

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-57795

(P2020-57795A)

(43) 公開日 令和2年4月9日(2020.4.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 51/50 (2006.01)	H O 5 B 33/14 B	3 K 1 0 7
C O 9 K 11/06 (2006.01)	C O 9 K 11/06 6 6 O	
C O 7 D 239/26 (2006.01)	C O 7 D 239/26	

審査請求 有 請求項の数 14 O L (全 79 頁)

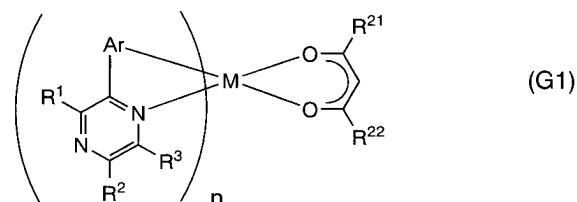
(21) 出願番号	特願2019-218642 (P2019-218642)	(71) 出願人	000153878
(22) 出願日	令和1年12月3日 (2019.12.3)		株式会社半導体エネルギー研究所
(62) 分割の表示	特願2018-198923 (P2018-198923)		神奈川県厚木市長谷398番地
	の分割	(72) 発明者	吉住 英子
原出願日	平成20年5月12日 (2008.5.12)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2007-133341 (P2007-133341)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成19年5月18日 (2007.5.18)	(72) 発明者	下垣 智子
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	瀬尾 哲史
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		Fターム(参考)	3K107 AA01 BB01 BB02 CC04 CC14
			DD53 DD59 DD64 DD67 DD69

(54) 【発明の名称】 発光材料、発光素子用材料、及び発光素子

(57) 【要約】

【課題】新規な有機金属錯体、および該有機金属錯体を含む発光素子、発光装置、電子機器を提供することを目的とする。また、該有機金属錯体が溶解した組成物、並びに組成物を用いた発光素子の作製方法を提供することを目的とする。

【解決手段】一般式 (G1) で表される有機金属錯体を提供する。該有機金属錯体は溶媒への溶解性が高い。また、発光効率が低い。よって、発光素子の作製に好適に用いることができる。また、該有機金属錯体を用いた作製された発光素子は、高い発光効率を実現することができる。



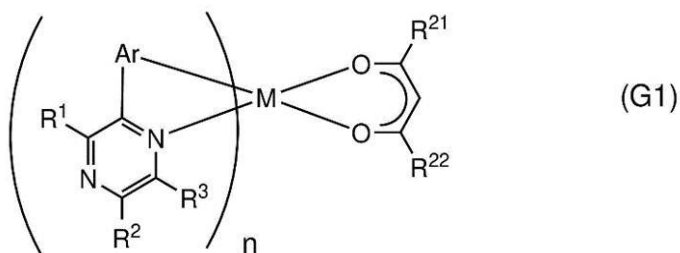
【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

式 (G 1) で表される有機金属錯体を含む発光材料。

【化 1】



10

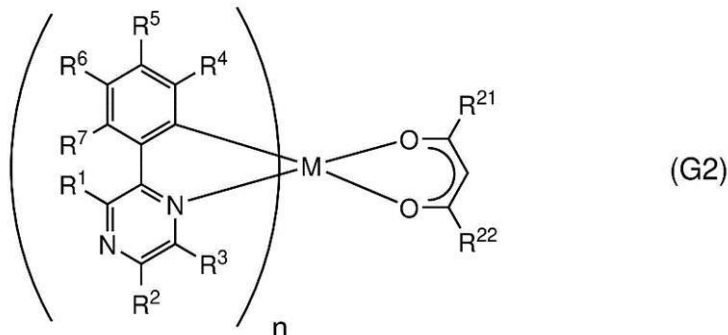
(式中、Arは置換または無置換のアリーレン基を表す。R¹はアルキル基、または置換または無置換のアリール基のいずれかを表す。R²は水素、またはアルキル基、または置換または無置換のアリール基のいずれかを表す。R³は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、R²とR³は互いに結合し、脂環を形成してもよい。Mは中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。前記Mが第9族元素の場合n = 2であり、前記Mが第10族元素の場合n = 1である。R²¹およびR²²の一方は、炭素数2~10のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数1~10のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

20

【請求項 2】

式 (G 2) で表される有機金属錯体を含む発光材料。

【化 2】



30

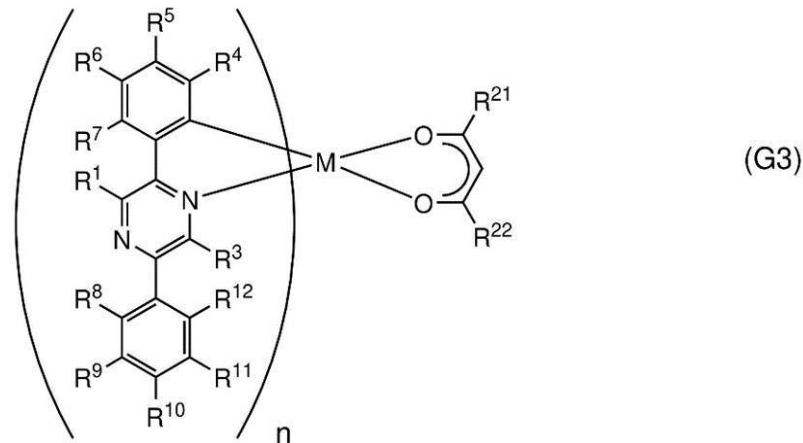
(式中、R¹はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。R²は水素、またはアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。R³は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、R²とR³は互いに結合し、脂環を形成してもよい。R⁴~R⁷は、それぞれ、水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。Mは中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。前記Mが第9族元素の場合n = 2であり、前記Mが第10族元素の場合n = 1である。R²¹およびR²²の一方は、炭素数2~10のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数1~10のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

40

【請求項 3】

式 (G 3) で表される有機金属錯体を含む発光材料。

【化 3】



10

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 2 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

20

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかーにおいて、

前記 R^{21} および前記 R^{22} の一方は、分岐を有するアルキル基である発光材料。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかーにおいて、

前記 R^{21} および前記 R^{22} は、それぞれ、分岐を有するアルキル基である発光材料。

30

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかーにおいて、

前記 M は、イリジウムである発光材料。

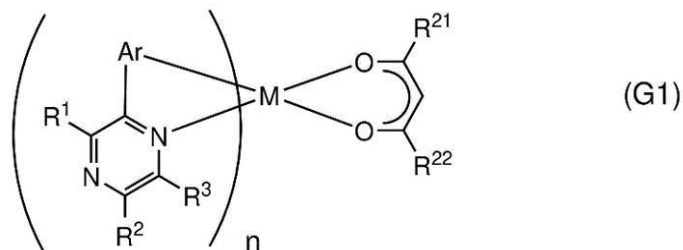
【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかーに記載の発光材料を有する発光素子。

【請求項 8】

式 (G1) で表される有機金属錯体を含む発光素子用材料。

【化 4】



40

(式中、 Ar は置換または無置換のアリーレン基を表す。 R^1 はアルキル基、または置換または無置換のアリール基のいずれかを表す。 R^2 は水素、またはアルキル基、または置換または無置換のアリール基のいずれかを表す。 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。 M は中心金属で

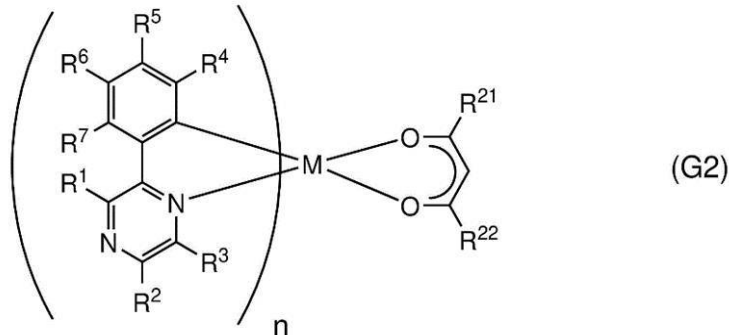
50

あり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 2 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

【請求項 9】

式 (G2) で表される有機金属錯体を含む発光素子用材料。

【化 5】



10

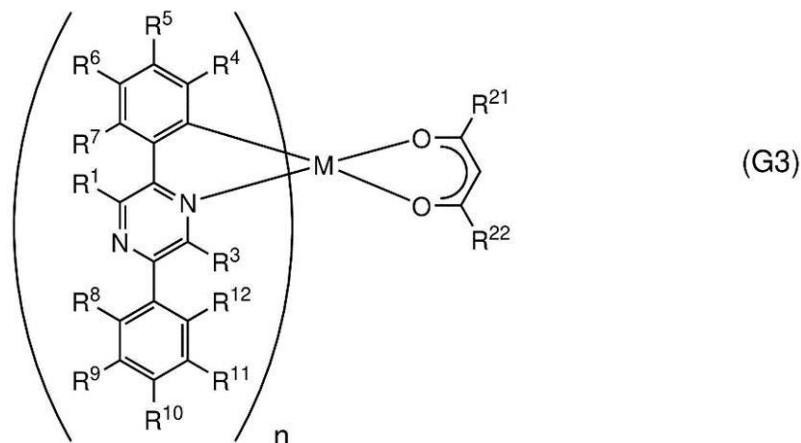
(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。 $R^4 \sim R^7$ は、それぞれ、水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコシカルボニル基のいずれかを表す。 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 2 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

20

【請求項 10】

式 (G3) で表される有機金属錯体を含む発光素子用材料。

【化 6】



40

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

50

は第 10 族元素のいずれかを表す。前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{2-1} および R^{2-2} の一方は、炭素数 2 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

【請求項 11】

請求項 8 乃至請求項 10 のいずれか一において、

前記 R^{2-1} および前記 R^{2-2} の一方は、分岐を有するアルキル基である発光素子用材料

【請求項 12】

請求項 8 乃至請求項 10 のいずれか一において、

前記 R^{2-1} および前記 R^{2-2} は、それぞれ、分岐を有するアルキル基である発光素子用材料。

【請求項 13】

請求項 8 乃至請求項 12 のいずれか一において、

前記 M は、イリジウムである発光素子用材料。

【請求項 14】

請求項 8 乃至請求項 13 のいずれか一に記載の発光素子用材料を有する発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機金属錯体および有機金属錯体を含む組成物に関する。また、エレクトロルミネッセンスを用いた発光素子、発光装置、電子機器および発光素子の作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

有機化合物は、光を吸収することで励起状態となる。そして、この励起状態を経由することにより、種々の反応（光化学反応）を起こす場合や発光（ルミネッセンス）を生じる場合があり、様々な応用がなされている。

【0003】

光化学反応の一例として、一重項酸素の不飽和有機分子との反応（酸素付加）がある（例えば、非特許文献 1 参照）。酸素分子は基底状態が三重項状態であるため、一重項状態の酸素（一重項酸素）は直接の光励起では生成しない。しかしながら、他の三重項励起分子の存在下においては一重項酸素が生成し、酸素付加反応に至ることができる。この時、三重項励起分子となりうる化合物は、光増感剤と呼ばれる。

【0004】

このように、一重項酸素を生成するためには、光励起により三重項励起分子となりうる光増感剤が必要である。しかしながら、通常の有機化合物は基底状態が一重項状態であるため、三重項励起状態への光励起は禁制遷移となり、三重項励起分子は生じにくい。したがって、このような光増感剤としては、一重項励起状態から三重項励起状態への項間交差を起こしやすい化合物（あるいは、直接三重項励起状態へ光励起されるという禁制遷移を許容する化合物）が求められている。言い換えれば、そのような化合物は光増感剤としての利用が可能であり、有益と言える。

【0005】

また、そのような化合物は、しばしば燐光を放出することがある。燐光とは多重度の異なるエネルギー間の遷移によって生じる発光のことであり、通常の有機化合物では三重項励起状態から一重項基底状態へ戻る際に生じる発光のことをさす（これに対し、一重項励起状態から一重項基底状態へ戻る際の発光は、蛍光と呼ばれる）。燐光を放出できる化合物、すなわち三重項励起状態を発光に変換できる化合物（以下、燐光性化合物と称す）の応用分野としては、有機化合物を発光物質とする発光素子が挙げられる。

【0006】

10

20

30

40

50

この発光素子の構成は、電極間に発光物質である有機化合物を含む発光層を設けただけの単純な構造であり、薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、この発光素子を用いたディスプレイは、コントラストや画質に優れ、視野角が広いという特徴も有している。

【0007】

有機化合物を発光物質とする発光素子の発光機構は、キャリア注入型である。すなわち、電極間に発光層を挟んで電圧を印加することにより、電極から注入された電子およびホールが再結合して発光物質が励起状態となり、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。

そして、励起状態の種類としては、先に述べた光励起の場合と同様、一重項励起状態 (S^*) と三重項励起状態 (T^*) が可能である。また、発光素子におけるその統計的な生成比率は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ であると考えられている。

【0008】

一重項励起状態を発光に変換する化合物（以下、蛍光性化合物と称す）は室温において、三重項励起状態からの発光（燐光）は観測されず、一重項励起状態からの発光（蛍光）のみが観測される。したがって、蛍光性化合物を用いた発光素子における内部量子効率（注入したキャリアに対して発生するフォトンの割合）の理論的限界は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ であることを根拠に 25% とされている。

【0009】

一方、上述した燐光性化合物を用いれば、内部量子効率は 75 ~ 100% にまで理論上は可能となる。つまり、蛍光性化合物に比べて 3 ~ 4 倍の発光効率が可能となる。このような理由から、高効率な発光素子を実現するために、燐光性化合物を用いた発光素子の開発が近年盛んに行われている（例えば、非特許文献 2 参照）。特に、燐光性化合物としては、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。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献 1】井上晴夫、外 3 名、基礎化学コース 光化学 I（丸善株式会社）、P 106 - 110

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

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

非特許文献 2 で開示されているような有機金属錯体は、項間交差を起こしやすいため光増感剤としての利用などが期待できる。また、三重項励起状態からの発光（燐光）を生じやすいため、発光素子へ応用することにより、高効率な発光素子が期待される。しかしながら、このような有機金属錯体の種類はまだ少ないのが現状である。

【0012】

また、非特許文献 2 に記載されているような有機金属錯体は、一般に真空蒸着法により成膜され、発光素子に用いられている。しかしながら、真空蒸着法は、材料利用効率が低いことや基板サイズに限られるなどの問題点を有している。よって、発光素子を製品化し、大量に生産することを考慮した場合、真空蒸着法以外の成膜方法を用いることが検討されている。

【0013】

大型基板に有機化合物の膜を成膜する方法として、液滴吐出法やスピンコート法などが提案されている。このような成膜には、有機化合物を溶媒に溶かした溶液が用いられている。

【0014】

しかしながら、上述した有機金属錯体は溶解性が低く、液滴吐出法やスピンコート法を用いて成膜するのに十分な濃度の溶液を得ることができなかった。

【 0 0 1 5 】

よって、本発明は、新規な有機金属錯体を提供することを目的とする。

【 0 0 1 6 】

また、有機金属錯体が溶解した組成物、並びに組成物を用いた発光素子の作製方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 7 】

また、有機金属錯体を用いた発光素子、発光装置、電子機器を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 8 】

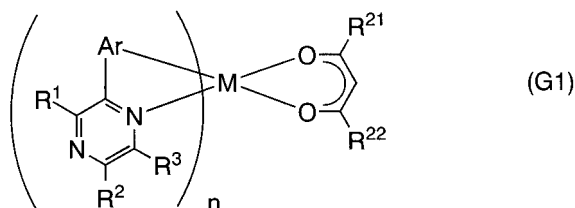
本発明者らは、一般式 (G 1) で表される有機金属錯体が、溶媒への溶解性が高いことを見いだした。

【 0 0 1 9 】

よって、本発明の一は、一般式 (G 1) で表される有機金属錯体である。

【 0 0 2 0 】

【化 1】



20

(式中、Arはアリーレン基を表す。R¹はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。R²は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。R³は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、R²とR³は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、Mは中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、前記Mが第9族元素の場合n=2であり、前記Mが第10族元素の場合n=1である。R²¹およびR²²の一方は、炭素数2~10のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数1~10のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

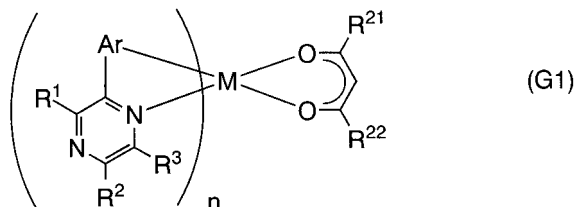
30

【 0 0 2 1 】

また、本発明の一は、一般式 (G 1) で表される有機金属錯体である。

【 0 0 2 2 】

【化 2】



40

【 0 0 2 3 】

(式中、Arはアリーレン基を表す。R¹はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。R²は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。R³は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、R²とR³は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、Mは中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、前記Mが第9族元素の場合n=2であり、前記Mが第10族元素の場合n=1である。R²¹およびR²²の一方は、炭素数2~4のアルキル基またはハロアルキル基を表し、他方は、炭素数1~4のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

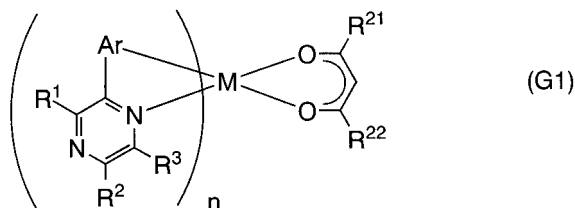
【 0 0 2 4 】

50

また、本発明の一は、一般式（G1）で表される有機金属錯体である。

【0025】

【化3】



【0026】

10

（式中、Arはアリーレン基を表す。R¹はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。R²は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。R³は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、R²とR³は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、Mは中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、前記Mが第9族元素の場合n=2であり、前記Mが第10族元素の場合n=1である。R²¹およびR²²の一方は、炭素数3～4の分岐を有するアルキル基を表し、他方は、炭素数1～4のアルキル基またはハロアルキル基を表す。）

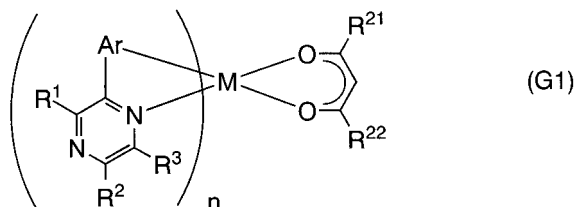
【0027】

また、本発明の一は、一般式（G1）で表される有機金属錯体である。

【0028】

20

【化4】



【0029】

30

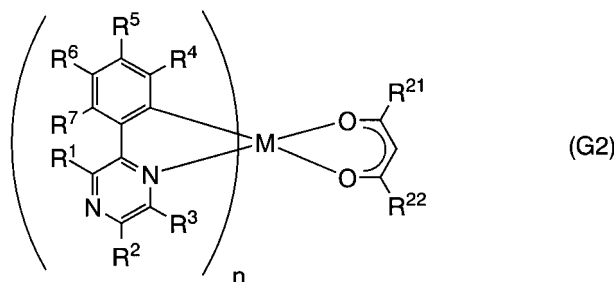
（式中、Arはアリーレン基を表す。R¹はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。R²は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。R³は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、R²とR³は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、Mは中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、前記Mが第9族元素の場合n=2であり、前記Mが第10族元素の場合n=1である。R²¹およびR²²は、それぞれ、炭素数3～4の分岐を有するアルキル基を表す。）

【0030】

また、本発明の一は、一般式（G2）で表される有機金属錯体である。

【0031】

【化5】



40

【0032】

（式中、R¹はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、R²は水素、またはアルキル基、またはフェニル基、または置換基を

50

有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は、それぞれ、水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。また、前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 2 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

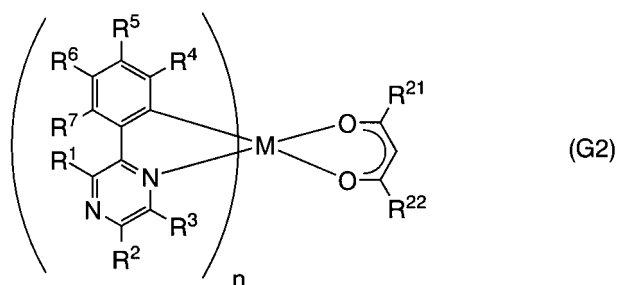
【0033】

また、本発明の一は、一般式 (G2) で表される有機金属錯体である。

10

【0034】

【化 6】



20

【0035】

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は、それぞれ、水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。また、前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 2 ~ 4 のアルキル基またはハロアルキル基を表し、他方は、炭素数 1 ~ 4 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

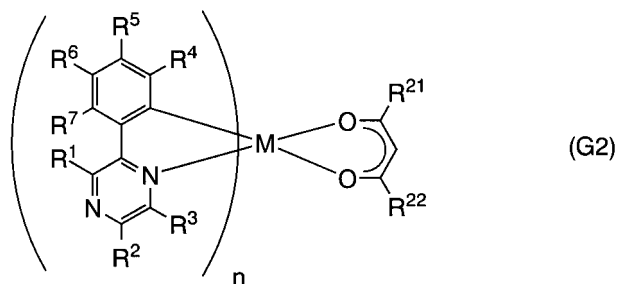
30

【0036】

また、本発明の一は、一般式 (G2) で表される有機金属錯体である。

【0037】

【化 7】



40

【0038】

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

50

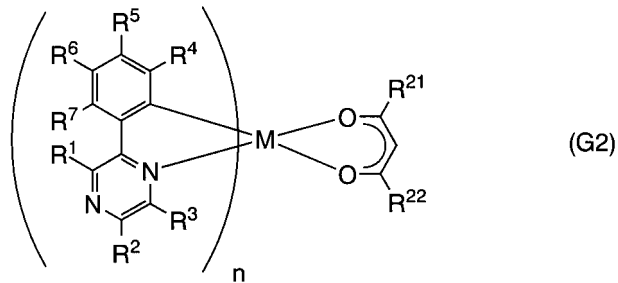
あり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。また、前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 3 ~ 4 の分岐を有するアルキル基を表し、他方は、炭素数 1 ~ 4 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

【 0 0 3 9 】

また、本発明の一は、一般式 (G 2) で表される有機金属錯体である。

【 0 0 4 0 】

【 化 8 】



10

【 0 0 4 1 】

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は、それぞれ、水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。また、前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} は、それぞれ、炭素数 3 ~ 4 の分岐を有するアルキル基を表す。)

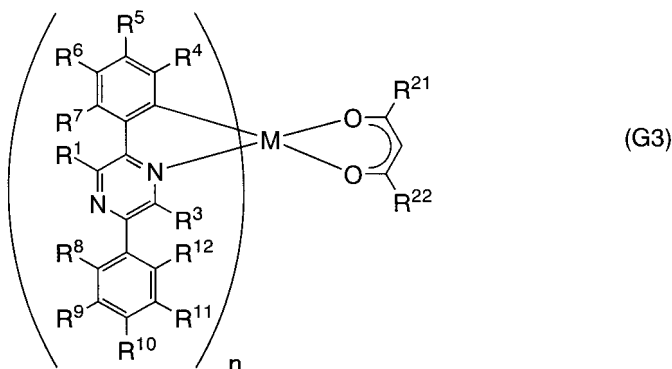
20

【 0 0 4 2 】

また、本発明の一は、一般式 (G 3) で表される有機金属錯体である。

【 0 0 4 3 】

【 化 9 】



30

40

【 0 0 4 4 】

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。また、前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 2 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

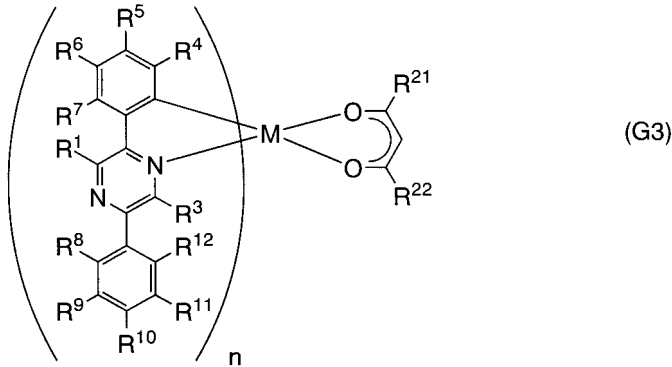
【 0 0 4 5 】

50

また、本発明の一は、一般式（G3）で表される有機金属錯体である。

【0046】

【化10】



10

【0047】

（式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、前記Mが第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記Mが第10族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数2～4のアルキル基またはハロアルキル基を表し、他方は、炭素数1～4のアルキル基またはハロアルキル基を表す。）

