

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7511365号
(P7511365)

(45)発行日 令和6年7月5日(2024.7.5)

(24)登録日 令和6年6月27日(2024.6.27)

(51)国際特許分類		F I		
C 0 7 D	401/10 (2006.01)	C 0 7 D	401/10	C S P
C 0 7 D	241/42 (2006.01)	C 0 7 D	241/42	
C 0 7 D	403/10 (2006.01)	C 0 7 D	403/10	
H 1 0 K	50/10 (2023.01)	H 0 5 B	33/14	A
H 1 0 K	50/16 (2023.01)	H 0 5 B	33/22	B
請求項の数 15 (全93頁)				
(21)出願番号	特願2020-49259(P2020-49259)	(73)特許権者	000153878	
(22)出願日	令和2年3月19日(2020.3.19)		株式会社半導体エネルギー研究所	
(65)公開番号	特開2020-158497(P2020-158497 A)	(72)発明者	門間 裕史	
(43)公開日	令和2年10月1日(2020.10.1)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会	
審査請求日	令和5年3月15日(2023.3.15)		社半導体エネルギー研究所内	
(31)優先権主張番号	特願2019-55331(P2019-55331)	(72)発明者	瀬尾 哲史	
(32)優先日	平成31年3月22日(2019.3.22)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会	
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		社半導体エネルギー研究所内	
		(72)発明者	奥山 拓夢	
			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	橋本 直明	
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会	
			社半導体エネルギー研究所内	
			最終頁に続く	

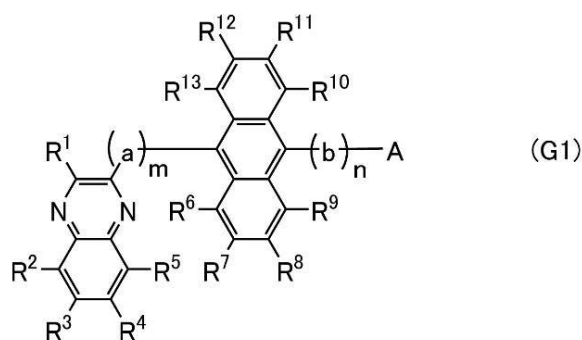
(54)【発明の名称】 有機化合物、発光デバイス、発光装置、電子機器および照明装置

(57)【特許請求の範囲】

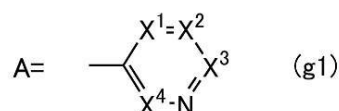
【請求項1】

一般式（G1）で表される有機化合物。

【化 1】



10



(式中、a および b は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン基を表す。また、m および n は、それぞれ独立に 0、1、または 2 である。但し、m = 2 の時の 2 つのアリーレン基 a、または n = 2 の時の 2 つのアリーレン基 b は、それぞれ同じでも異なっても良い。また、R¹ ~ R¹³ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、A は、一般式 (g 1) で表される。また、X¹ 乃至 X⁴ は、それぞれ独立に N または C R¹⁴ を表す。なお、R¹⁴ は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。)

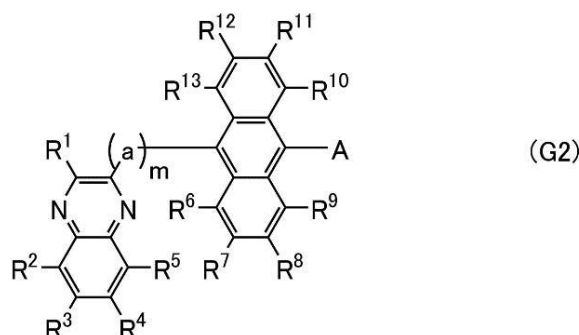
20

【請求項 2】

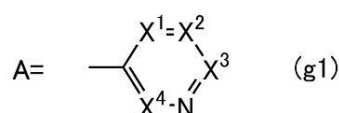
一般式 (G 2) で表される有機化合物。

30

【化 2】



40



(式中、a は、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン

50

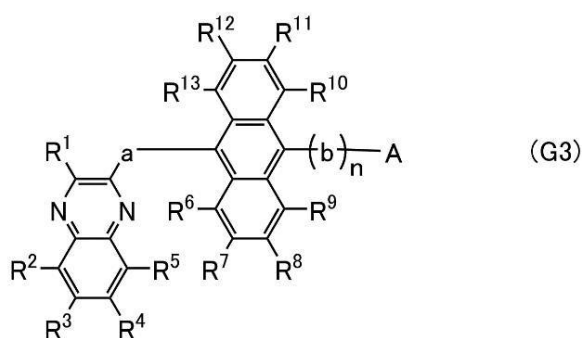
基を表す。また、 m は、0、1、または2である。但し、 $m=2$ の時の2つのアリーレン基 a は、それぞれ同じでも異なっても良い。また、 $R^1 \sim R^{13}$ は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。また、 A は、一般式 (g 1) で表される。また、 X^1 乃至 X^4 は、それぞれ独立にNまたはC R^{14} を表す。なお、 R^{14} は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。)

【請求項3】

一般式 (G 3) で表される有機化合物。

10

【化3】



20



(式中、 a および b は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリーレン基を表す。また、 n は、0、1、または2である。但し、 $n=2$ の時の2つのアリーレン基 b は、同じでも異なっても良い。また、 $R^1 \sim R^{13}$ は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。また、 A は、一般式 (g 1) で表される。また、 X^1 乃至 X^4 は、それぞれ独立にNまたはC R^{14} を表す。なお、 R^{14} は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。)

30

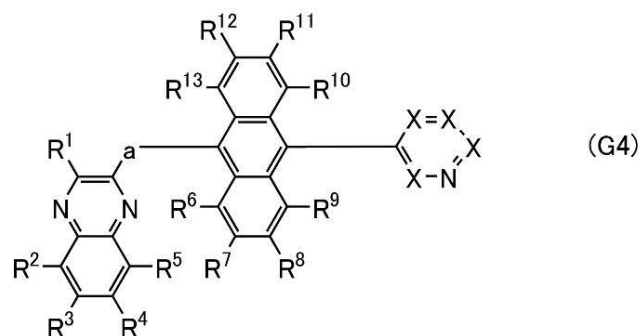
【請求項4】

一般式 (G 4) で表される有機化合物。

40

50

【化 4】



10



(式中、a は、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン基を表す。また、 $R^1 \sim R^{13}$ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、A は、一般式 (g1) で表される。また、 X^1 乃至 X^4 は、それぞれ独立に N または C R^{14} を表す。なお、 R^{14} は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。)

20

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記 a は、置換もしくは無置換のフェニレン基である有機化合物。

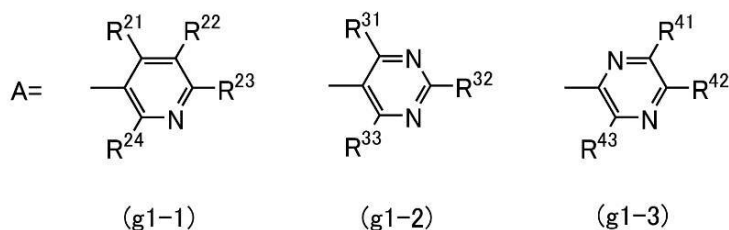
【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかーにおいて、

前記一般式 (g1) は、一般式 (g1-1) 乃至一般式 (g1-3) のいずれかーで表される有機化合物。

30

【化 5】



40

(式中、 R^{21} 乃至 R^{24} 、 R^{31} 乃至 R^{33} 、 R^{41} 乃至 R^{43} は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。)

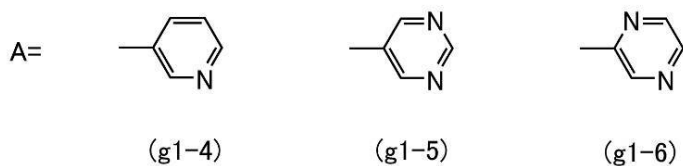
【請求項 7】

請求項 1 乃至 5 のいずれかーにおいて、

50

前記一般式（g 1）は、一般式（g 1－4）乃至一般式（g 1－6）のいずれかーで表される有機化合物。

【化 6】

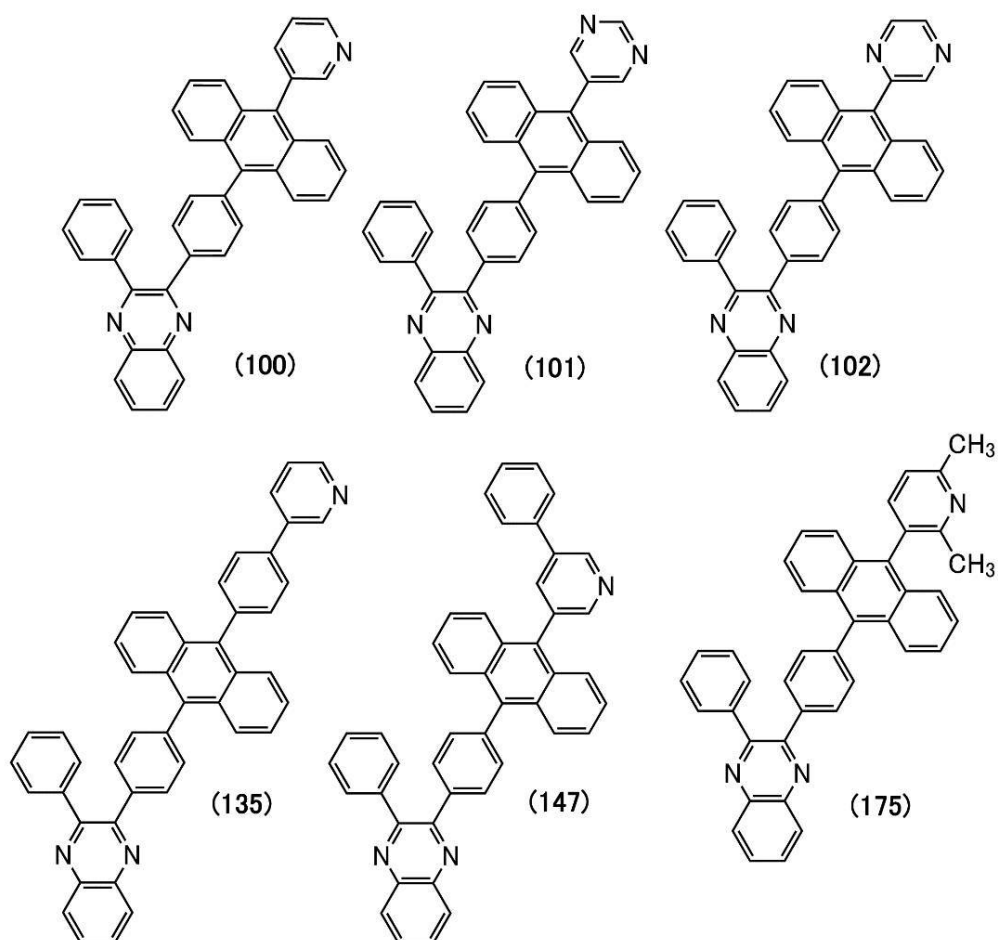


10

【請求項 8】

構造式（1 0 0）、構造式（1 0 1）、構造式（1 0 2）、構造式（1 3 5）、構造式（1 4 7）、または構造式（1 7 5）で表される有機化合物。

【化 7】



20

30

40

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかーに記載の有機化合物を有する発光デバイス。

【請求項 1 0】

一対の電極間に、発光層を有し、

前記発光層は、請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかーに記載の有機化合物を有する発光デバ

50

イス。

【請求項 1 1】

一対の電極間に、発光層および電子輸送層を有し、

前記電子輸送層は、請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の有機化合物を有する発光デバイス。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 または請求項 1 1 において、

前記発光層は、蛍光材料を有する発光デバイス。

【請求項 1 3】

請求項 9 乃至請求項 1 2 のいずれかに記載の発光デバイスと、

トランジスタ、または基板の少なくとも一と、

を有する発光装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の発光装置と、

マイク、カメラ、操作用ボタン、外部接続部、または、スピーカの少なくとも一と、

を有する電子機器。

【請求項 1 5】

請求項 9 乃至請求項 1 2 のいずれかに記載の発光デバイスと、

筐体、カバー、または、支持台の少なくとも一と、

を有する照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明の一態様は、有機化合物、発光素子、発光デバイス、ディスプレイモジュール、照明モジュール、表示装置、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。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶装置、撮像装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法、を一例として挙げる
ことができる。

【背景技術】

【0 0 0 2】

一対の電極間に E L 層を挟んでなる発光デバイス（有機 E L デバイス、発光素子ともいう）は、薄型軽量、入力信号に対する高速な応答性、低消費電力などの特性を有することから、これらを適用したディスプレイは、次世代のフラットパネルディスプレイとして注目されている。

【0 0 0 3】

発光デバイスは、一対の電極間に電圧を印加することにより、各電極から注入された電子およびホールが E L 層において再結合し、E L 層に含まれる発光物質（有機化合物）が励起状態となり、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。なお、励起状態の種類としては、一重項励起状態（S*）と三重項励起状態（T*）とがあり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。また、発光デバイスにおけるそれらの統計的な生成比率は、S*：T*＝1：3 であると考えられている。発光物質から得られる発光スペクトルはその発光物質特有のものであり、異なる種類の有機化合物を発光物質として用いることによって、様々な発光色の発光デバイスを得ることができる。

【0 0 0 4】

この様な発光デバイスに関しては、その素子特性を向上させる為に、素子構造の改良や材

10

20

30

40

50

料開発等が盛んに行われている（例えば、特許文献 1 参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開 2010-182699 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

そこで、本発明の一態様では、新規の有機化合物を提供する。また、本発明の別の態様では、新規の有機化合物であるキノキサリン誘導体を提供する。また、本発明の別の態様では、新規の発光デバイスを提供することを目的とする。または、発光効率の良好な発光デバイスを提供することを目的とする。または、長寿命な発光デバイスを提供することを目的とする。または、駆動電圧の低い発光デバイスを提供することを目的とする。

10

【0007】

または、本発明の他の一態様では、信頼性の高い発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することを目的とする。または、本発明の他の一態様では、消費電力の小さい発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することを目的とする。

【0008】

本発明は上述の課題のうちいずれか一を解決すればよいものとする。

【課題を解決するための手段】

20

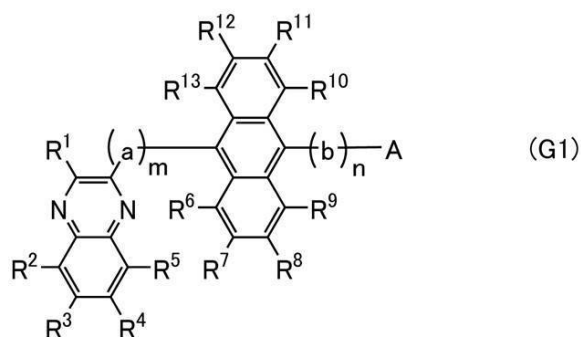
【0009】

本発明の一態様は、キノキサリン誘導体であり、下記一般式（G1）で表される有機化合物である。下記一般式（G1）で表されるキノキサリン誘導体は、キノキサリン骨格の 2 位又は 3 位と、アントラセン骨格の 9 位と、が結合し、かつアントラセン骨格の 10 位に結合する複素芳香族環は、アントラセン骨格との結合から 3 位の位置に N（窒素）を有する構造を有する。なお、下記一般式（G1）における、キノキサリン骨格とアントラセン骨格との結合は、アリーレン基を介していてもよく、また、アントラセン骨格と複素芳香族環との結合は、アリーレン基を介していてもよい。

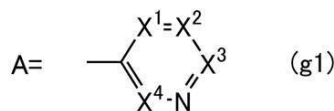
【0010】

【化 1】

30



40



【0011】

上記一般式（G1）において、a および b は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン基を表す。また、m および n は、それぞれ

50

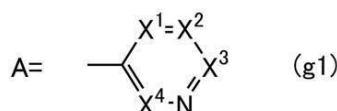
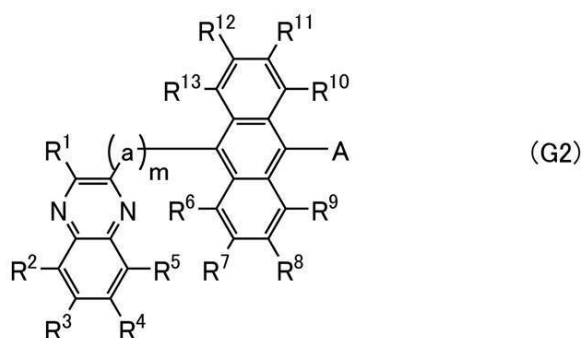
独立に 0、1、または 2 である。但し、 $m=2$ の時の 2 つのアリーレン基 a 、または $n=2$ の時の 2 つのアリーレン基 b は、それぞれ同じでも異なっても良い。また、 $R^1 \sim R^{13}$ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、 A は、一般式 (g 1) で表される。また、 X^1 乃至 X^4 は、それぞれ独立に N または CR^{14} を表す。なお、 R^{14} は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。

【0012】

また、本発明の別の一態様は、キノキサリン誘導体であり、下記一般式 (G 2) で表される有機化合物である。

【0013】

【化 2】



【0014】

上記一般式 (G 2) において、 a は、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン基を表す。また、 m は、0、1、または 2 である。但し、 $m=2$ の時の 2 つのアリーレン基 a は、それぞれ同じでも異なっても良い。また、 $R^1 \sim R^{13}$ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、 A は、一般式 (g 1) で表される。また、 X^1 乃至 X^4 は、それぞれ独立に N または CR^{14} を表す。なお、 R^{14} は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。

【0015】

また、本発明の別の一態様は、キノキサリン誘導体であり、下記一般式 (G 3) で表される有機化合物である。

【0016】

10

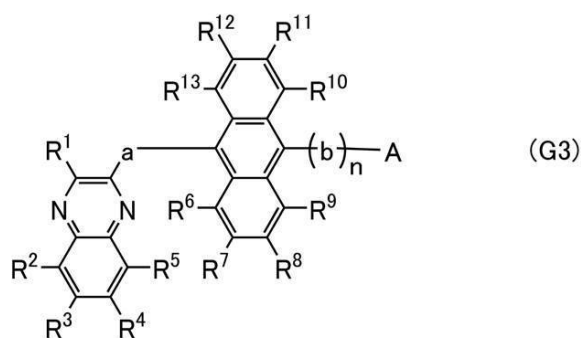
20

30

40

50

【化 3】



10



【 0 0 1 7 】

上記一般式（G 3）において、a および b は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン基を表す。また、n は、0、1、または 2 である。但し、n = 2 の時の 2 つのアリーレン基 b は、同じでも異なっても良い。また、R¹ ~ R¹³ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、A は、一般式（g 1）で表される。また、X¹ 乃至 X⁴ は、それぞれ独立に N または C R¹⁴ を表す。なお、R¹⁴ は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。

20

【 0 0 1 8 】

また、本発明の別の一態様は、キノキサリン誘導体であり、下記一般式（G 4）で表される有機化合物である。

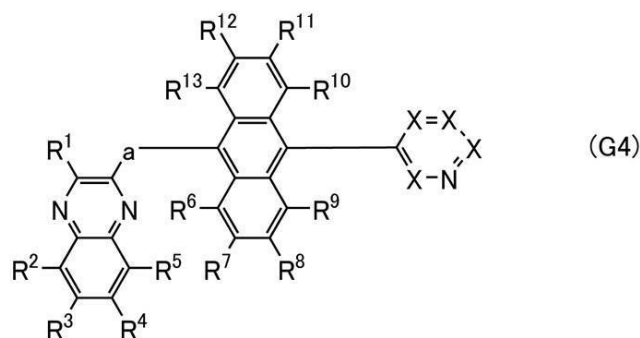
30

【 0 0 1 9 】

40

50

【化 4】



10



【 0 0 2 0 】

20

上記一般式（G 4）において、a は、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン基を表す。また、 $R^1 \sim R^{13}$ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、A は、一般式（g 1）で表される。また、 X^1 乃至 X^4 は、それぞれ独立に N または C R^{14} を表す。なお、 R^{14} は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。

【 0 0 2 1 】

30

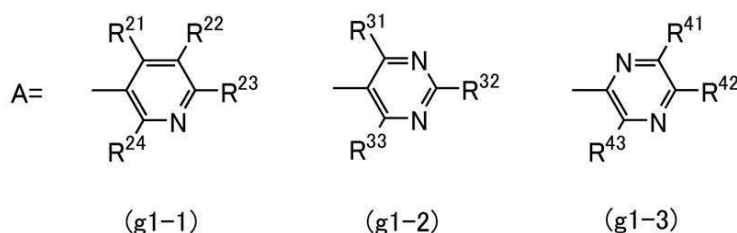
また、本発明の別の一態様は、上記一般式（G 4）における a は、置換もしくは無置換のフェニレン基である有機化合物である。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式（g 1）が、一般式（g 1-1）乃至一般式（g 1-3）のいずれかーで表される有機化合物である。

【 0 0 2 3 】

【化 5】



40

【 0 0 2 4 】

上記一般式（g 1-1）乃至一般式（g 1-3）において、 R^{21} 乃至 R^{24} 、 R^{31} 乃至

50

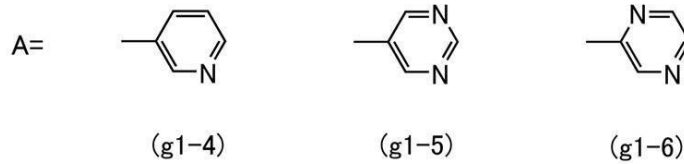
R^{33} 、 R^{41} 乃至 R^{43} は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。

【0025】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式（g1）が、下記一般式（g1-4）乃至一般式（g1-6）のいずれかで表される有機化合物である。

【0026】

【化6】

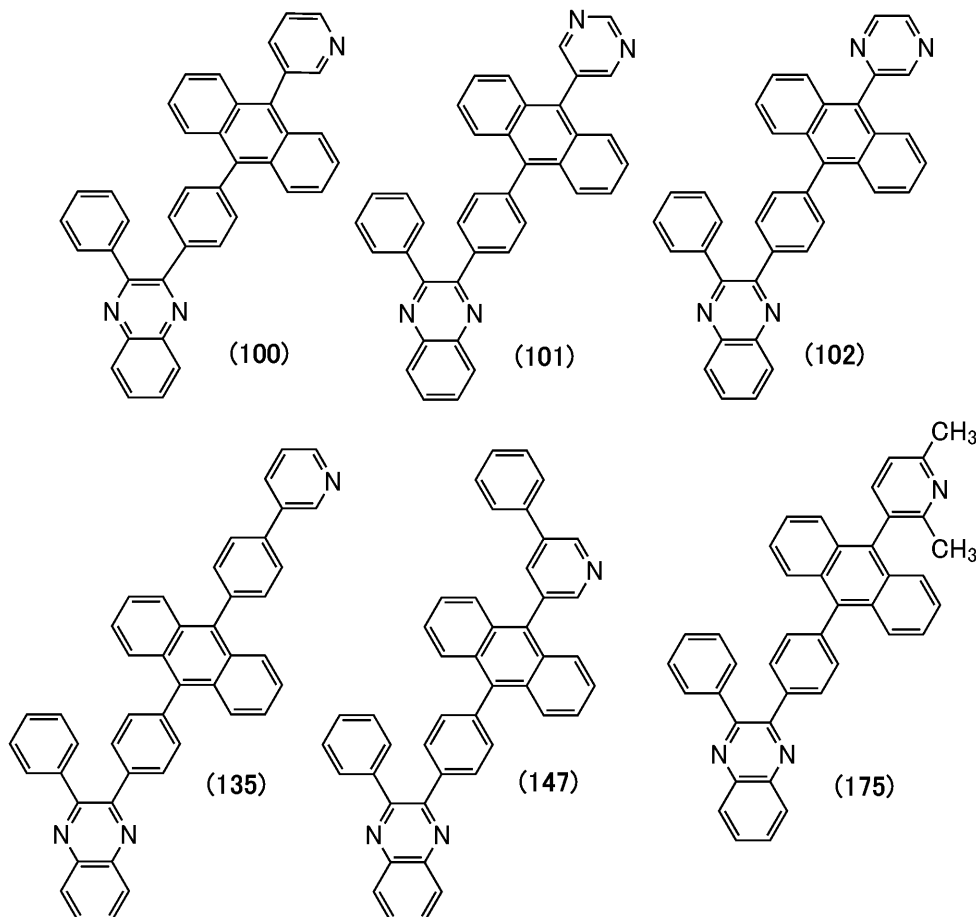


【0027】

また、本発明の別の一態様は、構造式（100）、構造式（101）、構造式（102）、構造式（135）、構造式（147）、または構造式（175）で表される有機化合物である。

【0028】

【化7】



【0029】

なお、本発明の別の一態様は、上述した本発明の一態様である有機化合物を用いた発光デバイスである。また、上記有機化合物に加えてゲスト材料を有する発光デバイスも本発明に含める。また、上記有機化合物に加えて燐光材料を有する発光デバイスも本発明に含める。また、発光デバイスに加えて、トランジスタ、基板などを有する発光装置も発明の範疇に含める。さらに、これらの発光装置に加えて、マイク、カメラ、操作ボタン、外部接続部、筐体、カバー、支持台または、スピーカ等を有する電子機器や照明装置も発明の範疇に含める。

【0030】

本明細書中における発光装置とは、発光デバイスを用いた画像表示デバイス、または光源（照明装置含む）を含む。また、発光装置に、例えばFPC（Flexible printed circuit）もしくはTCP（Tape Carrier Package）等のコネクタ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、または発光デバイスに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】

【0031】

本発明の一態様では、新規の有機化合物を提供することができる。また、本発明の別の一態様では、新規の有機化合物であるキノキサリン誘導体を提供することができる。また、本発明の別の一態様では、新規の発光デバイスを提供することができる。または、長寿命な発光デバイスを提供することができる。または、発光効率の良好な発光デバイスを提供することができる。

【0032】

または、本発明の他の一態様では、信頼性の高い発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することができる。または、本発明の他の一態様では、消費電力の小さい発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することができる。

【0033】

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】（A）（B）発光デバイスの構造について説明する図。

【図2】（A）（B）（C）発光装置について説明する図。

【図3】（A）発光装置について説明する上面図。（B）発光装置について説明する断面図。

【図4】（A）モバイルコンピュータについて説明する図。（B）携帯型の画像再生装置について説明する図。（C）デジタルカメラについて説明する図。（D）携帯情報端末について説明する図。（E）携帯情報端末について説明する図。（F）テレビジョン装置について説明する図。（G）携帯情報端末について説明する図。

【図5】（A）（B）（C）電子機器について説明する図。

【図6】（A）（B）自動車について説明する図。

【図7】（A）（B）照明装置について説明する図。

【図8】構造式（100）に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。

【図9】構造式（100）に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図10】構造式（100）に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図11】発光デバイスについて説明する図。

【図 1 2】発光デバイス 1、比較発光デバイス 2、および比較発光デバイス 3 の電流密度－輝度特性を示す図。

【図 1 3】発光デバイス 1、比較発光デバイス 2、および比較発光デバイス 3 の電圧－輝度特性を示す図。

【図 1 4】発光デバイス 1、比較発光デバイス 2、および比較発光デバイス 3 の輝度－電流効率特性を示す図。

【図 1 5】発光デバイス 1、比較発光デバイス 2、および比較発光デバイス 3 の電圧－電流特性を示す図。

【図 1 6】発光デバイス 1、比較発光デバイス 2、および比較発光デバイス 3 の発光スペクトルを示す図。

【図 1 7】発光デバイス 1、比較発光デバイス 2、および比較発光デバイス 3 の信頼性を示す図。

【図 1 8】構造式 (2 0 0) に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。

【図 1 9】構造式 (1 0 1) に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。

【図 2 0】構造式 (1 0 1) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 2 1】構造式 (1 0 1) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 2 2】構造式 (1 0 2) に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。

【図 2 3】構造式 (1 0 2) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 2 4】構造式 (1 0 2) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 2 5】構造式 (1 3 5) に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。

【図 2 6】構造式 (1 3 5) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 2 7】構造式 (1 3 5) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 2 8】構造式 (1 4 7) に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。

【図 2 9】構造式 (1 4 7) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 3 0】構造式 (1 4 7) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 3 1】構造式 (1 7 5) に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。

【図 3 2】構造式 (1 7 5) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 3 3】発光デバイス 4 および比較発光デバイス 5 の電流密度－輝度特性を示す図。

【図 3 4】発光デバイス 4 および比較発光デバイス 5 の電圧－輝度特性を示す図。

【図 3 5】発光デバイス 4 および比較発光デバイス 5 の輝度－電流効率特性を示す図。

【図 3 6】発光デバイス 4 および比較発光デバイス 5 の電圧－電流特性を示す図。

【図 3 7】発光デバイス 4 および比較発光デバイス 5 の発光スペクトルを示す図。

【図 3 8】発光デバイス 4 および比較発光デバイス 5 の信頼性を示す図。

【図 3 9】発光デバイス 6、発光デバイス 7、発光デバイス 8、および発光デバイス 9 の信頼性を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0 0 3 5】

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

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

(実施の形態 1)

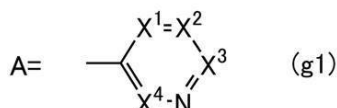
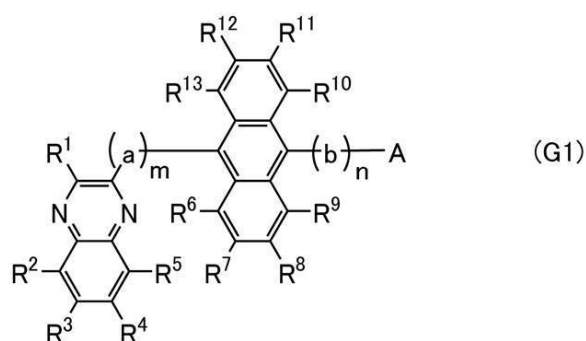
本実施の形態では、本発明の一態様である有機化合物について説明する。

【 0 0 3 7 】

本発明の一態様である有機化合物は、下記一般式 (G 1) で表される、キノキサリン誘導体である。なお、本発明の一態様である有機化合物は、下記一般式 (G 1) で表されるようにキノキサリン骨格の 2 位又は 3 位と、アントラセン骨格の 9 位と、が結合し、かつアントラセン骨格の 10 位に結合する複素芳香族環は、アントラセン骨格との結合から 3 位の位置に N (窒素) を有する構造を有する。なお、キノキサリン骨格の 2 位又は 3 位と、アントラセン骨格の 9 位と、の結合は、アリーレン基を介していてもよい。また、アントラセン骨格の 10 位と、複素芳香族環との結合は、アリーレン基を介していてもよい。

【 0 0 3 8 】

【化 8】



【 0 0 3 9 】

上記一般式 (G 1) において、a および b は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン基を表す。また、m および n は、それぞれ独立に 0、1、または 2 である。但し、m = 2 の時の 2 つのアリーレン基 a、または n = 2 の時の 2 つのアリーレン基 b は、それぞれ同じでも異なっても良い。また、R¹ ~ R¹³ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリアル基を表す。また、A は、一般式 (g 1) で表される。また、X¹ 乃至 X⁴ は、それぞれ独立に N または C R¹⁴ を表す。なお、R¹⁴ は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリアル基を表す。

【 0 0 4 0 】

上記一般式 (G 1) 中のキノキサリン骨格は、電子輸送性が高く、アントラセン骨格は、ホールに対する安定性が高い。また、アントラセン骨格との結合から 3 位の位置に N を有する複素芳香族環は、電極からの電子の注入性を高めることができる。

