

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-205412

(P2020-205412A)

(43) 公開日 令和2年12月24日(2020.12.24)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**H O 1 L 51/50 (2006.01)** H O 5 B 33/14 B 3 K 1 O 7

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 57 頁)

(21) 出願番号	特願2020-98323 (P2020-98323)	(71) 出願人	000153878
(22) 出願日	令和2年6月5日(2020.6.5)		株式会社半導体エネルギー研究所
(31) 優先権主張番号	特願2019-111025 (P2019-111025)		神奈川県厚木市長谷398番地
(32) 優先日	令和1年6月14日(2019.6.14)	(72) 発明者	河野 優太
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	木戸 裕允
			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	佐々木 俊毅
			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	山口 知也
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光デバイス、発光装置、電子機器、および照明装置

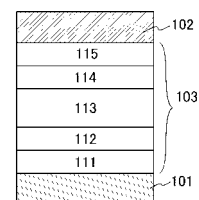
## (57) 【要約】

【課題】発光デバイスの発光層において、ホスト材料からゲスト材料へエネルギー移動が効率よく行われるだけでなく、信頼性の高い発光デバイスを提供する。

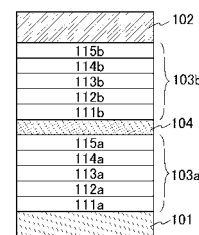
【解決手段】発光デバイスの発光層において、ホスト材料として特定のナフトフロピラジン骨格を有する有機化合物を用い、ゲスト材料として、そのT1準位が、ある一定の範囲を満たす発光物質（有機金属錯体を含む）を用いることにより、ホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動効率を高めるだけでなく、信頼性を向上させることができる発光デバイスである。

【選択図】図1

(A)



(B)



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

一対の電極間に E L 層を有し、  
 前記 E L 層は、発光層を有し、  
 前記発光層は、ナフト [ 2 ' , 1 ' : 4 , 5 ] フロ [ 2 , 3 - b ] ピラジン骨格を有する有機化合物、および燐光発光物質を有し、  
 前記燐光発光物質の T 1 準位 (  $T_G$  ) が 2 . 5 e V 以下である発光デバイス。  
 (ただし、 $T_G$  は、前記燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれる T 1 準位を指す。)

10

## 【請求項 2】

一対の電極間に E L 層を有し、  
 前記 E L 層は、発光層を有し、  
 前記発光層は、ナフト [ 2 ' , 1 ' : 4 , 5 ] フロ [ 2 , 3 - b ] ピラジン骨格を有する有機化合物、およびジアジン骨格を有する有機金属錯体を有する発光デバイス。

## 【請求項 3】

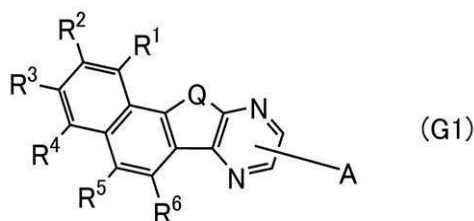
請求項 2 において、  
 前記ジアジン骨格は、ピラジン骨格またはピリミジン骨格のいずれかーである発光デバイス。

## 【請求項 4】

一対の電極間に E L 層を有し、  
 前記 E L 層は、発光層を有し、  
 前記発光層は、一般式 ( G 1 ) で表される第 1 の有機化合物、および燐光発光物質を有し、  
 前記燐光発光物質の T 1 準位 (  $T_G$  ) が 2 . 5 e V 以下である発光デバイス。  
 (ただし、 $T_G$  は、前記燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれる T 1 準位を指す。)

20

## 【化 1】



30

(式中、Q は酸素または硫黄を表す。また、A は分子量 1 0 0 0 以下の基を表し、 $R^1$  ~  $R^6$  はそれぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 3 乃至 7 のシクロアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 3 0 のアリール基、のいずれかーを表す。)

40

## 【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかーにおいて、  
 前記有機化合物の T 1 準位 (  $T_H$  ) と前記燐光発光物質の T 1 準位 (  $T_G$  ) との差が下記式 ( 1 ) を満たす発光デバイス。  
 (ただし、 $T_G$  は、前記燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれる T 1 準位を指し、 $T_H$  は、前記有機化合物の燐光スペクトルの短波長側における発光端から導かれる T 1 準位を指す。)

【数 1】

$$0.1 \text{ eV} \leq T_H - T_G \leq 0.4 \text{ eV} \cdots (1)$$

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかーにおいて、

前記有機化合物の T 1 準位 ( $T_H$ ) と前記燐光発光物質の T 1 準位 ( $T_G$ ) との差が下記式 (2) を満たす発光デバイス。

(ただし、 $T_G$  は、前記燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれる T 1 準位を指し、 $T_H$  は、前記有機化合物の燐光スペクトルの短波長側における発光端から導かれる T 1 準位を指す。)

10

【数 2】

$$0.2 \text{ eV} \leq T_H - T_G \leq 0.4 \text{ eV} \cdots (2)$$

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかーに記載の発光デバイスと、

FPC と、

を有する発光装置。

20

【請求項 8】

請求項 7 に記載の発光装置と、

マイク、カメラ、操作ボタン、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 9】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかーに記載の発光デバイスと、

筐体、またはカバーの少なくとも一と、

を有する照明装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、発光デバイス、発光装置、電子機器、および照明装置に関する。但し、本発明の一態様は、それらに限定されない。すなわち、本発明の一態様は、物、方法、製造方法、または駆動方法に関する。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニファクチャ、または、組成物 (コンポジション・オブ・マター) に関する。

【背景技術】

【0002】

一对の電極間に EL 層を挟んでなる発光デバイス (有機 EL デバイス、有機 EL 素子ともいうともいう) は、エレクトロルミネッセンス (EL: Electroluminescence) を利用する発光デバイスであり、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。

40

【0003】

発光デバイスは、一对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 EL 層において再結合し、EL 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

50

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。

【0004】

このような発光デバイスに関しては、そのデバイス特性や信頼性を向上させる為に、デバイス構造の改良や材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】

【特許文献1】特開2017-188671号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

発光デバイスのデバイス特性や信頼性を向上させる上で、発光デバイスの発光層におけるホスト材料とゲスト材料との間のエネルギー移動のメカニズムを考慮しつつ、デバイスの駆動に伴うダメージを低減させることが重要である。

【0007】

そこで、本発明の一態様では、発光デバイスの発光層において、ホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動効率が高まるだけでなく、信頼性の高い発光デバイスを提供する。また、本発明の一態様では、発光デバイスの発光層において、ホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動効率の高い発光デバイスを提供する。また、本発明の一態様では、信頼性の高い発光デバイスを提供する。

20

【0008】

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様は、発光デバイスの発光層において、ホスト材料として特定のナフトフロピラジン骨格を有する有機化合物を用い、ゲスト材料として、ある一定の範囲のT<sub>1</sub>準位（T<sub>G</sub>）を満たす発光物質（有機金属錯体を含む）を用いることにより、ホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動効率を高めるだけでなく、信頼性を向上させることができる発光デバイスである。

30

【0010】

本発明の一態様は、一対の電極間にEL層を有し、EL層は、発光層を有し、発光層は、ナフト[2', 1': 4, 5]フロ[2, 3-b]ピラジン骨格を有する有機化合物、および燐光発光物質を有し、燐光発光物質のT<sub>1</sub>準位（T<sub>G</sub>）が2.5 eV以下である発光デバイスである。（ただし、T<sub>G</sub>は、燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれるT<sub>1</sub>準位を指す。）

40

【0011】

また、本発明の別の一態様は、一対の電極間にEL層を有し、EL層は、発光層を有し、発光層は、ナフト[2', 1': 4, 5]フロ[2, 3-b]ピラジン骨格を有する有機化合物、およびジアジン骨格を有する有機金属錯体を有する発光デバイスである。

【0012】

また、上記各構成において、ジアジン骨格は、ピラジン骨格またはピリミジン骨格のいずれか一であると好ましい。

【0013】

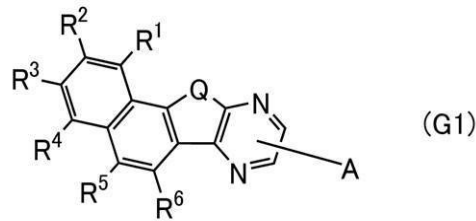
また、本発明の別の一態様は、一対の電極間にEL層を有し、EL層は、発光層を有し、発光層は、一般式（G1）で表される第1の有機化合物、および燐光発光物質を有し、燐

50

光発光物質の  $T_1$  準位 ( $T_G$ ) が  $2.5 \text{ eV}$  以下である発光デバイスである。(ただし、 $T_G$  は、燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれる  $T_1$  準位を指す。)

【0014】

【化1】



10

【0015】

(式中、Qは酸素または硫黄を表す。また、Aは分子量1000以下の基を表し、 $R^1 \sim R^6$ はそれぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数3乃至7のシクロアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数6乃至30のアリール基、のいずれかーを表す。)

【0016】

また、上記各構成において、有機化合物の  $T_1$  準位 ( $T_H$ ) と燐光発光物質の  $T_1$  準位 ( $T_G$ ) との差が下記式(1)を満たすことが好ましい。(ただし、 $T_G$  は、燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれる  $T_1$  準位を指し、 $T_H$  は、有機化合物の燐光スペクトルの短波長側における発光端から導かれる  $T_1$  準位を指す。)

20

【0017】

【数1】

$$0.1 \text{ eV} \leq T_H - T_G \leq 0.4 \text{ eV} \cdots (1)$$

【0018】

また、上記各構成において、より好ましくは、有機化合物の  $T_1$  準位 ( $T_H$ ) と燐光発光物質の  $T_1$  準位 ( $T_G$ ) との差が下記式(2)を満たすことが好ましい。(ただし、 $T_G$  は、燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれる  $T_1$  準位を指し、 $T_H$  は、有機化合物の燐光スペクトルの短波長側における発光端から導かれる  $T_1$  準位を指す。)

30

【0019】

【数2】

$$0.2 \text{ eV} \leq T_H - T_G \leq 0.4 \text{ eV} \cdots (2)$$

40

【0020】

なお、本発明の一態様は、上述した発光デバイス(発光素子ともいう)を有する発光装置だけでなく、発光デバイスや発光装置を適用した電子機器(具体的には、発光デバイスや発光装置と、接続端子、または操作キーとを有する電子機器)および照明装置(具体的には、発光デバイスや発光装置と、筐体とを有する照明装置)も範疇に含めるものである。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、もしくは光源(照明装置含む)を指す。また、発光装置にコネクタ、例えばFPC(Flexible Printed Circuit)もしくはTCP(Tape Carrier Package)が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光デバイスにCOG(Chip On Glass)方式によりIC(集積回

50

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】

【0021】

本発明の一態様により、発光デバイスの発光層において、ホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動効率が高まるだけでなく、信頼性の高い発光デバイスを提供することができる。

【0022】

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。

10

【0023】

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。また、デバイスの信頼性を高めることができる新規な発光デバイスを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1(A)および図1(B)は、発光デバイスの構造を示す図である。

【図2】図2(A)、図2(B)、および図2(C)は、発光装置について説明する図である。

20

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

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

【図5】図5(A)、図5(B)、および図5(C)は、電子機器について説明する図である。

30

【図6】図6(A)および図6(B)は、自動車について説明する図である。

【図7】図7(A)および図7(B)は、照明装置について説明する図である。

【図8】図8は、発光デバイスについて説明する図である。

【図9】図9は、発光デバイス1および比較発光デバイス2の輝度-電流密度特性を示す図である。

【図10】図10は、発光デバイス1および比較発光デバイス2の輝度-電圧特性を示す図である。

【図11】図11は、発光デバイス1および比較発光デバイス2の電流効率-輝度特性を示す図である。

【図12】図12は、発光デバイス1および比較発光デバイス2の電流-電圧特性を示す図である。

40

【図13】図13は、発光デバイス1および比較発光デバイス2の発光スペクトルを示す図である。

【図14】図14は、発光デバイス1および比較発光デバイス2の信頼性を示す図である。

【図15】図15は、発光デバイス3の輝度-電流密度特性を示す図である。

【図16】図16は、発光デバイス3の輝度-電圧特性を示す図である。

【図17】図17は、発光デバイス3の電流効率-輝度特性を示す図である。

【図18】図18は、発光デバイス3の電流-電圧特性を示す図である。

【図19】図19は、発光デバイス3の発光スペクトルを示す図である。

50

【図 20】図 20 は、 $8\text{mDBtBP NFpr}(\text{II})$  の  $^1\text{H-NMR}$  チャートである。

【図 21】図 21 (A) は、 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$  の吸収スペクトルを示す図である。図 21 (B) は、 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$  の吸収スペクトルの吸収端付近の拡大図である。

【図 22】図 22 (A) は、 $8\text{mDBtBP NFpr}(\text{II})$  の燐光スペクトルを示す図である。図 22 (B) は、 $8\text{mDBtBP NFpr}(\text{II})$  の燐光スペクトルの発光端付近の拡大図である。

【図 23】図 23 (A) は、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{mdppy})]$  の吸収スペクトルを示す図である。図 23 (B) は、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{mdppy})]$  の吸収スペクトルの吸収端付近の拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

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

【0026】

なお、図面等において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解の簡単のため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面等を開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

【0027】

また、本明細書等において、図面を用いて発明の構成を説明するにあたり、同じものを指す符号は異なる図面間でも共通して用いる。

【0028】

(実施の形態 1)

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図 1 を用いて説明する。なお、発光デバイスは、一対の電極間に EL 層が挟まれた構造を有し、EL 層は、少なくとも発光層を有し、その他に正孔（ホール）注入層、正孔（ホール）輸送層、電子輸送層、電子注入層等の機能層を適宜設けることができる。

【0029】

発光層は、発光物質（ゲスト材料）を含む層であり、それ以外にホスト材料を有する。なお、発光層は、ホスト材料として機能する複数の有機化合物（例えば、第 1 の有機化合物、および第 2 の有機化合物（または、ホスト材料、およびアシスト材料）等）を有していても良い。

【0030】

発光デバイスの発光は、発光層において、キャリア（正孔および電子）の再結合により生成された励起状態のホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動が起こり、ゲスト材料が発光することにより得られる。なお、本実施の形態で説明する発光デバイスは、ホスト材料として特定のナフトフロピラジン骨格を有する有機化合物、好ましくは、ナフト[2', 1': 4, 5]フロ[2, 3-b]ピラジン骨格を有する有機化合物を用い、ゲスト材料として、その T1 準位が、ある一定の範囲を満たす発光物質（有機金属錯体を含む）、好ましくはその T1 準位が 2.5 eV 以下である発光物質を用いることにより、励起状態のホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動効率を高めることができる。

【0031】

発光デバイスの構造

図 1 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。

10

20

30

40

50

## 【0032】

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。

## 【0033】

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 $1 \times 10^{-2} \text{ cm}$ 以下とするのが好ましい。

10

## 【0034】

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 $1 \times 10^{-2} \text{ cm}$ 以下とするのが好ましい。

20

## 【0035】

< 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含む合金、その他グラフェン等を用いることができる。

30

## 【0036】

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。

## 【0037】

< 正孔注入層 >

正孔注入層111は、陽極である第1の電極101からEL層103に正孔（ホール）を注入しやすくする層であり、有機アクセプター材料や正孔注入性の高い材料を含む層である。

40

## 【0038】

有機アクセプター材料は、そのLUMO準位の値とHOMO準位の値に近い他の有機化合物との間で電荷分離させることにより、当該有機化合物に正孔（ホール）を発生させることができる材料である。従って、有機アクセプター材料としては、キノジメタン誘導体やクロラニル誘導体、ヘキサアザトリフェニレン誘導体などの電子吸引基（ハロゲン基やシアノ基）を有する化合物を用いることができる。例えば、7,7,8,8-テトラシアノ-2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン（略称：F<sub>4</sub>-TCNQ）、3,6-ジフルオロ-2,5,7,7,8,8-ヘキサシアノキノジメタン、クロラニル、2,3,

50



6, 7, 10, 11 - ヘキサシアノ - 1, 4, 5, 8, 9, 12 - ヘキサアザトリフェニレン (略称: HAT-CN)、1, 3, 4, 5, 7, 8 - ヘキサフルオロテトラシアノ - ナフトキノジメタン (略称: F6-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用いることができる。