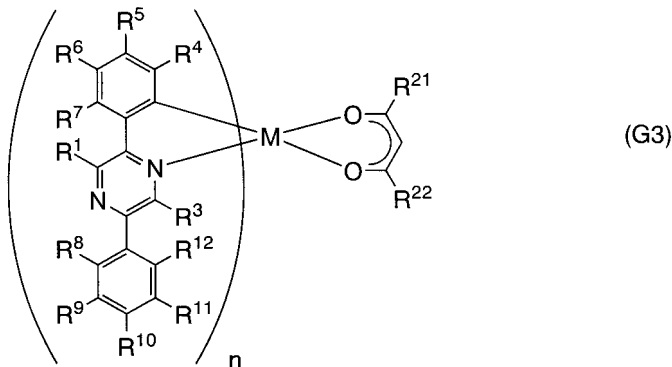
20

【0048】

また、本発明の一は、一般式（G3）で表される有機金属錯体である。

【0049】

【化11】



30

【0050】

（式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、前記Mが第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記Mが第10族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数3～4の分岐を有するアルキル基を表し、他方は、炭素数1～4のアルキル基またはハロアルキル基を表す。）

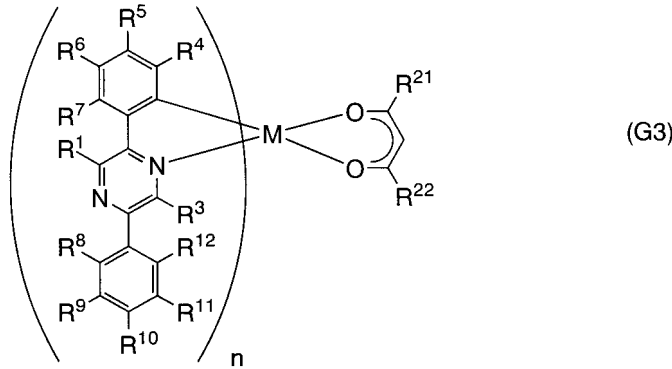
40

【0051】

また、本発明の一は、一般式（G3）で表される有機金属錯体である。

【0052】

【化 1 2】



10

【 0 0 5 3】

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第 9 族元素、または第 10 族元素のいずれかを表す。また、前記 M が第 9 族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第 10 族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} は、それぞれ、炭素数 3 ~ 4 の分岐を有するアルキル基を表す。)

【 0 0 5 4】

また、上記構成において、発光効率の点から、中心金属 M は、イリジウムまたは白金であることが好ましい。

20

【 0 0 5 5】

また、本発明は、上記有機金属錯体と、溶媒とを含む組成物である。

【 0 0 5 6】

なお、上記組成物を発光素子の作製に用いることを考慮した場合、上記有機金属錯体は、溶媒に、 0.6 g/L 以上の濃度で溶解しているが好ましい。より好ましくは、 0.9 g/L 以上の濃度で溶解していることが望ましい。

【 0 0 5 7】

また、上記構成において、溶媒としては種々の溶媒を用いることができるが、上記有機金属錯体は、芳香環を有さない有機溶媒にも溶解することが特徴である。特に、エーテルやアルコールに溶解することが特徴である。

30

【 0 0 5 8】

また、上記組成物を発光素子の作製に用いることを考慮した場合、成膜するために溶媒を除去する必要があるため、溶媒は、沸点が 50 以上 200 以下の有機溶媒であることが好ましい。

【 0 0 5 9】

また、上記構成において、さらに有機半導体材料を含んでもよい。

【 0 0 6 0】

また、上記構成において、さらにバインダーを含んでもよい。

40

【 0 0 6 1】

また、上述した有機金属錯体を用いて作製した発光素子も本発明に含まれる。すなわち、本発明の一は、一对の電極間に、上述した有機金属錯体を有する発光素子である。

【 0 0 6 2】

上述した有機金属錯体は高い発光効率を示すため、発光層に用いることが好ましい。よって、本発明の一は、一对の電極間に発光層を有し、発光層は上述した有機金属錯体を有する発光素子である。

【 0 0 6 3】

また、本発明の一は、一对の電極間に、上述した有機金属錯体と、高分子化合物とを含む層を有する発光素子である。また、上記構成において、高分子化合物は、有機半導体

50

材料であることを特徴とする。

【0064】

また、上記構成において、高分子化合物は、バインダーであることを特徴とする。また、有機金属錯体と、高分子化合物とを含む層は、さらに有機半導体材料を含むことを特徴とする。

【0065】

上記構成において、有機金属錯体と、高分子化合物とを含む層は、発光層であることが好ましい。

【0066】

また、発光層と接する正孔輸送層は、低分子化合物を含むことを特徴とする。また、発光層と接する電子輸送層は、低分子化合物を含むことを特徴とする。

10

【0067】

また、本発明の発光装置は、上記の発光素子を有することを特徴とする。またさらに、発光素子の発光を制御する制御回路を有することを特徴とする。なお、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、発光デバイス、もしくは光源（照明装置含む）を含む。また、パネルにコネクタ、例えばFPC（Flexible printed circuit）もしくはTAB（Tape Automated Bonding）テープもしくはTCP（Tape Carrier Package）が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュールを含む。また本明細書中における発光装置は、発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも含むものとする。

20

【0068】

また、本発明の発光素子を表示部に用いた電子機器も本発明の範疇に含めるものとする。したがって、本発明の電子機器は、表示部を有し、表示部は、上述した発光素子と発光素子の発光を制御する制御回路とを備えたことを特徴とする。

【0069】

また、上記組成物を用いた発光素子の作製方法も本発明に含めるものとする。よって、本発明の一は、第1の電極を形成する第1の工程と、上記組成物を塗布し、溶媒を除去する第2の工程と、第2の電極を形成する第3の工程と、を有することを特徴とする発光素子の作製方法である。

30

【0070】

また、本発明の一は、第1の電極を形成する第1の工程と、蒸着法により、有機化合物を含む層を形成する第2の工程と、上記組成物を塗布し、溶媒を除去する第3の工程と、第2の電極を形成する第4の工程と、を有することを特徴とする発光素子の作製方法である。

【0071】

また、本発明の一は、第1の電極を形成する第1の工程と、上記組成物を塗布し、溶媒を除去する第2の工程と、蒸着法により、有機化合物を含む層を形成する第3の工程と、第2の電極を形成する第4の工程と、を有することを特徴とする発光素子の作製方法である。

40

【発明の効果】

【0072】

本発明の有機金属錯体は溶媒への溶解性が高い。また、本発明の有機金属錯体は発光効率が高い。

【0073】

また、本発明の組成物は、有機金属錯体が溶解しており、発光素子の作製に好適に用いることができる。

【0074】

また、本発明の組成物を用いて発光素子を作製することにより、工業化に適した発光素子の作製方法を実現することができる。

50

【 0 0 7 5 】

また、本発明の有機金属錯体を用いた作製された発光素子は、高い発光効率を実現することができる。

【 0 0 7 6 】

また、本発明の発光装置および電子機器は、高い発光効率を実現できる発光素子を有しているため、消費電力が低い。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 7 】

【 図 1 】 本発明の発光素子を説明する図。

【 図 2 】 本発明の発光素子を説明する図。

10

【 図 3 】 本発明の発光素子を説明する図。

【 図 4 】 本発明の発光装置を説明する図。

【 図 5 】 本発明の発光装置を説明する図。

【 図 6 】 本発明の電子機器を説明する図。

【 図 7 】 本発明の電子機器を説明する図。

【 図 8 】 本発明の照明装置を説明する図。

【 図 9 】 本発明の照明装置を説明する図。

【 図 1 0 】 本発明の発光素子の作製方法を説明する図。

【 図 1 1 】 本発明の発光素子の作製方法を説明する図。

【 図 1 2 】 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(I I I) (略称 : [I r (t p p r) ₂ (d p m)]) の ¹ H N M R チャートを示す図。

20

【 図 1 3 】 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(I I I) (略称 : [I r (t p p r) ₂ (d p m)]) の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを示す図。

【 図 1 4 】 実施例 3 で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。

【 図 1 5 】 ビス(2 , 3 , 5 - トリフェニルピラジナト)(ピバロイルトリフルオロアセトナト) イリジウム(I I I) (略称 : [I r (t p p r) ₂ (p F a c)]) の ¹ H N M R チャートを示す図。

【 図 1 6 】 ビス(2 , 3 , 5 - トリフェニルピラジナト)(ピバロイルトリフルオロアセトナト) イリジウム(I I I) (略称 : [I r (t p p r) ₂ (p F a c)]) の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを示す図。

30

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 7 8 】

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。

【 0 0 7 9 】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、本発明の有機金属錯体および該有機金属錯体を含む組成物について説明する。

40

【 0 0 8 0 】

本発明の有機金属錯体は、ピラジン骨格を有する配位子が中心金属に対してシクロメタル化した構造を有している。ピラジン骨格を有する配位子としては、種々のものが挙げられるが、配位子が 2 - アリールピラジン誘導体である場合、その配位子は中心金属に対してシクロメタル化することができる。そしてシクロメタル化錯体は、高い発光量子収率が可能である。したがって、ピラジン骨格を有する配位子は、2 - アリールピラジン誘導体であることが好ましい。

【 0 0 8 1 】

50

また、本発明の有機金属錯体は、上述したピラジン骨格を有する配位子だけでなく、下記一般式 (L0) で表される β ジケトン構造を有するキレート配位子も中心金属に配位している。すなわち、本発明の有機金属錯体は、ピラジン骨格を有する配位子と、下記一般式 (L0) で表されるキレート配位子の、2種類の配位子を有している。

【0082】

【化13】



10

【0083】

一般式 (L0) において、 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 2 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。

【0084】

本発明者らは、これら2種類の配位子を有する有機金属錯体の有機溶媒への溶解性が、非常に高いことを見いだした。具体的には、ジクロロメタン、ジクロロエタン、クロロホルムのようなハロゲン系の溶媒や、トルエン、キシレンのような芳香族炭化水素系の溶媒のみならず、メタノール、エタノール、イソプロパノールのような汎用的なアルコール溶媒にも溶解することを見いだした。

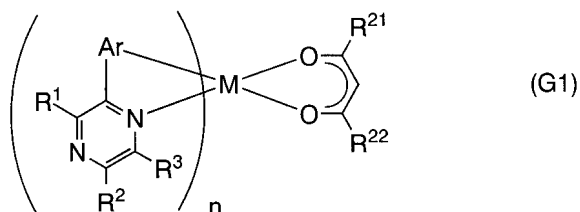
20

【0085】

よって、本発明の一は、一般式 (G1) で表される有機金属錯体である。

【0086】

【化14】



30

【0087】

(式中、Arはアリーレン基を表す。 R^1 はアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。 R^2 は水素、またはアルキル基、またはアリール基のいずれかを表す。 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、Mは中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、前記Mが第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記Mが第10族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 2 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

【0088】

一般式 (G1) で表される有機金属錯体は、ピラジン骨格を有する配位子が、第9族原子 (Co、Rh、Ir) あるいは第10族原子 (Ni、Pd、Pt) に結合している。つまり、中心金属が第9族元素あるいは第10族元素である。ピラジン骨格を有する配位子が第9族原子あるいは第10族原子に結合していることにより、高い発光効率を実現することができる。

40

【0089】

また、一般式 (G1) で表される有機金属錯体は、溶媒への溶解性が非常に高いため、有機金属錯体を含む層を成膜するのに適した濃度に調整することが可能である。また、一般式 (G1) で表される有機金属錯体は、ジクロロメタン、ジクロロエタン、クロロホルムのようなハロゲン系の溶媒や、トルエン、キシレンのような芳香族炭化水素系の溶媒の

50

みならず、メタノール、エタノール、イソプロパノールのような汎用的なアルコール溶媒にも溶解するため、溶媒の選択肢が広がる。よって、すでに成膜した層の上に、一般式 (G1) で表される有機金属錯体を含む層を、湿式法を用いて積層することも可能である。

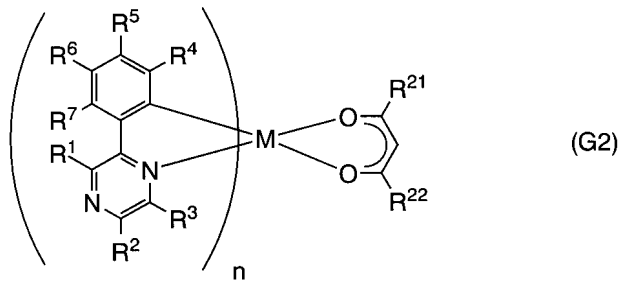
【0090】

さらに、2-アリアルピラジン誘導体の一種である2-フェニルピラジン誘導体が配位子である場合、その配位子は中心金属に対してオルトメタル化することができる (オルトメタル化は、シクロメタル化の一種である)。そしてこのように、2-フェニルピラジンがオルトメタル化したオルトメタル錯体は、特に高い燐光量子収率が達成できる。したがって、ピラジン骨格を有する配位子のさらに好ましい形態は、2-フェニルピラジン誘導体である。2-フェニルピラジン誘導体がオルトメタル化した有機金属錯体としては、下記一般式 (G2) で表される有機金属錯体が挙げられる。

10

【0091】

【化15】



20

【0092】

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^2 は水素、またはアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。なお、 R^2 と R^3 は互いに結合し、脂環を形成してもよい。また、 $R^4 \sim R^7$ は、それぞれ、水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、前記Mが第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記Mが第10族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数2～10のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数1～10のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

30

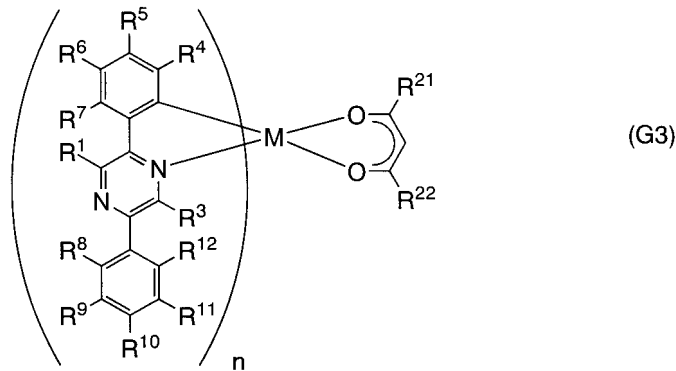
【0093】

さらに、一般式 (G2) において、 R^2 を置換または無置換のフェニル基とすることで、色純度がよく、かつ視感効率 (Luminous efficiency, 単位: cd/A) も高い赤色発光を得ることができる。つまり、2-フェニルピラジン誘導体がオルトメタル化した有機金属錯体の中でも、2,5-ジフェニルピラジン誘導体がオルトメタル化した有機金属錯体であることが好ましい。2,5-ジフェニルピラジン誘導体がオルトメタル化した有機金属錯体としては、下記一般式 (G3) で表される有機金属錯体が挙げられる。

40

【0094】

【化 16】



10

【0095】

(式中、 R^1 はアルキル基、またはフェニル基、または置換基を有するフェニル基のいずれかを表す。また、 R^3 は水素、またはアルキル基のいずれかを表す。また、 $R^4 \sim R^{12}$ は水素、またはアルキル基、またはハロゲン基、またはハロアルキル基、またはアルコキシ基、またはアルコキシカルボニル基のいずれかを表す。また、 M は中心金属であり、第9族元素、または第10族元素のいずれかを表す。また、前記 M が第9族元素の場合 $n = 2$ であり、前記 M が第10族元素の場合 $n = 1$ である。 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数2～10のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数1～10のアルキル基またはハロアルキル基を表す。)

20

【0096】

上述した構成において、アリーレン基 Ar としては炭素数が6～25のアリーレン基を用いることが好ましく、具体的には、置換または無置換の1,2-フェニレン基、8,9-ジユロリジレン基、1,2-ナフチレン基、2,3-ナフチレン基、スピロフルオレン-2,3-ジイル基、9,9-ジメチルフルオレン-2,3-ジイル基のような9,9-ジアルキルフルオレン-2,3-ジイル基等を適用することができる。特に、アリーレン基 Ar を、置換または無置換の1,2-フェニレン基とすることで、分子量の増大による蒸発温度の上昇を抑制できるため、有機金属錯体を昇華精製の目的で蒸発させる際には有効となる。該1,2-フェニレン基が置換基を有する場合、その置換基としてより具体的には、メチル基、エチル基、イソプロピル基、tert-ブチル基等のアルキル基や、メトキシ基、エトキシ基、イソプロポキシ基、tert-ブトキシ基等のアルコキシ基や、フェニル基、4-ピフェニル基等のアリール基や、フルオロ基等のハロゲン基や、トリフルオロメチル基等のハロアルキル基や、メトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基、イソプロポキシカルボニル基、tert-ブトキシカルボニル基等のアルコキシカルボニル基が挙げられる。なお、アリーレン基 Ar の具体例の中でも特に好ましくは、無置換の1,2-フェニレン基である。

30

【0097】

また、上述した構成において、アリール基としては、置換または無置換のフェニル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基、スピロフルオレン-2-イル基、9,9-ジメチルフルオレン-2-イル基のような9,9-ジアルキルフルオレン-2-イル基等を挙げることができる。なお、溶媒への溶解性を考慮した場合、炭素数6～25のアリール基であることが好ましい。上記のアリール基が置換基を有する場合、その置換基としては、メチル基、エチル基、イソプロピル基、tert-ブチル基等のアルキル基や、メトキシ基、エトキシ基、イソプロポキシ基、tert-ブトキシ基等のアルコキシ基や、フェニル基、4-ピフェニル基等のアリール基や、フルオロ基等のハロゲン基や、トリフルオロメチル基等のハロアルキル基や、メトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基、イソプロポキシカルボニル基、tert-ブトキシカルボニル基等のアルコキシカルボニル基が挙げられる。

40

【0098】

50

また、上述した構成において、置換基を有するフェニル基の該置換基としては、メチル基、エチル基、イソプロピル基、*tert*-ブチル基等のアルキル基や、メトキシ基、エトキシ基、イソプロポキシ基、*tert*-ブトキシ基等のアルコキシ基や、フェニル基、4-ピフェニル基等のアリール基や、フルオロ基等のハロゲン基や、トリフルオロメチル基等のハロアルキル基や、メトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基、イソプロポキシカルボニル基、*tert*-ブトキシカルボニル基等のアルコキシカルボニル基が挙げられる。

【0099】

また、上述した構成において、アルキル基としては、メチル基、エチル基、イソプロピル基、*tert*-ブチル基、シクロヘキシル基、ペンチル基などを挙げることができる。なお、上述の有機金属錯体において、溶媒への溶解性を考慮すると、炭素数5以上のアルキル基であることが好ましい。しかしながら、上述の有機金属錯体は、炭素数4以下のアルキル基であっても溶解性が高いという特徴を有している。つまり、上述の有機金属錯体において、アルキル基が、メチル基、エチル基、イソプロピル基、*tert*-ブチル基等の炭素数4以下のアルキル基であるということも本発明の有機金属錯体の特徴の一つである。

10

【0100】

また、上述した構成において、ハロゲン基としてはフルオロ基、クロロ基などが挙げられ、化学的安定性の観点からはフルオロ基が好ましい。また、ハロアルキル基としては、トリフルオロメチル基が好ましい。

20

【0101】

また、上述した構成において、アルコキシ基としては、メトキシ基、エトキシ基、イソプロポキシ基、*tert*-ブトキシ基などが挙げられる。上述の有機金属錯体は、炭素数4以下のアルコキシ基であっても溶解性が高いという特徴を有している。つまり、上述の有機金属錯体において、アルコキシ基が、メトキシ基、エトキシ基、イソプロポキシ基、*tert*-ブトキシ基等の炭素数4以下のアルコキシ基であるということも本発明の有機金属錯体の特徴の一つである。

【0102】

また、上述した構成において、アルコキシカルボニル基としては、メトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基、イソプロポキシカルボニル基、*tert*-ブトキシカルボニル基等のアルコキシカルボニル基などが挙げられる。上述の有機金属錯体は、炭素数5以下のアルコキシカルボニル基であっても溶解性が高いという特徴を有している。つまり、上述の有機金属錯体において、アルコキシカルボニル基が、メトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基、イソプロポキシカルボニル基、*tert*-ブトキシカルボニル基等の炭素数5以下のアルコキシカルボニル基であるということも本発明の有機金属錯体の特徴の一つである。

30

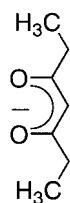
【0103】

上述した一般式(L0)および一般式(G1)~一般式(G3)において、 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数2~10のアルキル基またはハロアルキル基、他方は、炭素数1~10のアルキル基またはハロアルキル基を表す。一般式(L0)で表される配位子としては、例えば、(L1)~(L10)で表される配位子が挙げられる。すなわち、 R^{21} および R^{22} のいずれか一方の炭素数が2以上であれば、本発明の有機金属錯体は十分な溶解性を発現できることを、本発明者らは見出した。

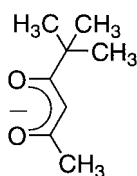
40

【0104】

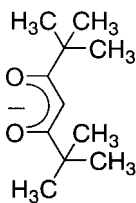
【化 17】



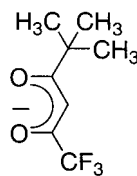
(L1)



(L2)

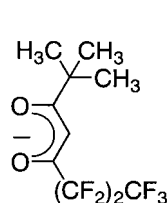


(L3)

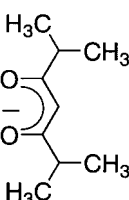


(L4)

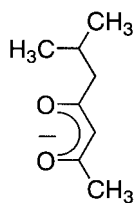
10



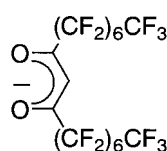
(L5)



(L6)

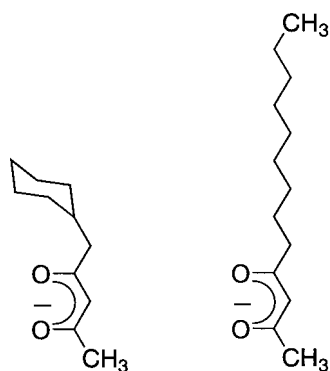


(L7)



(L8)

20



(L9)

(L10)

30

【0105】

R^{21} および R^{22} の炭素数が大きくなれば、溶解度は向上していく。しかしながら、上述の有機金属錯体は、 R^{21} および R^{22} が、炭素数 4 以下のアルキル基またはハロアルキル基であっても溶解性が高いという特徴を有している。つまり、上述の有機金属錯体において、 R^{21} および R^{22} が、メチル基、エチル基、イソプロピル基、tert-ブチル基等の炭素数 4 以下のアルキル基、または、トリフルオロメチル基などの炭素数 4 以下のハロアルキル基であるということも本発明の有機金属錯体の特徴の一つである。

【0106】

よって、上述した一般式 (L0) および一般式 (G1) ~ 一般式 (G3) において、 R^{21} および R^{22} の一方は、炭素数 2 ~ 4 のアルキル基またはハロアルキル基を表し、他方は、炭素数 1 ~ 4 のアルキル基またはハロアルキル基を表すことが好ましい。

40

【0107】

長鎖アルキル基を有さなくとも溶解性が高いという特徴は、本発明の有機金属錯体を発光素子に適用する場合に、キャリアの移動を妨げないという効果を有する。また、本発明の有機金属錯体を発光素子の発光性物質として用いた場合には、本発明の有機金属錯体へのキャリアの注入を妨げないという効果を有する。

