

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年6月8日(08.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/100019 A1

- (51) 国際特許分類:
C07D 403/10 (2006.01) H10K 59/00 (2023.01)
H10K 50/00 (2023.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/IB2022/061119
- (22) 国際出願日: 2022年11月18日(18.11.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2021-194181 2021年11月30日(30.11.2021) JP
- (71) 出願人: 株式会社半導体エネルギー研究所
(SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY
CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2430036 神奈川県厚木
市長谷398 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 林有毅(HAYASHI, Yuki); 〒2430036 神
奈川県厚木市長谷398 株式会社半導体
エネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 川上
祥子(KAWAKAMI, Sachiko); 〒2430036 神奈
川県厚木市長谷398 株式会社半導体エネ
ルギー研究所内 Kanagawa (JP). 橋本直明
(HASHIMOTO, Naoaki); 〒2430036 神奈川県

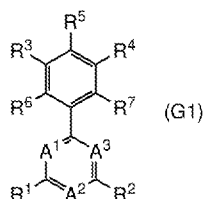
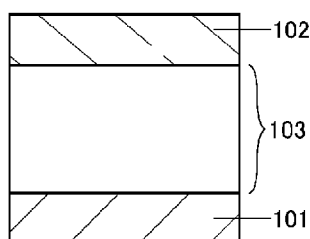
厚木市長谷398 株式会社半導体エネルギー
研究所内 Kanagawa (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,
KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

(54) Title: ORGANIC COMPOUND, ORGANIC DEVICE, LIGHT-EMITTING DEVICE, AND ELECTRONIC AP-
PARATUS

(54) 発明の名称: 有機化合物、有機デバイス、発光装置および電子機器

図1A



(57) Abstract: The present invention provides a novel compound, a syn-
thesis method for the novel compound, and an organic device that uses the
novel compound. Provided is a compound represented by general formu-
la (G1). In general formula (G1), R1, R2, and R5-R7 each independently
represent any of hydrogen (including heavy hydrogen), a C1 - 10 alkyl
group, a substituted or unsubstituted C1-60 aryl group, and a substituted
or unsubstituted C1-60 heteroaryl group. R3 represents a condensed ring
of 4 - 10 rings that includes nitrogen as a ring-forming element, and R4
represents any of a substituted or unsubstituted C1 - 60 condensed ring,
a substituted or unsubstituted aryl group that has a molecular weight of
at least 78, and a substituted or unsubstituted heteroaryl group that has
a molecular weight of at least 80. At least one of A1 - A3 represents
nitrogen, the others represent a substituted carbon, and the substituents
at A1 - A3 are each independently any of hydrogen (including heavy
hydrogen), a C1 - 10 alkyl group, a substituted or unsubstituted C1 - 60
aryl group, and a substituted or unsubstituted C1-60 heteroaryl group.

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）
- 一 白黒。出願原本にはカラー又はグレースケールの情報が含まれており、PATENTSCOPE からのダウンロードが可能。

(57) 要約：新規化合物、その合成方法、および新規化合物を用いた有機デバイスを提供する。一般式（G 1）で表される化合物を提供する。一般式（G 1）中、R 1、R 2、およびR 5乃至R 7は、それぞれ独立に、水素（重水素を含む）、炭素数1乃至10のアルキル基、置換または無置換の炭素数1乃至60のアリール基、および置換または無置換の炭素数1乃至60のヘテロアリール基のいずれかを表す。R 3は環を形成する元素に窒素を含む4環以上10環以下の縮合環を表し、R 4は置換または無置換の炭素数1乃至60の縮合環、置換又は無置換の分子量が78以上のアリール基、および置換又は無置換の分子量が80以上のヘテロアリール基のいずれかを表す。A 1乃至A 3のうち、少なくとも一つが窒素を表し、他は置換の炭素を表し、A 1乃至A 3の置換基はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、炭素数1乃至10のアルキル基、置換または無置換の炭素数1乃至60のアリール基、および置換または無置換の炭素数1乃至60のヘテロアリール基のいずれかを表す。

明細書

発明の名称

有機化合物、有機デバイス、発光装置および電子機器

技術分野

[0001]

本発明の一態様は、有機化合物、有機デバイス、発光デバイス、発光装置、受発光装置、表示装置、電子機器、照明装置および電子デバイスに関する。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（コンビジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶装置、撮像装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法、を一例として挙げることができる。

背景技術

[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素子または発光素子ともいう）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、一对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、液晶ディスプレイに比べ視認性が高くディスプレイの画素として好適である。また、このような発光デバイスを用いたディスプレイは、バックライトが不要であり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、白熱電球または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または照明装置はさまざまな電子機器に適用好適であるが、より良好な効率、寿命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。

[0006]

有機電界発光デバイス用の長寿命性に優れる電子輸送材料として、特許文献1で開示されたアジン化合物が挙げられる。しかしながら、素子寿命の改善や高温耐性など様々な観点から更なる改良が求められていた。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0007]

[特許文献1] 特開2011-063584号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008]

本発明の一態様は、新規有機化合物を提供することを目的とする。または、本発明の一態様は、新規有機化合物の合成方法を提供することを目的とする。または、本発明の一態様は、新規の電子輸送材料を提供することを目的とする。または、本発明の一態様は、新規有機デバイスを提供することを目的とする。または、本発明の一態様は、発光効率の良好な発光素子を提供することを目的とする。

[0009]

また、本発明の一態様は、ガラス転移温度 T_g の高い化合物を提供することを目的とする。

[0010]

また、本発明の一態様は、安定性の高い化合物を提供することを目的とする。

[0011]

また、本発明の一態様は、耐熱性の高い有機デバイスを提供することを目的とする。

[0012]

また、本発明の一態様は、高温駆動において駆動寿命の長い、または、輝度劣化が少ない有機デバイスを提供することを目的とする。

[0013]

また、本発明の一態様は、高温駆動において電圧変動の少ない有機デバイスを提供することを目的とする。

[0014]

本明細書において、有機デバイス（有機素子ともいう）とは、有機化合物を有する物全般を指す（ヒトを除く）。有機デバイスとしては、発光デバイス（発光素子ともいう）や受光デバイス（受光素子ともいう）などが挙げられる。有機デバイスとしては、例えば、一对の電極の間に有機化合物層（数 μm 程度またはそれよりも薄い薄膜層）を有する物などを指す。電極を有する物だけでなく、基板上に有機化合物層（蒸着膜や塗布膜などの膜など）を設けた物や、溶媒中に有機化合物を含有させた物など、を有機デバイスと呼ぶ場合もある。また、電極周辺に設けられた層（例えばキャップ層、隔壁、封止層、またはカラーフィルター等）を含んだ物を有機デバイスと呼ぶ場合もある。

[0015]

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、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

[0016]

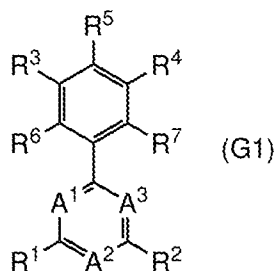
本発明の一態様は、新規のアジン化合物と、当該アジン化合物の作製方法である。または当該アジン化合物を含有する新規の有機デバイスである。

[0017]

また、本発明の一態様は、一般式（G 1）で表される有機化合物である。

[0018]

[化1]



[0019]

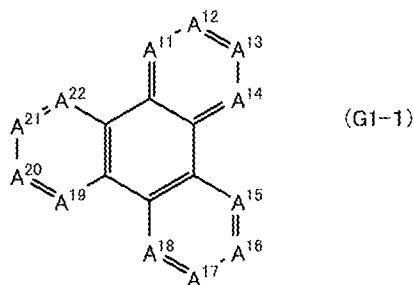
また、一般式（G 1）中、 R^1 、 R^2 、および R^5 乃至 R^7 は、それぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数1乃至10のアルキル基、置換または無置換の炭素数1乃至60のアリール基、および置換または無置換の炭素数1乃至60のヘテロアリール基のいずれかを表す。 R^3 は環を形成する元素に窒素を含む4環以上10環以下の縮合環を表し、 R^4 は置換または無置換の炭素数1乃至60の縮合環、置換又は無置換の分子量が78以上のアリール基、および置換又は無置換の分子量が80以上のヘテロアリール基のいずれかを表す。 A^1 乃至 A^3 のいずれか一は窒素を表し、他は窒素または炭素を表し、炭素の場合、それぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数1乃至10のアルキル基、置換または無置換の炭素数1乃至60のアリール基、および置換または無置換の炭素数1乃至60のヘテロアリール基のいずれかと結合する。

[0020]

また、本発明の一態様は、一般式（G 1）中、 R^3 は一般式（G 1-1）を表し、 R^4 は一般式（G 1-2）乃至一般式（G 1-6）のいずれか一を表す有機化合物である。

[0021]

[化2]



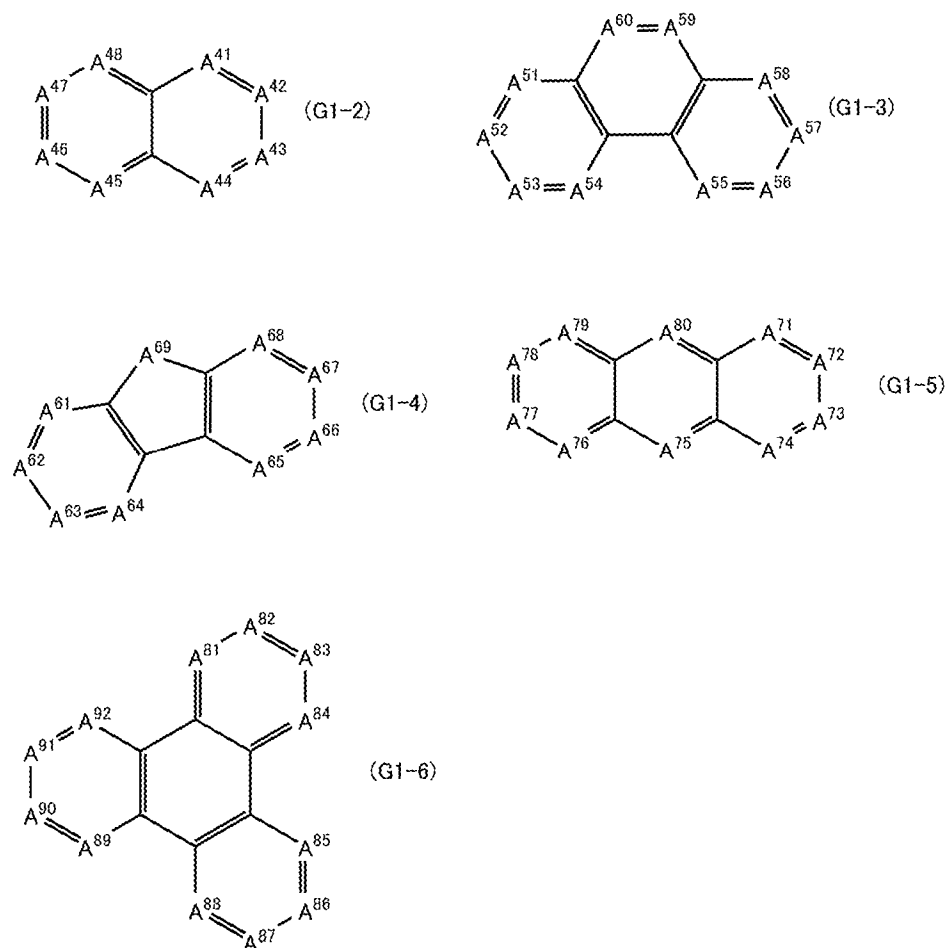
[0022]

また、一般式（G 1-1）中、 A^{11} 乃至 A^{22} のいずれか一は窒素を表し、別の一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。 A^{11} 乃至 A^{22} の炭素のうち、いずれか一は一般式（G 1）と結合し、他は水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数1乃至10のアルキル基、置換または無置換の炭素数1乃至60のアリール基、および置換または無置換の炭素数1乃至60のヘテロアリール基のいずれかと結合する。または、 A^{11} 乃至 A^{22} に結合する置換基のうち、隣り

合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。

[0023]

[化3]



[0024]

また、一般式 (G1-2) 中、A⁴¹乃至A⁴⁸のいずれか一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。A⁴¹乃至A⁴⁸の炭素のうち、いずれか一は一般式 (G1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数1乃至10のアルキル基、置換または無置換の炭素数1乃至60のアリール基、および置換または無置換の炭素数1乃至60のヘテロアリール基のいずれかと結合する。または、A⁴¹乃至A⁴⁸に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。一般式 (G1-3) 中、A⁵¹乃至A⁶⁰のいずれか一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。A⁵¹乃至A⁶⁰の炭素のうち、いずれか一は一般式 (G1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数1乃至10のアルキル基、置換または無置換の炭素数1乃至60のアリール基、および置換または無置換の炭素数1乃至60のヘテロアリール基のいずれかと結合する。または、A⁵¹乃至A⁶⁰に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。一般式 (G1-4) 中、A⁶¹乃至A⁶⁸のいずれか一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。A⁶⁹は窒素、炭素、硫黄または酸素を表す。A⁶¹乃至A⁶⁸の炭素またはA⁶⁹の窒素のうち、いずれか一は一般式 (G1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置

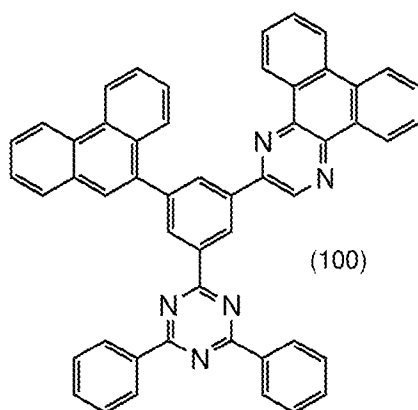
換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表す。または、 A^{61} 乃至 A^{68} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。一般式 (G 1-5) 中、 A^{71} 乃至 A^{80} のいずれか一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。 A^{71} 乃至 A^{80} の炭素のうち、いずれか一は一般式 (G 1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表す。または、 A^{71} 乃至 A^{80} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。一般式 (G 1-6) 中、 A^{81} 乃至 A^{92} のいずれか一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。 A^{81} 乃至 A^{92} の炭素のうち、いずれか一は一般式 (G 1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表す。または、 A^{81} 乃至 A^{92} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。

[0025]

また、本発明の一態様は、構造式 (100) で表される有機化合物である。

[0026]

[化 4]



[0027]

また、本発明の一態様は、上記一般式 (G 1) 中、 R^1 および R^2 は、置換又は無置換のフェニル基である有機化合物である。

[0028]

また、本発明の一態様は、上記一般式 (G 1) で表され、ガラス転移温度が 150℃ 以上である有機化合物である。

[0029]

また、本発明の一態様は、上記一般式 (G 1) 中、 R^3 および R^4 は、分子量が 150 以上である有機化合物である。

[0030]

また、本発明の一態様は、上記有機化合物を含む有機デバイスである。また、本発明の一態様は、

上記デバイスと、トランジスタ、または、基板と、を有する発光装置である。

[0031]

また、本発明の一態様は、上記有機化合物を含む電子機器である。また、本発明の一態様は、上記発光装置と、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。

[0032]

また、本発明の一態様は、陽極と、発光層と、アジン化合物を有する電子輸送層と、陰極と、キャップ層と、を有し、アジン化合物の屈折率は、キャップ層が有する材料の屈折率および発光層のホスト材料の屈折率より小さい、発光デバイスである。

[0033]

また、本発明の一態様は、陽極と、正孔輸送層と、発光層と、アジン化合物を有する電子輸送層と、陰極と、を有し、アジン化合物のガラス転移温度は、正孔輸送層が有する材料のガラス転移温度および発光層のホスト材料のガラス転移温度より大きい、発光装置である。

[0034]

また、本発明の一態様は、陽極と、正孔輸送層と、発光層と、アジン化合物を有する電子輸送層と、陰極と、隔壁と、を有し、電子輸送層は隔壁と重なる領域を有し、アジン化合物のガラス転移温度は、正孔輸送層が有する材料のガラス転移温度および発光層のホスト材料のガラス転移温度より大きい、発光装置である。

[0035]

なお、これらの解決手段は、他の解決手段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、これらの解決手段の全てを有する必要はない。なお、これら以外の解決手段は、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、これら以外の解決手段を抽出することが可能である。

発明の効果

[0036]

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、本発明の他の一態様では、新規キャリア輸送用材料を提供することができる。または、本発明の他の一態様では、新規ホスト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、ガラス転移温度の高い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、安定性の高い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、新規有機デバイスを提供することができる。または、本発明の他の一態様では、発光効率の高い有機デバイスを作製することができる。または、本発明の他の一態様では、消費電力の小さい有機デバイスを提供することができる。または、本発明の他の一態様では、信頼性の高い有機デバイスを提供することができる。または、本発明の他の一態様では、新規有機化合物を用いた薄膜（有機化合物層ともいう）を提供することができる。

[0037]

または、本発明の他の一態様では、発光効率の高い、発光装置、電子機器、および表示装置を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、および表示装置を提供することができる。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、および表示装置を提供することができる。

[0038]

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

[0039]

図1A乃至図1Eは、実施の形態に係る発光デバイスの構成を説明する図である。
図2A乃至図2Dは、実施の形態に係る発光装置を説明する図である。
図3A乃至図3Cは、実施の形態に係る発光装置の製造方法を説明する図である。
図4A乃至図4Cは、実施の形態に係る発光装置の製造方法を説明する図である。
図5A乃至図5Cは、実施の形態に係る発光装置の製造方法を説明する図である。
図6A乃至図6Dは、実施の形態に係る発光装置の製造方法を説明する図である。
図7A乃至図7Eは、実施の形態に係る発光装置を説明する図である。
図8A乃至図8Fは、実施の形態に係る装置および画素配置を説明する図である。
図9A乃至図9Cは、実施の形態に係る画素回路を説明する図である。
図10は、実施の形態に係る発光装置を説明する図である。
図11A乃至図11Eは、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。
図12A乃至図12Eは、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。
図13Aおよび図13Bは、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。
図14Aおよび図14Bは、実施の形態に係る照明装置を説明する図である。
図15は、実施の形態に係る照明装置を説明する図である。
図16A乃至図16Cは実施の形態に係る発光デバイスおよび受光デバイスを説明する図である。
図17Aおよび図17Bは実施の形態に係る発光デバイスおよび受光デバイスを説明する図である。
図18Aおよび図18Bは $Pn-mDBqPTzn$ の ^1H-NMR スペクトルである。
図19は $Pn-mDBqPTzn$ のジクロロメタ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20は $Pn-mDBqPTzn$ の薄膜の吸収スペクトルと発光スペクトルである。
図21は発光デバイス1および発光デバイス2の発光スペクトルである。
図22は発光デバイス1および発光デバイス2の外部量子効率-輝度特性である。
図23は発光デバイス1および発光デバイス2の電流-電圧特性である。
図24は、室温において、発光デバイス1および発光デバイス2の駆動時間に対する輝度の変化を表す図である。
図25は、85℃において、発光デバイス1および発光デバイス2の駆動時間に対する輝度変化を表す図である。

発明を実施するための形態

[0040]

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。

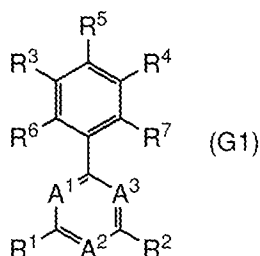
[0041]

(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（本願化合物ともいう）について説明する。本発明の一態様の化合物は、アジン骨格を有する有機化合物（アジン化合物ともいう）である。アジン骨格とは、ベンゼン環の一つ以上の炭素が窒素に置換した骨格を指し、一例としてピリジン骨格、ピラジン骨格、ピリミジン骨格、ピリダジン骨格、またはトリアジン骨格などが上げられる。アジン骨格を有する化合物は、例えば、下記一般式（G 1）で表される有機化合物である。

[0042]

[化5]



[0043]

また、一般式（G 1）中、 R^1 乃至 R^7 は、それぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表すことが好ましい。

[0044]

また、 R^3 または R^4 の一方は、環を形成する元素に窒素を含む 4 環以上 10 環以下の縮合環を表すことが好ましい。また、 R^3 または R^4 の他方は置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 の縮合環、置換又は無置換の分子量が 78 以上のアリール基、および分子量が 80 以上のヘテロアリール基のいずれかを表すことが好ましい。

[0045]

R^3 または R^4 が縮合環を有することで、キャリア輸送性を向上させることができる。特に 3 環以上、好ましくは 4 環以上の縮合環を有することで更にキャリア輸送性を向上させることができる。また、フェナントレン、トリフェニレン、又はジベンゾキノキサリンなどのようなヘリセン構造を有する縮合環（曲がった縮合環）を用いることで、バンドギャップを広くすることができ、また、T1 準位およびS1 準位を高くすることができる。

[0046]

また、 A^1 乃至 A^3 のいずれか一は窒素を表し、他は窒素または炭素を表し、炭素の場合、それぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかと結合することが好ましい。

[0047]

また、 R^1 および R^2 は、それぞれ独立に、分子量が 70 以上のアリール基または分子量が 70 以上のヘテロアリール基を含むことが好ましい。また、 R^1 および R^2 は、それぞれ独立に、分子量が 150 以上のアリール基または分子量が 150 以上のヘテロアリール基を含むことが好ましい。

[0048]

化合物および置換基の分子量を大きくすることで、化合物の耐性（例えば耐熱性）を向上させ、また、アモルファス性を向上させることができる。すなわち、ガラス転移温度 T_g を高くすることが可能となる。また、分子量を大きくすることで、溶媒に対する化合物の溶解度を小さくすることができ、再結晶などの精製工程により収率を向上させることができる。なお、分子量が大きすぎると昇華しにくくなるため、 R^1 乃至 R^4 の分子量は、それぞれ 1000 以下、より好ましくは 500 以下であることが好ましい。具体的には、 R^1 乃至 R^4 の分子量は、それぞれ 70 以上 1000 以下、より好ましくは 70 以上 500 以下であることが好ましい。

[0049]

また、置換基が縮合環を有すること、または、分子量を大きくすることで、化合物の耐性（例えば安定性）を向上させることができる。そのため、 R^3 または R^4 としては、フェニル基よりもナフチル基等の縮合環を適用すること、およびフェニル基よりも分子量の大きい置換基を用いることが好ましい。

[0050]

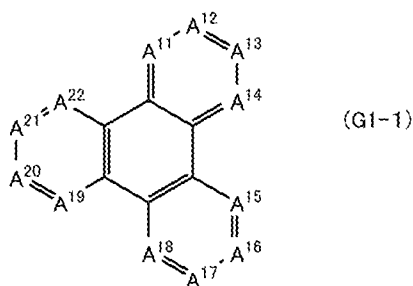
なお、本明細書において、分子量および原子量は、簡単のため小数点第 1 位を四捨五入して表記することとする。例えば、置換基 R^1 がフェニル基である場合、 R^1 の分子量は $C_6H_5 = 77$ とする。また、ナフチル基の場合、その分子量は $C_{10}H_7 = 127$ とする。他の置換基も同様である。

[0051]

また、一般式 (G1) において、 R^3 または R^4 の一方は、一般式 (G1-1) を表し、 R^3 または R^4 の他方は、一般式 (G1-2) 乃至一般式 (G1-6) のいずれかーを表すことが好ましい。

[0052]

[化6]



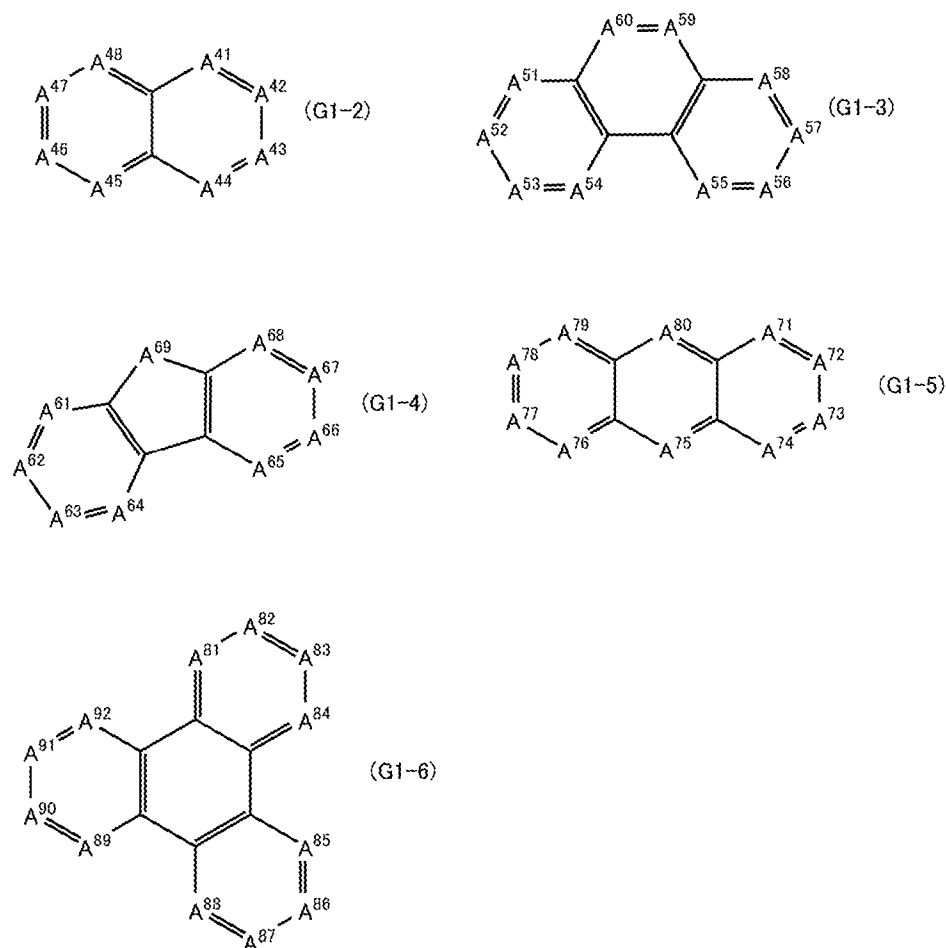
[0053]

また、一般式 (G1-1) 中、 A^{11} 乃至 A^{22} のいずれかーは窒素を表し、別のーは炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表すことが好ましい。 A^{11} 乃至 A^{22} の炭素のうち、いずれかーは一般式 (G1) と結合し、他は水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかと結合することが好ましい。または、 A^{11} 乃至 A^{22} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。環を形成しているとは、例えば、 A^{12} と A^{13} とを含むベンゼン環が一つ以上増えた構造が含まれ、その場合一般式 (G1-1) は 6 員環を 5 個以上含むことになる。このようにベンゼン環を形成する場合、 A^{11} 乃至 A^{22} に結合する置換基として、置換又は無置換のビニル基を含むことが好ましい。後述する一般式 (G1-2) 乃至一般式 (G1-6) も同様である。なお、環を形成している構造は、単に、A

¹¹乃至A²²のうち2つを含む環をさらに有している構造、ということもできる。

[0054]

[化7]



[0055]

また、一般式 (G 1-2) 中、A⁴¹乃至A⁴⁸のいずれかーは炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表すことが好ましい。A⁴¹乃至A⁴⁸の炭素のうち、いずれかーは一般式 (G 1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかと結合することが好ましい。または、A⁴¹乃至A⁴⁸に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。

[0056]

また、一般式 (G 1-3) 中、A⁵¹乃至A⁶⁰のいずれかーは炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表すことが好ましい。A⁵¹乃至A⁶⁰の炭素のうち、いずれかーは一般式 (G 1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかと結合することが好ましい。または、A⁵¹乃至A⁶⁰に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。

[0057]

また、一般式（G 1－4）中、 A^{61} 乃至 A^{68} のいずれか一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表すことが好ましい。 A^{69} は窒素、炭素、硫黄または酸素を表すことが好ましい。 A^{61} 乃至 A^{68} の炭素または A^{69} の窒素のうち、いずれか一は一般式（G 1）と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表すことが好ましい。または、 A^{61} 乃至 A^{68} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。

[0058]

また、一般式（G 1－5）中、 A^{71} 乃至 A^{80} のいずれか一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表すことが好ましい。 A^{71} 乃至 A^{80} の炭素のうち、いずれか一は一般式（G 1）と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表すことが好ましい。または、 A^{71} 乃至 A^{80} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。

[0059]

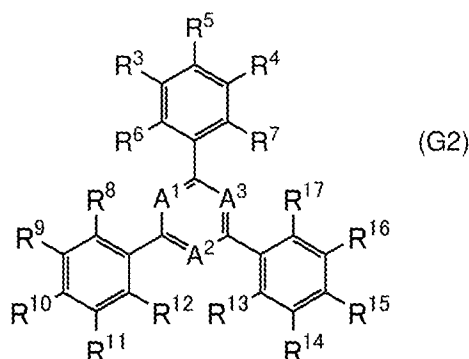
また、一般式（G 1－6）中、 A^{81} 乃至 A^{92} のいずれか一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表すことが好ましい。 A^{81} 乃至 A^{92} の炭素のうち、いずれか一は一般式（G 1）と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表すことが好ましい。または、 A^{81} 乃至 A^{92} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。

[0060]

また、本発明の一態様の有機化合物は、下記一般式（G 2）で表される有機化合物である。

[0061]

[化8]



[0062]

一般式（G 2）において、 R^3 乃至 R^7 、 A^1 乃至 A^3 は、上記構成を援用することができる。

[0063]

また、 R^8 乃至 R^{17} は、それぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表すことが好ましい。また、 R^8 乃至 R^{17}

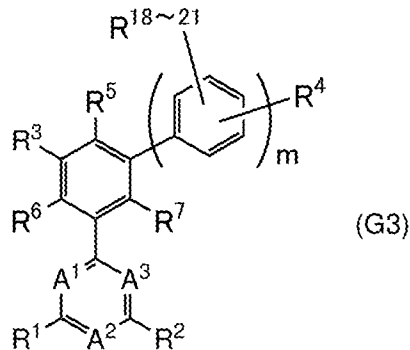
⁷のうち、隣り合う基が互いに結合し環を形成していても良い。

[0064]

また、本発明の一態様の有機化合物は、下記一般式（G3）で表される有機化合物である。

[0065]

[化9]



[0066]

一般式（G3）において、 R^1 乃至 R^7 、 A^1 乃至 A^3 は、上記構成を援用することができる。

[0067]

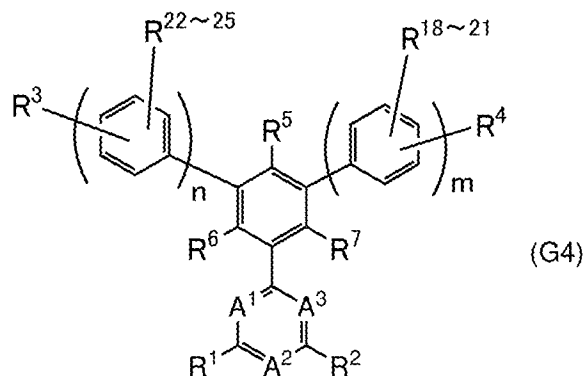
また、 R^{18} 乃至 R^{21} は、それぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数1乃至10のアルキル基、置換または無置換の炭素数1乃至60のアリール基、および置換または無置換の炭素数1乃至60のヘテロアリール基のいずれかを表すことが好ましい。また、 R^{18} 乃至 R^{21} のうち、隣り合う基が互いに結合し環を形成していても良い。また、 m は、1または2を表す。また、 R^4 の結合位置は、メタ位、パラ位、およびオルト位のいずれでも良いが、メタ位であると昇華温度を低くすることができ、また、パラ位にすると T_g を高めることができる。

[0068]

また、本発明の一態様の有機化合物は、下記一般式（G4）で表される有機化合物である。

[0069]

[化10]



[0070]

一般式（G4）において、 R^1 乃至 R^7 、 A^1 乃至 A^3 は、上記構成を援用することができる。

[0071]

また、 R^{18} 乃至 R^{25} は、それぞれ独立に、水素（重水素を含む）、置換または無置換の炭素数1乃至10のアルキル基、置換または無置換の炭素数1乃至60のアリール基、および置換または無置換の炭素数1乃至60のヘテロアリール基のいずれかを表すことが好ましい。また、 R^{18} 乃至 R^{25} のうち、隣り合う基が互いに結合し環を形成していても良い。また、 m は、1または2を表す。また、 n は、1または2を表す。また、 R^3 および R^4 の結合位置は、メタ位、パラ位、およびオルト位のいずれでも良いが、メタ位であると昇華温度を低くすることができ、また、パラ位にすると T_g を高めることができる。

[0072]

また、本発明の一態様の化合物のガラス転移温度 T_g は、 100°C 以上であることが好ましい。また、本発明の一態様の化合物のガラス転移温度 T_g は、 120°C 以上、好ましくは 130°C 以上、より好ましくは 140°C 以上、さらに好ましくは 150°C 以上、特に 160°C 以上であるとより望ましい。

[0073]

また、本発明の一態様の化合物は、溶解度が0%以上5%未満であると好ましい。本明細書において、溶解度（重量%）は、次のように評価する。ガラス容器に溶質A（g）、溶媒B（g）を投入し、目視にて析出物が観察されなかった場合、溶解度は $(A / (A + B) \times 100)$ %以上であり、析出物が確認された場合、溶解度は $(A / (A + B) \times 100)$ %未満であると判定する。

[0074]

なお、上記一般式（G1）乃至（G4）における A^1 乃至 A^{92} または R^1 乃至 R^{25} について、上記構成（置換基構造および分子量など）を組み合わせ適用してもよい。例えば、「 R^3 及び R^4 が共に3環以上の縮合環を有し、且つ、 R^4 が窒素を含有する」構成と、「 A^1 乃至 A^3 は全て窒素であり、且つ、 R^1 及び R^2 の分子量が70以上である」構成とを組み合わせると良い。この例に限らず、複数の構成を適宜組み合わせることで、相乗的な効果、例えばガラス転移温度 T_g の向上、安定性の向上、および薄膜状態での膜質の安定性の向上などが得られる。

[0075]

上記一般式（G1）乃至（G4）において、炭素数1乃至10のアルキル基の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、sec-ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、sec-ペンチル基、tert-ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、sec-ヘキシル基、tert-ヘキシル基、ネオヘキシル基、3-メチルペンチル基、2-メチルペンチル基、2-エチルブチル基、1,2-ジメチルブチル基、2,3-ジメチルブチル基等が挙げられる。

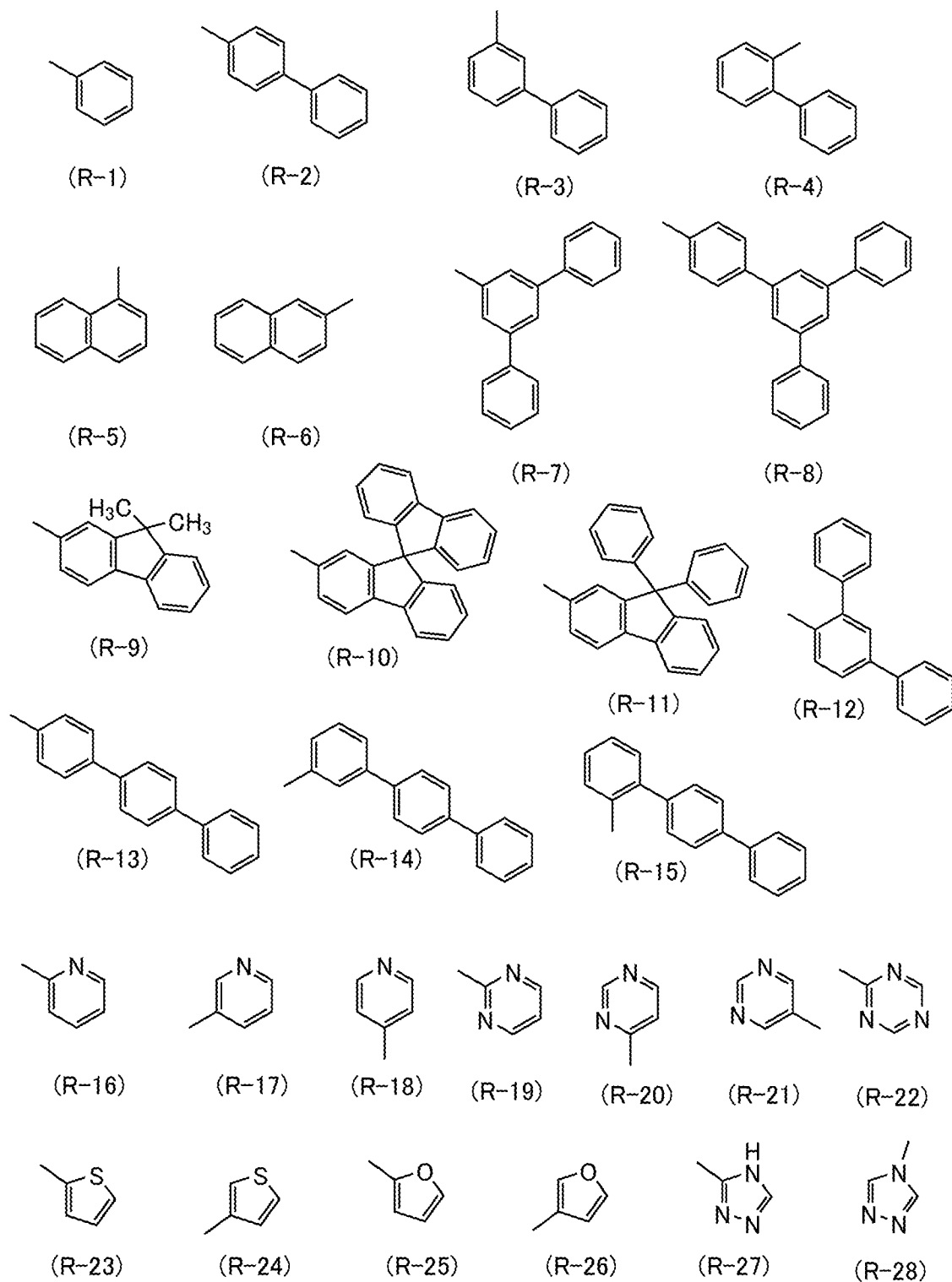
[0076]

また、上記一般式（G1）乃至（G4）において、置換又は無置換の炭素数6～60のアリール基および置換又は無置換の炭素数2乃至50のヘテロアリール基の具体例としては、置換又は無置換の、フェニル基、ビフェニル基、ターフェニル基、フルオレニル基、スピロビフルオレニル基、ナフチル基、アントラセニル基、フェナントリル基、フルオランテニル基、ピレニル基、クリセニル基、トリフェニレニル基、ペリレニル基、インデニル基、ベンゾインデニル基、ピロリル基、インドリル基、カルバゾリル基、フラニル基、ベンゾフラニル基、ジベンゾフラニル基、チオフェニル基、ベンゾチオフェニル基、ジベンゾチオフェニル基、イミダゾリル基、ベンゾイミダゾリル基、トリアゾリル基、オキサゾリル基、オキサジアゾリル基、チアゾリル基、チアジアゾリル基、ピラ

ゾリル基、ピリジル基、ピリミジル基、ピリダジル基、トリアジニル基、キノリニル基、インドロカルバゾリル基、ベンゾカルバゾリル基、キノキサリニル基、又はジベンゾキノキサリニル基等が挙げられる。なお、結合位置は、可能であればいずれでもよい。より具体的には、(R-1)乃至(R-112)で表される置換基であることが好ましい。(R-1)乃至(R-112)で表される置換基は、更に置換基を有していても良い。

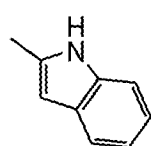
[0077]

[化11]

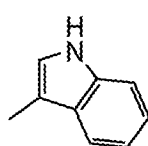


[0 0 7 8]

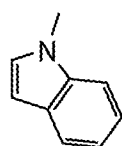
[化 1 2]



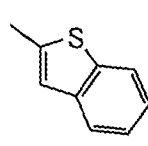
(R-29)



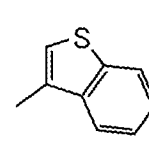
(R-30)



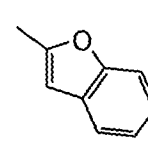
(R-31)



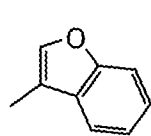
(R-32)



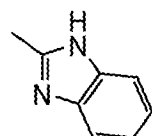
(R-33)



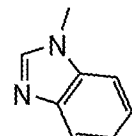
(R-34)



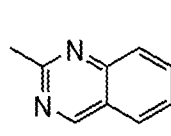
(R-35)



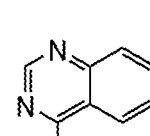
(R-36)



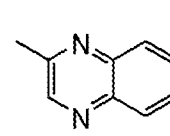
(R-37)



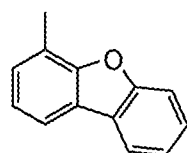
(R-38)



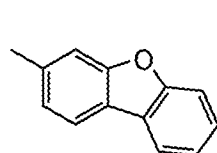
(R-39)



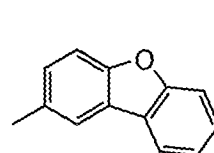
(R-40)



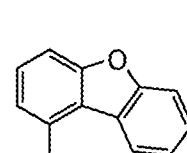
(R-41)



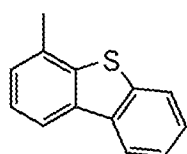
(R-42)



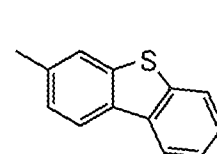
(R-43)



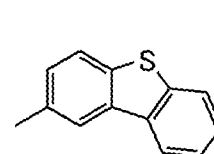
(R-44)



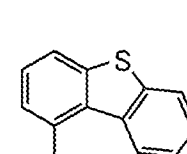
(R-45)



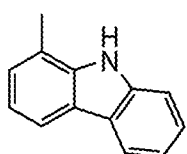
(R-46)



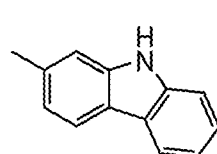
(R-47)



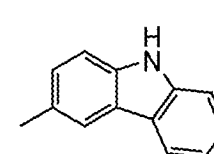
(R-48)



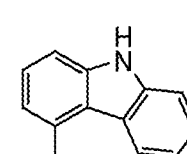
(R-49)



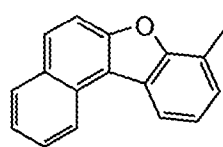
(R-50)



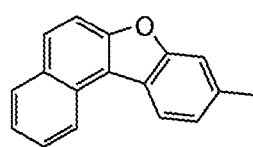
(R-51)



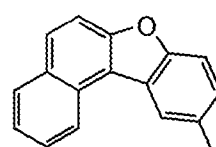
(R-52)



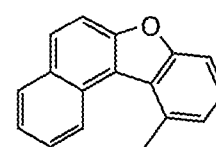
(R-53)



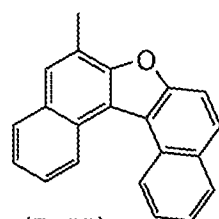
(R-54)



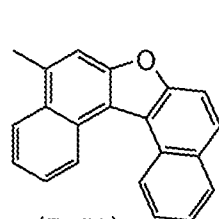
(R-55)



(R-56)



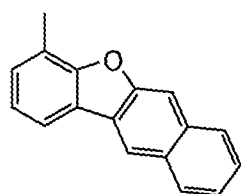
(R-57)



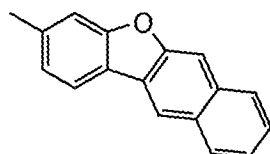
(R-58)

[0 0 7 9]

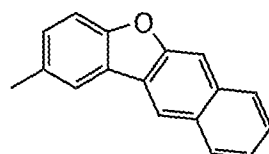
[化 1 3]



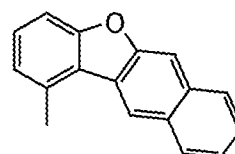
(R-59)



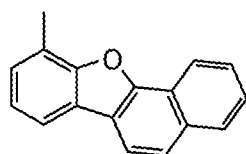
(R-60)



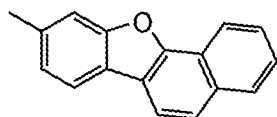
(R-61)



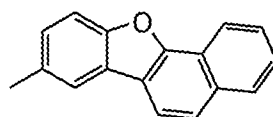
(R-62)



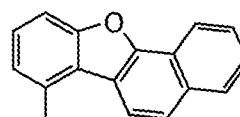
(R-63)



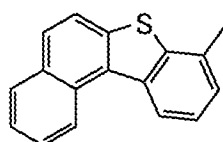
(R-64)



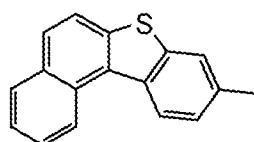
(R-65)



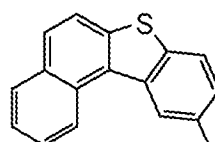
(R-66)



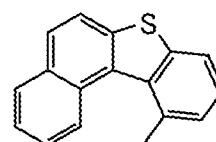
(R-67)



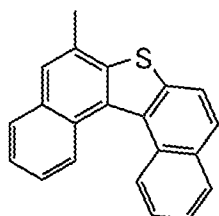
(R-68)



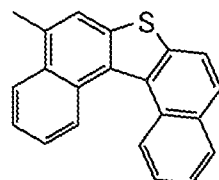
(R-69)



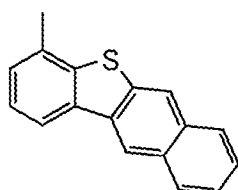
(R-70)



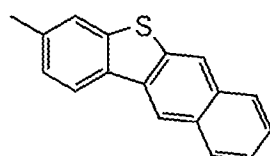
(R-71)



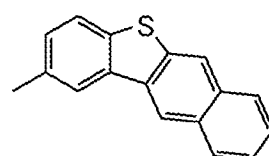
(R-72)



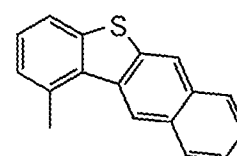
(R-73)



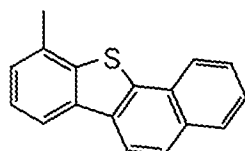
(R-74)



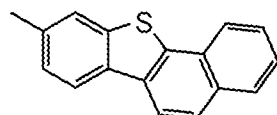
(R-75)



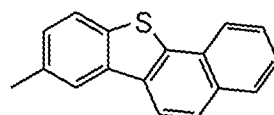
(R-76)



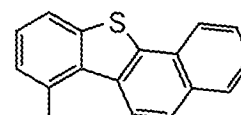
(Ar-77)



(Ar-78)



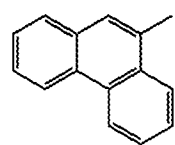
(Ar-79)



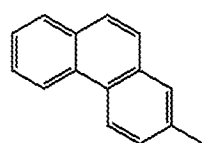
(Ar-80)

[0 0 8 0]

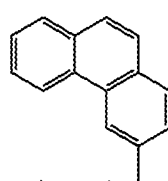
[化 1 4]



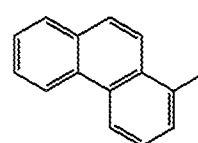
(R-81)



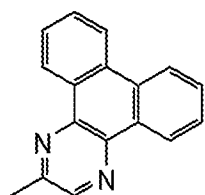
(R-82)



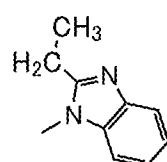
(R-83)



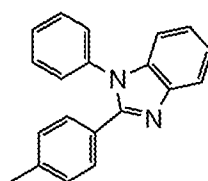
(R-84)



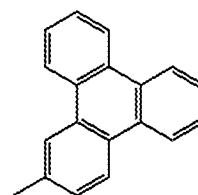
(R-85)



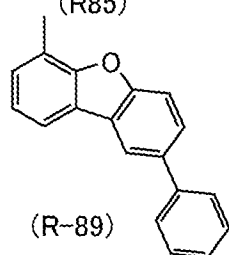
(R-86)



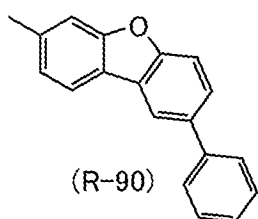
(R-87)



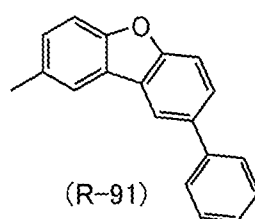
(R-88)



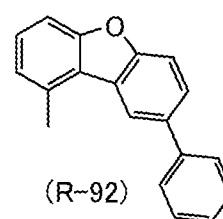
(R-89)



