

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6333009号
(P6333009)

(45) 発行日 平成30年5月30日(2018.5.30)

(24) 登録日 平成30年5月11日(2018.5.11)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 51/50 (2006.01)	HO 5 B 33/14 B
CO 7 D 307/91 (2006.01)	CO 7 D 307/91
CO 9 K 11/06 (2006.01)	CO 9 K 11/06 6 3 5
CO 7 D 333/76 (2006.01)	CO 7 D 333/76
HO 1 L 27/32 (2006.01)	HO 1 L 27/32

請求項の数 12 (全 71 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-61684 (P2014-61684)
 (22) 出願日 平成26年3月25日(2014.3.25)
 (65) 公開番号 特開2014-208621 (P2014-208621A)
 (43) 公開日 平成26年11月6日(2014.11.6)
 審査請求日 平成29年3月9日(2017.3.9)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-64278 (P2013-64278)
 (32) 優先日 平成25年3月26日(2013.3.26)
 (33) 優先権主張国 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 荻田 香
 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
 (72) 発明者 瀬尾 広美
 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 高橋 辰義
 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

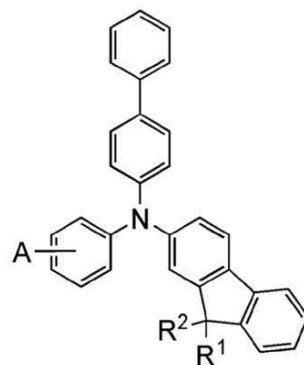
(54) 【発明の名称】 発光素子、ディスプレイモジュール、照明モジュール、発光装置、表示装置、照明装置、及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一対の電極と、前記一対の電極に挟まれた有機化合物を含む層と、を有し、
 前記有機化合物を含む層は、少なくとも発光層を有し、
 前記発光層は、下記式(G1)で表される有機化合物(但し、下記式(194)で表される有機化合物を除く)を含む発光素子。

【化1】

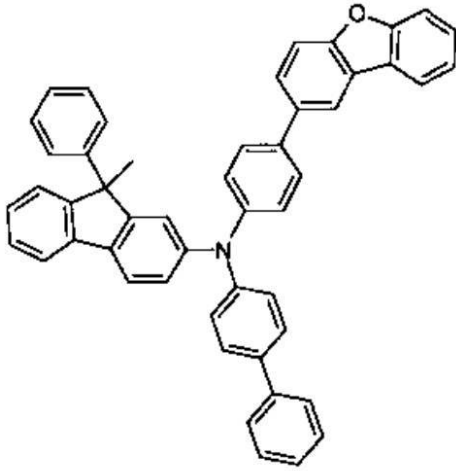


(G1)

(但し、式中Aはジベンゾフラニル基またはジベンゾチオフェニル基を表し、R¹及びR

² はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、フェニル基のいずれかーを表す。なお、R¹ 及び R² が共にフェニル基である場合、それらが結合し、スピロフルオレン骨格を形成しても良い。)

【化 2】



10

式 (194)

20

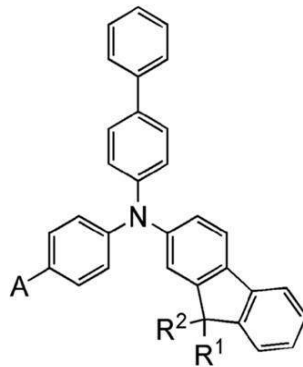
【請求項 2】

一对の電極と、前記一对の電極に挟まれた有機化合物を含む層と、を有し、

前記有機化合物を含む層は、少なくとも発光層を有し、

前記発光層は、下記式 (G2) で表される有機化合物 (但し、下記式 (194) で表される有機化合物を除く) を含む発光素子。

【化 3】



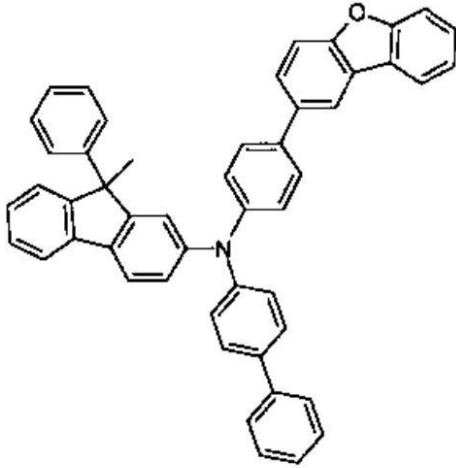
(G2)

30

(但し、式中 A はジベンゾフラニル基またはジベンゾチオフェニル基を表し、R¹ 及び R² はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、フェニル基のいずれかーを表す。なお、R¹ 及び R² が共にフェニル基である場合、それらが結合し、スピロフルオレン骨格を形成しても良い。)

40

【化4】



式 (194)

10

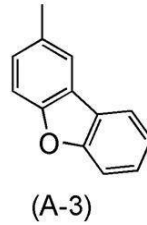
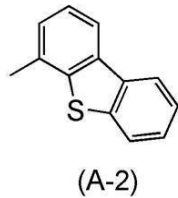
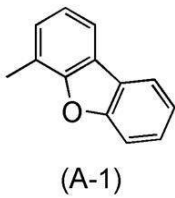
【請求項3】

請求項1または請求項2において、

前記Aは下記式(A-1)乃至(A-4)のいずれか一で表される発光素子。

20

【化5】



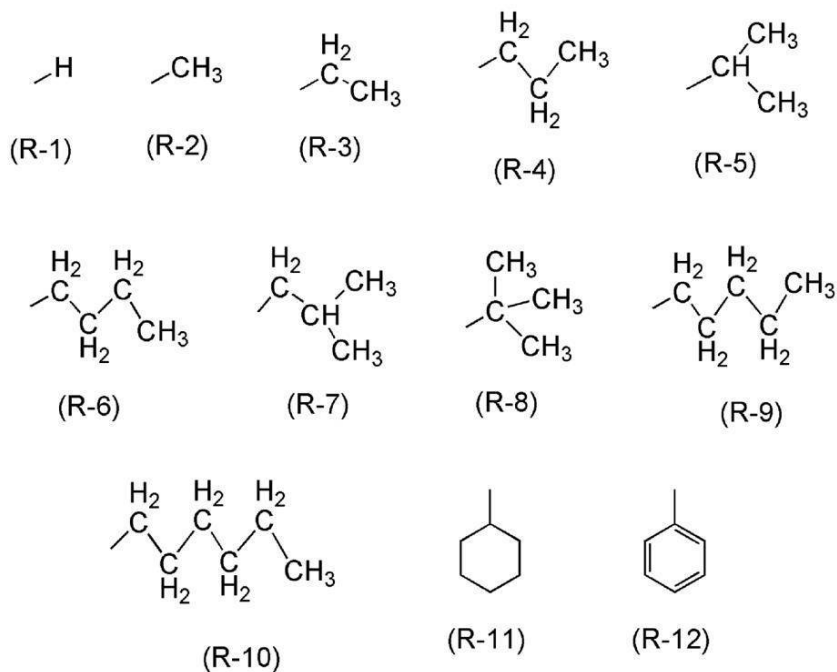
30

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれか一において、

前記R¹及び前記R²がそれぞれ独立に下記式(R-1)乃至(R-12)のいずれか一で表される発光素子。

【化6】



10

【請求項5】

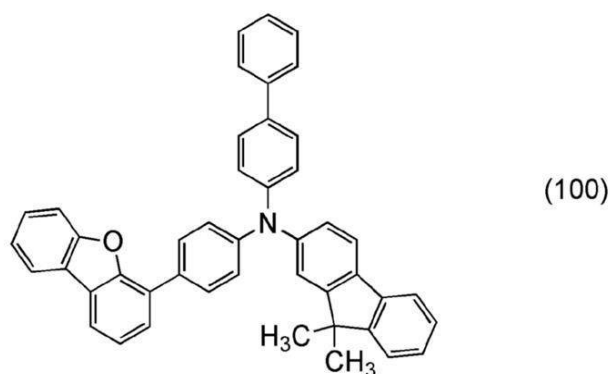
請求項1乃至3のいずれかーにおいて、
前記R¹及び前記R²が共にメチル基である発光素子。

20

【請求項6】

一対の電極と、前記一対の電極に挟まれた有機化合物を含む層と、を有し、
前記有機化合物を含む層は、少なくとも発光層を有し、
前記発光層は、下記式(100)で表される有機化合物を含む発光素子。

【化7】



30

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれかーに記載の発光素子を有するディスプレイモジュール。

40

【請求項8】

請求項1乃至6のいずれかーに記載の発光素子を有する照明モジュール。

【請求項9】

請求項1乃至6のいずれかーに記載の発光素子と、前記発光素子を制御する手段を備えた発光装置。

【請求項10】

請求項1乃至6のいずれかーに記載の発光素子を表示部に有し、前記発光素子を制御する手段を備えた表示装置。

【請求項11】

請求項1乃至6のいずれかーに記載の発光素子を照明部に有し、前記発光素子を制御す

50

る手段を備えた照明装置。

【請求項12】

請求項1乃至6のいずれかーに記載の発光素子を有する電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機化合物を発光物質として用いた発光素子、表示装置、発光装置、電子機器及び照明装置に関する。

【背景技術】

【0002】

有機化合物を発光物質として用いた電流励起の発光素子、いわゆる有機EL素子は、光源や照明、ディスプレイなどの応用化が進んでいる。

【0003】

有機EL素子の励起子の生成割合は一重項励起状態1に対し、三重項励起状態3であることが知られている。そのため、一重項励起状態を発光に変換する蛍光発光の内部量子効率の限界は25%であるが、三重項励起状態を発光に変換するりん光発光は、一重項励起状態からの項間交差を介したエネルギー移動を考慮すると、内部量子効率100%が実現可能である。このことから、効率良い発光を得るために、りん光発光材料を発光物質として適用した有機EL素子(りん光発光素子ともいう)が選択されることが多い。

【0004】

三重項励起状態を発光に変換するための他の手段として、遅延蛍光を利用する方法がある。これは、三重項励起状態から一重項励起状態への逆項間交差を利用したものであり、発光は一重項励起状態から起こるためりん光ではなく、蛍光である。これは、一重項励起状態と三重項励起状態とのエネルギー差が小さい場合に起こりやすく、実際に蛍光発光の理論的限界を超える発光効率を得られたことも報告されている。

【0005】

また、一重項励起状態と三重項励起状態のエネルギー差が小さい状態を、二種類の物質からなる励起錯体(エキサイプレックス)により得、効率の良い発光素子を実現したことも報告されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】K.合志 他、「アプライド・フィジクス・レターズ(Applied Physics Letters)」,2012年,101号,023306/1-023306/4頁.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、上記励起錯体を用いた発光素子の場合、用いる物質によっては効率の良い発光が得られないことが多い。実際、有機EL素子の開発の歴史において、励起錯体は効率を落とすものとして、その形成が起きないように設計することが通常であった。

【0008】

まして、効率良く発光する励起錯体を形成するための構成に至っては殆ど明らかになっていない。

【0009】

そこで、本発明の一態様では、効率よく発光する励起錯体を形成する新規有機化合物を提供することを課題とする。また、本発明の一態様では、発光効率の良好な発光素子を提供することを課題とする。また、本発明の一態様では、励起錯体を利用した発光素子において、効率の良好な発光素子を提供することを課題とする。また、本発明の一態様では、励起錯体からの発光を発する発光素子において、効率の良好な発光素子を提供することを

10

20

30

40

50

課題とする。

【0010】

また、本発明の一態様は、上述の発光素子を用いることにより、発光効率の高い発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置を各々提供することを課題とする。

【0011】

本発明は上述の課題のうちいずれか一を実現すればよいものとする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を実現するための本発明の一態様は、トリアリールアミン骨格を有する有機化合物であって、当該トリアリールアミン骨格の3つのアリール基が、*p*-ビフェニル基、フルオレン-2-イル基及びジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基が結合したフェニル基である有機化合物である。

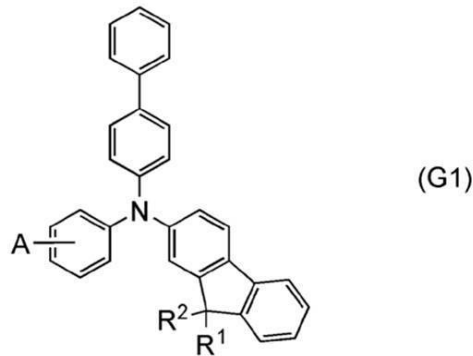
10

【0013】

また、本発明の他の構成は、下記一般式(G1)で表される有機化合物である。

【0014】

【化1】



20

【0015】

但し、式中Aはジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基を表し、 R^1 及び R^2 はそれぞれ独立に水素、炭素数1乃至6のアルキル基、フェニル基のいずれかを表す。なお、 R^1 及び R^2 が共にフェニル基である場合、それらが結合し、スピロフルオレン骨格を形成しても良い。

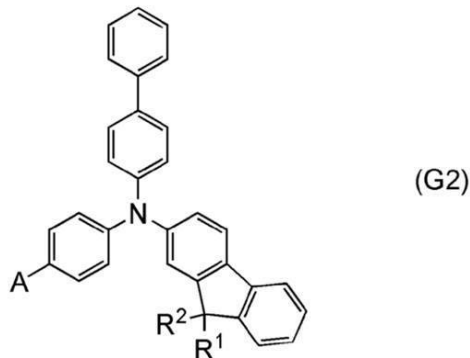
30

【0016】

また、本発明の他の構成は、下記一般式(G2)で表される有機化合物である。

【0017】

【化2】



40

【0018】

但し、式中Aはジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基を表し、 R^1 及び R^2 はそれぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、フェニル基のいずれかを表す。なお、 R^1 及び R^2 が共にフェニル基である場合、それらが結合し、スピロフルオレン骨格を形成しても良い。

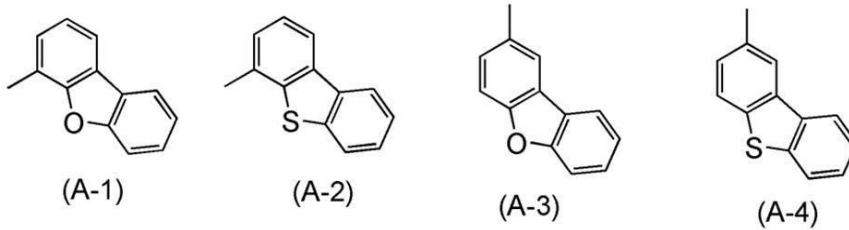
50

【0019】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する有機化合物において、Aで表される基が下記構造式(A-1)乃至(A-4)で表される基のいずれかである有機化合物である。

【0020】

【化3】



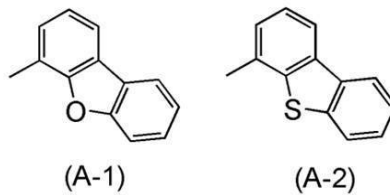
10

【0021】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する有機化合物において、Aで表される基が下記構造式(A-1)又は(A-2)で表される基である有機化合物である。

【0022】

【化4】



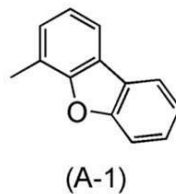
20

【0023】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する有機化合物において、Aで表される基が下記構造式(A-1)で表される基である有機化合物である。

【0024】

【化5】



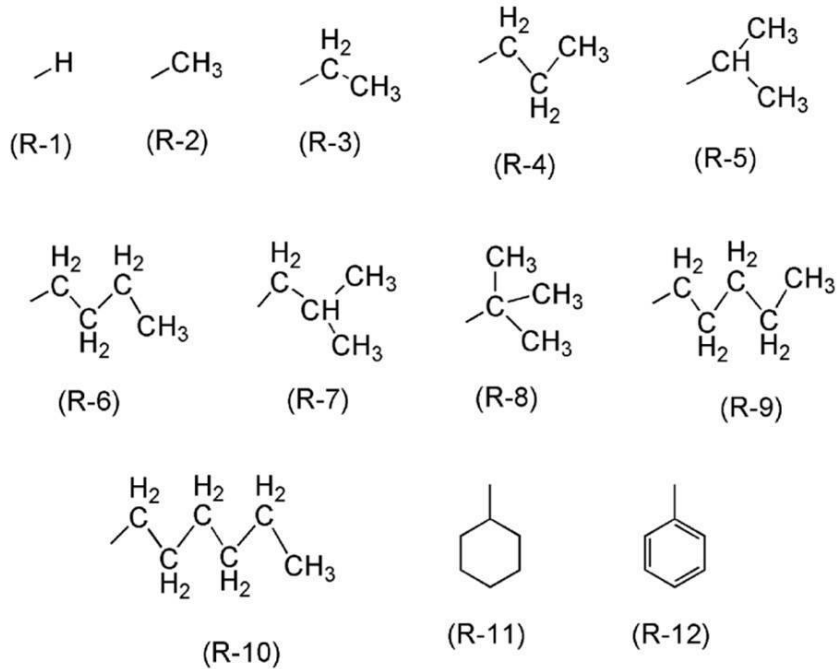
30

【0025】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する有機化合物において、 R^1 及び R^2 がそれぞれ独立に構造式(R-1)乃至(R-12)で表される基のいずれかである有機化合物である。

【0026】

【化6】



10

【0027】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する有機化合物において、 R^1 及び R^2 が共にメチル基である有機化合物である。

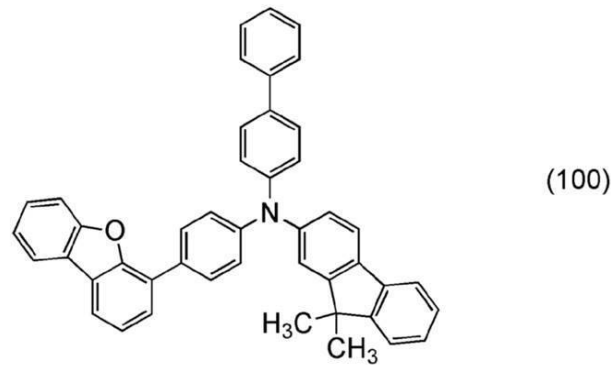
20

【0028】

また、本発明の他の構成は、下記構造式(100)で表される有機化合物である。

【0029】

【化7】



30

【0030】

また、本発明の他の構成は、一对の電極と、一对の電極に挟まれた有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は、上述の有機化合物を含む発光素子である。

【0031】

また、本発明の他の構成は、一对の電極と、一对の電極に挟まれた有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は、少なくとも発光層を有し、発光層は、上述の有機化合物を含む発光素子である。

40

【0032】

また、本発明の他の構成は、一对の電極と、一对の電極に挟まれた有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は、少なくとも発光層を有し、発光層は、少なくとも第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有し、第1の有機化合物は、電子輸送性を有し、第2の有機化合物は上述の有機化合物である発光素子である。

【0033】

また、本発明の他の構成は、一对の電極と、一对の電極に挟まれた有機化合物を含む層

50

とを有し、有機化合物を含む層は、少なくとも発光層を有し、発光層は、少なくとも第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、りん光発光物質とを有し、第1の有機化合物は電子輸送性を有し、第2の有機化合物は上述の有機化合物である発光素子である。

【0034】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子において、第1の有機化合物と第2の有機化合物とが励起錯体を形成する発光素子である。

【0035】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子において、第1の有機化合物と第2の有機化合物の三重項励起エネルギーは、第1の有機化合物と第2の有機化合物からなる励起錯体が発する発光波長に相当するエネルギー（換言すると、第1の有機化合物と第2の有機化合物からなる励起錯体が発する光の光エネルギー）よりも大きいことを特徴とする発光素子である。

【0036】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子を有する照明装置である。

【0037】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子と、当該発光素子を制御する手段を備えた発光装置である。

【0038】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子を表示部に有し、発光素子を制御する手段を備えた表示装置である。

【0039】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子を有する電子機器である。

【0040】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子を用いた画像表示デバイスを含む。また、発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム、又はTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、又は発光素子にCOG (Chip On Glass) 方式によりIC (集積回路) が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。さらに、照明器具等に用いられる発光装置も含むものとする。

【発明の効果】

【0041】

本発明の一態様では、効率よく発光する励起錯体を形成する新規有機化合物を提供することができる。本発明の一態様では発光効率の良好な発光素子を提供することができる。また、本発明の一態様では、励起錯体を利用した発光素子において、効率の良好な発光素子を提供することができる。また、本発明の一態様では、励起錯体からの発光を発する発光素子において、効率の良好な発光素子を提供することができる。また、本発明の一態様では、励起錯体からのエネルギー移動を経て発光するりん光発光素子において、効率の良好な発光素子を提供することができる。

【0042】

また、本発明の一態様では、発光効率の高い発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置を各々提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】発光素子の概念図。

【図2】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図3】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図4】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図5】パッシブマトリクス型発光装置の概念図。

【図6】照明装置の概念図。

【図7】電子機器を表す図。

10

20

30

40

50

- 【図8】電子機器を表す図。
- 【図9】照明装置を表す図。
- 【図10】照明装置を表す図。
- 【図11】車載表示装置及び照明装置を表す図。
- 【図12】電子機器を表す図。
- 【図13】FrBBiF - IIのNMRチャート。
- 【図14】FrBBiF - IIの吸収スペクトル及び発光スペクトル。
- 【図15】FrBBiF - IIのLC/MS分析結果。
- 【図16】発光素子1及び比較発光素子1の電流密度 - 輝度特性。
- 【図17】発光素子1及び比較発光素子1の輝度 - 電流効率特性。 10
- 【図18】発光素子1及び比較発光素子1の電圧 - 輝度特性。
- 【図19】発光素子1及び比較発光素子1の輝度 - パワー効率特性。
- 【図20】発光素子1及び比較発光素子1の輝度 - 外部量子効率特性。
- 【図21】発光素子1及び比較発光素子1の発光スペクトル。
- 【図22】発光素子2の電流密度 - 輝度特性。
- 【図23】発光素子2の輝度 - 電流効率特性。
- 【図24】発光素子2の電圧 - 輝度特性。
- 【図25】発光素子2の輝度 - パワー効率特性。
- 【図26】発光素子2の輝度 - 外部量子効率特性。
- 【図27】発光素子2の発光スペクトル。 20
- 【図28】発光素子2の規格化輝度時間変化を表す図。
- 【図29】発光素子3の輝度 - 電流効率特性。
- 【図30】発光素子3の電圧 - 輝度特性。
- 【図31】発光素子3の電圧 - 電流特性。
- 【図32】発光素子3の発光スペクトル。
- 【図33】発光素子3の規格化輝度時間変化を表す図。
- 【図34】ThBBiFのNMRチャート
- 【図35】ThBBiFのLC/MS分析結果。
- 【図36】ThBBiFの吸収スペクトル及び発光スペクトル。
- 【図37】発光素子4の電流密度 - 輝度特性。 30
- 【図38】発光素子4の輝度 - 電流効率特性。
- 【図39】発光素子4の電圧 - 輝度特性。
- 【図40】発光素子4の輝度 - パワー効率特性。
- 【図41】発光素子4の輝度 - 外部量子効率特性。
- 【図42】発光素子4の発光スペクトル。
- 【図43】発光素子4の規格化輝度時間変化を表す図。
- 【図44】発光素子5の電流密度 - 輝度特性。
- 【図45】発光素子5の輝度 - 電流効率特性。
- 【図46】発光素子5の電圧 - 輝度特性。
- 【図47】発光素子5の輝度 - パワー効率特性。 40
- 【図48】発光素子5の輝度 - 外部量子効率特性。
- 【図49】発光素子5の発光スペクトル。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0044】
- 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は当業者であれば容易に理解される。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。
- 【0045】
- (実施の形態1)

上記課題を実現するための本発明の一態様として、本実施の形態ではトリアリールアミン骨格を有する有機化合物であって、当該トリアリールアミン骨格の3つのアリール基が、各々p-ビフェニル基、フルオレン-2-イル基、及びジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基が結合したフェニル基である新規有機化合物について説明する。

【0046】

トリアリールアミン骨格における窒素には、3つのアリール基が結合しているが、本実施の形態の有機化合物では、その3つのアリール基がそれぞれ、p-ビフェニル基、フルオレン-2-イル基、ジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基が結合したフェニル基である。

【0047】

フルオレン-2-イル基は、9位の炭素が1つ又は2つの置換基を有していても良く、当該置換基としては、それぞれ独立に炭素数1乃至6のアルキル基及びフェニル基のいずれかがあげられる。また、当該置換基が二つともフェニル基である場合、当該フェニル基同士が結合し、スピロフルオレン骨格を形成しても良い。

