

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6253971号
(P6253971)

(45) 発行日 平成29年12月27日(2017.12.27)

(24) 登録日 平成29年12月8日(2017.12.8)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 51/50 (2006.01)

H05B 33/14

B

C09K 11/06 (2006.01)

C09K 11/06

690

C07D 409/10 (2006.01)

C07D 409/10

請求項の数 10 (全 83 頁)

(21) 出願番号 特願2013-267235 (P2013-267235)
 (22) 出願日 平成25年12月25日 (2013.12.25)
 (65) 公開番号 特開2014-143412 (P2014-143412A)
 (43) 公開日 平成26年8月7日 (2014.8.7)
 審査請求日 平成28年8月22日 (2016.8.22)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-286619 (P2012-286619)
 (32) 優先日 平成24年12月28日 (2012.12.28)
 (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 門間 裕史
 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 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 下垣 智子
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】発光素子、発光装置、電子機器、及び照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発光素子は一対の電極を有し、
前記一対の電極の間に発光層を有し、
前記発光層は、ホスト材料と、ゲスト材料とを有し、
前記ホスト材料は、有機化合物を有し、
前記有機化合物は、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、アリーレン基と、正孔輸送性骨格と、を有し、
 前記有機化合物は、前記ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、前記正孔輸送性骨格とが前記アリーレン基を介して結合することを特徴とする発光素子。

10

【請求項2】

発光素子は、一対の電極を有し、
前記一対の電極の間に電子輸送層と、発光層と、正孔輸送層と、を有し、
前記発光層は、ホスト材料と、ゲスト材料とを有し、
前記ホスト材料は、有機化合物を有し、
前記有機化合物は、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、アリーレン基と、正孔輸送性骨格と、を有し、
前記有機化合物は、前記ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、前記正孔輸送性骨格とが前記アリーレン基を介して結合することを特徴とする発光素子。

【請求項3】

20

請求項 1 または請求項 2 において、
前記ゲスト材料は、燐光性化合物であることを特徴とする発光素子。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一において、
前記ゲスト材料は、イリジウム錯体であることを特徴とする発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一において、
前記正孔輸送性骨格が、電子過剰型ヘテロ芳香環であることを特徴とする発光素子。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一において、
前記アリーレン基が、フェニレン基、またはビフェニルジイル基であることを特徴とする発光素子。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一において、
前記アリーレン基が、m - フェニレン基であることを特徴とする発光素子。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか一に記載の発光素子を用いた発光装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の発光装置を用いた電子機器。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の発光装置を用いた照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、例えば、発光素子に関する。特に、本発明の一態様は、例えば、三重項励起エネルギーを発光に変換できる有機化合物を含む発光素子に関する。または、本発明の一態様は、例えば、該発光素子を用いた発光装置、電子機器、及び照明装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、エレクトロルミネッセンス (EL : E l e c t r o L u m i n e s c e n c e) を利用した発光素子の研究開発が盛んに行われている。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光物質を含む層を挟んだものである。この素子に電圧を印加することにより、発光物質からの発光を得ることができる。

【0003】

このような発光素子は自発光型であるため、液晶ディスプレイに比べ画素の視認性が高く、バックライトが不要である等の利点があり、フラットパネルディスプレイ素子として好適であると考えられている。また、このような発光素子は、薄型軽量に作製できることも大きな利点である。さらに非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

【0004】

そして、これらの発光素子は膜状に形成することができるため、面状の発光を容易に得ることができる。よって、面状の発光を利用した大面積の素子を形成することができる。このことは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

【0005】

そのエレクトロルミネッセンスを利用した発光素子は、発光物質が有機化合物であるか、無機化合物であるかによって大別できる。発光物質に有機化合物を用い、一対の電極間に当該有機化合物を含む層を設けた有機EL素子の場合、発光素子に電圧を印加することにより、陰極から電子が、陽極から正孔（ホール）がそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、注入した電子及び正孔が発光性の有機化合物を励

10

20

30

40

50

起状態に至らしめ、励起された発光性の有機化合物から発光を得るものである。

【0006】

有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であり、一重項励起状態 (S^*) からの発光が蛍光、三重項励起状態 (T^*) からの発光が燐光と呼ばれている。また、発光素子におけるその統計的な生成比率は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ であると考えられている。

【0007】

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

10

【0008】

一方、三重項励起状態のエネルギーを発光に変換する化合物（以下、燐光性化合物と称す）を用いれば、三重項励起状態からの発光（燐光）が観測される。また、燐光性化合物は項間交差（一重項励起状態から三重項励起状態へ移ること）が起こりやすいため、内部量子効率は 100% まで理論上は可能となる。つまり、蛍光性化合物に比べて 4 倍の発光効率が可能となる。このような理由から、高効率な発光素子を実現するために、燐光性化合物を用いた発光素子の開発が近年盛んに行われている。

【0009】

20

上述した燐光性化合物を用いて発光素子の発光層を形成する場合、燐光性化合物の濃度消光や三重項 - 三重項消滅による消光を抑制するために、他の化合物からなるマトリクス中に該燐光性化合物が分散するようにして形成することが多い。このとき、マトリクスとなる化合物はホスト材料、燐光性化合物のようにマトリクス中に分散される化合物はゲスト材料と呼ばれる。

【0010】

燐光性化合物をゲスト材料とする場合、ホスト材料に必要とされる性質は、該燐光性化合物よりも大きな三重項励起エネルギー（基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差）を有することである。

【0011】

30

また、一重項励起エネルギー（基底状態と一重項励起状態とのエネルギー差）は三重項励起エネルギーよりも大きいため、大きな三重項励起エネルギーを有する物質は大きな一重項励起エネルギーをも有する。したがって、上述したような大きな三重項励起エネルギーを有する物質は、蛍光性化合物を発光物質として用いた発光素子においても有益である。

【0012】

燐光性化合物をゲスト材料とする場合のホスト材料として、多様な化合物の研究がなされている。例えば、トリフェニレン環を有する化合物、またはジベンゾ [f, h] キノキサリン環を有する化合物の研究がなされている（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2）。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0013】

【特許文献 1】特表 2010 - 535806 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 189001 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

特許文献 1 または特許文献 2 において報告されているように、燐光性化合物のホスト材料の開発は進んではきてはいるものの、該ホスト材料の発光特性または合成効率、あるいは該ホスト材料を用いた発光素子の駆動電圧、信頼性、またはコストといった面で改善の

50

余地が残されており、より優れた発光性化合物のホスト材料の開発が望まれている。

【0015】

そこで、本発明の一態様では、発光効率が良い発光素子などを提供する。または、本発明の一態様では、低駆動電圧である発光素子を提供する。または、本発明の一態様では、長寿命な発光素子を提供する。または、本発明の一態様では、耐熱性の高い発光素子を提供する。または、本発明の一態様では、高いキャリア輸送性の有機化合物を有する発光素子を提供する。または、本発明の一態様では、電気化学的安定性の高い有機化合物を有する発光素子を提供する。または、本発明の一態様では、新規な発光素子、発光装置、電子機器または照明装置を提供する。

【0016】

10

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの課題の少なくとも一つを解決するものである。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項の記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の一態様は、一対の電極間に有機化合物を有し、有機化合物が、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、アリーレン基と、正孔輸送性骨格と、を有する発光素子である。

【0018】

20

また、本発明の他の一態様は、一対の電極間に有機化合物を有し、有機化合物が、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、アリーレン基と、正孔輸送性骨格と、を有し、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、正孔輸送性骨格と、がアリーレン基を介して結合することを特徴とする発光素子である。

【0019】

30

本発明の一態様において用いる有機化合物は、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環に加えて正孔輸送骨格を有するため、正孔と電子の両方を受け取ることが容易となる。したがって、前記有機化合物上で電子と正孔の再結合を容易に行うことができる。また、上記有機化合物は、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と正孔輸送骨格とが、アリーレン基を介して結合しているため、直接結合する場合に比べてバンドギャップの低下及び三重項励起エネルギーの低下を防ぐことができ、この有機化合物を発光素子に用いることで、電流効率が高い素子を実現できる。

【0020】

正孔輸送骨格としては、電子過剰型ヘテロ芳香環が好ましい。電子過剰型ヘテロ芳香環としては、カルバゾール環、ジベンゾフラン環、又はジベンゾチオフェン環が好ましい。アリーレン基としては、置換または無置換のフェニレン基、置換または無置換のビフェニルジイル基のいずれかが好ましい。

【0021】

また、上記発光素子を用いた発光装置、電子機器、及び照明装置も本発明の範疇に含めるものとする。なお、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、光源を含む。また、パネルにコネクター、例えばFPC (Flexible Printed Circuit) もしくはTAB (Tape Automated Bonding) テープもしくはTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、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。

40

【発明の効果】

【0022】

本発明の一態様は、駆動電圧が低く、電流効率が高い発光素子を提供できる。本発明の一態様は、この発光素子を用いることにより、消費電力の低減された発光装置、電子機器、及び照明装置を提供できる。

50

【図面の簡単な説明】

【0023】

- 【図1】本発明の一態様の発光素子を説明する図。
 【図2】本発明の一態様の発光装置を説明する図。
 【図3】本発明の一態様の発光装置を説明する図。
 【図4】本発明の一態様の発光装置を説明する図。
 【図5】本発明の一態様の発光装置を説明する図。
 【図6】本発明の一態様の照明装置を説明する図。
 【図7】タッチセンサを説明する図。

【図8】タッチセンサを説明する回路図。

10

【図9】タッチセンサを説明する断面図。

【図10】本発明の一態様である表示装置を用いた表示モジュールを説明する図。

【図11】本発明の一態様である表示装置を用いた電子機器を説明する図。

【図12】本発明の一態様である表示装置を用いた電子機器を説明する図。

【図13】2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノリン(略称: 2mDBTPDBQu-II)の¹H NMRチャートを示す図。

【図14】2mDBTPDBQu-IIのMS分析した測定結果を示す図。

【図15】2mDBTPDBQu-IIのToF-SIMS分析した測定結果を示す図。

【図16】2mDBTPDBQu-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示す図。

20

【図17】2mDBTPDBQu-IIの薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルを示す図。

【図18】実施例の発光素子を説明する図。

【図19】発光素子1、及び比較発光素子2の電流密度-輝度特性を示す図。

【図20】発光素子1、及び比較発光素子2の電圧-輝度特性を示す図。

【図21】発光素子1、及び比較発光素子2の輝度-電流効率特性を示す図。

【図22】発光素子1、及び比較発光素子2の電圧-電流特性を示す図。

【図23】発光素子3の電流密度-輝度特性を示す図。

【図24】発光素子3の電圧-輝度特性を示す図。

【図25】発光素子3の輝度-電流効率特性を示す図。

30

【図26】発光素子3の電圧-電流特性を示す図。

【図27】2-[3-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]フェニル]ジベンゾ[f, h]キノリン(略称: 2mDBTPBPDQu-II)の¹H NMRチャートを示す図。

【図28】2mDBTPBPDQu-IIのMS分析した測定結果を示す図。

【図29】2mDBTPBPDQu-IIのToF-SIMS分析した測定結果を示す図。

【図30】2mDBTPBPDQu-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示す図。

【図31】2mDBTPBPDQu-IIの薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルを示す図。

40

【図32】発光素子4、及び比較発光素子5の電流密度-輝度特性を示す図。

【図33】発光素子4、及び比較発光素子5の電圧-輝度特性を示す図。

【図34】発光素子4、及び比較発光素子5の輝度-電流効率特性を示す図。

【図35】発光素子4、及び比較発光素子5の電圧-電流特性を示す図。

【図36】発光素子4、及び比較発光素子5の信頼性試験結果を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0024】

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

50

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。

【0025】

(実施の形態1)

本実施の形態では、一対の電極間に挟持された発光層を含む発光素子について、図1を用いて説明する。

【0026】

まず、図1(A)に示す発光素子について、以下説明を行う。

【0027】

本実施の形態に示す発光素子は、図1(A)に示すように第1の電極101と第2の電極103の間に、EL層102が挟持されており、EL層102は、少なくとも発光層113を含み、発光層113の他に正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層114、電子注入層115などを含んで形成される。なお、本実施の形態においては、第1の電極101を陽極として用い、第2の電極103を陰極として用いる。

10

【0028】

また、発光層113は、有機化合物を含み、該有機化合物が、ジベンゾ[f, h]キノリン環と、アリーレン基と、正孔輸送性骨格と、を有する。とくに、ジベンゾ[f, h]キノリン環と、正孔輸送性骨格と、がアリーレン基を介して結合すると好ましい。

【0029】

上記有機化合物はジベンゾ[f, h]キノリン環に加えて正孔輸送骨格を有するため、正孔と電子を受け取ることが容易となる。したがって、電子と正孔の再結合を発光層内で容易に行うことができる。また、上記有機化合物は、ジベンゾ[f, h]キノリン環と正孔輸送骨格とが、アリーレン基を介して結合しているため、直接結合する場合に比べてHOMO準位 - LUMO準位間のバンドギャップの低下、及び三重項励起エネルギーの低下を防ぐことができ、この有機化合物を発光素子に用いることで、電流効率が高い素子を実現できる。

20

【0030】

したがって、上記有機化合物を発光素子に用いることで、高い電流効率、低い駆動電圧、及び長寿命な発光素子を実現できる。

【0031】

30

以下に本実施の形態に示す発光素子について、より詳細に説明する。

【0032】

基板100は、発光素子の支持体として用いられる。基板100としては、例えばガラス、石英、又はプラスチックなどを用いることができる。また、可撓性基板を用いてもよい。可撓性基板とは、曲げることができる(フレキシブル)基板のことであり、例えば、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテルスルファンからなるプラスチック基板等が挙げられる。また、フィルム(ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、ポリ塩化ビニル等からなる)、無機蒸着フィルムなどを用いることもできる。なお、発光素子の作製工程において支持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。

40

【0033】

第1の電極101および第2の電極103には、金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。具体的には、酸化インジウム-酸化スズ(ITO: Indium Tin Oxide)、シリコンまたは酸化シリコン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、酸化タンゲステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム、金(Au)、白金(Plt)、ニッケル(Ni)、タンゲステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)、チタン(Ti)の他、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム(Li)やセシウム(Cs)等のアルカリ金属、およびマグネシウム(Mg)カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)等のアルカリ土類金属

50

、およびこれらを含む合金、ユウロピウム(Eu)、イッテルビウム(Yb)等の希土類金属およびこれらを含む合金、その他、グラフェン等を用いることができる。なお、第1の電極 101 および第2の電極 103 は、例えばスパッタリング法や蒸着法(真空蒸着法を含む)等により形成することができる。

【 0 0 3 4 】

正孔注入層 111 、及び正孔輸送層 112 に用いる正孔輸送性の高い物質としては、電子過剰型複素芳香族化合物(例えばカルバゾール誘導体やインドール誘導体)、または芳香族アミン化合物を用いることができる。例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ] ビフェニル(略称 : NPB)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称 : TPD)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ] ビフェニル(略称 : BSPB)、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)、4-フェニル-3'--(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称 : mBPAFLP)、4-フェニル-4'--(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称 : PCBA1BP)、4,4'-ジフェニル-4',4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称 : PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4'--(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称 : PCBANB)、4,4'-ジ(1-ナフチル)-4',4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称 : PCBNBB)、9,9'-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-フルオレン-2-アミン(略称 : PCBAF)、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-アミン(略称 : PCBASF)などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、1,3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称 : mCP)、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称 : CBP)、3,6-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)-9-フェニル-カルバゾール(略称 : CZTP)、3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称 : PCCP)などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4,4',4'''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称 : DBT3P-II)、2,8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称 : DBTFLP-II)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン(略称 : DBTFLP-IV)などのチオフェン骨格を有する化合物や、4,4',4'''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾフラン)(略称 : DBF3P-II)、4-[3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル]ジベンゾフラン(略称 : mMDBFFLBi-II)などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。

【 0 0 3 5 】

上述した中でも、カルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。

【 0 0 3 6 】

さらに、正孔注入層 111 、及び正孔輸送層 112 に用いることのできる材料としては、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称 : PVK)、ポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称 : PVTPA)、ポリ[N-(4-[N'-[4-(4-ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル- N'-フェニルアミノ]フェニル)メタクリルアミド](略称 : PT P DMA)ポリ[N,N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N,N'-ビス(フェニル)ベンジジン](略称 : Poly-TPD)などの高分子化合物を用いることもできる。

【 0 0 3 7 】

また、正孔注入層 111 、及び正孔輸送層 112 は、上記正孔輸送性の高い物質と、ア

10

20

30

40

50

クセプター性を有する物質との混合層を用いてもよい。この場合、キャリア注入性が良好となり好ましい。用いるアクセプター性物質としては、遷移金属酸化物、例えば元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化モリブデンが特に好ましい。

【0038】

発光層113は、例えば、ホスト材料（第1の有機化合物）と発光性化合物をゲスト材料（第2の有機化合物）として含みのが好ましい。また、さらに別の材料をアシスト材料（第3の有機化合物）として含んでいても良い。

【0039】

ここで、上記ホスト材料（第1の有機化合物）として、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、アリーレン基と、正孔輸送性骨格と、を有する有機化合物を用いる。具体的には、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、正孔輸送性骨格と、がアリーレン基を介して結合する有機化合物を用いる。

【0040】

また、上記正孔輸送骨格としては、電子過剰型ヘテロ芳香環が好ましい。電子過剰型ヘテロ芳香環としては、カルバゾール環、ジベンゾフラン環、又はジベンゾチオフェン環が好ましい。アリーレン基としては、置換または無置換のフェニレン基、置換または無置換のビフェニルジイル基のいずれかが好ましい。

【0041】

上記有機化合物としては、具体的には以下の一般式（G0）、（G1）、（G2-1）、（G2-2）、（G3-1）、及び（G3-2）で表すことができる。

【0042】

【化1】



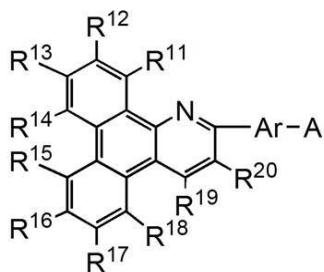
(G0)

【0043】

一般式（G0）中、Aは、置換または無置換のカルバゾリル基、置換または無置換のジベンゾチオフェニル基、置換または無置換のジベンゾフラニル基、のいずれかを表し、Eは、置換または無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環を表し、Arは、炭素数6~13のアリーレン基を表し、アリーレン基は置換基を有していてもよく、該置換基は互いに結合して環を形成してもよい。

【0044】

【化2】



(G1)

【0045】

一般式（G1）中、Aは、置換または無置換のカルバゾリル基、置換または無置換のジベンゾチオフェニル基、置換または無置換のジベンゾフラニル基、のいずれかを表し、R¹¹~R²⁰は、それぞれ独立に、水素、炭素数1~4のアルキル基、または炭素数6~

10

20

30

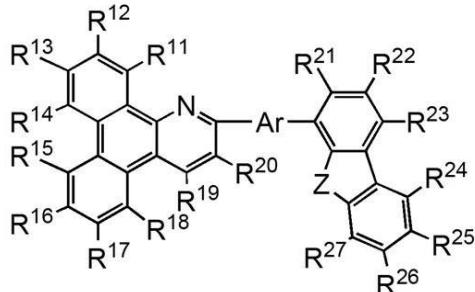
40

50

13の置換または無置換のアリール基のいずれかを表し、Arは、炭素数6～13のアリーレン基を表し、アリーレン基は置換基を有していてもよく、該置換基は互いに結合して環を形成してもよい。

【0046】

【化3】



10

(G2-1)

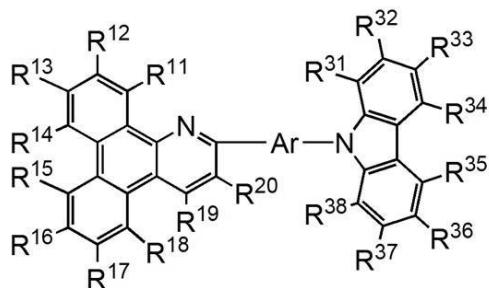
【0047】

一般式(G2-1)中、Zは、酸素または硫黄を表し、R¹¹～R²⁰、及びR²¹～R²⁷は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～13の置換または無置換のアリール基を表し、Arは、炭素数6～13のアリーレン基を表し、アリーレン基は置換基を有していてもよく、該置換基は互いに結合して環を形成してもよい。

20

【0048】

【化4】



30

(G2-2)

【0049】

一般式(G2-2)中、R¹¹～R²⁰、及びR³¹～R³⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～13の置換または無置換のアリール基を表し、Arは、炭素数6～13のアリーレン基を表し、アリーレン基は置換基を有していてもよく、該置換基は互いに結合して環を形成してもよい。

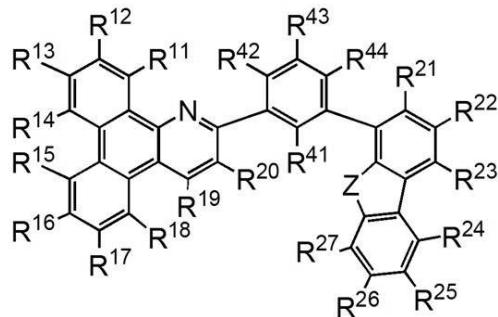
40

【0050】

また、一般式(G2-1)及び一般式(G2-2)において、Arは置換または無置換のフェニレン基、置換または無置換のビフェニルジイル基のいずれかであることが好ましい。特にArは、置換または無置換のフェニレン基であることが好ましい。さらにArは置換または無置換のm-フェニレン基であることが、高い三重項励起エネルギー準位を有する上で好ましい。

【0051】

【化5】



10

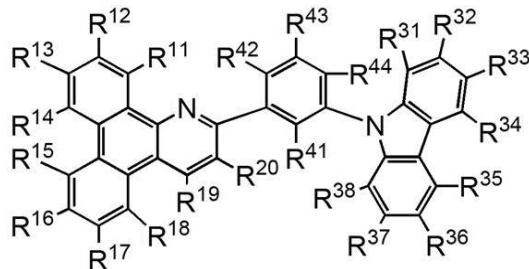
(G3-1)

【0052】

一般式 (G3-1) 中、Z は、酸素または硫黄を表し、R¹⁻¹ ~ R²⁻⁰、R²⁻¹ ~ R²⁻²、及び R⁴⁻¹ ~ R⁴⁻⁴ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 ~ 4 のアルキル基、または炭素数 6 ~ 13 の置換または無置換のアリール基を表す。

【0053】

【化6】



20

(G3-2)

【0054】

一般式 (G3-2) 中、R¹⁻¹ ~ R²⁻⁰、R³⁻¹ ~ R³⁻⁸、及び R⁴⁻¹ ~ R⁴⁻⁴ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 ~ 4 のアルキル基、または炭素数 6 ~ 13 の置換または無置換のアリール基を表す。

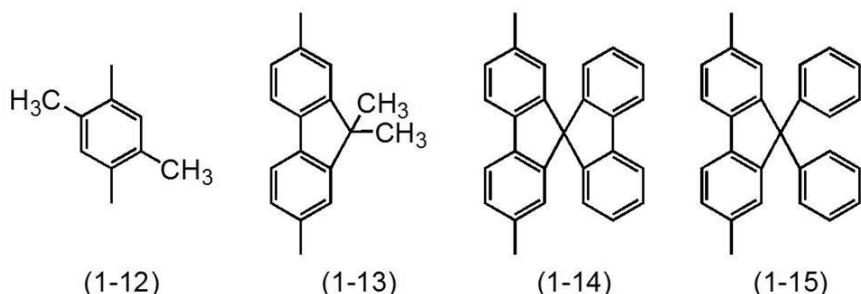
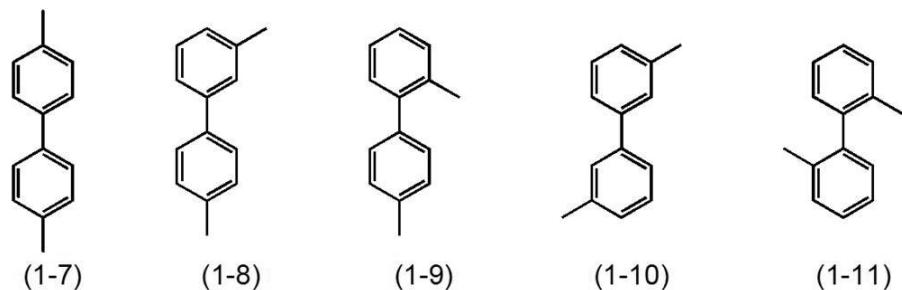
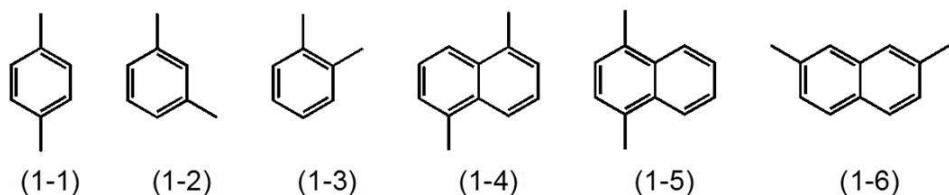
30

【0055】

一般式 (G0)、(G1)、(G2-1)、及び (G2-2) 中における Ar の具体的な構造としては、例えば、構造式 (1-1) ~ 構造式 (1-15) に示す置換基が挙げられる。

【0056】

【化7】

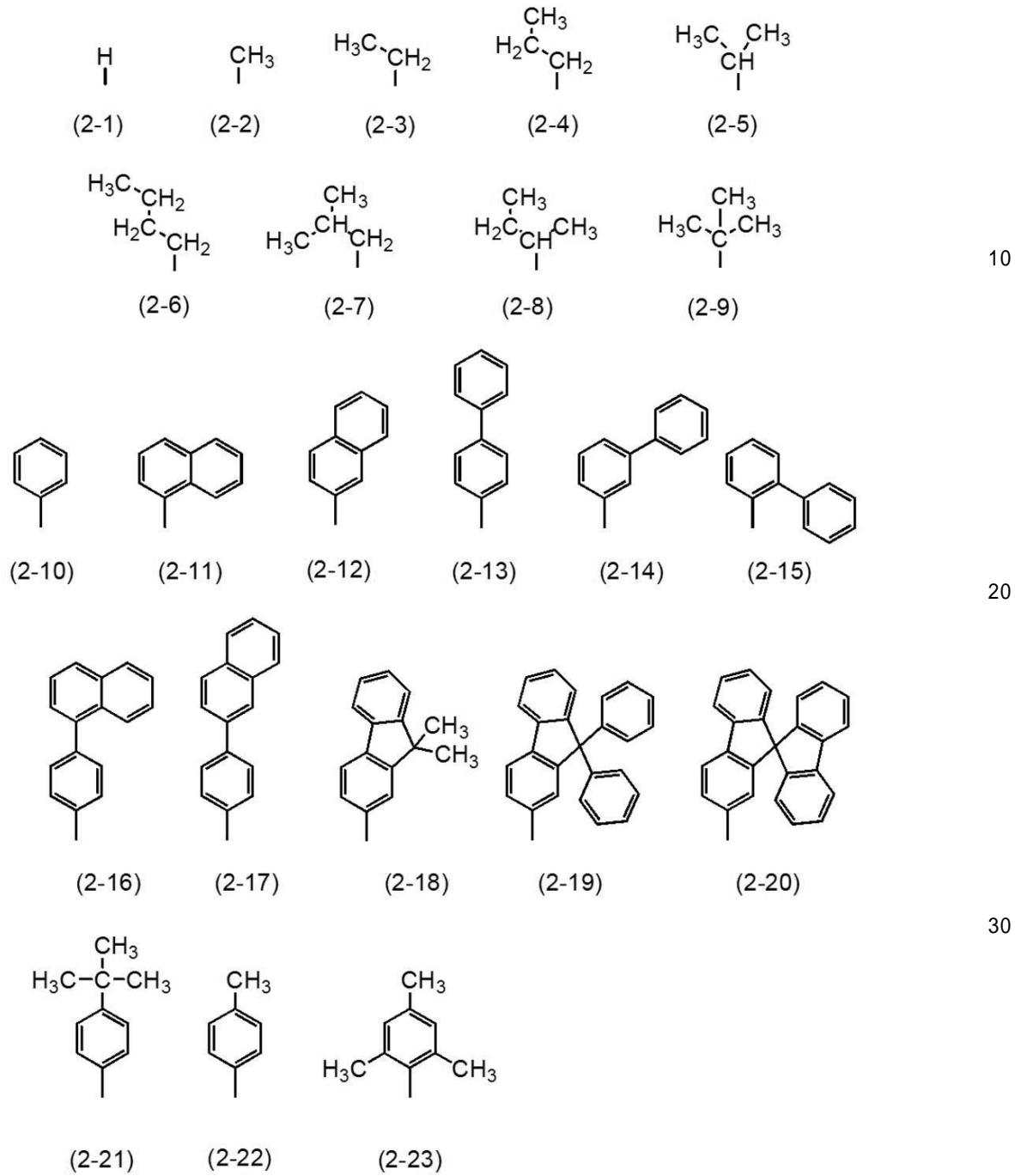


【0057】

一般式 (G1)、(G2-1)、(G2-2)、(G3-1) 及び (G3-2) 中における $R^{1-1} \sim R^{2-0}$ 、 $R^{2-1} \sim R^{2-7}$ 、 $R^{3-1} \sim R^{3-8}$ 、及び $R^{4-1} \sim R^{4-4}$ の具体的な構造としては、例えば、構造式 (2-1) ~ 構造式 (2-23) に示す置換基が挙げられる。

【0058】

【化 8】

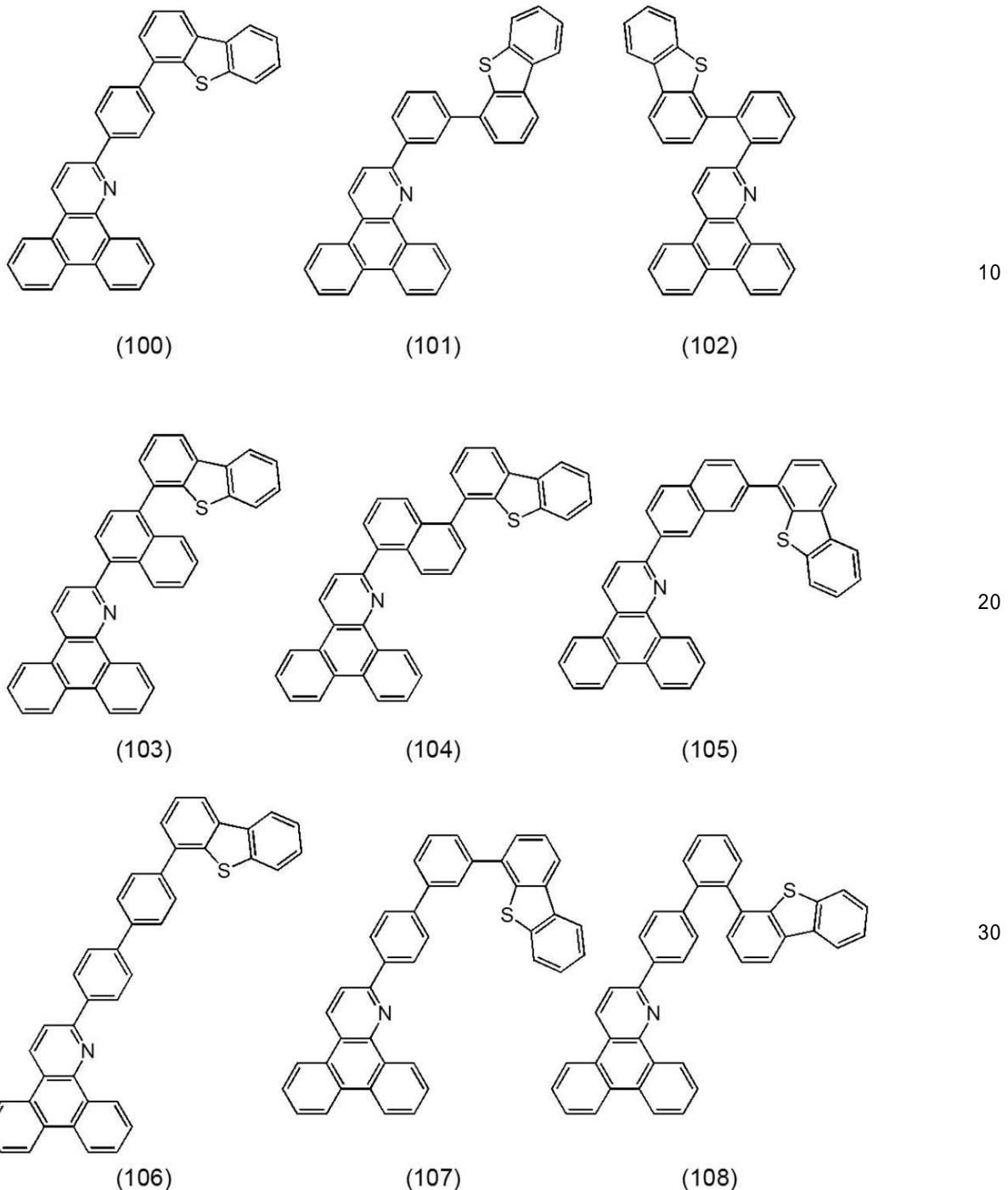


【0059】

一般式 (G1) に示される有機化合物の具体例としては、構造式 (100) ~ 構造式 (154)、構造式 (200) ~ 構造式 (254)、及び構造式 (300) ~ 構造式 (354) に示される有機化合物を挙げることができる。但し、本発明の一態様はこれらに限定されない。

