

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6861551号
(P6861551)

(45) 発行日 令和3年4月21日 (2021.4.21)

(24) 登録日 令和3年4月1日 (2021.4.1)

(51) Int. Cl.

F I

C O 7 F 15/00 (2006.01)

C O 7 F 15/00

C S P E

C O 9 K 11/06 (2006.01)

C O 9 K 11/06

6 6 O

C O 7 D 213/16 (2006.01)

C O 9 K 11/06

6 9 O

C O 7 D 239/26 (2006.01)

C O 7 D 213/16

H O 1 L 51/50 (2006.01)

C O 7 D 239/26

請求項の数 11 (全 86 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-59750 (P2017-59750)
 (22) 出願日 平成29年3月24日 (2017.3.24)
 (65) 公開番号 特開2017-186314 (P2017-186314A)
 (43) 公開日 平成29年10月12日 (2017.10.12)
 審査請求日 令和2年3月13日 (2020.3.13)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-74526 (P2016-74526)
 (32) 優先日 平成28年4月1日 (2016.4.1)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国 (JP)

(73) 特許権者 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 栗原 美樹
 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 山田 唯
 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

最終頁に続く

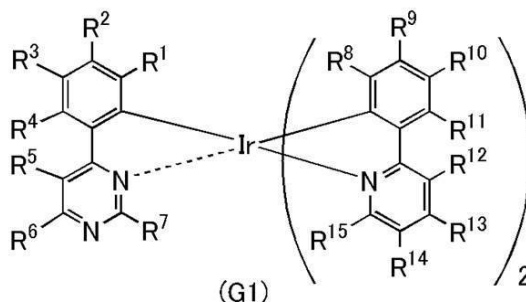
(54) 【発明の名称】 有機金属錯体、発光素子、発光装置、電子機器、および照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一般式 (G1) で表される構造を有する有機金属錯体。

【化1】



(一般式 (G1) 中、 $R^1 \sim R^{15}$ は、それぞれ独立に、水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数1~6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6~13のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3~12のヘテロアリール基のいずれかを表す。但し、 $R^1 \sim R^{15}$ のうち少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数6~13のアリール基を示す。)

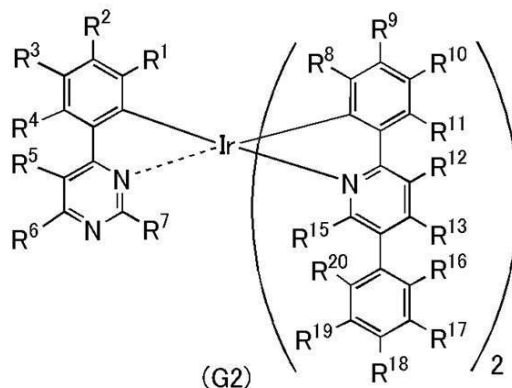
【請求項2】

請求項 1 において、
前記一般式 (G 1) 中、 R^6 、 $R^{13} \sim R^{14}$ のうち少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ～ 13 のアリール基である有機金属錯体。

【請求項 3】

一般式 (G 2) で表される構造を有する有機金属錯体。

【化 2】



10

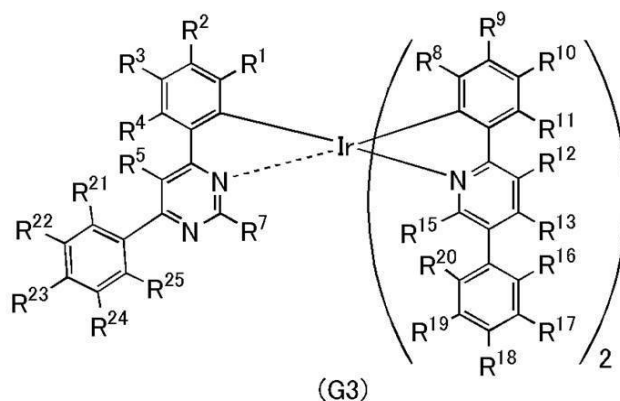
(一般式 (G 2) 中、 $R^1 \sim R^{13}$ 、 $R^{15} \sim R^{20}$ は、それぞれ独立に、水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ～ 13 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ～ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。)

20

【請求項 4】

一般式 (G 3) で表される構造を有する有機金属錯体。

【化 3】



30

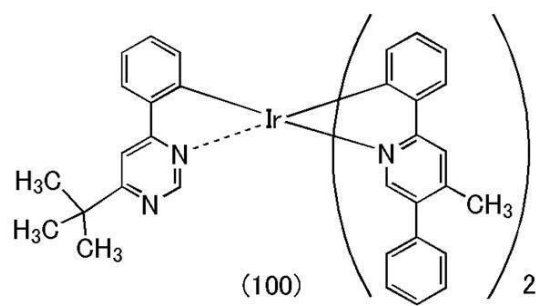
(一般式 (G 3) 中、 $R^1 \sim R^5$ 、 $R^7 \sim R^{13}$ 、 $R^{15} \sim R^{25}$ は、それぞれ独立に、水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ～ 13 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ～ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。)

40

【請求項 5】

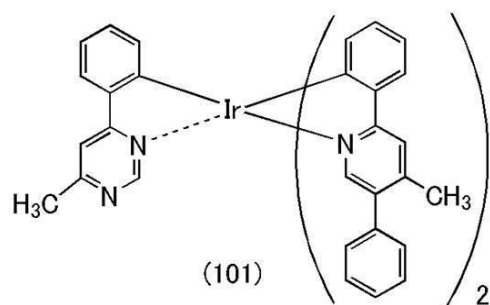
下記構造式 (1 0 0)、(1 0 1)、(1 1 2)、(1 1 1)、(1 1 4) のいずれか二で表される有機金属錯体。

【化 4】



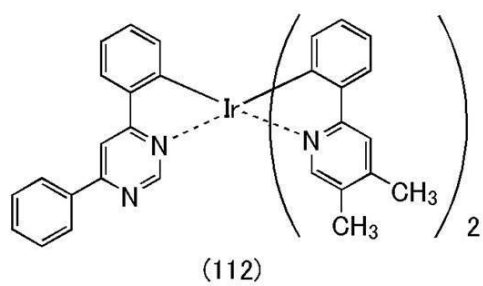
10

【化 5】



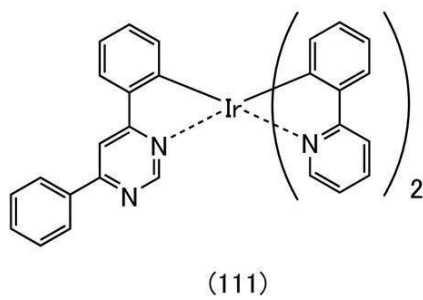
20

【化 6】



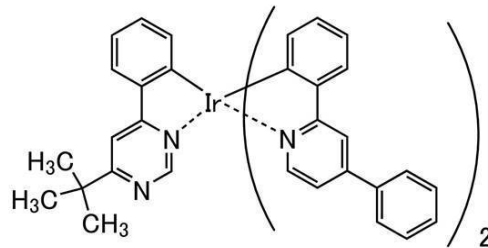
30

【化 7】



40

【化 8】



(114)

10

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかーに記載の有機金属錯体を有する発光素子。

【請求項 7】

一対の電極間に発光層を有し、

前記発光層は、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかーに記載の有機金属錯体を有する発光素子。

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 に記載の発光素子と、

トランジスタ、または基板と、

を有する発光装置。

20

【請求項 9】

請求項 8 に記載の発光装置と、

マイク、カメラ、操作用ボタン、外部接続部、または、スピーカと、

を有する電子機器。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の発光装置と、

筐体またはタッチセンサと、

を有する電子機器。

【請求項 11】

請求項 8 に記載の発光装置と、

筐体、カバー、または、支持台と、

を有する照明装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、有機金属錯体に関する。特に、三重項励起状態におけるエネルギーを発光に変換できる有機金属錯体に関する。また、有機金属錯体を用いた発光素子、発光装置、電子機器、および照明装置に関する。なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、上記以外にも半導体装置、表示装置、液晶表示装置、蓄電装置、記憶装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法、を一例として挙げるができる。

40

【背景技術】

【0002】

一対の電極間に発光物質である有機化合物を有する発光素子（有機 EL 素子ともいう）は、薄型軽量・高速応答・低電圧駆動などの特性を有することから、これらを適用したディスプレイは、次世代のフラットパネルディスプレイとして注目されている。この発光素子は、電圧が印加されると電極から注入された電子およびホールが再結合し、それによって

50

発光物質が励起状態となり、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。なお、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^*) とがあり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。また、発光素子におけるそれら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。

【0003】

また、上記発光物質のうち、一重項励起状態におけるエネルギーを発光に変換することが可能な化合物は蛍光性化合物 (蛍光材料) と呼ばれ、三重項励起状態におけるエネルギーを発光に変換することが可能な化合物は燐光性化合物 (燐光材料) と呼ばれる。

【0004】

従って、上記の生成比率を根拠にした時、上記各発光物質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) の理論的限界は、蛍光材料を用いた場合は 25%、燐光材料を用いた場合は 75% となる。

【0005】

つまり、蛍光材料を用いた発光素子に比べて、燐光材料を用いた発光素子では、より高い効率を得ることが可能となる。そのため、近年では様々な種類の燐光材料の開発が盛んに行われている。特に、その燐光量子収率の高さゆえに、イリジウム等を中心金属とする有機金属錯体が注目されている (例えば、特許文献 1。)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2009 - 23938 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述した特許文献 1 において報告されているように優れた特性を示す燐光材料の開発が進んでいるが、さらに良好な特性を示す新規材料の開発が望まれている。

【0008】

そこで、本発明の一態様では、新規な有機金属錯体を提供する。また、本発明の一態様では、発光素子に用いることができる新規な有機金属錯体を提供する。また、本発明の一態様では、発光素子の EL 層に用いることができる、新規な有機金属錯体を提供する。また、本発明の一態様では、新規な発光素子を提供する。また、新規な発光装置、新規な電子機器、または新規な照明装置を提供する。なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様は、中心金属と、中心金属に配位する第 1 の複素芳香環を有する第 1 の配位子および中心金属に配位する第 2 の複素芳香環を有する第 2 の配位子と、を有し、第 1 の配位子及び第 2 の配位子は、シクロメタル化配位子であり、第 1 の複素芳香環と第 2 の複素芳香環は異なり、かつ第 1 の配位子及び第 2 の配位子の少なくとも一は、置換または無置換のアリール基を置換基として有することを特徴とする有機金属錯体である。

【0010】

なお、上記構成において、第 2 の配位子は、第 1 の配位子に対して 2 倍の割合で存在することを特徴とする。この時、第 1 の複素芳香環がピリミジン環であり、第 2 の複素芳香環がピリジン環であることが好ましい。

【0011】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式 (G1) で表される構造を有する有機金属錯体

10

20

30

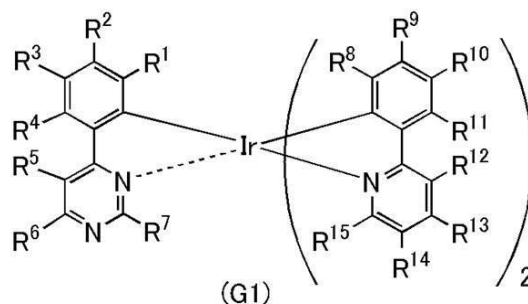
40

50

である。

【 0 0 1 2 】

【 化 1 】



10

【 0 0 1 3 】

上記一般式 (G 1) 中、 $R^1 \sim R^{15}$ は、それぞれ独立に、水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。但し、 $R^1 \sim R^{15}$ のうち少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基を示す。

【 0 0 1 4 】

なお、一般式 (G 1) 中、 R^6 、 $R^{13} \sim R^{14}$ のうち少なくとも一が、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基であることがより好ましい。

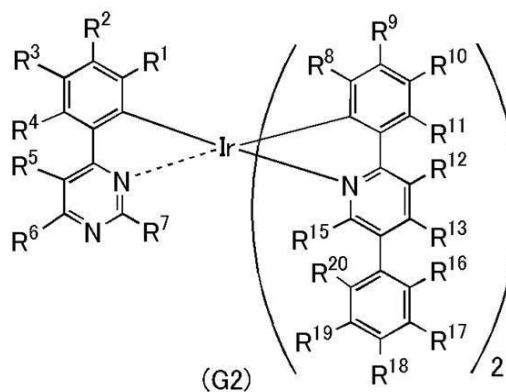
20

【 0 0 1 5 】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式 (G 2) で表される有機金属錯体である。

【 0 0 1 6 】

【 化 2 】



30

【 0 0 1 7 】

上記一般式 (G 2) 中、 $R^1 \sim R^{13}$ 、 $R^{15} \sim R^{20}$ は、それぞれ独立に、水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。

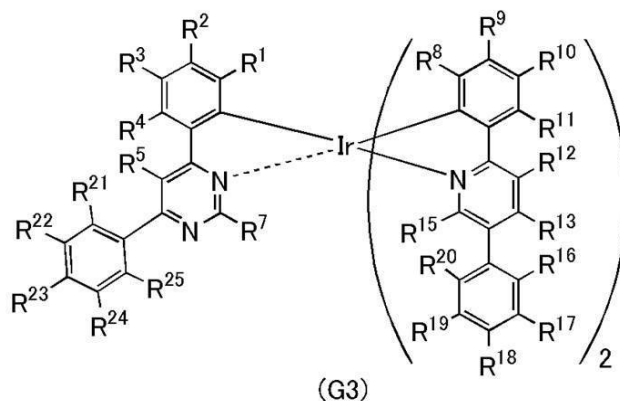
40

【 0 0 1 8 】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式 (G 3) で表される有機金属錯体である。

【 0 0 1 9 】

【化 3】



10

【 0 0 2 0 】

上記一般式 (G 3) 中、 $R^1 \sim R^5$ 、 $R^7 \sim R^{13}$ 、 $R^{15} \sim R^{25}$ は、それぞれ独立に、水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。

【 0 0 2 1 】

上述した本発明の一態様である有機金属錯体は、第 2 の配位子であるフェニルピリジン化合物と第 1 の配位子であるフェニルピリミジン化合物のヘテロレブティック錯体であるが、有機金属錯体中に、主に HOMO が分布するフェニルピリジン化合物を 2 つと主に LUMO が分布するフェニルピリミジン化合物を 1 つ配位子として有することを特徴とする。このように HOMO と LUMO を空間的に分離することにより、ホールはホールに対する耐久性の高いフェニルピリジン配位子へ、電子は電子に対する耐久性の高いフェニルピリミジン配位子へ注入されるため、ホールおよび電子の双方に対する耐久性の高い有機金属錯体を得られる。またこのことは、励起状態においてもホールと電子が分離していることを意味し、励起状態での安定化にも寄与する。また、有機金属錯体のホールおよび電子の注入性が良くなるため、ホールおよび電子の輸送性のバランスが良くなり、発光効率や寿命といった素子の性能が向上する。ここで、第 1 の配位子および第 2 の配位子のいずれかが少なくとも 1 つアリール基を有していることが特徴である。これにより、有機金属錯体の熱物性や化学的および電気的な安定性が向上する。特に、ピリジン環もしくはピリミジン環がアリール基を有することで、複素環の電気化学的な安定性が向上するため好ましい。また特に、ピリミジン環がアリール基を有することで、より LUMO が安定化し、HOMO - LUMO が分離しやすいため好ましい。このように、本発明の一態様である有機金属錯体を用いることにより発光素子の長寿命化を図ることができる。

20

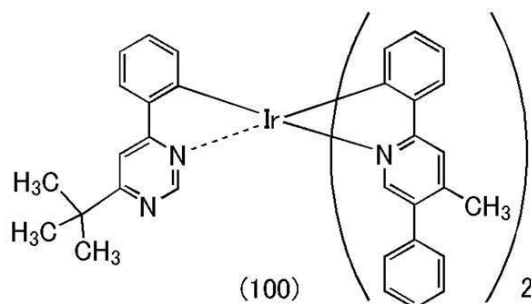
30

【 0 0 2 2 】

また、本発明の別の態様は、下記構造式 (1 0 0) で表される有機金属錯体である。

【 0 0 2 3 】

【化 4】



40

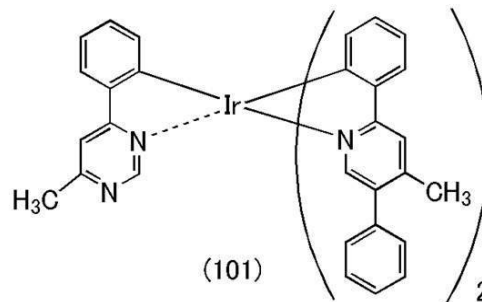
50

【 0 0 2 4 】

また、本発明の別の一態様は、下記構造式（ 1 0 1 ）で表される有機金属錯体である。

【 0 0 2 5 】

【 化 5 】



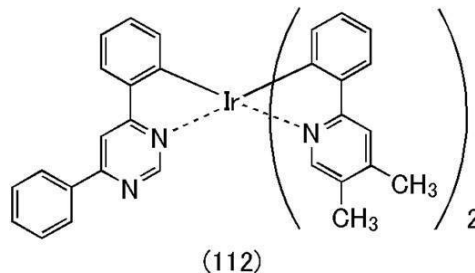
10

【 0 0 2 6 】

また、本発明の別の一態様は、下記構造式（ 1 1 2 ）で表される有機金属錯体である。

【 0 0 2 7 】

【 化 6 】



20

【 0 0 2 8 】

また、本発明の一態様である有機金属錯体は燐光を発光することができる、すなわち三重項励起状態からの発光を得られ、かつ発光を呈することが可能であるため、発光素子に適用することにより高効率化が可能となり、非常に有効である。したがって、本発明の一態様である有機金属錯体を用いた発光素子は、本発明の一態様に含まれるものとする。

30

【 0 0 2 9 】

また、本発明の別の一態様は、一对の電極間に E L 層を有し、E L 層は、発光層を有し、発光層は、上記に記載の有機金属錯体のいずれかを有する発光素子である。

【 0 0 3 0 】

また、本発明の別の一態様は、一对の電極間に E L 層を有し、E L 層は、発光層を有し、発光層は、複数の有機化合物を有し、複数の有機化合物のうち一は、上記に記載の有機金属錯体のいずれかを有する発光素子である。

【 0 0 3 1 】

なお、本発明の一態様は、発光素子を有する発光装置だけでなく、発光装置を有する照明装置も範疇に含めるものである。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、または光源（照明装置含む）を指す。また、発光装置にコネクタ、例えば F P C (Flexible printed circuit) もしくは T C P (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、T C P 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 C O G (Chip On Glass) 方式により I C (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。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 3 2 】

本発明の一態様では、新規な有機金属錯体を提供することができる。また、本発明の一態

50

様では、発光素子に用いることができる新規な有機金属錯体を提供することができる。また、本発明の一態様では、発光素子のEL層に用いることができる、新規な有機金属錯体を提供することができる。なお、新たな有機金属錯体を用いた新規な発光素子を提供することができる。また、新規な発光装置、新規な電子機器、または新規な照明装置を提供することができる。なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

10

【0033】

【図1】発光素子の構造について説明する図。

【図2】発光素子の構造について説明する図。

【図3】発光装置について説明する図。

【図4】発光装置について説明する図。

【図5】電子機器について説明する図。

【図6】電子機器について説明する図。

【図7】自動車について説明する図。

【図8】照明装置について説明する図。

【図9】照明装置について説明する図。

20

【図10】タッチパネルの一例を示す図。

【図11】タッチパネルの一例を示す図。

【図12】タッチパネルの一例を示す図。

【図13】タッチセンサのブロック図及びタイミングチャート。

【図14】タッチセンサの回路図。

【図15】表示装置のブロック図。

【図16】表示装置の回路構成。

【図17】表示装置の断面構造。

【図18】発光素子について説明する図。

【図19】構造式(100)に示す有機金属錯体の¹H-NMRチャート。

30

【図20】構造式(100)に示す有機金属錯体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図21】構造式(100)に示す有機金属錯体のLC-MS測定結果を示す図。

【図22】構造式(200)に示す有機金属錯体の¹H-NMRチャート。

【図23】構造式(200)に示す有機金属錯体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図24】構造式(200)に示す有機金属錯体のLC-MS測定結果を示す図。

【図25】構造式(112)に示す有機金属錯体の¹H-NMRチャート。

【図26】構造式(112)に示す有機金属錯体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

40

【図27】発光素子について説明する図。

【図28】発光素子の電流密度・輝度特性を示す図。

【図29】発光素子の電圧・輝度特性を示す図。

【図30】発光素子の輝度・電流効率特性を示す図。

【図31】発光素子の電圧・電流特性を示す図。

【図32】発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図33】発光素子の信頼性を示す図。

【図34】構造式(111)に示す有機金属錯体の¹H-NMRチャート。

【図35】構造式(111)に示す有機金属錯体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

50

【図36】構造式(114)に示す有機金属錯体の¹H-NMRチャート。

【図37】構造式(114)に示す有機金属錯体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図38】構造式(114)に示す有機金属錯体のLC-MS測定結果を示す図。

【図39】発光素子4の電流密度-輝度特性を示す図。

【図40】発光素子4の電圧-輝度特性を示す図。

【図41】発光素子4の輝度-電流効率特性を示す図。

【図42】発光素子4の電圧-電流特性を示す図。

【図43】発光素子4の発光スペクトルを示す図。

【図44】発光素子4の信頼性を示す図。

10

【図45】発光素子5の電流密度-輝度特性を示す図。

【図46】発光素子5の電圧-輝度特性を示す図。

【図47】発光素子5の輝度-電流効率特性を示す図。

【図48】発光素子5の電圧-電流特性を示す図。

【図49】発光素子5の発光スペクトルを示す図。

【図50】発光素子5の信頼性を示す図。

【図51】発光素子6の電流密度-輝度特性を示す図。

【図52】発光素子6の電圧-輝度特性を示す図。

【図53】発光素子6の輝度-電流効率特性を示す図。

【図54】発光素子6の電圧-電流特性を示す図。

20

【図55】発光素子6の発光スペクトルを示す図。

【図56】発光素子6の信頼性を示す図。

【図57】発光素子7の電流密度-輝度特性を示す図。

【図58】発光素子7の電圧-輝度特性を示す図。

【図59】発光素子7の輝度-電流効率特性を示す図。

【図60】発光素子7の電圧-電流特性を示す図。

【図61】発光素子7の発光スペクトルを示す図。

【図62】発光素子7の信頼性を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0034】

30

以下、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。但し、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が可能である。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0035】

なお、「膜」という言葉と、「層」という言葉とは、場合によっては、または、状況に応じて、互いに入れ替えることが可能である。例えば、「導電層」という用語を、「導電膜」という用語に変更することが可能な場合がある。または、例えば、「絶縁膜」という用語を、「絶縁層」という用語に変更することが可能な場合がある。

【0036】

40

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様である有機金属錯体について説明する。

【0037】

本実施の形態で示す有機金属錯体は、中心金属と、中心金属に配位する第1の複素芳香環を有する第1の配位子および中心金属に配位する第2の複素芳香環を有する第2の配位子と、を有し、第1の配位子及び第2の配位子は、シクロメタル化配位子であり、第1の複素芳香環と第2の複素芳香環は異なり、かつ第1の配位子および第2の配位子の少なくとも一方は、置換または無置換のアリール基を置換基として有することを特徴とする有機金属錯体である。

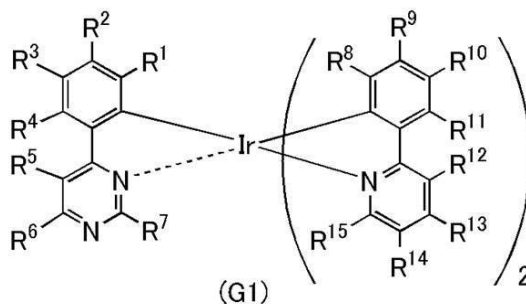
【0038】

50

なお、上記構成において、第 2 の配位子は、第 1 の配位子に対して 2 倍の割合で存在することを特徴とする。この時、第 1 の複素芳香環がピリミジン環であり、第 2 の複素芳香環がピリジン環であることが好ましい。

【 0 0 3 9 】

【 化 7 】



10

【 0 0 4 0 】

なお、一般式 (G 1) において、 $R^1 \sim R^{15}$ は、それぞれ独立に、水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。但し、 $R^1 \sim R^{15}$ のうち少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基を示す。

20

【 0 0 4 1 】

なお、上述したアリール基は、本発明の一態様である有機金属錯体一つに対して一つのみ存在することが好ましい。すなわち一般式 (G 1) 中、 $R^1 \sim R^{15}$ のうちの一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基を表し、他は水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表すことが好ましい。このことは、有機金属錯体の昇華性の向上に繋がり、発光素子の寿命向上に寄与する。

【 0 0 4 2 】

なお、一般式 (G 1) 中、 R^6 、 $R^{13} \sim R^{14}$ のうち少なくとも一が、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基であることがより好ましい。

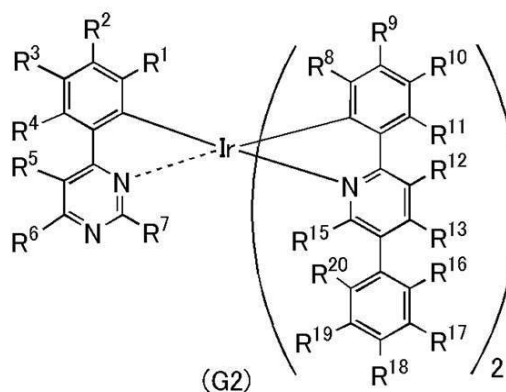
30

【 0 0 4 3 】

本実施の形態で示す有機金属錯体は、下記一般式 (G 2) で表される有機金属錯体である。

【 0 0 4 4 】

【 化 8 】



40

【 0 0 4 5 】

なお、一般式 (G 2) において、 $R^1 \sim R^{13}$ 、 $R^{15} \sim R^{20}$ は、それぞれ独立に、水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換

50

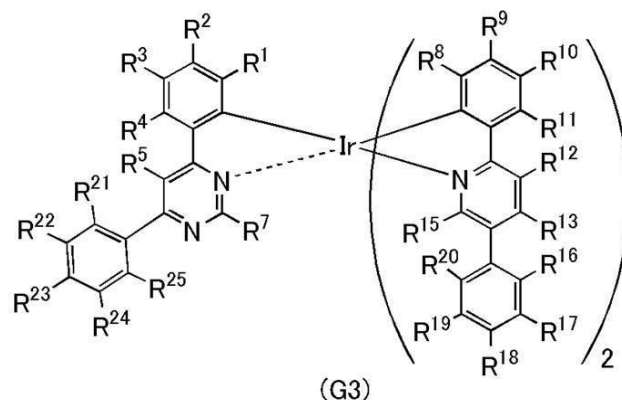
の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。

【 0 0 4 6 】

本実施の形態で示す有機金属錯体は、下記一般式 (G 3) で表される有機金属錯体である。

【 0 0 4 7 】

【 化 9 】



10

【 0 0 4 8 】

なお、一般式 (G 3) において、 $R^1 \sim R^5$ 、 $R^7 \sim R^{13}$ 、 $R^{15} \sim R^{25}$ は、それぞれ独立に、水素、ハロゲン基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。

【 0 0 4 9 】

また、上記一般式 (G 1)、(G 2)、および (G 3) のいずれかの $R^1 \sim R^{25}$ における炭素数 1 ~ 6 のアルキル基の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、*sec*-ブチル基、イソブチル基、*tert*-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、*sec*-ペンチル基、*tert*-ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、*sec*-ヘキシル基、*tert*-ヘキシル基、ネオヘキシル基、3-メチルペンチル基、2-メチルペンチル基、2-エチルブチル基、1, 2-ジメチルブチル基、2, 3-ジメチルブチル基、トリフルオロメチル基等が挙げられる。

【 0 0 5 0 】

また、上記一般式 (G 1)、(G 2)、および (G 3) 中のいずれかの $R^1 \sim R^{25}$ における炭素数 6 ~ 13 のアリール基の具体例としては、フェニル基、トリル基 (*o*-トリル基、*m*-トリル基、*p*-トリル基)、ナフチル基 (1-ナフチル基、2-ナフチル基)、ビフェニル基 (ビフェニル-2-イル基、ビフェニル-3-イル基、ビフェニル-4-イル基)、キシリル基、ペンタレニル基、インデニル基、フルオレニル基、フェナントリル基、インデニル基等が挙げられる。なお、上述の置換基同士が結合して環を形成していても良く、このような例としては、例えば、フルオレニル基の 9 位の炭素が置換基としてフェニル基を 2 つ有し、当該フェニル基同士が結合することによって、スピロフルオレン骨格が形成される場合等が挙げられる。

【 0 0 5 1 】

また、上記一般式 (G 1)、(G 2)、および (G 3) 中のいずれかの $R^1 \sim R^{25}$ における炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基の具体例としては、イミダゾリル基、ピラゾリル基、ピリジリル基、ピリダジリル基、トリアジリル基、ベンゾイミダゾリル基、キノリル基、カルバゾリル基、ジベンゾフラニル基、ジベンゾチオフェニル基等が挙げられる。

【 0 0 5 2 】

なお、上記一般式 (G 1) 乃至上記一般式 (G 3) のいずれかにおいて、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、

20

30

40

50

置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基が置換基を有する場合、該置換基としてはメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、*sec*-ブチル基、*tert*-ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基のような炭素数 1 ~ 6 のアルキル基や、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基、1-ノルボルニル基、2-ノルボルニル基のような炭素数 5 ~ 7 のシクロアルキル基や、フェニル基、ビフェニル基のような炭素数 6 ~ 12 のアリール基が挙げられる。また、上述の置換基同士が結合して環を形成していても良い。このような例としては、例えば、 $R^1 \sim R^2$ ⁵ のいずれかが炭素数 13 のアリール基であるフルオレニル基であり、該フルオレニル基の 9 位の炭素が置換基としてフェニル基を 2 つ有し、当該フェニル基同士が結合することによって、スピロフルオレン骨格が形成される場合等が挙げられる。

10

【0053】

一般式 (G1)、(G2) および (G3) に示した本発明の一態様である有機金属錯体は、第 2 の配位子であるフェニルピリジン化合物と第 1 の配位子であるフェニルピリミジン化合物のヘテロレプティック錯体であるが、有機金属錯体中に、主に HOMO が分布するフェニルピリジン化合物を 2 つと主に LUMO が分布するフェニルピリミジン化合物を 1 つ配位子として有することを特徴とする。このように HOMO と LUMO を空間的に分離することにより、ホールはホールに対する耐久性の高いフェニルピリジン配位子へ、電子は電子に対する耐久性の高いフェニルピリミジン配位子へ注入されるため、ホールおよび電子の双方に対する耐久性の高い有機金属錯体を得られる。またこのことは、励起状態においてもホールと電子が分離していることを意味し、励起状態での安定化にも寄与する。また、有機金属錯体のホールおよび電子の注入性が良くなるため、ホールおよび電子の輸送性のバランスが良くなり、発光効率や寿命といった素子の性能が向上する。ここで、第 1 の配位子および第 2 の配位子のいずれかが少なくとも 1 つアリール基を有していることが特徴である。これにより、有機金属錯体の熱物性や化学的および電気的な安定性が向上する。特に、ピリジン環もしくはピリミジン環がアリール基を有することで、複素環の電気化学的な安定性が向上するため好ましい。また特に、ピリミジン環がアリール基を有することで、より LUMO が安定化し、HOMO-LUMO が分離しやすいため好ましい。このように、本発明の一態様である有機金属錯体を用いることにより発光素子の長寿命化を図ることができる。