【0048】

また、ジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基が結合したフェニル基について、ジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基がフェニル基に結合する位置は、オルト位、メタ位、パラ位のいずれでもよいが、パラ位であることが信頼性上好ましい。また、ジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基は、4位又は2位でフェニル基に結合していることが合成上好ましく、より好ましくは4位で結合する構成である。

【0049】

ここで、本実施の形態で説明する上記有機化合物について重要なことは、アミンの窒素に結合するアリール基のうち、p-ビフェニル基とフルオレン-2-イル基がいずれも、ビフェニル骨格を含み、且つ、ターフェニル骨格を含まないことである。フルオレン骨格は、9位の炭素で架橋されているビフェニル骨格とみなすことができる。

【0050】

ここで、該ビフェニル骨格がターフェニル基またはそれ以上の数のベンゼン骨格を有する基であると、三重項励起準位が低下し、良好な効率で励起錯体からの発光を得ることができなくなってしまう。また、該フルオレン-2-イル基は、9位の炭素以外の位置に置換基としてフェニル基が結合することによっても同様に、ターフェニル骨格が形成されてしまうため、不都合がある。なお、p-ビフェニル基とフルオレン-2-イル基は信頼性上も好ましい置換基である。

【0051】

一方、アミンの窒素に結合するアリール基のうち、ジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基が結合したフェニル基も重要な役割を果たす。このフェニル基の部分が、ビフェニル基のようによりベンゼン骨格の多い基である場合、ジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基に含まれるベンゼン環の一つと該ビフェニル基とでターフェニル骨格を形成してしまうため、やはり良好な効率で励起錯体からの発光を得ることが困難である。

【0052】

以上のような有機化合物は、より具体的に下記一般式(G1)として表すことができる。

【0053】

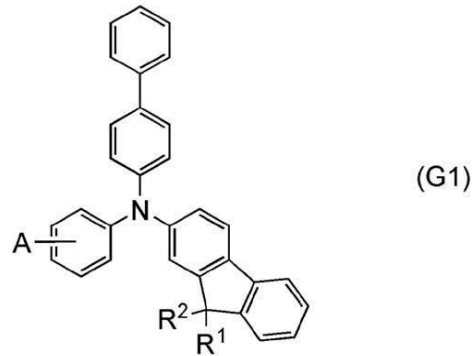
10

20

30

40

【化8】



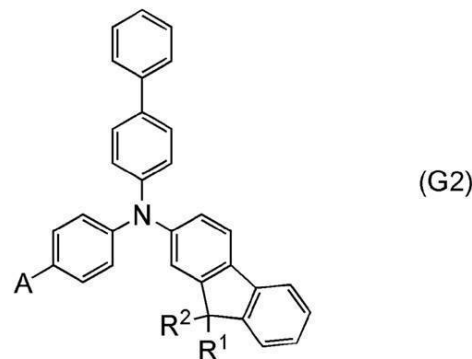
10

【0054】

また、一般式(G1)において、Aで表される基が結合するフェニレン基はp-フェニレン基であることが好ましい。すなわち、下記一般式(G2)で表される構成が好ましい。

【0055】

【化9】



20

【0056】

一般式(G1)又は(G2)中、Aはジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基を表す。

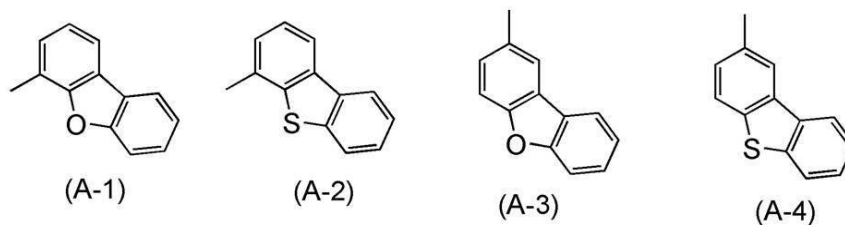
30

【0057】

当該ジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基は、下記構造式(A-1)乃至(A-4)のいずれかで表される基であることが好ましく、さらに好ましくは下記構造式(A-1)又は(A-2)で表される基であることが好ましい。

【0058】

【化10】



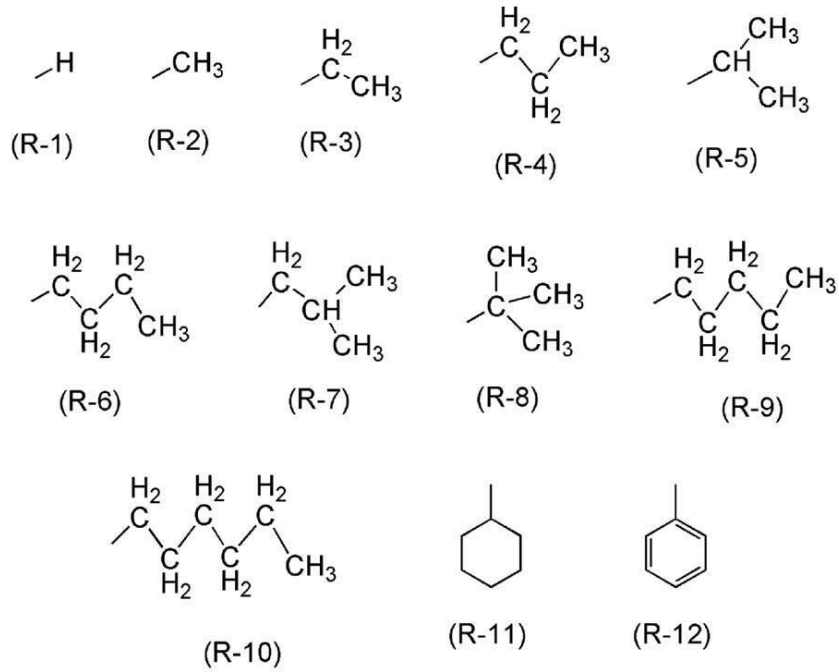
40

【0059】

また、R¹及びR²はそれぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基及びフェニル基のいずれか1を表す。また、R¹及びR²がどちらもフェニル基である場合、当該フェニル基同士が結合し、スピロフルオレン骨格を形成しても良い。上記R¹及びR²の具体的な例としては下記構造式(R-1)乃至(R-12)で表される基等が挙げられる。

【0060】

【化 1 1】



10

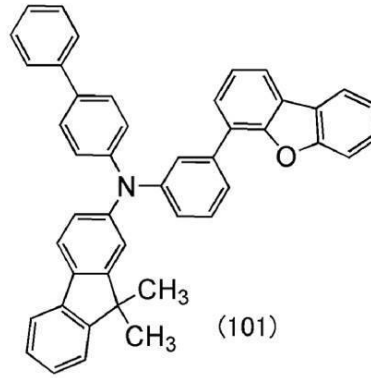
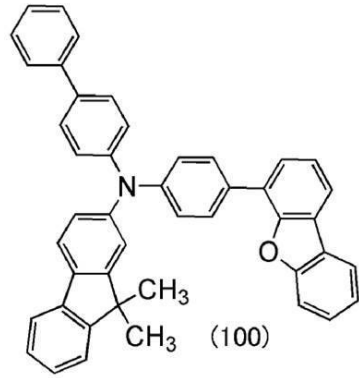
【0061】

20

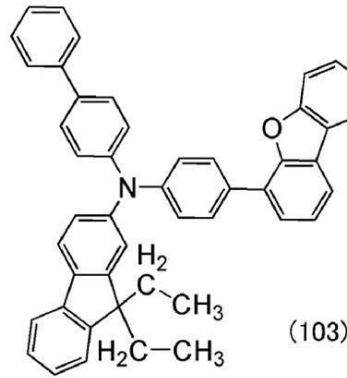
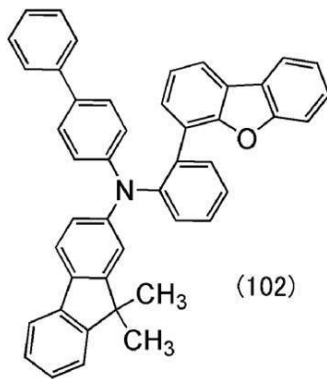
以上のような構成を有する有機化合物の具体的な例を下記構造式(100)乃至(109)及び(200)乃至(209)に例示する。なお、本発明の有機化合物は以下の例示によって限定されない。

【0062】

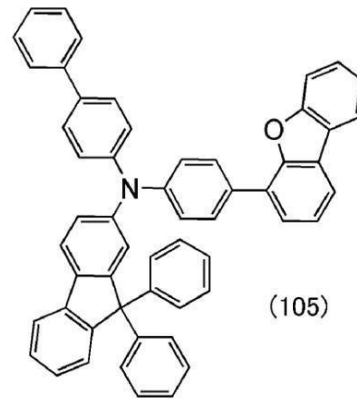
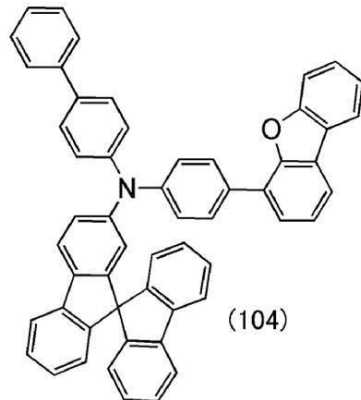
【化 1 2】



10



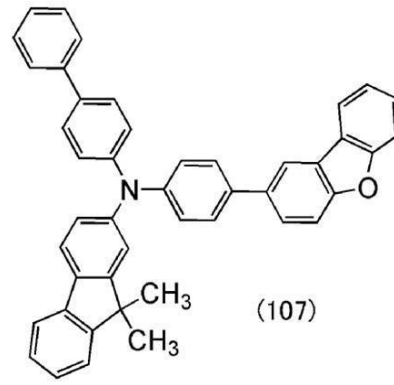
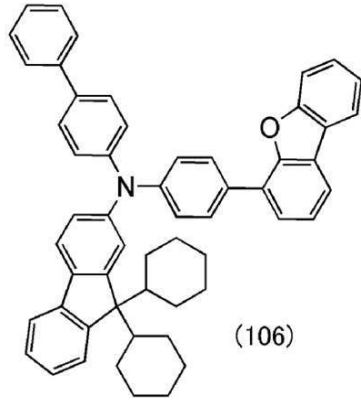
20



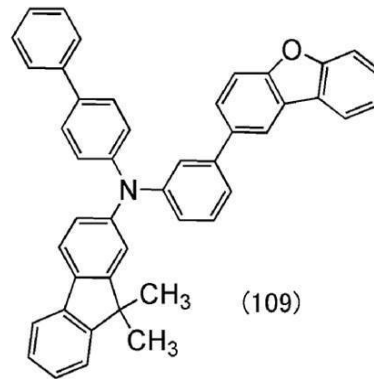
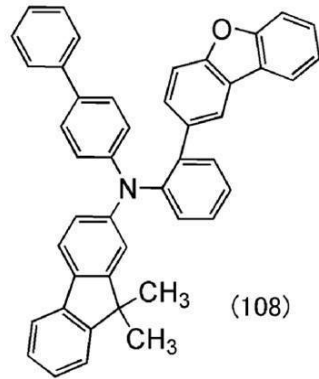
30

【 0 0 6 3 】

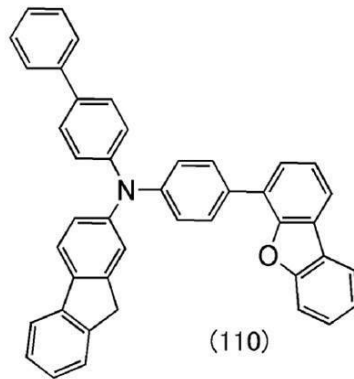
【化 1 3】



10



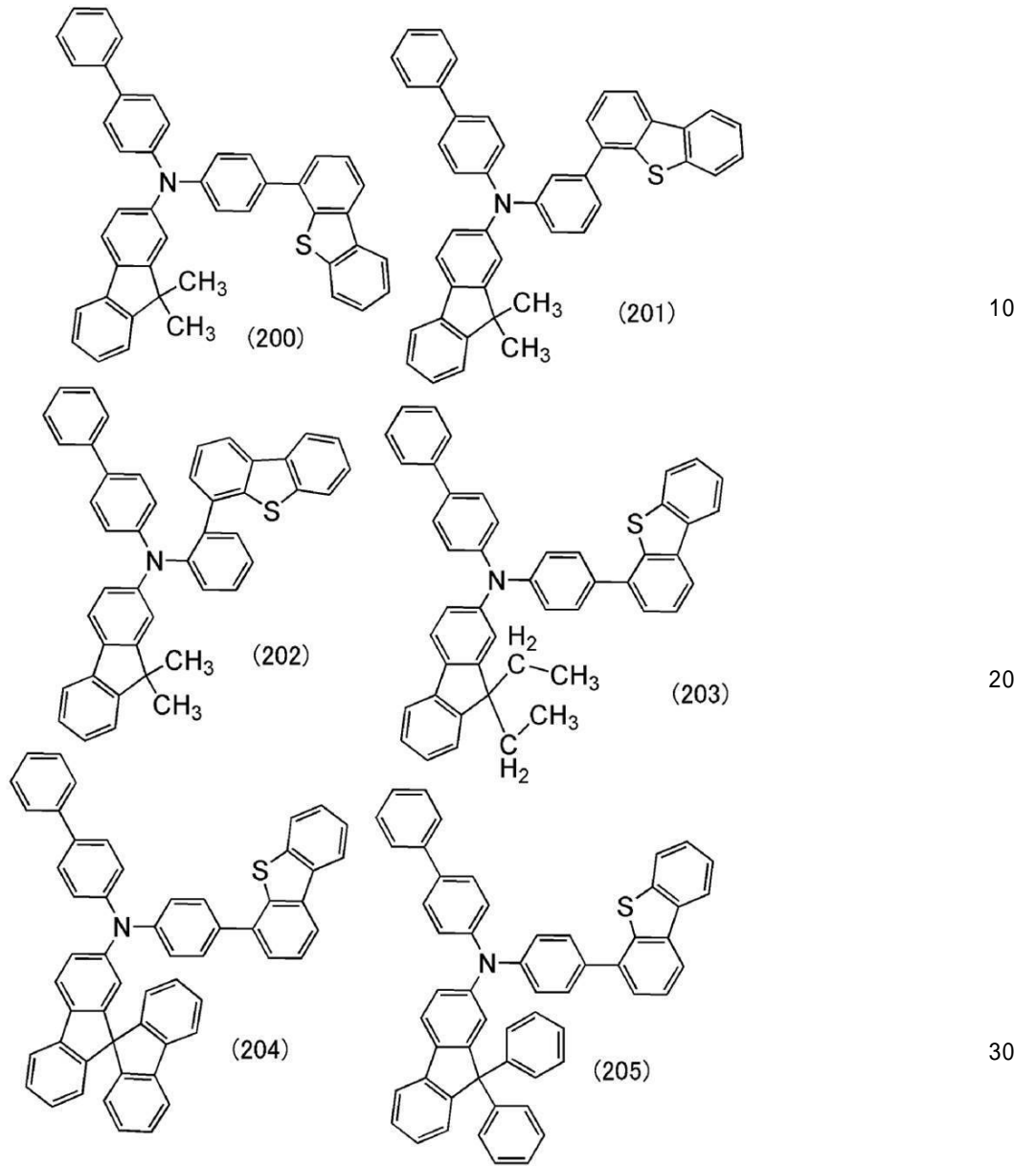
20



30

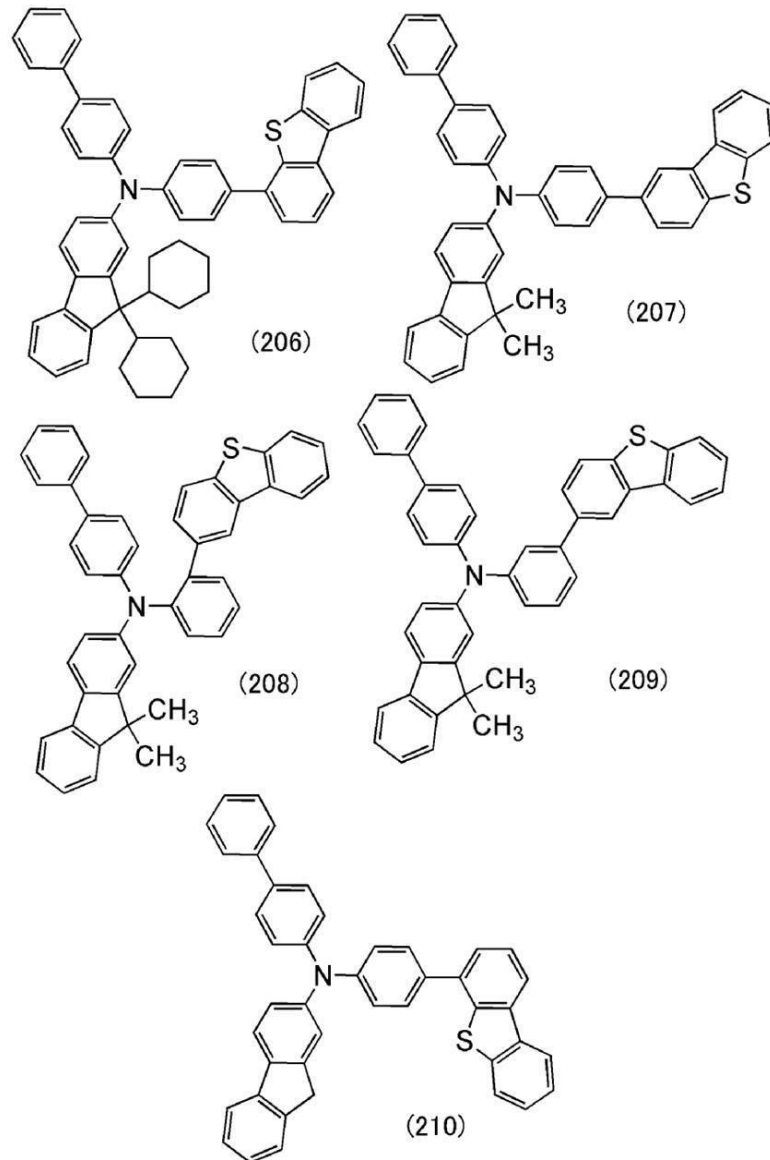
【 0 0 6 4 】

【化 1 4】



【 0 0 6 5 】

【化 15】

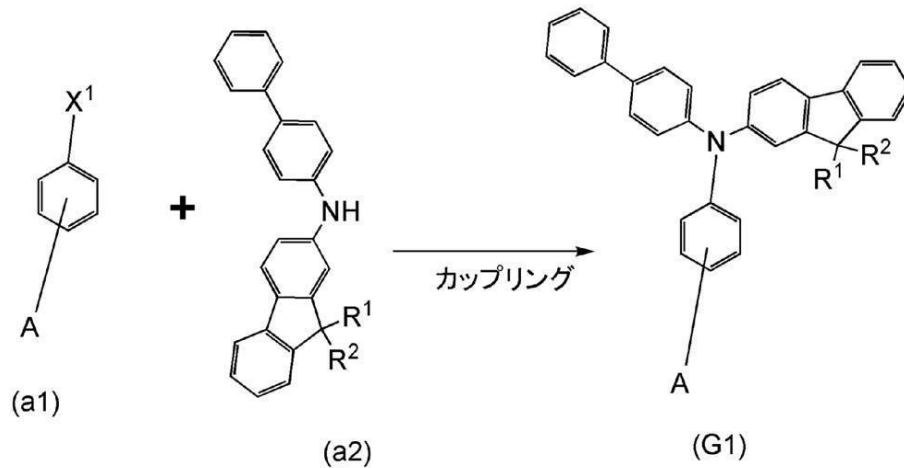


【0066】

また、以上のような有機化合物を合成する方法について説明する。以下の反応スキームに示すように、ハロゲン基を有するアリール化合物 (a1) とアミンを有するアリール化合物 (a2) とをカップリングさせることで、一般式 (G1) で表される有機化合物が得られる。

【0067】

【化16】



10

【0068】

なお、上記合成スキームにおいて、Aは、ジベンゾフラニル基又はジベンゾチオフェニル基を表し、 R^1 及び R^2 はそれぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、フェニル基のいずれかを表す。なお、 R^1 及び R^2 が共にフェニル基である場合、それらが結合し、スピロフルオレン骨格を形成しても良い。また、 X^1 は、ハロゲンを表し、反応性の高さから、好ましくは臭素またはヨウ素、より好ましくはヨウ素を表す。

20

【0069】

上記合成スキームにおいて、ハロゲン基を有するアリール化合物と、アミンを有するアリール化合物（2級アリールアミン化合物）とのカップリング反応は様々な反応条件があるが、その一例として、塩基存在下にて金属触媒を用いた合成方法を適用することができる。

【0070】

上記合成スキームを、ハートウィッグ・ブッフバルト反応を用いて行う場合について示す。金属触媒としてはパラジウム触媒を用いることができ、パラジウム触媒としてはパラジウム錯体とその配位子の混合物を用いることができる。パラジウム錯体としては、ビス（ジベンジリデンアセトン）パラジウム（0）、酢酸パラジウム（II）等が挙げられる。また配位子としては、トリ（tert-ブチル）ホスフィンや、トリ（n-ヘキシル）ホスフィンや、トリシクロヘキシルホスフィンや、1,1'-ビス（ジフェニルホスフィノ）フェロセン（略称：DPPF）、ジ（1-アダマンチル）-n-ブチルホスフィン、トリス（2,6-ジメトキシフェニル）ホスフィン等が挙げられる。また、塩基として用いることができる物質としては、ナトリウム tert-ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、リン酸三カリウム、炭酸セシウム等の無機塩基等を挙げることができる。また、この反応は溶液中で行うことが好ましく、用いることができる溶媒としては、トルエン、キシレン、ベンゼン、メシチレン等が挙げられる。ただし、用いることができる触媒およびその配位子、塩基、溶媒はこれらに限られるものではない。またこの反応は窒素やアルゴンなど不活性雰囲気下で行うことが好ましい。

30

40

【0071】

また、上記合成スキームを、ウルマン反応を用いて行う場合について示す。金属触媒としては銅触媒を用いることができ、ヨウ化銅（I）、又は酢酸銅（II）が挙げられる。また、塩基として用いることができる物質としては、炭酸カリウム等の無機塩基が挙げられる。また、この反応は溶液中で行うことが好ましく、用いることができる溶媒としては、1,3-ジメチル-3,4,5,6-テトラヒドロ-2(1H)ピリミジノン（DMPU）、トルエン、キシレン、ベンゼン、メシチレン等が挙げられる。ただし、用いることができる触媒、塩基、溶媒はこれらに限られるものではない。またこの反応は窒素やアルゴンなど不活性雰囲気下で行うことが好ましい。

【0072】

50

なお、ウルマン反応では、反応温度が100以上の方がより短時間かつ高収率で目的物が得られるため、DMFU、キシレン、メシチレンなど沸点の高い溶媒を用いることが好ましい。また、反応温度は150より高い温度が更に好ましいため、より好ましくはDMFUやメシチレンを用いる。

【0073】

以上のように、本実施の形態で説明した有機化合物を合成することができる。

【0074】

本実施の形態で示す有機化合物を用いることによって、励起錯体を発光中心とする発光素子において、非常に良好な外部量子効率を示す発光素子を実現することができる。また、当該有機化合物を発光中心である励起錯体を形成する物質の一つとして用いた発光素子は、駆動電圧の小さい発光素子とすることができる。結果として、当該発光素子は、非常に良好なパワー効率を示す発光素子とすることができる。なお、本実施の形態で示す有機化合物は、正孔輸送性を有するため、正孔輸送層を構成する材料としても好適である。

10

【0075】

また、上記励起錯体をりん光発光物質へのエネルギーホストとして用いた発光素子においても、良好な外部量子効率を実現することが可能である。また、駆動電圧も低いため、上記励起錯体をりん光発光物質へのエネルギーホストとして用いた発光素子においても、非常に良好なパワー効率を有する発光素子の提供を可能とする。

【0076】

(実施の形態2)

20

本実施の形態では、実施の形態1で説明した有機化合物を励起錯体を形成する2つの物質のうち一方に用いた発光素子の構成について説明する。

【0077】

三重項励起状態を発光に変換するためには、三重項励起状態からの直接発光であるりん光を利用する方法と、三重項励起状態が逆項間交差を経て一重項励起状態となり、一重項励起状態から発光する遅延蛍光を利用する方法などがある。

【0078】

りん光発光材料を用いた発光素子は、実際に非常に高い効率で発光する構成の報告も見られ、三重項励起状態を発光に利用することの優位性は実際に証明されている。

【0079】

30

一方、遅延蛍光材料を用いた発光素子も、近年では一定の成果が報告されている。しかし、比較的高い効率で遅延蛍光を発する物質は、一重項励起状態と三重項励起状態が近接するという、非常に稀な状態を有する物質である必要があり、そのため、特殊な分子構造を有し、種類も限られているのが現実である。