【0108】

また、特に、 R^{21} および R^{22} が、分岐を有するアルキル基である場合には、さらに溶解性が高くなるため好ましい。

50

【 0 1 0 9 】

よって、上述した一般式 (L 0) および一般式 (G 1) ~ 一般式 (G 3) において、 $R^{2\ 1}$ および $R^{2\ 2}$ の一方は、炭素数 3 ~ 4 の分岐を有するアルキル基を表し、他方は、炭素数 1 ~ 4 のアルキル基またはハロアルキル基を表すことが好ましい。

【 0 1 1 0 】

さらに、 $R^{2\ 1}$ および $R^{2\ 2}$ の両方が分岐を有するアルキル基である場合には、より溶解性が高くなるため好ましい。

【 0 1 1 1 】

よって、上述した一般式 (L 0) および一般式 (G 1) ~ 一般式 (G 3) において、 $R^{2\ 1}$ および $R^{2\ 2}$ は、それぞれ、炭素数 3 ~ 4 の分岐を有するアルキル基を表すことが好ましい。

10

【 0 1 1 2 】

また、一般式 (G 1) ~ 一般式 (G 3) において、合成のしやすさの点から、 R^3 は水素であることが好ましい。 R^3 が水素の場合、配位子の立体障害が小さくなるため金属イオンに結合しやすく、合成の収率の観点で好ましい。

【 0 1 1 3 】

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

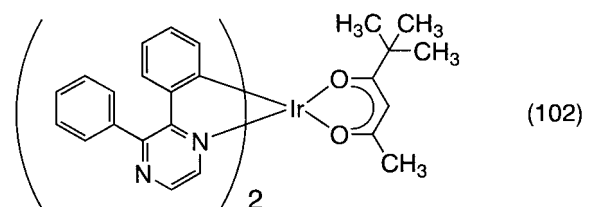
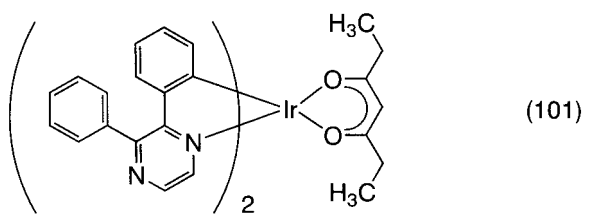
【 0 1 1 4 】

上述した有機金属錯体としては、具体的に、以下の構造式 (1 0 1) ~ (1 7 8) で表される有機金属錯体が挙げられる。なお、本発明はこれに限定されない。

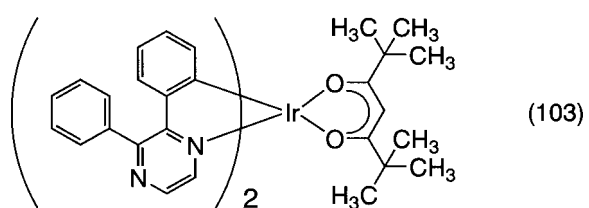
20

【 0 1 1 5 】

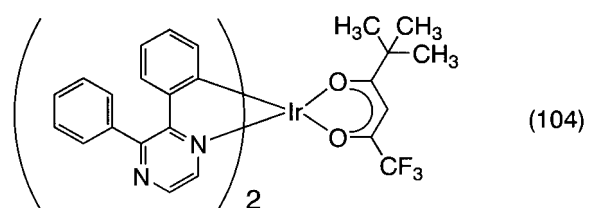
【化 1 8】



10



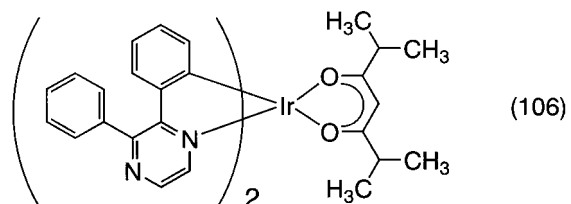
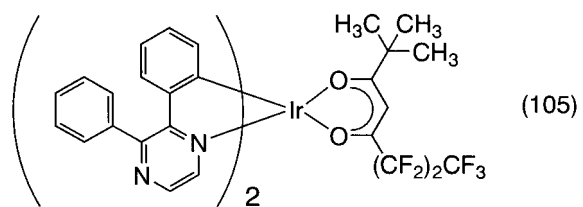
20



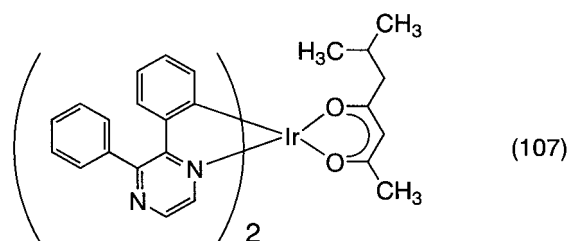
30

【 0 1 1 6 】

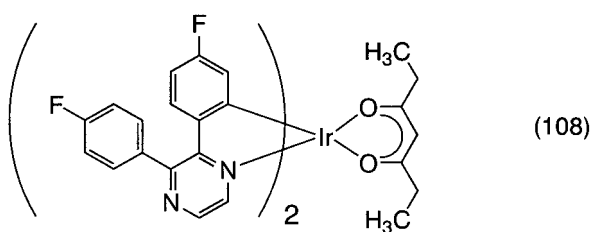
【化 1 9】



10



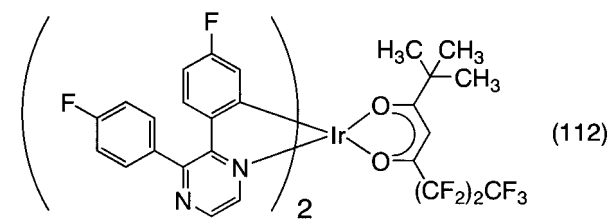
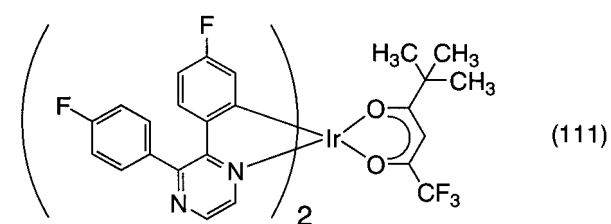
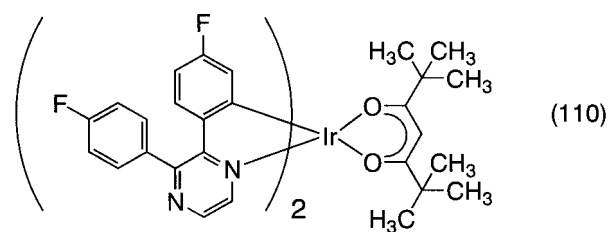
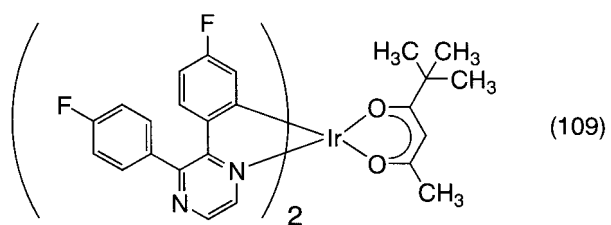
20



30

【 0 1 1 7 】

【化 2 0】



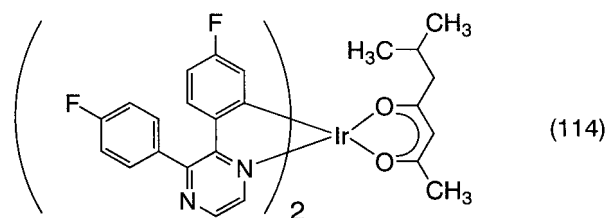
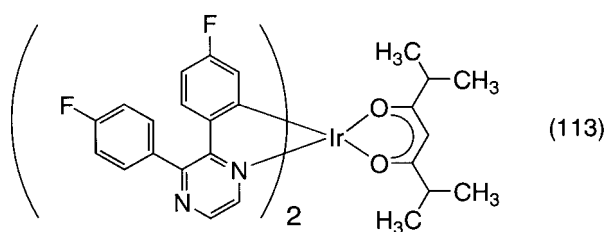
10

20

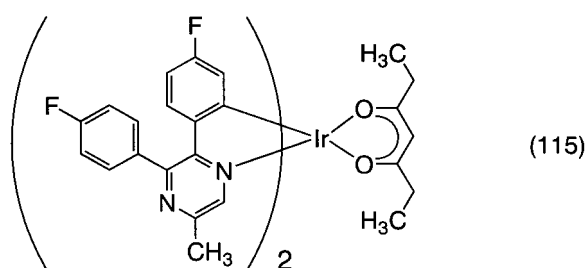
30

【 0 1 1 8】

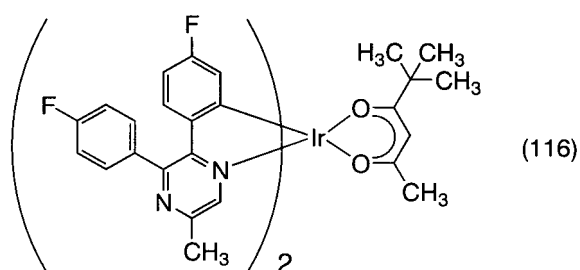
【化 2 1】



10



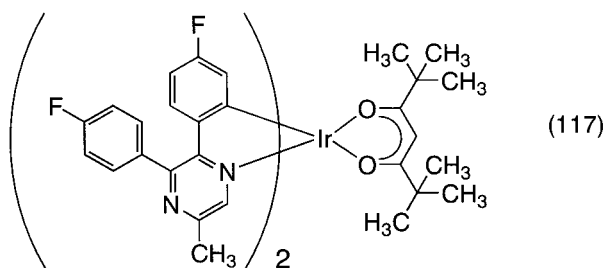
20



30

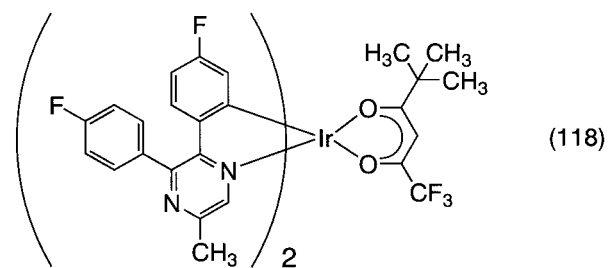
【 0 1 1 9 】

【化 2 2】

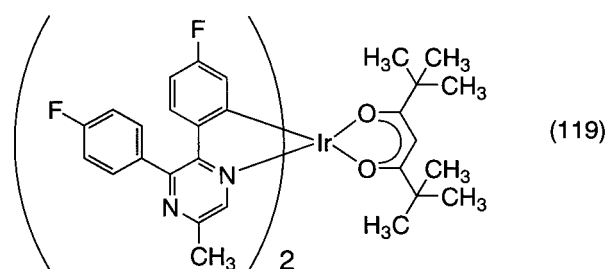


(117)

10

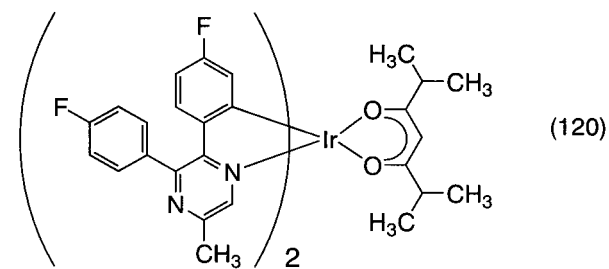


(118)



(119)

20

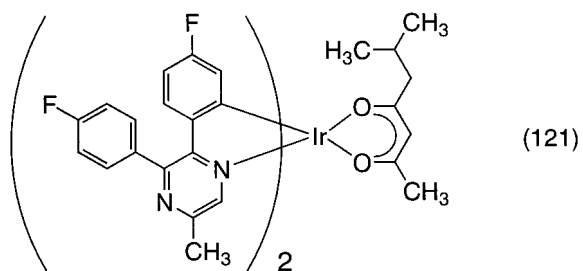


(120)

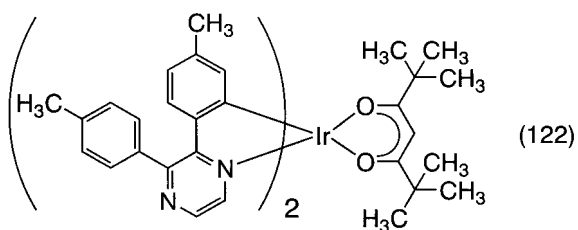
30

【 0 1 2 0】

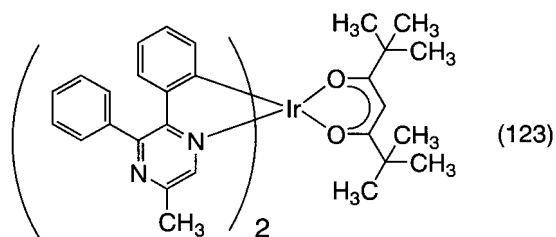
【化 2 3】



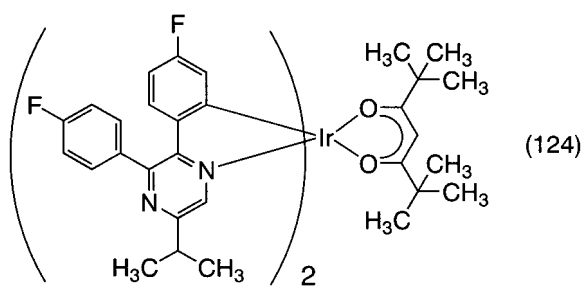
10



20

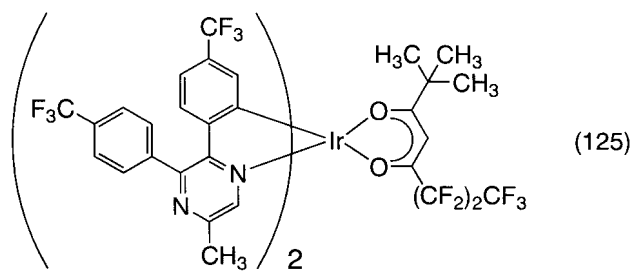


30

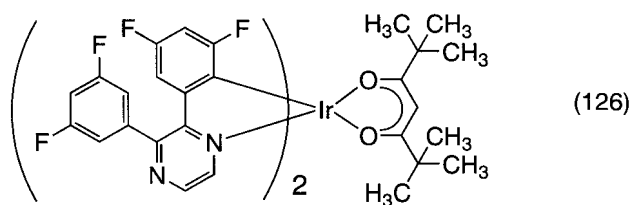


【 0 1 2 1】

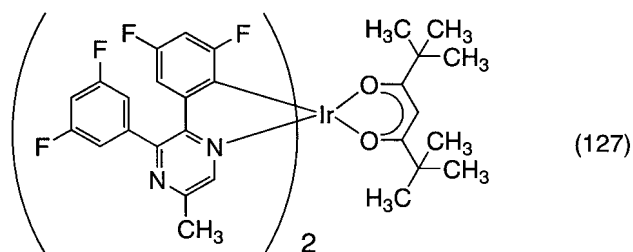
【化 2 4】



10



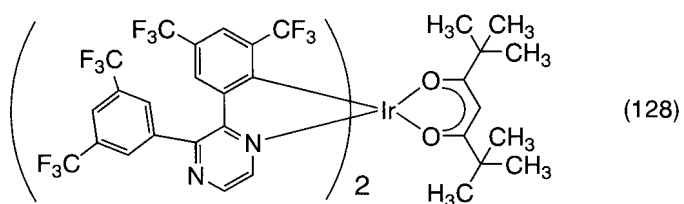
20



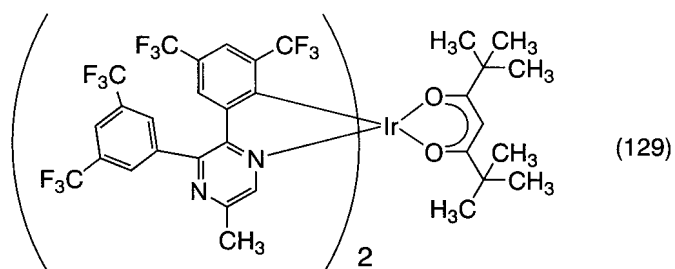
30

【 0 1 2 2 】

【化 2 5】



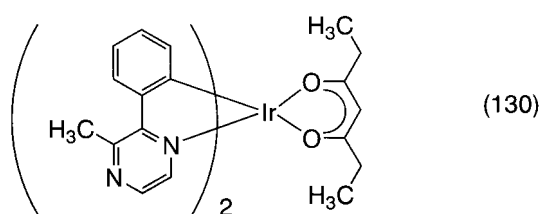
40



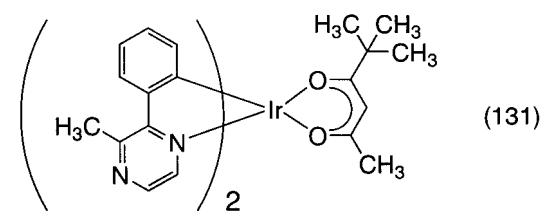
50

【 0 1 2 3 】

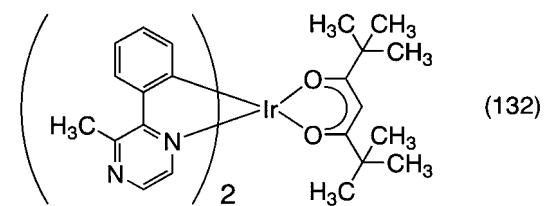
【 化 2 6 】



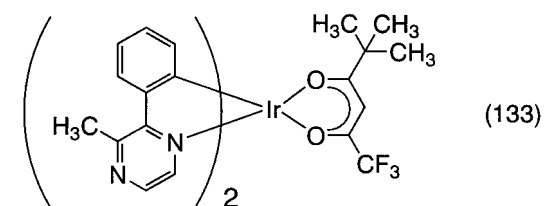
10



20

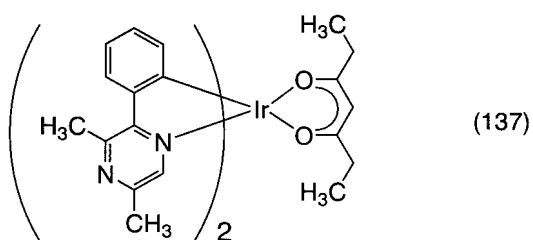
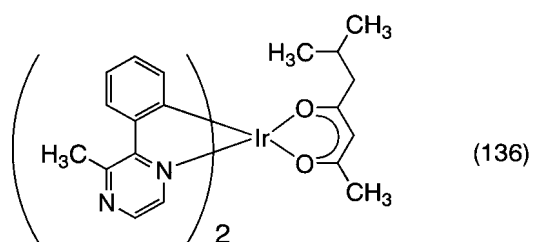
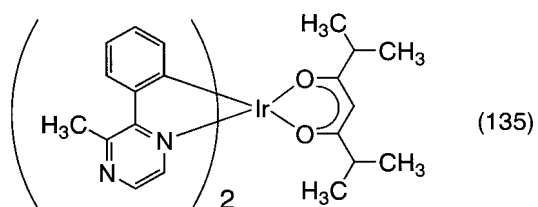
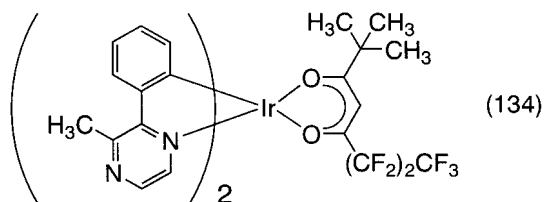


30



【 0 1 2 4 】

【化 2 7】



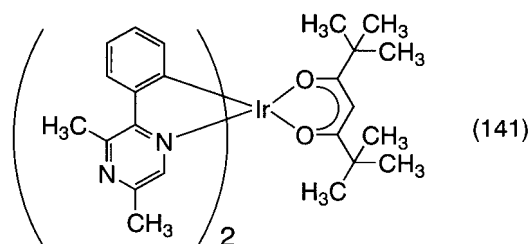
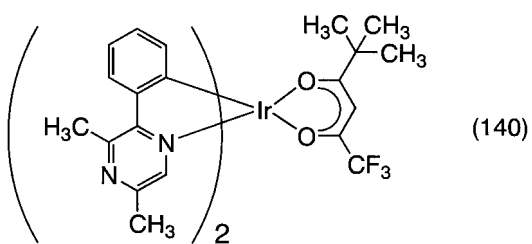
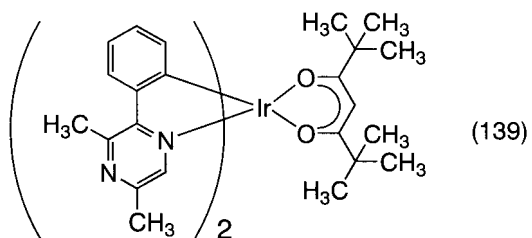
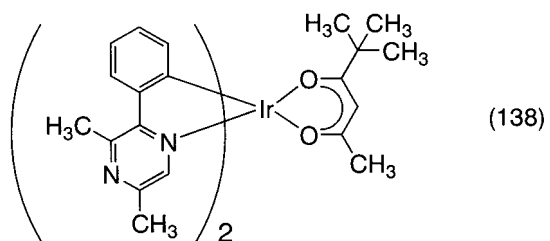
10

