

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-8043
(P2017-8043A)

(43) 公開日 平成29年1月12日(2017.1.12)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)	
C07D 493/04	C07D 493/04	1 O 1 A	3 K 1 O 7
C09K 11/06	C07D 493/04	C S P	4 C O 7 1
H01L 51/50	C09K 11/06	6 9 O	
	HO5B 33/14	B	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 112 頁)

(21) 出願番号	特願2016-122629 (P2016-122629)	(71) 出願人	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地
(22) 出願日	平成28年6月21日 (2016. 6. 21)	(72) 発明者	川上 祥子 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
(31) 優先権主張番号	特願2015-127571 (P2015-127571)	(72) 発明者	石黒 佳美 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成27年6月25日 (2015. 6. 25)	(72) 発明者	高橋 辰義 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	濱田 孝夫 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

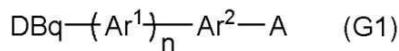
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】複素環化合物、発光素子、発光装置、電子機器、および照明装置

(57) 【要約】

【課題】新規な複素環化合物を提供する。特に、発光素子の素子特性を向上させることができる新規な複素環化合物を提供する。

【解決手段】置換もしくは無置換のジベンゾ [f , h] キノキサリニル基と、置換もしくは無置換のベンゾピスベンゾフラニル基とが、置換もしくは無置換のアリーレン基を介して結合する下記一般式 (G1) で表される複素環化合物である。



10

(式中、DBqは、置換もしくは無置換のジベンゾ [f , h] キノキサリニル基を表し、Ar¹は、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリーレン基を表し、nは、0または1を表し、Ar²は、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリーレン基を表し、Aは、置換もしくは無置換のベンゾピスベンゾフラニル基を表す。また、Ar¹およびAr²で表されるアリーレン基が置換基を有する場合、置換基は互いに結合して環を形成しても良い。)

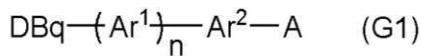
【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一般式 (G1) で表される複素環化合物。

【化 1】



10

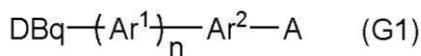
(式中、DBq は、置換もしくは無置換のジベンゾ [f, h] キノキサリニル基を表し、 Ar^1 は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、n は、0 または 1 を表し、 Ar^2 は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、A は、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表す。また、前記アリーレン基が置換基を有する場合、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。)

【請求項 2】

一般式 (G1) で表される複素環化合物。

【化 2】

20



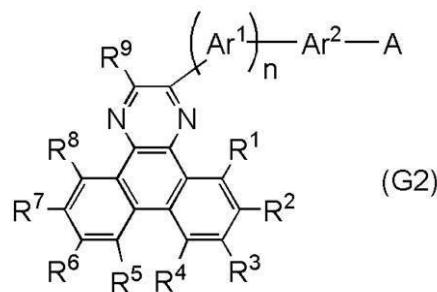
(式中、DBq は、置換もしくは無置換のジベンゾ [f, h] キノキサリニル基を表し、 Ar^1 は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、n は、0 または 1 を表し、 Ar^2 は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、A は、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表す。また、前記ベンゾビスベンゾフラニル基中のフラン環を構成しない炭素のうち、前記フラン環中の酸素と結合する炭素と隣接する炭素のいずれかが、 Ar^2 と結合する。また、前記アリーレン基が置換基を有する場合、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。)

30

【請求項 3】

一般式 (G2) で表される複素環化合物。

【化 3】



40

(式中、A は、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表し、 R^1 ~ R^9 は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 ~ 4 のアルキル基、又は炭素数 6 ~ 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、 Ar^1 は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、n は、0 または 1 を表し、 Ar^2 は、置換もしくは無置換の炭

50

素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表す。また、前記アリーレン基が置換基を有する場合、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。)

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一において、

前記一般式 (G1) または前記一般式 (G2) における Ar^2 は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニルジイル基を表し、n は 0 であることを特徴とする複素環化合物。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一において、

前記一般式 (G1) または前記一般式 (G2) における Ar^2 は、置換もしくは無置換の m-フェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニル-3,3'-ジイル基を表し、n は 0 であることを特徴とする複素環化合物。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一において、

前記一般式 (G1) または前記一般式 (G2) 中の A は、下記一般式 (A1) 乃至一般式 (A3) のいずれか一であり、

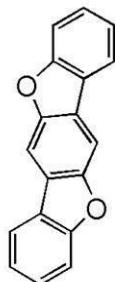
下記一般式 (A1) 乃至一般式 (A3) において、フラン環を構成しない炭素のうち、前記フラン環中の酸素と結合する炭素と隣接する炭素のいずれか一が、 Ar^2 と結合することを特徴とする複素環化合物。

【化 4】

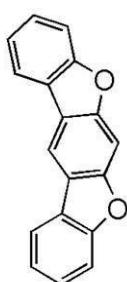
10

20

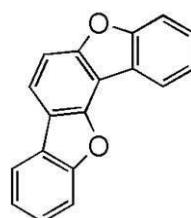
30



(A1)



(A2)



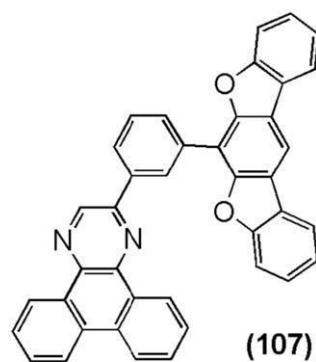
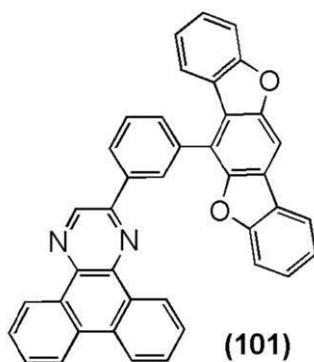
(A3)

(式中、ベンゼン環は置換基を有していても良く、前記置換基は、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 5 ~ 7 のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、のいずれかである。)

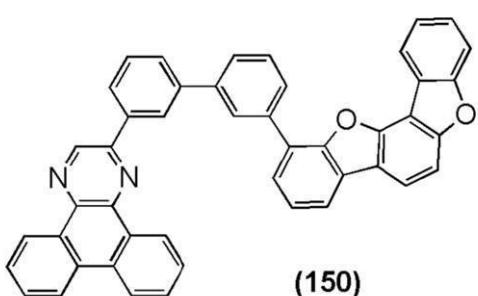
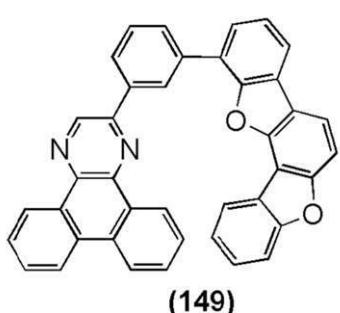
【請求項 7】

構造式 (101)、構造式 (107)、構造式 (149)、または構造式 (150) のいずれか一で表される複素環化合物。

【化5】



10



20

【請求項8】

置換もしくは無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリニル基と、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基とが、置換もしくは無置換のアリーレン基を介して結合することを特徴とする複素環化合物を用いた発光素子。

【請求項9】

置換もしくは無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリニル基と、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基とが、置換もしくは無置換のアリーレン基を介して結合し、前記ベンゾビスベンゾフラニル基中のフラン環を構成しない炭素のうち、前記フラン環中の酸素と結合する炭素と隣接する炭素のいずれか一が、前記アリーレン基と結合することを特徴とする複素環化合物を用いた発光素子。

【請求項10】

請求項8または請求項9において、
前記発光素子は発光層を有し、
前記発光層は、前記複素環化合物と、発光物質と、を含むことを特徴とする発光素子。

【請求項11】

請求項1乃至請求項7のいずれか一項に記載の複素環化合物を用いた発光素子。

【請求項12】

請求項1乃至請求項7のいずれか一に記載の複素環化合物と、発光物質と、を含む発光層を有する発光素子。

【請求項13】

請求項8乃至請求項12のいずれか一に記載の発光素子と、トランジスタ、または、基板と、を有することを特徴とする発光装置。

【請求項14】

請求項8乃至請求項12のいずれか一に記載の発光素子と、接続端子、または、操作キーと、を有することを特徴とする電子機器。

【請求項15】

請求項13に記載の発光装置と、

30

40

50

マイク、カメラ、操作用ボタン、外部接続部、または、スピーカと、を有することを特徴とする電子機器。

【請求項 1 6】

請求項 8 乃至 請求項 1 2 のいずれか一に記載の発光素子と、
筐体、カバー、または、支持台を有することを特徴とする照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明の一態様は、物、方法、または、製造方法に関する。または、本発明は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。特に、本発明の一態様は、半導体装置、発光装置、表示装置、照明装置、発光素子、それらの製造方法に関する。また、本発明の一態様は、複素環化合物およびその新規な合成方法に関する。また、上記複素環化合物を用いた発光素子、発光装置、電子機器、及び照明装置に関する。なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。

10

【背景技術】

【0 0 0 2】

薄型軽量、高速応答性、直流低電圧駆動などの特徴を有する有機化合物を発光体として用いた発光素子は、次世代のフラットパネルディスプレイへの応用が期待されている。特に、発光素子をマトリクス状に配置した表示装置は、従来の液晶表示装置と比較して、視野角が広く視認性が優れる点に優位性があると考えられている。

20

【0 0 0 3】

発光素子の発光機構は、一対の電極間に発光体を含むEL層を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔がEL層の発光中心で再結合して分子励起子を形成し、その分子励起子が基底状態に緩和する際にエネルギーを放出して発光するといわれている。励起状態には一重項励起と三重項励起が知られ、発光はどちらの励起状態を経ても可能であると考えられている。

【0 0 0 4】

このような発光素子において、EL層には、主として有機化合物が用いられており、発光素子の素子特性向上に大きな影響を与えることから、様々な新規の有機化合物の開発が行われている（例えば、特許文献1参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献1】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】

【0 0 0 6】

上述した特許文献1において報告されているジベンゾ[*f*,*h*]キノキサリン環を有する化合物は、平面的な構造を有しているため結晶化しやすいという問題を有する。結晶化しやすい化合物を用いた発光素子は寿命が短い。また、立体的に嵩高い構造の化合物とするために、ジベンゾ[*f*,*h*]キノキサリン環に他の骨格を直接結合させると、共役系が広がり、三重項励起エネルギーの低下を引き起こす場合がある。三重項励起エネルギーが低下すると発光効率が低下するため、このような化合物を用いた発光素子の素子特性も低下してしまう。

40

【0 0 0 7】

そこで、本発明の一態様では、新規な複素環化合物を提供する。特に、発光素子の素子特性を向上させることができる新規な複素環化合物を提供する。また、本発明の一態様では、発光効率および耐熱性の良い新規な複素環化合物を提供する。また、本発明の一態様では、発光素子に用いることができる新規な複素環化合物を提供する。また、本発明の一態様では、発光素子のEL層に用いることができる、新規な複素環化合物を提供する。特に

50

、耐熱性の高い発光素子、発光効率が高く低消費電力な発光素子、寿命の長い発光素子を提供することができる。また、本発明の一態様では、新規な発光素子を提供する。また、新規な発光装置、新規な電子機器、または新規な照明装置を提供する。なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、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】

【0008】

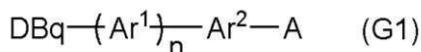
本発明の一態様は、置換もしくは無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリニル基と、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基とが、置換もしくは無置換のアリーレン基を介して結合することを特徴とする複素環化合物である。 10

【0009】

本発明の一態様は、下記一般式(G1)で表される複素環化合物である。

【0010】

【化1】



20

【0011】

但し、一般式(G1)中、DBqは、置換もしくは無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリニル基を表し、Ar¹は、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリーレン基を表し、nは、0または1を表し、Ar²は、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリーレン基を表し、Aは、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表す。また、Ar¹およびAr²で表されるアリーレン基が置換基を有する場合、置換基は互いに結合して環を形成しても良い。

【0012】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式(G1)中、DBqは、置換もしくは無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリニル基を表し、Ar¹は、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリーレン基を表し、nは、0または1を表し、Ar²は、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリーレン基を表し、Aは、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表す。また、ベンゾビスベンゾフラニル基中のフラン環を構成しない炭素のうち、フラン環の酸素と結合する炭素と隣接する炭素のいずれか一が、Ar²と結合する。また、Ar¹およびAr²で表されるアリーレン基が置換基を有する場合、置換基は互いに結合して環を形成しても良い。 30

【0013】

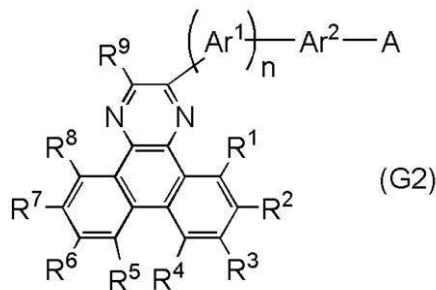
また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G2)で表される複素環化合物である。

【0014】

30

40

【化2】



10

【0015】

但し、一般式(G2)中、Aは、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表し、R¹～R⁹は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～4のアルキル基、又は炭素数6～13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリーレン基を表し、nは、0または1を表し、Ar²は、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリーレン基を表す。また、Ar¹およびAr²で表されるアリーレン基が置換基を有する場合、置換基は互いに結合して環を形成しても良い。

【0016】

また、上記構成において、一般式(G1)または一般式(G2)におけるAr²は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニルジイル基を表し、nは0であることを特徴とする。

20

【0017】

また、上記構成において、一般式(G1)または一般式(G2)におけるAr²は、置換もしくは無置換のm-フェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニル-3,3'-ジイル基を表し、nは0であることを特徴とする。

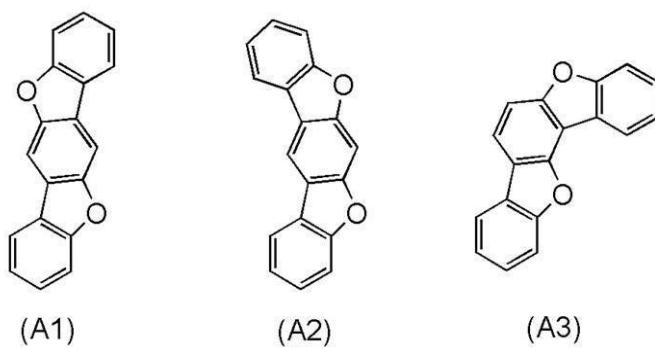
【0018】

また、上記各構成において、一般式(G1)または一般式(G2)中のAは、下記一般式(A1)～一般式(A3)のいずれか一であり、一般式(A1)～一般式(A3)において、フラン環を構成しない炭素のうち、フラン環中の酸素と結合する炭素と隣接する炭素のいずれか一が、Ar²と結合することを特徴とする。

30

【0019】

【化3】



40

【0020】

但し、一般式(A1)～一般式(A3)において、ベンゼン環は置換基を有していても良く、置換基は、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5～7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、のいずれかである。

【0021】

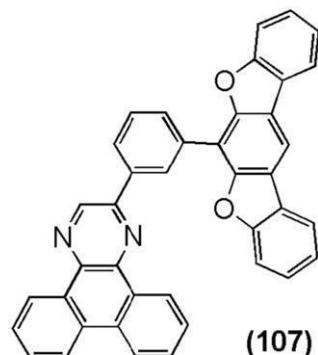
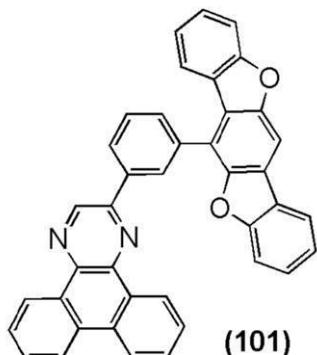
また、本発明の別の一態様は、下記構造式(101)、(107)、(149)、または

50

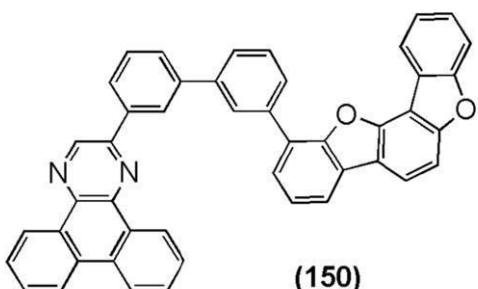
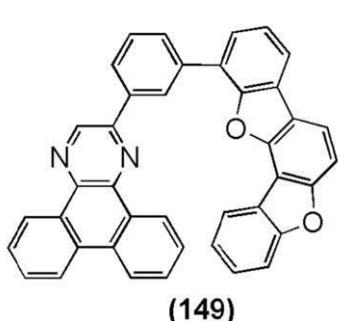
(150) で表される複素環化合物である。

【0022】

【化4】



10



20

【0023】

上述した本発明の一態様である複素環化合物は、T1準位の高い材料であることから、燐光材料などの発光物質（ドーパント）との組み合わせが可能なホスト材料として用いることができる。

【0024】

また、本発明の一態様である複素環化合物は、電子輸送性の高い材料である。従って、発光素子のEL層の発光層の他、電子輸送層などにも適用可能である。さらに、本発明の一態様である複素環化合物は、発光物質である。従って、発光層で、燐光材料などの発光物質と組み合わせて用いるホスト材料としてだけでなく、発光物質としても用いることができる。したがって、本発明の一態様である複素環化合物を用いた発光素子は、本発明の一態様に含まれるものとする。

【0025】

すなわち、本発明の別の一態様は、置換もしくは無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリニル基と、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基とが、置換もしくは無置換のアリーレン基を介して結合することを特徴とする複素環化合物を用いた発光素子である。

【0026】

また、本発明の別の一態様は、置換もしくは無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリニル基と、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基とが、置換もしくは無置換のアリーレン基を介して結合し、前記ベンゾビスベンゾフラニル基中のフラン環を構成しない炭素のうち、前記フラン環中の酸素と結合する炭素と隣接する炭素のいずれか一が、前記アリーレン基と結合することを特徴とする複素環化合物を用いた発光素子である。

【0027】

また、上記各構成において、発光素子は発光層を有し、発光層は、上記複素環化合物と、発光物質と、を含むことを特徴とする。

30

40

40

50

【0028】

また、本発明の一態様は、発光素子を有する発光装置だけでなく、発光装置を有する照明装置も範疇に含めるものである。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、または光源（照明装置含む）を指す。また、発光装置にコネクター、例えばFPC（Flexible printed circuit）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、または発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

【発明の効果】

10

【0029】

本発明の一態様では、新規な複素環化合物を提供することができる。特に、発光素子の素子特性を向上させることができる新規な複素環化合物を提供することができる。また、本発明の一態様では、発光効率および耐熱性の良い新規な複素環化合物を提供することができる。また、本発明の一態様では、発光素子に用いることができる新規な複素環化合物を提供することができる。また、本発明の一態様では、発光素子のEL層に用いることができる、新規な複素環化合物を提供することができる。特に、耐熱性の高い発光素子、発光効率が高く低消費電力な発光素子、寿命の長い発光素子を提供することができる。また、本発明の一態様では、新規な発光素子を提供することができる。また、新規な発光装置、新規な電子機器、または新規な照明装置を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】発光素子の構造について説明する図。

【図2】発光素子の構造について説明する図。

【図3】発光装置について説明する図。

【図4】発光装置について説明する図。

【図5】電子機器について説明する図。

【図6】電子機器について説明する図。

【図7】自動車について説明する図。

【図8】照明装置について説明する図。

30

【図9】照明装置について説明する図。

【図10】タッチパネルの一例を示す図。

【図11】タッチパネルの一例を示す図。

【図12】タッチパネルの一例を示す図。

【図13】タッチセンサのプロック図及びタイミングチャート。

【図14】タッチセンサの回路図。

【図15】構造式（101）に示す複素環化合物の¹H-NMRチャート。

【図16】構造式（101）に示す複素環化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図17】構造式（107）に示す複素環化合物の¹H-NMRチャート。

【図18】構造式（107）に示す複素環化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図19】構造式（149）に示す複素環化合物の¹H-NMRチャート。

【図20】構造式（149）に示す複素環化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図21】構造式（150）に示す複素環化合物の¹H-NMRチャート。

【図22】構造式（150）に示す複素環化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図23】発光素子について説明する図。

【図24】発光素子1乃至発光素子4の電流密度・輝度特性を示す図。

40

50

【図25】発光素子1乃至発光素子4の電圧-輝度特性を示す図。

【図26】発光素子1乃至発光素子4の輝度-電流効率特性を示す図。

【図27】発光素子1乃至発光素子4の電圧-電流特性を示す図。

【図28】発光素子1乃至発光素子4の発光スペクトルを示す図。

【図29】発光素子1乃至発光素子4の信頼性を示す図。

【図30】発光素子1乃至発光素子3、および比較発光素子5の外部量子効率特性の時間変化を示す図。

【図31】2mBb_fPDBqのマススペクトルを示す図。

【図32】2mBb_fPDBqのマススペクトルを示す図。

【発明を実施するための形態】

10

【0031】

以下、本発明の実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることが可能である。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0032】

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

20

【0033】

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様である複素環化合物について説明する。

【0034】

本実施の形態で示す複素環化合物は、置換もしくは無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリニル基と、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基とが、置換もしくは無置換のアリーレン基を介して結合することを特徴とする複素環化合物である。

20

【0035】

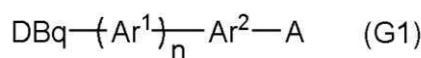
通常、有機化合物の分子構造を形成する縮合環の数を増やすことで、縮合環数がより多い構造の有機化合物の方が、分子量が大きくなるに連れ耐熱性が上がり、発光素子に用いた場合の長寿命化が期待できることが知られている。しかし、単純に縮合環を増やすだけではより平面性の高い分子構造となるため有機化合物の薄膜が結晶化しやすくなること等による耐熱性の低下や、化合物の三重項励起準位(T1 準位)の低下、さらには化合物の溶解性が低下することにより化合物の合成及び精製が困難になるという問題を有する。これに対して、本発明の一態様である複素環化合物は、ヘテロ原子を含む縮合環を用いて有機分子の骨格を拡張することにより、高い T1 準位を有する化合物を提供できる。また、平面性の高いジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリニル基とベンゾビスベンゾフラニル基をアリーレン基を介して結合させる事で嵩高い化合物となり、結晶化を抑制し、耐熱性の向上を実現することができる。従って、本実施の形態で説明する、複素環化合物は、下記一般式(G1)で表される構造を有する複素環化合物である。

30

【0036】

【化5】

40



【0037】

一般式(G1)において、DBqは、置換もしくは無置換のジベンゾ[*f*, *h*]キノキサ

50

リニル基を表し、 A_{r^1} は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、 n は、0 または 1 を表し、 A_{r^2} は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、 A は、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表す。また、 A_{r^1} および A_{r^2} で表されるアリーレン基が置換基を有する場合、置換基は互いに結合して環を形成しても良い。

【0038】

また、別の構成としては、上記一般式 (G1) で表される複素環化合物において、 DBq は、置換もしくは無置換のジベンゾ [f, h] キノキサリニル基を表し、 A_{r^1} は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、 n は、0 または 1 を表し、 A_{r^2} は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、 A は、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表す。また、ベンゾビスベンゾフラニル基のフラン環を構成しない炭素のうち、フラン環の酸素と結合する炭素と隣接する炭素のいずれか一が、 A_{r^2} と結合する。また、 A_{r^1} および A_{r^2} で表されるアリーレン基が置換基を有する場合、置換基は互いに結合して環を形成しても良い。

10

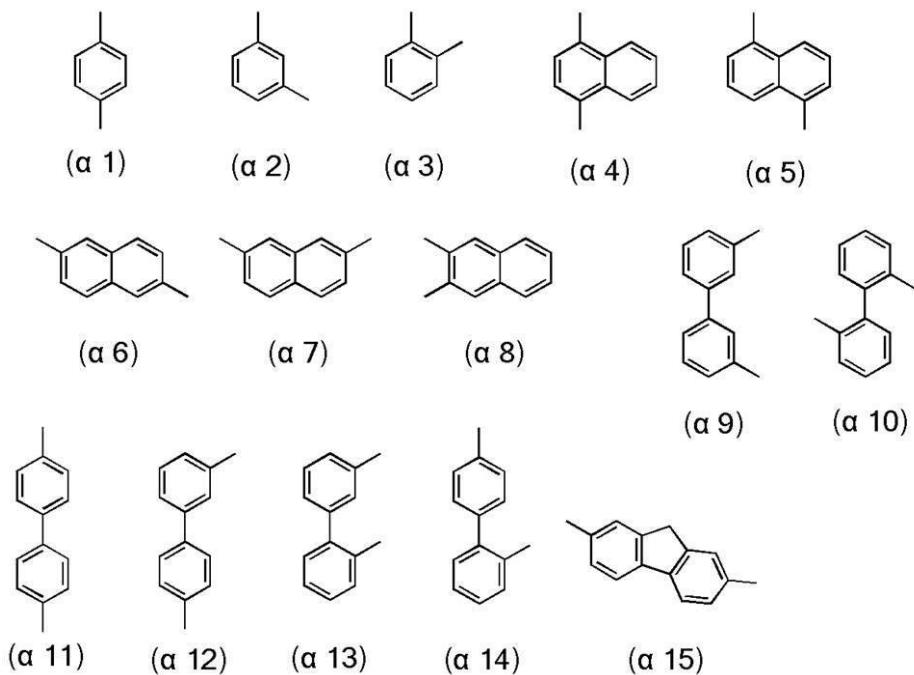
【0039】

一般式 (G1) 中の A_{r^1} または A_{r^2} で表される炭素数 6 ~ 13 の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ナフタレンジイル基、置換または無置換のビフェニルジイル基、置換または無置換のフルオレンジイル基等が挙げられるが、より具体的には、下記構造式 (1) ~ (15) に示すアリーレン基等が挙げられる。

20

【0040】

【化6】



30

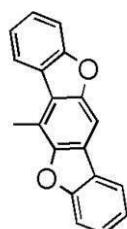
【0041】

また、一般式 (G1) において、 A で表される置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基のうち、無置換のベンゾビスベンゾフラニル基は、下記一般式 (A1) ~ 一般式 (A7) のいずれか一である。

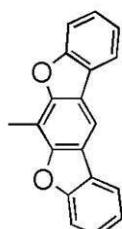
40

【0042】

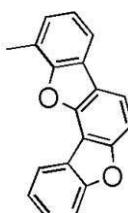
【化7】



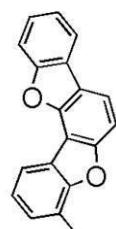
(A1)



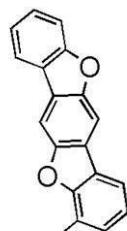
(A2)



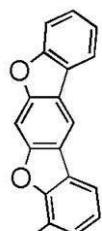
(A3)



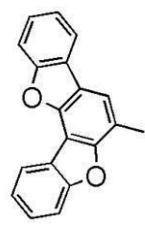
(A4)



(A5)



(A6)



(A7)

10

20

【0043】

また、一般式 (G1)において、Aで表されるベンゾビスベンゾフラニル基が置換基を有する場合は、一般式 (A1)～(A7)において、ベンゼン環が置換基を有していても良く、置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5～7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基が挙げられる。

【0044】

なお、一般式 (A1)～(A7)が、置換基として炭素数1～6のアルキル基を有する場合の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、sec-ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、sec-ペンチル基、tert-ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、sec-ヘキシル基、tert-ヘキシル基、ネオヘキシル基、3-メチルペンチル基、2-メチルペンチル基、2-エチルブチル基、1,2-ジメチルブチル基、2,3-ジメチルブチル基等が挙げられる。

【0045】

また、一般式 (A1)～(A7)が、置換基として炭素数5～7のシクロアルキル基を有する場合の具体例としては、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基等が挙げられる。

【0046】

さらに、一般式 (A1)～(A7)が、置換基として炭素数6～13のアリール基を有する場合の具体例としては、フェニル基、ビフェニル基、ナフチル基、フルオレニル基、インデニル基等が挙げられる。

【0047】

なお、一般式 (G1)における置換とは、好ましくは、メチル基、エチル基、n-プロピル基、iso-プロピル基、sec-ブチル基、tert-ブチル基、n-ペンチル基、n-ヘキシル基のような炭素数1～6のアルキル基や、フェニル基、o-トリル基、m-トリル基、p-トリル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基、2-ビフェニル基、3-ビフェニル基、4-ビフェニル基のような炭素数6～12のアリール基のような置換基を有することを表す。また、これらの置換基は互いに結合し、環を形成していても良い。例えば、アリーレン基であるフルオレン-ジイル基が、置換基として9位に二つのフェニル基

30

40

50

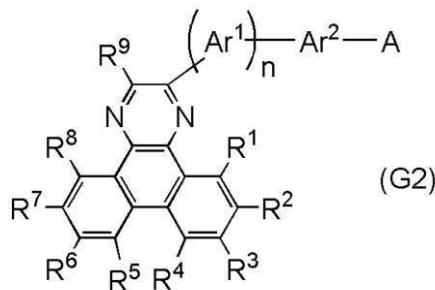
を有する 9, 9 -ジフェニル -9H -フルオレン -2, 7 -ジイル基である場合、該フェニル基が互いに結合し、スピロ -9, 9' -ビフルオレン -2, 7 -ジイル基となっても良い。

【0048】

また、本発明の一態様である複素環化合物の別の構成は、下記一般式 (G2) で表される構造を有する複素環化合物である。

【0049】

【化8】



【0050】

一般式 (G2) において、A は、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表し、R¹ ~ R⁹ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、又は炭素数 6 ~ 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹ は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、n は、0 または 1 を表し、Ar² は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表す。また、Ar¹ および Ar² で表されるアリーレン基が置換基を有する場合、置換基は互いに結合して環を形成しても良い。

【0051】

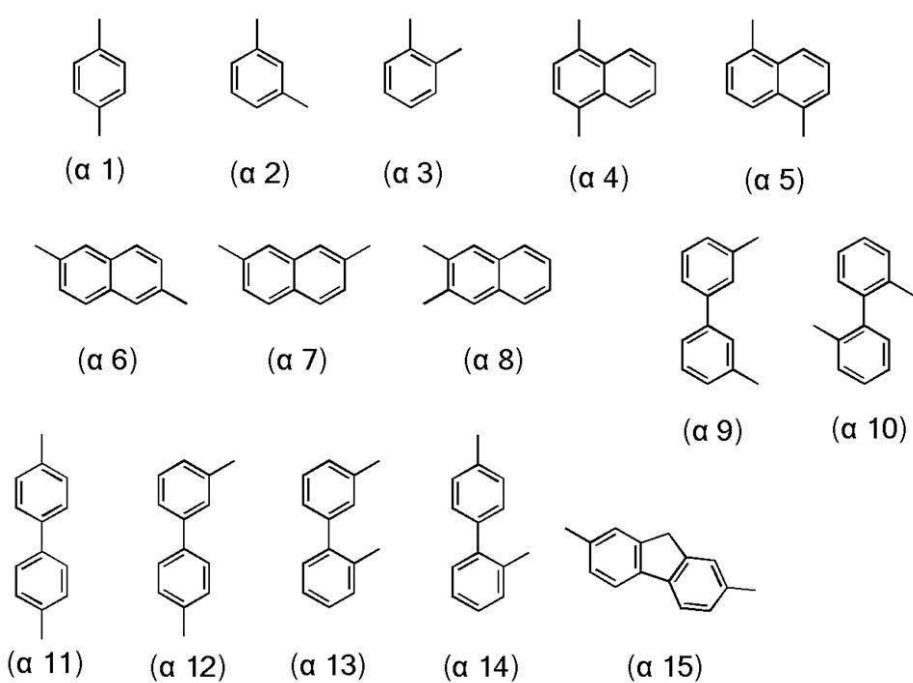
一般式 (G2) 中の Ar¹ または Ar² で表される炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基の具体例としては、下記構造式 (1) ~ (15) に示すアリーレン基等が挙げられる。

【0052】

【化9】

20

30



40

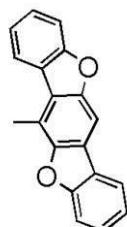
50

【0053】

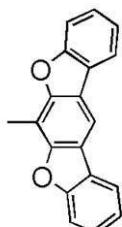
また、一般式 (G 2)において、Aで表される置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基のうち、無置換のベンゾビスベンゾフラニル基は、下記一般式 (A 1) ~ 一般式 (A 7) のいずれか一である。

【0054】

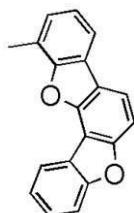
【化10】



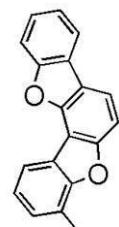
(A1)



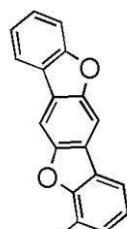
(A2)



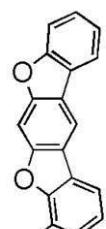
(A3)



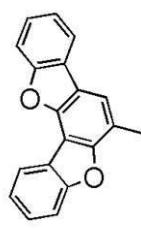
(A4)



(A5)



(A6)



(A7)

10

20

30

【0055】

また、一般式 (G 2)において、Aで表されるベンゾビスベンゾフラニル基が置換基を有する場合は、一般式 (A 1) ~ (A 7)において、ベンゼン環が置換基を有していても良く、置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 5 ~ 7 のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基が挙げられる。

【0056】

なお、一般式 (A 1) ~ (A 7) が、置換基として炭素数 1 ~ 6 のアルキル基を有する場合の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、sec - ブチル基、イソブチル基、tert - ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、sec - ペンチル基、tert - ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、sec - ヘキシル基、tert - ヘキシル基、ネオヘキシル基、3 - メチルペンチル基、2 - メチルペンチル基、2 - エチルブチル基、1, 2 - ジメチルブチル基、2, 3 - ジメチルブチル基等が挙げられる。

【0057】

また、一般式 (A 1) ~ (A 7) が、置換基として炭素数 5 ~ 7 のシクロアルキル基を有する場合の具体例としては、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基等が挙げられる。

【0058】

さらに、一般式 (A 1) ~ (A 7) が、置換基として炭素数 6 ~ 13 のアリール基を有する場合の具体例としては、フェニル基、ビフェニル基、ナフチル基、フルオレニル基、インデニル基等が挙げられる。

【0059】

また、一般式 (G 2) 中の R¹ ~ R⁹ における炭素数 1 ~ 6 のアルキル基の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、sec - ブチル基、イソブチル基、tert - ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、sec - ペンチル基

40

50

、*tert*-ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、*sec*-ヘキシル基、*tert*-ヘキシル基、ネオヘキシル基、3-メチルペンチル基、2-メチルペンチル基、2-エチルブチル基、1,2-ジメチルブチル基、2,3-ジメチルブチル基等が挙げられる。

【0060】

また、一般式(G2)中のR¹～R⁹における炭素数6～13のアリール基の具体例としては、フェニル基、ビフェニル基、トリル基、ナフチル基、キシリル基、フルオレニル基、インデニル基が挙げられる。

【0061】

なお、一般式(G2)における置換とは、好ましくは、メチル基、エチル基、n-プロピル基、iso-プロピル基、*sec*-ブチル基、*tert*-ブチル基、n-ペンチル基、n-ヘキシル基のような炭素数1～6のアルキル基や、フェニル基、o-トリル基、m-トリル基、p-トリル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基、2-ビフェニル基、3-ビフェニル基、4-ビフェニル基のような炭素数6～12のアリール基のような置換基を有することを表す。また、これらの置換基は互いに結合し、環を形成していても良い。例えば、アリーレン基であるフルオレン-ジイル基が、置換基として9位に二つのフェニル基を有する9,9-ジフェニル-9H-フルオレン-2,7-ジイル基である場合、該フェニル基が互いに結合し、スピロ-9,9'-ビフルオレン-2,7-ジイル基となっても良い。

【0062】

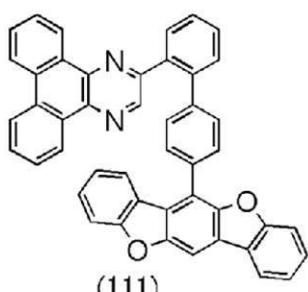
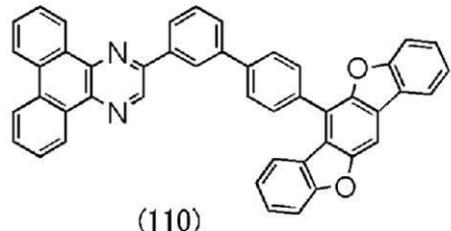
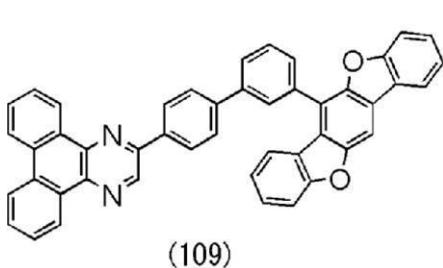
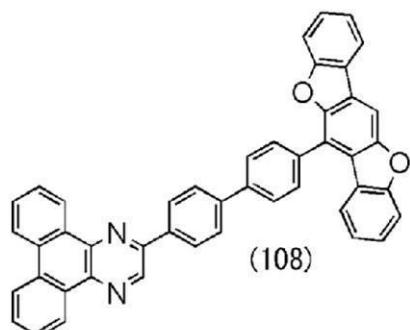
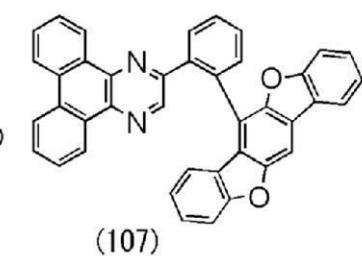
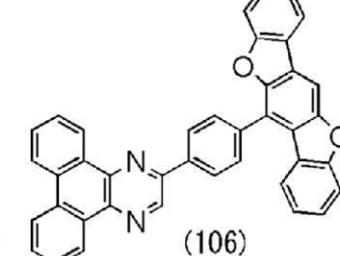
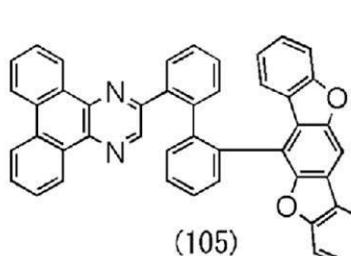
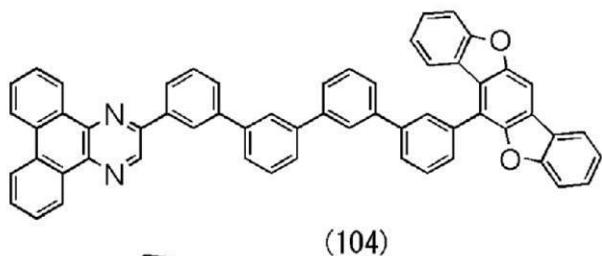
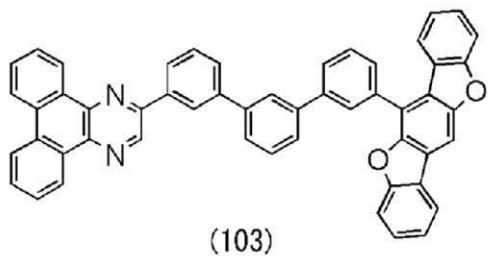
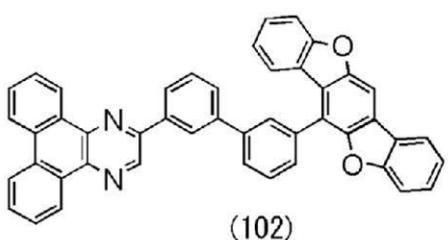
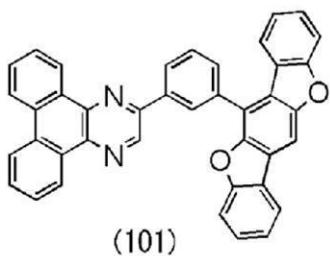
次に、上述した本発明の一態様である複素環化合物の具体的な構造式を下記に示す。ただし、本発明はこれらに限定されることはない。