【0080】

励起錯体(エキサイプレックス、エキシプレックスともいう)は、2種類の分子から電荷移動相互作用によって形成される、励起状態の錯体であり、その一重項励起状態と三重項励起状態は近接している場合が多いことが報告されている。

【0081】

そのため、励起錯体は室温環境下においても遅延蛍光を発現しやすく、効率の良好な蛍光発光素子を得られる可能性がある。さらに、励起錯体の発光は、当該錯体を形成する2つの物質のうち、浅い方のHOMO準位と深い方のLUMO準位との差に相当する波長の光となる。このため、励起錯体を形成する物質の選択によって所望の波長の光を得ることが比較的容易である。

40

【0082】

しかし、励起錯体からの発光を積極的に利用するための研究は未だ途上であり、どのような物質を用いれば良好な発光効率を得られるといった指針は少なく、そして、何の指針もなく素子を作製しても良好な発光はまず得られない。

【0083】

そこで、本実施の形態では、励起錯体を発光中心として用いた高効率で発光する発光素

50

子の構成について説明する。

【0084】

本実施の形態における発光素子は、一对の電極間に有機化合物を含む層（無機化合物を含んでいても良い）を挟んで構成されており、当該有機化合物を含む層は、少なくとも発光層を有する。発光層は、電子輸送性を有する第1の有機化合物と、正孔輸送性を有する第2の有機化合物とを含む。

【0085】

第1の有機化合物と第2の有機化合物は、電流により励起されると、または、電流が流れることにより、励起錯体を形成する組み合わせである。励起錯体を形成するためには、第1の有機化合物のHOMO準位とLUMO準位が第2の有機化合物のHOMO準位とLUMO準位よりも各々深い位置にあることが好ましい。

10

【0086】

励起錯体の形成過程については、以下の2つの過程が考えられる。

【0087】

1つ目の形成過程は、電子輸送性を有する第1の有機化合物と正孔輸送性を有する第2の有機化合物がそれぞれキャリアを持った状態（カチオン又はアニオン）から、励起錯体を形成する形成過程である。

【0088】

2つ目の形成過程は、電子輸送性を有する第1の有機化合物又は正孔輸送性を有する第2の有機化合物の一方が一重項励起子を形成した後、基底状態の他方と相互作用して励起錯体を形成する素過程である。

20

【0089】

本実施の形態における励起錯体はそのどちらの過程で生成されたものであっても良い。

【0090】

ここで、正孔輸送性を有する第2の有機化合物が実施の形態1で説明した有機化合物であると、励起錯体からの効率良い発光を得ることができる。

【0091】

なお、第1の有機化合物及び第2の有機化合物の三重項励起エネルギー（三重項励起準位と一重項励起準位との差に当たるエネルギー）は、励起錯体の三重項励起エネルギーよりも大きいことが好ましい。第1の有機化合物と第2の有機化合物の三重項励起エネルギーが励起錯体のそれよりも小さいと、励起錯体の三重項励起エネルギーが移動してしまい、良好な効率の発光を得ることが困難となるからである。

30

【0092】

なお、一重項励起状態と三重項励起状態のエネルギー差が小さい励起錯体の三重項励起エネルギーは、励起錯体が発する発光波長に相当するエネルギーとして見積もることができる。

【0093】

電子輸送性を有する第1の有機化合物としては、主として $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する電子輸送性材料を用いることができ、具体的には、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化合物が好ましく、例えば、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）、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）、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-(ジベンゾチオフエン-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-m-II）などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物、2-[3-(ジベンゾチオフエン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,

40

50

h]キノキサリン(略称: 2mDBTPDBq-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-III)、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-III)、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称: 2mDBTPDBq-III)、2-[3'-(9H-カルバゾール-9-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称: 2mCzBPDBq)などのキノキサリン骨格又はジベンゾキノキサリン骨格を有する複素環化合物、4, 6-ビス[3-(フェナントレン-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称: 4, 6mPnP2Pm)、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, 6mDBTP2Pm-III)、4, 6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称: 4, 6mCzP2Pm)などのジアジン骨格(ピリミジン骨格やピラジン骨格)を有する複素環化合物、3, 5-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリジン(略称: 35DCzPPy)、1, 3, 5-トリ[3-(3-ピリジル)フェニル]ベンゼン(略称: TmPyPB)、3, 3', 5, 5'-テトラ[(m-ピリジル)-フェン-3-イル]ピフェニル(略称: BP4mPy)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、キノキサリン骨格又はジベンゾキノキサリン骨格を有する複素環化合物、ジアジン骨格を有する複素環化合物、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。その他、第1の有機化合物としては、フェニル-ジ(1-ピレニル)ホスフィンオキシド(略称: POPy₂)、スピロ-9, 9'-ピフルオレン-2-イル-ジフェニルホスフィンオキシド(略称: SPP01)、2, 8-ビス(ジフェニルホスホリル)ジベンゾ[b, d]チオフェン(略称: PPT)、3-(ジフェニルホスホリル)-9-[4-(ジフェニルホスホリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: PPO21)のようなトリアリアルホスフィンオキシドや、トリス[2, 4, 6-トリメチル-3-(3-ピリジル)フェニル]ボラン(略称: 3TPYMB)のようなトリアリアルボランなども挙げられる。なお、特に、ジアジン骨格を有する複素環化合物、特にピリミジン骨格を有する複素環化合物を用いると、さらに良好な効率で発光を得ることができるため、好ましい構成である。

【0094】

以上のような第1の有機化合物と実施の形態1で説明した有機化合物である第2の有機化合物が形成する励起錯体からは、非常に良好な効率で発光を得ることができ、本実施の形態における発光素子は良好な効率で発光する発光素子とすることができる。取り出し効率の対策を施さない蛍光発光素子における外部量子効率の理論的限界は、5~7%と一般に言われているが、それを越える外部量子効率を示す発光素子を提供することも本実施の形態の発光素子の構成を用いることで容易に可能となる。

【0095】

また、上述のように、励起錯体の発光波長は、第1の有機化合物と第2の有機化合物のうち、浅い方のHOMO準位と深い方のLUMO準位との差に相当するため、適当な準位の組み合わせを選択することによって所望の波長の発光素子を得ることも容易である。

【0096】

このように、本実施の形態の構成を用いることによって、三重項励起状態を発光に変換することが可能な高効率の発光素子を、得ることが可能となる。また、このような特徴を有する発光素子が発光波長のバリエーションに大きな制限なく提供することができる。

【0097】

なお、本実施の形態に記載の構成を有する発光素子における発光層に、さらに蛍光発光物質を添加し、当該蛍光発光物質からの発光を得ても良い。三重項励起状態を一重項励起状態に変換することができる励起錯体をエネルギーホストとして用いることによって、良好な効率で発光させることができる上、安定な蛍光発光物質から発光を得ることによって、寿命の良好な発光素子を得ることができる。

【0098】

10

20

30

40

50

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態2で説明した発光素子における発光層が、さらにりん光発光物質を含み、当該りん光発光物質より発光を得る発光素子について説明する。本実施の形態の発光素子は、発光層にりん光発光物質を含む他は、実施の形態2で説明した発光素子と同様の構成を有する。共通する構成、材料に関しては、重複となる説明を省略する。実施の形態2における該当する記載を参照されたい。

【0099】

当該発光層にりん光発光物質をさらに含むことによって、励起錯体からりん光発光物質へ効率良くエネルギーを移動させることができる。

【0100】

ここで、りん光発光物質を用いた場合に、より発光効率の高い発光素子を得るための、ホスト材料と、りん光物質とのエネルギー移動について考える。キャリアの再結合は、ホスト材料とりん光物質との両方で行われるため、発光効率の向上のためには、ホスト材料からりん光物質へのエネルギー移動を効率化する必要がある。

【0101】

ホスト材料からりん光物質へのエネルギー移動には二つの機構が提唱されている。一つはデクスター機構、もう一つがフェルスター機構である。以下に各機構について説明する。ここで、励起エネルギーを与える側の分子をホスト分子、励起エネルギーを受け取る側の分子をゲスト分子と記す。

【0102】

フェルスター機構(双極子-双極子相互作用)

フェルスター機構は、エネルギー移動に、分子間の直接的接触を必要としない。ホスト分子及びゲスト分子間の双極子振動の共鳴現象を通じてエネルギー移動が起こる。双極子振動の共鳴現象によってホスト分子がゲスト分子にエネルギーを受け渡し、ホスト分子が基底状態になり、ゲスト分子が励起状態になる。フェルスター機構の速度定数 $k_{h \rightarrow g}^*$ を数式(1)に示す。

【0103】

【数1】

$$k_{h \rightarrow g}^* = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \epsilon_g(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad (1)$$

【0104】

数式(1)において、 ϕ は、振動数を表し、 $f'_h(\nu)$ は、ホスト分子の規格化された発光スペクトル(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル)を表し、 $\epsilon_g(\nu)$ は、ゲスト分子のモル吸光係数を表し、 N は、アボガドロ数を表し、 n は、媒体の屈折率を表し、 R は、ホスト分子とゲスト分子の分子間距離を表し、 τ は、実測される励起状態の寿命(蛍光寿命や燐光寿命)を表し、 K^2 は、発光量子収率(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光量子収率、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光量子収率)を表し、 K^2 は、ホスト分子とゲスト分子の遷移双極子モーメントの配向を表す係数(0~4)である。なお、ランダム配向の場合は $K^2 = 2/3$ である。

【0105】

デクスター機構(電子交換相互作用)

デクスター機構は、ホスト分子とゲスト分子が軌道の重なりを生じる接触有効距離に近づき、励起状態のホスト分子の電子と基底状態のゲスト分子の電子の交換を通じてエネルギー移動が起こる。デクスター機構の速度定数 $k_{h \rightarrow g}^*$ を数式(2)に示す。

【0106】

10

20

30

40

【数2】

$$k_{h^* \rightarrow g} = \left(\frac{2\pi}{h} \right) K^2 \exp\left(-\frac{2R}{L} \right) \int f'_h(\nu) \varepsilon'_g(\nu) d\nu \quad (2)$$

【0107】

数式(2)において、 h は、プランク定数であり、 K は、エネルギーの次元を持つ定数であり、 $\int f'_h(\nu)$ は、振動数を表し、 $f'_h(\nu)$ は、ホスト分子の規格化された発光スペクトル(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル)を表し、 $\int \varepsilon'_g(\nu)$ は、ゲスト分子の規格化された吸収スペクトルを表し、 L は、実効分子半径を表し、 R は、ホスト分子とゲスト分子の分子間距離を表す。

10

【0108】

ここで、ホスト分子からゲスト分子へのエネルギー移動効率 η_{ET} は、数式(3)で表される。 k_r は、発光過程(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光)の速度定数を表し、 k_n は、非発光過程(熱失活や項間交差)の速度定数を表し、 τ は、実測される励起状態の寿命を表す。

【0109】

【数3】

$$\Phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau} \right) + k_{h^* \rightarrow g}} \quad (3)$$

20

【0110】

まず、数式(3)より、エネルギー移動効率 η_{ET} を高くするためには、エネルギー移動の速度定数 $k_{h^* \rightarrow g}$ を、他の競合する速度定数 $k_r + k_n (= 1/\tau)$ に比べて遙かに大きくすれば良いことがわかる。そして、そのエネルギー移動の速度定数 $k_{h^* \rightarrow g}$ を大きくするためには、数式(1)及び数式(2)より、フェルスター機構、デクスター機構のどちらの機構においても、ホスト分子の発光スペクトル(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル)とゲスト分子の吸収スペクトルとの重なりが大きい方が良いことがわかる。

30

【0111】

ここで、ホスト分子の発光スペクトルとゲスト分子の吸収スペクトルとの重なりを考える上で、ゲスト分子の吸収スペクトルにおける最も長波長(低エネルギー)側の吸収帯が重要である。

【0112】

本実施の形態では、ゲスト材料としてりん光発光物質を用いる。りん光発光物質の吸収スペクトルにおいて、最も発光に強く寄与すると考えられている吸収帯は、基底状態から三重項励起状態への直接遷移に相当する吸収波長近傍にあり、それは最も長波長側に現れる吸収帯である。このことから、ホスト材料の発光スペクトル(蛍光スペクトル及び燐光スペクトル)は、りん光発光物質の吸収スペクトルの最も長波長側の吸収帯と重なることが好ましいと考えられる。

40

【0113】

例えば、有機金属錯体、特に発光性のイリジウム錯体において、最も長波長側の吸収帯として、500~600nm付近にブロードな吸収帯が現れる場合が多い。この吸収帯は、主として、三重項MLCT(Metal to Ligand Charge Transfer)遷移に由来する。ただし、該吸収帯には三重項 π - π^* 遷移や一重項MLCT

50

遷移に由来する吸収も一部含まれ、これらが重なって、吸収スペクトルの最も長波長側にブロードな吸収帯を形成していると考えられる。したがって、ゲスト材料に、有機金属錯体（特にイリジウム錯体）を用いるときは、このように最も長波長側に存在するブロードな吸収帯と、ホスト材料の発光スペクトルが大きく重なる状態が好ましい。

【 0 1 1 4 】

ここでまず、ホスト材料の三重項励起状態からのエネルギー移動を考えてみる。上述の議論から、三重項励起状態からのエネルギー移動においては、ホスト材料の燐光スペクトルとゲスト材料の最も長波長側の吸収帯との重なりが大きくなればよい。

【 0 1 1 5 】

しかしながら、このとき問題となるのは、ホスト分子の一重項励起状態からのエネルギー移動である。三重項励起状態からのエネルギー移動に加え、一重項励起状態からのエネルギー移動も効率よく行おうとすると、上述の議論から、ホスト材料のりん光スペクトルだけでなく、蛍光スペクトルをもゲスト材料の最も長波長側の吸収帯と重ねるように設計しなければならない。換言すれば、ホスト材料の蛍光スペクトルが、りん光スペクトルと同じような位置に来るようにホスト材料を設計しなければ、ホスト材料の一重項励起状態及び三重項励起状態の双方からのエネルギー移動を効率よく行うことはできないということになる。

【 0 1 1 6 】

ところが、一般に、S 1 準位とT 1 準位は大きく異なる（S 1 準位 > T 1 準位）ため、蛍光の発光波長と燐光の発光波長も大きく異なる（蛍光の発光波長 < 燐光の発光波長）。例えば、りん光発光物質を用いた発光素子において良く用いられる4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ピフェニル（略称：CBP）は、500 nm付近に燐光スペクトルを有するが、一方で蛍光スペクトルは400 nm付近であり、100 nmもの隔りがある。この例から考えてみても、ホスト材料の蛍光スペクトルが燐光スペクトルと同じような位置に来るようにホスト材料を設計することは、極めて困難である。

【 0 1 1 7 】

また、S 1 準位はT 1 準位よりも高いため、蛍光スペクトルがゲスト材料の最も長波長側の吸収スペクトルに近接するような波長にあるホスト材料のT 1 準位は、ゲスト材料のT 1 準位を下回ってしまう。

【 0 1 1 8 】

そこで、本実施の形態のように、励起錯体を利用することによってエネルギー移動の効率化を図ることができる。

【 0 1 1 9 】

励起錯体の蛍光スペクトルは、第1の有機化合物及び第2の有機化合物単体の蛍光スペクトルより長波長側にスペクトルを有する発光となるため、第1の有機化合物及び第2の有機化合物のT 1 準位をゲスト材料のT 1 準位より高く保ったまま、一重項励起状態からのエネルギー移動を最大限に高めることができる。また、励起錯体はT 1 準位とS 1 準位が近接している状態であるため、蛍光スペクトルとりん光スペクトルがほぼ同じ位置に存在する。このことから、ゲスト分子の一重項基底状態から三重項励起状態への遷移に相当する吸収（ゲスト分子の吸収スペクトルにおける最も長波長側に存在するブロードな吸収帯）に励起錯体の蛍光スペクトル及びりん光スペクトルの両方を大きく重ねることが可能となるため、エネルギー移動効率が高い発光素子を得ることができる。

【 0 1 2 0 】

また、電子輸送性を有する第1の有機化合物と正孔輸送性を有する第2の有機化合物の混合比によってキャリアバランスを制御することもできる。具体的には、第1の有機化合物：第2の有機化合物（又は添加物）= 1：9～9：1の範囲が好ましい。なお、この際、一種類のりん光発光物質が分散した発光層を2層に分割し、第1の有機化合物と第2の有機化合物の混合割合を異ならせる構成としても良い。これにより、発光素子のキャリアバランスを最適化することができ、寿命を向上させることが可能となる。また、この場合、一方の発光層を正孔輸送性の層とし、他方の発光層を電子輸送性の層としても良い。

【 0 1 2 1 】

りん光発光物質として用いることが可能な材料としては特に限定は無い。青色りん光発光性の物質としては、トリス{ 2 - [5 - (2 - メチルフェニル) - 4 - (2 , 6 - ジメチルフェニル) - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール - 3 - イル - N 2] フェニル - C } イリジウム (I I I) (略称 : I r (m p p t z - d m p) ₃)、トリス (5 - メチル - 3 , 4 - ジフェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト) イリジウム (I I I) (略称 : I r (M p t z) ₃)、トリス [4 - (3 - ビフェニル) - 5 - イソプロピル - 3 - フェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : I r (i P r p t z - 3 b) ₃) のような 4 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス [3 - メチル - 1 - (2 - メチルフェニル) - 5 - フェニル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : I r (M p t z 1 - m p) ₃)、トリス (1 - メチル - 5 - フェニル - 3 - プロピル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト) イリジウム (I I I) (略称 : I r (P r p t z 1 - M e) ₃) のような 1 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、f a c - トリス [1 - (2 , 6 - ジイソプロピルフェニル) - 2 - フェニル - 1 H - イミダゾール] イリジウム (I I I) (略称 : I r (i P r p m i) ₃)、トリス [3 - (2 , 6 - ジメチルフェニル) - 7 - メチルイミダゾ [1 , 2 - f] フェナントリジナト] イリジウム (I I I) (略称 : I r (d m p i m p t - M e) ₃) のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、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 (I I I)

テトラキス (1 - ピラゾリル) ボラート (略称 : F I r 6)、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 (I I I) ピコリナート (略称 : F I r p i c)、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 (I I I) ピコリナート (略称 : I r (C F ₃ p p y) ₂ (p i c))、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 (I I I) アセチルアセトナート (略称 : F I r a c a c) のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。なお、4 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも優れるため、特に好ましい。また、緑色発光のりん光発光物質の例としてはトリス (4 - メチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : I r (m p p m) ₃)、トリス (4 - t - ブチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : I r (t B u p p m) ₃)、(アセチルアセトナト) ビス (6 - メチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : I r (m p p m) ₂ (a c a c))、ビス [2 - (6 - t e r t - ブチル - 4 - ピリミジニル - N 3) フェニル - C] (2 , 4 - ペンタンジオナト - ² O , O ') イリジウム (I I I) (略称 : I r (t B u p p m) ₂ (a c a c))、(アセチルアセトナト) ビス [6 - (2 - ノルボルニル) - 4 - フェニルピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称 : I r (n b p p m) ₂ (a c a c))、(アセチルアセトナト) ビス [5 - メチル - 6 - (2 - メチルフェニル) - 4 - フェニルピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称 : I r (m p m p p m) ₂ (a c a c))、(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 (I I I) (略称 : I r (d p p m) ₂ (a c a c)) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(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 (I I I) (略称 : I r (m p p r - M e) ₂ (a c a c))、(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 (I I I) (略称 : I r (m p p r - i P r) ₂ (a c a c)) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス (2 - フェニルピリジナト - N , C ² ') イリジウム (I I I) (略称 : I r (p p y) ₃)、ビス (2 - フェニルピリジナト - N , C ² ') イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称 : I r (p p y) ₂ (a c a c))、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称 : I r (b z q) ₂ (a c a c))、トリス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) (略称 : I r (b z q) ₃)、トリス (2 - フェニルキ

10

20

30

40

50

ノリナト - N, C^{2'}) イリジウム (III) (略称: Ir(pq)₃)、ビス(2-フェニルキノリナト - N, C^{2'}) イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: Ir(pq)₂(acac)) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス(アセチルアセトナート) (モノフェナントロリン) テルビウム (III) (略称: Tb(acac)₃(Phen)) のような希土類金属錯体が挙げられる。なお、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。赤色発光のりん光発光物質の例としては、(ジイソブチリルメタナト) ビス[4, 6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト] イリジウム (III) (略称: Ir(5mdppm)₂(dibm))、ビス[4, 6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (III) (略称: Ir(5mdppm)₂(dpm))、ビス[4, 6-ジ(ナフタレン-1-イル)ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (III) (略称: Ir(d1npm)₂(dpm)) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナート) 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))、(アセチルアセトナート) 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)) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス(1-フェニルイソキノリナト - N, C^{2'}) イリジウム (III) (略称: Ir(pi q)₃)、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(pi q)₂(acac)) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、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) のような白金錯体や、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) ユーロピウム (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) ユーロピウム (III) (略称: Eu(TTA)₃(Phen)) のような希土類金属錯体が挙げられる。なお、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られるため、白色発光素子に適用することで演色性を高めることができる。なお、ベンゾフロピリミジン骨格を有する有機化合物も、青~紫外領域の発光を呈することから、発光中心材料としての使用も可能である。ベンゾフロピリミジン骨格を有する化合物を用いても良い。

【0122】

また、以上で述べた物質の他、様々な物質の中から選択してもよい。

【0123】

以上のような構成を有する発光素子は、エネルギーの移動効率が良好であるため、良好な外部量子効率を有する発光素子とすることができる。また、励起錯体からのエネルギー移動を介して発光するりん光発光素子は低い電圧で駆動することが可能である。以上のことから、本実施の形態における発光素子は、パワー効率の非常に良好な発光素子とすることが可能となる。

【0124】

(実施の形態4)

本実施の形態では実施の形態2又は実施の形態3で説明した発光素子の詳細な構造の例について図1(A)(B)を用いて以下に説明する。

【0125】

図1(A)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有機化合物を含む層103とから構成されている。なお、本形態では第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の方が第

10

20

30

40

50

2の電極102よりも電位が高くなるように、第1の電極101と第2の電極102に電圧を印加したときに、発光が得られる構成となっている。有機化合物を含む層103は少なくとも発光層113を有していればよい。図1(A)に示した正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層114及び電子注入層115は例示であり、設けても設けなくともよい。また、これら以外の機能を有する他の層が設けられていても良い。

【0126】

第1の電極101は陽極として機能する電極とし、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て形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ(ITO: Indium Tin Oxide)、ケイ素若しくは酸化ケイ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、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、通常スパッタリング法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。作製方法の例としては、酸化インジウム-酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し1~20wt%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方法などがある。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0.5~5wt%、酸化亜鉛を0.1~1wt%含有し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もできる。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。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料を有機化合物を含む層103における第1の電極101と接する層に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択することができるようになる。

【0127】

有機化合物を含む層103の積層構造については、発光層113が実施の形態2又は実施の形態3に示したような構成となっていれば他は特に限定されない。図1(A)では例えば、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層、キャリアブロック層、電荷発生層等を適宜組み合わせる構成することができる。本実施の形態では、有機化合物を含む層103は、第1の電極101の上に順に積層した正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113、電子輸送層114、電子注入層115を有する構成について説明する。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。

【0128】

正孔注入層111は、正孔注入性の高い物質を含む層である。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]ピフェニル(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'-ピフェニル)-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111を形成することができる。

【0129】

また、正孔注入層111として、正孔輸送性を有する材料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、正孔輸送性を有する材料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も用いることができるようになる。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-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

10

20

30

40

50

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、酸化タンゲステン、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。

【0130】

複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、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、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。以下では、複合材料における正孔輸送性を有する材料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。

10

【0131】

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]ピフェニル（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'-ピフェニル)-4, 4'-ジアミン（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。

【0132】

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。

20

【0133】

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、他に、4, 4'-ジ(N-カルバゾリル)ピフェニル（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：TCPB）、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。

30

【0134】

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）、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'-ピアントリル、10, 10'-ジフェニル-9, 9'-ピアントリル、10, 10'-ビス(2-フェニルフェニル)-9, 9'-ピアントリル、10, 10'-ビス[(2, 3, 4, 5, 6-ペンタフェニル)フェニル]-9, 9'-ピアントリル、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

40

50

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。

【0135】

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)ピフェニル(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。

【0136】

また、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称:PVK)やポリ(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)等の高分子化合物を用いることもできる。なお、実施の形態1で示した有機化合物も複合材料を構成する正孔輸送性を有する材料として用いることができる。