20

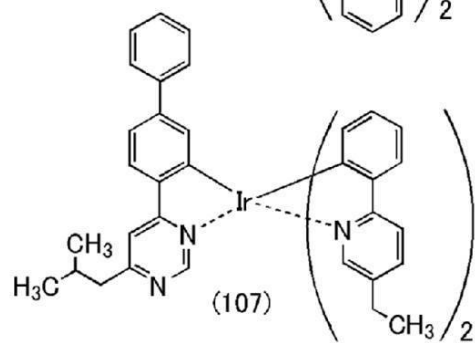
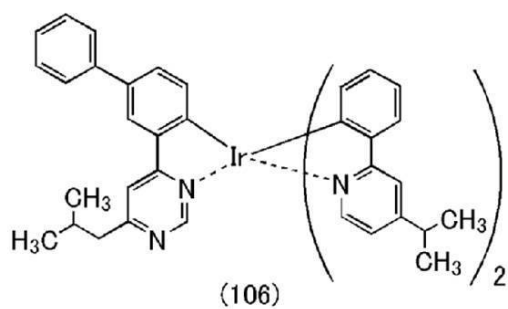
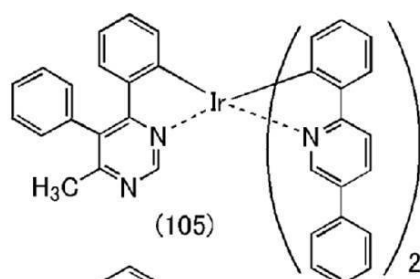
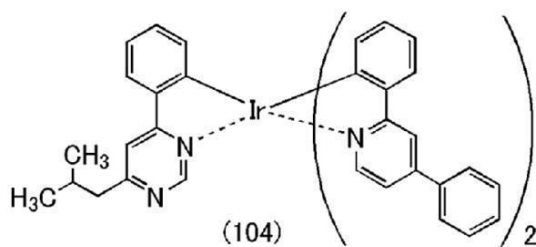
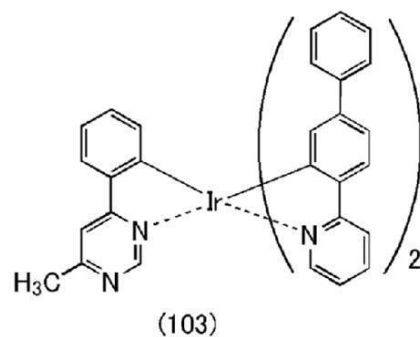
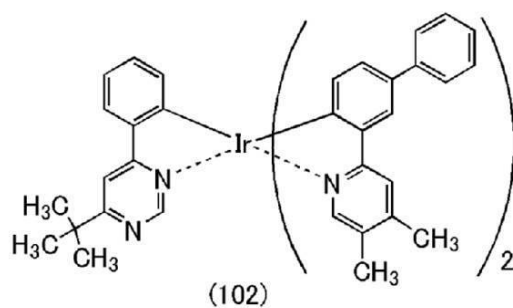
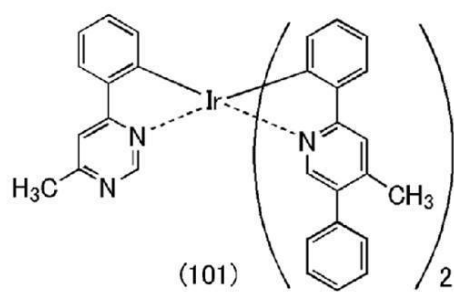
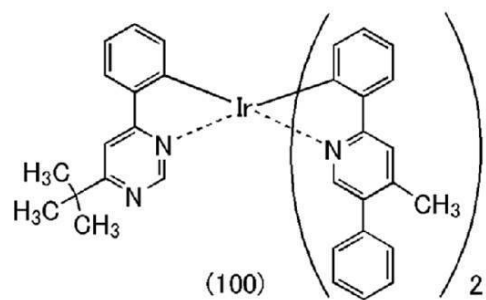
【0054】

次に、上述した本発明の一態様である有機金属錯体の具体的な構造式を下記に示す。ただし、本発明はこれらに限定されることはない。

30

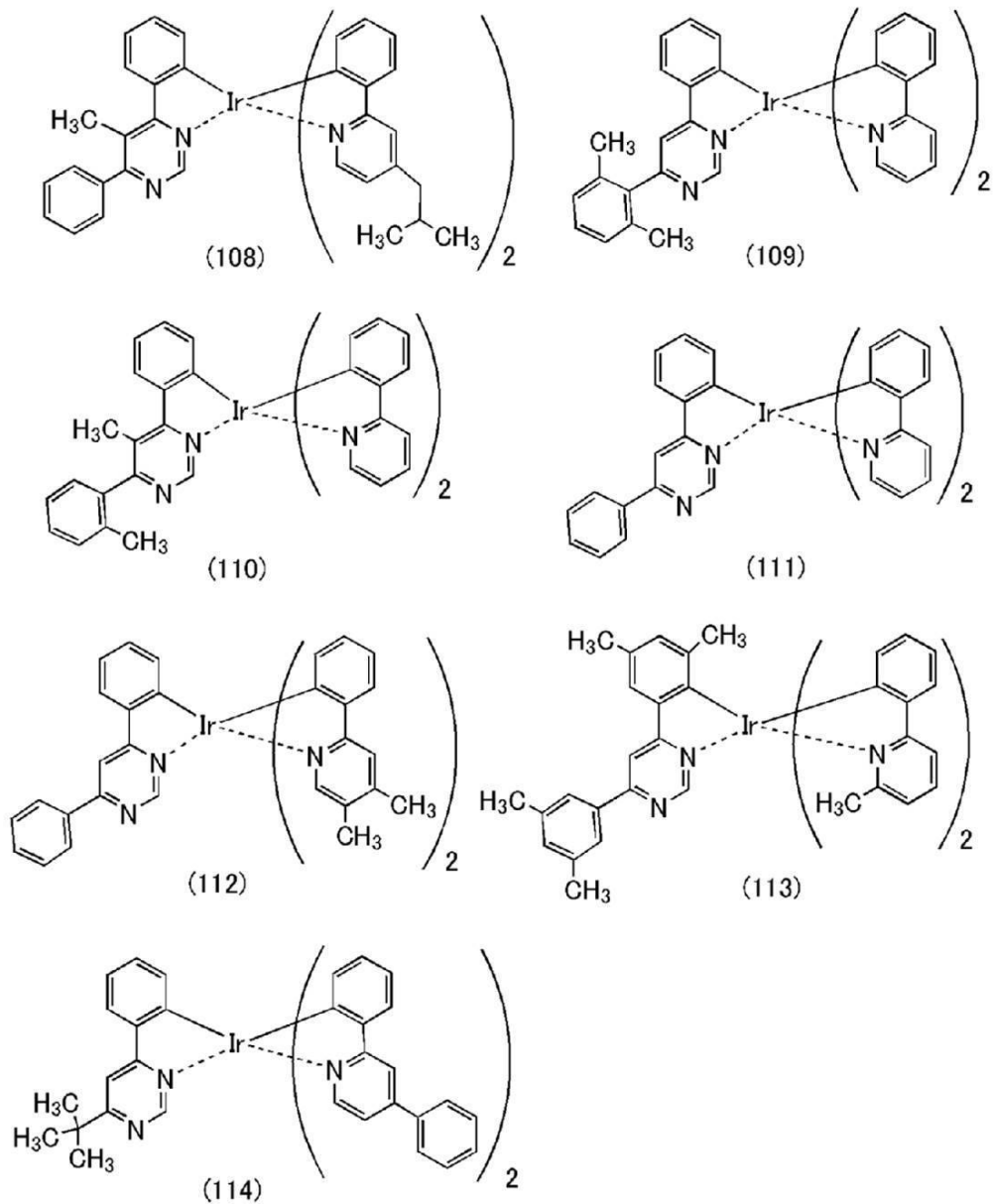
【0055】

【化 10】



【 0 0 5 6 】

【化 1 1】



【 0 0 5 7 】

なお、上記構造式で表される有機金属錯体は、燐光を発光することが可能な新規物質である。これらの物質は、配位子の種類によっては幾何異性体と立体異性体が存在しうが、本発明の一態様である有機金属錯体にはこれらの異性体も全て含まれる。

【 0 0 5 8 】

次に、本発明の一態様であり、下記一般式 (G 1) で表される有機金属錯体の合成方法の一例について説明する。

【 0 0 5 9 】

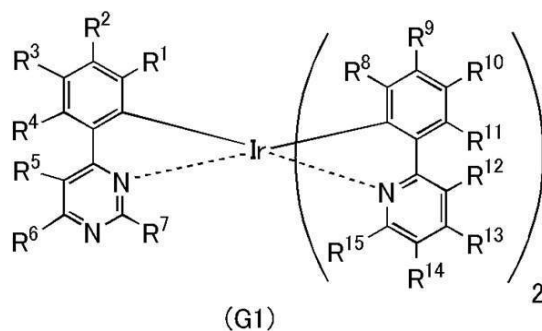
10

20

30

40

【化 1 2】



10

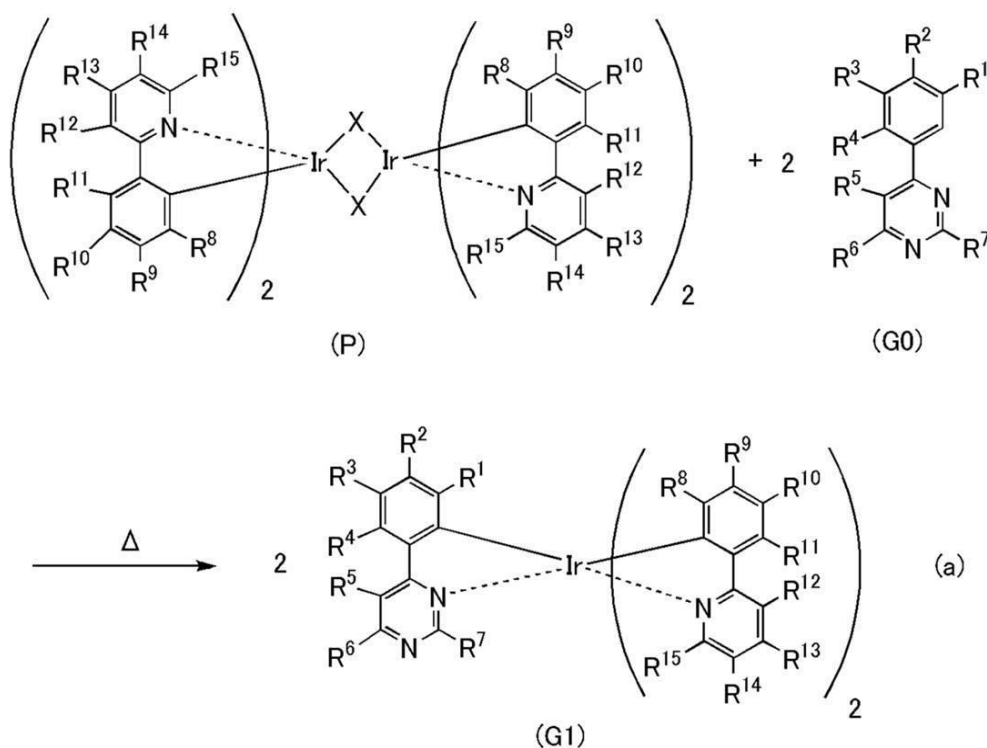
【0060】

一般式 (G1) で表される有機金属錯体の合成法

下記合成スキーム (a) に示すように、ハロゲンで架橋された構造を有する複核錯体 (P) と、一般式 (G0) で表されるピリジン化合物とを、不活性ガス雰囲気にて反応させることにより、一般式 (G1) で表される有機金属錯体を得られる。

【0061】

【化 1 3】



20

30

40

【0062】

上記合成スキーム (a) において、X はハロゲン原子を表し、 $R^1 \sim R^{15}$ は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。但し、 $R^1 \sim R^{15}$ のうち少なくとも一は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基を示す。

【0063】

なお、上記合成スキーム (a) で得られた有機金属錯体 (G1) に光や熱を照射することにより幾何異性体、光学異性体等の異性体を得ても良く、これらも一般式 (G1) で表さ

50

れる有機金属錯体である。また、ハロゲンで架橋された構造を有する複核錯体（P）とトリフルオロメタンスルホン酸銀などの脱塩素剤とを反応させて塩化銀を析出させた後、上澄み液と一般式（G0）で表されるピリミジン化合物とを、不活性ガス雰囲気にて反応させても良い。

【0064】

また、本発明において、ピリミジン化合物を配位子とするオルトメタル錯体を得るために、ピリミジン化合物のR⁶に置換基を導入するほうが好ましい。特にR⁶として、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを用いているのが好ましい。これにより、R⁶として水素を用いた場合と比較して、ハロゲンで架橋された複核金属錯体が合成スキーム（a）で表される反応中に分解してしまうことを抑制し、飛躍的に高い収率を得ることができる。

10

【0065】

以上、本発明の一態様である有機金属錯体の合成方法の一例について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、他のどのような合成方法によって合成されても良い。

【0066】

なお、上述した本発明の一態様である有機金属錯体は、燐光を発光することが可能であるため、発光材料や発光素子の発光物質として利用できる。

【0067】

また、本発明の一態様である有機金属錯体を用いることで、発光効率が高く、駆動電圧が低く、寿命が長い発光素子、発光装置、電子機器、または照明装置を実現することができる。

20

【0068】

なお、本実施の形態において、本発明の一態様について述べた。また、他の実施の形態において、本発明の一態様について述べる。ただし、本発明の一態様は、これらに限定されない。つまり、本実施の形態および他の実施の形態では、様々な発明の態様が記載されているため、本発明の一態様は、特定の態様に限定されない。例えば、本発明の一態様として、発光素子に適用した場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。また、状況に応じて、本発明の一態様は、発光素子以外のものに適用してもよい。

【0069】

本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

30

【0070】

（実施の形態2）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子について図1を用いて説明する。

【0071】

本実施の形態に示す発光素子は、一对の電極（第1の電極（陽極）101と第2の電極（陰極）103）間に発光層113を含むEL層102が挟まれており、EL層102は、発光層113の他に、正孔（または、ホール）注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層114、電子注入層115などを含んで形成される。

40

【0072】

このような発光素子に対して電圧を印加すると、第1の電極101側から注入された正孔と第2の電極103側から注入された電子とが、発光層113において再結合し、それにより生じたエネルギーに起因して、発光層113に含まれる有機金属錯体などの発光物質が発光する。

【0073】

なお、EL層102における正孔注入層111は、正孔輸送層112または発光層113に対して正孔を注入することができる層であり、例えば、正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質により形成することができる。この場合、アクセプター性物質によって正孔輸送性の高い物質から電子が引き抜かれることにより正孔が発生する。従って、正孔注入

50

層 1 1 1 から正孔輸送層 1 1 2 を介して発光層 1 1 3 に正孔が注入される。なお、正孔注入層 1 1 1 には、正孔注入性の高い物質を用いることもできる。例えば、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン（略称：H₂Pc）や銅フタロシアニン（CuPc）等のフタロシアニン系の化合物、4, 4' - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル（略称：DPAB）、N, N' - ビス { 4 - [ビス (3 - メチルフェニル) アミノ] フェニル } - N, N' - ジフェニル - (1, 1' - ビフェニル) - 4, 4' - ジアミン（略称：DNTPD）等の芳香族アミン化合物、或いはポリ (3, 4 - エチレンジオキシチオフェン) / ポリ (スチレンスルホン酸) (PEDOT / PSS) 等の高分子等によっても正孔注入層 1 1 1 を形成することができる。

10

【 0 0 7 4 】

以下に本実施の形態に示す発光素子を作製する上での好ましい具体例について説明する。

【 0 0 7 5 】

第 1 の電極（陽極）1 0 1 および第 2 の電極（陰極）1 0 3 には、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できる。具体的には、酸化インジウム - 酸化スズ (Indium Tin Oxide)、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 (Indium Zinc Oxide)、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、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)、チタン (Ti) の他、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、およびカルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) 等のアルカリ土類金属、マグネシウム (Mg)、およびこれらを含む合金 (Mg Ag、Al Li)、ユウロピウム (Eu)、イッテルビウム (Yb) 等の希土類金属およびこれらを含む合金、その他グラフェン等を用いることができる。なお、第 1 の電極（陽極）1 0 1 および第 2 の電極（陰極）1 0 3 は、例えばスパッタリング法や蒸着法（真空蒸着法を含む）等により形成することができる。

20

【 0 0 7 6 】

正孔注入層 1 1 1、および正孔輸送層 1 1 2 に用いる正孔輸送性の高い物質としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の有機化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる有機化合物としては、正孔輸送性の高い有機化合物であることが好ましい。具体的には、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。また、正孔輸送性の高い物質を用いてなる層は、単層だけでなく、二層以上の積層であってもよい。以下に、正孔輸送性の物質として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

30

【 0 0 7 7 】

例えば、芳香族アミン化合物としては、N, N' - ジ (p - トリル) - N, N' - ジフェニル - p - フェニレンジアミン（略称：DTDPPA）、4, 4' - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル（略称：DPAB）、DNTPD、1, 3, 5 - トリス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ベンゼン（略称：DPA3B）、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または - NPD）やN, N' - ビス (3 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - [1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - ジアミン（略称：TPD）、4, 4', 4'' - トリス (カルバゾール - 9 - イル) トリフェニルアミン（略称：TCTA）、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：MTDATA）、4, 4' - ビス [N - (スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - イル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル（略称：BSPB）等を挙げることができる。

40

50

【 0 0 7 8 】

また、カルバゾール誘導体としては、具体的には、3 - [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称 : P C z P C A 1)、3 , 6 - ビス [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称 : P C z P C A 2)、3 - [N - (1 - ナフチル) - N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称 : P C z P C N 1) 等を挙げることができる。その他にも、4 , 4 ' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称 : C B P)、1 , 3 , 5 - トリス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称 : T C P B)、9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アン

10

【 0 0 7 9 】

また、芳香族炭化水素としては、例えば、2 - tert - ブチル - 9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : t - B u D N A)、2 - tert - ブチル - 9 , 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、9 , 10 - ビス (3 , 5 - ジフェニルフェニル) アントラセン (略称 : D P P A)、2 - tert - ブチル - 9 , 10 - ビス (4 - フェニルフェニル) アントラセン (略称 : t - B u D B A)、9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : D N A)、9 , 10 - ジフェニルアントラセン (略称 : D P A n t h)、2 - tert - ブチルアントラセン (略称 : t - B u A n t h)、9 , 10 - ビス (4 - メチル - 1 - ナフチル) アントラセン (略称 : D M N A)、2 - tert - ブチル - 9 , 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] アントラセン、9 , 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] アントラセン、2 , 3 , 6 , 7 - テトラメチル - 9 , 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、2 , 3 , 6 , 7 - テトラメチル - 9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン、9 , 9 ' - ビアントリル、10 , 10 ' - ジフェニル - 9 , 9 ' - ビアントリル、10 , 10 ' - ビス (2 - フェニルフェニル) - 9 , 9 ' - ビアントリル、10 , 10 ' - ビス [(2 , 3 , 4 , 5 , 6 - ペンタフェニル) フェニル] - 9 , 9 ' - ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2 , 5 , 8 , 11 - テトラ (tert - ブチル) ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有し、炭素数 14 から 42 である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。また、芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4 , 4 ' - ビス (2 , 2 - ジフェニルビニル) ビフェニル (略称 : D P V B i)、9 , 10 - ビス [4 - (2 , 2 - ジフェニルビニル) フェニル] アントラセン (略称 : D P V P A) 等が挙げられる。

20

30

【 0 0 8 0 】

さらに、ポリ (N - ビニルカルバゾール) (略称 : P V K) やポリ (4 - ビニルトリフェニルアミン) (略称 : P V T P A)、ポリ [N - (4 - { N ' - [4 - (4 - ジフェニルアミノ) フェニル] フェニル - N ' - フェニルアミノ } フェニル) メタクリルアミド] (略称 : P T P D M A)、ポリ [N , N ' - ビス (4 - ブチルフェニル) - N , N ' - ビス (フェニル) ベンジジン] (略称 : P o l y - T P D) 等の高分子化合物を用いることもできる。

40

【 0 0 8 1 】

また、正孔注入層 1 1 1、および正孔輸送層 1 1 2 に用いるアクセプター性物質としては、7 , 7 , 8 , 8 - テトラシアノ - 2 , 3 , 5 , 6 - テトラフルオロキノジメタン (略称 : F₄ - T C N Q)、クロラニル、2 , 3 , 6 , 7 , 10 , 11 - ヘキサシアノ - 1 , 4 , 5 , 8 , 9 , 12 - ヘキサアザトリフェニレン (H A T - C N) 等の電子吸引基 (ハロゲン基やシアノ基) を有する化合物を挙げることができる。特に、H A T - C N のように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。また、元素周期表における第 4 族乃至第 8 族に属する金属の酸化物を挙げる

50

ことができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

【 0 0 8 2 】

発光層 1 1 3 は、発光物質を含む層である。なお、発光物質としては、蛍光性の発光物質と燐光性の発光物質とが挙げられるが、本発明の一態様である発光素子においては、実施の形態 1 で示した有機金属錯体を発光物質として発光層 1 1 3 に用いることが好ましい。また、発光層 1 1 3 は、この有機金属錯体（ゲスト材料）よりも三重項励起エネルギーの大きい物質をホスト材料として含むことが好ましい。また、発光層 1 1 3 は、発光物質に加えて、発光層 1 1 3 におけるキャリア（電子及びホール）の再結合の際に励起錯体（エキサイプレックスとも言う）を形成することができる組み合わせとなる 2 種類の有機化合物（上記ホスト材料のいずれかであってもよい）を含む構成としてもよい。なお、効率よく励起錯体を形成するためには、電子を受け取りやすい化合物（電子輸送性を有する材料）と、正孔を受け取りやすい化合物（正孔輸送性を有する材料）とを組み合わせることが特に好ましい。このように電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを組み合わせることで励起錯体を形成するホスト材料とする場合、電子輸送性を有する材料及び正孔輸送性を有する材料の混合比率を調節することで、発光層における正孔と電子のキャリアバランスを最適化することが容易となる。発光層における正孔と電子のキャリアバランスを最適化することにより、発光層中で電子と正孔の再結合が起こる領域が偏ることを抑制できる。再結合が起こる領域の偏りを抑制することで、発光素子の信頼性を向上させることができる。

【 0 0 8 3 】

なお、上記励起錯体を形成する上で用いることが好ましい電子を受け取りやすい化合物（電子輸送性を有する材料）としては、含窒素複素芳香族化合物のような電子不足型複素芳香族や金属錯体などを用いることができる。具体的には、ビス（10 - ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト）ペリリウム（II）（略称：BeBq₂）、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：BALq）、ビス（8 - キノリノラト）亜鉛（II）（略称：Znq）、ビス[2 - （2 - ベンゾオキサゾリル）フェノラト]亜鉛（II）（略称：ZnPBO）、ビス[2 - （2 - ベンゾチアゾリル）フェノラト]亜鉛（II）（略称：ZnBTZ）などの金属錯体や、2 - （4 - ビフェニリル） - 5 - （4 - tert - ブチルフェニル） - 1, 3, 4 - オキサジアゾール（略称：PBD）、3 - （4 - ビフェニリル） - 4 - フェニル - 5 - （4 - tert - ブチルフェニル） - 1, 2, 4 - トリアゾール（略称：TAZ）、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）、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] - 9H - カルバゾール（略称：CO11）、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）、2 - [3 - （ジベンゾチオフェン - 4 - イル）フェニル] - 1 - フェニル - 1H - ベンゾイミダゾール（略称：mDBTBI - II）などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2 - [3 - （ジベンゾチオフェン - 4 - イル）フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン（略称：2mDBTPDBq - II）、2 - [3' - （ジベンゾチオフェン - 4 - イル）ビフェニル - 3 - イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン（略称：2mDBTBPDq - II）、2 - [3' - （9H - カルバゾール - 9 - イル）ビフェニル - 3 - イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン（略称：2mCzBPDq）、2 - [4 - （3, 6 - ジフェニル - 9H - カルバゾール - 9 - イル）フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン（略称：2CzPDBq - III）、7 - [3 - （ジベンゾチオフェン - 4 - イル）フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン（略称：7mDBTPDBq - II）、及び、6 - [3 - （ジベンゾチオフェン - 4 - イル）フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン（略称：6mDBTPDBq - II）、4, 6 - ビス[

10

20

30

40

50

3 - (フェナントレン - 9 - イル)フェニル]ピリミジン(略称: 4, 6 m P n P 2 P m)、4, 6 - ビス[3 - (4 - ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン(略称: 4, 6 m D B T P 2 P m - I I)、4, 6 - ビス[3 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル]ピリミジン(略称: 4, 6 m C z P 2 P m)などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、2 - {4 - [3 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 9 H - カルバゾール - 9 - イル]フェニル} - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: P C C z P T z n)などのトリアジン骨格を有する複素環化合物や、3, 5 - ビス[3 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル]ピリジン(略称: 3 5 D C z P P y)、1, 3, 5 - トリ[3 - (3 - ピリジル)フェニル]ベンゼン(略称: T m P y P B)などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格及びトリアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン(ピリミジンやピラジン)骨格及びトリアジン骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

【0084】

また、上記励起錯体を形成するために用いる上で好ましい正孔を受け取りやすい化合物(正孔輸送性を有する材料)としては、電子過剰型複素芳香族(例えばカルバゾール誘導体やインドール誘導体)又は芳香族アミンなどを好適に用いることができる。具体的には、2 - [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ]スピロ - 9, 9' - ビフルオレン(略称: P C A S F)、4, 4', 4'' - トリス[N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称: 1' - T N A T A)、2, 7 - ビス[N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ]スピロ - 9, 9' - ビフルオレン(略称: D P A 2 S F)、N, N' - ビス(9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N, N' - ジフェニルベンゼン - 1, 3 - ジアミン(略称: P C A 2 B)、N - (9, 9 - ジメチル - 2 - ジフェニルアミノ - 9 H - フルオレン - 7 - イル)ジフェニルアミン(略称: D P N F)、N, N', N'' - トリフェニル - N, N', N'' - トリス(9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル)ベンゼン - 1, 3, 5 - トリアミン(略称: P C A 3 B)、2 - [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ]スピロ - 9, 9' - ビフルオレン(略称: D P A S F)、N, N' - ビス[4 - (カルバゾール - 9 - イル)フェニル] - N, N' - ジフェニル - 9, 9 - ジメチルフルオレン - 2, 7 - ジアミン(略称: Y G A 2 F)、N P B、N, N' - ビス(3 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - [1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - ジアミン(略称: T P D)、4, 4' - ビス[N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ]ビフェニル(略称: D P A B)、B S P B、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル)トリフェニルアミン(略称: B P A F L P)、4 - フェニル - 3' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル)トリフェニルアミン(略称: m B P A F L P)、N - (9, 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル) - N - {9, 9 - ジメチル - 2 - [N' - フェニル - N' - (9, 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル)アミノ] - 9 H - フルオレン - 7 - イル}フェニルアミン(略称: D F L A D F L)、P C z P C A 1、3 - [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール(略称: P C z D P A 1)、3, 6 - ビス[N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール(略称: P C z D P A 2)、D N T P D、3, 6 - ビス[N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - (1 - ナフチル)アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール(略称: P C z T P N 2)、P C z P C A 2、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル)トリフェニルアミン(略称: P C B A 1 B P)、4, 4' - ジフェニル - 4'' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル)トリフェニルアミン(略称: P C B B i 1 B P)、4 - (1 - ナフチル) - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル)トリフェニルアミン(略称: P C B A N B)、4, 4' - ジ(1 - ナフチル) - 4'' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル)トリフェニルアミン(略称: P C B N B B)、3 - [N - (1 - ナフチル) - N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル)

10

20

30

40

50

アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzPCN1)、9, 9 - ジメチル - N - フェニル - N - [4 - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル)フェニル] - フルオレン - 2 - アミン (略称: PCB AF)、N - フェニル - N - [4 - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル)フェニル] - スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - アミン (略称: PCBASF)、N - (4 - ビフェニル) - N - (9, 9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - イル) - 9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - アミン (略称: PCB i F)、N - (1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - N - [4 - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル)フェニル] - 9, 9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン (略称: PCB B i F) などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、1, 3 - 10
 ビス (N - カルバゾリル) ベンゼン (略称: mCP)、CBP、3, 6 - ビス (3, 5 - ジフェニルフェニル) - 9 - フェニルカルバゾール (略称: CzTP)、9 - フェニル - 9H - 3 - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル)カルバゾール (略称: PCCP) などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4, 4', 4'' - (ベンゼン - 1, 3, 5 - トリイル)トリ (ジベンゾチオフェン) (略称: DBT3P - II)、2, 8 - 10
 ジフェニル - 4 - [4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル)フェニル]ジベンゾチオフェン (略称: DBTFLP - III)、4 - [4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル)フェニル] - 6 - フェニルジベンゾチオフェン (略称: DBTFLP - IV) などのチオフェン骨格を有する化合物や、4, 4', 4'' - (ベンゼン - 1, 3, 5 - トリイル)トリ (ジベンゾフラン) (略称: DBF3P - II)、4 - {3 - 20
 [3 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン (略称: mmDBFFLB i - II) などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。

【0085】

なお、発光層 113 において、上述した有機金属錯体 (ゲスト材料) とホスト材料とを含んで形成することにより、発光層 113 からは、発光効率の高い燐光発光を得ることができる。

【0086】

また、発光層 113 は、発光素子において図 1 (A) に示す単層構造だけに限らず、図 1 (B) に示すような 2 層以上の積層構造であってもよい。但し、この場合には、積層された各層からそれぞれの発光が得られる構成とする。例えば、1 層目の発光層 113 (a1) からは、蛍光発光が得られる構成とし、1 層目の発光層 113 (a1) に積層される 2 層目の発光層 113 (a2) からは燐光発光が得られる構成とすればよい。なお、積層順については、この逆であってもよい。また、燐光発光が得られる層においては、励起錯体からドーパントへのエネルギー移動による発光が得られる構成とするのが好ましい。また、発光色については、一方の層から得られる発光色と、他方の層から得られる発光色とが同一であっても異なってもよいが、異なっている場合には、例えば、一方の層から青色発光が得られる構成とし、他方の層からは橙色発光または黄色発光などが得られる構成とすることができる。また、各層において、複数種のドーパントが含まれる構成としてもよい。 30
40

【0087】

なお、発光層 113 が積層構造を有する場合には、実施の形態 1 で示した有機金属錯体の他、一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質、または三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質等を各々単独または組み合わせて用いることができる。この場合には、例えば、以下のようなものが挙げられる。

【0088】

一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、蛍光を発する物質 (蛍光性化合物) が挙げられる。

【0089】

蛍光を発する物質としては、N, N' - ビス [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N, N' - ジフェニルスチルベン - 4, 4' - ジアミン (略称 : Y G A 2 S)、4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (10 - フェニル - 9 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : Y G A P A)、4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : 2 Y G A P P A)、N, 9 - ジフェニル - N - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : P C A P A)、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ (t e r t - ブチル) ペリレン (略称 : T B P)、4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A P A)、N, N' ' - (2 - t e r t - ブチルアントラセン - 9, 10 - ジイルジ - 4, 1 - フェニレン) ビス [N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン] (略称 : D P A B P A)、N, 9 - ジフェニル - N - [4 - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A P P A)、N - [4 - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A P P A)、N, N, N', N', N' ', N' ', N' ', N' ' - オクタフェニルジベンゾ [g, p] クリセン - 2, 7, 10, 15 - テトラアミン (略称 : D B C 1)、クマリン 30、N - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) - N, 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A P A)、N - [9, 10 - ビス (1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - 2 - アントリル] - N, 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A B P h A)、N - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A P A)、N - [9, 10 - ビス (1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - 2 - アントリル] - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A B P h A)、9, 10 - ビス (1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - N - [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン (略称 : 2 Y G A B P h A)、N, N, 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン (略称 : D P h A P h A)、クマリン 545 T、N, N' - ジフェニルキナクリドン、(略称 : D P Q d)、ルブレン、5, 12 - ビス (1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - 6, 11 - ジフェニルテトラセン (略称 : B P T)、2 - (2 - { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : D C M 1)、2 - { 2 - メチル - 6 - [2 - (2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C M 2)、N, N, N', N' - テトラキス (4 - メチルフェニル) テトラセン - 5, 11 - ジアミン (略称 : p - m P h T D)、7, 14 - ジフェニル - N, N, N', N' - テトラキス (4 - メチルフェニル) アセナフト [1, 2 - a] フルオランテン - 3, 10 - ジアミン (略称 : p - m P h A F D)、{ 2 - イソプロピル - 6 - [2 - (1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C J T I)、{ 2 - t e r t - ブチル - 6 - [2 - (1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C J T B)、2 - (2, 6 - ビス { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : B i s D C M)、2 - { 2, 6 - ビス [2 - (8 - メトキシ - 1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : B i s D C J T M) などが挙げられる。

【 0 0 9 0 】

三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、燐光を発する物質 (燐

10

20

30

40

50

光性化合物)や熱活性化遅延蛍光(TADF)を示すTADF材料(熱活性化遅延蛍光性化合物)が挙げられる。なお、TADF材料における遅延蛍光とは、通常の蛍光と同様のスペクトルを持ちながら、寿命が著しく長い発光をいう。その寿命は、 1×10^{-6} 秒以上、好ましくは 1×10^{-3} 秒以上である。

【0091】

燐光を発する物質としては、ビス{2-[3',5'-ビス(トリフルオロメチル)フェニル]ピリジナト-N,C^{2'}}イリジウム(III)ピコリナート(略称:[Ir(CF₃ppy)₂(pic)])、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:FIr(aca))、トリス(2-フェニルピリジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)₃])、ビス(2-フェニルピリジナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(ppy)₂(acac)])、トリス(アセチルアセトナト)(モノフェナントロリン)テルビウム(III)(略称:[Tb(acac)₃(Phen)])、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(bzq)₂(acac)])、ビス(2,4-ジフェニル-1,3-オキサゾラト-N,C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(dpo)₂(acac)])、ビス{2-[4'-(パーフルオロフェニル)フェニル]ピリジナト-N,C^{2'}}イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(p-PF-ph)₂(acac)])、ビス(2-フェニルベンゾチアゾラト-N,C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(bt)₂(acac)])、ビス[2-(2'-ベンゾ[4,5-]チエニル)ピリジナト-N,C^{3'}]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(btp)₂(acac)])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N,C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(piq)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(III)(略称:[Ir(Fdpq)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(3,5-ジメチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(mppr-Me)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(5-イソプロピル-3-メチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(mppr-iPr)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tppr)₂(acac)])、ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tppr)₂(dpm)])、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(4,6-ジフェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(dppm)₂(acac)])、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン白金(II)(略称:PtOEP)、トリス(1,3-ジフェニル-1,3-プロパンジオナト)(モノフェナントロリン)ユウロピウム(III)(略称:[Eu(DBM)₃(Phen)])、トリス[1-(2-テノイル)-3,3,3-トリフルオロアセトナト](モノフェナントロリン)ユウロピウム(III)(略称:[Eu(TTA)₃(Phen)])などが挙げられる。