【0063】

10

20

【化11】



10

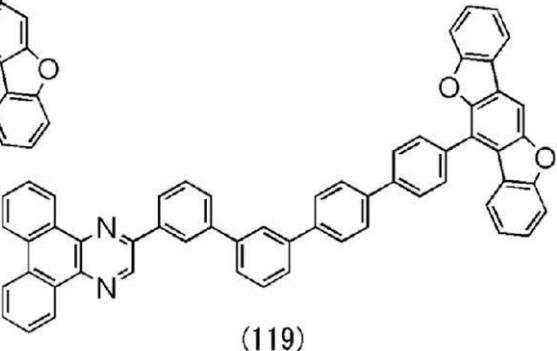
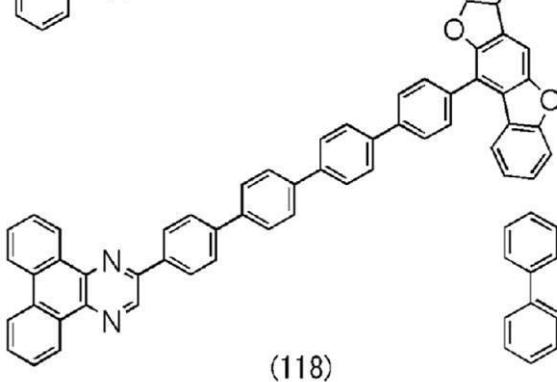
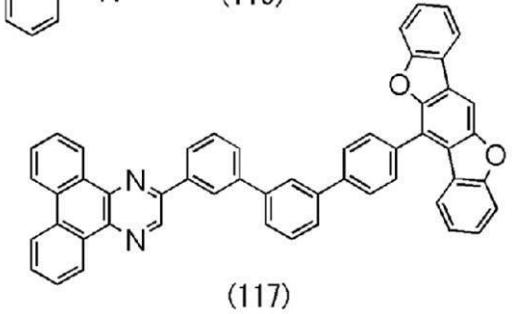
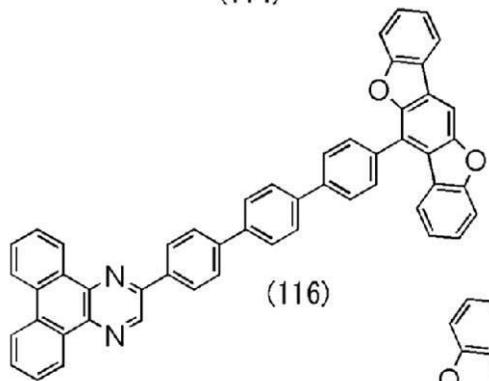
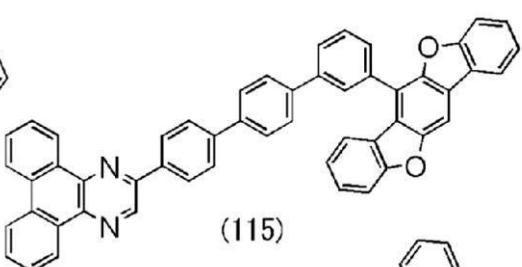
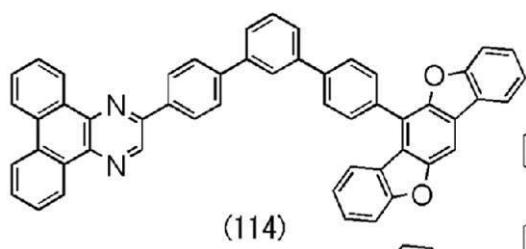
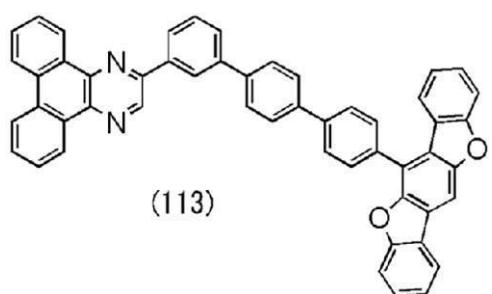
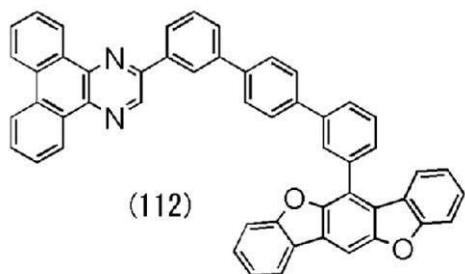
20

30

40

【0064】

【化12】



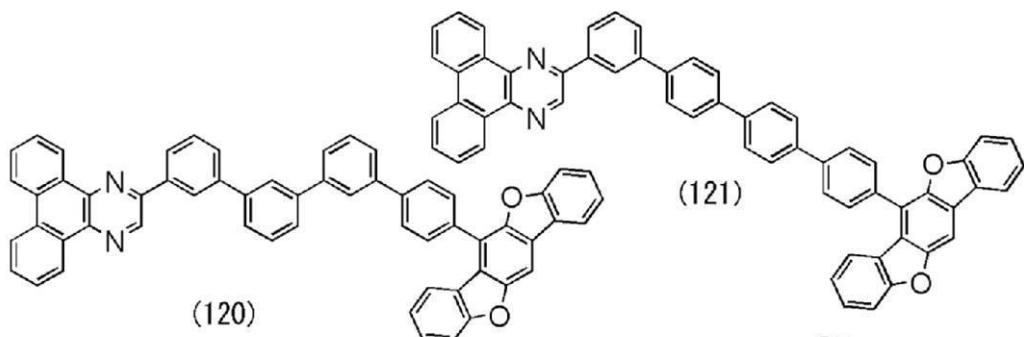
10

20

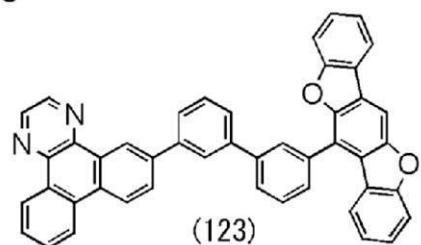
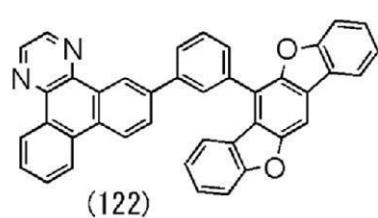
30

【0065】

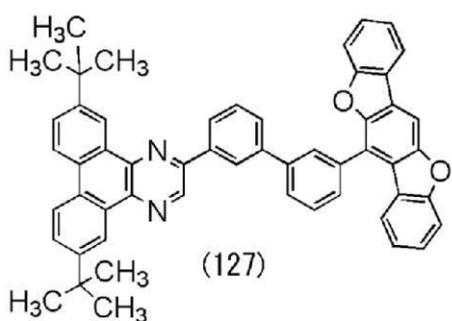
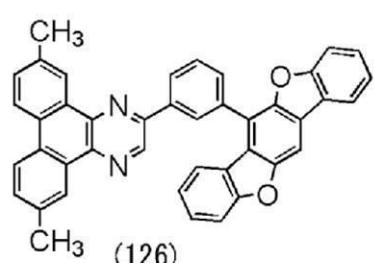
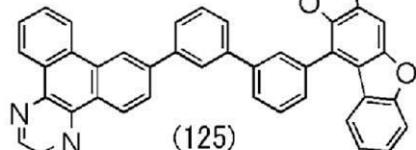
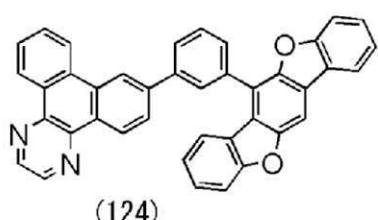
【化13】



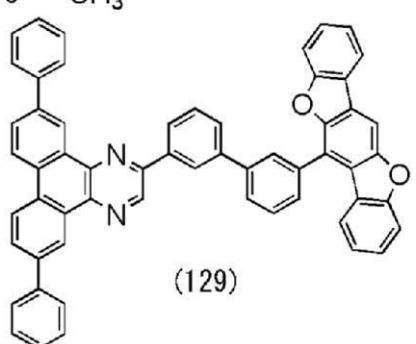
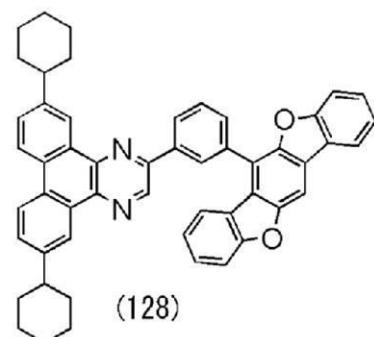
10



20



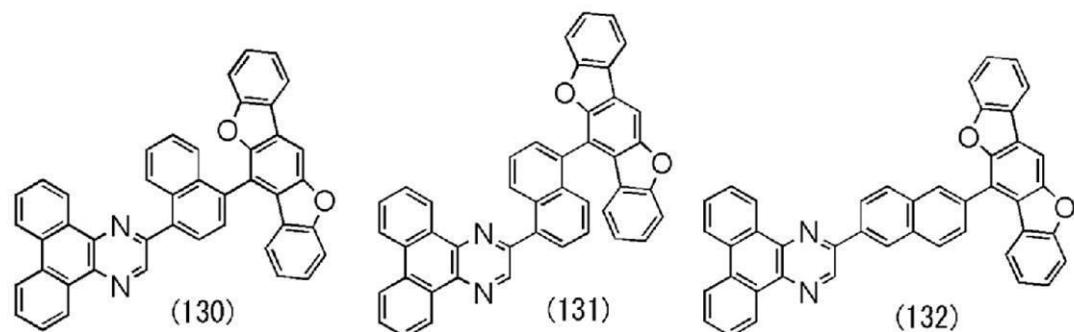
30



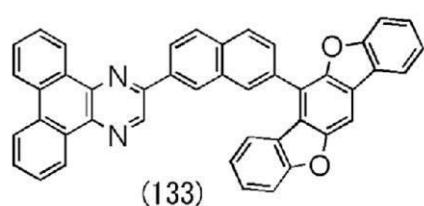
40

【0066】

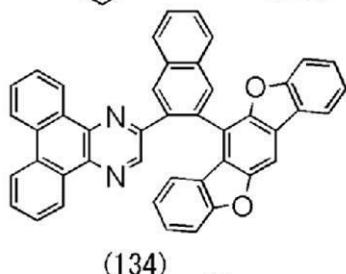
【化14】



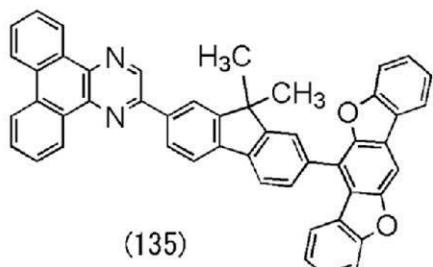
10



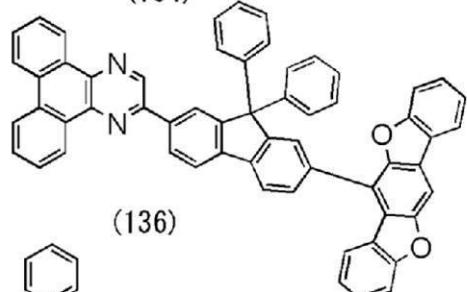
(133)



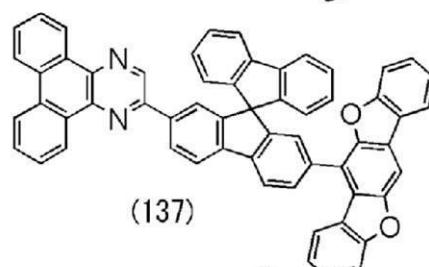
(134)



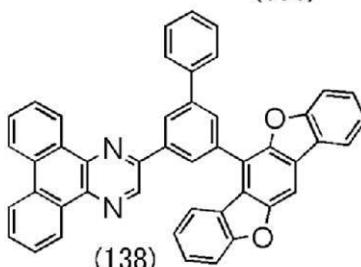
(135)



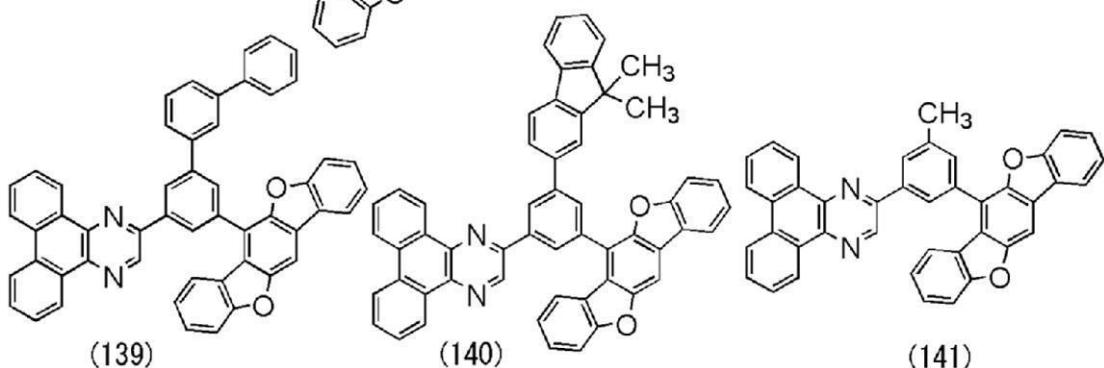
(136)



(137)



(138)



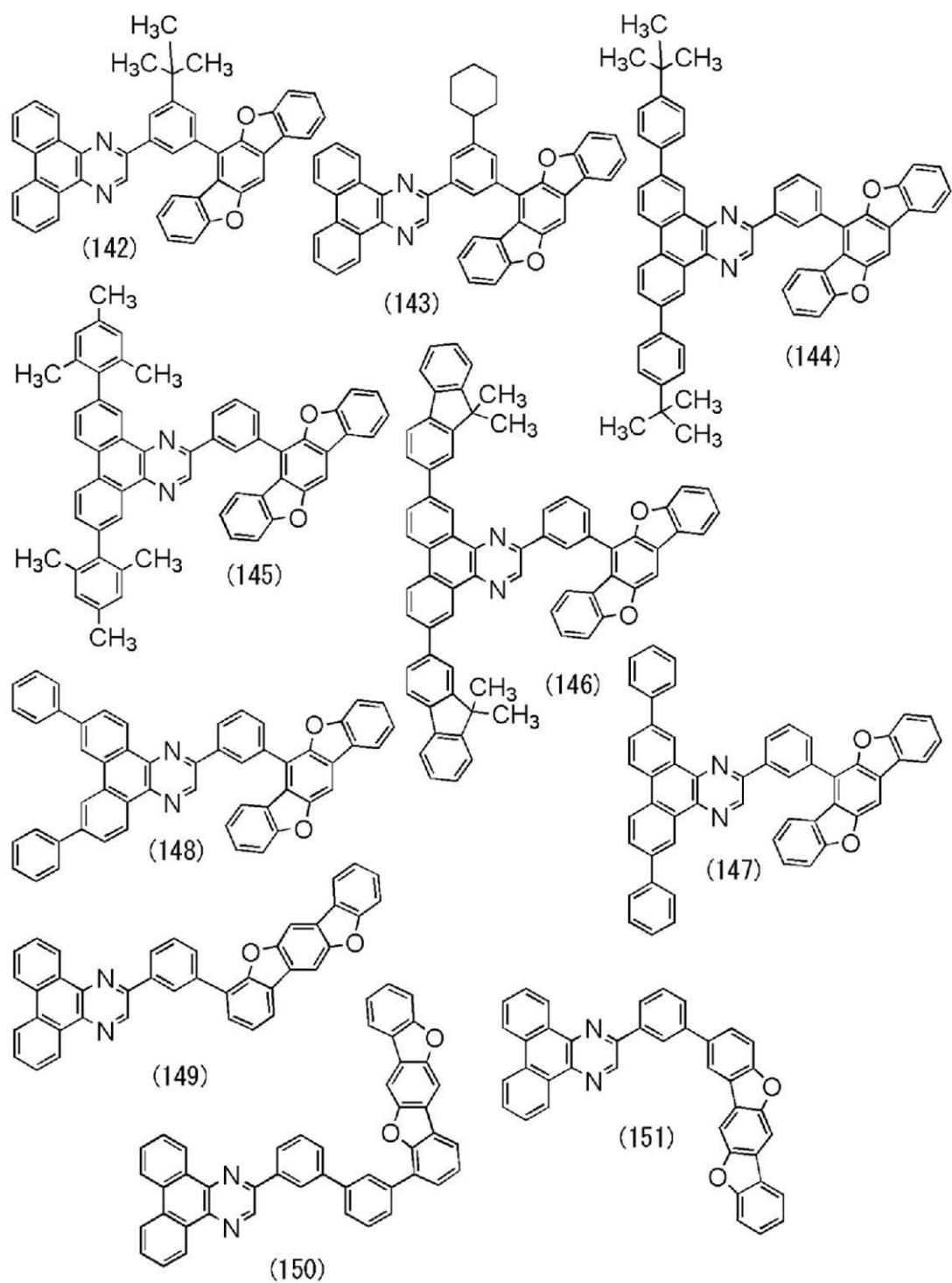
20

30

40

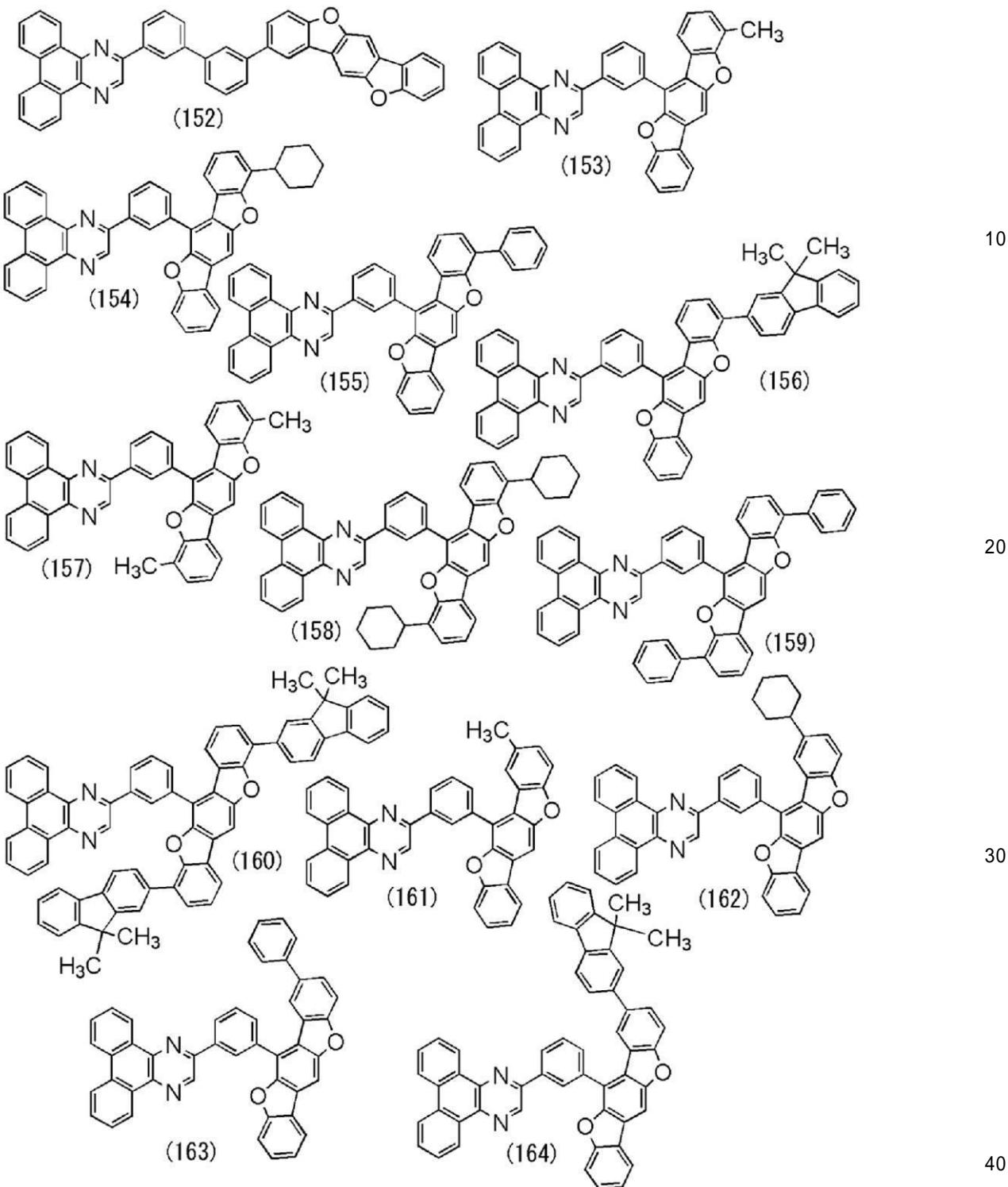
【0067】

【化15】



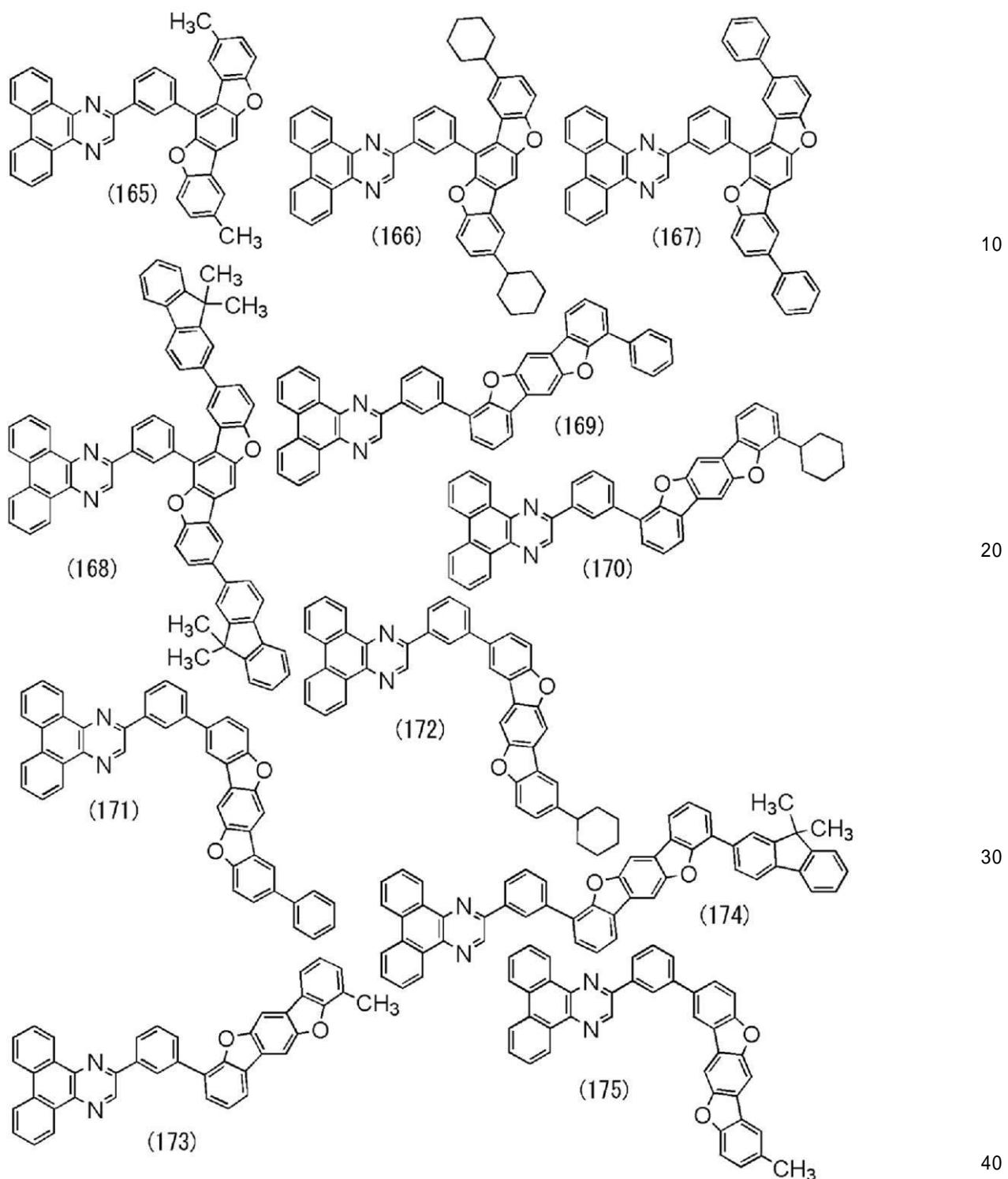
【0068】

【化16】



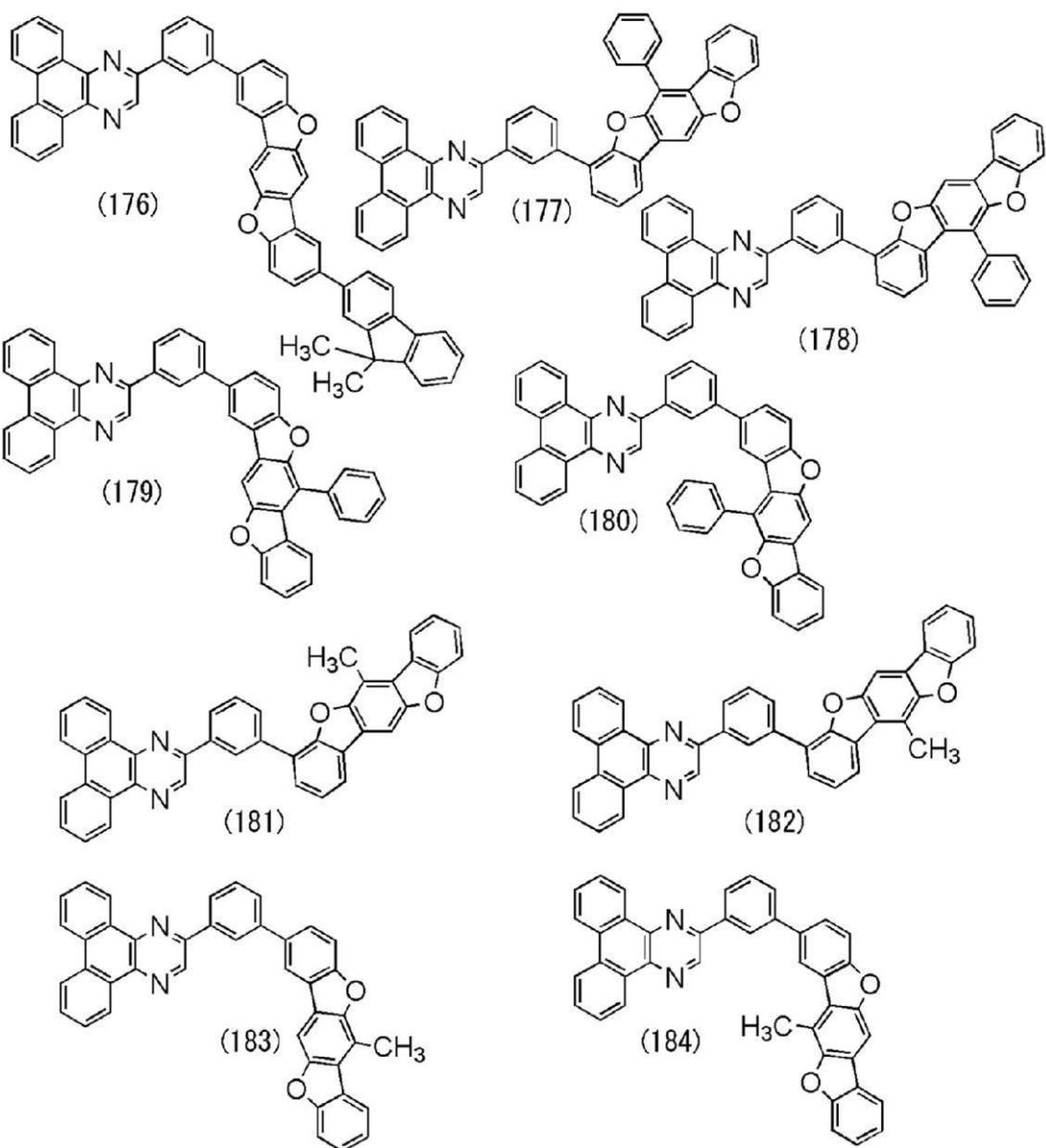
【0069】

【化17】



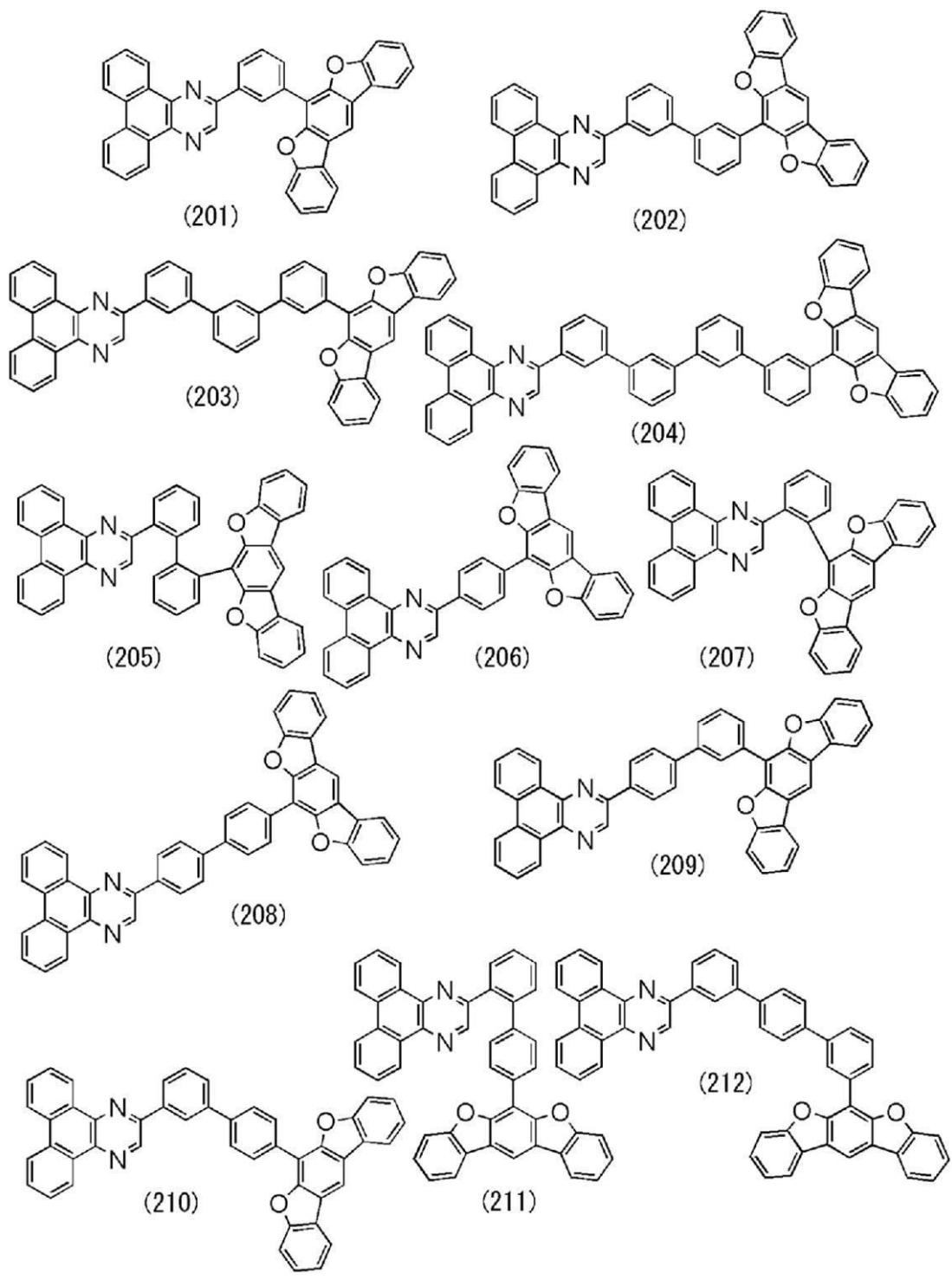
【0070】

【化18】



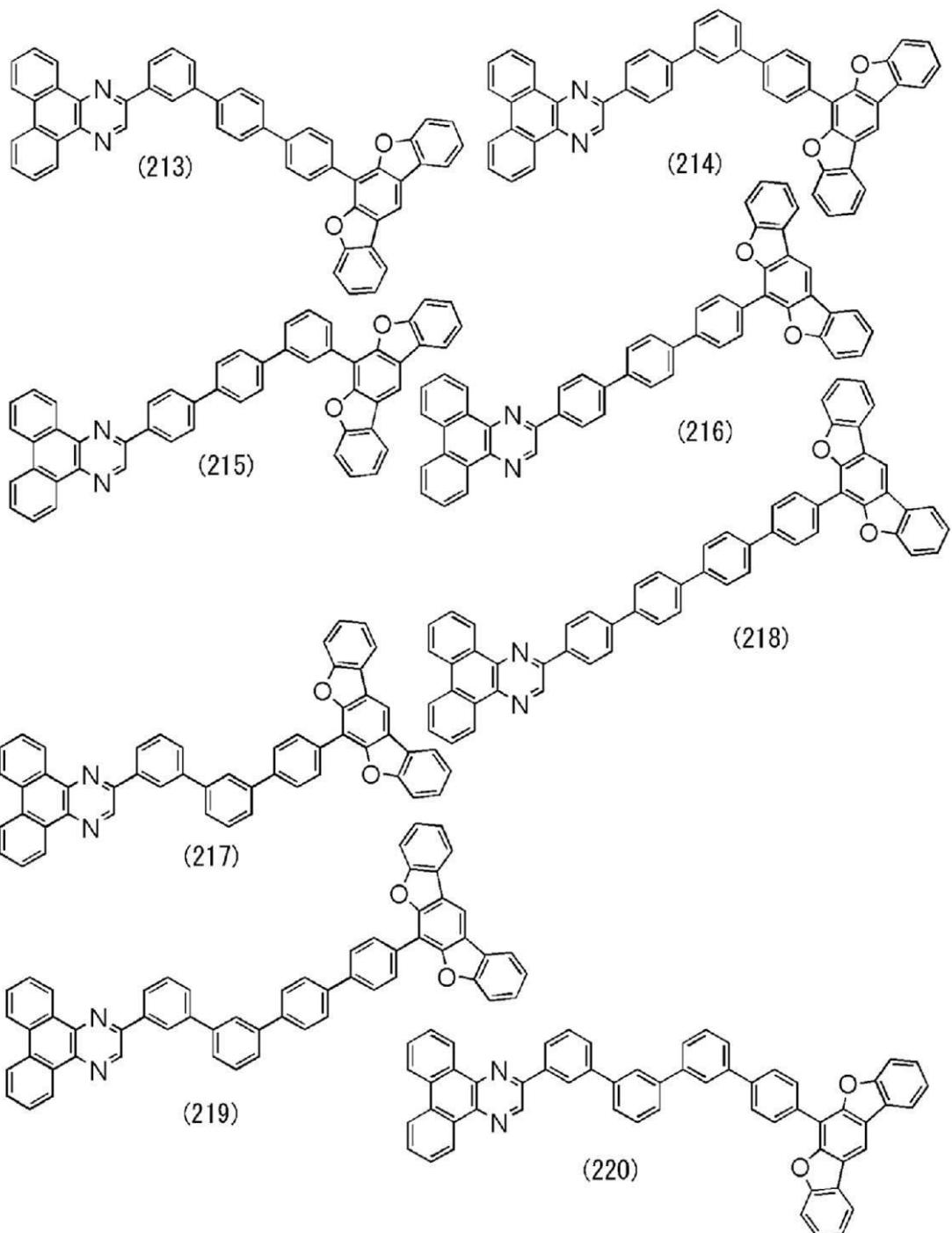
【0071】

【化19】



【0072】

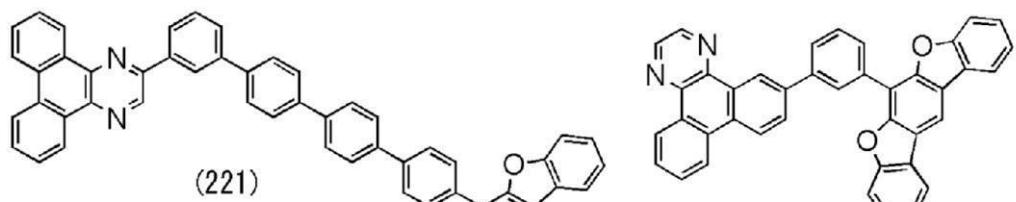
【化 2 0】



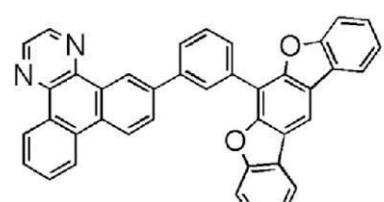
【 0 0 7 3 】

40

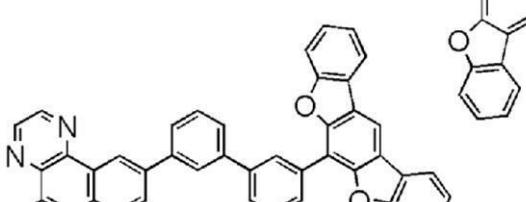
【化 2 1】



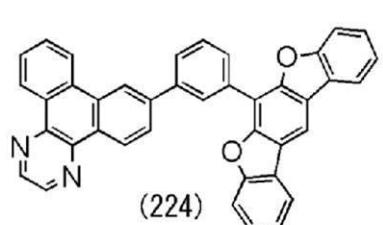
(221)



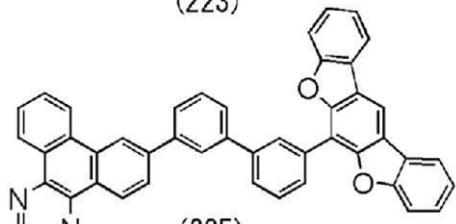
(222)



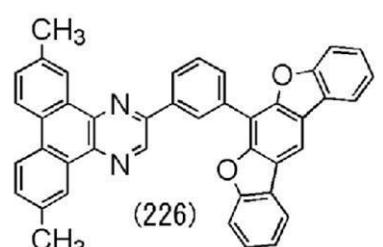
(223)



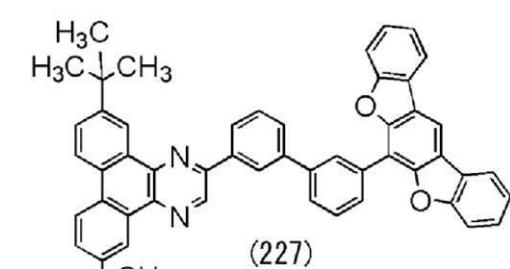
(224)



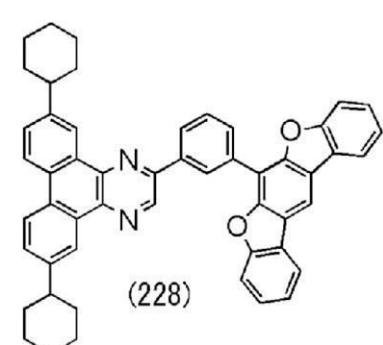
(225)