【0137】

正孔注入層を形成することによって、正孔の注入性が良好となり、駆動電圧の小さい発光素子を得ることが可能となる。

【0138】

正孔輸送層は、正孔輸送性を有する材料を含む層である。正孔輸送性を有する材料としては、例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル(略称:NPB)やN,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ピフェニル]-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]ピフェニル(略称:BSPB)、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:BPALP)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、正孔輸送性が高く、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。また、上述の複合材料における正孔輸送性を有する材料として挙げた有機化合物も正孔輸送層に用いることができる。また、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称:PVK)やポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称:PVTPA)等の高分子化合物を用いることもできる。また、実施の形態1で示した有機化合物も用いることができる。なお、正孔輸送性を有する材料を含む層は、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よい。

【0139】

発光層113は発光を担う層であり、様々な構成、材料を用いることができるが、電子輸送性を有する第1の有機化合物と正孔輸送性を有する第2の有機化合物とを含むことが好ましい。又は、さらにりん光発光物質や蛍光発光物質を含んでも良い。より好ましい材料、構成などは実施の形態2又は実施の形態3に記載のとおりである。このような構成を有することで、本実施の形態の発光素子は、非常に良好な外部量子効率を示す。また、発光波長の調整も容易であるため、高い効率を維持しながら所望の波長帯の発光を得やすいというメリットも有する。

【0140】

電子輸送層114は、電子輸送性を有する材料を含む層である。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

10

20

30

40

50

ニルフェノラト)アルミニウム(略称:BA1q)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からなる層である。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:PAD)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)、バソフェナントロリン(略称:BPphen)、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、電子輸送性が高く、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、上述した電子輸送性を有する第1の有機化合物を電子輸送層114に用いても良い。

10

【0141】

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二層以上積層したものとしてもよい。

【0142】

また、電子輸送層と発光層との間に電子キャリアの移動を制御する層を設けても良い。これは上述したような電子輸送性の高い材料に、電子トラップ性の高い物質を少量添加した層であって、電子キャリアの移動を抑制することによって、キャリアバランスを調節することが可能となる。このような構成は、発光層を電子が突き抜けてしまうことにより発生する問題(例えば素子寿命の低下)の抑制に大きな効果を発揮する。

20

【0143】

また、電子輸送層114と第2の電極102との間に、第2の電極102に接して電子注入層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又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を用いることができる。例えば、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物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115として、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属を含有させたものを用いることにより、第2の電極102からの電子注入が効率良く行われるためより好ましい。

30

【0144】

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3.8eV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できる。このような陰極材料の具体例としては、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)等の元素周期表の第1族または第2族に属する元素、およびこれらを含む合金(MgAg、AlLi)、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等が挙げられる。しかしながら、第2の電極102と電子輸送層との間に、電子注入層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、ケイ素若しくは酸化ケイ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インクジェット法、スピンコート法等を用いて成膜することが可能である。

40

【0145】

また、有機化合物を含む層103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。例えば、真空蒸着法、インクジェット法またはスピンコート法など用いても構わない。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。

【0146】

50

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。

【 0 1 4 7 】

以上のような構成を有する発光素子は、第 1 の電極 1 0 1 と第 2 の電極 1 0 2 との間に生じた電位差により電流が流れ、発光性の高い物質を含む層である発光層 1 1 3 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 1 1 3 に発光領域が形成されるような構成となっている。

【 0 1 4 8 】

発光は、第 1 の電極 1 0 1 または第 2 の電極 1 0 2 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 1 0 1 または第 2 の電極 1 0 2 のいずれか一方または両方は、透光性を有する電極で成る。第 1 の電極 1 0 1 のみが透光性を有する電極である場合、発光は第 1 の電極 1 0 1 を通って取り出される。また、第 2 の電極 1 0 2 のみが透光性を有する電極である場合、発光は第 2 の電極 1 0 2 を通って取り出される。第 1 の電極 1 0 1 および第 2 の電極 1 0 2 がいずれも透光性を有する電極である場合、発光は第 1 の電極 1 0 1 および第 2 の電極 1 0 2 を通って、両方から取り出される。

【 0 1 4 9 】

なお、第 1 の電極 1 0 1 と第 2 の電極 1 0 2 との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。しかし、発光領域と電極やキャリア注入層に用いられる金属とが近接することによって生じる消光が抑制されるように、第 1 の電極 1 0 1 および第 2 の電極 1 0 2 から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成が好ましい。

【 0 1 5 0 】

また、発光層 1 1 3 に接する正孔輸送層や電子輸送層、特に発光層 1 1 3 における発光領域に近い方に接するキャリア輸送層は、発光層で生成した励起子からのエネルギー移動を抑制するため、そのバンドギャップが発光層に含まれる励起錯体のバンドギャップより大きいバンドギャップを有する物質で構成することが好ましい。

【 0 1 5 1 】

図 1 (B) には図 1 (A) と異なる構成を有する発光素子を示した。図 1 (B) を参照して、複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子 (以下、積層型素子ともいう) の態様を説明する。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発光素子である。一つの発光ユニットは、図 1 (A) で示した有機化合物を含む層 1 0 3 と同様な構成を有する。つまり、図 1 (A) 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、図 1 (B) で示した発光素子は、複数の発光ユニットを有する発光素子といえることができる。

【 0 1 5 2 】

図 1 (B) において、第 1 の電極 5 0 1 と第 2 の電極 5 0 2 との間には、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 が積層されており、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 との間には電荷発生層 5 1 3 が設けられている。第 1 の電極 5 0 1 と第 2 の電極 5 0 2 はそれぞれ図 1 (A) における第 1 の電極 1 0 1 と第 2 の電極 1 0 2 に相当し、図 1 (A) の説明で述べたものと同じものを適用することができる。また、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 は同じ構成であっても異なる構成であってもよい。

【 0 1 5 3 】

電荷発生層 5 1 3 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、図 1 (A) で示した正孔注入層に用いることができる複合材料を用いることができる。有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール化合物、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 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上であるものを適用することが好ましい。ただし、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

10

20

30

40

50

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。なお、陽極側の界面が電荷発生層に接している発光ユニットは、電荷発生層が正孔輸送層の役割も担うことができるため、正孔輸送層を設けなくとも良い。

【0154】

なお、電荷発生層513は、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と他の材料により構成される層を積層構造として形成してもよい。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積層して形成してもよい。また、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、透明導電膜とを積層して形成してもよい。

10

【0155】

いずれにしても、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512に挟まれる電荷発生層513は、第1の電極501と第2の電極502に電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入するものであれば良い。例えば、図1(B)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513は、第1の発光ユニット511に電子を注入し、第2の発光ユニット512に正孔を注入するものであればよい。

【0156】

図1(B)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。図1(B)で示した発光素子のように、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、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な素子を実現できる。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

【0157】

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の発光ユニットで赤と緑の発光、第2の発光ユニットで青の発光を得ることで、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。

【0158】

なお、上記構成は、他の実施の形態や本実施の形態中の他の構成と適宜組み合わせることが可能である。

30

【0159】

本実施の形態における発光素子は、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に作製すればよい。基板上に作製する順番としては、第1の電極101側から順に積層しても、第2の電極102側から順に積層しても良い。発光装置は一基板上に一つの発光素子を形成したもので良いが、複数の発光素子を形成しても良い。一基板上にこのような発光素子を複数作製することで、素子分割された照明装置や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に用いる半導体の結晶性についても特に限定されず、非晶質半導体を用いてもよいし、結晶性半導体を用いてもよい。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。

40

【0160】

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。

【0161】

50

(実施の形態5)

本実施の形態では、実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかに記載の発光素子を用いた発光装置について説明する。

【0162】

本実施の形態では、実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかに記載の発光素子を用いて作製された発光装置について図2を用いて説明する。なお、図2(A)は、発光装置を示す上面図、図2(B)は図2(A)をA-BおよびC-D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(ソース線駆動回路)601、画素部602、駆動回路部(ゲート線駆動回路)603を含んでいる。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

10

【0163】

なお、引き回し配線608はソース線駆動回路601及びゲート線駆動回路603に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC(フレキシブルプリントサーキット)609からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基板(PWB)が取り付けられていても良い。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。

【0164】

次に、断面構造について図2(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線駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

20

【0165】

なお、ソース線駆動回路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、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、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0166】

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気的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成される。なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成する。

30

【0167】

また、被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径(0.2 μ m~3 μ m)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、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も使用することができる。

40

【0168】

第1の電極613上には、有機化合物を含む層616、および第2の電極617がそれぞれ形成されている。ここで、陽極として機能する第1の電極613に用いる材料としては、仕事関数の大きい材料を用いることが望ましい。例えば、ITO膜、またはケイ素を含有したインジウム錫酸化物膜、2~20wt%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム膜、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層膜の他、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等を用いることができる。なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれ、さらに陽極として機能させることができる。

50

【 0 1 6 9 】

また、有機化合物を含む層 6 1 6 は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピコート法等の種々の方法によって形成される。有機化合物を含む層 6 1 6 は、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかで説明したような構成を含んでいる。また、有機化合物を含む層 6 1 6 を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物（オリゴマー、 dendrimer を含む）であっても良い。

【 0 1 7 0 】

さらに、有機化合物を含む層 6 1 6 上に形成され、陰極として機能する第 2 の電極 6 1 7 に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料（Al、Mg、Li、Ca、またはこれらの合金や化合物、MgAg、MgIn、AlLi 等）を用いることが好ましい。なお、
10
有機化合物を含む層 6 1 6 で生じた光が第 2 の電極 6 1 7 を透過させる場合には、第 2 の電極 6 1 7 として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜（ITO、2 ~ 20 wt % の酸化亜鉛を含む酸化インジウム、ケイ素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛（ZnO）等）との積層を用いるのが良い。

【 0 1 7 1 】

なお、第 1 の電極 6 1 3、有機化合物を含む層 6 1 6、第 2 の電極 6 1 7 でもって、発光素子が形成されている。当該発光素子は実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかの構成を有する発光素子である。なお、画素部は複数の発光素子が形成されてはいるが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子と、それ以外の構成を有する発光素子の両方が含まれていても良い。
20

【 0 1 7 2 】

さらにシール材 6 0 5 で封止基板 6 0 4 を素子基板 6 1 0 と貼り合わせることにより、素子基板 6 1 0、封止基板 6 0 4、およびシール材 6 0 5 で囲まれた空間 6 0 7 に発光素子 6 1 8 が備えられた構造になっている。なお、空間 6 0 7 には、充填材が充填されており、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール材 6 0 5 で充填される場合もある。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材 6 2 5 を設けると水分の影響による劣化を抑制することができ、好ましい構成である。

【 0 1 7 3 】

なお、シール材 6 0 5 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、
30
封止基板 6 0 4 に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP（Fiber 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。

【 0 1 7 4 】

以上のようにして、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を用いて作製された発光装置を得ることができる。

【 0 1 7 5 】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかで示した発光素子は発光効率の良好な発光素子であり、消費電力の低減された発光装置とすることができる。また、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかで示した発光素子は、所望の波長帯の発光が得やすい、汎用性の高い発光装置を提供することができる。
40

【 0 1 7 6 】

図 3 には白色発光を呈する発光素子を形成し、着色層（カラーフィルタ）等設けることによってフルカラー化した発光装置の例を示す。図 3（A）には基板 1 0 0 1、下地絶縁膜 1 0 0 2、ゲート絶縁膜 1 0 0 3、ゲート電極 1 0 0 6、1 0 0 7、1 0 0 8、第 1 の層間絶縁膜 1 0 2 0、第 2 の層間絶縁膜 1 0 2 1、周辺部 1 0 4 2、画素部 1 0 4 0、駆動回路部 1 0 4 1、発光素子の第 1 の電極 1 0 2 4 W、1 0 2 4 R、1 0 2 4 G、1 0 2 4 B、隔壁 1 0 2 5、有機化合物を含む層 1 0 2 8、発光素子の第 2 の電極 1 0 2 9、
50

封止基板 1031、シール材 1032 などが図示されている。

【0177】

また、図3(A)では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)は透明な基材1033に設けている。また、黒色層(ブラックマトリックス)1035をさらに設けても良い。着色層及び黒色層が設けられた透明な基材1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及び黒色層は、オーバーコート層1036で覆われている。また、図3(A)においては、光が着色層を透過せず外部へ出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、青、緑となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

10

【0178】

図3(B)では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する例を示した。このように、着色層は基板1001と封止基板1031の間に設けられていても良い。

【0179】

また、以上に説明した発光装置では、TFTが形成されている基板1001側に光を取り出す構造(ボトムエミッション型)の発光装置としたが、封止基板1031側に発光を取り出す構造(トップエミッション型)の発光装置としても良い。トップエミッション型の発光装置の断面図を図4に示す。この場合、基板1001は光を通さない基板を用いることができる。TFTと発光素子の陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第3の層間絶縁膜1037を電極1022を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第3の層間絶縁膜1037は第2の層間絶縁膜と同様の材料の他、他の公知の材料を用いて形成することができる。

20

【0180】

発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図4のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第1の電極を反射電極とすることが好ましい。有機化合物を含む層1028の構成は、実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかにおいて有機化合物を含む層103として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

30

【0181】

図4のようなトップエミッションの構造では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)を設けた封止基板1031で封止を行うことができる。封止基板1031には画素と画素との間に位置するように黒色層(ブラックマトリックス)1035を設けても良い。着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)や黒色層(ブラックマトリックス)1035はオーバーコート層1036によって覆われていても良い。なお封止基板1031は透光性を有する基板を用いることとする。

40

【0182】

また、ここでは赤、緑、青、白の4色でフルカラー表示を行う例を示したが特に限定されず、赤、緑、青の3色でフルカラー表示を行ってもよい。

【0183】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかに記載の発光素子を用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかで示した発光素子は発光効率の良好な発光素子であり、消費電力の低減された発光装置とすることができる。また、実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかで示した発光素子は、所望の波長帯の発光が得やすい、汎用性の高い発光装置を提供することができる。

50

【 0 1 8 4 】

ここまでは、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、以下からはパッシブマトリクス型の発光装置について説明する。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 9 5 1 上には、電極 9 5 2 と電極 9 5 6 との間には有機化合物を含む層 9 5 5 が設けられている。電極 9 5 2 の端部は絶縁層 9 5 3 で覆われている。そして、絶縁層 9 5 3 上には隔壁層 9 5 4 が設けられている。隔壁層 9 5 4 の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層 9 5 4 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接する辺）の方が上辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層 9 5 4 を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことができる。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかで示した発光効率の良好な発光素子を有することにより、消費電力の低減された発光装置とすることができる。また、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかで示した発光素子は、所望の波長帯の発光が得やすい、汎用性の高い発光装置を提供することができる。

10

【 0 1 8 5 】

以上、説明した発光装置は、マトリクス状に配置された多数の微小な発光素子をそれぞれ制御することが可能であるため、画像の表現を行う表示装置として好適に利用できる発光装置である。

20

【 0 1 8 6 】

また、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【 0 1 8 7 】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を照明装置として用いる例を図 6 を参照しながら説明する。図 6 (B) は照明装置の上面図、図 6 (A) は図 6 (B) における e - f 断面図である。

【 0 1 8 8 】

本実施の形態における照明装置は、支持体である透光性を有する基板 4 0 0 上に、第 1 の電極 4 0 1 が形成されている。第 1 の電極 4 0 1 は実施の形態 4 における第 1 の電極 1 0 1 に相当する。第 1 の電極 4 0 1 側から発光を取り出す場合、第 1 の電極 4 0 1 は透光性を有する材料により形成する。

30

【 0 1 8 9 】

第 2 の電極 4 0 4 に電圧を供給するためのパッド 4 1 2 が基板 4 0 0 上に形成される。

【 0 1 9 0 】

第 1 の電極 4 0 1 上には有機化合物を含む層 4 0 3 が形成されている。有機化合物を含む層 4 0 3 は実施の形態 4 における有機化合物を含む層 1 0 3 の構成、又は発光ユニット 5 1 1、5 1 2 及び電荷発生層 5 1 3 を合わせた構成などに相当する。なお、これらの構成については当該記載を参照されたい。

40

【 0 1 9 1 】

有機化合物を含む層 4 0 3 を覆って第 2 の電極 4 0 4 を形成する。第 2 の電極 4 0 4 は実施の形態 4 における第 2 の電極 1 0 2 に相当する。発光を第 1 の電極 4 0 1 側から取り出す場合、第 2 の電極 4 0 4 は反射率の高い材料によって形成される。第 2 の電極 4 0 4 はパッド 4 1 2 と接続することによって、電圧が供給される。

【 0 1 9 2 】

以上、第 1 の電極 4 0 1、有機化合物を含む層 4 0 3、及び第 2 の電極 4 0 4 を有する発光素子を本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光素子は耐久性に優れ、且つ、安価な発光素子であるため、本実施の形態における照明装置は発光効率が高い照明装置とすることができる。

50

【 0 1 9 3 】

以上の構成を有する発光素子を、シール材 4 0 5 を用いて封止基板 4 0 7 を固着し、封止することによって照明装置が完成する。また、シール材 4 0 5 に乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することで、信頼性の向上につながる。

【 0 1 9 4 】

また、パッド 4 1 2 と第 1 の電極 4 0 1 の一部をシール材 4 0 5 の外に伸張して設けることによって、外部入力端子とすることができる。また、その上にコンバータなどを搭載した IC チップ 4 2 0 などを設けても良い。

【 0 1 9 5 】

以上、本実施の形態に記載の照明装置は、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を有することから、発光効率が高い照明装置とすることができる。

10

【 0 1 9 6 】

(実施の形態 7)

本実施の形態では、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子をその一部に含む電子機器の例について説明する。実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子は発光効率の良好な発光素子であるため、当該発光素子を含む本実施の形態における電子機器は消費電力の小さい電子機器とすることができる。

【 0 1 9 7 】

上記発光素子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、また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以下に示す。

20

【 0 1 9 8 】

図 7 (A) は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体 7 1 0 1 に表示部 7 1 0 3 が組み込まれている。また、ここでは、スタンド 7 1 0 5 により筐体 7 1 0 1 を支持した構成を示している。表示部 7 1 0 3 により、映像を表示することが可能であり、表示部 7 1 0 3 は、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載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、発光効率の高い発光素子とすることが可能である。そのため、当該発光素子で構成される表示部 7 1 0 3 を有するテレビジョン装置は消費電力の小さいテレビジョン装置とすることができる。

30

【 0 1 9 9 】

テレビジョン装置の操作は、筐体 7 1 0 1 が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機 7 1 1 0 により行うことができる。リモコン操作機 7 1 1 0 が備える操作キー 7 1 0 9 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 7 1 0 3 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 7 1 1 0 に、当該リモコン操作機 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 2 0 0 】

なお、テレビジョン装置は、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また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）または双方向（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。

40

【 0 2 0 1 】

図 7 (B 1) 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、このコンピュータは、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれか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表示部 7 2 0 3 に用いることにより作製される。図 7 (B 1) のコンピュータは、図 7 (B 2) のような形態であっても良い。図 7 (B 2) のコンピュータは、キーボード 7 2 0 4、ポインティングデバイス 7 2 0 6 の代わりに第 2 の表示部 7 2 1 0 が設けられている。第 2 の表示部 7 2 1 0 はタッチパネル式と

50

なっており、第2の表示部7210に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、第2の表示部7210は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部7203もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによって、収納や運搬をする際に画面を傷つける、破損するなどのトラブルの発生も防止することができる。なお、このコンピュータは、実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかに記載の発光素子をマトリクス状に配列して表示部7203に用いることにより作製される。そのため、当該発光素子で構成される表示部7203を有するコンピュータは消費電力の小さいコンピュータとすることができる。

【0202】

図7(C)は携帯型遊技機であり、筐体7301と筐体7302の2つの筐体で構成されており、連結部7303により、開閉可能に連結されている。筐体7301には、実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかで説明した発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部7304が組み込まれ、筐体7302には表示部7305が組み込まれている。また、図7(C)に示す携帯型遊技機は、その他、スピーカ部7306、記録媒体挿入部7307、LEDランプ7308、入力手段(操作キー7309、接続端子7310、センサ7311(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、にお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7312)等を備えている。もちろん、携帯型遊技機の構成は上述のものに限定されず、少なくとも表示部7304および表示部7305の両方、または一方に実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかに記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部を用いていけばよく、その他付属設備が適宜設けられた構成とすることができる。図7(C)に示す携帯型遊技機は、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や、他の携帯型遊技機と無線通信を行って情報を共有する機能を有する。なお、図7(C)に示す携帯型遊技機が有する機能はこれに限定されず、様々な機能を有することができる。上述のような表示部7304を有する携帯型遊技機は、表示部7304に実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかで示した発光素子を用いていることから、消費電力の小さい携帯型遊技機を提供することができる。

【0203】

図7(D)は、携帯電話機の一例を示している。携帯電話機は、筐体7401に組み込まれた表示部7402の他、操作ボタン7403、外部接続ポート7404、スピーカ7405、マイク7406などを備えている。なお、携帯電話機は、実施の形態2乃至実施の形態4のいずれかに記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部7402を有している。そのため、消費電力の小さい携帯電話機を提供することができる。

【0204】

図7(D)に示す携帯電話機は、表示部7402を指などで触れることで、情報を入力することができる構成とすることもできる。この場合、電話を掛ける、或いはメールを作製するなどの操作は、表示部7402を指などで触れることにより行うことができる。

【0205】

表示部7402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。

【0206】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作製する場合は、表示部7402を文字の入力を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または番号ボタンを表示させることが好ましい。

【0207】

また、携帯電話機内部に、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサを有する検

10

20

30

40

50

出装置を設けることで、携帯電話機の向き（縦か横か）を判断して、表示部 7 4 0 2 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。

【 0 2 0 8 】

また、画面モードの切り替えは、表示部 7 4 0 2 を触れること、又は筐体 7 4 0 1 の操作ボタン 7 4 0 3 の操作により行われる。また、表示部 7 4 0 2 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。

【 0 2 0 9 】

また、入力モードにおいて、表示部 7 4 0 2 の光センサで検出される信号を検知し、表示部 7 4 0 2 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。

10

【 0 2 1 0 】

表示部 7 4 0 2 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 7 4 0 2 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また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。

【 0 2 1 1 】

図 8 は、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子をバックライトに適用した液晶表示装置の一例である。図 8 に示した液晶表示装置は、筐体 9 0 1、液晶層 9 0 2、バックライトユニット 9 0 3、筐体 9 0 4 を有し、液晶層 9 0 2 は、ドライバ IC 9 0 5 と接続されている。また、バックライトユニット 9 0 3 には、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子が用いられおり、端子 9 0 6 により、電流が供給されている。

20

【 0 2 1 2 】

実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を液晶表示装置のバックライトに適用したことにより、消費電力の低減されたバックライトが得られる。また、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を用いることで、面発光の照明装置が作製でき、また大面積化も可能である。これにより、バックライトの大面積化が可能であり、液晶表示装置の大面積化も可能になる。さらに、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を適用した発光装置は従来と比較し厚みを小さくできるため、表示装置の薄型化も可能となる。

30

【 0 2 1 3 】

図 9 は、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を、照明装置である電気スタンドに用いた例である。図 9 に示す電気スタンドは、筐体 2 0 0 1 と、光源 2 0 0 2 を有し、光源 2 0 0 2 として、実施の形態 6 に記載の照明装置が用いられている。

【 0 2 1 4 】

図 1 0 は、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を、室内の照明装置 3 0 0 1 として用いた例である。実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子は消費電力の小さい発光素子であるため、消費電力の小さい照明装置とすることができる。また、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子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、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子は、薄型であるため、薄型化した照明装置として用いることが可能となる。

40

【 0 2 1 5 】

実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子は、自動車のフロントガラスやダッシュボードにも搭載することができる。図 1 1 に実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を自動車のフロントガラスやダッシュボードに用いる一態様を示す。表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 5 は実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を用いて設けられた表示である。

【 0 2 1 6 】

50

表示領域 5 0 0 0 と表示領域 5 0 0 1 は自動車のフロントガラスに設けられた実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を搭載した表示装置である。実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子は、第 1 の電極と第 2 の電極を透光性を有する電極で作製することによって、反対側が透けて見える、いわゆるシースルー状態の表示装置とすることができる。シースルー状態の表示であれば、自動車のフロントガラスに設置したとしても、視界の妨げになることなく設置することができる。なお、駆動のためのトランジスタなどを設ける場合には、有機半導体材料による有機トランジスタや、酸化物半導体を用いたトランジスタなど、透光性を有するトランジスタを用いると良い。