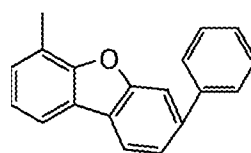
(R-90)



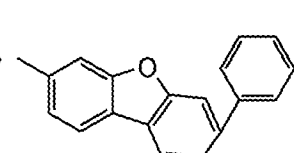
(R-91)



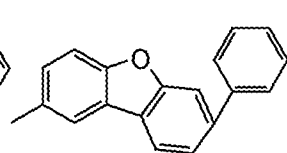
(R-92)



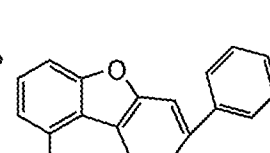
(R-93)



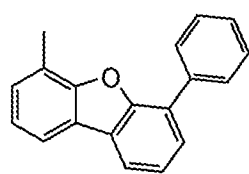
(R-94)



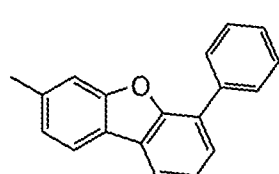
(R-95)



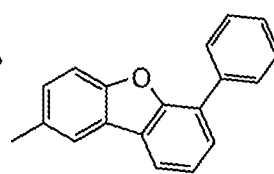
(R-96)



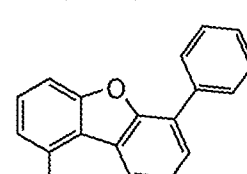
(R-97)



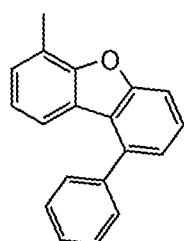
(R-98)



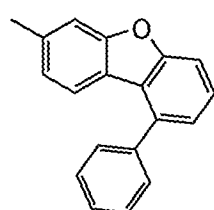
(R-99)



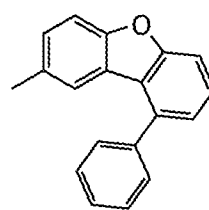
(R-100)



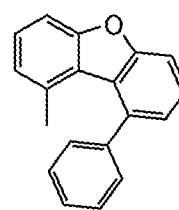
(R-101)



(R-102)



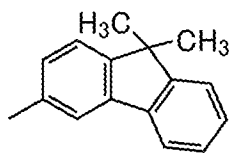
(R-103)



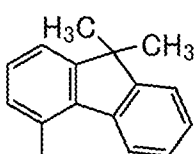
(R-104)

[0 0 8 1]

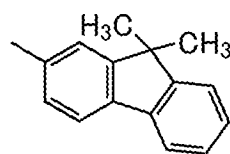
[化 1 5]



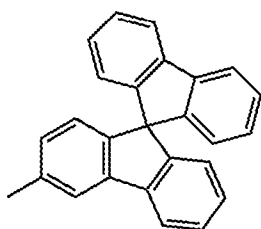
(R-105)



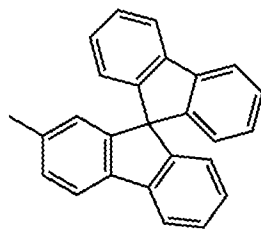
(R-106)



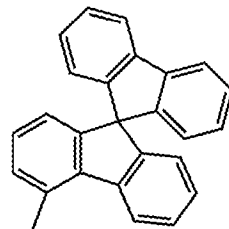
(R-107)



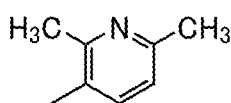
(R-108)



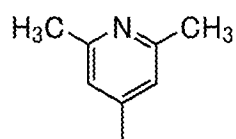
(R-109)



(R-110)



(R-111)



(R-112)

[0082]

本発明の一態様である化合物を発光デバイスに用いる場合、薄膜（有機化合物層ともいう）とすることが好ましい。本発明の一態様である有機化合物を有する薄膜は、発光デバイスにおいて電荷調整層、電荷発生層、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、またはキャップ層に好適に用いることが可能である。また、本発明の一態様に係る有機化合物は、非発光デバイスに用いることもできる。非発光デバイスとして、例えば受光デバイス等のデバイスが挙げられる。

[0083]

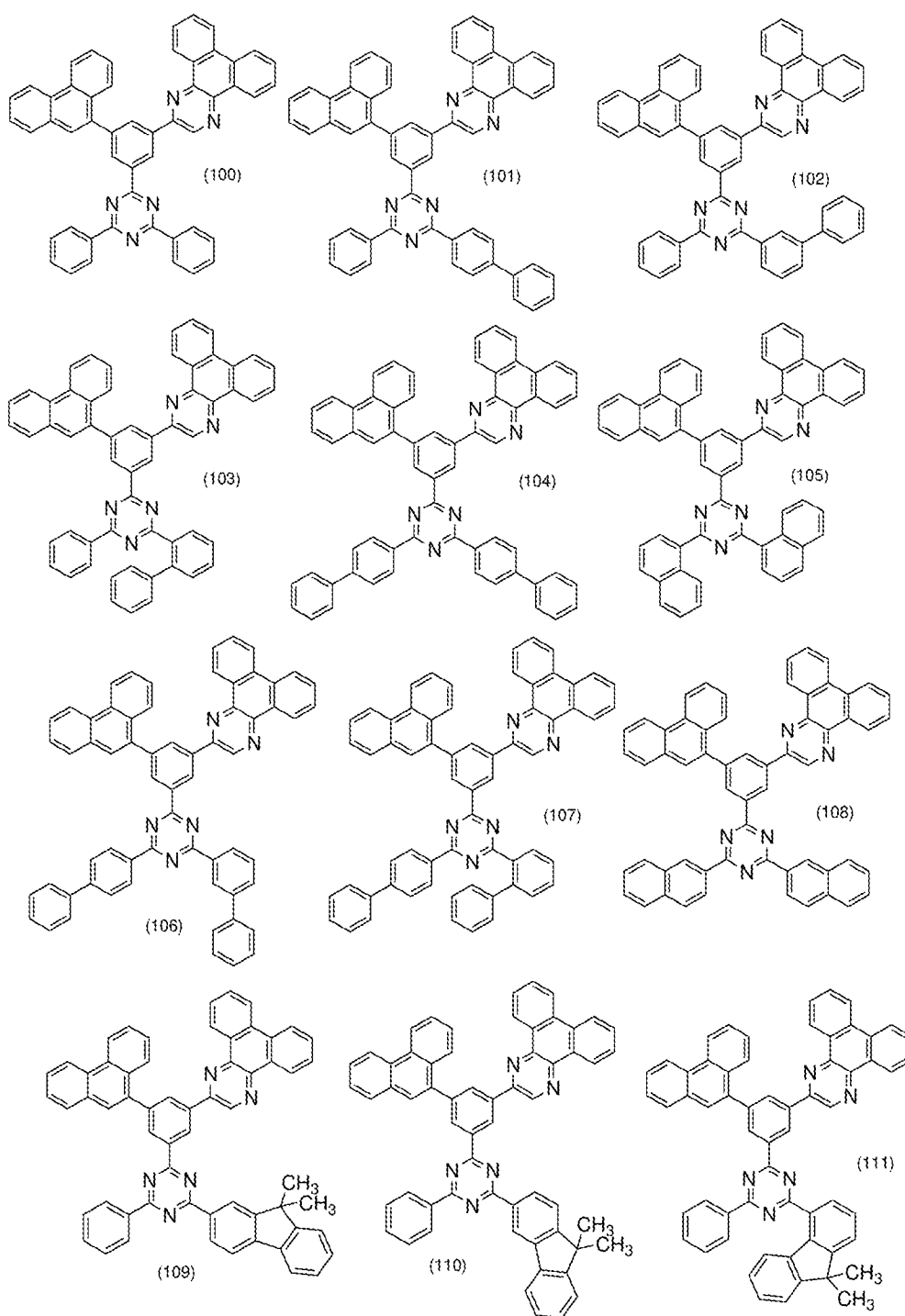
なお、本発明の一態様である有機化合物を発光デバイス又は受光デバイスに用いる場合の詳細の構成は、後述する実施の形態2等にて詳細に説明する。

[0084]

次に、上記一般式（G1）乃至（G4）で表される構造を有する、本発明の一態様である有機化合物、および発光デバイスに用いることができる有機化合物の具体的な例を以下に示す。

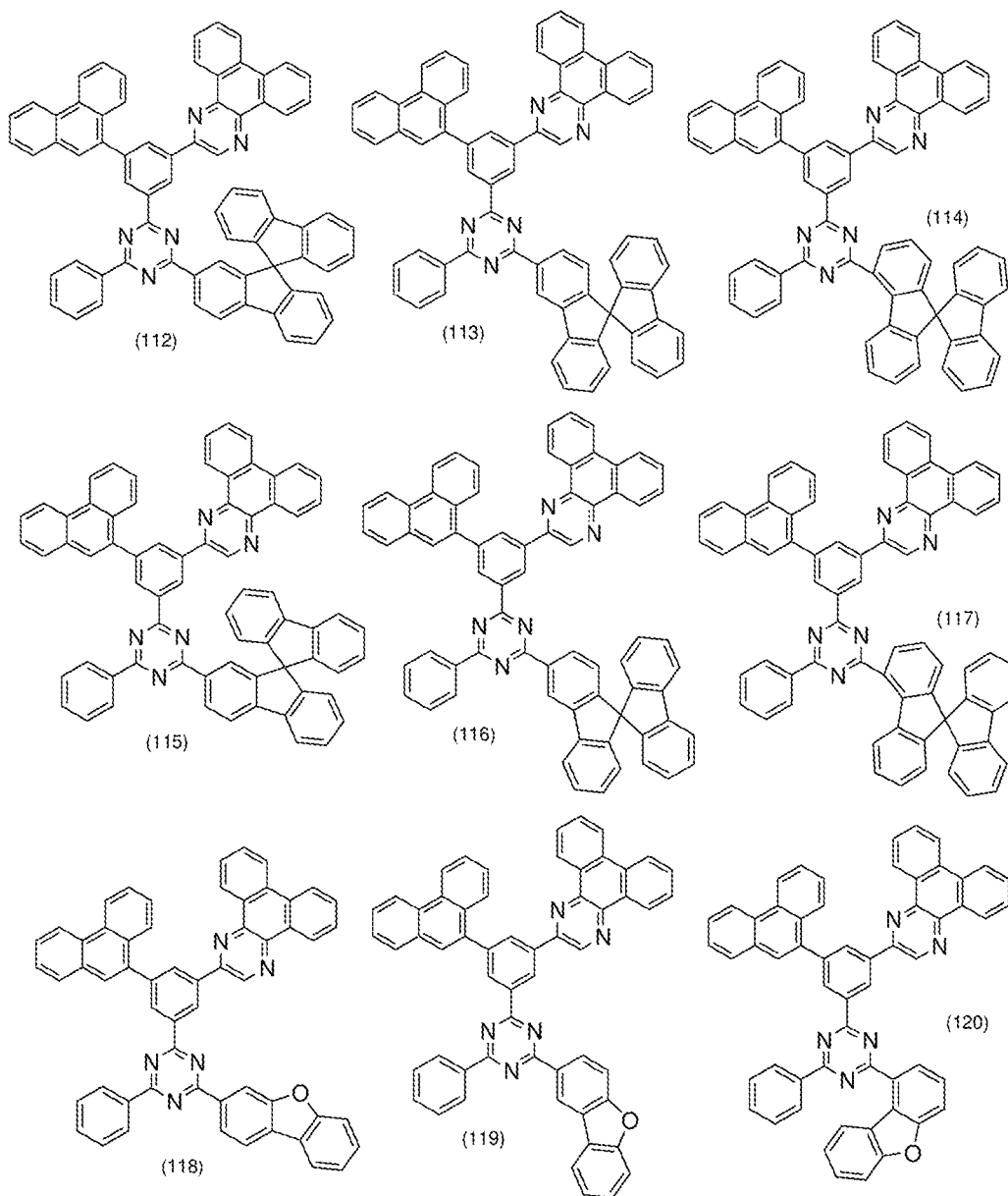
[0085]

[化16]



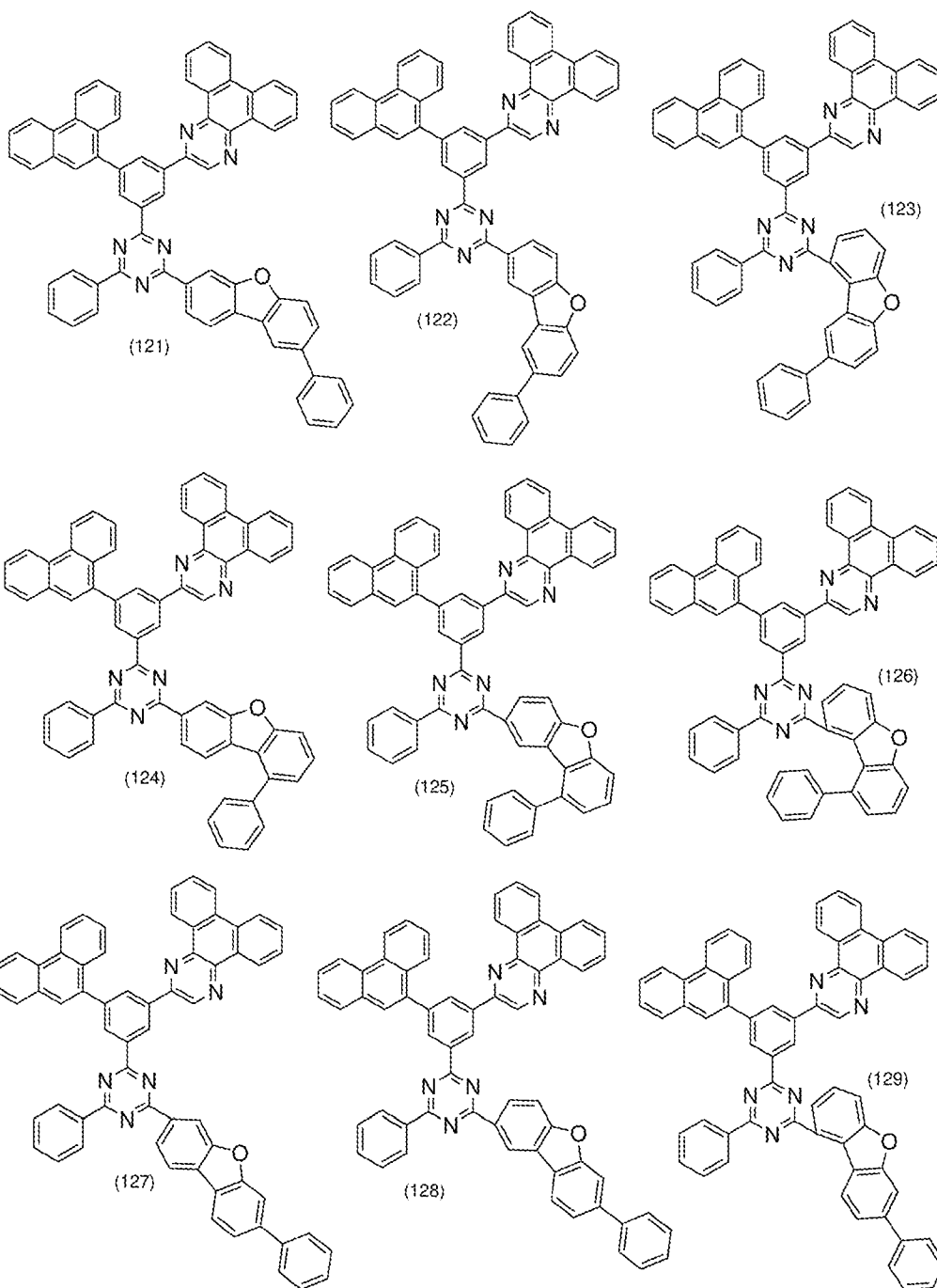
[0 0 8 6]

[化 1 7]



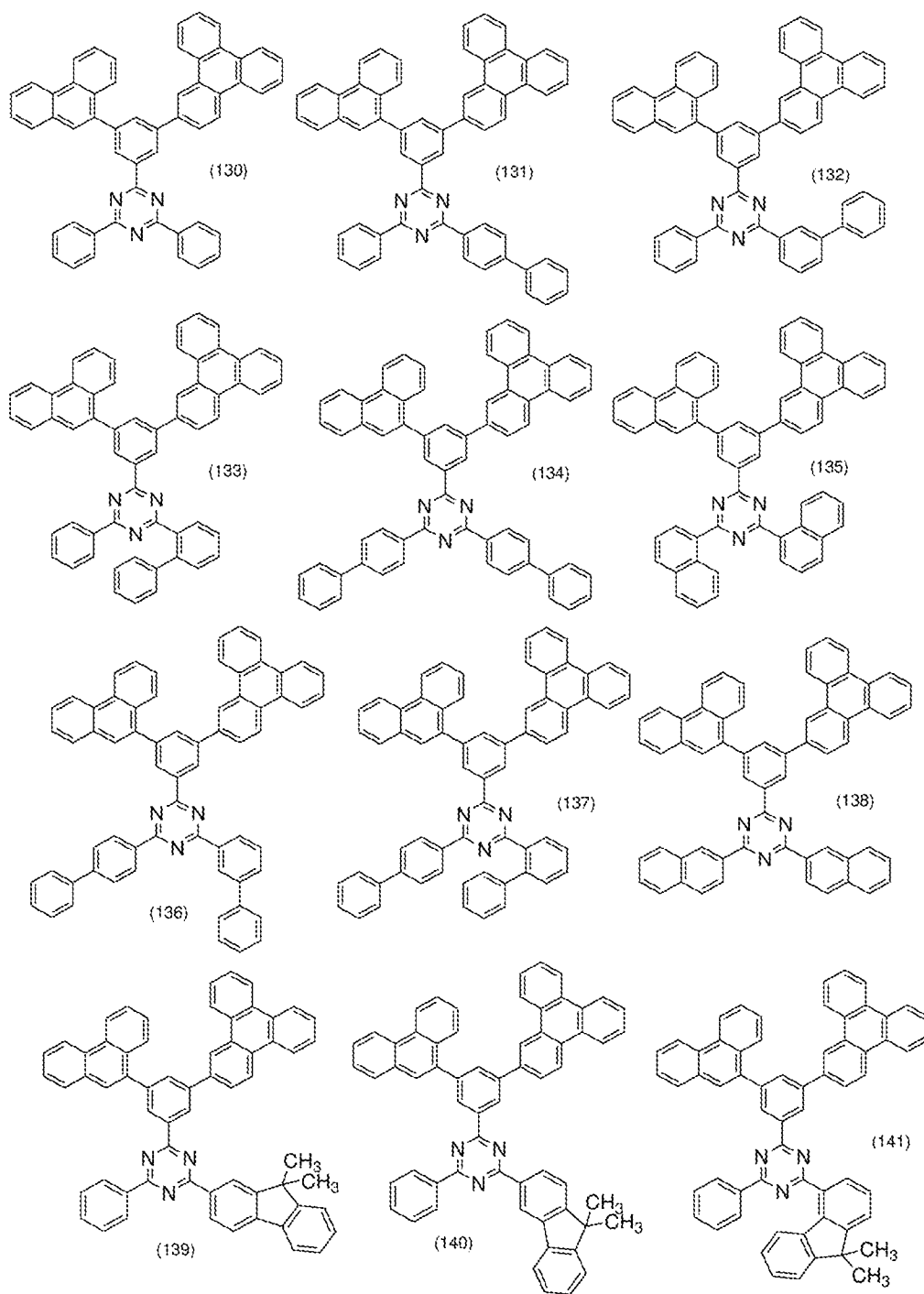
[0 0 8 7]

[化 1 8]



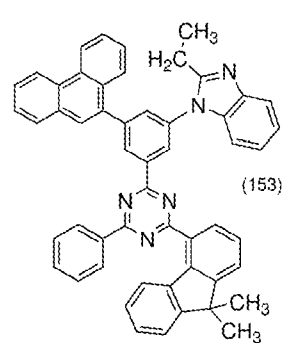
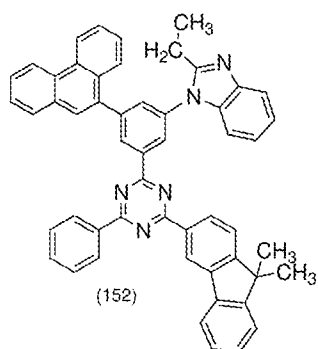
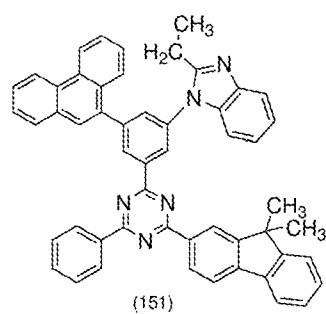
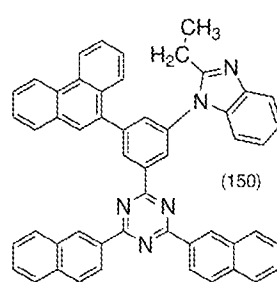
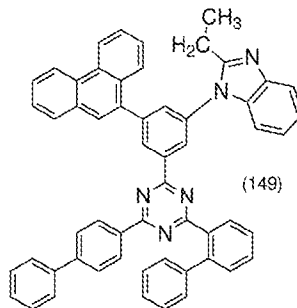
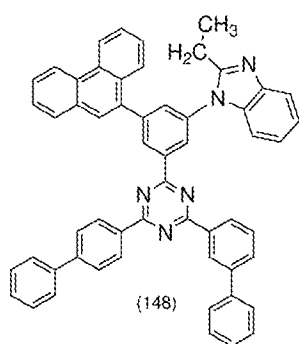
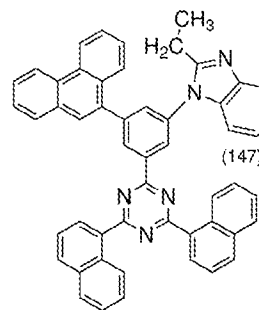
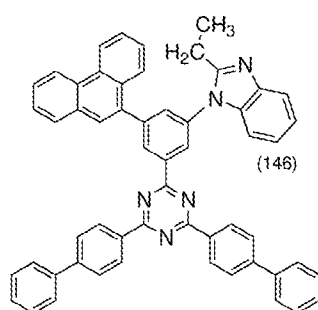
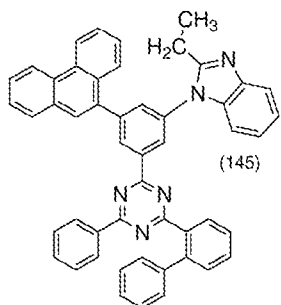
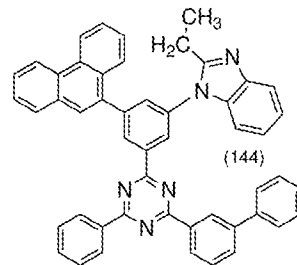
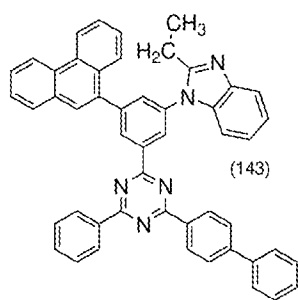
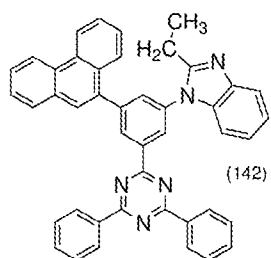
[0 0 8 8]

[化 1 9]



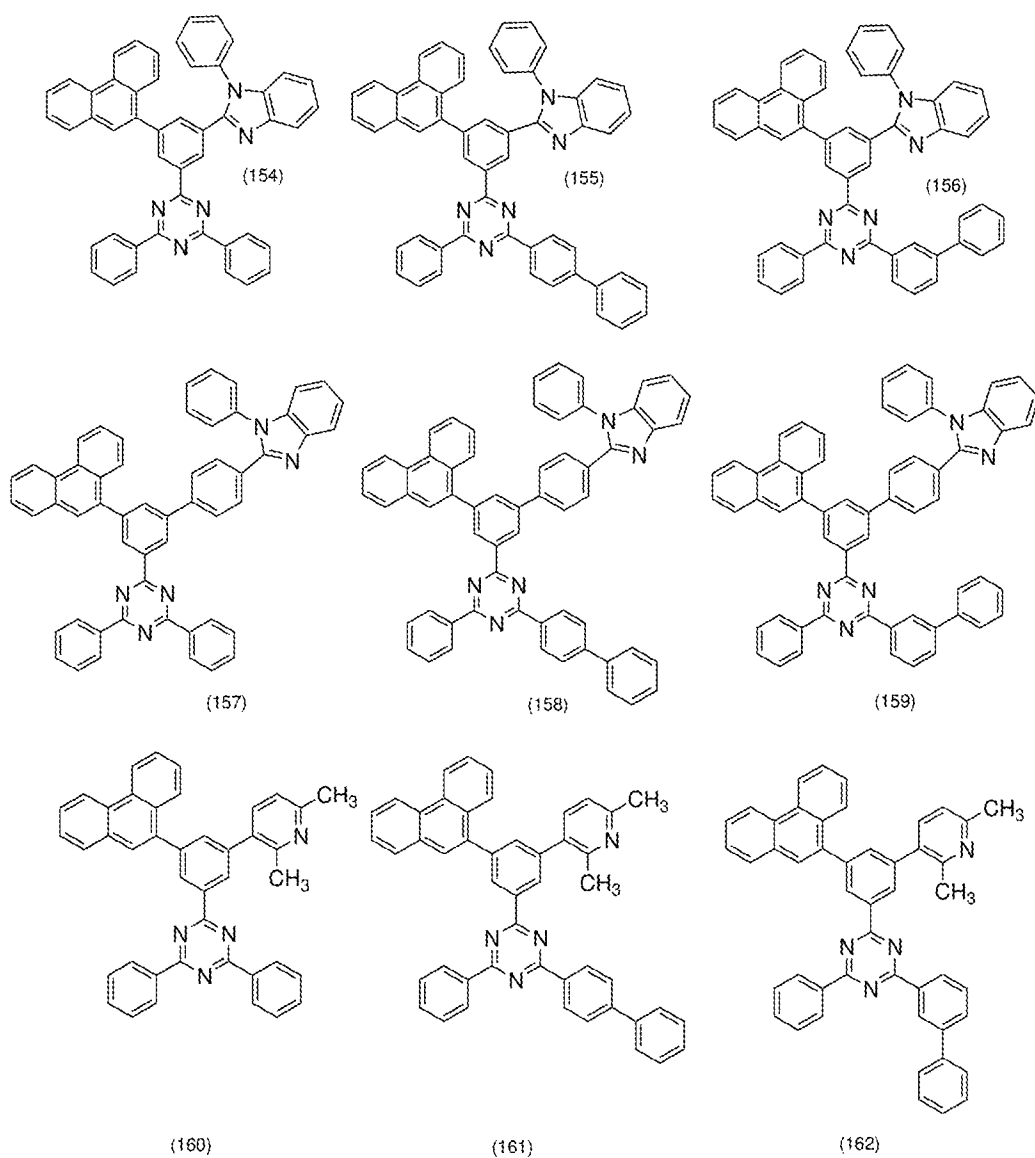
[0 0 8 9]

[化 2 0]



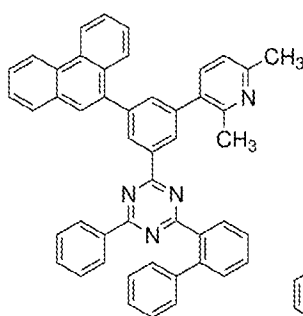
[0 0 9 0]

[化 2 1]

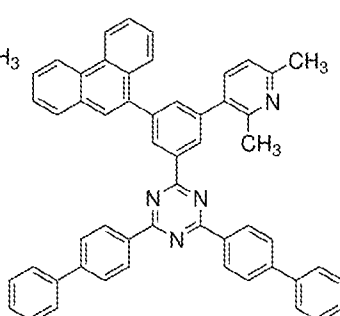


[0 0 9 1]

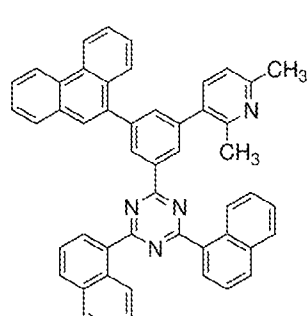
[化 2 2]



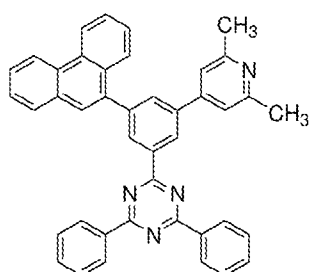
(163)



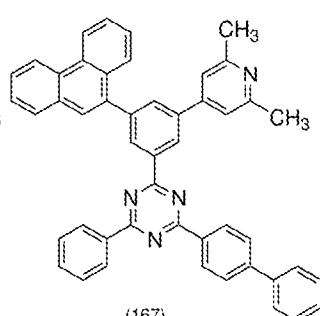
(164)



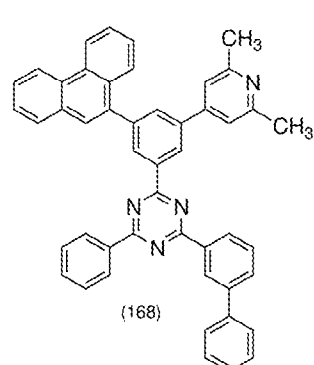
(165)



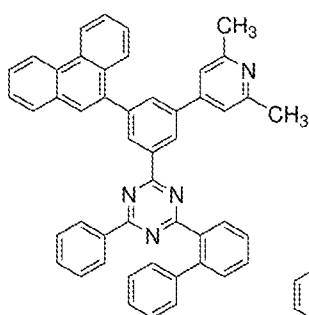
(166)



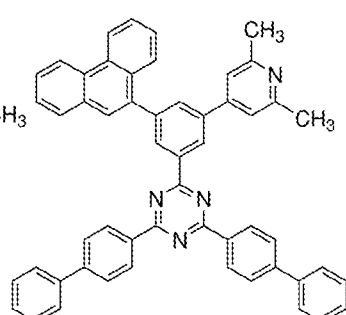
(167)



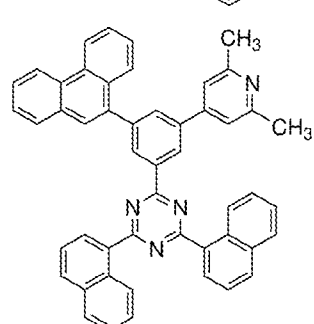
(168)



(169)



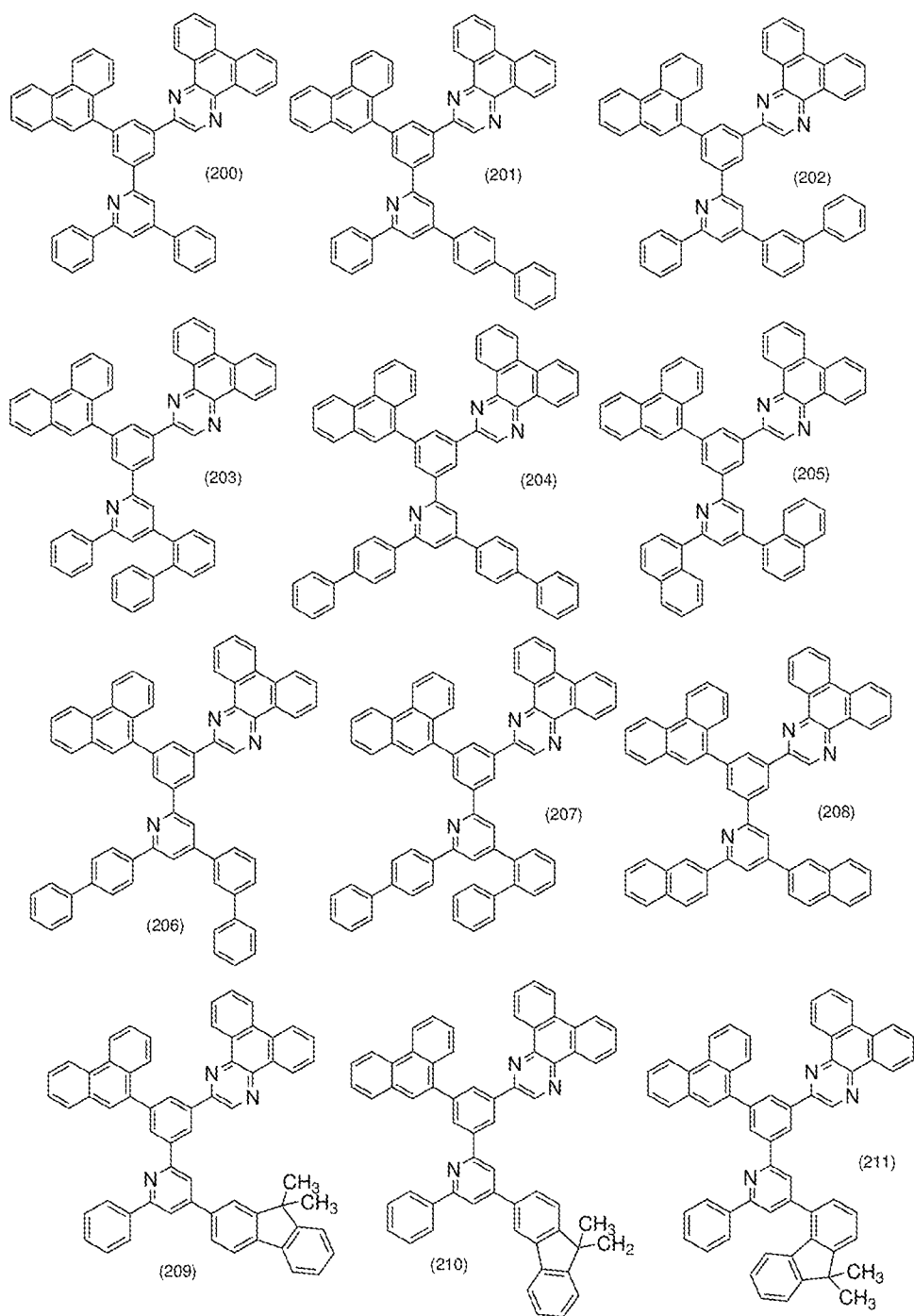
(170)



(171)

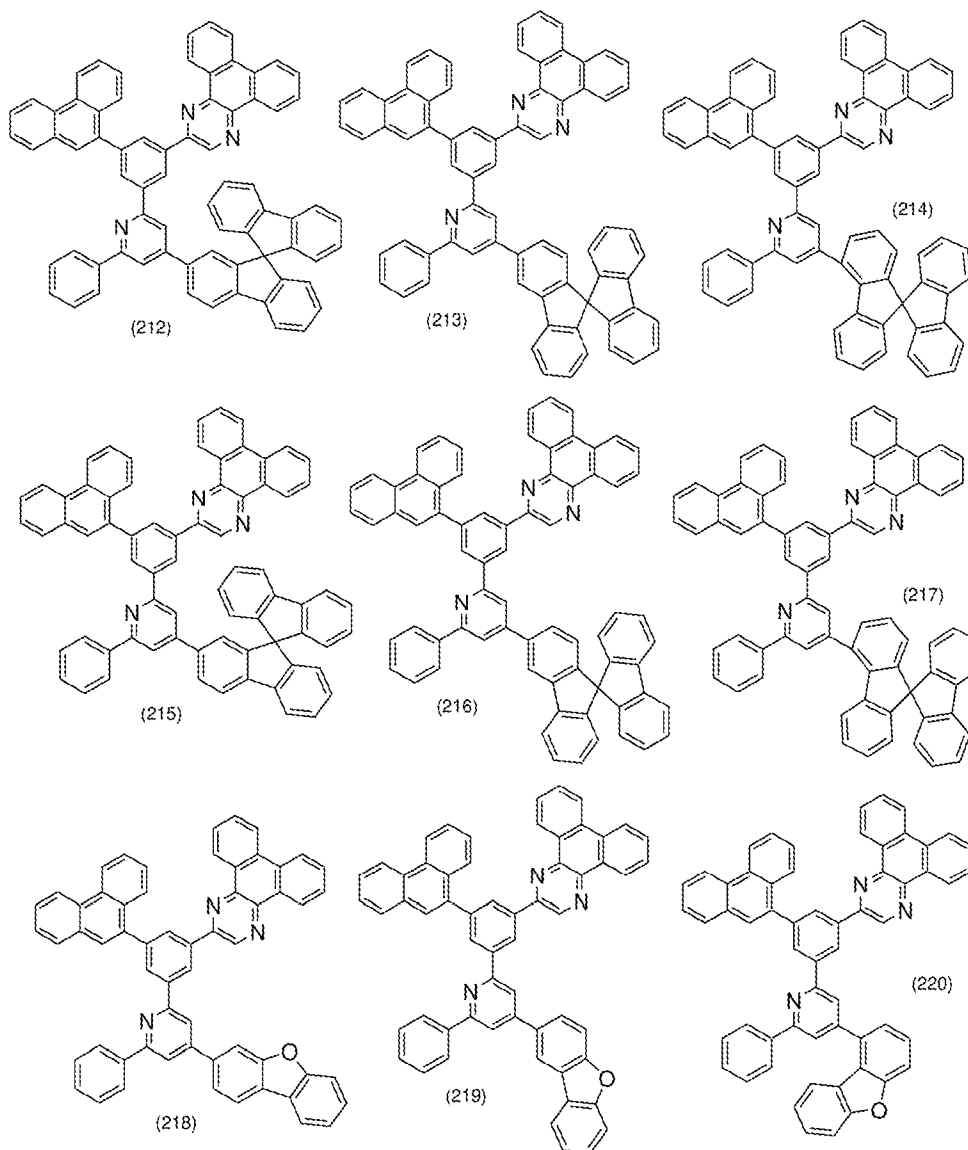
[0 0 9 2]

[化 2 3]



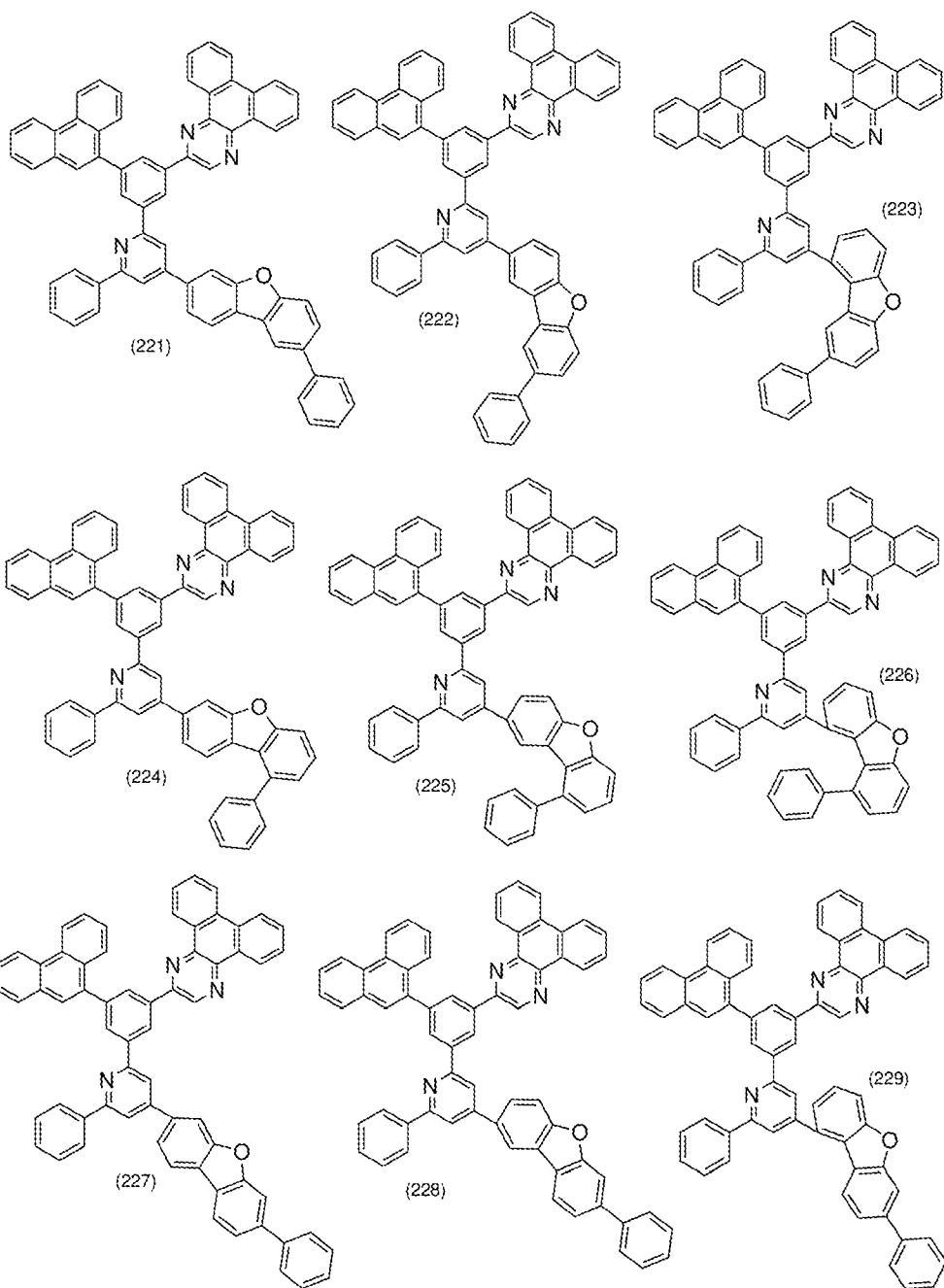
[0 0 9 3]

[化 2 4]



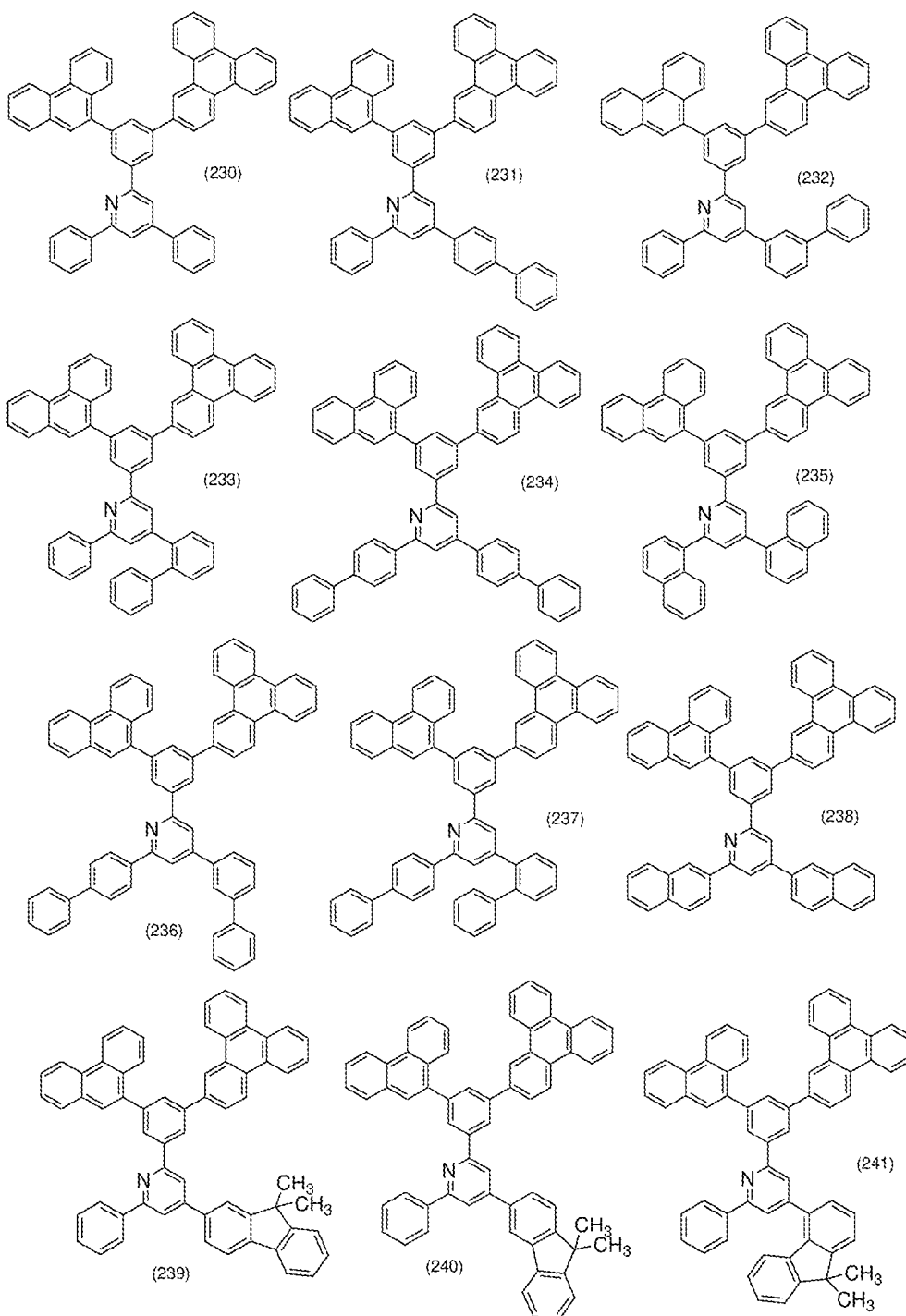
[0 0 9 4]

[化 2 5]



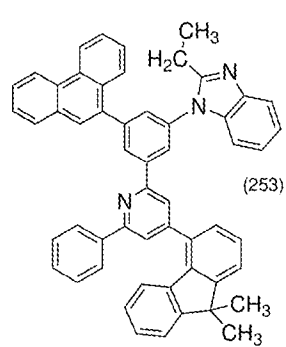
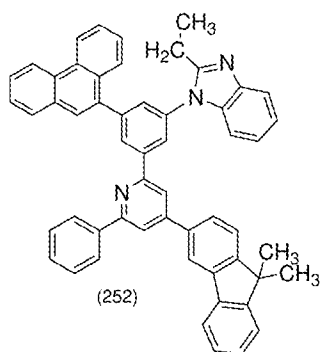
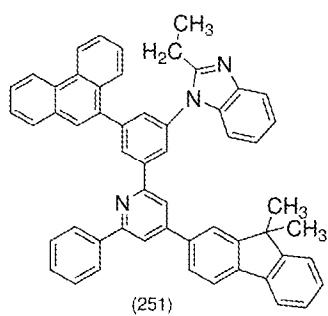
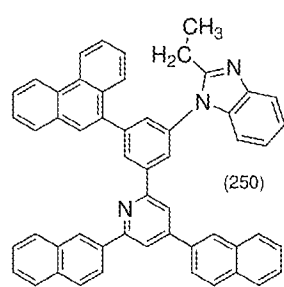
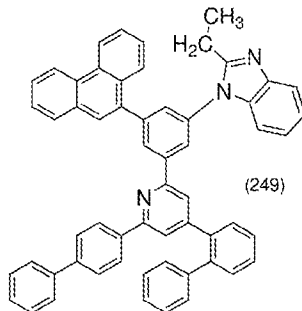
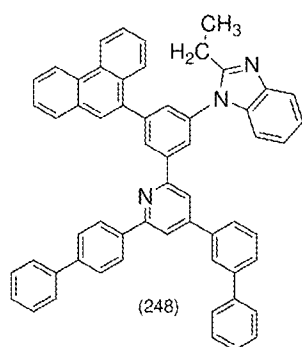
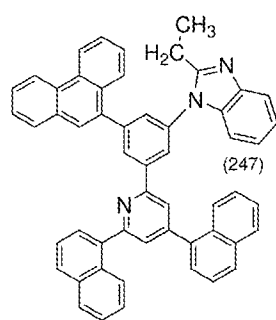
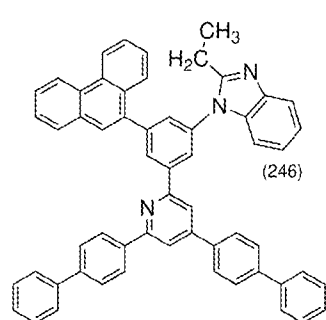
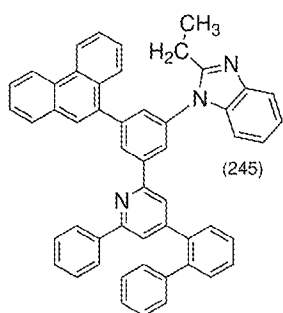
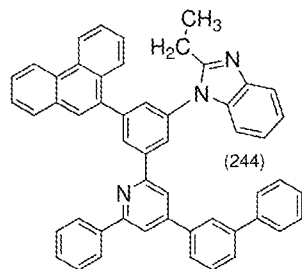
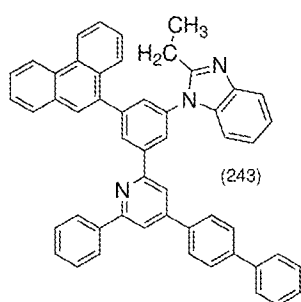
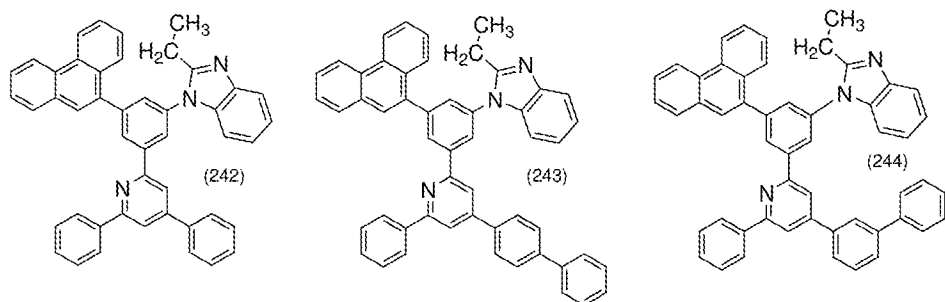
[0 0 9 5]