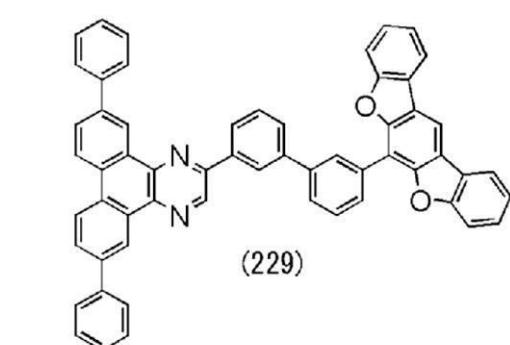
(226)



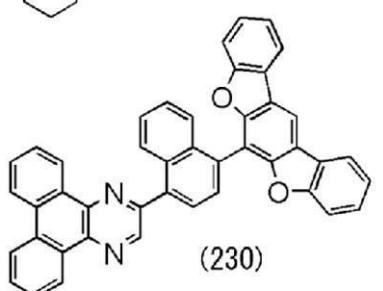
(227)



(228)



(229)



(230)

10

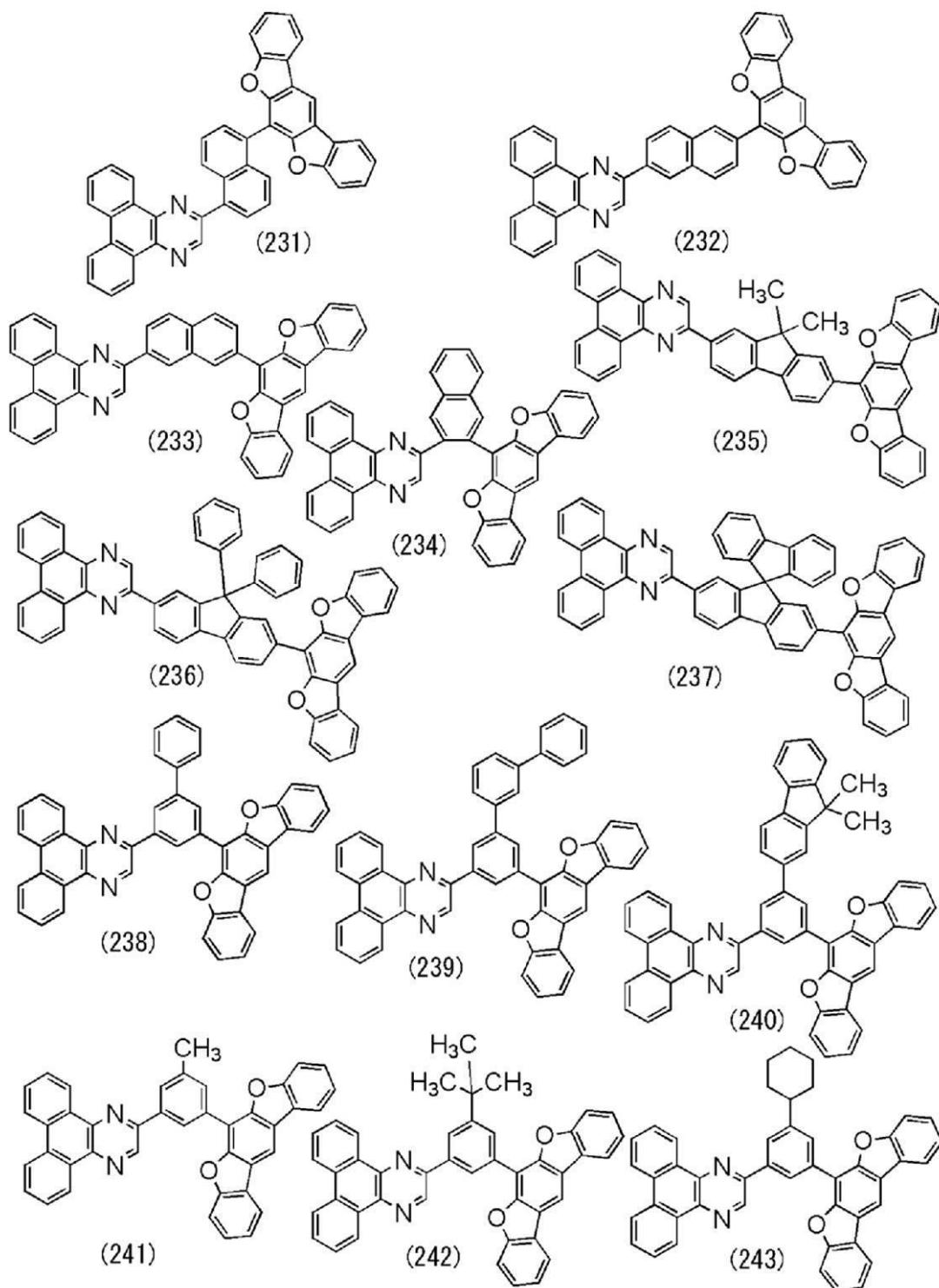
20

30

40

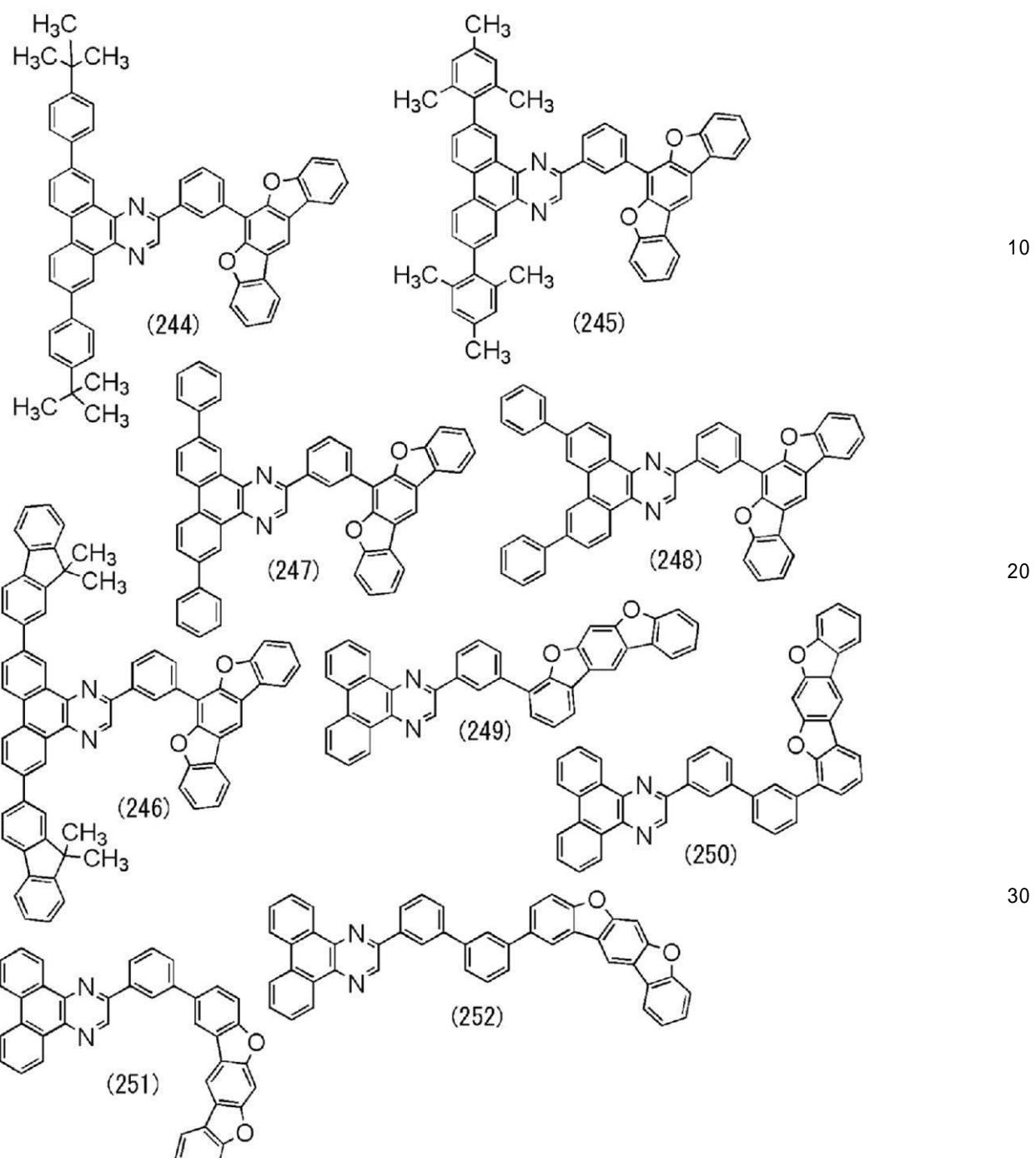
【 0 0 7 4 】

【化 2 2】



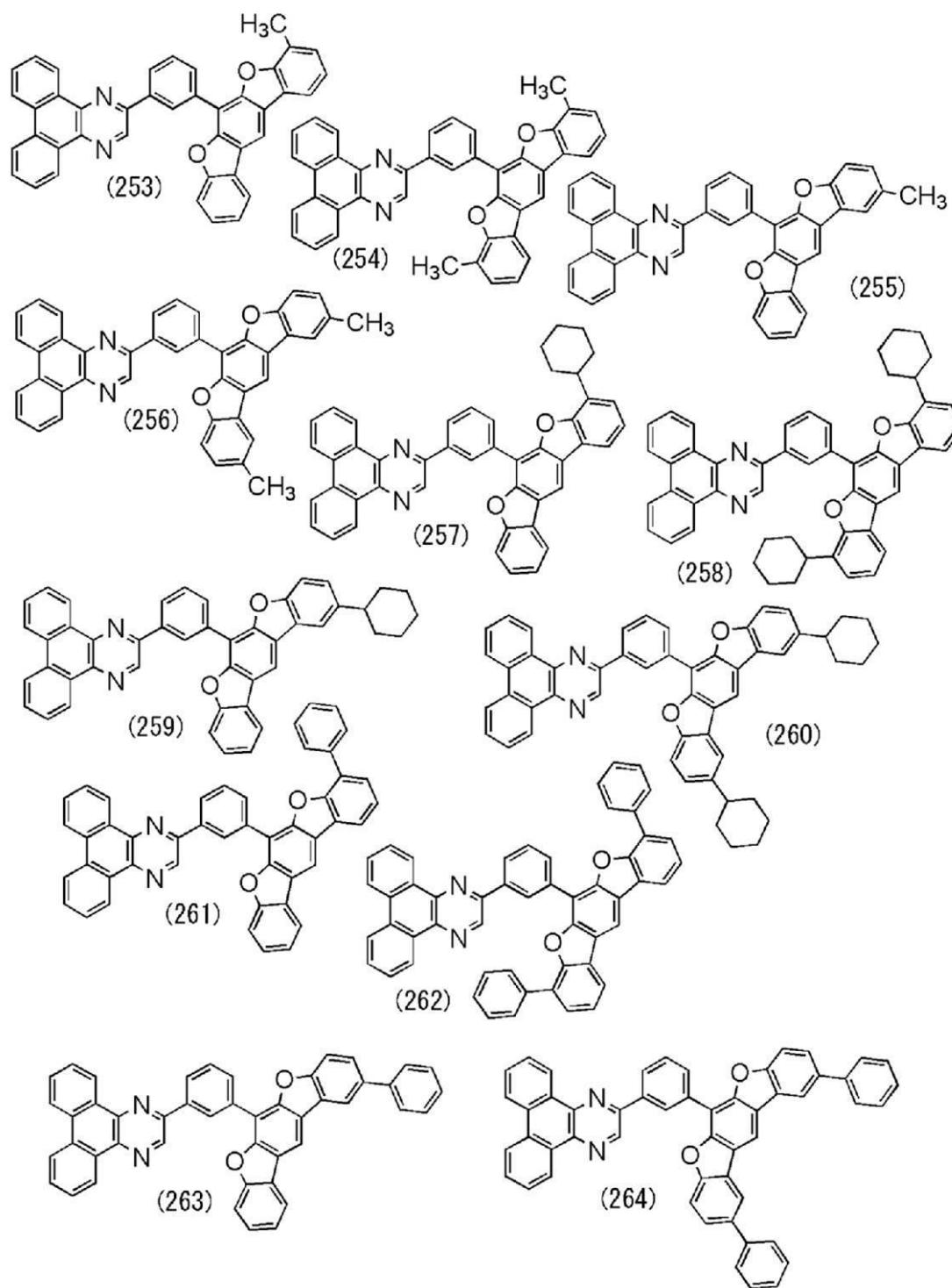
【0075】

【化 2 3】



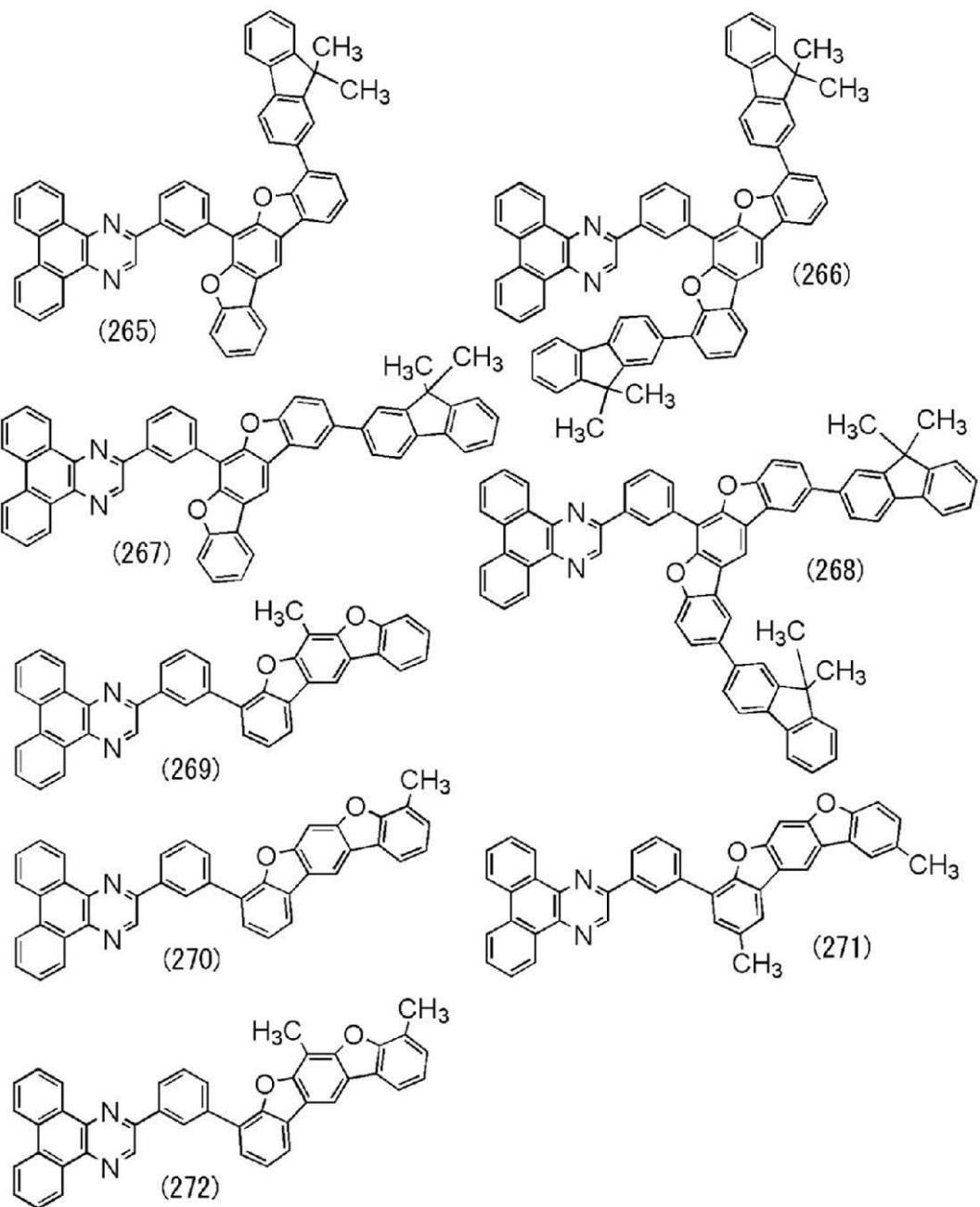
【 0 0 7 6 】

【化24】



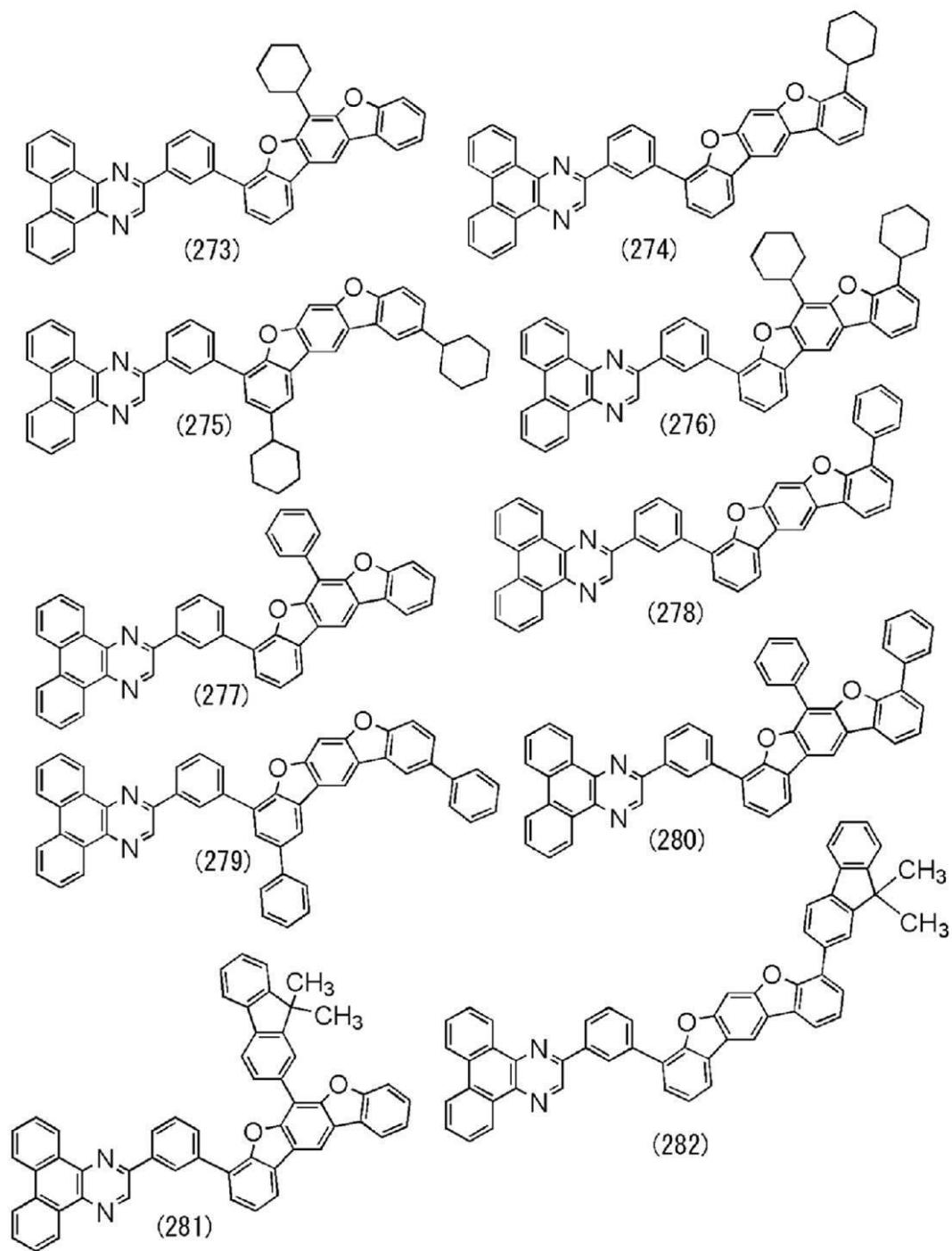
【0077】

【化25】



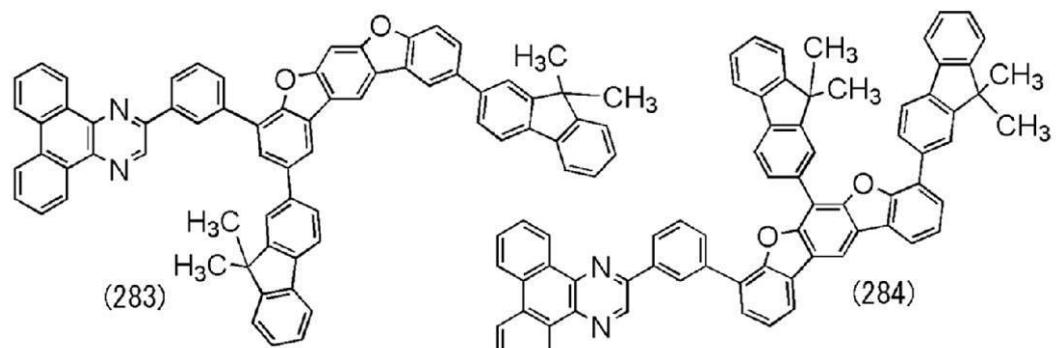
【0078】

【化 2 6】

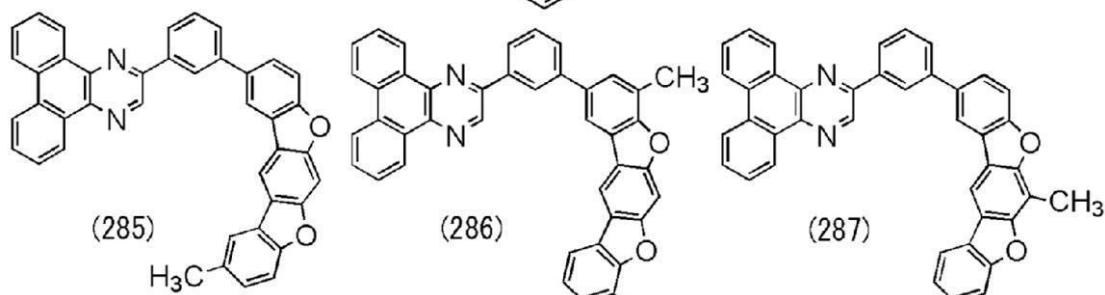


【0 0 7 9】

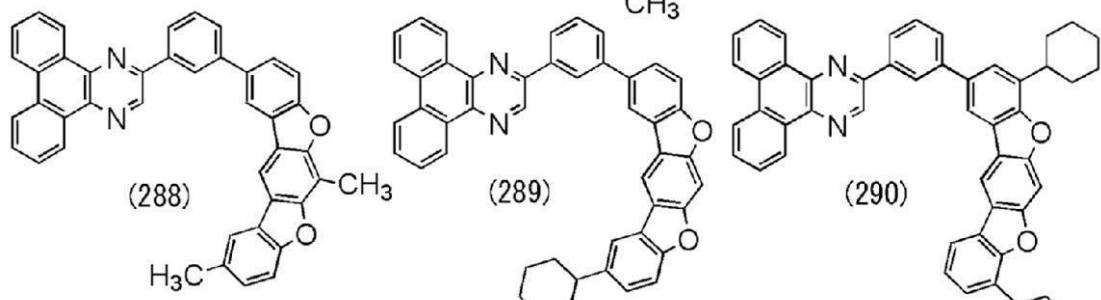
【化27】



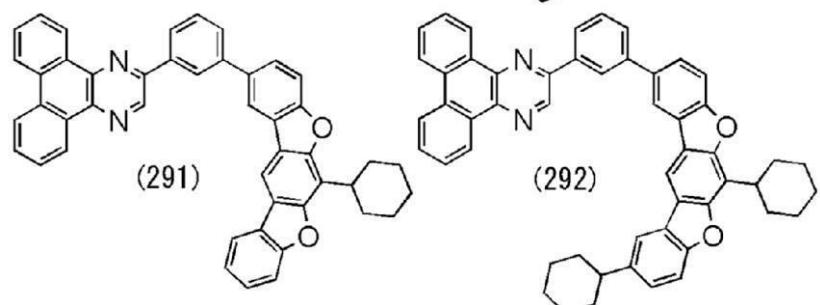
10



20

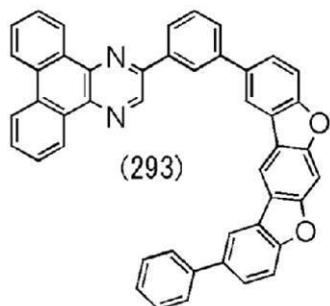


30

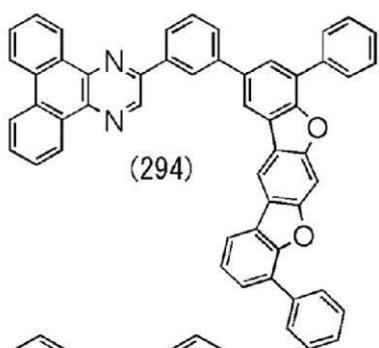


【0080】

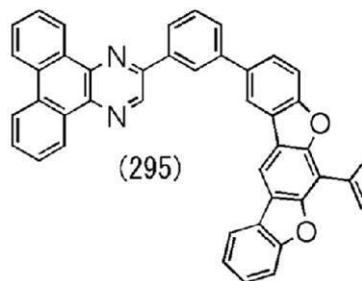
【化 2 8 】



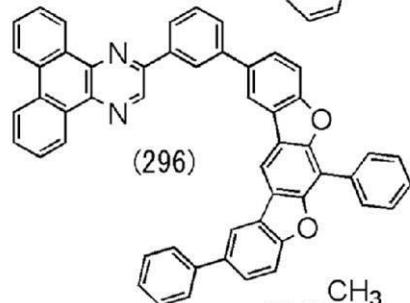
(293)



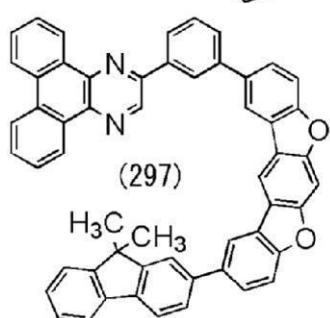
(294)



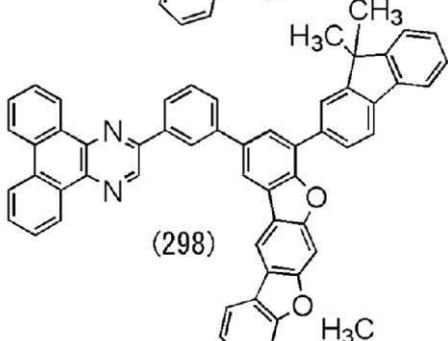
(295)



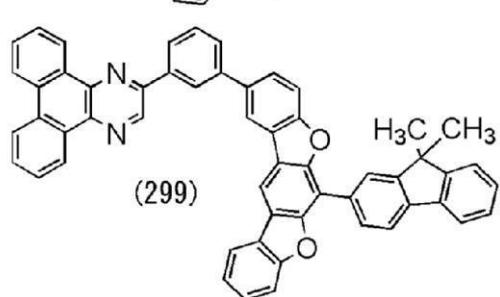
(296)



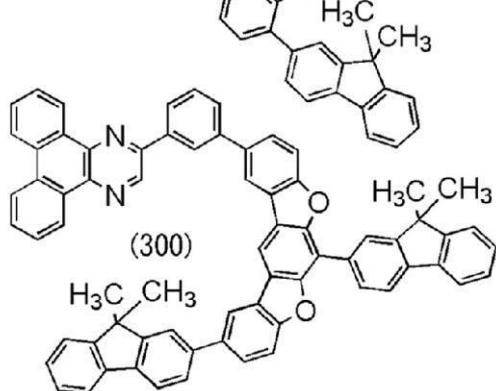
(297)



(298)



(299)



(300)

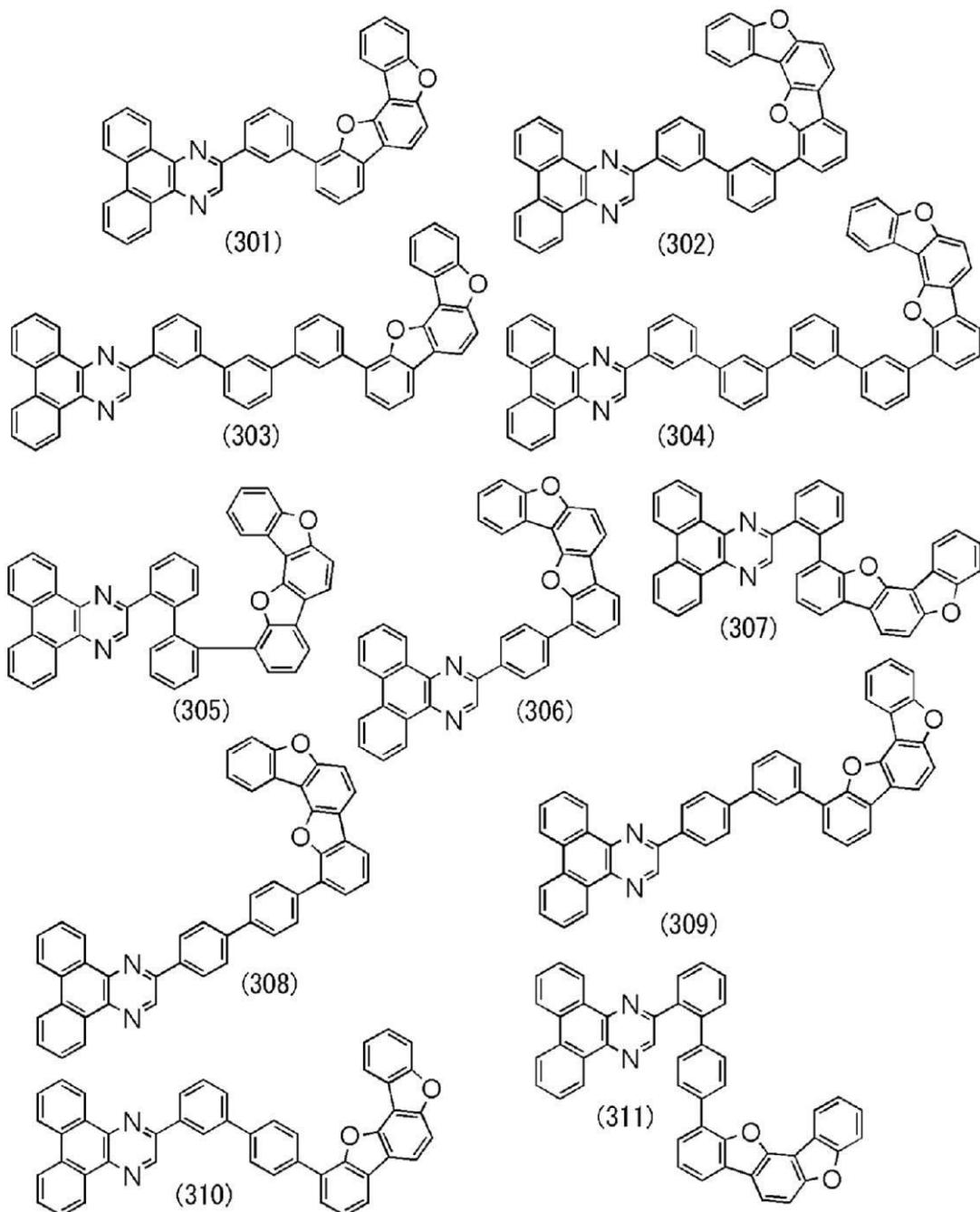
【 0 0 8 1 】

10

20

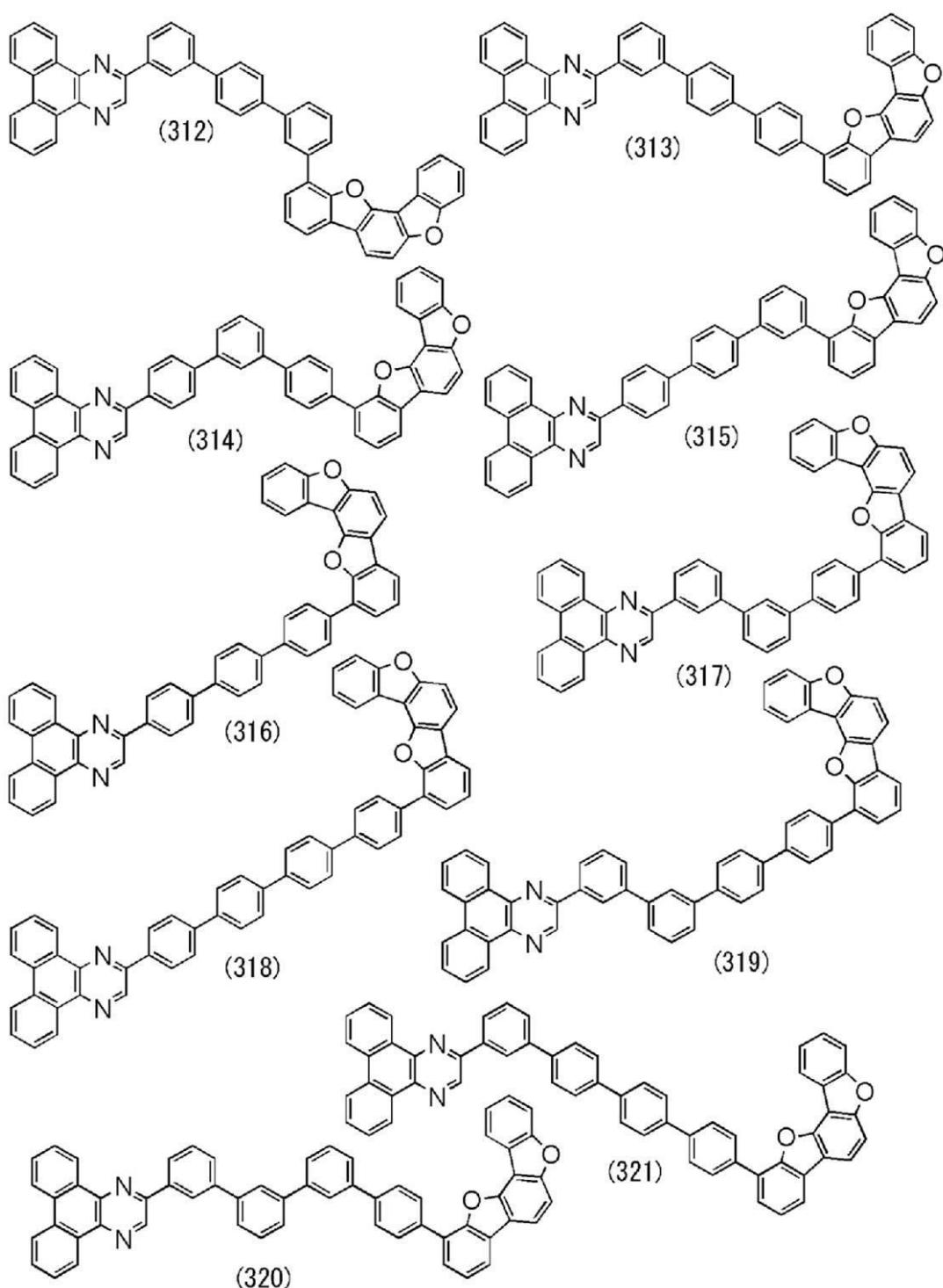
30

【化 2 9】



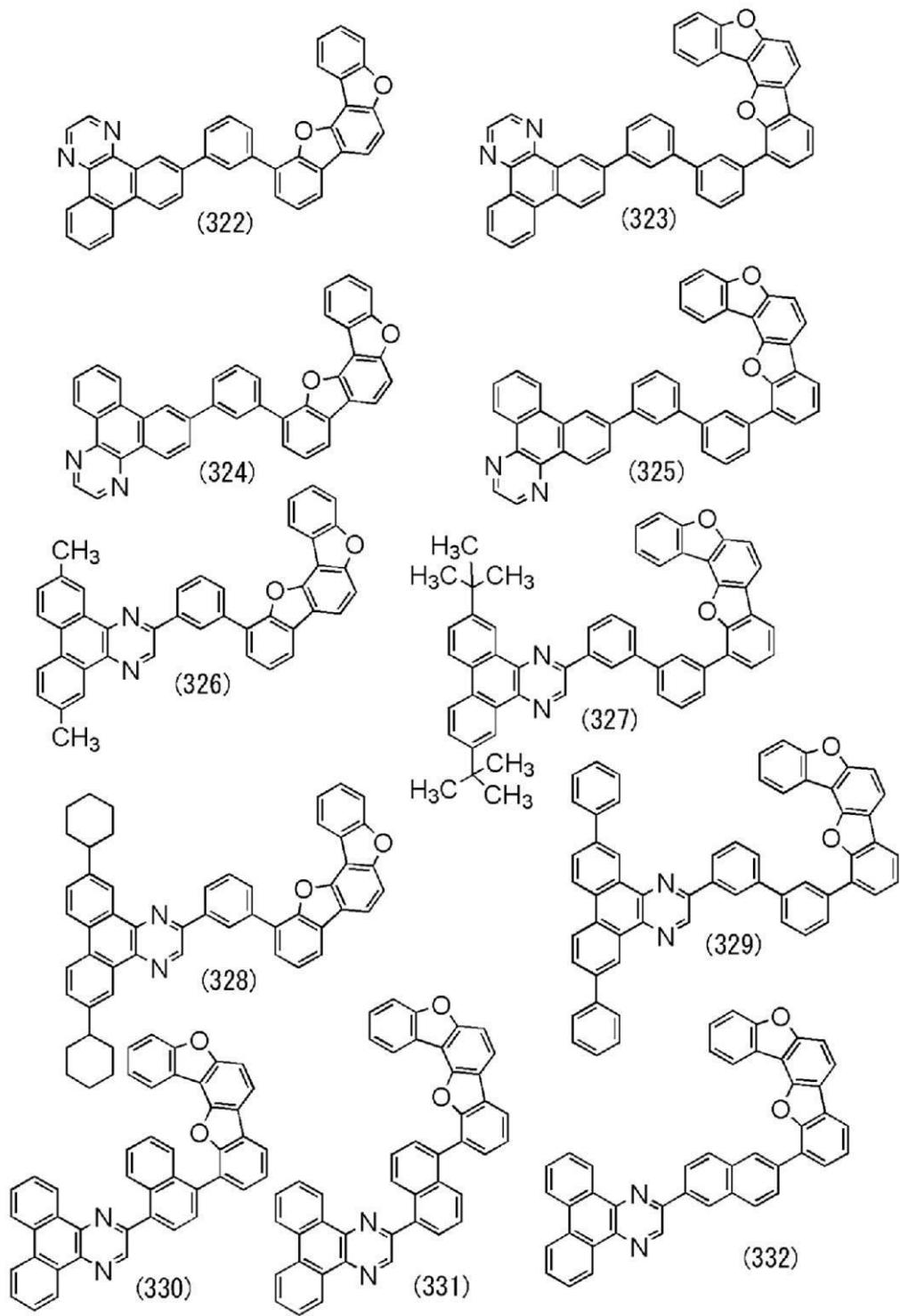
【0 0 8 2】

【化 3 0】



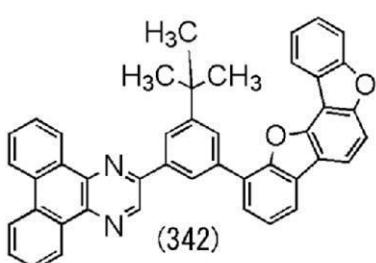
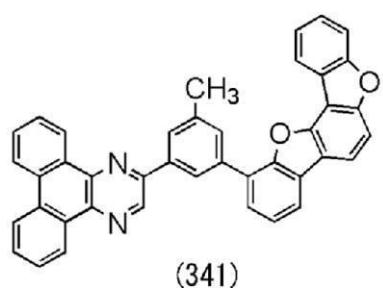
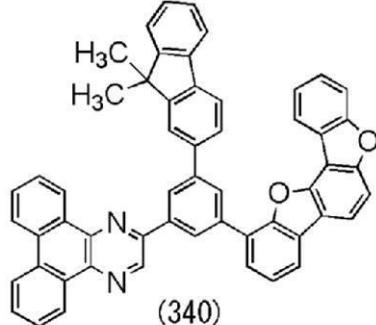
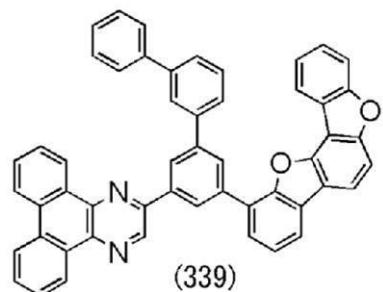
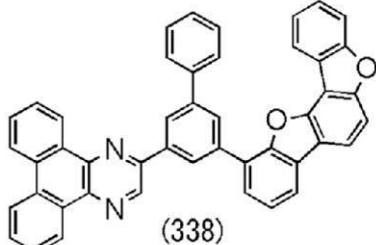
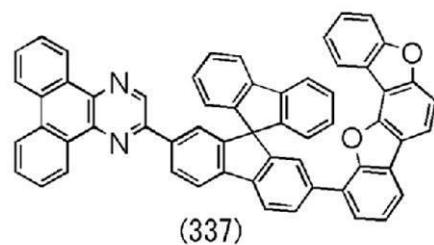
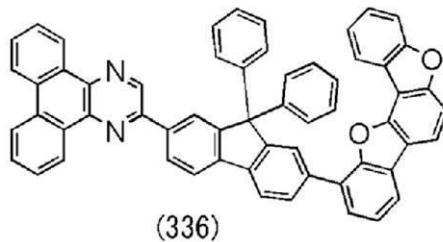
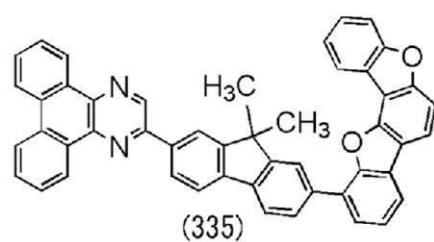
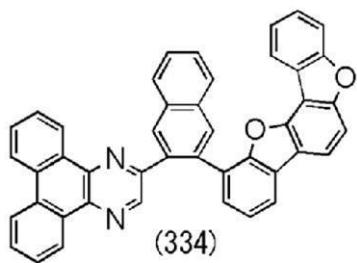
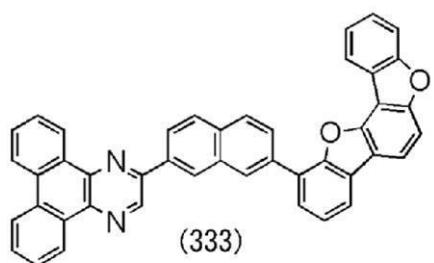
【 0 0 8 3 】