【 0 2 1 7 】

表示領域 5 0 0 2 はピラー部分に設けられた実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を搭載した表示装置である。表示領域 5 0 0 2 には、車体に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、ピラーで遮られた視界を補完することができる。また、同様に、ダッシュボード部分に設けられた表示領域 5 0 0 3 は車体によって遮られた視界を、自動車の外側に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、死角を補い、安全性を高めることができる。見えない部分を補完するように映像を映すことによって、より自然に違和感なく安全確認を行うことができる。

【 0 2 1 8 】

表示領域 5 0 0 4 や表示領域 5 0 0 5 はナビゲーション情報、スピードメーターやタコメーター、走行距離、給油量、ギア状態、エアコンの設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目やレイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 3 にも設けることができる。また、表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 5 は照明装置として用いることも可能である。

【 0 2 1 9 】

実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子は消費電力の小さい発光素子とすることができる。

【 0 2 2 0 】

このため、表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 5 に大きな画面を数多く設けても、バッテリーに負荷をかけることが少なく、快適に使用することができることから実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を用いた発光装置または照明装置は、車載用の発光装置又は照明装置として好適に用いることができる。

【 0 2 2 1 】

図 1 2 (A) 及び図 1 2 (B) は 2 つ折り可能なタブレット型端末の一例である。図 1 2 (A) は、開いた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9 6 3 0、表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b、表示モード切り替えスイッチ 9 0 3 4、電源スイッチ 9 0 3 5、省電力モード切り替えスイッチ 9 0 3 6、留め具 9 0 3 3、操作スイッチ 9 0 3 8、を有する。なお、当該タブレット端末は、実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を備えた発光装置を表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b の一方又は両方に用いることにより作製される。

【 0 2 2 2 】

表示部 9 6 3 1 a は、一部をタッチパネル領域 9 6 3 2 a とすることができ、表示された操作キー 9 6 3 7 にふれることでデータ入力を行うことができる。なお、表示部 9 6 3 1 a においては、一例として半分の領域が表示のみの機能を有する構成、もう半分の領域がタッチパネルの機能を有する構成を示しているが該構成に限定されない。表示部 9 6 3 1 a の全ての領域がタッチパネルの機能を有する構成としても良い。例えば、表示部 9 6 3 1 a の全面をキーボードボタン表示させてタッチパネルとし、表示部 9 6 3 1 b を表示画面として用いることができる。

【 0 2 2 3 】

また、表示部 9 6 3 1 b においても表示部 9 6 3 1 a と同様に、表示部 9 6 3 1 b の一部をタッチパネル領域 9 6 3 2 b とすることができる。また、タッチパネルのキーボード

10

20

30

40

50

表示切り替えボタン 9 6 3 9 が表示されている位置に指やスタイラスなどでふれることで表示部 9 6 3 1 b にキーボードボタンを表示することができる。

【 0 2 2 4 】

また、タッチパネル領域 9 6 3 2 a とタッチパネル領域 9 6 3 2 b に対して同時にタッチ入力することもできる。

【 0 2 2 5 】

また、表示モード切り替えスイッチ 9 0 3 4 は、縦表示または横表示などの表示の向きを切り替え、白黒表示やカラー表示の切り替えなどを選択できる。省電力モード切り替えスイッチ 9 0 3 6 は、タブレット型端末に内蔵している光センサで検出される使用時の外光の光量に応じて表示の輝度を最適なものとする事ができる。タブレット型端末は光センサだけでなく、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサなどの他の検出装置を内蔵させてもよい。

10

【 0 2 2 6 】

また、図 1 2 (A) では表示部 9 6 3 1 b と表示部 9 6 3 1 a の表示面積が同じ例を示しているが特に限定されず、一方のサイズともう一方のサイズが異なってもよい。また、表示の品質も異なってもよい。例えば一方が他方よりも高精細な表示を行える表示パネルとしてもよい。

【 0 2 2 7 】

図 1 2 (B) は、閉じた状態であり、本実施の形態におけるタブレット型端末では、筐体 9 6 3 0、太陽電池 9 6 3 3、充放電制御回路 9 6 3 4、バッテリー 9 6 3 5、DCDCコンバータ 9 6 3 6 を備える例を示す。なお、図 1 2 (B) では充放電制御回路 9 6 3 4 の一例としてバッテリー 9 6 3 5、DCDCコンバータ 9 6 3 6 を有する構成について示している。

20

【 0 2 2 8 】

なお、タブレット型端末は 2 つ折り可能なため、未使用時に筐体 9 6 3 0 を閉じた状態にすることができる。従って、表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b を保護できるため、耐久性に優れ、長期使用の観点からも信頼性の優れたタブレット型端末を提供できる。

【 0 2 2 9 】

また、この他にも図 1 2 (A) 及び図 1 2 (B) に示したタブレット型端末は、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示する機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作又は編集するタッチ入力機能、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、等を有することができる。

30

【 0 2 3 0 】

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池 9 6 3 3 によって、電力をタッチパネル、表示部、または映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池 9 6 3 3 は、筐体 9 6 3 0 の一面または二面に設けられていると効率的なバッテリー 9 6 3 5 の充電を行う構成とすることができるため好適である。

【 0 2 3 1 】

また、図 1 2 (B) に示す充放電制御回路 9 6 3 4 の構成、及び動作について図 1 2 (C) にブロック図を示し説明する。図 1 2 (C) には、太陽電池 9 6 3 3、バッテリー 9 6 3 5、DCDCコンバータ 9 6 3 6、コンバータ 9 6 3 8、スイッチ SW 1 乃至 SW 3、表示部 9 6 3 1 について示しており、バッテリー 9 6 3 5、DCDCコンバータ 9 6 3 6、コンバータ 9 6 3 8、スイッチ SW 1 乃至 SW 3 が、図 1 2 (B) に示す充放電制御回路 9 6 3 4 に対応する箇所となる。

40

【 0 2 3 2 】

まず外光により太陽電池 9 6 3 3 により発電がされる場合の動作の例について説明する。太陽電池で発電した電力は、バッテリー 9 6 3 5 を充電するための電圧となるよう DCDCコンバータ 9 6 3 6 で昇圧または降圧がなされる。そして、表示部 9 6 3 1 の動作に太陽電池 9 6 3 3 で充電された電力が用いられる際にはスイッチ SW 1 をオンにし、コン

50

バータ 9 6 3 8 で表示部 9 6 3 1 に必要な電圧に昇圧または降圧をすることとなる。また、表示部 9 6 3 1 での表示を行わない際には、S W 1 をオフにし、S W 2 をオンにしてバッテリー 9 6 3 5 の充電を行う構成とすればよい。

【 0 2 3 3 】

なお、太陽電池 9 6 3 3 については、発電手段の一例として示したが、発電手段は特に限定されず、圧電素子（ピエゾ素子）や熱電変換素子（ペルティエ素子）などの他の発電手段によってバッテリー 9 6 3 5 の充電を行う構成であってもよい。無線（非接触）で電力を送受信して充電する無接点電力伝送モジュールや、また他の充電手段を組み合わせる構成としてもよく、発電手段を有さなくとも良い。

【 0 2 3 4 】

また、上記表示部 9 6 3 1 を具備していれば、図 1 2 に示した形状のタブレット型端末に限定されない。

【 0 2 3 5 】

なお、本実施の形態に示す構成は、実施の形態 1 乃至実施の形態 6 に示した構成を適宜組み合わせ用いることができる。

【 0 2 3 6 】

以上の様に実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を備えた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。実施の形態 2 乃至実施の形態 4 のいずれかに記載の発光素子を用いることにより、消費電力の小さい電子機器を得ることができる。

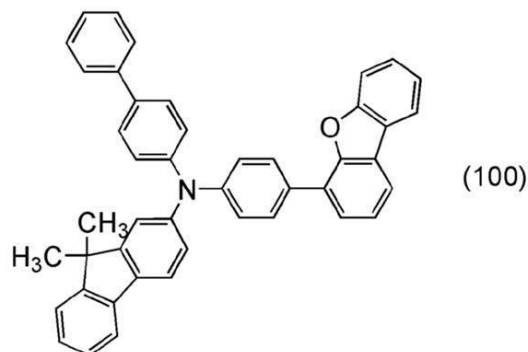
【実施例 1】

【 0 2 3 7 】

本実施例では、下記構造式（100）で表される N - （ 1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル） - N - [4 - （ジベンゾフラン - 4 - イル）フェニル] - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン（略称：F r B B i F - I I）の合成方法について説明する。

【 0 2 3 8 】

【化 1 7】



【 0 2 3 9 】

まず、4 - （ 4 - プロモフェニル）ジベンゾフラン 2 . 1 g （ 6 . 6 m m o l ）、N - （ 1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル） - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン 2 . 4 g （ 6 . 7 m m o l ）及びナトリウム tert - ブトキシド 1 . 9 g （ 2 0 m m o l ）を 2 0 0 m L 三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。続いて、この混合物にトルエン 3 3 m L 、トリ（ tert - ブチル）ホスフィンの 1 0 % ヘキサン溶液 0 . 3 0 m L 、ビス（ジベンジリデンアセトン）パラジウム（ 0 ） 4 8 m g （ 0 . 1 m m o l ）を加え、9 0 にして 7 . 5 時間攪拌した。攪拌後、フロリジール（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：5 4 0 - 0 0 1 3 5 ）、セライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：5 3 1 - 1 6 8 5 5 ）、アルミナを通して吸引ろ過し、ろ液を得た。得られたろ液を濃縮し固体を得た。得られた固体を、シリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒はヘキサン：トルエン = 3 : 1 ）により精製し、固体を得た。得られた固体をトルエンとヘキサンで再結晶を行い、3 . 2 g 収率 8 1 % で目的の固体を得た。本反応の反

10

20

30

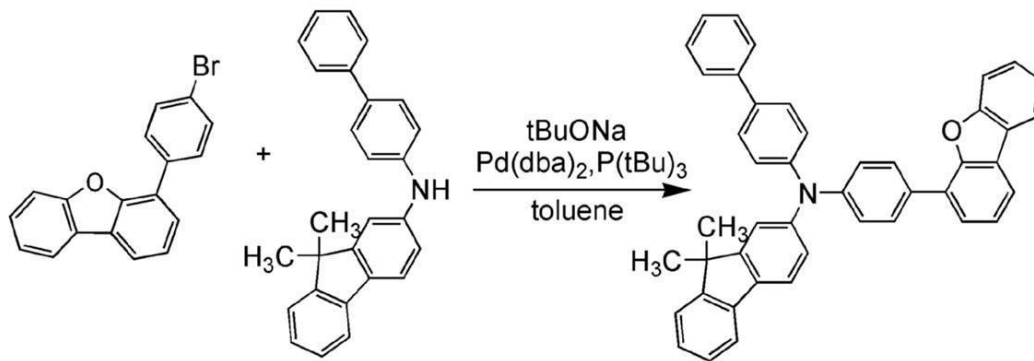
40

50

応スキームを以下に示す。

【0240】

【化18】



10

【0241】

得られた固体 1.0 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 2.6 Pa、アルゴンガスを流量 5.0 mL/min、加熱温度 289 とした。昇華精製後、目的物の固体を 0.99 g、回収率 95% で得た。

【0242】

得られた固体を、核磁気共鳴法 (^1H NMR) によって、測定した結果を以下に示す

20

^1H NMR (CDCl_3 , 500 MHz): δ = 1.46 (s, 6H), 7.18 (dd, J = 8.5, 2.5 Hz, 1H), 7.26 - 7.48 (m, 14H), 7.53 - 7.56 (m, 2H), 7.60 - 7.68 (m, 6H), 7.86 - 7.91 (m, 3H), 7.99 (d, J = 7.5 Hz, 1H).

【0243】

また、得られた FrBBiF-II の熱重量測定 - 示差熱分析 (TG-DTA: Thermogravimetry - Differential Thermal Analysis) を行った。測定には高真空差動型示差熱天秤 (ブルカー・エイックスエス株式会社製、TG-DTA2410SA) を用いた。常圧、昇温速度 10 /min、窒素気流下 (流速 200 mL/min) の条件で測定したところ、重量と温度の関係 (熱重量測定) から、5% 重量減少温度は 393 であり、良好な耐熱性を示した。

30

【0244】

また、NMR チャートを図 13 (A)、(B) に示す。図 13 (B) は図 13 (A) における 7.00 ppm 乃至 8.25 ppm の範囲を拡大して表したチャートである。これらの結果より、得られた化合物が目的物である N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン (略称: FrBBiF-II) であることを確認した。

【0245】

FrBBiF-II の物性について

40

次に、FrBBiF-II のトルエン溶液の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図 14 (A) に、薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図 14 (B) に示す。スペクトルの測定には紫外可視分光光度計 (日本分光株式会社製、V550 型) を用いた。トルエン溶液のスペクトルは、FrBBiF-II のトルエン溶液を石英セルに入れて測定した。また、薄膜のスペクトルは、FrBBiF-II を石英基板に蒸着してサンプルを作製した。なお、トルエン溶液の吸収スペクトルは石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示し、薄膜の吸収スペクトルは石英基板の吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示した。

【0246】

図 14 (A) より、FrBBiF-II のトルエン溶液は 360 nm 付近に吸収ピーク

50

が見られ、発光波長のピークは415 nm付近(励起波長366 nm)であった。また、図14(B)よりFrBBiF-IIの薄膜は368 nm、294 nm、266 nm、247 nm及び209 nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは428 nm付近(励起波長376 nm)であった。このように、FrBBiF-IIは非常に短波長な領域に吸収及び発光を示すことがわかった。

【0247】

また、薄膜状態のFrBBiF-IIのイオン化ポテンシャルの値を大気中にて光電子分光法(測定機器:理研計器社製、AC-2)で測定した。得られたイオン化ポテンシャルの値を、負の値に換算した結果、FrBBiF-IIのHOMO準位は-5.61 eVであった。図14(B)の薄膜の吸収スペクトルのデータより、直接遷移を仮定したTaucプロットから求めたFrBBiF-IIの吸収端は3.11 eVであった。従って、FrBBiF-IIの固体状態の光学的エネルギーギャップは3.11 eVと見積もられ、先に得たHOMO準位と、このエネルギーギャップの値から、FrBBiF-IIのLUMO準位が-2.50 eVと見積もることができる。このように、FrBBiF-IIは固体状態において3.11 eVの広いエネルギーギャップを有していることがわかった。

10

【0248】

また、FrBBiF-IIを液体クロマトグラフ質量分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 略称:LC/MS分析)によって分析した。

20

【0249】

LC/MS分析は、ウォータース社製Acquity UPLCおよびウォータース社製Xevo G2 ToF MSを用いて行った。

【0250】

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。

【0251】

さらに、以上の条件でイオン化された成分を衝突室(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50 eVとした。なお、測定する質量範囲は $m/z = 100$ 乃至 1200 とした。結果を図15に示す。

30

【実施例2】

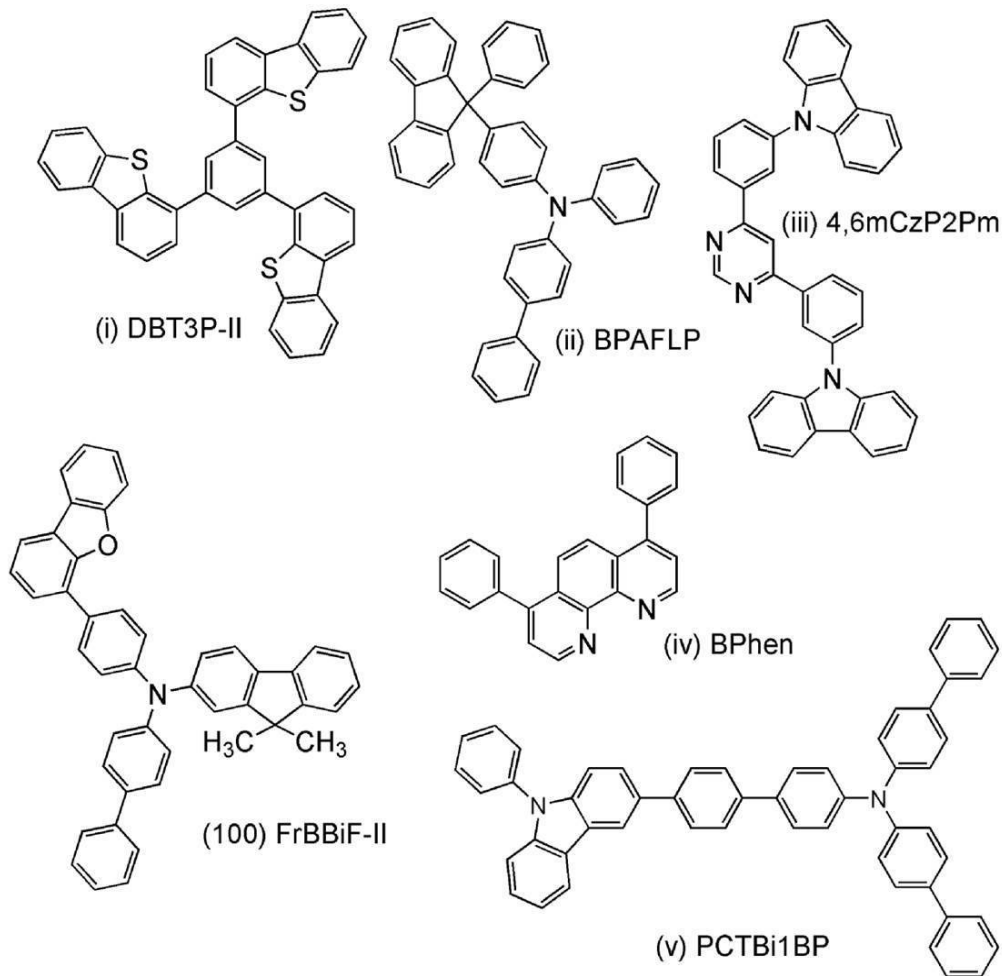
【0252】

本実施例では、実施の形態2で説明した発光素子(発光素子1)について説明する。なお、発光素子1は発光層113における第2の有機化合物として実施の形態1で説明した有機化合物であるN-(1,1'-ピフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:FrBBiF-II)を用い、第1の有機化合物には4,6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mCzP2Pm)を用いた。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

40

【0253】

【化 19】



10

20

【0254】

(発光素子1の作製方法)

まず、ガラス基板上に、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て成膜し、第1の電極101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。ここで、第1の電極101は、発光素子の陽極として機能する電極である。

30

【0255】

次に、基板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。

【0256】

その後、 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、基板を30分程度放冷した。

40

【0257】

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、 10^{-4} Pa程度まで減圧した後、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される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)と酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、正孔注入層111を形成した。その膜厚は、20 nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、重量比で4:2(=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

50

【0258】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(i i)で表される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:BP AFLP)を20nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層112を形成した。

【0259】

さらに、正孔輸送層112上に、上記構造式(i i i)で表される4,6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mCzP2Pm)と上記構造式(100)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:FrBBiF-II)とを、重量比0.8:0.2(=4,6mCzP2Pm:FrBBiF-II)となるように40nm共蒸着し、発光層113を形成した。

10

【0260】

その後、発光層113上に4,6mCzP2Pmを膜厚15nmとなるように成膜し、さらに、上記構造式(i v)で表されるバソフェナントロリン(略称:BPhen)を15nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。

【0261】

電子輸送層114を形成したら、その後、フッ化リチウム(LiF)を1nmの膜厚となるように蒸着し、電子注入層115を形成し、最後に、陰極として機能する第2の電極102として、アルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子1を作製した。

20

【0262】

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。

【0263】

(比較発光素子1の作製方法)

比較発光素子1は発光素子1におけるFrBBiF-IIを上記構造式(v)で表されるビス(ビフェニル-4-イル)[4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)ビフェニル-4-イル]アミン(略称:PCTBi1BP)に換え、BPhenの膜厚を10nmとした他は発光素子1と同様に作製した。

【0264】

発光素子1及び比較発光素子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ガラス基板により封止する作業(シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に80℃にて1時間熱処理)を行った後、これら発光素子の初期特性について測定を行った。なお、測定は室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

30

【0265】

発光素子1及び比較発光素子1の電流密度-輝度特性を図16に、輝度-電流効率特性を図17に、電圧-輝度特性を図18に、輝度-パワー効率特性を図19に、輝度-外部量子効率特性を図20に、発光スペクトルを図21に示す。

【0266】

また、発光素子1及び比較発光素子1の1000cd/m²付近における主要な特性値を表1に示す。

40

【0267】

【表1】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)	パワー 効率 (lm/W)	外部量子 効率 (%)
発光素子1	3.9	0.73	18.2	0.25	0.49	5.5	4.4	1.9
比較発光素子1	4.4	0.93	23.2	0.23	0.45	3.8	2.7	1.4

【0268】

以上の結果より、実施の形態1で説明した有機化合物であるFrBBiF-IIを用い

50

た発光素子 1 は良好な特性を示した。具体的には、図 20 の外部量子効率を参照すると、発光素子 1 の低輝度領域における効率は 5 % を大きく超えていることがわかる。光の取り出しに関して何も対策を施さない本実施例のような発光素子の場合、取り出し効率は約 20 ~ 30 % 程度と言われている。電流励起における一重項励起子の生成割合から導かれた、蛍光発光の内部量子効率における理論的限界は 25 % である。このことから、蛍光発光素子の外部量子効率の理論的限界は 5 ~ 7.5 % となるが、発光素子 1 の低輝度側における外部量子効率はこれを大きく上回っていることがわかる。

【0269】

この結果は、第 1 の有機化合物と第 2 の有機化合物、すなわち、4,6-mCzP2Pm と FrBBiF-II とで形成されるエキサイプレックスからの発光が効率良く行われ、且つ遅延蛍光成分を含有することを示唆している。三重項励起状態から一重項励起状態への逆項間交差を経て発光する遅延蛍光が効率良く起こることによって、発光素子 1 は良好な発光効率で発光を得ることができた。

10

【0270】

また、発光素子 1 は駆動電圧も低い発光素子であることがわかった。

【0271】

一方で、FrBBiF-II と類似の構造を有する PCTBi1BP を同様に用いた比較発光素子 1 は、低い効率を示すにとどまっている。これは、主に、9-フェニルカルバゾール-3-イル基とアミンの窒素原子とをつなぐ基がビフェニルジイル基であるため、PCTBi1BP の構造中にビフェニル骨格よりも一つフェニル基の多いターフェニル骨格が存在することによって T1 準位が低下したことが原因と推察される。そのため、励起錯体の T1 準位よりも PCTBi1BP の T1 準位が下回ってしまい、励起錯体の励起エネルギーが失活してしまうことが、効率が出ない一つの原因となっていると考えられる。

20

【実施例 3】

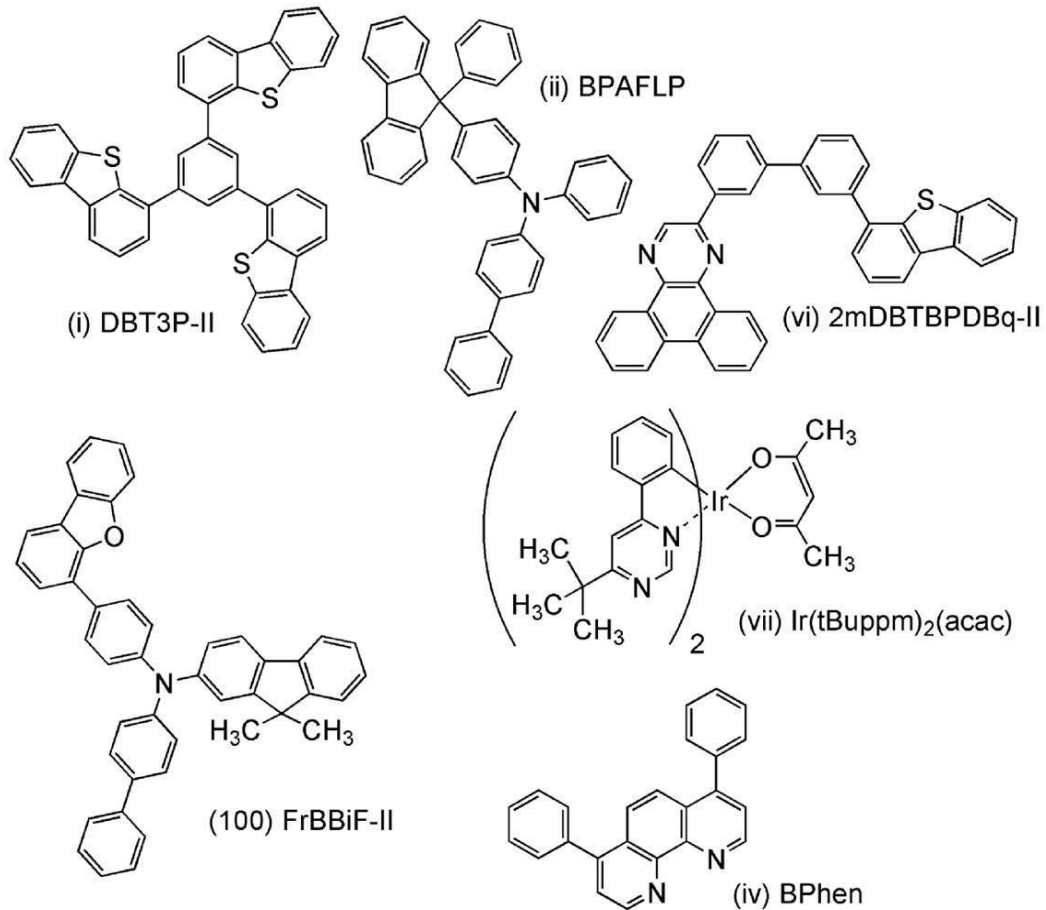
【0272】

本実施例では、実施の形態 3 で説明した発光素子 (発光素子 2) について説明する。なお、発光素子 2 は発光層 113 における第 2 の有機化合物として実施の形態 1 で説明した有機化合物である N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン (略称: FrBBiF-II) を用い、第 1 の有機化合物には 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)、りん光発光を呈する発光中心物質としてビス[2-(6-tert-ブチル-4-ピリミジニル-N3)フェニル-C](2,4-ペンタンジオナト-20,O')イリジウム(III) (略称: [Ir(tBuppm)₂(acac)]) を用いた。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