#### 【0039】

なお、有機アクセプター材料の中でも特に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, , ' , ' ' - 1, 2, 3 - シクロプロパントリイリデントリス [4 - シアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロベンゼンアセトニトリル]、, , ' , ' ' - 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]、, , ' , ' ' - 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] などを用いることができる。

10

#### 【0040】

また、正孔注入性の高い材料としては、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等の遷移金属酸化物が挙げられる。この他、フタロシアニン (略称: H<sub>2</sub>Pc) や銅フタロシアニン (略称: CuPc) 等のフタロシアニン系の化合物、等を用いることができる。

20

#### 【0041】

また、上記材料に加えて低分子化合物である、4, 4', 4'' - トリス (N, N - ジフェニルアミノ) トリフェニルアミン (略称: TDATA)、4, 4', 4'' - トリス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称: MTDATA)、4, 4' - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: DPAB)、4, 4' - ビス (N - {4 - [N' - (3 - メチルフェニル) - N' - フェニルアミノ] フェニル} - N - フェニルアミノ) ビフェニル (略称: DNTPD)、1, 3, 5 - トリス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ベンゼン (略称: DPA3B)、3 - [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzPCA1)、3, 6 - ビス [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzPCA2)、3 - [N - (1 - ナフチル) - N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzPCN1) 等の芳香族アミン化合物、等を用いることができる。

30

#### 【0042】

また、高分子化合物 (オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等) である、ポリ (N - ビニルカルバゾール) (略称: PVK)、ポリ (4 - ビニルトリフェニルアミン) (略称: PVTPA)、ポリ [N - (4 - {N' - [4 - (4 - ジフェニルアミノ) フェニル] フェニル - N' - フェニルアミノ} フェニル) メタクリルアミド] (略称: PTPDMA)、ポリ [N, N' - ビス (4 - ブチルフェニル) - N, N' - ビス (フェニル) ベンジジン] (略称: Poly-TPD) 等を用いることができる。または、ポリ (3, 4 - エチレンジオキシチオフェン) / ポリ (スチレンスルホン酸) (略称: PEDOT/PSS)、ポリアニリン / ポリ (スチレンスルホン酸) (略称: PANi/PSS) 等の酸を添加した高分子系化合物、等を用いることもできる。

40

#### 【0043】

また、正孔注入性の高い材料としては、正孔輸送性材料とアクセプター性材料 (電子受容性材料) を含む複合材料を用いることもできる。この場合、アクセプター性材料により正孔輸送性材料から電子が引き抜かれて正孔注入層 111 で正孔が発生し、正孔輸送層 112 を介して発光層 113 に正孔が注入される。なお、正孔注入層 111 は、正孔輸送性材

50

料とアクセプター性材料（電子受容性材料）を含む複合材料からなる単層で形成しても良いが、正孔輸送性材料とアクセプター性材料（電子受容性材料）とをそれぞれ別の層で積層して形成しても良い。

【0044】

なお、正孔輸送性材料としては、電界強度  $[V/cm]$  の平方根が 600 における正孔移動度が  $1 \times 10^{-6} cm^2/Vs$  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。

【0045】

正孔輸送性材料としては、電子過剰型複素芳香族化合物（例えばカルバゾール誘導体やフラン誘導体）や芳香族アミン（芳香族アミン骨格を有する化合物）等の正孔輸送性の高い材料が好ましい。

10

【0046】

なお、上記カルバゾール誘導体（カルバゾール骨格を有する化合物）としては、ビカルバゾール誘導体（例えば、3, 3'-ビカルバゾール誘導体）、カルバゾリル基を有する芳香族アミン等が挙げられる。

【0047】

また、上記ビカルバゾール誘導体（例えば、3, 3'-ビカルバゾール誘導体）としては、具体的には、3, 3'-ビス（9-フェニル-9H-カルバゾール）（略称：PCCP）、9, 9'-ビス（1, 1'-ビフェニル-4-イル）-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール、9, 9'-ビス（1, 1'-ビフェニル-3-イル）-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール、9-（1, 1'-ビフェニル-3-イル）-9'-（1, 1'-ビフェニル-4-イル）-9H, 9'H-3, 3'-ビカルバゾール（略称：mBPCCBP）、9-（2-ナフチル）-9'-フェニル-9H, 9'H-3, 3'-ビカルバゾール（略称：NCCP）などが挙げられる。

20

【0048】

また、上記カルバゾリル基を有する芳香族アミンとしては、具体的には、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）、N-（4-ビフェニル）-N-（9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル）-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：PCBif）、N-（1, 1'-ビフェニル-4-イル）-N-[4-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）フェニル]-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン（略称：PCBBif）、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）、4-フェニルジフェニル-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）アミン（略称：PCA1BP）、N, N'-ビス（9-フェニルカルバゾール-3-イル）-N, N'-ジフェニルベンゼン-1, 3-ジアミン（略称：PCA2B）、N, N', N''-トリフェニル-N, N', N''-トリス（9-フェニルカルバゾール-3-イル）ベンゼン-1, 3, 5-トリアミン（略称：PCA3B）、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）、3-[N-（9-フェニルカルバゾール-3-イル）-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA1）、3, 6-ビス[N-（9-フェニルカルバゾール-3-イル）-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA2）、3-[N-（1-ナフチル）-N-（9-フェニルカルバゾール-3-イル）アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN1）、3-[N-（4-ジフェニルアミノフェニル）-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：

30

40

50

PCzDPA1)、3,6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzDPA2)、3,6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-(1-ナフチル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzTPN2)、2-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:PCASF)、N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-(4-フェニル)フェニルアニリン(略称:YGA1BP)、N,N'-ビス[4-(カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニル-9,9'-ジメチルフルオレン-2,7-ジアミン(略称:YGA2F)、4,4',4''-トリス(カルバゾール-9-イル)トリフェニルアミン(略称:TCTA)などが挙げられる。

10

#### 【0049】

その他、カルバゾール誘導体(カルバゾール骨格を有する化合物)として、3-[4-(9-フェナントリル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PCPPn)、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)、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)、1,3,5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン(略称:TCPB)、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CzPA)等が挙げられる。

20

#### 【0050】

また、上記フラン誘導体(フラン骨格を有する化合物)としては、具体的には、4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフエン)(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]ジベンゾチオフエン(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エン(略称:DBTFLP-IV)などのチオフエン骨格を有する化合物、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)等が挙げられる。

30

#### 【0051】

また、上記芳香族アミン(芳香族アミン骨格を有する化合物)としては、具体的には、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPBまたは-NPD)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:BSPB)、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称: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)、N-(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-N-{9,9'-ジメチル-2-[N'-フェニル-N'-(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)アミノ]-9H-フルオレン-7-イル}フェニルアミン(略称:DFLADFL)、N-(9,9'-ジメチル-2-ジフェニルアミノ-9H-フルオレン-7-イル)ジフェニルアミン(略称:DPNF)、2-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:DPA SF)、2,7-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:DPA2 SF)、4,4',4''-トリス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:1'-TNATA)、4,4',4''-トリス(N,N'-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称:TDATA)、4,4',4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:m-MTDA

40

50

T A)、N, N' - ジ ( p - トリル ) - N, N' - ジフェニル - p - フェニレンジアミン ( 略称 : D T D P P A )、4, 4' - ビス [ N - ( 4 - ジフェニルアミノフェニル ) - N - フェニルアミノ ] ビフェニル ( 略称 : D P A B )、N, N' - ビス { 4 - [ ビス ( 3 - メチルフェニル ) アミノ ] フェニル } - N, N' - ジフェニル - ( 1, 1' - ビフェニル ) - 4, 4' - ジアミン ( 略称 : D N T P D )、1, 3, 5 - トリス [ N - ( 4 - ジフェニルアミノフェニル ) - N - フェニルアミノ ] ベンゼン ( 略称 : D P A 3 B ) 等が挙げられる。

#### 【 0 0 5 2 】

その他にも、正孔輸送性材料として、ポリ ( N - ビニルカルバゾール ) ( 略称 : P V K )、ポリ ( 4 - ビニルトリフェニルアミン ) ( 略称 : P V T P A )、ポリ [ N - ( 4 - { N' - [ 4 - ( 4 - ジフェニルアミノ ) フェニル ] フェニル - N' - フェニルアミノ } フェニル ) メタクリルアミド ] ( 略称 : P T P D M A )、ポリ [ N, N' - ビス ( 4 - ブチルフェニル ) - N, N' - ビス ( フェニル ) ベンジジン ] ( 略称 : P o l y - T P D ) などの高分子化合物を用いることができる。

10

#### 【 0 0 5 3 】

但し、正孔輸送性材料は、上記に限られることなく公知の様々な材料を 1 種または複数種組み合わせて正孔輸送性材料として用いてもよい。

#### 【 0 0 5 4 】

また、正孔注入層 1 1 1 に用いるアクセプター性材料としては、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用いることができる。具体的には、酸化モリブデン、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化タンゲステン、酸化マンガ、酸化レニウムが挙げられる。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。その他、上述した有機アクセプターを用いることもできる。

20

#### 【 0 0 5 5 】

なお、正孔注入層 1 1 1 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。

#### 【 0 0 5 6 】

< 正孔輸送層 >

正孔輸送層 1 1 2 は、正孔注入層 1 1 1 によって、第 1 の電極 1 0 1 から注入された正孔を発光層 1 1 3 に輸送する層である。なお、正孔輸送層 1 1 2 は、正孔輸送性材料を含む層である。従って、正孔輸送層 1 1 2 には、正孔注入層 1 1 1 に用いることができる正孔輸送性材料として上述した、正孔輸送性材料を用いることができる。

30

#### 【 0 0 5 7 】

なお、本発明の一態様である発光デバイスにおいて、正孔輸送層 1 1 2 と同じ有機化合物を発光層 1 1 3 に用いても良い。正孔輸送層 1 1 2 と発光層 1 1 3 に同じ有機化合物を用いることで、正孔輸送層 1 1 2 から発光層 1 1 3 へのホールの輸送を効率良く行うことができる。

#### 【 0 0 5 8 】

< 発光層 >

本発明の一態様である発光デバイスにおいて、発光層 1 1 3 は、発光物質 ( ゲスト材料 ) を含む層であり、発光物質を分散させる、一種または複数種の有機化合物 ( ホスト材料等 ) を有する。なお、本発明の一態様である発光デバイスにおける発光層 1 1 3 には、ホスト材料として特定のナフトフロピラジン骨格を有する有機化合物 ( 好ましくは、ナフト [ 2', 1' : 4, 5 ] フロ [ 2, 3 - b ] ピラジン骨格を有する有機化合物 ) を用い、ゲスト材料として、その T<sub>1</sub> 準位 ( T<sub>G</sub> : 燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれる T<sub>1</sub> 準位を指す ) が、ある一定の範囲 ( 好ましくは、T<sub>1</sub> 準位 ( T<sub>G</sub> ) が 2 . 5 e V 以下 ) を満たす燐光発光物質 ( ジアジン骨格 ( ピラジン骨格またはピリミジン骨格を含む ) を有する有機金属錯体を含む ) を用いることが特に好ましい。また、発光層 1 1 3 に用いる、ホスト材料の T<sub>1</sub> 準位 ( T<sub>H</sub> : 有機化合物の燐光スペクトルの短波長側における発

40

50

光端から導かれる  $T_1$  準位を指す) とゲスト材料の  $T_1$  準位 ( $T_G$ ) との差 ( $T_H - T_G$ ) が下記式 (1) を満たすことが好ましい。これは、効率・寿命を満たすためには、ホスト材料の  $T_1$  準位 ( $T_H$ ) はゲスト材料の  $T_1$  準位 ( $T_G$ ) よりも一定以上高い必要があるが、高すぎるとむしろ寿命を損なうことが多いという本発明者らの発見に基づいている (従来は、ホスト材料の  $T_1$  準位は高ければ高いほど良いと言われているが、本発明の一態様ではそれとは異なる点に留意されたい)。なお、この観点では、 $T_H - T_G$  は  $0.3 \text{ eV}$  以下であることがより好ましい。

【0059】

【数3】

$$0.1 \text{ eV} \leq T_H - T_G \leq 0.4 \text{ eV} \cdots (1)$$

10

【0060】

さらに、発光層 113 に用いる、ホスト材料の  $T_1$  準位 ( $T_H$  : 有機化合物の燐光スペクトルの短波長側における発光端から導かれる  $T_1$  準位を指す) とゲスト材料の  $T_1$  準位 ( $T_G$ ) との差が下記式 (2) を満たすことがより好ましい。

【0061】

【数4】

$$0.2 \text{ eV} \leq T_H - T_G \leq 0.4 \text{ eV} \cdots (2)$$

20

【0062】

なお、このような発光層 113 とすることにより、ホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動効率が高く、信頼性の高い発光デバイスとすることができる。

【0063】

上記ホスト材料の  $T_1$  準位 ( $T_H$ ) は、ホスト材料の燐光スペクトルの短波長側の発光端 (スペクトルの Onset) から求めた値を用いることとする。燐光スペクトルの発光端は、短波長側の稜線において、最も短波長側のピークの半値付近で接線を引き、その接線と横軸の交わる点の波長であり、この値からホスト材料の  $T_1$  準位 ( $T_H$ ) を求めることができる。

30

【0064】

また、上記ゲスト材料の  $T_1$  準位 ( $T_G$ ) は、ゲスト材料の吸収スペクトルの吸収端から求めることができる。吸収スペクトルの吸収端は、吸収スペクトルの最も長波長側の稜線において、最も長波長側のピークもしくはショルダーピークの半値付近で接線を引き、その接線と横軸の交わる点の波長であり、この値からゲスト材料の  $T_1$  準位 ( $T_G$ ) を求めることができる。

【0065】

なお、発光層 113 に用いることができる発光物質 (ゲスト材料) としては、蛍光を発する物質 (蛍光発光物質)、燐光を発する物質 (燐光発光物質)、熱活性化遅延蛍光を示す熱活性化遅延蛍光 (Thermally activated delayed fluorescence: TADF) 材料、その他の発光物質等を用いることができる。但し、本発明の一態様においては、上述したように、その  $T_1$  準位 ( $T_G$ ) が、ある一定の範囲 (好ましくは、 $T_1$  準位 ( $T_G$ ) が  $2.5 \text{ eV}$  以下) を満たす発光物質 (ジアジン骨格 (ピラジン骨格またはピリミジン骨格を含む) を有する有機金属錯体を含む) を用いることが特に好ましい。また、青色、紫色、青紫色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、赤色などの発光色を呈する物質を適宜用いることができる。その他、異なる発光物質を含む複数の発光層を有することにより、異なる発光色を呈する構成 (例えば、補色の関係にある発光色を組み合わせ得られる白色発光) としても良い。また、一つの発光層が異なる発光物質

40

50

を複数有する構成としても良い。

【0066】

また、一種または複数種の有機化合物（ホスト材料等）としては、電子輸送性材料や正孔輸送性材料の他、上記 TADF 材料など様々なキャリア輸送材料を用いることができる。また、ホスト材料としては、前述の正孔輸送層 112 に用いることができる正孔輸送性材料や、後述の電子輸送層 114 に用いることができる電子輸送性材料、等を用いることができる。なお、正孔輸送性材料や電子輸送性材料等の具体例としては、本明細書中に記載された材料や公知の材料を適宜、単数もしくは複数種用いることができる。

【0067】

発光層 113 のゲスト材料として用いることができる蛍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。また、これ以外の蛍光発光物質も用いることができる。