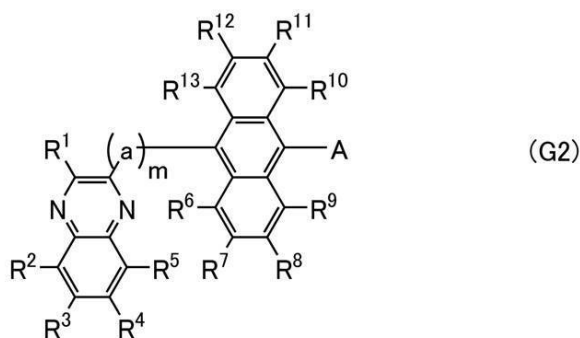
【 0 0 4 1 】

本発明の別の態様は、下記一般式 (G 2) で表される有機化合物である。すなわち、アントラセン骨格の 10 位に直接結合する複素芳香族環が、アントラセン骨格との結合から

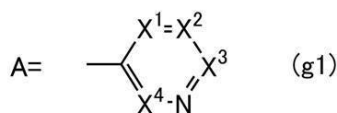
3 位の位置に N を有する構造を有する。

【0042】

【化9】



10



20

【0043】

上記一般式（G2）において、a は、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン基を表す。また、m は、0、1、または 2 である。但し、m = 2 の時の 2 つのアリーレン基 a は、それぞれ同じでも異なっても良い。また、R¹ ~ R¹³ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。また、A は、一般式（g1）で表される。また、X¹ 乃至 X⁴ は、それぞれ独立に N または C R¹⁴ を表す。なお、R¹⁴ は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。

30

【0044】

上記一般式（G2）において、アントラセン骨格の 10 位に直接結合する複素芳香族環が、アントラセン骨格との結合から 3 位の位置に N を有する構造とすることにより、同一分子内に LUMO 軌道を有するキノキサリン骨格への電子の移動が容易になるため、電子輸送性を高めることができ、好ましい。

【0045】

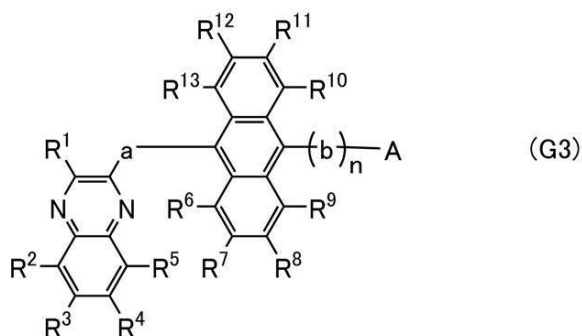
また、本発明の別の一態様は、下記一般式（G3）で表される有機化合物である。すなわち、キノキサリン骨格の 2 位又は 3 位と、アントラセン骨格の 9 位と、が 1 つのアリーレン基を介して結合し、かつアントラセン骨格の 10 位に結合する複素芳香族環が、アントラセン骨格との結合から 3 位の位置に N を有する構造を有する。

40

【0046】

50

【化 10】



10



【0047】

20

上記一般式（G3）において、aおよびbは、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリーレン基を表す。また、nは、0、1、または2である。但し、n=2の時の2つのアリーレン基bは、同じでも異なっても良い。また、R¹～R¹³は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。また、Aは、一般式（g1）で表される。また、X¹乃至X⁴は、それぞれ独立にNまたはC R¹⁴を表す。なお、R¹⁴は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。

30

【0048】

上記一般式（G3）において、キノキサリン骨格の2位又は3位と、アントラセン骨格の9位とが、アリーレン基を1つ介して結合する構造とすることにより、キノキサリン骨格周辺の立体障害が緩和されるため、電子輸送性が向上し、好ましい。なお、分子内の立体障害が緩和されることにより、電子の移動がスムーズになり、電子輸送性が向上する。また、分子内の電子の移動を考慮すると、同一分子内の電子が、LUMO軌道を有するキノキサリン骨格へ移動しやすい程度の距離となるため、好ましい。

【0049】

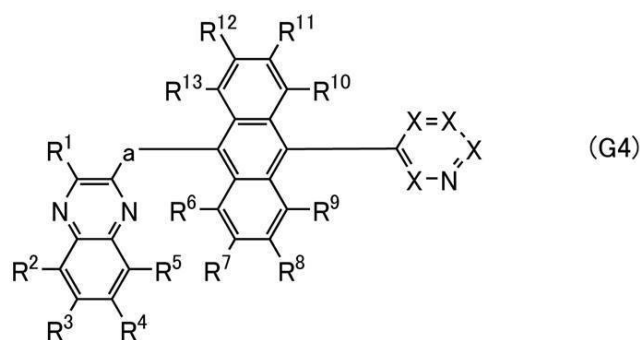
また、本発明の別の一態様は、下記一般式（G4）で表される有機化合物である。すなわち、キノキサリン骨格の2位又は3位と、アントラセン骨格の9位と、が1つのアリーレン基を介して結合し、かつアントラセン骨格の10位に直接結合する複素芳香族環が、アントラセン骨格との結合から3位の位置にNを有する構造を有する。

40

【0050】

50

【化 1 1】



10



【0051】

20

上記一般式（G4）において、aは、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリーレン基を表す。また、R¹～R¹³は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。また、Aは、一般式（g1）で表される。また、X¹乃至X⁴は、それぞれ独立にNまたはC R¹⁴を表す。なお、R¹⁴は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。

【0052】

30

上記一般式（G4）において、キノキサリン骨格の2位又は3位と、アントラセン骨格の9位とが、アリーレン基を1つ介して結合される構造とすることにより、キノキサリン骨格周辺の立体障害が緩和され、好ましい。なお、分子内の立体障害が緩和されることにより、電子の移動がスムーズになり、電子輸送性が向上する。また、分子内の電子の移動を考慮すると、上記の構造に加えて、アントラセン骨格の10位に直接結合する複素芳香族環が、アントラセン骨格との結合から3位の位置にNを有する構造であることにより、同一分子内の電子が、LUMO軌道を有するキノキサリン骨格へ移動しやすい程度の距離となるため、好ましい。

【0053】

40

また、本発明の別の一態様は、上記一般式（G4）におけるaが、置換もしくは無置換のフェニレン基である有機化合物である。なお、aを置換もしくは無置換のフェニレン基とすることにより、キノキサリン骨格周辺の立体障害が緩和されるため、電子輸送性が向上し、好ましい。また、同一分子内の電子が、LUMO軌道を有するキノキサリン骨格へ移動しやすい程度の距離となるため、好ましい。

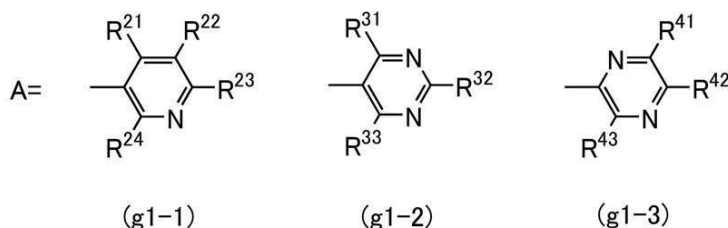
【0054】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式（g1）が、下記一般式（g1-1）乃至一般式（g1-3）のいずれかーで表される有機化合物である。

【0055】

50

【化 1 2】



10

【0056】

上記一般式 (g 1 - 1) 乃至一般式 (g 1 - 3) において、 R^{21} 乃至 R^{24} 、 R^{31} 乃至 R^{33} 、 R^{41} 乃至 R^{43} は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 3 乃至 7 の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリール基を表す。

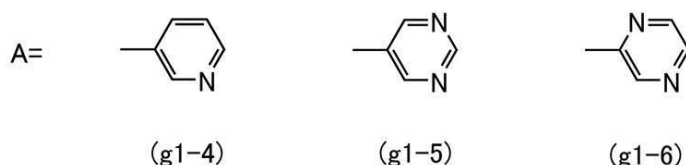
【0057】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式 (g 1) が、下記一般式 (g 1 - 4) 乃至一般式 (g 1 - 6) のいずれかで表される有機化合物である。

20

【0058】

【化 1 3】



30

【0059】

なお、上記一般式 (G 1)、上記一般式 (G 2)、上記一般式 (G 3)、および上記一般式 (G 4) で表される有機化合物において、置換とは、好ましくは、メチル基、エチル基、*n*-プロピル基、イソプロピル基、*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、フルオレン-2-イル基、フルオレン-4-イル基のような炭素数 6~13 のアリール基のような置換基による置換を表す。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、上記アリール基が、置換基として 9 位に 2 つのフェニル基を有するフルオレン-2-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-イル基となっても良い。より具体的には、例えば、フェニル基、トリル基、キシリル基、ビフェニル基、インデニル基、ナフチル基、フルオレニル基などが挙げられる。

40

【0060】

また、上記一般式 (G 1)、上記一般式 (G 2)、上記一般式 (G 3)、および上記一般式 (G 4) で表される有機化合物において、式中の、環を形成する炭素数が 6 乃至 13 のアリーレン基の具体例としては、フェニレン基、ナフタレンジイル基、ビフェニルジイル基、フルオレンジイル基等が挙げられる。

50

【0061】

また、上記一般式（G1）、上記一般式（G2）、上記一般式（G3）、および上記一般式（G4）で表される有機化合物において、式中の、 $R^1 \sim R^{13}$ 、 R^{14} 、 R^{21} 乃至 R^{24} 、 R^{31} 乃至 R^{33} 、 R^{41} 乃至 R^{43} における炭素数1～6のアルキル基の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、sec-ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、sec-ペンチル基、tert-ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、sec-ヘキシル基、tert-ヘキシル基、ネオヘキシル基、3-メチルペンチル基、2-メチルペンチル基、2-エチルブチル基、1,2-ジメチルブチル基、2,3-ジメチルブチル基等が挙げられる。

10

【0062】

また、上記一般式（G1）、上記一般式（G2）、上記一般式（G3）、および上記一般式（G4）で表される有機化合物において、式中の、 $R^1 \sim R^{13}$ 、 R^{14} 、 R^{21} 乃至 R^{24} 、 R^{31} 乃至 R^{33} 、 R^{41} 乃至 R^{43} における環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基の具体例としては、シクロプロピル基、シクロブチル基、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。

【0063】

また、上記一般式（G1）、上記一般式（G2）、上記一般式（G3）、および上記一般式（G4）で表される有機化合物において、式中の、 $R^1 \sim R^{13}$ 、 R^{14} 、 R^{21} 乃至 R^{24} 、 R^{31} 乃至 R^{33} 、 R^{41} 乃至 R^{43} における環を形成する炭素数が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、ナフチル基、またはインデニル基、フルオレニル基等が挙げられる。

20

【0064】

次に、上述した本発明の一態様である有機化合物の具体的な構造式を下記に示す。

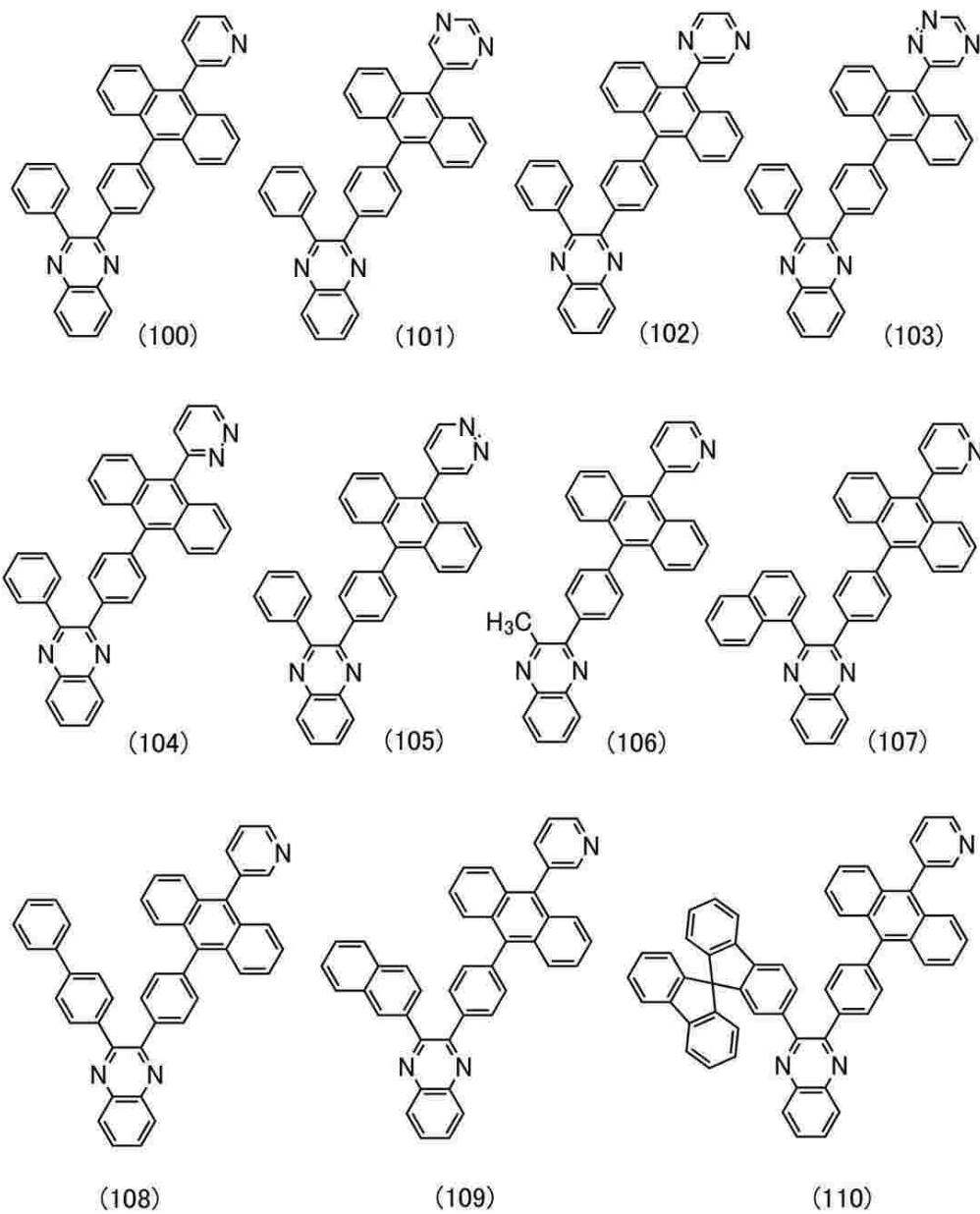
【0065】

30

40

50

【化 1 4】



10

20

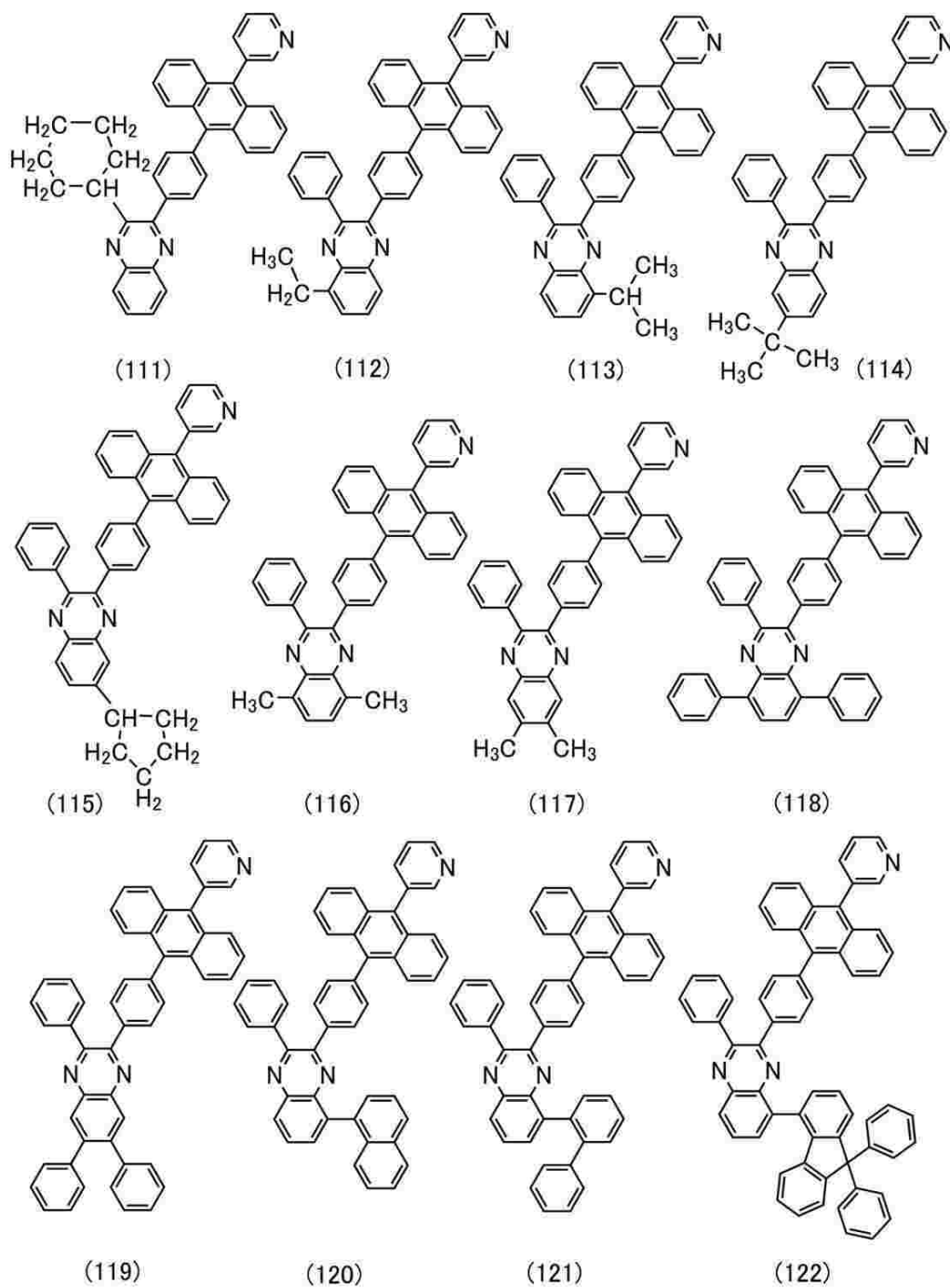
30

【 0 0 6 6 】

40

50

【化 1 5】



【0067】

10

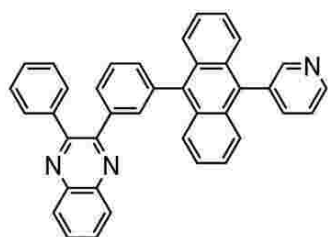
20

30

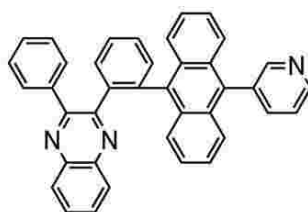
40

50

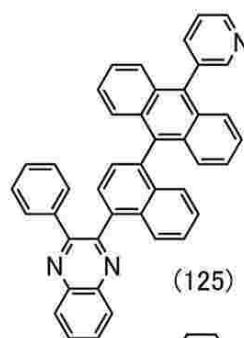
【化 1 6】



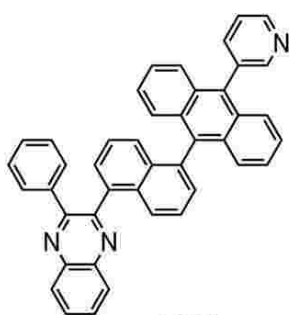
(123)



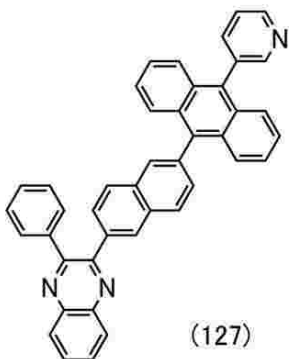
(124)



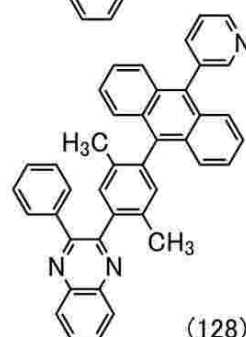
(125)



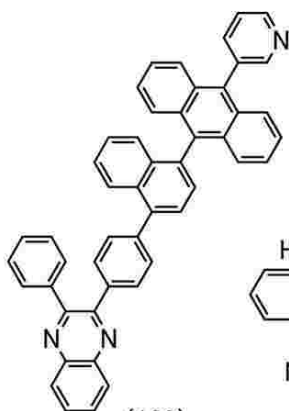
(126)



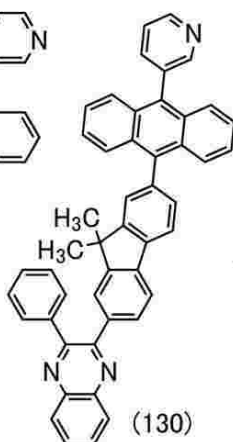
(127)



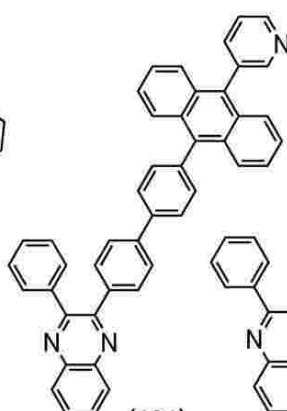
(128)



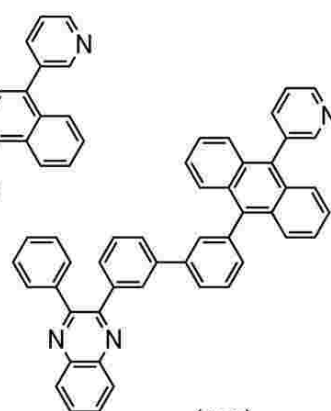
(129)



(130)



(131)



(132)

【 0 0 6 8 】

10

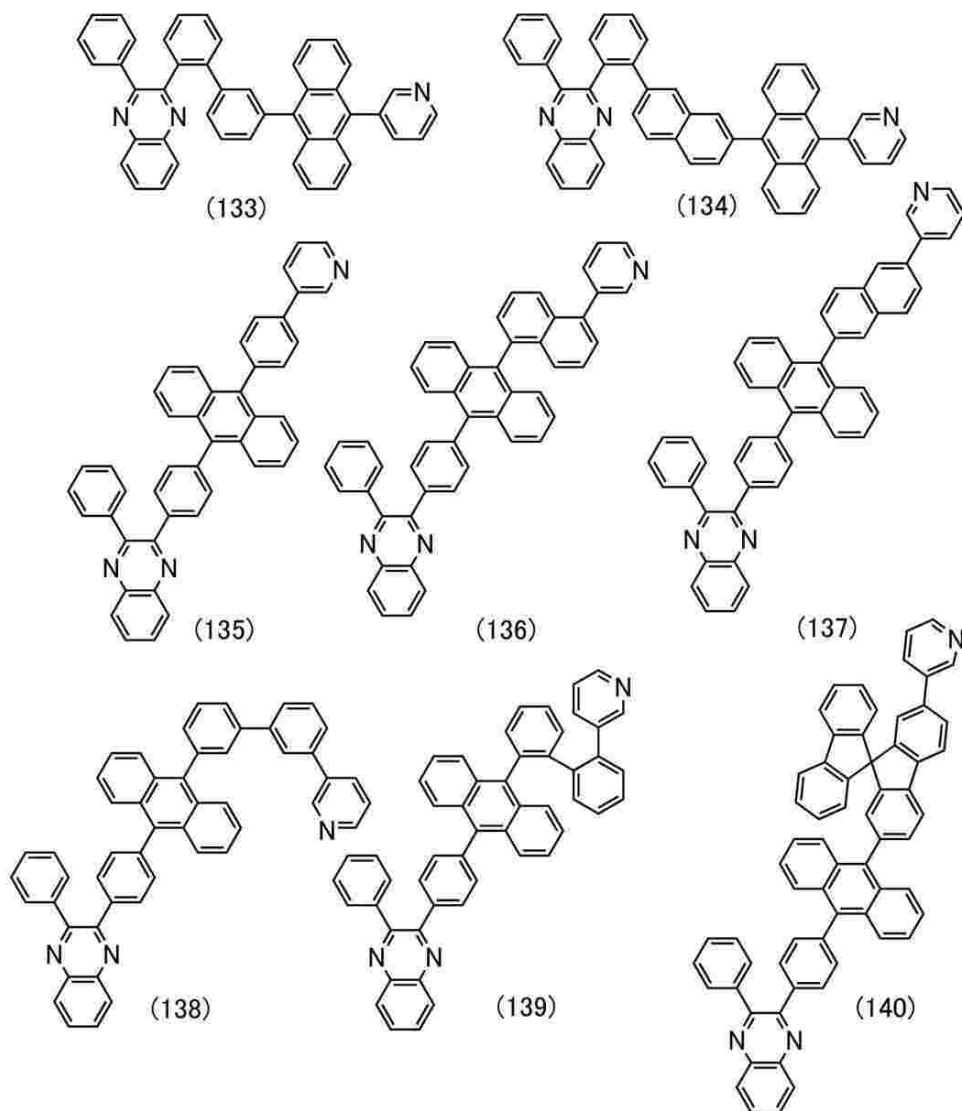
20

30

40

50

【化 1 7】



【 0 0 6 9 】

10

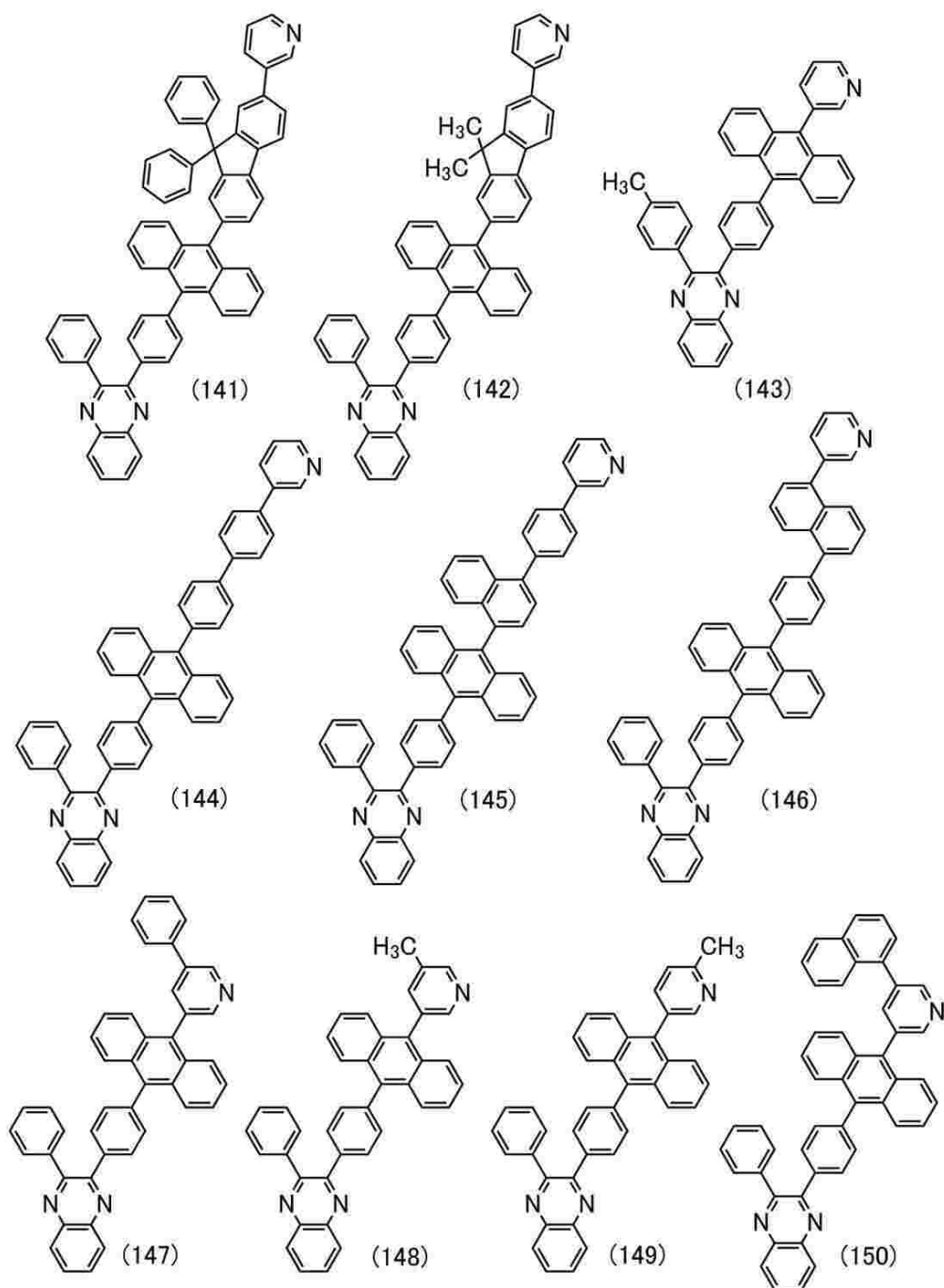
20

30

40

50

【化 1 8】



【 0 0 7 0】

10

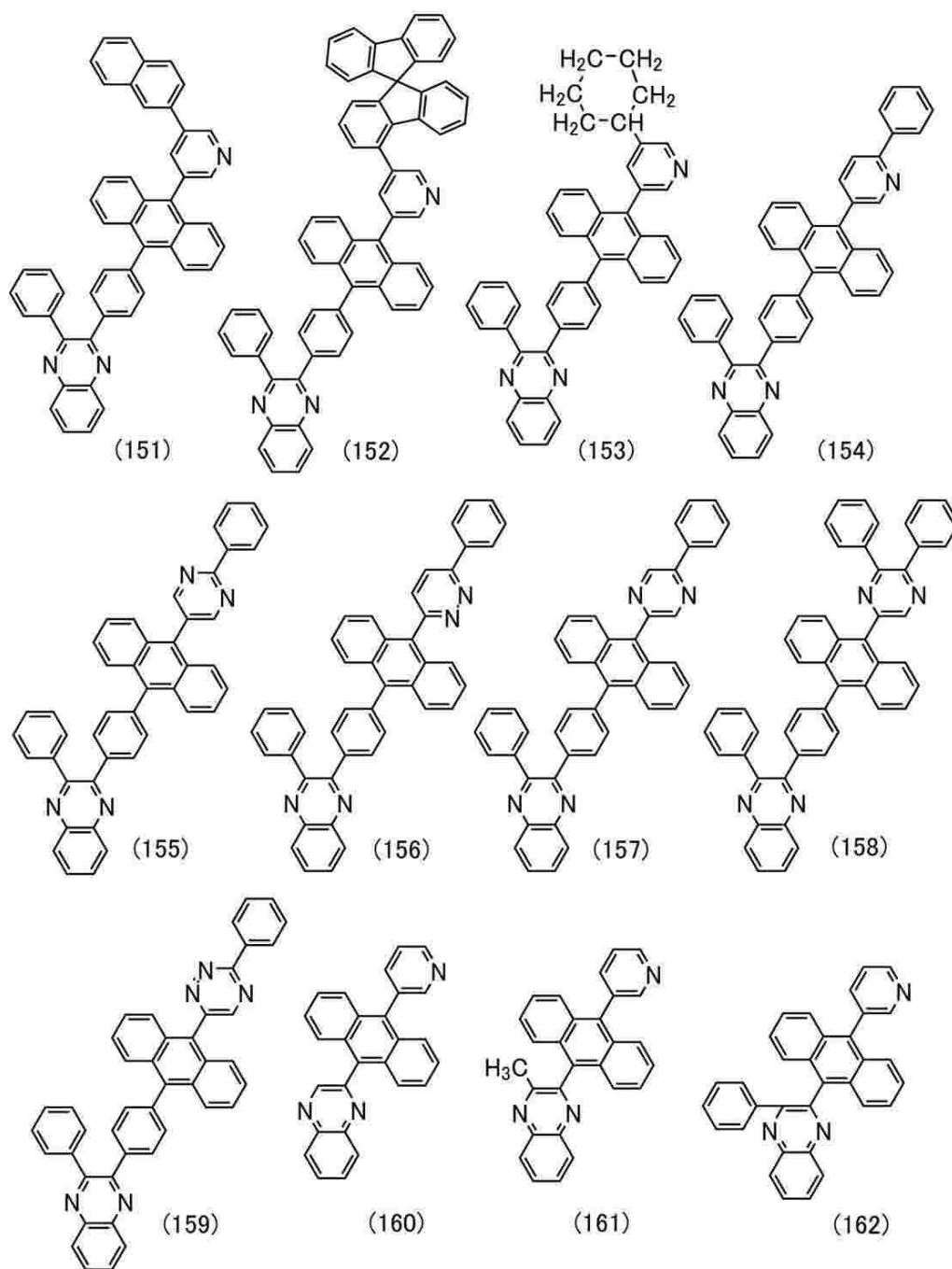
20

30

40

50

【化 1 9】



【 0 0 7 1】

10

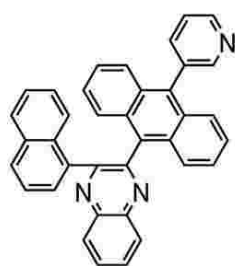
20

30

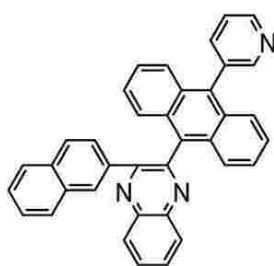
40

50

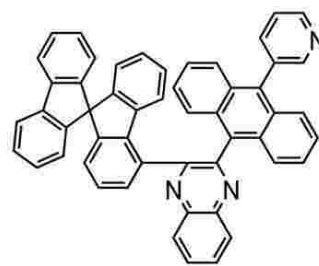
【化 2 0】



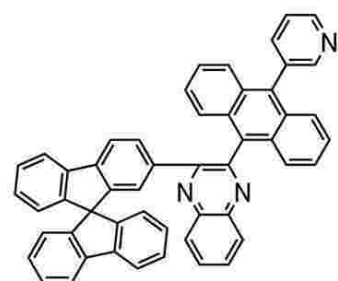
(163)