30

【0273】

【化20】



10

20

【0274】

(発光素子2の作製方法)

まず、ガラス基板に、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て成膜し、第1の電極101を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。ここで、第1の電極101は、発光素子の陽極として機能する電極である。

30

【0275】

次に、基板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℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0276】

その後、 1.0×10^{-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℃で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

【0277】

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、 1.0×10^{-4} Pa程度まで減圧した後、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される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)と酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、正孔注入層111を形成した。その膜厚は、20nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、重量比で4:2(=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

40

【0278】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(ii)で表される4-フェニル-4''-(9

50

- 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) を 20 nm の膜厚となるように成膜し、正孔輸送層 1 1 2 を形成した。

【0279】

さらに、正孔輸送層 1 1 2 上に、上記構造式 (v i) で表される 2 - [3 ' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)ピフェニル - 3 - イル]ジベンゾ [f , h]キノキサリン (略称: 2 m D B T B P D B q - I I) と上記構造式 (1 0 0) で表される N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - N - [4 - (ジベンゾフラン - 4 - イル)フェニル] - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (略称: F r B B i F - I I) と、上記構造式 (v i i) で表されるピス [2 - (6 - t e r t - プチル - 4 - ピリミジニル - N 3)フェニル - C] (2 , 4 - ペンタンジオナト - 2 0 , 0 ')イリジウム (I I I) (略称: [I r (t B u p p m) ₂ (a c a c)]) とを、重量比 0 . 7 : 0 . 3 : 0 . 0 5 (= 2 m D B T B P D B q - I I : F r B B i F - I I : [I r (t B u p p m) ₂ (a c a c)]) となるように 20 nm 共蒸着した後、2 m D B T B P D B q - I I と、F r B B i F - I I と、[I r (t B u p p m) ₂ (a c a c)] とを重量比 0 . 8 : 0 . 2 : 0 . 0 5 (= 2 m D B T B P D B q - I I : F r B B i F - I I : [I r (t B u p p m) ₂ (a c a c)]) となるように 20 nm 共蒸着して発光層 1 1 3 を形成した。

10

【0280】

その後、発光層 1 1 3 上に 2 m D B T B P D B q - I I を膜厚 10 nm となるように成膜し、さらに、上記構造式 (i v) で表されるバソフェナントロリン (略称: B P h e n) を 20 nm となるように成膜して、電子輸送層 1 1 4 を形成した。

20

【0281】

電子輸送層 1 1 4 を形成したら、その後、フッ化リチウム (L i F) を 1 nm の膜厚となるように蒸着し、電子注入層 1 1 5 を形成し、最後に、陰極として機能する第 2 の電極 1 0 2 として、アルミニウムを 200 nm の膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子 2 を作製した。

【0282】

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。

【0283】

発光素子 2 を、窒素雰囲気中の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ガラス基板により封止する作業 (シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に 8 0 にて 1 時間熱処理) を行った後、この発光素子の初期特性について測定を行った。なお、測定は室温 (2 5 に保たれた雰囲気) で行った。

30

【0284】

発光素子 2 の電流密度 - 輝度特性を図 2 2 に、輝度 - 電流効率特性を図 2 3 に、電圧 - 輝度特性を図 2 4 に、輝度 - パワー効率特性を図 2 5 に、輝度 - 外部量子効率特性を図 2 6 に、発光スペクトルを図 2 7 に示す。

【0285】

また、発光素子 2 の 1 0 0 0 c d / m ² 付近における主要な特性値を表 2 に示す。

【0286】

【表 2】

40

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)	パワー 効率 (lm/W)	外部量子 効率 (%)
発光素子2	2.8	0.04	0.9	0.42	0.57	105.2	118.0	27.9

【0287】

以上の結果より、実施の形態 1 で説明した有機化合物である F r B B i F - I I を用いた発光素子 2 は、黄緑色のりん光発光物質を発光中心物質として用いた発光素子においても非常に良好な特性を示すことがわかった。

【0288】

特に、外部量子効率は高輝度領域においても効率が低下することなく、高い値を保って

50

おり、非常に良好な特性を示した。また、駆動電圧も低く、結果として1201 m/W以上という非常に良好なパワー効率を示した。

【0289】

また、初期輝度を5000 cd/m²とし、電流密度一定の条件で発光素子2を駆動して、信頼性試験を行った結果を図28に示す。図28では、初期輝度を100%とした規格化輝度の変化を示している。この結果から、発光素子2は駆動時間に伴う輝度低下の小さい、良好な信頼性を有する発光素子であることがわかる。

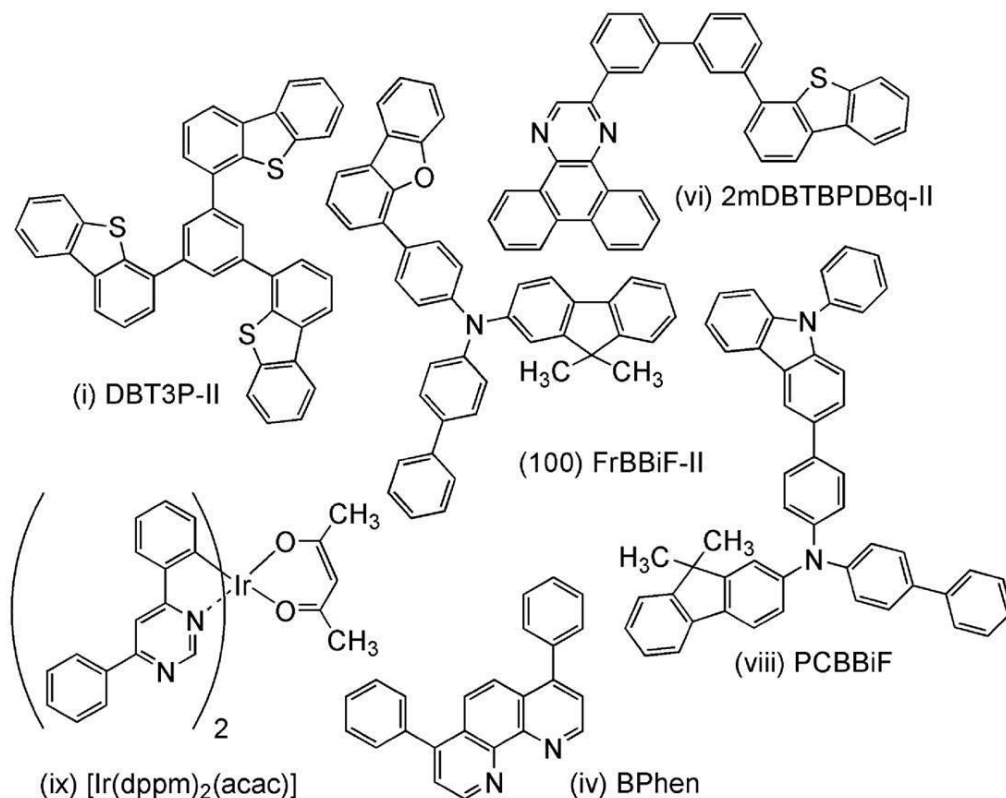
【実施例4】

【0290】

本実施例では、N-(1,1'-ピフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: FrBBiF-II)を正孔輸送層に用いた発光素子(発光素子3)について説明する。本実施例で用いた物質の化学式を以下に示す。

【0291】

【化21】



【0292】

(発光素子3の作製方法)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(ITSO)をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極101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。ここで、第1の電極101は、発光素子の陽極として機能する電極である。

【0293】

次に、基板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で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0294】

その後、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で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

10

20

30

40

50

【0295】

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、 10^{-4} Pa程度まで減圧した後、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される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)と酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、正孔注入層111を形成した。その膜厚は、20nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、重量比で4:2(=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

10

【0296】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(100)で表されるN-(1,1'-ピフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:FrBBiF-II)を20nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層112を形成した。

【0297】

さらに、正孔輸送層112上に、上記構造式(vi)で表される2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTBPD Bq-II)と上記構造式(viii)で表されるN-(1,1'-ピフェニル-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:PCBBiF)と、上記構造式(ix)で表される(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)])とを、重量比0.7:0.3:0.05(=2mDBTBPD Bq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)])となるように20nm共蒸着した後、2mDBTBPD Bq-IIと、PCBBiFと、[Ir(dppm)₂(acac)]とを重量比0.8:0.2:0.05(=2mDBTBPD Bq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)])となるように20nm共蒸着して発光層113を形成した。

20

【0298】

その後、発光層113上に2mDBTBPD Bq-IIを膜厚20nmとなるように成膜し、さらに、上記構造式(iv)で表されるバソフェナントロリン(略称:BPhen)を10nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。

30

【0299】

電子輸送層114を形成したら、その後、フッ化リチウム(LiF)を1nmの膜厚となるように蒸着し、電子注入層115を形成し、最後に、陰極として機能する第2の電極102として、アルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子3を作製した。

【0300】

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。

【0301】

発光素子3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ガラス基板により封止する作業(シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に80にて1時間熱処理)を行った後、この発光素子の初期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。

40

【0302】

発光素子3の輝度-電流効率特性を図29に、電圧-輝度特性を図30に、電圧-電流特性を図31に、発光スペクトルを図32に示す。

【0303】

また、発光素子3の1000cd/m²付近における主要な特性値を表3に示す。

【0304】

50

【表 3】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x 色度y	電流効 率 (cd/A)	パワ ー 効 率 (lm/W)	外部量子 効 率 (%)
発光素子3	2.9	0.06	1.4	0.56 0.44	81	88	30

【0305】

以上の結果より、実施の形態1で説明した有機化合物であるFrBBiF-IIを正孔輸送層に用いた発光素子3は、橙色のりん光発光物質を発光中心物質として用いた発光素子において非常に良好な特性を示すことがわかった。

10

【0306】

特に、外部量子効率は高輝度領域においても効率が低下することなく、高い値を保持しており、非常に良好な特性を示した。

【0307】

また、初期輝度を5000cd/m²とし、電流密度一定の条件で発光素子3を駆動して、信頼性試験を行った結果を図33に示す。図33では、初期輝度を100%とした規格化輝度の変化を示している。この結果から、発光素子3は駆動時間に伴う輝度低下の小さい、良好な信頼性を有する発光素子であることがわかる。

【実施例5】

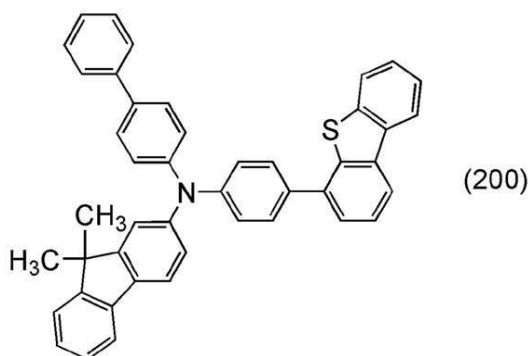
【0308】

本実施例では、下記構造式(200)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:ThBBiF)の合成方法について説明する。

20

【0309】

【化22】



30

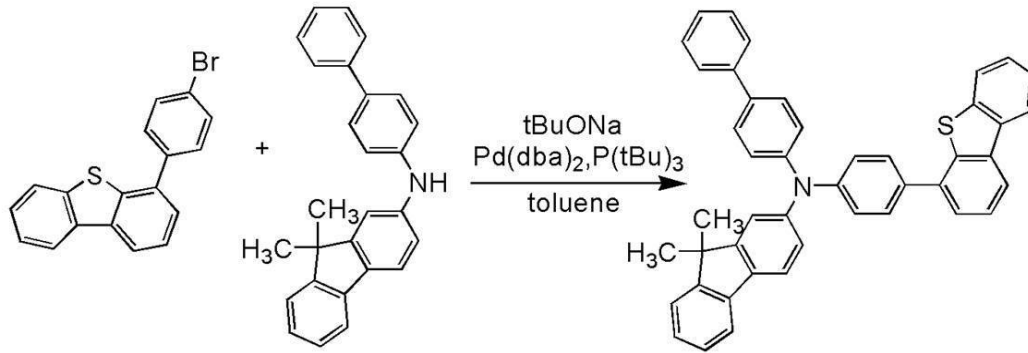
【0310】

まず、4-(4-ブロモフェニル)ジベンゾチオフェン2.2g(6.4mmol)、N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン 2.5g(6.8mmol)とナトリウム tert-ブトキシド1.9g(19.4mmol)を200mL三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にトルエン33.0mL、トリ(tert-ブチル)ホスフィンの10%ヘキサン溶液0.4mLを加え、60℃にしてビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)37mg(0.1mmol)を加えた後、80℃にして2.0時間攪拌した。攪拌後、フロリジール、セライト、アルミナを通して吸引ろ過し、ろ液を得た。得られたろ液を濃縮し固体を得た。得られた固体を、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒はヘキサン:トルエン=3:1)により精製し、固体を得た。得られた固体をトルエンとヘキサンで再結晶を行い、3.4g 収率85%で目的の固体を得た。

40

【0311】

【化23】



10

【0312】

得られた固体 1.5 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 2.8 Pa、アルゴンガスを流量 5.0 mL/min で流しながら、256 で 16.0 時間、265 で 2.0 時間固体を加熱した。昇華精製後、目的物の固体を 1.4 g、回収率 95% で得た。

【0313】

得られた固体を、核磁気共鳴法 (¹H NMR) によって、測定した結果を以下に示す。

¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ = 1.47 (s, 6H), 7.18 (dd, J = 8.3, 2.5 Hz, 1H), 7.27 - 7.35 (m, 8H), 7.41 - 7.50 (m, 5H), 7.51 - 7.57 (m, 4H), 7.61 - 7.68 (m, 6H), 7.84 - 7.88 (m, 1H), 8.14 (dd, J = 7.5, 1.0 Hz, 1H), 8.17 - 8.21 (m, 1H).

【0314】

また、NMRチャートを図34(A)、(B)に示す。図34(B)は図34(A)における 7.00 ppm 乃至 8.25 ppm の範囲を拡大して表したチャートである。これらの結果より、得られた化合物が目的物である N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン (略称: ThBBiF) であることを確認した。

30

【0315】

また、得られた ThBBiF の熱重量測定 - 示差熱分析 (TG-DTA: Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis) を行った。測定には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) を用いた。常圧、昇温速度 10 /min、窒素気流下 (流速 200 mL/min) の条件で測定したところ、重量と温度の関係 (熱重量測定) から、5% 重量減少温度は 403 であり、良好な耐熱性を示した。

【0316】

また、ThBBiF を液体クロマトグラフ質量分析 (Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 略称: LC/MS 分析) によって分析した。

40

【0317】

LC/MS 分析は、ウォーターズ社製 Acquity UPLC およびウォーターズ社製 Xevo G2 ToF MS を用いて行った。

【0318】

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。

【0319】

さらに、以上の条件でイオン化された成分を衝突室 (コリジョンセル) 内でアルゴンガ

50

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50 eVとした。なお、測定する質量範囲は $m/z = 100$ 乃至1200とした。結果を図35に示す。

【0320】

ThBBiFの物性について

次に、ThBBiFのトルエン溶液の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図36(A)に、薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図36(B)に示す。スペクトルの測定には紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V550型）を用いた。トルエン溶液のスペクトルは、ThBBiFのトルエン溶液を石英セルに入れて測定した。また、薄膜のスペクトルは、ThBBiFを石英基板に蒸着してサンプルを作製した。なお、トルエン溶液の吸収スペクトルは石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示し、薄膜の吸収スペクトルは石英基板の吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示した。

10

【0321】

図36(A)より、ThBBiFのトルエン溶液は358 nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは411 nm付近（励起波長362 nm）であった。また、図36(B)よりThBBiFの薄膜は362 nm、289 nm、242 nm及び210 nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは431 nm付近（励起波長363 nm）であった。このように、ThBBiFは非常に短波長な領域に吸収及び発光を示すことがわかった。

20

【0322】

また、薄膜状態のThBBiFのイオン化ポテンシャルの値を大気中にて光電子分光法（測定機器：理研計器社製、AC-2）で測定した。得られたイオン化ポテンシャルの値を、負の値に換算した結果、ThBBiFのHOMO準位は-5.60 eVであった。図36(B)の薄膜の吸収スペクトルのデータより、直接遷移を仮定したTaucプロットから求めたThBBiFの吸収端は3.15 eVであった。従って、ThBBiFの固体状態の光学的エネルギーギャップは3.15 eVと見積もられ、先に得たHOMO準位と、このエネルギーギャップの値から、ThBBiFのLUMO準位は-2.45 eVと見積もることができる。このように、ThBBiFは固体状態において3.15 eVの広いエネルギーギャップを有していることがわかった。

30

【実施例6】

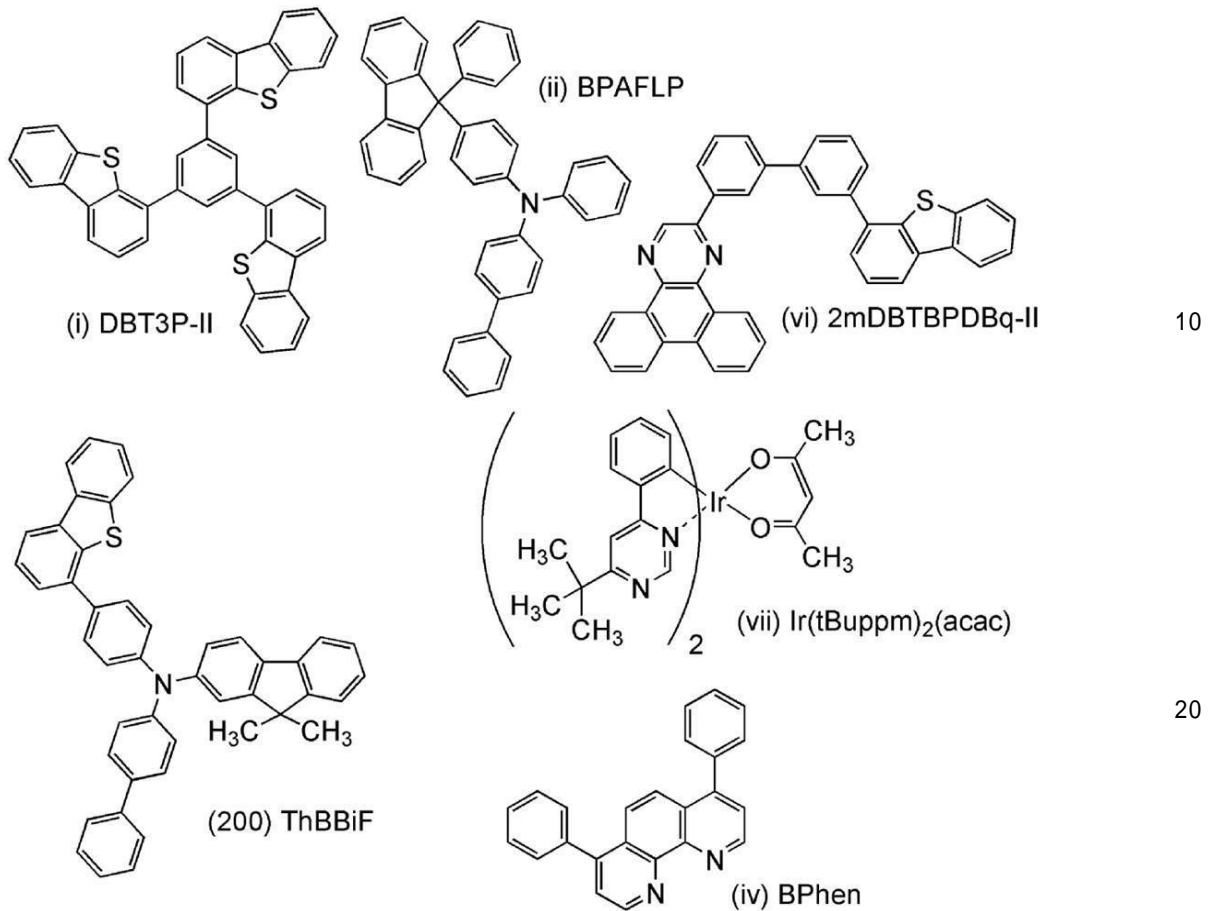
【0323】

本実施例では、実施の形態3で説明した発光素子（発光素子4）について説明する。なお、発光素子4は発光層113における第2の有機化合物として実施の形態1で説明した有機化合物であるN-(1,1'-ピフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン（略称：ThBBiF）を用い、第1の有機化合物には2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2mDBTBPD Bq-III）、りん光発光を呈する発光中心物質としてビス[2-(6-tert-ブチル-4-ピリミジニル-N3)フェニル-C](2,4-ペンタンジオナト-2O,O')イリジウム(III)（略称：[Ir(tBuppm)₂(acac)]）を用いた。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

40

【0324】

【化 2 4】



【 0 3 2 5】

(発光素子 4 の作製方法)

まず、ガラス基板上に、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て成膜し、第 1 の電極 101 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。ここで、第 1 の電極 101 は、発光素子の陽極として機能する電極である。

【 0 3 2 6】

次に、基板の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 で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。

【 0 3 2 7】

その後、 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 で 30 分間の真空焼成を行った後、基板を 30 分程度放冷した。

【 0 3 2 8】

次に、第 1 の電極 101 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 101 が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、 10^{-4} Pa 程度まで減圧した後、第 1 の電極 101 上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式 (i) で表される 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) と酸化モリブデン (VI) を共蒸着することで、正孔注入層 111 を形成した。その膜厚は、20 nm とし、DBT3P-II と酸化モリブデンの比率は、重量比で 4 : 2 (= DBT3P-II : 酸化モリブデン) となるように調節した。

【 0 3 2 9】

次に、正孔注入層 111 上に、上記構造式 (ii) で表される 4 - フェニル - 4' - (9

10

20

30

40

50

- フェニルフルオレン - 9 - イル)トリフェニルアミン(略称:BPALP)を20nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層112を形成した。

【0330】

さらに、正孔輸送層112上に、上記構造式(vi)で表される2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTBPD Bq-II)と上記構造式(200)で表されるN-(1,1'-ピフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:ThBBiF)と、上記構造式(vii)で表されるビス[2-(6-tert-ブチル-4-ピリミジニル-N3)フェニル-C](2,4-ペンタンジオナト-2O,O')イリジウム(III)(略称:[Ir(tBuppm)2(acac)])とを、重量比0.7:0.3:0.05(=2mDBTBPD Bq-II:ThBBiF:[Ir(tBuppm)2(acac)])となるように20nm共蒸着した後、2mDBTBPD Bq-IIと、ThBBiFと、[Ir(tBuppm)2(acac)]とを重量比0.8:0.2:0.05(=2mDBTBPD Bq-II:ThBBiF:[Ir(tBuppm)2(acac)])となるように20nm共蒸着して発光層113を形成した。

10

【0331】

その後、発光層113上に2mDBTBPD Bq-IIを膜厚20nmとなるように成膜し、さらに、上記構造式(iv)で表されるバソフェナントロリン(略称:BPhen)を10nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。

20

【0332】

電子輸送層114を形成したら、その後、フッ化リチウム(LiF)を1nmの膜厚となるように蒸着し、電子注入層115を形成し、最後に、陰極として機能する第2の電極102として、アルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子4を作製した。