【0092】

また、TADF材料としては、例えば、フラレーンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、スズ(Sn)、白金(Pt)、インジウム(In)、もしくはパラジウム(Pd)等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、プロトポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Proto IX))、メソポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Meso IX))、ヘマトポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Hemato IX))、コプロポルフィリント

ラメチルエステル - フッ化スズ錯体 ($\text{SnF}_2(\text{Copro III} - 4\text{Me})$)、オクタエチルポリフィリン - フッ化スズ錯体 ($\text{SnF}_2(\text{OEP})$)、エチオポリフィリン - フッ化スズ錯体 ($\text{SnF}_2(\text{Etio I})$)、オクタエチルポリフィリン - 塩化白金錯体 (PtCl_2OEP) 等が挙げられる。さらに、2 - (ピフェニル - 4 - イル) - 4, 6 - ビス(12 - フェニルインドロ[2, 3 - a]カルバゾール - 11 - イル) - 1, 3, 5 - トリアジン (PIC - TRZ) 等の 電子過剰型複素芳香環及び 電子不足型複素芳香環を有する複素環化合物を用いることもできる。なお、電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、電子過剰型複素芳香環のドナー性と電子不足型複素芳香環のアクセプター性が共に強くなり、S1とT1のエネルギー差が小さくなるため、特に好ましい。

10

【0093】

さらに、発光層113には、独特な光学特性を有する量子ドット (QD: Quantum Dot) を用いることもできる。なお、QDは、ナノスケールの半導体結晶のことを指し、具体的にはおよそ数nm~数十nmの直径を有する。また、結晶の大きさを変えることで光学的特性や電子的特性を変えることができるので、発光色などの調整が容易である。また、量子ドットは、発光スペクトルのピーク幅が狭いため、色純度のよい発光を得ることができる。

【0094】

量子ドットを構成する材料としては、元素周期表第14族元素、第15族元素、第16族元素、複数の第14族元素からなる化合物、第4族から第14族に属する元素と第16族元素との化合物、第2族元素と第16族元素との化合物、第13族元素と第15族元素との化合物、第13族元素と第17族元素との化合物、第14族元素と第15族元素との化合物、第11族元素と第17族元素との化合物、酸化鉄類、酸化チタン類、カルコゲナイドスピネル類、各種半導体クラスターなどを挙げることができる。

20

【0095】

具体的には、セレン化カドミウム、硫化カドミウム、テルル化カドミウム、セレン化亜鉛、酸化亜鉛、硫化亜鉛、テルル化亜鉛、硫化水銀、セレン化水銀、テルル化水銀、砒化インジウム、リン化インジウム、砒化ガリウム、リン化ガリウム、窒化インジウム、窒化ガリウム、アンチモン化インジウム、アンチモン化ガリウム、リン化アルミニウム、砒化アルミニウム、アンチモン化アルミニウム、セレン化鉛、テルル化鉛、硫化鉛、セレン化インジウム、テルル化インジウム、硫化インジウム、セレン化ガリウム、硫化砒素、セレン化砒素、テルル化砒素、硫化アンチモン、セレン化アンチモン、テルル化アンチモン、硫化ビスマス、セレン化ビスマス、テルル化ビスマス、ケイ素、炭化ケイ素、ゲルマニウム、錫、セレン、テルル、ホウ素、炭素、リン、窒化ホウ素、リン化ホウ素、砒化ホウ素、窒化アルミニウム、硫化アルミニウム、硫化バリウム、セレン化バリウム、テルル化バリウム、硫化カルシウム、セレン化カルシウム、テルル化カルシウム、硫化ベリリウム、セレン化ベリリウム、テルル化ベリリウム、硫化マグネシウム、セレン化マグネシウム、硫化ゲルマニウム、セレン化ゲルマニウム、テルル化ゲルマニウム、硫化錫、セレン化錫、テルル化錫、酸化鉛、フッ化銅、塩化銅、臭化銅、ヨウ化銅、酸化銅、セレン化銅、酸化ニッケル、酸化コバルト、硫化コバルト、酸化鉄、硫化鉄、酸化マンガン、硫化モリブデン、酸化バナジウム、酸化タングステン、酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、窒化ケイ素、窒化ゲルマニウム、酸化アルミニウム、チタン酸バリウム、セレンと亜鉛とカドミウムの化合物、インジウムと砒素とリンの化合物、カドミウムとセレンと硫黄の化合物、カドミウムとセレンとテルルの化合物、インジウムとガリウムと砒素の化合物、インジウムとガリウムとセレンの化合物、インジウムとセレンと硫黄の化合物、銅とインジウムと硫黄の化合物およびこれらの組合せなどを挙げることができる。但し、これらに限定されるものではない。また、組成が任意の比率で表される、いわゆる合金型量子ドットを用いても良い。例えば、カドミウムとセレンと硫黄の合金型量子ドットは、元素の含有比率を変化させることで発光波長を変えることができるため、青色発光を得るには有効な手段の一つである。

30

40

50

【0096】

また、量子ドットの構造としては、コア型、コア - シェル型、コア - マルチシェル型などがあり、そのいずれを用いても良い。なお、コアを覆ってシェルが形成されるコア - シェル型やコア - マルチシェル型の量子ドットの場合には、コアに用いる無機材料よりも広いバンドギャップを持つ別の無機材料を用いてシェルを形成することによって、ナノ結晶表面に存在する欠陥やダングリングボンドの影響を低減させることができ、発光の量子効率を大きく改善させることができるため好ましい。

【0097】

また、QDは、溶液に分散させることができるため、塗布法、インクジェット法、印刷法などにより発光層113を形成することができる。なお、QDは、発色が明るく鮮やかなだけでなく、広範囲の波長の光を発光可能で、高効率、長寿命であることから、発光層113に用いることで素子特性を向上させることができる。

【0098】

電子輸送層114は、電子輸送性の高い物質（電子輸送性化合物ともいう）を含む層である。電子輸送層114には、トリス（8 - キノリノラト）アルミニウム（略称：Alq₃）、トリス（4 - メチル - 8 - キノリノラト）アルミニウム（略称：Almq₃）、BeBq₂、BA1q、ビス[2 - （2 - ヒドロキシフェニル）ベンゾオキサゾラト]亜鉛（略称：Zn（BOX）₂）、ビス[2 - （2 - ヒドロキシフェニル）ベンゾチアゾラト]亜鉛（略称：Zn（BTZ）₂）などの金属錯体を用いることができる。また、PBD、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）、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）、バソフェナントロリン（略称：BPhen）、バソキユプロイン（略称：BCP）、4, 4' - ビス（5 - メチルベンゾオキサゾール - 2 - イル）スチルベン（略称：BzOs）などの複素芳香族化合物も用いることができる。また、ポリ（2, 5 - ピリジンジイル）（略称：PPy）、ポリ[（9, 9 - ジヘキシルフルオレン - 2, 7 - ジイル） - co - （ピリジン - 3, 5 - ジイル）]（略称：PF - PPy）、ポリ[（9, 9 - ジオクチルフルオレン - 2, 7 - ジイル） - co - （2, 2' - ビピリジン - 6, 6' - ジイル）]（略称：PF - BPy）のような高分子化合物を用いることもできる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層114として用いてもよい。

【0099】

また、電子輸送層114は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が2層以上積層された構造としてもよい。

【0100】

電子注入層115は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層115には、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、フッ化カルシウム（CaF₂）、リチウム酸化物（LiOx）等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム（ErF₃）のような希土類金属化合物を用いることができる。また、電子注入層115にエレクトライドを用いてもよい。該エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。なお、上述した電子輸送層114を構成する物質を用いることもできる。

【0101】

また、電子注入層115に、有機化合物と電子供与体（ドナー）とを混合してなる複合材料を用いてもよい。このような複合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層114を構成する物質（金属錯体や複素芳香族化合物等）を用いることができる

10

20

30

40

50

。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラシアフルバレン（略称：TTF）等の有機化合物を用いることもできる。

【0102】

なお、上述した正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113、電子輸送層114、電子注入層115は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、印刷法（例えば、凸版印刷法、凹版印刷法、グラビア印刷法、平版印刷法、孔版印刷法等）、インクジェット法、塗布法等の方法を単独または組み合わせて用いて形成することができる。また、上述した、正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113、電子輸送層114、及び電子注入層115には、上述した材料の他、量子ドットなどの無機化合物または高分子化合物（オリゴマー、 dendリマー、ポリマー等）を用いてもよい。

10

【0103】

上述した発光素子は、第1の電極101および第2の電極103との間に与えられる電位差により電流が流れ、EL層102において正孔と電子とが再結合することにより発光する。そして、この発光は、第1の電極101および第2の電極103のいずれか一方または両方を通して外部に取り出される。従って、第1の電極101および第2の電極103のいずれか一方、または両方が透光性を有する電極となる。

20

【0104】

以上により説明した発光素子は、有機金属錯体に基づく燐光発光が得られることから、蛍光性化合物のみを用いた発光素子に比べて、高効率な発光素子を実現することができる。

【0105】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

【0106】

（実施の形態3）

本実施の形態では、本発明の一態様であり、EL層を複数有する構造の発光素子（以下、タンデム型発光素子という）について説明する。

30

【0107】

本実施の形態に示す発光素子は、図2（A）に示すように一対の電極（第1の電極201および第2の電極204）間に、電荷発生層205を介して複数のEL層（第1のEL層202（1）、第2のEL層202（2））を有するタンデム型発光素子である。

【0108】

本実施の形態において、第1の電極201は、陽極として機能する電極であり、第2の電極204は陰極として機能する電極である。なお、第1の電極201および第2の電極204は、実施の形態2と同様な構成を用いることができる。また、複数のEL層（第1のEL層202（1）、第2のEL層202（2））は、実施の形態2で示したEL層と両方とも同様な構成であっても良いが、いずれか一方が同様の構成であっても良い。すなわち、第1のEL層202（1）と第2のEL層202（2）は、同じ構成であっても異なる構成であってもよく、同じ構成である場合は、実施の形態2を適用することができる。

40

【0109】

また、複数のEL層（第1のEL層202（1）、第2のEL層202（2））の間に設けられている電荷発生層205は、第1の電極201と第2の電極204に電圧を印加したときに、一方のEL層に電子を注入し、他方のEL層に正孔を注入する機能を有する。本実施の形態の場合には、第1の電極201に第2の電極204よりも電位が高くなるように電圧を印加すると、電荷発生層205から第1のEL層202（1）に電子が注入され、第2のEL層202（2）に正孔が注入される。

50

【0110】

なお、電荷発生層205は、光の取り出し効率の点から、可視光に対して透光性を有する（具体的には、電荷発生層205の可視光の透過率が、40%以上）ことが好ましい。また、電荷発生層205は、第1の電極201や第2の電極204よりも低い導電率であっても機能する。

【0111】

電荷発生層205は、正孔輸送性の高い有機化合物に電子受容体（アクセプター）が添加された構成であっても、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体（ドナー）が添加された構成であってもよい。また、これらの両方の構成が積層されていても良い。

【0112】

正孔輸送性の高い有機化合物に電子受容体が添加された構成とする場合において、正孔輸送性の高い有機化合物としては、実施の形態2で正孔注入層111、および正孔輸送層112に用いる正孔輸送性の高い物質として示した物質を用いることができる。例えば、NPBやTPD、TDATA、MTDATA、BSPBなどの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

【0113】

また、電子受容体としては、7,7,8,8-テトラシアノ-2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン（略称：F₄-TCNQ）、クロラニル等を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

【0114】

一方、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体が添加された構成とする場合において、電子輸送性の高い有機化合物としては、実施の形態2で電子輸送層114に用いる電子輸送性の高い物質として示した物質を用いることができる。例えば、Alq、Almq₃、BeBq₂、BALqなど、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等を用いることができる。また、この他、Zn(BOX)₂、Zn(BTZ)₂などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、PBDやOXD-7、TAZ、BPhen、BCPなども用いることができる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

【0115】

また、電子供与体としては、アルカリ金属またはアルカリ土類金属または希土類金属または元素周期表における第2、第13族に属する金属およびその酸化物、炭酸塩を用いることができる。具体的には、リチウム(Li)、セシウム(Cs)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、イッテルビウム(Yb)、インジウム(In)、酸化リチウム、炭酸セシウムなどを用いることが好ましい。また、テトラチアナフタセンのような有機化合物を電子供与体として用いてもよい。

【0116】

なお、上述した材料を用いて電荷発生層205を形成することにより、EL層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。また、電荷発生層205の形成方法としては、蒸着法（真空蒸着法を含む）、印刷法（例えば、凸版印刷法、凹版印刷法、グラビア印刷法、平版印刷法、孔版印刷法等）、インクジェット法、塗布法等の方法を単独または組み合わせて用いて形成することができる。

【0117】

本実施の形態では、E L層を2層有する発光素子について説明したが、図2(B)に示すように、n層(ただし、nは、3以上)のE L層(202(1)~202(n))を積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一对の電極間に複数のE L層を有する場合、E L層とE L層との間にそれぞれ電荷発生層(205(1)~205(n-1))を配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度領域での発光が可能である。電流密度を低く保てるため、長寿命素子を実現できる。

【0118】

また、それぞれのE L層の発光色を異なるものにすることで、発光素子全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、2つのE L層を有する発光素子において、第1のE L層の発光色と第2のE L層の発光色を補色の関係になるようにすることで、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも可能である。なお、補色とは、混合すると無彩色になる色同士の関係をいう。つまり、補色の関係にある色の光を互いに混合すると、白色発光を得ることができる。具体的には、第1のE L層から青色発光が得られ、第2のE L層から黄色発光または橙色発光が得られる組み合わせが挙げられる。この場合、青色発光と黄色発光(または橙色発光)が両方とも同じ蛍光発光、または燐光発光である必要はなく、青色発光が蛍光発光であり、黄色発光(または橙色発光)が燐光発光である組み合わせや、その逆の組み合わせとしてもよい。

【0119】

また、3つのE L層を有する発光素子の場合でも同様であり、例えば、第1のE L層の発光色が赤色であり、第2のE L層の発光色が緑色であり、第3のE L層の発光色が青色である場合、発光素子全体としては、白色発光を得ることができる。

【0120】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【0121】

(実施の形態4)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置について説明する。

【0122】

なお、上記発光装置は、パッシブマトリクス型の発光装置でもアクティブマトリクス型の発光装置でもよい。また、本実施の形態に示す発光装置には、他の実施形態で説明した発光素子を適用することが可能である。

【0123】

本実施の形態では、まずアクティブマトリクス型の発光装置について図3を用いて説明する。

【0124】

なお、図3(A)は発光装置を示す上面図であり、図3(B)は図3(A)を鎖線A-A'で切断した断面図である。本実施の形態に係る発光装置は、素子基板301上に設けられた画素部302と、駆動回路部(ソース線駆動回路)303と、駆動回路部(ゲート線駆動回路)(304a、304b)と、を有する。画素部302、駆動回路部303、及び駆動回路部(304a、304b)は、シール材305によって、素子基板301と封止基板306との間に封止されている。

【0125】

また、素子基板301上には、駆動回路部303、及び駆動回路部(304a、304b)に外部からの信号(例えば、ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、又はリセット信号等)や電位を伝達する外部入力端子を接続するための引き回し配線307が設けられる。ここでは、外部入力端子としてFPC(フレキシブルプリントサーキット)308を設ける例を示している。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。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

10

20

30

40

50

むものとする。

【0126】

次に、断面構造について図3(B)を用いて説明する。素子基板301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、ソース線駆動回路である駆動回路部303と、画素部302が示されている。

【0127】

駆動回路部303はFET309とFET310とを組み合わせた構成について例示している。なお、駆動回路部303は、単極性(nチャネル型またはpチャネル型のいずれか一方のみ)のトランジスタを含む回路で形成されても良いし、nチャネル型のトランジスタとpチャネル型のトランジスタを含むCMOS回路で形成されても良い。また、本実施の形態では、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、基板上ではなく外部に駆動回路を形成することもできる。

10

【0128】

また、画素部302はスイッチング用FET(図示せず)と、電流制御用FET312とを有し、電流制御用FET312の配線(ソース電極又はドレイン電極)は、発光素子317aおよび発光素子317bの第1の電極(陽極)(313a、313b)と電気的に接続されている。また、本実施の形態においては、画素部302に2つのFET(スイッチング用FET、電流制御用FET312)を用いて構成する例について示したが、これに限定されない。例えば、3つ以上のFETと、容量素子とを組み合わせる構成としてもよい。

20

【0129】

FET309、310、312としては、例えば、スタガ型や逆スタガ型のトランジスタを適用することができる。FET309、310、312に用いることのできる半導体材料としては、例えば、第13族半導体、第14族(シリコン等)半導体、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体を用いることができる。また、該半導体材料の結晶性については、特に限定されず、例えば、非晶質半導体、または結晶性半導体を用いることができる。特に、FET309、310、311、312としては、酸化物半導体を用いると好ましい。なお、酸化物半導体としては、例えば、In-Ga酸化物、In-M-Zn酸化物(Mは、Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、HfまたはNd)等が挙げられる。FET309、310、312として、例えば、エネルギーギャップが2eV以上、好ましくは2.5eV以上、さらに好ましくは3eV以上の酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

30

【0130】

また、第1の電極(313a、313b)には、光学調整のための導電膜(320a、320b)を積層した構造を含む。例えば、図3(B)に示すように発光素子317aと発光素子317bとで取り出す光の波長が異なる場合には、導電膜320aと導電膜320bとの膜厚は異なる。また、第1の電極(313a、313b)の端部を覆って絶縁物314が形成されている。ここでは、絶縁物314として、ポジ型の感光性アクリル樹脂を用いることにより形成する。また、本実施の形態においては、第1の電極(313a、313b)を陽極として用いる。

40

【0131】

また、絶縁物314の上端部または下端部に曲率を有する面を形成するのが好ましい。絶縁物314の形状を上記のように形成することで、絶縁物314の上層に形成される膜の被覆性を良好なものとすることができる。例えば、絶縁物314の材料として、ネガ型の感光性樹脂、或いはポジ型の感光性樹脂のいずれかを使用することができ、有機化合物に限らず無機化合物、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン等を使用することができる。

【0132】

第1の電極(313a、313b)上には、EL層315及び第2の電極316が積層形成される。EL層315は、少なくとも発光層が設けられており、第1の電極(313a

50

、313b)、EL層315及び第2の電極316からなる発光素子(317a、317b)は、EL層315の端部が、第2の電極316で覆われた構造を有する。また、EL層315の構成については、実施の形態2や実施の形態3に示す単層構造または積層構造と同様であっても異なってもよい。さらに、発光素子ごとに異なってもよい。

【0133】

なお、第1の電極(313a313b)、EL層315及び第2の電極316に用いる材料としては、実施の形態2に示す材料を用いることができる。また、発光素子(317a、317b)の第1の電極(313a、313b)は、領域321において、引き回し配線307と電気的に接続されFPC308を介して外部信号が入力される。さらに、発光素子(317a、317b)の第2の電極316は、領域322において、引き回し配線323と電気的に接続され、ここでは図示しないが、FPC308を介して外部信号が入力される。

【0134】

また、図3(B)に示す断面図では発光素子(317a、317b)を2つのみ図示しているが、画素部302において、複数の発光素子がマトリクス状に配置されているものとする。すなわち、画素部302には、2種類(例えば(B、Y))の発光が得られる発光素子だけでなく、3種類(例えば(R、G、B))の発光が得られる発光素子や、4種類(例えば(R、G、B、Y)または(R、G、B、W)等)の発光が得られる発光素子等をそれぞれ形成し、フルカラー表示可能な発光装置を形成することができる。なお、この時の発光層の形成には、発光素子の発光色などに応じて異なる材料を用いた発光層を形成(いわゆる塗り分け形成)してもよいし、複数の発光素子が同じ材料を用いて形成された共通の発光層を有し、カラーフィルタと組み合わせることによってフルカラー化を実現させてもよい。このように数種類の発光が得られる発光素子を組み合わせることにより、色純度の向上、消費電力の低減等の効果が得ることができる。さらに、量子ドットとの組み合わせにより発光効率を向上させ、消費電力を低減させた発光装置としてもよい。

【0135】

さらに、シール材305で封止基板306を素子基板301と貼り合わせることで、素子基板301、封止基板306、およびシール材305で囲まれた空間318に発光素子(317a、317b)が備えられた構造になっている。

【0136】

また、封止基板306には、有色層(カラーフィルタ)324が設けられており、隣り合う有色層の間には、黒色層(ブラックマトリクス)325が設けられている。なお、黒色層(ブラックマトリクス)325と一部重なるように隣り合う有色層(カラーフィルタ)324の一方または両方が設けられていてもよい。なお、発光素子317a、317bで得られた発光は、有色層(カラーフィルタ)324を介して外部に取り出される。

【0137】

なお、空間318には、不活性気体(窒素やアルゴン等)が充填される場合のほか、シール材305で充填される構成も含むものとする。また、シール材を塗布して貼り合わせる場合には、UV処理や熱処理等のいずれか、またはこれらを組み合わせて行うのが好ましい。

【0138】

また、シール材305にはエポキシ系樹脂やガラスフリット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306に用いる材料としてガラス基板や石英基板のほか、FRP(Fiber-Reinforced 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樹脂等からなるプラスチック基板を用いることができる。シール材としてガラスフリットを用いる場合には、接着性の観点から素子基板301及び封止基板306はガラス基板であることが好ましい。

【0139】

なお、発光素子と電気的に接続されるFETの構造は、図3(B)とはゲート電極の位置

10

20

30

40

50

が異なる構造、すなわち図3(C)に示すFET326、FET327、FET328に示す構造としてもよい。また、封止基板306に設けられる有色層(カラーフィルタ)324は、図3(C)に示すように黒色層(ブラックマトリクス)325と重なる位置でさらに隣り合う有色層(カラーフィルタ)324とも重なるように設けられていてもよい。

【0140】

以上のようにして、アクティブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

【0141】

また、本発明の一態様である発光装置としては、上述したアクティブマトリクス型の発光装置のみならずパッシブマトリクス型の発光装置とすることもできる。

【0142】

図4(A)(B)にパッシブマトリクス型の発光装置を示す。図4(A)には、パッシブマトリクス型の発光装置の上面図、図4(B)には、断面図をそれぞれ示す。

【0143】

図4に示すように、基板401上には、第1の電極402と、EL層(403a、403b、403c)と、第2の電極404とを有する発光素子405が形成される。なお、第1の電極402は、島状であり、一方向(図4(A)では、横方向)にストライプ状に複数形成されている。また、第1の電極402上の一部には、絶縁膜406が形成されている。絶縁膜406上には絶縁材料を用いてなる隔壁407が設けられる。隔壁407の側壁は、図4(B)に示すように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るような傾斜を有する。

【0144】

なお、絶縁膜406は、第1の電極402上の一部に開口部を有するため、EL層(403a、403b、403c)および第2の電極404を第1の電極402上に所望の形状に分離形成することができる。図4(A)および図4(B)には、メタルマスク等のマスクと絶縁膜406上の隔壁407とを組み合わせることでEL層(403a、403b、403c)および第2の電極404を形成する例を示す。また、EL層403a、EL層403b、EL層403cは、それぞれ異なる発光色(例えば、赤、緑、青、黄、橙、白等)を呈する場合の例を示す。

【0145】

また、EL層(403a、403b、403c)を形成した後、第2の電極404が形成される。従って、第2の電極404は、EL層(403a、403b、403c)上に第1の電極402と接することなく形成される。

【0146】

なお、封止の方法については、アクティブマトリクス型の発光装置の場合と同様に行うことができるので、説明は省略する。

【0147】

以上のようにして、パッシブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

【0148】

例えば、本明細書等において、様々な基板を用いて、トランジスタまたは発光素子を形成することが出来る。基板の種類は、特定のものに限定されることはない。その基板の一例としては、半導体基板(例えば単結晶基板又はシリコン基板)、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリエーテルサルフォン(PES)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)に代表されるプラスチックがある。または、一例としては、アクリル等の合成樹脂などがある。または、一例としては、ポリプロピレン、ポリ

10

20

30

40

50

エステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニルなどがある。または、一例としては、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ、無機蒸着フィルム、又は紙類などがある。特に、半導体基板、単結晶基板、又はSOI基板などを用いてトランジスタを製造することによって、特性、サイズ、又は形状などのばらつきが少なく、電流供給能力が高く、サイズの小さいトランジスタを製造することができる。このようなトランジスタによって回路を構成すると、回路の低消費電力化、又は回路の高集積化を図ることができる。

【0149】

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタまたは発光素子を形成してもよい。または、基板とトランジスタまたは発光素子との間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に半導体装置を一部あるいは全部完成させた後、基板より分離し、他の基板に転載するために用いることができる。その際、トランジスタまたは発光素子は耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。なお、上述の剥離層には、例えば、タングステン膜と酸化シリコン膜との無機膜の積層構造の構成や、基板上にポリイミド等の有機樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

10

【0150】

つまり、ある基板を用いてトランジスタまたは発光素子を形成し、その後、別の基板にトランジスタまたは発光素子を転置し、別の基板上にトランジスタまたは発光素子を配置してもよい。トランジスタまたは発光素子が転置される基板の一例としては、上述したトランジスタまたは発光素子を形成することが可能な基板に加え、紙基板、セロファン基板、アラミドフィルム基板、ポリイミドフィルム基板、石材基板、木材基板、布基板（天然繊維（絹、綿、麻）、合成繊維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生繊維（アセテート、キュプラ、レーヨン、再生ポリエステル）などを含む）、皮革基板、又はゴム基板などがある。これらの基板を用いることにより、特性のよいトランジスタの形成、消費電力の小さいトランジスタの形成、壊れにくい装置の製造、耐熱性の付与、軽量化、又は薄型化を図ることができる。

20

【0151】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

【0152】

（実施の形態5）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置を適用して完成させた様々な電子機器や自動車の一例について、説明する。

30

【0153】

発光装置を適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置（テレビ、又はテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機（携帯電話、携帯電話装置ともいう）、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を図5、図6に示す。

【0154】

図5（A）は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置7100は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。なお、本発明の一態様である発光装置を表示部7103に用いることができる。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。

40

【0155】

テレビジョン装置7100の操作は、筐体7101が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機7110により行うことができる。リモコン操作機7110が備える操作キー7109により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部7103に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機7110に、当該リモコン操作機

50

7 1 1 0 から出力する情報を表示する表示部 7 1 0 7 を設ける構成としてもよい。

【0 1 5 6】

なお、テレビジョン装置 7 1 0 0 は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線又は無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）又は双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【0 1 5 7】

図 5（B）はコンピュータであり、本体 7 2 0 1、筐体 7 2 0 2、表示部 7 2 0 3、キーボード 7 2 0 4、外部接続ポート 7 2 0 5、ポインティングデバイス 7 2 0 6 等を含む。なお、コンピュータは、本発明の一態様である発光装置をその表示部 7 2 0 3 に用いることにより作製することができる。また、表示部 7 2 0 3 は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。

10

【0 1 5 8】

図 5（C）は、スマートウォッチであり、筐体 7 3 0 2、表示部 7 3 0 4、操作ボタン 7 3 1 1、7 3 1 2、接続端子 7 3 1 3、バンド 7 3 2 1、留め金 7 3 2 2、等を有する。

【0 1 5 9】

ベゼル部分を兼ねる筐体 7 3 0 2 に搭載された表示部 7 3 0 4 は、非矩形状の表示領域を有している。表示部 7 3 0 4 は、時刻を表すアイコン 7 3 0 5、その他のアイコン 7 3 0 6 等を表示することができる。また、表示部 7 3 0 4 は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。

20

【0 1 6 0】

なお、図 5（C）に示すスマートウォッチは、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。

【0 1 6 1】

また、筐体 7 3 0 2 の内部に、スピーカ、センサ（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、にৌい又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン等を有することができる。なお、スマートウォッチは、発光装置をその表示部 7 3 0 4 に用いることにより作製することができる。

30

【0 1 6 2】

図 5（D）は、携帯電話機（スマートフォンを含む）の一例を示している。携帯電話機 7 4 0 0 は、筐体 7 4 0 1 に、表示部 7 4 0 2、マイク 7 4 0 6、スピーカ 7 4 0 5、カメラ 7 4 0 7、外部接続部 7 4 0 4、操作用ボタン 7 4 0 3 などを備えている。また、本発明の一態様に係る発光素子を、可撓性を有する基板に形成して発光装置を作製した場合、図 5（D）に示すような曲面を有する表示部 7 4 0 2 に適用することが可能である。

40

【0 1 6 3】

図 5（D）に示す携帯電話機 7 4 0 0 は、表示部 7 4 0 2 を指などで触れることで、情報を入力することができる。また、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部 7 4 0 2 を指などで触れることにより行うことができる。

【0 1 6 4】

表示部 7 4 0 2 の画面は主として 3 つのモードがある。第 1 は、画像の表示を主とする表示モードであり、第 2 は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第 3 は表示モードと入力モードの 2 つのモードが混合した表示 + 入力モードである。

【0 1 6 5】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部 7 4 0 2 を文字の入力を

50

主とする文字入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。この場合、表示部 7402 の画面のほとんどにキーボード又は番号ボタンを表示させることが好ましい。

【0166】

また、携帯電話機 7400 内部に、ジャイロセンサや加速度センサ等の検出装置を設けることで、携帯電話機 7400 の向き（縦か横か）を判断して、表示部 7402 の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。

【0167】

また、画面モードの切り替えは、表示部 7402 を触れること、又は筐体 7401 の操作ボタン 7403 の操作により行われる。また、表示部 7402 に表示される画像の種類によって切り替えるようにすることもできる。例えば、表示部に表示する画像信号が動画のデータであれば表示モード、テキストデータであれば入力モードに切り替える。

10

【0168】

また、入力モードにおいて、表示部 7402 の光センサで検出される信号を検知し、表示部 7402 のタッチ操作による入力が一定期間ない場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

【0169】

表示部 7402 は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部 7402 に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライト又は近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

20

【0170】

さらに、携帯電話機（スマートフォンを含む）の別の構成として、図 5（D' - 1）や図 5（D' - 2）のような構造を有する携帯電話機に適用することもできる。

【0171】

なお、図 5（D' - 1）や図 5（D' - 2）のような構造を有する場合には、文字情報や画像情報などを筐体 7500（1）、7500（2）の第 1 面 7501（1）、7501（2）だけでなく、第 2 面 7502（1）、7502（2）に表示させることができる。このような構造を有することにより、携帯電話機を胸ポケットに収納したままの状態、第 2 面 7502（1）、7502（2）などに表示された文字情報や画像情報などを使用者が容易に確認することができる。

30

【0172】

また、発光装置を適用した電子機器として、図 6（A）～（C）に示すような折りたたみ可能な携帯情報端末が挙げられる。図 6（A）には、展開した状態の携帯情報端末 9310 を示す。また、図 6（B）には、展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末 9310 を示す。さらに、図 6（C）には、折りたたんだ状態の携帯情報端末 9310 を示す。携帯情報端末 9310 は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。

【0173】

表示部 9311 はヒンジ 9313 によって連結された 3 つの筐体 9315 に支持されている。なお、表示部 9311 は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。また、表示部 9311 は、ヒンジ 9313 を介して 2 つの筐体 9315 間を屈曲させることにより、携帯情報端末 9310 を展開した状態から折りたたんだ状態に可逆的に変形させることができる。本発明の一態様の発光装置を表示部 9311 に用いることができる。表示部 9311 における表示領域 9312 は折りたたんだ状態の携帯情報端末 9310 の側面に位置する表示領域である。表示領域 9312 には、情報アイコンや使用頻度の高いアプリやプログラムのショートカットなどを表示させることができ、情報の確認やアプリなどの起動をスムーズに行うことができる。

40

【0174】

50

また、発光装置を適用した自動車を図7(A)(B)に示す。すなわち、発光装置を、自動車と一体にして設けることができる。具体的には、図7(A)に示す自動車の外側のライト5101(車体後部も含む)、タイヤのホイール5102、ドア5103の一部または全体などに適用することができる。また、図7(B)に示す自動車の内側の表示部5104、ハンドル5105、シフトレバー5106、座席シート5107、インナーリアビューミラー5108等に適用することができる。その他、ガラス窓の一部に適用してもよい。

【0175】

以上のようにして、本発明の一態様である発光装置を適用して電子機器や自動車を得ることができる。なお、適用できる電子機器や自動車は、本実施の形態に示したものに限らず、あらゆる分野において適用することが可能である。

10

【0176】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【0177】

(実施の形態6)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子を適用して作製される照明装置の構成について図8を用いて説明する。

【0178】

図8(A)、(B)、(C)、(D)には、照明装置の断面図の一例を示す。なお、図8(A)、(B)は基板側に光を取り出すボトムエミッション型の照明装置であり、図8(C)、(D)は、封止基板側に光を取り出すトップエミッション型の照明装置である。

20

【0179】

図8(A)に示す照明装置4000は、基板4001上に発光素子4002を有する。また、基板4001の外側に凹凸を有する基板4003を有する。発光素子4002は、第1の電極4004と、EL層4005と、第2の電極4006を有する。