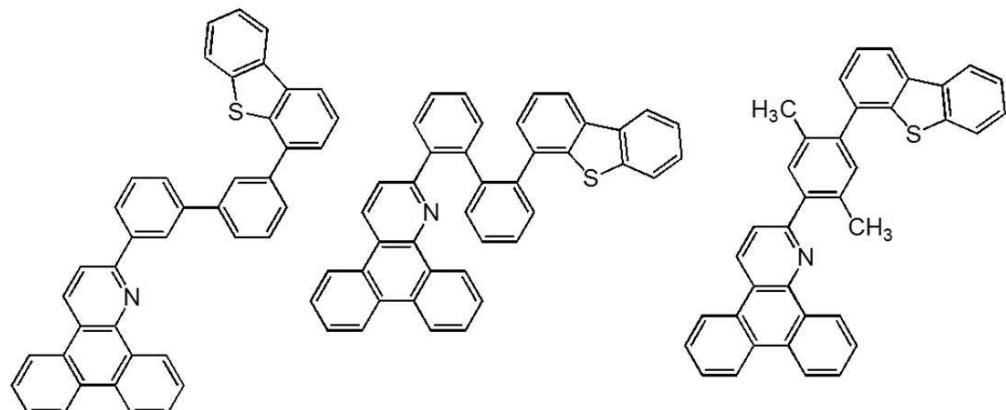
【0060】

【化9】



【0061】

【化 10】

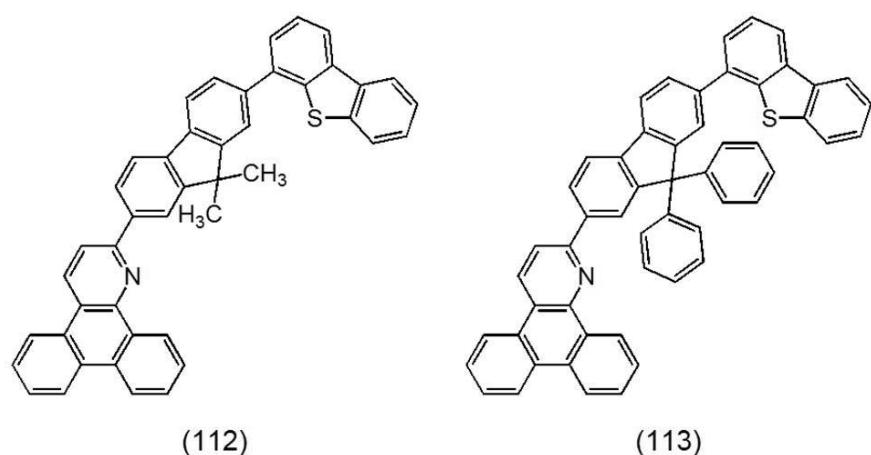


(109)

(110)

(111)

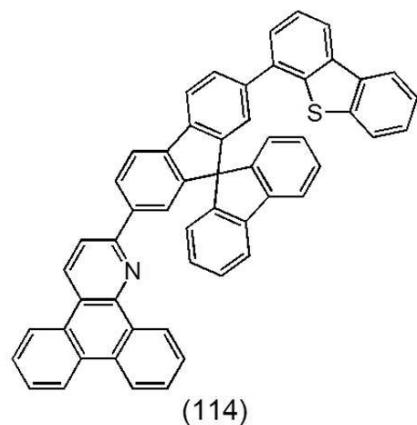
10



(112)

(113)

20



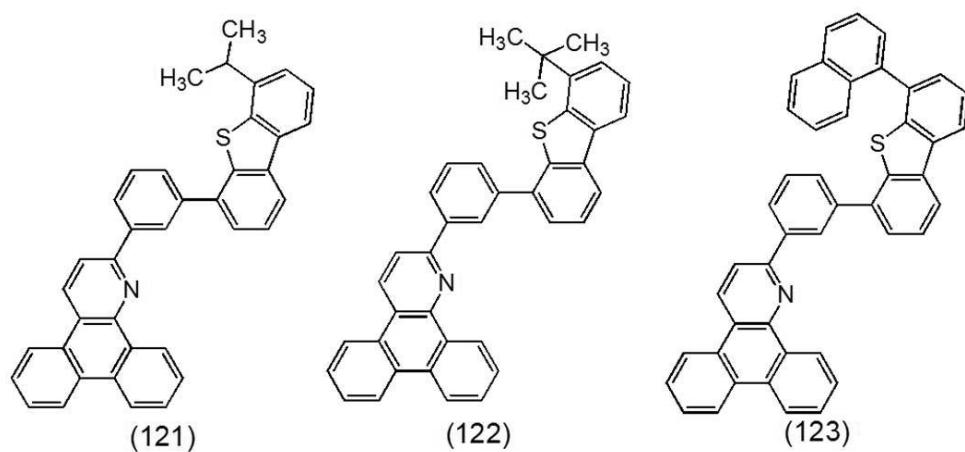
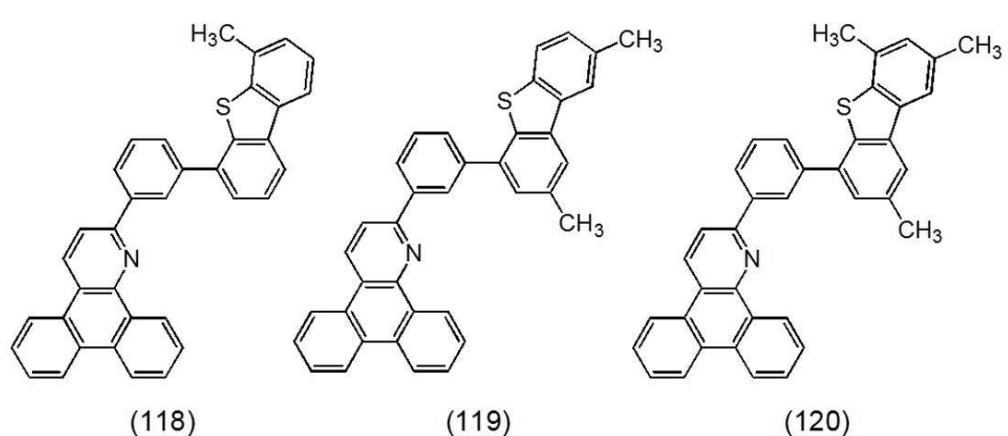
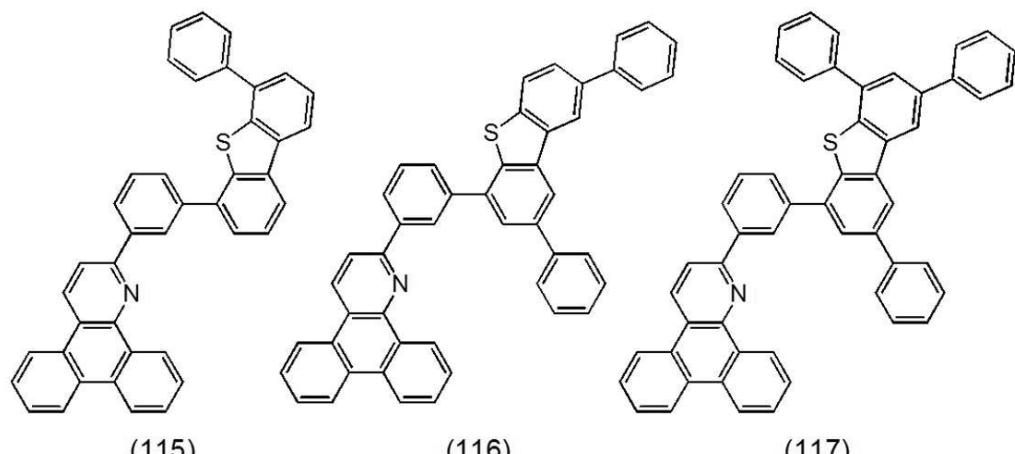
(114)

30

【 0 0 6 2 】

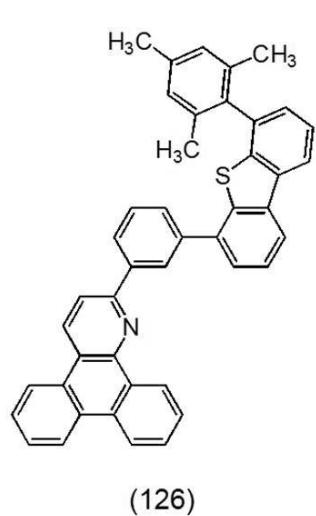
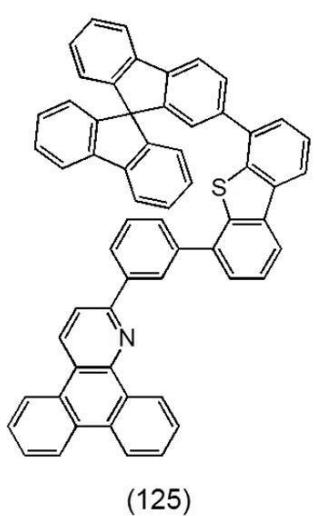
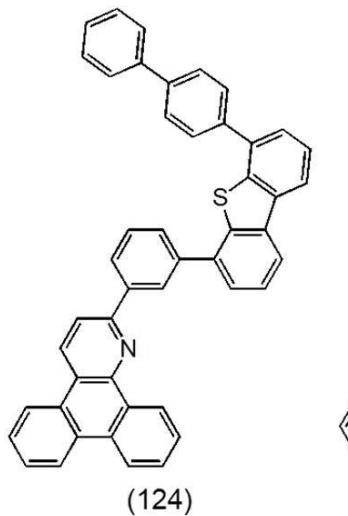
40

【化 11】

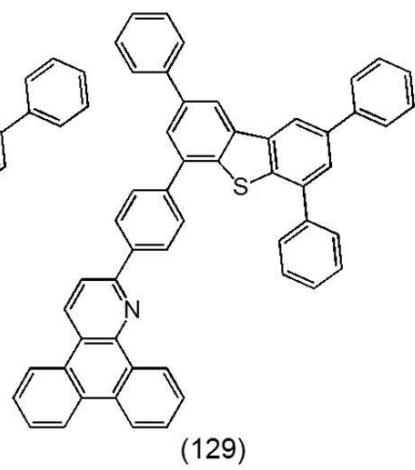
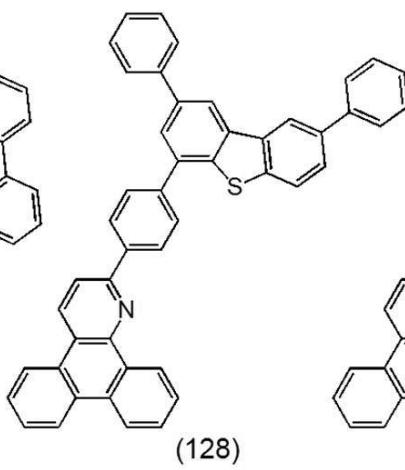
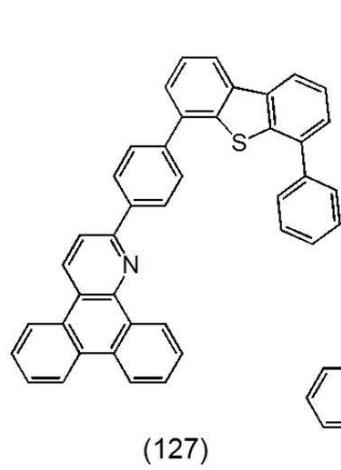


【 0 0 6 3 】

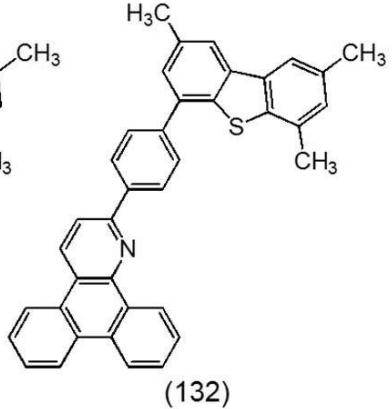
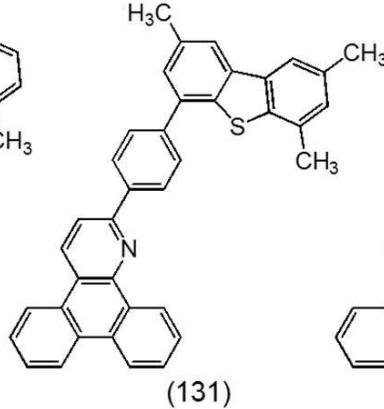
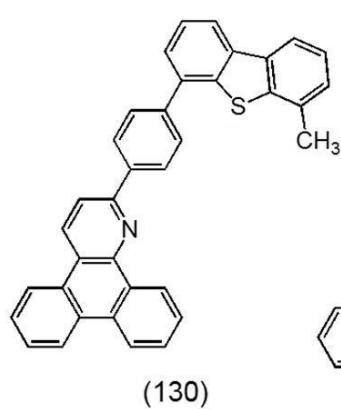
【化 1 2】



10



20

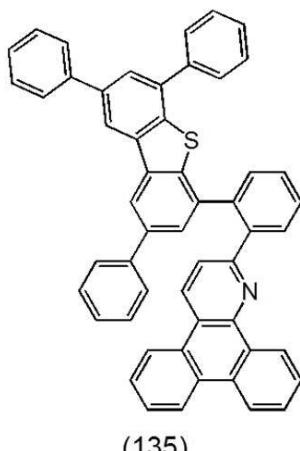
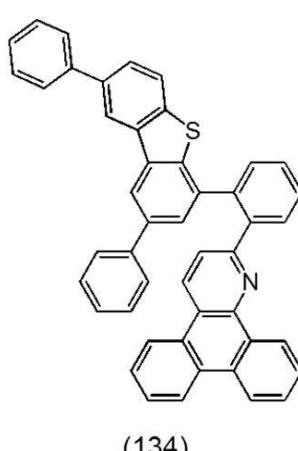
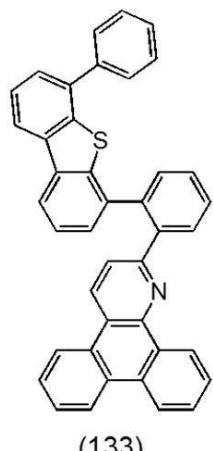


30

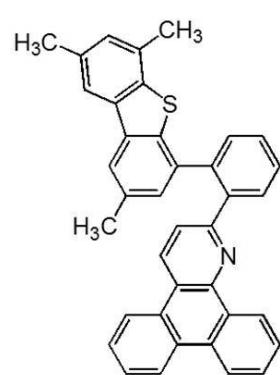
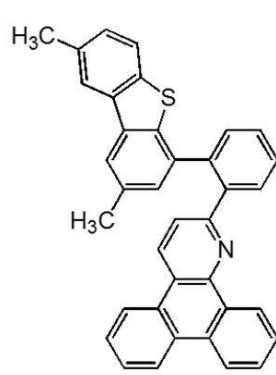
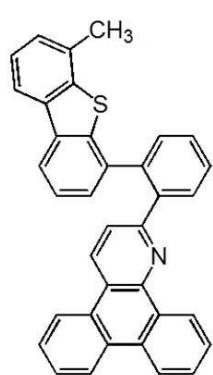
【 0 0 6 4 】

40

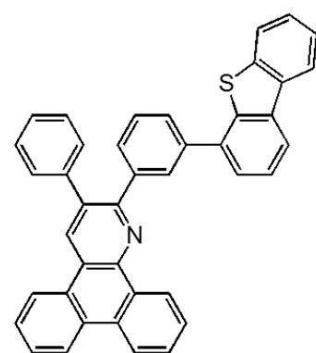
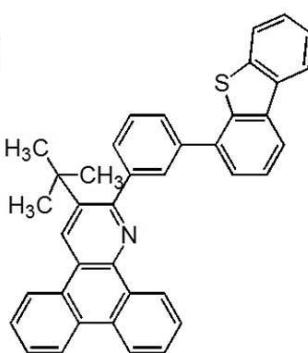
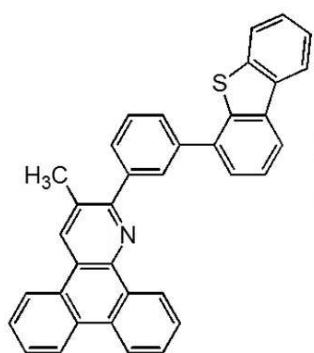
【化 1 3】



10



20

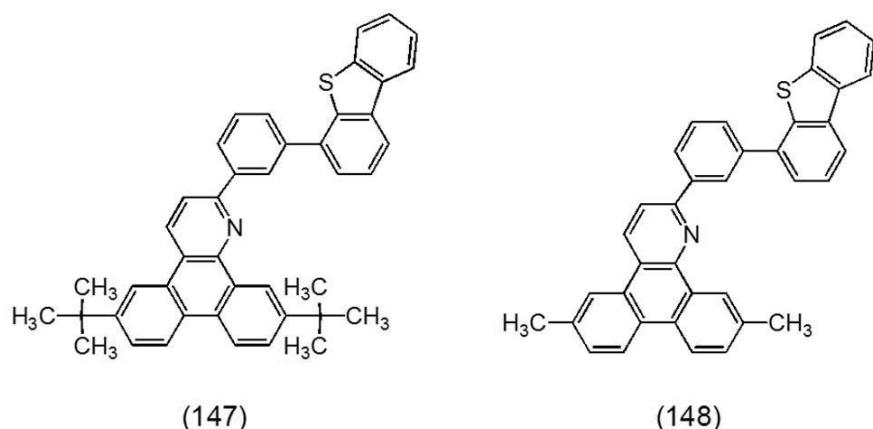
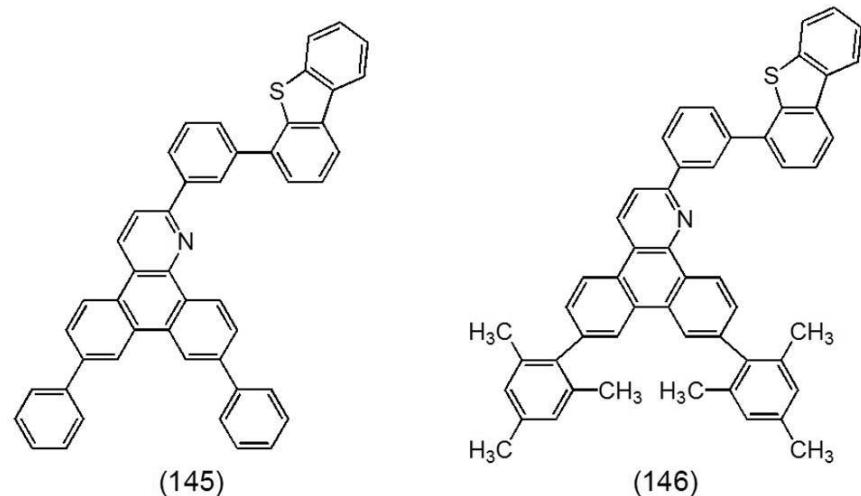
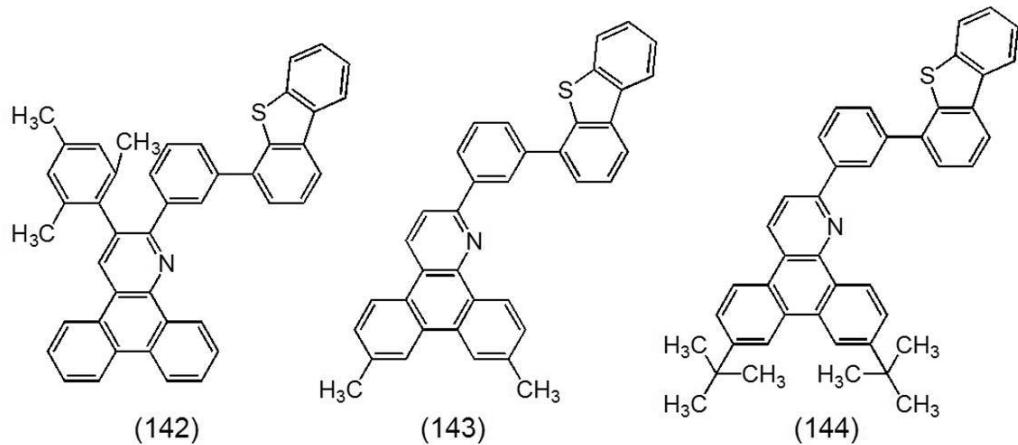


30

【 0 0 6 5 】

40

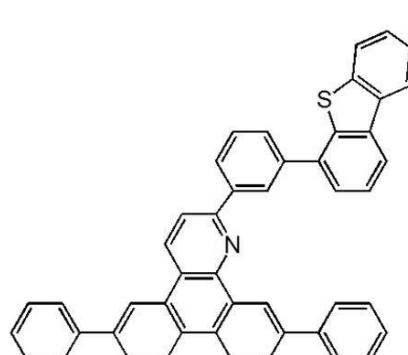
【化 1 4】



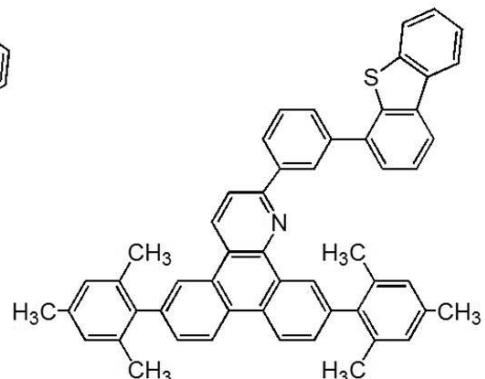
【 0 0 6 6 】

40

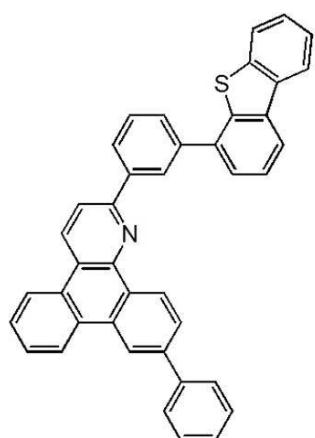
【化 15】



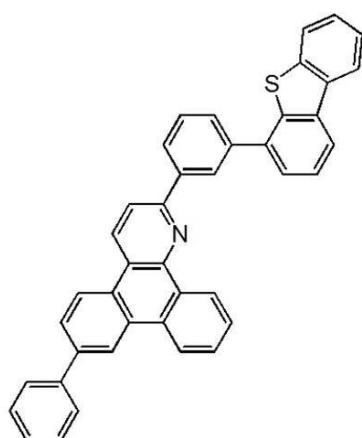
(149)



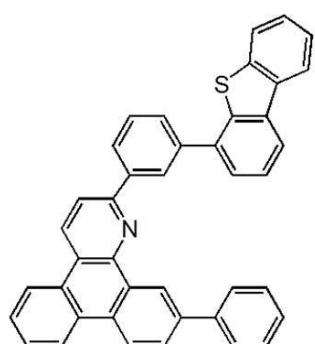
(150)



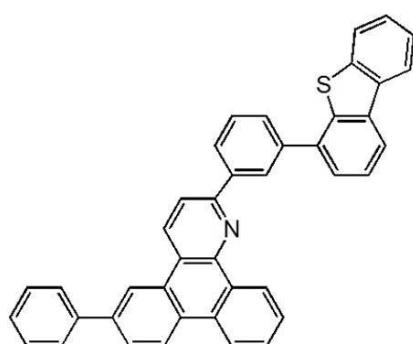
(151)



(152)



(153)



(154)

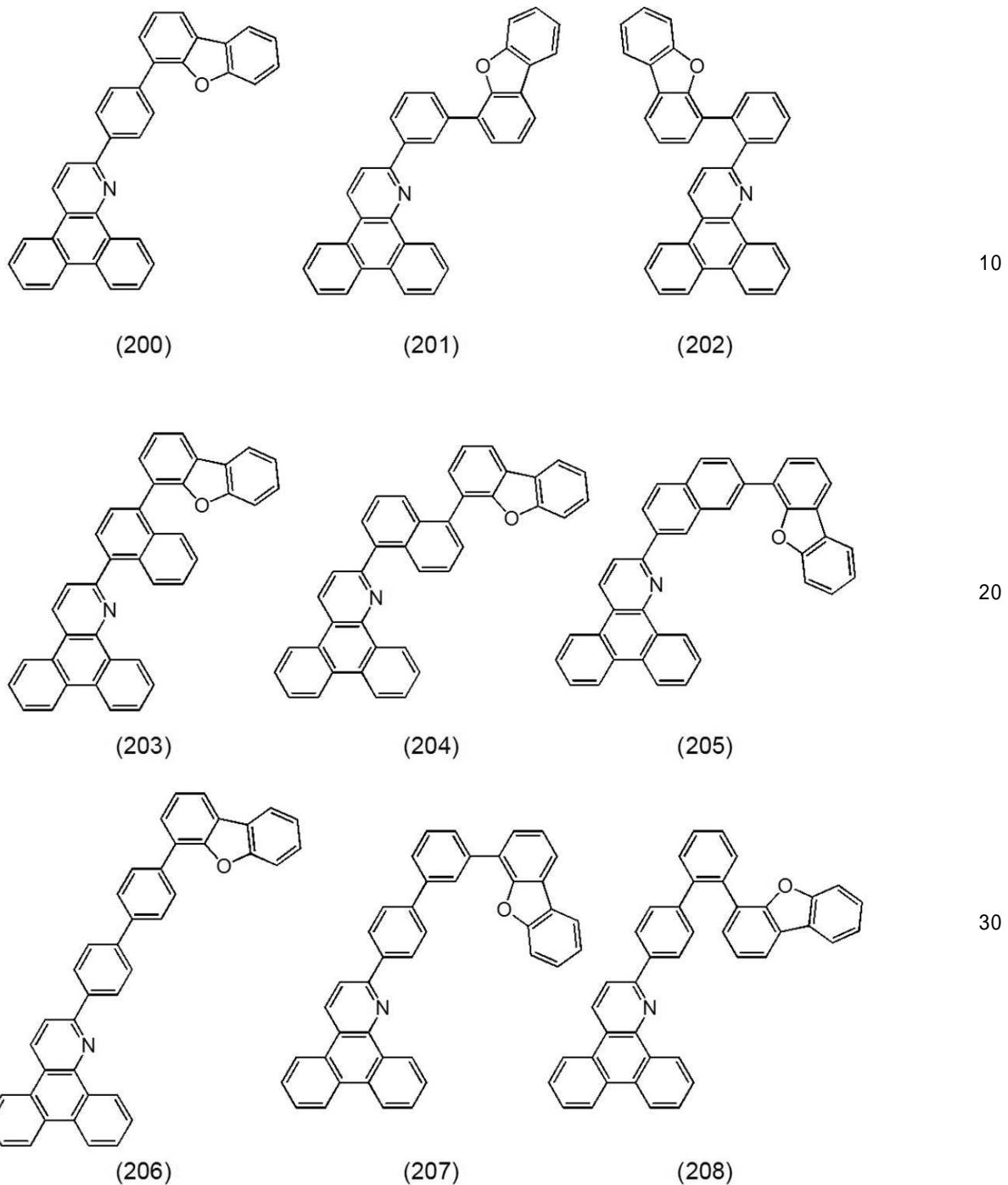
【 0 0 6 7 】

10

20

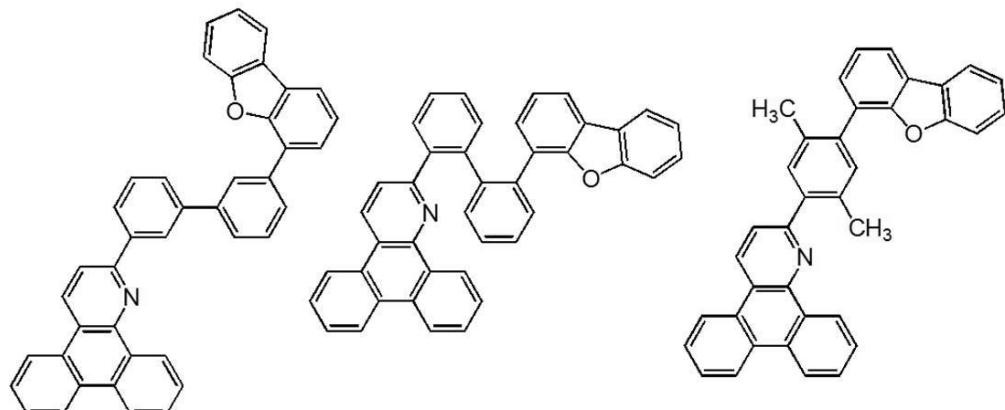
30

【化 16】



【0068】

【化 17】

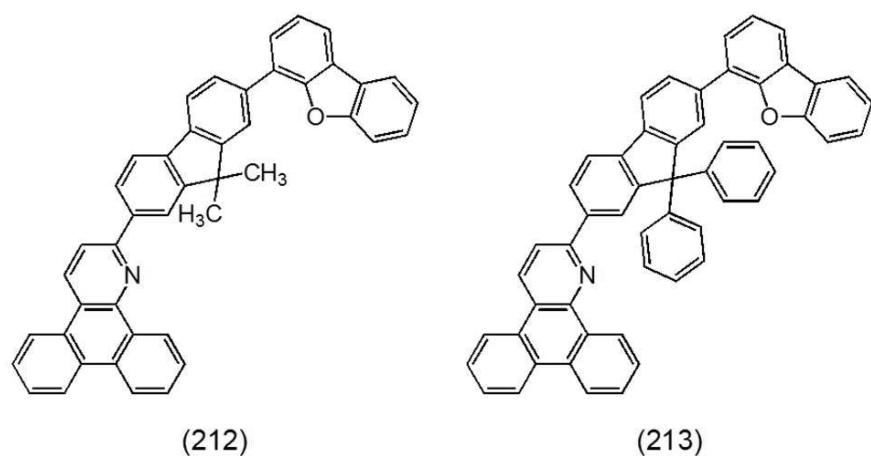


(209)

(210)

(211)

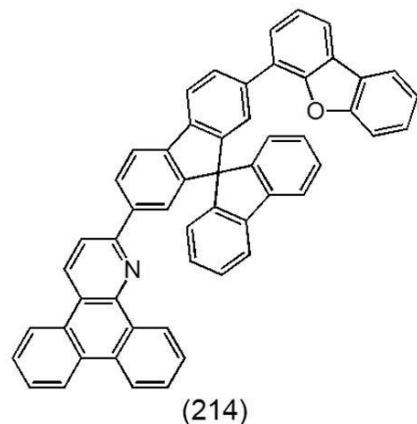
10



(212)