【0068】

5, 6 - ビス [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 2, 2' - ビピリジン ( 略称 : P A P 2 B P y )、5, 6 - ビス [ 4' - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) ビフェニル - 4 - イル ] - 2, 2' - ビピリジン ( 略称 : P A P P 2 B P y )、N, N' - ジフェニル - N, N' - ビス [ 4 - ( 9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル ) フェニル ] ピレン - 1, 6 - ジアミン ( 略称 : 1, 6 F L P A P r n )、N, N' - ビス ( 3 - メチルフェニル ) - N, N' - ビス [ 3 - ( 9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル ) フェニル ] ピレン - 1, 6 - ジアミン ( 略称 : 1, 6 m M e m F L P A P r n )、N, N' - ビス [ 4 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] - N, N' - ジフェニルスチルベン - 4, 4' - ジアミン ( 略称 : Y G A 2 S )、4 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) - 4' - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) トリフェニルアミン ( 略称 : Y G A P A )、4 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) - 4' - ( 9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) トリフェニルアミン ( 略称 : 2 Y G A P P A )、N, 9 - ジフェニル - N - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : P C A P A )、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ - t e r t - ブチルペリレン ( 略称 : T B P )、4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) - 4' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) トリフェニルアミン ( 略称 : P C B A P A )、N, N' - ( 2 - t e r t - ブチルアントラセン - 9, 10 - ジイルジ - 4, 1 - フェニレン ) ビス [ N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン ] ( 略称 : D P A B P A )、N, 9 - ジフェニル - N - [ 4 - ( 9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P P A )、N - [ 4 - ( 9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) フェニル ] - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A P P A )、N, N, N', N', N', N', N' - オクタフェニルジベンゾ [ g, p ] クリセン - 2, 7, 10, 15 - テトラアミン ( 略称 : D B C 1 )、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 - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P A )、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 - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A B P h A )、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 : 2 D P A P A )、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 : 2 D P A B P h A )、9, 10 - ビス ( 1, 1' - ビフェニル - 2 - イル ) - N - [ 4 - ( 9 H - 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 : 2 Y G A B P h A )、N, N, 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン ( 略称 : D P h A P h A )、クマリン 545 T、N, N' - ジフェニルキナクリドン、( 略称 : D P Q d )、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 : B P T )、2 - ( 2 - { 2 - [ 4 - ( ジメチルアミノ ) フェニル ] エテニル } - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン ) プロパンジニトリル ( 略称 : D C M 1 )、2 - { 2 - メチ

10

20

30

40

50

ル - 6 - [ 2 - ( 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C M 2 ) 、 N , N , N ' , N ' - テトラキス ( 4 - メチルフェニル ) テトラセン - 5 , 1 1 - ジアミン ( 略称 : p - m P h T D ) 、 7 , 1 4 - 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 , 1 0 - ジアミン ( 略称 : p - m P h A F D ) 、 2 - { 2 - イソプロピル - 6 - [ 2 - ( 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C J T I ) 、 2 - { 2 - t e r t - ブチル - 6 - [ 2 - ( 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C J T B ) 、 2 - ( 2 , 6 - ビス { 2 - [ 4 - ( ジメチルアミノ ) フェニル ] エテニル } - 4 H - ピラン - 4 - イリデン ) プロパンジニトリル ( 略称 : B i s D C M ) 、 2 - { 2 , 6 - ビス [ 2 - ( 8 - メトキシ - 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : B i s D C J T M ) 、 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 , 6 B n f A P r n - 0 3 ) 、 3 , 1 0 - ビス [ N - ( 9 - フェニル - 9 H - 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 , 1 0 P C A 2 N b f ( I V ) - 0 2 ) 、 3 , 1 0 - 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 , 1 0 F r A 2 N b f ( I V ) - 0 2 ) などが挙げられる。特に、1 , 6 F L P A P r n や 1 , 6 m M e m F L P A P r n 、 1 , 6 B n f A P r n - 0 3 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。

10

20

30

40

50

#### 【 0 0 6 9 】

また、発光層 1 1 3 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。

#### 【 0 0 7 0 】

トリス { 2 - [ 5 - ( 2 - メチルフェニル ) - 4 - ( 2 , 6 - ジメチルフェニル ) - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール - 3 - イル - N 2 ] フェニル - C } イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( m p p t z - d m p ) <sub>3</sub> ] ) 、 トリス ( 5 - メチル - 3 , 4 - ジフェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( M p t z ) <sub>3</sub> ] ) 、 トリス [ 4 - ( 3 - ピフェニル ) - 5 - イソプロピル - 3 - フェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト ] イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( i P r p t z - 3 b ) <sub>3</sub> ] ) のような 4 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス [ 3 - メチル - 1 - ( 2 - メチルフェニル ) - 5 - フェニル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト ] イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( M p t z 1 - m p ) <sub>3</sub> ] ) 、 トリス ( 1 - メチル - 5 - フェニル - 3 - プロピル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( P r p t z 1 - M e ) <sub>3</sub> ] ) のような 1 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、f a c - トリス [ ( 1 - 2 , 6 - ジイソプロピルフェニル ) - 2 - フェニル - 1 H - イミダゾール ] イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( i P r p m i ) <sub>3</sub> ] ) 、 トリス [ 3 - ( 2 , 6 - ジメチルフェニル ) - 7 - メチルイミダゾ [ 1 , 2 - f ] フェナントリジナト ] イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( d m p i m p t - M e ) <sub>3</sub> ] ) のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス [ 2 - ( 4 ' , 6 ' - ジフルオロフェニル ) ピリジナト - N , C <sup>2</sup> ' ] イリジウム ( I I I ) テトラキス ( 1 - ピラゾリル ) ボラート ( 略称 : F I r 6 ) 、 ビス [ 2 - ( 4 ' , 6 ' - ジフルオロフェニル ) ピリジナト - N , C <sup>2</sup> ' ] イリジウム ( I I I ) ピコリナート ( 略称 : F I r p i c ) 、 ビス { 2 - [ 3 ' , 5 ' - ビス ( トリフルオロメチル ) フ

ェニル]ピリジナト-N, C<sup>2'</sup>]イリジウム(III)ピコリナート(略称:[Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)])、ビス[2-(4', 6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N, C<sup>2'</sup>]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、440nmから520nmに発光のピークを有する化合物である。

#### 【0071】

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)<sub>3</sub>])、トリス(4-t-ブチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tBuppm)<sub>3</sub>])、(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)<sub>2</sub>(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])、(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)<sub>2</sub>(acac)])、(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(mppmpm)<sub>2</sub>(acac)])、(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)<sub>2</sub>(acac)])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)<sub>2</sub>(acac)])、(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)<sub>2</sub>(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(2-フェニルピリジナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)<sub>3</sub>])、ビス(2-フェニルピリジナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)])、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)<sub>2</sub>(acac)])、トリス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(bzq)<sub>3</sub>])、トリス(2-フェニルキノリナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)(略称:[Ir(pq)<sub>3</sub>])、ビス(2-フェニルキノリナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(pq)<sub>2</sub>(acac)])のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス(アセチルアセトナト)(モノフェナントロリン)テルビウム(III)(略称:[Tb(acac)<sub>3</sub>(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、500nm~600nm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、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

#### 【0072】

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)<sub>2</sub>(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)<sub>2</sub>(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(d1nppm)<sub>2</sub>(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)<sub>2</sub>(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)<sub>2</sub>(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(Fdppq)<sub>2</sub>(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

10

20

30

40

50



リス(1-フェニルイソキノリナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)(略称: [Ir(piq)<sub>3</sub>])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: [Ir(piq)<sub>2</sub>(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)<sub>3</sub>(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)<sub>3</sub>(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、600 nmから700 nm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。

【0073】

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。

【0074】

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。

【0075】

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(SnF<sub>2</sub>(Proto IX))、メソポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF<sub>2</sub>(Meso IX))、ヘマトポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF<sub>2</sub>(Hemato IX))、コプロポルフィリントトラメチルエステル-フッ化スズ錯体(SnF<sub>2</sub>(Copro III-4Me))、オクタエチルポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF<sub>2</sub>(OEP))、エチオポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF<sub>2</sub>(Etio I))、オクタエチルポルフィリン-塩化白金錯体(PtCl<sub>2</sub>OEP)等も挙げられる。

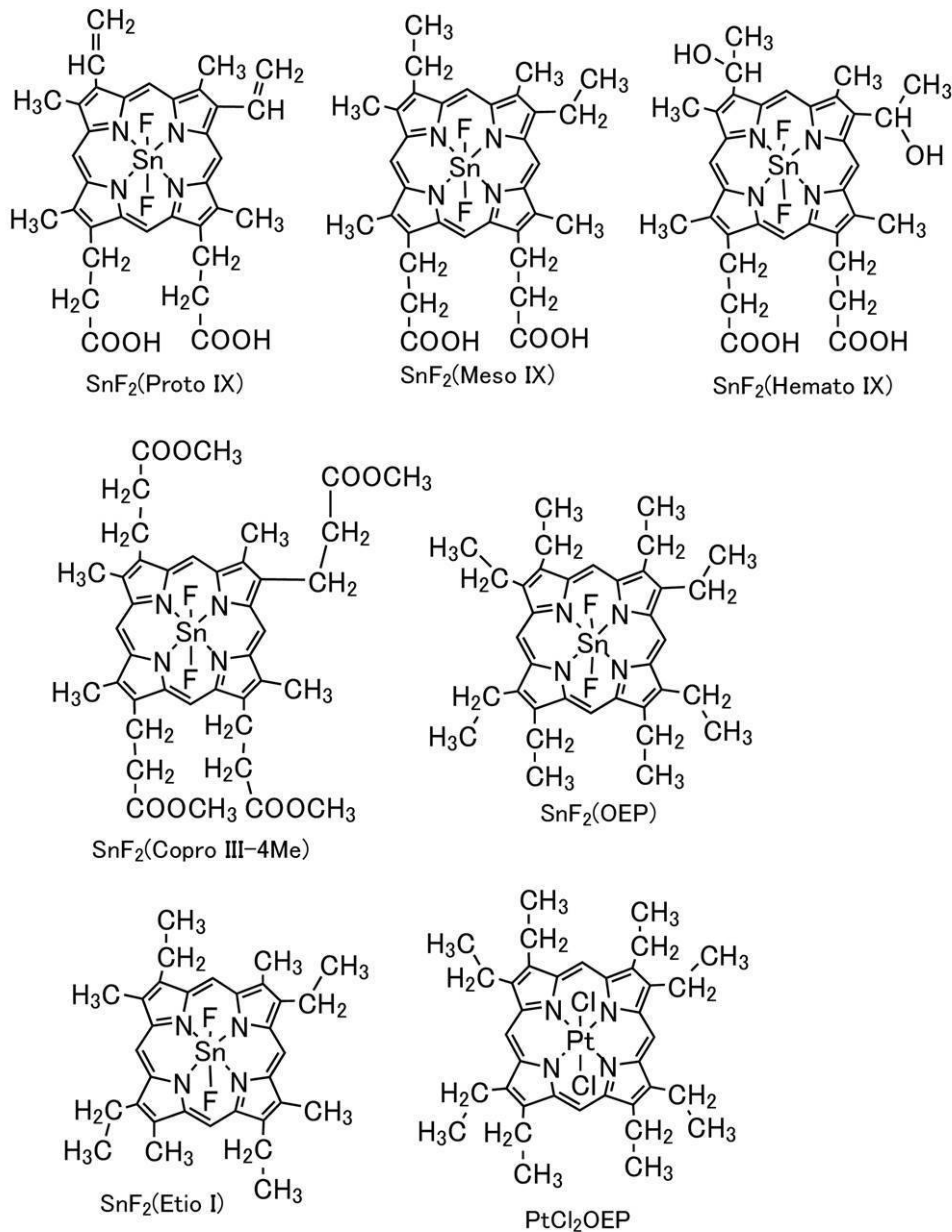
【0076】

10

20

30

## 【化 2】



10

20

30

## 【0077】

その他にも、下記の構造式に示すように、2 - (ピフェニル - 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 - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 9 H - 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 - (10 H - 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 - 3 TPT)、3 - (9, 9 - ジメチル - 9 H - アクリジン - 10 - イル) - 9 H - キサンテン - 9 - オン (略称: ACRRXTN)、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 - 10 H, 10' H - スピロ [アクリジン - 9, 9' - アントラセン] - 10' - オン (略称

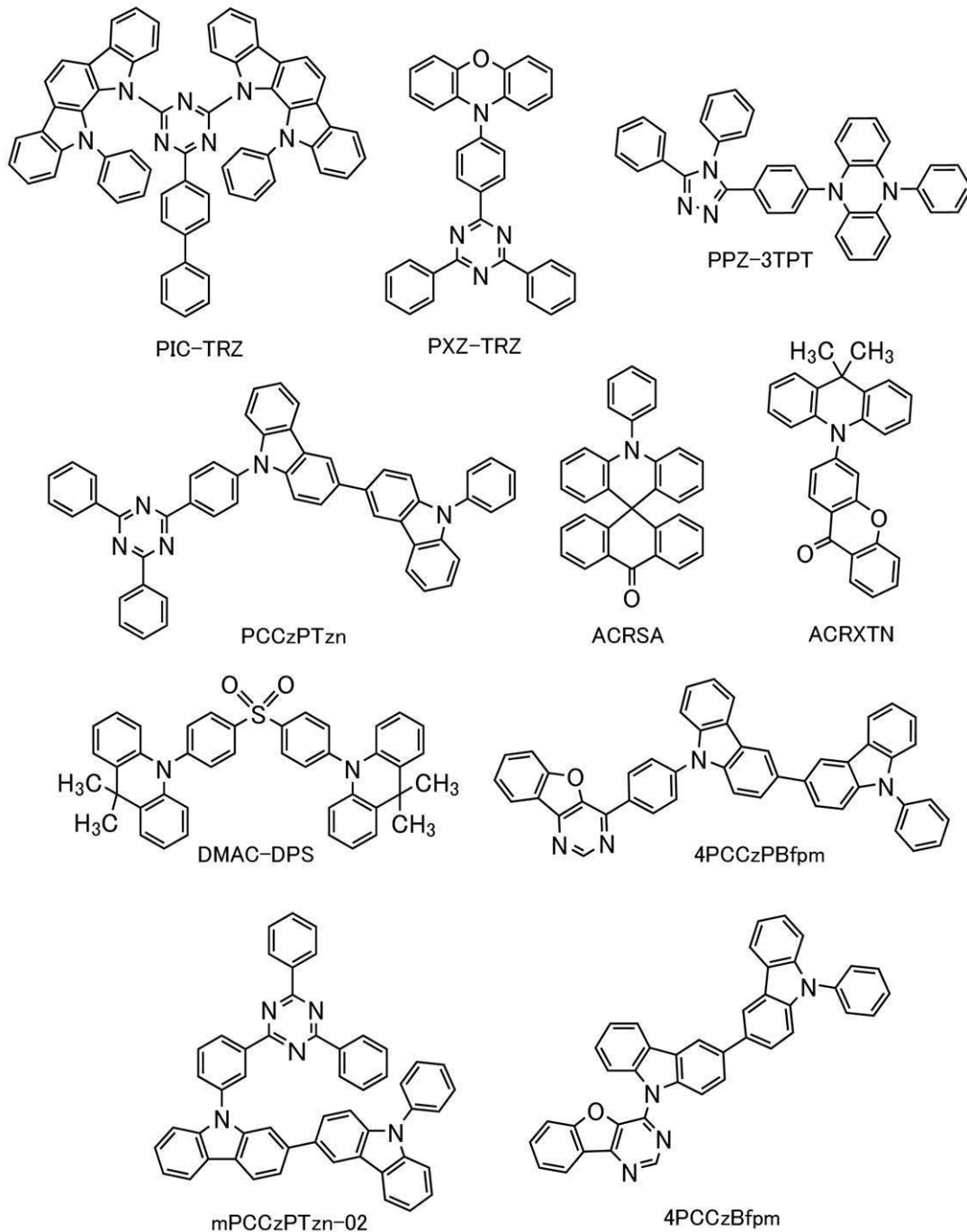
40

50

: 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]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)等の電子過剰型複素芳香環及び電子不足型複素芳香環を有する複素環化合物を用いてもよい。

【0078】

【化3】



【0079】

該複素環化合物は、電子過剰型複素芳香環及び電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が共に高く、好ましい。中でも、電子不足型複素芳香環を有

10

20

30

40

50

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。

【0080】

また、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、チオフェン骨格、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、チオフェン骨格としてはジベンゾチオフェン骨格が、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

【0081】

なお、電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、電子過剰型複素芳香環の電子供与性と電子不足型複素芳香環の電子受容性が共に強くなり、 $S_1$ 準位と $T_1$ 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、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、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、電子不足型骨格として、キサンテン骨格、チオキサンテジオキサイド骨格、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、アントラキノン骨格、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

【0082】

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

【0083】

なお、TADF材料とは、 $S_1$ 準位と $T_1$ 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

【0084】

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、エキシプレックスまたはExciplexともいう）は、 $S_1$ 準位と $T_1$ 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。

【0085】

なお、この時の $T_1$ 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 $S_1$ 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 $T_1$ 準位とした際に、その $S_1$ と $T_1$ 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