[化 2 6]



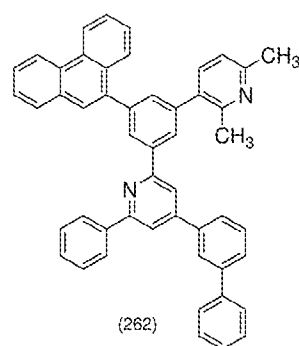
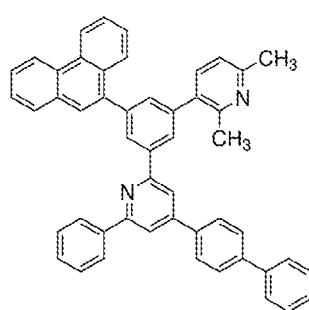
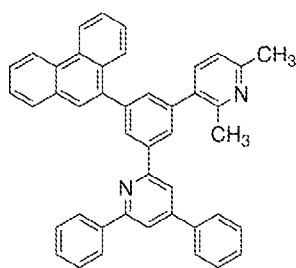
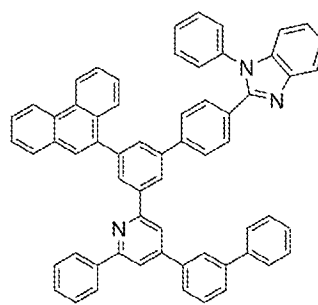
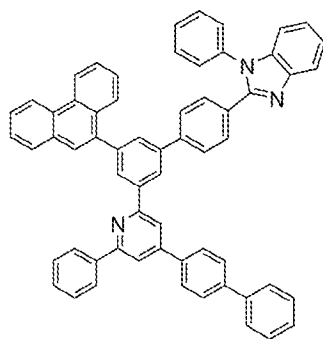
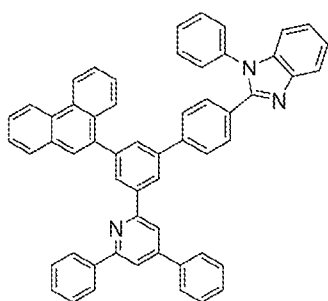
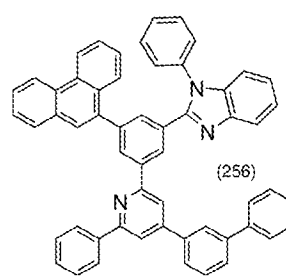
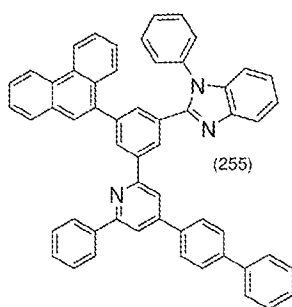
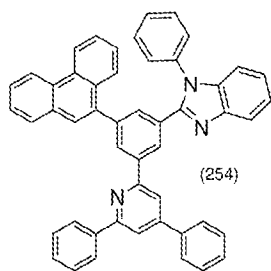
[0 0 9 6]

[化 2 7]



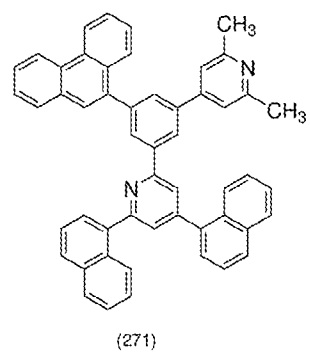
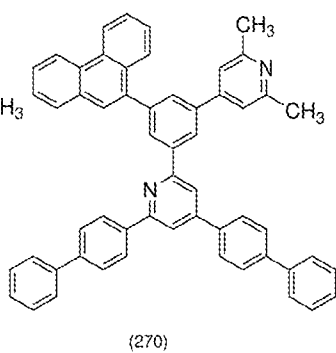
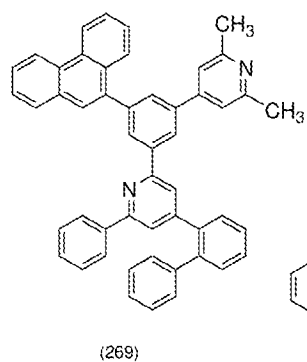
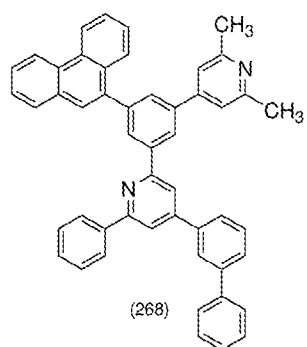
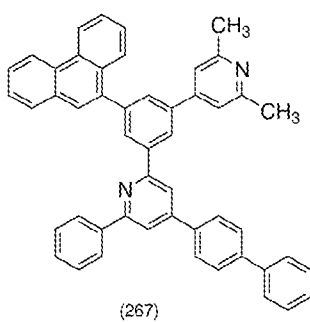
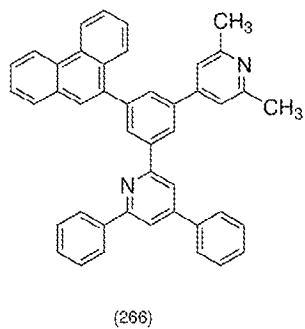
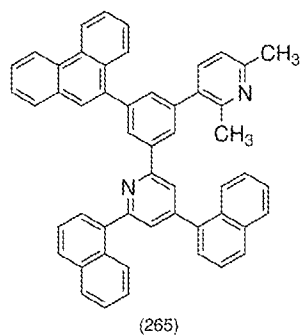
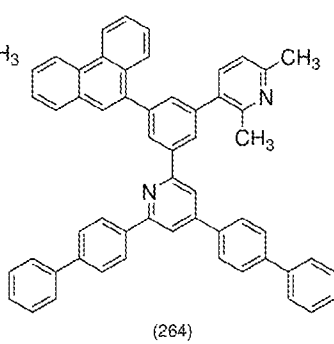
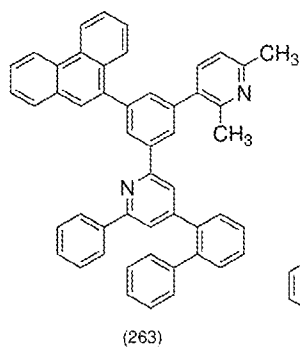
[0 0 9 7]

[化 2 8]



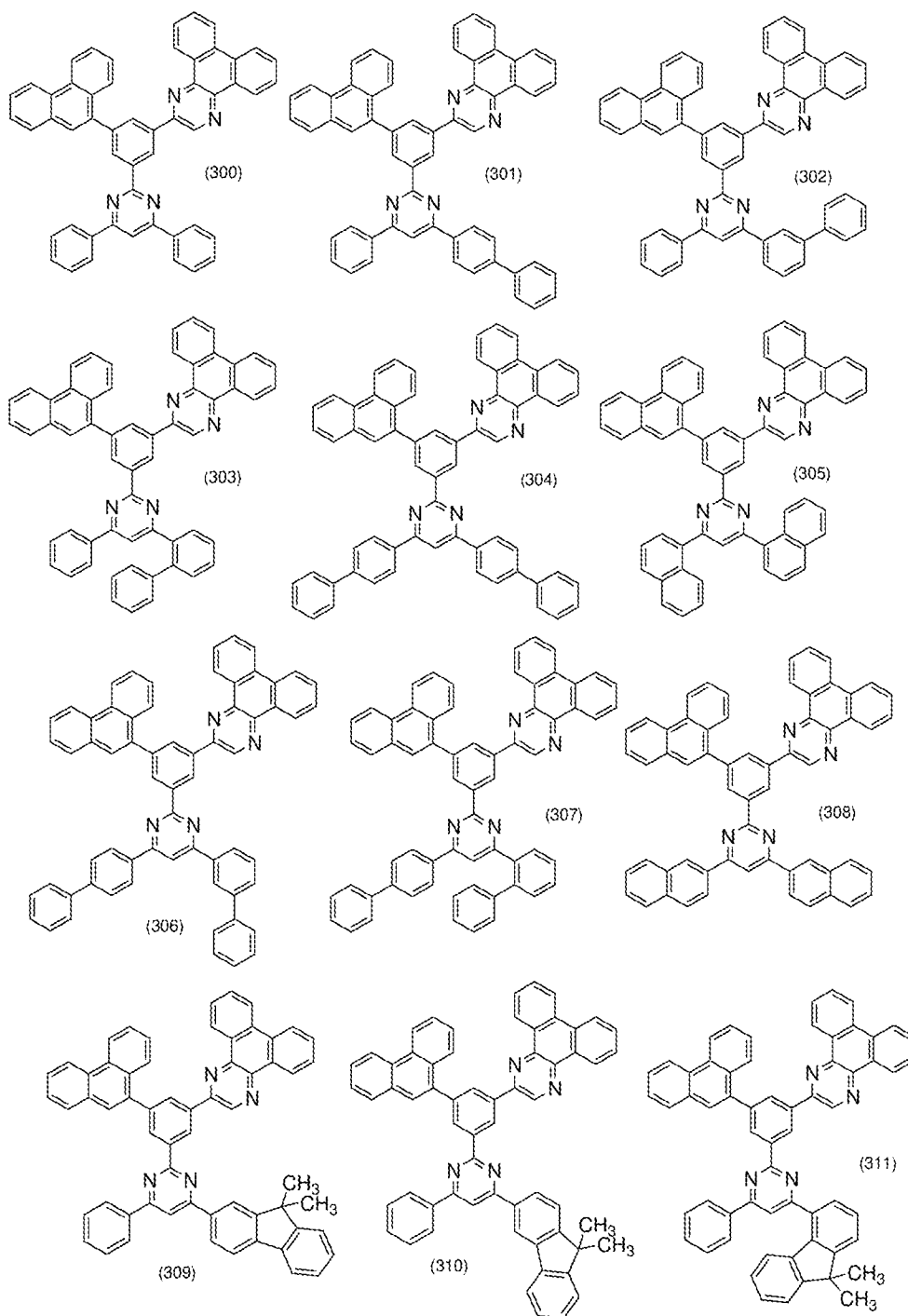
[0 0 9 8]

[化 2 9]



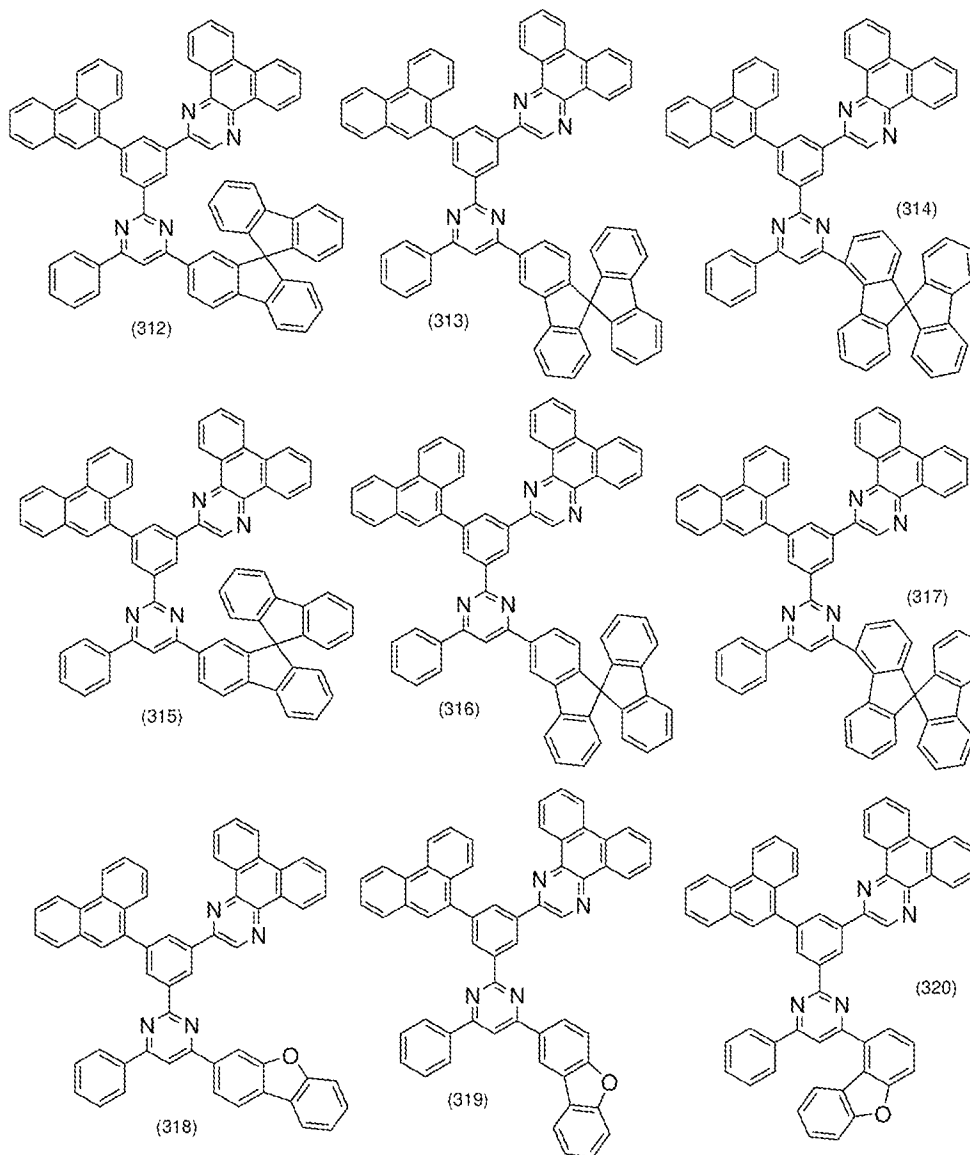
[0 0 9 9]

[化 3 0]



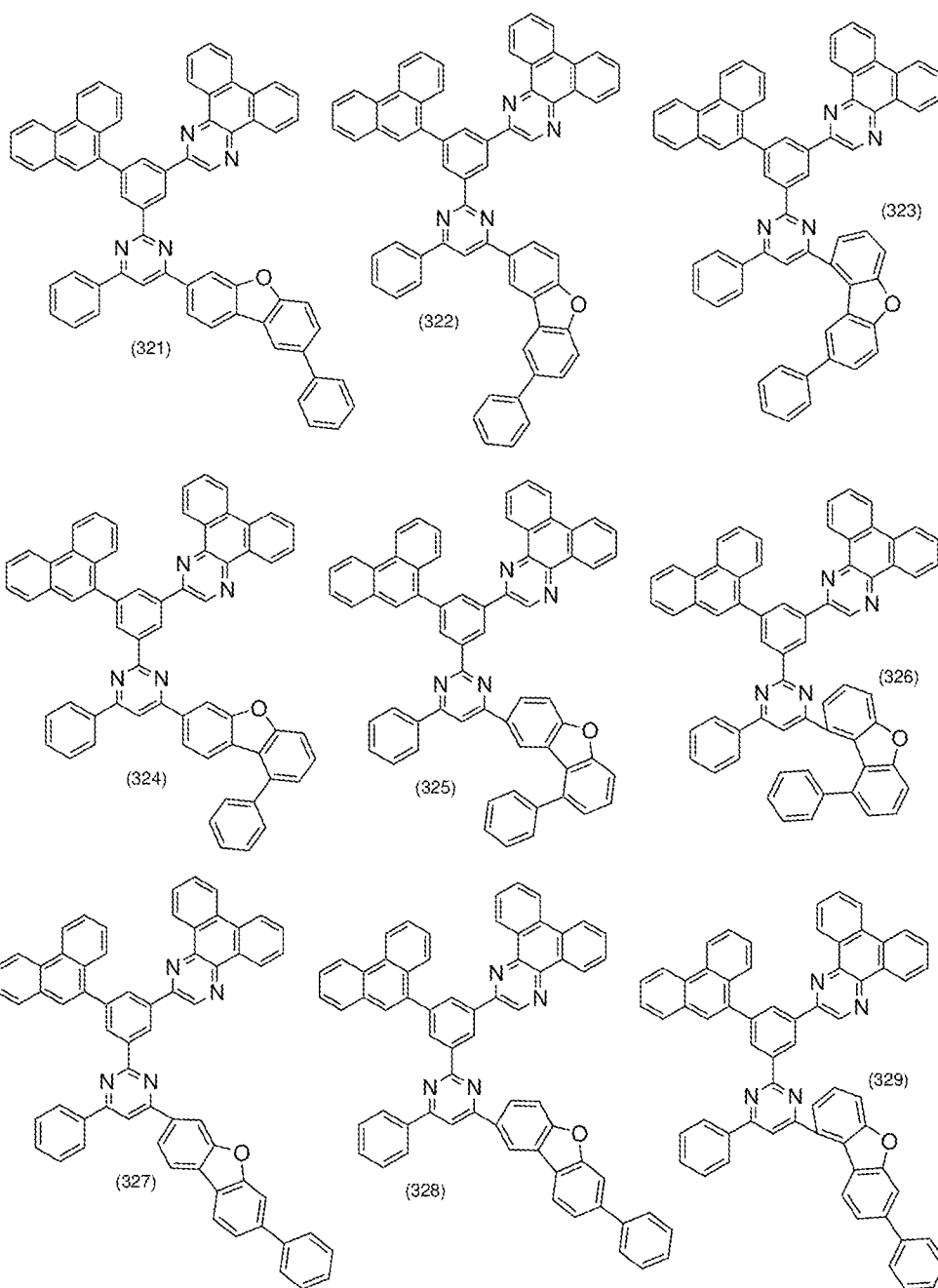
[0 1 0 0]

[化 3 1]



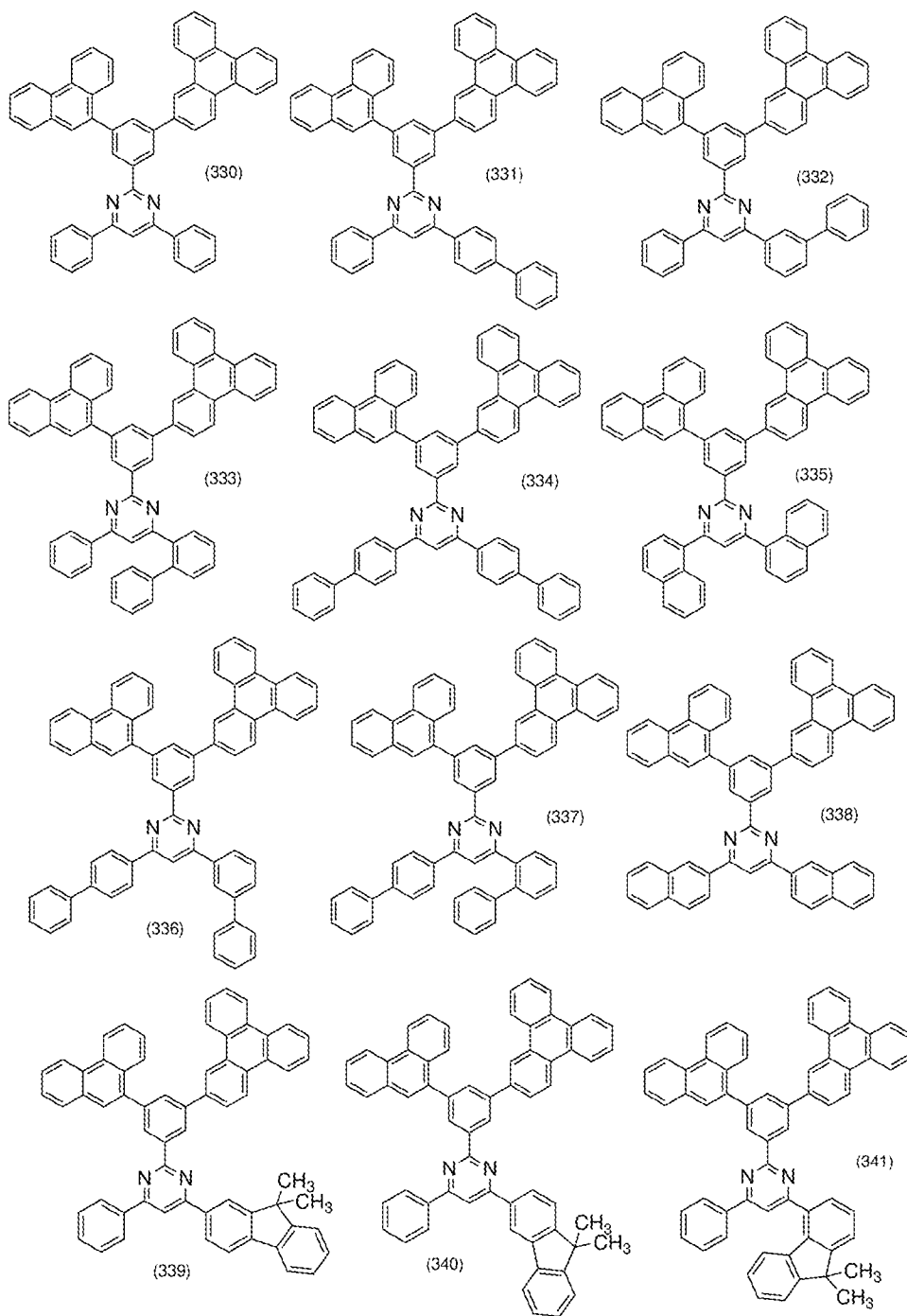
[0 1 0 1]

[化 3 2]



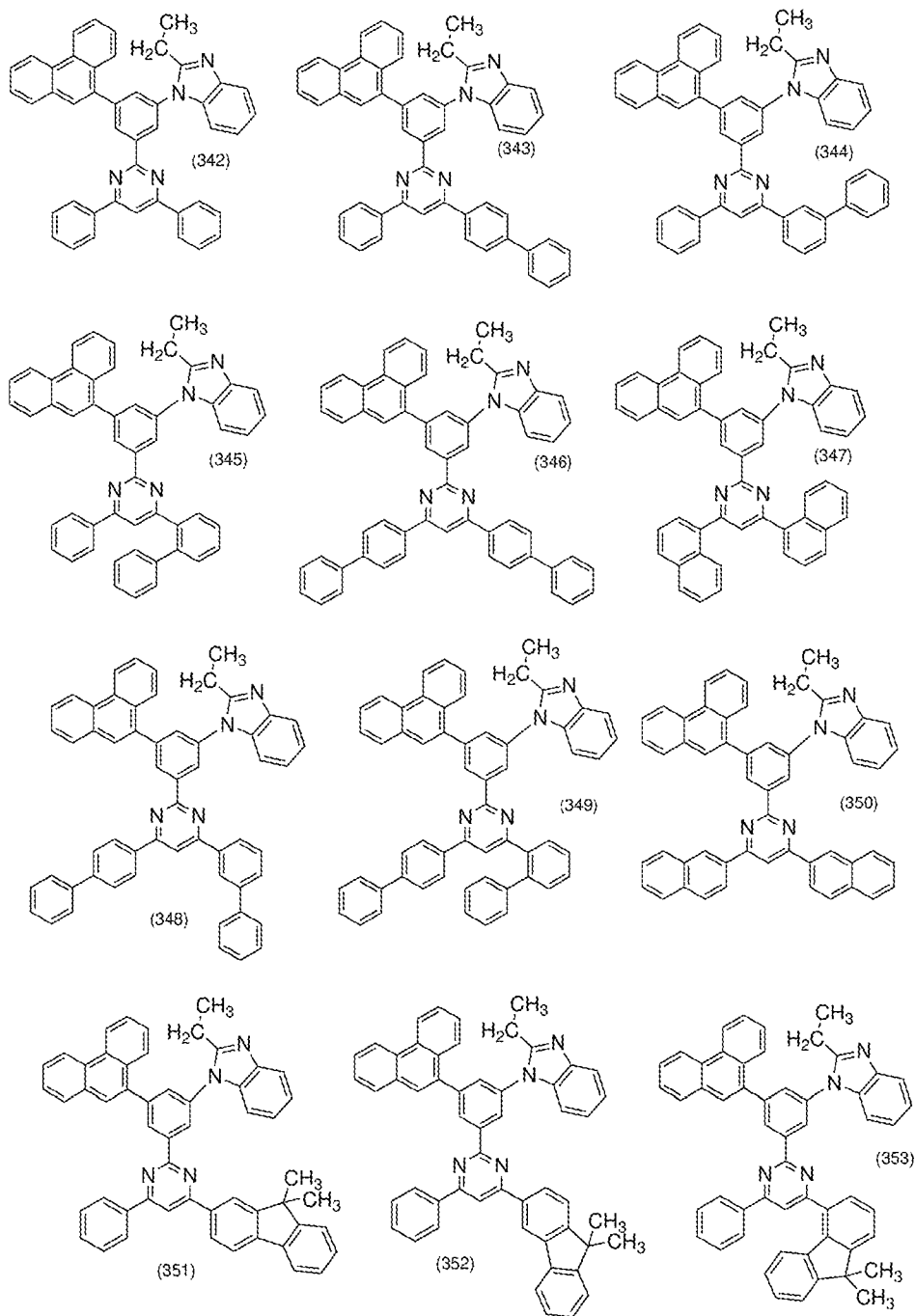
[0 1 0 2]

[化 3 3]



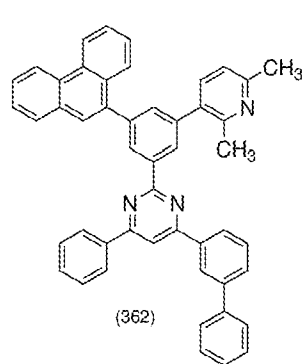
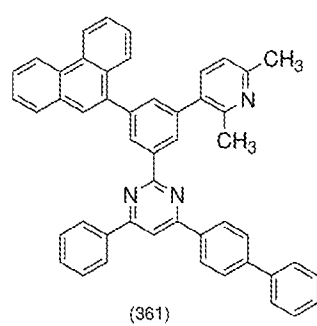
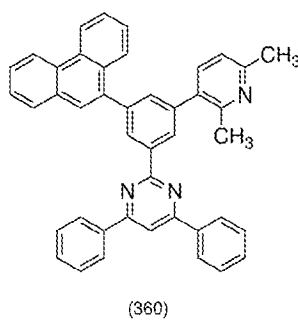
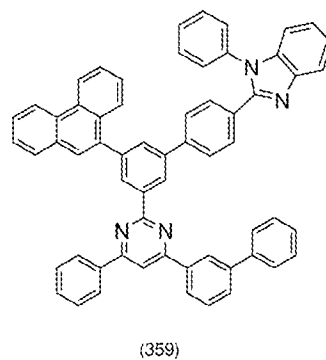
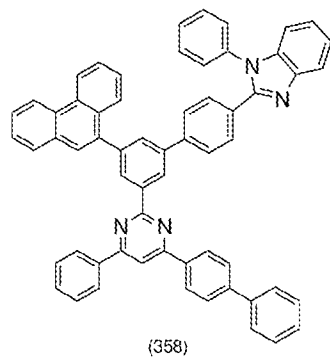
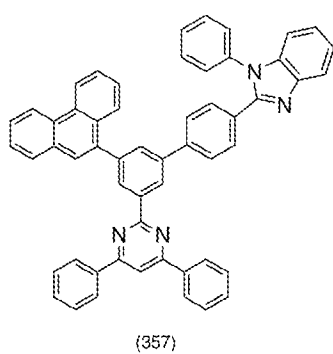
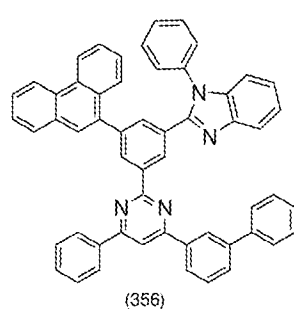
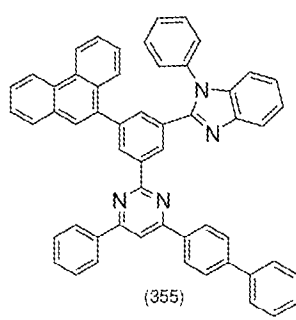
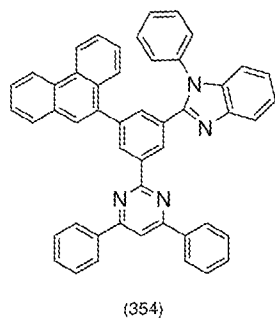
[0 1 0 3]

[化 3 4]



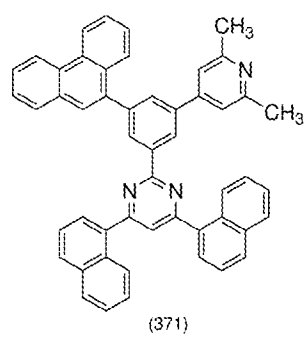
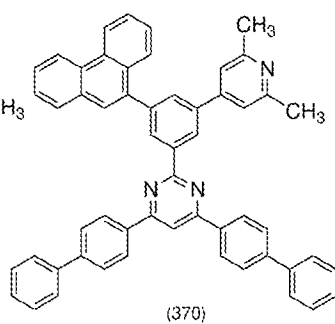
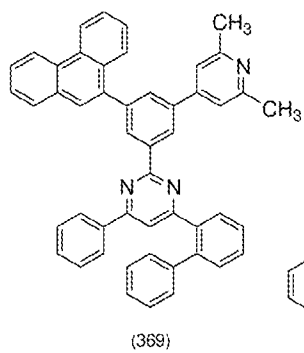
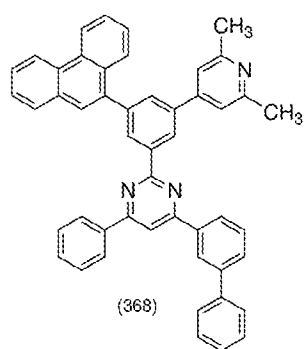
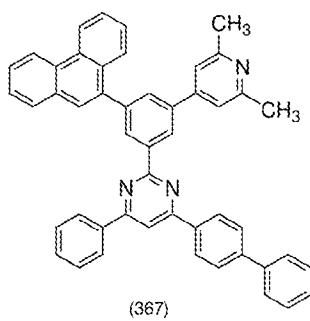
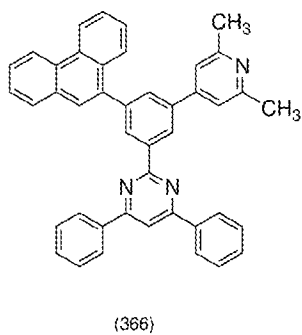
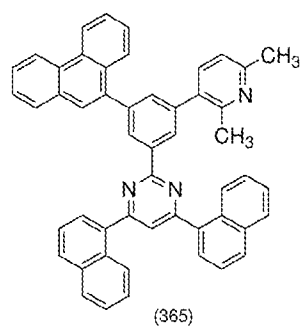
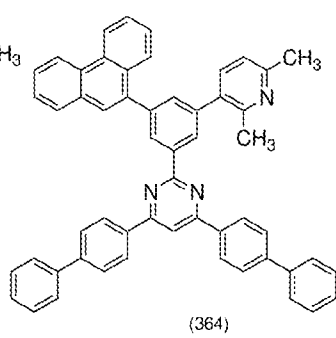
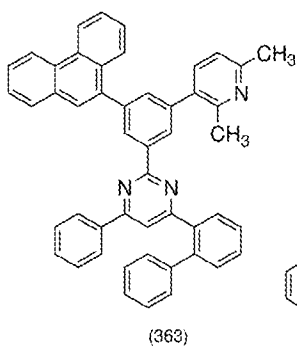
[0 1 0 4]

[化 3 5]



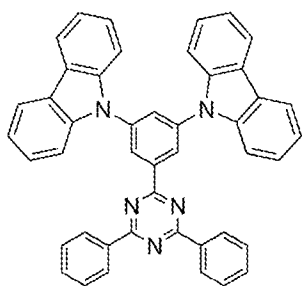
[0 1 0 5]

[化 3 6]

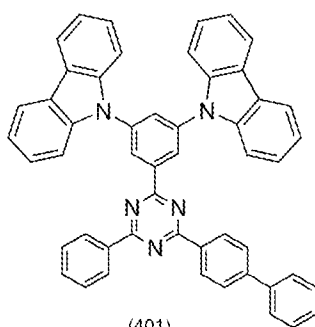


[0 1 0 6]

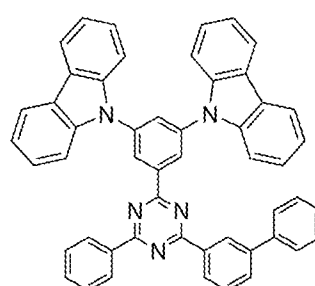
[化 3 7]



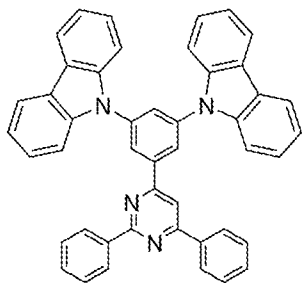
(400)



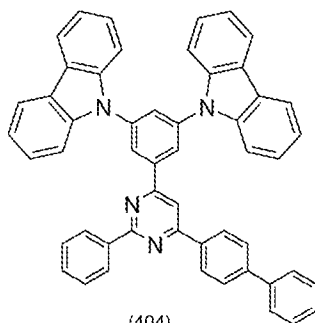
(401)



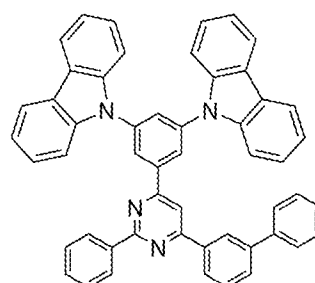
(402)



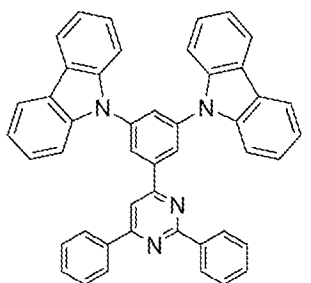
(403)



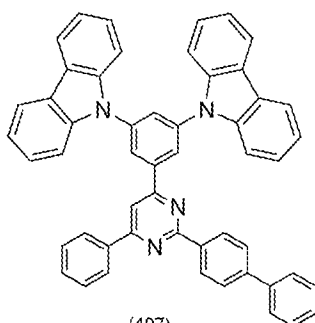
(404)



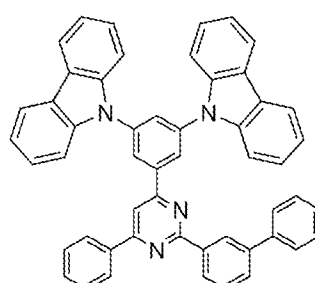
(405)



(406)



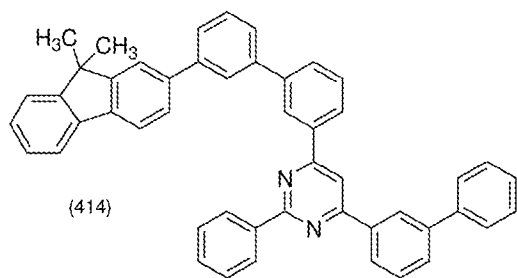
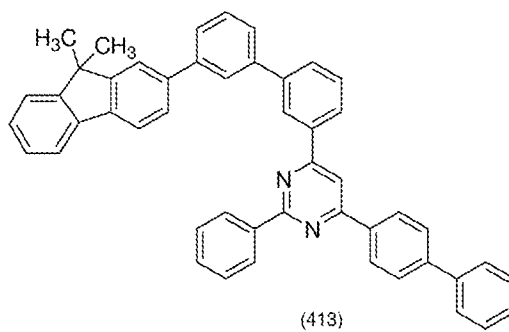
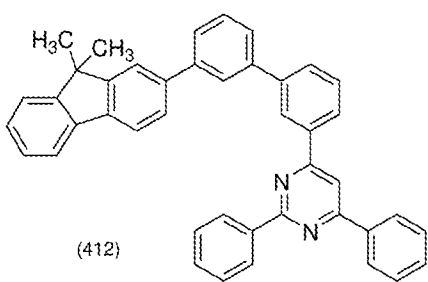
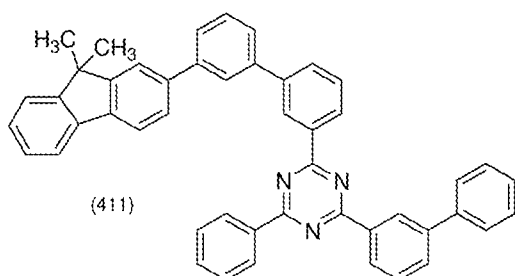
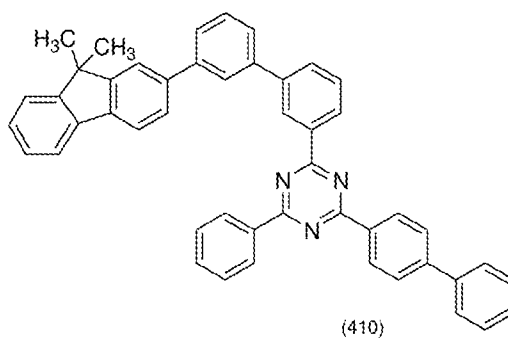
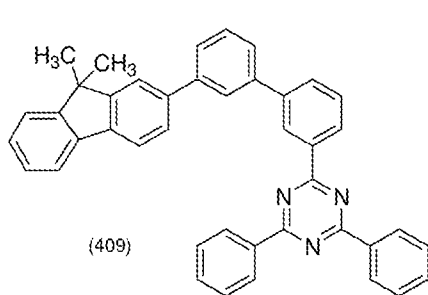
(407)



(408)

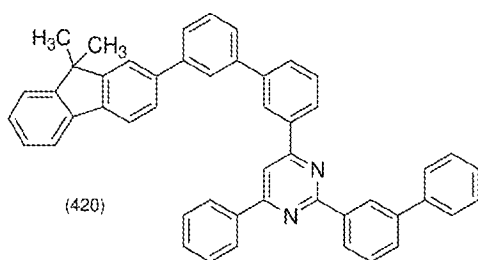
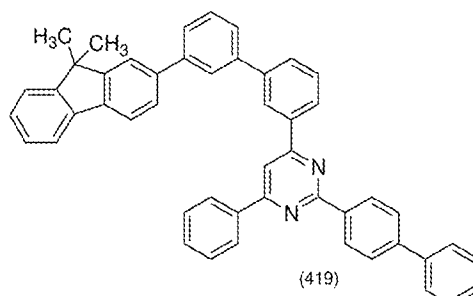
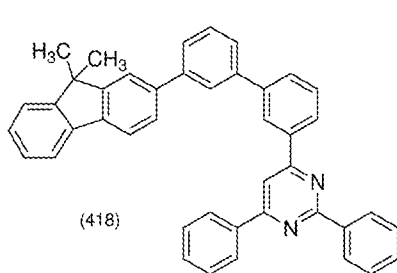
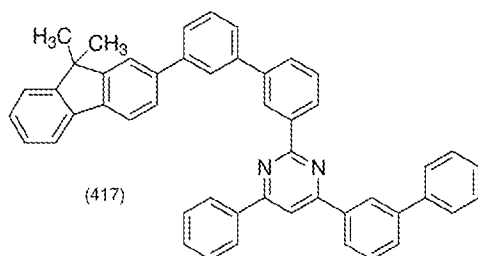
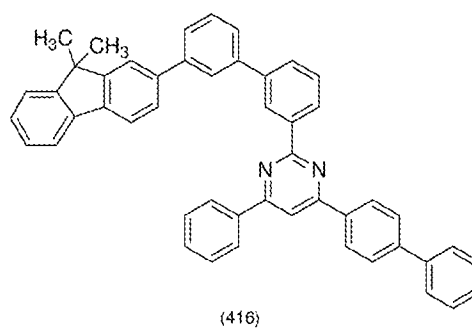
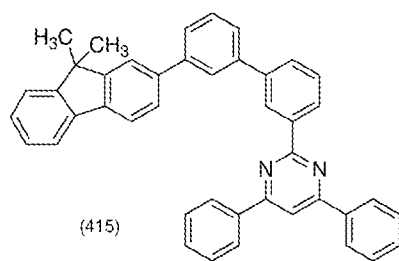
[0 1 0 7]

[化 3 8]



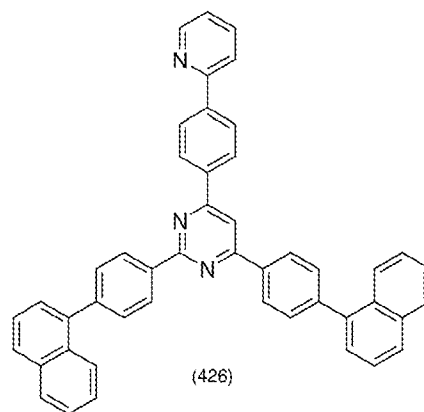
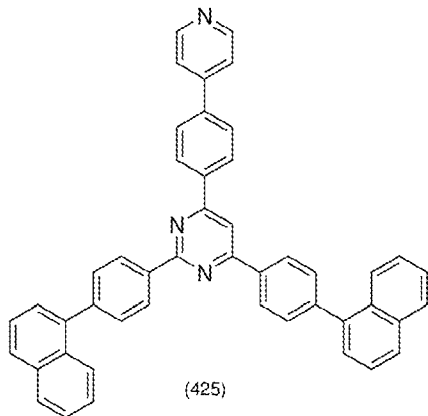
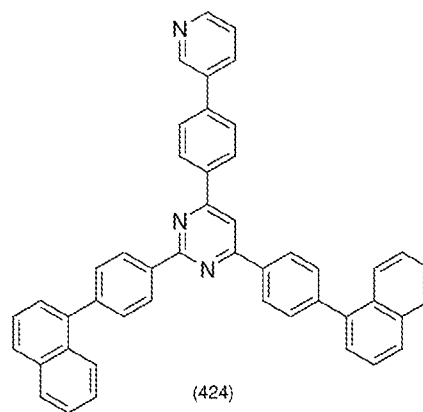
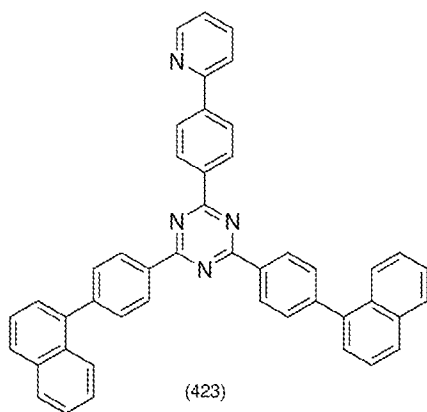
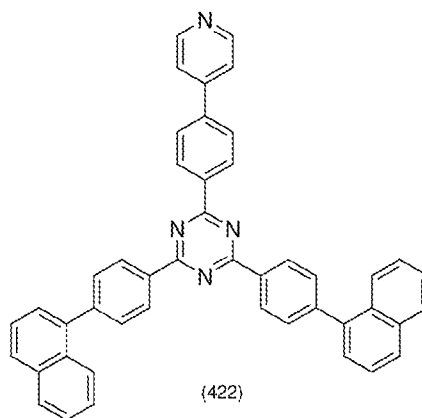
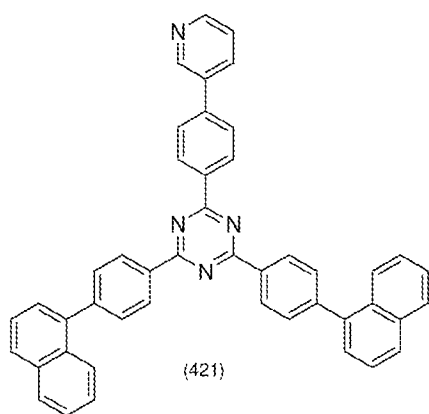
[0 1 0 8]

[化 3 9]



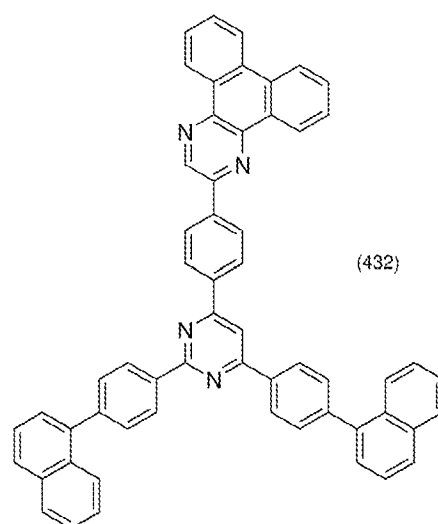
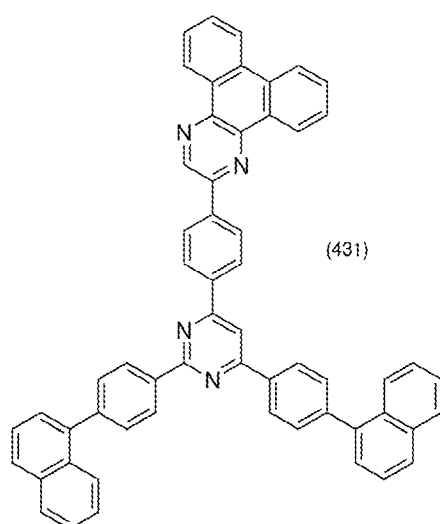
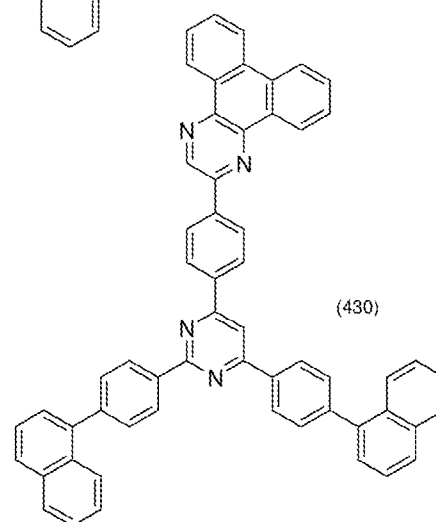
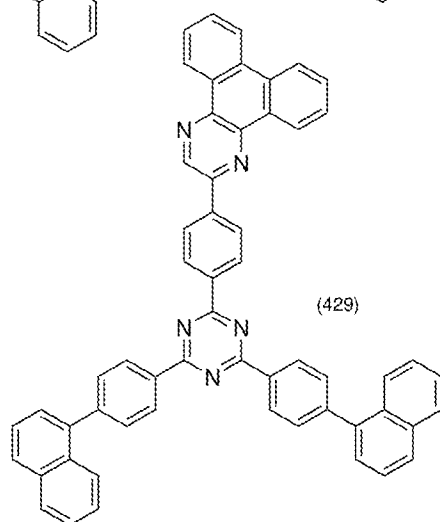
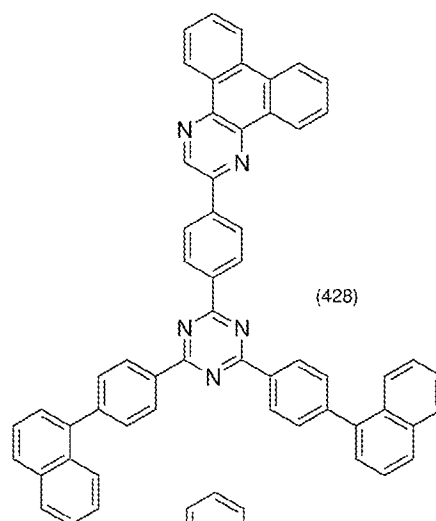
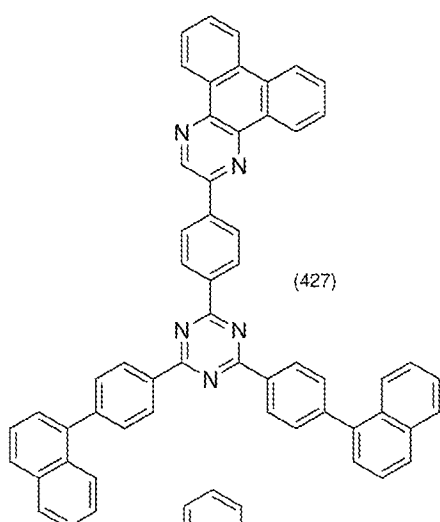
[0 1 0 9]