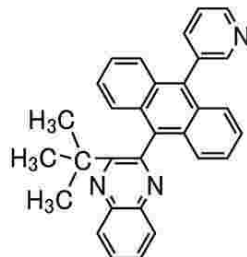
(164)



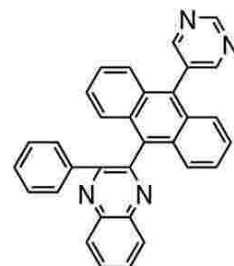
(165)



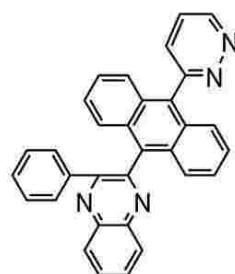
(166)



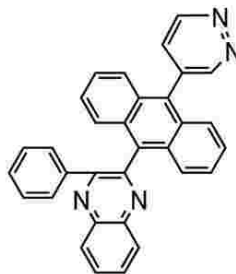
(167)



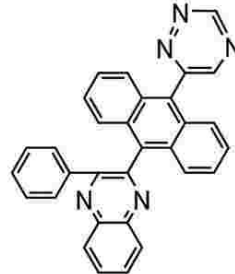
(168)



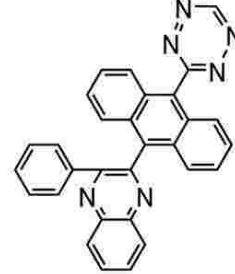
(169)



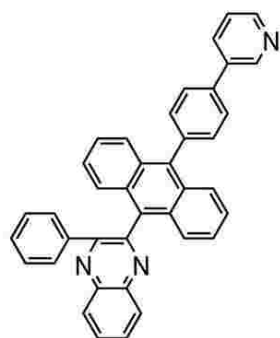
(170)



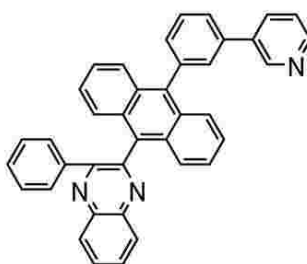
(171)



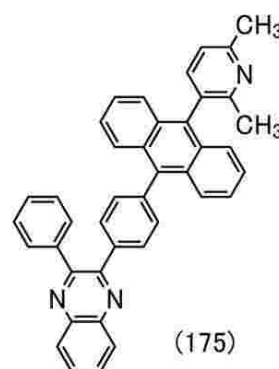
(172)



(173)



(174)



(175)

【0072】

なお、上記構造式(100)～(175)で表される有機化合物は、上記一般式(G1)、上記一般式(G2)、上記一般式(G3)、および上記一般式(G4)のいずれかで表される、本発明の一態様である有機化合物の一例である。但し、本発明の一態様である有機化合物は、これに限られることはない。

【0073】

次に、下記一般式(G1)で表される本発明の一態様である有機化合物の合成方法の一例について説明する。

【0074】

10

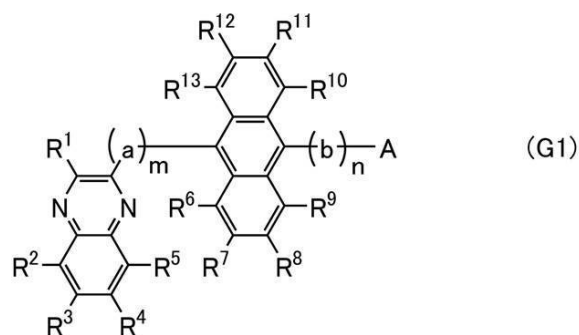
20

30

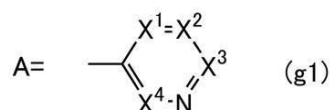
40

50

【化 2 1】



10



【0075】

但し、一般式（G1）において、aおよびbは、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリーレン基を表す。また、mおよびnは、それぞれ独立に0、1、または2である。但し、m=2の時の2つのアリーレン基a、またはn=2の時の2つのアリーレン基bは、それぞれ同じでも異なっても良い。また、R¹〜R¹³は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。また、Aは、一般式（g1）で表される。また、X¹乃至X⁴は、それぞれ独立にNまたはC R¹⁴を表す。なお、R¹⁴は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。

20

30

【0076】

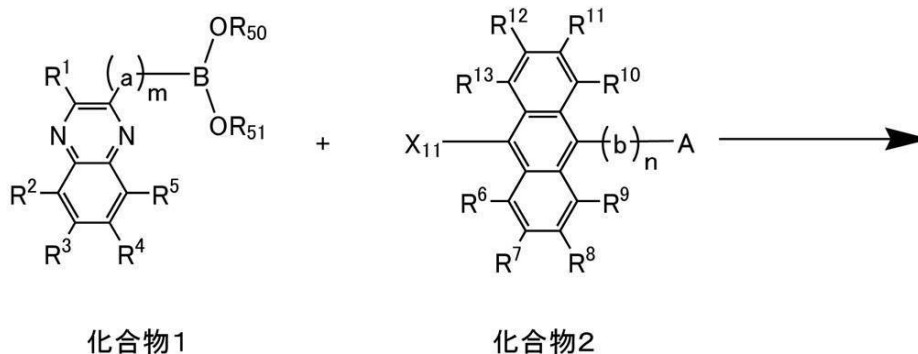
まず、下記合成スキーム（A-1）に示すように、キノキサリン誘導体の有機ボロン化合物、又はボロン酸（化合物1）と、アントラセン誘導体のハロゲン化物、又はトリフレート置換体（化合物2）を、鈴木・宮浦反応によりカップリングさせることで、一般式（G1）で表される有機化合物を得ることができる。

【0077】

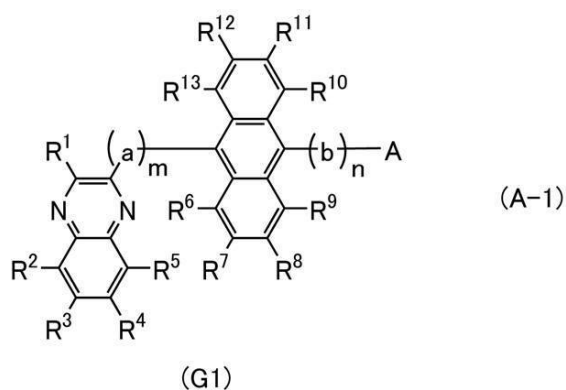
40

50

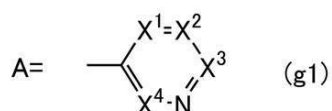
【化 2 2】



10



20



30

【0078】

なお、合成スキーム（A-1）において、aおよびbは、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリーレン基を表す。また、mおよびnは、それぞれ独立に0、1、または2である。但し、m=2の時の2つのアリーレン基a、またはn=2の時の2つのアリーレン基bは、それぞれ同じでも異なっても良い。また、R¹～R¹³は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。また、Aは、一般式（g1）で表される。また、X¹乃至X⁴は、それぞれ独立にNまたはCR¹⁴を表す。なお、R¹⁴は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が3乃至7の環状アルキル基、置換もしくは無置換の、環を形成する炭素数が6乃至13のアリール基を表す。

40

【0079】

また、合成スキーム（A-1）において、R⁵⁰とR⁵¹は、互いに結合して環を形成していても良い。また、X¹¹はハロゲン、又はトリフラート基を表す。

【0080】

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

50

られるものではない。

【0081】

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

【0082】

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

10

【0083】

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

【0084】

20

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

【0085】

また、上記の鈴木・宮浦カップリング反応において、アントラセン誘導体の有機ホウ素化合物、又はボロン酸と、キノキサリン誘導体のハロゲン化物、又はトリフラート置換体を、カップリングしてもよい。具体的には、下記合成スキーム（A-2）に示すように、アントラセン誘導体の有機ボロン化合物、又はボロン酸（化合物3）と、複素環化合物誘導体のハロゲン化物、又はトリフラート置換体（化合物4）を、鈴木・宮浦反応によりカップリングさせることで、一般式（G1）で表される有機化合物を得ることができる。

30

【0086】

40

50

【 0 0 8 7 】

【 0 0 8 8 】

【 0 0 8 9 】

られるものではない。合成スキーム（A-2）において、用いることができるパラジウム



【 0 0 8 7 】

40

【 0 0 8 8 】

また、合成スキーム (A-2) において、 R^{52} と R^{53} は互いに結合して環を形成していても良い。また、 X^{12} はハロゲン、又はトリフラート基を表す。

【 0 0 8 9 】

50

触媒の配位子としては、トリ（オルトートリル）ホスフィンや、トリフェニルホスフィンや、トリシクロヘキシルホスフィン等が挙げられる。用いることができるパラジウム触媒の配位子はこれらに限られるものではない。

【0090】

合成スキーム（A-2）において、用いることができる塩基としては、ナトリウム *tert*-ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等が挙げられるが、用いることができる塩基はこれらに限られるものではない。

【0091】

合成スキーム（A-2）において、用いることができる溶媒としては、トルエンと水の混合溶媒、トルエンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、キシレンと水の混合溶媒、キシレンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、ベンゼンと水の混合溶媒、ベンゼンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒などが挙げられる。ただし、用いることができる溶媒はこれらに限られるものではない。また、トルエンと水、又はトルエンとエタノールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒がより好ましい。

【0092】

合成スキーム（A-2）に示す鈴木・宮浦カップリング反応において、化合物3で示される有機ホウ素化合物、又はボロン酸以外にも、有機アルミニウムや、有機ジルコニウム、有機亜鉛、有機スズ化合物等を用いるクロスカップリング反応を用いてもよい。しかし、これらに限定されるものではない。

【0093】

（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デバイスについて説明する。

【0094】

<発光デバイスの構成例>

図1（A）には、一対の電極間に発光層を含むEL層を有する発光デバイスの一例を示す。具体的には、第1の電極101と第2の電極102との間にEL層103が挟まれた構造を有する。なお、EL層103は、例えば、第1の電極101を陽極とした場合、正孔（ホール）注入層111、正孔（ホール）輸送層112、発光層113、電子輸送層114、電子注入層115が機能層として、順次積層された構造を有する。

【0095】

また、その他の発光デバイスの構造として、一対の電極間に電荷発生層を挟んで形成される複数のEL層を有する構成（タンデム構造）とすることにより低電圧駆動を可能とする発光デバイスや、一対の電極間に微小光共振器（マイクロキャビティ）構造を形成することにより光学特性を向上させた発光デバイス等も本発明の一態様に含めることとする。なお、電荷発生層は、第1の電極101と第2の電極102に電圧を印加したときに、隣り合う一方の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。

【0096】

なお、上記発光デバイスの第1の電極101と第2の電極102の少なくとも一方は、透光性を有する電極（透明電極、半透過・半反射電極など）とする。透光性を有する電極が透明電極の場合、透明電極の可視光の透過率は、40%以上とする。また、半透過・半反射電極の場合、半透過・半反射電極の可視光の反射率は、20%以上80%以下、好ましくは40%以上70%以下とする。また、これらの電極は、抵抗率が $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下とするのが好ましい。

【0097】

また、上述した本発明の一態様である発光デバイスにおいて、第1の電極101と第2の電極102の一方が、反射性を有する電極（反射電極）である場合、反射性を有する電極の可視光の反射率は、40%以上100%以下、好ましくは70%以上100%以下とする。また、この電極は、抵抗率が $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 以下とするのが好ましい。

【0098】

<第1の電極および第2の電極>

第1の電極101および第2の電極102を形成する材料としては、上述した両電極の機能が満たせるのであれば、以下に示す材料を適宜組み合わせる用いることができる。例えば、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適宜用いることができる。具体的には、 In-Sn 酸化物（ITOともいう）、 In-Si-Sn 酸化物（ITSOともいう）、 In-Zn 酸化物、 In-W-Zn 酸化物が挙げられる。その他、アルミニウム（Al）、チタン（Ti）、クロム（Cr）、マンガン（Mn）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、ニッケル（Ni）、銅（Cu）、ガリウム（Ga）、亜鉛（Zn）、インジウム（In）、スズ（Sn）、モリブデン（Mo）、タンタル（Ta）、タングステン（W）、パラジウム（Pd）、金（Au）、白金（Pt）、銀（Ag）、イットリウム（Y）、ネオジム（Nd）などの金属、およびこれらを適宜組み合わせる含む合金を用いることもできる。その他、上記例示のない元素周期表の第1族または第2族に属する元素（例えば、リチウム（Li）、セシウム（Cs）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）、ユウロピウム（Eu）、イッテルビウム（Yb）などの希土類金属およびこれらを適宜組み合わせる含む合金、その他グラフェン等を用いることができる。

10

【0099】

なお、これらの電極の作製には、スパッタ法や真空蒸着法を用いることができる。

【0100】

<正孔注入層>

正孔注入層111は、有機アクセプタ材料および正孔輸送性材料、好ましくはHOMOの深い正孔輸送性材料を含む層である。有機アクセプタ材料は、HOMOの深い正孔輸送性材料に対し、電子受容性を示す物質である。また、HOMOの深い正孔輸送性材料は、そのHOMO準位が -5.7 eV 以上 -5.4 eV 以下の比較的深いHOMO準位を有する物質である。このように正孔輸送性材料が比較的深いHOMO準位を有することによって、正孔輸送層112への正孔の注入が容易となる。

20

【0101】

有機アクセプタ材料は、電子吸引基（特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基）を有する有機化合物等を用いることができ、そのような物質の中から、上記正孔輸送性材料に対して電子受容性を示す物質を適宜選択すれば良い。このような有機化合物としては、例えば、7, 7, 8, 8-テトラシアノー-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン（略称： $\text{F}_4\text{-TCNQ}$ ）、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノー-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン（略称： HAT-CN ）、1, 3, 4, 5, 7, 8-ヘキサフルオロテトラシアノー-ナフトキノジメタン（略称： $\text{F}_6\text{-TCNNQ}$ ）、2-（7-ジシアノメチレン-1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10-オクタフルオロ-7H-ピレン-2-イリデン）マロノニトリル等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、電子吸引基（特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基）を有する〔3〕ラジアレン誘導体は、電子受容性が非常に高いため好ましく、具体的には $\alpha, \alpha', \alpha''-1, 2, 3$ -シクロプロパントリイリデントリス〔4-シアノー-2, 3, 5, 6-テトラフルオロベンゼンアセトニトリル〕、 $\alpha, \alpha', \alpha''-1, 2, 3$ -シクロプロパントリイリデントリス〔2, 6-ジクロロ-3, 5-ジフルオロ-4-（トリフルオロメチル）ベンゼンアセトニトリル〕、 $\alpha, \alpha', \alpha''-1, 2, 3$ -シクロプロパントリイリデントリス〔2, 3, 4, 5, 6-ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル〕などが挙げられる。

30

40

【0102】

上記のHOMOの深い正孔輸送性材料としては、正孔輸送性を有する正孔輸送性材料であることが好ましく、カルバゾール骨格、ジベンゾフラン骨格、ジベンゾチオフエン骨格およびアントラセン骨格のいずれかを有していることが好ましい。特に、ジベンゾフラン環またはジベンゾチオフエン環を含む置換基を有する芳香族アミン、ナフタレン環を有する

50

芳香族モノアミン、または9-フルオレニル基がアリーレン基を介してアミンの窒素に結合する芳香族モノアミンであっても良い。

【0103】

なお、上記のHOMOの深い正孔輸送性材料としては、電界強度 $[V/cm]$ の平方根が600における電子移動度が $1 \times 10^{-6} cm^2/Vs$ 以上の正孔移動度を有する物質が好ましい。なお、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いることができる。なお、これらの材料が、N, N-ビス(4-ビフェニル)アミノ基を有する物質であると、長寿命な発光デバイスを作製することができるため好ましい。

【0104】

以上のようなHOMOの深い正孔輸送性材料としては、具体的には、N-(4-ビフェニル)-6, N-ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-8-アミン (略称: BnfABP)、N, N-ビス(4-ビフェニル)-6-フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-8-アミン (略称: BBABnf)、4, 4'-ビス(6-フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-8-イル)-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: BnfBB1BP)、N, N-ビス(4-ビフェニル)ベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-6-アミン (略称: BBABnf(6))、N, N-ビス(4-ビフェニル)ベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-8-アミン (略称: BBABnf(8))、N, N-ビス(4-ビフェニル)ベンゾ [b] ナフト [2, 3-d] フラン-4-アミン (略称: BBABnf(II)(4))、N, N-ビス[4-(ジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-4-アミノ-p-ターフェニル (略称: DBfBB1TP)、N-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-N-フェニル-4-ビフェニルアミン (略称: ThBA1BP)、4-(2-ナフチル)-4', 4''-ジフェニルトリフェニルアミン (略称: BBAβNB)、4-[4-(2-ナフチル)フェニル]-4', 4''-ジフェニルトリフェニルアミン (略称: BBAβNBi)、4, 4'-ジフェニル-4''-(6; 1'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン (略称: BBAαNβNB)、4, 4'-ジフェニル-4''-(7; 1'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン (略称: BBAαNβNB-03)、4, 4'-ジフェニル-4''-(7-フェニル)ナフチル-2-イルトリフェニルアミン (略称: BBAPβNB-03)、4, 4'-ジフェニル-4''-(6; 2'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン (略称: BBA(βN2)B)、4, 4'-ジフェニル-4''-(7; 2'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン (略称: BBA(βN2)B-03)、4, 4'-ジフェニル-4''-(4; 2'-ビナフチル-1-イル)トリフェニルアミン (略称: BBAβNαNB)、4, 4'-ジフェニル-4''-(5; 2'-ビナフチル-1-イル)トリフェニルアミン (略称: BBAβNαNB-02)、4-(4-ビフェニル)-4'-(2-ナフチル)-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: TPBiAβNB)、4-(3-ビフェニル)-4'-[4-(2-ナフチル)フェニル]-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: mTPBiAβNBi)、4-(4-ビフェニル)-4'-[4-(2-ナフチル)フェニル]-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: TPBiAβNBi)、4-フェニル-4'-(1-ナフチル)トリフェニルアミン (略称: αNBA1BP)、4, 4'-ビス(1-ナフチル)トリフェニルアミン (略称: αNBB1BP)、4, 4'-ジフェニル-4''-[4'-(カルバゾール-9-イル)ビフェニル-4-イル]トリフェニルアミン (略称: YGTBi1BP)、4'-[4-(3-フェニル-9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]トリス(1, 1'-ビフェニル-4-イル)アミン (略称: YGTBi1BP-02)、4-[4'-(カルバゾール-9-イル)ビフェニル-4-イル]-4''-(2-ナフチル)-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: YGTBiβNB)、N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-N-[4-(1-ナフチル)フェニル]-9, 9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン (略称: PCBNBSF)、N, N-ビス(4-ビフェニル)-9, 9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン (略称: BBASF)、N, N-ビス(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-9, 9'-スピロビ[9H-フルオレン]-4-アミン (略称: BBASF(4))、N

- (1, 1'-ビフェニル-2-イル) - N - (9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル) - 9, 9'-スピロビ(9H-フルオレン) - 4-アミン(略称: oFBiSF)、N - (4-ビフェニル) - N - (9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル) ジベンゾフラン-4-アミン(略称: FrBiF)、N - [4-(1-ナフチル)フェニル] - N - [3-(6-フェニルジベンゾフラン-4-イル)フェニル] - 1-ナフチルアミン(略称: mPDBfBNBN)、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: BPAPLP)、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: mBPAPLP)、4-フェニル-4' - [4-(9-フェニルフルオレン-9-イル)フェニル]トリフェニルアミン(略称: BPAPLBi)、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)、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-(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)等を挙げることができる。

10

20

【0105】

なお、正孔注入層111は、公知の様々な成膜方法を用いて形成することができるが、例えば、真空蒸着法を用いて形成することができる。

【0106】

<正孔輸送層>

正孔輸送層112は、正孔注入層111によって、第1の電極101から注入された正孔を発光層113に輸送する層である。

【0107】

正孔輸送層112は、上述した正孔輸送性材料を用いることができる。また、正孔輸送層112は、積層構造を有していても良い。なお、積層構造を有する場合、発光層側の層には、電子ブロック層としての機能を持たせても良い。

30

【0108】

また、正孔注入層111に用いた正孔輸送性材料のHOMO準位と、正孔輸送層112に用いた正孔輸送性材料のHOMO準位との比較において、正孔輸送層112に用いた正孔輸送性材料のHOMO準位が、正孔注入層111に用いた正孔輸送性材料のHOMO準位よりも深く、その差が0.2eV以下になるように各々材料を選択することが好ましい。なお、両方とも同じ材料であると正孔の注入がスムーズとなるため、より好ましい。

【0109】

また、正孔輸送層112が積層構造を有する場合、正孔注入層111側に形成される正孔輸送層に用いる正孔輸送性材料のHOMO準位と、発光層113側に形成される正孔輸送層に用いる正孔輸送性材料のHOMO準位との比較において、後者のHOMO準位が前者のHOMO準位よりも深いほうが好ましい。さらに、その差が0.2eV以下になるように各々材料を選択するとよい。なお、正孔注入層111、および積層構造を有する正孔輸送層112に用いる、これらの正孔輸送性材料のHOMO準位が上記の関係を有することにより、各層への正孔注入がスムーズに行われ、駆動電圧の上昇や発光層113における正孔の過少状態を防ぐことができる。

40

【0110】

なお、正孔注入層111、および積層構造を有する正孔輸送層112に用いる正孔輸送性材料は、各々正孔輸送性骨格を有することが好ましい。当該正孔輸送性骨格としては、これらの正孔輸送性材料のHOMO準位が浅くなりすぎないカルバゾール骨格、ジベンゾフ

50

【 0 1 1 1 】

【 0 1 1 2 】

10

【 0 1 1 3 】

【 0 1 1 4 】

20

【 0 1 1 5 】

【 0 1 1 6 】

30

40

50

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:2DPAPA)、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:2DPABPhA)、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:2YGABPhA)、N,N,9-トリフェニルアントラセン-9-アミン(略称:DP hAP hA)、クマリン545T、N,N'-ジフェニルキナクリドン、(略称:DPQd)、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]エテニル}-6-メチル-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル(略称:DCM1)、2-{2-メチル-6-[2-(2,3,6,7-テトラヒドロ-1H,5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル(略称:DCM2)、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-mPhTD)、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-mPhAFD)、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-1H,5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル(略称:DCJTI)、2-{2-tert-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-1H,5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル(略称:DCJTB)、2-(2,6-ビス{2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]エテニル}-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル(略称:BisDCM)、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-1H,5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル(略称:BisDCJTM)、N,N'-ジフェニル-N,N'-(1,6-ピレン-ジイル)ビス[(6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン)-8-アミン](略称:1,6BnfAPrn-03)、3,10-ビス[N-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン(略称:3,10PCA2Nbf(IV)-02)、3,10-ビス[N-(ジベンゾフラン-3-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン(略称:3,10FrA2Nbf(IV)-02)などが挙げられる。特に、1,6FLPA Prnや1,6MMeMFLPA Prn、1,6BnfAPrn-03のようなピレンジアミン化合物に代表される縮合芳香族ジアミン化合物は、ホールトラップ性が高く、発光効率や信頼性に優れているため好ましい。

【0117】

また、発光層113のゲスト材料として用いることができる燐光発光物質としては、例えば以下のようなものが挙げられる。

【0118】

トリス{2-[5-(2-メチルフェニル)-4-(2,6-ジメチルフェニル)-4H-1,2,4-トリアゾール-3-イル-κN2]フェニル-κC}イリジウム(III)(略称:[Ir(mppztz-dmp)₃])、トリス(5-メチル-3,4-ジフェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム(III)(略称:[Ir(Mptz)₃])、トリス[4-(3-ビフェニル)-5-イソプロピル-3-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)(略称:[Ir(iPrptz-3

b) 3]) のような 4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス [3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1, 2, 4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称: [Ir (Mptz1-mp) ₃])、トリス (1-メチル-5-フェニル-3-プロピル-1H-1, 2, 4-トリアゾラト) イリジウム (III) (略称: [Ir (Prptz1-Me) ₃]) のような 1H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、fac-トリス [(1-(2, 6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール] イリジウム (III) (略称: [Ir (iPrpmi) ₃])、トリス [3-(2, 6-ジメチルフェニル)-7-メチルイミダゾ [1, 2-f] フェナントリジナト] イリジウム (III) (略称: [Ir (dm p imp t-Me) ₃]) のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス [2-(4', 6'-ジフルオロフェニル) ピリジナト-N, ²C] イリジウム (III) テトラキス (1-ピラゾリル) ボラート (略称: FIr6)、ビス [2-(4', 6'-ジフルオロフェニル) ピリジナト-N, ²C] イリジウム (III) ピコリナート (略称: FIrpic)、ビス {2-[3', 5'-ビス (トリフルオロメチル) フェニル] ピリジナト-N, C²} イリジウム (III) ピコリナート (略称: [Ir (CF₃ppy) ₂ (pic)])、ビス [2-(4', 6'-ジフルオロフェニル) ピリジナト-N, ²C'] イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: FIracac) のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。これらは青色の燐光発光を示す化合物であり、440 nm から 520 nm に発光のピークを有する化合物である。

[0119]

また、トリス (4-メチル-6-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: [Ir (mppm) ₃])、トリス (4-tert-ブチル-6-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: [Ir (tBuppm) ₃])、(アセチルアセトナト) ビス (6-メチル-4-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: [Ir (mppm) ₂ (cac)])、(アセチルアセトナト) ビス (6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: [Ir (tBuppm) ₂ (cac)])、(アセチルアセトナト) ビス [6-(2-ノルボルニル)-4-フェニルピリミジナト] イリジウム (III) (略称: [Ir (nbppm) ₂ (cac)])、(アセチルアセトナト) ビス [5-メチル-6-(2-メチルフェニル)-4-フェニルピリミジナト] イリジウム (III) (略称: [Ir (mpmppm) ₂ (cac)])、(アセチルアセトナト) ビス (4, 6-ジフェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: [Ir (dppm) ₂ (cac)]) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト) ビス (3, 5-ジメチル-2-フェニルピラジナト) イリジウム (III) (略称: [Ir (mppr-Me) ₂ (cac)])、(アセチルアセトナト) ビス (5-イソプロピル-3-メチル-2-フェニルピラジナト) イリジウム (III) (略称: [Ir (mppr-iPr) ₂ (cac)]) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス (2-フェニルピリジナト-N, C²) イリジウム (III) (略称: [Ir (ppy) ₃])、ビス (2-フェニルピリジナト-N, C²) イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: [Ir (ppy) ₂ (cac)])、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: [Ir (bzq) ₂ (cac)])、トリス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (III) (略称: [Ir (bzq) ₃])、トリス (2-フェニルキノリナト-N, C²) イリジウム (III) (略称: [Ir (pq) ₃])、ビス (2-フェニルキノリナト-N, C²) イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: [Ir (pq) ₂ (cac)]) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス (アセチルアセトナト) (モノフェナントロリン) テルビウム (III) (略称: [Tb (cac) ₃ (Phen)]) のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは主に緑色の燐光発光を示す化合物であり、500 nm ~ 600 nm に発光のピークを有する。なお、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼

10

20

30

40

50

性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

【0120】

また、(ジイソブチリルメタナト)ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト]イリジウム(III)(略称:[Ir(5mdppm)₂(dibm)])、ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト](ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(5mdppm)₂(dpm)])、ビス[4,6-ジ(ナフタレン-1-イル)ピリミジナト](ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(d1npm)₂(dpm)])のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト)ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tppr)₂(acac)])、ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tppr)₂(dpm)])、(アセチルアセトナト)ビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(III)(略称:[Ir(Fdpq)₂(acac)])のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス(1-フェニルイソキノリナト-N, C²)イリジウム(III)(略称:[Ir(piq)₃])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N, C²)イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称:[Ir(piq)₂(acac)])のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H, 23H-ポルフィリン白金(II)(略称:PtOEP)のような白金錯体や、トリス(1,3-ジフェニル-1,3-プロパンジオナト)(モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称:[Eu(DBM)₃(Phen)])、トリス[1-(2-テノイル)-3,3,3-トリフルオロアセトナト](モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称:[Eu(TTA)₃(Phen)])のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは、赤色の燐光発光を示す化合物であり、600nmから700nmに発光のピークを有する。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られる。

【0121】

また、以上で述べた以外にも公知の燐光発光物質を用いることができる。

【0122】

また、発光層113のゲスト材料として用いることができるTADF材料としては、例えば以下のようなものが挙げられる。

【0123】

フラーレン及びその誘導体、アクリジン及びその誘導体、エオシン誘導体等を用いることができる。またマグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、スズ(Sn)、白金(Pt)、インジウム(In)、もしくはパラジウム(Pd)等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示されるプロトポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(Proto IX))、メソポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(Meso IX))、ヘマトポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(Hemato IX))、コプロポルフィリンテトラメチルエステルフッ化スズ錯体(SnF₂(Copro III-4Me))、オクタエチルポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(OEP))、エチオポルフィリンフッ化スズ錯体(SnF₂(Etio I))、オクタエチルポルフィリン塩化白金錯体(PtCl₂OEP)等も挙げられる。