【0086】

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 $S_1$ 準位はTADF材料の $S_1$ 準位より高い方が好ましい。また、ホスト材料の $T_1$ 準位はTADF材料の $T_1$ 準位より高いことが好ましい。

50

## 【 0 0 8 7 】

また、発光層 1 1 3 のホスト材料としては、以下に示す正孔輸送性材料または電子輸送性材料を必要に応じて用いることができる。なお、本発明の一態様では、ホスト材料として特定のナフトフロピラジン骨格（ナフト〔2'，1'：4，5〕フロ〔2，3-b〕ピラジン骨格）を有する有機化合物を用い、T 1 準位が 2 . 5 e V 以下である発光物質またはジアジン骨格（ピラジン骨格またはピリミジン骨格を含む）を有する有機金属錯体を用いて発光層 1 1 3 を形成することが好ましい。ナフトフロピラジン骨格の中でも、特にナフト〔2'，1'：4，5〕フロ〔2，3-b〕ピラジン骨格は 2 . 5 e V 以上の高い T 1 準位を持つため、T 1 準位が 2 . 5 e V 以下である発光物質へ、T 1 の励起エネルギーが失活することなく移動することが可能である。また、ナフトフロピラジン骨格の中でも、特にナフト〔2'，1'：4，5〕フロ〔2，3-b〕ピラジン骨格は、その燐光発光スペクトルとジアジン骨格（ピラジン骨格またはピリミジン骨格を含む）を有する有機金属錯体の M L C T 吸収帯との重なりが大きく、エネルギー移動の効率が最適であり、これらの錯体が安定に励起されるため、発光デバイスの耐久性が向上し、信頼性の高い発光デバイスを得ることができる。

10

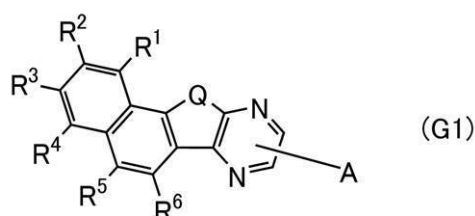
## 【 0 0 8 8 】

なお、上記のナフトフロピラジン骨格（ナフト〔2'，1'：4，5〕フロ〔2，3-b〕ピラジン骨格）を有する有機化合物としては、下記一般式（G 1）で表される有機化合物を用いることができる。

## 【 0 0 8 9 】

20

## 【 化 4 】



30

## 【 0 0 9 0 】

（式中、Q は酸素または硫黄を表す。また、A は分子量 1 0 0 0 以下の基を表し、R<sup>1</sup> ~ R<sup>6</sup> はそれぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 3 乃至 7 のシクロアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 3 0 のアリール基、のいずれかーを表す。）

## 【 0 0 9 1 】

また、上記一般式（G 1）における炭素数 1 乃至 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、s e c - ブチル基、イソブチル基、t e r t - ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、s e c - ペンチル基、t e r t - ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、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、n - ヘブチル基等が挙げられる。

40

## 【 0 0 9 2 】

また、上記一般式（G 1）における炭素数 3 乃至 7 のシクロ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、1 - メチルシクロヘキシル基、2，6 - ジメチルシクロヘキシル基、シクロヘブチル基、シクロオクチル基等が挙げられる。

## 【 0 0 9 3 】

また、上記一般式（G 1）における炭素数 6 乃至 3 0 のアリール基の具体例としては、フェニル基、o - トリル基、m - トリル基、p - トリル基、メシチル基、o - ビフェニル基

50

、m - ビフェニル基、p - ビフェニル基、1 - ナフチル基、2 - ナフチル基、フルオレニル基、9, 9 - ジメチルフルオレニル基、スピロフルオレニル基、フェナントレニル基、アントラセニル基、フルオランテニル基等が挙げられる。

【0094】

なお、上記の構成（ナフトフロピラジン骨格（ナフト〔2', 1' : 4, 5〕フロ〔2, 3 - b〕ピラジン骨格）を有する有機化合物をホスト材料として用い、T1準位が2.5 eV以下であり、ジアジン骨格（ピラジン骨格またはピリミジン骨格を含む）を有する有機金属錯体を発光物質として用いる構成）を有する発光層113において、ホスト材料である有機化合物のT1準位と、発光物質（ゲスト材料）のT1準位との差は、0.2 eV以上0.4 eV以下であることが好ましい。ナフトフロピラジン骨格の中でも、特にナフト〔2', 1' : 4, 5〕フロ〔2, 3 - b〕ピラジン骨格は2.5 eV以上の高いT1準位を持つため、T1準位が2.5 eV以下である発光物質へ、T1の励起エネルギーが失活することなく移動することが可能である。また、ナフトフロピラジン骨格の中でも、特にナフト〔2', 1' : 4, 5〕フロ〔2, 3 - b〕ピラジン骨格はジアジン骨格（ピラジン骨格またはピリミジン骨格を含む）を有する有機金属錯体のMLCT吸収帯との重なりが大きく、エネルギー移動の効率が最適であり、これらの錯体が安定に励起されるため、発光デバイスの耐久性が向上し、高い信頼性が得られる。さらに、ジアジン骨格（ピラジン骨格またはピリミジン骨格を含む）を有する有機金属錯体を発光物質として用いる構成を有する発光層113において、ホスト材料である有機化合物のT1準位と、発光物質（ゲスト材料）のT1準位との差が適切な範囲、すなわち0.2 eV以上0.4 eV以下では、これらの錯体がより安定に励起されるため、より耐久性の高い発光デバイスが実現できる。

10

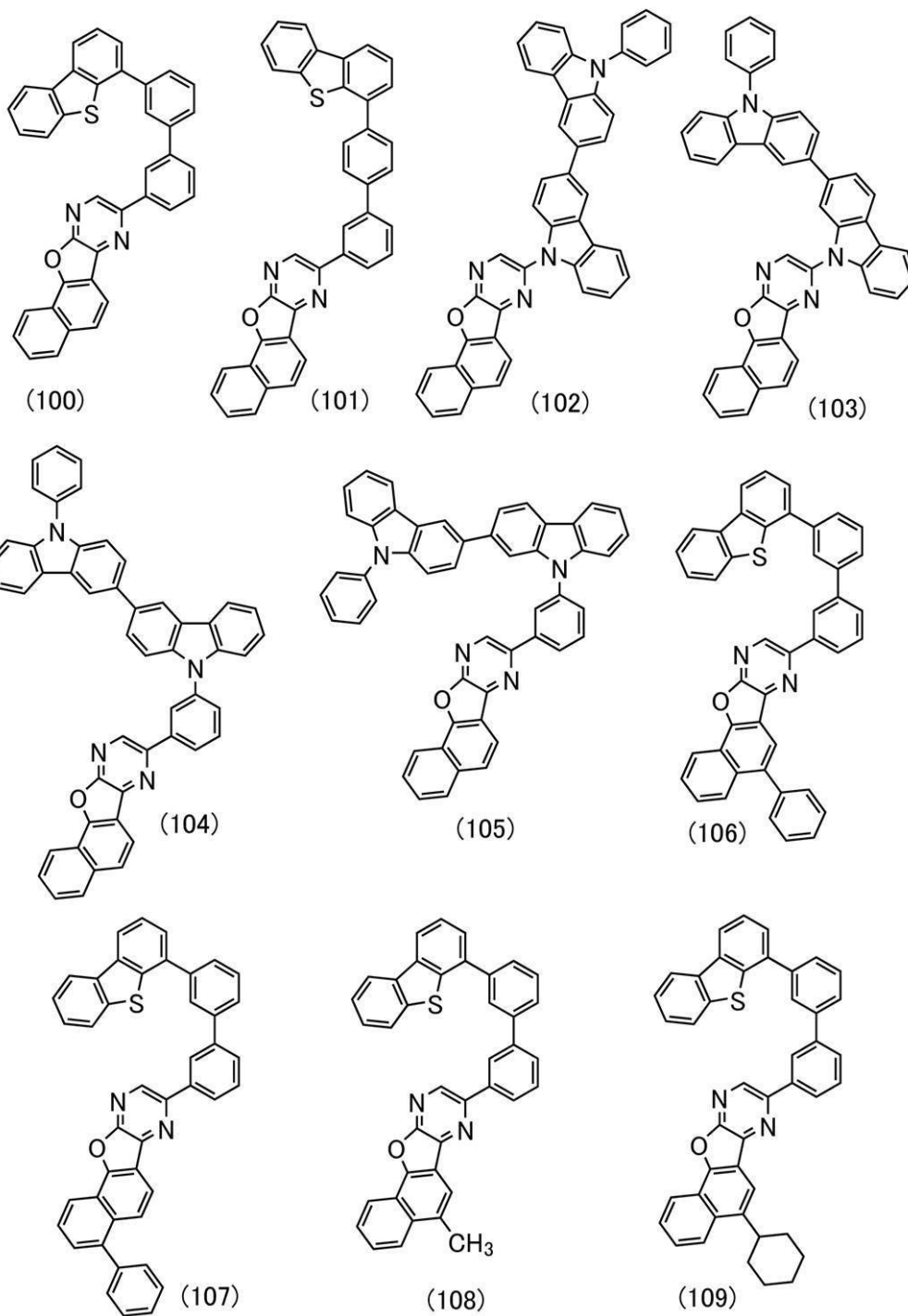
20

【0095】

なお、上記一般式（G1）で表される有機化合物の具体例を下記構造式（100）乃至構造式（123）に示す。

【0096】

【化 5】



10

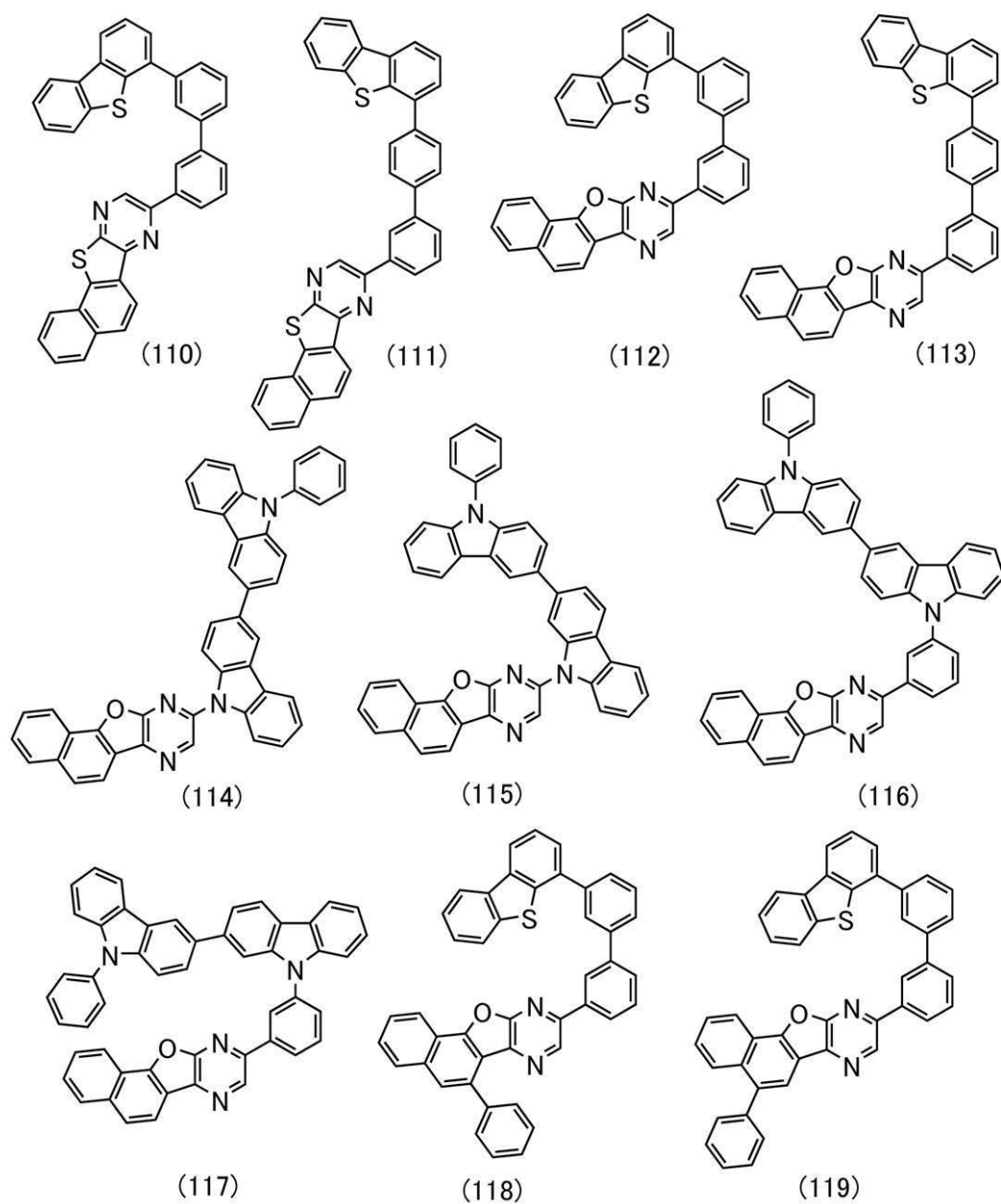
20

30

40

【 0 0 9 7 】

## 【化 6】



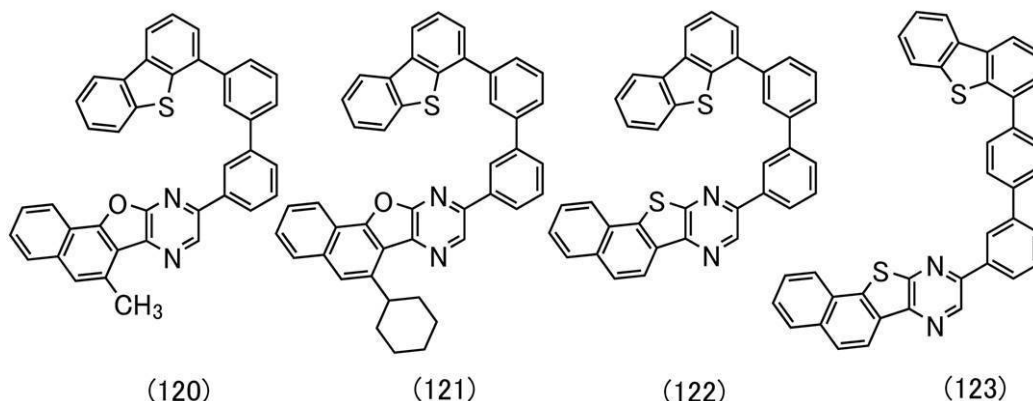
10

20

30



## 【化 7】



10

## 【0099】

その他、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 における正孔移動度が  $1 \times 10^{-6} cm^2/Vs$  以上の正孔移動度を有する物質が好ましく、例えば以下のようなものが挙げられる。

## 【0100】

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'-ピフルオレン-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: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'-(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)、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'-ピフルオレン-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-III)、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

20

30

40

50

、上記第2の有機化合物の例として挙げた有機化合物も用いることができる。

【0101】

また、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 $1 \times 10^{-6} cm^2/Vs$ 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。なお、以下に示す電子輸送性材料は、後述する電子輸送層114にも用いることもできる。

【0102】

電子輸送性材料の具体例としては、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: BeBq<sub>2</sub>)、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(II)(略称: Alq<sub>3</sub>)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Almq<sub>3</sub>)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III)(略称: BAlq)、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)などの金属錯体が挙げられる。

【0103】

また、別の電子輸送性材料の具体例としては、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CO11)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称: TPBI)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称: mDBTBI m-II)などのボリアゾール骨格を有する複素環化合物が挙げられる。

