

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7626601号
(P7626601)

(45)発行日 令和7年2月4日(2025.2.4)

(24)登録日 令和7年1月27日(2025.1.27)

(51)国際特許分類

F I

C 0 7 D 519/00 (2006.01)

C 0 7 D 519/00

C S P

H 1 0 K 50/10 (2023.01)

H 1 0 K 50/10

C 0 9 K 11/06 (2006.01)

H 0 5 B 33/14

B

C 0 9 K 11/06

6 9 0

請求項の数 7 (全61頁)

(21)出願番号 特願2020-169830(P2020-169830)
(22)出願日 令和2年10月7日(2020.10.7)
(65)公開番号 特開2021-63065(P2021-63065A)
(43)公開日 令和3年4月22日(2021.4.22)
審査請求日 令和5年10月4日(2023.10.4)
(31)優先権主張番号 特願2019-187939(P2019-187939)
(32)優先日 令和1年10月11日(2019.10.11)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者 000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地
(72)発明者 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
(72)発明者 吉住 英子
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者 河野 優太
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
最終頁に続く

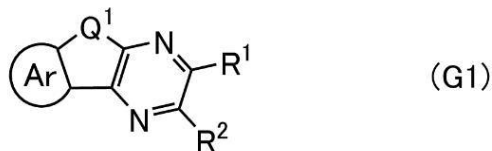
(54)【発明の名称】 有機化合物、発光デバイス、発光装置、電子機器および照明装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

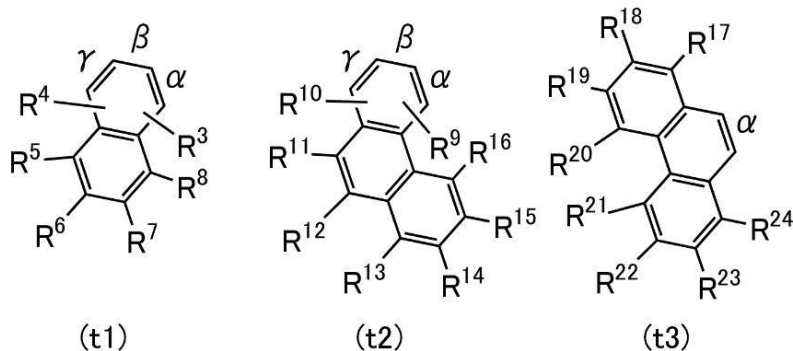
下記一般式(G1)で表される有機化合物。

【化1】



(上記式(G1)中、Q¹は酸素原子または硫黄原子を表す。Arは、下記一般式(t₁)乃至(t₃)のいずれかーを示す。R¹およびR²は、一方が下記一般式(u₁)で表される基であり、他方が水素、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。)

【化 2】



10

(上記一般式 (t1) 乃至 (t3) において、 R^3 乃至 R^{24} 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 13 のアリール基、のいずれかーを表す。上記一般式 (t1) 乃至 (t3) は、 α 、 β および γ のいずれかの位置において、式 (G1) 中の五員環に縮合しているものとする。)

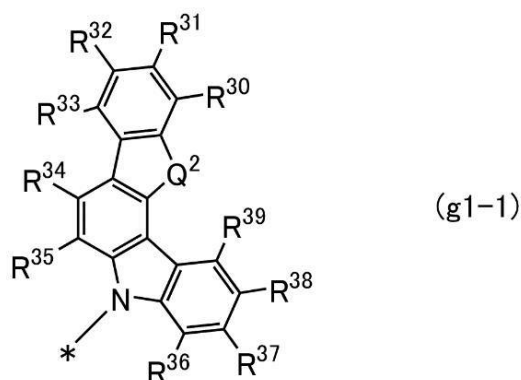
【化 3】



20

(上記式 (u1) 中、A は下記一般式 (g1-1) で表される基であり、B は置換もしくは無置換のフェニレン基を表す。n は 0 乃至 2 の整数であり、n が 2 である場合、当該 2 つのフェニレン基の置換位置、置換基の有無、置換基の数および置換基の種類は同じであっても異なっても良い。アスタリスクは結合手を表す。)

【化 4】



30

(上記式 (g1-1) において、 Q^2 は硫黄原子または酸素原子を表し、 R^{30} 乃至 R^{39} 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 13 のアリール基、のいずれかーを表す。アスタリスクは結合手を表す。)

40

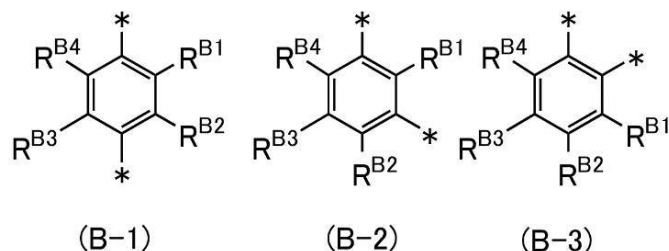
【請求項 2】

請求項 1 において、

B が下記一般式 (B-1) 乃至 (B-3) のいずれかーである有機化合物。

50

【化 5】



(上記一般式 (B-1) 乃至 (B-3) において、 R^{B1} 乃至 R^{B4} 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 13 のアリール基、のいずれかーを表す。アスタリスクは結合手を表す。なお、上記一般式 (u 1) において n が 2 である場合、当該二つの B は各々独立に上記一般式 (B-1) 乃至 (B-3) のいずれかーであるものとする。)

10

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、 R^2 が水素である有機化合物。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の有機化合物を有する発光デバイス。

20

【請求項 5】

請求項 4 に記載の発光デバイスと、センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイク、の少なくとも一と、を有する電子機器。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の発光デバイスと、トランジスタ、または、基板と、の少なくとも一を有する発光装置。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の発光デバイスと、筐体と、を有する照明装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

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、およ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ができる。

40

【背景技術】

【0002】

有機化合物を用いた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 (有機 EL デバイス) の実用化が進んでいる。これら発光デバイスの基本的な構成は、一対の電極間に発光材料を含む有機化合物層 (EL 層) を挟んだものである。このデバイスに電圧を印加して、キャリアを注入し、当該キャリアの再結合エネルギーを利用することにより、発光材料からの発光を得ることができる。

【0003】

このような発光デバイスは自発光型であるためディスプレイの画素として用いると、液晶

50

に比べ、視認性が高く、バックライトが不要である等の利点があり、フラットパネルディスプレイ素子として好適である。また、このような発光デバイスを用いたディスプレイは、薄型軽量に作製できることも大きな利点である。さらに非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

【０００４】

また、これらの発光デバイスは発光層を二次元に連続して形成することが可能であるため、面状に発光を得ることができる。これは、白熱電球やＬＥＤに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

【０００５】

このように発光デバイスを用いたディスプレイや照明装置はさまざまな電子機器に適用好適であるが、より良好な特性を有する発光デバイスを求めて研究開発が進められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【文献】特開２０１８－０３６６３２号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

本発明の一態様では、新規有機化合物を提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、新規キャリア輸送性材料を提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、発光効率の高い発光デバイスを作製することが可能な新規有機化合物を提供することを目的とする。

【０００８】

または、本発明の他の一態様では、発光効率の高い発光デバイスを提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、消費電力の小さい発光デバイス、発光装置、電子機器、および表示装置を各々提供することを目的とする。

【０００９】

なお、これらの目的の記載は、他の目的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、これらの目的の全てを有する必要はない。なお、これら以外の目的は、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、これら以外の目的を抽出することが可能である。

【００１０】

本発明は上述の課題のうちいずれかーを解決すればよいものとする。

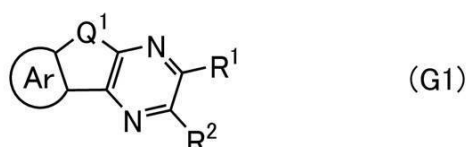
【課題を解決するための手段】

【００１１】

本発明の一態様は、下記一般式（Ｇ１）で表される有機化合物である。

【００１２】

【化１】



【００１３】

ただし、式（Ｇ１）中、Ｑ¹は酸素原子または硫黄原子を表す。また、Ａｒは、置換もしくは無置換の縮合芳香環を示す。また、Ｒ¹およびＲ²は、一方が下記一般式（ｕ１）で表される基であり、他方が水素、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。

【0014】

【化2】



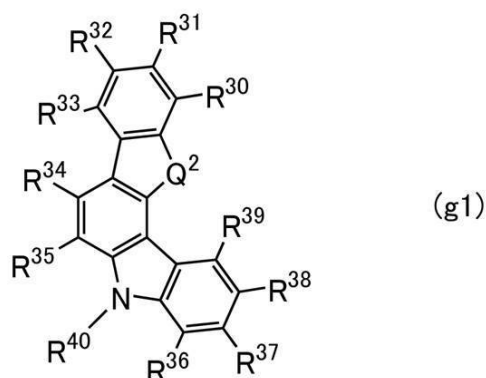
【0015】

ただし、上記式 (u1) 中、Aは下記一般式 (g1) で表される基であり、Bは置換もしくは無置換のフェニレン基を表す。また、nは0乃至2の整数であり、nが2である場合、当該2つのフェニレン基の置換位置、置換基の有無、置換基の数および置換基の種類は同じであっても異なっても良い。また、アスタリスクは結合手を表す。

10

【0016】

【化3】



20

【0017】

ただし、上記式 (g1) において、Q²は硫黄原子または酸素原子を表し、R³⁰乃至R⁴⁰はこのうちが結合手であり、残りが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13のアリール基、のいずれか一を表す。

【0018】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記結合手がR⁴⁰である有機化合物である。

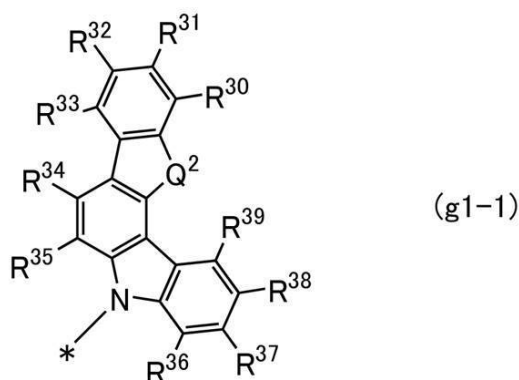
30

【0019】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記一般式 (g1) で表される基が、下記一般式 (g1-1) で表される基である有機化合物である。

【0020】

【化4】



40

【0021】

ただし、上記式 (g1-1) において、Q²は硫黄原子または酸素原子を表し、R³⁰乃至R³⁹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

50

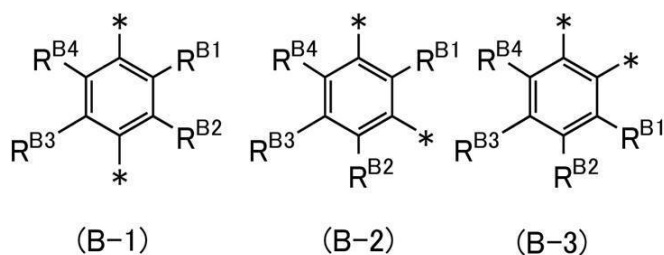
換もしくは無置換の炭素数 3 乃至 7 のシクロアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基、のいずれかーを表す。また、アスタリスクは結合手を表す。

【0022】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 B が下記一般式 (B-1) 乃至 (B-3) のいずれかーである有機化合物である。

【0023】

【化 5】



10

【0024】

ただし、上記一般式 (B-1) 乃至 (B-3) において、 R^{B1} 乃至 R^{B4} 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 13 のアリール基、のいずれかーを表す。なお、n が 2 である場合、当該二つの B は各々独立に上記一般式 (B-1) 乃至 (B-3) のいずれかーであるものとする。また、アスタリスクは結合手を表す。

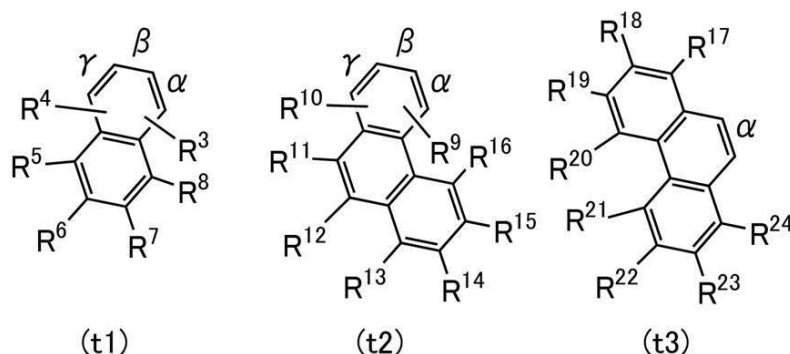
20

【0025】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 A r が下記一般式 (t1) 乃至 (t3) のいずれかーである有機化合物である。

【0026】

【化 6】



30

【0027】

ただし、上記一般式 (t1) 乃至 (t3) において、 R^3 乃至 R^{24} 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 13 のアリール基、のいずれかーを表す。また、上記一般式 (t1) 乃至 (t3) は、 α 、 β および γ のいずれかの位置において、式 (G1) 中の五員環に縮合しているものとする。

40

【0028】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 R^2 が水素である有機化合物である。

【0029】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の有機化合物を含む発光デバイスである。

50

【0030】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するE L層を有し、前記E L層は発光層を有し、前記発光層に、上記いずれかに記載の有機化合物を含む発光デバイスである。

【0031】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するE L層を有し、前記E L層は発光層を有し、前記発光層は、発光物質と、ホスト材料とを有し、前記ホスト材料が、上記いずれかに記載の有機化合物を含む発光デバイスである。

【0032】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するE L層を有し、前記E L層は発光層を有し、前記発光層は、発光物質とホスト材料とを有し、前記ホスト材料は、電子輸送性を有する第1の物質と、正孔輸送性を有する第2の物質とを有し、前記第1の物質と前記第2の物質は励起錯体を形成可能な組み合わせであり、前記第1の物質が上記いずれかに記載の有機化合物である発光デバイスである。

10

【0033】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の発光デバイスと、センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、を有する電子機器である。

【0034】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の発光デバイスと、トランジスタ、または、基板と、を有する発光装置である。

20

【0035】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の発光デバイスと、筐体と、を有する照明装置である。

【0036】

なお、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を含む。また、発光デバイスにコネクタ、例えば異方導電性フィルム又はTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、又は発光デバイスに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、発光装置に含まれる場合がある。さらに、照明器具等は、発光装置を有する場合がある。

30

【発明の効果】

【0037】

本発明の一態様では、新規有機化合物を提供することができる。または、本発明の一態様では、新規キャリア輸送性材料を提供することができる。または、本発明の一態様では、発光効率の高い発光デバイスを作製することが可能な新規有機化合物を提供することができる。

【0038】

または、本発明の他の一態様では、発光効率の高い発光デバイスを提供することができる。または、本発明の一態様では、消費電力の小さい発光デバイス、発光装置、電子機器、および表示装置を各々提供することができる。

40

【0039】

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】

【0040】

【図1】図1 (A)、図1 (B) および図1 (C) は発光デバイスの概略図である。

【図2】図2 (A) および図2 (B) はアクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

【図3】図3 (A) および図3 (B) はアクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

50

【図 4】図 4 はアクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

【図 5】図 5 (A) および図 5 (B) はパッシブマトリクス型発光装置の概念図である。

【図 6】図 6 (A) および図 6 (B) は照明装置を表す図である。

【図 7】図 7 (A)、図 7 (B 1)、図 7 (B 2) および図 7 (C) は電子機器を表す図である。

【図 8】図 8 (A)、図 8 (B) および図 8 (C) は電子機器を表す図である。

【図 9】図 9 は照明装置を表す図である。

【図 10】図 10 は照明装置を表す図である。

【図 11】図 11 は車載表示装置及び照明装置を表す図である。

【図 12】図 12 (A) および図 12 (B) は電子機器を表す図である。

10

【図 13】図 13 (A)、図 13 (B) および図 13 (C) は電子機器を表す図である。

【図 14】図 14 は 9mBTczPNfpr の ^1H NMR チャートである。

【図 15】図 15 は 9mBTczPNfpr のトルエン溶液における吸収スペクトルと発光スペクトルである。

【図 16】図 16 は 9mBTczPNfpr の薄膜状態における吸収スペクトルと発光スペクトルである。

【図 17】図 17 は発光デバイス 1 の輝度－電流密度特性である。

【図 18】図 18 は発光デバイス 1 の電流効率－輝度特性である。

【図 19】図 19 は発光デバイス 1 の輝度－電圧特性である。

【図 20】図 20 は発光デバイス 1 の電流－電圧特性である。

20

【図 21】図 21 は発光デバイス 1 の外部量子効率－輝度特性である。

【図 22】図 22 は発光デバイス 1 の発光スペクトルである。

【図 23】図 23 は発光デバイス 1 の規格化輝度－時間変化特性である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

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。

【0042】

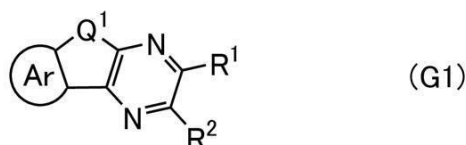
30

(実施の形態 1)

本実施の形態では、本発明の一態様の有機化合物について説明する。本発明の一態様の有機化合物は、下記一般式 (G1) で表される有機化合物である。

【0043】

【化 7】



40

【0044】

上記一般式 (G1) において、 Q^1 は酸素原子または硫黄原子を表す。 Q^1 はキャリア輸送のために適切な LUMO 準位が得られるため、酸素原子であることが好ましい。

【0045】

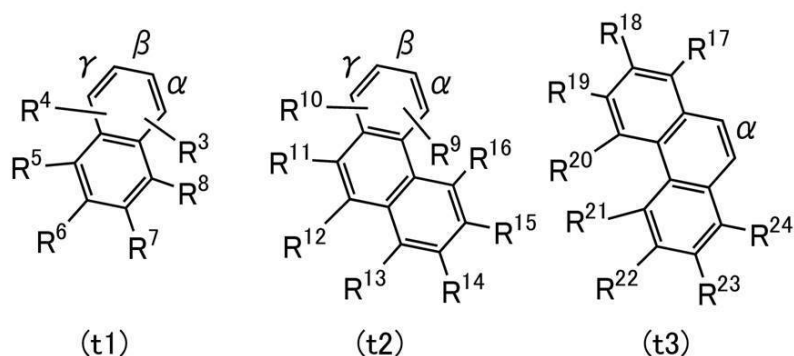
また、Ar は、置換もしくは無置換の縮合芳香環を示す。Ar は、置換もしくは無置換のナフタレン、置換もしくは無置換のフェナントレン、および置換もしくは無置換のクリセンであることが適切な T1 準位が得られるため好ましい。なお、これらが置換基を有する場合、当該置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 3 乃至 7 のシクロアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 のアリール基などを挙げることができる。なお、Ar は、特に下記一般式 (t