【0124】

10

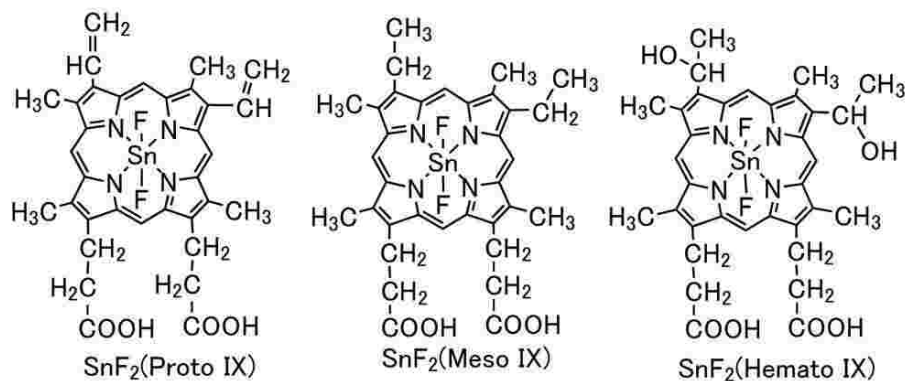
20

30

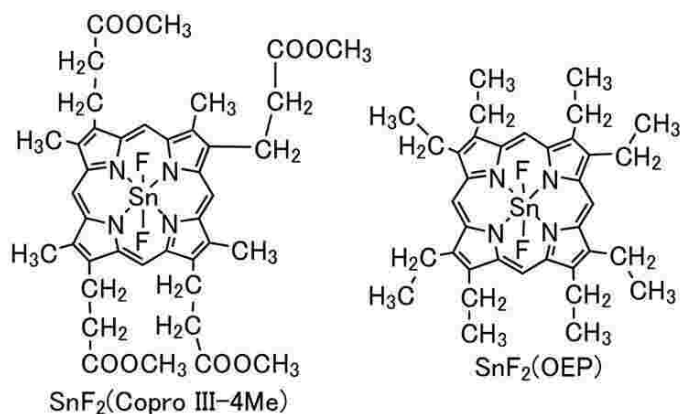
40

50

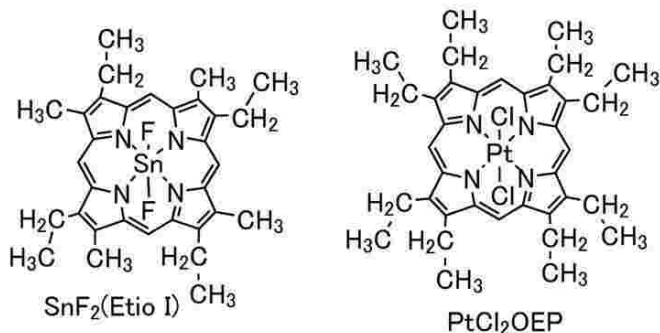
【化 2 4】



10



20



30

【0125】

その他にも、下記の構造式に示すように、2-(ビフェニル-4-イル)-4,6-ビス(12-フェニルインドロ[2,3-a]カルバゾール-11-イル)-1,3,5-トリアジン(略称:PIC-TRZ)、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)、2-[4-(10H-フェノキサジン-10-イル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-フェニル-5,10-ジヒドロフェナジン-10-イル)フェニル]-4,5-ジフェニル-1,2,4-トリアゾール(略称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-ジメチル-9H-アクリジン-10-イル)-9H-キサンテン-9-オン(略称:ACRXTN)、ビス[4-(9,9-ジメチル-9,10-ジヒドロアクリジン)フェニル]スルホン(略称:DMAC-DPS)、10-フェニル-10H,10'-H-スピロ[アクリジン-9,9'-アントラセン]-10'-オン(略称:ACRSA)、4-(9'-フェニル-3,3'-ビ-9H-カルバゾール-9-イル)ベンゾフロ[3,2-d]ピリミジン(略称:4PCCzBfpm)、4-[4-(9'-フェニル-3,3'-ビ-9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ベンゾフロ[3,2-d

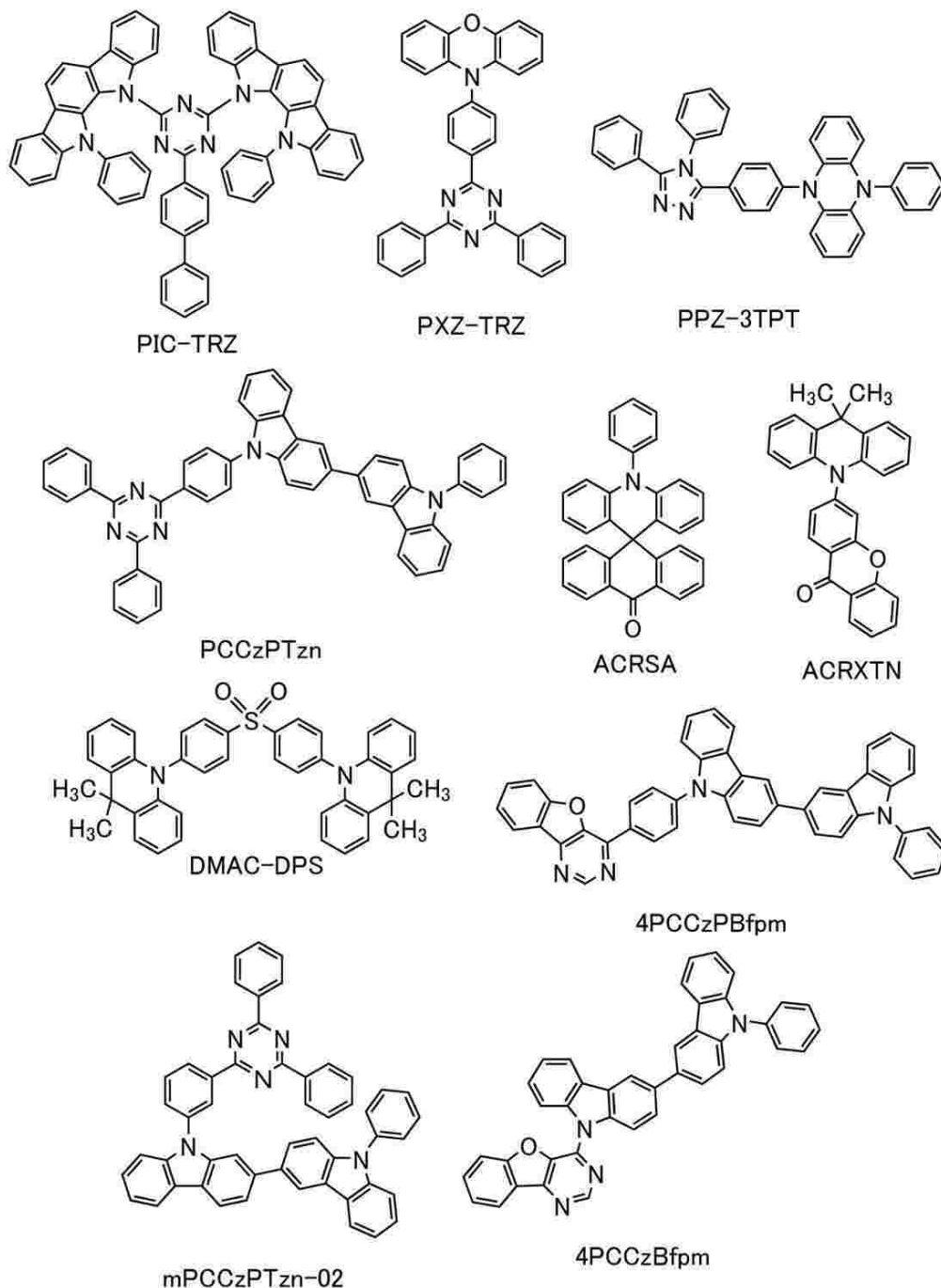
40

50

】ピリミジン（略称：4PCCzPBfpm）、9-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-9'-フェニル-2,3'-ビ-9H-カルバゾール（略称：mPCCzPTzn-02）等の π 電子過剰型複素芳香環及び π 電子不足型複素芳香環を有する複素環化合物を用いてもよい。

【0126】

【化25】



【0127】

該複素環化合物は、 π 電子過剰型複素芳香環及び π 電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が共に高く、好ましい。中でも、 π 電子不足型複素芳香環を有する骨格のうち、ピリジン骨格、ジアジン骨格（ピリミジン骨格、ピラジン骨格、ピリダジン骨格）、およびトリアジン骨格は、安定で信頼性が良好なため好ましい。特に、ベン

ゾフロピリミジン骨格、ベンゾチエノピリミジン骨格、ベンゾフロピラジン骨格、ベンゾチエノピラジン骨格はアクセプタ性が高く、信頼性が良好なため好ましい。

【0128】

また、 π 電子過剰型複素芳香環を有する骨格の中でも、アクリジン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチアジン骨格、フラン骨格、チオフエン骨格、及びピロール骨格は、安定で信頼性が良好なため、当該骨格の少なくとも一を有することが好ましい。なお、フラン骨格としてはジベンゾフラン骨格が、チオフエン骨格としてはジベンゾチオフエン骨格が、それぞれ好ましい。また、ピロール骨格としては、インドール骨格、カルバゾール骨格、インドロカルバゾール骨格、ピカルバゾール骨格、3-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール骨格が特に好ましい。

10

【0129】

なお、 π 電子過剰型複素芳香環と π 電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、 π 電子過剰型複素芳香環の電子供与性と π 電子不足型複素芳香環の電子受容性が共に強くなり、S1準位とT1準位のエネルギー差が小さくなるため、熱活性化遅延蛍光を効率よく得られることから特に好ましい。なお、 π 電子不足型複素芳香環の代わりに、シアノ基のような電子吸引基が結合した芳香環を用いても良い。また、 π 電子過剰型骨格として、芳香族アミン骨格、フェナジン骨格等を用いることができる。また、 π 電子不足型骨格として、キサンテン骨格、チオキサンテンジオキサイド骨格、オキサジアゾール骨格、トリアゾール骨格、イミダゾール骨格、アントラキノ骨格、フェニルボランやボラントレン等の含ホウ素骨格、ベンゾニトリルまたはシアノベンゼン等のニトリル基またはシアノ基を有する芳香環や複素芳香環、ベンゾフェノン等のカルボニル骨格、ホスフィンオキシド骨格、スルホン骨格等を用いることができる。

20

【0130】

このように、 π 電子不足型複素芳香環および π 電子過剰型複素芳香環の少なくとも一方の代わりに π 電子不足型骨格および π 電子過剰型骨格を用いることができる。

【0131】

なお、TADF材料とは、S1準位とT1準位との差が小さく、逆項間交差によって三重項励起エネルギーから一重項励起エネルギーへエネルギーを変換することができる機能を有する材料である。そのため、三重項励起エネルギーをわずかな熱エネルギーによって一重項励起エネルギーにアップコンバート（逆項間交差）が可能で、一重項励起状態を効率よく生成することができる。また、三重項励起エネルギーを発光に変換することができる。

30

【0132】

また、2種類の物質で励起状態を形成する励起錯体（エキサイプレックス、エキプレックスまたはExciplexともいう）は、S1準位とT1準位との差が極めて小さく、三重項励起エネルギーを一重項励起エネルギーに変換することが可能なTADF材料としての機能を有する。

【0133】

なお、T1準位の指標としては、低温（例えば77Kから10K）で観測される燐光スペクトルを用いればよい。TADF材料としては、その蛍光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをS1準位とし、燐光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをT1準位とした際に、そのS1とT1の差が0.3eV以下であることが好ましく、0.2eV以下であることがさらに好ましい。

40

【0134】

また、発光層113のゲスト材料として、TADF材料を用いる場合、ホスト材料のS1準位はTADF材料のS1準位より高い方が好ましい。また、ホスト材料のT1準位はTADF材料のT1準位より高いことが好ましい。

【0135】

次に、発光層113のホスト材料として用いることができる正孔輸送性材料としては、電界強度[V/cm]の平方根が600における電子移動度が $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上

50

の正孔移動度を有する物質が好ましく、例えば以下のようなものが挙げられる。

【0136】

4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)、N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ジフェニル-[1, 1'-ビフェニル]-4, 4'-ジアミン(略称:TPD)、4, 4'-ビス[N-(スピロ-9, 9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:BSPPB)、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:BPAPFP)、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:mBPAPFP)、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBA1BP)、4, 4'-ジフェニル-4', 4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBANB)、4, 4'-ジ(1-ナフチル)-4', 4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBNBB)、9, 9'-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]フルオレン-2-アミン(略称:PCBAF)、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]スピロ-9, 9'-ビフルオレン-2-アミン(略称:PCBASF)などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、1, 3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称:mCP)、4, 4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)、3, 6-ビス(3, 5-ジフェニルフェニル)-9-フェニルカルバゾール(略称:CzTP)、3, 3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4, 4', 4'-(ベンゼン-1, 3, 5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称:DBT3P-II)、2, 8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称:DBTFLP-II)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン(略称:DBTFLP-IV)などのチオフェン骨格を有する化合物や、4, 4', 4'-(ベンゼン-1, 3, 5-トリイル)トリ(ジベンゾフラン)(略称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン(略称:mmDBFFLBi-II)などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。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。また、上記正孔輸送性材料の例として挙げた有機化合物も用いることができる。

【0137】

また、発光層113のホスト材料として用いることができる電子輸送性材料としては、電界強度[V/cm]の平方根が600における電子移動度が $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質が好ましく、例えば以下のようなものが挙げられる。その他にも、後述する電子輸送層114に用いることができる電子輸送性材料を用いることもできる。

【0138】

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:BAIq)、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:PAD)、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: mDBTBIm-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: 2mDBTPDBq-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: 2mCzBPDBq)、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) などのジ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。

10

【0139】

20

また、発光層113のホスト材料としてTADF材料を用いる場合にも、先に挙げたものを同様に用いることができる。なお、TADF材料をホスト材料として用いると、TADF材料で生成した三重項励起エネルギーが、逆項間交差によって一重項励起エネルギーに変換され、さらに発光中心物質へエネルギー移動することで、発光素子の発光効率を高めることができる。このとき、TADF材料がエネルギードナーとして機能し、発光中心物質がエネルギーアクセプターとして機能する。従って、ホスト材料としてTADF材料を用いることは、ゲスト材料として蛍光発光物質を用いる場合に非常に有効である。また、このとき、高い発光効率を得るためには、TADF材料のS1準位は、蛍光発光物質のS1準位より高いことが好ましい。また、TADF材料のT1準位は、蛍光発光物質のS1準位より高いことが好ましい。したがって、TADF材料のT1準位は、蛍光発光物質のT1準位より高いことが好ましい。

30

【0140】

また、蛍光発光物質の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光を呈するTADF材料を用いることが好ましい。そうすることで、TADF材料から蛍光発光物質への励起エネルギーの移動がスムーズとなり、効率よく発光が得られるため、好ましい。

【0141】

また、効率よく三重項励起エネルギーから逆項間交差によって一重項励起エネルギーが生成されるためには、TADF材料でキャリア再結合が生じることが好ましい。また、TADF材料で生成した三重項励起エネルギーが蛍光発光物質の三重項励起エネルギーに移動しないことが好ましい。そのためには、蛍光発光物質は、蛍光発光物質が有する発光団(発光の原因となる骨格)の周囲に保護基を有すると好ましい。該保護基としては、 π 結合を有さない置換基が好ましく、飽和炭化水素が好ましく、具体的には炭素数3以上10以下のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数3以上10以下のシクロアルキル基、炭素数3以上10以下のトリアルキルシリル基が挙げられ、保護基が複数あるとさらに好ましい。 π 結合を有さない置換基は、キャリアを輸送する機能に乏しいため、キャリア輸送やキャリア再結合に影響をほとんど与えずに、TADF材料と蛍光発光物質の発光団との距離を遠ざけることができる。ここで、発光団とは、蛍光発光物質において発光の原因となる原子団(骨格)を指す。発光団は、 π 結合を有する骨格が好ましく、芳香環を含むことが好ましく、縮合芳香環または縮合複素芳香環を有すると好ましい。縮合芳香環または縮合複素芳香環としては、フェナントレン骨格、スチルベン骨格、アクリドン骨格、フェノ

40

50

キサジン骨格、フェノチアジン骨格等が挙げられる。特にナフタレン骨格、アントラセン骨格、フルオレン骨格、クリセン骨格、トリフェニレン骨格、テトラセン骨格、ピレン骨格、ペリレン骨格、クマリン骨格、キナクリドン骨格、ナフトビスベンゾフラン骨格を有する蛍光発光物質は蛍光量子収率が高いため好ましい。

【0142】

また、発光層113のゲスト材料として蛍光発光物質を用いる場合、ホスト材料としては、アントラセン骨格を有する材料が好適である。アントラセン骨格を有する物質を用いると、発光効率、耐久性共に良好な発光層を実現することが可能である。なお、アントラセン骨格を有する物質としては、ジフェニルアントラセン骨格、特に9, 10-ジフェニルアントラセン骨格を有する物質が化学的に安定であるため好ましい。

10

【0143】

また、ホスト材料がカルバゾール骨格を有する場合、正孔の注入・輸送性が高まるため好ましいが、カルバゾールにベンゼン環がさらに縮合したベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりもHOMOが0.1 eV程度浅くなり、正孔が入りやすくなるためより好ましい。特に、ホスト材料がジベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりもHOMOが0.1 eV程度浅くなり、正孔が入りやすくなる上に、正孔輸送性にも優れ、耐熱性も高くなるため好適である。

【0144】

したがって、アントラセン骨格である、9, 10-ジフェニルアントラセン骨格、およびカルバゾール骨格（あるいはベンゾカルバゾール骨格やジベンゾカルバゾール骨格）を両方有する物質が、ホスト材料としてより好ましい。なお、上記の正孔注入・輸送性を向上させる観点から、カルバゾール骨格に換えて、ベンゾフルオレン骨格やジベンゾフルオレン骨格を用いてもよい。このような物質の例としては、9-フェニル-3-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：PCzPA）、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：PCPN）、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：CzPA）、7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[c, g]カルバゾール（略称：cgDBCzPA）、6-[3-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-ベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン（略称：2mBnfPPA）、9-フェニル-10-{4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)ビフェニル-4'-イル}アントラセン（略称：FLPPA）、9-(1-ナフチル)-10-[4-(2-ナフチル)フェニル]アントラセン（略称： α N- β NPA nth）等が挙げられる。特に、CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPAは非常に良好な特性を示すため、好ましい。

20

30

【0145】

なお、ホスト材料は複数種の物質を混合した材料であっても良く、混合したホスト材料を用いる場合は、電子輸送性材料と、正孔輸送性材料とを混合することが好ましい。電子輸送性材料と、正孔輸送性材料を混合することによって、発光層113の輸送性を容易に調整することができ、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。正孔輸送性材料と電子輸送性材料の含有量の重量比は、正孔輸送性材料：電子輸送性材料=1：19～19：1とすればよい。

40

【0146】

なお、上記のように、ホスト材料が複数種の物質を混合してなる場合、その一部に燐光発光物質を用いることができる。燐光発光物質は、発光中心材料として蛍光発光物質を用いる際に蛍光発光物質へ励起エネルギーを供与するエネルギードナーとして用いることができる。

【0147】

また、上記のように混合された材料同士が、励起錯体を形成しても良い。この場合の材料の組み合わせとして、発光物質の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光を呈する励起錯体を形成するような組み合わせを選択することで、エネルギー移動がスム

50

ーズとなり、効率よく発光を得ることができる。また、このような構成を用いることで駆動電圧を低下させることができるため好ましい。

【0148】

なお、励起錯体を形成する材料の少なくとも一方は、燐光発光物質であってもよい。この場合、逆項間交差により三重項励起エネルギーを効率良く一重項励起エネルギーへと変換することができる。

【0149】

なお、励起錯体を形成する材料の組み合わせとしては、正孔輸送性材料のHOMO準位が電子輸送性材料のHOMO準位以上であると好ましい。また、正孔輸送性材料のLUMO準位が電子輸送性材料のLUMO準位以上であると好ましい。なお、材料のLUMO準位およびHOMO準位は、サイクリックボルタンメトリ(CV)測定によって測定される材料の電気化学特性(還元電位および酸化電位)から導出することができる。

【0150】

なお、励起錯体の形成は、例えば正孔輸送性材料の発光スペクトル、電子輸送性材料の発光スペクトル、およびこれら材料を混合した混合膜の発光スペクトルを比較し、混合膜の発光スペクトルが、各材料の発光スペクトルよりも長波長シフトする(あるいは長波長側に新たなピークを持つ)現象を観測することにより確認することができる。あるいは、正孔輸送性材料の過渡フォトルミネッセンス(PL)、電子輸送性材料の過渡PL、及びこれら材料を混合した混合膜の過渡PLを比較し、混合膜の過渡PL寿命が、各材料の過渡PL寿命よりも長寿命成分を有する、あるいは遅延成分の割合が大きくなるなどの過渡応答の違いを観測することにより、確認することができる。また、上述の過渡PLは過渡エレクトロルミネッセンス(EL)と読み替えても構わない。すなわち、正孔輸送性材料の過渡EL、電子輸送性を有する材料の過渡EL及びこれらの混合膜の過渡ELを比較し、過渡応答の違いを観測することによっても、励起錯体の形成を確認することができる。

【0151】

<電子輸送層>

電子輸送層114は、第2の電極102から注入された電子を発光層113に輸送する層であり、発光層113に接して設けられる。なお、電子輸送層114は、HOMO準位が -6.0 eV 以上の電子輸送性材料、およびアルカリ金属またはアルカリ土類金属の有機金属錯体を有する。なお、HOMO準位が -6.0 eV 以上の電子輸送性材料としては、電界強度 $[V/cm]$ の平方根が600における電子移動度が、 $1 \times 10^{-7}\text{ cm}^2/Vs$ 以上 $1 \times 10^{-5}\text{ cm}^2/Vs$ 以下であると好ましいが、 $1 \times 10^{-7}\text{ cm}^2/Vs$ 以上 $5 \times 10^{-5}\text{ cm}^2/Vs$ 以下であるとより好ましい。

【0152】

なお、HOMO準位が -6.0 eV 以上の電子輸送性材料としては、アントラセン骨格を有することが好ましく、アントラセン骨格と複素環骨格を含むことがさらに好ましい。したがって、本発明の一態様である、キノキサリン誘導体を電子輸送性材料として用いることが好ましい。その他、上記ホスト材料に用いることが可能な電子輸送性材料の一部、または上記蛍光発光物質に組み合わせてホスト材料として用いることが可能な材料として挙げたものを電子輸送層114に用いることができる。

【0153】

また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の有機金属錯体としては、リチウムの有機錯体が好ましく、特に、8-ヒドロキシキノリナトリウム(略称:Li q)が好ましい。

【0154】

また、電子輸送層114に用いる、HOMO準位が -6.0 eV 以上の電子輸送性材料の電子移動度(電界強度 $[V/cm]$ の平方根が600における電子移動度)は、発光層113に用いるホスト材料の電子移動度よりも小さいことが好ましい。電子輸送層における電子の輸送性を落とすことにより発光層への電子の注入量を制御することができ、発光層が電子過多の状態になることを防ぐことができる。

【0155】

<電子注入層>

電子注入層 115 は、第 2 の電極（陰極）102 からの電子の注入効率を高めるための層であり、第 2 の電極 102 材料の仕事関数の値と、電子注入層 115 に用いる材料の LUMO 準位の値とを比較した際、その差が小さい（0.5 eV 以下）材料を用いることが好ましい。従って、電子注入層 115 には、リチウム、セシウム、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）、8-ヒドロキシキノリナトリウム（略称：Li q）、2-（2-ピリジル）フェノラトリチウム（略称：Li PP）、2-（2-ピリジル）-3-ピリジノラトリチウム（略称：Li PP y）、4-フェニル-2-（2-ピリジル）フェノラトリチウム（略称：Li PPP）リチウム酸化物（LiO_x）、炭酸セシウム等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはこ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。

10

【0156】

また、図 1（B）に示す発光デバイスのように、2つの EL 層（103 a、103 b）の間に電荷発生層 104 を設けることにより、複数の EL 層が一对の電極間に積層された構造（タンデム構造ともいう）とすることもできる。なお、本実施の形態において図 1（A）で説明する、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）のそれぞれは、図 1（B）で説明する、正孔注入層（111 a、111 b）、正孔輸送層（112 a、112 b）、発光層（113 a、113 b）、電子輸送層（114 a、114 b）、電子注入層（115 a、115 b）のそれぞれと、機能や用いる材料は共通である。

20

【0157】

<電荷発生層>

なお、図 1（B）の発光デバイスにおける電荷発生層 104 は、第 1 の電極（陽極）101 と第 2 の電極（陰極）102 との間に電圧を印加したときに、陽極である第 1 の電極 101 側の EL 層 103 a に電子を注入し、陰極である第 2 の電極 102 側の EL 層 103 b に正孔を注入する機能を有する。なお、電荷発生層 104 は、正孔輸送性材料に電子受容体（アクセプタ）が添加された構成（P 型層）であっても、電子輸送性材料に電子供与体（ドナー）が添加された構成（N 型層）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。また、上記 P 型層と、後述する電子リレー層および電子注入バッファ層のいずれか一又は両方を組み合わせて形成されていても良い。なお、上述した材料を用いて電荷発生層 104 を形成することにより、EL 層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。

30

【0158】

電荷発生層 104 において、正孔輸送性材料に電子受容体が添加された構成（P 型層）とする場合、正孔輸送性材料としては、本実施の形態で示した材料を用いることができる。また、電子受容体としては、7, 7, 8, 8-テトラシアノー-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン（略称：F₄-TCNQ）、クロラニル等を挙げることができる。また元素周期表における第 4 族乃至第 8 族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムなどが挙げられる。

40

【0159】

また、電荷発生層 104 において、電子輸送性材料に電子供与体が添加された構成（N 型層）とする場合、電子輸送性材料としては、本実施の形態で示した材料を用いることができる。また、電子供与体としては、アルカリ金属またはアルカリ土類金属または希土類金属または元素周期表における第 2、第 13 族に属する金属およびその酸化物、炭酸塩を用いることができる。具体的には、リチウム（Li）、セシウム（Cs）、マグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、イットルビウム（Yb）、インジウム（In）、酸化リチウム、炭酸セシウムなどを用いることが好ましい。また、テトラチアナフタセンのような有機化合物を電子供与体として用いてもよい。

50

【0160】

上記で、P型層との組み合わせが好ましいとして示した電子リレー層は、電子注入バッファ層とP型層との間に設けることで、電子注入バッファ層とP型層との相互作用を防いで電子をスムーズに受け渡す機能を有する。なお、電子リレー層は、少なくとも電子輸送性材料を含み、電子リレー層に含まれる電子輸送性材料のLUMO準位は、P型層における電子受容性物質のLUMO準位と、電子注入バッファ層に含まれる物質のLUMO準位との間であることが好ましい。電子リレー層に用いられる電子輸送性材料におけるLUMO準位の具体的なエネルギー準位は -5.0 eV 以上、好ましくは -5.0 eV 以上 -3.0 eV 以下とするといよい。なお、電子リレー層に用いられる電子輸送性材料としてはフタロシアニン系の材料又は金属-酸素結合と芳香族配位子を有する金属錯体を用いることが好ましい。

10

【0161】

電子注入バッファ層には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））等の電子注入性の高い物質を用いることが可能である。

【0162】

また、電子注入バッファ層が、電子輸送性材料と電子供与性物質を含んで形成される場合には、電子供与性物質として、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））の他、テトラチアナフタセン（略称：TTN）、ニッケロセン、デカメチルニッケロセン等の有機化合物を用いることもできる。なお、電子輸送性材料としては、先に説明した電子輸送層を構成する材料と同様の材料を用いて形成することができる。

20

【0163】

なお、図1（B）では、EL層103が2層積層された構成を示したが、異なるEL層の間に電荷発生層を設けることにより3層以上のEL層の積層構造としてもよい。

【0164】

また、上記の電荷発生層は、上述した電子注入層の代わりに用いることもできる。なお、この場合には、陽極側から電子注入バッファ層、電子リレー層、P型層の順に積層されることが好ましい。

30

【0165】

<基板>

本実施の形態で示した発光デバイスは、様々な基板上に形成することができる。なお、基板の種類は、特定のものに限定されることはない。基板の一例としては、半導体基板（例えば単結晶基板又はシリコン基板）、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどが挙げられる。

40

【0166】

なお、ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどが挙げられる。また、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、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルサルフォン（PES）に代表されるプラスチック、アクリル樹脂等の合成樹脂、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、ポリアミド、ポリイミド、アラミド樹脂、エポキシ樹脂、無機蒸着フィルム、又は紙類などが挙げられる。

【0167】

50

なお、本実施の形態で示す発光デバイスの作製には、蒸着法などの真空プロセスや、スピ
ンコート法やインクジェット法などの溶液プロセスを用いることができる。蒸着法を用い
る場合には、スパッタ法、イオンプレーティング法、イオンビーム蒸着法、分子線蒸着法
、真空蒸着法などの物理蒸着法（PVD法）や、化学蒸着法（CVD法）等を用いること
ができる。特に発光デバイスのEL層に含まれる機能層（正孔注入層（111、111a
、111b）、正孔輸送層（112、112a、112b）、発光層（113、113a
、113b、113c）、電子輸送層（114、114a、114b）、電子注入層（1
15、115a、115b））、および電荷発生層（104、104a、104b）につ
いては、蒸着法（真空蒸着法等）、塗布法（ディップコート法、ダイコート法、バーコ
ート法、スピコート法、スプレーコート法等）、印刷法（インクジェット法、スクリーン
（孔版印刷）法、オフセット（平版印刷）法、フレキソ（凸版印刷）法、グラビア法、マ
イクロコンタクト法、ナノインプリント法等）などの方法により形成することができる。

【0168】

なお、本実施の形態で示す発光デバイスのEL層（103、103a、103b）を構成
する各機能層（正孔注入層（111、111a、111b）、正孔輸送層（112、11
2a、112b）、発光層（113、113a、113b、113c）、電子輸送層（1
14、114a、114b）、電子注入層（115、115a、115b））や電荷発生
層（104、104a、104b）は、上述した材料に限られることはなく、それ以外の
材料であっても各層の機能を満たせるものであれば組み合わせる用いることができる。一
例としては、高分子化合物（オリゴマー、 dendリマー、ポリマー等）、中分子化合物（
低分子と高分子の中間領域の化合物：分子量400乃至4000）、無機化合物（量子ド
ット材料等）等を用いることができる。なお、量子ドット材料としては、コロイド状量子
ドット材料、合金型量子ドット材料、コア・シェル型量子ドット材料、コア型量子ドット
材料などを用いることができる。

【0169】

以上のような構成を有する本発明の一態様の発光装置に用いられる発光デバイスは、長寿
命な発光デバイスとすることが可能である。

【0170】

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る用いることが
できるものとする。

【0171】

（実施の形態3）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置について説明する。なお、図2（A）
に示す発光装置は、第1の基板201上のトランジスタ（FET）202と発光デバイス
（203R、203G、203B、203W）が電気的に接続されてなるアクティブマト
リクス型の発光装置であり、複数の発光デバイス（203R、203G、203B、20
3W）は、共通のEL層204を有し、また、各発光デバイスの発光色に応じて、各発光
デバイスの電極間の光学距離が調整されたマイクロキャビティ構造を有する。また、EL
層204から得られた発光が第2の基板205に形成されたカラーフィルタ（206R、
206G、206B）を介して射出されるトップエミッション型の発光装置である。