【0104】

また、別の電子輸送性材料の具体例としては、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: 2mDBTBPD Bq-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: 2mCzBPD Bq)、等のジベンゾキノキサリン誘導体、4,6-ビス[3-(フェナンthren-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称: 4,6mPnP2Pm)、4,6-ビス[3-(4-ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン(略称: 4,6mDBTP2Pm-II)、4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-8-(ナフタレン-2-イル)-[1]ベンゾフロ[3,2-d]ピリミジン(略称: 8N-4mDBtPBfpm)、4,8-ビス[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-[1]ベンゾフロ[3,2-d]ピリミジン(略称: 4,8mDBtP2Bfpm)、8-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)(1,1'-ビフェニル-3-イル)]ナフト[1',2':4,5]フロ[3,2-d]ピリミジン(略称: 8mDBtBPNfpm)、8-[(2,2'-ビナフタレン)-6-イル]-4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-[1]ベンゾフロ[3,2-d]ピリミジン(略称: 8(N2)-4mDBtPBfpm)などのピリミジン誘導体、3,8-ビス[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ベンゾフロ[2,3-b]ピラジン(略称: 3,8mDBtP2Bfpr)、9-[(3'-ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ナフト[1',2':4,5]フロ[2,3-b]ピラジン(略称: 9mDBtBPNfpr)、8-[(3'-ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ナフト[2',1':4,5]フロ[2,3-b]ピラジン(略称: 8mDBtBPN

10

20

30

40

50

【 0 1 0 5 】

【 0 1 0 6 】

【 0 1 0 7 】

【 0 1 0 8 】

【 0 1 0 9 】

【 0 1 1 0 】

なお、蛍光発光物質との組み合わせが好ましい有機化合物の具体例としては、9 - フェニル - 3 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール ( 略称 : P C z P A ) 、 3 , 6 - ジフェニル - 9 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール ( 略称 : D P C z P A ) 、 3 - [ 4 - ( 1 - ナフチル ) - フェニル ] - 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール ( 略称 : P C P N ) 、 9 , 10 - ジフェニルアントラセン ( 略称 : D P A n t h ) 、 N , N - ジフェニル - 9 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : C z A 1 P A ) 、 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) トリフェニルアミン ( 略称 : D P h P A ) 、 Y G A P A 、 P C A P A 、 N , 9 - ジフェニル - N - { 4 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] フェニル } - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : P C A P B A ) 、 N - ( 9 , 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) - N , 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P A ) 、 6 , 12 - ジメトキシ - 5 , 11 - ジフェニルクリセン、N , N , N ' , N ' , N ' ' , N ' ' , N ' ' ' , N ' ' ' - オクタフェニルジベンゾ [ g , p ] クリセン - 2 , 7 , 10 , 15 - テトラアミン ( 略称 : D B C 1 ) 、 9 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントラセニル ) フェニル ]

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, 10 - ビス (3, 5 - ジフェニルフェニル) アントラセン (略称: DPPA)、9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: DNA)、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: t - BuDNA)、9, 9' - ビアントリル (略称: BANT)、9, 9' - (スチルベン - 3, 3' - ジイル) ジフェナントレン (略称: DPNS)、9, 9' - (スチルベン - 4, 4' - ジイル) ジフェナントレン (略称: DPNS2)、1, 3, 5 - トリ (1 - ピレニル) ベンゼン (略称: TPB3)、5, 12 - ジフェニルテトラセン、5, 12 - ビス (ビフェニル - 2 - イル) テトラセンなどが挙げられる。

10

#### 【0111】

また、発光物質が燐光発光物質である場合、燐光発光物質との組み合わせが好ましい有機化合物としては、発光物質の三重項励起エネルギー (基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差) よりも三重項励起エネルギーの大きい有機化合物を選択すれば良い。なお、励起錯体を形成させるべく複数の有機化合物 (例えば、第1のホスト材料、および第2のホスト材料 (または、ホスト材料、およびアシスト材料) 等) を発光物質と組み合わせる用いる場合は、これらの複数の有機化合物を燐光発光物質と混合して用いることが好ましい。

20

#### 【0112】

このような構成とすることにより、励起錯体から発光物質へのエネルギー移動である ExTET (Exciplex - Triplet Energy Transfer) を用いた発光を効率よく得ることができる。なお、複数の有機化合物の組み合わせとしては、励起錯体が形成しやすいものが良く、正孔を受け取りやすい化合物 (正孔輸送性材料) と、電子を受け取りやすい化合物 (電子輸送性材料) とを組み合わせることが特に好ましい。

#### 【0113】

なお、発光物質が燐光発光物質である場合、燐光発光物質との組み合わせが好ましい有機化合物 (ホスト材料、アシスト材料) としては、芳香族アミン、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフエン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、亜鉛やアルミニウム系の金属錯体、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、ピリミジン誘導体、ピラジン誘導体、トリアジン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、フェナントロリン誘導体等、が挙げられる。

30

#### 【0114】

また、これらの具体例としては、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: PBD)、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)、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)、3 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称: p - EtTAZ) 等のトリアゾール誘導体、2, 2', 2'' - (1, 3, 5 - ベンゼントリイル) トリス (1 - フェニル - 1H - ベンゾイミダゾール) (略称: TPBI)、2 - [3 - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル)フェニル] - 1 - フェニル - 1H - ベンゾイミダゾール (略称: mDBTBI - II)、4, 4' - ビス (5 - メチルベンゾオキサゾール - 2 - イル) スチルベン (略称: BzOs)、バソフェナントロリン (略称: Bphen)、バソキュプロイン (略称: BCP)、2, 9 - ビス (ナフタレン - 2 - イル) - 4, 7 - ジフェニ

40

50

ル - 1 , 10 - フェナントロリン (略称: NBphen)、2 - [3 - (ジベンゾチオフエン - 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' - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル)ピフェニル - 3 - イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン (略称: 2mDBTPDBq - II)、2 - [3' - (9H - カルバゾール - 9 - イル)ピフェニル - 3 - イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン (略称: 2mCzBTPDBq)、2 - [4 - (3, 6 - ジフェニル - 9H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン (略称: 2CzPDBq - II)、7 - [3 - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン (略称: 7mDBTPDBq - II)、及び6 - [3 - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン (略称: 6mDBTPDBq - II)等のキノキサリン誘導体、またはジベンゾキノキサリン誘導体などが挙げられる。

10

#### 【0115】

さらに、4, 6 - ビス[3 - (フェナントレン - 9 - イル)フェニル]ピリミジン (略称: 4, 6mPnP2Pm)、4, 6 - ビス[3 - (4 - ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン (略称: 4, 6mDBTP2Pm - II)、4, 6 - ビス[3 - (9H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル]ピリミジン (略称: 4, 6mCzP2Pm)等のピリミジン誘導体、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)、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)等のトリアジン誘導体、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)等のピリジン誘導体、などが挙げられる。

20

#### 【0116】

また、ポリ(2, 5 - ピリジンジイル) (略称: PPy)、ポリ[(9, 9 - ジヘキシルフルオレン - 2, 7 - ジイル) - co - (ピリジン - 3, 5 - ジイル)] (略称: PF - PPy)、ポリ[(9, 9 - ジオクチルフルオレン - 2, 7 - ジイル) - co - (2, 2' - ビピリジン - 6, 6' - ジイル)] (略称: PF - BPy)のような高分子化合物を用いることもできる。

30

#### 【0117】

また、上記の材料は、低分子材料や高分子材料と組み合わせて用いてもよい。また、成膜には、公知の方法(真空蒸着法や塗布法や印刷法など)を適宜用いることができる。

#### 【0118】

##### <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に輸送する層である。なお、電子輸送層114と第2の電極102との間には、後述する電子注入層115を有していても良い。電子輸送層114は、電子輸送性材料を有する。また、電子輸送性材料に加えて、金属、金属塩、金属酸化物、または金属錯体のいずれかを有していても良い。特にアルカリ金属またはアルカリ土類金属を有する金属錯体を用いるのが好ましい。なお、これらの金属、金属塩、金属酸化物、または金属錯体を有する場合、電子輸送層114のいずれかの領域に存在していればよく、例えば、電子輸送層114が積層構造を有する場合には、そのいずれかの層に存在していればよい。また、発光層113と接する電子輸送層114(積層構造を有する場合は、そのうちの発光層と接する層)に用いる電子輸送性材料のLUMO準位は、発光層113に用いるホスト材料のLUMO準位よりも深く(または、小さく)、かつその差が0.15 eV以上0.40 eV以下、または、0.20 eV以上0.40 eV以下が好ましく、0.20 eV以上0.35 eV以下がより好ましい。

40

#### 【0119】

電子輸送層114に用いる電子輸送性材料は、HOMO準位が-6.0 eV以上の電子輸

50

送性材料が好ましく、HOMO準位が $-6.0\text{ eV}$ 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。なお、HOMO準位が $-6.0\text{ eV}$ 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。

#### 【0120】

電子輸送層114に用いる有機化合物としては、フロジアジン骨格のフラン環に芳香環が縮合した構造を有する有機化合物、キノリン骨格を有する金属錯体、ベンゾキノリン骨格を有する金属錯体、オキサゾール骨格を有する金属錯体、チアゾール骨格を有する金属錯体等の他、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、オキサゾール誘導体、チアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、キノリン配位子を有するキノリン誘導体、ベンゾキノリン誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、その他含窒素複素芳香族化合物を含む電子不足型複素芳香族化合物等の電子輸送性の高い材料（電子輸送性材料）を用いることができる。具体的には、上記の発光層113においてホスト材料に用いることが可能な電子輸送性材料、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材料を用いることができる。なお、正孔よりも電子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。また、電子輸送層（114、114a、114b）は、単層でも機能するが、必要に応じて2層以上の積層構造とすることにより、デバイス特性を向上させることもできる。

#### 【0121】

電子輸送層114に用いることができる金属、金属塩、金属酸化物、または金属錯体としては、以下に示す物質を必要に応じて用いても良い。

#### 【0122】

金属としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属、及び希土類金属が挙げられる。具体的には、Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr、Baなどが挙げられる。

#### 【0123】

金属塩としては、例えば、上記金属のハロゲン化物、及び上記金属の炭酸塩が挙げられる。具体的には、LiF、NaF、KF、RbF、CsF、MgF<sub>2</sub>、CaF<sub>2</sub>、SrF<sub>2</sub>、BaF<sub>2</sub>、LiCl、NaCl、KCl、RbCl、CsCl、MgCl<sub>2</sub>、CaCl<sub>2</sub>、SrCl<sub>2</sub>、BaCl<sub>2</sub>、Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>などが挙げられる。

#### 【0124】

金属酸化物としては、例えば、上記金属の酸化物が挙げられる。具体的には、Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、MgO、CaOなどが挙げられる。

#### 【0125】

また、金属錯体としては、8-キノリノラト構造を含む配位子と、1価の金属イオンと、を有する金属錯体であることが好ましい。8-キノリノラト構造を含む配位子としては、8-キノリノラト、及び、8-キノリノラトのメチル置換体（例えば2-メチル置換体、5-メチル置換体）などが挙げられる。なお、8-キノリノラト構造とは、置換もしくは無置換の8-キノリノールにおける-OH基のプロトンが脱離した構造をいう。

#### 【0126】

したがって、上記アルカリ金属またはアルカリ土類金属を有する金属錯体としては、8-キノリノラト構造を含む配位子を有するリチウム錯体である、8-（キノリノラト）リチウム（略称：Li<sub>q</sub>）、8-キノリノラト構造を含む配位子を有するナトリウム錯体である、8-（キノリノラト）ナトリウム（略称：Na<sub>q</sub>）、8-キノリノラト構造を含む配位子を有するカリウム錯体である、8-（キノリノラト）カリウム（略称：K<sub>q</sub>）、8-キノリノラト構造を含む配位子を有するマグネシウム錯体である、（8-キノリノラト）マグネシウム（略称：Mg<sub>q2</sub>）、その他の金属錯体としては、8-キノリノラト構造を含む配位子を有する亜鉛錯体である、（8-キノリノラト）亜鉛（略称：Zn<sub>q2</sub>）など

が挙げられる。

#### 【0127】

##### < 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、陰極 102 の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（CaF<sub>2</sub>）、8 - （ヒドロキシキノリナト）リチウム（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<sub>x</sub>）、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（ErF<sub>3</sub>）のような希土類金属化合物を用いることができる。

10

#### 【0128】

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

#### 【0129】

##### < 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

#### 【0130】

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 - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン（略称：F<sub>4</sub> - 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

#### 【0131】

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）、イッテルビウム（Yb）、インジウム（In）、酸化リチ

50

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。

【0132】

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 $-5.0\text{ eV}$ 以上、好ましくは $-5.0\text{ eV}$ 以上 $-3.0\text{ eV}$ 以下とするとよい。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

【0133】

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。

【0134】

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

【0135】

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。

30

【0136】

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。

【0137】

<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、タンゲステン基板、タンゲステン・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

【0138】

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

50



フィルム、又は紙類などが挙げられる。

#### 【0139】

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）、電子輸送層（114、114a、114b）、電子注入層（115、11  
5a、115b）、および電荷発生層（104）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。

10

#### 【0140】

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）、電子輸送層（114、11  
4a、114b）、電子注入層（115、115a、115b）や電荷発生層（104）  
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て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、 dendrimer、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。

20

#### 【0141】

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。

#### 【0142】

（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）が電氣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。

30

#### 【0143】

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。

40

#### 【0144】

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

50

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

#### 【0145】

第 2 の基板 205 には、カラーフィルタ ( 206 R、206 G、206 B ) 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 203 R 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 206 R を設けることにより、発光デバイス 203 R から赤色発光を得ることができる。また、発光デバイス 203 G 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 206 G を設けることにより、発光デバイス 203 G から緑色発光を得ることができる。また、発光デバイス 203 B 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 206 B を設けることにより、発光デバイス 203 B から青色発光を得ることができる。但し、発光デバイス 203 W 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 ( 206 R、206 G、206 B ) 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。

10

#### 【0146】

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 FET 202 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 ( 206 R'、206 G'、206 B' ) は、図 2 ( C ) に示すように発光デバイス ( 203 R、203 G、203 B ) よりも第 1 の基板 201 側に設ければよい。

20

#### 【0147】

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。

30

#### 【0148】

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。

#### 【0149】

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る用いることができるものとする。

40

#### 【0150】

##### ( 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。

#### 【0151】

本発明の一態様である発光デバイスのデバイス構成を適用することで、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

50

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。

【0152】

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。

【0153】

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

【0154】

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。

【0155】

次に、図3(B)に断面構造を示す。

20

【0156】

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。

【0157】

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。

【0158】

30

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。

【0159】

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。

【0160】

40

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。

【0161】

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、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。絶縁物314の上端部または下端部には、適当な曲率を有するのが好ましい。これにより、絶縁物314の上層に形成される膜の被覆性を良好なものとすることができる。

50

## 【0162】

第1の電極313上には、EL層315及び第2の電極316が積層形成される。EL層315は、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。

## 【0163】

なお、本実施の形態で示す発光デバイス317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316は外部入力端子であるFPC308に電氣的に接続されている。

## 【0164】

また、図3(B)に示す断面図では発光デバイス317を1つのみ図示しているが、画素部302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302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。

10

20

## 【0165】

第1の基板301上のFET(309、310、311、312)や、発光デバイス317は、第2の基板306と第1の基板301とをシール材305により貼り合わせることで、第1の基板301、第2の基板306、およびシール材305で囲まれた空間318に備えられた構造を有する。なお、空間318には、不活性気体(窒素やアルゴン等)や有機物(シール材305を含む)で充填されていてもよい。

## 【0166】

シール材305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305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306は、第1の基板301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(Fiber-Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、ポリエステルまたはアクリル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301及び第2の基板306はガラス基板であることが好ましい。

30

## 【0167】

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。

## 【0168】

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FET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FET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FET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、タンゲ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、キュブラ、レーヨン、再生ポリエステル)などを含む)、皮革基板、又はゴム基板などが挙げられる。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。

40

50

## 【 0 1 6 9 】

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、k H z、M H z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。

## 【 0 1 7 0 】

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。

10

## 【 0 1 7 1 】

## （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。

## 【 0 1 7 2 】

図４（Ａ）乃至図４（Ｅ）に示す電子機器は、筐体 7 0 0 0、表示部 7 0 0 1、スピーカ 7 0 0 3、ＬＥＤランプ 7 0 0 4、操作キー 7 0 0 5（電源スイッチ、又は操作スイッチを含む）、接続端子 7 0 0 6、センサ 7 0 0 7（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 7 0 0 8、等を有することができる。

20

## 【 0 1 7 3 】

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 7 0 0 9、赤外線ポート 7 0 1 0、等を有することができる。

## 【 0 1 7 4 】

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 7 0 0 2、記録媒体読込部 7 0 1 1、等を有することができる。

30

## 【 0 1 7 5 】

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 7 0 1 4、シャッターボタン 7 0 1 5、受像部 7 0 1 6、等を有することができる。