【0180】

第1の電極4004は、電極4007と電氣的に接続され、第2の電極4006は電極4008と電氣的に接続される。また、第1の電極4004と電氣的に接続される補助配線4009を設けてもよい。なお、補助配線4009上には、絶縁層4010が形成されている。

30

【0181】

また、基板4001と封止基板4011は、シール材4012で接着されている。また、封止基板4011と発光素子4002の間には、乾燥剤4013が設けられていることが好ましい。なお、基板4003は、図8(A)のような凹凸を有するため、発光素子4002で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。

【0182】

また、基板4003に代えて、図8(B)の照明装置4100のように、基板4001の外側に拡散板4015を設けてもよい。

【0183】

図8(C)の照明装置4200は、基板4201上に発光素子4202を有する。発光素子4202は第1の電極4204と、EL層4205と、第2の電極4206とを有する。

40

【0184】

第1の電極4204は、電極4207と電氣的に接続され、第2の電極4206は電極4208と電氣的に接続される。また第2の電極4206と電氣的に接続される補助配線4209を設けてもよい。また、補助配線4209の下部に、絶縁層4210を設けてもよい。

【0185】

基板4201と凹凸のある封止基板4211は、シール材4212で接着されている。ま

50

た、封止基板 4 2 1 1 と発光素子 4 2 0 2 の間にバリア膜 4 2 1 3 および平坦化膜 4 2 1 4 を設けてもよい。なお、封止基板 4 2 1 1 は、図 8 (C) のような凹凸を有するため、発光素子 4 2 0 2 で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。

【 0 1 8 6 】

また、封止基板 4 2 1 1 に代えて、図 8 (D) の照明装置 4 3 0 0 のように、発光素子 4 2 0 2 の上に拡散板 4 2 1 5 を設けてもよい。

【 0 1 8 7 】

なお、本実施の形態で示す E L 層 4 0 0 5、4 2 0 5 に、本発明の一態様である有機金属錯体を適用することができる。この場合、消費電力の低い照明装置を提供することができる。

10

【 0 1 8 8 】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【 0 1 8 9 】

(実施の形態 7)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置を適用した応用品である照明装置の一例について、図 9 を用いて説明する。

【 0 1 9 0 】

図 9 は、発光装置を室内の照明装置 8 0 0 1 として用いた例である。なお、発光装置は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置を形成することもできる。その他、曲面を有する筐体を用いることで、発光領域が曲面を有する照明装置 8 0 0 2 を形成することもできる。本実施の形態で示す発光装置に含まれる発光素子は薄膜状であり、筐体のデザインの自由度が高い。したがって、様々な意匠を凝らした照明装置を形成することができる。さらに、室内の壁面に照明装置 8 0 0 3 を備えても良い。

20

【 0 1 9 1 】

なお、上記以外にも室内に備えられた家具の一部に発光装置を適用することにより、家具としての機能を備えた照明装置とすることができる。

【 0 1 9 2 】

以上のように、発光装置を適用した様々な照明装置が得られる。なお、これらの照明装置は本発明の一態様に含まれるものとする。

30

【 0 1 9 3 】

また、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【 0 1 9 4 】

(実施の形態 8)

本実施の形態においては、本発明の一態様の発光素子または本発明の一態様の発光装置を有するタッチパネルについて、図 1 0 ~ 図 1 4 を用いて説明を行う。

【 0 1 9 5 】

図 1 0 (A) (B) は、タッチパネル 2 0 0 0 の斜視図である。なお、図 1 0 (A) (B) において、明瞭化のため、タッチパネル 2 0 0 0 の代表的な構成要素を示す。

40

【 0 1 9 6 】

タッチパネル 2 0 0 0 は、表示パネル 2 5 0 1 とタッチセンサ 2 5 9 5 とを有する (図 1 0 (B) 参照)。また、タッチパネル 2 0 0 0 は、基板 2 5 1 0、基板 2 5 7 0、及び基板 2 5 9 0 を有する。

【 0 1 9 7 】

表示パネル 2 5 0 1 は、基板 2 5 1 0 上に複数の画素及び該画素に信号を供給することができる複数の配線 2 5 1 1 を有する。複数の配線 2 5 1 1 は、基板 2 5 1 0 の外周部にまで引き回され、その一部が端子 2 5 1 9 を構成している。端子 2 5 1 9 は F P C 2 5 0 9 (1) と電気的に接続する。

【 0 1 9 8 】

50

基板 2590 には、タッチセンサ 2595 と、タッチセンサ 2595 と電氣的に接続する複数の配線 2598 とを有する。複数の配線 2598 は、基板 2590 の外周部に引き回され、その一部は端子 2599 を構成する。そして、端子 2599 は FPC 2509 (2) と電氣的に接続される。なお、図 10 (B) では明瞭化のため、基板 2590 の裏面側 (基板 2510 と対向する面側) に設けられるタッチセンサ 2595 の電極や配線等を実線で示している。

【0199】

タッチセンサ 2595 として、例えば静電容量方式のタッチセンサを適用できる。静電容量方式としては、表面型静電容量方式、投影型静電容量方式等がある。

【0200】

投影型静電容量方式としては、主に駆動方式の違いから自己容量方式、相互容量方式などがある。相互容量方式を用いると同時多点検出が可能となるため好ましい。

【0201】

まず、投影型静電容量方式のタッチセンサを適用する場合について、図 10 (B) を用いて説明する。なお、投影型静電容量方式の場合には、指等の検知対象の近接または接触を検知することができる、様々なセンサを適用することができる。

【0202】

投影型静電容量方式のタッチセンサ 2595 は、電極 2591 と電極 2592 とを有する。電極 2591 と電極 2592 は、複数の配線 2598 のうちのそれぞれ異なる配線と電氣的に接続する。また、電極 2592 は、図 10 (A) (B) に示すように、一方向に繰り返し配置された複数の四辺形が角部で配線 2594 により、一方向に接続される形状を有する。電極 2591 も同様に複数の四辺形が角部で接続される形状を有するが、接続される方向は、電極 2592 が接続される方向と交差する方向となる。なお、電極 2591 が接続される方向と、電極 2592 が接続される方向とは、必ずしも直交する関係にある必要はなく、0 度を超えて 90 度未満の角度をなすように配置されてもよい。

【0203】

なお、配線 2594 の電極 2592 との交差部の面積は、できるだけ小さくなる形状が好ましい。これにより、電極が設けられていない領域の面積を低減でき、透過率のバラツキを低減できる。その結果、タッチセンサ 2595 を透過する光の輝度のバラツキを低減することができる。

【0204】

なお、電極 2591 及び電極 2592 の形状はこれに限定されず、様々な形状を取りうる。例えば、複数の電極 2591 をできるだけ隙間が生じないように配置し、絶縁層を介して電極 2592 を複数設ける構成としてもよい。このとき、隣接する 2 つの電極 2592 の間に、これらとは電氣的に絶縁されたダミー電極を設けると、透過率の異なる領域の面積を低減できるため好ましい。

【0205】

次に、図 11 を用いて、タッチパネル 2000 の詳細について説明する。図 11 は、図 10 (A) に示す一点鎖線 X1 - X2 間の断面図に相当する。

【0206】

タッチパネル 2000 は、タッチセンサ 2595 と表示パネル 2501 とを有する。

【0207】

タッチセンサ 2595 は、基板 2590 に接して千鳥格子状に配置された電極 2591 及び電極 2592 と、電極 2591 及び電極 2592 を覆う絶縁層 2593 と、隣り合う電極 2591 を電氣的に接続する配線 2594 とを有する。なお、隣り合う電極 2591 の間には、電極 2592 が設けられている。

【0208】

電極 2591 及び電極 2592 は、透光性を有する導電材料を用いて形成することができる。透光性を有する導電性材料としては、酸化インジウム、インジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛などの導電性酸化物を用いるこ

10

20

30

40

50

とができる。また、グラフェン化合物を用いることもできる。なお、グラフェン化合物を用いる場合は、例えば膜状に形成された酸化グラフェンを還元して形成することができる。還元する方法としては、熱を加える方法やレーザを照射する方法等を挙げることができる。

【0209】

電極2591及び電極2592の形成方法としては、例えば、透光性を有する導電性材料を基板2590上にスパッタリング法により成膜した後、フォトリソグラフィ法等の様々なパターンニング技術により、不要な部分を除去することで形成することができる。

【0210】

絶縁層2593に用いる材料としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂などの樹脂、シロキサン結合を有する樹脂の他、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウムなどの無機絶縁材料を用いることができる。

10

【0211】

また、絶縁層2593の一部に形成された配線2594により、隣接する電極2591が電氣的に接続される。なお、配線2594に用いる材料は、電極2591及び電極2592に用いる材料よりも導電性の高い材料を用いることにより電気抵抗を低減することができるため好ましい。

【0212】

また、配線2598は、電極2591または電極2592と電氣的に接続される。なお、配線2598の一部は、端子として機能する。配線2598には、例えば、アルミニウム、金、白金、銀、ニッケル、チタン、タングステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、またはパラジウム等の金属材料や、該金属材料を含む合金材料を用いることができる。

20

【0213】

また、端子2599により、配線2598とFPC2509(2)とが電氣的に接続される。なお、端子2599には、様々な異方性導電フィルム(ACF: Anisotropic Conductive Film)や、異方性導電ペースト(ACP: Anisotropic Conductive Paste)などを用いることができる。

【0214】

また、配線2594に接して接着層2597が設けられる。すなわち、タッチセンサ2595は、接着層2597を介して、表示パネル2501に重なるように張り合わされる。なお、接着層2597と接する表示パネル2501の表面は、図11(A)に示すように基板2570を有していてもよいが、必ずしも必要ではない。

30

【0215】

接着層2597は、透光性を有する。例えば、熱硬化性樹脂や紫外線硬化樹脂を用いることができ、具体的には、アクリル系樹脂、ウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂、またはシロキサン系樹脂を用いることができる。

【0216】

図11(A)に示す表示パネル2501は、基板2510と基板2570との間にマトリクス状に配置された複数の画素と駆動回路とを有する。また、各画素は発光素子と、発光素子を駆動する画素回路とを有する。

40

【0217】

図11(A)には、表示パネル2501の画素の一例として、画素2502Rを示し、駆動回路の一例として走査線駆動回路2503gを示す。

【0218】

画素2502Rは、発光素子2550Rと、発光素子2550Rに電力を供給することができるトランジスタ2502tとを有する。

【0219】

トランジスタ2502tは、絶縁層2521で覆われている。なお、絶縁層2521は、先に形成されたトランジスタ等に起因する凹凸を平坦化するための機能を有する。また、

50

絶縁層 2521 に不純物の拡散を抑制できる機能を付与してもよい。この場合、不純物の拡散によるトランジスタ等の信頼性の低下を抑制できるので好ましい。

【0220】

発光素子 2550R は、トランジスタ 2502t と配線を介して電氣的に接続される。なお、配線と直接接続されるのは、発光素子 2550R の一方の電極である。なお、発光素子 2550R の一方の電極の端部は、絶縁体 2528 で覆われている。

【0221】

発光素子 2550R は、一对の電極間に EL 層を有してなる。また、発光素子 2550R と重なる位置に着色層 2567R が設けられており、発光素子 2550R が発する光の一部は、着色層 2567R を透過して、図中に示す矢印の方向に射出される。また、着色層の端部に遮光層 2567BM が設けられており、発光素子 2550R と着色層 2567R との間には、封止層 2560 を有する。

10

【0222】

なお、発光素子 2550R からの光を取り出す方向に封止層 2560 が設けられている場合には、封止層 2560 は、透光性を有するのが好ましい。また、封止層 2560 は、空気より大きい屈折率を有すると好ましい。

【0223】

走査線駆動回路 2503g は、トランジスタ 2503t と、容量素子 2503c とを有する。なお、駆動回路を画素回路と同一の工程で同一基板上に形成することができる。従って、画素回路のトランジスタ 2502t と同様に、駆動回路（走査線駆動回路 2503g）のトランジスタ 2503t も絶縁層 2521 で覆われている。

20

【0224】

また、トランジスタ 2503t に信号を供給することができる配線 2511 が設けられている。なお、配線 2511 と接して端子 2519 が設けられる。また、端子 2519 は、FPC2509(1) と電氣的に接続されており、FPC2509(1) は、画像信号及び同期信号等の信号を供給する機能を有する。なお、FPC2509(1) にはプリント配線基板 (PWB) が取り付けられていても良い。

【0225】

図 11(A) において示す表示パネル 2501 には、ボトムゲート型のトランジスタを適用する場合について示したが、トランジスタの構造はこれに限られることはなく様々な構造のトランジスタを適用することができる。また、図 11(A) に示す、トランジスタ 2502t 及びトランジスタ 2503t には、酸化物半導体を含む半導体層をチャネル領域として用いることができる。その他、アモルファスシリコンを含む半導体層や、レーザーアニールなどの処理により結晶化させた多結晶シリコンを含む半導体層をチャネル領域として用いることができる。

30

【0226】

また、図 11(A) に示すボトムゲート型のトランジスタとは異なるトップゲート型のトランジスタを適用する場合の構成について、図 11(B) に示す。なお、トランジスタの構造が変わった場合でも、チャネル領域に用いることができるバリエーションについては同様とする。

40

【0227】

図 11(A) で示したタッチパネル 2000 は、図 11(A) に示すように画素からの光が外部に射出される側の表面に、少なくとも画素と重なるように反射防止層 2567p を有するのが好ましい。なお、反射防止層 2567p として、円偏光板等を用いることができる。

【0228】

図 11(A) で示した基板 2510、基板 2570、基板 2590 としては、例えば、水蒸気の透過率が $1 \times 10^{-5} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{day})$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{-6} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{day})$ 以下である可撓性を有する材料を好適に用いることができる。または、これらの基板の熱膨張率が、およそ等しい材料を用いることが好ましい。例えば、線膨張率

50

が $1 \times 10^{-3} / K$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{-5} / K$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{-5} / K$ 以下である材料が挙げられる。

【0229】

次に、図11に示すタッチパネル2000と構成の異なるタッチパネル2000'について、図12を用いて説明する。但し、タッチパネル2000と同様にタッチパネルとして適用することができる。

【0230】

図12には、タッチパネル2000'の断面図を示す。図12に示すタッチパネル2000'は、図11に示すタッチパネル2000と、表示パネル2501に対するタッチセンサ2595の位置が異なる。ここでは異なる構成についてのみ説明し、同様の構成を用いることができる部分は、タッチパネル2000の説明を援用することとする。

10

【0231】

着色層2567Rは、発光素子2550Rと重なる位置にある。また、図12(A)に示す発光素子2550Rからの光は、トランジスタ2502tが設けられている方向に射出される。すなわち、発光素子2550Rからの光(一部)は、着色層2567Rを透過して、図中に示す矢印の方向に射出される。なお、着色層2567Rの端部には遮光層2567BMが設けられている。

【0232】

また、タッチセンサ2595は、表示パネル2501の発光素子2550Rから見てトランジスタ2502tが設けられている側に設けられている(図12(A)参照)。

20

【0233】

また、接着層2597は、表示パネル2501が有する基板2510と接しており、図12(A)に示す構造の場合には、表示パネル2501とタッチセンサ2595とを貼り合わせている。但し、接着層2597により貼り合わされる表示パネル2501とタッチセンサ2595との間に基板2510を設けない構成としてもよい。

【0234】

また、タッチパネル2000の場合と同様にタッチパネル2000'の場合も表示パネル2501には、様々な構造のトランジスタを適用することができる。なお、図12(A)においては、ボトムゲート型のトランジスタを適用する場合について示したが、図12(B)に示すようにトップゲート型のトランジスタを適用してもよい。

30

【0235】

次に、タッチパネルの駆動方法の一例について、図13を用いて説明を行う。

【0236】

図13(A)は、相互容量方式のタッチセンサの構成を示すブロック図である。図13(A)では、パルス電圧出力回路2601、電流検出回路2602を示している。なお、図13(A)では、パルス電圧が与えられる電極2621をX1-X6として、電流の変化を検知する電極2622をY1-Y6として、それぞれ6本の配線で例示している。また、図13(A)は、電極2621と、電極2622とが重畳することで形成される容量2603を示している。なお、電極2621と電極2622とはその機能を互いに置き換えてもよい。

40

【0237】

パルス電圧出力回路2601は、X1-X6の配線に順にパルス電圧を印加するための回路である。X1-X6の配線にパルス電圧が印加されることで、容量2603を形成する電極2621と電極2622との間に電界が生じる。この電極間に生じる電界が遮蔽等により容量2603の相互容量に変化を生じさせることを利用して、被検知体の近接、または接触を検出することができる。

【0238】

電流検出回路2602は、容量2603での相互容量の変化による、Y1-Y6の配線での電流の変化を検出するための回路である。Y1-Y6の配線では、被検知体の近接、または接触がないと検出される電流値に変化はないが、検出する被検知体の近接、または接

50

触により相互容量が減少する場合には電流値が減少する変化を検出する。なお電流の検出は、積分回路等を用いて行えばよい。

【 0 2 3 9 】

次に、図 1 3 (B) には、図 1 3 (A) で示す相互容量方式のタッチセンサにおける入出力波形のタイミングチャートを示す。図 1 3 (B) では、1 フレーム期間で各行列での被検知体の検出を行うものとする。また図 1 3 (B) では、被検知体を検出しない場合（非タッチ）と被検知体を検出する場合（タッチ）との 2 つの場合について示している。なお Y 1 - Y 6 の配線については、検出される電流値に対応する電圧値とした波形を示している。

【 0 2 4 0 】

X 1 - X 6 の配線には、順にパルス電圧が与えられ、該パルス電圧にしたがって Y 1 - Y 6 の配線での波形が変化する。被検知体の近接または接触がない場合には、X 1 - X 6 の配線の電圧の変化に応じて Y 1 - Y 6 の波形が一様に変化する。一方、被検知体が近接または接触する箇所では、電流値が減少するため、これに対応する電圧値の波形も変化する。このように、相互容量の変化を検出することにより、被検知体の近接または接触を検知することができる。

【 0 2 4 1 】

また、図 1 3 (A) ではタッチセンサとして配線の交差部に容量 2 6 0 3 のみを設けるパッシブ型のタッチセンサの構成を示したが、トランジスタと容量とを備えたアクティブ型のタッチセンサとしてもよい。図 1 4 にアクティブ型のタッチセンサに含まれる一つのセンサ回路の例を示している。

【 0 2 4 2 】

図 1 4 に示すセンサ回路は、容量 2 6 0 3 と、トランジスタ 2 6 1 1 と、トランジスタ 2 6 1 2 と、トランジスタ 2 6 1 3 とを有する。

【 0 2 4 3 】

トランジスタ 2 6 1 3 はゲートに信号 G 2 が与えられ、ソースまたはドレインの一方に電圧 V R E S が与えられ、他方が容量 2 6 0 3 の一方の電極およびトランジスタ 2 6 1 1 のゲートと電氣的に接続する。トランジスタ 2 6 1 1 は、ソースまたはドレインの一方がトランジスタ 2 6 1 2 のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続し、他方に電圧 V S S が与えられる。トランジスタ 2 6 1 2 は、ゲートに信号 G 1 が与えられ、ソースまたはドレインの他方が配線 M L と電氣的に接続する。容量 2 6 0 3 の他方の電極には電圧 V S S が与えられる。

【 0 2 4 4 】

次に、図 1 4 に示すセンサ回路の動作について説明する。まず信号 G 2 としてトランジスタ 2 6 1 3 をオン状態とする電位が与えられることで、トランジスタ 2 6 1 1 のゲートが接続されるノード n に電圧 V R E S に対応した電位が与えられる。次に、信号 G 2 としてトランジスタ 2 6 1 3 をオフ状態とする電位が与えられることで、ノード n の電位が保持される。続いて、指等の被検知体の近接または接触により、容量 2 6 0 3 の相互容量が変化することに伴い、ノード n の電位が V R E S から変化する。

【 0 2 4 5 】

読み出し動作は、信号 G 1 にトランジスタ 2 6 1 2 をオン状態とする電位を与える。ノード n の電位に応じてトランジスタ 2 6 1 1 に流れる電流、すなわち配線 M L に流れる電流が変化する。この電流を検出することにより、被検知体の近接または接触を検出することができる。

【 0 2 4 6 】

トランジスタ 2 6 1 1、トランジスタ 2 6 1 2、及びトランジスタ 2 6 1 3 としては、酸化物半導体層をチャネル領域が形成される半導体層に用いることが好ましい。とくにトランジスタ 2 6 1 3 にこのようなトランジスタを適用することにより、ノード n の電位を長期間に亘って保持することが可能となり、ノード n に V R E S を供給しなおす動作（リフレッシュ動作）の頻度を減らすことができる。

10

20

30

40

50

【0247】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせ用いることができる。

【0248】

(実施の形態9)

本実施の形態においては、本発明の一態様の発光素子を有する表示装置として、反射型の液晶素子と、発光素子と、を有し、透過モードと反射モードの両方の表示を行うことのできる表示装置について、図15～図17を用いて説明する。なお、このような表示装置は、E R - h y b r i d d i s p l a y (E m i s s i v e O L E D a n d R e f l e c t i v e L C H y b r i d d i s p l a y) と呼ぶことができる。

10

【0249】

なお、本実施の形態で示す表示装置は、屋外など外光の明るい場所において、反射モードを用いた表示により、極めて電力消費が低い駆動を行うことができる。一方、夜間や室内など外光が暗い場所では、透過モードを用いた表示により、最適な輝度で画像を表示することができるという特徴を有する。従って、これらを組み合わせて表示させることにより、従来の表示パネルに比べて、低い消費電力で、且つコントラストの高い表示を行うことができる。

【0250】

本実施の形態で示す表示装置の一例としては、反射電極を備えた液晶素子と、発光素子とが積層され、発光素子と重なる位置に反射電極の開口部が設けられ、反射モードの際には可視光を反射電極によって反射させ、透過モードの場合には、反射電極の開口部から発光素子の光が射出される構成を有する表示装置について示す。なお、これらの素子(液晶素子および発光素子)の駆動に用いるトランジスタは、同一平面上に配置されていることが好ましい。また、積層される液晶素子と、発光素子とは、絶縁層を介して形成されることが好ましい。

20

【0251】

図15(A)には、本実施の形態で説明する表示装置のブロック図を示す。表示装置500は、回路(G)501、回路(S)502、および表示部503を有する。なお、表示部503には、画素504が、方向R及び方向Cにマトリクス状に複数配置されている。また、回路(G)501は、配線G1、配線G2、配線ANO、及び配線CSCOMが、それぞれ複数電氣的に接続されており、さらにこれらの配線は、方向Rに複数配列された画素504とも電氣的に接続されている。回路(S)502は、配線S1及び配線S2が、それぞれ複数電氣的に接続されており、さらにこれらの配線は、方向Cに複数配列された画素504とも電氣的に接続されている。

30

【0252】

また、画素504は、液晶素子と発光素子を有し、これらは、互いに重なる部分を有する。

【0253】

図15(B1)には、画素504が有する液晶素子の反射電極として機能する導電膜505の形状について示す。なお、導電膜505の一部で発光素子と重なる位置506に開口部507が設けられている。すなわち、発光素子からの光は、この開口部507を介して射出される。

40

【0254】

図15(B1)に示す画素504は、方向Rに隣接する画素504が異なる色を呈するように配列されている。さらに、開口部507は、方向Rに一行に配列されることのないように設けられている。このような配列にすることは、隣接する画素504が有する発光素子間におけるクロストークを抑制する効果を有する。

【0255】

開口部507の形状としては、例えば多角形、四角形、楕円形、円形または十字等の形状とすることができる。また、細長い筋状、スリット状等の形状としてもよい。

50

【0256】

なお、導電膜505の配列のバリエーションとしては、図15(B2)に示す配列としてもよい。

【0257】

導電膜505の総面積(開口部507を除く)に対する開口部507の割合は、表示装置の表示に影響を与える。すなわち、開口部507の面積が大きいと液晶素子による表示が暗くなり、開口部507の面積が小さいと発光素子による表示が暗くなるという問題が生じる。また、上記の比率だけでなく、開口部507の面積そのものが小さい場合にも、発光素子から射出される光の取り出し効率が低下するという問題が生じる。なお、上記導電膜505の総面積(開口部507を除く)に対する開口部507の面積の割合としては、5%以上60%以下とするのが液晶素子および発光素子を組み合わせた際の表示品位を保つ上で好ましい。

10

【0258】

次に、画素504の回路構成の一例について図16を用いて説明する。図16では、隣接する2つの画素504を示す。

【0259】

画素504は、トランジスタSW1、容量素子C1、液晶素子510、トランジスタSW2、トランジスタM、容量素子C2、及び発光素子511等を有する。なお、これらは、配線G1、配線G2、配線ANO、配線CSCOM、配線S1、及び配線S2のいずれかと画素504において、電氣的に接続されている。また、液晶素子510は配線VCOM1と、発光素子511は配線VCOM2と、それぞれ電氣的に接続されている。

20

【0260】

また、トランジスタSW1のゲートは、配線G1と接続され、トランジスタSW1のソース又はドレインの一方は、配線S1と接続され、ソース又はドレインの他方は、容量素子C1の一方の電極、及び液晶素子510の一方の電極と接続されている。なお、容量素子C1の他方の電極は、配線CSCOMと接続されている。また、液晶素子510の他方の電極は、配線VCOM1と接続されている。

【0261】

また、トランジスタSW2のゲートは、配線G2と接続され、トランジスタSW2のソース又はドレインの一方は、配線S2と接続され、ソース又はドレインの他方は、容量素子C2の一方の電極、及びトランジスタMのゲートと接続されている。なお、容量素子C2の他方の電極は、トランジスタMのソース又はドレインの一方、及び配線ANOと接続されている。また、トランジスタMのソース又はドレインの他方は、発光素子511の一方の電極と接続されている。また、発光素子511の他方の電極は、配線VCOM2と接続されている。

30

【0262】

なお、トランジスタMは、半導体を挟む2つのゲートを有し、これら2つのゲートは、電氣的に接続されている。このような構造とすることにより、トランジスタMが流す電流量を増大させることができる。

【0263】

配線G1から与えられる信号によって、トランジスタSW1の導通状態または非導通状態が制御される。また、配線VCOM1からは、所定の電位が与えられる。また、配線S1から与えられる信号によって、液晶素子510の液晶の配向状態を制御することができる。また、配線CSCOMからは、所定の電位が与えられる。

40

【0264】

配線G2から与えられる信号によって、トランジスタSW2の導通状態または非導通状態が制御される。また、配線VCOM2及び配線ANOからそれぞれ与えられる電位の電位差によって、発光素子511を発光させることができる。また、配線S2から与えられる信号によって、トランジスタMの導通状態を制御することができる。

【0265】

50

したがって、本実施の形態で示す構成において、例えば反射モードの場合には、配線 G 1 及び配線 S 1 から与えられる信号により液晶素子 5 1 0 を制御し、光学変調を利用して表示させることができる。また、透過モードの場合には、配線 G 2 及び配線 S 2 から与えられる信号により発光素子 5 1 1 を発光させることができる。さらに両方のモードを同時に用いる場合には、配線 G 1、配線 G 2、配線 S 1 及び配線 S 2 のそれぞれから与えられる信号に基づき所望の駆動を行うことができる。

【0266】

次に、本実施の形態で説明する表示装置 5 0 0 の断面概略図を図 1 7 に示し、詳細を説明する。

【0267】

表示装置 5 0 0 は、基板 5 2 1 と基板 5 2 2 との間に、発光素子 5 2 3 および液晶素子 5 2 4 を有する。なお、発光素子 5 2 3 および液晶素子 5 2 4 は、絶縁層 5 2 5 を介してそれぞれ形成される。すなわち、基板 5 2 1 と絶縁層 5 2 5 との間に発光素子 5 2 3 を有し、基板 5 2 2 と絶縁層 5 2 5 との間に液晶素子 5 2 4 を有する。

【0268】

絶縁層 5 2 5 と発光素子 5 2 3 との間には、トランジスタ 5 1 5、トランジスタ 5 1 6、トランジスタ 5 1 7、および着色層 5 2 8 等を有する。

【0269】

基板 5 2 1 と発光素子 5 2 3 との間には、接着層 5 2 9 を有する。また、発光素子 5 2 3 は、絶縁層 5 2 5 側から一方の電極となる導電層 5 3 0、EL 層 5 3 1、他方の電極となる導電層 5 3 2 の順に積層された積層構造を有する。なお、発光素子 5 2 3 は、ボトムエミッション型の発光素子であるため、導電層 5 3 2 は可視光を反射する材料を含み、導電層 5 3 0 は可視光を透過する材料を含む。発光素子 5 2 3 が発する光は、着色層 5 2 8、絶縁層 5 2 5 を透過し、さらに開口部 5 3 3 を通って液晶素子 5 2 4 を透過した後、基板 5 2 2 から外部に射出される。

【0270】

絶縁層 5 2 5 と基板 5 2 2 との間には、液晶素子 5 2 4 の他、着色層 5 3 4、遮光層 5 3 5、絶縁層 5 4 6 および構造体 5 3 6 等を有する。また、液晶素子 5 2 4 は、一方の電極となる導電層 5 3 7、液晶 5 3 8、他方の電極となる導電層 5 3 9、および配向膜 5 4 0、5 4 1 等を有する。なお、液晶素子 5 2 4 は、反射型の液晶素子であり、導電層 5 3 9 は、反射電極として機能するため反射率の高い材料を用いる。また、導電層 5 3 7 は、透明電極として機能するため可視光を透過する材料を含む。さらに、導電層 5 3 7 および導電層 5 3 9 の液晶 5 3 8 側には、それぞれ配向膜 5 4 0、5 4 1 を有する。また、絶縁層 5 4 6 は、着色層 5 3 4 及び遮光層 5 3 5 を覆うように設けられており、オーバーコートとしての機能を有する。なお、配向膜 5 4 0、5 4 1 は不要であれば設けなくてもよい。

【0271】

導電層 5 3 9 の一部には、開口部 5 3 3 が設けられている。なお、導電層 5 3 9 に接して導電層 5 4 3 を有しており、導電層 5 4 3 は、透光性を有するため、導電層 5 4 3 には可視光を透過する材料を用いる。

【0272】

構造体 5 3 6 は、絶縁層 5 2 5 と基板 5 2 2 とが必要以上に接近することを抑制するスペーサとしての機能を有する。なお、構造体 5 3 6 は不要であれば設けなくてもよい。

【0273】

トランジスタ 5 1 5 のソース又はドレインのいずれか一方は、発光素子 5 2 3 の導電層 5 3 0 と電氣的に接続されている。例えばトランジスタ 5 1 5 は、図 1 6 に示すトランジスタ M に対応する。

【0274】

トランジスタ 5 1 6 のソース又はドレインのいずれか一方は、端子部 5 1 8 を介して液晶素子 5 2 4 の導電層 5 3 9 及び導電層 5 4 3 と電氣的に接続されている。すなわち、端子部 5 1 8 は、絶縁層 5 2 5 の両面に設けられる導電層同士を電氣的に接続する機能を有す

10

20

30

40

50

る。なお、トランジスタ 5 1 6 は、図 1 6 に示すトランジスタ S W 1 に対応する。

【 0 2 7 5 】

基板 5 2 1 と基板 5 2 2 とが重ならない領域には、端子部 5 1 9 が設けられている。端子部 5 1 9 は端子部 5 1 8 と同様に、絶縁層 5 2 5 の両面に設けられる導電層同士を電氣的に接続する。端子部 5 1 9 は、導電層 5 4 3 と同一の導電膜を加工して得られた導電層と電氣的に接続されている。これにより、端子部 5 1 9 と F P C 5 4 4 とを接続層 5 4 5 を介して電氣的に接続することができる。

【 0 2 7 6 】

また、接着層 5 4 2 が設けられる一部の領域には、接続部 5 4 7 が設けられている。接続部 5 4 7 において、導電層 5 4 3 と同一の導電膜を加工して得られた導電層と、導電層 5 3 7 の一部が、接続体 5 4 8 によって電氣的に接続されている。したがって、導電層 5 3 7 に、F P C 5 4 4 から入力される信号または電位を、接続体 5 4 8 を介して供給することができる。

10

【 0 2 7 7 】

導電層 5 3 7 と導電層 5 4 3 の間に、構造体 5 3 6 が設けられている。構造体 5 3 6 は、液晶素子 5 2 4 のセルギャップを保持する機能を有する。

【 0 2 7 8 】

導電層 5 4 3 としては、金属酸化物、金属窒化物、または低抵抗化された酸化物半導体等の酸化物を用いることが好ましい。酸化物半導体を用いる場合には、水素、ボロン、リン、窒素、及びその他の不純物の濃度、並びに酸素欠損量の少なくとも一が、トランジスタに用いる半導体層に比べて高められた材料を、導電層 5 4 3 に用いればよい。

20

【 0 2 7 9 】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【 0 2 8 0 】

(実施の形態 1 0)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子について説明する。なお、本実施の形態で説明する発光素子は、実施の形態 2 で説明した発光素子と異なる構成を有する。従って、発光素子の素子構造およびその作製方法について図 1 8 (A) (B) を用いて説明する。但し、実施の形態 2 で説明した発光素子と共通する部分については、実施の形態 2 の説明を参照することとして、説明を省略する。