【化 3 1】



【0 0 8 4】

【化32】



10

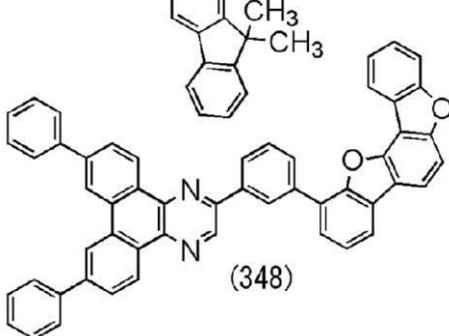
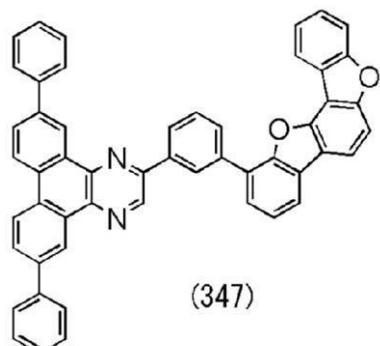
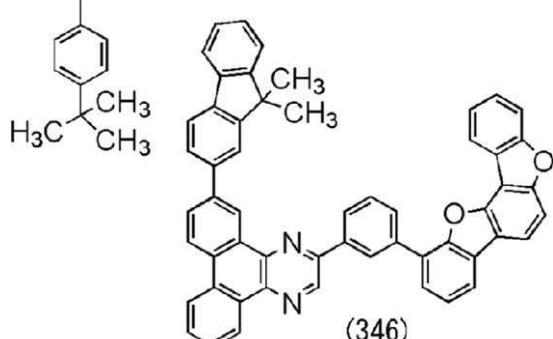
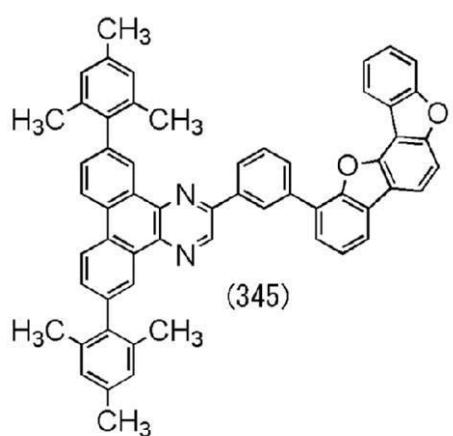
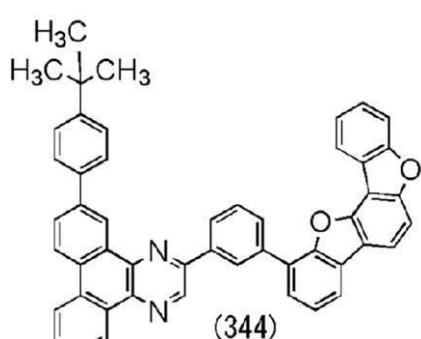
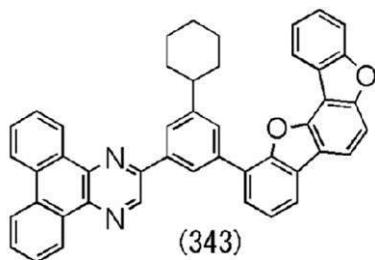
20

30

40

【0085】

【化 3 3】



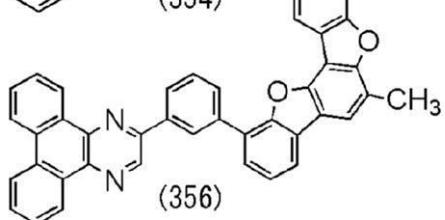
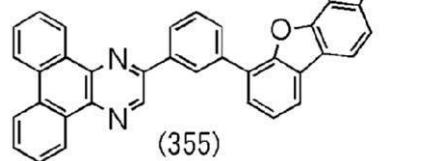
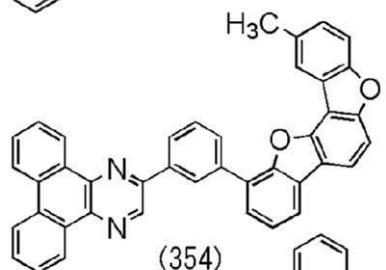
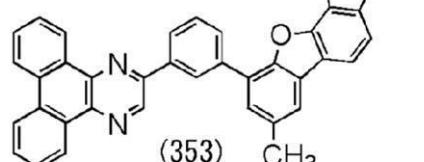
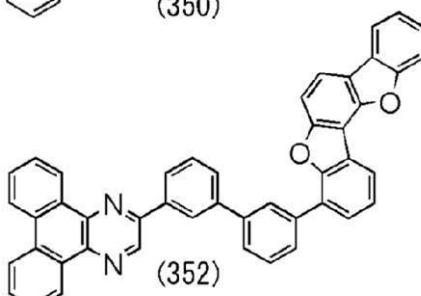
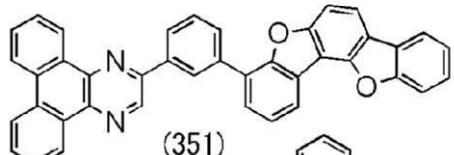
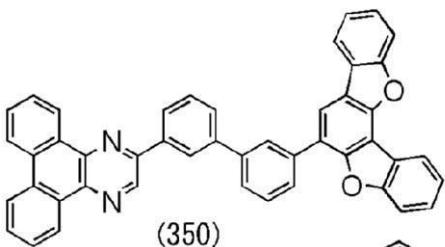
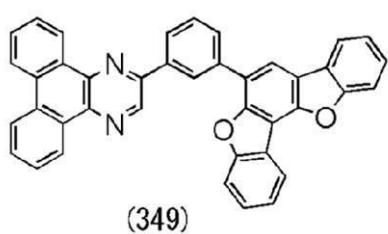
10

20

30

【0 0 8 6】

【化 3 4】



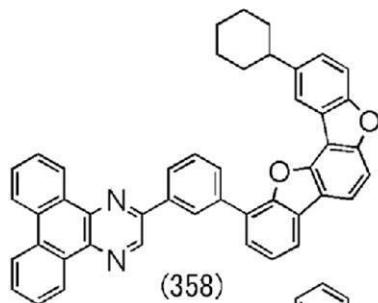
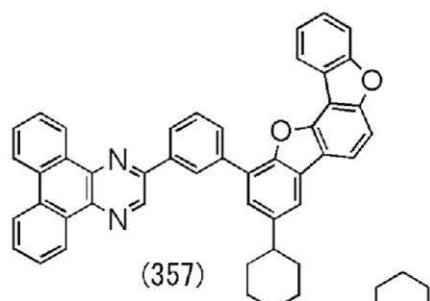
10

20

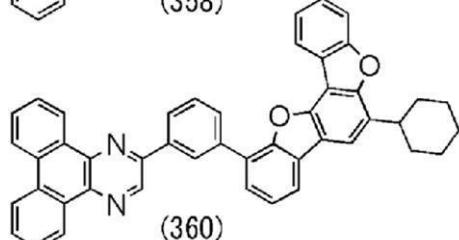
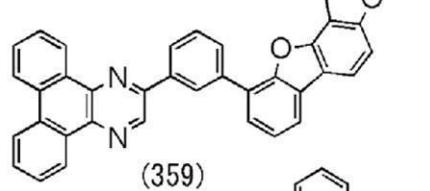
30

【0 0 8 7】

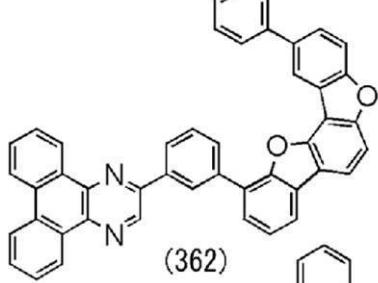
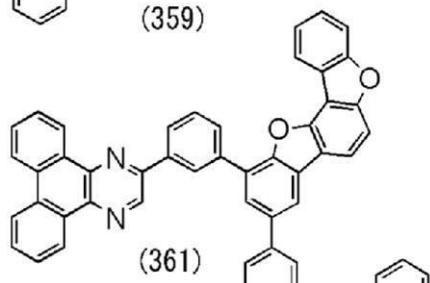
【化 3 5】



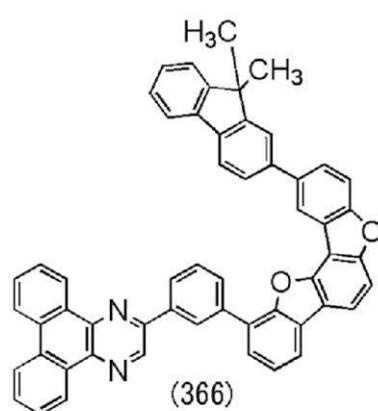
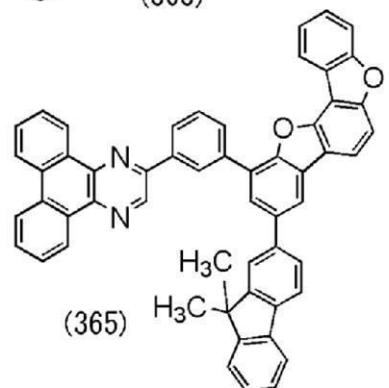
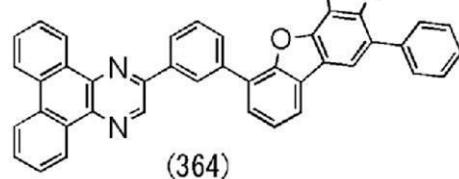
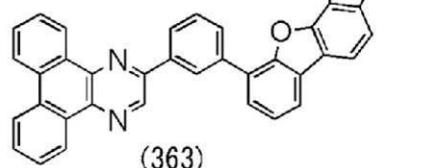
10



20

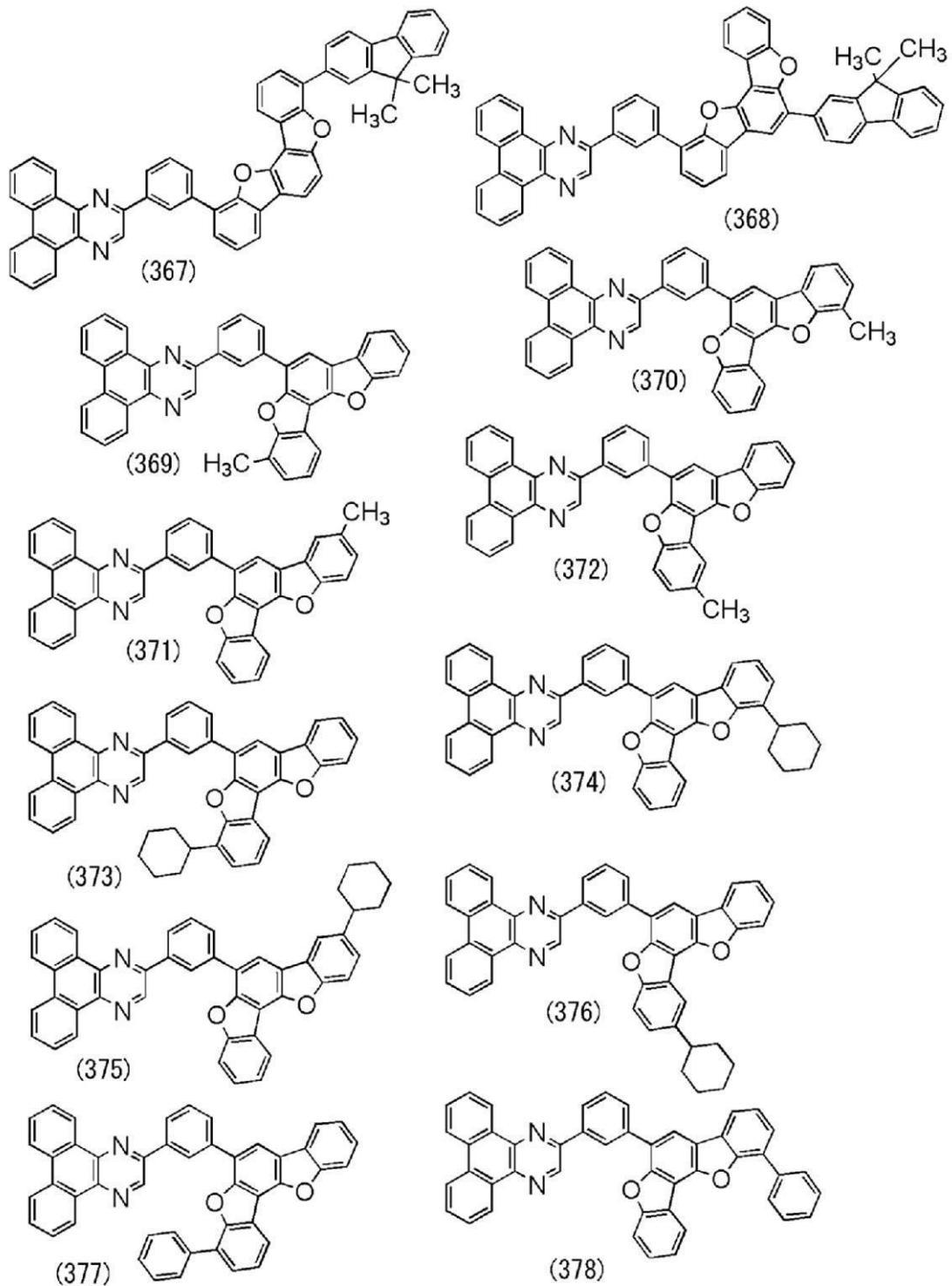


30



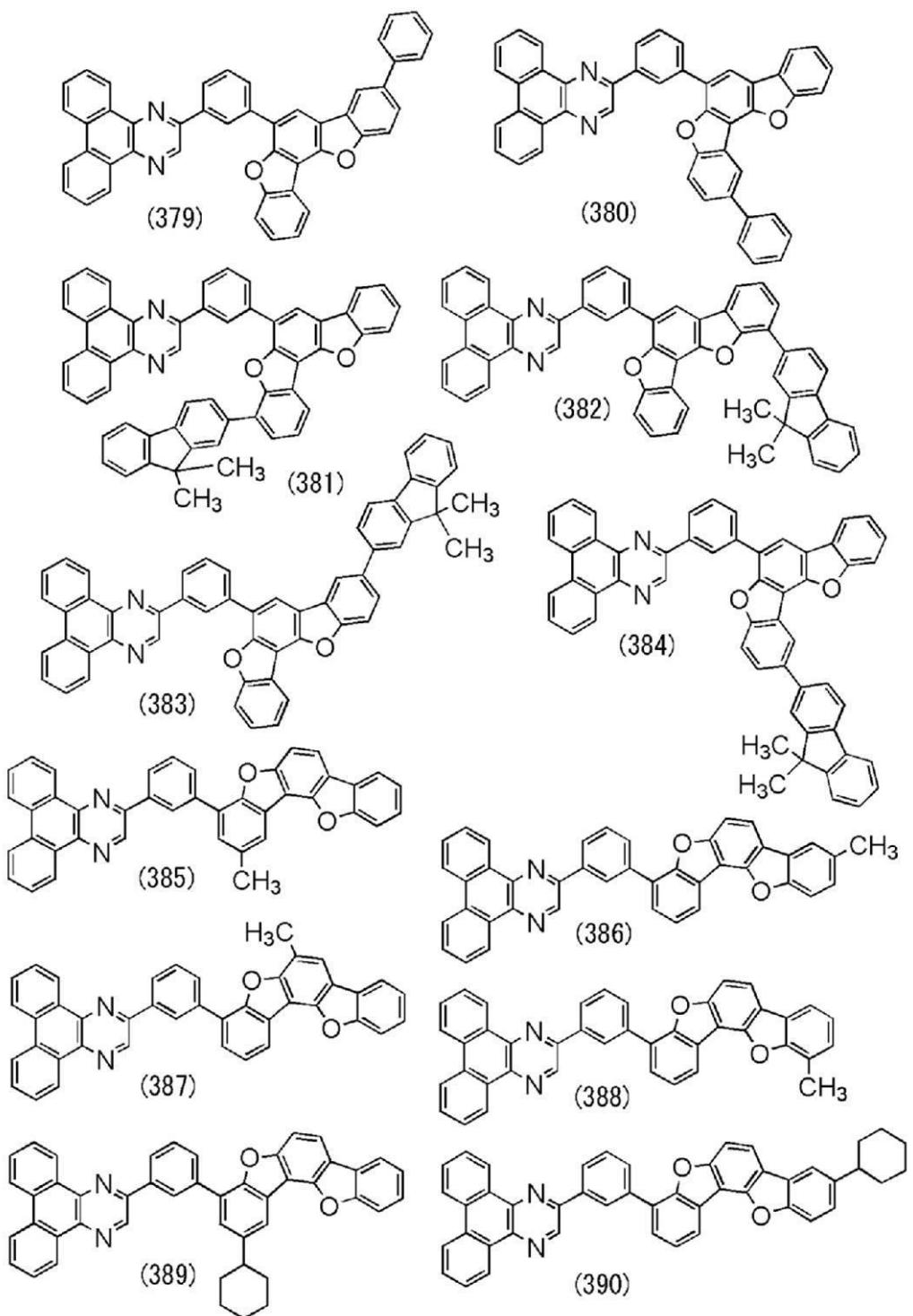
【 0 0 8 8 】

【化36】



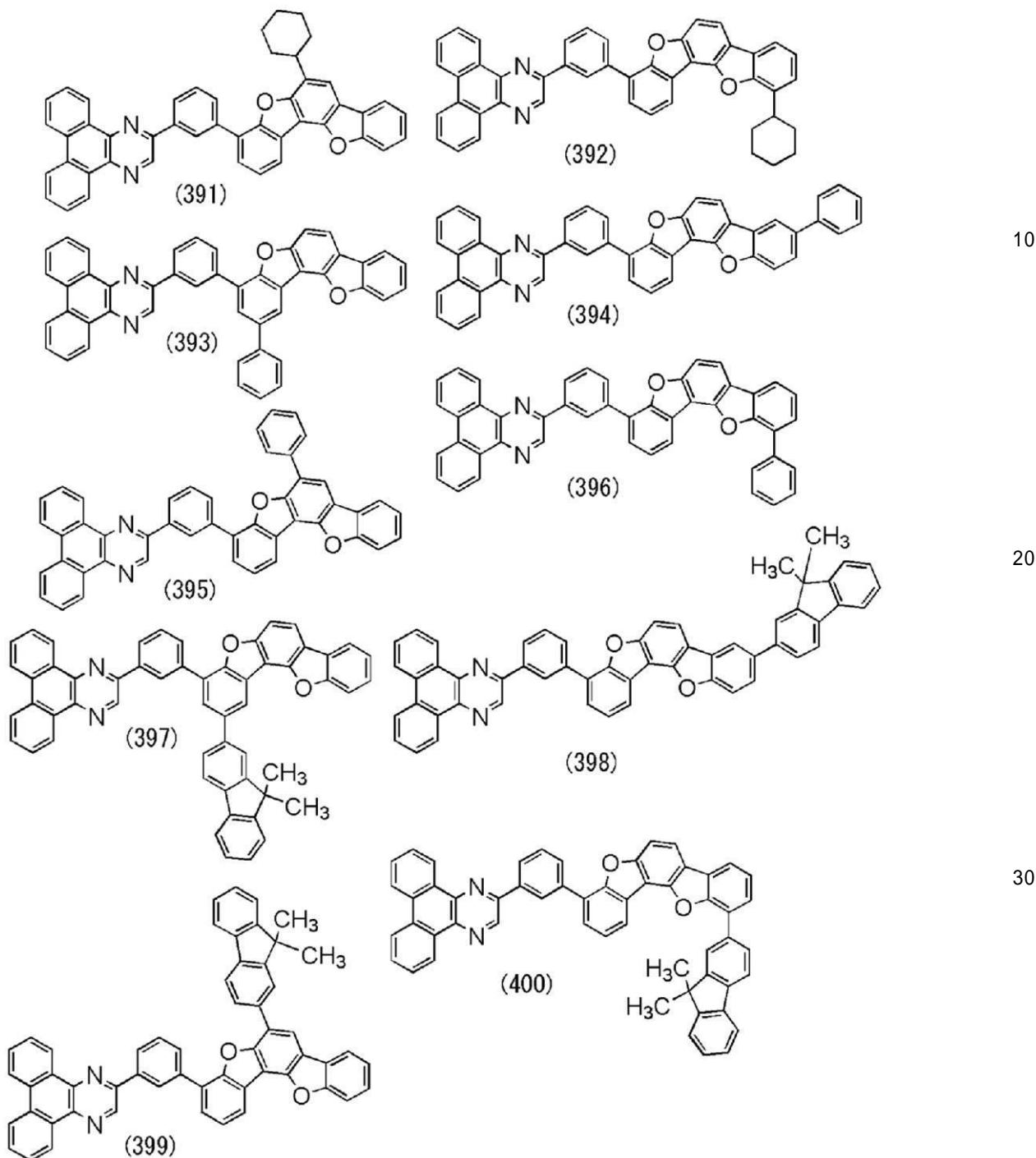
【0089】

【化37】



【0090】

【化 3 8】



【 0 0 9 1 】

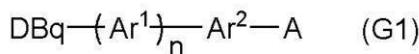
なお、上記構造式(101)～(184)、(201)～(400)で表される複素環化合物は、上記一般式(G1)、(G2)で表される複素環化合物に含まれる一例であり、本発明の一態様である複素環化合物は、これらに限られない。

〔 0 0 9 2 〕

次に、本発明の一態様であり、下記一般式（G1）で表される複素環化合物の合成方法の一例について説明する。なお、一般式（G1）で表され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が、例えば、以下に示す方法によって、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。但し、本発明の一態様である一般式（G1）で表される有機化合物の合成方法は、以下の合成方法に限定されない。

[0 0 9 3]

【化39】



【0094】

一般式 (G1) において、DBq は、置換もしくは無置換のジベンゾ [f, h] キノキサリニル基を表し、Ar¹ は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、n は、0 または 1 を表し、Ar² は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、A は、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表す。また、Ar¹ および Ar² で表されるアリーレン基が置換基を有する場合、置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、ベンゾビスベンゾフラニル基のフラン環を構成しない炭素のうち、フラン環の酸素と結合する炭素と隣接する炭素のいずれか一基、Ar² と結合してもよい。

10

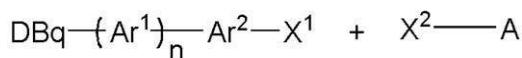
【0095】

以下に、一般式 (G1) で表される複素環化合物の合成スキーム (A) を示す。なお、合成スキーム (A) に示すように、ジベンゾ [f, h] キノキサリニル化合物 (化合物 1) と、ベンゾビスベンゾフラン化合物 (化合物 2) と、をカップリングすることにより、一般式 (G1) で表される複素環化合物を合成することができる。

20

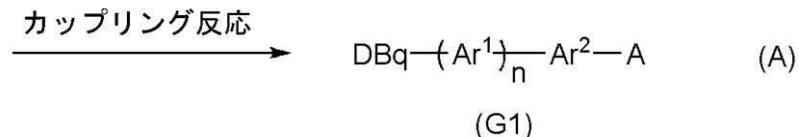
【0096】

【化40】



化合物1

化合物2



30

【0097】

なお、合成スキーム (A) において、DBq は、置換もしくは無置換のジベンゾ [f, h] キノキサリニル基を表し、Ar¹ は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、n は、0 または 1 を表し、Ar² は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリーレン基を表し、A は、置換もしくは無置換のベンゾビスベンゾフラニル基を表す。また、Ar¹ および Ar² で表されるアリーレン基が置換基を有する場合、置換基は互いに結合して環を形成しても良い。

40

【0098】

また、合成スキーム (A) において、パラジウム触媒を用いた鈴木・宮浦カップリング反応を行う場合、X¹ および X² はハロゲン基、ボロン酸基、有機ホウ素基、又はトリフラーート基を表し、ハロゲン基としては、ヨウ素又は臭素又は塩素が好ましい。なお、当該反応では、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)、[1,1'-ビス (ジフェニルホスフィノ) フェロセン] パラジウム (II) ジクロリド、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0) 等のパラジウム化合物と、ト

50

リ(tert-ブチル)ホスフィン、トリ(n-ヘキシル)ホスフィン、トリシクロヘキシルホスフィン、ジ(1-アダマンチル)-n-ブチルホスフィン、2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニル、トリ(オルト-トリル)ホスフィン等の配位子を用いることができる。

【0099】

また、合成スキーム(A)に示す反応では、ナトリウムtert-ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸セシウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等を用いることができる。さらに、溶媒として、トルエン、キシレン、ベンゼン、テトラヒドロフラン、ジオキサン、エタノール、メタノール、水等を用いることができる。但し、用いることができる試薬類は、上記試薬類に限られるものではない。

10

【0100】

また、合成スキーム(A)における反応は、鈴木・宮浦カップリング反応に限られるものではなく、有機錫化合物を用いた右田・小杉・スティルカップリング反応、グリニヤール試薬を用いた熊田・玉尾・コリューカップリング反応、有機亜鉛化合物を用いた根岸カップリング反応、銅又は銅化合物を用いた反応等を用いてもよい。

【0101】

合成スキーム(A)において、右田・小杉・スティルカップリング反応を用いる場合、X¹およびX²はどちらか一方が有機錫基を表し、他方が、ハロゲン基を表す。すなわち、化合物1及び化合物2のうちどちらか一方が有機錫化合物を表す。

20

【0102】

合成スキーム(A)において、熊田・玉尾・コリューカップリング反応を用いる場合、X¹およびX²はどちらか一方がハロゲン化マグネシウム基を表し、他方が、ハロゲン基を表す。すなわち、化合物1及び化合物2のうちどちらか一方がグリニヤール試薬を表す。

【0103】

合成スキーム(A)において、根岸カップリング反応を用いる場合、X¹およびX²はどちらか一方が有機亜鉛基を表し、他方が、ハロゲン基を表す。すなわち、化合物1及び化合物2のうちどちらか一方が有機亜鉛化合物を表す。

【0104】

なお、本発明の有機化合物(G1)の合成において、合成方法は合成スキーム(A)に限られるものではない。

30

【0105】

以上、本発明の一態様として複素環化合物の合成方法の一例について説明したが、本発明はこれに限定されることではなく、他の合成方法によって合成されたものであっても良い。

【0106】

なお、上述した本発明の一態様である複素環化合物は、電子輸送性及び正孔輸送性を有するため、発光層のホスト材料として、あるいは電子輸送層、正孔輸送層にも用いることができる。また、T1準位の高い材料であることから、発光を発光する物質(発光材料)と組み合わせて、ホスト材料として用いることが好ましい。また、蛍光発光を示すため、それ自体、発光素子の発光物質として使うことも可能である。従って、これらの複素環化合物を含む発光素子も本発明の一態様に含まれる。

40

【0107】

また、本発明の一態様である複素環化合物を用いることで、発光効率の高い発光素子、発光装置、電子機器、または照明装置を実現することができる。また、消費電力が低い発光素子、発光装置、電子機器、または照明装置を実現することができる。

【0108】

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

50

また、状況に応じて、本発明の一態様は、発光素子以外のものに適用してもよい。また、状況に応じて、本発明の一態様は、発光素子に適用しなくてもよい。

【0109】

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

【0110】

(実施の形態2)

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

【0111】

本実施の形態に示す発光素子は、一対の電極(第1の電極(陽極)101と第2の電極(陰極)103)間に発光層113を含むEL層102が挟まれており、EL層102は、発光層113の他に、正孔(または、ホール)注入層111、正孔(または、ホール)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。10

【0112】

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

【0113】

なお、EL層102における正孔注入層111は、正孔輸送層112または発光層113に対して正孔を注入することができる層であり、例えば、正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質により形成することができる。この場合、アクセプター性物質によって正孔輸送性の高い物質から電子が引き抜かれることにより正孔(ホール)が発生する。従って、正孔注入層111から正孔輸送層112を介して発光層113に正孔が注入される。なお、正孔注入層111には、正孔注入性の高い物質を用いることもできる。例えば、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タンゲステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン(略称:H₂PC)や銅フタロシアニン(CuPC)等のフタロシアニン系の化合物、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DPA B)、N,N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]フェニル}-N,N'-ジフェニル-(1,1'-ビフェニル)-4,4'-ジアミン(略称:DNTPD)等の芳香族アミン化合物、或いはポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)(略称:PEDOT/PSS)等の高分子等によっても正孔注入層111を形成することができる。2030

【0114】

以下に本実施の形態に示す発光素子を作製するまでの具体例について説明する。

【0115】

第1の電極(陽極)101および第2の電極(陰極)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(Indium Tin Oxide)、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛(Indium Zinc Oxide)、酸化タン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(Pt)、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、およびカルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)等のアルカリ土類金属、マグネシウム(Mg)、およびこれらを含む合金(MgAg, AlLi)、ユウロピウム(Eu)、イッテルビウム(Yb)等の希土類金属およびこれらを含む合金、その他グラフェンや酸化グラフェンなどのグラフェン化合物等を用いることができる。なお、第1の電極(陽極)101および第2の電極(陰極)103は、例え4050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。

【0116】

正孔注入層111、および正孔輸送層112に用いる正孔輸送性の高い物質としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の有機化合物を用いることができる。具体的には、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。また、正孔輸送性の高い物質を用いてなる層は、単層だけでなく、二層以上の積層であってもよい。以下に、正孔輸送性の物質として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

【0117】

例えば、芳香族アミン化合物としては、N,N'-ジ(p-トリル)-N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン（略称：D TD P P A）、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：D P A B）、D N T P D、1,3,5-トリス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ベンゼン（略称：D P A 3 B）、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：N P B または - N P D）やN,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン（略称：T P D）、4,4',4'''-トリス(カルバゾール-9-イル)トリフェニルアミン（略称：T C T A）、4,4',4'''-トリス(N,N'-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン（略称：T D A T A）、4,4',4'''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン（略称：M 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）等を挙げることができる。

10

20

30

40

50

【0118】

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

【0119】

また、芳香族炭化水素としては、例えば、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：t-BuDNA）、2-tert-ブチル-9,10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)アントラセン（略称：D P P A）、2-tert-ブチル-9,10-ビス(4-フェニル)アントラセン（略称：C B P）、9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：t-BuDBA）、9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：DNA）、9,10-ジフェニルアントラセン（略称：D P A n t h）、2-tert-ブチルアントラセン（略称：t-BuA n t h）、9,10-ビス(4-メチル-1-ナフチル)アントラセン（略称：DMNA）、2-tert-ブチル-9,10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、9,10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、2,3,6,7-テトラメチル-9,10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、2,3,6,7-テトラメチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン、9,9'-ビアントリル、10,10'-ビス(2-フェニルフェニル)-9,9'-ビアントリル、10,10'-ビス[(2,3,4,5,6-ペンタフェニル)フェニル]-9,9'-

ピアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有し、炭素数14から42である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。また、芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)ビフェニル(略称: DPVBi)、9, 10-ビス[4-(2, 2-ジフェニルビニル)フェニル]アントラセン(略称: DPVPA)等が挙げられる。

【0120】

さらに、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称: PVK)やポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称: PVTPA)、ポリ[N-(4-{N'}-[4-(4-ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル-N'-フェニルアミノ)フェニル]メタクリルアミド](略称: PTPDMA)、ポリ[N,N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N,N'-ビス(フェニル)ベンジジン](略称: Poly-TPD)等の高分子化合物を用いることができる。

10

【0121】

また、正孔注入層111、および正孔輸送層112に用いるアクセプター性物質としては、7, 7, 8, 8-テトラシアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン(略称: F₄-TCNQ)、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノ-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン(HAT-CN)等の電子吸引基(ハロゲン基やシアノ基)を有する化合物を挙げることができる。特に、HAT-CNのように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。また、元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。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。

20

【0122】

発光層113は、発光物質を含む層である。なお、発光物質としては、蛍光性の発光物質と燐光性の発光物質とが挙げられる。また、燐光性の発光物質としては、具体的には有機金属錯体が用いられる。なお、発光層113において、有機金属錯体(ゲスト材料)を用いる場合には、この有機金属錯体よりも三重項励起エネルギーの大きい物質をホスト材料として含むことが好ましい。また、発光層113は、発光物質に加えて、発光層113におけるキャリア(電子及びホール)の再結合の際に励起錯体(エキサイプレックスとも言う)を形成することができる組み合わせとなる2種類の有機化合物(上記ホスト材料のいずれかであってもよい)を含む構成としてもよい。なお、効率よく励起錯体を形成するためには、電子を受け取りやすい化合物(電子輸送性を有する材料)と、正孔を受け取りやすい化合物(正孔輸送性を有する材料)とを組み合わせることが特に好ましい。このように電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを組み合わせて励起錯体を形成するホスト材料とする場合、電子輸送性を有する材料及び正孔輸送性を有する材料の混合比率を調節することで、発光層における正孔と電子のキャリアバランスを最適化することが容易となる。発光層における正孔と電子のキャリアバランスを最適化することにより、発光層中で電子と正孔の再結合が起こる領域が偏ることを抑制できる。再結合が起こる領域の偏りを抑制することで、発光素子の信頼性を向上させることができる。

30

【0123】

なお、上記励起錯体を形成する上で用いることが好ましい電子を受け取りやすい化合物(電子輸送性を有する材料)としては、含窒素複素芳香族化合物のような電子不足型複素芳香族や金属錯体などを用いることができる。具体的には、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III)(略称: BAlq

40

50

)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称:Znq)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称:ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称:ZnBTZ)などの金属錯体や、2-(4-ビフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PB-D)、3-(4-ビフェニリル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CO11)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称:TPBI)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:mDBTBI-m-II)などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTPBPDq-II)、2-[3'-(9H-カルバゾール-9-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mCzBPDq)、2-[4-(3,6-ジフェニル-9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2CzPDBq-II)、7-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:7mDBTPDBq-II)、及び、6-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:6mDBTPDBq-II)、4,6-ビス[3-(フェナントレン-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mPnP2Pm)、4,6-ビス[3-(4-ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mCzP2Pm)などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、2-{4-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:PCczPTzn)などのトリアジン骨格を有する複素環化合物や、3,5-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリジン(略称:35DCzPPy)、1,3,5-トリ[3-(3-ピリジル)フェニル]ベンゼン(略称:TmPyPB)などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格及びトリアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン(ピリミジンやピラジン)骨格及びトリアジン骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

【0124】

また、上記励起錯体を形成するために用いる上で好ましい正孔を受け取りやすい化合物(正孔輸送性を有する材料)としては、電子過剰型複素芳香族(例えばカルバゾール誘導体やインドール誘導体)又は芳香族アミンなどを好適に用いることができる。具体的には、2-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:PCASF)、4,4',4''-トリス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:1'-TNATA)、2,7-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:DPA2SF)、N,N'-ビス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N,N'-ジフェニルベンゼン-1,3-ジアミン(略称:PCA2B)、N-(9,9-ジメチル-2-ジフェニルアミノ-9H-フルオレン-7-イル)ジフェニルアミン(略称:DPNF)、N,N',N''-トリフェニル-N,N',N'''-トリス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)ベンゼン-1,3,5-トリアミン(略称:PCA3B)、2-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:DPAASF)、N,N'-ビス[4

- (カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニル-9,9-ジメチルフルオレン-2,7-ジアミン(略称:YGA2F)、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-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DPA B)、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:BPAFLP)、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)、N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-N-{9,9-ジメチル-2-[N'-フェニル-N'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)アミノ]-9H-フルオレン-7-イル}フェニルアミン(略称:DFLADFL)、PCzPCA1、3-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzDPA1)、3,6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzDPA2)、DNTPD、3,6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-(1-ナフチル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzTPN2)、PCzPCA2、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'-(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'-(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)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCN1)、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)、N-(4-ビフェニル)-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:PCBiF)、N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF)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)、CBP、3,6-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)-9-フェニルカルバゾール(略称:CzTP)、9-フェニル-9H-3-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)カルバゾール(略称:PCCP)などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称:DBT3P-II)、2,8-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]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。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。