## 【 0 1 7 6 】

図４（Ｄ）は携帯情報端末である。携帯情報端末は、表示部 7 0 0 1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 7 0 5 2、情報 7 0 5 3、情報 7 0 5 4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 7 0 5 3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。

40

## 【 0 1 7 7 】

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 7 0 0 0に、表示部 7 0 0 1、操作キー 7 0 0 5、等を有することができる。なお、携帯情報端末は、スピーカ 9 0 0 3、接続端子 7 0 0 6、センサ 9 0 0 7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 7 0 5 0を表示した例を示している。また、破線の矩形で示す情報 7 0 5 1を表示部 7 0 0 1の他の面に表示することもできる。情報 7 0 5 1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、バッテリーの残量、アンテナ受信の強度などがある。または、情報 7 0 5 1が表示されている位置にはアイコン 7 0 5 0などを表示してもよい。

50

## 【0178】

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。

10

## 【0179】

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。

20

## 【0180】

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。

30

## 【0181】

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7027、その他のアイコン7028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。

40

## 【0182】

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。

## 【0183】

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

50

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、に於いて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。

【0184】

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。

【0185】

また、発光装置を適用した電子機器として、図5(A)乃至図5(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。

10

【0186】

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。

20

【0187】

また、発光装置を適用した自動車について、図6(A)および図6(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。

30

【0188】

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。

【0189】

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用いることができる。

40

【0190】

(実施の形態5)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置、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。

【0191】

図7(A)および図7(B)は、照明装置の断面図の一例である。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り出すトップエミッション型の照明装置である。

【0192】

50

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。

【0193】

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。

【0194】

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。

10

【0195】

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。

【0196】

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。

20

【0197】

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。

【0198】

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。

30

【0199】

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。

【0200】

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

【0201】

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。

【0202】

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。

【0203】

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

50



ることができる。

【実施例 1】

【0204】

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、発光デバイス 1 を作製し、その素子構造、作製方法およびその特性について説明する。なお、素子特性については、比較発光デバイス 2 を作製し、両者の比較を行った。本実施例で用いる発光デバイスのデバイス構造を図 8 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。

【0205】

【表 1】

10

	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	ITSO (70nm)	DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:1 60nm)	PCBBiF (20nm)	*	8mDBtBPNfpr(II) (25nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較発光 デバイス 2	ITSO (70nm)	DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:1 60nm)	PCBBiF (20nm)	**	12mDBtBPPnfpr (25nm)	NBphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

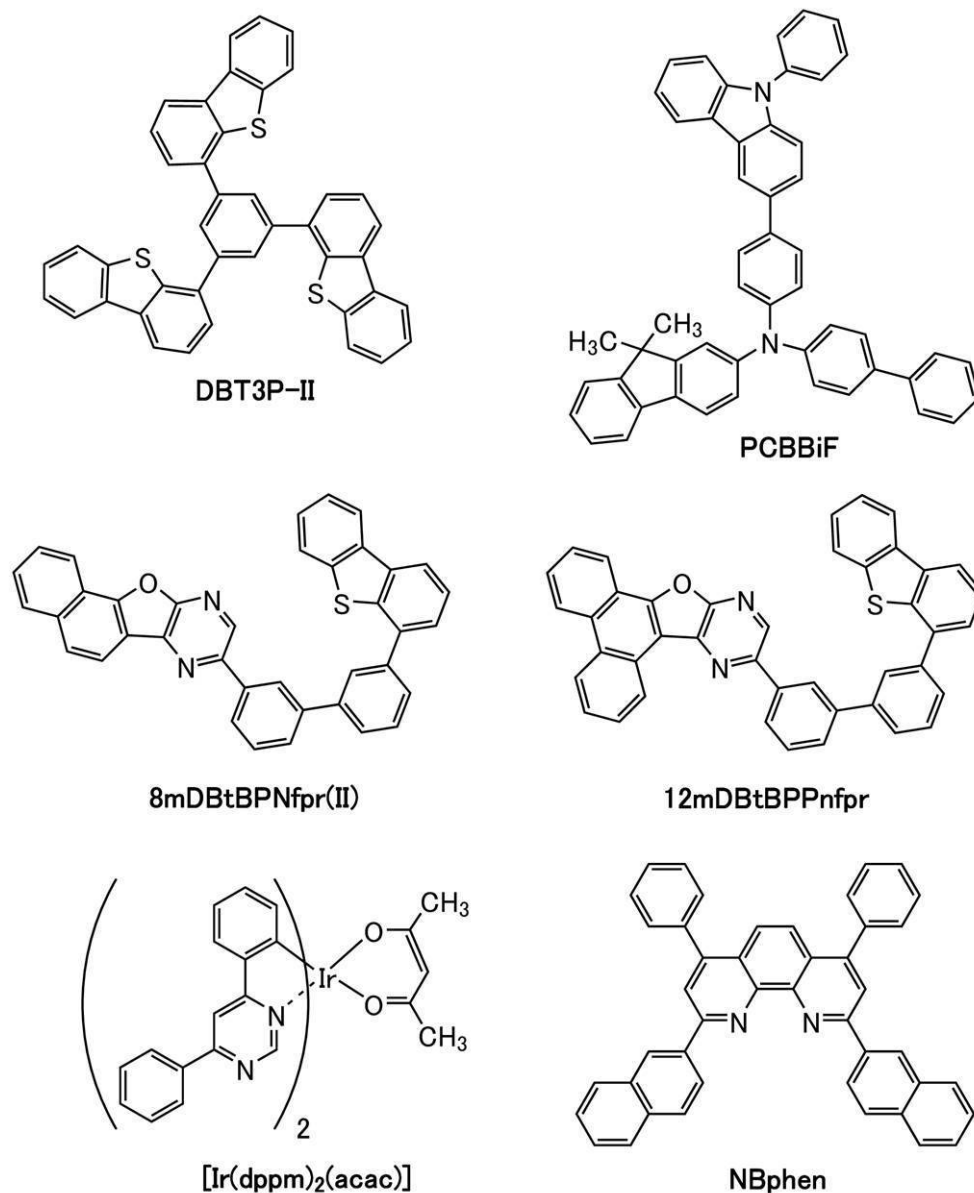
20

\* 8mDBtBPNfpr(II):PCBBiF:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.75:0.25:0.075 40nm)

\*\* 12mDBtBPPnfpr:PCBBiF:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.75:0.25:0.075 40nm)

【0206】

## 【化 8】



10

20

30

## 【0207】

## 発光デバイスの作製

本実施例で示す発光デバイスは、図8に示すように基板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。

40

## 【0208】

まず、基板900上に第1の電極901を形成した。電極面積は、 $4\text{ mm}^2$  ( $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ )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、 $70\text{ nm}$ の膜厚で成膜して形成した。

## 【0209】

ここで、前処理として、基板の表面を水で洗浄し、 $200^\circ\text{C}$ 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、 $170^\circ\text{C}$ で30分間の真空焼

50

成を行った後、基板を30分程度放冷した。

【0210】

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 $1 \times 10^{-4}$  Paに減圧した後、1, 3, 5-トリ(ジベンゾチオフェン-4-イル)ベンゼン(略称: DBT3P-II)と酸化モリブデンとを、DBT3P-II:酸化モリブデン=2:1(質量比)とし、膜厚が60 nmとなるように共蒸着して形成した。

【0211】

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、N-(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: PCBBiF)を用い、膜厚が20 nmになるように蒸着して形成した。

10

【0212】

次に、正孔輸送層912上に発光層913を形成した。

【0213】

発光層913は、発光デバイス1の場合は、8-[(3'-ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ナフト[2', 1':4, 5]フロ[2, 3-b]ピラジン(略称: 8mDBtBPnfpr(II))およびPCBBiFに加えて、ゲスト材料(燐光発光材料)として、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)<sub>2</sub>(acac)]<sub>2</sub>)を用い、重量比が8mDBtBPnfpr(II):PCBBiF:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]<sub>2</sub>=0.75:0.25:0.075となるように共蒸着した。なお、膜厚は、40 nmとした。また、比較発光デバイス2の場合は、12-[(3'-ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]フェナントロ[9', 10':4, 5]フロ[2, 3-b]ピラジン(略称: 12mDBtBPPnfpr)およびPCBBiFに加えて、ゲスト材料(燐光発光材料)として、[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]<sub>2</sub>を用い、重量比が12mDBtBPPnfpr:PCBBiF:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]<sub>2</sub>=0.75:0.25:0.075となるように共蒸着した。なお、膜厚は、40 nmとした。

20

【0214】

次に、発光層913上に電子輸送層914を形成した。

30

【0215】

電子輸送層914は、発光デバイス1の場合は、8mDBtBPnfpr(II)の膜厚が25 nm、2, 9-ビス(ナフタレン-2-イル)-4, 7-ジフェニル-1, 10-フェナントロリン(略称: NBphen)の膜厚が15 nm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、12mDBtBPPnfprの膜厚が25 nm、NBphenの膜厚が15 nmとなるように順次蒸着して形成した。

【0216】

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。

【0217】

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。

40

【0218】

以上の工程により、基板900上に一对の電極間にEL層902を挟んでなる発光デバイスを形成した。なお、上記工程で説明した正孔注入層911、正孔輸送層912、発光層913、電子輸送層914、電子注入層915は、本発明の一態様におけるEL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。

【0219】

50

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、窒素雰囲気中の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 900 上に固定し、基板 900 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 365 nm の紫外光を  $6 \text{ J/cm}^2$  照射しシール剤を固化し、80℃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。

#### 【0220】

##### 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 9、電圧 - 輝度特性を図 10、輝度 - 電流効率特性を図 11、電圧 - 電流特性を図 12 にそれぞれ示す。

#### 【0221】

また、 $1000 \text{ cd/m}^2$  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。

#### 【0222】

【表 2】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度(x,y)	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	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	2.9	0.058	1.5	(0.56,0.44)	1200	80	86	31
比較発光 デバイス 2	3.0	0.044	1.1	(0.56,0.44)	670	61	64	26

#### 【0223】

上記の結果より、本実施例に示す発光デバイス 1 は、図 9 ~ 図 12 または表 2 に示す初期特性において、比較発光デバイス 2 に比べて良好な発光効率を示すことが分かった。

#### 【0224】

また、発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 に  $0.1 \text{ mA/cm}^2$  の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図 13 に示す。図 13 に示す通り、発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 の発光スペクトルは、589 nm 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、 $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$  の発光に由来していることが示唆される。

#### 【0225】

次に、発光デバイス 1 および比較発光デバイス 2 に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図 14 に示す。図 14 において、縦軸は初期輝度を 100% とした時の規格化輝度 (%) を示し、横軸はデバイスの駆動時間 (h) を示す。なお、信頼性試験は、輝度を  $1000 \text{ cd/cm}^2$  とした時の定輝度駆動試験を行った。図 14 に示す結果より、発光デバイス 1 は、比較発光デバイス 2 に比べて高い信頼性を示すことが分かった。

#### 【0226】

ここで、ゲスト材料（燐光発光物質）として用いている  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$  のジクロロメタン溶液中における吸収スペクトルを図 21 (A) に、その吸収スペクトルの吸収端付近の拡大図を図 21 (B) に、それぞれ示す。図 21 (B) から、燐光発光物質である  $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$  の T1 準位 ( $T_g$ : 燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれる T1 準位を指す) は、2.22 eV (= 559 nm) であることがわかる。したがって、本実施例で示した発光デバイス 1 の発光層 913 には、

ナフト[2', 1': 4, 5]フロ[2, 3-b]ピラジン骨格を有する有機化合物として、8mDBtBPNfpr(II)を用い、T<sub>1</sub>準位が2.5 eV以下である燐光発光物質として、T<sub>1</sub>準位が2.22 eV(ジクロロメタン溶液で測定した吸収スペクトルより算出)である[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]を用いている。これに対して、比較発光デバイス2の発光層913には、ナフト[2', 1': 4, 5]フロ[2, 3-b]ピラジン骨格を有する有機化合物ではない有機化合物として、12mDBtBPNfprを用い、発光物質は、発光デバイス1と同じ[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]を用いている。

#### 【0227】

したがって、本実施例の発光デバイス1が比較発光デバイス2に比べて、初期特性において良好な発光効率を示したのみならず、信頼性までも向上したことは、本発明の一態様である構成を有する発光デバイス1の発光層913において、励起状態の8mDBtBPNfpr(II)から[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]へのエネルギー移動効率が高まることに起因する結果であるといえる。

#### 【0228】

なお、図22(A)に、ナフト[2', 1': 4, 5]フロ[2, 3-b]ピラジン骨格を有する有機化合物である8mDBtBPNfpr(II)の燐光スペクトルを示す。図22(B)はその発光端付近の拡大図である。燐光スペクトルは、顕微PL装置(LabRAM HR-PL((株)堀場製作所))を用い、測定温度は10 Kとして、メカニカルシャッターによる時間分解測定を行うことにより測定した。図22(B)から、ホスト材料である8mDBtBPNfpr(II)のT<sub>1</sub>準位(T<sub>H</sub>:ホスト材料である有機化合物の燐光スペクトルの短波長側における発光端から導かれるT<sub>1</sub>準位を指す)は、2.52 eV(=492 nm)であることがわかる。したがって、発光デバイス1におけるT<sub>H</sub>-T<sub>G</sub>は0.30 eVであり、実施の形態1において式(1)で示した、0.1 eV T<sub>H</sub>-T<sub>G</sub> 0.4 eVの条件を満たしている。

#### 【実施例2】

#### 【0229】

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、発光デバイス3を作製し、その特性について測定した結果を示す。

#### 【0230】

なお、本実施例で作製した発光デバイス3の素子構造は、実施例1で示した図8と同様の構造であるが、素子構造を構成する各層の具体的な構成については表3に示す通りである。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

#### 【0231】

#### 【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3	ITSO (70nm)	DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (2:1 45nm)	PCBBi1BP (20nm)	*	8mDBtBPNfpr(II) (20nm)	NBphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\* 8mDBtBPNfpr(II):PCCP:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)] (0.5:0.5:0.1 40nm)

#### 【0232】

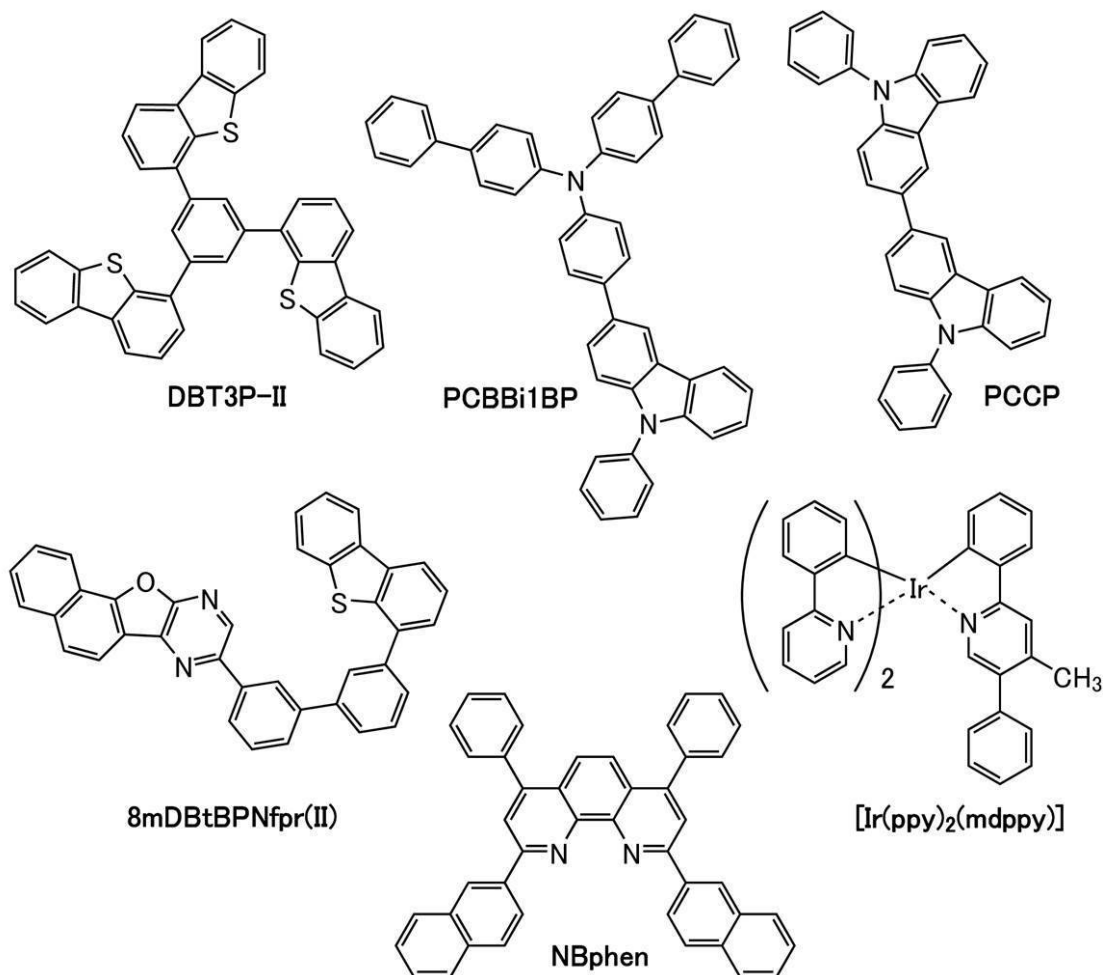
10

20

30

40

## 【化 9】



10

20

## 【0233】

30

なお、正孔輸送層 912 には、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)を用いた。また、発光層 913 には、8-[(3'-ジベンゾチオフェン-4-イル)ピフェニル-3-イル]ナフト[2',1':4,5]フロ[2,3-b]ピラジン(略称:8mDBtBPNfpr(II))、および 3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)に加えて、ゲスト材料(燐光発光材料)として、[2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル-N)フェニル-C]ビス[2-(2-ピリジニル-N)フェニル-C]イリジウム(略称:[Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)])を用いた。