(213)

20



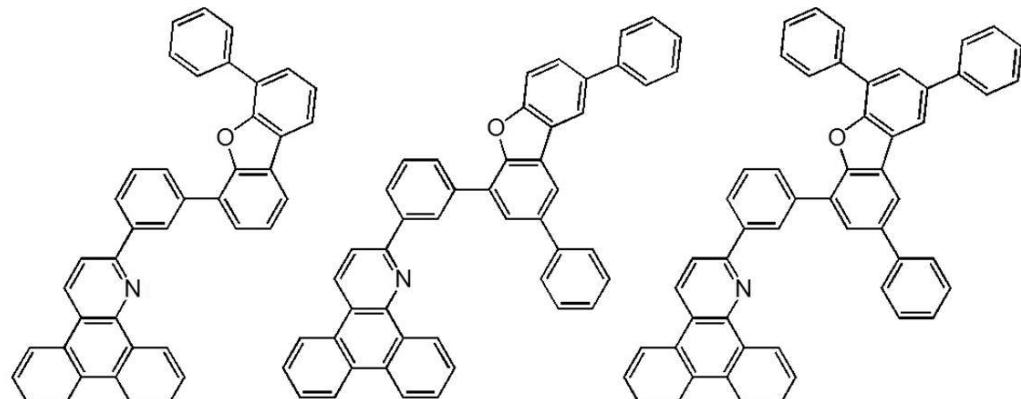
(214)

30

【 0 0 6 9 】

40

【化 18】

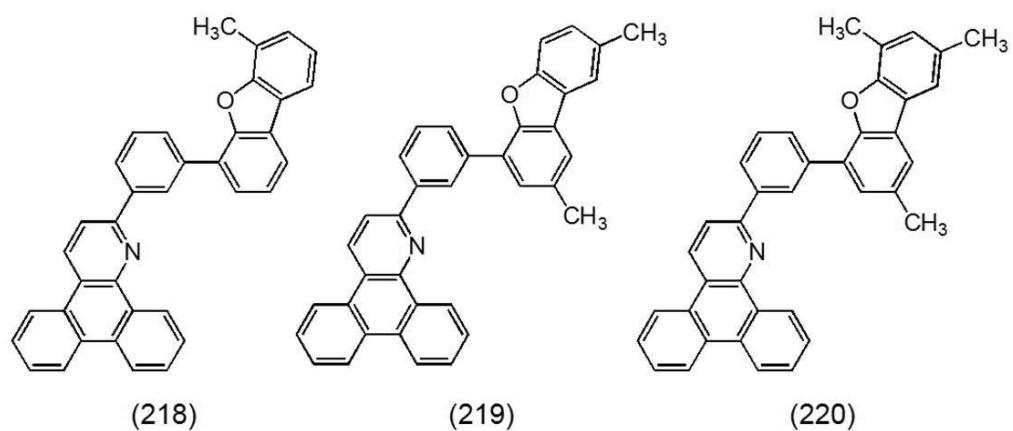


(215)

(216)

(217)

10

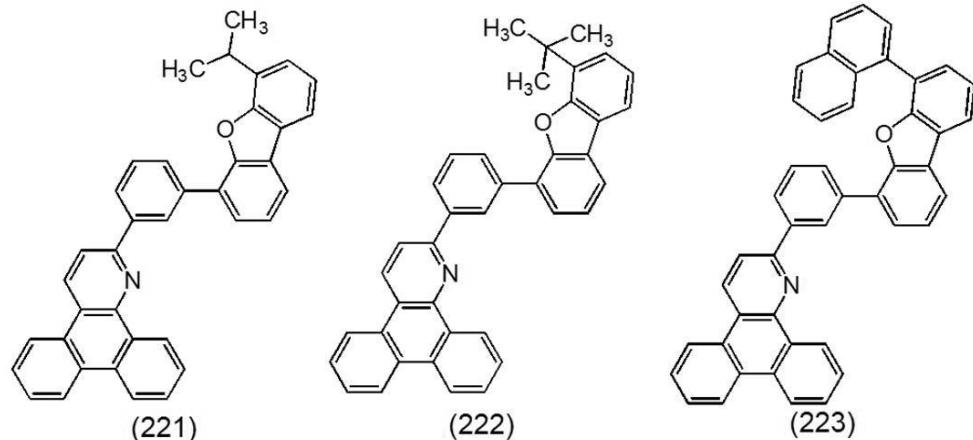


(218)

(219)

(220)

20



(221)

(222)

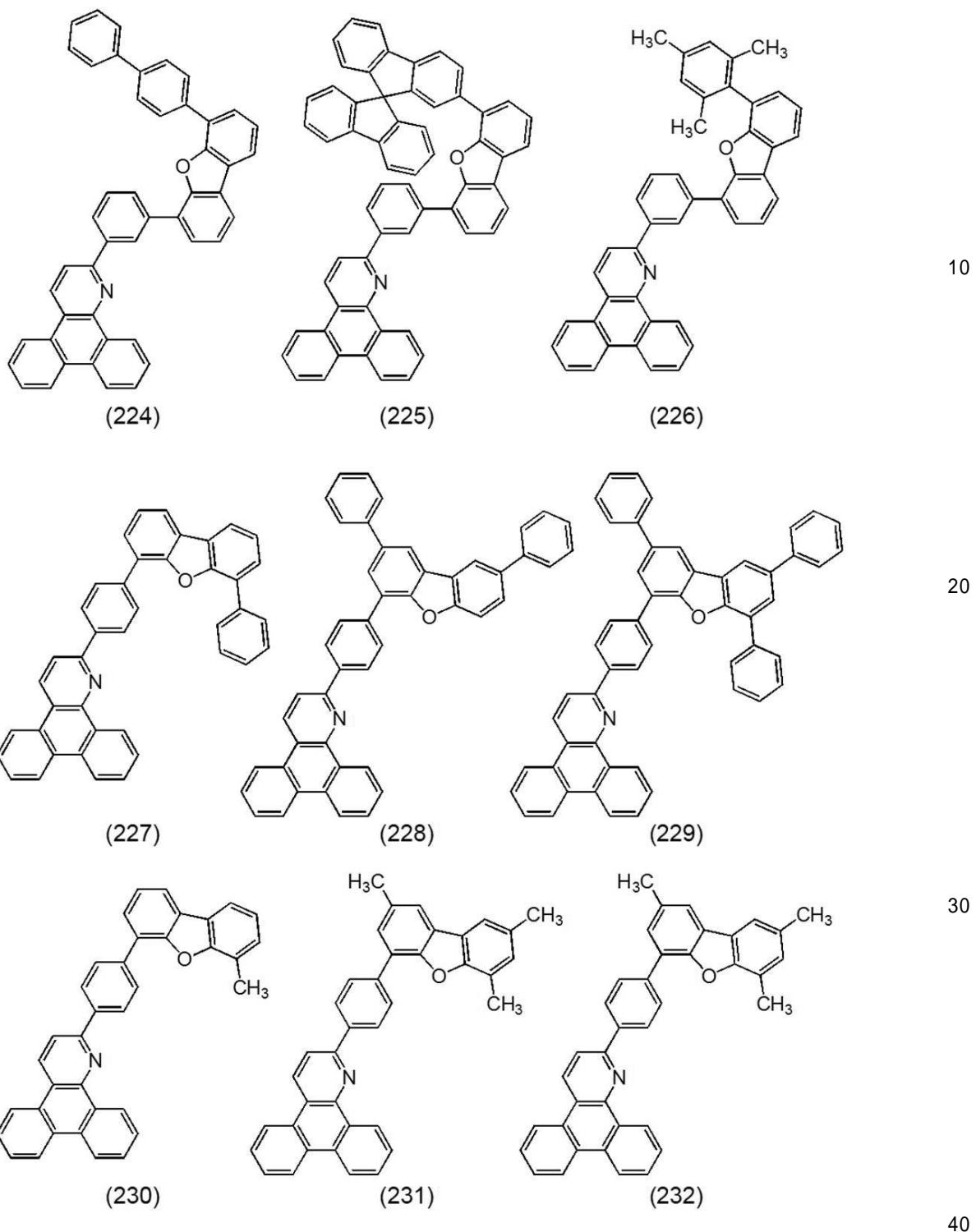
(223)

30

【 0 0 7 0 】

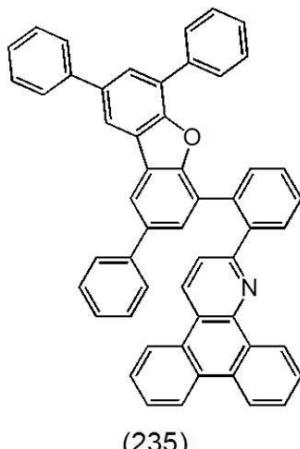
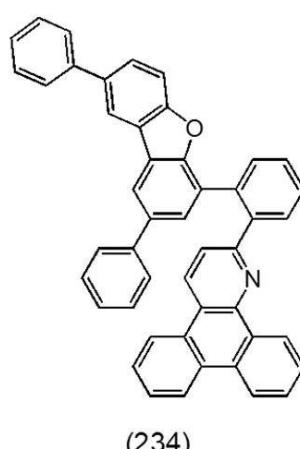
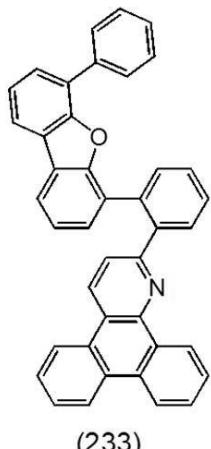
40

【化19】

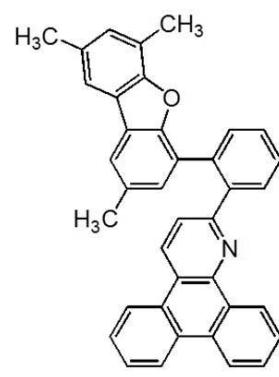
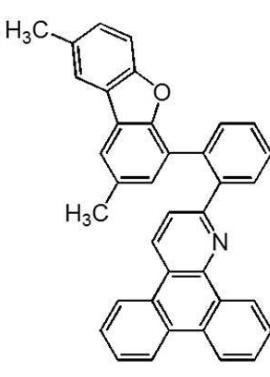
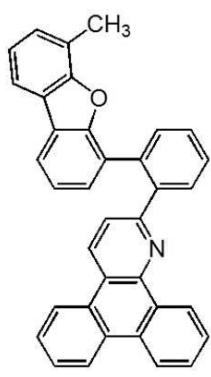


【0071】

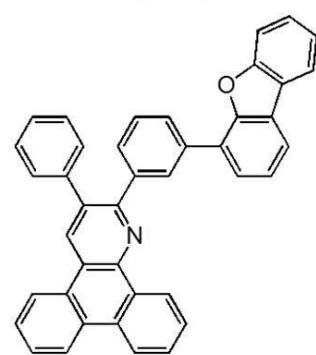
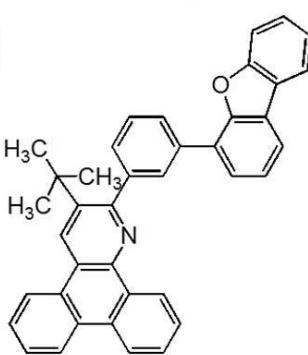
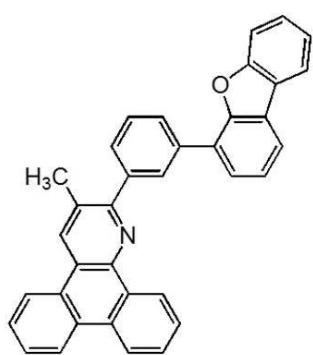
【化 2 0】



10



20

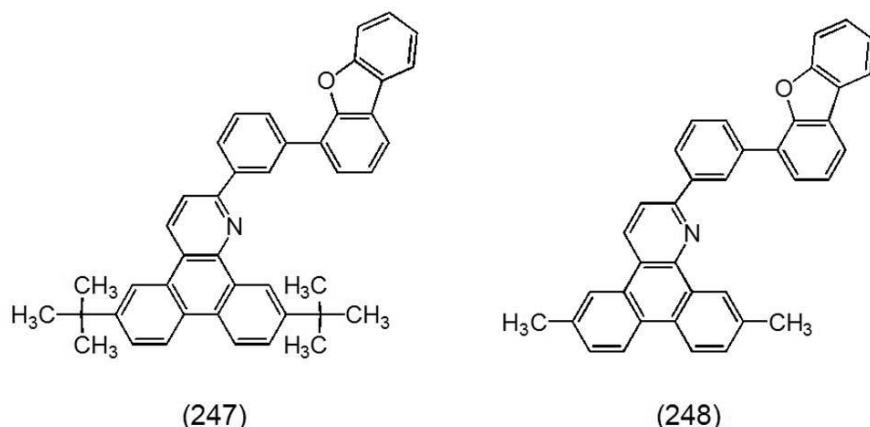
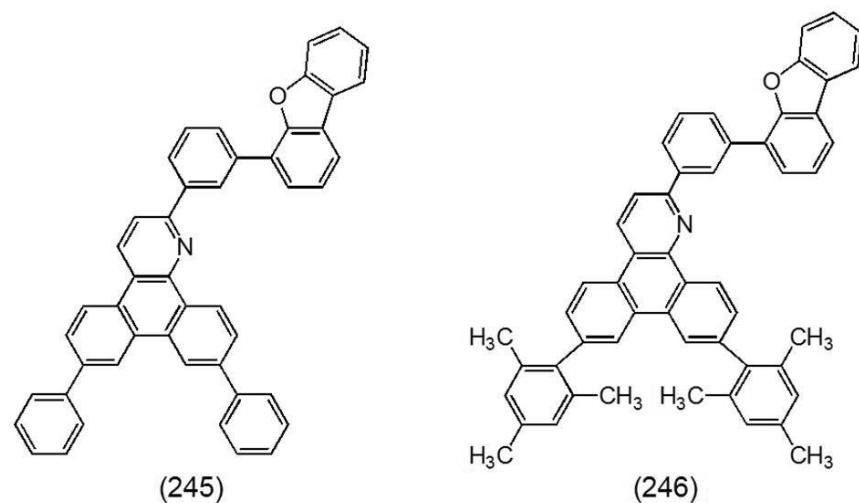
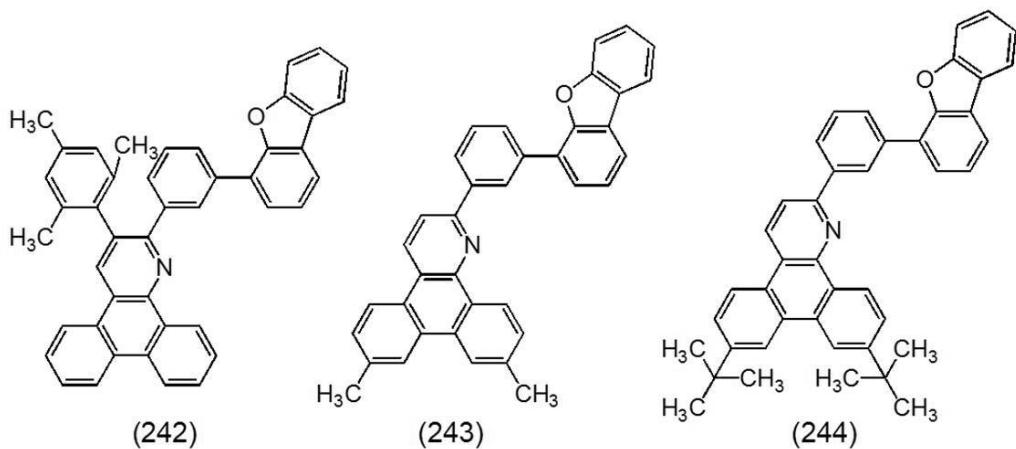


30

【 0 0 7 2 】

40

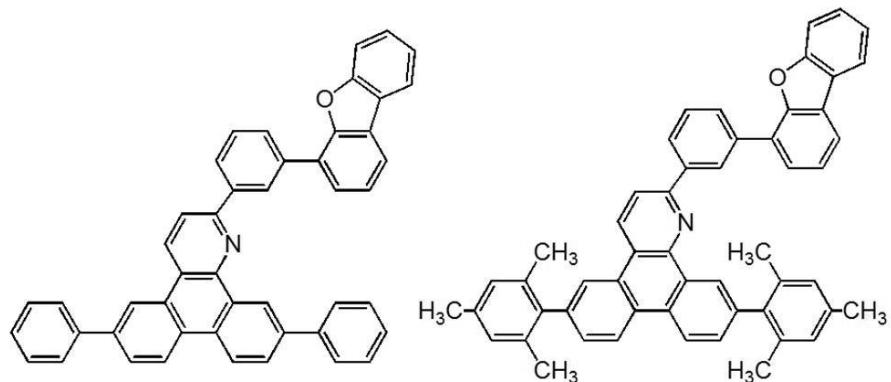
【化 21】



【 0 0 7 3 】

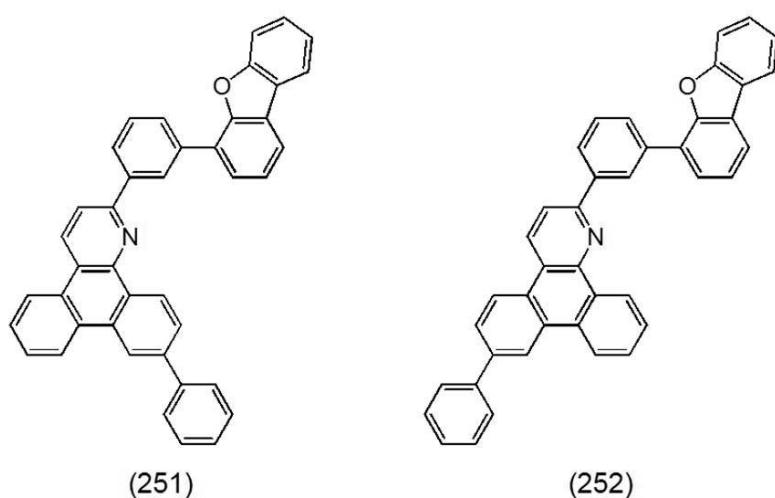
40

【化 2 2】



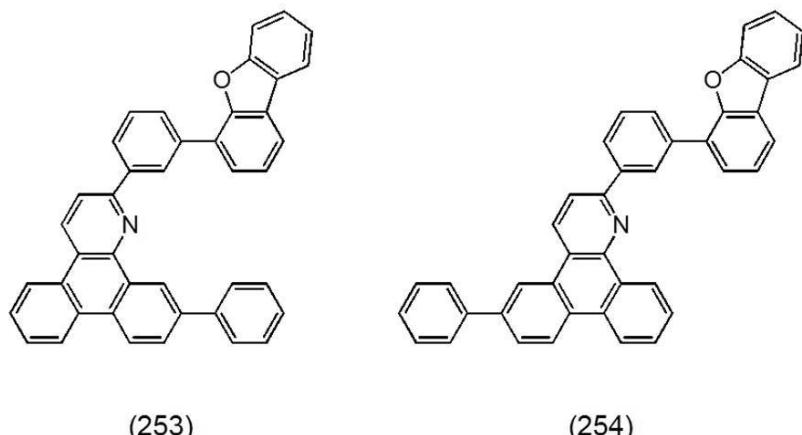
(249)

(250)



(251)

(252)



(253)

(254)

【 0 0 7 4 】

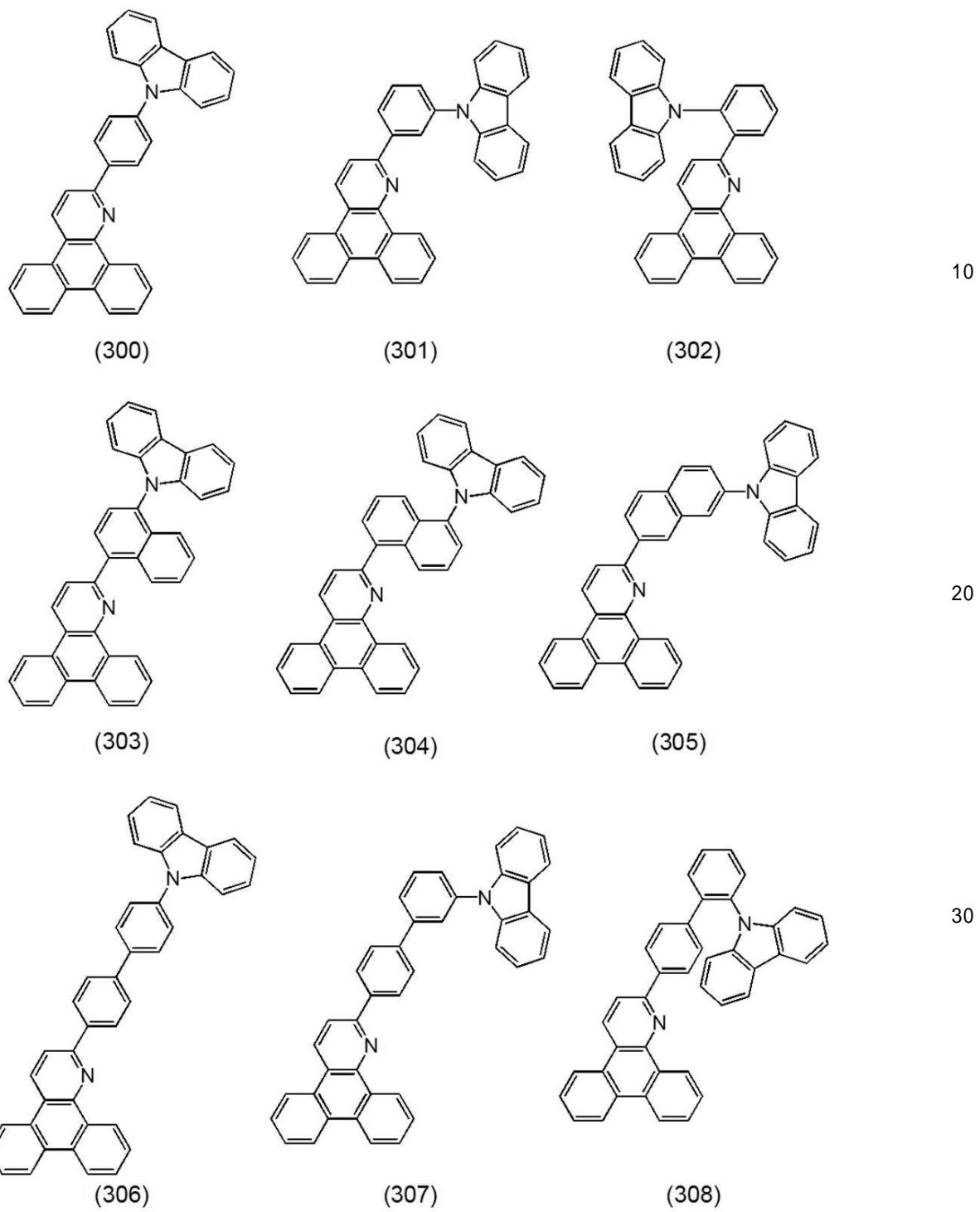
10

20

30

40

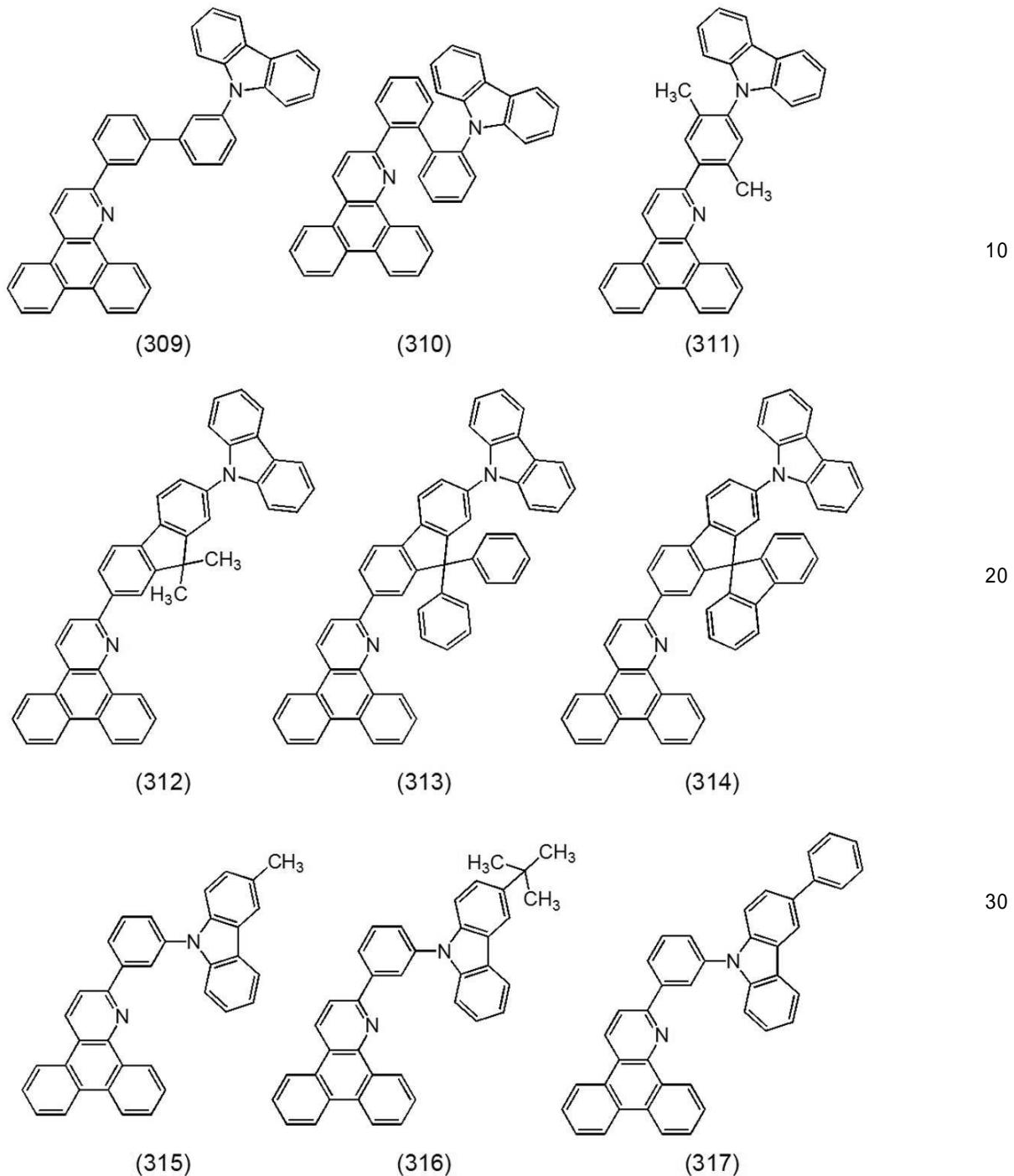
【化 2 3】



【 0 0 7 5 】

40

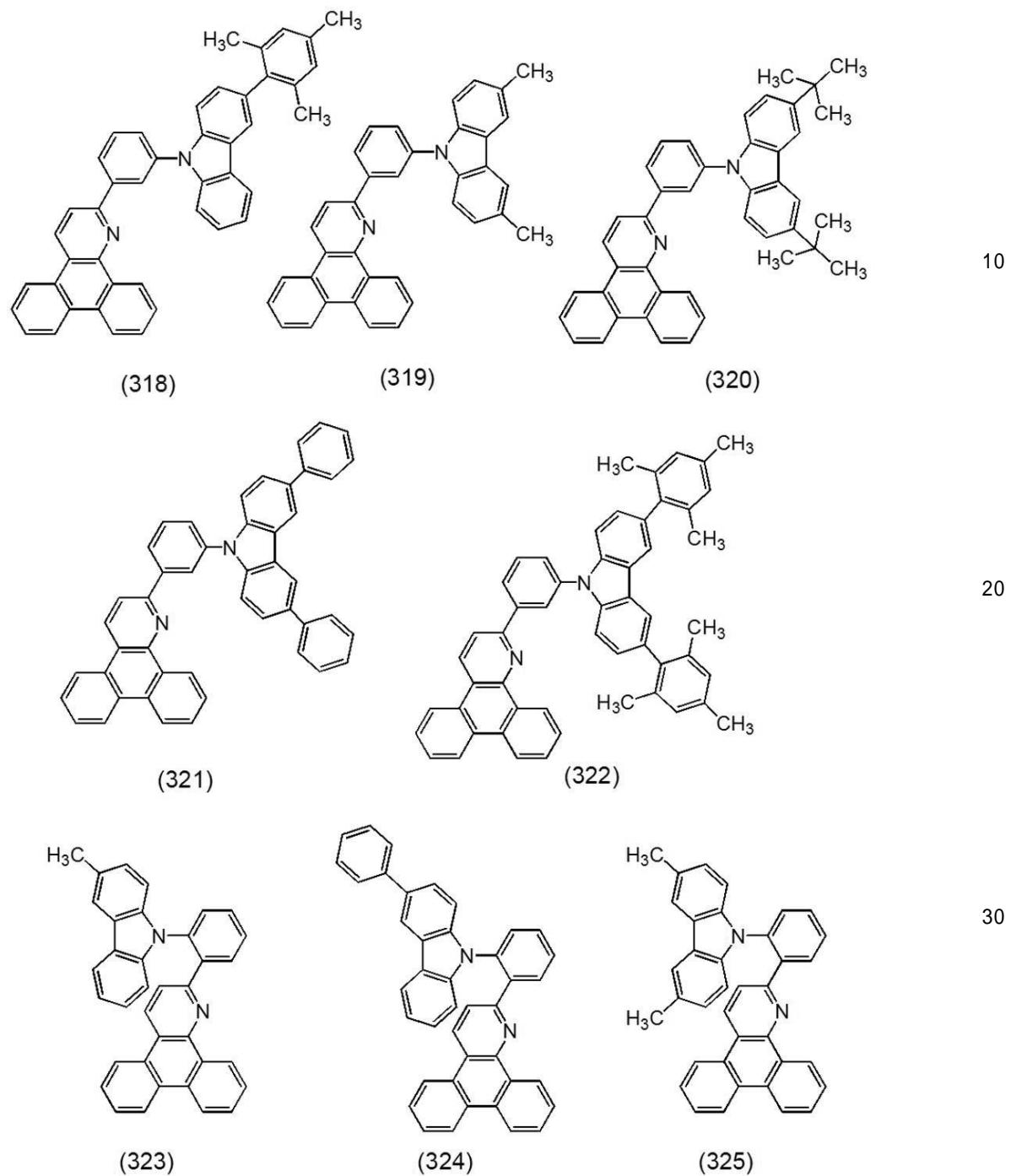
【化 2 4】



【 0 0 7 6 】

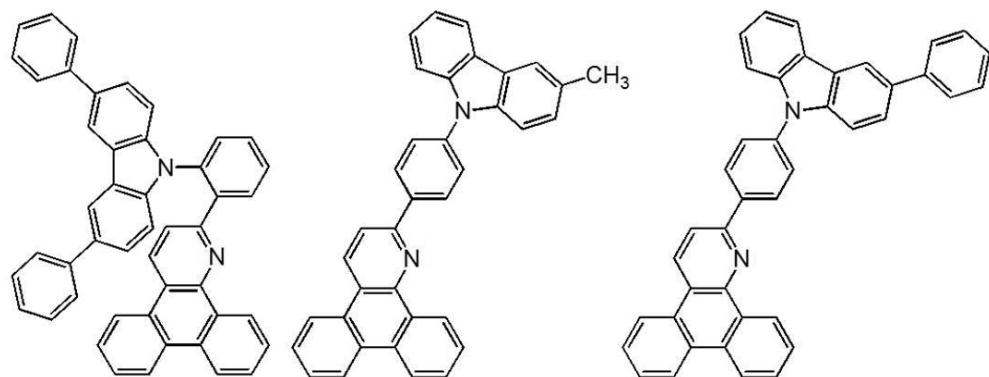
40

【化 25】



【0077】

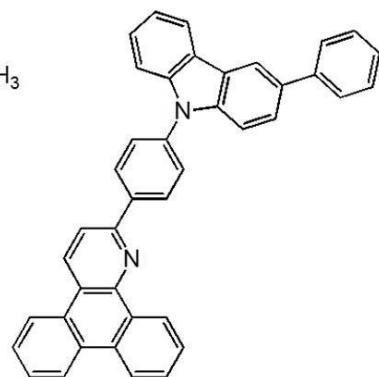
【化 2 6】



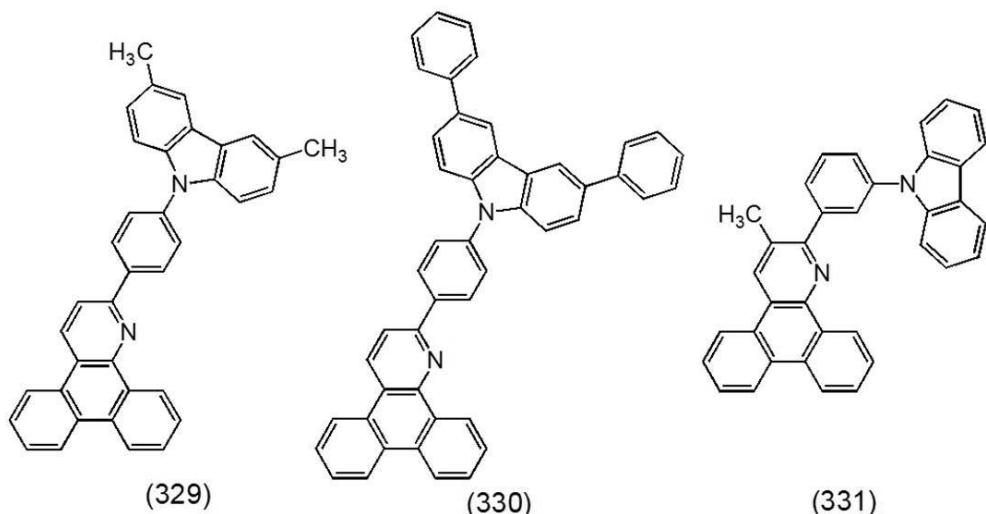
(326)