50

1) 乃至 (t3) で表される縮合環であると、適切な T1 準位が得られるため好ましい。

【0046】

【化8】



10

【0047】

上記一般式 (t1) 乃至 (t3) は、 α 、 β および γ のいずれかの位置において、式 (G1) 中の五員環に縮合しているものとし、中でも (t1) および (t3) が平面性を高くでき安定であるため好ましく、(t1) の α 位で縮合していることが特に好ましい。

【0048】

なお、上記一般式 (t1) 乃至 (t3) において、 R^3 乃至 R^{24} 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 13 のアリール基のいずれかーを表す。

20

【0049】

また、上記一般式 (G1) において、 R^1 および R^2 は、一方が下記一般式 (u1) で表される基であり、他方が水素、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。なお、 R^1 が (u1) であることがキャリア輸送のために適切な LUMO 準位が得られるため好ましく、この場合、 R^2 が水素であることが平面性を高くでき安定であるためより好ましい。

30

【0050】

【化9】



【0051】

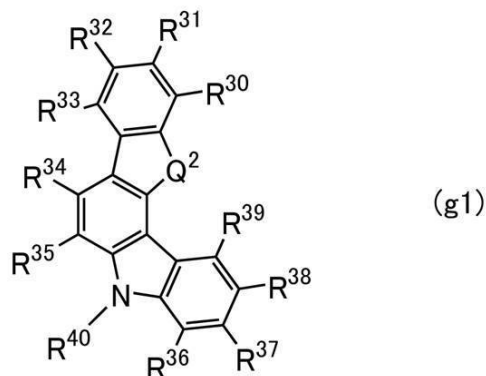
上記一般式 (u1) 中、アスタリスクは結合手を表し、この位置で上記一般式 (G1) に示された骨格に R^1 または R^2 として結合していることを意味する。 n は 0 乃至 2 の整数であり、 n は 1 であることがキャリア輸送のために適切な LUMO 準位が得られるため好ましい。また、 A は下記一般式 (g1) で表される基である。

40

【0052】

50

【化 10】



10

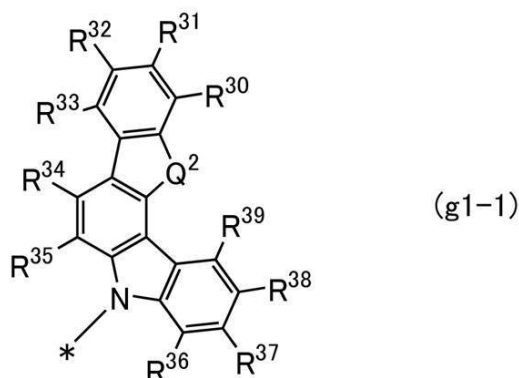
【0053】

上記一般式 (g 1) において、 Q^2 は硫黄原子または酸素原子を表し、 Q^2 はキャリア輸送のために適切な HOMO 準位が得られるため硫黄原子であることが好ましい。また、 R^{30} 乃至 R^{40} はこのうち一が結合手であり、その位置で上記一般式 (u 1) として表される基に A として結合している。なお、当該結合手は R^{40} であることがキャリア輸送のために適切な HOMO 準位および LUMO 準位が得られるため好ましく、すなわち、上記一般式 (g 1) で表される基は、下記一般式 (g 1-1) で表される基であることが好ましい。

20

【0054】

【化 11】



30

【0055】

なお、上記一般式 (g 1) で表される基における R^{30} 乃至 R^{40} のうち結合手でないもの、および (g 1-1) で表される基における R^{30} 乃至 R^{39} 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 13 のアリール基、のいずれか一を表す。

【0056】

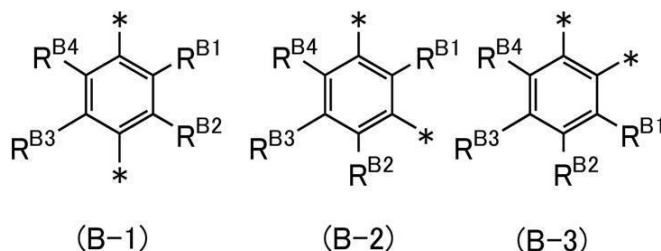
また、上記一般式 (u 1) で表される基において、B は置換もしくは無置換のフェニレン基を表す。また、n が 2 である場合、当該 2 つのフェニレン基の置換位置、置換基の有無、置換基の数および置換基の種類は同じであっても異なっても良い。当該置換基は下記一般式 (B-1) 乃至 (B-3) のように表すこともできる。また、n が 2 である場合、当該二つの B は各々独立に上記一般式 (B-1) 乃至 (B-3) のいずれか一であるものとする。

40

【0057】

50

【化 1 2】



【0058】

上記一般式 (B-1) 乃至 (B-3) において、 R^{B1} 乃至 R^{B4} 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 13 のアリール基、のいずれか一を表す。また、アスタリスクは結合手を表し、この位置で A、B (n が 2 である場合) および一般式 (G1) に示された骨格に B として結合する。

【0059】

以上、本発明の一態様の有機化合物の説明において、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基と述べた場合、具体的には、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、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*-ヘプチル基等を指すものとする。なお、これらが置換基を有する場合、当該置換基としては、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、フェニル基を挙げることができる。

【0060】

また、同様に、上記本発明の一態様の有機化合物の説明において、炭素数 3 乃至 7 のシクロアルキル基と述べた場合、具体的には、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、シクロヘプチル基、シクロオクチル基等を指すものとする。なお、これらが置換基を有する場合、当該置換基としては、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、フェニル基を挙げることができる。

【0061】

また、同様に、上記本発明の一態様の有機化合物の説明において、炭素数 6 乃至 13 のアリール基と述べた場合、具体的には、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、*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、フルオレニル基を指すものとする。なお、これらが置換基を有する場合、当該置換基としては、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、フェニル基を挙げることができる。

【0062】

また、同様に、上記本発明の一態様の有機化合物の説明において、炭素数 6 乃至 30 のアリール基と述べた場合、具体的には、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、*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、9,9-ジフェニルフルオレニル基、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を指すものとする。なお、これらが置換基を有する場合、当該置換基としては、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、フェニル基を挙げることができる。

【0063】

以上のような構成を有する本発明の一態様の有機化合物は、T1 準位の高い有機化合物である。また、上記構成を有する有機化合物は、発光デバイスの発光層におけるホスト材料として好適に用いることができる。特に、本発明の一態様の有機化合物は、T1 準位が高

10

20

30

40

50

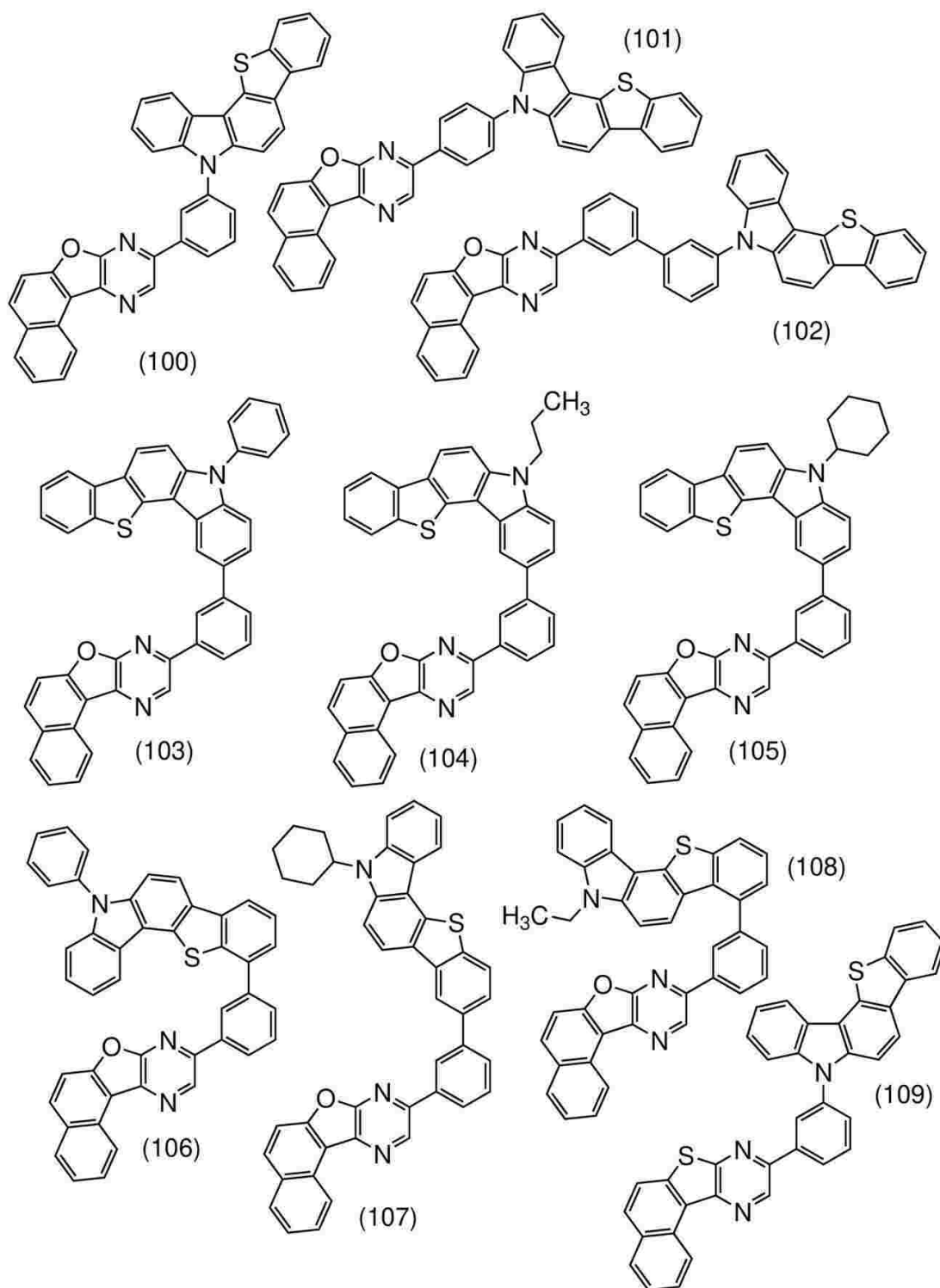
いことからりん光発光デバイスにおけるホスト材料として好適に用いることができる。また、本発明の一態様の有機化合物を用いることで発光効率の高い発光デバイスを得ることができる。

【0064】

上記構成を有する有機化合物の具体的な例を以下に示す。

【0065】

【化13】



【0066】

10

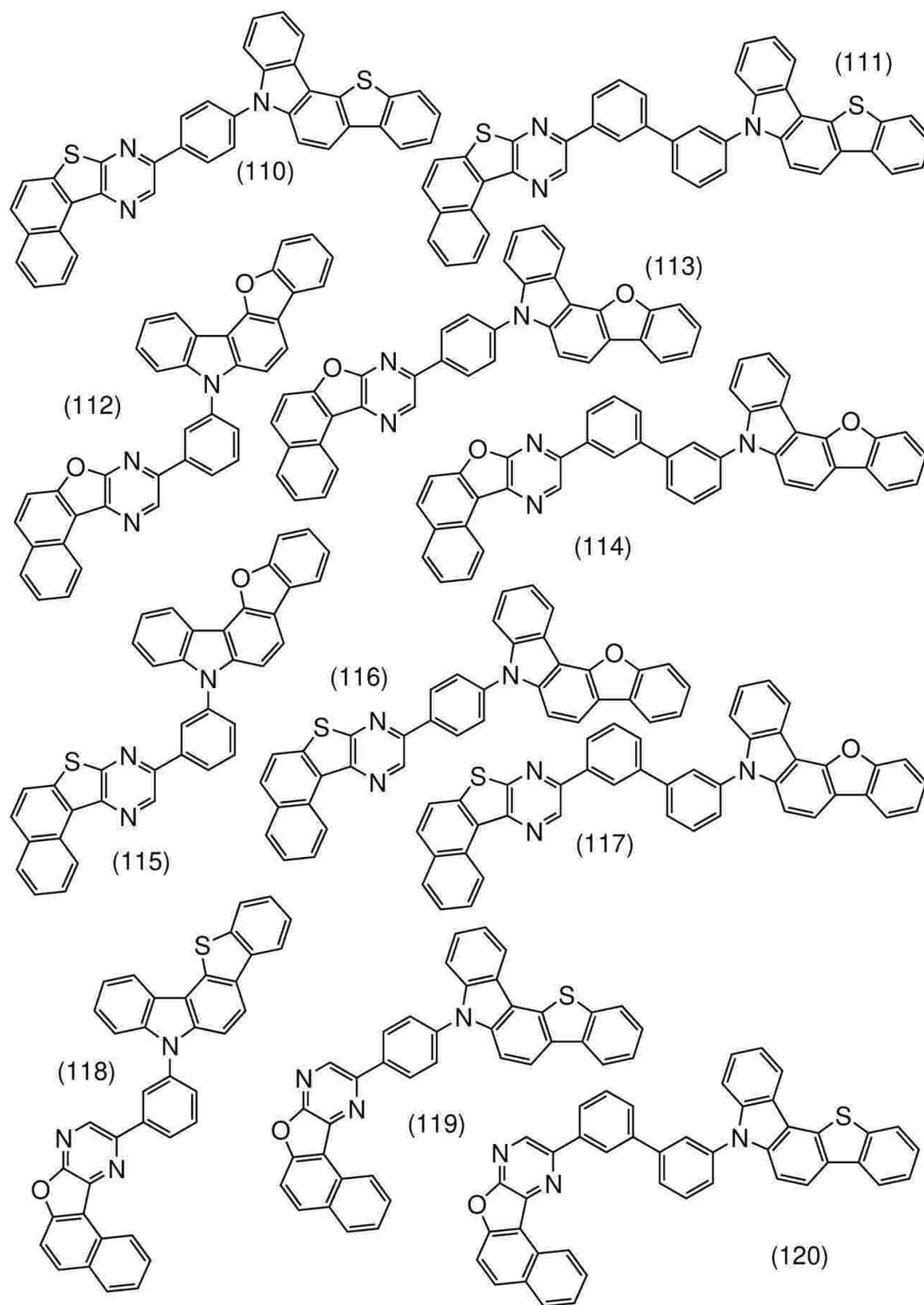
20

30

40

50

【化 1 4】



【 0 0 6 7 】

10

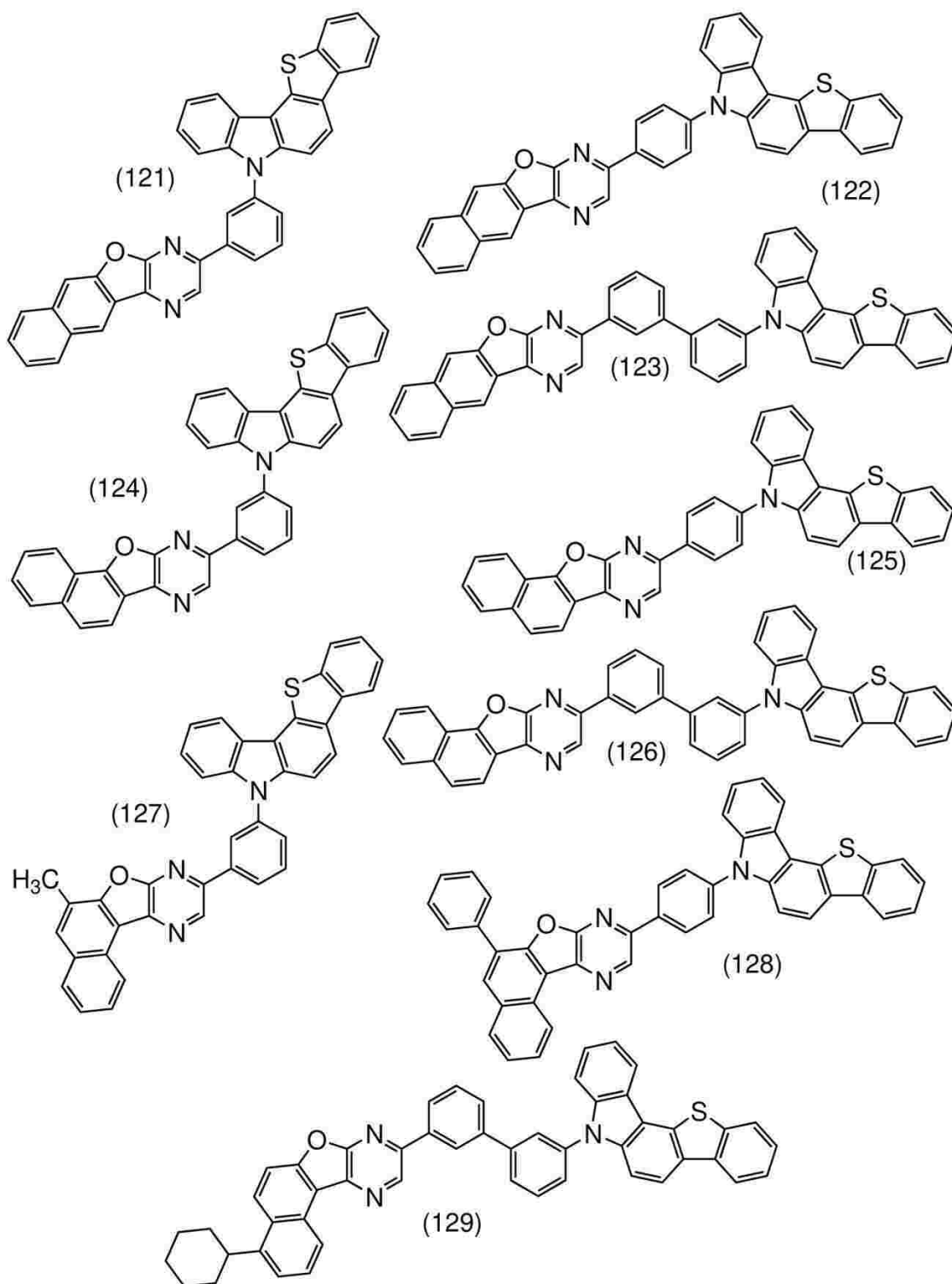
20

30

40

50

【化 15】



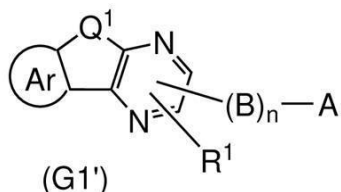
【0068】

本実施の形態では、一般式（G1'）で表される縮合芳香環が縮合したフロピラジン誘導体、または縮合芳香環が縮合したチエノピラジン誘導体の合成方法について説明する。該化合物の合成方法としては、種々の反応を適用することができる。例えば、以下のような簡便な合成スキームにより一般式（G1'）で表される化合物を合成できる。なお、説明の都合上、一般式（G1）と一般式（G1'）は異なる一般式となっているが、一般式（G1'）で表される化合物の範囲は上記一般式（G1）で表される化合物と同じであり、Ar、Q¹、A、Bおよびnは、上記一般式（G1）と同じである。また、R¹は水素、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一を表す。