## 【0234】

40

## 発光デバイス 3 の動作特性

作製した発光デバイス 3 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。

## 【0235】

発光デバイス 3 の電流密度-輝度特性を図 15、電圧-輝度特性を図 16、輝度-電流効率特性を図 17、電圧-電流特性を図 18 にそれぞれ示す。

## 【0236】

また、1000 cd/m<sup>2</sup> 付近における発光デバイスの主な初期特性値を以下の表 4 に示す。

## 【0237】

50

【表 4】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度(x,y)	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	電流効率 (cd/A)	ハワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光 デバイス 3	3.3	0.054	1.3	(0.34,0.62)	1000	76	73	21

10

## 【0238】

また、発光デバイス3に2.5 mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図19に示す。図19に示す通り、発光デバイスの発光スペクトルは、524 nm付近にピークを有しており、発光層913に含まれる、[Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)]の発光に由来していることが示唆される。

## 【0239】

ここで、ゲスト材料（燐光発光物質）として用いている[Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)]のジクロロメタン溶液における吸収スペクトルを図23(A)に、その吸収スペクトルの吸収端付近の拡大図を図23(B)に、それぞれ示す。図23(B)から、燐光発光物質である[Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)]のT1準位(T<sub>G</sub>:燐光発光物質の吸収スペクトルの吸収端から導かれるT1準位を指す)は、2.44 eV(=509 nm)であることがわかる。したがって、本実施例で示した発光デバイス3の発光層913には、ナフト[2',1':4,5]フロ[2,3-b]ピラジン骨格を有する有機化合物として、8mDBtBPNfpr(II)を用い、T1準位が2.5 eV以下である発光物質として、[Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)]を用いている。したがって、本実施例の発光デバイス3が良好な発光効率を示したことは、本発明の一態様である構成を有する発光デバイス3の発光層913において、励起状態の8mDBtBPNfpr(II)から[Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)]へのエネルギー移動効率が高まることに起因する結果であるといえる。

20

## 【0240】

30

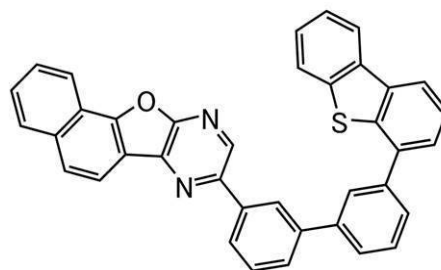
(参考合成例1)

実施例1および実施例2で用いた有機化合物、8-[(3'-ジベンゾチオフェン-4-イル)ピフェニル-3-イル]ナフト[2',1':4,5]フロ[2,3-b]ピラジン(略称:8mDBtBPNfpr(II))の合成方法について説明する。なお、8mDBtBPNfpr(II)の構造式を以下に示す。

## 【0241】

## 【化10】

40



8mDBtBPNfpr(II)

50

## 【 0 2 4 2 】

<ステップ 1 ; 5 - クロロ - 3 - ( 1 - メトキシナフタレン - 2 - イル ) ピラジン - 2 - アミンの合成 >

まず、3 - プロモ - 5 - クロロピラジン - 2 - アミン 0 . 9 2 g と 1 - メトキシナフタレン - 2 - ボロン酸 0 . 9 6 g、2 M 炭酸ナトリウム水溶液 1 1 m L、トルエン 2 2 m L を、還流管を付けた三口フラスコに入れ、内部を窒素置換した。フラスコ内を減圧下で撹拌することで脱気した後、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム ( 0 ) ( 略称 :  $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$  ) 0 . 1 0 g を加え、1 1 0 °C で 1 5 時間撹拌し、反応させた。

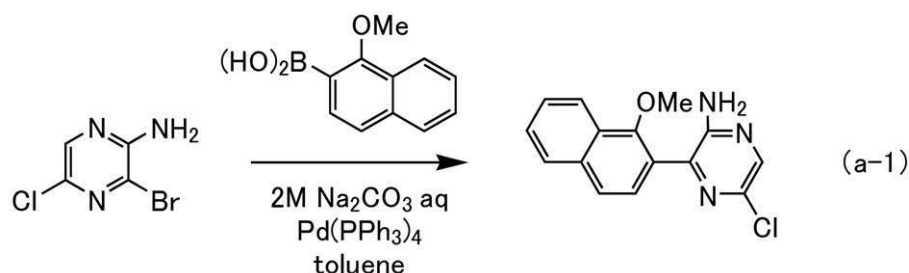
## 【 0 2 4 3 】

所定時間経過後、トルエンによる抽出を行った。その後、トルエン : 酢酸エチル = 3 0 : 1 を展開溶媒とするシリカゲルカラムクロマトグラフィーにより精製し、目的のピラジン誘導体を得た ( 黄白色固体、収量 0 . 9 7 g、収率 7 7 % )。ステップ 1 の合成スキームを下記式 ( a - 1 ) に示す。

10

## 【 0 2 4 4 】

## 【 化 1 1 】



20

## 【 0 2 4 5 】

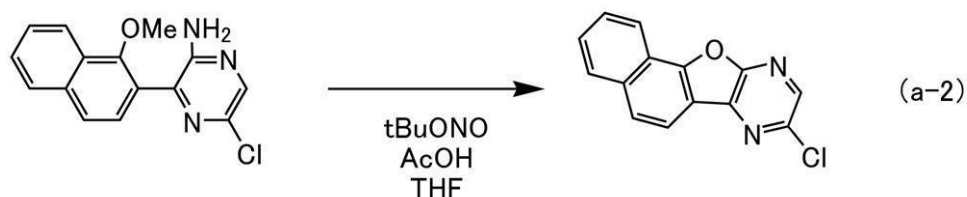
<ステップ 2 ; 8 - クロロナフト [ 2 ' , 1 ' : 4 , 5 ] フロ [ 2 , 3 - b ] ピラジンの合成 >

30

次に、上記ステップ 1 で得た、5 - クロロ - 3 - ( 1 - メトキシナフタレン - 2 - イル ) ピラジン - 2 - アミン 0 . 9 6 g と脱水テトラヒドロフラン 1 7 m L、氷酢酸 1 7 m L を三口フラスコに入れ、内部を窒素置換した。フラスコを - 1 0 °C に冷却した後、亜硝酸 t e r t - ブチル 1 . 2 m L を滴下し、- 1 0 °C で 1 時間、0 °C で 3 時間半撹拌した。所定時間経過後、得られた懸濁液に水 2 0 0 m L を加え、吸引ろ過することにより、目的のピラジン誘導体を得た ( 黄白色固体、収量 0 . 6 9 g、収率 8 1 % )。ステップ 2 の合成スキームを下記 ( a - 2 ) に示す。

## 【 0 2 4 6 】

## 【 化 1 2 】



40

## 【 0 2 4 7 】

<ステップ 3 ; 8 - ( 3 - クロロフェニル ) ナフト [ 2 ' , 1 ' : 4 , 5 ] フロ [ 2 , 3 - b ] ピラジンの合成 >

50



次に、上記ステップ2で得た8-クロロナフト[2',1':4,5]フロ[2,3-b]ピラジン1.24 g、3-クロロフェニルボロン酸0.81 g、2 M炭酸カリウム水溶液7.0 mL、トルエン47 mL、エタノール4.7 mLを三口フラスコに入れ、内部を窒素置換した。フラスコ内を減圧下で撹拌することで脱気した後、酢酸パラジウム(II)(略称: Pd(OAc)<sub>2</sub>)0.15 g、トリフェニルホスフィン0.56 gを加え、90 で11時間撹拌し、反応させた。

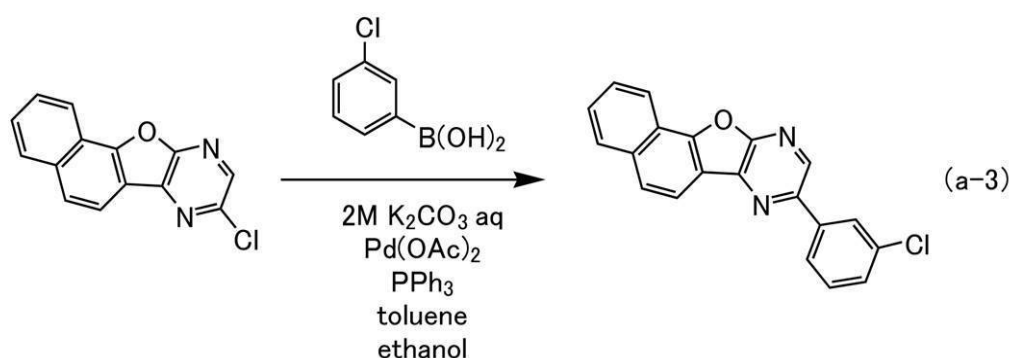
【0248】

所定時間経過後、トルエンによる抽出を行った。その後、トルエンを展開溶媒とするシリカゲルカラムクロマトグラフィーにより精製し、目的のピラジン誘導体を得た(黄白色固体、収量1.13 g、収率68%)。ステップ3の合成スキームを下記(a-3)に示す。

10

【0249】

【化13】



20

【0250】

<ステップ4; 8mDBtBPnfpr(II)の合成>

さらに、上記ステップ3で得た8-(3-クロロフェニル)ナフト[2',1':4,5]フロ[2,3-b]ピラジン1.12 g、3-(4-ジベンゾチオフェン)フェニルボロン酸1.69 g、リン酸三カリウム3.14 g、tert-ブチルアルコール0.91 g、ジエチレングリコールジメチルエーテル(略称: diglyme)27 mLを三口フラスコに入れ、内部を窒素置換した。フラスコ内を減圧下で撹拌することで脱気した後、酢酸パラジウム(II)(略称: Pd(OAc)<sub>2</sub>)37 mg、ジ(1-アダマンチル)-n-ブチルホスフィン(略称: CataCXium A)0.12 gを加え、140 で40時間半撹拌し、反応させた。

30

【0251】

所定時間経過後、得られた懸濁液を吸引ろ過し、水、エタノールで洗浄した。得られた固体をトルエンに溶かし、セライト、アルミナ、セライトの順で積層した濾過補助剤を通して濾過した後、トルエンにて再結晶することにより、目的物を得た(黄白色固体、収量0.99 g、収率54%)。

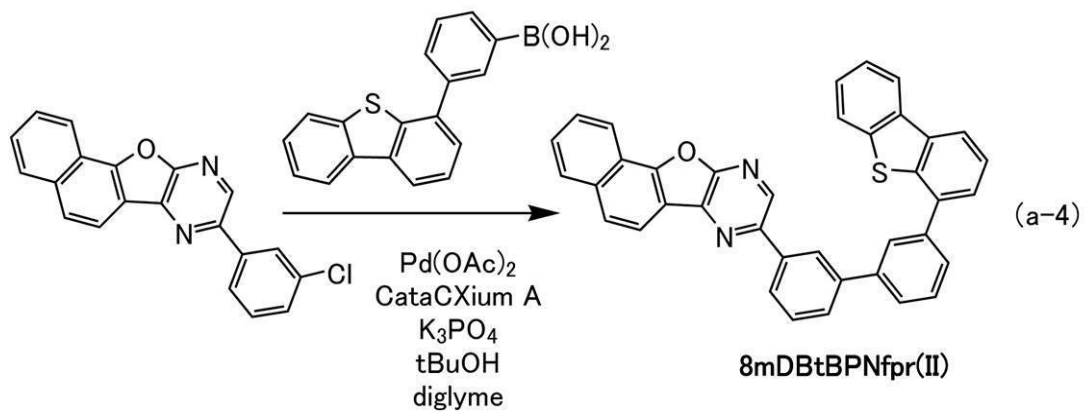
40

【0252】

得られた黄白色固体0.99 gを、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力2.7 Pa、アルゴンガスを流量10.5 mL/minで流しながら、310 で固体を加熱した。昇華精製後、目的物の黄白色固体を収量0.81 g、収率82%で得た。ステップ4の合成スキームを下記(a-4)に示す。

【0253】

## 【化 1 4】



10

## 【0 2 5 4】

なお、上記ステップ 4 で得られた黄白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 20 に示す。このことから、本参考合成例において、有機化合物、8mDBtBPNfpr (II) が得られたことがわかった。

20

## 【0 2 5 5】

$^1\text{H}$ -NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 7.47 - 7.49 (m, 2H), 7.60 - 7.62 (m, 2H), 7.66 - 7.88 (m, 8H), 7.91 (d, 1H), 8.05 (d, 1H), 8.13 - 8.14 (m, 2H), 8.20 - 8.23 (m, 2H), 8.29 (d, 1H), 8.48 (s, 1H), 8.55 (d, 1H), 8.91 (s, 1H).