(327)

10



(328)

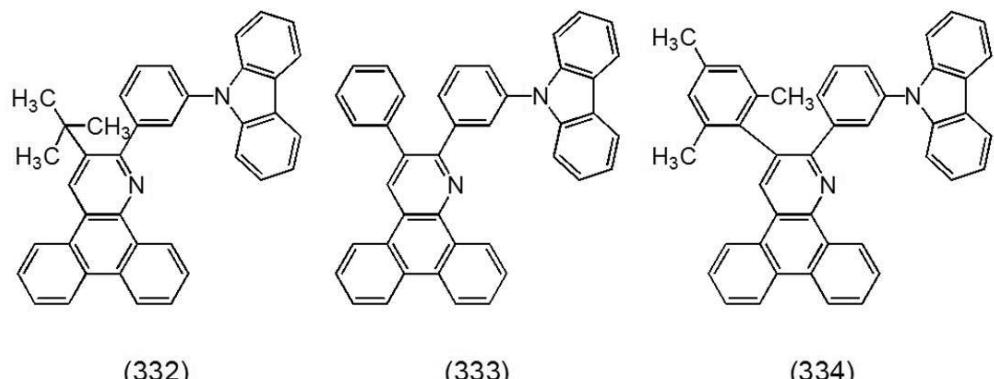


(329)

(330)

(331)

20



(332)

(333)

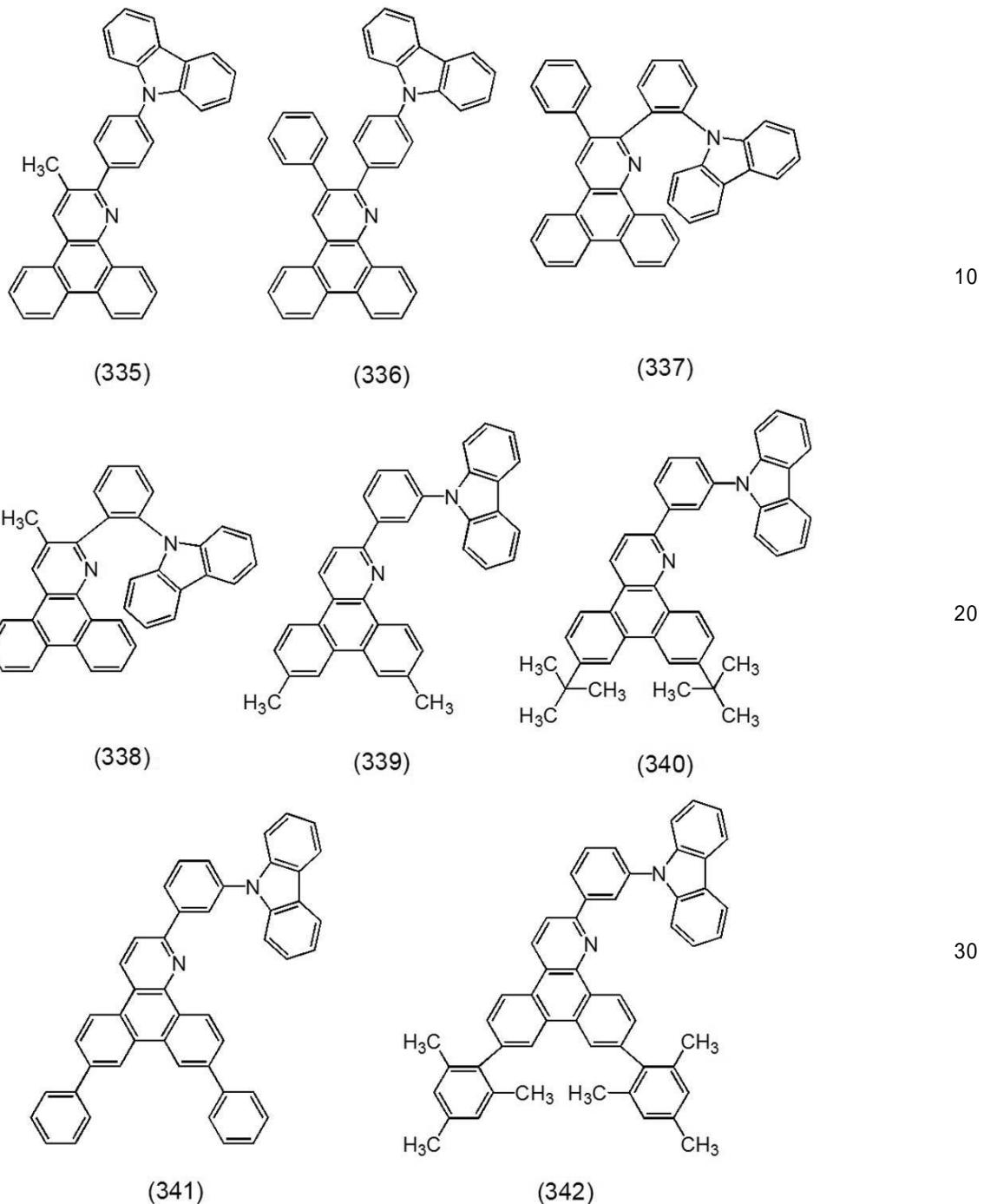
(334)

30

【 0 0 7 8 】

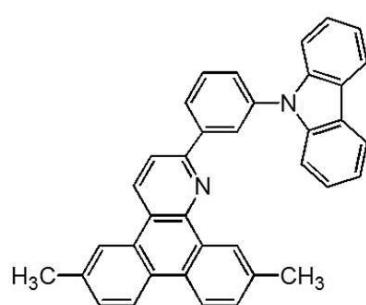
40

【化 27】

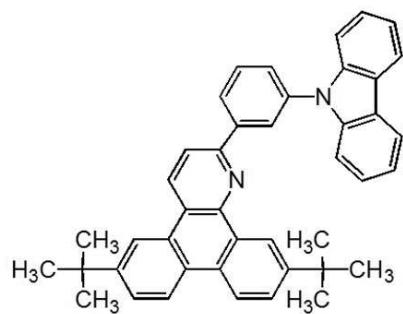


【 0 0 7 9 】

【化 2 8】

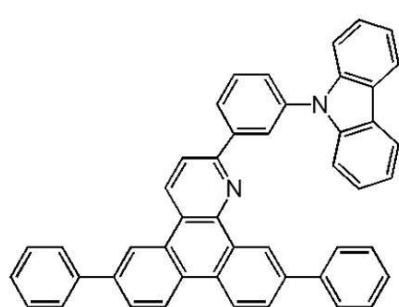


(343)

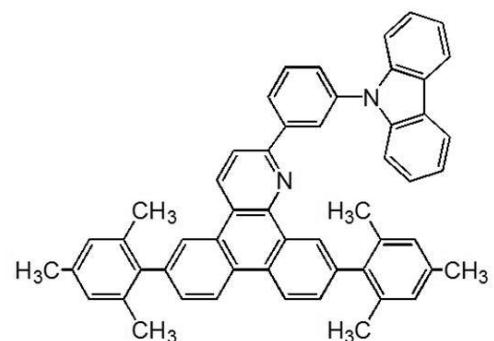


(344)

10

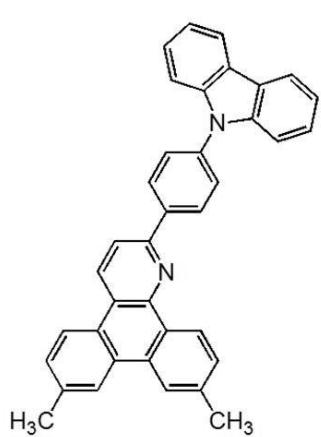


(345)

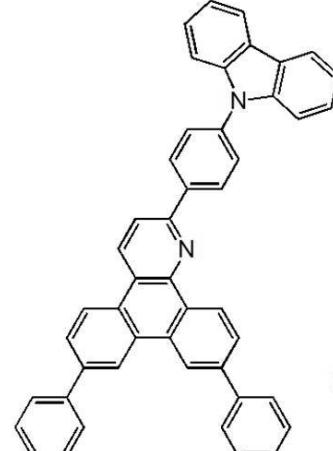


(346)

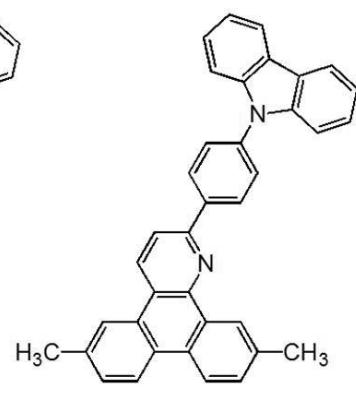
20



(347)



(348)

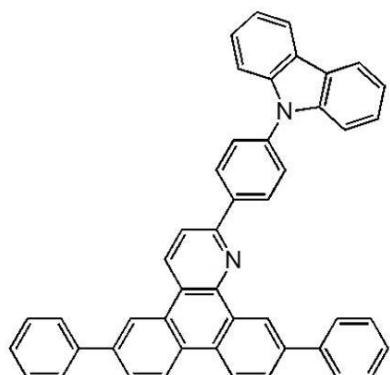


(349)

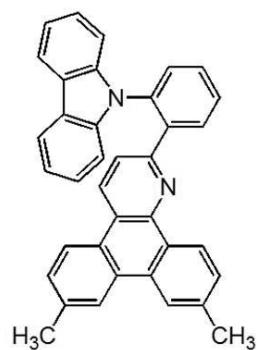
30

【 0 0 8 0 】

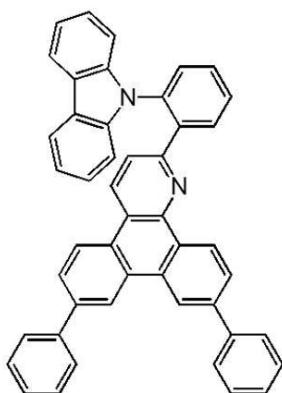
【化 2 9】



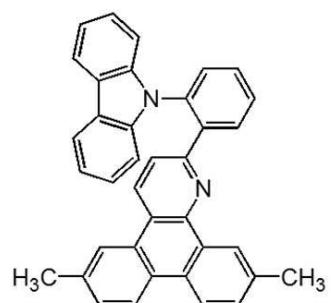
(350)



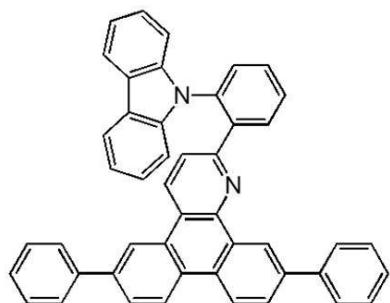
(351)



(352)



(353)



(354)

【0081】

また、本発明の一態様の発光素子に用いることのできる有機化合物の合成方法としては、種々の反応を適用することができる。例えば、以下に示す合成反応を行うことによって、一般式 (G1) で表される有機化合物を合成することができる。なお、合成方法は、以下の合成方法に限定されない。

【0082】

一般式 (G1) で表される有機化合物の合成方法 1

はじめに合成スキーム (A-1) を以下に示す。

【0083】

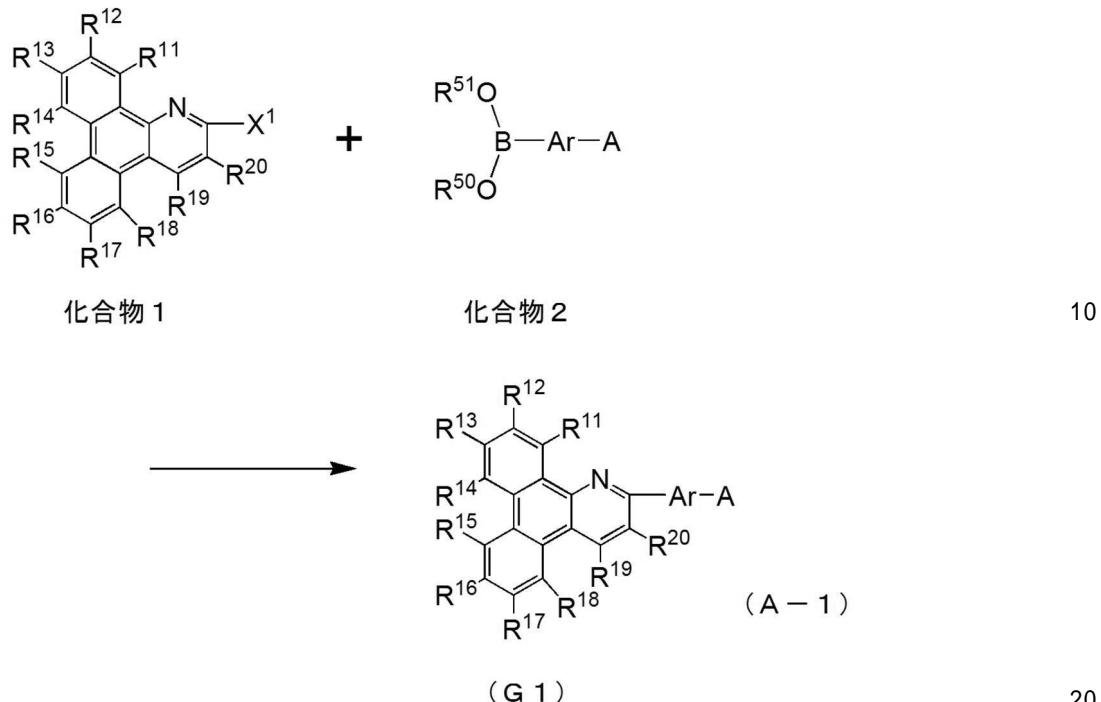
10

20

30

40

【化30】



【0084】

一般式 (G 1) で表される上記有機化合物は、合成スキーム (A - 1) のようにして合成することができる。すなわち、ジベンゾ [f, h] キノリン誘導体のハロゲン化物 (化合物 1) と、カルバゾール誘導体、ジベンゾフラン誘導体、又はジベンゾチオフェン誘導体の、有機ボロン化合物又はボロン酸 (化合物 2) を、鈴木・宮浦反応によりカップリングさせることで、一般式 (G 1) で表される有機化合物を得ることができる。

【0085】

合成スキーム (A - 1) において、A はカルバゾリル基、ジベンゾチオフェニル基、ジベンゾフラン基を表し、R¹¹ ~ R²⁰ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 ~ 4 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基を表す。R⁵⁰ および R⁵¹ は水素、炭素数 1 ~ 6 のアルキル基のいずれかを表す。また、合成スキーム (A - 1) において R⁵⁰ と R⁵¹ は互いに結合して環を形成していてもよい。また、X¹ はハロゲンを表す。

【0086】

合成スキーム (A - 1) において、用いることができるパラジウム触媒としては、酢酸パラジウム (II)、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0)、ビス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (II) ジクロライド等が挙げられるが、用いることができるパラジウム触媒はこれらに限られるものでは無い。

【0087】

合成スキーム (A - 1) において、用いることができるパラジウム触媒の配位子としては、トリ (オルト - トリル) ホスフィンや、トリフェニルホスフィンや、トリシクロヘキシルホスフィン等が挙げられる。パラジウム触媒の配位子はこれらに限られるものでは無い。

【0088】

合成スキーム (A - 1) において、用いることができる塩基としては、ナトリウム t-ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等が挙げられるが、用いることができる塩基はこれらに限られるものでは無い。

【0089】

合成スキーム (A - 1) において、用いることができる溶媒としては、トルエンと水の混合溶媒、トルエンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、キシレンと水の混合溶

30

40

50

媒、キシレンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、ベンゼンと水の混合溶媒、ベンゼンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒などが挙げられる。ただし、用いることができる溶媒はこれらに限られるものでは無い。また、トルエンと水、又はトルエンとエタノールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒がより好みしい。

【0090】

合成スキーム (A-1) に示す鈴木・宮浦カップリング反応において、化合物2で示される有機ホウ素化合物、又はボロン酸以外にも、有機アルミニウムや、有機ジルコニウム、有機亜鉛、有機スズ化合物等を用いるクロスカップリング反応を用いてよい。しかし、これらに限定されるものではない。

10

【0091】

また、合成スキーム (A-1) に示す鈴木・宮浦カップリング反応において、ジベンゾ [f, h] キノリン誘導体の有機ホウ素化合物、又はボロン酸と、カルバゾール誘導体、ジベンゾフラン誘導体、又はジベンゾチオフェン誘導体のハロゲン化物、又はトリフルオロ置換体をカップリングしてもよい。

【0092】

以上によって、一般式 (G1) で表される有機化合物を合成することができる。

【0093】

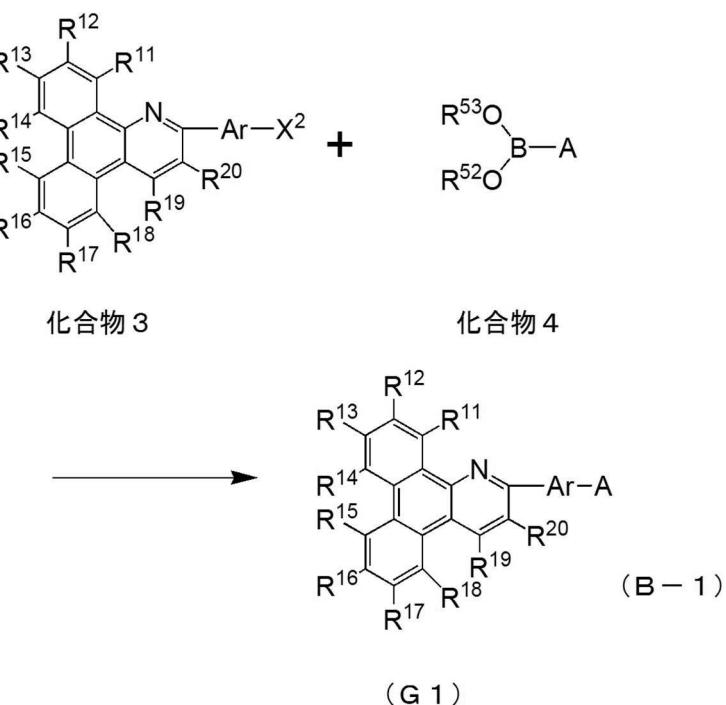
一般式 (G1) で表される有機化合物の合成方法2

20

以下では、一般式 (G1) で表される有機化合物の別の合成方法について説明する。はじめに、Aのホウ素化合物を原料に用いる場合の、合成スキーム (B-1) を以下に示す。

【0094】

【化31】



【0095】

合成スキーム (B-1) に示すように、ジベンゾ [f, h] キノリン誘導体のハロゲン化物 (化合物3) と、カルバゾール誘導体、ジベンゾフラン誘導体、またはジベンゾチオフェン誘導体の有機ボロン化合物、またはボロン酸 (化合物4) を、鈴木・宮浦反応により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を得ることができる

50

。

【0096】

合成スキーム (B-1)において、Aはカルバゾリル基、ジベンゾチオフェニル基、ジベンゾフラニル基を表し、R^{1 1}～R^{2 0}は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～4のアルキル基、置換または無置換の炭素数6～13のアリール基を表す。Arは、炭素数6～13のアリーレン基を表し、該アリーレン基は置換基を有していてもよく、該置換基は互いに結合して環を形成してもよい。R^{5 2}およびR^{5 3}は水素、炭素数1～6のアルキル基のいずれかを表す。合成スキーム (B-1)においてR^{5 2}とR^{5 3}は互いに結合して環を形成してもよい。また、X²はハロゲン、又はトリフラート基を表し、ハロゲンとしては、ヨウ素と臭素がより好ましい。

10

【0097】

合成スキーム (B-1)において、用いることができるパラジウム触媒としては、酢酸パラジウム (II)、テトラキス (トリフェニルホスфин) パラジウム (0)、ビス (トリフェニルホスфин) パラジウム (II) ジクロライド等が挙げられるが、用いることができるパラジウム触媒はこれらに限られるものでは無い。

【0098】

合成スキーム (B-1)において、用いることができるパラジウム触媒の配位子としては、トリ (オルト - トリル) ホスфинや、トリフェニルホスфинや、トリシクロヘキシルホスфин等が挙げられる。用いることができるパラジウム触媒の配位子はこれらに限られるものでは無い。

20

【0099】

合成スキーム (B-1)において、用いることができる塩基としては、ナトリウムtert-ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等が挙げられるが、用いることができる塩基はこれらに限られるものでは無い。

【0100】

合成スキーム (B-1)において、用いることができる溶媒としては、トルエンと水の混合溶媒、トルエンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、キシレンと水の混合溶媒、キシレンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、ベンゼンと水の混合溶媒、ベンゼンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒などが挙げられる。ただし、用いることができる溶媒はこれらに限られるものでは無い。また、トルエンと水、又はトルエンとエタノールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒がより好ましい。

30

【0101】

合成スキーム (B-1)に示す鈴木・宮浦カップリング反応において、化合物4で示される有機ホウ素化合物、又はボロン酸以外にも、有機アルミニウムや、有機ジルコニウム、有機亜鉛、有機スズ化合物等を用いるクロスカップリング反応を用いてもよい。しかし、これらに限定されるものではない。また、このカップリングにおいて、ハロゲン以外にもトリフラート基等を用いてもよいが、これらに限定されるものではない。

【0102】

40

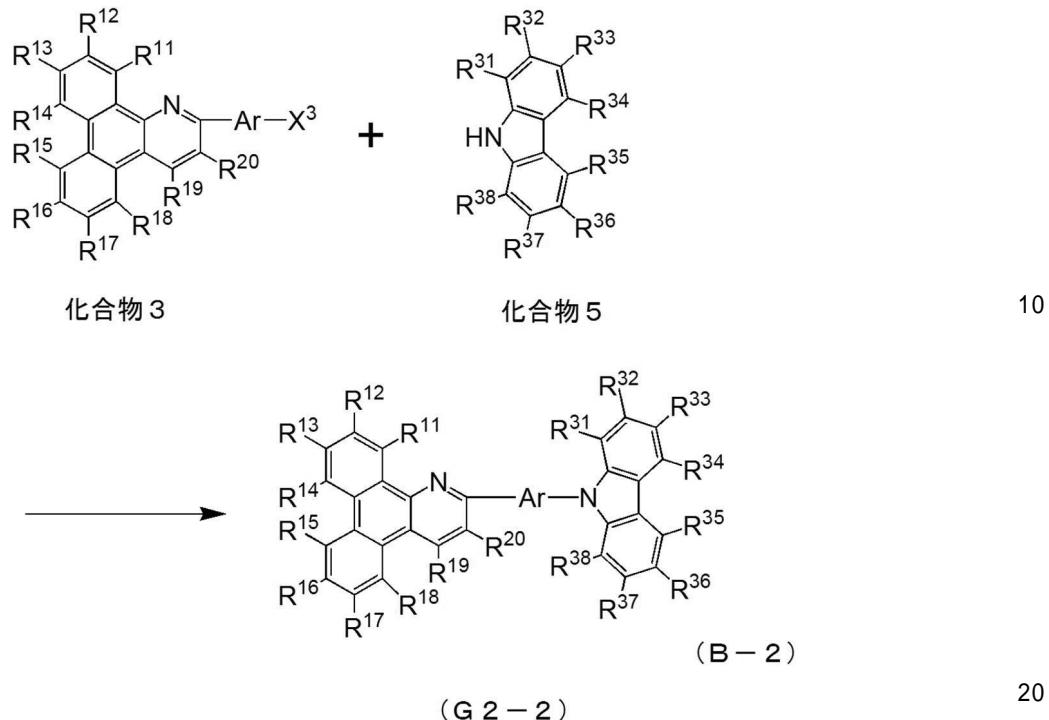
また、合成スキーム (B-1)に示す鈴木・宮浦カップリング反応において、ジベンゾ[f, h]キノリン誘導体の有機ホウ素化合物、又はボロン酸と、カルバゾール誘導体、ジベンゾフラン誘導体、又はジベンゾチオフェン誘導体のハロゲン化物、又はトリフラート置換体をカップリングしてもよい。

【0103】

合成スキーム (B-1)において、AがN - カルバゾリル誘導体の場合、下記合成スキーム (B-2)に従って合成することで、一般式 (G2-2) に示す有機化合物を得ることができる。

【0104】

【化32】



【0105】

合成スキーム（B-2）に示すように、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン誘導体のハロゲン化物（化合物3）と、9*H*-カルバゾール誘導体（化合物5）を、塩基存在下で金属触媒、金属、または金属化合物によりカップリングさせることにより、本実施の形態で示す複素環化合物（G2-2）を得ることができる。

【0106】

合成スキーム（B-2）において、R¹⁻¹～R²⁻⁰は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～4のアルキル基、置換または無置換の炭素数6～13のアリール基を表す。Arは、炭素数6～13のアリーレン基を表し、該アリーレン基は置換基を有していてもよく、該置換基は互いに結合して環を形成してもよい。R³⁻¹～R³⁻⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～4のアルキル基、置換または無置換の炭素数6～13のアリール基を表す。また、X³はハロゲン、又はトリフラート基を表し、ハロゲンとしては、ヨウ素と臭素がより好ましい。

【0107】

合成スキーム（B-2）において、ハートウィック・ブッファルト反応を行う場合、用いることができるパラジウム触媒としては、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。

【0108】

合成スキーム（B-2）において、用いることができるパラジウム触媒の配位子としては、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等が挙げられる。

【0109】

合成スキーム（B-2）において、用いることができる塩基としては、ナトリウム-*tert*-ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム等の無機塩基等が挙げられる。

【0110】

また、合成スキーム（B-2）において、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、テトラヒドロフラン等が挙げられる。

【0111】

また、ハートウィック・ブッファルト反応以外にも、ウルマン反応などを用いても良く

10

20

30

40

50

、これらに限定されるものではない。

【0112】

以上によって、本実施の形態の一態様として用いることのできる有機化合物を合成することができる。

【0113】

なお、上記有機化合物は、高いT1準位を有しているため、高いS1準位も有している。したがって、上記有機化合物は、蛍光発光材料のホスト材料としても用いることができる。

【0114】

また、ゲスト材料（第2の有機化合物）としては、例えば、燐光性材料や熱活性化遅延蛍光（TADF: Thermally Activated Delayed Fluorescence）を示す材料が挙げられる。

【0115】

また、上記燐光性材料として、例えば440 nm ~ 520 nmに発光のピークを有する燐光性材料としては、トリス{2-[5-(2-メチルフェニル)-4-(2,6-ジメチルフェニル)-4H-1,2,4-トリアゾール-3-イル-N2]フェニル-C}イリジウム（III）（略称：Ir(mpptz-dmp)₃）、トリス(5-メチル-3,4-ジフェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム（III）（略称：[Ir(Mptz)₃]）、トリス[4-(3-ビフェニル)-5-イソプロピル-3-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム（III）（略称：Ir(ipptz-3b)₃）のような4H-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-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム（III）（略称：[Ir(Mptz1-mp)₃]）、トリス(1-メチル-5-フェニル-3-プロピル-1H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム（III）（略称：Ir(Prptz1-Me)₃）のような1H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、fac-トリス[1-(2,6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール]イリジウム（III）（略称：Ir(ippmi)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（III）（略称：Ir(dmpimp-Me)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（III）テトラキス(1-ピラゾリル)ボラート（略称：FIr6）、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム（III）ピコリナート（略称：FIrpic）、ビス{2-[3',5'-ビス(トリフルオロメチル)フェニル]ピリジナト-N,C^{2'}}イリジウム（III）ピコリナート（略称：Ir(CF₃ppy)₂(pic)）、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム（III）アセチルアセトナート（略称：FIracac）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。上述した中でも、4H-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。

【0116】

また、例えば520 nm ~ 600 nmに発光のピークを有する燐光性材料としては、トリス(4-メチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム（III）（略称：[Ir(mppm)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（III）（略称：[Ir(tBu ppm)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（III）（略称：[Ir(mppm)₂(acac)]）、（アセチルアセトナト）ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム（III）（略称：[Ir(tBu ppm)₂(acac)]）、（アセチルアセトナト）ビス[4-(2-ノルボルニル)-6-フェニルピリミジナト]イリジウム（III）（endo-, exo-混合物）（略称：Ir(nbpm)

10

20

30

40

50

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(III)(略称:[Ir(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(III)(略称:[Ir(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(III)(略称:[Ir(m p p r-Me)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(III)(略称:[Ir(m p p r-iPr)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,C²⁻)イリジウム(III)(略称:[Ir(p p y)₃])、ビス(2-フェニルピリジナト-N,C²⁻)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(p p y)₂(a c a c)])]、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(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(III)(略称:[Ir(b z q)₃])、トリス(2-フェニルキノリナト-N,C²⁻)イリジウム(III)(略称:[Ir(p q)₃])、ビス(2-フェニルキノリナト-N,C²⁻)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(p q)₂(a c a c)])]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(アセチルアセトナト)(モノフェナントロリン)テルビウム(III)(略称:[Tb(a c a c)₃(Phen)])]のような希土類金属錯体が挙げられる。上述した中でも、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。
10 20

【0117】

また、例えば600nm~700nmに発光のピークを有する燐光性材料としては、(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(a c a c)])]、ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tppr)₂(dpm)])]、(アセチルアセトナト)ビス[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(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(1-フェニルイソキノリナト-N,C²⁻)イリジウム(III)(略称:[Ir(piq)₃])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N,C²⁻)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(piq)₂(a c a c)])]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-ボルフィリン白金(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。上述した中でも、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。
30 40