[化 4 0]



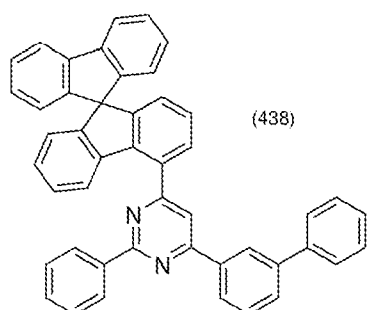
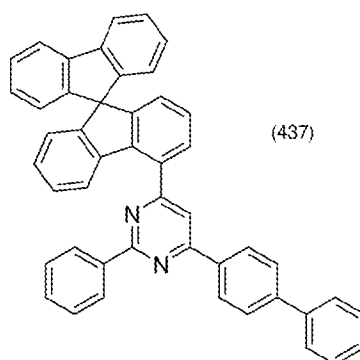
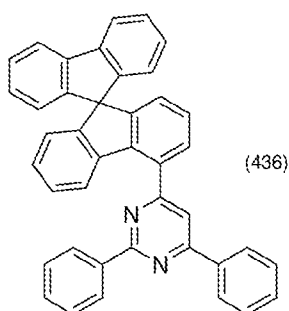
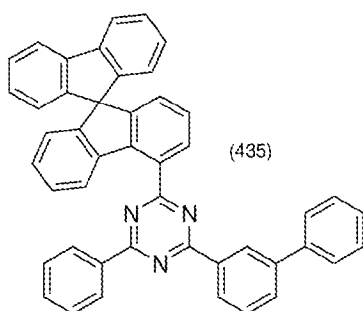
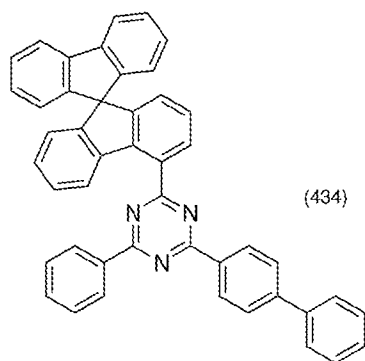
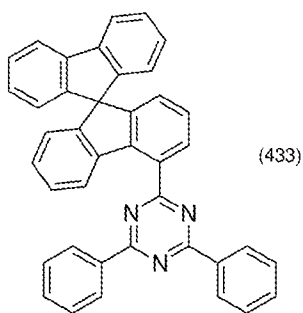
[0 1 1 0]

[化 4 1]



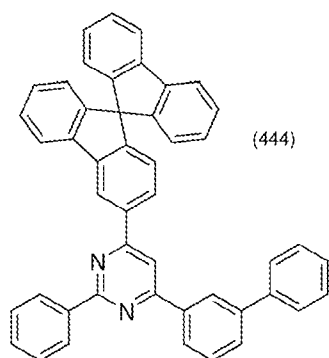
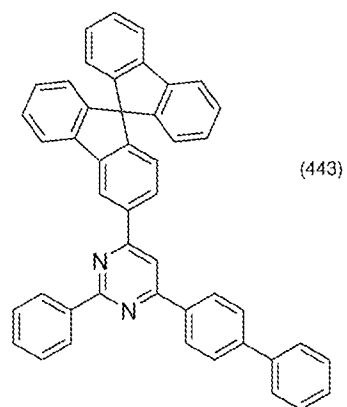
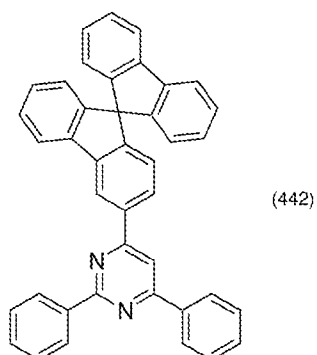
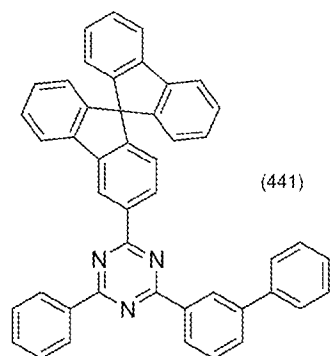
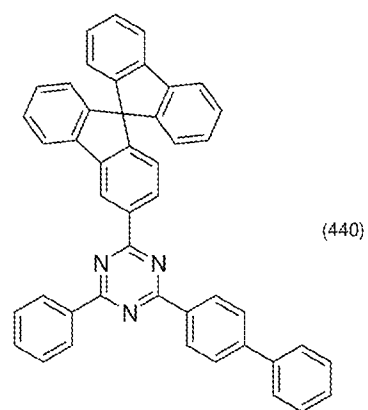
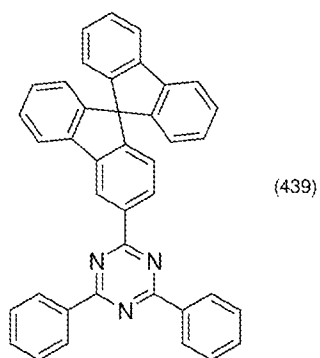
[0 1 1 1]

[化 4 2]



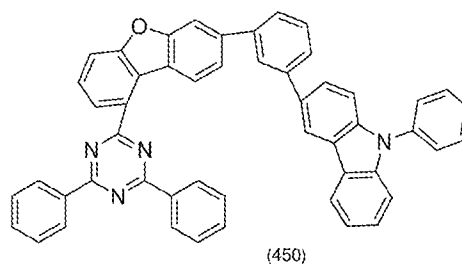
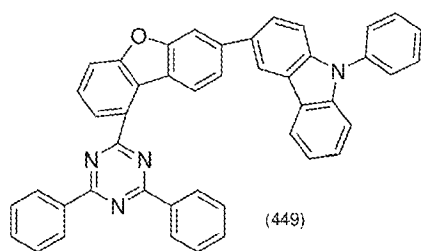
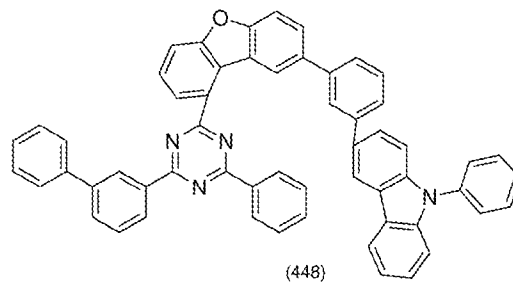
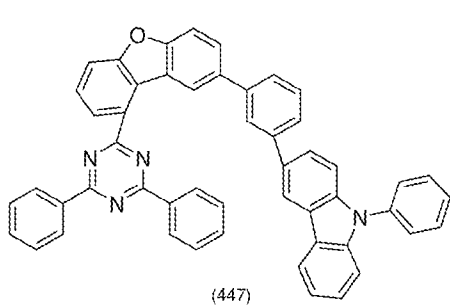
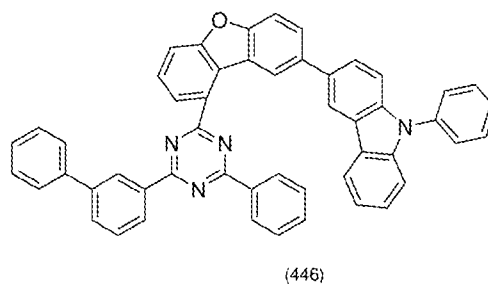
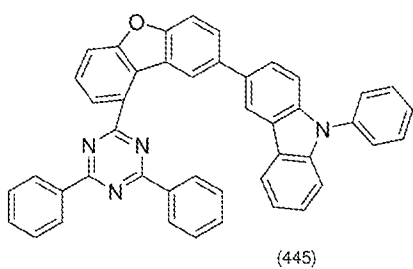
[0 1 1 2]

[化 4 3]



[0 1 1 3]

[化 4 4]



[0 1 1 4]

本発明の一態様の化合物の合成方法としては種々の反応を適用することができる。例えば、以下に示す合成反応を行うことによって、一般式（G 1）で表される本発明の一態様の化合物を合成することができる。なお、本発明の一態様である化合物の合成方法は、以下の合成方法に限定されない。

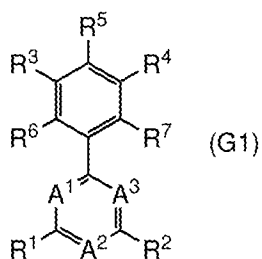
[0 1 1 5]

《一般式（G 1）で表される化合物の合成方法》

本実施の形態では、下記一般式（G 1）で表される有機化合物の合成方法について説明する。

[0 1 1 6]

[化 4 5]



[0 1 1 7]

一般式 (G 1) において、 A^1 乃至 A^3 または R^1 乃至 R^7 は、上述した元素または置換基を適用することができる。

[0118]

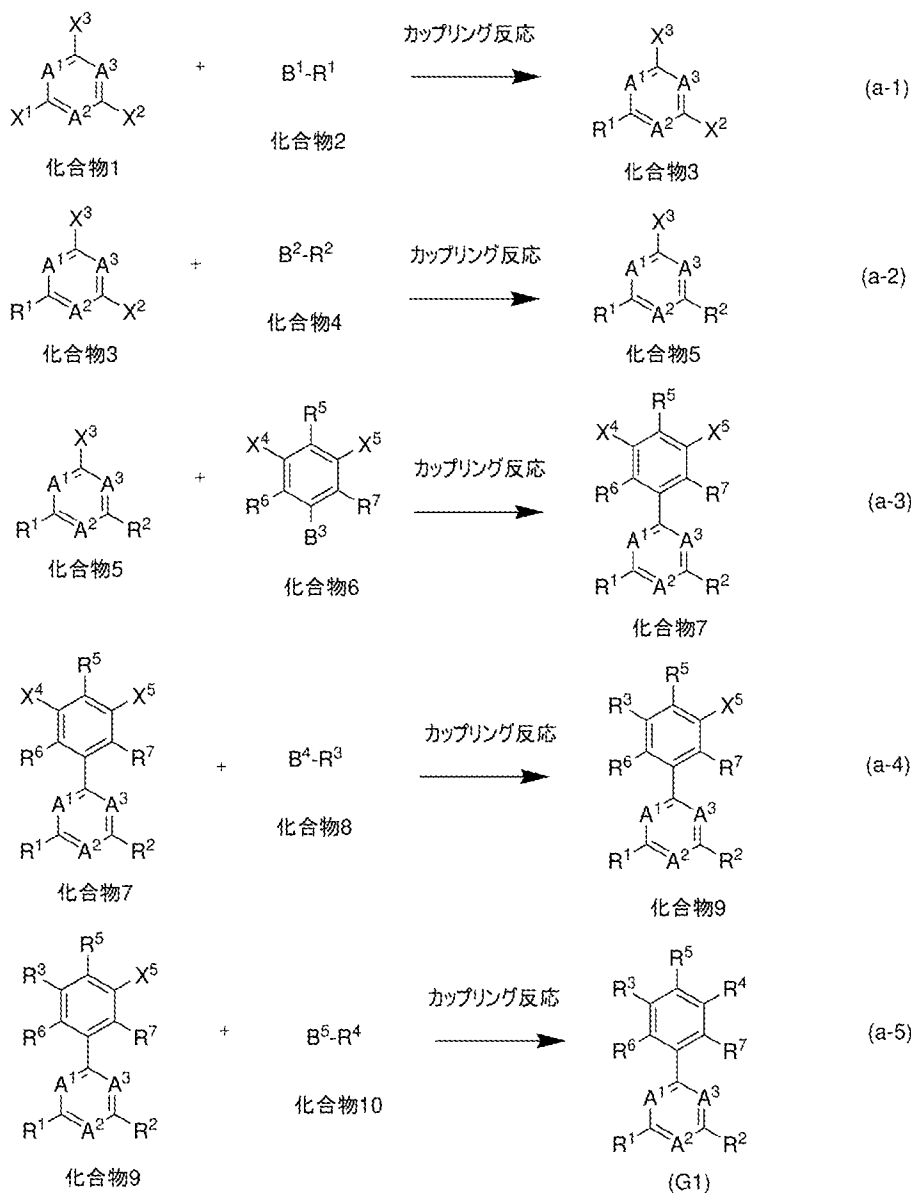
一般式 (G 1) で表される有機化合物は、下記合成スキーム (a-1) 乃至 (a-5) のように合成することができる。

[0119]

まず、反応式 (a-1) に従って、アジン骨格を有する化合物 1 と、 R^1 を有する化合物 2 と、をカップリングすることにより、化合物 3 を得ることが出来る。次に、反応式 (a-2) に従って、化合物 3 と、 R^2 を有する化合物 4 と、をカップリングすることにより、化合物 5 を得ることができる。次いで、反応式 (a-3) に従って、化合物 5 と、化合物 6 と、をカップリングすることにより、化合物 7 を得ることができる。次に、反応式 (a-4) に従って、化合物 7 と、 R^3 を有する化合物 8 と、をカップリングすることにより、化合物 9 を得ることができる。次いで、反応式 (a-5) に従って、化合物 9 と、 R^4 を有する化合物 10 と、をカップリングすることにより、一般式 (G 1) で表される化合物を得ることが出来る。

[0120]

[化46]



[0 1 2 1]

合成スキーム (a-1) 乃至 (a-5) において、 A^1 乃至 A^3 または R^1 乃至 R^7 は、上述した元素または置換基を適用することができる。

[0 1 2 2]

また、合成スキーム (a-1) 乃至 (a-5) において、 X^1 乃至 X^5 はハロゲン基（例えば塩素を含む）を表す。また、 B^1 乃至 B^5 はボロン酸を表す。ただし、これらに限定されず、 X^1 乃至 X^5 および B^1 乃至 B^5 はそれぞれ独立に、塩素、臭素、ヨウ素、トリフラーテ基、有機ホウ素基、ボロン酸、有機アルミニウム、有機ジルコニウム、有機亜鉛、有機スズ基等としても良い。なお、一般式 (G1) において、 R^3 と R^4 を異なる置換基構造とする場合は、 X^4 と X^5 は、一方が塩素でもう一方が臭素またはヨウ素であることが好ましい。 X^4 と X^5 の、一方を塩素、もう一方を臭素またはヨウ素とすることで、臭素またはヨウ素であるほうのカップリング反応が優先的に進むため、一般式 (G1) を高収率、かつ高純度で得ることが可能になる。また、一般式 (G1) において、 R^3 と R^4 が同じ置換基構造である場合は、 X^4 と X^5 は、同じハロゲンであること、又はそれぞれ独立に臭素またはヨウ素であることが好ましく、この場合は化合物 8 を化合物 7 に対して 2 等量反応さ

せることで化合物7から1段階で一般式(G1)を得ることができる。

[0123]

合成スキーム(a-1)乃至(a-5)は、例えば鈴木・宮浦カップリング反応によって行うことができる。その場合、パラジウム触媒としては、酢酸パラジウム(II)、テトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)、ビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(II)ジクロライド等が挙げられる。また、またパラジウム触媒の配位子としては、トリ(オルトートリル)ホスフィン、トリフェニルホスフィン、トリシクロヘキシルホスフィン等が挙げられる。

[0124]

また、合成スキーム(a-1)乃至(a-5)の反応で用いることができる塩基としては、ナトリウム-tert-ブトキシド等の有機塩基、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム、リン酸カリウム、酢酸カリウム等の無機塩基等が挙げられる。

[0125]

また、合成スキーム(a-1)乃至(a-5)の反応で用いることができる溶媒としては、トルエンと水の混合溶媒、トルエンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、キシレンと水の混合溶媒、キシレンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、ベンゼンと水の混合溶媒、ベンゼンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、ジエチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒などが挙げられる。なお、トルエンと水、又はトルエンとエタノールと水の混合溶媒、ジエチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒がより好ましい。

[0126]

ただし、パラジウム触媒、配位子、塩基および溶媒は、上記以外を用いても良い。

[0127]

また、 R^1 乃至 R^7 は、重水素であっても良い。また、 A^1 乃至 A^3 が有する置換基、または、 R^1 乃至 R^7 が有する置換基は、重水素であっても良い。その場合、化合物1、化合物2、化合物4、化合物6、化合物8または化合物10を重水素化した化合物を用いてカップリング反応を行えばよい。重水素化を行う反応において、用いることができる溶媒としては、ベンゼン-d₆、トルエン-d₈、キシレン-d₁₀、重水等が挙げられる。また、用いることができる触媒としては塩化モリブデン(V)、塩化タングステン(VI)、塩化ニオブ(V)、塩化タンタル(V)、塩化アルミニウム(III)、塩化チタン(IV)、塩化スズ(IV)等が挙げられる。ただし、溶媒および触媒はこれらに限られるものではない。

[0128]

例えば、一般式(G1)において、 R^3 がアリール基であって、 R^4 乃至 R^7 が水素である化合物を製造する場合、 X^6 がハロゲン(例えば塩素を含む)であり X^7 乃至 X^{10} が水素である化合物11と、化合物12とをカップリングすれば良い。同様に、 R^3 及び R^4 がアリール基であって、 R^5 乃至 R^7 が水素である化合物を製造する場合、 X^6 及び X^7 がハロゲンであり X^8 乃至 X^{10} が水素である化合物11と、化合物12および化合物13とを順にカップリングすればよい。なお、化合物11は、合成法1の反応式(a-1)乃至(a-3)を用い、化合物7と同様に合成することができる。

[0129]

X^6 乃至 X^{10} 、および B^6 乃至 B^{10} は、それぞれ独立に、水素、塩素、臭素、ヨウ素、トリフラート基、有機ホウ素基、ボロン酸、有機アルミニウム、有機ジルコニウム、有機亜鉛、有機スズ基

等を指す。

[0130]

また、カップリング反応に用いる条件（パラジウム触媒および溶媒等）は、反応式（a-1）乃至（a-5）で示した方法を用いることができる。

[0131]

なお、一般式（G2）または一般式（G3）で表される化合物についても、同様の合成法によって合成することができる。

[0132]

上記合成法を用いて製造した構造式（100）乃至（450）で表される化合物のうちのいくつかを、実施例として後述する。もちろん実施例としては説明を割愛した化合物についても、上記置換基（R-1）乃至（R-112）を、反応式（a-1）乃至（a-5）のR¹乃至R⁷、または（b-1）のR¹乃至R⁷に適宜カップリングすることで製造することができる。

[0133]

なお、上記の合成方法は一例であり、他の合成方法を用いて本願化合物を製造することも可能である。

[0134]

（実施の形態2）

本実施の形態では、実施の形態1で示した有機化合物を用いた発光デバイスの構成について、図1A乃至図1Eを用いて説明する。

[0135]

《発光デバイスの基本的な構造》

発光デバイスの基本的な構造について説明する。図1Aには、一对の電極間に発光層を含むEL層を有する発光デバイスを示す。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。

[0136]

また、図1Bには、一对の電極間に複数（図1Bでは、2層）のEL層（103a、103b）を有し、EL層の間に電荷発生層106を有する積層構造（タンデム構造）の発光デバイスを示す。タンデム構造の発光デバイスは、電流量を変えることなく高効率な発光装置を実現することができる。

[0137]

電荷発生層106は、第1の電極101と第2の電極102の間に電位差を生じさせたときに、一方のEL層（103aまたは103b）に電子を注入し、他方のEL層（103bまたは103a）に正孔を注入する機能を有する。従って、図1Bにおいて、第1の電極101に、第2の電極102よりも電位が高くなるように電圧を印加すると、電荷発生層106からEL層103aに電子が注入され、EL層103bに正孔が注入されることとなる。

[0138]

なお、電荷発生層106は、光の取り出し効率の点から、可視光に対して透光性を有する（具体的には、電荷発生層106に対する可視光の透過率が、40%以上）ことが好ましい。また、電荷発生層106は、第1の電極101および第2の電極102よりも低い導電率であっても機能する。また、電荷発生層の電子が注入される層に本願の化合物を用いることもできる。その場合、Li金

属または酸化リチウムなどのLi化合物と、本願の化合物の混合層または積層構造を用いることが好ましい。

[0139]

また、図1Cには、本発明の一態様である発光デバイスのEL層103の積層構造を示す。但し、この場合、第1の電極101は陽極として、第2の電極102は陰極として機能するものとする。EL層103は、第1の電極101上に、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が順次積層された構造を有する。なお、発光層113は、発光色の異なる発光層を複数積層した構成であっても良い。例えば、赤色を発光する発光物質を含む発光層と、緑色を発光する発光物質を含む発光層と、青色を発光する発光物質を含む発光層とが積層、またはキャリア輸送性材料を有する層を介して積層された構成であっても良い。または、黄色を発光する発光物質を含む発光層と、青色を発光する発光物質を含む発光層との組み合わせであっても良い。ただし、発光層113の積層構造は上記に限定されない。例えば、発光層113は、発光色の同じ発光層を複数積層した構成であっても良い。例えば、青色を発光する発光物質を含む第1の発光層と、青色を発光する発光物質を含む第2の発光層とが積層、またはキャリア輸送性材料を有する層を介して積層された構成であっても良い。発光色の同じ発光層を複数積層した構成の場合、単層の構成よりも信頼性を高めることができる場合がある。また、図1Bに示すタンデム構造のように複数のEL層を有する場合であっても、各EL層が、陽極側から上記のように順次積層される構造とする。また、第1の電極101が陰極で、第2の電極102が陽極の場合は、EL層103の積層順は逆になる。具体的には、陰極である第1の電極101上の111が、電子注入層、112が電子輸送層、113が発光層、114が正孔（ホール）輸送層、115が正孔（ホール）注入層、という構成を有する。

[0140]

EL層（103、103a、103b）に含まれる発光層113は、それぞれ発光物質、および複数の物質を適宜組み合わせて有しており、所望の発光色を呈する蛍光発光、または燐光発光が得られる構成とすることができる。また、発光層113を発光色の異なる積層構造としてもよい。なお、この場合、積層された各発光層に用いる発光物質およびその他の物質は、それぞれ異なる材料を用いればよい。また、図1Bに示す複数のEL層（103a、103b）から、それぞれ異なる発光色が得られる構成としても良い。この場合も各発光層に用いる発光物質およびその他の物質を異なる材料とすればよい。

[0141]

また、本発明の一態様である発光デバイスにおいて、例えば、図1Cに示す第1の電極101を反射電極とし、第2の電極102を半透過・半反射電極とし、微小光共振器（マイクロキャビティ）構造とすることにより、EL層103に含まれる発光層113から得られる発光を両電極間で共振させ、第2の電極102から射出される発光を強めることができる。

[0142]

なお、発光デバイスの第1の電極101が、反射性を有する導電性材料と透光性を有する導電性材料（透明導電膜）との積層構造からなる反射電極である場合、透明導電膜の膜厚を制御することにより光学調整を行うことができる。具体的には、発光層113から得られる光の波長 λ に対して、第1の電極101と、第2の電極102との電極間の光学距離（膜厚と屈折率の積）が $m\lambda/2$ （ただし、 m は1以上の整数）またはその近傍となるように調整することが好ましい。

[0143]

また、発光層113から得られる所望の光（波長： λ ）を増幅させるために、第1の電極101から発光層113の所望の光が得られる領域（発光領域）までの光学距離と、第2の電極102から発光層113の所望の光が得られる領域（発光領域）までの光学距離と、をそれぞれ $(2m' + 1)\lambda/4$ （ただし、 m' は1以上の整数）またはその近傍となるように調節するのが好ましい。なお、ここでの発光領域とは、発光層113における正孔（ホール）と電子との再結合領域を示す。

[0144]

このような光学調整を行うことにより、発光層113から得られる特定の単色光のスペクトルを狭線化させ、色純度の良い発光を得ることができる。

[0145]

但し、上記の場合、第1の電極101と第2の電極102との光学距離は、厳密には第1の電極101における反射領域から第2の電極102における反射領域までの総厚とすることができる。しかし、第1の電極101および第2の電極102における反射領域を厳密に決定することは困難であるため、第1の電極101と第2の電極102の任意の位置を反射領域と仮定することで十分に上述の効果を得ることができるものとする。また、第1の電極101と、所望の光が得られる発光層との光学距離は、厳密には第1の電極101における反射領域と、所望の光が得られる発光層における発光領域との光学距離であるということができる。しかし、第1の電極101における反射領域、および所望の光が得られる発光層における発光領域を厳密に決定することは困難であるため、第1の電極101の任意の位置を反射領域、所望の光が得られる発光層の任意の位置を発光領域と仮定することで十分に上述の効果を得ることができるものとする。

[0146]

図1Dに示す発光デバイスは、タンデム構造を有する発光デバイスであり、マイクロキャビティ構造を有するため、各EL層（103a、103b）からの異なる波長の光（単色光）を取り出すことができる。従って、異なる発光色を得るための塗り分け（例えば、RGB）が不要となる。従って、高精細化を実現することが容易である。また、着色層（カラーフィルタ）との組み合わせも可能である。さらに、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。

[0147]

図1Eに示す発光デバイスは、図1Bに示したタンデム構造の発光デバイスの一例であり、図に示すように、3つのEL層（103a、103b、103c）が電荷発生層（106a、106b）を挟んで積層される構造を有する。なお、3つのEL層（103a、103b、103c）は、それぞれに発光層（113a、113b、113c）を有しており、各発光層の発光色は、自由に組み合わせることができる。例えば、発光層113aを青色、発光層113bを赤色、緑色、または黄色のいずれか、発光層113cを青色とすることができるが、発光層113aを赤色、発光層113bを青色、緑色、または黄色のいずれか、発光層113cを赤色とすることもできる。また、発光層113a、発光層113b、発光層113cは蛍光発光層でもよく、また燐光発光層でもよい。また、発光層113a、発光層113b、発光層113cはそれぞれ独立に1層の発光層でもよく、2層以上の積層発光層でもよい。例えば、発光層113a、発光層113b、発光層113cが、2層以上の積層発光層の場合は、発光層113aが青色、発光層113bが赤色、黄色、緑

色の3層積層、発光層113cが青色としてもよい。例えば、発光層113a、発光層113b、発光層113cが、2層以上の積層発光層の場合は、発光層113aが青色、発光層113bが赤色、黄色の2層積層、発光層113cが青色としてもよい。例えば、発光層113a、発光層113b、発光層113cが、2層以上の積層発光層の場合は、発光層113aが青色、発光層113bが赤色、黄色、黄色、緑色の4層積層、発光層113cが青色としてもよい。この様に発光層を積層して異なる色を積層することで、演色性の良い発光を得ることが可能となる。本願化合物を、複数のEL層に用いることは効果的である。

[0148]

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

[0149]

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

[0150]

なお、図1では、タンデム構造を有する発光デバイスについて説明したが、本願の一態様の化合物は、塗分けを行わない単色タンデム発光デバイスに用いることも、塗り分け構造の発光デバイスに用いることもでき、単色タンデム発光デバイスはカラーフィルターまたは色変換層と組み合わせた構造とすることで、フルカラーのディスプレイに用いることも可能となる。

[0151]

《発光デバイスの具体的な構造》

次に、本発明の一態様である発光デバイスの具体的な構造について説明する。また、ここでは、タンデム構造を有する図1Dを用いて説明する。なお、図1Aおよび図1Cに示すシングル構造の発光デバイスについてもEL層の構成については同様とする。また、図1Dに示す発光デバイスがマイクロキャビティ構造を有する場合は、第1の電極101を反射電極として形成し、第2の電極102を半透過・半反射電極として形成する。従って、所望の電極材料を単数または複数用い、単層または積層して形成することができる。なお、第2の電極102は、EL層103bを形成した後、適宜材料を選択して形成する。

[0152]

＜第1の電極および第2の電極＞

第1の電極101および第2の電極102を形成する材料としては、上述した両電極の機能が満たせるのであれば、以下に示す材料を適宜組み合わせる用いることができる。例えば、金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを適宜用いることができる。具体的には、 In-Sn 酸化物（ITOともいう）、 In-Si-Sn 酸化物（ITSOともいう）、 In-Zn 酸化物、 In-W-Zn 酸化物が挙げられる。その他、アルミニウム（Al）、チタン（Ti）、クロム

(Cr)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、モリブデン(Mo)、タantal(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て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て含む合金、その他グラフェン等を用いることができる。

[0153]

図1Dに示す発光デバイスにおいて、第1の電極101が陽極である場合、第1の電極101上にEL層103aの正孔注入層111aおよび正孔輸送層112aが真空蒸着法により順次積層形成される。EL層103aおよび電荷発生層106が形成された後、電荷発生層106上にEL層103bの正孔注入層111bおよび正孔輸送層112bが同様に順次積層形成される。

[0154]

<正孔注入層>

正孔注入層(111、111a、111b)は、陽極である第1の電極101および電荷発生層(106、106a、106b)からEL層(103、103a、103b)に正孔(ホール)を注入する層であり、有機アクセプタ材料および正孔注入性の高い材料を含む層である。

[0155]

有機アクセプタ材料は、そのLUMO準位(最低空軌道:Lowest Unoccupied Molecular Orbital)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、有機アクセプタ材料としては、キノジメタン誘導体、クロラニル誘導体、およびヘキサアザトリフェニレン誘導体などの電子吸引基(ハロゲン基またはシアノ基)を有する化合物を用いることができる。例えば、7,7,8,8-テトラシアノー2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン(略称:F₄-TCNQ)、3,6-ジフルオロー2,5,7,7,8,8-ヘキサシアノキノジメタン、クロラニル、2,3,6,7,10,11-ヘキサシアノー1,4,5,8,9,12-ヘキサアザトリフェニレン(略称:HAT-CN)、1,3,4,5,7,8-ヘキサフルオロテトラシアノーナフトキノジメタン(略称:F₆-TCNNQ)、2-(7-ジシアノメチレン-1,3,4,5,6,8,9,10-オクタフルオロー7H-ピレン-2-イリデン)マロニトリル等を用いることができる。なお、有機アクセプタ材料の中でも特に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は、アクセプタ性が高く、熱に対して膜質が安定であるため好適である。その他にも、電子吸引基(特にフルオロ基のようなハロゲン基またはシアノ基)を有する[3]ラジアレニ誘導体は、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-シアノー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-ジクロロー3,5-ジフルオロー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]などを用いることができる。

[0156]

また、正孔注入性の高い材料としては、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（モリブデン酸化物、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等）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、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムが挙げられる。上記の中でも、酸化モリブデンは大気中で安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。この他、フタロシアニン（略称： H_2Pc ）または銅フタロシアニン（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。

[0157]

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）、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）、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。

[0158]

また、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、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エン）／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。

[0159]

また、正孔注入性の高い材料としては、正孔輸送性材料と、上述した有機アクセプタ材料（電子受容性材料）を含む混合材料を用いることもできる。この場合、有機アクセプタ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、正孔輸送性材料と有機アクセプタ材料（電子受容性材料）を含む混合材料からなる単層で形成しても良いが、正孔輸送性材料と有機アクセプタ材料（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。

[0160]

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。

[0161]

また、正孔輸送性材料としては、 π 電子過剰型複素芳香環を有する化合物（例えばカルバゾール誘導体、フラン誘導体、またはチオフェン誘導体）、および芳香族アミン（芳香族アミン骨格を有する有機化合物）等の正孔輸送性の高い材料が好ましい。実施の形態1の化合物は正孔輸送性を有するため、正孔輸送性材料として用いることもできる。

[0162]

なお、上記カルバゾール誘導体（カルバゾール環を有する有機化合物）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。

[0163]

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（ビフェニル-4-イル）-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール（略称：BisBPCz）、9, 9'-ビス（ビフェニル-3-イル）-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール（略称：BismBPCz）、9-（ビフェニル-3-イル）-9'-（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： β NCCP）などが挙げられる。

[0164]

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-（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）、N-〔4-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）フェニル〕-ビス（9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル）アミン（略称：PCBFF）、N-（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-4-アミン、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-イル）-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-4-アミン、N-（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-ジフェニル-9H-フルオレン-2-アミン、N-（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-ジフェニル-9H-フルオレン-4-アミン、N-（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'-ススピロビ（9H-フルオレン）-2-アミン、N-（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'-ススピロビ（9H-フルオレン）-4-アミン、N-〔4-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）フェニル〕-N-（1, 1': 3', 1''-ターフェニル-4-イル）-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン、N-〔4-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）フェニル〕-N-（1, 1': 4', 1''-ターフェニル-4-イル）-9, 9-

ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン、N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-N-(1,1':3',1''-ターフェニル-4-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-4-アミン、N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-N-(1,1':4',1''-ターフェニル-4-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-4-アミン、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: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。

[0165]

なお、カルバゾール誘導体としては、上記に加えて、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。

[0166]

また、上記フラン誘導体（フラン環を有する有機化合物）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（ジベンゾフラン）（略称：DBF3PII）、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：mmDBFFLBII）等が挙げられる。

[0167]

また、上記チオフェン誘導体（チオフェン環を有する有機化合物）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（ジベンゾチオフェン）（略称：DBT3PII）、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：DBTFLPIII）、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：DBTFLPIV）などが挙げられる。

[0168]

また、上記芳香族アミンとしては、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 α -NPD）、N, N' - ビス (3-メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル-ビスフェニル-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：BPALP）、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：mBPALP）、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：DPASF）、2, 7-ビス [N - (4-ジフェニルアミノフェニル) - N-フェニルアミノ] - スピロ-9, 9' - ビフルオレン（略称：DPA2SF）、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-MTDATA）、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：DTDPPA）、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）、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）、N - (4-ビフェニル) - 6, N-ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-8-アミン（略称：BnfABP）、N, N-ビス (4-ビフェニル) - 6-フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-8-アミン（略称：BBABnf）、4, 4' - ビス (6-フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-8-イル) - 4'' - フェニルトリフェニルアミン（略称：BnfBB1BP）、N, N-ビス (4-ビフェニル) ベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-6-アミン（略称：BBABnf(6)）、N, N-ビス (4-ビフェニル) ベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-8-アミン（略称：BBABnf(8)）、N, N-ビス (4-ビフェニル) ベンゾ [b] ナフト [2, 3-d] フラン-

4-アミン (略称: BBA 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: DB 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 (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 (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 (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- (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'- [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: B P A F L B i)、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-

ジメチルー 9H-フルオレン-2-イル) - 9, 9' - スピロビー 9H-フルオレン-1-アミン、等が挙げられる。

[0169]

その他にも、正孔輸送性材料として、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、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。

[0170]

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る正孔輸送性材料として用いてもよい。

[0171]

なお、正孔注入層（111、111a、111b）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。

[0172]

<正孔輸送層>

正孔輸送層（112、112a、112b）は、正孔注入層（111、111a、111b）によって、第1の電極101から注入された正孔を発光層（113、113a、113b）に輸送する層である。なお、正孔輸送層（112、112a、112b）は、正孔輸送性材料を含む層である。従って、正孔輸送層（112、112a、112b）には、正孔注入層（111、111a、111b）に用いることができる正孔輸送性材料を用いることができる。

[0173]

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（112、112a、112b）と同じ有機化合物を発光層（113、113a、113b、113c）に用いることができる。正孔輸送層（112、112a、112b）と発光層（113、113a、113b、113c）に同じ有機化合物を用いると、正孔輸送層（112、112a、112b）から発光層（113、113a、113b、113c）への正孔の輸送が効率よく行えるため、より好ましい。

[0174]

<発光層>

発光層（113、113a、113b、113c）は、発光物質を含む層である。なお、発光層（113、113a、113b、113c）に用いることができる発光物質としては、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。また、発光層を複数有する場合には、各発光層に異なる発光物質を用い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る白色発光）とすることができる。さらに、一つの発光層が異なる発光物質を有する積層構造としてもよい。

[0175]

また、発光層（113、113a、113b、113c）は、発光物質（ゲスト材料）に加えて、

1種または複数種の有機化合物（ホスト材料等）を有していても良い。

[0176]

なお、発光層（113、113a、113b、113c）にホスト材料を複数用いる場合、新たに加える第2のホスト材料として、既存のゲスト材料および第1のホスト材料のエネルギーギャップよりも大きなエネルギーギャップを有する物質を用いるのが好ましい。また、第2のホスト材料の最低一重項励起エネルギー準位（S1準位）は、第1のホスト材料のS1準位よりも高く、第2のホスト材料の最低三重項励起エネルギー準位（T1準位）は、ゲスト材料のT1準位よりも高いことが好ましい。また、第2のホスト材料の最低三重項励起エネルギー準位（T1準位）は、第1のホスト材料のT1準位よりも高いことが好ましい。このような構成とすることにより、2種類のホスト材料による励起錯体を形成することができる。なお、効率よく励起錯体を形成するためには、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。また、この構成により、高効率、低電圧、長寿命を同時に実現することができる。

[0177]

なお、上記のホスト材料（第1のホスト材料および第2のホスト材料を含む）として用いる有機化合物としては、発光層に用いるホスト材料としての条件を満たせば、前述の正孔輸送層（112、112a、112b）に用いることができる正孔輸送性材料、または後述の電子輸送層（114、114a、114b）に用いることができる電子輸送性材料、等の有機化合物が挙げられ、複数種の有機化合物（上記、第1のホスト材料および第2のホスト材料）からなる励起錯体であっても良い。なお、複数種の有機化合物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。また、励起錯体を形成する複数種の有機化合物の組み合わせとしては、例えば一方が π 電子不足型複素芳香環を有し、他方が π 電子過剰型複素芳香環を有すると好ましい。なお、励起錯体を形成する組み合わせとして、一方にイリジウム、ロジウム、または白金系の有機金属錯体、あるいは金属錯体等の燐光発光物質を用いても良い。実施の形態1で説明した有機化合物は、電子輸送性を有するため第1のホスト材料として有効に利用することができる。また、正孔輸送性を有するため第2のホスト材料としても利用することができる。

[0178]

発光層（113、113a、113b、113c）に用いることができる発光物質として、特に限定は無く、一重項励起エネルギーを可視光領域の発光に変える発光物質、または三重項励起エネルギーを可視光領域の発光に変える発光物質を用いることができる。

[0179]

《一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質》

発光層（113、113a、113b、113c）に用いることのできる、一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、以下に示す蛍光を発する物質（蛍光発光物質）が挙げられる。例えば、ピレン誘導体、アントラセン誘導体、トリフェニレン誘導体、フルオレン誘導体、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、キノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、フェナントレン誘導体、ナフタレン誘導体などが挙げられる。特にピレン誘導体は発光量子収率が高いので好ましい。ピレン誘導体の具

体例としては、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' -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 (ジベンゾフラン-2-イル) -N, N' -ジフェニルピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6FrAPrn)、N, N' -ビス (ジベンゾチオフェン-2-イル) -N, N' -ジフェニルピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6ThAPrn)、N, N' - (ピレン-1, 6-ジイル) ビス [(N-フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン) -6-アミン] (略称: 1, 6BnfAPrn)、N, N' - (ピレン-1, 6-ジイル) ビス [(N-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-02)、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) などが挙げられる。

[0180]

また、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' -ビス [4- (9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] -N, N' -ジフェニルスチルベン-4, 4'-ジアミン (略称: YGA2S)、4- (9H-カルバゾール-9-イル) -4'- (10-フェニル-9-アントリル) トリフェニルアミン (略称: 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)、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)、4- [4- (10-フェニル-9-アントリル) 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: PCBAPBA)、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ-tert-ブチルペリレン (略称: TBP)、N, N' - (2-tert-ブチルアントラセン-9, 10-ジイル) -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: 2DPAPPA) 等を用いることができる。

[0181]

また、N- [9, 10-ビス (ビフェニル-2-イル) -2-アントリル] -N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン (略称: 2PCABPhA)、N- (9, 10-ジフェニル-2-アントリル) -N, N', N' -トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン (略称: 2DPAPA)、N- [9, 10-ビス (ビフェニル-2-イル) -2-アントリル] -N, N', N' -トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン (略称: 2DPABPhA)、9, 10-ビス (ビフェニル-2-イル) -N- [4- (9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] -N-フェニルアントラセン-2-アミン (略称: 2YGABPhA)、N, N, 9-トリフェニルアントラセン

－9－アミン（略称：DPhAPhA）、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（ビフェニル－4－イル）－6,11－ジフェニルテトラセン（略称：BPT）、2－（2－{2－[4－（ジメチルアミノ）フェニル]エテニル}－6－メチル－4H－ピラン－4－イリデン）プロパンジニトリル（略称：DCM1）、2－{2－メチル－6－[2－（2,3,6,7－テトラヒドロ－1H,5H－ベンゾ[ij]キノリジン－9－イル）エテニル]－4H－ピラン－4－イリデン}プロパンジニトリル（略称：DCM2）、N、N、N'、N'－テトラキス（4－メチルフェニル）テトラセン－5,11－ジアミン（略称：p-mPhTD）、7,14－ジフェニル－N、N、N'、N'－テトラキス（4－メチルフェニル）アセナフト[1,2-a]フルオランテン－3,10－ジアミン（略称：p-mPhAFD）、2－{2－イソプロピル－6－[2－（1,1,7,7－テトラメチル－2,3,6,7－テトラヒドロ－1H,5H－ベンゾ[ij]キノリジン－9－イル）エテニル]－4H－ピラン－4－イリデン}プロパンジニトリル（略称：DCJT1）、2－{2－tert-ブチル－6－[2－（1,1,7,7－テトラメチル－2,3,6,7－テトラヒドロ－1H,5H－ベンゾ[ij]キノリジン－9－イル）エテニル]－4H－ピラン－4－イリデン}プロパンジニトリル（略称：DCJTB）、2－（2,6－ビス{2－[4－（ジメチルアミノ）フェニル]エテニル}－4H－ピラン－4－イリデン）プロパンジニトリル（略称：BisDCM）、2－{2,6－ビス[2－（8－メトキシ－1,1,7,7－テトラメチル－2,3,6,7－テトラヒドロ－1H,5H－ベンゾ[ij]キノリジン－9－イル）エテニル]－4H－ピラン－4－イリデン}プロパンジニトリル（略称：BisDCJTM）、1,6BnfAPrn-03、3,10－ビス[N－（9－フェニル－9H－カルバゾール－2－イル）－N－フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン（略称：3,10PCA2Nbf(IV)-02）、3,10－ビス[N－（ジベンゾフラン－3－イル）－N－フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン（略称：3,10FrA2Nbf(IV)-02）などが挙げられる。特に、1,6FLPAPrn、1,6mMemFLPAPrn、1,6BnfAPrn-03のようなピレンジアミン化合物、等を用いることができる。

[0182]

《三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質》

次に、発光層113に用いることのできる、三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、燐光を発する物質（燐光発光物質）、または熱活性化遅延蛍光を示す熱活性化遅延蛍光（Thermally activated delayed fluorescence：TADF）材料が挙げられる。

[0183]

燐光発光物質とは、低温（例えば77K）以上室温以下の温度範囲（すなわち、77K以上313K以下）のいずれかにおいて、燐光を呈し、且つ蛍光を呈さない化合物のことをいう。該燐光発光物質としては、スピン軌道相互作用の大きい金属元素を有すると好ましく、有機金属錯体、金属錯体（白金錯体）、希土類金属錯体等が挙げられる。具体的には遷移金属元素が好ましく、特に白金族元素（ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、パラジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）、または白金（Pt））を有することが好ましく、中でもイリジウムを有することで、一重項基底状態と三重項励起状態との間の直接遷移に係わる遷移確率を高めることができ好ましい。

[0184]

《燐光発光物質（450nm以上570nm以下：青色または緑色）》

青色または緑色を呈し、発光スペクトルのピーク波長が450nm以上570nm以下である燐光発光物質としては、以下のような物質が挙げられる。

[0185]

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- κ N2]フェニル- κ C} イリジウム (III) (略称: [Ir(mpp tz-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(Mp tz)₃])、トリス [4-(3-ビフェニル)-5-イソプロピル-3-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称: [Ir(iPr p tz-3b)₃])、トリス [3-(5-ビフェニル)-5-イソプロピル-4-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト] イリジウム (III) (略称: [Ir(iPr 5b tz)₃])、のような4H-トリアゾール環を有する有機金属錯体、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(Mp tz 1-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(Pr p tz 1-Me)₃]) のような1H-トリアゾール環を有する有機金属錯体、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(iPr p mi)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(dmp imp t-Me)₃]) のようなイミダゾール環を有する有機金属錯体、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: FIrpic)、ビス {2-[3',5'-ビス (トリフルオロメチル) フェニル]ピリジナト-N,C2'} イリジウム (III) ピコリナート (略称: [Ir(CF₃ppy)₂(pic)])、ビス [2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C2'] イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: FIr(acac)) のように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錯体等が挙げられる。

[0186]

《燐光発光物質（495nm以上590nm以下：緑色または黄色）》

緑色または黄色を呈し、発光スペクトルのピーク波長が495nm以上590nm以下である燐光発光物質としては、以下のような物質が挙げられる。

[0187]

例えば、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(mpp m)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(tBup pm)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(mpp m)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(tBup pm)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 (I I I) (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 (I I I) (略称: [Ir (mpmpm)₂ (acac)])、(アセチルアセトナト) ビス {4, 6-ジメチル-2-[6-(2, 6-ジメチルフェニル)-4-ピリミジニル- κ N3] フェニル- κ C} イリジウム (I I I) (略称: [Ir (dmpm-dmp)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 (I I I) (略称: [Ir (dppm)₂ (acac)]) のようなピリミジン環を有する有機金属イリジウム錯体、(アセチルアセトナト) ビス (3, 5-ジメチル-2-フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: [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 (I I I) (略称: [Ir (mppr-iPr)₂ (acac)]) のようなピラジン環を有する有機金属イリジウム錯体、トリス (2-フェニルピリジナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (ppy)₃])、ビス (2-フェニルピリジナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: [Ir (ppy)₂ (acac)])、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: [Ir (bzq)₂ (acac)])、トリス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (bzq)₃])、トリス (2-フェニルキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (pq)₃])、ビス (2-フェニルキノリナト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: [Ir (pq)₂ (acac)])、ビス [2-(2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] [2-(4-フェニル-2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] イリジウム (I I I) (略称: [Ir (ppy)₂ (4dppy)])、ビス [2-(2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] [2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C]、[2-d3-メチル-8-(2-ピリジニル- κ N) ベンゾフロ [2, 3-b] ピリジン- κ C] ビス [2-(5-d3-メチル-2-ピリジニル- κ N2) フェニル- κ C] イリジウム (I I I) (略称: Ir (5mp py-d3)₂ (mbf py py-d3))、[2-(メチル-d3)-8-[4-(1-メチルエチル-1-d)-2-ピリジニル- κ N] ベンゾフロ [2, 3-b] ピリジン-7-イル- κ C] ビス [5-(メチル-d3)-2-[5-(メチル-d3)-2-ピリジニル- κ N] フェニル- κ C] イリジウム (I I I) (略称: Ir (5mt py-d6)₂ (mbf py py-iPr-d4))、[2-d3-メチル-(2-ピリジニル- κ N) ベンゾフロ [2, 3-b] ピリジン- κ C] ビス [2-(2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] イリジウム (I I I) (略称: Ir (ppy)₂ (mbf py py-d3))、[2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] ビス [2-(2-ピリジニル- κ N) フェニル- κ C] イリジウム (I I I) (略称: Ir (ppy)₂ (mdppy)) のようなピリジン環を有する有機金属イリジウム錯体、ビス (2, 4-ジフェニル-1, 3-オキサゾラト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: [Ir (dpo)₂ (acac)])、ビス {2-[4'-(パーフルオロフェニル) フェニル] ピリジナト-N, C^{2'}} イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: [Ir (p-PF-ph)₂ (acac)])、ビス (2-フェニルベンゾチアゾラト-N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナト (略称: [Ir (bt)₂ (acac)]) などの有機金属錯体の他、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 (I I I) (略称: [Tb (acac)₃ (Phen)]) のような希土類金属

錯体が挙げられる。

[0188]

《燐光発光物質（570nm以上750nm以下：黄色または赤色）》

黄色または赤色を呈し、発光スペクトルのピーク波長が570nm以上750nm以下である燐光発光物質としては、以下のような物質が挙げられる。

[0189]