【0125】

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

10

20

30

40

50

【0126】

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

10

【0127】

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

【0128】

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

20

【0129】

蛍光を発する物質としては、N,N'-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニルスチルベン-4,4'-ジアミン(略称:YGA2S)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称:YGA2A)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)トリフェニルアミン(略称:2YGA2P)、N,9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:PCAPA)、ペリレン、2,5,8,11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン(略称:TBP)、4-(10-フェニル-9-アントリル)-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:PCBAPA)、N,N''-(2-tert-ブチルアントラセン-9,10-ジイルジ-4,1-フェニレン)ビス[N,N',N'-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン](略称:DPA2P)、N,9-ジフェニル-N-[4-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:2PCAPP)、N-[4-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-N,N',N'-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン(略称:2DPA2P)、N,N,N',N',N'',N'',N'',N''-オクタフェニルジベンゾ[g,p]クリセン-2,7,10,15-テトラアミン(略称:DBC1)、クマリン30、N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:2PCAPA)、N-[9,10-ビス(1,1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:2PCABPhA)、N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,N',N'-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン(略称:2DPA2P)、N-[9,10-ビス(1,1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N,N',N'-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン(略称:2DPA2PhA)、9,10-ビス(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-フェニルアントラセン-2-アミン(略称:2YGA2PhA)、N,N,9-トリフェニルアントラセン-9-アミン(略称:DPhA2PhA)、クマリン545T、N,N'-ジフェニルキナクリドン、(略称:DPhQd)、ルブレン、5,12-ビス(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6,11-ジフェニルテトラセン(略称:BPT)、2-(2-[2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]

30

40

50

エテニル} - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称: D C M 1)、2 - { 2 - メチル - 6 - [2 - (2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル (略称: D C M 2)、N , N , N ' , N ' - テトラキス (4 - メチルフェニル) テトラセン - 5 , 11 - ジアミン (略称: p - m P h T D)、7 , 14 - ジフェニル - N , N , N ' , N ' - テトラキス (4 - メチルフェニル) アセナフト [1 , 2 - a] フルオランテン - 3 , 10 - ジアミン (略称: p - m P h A F D)、2 - { 2 - イソプロピル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル (略称: D C J T I)、2 - { 2 - t e r t - ブチル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル (略称: D C J T B)、2 - (2 , 6 - ビス { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル} - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称: B i s D C M)、2 - { 2 , 6 - ビス [2 - (8 - メトキシ - 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル (略称: B i s D C J T M) などが挙げられる。
 10

【 0 1 3 0 】

三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、熒光を発する物質 (熒光性化合物) や熱活性化遅延蛍光 (T A D F) を示す T A D F 材料 (熱活性化遅延蛍光性化合物) が挙げられる。なお、T A D F 材料における遅延蛍光とは、通常の蛍光と同様のスペクトルを持ちながら、寿命が著しく長い発光をいう。その寿命は、 1×10^{-6} 秒以上、好ましくは 1×10^{-3} 秒以上である。
 20

【 0 1 3 1 】

熒光を発する物質としては、ビス { 2 - [3 ' , 5 ' - ビス (トリフルオロメチル) フェニル] ピリジナト - N , C ² '} イリジウム (I I I) ピコリナート (略称: [I r (C F ₃ p p y) ₂ (p i c)])、ビス [2 - (4 ' , 6 ' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N , C ² '} イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: F I r a c a c)、トリス (2 - フェニルピリジナト) イリジウム (I I I) (略称: [I r (p p y) ₃])、ビス (2 - フェニルピリジナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [I r (p p y) ₂ (a c a c)])、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 (I I I) (略称: [T b (a c a c) ₃ (P h e n)])、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [I r (b z q) ₂ (a c a c)])、ビス (2 , 4 - ジフェニル - 1 , 3 - オキサゾラト - N , C ² '} イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [I r (d p o) ₂ (a c a c)])、ビス { 2 - [4 ' - (パーフルオロフェニル) フェニル] ピリジナト - N , C ² '} イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [I r (p - P F - p h) ₂ (a c a c)])、ビス (2 - フェニルベンゾチアゾラト - N , C ² '} イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [I r (b t) ₂ (a c a c)])、ビス [2 - (2 ' - ベンゾ [4 , 5 -] チエニル) ピリジナト - N , C ³ '} イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [I r (b t p) ₂ (a c a c)])、ビス (1 - フェニルイソキノリナト - N , C ² '} イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [I r (p i q) ₂ (a c a c)])、(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 (I I I) (略称: [I r (F d p q) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナト) ビス (3 , 5 - ジメチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: [I r (m p p r - M e) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナト) ビス (5 - イソプロピル - 3 - メチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: [I r (m p p r - i P r) ₂ (a c a c)])、(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
 30

40

50

(I I I) (略称 : [I r (t p p r)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 (I I I) (略称 : [I r (t p p r)₂ (d p m)]) 、 (アセチルアセトナト) ビス (6 - t e r t - 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)]) 、 (アセチルアセトナト) ビス (4 , 6 - ジフェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (d p p m)₂ (a c a c)]) 、 2 , 3 , 7 , 8 , 1 2 , 1 3 , 1 7 , 1 8 - オクタエチル - 2 1 H , 2 3 H - ポルフィリン白金 (I I) (略称 : P t O E P) 、 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) ヨーロピウム (I I I) (略称 : [E u (D B M)₃ (P h e n)]) 、 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) ヨーロピウム (I I I) (略称 : [E u (T T A)₃ (P h e n)]) などが挙げられる。
10

【 0 1 3 2 】

また、 T A D F 材料としては、 例えは、 フラー・レンやその誘導体、 プロフラビン等のアクリジン誘導体、 エオシン等が挙げられる。 また、 マグネシウム (M g) 、 亜鉛 (Z n) 、 カドミウム (C d) 、 スズ (S n) 、 白金 (P t) 、 インジウム (I n) 、 もしくはパラジウム (P d) 等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。 該金属含有ポルフィリンとしては、 例えは、 プロトポルフィリン - フッ化スズ錯体 (略称 : S n F₂ (P r o t o I X)) 、 メソポルフィリン - フッ化スズ錯体 (略称 : S n F₂ (M e s o I X)) 、 ヘマトポルフィリン - フッ化スズ錯体 (略称 : S n F₂ (H e m a t o I X)) 、 コプロポルフィリンテトラメチルエステル - フッ化スズ錯体 (略称 : S n F₂ (C o p r o I I I - 4 M e)) 、 オクタエチルポルフィリン - フッ化スズ錯体 (略称 : S n F₂ (O E P)) 、 エチオポルフィリン - フッ化スズ錯体 (略称 : S n F₂ (E t i o I)) 、 オクタエチルポルフィリン - 塩化白金錯体 (略称 : P t C l₂ O E P) 等が挙げられる。 さらに、 2 - (ビフェニル - 4 - イル) - 4 , 6 - ビス (1 2 - フェニルインドロ [2 , 3 - a] カルバゾール - 1 1 - イル) - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : P I C - T R Z) 等の 電子過剰型複素芳香環及び 電子不足型複素芳香環を有する複素環化合物を用いることもできる。 なお、 電子過剰型複素芳香環と 電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、 電子過剰型複素芳香環のドナー性と 電子不足型複素芳香環のアクセプター性が共に強くなり、 S 1 と T 1 のエネルギー差が小さくなるため、 特に好ましい。
20

【 0 1 3 3 】

電子輸送層 1 1 4 は、 電子輸送性の高い物質 (電子輸送性化合物ともいう) を含む層である。 電子輸送層 1 1 4 には、 トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l q₃) 、 トリス (4 - メチル - 8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l m q₃) 、 B e B q₂ 、 B A l q 、 ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ベンゾオキサゾラト] 亜鉛 (略称 : Z n (B O X)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 : Z n (B T Z)₂) などの金属錯体を用いることができる。 また、 P B D 、 O X D - 7 、 T A Z 、 3 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール (略称 : p - E t T A Z) 、 バソフェナントロリン (略称 : B p h e n) 、 バソキュプロイン (略称 : B C P) 、 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 : B z O S) 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 : P P y) 、 ポリ [(9 , 9 - ジヘキシルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - (ピリジン - 3 , 5 - ジイル)] (略称 : P F - P y) 、 ポリ [(9 , 9 - ジオクチルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - (2 , 2 ' - ビピリジン - 6 , 6 ' - ジイル)] (略称 : P F - B P y) のような高分子化合物を用いることができる。 ここに述べた物質は、 主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V s}$ 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 1 1 4 として用いてもよい。
30

【 0 1 3 4 】

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

【0135】

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

10

【0136】

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

20

【0137】

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

30

【0138】

以上により、一対の電極間に EL 層を挟んでなる発光素子を作製することができる。

【0139】

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

【0140】

(実施の形態 3)

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

40

【0141】

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

【0142】

本実施の形態において、第 1 の電極 201 は、陽極として機能する電極であり、第 2 の電極 204 は陰極として機能する電極である。なお、第 1 の電極 201 および第 2 の電極 204 は、実施の形態 2 と同様な構成を用いることができる。また、複数の EL 層 (第 1 の EL 層 202 (1)、第 2 の EL 層 202 (2)) は、実施の形態 2 で示した EL 層と両

50

方とも同様な構成であっても良いが、いずれか一方が同様の構成であっても良い。すなわち、第1のEL層202(1)と第2のEL層202(2)は、同じ構成であっても異なる構成であってもよく、同じ構成である場合は、実施の形態2を適用することができる。

【0143】

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

10

【0144】

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

【0145】

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

20

【0146】

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

【0147】

また、電子受容体としては、7,7,8,8-テトラシアノ-2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン(略称: F₄-TCNQ)、クロラニル等を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タンゲステン、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。

30

【0148】

一方、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体が添加された構成とする場合において、電子輸送性の高い有機化合物としては、実施の形態2で電子輸送層114に用いる電子輸送性の高い物質として示した物質を用いることができる。例えば、Alq、Almq₃、BeBq₂、BA1qなど、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等を用いることができる。また、この他、Zn(BOX)₂、Zn(BTZ)₂などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、PBDやOXD-7、TAZ、Bphen、BCPなども用いることができる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

40

【0149】

また、電子供与体としては、アルカリ金属またはアルカリ土類金属または希土類金属または元素周期表における第2、第13族に属する金属およびその酸化物、炭酸塩を用いることができる。具体的には、リチウム(Li)、セシウム(Cs)、マグネシウム(Mg)

50

、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。

【 0 1 5 0 】

なお、上述した材料を用いて電荷発生層 2 0 5 を形成することにより、E L 層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。また、電荷発生層 2 0 5 の形成方法としては、蒸着法(真空蒸着法を含む)、印刷法(例えば、凸版印刷法、凹版印刷法、グラビア印刷法、平版印刷法、孔版印刷法等)、インクジェット法、塗布法等の方法を単独または組み合わせて用いて形成することができる。

【 0 1 5 1 】

本実施の形態では、E L 層を 2 層有する発光素子について説明したが、図 2 (B) に示すように、n 層(ただし、n は、3 以上) の E L 層(2 0 2 (1) ~ 2 0 2 (n)) を積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一対の電極間に複数の E L 層を有する場合、E L 層と E L 層との間にそれぞれ電荷発生層(2 0 5 (1) ~ 2 0 5 (n - 1)) を配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度領域での発光が可能である。電流密度を低く保てるため、長寿命素子を実現できる。

【 0 1 5 2 】

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

【 0 1 5 3 】

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

【 0 1 5 4 】

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

【 0 1 5 5 】

(実施の形態 4)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置について説明する。

【 0 1 5 6 】

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

【 0 1 5 7 】

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

【 0 1 5 8 】

なお、図 3 (A) は発光装置を示す上面図であり、図 3 (B) は図 3 (A) を鎖線 A - A ' で切断した断面図である。アクティブマトリクス型の発光装置は、素子基板 3 0 1 上に設けられた画素部 3 0 2 と、駆動回路部(ソース線駆動回路) 3 0 3 と、駆動回路部(ゲート線駆動回路) 3 0 4 (3 0 4 a 及び 3 0 4 b) と、を有する。画素部 3 0 2 、駆動回

10

20

30

40

50

路部 303、及び駆動回路部 304a 及び 304b は、シール材 305 によって、素子基板 301 と封止基板 306 との間に封止されている。

【0159】

また、素子基板 301 上には、駆動回路部 303、及び駆動回路部 304 に外部からの信号（例えば、ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、又はリセット信号等）や電位を伝達する外部入力端子を接続するための引き回し配線 307 が設けられる。ここでは、外部入力端子として FPC（フレキシブルプリントサーキット）308 を設ける例を示している。なお、ここでは FPC しか図示されていないが、この FPC にはプリント配線基板（PWB）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それに FPC もしくは PWB が取り付けられた状態をも含むものとする。

10

【0160】

次に、断面構造について図 3 (B) を用いて説明する。素子基板 301 上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、ソース線駆動回路である駆動回路部 303 と、画素部 302 が示されている。

【0161】

駆動回路部 303 は FET 309 と FET 310 とを組み合わせた構成について例示している。なお、駆動回路部 303 は、単極性（N型またはP型のいずれか一方のみ）のトランジスタを含む回路で形成されても良いし、N型のトランジスタとP型のトランジスタを含む CMOS 回路で形成されても良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に駆動回路を形成することもできる。

20

【0162】

また、画素部 302 はスイッチング用 FET（図示せず）と、電流制御用 FET 312 とを有し、電流制御用 FET 312 の配線（ソース電極又はドレイン電極）は、発光素子 317a および発光素子 317b の第 1 の電極（陽極）（313a、313b）と電気的に接続されている。また、本実施の形態においては、画素部 302 に 2 つの FET（スイッチング用 FET、電流制御用 FET 312）を用いて構成する例について示したが、これに限定されない。例えば、3つ以上の FET と、容量素子とを組み合わせる構成としてもよい。

30

【0163】

FET 309、310、312 としては、例えば、スタガ型や逆スタガ型のトランジスタを適用することができる。FET 309、310、312 に用いることのできる半導体材料としては、例えば、13族半導体、14族（ケイ素等）半導体、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体を用いることができる。また、該半導体材料の結晶性については、特に限定されず、例えば、非晶質半導体膜、または結晶性半導体膜を用いることができる。特に、FET 309、310、312 としては、酸化物半導体を用いると好ましい。なお、酸化物半導体としては、例えば、In-Ga 酸化物、In-M-Zn 酸化物（M は、Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、Hf または Nd）等が挙げられる。FET 309、310、312 として、例えば、エネルギーギャップが 2 eV 以上、好ましくは 2.5 eV 以上、さらには好ましくは 3 eV 以上の酸化物半導体材料を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

40

【0164】

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

【0165】

50

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

【0166】

第1の電極(313a、313b)上には、EL層315及び第2の電極316が積層形成される。EL層315は、少なくとも発光層が設けられており、第1の電極(313a、313b)、EL層315及び第2の電極316からなる発光素子(317a、317b)は、EL層315の端部が、第2の電極316で覆われた構造を有する。また、EL層315の構成については、実施の形態2や実施の形態3に示す単層構造または積層構造と同様であっても異なっていてもよい。さらに、発光素子ごとに異なっていてもよい。

【0167】

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

【0168】

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

【0169】

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

【0170】

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

【0171】

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

【0172】

また、シール材305にはエポキシ系樹脂やガラスフリットを用いるのが好ましい。また

10

20

30

40

50

、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板306に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP(Fiber-Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、ポリエスチルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。シール材としてガラスフリットを用いる場合には、接着性の観点から素子基板301及び封止基板306はガラス基板であることが好ましい。

【0173】

なお、発光素子と電気的に接続されるFETの構造は、図3(B)とはゲート電極の位置が異なる構造、すなわち図3(C)に示すFET326、FET327、FET328に示す構造としてもよい。また、封止基板306に設けられる有色層(カラーフィルタ)324は、図3(C)に示すように黒色層(ブラックマトリクス)325と重なる位置でさらに隣り合う有色層(カラーフィルタ)324とも重なるように設けられていてよい。

10

【0174】

以上のようにして、アクティブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

【0175】

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

【0176】

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

20

【0177】

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

【0178】

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

30

【0179】

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

40

【0180】

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

【0181】

以上のようにして、パッシブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

【0182】

例えば、本明細書等において、様々な基板を用いて、トランジスタまたは発光素子を形成することができる。基板の種類は、特定のものに限定されることはない。その基板の一例としては、半導体基板(例えば単結晶基板又はシリコン基板)、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチール基板、ステンレス・スチ

50

ル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミニノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート(P E T)、ポリエチレンナフタレート(P E N)、ポリエーテルサルファン(P E S)、ポリテトラフルオロエチレン(P T F E)に代表されるプラスチックがある。または、一例としては、アクリル等の合成樹脂などがある。または、一例としては、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニルなどがある。または、一例としては、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ、無機蒸着フィルム、又は紙類などがある。特に、半導体基板、単結晶基板、又はS O I 基板などを用いてトランジスタを製造することによって、特性、サイズ、又は形状などのばらつきが少なく、電流供給能力が高く、サイズの小さいトランジスタを製造することができる。このようなトランジスタによって回路を構成すると、回路の低消費電力化、又は回路の高集積化を図ることができる。10

【 0 1 8 3 】

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタまたは発光素子を形成してもよい。または、基板とトランジスタまたは発光素子との間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に半導体装置を一部あるいは全部完成させた後、基板より分離し、他の基板に転載するために用いることができる。その際、トランジスタまたは発光素子は耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。なお、上述の剥離層には、例えば、タングステン膜と酸化シリコン膜との無機膜の積層構造の構成や、基板上にポリイミド等の有機樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。20

【 0 1 8 4 】

つまり、ある基板を用いてトランジスタまたは発光素子を形成し、その後、別の基板にトランジスタまたは発光素子を転置し、別の基板上にトランジスタまたは発光素子を配置してもよい。トランジスタまたは発光素子が転置される基板の一例としては、上述したトランジスタまたは発光素子を形成することが可能な基板に加え、紙基板、セロファン基板、アラミドフィルム基板、ポリイミドフィルム基板、石材基板、木材基板、布基板(天然繊維(絹、綿、麻)、合成繊維(ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル)若しくは再生繊維(アセテート、キュプラ、レーヨン、再生ポリエステル)などを含む)、皮革基板、又はゴム基板などがある。これらの基板を用いることにより、特性のよいトランジスタの形成、消費電力の小さいトランジスタの形成、壊れにくい装置の製造、耐熱性の付与、軽量化、又は薄型化を図ることができる。30

【 0 1 8 5 】

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

【 0 1 8 6 】

(実施の形態 5)

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

【 0 1 8 7 】

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

【 0 1 8 8 】

図5(A)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置7100は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、タッチセンサ(入力装置)を搭載したタッチパネル(入出力装置)

10

20

30

40

50

であってもよい。なお、本発明の一態様である発光装置を表示部 7103 に用いることができる。また、ここでは、スタンド 7105 により筐体 7101 を支持した構成を示している。

【0189】

テレビジョン装置 7100 の操作は、筐体 7101 が備える操作スイッチや、図 5 (A2) に示す別体のリモコン操作機 7110 により行うことができる。リモコン操作機 7110 が備える操作キー 7109 により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部 7103 に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機 7110 に、当該リモコン操作機 7110 から出力する情報を表示する表示部 7107 を設ける構成としてもよい。

10

【0190】

なお、テレビジョン装置 7100 は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般的のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線又は無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）又は双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【0191】

図 5 (B) はコンピュータであり、本体 7201、筐体 7202、表示部 7203、キーボード 7204、外部接続ポート 7205、ポインティングデバイス 7206 等を含む。なお、コンピュータは、本発明の一態様である発光装置をその表示部 7203 に用いることにより作製することができる。また、表示部 7203 は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。

20

【0192】

図 5 (C) は、スマートウォッチであり、筐体 7302、表示部 7304、操作ボタン 7311、7312、接続端子 7313、バンド 7321、留め金 7322、等を有する。

【0193】

ベゼル部分を兼ねる筐体 7302 に搭載された表示部 7304 は、非矩形状の表示領域を有している。表示部 7304 は、時刻を表すアイコン 7305、その他のアイコン 7306 等を表示することができる。また、表示部 7304 は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。

30

【0194】

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

【0195】

また、筐体 7302 の内部に、スピーカ、センサ（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン等を有することができる。なお、スマートウォッチは、発光装置をその表示部 7304 に用いることにより作製することができる。

40

【0196】

図 5 (D) は、携帯電話機（スマートフォンを含む）の一例を示している。携帯電話機 7400 は、筐体 7401 に、表示部 7402、マイク 7406、スピーカ 7405、カメラ 7407、外部接続部 7404、操作用ボタン 7403 などを備えている。また、本発明の一態様に係る発光素子を、可撓性を有する基板に形成して発光装置を作製した場合、図 5 (D) に示すような曲面を有する表示部 7402 に適用することが可能である。

50

【0197】

図5(D)に示す携帯電話機7400は、表示部7402を指などで触ることで、情報を入力することができる。また、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部7402を指などで触ることにより行うことができる。

【0198】

表示部7402の画面は主として3つのモードがある。第1は、画像の表示を主とする表示モードであり、第2は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第3は表示モードと入力モードの2つのモードが混合した表示+入力モードである。

【0199】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部7402を文字の入力を主とする文字入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。この場合、表示部7402の画面のほとんどにキー・ボード又は番号ボタンを表示させることがほしい。

10

【0200】

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

【0201】

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

20

【0202】

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

【0203】

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

30

【0204】

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

【0205】

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

40

【0206】

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

【0207】

表示部9311はヒンジ9313によって連結された3つの筐体9315に支持されてい

50

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

【0208】

また、発光装置を適用した自動車を図 7 (A) (B) に示す。すなわち、発光装置を、自動車と一緒に設けることができる。具体的には、図 7 (A) に示す自動車の外側のライト 5101 (車体後部も含む)、タイヤのホイール 5102、ドア 5103 の一部または全体などに適用することができる。また、図 7 (B) に示す自動車の内側の表示部 5104、ハンドル 5105、シフトレバー 5106、座席シート 5107、インナーリアビューミラー 5108 等に適用することができる。その他、ガラス窓の一部に適用してもよい。

10

【0209】

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

20

【0210】

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

【0211】

(実施の形態 6)

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

【0212】

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

30

【0213】

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

【0214】

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

40

【0215】

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

【0216】

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

【0217】

図 8 (C) の照明装置 4200 は、基板 4201 上に発光素子 4202 を有する。発光素

50

子 4 2 0 2 は第 1 の電極 4 2 0 4 と、 E L 層 4 2 0 5 と、第 2 の電極 4 2 0 6 とを有する。

【 0 2 1 8 】

第 1 の電極 4 2 0 4 は、電極 4 2 0 7 と電気的に接続され、第 2 の電極 4 2 0 6 は電極 4 2 0 8 と電気的に接続される。また第 2 の電極 4 2 0 6 と電気的に接続される補助配線 4 2 0 9 を設けてもよい。また、補助配線 4 2 0 9 の下部に、絶縁層 4 2 1 0 を設けてもよい。

【 0 2 1 9 】

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

10

【 0 2 2 0 】

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

【 0 2 2 1 】

なお、本実施の形態で示す照明装置は、本発明の一態様である発光素子と、筐体、カバー、または、支持台を有する構成を有していても良い。さらに発光素子の E L 層 4 0 0 5 、4 2 0 5 に、本発明の一態様である有機金属錯体を適用することができる。この場合、消費電力の低い照明装置を提供することができる。

20

【 0 2 2 2 】

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

【 0 2 2 3 】

(実施の形態 7)

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

【 0 2 2 4 】

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

30

【 0 2 2 5 】

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

【 0 2 2 6 】

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

40

【 0 2 2 7 】

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

【 0 2 2 8 】

(実施の形態 8)

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

【 0 2 2 9 】

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

50

【0230】

タッチパネル2000は、表示パネル2501とタッチセンサ2595とを有する（図10（B）参照）。また、タッチパネル2000は、基板2510、基板2570、及び基板2590を有する。

【0231】

表示パネル2501は、基板2510上に複数の画素及び該画素に信号を供給することができる複数の配線2511を有する。複数の配線2511は、基板2510の外周部にまで引き回され、その一部が端子2519を構成している。端子2519はFPC2509（1）と電気的に接続する。

【0232】

基板2590には、タッチセンサ2595と、タッチセンサ2595と電気的に接続する複数の配線2598とを有する。複数の配線2598は、基板2590の外周部に引き回され、その一部は端子2599を構成する。そして、端子2599はFPC2509（2）と電気的に接続される。なお、図10（B）では明瞭化のため、基板2590の裏面側（基板2510と対向する面側）に設けられるタッチセンサ2595の電極や配線等を実線で示している。

【0233】

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

【0234】

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

【0235】

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

【0236】

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

【0237】

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

【0238】

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

【0239】

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

【0240】

10

20

30

40

50

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

【0241】

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

【0242】

電極 2591 及び電極 2592 は、透光性を有する導電材料を用いて形成することができる。透光性を有する導電性材料としては、酸化インジウム、インジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛などの導電性酸化物を用いることができる。また、グラフェン化合物を用いることもできる。なお、グラフェン化合物を用いる場合は、例えば膜状に形成された酸化グラフェンを還元して形成することができる。還元する方法としては、熱を加える方法やレーザーを照射する方法等を挙げることができる。

10

【0243】

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

【0244】

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

20

【0245】

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

【0246】

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

30

【0247】

また、端子 2599 により、配線 2598 と FPC 2509(2) とが電気的に接続される。なお、端子 2599 には、様々な異方性導電フィルム (ACF : Anisotropic Conductive Film) や、異方性導電ペースト (ACP : Anisotropic Conductive Paste) などを用いることができる。

【0248】

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

40

【0249】

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

【0250】

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

50

素子を駆動する画素回路とを有する。

【0251】

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

【0252】

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

【0253】

トランジスタ2502tは、絶縁層2521で覆われている。なお、絶縁層2521は、先に形成されたトランジスタ等に起因する凹凸を平坦化するための機能を有する。また、絶縁層2521に不純物の拡散を抑制できる機能を付与してもよい。この場合、不純物の拡散によるトランジスタ等の信頼性の低下を抑制できるので好ましい。

10

【0254】

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

【0255】

発光素子2550Rは、一対の電極間にEL層を有してなる。また、発光素子2550Rと重なる位置に着色層2567Rが設けられており、発光素子2550Rが発する光の一部は、着色層2567Rを透過して、図中に示す矢印の方向に射出される。また、着色層の端部に遮光層2567BMが設けられており、発光素子2550Rと着色層2567Rとの間には、封止層2560を有する。

20

【0256】

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

【0257】

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

30

【0258】

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

【0259】

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

40

【0260】

また、図11(A)において示すボトムゲート型のトランジスタとは異なるトップゲート型のトランジスタを表示パネル2501に適用する場合の構成について、図11(B)に示す。なお、トランジスタの構造が変わった場合でも、チャネル領域に用いることができるバリエーションについては同様とする。

50

【0261】

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

【0262】

図11(A)で示した基板2510、基板2570、基板2590としては、例えば、水蒸気の透過率が 1×10^{-5} g/(m²·day)以下、好ましくは 1×10^{-6} g/(m²·day)以下である可撓性を有する材料を好適に用いることができる。または、これらの基板の熱膨張率が、およそ等しい材料を用いることが好ましい。例えば、線膨張率が 1×10^{-3} /K以下、好ましくは 5×10^{-5} /K以下、より好ましくは 1×10^{-5} /K以下である材料が挙げられる。

10

【0263】

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

【0264】

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

20

【0265】

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

【0266】

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

30

【0267】

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

【0268】

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

40

【0269】

次に、タッチパネルの駆動方法の一例について、図13を用いて説明を行う。

【0270】

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

50

【0271】

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

【0272】

電流検出回路2602は、容量2603での相互容量の変化による、Y1-Y6の配線での電流の変化を検出するための回路である。Y1-Y6の配線では、被検知体の近接、または接触がないと検出される電流値に変化はないが、検出する被検知体の近接、または接触により相互容量が減少する場合には電流値が減少する変化を検出する。なお電流の検出は、積分回路等を用いて行えばよい。

10

【0273】

次に、図13(B)には、図13(A)で示す相互容量方式のタッチセンサにおける入出力波形のタイミングチャートを示す。図13(B)では、1フレーム期間で各行列での被検知体の検出を行うものとする。また図13(B)では、被検知体を検出しない場合(非タッチ)と被検知体を検出する場合(タッチ)との2つの場合について示している。なおY1-Y6の配線については、検出される電流値に対応する電圧値とした波形を示している。

20

【0274】

X1-X6の配線には、順にパルス電圧が与えられ、該パルス電圧にしたがってY1-Y6の配線での波形が変化する。被検知体の近接または接触がない場合には、X1-X6の配線の電圧の変化に応じてY1-Y6の波形が一様に変化する。一方、被検知体が近接または接触する箇所では、電流値が減少するため、これに対応する電圧値の波形も変化する。このように、相互容量の変化を検出することにより、被検知体の近接または接触を検知することができる。

【0275】

また、図13(A)ではタッチセンサとして配線の交差部に容量2603のみを設けるパッシブ型のタッチセンサの構成を示したが、トランジスタと容量とを備えたアクティブ型のタッチセンサとしてもよい。図14にアクティブ型のタッチセンサに含まれる一つのセンサ回路の例を示している。

30

【0276】

図14に示すセンサ回路は、容量2603と、トランジスタ2611と、トランジスタ2612と、トランジスタ2613とを有する。

【0277】

トランジスタ2613はゲートに信号G2が与えられ、ソースまたはドレインの一方に電圧VRESが与えられ、他方が容量2603の一方の電極およびトランジスタ2611のゲートと電気的に接続する。トランジスタ2611は、ソースまたはドレインの一方がトランジスタ2612のソースまたはドレインの一方と電気的に接続し、他方に電圧VSSが与えられる。トランジスタ2612は、ゲートに信号G1が与えられ、ソースまたはドレインの他方が配線MLと電気的に接続する。容量2603の他方の電極には電圧VSSが与えられる。

40

【0278】

次に、図14に示すセンサ回路の動作について説明する。まず信号G2としてトランジスタ2613をオン状態とする電位が与えられることで、トランジスタ2611のゲートが接続されるノードnに電圧VRESに対応した電位が与えられる。次に、信号G2としてトランジスタ2613をオフ状態とする電位が与えられることで、ノードnの電位が保持される。続いて、指等の被検知体の近接または接触により、容量2603の相互容量が変化することに伴い、ノードnの電位がVRESから変化する。

【0279】

50

読み出し動作は、信号 G 1 としてトランジスタ 2612 をオン状態とする電位を与える。ノード n の電位に応じてトランジスタ 2611 に流れる電流、すなわち配線 M L に流れる電流が変化する。この電流を検出することにより、被検知体の近接または接触を検出することができる。

【0280】

トランジスタ 2611、トランジスタ 2612、及びトランジスタ 2613 としては、酸化物半導体層をチャネル領域が形成される半導体層に用いることが好ましい。とくにトランジスタ 2613 にこのようなトランジスタを適用することにより、ノード n の電位を長期間に亘って保持することが可能となり、ノード n に V R E S を供給しなおす動作（リフレッシュ動作）の頻度を減らすことができる。

10

【0281】

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【実施例 1】

【0282】

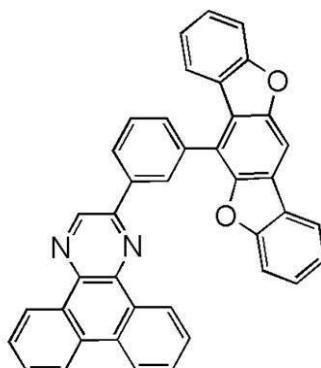
合成例 1

本実施例では、本発明の一態様である複素環化合物、2-[3-(ベンゾ[1,2-b:4,5-b']ビスベンゾフラン-6-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2mBbfPDBq）（構造式（101））の合成方法について説明する。なお、2mBbfPDBq の構造を以下に示す。

20

【0283】

【化41】



30

2mBbfPDBq

(101)

【0284】

<2mBbfPDBq の合成>

40

<ステップ 1>

200 mL 三つ口フラスコに、8.9 g (30 mmol) の 1,4-ジブロモ-2,5-ジメトキシベンゼンと、10 g (72 mmol) の 2-フルオロフェニルボロン酸と、15 mL のトルエンと、15 mL のジエチレングリコールジメチルエーテル（diglyme）と、60 mL の炭酸ナトリウム水溶液（2.0 mol/L）を入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。

【0285】

脱気後、系内を窒素気流下としてから、この混合物を 80 に加熱した。この混合物へ 0.69 g (0.60 mmol) のテトラキス（トリフェニルホスフィン）パラジウム (0) を加え、同温度で 2 時間攪拌した。混合物を室温まで放冷後再び減圧脱気し、系内を窒素気流下としてから 80 に加熱した。加熱後、この混合物へ 0.69 g (0.60 mm

50

o 1) のテトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0) を加え、同温度で 5 時間加熱した。

【 0 2 8 6 】

加熱後、2.0 g (14 mmol) の 2 - フルオロフェニルボロン酸を加え、同温度でさらに 3 時間攪拌した。加熱後、混合物を室温まで放冷後減圧脱気し、系内を窒素気流下とした。この混合物を 80 °C に加熱し、0.64 g (0.55 mmol) のテトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0) と、3.0 g (21 mmol) の 2 - フルオロフェニルボロン酸を加え、同温度で 2 時間攪拌した。攪拌後、混合物を室温まで放冷し、有機層と水層に分離した。

【 0 2 8 7 】

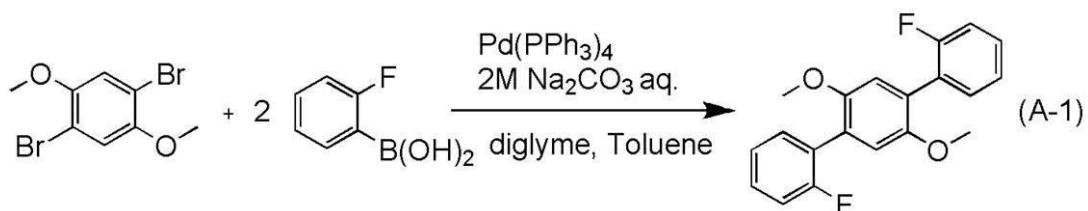
得られた水層を、トルエンを用いて 3 回抽出し、抽出液と有機層を合わせて飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して得たろ液を濃縮したところ、化合物を得た。得られた化合物をトルエンにより再結晶したところ、目的物を 2.5 g 得た。ろ液を濃縮して得た化合物をカラムクロマトグラフィー (展開溶媒はヘキサン : 酢酸エチル = 30 : 1) により精製したところ、目的物を 0.3 g 、合わせて目的物を 2.8 g 、収率 29 % で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式 (A - 1) に示す。

【 0 2 8 8 】

【 化 4 2 】

10

20



【 0 2 8 9 】

< ステップ 2 >

300 mL 三つ口フラスコに、2.8 g (8.7 mmol) の 1,4 - ビス (2 - フルオロフェニル) - 2,5 - ジメトキシベンゼンを入れ、フラスコ内を窒素気流下としてから、脱水ジクロロメタン 20 mL を加え、溶液を得た。この溶液を氷浴に入れて攪拌しこの溶液へ、三臭化ホウ素溶液 (1 mol / L ジクロロメタン溶液) 21 mL (21 mmol) を脱水ジクロロメタン 22 mL で希釈した溶液を滴下し、滴下後得られた溶液を室温で約 15 時間攪拌した。

【 0 2 9 0 】

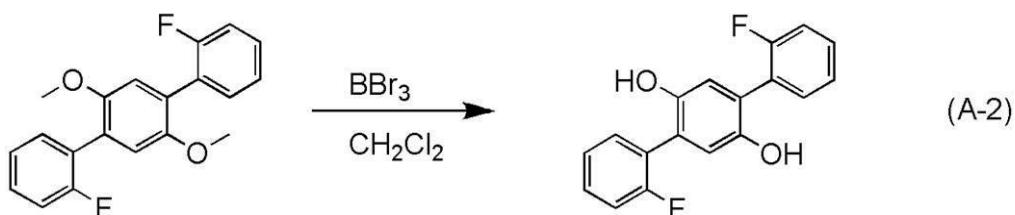
攪拌後、得られた溶液を氷浴に入れて冷却し、水 10 mL とメタノール 5 mL を滴下した。滴下後、析出した固体を吸引ろ過で回収したところ、目的物の白色固体を得た。得られたろ液を有機層と水層に分離し、得られた水層を、ジクロロメタンを用いて 3 回抽出した。抽出液と有機層を合わせて炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して得たろ液を濃縮したところ、目的物の白色固体を得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式 (A - 2) に示す。

【 0 2 9 1 】

30

40

【化43】



【0292】

10

<ステップ3>

100mL三つ口フラスコに、ステップ2で得た2.3g (7.8mmol) の1,4-ビス(2-フルオロフェニル)-2,5-ジヒドロキシベンゼンと、4.2g (30mmol) の炭酸カリウムと、44mLのN-メチル-2-ピロリジノンを入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。脱気後、系内を窒素気流下としてから、この混合物を200で4.5時間攪拌した。攪拌後、室温まで放冷した後、トルエンと水と塩酸を加え攪拌し、有機層と水層を分離した。

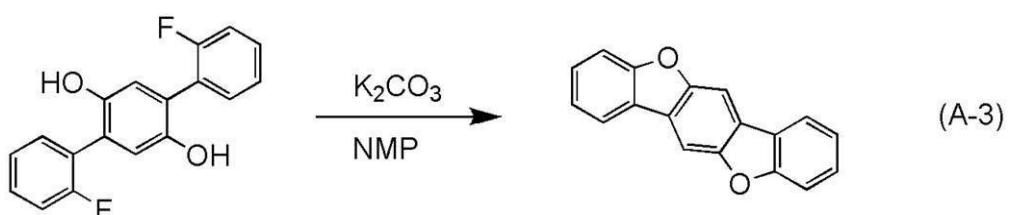
【0293】

20

得られた水層を、トルエンを用いて3回抽出した。得られた抽出液と有機層を合わせたところを固体が析出したため、吸引ろ過により析出固体を回収した。得られたろ液を炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。この混合物を自然ろ過して得られたろ液を濃縮して得た固体をトルエンで再結晶したところ目的物の固体を0.53g 得た。先に析出した固体をトルエンで再結晶したところ、目的物の白色固体を0.94g 得た。目的物の固体を合わせて1.5g (5.7mmol) 、収率73%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(A-3)に示す。

【0294】

【化44】



【0295】

30

<ステップ4>

100mL三つ口フラスコに、1.4g (5.5mmol) のベンゾ[1,2-b:4,5-b']ビスベンゾフランを入れ、フラスコ内を窒素気流下としてから、34mLの脱水テトラヒドロフランを加え、得られた溶液を-78で攪拌した。この溶液へ4.0mLのn-ブチルリチウムヘキサン溶液 (1.6mol/L、6.3mmol) を滴下し、滴下後同温度で20分攪拌し後、室温まで昇温してから、1時間攪拌した。所定時間経過後、得られた溶液を-78に冷却し、冷却後、1.5mL (13mmol) のホウ酸トリメチルを同温度で滴下して加えた。

40

【0296】

得られた溶液を室温まで昇温し、室温で15時間攪拌した。攪拌後、50mLの塩酸 (1mol/L) を加えてこの混合物を1時間攪拌した。攪拌後、有機層と水層を分離し、得られた水層を、酢酸エチルを用いて2回抽出した。得られた抽出液と有機層を合わせて、炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて

50

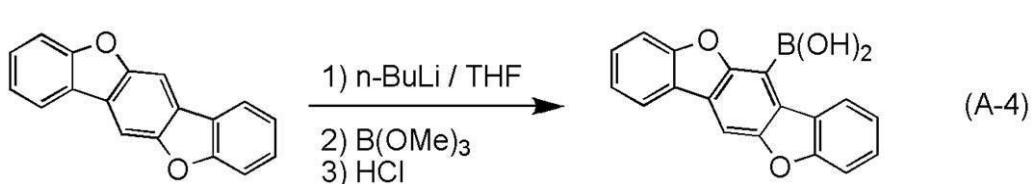
乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して得たろ液を濃縮して固体を得た。