【0118】

また、発光層113にアシスト材料(第3の有機化合物)を用いる場合、上述した正孔注入層111、及び正孔輸送層112に用いることのできる正孔輸送性の高い物質を用い
50

ればよい。

【0119】

とくに、アシスト材料（第3の有機化合物）としては、カルバゾール骨格を含む化合物が好ましい。カルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。

【0120】

なお、これらのホスト材料（第1の有機化合物）およびアシスト材料（第3の有機化合物）は、青色の領域に吸収スペクトルを有さないことが好ましい。具体的には、吸収スペクトルの吸収端が440nm以下であることが好ましい。

【0121】

電子輸送層114は、電子輸送性の高い物質を含む層である。電子輸送層114には、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Alq₃)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Almq₃)、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)、BA1q、Zn(BOX)₂、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛(略称:Zn(BTZ)₂)などの金属錯体を用いることができる。また、2-(4-ビフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PPD)、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-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ビフェニリル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニリル)-1,2,4-トリアゾール(略称:*p*-EtTAZ)、パソフェナントロリン(略称:BPhen)、パソキュプロイン(略称:BCP)、4,4'-ビス(5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル)スチルベン(略称:BzOs)などの複素芳香族化合物も用いることができる。また、ポリ(2,5-ピリジン-ジイル)(略称:PPy)、ポリ[(9,9-ジヘキシルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(ピリジン-3,5-ジイル)](略称:PF-Py)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,2'-ビピリジン-6,6'-ジイル)](略称:PF-BPy)のような高分子化合物を用いることもできる。ここに述べた物質は、主に10⁻⁶cm²/Vs以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層114として用いてもよい。

【0122】

また、電子輸送層114は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が2層以上積層したものとしてもよい。

【0123】

また、電子輸送層114に、一般式(G0)、(G1)、(G2-1)、(G2-2)、(G3-1)、及び(G3-2)で表される有機化合物を適用してもよい。

【0124】

電子注入層115は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層115には、フッ化リチウム(LiF)、フッ化セシウム(CsF)、フッ化カルシウム(CaF₂)、リチウム酸化物(LiOx)等のようなアルカリ金属またはアルカリ土類金属の化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム(ErF₃)のような希土類金属化合物を用いることができる。また、上述した電子輸送層114を構成する物質を用いることもできる。

【0125】

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

10

20

30

40

50

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

【0126】

なお、上述した正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113、電子輸送層114、及び電子注入層115は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法等の方法で形成することができる。

10

【0127】

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

【0128】

次に、図1(B)及び図1(C)に示す発光素子について、以下説明を行う。

【0129】

20

図1(B)に示す発光素子は、第1の電極301と、第2の電極303の間に、複数の発光層（第1の発光層311、第2の発光層312）を有するタンデム型の発光素子である。

【0130】

第1の電極301は、陽極として機能する電極であり、第2の電極303は陰極として機能する電極である。なお、第1の電極301及び第2の電極303は、第1の電極101及び第2の電極103と同様な構成を用いることができる。

【0131】

また、複数の発光層（第1の発光層311、第2の発光層312）は、発光層113と同様の構成を用いることができる。なお、第1の発光層311と第2の発光層312は、同じ構成であっても異なる構成であってもよく、いずれか一方に発光層113と同様の構成を用いればよい。また、第1の発光層311、第2の発光層312以外に、先に説明した、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を適宜設けてよい。

30

【0132】

また、複数の発光層（第1の発光層311、第2の発光層312）の間には、電荷発生層313が設けられている。電荷発生層313は、第1の電極301と第2の電極303に電圧を印加したときに、一方の発光層に電子を注入し、他方の発光層に正孔を注入する機能を有する。本実施の形態の場合には、第1の電極301に第2の電極303よりも電位が高くなるように電圧を印加すると、電荷発生層313から第1の発光層311に電子が注入され、第2の発光層312に正孔が注入される。

40

【0133】

なお、電荷発生層313は、光の取り出し効率の点から、可視光に対して透光性を有する（具体的には、電荷発生層313に対する可視光の透過率が、40%以上）ことが好ましい。また、電荷発生層313は、第1の電極301や第2の電極303よりも低い導電率であっても機能する。

【0134】

電荷発生層313は、正孔輸送性の高い有機化合物に電子受容体（アクセプター）が添加された構成であっても、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体（ドナー）が添加された構成であってもよい。また、これらの両方の構成が積層されていても良い。

50

【0135】

正孔輸送性の高い有機化合物に電子受容体が添加された構成とする場合において、正孔輸送性の高い有機化合物としては、例えば、N P BやT P D、T D A T A、M T D A T A、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-Nフェニルアミノ]ビフェニル(略称: B S P B)などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

【0136】

また、電子受容体としては、7,7,8,8-テトラシアノ-2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン(略称: F 4 - T C N Q)、クロラニル等を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属などの遷移金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タンゲステン、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。

【0137】

一方、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体が添加された構成とする場合において、電子輸送性の高い有機化合物としては、例えば、A l q、A l m q₃、B e B q₂、B A l qなど、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等を用いることができる。また、この他、Z n (B O X)₂、Z n (B T Z)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、P B DやO X D - 7、T A Z、B P h e n、B C Pなども用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

【0138】

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

【0139】

図1(B)においては、発光層を2層有する発光素子について説明したが、図1(C)に示すように、n層(ただし、nは、3以上)の発光層を積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一対の電極間に複数の発光層を有する場合、発光層と発光層との間に電荷発生層313を配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度領域での発光が可能である。電流密度を低く保てるため、長寿命素子を実現できる。

【0140】

また、それぞれの発光層の発光色を異なるものにすることで、発光素子全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、2つの発光層を有する発光素子において、第1の発光層の発光色と第2の発光層の発光色を補色の関係になるようにすることで、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも可能である。なお、補色とは、混合すると無彩色になる色同士の関係をいう。つまり、補色の関係にある色を発光する物質から得られた光と混合すると、白色発光を得ることができる。

【0141】

また、3つの発光層を有する発光素子の場合でも同様であり、例えば、第1の発光層の発光色が赤色であり、第2の発光層の発光色が緑色であり、第3の発光層の発光色が青色

10

20

30

40

50

である場合、発光素子全体としては、白色発光を得ることができる。

【0142】

以上のように、本実施の形態に示す一対の電極間に挟持された発光層を含む発光素子は、一対の電極間に有機化合物を有し、該有機化合物が、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、アリーレン基と、正孔輸送性骨格と、を有する。特に、ジベンゾ[*f*, *h*]キノリン環と、正孔輸送性骨格と、がアリーレン基を介して結合する有機化合物を用いる。このような有機化合物は、広いエネルギーギャップや高いT₁準位を有するため、発光素子において、発光層の発光物質を分散させるホスト材料に用いることで、高い電流効率を得ることができる。特に、燐光性化合物を分散させるホスト材料として好適である。

【0143】

10

また、上記有機化合物を発光層に含む発光素子とすることで、駆動電圧の低い発光素子を実現することができる。また、長寿命の発光素子を実現することができる。

【0144】

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

【0145】

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子を適用し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及びC-Dで切断した断面図である。

20

【0146】

本実施の形態の発光装置は、駆動回路部であるソース側駆動回路401及びゲート側駆動回路403、画素部402、封止基板404、シール材405、FPC(フレキシブルプリントサーキット)409、並びに素子基板410を有する。シール材405で囲まれた内側は、空間407になっている。

【0147】

なお、引き回し配線408はソース側駆動回路401及びゲート側駆動回路403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FPC409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又はPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

30

【0148】

図2(A)に示す素子基板410上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、図2(B)では、駆動回路部であるソース側駆動回路401と、画素部402中の一つの画素が示されている。

【0149】

なお、ソース側駆動回路401はnチャネル型FET423とpチャネル型FET424とを組み合わせたCMOS回路が形成される。また、駆動回路は、FETで形成される種々のCMOS回路、PMOS回路又は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一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

40

【0150】

また、画素部402はスイッチング用FET411と、電流制御用FET412とそのドレインに電気的に接続された第1の電極413とを含む複数の画素により形成される。なお、第1の電極413の端部を覆って絶縁物414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。

【0151】

また、被覆性を良好なものとするため、絶縁物414の上端部又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414の材料として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。

50

リルを用いた場合、絶縁物 414 の上端部のみに曲率半径 (0.2 μm ~ 3 μm) を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物 414 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。

【0152】

第1の電極 413 上には、EL層 416、及び第2の電極 417 がそれぞれ形成されている。第1の電極 413、EL層 416、及び第2の電極 417 は、それぞれ実施の形態1に挙げた材料で形成することができる。

【0153】

さらにシール材 405 で封止基板 404 を素子基板 410 と貼り合わせることにより、素子基板 410、封止基板 404、及びシール材 405 で囲まれた空間 407 に発光素子 418 が備えられた構造になっている。なお、空間 407 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、シール材で充填される場合もある。

【0154】

なお、シール材 405 にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板 404 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)、ポリエステル又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。

【0155】

以上のようにして、本発明の一態様の発光素子を有するアクティブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

【0156】

また、本発明の一態様の発光素子は、上述したアクティブマトリクス型の発光装置のみならずパッシブマトリクス型の発光装置に用いることもできる。図3に本発明の一態様の発光素子を用いたパッシブマトリクス型の発光装置の斜視図及び断面図を示す。なお、図3 (B) は図3 (A) をX-Yで切断した断面図である。

【0157】

図3において、基板 501 上の第1の電極 502 と第2の電極 503との間にはEL層 504 が設けられている。第1の電極 502 の端部は絶縁層 505 で覆われている。そして、絶縁層 505 上には隔壁層 506 が設けられている。隔壁層 506 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るような傾斜を有する。つまり、隔壁層 506 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層 505 と接する辺）の方が上辺（絶縁層 505 と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層 506 を設けることで、クロストーク等に起因した発光素子の不良を防ぐことができる。

【0158】

以上により、本発明の一態様の発光素子を適用した発光装置を得ることができる。

【0159】

なお、本実施の形態で示した発光装置は、いずれも本発明の一態様の発光素子を用いて形成されることから、消費電力の低い発光装置を得ることができる。

【0160】

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

【0161】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子を用いて作製される発光装置について、図4を用いて説明する。

【0162】

図4 (A) に、本実施の形態で示す発光装置の平面図、および平面図における一点鎖線E-F間の断面図を示す。

10

20

40

50

【0163】

図4(A)に示す発光装置は、第1の基板2001上に発光素子を含む発光部2002を有する。また、発光装置は、発光部2002の外周を囲むように第1の封止材2005aが設けられ、第1の封止材2005aの外周を囲むように第2の封止材2005bが設けられた構造(いわゆる、二重封止構造)である。

【0164】

したがって、発光部2002は、第1の基板2001、第2の基板2006および第1の封止材2005aにより囲まれた空間に配置されている。

【0165】

なお、本明細書中で、第1の封止材2005a、および第2の封止材2005bはそれぞれ、第1の基板2001および第2の基板2006に直接接する構成に限られない。例えば、第1の基板2001上に形成された絶縁膜や導電膜が、第1の封止材2005aと接する構成であっても良い。

10

【0166】

上記構成において、第1の封止材2005aが乾燥剤を含む樹脂層とし、第2の封止材2005bがガラス層とすることにより、外部からの水分や酸素などの不純物の入り込みを抑制する効果(以下、封止性と呼ぶ)を高めることができる。

【0167】

このように第1の封止材2005aを樹脂層とすることで、第2の封止材2005bのガラス層に割れやひび(以下、クラックと呼ぶ)が発生することを抑制することができる。また、第2の封止材2005bによる、封止性が十分に得られなくなった場合において、第1の空間2013に不純物が侵入したときでも、第1の封止材2005aの高い封止性により、第2の空間2011内に、不純物が入り込むのを抑制することができる。よって、不純物によって発光素子に含まれる有機化合物や金属材料等が劣化することを抑制することができる。

20

【0168】

また、別の構成として、図4(B)に示すように第1の封止材2005aがガラス層とし、第2の封止材2005bが乾燥剤を含む樹脂層とすることもできる。

【0169】

なお、本実施の形態で示した発光装置は、外周部になればなるほど、外力等による歪みが大きくなる。よって、外力等による歪みが比較的小さい第1の封止材2005aをガラス層とし、第2の封止材2005bを、耐衝撃性や耐熱性に優れ、外力等による変形で壊れにくい樹脂層とすることにより、第1の空間2013に不純物が侵入することを抑制することができる。

30

【0170】

また、上記構成に加えて、第1の空間2013や第2の空間2011に乾燥剤となる材料を有していてもよい。

【0171】

第1の封止材2005a、または第2の封止材2005bをガラス層とする場合には、例えば、ガラスフリットやガラスリボン等を用いて形成することができる。なお、ガラスフリットやガラスリボンには、少なくともガラス材料が含まれることとする。

40

【0172】

また、上述したガラスフリットとしては、ガラス材料をフリット材として含み、例えば、酸化マグネシウム、酸化カルシウム、酸化ストロンチウム、酸化バリウム、酸化セシウム、酸化ナトリウム、酸化カリウム、酸化ホウ素、酸化バナジウム、酸化亜鉛、酸化テルル、酸化アルミニウム、二酸化珪素、酸化鉛、酸化スズ、酸化ルテニウム、酸化ロジウム、酸化鉄、酸化銅、二酸化マンガン、酸化モリブデン、酸化ニオブ、酸化チタン、酸化タンゲステン、酸化ビスマス、酸化ジルコニア、酸化リチウム、酸化アンチモン、ホウ酸鉛ガラス、リン酸スズガラス、バナジン酸塩ガラス又はホウケイ酸ガラス等を含む。赤外光を吸収させるため、少なくとも一種類以上の遷移金属を含むことが好ましい。

50

【0173】

また、上述したガラスフリットを用いてガラス層を形成する場合には、例えば、基板上にフリットペーストを塗布し、これに加熱処理、またはレーザ照射などを行う。フリットペーストには、上記フリット材と、有機溶媒で希釈した樹脂（バインダとも呼ぶ）とが含まれる。フリットペーストには、様々な材料、構成を用いることができる。また、フリット材にレーザ光を吸収する吸収剤を添加したものを用いても良い。また、レーザとして、例えばNd:YAGレーザや半導体レーザなどを用いることが好ましい。また、レーザ照射の際のレーザの照射形状は、円形でも四角形でもよい。

【0174】

なお、形成されるガラス層と基板は、熱膨張率が近いことが好ましい。熱膨張率が近いほど、熱応力によりガラス層や基板にクラックが入ることを抑制できる。

【0175】

また、第1の封止材2005a、または第2の封止材2005bを樹脂層とする場合には、紫外線硬化樹脂等の光硬化性樹脂や、熱硬化性樹脂等の様々な材料を用いて形成することができるが、特に水分や酸素を透過しない材料を用いることが好ましい。特に、光硬化性樹脂を用いることが好ましい。発光素子は、耐熱性の低い材料を含む場合がある。光硬化性樹脂は光が照射されることで硬化するため、発光素子が加熱されることで生じる、膜質の変化や有機化合物自体の劣化を抑制することができ、好ましい。さらに、本発明の一態様である発光素子に用いることができる有機化合物を用いてもよい。

【0176】

また、上記樹脂層、第1の空間2013、または第2の空間2011が含む乾燥剤としては、様々な材料を用いることができる。乾燥剤としては、化学吸着、あるいは物理吸着によって水分等を吸着する物質のいずれを用いてもよい。例えば、アルカリ金属の酸化物、アルカリ土類金属の酸化物（酸化カルシウムや酸化バリウム等）、硫酸塩、金属ハロゲン化物、過塩素酸塩、ゼオライト、シリカゲル等が挙げられる。

【0177】

また、上記第1の空間2013、および第2の空間2011の一方または両方は、例えば、希ガスや窒素ガス等の不活性ガス、または有機樹脂等を有していてもよい。なお、これらの空間内は、大気圧状態または減圧状態である。

【0178】

以上のように、本実施の形態で示す発光装置は、第1の封止材2005a、または第2の封止材2005bの一方が、生産性や封止性に優れたガラス層を含み、他方が、耐衝撃性や耐熱性に優れ、外力等による変形で壊れにくい樹脂層を含む二重封止構造であり、乾燥剤を内部に有することもできる構成であることから、外部からの不純物の入り込みを抑制する封止性を高めることができる。

【0179】

したがって、本実施の形態に示す構成を実施することにより、不純物による発光素子の劣化が抑制された発光装置を提供することができる。

【0180】

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

【0181】

(実施の形態4)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子を適用して作製された発光装置について図5を用いて説明する。

【0182】

図5(A)、(B)は、複数の発光素子を有する発光装置の断面図の例である。図5(A)に示す発光装置3000は、発光素子3020a、3020b、3020cを有している。

【0183】

10

20

30

40

50

発光装置 3000 は、基板 3001 上に、それぞれ島状に分離された下部電極 3003 a、3003 b、3003 c を有する。下部電極 3003 a、3003 b、3003 c は、発光素子の陽極として機能させることができる。なお下部電極 3003 a、3003 b、3003 c として、反射電極を設けてもよい。また下部電極 3003 a、3003 b、3003 c の上に、透明導電層 3005 a、3005 b、3005 c を設けてもよい。透明導電層 3005 a、3005 b、3005 c は、異なる色を発する素子毎に厚さが異なることが好ましい。

【0184】

また、発光装置 3000 は、隔壁 3007 a、3007 b、3007 c、3007 d を有する。より具体的には、隔壁 3007 a は、下部電極 3003 a 及び透明導電層 3005 a の一方の端部を覆う。また、隔壁 3007 b は、下部電極 3003 a 及び透明導電層 3005 a の他方の端部、並びに下部電極 3003 b 及び透明導電層 3005 b の一方の端部を覆う。また、隔壁 3007 c は、下部電極 3003 b 及び透明導電層 3005 b の他方の端部、並びに下部電極 3003 c 及び透明導電層 3005 c の一方の端部を覆う。また、隔壁 3007 d は、下部電極 3003 c 及び透明導電層 3005 c の他方の端部を覆う。

【0185】

また、発光装置 3000 は、透明導電層 3005 a、3005 b、3005 c 並びに隔壁 3007 a、3007 b、3007 c、3007 d 上に、正孔注入層 3009 を有する。

【0186】

また、発光装置 3000 は、正孔注入層 3009 上に、正孔輸送層 3011 を有する。また正孔輸送層 3011 上に発光層 3013 a、3013 b、3013 c を有する。また発光層 3013 a、3013 b、3013 c 上にそれぞれ、電子輸送層 3015 を有する。

【0187】

また、発光装置 3000 は、電子輸送層 3015 上に、電子注入層 3017 を有する。また電子注入層 3017 上に上部電極 3019 を有する。上部電極 3019 は、発光素子の陰極として機能させることができる。

【0188】

なお、図 5 (A) では下部電極 3003 a、3003 b、3003 c を発光素子の陽極、上部電極 3019 を発光素子の陰極として機能させる例を説明したが、陰極と陽極の積層順を入れ替てもよい。この場合、電子注入層、電子輸送層、正孔輸送層、正孔注入層の積層順も適宜入れ替えればよい。

【0189】

発光層 3013 a、3013 b、3013 c に、本発明の一態様である発光素子を適用することができる。該発光素子は低い駆動電圧、高い電流効率、または長寿命を実現することができるため、低消費電力または長寿命の発光装置 3000 を提供することができる。

【0190】

図 5 (B) に示す発光装置 3100 は、発光素子 3120 a、3120 b、3120 c を有している。また発光素子 3120 a、3120 b、3120 c は、下部電極 3103 a、3103 b、3103 c と、上部電極 3119 の間に複数の発光層を有する、タンデム型の発光素子である。

【0191】

発光装置 3100 は、基板 3101 上に、それぞれ島状に分離された下部電極 3103 a、3103 b、3103 c を有する。下部電極 3103 a、3103 b、3103 c は、発光素子の陽極として機能させることができる。なお下部電極 3103 a、3103 b、3103 c として、反射電極を設けてもよい。また下部電極 3103 a、3103 b 上に、透明導電層 3105 a、3105 b を設けてもよい。透明導電層 3105 a、3105 b

10

20

30

40

50

5 b は、異なる色を発する素子毎に厚さが異なることが好ましい。図示しないが、下部電極 3103c 上にも透明導電層を設けてもよい。

【0192】

また、発光装置 3100 は、隔壁 3107a、3107b、3107c、3107d を有する。より具体的には、隔壁 3107a は、下部電極 3103a 及び透明導電層 3105a の一方の端部を覆う。また、隔壁 3107b は、下部電極 3103a 及び透明導電層 3105a の他方の端部、並びに下部電極 3103b 及び透明導電層 3105b の一方の端部を覆う。また、隔壁 3107c は、下部電極 3103b 及び透明導電層 3105b の他方の端部、並びに下部電極 3103c 及び透明導電層 3105c の一方の端部を覆う。また、隔壁 3107d は、下部電極 3103c 及び透明導電層 3105c の他方の端部を覆う。

10

【0193】

また、発光装置 3100 は、下部電極 3103a、3103b、3103c 並びに隔壁 3107a、3107b、3107c、3107d 上に、正孔注入層および正孔輸送層 3110 を有する。

【0194】

また、発光装置 3100 は、正孔注入層および正孔輸送層 3110 上に、第 1 の発光層 3112 を有する。また第 1 の発光層 3112 上に、電荷発生層 3114 を介して第 2 の発光層 3116 を有する。

【0195】

20

また、発光装置 3100 は、第 2 の発光層 3116 上に電子輸送層および電子注入層 3118 を有する。さらに電子輸送層および電子注入層 3118 上に上部電極 3119 を有する。上部電極 3119 は、発光素子の陰極として機能させることができる。

【0196】

なお、図 5 (B) では下部電極 3103a、3103b、3103c を発光素子の陽極、上部電極 3119 を発光素子の陰極として機能させる例を説明したが、陰極と陽極の積層順を入れ替えてよい。この場合、電子注入層、電子輸送層、正孔輸送層、正孔注入層の積層順も適宜入れ替えればよい。

【0197】

第 1 の発光層 3112、第 2 の発光層 3116 に、本発明の一態様である発光素子を適用することができる。該発光素子は低い駆動電圧、高い電流効率、または長寿命を実現することができるため、低消費電力または長寿命の発光装置 3100 を提供することができる。

30

【0198】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態、または実施例に示す構成と適宜組み合わせることができる。

【0199】

(実施の形態 5)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子を適用して作製された照明装置について図 6 を用いて説明する。

40

【0200】

図 6 (A)、(B)、(C)、(D)、(E) は、照明装置の平面図および断面図の例である。図 6 (A)、(B)、(C) は基板側に光を取り出すボトムエミッショント型の照明装置である。図 6 (A) の一点鎖線 G - H における断面を図 6 (B) に示す。

【0201】

図 6 (A)、(B) に示す照明装置 4000 は、基板 4005 上に発光素子 4007 を有する。また、基板 4005 の外側に凹凸を有する基板 4003 を有する。発光素子 4007 は、下部電極 4013 と、EL 層 4014 と、上部電極 4015 を有する。

【0202】

下部電極 4013 は、電極 4009 と電気的に接続され、上部電極 4015 は電極 40

50

11と電気的に接続される。また、下部電極4013と電気的に接続される補助配線4017を設けてもよい。

【0203】

基板4005と封止基板4019は、シール材4021で接着されている。また封止基板4019と発光素子4007の間に乾燥剤4023が設けられていることが好ましい。

【0204】

基板4003は、図6(A)のような凹凸を有するため、発光素子4007で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。また、基板4003に代えて、図6(C)の照明装置4001のように、基板4025の外側に拡散板4027を設けてもよい。

【0205】

図6(D)、(E)は、基板と反対側に光を取り出すトップエミッション型の照明装置である。

【0206】

図6(D)の照明装置4100は、基板4125上に発光素子4107を有する。発光素子4107は、下部電極4113と、EL層4114と、上部電極4115を有する。

【0207】

下部電極4113は、電極4109と電気的に接続され、上部電極4115は電極4111と電気的に接続される。また上部電極4115と電気的に接続される補助配線4117を設けてもよい。また補助配線4117の下部に、絶縁層4131を設けてもよい。

【0208】

基板4125と凹凸のある封止基板4103は、シール材4121で接着されている。また、封止基板4103と発光素子4107の間に平坦化膜4105およびバリア膜4133を設けてもよい。

【0209】

封止基板4103は、図6(D)のような凹凸を有するため、発光素子4107で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。また、封止基板4103に代えて、図6(E)の照明装置4101のように、発光素子4107の上に拡散板4127を設けてもよい。

【0210】

EL層4014およびEL層4114が有する発光層に、本発明の一態様である発光素子を適用することができる。該発光素子は低い駆動電圧、高い電流効率、または長寿命を実現することができるため、低消費電力または長寿命の照明装置4000、4001、4100、4101を提供することができる。

【0211】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態、または実施例に示す構成と適宜組み合わせることができる。

【0212】

(実施の形態6)

本実施の形態においては、本発明の一態様の発光装置と組み合わせることができるタッチセンサ、及び表示モジュールについて、図7乃至図10を用いて説明する。

【0213】

図7(A)はタッチセンサ4500の構成例を示す分解斜視図であり、図7(B)は、タッチセンサ4500の構成例を示す平面図である。

【0214】

図7(A)、(B)に示すタッチセンサ4500は、基板4910上に、X軸方向に配列された導電層4510と、X軸方向と交差するY軸方向に配列された導電層4520とが形成されている。図7(A)、(B)に示すタッチセンサ4500は、導電層4510が形成された平面図と、導電層4520が形成された平面図と、を分離して表示されている。

【0215】

10

20

30

40

50

また、図8は、図7に示すタッチセンサ4500の導電層4510と導電層4520との交差部分の等価回路図である。図8に示すように、導電層4510と導電層4520の交差する部分には、容量4540が形成される。

【0216】

また、導電層4510、4520は、複数の四辺形状の導電膜が接続された構造を有している。導電層4510及び導電層4520は、導電膜の四辺形状の部分の位置が重ならないように、配置されている。導電層4510と導電層4520の交差する部分には、導電層4510と導電層4520が直接接触しないように間に絶縁膜が設けられている。

【0217】

また、図9は、導電層4510a、4510b、4510cと導電層4520との接続構造の一例を説明する断面図であり、導電層4510a、4510b、4510cと導電層4520が交差する部分の断面図を一例として示す。

【0218】

図9に示すように、導電層4510は、1層目の導電層4510aおよび導電層4510b、ならびに、絶縁層4810上の2層目の導電層4510cにより構成される。導電層4510aと導電層4510bは、導電層4510cにより接続されている。導電層4520は、1層目の導電層により形成される。導電層4510a、4510b、4510c、4520及び導電層4710の一部を覆って絶縁層4810、4820が形成されている。絶縁層4810、4820として、例えば、酸化窒化シリコン膜を形成すればよい。なお、基板4910と導電層4710、4510a、4510b、4520の間に絶縁膜でなる下地膜を形成してもよい、下地膜としては、例えば、酸化窒化シリコン膜を形成することができる。

【0219】

導電層4510a、4510b、4510cと導電層4520は、可視光に対して透光性を有する導電材料で形成される。例えば、透光性を有する導電材料として、酸化珪素を含む酸化インジウムスズ、酸化インジウムスズ、酸化亜鉛、酸化インジウム亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛等がある。

【0220】

導電層4510aは、導電層4710に接続されている。導電層4710は、FPCとの接続用端子を構成する。導電層4520も、導電層4510aと同様、他の導電層4710に接続される。導電層4710は、例えば、タンゲステン膜から形成することができる。

【0221】

導電層4510a、4510b、4510c、導電層4520及び導電層4710の一部を覆って絶縁層4820が形成されている。導電層4710とFPCとを電気的に接続するために、導電層4710上の絶縁層4810及び絶縁層4820には開口が形成されている。絶縁層4820上には、基板4920が接着剤又は接着フィルム等により貼り付けられている。接着剤又は接着フィルムにより基板4910側を表示パネルのカラーフィルタ基板に取り付けることで、タッチパネルが構成される。

【0222】

次に、本発明の一態様の発光装置を用いることのできる表示モジュールについて、図10を用いて説明を行う。

【0223】

図10に示す表示モジュール8000は、上部カバー8001と下部カバー8002との間に、FPC8003に接続されたタッチパネル8004、FPC8005に接続された表示パネル8006、バックライトユニット8007、フレーム8009、プリント基板8010、バッテリー8011を有する。

【0224】

上部カバー8001及び下部カバー8002は、タッチパネル8004及び表示パネル8006のサイズに合わせて、形状や寸法を適宜変更することができる。

10

20

30

40

50

【0225】

タッチパネル8004は、抵抗膜方式または静電容量方式のタッチパネルを表示パネル8006に重畠して用いることができる。また、表示パネル8006の対向基板（封止基板）に、タッチパネル機能を持たせるようにすることも可能である。また、表示パネル8006の各画素内に光センサを設け、光学式のタッチパネルとすることも可能である。

【0226】

バックライトユニット8007は、光源8008を有しており、本発明の一実施形態の発光素子を適用することができる。なお、図10において、バックライトユニット8007上に光源8008を配置する構成について例示したが、これに限定さない。例えば、バックライトユニット8007の端部に光源8008を配置し、さらに光拡散板を用いる構成としてもよい。なお、バックライトユニット8007を設けない構成としてもよい。この場合、本発明の一実施形態の発光素子を表示パネル8006に組み込むことができる。

10

【0227】

フレーム8009は、表示パネル8006の保護機能の他、プリント基板8010の動作により発生する電磁波を遮断するための電磁シールドとしての機能を有する。またフレーム8009は、放熱板としての機能を有していてもよい。

【0228】

プリント基板8010は、電源回路、ビデオ信号及びクロック信号を出力するための信号処理回路を有する。電源回路に電力を供給する電源としては、外部の商用電源であっても良いし、別途設けたバッテリー8011による電源であってもよい。バッテリー8011は、商用電源を用いる場合には、省略可能である。

20

【0229】

また、表示モジュール8000は、偏光板、位相差板、プリズムシートなどの部材を追加して設けてもよい。

【0230】

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

【0231】

(実施の形態7)

本実施の形態においては、電子機器の例について説明する。

30

【0232】

図11(A)乃至図11(H)、図12(A)乃至図12(D)は、電子機器を示す図である。これらの電子機器は、筐体5000、表示部5001、スピーカ5003、LEDランプ5004、操作キー5005（電源スイッチ、又は操作スイッチを含む）、接続端子5006、センサ5007（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あるいは感知する機能を含むもの）、マイクロフォン5008、等を有することができる。

【0233】

図11(A)はモバイルコンピュータであり、上述したものの他に、スイッチ5009、赤外線ポート5010、等を有することができる。図11(B)は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置（たとえば、DVD再生装置）であり、上述したものの他に、第2表示部5002、記録媒体読込部5011、等を有することができる。図11(C)はゴーグル型ディスプレイであり、上述したものの他に、第2表示部5002、支持部5012、イヤホン5013、等を有することができる。図11(D)は携帯型遊技機であり、上述したものの他に、記録媒体読込部5011、等を有することができる。図11(E)はテレビ受像機能付きデジタルカメラであり、上述したものの他に、アンテナ5014、シャッターボタン5015、受像部5016、等を有することができる。図11(F)は携帯型遊技機であり、上述したものの他に、第2表示部5002、記録媒体読込部5011、等を有することができる。図11(G)はテレビ受像器であり、上述したものの他に、

40

50

チューナ、画像処理部、等を有することができる。図11(H)は持ち運び型テレビ受像器であり、信号の送受信が可能な充電器5017等と組み合わせることができる。図12(A)はディスプレイであり、上述したものの他に、支持台5018、等を有することができる。図12(B)はカメラであり、上述したものの他に、外部接続ポート5019、シャッターボタン5015、受像部5016、等を有することができる。図12(C)はコンピュータであり、上述したものの他に、ポインティングデバイス5020、外部接続ポート5019、リーダ/ライタ5021、等を有することができる。図12(D)は携帯電話機であり、上述したものの他に、送信部、受信部、携帯電話・移動端末向けの1セグメント部分受信サービス用チューナ、等を有することができる。