例えば、（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（mdppm）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（mdppm）₂（dpm）]）、（ジピバロイルメタナト）ビス[4, 6-ジ（ナフタレン-1-イル）ピリミジナト]イリジウム（III）（略称：[Ir（dinpm）₂（dpm）]）のようなピリミジン環を有する有機金属錯体、（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（aca）]）、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）]）、ビス{4, 6-ジメチル-2-[(3, 5-ジメチルフェニル)-5-フェニル-2-ピラジニル-κN]フェニル-κC}（2, 6-ジメチル-3, 5-ヘプタンジオナト-κ²O, O'）イリジウム（III）（略称：[Ir（dmppr-P）₂（dibm）]）、ビス{4, 6-ジメチル-2-[(5-(4-シアノ-2, 6-ジメチルフェニル)-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（dmppr-dmCP）₂（dpm）]）、ビス[2-(5-(2, 6-ジメチルフェニル)-3-(3, 5-ジメチルフェニル)-2-ピラジニル-κN)-4, 6-ジメチルフェニル-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（dmppr-dmp）₂（dpm）]）、（アセチルアセトナト）ビス[2-メチル-3-フェニルキノキサリナト-N, C^{2'}]イリジウム（III）（略称：[Ir（mpq）₂（aca）]）、（アセチルアセトナト）ビス（2, 3-ジフェニルキノキサリナト-N, C^{2'}）イリジウム（III）（略称：[Ir（dpq）₂（aca）]）、（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（aca）]）のようなピラジン環を有する有機金属錯体、トリス（1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'}）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, C^{2'}）イリジウム（III）アセチルアセトナト（略称：[Ir（piq）₂（aca）]）、およびビス[4, 6-ジメチル-2-(2-キノリニル-κN)フェニル-κC]（2, 4-ペンタンジオナト-κ²O, O'）イリジウム（III）（略称：[Ir（dmpqn）₂（aca）]）のようなピリジン環を有する有機金属錯体、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、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）]）、およびトリス[1-(2-テノイル)-3, 3, 3-トリフルオロアセトナト]（モノフェナントロリン）ユーロピウム（III）（略称：[Eu（TTA）₃（Phen）]）のような希土類金属錯体が挙げられる。

[0190]

《TADF材料》

また、TADF材料としては、以下に示す材料を用いることができる。TADF材料とは、S1準位とT1準位との差が小さく（好ましくは、0.2 eV以下）、三重項励起状態をわずかな熱エネルギーによって一重項励起状態にアップコンバート（逆項間交差）が可能で、一重項励起状態からの発光（蛍光）を効率よく呈する材料のことである。また、熱活性化遅延蛍光が効率良く得られる条件としては、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位のエネルギー差が0 eV以上0.2 eV以下、好ましくは0 eV以上0.1 eV以下であることが挙げられる。また、TADF材料における遅延蛍光とは、通常の蛍光と同様のスペクトルを持ちながら、寿命が著しく長い発光をいう。その寿命は、 1×10^{-6} 秒以上、または 1×10^{-3} 秒以上である。また、実施の形態1で説明した有機化合物を用いることができる。

[0191]

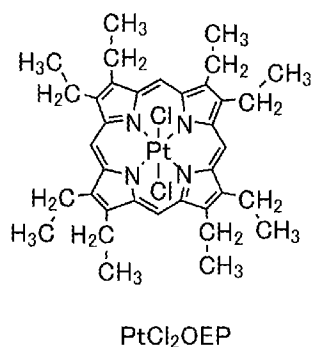
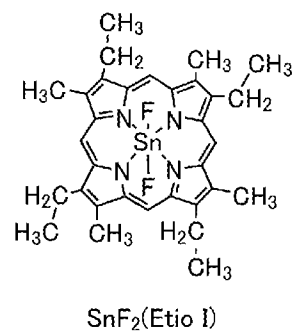
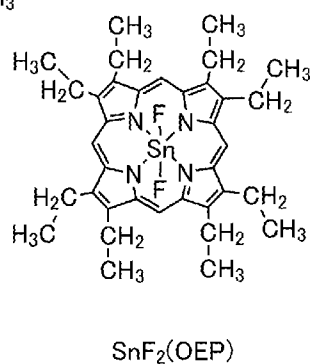
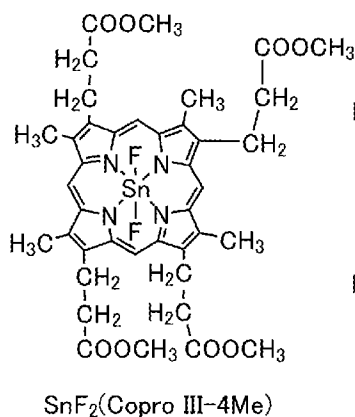
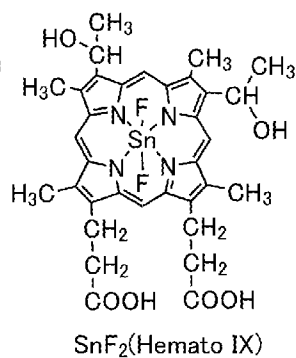
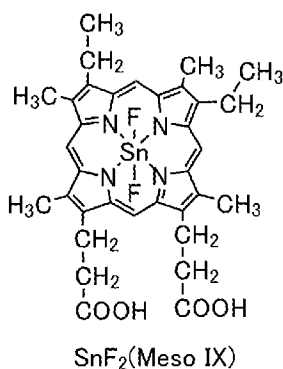
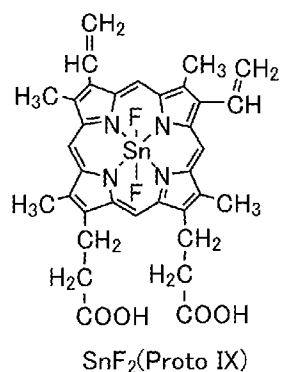
なお、TADF材料は、電子輸送性材料、正孔輸送性材料、ホスト材料として用いることもできる。

[0192]

TADF材料としては、例えば、フラーレン、およびその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム（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。金属含有ポルフィリンとしては、例えば、プロトポルフィリンーフッ化スズ錯体（略称：SnF₂（Proto IX））、メソポルフィリンーフッ化スズ錯体（略称：SnF₂（Meso IX））、ヘマトポルフィリンーフッ化スズ錯体（略称：SnF₂（Hemato IX））、コプロポルフィリンテトラメチルエステルーフッ化スズ錯体（略称：SnF₂（Copro III-4Me））、オクタエチルポルフィリンーフッ化スズ錯体（略称：SnF₂（OEP））、エチオポルフィリンーフッ化スズ錯体（略称：SnF₂（Etio I））、オクタエチルポルフィリンー塩化白金錯体（略称：PtCl₂OEP）等が挙げられる。

[0193]

[化47]



[0194]

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

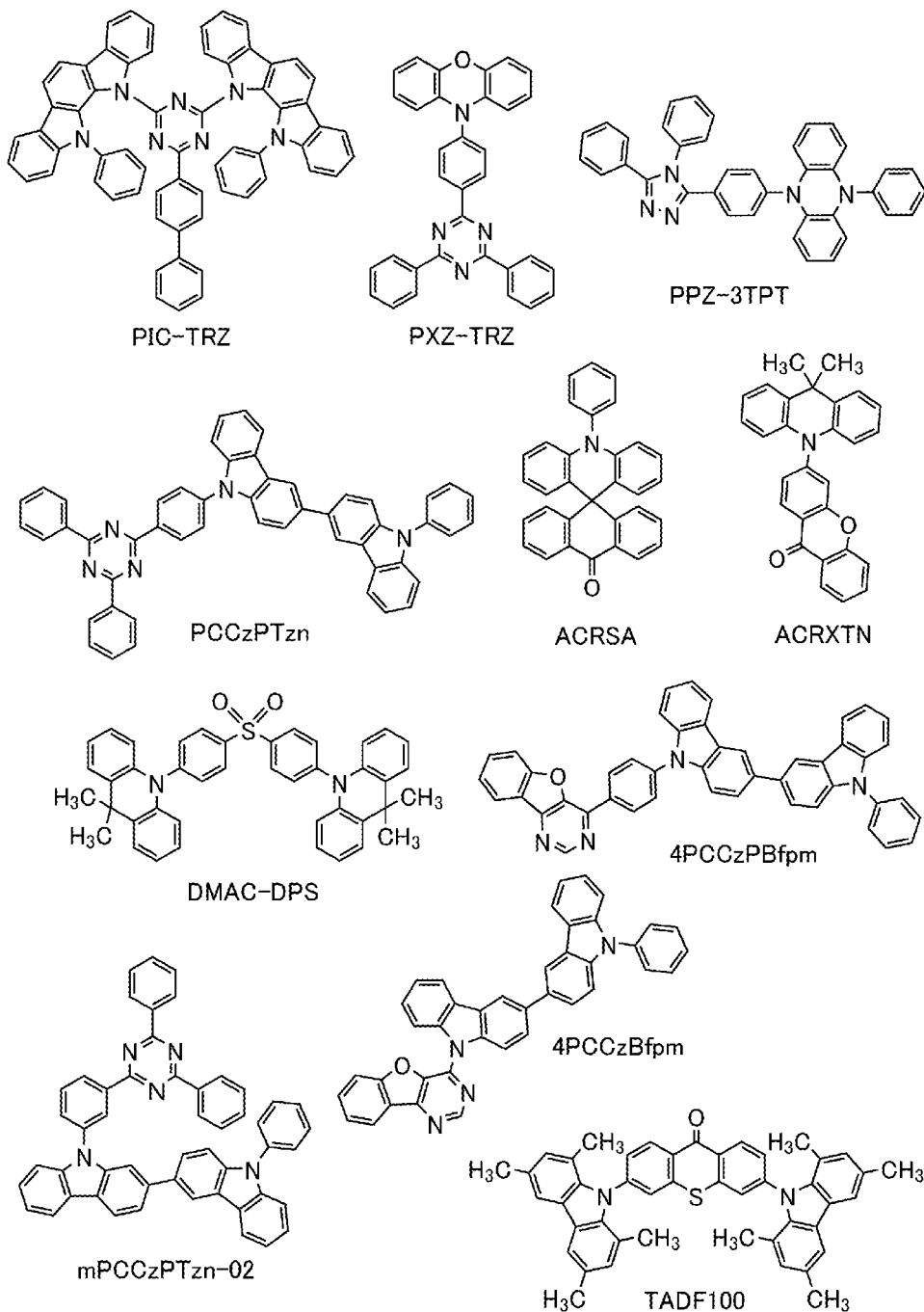
(略称: 4 P C C z B f p m)、4-[4-(9'-フェニル-3, 3'-ビー9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ベンゾフロ[3, 2-d]ピリミジン(略称: 4 P C C z P B f p m)、9-[3-(4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル)フェニル]-9'-フェニル-2, 3'-ビー9H-カルバゾール(略称: m P C C z P T z n-02)等の π 電子過剰型複素芳香族化合物及び π 電子不足型複素芳香族化合物を有する複素芳香族化合物を用いてもよい。

[0195]

なお、 π 電子過剰型複素芳香族化合物と π 電子不足型複素芳香族化合物とが直接結合した物質は、 π 電子過剰型複素芳香族化合物のドナー性と π 電子不足型複素芳香族化合物のアクセプタ性が共に強くなり、一重項励起状態と三重項励起状態のエネルギー差が小さくなるため、特に好ましい。また、TADF材料として、一重項励起状態と三重項励起状態間が熱平衡状態にあるTADF材料(TADF100)を用いてもよい。このようなTADF材料は発光寿命(励起寿命)が短くなるため、発光デバイスにおける高輝度領域での効率低下を抑制することができる。

[0196]

[化48]



[0197]

また、上記の他に、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する材料としては、ペロブスカイト構造を有する遷移金属化合物のナノ構造体が挙げられる。特に金属ハロゲンペロブスカイト類のナノ構造体がこのましい。該ナノ構造体としては、ナノ粒子、ナノロッドが好ましい。

[0198]

発光層（113、113a、113b、113c）において、上述した発光物質（ゲスト材料）と組み合わせて用いる有機化合物（ホスト材料等）としては、発光物質（ゲスト材料）のエネルギーギャップより大きなエネルギーギャップを有する物質を、一種もしくは複数種選択して用いればよい。

[0199]

《蛍光発光用ホスト材料》

発光層（113、113a、113b、113c）に用いる発光物質が蛍光発光物質である場合、組み合わせる有機化合物（ホスト材料）として、一重項励起状態のエネルギー準位が大きく、三重項励起状態のエネルギー準位が小さい有機化合物、または蛍光量子収率が高い有機化合物を用いるのが好ましい。したがって、このような条件を満たす有機化合物であれば、本実施の形態で示す、正孔輸送性材料（前述）および電子輸送性材料（後述）等を用いることができる。また、実施の形態1で説明した有機化合物を用いることができる。

[0200]

一部上述した具体例と重複するが、発光物質（蛍光発光物質）との好ましい組み合わせという観点から、有機化合物（ホスト材料）としては、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、クリセン誘導体、ジベンゾ[g, p]クリセン誘導体等の縮合多環芳香族化合物が挙げられる。

[0201]

なお、蛍光発光物質と組み合わせて用いることが好ましい有機化合物（ホスト材料）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]-9H-カルバゾール（略称：PCzPA）、3,6-ジフェニル-9-[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：DPCzPA）、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）、9,10-ジフェニルアントラセン（略称：DPAnth）、N,N-ジフェニル-9-[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：CzA1PA）、4-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン（略称：DP h PA）、YGAPA、PCAPA、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}-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：PCAPBA）、N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：2PCAPA）、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：DBC1）、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）、9,10-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-(1-ナフチル)-10-(2-ナフチル)アントラセン（略称：α,β-ADN）、2-(10-フェニルアントラセン-9-イル)ジベンゾフラン、2-(10-フェニル-9-アントラセニル)-ベンゾ[b]ナフト[2,3-d]フラン（略称：Bnf(II)PhA）、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：αN-βNPAnth）、2,9-ジ(1-ナフチル)-10-フェニルアントラセン（略

称：2- α -N- α -NP h A)、9-(1-ナフチル)-10-[3-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン(略称： α -N-m α -NP A n t h)、9-(2-ナフチル)-10-[3-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン(略称： β -N-m α -NP A n t h)、9-(1-ナフチル)-10-[4-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン(略称： α -N- α -NP A n t h)、9-(2-ナフチル)-10-[4-(2-ナフチル)フェニル]アントラセン(略称： β -N- β -NP A n t h)、2-(1-ナフチル)-9-(2-ナフチル)-10-フェニルアントラセン(略称：2- α -N- β -NP h A)、9-(2-ナフチル)-10-[3-(2-ナフチル)フェニル]アントラセン(略称： β -N-m β -NP A n t h)、1-[4-(10-(ビフェニル-4-イル)-9-アントラセニル)フェニル]-2-エチル-1H-ベンゾイミダゾール(略称：E t B I m P B P h A)、9,9'-ビアントリル(略称：B A N T)、9,9'-(スチルベン-3,3'-ジイル)ジフェナントレン(略称：D P N S)、9,9'-(スチルベン-4,4'-ジイル)ジフェナントレン(略称：D P N S 2)、1,3,5-トリ(1-ピレニル)ベンゼン(略称：T P B 3)、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。

[0202]

《燐光発光用ホスト材料》

また、発光層(113、113a、113b、113c)に用いる発光物質が燐光発光物質である場合、組み合わせる有機化合物(ホスト材料)として、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(またはアシスト材料)等)を発光物質と組み合わせて用いる場合は、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。また、実施の形態1で説明した有機化合物を用いることができる。

[0203]

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E x T E T (E x c i p l e x - T r i p l e t E n e r g y T r a n s f e r)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。

[0204]

なお、一部上述した具体例と重複するが、発光物質(燐光発光物質)との好ましい組み合わせという観点から、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(芳香族アミン骨格を有する有機化合物)、カルバゾール誘導体(カルバゾール環を有する有機化合物)、ジベンゾチオフェン誘導体(ジベンゾチオフェン環を有する有機化合物)、ジベンゾフラン誘導体(ジベンゾフラン環を有する有機化合物)、オキサジアゾール誘導体(オキサジアゾール環を有する有機化合物)、トリアゾール誘導体(トリアゾール環を有する有機化合物)、ベンゾイミダゾール誘導体(ベンゾイミダゾール環を有する有機化合物)、キノキサリン誘導体(キノキサリン環を有する有機化合物)、ジベンゾキノキサリン誘導体(ジベンゾキノキサリン環を有する有機化合物)、ピリミジン誘導体(ピリミジン環を有する有機化合物)、トリアジン誘導体(トリアジン環を有する有機化合物)、ピリジン誘導体(ピリジン環を有する有機化合物)、ビピリジン誘導体(ビピリジ

ン環を有する有機化合物)、フェナントロリン誘導体(フェナントロリン環を有する有機化合物)、フロジアジン誘導体(フロジアジン環を有する有機化合物)、亜鉛およびアルミニウム系の金属錯体、等が挙げられる。

[0205]

なお、上記の有機化合物のうち、正孔輸送性の高い有機化合物である、芳香族アミン、およびカルバゾール誘導体の具体例としては、上述した正孔輸送性材料の具体例と同じものが挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

[0206]

また、上記の有機化合物のうち、正孔輸送性の高い有機化合物である、ジベンゾチオフェン誘導体、およびジベンゾフラン誘導体の具体例としては、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-I I)、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-I I)、DBT3P-I I、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-I I I)、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-I V)、4- [3- (トリフェニレン-2-イル) フェニル] ジベンゾチオフェン (略称: mDBTPTp-I I) 等が挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

[0207]

その他、ビス [2- (2-ベンゾオキサゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称: ZnPBO)、ビス [2- (2-ベンゾチアゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称: ZnBTZ) などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども好ましいホスト材料として挙げられる。

[0208]

また、上記の有機化合物のうち、電子輸送性の高い有機化合物である、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、キナゾリン誘導体、フェナントロリン誘導体等の具体例としては、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)、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)、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-I I)、4, 4'-ビス (5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル) スチルベン (略称: BzOs)、などのポリアゾール環を有する複素芳香環を含む有機化合物、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-ジ (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)、2, 2'- (1, 3-フェニレン) ビス (9-フェニル-1, 10-フェナントロリン) (略称: mPPhen2P)、2, 2'- (1, 1'-ビフェニル)

－4，4′－ジイルビス（9－フェニル－1，10－フェナントロリン）（略称：PPhen2BP）などのピリジン環を有する複素芳香環を含む有機化合物、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）、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－III）、7－[3－（ジベンゾチオフェン－4－イル）フェニル]ジベンゾ[f，h]キノキサリン（略称：7mDBTPDBq－II）、及び6－[3－（ジベンゾチオフェン－4－イル）フェニル]ジベンゾ[f，h]キノキサリン（略称：6mDBTPDBq－II）、2－{4－[9，10－ジ（2－ナフチル）－2－アントリル]フェニル}－1－フェニル－1H－ベンゾイミダゾール（略称：ZADN）、2－[4′－（9－フェニル－9H－カルバゾール－3－イル）－3，1′－ビフェニル－1－イル]ジベンゾ[f，h]キノキサリン（略称：2mpPCBPDBq）、等が挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

[0209]

また、上記の有機化合物のうち、電子輸送性の高い有機化合物である、ピリジン誘導体、ジアジン誘導体（ピリミジン誘導体、ピラジン誘導体、ピリダジン誘導体を含む）、トリアジン誘導体、フロジアジン誘導体の具体例として、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）、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）、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）、9，9′－[ピリミジン－4，6－ジイルビス（ビフェニル－3，3′－ジイル）]ビス（9H－カルバゾール）（略称：4，6mCzBP2Pm）、2－[3′－（9，9－ジメチル－9H－フルオレン－2－イル）ビフェニル－3－イル]－4，6－ジフェニル－1，3，5－トリアジン（略称：mFBPTzn）、8－（ビフェニル－4－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：8BP－4mDBtPBfp m）、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）、9－[3′－（ジベンゾチオフェン－4－イル）ビフェニル－4－イル]ナフト[1′，2′：4，5]フロ[2，3－b]ピラジン（略称：9pmDBtBPNfpr）、11－[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：11mDBtBPPnfpr）、11－[3′－（ジベンゾチオフェン－4－イル）ビフェニル－4－イル]フェナントロ[9′，10′：4，5]フロ[2，3－b]ピラジン、11－[（3′－（9

H-カルバゾール-9-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、12- (9'-フェニル-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール-9-イル) フェナントロ [9', 10' : 4, 5] フロ [2, 3-b] ピラジン (略称: 12PCCzPnfpr)、9- [(3'-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) ビフェニル-4-イル] ナフト [1', 2' : 4, 5] フロ [2, 3-b] ピラジン (略称: 9pmPCBPnfpr)、9- (9'-フェニル-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール-9-イル) ナフト [1', 2' : 4, 5] フロ [2, 3-b] ピラジン (略称: 9PCCzNfpr)、10- (9'-フェニル-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール-9-イル) ナフト [1', 2' : 4, 5] フロ [2, 3-b] ピラジン (略称: 10PCCzNfpr)、9- [3'- (6-フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2-d] フラン-8-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: 9mBnfBPnfpr)、9- {3- [6- (9, 9-ジメチルフルオレン-2-イル) ジベンゾチオフエン-4-イル] フェニル} ナフト [1', 2' : 4, 5] フロ [2, 3-b] ピラジン (略称: 9mFDBtPNfpr)、9- [3'- (6-フェニルジベンゾチオフエン-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-02)、9- [3- (9'-フェニル-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] ナフト [1', 2' : 4, 5] フロ [2, 3-b] ピラジン (略称: 9mPCCzPNfpr)、9- { (3'- [2, 8-ジフェニルジベンゾチオフエン-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、11- { (3'- [2, 8-ジフェニルジベンゾチオフエン-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、5- [3- (4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル) フェニル] -7, 7-ジメチル-5H, 7H-インデノ [2, 1-b] カルバゾール (略称: mINc (II) PTzn)、2- [3'- (トリフェニレン-2-イル) ビフェニル-3-イル] -4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: mTpBPTzn)、2- (ビフェニル-4-イル) -4-フェニル-6- [9, 9'-スピロビ (9H-フルオレン) -2-イル] -1, 3, 5-トリアジン (略称: BP-SFTzn)、2, 6-ビス (4-ナフタレン-1-イルフェニル) -4- [4- (3-ピリジル) フェニル] ピリミジン (略称: 2, 4NP-6PyPPm)、9- [4- (4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル) -2-ジベンゾチエニル] -2-フェニル-9H-カルバゾール (略称: PCzDBfTzn)、3- [9- (4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル) -2-ジベンゾフラニル] -9-フェニル-9H-カルバゾール (略称: PCDBfTzn) 2-ビフェニル-3-イル-4-フェニル-6- (8- [1, 1' : 4', 1' ' -ターフェニル] -4-イル-1-ジベンゾフラニル) -1, 3, 5-トリアジン (略称: mBP-TPDBfTzn)、6- (ビフェニル-3-イル) -4- [3, 5-ビス (9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] -2-フェニルピリミジン (略称: 6mBP-4Cz2PPm)、4- [3, 5-ビス (9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] -2-フェニル-6- (ビフェニル-4-イル) ピリミジン (略称: 6BP-4Cz2PPm)、などのジアジン環を有する複素芳香環を含む有機化合物、などが挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

[0210]

また、上記の有機化合物のうち、電子輸送性の高い有機化合物である、金属錯体の具体例としては、亜鉛系またはアルミニウム系の金属錯体である、トリス (8-キノリノラト) アルミニウム

(I I I) (略称: A l q)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(I I I) (略称: A l m q₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(I I) (略称: B e B q₂)、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(I I I) (略称: B A l q)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(I I) (略称: Z n q)の他、キノリン環またはベンゾキノリン環を有する金属錯体等が、挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

[0211]

その他、ポリ(2, 5-ピリジンジイル) (略称: P P y)、ポリ[(9, 9-ジヘキシルフルオレン-2, 7-ジイル)-co-(ピリジン-3, 5-ジイル)] (略称: P F-P y)、ポリ[(9, 9-ジオクチルフルオレン-2, 7-ジイル)-co-(2, 2'-ビピリジン-6, 6'-ジイル)] (略称: P F-B P y)のような高分子化合物などもホスト材料として好ましい。

[0212]

さらに、正孔輸送性の高い有機化合物であり、かつ電子輸送性の高い有機化合物である、バイポーラ性の9-フェニル-9'-(4-フェニル-2-キナゾリニル)-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール(略称: P C C z Q z)、2-[4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-3, 1'-ビフェニル-1-イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称: 2 m p P C B P D B q)、5-[3-(4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル)フェニル]-7, 7-ジメチル-5H, 7H-インデノ[2, 1-b]カルバゾール(略称: m I N c (I I) P T z n)、11-[4-(ビフェニル-4-イル)-6-フェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル]-11, 12-ジヒドロ-12-フェニル-インドロ[2, 3-a]カルバゾール(略称: B P-I c z (I I) T z n)、7-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)キナゾリン-2-イル]-7H-ジベンゾ[c, g]カルバゾール(略称: P C-c g D B C z Q z)などのジアジン環を有する有機化合物等をホスト材料として用いることもできる。

[0213]

<電子輸送層>

電子輸送層(114、114a、114b)は、後述する電子注入層(115、115a、115b)によって第2の電極102および電荷発生層(106、106a、106b)から注入された電子を発光層(113、113a、113b、113c)に輸送する層である。なお、本発明の一態様である発光デバイスは、電子輸送層が積層構造を有することで耐熱性を向上させることができる。また、電子輸送層(114、114a、114b)に用いる電子輸送性材料は、電界強度[V/cm]の平方根が600における電子移動度が、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質が好ましい。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、2層以上の積層構造としてもよい。なお、上記の混合材料は、耐熱性を有するため、これを用いた電子輸送層上でフォトリソ工程を行うことにより、熱工程によるデバイス特性への影響を抑制することができる。

[0214]

《電子輸送性材料》

電子輸送層(114、114a、114b)に用いることができる電子輸送性材料としては、電子輸送性の高い有機化合物を用いることができ、例えば複素芳香族化合物を用いることができる。

なお、複素芳香族化合物とは、環の中に少なくとも2種類の異なる元素を含む環式化合物である。なお、環構造としては、3員環、4員環、5員環、6員環等が含まれるが、特に5員環、または、6員環が好ましく、含まれる元素としては、炭素の他に窒素、酸素、または硫黄などのいずれか一又は複数を含む複素芳香族化合物が好ましい。特に窒素を含む複素芳香族化合物（含窒素複素芳香族化合物）が好ましく、含窒素複素芳香族化合物、またはこれを含む π 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）を用いることが好ましい。実施の形態1の化合物は電子輸送性を有するため、電子輸送性材料として用いることができる。また、電子輸送層114aと電子輸送層114bとの両方に本願化合物を用いると更に好適である。

[0215]

なお、この電子輸送材料は、発光層に用いた材料とは異なる材料を用いることもできる。発光層でキャリアの再結合により生成した励起子は全てが発光に寄与できるとは限らず、発光層に接する、あるいは近傍に存在する層に拡散してしまうことがある。この現象を回避するためには、発光層に接する、あるいは近傍に存在する層に用いられる材料のエネルギー準位（最低一重項励起エネルギー準位または最低三重項励起エネルギー準位）が、発光層に用いられる材料よりも高いことが好ましい。従って、電子輸送材料は、発光層に用いる材料と異なる材料を用いることで、効率の高い発光デバイスを得ることができる。

[0216]

複素芳香族化合物は、少なくとも1つの複素芳香環を有する有機化合物である。

[0217]

なお、複素芳香環は、ピリジン環、ジアジン環、トリアジン環、ポリアゾール環、オキサゾール環、またはチアゾール環等のいずれか一を有する。また、ジアジン環を有する複素芳香環には、ピリミジン環、ピラジン環、またはピリダジン環などを有する複素芳香環が含まれる。また、ポリアゾール環を有する複素芳香環には、イミダゾール環、トリアゾール環、オキサジアゾール環を有する複素芳香環が含まれる。

[0218]

また、複素芳香環は、縮環構造を有する縮合複素芳香環を含む。なお、縮合複素芳香環としては、キノリン環、ベンゾキノリン環、キノキサリン環、ジベンゾキノキサリン環、キナゾリン環、ベンゾキナゾリン環、ジベンゾキナゾリン環、フェナントロリン環、フロジアジン環、ベンゾイミダゾール環、などが挙げられる。

[0219]

なお、例えば、炭素の他に窒素、酸素、または硫黄などのいずれか一又は複数を含む複素芳香族化合物のうち、5員環構造を有する複素芳香族化合物としては、イミダゾール環を有する複素芳香族化合物、トリアゾール環を有する複素芳香族化合物、オキサゾール環を有する複素芳香族化合物、オキサジアゾール環を有する複素芳香族化合物、チアゾール環を有する複素芳香族化合物、ベンゾイミダゾール環を有する複素芳香族化合物などが挙げられる。

[0220]

また、例えば、炭素の他に窒素、酸素、または硫黄などのいずれか一又は複数を含む複素芳香族化合物のうち、6員環構造を有する複素芳香族化合物としては、ピリジン環、ジアジン環（ピリミジン環、ピラジン環、ピリダジン環を含む）、トリアジン環、ポリアゾール環などの複素芳香環を有する複素芳香族化合物などが挙げられる。なお、ピリジン環が連結した構造である複素芳香

族化合物に含まれるが、ビピリジン構造を有する複素芳香族化合物、ターピリジン構造を有する複素芳香族化合物などが挙げられる。

[0221]

さらに、上記6員環構造を一部に含む縮環構造を有する複素芳香族化合物としては、キノリン環、ベンゾキノリン環、キノキサリン環、ジベンゾキノキサリン環、フェナントロリン環、フロジアジン環（フロジアジン環のフラン環に芳香環が縮合した構造を含む）、ベンゾイミダゾール環などの縮合複素芳香環を有する複素芳香族化合物、などが挙げられる。

[0222]

上記、5員環構造（ポリアゾール環（イミダゾール環、トリアゾール環、オキサジアゾール環を含む）、オキサゾール環、チアゾール環、ベンゾイミダゾール環など）を有する複素芳香族化合物の具体例としては、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）、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-ビフェニル）-1, 2, 4-トリアゾール（略称：p-EtTAZ）、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-Il）、4, 4'-ビス（5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル）スチルベン（略称：BzOs）などが挙げられる。

[0223]

上記、6員環構造（ピリジン環、ジアジン環、トリアジン環などを有する複素芳香環を含む）を有する複素芳香族化合物の具体例としては、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）、などのピリジン環を有する複素芳香環を含む複素芳香族化合物、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）、5-[3-（4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル）フェニル]-7, 7-ジメチル-5H, 7H-インデノ[2, 1-b]カルバゾール（略称：mINc(II)PTzn）、2-[3'-（トリフェニレン-2-イル）-ビフェニル-3-イル]-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン（略称：mTpBPTzn）、2-（ビフェニル-4-イル）-4-フェニル-6-[9, 9'-スピロビ（9H-フルオレン）-2-イル]-1, 3, 5-トリアジン（略称：BP-SFTzn）、2, 6-ビス（4-ナフタレン-1-イルフェニル）-4-[4-（3-ピリジル）フェニル]ピリミジン（略称：2, 4NP-6PyPPm）、9-[4-（4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル）-2-ジベンゾチエニル]-2-フェニル-9H-カルバゾール（略称：PCzDBfTzn）、3-[9-（4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリ

アジン-2-イル) - 2-ジベンゾフラニル] - 9-フェニル-9H-カルバゾール (略称: PCDBfTzn)、2-(ビフェニル-3-イル) - 4-フェニル-6-(8-[1, 1': 4', 1''-ターフェニル] - 4-イル-1-ジベンゾフラニル) - 1, 3, 5-トリアジン (略称: mBP-TPDBfTzn)、2-{3-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] フェニル} - 4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: mDBtBPTzn)、2-[3'-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル) ビフェニル-3-イル] - 4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: mFBPTzn) などのトリアジン環を有する複素芳香環を含む複素芳香族化合物、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-I1)、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)、4, 6mCzBP2Pm、6-(ビフェニル-3-イル) - 4-[3, 5-ビス(9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] - 2-フェニルピリミジン (略称: 6mBP-4Cz2PPm)、4-[3, 5-ビス(9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] - 2-フェニル-6-(1, 1'-ビフェニル-4-イル) ピリミジン (略称: 6BP-4Cz2PPm)、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: 8βN-4mDBtPBfpm)、8BP-4mDBtPBfpm、9mDBtBPNfpr、9pmDBtBPNfpr、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)、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) (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(βN2)-4mDBtPBfpm) などのジアジン (ピリミジン) 環を有する複素芳香環を含む複素芳香族化合物、などが挙げられる。なお、上記複素芳香環を含む芳香族化合物には、縮合複素芳香環を有する複素芳香族化合物を含む。

[0224]

その他にも、2, 2'-(ピリジン-2, 6-ジイル) ビス(4-フェニルベンゾ[h]キナゾリン) (略称: 2, 6(P-Bqn)2Py)、2, 2'-(2, 2'-ビピリジン-6, 6'-ジイル) ビス(4-フェニルベンゾ[h]キナゾリン) (略称: 6, 6'(P-Bqn)2BPY)、2, 2'-(ピリジン-2, 6-ジイル) ビス{4-[4-(2-ナフチル) フェニル] - 6-フェニルピリミジン} (略称: 2, 6(NP-PPm)2Py、6-(ビフェニル-3-イル) - 4-[3, 5-ビス(9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] - 2-フェニルピリミジン (略称: 6mBP-4Cz2PPm)、などのジアジン (ピリミジン) 環を有する複素芳香環を含む複素芳香族化合物、2, 4, 6-トリス(3'-(ピリジン-3-イル) ビフェニル-3-イル) - 1, 3, 5-トリアジン (略称: TmPPPyTz)、2, 4, 6-トリス(2-ピリジル) - 1, 3, 5-トリアジン (略称: 2Py3Tz)、2-[3-(2, 6-ジメチル-3-ピリジル) - 5-(9-フェナントレニル) フェニル] - 4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: mPn-mDMePyPTzn)、などのトリアジン環を有する複素芳香環を含む複素芳香族

化合物、等が挙げられる。

[0225]

上記、6員環構造を一部に含む縮環構造を有する複素芳香族化合物（縮環構造を有する複素芳香族化合物）の具体例としては、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-ジ（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）、2, 2'-（1, 3-フェニレン）ビス（9-フェニル-1, 10-フェナントロリン）（略称：mPPhen2P）、2, 2'-（1, 1'-ビフェニル）-4, 4'-ジイルビス（9-フェニル-1, 10-フェナントロリン）（略称：PPhen2BP）、2, 2'-（ピリジン-2, 6-ジイル）ビス（4-フェニルベンゾ[h]キナゾリン）（略称：2, 6（P-Bqn）2Py）、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-III）、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：2mDBTBPDDBq-III）、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）、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：2CzPDDBq-III）、7-〔3-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル〕ジベンゾ[f, h]キノキサリン（略称：7mDBTPDBq-III）、及び6-〔3-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル〕ジベンゾ[f, h]キノキサリン（略称：6mDBTPDBq-III）、2mpPCBPDBq、などのキノキサリン環を有する複素芳香族化合物、等が挙げられる。

[0226]

電子輸送層（114、114a、114b）には、上記に示す複素芳香族化合物の他にも下記に示す金属錯体を用いることができる。トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（III）（略称：Alq₃）、Almq₃、8-キノリノラトリチウム（I）（略称：Li_q）、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）等のキノリン環またはベンゾキノリン環を有する金属錯体、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）等のオキサゾール環またはチアゾール環を有する金属錯体等が挙げられる。

[0227]

また、ポリ（2, 5-ピリジンジイル）（略称：PPy）、ポリ〔（9, 9-ジヘキシルフルオレン-2, 7-ジイル）-co-（ピリジン-3, 5-ジイル）〕（略称：PF-Py）、ポリ〔（9, 9-ジオクチルフルオレン-2, 7-ジイル）-co-（2, 2'-ビピリジン-6, 6'-ジイル）〕（略称：PF-BPy）のような高分子化合物を電子輸送性材料として用いることもできる。

[0228]

また、電子輸送層（114、114a、114b）は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が2層以上積層した構造であってもよい。

[0229]

<電子注入層>

電子注入層（115、115a、115b）は、電子注入性の高い物質を含む層である。また、

電子注入層（１１５、１１５ａ、１１５ｂ）は、第２の電極１０２からの電子の注入効率を高めるための層であり、第２の電極１０２に用いる材料の仕事関数の値と、電子注入層（１１５、１１５ａ、１１５ｂ）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（０．５ｅＶ以下）材料を用いることが好ましい。従って、電子注入層１１５には、リチウム、セシウム、フッ化リチウム（ＬｉＦ）、フッ化セシウム（ＣｓＦ）、フッ化カルシウム（ＣａＦ₂）、Ｌｉｑ、２－（２－ピリジル）フェノラトリチウム（略称：ＬｉＰＰ）、２－（２－ピリジル）－３－ピリジノラトリチウム（略称：ＬｉＰＰｙ）、４－フェニル－２－（２－ピリジル）フェノラトリチウム（略称：ＬｉＰＰＰ）リチウム酸化物（ＬｉＯ_x）、炭酸セシウム等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはこれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム（ＥｒＦ₃）、イッテルビウム（Ｙｂ）のような希土類金属または希土類金属化合物を用いることができる。なお、電子注入層（１１５、１１５ａ、１１５ｂ）には、上記の材料を複数種混合して形成しても良いし、上記の材料のうち複数種を積層させて形成しても良い。また、電子注入層（１１５、１１５ａ、１１５ｂ）に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。なお、上述した電子輸送層（１１４、１１４ａ、１１４ｂ）を構成する物質を用いることもできる。本願化合物は、電子注入性に優れているため、電子注入層に用いると好適である。電子注入層１１５ａと電子注入層１１５ｂの両方に本願化合物を用いると更に好適である。

[0230]

また、電子注入層（１１５、１１５ａ、１１５ｂ）に、有機化合物と電子供与体（ドナー）とを混合してなる混合材料を用いてもよい。このような混合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層（１１４、１１４ａ、１１４ｂ）に用いる電子輸送性材料（金属錯体および複素芳香族化合物等）を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属およびアルカリ土類金属および希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物およびアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラチアフルバレン（略称：ＴＴＦ）等の有機化合物を用いることもできる。また、これらの材料を複数、積層して用いても良い。

[0231]

その他にも、電子注入層（１１５、１１５ａ、１１５ｂ）に、有機化合物と金属とを混合してなる混合材料を用いても良い。なお、ここで用いる有機化合物としては、ＬUMO準位が－３．６ｅＶ以上－２．３ｅＶ以下であると好ましい。また、非共有電子対を有する材料が好ましい。

[0232]

したがって、上記の混合材料に用いる有機化合物としては、電子輸送層に用いることができるとして上述した、複素芳香族化合物を金属と混合してなる混合材料を用いてもよい。複素芳香族化合物としては、５員環構造（イミダゾール環、トリアゾール環、オキサゾール環、オキサジアゾール環、チアゾール環、ベンゾイミダゾール環など）を有する複素芳香族化合物、６員環構造（ピリジン環、ジアジン環（ピリミジン環、ピラジン環、ピリダジン環などを含む）、トリアジン環、ビピ

リジン環、ターピリジン環など)を有する複素芳香族化合物、6員環構造を一部に含む縮環構造(キノリン環、ベンゾキノリン環、キノキサリン環、ジベンゾキノキサリン環、フェナントロリン環など)を有する複素芳香族化合物などの非共有電子対を有する材料が好ましい。具体的な材料については、上述したので、ここでの説明は省略する。

[0233]

また、上記の混合材料に用いる金属としては、周期表における第5族、第7族、第9族または第11族に属する遷移金属および第13族に属する材料を用いることが好ましく、例えば、Ag、Cu、Al、またはIn等が挙げられる。また、この時、有機化合物は、遷移金属との間で半占有軌道(SOMO: Singly Occupied Molecular Orbital)を形成する。

[0234]

なお、例えば、発光層113bから得られる光を増幅させる場合には、第2の電極102と、発光層113bとの光学距離が、発光層113bが呈する光の波長 λ の $1/4$ 未満となるように形成するのが好ましい。この場合、電子輸送層114bまたは電子注入層115bの膜厚を変えることにより、調整することができる。

[0235]

また、図1Dに示す発光デバイスのように、2つのEL層(103a、103b)の間に電荷発生層106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。

[0236]

<電荷発生層>

電荷発生層106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、EL層103aに電子を注入し、EL層103bに正孔を注入する機能を有する。なお、電荷発生層106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型層ともいう)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(電子注入バッファ層ともいう)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。さらに、P型層と電子注入バッファ層との間に電子リレー層が設けられていても良い。なお、上述した材料を用いて電荷発生層106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。本願化合物は、輸送性に優れているため、電荷発生層106に適用すると好適である。

[0237]

電荷発生層106において、有機化合物である正孔輸送性材料に、電子受容体が添加された構成(P型層)とする場合、正孔輸送性材料としては、本実施の形態で示した材料を用いることができる。また、電子受容体としては、7, 7, 8, 8-テトラシアノー-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン(略称: F₄-TCNQ)、クロラニル等を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムなどが挙げられる。なお、上述したアクセプタ材料を用いても良い。また、P型層を構成する材料を混合してなる混合膜として用いても、それぞれの材料を含む単膜を積層しても良い。

[0238]

また、電荷発生層106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（電子注入バッファ層）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族、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）、酸化リチウム（Li₂O）、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。

[0239]

電荷発生層106において、P型層と電子注入バッファ層との間に電子リレー層を設ける場合、電子リレー層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。電子リレー層に含まれる電子輸送性を有する物質のLUMO準位は、P型層におけるアクセプタ性物質のLUMO準位と、電荷発生層106に接する電子輸送層に含まれる電子輸送性を有する物質の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。

[0240]

なお、図1D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。

[0241]

<キャップ層>

なお、図1A乃至図1Eでは図示しないが、発光デバイスの第2の電極102上にキャップ層を設けてもよい。キャップ層には、例えば、屈折率の高い材料を用いることができる。キャップ層を第2の電極102上に設けることによって、第2の電極102から射出される光の取り出し効率を向上させることができる。キャップ層材料の屈折率は、電子輸送層材料の屈折率より高いことが好ましい。また、キャップ層材料の屈折率は、電子輸送層材料の屈折率よりも高く、かつ、発光層のホスト材料の屈折率よりも高く、かつ、正孔輸送層材料の屈折率よりも高いことが好ましい。また、キャップ層は積層構造でも良い。その場合、本願化合物を有する層と、その上層に本願化合物よりも屈折率の高い材料を有する層と、を積層することが好ましい。

[0242]

また、基板として可撓性基板を用いた折り曲げ可能なデバイス（フレキシブルデバイスともいう）において、折り曲げ部は、光の取り出し効率が低下する可能性、または外光の影響などにより発光効率が低下する可能性がある。そのため、折り曲げ部に、キャップ層として屈折率の高い材料を用いることが好ましい。より具体的には、折り曲げ部において、キャップ層と、陰極と、本願化合物を有する層と、発光層とを重ねて配置すると良い。その場合、本願化合物の屈折率は、キャップ層材料の屈折率および発光層のホスト材料の屈折率より小さいことが好ましい。また、折り曲げ部を複数有するようなデバイス、または巻き取り式のデバイスでは、折り曲げ部分が多くなるため、当

該折り曲げ部分に、キャップ層と、本願化合物を有する層と、発光層とを、重ねて設けると良い。

[0243]

また、電子輸送層材料のLUMO準位は、キャップ層材料のLUMO準位よりも0.3 eV以上小さいことが好ましく、更に好ましくは0.5 eV以上小さいことが望ましい。また、発光層のホスト材料のLUMO準位は、キャップ層材料のLUMO準位よりも0.1 eV以上大きいことが好ましく、更に好ましくは0.3 eV以上大きいことが望ましい。特に、LUMO準位の関係は、キャップ層材料>発光層ホスト材料>電子輸送層材料の関係にあることが好ましい。複数の発光デバイス（例えば、赤色デバイス、青色デバイス、緑色デバイス）を有する場合、各発光デバイスにおいて、当該LUMO準位の関係を満たしていることが好ましい。

[0244]

キャップ層に用いることのできる材料の具体例として、5, 5'-ジフェニル-2, 2'-ジ-5H-[1]ベンゾチエノ[3, 2-c]カルバゾール（略称：Bi s B T c）、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：D B T 3 P - I I）等が挙げられる。また、トリアリールアミン骨格を有する化合物は安定性が高く好ましい。また、安定性の観点から、キャップ層と、正孔注入層と、を共にトリアリールアミン骨格を有する化合物とすることも効果的である。または、キャップ層と、正孔注入層と、正孔輸送層と、をいずれもトリアリールアミン骨格を有する化合物とすることも好ましい。また、実施の形態1で説明した有機化合物を用いることができる。

[0245]

<基板>

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

[0246]

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、エポキシ樹脂、無機蒸着フィルム、又は紙類などが挙げられる。

[0247]

なお、本実施の形態で示す発光デバイスの作製には、蒸着法などの気相法、スピンコート法、およびインクジェット法などの液相法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）、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層に含まれる様々な機能を有する層（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）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等)などの方法により形成することができる。

[0248]

なお、上記塗布法、印刷法などの成膜方法を適用する場合において、高分子化合物(オリゴマー、 dendromer、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以上4000以下)、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。

[0249]

本実施の形態で示す発光デバイスのEL層103を構成する各層(正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113、電子輸送層114、電子注入層115)は、本実施の形態において示した材料に限られることなく、それ以外の材料であっても各層の機能を満たせるものであれば組み合わせる用いることができる。

[0250]

なお、本明細書等において、「層」という用語と「膜」という用語は適宜入れ換えて用いることができる。

[0251]

本願の一態様の化合物は、正孔輸送性材料、ホスト材料、電子輸送性材料、キャップ層などに適用することができる。

[0252]

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。

[0253]

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様である受発光装置の具体的な構成例、および製造方法の一例として、受発光装置700について説明する。なお、受発光装置700は、発光デバイスを有することから、発光装置ということもでき、受光デバイスを有することから、受光装置ということもでき、電子機器などの表示部に適用可能であることから、表示パネルまたは表示装置ということもできる。

[0254]

<受発光装置700の構成例>

図2Aに示す受発光装置700は、発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550R、および受光デバイス550PSを有する。また、発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550R、および受光デバイス550PSは、第1の基板510上に設けられた機能層520上に形成される。機能層520には、複数のトランジスタで構成されたゲートドライバ、ソースドライバなどの駆動回路の他、これらを電氣的に接続する配線等が含まれる。なお、これらの駆動回路は、一例として、発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550R、および受光デバイス550PSと、それぞれ電氣的に接続され、これらを駆動することができる。また、受発光装置700は、機能層520および各デバイス(発光デバイスおよび受光デバイス)を有する。

び受光デバイス）上に絶縁層 705 を備え、絶縁層 705 は、第 2 の基板 770 と機能層 520 とを貼り合わせる機能を有する。

[0255]

なお、発光デバイス 550B、発光デバイス 550G、および発光デバイス 550R は、実施の形態 2 で示したデバイス構造を有し、受光デバイス 550PS は、実施の形態 8 で後述するデバイス構造を有する。なお、本実施の形態では、各デバイス（複数の発光デバイスおよび受光デバイス）を、分離形成する場合について説明したが、発光デバイスの EL 層の一部（ホール注入層、ホール輸送層、および電子輸送層）と受光デバイスの活性層の一部（第 1 の輸送層、および第 2 の輸送層）が、製造プロセスにおいて、同じ材料で同時に形成されてもよい。実施の形態 8 にて詳細に説明する。

[0256]

なお、本明細書等において、各色の発光デバイス（例えば青（B）、緑（G）、及び赤（R））の発光層、および受光デバイスの受光層を作り分け、または塗り分ける構造を SBS（Side By Side）構造と呼ぶ場合がある。なお、図 2A に示す受発光装置 700 において、発光デバイス 550B、発光デバイス 550G、発光デバイス 550R、および受光デバイス 550PS がこの順に並ぶが、本発明の一態様はこの構成に限られない。例えば、受発光装置 700 において、これらのデバイスが、発光デバイス 550R、発光デバイス 550G、発光デバイス 550B、受光デバイス 550PS の順で並んでいても良い。

[0257]