30

【 0 2 8 1 】

本実施の形態で説明する発光素子は、基板 3 2 0 0 上に形成された一対の電極 (陰極 3 2 0 1 と陽極 3 2 0 3) 間に発光層 3 2 1 3 を含む E L 層 3 2 0 2 が挟まれた構造を有する。なお、E L 層 3 2 0 2 は、実施の形態 2 における E L 層と同様に発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層等を積層して形成することができる。

【 0 2 8 2 】

本実施の形態では、図 1 8 (A) に示すように、基板 3 2 0 0 上に形成された陰極 3 2 0 1 上に、電子注入層 3 2 1 4、発光層 3 2 1 3、正孔輸送層 3 2 1 5、および正孔注入層 3 2 1 6 を順次積層してなる E L 層 3 2 0 2 を有し、正孔注入層 3 2 1 6 上に陽極 3 2 0 3 が形成された構造を有する発光素子について説明する。なお、ここでは、電子輸送層を設けていないが、電子注入層 3 2 1 4 に電子輸送性の高い材料を含めることにより、電子輸送層の機能を兼ねるように形成することもできる。

40

【 0 2 8 3 】

上述した発光素子は、陰極 3 2 0 1 および陽極 3 2 0 3 の間に与えられる電位差により電流が流れ、E L 層 3 2 0 2 において正孔と電子とが再結合することにより発光する。そして、この発光は、陰極 3 2 0 1 および陽極 3 2 0 3 のいずれか一方または両方を通して外部に取り出される。従って、陰極 3 2 0 1 および陽極 3 2 0 3 のいずれか一方、または両方が透光性を有する電極であり、透光性を有する電極側から光を取り出すことができる。

【 0 2 8 4 】

50

本実施の形態で示す発光素子は、図 18 (A) に示すように陰極 3201 の端部が、絶縁物 3217 で覆われている。なお、絶縁物 3217 は、図 18 (B) に示すように隣り合う陰極 3201 同士 (例えば、3201a と 3201b) の間を埋めるように形成される。

【0285】

また、絶縁物 3217 は、絶縁性の有機化合物や無機化合物を用いることができる。有機化合物としては、感光性の樹脂 (レジスト材料など) を用いることができ、例えばアクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、フッ素系樹脂等を用いることができる。また、無機化合物としては、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン等を用いることができる。なお、絶縁物 3217 の表面は、撥水性を有することが好ましく、その処理方法としては、プラズマ処理の他、薬液 (アルカリ性溶液、有機溶媒) 処理などが挙げられる。

10

【0286】

本実施の形態において、陰極 3201 上に形成される電子注入層 3214 は、高分子化合物を用いて形成する。但し、非水溶媒に溶解しにくく、電子輸送性の高い高分子化合物を用いるのが好ましい。具体的には、実施の形態 2 において、電子注入層 115 および電子輸送層 114 に用いることができる材料として挙げたもの (高分子化合物だけでなくアルカリ金属やアルカリ土類金属、またはそれらの化合物を含む) を適宜組み合わせて用い、これらを極性溶媒に溶解させ、塗布法により形成する。

【0287】

なお、ここで用いる極性溶媒としては、メタノール、エタノール、プロパノール、イソプロパノール、ブチルアルコール、エチレングリコール、グリセリンなどが挙げられる。

20

【0288】

電子注入層 3214 上には、発光層 3213 が形成される。発光層 3213 は、実施の形態 2 において、発光層 113 に用いることができる材料 (発光物質) として挙げたものを適宜組み合わせて非極性溶媒に溶解 (または、分散) させたインクを湿式法 (インクジェット法または印刷法) により成膜 (または塗布) し、形成する。なお、電子注入層 3214 は、発光色の異なる発光素子に対して共通であるが、発光層 3213 には、発光色に応じた材料を選択する。また、非極性溶媒としては、トルエンやキシレン等の芳香族系の溶媒やピリジンなどの複素芳香族系の溶媒を用いることができる。その他にもヘキサン、2-メチルヘキサン、シクロヘキサン、クロロホルムなどの溶媒を用いることができる。

30

【0289】

図 18 (B) に示すように、溶液を塗布するための装置 (以下、溶液塗布装置という。) のヘッド部 3300 から発光層 3213 を形成するためのインクが塗布される。なお、ヘッド部 3300 は、インクを噴射する機能を持つ複数の噴射部 3301a ~ 3301c を有しており、それぞれに圧電素子 (ピエゾ素子) 3302a ~ 3302c が設けられる。また、噴射部 3301a ~ 3301c のそれぞれには異なる発光色を示す発光物質を含むインク 3303a ~ 3303c が充填されている。

【0290】

噴射部 3301a ~ 3301c からインク 3303a ~ 3303c がそれぞれ噴射されることにより、発光色の異なる発光層 (3213a、3213b、3213c) がそれぞれ形成される。

40

【0291】

発光層 3213 上には、正孔輸送層 3215 が形成される。正孔輸送層 3215 は、実施の形態 2 において、正孔輸送層 112 に用いることができる材料として挙げたものを適宜組み合わせて用いることができる。なお、正孔輸送層 3215 の形成方法として、真空蒸着法や塗布法を用いることができる。なお、塗布法を用いる場合には、溶媒に溶解させたものを発光層 3213 および絶縁物 3217 上に塗布する。なお、塗布方法としては、インクジェット法、スピンコート法、印刷法等を用いることができる。

【0292】

また、正孔輸送層 3215 上には、正孔注入層 3216 が形成され、正孔注入層 3216

50

上には、陽極 3 2 0 3 が形成される。なお、これらの形成は、実施の形態 2 に示した材料を適宜組み合わせ用い、真空蒸着法により形成することができる。

【 0 2 9 3 】

以上により発光素子を形成することができる。なお、発光層において、本発明の一態様である有機金属錯体を用いる場合には、有機金属錯体に基づく燐光発光が得られるため、蛍光性化合物のみを用いた発光素子に比べて、高効率な発光素子を実現することができる。

【 0 2 9 4 】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせ用いることができるものとする。

【実施例 1】

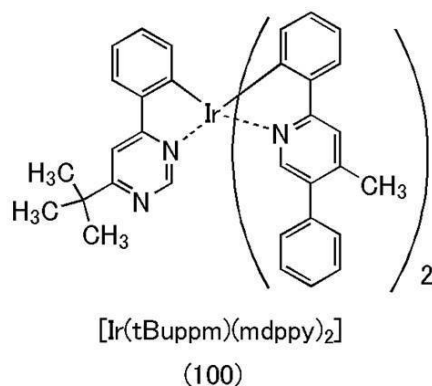
【 0 2 9 5 】

合成例 1

本実施例では、実施の形態 1 の構造式 (1 0 0) で表される有機金属錯体、{ 2 - [6 - (1 , 1 - ジメチルエチル) - 4 - ピリジニル - N ³] フェニル - C } ビス [2 - (4 - メチル - 5 - フェニル - 2 - ピリジニル - N) フェニル - C] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (t B u p p m) (m d p p y) ₂]) の合成方法について説明する。なお、[I r (t B u p p m) (m d p p y) ₂] の構造を以下に示す。

【 0 2 9 6 】

【化 1 4】



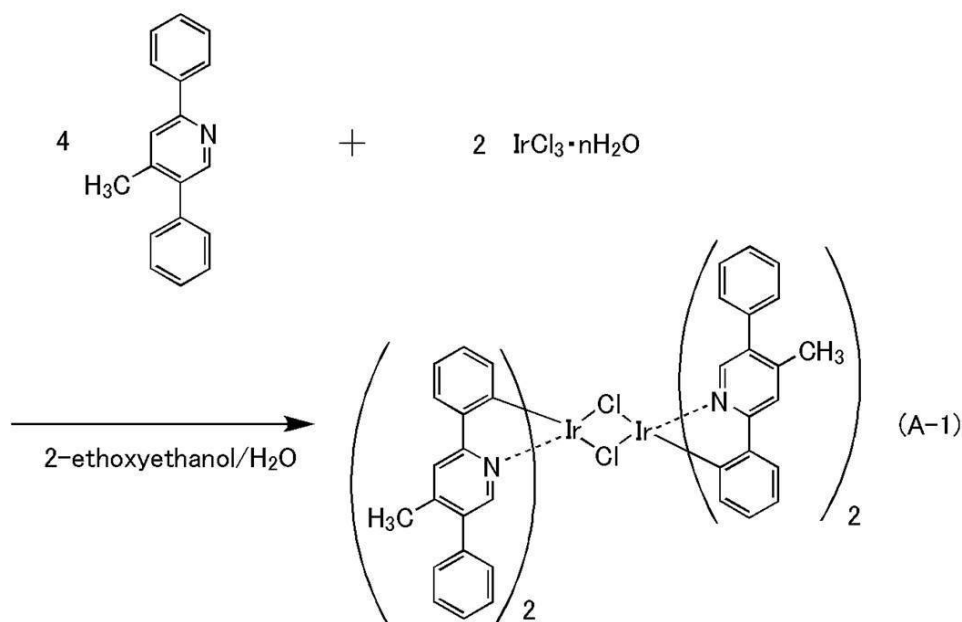
【 0 2 9 7 】

<ステップ 1 : ジ - μ - クロロ - テトラキス [2 - (4 - メチル - 5 - フェニル - 2 - ピリジニル - N) フェニル - C] ジイリジウム (I I I) (略称 : [I r (m d p p y) ₂ C l] ₂) の合成 >

まず、4 - メチル - 2 , 5 - ジフェニルピリジン (略称 : H m d p p y) 3 . 0 g、塩化イリジウム (I I I) 水和物 1 . 8 g、2 - エトキシエタノール 3 0 m L、水 1 0 m L を、還流管を付けた丸底フラスコに入れ、アルゴンバブリングをしながらマイクロ波 (2 . 4 5 G H z、1 0 0 W) を 2 時間照射した。得られた混合物をろ過し、メタノールとヘキサンにて洗浄することにより、目的物を 2 . 9 g (収率 6 5 %、暗黄色固体) 得た。また、ステップ 1 の合成スキームを下記 (A - 1) に示す。

【 0 2 9 8 】

【化 15】



【0299】

<ステップ2：{ 2 - [6 - (1 , 1 - ジメチルエチル) - 4 - ピリジニル - N³] フェニル - C } ビス [2 - (4 - メチル - 5 - フェニル - 2 - ピリジニル - N) フェニル - C] イリジウム (I I I) (略称 : [Ir (t B u p p m) (m d p p y)₂]) の合成 >

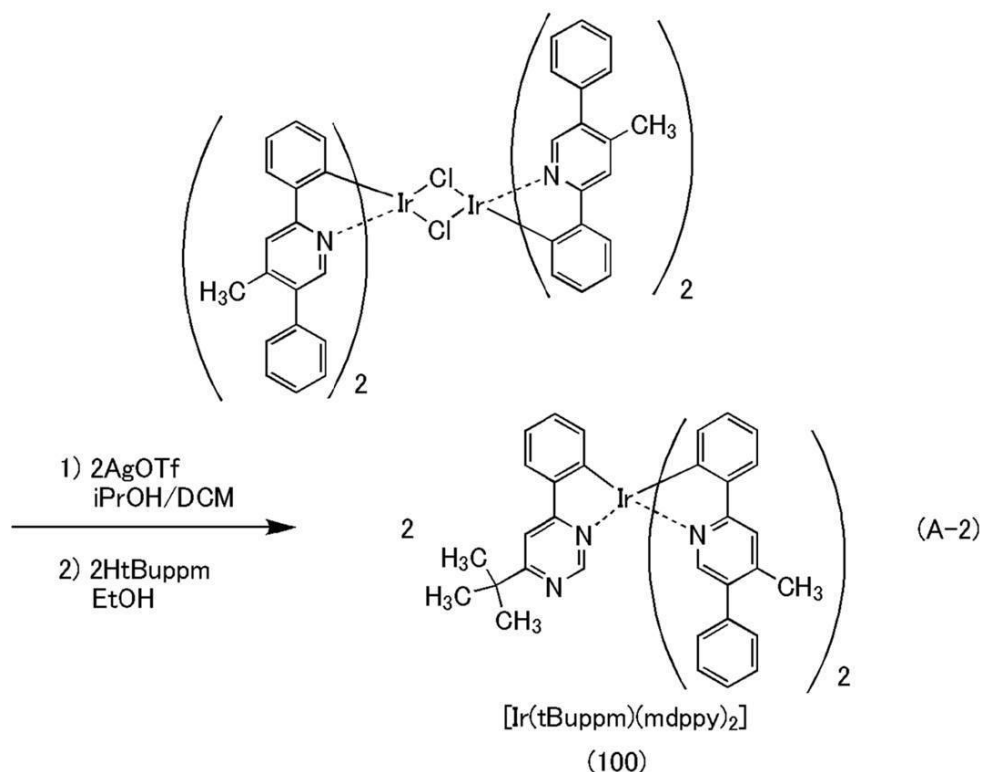
次に、[Ir (m d p p y)₂ Cl]₂ 2 . 9 g とジクロロメタン 4 3 0 m L を三口フラスコに入れフラスコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート 1 . 0 g と 2 - プロパノール 5 3 m L の混合液を滴下し、室温にて 1 8 時間攪拌した。得られた混合物を、セライトを通してろ過した後、濃縮し、固体を得た。この固体に H t B u p p m (略称) 2 . 3 g 、エタノール 4 0 m L を加え、窒素雰囲気下 1 8 時間還流させた。得られた混合物をろ過し、ろ物を酢酸エチル : ヘキサン = 1 : 5 から徐々にヘキサンの割合を減らして最終的に酢酸エチル : ヘキサン = 1 : 2 を展開溶媒としたシリカカラムクロマトグラフィーにて精製した。さらにジクロロメタン : ヘキサン = 1 : 2 を展開溶媒としたフラッシュカラムクロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、ジクロロメタンとヘキサンの混合溶媒にて再結晶することにより、有機金属錯体 [Ir (t B u p p m) (m d p p y)₂] を橙色固体として得た (収率 : 2 9 %) 。

【0300】

得られた橙色固体 0 . 9 0 g を、トレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力 2 . 7 P a にて、アルゴン流量 5 m L / m i n 、 2 6 0 ° C で固体を加熱した。昇華精製後、目的物の橙色固体を収率 8 8 % で得た。また、ステップ 2 の合成スキームを下記 (A - 2) に示す。

【0301】

【化 16】



【0302】

なお、上記ステップ2で得られた目的物（橙色固体）の核磁気共鳴分光法（ ^1H -NMR）による分析結果を下記に示す。また、 ^1H -NMRチャートを図19に示す。この結果から、本合成例において、上述の構造式（100）で表される有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ が得られたことがわかった。

【0303】

^1H -NMR. (CDCl_3): 1.30 (s, 9H), 2.32 (s, 3H), 2.37 (s, 3H), 6.83 - 6.97 (m, 9H), 6.99 - 7.01 (m, 2H), 7.13 (d, 2H), 7.28 - 7.36 (m, 7H), 7.45 (s, 1H), 7.64 - 7.68 (m, 2H), 7.70 (s, 1H), 7.74 (d, 3H), 8.21 (s, 1H).

【0304】

次に、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ のジクロロメタン脱酸素溶液の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用い、ジクロロメタン溶液（0.011 mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、絶対PL量子収率測定装置（（株）浜松ホトニクス製 C11347-01）を用い、グローブボックス（（株）ブライト製 LABstar M13 (1250/780)）にて、窒素雰囲気下でジクロロメタン脱酸素溶液（0.011 mmol/L）を石英セルに入れ、密栓し、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図20に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図20において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図20に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液（0.011 mmol/L）を石英セルに入れて測定した吸光度から、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸光度を差し引いた結果を示している。

【0305】

図20に示す通り、有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ は、572 nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは橙色の発光が観測された。

【0306】

次に、本実施例で得られた $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ を液体クロマトグラフ質量分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry (略称: LC/MS分析))によって質量(MS)分析した。

【0307】

LC/MS分析は、LC(液体クロマトグラフィー)分離をウォーターズ社製Acquity UPLC(登録商標)により、MS分析(質量分析)をウォーターズ社製Xevo G2 ToF MSにより行った。LC分離で用いたカラムはAcquity UPLC BEH C8 (2.1×100 mm 1.7 μm)、カラム温度は40 °Cとした。移動相は移動相Aをアセトニトリル、移動相Bを0.1%ギ酸水溶液とした。また、サンプルは任意の濃度の $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ をクロロホルムに溶解し、アセトニトリルで希釈して調整し、注入量は5.0 μLとした。

【0308】

MS分析では、エレクトロスプレーイオン化法(Electrospray Ionization (略称: ESI))によるイオン化を行った。この時のキャピラリー電圧は3.0 kV、サンプルコーン電圧は30 Vとし、検出はポジティブモードで行った。以上の条件でイオン化された $m/z = 893.32$ の成分を衝突室(コリジョンセル)内でアルゴンガスと衝突させてプロダクトイオンに解離させた。アルゴンを衝突させる際のエネルギー(コリジョンエネルギー)は70 eVとした。なお、測定する質量範囲は $m/z = 100 \sim 1200$ とした。図21に、解離させたプロダクトイオンを飛行時間(TOF)型MSで検出した結果を示す。

【0309】

図21の結果から、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ は、主として $m/z = 681$ 付近、648付近、640付近、632付近、618付近、510付近、399付近、387付近、246付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、図21に示す結果は、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ を同定する上での重要なデータであるといえる。

【0310】

なお、 $m/z = 681$ 付近のプロダクトイオンは、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ におけるHtBuPPM(略称)が離脱した状態のカチオンと推定され、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ が、HtBuPPMを含んでいることを示唆するものである。また、 $m/z = 648$ 付近のプロダクトイオンは、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ における4-メチル-2,5-ジフェニルピリジン(略称: Hmdppy)が離脱した状態のカチオンと推定され、 $m/z = 399$ 付近のプロダクトイオンは、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ におけるHmdppyが2つ離脱した状態に由来するカチオンと推定され、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ が、Hmdppyを2つ含んでいることを示唆するものである。また、 $m/z = 632$ 付近のプロダクトイオンは、 $m/z = 648$ 付近のプロダクトイオンからメチル基が脱離した状態に由来するカチオンと推定され、 $m/z = 618$ 付近のプロダクトイオンは、 $m/z = 632$ 付近のプロダクトイオンからさらにメチル基が脱離した状態に由来するカチオンと推定される。また、 $m/z = 387$ 付近のプロダクトイオンは、 $m/z = 399$ 付近のプロダクトイオンからメチル基が脱離した状態に由来するカチオンと推定される。また、 $m/z = 246$ 付近のプロダクトイオンは、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ におけるHmdppyのカチオンと推定され、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ が、Hmdppyを含んでいることを示唆するものである。

【実施例2】

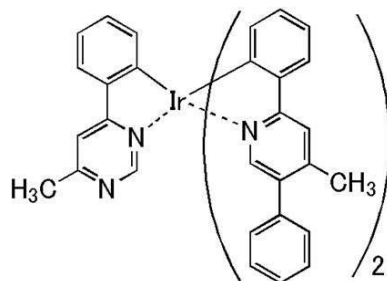
【0311】

合成例 2

本実施例では、実施の形態 1 の構造式 (101) で表される有機金属錯体、[2 - (6 - メチル - 4 - ピリミジニル - N³) フェニル - C] ビス [2 - (4 - メチル - 5 - フェニル - 2 - ピリジニル - N) フェニル - C] イリジウム (I I I) (略称 : [Ir (m p p m) (m d p p y)₂]) の合成方法について説明する。なお、[Ir (m p p m) (m d p p y)₂] の構造を以下に示す。

【 0 3 1 2 】

【 化 1 7 】

[Ir(mppm)(mdppy)₂]

(101)

【 0 3 1 3 】

<ステップ 1 : 4 - メチル - 6 - フェニルピリミジン (略称 : H m p p m) の合成 >

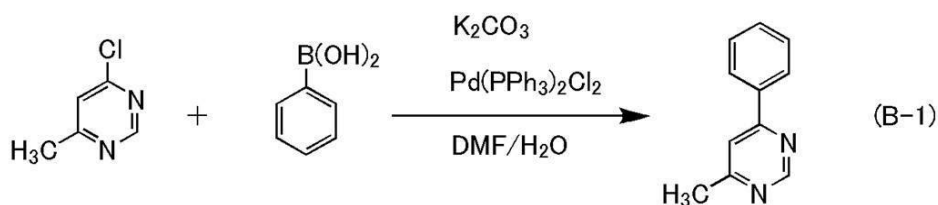
まず、4 - クロロ - 6 - メチルピリミジン 1 . 5 g、フェニルボロン酸 1 . 6 g、炭酸カリウム 3 . 2 g、DMF 60 mL、水 12 mL、ビス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (I I) ジクロリド 0 . 82 g を、還流管を付けた三口フラスコに入れ、アルゴンバブリングをしながらマイクロ波 (2 . 45 GHz、100 W) を 2 時間照射した。

【 0 3 1 4 】

得られた溶液から酢酸エチルにて有機層を抽出し、抽出液を飽和食塩水にて洗浄し、硫酸マグネシウムを加え、ろ過した。ろ液の溶媒を留去し、得られた残渣を酢酸エチル : ヘキサン = 1 : 5 を展開溶媒としたシリカカラムクロマトグラフィーにて精製することにより目的物を含む油状物 2 . 0 g を得た。また、ステップ 1 の合成スキームを下記 (B - 1) に示す。

【 0 3 1 5 】

【 化 1 8 】



【 0 3 1 6 】

<ステップ 2 : [2 - (6 - メチル - 4 - ピリミジニル - N³) フェニル - C] ビス [2 - (4 - メチル - 5 - フェニル - 2 - ピリジニル - N) フェニル - C] イリジウム (I I I) (略称 : [Ir (m p p m) (m d p p y)₂]) の合成 >

次に、合成例 1 のステップ 1 に示す方法で得られた [Ir (m d p p y)₂ C l]₂ 3 . 2 g とジクロロメタン 300 mL を三口フラスコに入れフラスコ内を窒素置換した。ここに、トリフルオロメタンスルホン酸銀 1 . 7 g と 2 - プロパノール 56 mL の混合液を

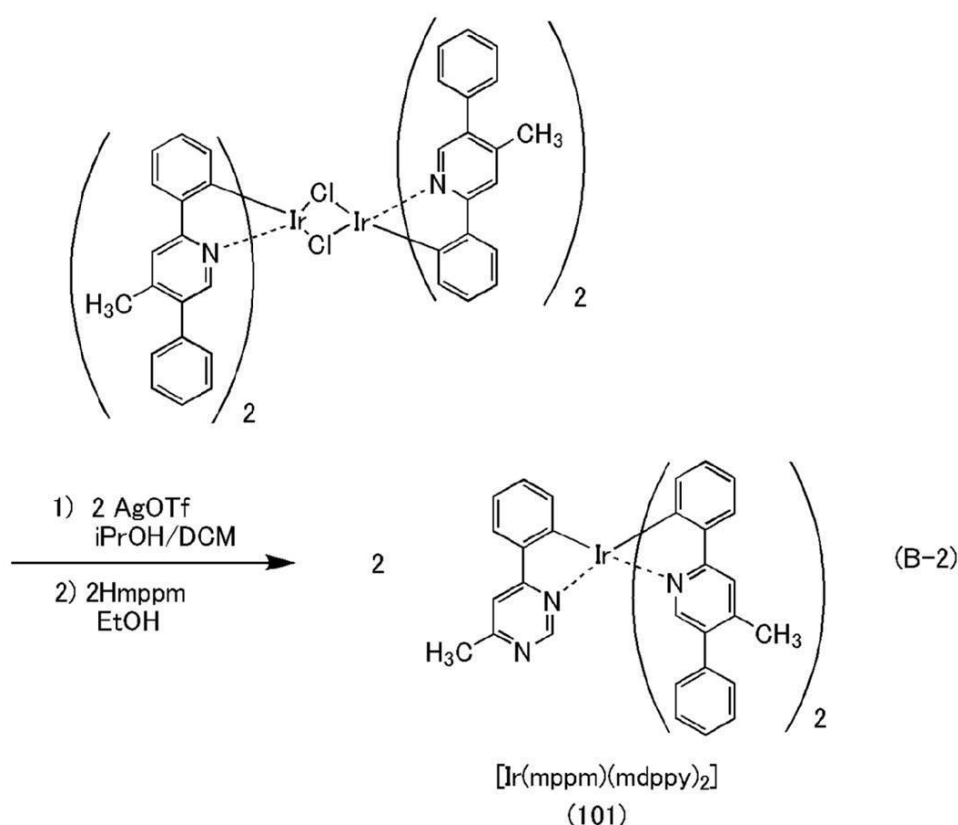
滴下し、室温にて１８時間攪拌した。得られた混合物を、セライトを通して濾過した後、濃縮し、固体を得た。この固体にHm p p m（略称）2.0 g、エタノール80 mLを加え、窒素雰囲気下で１８時間還流させた。得られた混合物をろ過し、ろ物をジクロロメタン：ヘキサン＝１：１から徐々にヘキサンの割合を減らして最終的にジクロロメタンのみを展開溶媒としたシリカカラムクロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、ジクロロメタンとメタノールにて再結晶することにより、有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{m p p m})(\text{m d p p y})_2]$ を橙色固体として得た（収率：6.8%）。

【0317】

得られた橙色固体0.22 gを、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力2.9 Paにて、アルゴン流量5 mL/min、250℃で固体を加熱した。昇華精製後、目的物の橙色固体を収率81%で得た。また、ステップ2の合成スキームを下記（B-2）に示す。

【0318】

【化19】



【0319】

なお、上記ステップ2で得られた目的物（橙色固体）の核磁気共鳴分光法（ ^1H -NMR）による分析結果を下記に示す。また、 ^1H -NMRチャートを図22に示す。この結果から、本合成例において、上述の構造式（101）で表される有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{m p p m})(\text{m d p p y})_2]$ が得られたことがわかった。

【0320】

^1H -NMR. (CDCl_3): 2.27 (s, 3H), 2.37 (s, 3H), 2.52 (s, 3H), 6.74 (d, 1H), 6.82 - 6.85 (t, 1H), 6.87 - 6.95 (m, 7H), 6.99 - 7.01 (m, 2H), 7.14 (d, 2H), 7.32 - 7.38 (m, 6H), 7.47 (s, 1H), 7.50 (s, 1H), 7.56 (s, 1H), 7.64 - 7.67 (t, 2H), 7.69 - 7.71 (m, 2H), 7.75 (s, 1H), 8.06 (s, 1H).

【0321】

次に、 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ のジクロロメタン脱酸素溶液の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550 型）を用い、ジクロロメタン溶液（ 0.0099 mmol/L ）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、絶対 PL 量子収率測定装置（（株）浜松ホトニクス製 C11347-01）を用い、グローブボックス（（株）ブライト製 LABstar M13（1250/780）にて、窒素雰囲気下でジクロロメタン脱酸素溶液（ 0.0099 mmol/L ）を石英セルに入れ、密栓し、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 23 に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図 23 において 2 本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図 23 に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液（ 0.0099 mmol/L ）を石英セルに入れて測定した吸光度から、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸光度を差し引いた結果を示している。

10

【0322】

図 23 に示す通り、有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ は、 573 nm に発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは橙色の発光が観測された。

【0323】

次に、本実施例で得られた $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ を液体クロマトグラフ質量分析（Liquid Chromatography Mass Spectrometry（略称：LC/MS 分析））によって質量（MS）分析した。

20

【0324】

LC/MS 分析は、LC（液体クロマトグラフィー）分離をウォーターズ社製 Acquity UPLC により、MS 分析（質量分析）をウォーターズ社製 Xevo G2 ToF MS により行った。LC 分離で用いたカラムは Acquity UPLC BEH C8（ $2.1 \times 100 \text{ mm}$ $1.7 \mu\text{m}$ ）、カラム温度は 40°C とした。移動相は移動相 A をアセトニトリル、移動相 B を 0.1% ギ酸水溶液とした。また、サンプルは任意の濃度の $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ をクロロホルムに溶解し、アセトニトリルで希釈して調整し、注入量は $5.0 \mu\text{L}$ とした。

【0325】

MS 分析では、エレクトロスプレーイオン化法（Electrospray Ionization（略称：ESI））によるイオン化を行った。この時のキャピラリー電圧は 3.0 kV 、サンプルコーン電圧は 30 V とし、検出はポジティブモードで行った。以上の条件でイオン化された $m/z = 851.27$ の成分を衝突室（コリジョンセル）内でアルゴンガスと衝突させてプロダクトイオンに解離させた。アルゴンに衝突させる際のエネルギー（コリジョンエネルギー）は 70 eV とした。なお、測定する質量範囲は $m/z = 100 \sim 1200$ とした。図 24 に、解離させたプロダクトイオンを飛行時間（TOF）型 MS で検出した結果を示す。

30

【0326】

図 24 の結果から、 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ は、主として $m/z = 679$ 、 606 、 573 、 548 、 446 、 434 付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、図 24 に示す結果は、 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ を同定する上での重要なデータであるといえる。

40

【0327】

なお、 $m/z = 679$ 付近のプロダクトイオンは、 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ における Hmppm が離脱した状態に由来するカチオンと推定され、 $m/z = 606$ 付近のプロダクトイオンは、 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ における 4 - メチル - 2, 5 - ジフェニルピリジン（略称： Hmdppy ）が離脱した状態のカチオンと推定され、 $m/z = 434$ 付近のプロダクトイオンは、 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$

50

におけるH m p p mとH m d p p yがそれぞれ脱離した状態に由来するカチオンと推定され、 $[\text{Ir}(\text{m p p m})(\text{m d p p y})_2]$ が、H m p p mおよびH m d p p yを含んでいることを示唆するものである。

【実施例 3】

【0328】

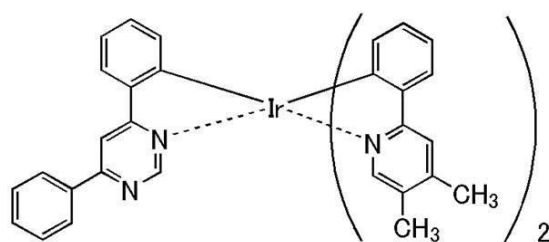
合成例 3

本実施例では、実施の形態 1 の構造式 (112) で表される有機金属錯体、ビス [2 - (4 , 5 - ジメチル - 2 - ピリジニル - N) フェニル - C] [2 - (6 - フェニル - 4 - ピリミジニル - N³) フェニル - C] イリジウム (I I I) (略称 : $[\text{Ir}(\text{d p p m})(\text{d m p p y})_2]$) の合成方法について説明する。なお、 $[\text{Ir}(\text{d p p m})(\text{d m p p y})_2]$ の構造を以下に示す。

10

【0329】

【化 2 0】



20



(112)

【0330】

<ステップ 1 : 5 - ブロモ - 4 - メチル - 2 - フェニルピリジンの合成>

まず、2 , 5 - ジブロモ - 4 - メチル - 2 - フェニルピリジン 15 g (60 mmol) 、フェニルボロン酸 7 . 3 g (60 mmol) 、炭酸カリウム 3 . 0 g (22 mmol) 、トルエン 380 mL 、水 38 mL を 1000 mL 三口フラスコに加え、フラスコ内を窒素置換した後、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、脱気した。脱気後、フラスコ内を窒素置換し、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0) 3 . 5 g (3 . 0 mmol) を加え、窒素気流下、110 で 16 時間攪拌した。

30

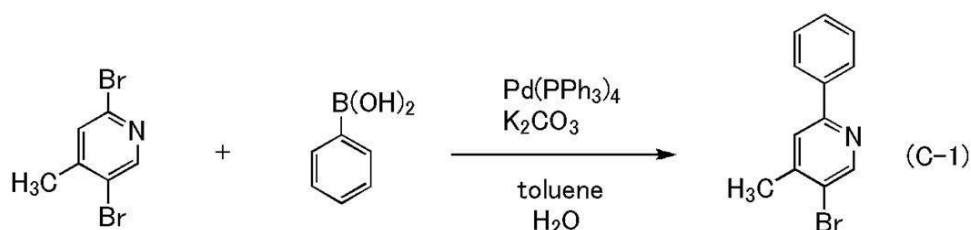
【0331】

得られた反応溶液に水を加え、有機層と水層に分液し、水層をトルエンで抽出した。有機層と得られた抽出溶液を合わせて飽和食塩水で洗浄した溶液に無水硫酸マグネシウムを加えて乾燥させた。得られた混合物を自然ろ過し、ろ液を濃縮して油状物を得た。得られた油状物をシリカカラムクロマトグラフィーにより精製した。展開溶媒には、ヘキサン : 酢酸エチル = 12 : 1 を用いた。得られたフラクションを濃縮して、無色油状物を 13 g 得た。得られた油状物は、目的物と原料の 2 , 5 - ジブロモ - 4 - メチル - 2 - フェニルピリジンの混ざりものだったので、もう 2 回反応をやり直すことで、目的物の無色油状物を 6 . 2 g 、収率 42 % で得た。核磁気共鳴法 (NMR) により得られた無色油状物が 5 - ブロモ - 4 - メチル - 2 - フェニルピリジンであることを確認した。なお、ステップ 1 の合成スキームを下記式 (C - 1) に示す。