【0234】

10

図11(A)乃至図11(H)、図12(A)乃至図12(D)に示す電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報(静止画、動画などのイメージ情報や、テキスト情報など)を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア(プログラム)によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。さらに、複数の表示部を有する電子機器においては、一つの表示部を主として画像情報を表示し、別の一つの表示部を主として文字情報を表示する機能、または、複数の表示部に視差を考慮した画像を表示することで立体的な画像を表示する機能、等を有することができる。さらに、受像部を有する電子機器においては、静止画を撮影する機能、動画を撮影する機能、撮影した画像を自動または手動で補正する機能、撮影した画像を記録媒体(外部又はカメラに内蔵)に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等を有することができる。なお、図11(A)乃至図11(H)、図12(A)乃至図12(D)に示す電子機器が有することのできる機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。

20

【0235】

本実施の形態において述べた電子機器は、何らかの情報を表示するための表示部を有することを特徴とする。

【0236】

30

次に、表示装置の応用例を説明する。

【0237】

図12(E)に、表示装置を、建造物と一体にして設けた例について示す。図12(E)は、筐体5022、表示部5023、操作部であるリモコン装置5024、スピーカ5025等を含む。表示装置は、壁かけ型として建物と一体となっており、設置するスペースを広く必要とすることなく設置可能である。

【0238】

図12(F)に、建造物内に表示装置を、建造物と一体にして設けた別の例について示す。表示モジュール5026は、ユニットバス5027と一緒に取り付けられており、入浴者は表示モジュール5026の視聴が可能になる。

40

【0239】

なお、本実施の形態において、建造物として壁、ユニットバスを例としたが、本実施の形態はこれに限定されず、様々な建造物に表示装置を設置することができる。

【0240】

次に、表示装置を、移動体と一体にして設けた例について示す。

【0241】

図12(G)は、表示装置を、自動車に設けた例について示した図である。表示モジュール5028は、自動車の車体5029に取り付けられており、車体の動作又は車体内外から入力される情報をオンデマンドに表示することができる。なお、ナビゲーション機能を有していてもよい。

50

【 0 2 4 2 】

図12(H)は、表示装置を、旅客用飛行機と一緒に設けた例について示した図である。図12(H)は、旅客用飛行機の座席上部の天井5030に表示モジュール5031を設けたときの、使用時の形状について示した図である。表示モジュール5031は、天井5030とヒンジ部5032を介して一体に取り付けられており、ヒンジ部5032の伸縮により乗客は表示モジュール5031の視聴が可能になる。表示モジュール5031は乗客が操作することで情報を表示する機能を有する。

【 0 2 4 3 】

なお、本実施の形態において、移動体としては自動車車体、飛行機機体について例示したがこれに限定されず、自動二輪車、自動四輪車（自動車、バス等を含む）、電車（モノレール、鉄道等を含む）、船舶等、様々なものに設置することができる。

10

【 0 2 4 4 】

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

【 0 2 4 5 】

なお、本明細書等においては、ある一つの実施の形態において述べる図または文章において、その一部分を取り出して、発明の一態様を構成することは可能である。したがって、ある部分を述べる図または文章が記載されている場合、その一部分の図または文章を取り出した内容も、発明の一態様として開示されているものであり、発明の一態様を構成することが可能であるものとする。そのため、例えば、能動素子（トランジスタ、ダイオードなど）、配線、受動素子（容量素子、抵抗素子など）、導電層、絶縁層、半導体層、有機材料、無機材料、部品、装置、動作方法、製造方法などが単数又は複数記載された図面または文章において、その一部分を取り出して、発明の一態様を構成することが可能であるものとする。例えば、N個（Nは整数）の回路素子（トランジスタ、容量素子等）を有して構成される回路図から、M個（Mは整数で、M < N）の回路素子（トランジスタ、容量素子等）を抜き出して、発明の一態様を構成することは可能である。別の例としては、N個（Nは整数）の層を有して構成される断面図から、M個（Mは整数で、M < N）の層を抜き出して、発明の一態様を構成することは可能である。さらに別の例としては、N個（Nは整数）の要素を有して構成されるフローチャートから、M個（Mは整数で、M < N）の要素を抜き出して、発明の一態様を構成することは可能である。

20

【 0 2 4 6 】

なお、本明細書等においては、少なくとも図に記載した内容（図の中の一部でもよい）は、発明の一態様として開示されているものであり、発明の一態様を構成することが可能である。したがって、ある内容について、図に記載されれば、文章を用いて述べていなくても、その内容は、発明の一態様として開示されているものであり、発明の一態様を構成することが可能である。同様に、図の一部を取り出した図についても、発明の一態様として開示されているものであり、発明の一態様を構成することが可能である。

30

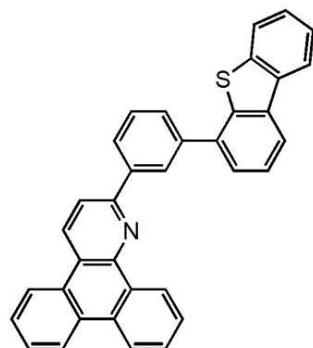
【 実施例 1 】**【 0 2 4 7 】**

本実施例では、下記構造式（101）に示される2mD B T P D B Q u - I Iの合成方法について説明する。

40

【 0 2 4 8 】

【化33】



10

(101)

2mDBTPDBQu-II

【0249】

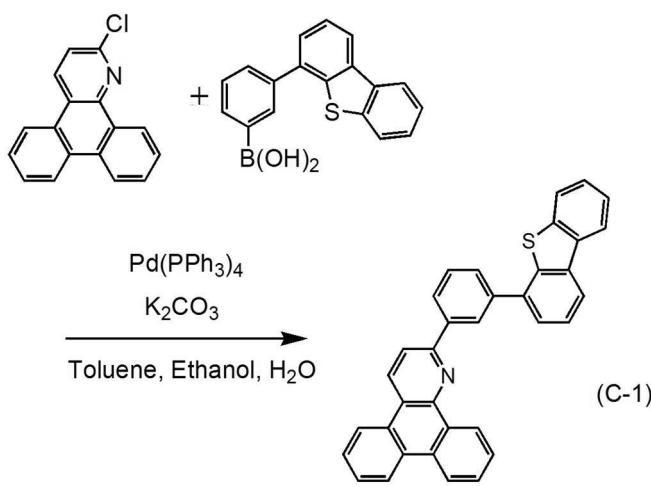
2mDBTPDBQu-IIの合成

2mDBTPDBQu-IIの合成スキームを(C-1)に示す。

【0250】

【化34】

20



30

(101)

【0251】

100mL三口フラスコに2-クロロジベンゾ[*f*、*h*]キノリン0.46g(1.7mmol)、3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニルボロン酸0.62g(2.0mmol)、トルエン20mL、エタノール2mL、2Mの炭酸カリウム水溶液2mLを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌することで脱気し、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に、テトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)65mg(56μmol)を加え、窒素気流下、80℃で7時間攪拌した。所定時間経過後、この混合物に水を加え、水層をトルエンで抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせ、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。得られた混合物を自然濾過し、濾液を濃縮して油状物を得た。得られた油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(トルエン:ヘキサン=1:1)で精製し、固体を得た。得られた固体を高速液体カラムクロマトグラフィーにより精製した。高速液体カラムクロマトグラフィーはクロロホルムを展開溶媒に用いることにより行った。得られたフラクションを濃縮して固体を得た。得られた固体にメタノールを加え、このメタノール懸濁液に超音波を照射し、固体を吸引濾過により回収したところ、目的物の白色粉末を収量0.68g

40

50

、収率79%で得た。

【0252】

得られた2mDBTPDBQu-IIの白色粉末0.66gをトレンンサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力2.7Pa、アルゴン流量5.0mL/minの条件で、2mDBTPDBQu-IIを280で14時間加熱して行った。昇華精製後、2mDBTPDBQu-IIの白色固体を0.60g、回収率90%で得た。

【0253】

核磁気共鳴法(¹H NMR)によって、この化合物が目的物である2mDBTPDBQu-IIであることを確認した。

【0254】

得られた物質の¹H NMRデータを以下に示す。

¹H NMR(CDC1₃, 300MHz): δ = 7.48 - 7.51 (m, 2H)、7.61 - 7.89 (m, 9H)、8.16 (d, J = 8.4Hz, 1H)、8.22 - 8.25 (m, 2H)、8.44 (d, J = 7.8Hz, 1H)、8.60 - 8.72 (m, 3H)、8.79 (s, 1H)、8.97 (d, J = 8.7Hz, 1H)、9.57 - 9.60 (m, 1H)。

【0255】

また、¹H NMRチャートを図13に示す。なお、図13(B)は、図13(A)における7.0ppm~10.0ppmの範囲を拡大して表したチャートである。

【0256】

次に、本実施例で得られた2mDBTPDBQu-II(略称)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。

【0257】

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。

【0258】

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3.0kV、サンプルコーン電圧は30Vとし、検出はポジティブモードで行った。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。アルゴンに衝突させる際のエネルギー(コリジョンエネルギー)は70eVとした。なお、測定する質量電荷比の範囲はm/z = 100~1200とした。

【0259】

MS分析した測定結果のマススペクトルを図14に示す。図14の結果から、本実施例で得られた2mDBTPDBQu-IIは、主としてm/z = 201付近、及びm/z = 227付近にプロダクトイオンのピークが、m/z = 488付近にプレカーサーイオン由来のピークが、それぞれ検出されることがわかった。

【0260】

LC/MS分析においては、水素イオンの付加・脱離や同位体の存在によりプロダクトイオンやプレカーサーイオンはm/zが異なる複数のピークを示す。本明細書で使用する「付近」とは、これら複数のピークを包括して記述するために使用する。なお、図14に示す結果は、2mDBTPDBQu-IIに由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる2mDBTPDBQu-IIを同定する上で重要なデータであるといえる。

【0261】

例えば、m/z = 201付近に検出されるピークは、ジベンゾ[f, h]キノリン環から、1位と2位の窒素、炭素、及び水素が解離して生じるフラグメント(C₁₆H₉)のラジカルカチオンのピークと示唆される。また、m/z = 227付近に検出されるピーク

10

20

30

40

50

は、ジベンゾ [f , h] キノリン環を含むフラグメントオン (C₁₇H₁₀N) のラジカルカチオンのピークと示唆される。

【 0 2 6 2 】

つまり、ジベンゾ [f , h] キノリン環の 2 位に置換基が結合している場合、置換基が外れたフラグメントに相当する $m/z = 227$ 付近と、そこから分子量 26 を差し引いたフラグメントに相当する $m/z = 201$ 付近とにピークが検出されやすいことが示唆される。なおここでの置換基とは、一般式 (G1) での Ar - A で表される置換基の部分である。

【 0 2 6 3 】

次に、本実施例で得られた 2mDBTPDBQu - II を飛行時間二次イオン質量分析計 (Time - of - Flight Secondary Ion Mass Spectrometer : TOF - SIMS) にて測定した定性マススペクトルを図 15 (A)、(B)、(C)、(D) に示す。

【 0 2 6 4 】

なお、図 15 (A) は、正イオンでの測定結果であり、横軸が 0 ~ 450 の範囲の m/z を表し、縦軸が強度 (任意単位) を表す。また、図 15 (B) は、正イオンでの測定結果であり、横軸が 400 ~ 1200 の範囲の m/z を表し、縦軸が強度 (任意単位) を表す。また、図 15 (C) は、負イオンでの測定結果であり、横軸が 0 ~ 450 の範囲の m/z を表し、縦軸が強度 (任意単位) を表す。また、図 15 (D) は、負イオンでの測定結果であり、横軸が 400 ~ 1200 の範囲の m/z を表し、縦軸が強度 (任意単位) を表す。

【 0 2 6 5 】

また、装置は TOF SIMS5 (ION TOF 社製) を用い、一次イオン源は Bi₃²⁺ を用いた。なお、一次イオンはパルス幅 11.3 ns で照射し、その照射量は 8.2 × 10¹⁰ ~ 6.7 × 10¹¹ ions/cm² 、加速電圧は 25 keV 、電流値は 0.2 pA とした。また、試料は 2mDBTPDBQu - II の粉末を用いて測定した。

【 0 2 6 6 】

図 15 (A)、(B) の結果から、本発明の一態様の発光素子に用いることのできる 2mDBTPDBQu - II では、主として $m/z = 202$ 付近、及び $m/z = 227$ 付近にプロダクトイオンのピークが、 $m/z = 488$ 付近にプレカーサーイオン由来のピークが、それぞれ検出されることがわかった。

【 0 2 6 7 】

また、図 15 (C)、(D) の結果から、2mDBTPDBQu - II では、主として $m/z = 474$ 付近にプロダクトイオンのピークが、 $m/z = 488$ 付近にプレカーサーイオン由来のピークが、それぞれ検出されることがわかった。

【 0 2 6 8 】

図 15 (A)、(B)、(C)、(D) に示す結果は、2mDBTPDBQu - II に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる 2mDBTPDBQu - II を同定する上で重要なデータであるといえる。

【 0 2 6 9 】

例えば、図 15 (A)、(B) に示す正イオンの測定結果から、 $m/z = 202$ 付近に検出される 2mDBTPDBQu - II のプロダクトイオンのピークは、ジベンゾ [f , h] キノリン環から、1 位と 2 位の窒素、炭素、及び水素が解離したフラグメント (C₁₆H₉) のラジカルカチオンのピークと示唆される。また、 $m/z = 227$ 付近に検出される 2mDBTPDBQu - II のプロダクトイオンのピークは、ジベンゾ [f , h] キノリン環を含むフラグメント (C₁₇H₁₀N) のラジカルカチオンのピークと示唆される。

【 0 2 7 0 】

つまり、ジベンゾ [f , h] キノリン環の 2 位に置換基が結合している場合、置換基が外れたフラグメントに相当する $m/z = 227$ 付近と、そこから分子量 25 を差し引いた

10

20

30

40

50

フラグメントに相当する $m/z = 202$ 付近にピークが検出されやすいことが示唆される。なお、ここで置換基とは、一般式 (G1) での Ar - A で表される置換基の部分である。

【0271】

また、図15(C)、(D)に示す負イオンの測定結果から、 $m/z = 474$ 付近に検出される $2mDBTPDBQu-II$ のプロダクトイオンのピークは、1位の窒素が解離したフラグメント ($C_{35}H_{22}S$) のラジカルアニオンのピークと示唆される。

【0272】

このように、LC/MS分析やToF-SIMS分析した際に、プレカーサーイオンから解離しやすい部分が、プロダクトイオンとして検出される。特に検出されやすいプロダクトイオンとしては、ジベンゾ [f, h] キノリン環に由来する部分骨格等が挙げられる。

【0273】

次に、 $2mDBTPDBQu-II$ の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。 $2mDBTPDBQu-II$ のトルエン溶液の吸収スペクトルを図16(A)に、発光スペクトルを図16(B)にそれぞれ示す。また、 $2mDBTPDBQu-II$ の薄膜の吸収スペクトルを図17(A)に、発光スペクトルを図17(B)にそれぞれ示す。吸収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。溶液は石英セルに入れ、薄膜は石英基板に蒸着してサンプルを作製して測定を行った。吸収スペクトルに関して、溶液について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示し、薄膜について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示した。図16及び図17において横軸は波長 (nm)、縦軸は強度（任意単位）を表す。トルエン溶液の場合では、282、320、及び358 nm に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは、362 nm、及び380、402 nm（励起波長327 nm）であった。また、薄膜の場合では250、264、325、344 nm、及び364 nm に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは395 nm（励起波長365 nm）であった。

【0274】

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

【実施例2】

【0275】

本実施例では、本発明の一態様の発光素子（発光素子1、及び発光素子3）、並びに比較用の発光素子（比較発光素子2）について、図18を用いて説明する。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

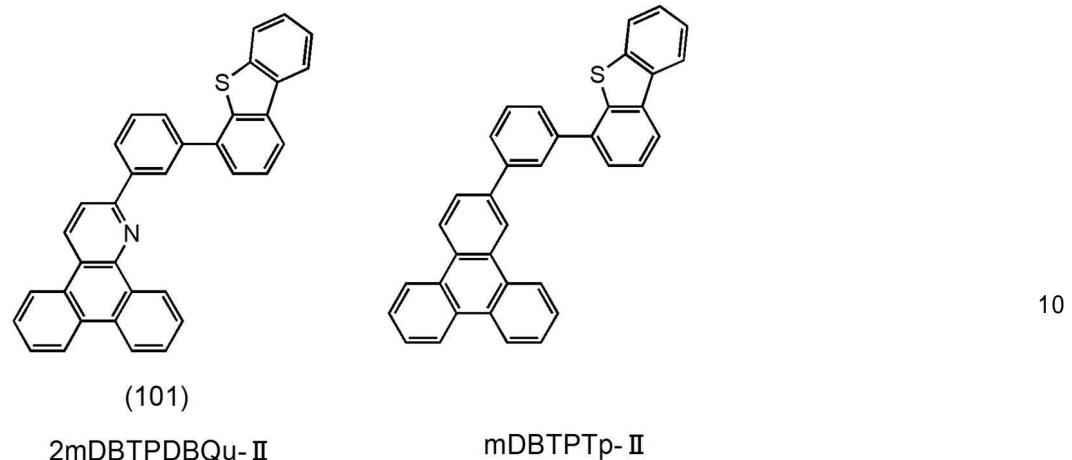
【0276】

10

20

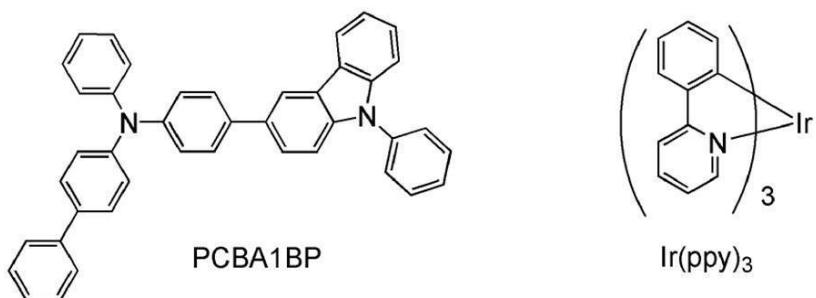
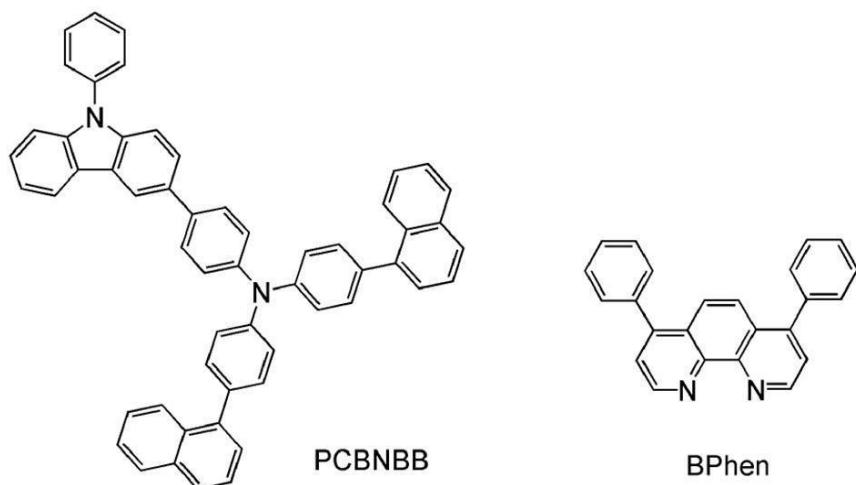
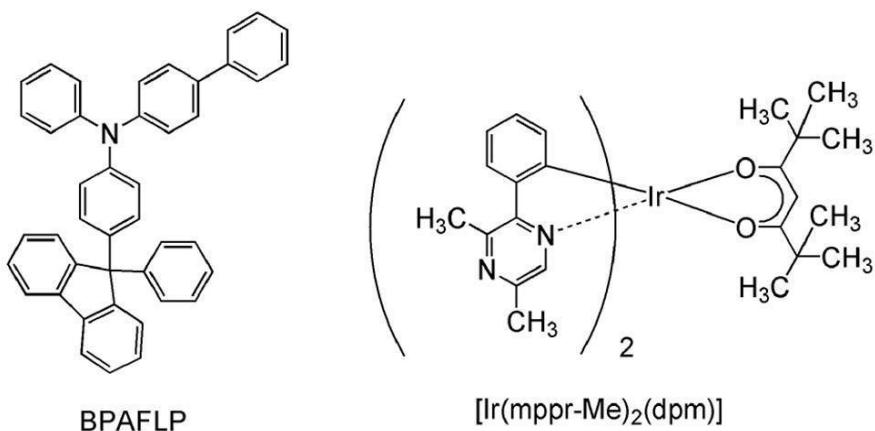
30

【化35】



【0277】

【化 3 6】



【 0 2 7 8 】

以下に、本実施例の発光素子1、比較発光素子2、及び発光素子3の作製方法を示す。

【 0 2 7 9 】

(発光素子 1)

まず、基板 1100 上に、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ (ITO - SiO₂、以下 ITO と略記する。) をスパッタリング法にて成膜し、第 1 の電極 1101 を形成した。なお、用いたターゲットの組成は、In₂O₃ : SnO₂ : SiO₂ = 85 : 10 : 5 [重量%]とした。また、第 1 の電極 1101 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 1101 は、発光素子の陽極として機能する電極である。

〔 0 2 8 0 〕

次に、基板 1100 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。

10

20

30

40

50

【0281】

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1100を30分程度放冷した。

【0282】

次に、第1の電極1101が形成された面が下方となるように、第1の電極1101が形成された基板1100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1101上に、蒸着法により、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: BPAFLP)と酸化モリブデンを共蒸着することで、正孔注入層1111を形成した。その膜厚は、40 nmとし、BPAFLPと酸化モリブデンの比率は、重量比で4:2(=BPAFLP: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。

【0283】

次に、正孔注入層1111上に、BPAFLPを20 nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層1112を形成した。

【0284】

さらに、実施例1にて合成した2mDBTPDBQu-IIと、4、4'-ジ(1-ナフチル)-4',-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称: PCBNNB)と、ビス(3,5-ジメチル-2-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(mppr-Me)₂(dpm)])と、を共蒸着し、正孔輸送層1112上に発光層1113を形成した。ここで、2mDBTPDBQu-II)、PCBNB、及び[Ir(mppr-Me)₂(dpm)]の重量比は、0.8:0.2:0.05(=2mDBTPDBQu-II:PCBNB:[Ir(mppr-Me)₂(dpm)])となるように調節した。また、発光層1113の膜厚は40 nmとした。

【0285】

さらに、発光層1113上に2mDBTPDBQu-IIを膜厚10 nmとなるように成膜し、第1の電子輸送層1114aを形成した。

【0286】

その後、第1の電子輸送層1114a上にバソフェナントロリン(略称: BPhen)を膜厚20 nmとなるように成膜し、第2の電子輸送層1114bを形成した。

【0287】

さらに、第2の電子輸送層1114b上に、フッ化リチウム(LiF)を1 nmの膜厚で蒸着し、電子注入層1115を形成した。

【0288】

最後に、陰極として機能する第2の電極1103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1を作製した。

【0289】

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。

【0290】

(比較発光素子2)

発光素子1における発光層1113に対応する比較発光素子2における発光層1113を、4-[3-(トリフェニレン-2-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: mDBTPTp-II)と、:PCBNBと、[Ir(mppr-Me)₂(dpm)]とを共蒸着することで形成した。ここで、mDBTPTp-II)、PCBNB、及び[Ir(mppr-Me)₂(dpm)]の重量比は、0.8:0.2:0.05(=mDBTPTp-II:PCBNB:[Ir(mppr-Me)₂(dpm)])となるように調節した。また、発光層1113の膜厚は40 nmとした。

【0291】

10

20

30

40

50

さらに、発光素子1における第1の電子輸送層1114aに対応する比較発光素子2における第1の電子輸送層1114aを、mDBTPTp-IIを膜厚10nmとなるよう成膜することで形成した。発光層1113、及び第1の電子輸送層1114a以外は発光素子1と同様に作製した。

【0292】

(発光素子3)

発光素子1における発光層1113に対応する比較発光素子3における発光層1113を、2mDBTPDBQu-IIと、4-フェニル-4'--(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBA1BP)と、トリス(2-フェニルピリジナト-N,C^{2'})イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)₃])と、を共蒸着することで形成した。ここで、2mDBTPDBQu-II、PCBA1BP、及び[Ir(ppy)₃]の重量比は、0.8:0.2:0.06(=2mDBTPDBQu-II:PCBA1BP:[Ir(ppy)₃])となるように調節した。また、発光層1113の膜厚は30nmとした。

【0293】

発光素子3については、発光層1113以外の構成は、発光素子1と同様に作製した。

【0294】

以上により得られた発光素子1、比較発光素子2、及び発光素子3の素子構造を表1に示す。

【0295】

【表1】

	第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	第1の電子輸送層	第2の電子輸送層	電子注入層	第2の電極	備考
発光素子1	ITSO 110nm	BPAFLP:MoO _x (=4:2) 40nm	BPAFLP 20nm	2mDBTPDBQu-II:PCBNBB:[Ir(mppr-Me) ₂ (dpm)] (=0.8:0.2:0.05) 40nm	2mDBTPDBQu-II 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm	橙色素子
比較発光素子2	ITSO 110nm	BPAFLP:MoO _x (=4:2) 40nm	BPAFLP 20nm	mDBTPTp-II:PCBNBB:[Ir(mppr-Me) ₂ (dpm)] (=0.8:0.2:0.05) 40nm	mDBTPTp-II 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm	橙色素子
発光素子3	ITSO 110nm	BPAFLP:MoO _x (=4:2) 40nm	BPAFLP 20nm	2mDBTPDBQu-II:PCBA1BP:[Ir(ppy) ₃] (=0.8:0.2:0.06) 30nm	2mDBTPDBQu-II 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm	緑色素子

【0296】

発光素子1、比較発光素子2、及び発光素子3を、窒素雰囲気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80にて1時間熱処理)を行った。その後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温(25に保たれた雰囲気)で行った。

【0297】

発光素子1、及び比較発光素子2の電流密度-輝度特性を図19に示す。図19において、横軸は電流密度(mA/cm²)を、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、発光素子1、及び比較発光素子2の電圧-輝度特性を図20に示す。図20において、横軸は電圧(V)を、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、発光素子1、及び比較発光素子2の輝度-電流効率特性を図21に示す。図21において、横軸は輝度(cd/m²)、縦軸は電流効率(cd/A)を表す。また、発光素子1、及び比較発光素子2の電圧-電流特性を図22に示す。図22において、横軸は電圧(V)を、縦軸は電流(mA)を表す。

【0298】

また、発光素子3の電流密度-輝度特性を図23に示す。図23において、横軸は電流密度(mA/cm²)を、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、発光素子3の電圧-輝度特性を図24に示す。図24において、横軸は電圧(V)を、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、発光素子3の輝度-電流効率特性を図25に示す。図25において、

10

20

30

40

50

横軸は輝度 (cd/m²)、縦軸は電流効率 (cd/A) を表す。また、発光素子3の電圧 - 電流特性を図26に示す。図26において、横軸は電圧 (V) を、縦軸は電流 (mA) を表す。

【0299】

また、各発光素子における輝度1000cd/m²付近のときの電圧 (V)、電流密度 (mA/cm²)、CIE色度座標 (x、y)、電流効率 (cd/A)、外部量子効率 (%)を表2に示す。

【0300】

【表2】

	電圧(V)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	外部 量子効率(%)
発光素子1	3.5	1.6	0.54	0.46	1020	64	24
比較発光素子2	4.6	1.8	0.53	0.46	930	50	19
発光素子3	3.6	1.8	0.34	0.61	950	52	15

10

【0301】

表2に示す通り、輝度1020cd/m²の発光素子1のCIE色度座標は、(x, y) = (0.54, 0.46)であった。また、輝度930cd/m²の比較発光素子2のCIE色度座標は、(x, y) = (0.53, 0.46)であった。また、輝度950cd/m²の発光素子3のCIE色度座標は、(x, y) = (0.34, 0.61)であった。

20

【0302】

また、表2から、輝度1020cd/m²の発光素子1の電流効率は64cd/Aであり、輝度930cd/m²の比較発光素子2の電流効率は50cd/Aであり、輝度950cd/m²の発光素子3の電流効率は52cd/Aであった。また、輝度1020cd/m²の発光素子1の外部量子効率は24%であり、輝度930cd/m²の比較発光素子2の外部量子効率は19%であり、輝度950cd/m²の発光素子3の外部量子効率は15%であった。

30

【0303】

以上のように、本発明の一形態である発光素子1と、比較発光素子2と、を比較した際に、電圧 - 輝度特性、輝度 - 電流効率特性、及び電圧 - 電流特性に差が生じた。発光素子1は、比較発光素子2よりも駆動電圧が低く、高い電流効率を有することがわかる。発光層のホスト材料に用いた化合物の構造の違いは、発光素子1は、ジベンゾ[f, h]キノリン環を有するが、比較発光素子2は、トリフェニレン環を有する点である。

【0304】

したがって、本発明の一態様の発光素子は、ジベンゾ[f, h]キノリン環と、アリーレン基と、正孔輸送性骨格と、を有する有機化合物を含むため、電圧 - 輝度特性、輝度 - 電流効率特性、及び電圧 - 電流特性が高い。

40

【0305】

また、表2から発光素子1は、比較発光素子2よりも電流効率、外部量子効率が高いことがわかる。したがって、本発明の一態様の発光素子は、ジベンゾ[f, h]キノリン環と、アリーレン基と、正孔輸送性骨格と、を有する有機化合物を含むため、高い電流効率、及び高い外部量子効率の実現に効果があることが確認された。

【0306】

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

【実施例3】

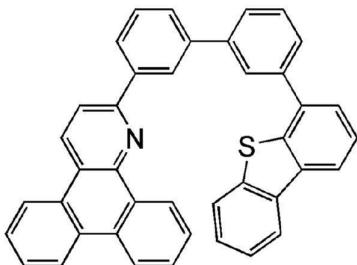
50

【0307】

本実施例では、下記構造式(109)に示される2mDTBTPDPDBQu-IIの合成方法について説明する。

【0308】

【化37】



10

(109)

2mDTBTPDPDBQu-II

【0309】

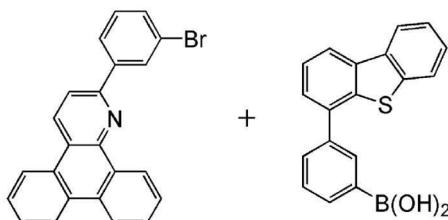
2mDTBTPDPDBQu-IIの合成

2mDTBTPDPDBQu-IIの合成スキームを(F-1)に示す。

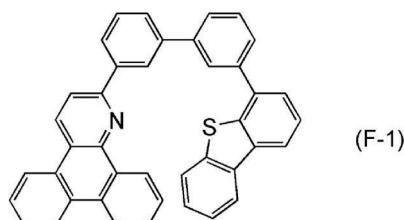
20

【0310】

【化38】



30



(109)

【0311】

50mL三口フラスコに2-(3-ブロモフェニル)ジベンゾ[f、h]キノリン0.56g(1.5mmol)、3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニルボロン酸0.46g(1.5mmol)、トリ(オルトトリル)ホスフィン58mg(0.19mmol)、トルエン15mL、エタノール1.5mL、2Mの炭酸カリウム水溶液1.5mLを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌することで脱気し、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に、酢酸パラジウム(II)17mg(77μmol)を加え、窒素気流下、80℃で9時間攪拌した。所定時間経過後、この混合物に水とトルエンを加え、固体を吸引濾過により回収した。得られた固体のトルエン溶液をアルミナ、セライトを通して吸引ろ過し、得られたろ液を濃縮して黄色固体を得た。得られた固体にメタノールを加え、このメタノール懸濁液に超音波を照射し、固体を吸引濾過により回収したところ、目的物の白色粉末を収量0.52g、収率63%で得た。