図 2A において、発光デバイス 550B は、電極 551B、電極 552、および EL 層 103B を有する。また、発光デバイス 550G は、電極 551G、電極 552、および EL 層 103G を有する。また、発光デバイス 550R は、電極 551R、電極 552、および EL 層 103R を有する。また、受光デバイス 550PS は、電極 551PS、電極 552、および受光層 103PS を有する。なお、受光デバイスの各層の具体的な構成は実施の形態 8 に示す通りである。また、発光デバイスの各層の具体的な構成は実施の形態 2 に示す通りである。また、EL 層 103B、EL 層 103G、および EL 層 103R は、発光層（105B、105G、105R）を含む複数の機能の異なる層からなる積層構造を有する。また、受光層 103PS は、活性層 105PS を含む複数の機能の異なる層からなる積層構造を有する。図 2A では、EL 層 103B が、ホール注入・輸送層 104B、発光層 105B、電子輸送層 108B、および電子注入層 109 を有する場合について図示し、EL 層 103G が、ホール注入・輸送層 104G、発光層 105G、電子輸送層 108G、および電子注入層 109 を有する場合について図示し、EL 層 103R が、ホール注入・輸送層 104R、発光層 105R、電子輸送層 108R、および電子注入層 109 を有する場合について図示し、受光層 103PS が、第 1 の輸送層 104PS、活性層 105PS、第 2 の輸送層 108PS、および電子注入層 109 を有する場合について図示するが、本発明はこれに限らない。なお、ホール注入・輸送層（104B、104G、104R）は、実施の形態 2 で示したホール注入層および正孔輸送層の機能を有する層を示し、積層構造を有していても良い。

[0258]

なお、電子輸送層（108B、108G、108R）および、第 2 の輸送層 108PS は、陽極側から発光層（103B、103G、103R）および受光デバイスの受光層 103PS を通過して陰極側に移動するホールをブロックするための機能を有していても良い。また、電子注入層 10

9は、一部または全部が異なる材料を用いて形成される積層構造を有していても良い。

[0259]

また、図2Aに示すように、EL層(103B、103G、103R)が有する層のうち、ホール注入・輸送層(104B、104G、104R)、発光層(105B、105G、105R)、および電子輸送層(108B、108G、108R)の側面(または、端部)および受光層103PSが有する層のうち、第1の輸送層104PS、活性層105PS、および第2の輸送層108PSの側面(または、端部)に絶縁層107が形成されていても良い。絶縁層107は、EL層(103B、103G、103R)および受光層103PSの側面(または端部)に接して形成される。これにより、EL層(103B、103G、103R)および受光層103PSの側面から内部への酸素、水分、またはこれらの構成元素の侵入を抑制することができる。なお、絶縁層107には、例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、インジウムガリウム亜鉛酸化物、窒化シリコン、または窒化酸化シリコンなどを用いることができる。また、絶縁層107は、前述の材料を用いて積層して形成されていても良い。また、絶縁層107の形成には、スパッタリング法、CVD法、MBE法、PLD法、ALD法などを用いることができるが、被覆性の良好なALD法がより好ましい。なお、絶縁層107は、隣り合う発光デバイスのEL層(103B、103G、103R)の一部、または受光デバイスの受光層103PSの一部の側面(または、端部)を連続的に覆う構造を有する。例えば、図2Aにおいて、発光デバイス550BのEL層103Bの一部と、発光デバイス550GのEL層103Gの一部の側面は、絶縁層107により覆われている。また、絶縁層107により覆われた領域には、図2Aに示すように絶縁材料からなる隔壁528が形成されていると良い。

[0260]

また、EL層(103B、103G、103R)の一部である電子輸送層(108B、108G、108R)、受光層103PSの一部である第2の輸送層108PS、および絶縁層107上に、電子注入層109が形成される。なお、電子注入層109は、2層以上の積層構造(例えば、電気抵抗が異なる層の積層等)としても良い。

[0261]

また、電極552は、電子注入層109上に形成される。なお、電極(551B、551G、551R)と電極552とは、互いに重なる領域を有する。また、電極551Bと電極552との間に発光層105B、電極551Gと電極552との間に発光層105G、電極551Rと電極552との間に発光層105R、電極551PSと電極552との間に受光層103PS、をそれぞれ有する。

[0262]

また、図2Aに示すEL層(103B、103G、103R)は、実施の形態2で説明したEL層103と同様の構成を有する。また、受光層103PSは、実施の形態8で後述する受光層と同様の構成を有する。また、例えば、発光層105Bは青色の光、発光層105Gは緑色の光、発光層105Rは赤色の光、をそれぞれ射出することができる。

[0263]

電子注入層109と、絶縁層107と、で囲まれた領域には隔壁528が設けられている。なお、図2Aに示すように、各発光デバイスの電極(551B、551G、551R、551PS)、EL層(103B、103G、103R)の一部、および受光層103PSの一部、と隔壁528と

は、絶縁層 107 を介して側面（または端部）で接する。

[0264]

各 EL 層および受光層において、特に陽極と発光層、および陽極と活性層、との間に位置する正孔輸送領域に含まれる正孔注入層は、導電率が高いことが多いため、隣り合うデバイスに共通する層として形成されると、クロストークの原因となる場合がある。したがって、本構成例で示すように各 EL 層および受光層との間に、絶縁材料からなる隔壁 528 を設けることにより、隣り合うデバイス間で生じるクロストークの発生を抑制することが可能となる。

[0265]

また、本実施の形態で説明する製造方法においては、パターニング工程により EL 層および受光層の側面（または端部）が、工程の途中で露出する。そのため EL 層および受光層の側面（または端部）からの酸素、水などの侵入により、EL 層および受光層の劣化が進行しやすくなる。したがって、隔壁 528 を設けることにより、製造プロセスにおける EL 層および受光層の劣化を抑制することが可能となる。

[0266]

また、隔壁 528 を設けることにより、隣接するデバイス間に形成された凹部を平坦化することも可能である。なお、凹部が平坦化されることで各 EL 層および受光層上に形成される電極 552 の断線を抑制することが可能である。なお、隔壁 528 の形成に用いる絶縁材料としては、例えば、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、イミド樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミドアミド樹脂、シリコーン樹脂、シロキサン樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂、フェノール樹脂、及びこれら樹脂の前駆体等の有機材料を適用することができる。また、ポリビニルアルコール（PVA）、ポリビニルブチラル、ポリビニルピロリドン、ポリエチレングリコール、ポリグリセリン、プルラン、水溶性のセルロース、またはアルコール可溶性のポリアミド樹脂などの有機材料を用いてもよい。また、フォトレジストなどの感光性の樹脂を用いることができる。なお、感光性の樹脂は、ポジ型の材料、またはネガ型の材料を用いることができる。

[0267]

感光性の樹脂を用いることにより、露光及び現像の工程のみで隔壁 528 を作製することができる。また、ネガ型の感光性樹脂（例えばレジスト材料など）を用いて隔壁 528 を形成してもよい。また、隔壁 528 として、有機材料を有する絶縁層を用いる場合、可視光を吸収する材料を用いると好適である。隔壁 528 に可視光を吸収する材料を用いると、EL 層からの発光を隔壁 528 により吸収することが可能となり、隣接する EL 層および受光層に漏れうる光（迷光）を抑制することができる。したがって、表示品位の高い表示パネルを提供することができる。

[0268]

また、隔壁 528 の上面の高さと、EL 層 103B、EL 層 103G、EL 層 103R、および受光層 103PS のいずれかの上面の高さとの差が、例えば、隔壁 528 の厚さの 0.5 倍以下が好ましく、0.3 倍以下がより好ましい。また、例えば、EL 層 103B、EL 層 103G、EL 層 103R、および受光層 103PS のいずれかの上面が隔壁 528 の上面よりも高くなるように、隔壁 528 を設けてもよい。また、例えば、隔壁 528 の上面が、EL 層 103B、EL 層 103G、EL 層 103R、および受光層 103PS の上面よりも高くなるように、隔壁 528 を設けてもよい。

[0269]

1000 ppiを超える高精細な受発光装置（表示パネル）において、EL層103B、EL層103G、EL層103R、および受光層103PSとの間に電氣的な導通が認められると、クロストーク現象が発生し、受発光装置の表示可能な色域が狭くなってしまう。1000 ppiを超える高精細な表示パネル、好ましくは2000 ppiを超える高精細な表示パネル、より好ましくは5000 ppiを超える超高精細な表示パネルに隔壁528を設けることで、鮮やかな色彩を表示可能な表示パネルを提供できる。

[0270]

また、図2Bおよび図2Cは、図2Aの断面図中の一点鎖線Ya-Ybに対応する受発光装置700の上面概略図を示す。すなわち、発光デバイス550B、発光デバイス550G、及び発光デバイス550Rは、それぞれマトリクス状に配列している。なお、図2Bは、X方向に同一の色の発光デバイスが配列する、いわゆるストライプ配列を示している。また、図2Cは、X方向に同一の色の発光デバイスが配列されるが、画素ごとにパターンが形成された構成を示している。なお、発光デバイスの配列方法はこれに限られず、デルタ配列、ジグザグ配列などの配列方法を適用してもよいし、ペンタイル配列、ダイヤモンド配列等を用いることもできる。

[0271]

なお、各EL層（103B、103G、103R）および受光層103PSの分離加工において、フォトリソグラフィ法によるパターン形成を行っているため、高精細な受発光装置（表示パネル）を作製することができる。また、フォトリソグラフィ法によるパターン形成により加工されたEL層の各層の端部（側面）は、概略同一表面を有する（または、概略同一平面上に位置する）形状となる。また、フォトリソグラフィ法によるパターン形成により加工された受光層の各層の側面（端部）は、概略同一表面を有する（または、概略同一平面上に位置する）形状となる。また、この時、各EL層および受光層間の間隙580の幅（SE）は、5 μ m以下が好ましく、1 μ m以下がより好ましい。なお、EL層と受光素子との間隔の幅は、EL層同士の間隔の幅より大きいことが好ましい。

[0272]

EL層において、特に陽極と発光層との間に位置する正孔輸送領域に含まれる正孔注入層は、導電率が高いことが多いため、隣り合う発光デバイスに共通する層として形成されると、クロストークの原因となる場合がある。したがって、本構成例で示すようにフォトリソグラフィ法によるパターン形成によりEL層を分離加工することにより、隣り合う発光デバイス間で生じるクロストークの発生を抑制することが可能となる。

[0273]

また、図2Dは、図2B及び図2C中の一点鎖線C1-C2に対応する断面概略図である。図2Dには、接続電極551Cと電極552とが電氣的に接続する接続部130を示している。接続部130では、接続電極551C上に電極552が接して設けられている。また、接続電極551Cの端部を覆って隔壁528が設けられている。

[0274]

<受発光装置の製造方法の例>

図3Aに示すように、電極551B、電極551G、電極551R、および電極551PSを形成する。例えば、第1の基板510上に形成された機能層520上に導電膜を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて、所定の形状に加工する。

[0275]

なお、導電膜の形成には、スパッタリング法、化学気相堆積（CVD: Chemical Vapor Deposition）法、分子線エピタキシー（MBE: Molecular Beam Epitaxy）法、真空蒸着法、パルスレーザー堆積（PLD: Pulsed Laser Deposition）法、原子層堆積（ALD: Atomic Layer Deposition）法等を用いて形成することができる。CVD法としては、プラズマ化学気相堆積（PECVD: Plasma Enhanced CVD）法、または熱CVD法などがある。また、熱CVD法のひとつに、有機金属化学気相堆積（MOCVD: Metal Organic CVD）法がある。

[0276]

また、導電膜の加工には、上述したフォトリソグラフィ法以外に、ナノインプリント法、サンドブラスト法、リフトオフ法などにより薄膜を加工してもよい。また、メタルマスクなどの遮蔽マスクを用いた成膜方法により、島状の薄膜を直接形成してもよい。

[0277]

フォトリソグラフィ法としては、代表的には以下の2つの方法がある。一つは、加工したい薄膜上にレジストマスクを形成して、エッチング等により当該薄膜を加工し、レジストマスクを除去する方法である。もう一つは、感光性を有する薄膜を成膜した後に、露光、現像を行って、当該薄膜を所望の形状に加工する方法である。なお、前者の方法を行う場合、レジスト塗布後の加熱（PAB: Pre Applied Bake）、および露光後の加熱（PEB: Post Exposure Bake）などの熱処理工程がある。本発明の一態様では、導電膜の加工だけでなく、EL層の形成に用いる薄膜（有機化合物からなる膜、または有機化合物を一部に含む膜）の加工にもリソグラフィ法を用いる。

[0278]

フォトリソグラフィ法において、露光に用いる光は、例えばi線（波長365nm）、g線（波長436nm）、h線（波長405nm）、またはこれらを混合させた光を用いることができる。そのほか、紫外線、KrFレーザー光、またはArFレーザー光等を用いることもできる。また、液浸露光技術により露光を行ってもよい。また、露光に用いる光として、極端紫外（EUV: Extreme Ultraviolet）光またはX線を用いてもよい。また、露光に用いる光に代えて、電子ビームを用いることもできる。極端紫外光、X線または電子ビームを用いると、極めて微細な加工が可能となるため好ましい。なお、電子ビームなどのビームを走査することにより露光を行う場合には、フォトマスクは不要である。

[0279]

レジストマスクを用いた薄膜のエッチングには、ドライエッチング法、ウェットエッチング法、サンドブラスト法などを用いることができる。

[0280]

次に、図3Bに示すように、電極551B、電極551G、電極551R、および電極551PS上にホール注入・輸送層104B、発光層105B、および電子輸送層108Bを形成する。なお、ホール注入・輸送層104B、発光層105B、および電子輸送層108Bの形成には、例えば、真空蒸着法を用いることができる。さらに、電子輸送層108B上に犠牲層110Bを形成する。ホール注入・輸送層104B、発光層105B、および電子輸送層108Bの形成において、

材料としては、実施の形態2に示した材料を用いることができる。

[0281]

なお、犠牲層110Bには、ホール注入・輸送層104B、発光層105B、および電子輸送層108Bのエッチング処理に対する耐性の高い膜、すなわちエッチングの選択比の大きい膜を用いることが好ましい。また、犠牲層110Bは、エッチングの選択比の異なる、第1の犠牲層と第2の犠牲層との積層構造であることが好ましい。また、犠牲層110Bは、EL層103Bへのダメージの少ないウェットエッチング法により除去可能な膜を用いることができる。ウェットエッチングに用いるエッチング材料としては、シュウ酸などを用いることができる。

[0282]

犠牲層110Bとしては、例えば、金属膜、合金膜、金属酸化物膜、半導体膜、無機絶縁膜などの無機膜を用いることができる。また、犠牲層110Bは、スパッタリング法、蒸着法、CVD法、ALD法などの各種成膜方法により形成することができる。

[0283]

犠牲層110Bとしては、例えば金、銀、白金、マグネシウム、ニッケル、タングステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、パラジウム、チタン、アルミニウム、イットリウム、ジルコニウム、及びタンタルなどの金属材料、または該金属材料を含む合金材料を用いることができる。特に、アルミニウムまたは銀などの低融点材料を用いることが好ましい。

[0284]

また、犠牲層110Bとしては、インジウムガリウム亜鉛酸化物（In-Ga-Zn酸化物、IGZOとも表記する）などの金属酸化物を用いることができる。さらに、酸化インジウム、インジウム亜鉛酸化物（In-Zn酸化物）、インジウムスズ酸化物（In-Sn酸化物）、インジウムチタン酸化物（In-Ti酸化物）、インジウムスズ亜鉛酸化物（In-Sn-Zn酸化物）、インジウムチタン亜鉛酸化物（In-Ti-Zn酸化物）、インジウムガリウムスズ亜鉛酸化物（In-Ga-Sn-Zn酸化物）などを用いることができる。またはシリコンを含むインジウムスズ酸化物などを用いることもできる。

[0285]

なお、上記ガリウムに代えて元素M（Mは、アルミニウム、シリコン、ホウ素、イットリウム、銅、バナジウム、ベリリウム、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、またはマグネシウムから選ばれた一種または複数種）を用いた場合にも適用できる。特に、Mは、ガリウム、アルミニウム、またはイットリウムから選ばれた一種または複数種とすることが好ましい。

[0286]

また、犠牲層110Bとしては、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化シリコンなどの無機絶縁材料を用いることができる。

[0287]

また、犠牲層110Bとしては、最上部に位置する電子輸送層108Bに対して、化学的に安定な溶媒に溶解しうる材料を用いることが好ましい。特に、水またはアルコールに溶解する材料を、犠牲層110Bに好適に用いることができる。犠牲層110Bを成膜する際には、水またはアルコールなどの溶媒に溶解させた状態で、湿式の成膜方法で塗布した後に、溶媒を蒸発させるための加熱処理を行うことが好ましい。このとき、減圧雰囲気下での加熱処理を行うことで、低温且つ短時

間で溶媒を除去できるため、ホール注入・輸送層 104B、発光層 105B、および電子輸送層 108B への熱的なダメージを低減することができ、好ましい。

[0288]

なお、犠牲層 110B を積層構造にする場合には、上述した材料で形成される層を第 1 の犠牲層とし、その上に第 2 の犠牲層を形成して積層構造とすることができる。

[0289]

この場合の第 2 の犠牲層は、第 1 の犠牲層をエッチングする際のハードマスクとして用いる膜である。また、第 2 の犠牲層の加工時には、第 1 の犠牲層が露出する。したがって、第 1 の犠牲層と第 2 の犠牲層とは、互いにエッチングの選択比の大きい膜の組み合わせを選択する。そのため、第 1 の犠牲層のエッチング条件、及び第 2 の犠牲層のエッチング条件に応じて、第 2 の犠牲層に用いることのできる膜を選択することができる。

[0290]

例えば、第 2 の犠牲層のエッチングに、フッ素を含むガス（フッ素系ガスともいう）を用いたドライエッチングを用いる場合には、シリコン、窒化シリコン、酸化シリコン、タングステン、チタン、モリブデン、タンタル、窒化タンタル、モリブデンとニオブを含む合金、またはモリブデンとタングステンを含む合金などを、第 2 の犠牲層に用いることができる。ここで、上記フッ素系ガスを用いたドライエッチングに対して、エッチングの選択比を大きくとれる（すなわち、エッチング速度を遅くできる）膜としては、IGZO、ITO などの金属酸化物膜などがあり、これを第 1 の犠牲層に用いることができる。

[0291]

なお、これに限られず、第 2 の犠牲層は、様々な材料の中から、第 1 の犠牲層のエッチング条件、及び第 2 の犠牲層のエッチング条件に応じて、選択することができる。例えば、上記第 1 の犠牲層に用いることのできる膜の中から選択することもできる。

[0292]

また、第 2 の犠牲層としては、例えば窒化物膜を用いることができる。具体的には、窒化シリコン、窒化アルミニウム、窒化ハフニウム、窒化チタン、窒化タンタル、窒化タングステン、窒化ガリウム、窒化ゲルマニウムなどの窒化物を用いることもできる。

[0293]

または、第 2 の犠牲層として、酸化物膜を用いることができる。代表的には、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化窒化ハフニウムなどの酸化物膜または酸窒化物膜を用いることもできる。

[0294]

次に、図 3C に示すように、犠牲層 110B 上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いてレジストを所望の形状（レジストマスク：REG）に形成する。なお、このような方法を行う場合、レジスト塗布後の加熱（PAB：Pre Applied Bake）、および露光後の加熱（PEB：Post Exposure Bake）などの熱処理工程がある。例えば、PAB 温度は、100℃前後、PEB 温度は120℃前後になる。そのため、これらの処理温度に耐える発光デバイスであることが必要である。

[0295]

次に、得られたレジストマスク REG を用い、レジストマスク REG に覆われない犠牲層 110

Bの一部をエッチングにより除去し、レジストマスクREGを除去した後、犠牲層110Bに覆われないホール注入・輸送層104B、発光層105B、および電子輸送層108Bの一部をエッチングにより除去し、電極551B上に側面を有する（または側面が露出する）形状、または紙面と交差する方向に延びる帯状の形状にホール注入・輸送層104B、発光層105B、および電子輸送層108Bを加工する。なお、エッチングには、ドライエッチングが好ましい。犠牲層110Bが上記の第1の犠牲層および第2の犠牲層との積層構造を有する場合には、レジストマスクREGにより第2の犠牲層の一部をエッチングした後、レジストマスクREGを除去し、第2の犠牲層をマスクとして、第1の犠牲層の一部をエッチングし、ホール注入・輸送層104B、発光層105B、および電子輸送層108Bを所定の形状に加工しても良い。これらのエッチング処理により、図4Aの形状を得る。

[0296]

次に、図4Bに示すように、犠牲層110B、電極551G、電極551R、および電極551PS上にホール注入・輸送層104G、発光層105G、および電子輸送層108Gを形成する。ホール注入・輸送層104G、発光層105G、および電子輸送層108Gの形成において、材料としては、実施の形態2に示した材料を用いることができる。なお、ホール注入・輸送層104G、発光層105G、および電子輸送層108Gの形成には、例えば、真空蒸着法を用いることができる。

[0297]

次に、図4Cに示すように、電子輸送層108G上に犠牲層110Gを形成し、犠牲層110Gの上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いてレジストを所望の形状（レジストマスク：REG）に形成し、得られたレジストマスクREGに覆われない犠牲層110Gの一部をエッチングにより除去し、レジストマスクREGを除去した後、犠牲層110Gに覆われないホール注入・輸送層104G、発光層105G、および電子輸送層108Gの一部をエッチングにより除去し、電極551G上に側面を有する（または側面が露出する）形状、または紙面と交差する方向に延びる帯状の形状にホール注入・輸送層104G、発光層105G、および電子輸送層108Gを加工する。なお、エッチングには、ドライエッチングが好ましい。また、犠牲層110Gは、犠牲層110Bと同様の材料を用いることができ、犠牲層110Gが上記の第1の犠牲層および第2の犠牲層との積層構造を有する場合には、レジストマスクREGにより第2の犠牲層の一部をエッチングした後、レジストマスクREGを除去し、第2の犠牲層をマスクとして、第1の犠牲層の一部をエッチングし、ホール注入・輸送層104G、発光層105G、および電子輸送層108Gを所定の形状に加工しても良い。これらのエッチング処理により、図5Aの形状を得る。

[0298]

次に、図5Bに示すように、犠牲層110B、犠牲層110G、電極551R、および電極551PS上にホール注入・輸送層104R、発光層105R、および電子輸送層108Rを形成する。ホール注入・輸送層104R、発光層105R、および電子輸送層108Rの形成において、材料としては、実施の形態2に示した材料を用いることができる。なお、ホール注入・輸送層104R、発光層105R、および電子輸送層108Rの形成には、例えば、真空蒸着法を用いることができる。

[0299]

次に、図5Cに示すように、電子輸送層108R上に犠牲層110Rを形成し、犠牲層110R

の上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いてレジストを所望の形状（レジストマスク：REG）に形成し、得られたレジストマスクREGに覆われない犠牲層110Rの一部をエッチングにより除去し、レジストマスクREGを除去した後、犠牲層110Rに覆われないホール注入・輸送層104R、発光層105R、および電子輸送層108Rの一部をエッチングにより除去し、電極551R上に側面を有する（または側面が露出する）形状、または紙面と交差する方向に延びる帯状の形状にホール注入・輸送層104R、発光層105R、および電子輸送層108Rを加工する。なお、エッチングには、ドライエッチングが好ましい。また、犠牲層110Rは、犠牲層110Bと同様の材料を用いることができ、犠牲層110Rが上記の第1の犠牲層および第2の犠牲層との積層構造を有する場合には、レジストマスクREGにより第2の犠牲層の一部をエッチングした後、レジストマスクREGを除去し、第2の犠牲層をマスクとして、第1の犠牲層の一部をエッチングし、ホール注入・輸送層104R、発光層105R、および電子輸送層108Rを所定の形状に加工しても良い。これらのエッチング処理により、図6Aの形状を得る。

[0300]

次に、図6Bに示すように、犠牲層110B、犠牲層110G、犠牲層110R、および電極551PS上に第1の輸送層104PS、活性層105PS、および第2の輸送層108PSを形成する。第1の輸送層104PSの形成において、材料としては、例えば、実施の形態2にて正孔注入層および正孔輸送層として示した材料を用いることができる。また、活性層105PSにおいて、材料としては、実施の形態8に示す材料を用いることができる。また、第2の輸送層108PSの形成において、材料としては、例えば、実施の形態2にて電子輸送層および電子注入層として示した材料を用いることができる。なお、第1の輸送層104PS、活性層105PS、および第2の輸送層108PSの形成には、例えば、真空蒸着法を用いることができる。

[0301]

次に、図6Cに示すように、第2の輸送層108PS上に犠牲層110PSを形成し、犠牲層110PSの上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いてレジストを所望の形状（レジストマスク：REG）に形成し、得られたレジストマスクREGに覆われない犠牲層110PSの一部をエッチングにより除去し、レジストマスクREGを除去した後、犠牲層110PSに覆われない第1の輸送層104PS、活性層105PS、および第2の輸送層108PSの一部をエッチングにより除去し、電極551PS上に側面を有する（または側面が露出する）形状、または紙面と交差する方向に延びる帯状の形状に第1の輸送層104PS、活性層105PS、および第2の輸送層108PSを加工する。なお、エッチングには、ドライエッチングが好ましい。また、犠牲層110PSは、犠牲層110Bと同様の材料を用いることができ、犠牲層110PSが上記の第1の犠牲層および第2の犠牲層との積層構造を有する場合には、レジストマスクREGにより第2の犠牲層の一部をエッチングした後、レジストマスクREGを除去し、第2の犠牲層をマスクとして、第1の犠牲層の一部をエッチングし、第1の輸送層104PS、活性層105PS、および第2の輸送層108PSを所定の形状に加工しても良い。これらのエッチング処理により、図6Dの形状を得る。

[0302]

次に、図7Aに示すように、犠牲層110B、犠牲層110G、犠牲層110R、および犠牲層110PS上に絶縁層107を形成する。

[0303]

なお、絶縁層107の形成には、例えば、ALD法を用いることができる。この場合、絶縁層107は、図7Aに示すように各発光デバイスのホール注入・輸送層(104B、104G、104R)、発光層(105B、105G、105R)、および電子輸送層(108B、108G、108R)、また、受光デバイスの第1の輸送層104PS、活性層105PS、第2の輸送層108PSの各側面(各端部)に接して形成される。これにより、各側面から内部への酸素、水分、またはこれらの構成元素の侵入を抑制することができる。なお、絶縁層107に用いる材料としては、例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、インジウムガリウム亜鉛酸化物、窒化シリコン、または窒化酸化シリコンなどを用いることができる。

[0304]

次に、図7Bに示すように、絶縁層107の一部および犠牲層(110B、110G、110R、110PS)を除去した後、絶縁層107、電子輸送層(108B、108G、108R)、および第2の輸送層108PS上に電子注入層109を形成する。電子注入層109の形成において、材料としては、実施の形態2に示した材料を用いることができる。なお、電子注入層109は、例えば、真空蒸着法を用いて形成する。なお、電子注入層109は、各発光デバイスのホール注入・輸送層(104B、104G、104R)、発光層(105B、105G、105R)、および電子輸送層(108B、108G、108R)、また、受光デバイスの第1の輸送層104PS、活性層105PS、第2の輸送層108PSの各側面(各端部)で絶縁層107を介して接する構造を有する。

[0305]

次に、図7Cに示すように、電極552を形成する。電極552は、例えば、真空蒸着法を用いて形成する。なお、電極552は、電子注入層109上に形成される。なお、電極552は、電子注入層109および絶縁層107を介して各発光デバイスのホール注入・輸送層(104B、104G、104R)、発光層(105B、105G、105R)、および電子輸送層(108B、108G、108R)、また、受光デバイスの第1の輸送層104PS、活性層105PS、第2の輸送層108PSの各側面(各端部)と接する構造を有する。これにより、各発光デバイスのホール注入・輸送層(104B、104G、104R)、発光層(105B、105G、105R)、および電子輸送層(108B、108G、108R)、また、受光デバイスの第1の輸送層104PS、活性層105PS、第2の輸送層108PSと電極552とが、電氣的に短絡することを防ぐことができる。

[0306]

以上の工程により、発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550R、および受光デバイス550PSにおける、EL層103B、EL層103G、EL層103R、および受光層103PSをそれぞれ分離加工することができる。

[0307]

なお、これらのEL層(103B、103G、103R)および受光層103PSの分離加工において、フォトリソグラフィ法によるパターン形成を行っているため、高精細な受発光装置(表示パネル)を作製することができる。また、フォトリソグラフィ法によるパターン形成により加工されたEL層の各層の端部(側面)は、概略同一表面を有する(または、概略同一平面上に位置する)形状となる。また、フォトリソグラフィ法によるパターン形成により加工された受光層の各層の側面(端部)は、概略同一表面を有する(または、概略同一平面上に位置する)形状となる。

[0308]

また、これらのEL層におけるホール注入・輸送層（104B、104G、104R）、および受光層における第1の輸送層104PSは、導電率が高いことが多いため、隣り合うデバイス間に共通する層として形成されると、クロストークの原因となる場合がある。したがって、本構成例で示すようにフォトリソグラフィ法によるパターン形成により各層を分離加工することにより、隣り合うデバイス間で生じるクロストークの発生を抑制することが可能となる。

[0309]

なお、本構成の各発光デバイスが有する各EL層（103B、103G、103R）に含まれるホール注入・輸送層（104B、104G、104R）、発光層（105B、105G、105R）、および電子輸送層（108B、108G、108R）、および受光デバイスが有する受光層103PSが有する、第1の輸送層104PS、活性層105PS、第2の輸送層108PSは、分離加工において、フォトリソグラフィ法によるパターン形成を行っているため、加工されたEL層の各層の端部（側面）が概略同一表面を有する（または、概略同一平面上に位置する）形状となる。また、フォトリソグラフィ法によるパターン形成により加工された受光層の各層の側面（端部）は、概略同一表面を有する（または、概略同一平面上に位置する）形状となる。

[0310]

また、各発光デバイスが有する各EL層（103B、103G、103R）に含まれるホール注入・輸送層（104B、104G、104R）、発光層（105B、105G、105R）、および電子輸送層（108B、108G、108R）、および受光デバイスが有する受光層103PSが有する、第1の輸送層104PS、活性層105PS、第2の輸送層108PSは、分離加工において、フォトリソグラフィ法によるパターン形成を行っているため、加工された各端部（側面）は、隣り合うデバイスとの間に、それぞれ間隙580を有する。なお、図7Cにおいて、間隙580を隣り合うデバイスのEL層の間の距離をSEで表す場合、距離SEが小さいほど開口率を高めること、及び、精細度を高めることができる。一方、距離SEが大きいほど、隣り合うデバイスとの作製工程ばらつきの影響を許容できるため、製造歩留まりを高めることができる。本明細書により作製される発光デバイスおよび受光デバイスは微細化プロセスに好適であるため、隣り合うデバイスのEL層または受光層の間の距離SEは、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $2.5\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下とすることができる。なお、代表的には、距離SEは $1\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下（例えば $1.5\mu\text{m}$ またはその近傍）であることが好ましい。

[0311]

なお、本明細書等において、メタルマスク、またはFMM（ファインメタルマスク、高精細なメタルマスク）を用いて作製されるデバイスをMM（メタルマスク）構造のデバイスという場合がある。また、本明細書等において、メタルマスク、またはFMMを用いることなく作製されるデバイスをMML（メタルマスクレス）構造のデバイスという場合がある。MML構造の受発光装置は、メタルマスクを用いずに作製するため、FMM構造、またはMM構造の受発光装置よりも画素配置及び画素形状等の設計自由度が高い。

[0312]

なお、MML構造の受発光装置が有する島状のEL層は、メタルマスクのパターンによって形成されるのではなく、EL層を成膜した後に加工することで形成される。したがって、これまでに比

べて高精度な受発光装置または高開口率の受発光装置を実現することができる。さらに、EL層を各色で作分けすることができるため、極めて鮮やかでコントラストが高く、表示品位の高い受発光装置を実現できる。また、EL層上に犠牲層を設けることで、作製工程中にEL層が受けるダメージを低減することができるため、発光デバイスの信頼性を高めることができる。

[0313]

また、実施の形態1等で示した、本発明の一態様のアジン骨格を有する化合物（本願化合物ともいう）は、高耐熱性等の特長を有しているため、電子輸送注入層、電子輸送層、発光層、ホール輸送層、ホール注入層、中間層、またはキャップ層に用いることで、MML構造の作製工程中に受けるダメージを低減する効果を高めることができる。特に、キャップ層、電子注入層または電子輸送層など上層に位置する層として本願化合物を適用することで、下層へのダメージを低減することが可能である。例えば、本願化合物を電子輸送層に用いる場合、発光層のホスト材料よりもTgが高いものを用いると良い。同様に、本願化合物を電子輸送層に用いる場合、正孔輸送層の材料よりもTgが高いものを用いると良い。アジン骨格を有する化合物としては、実施の形態1で示した一般式（G1）乃至（G4）に表される化合物を用いることが好ましいが、これらに限定されるものではない。

[0314]

また、本願化合物を、電子注入層109のような共通層として用いる場合、電子注入層109と隔壁528とが重なって配置されていると好ましい。本願化合物はTgが高いため、隔壁528へのダメージを低減することができる。また、輸送層（電子輸送層108B、電子輸送層108G、電子輸送層108R、または第2の輸送層108PS）が、隔壁528の上に形成されていても良い。その場合、本願化合物を当該輸送層として用い、当該輸送層と隔壁とを重ねて配置すると良い。また、受光デバイス550PSと発光デバイスとの間の隔壁上に、本願化合物を有する層を重ねて配置することも効果的である。なお、電子輸送層108B、電子輸送層108G、電子輸送層108R、および第2の輸送層108PSは、別々の層ではなく、連続して設けられていても良い。

[0315]

また、基板として可撓性基板を用いた折り曲げ可能なデバイス（フレキシブルデバイスともいう）において、耐性（耐熱性および安定性等）の高い本願化合物を採用することは有効である。例えば、負荷のかかりやすい折り曲げ部に本願化合物を有する層を重ねて設けることは有効である。また、隔壁528と折り曲げ部との間に本願化合物を重ねて配置してもよい。また、折り曲げ部を複数有するようなデバイス、または巻取り式のデバイスでは、負荷がかかる箇所が多くなるため、そのような箇所に隔壁528と本願化合物を有する層を重ねて設けると良い。また、折り曲げ部に、キャップ層と、本願化合物を有する層と、隔壁と、を重ねて配置することも好ましい。

[0316]

なお、図2Aおよび図7Cに示す発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550Rにおいては、EL層（103B、103G、103R）の幅が電極（551B、551G、551R）の幅と概略等しく、受光デバイス550PSにおいて、受光層103PSの幅が電極551PSの幅と概略等しいが、本発明の一態様はこれに限られない。

[0317]

発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550Rにおいては、EL層（103B、103G、103R）の幅が電極（551B、551G、551R）の幅より小さくても

よい。また、受光デバイス550PSにおいて、受光層103PSの幅が電極551PSの幅より小さくてもよい。図7Dには発光デバイス550B、発光デバイス550Gにおいて、EL層(103B、103G)の幅が電極(551B、551G)の幅より小さい例を示す。

[0318]

発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550Rにおいては、EL層(103B、103G、103R)の幅が電極(551B、551G、551R)の幅より大きくてもよい。また、受光デバイス550PSにおいて、受光層103PSの幅が電極551PSの幅より大きくてもよい。図7Eには発光デバイス550Rにおいて、EL層103Rの幅が電極551Rの幅より大きい例を示す。

[0319]

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。

[0320]

(実施の形態4)

本実施の形態では、装置720について、図8乃至図10を用いて説明する。なお、図8乃至図10に示す装置720は、実施の形態2で示す発光デバイスを有することから発光装置であるが、本実施の形態で説明する装置720は、電子機器などの表示部に適用可能であることから表示パネルまたは表示装置ということもできる。また、上記発光デバイスを光源とし、発光デバイスからの光を受光できる受光デバイスを備える構成とする場合には、受発光装置ということもできる。なお、これらの発光装置、表示パネル、表示装置、および受発光装置は、少なくとも発光デバイスを有する構成とする。

[0321]

また、本実施の形態の発光装置、表示パネル、表示装置、および受発光装置は、高解像度または大型の発光装置、表示パネル、表示装置、および受発光装置とすることができる。したがって、本実施の形態の発光装置、表示パネル、表示装置、および受発光装置は、例えば、テレビジョン装置、デスクトップ型もしくはノート型のパーソナルコンピュータ、コンピュータ用などのモニタ、デジタルサイネージ、パチンコ機などの大型ゲーム機などの比較的大きな画面を備える電子機器の他、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、携帯型ゲーム機、スマートフォン、腕時計型端末、タブレット端末、携帯情報端末、および音響再生装置等の表示部に用いることもできる。

[0322]

図8Aには、これらの装置(発光装置、表示パネル、表示装置、および受発光装置を含む)720の上面図を示す。

[0323]

図8Aにおいて、装置720は、基板710と基板711とが貼り合わされた構成を有する。また、装置720は、表示領域701、回路704、および配線706等を有する。なお、表示領域701は、複数の画素を有し、図8Aに示す画素703(i, j)は、図8Bに示すように、画素703(i, j)に隣接する画素703(i+1, j)を有する。

[0324]

また、装置720には、図8Aに示すように、COG(Chip On Glass)方式また

はCOF (Chip on Film) 方式等により、基板710にIC (集積回路) 712が設けられている例を示す。なお、IC712としては、例えば走査線駆動回路または信号線駆動回路などを有するICを適用できる。図8Aでは、信号線駆動回路を有するICをIC712に用い、回路704として、走査線駆動回路を有する構成を示す。

[0325]

配線706は、表示領域701及び回路704に信号及び電力を供給する機能を有する。当該信号及び電力は、FPC (Flexible Printed Circuit) 713を介して外部から配線706に入力されるか、またはIC712から配線706に入力される。なお、装置720にICを設けない構成としてもよい。また、ICを、COF方式等により、FPCに実装してもよい。

[0326]

図8Bに、表示領域701の画素703 (i, j)、および画素703 (i+1, j)を示す。すなわち、画素703 (i, j)は、互いに異なる色を発する発光デバイスを有する副画素を、複数種有する構成とすることができる。または、上記に加え、同じ色を発する発光デバイスを有する副画素を複数含む構成とすることもできる。画素が、互いに異なる色を発する発光デバイスを有する副画素を、複数種類有する構成である場合、例えば、画素は、副画素を3種類有する構成とすることができる。当該3つの副画素としては、赤色 (R)、緑色 (G)、青色 (B) の3色の副画素、黄色 (Y)、シアン (C)、及びマゼンタ (M) の3色の副画素などが挙げられる。または、画素は副画素を4種類有する構成とすることができる。当該4つの副画素としては、R、G、B、白色 (W) の4色の副画素、R、G、B、Yの4色の副画素などが挙げられる。具体的には、青色を表示する副画素702B (i, j)、緑色を表示する副画素702G (i, j) および赤色を表示する副画素702R (i, j) で構成された画素703 (i, j) とすることができる。

[0327]

また、装置720は、発光デバイスを有する副画素だけでなく、受光デバイスを有する副画素も含む。

[0328]

図8C乃至図8Eに示す画素703 (i, j)は、受光デバイスを有する副画素702PS (i, j)を含む、様々なレイアウトの一例を示す。なお、図8Cに示す画素の配列は、ストライプ配列であり、図8Dに示す画素の配列は、マトリクス配列である。また、図8Eに示す画素の配列は、1つの副画素 (副画素B) の隣に、3つの副画素 (副画素R、副画素G、副画素PS) が縦に3つ並んだ構成を有する。

[0329]

また、図8Fに示すように赤外線を射出する副画素702IR (i, j)を上記の一組に加えて、画素703 (i, j)としてもよい。図8Fに示す画素の配列は、縦長の副画素G、副画素B、副画素Rが横に3つ並び、その下側に副画素PSと、横長の副画素IRと、が横に並んだ構成を有する。具体的には、650nm以上1000nm以下の波長を有する光を含む光を射出する副画素702IR (i, j)を、画素703 (i, j)に用いてもよい。なお、副画素702PS (i, j)が検出する光の波長は特に限定されないが、副画素702PS (i, j)が有する受光デバイスは、副画素702R (i, j)、副画素702G (i, j)、副画素702B (i, j)、または副画素702IR (i, j)が有する発光デバイスが発する光に感度を有することが好ましい。例えば、

青色、紫色、青紫色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、赤色などの波長域の光、及び、赤外の波長域の光のうち、一つまたは複数を検出することが好ましい。

[0330]

なお、副画素の配列は、図8B乃至図8Fに示す構成に限られることはなく、様々な方法を適用することができる。副画素の配列としては、例えば、ストライプ配列、Sストライプ配列、マトリクス配列、デルタ配列、ベイヤー配列、ペンタイル配列などが挙げられる。

[0331]

また、副画素の上面形状としては、例えば、三角形、四角形（長方形、正方形を含む）、五角形などの多角形、これら多角形の角が丸い形状、楕円形、または円形などが挙げられる。ここでいう副画素の上面形状は、発光デバイスの発光領域の上面形状に相当する。

[0332]

さらに、画素に、発光デバイスだけでなく受光デバイスを有する構成とする場合には、画素が受光機能を有するため、画像を表示しながら、対象物の接触または近接を検出することができる。例えば、発光装置が有する副画素全てで画像を表示するだけでなく、一部の副画素は、光源としての光を呈し、残りの副画素で画像を表示することもできる。

[0333]

なお、副画素702PS(i, j)の受光面積は、他の副画素の発光面積よりも小さいことが好ましい。受光面積が小さいほど、撮像範囲が狭くなり、撮像結果のボケの抑制、及び、解像度の向上が可能となる。そのため、副画素702PS(i, j)を用いることで、高精細または高解像度の撮像を行うことができる。例えば、副画素702PS(i, j)を用いて、指紋、掌紋、虹彩、脈形状（静脈形状、動脈形状を含む）、または顔などを用いた個人認証のための撮像を行うことができる。

[0334]

また、副画素702PS(i, j)は、タッチセンサ（ダイレクトタッチセンサともいう）またはニアタッチセンサ（ホバーセンサ、ホバータッチセンサ、非接触センサ、タッチレスセンサともいう）などに用いることができる。例えば、副画素702PS(i, j)は、赤外光を検出することが好ましい。これにより、暗い場所でも、タッチ検出が可能となる。

[0335]

ここで、タッチセンサまたはニアタッチセンサは、対象物（指、手、またはペンなど）の近接もしくは接触を検出することができる。タッチセンサは、受発光装置と、対象物とが、直接接することで、対象物を検出できる。また、ニアタッチセンサは、対象物が受発光装置に接触しなくても、当該対象物を検出することができる。例えば、受発光装置と、対象物との間の距離が0.1mm以上300mm以下、好ましくは3mm以上50mm以下の範囲で受発光装置が当該対象物を検出できる構成であると好ましい。当該構成とすることで、受発光装置に対象物が直接接触せずに操作することが可能となる、別言すると非接触（タッチレス）で受発光装置を操作することが可能となる。上記構成とすることで、受発光装置に汚れ、または傷がつくリスクを低減することができる、または対象物が受発光装置に付着した汚れ（例えば、ゴミ、細菌、またはウィルスなど）に直接接触せずに、受発光装置を操作することが可能となる。

[0336]

なお、高精細な撮像を行うため、副画素702PS(i, j)は、受発光装置が有する全ての画

素に設けられていることが好ましい。一方で、副画素 702PS (i, j) は、タッチセンサまたはニアタッチセンサなどに用いる場合は、指紋などを撮像する場合と比較して高い精度が求められないため、受発光装置が有する一部の画素に設けられていればよい。受発光装置が有する副画素 702PS (i, j) の数を、副画素 702R (i, j) 等の数よりも少なくすることで、検出速度を高めることができる。

[0337]

次に、発光デバイスを有する副画素の画素回路の一例について図 9A により説明する。図 9A に示す画素回路 530 は、発光デバイス (EL) 550、トランジスタ M15、トランジスタ M16、トランジスタ M17、及び容量素子 C3 を有する。なお、発光デバイス 550 として、発光ダイオードを用いることができる。特に、発光デバイス 550 として、実施の形態 2 で説明した、発光デバイスを用いることが好ましい。

[0338]

図 9A において、トランジスタ M15 は、ゲートが配線 VG と電氣的に接続し、ソースまたはドレインの一方が配線 VS と電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が、容量素子 C3 の一方の電極、及びトランジスタ M16 のゲートと電氣的に接続する。トランジスタ M16 のソースまたはドレインの一方は配線 V4 と電氣的に接続し、他方は、発光デバイス 550 のアノード、及びトランジスタ M17 のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続する。トランジスタ M17 は、ゲートが配線 MS と電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が配線 OUT2 と電氣的に接続する。発光デバイス 550 のカソードは、配線 V5 と電氣的に接続する。

[0339]

配線 V4 及び配線 V5 には、それぞれ定電位が供給される。発光デバイス 550 のアノード側を高電位に、カソード側をアノード側よりも低電位にすることができる。トランジスタ M15 は、配線 VG に供給される信号により制御され、画素回路 530 の選択状態を制御するための選択トランジスタとして機能する。また、トランジスタ M16 は、ゲートに供給される電位に応じて発光デバイス 550 に流れる電流を制御する駆動トランジスタとして機能する。トランジスタ M15 が導通状態のとき、配線 VS に供給される電位がトランジスタ M16 のゲートに供給され、その電位に応じて発光デバイス 550 の発光輝度を制御することができる。トランジスタ M17 は配線 MS に供給される信号により制御され、トランジスタ M16 と発光デバイス 550 との間の電位を、配線 OUT2 を介して外部に出力する機能を有する。

[0340]

なお、図 9A の画素回路 530 が有するトランジスタ M15、トランジスタ M16、及びトランジスタ M17、並びに、図 9B の画素回路 530 が有するトランジスタ M11、トランジスタ M12、トランジスタ M13、及びトランジスタ M14 には、それぞれチャンネルが形成される半導体層に金属酸化物（酸化物半導体）を用いたトランジスタを適用することが好ましい。

[0341]

シリコンよりもバンドギャップが広く、かつキャリア密度の小さい金属酸化物を用いたトランジスタは、極めて小さいオフ電流を実現することができる。そのため、その小さいオフ電流により、トランジスタと直列に接続された容量素子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。そのため、特に容量素子 C2 または容量素子 C3 に直列に接続されるトランジスタ M11、トランジスタ M12、及びトランジスタ M15 には、酸化物半導体が適用されたトランジスタを用

いることが好ましい。また、これ以外のトランジスタも同様に酸化物半導体を適用したトランジスタを用いることで、作製コストを低減することができる。

[0342]

また、トランジスタM11乃至トランジスタM17に、チャネルが形成される半導体にシリコンを適用したトランジスタを用いることもできる。特に単結晶シリコンまたは多結晶シリコンなどの結晶性の高いシリコンを用いることで、高い電界効果移動度を実現することができ、より高速な動作が可能となるため好ましい。

[0343]

また、トランジスタM11乃至トランジスタM17のうち、一以上に酸化物半導体を適用したトランジスタを用い、それ以外にシリコンを適用したトランジスタを用いる構成としてもよい。

[0344]

次に、受光デバイスを有する副画素の画素回路の一例について、図9Bにより説明する。図9Bに示す画素回路531は、受光デバイス(PD)560、トランジスタM11、トランジスタM12、トランジスタM13、トランジスタM14、及び容量素子C2を有する。ここでは、受光デバイス(PD)560として、フォトダイオードを用いた例を示している。

[0345]

図9Bにおいて、受光デバイス(PD)560は、アノードが配線V1と電氣的に接続し、カソードがトランジスタM11のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続する。トランジスタM11は、ゲートが配線TXと電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が容量素子C2の一方の電極、トランジスタM12のソースまたはドレインの一方、及びトランジスタM13のゲートと電氣的に接続する。トランジスタM12は、ゲートが配線RESと電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が配線V2と電氣的に接続する。トランジスタM13は、ソースまたはドレインの一方が配線V3と電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方がトランジスタM14のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続する。トランジスタM14は、ゲートが配線SE1と電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が配線OUT1と電氣的に接続する。

[0346]

配線V1、配線V2、及び配線V3には、それぞれ定電位が供給される。受光デバイス(PD)560を逆バイアスで駆動させる場合には、配線V2に、配線V1の電位よりも高い電位を供給する。トランジスタM12は、配線RESに供給される信号により制御され、トランジスタM13のゲートに接続するノードの電位を、配線V2に供給される電位にリセットする機能を有する。トランジスタM11は、配線TXに供給される信号により制御され、受光デバイス(PD)560に流れる電流に応じて上記ノードの電位が変化するタイミングを制御する機能を有する。トランジスタM13は、上記ノードの電位に応じた出力を行う増幅トランジスタとして機能する。トランジスタM14は、配線SE1に供給される信号により制御され、上記ノードの電位に応じた出力を配線OUT1に接続する外部回路で読み出すための選択トランジスタとして機能する。

[0347]