【0297】

得られた固体をクロロホルムで洗浄し、吸引ろ過する事で目的物の固体を0.53g得た。得られたろ液を濃縮して得た化合物を、トルエン/ヘキサンにより再結晶したところ、目的物の固体を0.60g得た。目的物の固体を合わせて、1.1g(3.7mmol)、収率67%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(A-4)に示す。

【0298】

【化45】



【0299】

<ステップ5>

100mL三つ口フラスコに、1.2g(3.1mmol)の2-(3-プロモフェニル)ジベンゾ[f,h]キノキサリンと、1.1g(3.6mmol)のベンゾ[1,2-b:4,5-b']ビスベンゾフラン-6-ボロン酸と、50mg(0.16mmol)のトリス(2-メチルフェニル)ホスフィンと、15mLのトルエンと、2mLのエタノールと、5mLの炭酸カリウム水溶液(2.0mol/L)を入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。

【0300】

脱気後、フラスコ内を窒素気流下としてから、混合物を80℃に加熱した。この混合物へ、10mg(45μmol)の酢酸パラジウム(II)を加え、7時間攪拌した。攪拌後、室温まで放冷した後、析出した固体を吸引ろ過により回収した。得られた固体を水、エタノールを用いて洗浄したところ目的物の固体を得た。得られた固体をトルエンに加熱溶解し、得られた溶液をセライト、アルミナを通して濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶したところ、目的物の固体を1.0g(1.8mmol)、収率58%で得た。

【0301】

得られた1.0gの固体を、トレンサブリメーション法により昇華精製を行った。昇華精製は圧力2.6Pa、アルゴンを流速5mL/minで流しながら、固体を335℃で16.5時間加熱して行った。昇華精製後、目的物の淡黄色固体を0.61g、回収率59%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(A-5)に示す。

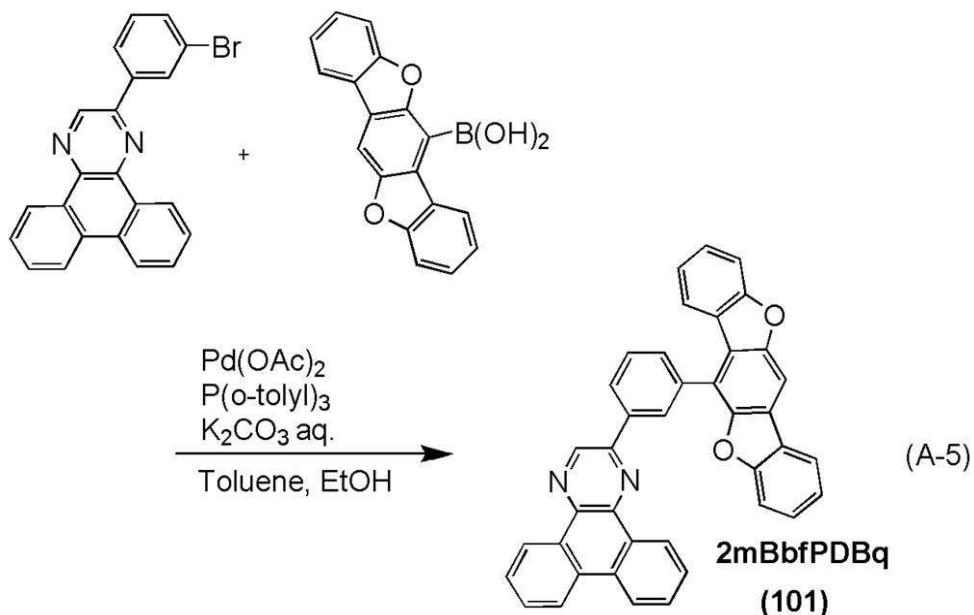
【0302】

20

30

30

【化46】



20

【0303】

なお、上記合成方法で得られた淡黄色固体の核磁気共鳴分光法（¹H-NMR）による分析結果を下記に示す。また、¹H-NMRチャートを図15に示す。この結果から、本合成例1において、上述の構造式（101）で表される本発明の一態様である複素環化合物2mBbfPDBqが得られたことがわかった。

【0304】

¹H-NMR（テトラクロロエタン-d₂, 500MHz）: δ = 7.25 (t, J = 7.5Hz, 1H)、7.48 (t, J = 7.5Hz, 1H)、7.52-7.59 (m, 2H)、7.67 (d, J = 8.0Hz, 1H)、7.72 (d, J = 8.0Hz, 1H)、7.77 (t, J = 7.0Hz, 2H)、7.82-7.89 (m, 3H)、7.98 (t, J = 7.5Hz, 1H)、8.09 (d, J = 7.5Hz, 1H)、8.16 (d, J = 7.5Hz, 1H)、8.22 (d, J = 1.0Hz, 1H)、8.63 (d, J = 7.5Hz, 1H)、8.71 (d, J = 7.5Hz, 2H)、8.88 (s, 1H)、9.34 (d, J = 8.0Hz, 1H)、9.43 (d, J = 8.0Hz, 1H)、9.57 (s, 1H)。

30

【0305】

次に、2mBbfPDBqのトルエン溶液および固体薄膜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。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。得られたトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図16（A）に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。また、固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図16（B）に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。

40

【0306】

図16（A）の結果より、2mBbfPDBqのトルエン溶液では、282nm、及び333nm付近に吸収ピークが見られ、392nm、及び404nm付近に発光波長のピークが見られた。また、図16（B）の結果より、2mBbfPDBqの固体薄膜では、263nm及び337nm付近に吸収ピークが見られ、429nm付近に発光波長のピークが見られた。

50

【実施例 2】

【0307】

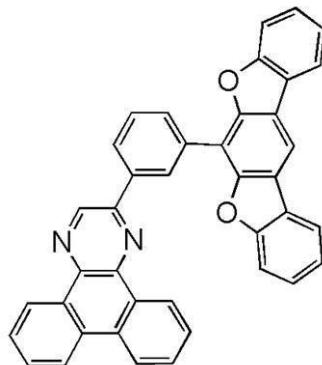
合成例 2

本実施例では、本発明の一態様である複素環化合物、2-[3-[2-[(2,4-bis[4-phenylphenyl]phenyl)phenyl]phenyl]phenyl]benzene (略称：2mBbf(II)PDBq) (構造式(107))の合成方法について説明する。なお、2mBbf(II)PDBqの構造を以下に示す。

【0308】

【化47】

10



20

2mBbf(II)PDBq

(107)

【0309】

<2mBbf(II)PDBqの合成>

<ステップ1>

200mL三つ口フラスコに、5.0g (36mmol) の1,3-ジメトキシベンゼンを入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し脱気した。脱気後、系内を窒素気流下としてから、80mLの脱水ジクロロメタンを加え、攪拌した。得られた溶液を氷浴で冷却しながら、同フラスコへ12g (75mmol) の臭素を14mLの脱水ジクロロメタンに溶かした溶液を滴下した。

30

【0310】

滴下後、得られた溶液を室温で15時間攪拌した。攪拌後、得られた溶液を氷浴で冷却しながら、pH 8になるまで炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和チオ硫酸ナトリウム水溶液を加えた。得られた混合物を、有機層と水層に分離し、水層を、ジクロロメタンを用いて3回抽出した。得られた抽出液と有機層を合わせて飽和食塩水を用いて洗浄した。得られた有機層を、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥し、この混合物を自然濾過してろ液を得た。

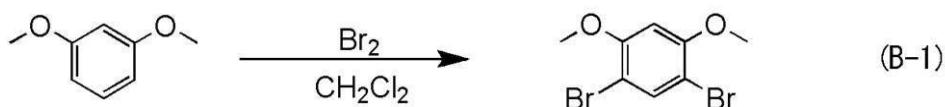
40

【0311】

得られたろ液を濃縮して得た固体に、ヘキサンを加えて超音波を照射した後、この混合物を吸引濾過して固体を得た。得られた固体を、ヘキサン/酢酸エチルで再結晶を行ったところ、目的物の固体を7.2g (24mmol)、収率67%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(B-1)に示す。

【0312】

【化48】



【0313】

<ステップ2>

200 mLの三口フラスコに、7.1 g (24 mmol)の1,5-ジブロモ-2,4-ジメトキシベンゼンと、2.8 g (20 mmol)の2-フルオロフェニルボロン酸と、12 mLのトルエンと、12 mLのジエチレングリコールジメチルエーテルと、50 mLの炭酸ナトリウム水溶液 (2 mol/L)を入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。脱気後、系内を窒素気流下としてから、混合物を80℃に加熱した。

【0314】

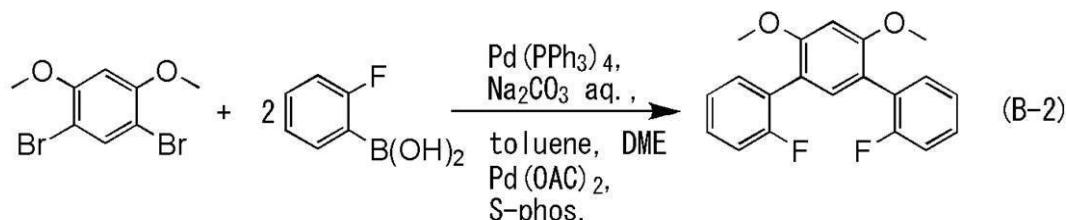
この混合物へ、0.55 g (0.48 mmol)のテトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)を加え同温度で3時間攪拌した。混合物を室温まで放冷後、4.5 g (32 mmol)の2-フルオロフェニルボロン酸と0.12 g (0.29 mmol)の2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニルを加えてから減圧脱気し、再び系内を窒素気流下としてから80℃に加熱した。その後、30 mg (0.13 mmol)の酢酸パラジウム(II)を加え、同温度で4時間攪拌した。

【0315】

攪拌後、混合物を室温まで放冷し、有機層と水層に分離した。得られた水層を、トルエンを用いて3回抽出し、抽出液と有機層を合わせて飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して得たろ液を濃縮し、褐色油状物を得た。この油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒はヘキサンからクロロホルムへグラジエントをかけた)で精製したところ、目的物の淡黄色油状物を7.2 g (22 mmol)、収率92%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(B-2)に示す。

【0316】

【化49】



【0317】

<ステップ3>

500 mL三つ口フラスコに、7.2 g (22 mmol)の1,5-ビス(2-フルオロフェニル)-2,4-ジメトキシベンゼンを入れ、フラスコ内を窒素気流下としてから、脱水ジクロロメタン60 mLを加え、溶液を得た。得られた溶液を氷浴に入れて攪拌し、この溶液に、三臭化ホウ素溶液 (1 mol/L)ジクロロメタン溶液) 53 mL (53 mmol)を脱水ジクロロメタン50 mLで希釈した溶液を滴下し、滴下後得られた溶液を室温で15時間時攪拌した。攪拌後、再び氷浴に入れて冷却し、40 mLのメタノールと40 mLの水を滴下し、得られた混合物の有機層と水層を分離した。得られた水層を、ジクロロメタンを用いて3回抽出し、得られた抽出液と有機層を合わせて炭酸水素ナトリウム

10

20

30

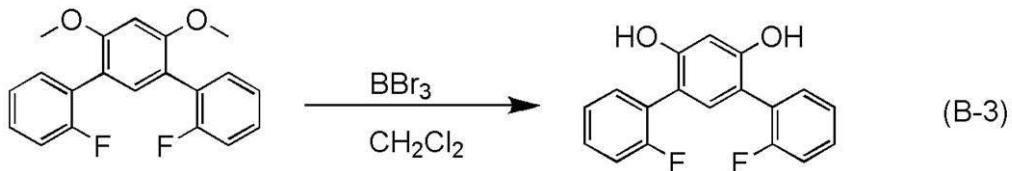
40

50

水溶液と飽和食塩水を用いて洗浄した後、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。得られた混合物を自然濾過して得たろ液を濃縮したところ、目的物の淡黄色油状物を約7gを得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(B-3)に示す。

【0318】

【化50】



10

【0319】

<ステップ4>

300mL三つ口フラスコに、ステップ3で得られた約7g(約2.2mmol)の1,5-ビス(2-フルオロフェニル)-2,4-ジヒドロキシベンゼンと、13g(9.6mmol)の炭酸カリウムと、140mLのN-メチル-2-ピロリジノンを入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。脱気後、系内を窒素気流下としてから、この混合物を200で7時間攪拌した。

20

【0320】

攪拌後、室温まで放冷した後、トルエンと水と塩酸を加え攪拌し、得られた混合物の有機層と水層を分離し、水層を、トルエンを用いて3回抽出した。得られた抽出液と有機層を合わせて炭酸水素ナトリウム水溶液と飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを加えて乾燥した。この混合物を自然濾過して得たろ液を濃縮したところ、黄色油状物を得た。得られた油状物をトルエン/ヘキサンにより再結晶したところ、目的物の白色粉末状固体を得た。

20

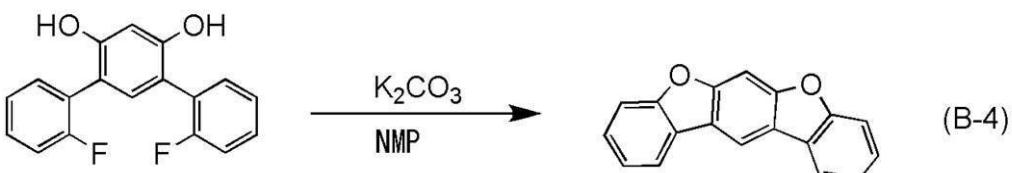
【0321】

得られた固体をトルエン/ヘキサンにより再結晶したところ、目的物の固体を得た。再結晶のろ液を濃縮して得た油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒はヘキサン)で精製し、ヘキサンで再結晶したところ、目的物の白色粉末状固体を得た。得られた白色粉末状固体は合わせて2.2g(8.5mmol)、ステップ3とステップ4の2段階での収率39%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(B-4)に示す。

30

【0322】

【化51】



40

【0323】

<ステップ5>

200mL三つ口フラスコに、2.2g(8.5mmol)のベンゾ[1,2-b:5,4-b']ビスベンゾフランを入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この化合物を脱気した。脱気後、系内を窒素気流下としてから、40mLの脱水テトラヒドロフランを加え、得られた溶液を-78で攪拌した。

50

【0324】

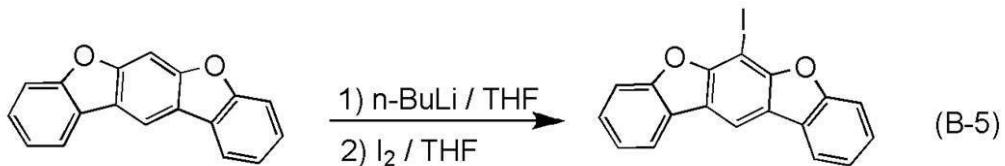
搅拌後、5.6 mLのn-ブチルリチウムヘキサン溶液(1.60 mol/L、9.0 mol)を同温度で滴下し、滴下後室温まで昇温してから30分搅拌した。搅拌後、得られた溶液を-78に冷却し、2.20 g(8.7 mmol)のヨウ素を10 mLの脱水テトラヒドロフランに溶かした溶液を同温度にて滴下した。滴下後、得られた溶液を室温まで昇温し、同温度で約15時間搅拌した。

【0325】

搅拌後、得られた溶液に水を加えて搅拌し、得られた混合物を有機層と水層に分離した。得られた水層をトルエンを用いて3回抽出し、得られた抽出液と有機層を合わせて炭酸水素ナトリウム水溶液とチオ硫酸ナトリウム水溶液、次いで飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを加えて乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して得たろ液を濃縮して得た固体を、トルエン/ヘキサンにより再結晶したところ、目的物の淡褐色固体を2.5 g(6.5 mmol)、収率76%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(B-5)に示す。

【0326】

【化52】



【0327】

<ステップ6>

200 mL三つ口フラスコに、1.5 g(3.8 mmol)の6-ヨード-ベンゾ[1,2-b:5,4-b']ビスベンゾフランと、1.8 g(4.2 mmol)の2-[3-(2-ジベンゾ[f,h]キノキサリニル)フェニル]-4,4,5,5-テトラメチル-1,3,2-ジオキサボロランと、70 mg(0.23 mmol)のトリス(2-メチルフェニル)ホスフィンと、20 mLのトルエンと、2 mLのエタノールと、6 mLの炭酸カリウム水溶液(2.0 mol/L)を入れ、フラスコ内を減圧しながら搅拌し、この混合物を脱気した。

【0328】

脱気後、系内を窒素気流下としてから、混合物を80に加熱した。加熱後、10 mg(4.5 μmol)の酢酸パラジウム(II)を加え、この混合物を同温度で2.5時間搅拌した。搅拌後、室温まで放冷した後、再び10 mg(4.5 μmol)の酢酸パラジウム(II)を加え、8時間搅拌した。室温まで放冷した後、この混合物を濃縮し、20 mLのエチレンギリコールジメチルエーテルと、6 mLの炭酸ナトリウム水溶液(2.0 mol/L)を加え、フラスコ内を減圧しながら搅拌し、この混合物を脱気した。

【0329】

脱気後、系内を窒素気流下としてから、80に加熱した。加熱後、0.10 g(8.7 μmol)のテトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)を加えて1.5時間搅拌した。搅拌後、得られた混合物を室温まで放冷後、析出した固体を吸引ろ過により回収した。得られた固体を水、エタノールを用いて洗浄した。得られた固体をトルエンに溶解してセライトとアルミナを通してろ過をした。得られたろ液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶したところ、目的物の淡黄色固体を1.2 g(2.1 mmol)、収率55%で得た。

【0330】

得られた固体をトレインサブリメーション法により昇華精製を行った。昇華精製は、圧力2.5 Pa、アルゴンを流速5 mL/minで流しながら、固体を310で15.5時

10

20

30

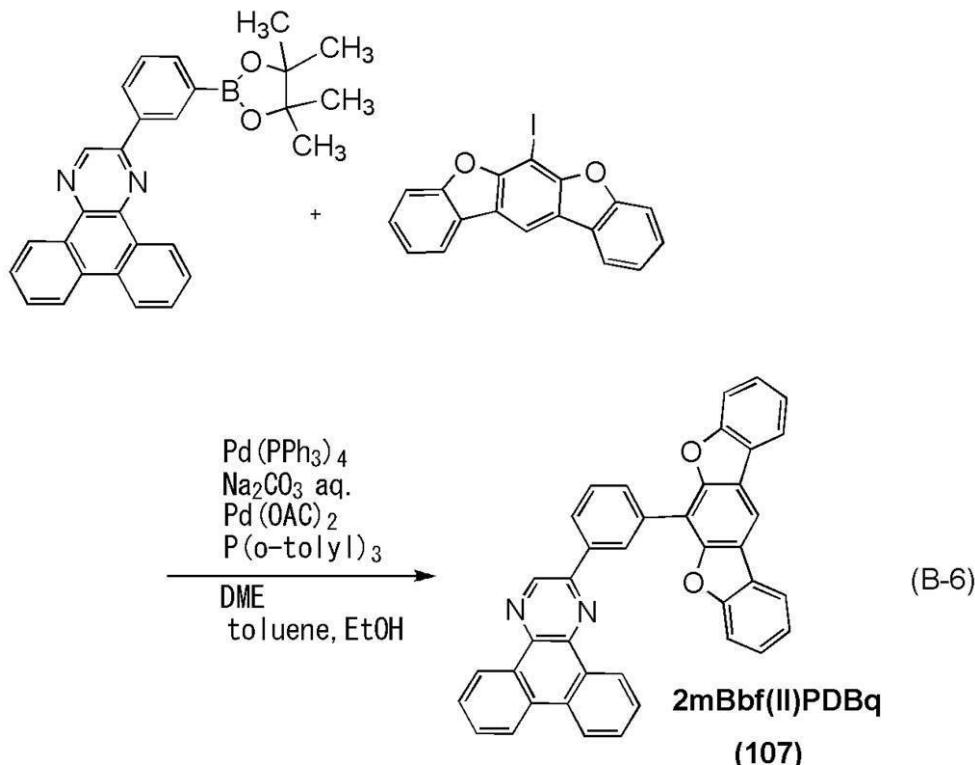
40

50

間加熱することにより行ったところ、目的物の淡黄色固体を0.90g、回収率75%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(B-6)に示す。

【0331】

【化53】



【0332】

なお、上記合成方法で得られた淡黄色固体の核磁気共鳴分光法(¹H-NMR)による分析結果を下記に示す。また、¹H-NMRチャートを図17に示す。この結果から、本合成例2において、上述の構造式(107)で表される本発明の一態様である複素環化合物2mBbf(II)PDBqが得られたことがわかった。

30

【0333】

¹H-NMR(テトラクロロエタン-d₂, 500MHz): δ = 7.49(t, J = 8.0Hz, 2H)、7.56(t, J = 8.0Hz, 2H)、7.74(d, J = 8.0Hz, 2H)、7.81-7.89(m, 4H)、7.93(t, J = 8.0Hz, 1H)、8.18(d, J = 7.5Hz, 2H) 8.43(d, J = 6.5Hz, 1H)、8.53(d, J = 8.0Hz, 1H)、8.56(s, 1H)、8.71(d, J = 8.0Hz, 2H)、9.27(s, 1H)、9.34(d, J = 7.5Hz, 1H)、9.56(d, J = 8.0Hz, 1H)、9.60(s, 1H)。

40

【0334】

次に、2mBbf(II)PDBqのトルエン溶液および固体薄膜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。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計((株)日本分光製V550型)を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計((株)浜松ホトニクス製FS920)を用いた。得られたトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図18(A)に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。また、固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図18(B)に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。

【0335】

図18(A)の結果より、2mBbf(II)PDBqのトルエン溶液では、281nm

50

、及び288 nm付近に吸収ピークが見られ、393 nm、及び404 nm付近に発光波長のピークが見られた。また、図18(B)の結果より、2mBbf(II)PDBqの固体薄膜では、265 nm及び384 nm付近に吸収ピークが見られ、430 nm付近に発光波長のピークが見られた。

【実施例3】

【0336】

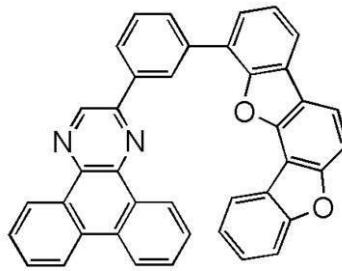
合成例3

本実施例では、本発明の一態様である複素環化合物、2-[3-(ベンゾ[1,2-b:5,6-b']ビスベンゾフラン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mBbf(III)PDBq)(構造式(149))の合成方法について説明する。なお、2mBbf(III)PDBqの構造を以下に示す。

10

【0337】

【化54】



20

2mBbf(III)PDBq

(149)

【0338】

<2mBbf(III)PDBqの合成>

<ステップ1>

500 mL三つ口フラスコに、10 g (46 mmol)の2-ブロモ-1,3-ジメトキシベンゼンと、7.2 g (51 mmol)の2-フルオロフェニルボロン酸と、66 mLのトルエンと、66 mLのジエチレングリコールジメチルエーテル(diglyme)と、76 mLの炭酸ナトリウム水溶液(2.0 mol/L)を入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。脱気後、系内を窒素気流下としてから、混合物を80℃に加熱した。この混合物へ同温度で、1.1 g (0.95 mmol)のテトラキス(トリスメチルフェニルホスフィン)パラジウム(0)を加え、5時間攪拌した。

30

【0339】

攪拌後、得られた混合物を室温まで放冷後、3.2 g (23 mmol)の2-フルオロフェニルボロン酸と、1.0 g (0.87 mmol)のテトラキス(トリスメチルフェニルホスフィン)パラジウム(0)を加え、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気し、系内を窒素気流下としてから、混合物を80℃で8時間攪拌した。攪拌後、室温まで放冷してから5.2 g (37 mmol)の2-フルオロフェニルボロン酸と、0.19 g (0.46 mmol)の2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニルと、50 mg (0.22 mmol)の酢酸パラジウム(II)を加え、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。系内を窒素気流下としてから、この混合物を80℃で4時間攪拌した。

40

【0340】

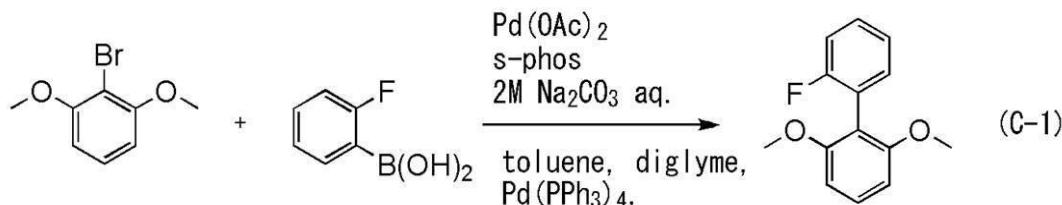
攪拌後、この混合物を室温まで放冷し、有機層と水層に分離した。得られた水層を、トルエンを用いて3回抽出し、抽出液と有機層を合わせて飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して得たろ液を濃縮したところ濃褐色油状物を得た。得られた油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開

50

溶媒はヘキサンからクロロホルムへグラジエントをかけた)により精製した後、トルエン/ヘキサンにより再結晶を行ったところ、目的物の固体を8.4 g (36 mmol)、収率78%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(C-1)に示す。

【0341】

【化55】



【0342】

<ステップ2>

300 mLエーレンマイヤーフラスコに、8.4 g (36 mmol)の2'-フルオロ-1、3-ジメトキシ-2,1'-ビフェニルと、130 mLのアセトニトリルを入れ、得られた溶液に、6.4 g (36 mmol)のN-ブロモスクシンイミドを加え、得られた溶液を室温で23.5時間攪拌した。攪拌後、得られた溶液へ水、ジクロロメタンを加え、この混合物の有機層と水層を分離した。

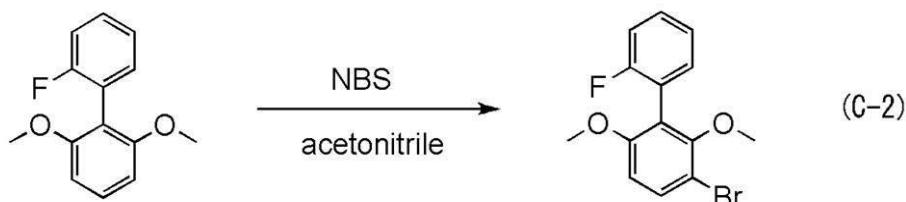
20

【0343】

水層を、ジクロロメタンにより3回抽出し、得られた抽出液を有機層と合わせて飽和チオ硫酸ナトリウム水溶液と飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。得られた混合物を自然濾過して得たろ液を濃縮したところ、目的物の黄色オイルを11 g (35 mmol)、収率97%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(C-2)に示す。

【0344】

【化56】



【0345】

<ステップ3>

300 mL三つ口フラスコに、11 g (35 mmol)の4-ブロモ-2'-フルオロ-1,3-ジメトキシ-2,1'-ビフェニルを入れ、系内を窒素気流下としてから、6.51 g (37 mmol)の3-クロロ-2-フルオロ-ベンゼンボロン酸と、55 mLの炭酸ナトリウム水溶液(2.0 mol/L)と、50 mLのトルエンと、50 mLのエチレングリコールジメチルエーテルと、0.16 g (0.39 mmol)の2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニルを加えた。フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。脱気後、系内を窒素気流下としてから、80℃に加熱した。その後、40 mg (0.18 mmol)の酢酸パラジウム(I)を加え、同温度で2時間攪拌した。

40

【0346】

攪拌後、得られた混合物を室温まで放冷した後、3.4 g (19 mmol)の3-クロロ-2-フルオロ-ベンゼンボロン酸を加えて、80℃に加熱した。この混合物へ、40 m

50

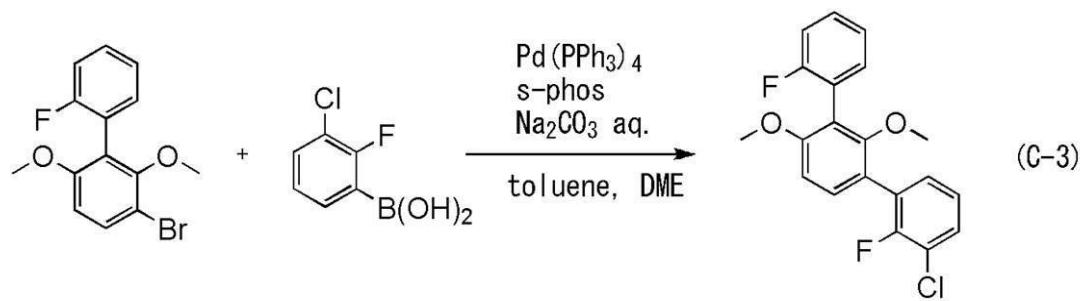
g (0.18 mmol) の酢酸パラジウム (II) を加えて、同温度で 3 時間攪拌した。攪拌後、0.90 g (5.2 mmol) の 3 - クロロ - 2 - フルオロ - ベンゼンボロン酸と 40 mg (0.18 mmol) の酢酸パラジウム (II) を加えて 80 °C に加熱し、この混合物を 7 時間攪拌した。攪拌後、室温まで放冷してから、有機層と水層を分離した。水層を、トルエンを用いて 3 回抽出し、得られた抽出液と有機層を合わせて飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。自然濾過して得たろ液を濃縮したところ、油状物を得た。

【0347】

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 (展開溶媒はヘキサン : 酢酸エチル 10 : 1) により精製し、トルエン / ヘキサンにより再結晶を行ったところ、目的物の固体を得た。再結晶の母液を濃縮して得た固体を、高速液体クロマトグラフィー (展開溶媒はクロロホルム) を用いて精製し、トルエン / ヘキサンにより再結晶を行ったところ、目的物の固体を得た。目的物の固体を合わせて 9.9 g (28 mmol)、収率 80 % で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式 (C-3) に示す。

【0348】

【化57】



【0349】

<ステップ4>

500 mL 三つ口フラスコに、9.8 g (27 mmol) の 4 - (3 - クロロ - 2 - フルオロフェニル) - 2 - (2 - フルオロフェニル) - 1、3 - ジメトキシベンゼンを入れ、フラスコ内を窒素気流下としてから、脱水ジクロロメタン 150 mL を加えた。得られた溶液を、氷浴に入れて攪拌し、三臭化ホウ素 (1 mol / L ジクロロメタン溶液) 70 mL (70 mmol) を、90 mL の脱水ジクロロメタンで希釈した溶液を滴下した。滴下後、得られた溶液を室温で 15 時間攪拌した。攪拌後、得られた溶液を氷浴に入れて冷却し、20 mL のメタノールを滴下し、更に 40 mL の水を滴下した。得られた混合物の有機層と水層を分離した。得られた水層を、ジクロロメタンを用いて 3 回抽出し、抽出液と有機層を合わせて炭酸水素ナトリウム水溶液と飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して得たろ液を濃縮することにより、褐色の油状物を得た。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 (展開溶媒はヘキサン : 酢酸エチル 8 : 1) で精製した後、ヘキサン / クロロホルムにより再結晶したところ、目的物の白色固体を 8.7 g (26 mmol)、収率 96 % で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式 (C-4) に示す。

【0350】

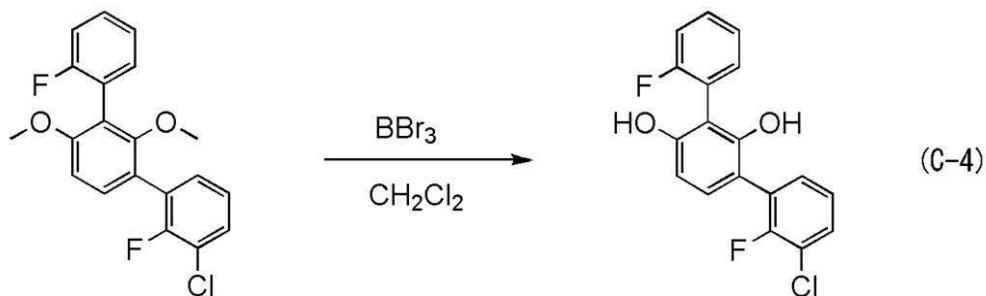
10

20

30

40

【化58】



10

【0351】

<ステップ5>

500 mL ナスフラスコに、8.7 g (26 mmol) の 4 - (3 - クロロ - 2 - フルオロフェニル) - 2 - (2 - フルオロフェニル) - 1、3 - ジヒドロキシベンゼンと、14 g (0.10 mmol) の炭酸カリウムと、150 mL の N - メチル - 2 - ピロリジノンを入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。脱気後、系内を窒素気流下としてから、この混合物を200 °C で9時間攪拌した。攪拌後、室温まで放冷した後、トルエンと水と塩酸を加え攪拌し、得られた混合物の有機層と水層を分離した。

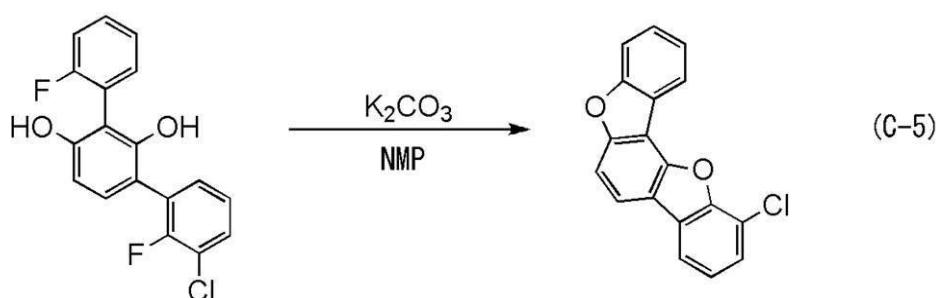
【0352】

得られた水層を、トルエンを用いて3回抽出し、得られた抽出液と有機層を合わせて炭酸水素ナトリウム水溶液と飽和食塩水を用いて洗浄し、無水硫酸マグネシウムを用いて乾燥した。この混合物を自然ろ過して得たろ液を濃縮したところ、褐色固体を得た。得られた固体をトルエン / ヘキサンにより再結晶を行ったところ、一番晶 3.4 g (12 mmol) 、及び、二番晶 1.6 g (5.4 mmol) 、一番晶と二番晶を合わせて収率 67 % で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式 (C-5) に示す。

20

【0353】

【化59】



30

【0354】

<ステップ6>

100 mL 三つ口フラスコに、1.5 g (5.2 mmol) の 4 - クロロベンゾ [1,2 - b ; 5,6 - b'] ビスベンゾフランと、2.5 g (5.7 mmol) の 2 - [3 - (2 - ジベンゾ [f, h] キノキサリニル) フェニル] - 4,4,5,5 - テトラメチル - 1,3,2 - ジオキサボロランと、80 mg (0.22 mmol) のジ (1 - アダマンチル) (n - ブチル) ホスフィンと、1.5 mL (1.6 mmol) の t - ブタノールと、3.6 g (17 mmol) のリン酸 (III) カリウムと、26 mL のジエチレングリコールジメチルエーテル (diglyme) を入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。脱気後、系内を窒素気流下としてから、混合物を 80 °C に加熱した。

40

【0355】

この混合物へ、10 mg (4.5 μmol) の酢酸パラジウム (II) を加え、同温度で 4

50

時間攪拌した。攪拌後、室温まで放冷した後、10mg (4.5 μmol) の酢酸パラジウム (II) を加え、この混合物を100℃で7時間攪拌した。その後、室温まで放冷した後、20mg (8.9 μmol) の酢酸パラジウム (II) を加え、120℃で4.5時間攪拌した。攪拌後、室温まで放冷してから析出物を吸引濾過により回収した。

【0356】

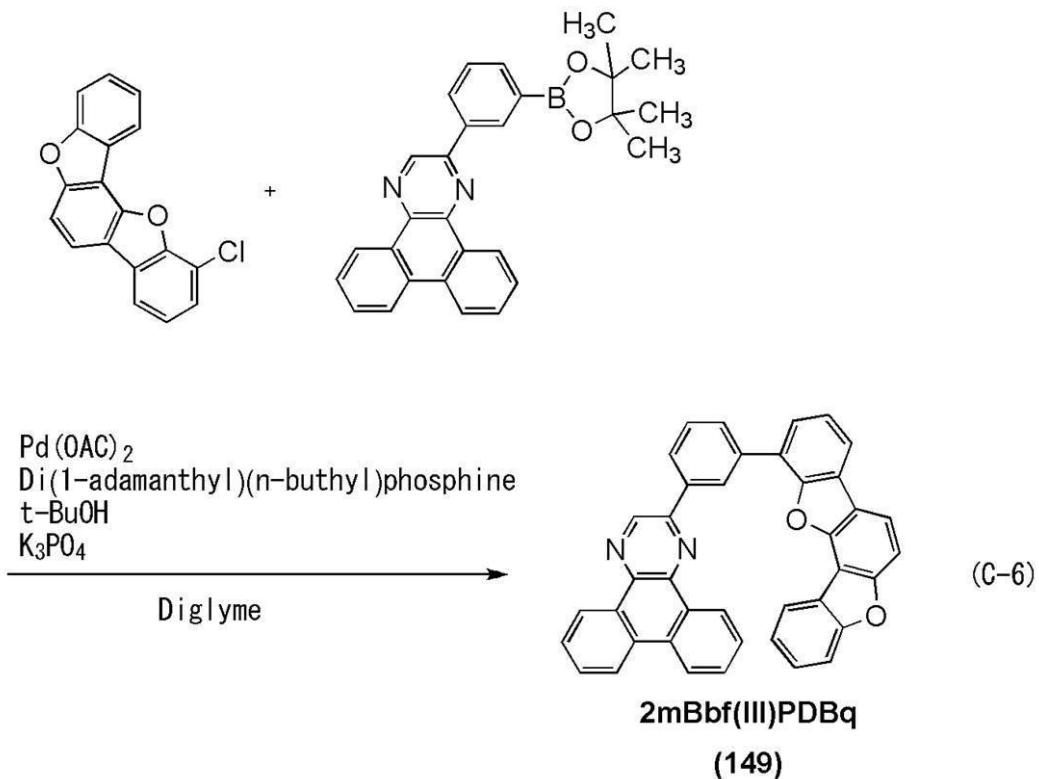
得られた固体を水、エタノールを用いて洗浄した。得られた固体をトルエンに加熱溶解し、得られた溶液をセライト、アルミナを通してろ過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶したところ、目的物の固体を1.4g (2.4mmol)、収率46%で得た。

【0357】

得られた固体を、トレインサブリメーション法により昇華精製を行った。昇華精製は、圧力2.8Pa、アルゴンを流速10mL/minで流しながら、固体を305℃で20時間加熱して行った。昇華精製後目的物の淡黄色固体を1.1g、回収率77%で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式 (C-6) に示す。

【0358】

【化60】



【0359】

なお、上記合成方法で得られた淡黄色固体の核磁気共鳴分光法 (¹H-NMR) による分析結果を下記に示す。また、¹H-NMRチャートを図19に示す。この結果から、本合成例3において、上述の構造式 (149) で表される本発明の一態様である複素環化合物 2mBbf(III)PDBq が得られたことがわかった。

【0360】

¹H-NMR (テトラクロロエタン-d₂, 500MHz) : δ = 7.29 (t, J = 7.5Hz, 1H)、7.50 (t, J = 7.5Hz, 1H)、7.62 - 7.73 (m, 4H)、7.80 - 7.89 (m, 4H)、7.92 (t, J = 7.5Hz, 1H)、8.12 (d, J = 7.5Hz, 1H)、8.15 (d, J = 8.5Hz, 1H)、8.29 (d, J = 7.5Hz, 2H)、8.54 (d, J = 8.0Hz, 1H)、8.70 (t, J = 8.0Hz, 2H)、9.15 (s, 1H)、9.36 (d, J = 7.5Hz,