20

30

【 0 1 2 5】

【化 2 8】



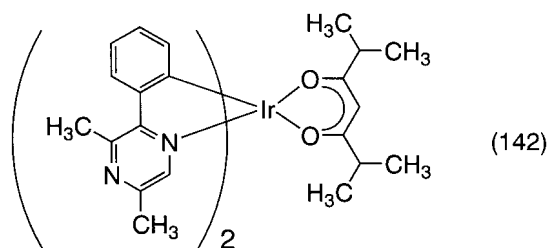
【 0 1 2 6】

10

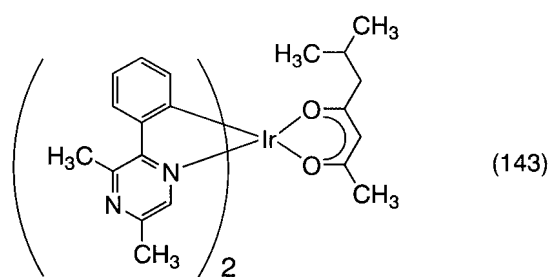
20

30

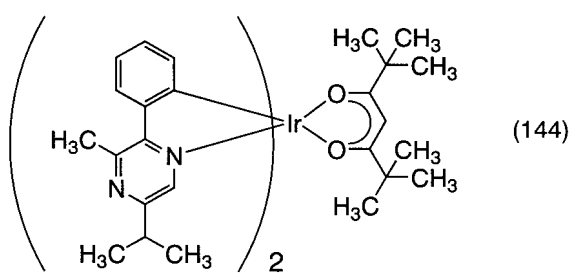
【化 2 9】



10

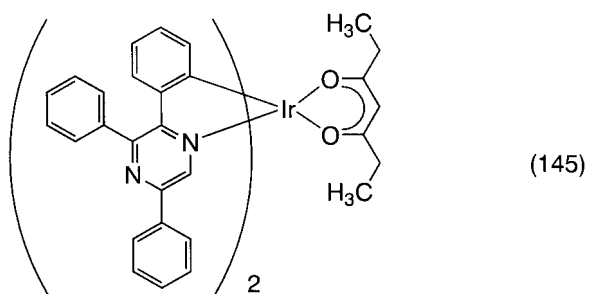


20

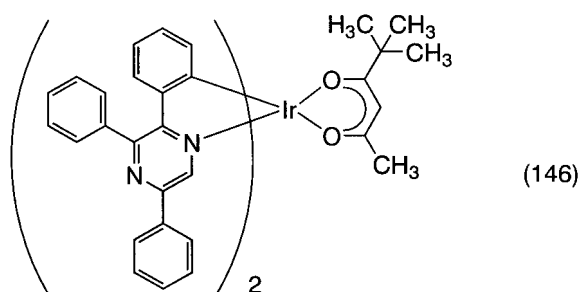


【 0 1 2 7 】

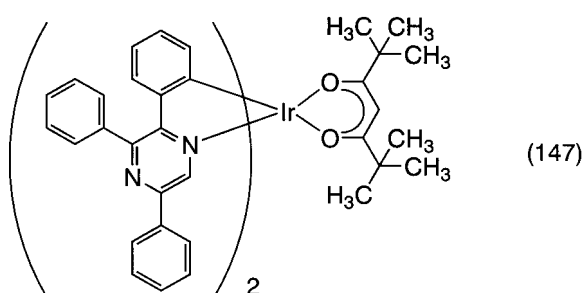
【化 3 0】



10



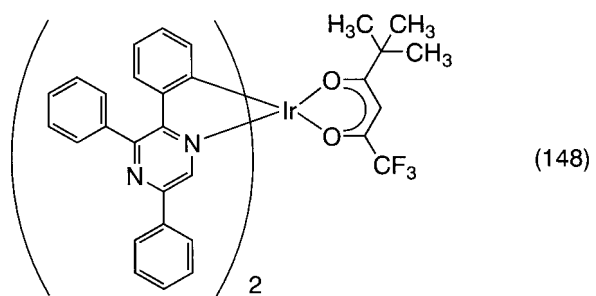
20



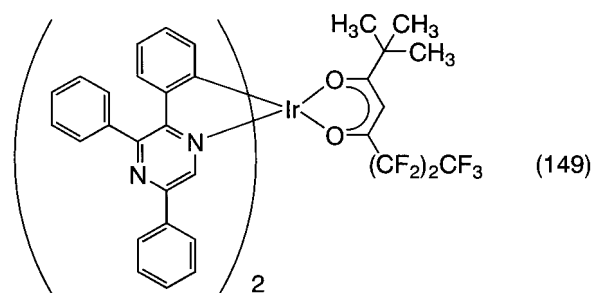
30

【 0 1 2 8】

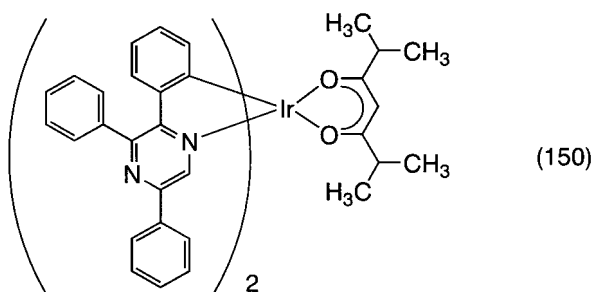
【化 3 1】



10



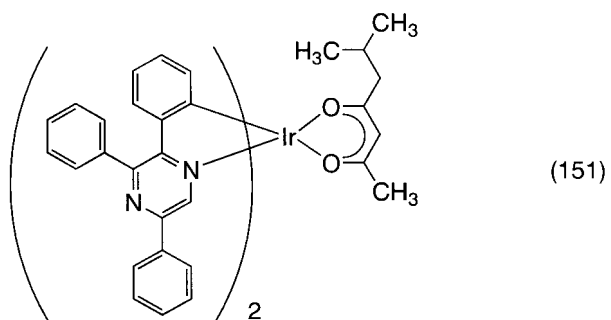
20



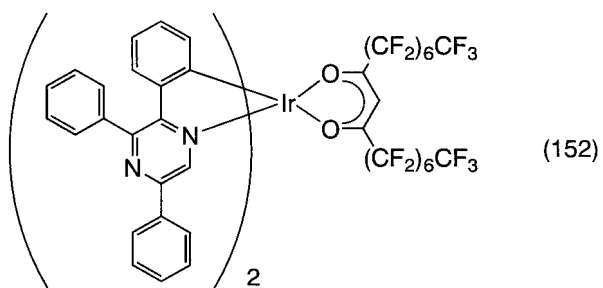
30

【 0 1 2 9 】

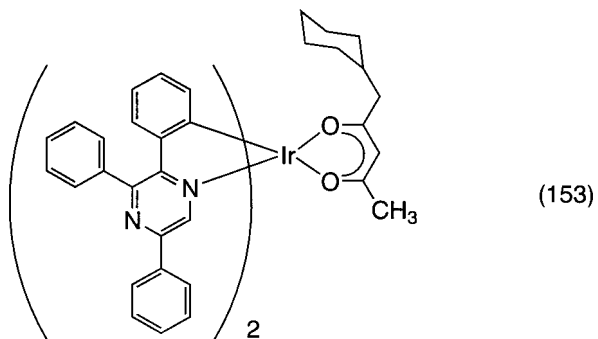
【化 3 2】



10



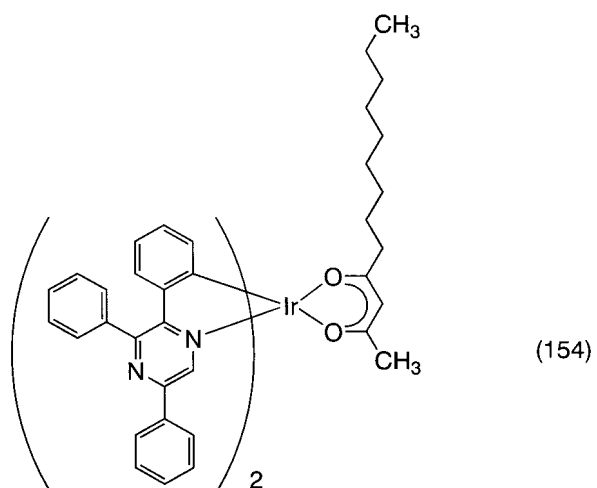
20



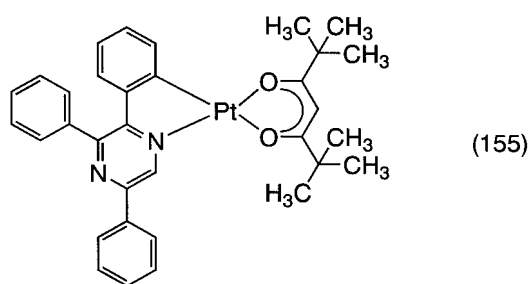
30

【 0 1 3 0 】

【化 3 3】



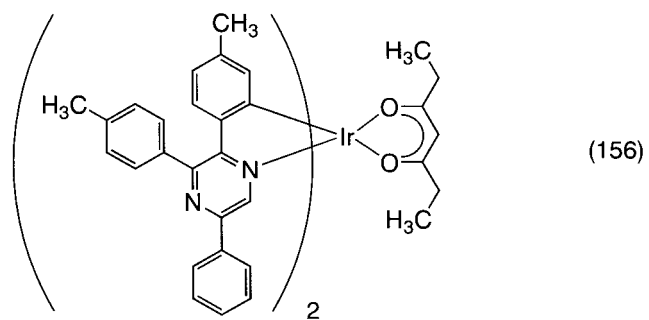
10



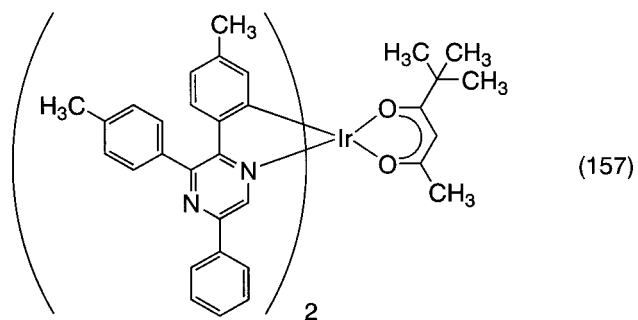
20

【 0 1 3 1】

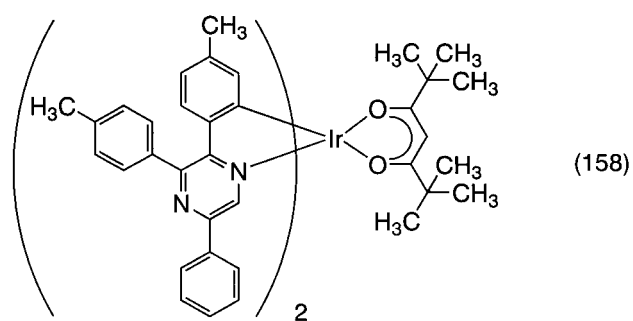
【化 3 4】



10



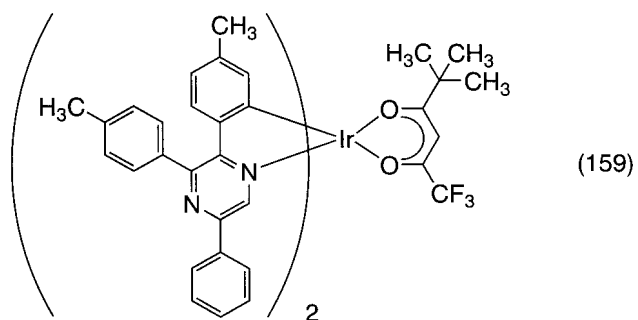
20



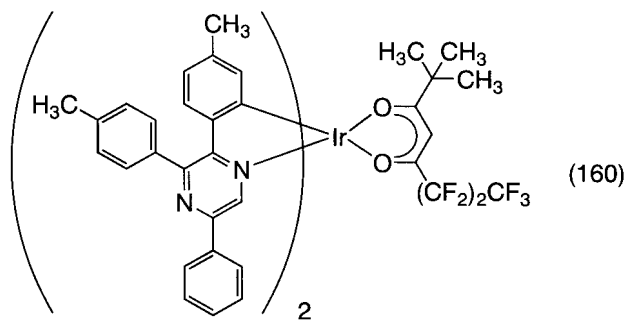
30

【 0 1 3 2 】

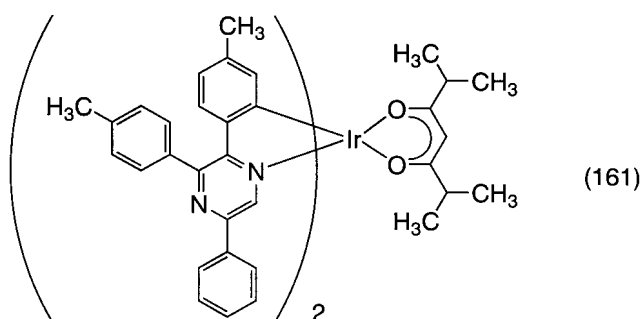
【化 3 5】



10



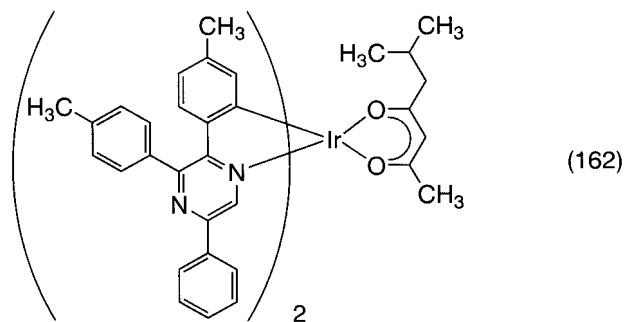
20



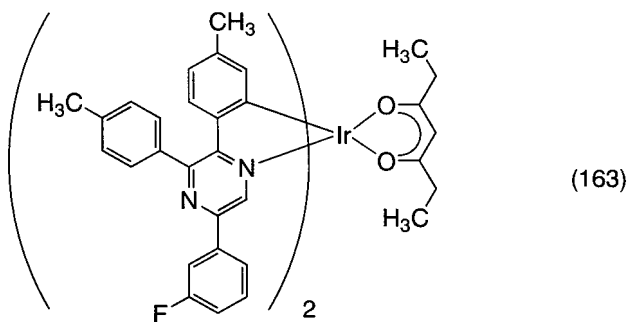
30

【 0 1 3 3 】

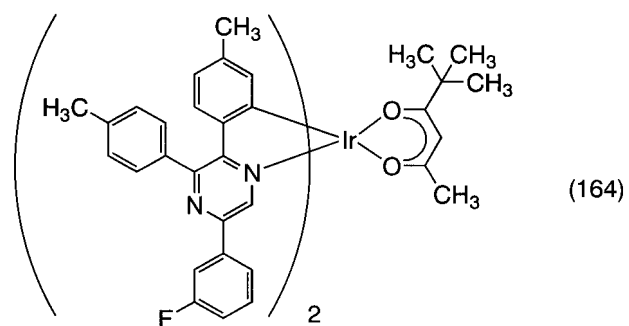
【化 3 6】



10



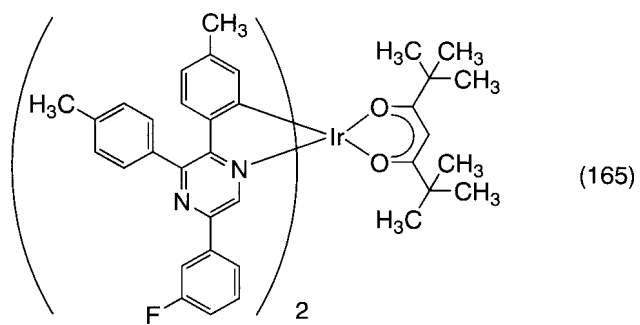
20



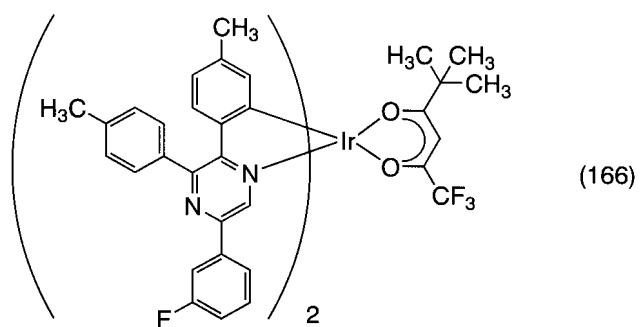
30

【 0 1 3 4 】

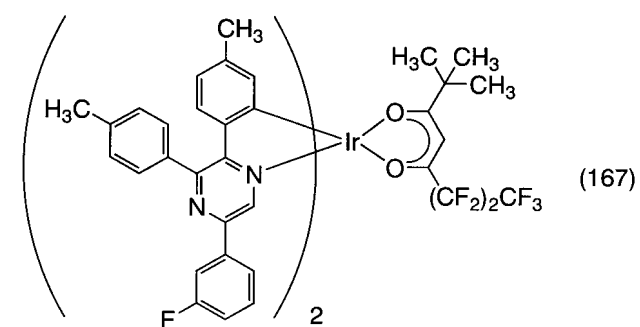
【化 3 7】



10



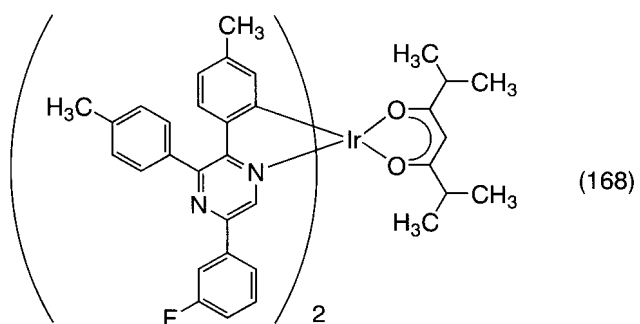
20



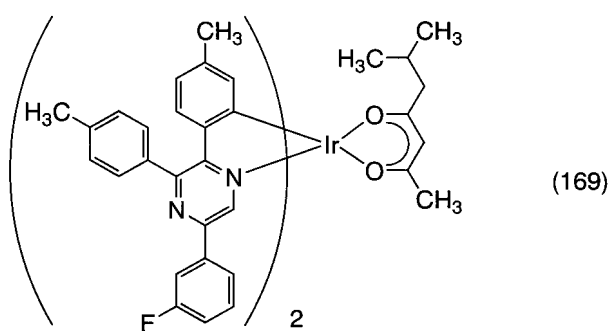
30

【 0 1 3 5 】

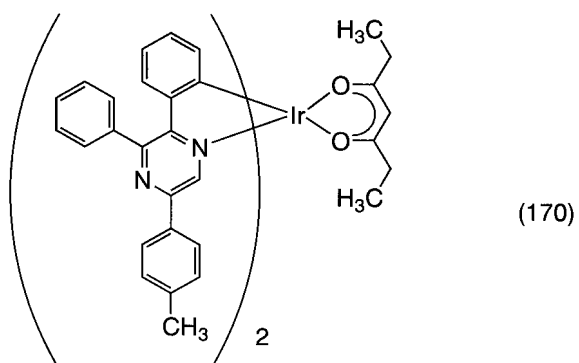
【化 3 8】



10



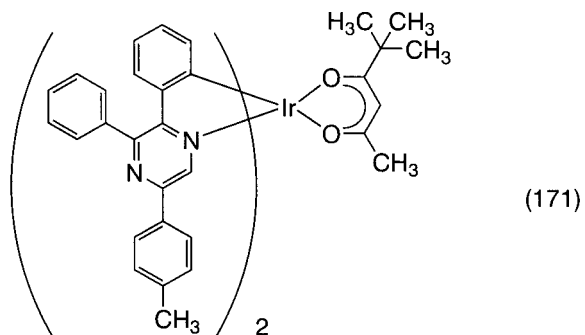
20



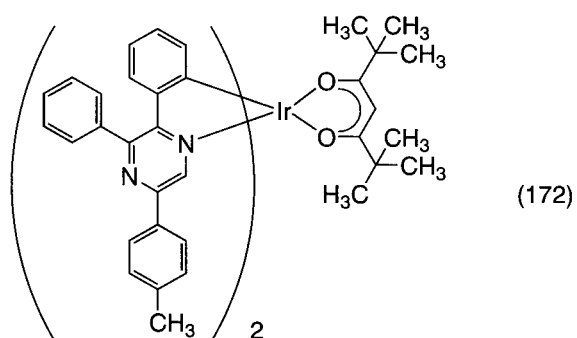
30

【 0 1 3 6 】

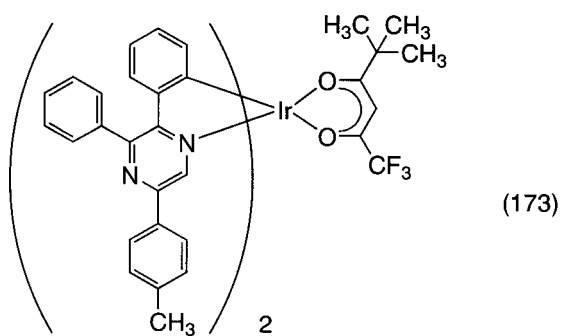
【化 3 9】



10



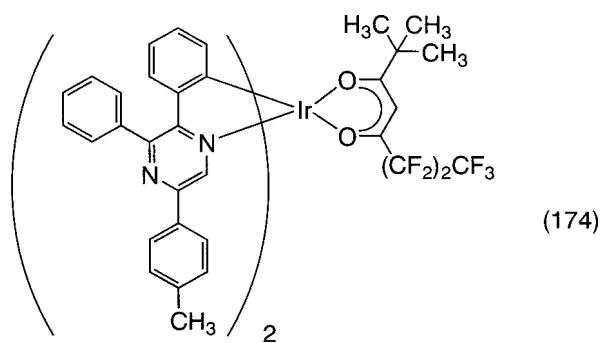
20



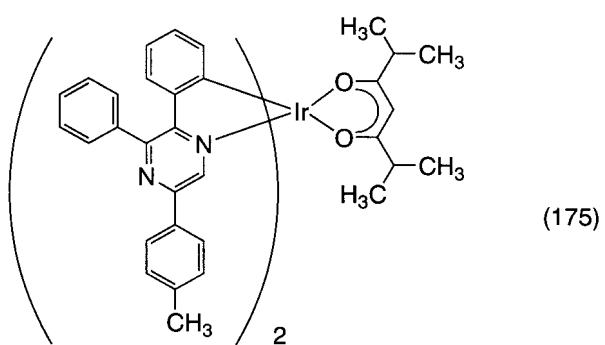
30

【 0 1 3 7 】

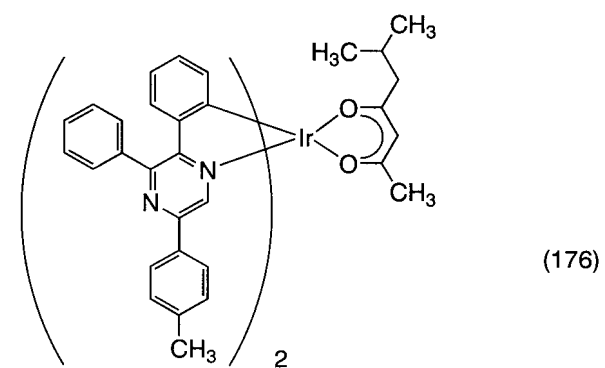
【化 4 0】



10



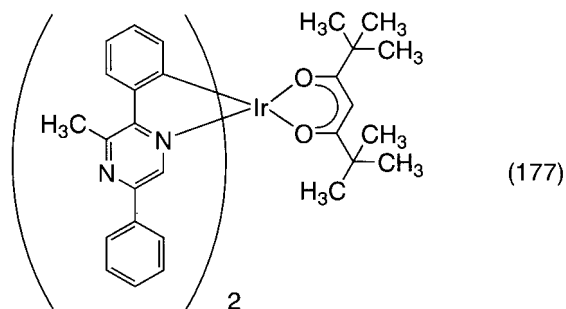
20



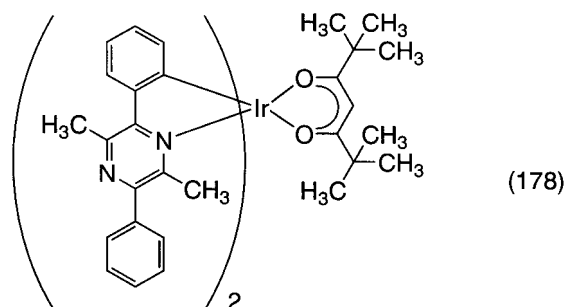
30

【 0 1 3 8 】

【化 4 1】



10



20

【 0 1 3 9】

本発明の有機金属錯体の合成方法としては、種々の反応の適用が可能である。例えば、以下に示す合成反応を行うことによって、本発明の有機金属錯体誘導体を合成することができる。なお、本発明の有機金属錯体誘導体の合成方法は、以下の合成方法に限定されない。

【 0 1 4 0】

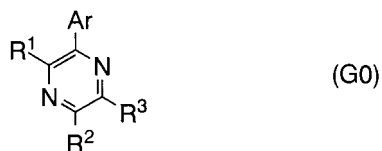
一般式 (G 0) で表されるピラジン誘導体の合成法

本発明の有機金属錯体は、下記一般式 (G 0) で表されるピラジン誘導体が、第 9 族または第 10 族の金属イオンに対してオルトメタル化することにより、有機金属錯体を形成している。

30

【 0 1 4 1】

【化 4 2】



【 0 1 4 2】

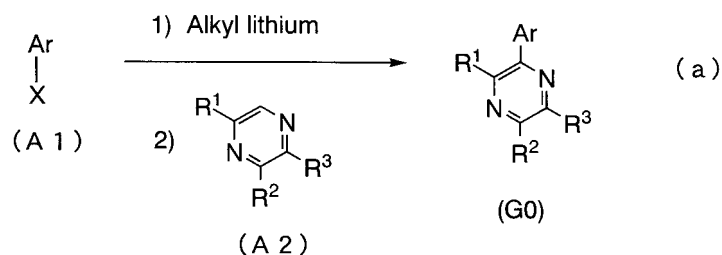
一般式 (G 0) で表されるピラジン誘導体は、以下のような簡便な合成スキームにより合成できる。例えば、下記スキーム (a) に示すように、アレーンのハロゲン化物 (A 1) をアルキルリチウム等でリチオ化し、ピラジン (A 2) と反応させることにより得られる。あるいはまた、下記スキーム (a 1) に示すように、アレーンのボロン酸 (A 1 - 1) とピラジンのハロゲン化物 (A 2 - 1) とをカップリングすることにより得られる。あるいはまた、下記スキーム (a 2) に示すように、アレーンのジケトン (A 1 - 2) とジアミン (A 2 - 2) を反応させることにより得られる。あるいはまた、下記スキーム (a 3) に示すように、アレーンのピラジン (A 1 - 3) とリチオ体または Grignard 試薬 (A 2 - 3) を反応させることによっても得ることができる。なお、式中 X はハロゲン元素を表す。