40

【0332】

【化 2 1】



10

【0333】

<ステップ2：4,5-ジメチル-2-フェニルピリジン（略称：Hdmpy）の合成>

次に、ステップ1で合成した5-ブロモ-4-メチル-2-フェニルピリジン 6.2 g (25 mmol)、トリメチルボロキシン 5.2 g (41 mmol)、2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニル (S-phos) 1.0 g (2.5 mmol)、リン酸三カリウム 8.0 g (38 mmol)、トルエン 180 mL、水 18 mL を 500 mL 三口フラスコに加え、フラスコ内を窒素置換した後、フラスコ内を減圧しながら撹拌し、脱気した。脱気後、フラスコ内を窒素置換し、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム(0) 0.46 g (0.5 mmol) を加え、窒素気流下、110

20

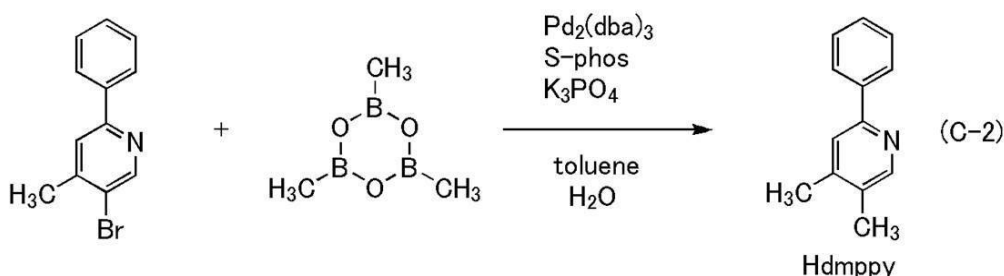
【0334】

得られた反応溶液に水を加え、有機層と水層に分液し、水層をトルエンで抽出した。有機層と得られた抽出溶液を合わせて飽和食塩水で洗浄し、有機層に無水硫酸マグネシウムを加えて乾燥させた。得られた混合物を自然ろ過し、ろ液を濃縮して油状物を得た。得られた油状物をシリカカラムクロマトグラフィーにより精製した。展開溶媒には、ヘキサン：酢酸エチル = 20 : 1 を用いた。得られたフラクションを濃縮して、黄色油状物を 4.5 g、収率 98% で得た。核磁気共鳴法 (NMR) により得られた黄色油状物が 4,5-ジメチル-2-フェニルピリジン（略称：Hdmpy）であることを確認した。なお、ステップ2の合成スキームを下記式 (C-2) に示す。

30

【0335】

【化 2 2】



40

【0336】

<ステップ3：ビス[2-(4,5-ジメチル-2-ピリジニル-N²)フェニル-C][2-(6-フェニル-4-ピリミジニル-N³)フェニル-C]イリジウム(III)（略称：[Ir(dppm)(dmpy)]₂）の合成>

次に、ジ-μ-クロロ-テトラキス[2-(6-フェニル-4-ピリミジニル-N³)フェニル-C]ジイリジウム(III)（略称：[Ir(dppm)₂Cl]₂）2.1 g (1.5 mmol)、ジクロロメタン 300 mL を、1000 mL 三口フラスコに入

50

れ、窒素気流下で撹拌した。この混合溶液にトリフルオロメタンスルホン酸銀 1.2 g (4.5 mmol) とメタノール 150 mL の混合溶液を滴下し、暗所下で 16 時間撹拌した。

【0337】

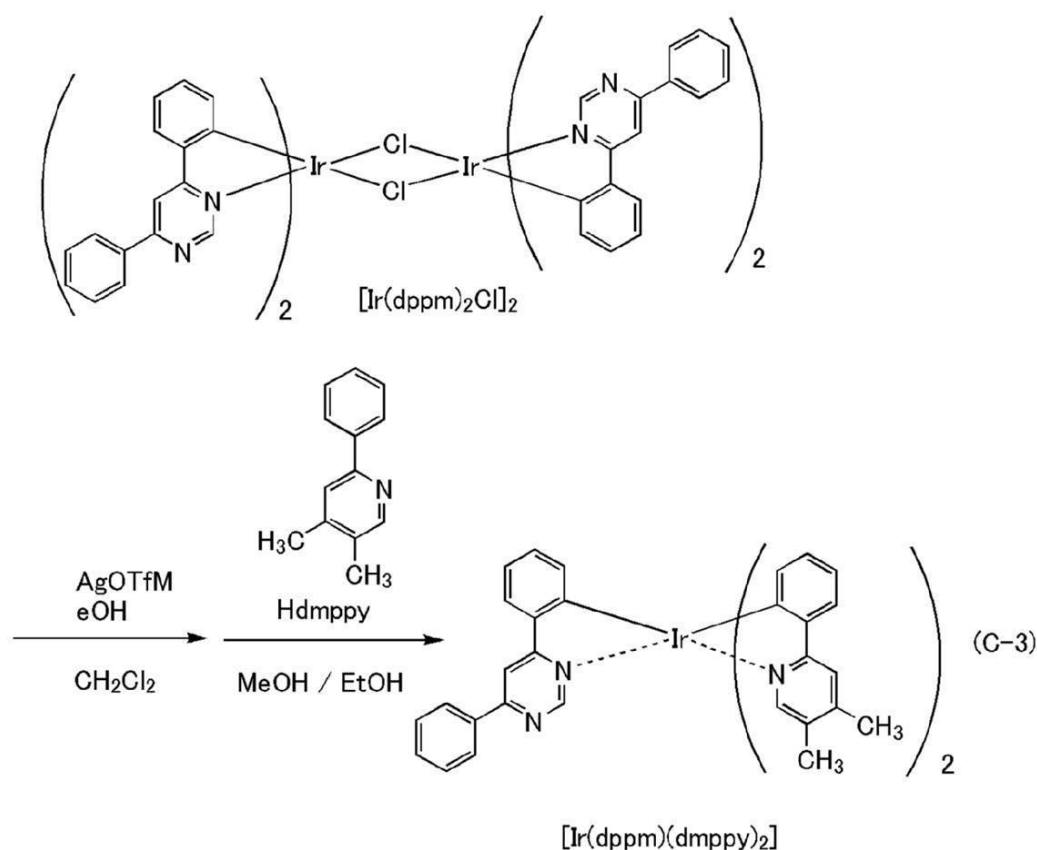
所定時間反応後、反応混合物をセライトに通し、ろ過した。得られたろ液を濃縮し、赤茶色固体を 2.8 g 得た。得られた固体 2.8 g、エタノール 30 mL、メタノール 30 mL、ステップ 2 で合成した 4,5-ジメチル-2-フェニルピリジン (略称: Hdmpy) 1.1 g (6.0 mmol) を 500 mL ナスフラスコに入れ、窒素気流下で 32 時間加熱還流した。所定時間反応後、反応混合物を濃縮し、固体を得た。得られた固体にジクロロメタンを加えて、セライト / 中性シリカゲル / セライトの順で積層したろ過補助剤を通してろ過した。

【0338】

得られたろ液を濃縮し、得られた油状物をシリカカラムクロマトグラフィーにより精製した。展開溶媒には、ヘキサン : ジクロロメタン = 2 : 1 の混合溶媒を用いた。さらに、得られたフラクションを濃縮して、固体を得た。この固体を酢酸エチル / ヘキサンで再結晶し、赤色固体を 0.18 g、収率 8 % で得た。さらに得られた固体 0.18 g をトレインサブレーション法により昇華精製した。圧力 2.6 Pa、アルゴン流量 5.0 mL/min の条件で、280 °C で 21 時間加熱して行った。昇華精製後、0.10 g、目的物の赤色固体を回収率 56 % で得た。ステップ 3 の合成スキームを下記式 (C-3) に示す。

【0339】

【化23】



【0340】

なお、上記ステップ 3 で得られた目的物 (赤色固体) の核磁気共鳴分光法 (^1H -NMR) による分析結果を下記に示す。また、 ^1H -NMR チャートを図 25 に示す。この結果から、本合成例において、上述の構造式 (112) で表される有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmpy})_2]$ が得られたことがわかった。

【0341】

^1H -NMR. (CDCl_3): 2.01 (s, 3H), 2.03 (s, 3H), 2.32 (s, 3H), 2.33 (s, 3H), 6.72 (d, 1H), 6.79 - 6.96 (m, 8H), 7.27 (s, 1H), 7.36 (s, 1H), 7.47 - 7.53 (m, 3H), 7.60 - 7.66 (m, 4H), 7.85 (d, 1H), 8.07 (d, 2H), 8.16 (d, 1H), 8.25 (d, 1H).

【0342】

次に、 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$ のジクロロメタン溶液の紫外可視吸収スペクトル(以下、単に「吸収スペクトル」という)及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計((株)日本分光製 V550型)を用い、ジクロロメタン溶液(0.0152 mmol/L)を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、絶対PL量子収率測定装置((株)浜松ホトニクス製 C11347-01)を用い、グローブボックス((株)ブライト製 LABstar M13(1250/780))にて、窒素雰囲気下でジクロロメタン脱酸素溶液(0.0152 mmol/L)を石英セルに入れ、密栓し、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図26に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図26において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図26に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液(0.0152 mmol/L)を石英セルに入れて測定した吸光度から、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸光度を差し引いた結果を示している。

【0343】

図26に示す通り、有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$ は、629 nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタンからは赤色の発光が観測された。

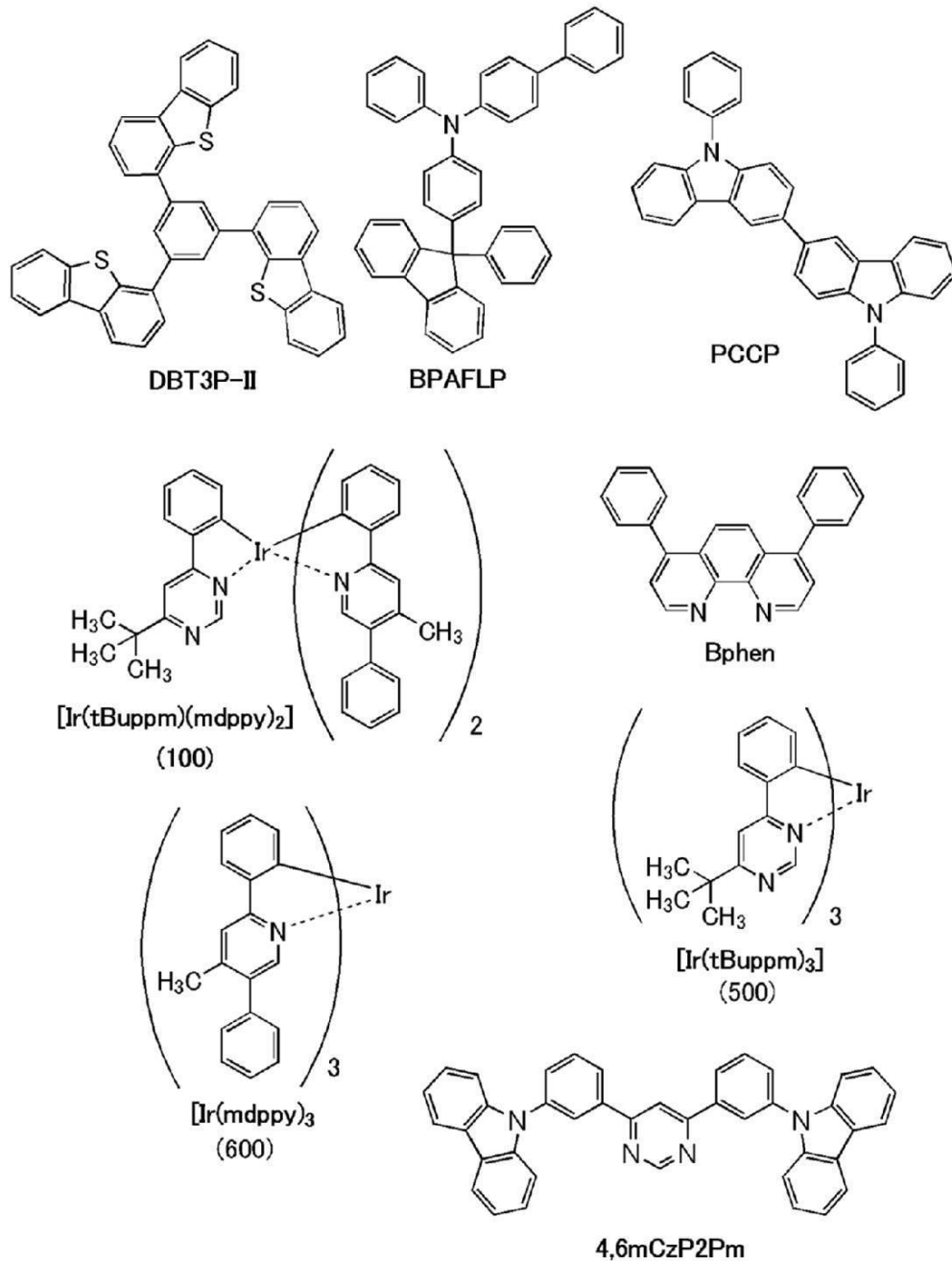
【実施例4】

【0344】

本実施例では、本発明の一態様である有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})(\text{mdppy})_2]$ (構造式(100))を用いた発光素子1、比較としてトリス{2-[6-(1,1-ジメチルエチル)-4-ピリミジニル-N³]フェニル-C}イリジウム(III)(略称: $[\text{Ir}(\text{tBuPPM})_3]$)(構造式(500))を用いた比較発光素子2、比較としてトリス[2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル-N)フェニル-C]イリジウム(III)(略称: $[\text{Ir}(\text{mdppy})_3]$)(構造式(600))を用いた比較発光素子3をそれぞれ作製した。なお、これらの発光素子の作製については、図27を用いて説明する。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【0345】

【化 2 4】



10

20

30

【 0 3 4 6】

発光素子の作製

まず、ガラス製の基板 900 上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により成膜し、陽極として機能する第 1 の電極 901 を形成した。なお、その膜厚は 110 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

40

【 0 3 4 7】

次に、基板 900 上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200 °C で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。

【 0 3 4 8】

その後、 1×10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 °C で 30 分間の真空焼成を行った後、基板 900 を 30 分程度放冷した。

【 0 3 4 9】

次に、第 1 の電極 901 が形成された面が下方となるように、基板 900 を真空蒸着装置

50

内に設けられたホルダーに固定した。本実施例では、真空蒸着法により、E L層902を構成する正孔注入層911、正孔輸送層912、発光層913、電子輸送層914、電子注入層915が順次形成される場合について説明する。

【0350】

真空装置内を 1×10^{-4} Paに減圧した後、1,3,5-トリ(ジベンゾチオフェン-4-イル)ベンゼン(略称: DBT3P-II)と酸化モリブデンとを、DBT3P-II:酸化モリブデン=4:2(質量比)となるように共蒸着し、第1の電極901上に正孔注入層911を形成した。膜厚は60 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。

【0351】

次に、9-フェニル-9H-3-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)カルバゾール(略称: PCCP)を20 nm蒸着し、正孔輸送層912を形成した。

【0352】

次に、正孔輸送層912上に発光層913を形成した。

【0353】

発光素子1の場合は、9,9'-(ピリミジン-4,6-ジイルジ-3,1-フェニレン)ビス(9H-カルバゾール)(略称: 4,6mCzP2Pm)、PCCP、[Ir(tBuppm)(mdppy)₂]を、4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(tBuppm)(mdppy)₂]=0.5:0.5:0.075(質量比)となるように共蒸着し、膜厚を20 nmとした。さらに、4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(tBuppm)(mdppy)₂]=0.8:0.2:0.075(質量比)となるように共蒸着し、膜厚を20 nmとした。以上により、発光素子1の発光層913を膜厚40 nmで形成した。

【0354】

比較発光素子2の場合は、4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(tBuppm)₃]=0.5:0.5:0.075(質量比)となるように共蒸着し、膜厚を20 nmとした。さらに、4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(tBuppm)₃]=0.8:0.2:0.075(質量比)となるように共蒸着し、膜厚を20 nmとした。以上により、比較発光素子2の発光層913を膜厚40 nmで形成した。

【0355】

比較発光素子3の場合は、4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(mdppy)₃]=0.5:0.5:0.075(質量比)となるように共蒸着し、膜厚を20 nmとした。さらに、4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(mdppy)₃]=0.8:0.2:0.075(質量比)となるように共蒸着し、膜厚を20 nmとした。以上により、比較発光素子3の発光層913を膜厚40 nmで形成した。

【0356】

次に、これらの発光素子の発光層913上に、4,6mCzP2Pmを20 nm蒸着した後、Bphenを10 nm蒸着し、電子輸送層914を形成した。

【0357】

さらに電子輸送層914上に、フッ化リチウムを1 nm蒸着し、電子注入層915を形成した。

【0358】

最後に、電子注入層915上にアルミニウムを200 nmの膜厚となるように蒸着し、陰極となる第2の電極903を形成し、各発光素子を得た。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。

【0359】

以上により得られた各発光素子の素子構造を表1に示す。

【0360】

10

20

30

40

【表 1】

	第1 の電極	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層	第2 の電極
発光素子 1	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	PCCP (20nm)	*	4,6mCzP2Pm (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 2	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	PCCP (20nm)	**	4,6mCzP2Pm (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 3	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	PCCP (20nm)	***	4,6mCzP2Pm (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

* 4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(tBuppm)(mdppy)₂] (0.5:0.5:0.075 (20nm)\0.8:0.2:0.075 (20nm))

**4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(tBuppm)₃] (0.5:0.5:0.075 (20nm)\0.8:0.2:0.075 (20nm))

***4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(mdppy)₃] (0.5:0.5:0.075 (20nm)\0.8:0.2:0.075 (20nm))

【0361】

また、作製した各発光素子は、大気に曝されないように窒素雰囲気グローブボックス内において封止した（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、及び80℃にて1時間熱処理）。

【0362】

各発光素子の動作特性

作製した各発光素子の動作特性について測定した。なお、測定は室温（25℃）に保たれた雰囲気で行った。

【0363】

発光素子1、比較発光素子2、および比較発光素子3の電流密度-輝度特性を図28、電圧-輝度特性を図29、輝度-電流効率特性を図30、電圧-電流特性を図31にそれぞれ示す。

【0364】

また、1000cd/m²付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表2に示す。

【0365】

【表 2】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流 効率 (cd/A)	パワー 効率 (lm/W)	外部 量子効率 (%)
発光素子 1	2.9	0.055	1.4	(0.48,0.52)	980	71	77	22
比較 発光素子 2	2.9	0.049	1.2	(0.39,0.59)	1100	91	99	25
比較 発光素子 3	3.3	0.043	1.1	(0.38,0.60)	890	83	79	23

【0366】

また、発光素子 1、比較発光素子 2、および比較発光素子 3 に $25 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 3 2 に示す。図 3 2 に示す通り、発光素子 1 の発光スペクトルは、本発明の一態様である有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{mdppy})_2]$ に由来して 559 nm 付近にピークを有する緑色発光を示したが、比較発光素子 2 や比較発光素子 3 は、 530 nm 付近にピークを示していた。

【0367】

次に、各発光素子に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図 3 3 に示す。図 3 3 において、縦軸は初期輝度を 100% とした時の規格化輝度 (%) を示し、横軸は素子の駆動時間 (h) を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を $5000 \text{ cd} / \text{m}^2$ に設定し、電流密度一定の条件で発光素子を駆動させた。

10

【0368】

図 3 3 に示す結果より、本発明の一態様である有機金属錯体を用いた発光素子 1 は、比較発光素子 2 や比較発光素子 3 に比べて高い信頼性を示すことがわかった。本発明の一態様である有機金属錯体において、HOMO と LUMO とがそれぞれ異なる配位子に分布することにより空間的に分離され、全体として HOMO が浅く、LUMO が深い有機金属錯体を実現することができている。つまり、発光素子 1 における発光材料として用いた有機金属錯体は、キャリア輸送時および励起状態の双方において、ホールに対する耐性が高い配位子 (HOMO が分布しやすい第 2 の配位子) にホールが、電子に対する耐性が高い配位子 (LUMO が分布しやすい第 1 の配位子) に電子が、それぞれ分布する。そのため、キャリア輸送時および励起状態での安定性が増大し、長寿命な発光素子を作製することができたと考えられる。

20

【0369】

また、このような HOMO と LUMO との分離により、有機金属錯体自体が両キャリアを輸送することができる。 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]$ の HOMO および LUMO が深く、これを用いた素子はホール注入性や輸送性が悪く、また、 $[\text{Ir}(\text{mdppy})_3]$ は HOMO および LUMO が浅く、これを用いた素子は電子注入性や輸送性が悪い一方で、本発明の一態様である有機金属錯体中には、主に HOMO が分布するフェニルピリジン化合物を 2 つと主に LUMO が分布するフェニルピリミジン化合物を 1 つ配位子として有している。これにより、有機金属錯体のホールおよび電子の注入性が良くなるとともに、ホールおよび電子の輸送性のバランスが良くなり、発光領域も狭くなり、素子の信頼性が向上していると考えられる。このことも、本発明の一態様である有機金属錯体を用いることで発光素子が長寿命化した一因であると考えられる。

30

【0370】

なお、比較発光素子 2 で用いた化合物 (構造式 (500)) は tBuppm 配位子を 3 つ、比較発光素子 3 で用いた化合物 (構造式 (600)) は mdppy 配位子を 3 つ、それぞれ有している。しかしながら、ピリミジン環を有する tBuppm とピリジン環を有する mdppy の双方を有する本発明の一態様の有機金属錯体を用いた発光素子 1 は、比較発光素子 2、3 に比べて大きく長寿命化している。このことから、本発明の一態様の有機金属錯体においては、二種類の配位子の単なる足し合わせではなく、新たな機能が長寿命化という形で発現していると言える。このことは驚くべき現象である。ピリミジン配位子である tBuppm に LUMO が、ピリジン配位子である mdppy に HOMO が分布しているため、このような効果が得られていると考えられる。

40

【0371】

また特に、HOMO が分布する配位子が 2 つ、LUMO が分布する配位子が 1 つ存在することが、長寿命化の観点で重要である。すなわち、ホールを受容できる配位子が多い方が、有機金属錯体がより安定になるが、ホールを受容できる配位子のみを配位子として用いると寿命が悪くなることが分かる。

【実施例 5】

【0372】

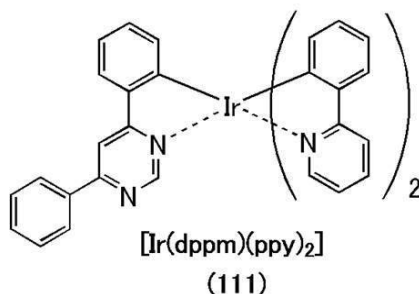
合成例 4

50

本実施例では、実施の形態 1 の構造式 (1 1 1) で表される有機金属錯体、[2 - (6 - フェニル - 4 - ピリジニル - N³) フェニル - C] ビス [2 - (2 - ピリジニル - N) フェニル - C] イリジウム (I I I) (略称 : [Ir (d p p m) (p p y)₂]) の合成方法について説明する。なお、[Ir (d p p m) (p p y)₂] の構造を以下に示す。

【 0 3 7 3 】

【 化 2 5 】



10

【 0 3 7 4 】

<ステップ 1 : [2 - (6 - フェニル - 4 - ピリジニル - N³) フェニル - C] ビス [2 - (2 - ピリジニル - N) フェニル - C] イリジウム (I I I) (略称 : [Ir (d p p m) (p p y)₂]) の合成 >

20

まず、ジ - μ - クロロ - テトラキス [2 - (2 - ピリジニル - N) フェニル - C] ジイリジウム (I I I) (略称 : [Ir (p p y)₂ C l]₂) 3 . 0 g (2 . 8 m m o l)、ジクロロメタン 5 6 0 m L を、1 0 0 0 m L 三口フラスコに入れ、窒素気流下で撹拌した。この混合溶液にトリフルオロメタンスルホン酸銀 2 . 2 g (8 . 4 m m o l) とメタノール 1 5 0 m L の混合溶液を滴下し、暗所下で 2 2 時間撹拌した。所定時間反応後、反応混合物をセライトに通し、ろ過した。

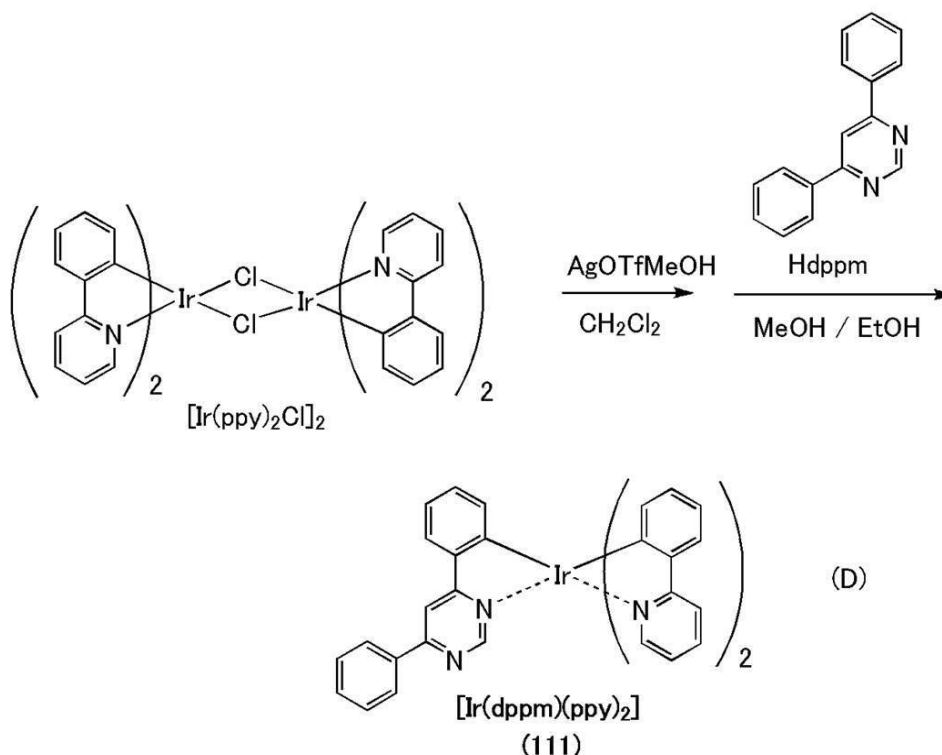
【 0 3 7 5 】

得られたろ液を濃縮し、赤茶色固体を 4 . 6 g 得た。得られた固体 4 . 6 g、エタノール 5 0 m L、メタノール 5 0 m L、4 , 6 - ジフェニルピリミジン (略称 : H d p p m) 2 . 6 g (1 1 m m o l) を 1 0 0 0 m L ナスフラスコに入れ、窒素気流下で 1 2 . 5 時間加熱還流した。所定時間反応後、反応混合物を濃縮し、固体を得た。得られた固体にジクロロメタンを加えて、セライト / 中性シリカゲル / セライトの順で積層したろ過補助剤を通してろ過した。得られたろ液を濃縮し、得られた油状物をシリカカラムクロマトグラフィーにより精製した。展開溶媒には、ヘキサン : ジクロロメタン = 2 : 1 の混合溶媒を用いた。得られたフラクションを濃縮して、固体を得た。得られた固体をジクロロメタン / メタノールで再結晶し、橙色固体を 0 . 3 5 g、収率 9 % で得た。上記合成方法の合成スキームを下記式 (D) に示す。

30

【 0 3 7 6 】

【化 2 6】



10

20

【0377】

上記ステップで得られた目的物（橙色固体）の核磁気共鳴分光法（NMR）による分析結果を下記に示す。また、 ^1H -NMRチャートを図34に示す。この結果から、本合成例において、上述の構造式（111）で表される有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$ が得られたことがわかった。

【0378】

^1H -NMR. (CDCl_3): 6.79 (d, 1H), 6.84 - 6.98 (m, 10H), 7.47 - 7.53 (m, 3H), 7.56 (d, 1H), 7.59 - 7.65 (m, 2H), 7.68 (t, 2H), 7.71 (d, 1H), 7.86 (d, 1H), 7.91 (t, 2H), 8.07 (d, 2H), 8.17 (s, 1H), 8.23 (s, 1H).

30

【0379】

次に、 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$ のジクロロメタン溶液の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用い、ジクロロメタン溶液（0.0102 mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、絶対PL量子収率測定装置（（株）浜松ホトニクス製 C11347-01）を用い、グローブボックス（（株）ブライト製 LABstar M13 (1250/780)）にて、窒素雰囲気下でジクロロメタン脱酸素溶液（0.0102 mmol/L）を石英セルに入れ、密栓し、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図35に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。なお、図35に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液（0.0102 mmol/L）を石英セルに入れて測定した吸光度から、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸光度を差し引いた結果を示している。

40

【0380】

図35に示す通り、有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$ は、625 nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタンからは赤色の発光が観測された。

【実施例6】

50

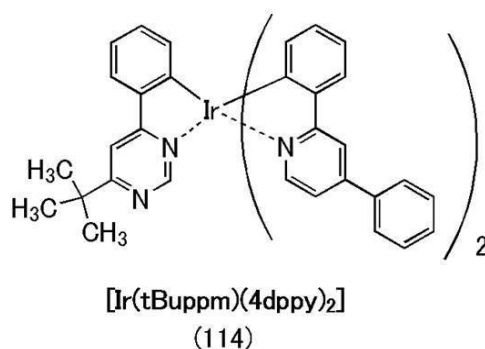
【0381】

合成例5

本実施例では、実施の形態1の構造式(114)で表される有機金属錯体、{2-[6-(1,1-ジメチルエチル)-4-ピリジニル-N³]フェニル-C}ビス[2-(4-フェニル-2-ピリジニル-N)フェニル-C]イリジウム(III)(略称:[Ir(tBuppm)(4dppy)₂])の合成方法について説明する。なお、[Ir(tBuppm)(4dppy)₂]の構造を以下に示す。

【0382】

【化27】



10

【0383】

まず、[Ir(4dppy)₂Cl]₂(略称)3.5gとジクロロメタン250mLを三口フラスコに入れフラスコ内を窒素置換した。ここに、銀トリフラート2.0gとメタノール30mLの混合液を滴下し、室温にて20時間攪拌した。得られた反応物をセライトに通して、ろ過した。ろ液を濃縮し、固体を得た。この固体にHtBuppm(略称)2.9g、2-エトキシエタノール50mL、N,N-ジメチルホルムアミド(略称:DMF)50mLを加え、窒素雰囲気下15時間還流させた。

【0384】

得られた混合物を濃縮し、固体を得た。得られた固体を、クロロホルム:ヘキサン=2:3を展開溶媒とした中性シリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。さらにジクロロメタン:ヘキサン=1:1を展開溶媒とした中性シリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製した。得られた溶液を濃縮し、ジクロロメタンとメタノールにて再結晶することにより、有機金属錯体、[Ir(tBuppm)(4dppy)₂](略称)を橙色固体として得た(収率:27%)。

30

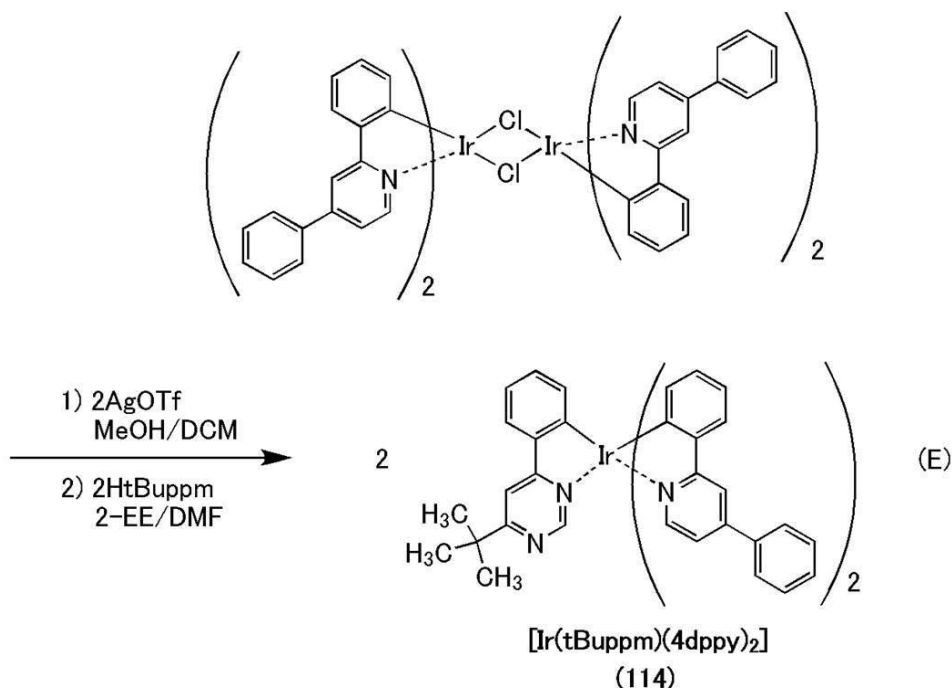
【0385】

得られた橙色固体0.12gを、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力2.7Paにて、アルゴン流量5mL/min、305℃で固体を加熱した。昇華精製後、目的物の橙色固体を収率59%で得た。また、上記合成方法の合成スキームを下記式(E)に示す。

【0386】

40

【化 2 8】



10

20

【0387】

なお、上記合成方法で得られた橙色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図 3 6 に示す。この結果から、本合成例において、上述の構造式 (114) で表される有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ が得られたことがわかった。