【0069】

【化16】



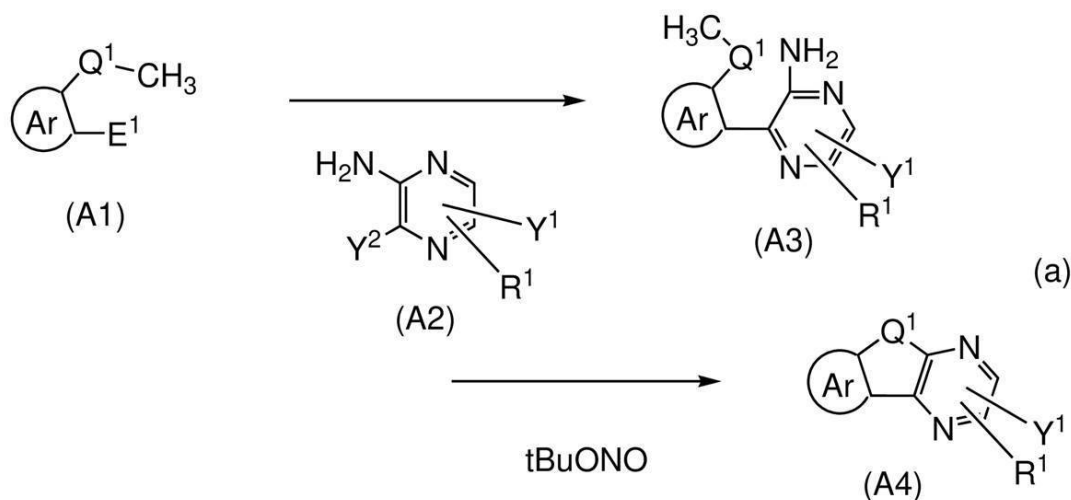
10

【0070】

まず、一般式 (G1') の出発原料である (A4) で表される縮合芳香環が縮合したフロピラジン誘導体、または縮合芳香環が縮合したチエノピラジン誘導体は、下記合成スキーム (a) より合成できる。メチルオキシ基またはメチルチオ基で置換されたアリールボロン酸 (A1) とアミノ基とハロゲンで置換されたピラジン誘導体 (A2) をカップリングして得られる中間体 (A3) を、亜硝酸 *tert*-ブチルと反応させることで環化し、縮合芳香環が縮合したフロピラジン誘導体、または縮合芳香環が縮合したチエノピラジン誘導体である (A4) を得ることができる。

【0071】

【化17】



30

【0072】

合成スキーム (a) において、 Q^1 は酸素または硫黄を表す。また、Ar は、置換もしくは無置換の縮合芳香環を表す。また、 Y^1 および Y^2 はハロゲンを表す。また、 R^1 は、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、のいずれか一を表す。また、 E^1 はボロン酸またはボロン酸エステルまたは環状トリオールボレート塩等を表す。また、環状トリオールボレート塩はリチウム塩の他に、カリウム塩、ナトリウム塩を用いても良い。

40

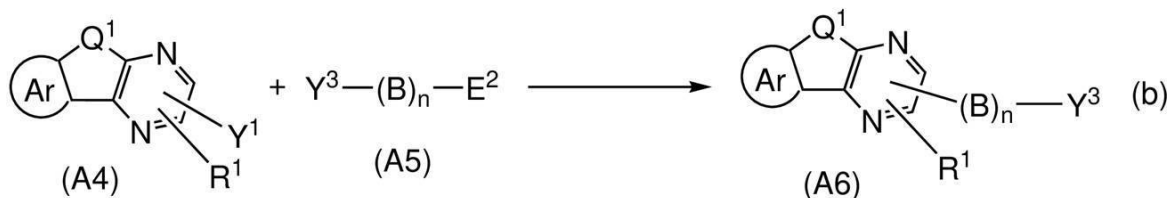
【0073】

次に、一般式 (G1') の中間原料である (A6) で表される縮合芳香環が縮合したフロピラジン誘導体、または縮合芳香環が縮合したチエノピラジン誘導体は、下記合成スキーム (b) に示すように、上記合成スキーム (a) で得られた (A4) とボロン酸化合物 (A5) をカップリングさせることにより得られる。

【0074】

50

【化 18】



【0075】

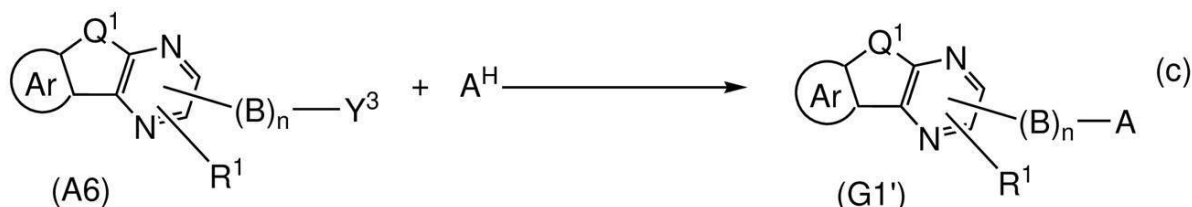
合成スキーム (b) において、 Q^1 は酸素または硫黄を表す。また、 Ar は、置換もしくは無置換の縮合芳香環を表す。また、 Y^1 および Y^3 はハロゲンを表す。また、 R^1 は、水素、置換もしくは無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 3 乃至 7 のシクロアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 30 のアリール基、のいずれか一を表す。また、 E^2 はボロン酸またはボロン酸エステルまたは環状トリオールボレート塩等を表す。また、環状トリオールボレート塩はリチウム塩の他に、カリウム塩、ナトリウム塩を用いても良い。また B は置換もしくは無置換のフェニル基を表す。また、 n は 0 乃至 2 の整数である。

【0076】

次に、一般式 (G1') で表される縮合芳香環が縮合したフロピラジン誘導体、または縮合芳香環が縮合したチエノピラジン誘導体は、下記合成スキーム (c) に示すように、上記合成スキーム (b) で得られた (A6) と A^H (ベンゾチエノカルバゾール誘導体またはベンゾフロカルバゾール誘導体) をカップリングさせることにより得られる。

【0077】

【化 19】



【0078】

合成スキーム (c) において、 Q^1 は酸素または硫黄を表す。また、 Ar は、置換もしくは無置換の縮合芳香環を表す。また、 Y^3 はハロゲンを表す。また、 R^1 は、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、のいずれか一を表す。また B は置換もしくは無置換のフェニル基を表す。また、 n は 0 乃至 2 の整数である。また、 A は上記一般式 (g1) で表される基である。

【0079】

上述の化合物 (A1)、(A2)、(A3)、(A4)、(A5)、(A6) は、様々な種類が市販されているか、あるいは合成可能であるため、一般式 (G1') で表される縮合芳香環が縮合したフロピラジン誘導体、または縮合芳香環が縮合したチエノピラジン誘導体は数多くの種類を合成することができる。したがって、本発明の一態様の化合物は、バリエーションが豊富であるという特徴がある。

【0080】

以上、本発明の一態様の化合物である縮合芳香環が縮合したフロピラジン誘導体、または縮合芳香環が縮合したチエノピラジン誘導体の合成方法の一例について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、他のどのような合成方法によって合成されても良い。

【0081】

なお、本実施の形態に示す化合物は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせ用

10

20

30

40

50

いることができる。

【0082】

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光デバイスについて説明する。

【0083】

図1(A)に、本発明の一態様の発光デバイスを表す図を示す。本発明の一態様の発光デバイスは、第1の電極101と、第2の電極102、EL層103を有している。また、EL層103は、実施の形態1で示した有機化合物を有している。

【0084】

EL層103は発光層113を有しており、発光層113には発光材料が含まれている。実施の形態1に記載の有機化合物は、発光層113に発光材料を分散するための材料として用いられることが好ましい。なお、発光層113には、その他の材料が含まれていても良い。

【0085】

また、発光層113において実施の形態1に記載の有機化合物と、正孔輸送材料とを共蒸着する構成であっても良い。また、この際、実施の形態1に記載の有機化合物と、正孔輸送材料とが、励起錯体を形成する構成であっても良い。適切な発光波長を有する励起錯体を形成することによって、発光材料への有効なエネルギー移動を実現し、高い効率、良好な寿命を有する発光デバイスを提供することが可能となる。

【0086】

なお、図1(A)には、EL層103に、発光層113の他、正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層114、電子注入層115が図示されているが、発光デバイスの構成はこれらに限られることはない。これらいずれかの層を形成しなくても良いし、他の機能を有する層を有していても良い。

【0087】

実施の形態1に記載の有機化合物は、良好な電子輸送性を有するため電子輸送層114に用いることも有効である。

【0088】

続いて、上述の発光デバイスの詳細な構造や材料の例について説明する。本発明の一態様の発光デバイスは、上述のように第1の電極101と第2の電極102の一对の電極間に複数の層からなるEL層103を有しており、当該EL層103のいずれかの部分に、実施の形態1で開示した有機化合物が含まれている。

【0089】

第1の電極101は、仕事関数の大きい(具体的には4.0eV以上)金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ(ITO: Indium Tin Oxide)、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム(IWZO)等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾルーゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム-酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し1~20wt%の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成する方法などがある。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム(IWZO)は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5~5wt%、酸化亜鉛を0.1~1wt%含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することもできる。その他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タングステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)、または金属材料の窒化物(例えば、窒化チタン)等が挙げられる。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料をEL層103における第1の電極101と接する層に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択することができるようになる。

【0090】

EL層103は積層構造を有していることが好ましいが、当該積層構造については特に限定はなく、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層、キャリアブロック層、励起子ブロック層、電荷発生層など、様々な層構造を適用することができる。本実施の形態では、図1(A)に示すように、正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113に加えて、電子輸送層114及び電子注入層115を有する構成、及び図1(B)に示すように、正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113に加えて、電子輸送層114及び電荷発生層116を有する構成の2種類の構成について説明する。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。

【0091】

正孔注入層111は、アクセプタ性を有する物質を含む層である。アクセプタ性を有する物質としては、有機化合物と無機化合物のいずれも用いることが可能である。

【0092】

アクセプタ性を有する物質としては、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、7,7,8,8-テトラシアノ-2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン（略称：F₄-TCNQ）、クロラニル、2,3,6,7,10,11-ヘキサシアノ-1,4,5,8,9,12-ヘキサアザトリフェニレン（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 α , α' , α'' -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]、 α , α' , α'' -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]、 α , α' , α'' -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。アクセプタ性を有する物質としては以上で述べた有機化合物以外にも、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン（略称：H₂Pc）や銅フタロシアニン（CuPc）等のフタロシアニン系の錯体化合物、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：DPAB）、N,N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]フェニル}-N,N'-ジフェニル-(1,1'-ビフェニル)-4,4'-ジアミン（略称：DNTPD）等の芳香族アミン化合物、或いはポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)(PEDOT/PSS)等の高分子等によっても正孔注入層111を形成することができる。アクセプタ性を有する物質は、隣接する正孔輸送層（あるいは正孔輸送材料）から、電界の印加により電子を引き抜くことができる。

【0093】

また、正孔注入層111として、正孔輸送性を有する材料に上記アクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることもできる。なお、正孔輸送性を有する材料にアクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることにより、仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、第1の電極101として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料も用いることができるようになる。

【0094】

複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の有機化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ま

10

20

30

40

50

しい。以下では、複合材料における正孔輸送性を有する材料として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

【0095】

複合材料に用いることのできる芳香族アミン化合物としては、N，N'-ジ（p-トリル）-N，N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン（略称：DTDP PA）、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）、N，N'-ビス{4-[ビス（3-メチルフェニル）アミノ]フェニル}-N，N'-ジフェニル-（1，1'-ビフェニル）-4，4'-ジアミン（略称：DNTPD）、1，3，5-トリス[N-（4-ジフェニルアミノフェニル）-N-フェニルアミノ]ベンゼン（略称：DPA3B）等を挙げることができる。カルバゾール誘導体としては、具体的には、3-[N-（9-フェニルカルバゾール-3-イル）-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA1）、3，6-ビス[N-（9-フェニルカルバゾール-3-イル）-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA2）、3-[N-（1-ナフチル）-N-（9-フェニルカルバゾール-3-イル）アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN1）、4，4'-ジ（N-カルバゾリル）ビフェニル（略称：CBP）、1，3，5-トリス[4-（N-カルバゾリル）フェニル]ベンゼン（略称：TCPB）、9-[4-（N-カルバゾリル）]フェニル-10-フェニルアントラセン（略称：CzPA）、1，4-ビス[4-（N-カルバゾリル）フェニル]-2，3，5，6-テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。芳香族炭化水素としては、例えば、2-tert-ブチル-9，10-ジ（2-ナフチル）アントラセン（略称：t-BuDNA）、2-tert-ブチル-9，10-ジ（1-ナフチル）アントラセン、9，10-ビス（3，5-ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：DPPA）、2-tert-ブチル-9，10-ビス（4-フェニルフェニル）アントラセン（略称：t-BuDBA）、9，10-ジ（2-ナフチル）アントラセン（略称：DNA）、9，10-ジフェニルアントラセン（略称：DPAnth）、2-tert-ブチルアントラセン（略称：t-BuAnth）、9，10-ビス（4-メチル-1-ナフチル）アントラセン（略称：DMNA）、2-tert-ブチル-9，10-ビス[2-（1-ナフチル）フェニル]アントラセン、9，10-ビス[2-（1-ナフチル）フェニル]アントラセン、2，3，6，7-テトラメチル-9，10-ジ（1-ナフチル）アントラセン、2，3，6，7-テトラメチル-9，10-ジ（2-ナフチル）アントラセン、9，9'-ビアントリル、10，10'-ジフェニル-9，9'-ビアントリル、10，10'-ビス（2-フェニルフェニル）-9，9'-ビアントリル、10，10'-ビス[(2，3，4，5，6-ペンタフェニル)フェニル]-9，9'-ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2，5，8，11-テトラ（tert-ブチル）ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4，4'-ビス（2，2-ジフェニルビニル）ビフェニル（略称：DPVBi）、9，10-ビス[4-（2，2-ジフェニルビニル）フェニル]アントラセン（略称：DPVPA）等が挙げられる。

【0096】

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

【0097】

複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料としては、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より好ましい。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。なお、これら第2の有機化合物が、N，N-ビス（4-ビフェニル）アミノ基を有する物質であると、寿命の良好な発光デバイスを作製することができるため好ましい。以上のような第2の有機化合物としては、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：B n f A B P）、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：B B A B n f）、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：B n f B B 1 B P）、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：B B A B n f（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：B B A B n f（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：B B A B n f（I I）（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：D B f B B 1 T P）、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：T h B A 1 B P）、4-（2-ナフチル）-4'，4''-ジフェニルトリフェニルアミン（略称：B B A β N B）、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：B B A β N B i）、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：B B A α N β N B）、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：B B A α N β N B-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：B B A P β N B-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：B B A（β N 2）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：B B A（β N 2）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：B B A β N α N B）、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：B B A β N α N B-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：T P B i A β N B）、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：m T P B i A β N B i）、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：T P B i A β N B i）、4-フェニル-4'-（1-ナフチル）トリフェニルアミン（略称：α N B A 1 B P）、4，4'-ビス（1-ナフチル）トリフェニルアミン（略称：α N B B 1 B P）、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：Y G T B i 1 B P）、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：Y G T B i 1 B P-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：Y G T B i β N B）、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：P C B N B S F）、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]-2-アミン（略称：B B A S F）、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：B B A S F（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：o F B i S F）、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：F r B i F）、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：m P D B f B N B N）、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]-9,9'-スピロビ[9H-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）、N,N-ビス（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、N,N-ビス（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-3-アミン、N,N-ビス（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-2-アミン、N,N-ビス（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-1-アミン等を挙げることができる。なお、実施の形態1で説明した本発明の一態様の有機化合物もバイポーラ性であることから、正孔輸送性を同時に有するため好適に用いることができる。

【0098】

なお、複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料はその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とがさらに好ましい。複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料が比較的深い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り、また、寿命の良好な発光デバイスを得ることが容易となる。

【0099】

なお、上記複合材料にさらにアルカリ金属又はアルカリ土類金属のフッ化物を混合（好ましくは当該層中のフッ素原子の原子比率が20%以上）することによって、当該層の屈折率を低下させることができる。これによっても、EL層103内部に屈折率の低い層を形成することができ、発光デバイスの外部量子効率を向上させることができる。

【0100】

正孔注入層111を形成することによって、正孔の注入性が良好となり、駆動電圧の小さい発光デバイスを得ることができる。また、アクセプタ性を有する有機化合物は蒸着が容易で成膜がしやすいため、使いやすい材料である。

【0101】

正孔輸送層112は、正孔輸送性を有する材料を含んで形成される。正孔輸送性を有する材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有していることが好ましい。上記正孔輸送性を有する材料としては、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）、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）、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]-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン(略称:PCBAF)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。なお、正孔注入層111の複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料として挙げた物質も正孔輸送層112を構成する材料として好適に用いることができる。

【0102】

発光層113は発光物質とホスト材料を有している。なお、発光層113は、その他の材料を同時に含んでも構わない。また、組成の異なる2層の積層であっても良い。

【0103】

発光物質は蛍光発光物質であっても、りん光発光物質であっても、熱活性化遅延蛍光(TADF)を示す物質であっても、その他の発光物質であっても構わない。

【0104】

発光層113において、蛍光発光物質として用いることが可能な材料としては、例えば、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:PAP2BPY)、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:PAPP2BPY)、N,N'-ジフェニル-N,N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1,6-ジアミン(略称:1,6FLPAPrn)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ビス[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1,6-ジアミン(略称:1,6mMemFLPAPrn)、N,N'-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニルスチルベン-4,4'-ジアミン(略称:YGAS)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称:YGAPA)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)トリフェニルアミン(略称:2YGAPPA)、N,9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:PCAPA)、ペリレン、2,5,8,11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン(略称:TBP)、4-(10-フェニル-9-アントリル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBAPA)、N,N''-(2-tert-ブチルアントラセン-9,10-ジイルジ-4,1-フェニレン)ビス[N,N',N'-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン](略称:DPABPA)、N,9-ジフェニル-N-[4-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-ジフ