10

20

30

40

50

1 H)、9.48 (d, J = 7.5 Hz, 1 H)、9.65 (s, 1 H)。

【0361】

次に、2mBbf(III)PDBqのトルエン溶液および固体薄膜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。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計((株)日本分光製V550型)を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計((株)浜松ホトニクス製FS920)を用いた。得られたトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図20(A)に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。また、固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図20(B)に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。

10

【0362】

図20(A)の結果より、2mBbf(III)PDBqのトルエン溶液では、281 nm、及び376 nm付近に吸収ピークが見られ、394 nm、及び407 nm付近に発光波長のピークが見られた。また、図20(B)の結果より、2mBbf(III)PDBqの固体薄膜では、266 nm及び384 nm付近に吸収ピークが見られ、429 nm付近に発光波長のピークが見られた。

【実施例4】

【0363】

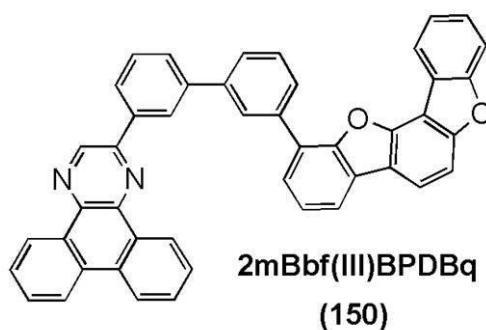
合成例4

本実施例では、本発明の一態様である複素環化合物、2-[3'-(ベンゾ[1,2-b:5,6-b']ビスベンゾフラン-4-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mBbf(III)BPDBq)(構造式(150))の合成方法について説明する。なお、2mBbf(III)BPDBqの構造を以下に示す。

20

【0364】

【化61】



30

【0365】

<2mBbf(III)BPDBqの合成>

40

<ステップ1>

200 mL 三つ口フラスコに、1.5 g (2.8 mmol) の4-クロロベンゾ[1,2-b:5,6-b']ビスベンゾフランと、1.4 g (3.2 mmol) の2-[3'-(2-ジベンゾ[f,h]キノキサリニル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-4,5,5-テトラメチル-1,3,2-ジオキサボロランと、60 mg (0.17 mmol) のジ(1-アダマンチル)(n-ブチル)ホスフィンと、1 mL のt-ブタノールと、1.7 g (8.2 mmol) のリン酸(III)カリウムと、15 mL のジエチレングリコールジメチルエーテル(diglyme)を入れ、フラスコ内を減圧しながら攪拌し、この混合物を脱気した。

50

【0366】

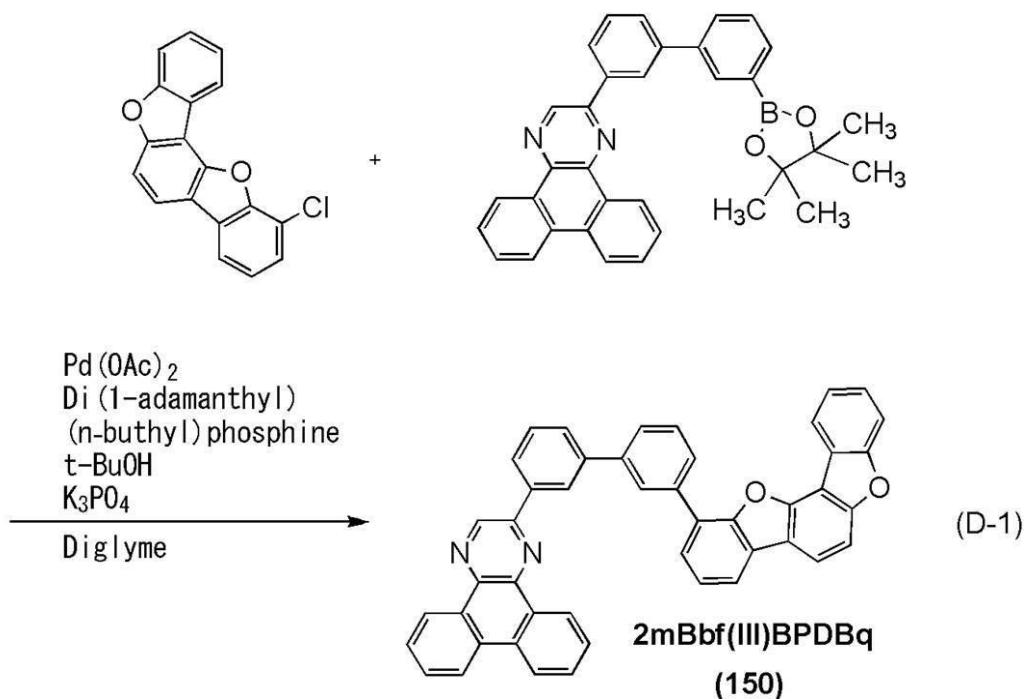
脱気後、系内を窒素気流下としてから、混合物を 80 に加熱した。加熱後、この混合物へ 10 mg (4.5 μmol) の酢酸パラジウム (II) を加え、同温度で 6 時間攪拌した。攪拌後、得られた混合物を室温まで放冷した後、10 mg (4.5 μmol) の酢酸パラジウム (II) を加え 120 で 4.5 時間攪拌し、その後 140 で 3 時間攪拌した。攪拌後、室温まで放冷してから析出した固体を吸引濾過により回収した。得られた固体を水、エタノールを用いて洗浄したところ、目的物の淡褐色固体を 1.6 g (2.4 mmol)、収率 86 % で得た。

【0367】

得られた固体 1.49 g をトレインサブリメーション法により昇華精製を行った。昇華精製は、圧力 5.1 Pa、アルゴンを流速 1.5 mL/min で流しながら、固体を 350 で 15 時間加熱して行った。昇華精製後、目的物の淡黄色固体を 1.1 g、回収率 76 % で得た。上記の合成方法を示す合成スキームを下記式 (D-1) に示す。

【0368】

【化62】



【0369】

なお、上記合成方法で得られた淡黄色固体の核磁気共鳴分光法 (¹H-NMR) による分析結果を下記に示す。また、¹H-NMR チャートを図 21 に示す。この結果から、本合成例 4 において、上述の構造式 (150) で表される本発明の一態様である複素環化合物 2mBbf(III)BPDBq が得られたことがわかった。

【0370】

¹H-NMR (テトラクロロエタン-*d*₂, 500 MHz) : δ = 7.20 (t, *J* = 7.5 Hz, 1H)、7.31 (t, *J* = 7.5 Hz, 1H)、7.50 (d, *J* = 7.5 Hz, 1H)、7.58 (t, *J* = 7.5 Hz, 2H)、7.65 (d, *J* = 7.5 Hz, 1H)、7.75 - 7.84 (m, 6H)、7.93 (d, *J* = 7.5 Hz, 1H)、8.03 (d, *J* = 7.5 Hz, 1H)、8.07 (d, *J* = 7.5 Hz, 1H)、8.12 (t, *J* = 7.5 Hz, 2H)、8.20 (d, *J* = 7.5 Hz, 1H)、8.38 (d, *J* = 7.5 Hz, 1H)、8.62 - 8.66 (m, 3H)、8.82 (s, 1H)、9.27 (d, *J* = 7.5 Hz, 1H)、9.32 (d, *J* = 7.5 Hz, 1H)、9.49 (s, 1H)。

【0371】

10

20

30

40

50

次に、 $2\text{mBb}f(\text{III})\text{BPD}Bq$ のトルエン溶液および固体薄膜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。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V 550型）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS 920）を用いた。得られたトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図 22 (A) に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。また、固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図 22 (B) に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。

【0372】

図 22 (A) の結果より、 $2\text{mBb}f(\text{III})\text{BPD}Bq$ のトルエン溶液では、264 nm、及び385 nm付近に吸収ピークが見られ、391 nm、及び407 nm付近に発光波長のピークが見られた。また、図 22 (B) の結果より、 $2\text{mBb}f(\text{III})\text{BPD}Bq$ の固体薄膜では、264 nm 及び 385 nm 付近に吸収ピークが見られ、425 nm 付近に発光波長のピークが見られた。

10

【実施例 5】

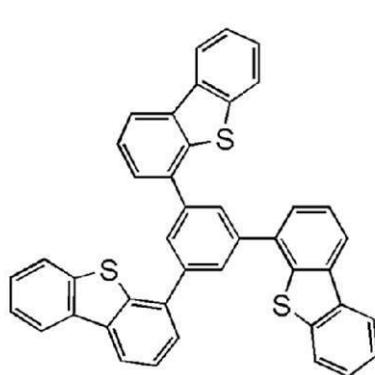
【0373】

本実施例では、本発明の一態様である複素環化合物、 $2\text{mBb}f\text{PDBq}$ （構造式 (101)）を用いた発光素子 1、 $2\text{mBb}f(\text{II})\text{PDBq}$ （構造式 (107)）を用いた発光素子 2、 $2\text{mBb}f(\text{III})\text{PDBq}$ （構造式 (149)）を用いた発光素子 3、 $2\text{mBb}f(\text{III})\text{BPD}Bq$ （構造式 (150)）を用いた発光素子 4 をそれぞれ作製した。さらに、比較のためにジベンゾチオフェン構造を有する $2\text{mDBTBPD}Bq$ -I I を用いた比較発光素子 5 を作製した。なお、発光素子 1 乃至発光素子 4 および比較発光素子 5 の作製については、図 23 を用いて説明する。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

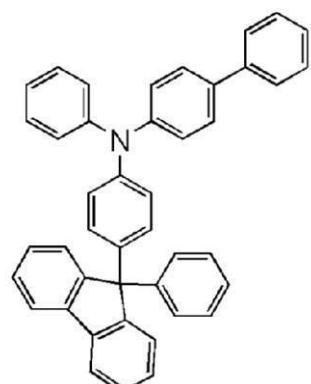
20

【0374】

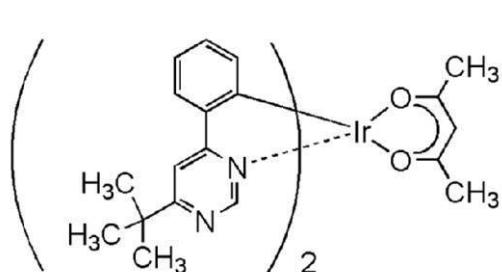
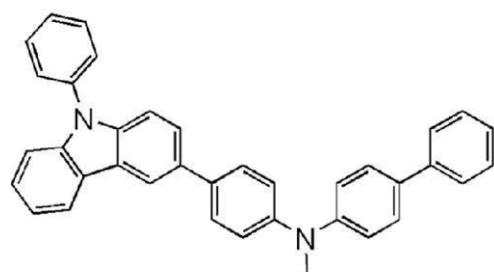
【化 6 3】



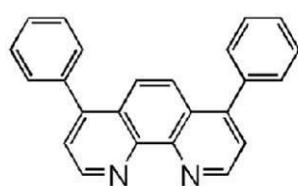
DBT3P-II



BPAFLP

[Ir(tBuPpm)₂(acac)]₂

PCBBiF



Bphen

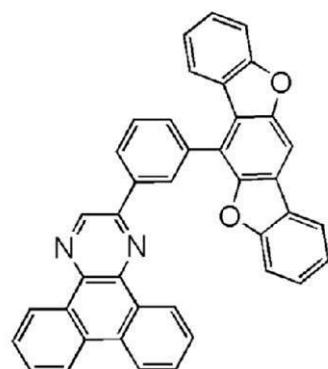
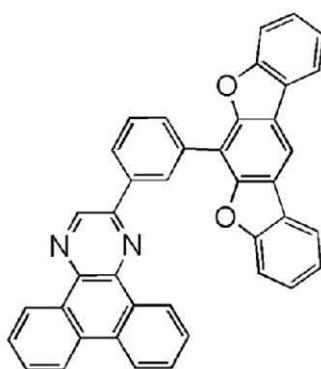
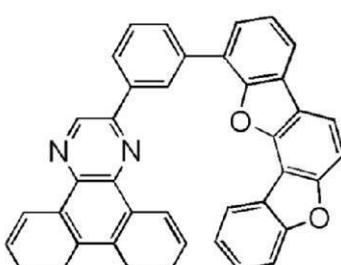
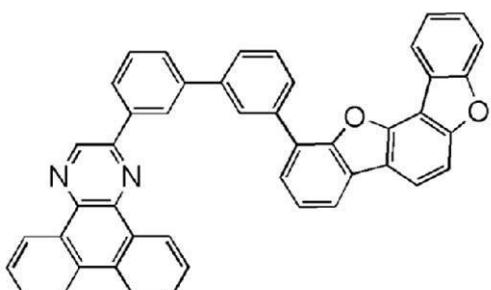
【0 3 7 5】

10

20

30

【化64】

2mBbfPDBq
(101)2mBbf(II)PDBq
(107)2mBbf(III)PDBq
(149)2mBbf(III)BPDBq
(150)

10

20

30

【0376】

発光素子1乃至発光素子4および比較発光素子5の作製

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

40

【0377】

次に、基板900上に発光素子1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。

【0378】

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900を30分程度放冷した。

【0379】

50

次に、第1の電極901が形成された面が下方となるように、基板900を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。本実施例では、真空蒸着法により、EL層902を構成する正孔注入層911、正孔輸送層912、発光層913、電子輸送層914、電子注入層915が順次形成される場合について説明する。

【0380】

真空装置内を 10^{-4} Paに減圧した後、1,3,5-トリ(ジベンゾチオフェン-4-イル)ベンゼン(略称:DBT3P-II)と酸化モリブデンとを、DBT3P-II:酸化モリブデン=4:2(質量比)となるように共蒸着し、第1の電極901上に正孔注入層911を形成した。膜厚は20nmとした。なお、共蒸着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着法である。

10

【0381】

次に、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)を20nm蒸着し、正孔輸送層912を形成した。

【0382】

次に、正孔輸送層912上に発光層913を形成した。

【0383】

発光素子1の場合は、2-[3-(ベンゾ[1,2-b:4,5-b']ビスベンゾフラン-6-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mBbfPDBq)、N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-9,9-ジメチル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF)、[Ir(tBu ppm)₂(acac)]を、2mBbfPDBq:PCBBiF:[Ir(tBu ppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(質量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、20nmの膜厚とした。さらに、2mBbfPDBq:PCBBiF:[Ir(tBu ppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(質量比)となるように共蒸着し、20nmの膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層913を40nmの膜厚で形成した。

20

【0384】

発光素子2の場合は、2-[3-(ベンゾ[1,2-b:5,4-b']ビスベンゾフラン-6-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mBbf(II)PDBq)、PCBBiF、[Ir(tBu ppm)₂(acac)]を、2mBbf(II)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBu ppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(質量比)となるように共蒸着し、20nmの膜厚で形成した後、2mBbf(II)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBu ppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(質量比)となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層913を40nmの膜厚で形成した。

30

【0385】

発光素子3の場合は、2-[3-(ベンゾ[1,2-b:5,6-b']ビスベンゾフラン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mBbf(III)PDBq)、PCBBiF、[Ir(tBu ppm)₂(acac)]を、2mBbf(III)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBu ppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(質量比)となるように共蒸着し、20nmの膜厚で形成した後、2mBbf(III)PDBq:PCBBiF:[Ir(tBu ppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(質量比)となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層913を40nmの膜厚で形成した。

40

【0386】

発光素子4の場合は、2-[3'-(ベンゾ[1,2-b:5,6-b']ビスベンゾフラン-4-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mBbf(III)BPD Bq)、PCBBiF、[Ir(tBu ppm)₂(acac)]を、2mBbf(III)BPD Bq:PCBBiF:[Ir(tBu ppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(質量比)となるように共蒸着し、

50

20 nmの膜厚で形成した後、2mBbf(III)PDBq : PCBBiF : [Ir(tBu ppm)₂(acac)] = 0.8 : 0.2 : 0.05 (質量比)となるよう共蒸着し、20 nmの膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層913を40 nmの膜厚で形成した。

【0387】

比較発光素子5の場合は、2-[3'--(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリン(略称: 2mDBTBPDBq-III)、PCBBiF、[Ir(tBu ppm)₂(acac)]を、2mDBTBPDBq-III : PCBBiF : [Ir(tBu ppm)₂(acac)] = 0.7 : 0.3 : 0.05 (質量比)となるよう共蒸着し、20 nmの膜厚で形成した後、2mDBTBPDBq-III : PCBBiF : [Ir(tBu ppm)₂(acac)] = 0.8 : 0.2 : 0.05 (質量比)となるよう共蒸着し、20 nmの膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層913を40 nmの膜厚で形成した。

10

【0388】

次に、発光層913上に、発光素子1の場合は2mBbfPDBqを20 nm蒸着した後、Bphenを10 nm蒸着し、発光素子2の場合は2mBbf(II)PDBqを20 nm蒸着した後、Bphenを10 nm蒸着し、発光素子3の場合は2mBbf(III)PDBqを20 nm蒸着した後、Bphenを10 nm蒸着し、発光素子4の場合は2mBbf(III)PDBqを20 nm蒸着した後、Bphenを10 nm蒸着し、それぞれ電子輸送層914を形成した。

20

【0389】

さらに発光素子1乃至発光素子4の電子輸送層914上に、フッ化リチウムを1 nm蒸着し、電子注入層915を形成した。

【0390】

最後に、電子注入層915上にアルミニウムを200 nmの膜厚となるよう蒸着し、陰極となる第2の電極903を形成し、発光素子1乃至発光素子4を得た。なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0391】

以上により得られた発光素子1乃至発光素子4および比較発光素子5の素子構造を表1に示す。

30

【0392】

【表1】

	第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層	電子注入層	第2の電極
発光素子1	ITO (110nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mBbfPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)
発光素子2	ITO (110nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mBbf(II)PDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)
発光素子3	ITO (110nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mBbf(III)PDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)
発光素子4	ITO (110nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	****	2mBbf(III)BPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)
比較発光素子5	ITO (110nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*****	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)

*2mBbfPDBq:PCBBI_F:[Ir(tBu₄ppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm＼0.8:0.2:0.05 20nm)**2mBbf(II)PDBq:PCBBI_F:[Ir(tBu₄ppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm＼0.8:0.2:0.05 20nm)***2mBbf(III)PDBq:PCBBI_F:[Ir(tBu₄ppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm＼0.8:0.2:0.05 20nm)****2mBbf(III)BPDBq:PCBBI_F:[Ir(tBu₄ppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm＼0.8:0.2:0.05 20nm)*****2mDBTBPDBq-II:PCBBI_F:[Ir(tBu₄ppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm＼0.8:0.2:0.05 20nm)

【0393】

また、作製した発光素子1乃至発光素子4および比較発光素子5は、大気に曝されないように窒素雰囲気のグローブボックス内において封止した（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、及び80℃にて1時間熱処理）。

【0394】

発光素子1乃至発光素子4および比較発光素子5の動作特性

作製した発光素子1乃至発光素子4の動作特性について測定した。なお、測定は室温(25℃)に保たれた雰囲気)で行った。

【0395】

発光素子1乃至発光素子4の電流密度-輝度特性を図24、電圧-輝度特性を図25、輝度-電流効率特性を図26、電圧-電流特性を図27にそれぞれ示す。

【0396】

また、1000cd/m²付近における発光素子1、発光素子2、発光素子3、発光素子4および比較発光素子5の主な初期特性値を以下の表2に示す。なお、比較発光素子5は、発光素子1乃至発光素子4と同程度の良好な初期特性が確認された。

【0397】

10

20

30

40

【表2】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 1	2.9	0.041	1	(0.42,0.57)	1200	110	120	29
発光素子 2	3.3	0.047	1.2	(0.42,0.57)	1100	90	86	24
発光素子 3	3.1	0.047	1.2	(0.42,0.57)	1200	100	100	27
発光素子 4	3.0	0.042	1.1	(0.43,0.56)	1100	100	110	27
比較 発光素子 5	3.0	0.039	1.0	(0.42,0.57)	1000	100	110	27

10

20

30

40

50

【0398】

また、発光素子1乃至発光素子4に25mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図28に示す。図28に示す通り、発光素子1乃至発光素子4の発光スペクトルは546nm付近にピークを有しており、各発光素子のEL層に用いた有機金属錯体[Ir(tBu₃ppm)₂(acac)]の緑色発光に由来していることが示唆される。なお、比較発光素子5についても、発光素子1乃至発光素子4と同様に[Ir(tBu₃ppm)₂(acac)]の緑色発光に由来した発光スペクトルが確認された。

【0399】

次に、発光素子1乃至発光素子4に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図29に示す。図29において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を5000cd/m²に設定し、電流密度一定の条件で発光素子1乃至発光素子4を駆動させた。

【0400】

なお、発光素子1乃至発光素子4は、いずれも本発明の一態様である複素環化合物を用いており、図29に示す結果より、いずれの発光素子も高い信頼性を示すことがわかる。従って、本発明の一態様である複素環化合物を用いることで発光素子の長寿命化を実現できることがわかる。

【0401】

また、発光素子1乃至3および比較発光素子5について、保存試験を行った。保存試験は、各発光素子を、100℃に保たれた恒温槽で素子を駆動しない状態で保存し、所定の時間経過した後、動作特性を測定した。なお、測定は、恒温槽から取り出した後、室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

【0402】

図30には、発光素子1乃至発光素子3及び比較発光素子5について、時間経過に伴う外部量子効率の測定結果を示す。その結果、本発明の一態様である発光素子1乃至発光素子3は、100℃で長時間保存しても初期の外部量子効率を保つことができ、良好な耐熱性を保つことが明らかとなった。これに対し、比較発光素子5は、10時間程度で外部量子効率の大幅な減少が見られた。

【0403】

なお、発光素子1に用いた2mBbfPDBq、発光素子2に用いた2mBbf(I)PDBq、発光素子3に用いた2mBbf(III)PDBqのいずれも分子量は562であり、比較発光素子5に用いた2mDBTBPDBq-Iの分子量は564である。すなわち、保存試験に用いた発光素子は、いずれも同程度の分子量を持つにもかかわらず、発光素子1乃至発光素子3と、比較発光素子5との間で、100 保存試験における耐熱性に大きな差が見られた。

【0404】

発光素子1乃至発光素子3と、比較発光素子5との間において、発光素子1乃至発光素子3には、縮合芳香環であるベンゾビスベンゾフランを有するという分子構造上の特徴を有する。保存試験で見られた耐熱性の違いは、この分子構造に起因したものであり、分子量を大きくしなくても非常に高い耐熱性を有する化合物及び発光素子を得ることができる事が示され、縮合環を用いることの効果が大きいことが明らかとなった。

10

【実施例6】

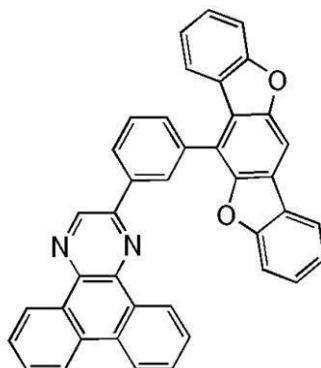
【0405】

本実施例では、下記構造式(101)に示す本発明の一態様である複素環化合物、2-[3-(ベンゾ[1,2-b:4,5-b']ビスベンゾフラン-6-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称：2mBbfPDBq)のHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタンメトリ(CV)測定を元に算出した。算出方法を以下に示す。

20

【0406】

【化65】



30

2mBbfPDBq

(101)

【0407】

測定装置としては電気化学アナライザー(ビー・エー・エス(株)製、型番：ALSモデル600Aまたは600C)を用いた。CV測定における溶液は、溶媒として脱水ジメチルホルムアミド(DMF)((株)アルドリッヂ製、99.8%、カタログ番号：227056)を用い、支持電解質である過塩素酸テトラ-n-ブチルアンモニウム(n-Bu₄NClO₄)((株)東京化成製、カタログ番号：T0836)を100mmol/Lの濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を2mmol/Lの濃度となるように溶解させて調製した。また、作用電極としては白金電極(ビー・エー・エス(株)製、PTE白金電極)を、補助電極としては白金電極(ビー・エー・エス(株)製、VC-3用Ptカウンター電極(5cm))を、参照電極としてはAg/Ag⁺電極(ビー・エー・エス(株)製、RE7非水溶媒系参照電極)をそれぞれ用いた。なお、測定は室温(20~25)で行った。また、CV測定時のスキャン速度は、0.1V/secに統一し、参照

40

50

電極に対する酸化電位 E_a [V] および還元電位 E_c [V] を測定した。 E_a は酸化 - 還元波の中間電位とし、 E_c は還元 - 酸化波の中間電位とした。ここで、本実施例で用いる参考電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、 - 4.94 [eV] であることが分かっているため、 HOMO 準位 [eV] = - 4.94 - E_a 、 LUMO 準位 [eV] = - 4.94 - E_c という式から、 HOMO 準位および LUMO 準位をそれぞれ求めることができる。また、 CV 測定を 100 回繰り返し行い、 100 サイクル目の測定での酸化 - 還元波と、 1 サイクル目の酸化 - 還元波を比較して、化合物の電気的安定性を調べた。

【0408】

この結果、 2mBbfpPDBq の酸化電位 E_a [V] の測定において、測定範囲の 0.2 eV から 1.5 eV の範囲では明瞭な酸化ピークは得られなかった。一方 LUMO 準位は - 2.97 eV であることがわかった。また、酸化 - 還元波の繰り返し測定において 100 サイクル後の酸化 - 還元波が、 1 サイクル目の酸化 - 還元波と比較して 73 % のピーク強度を保っていたことから、 2mBbfpPDBq の還元に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

10

【0409】

また、 2mBbfpPDBq の熱重量測定 - 示差熱分析 (TG - DTA : Thermogravimetry - Differential Thermal Analysis) を行った。測定には高真空差動型示差熱天秤 (ブルカ - エイエックスエス株式会社製、 TG - DTA 2410SA) を用いた。常圧、昇温速度 10 / min 、窒素気流下 (流速 : 200 mL / min) 条件で測定したところ、重量と温度の関係 (熱重量測定) から、 2mBbfpPDBq の 5 % 重量減少温度は約 442 であった。このことから、 2mBbfpPDBq の耐熱性が良好であることが示された。

20

【0410】

また、示差走査熱量測定 (DSC 測定) を、パーキンエルマー社製、 Pyris 1 DSC を用いて測定した。示差走査熱量測定は、昇温速度 50 / min にて、 - 10 から 370 まで昇温した後、同温度で 1 分間保持してから降温速度 50 / min にて - 10

20

まで冷却する操作を 2 回連続で行い 2 回目の測定結果を採用した。DSC 測定から、 2mBbfpPDBq のガラス転移点は 147 であることが明らかとなり、高い耐熱性を有する化合物であることが明らかとなった。

30

【0411】

次に、本実施例で得られた 2mBbfpPDBq 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。

【0412】

LC / MS 分析は、 LC (液体クロマトグラフィー) 分離をウォーターズ社製 Acuity UPLC (登録商標) により、 MS 分析 (質量分析) をウォーターズ社製 Xevo G2 ToF MS により行った。LC 分離で用いたカラムは Acuity UPLC BEH C8 (2.1 × 100 mm 1.7 μm) 、カラム温度は 40 とした。移動相は移動相 A をアセトニトリル、移動相 B を 0.1 % ギ酸水溶液とした。また、サンプルは任意の濃度の 2mBbfpPDBq を N - メチル - 2 - ピロリドンに溶解し、アセトニトリルで希釈して調整し、注入量は 5.0 μL とした。

40

【0413】

LC 分離には移動相の組成を変化させるグラジエント法を用い、測定開始後 0 分から 1 分までが、移動相 A : 移動相 B = 65 : 35 、その後組成を変化させ、測定開始後 10 分における移動相 A と移動相 B との比が移動相 A : 移動相 B = 95 : 5 となるようにし、分析時間は全部で 10 分とした。組成はリニアに変化させた。

【0414】

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い、キャピラリー電圧は 3.0 kV 、サンプルコーン電圧は 30 V 、検出はポジティブモードで行った。なお、測定する質量範囲

50

は $m/z = 100 \sim 1200$ とした。

【 0 4 1 5 】

以上の条件で L C - M S 測定を行ったところ、 $2mBbfPDBq$ に由来するイオンを、質量電荷比 (m/z) = 563.175 ($[M + H^+]$)、 $2mBbfPDBq$ の理論値 = 562.175) に検出した。ついで、質量電荷比 (m/z) = 563.175 のイオン (プリカーサーイオン) 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解離させた。プリカーサーイオンをアルゴンに衝突させる際のエネルギー (コリジョンエネルギー) は 50 eV 及び 70 eV とした。プリカーサーイオンとアルゴンガスの衝突により生成したプロダクトイオンを飛行時間 (T O F) 型検出器で検出したコリジョンエネルギーが 50 eV のマススペクトルを図 3 1 に、コリジョンエネルギーが 70 eV のマススペクトルを図 3 2 に示す。

10

【 0 4 1 6 】

図 3 1 の結果から、構造式 (101) で表される $2mBbfPDBq$ は、主として $m/z = 536.165$ 付近、 $m/z = 345.091$ 付近、 $m/z = 334.098$ 付近、 $m/z = 305.096$ 付近、 $m/z = 229.076$ 付近、 $m/z = 202.066$ 付近、 $m/z = 177.070$ 付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。また、図 3 2 の結果から、コリジョンエネルギーが 70 eV の測定では構造式 (101) で表される $2mBbfPDBq$ は、主として、 $m/z = 305.096$ 付近、 $m/z = 229.077$ 付近、 $m/z = 202.066$ 付近、 $m/z = 176.063$ 付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、図 3 1 及び図 3 2 に示す結果は、 $2mBbfPDBq$ 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 $2mBbfPDBq$ を同定する上で重要なデータであるといえる。

20

【 0 4 1 7 】

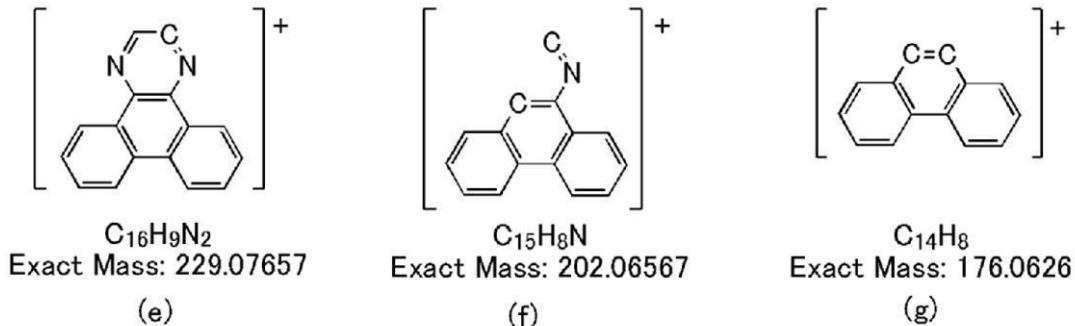
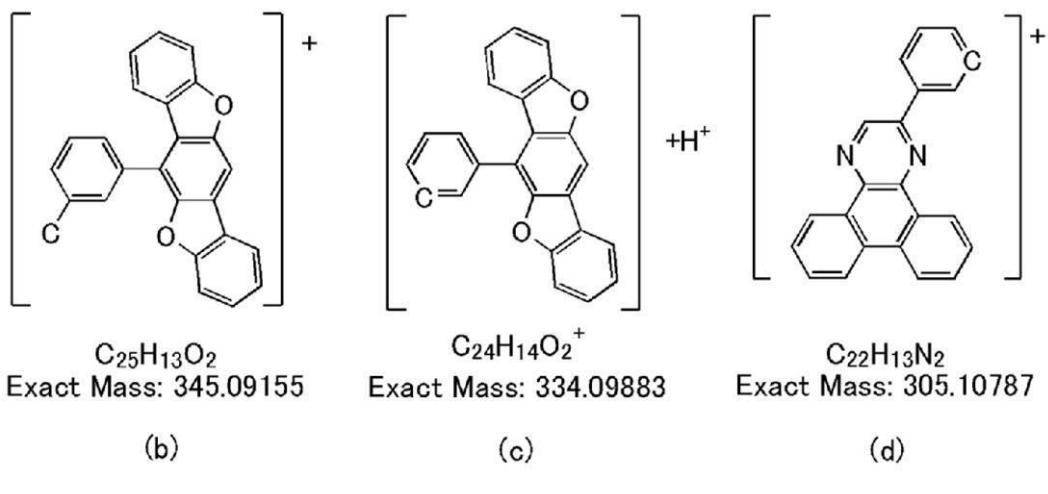
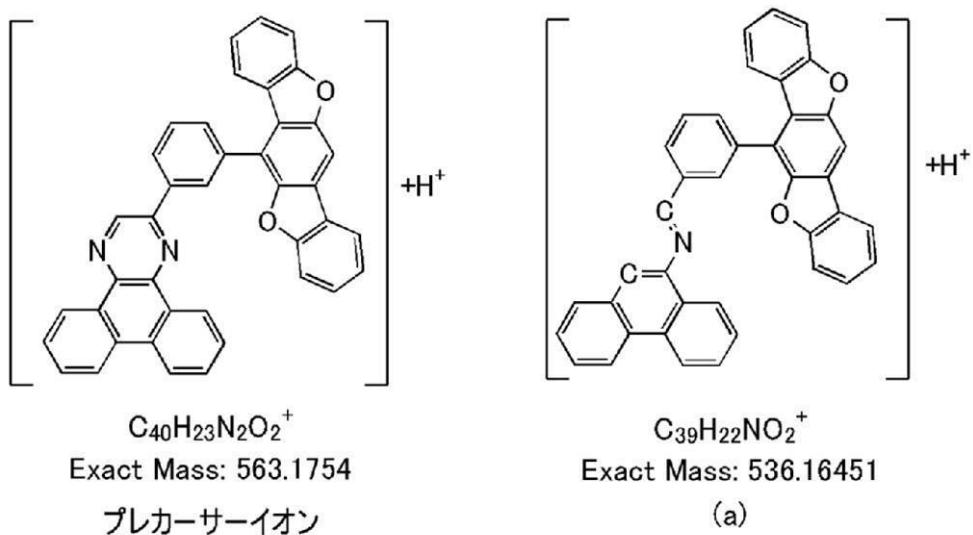
なお、 $m/z = 536.165$ 付近のプロダクトイオンは、下記式 (a) に示すように構造式 (101) の化合物においてジベンゾ [f, h] キノキサリンの窒素を含む環が開裂して生成した構造であると推定される。また、 $m/z = 345.091$ 付近のプロダクトイオンは、下記式 (b) に示すように構造式 (101) の化合物においてジベンゾ [f, h] キノキサリンの 2 位で結合が開裂して生成したジベンゾ [f, h] キノキサリンに由来すると推定され、 $m/z = 334.098$ 付近のプロダクトイオンは、下記式 (c) に示すように構造式 (101) の化合物においてジベンゾ [f, h] キノキサリンの 2 位で結合が開裂して生成した 6 - フェニルベンゾ [1, 2 - b : 4, 5 - b'] ビスベンゾフランに由来すると推定され、 $m/z = 305.096$ 付近のプロダクトイオンは、下記式 (d) に示すように構造式 (101) の化合物においてベンゾ [1, 2 - b : 4, 5 - b'] ビスベンゾフランの 6 位で結合が開裂して生成した 2 - フェニルジベンゾ [f, h] キノキサリンに由来すると推定され、 $m/z = 229.076$ 付近のプロダクトイオンは、下記式 (e) に示すように構造式 (101) の化合物においてジベンゾ [f, h] キノキサリンの 2 位で結合が開裂して生成したジベンゾ [f, h] キノキサリンに由来すると推定され、 $m/z = 202.066$ 付近のプロダクトイオンは、下記式 (f) に示すように $m/z = 536.165$ 付近のプロダクトイオンが更に開裂して生成したイオンであると推定され、 $m/z = 177.070$ 付近のプロダクトイオンは、下記式 (g) に示すように $m/z = 536.165$ 付近のプロダクトイオンが更に開裂して生成したイオンであると推定される。特に、構造式 (101) の化合物においてジベンゾ [f, h] キノキサリンの窒素を 2 つ含む環が開裂して生成したイオンである式 (a) と、環と環との結合が開裂して生成したイオンである、式 (b) ~ 式 (d) で示されるイオンは、 $2mBbfPDBq$ の特徴の一つであり、混合物中に含まれる $2mBbfPDBq$ を同定する上で重要なデータであるといえる。

30

【 0 4 1 8 】

40

【化 6 6】



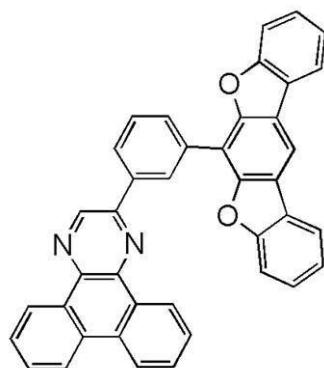
【実施例 7】

【0 4 1 9】

本実施例では、下記構造式(107)に示す本発明の一態様である複素環化合物、2-[3-(ベンゾ[1,2-b:5,4-b']ビスベンゾフラン-6-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mBbfp(II)PDBq)のHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタントリ(CV)測定を元に算出した。算出方法を以下に示す。

【0 4 2 0】

【化67】



2mBbf(II)PDBq
(107)

10

20

30

【0421】

2mBbf(II)PDBqのHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタントリ(CV)測定を元に算出した。CVの測定方法及び、HOMO準位およびLUMO準位の算出方法は実施例6と同様である。

【0422】

この結果、2mBbf(II)PDBqの酸化電位Ea[V]の測定において、測定範囲の-0.2eVから1.5eVの範囲では明瞭な酸化ピークは得られなかった。一方LUMO準位は-2.94eVであることがわかった。また、酸化-還元波の繰り返し測定において100サイクル後の酸化-還元波が、1サイクル目の酸化-還元波と比較して87%のピーク強度を保っていたことから、2mBbf(II)PDBqの還元に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

【0423】

また、2mBbf(II)PDBqの熱重量測定-示差熱分析を行った。分析方法は実施例6と同様である。測定結果から、2mBbf(II)PDBqの5%重量減少温度は約459であった。このことから、2mBbf(II)PDBqの耐熱性が良好であることが示された。

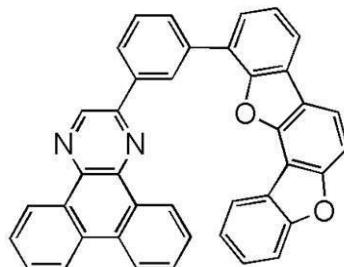
【実施例8】

【0424】

本実施例では、下記構造式(149)に示す本発明の一態様である複素環化合物、2-[3-(ベンゾ[1,2-b:5,6-b']ビスベンゾフラン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mBbf(II)PDBq)のHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタントリ(CV)測定を元に算出した。算出方法を以下に示す。

【0425】

【化68】



2mBbf(III)PDBq

(149)

10

【0426】

2mBbf(III)PDBqのHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタノメトリ(CV)測定を元に算出した。CVの測定方法及び、HOMO準位およびLUMO準位の算出方法は実施例6と同様である。

【0427】

この結果、2mBbf(III)PDBqの酸化電位Ea[V]の測定においては、測定範囲の0eVから1.5eVの範囲では明瞭な酸化ピークは得られなかった。一方LUMO準位は-2.95eVであることがわかった。また、酸化-還元波の繰り返し測定において100サイクル後の酸化-還元波は、1サイクル目の酸化-還元波と比較して79%のピーク強度を保っていたことから、2mBbf(III)PDBqの還元に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

【0428】

また、2mBbf(III)PDBqの熱重量測定-示差熱分析を行った。分析方法は実施例6と同様である。測定結果から、2mBbf(III)PDBqの5%重量減少温度は約454であった。このことから、2mBbf(III)PDBqの耐熱性が良好であることが示された。