40

【 0 1 4 3】

50

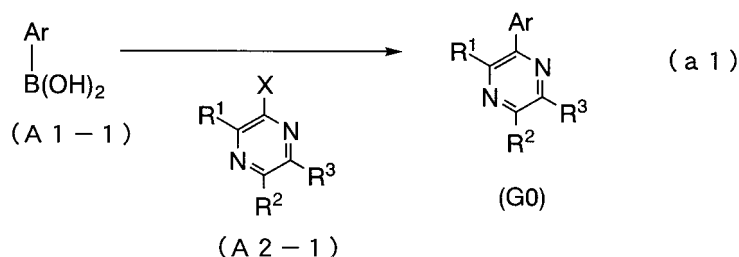
【化 4 3】



【 0 1 4 4 】

【化 4 4】

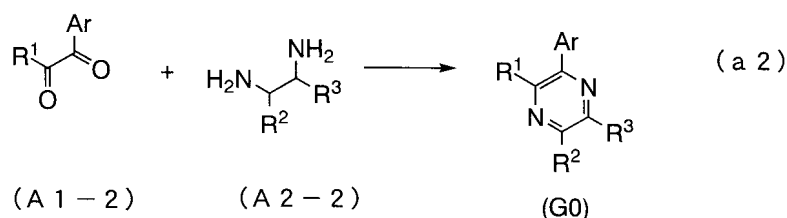
10



【 0 1 4 5 】

【化 4 5】

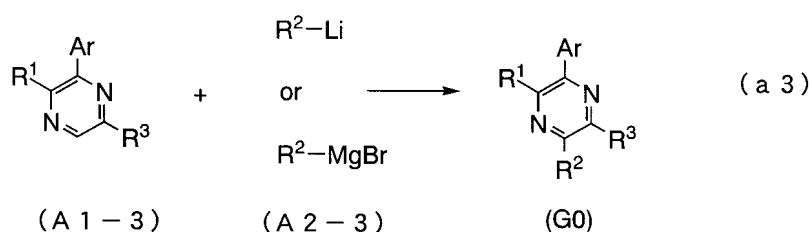
20



【 0 1 4 6 】

【化 4 6】

30



【 0 1 4 7 】

上述の化合物 (A 1)、(A 2)、(A 1-1)、(A 2-1)、(A 1-2)、(A 2-2)、(A 1-3)、(A 2-3) は、様々な種類が市販されているか、あるいは合成可能であるため、一般式 (G 0) で表されるピラジン誘導体は数多くの種類を合成することができる。したがって、本発明の有機金属錯体は、その配位子のバリエーションが豊富であるという特徴がある。

40

【 0 1 4 8 】

一般式 (G 1) で表される本発明の有機金属錯体の合成法

次に、一般式 (G 0) で表されるピラジン誘導体をオルトメタル化して形成される本発明の有機金属錯体、すなわち一般式 (G 1) で表される有機金属錯体の合成法について説明する。

【 0 1 4 9 】

まず、下記合成スキーム (b) に示すように、一般式 (G 0) で表されるピラジン誘導体と、ハロゲンを含む第 9 族または第 10 族の金属化合物 (金属ハロゲン化物や金属錯体

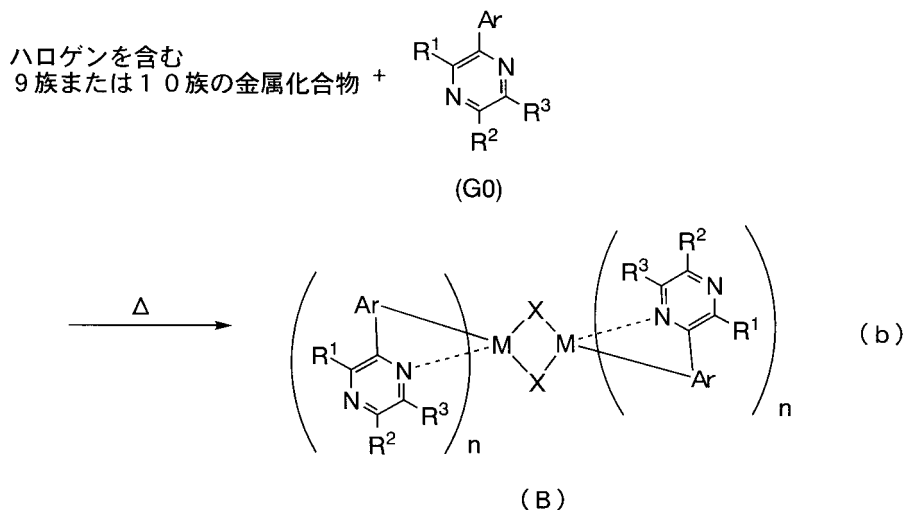
50

）とを適当な溶媒中で加熱することにより、複核錯体（B）を得ることができる。溶媒としては、水、アルコール類（グリセロール、エチレングリコール、2-エトキシエタノール、2-メトキシエタノール等）、エーテル類（ジオキサン、アニソール等）などを、単独あるいは2種類以上混合して用いることができる。ハロゲンを含む第9族または第10族の金属化合物としては、塩化ロジウム水和物、塩化パラジウム、塩化イリジウム水和物、塩化イリジウム水和物塩酸塩、テトラクロロ白金（II）酸カリウム等が挙げられるが、これらに限定されることはない。なお、スキーム（b）では、Mは第9族元素または第10族元素、Xはハロゲン元素を表す。また、Mが第9族元素の時は $n = 2$ 、Mが第10族元素の時は $n = 1$ である。

【0150】

10

【化47】



20

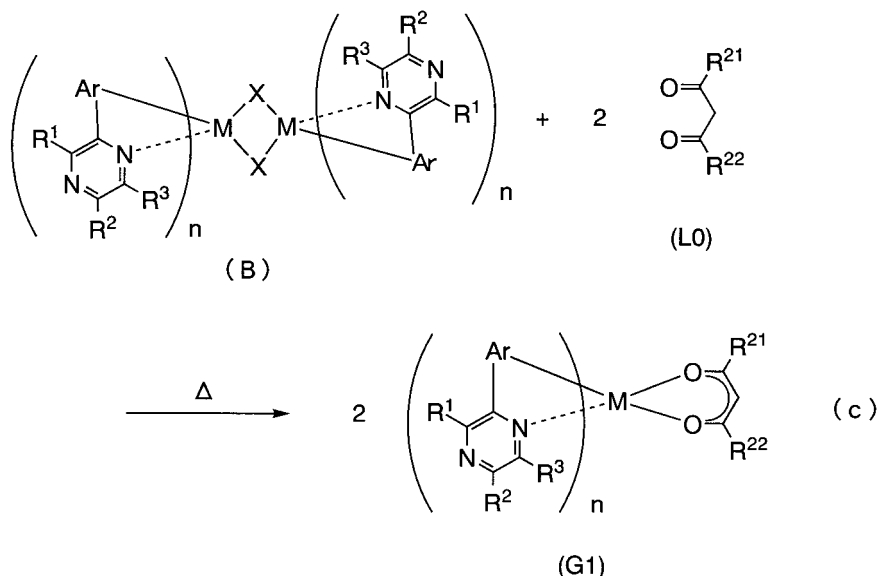
【0151】

さらに、下記合成スキーム（c）に示すように、複核錯体（B）と、βジケトン構造を有する配位子（L0）とを、塩基存在下、適当な溶媒中で加熱することにより、一般式（G1）で表される構造を含む本発明の有機金属錯体を得ることができる。溶媒としては、水、アルコール類（グリセロール、エチレングリコール、2-エトキシエタノール、2-メトキシエタノール等）、エーテル類（ジオキサン、アニソール等）などを、単独あるいは2種類以上混合して用いることができる。なお、スキーム（c）では、Mは第9族元素または第10族元素、Xはハロゲン元素を表す。また、Mが第9族元素の時は $n = 2$ 、Mが第10族元素の時は $n = 1$ である。

30

【0152】

【化 4 8】



10

【0153】

また、本発明の有機金属錯体を含む組成物も本発明の範疇に含めるものである。よって、本発明の組成物は、上述した有機金属錯体と、溶媒とを含む組成物である。

20

【0154】

上述した組成物において、溶媒としては種々の溶媒を用いることができる。例えば、トルエン、キシレン、メトキシベンゼン（アニソール）のような芳香環（例えばベンゼン環）を有する溶媒に溶解させることが出来る。また、上述した有機金属錯体は、ジメチルスルホキシド（DMSO）、ジメチルホルムアミド（DMF）、クロロホルムなど芳香環を有さない有機溶媒に対しても溶解することが可能である。

【0155】

また特に、上述した有機金属錯体は、ジエチルエーテル、ジオキサンなどのエーテルや、メタノール、エタノール、イソプロパノール、ブタノール、2-メトキシエタノール、2-エトキシエタノールなどのアルコールに対しても溶解することが可能である。アルコールを溶媒として用いた組成物は、発光素子の作製に用いた場合、発光素子のEL層を積層することが可能となる点で、大きな効果を有する。つまり蒸着法などを用いて形成された有機化合物を含む層上に、アルコールを溶媒として用いた組成物を利用して、さらに層を形成することができる。

30

【0156】

なお、上記組成物を発光素子の作製に用いることを考慮した場合、有機金属錯体は、溶媒に対して、0.6 g/L以上の濃度で溶解しているが好ましい。より好ましくは、0.9 g/L以上の濃度で溶解していることが望ましい。

【0157】

また、上記組成物を発光素子の作製に用いることを考慮した場合、膜を形成するために溶媒を除去する必要があるため、溶媒は、沸点が50以上200以下の有機溶媒であることが好ましい。

40

【0158】

また、本実施の形態で示す組成物を発光素子の作製に用いることを考慮した場合、さらに有機半導体材料を含むことが好ましい。有機半導体材料としては、常温で、固体状態である芳香族化合物、もしくはヘテロ芳香族化合物が挙げられる。特に、有機半導体材料としては、低分子化合物や高分子化合物を用いることができるが、成膜した膜の膜質の点から、特に高分子化合物であることが好ましい。また、低分子化合物を用いる場合には、溶媒への溶解性を高める置換基を有している低分子化合物（中分子化合物と呼んでもよい）を用いることが好ましい。

50

【0159】

以下では、有機半導体材料の具体例を列挙する。例えばホール輸送性の有機半導体材料としては、4, 4' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : N P B)、4, 4' - ビス [N - (9 - フェナントリル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : P P B)、4, 4' - ビス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : T P D)、4, 4' - ビス [N - (9, 9 - ジメチルフルオレン - 2 - イル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : D F L D P B i)、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 : T D A T A)、4, 4', 4'' - トリス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称 : m - M T D A T A)、4, 4', 4'' - トリ (N - カルバゾリル) トリフェニルアミン (略称 : T C T A)、1, 1 - ビス [4 - (ジフェニルアミノ) フェニル] シクロヘキサン (略称 : T P A C)、9, 9 - ビス [4 - (ジフェニルアミノ) フェニル] フルオレン (略称 : T P A F)、N - [4 - (9 - カルバゾリル) フェニル] - N - フェニル - 9, 9 - ジメチルフルオレン - 2 - アミン (略称 : Y G A F)、4, 4' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称 : C B P)、1, 3 - ビス (N - カルバゾリル) ベンゼン (略称 : m C P)、1, 3, 5 - トリス (N - カルバゾリル) ベンゼン (略称 : T C z B) のような低分子化合物や、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 - ビニルカルバゾール) (略称 : P V K) のような高分子化合物を用いることができる。また、電子輸送性の有機半導体材料としては、9 - [4 - (5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル) フェニル] カルバゾール (略称 : C O 1 1)、1, 3 - ビス [5 - (p - t e r t - 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 : O X D - 7)、2 - (4 - ビフェニル) - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール (略称 : P B D)、2, 2', 2'' - (1, 3, 5 - ベンゼントリイル) トリス (1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール) (略称 : T P B I)、3 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - ビフェニル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称 : T A Z O 1)、3 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ビフェニル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称 : p - E t T A Z)、9, 9', 9'' - [1, 3, 5 - トリアジン - 2, 4, 6 - トリイル] トリカルバゾール (略称 : T C z T R Z)、2, 2', 2'' - (1, 3, 5 - ベンゼントリイル) トリス (6, 7 - ジメチル - 3 - フェニルキノキサリン) (略称 : T r i M e Q n)、9, 9' - (キノキサリン - 2, 3 - ジイルジ - 4, 1 - フェニレン) ジ (9 H - カルバゾール) (略称 : C z Q n)、3, 3', 6, 6' - テトラフェニル - 9, 9' - (キノキサリン - 2, 3 - ジイルジ - 4, 1 - フェニレン) ジ (9 H - カルバゾール) (略称 : D C z P Q)、バソフェナントロリン (略称 : B P h e n)、バソキュプロイン (略称 : B C P)、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 (I I I) (略称 : B A l q)、トリス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) - 5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾラト] アルミニウム (I I I) (略称 : A l (O X D)₃)、トリス (2 - ヒドロキシフェニル - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾラト) アルミニウム (I I I) (略称 : A l (B I Z)₃)、ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ベンゾチアゾラト] 亜鉛 (I I) (略称 : Z n (B T Z)₂)、ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ベンズオキサゾラト] 亜鉛 (I I) (略称 : Z n (P B O)₂) などの低分子化合物や、ポリ (2, 5 - ピリジン - ジイル) (略称 : P P y)、下記参考文献で開示されている金属錯体高分子化合物 (参考文献 ; X . T . T a o、外 5 名、アプライド フィジクス レターズ、V o l . 7 0 (1 2)、1 5 0 3 - 1 5 0 5 (1 9 9 7)) などの高分子化合物を用いることができる。

【0160】

また、成膜した膜の性質を向上させるために、さらにバインダーを含んでもよい。バインダーとしては、電氣的に不活性な高分子化合物を用いることが好ましい。具体的には、ポリメチルメタクリレート (略称 : P M M A) や、ポリイミドなどを用いることがで

きる。

【0161】

本実施の形態で示した組成物は、有機金属錯体が溶解しており、発光素子の作製に好適に用いることができる。特に、有機金属錯体を含む膜を成膜するのに十分な濃度で、有機金属錯体が溶解しているため、発光素子の作製に好適に用いることができる。

【0162】

また、本実施の形態で示した組成物は、高効率の発光が可能なピラジン骨格を有する有機金属錯体を含んでおり、特性に優れた発光素子の作製に適した組成物である。

【0163】

また、発光素子を作製する際に、溶媒としてアルコールを用いた組成物を用いた場合、発光素子のEL層を積層することが可能となる。つまり蒸着法などを用いて形成された有機化合物を含む層上に、アルコールを溶媒として用いた組成物を利用して、さらに層を形成することができる。よって、特性に優れた発光素子を作製することができる。

【0164】

(実施の形態2)

本発明の有機金属錯体または組成物を用いた発光素子および発光素子の作製方法の一態様について図1を用いて以下に説明する。

【0165】

なお、本明細書中において、複合とは、単に2つの材料を混合させるだけでなく、複数の材料を混合することによって材料間での電荷の授受が行われ得る状態になることを言う。

【0166】

本発明の発光素子は、一对の電極間に複数の層を有している。当該複数の層は、キャリア注入性の高い物質やキャリア輸送性の高い物質からなる層を積層することによって作製される。これらの層は、電極から離れたところに発光領域が形成されるように積層されている。すなわち、電極から離れた部位でキャリアの再結合が行われるように積層されたものである。

【0167】

図1において、基板100は発光素子の支持体として用いられる。基板100としては、例えばガラス、またはプラスチックなどを用いることができる。なお、発光素子の支持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。

【0168】

また、本実施の形態において、発光素子は、第1の電極101と、第2の電極102と、第1の電極101と第2の電極102との間に設けられたEL層103とから構成されている。なお、本実施の形態では、第1の電極101は陽極として機能し、第2の電極102は陰極として機能するものとして、以下説明をする。つまり、第1の電極101の電位の方が、第2の電極102の電位よりも高くなるように、第1の電極101と第2の電極102に電圧を印加したときに発光が得られるものとして、以下説明をする。

【0169】

第1の電極101としては、仕事関数の大きい(具体的には4.0 eV以上)金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ(ITO: 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(IZO: 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(IWZO)等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタにより成膜されるが、ゾル-ゲル法などを応用して作製しても構わない。例えば、酸化インジウム-酸化亜鉛(IZO)は、酸化インジウムに対し1~20 wt%の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成することができる。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム(IWZO)は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5~5 wt%、酸化亜鉛を0.1~1 wt%含有したター

10

20

30

40

50

ゲットを用いてスパッタリング法により形成することができる。この他、金 (Au)、白金 (Pt)、ニッケル (Ni)、タングステン (W)、クロム (Cr)、モリブデン (Mo)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、銅 (Cu)、パラジウム (Pd)、または金属材料の窒化物 (例えば、窒化チタン) 等が挙げられる。

【0170】

また、第1の電極101と接する層として、後述する複合材料を含む層を用いた場合には、第1の電極101として、仕事関数の大小に関わらず、様々な金属、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。例えば、アルミニウム (Al)、銀 (Ag)、アルミニウムを含む合金 (AlSi) 等を用いることができる。また、仕事関数の小さい材料である、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム (Li) やセシウム (Cs) 等のアルカリ金属、およびマグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) 等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金 (MgAg、AlLi)、ユーロピウム (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等を用いることもできる。アルカリ金属、アルカリ土類金属、これらを含む合金の膜は、真空蒸着法を用いて形成することができる。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属を含む合金はスパッタリング法により形成することも可能である。また、銀ペーストなどを液滴吐出法などにより成膜することも可能である。

10

【0171】

EL層103は、層の積層構造については特に限定されず、電子輸送性の高い物質または正孔輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、正孔注入性の高い物質、バイポーラ性 (電子及び正孔の輸送性の高い物質) の物質等を含む層と、本実施の形態で示す発光層とを適宜組み合わせる構成すればよい。例えば、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層等を適宜組み合わせる構成することができる。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。

20

【0172】

正孔注入層111は、正孔注入性の高い物質を含む層である。正孔注入性の高い物質としては、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: H_2Pc) や銅フタロシアニン (略称: $CuPc$) 等のフタロシアニン系の化合物、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/PS) 等の高分子等によっても正孔注入層を形成することができる。

30

【0173】

また、正孔注入層として、正孔輸送性の高い物質にアクセプター性物質を含有させた複合材料を用いることができる。なお、正孔輸送性の高い物質にアクセプター性物質を含有させたものを用いることにより、電極の仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、第1の電極101として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料を用いることができる。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: F_4-TCNQ)、クロラニル等を挙げることができる。また、遷移金属酸化物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、酸化ルテ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。

40

【0174】

複合材料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、 dendリマー、ポリマー等) など、種々の化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる正孔輸送性の高い物質としては、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。以

50

下では、複合材料に用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

【0175】

例えば、複合材料に用いることのできる芳香族アミン化合物としては、N, N' - ビス (4 - メチルフェニル) (p - トリル) - N, N' - ジフェニル - p - フェレンジアミン (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)、4, 4' - ビス (N - {4 - [N' - (3 - メチルフェニル) - N' - 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: 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) 等を挙げることができる。

10

【0176】

複合材料に用いることのできる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: PCzPCA1)、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: PCzPCA2)、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: PCzPCN1) 等を挙げることができる。

【0177】

また、複合材料に用いることのできるカルバゾール誘導体としては、4, 4' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称: CBP)、1, 3, 5 - トリス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称: TCBP)、9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9H - カルバゾール (略称: CzPA)、1, 4 - ビス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] - 2, 3, 5, 6 - テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。

20

【0178】

また、複合材料に用いることのできる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 - BuDNA)、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: DPPA)、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 - BuDBA)、9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: DNA)、9, 10 - ジフェニルアントラセン (略称: DPAnth)、2 - tert - ブチルアントラセン (略称: t - BuAnth)、9, 10 - ビス (4 - メチル - 1 - ナフチル) アントラセン (略称: DMNA)、9, 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] - 2 - tert - ブチル - 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 ~ 42 である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

30

40

【0179】

なお、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素は、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: DPVBi)、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: DPVPA) 等が挙げられる。

【0180】

50

また、正孔注入層 111 としては、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）を用いることができる。例えば、ポリ（N - ビニルカルバゾール）（略称：PVK）、ポリ（4 - ビニルトリフェニルアミン）（略称：PVTPA）、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：PTPDMA）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：Poly - TPD）などの高分子化合物が挙げられる。また、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）、ポリアニリン/ポリ（スチレンスルホン酸）（PAni / PSS）等の酸を添加した高分子化合物を用いることができる。

【0181】

10

また、上述した PVK、PVTPA、PTPDMA、Poly - TPD 等の高分子化合物と、上述したアクセプター性物質を用いて複合材料を形成し、正孔注入層 111 として用いてもよい。

【0182】

正孔輸送層 112 は、正孔輸送性の高い物質を含む層である。正孔輸送性の高い物質としては、例えば、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 α - 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（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）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 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 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物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

20

【0183】

また、正孔輸送層 112 として、PVK、PVTPA、PTPDMA、Poly - TPD などの高分子化合物を用いることもできる。

30

【0184】

発光層 113 は、発光性の高い物質を含む層である。発光性の高い物質としては、実施の形態 1 で示した本発明の有機金属錯体を用いることができる。本発明の有機金属錯体は、高い発光効率を示すため、発光素子の発光性物質として好適に用いることができる。

【0185】

特に発光層 113 においては、本発明の有機金属錯体をホスト材料に分散させた構成が好ましい。ホスト材料としては、先の実施の形態 1 で述べたようなホール輸送性の有機半導体材料（例えば NPB、PPB、TPD、DFLDPBi、TDATA、m - MTDATA、TCTA、TPAC、TPAF、YGAF、CBP、mCP、TCzB、PVTPA、PVK）や、電子輸送性の有機半導体材料（CO11、OXD - 7、PBD、TPBI、TAZO1、p - EtTAZ、TCzTRZ、TriMeQn、CzQn、DCzPQ、BPhen、BCP、BALq、Al（OXD）₃、Al（BIz）₃、Zn（BTZ）₂、Zn（PBO）₂、PPy）、下記参考文献で開示されている金属錯体高分子化合物（参考文献；X. T. Tao、外 5 名、アプライド フィジクス レターズ、Vol. 70（12）、1503 - 1505（1997））などを用いることができる。また、好ましくは、上述したようなホール輸送性の有機半導体材料と電子輸送性材料の両方をホスト材料として用いることが、素子寿命を向上させるために好ましい。

40

【0186】

発光層 113 は乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いて形成することができる。例えば、乾式法である蒸着法を用いて形成することができる。また、実施の形態 1 で示し

50

た本発明の有機金属錯体を含む組成物を用いて、湿式法で発光層 113 を形成することができる。具体的には、実施の形態 1 で示した組成物を、液滴吐出法またはスピンコート法等を用いて塗布し、その後、溶媒を除去すればよい。溶媒を除去する方法としては、加熱処理、減圧処理、または減圧下で加熱処理を行う方法などが挙げられる。

【0187】

この時、組成物に含まれる溶媒はアルコールであることが好ましい。理由は以下の通りである。発光素子に用いるような低分子化合物の多くは、アルコールに溶解しにくいという性質を持つ。したがって、組成物に含まれる溶媒がアルコールである場合、発光層よりも先に形成した層が、蒸着法などを用いて形成された低分子化合物を含む層であっても、組成物を湿式塗布して発光層を積層することが可能となるのである。

10

【0188】

電子輸送層 114 は、電子輸送性の高い物質を含む層である。例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Alq)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Almq₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(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(略称: 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、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)や、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)、3-(4-ピフェニル)-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)、バソフェナントロリン(略称: BPhen)、バソキュプロイン(略称: BCP)なども用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 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として用いても構わない。また、電子輸送層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

20

30

【0189】

また、電子輸送層 114 として、高分子化合物を用いることができる。例えば、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-Py)、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)などを用いることができる。