エニル-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: 2DPAPPA)、N, N, N', N', N'', N'', N'', N'', N'''-オ
 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
 BC1)、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: 2PCAPPA)、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
 : 2DPAPPA)、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: 2DPA
 BPhA)、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: 2
 YGABPhA)、N, N, 9-トリフェニルアントラセン-9-アミン (略称: DPh
 APhA)、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: DCM
 1)、2-{2-メチル-6-[2-(2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベン
 ゾ [i j] 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, 5
 H-ベンゾ [i j] 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 [i
 j] 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: BisD
 CM)、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 [i j] 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'-(ピレン-1, 6-ジイル) ビス[(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: 1, 6BnfAPrn-03)、3, 1
 0-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, 10FrA2
 Nbf (IV)-02) などが挙げられる。特に、1, 6FLPAPrnや1, 6mMe
 mFLPAPrn、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。また、これ以外の蛍光発光物質も用いることができる。

【0105】

発光層113において、発光物質としてりん光発光物質を用いる場合、用いることが可能
 な材料としては、例えば、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

10

20

30

40

50

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-3b)₃]) のような4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス [3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1, 2, 4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称: [Ir (Mptz1-mp)₃])、トリス (1-メチル-5-フェニル-3-プロピル-1H-1, 2, 4-トリアゾラト) イリジウム (III) (略称: [Ir (Prptz1-Me)₃]) のような1H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、fac-トリス [1-(2, 6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール] イリジウム (III) (略称: [Ir (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 (dmpimp1-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, C²] 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, C²] イリジウム (III) ピコリナート (略称: FIrp1c)、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, C²] イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: FIr (acac)) 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などが挙げられる。これらは青色のりん光発光を示す化合物であり、440 nmから520 nmに発光スペクトルのピークを有する化合物である。

【0106】

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 (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)₂ (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)₂ (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 (mpmppm)₂ (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)₂ (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)₂ (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)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 (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 (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)₂ (acac)])、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 (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)₃ (Phen)]) のような希土類金属錯体などが挙げられる。これらは主に緑色のりん光発光を示す化合物であり、500 nmから60

10

20

30

40

50

0 nmに発光スペクトルのピークを有する。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。

【0107】

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(dlnpm)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などが挙げられる。これらは、赤色のりん光発光を示す化合物であり、600 nmから700 nmに発光スペクトルのピークを有する。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。

【0108】

また、以上で述べたりん光性化合物の他、公知のりん光性発光物質を選択し、用いてもよい。

【0109】

TADF材料としては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。

【0110】

10

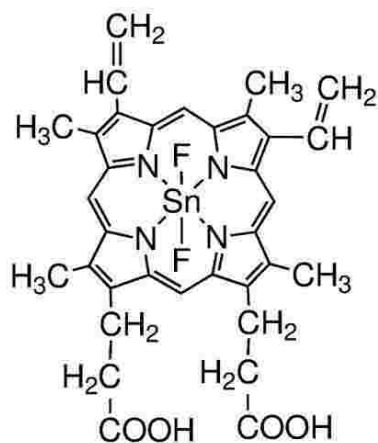
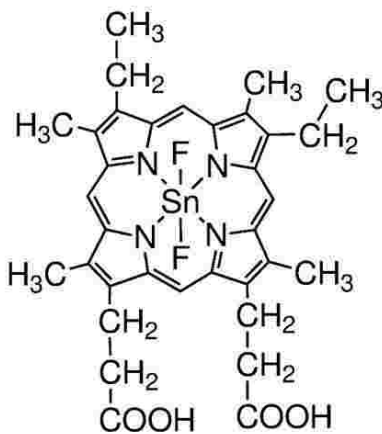
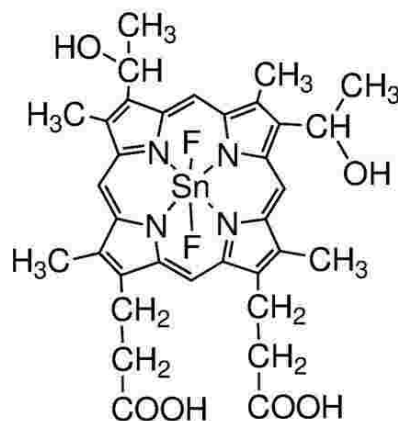
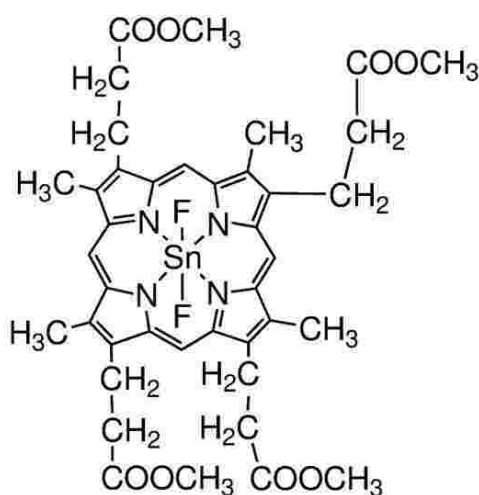
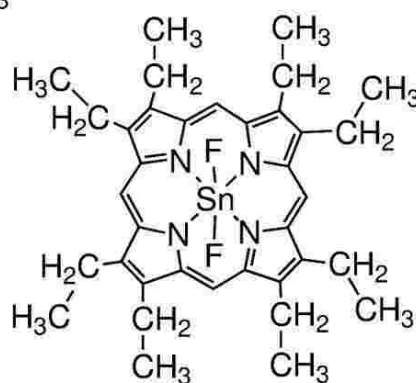
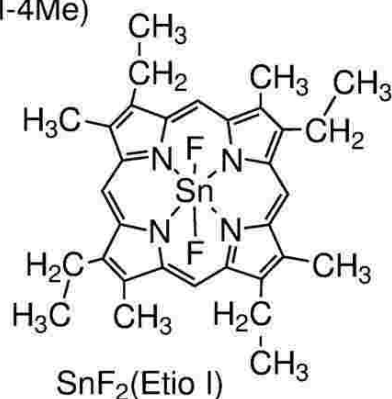
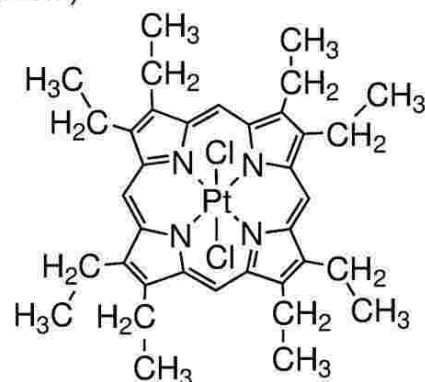
20

30

40

50

【化 2 0】

SnF₂(Proto IX)SnF₂(Meso IX)SnF₂(Hemato IX)SnF₂(Copro III-4Me)SnF₂(OEP)SnF₂(Etio I)PtCl₂OEP

【0111】

また、以下の構造式に示される 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)や、9-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-9'-フェニル-9H,9'H-3,3'-ビカルバゾール(略称:PCCzTzn)、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: ACRTN)、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)、等の π 電子過剰型複素芳香環と π 電子不足型複素芳香環の一方または両方を有する複素環化合物も用いることができる。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ー性が高く、信頼性が良好なため好ましい。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。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。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。

【0112】

10

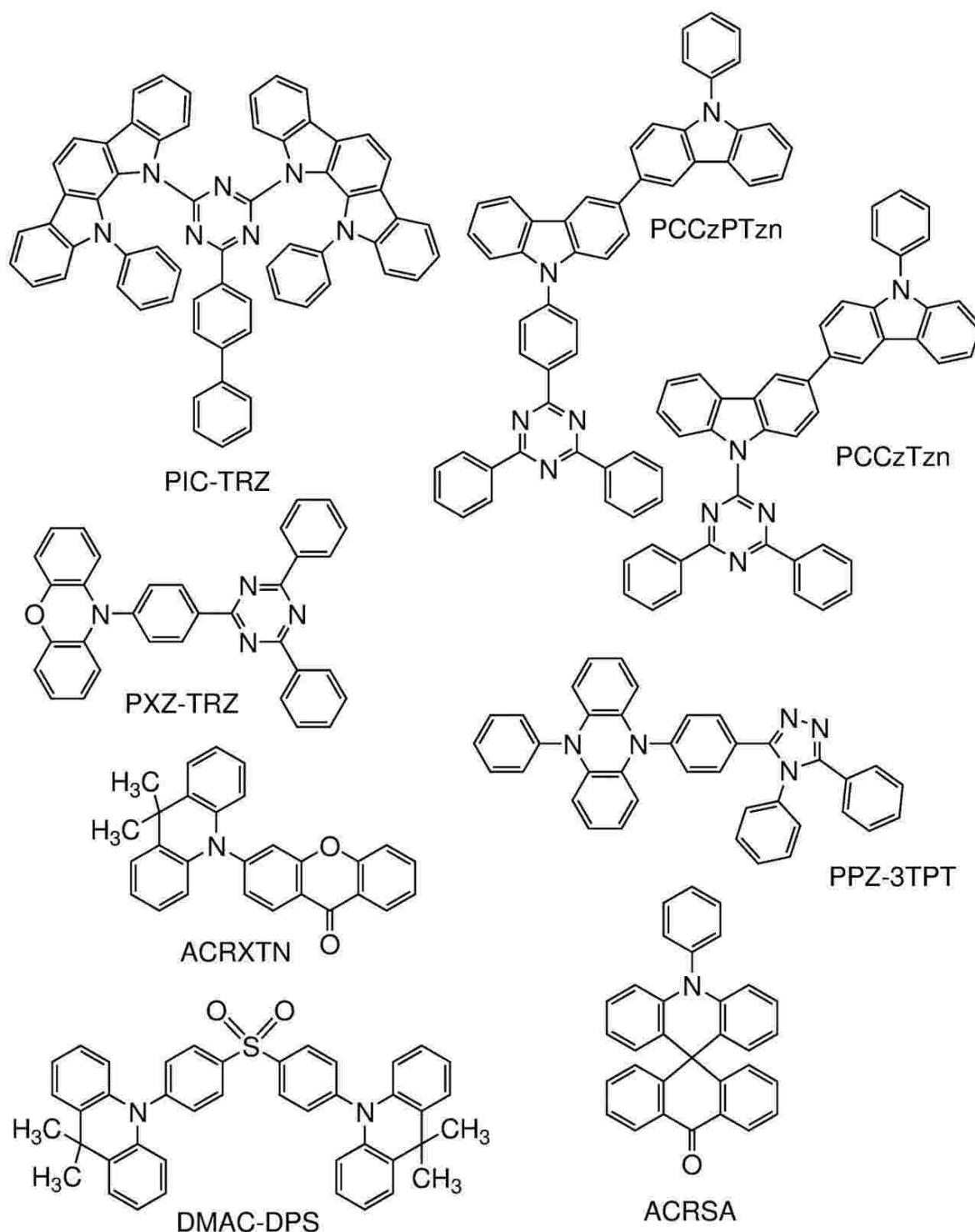
20

30

40

50

【化 2 1】



【0113】

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。

【0114】

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、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。

【0115】

なお、T1準位の指標としては、低温（例えば77Kから10K）で観測されるりん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、りん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。

【0116】

また、TADF材料を発光物質として用いる場合、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。

【0117】

発光層のホスト材料としては、電子輸送性を有する材料や正孔輸送性を有する材料、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。

【0118】

正孔輸送性を有する材料としては、アミン骨格やπ電子過剰型複素芳香環骨格を有する有機化合物が好ましい。例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：NPB）、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン（略称：TPD）、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：BSPB）、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン（略称：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]-9,9'-スピロビ[9H-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。

【0119】

10

20

30

40

50

電子輸送性を有する材料としては、例えば、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト）ベリリウム（II）（略称：BeBq₂）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）（４－フェニルフェノラト）アルミニウム（III）（略称：BALq）、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、 π 電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物が好ましい。 π 電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物としては、例えば、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：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）、２，８－ビス〔３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル〕－ベンゾ[h]キナゾリン（略称：４，８mDBtP2Bqn）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。なお、実施の形態１に記載の有機化合物は、電子輸送性を有する有機化合物であり、発光層におけるホスト材料として好適に用いることができる。

【０１２０】

ホスト材料として用いることが可能なTADF材料としては、先にTADF材料として挙げたものを同様に用いることができる。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、さらに発光物質へエネルギー移動することで、発光デバイス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、発光物質がエネルギーアクセプターとして機能する。

【０１２１】

これは、上記発光物質が蛍光発光物質である場合に、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。

【０１２２】

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

10

20

30

40

50

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。

【0123】

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。10
 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。20

【0124】

蛍光発光物質を発光物質として用いる場合、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蛍光発光物質のホスト材料として用いると、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。ホスト材料として用いる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。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。したがって、さらにホスト材料として好ましいのは、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）を同時に有する物質である。なお、上記の正孔注入・輸送性の観点から、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、好ましい選択である。30

【0125】

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50

用いる場合は、電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することが好ましい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する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。正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料の含有量の重量比は、正孔輸送性を有する材料：電子輸送性を有する材料＝1：19～19：1とすればよい。なお、混合したホスト材料における電子輸送性を有する材料として、実施の形態 1 に記載の有機化合物を好適に用いることができる。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料との混合は、共蒸着により行っても良いし、あらかじめ混合した（プレミックスした）試料を蒸着することによって行っても良い。実施の形態 1 に記載の有機化合物は後者での混合にも好適である。

10

【0126】

なお、上記混合された材料の一部として、りん光発光物質を用いることができる。りん光発光物質は、発光物質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。

【0127】

また、これら混合された材料同士で励起錯体を形成しても良い。当該励起錯体は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ーズとなり、効率よく発光が得られるため好ましい。また、当該構成を用いることで駆動電圧も低下するため好ましい。

【0128】

なお、励起錯体を形成する材料の少なくとも一方は、りん光発光物質であってもよい。そうすることで、三重項励起エネルギーを逆項間交差によって効率よく一重項励起エネルギーへ変換することができる。

20

【0129】

効率よく励起錯体を形成する材料の組み合わせとしては、正孔輸送性を有する材料の HOMO 準位が電子輸送性を有する材料の HOMO 準位以上であると好ましい。また、正孔輸送性を有する材料の LUMO 準位が電子輸送性を有する材料の 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。

30

【0130】

なお、励起錯体の形成は、例えば正孔輸送性を有する材料の発光スペクトル、電子輸送性を有する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、正孔輸送性を有する材料の過渡フォトルミネッセンス（PL）、電子輸送性を有する材料の過渡 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、正孔輸送性を有する材料の過渡 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。

40

【0131】

電子輸送層 114 は、電子輸送性を有する物質を含む層である。電子輸送性を有する物質としては、上記ホスト材料に用いることが可能な電子輸送性を有する物質として挙げたものを用いることができる。

【0132】

なお、電子輸送層 114 は電界強度 $[V/cm]$ の平方根が 600 における電子移動度が $1 \times 10^{-7} cm^2/Vs$ 以上 $5 \times 10^{-5} cm^2/Vs$ 以下であることが好ましい。電子

50

輸送層 114 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。また、電子輸送層 114 は電子輸送性を有する材料と、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体を含むことが好ましい。これらの構成は、特に正孔注入層を複合材料として形成し、当該複合材料における正孔輸送性を有する材料の 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場合に、寿命が良好となるため特に好ましい。なお、この際、電子輸送性を有する材料は、その HOMO 準位が -6.0 eV 以上であることが好ましい。また、当該電子輸送性を有する材料はアントラセン骨格を有する有機化合物であることが好ましく、アントラセン骨格と複素環骨格の両方を含む有機化合物であることがより好ましい。当該複素環骨格としては、含窒素 5 員環骨格または含窒素 6 員環骨格が好ましく、これら複素環骨格としては、ピラゾール環、イミダゾール環、オキサゾール環、チアゾール環、ピラジン環、ピリジン環、ピリダジン環などのように 2 つの複素原子を環に含む含窒素 5 員環骨格または含窒素 6 員環骨格を有することが特に好ましい。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体としては、8-ヒドロキシキノリナト構造を含むことが好ましい。具体的には、例えば 8-ヒドロキシキノリナト-リチウム（略称：Li q）、8-ヒドロキシキノリナト-ナトリウム（略称：Na q）などを挙げることができる。特に、一価の金属イオンの錯体、中でもリチウムの錯体が好ましく、Li q がより好ましい。なお、8-ヒドロキシキノリナト構造を含む場合、そのメチル置換体（例えば 2-メチル置換体や 5-メチル置換体）などを用いることもできる。また、電子輸送層中においてアルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体は、その厚さ方向において濃度差（0 である場合も含む）が存在することが好ましい。

【0133】

電子輸送層 114 と第 2 の電極 102 との間に、電子注入層 115 として、フッ化リチウム（Li F）、フッ化セシウム（Cs F）、フッ化カルシウム（Ca F₂）、8-ヒドロキシキノリナト-リチウム（略称：Li q）等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含む層を設けても良い。電子注入層 115 は、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたものや、エレクトライドを用いてもよい。エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。

【0134】

なお、電子注入層 115 として、電子輸送性を有する物質（好ましくはビピリジン骨格を有する有機化合物）に上記アルカリ金属又はアルカリ土類金属のフッ化物を微結晶状態となる濃度以上（50 wt % 以上）含ませた層を用いることも可能である。当該層は、屈折率の低い層であることから、より外部量子効率の良好な発光デバイスを提供することが可能となる。

【0135】

また、電子注入層 115 の代わりに電荷発生層 116 を設けても良い（図 1（B））。電荷発生層 116 は、電位をかけることによって当該層の陰極側に接する層に正孔を、陽極側に接する層に電子を注入することができる層のことである。電荷発生層 116 には、少なくとも P 型層 117 が含まれる。P 型層 117 は、上述の正孔注入層 111 を構成することができる材料として挙げた複合材料を用いて形成することが好ましい。また P 型層 117 は、複合材料を構成する材料として上述したアクセプタ材料を含む膜と正孔輸送材料を含む膜とを積層して構成しても良い。P 型層 117 に電位をかけることによって、電子輸送層 114 に電子が、陰極である第 2 の電極 102 に正孔が注入され、発光デバイスが動作する。また、本発明の一態様の有機化合物は屈折率が低い有機化合物であることから、P 型層 117 に用いることによって、外部量子効率の良好な発光デバイスを得ることができる。