【0172】

図2（A）に示す発光装置において、第1の電極207は、反射電極として機能するよう
に形成する。また、第2の電極208は、光（可視光または近赤外光）に対する透過性お
よび反射性の両機能を有する、半透過・半反射電極として機能するように形成する。なお
、第1の電極207および第2の電極208を形成する電極材料としては、他の実施形態
の記載を参照し、適宜用いることができる。

【0173】

また、図2（A）において、例えば、発光デバイス203Rを赤色発光デバイス、発光デ
バイス203Gを緑色発光デバイス、発光デバイス203Bを青色発光デバイス、発光デ
バイス203Wを白色発光デバイスとする場合、図2（B）に示すように発光デバイス2

03Rは、第1の電極207と第2の電極208との間が光学距離200Rとなるように調整し、発光デバイス203Gは、第1の電極207と第2の電極208との間が光学距離200Gとなるように調整し、発光デバイス203Bは、第1の電極207と第2の電極208との間が光学距離200Bとなるように調整する。なお、図2(B)に示すように、発光デバイス203Rにおいて導電層210Rを第1の電極207に積層し、発光デバイス203Gにおいて導電層210Gを積層することにより、光学調整を行うことができる。

【0174】

第2の基板205には、カラーフィルタ(206R、206G、206B)が形成されている。なお、カラーフィルタは、可視光のうち特定の波長域を通過させ、特定の波長域を阻止するフィルタである。従って、図2(A)に示すように、発光デバイス203Rと重なる位置に赤の波長域のみを通過させるカラーフィルタ206Rを設けることにより、発光デバイス203Rから赤色発光を得ることができる。また、発光デバイス203Gと重なる位置に緑の波長域のみを通過させるカラーフィルタ206Gを設けることにより、発光デバイス203Gから緑色発光を得ることができる。また、発光デバイス203Bと重なる位置に青の波長域のみを通過させるカラーフィルタ206Bを設けることにより、発光デバイス203Bから青色発光を得ることができる。但し、発光デバイス203Wは、カラーフィルタを設けることなく白色発光を得ることができる。なお、1種のカラーフィルタの端部には、黒色層(ブラックマトリックス)209が設けられていてもよい。さらに、カラーフィルタ(206R、206G、206B)や黒色層209は、透明な材料を用いたオーバーコート層で覆われていても良い。

【0175】

図2(A)では、第2の基板205側に発光を取り出す構造(トップエミッション型)の発光装置を示したが、図2(C)に示すようにFET202が形成されている第1の基板201側に光を取り出す構造(ボトムエミッション型)の発光装置としても良い。なお、ボトムエミッション型の発光装置の場合には、第1の電極207を半透過・半反射電極として機能するように形成し、第2の電極208を反射電極として機能するように形成する。また、第1の基板201は、少なくとも透光性の基板を用いる。また、カラーフィルタ(206R'、206G'、206B')は、図2(C)に示すように発光デバイス(203R、203G、203B)よりも第1の基板201側に設ければよい。

【0176】

また、図2(A)において、発光デバイスが、赤色発光デバイス、緑色発光デバイス、青色発光デバイス、白色発光デバイスの場合について示したが、本発明の一態様である発光デバイスはその構成に限られることはなく、黄色の発光デバイスや橙色の発光デバイスを有する構成であっても良い。なお、これらの発光デバイスを作製するためにEL層(発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、電荷発生層など)に用いる材料としては、他の実施形態の記載を参照し、適宜用いればよい。なお、その場合には、また、発光デバイスの発光色に応じてカラーフィルタを適宜選択する必要がある。

【0177】

以上のような構成とすることにより、複数の発光色を呈する発光デバイスを備えた発光装置を得ることができる。

【0178】

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。

【0179】

(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。

【0180】

本発明の一態様である発光デバイスを適用することで、アクティブマトリクス型の発光装置やパッシブマトリクス型の発光装置を作製することができる。なお、アクティブマトリ

クス型の発光装置は、発光デバイスとトランジスタ（FET）とを組み合わせた構成を有する。従って、パッシブマトリクス型の発光装置、アクティブマトリクス型の発光装置は、いずれも本発明の一態様に含まれる。なお、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デバイスを適用することが可能である。

【0181】

本実施の形態では、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。

【0182】

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、第1の基板301上に設けられた画素部302、駆動回路部（ソース線駆動回路）303と、駆動回路部（ゲート線駆動回路）（304a、304b）を有する。画素部302および駆動回路部（303、304a、304b）は、シール材305によって、第1の基板301と第2の基板306との間に封止される。

10

【0183】

また、第1の基板301上には、引き回し配線307が設けられる。引き回し配線307は、外部入力端子であるFPC308と電氣的に接続される。なお、FPC308は、駆動回路部（303、304a、304b）に外部からの信号（例えば、ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等）や電位を伝達する。また、FPC308にはプリント配線基板（PWB）が取り付けられていても良い。なお、これらFPCやPWBが取り付けられた状態は、発光装置に含まれる。

20

【0184】

次に、図3（B）に断面構造を示す。

【0185】

画素部302は、FET（スイッチング用FET）311、FET（電流制御用FET）312、およびFET312と電氣的に接続された第1の電極313を有する複数の画素により形成される。なお、各画素が有するFETの数は、特に限定されることはなく、必要に応じて適宜設けることができる。

【0186】

FET309、310、311、312は、特に限定されることはなく、例えば、スタガ型や逆スタガ型などのトランジスタを適用することができる。また、トップゲート型やボトムゲート型などのトランジスタ構造であってもよい。

30

【0187】

なお、これらのFET309、310、311、312に用いることのできる半導体の結晶性については特に限定されず、非晶質半導体、結晶性を有する半導体（微結晶半導体、多結晶半導体、単結晶半導体、又は一部に結晶領域を有する半導体）のいずれを用いてもよい。なお、結晶性を有する半導体を用いることで、トランジスタ特性の劣化を抑制することができるため好ましい。

【0188】

また、これらの半導体としては、例えば、第14族の元素、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体などを用いることができる。代表的には、シリコンを含む半導体、ガリウムヒ素を含む半導体、インジウムを含む酸化物半導体などを適用することができる。

40

【0189】

駆動回路部303は、FET309とFET310とを有する。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、外部に駆動回路を有する構成としても良い。

【0190】

第1の電極313の端部は、絶縁物314により覆われている。なお、絶縁物314には、ネガ型の感光性樹脂や、ポジ型の感光性樹脂（アクリル樹脂）などの有機化合物や、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン等の無機化合物を用いることができる。絶

50

縁物 3 1 4 の上端部または下端部には、曲率を有する曲面を有するのが好ましい。これにより、絶縁物 3 1 4 の上層に形成される膜の被覆性を良好なものとすることができる。

【0191】

第1の電極 3 1 3 上には、E L 層 3 1 5 及び第2の電極 3 1 6 が積層形成される。E L 層 3 1 5 は、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、電荷発生層等を有する。

【0192】

なお、本実施の形態で示す発光デバイス 3 1 7 の構成は、他の実施の形態で説明した構成や材料を適用することができる。なお、ここでは図示しないが、第2の電極 3 1 6 は外部入力端子である F P C 3 0 8 に電氣的に接続されている。

【0193】

また、図3 (B) に示す断面図では発光デバイス 3 1 7 を1つのみ図示しているが、画素部 3 0 2 において、複数の発光デバイスがマトリクス状に配置されているものとする。画素部 3 0 2 には、3種類 (R、G、B) の発光が得られる発光デバイスをそれぞれ選択的に形成し、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。また、3種類 (R、G、B) の発光が得られる発光デバイスの他に、例えば、ホワイト (W)、イエロー (Y)、マゼンタ (M)、シアン (C) 等の発光が得られる発光デバイスを形成してもよい。例えば、3種類 (R、G、B) の発光が得られる発光デバイスに上述の数種類の発光が得られる発光デバイスを追加することにより、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。また、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表示可能な発光装置としてもよい。なお、カラーフィルタの種類としては、赤 (R)、緑 (G)、青 (B)、シアン (C)、マゼンタ (M)、イエロー (Y) 等を用いることができる。

【0194】

第1の基板 3 0 1 上の F E T (3 0 9、3 1 0、3 1 1、3 1 2) や、発光デバイス 3 1 7 は、第2の基板 3 0 6 と第1の基板 3 0 1 とをシール材 3 0 5 により貼り合わせることで、第1の基板 3 0 1、第2の基板 3 0 6、およびシール材 3 0 5 で囲まれた空間 3 1 8 に備えられた構造を有する。なお、空間 3 1 8 には、不活性気体 (窒素やアルゴン等) や有機物 (シール材 3 0 5 を含む) で充填されていてもよい。

【0195】

シール材 3 0 5 には、エポキシ樹脂やガラスフリットを用いることができる。なお、シール材 3 0 5 には、できるだけ水分や酸素を透過しない材料を用いることが好ましい。また、第2の基板 3 0 6 は、第1の基板 3 0 1 に用いることができるものを同様に用いることができる。従って、他の実施形態で説明した様々な基板を適宜用いることができるものとする。基板としてガラス基板や石英基板の他、FRP (F i b e r - R e i n f o r c e d P l a s t i c s)、P V F (ポリビニルフロライド)、ポリエステルまたはアクリル樹脂等からなるプラスチック基板を用いることができる。シール材としてガラスフリットを用いる場合には、接着性の観点から第1の基板 3 0 1 及び第2の基板 3 0 6 はガラス基板であることが好ましい。

【0196】

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。

【0197】

また、アクティブマトリクス型の発光装置を可撓性基板に形成する場合、可撓性基板上に F E T と発光デバイスとを直接形成しても良いが、剥離層を有する別の基板に F E T と発光デバイスを形成した後、熱、力、レーザ照射などを与えることにより F E T と発光デバイスを剥離層で剥離し、さらに可撓性基板に転載して作製しても良い。なお、剥離層としては、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や、ポリイミド等の有機樹脂膜等を用いることができる。また可撓性基板としては、トランジスタ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、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)

10

20

30

40

50

などを含む)、皮革基板、又はゴム基板などが挙げられる。これらの基板を用いることにより、耐久性や耐熱性に優れ、軽量化および薄型化を図ることができる。

【0198】

また、アクティブマトリクス型の発光装置が有する発光デバイスの駆動は、発光デバイスをパルス状(例えば、kHz、MHz等の周波数を用いる)に発光させ、表示に用いる構成としても良い。上記有機化合物を用いて形成される発光デバイスは、優れた周波数特性を備えるため、発光デバイスを駆動する時間を短縮し、消費電力を低減することができる。また、駆動時間の短縮に伴い発熱が抑制されるため、発光デバイスの劣化を軽減することも可能である。

【0199】

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。

【0200】

(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デバイス、本発明の一態様である発光デバイスを有す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。なお、発光装置は、本実施の形態で説明する電子機器において、主に表示部に適用することができる。

【0201】

図4(A)乃至図4(E)に示す電子機器は、筐体7000、表示部7001、スピーカ7003、LEDランプ7004、操作キー7005(電源スイッチ、又は操作スイッチを含む)、接続端子7006、センサ7007(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7008、等を有することができる。

【0202】

図4(A)はモバイルコンピュータであり、上述したものの他に、スイッチ7009、赤外線ポート7010、等を有することができる。

【0203】

図4(B)は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置(たとえば、DVD再生装置)であり、上述したものの他に、第2表示部7002、記録媒体読込部7011、等を有することができる。

【0204】

図4(C)はテレビ受像機能付きデジタルカメラであり、上述したものの他に、アンテナ7014、シャッターボタン7015、受像部7016、等を有することができる。

【0205】

図4(D)は携帯情報端末である。携帯情報端末は、表示部7001の3面以上に情報を表示する機能を有する。ここでは、情報7052、情報7053、情報7054がそれぞれ異なる面に表示されている例を示す。例えば使用者は、洋服の胸ポケットに携帯情報端末を収納した状態で、携帯情報端末の上方から観察できる位置に表示された情報7053を確認することもできる。使用者は、携帯情報端末をポケットから取り出すことなく表示を確認し、例えば電話を受けるか否かを判断できる。

【0206】

図4(E)は携帯情報端末(スマートフォンを含む)であり、筐体7000に、表示部7001、操作キー7005、等を有することができる。なお、携帯情報端末は、スピーカ7003、接続端子7006、センサ7007等を設けてもよい。また、携帯情報端末は、文字や画像情報をその複数の面に表示することができる。ここでは3つのアイコン7050を表示した例を示している。また、破線の矩形で示す情報7051を表示部7001の他の面に表示することもできる。情報7051の一例としては、電子メール、SNS、電話などの着信の通知、電子メールやSNSなどの題名、送信者名、日時、時刻、バッテ

10

20

30

40

50

リーの残量、アンテナ受信の強度などがある。または、情報 7051 が表示されている位置にはアイコン 7050 などを表示してもよい。

【0207】

図 4 (F) は、大型のテレビジョン装置（テレビ、又はテレビジョン受信機ともいう）であり、筐体 7000、表示部 7001、等を有することができる。また、ここでは、スタンド 7018 により筐体 7000 を支持した構成を示している。また、テレビジョン装置の操作は、別体のリモコン操作機 7111、等により行うことができる。なお、表示部 7001 にタッチセンサを備えていてもよく、指等で表示部 7001 に触れることで操作してもよい。リモコン操作機 7111 は、当該リモコン操作機 7111 から出力する情報を表示する表示部を有していてもよい。リモコン操作機 7111 が備える操作キーまたはタッチパネルにより、チャンネル及び音量の操作を行うことができ、表示部 7001 に表示される画像を操作することができる。

【0208】

図 4 (A) 乃至図 4 (F) に示す電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、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。さらに、複数の表示部を有する電子機器においては、一つの表示部を主として画像情報を表示し、別の一つの表示部を主として文字情報を表示する機能、または、複数の表示部に視差を考慮した画像を表示することで立体的な画像を表示する機能、等を有することができる。さらに、受像部を有する電子機器においては、静止画を撮影する機能、動画を撮影する機能、撮影した画像を自動または手動で補正する機能、撮影した画像を記録媒体（外部又はカメラに内蔵）に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等を有することができる。なお、図 4 (A) 乃至図 4 (F) に示す電子機器が有することのできる機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。

【0209】

図 4 (G) は、腕時計型の携帯情報端末であり、例えばスマートウォッチとして用いることができる。この腕時計型の携帯情報端末は、筐体 7000、表示部 7001、操作ボタン 7022、7023、接続端子 7024、バンド 7025、マイクロフォン 7026、センサ 7029、スピーカ 7030 等を有している。表示部 7001 は、表示面が湾曲しており、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。また、この携帯情報端末は、例えば無線通信可能なヘッドセットとの相互通信によりハンズフリーでの通話が可能である。なお、接続端子 7024 により、他の情報端末と相互にデータ伝送を行うことや、充電を行うこともできる。充電動作は無線給電により行うこともできる。

【0210】

ベゼル部分を兼ねる筐体 7000 に搭載された表示部 7001 は、非矩形状の表示領域を有している。表示部 7001 は、時刻を表すアイコン、その他のアイコン等を表示することができる。また、表示部 7001 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。

【0211】

なお、図 4 (G) 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。

【0212】

また、筐体7000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。

【0213】

なお、本発明の一態様である発光装置は、本実施の形態に示す電子機器の各表示部に用いることができ、長寿命な電子機器を実現できる。

【0214】

また、発光装置を適用した電子機器として、図5（A）乃至（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5（A）には、展開した状態の携帯情報端末9310を示す。また、図5（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5（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。

【0215】

表示部9311はヒンジ9313によって連結された3つの筐体9315に支持されている。なお、表示部9311は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。また、表示部9311は、ヒンジ9313を介して2つの筐体9315間を屈曲させることにより、携帯情報端末9310を展開した状態から折りたたんだ状態に可逆的に変形させることができる。なお、本発明の一態様の発光装置は、表示部9311に用いることができる。また、長寿命な電子機器を実現できる。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。

【0216】

また、発光装置を適用した自動車について、図6（A）（B）に示す。すなわち、発光装置を、自動車と一体にして設けることができる。具体的には、図6（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6（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、フロントガラス5109等に適用することができる。その他のガラス窓の一部に適用してもよい。

【0217】

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た電子機器や自動車を得ることができる。なお、その場合には、長寿命な電子機器を実現できる。また、適用できる電子機器や自動車は、本実施の形態に示したものに限らず、あらゆる分野において適用することが可能である。

【0218】

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。

【0219】

（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装置、またはその一部である発光デバイスを適用して作製される照明装置の構成について図7を用いて説明する。

【0220】

図7（A）、（B）は、照明装置の断面図の一例を示す。なお、図7（A）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7（B）は、封止基板側に光を取

10

20

30

40

50

り出すトップエミッション型の照明装置である。

【0221】

図7（A）に示す照明装置4000は、基板4001上に発光デバイス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。発光デバイス4002は、第1の電極4004と、EL層4005と、第2の電極4006を有する。

【0222】

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

10

【0223】

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と発光デバイス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7（A）のような凹凸を有するため、発光デバイス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。

【0224】

図7（B）の照明装置4200は、基板4201上に発光デバイス4202を有する。発光デバイス4202は第1の電極4204と、EL層4205と、第2の電極4206とを有する。

【0225】

20

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

【0226】

基板4201と凹凸のある封止基板4211は、シール材4212で接着されている。また、封止基板4211と発光デバイス4202の間にバリア膜4213および平坦化膜4214を設けてもよい。なお、封止基板4211は、図7（B）のような凹凸を有するため、発光デバイス4202で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。

【0227】

30

また、これらの照明装置の応用例としては、室内の照明用であるシーリングライトが挙げられる。シーリングライトには、天井直付型や天井埋め込み型等がある。なお、このような照明装置は、発光装置を筐体やカバーと組み合わせることにより構成される。

【0228】

その他にも床面に灯りを照射し、足元の安全性を高めることができる足元灯などへの応用も可能である。足元灯は、例えば、寝室や階段や通路などに使用するのが有効である。その場合、部屋の広さや構造に応じて適宜サイズや形状を変えることができる。また、発光装置と支持台とを組み合わせる構成される据え置き型の照明装置とすることも可能である。

【0229】

また、シート状の照明装置（シート状照明）として応用することも可能である。シート状照明は、壁面に張り付けて使用するため、場所を取らず幅広い用途に用いることができる。なお、大面積化も容易である。なお、曲面を有する壁面や筐体に用いることもできる。

40

【0230】

なお、上記以外にも室内に備えられた家具の一部に本発明の一態様である発光装置、またはその一部である発光デバイスを適用し、家具としての機能を備えた照明装置とすることができる。

【0231】

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。

【0232】

50

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。

【実施例 1】

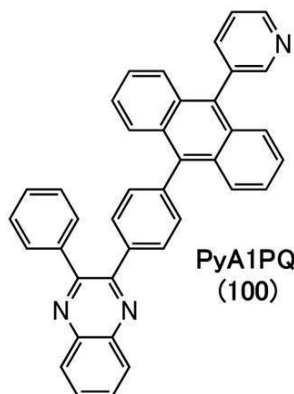
【0233】

《合成例 1》

本実施例では、実施の形態 1 の構造式 (100) で表される本発明の一態様である有機化合物、2-フェニル-3-{4-[10-(3-ピリジル)-9-アントリル]フェニル}キノキサリン (略称: PyA1PQ) の合成方法について説明する。なお、PyA1PQ の構造を以下に示す。

【0234】

【化 26】



【0235】

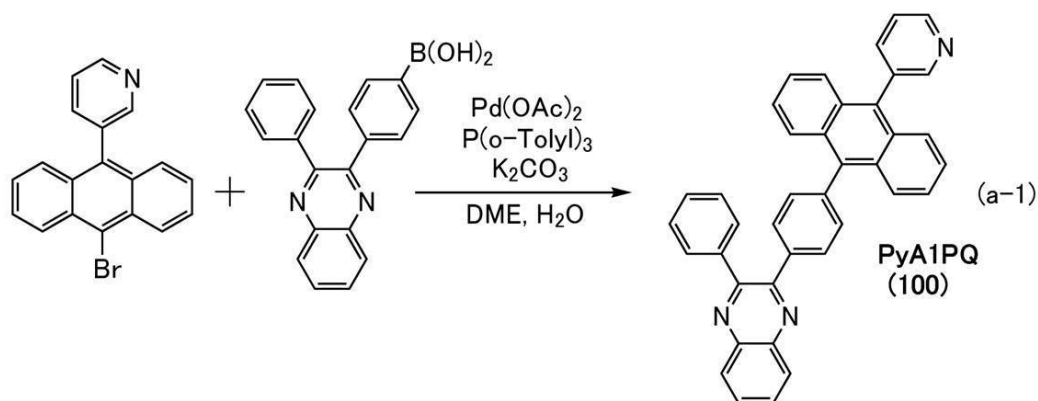
50 mL 3口フラスコに3-(10-ブロモ-9-アントリル)ピリジン0.74 g (2.2 mmol)、トリ(オルト-トリル)ホスフィン0.26 g (0.85 mmol)、4-(3-フェニルキノキサリン-2-イル)フェニルボロン酸0.73 g (2.3 mmol)、炭酸カリウム水溶液1.3 g (9.0 mmol)、エチレングリコールジメチルエーテル(DME)40 mL、水4.4 mLを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌することで脱気し、フラスコ内を窒素置換した。

【0236】

このフラスコ内の混合物に酢酸パラジウム(II)65 mg (0.29 mmol)を加え、窒素気流下、80℃で11時間攪拌した。攪拌後、フラスコ内の混合物に水を加え、トルエンで抽出した。得られた抽出溶液を飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムで乾燥した。これを自然濾過し、濾液を濃縮して、油状物を得た。得られた油状物を、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(クロロホルム)と(トルエン:酢酸エチル=5:1)で2回精製し、さらにトルエン/ヘキサンで再結晶し、目的物の黄色固体を収量0.43 g、収率36%で得た。合成スキームを下記式(a-1)に示す。

【0237】

【化 27】



10

【0238】

得られた黄色固体 0.44 g を、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力 10 Pa、アルゴン流量 5.0 mL/min、260℃とし、18 時間の加熱条件で行った。昇華精製後、目的物の黄色固体を 0.35 g、回収率 79% で得た。

20

【0239】

なお、上記反応で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図 8 に示す。この結果から、本実施例において、上述の構造式 (100) で表される本発明の一態様である有機化合物、PyA1PQ が得られたことがわかった。

【0240】

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz) : $\delta = 7.37 - 7.50$ (m, 9H), 7.56 - 7.78 (m, 9H), 7.82 - 7.86 (m, 3H), 8.24 - 8.30 (m, 2H), 8.75 (dd, $J = 1.8 \text{ Hz}$, 0.9 Hz , 1H), 8.84 (dd, $J = 4.8 \text{ Hz}$, 1.8 Hz , 1H)。

30

【0241】

《PyA1PQ の物性について》

次に、PyA1PQ 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。

【0242】

PyA1PQ のトルエン溶液中の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-550）を用いた。また、トルエン溶液中の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。なお、トルエン溶液中の吸収スペクトルは、石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた PyA1PQ の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 9 に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

40

【0243】

図 9 の結果より、PyA1PQ のトルエン溶液では、397 nm、376 nm、358 nm 付近に吸収ピークが見られ、446 nm 付近（励起波長 397 nm）に発光波長のピークが見られた。

【0244】

また、PyA1PQ の固体薄膜は、石英基板上に真空蒸着法にて作製したものを用いた。固体薄膜の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-

50

550)を用いた。また、固体薄膜の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。なお、固体薄膜の吸収スペクトルは、石英基板の吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られたPyA1PQの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10に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

【0245】

図10の結果より、PyA1PQの固体薄膜では、404nm、382nm、363nm付近に吸収ピークが見られ、457nm付近(励起波長394nm)に発光波長のピークが見られた。

【0246】

この結果、PyA1PQは青色に発光することがわかった。本発明の一態様である有機化合物、PyA1PQは、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能である。

【0247】

次に、PyA1PQ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。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)アルドリッチ製、99.8%、カタログ番号;22705-6)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($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$)((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。

【0248】

作用電極として白金電極(ビー・エー・エス(株)製、PTE白金電極)、補助電極として白金電極(ビー・エー・エス(株)製、VC-3用Ptカウンター電極(5cm))、参照電極として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℃以上25℃以下)で行った。

【0249】

この時、CV測定時のスキャン速度を0.1V/sec.とし、参照電極に対する酸化電位E_a[V]および還元電位E_c[V]をそれぞれ測定した。また、E_aを酸化-還元波の中間電位とし、E_cを還元-酸化波の中間電位とした。本実施例で用いる参照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]であるため、HOMO準位[eV](=-4.94-E_a)、およびLUMO準位[eV](=-4.94-E_c)がそれぞれ求まる。

【0250】

この結果、PyA1PQのHOMO準位は-5.91eV、LUMO準位は-3.00eVであることがわかった。

【実施例2】

【0251】

本実施例では、本発明の一態様である発光デバイスとして、実施例1で説明した2-フェニル-3-{4-[10-(3-ピリジル)-9-アントリル]フェニル}キノキサリン(略称:PyA1PQ)(構造式(100))を電子輸送層に用いた発光デバイス1、比較のための発光デバイスとして、2,3-ビス[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]キノキサリン(略称:PAPQ)を電子輸送層に用いた比較発光デバイス2、および比較のための発光デバイスとして、2-フェニル-3-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]キノキサリン(略称:PA1PQ)を電子輸送層に用いた比較発光デバイス3について、素子構造、作製方法およびその特性について説明する。なお、本実施例で用いる発光デバイスの素子構造を図11に示し、具体的な構成について表1に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【0252】

10

20

30

40

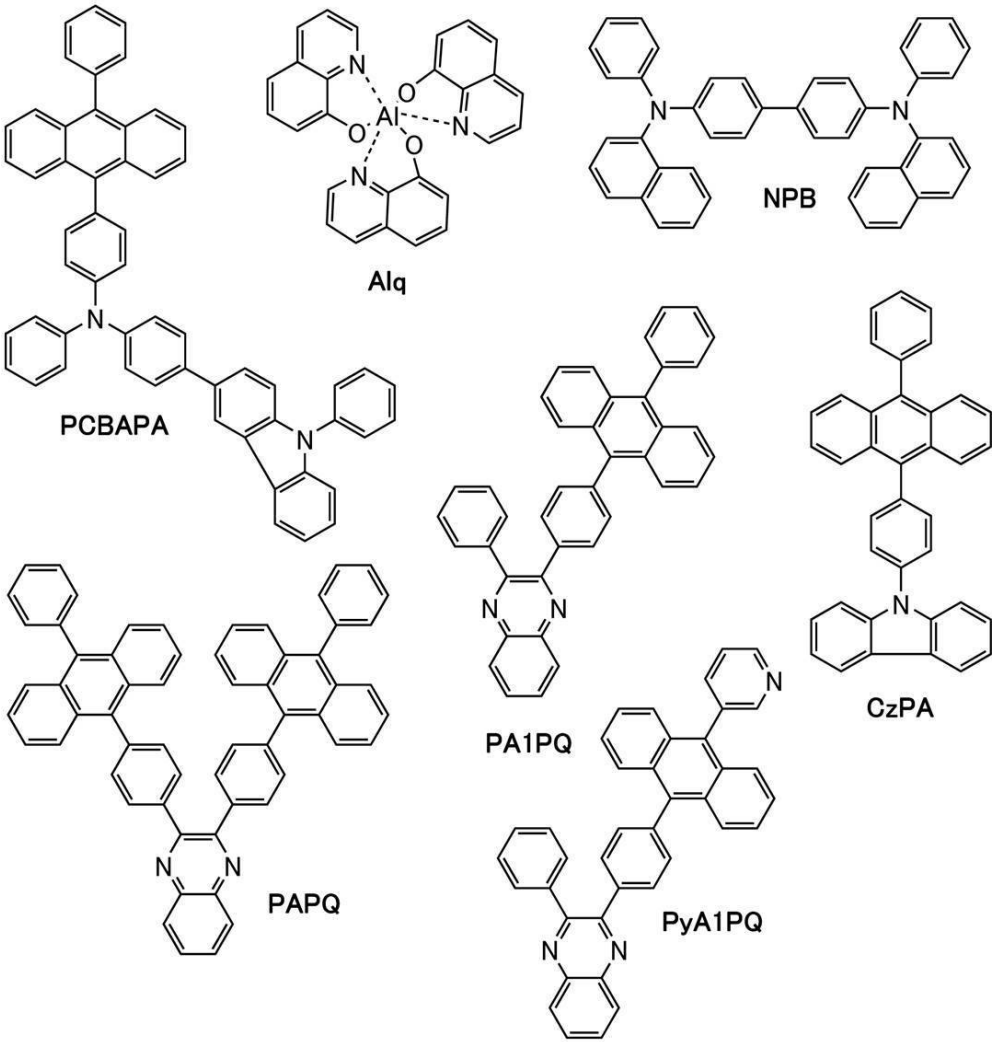
50

【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
	901	911	912	913	914		915	903
発光 デバイス 1	ITO (110nm)	NPB:MoO _x (4:1 50nm)	NPB (10nm)	*	Alq (10nm)	PyA1PQ (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較発光 デバイス 2						PAPQ (20nm)		
比較発光 デバイス 3						PA1PQ (20nm)		

* CzPA:PCBAPA (1:0.1 30nm)

【 0 2 5 3 】
【化 2 8 】



【 0 2 5 4 】

＜発光デバイスの作製＞

本実施例で示す発光デバイスは、図 11 に示すように基板 900 上に形成された第 1 の電極 901 上に 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 が順次積層され、電子注入層 915 上に第 2 の電極 903 が積層された構造を有する。

【0255】

まず、基板 900 上に第 1 の電極 901 を形成した。電極面積は、 4 mm^2 ($2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$) とした。また、基板 900 には、ガラス基板を用いた。また、第 1 の電極 901 は、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、 110 nm の膜厚で成膜して形成した。

10

【0256】

ここで、前処理として、基板の表面を水で洗浄し、 200°C で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。その後、 $1 \times 10^{-4}\text{ Pa}$ 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、 170°C で 30 分間の真空焼成を行った後、基板を 30 分程度放冷した。

【0257】

次に、第 1 の電極 901 上に正孔注入層 911 を形成した。正孔注入層 911 は、真空蒸着装置内を $1 \times 10^{-4}\text{ Pa}$ に減圧した後、4,4'-ビス [N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ] ビフェニル (略称: NPB) と酸化モリブデンとを、NPB:酸化モリブデン = 4:1 (質量比) とし、膜厚が 50 nm となるように共蒸着して形成した。

20

【0258】

次に、正孔注入層 911 上に正孔輸送層 912 を形成した。正孔輸送層 912 は、NPB を用い、膜厚が 10 nm になるように蒸着して形成した。

【0259】

次に、正孔輸送層 912 上に発光層 913 を形成した。

【0260】

発光層 913 は、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: CzPA) と、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: PCBA PA) とを用い、重量比が CzPA:PCBA PA = 1:0.1 となるように共蒸着した。なお、膜厚は、 30 nm とした。

30

【0261】

次に、発光層 913 上に電子輸送層 914 を形成した。電子輸送層 914 の形成には、抵抗加熱による蒸着法を用いた。

【0262】

発光デバイス 1 の場合は、トリス (8-キノリノラト) アルミニウム (IEI) (略称: Alq) を 10 nm 、その上に PyAlPQ を 20 nm の膜厚となるように順次蒸着して形成した。また、比較発光デバイス 2 の場合は、Alq を 10 nm 、その上に PAPQ を 20 nm の膜厚となるように順次蒸着して形成した。また、比較発光デバイス 3 の場合は、Alq を 10 nm 、その上に PA1PQ を 20 nm の膜厚となるように順次蒸着して形成した。

40

【0263】

次に、電子輸送層 914 上に電子注入層 915 を形成した。電子注入層 915 は、フッ化リチウム (LiF) を用い、膜厚が 1 nm になるように蒸着して形成した。