【0388】

$^1\text{H-NMR}$. (CDCl_3) : 1.38 (s, 9H)、6.84 (d, 1H)、6.87 - 6.97 (m, 8H)、7.07 (dd, 1H)、7.16 (dd, 1H)、7.42 - 7.51 (m, 6H)、7.60 (d, 2H)、7.66 - 7.67 (m, 4H)、7.76 - 7.80 (m, 4H)、8.05 (ds, 1H)、8.10 (ds, 1H)、8.26 (ds, 1H)。なお、5.29 付近のピークはジクロロメタン由来である。

30

【0389】

次に、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ のジクロロメタン脱酸素溶液の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 ((株) 日本分光製 V550 型) を用い、ジクロロメタン溶液 (0.019 mmol/L) を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、絶対 PL 量子収率測定装置 ((株) 浜松ホトニクス製 C11347-01) を用い、グローブボックス ((株) ブライト製 LABstar M13 (1250/780)) にて、窒素雰囲気下でジクロロメタン脱酸素溶液 (0.019 mmol/L) を石英セルに入れ、密栓し、室温で測定を行った。

40

【0390】

得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 3 7 に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図 3 7 において 2 本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図 3 7 に示す吸収スペクトルは、ジクロロメタン溶液 (0.019 mmol/L) を石英セルに入れて測定した吸光度から、ジクロロメタンのみを石英セルに入れて測定した吸光度を差し引いた結果を示している。

【0391】

50

図37に示す通り、有機金属錯体、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ は、563nmに発光ピークを有しており、ジクロロメタン溶液からは黄色の発光が観測された。

【0392】

次に、本実施例で得られた $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ を液体クロマトグラフ質量分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 略称: LC/MS分析)によって質量(MS)分析した。

【0393】

LC/MS分析は、サーモフィッシャーサイエンティフィック社製Ultimate3000によりLC(液体クロマトグラフィー)分離を行い、サーモフィッシャーサイエンティフィック社製Q ExactiveによりMS分析(質量分析)を行った。

10

【0394】

LC分離は、任意のカラムを用いてカラム温度は40とし、送液条件は溶媒を適宜選択し、サンプルは任意の濃度の $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ を有機溶媒に溶かして調整し、注入量は5.0μLとした。

【0395】

MS分析は、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ 由来のイオンである $m/z = 864.28$ の成分をTargeted-MS²法を用いて測定を行なった。Targeted-MS²の設定は、質量幅を±2.0 m/z とし、検出はポジティブモードで行った。イオンを加速するエネルギーNCE(Normalized Collision Energy)を40として測定した。得られたMSスペクトルを図38に示す。

20

【0396】

図38の結果から、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ は、主として $m/z = 653$ 付近、634付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、図38に示す結果は、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ を同定する上での重要なデータであるといえる。

【0397】

なお、 $m/z = 653$ 付近のプロダクトイオンは、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ におけるtBuppm(略称)が離脱した状態のカチオンと推定され、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ が、HtBuppm(略称)を含んでいることを示唆するものである。また、 $m/z = 634$ 付近のプロダクトイオンは、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ (略称)における4dppy(略称)が脱離した状態のカチオンと推定され、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ が、H4dppy(略称)を含んでいることを示唆するものである。

30

【実施例7】

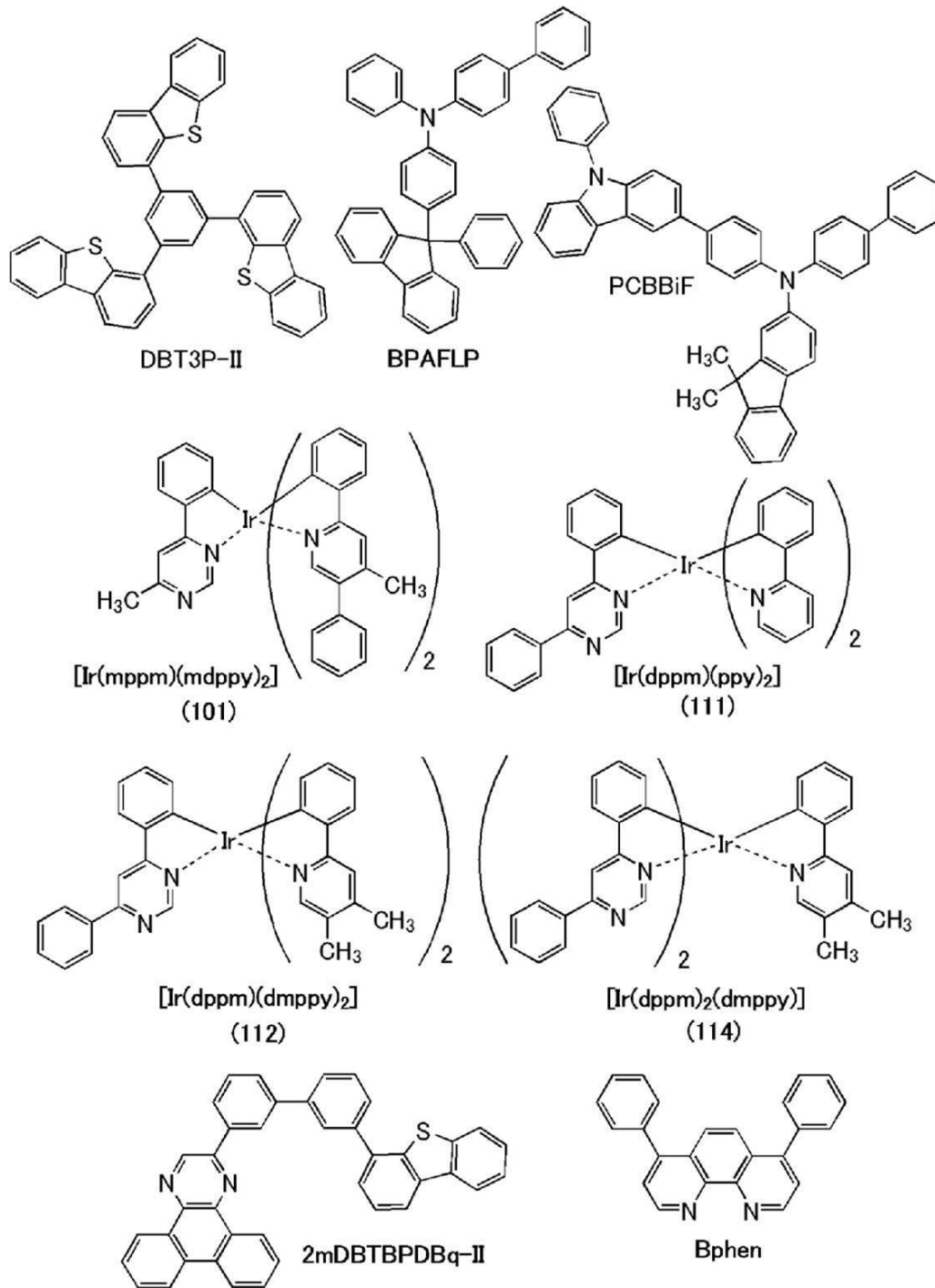
【0398】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例2で合成方法の一例を示した $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ (101)を発光層に用いた発光素子4を作製し、実施例5で合成方法の一例を示した $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$ (111)を発光層に用いた発光素子5を作製し、実施例3で合成方法の一例を示した $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmppy})_2]$ (112)を発光層に用いた発光素子6を作製し、実施例6で合成方法の一例を示した $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(4\text{dppy})_2]$ (114)を発光層に用いた発光素子7を作製し、それぞれの発光素子の特性について測定した結果を示す。なお、本実施例における発光素子4、発光素子5、発光素子6、および発光素子7の作製方法については、用いた材料が一部異なる以外は実施例4と同様であるので説明を省略する。また、本実施例で用いた材料の化学式を以下に示す。

40

【0399】

【化 2 9】



【 0 4 0 0 】

各発光素子の作製

本実施例で作製した発光素子 4、発光素子 5、発光素子 6、および発光素子 7 の素子構造を表 3 に示す。

【 0 4 0 1 】

【表 3】

	第1 の電極	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層	第2 の電極
発光素子 4	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
発光素子 5	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
発光素子 6	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
発光素子 7	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO _x (1:0.5 60nm)	BPAFLP (20nm)	****	2mDBTBPDBq-II (7.8nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

*2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(mppm)(mdppy)₂] (0.7:0.3:0.075 (20nm)\0.8:0.2:0.075 (20nm))

** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)(ppy)₂] (0.7:0.3:0.075 (20nm)\0.8:0.2:0.075 (20nm))

*** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)(dmpy)₂] (0.7:0.3:0.075 (20nm)\0.8:0.2:0.075 (20nm))

**** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)(4dppy)₂] (0.7:0.3:0.075 (20nm)\0.8:0.2:0.075 (20nm))

【0402】

各発光素子の動作特性

次に、作製した各発光素子の動作特性について測定した。なお、測定は室温（25℃に保たれた雰囲気）で行った。

【0403】

発光素子4の電流密度 - 輝度特性を図39、電圧 - 輝度特性を図40、輝度 - 電流効率特性を図41、電圧 - 電流特性を図42にそれぞれ示す。また、発光素子5の電流密度 - 輝度特性を図45、電圧 - 輝度特性を図46、輝度 - 電流効率特性を図47、電圧 - 電流特性を図48にそれぞれ示す。また、発光素子6の電流密度 - 輝度特性を図51、電圧 - 輝度特性を図52、輝度 - 電流効率特性を図53、電圧 - 電流特性を図54にそれぞれ示す。また、発光素子7の電流密度 - 輝度特性を図57、電圧 - 輝度特性を図58、輝度 - 電流効率特性を図59、電圧 - 電流特性を図60にそれぞれ示す。

【0404】

また、1000 cd/m²付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表4に示す。

【0405】

【表 4】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流 効率 (cd/A)	パワー 効率 (lm/W)	外部 量子効率 (%)
発光素子 4	2.7	0.050	1.2	(0.46,0.53)	860	69	80	21
発光素子 5	3.4	0.090	2.2	(0.58,0.42)	770	34	32	17
発光素子 6	2.8	0.140	3.4	(0.62,0.38)	930	27	30	18
発光素子 7	2.8	0.060	1.5	(0.45,0.54)	940	62	70	18

10

【0406】

また、発光素子 4 に 2.5 mA/cm^2 の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 43、発光素子 5 に 2.5 mA/cm^2 の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 49、発光素子 6 に 2.5 mA/cm^2 の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 55、発光素子 7 に 2.5 mA/cm^2 の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 61 にそれぞれ示す。なお、発光素子 4 の発光スペクトルは 558 nm 、発光素子 5 の発光スペクトルは 597 nm 、発光素子 6 の発光スペクトルは 611 nm 、発光素子 7 の発光スペクトルは 556 nm 付近にそれぞれピークを有しており、発光素子 4 は、その EL 層に用いた有機化合物、 $[\text{Ir}(\text{mppm})(\text{mdppy})_2]$ に由来の発光を示し、発光素子 5 は、その EL 層に用いた有機化合物、 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{ppy})_2]$ に由来の発光を示し、発光素子 6 は、その EL 層に用いた有機化合物、 $[\text{Ir}(\text{dppm})(\text{dmpmppy})_2]$ に由来の発光を示し、発光素子 7 は、その EL 層に用いた有機化合物、 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})(\text{4dppy})_2]$ に由来の発光を示していることが示唆される。

20

30

【0407】

次に、各発光素子に対する信頼性試験を行った。発光素子 4 の信頼性試験の結果を図 44、発光素子 5 の信頼性試験の結果を図 50、発光素子 6 の信頼性試験の結果を図 56、発光素子 7 の信頼性試験の結果を図 62 にそれぞれ示す。これらの図において、縦軸は初期輝度を 100% とした時の規格化輝度 (%) を示し、横軸は素子の駆動時間 (h) を示す。なお、信頼性試験は、 2 mA における定電流駆動試験である。

【0408】

また、図 44、図 50、図 56 および図 62 に示す信頼性試験の結果より、本発明の一態様である有機金属錯体をそれぞれ用いた本実施例に示す各発光素子は、高い信頼性を示すことがわかった。なお、これらの有機金属錯体において、HOMO と LUMO とがそれぞれ異なる配位に分布することにより空間的に分離され、全体として HOMO が浅く、LUMO が深い有機金属錯体を実現することができている。つまり、本実施例に示す各発光素子に発光材料として用いた有機金属錯体は、キャリア輸送時および励起状態の双方において、ホールに対する耐性が高い配位子 (HOMO が分布しやすい第 2 の配位子) にホールが、電子に対する耐性が高い配位子 (LUMO が分布しやすい第 1 の配位子) に電子が、それぞれ分布する。そのため、キャリア輸送時および励起状態での安定性が増大し、長寿命な発光素子を作製することができたと考えられる。

40

【符号の説明】

【0409】

50

1 0 1	第 1 の電極	
1 0 2	E L 層	
1 0 3	第 2 の電極	
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3	発光層	
1 1 4	電子輸送層	
1 1 5	電子注入層	
2 0 1	第 1 の電極	
2 0 2 (1)	第 1 の E L 層	10
2 0 2 (2)	第 2 の E L 層	
2 0 2 (n - 1)	第 (n - 1) の E L 層	
2 0 2 (n)	第 (n) の E L 層	
2 0 4	第 2 の電極	
2 0 5	電荷発生層	
2 0 5 (1)	第 1 の電荷発生層	
2 0 5 (2)	第 2 の電荷発生層	
2 0 5 (n - 2)	第 (n - 2) の電荷発生層	
2 0 5 (n - 1)	第 (n - 1) の電荷発生層	
3 0 1	素子基板	20
3 0 2	画素部	
3 0 3	駆動回路部 (ソース線駆動回路)	
3 0 4 a、3 0 4 b	駆動回路部 (ゲート線駆動回路)	
3 0 5	シール材	
3 0 6	封止基板	
3 0 7	配線	
3 0 8	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
3 0 9	F E T	
3 1 0	F E T	
3 1 2	電流制御用 F E T	30
3 1 3 a、3 1 3 b	第 1 の電極 (陽極)	
3 1 4	絶縁物	
3 1 5	E L 層	
3 1 6	第 2 の電極 (陰極)	
3 1 7 a、3 1 7 b	発光素子	
3 1 8	空間	
3 2 0 a、3 2 0 b	導電膜	
3 2 1、3 2 2	領域	
3 2 3	引き回し配線	
3 2 4	有色層 (カラーフィルタ)	40
3 2 5	黒色層 (ブラックマトリクス)	
3 2 6、3 2 7、3 2 8	F E T	
4 0 1	基板	
4 0 2	第 1 の電極	
4 0 3 a、4 0 3 b、4 0 3 c	E L 層	
4 0 4	第 2 の電極	
4 0 5	発光素子	
4 0 6	絶縁膜	
4 0 7	隔壁	
5 0 0	表示装置	50

5 0 3	表示部	
5 0 4	画素	
5 0 5	導電膜	
5 0 6	位置	
5 0 7	開口部	
5 1 0	液晶素子	
5 1 1	発光素子	
5 1 5	トランジスタ	
5 1 6	トランジスタ	
5 1 7	トランジスタ	10
5 1 8	端子部	
5 1 9	端子部	
5 2 1	基板	
5 2 2	基板	
5 2 3	発光素子	
5 2 4	液晶素子	
5 2 5	絶縁層	
5 2 8	着色層	
5 2 9	接着層	
5 3 0	導電層	20
5 3 1	E L 層	
5 3 2	導電層	
5 3 3	開口部	
5 3 4	着色層	
5 3 5	遮光層	
5 3 6	構造体	
5 3 7	導電層	
5 3 8	液晶	
5 3 9	導電層	
5 4 0	配向膜	30
5 4 1	配向膜	
5 4 2	接着層	
5 4 3	導電層	
5 4 4	F P C	
5 4 5	接続層	
5 4 6	絶縁層	
5 4 7	接続部	
5 4 8	接続体	
9 0 0	基板	
9 0 1	第 1 の電極	40
9 0 2	E L 層	
9 0 3	第 2 の電極	
9 1 1	正孔注入層	
9 1 2	正孔輸送層	
9 1 3	発光層	
9 1 4	電子輸送層	
9 1 5	電子注入層	
2 0 0 0	タッチパネル	
2 0 0 0 '	タッチパネル	
2 5 0 1	表示パネル	50

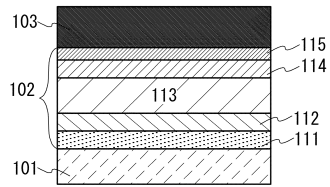
2 5 0 2 R	画素	
2 5 0 2 t	トランジスタ	
2 5 0 3 c	容量素子	
2 5 0 3 g	走査線駆動回路	
2 5 0 3 t	トランジスタ	
2 5 0 9	F P C	
2 5 1 0	基板	
2 5 1 1	配線	
2 5 1 9	端子	
2 5 2 1	絶縁層	10
2 5 2 8	絶縁体	
2 5 5 0 R	発光素子	
2 5 6 0	封止層	
2 5 6 7 B M	遮光層	
2 5 6 7 p	反射防止層	
2 5 6 7 R	着色層	
2 5 7 0	基板	
2 5 9 0	基板	
2 5 9 1	電極	
2 5 9 2	電極	20
2 5 9 3	絶縁層	
2 5 9 4	配線	
2 5 9 5	タッチセンサ	
2 5 9 7	接着層	
2 5 9 8	配線	
2 5 9 9	端子	
2 6 0 1	パルス電圧出力回路	
2 6 0 2	電流検出回路	
2 6 0 3	容量	
2 6 1 1	トランジスタ	30
2 6 1 2	トランジスタ	
2 6 1 3	トランジスタ	
2 6 2 1	電極	
2 6 2 2	電極	
3 2 0 0	基板	
3 2 0 1	陰極	
3 2 0 2	E L 層	
3 2 0 3	陽極	
3 2 1 3	発光層	
3 2 1 4	電子注入層	40
3 2 1 5	正孔輸送層	
3 2 1 6	正孔注入層	
3 2 1 7	絶縁物	
3 3 0 0	ヘッド部	
3 3 0 1 a	噴射部	
3 3 0 1 c	噴射部	
3 3 0 2 a	圧電素子	
3 3 0 2 c	圧電素子	
3 3 0 3 a	インク	
3 3 0 3 c	インク	50

4 0 0 0	照明装置	
4 0 0 1	基板	
4 0 0 2	発光素子	
4 0 0 3	基板	
4 0 0 4	電極	
4 0 0 5	E L 層	
4 0 0 6	電極	
4 0 0 7	電極	
4 0 0 8	電極	
4 0 0 9	補助配線	10
4 0 1 0	絶縁層	
4 0 1 1	封止基板	
4 0 1 2	シール材	
4 0 1 3	乾燥剤	
4 0 1 5	拡散板	
4 1 0 0	照明装置	
4 2 0 0	照明装置	
4 2 0 1	基板	
4 2 0 2	発光素子	
4 2 0 4	電極	20
4 2 0 5	E L 層	
4 2 0 6	電極	
4 2 0 7	電極	
4 2 0 8	電極	
4 2 0 9	補助配線	
4 2 1 0	絶縁層	
4 2 1 1	封止基板	
4 2 1 2	シール材	
4 2 1 3	バリア膜	
4 2 1 4	平坦化膜	30
4 2 1 5	拡散板	
4 3 0 0	照明装置	
5 1 0 1	ライト	
5 1 0 2	ホイール	
5 1 0 3	ドア	
5 1 0 4	表示部	
5 1 0 5	ハンドル	
5 1 0 6	シフトレバー	
5 1 0 7	座席シート	
5 1 0 8	インナーリアビューミラー	40
7 1 0 0	テレビジョン装置	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	50

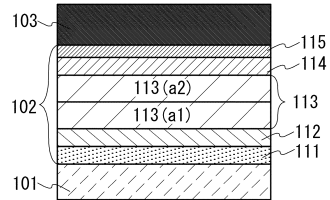
7 2 0 4	キーボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 3 0 2	筐体	
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	時刻を表すアイコン	
7 3 0 6	その他のアイコン	
7 3 1 1	操作ボタン	
7 3 1 2	操作ボタン	
7 3 1 3	接続端子	10
7 3 2 1	バンド	
7 3 2 2	留め金	
7 4 0 0	携帯電話機	
7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作用ボタン	
7 4 0 4	外部接続部	
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
7 4 0 7	カメラ	20
7 5 0 0 (1)、7 5 0 0 (2)	筐体	
7 5 0 1 (1)、7 5 0 1 (2)	第 1 面	
7 5 0 2 (1)、7 5 0 2 (2)	第 2 面	
8 0 0 1	照明装置	
8 0 0 2	照明装置	
8 0 0 3	照明装置	
9 3 1 0	携帯情報端末	
9 3 1 1	表示部	
9 3 1 2	表示領域	
9 3 1 3	ヒンジ	30
9 3 1 5	筐体	

【図 1】

(A)

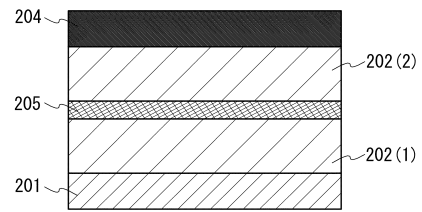


(B)

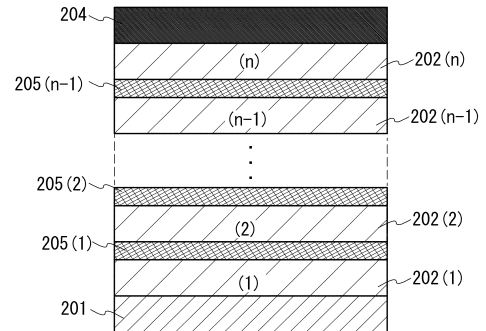


【図 2】

(A)

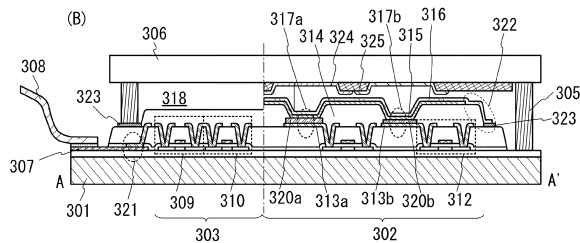
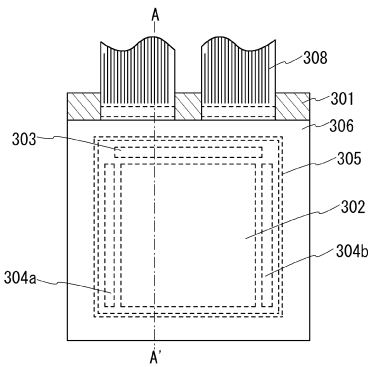


(B)

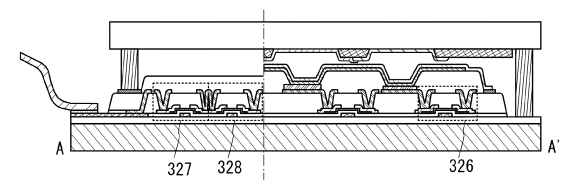


【図 3】

(A)

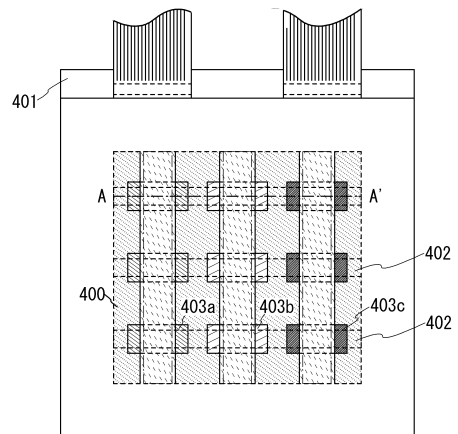


(C)

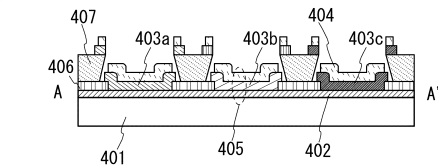


【図 4】

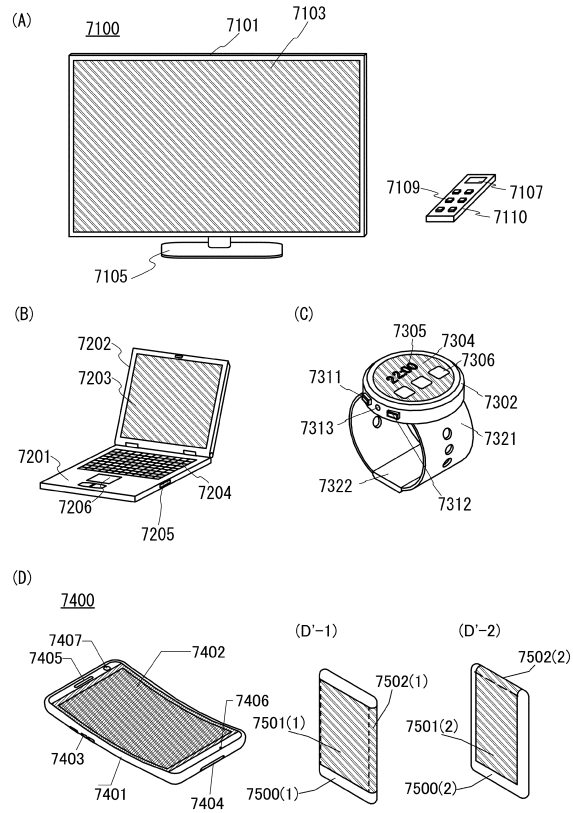
(A)



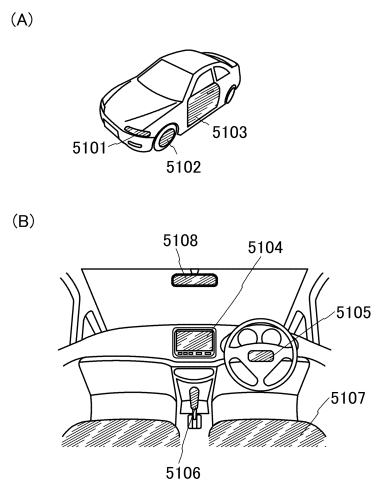
(B)



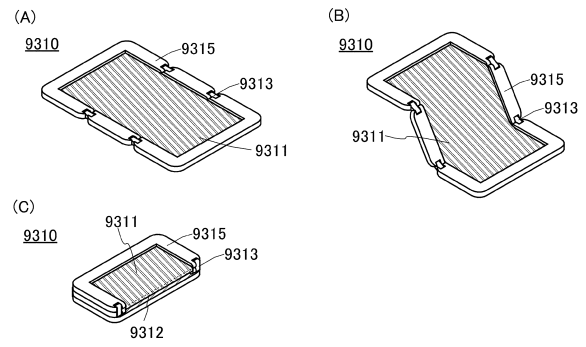
【図 5】



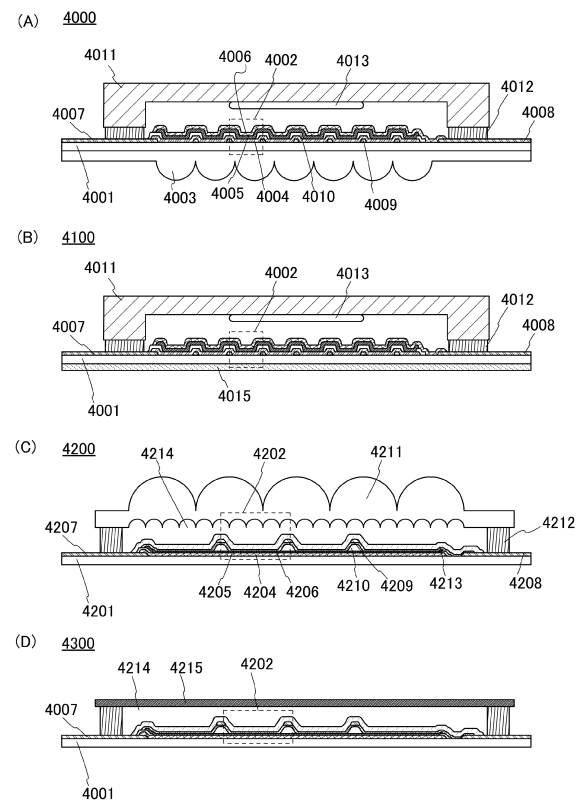
【図 7】



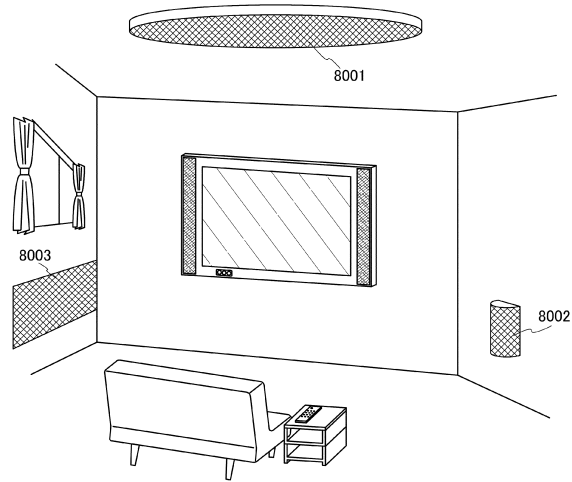
【図 6】



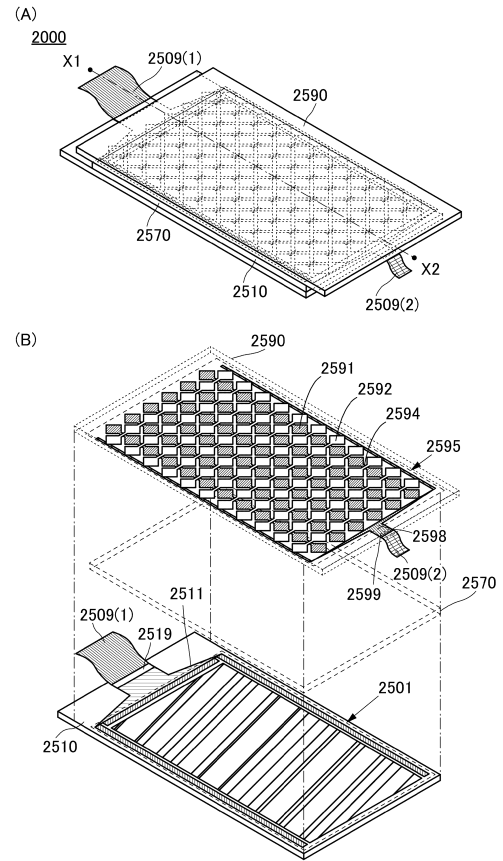
【図 8】



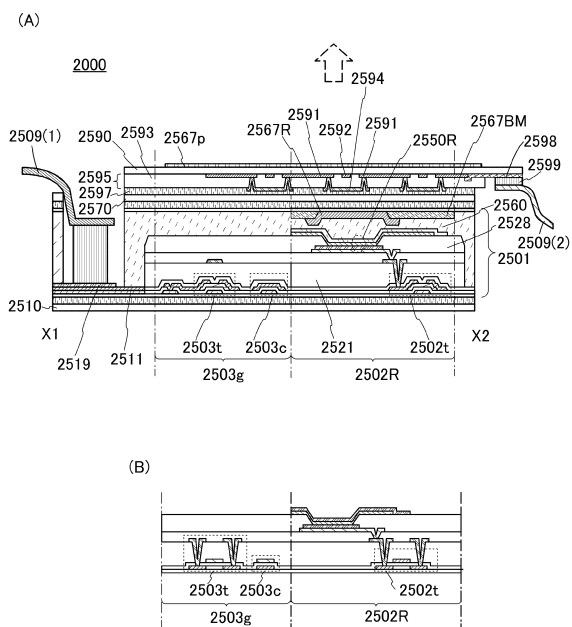
【図 9】



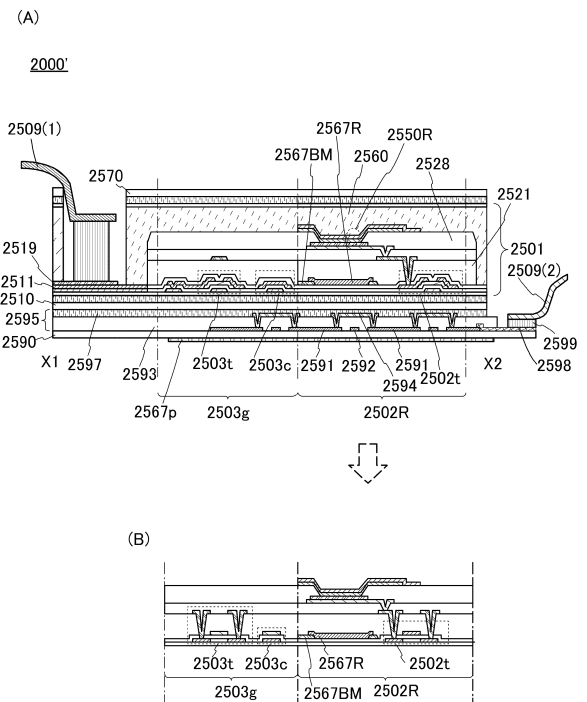
【図 10】



【図 11】

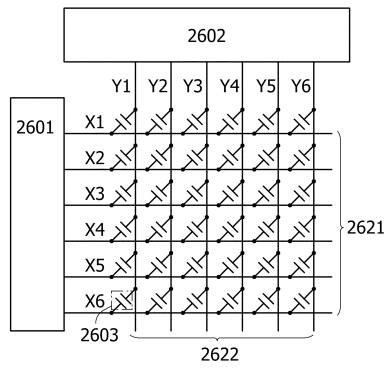


【図 12】

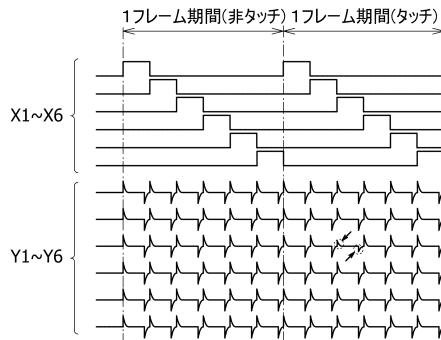


【図 13】

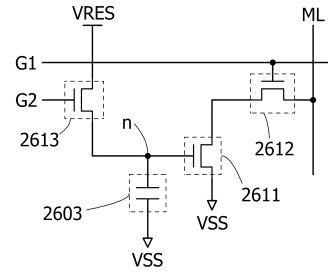
(A)