【0136】

なお、電荷発生層 116 は P 型層 117 の他に電子リレー層 118 及び電子注入バッファ

層 1 1 9 のいずれか一又は両方がもうけられていることが好ましい。

【0137】

電子リレー層 1 1 8 は少なくとも電子輸送性を有する物質を含み、電子注入バッファ層 1 1 9 と P 型層 1 1 7 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。電子リレー層 1 1 8 に含まれる電子輸送性を有する物質の LUMO 準位は、P 型層 1 1 7 におけるアクセプタ性物質の LUMO 準位と、電子輸送層 1 1 4 における電荷発生層 1 1 6 に接する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 1 1 8 に用いられる電子輸送性を有する物質における 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 以下とするとよい。なお、電子リレー層 1 1 8 に用いられる電子輸送性を有する物質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

【0138】

電子注入バッファ層 1 1 9 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。

【0139】

また、電子注入バッファ層 1 1 9 が、電子輸送性を有する物質とドナー性物質を含んで形成される場合には、ドナー性物質として、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、電子輸送性を有する物質としては、先に説明した電子輸送層 1 1 4 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

【0140】

第 2 の電極 1 0 2 を形成する物質としては、仕事関数の小さい（具体的には 3.8 eV 以下）金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。このような陰極材料の具体例としては、リチウム（Li）やセシウム（Cs）等のアルカリ金属、およびマグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）等の元素周期表の第 1 族または第 2 族に属する元素、およびこれらを含む合金（MgAg、AlLi）、ユウロピウム（Eu）、イッテルビウム（Yb）等の希土類金属およびこれらを含む合金等が挙げられる。しかしながら、第 2 の電極 1 0 2 と電子輸送層との間に、電子注入層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズ等様々な導電性材料を第 2 の電極 1 0 2 として用いることができる。これら導電性材料は、真空蒸着法やスパッタリング法などの乾式法、インクジェット法、スピンコート法などを用いて成膜することが可能である。また、ゾル-ゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。

30

40

【0141】

また、EL 層 1 0 3 の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法、グラビア印刷法、オフセット印刷法、スクリーン印刷法、インクジェット法またはスピンコート法など用いても構わない。

【0142】

また上述した各電極または各層を異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

【0143】

なお、第 1 の電極 1 0 1 と第 2 の電極 1 0 2 との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。しかし、発光領域と電極やキャリア注入層に用いられる金属とが近接

50

することによって生じる消光が抑制されるように、第1の電極101および第2の電極102から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成が好ましい。

【0144】

また、発光層113に接する正孔輸送層や電子輸送層、特に発光層113における再結合領域に近いキャリア輸送層は、発光層で生成した励起子からのエネルギー移動を抑制するため、そのバンドギャップが発光層を構成する発光材料もしくは、発光層に含まれる発光材料が有するバンドギャップより大きいバンドギャップを有する物質で構成することが好ましい。

【0145】

続いて、複数の発光ユニットを積層した構成の発光デバイス（積層型素子、タンデム型素子ともいう）の態様について、図1（C）を参照して説明する。この発光デバイスは、陽極と陰極との間に、複数の発光ユニットを有する発光デバイスである。一つの発光ユニットは、図1（A）で示したEL層103とほぼ同様な構成を有する。つまり、図1（C）で示す発光デバイスは複数の発光ユニットを有する発光デバイスであり、図1（A）又は図1（B）で示した発光デバイスは、1つの発光ユニットを有する発光デバイスであるといえることができる。なお、実施の形態1に記載の有機化合物は、複数の発光ユニットのうち少なくともいずれかに含まれていればよい。

【0146】

図1（C）において、陽極501と陰極502との間には、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512が積層されており、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512との間には電荷発生層513が設けられている。陽極501と陰極502はそれぞれ図1（A）における第1の電極101と第2の電極102に相当し、図1（A）の説明で述べたものと同じものを適用することができる。また、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512は同じ構成であっても異なる構成であってもよい。

【0147】

電荷発生層513は、陽極501と陰極502に電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入する機能を有する。すなわち、図1（C）において、陽極の電位の方が陰極の電位よりも高くなるように電圧を印加した場合、電荷発生層513は、第1の発光ユニット511に電子を注入し、第2の発光ユニット512に正孔を注入するものであればよい。

【0148】

電荷発生層513は、図1（B）にて説明した電荷発生層116と同様の構成で形成することが好ましい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。なお、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層513に接している場合は、電荷発生層513が発光ユニットの正孔注入層の役割も担うことができるため、発光ユニットは正孔注入層を設けなくとも良い。

【0149】

また、電荷発生層513に電子注入バッファ層119を設ける場合、当該電子注入バッファ層119が陽極側の発光ユニットにおける電子注入層の役割を担うため、陽極側の発光ユニットには必ずしも電子注入層を形成する必要はない。

【0150】

図1（C）では、2つの発光ユニットを有する発光デバイスについて説明したが、3つ以上の発光ユニットを積層した発光デバイスについても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光デバイスのように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層513で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命なデバイスを実現できる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

【0151】

また、それぞれの発光ユニットの発光色を異なるものにすることで、発光デバイス全体と

10

20

30

40

50

して、所望の色の発光を得ることができる。例えば、2つの発光ユニットを有する発光デバイスにおいて、第1の発光ユニットで赤と緑の発光色、第2の発光ユニットで青の発光色を得ることで、発光デバイス全体として白色発光する発光デバイスを得ることも可能である。

【0152】

また、上述のEL層103や第1の発光ユニット511、第2の発光ユニット512及び電荷発生層などの各層や電極は、例えば、蒸着法（真空蒸着法を含む）、液滴吐出法（インクジェット法ともいう）、塗布法、グラビア印刷法等の方法を用いて形成することができる。また、それらは低分子材料、中分子材料（オリゴマー、 dendrimerを含む）、または高分子材料を含んでも良い。

【0153】

（実施の形態3）

本実施の形態では、実施の形態2に記載の発光デバイスを用いた発光装置について説明する。

【0154】

本実施の形態では、実施の形態2に記載の発光デバイスを用いて作製された発光装置について図2を用いて説明する。なお、図2（A）は、発光装置を示す上面図、図2（B）は図2（A）をA－BおよびC－Dで切断した断面図である。この発光装置は、発光デバイスの発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部（ソース線駆動回路）601、画素部602、駆動回路部（ゲート線駆動回路）603を含んでいる。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

【0155】

なお、引き回し配線608はソース線駆動回路601及びゲート線駆動回路603に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC（フレキシブルプリントサーキット）609からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基板（PWB）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

【0156】

次に、断面構造について図2（B）を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース線駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

【0157】

素子基板610はガラス、石英、有機樹脂、金属、合金、半導体などからなる基板の他、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て作製すればよい。

【0158】

画素や駆動回路に用いられるトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、逆スタガ型のトランジスタとしてもよいし、スタガ型のトランジスタとしてもよい。また、トップゲート型のトランジスタでもボトムゲート型トランジスタでもよい。トランジスタに用いる半導体材料は特に限定されず、例えば、シリコン、ゲルマニウム、炭化シリコン、窒化ガリウム等を用いることができる。または、In－Ga－Zn系金属酸化物などの、インジウム、ガリウム、亜鉛のうち少なくとも一つを含む酸化物半導体を用いてもよい。

【0159】

トランジスタに用いる半導体材料の結晶性についても特に限定されず、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。結晶性を有する半導体を用いると、トランジ

10

20

30

40

50

スタ特性の劣化を抑制できるため好ましい。

【0160】

ここで、上記画素や駆動回路に設けられるトランジスタの他、後述するタッチセンサ等に用いられるトランジスタなどの半導体装置には、酸化物半導体を適用することが好ましい。特にシリコンよりもバンドギャップの広い酸化物半導体を適用することが好ましい。シリコンよりもバンドギャップの広い酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ状態における電流を低減できる。

【0161】

上記酸化物半導体は、少なくともインジウム（In）又は亜鉛（Zn）を含むことが好ましい。また、In-M-Zn系酸化物（MはAl、Ti、Ga、Ge、Y、Zr、Sn、La、CeまたはHf等の金属）で表記される酸化物を含む酸化物半導体であることがより好ましい。

10

【0162】

特に、半導体層として、複数の結晶部を有し、当該結晶部はc軸が半導体層の被形成面、または半導体層の上面に対し垂直に配向し、且つ隣接する結晶部間には粒界を有さない酸化物半導体膜を用いることが好ましい。

【0163】

半導体層としてこのような材料を用いることで、電気特性の変動が抑制され、信頼性の高いトランジスタを実現できる。

【0164】

また、上述の半導体層を有するトランジスタはその低いオフ電流により、トランジスタを介して容量に蓄積した電荷を長期間に亘って保持することが可能である。このようなトランジスタを画素に適用することで、各表示領域に表示した画像の階調を維持しつつ、駆動回路を停止することも可能となる。その結果、極めて消費電力の低減された電子機器を実現できる。

20

【0165】

トランジスタの特性安定化等のため、下地膜を設けることが好ましい。下地膜としては、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜などの無機絶縁膜を用い、単層で又は積層して作製することができる。下地膜はスパッタリング法、CVD（Chemical Vapor Deposition）法（プラズマCVD法、熱CVD法、MOCVD（Metal Organic CVD）法など）、ALD（Atomic Layer Deposition）法、塗布法、印刷法等を用いて形成できる。なお、下地膜は、必要で無ければ設けなくてもよい。

30

【0166】

なお、FET623は駆動回路部601に形成されるトランジスタの一つを示すものである。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成すれば良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0167】

また、画素部602はスイッチング用FET611と、電流制御用FET612とそのドレインに電氣的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成されているが、これに限定されず、3つ以上のFETと、容量素子とを組み合わせた画素部としてもよい。

40

【0168】

なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成することができる。

【0169】

また、後に形成するEL層等の被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリル樹脂を用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径（

50

0.2 μm ～3 μm)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、ネガ型の感光性樹脂、或いはポジ型の感光性樹脂のいずれも使用することができる。

【0170】

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

【0171】

また、EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンコート法等の種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態2で説明したような構成を含んでいる。また、EL層616を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物（オリゴマー、 dendrimerを含む）であっても良い。

【0172】

さらに、EL層616上に形成され、陰極として機能する第2の電極617に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料（Al、Mg、Li、Ca、またはこれらの合金や化合物（MgAg、MgIn、AlLi等）等）を用いることが好ましい。なお、EL層616で生じた光が第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜（ITO、2～20wt%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム、ケイ素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛（ZnO）等）との積層を用いるのが良い。

【0173】

なお、第1の電極613、EL層616、第2の電極617でもって、発光デバイスが形成されている。当該発光デバイスは実施の形態2に記載の発光デバイスである。なお、画素部は複数の発光デバイスが形成されてになっているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態2に記載の発光デバイスと、それ以外の構成を有する発光デバイスの両方が混在していても良い。

【0174】

さらにシール材605で封止基板604を素子基板610と貼り合わせることで、素子基板610、封止基板604、およびシール材605で囲まれた空間607に発光デバイス618が備えられた構造になっている。なお、空間607には、充填材が充填されており、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール材で充填される場合もある。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材を設けることで水分の影響による劣化を抑制することができ、好ましい構成である。

【0175】

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂やガラスフリットを用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板604に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP（Fiber Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、ポリエステルまたはアクリル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。

【0176】

図2には示されていないが、第2の電極上に保護膜を設けても良い。保護膜は有機樹脂膜や無機絶縁膜で形成すればよい。また、シール材605の露出した部分を覆うように、保護膜が形成されていても良い。また、保護膜は、一对の基板の表面及び側面、封止層、絶縁層、等の露出した側面を覆って設けることができる。

【0177】

保護膜には、水などの不純物を透過しにくい材料を用いることができる。したがって、水

10

20

30

40

50

などの不純物が外部から内部に拡散することを効果的に抑制することができる。

【0178】

保護膜を構成する材料としては、酸化物、窒化物、フッ化物、硫化物、三元化合物、金属またはポリマー等を用いることができ、例えば、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、ハフニウムシリケート、酸化ランタン、酸化珪素、チタン酸ストロンチウム、酸化タンタル、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化ニオブ、酸化ジルコニウム、酸化スズ、酸化イットリウム、酸化セリウム、酸化スカンジウム、酸化エルビウム、酸化バナジウムまたは酸化インジウム等を含む材料や、窒化アルミニウム、窒化ハフニウム、窒化珪素、窒化タンタル、窒化チタン、窒化ニオブ、窒化モリブデン、窒化ジルコニウムまたは窒化ガリウム等を含む材料、チタンおよびアルミニウムを含む窒化物、チタンおよびアルミニウムを含む酸化物、アルミニウムおよび亜鉛を含む酸化物、マンガンおよび亜鉛を含む硫化物、セリウムおよびストロンチウムを含む硫化物、エルビウムおよびアルミニウムを含む酸化物、イットリウムおよびジルコニウムを含む酸化物等を含む材料を用いることができる。

10

【0179】

保護膜は、段差被覆性（ステップカバレッジ）の良好な成膜方法を用いて形成することが好ましい。このような手法の一つに、原子層堆積（ALD：Atomic Layer Deposition）法がある。ALD法を用いて形成することができる材料を、保護膜に用いることが好ましい。ALD法を用いることで緻密な、クラックやピンホールなどの欠陥が低減された、または均一な厚さを備える保護膜を形成することができる。また、保護膜を形成する際に加工部材に与える損傷を、低減することができる。

20

【0180】

例えばALD法を用いて保護膜を形成することで、複雑な凹凸形状を有する表面や、タッチパネルの上面、側面及び裏面にまで均一で欠陥の少ない保護膜を形成することができる。

【0181】

以上のようにして、実施の形態2に記載の発光デバイスを用いて作製された発光装置を得ることができる。

【0182】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態2に記載の発光デバイスを用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態2に記載の発光デバイスは発光効率が良好なため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

30

【0183】

図3には白色発光を呈する発光デバイスを形成し、着色層（カラーフィルタ）等設けることによってフルカラー化した発光装置の例を示す。図3（A）には基板1001、下地絶縁膜1002、ゲート絶縁膜1003、ゲート電極1006、1007、1008、第1の層間絶縁膜1020、第2の層間絶縁膜1021、周辺部1042、画素部1040、駆動回路部1041、発光デバイスの第1の電極1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁1025、EL層1028、発光デバイスの第2の電極1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

【0184】

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

40

【0185】

図3（B）では着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色

50

層 1 0 3 4 B) をゲート絶縁膜 1 0 0 3 と第 1 の層間絶縁膜 1 0 2 0 との間に形成する例を示した。このように、着色層は基板 1 0 0 1 と封止基板 1 0 3 1 の間に設けられていても良い。

【 0 1 8 6 】

また、以上に説明した発光装置では、F E T が形成されている基板 1 0 0 1 側に光を取り出す構造（ボトムエミッション型）の発光装置としたが、封止基板 1 0 3 1 側に発光を取り出す構造（トップエミッション型）の発光装置としても良い。トップエミッション型の発光装置の断面図を図 4 に示す。この場合、基板 1 0 0 1 は光を通さない基板を用いることができる。F E T と発光デバイスの陽極とを接続する電極 1 0 2 2 を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第 3 の層間絶縁膜 1 0 3 7 を、電極 1 0 2 2 を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第 3 の層間絶縁膜 1 0 3 7 は第 2 の層間絶縁膜と同様の材料の他、他の公知の材料を用いて形成することができる。

10

【 0 1 8 7 】

発光デバイスの第 1 の電極 1 0 2 4 W、1 0 2 4 R、1 0 2 4 G、1 0 2 4 B はここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図 4 のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第 1 の電極を反射電極とすることが好ましい。E L 層 1 0 2 8 の構成は、実施の形態 2 において E L 層 1 0 3 として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

【 0 1 8 8 】

図 4 のようなトップエミッションの構造では着色層（赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層 1 0 3 4 G、青色の着色層 1 0 3 4 B）を設けた封止基板 1 0 3 1 で封止を行うことができる。封止基板 1 0 3 1 には画素と画素との間に位置するようにブラックマトリクス 1 0 3 5 を設けても良い。着色層（赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層 1 0 3 4 G、青色の着色層 1 0 3 4 B）やブラックマトリクスはオーバーコート層 1 0 3 6 によって覆われていても良い。なお封止基板 1 0 3 1 は透光性を有する基板を用いることとする。また、ここでは赤、緑、青、白の 4 色でフルカラー表示を行う例を示したが特に限定されず、赤、黄、緑、青の 4 色や赤、緑、青の 3 色でフルカラー表示を行ってもよい。

20

【 0 1 8 9 】

トップエミッション型の発光装置では、マイクロキャビティ構造の適用が好適に行える。マイクロキャビティ構造を有する発光デバイスは、第 1 の電極を反射電極、第 2 の電極を半透過・半反射電極とすることにより得られる。反射電極と半透過・半反射電極との間には少なくとも E L 層を有し、少なくとも発光領域となる発光層を有している。

30

【 0 1 9 0 】

なお、反射電極は、可視光の反射率が 4 0 % 乃至 1 0 0 %、好ましくは 7 0 % 乃至 1 0 0 % であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下の膜であるとする。また、半透過・半反射電極は、可視光の反射率が 2 0 % 乃至 8 0 %、好ましくは 4 0 % 乃至 7 0 % であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下の膜であるとする。

【 0 1 9 1 】

E L 層に含まれる発光層から射出される発光は、反射電極と半透過・半反射電極とによって反射され、共振する。

40

【 0 1 9 2 】

当該発光デバイスは、透明導電膜や上述の複合材料、キャリア輸送材料などの厚みを変えることで反射電極と半透過・半反射電極の間の光学的距離を変えることができる。これにより、反射電極と半透過・半反射電極との間において、共振する波長の光を強め、共振しない波長の光を減衰させることができる。

【 0 1 9 3 】

なお、反射電極によって反射されて戻ってきた光（第 1 の反射光）は、発光層から半透過・半反射電極に直接入射する光（第 1 の入射光）と大きな干渉を起こすため、反射電極と発光層の光学的距離を $(2n - 1) \lambda / 4$ （ただし、 n は 1 以上の自然数、 λ は増幅した

50

い発光の波長)に調節することが好ましい。当該光学的距離を調節することにより、第1の反射光と第1の入射光との位相を合わせ発光層からの発光をより増幅させることができる。

【0194】

なお、上記構成においてEL層は、複数の発光層を有する構造であっても、単一の発光層を有する構造であっても良く、例えば、上述のタンデム型発光デバイスの構成と組み合わせて、一つの発光デバイスに電荷発生層を挟んで複数のEL層を設け、それぞれのEL層に単数もしくは複数の発光層を形成する構成に適用してもよい。