40

50

【0312】

得られた 2mDBTBPDBQu-II の白色粉末 0.53g をトレンインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力 3.2Pa、アルゴン流量 5.0mL/m in の条件で、2mDBTBPDBQu-II を 280° で 15 時間加熱して行った。昇華精製後 2mDBTBPDBQu-II の白色粉末を 0.43g、回収率 80% で得た。

【0313】

核磁気共鳴法 (¹H NMR) によって、この化合物が目的物である 2mDBTBPDBQu-II であることを確認した。

【0314】

得られた物質の ¹H NMR データを以下に示す。

¹H NMR (CDCl₃, 300 MHz) : δ = 7.43 - 7.51 (m, 2H)、7.60 - 7.85 (m, 12H)、8.13 (d, J = 8.7 Hz, 1H)、8.18 - 8.23 (m, 3H)、8.35 (d, J = 7.8 Hz, 1H)、8.59 - 8.71 (m, 4H)、8.94 (d, J = 8.7 Hz, 1H)、9.58 (dd, J = 1.5 Hz, 8.4 Hz, 1H)。

【0315】

また、¹H NMR チャートを図 27 に示す。なお、図 27 (B) は、図 27 (A) における 7.0 ppm ~ 10.0 ppm の範囲を拡大して表したチャートである。

【0316】

次に、本実施例で得られた 2mDBTBPDBQu-II を液体クロマトグラフ質量分析 (LC/MS 分析) によって分析した。

【0317】

LC/MS 分析は、ウォーターズ社製 Acuity 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 (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。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。アルゴンに衝突させる際のエネルギー (コリジョンエネルギー) は 70 eV とした。なお、測定する質量電荷比の範囲は m/z = 100 ~ 1200 とした。

【0319】

MS 分析した測定結果のマススペクトルを図 28 に示す。図 28 の結果から、本実施例で得られた 2mDBTBPDBQu-II (略称) は、主として m/z = 201 付近、及び m/z = 227 付近にプロダクトイオンのピークが、m/z = 564 付近にプレカーサーイオン由来のピークが、それぞれ検出されることがわかった。

【0320】

図 28 に示す結果は、2mDBTBPDBQu-II に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる 2mDBTBPDBQu-II を同定する上で重要なデータであるといえる。

【0321】

例えば、m/z = 201 付近に検出されるピークは、ジベンゾ [f, h] キノリン環から、1 位と 2 位の窒素、炭素、及び水素が解離して生じるフラグメント (C₁₆H₉N) のラジカルカチオンのピークと示唆される。また、m/z = 227 付近に検出されるピークは、ジベンゾ [f, h] キノリン環を含むフラグメント (C₁₇H₁₀N) のラジカルカチオンのピークと示唆される。

【0322】

つまり、ジベンゾ [f, h] キノリン環の 2 位に置換基が結合している場合、置換基が外れたフラグメントに相当する m/z = 227 付近と、そこから分子量 26 を差し引いたフラグメントに相当する m/z = 201 付近とにピークが検出されやすいことが示唆され

10

20

30

40

50

る。なお、ここで置換基とは、一般式 (G1) での Ar - A 表される置換基の部分である。

【0323】

次に、本実施例で得られた 2mDBTBPDBQu-II を飛行時間二次イオン質量分析計 (TOF-SIMS) にて測定した定性マススペクトルを図 29 (A)、(B)、(C)、(D) に示す。

【0324】

なお、図 29 (A) は、正イオンでの測定結果であり、横軸が 0 ~ 450 の範囲の m/z を表し、縦軸が強度 (任意単位) を表す。また、図 29 (B) は、正イオンでの測定結果であり、横軸が 400 ~ 1200 の範囲の m/z を表す。また、図 29 (C) は、負イオンでの測定結果であり、横軸が 0 ~ 450 の範囲の m/z を表し、縦軸が強度 (任意単位) を表す。また、図 29 (D) は、負イオンでの測定結果であり、横軸が 400 ~ 1200 の範囲の m/z を表す。

【0325】

また、装置は TOF-SIMS5 (ION TOF 社製) を用い、一次イオン源は Bi₃²⁺ を用いた。なお、一次イオンはパルス幅 11.3 ns で照射し、その照射量は $8.2 \times 10^{10} \sim 6.7 \times 10^{11}$ ions/cm²、加速電圧は 25 keV、電流値は 0.2 pA とした。また、試料は 2mDBTBPDBQu-II の粉末を用いて測定した。

【0326】

図 29 (A)、(B) の結果から、本発明の一態様の発光素子に用いることのできる 2mDBTBPDBQu-II では、主として $m/z = 202$ 付近、及び $m/z = 227$ 付近にプロダクトイオンのピークが、 $m/z = 564$ 付近にプレカーサーイオン由来のピークが、それぞれ検出されることがわかった。

【0327】

また、図 29 (C)、(D) の結果から、本発明の一態様の発光素子に用いることのできる 2mDBTBPDBQu-II では、主として $m/z = 550$ 付近にプロダクトイオンのピークが、 $m/z = 564$ 付近にプレカーサーイオン由来のピークが、それぞれ検出されることがわかった。

【0328】

図 29 (A)、(B)、(C)、(D) に示す結果は、2mDBTBPDBQu-II に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる 2mDBTBPDBQu-II を同定する上で重要なデータであるといえる。

【0329】

例えば、図 29 (A)、(B) に示す正イオンの測定結果から、 $m/z = 202$ 付近に検出される 2mDBTBPDBQu-II のプロダクトイオンのピークは、ジベンゾ [f, h] キノリン環から、1 位と 2 位の窒素、炭素、及び水素が解離したフラグメント ($C_{16}H_{9}^2$) のラジカルカチオンのピークと示唆される。また、 $m/z = 227$ 付近に検出される 2mDBTBPDBQu-II のプロダクトイオンのピークは、ジベンゾ [f, h] キノリン環を含む部分骨格 ($C_{17}H_{10}N$) のラジカルカチオンのピークと示唆される。

【0330】

つまり、ジベンゾ [f, h] キノリン環の 2 位に置換基が結合している場合、置換基が外れたフラグメントに相当する $m/z = 227$ 付近と、そこから分子量 25 を差し引いたフラグメントに相当する $m/z = 202$ 付近とが、検出されやすいことが示唆される。なお、ここで置換基とは、一般式 (G1) での Ar - A で表される置換基の部分である。

【0331】

また、図 29 (C)、(D) に示す負イオンの測定結果から、 $m/z = 550$ 付近に検出される 2mDBTBPDBQu-II のプロダクトイオンのピークは、1 位の窒素が解離したフラグメント ($C_{41}H_{26}S$) のラジカルアニオンのピークと示唆される。

10

20

30

40

50

【0332】

このように、L C / M S 分析や T o F - S I M S 分析した際に、プレカーサーイオンから解離しやすい部分が、プロダクトイオンとして検出される。特に検出されやすいプロダクトイオンとしては、ジベンゾ [f , h] キノリン環に由来する部分骨格等が挙げられる。

【0333】

次に、2 m D B T B P D B Q u - I I の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。2 m D B T B P D B Q u - I I のトルエン溶液の吸収スペクトルを図30（A）に、発光スペクトルを図30（B）にそれぞれ示す。また、2 m D B T B P D B Q u - I I の薄膜の吸収スペクトルを図31（A）に、発光スペクトルを図31（B）にそれぞれ示す。吸収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。溶液は石英セルに入れ、薄膜は石英基板に蒸着してサンプルを作製して測定を行った。吸収スペクトルに関して、溶液について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示し、薄膜について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示した。図30及び図31において横軸は波長（nm）、縦軸は強度（任意単位）を表す。トルエン溶液の場合では、281nm、319nm、及び358nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは、362nm、380nm、及び399nm（励起波長339nm）であった。また、薄膜の場合では253nm、321nm、及び364nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは395nm（励起波長365nm）であった。10

【0334】

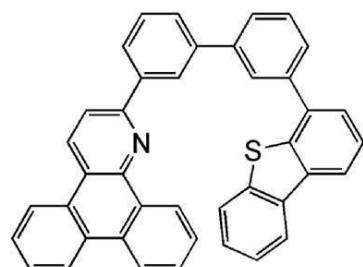
なお、本実施例に示す構成は、他の実施の形態に示す構成、または他の実施例に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

【実施例4】**【0335】**

本実施例では、実施例2に示した発光素子と異なる、本発明の一態様の発光素子（発光素子4）、及び比較用の発光素子（比較発光素子5）について、図18を用いて説明する。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。20

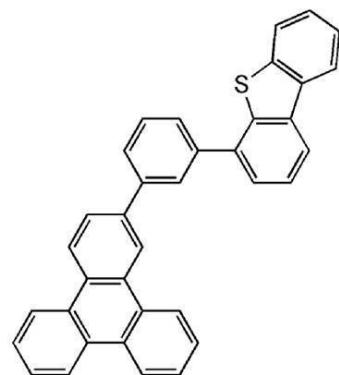
【0336】

【化39】



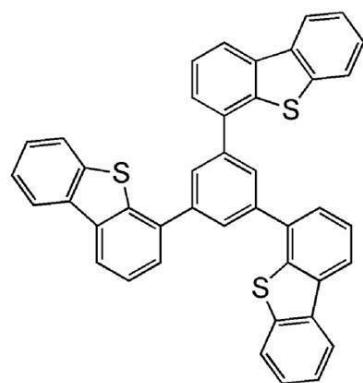
(109)

2mDBTBPDBQu-II

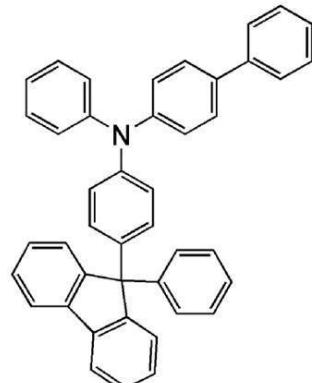


10

mDBTPTp-II



DBT3P-II



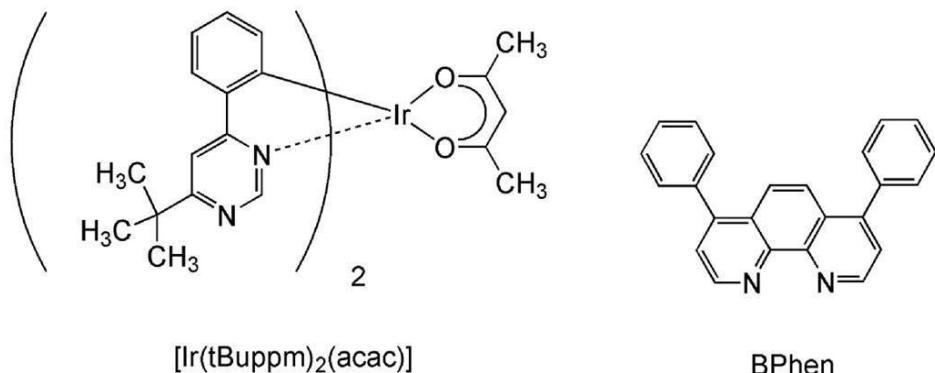
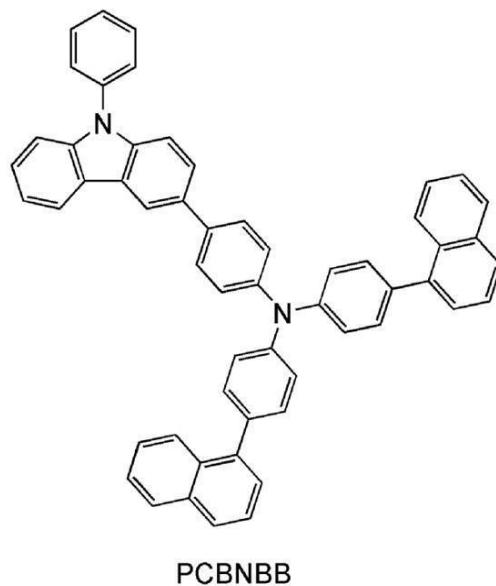
BPAFLP

20

【0337】

30

【化40】



【0338】

以下に、本実施例の発光素子4、及び比較発光素子5の作製方法を示す。

【0339】

(発光素子4)

まず、基板1100上に、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム・酸化スズ化合物(ITO-SiO₂、以下ITOと略記する。)をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極1101を形成した。なお、用いたターゲットの組成は、In₂O₃ : SnO₂ : SiO₂ = 85 : 10 : 5 [重量%]とした。また、第1の電極1101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1101は、発光素子の陽極として機能する電極である。

【0340】

次に、基板1100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。

【0341】

その後、10⁻⁴Pa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1100を30分程度放冷した。

【0342】

次に、第1の電極1101が形成された面が下方となるように、第1の電極1101が形成された基板1100を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、10⁻⁴Pa程度まで減圧した後、第1の電極1101上に、蒸着法により、1,3,5-トリ(ジベンゾチオフェン-4-イル)-ベンゼン(略称:DBT3P-II)と酸化モリブデンを共蒸着することで、正孔注入層1111を形成した。その膜厚は、40nmとし、D

10

20

30

40

50

B T 3 P - I I と酸化モリブデンの比率は、重量比で 4 : 2 (= D B T 3 P - I I : 酸化モリブデン) となるように調節した。

【0343】

次に、正孔注入層 1111 上に、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 1112 を形成した。

【0344】

さらに、実施例 3 にて合成した 2 m D B T B P D B Q u - I I と、4、4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称: P C B N B B)と、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(I I I)(略称: [I r (t B u p p m)₂ (a c a c)])とを共蒸着し、正孔輸送層 1112 上に発光層 1113 を形成した。ここで、2 m D B T B P D B Q u - I I 、P C B N B B、及び [I r (t B u p p m)₂ (a c a c)] の重量比は、0.8 : 0.2 : 0.05 (= 2 m D B T B P D B Q u - I I : P C B N B B : [I r (t B u p p m)₂ (a c a c)]) となるように調節した。また、発光層 1113 の膜厚は 40 nm とした。

【0345】

さらに、発光層 1113 上に 2 m D B T B P D B Q u - I I を膜厚 10 nm となるように成膜し、第 1 の電子輸送層 1114 a を形成した。

【0346】

その後、第 1 の電子輸送層 1114 a 上にバソフェナントロリン(略称: B P h e n)を膜厚 20 nm となるように成膜し、第 2 の電子輸送層 1114 b を形成した。

【0347】

さらに、第 2 の電子輸送層 1114 b 上に、フッ化リチウム(L i F)を 1 nm の膜厚で蒸着し、電子注入層 1115 を形成した。

【0348】

最後に、陰極として機能する第 2 の電極 1103 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 4 を作製した。

【0349】

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。

【0350】

(比較発光素子 5)

発光素子 4 における発光層 1113 に対応する比較発光素子 5 における発光層 1113 を、4-[3-(トリフェニレン-2-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: m D B T P T p - I I)と、P C B N B B と、[I r (t B u p p m)₂ (a c a c)]とを共蒸着することで形成した。ここで、m D B T P T p - I I 、P C B N B B (、及び [I r (t B u p p m)₂ (a c a c)]) の重量比は、0.8 : 0.2 : 0.05 (= m D B T P T p - I I : P C B N B B : [I r (t B u p p m)₂ (a c a c)]) となるように調節した。また、発光層 1113 の膜厚は 40 nm とした。

【0351】

さらに、発光素子 4 における第 1 の電子輸送層 1114 a に対応する比較発光素子 5 における第 1 の電子輸送層 1114 a を、m D B T P T p - I I (略称)を膜厚 10 nm となるように成膜することで形成した。なお、比較発光素子 5 については、発光層 1113 、及び第 1 の電子輸送層 1114 a 以外は、発光素子 4 と同様に作製した。

【0352】

以上により得られた発光素子 4 、及び比較発光素子 5 の素子構造を表 3 に示す。

【0353】

【表3】

	第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	第1の電子輸送層	第2の電子輸送層	電子注入層	第2の電極	備考
発光素子4	ITSO 110nm	DBT3P-II:MoO _x (=4:2) 40nm	BPAFLP 20nm	2mDBTBPDBQu-II:PCBNBB:Ir(tBu ppm) ₂ (acac) (=0.8:0.2:0.05) 40nm	2mDBTBPDBQu-II 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm	黄緑素子
比較発光素子5	ITSO 110nm	DBT3P-II:MoO _x (=4:2) 40nm	BPAFLP 20nm	mDBTPTp-II:PCBNBB:Ir(tBu ppm) ₂ (acac) (=0.8:0.2:0.05) 40nm	mDBTPTp-II 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm	黄緑素子

【0354】

発光素子4、及び比較発光素子5を、窒素雰囲気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辺に塗布し、封止時に80にて1時間熱処理）を行った。その後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温（25に保たれた雰囲気）で行った。

10

【0355】

発光素子4、及び比較発光素子5の電流密度-輝度特性を図32に示す。図32において、横軸は電流密度（mA/cm²）を、縦軸は輝度（cd/m²）を表す。また、発光素子4、及び比較発光素子5の電圧-輝度特性を図33に示す。図33において、横軸は電圧（V）を、縦軸は輝度（cd/m²）を表す。また、発光素子4、及び比較発光素子5の輝度-電流効率特性を図34に示す。図34において、横軸は輝度（cd/m²）、縦軸は電流効率（cd/A）を表す。また、発光素子4、及び比較発光素子5の電圧-電流特性を図35に示す。図35において、横軸は電圧（V）を、縦軸は電流（mA）を表す。

20

【0356】

また、各発光素子における輝度1000cd/m²付近のときの電圧（V）、電流密度（mA/cm²）、CIE色度座標（x、y）、電流効率（cd/A）、外部量子効率（%）を表4に示す。

【0357】

【表4】

	電圧(V)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x 色度y	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	外部 量子効率(%)
発光素子4	3.8	1.2	0.42 0.57	1009	82	23
比較発光素子5	4.6	1.1	0.41 0.58	836	77	22

30

【0358】

表4に示す通り、輝度1009cd/m²の発光素子4のCIE色度座標は、（x, y）=（0.42, 0.57）であった。また、輝度836cd/m²の比較発光素子5のCIE色度座標は、（x, y）=（0.41, 0.58）であった。

40

【0359】

また、表4から、輝度1009cd/cm²の発光素子4の電流効率は82cd/Aであり、輝度836cd/cm²の比較発光素子5の電流効率は77cd/Aであった。また、輝度1009cd/cm²の発光素子4の外部量子効率は23%であり、輝度836cd/cm²の比較発光素子5の外部量子効率は22%であった。

【0360】

以上の結果より、本発明の一形態である発光素子4と、比較発光素子5と、を比較した際に、電圧-輝度特性、輝度-電流効率特性、及び電圧-電流特性に差が生じた。発光素子4は、比較発光素子5よりも駆動電圧が低く、高い電流効率を有することがわかる。発光層のホスト材料に用いた化合物の構造の違いは、発光素子4は、ジベンゾ[f, h]キノリン環を有するが、比較発光素子5は、トリフェニレン環を有する点である。したがつ

50

て、本発明の一態様の発光素子は、一対の電極間に有機化合物を有し、該有機化合物は、ジベンゾ [f , h] キノリン環を有するため、電圧 - 輝度特性、輝度 - 電流効率特性、及び電圧 - 電流特性に対して高い効果があることが確認された。

【 0 3 6 1 】

また、表4から発光素子4は、比較発光素子5よりも電流効率、外部量子効率が高いことがわかる。したがって、本発明の一態様の発光素子は、一対の電極間に有機化合物を有し、該有機化合物がジベンゾ [f , h] キノリン環を有するため、高い電流効率、及び高い外部量子効率の実現に効果があることが確認された。

【 0 3 6 2 】

次に、上記発光素子4、及び比較発光素子5について、信頼性試験の評価を行った。信頼性試験の結果を図36に示す。

【 0 3 6 3 】

図36において、信頼性試験の測定方法は、初期輝度を5000 cd / m²に設定し、電流密度一定の条件で発光素子4、及び比較発光素子5を駆動した。横軸は素子の駆動時間 (h) を、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度 (%) を表す。図36から、発光素子4の規格化輝度が70%以下まで劣化する駆動時間は678時間となり、比較発光素子5の規格化輝度が70%以下まで劣化する駆動時間は291時間となった。

【 0 3 6 4 】

図36より、本発明の一態様の発光素子4は、比較発光素子5と比べ、長寿命な発光素子であることが確認された。

【 0 3 6 5 】

以上の結果から、2mDBTBPDQ - II (略称) を発光層として用いた本発明の一態様の発光素子4は、高効率、低駆動電圧、低消費電力、及び長寿命な発光素子であることがわかった。

【 0 3 6 6 】

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

【 符号の説明 】

【 0 3 6 7 】

1 0 0	基板	30
1 0 1	電極	
1 0 2	EL層	
1 0 3	電極	
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3	発光層	
1 1 4	電子輸送層	
1 1 5	電子注入層	
3 0 1	電極	
3 0 3	電極	40
3 1 1	発光層	
3 1 2	発光層	
3 1 3	電荷発生層	
4 0 1	ソース側駆動回路	
4 0 2	画素部	
4 0 3	ゲート側駆動回路	
4 0 4	封止基板	
4 0 5	シール材	
4 0 7	空間	
4 0 8	配線	50

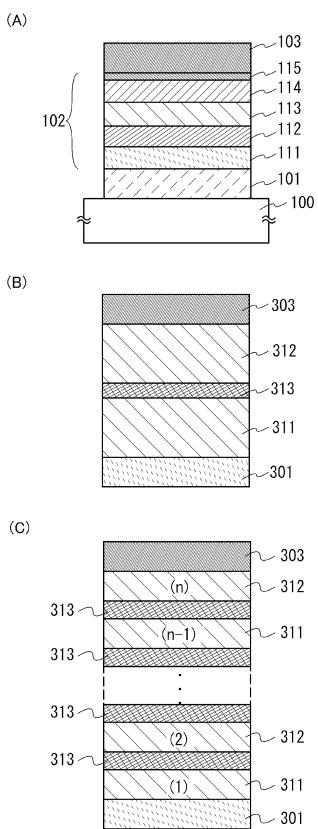
4 0 9	F P C	
4 1 0	素子基板	
4 1 1	スイッチング用 F E T	
4 1 2	電流制御用 F E T	
4 1 3	電極	
4 1 4	絶縁物	
4 1 6	E L 層	
4 1 7	電極	
4 1 8	発光素子	
4 2 3	n チャネル型 F E T	10
4 2 4	p チャネル型 F E T	
5 0 1	基板	
5 0 2	電極	
5 0 3	電極	
5 0 4	E L 層	
5 0 5	絶縁層	
5 0 6	隔壁層	
1 1 0 0	基板	
1 1 0 1	電極	
1 1 0 3	電極	20
1 1 1 1	正孔注入層	
1 1 1 2	正孔輸送層	
1 1 1 3	発光層	
1 1 1 4 a	電子輸送層	
1 1 1 4 b	電子輸送層	
1 1 1 5	電子注入層	
2 0 0 1	基板	
2 0 0 2	発光部	
2 0 0 5 a	封止材	
2 0 0 5 b	封止材	30
2 0 0 6	基板	
2 0 1 1	空間	
2 0 1 3	空間	
3 0 0 0	発光装置	
3 0 0 1	基板	
3 0 0 3 a	下部電極	
3 0 0 3 b	下部電極	
3 0 0 3 c	下部電極	
3 0 0 5 a	透明導電層	
3 0 0 5 b	透明導電層	40
3 0 0 5 c	透明導電層	
3 0 0 7 a	隔壁	
3 0 0 7 b	隔壁	
3 0 0 7 c	隔壁	
3 0 0 7 d	隔壁	
3 0 0 9	正孔注入層	
3 0 1 1	正孔輸送層	
3 0 1 3 a	発光層	
3 0 1 3 b	発光層	
3 0 1 3 c	発光層	50

3 0 1 5	電子輸送層	
3 0 1 7	電子注入層	
3 0 1 9	上部電極	
3 0 2 0 a	発光素子	
3 0 2 0 b	発光素子	
3 0 2 0 c	発光素子	
3 1 0 0	発光装置	
3 1 0 1	基板	
3 1 0 3 a	下部電極	10
3 1 0 3 b	下部電極	
3 1 0 3 c	下部電極	
3 1 0 5 a	透明導電層	
3 1 0 5 b	透明導電層	
3 1 0 5 c	透明導電層	
3 1 0 7 a	隔壁	
3 1 0 7 b	隔壁	
3 1 0 7 c	隔壁	
3 1 0 7 d	隔壁	
3 1 1 0	正孔輸送層	20
3 1 1 2	発光層	
3 1 1 4	電荷発生層	
3 1 1 6	発光層	
3 1 1 8	電子注入層	
3 1 1 9	上部電極	
3 1 2 0 a	発光素子	
3 1 2 0 b	発光素子	
3 1 2 0 c	発光素子	
4 0 0 0	照明装置	
4 0 0 1	照明装置	
4 0 0 3	基板	30
4 0 0 5	基板	
4 0 0 7	発光素子	
4 0 0 9	電極	
4 0 1 1	電極	
4 0 1 3	下部電極	
4 0 1 4	EL層	
4 0 1 5	上部電極	
4 0 1 7	補助配線	
4 0 1 9	封止基板	
4 0 2 1	シール材	40
4 0 2 3	乾燥剤	
4 0 2 5	基板	
4 0 2 7	拡散板	
4 1 0 0	照明装置	
4 1 0 1	照明装置	
4 1 0 3	封止基板	
4 1 0 5	平坦化膜	
4 1 0 7	発光素子	
4 1 0 9	電極	
4 1 1 1	電極	50

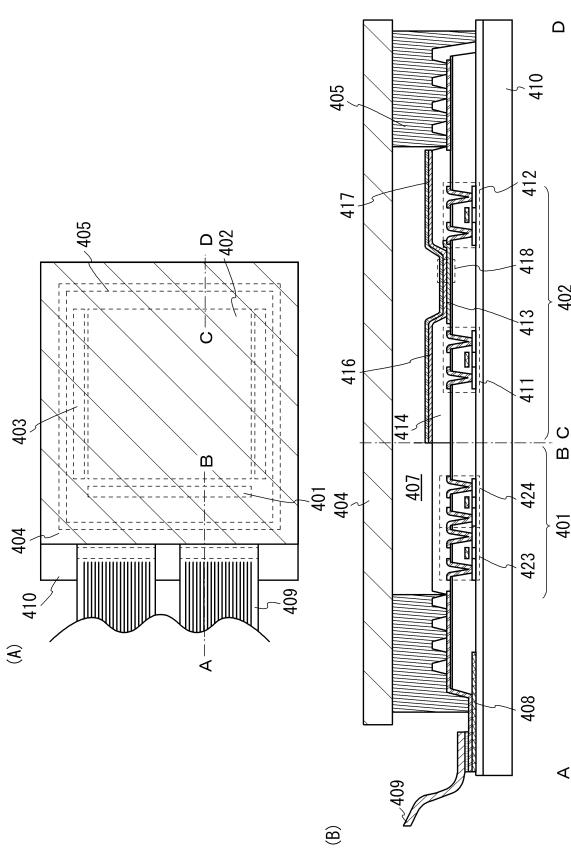
4 1 1 3	下部電極	
4 1 1 4	E L 層	
4 1 1 5	上部電極	
4 1 1 7	補助配線	
4 1 2 1	シール材	
4 1 2 5	基板	
4 1 2 7	拡散板	
4 1 3 1	絶縁層	
4 5 0 0	タッチセンサ	
4 5 1 0	導電層	10
4 5 1 0 a	導電層	
4 5 1 0 b	導電層	
4 5 1 0 c	導電層	
4 5 2 0	導電層	
4 5 4 0	容量	
4 7 1 0	導電層	
4 8 1 0	絶縁層	
4 8 2 0	絶縁層	
4 9 1 0	基板	
4 9 2 0	基板	20
5 0 0 0	筐体	
5 0 0 1	表示部	
5 0 0 2	表示部	
5 0 0 3	スピーカ	
5 0 0 4	L E D ランプ	
5 0 0 5	操作キー	
5 0 0 6	接続端子	
5 0 0 7	センサ	
5 0 0 8	マイクロフォン	
5 0 0 9	スイッチ	30
5 0 1 0	赤外線ポート	
5 0 1 1	記録媒体読込部	
5 0 1 2	支持部	
5 0 1 3	イヤホン	
5 0 1 4	アンテナ	
5 0 1 5	シャッターボタン	
5 0 1 6	受像部	
5 0 1 7	充電器	
5 0 1 8	支持台	
5 0 1 9	外部接続ポート	40
5 0 2 0	ポインティングデバイス	
5 0 2 1	リーダ / ライタ	
5 0 2 2	筐体	
5 0 2 3	表示部	
5 0 2 4	リモコン装置	
5 0 2 5	スピーカ	
5 0 2 6	表示モジュール	
5 0 2 7	ユニットバス	
5 0 2 8	表示モジュール	
5 0 2 9	車体	50

5 0 3 0	天井	
5 0 3 1	表示モジュール	
5 0 3 2	ヒンジ部	
8 0 0 0	表示モジュール	
8 0 0 1	上部カバー	
8 0 0 2	下部カバー	
8 0 0 3	FPC	
8 0 0 4	タッチパネル	
8 0 0 5	FPC	
8 0 0 6	表示パネル	10
8 0 0 7	バックライトユニット	
8 0 0 8	光源	
8 0 0 9	フレーム	
8 0 1 0	プリント基板	
8 0 1 1	バッテリー	