【0190】

また、電子注入層 115 を設けてもよい。電子注入層 115 としては、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)等のようなアルカリ金属化合物、又はアルカリ土類金属化合物を用いることができる。さらに、電子輸送性を有する物質とアルカリ金属又はアルカリ土類金属が組み合わせられた層も使用できる。例えば Alq 中にマグネシウム(Mg)を含有させたものを用いることができる。なお、電子注入層として、電子輸送性を有する物質とアルカリ金属又はアルカリ土類金属を組み合わせることは、第2の電極 102 からの電子注入が効率良く起こるためより好ましい。

40

【0191】

第2の電極 102 を形成する物質としては、仕事関数の小さい(具体的には 3.8 eV 以下)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。このような陰極材料の具体例としては、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム(Li)やセシウム(Cs)等のアルカリ金属、およびマグネシウム

50

(Mg)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金(MgAg、AlLi)、ユ-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等が挙げられる。アルカリ金属、アルカリ土類金属、これらを含む合金の膜は、真空蒸着法を用いて形成することができる。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属を含む合金はスパッタリング法により形成することも可能である。また、銀ペーストなどを液滴吐出法などにより成膜することも可能である。

【0192】

また、第2の電極102と電子輸送層114との間に、電子注入層115を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ等様々な導電性材料を第2の電極102として用いることができる。これら導電性材料は、スパッタリング法や液滴吐出法、スピンコート法等を用いて成膜することが可能である。

10

【0193】

以上のような構成を有する本実施の形態で示した発光素子は、第1の電極101と第2の電極102との間に電圧を加えることにより電流が流れる。そして、発光性の高い物質を含む層である発光層113において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。つまり発光層113に発光領域が形成されるような構成となっている。

【0194】

発光は、第1の電極101または第2の電極102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または第2の電極102のいずれか一方または両方は、透光性を有する物質で成る。第1の電極101のみが透光性を有する電極である場合、光は第1の電極101を通して基板側から取り出される。また、第2の電極102のみが透光性を有する電極である場合、光は第2の電極102を通して基板と逆側から取り出される。第1の電極101および第2の電極102がいずれも透光性を有する電極である場合、光は第1の電極101および第2の電極102を通して、基板側および基板側と逆側の両方から取り出される。

20

【0195】

なお、図1では、陽極として機能する第1の電極101を基板100側に設けた構成について示したが、陰極として機能する第2の電極102を基板100側に設けてもよい。図2では、基板100上に、陰極として機能する第2の電極102、EL層103、陽極として機能する第1の電極101とが順に積層された構成となっている。EL層103は、図1に示す構成とは逆の順序に積層されている。

30

【0196】

EL層の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。また各電極または各層ごとに異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。乾式法としては、真空蒸着法、スパッタリング法などが挙げられる。また、湿式法としては、液滴吐出法またはスピンコート法などが挙げられる。

【0197】

例えば、上述した材料のうち、高分子化合物を用いて湿式法でEL層を形成してもよい。または、低分子の有機化合物を用いて湿式法で形成することもできる。また、低分子の有機化合物を用いて真空蒸着法などの乾式法を用いてEL層を形成してもよい。

40

【0198】

発光層113についても、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができるが、実施の形態1で示した組成物を用いて、湿式法にて形成することが好ましい。具体的には、実施の形態1で示した組成物を、液滴吐出法またはスピンコート法等を用いて塗布し、その後、溶媒を除去すればよい。溶媒を除去する方法としては、加熱処理、減圧処理、または減圧下で加熱処理を行う方法などが挙げられる。湿式法を用いることにより、材料利用効率を向上させることができ、発光素子の製造コストを低減することができる。

【0199】

また、電極についても、ゾル-ゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料の

50

ペーストを用いて湿式法で形成してもよい。また、スパッタリング法や真空蒸着法などの乾式法を用いて形成しても良い。

【0200】

なお、本実施の形態で示した発光素子を表示装置に適用し、発光層を塗り分ける場合には、発光層は湿式法により形成することが好ましい。発光層を液滴吐出法を用いて形成することにより、大型基板であっても発光層の塗り分けが容易となり、生産性が向上する。

【0201】

以下、具体的な発光素子の形成方法を示す。

【0202】

例えば、図1に示した構成において、第1の電極101を乾式法であるスパッタリング法、正孔注入層111を湿式法である液滴吐出法やスピンコート法、正孔輸送層112を乾式法である真空蒸着法、発光層113を湿式法である液滴吐出法、電子輸送層114を乾式法である真空蒸着法、電子注入層115を乾式法である真空蒸着法、第2の電極102を湿式法である液滴吐出法やスピンコート法を用いて形成してもよい。また、第1の電極101を湿式法である液滴吐出法、正孔注入層111を乾式法である真空蒸着法、正孔輸送層112を湿式法である液滴吐出法やスピンコート法、発光層113を湿式法である液滴吐出法、電子輸送層114を湿式法である液滴吐出法やスピンコート法、電子注入層115を湿式法である液滴吐出法やスピンコート法、第2の電極102を湿式法である液滴吐出法やスピンコート法を用いて形成してもよい。なお、上記の方法に限らず、湿式法と乾式法を適宜組み合わせればよい。

【0203】

例えば、図1に示した構成の場合、第1の電極101を乾式法であるスパッタリング法、正孔注入層111および正孔輸送層112を湿式法である液滴吐出法やスピンコート法、発光層113を湿式法である液滴吐出法、電子輸送層114および電子注入層115を乾式法である真空蒸着法、第2の電極102を乾式法である真空蒸着法で形成することができる。つまり、第1の電極101が所望の形状で形成されている基板上に、正孔注入層111から発光層113までを湿式法で形成し、電子輸送層114から第2の電極102までを乾式法で形成することができる。この方法では、正孔注入層111から発光層113までを大気圧で形成することができ、発光層113の塗り分けも容易である。また、電子輸送層114から第2の電極102までは、真空一貫で形成することができる。よって、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる。

【0204】

一例を以下に示す。第1の電極101上に、正孔注入層111としてPEDOT/PSSを形成する。PEDOT/PSSは水溶性であるため、水溶液としてスピンコート法や液滴吐出法などにより、成膜することができる。正孔輸送層112は設けず、正孔注入層111上に発光層113を設ける。発光層113は、すでに形成されている正孔注入層111(PEDOT/PSS)が溶解しない溶媒(トルエン、キシレン、ドデシルベンゼン、あるいはドデシルベンゼンとテトラリンとの混合溶媒、エーテル類、アルコール類など)を含む実施の形態1に示した組成物を用いて液滴吐出法を用いて形成することができる。次に、発光層113上に電子輸送層114を形成するが、電子輸送層114を湿式法で形成する場合には、すでに形成されている正孔注入層111および発光層113が溶解しない溶媒を用いて形成しなくてはならない。その場合、溶媒の選択肢が狭まるため、乾式法を用いて形成する方が容易である。よって、電子輸送層114から第2の電極102までを乾式法である真空蒸着法を用いて真空一貫で形成することにより、工程を簡略化することができる。

【0205】

また、図2に示した構成の場合、上記の方法とは逆の順番で、第2の電極102を乾式法であるスパッタリングまたは真空蒸着法、電子注入層115から電子輸送層114を乾式法である真空蒸着法、発光層113を湿式法である液滴吐出法、正孔輸送層112および正孔注入層111を湿式法である液滴吐出法やスピンコート法、第1の電極101を湿

式法である液滴吐出法やスピンコート法により形成することができる。この方法では、第2の電極102から電子輸送層114までを乾式法により真空一貫で形成し、発光層113から第1の電極101までを大気圧で形成することができる。よって、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる。実施の形態1で示した組成物は、蒸着法などを用いて形成した層の上に塗布することが可能であるため、このような作製方法も可能となる。

【0206】

なお、本実施の形態においては、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に発光素子を作製している。一基板上にこのような発光素子を複数作製することで、パッシブマトリクス型の発光装置を作製することができる。また、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に、例えば、薄膜トランジスタ(TFT)を形成し、TFTと電氣的に接続された電極上に発光素子を作製してもよい。これにより、TFTによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の発光装置を作製できる。なお、TFTの構造は、特に限定されない。スタガ型のTFTでもよいし、逆スタガ型のTFTでもよい。また、TFT基板に形成される駆動用回路についても、N型およびP型のTFTからなるものでもよいし、若しくはN型のTFTまたはP型のTFTのいずれか一方からのみなるものであってもよい。また、TFTに用いられる半導体膜の結晶性についても特に限定されない。非晶質半導体膜を用いてもよいし、結晶性半導体膜を用いてもよい。

【0207】

本発明の発光素子は、高効率の発光が可能な有機金属錯体を含むため、発光効率が高い。

【0208】

また、実施の形態1で示した組成物を用いて発光素子を形成した場合、大型基板であっても発光層の塗り分けが容易となり、生産性が向上する。よって、本実施の形態で示した発光素子の作製方法は、量産性に優れている。また、材料利用効率が高いため、製造コストが低減することができる。

【0209】

(実施の形態3)

本実施の形態は、本発明に係る複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子(以下、積層型素子という)の態様について、図3を参照して説明する。この発光素子は、第1の電極と第2の電極との間に、複数の発光ユニットを有する積層型発光素子である。発光ユニットとしては、実施の形態2で示したEL層と同様な構成を用いることができる。つまり、実施の形態2で示した発光素子は、1つの発光ユニットを有する発光素子であり、本実施の形態では、複数の発光ユニットを有する発光素子について説明する。

【0210】

図3において、第1の電極501と第2の電極502との間には、第1の発光ユニット511、電荷発生層513、第2の発光ユニット512が積層されている。第1の電極501と第2の電極502は実施の形態2と同様なものを適用することができる。また、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512は同じ構成であっても異なる構成であってもよく、その構成は実施の形態2と同様なものを適用することができる。

【0211】

電荷発生層513には、有機化合物と金属酸化物の複合材料が含まれている。この有機化合物と金属酸化物の複合材料は、実施の形態2で示した複合材料であり、有機化合物と酸化バナジウムや酸化モリブデンや酸化タングステン等の金属酸化物を含む。有機化合物としては、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、 dendrimer、ポリマー等)など、種々の化合物を用いることができる。なお、有機化合物としては、正孔移動度が $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上であるものを適用することが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。

【0212】

なお、電荷発生層 5 1 3 は、有機化合物と金属酸化物の複合材料と他の材料とを組み合わせ形成してもよい。例えば、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせ形成してもよい。また、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、透明導電膜とを組み合わせ形成してもよい。

【0213】

第 1 の発光ユニット 5 1 1 と第 2 の発光ユニット 5 1 2 に挟まれる電荷発生層 5 1 3 は、第 1 の電極 5 0 1 と第 2 の電極 5 0 2 の間に電圧を印加したときに、一方の側の発光ユニットに電子を注入し、他方の側の発光ユニットに正孔を注入するものであれば、どのような構成でも良い。例えば、図 3 において、第 1 の電極の電位の方が第 2 の電極の電位よりも高くなるように電圧を印加した場合、電荷発生層 5 1 3 は、第 1 の発光ユニット 5 1 1 に電子を注入し、第 2 の発光ユニット 5 1 2 に正孔を注入するものであればよい。

10

【0214】

本実施の形態では、2つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、3つ以上の発光ユニット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発光ユニットを電荷発生層で仕切って配置することで、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り、そのため長寿命素子を実現できる。また、照明を応用例とした場合は、電極材料の抵抗による電圧降下を小さくできるので、大面積での均一発光が可能となる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

20

【0215】

また、それぞれの発光ユニット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つの発光ユニットを有する発光素子において、第 1 の発光ユニットの発光色と第 2 の発光ユニット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を発光する物質から得られた光と混合すると、白色発光を得ることができる。また、3つの発光ユニットを有する発光素子の場合でも同様であり、例えば、第 1 の発光ユニットの発光色が赤色であり、第 2 の発光ユニットの発光色が緑色であり、第 3 の発光ユニット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。

30

【0216】

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0217】

(実施の形態 4)

本実施の形態では、本発明の発光素子を有する発光装置について説明する。

【0218】

本実施の形態では、画素部に本発明の発光素子を有する発光装置について図 4 を用いて説明する。なお、図 4 (A) は、発光装置を示す上面図、図 4 (B) は図 4 (A) を A - A' および B - B' で切断した断面図である。この発光装置は、発光素子の発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部 (ソース側駆動回路) 6 0 1、画素部 6 0 2、駆動回路部 (ゲート側駆動回路) 6 0 3 を含んでいる。また、6 0 4 は封止基板、6 0 5 はシール材であり、シール材 6 0 5 で囲まれた内側は、空間 6 0 7 になっている。

40

【0219】

なお、引き回し配線 6 0 8 はソース側駆動回路 6 0 1 及びゲート側駆動回路 6 0 3 に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となる FPC (フレキシブルプリントサーキット) 6 0 9 からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここでは FPC しか図示されていないが、この FPC にはプリント配線基板 (PWB) が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それに FPC もしくは PWB が取り付けられた状態をも含むものとする。

50

【0220】

次に、断面構造について図4(B)を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

【0221】

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

10

【0222】

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

【0223】

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

20

【0224】

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

30

【0225】

また、EL層616は、実施の形態1で示した有機金属錯体を含んでいる。EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、液滴吐出法、スピンコート法等の種々の方法によって形成される。また、EL層616を構成する材料としては、低分子化合物、または高分子化合物(オリゴマー、 dendrimerを含む)でのいずれを用いてもよい。また、EL層に用いる材料としては、有機化合物だけでなく、無機化合物を用いてもよい。

40

【0226】

また、第2の電極617に用いる材料としては、さまざまな金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物を用いることができる。第2の電極を陰極として用いる場合には、その中でも、仕事関数の小さい(仕事関数 3.8eV 以下)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。例えば、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム(Li)やセシウム(Cs)等のアルカリ金属、およびマグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金(MgAg、AlLi)等が挙げられる。なお、EL層616で生じた光を第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜(酸化インジウム-酸化スズ(I

50

TO)、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛 (IZO)、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム (IWZO) 等) との積層を用いることも可能である。

【0227】

さらにシール材 605 で封止基板 604 を素子基板 610 と貼り合わせることで、素子基板 610、封止基板 604、およびシール材 605 で囲まれた空間 607 に発光素子 618 が備えられた構造になっている。なお、空間 607 には、充填材が充填されており、不活性気体 (窒素やアルゴン等) が充填される場合の他、シール材 605 が充填される場合もある。

【0228】

なお、シール材 605 にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板 604 に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP (Fiberglass-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等からなるプラスチック基板を用いることができる。

【0229】

以上のようにして、本発明の発光素子を有する発光装置を得ることができる。

【0230】

本発明の発光装置は、発光効率の高い発光素子を有しているため、消費電力が低減されている。

【0231】

また、本発明の発光装置は、実施の形態 1 で示した組成物を用いて形成することが可能であるため、量産性に優れている。また、材料利用効率が高いため、製造コストが低減されており、低コストの発光装置を得ることができる。

【0232】

以上のように、本実施の形態では、トランジスタによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、この他、パッシブマトリクス型の発光装置であってもよい。図 5 には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図 5 (A) は、発光装置を示す斜視図、図 5 (B) は図 5 (A) を X-Y で切断した断面図である。図 5 において、基板 951 上には、電極 952 と電極 956 との間には EL 層 955 が設けられている。電極 952 の端部は絶縁層 953 で覆われている。そして、絶縁層 953 上には隔壁層 954 が設けられている。隔壁層 954 の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層 954 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺 (絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接する辺) の方が上辺 (絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接しない辺) よりも短い。このように、隔壁層 954 を設けることで、陰極をパターンニングすることができる。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、発光効率の高い発光素子を含むことによって、低消費電力で駆動させることができる。

【0233】

(実施の形態 5)

本実施の形態では、湿式法として液滴吐出法を用いて本発明の有機金属錯体を含む層 716 を形成する一態様を図 10 及び図 11 を用いて説明する。図 10 (A) ~ 図 10 (D) は図 4 に示す発光装置の発光素子部分の作製工程を示す。

【0234】

図 10 (A) において、絶縁層 719 上に第 1 の電極 713 が形成され、第 1 の電極 713 の一部を覆うように絶縁層 714 が形成されている。絶縁層 714 の開口である第 1 の電極 713 の露出部に、液滴吐出装置 730 より液滴 731 を吐出し、組成物を含む層 732 を形成する。液滴 731 は、本発明の有機金属錯体及び溶媒を含む組成物であり、第 1 の電極 713 上に付着する (図 10 (B) 参照。)。組成物を含む層 732 より溶媒

10

20

30

40

50

を除去し、固化することによって有機金属錯体を含む層 716 を形成する（図 10（C）参照。）。溶媒の除去は、乾燥によって行ってもよいし、加熱工程を加えてもよい。また、組成物の吐出工程は減圧下で行ってもよい。

【0235】

有機金属錯体を含む層 716 上に第 2 の電極 717 を形成し、発光素子 718 を作製する（図 10（D）参照。）。なお、図 10 では、第 1 の電極 713 と第 2 の電極 717 との間に有機金属錯体を含む層 716 のみを有する構成を示したが、第 1 の電極 713 と有機金属錯体を含む層 716 との間に、他の材料を含む層を形成してもよい。実施の形態 1 で示したように、本発明の有機金属錯体はアルコールに溶解可能なため、溶媒としてアルコールを用いた組成物を用いた場合、発光素子の EL 層を積層することが可能となる。また、有機金属錯体を含む層 716 と第 2 の電極 717 との間に他の材料を含む層を形成してもよい。

10

【0236】

本実施の形態で示すように有機金属錯体を含む層 716 を液滴吐出法で行うと、選択的に形成領域に組成物を吐出することができるため、材料のロスを削減することができる。また、形状を加工するためのフォトリソグラフィ工程などもないために工程も簡略化することができる、低コスト化が達成できる。

【0237】

本実施の形態で示す液滴吐出手段とは、組成物の吐出口を有するノズルや、1 つ又は複数のノズルを具備したヘッド等の液滴を吐出する手段を有するものの総称とする。

20

【0238】

液滴吐出法に用いる液滴吐出装置の一態様を図 11 に示す。液滴吐出手段 1403 の個々のヘッド 1405、ヘッド 1412 は制御手段 1407 に接続され、それがコンピュータ 1410 で制御することにより予めプログラミングされたパターンに描画することができる。描画するタイミングは、例えば、基板 1400 上に形成されたマーカー 1411 を基準に行えば良い。或いは、基板 1400 の縁を基準にして基準点を確定させても良い。これを撮像手段 1404 で検出し、画像処理手段 1409 にてデジタル信号に変換したものをコンピュータ 1410 で認識して制御信号を発生させて制御手段 1407 に送る。撮像手段 1404 としては、電荷結合素子（CCD）や相補型金属酸化物半導体（CMOS）を利用したイメージセンサなどを用いることができる。勿論、基板 1400 上に形成されるべきパターンの情報は記憶媒体 1408 に格納されたものであり、この情報を基にして制御手段 1407 に制御信号を送り、液滴吐出手段 1403 の個々のヘッド 1405、ヘッド 1412 を個別に制御することができる。吐出する材料は、材料供給源 1413、材料供給源 1414 より配管を通してヘッド 1405、ヘッド 1412 にそれぞれ供給される。

30

【0239】

ヘッド 1405 内部は、点線 1406 が示すように液状の材料を充填する空間と、吐出口であるノズルを有する構造となっている。図示しないが、ヘッド 1412 もヘッド 1405 と同様な内部構造を有する。ヘッド 1405 とヘッド 1412 のノズルを異なるサイズで設けると、異なる材料を異なる幅で同時に描画することができる。一つのヘッドで、複数種の発光材料などをそれぞれ吐出し、描画することができ、広領域に描画する場合は、スループットを向上させるため複数のノズルより同材料を同時に吐出し、描画することができる。大型基板を用いる場合、ヘッド 1405、ヘッド 1412 は基板上を、矢印の方向に自在に走査し、描画する領域を自由に設定することができ、同じパターンを一枚の基板に複数描画することができる。

40

【0240】

また、組成物を吐出する工程は、減圧下で行ってもよい。吐出時に基板を加熱しておいてもよい。組成物を吐出後、乾燥と焼成の一方又は両方の工程を行う。乾燥と焼成の工程は、両工程とも加熱処理の工程であるが、例えば、乾燥は 80～100 度（ ）で 3 分間、焼成は 200～550 度（ ）で 15 分間～60 分間で行うもので、その目的、温度と

50

時間が異なるものである。乾燥の工程、焼成の工程は、常圧下又は減圧下で、レーザ光の照射や瞬間熱アニール、加熱炉などにより行う。なお、この加熱処理を行うタイミング、加熱処理の回数は特に限定されない。乾燥と焼成の工程を良好に行うためには、そのときの温度は、基板の材質及び組成物の性質に依存する。

【0241】

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0242】

(実施の形態6)

本実施の形態では、実施の形態4に示す発光装置をその一部に含む本発明の電子機器について説明する。本発明の電子機器は、実施の形態1に示した有機金属錯体を用いて作製された発光素子を有する表示部を有する。また、消費電力の低減された表示部を有する。

10

【0243】

本発明の有機金属錯体を用いて作製された発光素子を有する電子機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ、ナビゲーションシステム、音響再生装置(カーオーディオ、オーディオコンボ等)、コンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等)、記録媒体を備えた画像再生装置(具体的にはDigital Versatile Disc(DVD)等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置)などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を図6に示す。

【0244】

図6(A)は本発明に係るテレビ装置であり、筐体9101、支持台9102、表示部9103、スピーカー部9104、ビデオ入力端子9105等を含む。このテレビ装置において、表示部9103は、実施の形態2~3で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、発光効率が高いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部9103も同様の特徴を有するため、このテレビ装置は低消費電力化が図られている。このような特徴により、テレビ装置において、電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、筐体9101や支持台9102の小型軽量化を図ることが可能である。本発明に係るテレビ装置は、低消費電力、高画質及び小型軽量化が図られているので、それにより住環境に適合した製品を提供することができる。

20

30

【0245】

図6(B)は本発明に係るコンピュータであり、本体9201、筐体9202、表示部9203、キーボード9204、外部接続ポート9205、ポインティングデバイス9206等を含む。このコンピュータにおいて、表示部9203は、実施の形態2~3で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、発光効率が高いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部9203も同様の特徴を有するため、このコンピュータは低消費電力化が図られている。このような特徴により、コンピュータにおいて、電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、本体9201や筐体9202の小型軽量化を図ることが可能である。本発明に係るコンピュータは、低消費電力、高画質及び小型軽量化が図られているので、環境に適合した製品を提供することができる。

40

【0246】

図6(C)は本発明に係る携帯電話であり、本体9401、筐体9402、表示部9403、音声入力部9404、音声出力部9405、操作キー9406、外部接続ポート9407、アンテナ9408等を含む。この携帯電話において、表示部9403は、実施の形態2~3で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、発光効率が高いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部9403も同様の特徴を有するため、この携帯電話は低消費電力化が図られている。このような特徴により、携帯電話において、電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、本体9401や筐体9402の小型軽量化を図ることが可能である。本

50

発明に係る携帯電話は、低消費電力、高画質及び小型軽量化が図られているので、携帯に適した製品を提供することができる。

【0247】

図6(D)は本発明に係るカメラであり、本体9501、表示部9502、筐体9503、外部接続ポート9504、リモコン受信部9505、受像部9506、バッテリー9507、音声入力部9508、操作キー9509、接眼部9510等を含む。このカメラにおいて、表示部9502は、実施の形態2~3で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、発光効率が高いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部9502も同様の特徴を有するため、このカメラは低消費電力化が図られている。このような特徴により、カメラにおいて、電源回路を大幅に削減、若しくは縮小することができるので、本体9501の小型軽量化を図ることが可能である。本発明に係るカメラは、低消費電力、高画質及び小型軽量化が図られているので、携帯に適した製品を提供することができる。