【0195】

マイクロキャビティ構造を有することで、特定波長の正面方向の発光強度を強めることが可能となるため、低消費電力化を図ることができる。なお、赤、黄、緑、青の4色の副画素で映像を表示する発光装置の場合、黄色発光による輝度向上効果のうえ、全副画素において各色の波長に合わせたマイクロキャビティ構造を適用できるため良好な特性の発光装置とすることができる。

【0196】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態2に記載の発光デバイスを用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態2に記載の発光デバイスは発光効率が良好なため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

【0197】

ここまでは、アクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、以下からはパッシブマトリクス型の発光装置について説明する。図5には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図5(A)は、発光装置を示す斜視図、図5(B)は図5(A)をX-Yで切断した断面図である。図5において、基板951上には、電極952と電極956との間にはEL層955が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接する辺)の方が上辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接しない辺)よりも短い。このように、隔壁層954を設けることで、静電気等に起因した発光デバイスの不良を防ぐことが出来る。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、実施の形態2に記載の発光デバイスを用いており、信頼性の良好な発光装置、又は消費電力の小さい発光装置とすることができる。

【0198】

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

【0199】

また、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【0200】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態2に記載の発光デバイスを照明装置として用いる例を図6を参照しながら説明する。図6(B)は照明装置の上面図、図6(A)は図6(B)におけるe-f断面図である。

【0201】

本実施の形態における照明装置は、支持体である透光性を有する基板400上に、第1の電極401が形成されている。第1の電極401は実施の形態2における第1の電極101に相当する。第1の電極401側から発光を取り出す場合、第1の電極401は透光性を有する材料により形成する。

【0202】

第2の電極404に電圧を供給するためのパッド412が基板400上に形成される。

【0203】

第1の電極401上にはEL層403が形成されている。EL層403は実施の形態2におけるEL層103の構成、又は発光ユニット511、512及び電荷発生層513を合わせた構成などに相当する。なお、これらの構成については当該記載を参照されたい。

【0204】

EL層403を覆って第2の電極404を形成する。第2の電極404は実施の形態2における第2の電極102に相当する。発光を第1の電極401側から取り出す場合、第2の電極404は反射率の高い材料によって形成される。第2の電極404はパッド412と接続することによって、電圧が供給される。

10

【0205】

以上、第1の電極401、EL層403、及び第2の電極404を有する発光デバイスを本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光デバイスは発光効率の高い発光デバイスであるため、本実施の形態における照明装置は消費電力の小さい照明装置とすることができる。

【0206】

以上の構成を有する発光デバイスが形成された基板400と、封止基板407とをシール材405、406を用いて固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材405、406はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材406（図6（B）では図示せず）には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができる、信頼性の向上につながる。

20

【0207】

また、パッド412と第1の電極401の一部をシール材405、406の外に伸張して設けることによって、外部入力端子とすることができる。また、その上にコンバーターなどを搭載したICチップ420などを設けても良い。

【0208】

以上、本実施の形態に記載の照明装置は、EL素子に実施の形態2に記載の発光デバイスを用いており、消費電力の小さい照明装置とすることができる。

【0209】

（実施の形態5）

本実施の形態では、実施の形態2に記載の発光デバイスをその一部に含む電子機器の例について説明する。実施の形態2に記載の発光デバイスは発光効率が良好であり、消費電力の小さい発光デバイスである。その結果、本実施の形態に記載の電子機器は、消費電力が小さい発光部を有する電子機器とすることが可能である。

30

【0210】

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

40

【0211】

図7（A）は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、表示部7103は、実施の形態2に記載の発光デバイスをマトリクス状に配列して構成されている。

【0212】

テレビジョン装置の操作は、筐体7101が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機7110により行うことができる。リモコン操作機7110が備える操作キー7109

50

により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部 7103 に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機 7110 に、当該リモコン操作機 7110 から出力する情報を表示する表示部 7107 を設ける構成としてもよい。

【0213】

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

【0214】

図 7（B1）はコンピュータであり、本体 7201、筐体 7202、表示部 7203、キーボード 7204、外部接続ポート 7205、ポインティングデバイス 7206 等を含む。なお、このコンピュータは、実施の形態 2 に記載の発光デバイスをマトリクス状に配列して表示部 7203 に用いることにより作製される。図 7（B1）のコンピュータは、図 7（B2）のような形態であっても良い。図 7（B2）のコンピュータは、キーボード 7204、ポインティングデバイス 7206 の代わりに第 2 の表示部 7210 が設けられている。第 2 の表示部 7210 はタッチパネル式となっており、第 2 の表示部 7210 に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、第 2 の表示部 7210 は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部 7203 もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによって、収納や運搬をする際に画面を傷つける、破損するなどのトラブルの発生も防止することができる。

【0215】

図 7（C）は、携帯端末の一例を示している。携帯電話機は、筐体 7401 に組み込まれた表示部 7402 の他、操作ボタン 7403、外部接続ポート 7404、スピーカ 7405、マイク 7406などを備えている。なお、携帯電話機は、実施の形態 2 に記載の発光デバイスをマトリクス状に配列して作製された表示部 7402 を有している。

【0216】

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

【0217】

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

【0218】

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

【0219】

また、携帯端末内部に、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサを有する検出装置を設けることで、携帯端末の向き（縦か横か）を判断して、表示部 7402 の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。

【0220】

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

【0221】

また、入力モードにおいて、表示部 7402 の光センサで検出される信号を検知し、表示

10

20

30

40

50

部 7 4 0 2 のタッチ操作による入力が一定期間ない場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

【 0 2 2 2 】

表示部 7 4 0 2 は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部 7 4 0 2 に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライトまたは近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

【 0 2 2 3 】

図 8 (A) は、掃除ロボットの一例を示す模式図である。

【 0 2 2 4 】

掃除ロボット 5 1 0 0 は、上面に配置されたディスプレイ 5 1 0 1、側面に配置された複数のカメラ 5 1 0 2、ブラシ 5 1 0 3、操作ボタン 5 1 0 4 を有する。また図示されていないが、掃除ロボット 5 1 0 0 の下面には、タイヤ、吸い込み口等が備えられている。掃除ロボット 5 1 0 0 は、その他に赤外線センサ、超音波センサ、加速度センサ、ピエゾセンサ、光センサ、ジャイロセンサなどの各種センサを備えている。また、掃除ロボット 5 1 0 0 は、無線による通信手段を備えている。

【 0 2 2 5 】

掃除ロボット 5 1 0 0 は自走し、ゴミ 5 1 2 0 を検知し、下面に設けられた吸い込み口からゴミを吸引することができる。

【 0 2 2 6 】

また、掃除ロボット 5 1 0 0 はカメラ 5 1 0 2 が撮影した画像を解析し、壁、家具または段差などの障害物の有無を判断することができる。また、画像解析により、配線などブラシ 5 1 0 3 に絡まりそうな物体を検知した場合は、ブラシ 5 1 0 3 の回転を止めることができる。

【 0 2 2 7 】

ディスプレイ 5 1 0 1 には、バッテリーの残量や、吸引したゴミの量などを表示することができる。掃除ロボット 5 1 0 0 が走行した経路をディスプレイ 5 1 0 1 に表示させてもよい。また、ディスプレイ 5 1 0 1 をタッチパネルとし、操作ボタン 5 1 0 4 をディスプレイ 5 1 0 1 に設けてもよい。

【 0 2 2 8 】

掃除ロボット 5 1 0 0 は、スマートフォンなどの携帯電子機器 5 1 4 0 と通信することができる。カメラ 5 1 0 2 が撮影した画像は、携帯電子機器 5 1 4 0 に表示させることができる。そのため、掃除ロボット 5 1 0 0 の持ち主は、外出先からでも、部屋の様子を知ることができる。また、ディスプレイ 5 1 0 1 の表示をスマートフォンなどの携帯電子機器 5 1 4 0 で確認することもできる。

【 0 2 2 9 】

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ 5 1 0 1 に用いることができる。

【 0 2 3 0 】

図 8 (B) に示すロボット 2 1 0 0 は、演算装置 2 1 1 0、照度センサ 2 1 0 1、マイクロフォン 2 1 0 2、上部カメラ 2 1 0 3、スピーカ 2 1 0 4、ディスプレイ 2 1 0 5、下部カメラ 2 1 0 6 および障害物センサ 2 1 0 7、移動機構 2 1 0 8 を備える。

【 0 2 3 1 】

マイクロフォン 2 1 0 2 は、使用者の話し声及び環境音等を検知する機能を有する。また、スピーカ 2 1 0 4 は、音声を発する機能を有する。ロボット 2 1 0 0 は、マイクロフォン 2 1 0 2 およびスピーカ 2 1 0 4 を用いて、使用者とコミュニケーションをとることが可能である。

【 0 2 3 2 】

ディスプレイ 2 1 0 5 は、種々の情報の表示を行う機能を有する。ロボット 2 1 0 0 は、使用者の望みの情報をディスプレイ 2 1 0 5 に表示することが可能である。ディスプレイ 2 1 0 5 は、タッチパネルを搭載していてもよい。また、ディスプレイ 2 1 0 5 は取り外

10

20

30

40

50

しのできる情報端末であっても良く、ロボット 2100 の定位置に設置することで、充電およびデータの受け渡しを可能とする。

【0233】

上部カメラ 2103 および下部カメラ 2106 は、ロボット 2100 の周囲を撮像する機能を有する。また、障害物センサ 2107 は、移動機構 2108 を用いてロボット 2100 が前進する際の進行方向における障害物の有無を察知することができる。ロボット 2100 は、上部カメラ 2103、下部カメラ 2106 および障害物センサ 2107 を用いて、周囲の環境を認識し、安全に移動することが可能である。本発明の一態様の発光装置はディスプレイ 2105 に用いることができる。

【0234】

図 8 (C) はゴーグル型ディスプレイの一例を表す図である。ゴーグル型ディスプレイは、例えば、筐体 5000、表示部 5001、スピーカ 5003、LED ランプ 5004、接続端子 5006、センサ 5007 (力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、又は赤外線を測定する機能を含むもの)、マイク 5008、表示部 5002、支持部 5012、イヤホン 5013 等を有する。

【0235】

本発明の一態様の発光装置は表示部 5001 および表示部 5002 に用いることができる。

【0236】

図 9 は、実施の形態 2 に記載の発光デバイスを、照明装置である電気スタンドに用いた例である。図 9 に示す電気スタンドは、筐体 2001 と、光源 2002 を有し、光源 2002 としては、実施の形態 3 に記載の照明装置を用いても良い。

【0237】

図 10 は、実施の形態 2 に記載の発光デバイスを、室内の照明装置 3001 として用いた例である。実施の形態 2 に記載の発光デバイスは発光効率の高い発光デバイスであるため、消費電力の小さい照明装置とすることができる。また、実施の形態 2 に記載の発光デバイスは大面積化が可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、実施の形態 2 に記載の発光デバイスは、薄型であるため、薄型化した照明装置として用いることが可能となる。

【0238】

実施の形態 2 に記載の発光デバイスは、自動車のフロントガラスやダッシュボードにも搭載することができる。図 11 に実施の形態 2 に記載の発光デバイスを自動車のフロントガラスやダッシュボードに用いる一態様を示す。表示領域 5200 乃至表示領域 5203 は実施の形態 2 に記載の発光デバイスをを用いて設けられた表示領域である。

【0239】

表示領域 5200 と表示領域 5201 は自動車のフロントガラスに設けられた実施の形態 2 に記載の発光デバイスを搭載した表示装置である。実施の形態 2 に記載の発光デバイスは、第 1 の電極と第 2 の電極を透光性を有する電極で作製することによって、反対側が透けて見える、いわゆるシースルー状態の表示装置とすることができる。シースルー状態の表示であれば、自動車のフロントガラスに設置したとしても、視界の妨げになることなく設置することができる。なお、駆動のためのトランジスタなどを設ける場合には、有機半導体材料による有機トランジスタや、酸化物半導体を用いたトランジスタなど、透光性を有するトランジスタを用いると良い。

【0240】

表示領域 5202 はピラー部分に設けられた実施の形態 2 に記載の発光デバイスを搭載した表示装置である。表示領域 5202 には、車体に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、ピラーで遮られた視界を補完することができる。また、同様に、ダッシュボード部分に設けられた表示領域 5203 は車体によって遮られた視界を、自動車の外側に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、死角を補い、安全性を高めることができる。見えない部分を補完するように映像を映すことによって、より自然に

10

20

30

40

50

違和感なく安全確認を行うことができる。

【0241】

表示領域5203はまたナビゲーション情報、速度や回転数、走行距離、燃料残量、ギア状態、空調の設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目やレイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域5200乃至表示領域5202にも設けることができる。また、表示領域5200乃至表示領域5203は照明装置として用いることも可能である。

【0242】

また、図12(A)、(B)に、折りたたみ可能な携帯情報端末5150を示す。折りたたみ可能な携帯情報端末5150は筐体5151、表示領域5152および屈曲部5153を有している。図12(A)に展開した状態の携帯情報端末5150を示す。図12(B)に折りたたんだ状態の携帯情報端末を示す。携帯情報端末5150は、大きな表示領域5152を有するにも関わらず、折りたためばコンパクトで可搬性に優れる。

10

【0243】

表示領域5152は屈曲部5153により半分に折りたたむことができる。屈曲部5153は伸縮可能な部材と複数の支持部材とで構成されており、折りたたむ場合は、伸縮可能な部材が伸び、屈曲部5153は2mm以上、好ましくは3mm以上の曲率半径を有して折りたたまれる。

【0244】

なお、表示領域5152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。本発明の一態様の発光装置を表示領域5152に用いることができる。

20

【0245】

また、図13(A)～(C)に、折りたたみ可能な携帯情報端末9310を示す。図13(A)に展開した状態の携帯情報端末9310を示す。図13(B)に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。図13(C)に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。

【0246】

表示パネル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、表示パネル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、表示パネル9311は、ヒンジ9313を介して2つの筐体9315間を屈曲させることにより、携帯情報端末9310を展開した状態から折りたたんだ状態に可逆的に変形させることができる。本発明の一態様の発光装置を表示パネル9311に用いることができる。

30

【0247】

なお、本実施の形態に示す構成は、実施の形態1乃至実施の形態4に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

【0248】

以上の様に実施の形態2に記載の発光デバイスを備えた発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。実施の形態2に記載の発光デバイスを用いることにより消費電力の小さい電子機器を得ることができる。

40

【実施例1】

【0249】

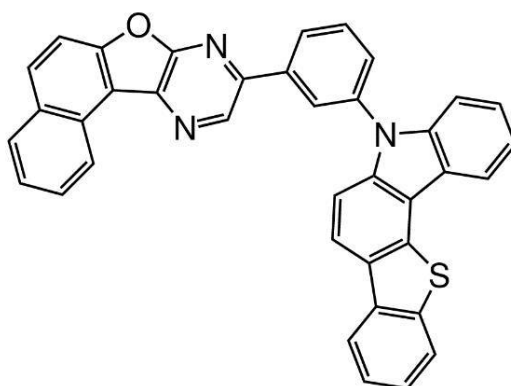
＜合成例1＞

本合成例では、実施形態1の構造式(100)で表される本発明の有機化合物、3-(ナフト[1',2':4,5]フロ[2,3-b]ピラジン-9-イル)フェニル-5H-[1]ベンゾ[4,5]チエノ[3,2-c]カルバゾール(略称:9mBTczPNfpr)の合成例を具体的に例示する。9mBTczPNfprの構造式を以下に示す。

50

【0250】

【化22】



10

【0251】

<ステップ1：6-クロロ-3-(2-メトキシナフタレン-1-イル)ピラジン-2-アミンの合成>

まず、3-ブロモ-6-クロロピラジン-2-アミン10.25gと2-メトキシナフタレン-1-ボロン酸14.21g、フッ化カリウム13.29g、脱水テトラヒドロフラン170mL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、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム(0)(略称：Pd₂(dba)₃)0.75g、トリ-tert-ブチルホスフィン(略称：P(tBu)₃)5.1mLを加え、80℃で21時間半撹拌することで反応させた。

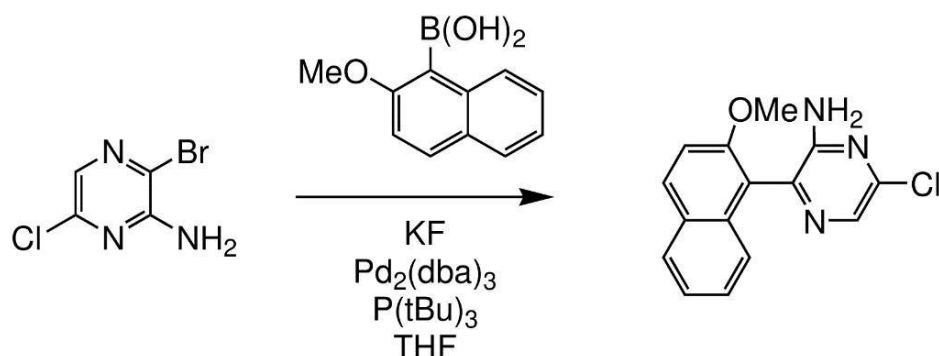
20

【0252】

所定時間経過後、得られた混合物を吸引ろ過し、ろ液を濃縮した。その後、トルエン：酢酸エチル=50：1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(黄色固体、収量11.31g、収率80%)。ステップ1の合成スキームを下式に示す。

【0253】

【化23】



30

40

【0254】

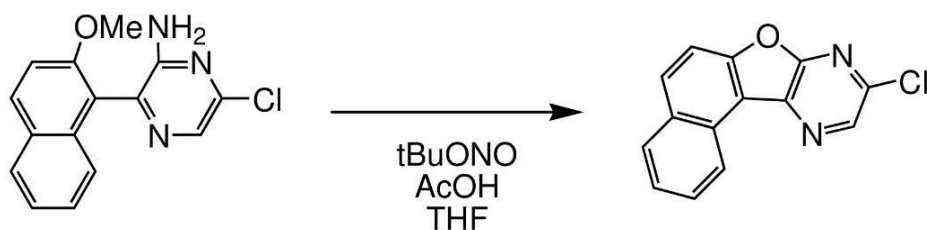
<ステップ2：9-クロロナフト[1',2':4,5]フロ[2,3-b]ピラジンの合成>

次に、上記ステップ1で得た6-クロロ-3-(2-メトキシナフタレン-1-イル)ピラジン-2-アミン11.31gと脱水テトラヒドロフラン200mL、氷酢酸200mLを三口フラスコに入れ、内部を窒素置換した。フラスコを-10℃に冷却した後、亜硝酸tert-ブチル14.2mLを滴下し、-10℃で30分撹拌後、0℃で2時間半撹拌した。所定時間経過後、得られた懸濁液に水1L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8.21g、収率82%)。ステップ2の合成スキームを下式に示す。