【0264】

次に、電子注入層 915 上に第 2 の電極 903 を形成した。第 2 の電極 903 は、アルミニウムを蒸着法により、膜厚が 200 nm となるように形成した。なお、本実施例において、第 2 の電極 903 は、陰極として機能する。

【0265】

以上の工程により、基板 900 上に一対の電極間に EL 層を挟んでなる発光デバイスを形

50

成した。なお、上記工程で説明した正孔注入層 9 1 1、正孔輸送層 9 1 2、発光層 9 1 3、電子輸送層 9 1 4、電子注入層 9 1 5 は、本発明の一態様における E L 層を構成する機能層である。また、上述した作製方法における蒸着工程では、全て抵抗加熱法による蒸着法を用いた。

【0266】

また、上記に示すように作製した発光デバイスは、別の基板（図示せず）により封止される。なお、別の基板（図示せず）を用いた封止の際は、窒素雰囲気グローブボックス内において、紫外光により固化するシール剤を塗布した別の基板（図示せず）を基板 9 0 0 上に固定し、基板 9 0 0 上に形成された発光デバイスの周囲にシール剤が付着するよう基板同士を接着させた。封止時には 3 6 5 nm の紫外光を $6 \text{ J} / \text{cm}^2$ 照射しシール剤を固化し、8 0 °C にて 1 時間熱処理することによりシール剤を安定化させた。

【0267】

＜発光デバイスの動作特性＞

作製した各発光デバイスの動作特性について測定した。なお、測定は室温（2 5 °C に保たれた雰囲気）で行った。また、各発光デバイスの動作特性の結果として電流密度－輝度特性を図 1 2、電圧－輝度特性を図 1 3、輝度－電流効率特性を図 1 4、電圧－電流特性を図 1 5 にそれぞれ示す。

【0268】

また、 $1000 \text{ cd} / \text{m}^2$ 付近における各発光デバイスの主な初期特性値を以下の表 2 に示す。

【0269】

【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 デバイス 1	3.8	0.75	19	(0.16,0.24)	950	5.1	4.2	3.0
比較発光 デバイス 2	6.6	2.3	58	(0.16,0.25)	1000	1.8	0.84	0.98
比較発光 デバイス 3	6.8	2.8	71	(0.14,0.27)	960	1.4	0.63	0.73

【0270】

また、各発光デバイスに $25 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図 1 6 に示す。図 1 6 に示す通り、各発光デバイスの発光スペクトルは、4 7 0 nm 付近にピークを有しており、いずれも発光層 9 1 3 に含まれる、P C B A P A の発光に由来していることが示唆される。

【0271】

図 1 2 乃至図 1 5 及び表 2 に示す結果より、P y A 1 P Q を用いた本発明の一態様である発光デバイス 1 は、比較発光デバイス 2 及び比較発光デバイス 3 よりも電流－電圧特性、パワー効率、および発光効率の良好な発光デバイスであることがわかった。

【0272】

また、輝度 $1000 \text{ cd} / \text{m}^2$ における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図 1 7 に示す。図 1 7 で示すように、本発明一態様である発光デバイス 1 は、駆動時間の蓄積に伴う輝度低下が小さく、寿命の良好な発光デバイスであることがわかった。

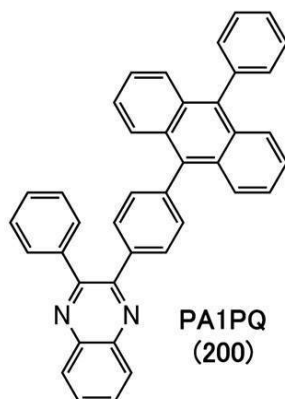
【0273】

（参考合成例）

本参考合成例では、実施例 2 の比較発光デバイス 3 に用いた下記構造式で表される有機化合物、2-フェニル-3-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]キノキサリン（略称：PA1PQ）（構造式（200））の合成例を具体的に説明する。

【0274】

【化29】



10

【0275】

100 mL ナスフラスコに 9-ブロモ-10-フェニルアントラセン 1.0 g (3.0 mmol)、トリ(オルトトリル)ホスフィン 0.21 g (0.70 mmol)、4-(3-フェニルキノキサリン-2-イル)フェニルボロン酸 1.0 g (3.0 mmol)、炭酸カリウム 0.85 g (6.2 mmol)、エチレングリコールジメチルエーテル (DME) 30 mL、水 3.0 mL を加えた。

20

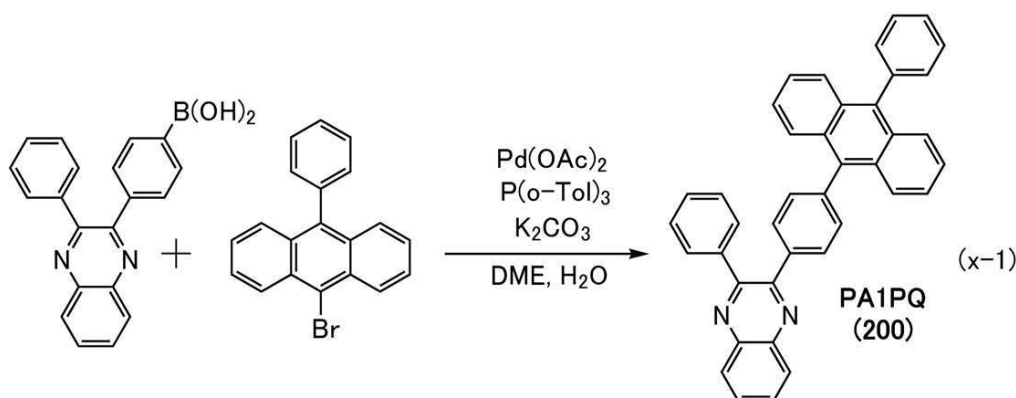
【0276】

このフラスコ内を減圧し、この混合物を攪拌した後、内部を窒素で置換した。この混合物に、酢酸パラジウム (II) 62 mg (0.27 mmol) を加え、窒素気流下 100 °C で 14 時間還流した。還流後、フラスコ内の混合物に水を加えた後、トルエンで抽出した。得られた抽出溶液を飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムで乾燥させた。これを自然濾過し、濾液を濃縮して固体を得た。得られた固体にトルエン溶液を加え、セライト、フロリジール、アルミナで吸引濾過し、濾液を濃縮させた。これをシリカゲルカラムクロマトグラフィー (トルエン) で精製し、さらにトルエン/ヘキサンで再結晶し、目的物の淡黄色固体を収量 0.91 g、収率 56 % で得た。合成スキームを下記式 (x-1) に示す。

30

【0277】

【化30】



40

50

【0278】

得られた淡黄色固体0.79 gを、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力10 Pa、アルゴン流量5.0 mL/min、240℃とし、16時間の加熱条件で行った。昇華精製後、目的物の淡黄色固体を0.79 g、回収率88%で得た。

【0279】

なお、上記反応で得られた淡黄色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図18に示す。この結果から、上述の構造式(200)で表されるPA1PQが得られたことがわかった。

【0280】

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl₃, 300 MHz) : δ = 7.31–7.40 (m, 4H), 7.43–7.77 (m, 18H), 7.81–7.87 (m, 2H), 8.24–8.30 (m, 2H)。

【実施例3】

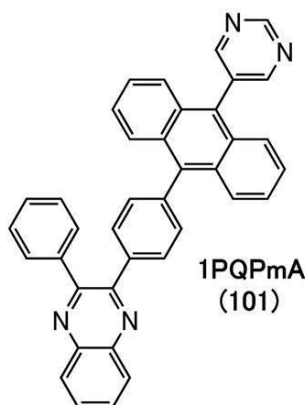
【0281】

《合成例2》

本実施例では、実施の形態1の構造式(101)で表される本発明の一態様である有機化合物、2-フェニル-3-{4-[10-(ピリミジン-5-イル)-9-アントリル]フェニル}キノキサリン(略称: 1PQPmA)の合成方法について説明する。なお、1PQPmAの構造を以下に示す。

【0282】

【化31】



【0283】

50 mL三口フラスコに5-(10-ブロモ-9-アントリル)ピリミジン1.1 g (3.4 mmol)、トリ(オルト-トリル)ホスフィン0.23 g (0.76 mmol)、4-(3-フェニルキノキサリン-2-イル)フェニルボロン酸1.3 g (3.9 mmol)、炭酸カリウム1.1 g (7.7 mmol)、トルエン35 mL、エタノール4 mL、水4 mLを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌することで脱気し、フラスコ内を窒素置換した。

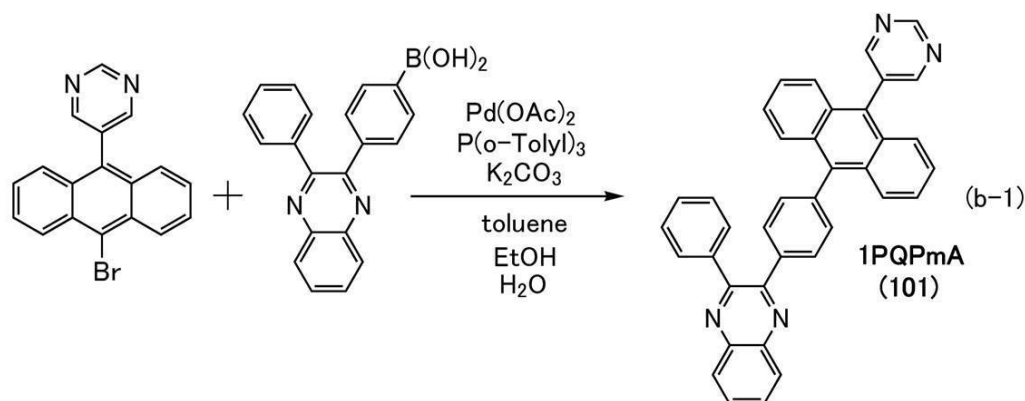
【0284】

この混合物に、酢酸パラジウム(II) 79 mg (0.35 mmol)を加え、窒素気流下、80℃で9時間攪拌した。攪拌後、この混合物に水を加え、水層からトルエンで有機物を抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせて、飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然濾過し、濾液を濃縮して、油状物を得た。得られた油状物を、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(トルエン: 酢酸エチル=9:1)で精製して、固体を得た。得られた固体を高速液体クロマトグラフィー(クロロホルム)により精製して固体を得た。得られた固体にメタノールを加えて超音波を照射し、固体を回収したところ、目的物の淡黄色固体を収量0.95 g、収率53%で得た。合成スキームを

下記式（b-1）に示す。

【0285】

【化32】



10

【0286】

得られた淡黄色固体0.93gを、トレインサブレーション法により昇華精製した。なお、昇華精製は、減圧下でアルゴン流量を5.0mL/minとし、温度235℃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0.86g、回収率92%で得た。

20

【0287】

なお、上記反応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、本実施例において、上述の構造式（101）で表される本発明の一態様である有機化合物、1PQPmAが得られたことがわかった。

【0288】

¹H NMR (CDCl₃, 300MHz) : δ = 7.39–7.48 (m, 9H), 7.55–7.61 (m, 2H), 7.68–7.71 (m, 2H), 7.74–7.79 (m, 4H), 7.83–7.88 (m, 2H), 8.24–8.30 (m, 2H), 8.91 (s, 2H), 9.46 (s, 1H)。

30

【0289】

≪1PQPmAの物性について≫

次に、1PQPmA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。

【0290】

1PQPmAのトルエン溶液中の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-550）を用いた。また、トルエン溶液中の発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（日本分光株式会社製、FP-8600）を用いた。なお、トルエン溶液中の吸収スペクトルは、石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた1PQPmAの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に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

40

【0291】

図20の結果より、1PQPmAのトルエン溶液では、359nm、377nm、398nm付近に吸収ピークが見られ、434nm付近（励起波長377nm）に発光波長のピークが見られた。

【0292】

50

また、1PQPmAの固体薄膜は、石英基板上に真空蒸着法にて作製したものを用いた。固体薄膜の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-550）を用いた。また、固体薄膜の発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（日本分光株式会社製、FP-8600）を用いた。なお、固体薄膜の吸収スペクトルは、石英基板の吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた1PQPmAの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21に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

【0293】

図21の結果より、1PQPmAの固体薄膜では、362nm、382nm、403nm付近に吸収ピークが見られ、456nm付近（励起波長380nm）に発光波長のピークが見られた。

10

【0294】

この結果、1PQPmAは青色に発光することがわかった。本発明の一態様である有機化合物、1PQPmAは、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能である。

【実施例4】

【0295】

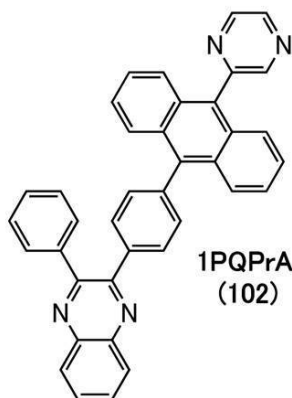
＜合成例3＞

本実施例では、実施の形態1の構造式（102）で表される本発明の一態様である有機化合物、2-フェニル-3-[10-(ピラジン-2-イル)-9-アントリル]キノキサリン（略称：1PQPmA）の合成方法について説明する。なお、1PQPmAの構造を以下に示す。

20

【0296】

【化33】



30

【0297】

200mL三口フラスコに2-(10-ブロモ-9-アントリル)ピラジン0.58g (1.7mmol)、4-(3-フェニルキノキサリン-2-イル)フェニル硼酸0.62g (1.9mmol)、炭酸カリウム0.47g (3.4mmol)、トルエン20mL、エタノール4mL、水2mLを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌することで脱気し、フラスコ内を窒素置換した。

40

【0298】

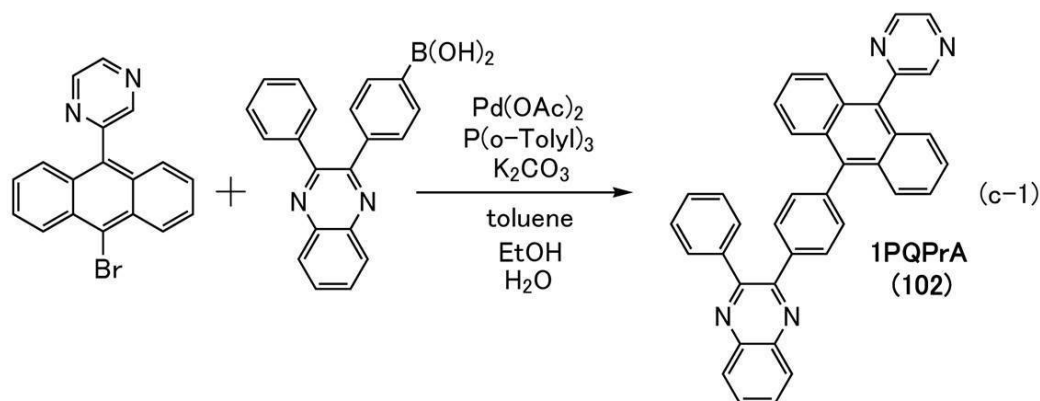
このフラスコ内の混合物に、トリ(オルト-トリル)ホスフィン0.10g (0.34mmol)、酢酸パラジウム(II)15mg (68μmol)を加え、80℃で19時間攪拌した。攪拌後、この混合物に水を加え、水層からトルエンで有機物を抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせて、飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然濾過し、濾液を濃縮して、油状物を得た。得られた油状物を、シリカゲ

50

ルカラムクロマトグラフィー（酢酸エチル：ヘキサン＝１：２）で精製し、さらにトルエン／ヘキサンにより再結晶して、目的物の黄色固体を収量０．４７ｇ、収率５２％で得た。合成スキームを下記式（c-1）に示す。

【０２９９】

【化３４】



10

【０３００】

得られた黄色固体０．４６ｇを、トレインサブレーション法により昇華精製した。なお、昇華精製は、圧力３．１Paで、アルゴン流量を５．０mL/minとし、温度２５０℃で１８時間加熱して行った。昇華精製後、目的物の黄色固体を０．３７ｇ、回収率８０％で得た。

【０３０１】

なお、上記反応で得られた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２２に示す。この結果から、本実施例において、上述の構造式（１０２）で表される本発明の一態様である有機化合物、１PQP r Aが得られたことがわかった。

【０３０２】

¹H NMR (CDCl₃, 300MHz) : δ = 7.38 – 7.56 (m, 11H), 7.67 – 7.86 (m, 8H), 8.24 – 8.30 (m, 2H), 8.79 (d, 1H), 8.87 (d, 1H), 8.94 – 8.96 (m, 1H)。

【０３０３】

≪１PQP r Aの物性について≫

次に、１PQP r A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。

【０３０４】

１PQP r Aのトルエン溶液中の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-550）を用いた。また、トルエン溶液中の発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（日本分光株式会社製、FP-8600）を用いた。なお、トルエン溶液中の吸収スペクトルは、石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた１PQP r Aの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２３に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

40

【０３０５】

図２３の結果より、１PQP r Aのトルエン溶液では、３５８nm、３７５nm、３９６nm付近に吸収ピークが見られ、４５５nm付近（励起波長３７５nm）に発光波長のピークが見られた。

【０３０６】

50

また、1PQP r Aの固体薄膜は、石英基板上に真空蒸着法にて作製したものを用いた。固体薄膜の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-550）を用いた。また、固体薄膜の発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（日本分光株式会社製、FP-8600）を用いた。なお、固体薄膜の吸収スペクトルは、石英基板の吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた1PQP r Aの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24に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

【0307】

図24の結果より、1PQP r Aの固体薄膜では、362 nm、380 nm、401 nm付近に吸収ピークが見られ、468 nm付近（励起波長360 nm）に発光波長のピークが見られた。

10

【0308】

この結果、1PQP r Aは青色に発光することがわかった。本発明の一態様である有機化合物、1PQP r Aは、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能である。

【実施例5】

【0309】

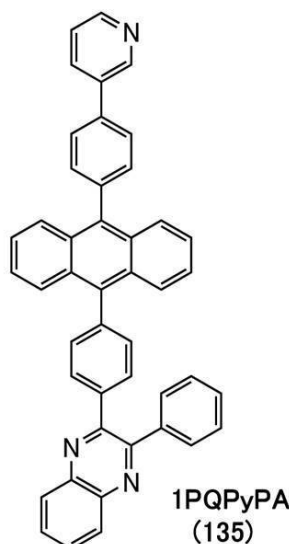
＜合成例4＞

本実施例では、実施の形態1の構造式（135）で表される本発明の一態様である有機化合物、2-フェニル-3-（4-（10-〔4-（3-ピリジル）フェニル〕-9-アントリル）フェニル）キノキサリン（略称：1PQP y P A）の合成方法について説明する。なお、1PQP y P Aの構造を以下に示す。

20

【0310】

【化35】



30

【0311】

200 mL三口フラスコに3-〔4-（10-ブromo-9-アントリル）フェニル〕ピリジン1.8 g（4.4 mmol）、4-（3-フェニルキノキサリン-2-イル）フェニル硼酸1.6 g（4.8 mmol）、炭酸カリウム1.2 g（8.8 mmol）、トルエン50 mL、エタノール10 mL、水5 mLを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌することで脱気し、フラスコ内を窒素置換した。

【0312】

このフラスコ内の混合物に、トリ（オルトトリル）ホスフィン0.13 g（0.44 mmol）、酢酸パラジウム（II）20 mg（88 μmol）を加え、窒素気流下、80 °Cで20時間攪拌した。攪拌後、析出した固体をろ過し、回収した固体とろ液を別々に精

40

50

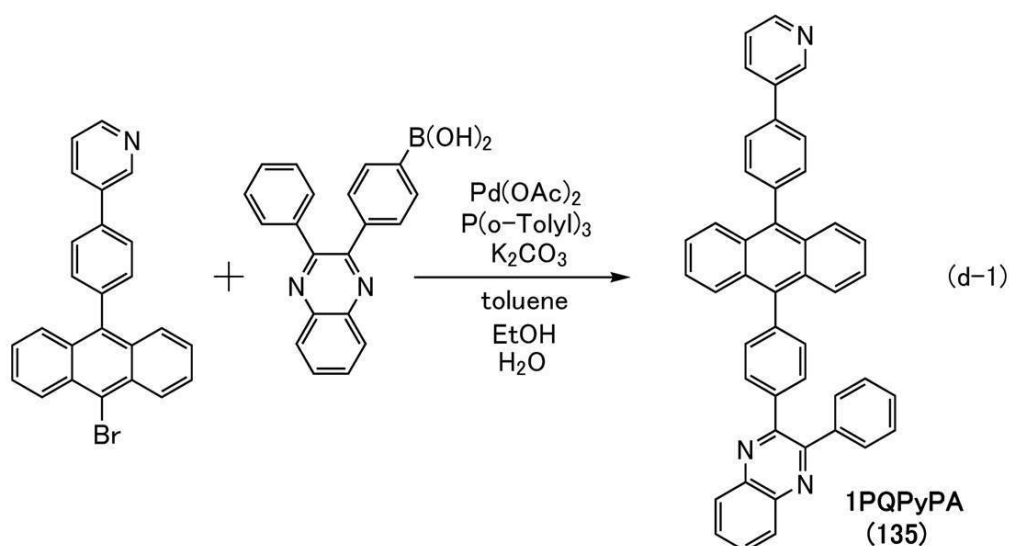
製した。まず、得られた固体はクロロホルムに溶解して不溶物をろ過により除去後、ろ液を濃縮し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー（トルエン：酢酸エチル＝１：１）で精製した。

【０３１３】

次に、ろ液はトルエンにより有機物を抽出し、抽出溶液と有機層を合わせて、硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然濾過し、濾液を濃縮後、シリカゲルカラムクロマトグラフィー（ヘキサン：酢酸エチル＝２：１）で精製した。それぞれの精製操作にて得られた固体をトルエン／ヘキサンにより再結晶して、目的物の淡黄色固体を収量２．１ｇ、収率７８％で得た。合成スキームを下記式（ｄ－１）に示す。

【０３１４】

【化３６】



【０３１５】

得られた淡黄色固体２．１ｇを、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力６．２Ｐａ、アルゴン流量１０ｍＬ／ｍｉｎ、２６０℃とし、１９時間の加熱条件で行った。昇華精製後、目的物の淡黄色固体を１．８ｇ、回収率８８％で得た。

【０３１６】

なお、上記反応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２５に示す。この結果から、本実施例において、上述の構造式（１３５）で表される本発明の一態様である有機化合物、１ＰＱＰｙＰＡが得られたことがわかった。

【０３１７】

¹H NMR (CDCl₃, 300 MHz) : δ = 7.36–7.50 (m, 10H), 7.60 (d, 2H), 7.68–7.78 (m, 8H), 7.83–7.86 (m, 4H), 8.06 (d, 1H), 8.24–8.30 (m, 2H), 8.67 (d, 1H), 9.05 (d, 1H)。

【０３１８】

≪１ＰＱＰｙＰＡの物性について≫

次に、１ＰＱＰｙＰＡ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。

【０３１９】

１ＰＱＰｙＰＡのトルエン溶液中の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、Ｖ－５５０）を用いた。また、トルエン溶液中の発光スペクトルの測

定には、蛍光光度計（日本分光株式会社製、FP-8600）を用いた。なお、トルエン溶液中の吸収スペクトルは、石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた1PQPYPyPAの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26に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

【0320】

図26の結果より、1PQPYPyPAのトルエン溶液では、358nm、376nm、397nm付近に吸収ピークが見られ、442nm付近（励起波長375nm）に発光波長のピークが見られた。

【0321】

また、1PQPYPyPAの固体薄膜は、石英基板上に真空蒸着法にて作製したものを用いた。固体薄膜の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-550）を用いた。また、固体薄膜の発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（日本分光株式会社製、FP-8600）を用いた。なお、固体薄膜の吸収スペクトルは、石英基板の吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた1PQPYPyPAの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27に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

【0322】

図27の結果より、1PQPYPyPAの固体薄膜では、362nm、382nm、402nm付近に吸収ピークが見られ、464nm付近（励起波長360nm）に発光波長のピークが見られた。

【0323】

この結果、1PQPYPyPAは青色に発光することがわかった。本発明の一態様である有機化合物、1PQPYPyPAは、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能である。

【実施例6】

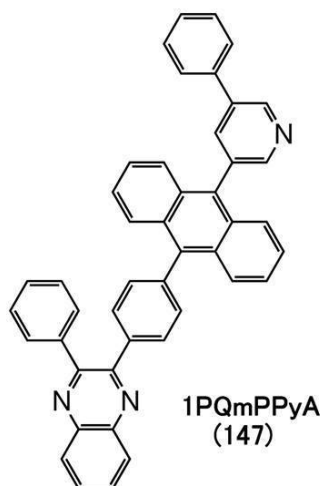
【0324】

＜合成例5＞

本実施例では、実施の形態1の構造式(147)で表される本発明の一態様である有機化合物、2-フェニル-3-{4-[10-(5-フェニル-3-ピリジル)-9-アントリル]フェニル}キノキサリン（略称：1PQmPPyA）の合成方法について説明する。なお、1PQmPPyAの構造を以下に示す。

【0325】

【化37】



【0326】

<ステップ1；3-（9-アントリル）-5-フェニルピリジンの合成>

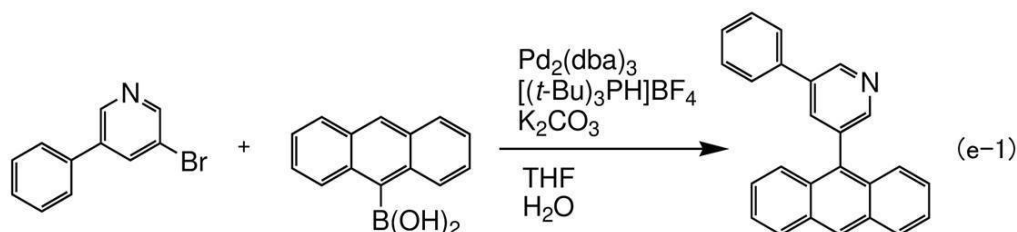
200 mL三口フラスコに3-ブロモ-5-フェニルピリジン1.0 g（4.3 mmol）、9-アントラセンボロン酸2.0 g（9.2 mmol）、炭酸カリウム2.4 g（17 mmol）を加えフラスコ内を窒素置換した。この混合物にテトラヒドロフラン40 mL、水8 mLを加え、減圧下で撹拌することにより脱気した。この混合物にトリ-tert-ブチルホスホニウムテトラフルオロボラート0.10 g（0.35 mmol）とトリス（ジベンジリデンアセトン）ジパラジウム（0）98 mg（0.11 mmol）加え、窒素気流下、80℃で14時間撹拌した。

【0327】

撹拌後、この混合物に水を加え、水層をトルエンで抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせ、水、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然ろ過し、ろ液を濃縮して固体を得た。この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（トルエン：酢酸エチル＝9：1）により精製し、メタノールで再結晶したところ、目的物の白色固体を1.4 g、収率98%で得た。合成スキームを下記式（e-1）に示す。

【0328】

【化38】



【0329】

<ステップ2；3-（10-ブロモ-9-アントリル）-5-フェニルピリジンの合成>

200 mLナスフラスコ内に3-（9-アントリル）-5-フェニルピリジン1.4 g（4.2 mmol）、ジメチルホルムアミド40 mL、N-ブロモコハク酸イミド0.82 g（4.6 mmol）を加え室温で45時間撹拌した。

【0330】

撹拌後、この混合物に水を加え、セライトを通して吸引濾過し、水層をトルエンで抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせ、チオ硫酸ナトリウム水溶液、炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然ろ過し、ろ液を濃縮して油状物を得た。この油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（トルエン：酢酸エチル＝19：1）により精製し、目的物の固体を1.1 g、収率65%で得た。合成スキームを下記式（e-2）に示す。

【0331】

10

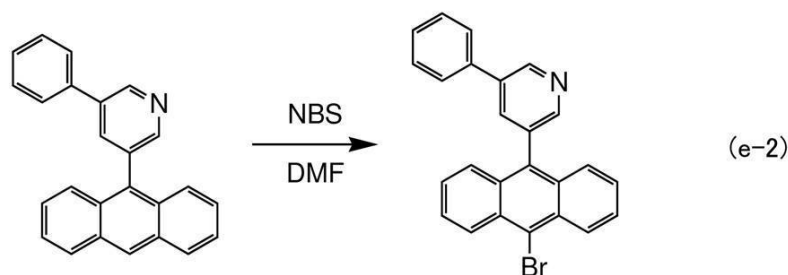
20

30

40

50

【化 3 9】



10

【0 3 3 2】

<ステップ 3 ; 1 P Q m P P y A の合成>

100 mL三口フラスコ内に3-(10-ブromo-9-アントリル)-5-フェニルピリジン1.1 g (2.7 mmol)、4-(3-フェニルキノキサリン-2-イル)フェニルボロン酸0.98 g (3.0 mmol)、トリ(オルトトリル)ホスフィン83 mg (0.27 mmol)、炭酸カリウム0.76 g (5.5 mmol)を加えフラスコ内を窒素置換した。この混合物にトルエン25 mL、エタノール5.0 mL、水2.5 mLを加え、減圧下で撹拌することにより脱気した。この混合物に酢酸パラジウム(II)12 mg (55 μmol)を加え、窒素気流下、80℃で25時間撹拌した。

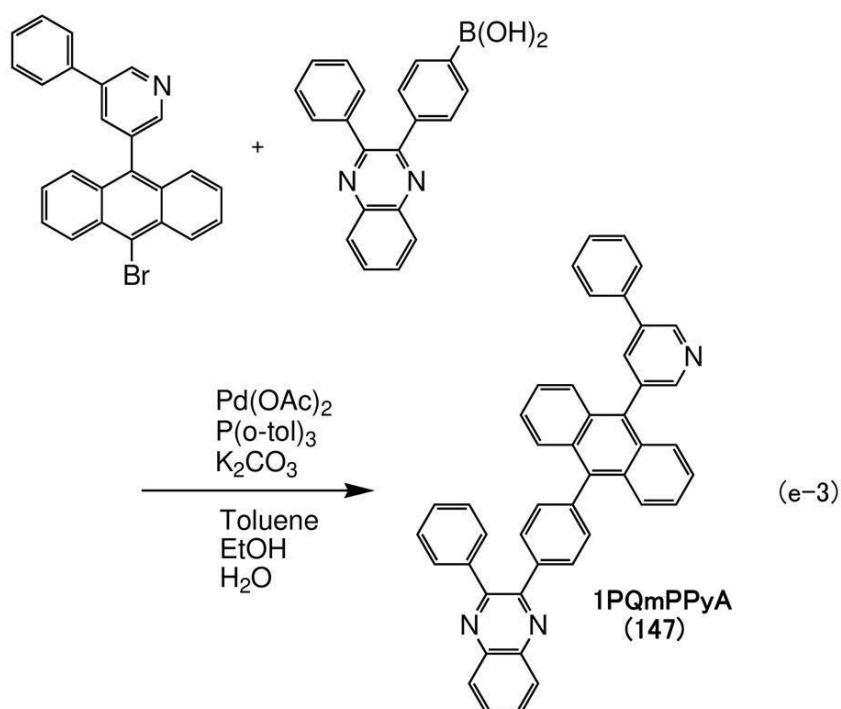
20

【0 3 3 3】

撹拌後、この混合物に水を加え、水層をトルエンで抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせ、水、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然ろ過し、ろ液を濃縮して固体を得た。これをシリカゲルカラムクロマトグラフィー(トルエン：酢酸エチル=19：1)により精製し、さらに酢酸エチル／ヘキサンにて再結晶したところ、目的物の淡黄色固体を0.85 g、収率51%で得た。合成スキームを下記式(e-3)に示す。