## 【符号の説明】

## 【0 2 5 6】

1 0 1      第 1 の電極  
 1 0 2      第 2 の電極  
 1 0 3      EL 層  
 1 0 3 a、1 0 3 b      EL 層  
 1 0 4      電荷発生層  
 1 1 1、1 1 1 a、1 1 1 b      正孔注入層  
 1 1 2、1 1 2 a、1 1 2 b      正孔輸送層  
 1 1 3、1 1 3 a、1 1 3 b      発光層  
 1 1 4、1 1 4 a、1 1 4 b      電子輸送層  
 1 1 5、1 1 5 a、1 1 5 b      電子注入層  
 2 0 0 R、2 0 0 G、2 0 0 B      光学距離  
 2 0 1      第 1 の基板  
 2 0 2      トランジスタ (FET)  
 2 0 3 R、2 0 3 G、2 0 3 B、2 0 3 W      発光デバイス  
 2 0 4      EL 層  
 2 0 5      第 2 の基板  
 2 0 6 R、2 0 6 G、2 0 6 B      カラーフィルタ  
 2 0 6 R'、2 0 6 G'、2 0 6 B'      カラーフィルタ  
 2 0 7      第 1 の電極  
 2 0 8      第 2 の電極  
 2 0 9      黒色層 (ブラックマトリックス)  
 2 1 0 R、2 1 0 G      導電層  
 3 0 1      第 1 の基板

30

40

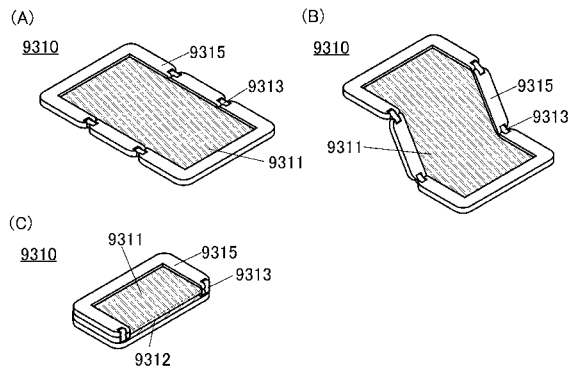
50

3 0 2	画素部	
3 0 3	駆動回路部（ソース線駆動回路）	
3 0 4 a、3 0 4 b	駆動回路部（ゲート線駆動回路）	
3 0 5	シール材	
3 0 6	第2の基板	
3 0 7	引き回し配線	
3 0 8	F P C	
3 0 9	F E T	
3 1 0	F E T	
3 1 1	F E T	10
3 1 2	F E T	
3 1 3	第1の電極	
3 1 4	絶縁物	
3 1 5	E L 層	
3 1 6	第2の電極	
3 1 7	発光デバイス	
3 1 8	空間	
9 0 0	基板	
9 0 1	第1の電極	
9 0 2	E L 層	20
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	
4 0 0 3	基板	30
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	
4 0 1 3	乾燥剤	40
4 0 1 5	拡散板	
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	50

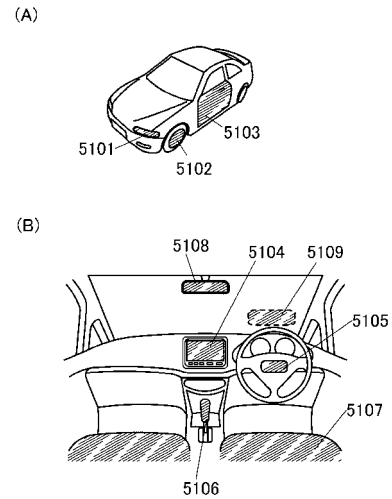
4 2 1 0	絶縁層	
4 2 1 1	封止基板	
4 2 1 2	シール材	
4 2 1 3	バリア膜	
4 2 1 4	平坦化膜	
4 2 1 5	拡散板	
5 1 0 1	ライト	
5 1 0 2	ホイール	
5 1 0 3	ドア	
5 1 0 4	表示部	10
5 1 0 5	ハンドル	
5 1 0 6	シフトレバー	
5 1 0 7	座席シート	
5 1 0 8	インナーリアビューミラー	
5 1 0 9	フロントガラス	
7 0 0 0	筐体	
7 0 0 1	表示部	
7 0 0 2	第 2 表示部	
7 0 0 3	スピーカ	
7 0 0 4	L E D ランプ	20
7 0 0 5	操作キー	
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 2	支持部	
7 0 1 3	イヤホン	
7 0 1 4	アンテナ	30
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	
7 0 2 0	カメラ	
7 0 2 1	外部接続部	
7 0 2 2、7 0 2 3	操作ボタン	
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 7	時刻を表すアイコン	40
7 0 2 8	その他のアイコン	
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	
9 3 1 3	ヒンジ	
9 3 1 5	筐体	



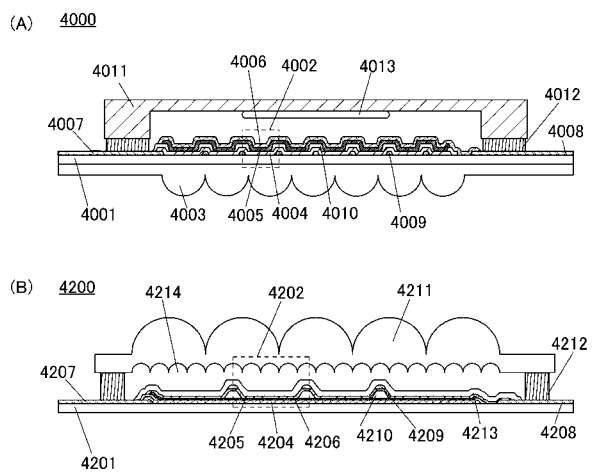
【図 5】



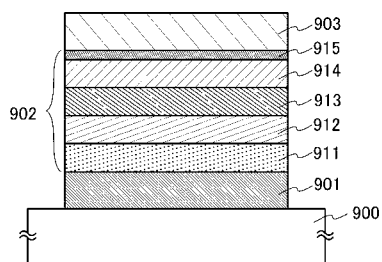
【図 6】



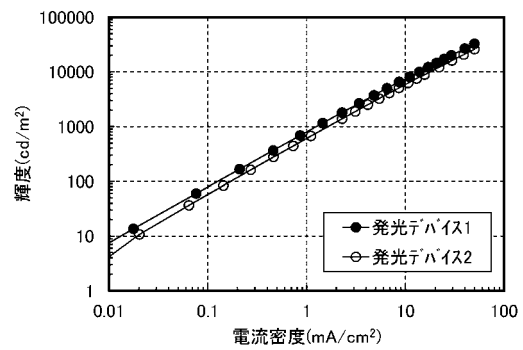
【図 7】



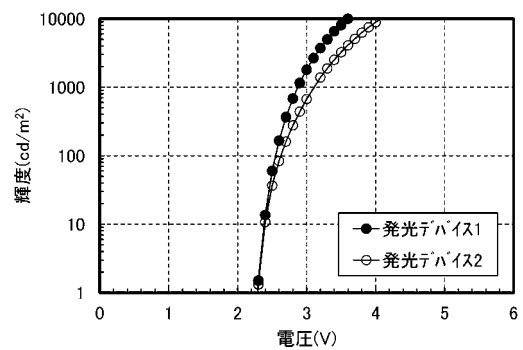
【図 8】



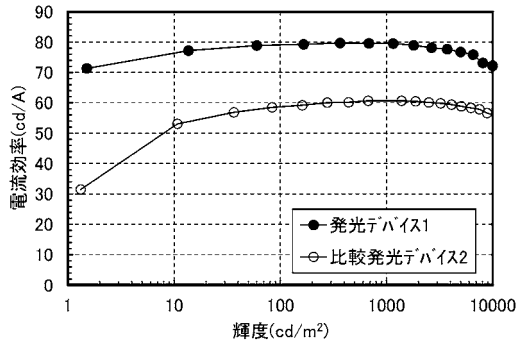
【図 9】



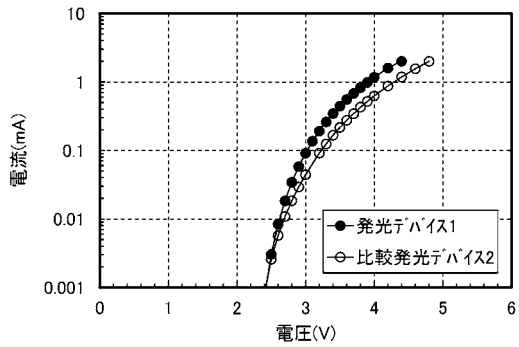
【図 10】



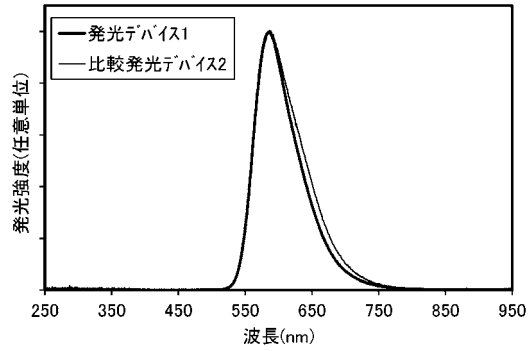
【図 1 1】



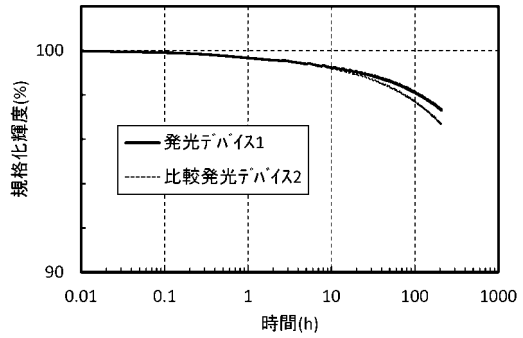
【図 1 2】



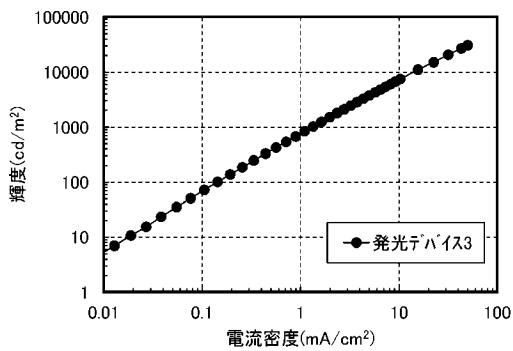
【図 1 3】



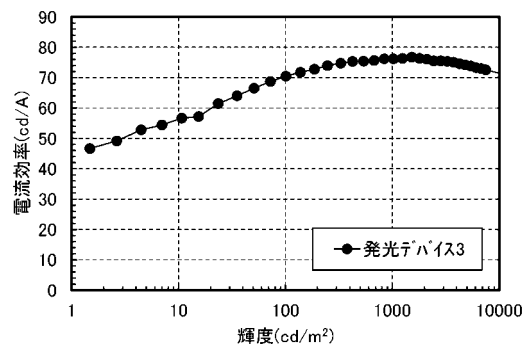
【図 1 4】



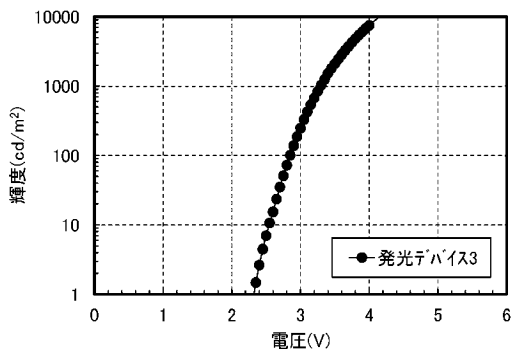
【図 1 5】



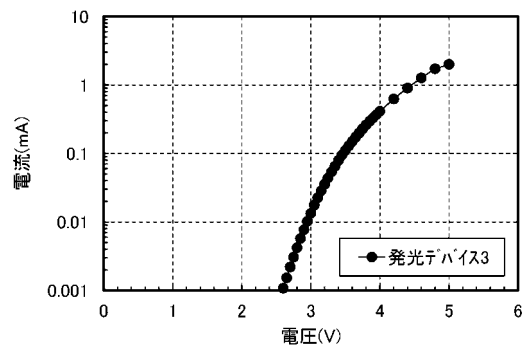
【図 1 7】



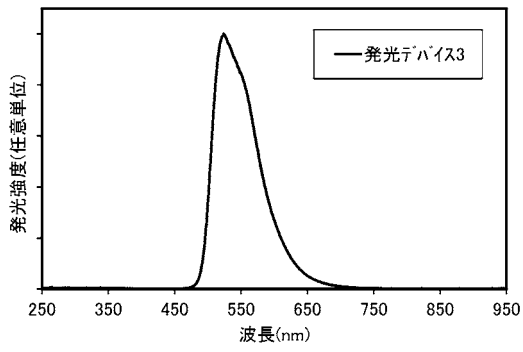
【図 1 6】



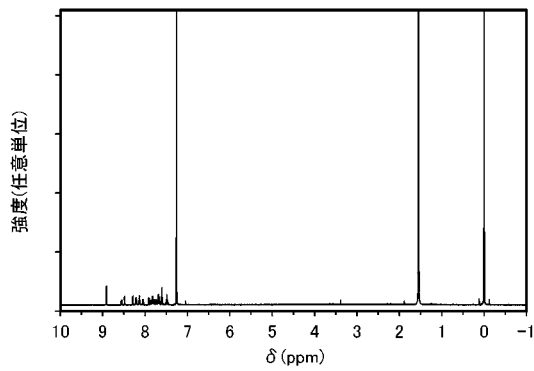
【図 1 8】



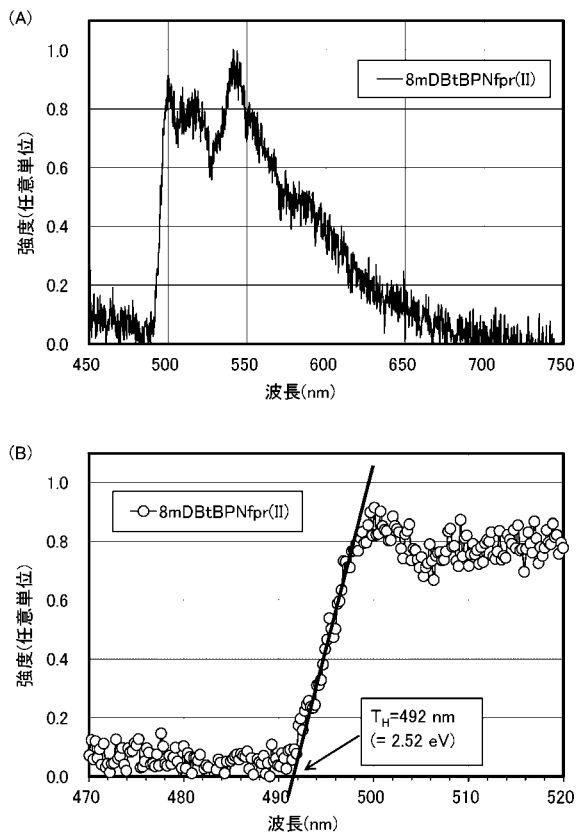
【図 19】



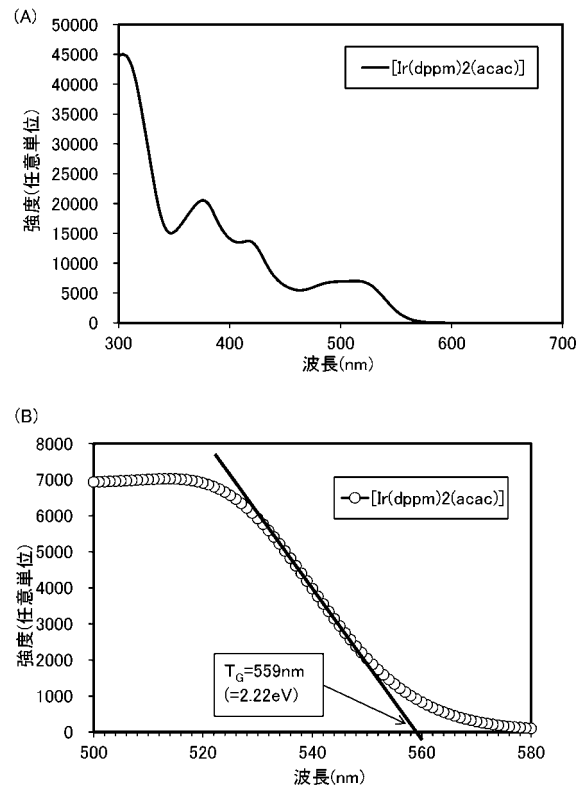
【図 20】



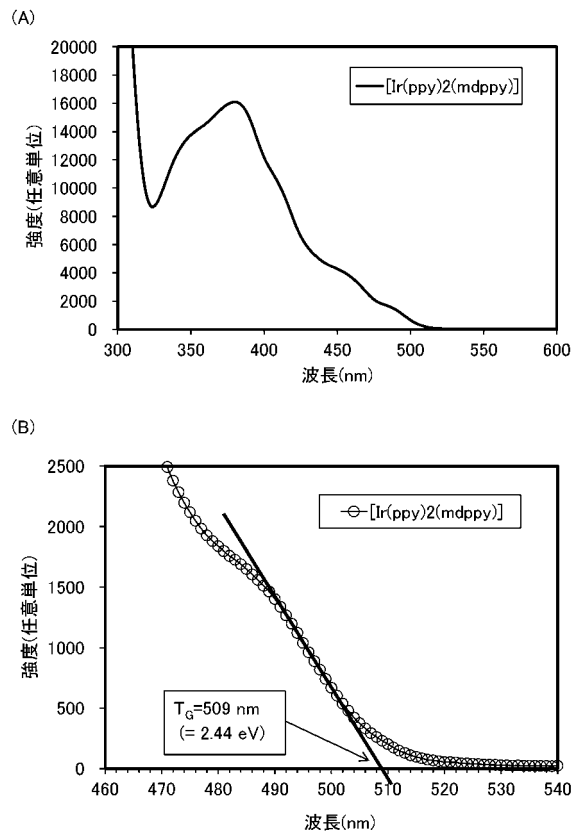
【図 22】



【図 21】



【図 23】





---

フロントページの続き

(72)発明者 吉住 英子

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 瀬尾 哲史

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

F ターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 BB07 BB08 CC14 CC21 DD53 DD64 DD67  
DD68 DD69 FF20