(B)

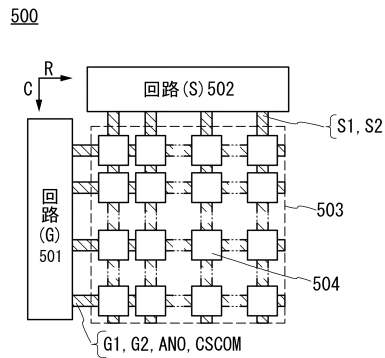


【図 14】

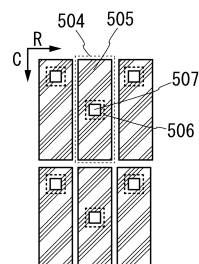


【図 15】

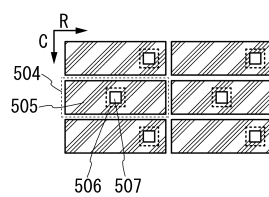
(A)



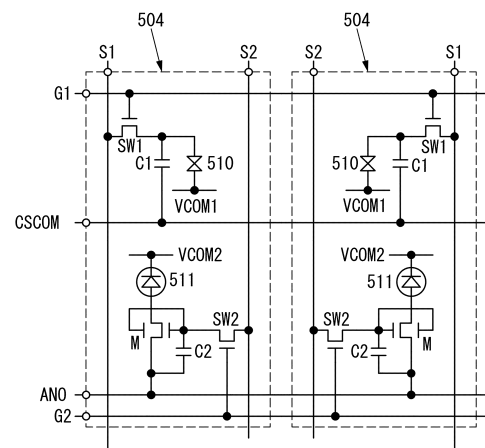
(B1)



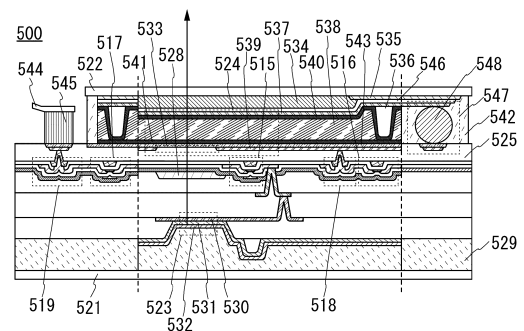
(B2)



【図 16】



【図 17】

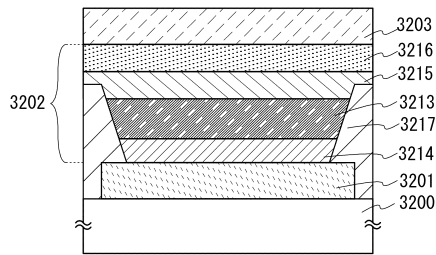


A

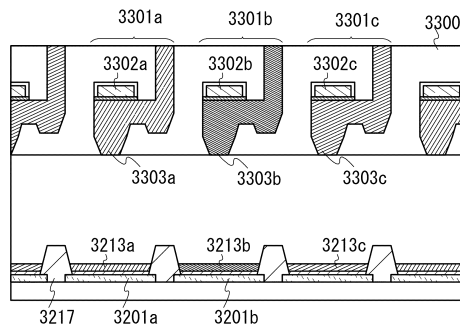
A'

【図 18】

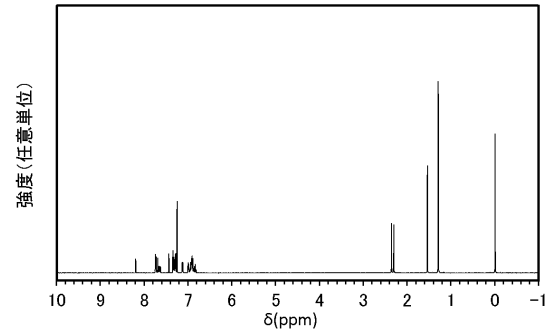
(A)



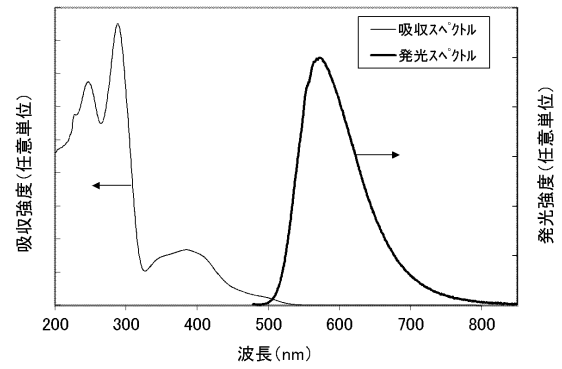
(B)



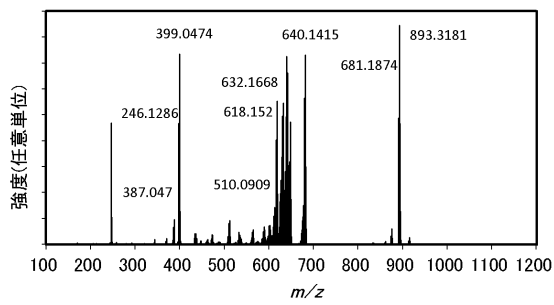
【図 19】



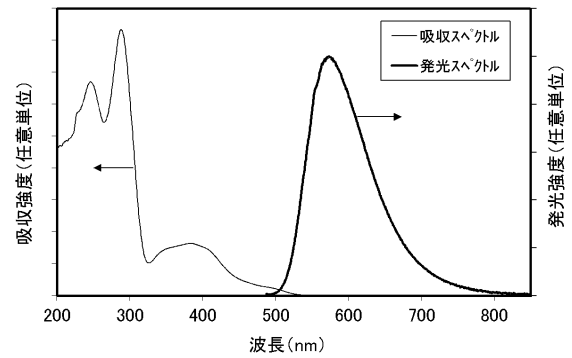
【図 20】



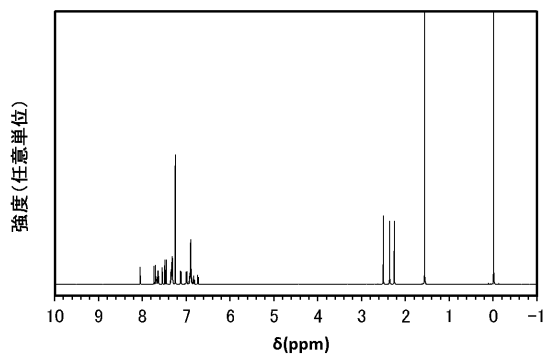
【図 21】



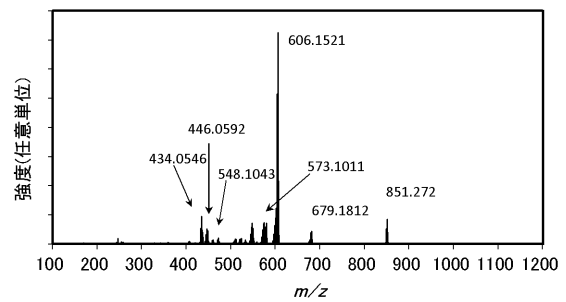
【図 23】



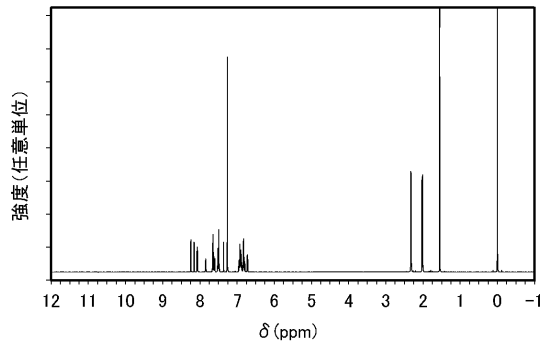
【図 22】



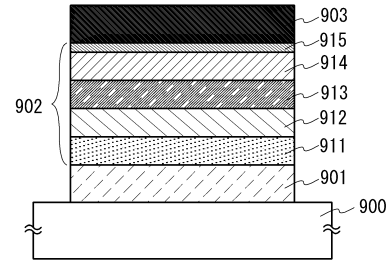
【図 24】



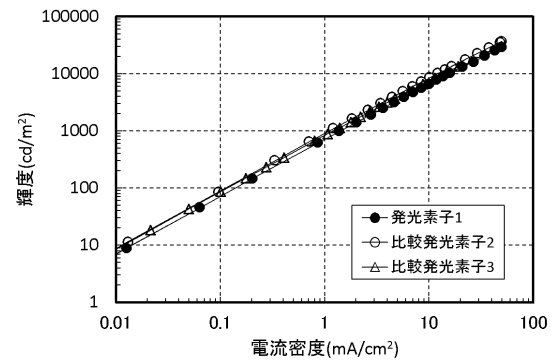
【図 25】



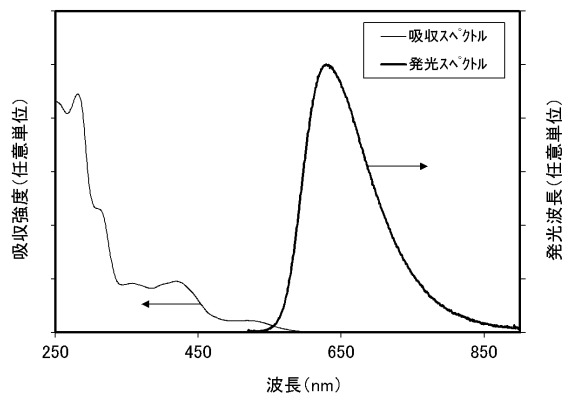
【図 27】



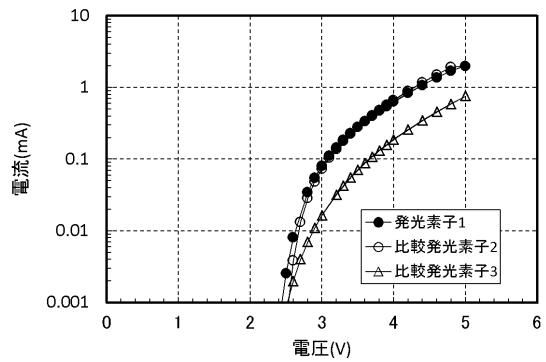
【図 28】



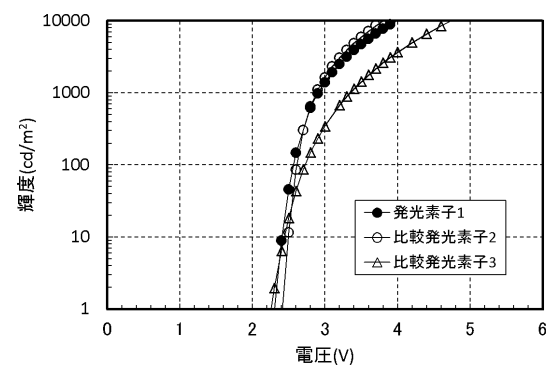
【図 26】



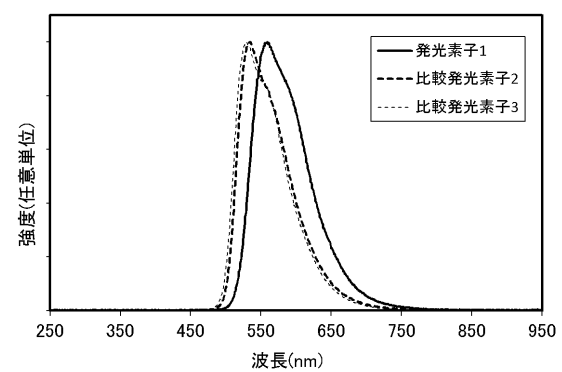
【図 31】



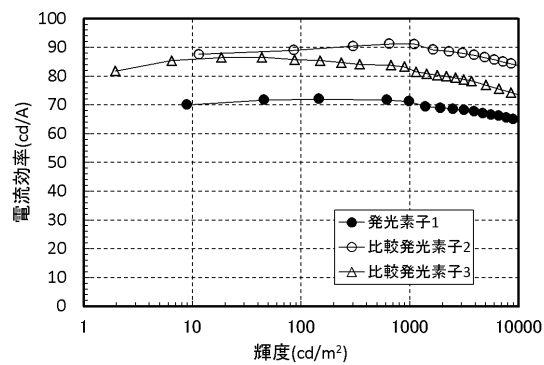
【図 29】



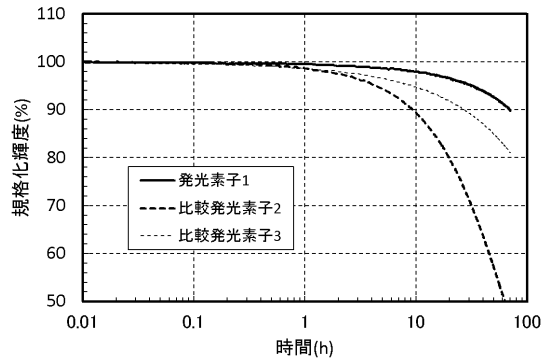
【図 32】



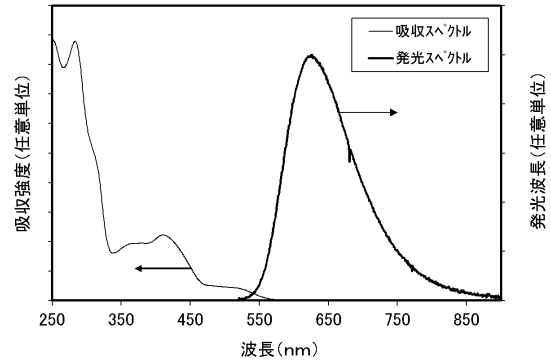
【図 30】



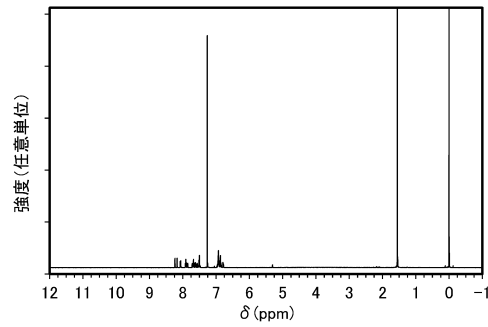
【図 3 3】



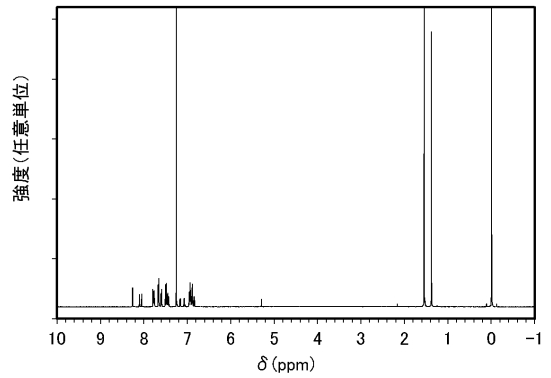
【図 3 5】



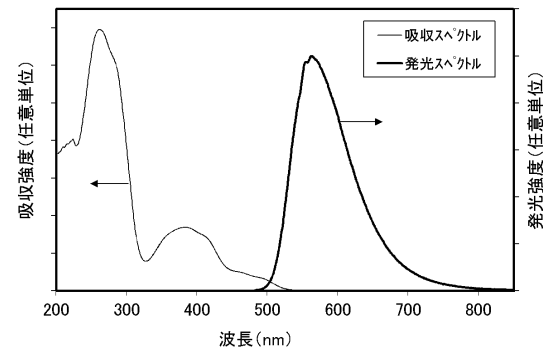
【図 3 4】



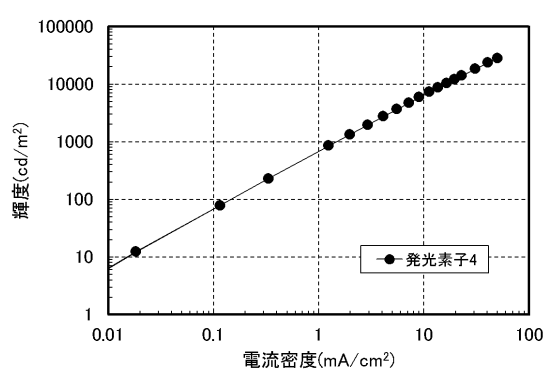
【図 3 6】



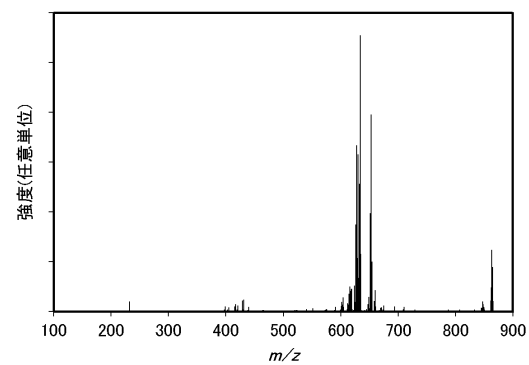
【図 3 7】



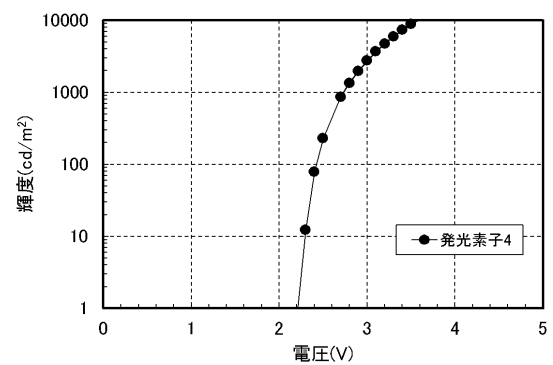
【図 3 9】



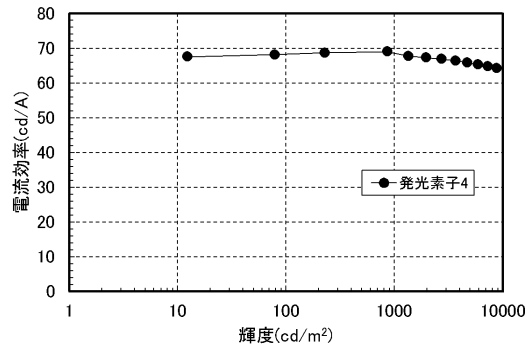
【図 3 8】



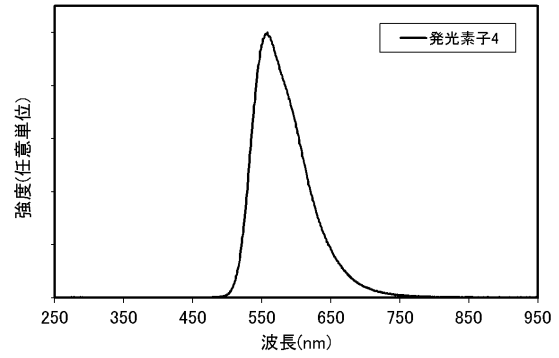
【図 4 0】



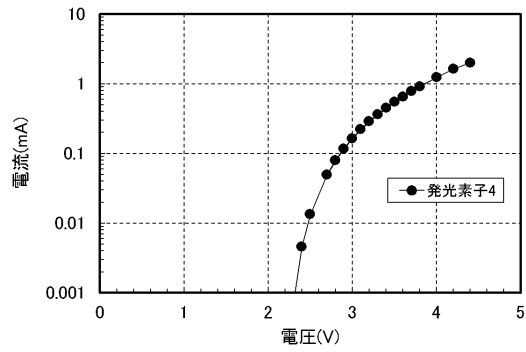
【図 4 1】



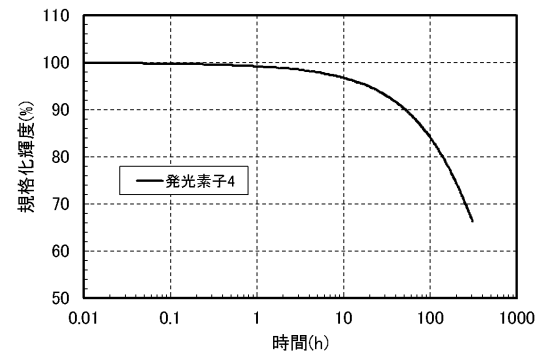
【図 4 3】



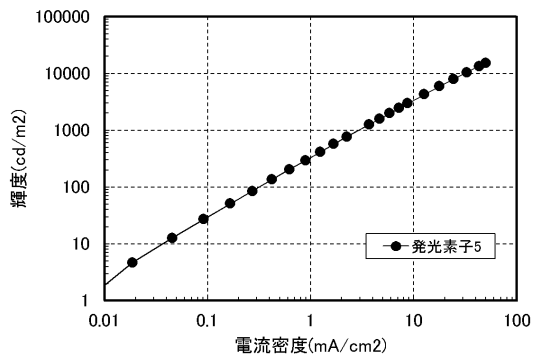
【図 4 2】



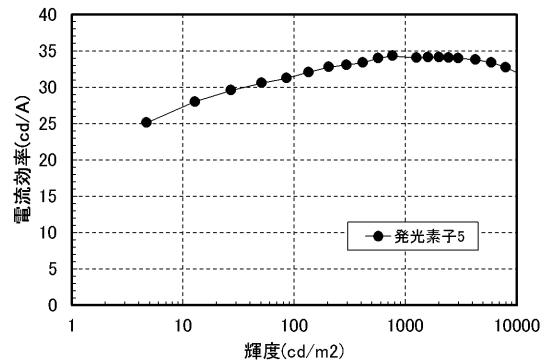
【図 4 4】



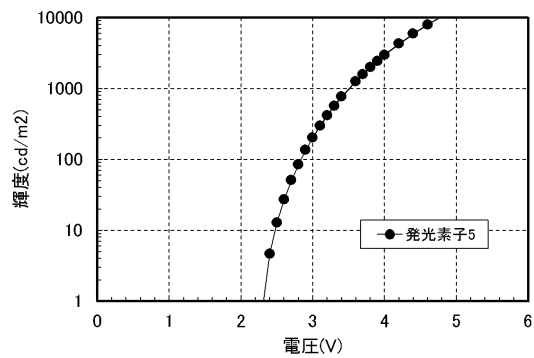
【図 4 5】



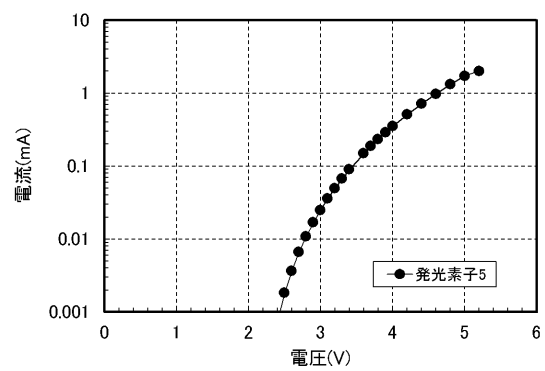
【図 4 7】



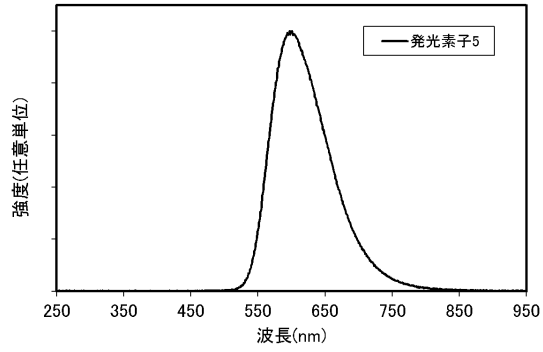
【図 4 6】



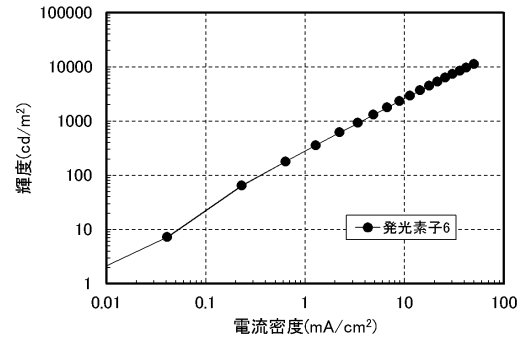
【図 4 8】



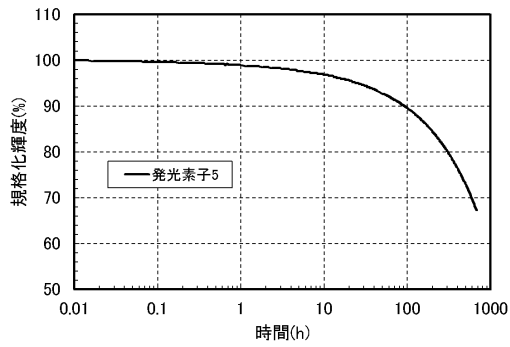
【図 4 9】



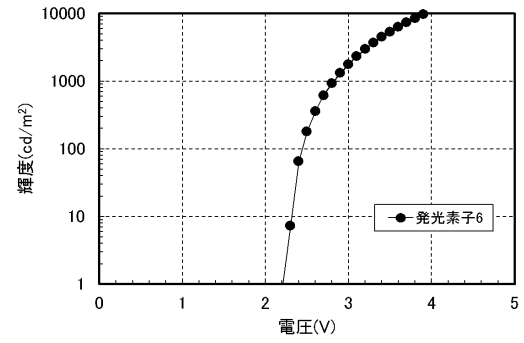
【図 5 1】



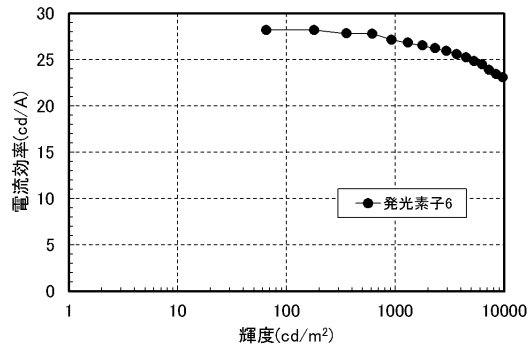
【図 5 0】



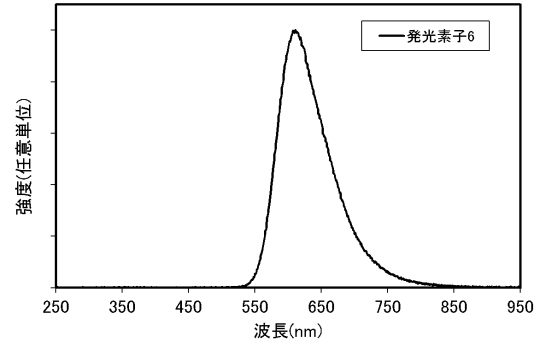
【図 5 2】



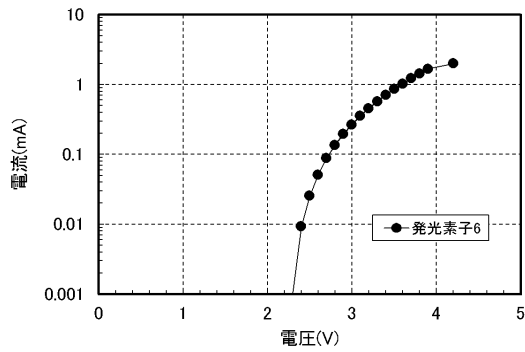
【図 5 3】



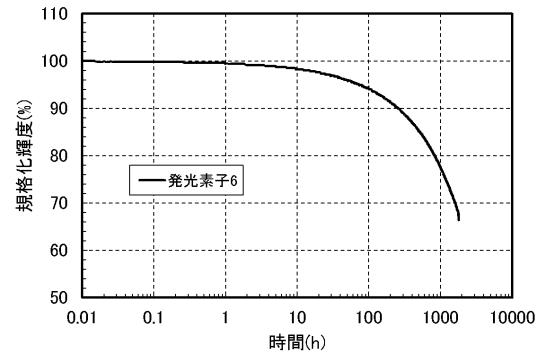
【図 5 5】



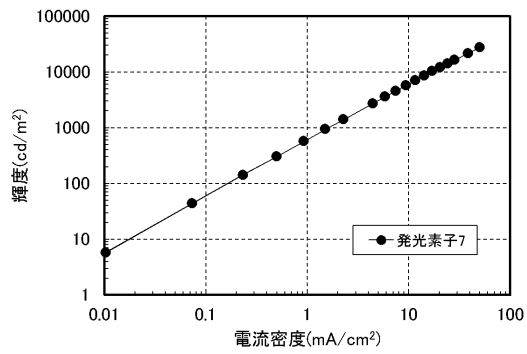
【図 5 4】



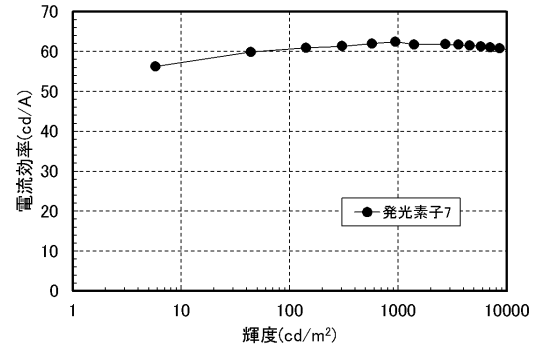
【図 5 6】



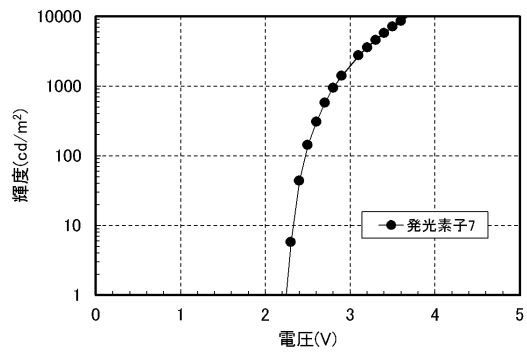
【図 5 7】



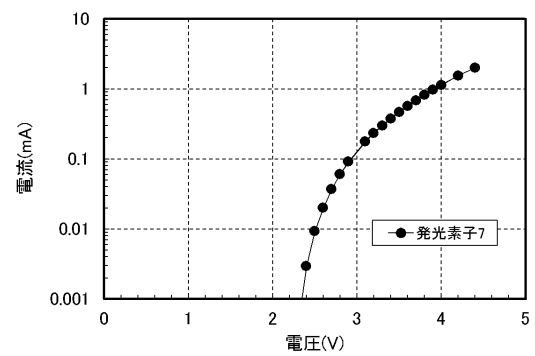
【図 5 9】



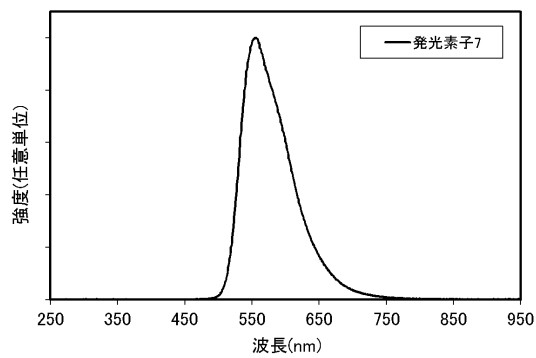
【図 5 8】



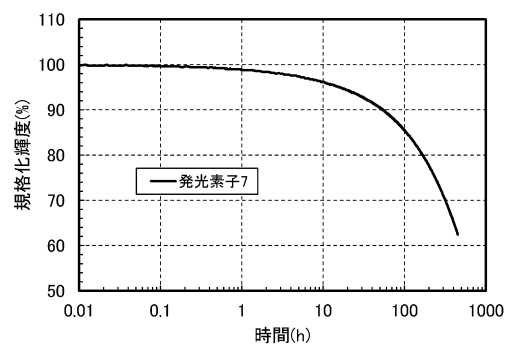
【図 6 0】



【図 6 1】



【図 6 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 5 B 33/14 B

(72)発明者 高橋 辰義
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者 木戸 裕允
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 高橋 直子

(56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 5 3 1 5 8 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 0 7 8 1 7 6 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 4 9 0 3 0 (J P , A)
特表 2 0 1 2 - 5 0 2 0 4 6 (J P , A)
韓国公開特許第 1 0 - 2 0 1 3 - 0 1 1 0 9 3 4 (K R , A)
特開 2 0 1 4 - 2 3 4 3 6 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
C 0 7 F 1 5 / 0 0
C 0 7 D 2 1 3 / 1 6
C 0 7 D 2 3 9 / 2 6
C 0 9 K 1 1 / 0 6
H 0 1 L 5 1 / 5 0
C A p l u s / R E G I S T R Y (S T N)