【0 3 3 4】

【化 4 0】



30

40

50

【0335】

得られた淡黄色固体0.87gを、トレインサブレーション法により昇華精製した。なお、昇華精製は、圧力4.5Paで、アルゴン流量を15.0mL/minとし、温度310℃で16時間加熱して行った。昇華精製後、目的物の淡黄色固体を0.50g、回収率57%で得た。

【0336】

なお、上記反応で得られた淡黄色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図28に示す。この結果から、本実施例において、上述の構造式(147)で表される本発明の一態様である有機化合物、1PQmPPyAが得られたことがわかった。

【0337】

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl₃, 300MHz) : δ = 7.38–7.57 (m, 12H), 7.67–7.82 (m, 10H), 7.83–7.90 (m, 2H), 8.07 (t, J = 2.1Hz, 1H), 8.24–8.34 (m, 2H), 8.74 (d, J = 1.8Hz, 1H), 9.10 (d, J = 2.1Hz, 1H)。

【0338】

≪1PQmPPyAの物性について≫

次に、1PQmPPyA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。

【0339】

1PQmPPyAのトルエン溶液中の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-550）を用いた。また、トルエン溶液中の発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（日本分光株式会社製、FP-8600）を用いた。なお、トルエン溶液中の吸収スペクトルは、石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた1PQmPPyAの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29に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

【0340】

図29の結果より、1PQmPPyAのトルエン溶液では、358nm、377nm、398nm付近に吸収ピークが見られ、437nm付近（励起波長398nm）に発光波長のピークが見られた。

【0341】

また、1PQmPPyAの固体薄膜は、石英基板上に真空蒸着法にて作製したものを用いた。固体薄膜の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-550）を用いた。また、固体薄膜の発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（日本分光株式会社製、FP-8600）を用いた。なお、固体薄膜の吸収スペクトルは、石英基板の吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた1PQmPPyAの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30に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

【0342】

図30の結果より、1PQmPPyAの固体薄膜では、363nm、381nm、402nm付近に吸収ピークが見られ、460nm付近（励起波長360nm）に発光波長のピークが見られた。

【0343】

この結果、1PQmPPyAは青色に発光することがわかった。本発明の一態様である有機化合物、1PQmPPyAは、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能である。

【実施例7】

【0344】

≪合成例6≫

10

20

30

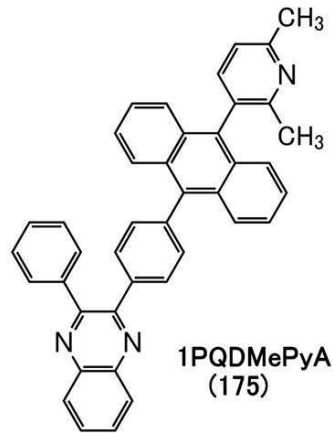
40

50

本実施例では、実施の形態 1 の構造式 (175) で表される本発明の一態様である有機化合物、2-フェニル-3-{4-[10-(2,6-ジメチル-3-ピリジル)-9-アントリル]フェニル}キノキサリン (略称: 1PQDMePyA) の合成方法について説明する。なお、1PQDMePyA の構造を以下に示す。

【0345】

【化41】



【0346】

＜ステップ 1 ; 3-(9-アントリル)-2,6-ジメチルピリジンの合成＞

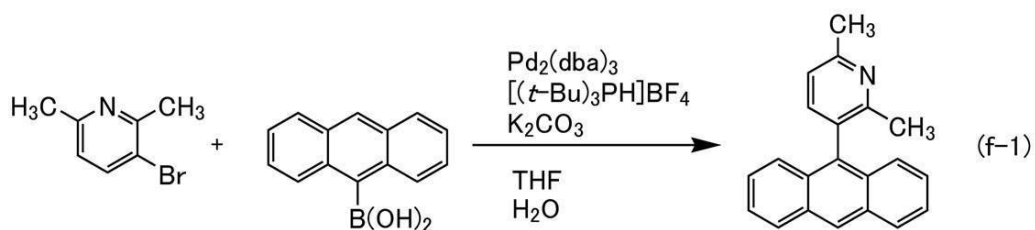
300 mL 三口フラスコに 2,6-ジメチル-3-ブロモピリジン 2.4 g (13 mmol) と 9-アントラセンボロン酸 3.2 g (14 mmol)、炭酸カリウム 7.2 g (52 mmol) を加えフラスコ内を窒素置換した。この混合物に THF 130 mL、水 26 mL を加え、減圧下で撹拌することにより脱気した。この混合物に トリ-tert-ブチルホスホニウムテトラフルオロボラート 0.11 g (0.39 mmol) と トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム(0) 0.12 g (0.13 mmol) を加え、窒素気流下、80℃で 11 時間撹拌した。

【0347】

撹拌後、この混合物に水を加え、水層をトルエンで抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせ、水、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然ろ過し、ろ液を濃縮して固体を得た。これをシリカゲルカラムクロマトグラフィー(トルエン：酢酸エチル=9：1)により精製し、目的物の固体を 3.4 g、収率 92% で得た。合成スキームを下記式 (f-1) に示す。

【0348】

【化42】



【0349】

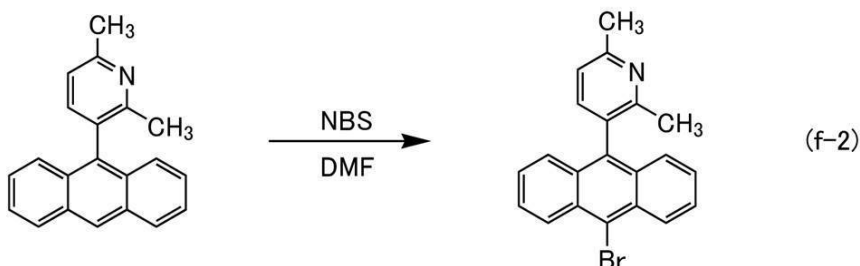
＜ステップ 2 ; 3-(10-ブロモ-9-アントリル)-2,6-ジメチルピリジンの合

成>

300 mLナスフラスコに3-(9-アントリル)-2,6-ジメチルピリジン2.7 g (9.4 mmol)、DMF 100 mLを加え0℃で攪拌した。この混合物にN-ブロモコハク酸イミド1.8 g (10 mmol)を加え室温に昇温して66時間攪拌した。攪拌後、この混合物に水を加え、セライトを通して吸引濾過し、水層をトルエンで抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせ、チオ硫酸ナトリウム水溶液、炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然ろ過し、ろ液を濃縮して固体を得た。これをシリカゲルカラムクロマトグラフィー（トルエン：酢酸エチル＝19：1）により精製し、目的物の固体を3.3 g、収率99%で得た。合成スキームを下記式（f-2）に示す。

【0350】

【化43】



【0351】

<ステップ3；1PQDMePyAの合成>

100 mL三口フラスコに3-(10-ブromo-9-アントリル)-2,6-ジメチルピリジン1.2 g (3.3 mmol)、4-(3-フェニルキノキサリン-2-イル)フェニル硼酸1.2 g (3.7 mmol)、トリ(オルト-トリル)ホスフィン98 mg (0.32 mmol)、炭酸カリウム0.92 g (6.6 mmol)を加えフラスコ内を窒素置換した。この混合物にトルエン30 mL、エタノール6.0 mL、水3.0 mLを加え、減圧下で攪拌することにより脱気した。この混合物に酢酸パラジウム(II)14.9 mg (66 μmol)を加え、窒素気流下、80℃で21時間攪拌した。攪拌後、この混合物に水を加え、水層をトルエンで抽出した。得られた抽出溶液と有機層を合わせ、水、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然ろ過し、ろ液を濃縮して固体を得た。これをシリカゲルカラムクロマトグラフィー（トルエン：酢酸エチル＝19：1）により精製し、さらにトルエン／メタノールにて再結晶したところ、目的物の淡黄色固体を1.4 g (2.5 mmol)、収率75%で得た。合成スキームを下記式（f-3）に示す。

【0352】

10

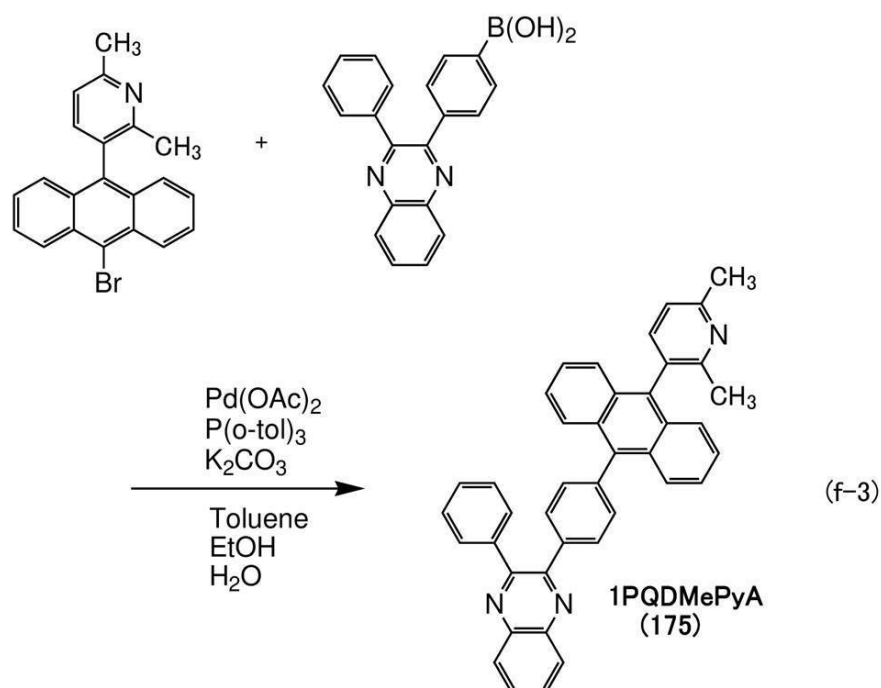
20

30

40

50

【化 4 4】



【0353】

得られた淡黄色固体 1.4 g を、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力 6.7 Pa、アルゴン流量 5.0 mL/min、250℃とし、16 時間の加熱条件で行った。昇華精製後、目的物の淡黄色固体を 1.3 g、回収率 92% で得た。

【0354】

なお、上記反応で得られた淡黄色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図 31 に示す。この結果から、本実施例において、上述の構造式 (175) で表される本発明の一態様である有機化合物、1PQDMePyA が得られたことがわかった。

【0355】

$^1\text{H-NMR}$ (CD_2Cl_2 , 300 MHz) : $\delta = 2.10$ (s, 3H), 2.69 (s, 3H), 7.26 (d, $J = 7.8$ Hz, 1H), 7.34–7.56 (m, 12H), 7.66–7.80 (m, 6H), 7.82–7.89 (m, 2H), 8.18–8.27 (m, 2H)。

【0356】

≪1PQDMePyA の物性について≫

次に、1PQDMePyA 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。

【0357】

1PQDMePyA のトルエン溶液中の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（日本分光株式会社製、V-550）を用いた。また、トルエン溶液中の発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（日本分光株式会社製、FP-8600）を用いた。なお、トルエン溶液中の吸収スペクトルは、石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いて算出したものである。得られた 1PQDMePyA の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 32 に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。

【0358】

図32の結果より、1PQDMePyAのトルエン溶液では、397nm、376nm、358nm付近に吸収ピークが見られ、446nm付近（励起波長397nm）に発光波長のピークが見られた。

【0359】

この結果、1PQDMePyAは青色に発光することがわかった。本発明の一態様である有機化合物、1PQDMePyAは、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能である。

【実施例8】

【0360】

本実施例では、本発明の一態様である発光デバイスとして、実施例1で説明した2-フェニル-3-{4-[10-(3-ピリジル)-9-アントリル]フェニル}キノキサリン（略称：PyA1PQ）（構造式（100））を電子輸送層に用いた発光デバイス4、比較のための発光デバイスとして、2-フェニル-3-[4'-(3-ピリジル)ビフェニル-4-イル]キノキサリン（略称：PPy1PQ）を電子輸送層に用いた比較発光デバイス5をそれぞれ作製し、これらの素子構造、およびその特性について説明する。なお、発光デバイス4に用いたPyA1PQと、比較発光デバイス5に用いたPPy1PQとは、いずれもキノキサリン誘導体であり、PyA1PQが、キノキサリン骨格に結合するアントラセン骨格に複素芳香環が結合した構造を有するのに対し、PPy1PQは、キノキサリン骨格に結合するフェニレン骨格に複素芳香環が結合した構造を有する。また、本実施例で用いる発光デバイスの具体的な構成について表3に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【0361】

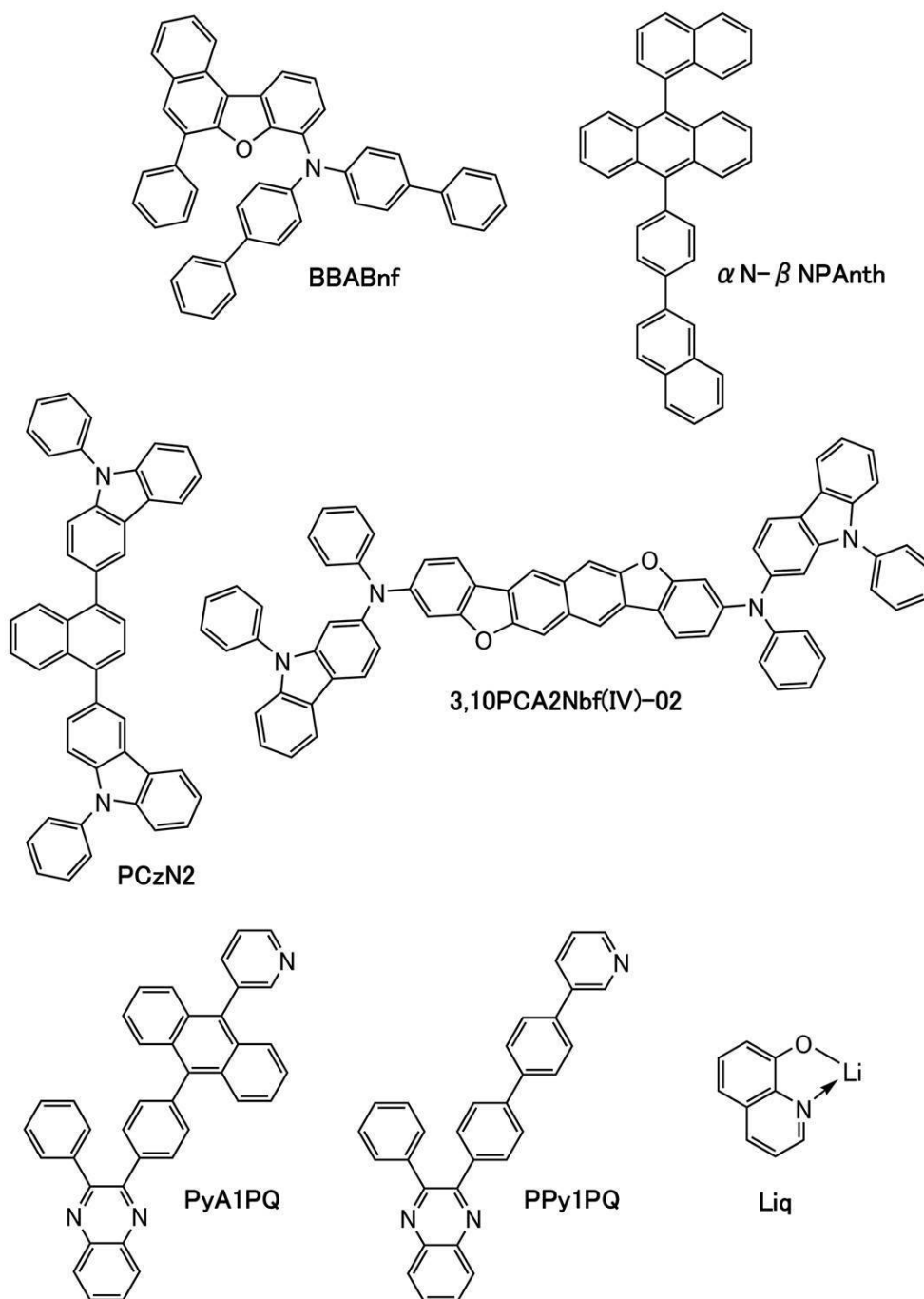
【表3】

	第1 の電極	正孔注入層	正孔輸送層		発光層	電子輸送層	電子 注入層	第2 の電極
	901	911	912		913	914	915	903
発光 デバイス 4	ITSO (70nm)	BBABnf:ALD-MP001Q (1:0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	PyA1PQ:Liq (1:1 25nm)	Liq (1nm)	Al (200nm)
比較発光 デバイス 5						PPy1PQ:Liq (1:1 25nm)		

* α -N- β -NPAAnth:3,10PCA2NbF(IV)-02 (1:0.15 25nm)

【0362】

【化 4 5】



【0363】

＜発光デバイスの作製＞

本実施例で示す発光デバイスは、実施例2で図11を用いて説明した発光デバイスと同様に基板900上に形成された第1の電極901上に正孔注入層911、正孔輸送層912、発光層913、電子輸送層914、電子注入層915が順次積層され、電子注入層915上に第2の電極903が積層された構造を有する。

【0364】

なお、正孔注入層911は、N,N-ビス(4-ビフェニル)-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-8-アミン(略称:BBABnf)、およびALD-MP001Q(分析工房株式会社、材料シリアル番号:1S20180314)を重量比で1:0.1(=BBABnf:LD-MP001Q)となるように、共蒸着により10n

mの膜厚で形成した。また、正孔輸送層912は、BBABnfを20nm蒸着した後、3,3'-(ナフタレン-1,4-ジイル)ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCzN2)を10nm蒸着して形成した。

【0365】

また、発光層913は、9-(1-ナフチル)-10-[4-(2-ナフチル)フェニル]アントラセン(略称: α N- β NPA nth)と、3,10-ビス[N-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン(略称:3,10PCA2Nbf(IV)-02)とを、重量比1:0.015(= α N- β NPA nth:3,10PCA2Nbf(IV)-02)となるように25nm共蒸着して形成した。

【0366】

電子輸送層914は、発光デバイス4の場合、PyA1PQと、8-ヒドロキシキノリナトリーチウム(略称:Liq)とを重量比1:1(=PyA1PQ:Liq)となるように25nm共蒸着して形成した。また、比較発光デバイス5の場合、PPy1PQと、8-ヒドロキシキノリナトリーチウム(略称:Liq)とを重量比1:1(=PPy1PQ:Liq)となるように25nm共蒸着して形成した。

【0367】

《発光デバイスの動作特性》

作製した各発光デバイス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。また、各発光デバイスの動作特性の結果として電流密度-輝度特性を図33、電圧-輝度特性を図34、輝度-電流効率特性を図35、電圧-電流特性を図36にそれぞれ示す。

【0368】

また、1000cd/m²付近における各発光デバイスの主な初期特性値を以下の表4に示す。

【0369】

【表4】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光 デバイス 4	4.4	0.37	9.3	(0.14,0.11)	930	10	7.2	10
比較発光 デバイス 5	4.6	0.49	12	(0.14,0.10)	1000	8.4	5.8	9.4

【0370】

また、各発光デバイスに対し、1000cd/m²付近の輝度における発光スペクトルを測定した。すなわち、発光デバイス4に対しては4.4Vの電圧を印加したとき、比較発光デバイス5に対しては4.6Vの電圧を印加した時の発光スペクトルを、図37に示す。図37に示す通り、各発光デバイスの発光スペクトルは、458nm付近にピークを有しており、いずれも発光層913に含まれる、3,10PCA2Nbf(IV)-02の発光に由来していることが示唆される。

【0371】

図33乃至図36及び表4に示す結果より、PyA1PQを用いた本発明の一態様である発光デバイス4は、比較発光デバイス5よりも電流-電圧特性、パワー効率、および発光効率の良好な発光デバイスであることがわかった。これは、発光デバイス4に用いたPyA1PQが、キノキサリン骨格にアントラセン骨格を介して結合した複素芳香環により、電子注入層915から電子輸送層914へ電子を引き抜きやすい効果を有するだけでなく

、アントラセン骨格を有することに起因して、注入された電子の輸送性が高いためであるといえる。

【0372】

また、電流密度 50 mA/cm^2 における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図38に示す。図38で示すように、本発明の一態様である発光デバイス4は、比較発光デバイス5と駆動時間の蓄積に伴う輝度低下が同程度である。本発明の一態様である発光デバイス4は、比較発光デバイス5よりも電流効率が高いため、同じ電流密度における輝度が高いにも関わらず、駆動時間の輝度低下が同程度であった。

【実施例9】

【0373】

本実施例では、本発明の一態様である発光デバイスとして、実施例3で説明した、2-フェニル-3-{4-[10-(ピリミジン-5-イル)-9-アントリル]フェニル}キノキサリン(略称:1PQPmA)(構造式(101))を電子輸送層に用いた発光デバイス6、実施例4で説明した、2-フェニル-3-[10-(ピラジン-2-イル)-9-アントリル]キノキサリン(略称:1PQPPrA)(構造式(102))を電子輸送層に用いた発光デバイス7、実施例5で説明した2-フェニル-3-(4-{10-[4-(3-ピリジル)フェニル]-9-アントリル}フェニル)キノキサリン(略称:1PQPpPA)(構造式(135))を電子輸送層に用いた発光デバイス8、実施例6で説明した2-フェニル-3-{4-[10-(5-フェニル-3-ピリジル)-9-アントリル]フェニル}キノキサリン(略称:1PQmPPyA)(構造式(147))を電子輸送層に用いた発光デバイス9、について、素子構造、およびその特性について説明する。なお、本実施例で用いる発光デバイスの具体的な構成について表5に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【0374】

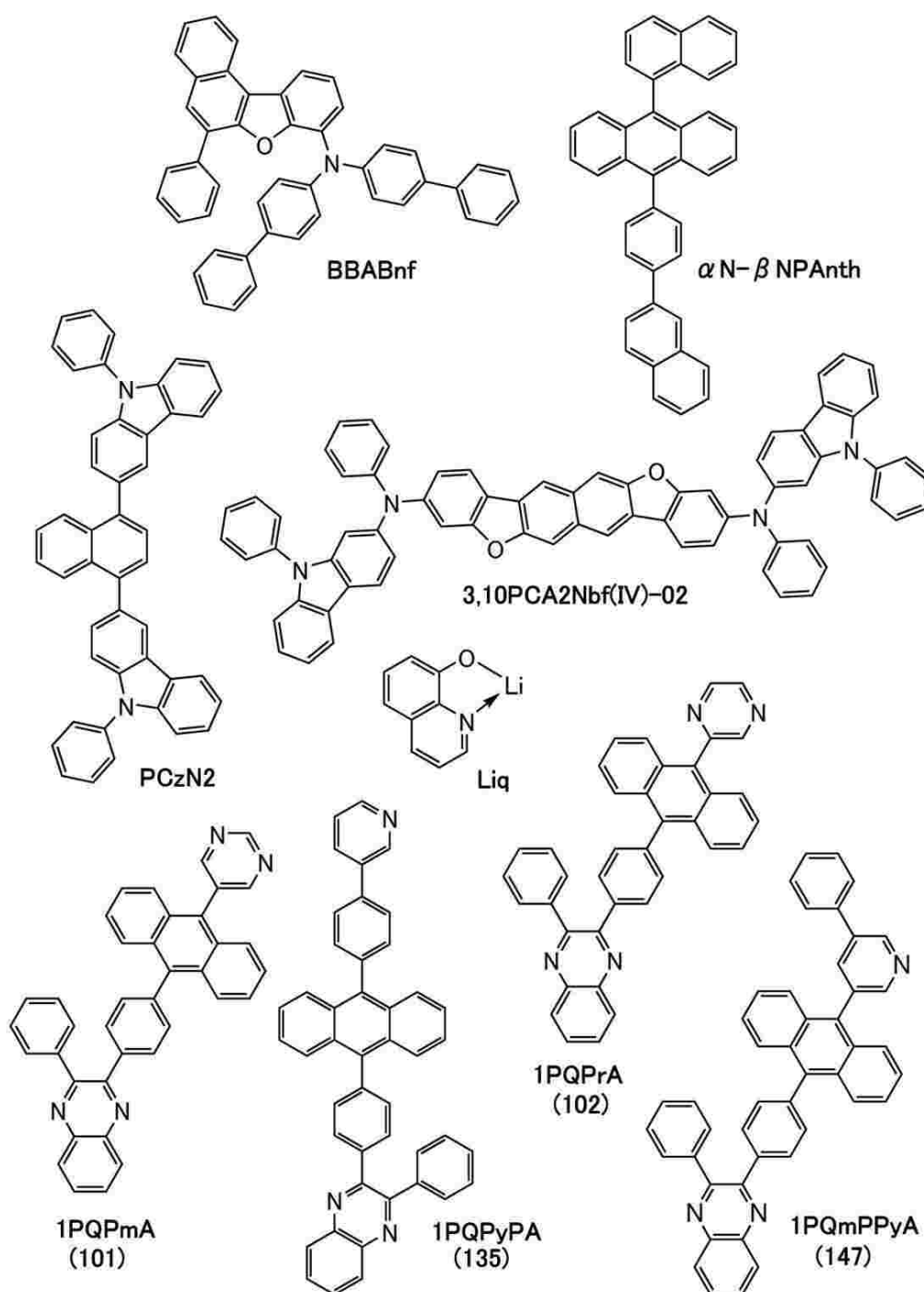
【表5】

	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
	901	911	912		913	914	915	903
発光 デバイス 6	ITSO (70nm)	BBABnf:ALD-MP001Q (1:0.1 10nm)	BBABnf (20nm)	PCzN2 (10nm)	*	1PQPmA:Liq (1:2 25nm)	Liq (1nm)	Al (200nm)
発光 デバイス 7						1PQPPrA:Liq (1:2 25nm)		
発光 デバイス 8						1PQPpPA:Liq (1:2 25nm)		
発光 デバイス 9						1PQmPPyA:Liq (1:1 25nm)		

* $\alpha\text{-N-}\beta\text{-NPAntH:3,10PCA2Nbf(IV)-02}$ (1:0.15 25nm)

【0375】

【化 4 6】



【0376】

《発光デバイスの作製》

本実施例で示す発光デバイスは、実施例2で図11を用いて説明した発光デバイスと同様に基板900上に形成された第1の電極901上に正孔注入層911、正孔輸送層912、発光層913、電子輸送層914、電子注入層915が順次積層され、電子注入層915上に第2の電極903が積層された構造を有する。

【0377】

なお、正孔注入層911は、N,N-ビス(4-ビフェニル)-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-8-アミン(略称:BBABnf)、およびALD-M

P001Q（分析工房株式会社、材料シリアル番号：1S20180314）を重量比で1：0.1（＝BBABnf：ALD-MP001Q）となるように、10nm共蒸着して形成した。また、正孔輸送層912は、BBABnfを20nm蒸着した後、3,3'-(ナフタレン-1,4-ジイル)ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)（略称：PCzN2）を10nm蒸着して形成した。

【0378】

また、発光層913は、9-(1-ナフチル)-10-[4-(2-ナフチル)フェニル]アントラセン（略称： α N- β NPA nth）と、3,10-ビス[N-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン（略称：3,10PCA2Nbf(IV)-02）とを、重量比1：0.015（＝ α N- β NPA nth：3,10PCA2Nbf(IV)-02）となるように25nm共蒸着して形成した。

【0379】

電子輸送層914は、発光デバイス6の場合、1PQPmAと、Li qとを重量比1：2（＝1PQPmA：Li q）となるように25nm共蒸着して形成した。また、発光デバイス7の場合、1PQP r Aと、Li qとを重量比1：2（＝1PQP r A：Li q）となるように25nm共蒸着して形成した。また、発光デバイス8の場合、1PQP y PAと、Li qとを重量比1：2（＝1PQP y PA：Li q）となるように25nm共蒸着して形成した。また、発光デバイス9の場合、1PQmPP y Aと、Li qとを重量比1：1（＝1PQmPP y A：Li q）となるように25nm共蒸着して形成した。

【0380】

＜発光デバイスの動作特性＞

作製した各発光デバイス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。また、各発光デバイスの1000cd/m²付近における各発光デバイスの主な初期特性値を以下の表6に示す。

【0381】

【表6】

	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 デバイス 6	4.8	0.48	12	(0.13,0.12)	1100	9.6	6.3	9.7
発光 デバイス 7	4.4	0.37	9.3	(0.14,0.11)	910	9.8	7.0	10
発光 デバイス 8	4.7	0.36	9.0	(0.14,0.10)	870	9.7	6.5	11
発光 デバイス 9	5.0	0.43	11	(0.14,0.11)	880	8.1	5.1	8.5

【0382】

表6に示す結果より、本発明の一態様である、発光デバイス6乃至発光デバイス9は、電流－電圧特性、パワー効率、および発光効率などの動作特性の良好な発光デバイスであることがわかった。

【0383】

また、各発光デバイスの電流密度50mA/cm²における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図39に示す。図39で示すように、本発明の一態様である、発光デバイ

ス6乃至発光デバイス9は、駆動時間の蓄積に伴う輝度低下が小さく、寿命の良好な発光デバイスであることがわかった。

【符号の説明】

【0384】

101	第1の電極	
102	第2の電極	
103	EL層	
111	正孔注入層	
112	正孔輸送層	
113	発光層	10
114	電子輸送層	
115	電子注入層	
103a、103b	EL層	
104	電荷発生層	
111a、111b	正孔注入層	
112a、112b	正孔輸送層	
113a、113b	発光層	
114a、114b	電子輸送層	
115a、115b	電子注入層	
200R、200G、200B	光学距離	20
201	第1の基板	
202	トランジスタ(FET)	
203R、203G、203B、203W	発光デバイス	
204	EL層	
205	第2の基板	
206R、206G、206B	カラーフィルタ	
206R'、206G'、206B'	カラーフィルタ	
207	第1の電極	
208	第2の電極	
209	黒色層(ブラックマトリックス)	30
210R、210G	導電層	
301	第1の基板	
302	画素部	
303	駆動回路部(ソース線駆動回路)	
304a、304b	駆動回路部(ゲート線駆動回路)	
305	シール材	
306	第2の基板	
307	引き回し配線	
308	FPC	
309	FET	40
310	FET	
311	FET	
312	FET	
313	第1の電極	
314	絶縁物	
315	EL層	
316	第2の電極	
317	発光デバイス	
318	空間	
901	第1の電極	50

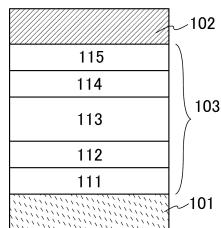
9 0 2	E L 層	
9 0 3	第 2 の電極	
9 1 1	正孔注入層	
9 1 2	正孔輸送層	
9 1 3	発光層	
9 1 4	電子輸送層	
9 1 5	電子注入層	
4 0 0 0	照明装置	
4 0 0 1	基板	
4 0 0 2	発光デバイス	10
4 0 0 3	基板	
4 0 0 4	第 1 の電極	
4 0 0 5	E L 層	
4 0 0 6	第 2 の電極	
4 0 0 7	電極	
4 0 0 8	電極	
4 0 0 9	補助配線	
4 0 1 0	絶縁層	
4 0 1 1	封止基板	
4 0 1 2	シール材	20
4 0 1 3	乾燥剤	
4 2 0 0	照明装置	
4 2 0 1	基板	
4 2 0 2	発光デバイス	
4 2 0 4	第 1 の電極	
4 2 0 5	E L 層	
4 2 0 6	第 2 の電極	
4 2 0 7	電極	
4 2 0 8	電極	
4 2 0 9	補助配線	30
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	
5 1 0 1	ライト	
5 1 0 2	ホイール	
5 1 0 3	ドア	
5 1 0 4	表示部	
5 1 0 5	ハンドル	40
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	
5 1 0 9	フロントガラス	
7 0 0 0	筐体	
7 0 0 1	表示部	
7 0 0 2	第 2 表示部	
7 0 0 3	スピーカ	
7 0 0 4	L E D ランプ	
7 0 0 5	操作キー	50