50

【0255】

【化24】



【0256】

<ステップ3： 9-（3-クロロフェニル）ナフト〔1'，2'：4，5〕フロ〔2，3-b〕ピラジンの合成>

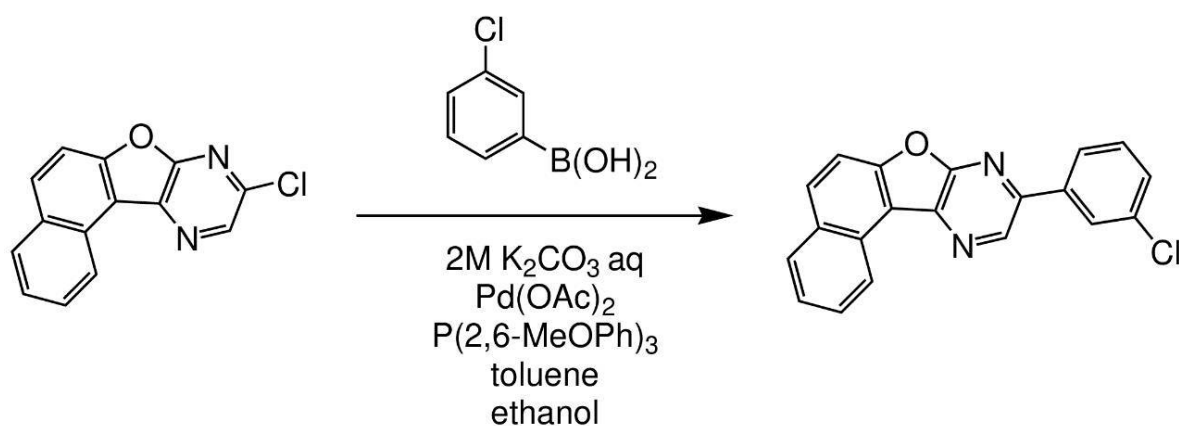
次に、上記ステップ2で得た9-クロロナフト〔1'，2'：4，5〕フロ〔2，3-b〕ピラジン2.12g、3-クロロフェニルボロン酸1.41g、2M炭酸カリウム水溶液14mL、トルエン83mL、エタノール8.3mLを三口フラスコに入れ、内部を窒素置換した。フラスコ内を減圧下で撹拌することで脱気した後、酢酸パラジウム（II）（略称：Pd(OAc)₂）0.19g、トリス（2，6-ジメトキシフェニル）ホスフィン（略称：P（2，6-MeOPh）₃）1.12gを加え、90℃で7時間半撹拌し、反応させた。

【0257】

所定時間経過後、得られた混合物を吸引ろ過し、エタノールで洗浄した。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1.97g、収率73%）。ステップ3の合成スキームを下式に示す。

【0258】

【化25】



【0259】

<ステップ4： 3-（ナフト〔1'，2'：4，5〕フロ〔2，3-b〕ピラジン-9-イル）フェニル-5H-〔1〕ベンゾ〔4，5〕チエノ〔3，2-c〕カルバゾール（略称：9mBTczPNfpr）の合成>

さらに、上記ステップ3で得た9-（3-クロロフェニル）ナフト〔1'，2'：4，5〕フロ〔2，3-b〕ピラジン1.51g、5H-〔1〕ベンゾ〔4，5〕チエノ〔3，2-c〕カルバゾール1.55g、メシチレン46mL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、ナトリウム tert-ブトキシド1.07g、ビス（ジベンジリデンアセトン）パラジウム（0）（略称：Pd(dba)₂）0.052g、2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2'，6'-ジメトキシビフェニル（略称：S-Phos）0.074gを加え、150℃で20時間半撹拌し、反応させた。

【0260】

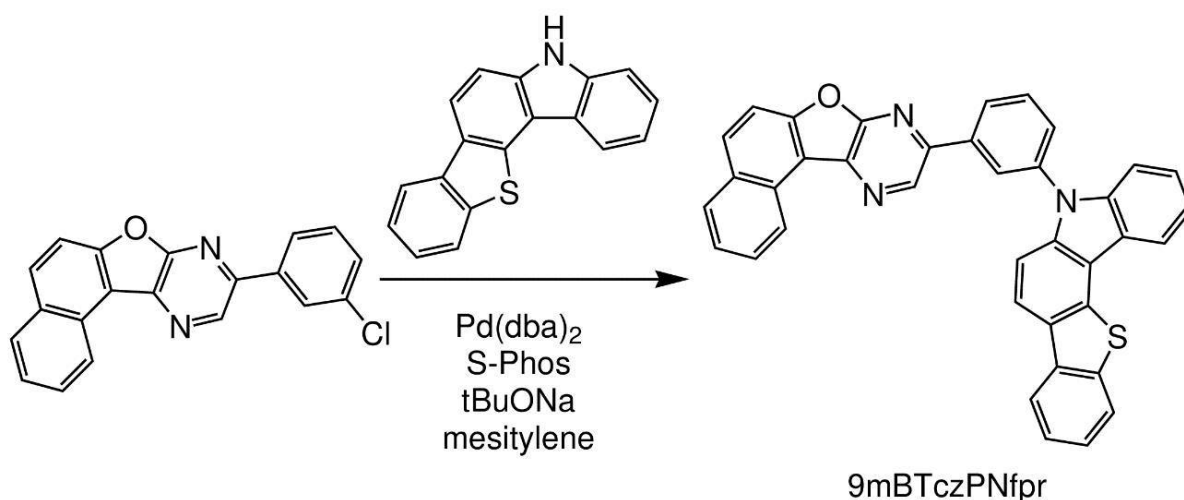
所定時間経過後、得られた懸濁液を吸引ろ過し、水、エタノールで洗浄した。得られた固体をトルエンに溶かし、セライト、アルミナ、セライトの順で積層した濾過補助剤を通して濾過した後、トルエンにて再結晶することにより、目的物を得た（黄白色固体、収量1.55 g、収率60%）。

【0261】

得られた黄白色固体1.55 gを、トレインサブリメーション法により昇華精製（条件：圧力2.7 Pa、アルゴンガス流量11 mL/min、325℃）した。昇華精製後、目的物の黄白色固体を収量1.32 g、収率85%で得た。ステップ4の合成スキームを下式に示す。

【0262】

【化26】



【0263】

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14に示す。このことから、本合成例において、9mBTczPNfprが得られたことがわかった。

【0264】

$^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 7.47–7.57 (m, 4H), 7.62–7.68 (m, 3H), 7.79–7.90 (m, 4H), 8.04 (d, 1H), 8.08 (d, 1H), 8.15 (d, 1H), 8.26 (t, 2H), 8.34–8.38 (m, 2H), 8.52 (s, 1H), 9.15 (d, 1H), 9.35 (s, 1H).

【0265】

次に、溶液状態および薄膜状態における9mBTczPNfpr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。

【0266】

溶液状態における各スペクトルの測定は、9mBTczPNfprのトルエン溶液を用いて行った。また、吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。得られたトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図15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。

【0267】

図15の結果より、9mBTczPNfprのトルエン溶液では、370 nm付近に吸収ピークが見られ、442 nm付近に発光波長のピークが見られた。

【0268】

薄膜状態における各スペクトルの測定は、9mBTczPNfprを石英基板上に真空蒸着法にて作製した試料を用いて行った。また、吸収スペクトルの測定には紫外可視分光光

度計（日立ハイテクノロジーズ製 U4100型）を使用し、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）を使用した。得られた固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図16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。

【0269】

図16より、9mBTczPNfprの固体薄膜では、285nm、310nm、361nm、375nm及び396nm付近に吸収ピークが見られ、490nm付近に発光波長のピークが見られた。

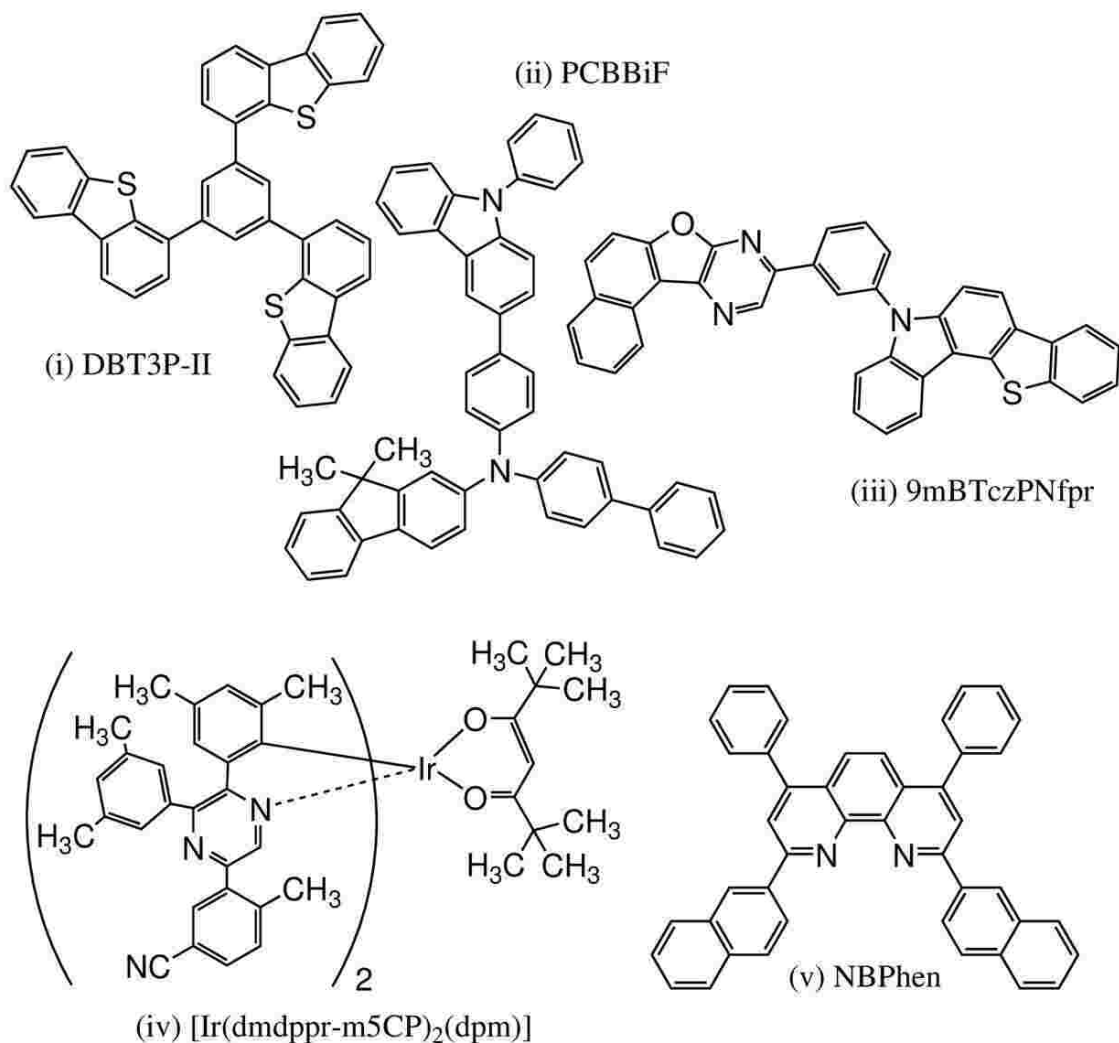
【実施例2】

【0270】

本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光デバイスについて説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【0271】

【化27】



【0272】

（発光デバイス1の作製方法）

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（ITO）をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極101を形成した。なお、その膜厚は70nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

【0273】

次に、基板上に発光デバイスを形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0274】

その後、 10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、 170°C で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

【0275】

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称:DBT3P-II)とモリブデン酸化物とを、重量比で2:1(=DBT3P-II:モリブデン酸化物)となるように75nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

10

【0276】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(ii)で表される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)を膜厚20nmとなるように蒸着して正孔輸送層112を形成した。

【0277】

続いて、上記構造式(iii)で表される3-(ナフト[1',2':4,5]フロ[2,3-b]ピラジン-9-イル)フェニル-5H-[1]ベンゾ[4,5]チエノ[3,2-c]カルバゾール(略称:9mBTCzPNfpr)と、PCBBiFと、上記構造式(iv)で表されるビス{4,6-ジメチル-2-[5-(5-シアノ-2-メチルフェニル)-3-(3,5-ジメチルフェニル)-2-ピラジニル-κN]フェニル-κC}(2,2,6,6-テトラメチル-3,5-ヘプタンジオナト-κ2O,O')イリジウム(III)(略称:[Ir(dmdppr-m5CP)₂(dpm)]))とを、重量比で0.7:0.3:0.1(=9mBTCzPNfpr:PCBBiF:[Ir(dmdppr-m5CP)₂(dpm)]))となるように40nm共蒸着して発光層113を形成した。

20

【0278】

その後、発光層113上に、9mBTCzPNfprを膜厚30nmとなるように蒸着した後、上記構造式(v)で表される2,9-ジ(2-ナフチル)-4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン(略称:NBPhen)を膜厚15nmとなるように蒸着し、電子輸送層114を形成した。

30

【0279】

電子輸送層114を形成した後、フッ化リチウム(LiF)を、1nm蒸着して電子注入層115を形成し、続いてアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで第2の電極102を形成して本実施例の発光デバイス1を作製した。

【0280】

上記発光デバイス1の積層構造を以下の表にまとめる。

【0281】

【表1】

40

正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層
75nm	20nm	40nm	30nm	15nm	1nm
DBT3P-II :MoO _x (2:1)	PCBBiF	9mBTCzPNfpr :PCBBiF: Ir(dmdppr-m5CP) ₂ (dpm) (0.7:0.3:0.1)	9mBTCzPNfpr	NBPhen	LiF

50

【0282】

上記発光デバイス1を、窒素雰囲気グローブボックス内において、大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、この発光デバイスの初期特性について測定を行った。

【0283】

発光デバイス1の輝度－電流密度特性を図17に、電流効率－輝度特性を図18に、輝度－電圧特性を図19に、電流－電圧特性を図20に、外部量子効率－輝度特性を図21に、発光スペクトルを図22に示した。また、発光デバイス1の1000cd/m²付近における主要な特性を表2に示す。

10

【0284】

【表2】

電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 _x	色度 _y	電流効率 (cd/A)	外部量子 効率(%)
3.7	0.38	9.4	0.71	0.29	11.3	25.4

【0285】

図17乃至図22より、本発明の一態様の発光デバイス1は、発光効率の良好なELデバイスであることがわかった。

20

【0286】

また、電流密度75mA/cm²における駆動時間に対する輝度の変化を初期輝度で規格化し、図23に示した。図23に示したように、本発明の一態様の発光デバイスである発光デバイス1は寿命の良好な発光デバイスであることが分かった。

【符号の説明】

【0287】

- 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
- 114 電子輸送層
- 115 電子注入層
- 116 電荷発生層
- 117 P型層
- 118 電子リレー層
- 119 電子注入バッファ層
- 400 基板
- 401 第1の電極
- 403 EL層
- 404 第2の電極
- 405 シール材
- 406 シール材
- 407 封止基板
- 412 パッド
- 420 ICチップ
- 501 陽極
- 502 陰極
- 511 第1の発光ユニット

30

40

50

5 1 2	第 2 の発光ユニット	
5 1 3	電荷発生層	
6 0 1	駆動回路部（ソース線駆動回路）	
6 0 2	画素部	
6 0 3	駆動回路部（ゲート線駆動回路）	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C（フレキシブルプリントサーキット）	10
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 F E T	
6 1 2	電流制御用 F E T	
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	E L 層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光デバイス	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	20
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	E L 層	
9 5 6	電極	
1 0 0 1	基板	
1 0 0 2	下地絶縁膜	
1 0 0 3	ゲート絶縁膜	
1 0 0 6	ゲート電極	
1 0 0 7	ゲート電極	
1 0 0 8	ゲート電極	30
1 0 2 0	第 1 の層間絶縁膜	
1 0 2 1	第 2 の層間絶縁膜	
1 0 2 2	電極	
1 0 2 4 W	第 1 の電極	
1 0 2 4 R	第 1 の電極	
1 0 2 4 G	第 1 の電極	
1 0 2 4 B	第 1 の電極	
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 8	E L 層	
1 0 2 9	第 2 の電極	40
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	透明な基材	
1 0 3 4 R	赤色の着色層	
1 0 3 4 G	緑色の着色層	
1 0 3 4 B	青色の着色層	
1 0 3 5	ブラックマトリクス	
1 0 3 6	オーバーコート層	
1 0 3 7	第 3 の層間絶縁膜	
1 0 4 0	画素部	50

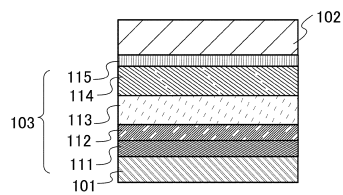
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
2 1 0 0	ロボット	
2 1 1 0	演算装置	
2 1 0 1	照度センサ	
2 1 0 2	マイクロフォン	
2 1 0 3	上部カメラ	
2 1 0 4	スピーカ	10
2 1 0 5	ディスプレイ	
2 1 0 6	下部カメラ	
2 1 0 7	障害物センサ	
2 1 0 8	移動機構	
3 0 0 1	照明装置	
5 0 0 0	筐体	
5 0 0 1	表示部	
5 0 0 2	表示部	
5 0 0 3	スピーカ	
5 0 0 4	LEDランプ	20
5 0 0 6	接続端子	
5 0 0 7	センサ	
5 0 0 8	マイクロフォン	
5 0 1 2	支持部	
5 0 1 3	イヤホン	
5 1 0 0	掃除ロボット	
5 1 0 1	ディスプレイ	
5 1 0 2	カメラ	
5 1 0 3	ブラシ	
5 1 0 4	操作ボタン	30
5 1 5 0	携帯情報端末	
5 1 5 1	筐体	
5 1 5 2	表示領域	
5 1 5 3	屈曲部	
5 1 2 0	ゴミ	
5 2 0 0	表示領域	
5 2 0 1	表示領域	
5 2 0 2	表示領域	
5 2 0 3	表示領域	
7 1 0 1	筐体	40
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キーボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	50

- | | |
|---------|-------------|
| 7 2 0 6 | ポインティングデバイス |
| 7 2 1 0 | 第2の表示部 |
| 7 4 0 1 | 筐体 |
| 7 4 0 2 | 表示部 |
| 7 4 0 3 | 操作ボタン |
| 7 4 0 4 | 外部接続ポート |
| 7 4 0 5 | スピーカ |
| 7 4 0 6 | マイク |
| 9 3 1 0 | 携帯情報端末 |
| 9 3 1 1 | 表示パネル |
| 9 3 1 3 | ヒンジ |
| 9 3 1 5 | 筐体 |