10

【0248】

以上の様に、本発明の発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。本発明の発光素子を用いることにより、低消費電力な表示部を有する電子機器を提供することが可能となる。また、本発明の電子機器は、実施の形態1で示した組成物を用いて形成されている発光素子を有しているため、量産性に優れている。また、材料利用効率が高いため、製造コストが低減されており、低コストの電子機器を得ることができる。

20

【0249】

また、本発明の発光装置は、照明装置として用いることもできる。本発明の発光素子を照明装置として用いる一態様を、図7を用いて説明する。

【0250】

図7は、本発明の発光装置をバックライトとして用いた液晶表示装置の一例である。図7に示した液晶表示装置は、筐体901、液晶層902、バックライト903、筐体904を有し、液晶層902は、ドライバIC905と接続されている。また、バックライト903は、本発明の発光装置が用いられおり、端子906により、電流が供給されている。

【0251】

本発明の発光装置を液晶表示装置のバックライトとして用いることにより、消費電力の低減されたバックライトが得られる。また、本発明の発光装置は、面発光の照明装置であり大面積化も可能であるため、バックライトの大面積化が可能であり、同時に液晶表示装置の大面積化も可能になる。さらに、本発明の発光装置は薄型で低消費電力であるため、表示装置の薄型化、低消費電力化も可能となる。また、本発明の発光装置は、実施の形態1で示した組成物を用いて形成されているため、量産性に優れている。また、材料利用効率が高いため、製造コストが低減されており、低コストの発光装置を得ることができる。よって、本発明の発光装置を用いた液晶表示装置も同様の特徴を有する。

30

【0252】

図8は、本発明を適用した発光装置を、照明装置である電気スタンドとして用いた例である。図8に示す電気スタンドは、筐体2001と、光源2002を有し、光源2002として、本発明の発光装置が用いられている。本発明の発光装置は、高輝度の発光が可能であるため、細かい作業をする場合など、手元を明るく照らすことが可能である。本発明の発光装置は、実施の形態1で示した組成物を用いて形成されているため、量産性に優れている。また、材料利用効率が高いため、製造コストが低減されており、低コストの発光装置を得ることができる。

40

【0253】

図9は、本発明を適用した発光装置を、室内の照明装置3001として用いた例である。本発明の発光装置は大面積化が可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、本発明の発光装置は、薄型で低消費電力であるため、薄型化、低消費電力

50

化の照明装置として用いることが可能となる。このように、本発明を適用した発光装置を、室内の照明装置 3001 として用いた部屋に、図 6 (A) で説明したような、本発明に係るテレビ装置を設置して公共放送や映画を鑑賞することができる。このような場合、両装置は低消費電力であるので、電気料金を心配せずに、明るい部屋で迫力のある映像を鑑賞することができる。

【実施例 1】

【0254】

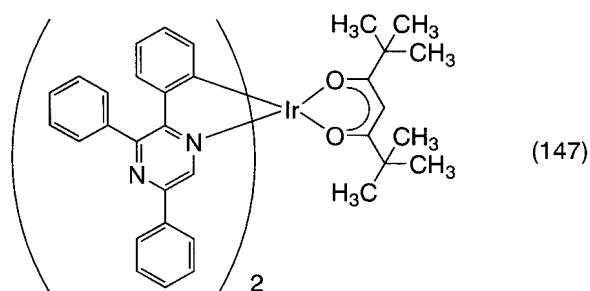
合成例 1

本合成例 1 では、実施の形態 1 で示した構造式 (147) で表される本発明の有機金属錯体、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: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$) の合成例を具体的に例示する。

10

【0255】

【化 49】



20

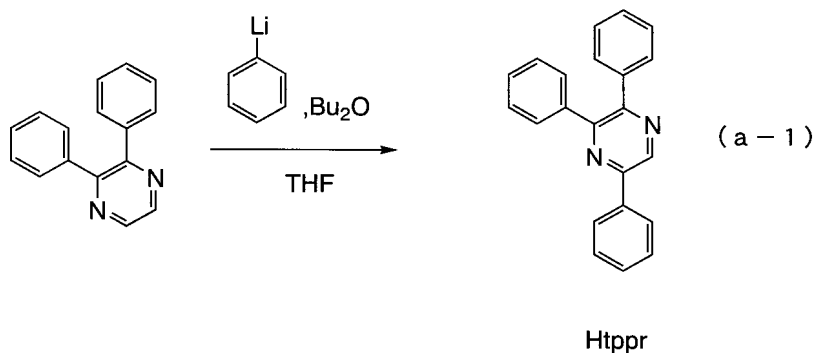
【0256】

<ステップ 1; 2, 3, 5 - トリフェニルピラジン (略称: Htppr) の合成>
まず、窒素雰囲気にて、フェニルリチウムのジブチルエーテル溶液 (株) 和光純薬工業製、2.1 mol/L) 5.5 mL とジエチルエーテル 50 mL を混合し、氷冷しながら、この溶液に 2, 3 - ジフェニルピラジン 2.43 g を滴下し、室温にて 24 時間撹拌した。この混合物に水を加え、ジエチルエーテルにて有機層を抽出した。得られた有機層を水で洗浄し、硫酸マグネシウムにて乾燥した。乾燥した後の溶液に活性二酸化マンガンに過剰に加えて、ろ過した。この溶液の溶媒を留去した後、得られた残渣を、エタノールで再結晶することにより、ピラジン誘導体 Htppr を得た (黄色粉末、収率 56%)。ステップ 1 の合成スキームを下記 (a-1) に示す。

30

【0257】

【化 50】



40

【0258】

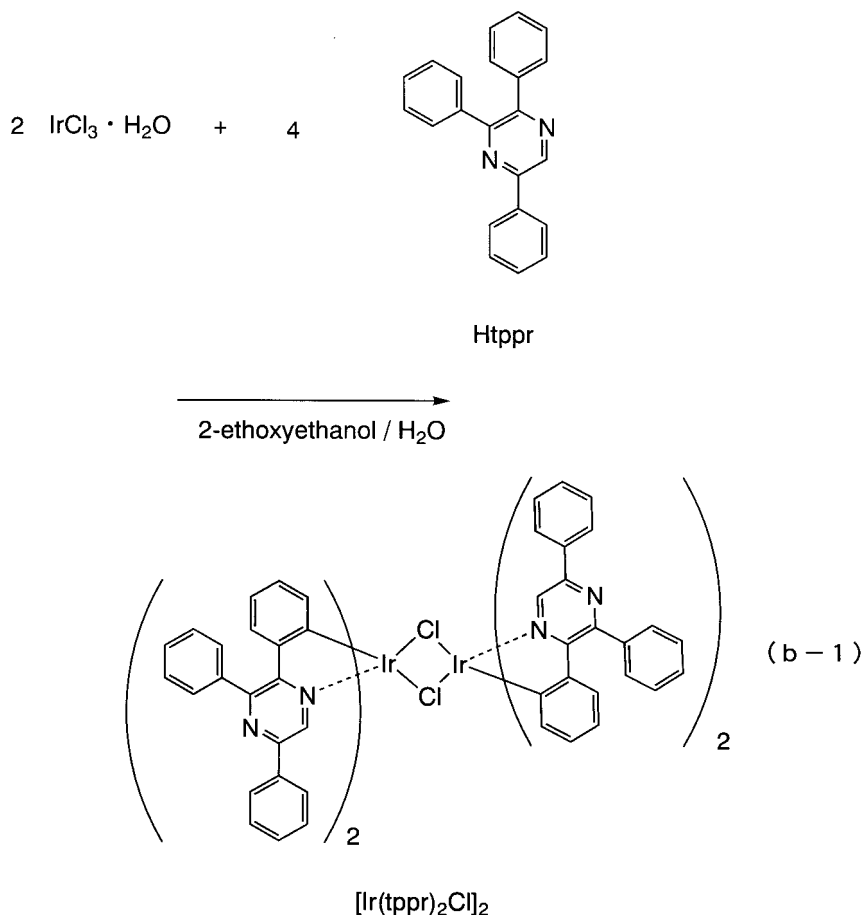
<ステップ 2; ジ - μ - クロロ - ビス [ビス (2, 3, 5 - トリフェニルピラジナト) イリジウム (III)] (略称: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2\text{Cl}]_2$) の合成>
次に、2 - エトキシエタノール 30 mL と水 10 mL との混合液を溶媒として、上記ステップ 1 で得たピラジン誘導体 Htppr を 1.08 g、塩化イリジウム水和物 ($\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (Sigma-Aldrich 社製) を 0.73 g 混合し、窒素雰囲気にて

50

16時間還流し、析出してきた粉末をろ過し、エタノール、ジエチルエーテル、次いでヘキサンにて洗浄することにより、複核錯体 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2\text{Cl}]_2$ を得た（橙色粉末、収率97%）。ステップ2の合成スキームを下記（b-1）に示す。

【0259】

【化51】



10

20

30

40

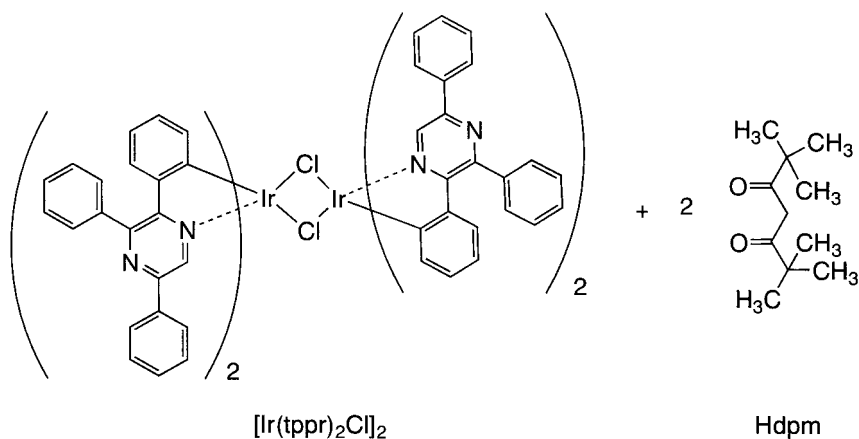
【0260】

<ステップ3；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： $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ ）の合成>

2-エトキシエタノール25mL、上記ステップ2で得た複核錯体 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2\text{Cl}]_2$ 0.40g、ジピバロイルメタン0.14mL、炭酸ナトリウム0.25gを、還流管を付けたナスフラスコに入れ、フラスコ内をアルゴン置換した。その後、マイクロ波（2.45GHz 150W）を15分間照射し、反応させた。反応溶液をろ過し、得られたる液をエタノールにて再結晶し、得られた赤色粉末をエタノール、ついでジエチルエーテルにて洗浄することにより、本発明の有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ を得た（収率75%）。なお、マイクロ波の照射はマイクロ波合成装置（CEM社製 Discover）を用いた。ステップ3の合成スキームを下記（c-1）に示す。

【0261】

【化 5 2】



10

20

【0262】

なお、上記ステップ3で得られた赤色粉末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12に示す。このことから、本合成例1において、上述の構造式(147)で表される本発明の有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ が得られたことがわかった。

30

【0263】

^1H NMRを以下に示す。 ^1H NMR、 δ (CDCl_3) : 1.02 (s, 18H), 5.64 (s, 1H), 6.51 (m, 4H), 6.64 (m, 2H), 6.92 (d, 2H), 7.44 - 7.56 (m, 12H), 7.80 (brs, 4H), 8.06 (d, 4H), 8.86 (s, 2H)。

【0264】

また、得られた本発明の有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ の分解温度を高真空差動型示差熱天秤(ブルカー・エイエックスエス株式会社製、TG-DTA2410SA)により測定した。昇温速度を $10^\circ\text{C}/\text{min}$ に設定し、常圧下で昇温したところ、327℃にて5%の重量減少が見られ、良好な耐熱性を示すことがわかった。

40

【0265】

次に、 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ の吸収スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定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(0.094 mmol/L)を用いて、室温で測定を行った。また、 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ の発光スペクトルを測定した。発光スペクトルの測定は蛍光光度計((株)浜松ホトニクス製 FS920)を用い、脱気したジクロロメタン溶液(0.33 mmol/L)を用いて、室温で測定を行った。励起波長は465nmとした。測定結果を図13に示す。横軸は波長、縦軸はモル吸光係数および発光強度を表す。

50

【 0 2 6 6 】

図 1 3 に示す通り、本発明の有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ は、630 nm に発光ピークを有しており、溶液からは赤色の発光が観測された。

【実施例 2】

【 0 2 6 7 】

本実施例では、実施の形態 1 で述べたようなピラジン骨格を有する有機金属錯体の溶解性を評価した。評価は、各種溶媒に対する溶解度を調べることにより行った。溶媒は、アルコールである 2 - エトキシエタノール、イソプロパノールおよびエタノール、エーテルであるジオキサン、芳香環を有さない有機溶媒であるクロロホルムやジメチルホルムアミド (DMF)、芳香族炭化水素系の溶媒であるトルエンを用いた。

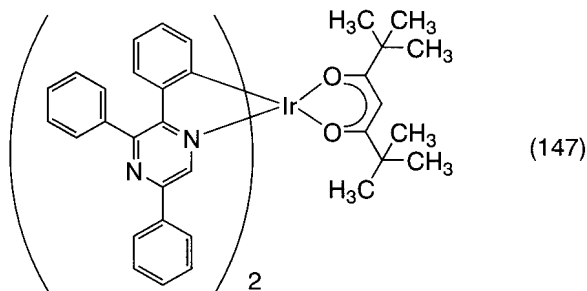
10

【 0 2 6 8 】

ピラジン骨格を有する有機金属錯体としては、実施の形態 1 で開示した錯体のうち、実施例 1 で合成した構造式 (147) で表される $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ を評価対象として選び、その溶解度を調査した。

【 0 2 6 9 】

【化 5 3】



(147)

20

$$[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$$

【 0 2 7 0 】

サンプルの溶解度試験結果を下記表 1 に示す。表 1 では、溶解度 x (g / L) が、 $x < 0.6$ のものをバツ、 $0.9 > x \geq 0.6$ のものを三角、 $1.2 > x \geq 0.9$ のものを丸、 $x \geq 1.2$ のものを二重丸で示してある。

30

【 0 2 7 1 】

【表 1】

構造式No.	化合物略称	アルコール類			エーテル類	芳香環を有さない有機溶媒		芳香族炭化水素系
		2-エトキシエタノール	イソプロパノール	エタノール		クロロホルム	ジメチルホルムアミド	
(147)	Ir(tppr) ₂ (dpm)	◎	△	△	◎	◎	◎	△

溶解度 x (g/L)

x	≥ 1.2	...	◎
1.2	> x	≥ 0.9	...
0.9	> x	≥ 0.6	...
x	< 0.6	...	x

10

20

30

40

50

【0272】

実施例 1 で合成した構造式 (147) で表される $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ は溶解度が高く、アルコールである 2 - エトキシエタノール、イソプロパノールおよびエタノールに対しては、十分に高い溶解性 (0.6 g/L 以上) を示した。特に、2 - エトキ

シエテノールに対しては、非常に高い溶解性（ 1.2 g/L 以上）を示していることがわかる。したがって、湿式法により作製する発光素子に用いる塗布用組成物に好適である。

【0273】

また、構造式（147）で表される $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ は、エーテルであるジオキサンに対しても非常に高い溶解性（ 1.2 g/L 以上）を示していることがわかる。また、芳香環を有さない有機溶媒であるクロロホルムやジメチルホルムアミド（DMF）に対しても非常に高い溶解性（ 1.2 g/L 以上）を示していることがわかる。また、芳香族炭化水素系の溶媒であるトルエンに対しても十分に高い溶解性（ 0.6 g/L 以上）を示した。よって、構造式（147）で表される $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ は多くの種類の溶媒に対して溶解性を示すため、塗布用組成物に好適である。

10

【0274】

このように、一般式（L1）で表される配位子を導入することにより溶解性が高くなることを、本発明者らは見出した。特に、芳香環を持たない溶媒（例えば、アルコール類）に対する溶解度が向上する現象は、非常に特徴的と言える。

【実施例3】

【0275】

本実施例では、本発明の有機金属錯体を用いた発光素子について説明する。

【0276】

溶液Aの調整

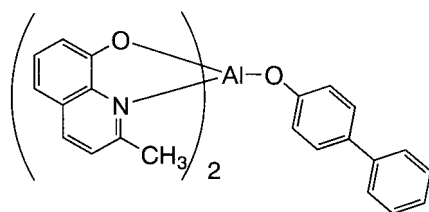
まず、2-メトキシエタノール（関東化学製） 20 mL に、ビス（2-メチル-8-キノリノラト）（4-フェニルフェノラト）アルミニウム（III）（ケミプロ化成製、昇華精製品）（略称：BALq）を 0.305 g 、N,N'-ビス（3-メチルフェニル）-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン（東京化成製）（略称：TPD）を 0.0151 g 、実施例1で合成した $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ を 0.029 g 溶解させ、本発明の有機金属錯体を含む溶液Aを調整した。なお、溶液Aは、スピンコートをおこなう直前に1時間、酸素除去を目的としたアルゴンによるバブリングをおこなった。また、成膜直前まで、サンプル瓶ごと 75°C に設定したオープン（大気圧）にて保温した。BALq、TPD、 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ の構造式を下記に示す。

20

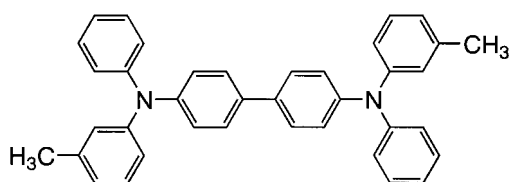
【0277】

30

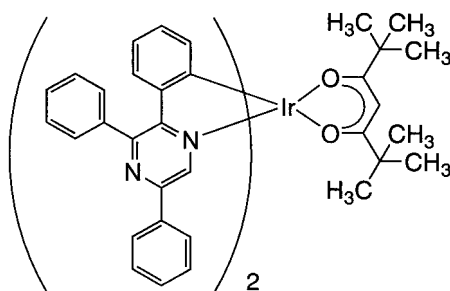
【化 5 4】



BAlq



TPD

Ir(tppr)₂(dmp)

【 0 2 7 8 】

溶液 B の調整

1, 4 - ジオキサン (脱水) (関東化学製) 40 mL に、ポリビニルカルバゾール (アルドリッチ製、Mw = 1100000) (略称: PVK) を 0.10 g、4, 4' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (ケミプロ化成、昇華精製品) (略称: NPB) を 0.0255 g 溶解させることにより、溶液 B を作製した。PVK、NPB の構造式を下記に示す。

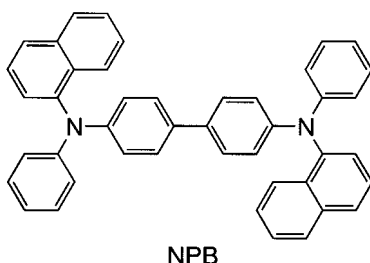
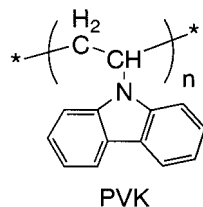
【 0 2 7 9 】

10

20

30

【化 5 5】



10

【0280】

< 発光素子 1 の作製 >

まず、110 nmの膜厚でインジウム錫珪素酸化物（ITO）が成膜されたガラス基板を用意した。ITO表面は、2 mm角の大きさで表面が露出するよう周辺をポリイミド膜で覆った。なお、ITOは発光素子の陽極として機能する。この基板の上に発光素子を形成するための前処理として、まず、水と2-エトキシエタノールを3：2の体積比で混合した混合液をITO上に滴下し、スピコートした。

20

【0281】

次に、PEDOT/PSS（スタルク社製、AI4083 sp. gr）15 mLと2-エトキシエタノール10 mLを混合した混合溶液を調製し、この混合溶液をITO上に滴下した。直後に、2000 rpmの回転数で60秒、次いで3000 rpmの回転数で10秒スピコートした。さらに、基板端部を拭き取り、ITOに接続している端子を露出させた後、ロータリーポンプで減圧した真空乾燥機内において110℃で2時間焼成し、ITO上に正孔注入層であるPEDOT/PSSを形成した。膜厚は50 nmであった。

30

【0282】

次に、PEDOT/PSS上に、先に調整した溶液Bを、グローブボックス内（酸素濃度20 ppm以下、水分濃度5 ppm以下）で、スピコートした。スピコートは、まず300 rpmの回転数で2秒間行い、次いで2000 rpmの回転数で60秒間行い、2500 rpmの回転数で10秒間行った。さらに、基板端部を拭き取り、ITOに接続している端子を露出させた。その後、ロータリーポンプで減圧した真空乾燥機内において120℃で1時間の真空加熱乾燥を行い、正孔輸送層を形成した。なお、同溶液Bを用いて上記の成膜条件でガラス基板上に成膜し、表面形状測定装置（アルバック製、DEK TAK V200 Si）で測定したところ、膜厚は15 nmであった。

40

【0283】

次に、PEDOT/PSSおよびPVK/NPBが成膜された基板を、大気暴露することなく、グローブボックス内（酸素濃度10 ppm以下、水分濃度2 ppm以下）の環境下に配置し、正孔輸送層上に、溶液Aをスピコートした。スピコートは、まず300 rpmの回転数で2秒間行い、次いで500 rpmの回転数で60秒間行い、2500 rpmの回転数で10秒間行った。さらに、基板端部を拭き取り、ITOに接続している端子を露出させた。その後、ロータリーポンプで減圧した真空乾燥機内において100℃で1時間の真空加熱乾燥を行い、発光層を形成した。なお、同溶液Aを用いて上記の成膜条件でガラス基板上に成膜し、表面形状測定装置（アルバック製、DEK TAK V2

50

00Si)で測定したところ、膜厚は40nmであった。

【0284】

次に、上記の基板を大気暴露することなく、真空蒸着装置内に配置し、発光層が形成された面が下方となるように、基板を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。

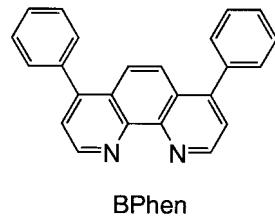
【0285】

真空蒸着装置内を 10^{-4} Paに減圧した後、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:BAIq)を10nm蒸着することにより、第1の電子輸送層を形成した。さらに、第1の電子輸送層上に、バソフェナントロリン(略称:BPhen)を20nm蒸着することにより、第2の電子輸送層を形成した。さらに、第2の電子輸送層上に、フッ化リチウム(LiF)を1nm蒸着することにより、電子注入層を形成した。最後に、陰極としてアルミニウムを200nm成膜し、本発明の発光素子1を作製した。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。BPhenの構造式を下記に示す。

10

【0286】

【化56】



20

【0287】

<発光素子1の動作特性>

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

【0288】

発光素子1に1mAの電流を流したときの発光スペクトルを図14に示す。

【0289】

発光素子1は、輝度 1025 cd/m^2 のときのCIE色度座標は($x = 0.66$, $y = 0.34$)であり、赤色の発光を示した。また、輝度 1025 cd/m^2 のときの電流効率は 3.2 cd/A であった。また、輝度 1025 cd/m^2 のときの電圧は 12.0 V 、電流密度は 31.9 mA/cm^2 であり、パワー効率は 0.81 lm/W であった。また、図14に示すように発光ピーク波長は 618 nm であった。

30

【0290】

以上から、本発明を適用することにより、発光効率が高い発光素子を得ることができることがわかる。

【0291】

また、本発明の組成物を用いることにより、有機化合物を含む層上に、さらに湿式法を用いて層を形成することができる。特に、本実施例で示したように、アルコールに不溶である層(本実施例では正孔輸送層)を湿式法にて形成した後、その上に、アルコールを用いた本発明の組成物を湿式法により塗布することで、湿式法を用いた積層が実現可能となる。よって、本発明の組成物を用いた発光素子の作製方法は量産性に優れ、工業化に適している。また、材料利用効率が高く、製造コストを低減することができる。