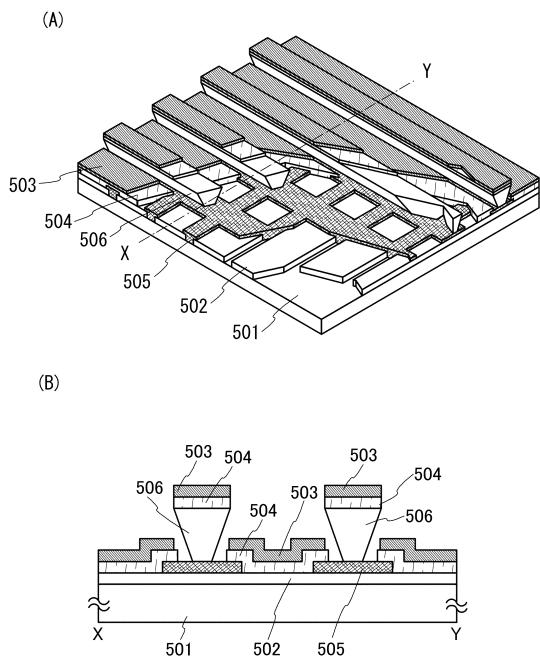
【図1】



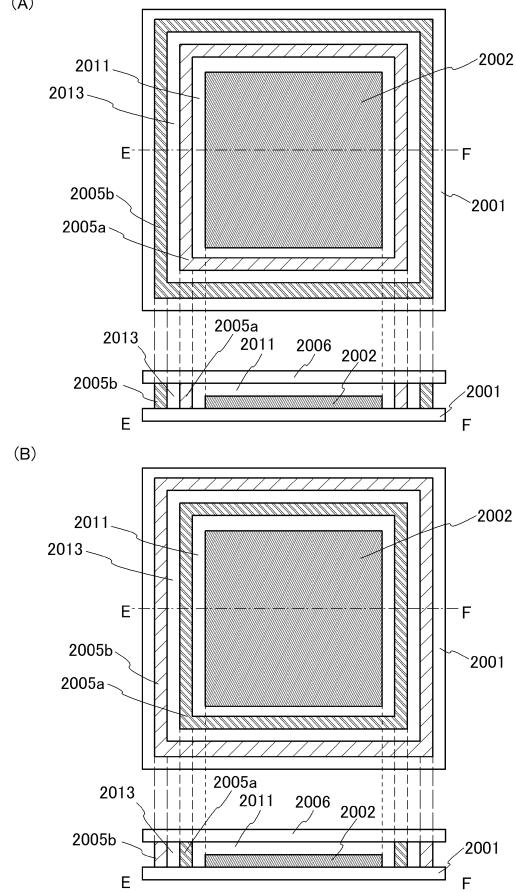
【図2】



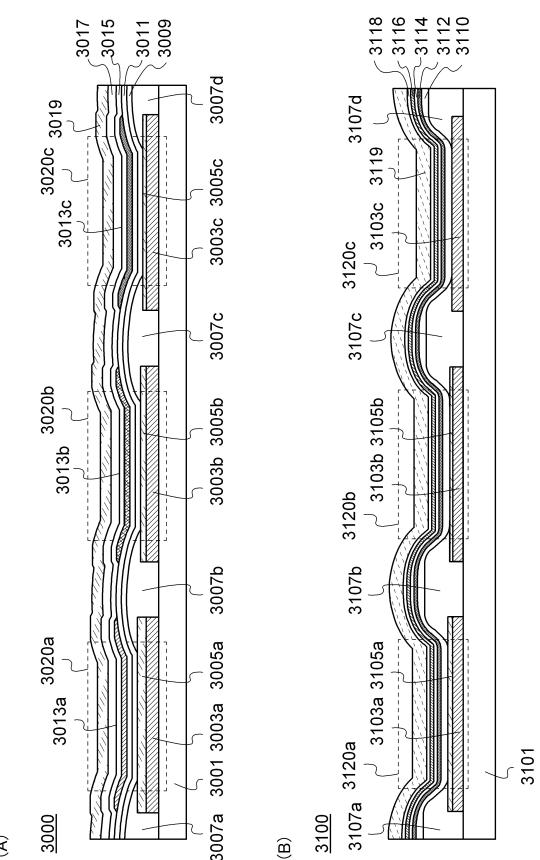
【図3】



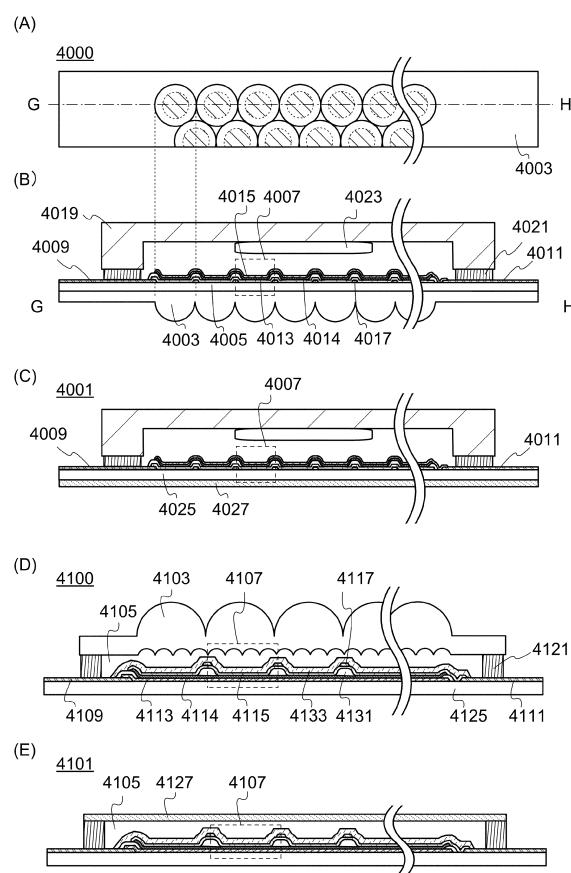
【図4】



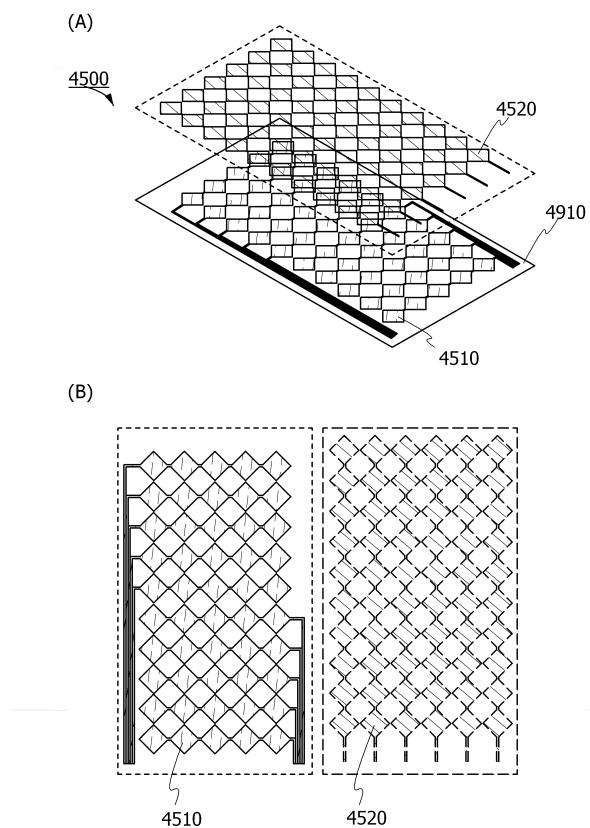
【図5】



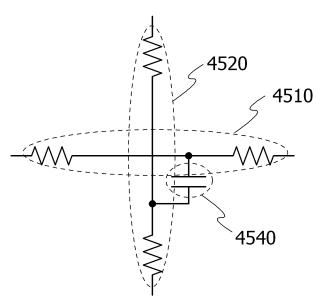
【図6】



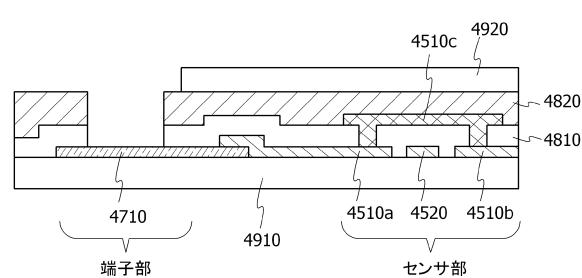
【図7】



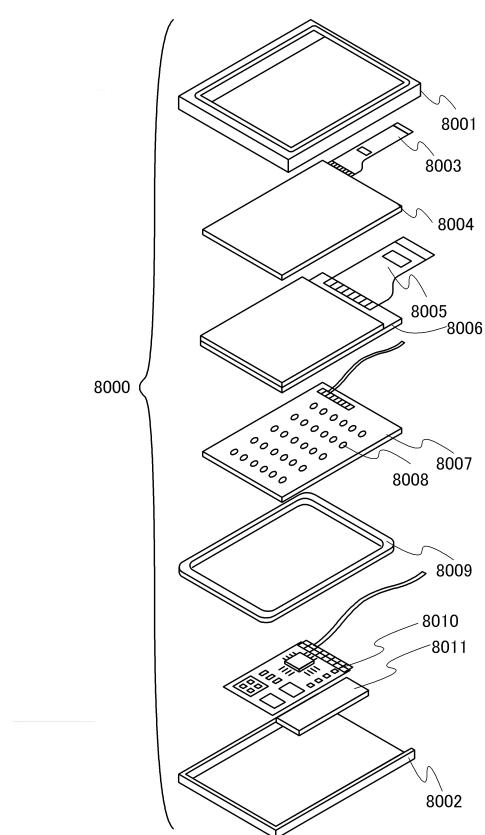
【 図 8 】



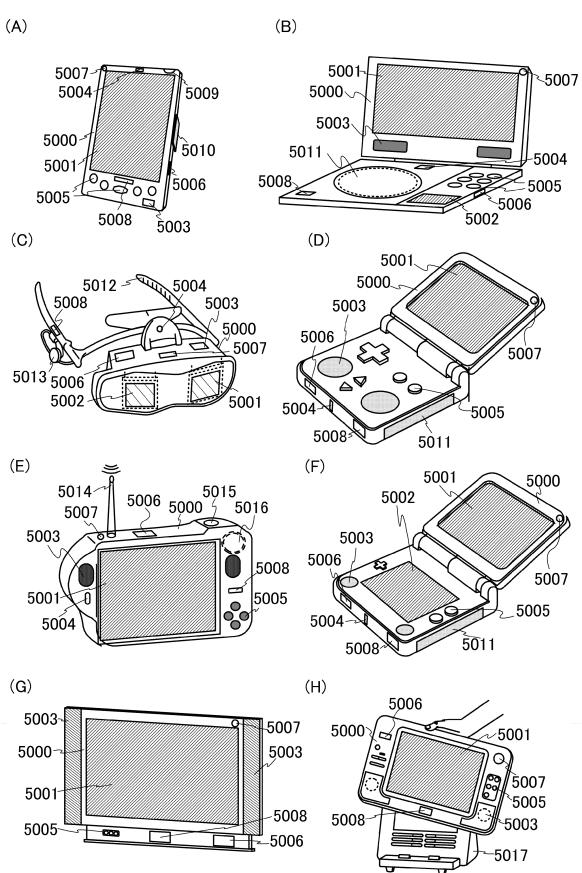
【図9】



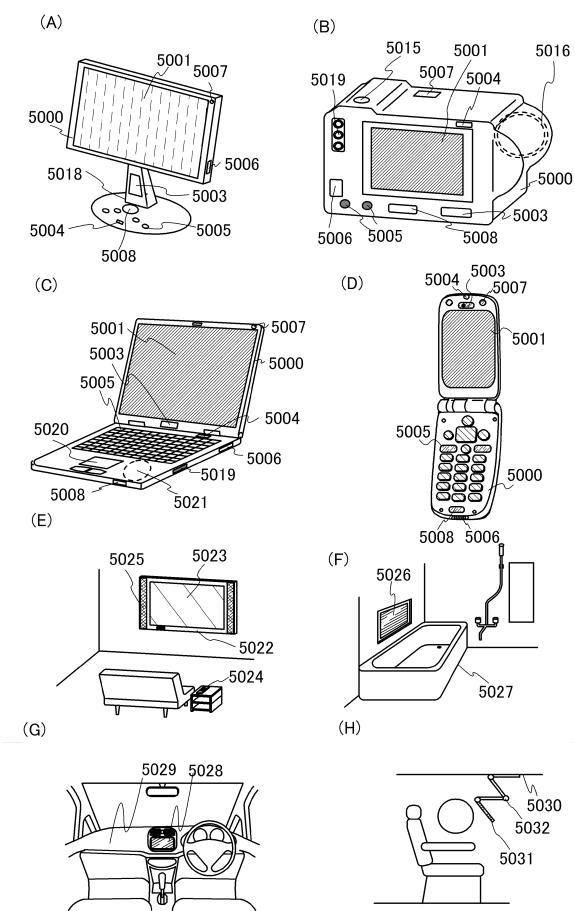
【 図 1 0 】



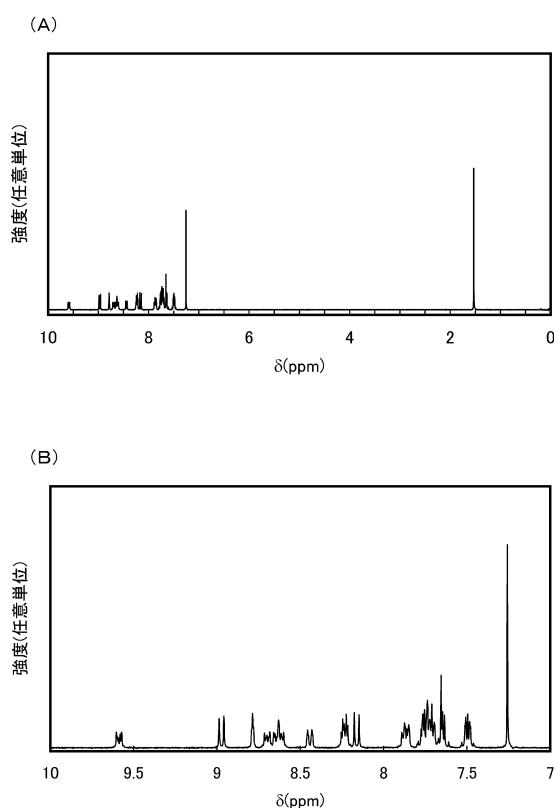
【图 1 1 】



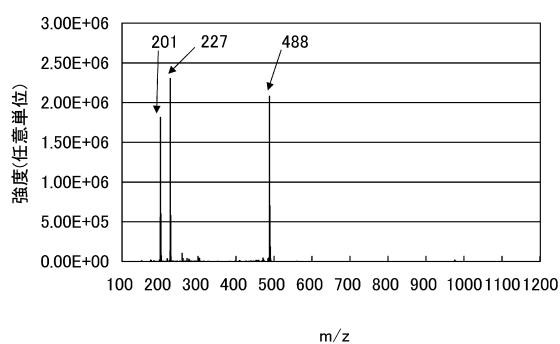
【図12】



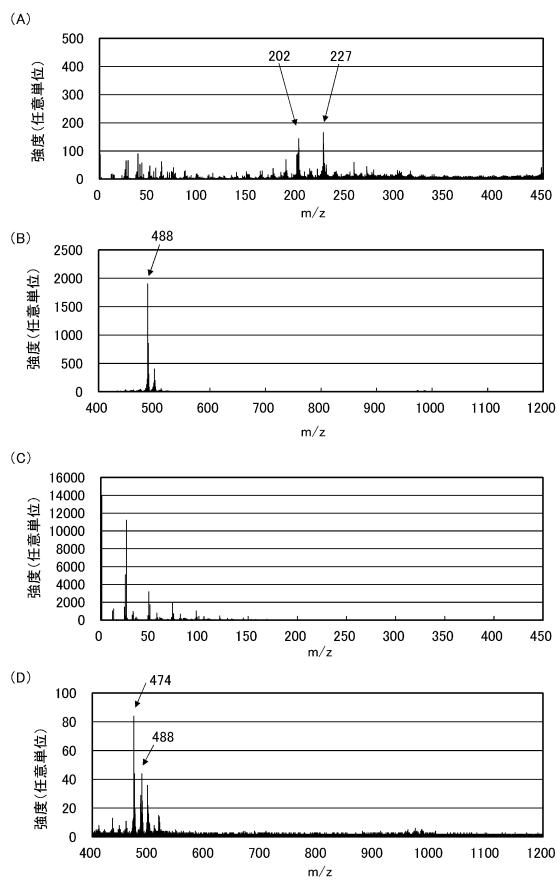
【図13】



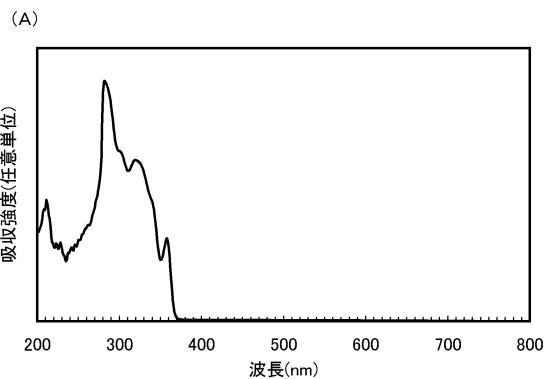
【図14】



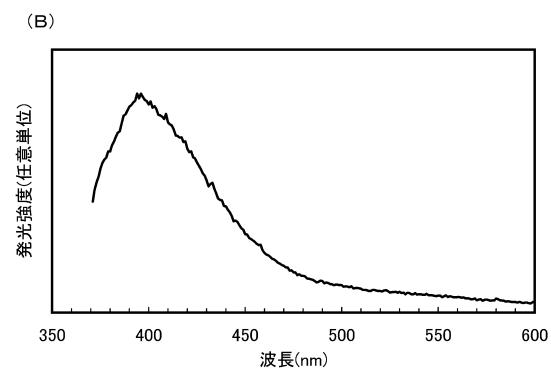
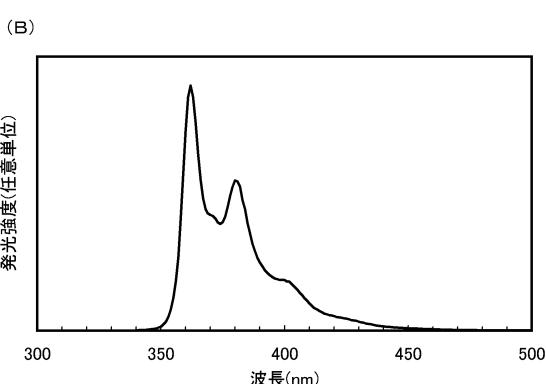
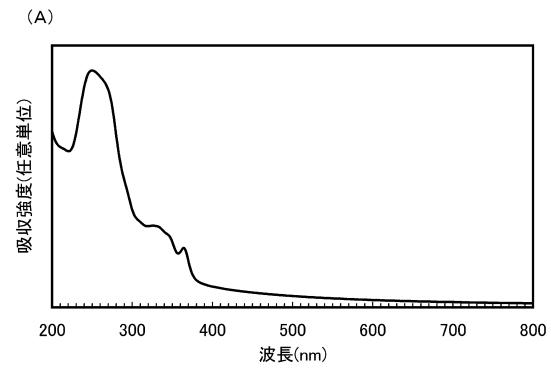
【図15】



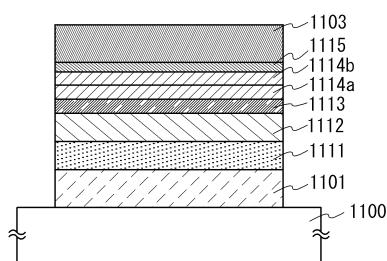
【図16】



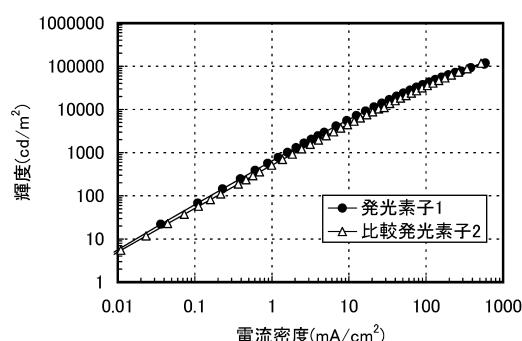
【図17】



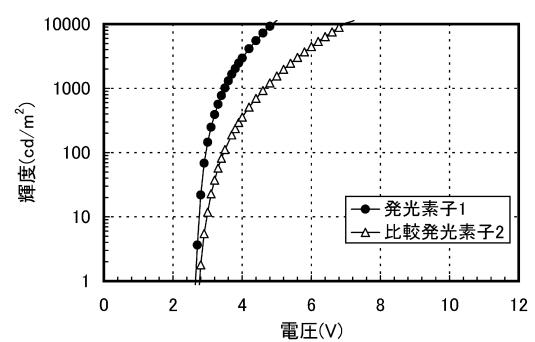
【図18】



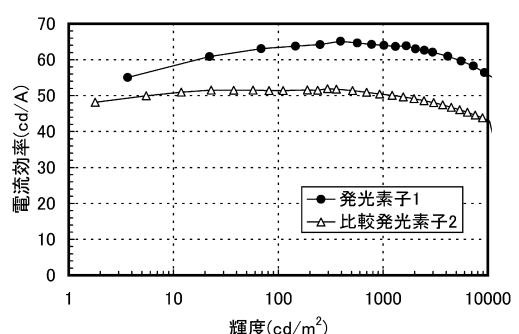
【図19】



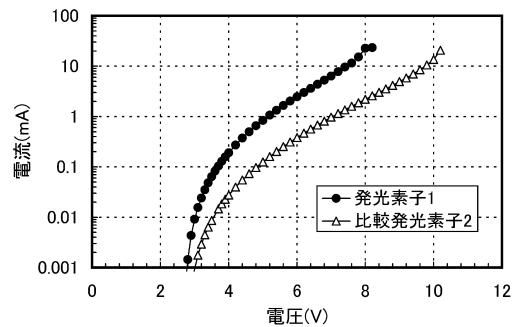
【図20】



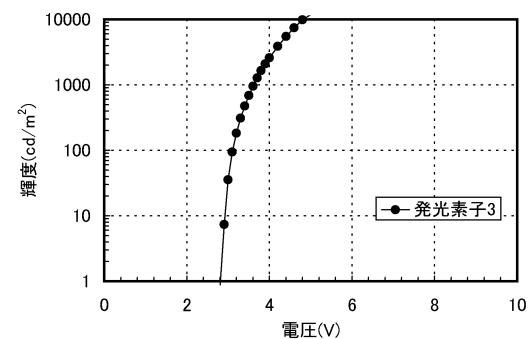
【図21】



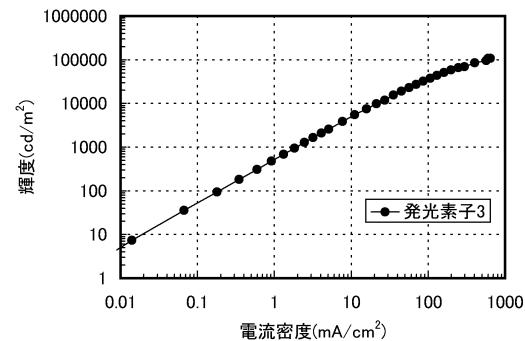
【図22】



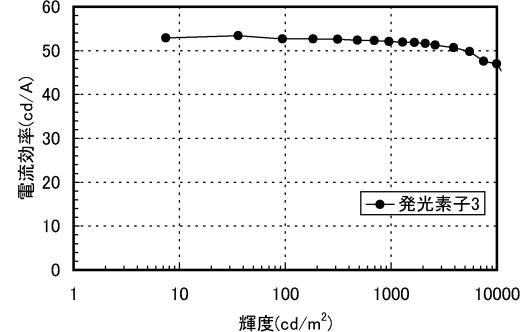
【図24】



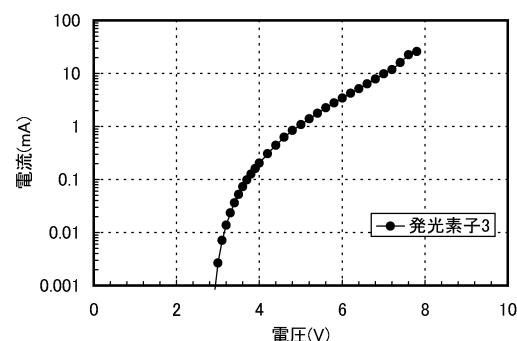
【図23】



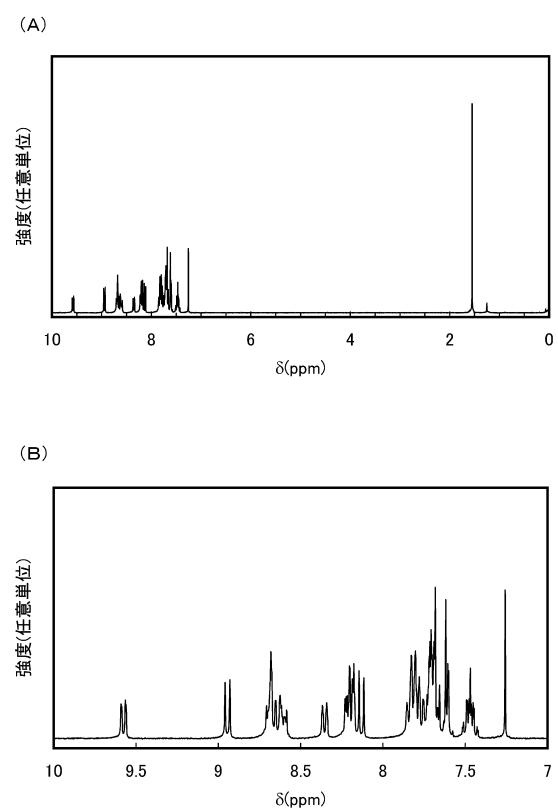
【図25】



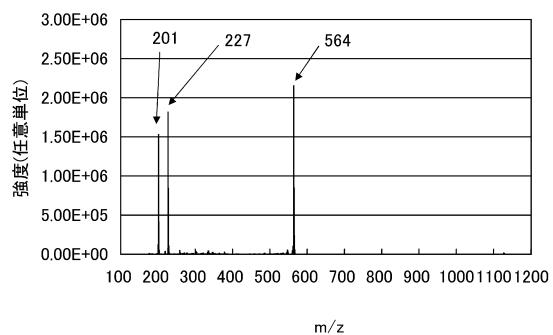
【図26】



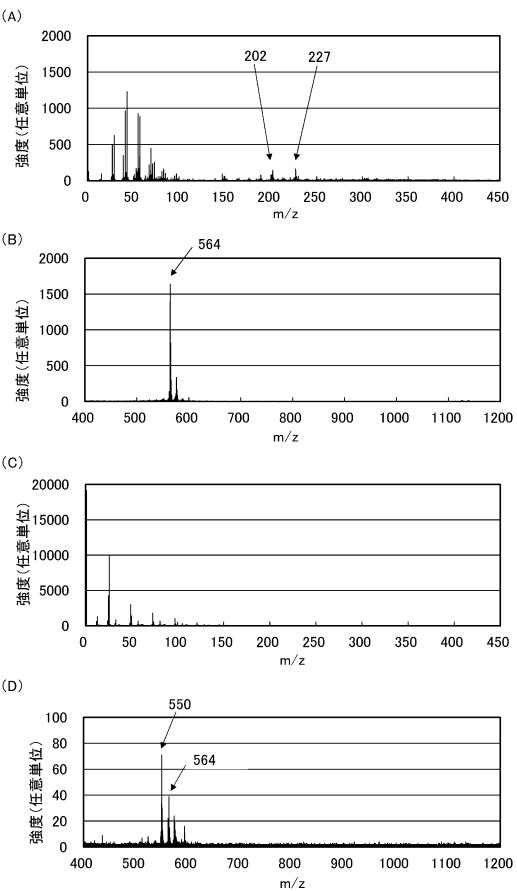
【図27】



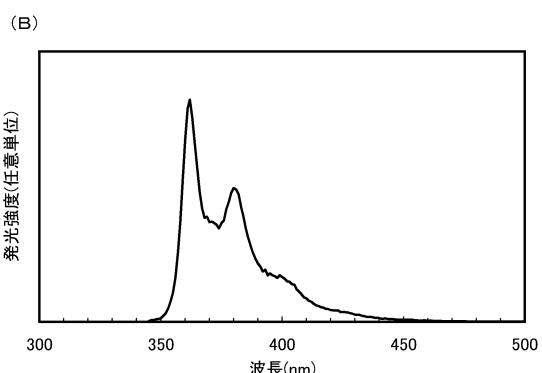
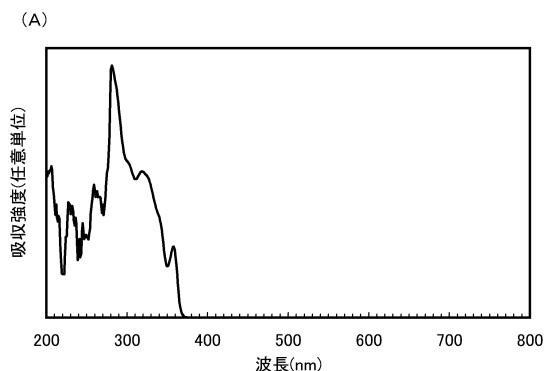
【図28】



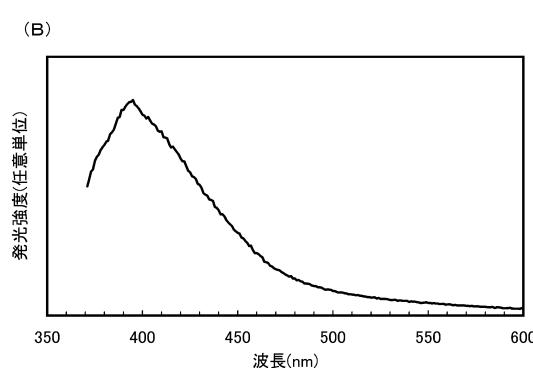
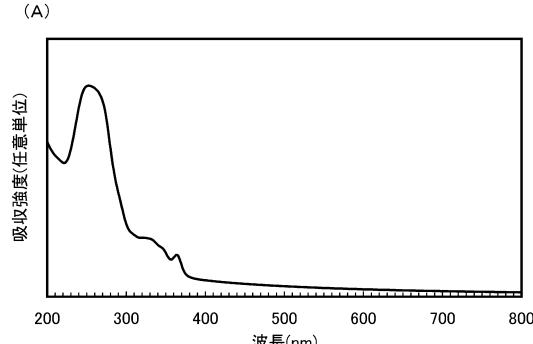
【図29】



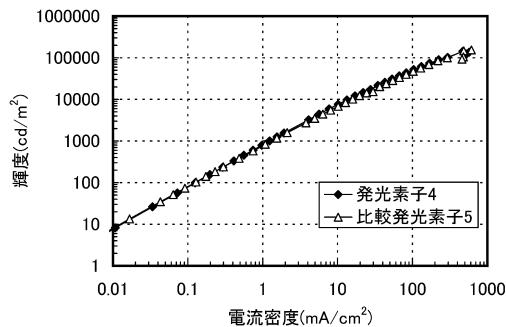
【図30】



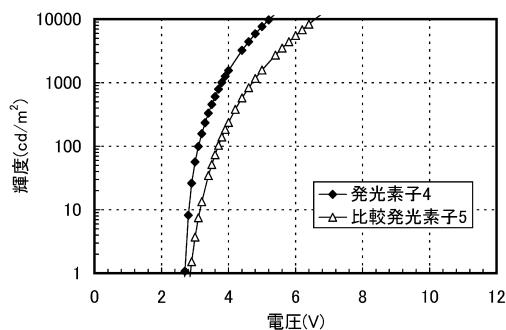
【図31】



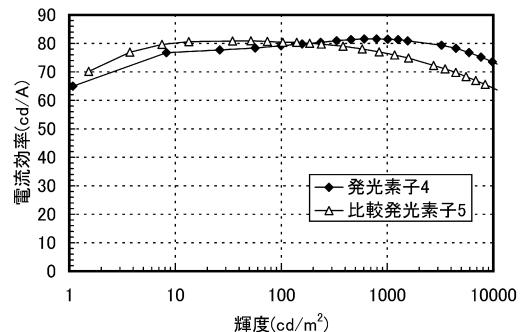
【図3-2】



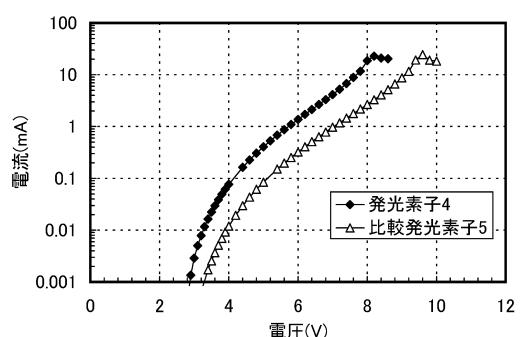
【図3-3】



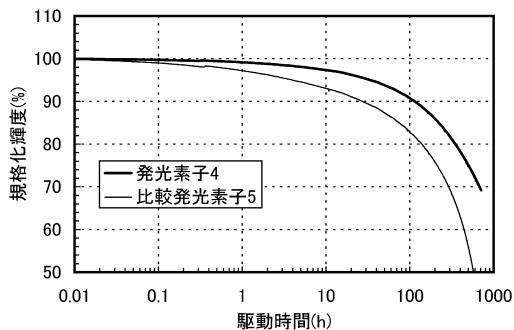
【図3-4】



【図3-5】



【図3-6】



フロントページの続き

(72)発明者 大澤 信晴

栃木県栃木市都賀町升塚161-2 アドバンスト フィルム ディバイス インク株式会社内

(72)発明者 濑尾 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 尾坂 晴恵

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

審査官 横川 美穂

(56)参考文献 特開2007-189001(JP, A)

特許第5864372(JP, B2)

特開2013-035825(JP, A)

特開2011-201869(JP, A)

特表2012-526833(JP, A)

特開2006-199677(JP, A)

特開2009-227663(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 51/50-51/56

H05B 33/00-33/28