なお、図9Aおよび図9Bにおいて、トランジスタをnチャネル型のトランジスタとして表記しているが、pチャネル型のトランジスタを用いることもできる。

[0348]

画素回路530が有するトランジスタと画素回路531が有するトランジスタは、同一基板上に

並べて形成されることが好ましい。特に、画素回路 5 3 0 が有するトランジスタと画素回路 5 3 1 が有するトランジスタとを 1 つの領域内に混在させて周期的に配列する構成とすることが好ましい。
[0 3 4 9]

また、受光デバイス (PD) 5 6 0 または発光デバイス (EL) 5 5 0 と重なる位置に、トランジスタ及び容量素子の一方又は双方を有する層を 1 つまたは複数設けることが好ましい。これにより、各画素回路の実効的な占有面積を小さくでき、高精細な受光部または表示部を実現できる。
[0 3 5 0]

次に、図 9 A および図 9 B で説明した画素回路に適用できるトランジスタの具体的な構造の一例を図 9 C に示す。なお、トランジスタとしては、ボトムゲート型のトランジスタまたはトップゲート型のトランジスタなどを適宜用いることができる。
[0 3 5 1]

図 9 C に示すトランジスタは、半導体膜 5 0 8、導電膜 5 0 4、絶縁膜 5 0 6、導電膜 5 1 2 A および導電膜 5 1 2 B を有する。トランジスタは、例えば、絶縁膜 5 0 1 C 上に形成される。また、当該トランジスタは、絶縁膜 5 1 6 (絶縁膜 5 1 6 A 及び絶縁膜 5 1 6 B)、及び絶縁膜 5 1 8 を有する。
[0 3 5 2]

半導体膜 5 0 8 は、導電膜 5 1 2 A と電氣的に接続される領域 5 0 8 A、導電膜 5 1 2 B と電氣的に接続される領域 5 0 8 B を有する。半導体膜 5 0 8 は、領域 5 0 8 A および領域 5 0 8 B の間に領域 5 0 8 C を有する。
[0 3 5 3]

導電膜 5 0 4 は領域 5 0 8 C と重なる領域を備え、導電膜 5 0 4 はゲート電極の機能を有する。
[0 3 5 4]

絶縁膜 5 0 6 は、半導体膜 5 0 8 および導電膜 5 0 4 の間に挟まれる領域を有する。絶縁膜 5 0 6 は第 1 のゲート絶縁膜の機能を有する。
[0 3 5 5]

導電膜 5 1 2 A はソース電極の機能またはドレイン電極の機能の一方を備え、導電膜 5 1 2 B はソース電極の機能またはドレイン電極の機能の他方を有する。
[0 3 5 6]

また、導電膜 5 2 4 をトランジスタに用いることができる。導電膜 5 2 4 は、導電膜 5 0 4 との間に半導体膜 5 0 8 を挟む領域を有する。導電膜 5 2 4 は、第 2 のゲート電極の機能を有する。絶縁膜 5 0 1 D は半導体膜 5 0 8 および導電膜 5 2 4 の間に挟まれ、第 2 のゲート絶縁膜の機能を有する。
[0 3 5 7]

絶縁膜 5 1 6 は、例えば、半導体膜 5 0 8 を覆う保護膜として機能する。絶縁膜 5 1 6 としては、例えば、具体的には、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化ガリウム膜、酸化タンタル膜、酸化マグネシウム膜、酸化ランタン膜、酸化セリウム膜または酸化ネオジム膜を含む膜を用いることができる。
[0 3 5 8]

絶縁膜 5 1 8 は、例えば、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等の拡散を抑制す

る機能を備える材料を適用することが好ましい。具体的には、絶縁膜 518 としては、例えば、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム等を用いることができる。また、酸化窒化シリコン、及び酸化窒化アルミニウムのそれぞれに含まれる酸素の原子数と窒素の原子数は、窒素の原子数のほうが多いことが好ましい。

[0359]

なお、画素回路のトランジスタに用いる半導体膜を形成する工程において、駆動回路のトランジスタに用いる半導体膜を形成することができる。例えば、画素回路のトランジスタに用いる半導体膜と同じ組成の半導体膜を、駆動回路に用いることができる。

[0360]

また、半導体膜 508 は、例えば、インジウムと、M (M は、ガリウム、アルミニウム、シリコン、ホウ素、イットリウム、スズ、銅、バナジウム、ベリリウム、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、及びマグネシウムから選ばれた一種または複数種) と、亜鉛と、を有することが好ましい。特に、M は、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、及びスズから選ばれた一種または複数種であることが好ましい。

[0361]

特に、半導体膜 508 として、インジウム (In)、ガリウム (Ga)、及び亜鉛 (Zn) を含む酸化物 (IGZO とも記す) を用いることが好ましい。または、インジウム、スズ、及び亜鉛を含む酸化物を用いることが好ましい。または、インジウム、ガリウム、スズ、及び亜鉛を含む酸化物を用いることが好ましい。または、インジウム (In)、アルミニウム (Al)、及び亜鉛 (Zn) を含む酸化物 (IAZO とも記す) を用いることが好ましい。または、インジウム (In)、アルミニウム (Al)、ガリウム (Ga)、及び亜鉛 (Zn) を含む酸化物 (IAGZO とも記す) を用いることが好ましい。

[0362]

半導体膜が In-M-Zn 酸化物の場合、当該 In-M-Zn 酸化物における In の原子数比は M の原子数比以上であることが好ましい。このような In-M-Zn 酸化物の金属元素の原子数比として、In:M:Zn=1:1:1 またはその近傍の組成、In:M:Zn=1:1:1.2 またはその近傍の組成、In:M:Zn=1:3:2 またはその近傍の組成、In:M:Zn=1:3:4 またはその近傍の組成、In:M:Zn=2:1:3 またはその近傍の組成、In:M:Zn=3:1:2 またはその近傍の組成、In:M:Zn=4:2:3 またはその近傍の組成、In:M:Zn=4:2:4.1 またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:1:3 またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:1:6 またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:1:7 またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:1:8 またはその近傍の組成、In:M:Zn=6:1:6 またはその近傍の組成、In:M:Zn=5:2:5 またはその近傍の組成、等が挙げられる。なお、近傍の組成とは、所望の原子数比の±30%の範囲を含む。

[0363]

例えば、原子数比が In:Ga:Zn=4:2:3 またはその近傍の組成と記載する場合、In の原子数比を 4 としたとき、Ga の原子数比が 1 以上 3 以下であり、Zn の原子数比が 2 以上 4 以下である場合を含む。また、原子数比が In:Ga:Zn=5:1:6 またはその近傍の組成と記載する場合、In の原子数比を 5 としたときに、Ga の原子数比が 0.1 より大きく 2 以下であり、

Znの原子数比が5以上7以下である場合を含む。また、原子数比がIn:Ga:Zn=1:1:1またはその近傍の組成と記載する場合、Inの原子数比を1としたときに、Gaの原子数比が0.1より大きく2以下であり、Znの原子数比が0.1より大きく2以下である場合を含む。

[0364]

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、また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、トランジスタ特性の劣化を抑制できるため好ましい。

[0365]

また、トランジスタの半導体層は、金属酸化物（酸化物半導体ともいう）を有することが好ましい。なお、結晶性を有する酸化物半導体としては、CAAC（c-axis-aligned crystalline）-OS、nc（nanocrystalline）-OS等が挙げられる。

[0366]

または、シリコンをチャネル形成領域に用いたトランジスタ（Siトランジスタ）を用いてもよい。シリコンとしては、単結晶シリコン（単結晶Si）、多結晶シリコン、非晶質シリコン等が挙げられる。特に、半導体層に低温ポリシリコン（LTPS（Low Temperature Poly Silicon））を有するトランジスタ（以下、LTPSトランジスタともいう）を用いることができる。LTPSトランジスタは、電界効果移動度が高く、周波数特性が良好である。

[0367]

LTPSトランジスタ等のSiトランジスタを適用することで、高周波数で駆動する必要のある回路（例えばソースドライバ回路）を表示部と同一基板上に作り込むことができる。これにより、発光装置に実装される外部回路を簡略化でき、部品コスト及び実装コストを削減することができる。

[0368]

OSトランジスタは、非晶質シリコンを用いたトランジスタと比較して電界効果移動度が極めて高い。また、OSトランジスタは、オフ状態におけるソースドレイン間のリーク電流（以下、オフ電流ともいう）が著しく小さく、当該トランジスタと直列に接続された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。また、OSトランジスタを適用することで、発光装置の消費電力を低減することができる。

[0369]

また、室温下における、チャネル幅1 μm あたりのOSトランジスタのオフ電流値は、1 aA（ $1 \times 10^{-18} \text{ A}$ ）以下、1 zA（ $1 \times 10^{-21} \text{ A}$ ）以下、または1 yA（ $1 \times 10^{-24} \text{ A}$ ）以下とすることができる。なお、室温下における、チャネル幅1 μm あたりのSiトランジスタのオフ電流値は、1 fA（ $1 \times 10^{-15} \text{ A}$ ）以上1 pA（ $1 \times 10^{-12} \text{ A}$ ）以下である。したがって、OSトランジスタのオフ電流は、Siトランジスタのオフ電流よりも10桁程度低いともいえる。

[0370]

また、画素回路に含まれる発光デバイスの発光輝度を高くする場合、発光デバイスに流す電流量を大きくする必要がある。そのためには、画素回路に含まれている駆動トランジスタのソースドレイン間電圧を高くする必要がある。OSトランジスタは、Siトランジスタと比較して、ソースドレイン間において耐圧が高いため、OSトランジスタのソースドレイン間には高い電圧を印加することができる。したがって、画素回路に含まれる駆動トランジスタをOSトランジスタとす

ることで、発光デバイスに流れる電流量を大きくし、発光デバイスの発光輝度を高くすることができる。

[0371]

また、トランジスタが飽和領域で動作する場合において、OSトランジスタは、Siトランジスタよりも、ゲートソース間電圧の変化に対して、ソースドレイン間電流の変化を小さくすることができる。このため、画素回路に含まれる駆動トランジスタとしてOSトランジスタを適用することによって、ゲートソース間電圧の変化によって、ソースドレイン間に流れる電流を細かく定めることができるため、発光デバイスに流れる電流量を制御することができる。このため、画素回路における階調を大きくすることができる。

[0372]

また、トランジスタが飽和領域で動作するときに流れる電流の飽和特性において、OSトランジスタは、ソースドレイン間電圧が徐々に高くなった場合においても、Siトランジスタよりも安定した電流（飽和電流）を流すことができる。そのため、OSトランジスタを駆動トランジスタとして用いることで、例えば、発光デバイスの電流－電圧特性にばらつきが生じた場合においても、発光デバイスに安定した電流を流すことができる。つまり、OSトランジスタは、飽和領域で動作する場合において、ソースドレイン間電圧を高くしても、ソースドレイン間電流がほぼ変化しないため、発光デバイスの発光輝度を安定させることができる。

[0373]

上記のとおり、画素回路に含まれる駆動トランジスタにOSトランジスタを用いることで、「黒浮きの抑制」、「発光輝度の上昇」、「多階調化」、「発光デバイスのばらつきの抑制」などを図ることができる。

[0374]

または、駆動回路のトランジスタに用いる半導体膜を、画素回路のトランジスタに用いる半導体膜と同一の工程で形成することができる。または、画素回路を形成する基板と同一の基板上に駆動回路を形成することができる。または、電子機器を構成する部品数を低減することができる。

[0375]

また、半導体膜508には、シリコンを用いてもよい。シリコンとしては、単結晶シリコン、多結晶シリコン、非晶質シリコンなどが挙げられる。特に、半導体層に低温ポリシリコン（LTPS（Low Temperature Poly Silicon））を有するトランジスタ（以下、LTPSトランジスタともいう）を用いることが好ましい。LTPSトランジスタは、電界効果移動度が高く、周波数特性が良好である。

[0376]

LTPSトランジスタなどのシリコンを用いたトランジスタを適用することで、高周波数で駆動する必要のある回路（例えばソースドライバ回路）を表示部と同一基板上に作り込むことができる。これにより、発光装置に実装される外部回路を簡略化でき、部品コスト及び実装コストを削減することができる。

[0377]

また、画素回路に含まれるトランジスタの少なくとも一に、チャネルが形成される半導体に金属酸化物（以下、酸化物半導体ともいう）を有するトランジスタ（以下、OSトランジスタともいう）を用いることが好ましい。OSトランジスタは、非晶質シリコンを用いたトランジスタと比較して

電界効果移動度が極めて高い。また、OSトランジスタは、オフ状態におけるソースドレイン間のリーク電流（以下、オフ電流ともいう）が著しく小さく、当該トランジスタと直列に接続された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。また、OSトランジスタを適用することで、発光装置の消費電力を低減することができる。

[0378]

画素回路に含まれるトランジスタの一部に、LTPTSトランジスタを用い、他の一部にOSトランジスタを用いることで、消費電力が低く、駆動能力の高い発光装置を実現することができる。より好適な例としては、配線間の導通、非導通を制御するためのスイッチとして機能するトランジスタなどにOSトランジスタを適用し、電流を制御するトランジスタなどにLTPTSトランジスタを適用することが好ましい。なお、LTPTSトランジスタと、OSトランジスタと、の双方を組み合わせる構成をLTPOと呼称する場合がある。LTPOとすることで、消費電力が低く、駆動能力の高い表示パネルを実現することができる。

[0379]

例えば、画素回路に設けられるトランジスタの一は、発光デバイスに流れる電流を制御するためのトランジスタとして機能し、駆動トランジスタとも呼ぶことができる。駆動トランジスタのソース及びドレインの一方は、発光デバイスの画素電極と電氣的に接続される。当該駆動トランジスタには、LTPTSトランジスタを用いることが好ましい。これにより、画素回路において発光デバイスに流れる電流を大きくできる。

[0380]

一方、画素回路に設けられるトランジスタの他の一は、画素の選択、非選択を制御するためのスイッチとして機能し、選択トランジスタとも呼ぶことができる。選択トランジスタのゲートはゲート線と電氣的に接続され、ソース及びドレインの一方は、ソース線（信号線）と電氣的に接続される。選択トランジスタには、OSトランジスタを適用することが好ましい。これにより、フレーム周波数を著しく小さく（例えば1fps以下）しても、画素の階調を維持することができるため、静止画を表示する際にドライバを停止することで、消費電力を低減することができる。

[0381]

酸化物半導体を半導体膜に用いる場合、装置720は、酸化物半導体を半導体膜に用い、且つMML（メタルマスクレス）構造の発光デバイスを有する構成となる。当該構成とすることで、トランジスタに流れうるリーク電流、及び隣接する発光デバイス間に流れうるリーク電流（横リーク電流、サイドリーク電流などともいう）を、極めて低くすることができる。また、上記構成とすることで、表示装置に画像を表示した場合に、観察者が画像のきれ、画像のするどさ、高い彩度及び高いコントラスト比のいずれか一または複数を観測できる。なお、トランジスタに流れうるリーク電流、及び発光デバイス間の横リーク電流が極めて低い構成とすることで、黒表示時に生じる光漏れ（いわゆる黒浮き）などが限りなく少ない表示（真黒表示ともいう）とすることができる。

[0382]

特に、MML構造の発光デバイスの中でも、先に示すSBS構造を適用することで、発光デバイスの間に設けられる層（例えば、発光デバイス間で共通して用いる有機層、共通層ともいう）が分断された構成となるため、サイドリークがない、またはサイドリークが極めて少ない表示とすることができる。

[0383]

また、表示パネルの画面のサイズに応じて、表示パネルに用いるトランジスタの構成を適宜選択すればよい。例えば、表示パネルのトランジスタとして、単結晶Siトランジスタを用いる場合、対角のサイズが0.1インチ以上3インチ以下の画面サイズに適用することができる。また、表示パネルのトランジスタとして、LTPOトランジスタを用いる場合、対角のサイズが0.1インチ以上30インチ以下、好ましくは1インチ以上30インチ以下の画面サイズに適用することができる。また、表示パネルにLTPO（LTPOトランジスタと、OSトランジスタとを、組み合わせる構成）を用いる場合、対角のサイズを0.1インチ以上50インチ以下、好ましくは1インチ以上50インチ以下の画面サイズに適用することができる。また、表示パネルのトランジスタとして、OSトランジスタを用いる場合、対角のサイズを0.1インチ以上200インチ以下、好ましくは50インチ以上100インチ以下の画面サイズに適用することができる。

[0384]

なお、単結晶Siトランジスタは、単結晶Si基板の大きさより、大型化が非常に困難である。また、LTPOトランジスタは、製造工程にてレーザ結晶化装置を用いるため、大型化（代表的には、対角のサイズにて30インチを超える画面サイズ）への対応が難しい。一方でOSトランジスタは、製造工程にてレーザ結晶化装置などを用いる制約がない、または比較的低温のプロセス温度（代表的には450℃以下）で製造することが可能なため、比較的大面積（代表的には、対角のサイズにて50インチ以上100インチ以下）の表示パネルまで対応することが可能である。また、LTPOについては、LTPOトランジスタを用いる場合と、OSトランジスタを用いる場合との間の領域の表示パネルのサイズ（代表的には、対角のサイズにて1インチ以上50インチ以下）に適用することが可能となる。

[0385]

次に、受発光装置の断面図を示す。図10には、図8Aに示す受発光装置の断面図を示す。

[0386]

図10の断面図は、FPC713および配線706を含む領域の一部、画素703(i, j)を含む表示領域701の一部をそれぞれ切断した時の断面図を示す。

[0387]

図10において、受発光装置700は、第1の基板510と、第2の基板770と、の間に機能層520を有する。機能層520には、図9で説明したトランジスタ(M11、M12、M13、M14、M15、M16、M17)および容量素子(C2、C3)等の他、これらを電氣的に接続する配線(VS、VG、V1、V2、V3、V4、V5)等が含まれる。なお、図10では、機能層520は、画素回路530X(i, j)および画素回路530S(i, j)、並びに駆動回路GDを含む構成を示すが、これに限らない。

[0388]

また、機能層520に形成された画素回路（例えば、図10に示す画素回路530X(i, j)および画素回路530S(i, j)）は、機能層520上に形成される発光デバイスおよび受光デバイス（例えば、図10に示す発光デバイス550X(i, j)および受光デバイス550S(i, j)）と電氣的に接続される。具体的には、発光デバイス550X(i, j)は配線591Xを介して画素回路530X(i, j)に電氣的に接続され、受光デバイス550S(i, j)は配線591Sを介して画素回路530S(i, j)に電氣的に接続される。また、機能層520、発光デバイス、および受光デバイス上に絶縁層705を有し、絶縁層705は、第2の基板770と機能

層５２０とを貼り合わせる機能を有する。

[０３８９]

なお、第２の基板７７０には、マトリクス状にタッチセンサを備える基板を用いることができる。例えば、静電容量式のタッチセンサまたは光学式のタッチセンサを備えた基板を第２の基板７７０に用いることができる。これにより、本発明の一態様の受発光装置をタッチパネルとして使用することができる。

[０３９０]

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。

[０３９１]

(実施の形態５)

本実施の形態では、本発明の一態様の電子機器の構成について、図１１Ａ乃至図１３Ｂにより説明する。

[０３９２]

図１１Ａ乃至図１３Ｂは、本発明の一態様の電子機器の構成を説明する図である。図１１Ａは電子機器のブロック図であり、図１１Ｂ乃至図１１Ｅは電子機器の構成を説明する斜視図である。また、図１２Ａ乃至図１２Ｅは電子機器の構成を説明する斜視図である。また、図１３Ａおよび図１３Ｂは電子機器の構成を説明する斜視図である。

[０３９３]

本実施の形態で説明する電子機器５２００Ｂは、演算装置５２１０と、入出力装置５２２０と、を有する（図１１Ａ参照）。

[０３９４]

演算装置５２１０は、操作情報を供給される機能を備え、操作情報に基づいて画像情報を供給する機能を有する。

[０３９５]

入出力装置５２２０は、表示部５２３０、入力部５２４０、検知部５２５０、通信部５２９０、操作情報を供給する機能および画像情報を供給される機能を有する。また、入出力装置５２２０は、検知情報を供給する機能、通信情報を供給する機能および通信情報を供給される機能を有する。

[０３９６]

入力部５２４０は操作情報を供給する機能を有する。例えば、入力部５２４０は、電子機器５２００Ｂの使用者の操作に基づいて操作情報を供給する。

[０３９７]

具体的には、キーボード、ハードウェアボタン、ポインティングデバイス、タッチセンサ、照度センサ、撮像装置、音声入力装置、視線入力装置、姿勢検出装置などを、入力部５２４０に用いることができる。

[０３９８]

表示部５２３０は表示パネルおよび画像情報を表示する機能を有する。例えば、実施の形態３において説明する表示パネルを表示部５２３０に用いることができる。

[０３９９]

検知部５２５０は検知情報を供給する機能を有する。例えば、電子機器が使用されている周辺の

環境を検知して、検知情報として供給する機能を有する。

[0400]

具体的には、照度センサ、撮像装置、姿勢検出装置、圧力センサ、人感センサなどを検知部5250に用いることができる。

[0401]

通信部5290は通信情報を供給される機能および供給する機能を有する。例えば、無線通信または有線通信により、他の電子機器または通信網と接続する機能を有する。具体的には、無線構内通信、電話通信、近距離無線通信などの機能を有する。

[0402]

図11Bは、円筒状の柱などに沿った外形を有する電子機器を示す。一例として、デジタルサイネージ等が挙げられる。本発明の一態様である表示パネルは、表示部5230に適用することができる。なお、使用環境の照度に応じて、表示方法を変更する機能を備えていても良い。また、人の存在を検知して、表示内容を変更する機能を有する。これにより、例えば、建物の柱に設置することができる。または、広告または案内等を表示することができる。

[0403]

図11Cは、使用者が使用するポインタの軌跡に基づいて画像情報を生成する機能を有する電子機器を示す。一例として、電子黒板、電子掲示板、電子看板等が挙げられる。具体的には、対角線の長さが20インチ以上、好ましくは40インチ以上、より好ましくは55インチ以上の表示パネルを用いることができる。または、複数の表示パネルを並べて1つの表示領域に用いることができる。または、複数の表示パネルを並べてマルチスクリーンに用いることができる。

[0404]

図11Dは、他の装置から情報を受信して、表示部5230に表示することができる電子機器を示す。一例として、ウェアラブル型電子機器などが挙げられる。具体的には、いくつかの選択肢を表示できる、または、使用者が選択肢からいくつかを選択し、当該情報の送信元に返信することができる。または、例えば、使用環境の照度に応じて、表示方法を変更する機能を有する。これにより、例えば、ウェアラブル型電子機器の消費電力を低減することができる。または、例えば、晴天の屋外等の外光の強い環境においても好適に使用できるように、画像をウェアラブル型電子機器に表示することができる。

[0405]

図11Eは、筐体の側面に沿って緩やかに曲がる曲面を備える表示部5230を有する電子機器を示す。一例として、携帯電話などが挙げられる。なお、表示部5230は表示パネルを備え、表示パネルは、例えば、前面、側面、上面および背面に表示する機能を有する。これにより、例えば、携帯電話の前面だけでなく、側面、上面および背面に情報を表示することができる。

[0406]

図12Aは、インターネットから情報を受信して、表示部5230に表示することができる電子機器を示す。一例として、スマートフォンなどが挙げられる。例えば、作成したメッセージを表示部5230で確認することができる。または、作成したメッセージを他の装置に送信できる。または、例えば、使用環境の照度に応じて、表示方法を変更する機能を有する。これにより、スマートフォンの消費電力を低減することができる。または、例えば、晴天の屋外等の外光の強い環境においても好適に使用できるように、画像をスマートフォンに表示することができる。

[0407]

図12Bは、リモートコントローラーを入力部5240とすることができる電子機器を示す。一例として、テレビジョンシステムなどが挙げられる。または、例えば、放送局またはインターネットから情報を受信して、表示部5230に表示することができる。または、検知部5250を用いて使用者を撮影できる。または、使用者の映像を送信できる。または、使用者の視聴履歴を取得して、クラウド・サービスに提供できる。または、クラウド・サービスから、レコメンド情報を取得して、表示部5230に表示できる。または、レコメンド情報に基づいて、番組または動画を表示できる。または、例えば、使用環境の照度に応じて、表示方法を変更する機能を有する。これにより、晴天の日に屋内に差し込む強い外光が当たっても好適に使用できるように、映像をテレビジョンシステムに表示することができる。

[0408]

図12Cは、インターネットから教材を受信して、表示部5230に表示することができる電子機器を示す。一例として、タブレットコンピュータなどが挙げられる。または、入力部5240を用いて、レポートを入力し、インターネットに送信することができる。または、クラウド・サービスから、レポートの添削結果または評価を取得して、表示部5230に表示することができる。または、評価に基づいて、好適な教材を選択し、表示することができる。

[0409]

例えば、他の電子機器から画像信号を受信して、表示部5230に表示することができる。または、スタンドなどに立てかけて、表示部5230をサブディスプレイに用いることができる。これにより、例えば、晴天の屋外等の外光の強い環境においても好適に使用できるように、画像をタブレットコンピュータに表示することができる。

[0410]

図12Dは、複数の表示部5230を有する電子機器を示す。一例として、デジタルカメラなどが挙げられる。例えば、検知部5250で撮影しながら表示部5230に表示することができる。または、撮影した映像を検知部に表示することができる。または、入力部5240を用いて、撮影した映像に装飾を施せる。または、撮影した映像にメッセージを添付できる。または、インターネットに送信できる。または、使用環境の照度に応じて、撮影条件を変更する機能を有する。これにより、例えば、晴天の屋外等の外光の強い環境においても好適に閲覧できるように、被写体をデジタルカメラに表示することができる。

[0411]

図12Eは、他の電子機器をスレイブに用い、本実施の形態の電子機器をマスターに用いて、他の電子機器を制御することができる電子機器を示す。一例として、携帯可能なパーソナルコンピュータなどが挙げられる。例えば、画像情報の一部を表示部5230に表示し、画像情報の他の一部を他の電子機器の表示部に表示することができる。または、画像信号を供給することができる。または、通信部5290を用いて、他の電子機器の入力部から書き込む情報を取得できる。これにより、例えば、携帯可能なパーソナルコンピュータを用いて、広い表示領域を利用することができる。

[0412]

図13Aは、加速度または方位を検知する検知部5250を有する電子機器を示す。一例として、ゴーグル型の電子機器などが挙げられる。または、検知部5250は、使用者の位置または使用者が向いている方向に係る情報を供給することができる。または、電子機器は、使用者の位置または

使用者が向いている方向に基づいて、右目用の画像情報および左目用の画像情報を生成することができる。または、表示部 5 2 3 0 は、右目用の表示領域および左目用の表示領域を有する。これにより、例えば、没入感を得られる仮想現実空間の映像を、ゴーグル型の電子機器に表示することができる。

[0 4 1 3]

図 1 3 B は、撮像装置、加速度または方位を検知する検知部 5 2 5 0 を有する電子機器を示す。一例として、めがね型の電子機器などが挙げられる。または、検知部 5 2 5 0 は、使用者の位置または使用者が向いている方向に係る情報を供給することができる。または、電子機器は、使用者の位置または使用者が向いている方向に基づいて、画像情報を生成することができる。これにより、例えば、現実の風景に情報を添付して表示することができる。または、拡張現実空間の映像を、めがね型の電子機器に表示することができる。

[0 4 1 4]

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

[0 4 1 5]

(実施の形態 6)

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構成について、図 1 4 により説明する。なお、図 1 4 A は、図 1 4 B に示す照明装置の上面図における線分 e - f の断面図である。

[0 4 1 6]

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 4 0 0 上に、第 1 の電極 4 0 1 が形成されている。第 1 の電極 4 0 1 は実施の形態 2 における第 1 の電極 1 0 1 に相当する。第 1 の電極 4 0 1 側から発光を取り出す場合、第 1 の電極 4 0 1 は透光性を有する材料により形成する。

[0 4 1 7]

第 2 の電極 4 0 4 に電圧を供給するためのパッド 4 1 2 が基板 4 0 0 上に形成される。

[0 4 1 8]

第 1 の電極 4 0 1 上には E L 層 4 0 3 が形成されている。E L 層 4 0 3 は実施の形態 2 における E L 層 1 0 3 の構成に相当する。なお、これらの構成については当該記載を参照されたい。

[0 4 1 9]

E L 層 4 0 3 を覆って第 2 の電極 4 0 4 を形成する。第 2 の電極 4 0 4 は実施の形態 2 における第 2 の電極 1 0 2 に相当する。発光を第 1 の電極 4 0 1 側から取り出す場合、第 2 の電極 4 0 4 は反射率の高い材料によって形成される。第 2 の電極 4 0 4 はパッド 4 1 2 と接続することによって、電圧が供給される。

[0 4 2 0]

以上、第 1 の電極 4 0 1、E L 層 4 0 3、及び第 2 の電極 4 0 4 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。

[0 4 2 1]

以上の構成を有する発光デバイスが形成された基板 4 0 0 と、封止基板 4 0 7 とをシール材 (4 0 5、4 0 6) 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 4 0 5、4

０６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１４Ｂ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、信頼性の向上につながる。

[０４２２]

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。

[０４２３]

（実施の形態７）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置、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応用例について、図１５を用いて説明する。

[０４２４]

室内の照明装置としては、シーリングライト８００１として応用できる。シーリングライト８００１には、天井直付型および天井埋め込み型がある。なお、このような照明装置は、発光装置を筐体およびカバーと組み合わせることにより構成される。その他にもコードペンダント型（天井からのコード吊り下げ式）への応用も可能である。

[０４２５]

また、足元灯８００２は、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。例えば、寝室、階段、および通路などに使用するのが有効である。その場合、部屋の広さおよび構造に応じて適宜サイズおよび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。

[０４２６]

また、シート状照明８００３は、薄型のシート状の照明装置である。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、筐体等に用いることもできる。

[０４２７]

また、光源からの光が所望の方向のみに制御された照明装置８００４を用いることもできる。

[０４２８]

また、電気スタンド８００５は、光源８００６を有し、光源８００６としては、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することができる。

[０４２９]

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することにより、家具としての機能を備えた照明装置とすることができる。

[０４３０]

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。

[０４３１]

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る用いることができる。

[０４３２]

(実施の形態 8)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置に適用できる、発光デバイスおよび受光デバイスの一例として、図 16 に示した受発光装置 810 について説明する。なお、受発光装置 810 は、発光デバイスを有することから、発光装置ということもでき、受光デバイスを有することから、受光装置ということもでき、電子機器などの表示部に適用可能であることから、表示パネルまたは表示装置ということもできる。

[0433]

本発明の一態様の受発光装置 810 が有する発光デバイス 805a、及び受光デバイス 805b の断面概略図を、図 16A に示す。

[0434]

発光デバイス 805a は、光を発する機能（以下、発光機能とも記す）を有する。発光デバイス 805a は、電極 801a、EL 層 803a、及び電極 802 を有する。発光デバイス 805a は、実施の形態 2 で示した有機 EL を利用する発光デバイス（有機 EL デバイス）であることが好ましい。したがって電極 801a と電極 802 との間に挟持される EL 層 803a は、少なくとも発光層を有する。発光層は、発光物質を有する。電極 801a と電極 802 との間に電圧を印加することにより、EL 層 803a から光が射出される。EL 層 803a は、発光層に加えて、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、キャリア（正孔または電子）ブロック層、電荷発生層などの様々な層を有していてもよい。

[0435]

受光デバイス 805b は、光を検出する機能（以下、受光機能とも記す）を有する。受光デバイス 805b は、例えば、pn 型または pin 型のフォトダイオードを用いることができる。受光デバイス 805b は、電極 801b、受光層 803b、及び電極 802 を有する。電極 801b と電極 802 との間に挟持される受光層 803b は、少なくとも活性層を有する。なお、受光層 803b には、上述した EL 層 803a が有する様々な層（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（正孔または電子）ブロック層、電荷発生層など）に用いる材料を用いることもできる。受光デバイス 805b は、光電変換デバイスとして機能し、受光層 803b に入射する光によって電荷を発生させ、電流として取り出すことができる。この時、電極 801b と電極 802 との間に電圧を印加してもよい。受光層 803b に入射する光量に基づき、発生する電荷量が決まる。

[0436]

受光デバイス 805b は、可視光を検出する機能を有する。受光デバイス 805b は、可視光に感度を有する。受光デバイス 805b は、可視光及び赤外光を検出する機能を有するとさらに好ましい。受光デバイス 805b は、可視光、及び赤外光に感度を有することが好ましい。

[0437]

なお、本明細書等における青色（B）の波長領域とは、400nm 以上 490nm 未満であり、青色（B）の光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。また、緑色（G）の波長領域とは、490nm 以上 580nm 未満であり、緑色（G）の光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。また、赤色（R）の波長領域とは、580nm 以上 700nm 未満であり、赤色（R）の光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。また、本明細書等において、可視光の波長領域とは、400nm

m以上700nm未満であり、可視光とは、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。また、赤外（IR）の波長領域とは、700nm以上900nm未満であり、赤外（IR）光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。

[0438]

受光デバイス805bの活性層は、半導体を含む。当該半導体としては、シリコンなどの無機半導体、及び、有機化合物を含む有機半導体等が挙げられる。受光デバイス805bとしては、活性層に有機半導体を含む、有機半導体デバイス（または有機フォトダイオード）を用いることが好ましい。有機フォトダイオードは、薄型化、軽量化、及び大面積化が容易であり、また、形状及びデザインの自由度が高いため、様々な表示装置に適用できる。また、有機半導体を用いることで、発光デバイス805aが有するEL層803aと、受光デバイス805bが有する受光層803bと、を同じ方法（例えば、真空蒸着法）で形成することができ、共通の製造装置を使用できるため好ましい。なお、受光デバイス805bの受光層803bには、本発明の一態様である有機化合物を用いることができる。

[0439]

本発明の一態様の表示装置は、発光デバイス805aとして有機ELデバイスを用い、受光デバイス805bとして有機フォトダイオードを好適に用いることができる。有機ELデバイス及び有機フォトダイオードは、同一基板上に形成することができる。したがって、有機ELデバイスを用いた表示装置に有機フォトダイオードを内蔵することができる。本発明の一態様である表示装置は、画像を表示する機能に加えて、撮像機能及びセンシング機能の一方または双方も有する。

[0440]

電極801a及び電極801bは、同一面上に設けられる。図16Aは、電極801a及び電極801bが基板800上に設けられる構成を示している。なお、電極801a及び電極801bは、例えば、基板800上に形成された導電膜を島状に加工することにより形成できる。つまり、電極801a及び電極801bは、同じ工程を経て形成することができる。

[0441]

基板800は、発光デバイス805a及び受光デバイス805bの形成に耐えうる耐熱性を有する基板を用いることができる。基板800として、絶縁性基板を用いる場合には、ガラス基板、石英基板、サファイア基板、セラミック基板、有機樹脂基板などを用いることができる。また、シリコンまたは炭化シリコンなどを材料とした単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等の化合物半導体基板、SOI基板などの半導体基板を用いることができる。

[0442]

特に、基板800として、前述の絶縁性基板または半導体基板上に、トランジスタなどの半導体素子を含む半導体回路が形成された基板を用いることが好ましい。当該半導体回路は、例えば、画素回路、ゲート線駆動回路（ゲートドライバ）、ソース線駆動回路（ソースドライバ）などを構成していることが好ましい。また、上記に加えて演算回路、記憶回路などが構成されていてもよい。

[0443]

また、電極802は、発光デバイス805a及び受光デバイス805bで共通する層からなる電極である。これらの電極のうち、光を射出させる、または光を入射させる側の電極には、可視光及び赤外光を透過する導電膜を用いる。光を射出させない、または光を入射させない側の電極には、可視光及び赤外光を反射する導電膜を用いることが好ましい。

[0444]

本発明の一態様である表示装置における電極802は、発光デバイス805aおよび受光デバイス805bのそれぞれの一方の電極として機能する。

[0445]

図16Bは、発光デバイス805aの電極801aが、電極802よりも高い電位を有する場合について示す。この時、電極801aは、発光デバイス805aの陽極として機能し、電極802は、陰極として機能する。また、受光デバイス805bの電極801bは、電極802より低い電位を有する。なお、図16Bでは、電流の流れる向きを分かりやすくするため、発光デバイス805aの左側に発光ダイオードの回路記号を示し、受光デバイス805bの右側にフォトダイオードの回路記号を示している。また、キャリア（電子及びホール）の流れる向きを各デバイス中に模式的に矢印で示している。

[0446]

図16Bに示す構成の場合、電極801aに第1の配線を介して第1の電位が供給され、電極802に第2の配線を介して第2の電位が供給され、電極801bに第3の配線を介して第3の電位が供給される時、各電位の大きさの関係は、第1の電位>第2の電位>第3の電位となる。

[0447]

また、図16Cは、発光デバイス805aの電極801aが、電極802よりも低い電位を有する場合について示す。この時、電極801aは、発光デバイス805aの陰極として機能し、電極802は、陽極として機能する。また、受光デバイス805bの電極801bは、電極802より低い電位を有し、かつ電極801aよりも高い電位を有する。なお、図16Cでは、電流の流れる向きを分かりやすくするため、発光デバイス805aの左側に発光ダイオードの回路記号を示し、受光デバイス805bの右側にフォトダイオードの回路記号を示している。また、キャリア（電子及びホール）の流れる向きを各デバイス中に模式的に矢印で示している。

[0448]

図16Cに示す構成の場合、電極801aに第1の配線を介して第1の電位が供給され、電極802に第2の配線を介して第2の電位が供給され、電極801bに第3の配線を介して第3の電位が供給される時、各電位の大きさの関係は、第2の電位>第3の電位>第1の電位となる。

[0449]

図17Aに、受発光装置810の変形例である受発光装置810Aを示す。受発光装置810Aは、共通層806および共通層807を有する点で受発光装置810と異なる。発光デバイス805aにおいて共通層806および共通層807は、EL層803aの一部として機能する。また、受光デバイス805bにおいて共通層806および共通層807は、受光層803bの一部として機能する。また、共通層806は、例えば、正孔注入層および正孔輸送層を含む。また、共通層807は、例えば、電子輸送層および電子注入層を含む。

[0450]

共通層806および共通層807を有する構成とすることにより、塗分け回数を大きく増加させることなく受光デバイスを内蔵する事が出来、受発光装置810Aを高いスループットで製造することができる。

[0451]

図17Bに、受発光装置810Aの変形例である受発光装置810Bを示す。受発光装置810

Bは、EL層803aが層806aおよび層807aを有し、かつ、受光層803bが層806bおよび層807bを有する点で受発光装置810Aと異なる。層806aおよび層806bは、それぞれ異なる材料で構成され、例えば、正孔注入層および正孔輸送層を含む。なお、層806aおよび層806bは、それぞれ共通の材料で構成されてもよい。また、層807aおよび層807bは、それぞれ異なる材料で構成され、例えば、電子輸送層および電子注入層を含む。層807aおよび層807bは、それぞれ共通の材料で構成されてもよい。

[0452]

層806aおよび層807aには、発光デバイス805aを構成するのに最適な材料を選択し、層806bおよび層807bには、受光デバイス805bを構成するのに最適な材料を選択することによって、受発光装置810Bにおいて、発光デバイス805aおよび受光デバイス805bのそれぞれの性能を高めることができる。

[0453]

なお、本実施の形態で示す受光デバイス805bの精細度としては、100ppi以上、好ましくは200ppi以上、より好ましくは300ppi以上、より好ましくは400ppi以上、さらに好ましくは500ppi以上であって、2000ppi以下、1000ppi以下、または600ppi以下などとすることができる。特に、200ppi以上600ppi以下、好ましくは300ppi以上600ppi以下の精細度で受光デバイス805bを配置することで、指紋の撮像に好適に用いることができる。本発明の一態様の表示装置を用いて指紋認証を行う場合、受光デバイス805bの精細度を高くすることで、例えば、指紋の特徴点(Minutia)を高い精度で抽出でき、指紋認証の精度を高めることができる。また、精細度が、500ppi以上であると、米国国立標準技術研究所(NIST: National Institute of Standards and Technology)などの規格に準拠できるため、好適である。なお、受光デバイスの精細度を500ppiと仮定した場合、1画素あたり50.8μmのサイズとなり、指紋の幅(代表的には、300μm以上500μm以下)を撮像するには、十分な精細度であることがわかる。

[0454]

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

[実施例1]

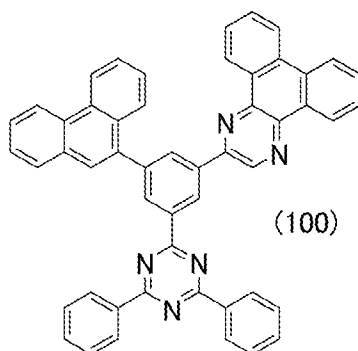
[0455]

<合成例1>

本合成例では、実施の形態1において構造式(100)として示した、2-[3-(ジベンゾ[f, h]キノキサリン-2-イル)-5-(9-フェナントレン-9-イル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:Pn-mDBqPTzn)の合成方法について具体的に説明する。

[0456]

[化49]



[0457]

<ステップ1：2-[3-クロロ-5-(9-フェナントレニル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジンの合成>

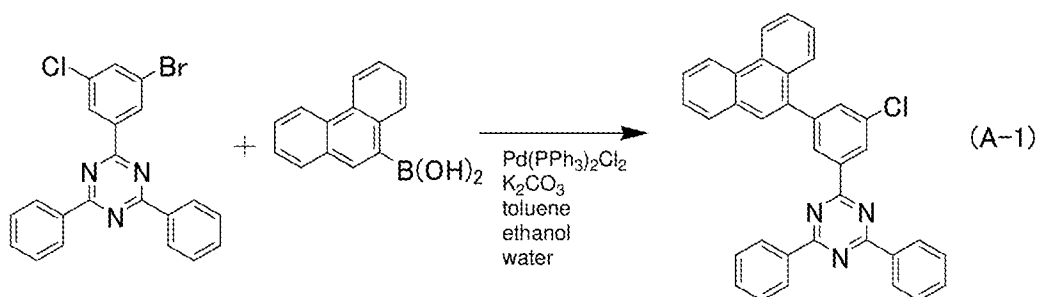
ステップ1は以下の手順にて行った。合成スキームは式(A-1)に示す。

[0458]

まず、200mL三口フラスコに、2-(3-ブロモ-5-クロロフェニル)-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジンを5.1g(12mmol)、9-フェナントレンボロン酸を2.7g(12mmol)、炭酸カリウム(略称： K_2CO_3)を4.0g(29mmol)、トルエンを70mL、エタノールを10mL、水を10mL加えた。次いで、この混合物を、減圧下で攪拌して脱気し、フラスコ内を窒素置換した。次に、混合物を窒素気流下にて70℃に加熱し、ビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(II)ジクロリド(略称： $Pd(PPh_3)_2Cl_2$)を0.42g(0.60mmol)加えた後、90℃に昇温して4時間攪拌還流した。反応後、混合物に水を加えて吸引濾過し、濾物を水とエタノールにて洗浄した。得られた濾物にトルエンを加えて加熱して溶解し、セライトとアルミナにて濾過した。得られた濾液を濃縮し、乾燥して白色固体を5.0g(収率79%)得た。

[0459]

[化50]



[0460]

<ステップ2：2-[3-(9-フェナントレニル)-5-(4,4,5,5-テトラメチル-1,3,2-ジオキサボロラン-2-イル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジンの合成>

ステップ2は以下の手順にて行った。合成スキームは式(A-2)に示す。

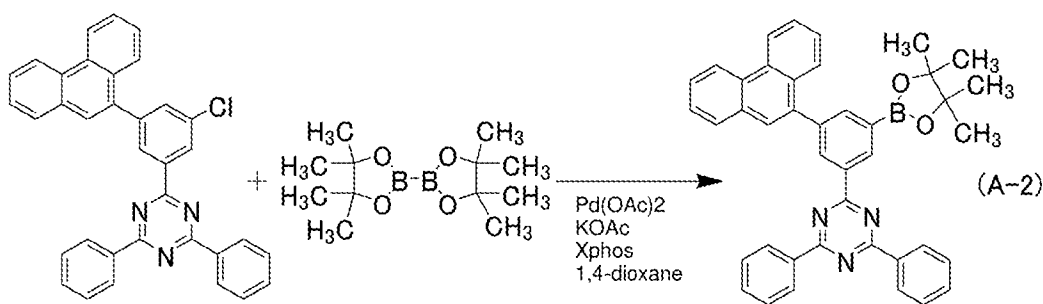
[0461]

まず、200mL三口フラスコに、ステップ1にて得られた2-[3-クロロ-5-(9-フェ

ナントレニル) フェニル] -4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン) を 2.6 g (4.9 mmol)、ビス(ピナコレート)ジボロンを 1.9 g (7.4 mmol)、酢酸カリウム(略称: KOAc) を 1.4 g (15 mmol)、2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2', 4', 6'-トリイソプロピルビフェニル(略称: Xphos) を 47 mg (10 μ mol)、1,4-ジオキサンを 50 mL 加えた。次いで、この混合物を、減圧下で攪拌して脱気し、フラスコ内を窒素置換した。次に、フラスコ内を窒素気流下にて 70℃ に加熱し、酢酸パラジウム(略称: Pd(OAc)₂) を 11 mg (50 μ mol) 加えた後、100℃ に昇温して 9 時間攪拌還流した。反応後、混合物を吸引濾過し、得られた濾液を、酢酸エチルを用いて抽出し、水で洗浄した。得られた有機層を飽和食塩水にて洗浄し、硫酸マグネシウムを用いて乾燥させた後、濃縮して白色固体 2.4 g (収率 80%) を得た。

[0462]

[化51]



[0463]

<ステップ3: Pn-mDBqPTznの合成>

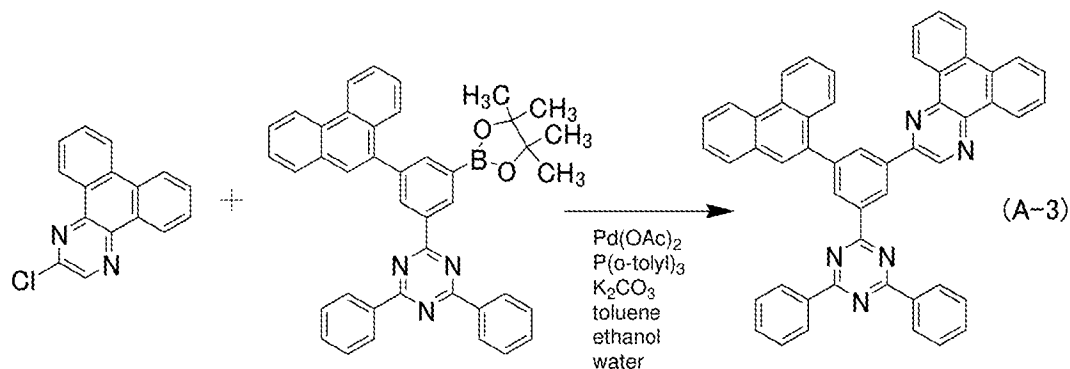
ステップ3は以下の手順にて行った。合成スキームは式(A-2)に示す。

[0464]

まず、200 mL三口フラスコに、2-クロロ-ジベンゾキノキサリンを 0.83 g (3.1 mmol)、ステップ2にて得られた化合物を 1.9 g (3.1 mmol)、炭酸カリウムを 1.0 g (7.2 mmol)、トリス(2-メチルフェニル)ホスフィン(略称: P(o-tolyl)₃) を 0.10 g (0.33 mmol)、トルエンを 40 mL、エタノールを 5 mL、水を 5 mL 加えた。次いで、この混合物を、減圧下で攪拌して脱気し、フラスコ内を窒素置換した。次に、混合物を窒素気流下にて 70℃ に加熱し、酢酸パラジウムを 15 mg (70 μ mol) 加えた後、90℃ に昇温して 2.5 時間攪拌還流した。反応後、混合物を吸引濾過し、濾物を水とエタノールにて洗浄した。得られた濾物にトルエンを加えて 50℃ で加熱した後、吸引濾過した。得られた濾物を濃縮し、乾燥して白色固体 2.0 g (収率 90%) を得た。

[0465]

[化52]



[0466]

<昇華精製>

得られた白色固体 2.0 g をトレインサブリメーション法により圧力 2.8 Pa、アルゴン流量 15 mL/min、360℃の条件で14時間加熱し、昇華精製して白色固体 1.0 g（回収率 50%）を得た。

[0467]

得られた白色固体の重水素化 1, 1, 2, 2-テトラクロロエタン（略称：TCE-d₂）溶液の核磁気共鳴分光法（¹H-NMR）による分析結果を以下に示す。また、¹H-NMR チャートを図 18（図 18A は δ = 0 ~ 12 ppm、図 18B は δ = 7.0 ~ 10.0 ppm（拡大図）である。）に示す。この結果から、本合成例において、本発明の有機化合物である Pn-mDBqPTzn が得られたことがわかった。