40

【実施例4】

【0292】

合成例2

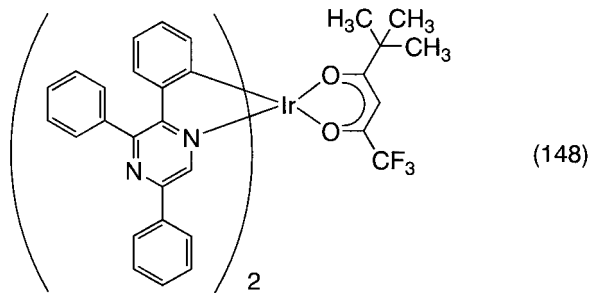
本合成例2では、実施の形態1で示した構造式(148)で表される本発明の有機金属錯体、ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ピバロイルトリフルオロアセトナ

50

ト) イリジウム (I I I) (略称 : $[Ir (t p p r) _2 (p F a c)]$) の合成例を具体的に例示する。

【 0 2 9 3 】

【 化 5 7 】



10

【 0 2 9 4 】

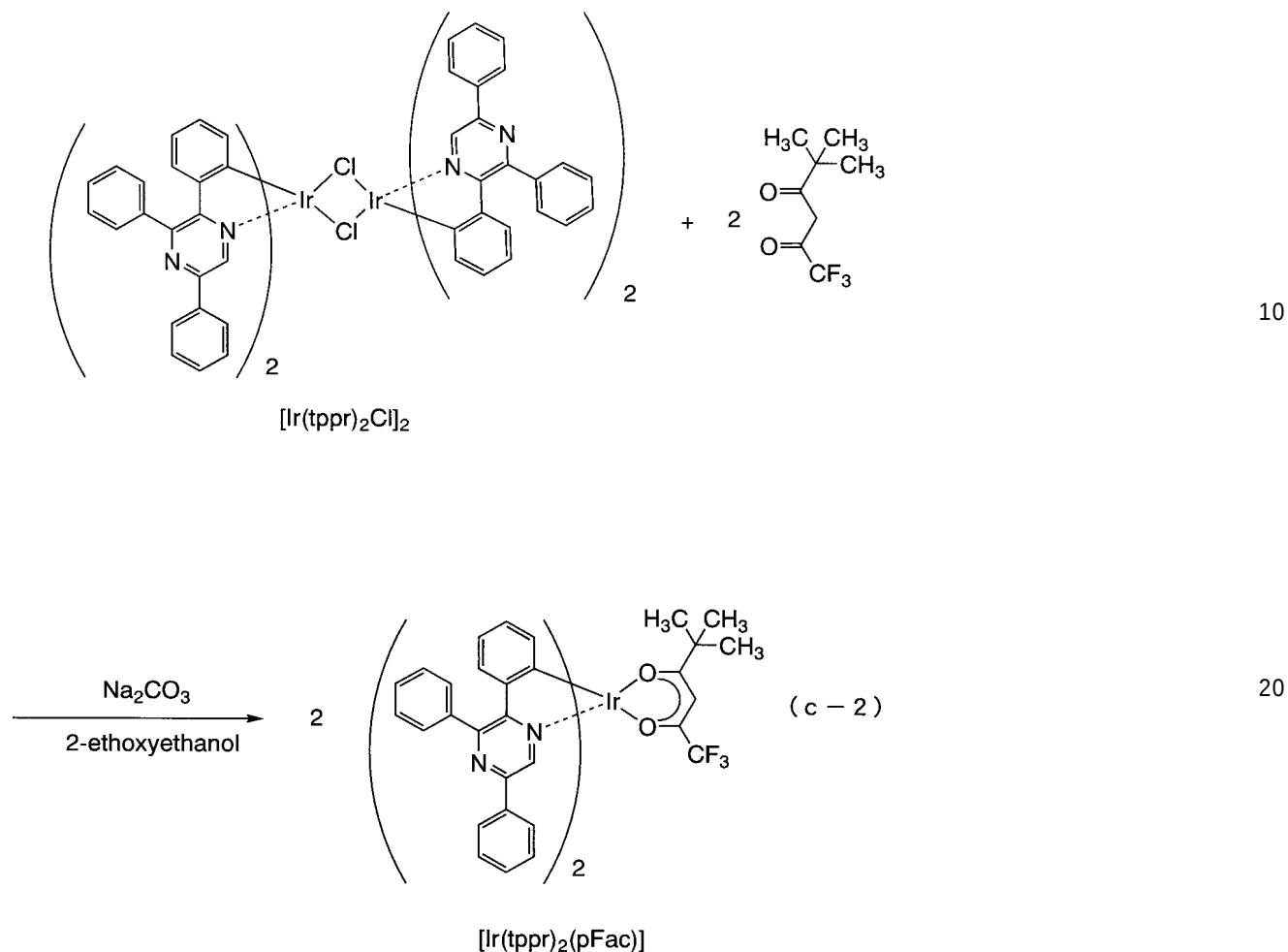
<ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ピバロイルトリフルオロアセトナト)イリジウム (I I I) (略称 : $[Ir (t p p r) _2 (p F a c)]$) の合成 >

2-エトキシエタノール 25 mL、前述の合成例 1 におけるステップ 2 で得た複核錯体 $[Ir (t p p r) _2 C l] _2$ 0.45 g、ピバロイルトリフルオロアセトン 0.14 mL、炭酸ナトリウム 0.29 g を、還流管を付けたナスフラスコに入れ、フラスコ内をアルゴン置換した。その後、マイクロ波 (2.45 GHz 100 W) を 20 分間照射し、反応させた。反応溶液にジクロロメタンを加えてろ過した。得られたろ液を濃縮して、橙色粉末を析出させた。この粉末をろ取し、エタノール、ついでエーテルにて洗浄することにより、本発明の有機金属錯体 $[Ir (t p p r) _2 (p F a c)]$ を得た (収率 76 %)。本ステップの合成スキームを下記 (c - 2) に示す。

20

【 0 2 9 5 】

【化 5 8】



【0296】

なお、上記ステップで得られた橙色粉末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15に示す。このことから、本合成例2において、上述の構造式(148)で表される本発明の有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{pFac})]$ が得られたことがわかった。

30

【0297】

^1H -NMR. δ (CDCl_3): 1.06 (s, 9H), 5.88 (s, 1H), 6.45 (d, 2H), 6.54 (dt, 2H), 6.67 (m, 2H), 6.92 (d, 2H), 7.48 - 7.57 (m, 12H), 7.82 (m, 4H), 8.08 (ddd, 4H), 8.75 (s, 1H), 8.92 (s, 1H) .

【0298】

次に、 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{pFac})]$ の吸収スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定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 (0.090 mmol/L) を用いて、室温で測定を行った。また、 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{pFac})]$ の発光スペクトルを測定した。発光スペクトルの測定は蛍光光度計 ((株) 浜松ホトニクス製 FS920) を用い、脱気したジクロロメタン溶液 (0.31 mmol/L) を用いて、室温で測定を行った。測定結果を図16に示す。横軸は波長、縦軸はモル吸光係数および発光強度を表す。

40

【0299】

図16に示す通り、本発明の有機金属錯体 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{pFac})]$ は、610 nmに発光ピークを有しており、溶液からは橙色の発光が観測された。

【実施例5】

【0300】

50

本実施例では、実施の形態 1 で述べたようなピラジン骨格を有する有機金属錯体の溶解性を評価した。評価は、各種溶媒に対する溶解度を調べることにより行った。溶媒は、エーテルであるジオキサン、芳香環を有さない有機溶媒であるクロロホルムやジメチルホルムアミド（DMF）、芳香族炭化水素系の溶媒であるトルエンを用いた。

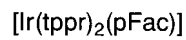
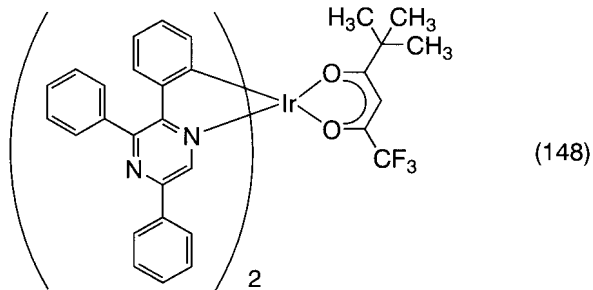
【0301】

ピラジン骨格を有する有機金属錯体としては、実施の形態 1 で開示した錯体のうち、実施例 4 で合成した構造式（148）で表される $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{pFac})]$ を評価対象として選び、その溶解度を調査した。

【0302】

【化 59】

10



20

【0303】

サンプルの溶解度試験結果を下記表 2 に示す。表 2 では、溶解度 x (g / L) が、 $x < 0.6$ のものをバツ、 $0.9 > x \geq 0.6$ のものを三角、 $1.2 > x \geq 0.9$ のものを丸、 $x \geq 1.2$ のものを二重丸で示してある。

【0304】

【表 2】

構造式No.	化合物略称	エーテル類	芳香環を有さない有機溶媒		芳香族炭化水素系
			クロロホルム	ジメチルホルムアミド	
(148)	$\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{pFac})$	◎	◎	◎	◎

溶解度 x (g/L)	
$x \geq 1.2$	◎
$1.2 > x \geq 0.9$	○
$0.9 > x \geq 0.6$	△
$x < 0.6$	x

10

20

30

【0305】

実施例 4 で合成した構造式 (148) で表される $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{pFac})]$ は溶解度が高く、湿式法により作製する発光素子に用いる塗布用組成物に好適である。

【0306】

具体的には、構造式 (148) で表される $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{pFac})]$ は、エーテルであるジオキサンに対しても非常に高い溶解性 (1.2 g/L 以上) を示していることがわかる。また、芳香環を有さない有機溶媒であるクロロホルムやジメチルホルムアミド (DMF) に対しても非常に高い溶解性 (1.2 g/L 以上) を示していることがわかる。また、芳香族炭化水素系の溶媒であるトルエンに対しても非常に高い溶解性 (1.2 g/L 以上) を示している。よって、構造式 (148) で表される $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{pFac})]$ は多くの種類の溶媒に対して溶解性を示すため、塗布用組成物に好適である。

40

【0307】

このように、一般式 (L1) で表される配位子を導入することにより溶解性が高くなることを、本発明者らは見出した。

【符号の説明】

【0308】

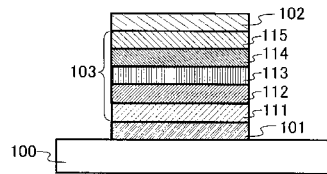
- 100 基板
- 101 第1の電極

50

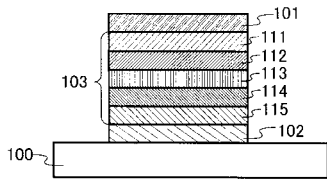
1 0 2	第 2 の電極	
1 0 3	E L 層	
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3	発光層	
1 1 4	電子輸送層	
1 1 5	電子注入層	
5 0 1	第 1 の電極	
5 0 2	第 2 の電極	
5 1 1	第 1 の発光ユニット	10
5 1 2	第 2 の発光ユニット	
5 1 3	電荷発生層	
6 0 1	駆動回路部 (ソース側駆動回路)	
6 0 2	画素部	
6 0 3	駆動回路部 (ゲート側駆動回路)	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	20
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 T F T	
6 1 2	電流制御用 T F T	
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	E L 層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	
6 2 3	N チャネル型 T F T	
6 2 4	P チャネル型 T F T	30
7 1 3	第 1 の電極	
7 1 4	絶縁層	
7 1 6	有機金属錯体を含む層	
7 1 7	第 2 の電極	
7 1 8	発光素子	
7 1 9	絶縁層	
7 3 0	液滴吐出装置	
7 3 1	液滴	
7 3 2	組成物を含む層	
9 0 1	筐体	40
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライト	
9 0 4	筐体	
9 0 5	ドライバ I C	
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	E L 層	50

9 5 6	電 極	
1 4 0 0	基 板	
1 4 0 3	液 滴 吐 出 手 段	
1 4 0 4	撮 像 手 段	
1 4 0 5	ヘ ッ ド	
1 4 0 6	点 線	
1 4 0 7	制 御 手 段	
1 4 0 8	記 憶 媒 体	
1 4 0 9	画 像 処 理 手 段	
1 4 1 0	コ ン ピ ュ ー タ	10
1 4 1 1	マ ー カ ー	
1 4 1 2	ヘ ッ ド	
1 4 1 3	材 料 供 給 源	
1 4 1 4	材 料 供 給 源	
2 0 0 1	筐 体	
2 0 0 2	光 源	
3 0 0 1	照 明 装 置	
9 1 0 1	筐 体	
9 1 0 2	支 持 台	
9 1 0 3	表 示 部	20
9 1 0 4	ス ピ ー カ ー 部	
9 1 0 5	ビ デ オ 入 力 端 子	
9 2 0 1	本 体	
9 2 0 2	筐 体	
9 2 0 3	表 示 部	
9 2 0 4	キ ー ボ ー ド	
9 2 0 5	外 部 接 続 ポ ー ト	
9 2 0 6	ポ イン テ ィ ン グ デ バ イ ス	
9 4 0 1	本 体	
9 4 0 2	筐 体	30
9 4 0 3	表 示 部	
9 4 0 4	音 声 入 力 部	
9 4 0 5	音 声 出 力 部	
9 4 0 6	操 作 キ ー	
9 4 0 7	外 部 接 続 ポ ー ト	
9 4 0 8	ア ン テ ナ	
9 5 0 1	本 体	
9 5 0 2	表 示 部	
9 5 0 3	筐 体	
9 5 0 4	外 部 接 続 ポ ー ト	40
9 5 0 5	リ モ コ ン 受 信 部	
9 5 0 6	受 像 部	
9 5 0 7	バ ッ テ リ ー	
9 5 0 8	音 声 入 力 部	
9 5 0 9	操 作 キ ー	
9 5 1 0	接 眼 部	

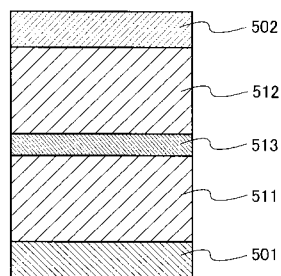
【図 1】



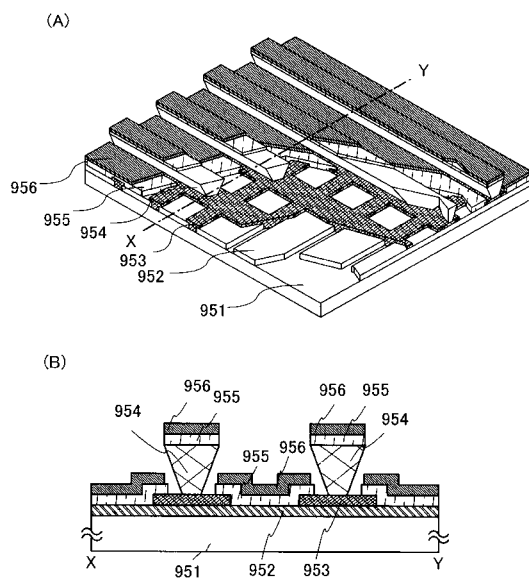
【図 2】



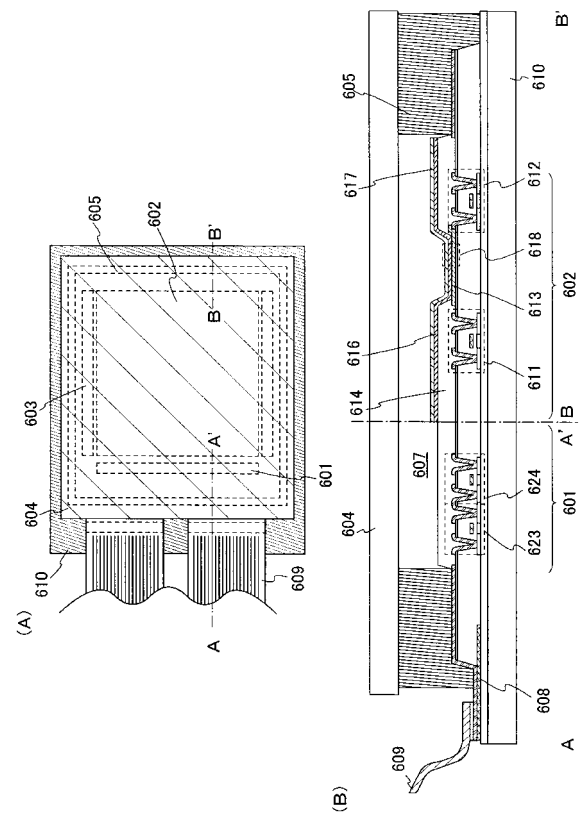
【図 3】



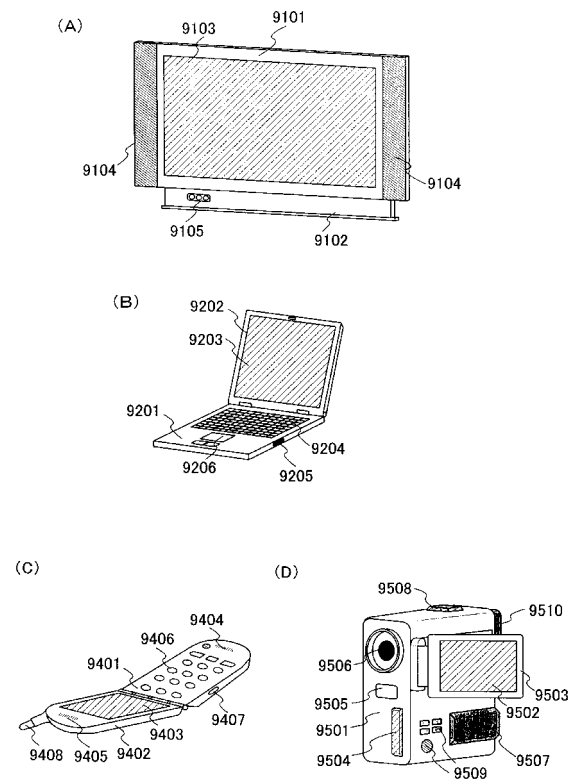
【図 5】



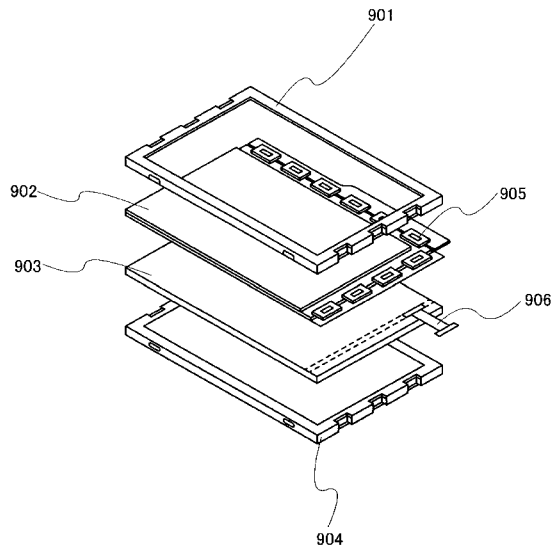
【図 4】



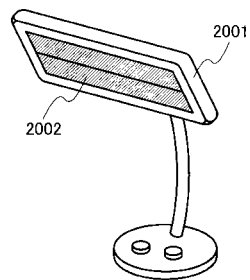
【図 6】



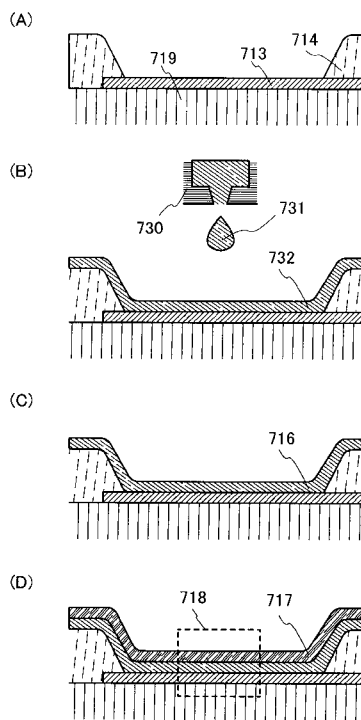
【図 7】



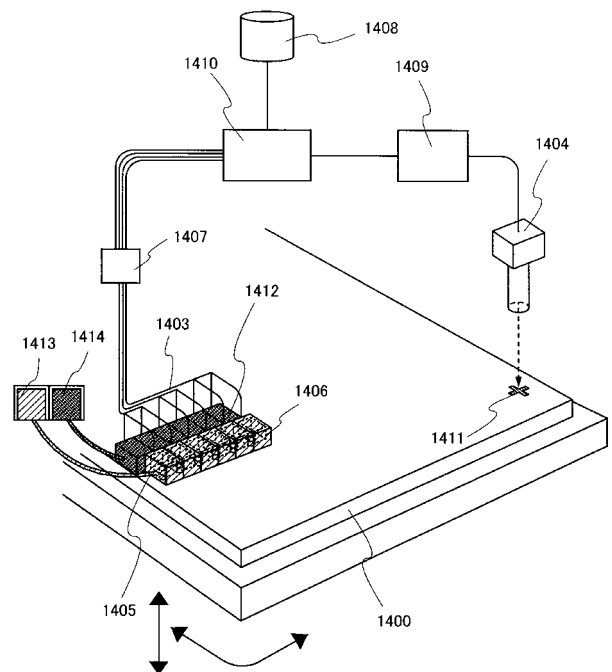
【図 8】



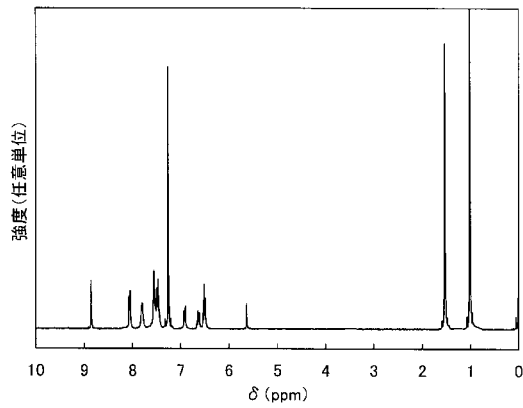
【図 10】



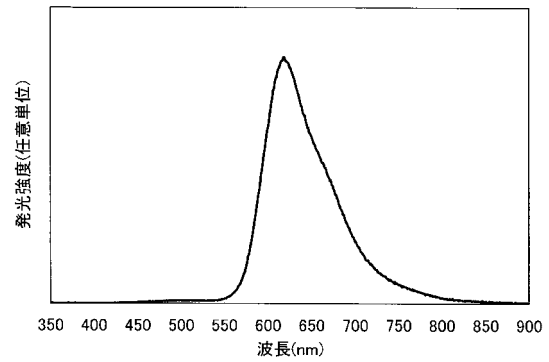
【図 11】



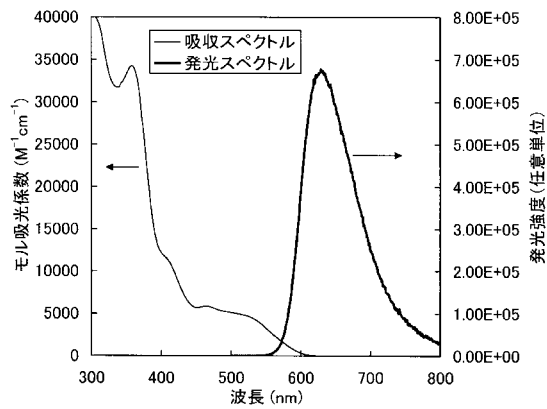
【図 1 2】



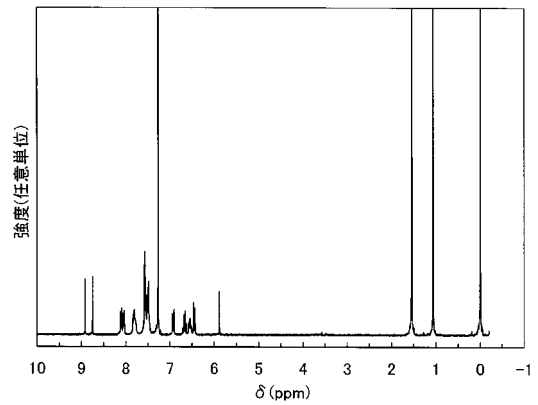
【図 1 4】



【図 1 3】



【図 1 5】



【図 1 6】