7 0 0 6	接続端子	
7 0 0 7	センサ	
7 0 0 8	マイクロフォン	
7 0 0 9	スイッチ	
7 0 1 0	赤外線ポート	
7 0 1 1	記録媒体読込部	
7 0 1 4	アンテナ	
7 0 1 5	シャッターボタン	
7 0 1 6	受像部	
7 0 1 8	スタンド	10
7 0 2 2、7 0 2 3	操作用ボタン	
7 0 2 4	接続端子	
7 0 2 5	バンド	
7 0 2 6	マイクロフォン	
7 0 2 9	センサ	
7 0 3 0	スピーカ	
7 0 5 2、7 0 5 3、7 0 5 4	情報	
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	20
9 3 1 3	ヒンジ	
9 3 1 5	筐体	

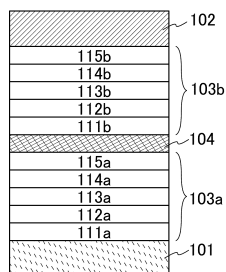
【図面】

【図 1】

(A)

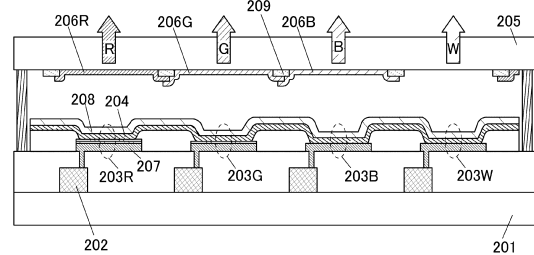


(B)

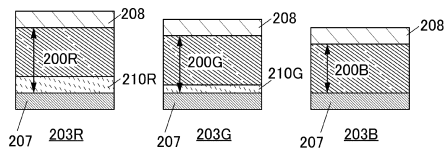


【図 2】

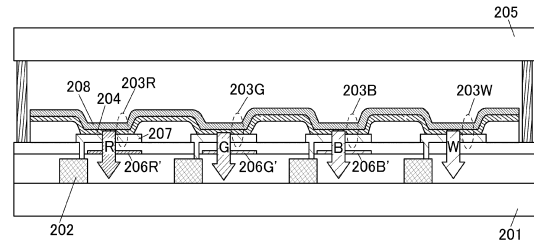
(A)



(B)



(C)



10

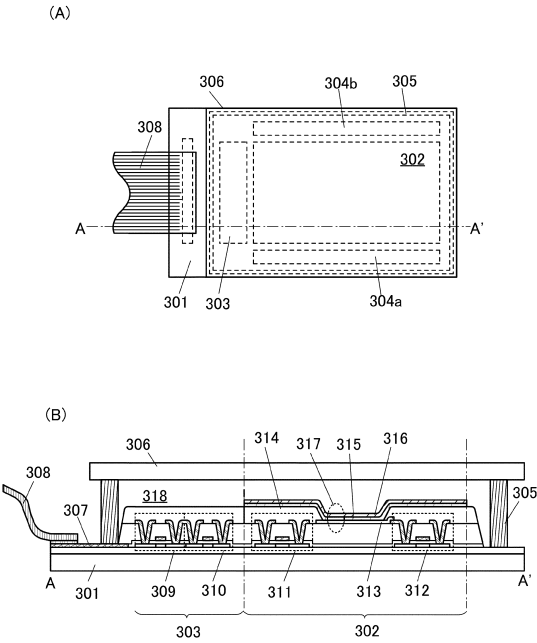
20

30

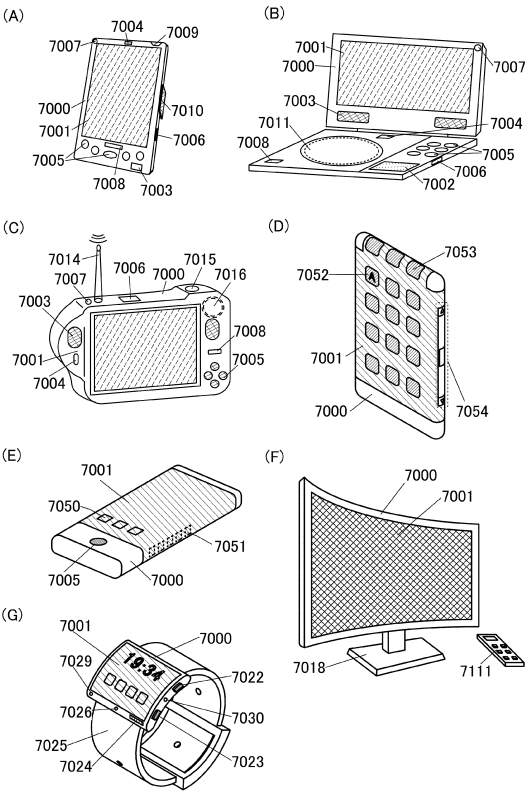
40

50

【図 3】



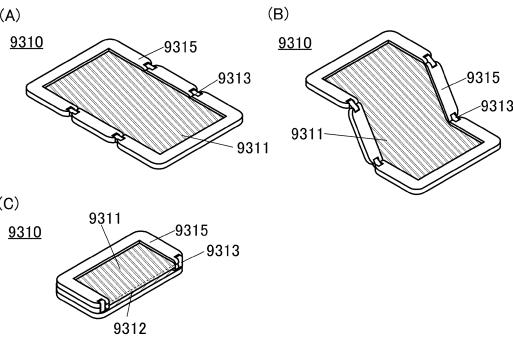
【図 4】



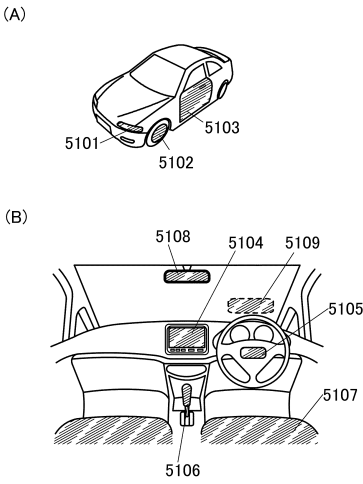
10

20

【図 5】



【図 6】

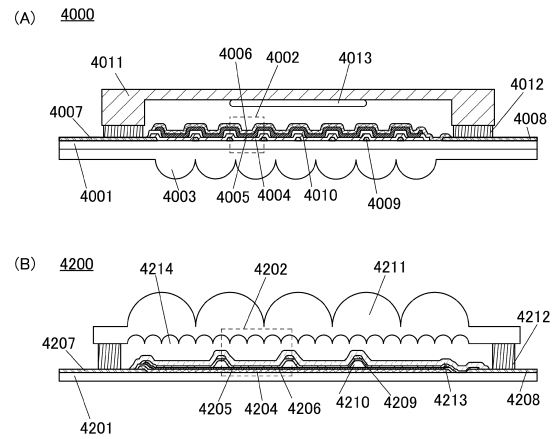


30

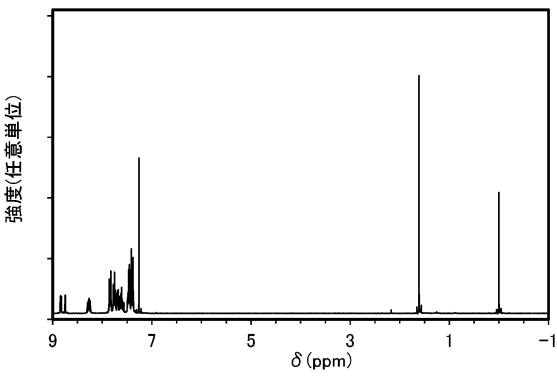
40

50

【図 7】

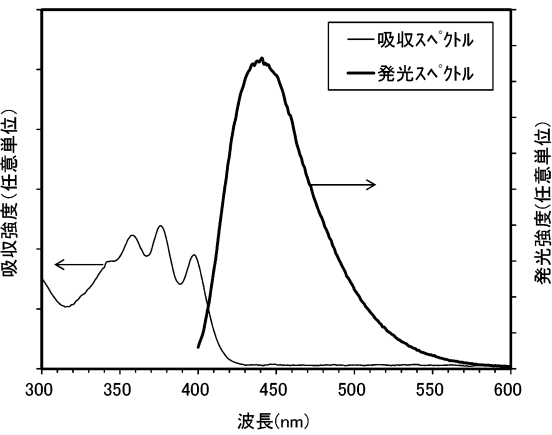


【図 8】

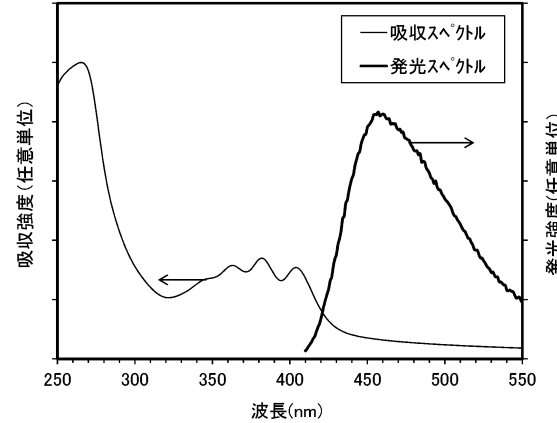


10

【図 9】



【図 10】



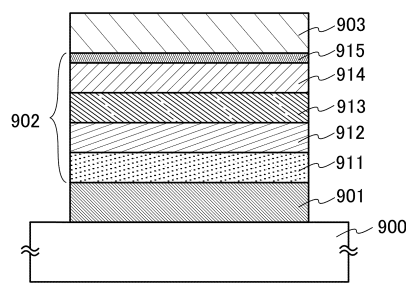
20

30

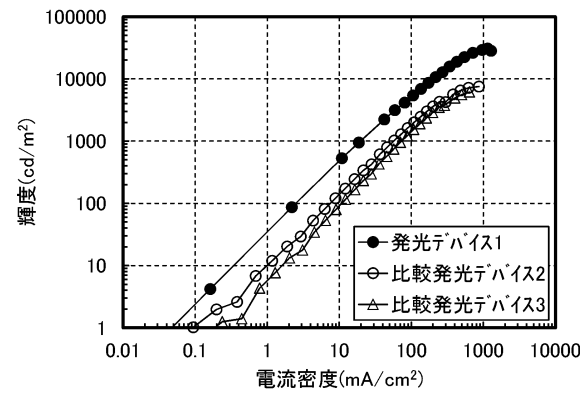
40

50

【図 1 1】

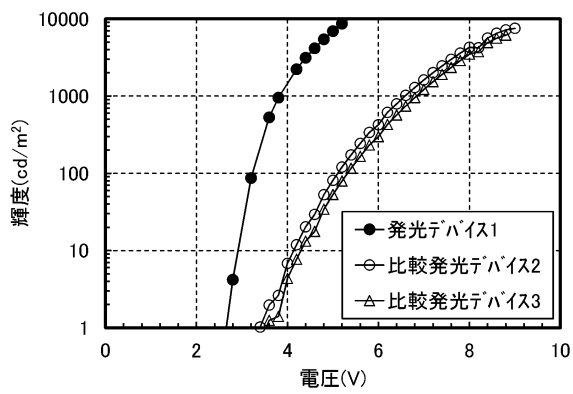


【図 1 2】

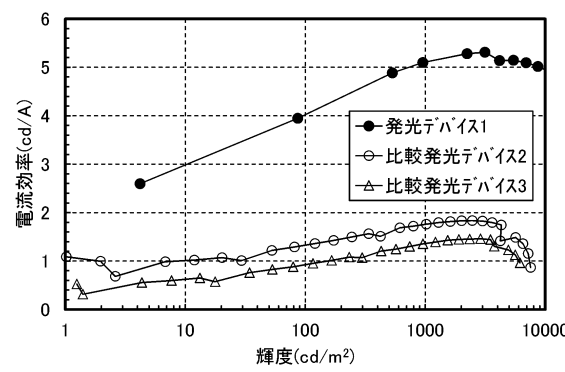


10

【図 1 3】

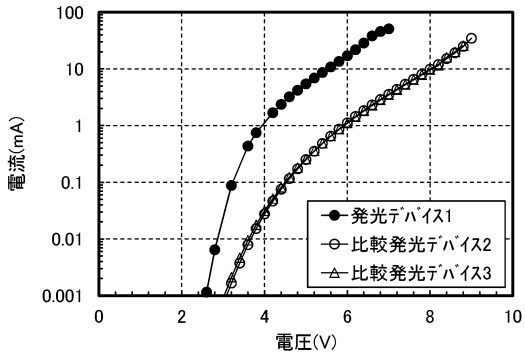


【図 1 4】

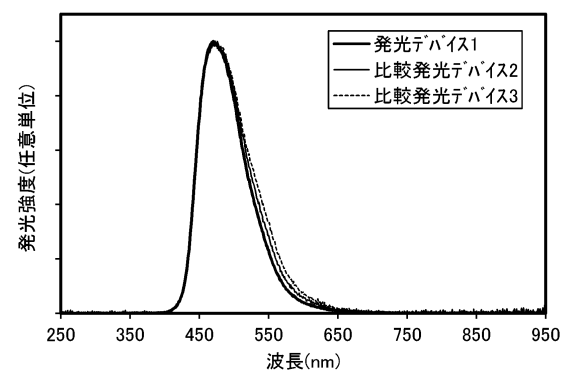


20

【図 1 5】



【図 1 6】

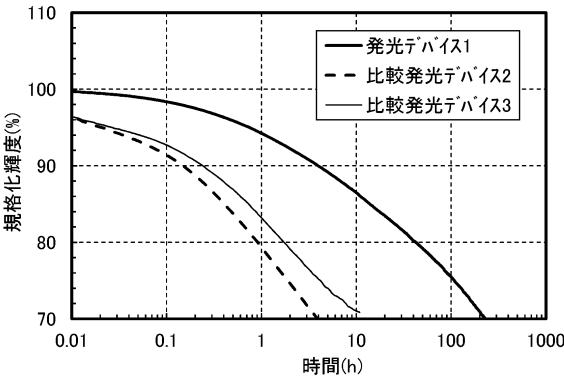


30

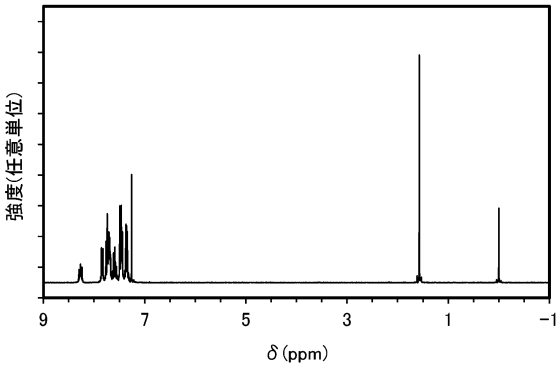
40

50

【図 1 7】

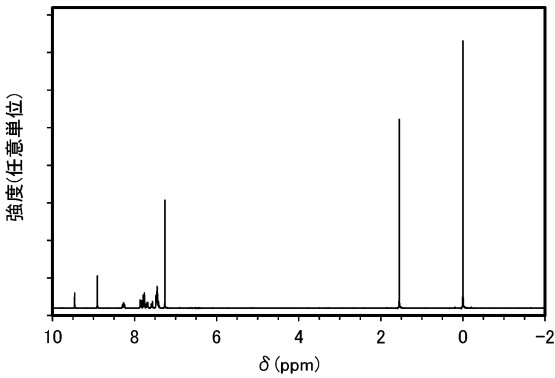


【図 1 8】

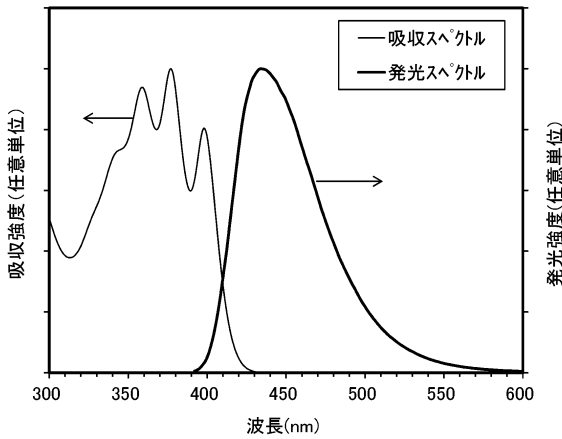


10

【図 1 9】

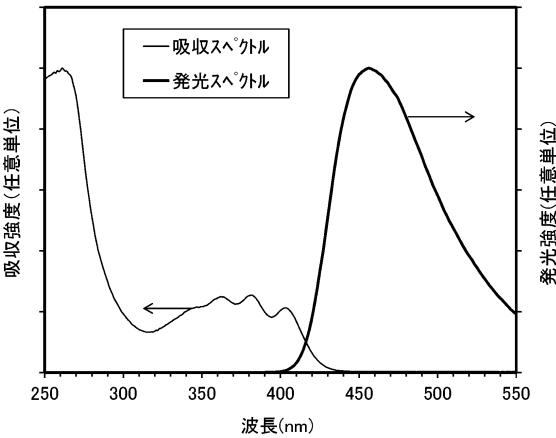


【図 2 0】

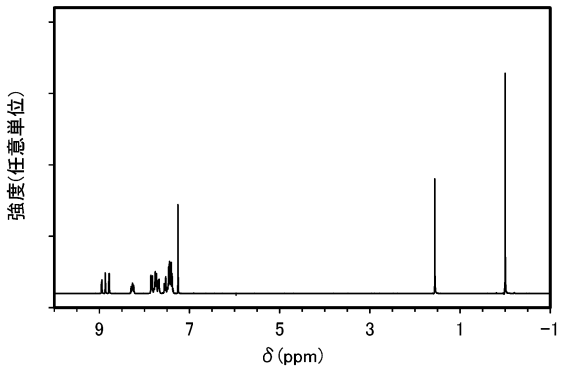


20

【図 2 1】



【図 2 2】

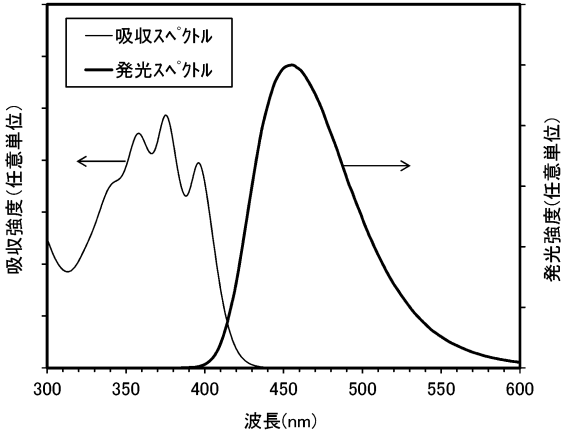


30

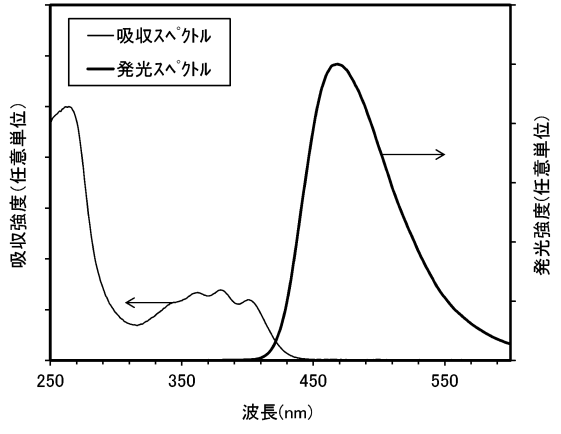
40

50

【図 2 3】

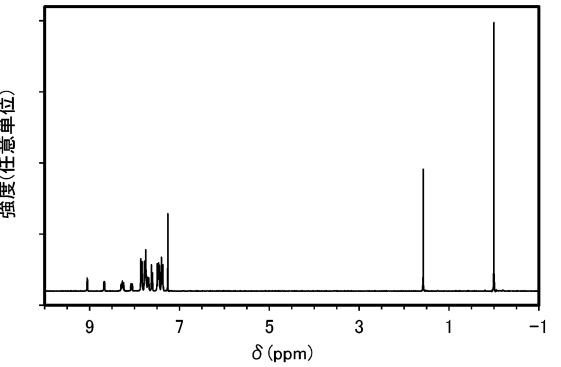


【図 2 4】

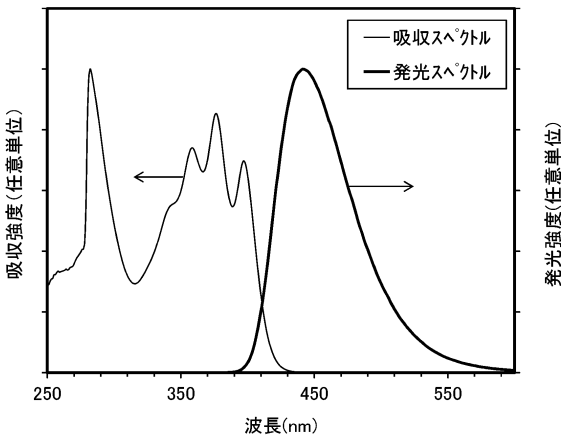


10

【図 2 5】



【図 2 6】



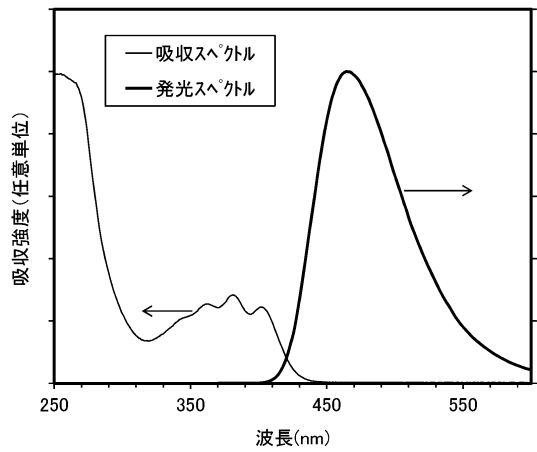
20

30

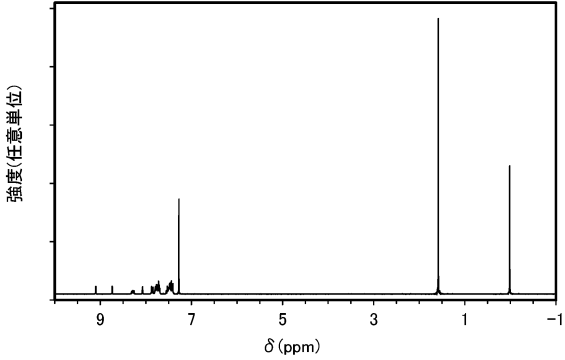
40

50

【図 2 7】

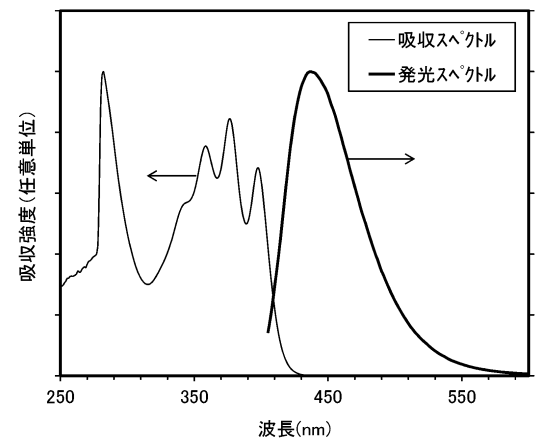


【図 2 8】

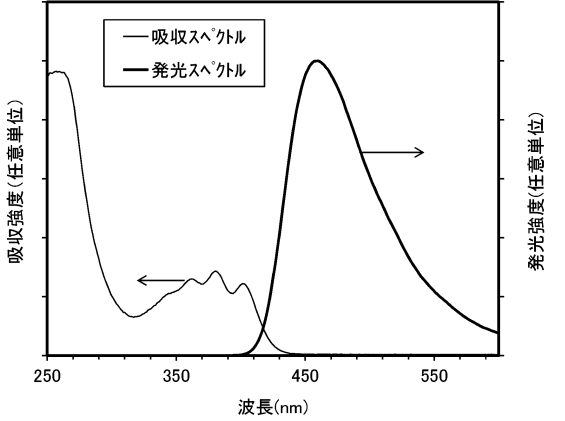


10

【図 2 9】



【図 3 0】



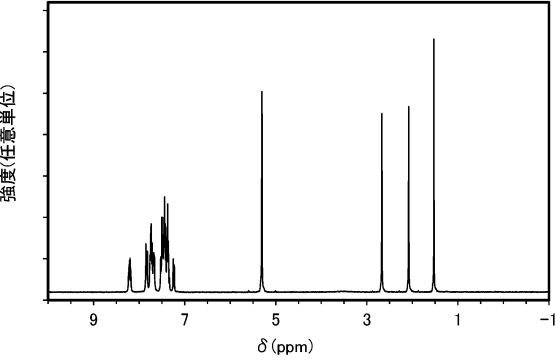
20

30

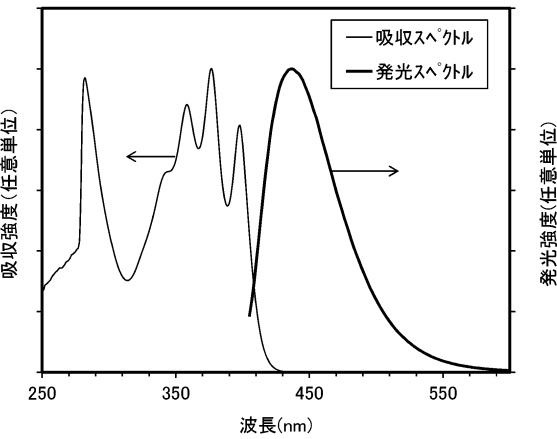
40

50

【図 3 1】

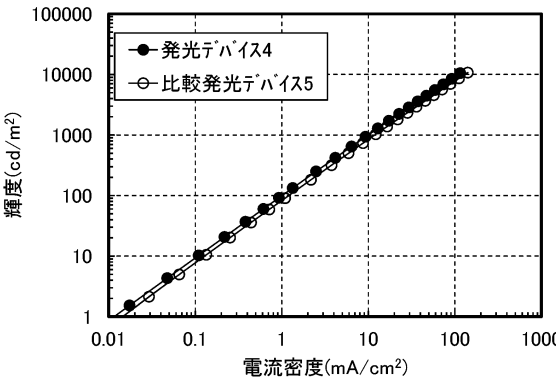


【図 3 2】

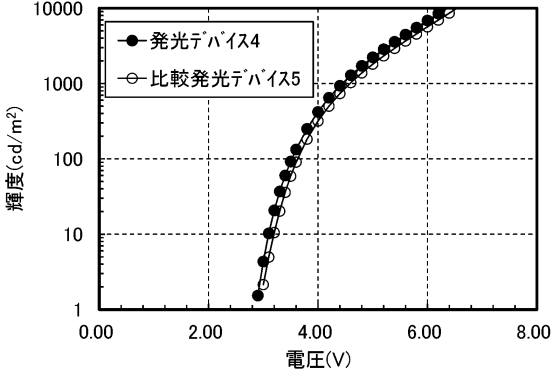


10

【図 3 3】

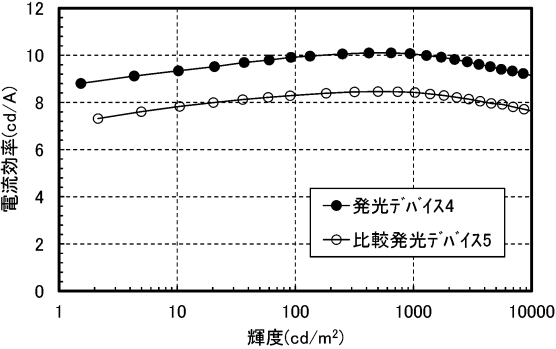


【図 3 4】

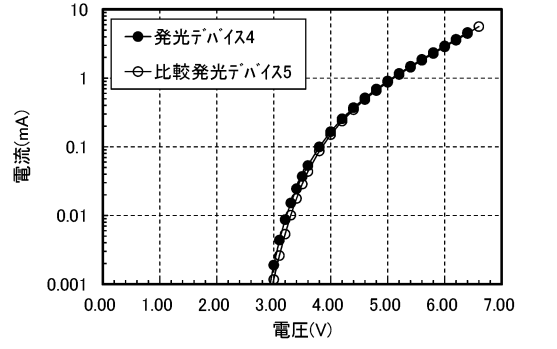


20

【図 3 5】



【図 3 6】

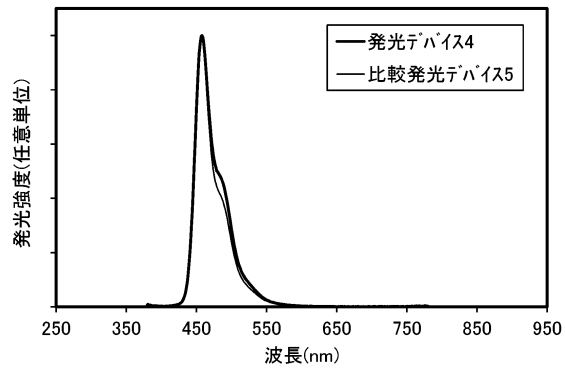


30

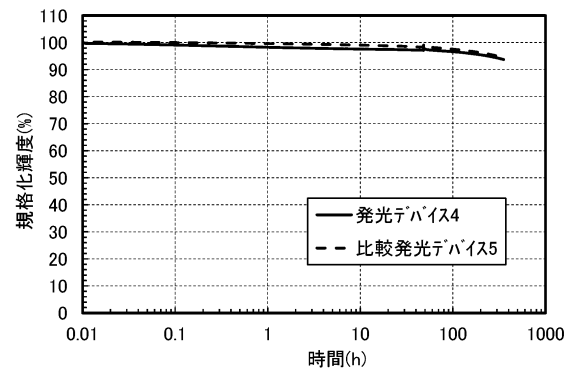
40

50

【図 3 7】

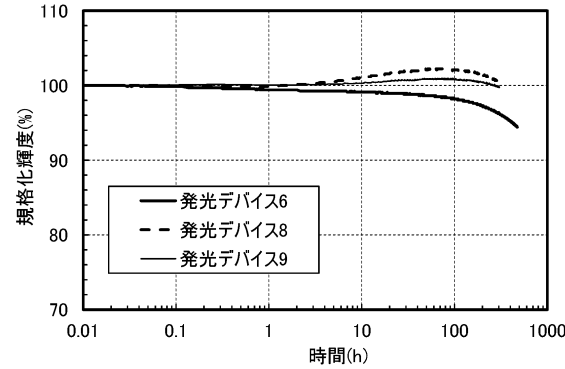


【図 3 8】



10

【図 3 9】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 滝田 悠介
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
- (72)発明者 鈴木 恒徳
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
- 審査官 阿久津 江梨子
- (56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 3 9 0 3 (J P , A)
特表 2 0 1 3 - 5 2 3 7 8 8 (J P , A)
特表 2 0 1 3 - 5 1 0 1 0 4 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 9 4 7 7 6 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 1 0 9 6 8 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
C 0 7 D
H 1 0 K
C A p l u s / R E G I S T R Y (S T N)