【0333】

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。

【0334】

発光素子4を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業(シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に80にて1時間熱処理)を行った後、この発光素子の初期特性について測定を行った。なお、測定は室温(25に保たれた雰囲気)で行った。

30

【0335】

発光素子4の電流密度-輝度特性を図37に、輝度-電流効率特性を図38に、電圧-輝度特性を図39に、輝度-パワー効率特性を図40に、輝度-外部量子効率特性を図41に、発光スペクトルを図42に示す。

【0336】

また、発光素子4の1000cd/m²付近における主要な特性値を表4に示す。

【0337】

【表4】

40

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)	パワー 効率 (lm/W)	外部量子 効率 (%)
発光素子4	3.1	0.04	1.1	0.42	0.56	103	104	28

【0338】

以上の結果より、実施の形態1で説明した有機化合物であるThBBiFを用いた発光素子4は、黄緑色のりん光発光物質を発光中心物質として用いた発光素子においても非常に良好な特性を示すことがわかった。

【0339】

50

特に、外部量子効率が高輝度領域においても効率が低下することなく、高い値を保持しており、非常に良好な特性を示した。また、駆動電圧も低く、結果として120lm/W以上という非常に良好なパワー効率を示した。

【0340】

また、初期輝度を5000cd/m²とし、電流密度一定の条件で発光素子4を駆動して、信頼性試験を行った結果を図43に示す。図43では、初期輝度を100%とした規格化輝度の変化を示している。この結果から、発光素子4は駆動時間に伴う輝度低下の小さい、良好な信頼性を有する発光素子であることがわかる。

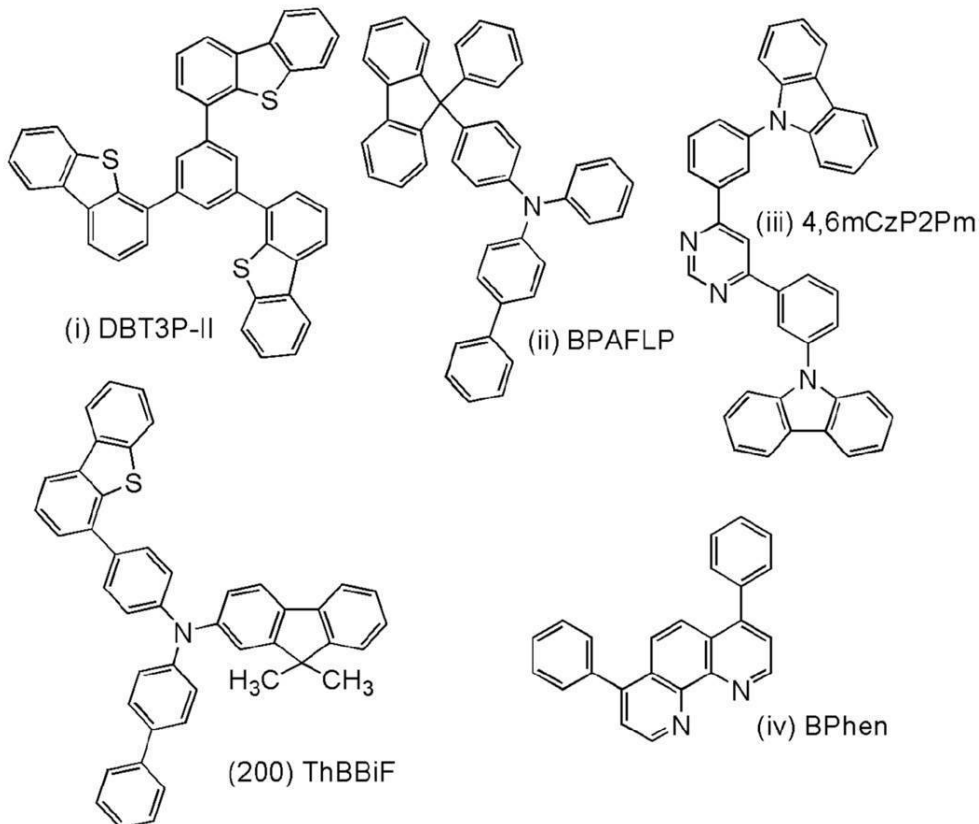
【実施例7】

【0341】

本実施例では、実施の形態2で説明した発光素子（発光素子5）について説明する。なお、発光素子5は発光層113における第2の有機化合物として実施の形態1で説明した有機化合物であるN-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン（略称：ThBBiF）を用い、第1の有機化合物には4,6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン（略称：4,6mCzP2Pm）を用いた。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【0342】

【化25】



【0343】

（発光素子5の作製方法）

まず、ガラス基板上に、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て成膜し、第1の電極101を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。ここで、第1の電極101は、発光素子の陽極として機能する電極である。

【0344】

次に、基板の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

10

20

30

40

50

で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0345】

その後、 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で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

【0346】

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、 10^{-4} Pa程度まで減圧した後、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される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)と酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、正孔注入層111を形成した。その膜厚は、20nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、重量比で4:2(=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

10

【0347】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(ii)で表される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:BPALP)を20nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層112を形成した。

【0348】

さらに、正孔輸送層112上に、上記構造式(iii)で表される4,6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mCzP2Pm)と上記構造式(200)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:ThBBiF)とを、重量比0.8:0.2(=4,6mCzP2Pm:ThBBiF)となるように40nm共蒸着し、発光層113を形成した。

20

【0349】

その後、発光層113上に4,6mCzP2Pmを膜厚20nmとなるように成膜し、さらに、上記構造式(iv)で表されるバソフェナントロリン(略称:BPhen)を10nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。

30

【0350】

電子輸送層114を形成したら、その後、フッ化リチウム(LiF)を1nmの膜厚となるように蒸着し、電子注入層115を形成し、最後に、陰極として機能する第2の電極102として、アルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子5を作製した。

【0351】

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。

【0352】

発光素子5を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業(シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に80にて1時間熱処理)を行った後、この発光素子の初期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。

40

【0353】

発光素子5の電流密度-輝度特性を図44に、輝度-電流効率特性を図45に、電圧-輝度特性を図46に、輝度-パワー効率特性を図47に、輝度-外部量子効率特性を図48に、発光スペクトルを図49に示す。

【0354】

また、発光素子5の1000cd/m²付近における主要な特性値を表5に示す。

【0355】

【表 5】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 _x	色度 _y	電流効率 (cd/A)	パワー 効率 (lm/W)	外部量子 効率 (%)
発光素子5	4.6	0.97	24.2	0.25	0.46	4.5	3.1	1.5

【0356】

以上の結果より、実施の形態1で説明した有機化合物であるThBBiFを用いた発光素子5は良好な特性を示した。具体的には、図48の外部量子効率を参照すると、発光素子5の低輝度領域における効率は5%を大きく超えていることがわかる。光の取り出しに 10
 関して何も対策を施さない本実施例のような発光素子の場合、取り出し効率は約20~30%程度と言われている。電流励起における一重項励起子の生成割合から導かれた、蛍光発光の内部量子効率における理論的境界は25%である。このことから、蛍光発光素子の外部量子効率の理論的境界は5~7.5%となるが、発光素子5の低輝度側における外部量子効率はこれを上回っていることがわかる。

【0357】

この結果は、第1の有機化合物と第2の有機化合物、すなわち、4,6mCzP2PmとThBBiFとで形成されるエキサイプレックスからの発光が効率良く行われ、且つ遅延蛍光成分を含有することを示唆している。三重項励起状態から一重項励起状態への逆項間交差を経て発光する遅延蛍光が効率良く起こることによって、発光素子5は良好な発光 20
 効率で発光を得ることができた。

【符号の説明】

【0358】

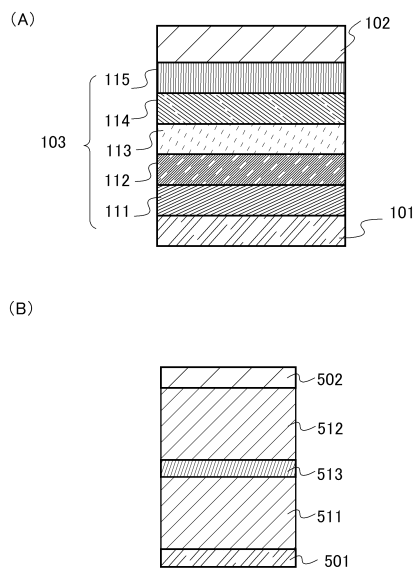
101	第1の電極	
102	第2の電極	
103	有機化合物を含む層	
111	正孔注入層	
112	正孔輸送層	
113	発光層	
114	電子輸送層	
115	電子注入層	30
400	基板	
401	第1の電極	
403	有機化合物を含む層	
404	第2の電極	
405	シール材	
407	封止基板	
412	パッド	
420	ICチップ	
501	第1の電極	40
502	第2の電極	
511	第1の発光ユニット	
512	第2の発光ユニット	
513	電荷発生層	
601	駆動回路部(ソース線駆動回路)	
602	画素部	
603	駆動回路部(ゲート線駆動回路)	
604	封止基板	
605	シール材	
607	空間	50

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)	
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	有機化合物を含む層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	10
6 2 3	n チャネル型 T F T	
6 2 4	p チャネル型 T F T	
6 2 5	乾燥材	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライトユニット	
9 0 4	筐体	
9 0 5	ドライバ I C	
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	20
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	有機化合物を含む層	
9 5 6	電極	
1 0 0 1	基板	
1 0 0 2	下地絶縁膜	
1 0 0 3	ゲート絶縁膜	
1 0 0 6	ゲート電極	
1 0 0 7	ゲート電極	30
1 0 0 8	ゲート電極	
1 0 2 0	第 1 の層間絶縁膜	
1 0 2 1	第 2 の層間絶縁膜	
1 0 2 2	電極	
1 0 2 4 W	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 4 R	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 4 G	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 4 B	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 8	有機化合物を含む層	40
1 0 2 9	発光素子の第 2 の電極	
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	透明な基材	
1 0 3 4 R	赤色の着色層	
1 0 3 4 G	緑色の着色層	
1 0 3 4 B	青色の着色層	
1 0 3 5	黒色層 (ブラックマトリックス)	
1 0 3 6	オーバーコート層	
1 0 3 7	第 3 の層間絶縁膜	50

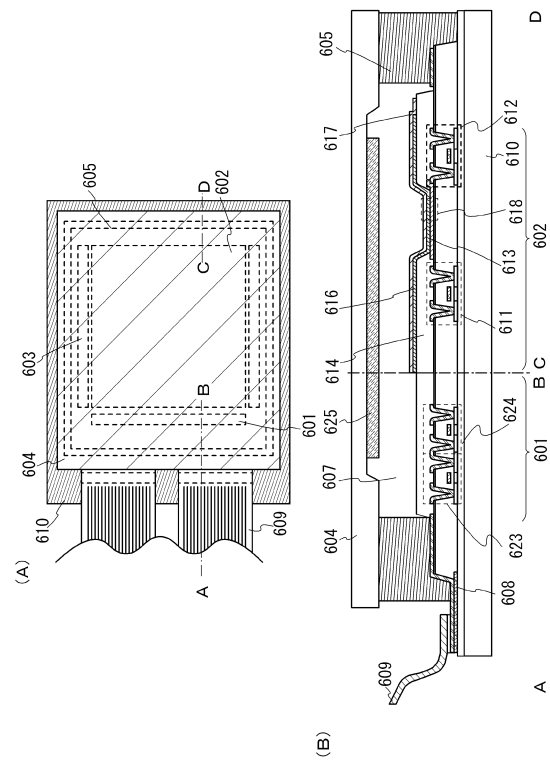
1 0 4 0	画素部	
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
3 0 0 1	照明装置	
5 0 0 0	表示領域	
5 0 0 1	表示領域	
5 0 0 2	表示領域	
5 0 0 3	表示領域	10
5 0 0 4	表示領域	
5 0 0 5	表示領域	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	20
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キーボード	
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 2 1 0	第2の表示部	
7 3 0 1	筐体	
7 3 0 2	筐体	
7 3 0 3	連結部	
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	表示部	30
7 3 0 6	スピーカ部	
7 3 0 7	記録媒体挿入部	
7 3 0 8	L E Dランプ	
7 3 0 9	操作キー	
7 3 1 0	接続端子	
7 3 1 1	センサ	
7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作ボタン	
7 4 0 4	外部接続ポート	40
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
9 0 3 3	留め具	
9 0 3 4	スイッチ	
9 0 3 5	電源スイッチ	
9 0 3 6	スイッチ	
9 0 3 8	操作スイッチ	
9 6 3 0	筐体	
9 6 3 1	表示部	
9 6 3 1 a	表示部	50

- 9 6 3 1 b 表示部
- 9 6 3 2 a タッチパネル領域
- 9 6 3 2 b タッチパネル領域
- 9 6 3 3 太陽電池
- 9 6 3 4 充放電制御回路
- 9 6 3 5 バッテリー
- 9 6 3 6 D C D C コンバータ
- 9 6 3 7 操作キー
- 9 6 3 8 コンバータ
- 9 6 3 9 ボタン

