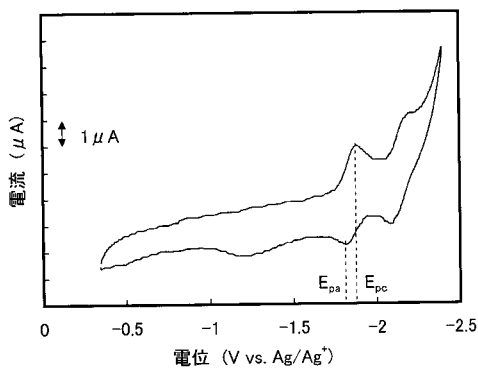
【図 2 8】



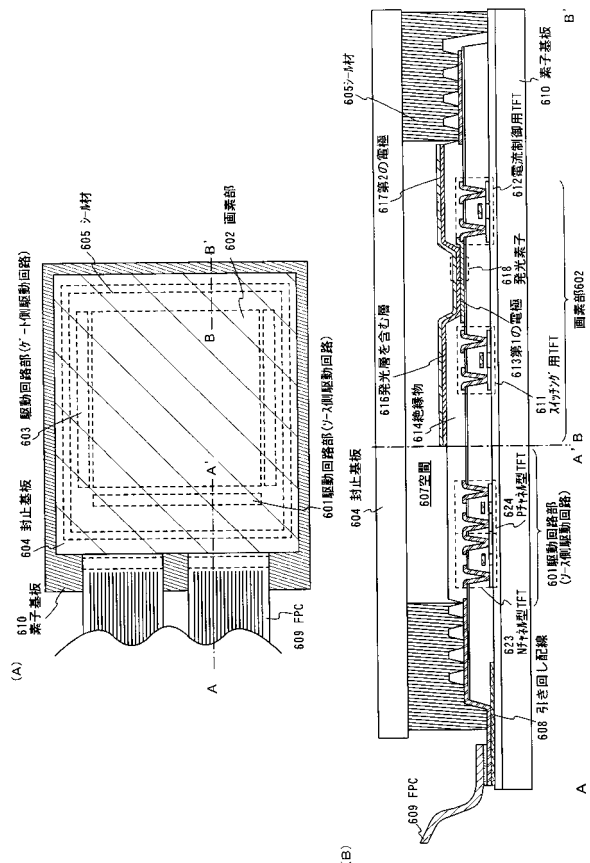
【図 2 9】



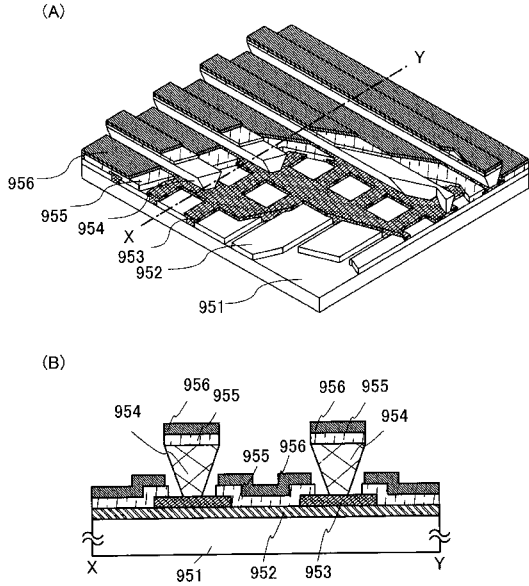
【図 3 0】



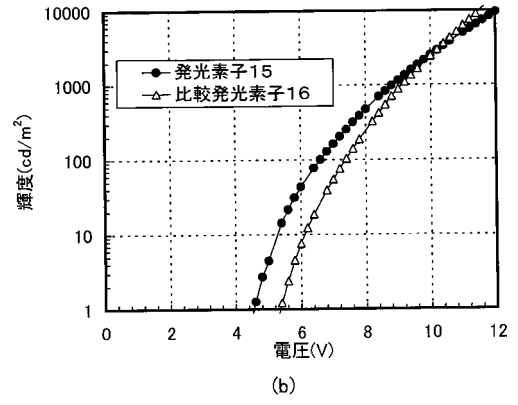
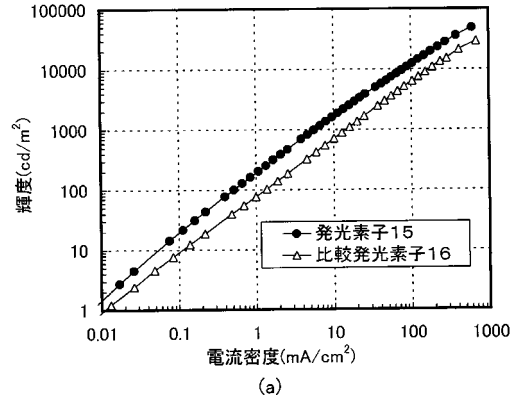
【図 3 1】



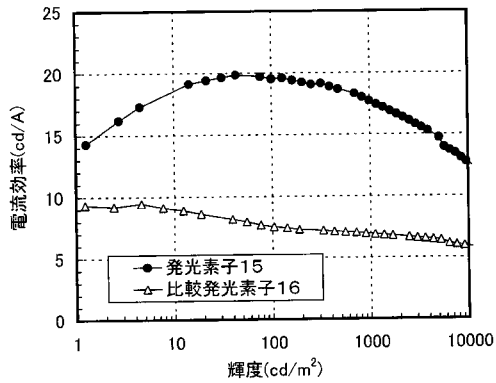
【 図 3 2 】



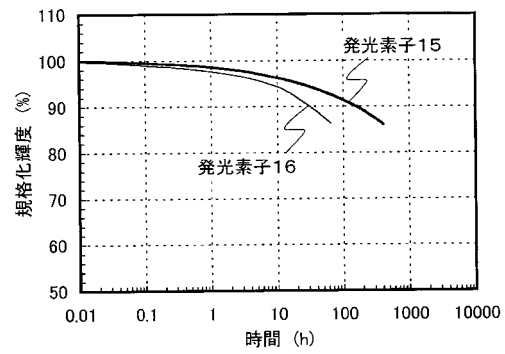
【 図 3 3 】



【 図 3 4 】



【 図 3 6 】



【 図 3 5 】