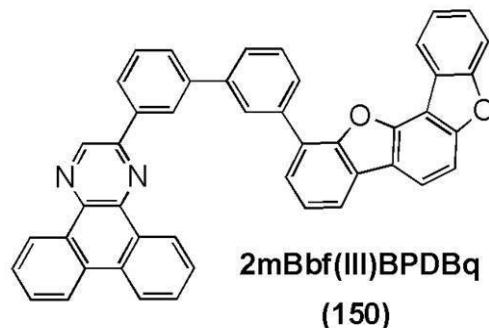
【実施例9】

【0429】

本実施例では、下記構造式(150)に示す本発明の一態様である複素環化合物、2-[3'-(ベンゾ[1,2-b:5,6-b']ビスベンゾフラン-4-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mBbf(III)BPDBq)のHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタノメトリ(CV)測定を元に算出した。算出方法を以下に示す。

【0430】

【化69】



2mBbf(III)BPDBq

(150)

40

【0431】

50

2mBbf (III) BPD Bq の HOMO 準位および LUMO 準位をサイクリックボルタントリ (CV) 測定を元に算出した。CV の測定方法及び、HOMO 準位および LUMO 準位の算出方法は実施例 6 と同様である。

【0432】

この結果、2mBbf (III) BPD Bq の酸化電位 E_a [V] の測定においては、測定範囲の 0.1 eV から 1.5 eV の範囲では明瞭な酸化ピークは得られなかった。一方 LUMO 準位は -2.98 eV であることがわかった。また、酸化 - 還元波の繰り返し測定において 100 サイクル後の酸化 - 還元波は、1 サイクル目の酸化 - 還元波と比較して 71 % のピーク強度を保っていたことから、2mBbf (III) BPD Bq の還元に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

10

【符号の説明】

【0433】

101	第 1 の電極	
102	EL 層	
103	第 2 の電極	
111	正孔注入層	
112	正孔輸送層	
113	発光層	
114	電子輸送層	20
115	電子注入層	
201	第 1 の電極	
202 (1)	第 1 の EL 層	
202 (2)	第 2 の EL 層	
202 (n-1)	第 (n-1) の EL 層	
202 (n)	第 (n) の EL 層	
204	第 2 の電極	
205	電荷発生層	
205 (1)	第 1 の電荷発生層	
205 (2)	第 2 の電荷発生層	
205 (n-2)	第 (n-2) の電荷発生層	30
205 (n-1)	第 (n-1) の電荷発生層	
301	素子基板	
302	画素部	
303	駆動回路部 (ソース線駆動回路)	
304 a、304 b	駆動回路部 (ゲート線駆動回路)	
305	シール材	
306	封止基板	
307	配線	
308	FPC (フレキシブルプリントサーキット)	
309	FET	40
310	FET	
312	電流制御用 FET	
313 a、313 b	第 1 の電極 (陽極)	
314	絶縁物	
315	EL 層	
316	第 2 の電極 (陰極)	
317 a、317 b	発光素子	
318	空間	
320 a、320 b	導電膜	
321、322	領域	50

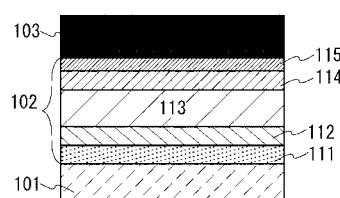
3 2 3	引き回し配線	
3 2 4	有色層（カラーフィルタ）	
3 2 5	黒色層（ブラックマトリクス）	
3 2 6、 3 2 7、 3 2 8	F E T	
4 0 1	基板	
4 0 2	第1の電極	
4 0 4	第2の電極	
4 0 3 a、 4 0 3 b、 4 0 3 c	E L 層	
4 0 5	発光素子	
4 0 6	絶縁膜	10
4 0 7	隔壁	
9 0 0	基板	
9 0 1	第1の電極	
9 0 2	E L 層	
9 0 3	第2の電極	
9 1 1	正孔注入層	
9 1 2	正孔輸送層	
9 1 3	発光層	
9 1 4	電子輸送層	
9 1 5	電子注入層	20
2 0 0 0	タッチパネル	
2 5 0 1	表示パネル	
2 5 0 2 R	画素	
2 5 0 2 t	トランジスタ	
2 5 0 3 c	容量素子	
2 5 0 3 g	走査線駆動回路	
2 5 0 3 t	トランジスタ	
2 5 0 9	F P C	
2 5 1 0	基板	
2 5 1 1	配線	30
2 5 1 9	端子	
2 5 2 1	絶縁層	
2 5 2 8	絶縁体	
2 5 5 0 R	発光素子	
2 5 6 0	封止層	
2 5 6 7 B M	遮光層	
2 5 6 7 p	反射防止層	
2 5 6 7 R	着色層	
2 5 7 0	基板	
2 5 9 0	基板	40
2 5 9 1	電極	
2 5 9 2	電極	
2 5 9 3	絶縁層	
2 5 9 4	配線	
2 5 9 5	タッチセンサ	
2 5 9 7	接着層	
2 5 9 8	配線	
2 5 9 9	端子	
2 6 0 1	パルス電圧出力回路	
2 6 0 2	電流検出回路	50

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

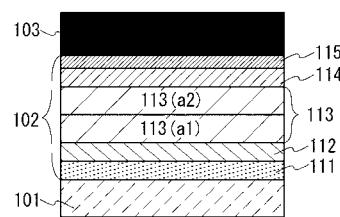
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キー ボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 3 0 2	筐体	10
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	時刻を表すアイコン	
7 3 0 6	その他のアイコン	
7 3 1 1	操作ボタン	
7 3 1 2	操作ボタン	
7 3 1 3	接続端子	
7 3 2 1	バンド	
7 3 2 2	留め金	
7 4 0 0	携帯電話機	20
7 4 0 1	筐体	
7 4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

【図1】

(A)

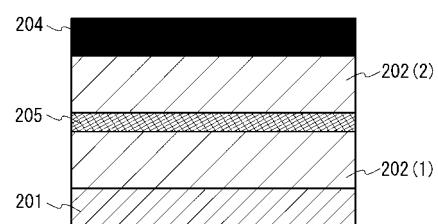


(B)

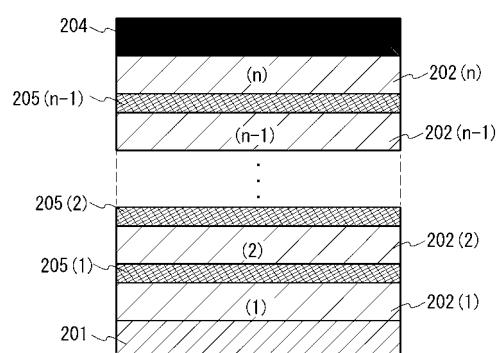


【図2】

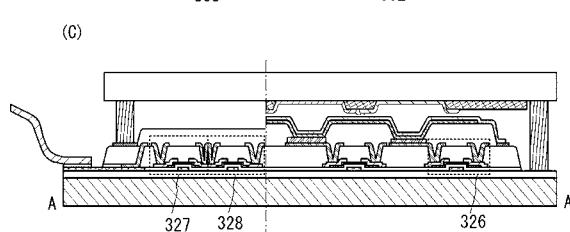
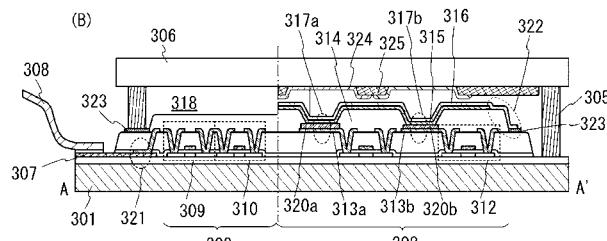
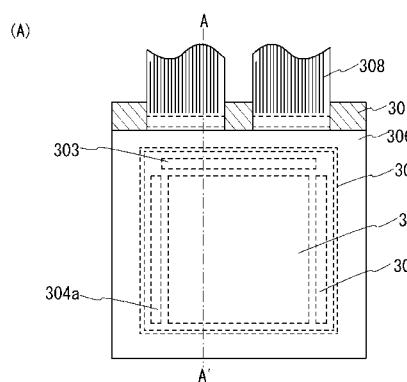
(A)



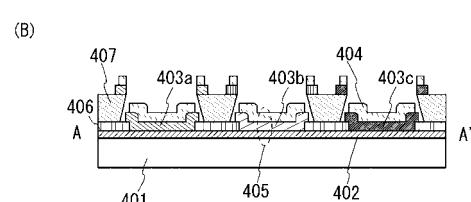
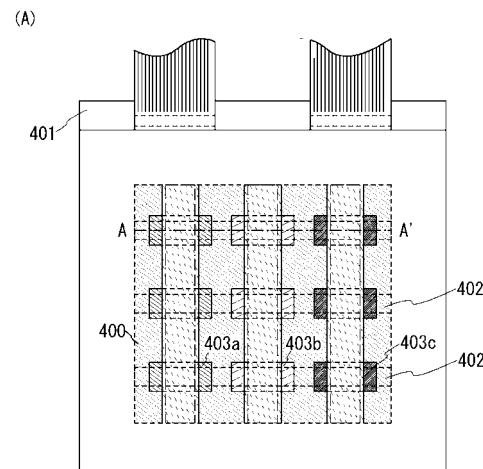
(B)



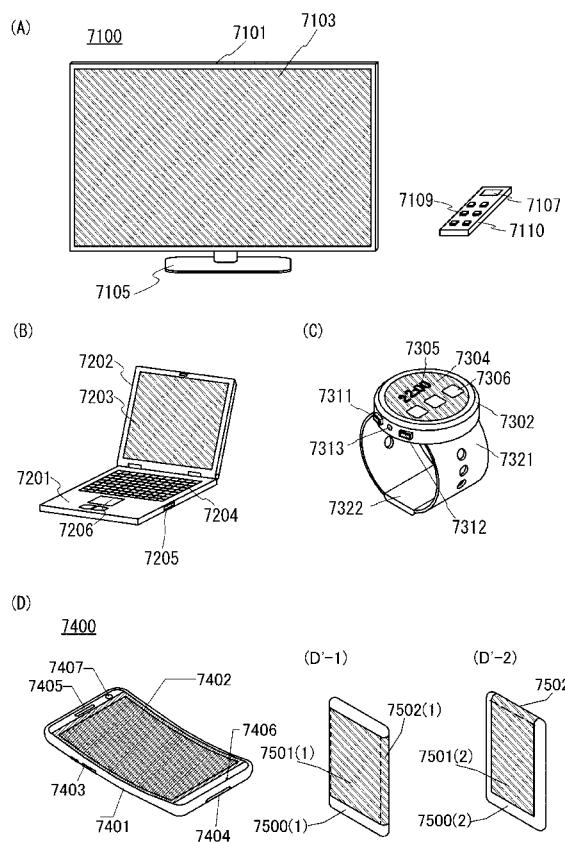
【図3】



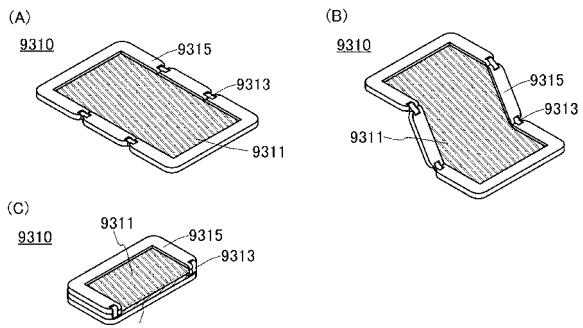
【図4】



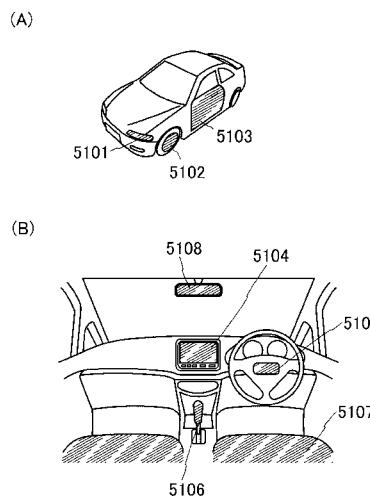
【図5】



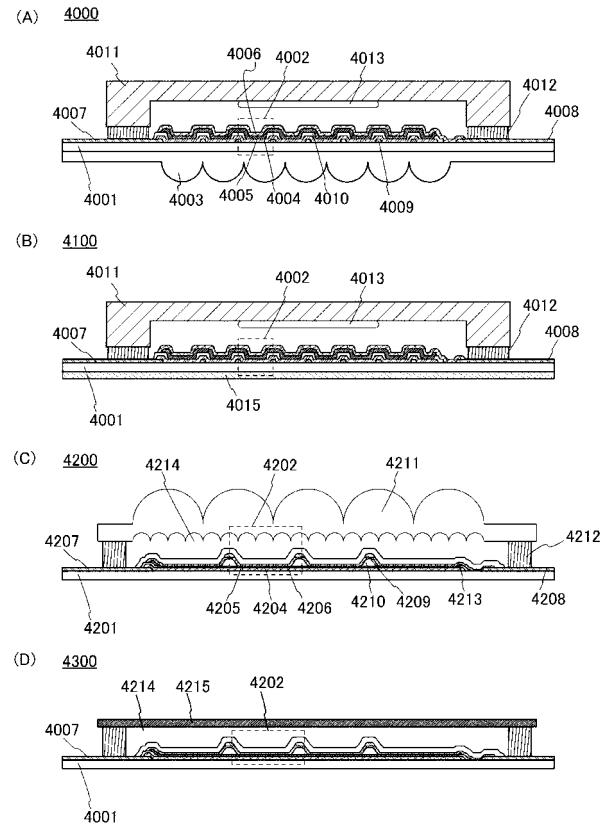
【図6】



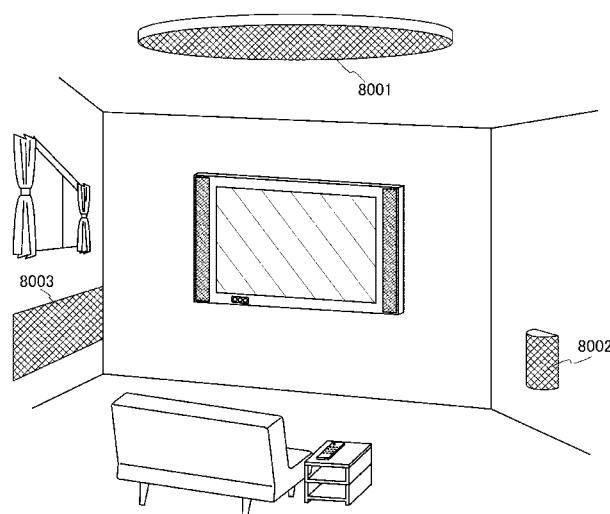
【図7】



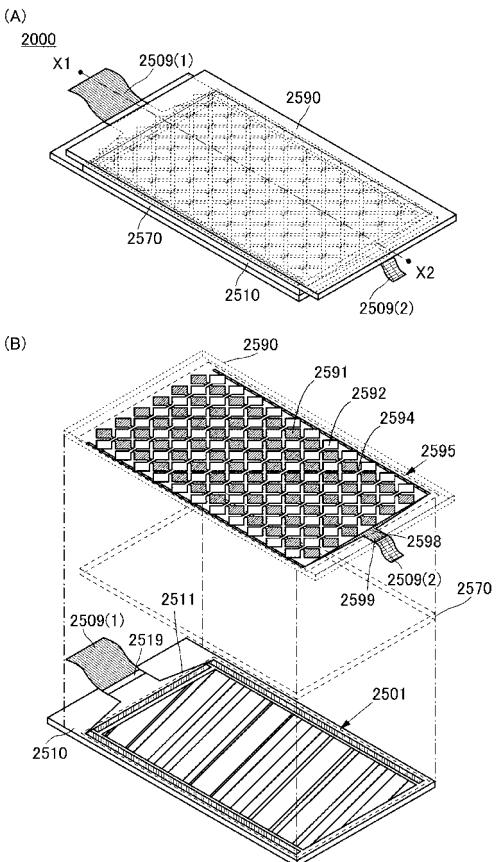
【図8】



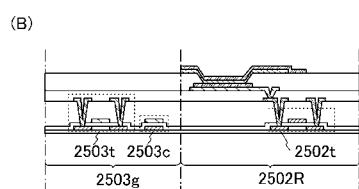
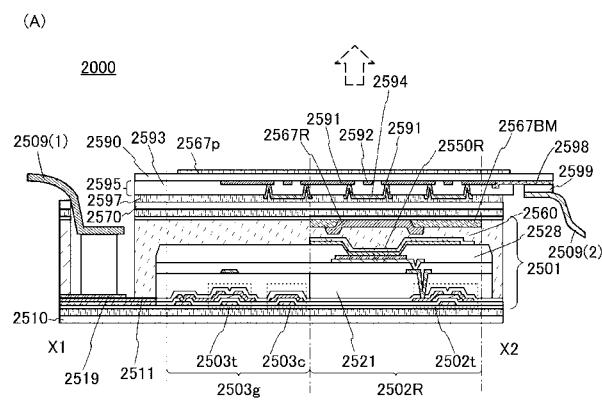
【図9】



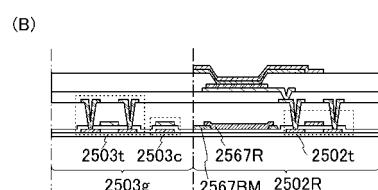
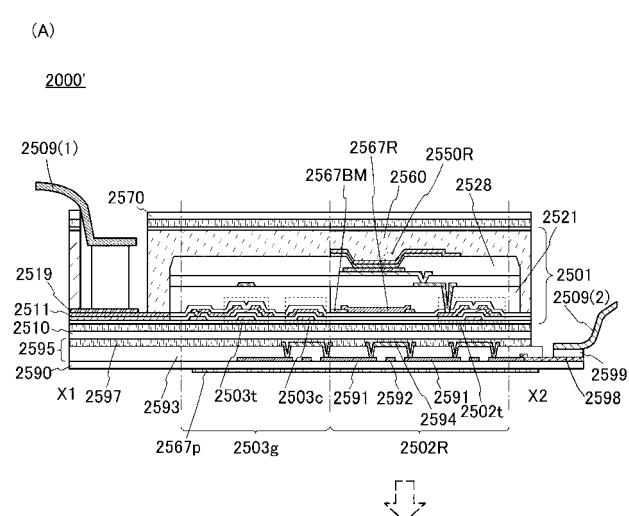
【図10】



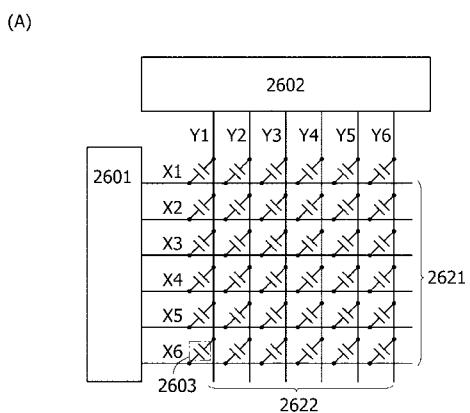
【図11】



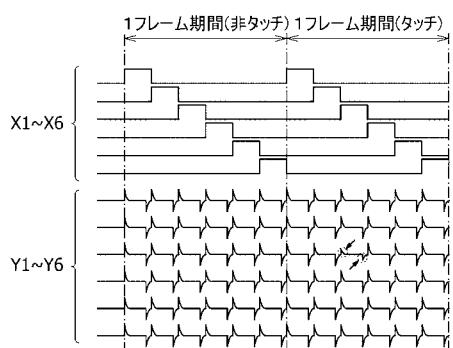
【図12】



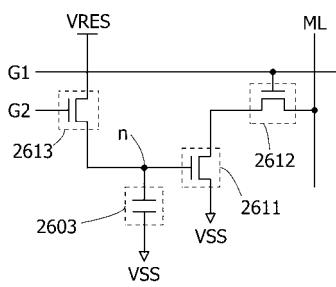
【図 1 3】



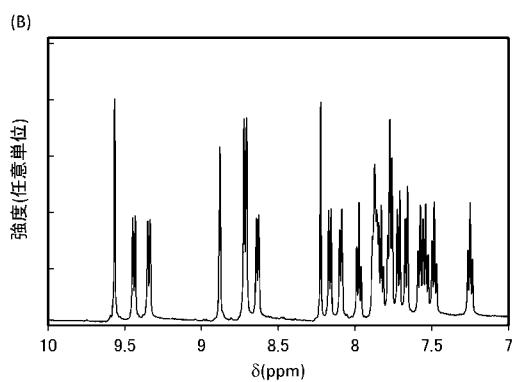
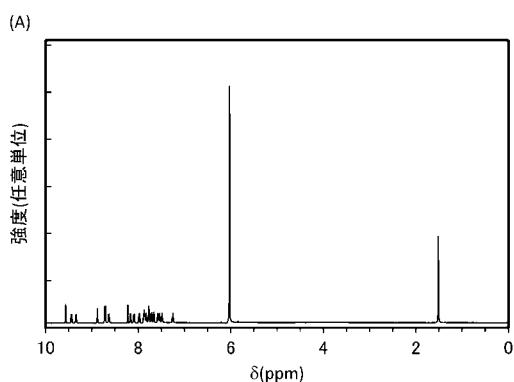
(B)



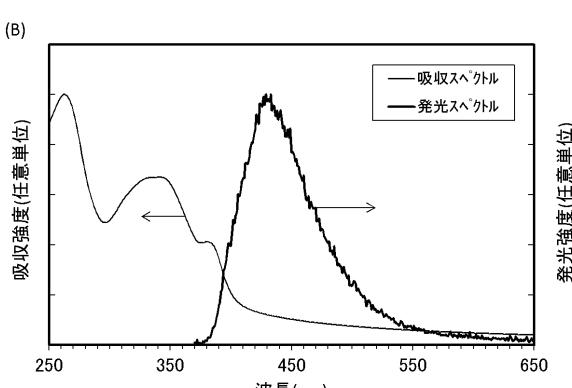
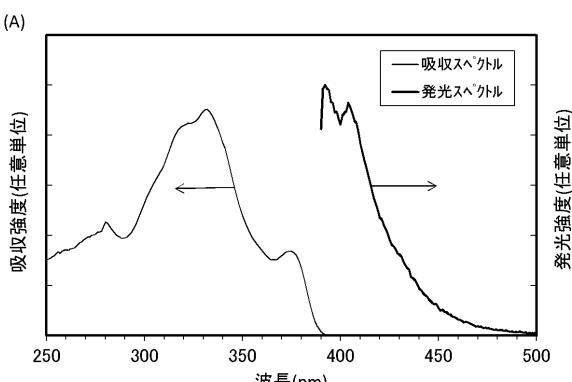
【図 1 4】



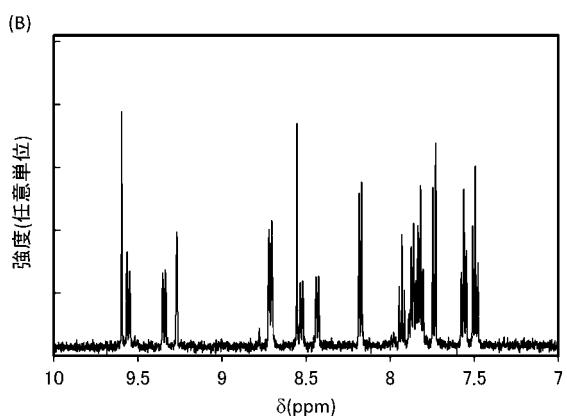
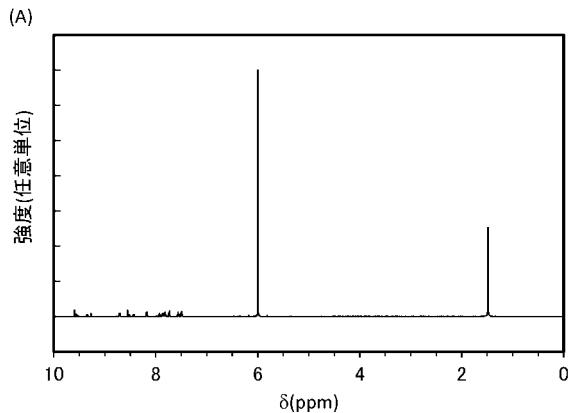
【図 1 5】



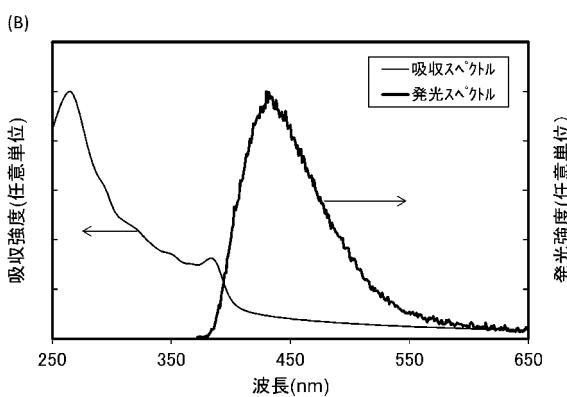
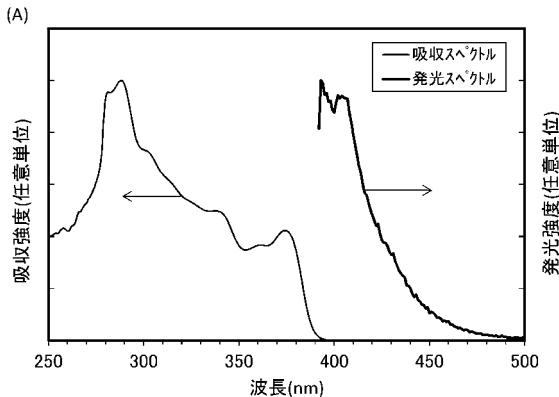
【図 1 6】



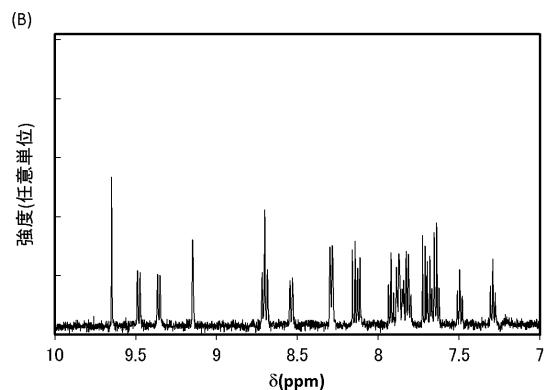
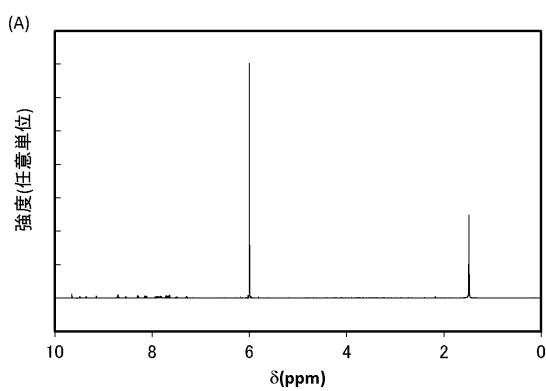
【図 1 7】



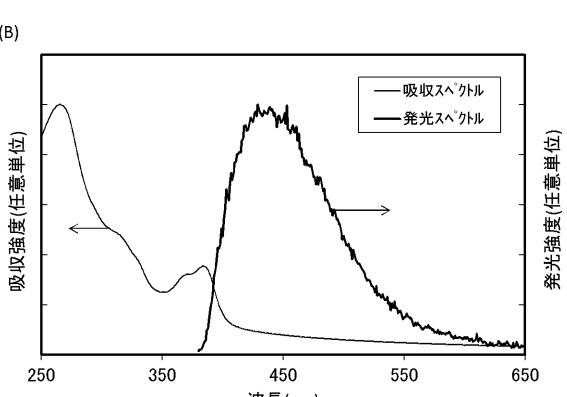
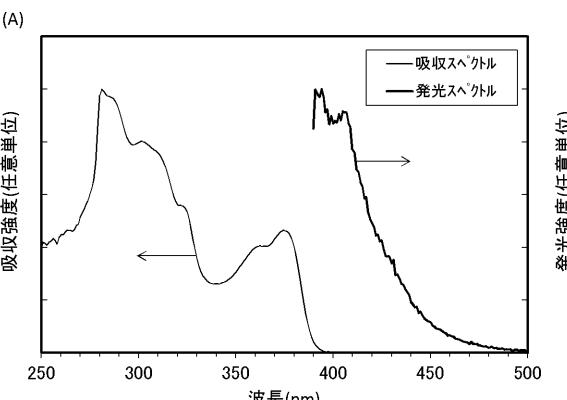
【図 1 8】



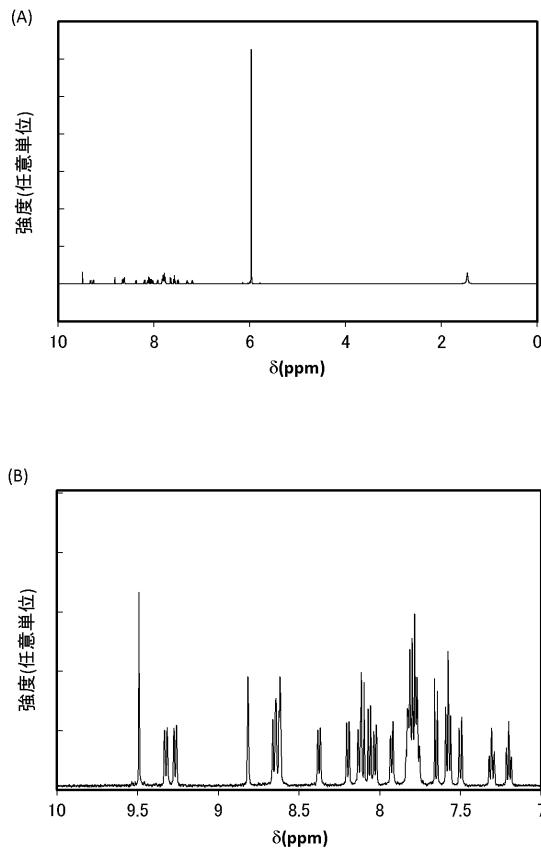
【図 1 9】



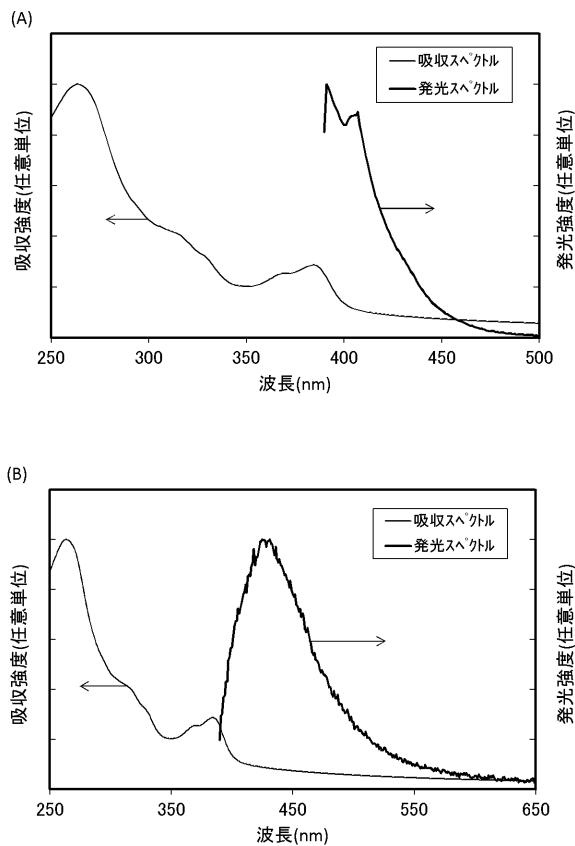
【図 2 0】



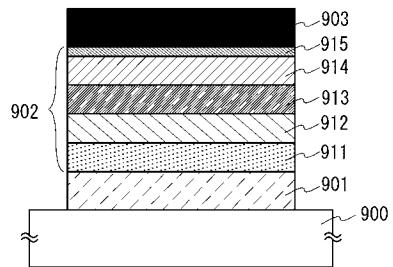
【図2-1】



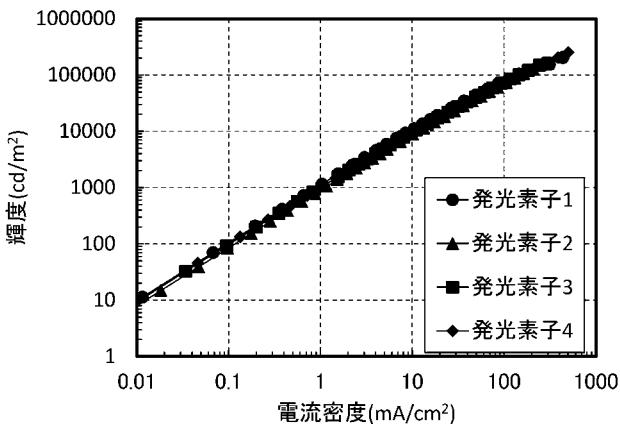
【図2-2】



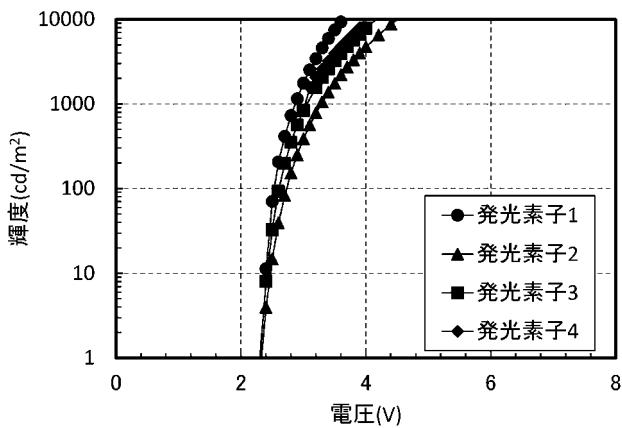
【図2-3】



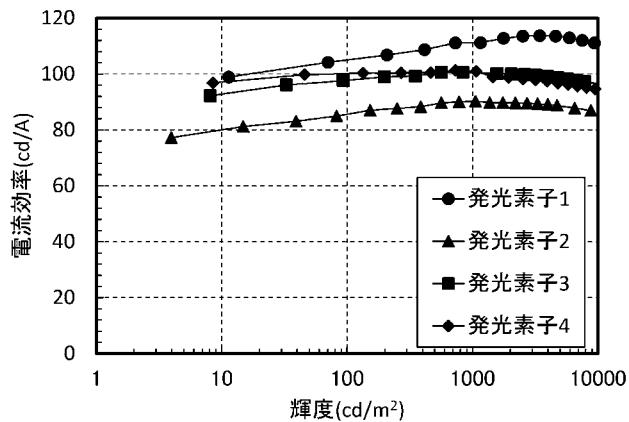
【図2-4】



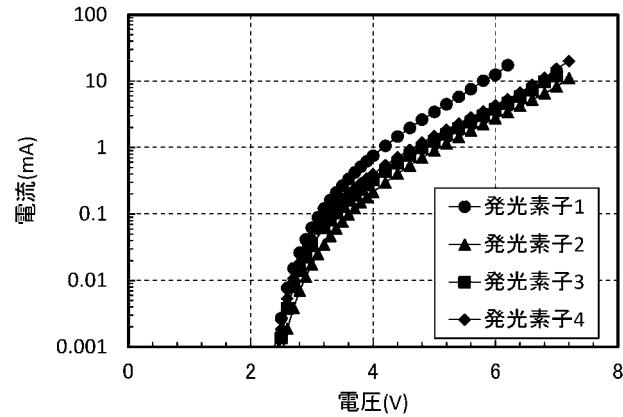
【図2-5】



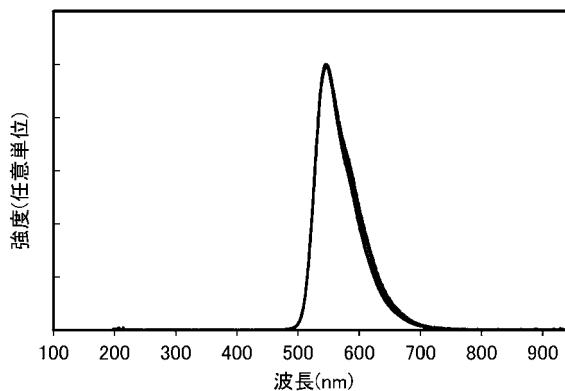
【図26】



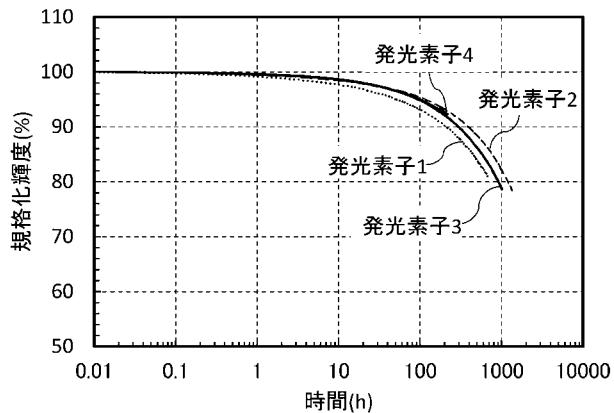
【図27】



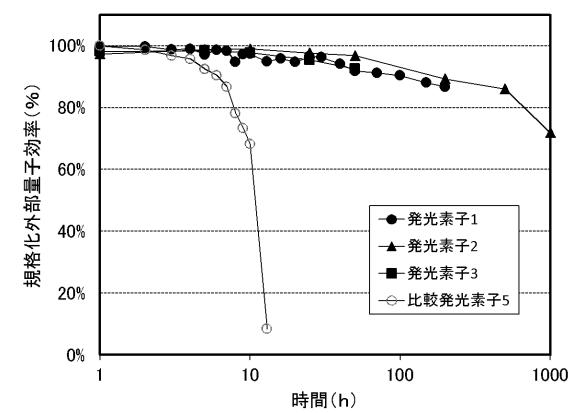
【図28】



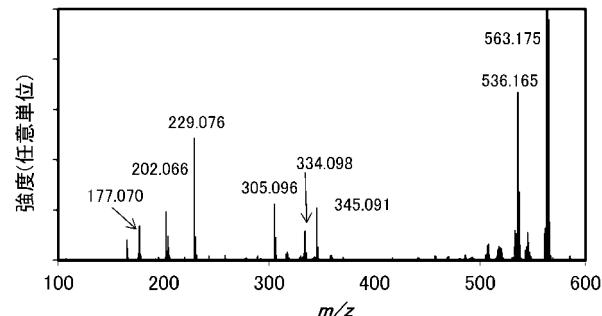
【図29】



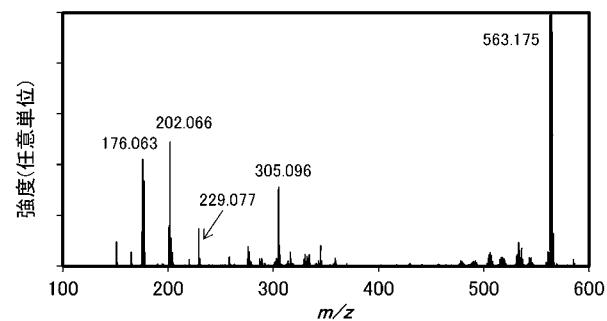
【図30】



【図31】



【図 3 2】



フロントページの続き

(72)発明者 濑尾 広美

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72)発明者 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

F ターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 BB08 CC04 CC24 DD53 DD59 DD68 DD69

EE03 EE66

4C071 AA01 AA08 BB01 CC12 EE05 FF15 JJ05 LL10