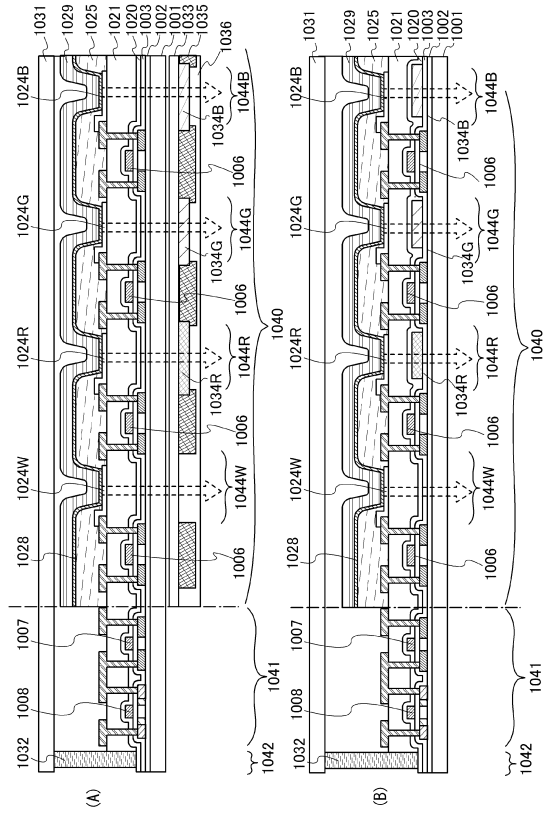
【 図 1 】



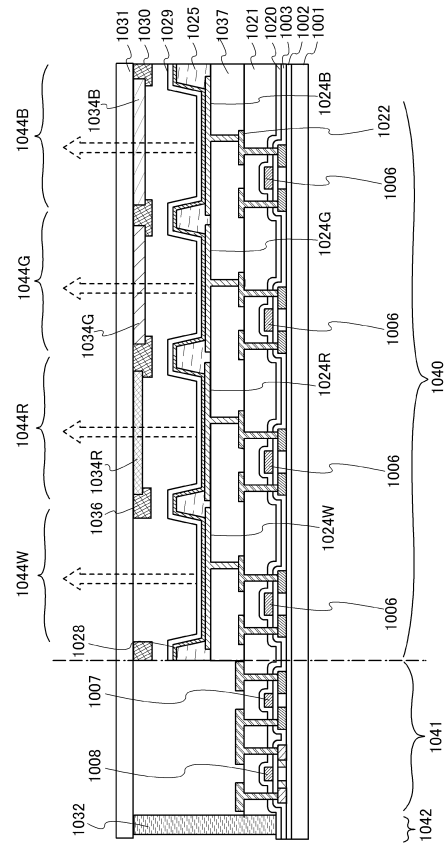
【 図 2 】



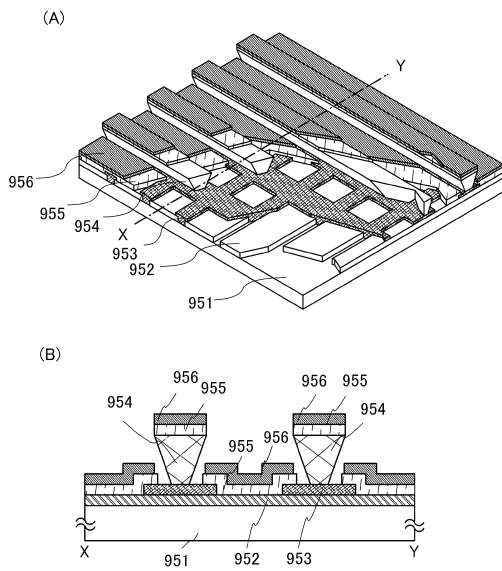
【 図 3 】



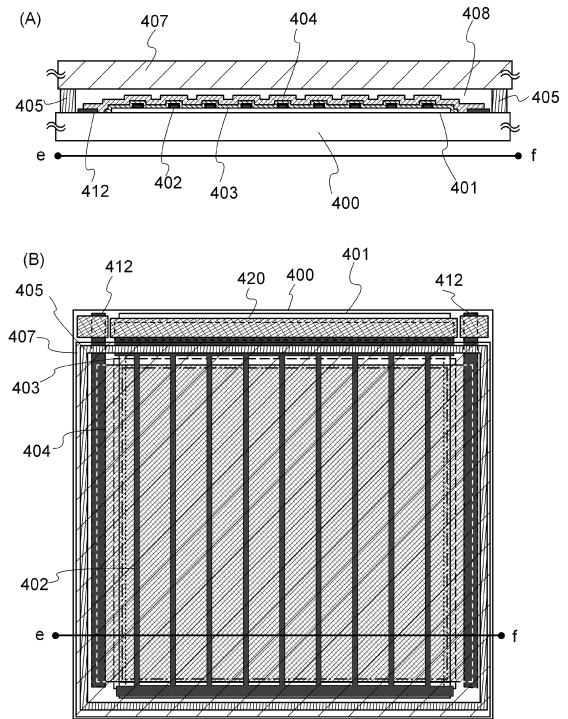
【 図 4 】



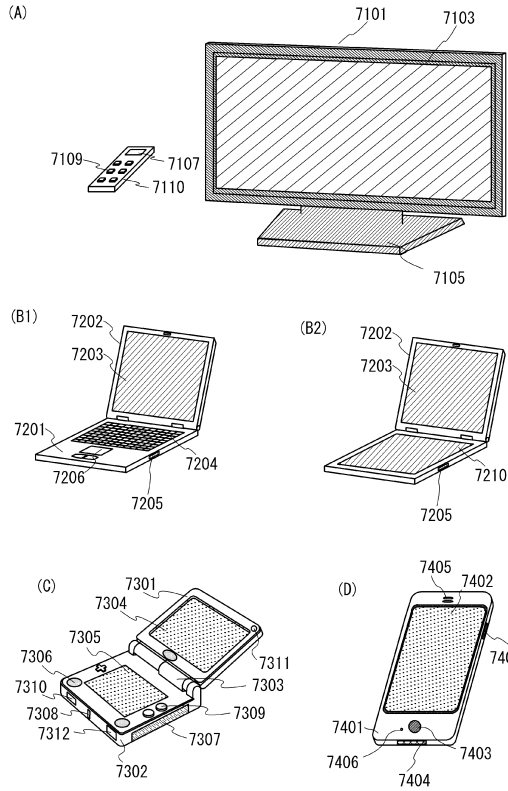
【 図 5 】



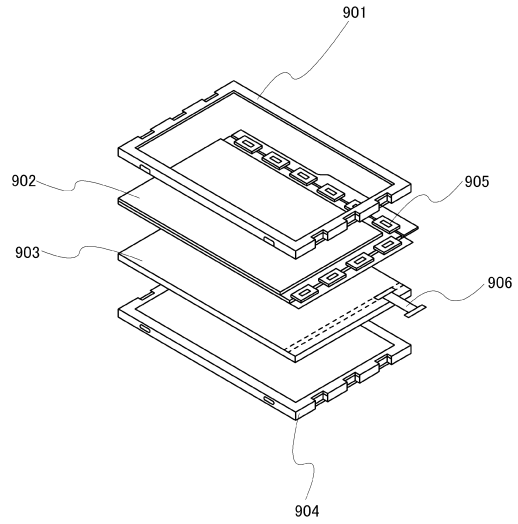
【 図 6 】



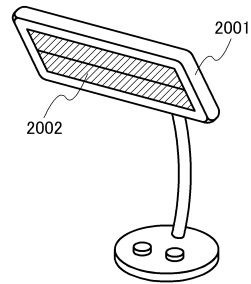
【 図 7 】



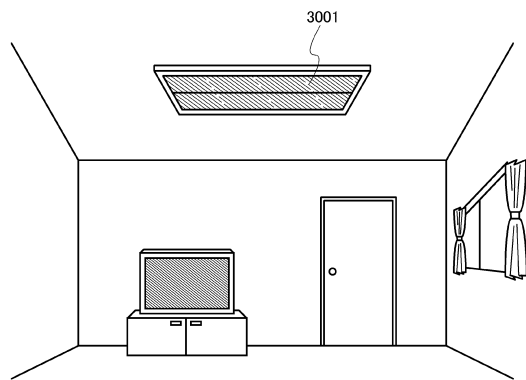
【 図 8 】



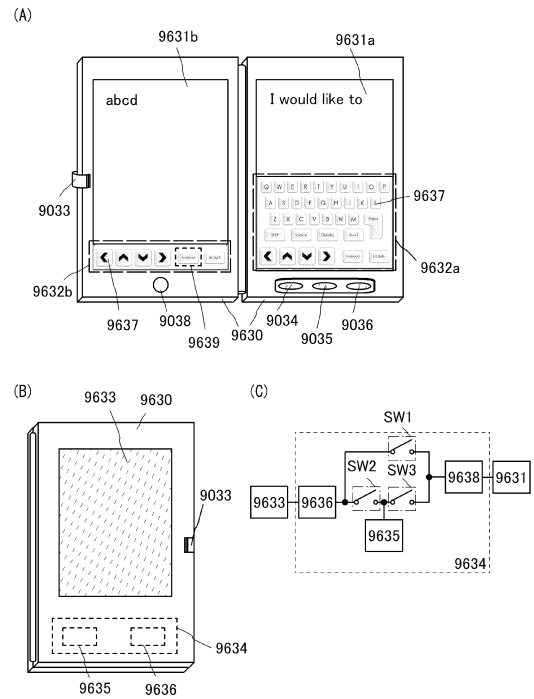
【 図 9 】



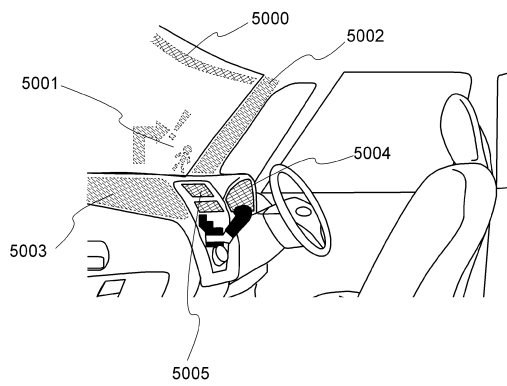
【 図 10 】



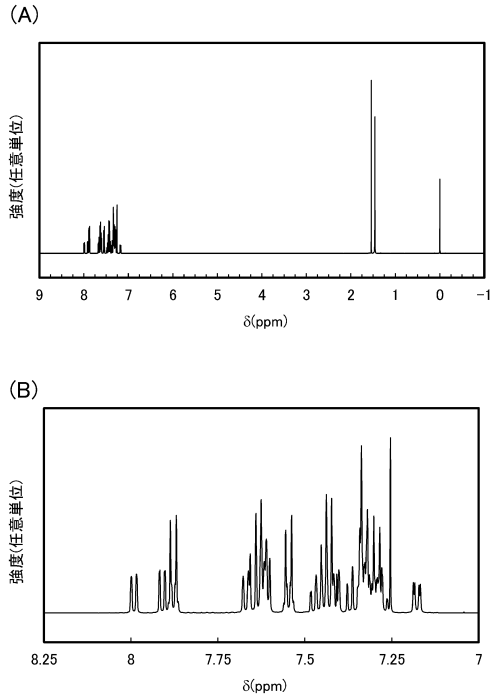
【 図 12 】



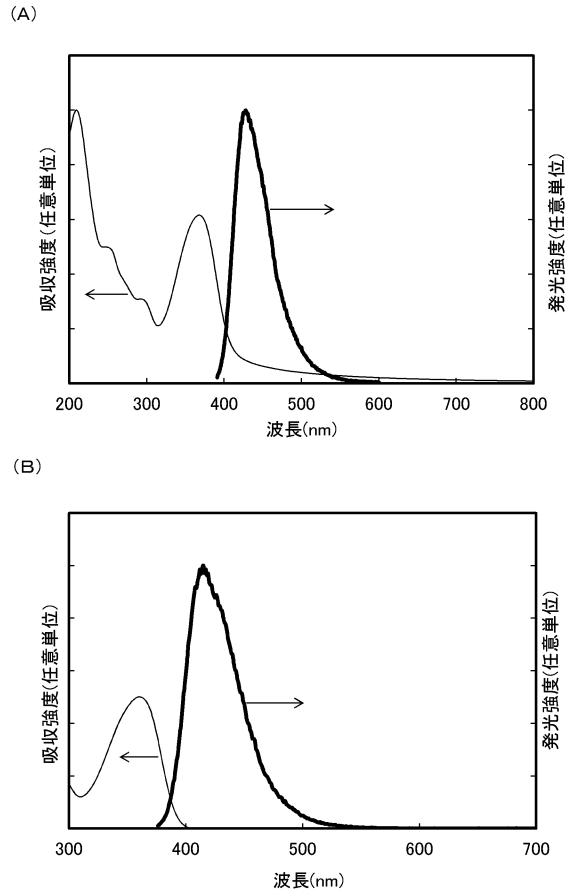
【 図 11 】



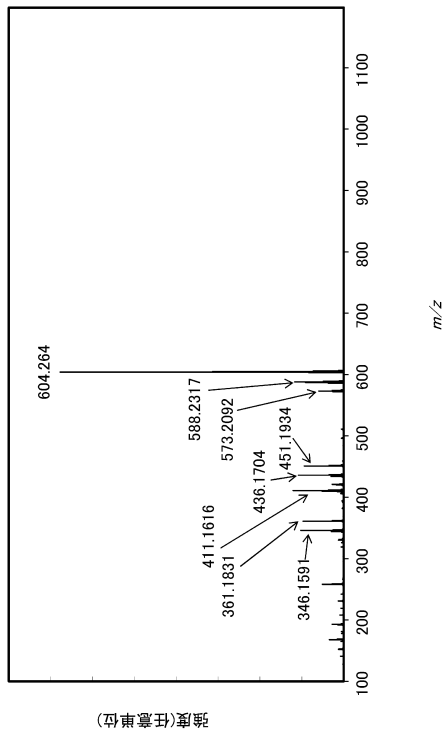
【 図 1 3 】



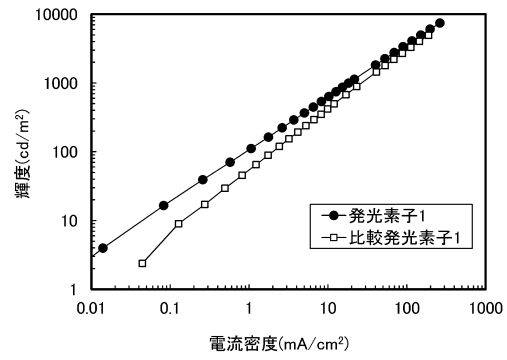
【 図 1 4 】



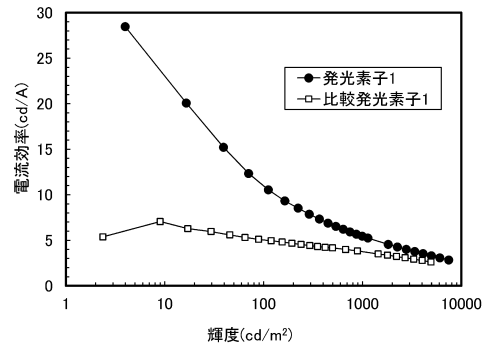
【 図 1 5 】



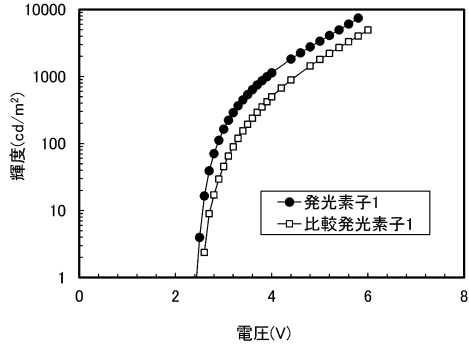
【 図 1 6 】



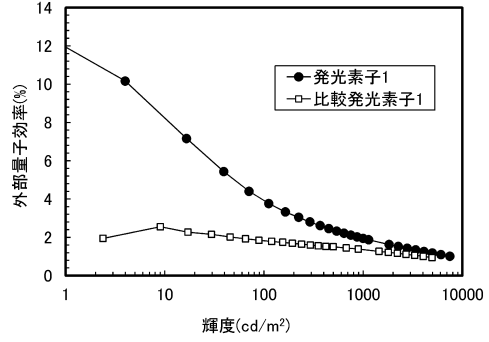
【 図 1 7 】



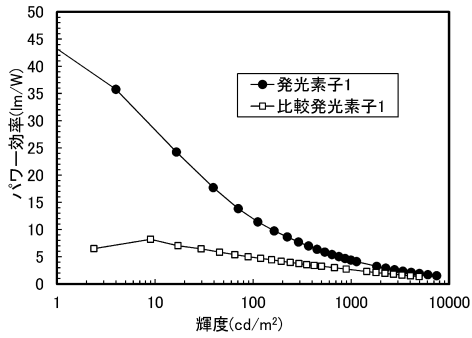
【図18】



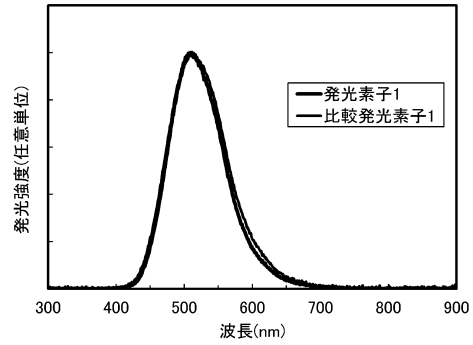
【図20】



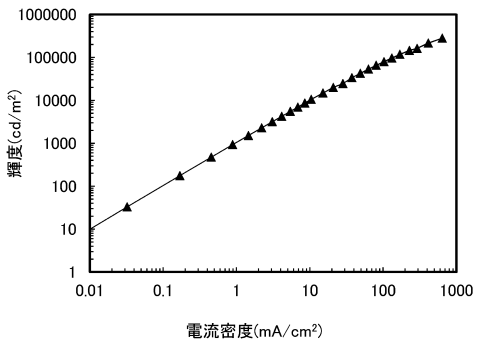
【図19】



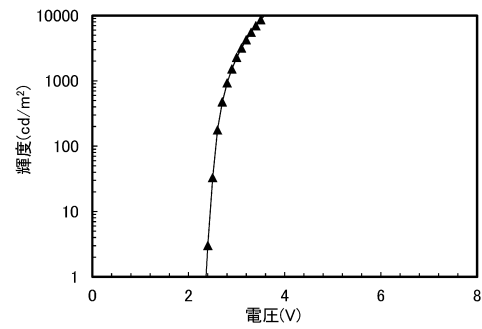
【図21】



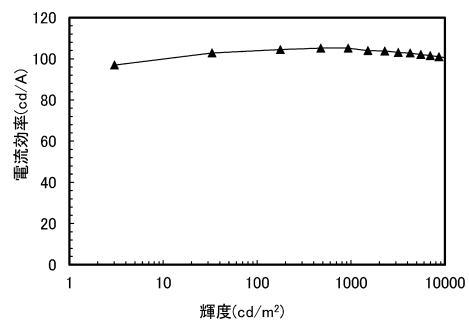
【図22】



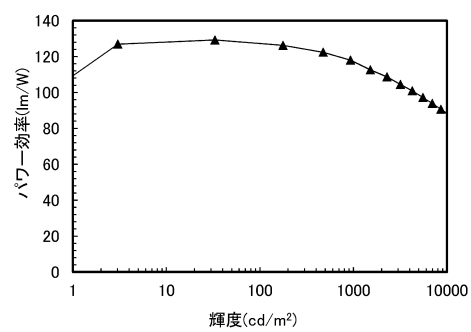
【図24】



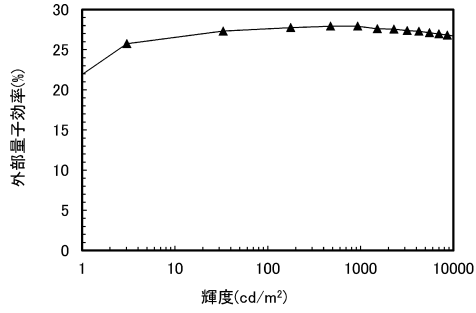
【図23】



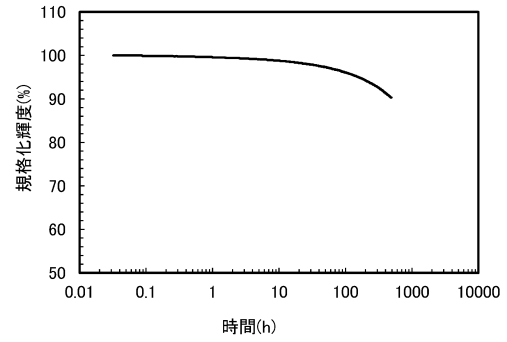
【図25】



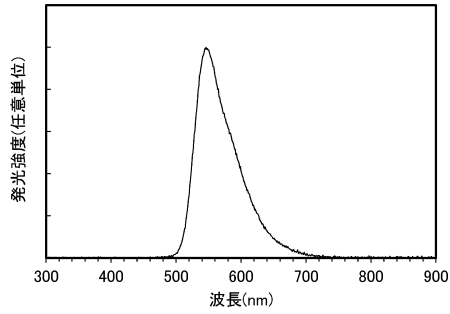
【 図 2 6 】



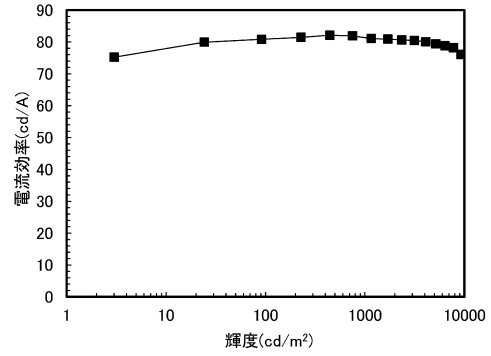
【 図 2 8 】



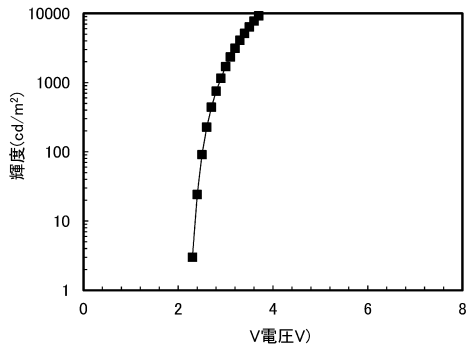
【 図 2 7 】



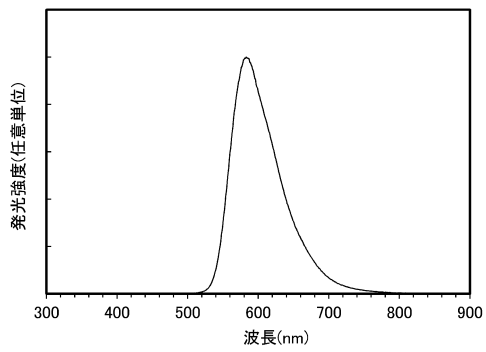
【 図 2 9 】



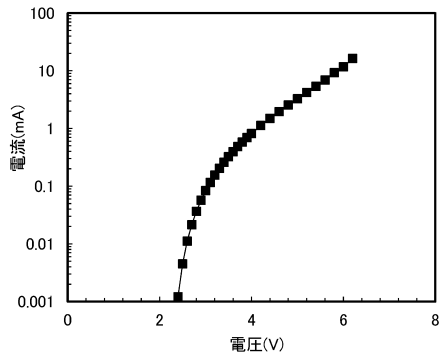
【 図 3 0 】



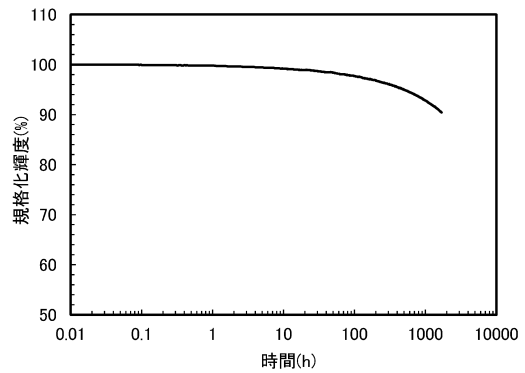
【 図 3 2 】



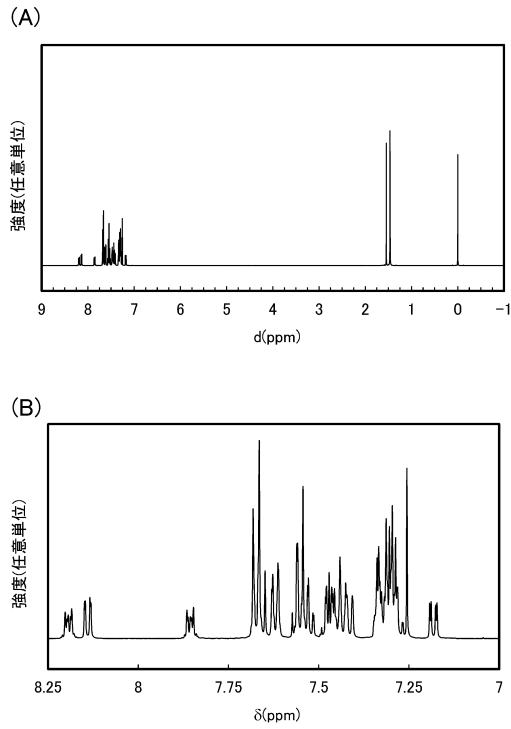
【 図 3 1 】



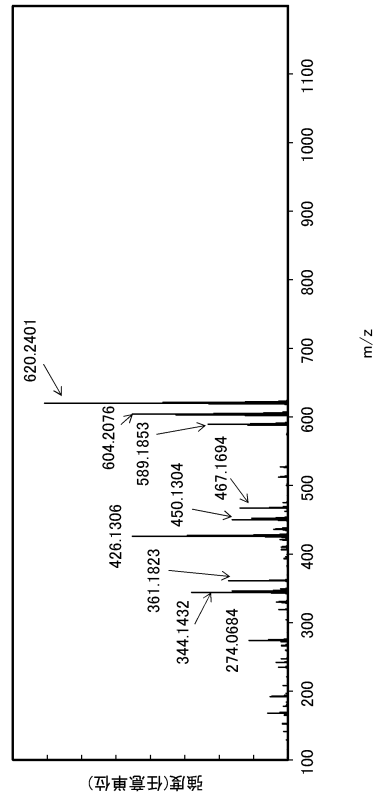
【 図 3 3 】



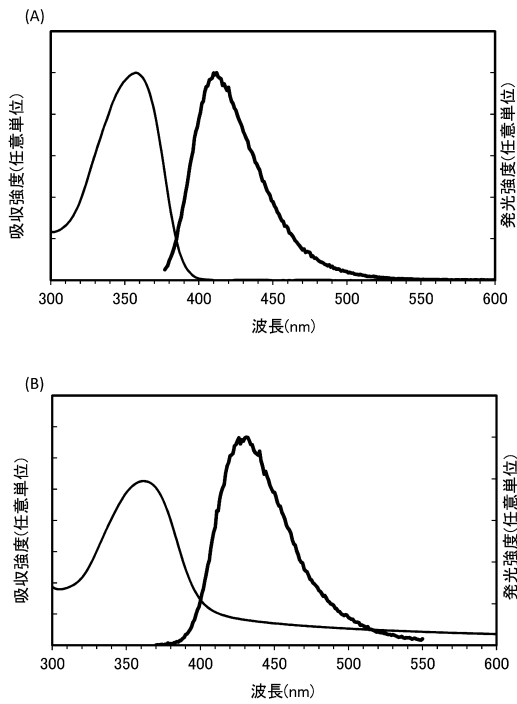
【 図 3 4 】



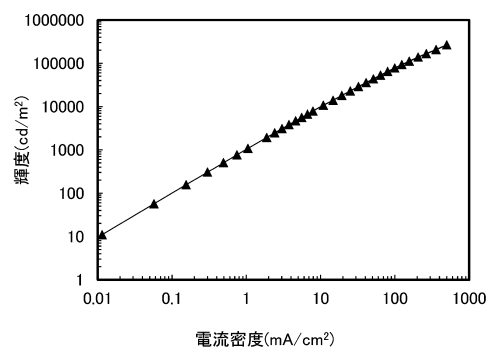
【 図 3 5 】



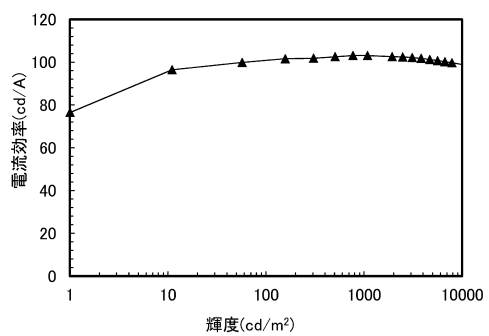
【 図 3 6 】



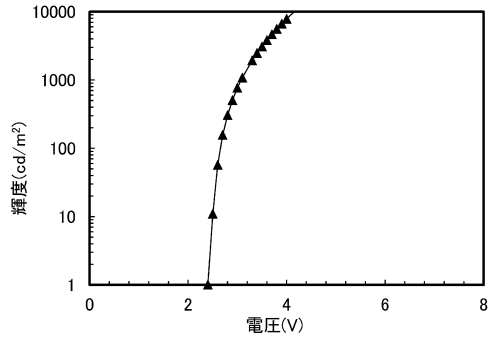
【 図 3 7 】



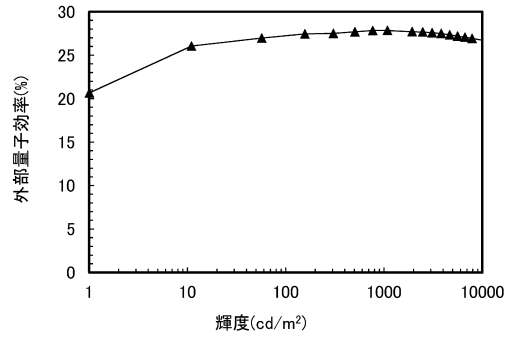
【 図 3 8 】



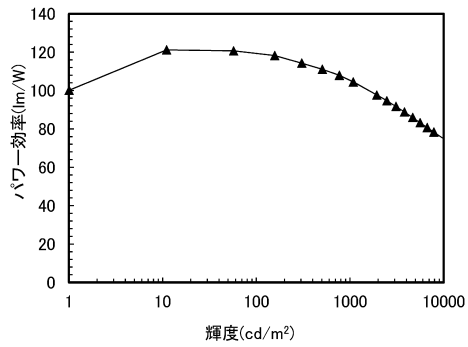
【 図 3 9 】



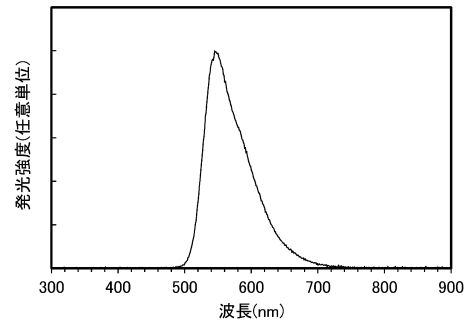
【 図 4 1 】



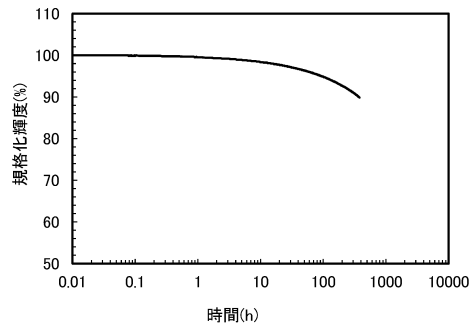
【 図 4 0 】



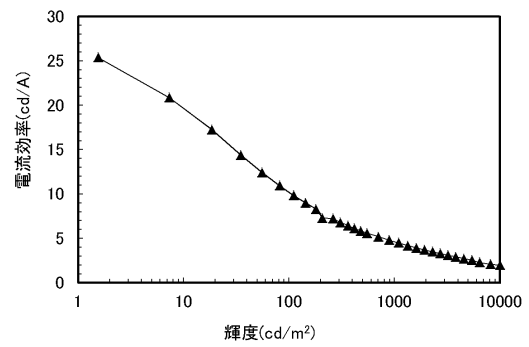
【 図 4 2 】



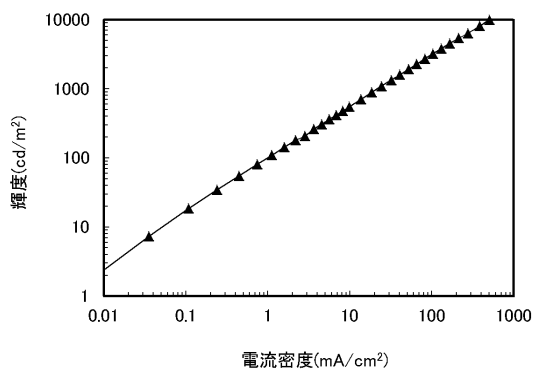
【 図 4 3 】



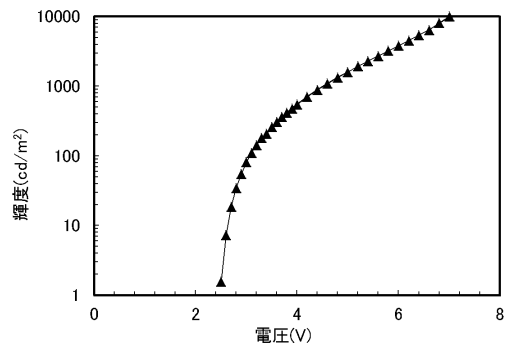
【 図 4 5 】



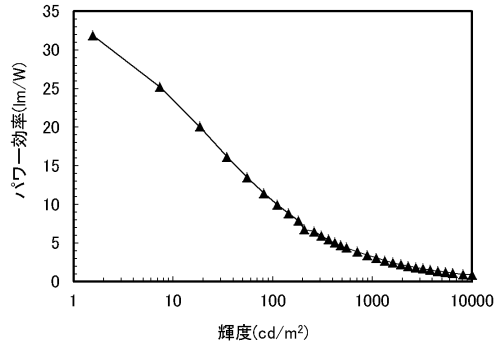
【 図 4 4 】



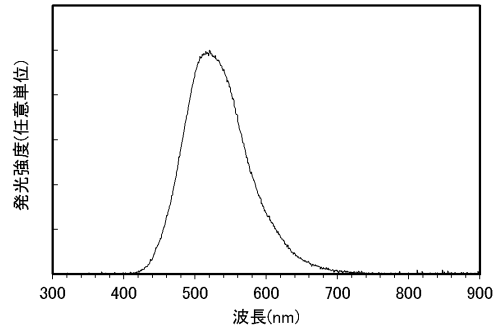
【 図 4 6 】



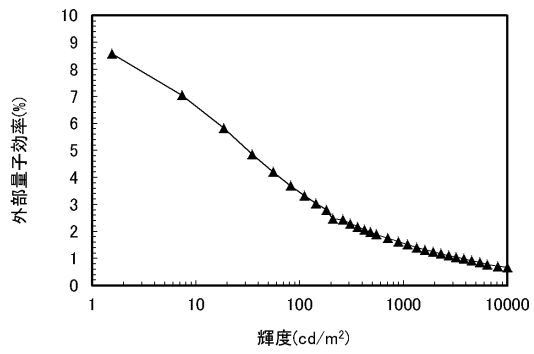
【 図 4 7 】



【 図 4 9 】



【 図 4 8 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
G 0 9 F 9/30 (2006.01) G 0 9 F 9/30 3 6 5

審査官 野尻 悠平

(56) 参考文献 国際公開第 2 0 1 2 / 0 1 5 2 6 5 (W O , A 1)
国際公開第 2 0 0 9 / 1 1 9 2 4 9 (W O , A 1)
特開 2 0 0 6 - 2 7 8 6 5 1 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 4 / 0 1 5 9 3 7 (W O , A 1)

(58) 調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 5 1 / 5 0

G 0 9 F 9 / 3 0

H 0 1 L 2 7 / 3 2

C A p l u s / R E G I S T R Y (S T N)