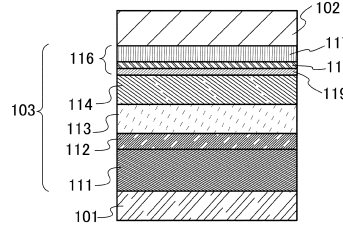
【図面】

【図 1】

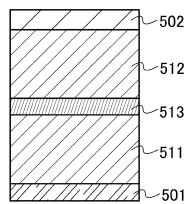
(A)



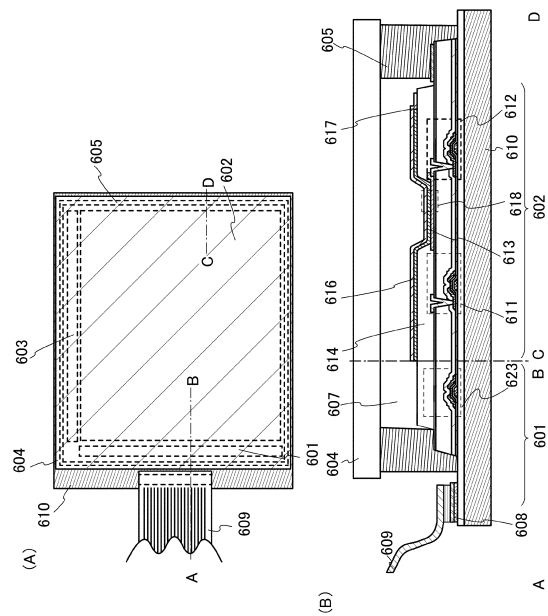
(B)



(C)



【圖 2】



10

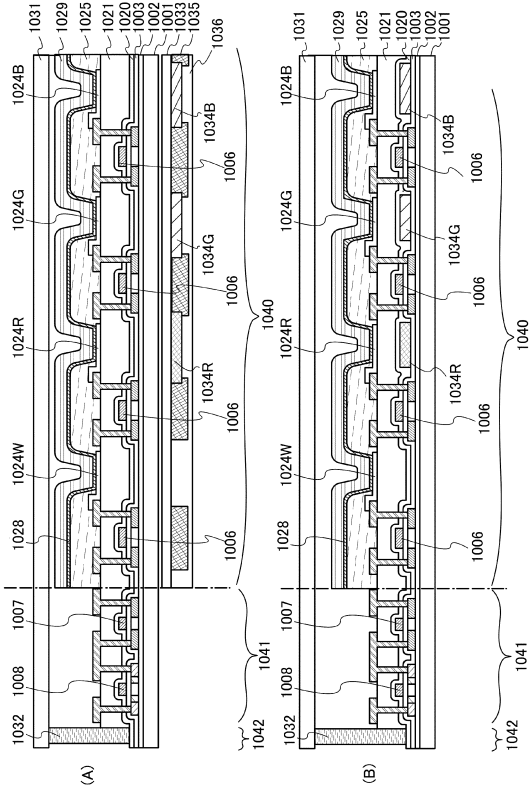
20

30

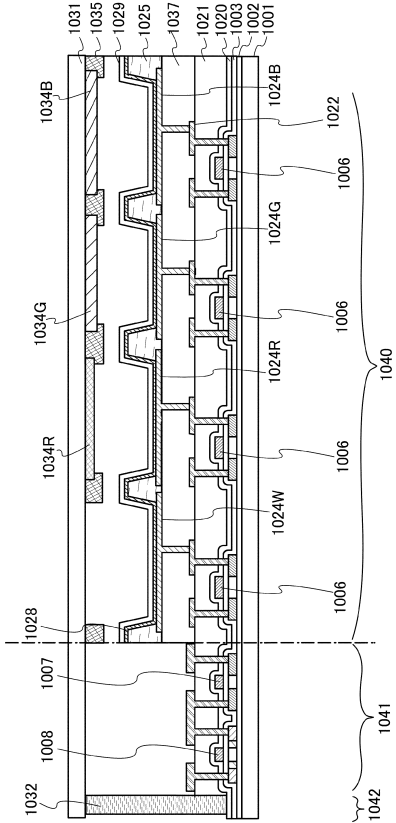
40

50

【図 3】



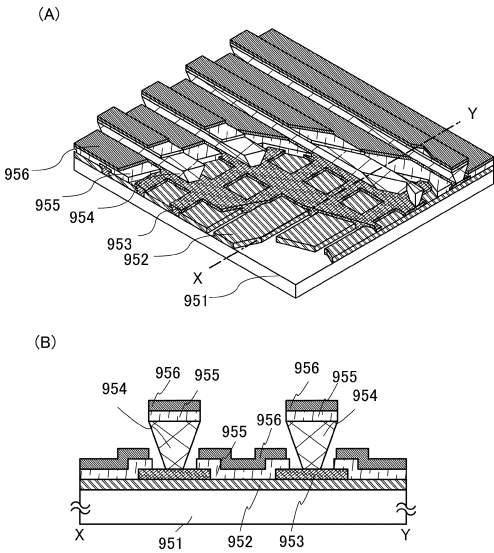
【図 4】



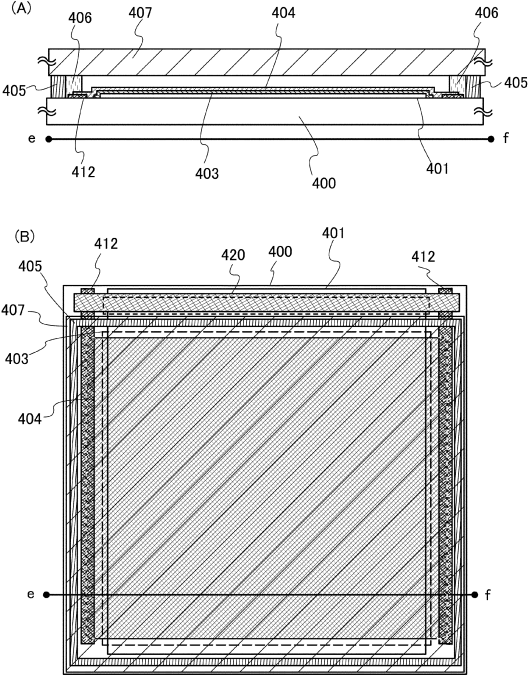
10

20

【図 5】



【図 6】

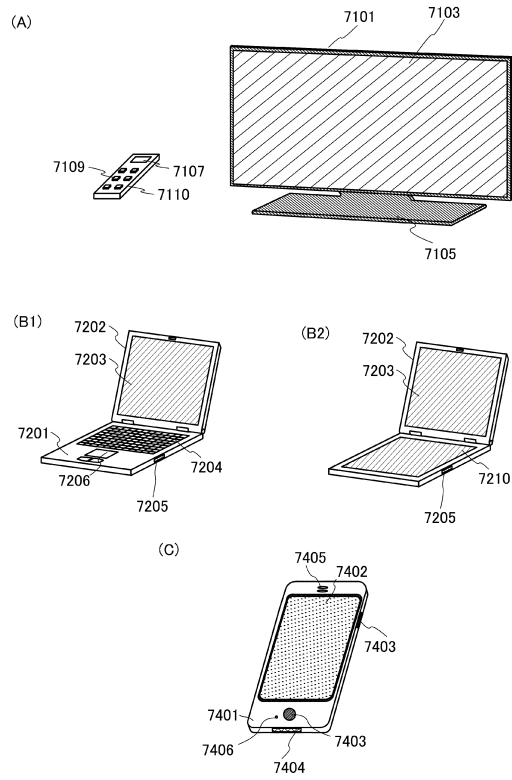


30

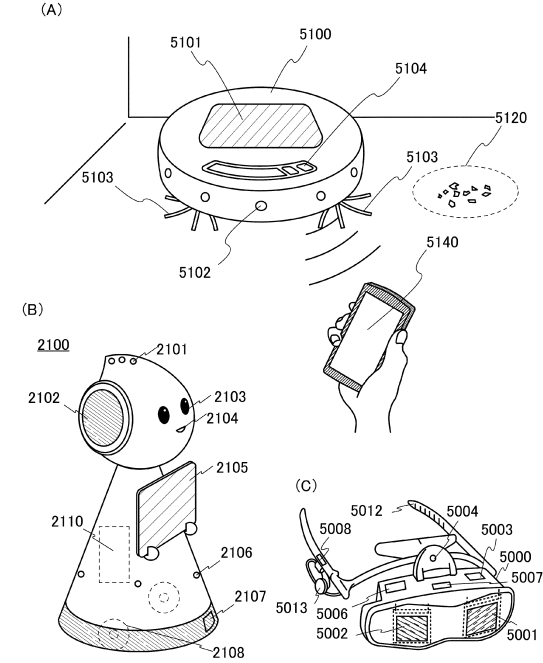
40

50

【図 7】



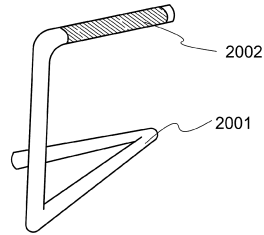
【図 8】



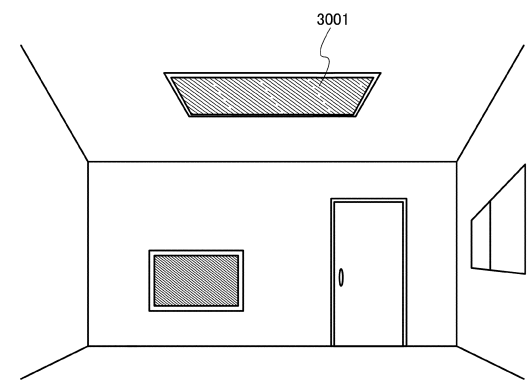
10

20

【図 9】



【図 10】

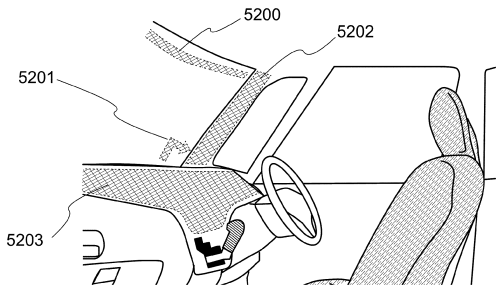


30

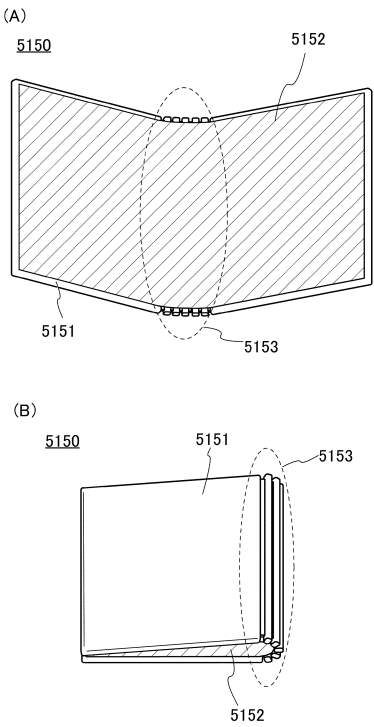
40

50

【図 1 1】

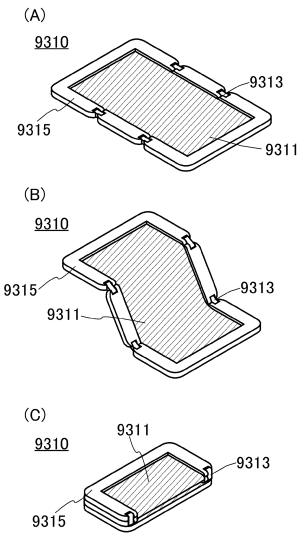


【図 1 2】

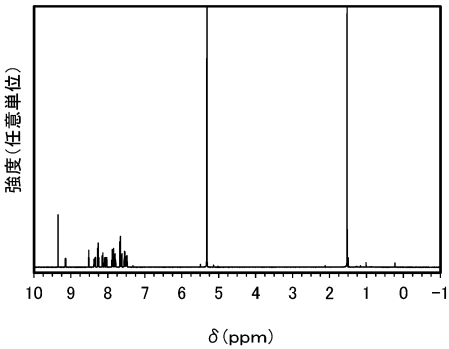


10

【図 1 3】



【図 1 4】

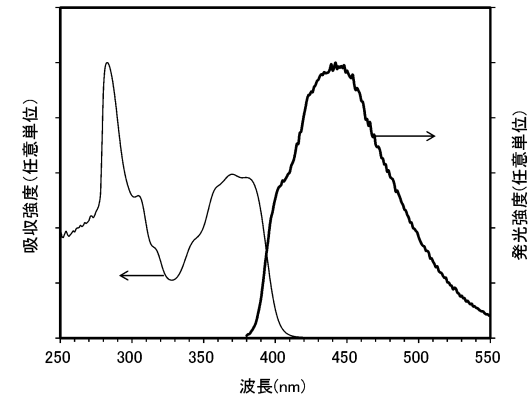


30

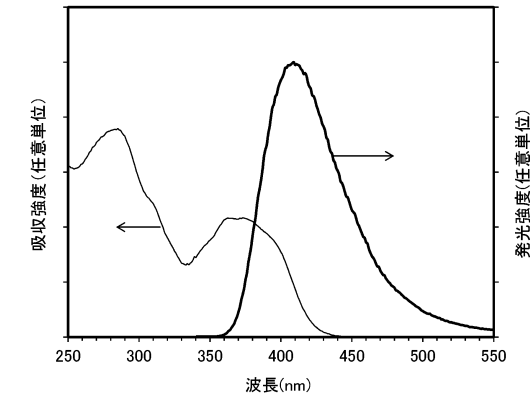
40

50

【図 1 5】

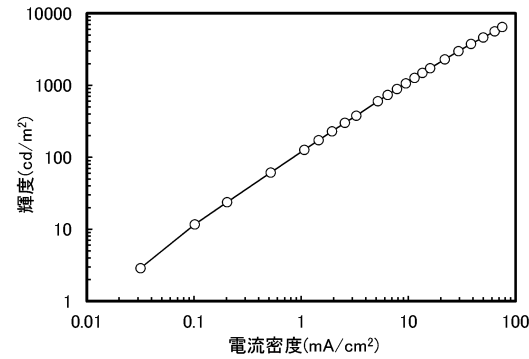


【図 1 6】

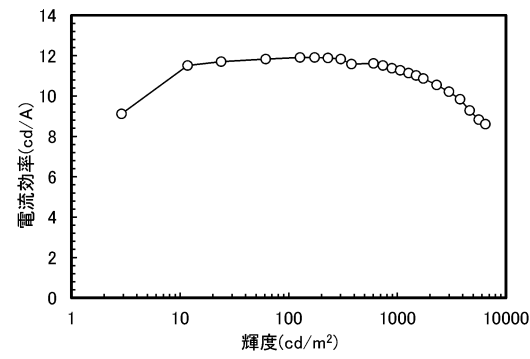


10

【図 1 7】

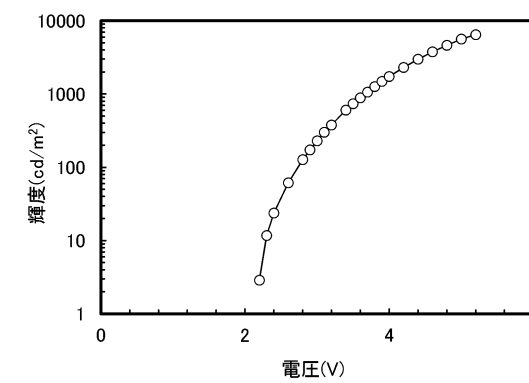


【図 1 8】

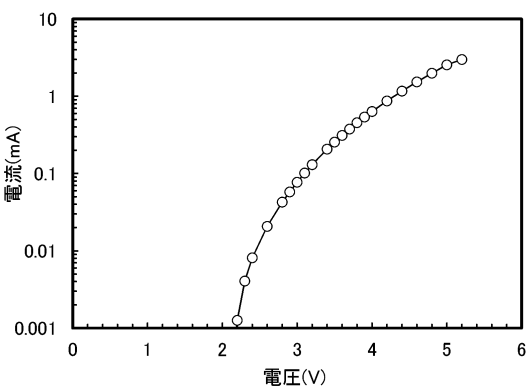


20

【図 1 9】



【図 2 0】

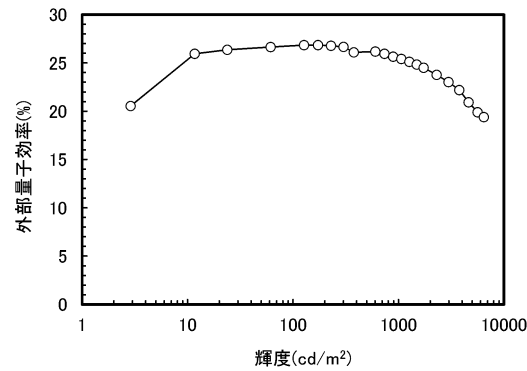


30

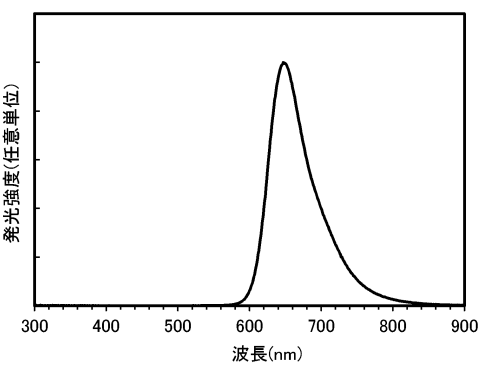
40

50

【図 2 1】

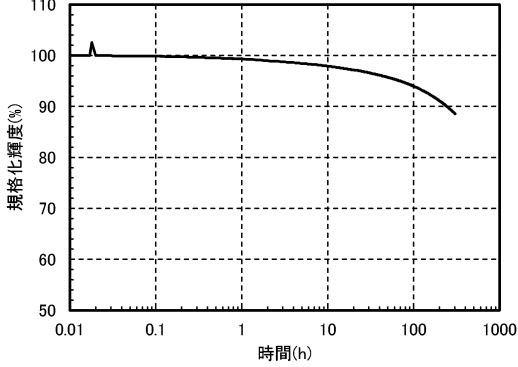


【図 2 2】



10

【図 2 3】



20

30

40

50

フロントページの続き

(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

審査官 水島 英一郎

(56)参考文献 特開 2 0 1 9 - 0 8 5 3 9 4 (J P , A)

特開 2 0 1 6 - 0 5 6 1 6 9 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

C 0 7 D

C A p l u s (S T N)

R E G I S T R Y (S T N)