[0468]

¹H-NMR（TCE-d₂, 500 MHz）：δ = 7.60–7.86（m, 14H），7.99（s, 1H）、8.05（dd, 2H），8.67（d, 2H），8.81–8.89（m, 7H），9.09（s, 1H），9.27（d, 1H），9.44（d, 1H），9.72（s, 1H），9.86（s, 1H）。

[0469]

<Pn-mDBqPTzn の発光スペクトルおよび吸収スペクトル測定>

Pn-mDBqPTzn の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日立製 U-4100）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）日本分光製 FP-8600）を用いた。

[0470]

Pn-mDBqPTzn のジクロロメタン溶液の吸収スペクトルと発光スペクトルを図 19 に示す。溶液状態の吸収スペクトルは、溶媒（ジクロロメタン）のみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを、Pn-mDBqPTzn の溶液を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから差し引くことで得た。

[0471]

また、薄膜の吸収スペクトルと発光スペクトルを図 20 に示す。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作成し、対向基板として石英基板を用いて封止をして測定サンプルとした。なお、発光スペクトルは封止サンプルを測定し、吸収スペクトルは封止をはがし対向基板を除去したサンプルについて測定を行った。薄膜の吸収スペクトルは、石英基板の吸収スペクトルを石英基板上に成膜し

た $Pn-mDBqPTzn$ の吸収スペクトルから差し引くことで得た。なお、作製した薄膜は室温にて封止を除去しても目視での膜質変化は観察されず、安定なアモルファスの膜を保っていることを確認した。このことから、本願の化合物は優れた安定性を有する薄膜を提供する事が出来、本願化合物を用いて作製する有機デバイスは優れた安定性を示すことが明らかとなった。

[0472]

図19より、 $Pn-mDBqPTzn$ のジクロロメタン溶液は、375nm、364nm、260nm付近に吸収ピークが確認でき、392nm付近（励起波長260nm）に発光ピークが確認できた。また、図20より、 $Pn-mDBqPTzn$ の薄膜は、390nm、370nm、269nm付近に吸収ピークが確認でき、438nm付近（励起波長385nm）に発光ピークが確認できた。この結果、 $Pn-mDBqPTzn$ は発光物質、または可視域の発光物質とともに用いるホスト材料としても有効に利用可能であることがわかった。また、陰極上に用いられるキャップ層としても有効利用可能であることが分かった。これらの層として利用する場合、吸収ピークが300nm以上450nm以下、更に好ましくは320nm以上380nm以下であることが望ましい。また発光ピークは、350nm以上650nm以下、更に好ましくは380nm以上500nm以下であることが望ましい。

[0473]

< $Pn-mDBqPTzn$ のTg測定>

$Pn-mDBqPTzn$ のガラス転移温度（Tg）を測定した。Tgは、示差走査熱量測定装置（（株）パーキンエルマージャパン製、PYRIS1DSC）を用い、アルミセルに粉末を乗せ、測定した。この結果、 $Pn-mDBqPTzn$ のTgは161℃であった。このことから本発明の化合物は非常に高い熱物性を示すことが明らかとなり、このような化合物を用いて作製した薄膜は膜質が安定であることが期待できる。膜質が安定した薄膜を形成できる化合物を有機デバイスに用いることで高い耐熱性を有する有機デバイスを提供する事が可能となる。

[0474]

また、発光デバイスおよび受光デバイスなどの有機デバイスにおいて、より上層に設けられる層の耐性（耐熱性および膜質安定性等）は高いことが好ましい。有機デバイスを形成する際に、上層に設けられる層の方がプロセスの影響を大きく受ける可能性があるためである。例えば、本願化合物を電子輸送層として用いる場合、下層に位置する発光層のホスト材料よりもTgが5℃以上、より好ましくは10℃以上高いことが望ましい。また、より下層に位置する、正孔輸送層の材料、または正孔注入層の材料と比較してTgを5℃以上、より好ましくは10℃以上高くすることも効果的である。発光層と電子輸送層との間に層（正孔阻止層などの電子輸送層）を設けても良く、その場合も電子輸送層のTgを当該正孔阻止層のTgより高くするとよい。

[0475]

< $Pn-mDBqPTzn$ のHOMO、LUMO算出>

また、 $Pn-mDBqPTzn$ のHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタンメトリ（CV）測定を元に算出した。算出方法を以下に示す。

[0476]

測定装置としては電気化学アナライザー（ビー・エー・エス（株）製、型番：ALSモデル600Aまたは600C）を用いた。CV測定における溶液は、溶媒として脱水ジメチルホルムアミド（DMF）（（株）アルドリッチ製、99.8%、カタログ番号；22705-6）を用い、支持

電解質である過塩素酸テトラ n -ブチルアンモニウム ($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$) ((株)東京化成製、カタログ番号; T0836) を 100 mmol/L の濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を 2 mmol/L の濃度となるように溶解させて調製した。

[0477]

また、作用電極としては白金電極(ビー・エー・エス(株)製、PTE白金電極)を、補助電極としては白金電極(ビー・エー・エス(株)製、VC-3用Ptカウンター電極(5cm))を、参照電極としては Ag/Ag^+ 電極(ビー・エー・エス(株)製、RE7非水溶媒系参照電極)をそれぞれ用いた。なお、測定は室温(20°C 以上 25°C 以下)で行った。

[0478]

また、CV測定時のスキャン速度は、 0.1 V/sec に統一し、参照電極に対する酸化電位 E_a [V] および還元電位 E_c [V] を測定した。 E_a は酸化-還元波の中間電位とし、 E_c は還元-酸化波の中間電位とした。ここで、本実施例で用いる参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、 -4.94 [eV] であることが分かっているため、HOMO準位 $[\text{eV}] = -4.94 - E_a$ 、LUMO準位 $[\text{eV}] = -4.94 - E_c$ という式から、HOMO準位およびLUMO準位をそれぞれ求めることができる。

[0479]

また、CV測定を100回繰り返し行い、100サイクル目の測定での酸化-還元波と、1サイクル目の酸化-還元波を比較して、化合物の電気的安定性を調べた。

[0480]

この結果、 Pn-mDBqPTzn の酸化電位 E_a [V] は、装置の測定下限以下であることが分かり、このことからHOMO準位は -6.4 eV 以下であると推定できる。一方、還元電位 E_c [V] の測定結果より、LUMO準位は -3.04 eV であることがわかった。

[0481]

LUMO準位の結果、電子を好適に授受できる事が考えられ、有機デバイスにおける電子輸送層、発光層、タンデム素子の電荷発生層に好適に用いることができる。

[0482]

また、有機デバイスの電子輸送層として用いる場合、電子輸送層材料のLUMO準位は、発光層ホスト材料のLUMO準位よりも小さいことが好ましい。また、電子輸送層材料のLUMO準位は、キャップ層材料のLUMO準位よりも小さいことが好ましい。特に、LUMO準位の関係は、キャップ層材料>発光層ホスト材料>電子輸送層材料の関係にあることが好ましい。複数の発光デバイス(例えば、赤色デバイス、青色デバイス、緑色デバイス)を有する場合、各発光デバイスにおいて、当該LUMO準位の関係を満たしていることが好ましい。

[0483]

< Pn-mDBqPTzn の屈折率測定>

Pn-mDBqPTzn の屈折率を分光エリプソメーター(ジェー・エー・ウーラム・ジャパン社製M-2000U)を用いて測定した。測定には、石英基板上に Pn-mDBqPTzn を真空蒸着法により約 50 nm 成膜した膜を使用した。波長 633 nm において、常光線の屈折率である $n_{\text{Ordinary}}(n_o)$ は 1.85 であった。この結果、 Pn-mDBqPTzn 、ホスト材料、ホール輸送性材料、電子輸送性材料、または陰極上に設けられるキャップ層材料としても有効に利用可能であることがわかった。キャップ層材料として用いる場合、屈折率が 1.75 以上 2.50

以下であることが好ましい。

[0484]

また、ホール輸送性材料または電子輸送性材料として用いる場合、屈折率を低くすることで発光効率をより高めることができる。屈折率を低くする手法としては、本願化合物に置換基としてアルキル基を付すことで屈折率を1.50以上1.85以下に調整することが可能である。例えば、一般式(G1)乃至(G4)の場合、 R^1 乃至 R^4 のうち少なくとも一がアルキル基を有していることが好ましい。

[0485]

また、本願化合物をホスト材料、ホール輸送層材料、または電子輸送層材料として用いる場合、その屈折率をキャップ層材料、または発光層のホスト材料よりも低くすることが好ましい。具体的には、本願化合物の屈折率は、キャップ層の屈折率と比較して0.1以上低い、より好ましくは0.2以上低いことが好ましい。更に、本願化合物の屈折率は、発光層のホスト材料の屈折率と比較して、0.1以上低い、より好ましくは0.2以上低いことが好ましい。特に、電子輸送層材料として用いる場合、キャップ層及び発光層よりも屈折率を低くすることで、発光効率を高めることができる。

[実施例2]

[0486]

<合成例2>

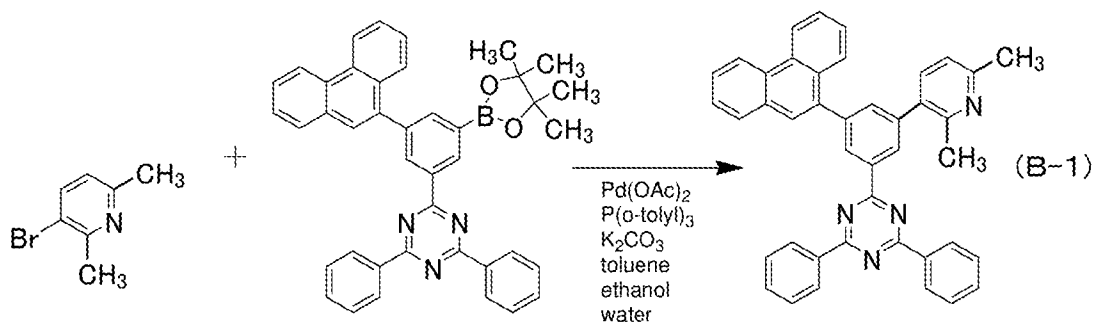
本合成例では、有機デバイスを構成し得る材料（例えば、電子輸送性材料およびホスト材料等）として利用可能な有機化合物であって、構造式(160)として示した、2-[3-(2,6-ジメチル-3-ピリジニル)-5-(9-フェナントレン-1-イル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン（略称： $mPn-mDMePyPTzn$ ）の合成方法について説明する。

[0487]

$mPn-mDMePyPTzn$ は、合成例1のステップ3において、2-クロロジベンゾキノキサリンの代わりに3-ブロモ-2,6-ジメチルピリジンを用い、合成例1と同様に製造した。その合成スキームを式(B-1)に示す。なお、加熱時間は5時間、加熱温度は65℃とした。

[0488]

[化53]



[0489]

$mPn-mDMePyPTzn$ を用いた発光デバイスの吸収スペクトルおよび発光スペクトルを、実施例1と同様に測定した。溶液状態の吸収スペクトルのピーク波長は256nm、350nmで、発光スペクトルのピーク波長は436nmであった。また、薄膜の吸収スペクトルのピーク波長は

336 nmで、発光スペクトルのピーク波長は409 nm（励起波長310 nm）であった。

[0490]

また、mPn-mDMePyPTznのTgを実施例1と同様に測定したところ121℃であった。

[実施例3]

[0491]

<合成例3>

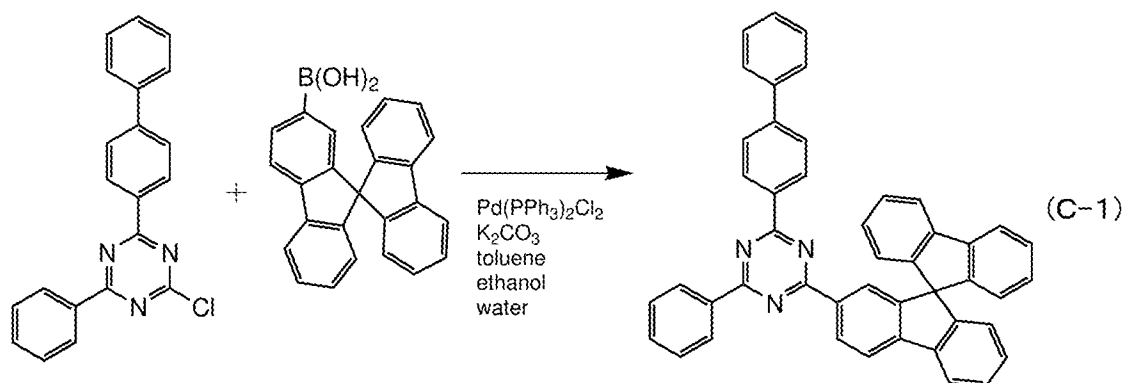
本合成例では、有機デバイスを構成し得る材料（例えば、電子輸送性材料およびホスト材料等）として利用可能な有機化合物であって、構造式(440)として示した、2-[(1,1'-ビフェニル)-4-イル]-4-フェニル-6-[9,9'-スピロビ(9H-フルオレン)-2-イル]-1,3,5-トリアジン（略称：BP-SFTzn）の合成方法について説明する。合成スキームは式(C-1)に示した。

[0492]

200 mL三口フラスコに、2-(ビフェニル-4-イル)-4-クロロ-6-フェニル-1,3,5-トリアジンを1.7 g (4.8 mmol)、9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-ボロン酸を2.1 g (5.8 mmol)、炭酸カリウムを1.6 g (12 mmol)、トルエンを50 mL、エタノールを7 mL、水を7 mL入れた。次いで、この混合物を、減圧下で攪拌して脱気し、フラスコ内を窒素置換した。次にフラスコ内を窒素気流下にて70℃に加熱し、ビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(II)ジクロリド0.20 g (0.29 mmol)を加え、90℃に昇温した後10時間攪拌還流した。反応物にトルエンと水を加え、有機層を抽出した。得られた有機層を、硫酸マグネシウムを用いて乾燥させた後、自然ろ過し得られたろ液を濃縮して固体を得た。得られた固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒はトルエン：ヘキサン＝1：1）にて精製した。得られた固体をトルエン／ヘキサンにて再結晶し、目的化合物BP-SFTznである白色固体2.7 g（収率90%）を得た。

[0493]

[化54]



[0494]

BP-SFTznの吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した。溶液状態の測定では、溶媒としてトルエンを用いた。その他は実施例1と同様の方法で行った。溶液状態の吸収スペクトルのピーク波長は358 nmで、発光スペクトルのピーク波長は388 nmであった。また、薄膜の吸収スペクトルのピーク波長は352 nmで、発光スペクトルのピーク波長は419 nmであった。

[0495]

また、BP-SFTznのT_gを実施例1と同様に測定したところ148℃であった。

[実施例4]

[0496]

<合成例4>

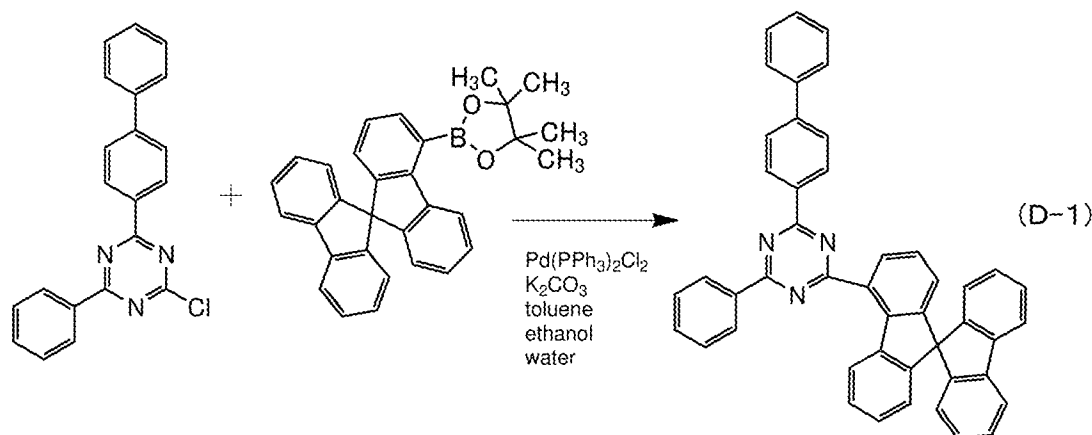
本合成例では、有機デバイスを構成し得る材料（例えば、電子輸送性材料およびホスト材料等）として利用可能な有機化合物であって、構造式（434）として示した、2-[(1,1'-ビフェニル)-4-イル]-4-フェニル-6-{(3',5'-ジ-tert-ブチル)-1,1'-ビフェニル-3-イル}-1,3,5-トリアジン（略称：BP-SF(4)Tzn）の合成方法について説明する。

[0497]

BP-SF(4)Tznは、合成例3の9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-ボロン酸の代わりに、2-(9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-4-イル)-4,4,5,5-テトラメチル-1,3,2-ジオキサボロランを用い、合成例3と同様に製造した。合成スキームを式（D-1）に示す。なお、加熱時間は4.5時間、加熱温度は90℃とした。

[0498]

[化55]



[0499]

BP-SF(4)Tznを用いた発光デバイスの吸収スペクトルおよび発光スペクトルを、実施例3と同様に測定した。溶液状態の吸収スペクトルのピーク波長は331nmで、発光スペクトルのピーク波長は423nmであった。また、薄膜の吸収スペクトルのピーク波長は357nmで、発光スペクトルのピーク波長は415nmであった。

[0500]

また、BP-SF(4)TznのT_gを実施例1と同様に測定したところ148℃であった。

[実施例5]

[0501]

<合成例5>

本合成例では、有機デバイスを構成し得る材料（例えば、電子輸送性材料およびホスト材料等）として利用可能な有機化合物であって、構造式（424）として示した、2,4-ビス[4-(1-ナフチル)フェニル]-6-[4-(3-ピリジル)フェニル]ピリミジン（略称：2,4NP

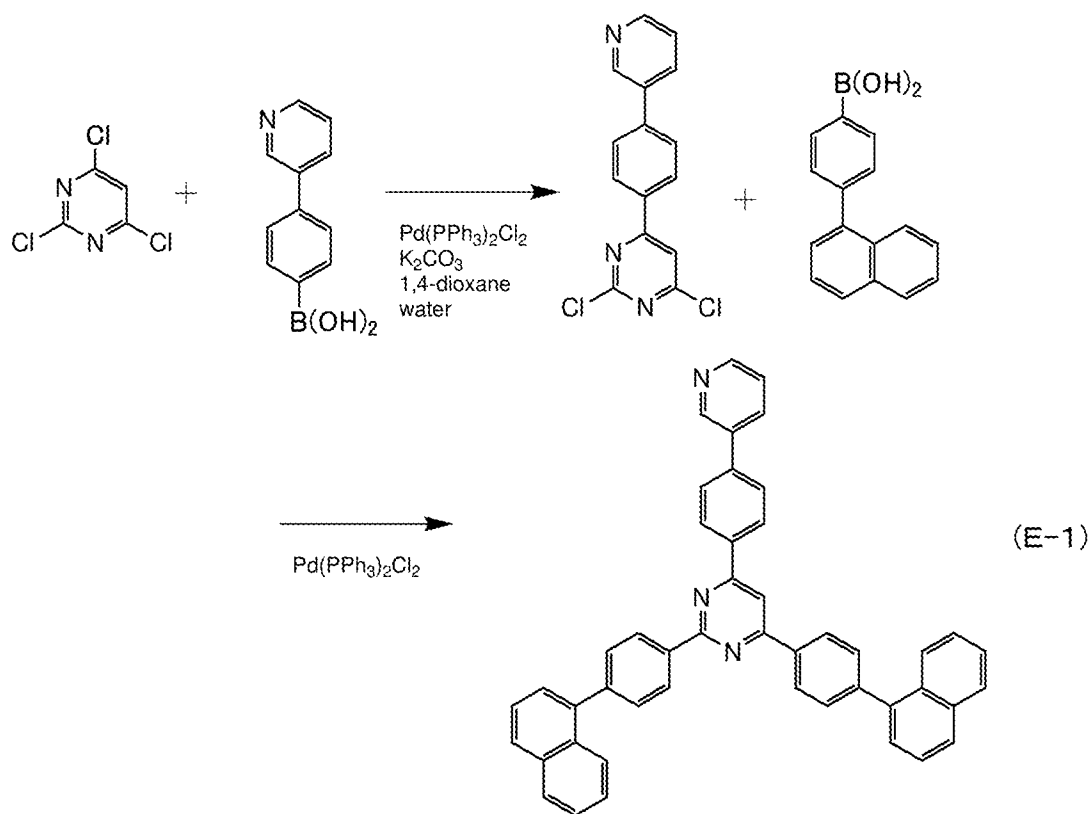
－ 6 P y P P m) の合成方法について説明する。

[0502]

200 mL三口フラスコに、2, 4, 6-トリクロロピリミジンを1.1 g (5.8 mmol)、4-(3-ピリジル)フェニルボロン酸を1.2 g (5.8 mmol)、炭酸カリウムを8.0 g (58 mmol)、1, 4-ジオキサンを80 mL、水を30 mL入れ、減圧下にて攪拌して脱気し、フラスコ内を窒素置換した。次いで、フラスコ内を窒素気流下にて40℃に加熱し、ビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(II)ジクロリド0.20 g (0.29 mmol)を加え6.5時間攪拌し、4-[4-(3-ピリジニル)フェニル]-2, 6-ジクロロピリミジンを含む反応物を得た。当該4-[4-(3-ピリジニル)フェニル]-2, 6-ジクロロピリミジンを含む反応物に、4-(1-ナフチル)フェニルボロン酸3.3 g (13 mmol)を加え、減圧下にて攪拌して脱気し、フラスコ内を窒素置換した。次いでフラスコ内を80℃に加熱し、ビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(II)ジクロリド0.20 g (0.29 mmol)を加え6時間攪拌した。次に、反応物に酢酸エチルと水を加え、有機層を抽出した。得られた有機層を、硫酸マグネシウムを用いて乾燥させた後、自然ろ過して得たろ液を濃縮して固体を得た。得られた固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒トルエン：酢酸エチル＝2：1)にて精製した。得られた化合物をトルエンにて再結晶し、淡黄色固体2.2 g (収率：60%)を得た。合成スキームを式(E-1)に示す。

[0503]

[化56]



[0504]

なお、式(E-1)では1ステップで行ったが、2ステップで行うこともできる。その場合、4-[4-(3-ピリジニル)フェニル]-2, 6-ジクロロピリミジンを含む反応物を精製(濾過

など)して、当該4-[4-(3-ピリジニル)フェニル]-2,6-ジクロロピリミジンを得た後、4-(1-ナフチル)フェニルボロン酸とのカップリング反応を行い、目的物(2,4NP-6PyPPm)を得ることができる。

[0505]

2,4NP-6PyPPmの吸収スペクトルおよび発光スペクトルを、実施例3と同様に測定した。溶液状態の吸収スペクトルのピーク波長は320nmで、発光スペクトルのピーク波長は387nmであった。また、薄膜の吸収スペクトルのピーク波長は311nmで、発光スペクトルのピーク波長は414nmであった。

[0506]

また、2,4NP-6PyPPmのTgを実施例1と同様に測定したところ119℃であった。

[実施例6]

[0507]

<合成例6>

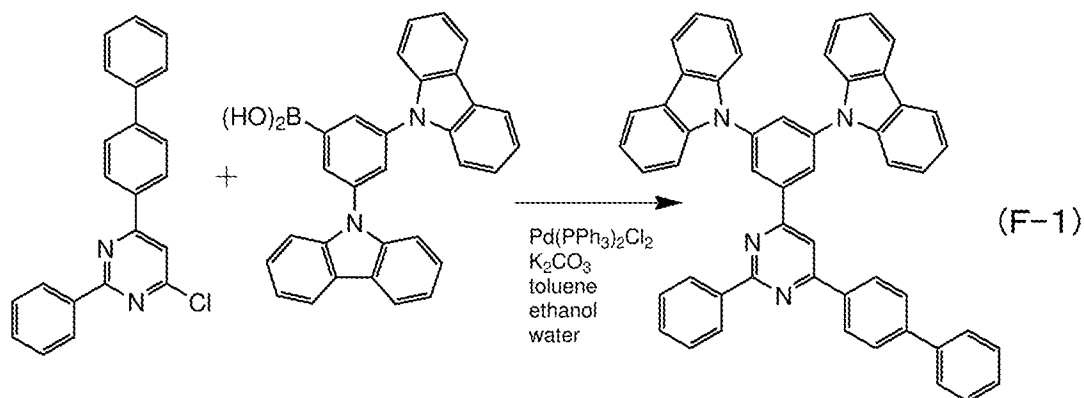
本合成例では、有機デバイスを構成し得る材料(例えば、電子輸送性材料およびホスト材料等)として利用可能な有機化合物であって、構造式(404)として示した、4-[3,5-ビス(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-2-フェニル-6-(1,1'-ビフェニル-4-イル)ピリミジン(略称:6BP-4Cz2PPm)の合成方法について説明する。

[0508]

200mL三口フラスコに、4-(ビフェニル-4-イル)-6-クロロ-2-フェニルピリミジンを2.9g(8.3mmol)、3,5-ジ-9H-カルバゾール-9-イルフェニルボロン酸を4.5g(10mmol)、炭酸カリウムを2.8g(20mmol)、トルエンを80mL、エタノールを12mL、水を12mL入れ、減圧下にて攪拌して脱気し、フラスコ内を窒素置換した。次いでフラスコ内を窒素気流下にて70℃に加熱し、ビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(II)ジクロリドを0.35g(50μmol)加え、90℃に昇温して6時間攪拌還流した。反応物に水を加えて得られた混合物を吸引濾過し、濾物をエタノールと水で洗浄した。得られた濾物をトルエンにて加熱して溶解し、得られた溶液をセライトと酸化アルミニウムを通して濾過し、濾液を濃縮して固体を得た。得られた固体をトルエンにて再結晶し、白色固体5.4g(収率:90%)を得た。合成スキームを式(F-1)に示す。

[0509]

[化57]



[0510]

6BP-4Cz2PPmの吸収スペクトルおよび発光スペクトルを、実施例1と同様に測定した。溶液状態の吸収スペクトルのピーク波長は296nmで、発光スペクトルのピーク波長は423nmであった。また、薄膜の吸収スペクトルのピーク波長は366nmで、発光スペクトルのピーク波長は425nmであった。

[実施例7]

[0511]

<合成例7>

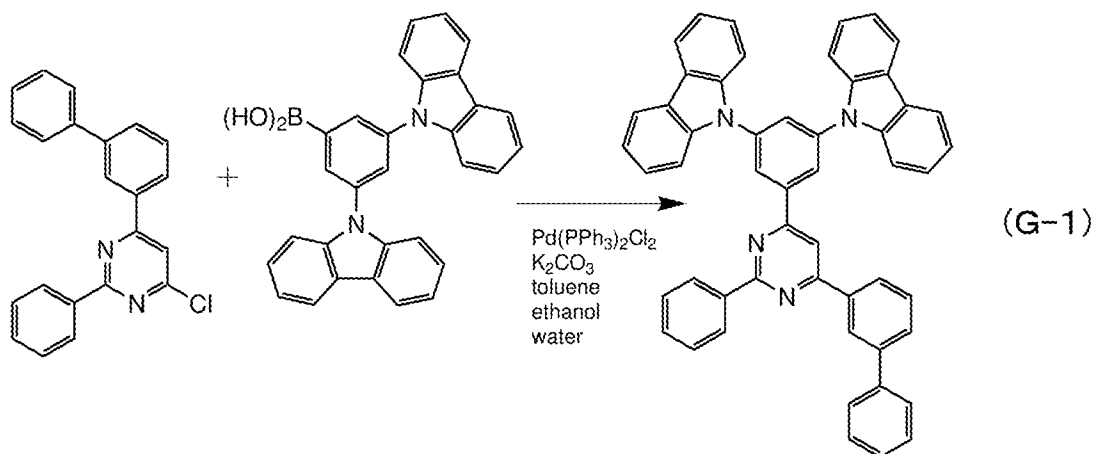
本合成例では、有機デバイスを構成し得る材料（例えば、電子輸送性材料およびホスト材料等）として利用可能な有機化合物であって、構造式(405)として示した、6-(1,1'-ビフェニル-3-イル)-4-[3,5-ビス(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-2-フェニルピリミジン（略称：6mBP-4Cz2PPm）の合成方法について説明する。

[0512]

6mBP-4Cz2PPmは、合成例6の4-(ビフェニル-4-イル)-6-クロロ-2-フェニルピリミジンの代わりに、4-(ビフェニル-3-イル)-6-クロロ-2-フェニルピリミジンを用い、合成例6と同様に製造した。なお、加熱時間は11時間、加熱温度は90℃とした。合成スキームを一般式(G-1)に示す。

[0513]

[化58]



[0514]

6mBP-4Cz2PPmの吸収スペクトルおよび発光スペクトルを、実施例1と同様に測定した。溶液状態の吸収スペクトルのピーク波長は338nmで、発光スペクトルのピーク波長は423nmであった。また、薄膜の吸収スペクトルのピーク波長は3356nmで、発光スペクトルのピーク波長は423nmであった。

[0515]

また、6mBP-4Cz2PPmのT_gを実施例1と同様に測定したところ132℃であった。

[実施例8]

[0516]

<合成例8>

本合成例では、有機デバイスを構成し得る材料（例えば、電子輸送性材料およびホスト材料等）として利用可能な有機化合物であって、構造式(409)として示した、2-[3'-(9,9-

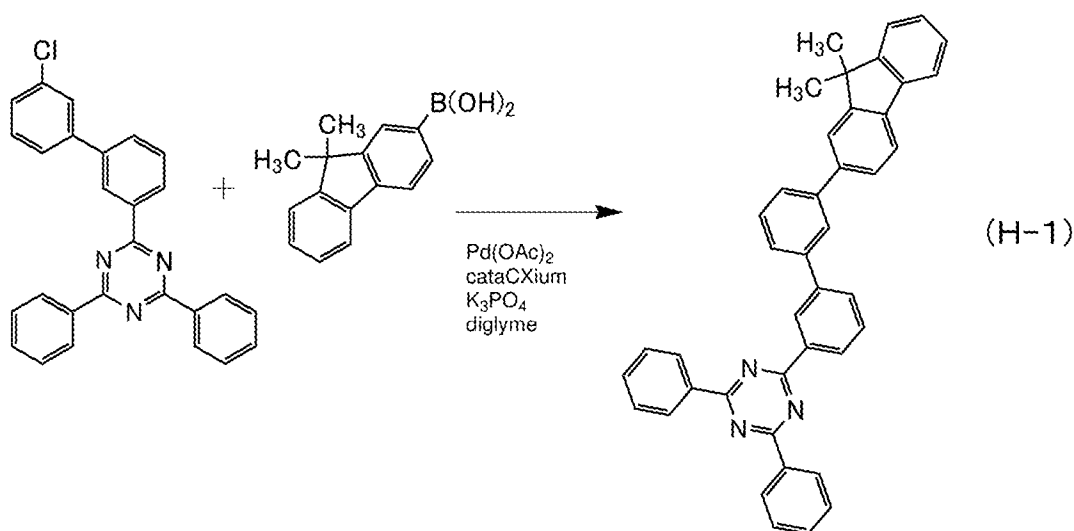
ジメチルー 9H-フルオレン-2-イル) ビフェニル-3-イル] -4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: mFBPTzn) の合成方法について説明する。

[0517]

1 L三口フラスコに、2-(3'-クロロビフェニル-3-yl)-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジンを15 g (36 mmol)、9, 9-ジメチルー 9H-フルオレン-2-ボロン酸を9.1 g (38 mmol)、ジ(1-アダマンチル)-n-ブチルホスフィン (別名: cataCXium (登録商標) A) (略称: cataCXium) を0.77 mg (2.1 mmol)、リン酸三カリウム (略称: K_3PO_4) を18 g (86 mmol)、ジエチレングリコールジメチルエーテル (略称: diglyme) を185 mL入れた。次いで、この混合物を減圧下にて攪拌して脱気し、フラスコ内を窒素置換した。次にフラスコ内を窒素気流下にて80℃に加熱し、酢酸パラジウムを0.24 mg (1.1 mmol) 加えた後、140℃に昇温して7時間攪拌還流した。更にcataCXiumを0.51 g (1.4 mmol)、酢酸パラジウムを0.17 mg (0.75 mmol) 加え、150℃で8時間攪拌還流した。反応物をトルエンにて溶解し、セライトと酸化アルミニウムを通して濾過し、得られた濾液を濃縮して固体を得た。得られた固体をシリカゲルクロマトグラフィー (展開溶媒トルエン: ヘキサン=2:3) にて精製した。得られた固体をトルエン/ヘキサンにて再結晶し、目的化合物mFBPTznである白色固体13 g (64%) を得た。合成スキームを式(H-1)に示す。

[0518]

[化59]



[0519]

mFBPTznの吸収スペクトルおよび発光スペクトルを、実施例1と同様に測定した。溶液状態の吸収スペクトルのピーク波長は315 nmで、発光スペクトルのピーク波長は471 nmであった。また、薄膜の吸収スペクトルのピーク波長は317 nmで、発光スペクトルのピーク波長は410 nmであった。

[0520]

また、mFBPTznのTgを実施例1と同様に測定したところ95℃であった。

[実施例9]

[0521]

<合成例 9>

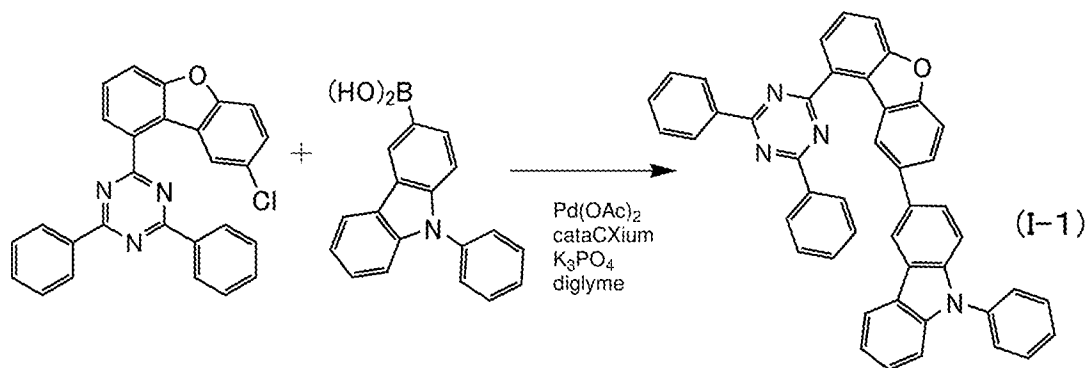
本合成例では、有機デバイスを構成し得る材料（例えば、電子輸送性材料およびホスト材料等）として利用可能な有機化合物であって、構造式（４４５）として示した、３－〔９－（４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン－２－イル）－２－ジベンゾフラニル〕－９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール（略称：PCDBfTzn）の合成方法について説明する。

〔０５２２〕

三口フラスコに、２－（８－クロロ－１－ジベンゾフラニル）－４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジンを２．０ｇ（４．７ｍｍｏｌ）、９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－ボロン酸を１．６ｇ（５．６ｍｍｏｌ）、ジ（１－アダマンチル）－ｎ－ブチルホスフィン８５ｍｇ（０．２３ｍｍｏｌ）、リン酸三カリウムを３．０ｇ（１４ｍｍｏｌ）入れた。次いで、フラスコ内を窒素置換した後、ジエチレングリコールジメチルエーテル３０ｍＬを加え、減圧下にて攪拌して脱気した。次いで、フラスコ内を８０℃に加熱し、酢酸パラジウムを１８ｍｇ（８０μｍｏｌ）加えた後、１２０℃に昇温し１４時間攪拌還流した。更に、ジ（１－アダマンチル）－ｎ－ブチルホスフィン５０ｍｇ（０．１４ｍｍｏｌ）、酢酸パラジウム１５ｍｇ（７０μｍｏｌ）加え、１４０℃で１２時間攪拌還流した。反応物を吸引濾過し、得られた濾物をトルエンと水で洗浄した。得られた濾物をトルエンにて加熱して溶解し、得られた溶液をセライトと酸化アルミニウムを通して濾過した後、得られた濾液を濃縮して固体を得た。得られた固体を、トルエンにて再結晶し、黄色固体１．４ｇ（収率４５％）を得た。合成法を式（Ｉ－１）に示す。

〔０５２３〕

〔化６０〕



〔０５２４〕

PCDBfTznの吸収スペクトルおよび発光スペクトルを、実施例１と同様に測定した。薄膜の吸収スペクトルのピーク波長は３９５ｎｍで、発光スペクトルのピーク波長は５００ｎｍであった。

〔０５２５〕

また、PCDBfTznのTgを実施例１と同様に測定したところ１１６℃であった。

〔０５２６〕

また詳細は省略するが、上記実施例１～９と同様に、実施の形態１に示した構造（１００）乃至（４５０）等を製造することができる。その際、適宜、実施の形態１で示した置換基（Ｒ－０１）乃至（Ｒ－１１２）を有する化合物（ハロゲン体またはボロン酸など）を用い、合成法（ａ－１）乃至（ａ－５）、又は（ｂ－１）で説明した方法を用いて製造することができる。

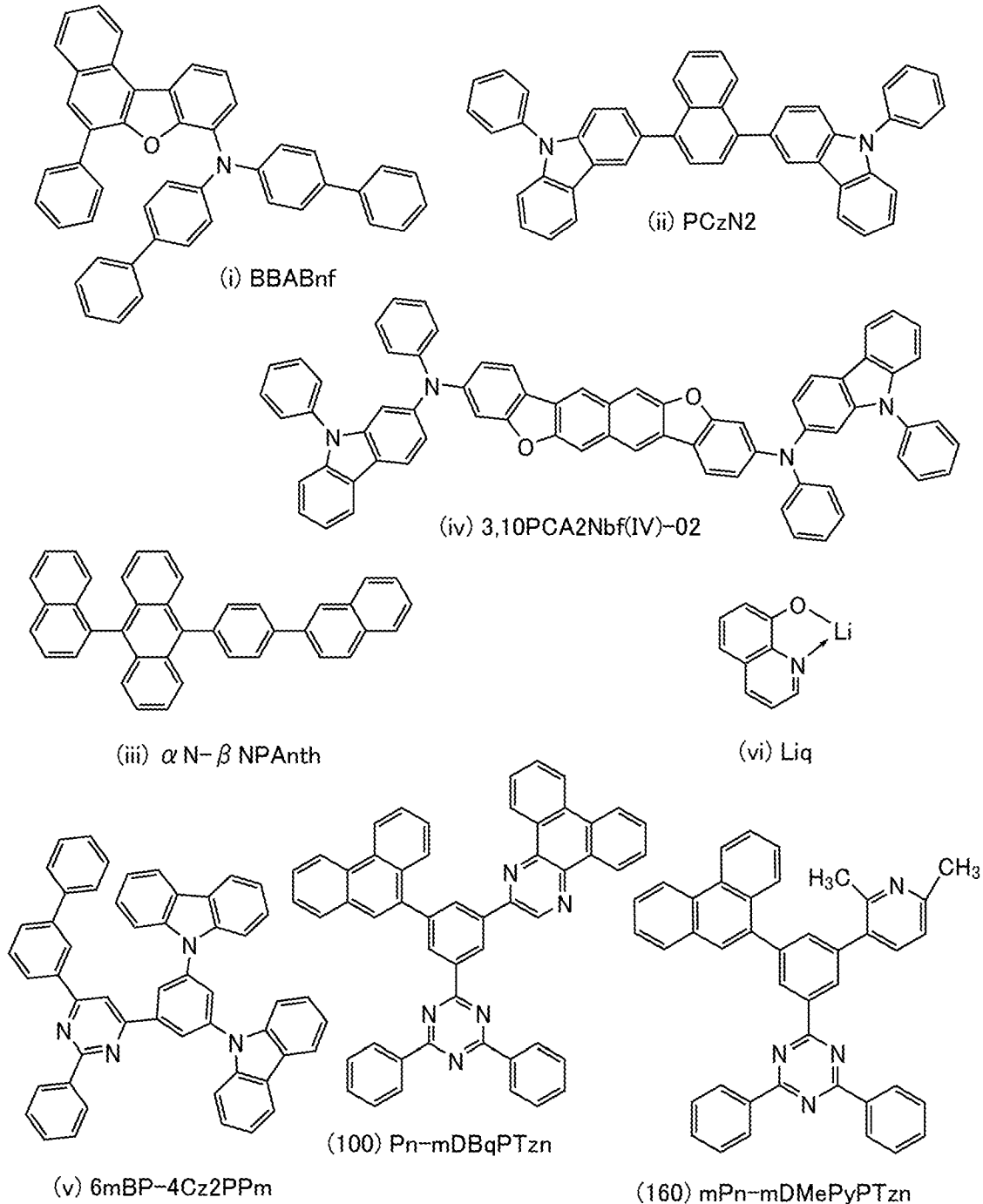
[実施例 10]

[0527]

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および比較発光デバイスについて説明する。本発明の一態様の発光デバイスに用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

[0528]

[化 61]



[0529]

(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 の電極を形成した。なお、その膜厚は 70 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm と

した。

[0530]

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。

[0531]

その後、 1×10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170℃で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

[0532]

次に、第1の電極が形成された面が下方となるように、第1の電極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BBABnfとOCHD-003とを、重量比で1:0.1(=BBABnf:OCHD-003)となり且つ膜厚10nmになるように共蒸着して正孔注入層を形成した。ここで、OCHD-003(電子受容性物質ともいう)は、ハロゲンを含み、質量数が672の物質を用いた。

[0533]

正孔注入層上に、上記構造式(i)で表されるBBABnfを膜厚20nmとなるように蒸着して第1の正孔輸送層を形成した。

[0534]

第1の正孔輸送層上に、上記構造式(ii)で表されるPCzN2を膜厚10nmになるように蒸着して第2の正孔輸送層を形成した。

[0535]

第2の正孔輸送層上に、上記構造式(iii)で表される α N- β NPAnth(ホストとして機能する材料)と上記構造式(iv)で表される3,10PCA2Nbf(iv)-02(ドープアントとして機能する材料)を、重量比で1:0.015(= α N- β NPAnth:3,10PCA2Nbf(iv)-02)となり且つ膜厚25nmになるように共蒸着して発光層を形成した。

[0536]

発光層上に、上記構造式(v)で表される6mBP-4Cz2PPmを膜厚10nmとなるように蒸着し、第1の電子輸送層を形成した。

[0537]

第1の電子輸送層上に、本発明の一態様であるPn-mDBqPTzn(構造式(100))と上記構造式(vi)で表されるLi_qを、重量比で1:1となり且つ膜厚15nmになるように共蒸着して第2の電子輸送層を形成した。

[0538]

第2の電子輸送層上に、上記構造式(vi)で表されるLi_qを膜厚1nmになるように蒸着して電子注入層を形成した。

[0539]

その後、電子注入層上に、アルミニウムを膜厚200nmになるように蒸着することで第2の電極を形成し、本実施例の発光デバイス1を作製した。

[0540]

(発光デバイス2の作製方法)

発光デバイス2は、上記発光デバイス1の第2の電子輸送層における $Pn-mDBqPTzn$ に変えて、本発明の一態様である $mPn-mDMePyPTzn$ （構造式（160））を用いたものである。

[0541]

以上により得られた発光デバイス1及び発光デバイス2の素子構造を表1に示す。

[0542]

[表1]

	第1の電極	正孔注入層	第1の正孔輸送層	第2の正孔輸送層	発光層	第1の電子輸送層	第2の電子輸送層	電子注入層	第2の電極
発光デバイス1	ITO 70nm	BBABnf: OCHD-003 (=1:0.1) 10nm	BBABnf 20nm	PCzN2 10nm	* 25nm	6mBP- 4Cz2PPm 10nm	$Pn-mDBqPTzn$: Liq (=1:1) 15nm	Liq 1nm	Al 200nm
発光デバイス2	ITO 70nm	BBABnf: OCHD-003 (=1:0.1) 10nm	BBABnf 20nm	PCzN2 10nm	* 25nm	6mBP- 4Cz2PPm 10nm	$mPn-mDMePyPTzn$: Liq (=1:1) 15nm	Liq 1nm	Al 200nm

* $\alpha N-\beta NPAnth:3,10PCA2NbF(IV)-02(=1:0.015)$

[0543]

これら発光デバイスを、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（シール材をデバイスの周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、初期特性について測定を行った。

[0544]

発光デバイス1および発光デバイス2の発光スペクトルを図21に、外部量子効率－輝度特性を図22に、電流－電圧特性を図23に示した。

[0545]

また、発光デバイス1および発光デバイス2の1000cd/m²付近における主要な特性を表2に示す。輝度およびCIE色度の測定には色彩輝度計（トプコン社製、BM-5A）を用い、発光スペクトルの測定にはマルチチャンネル分光器（浜松ホトニクス社製、PMA-11）を用いた。また、各発光デバイスの測定は室温（23℃に保たれた雰囲気）で行った。

[0546]

[表2]

	電圧(V)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	外部 量子効率(%)
発光デバイス1	3.8	8.6	0.137	0.103	968	11.3	12.4
発光デバイス2	3.7	7.6	0.137	0.102	873	11.5	12.8

[0547]

図21より、本発明の一態様の発光デバイス1および発光デバイス2は、青色の蛍光ドーパントである3,10PCA2NbF(IV)-02由来の発光が得られていることがわかる。

[0548]

また、図 2 2 より、本発明の一態様の発光デバイス 1 および発光デバイス 2 は、外部量子効率が良好であることがわかった。

[0549]

また、図 2 3 より、本発明の一態様の発光デバイス 1 および発光デバイス 2 は、十分低い駆動電圧で駆動できることがわかった。

[0550]

また、発光デバイス 1 および発光デバイス 2 の信頼性試験の結果を図 2 4 に示す。信頼性試験では、室温下において、 50 mA/cm^2 の電流密度一定条件における、素子の駆動時間に対する輝度の変化を測定した。図 2 4 において、縦軸は初期輝度を 100% にしたときの規格化輝度 (%) を示し、横軸は素子の駆動時間 (h) を示す。

[0551]

図 2 4 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 および発光デバイス 2 は寿命の良好な発光デバイスであることが分かった。

[0552]

上記素子特性より、本発明の一態様の Pn-mDBqPTzn (構造式 (100)) および mPn-mDMePyPTzn (構造式 (160)) は、電子輸送性に優れた材料であり、特に発光デバイスの電子輸送層用材料として好適であることが分かった。

[実施例 11]

[0553]

本実施例では、上記発光デバイス 1 および発光デバイス 2 について、高温下における信頼性試験について説明する。

[0554]

図 2 5 は、発光デバイス 1 および発光デバイス 2 の 85°C における信頼性試験の結果である。温度を 85°C に設定した以外は、室温下の信頼性試験 (図 2 4) と同条件とした。

[0555]

図 2 5 に示すように、 85°C の信頼性試験において、発光デバイス 1 は、発光デバイス 2 よりも長寿命であることが分かった。すなわち、発光デバイス 1 に用いた Pn-mDBqPTzn (構造式 (100)) は、発光デバイス 2 に用いた mPn-mDMePyPTzn (構造式 (160)) よりも、高温耐性に優れているといえることができる。

[0556]

Pn-mDBqPTzn (構造式 (100)) が高温耐性に優れる要因の一つとしては、上述したようにガラス転移温度 T_g が 161°C と高いことが挙げられる。一方、 mPn-mDMePyPTzn (構造式 (160)) の T_g は 123°C である。

[0557]

Pn-mDBqPTzn (構造式 (100)) が高温耐性に優れる要因の一つとしては、本願の化合物の分子構造である一般式 (G1) において、 R^3 の分子量が 80 以上とすることでより安定な膜質の薄膜を得ることができると言える。発光デバイス 2 に用いた mPn-mDMePyPTzn はピリジル基であり、分子量は 76 (2つのメチル基は除く) である。一方発光デバイス 1 に用いた Pn-mDBqPTzn は、一般式 (G1) における R^3 がジベンゾ [f, h] キノキサリンであり、その置換基としての分子量は 229 となる。これらの違いにより、膜質の安定性および作

製した素子の高温駆動寿命に差が生じたと考えられる。

[0558]

このことから、発光デバイスに用いられる化合物のガラス転移温度は130℃以上、好ましくは、140℃以上、より好ましくは150℃以上、更に好ましくは160℃以上にとよい。

[0559]

また、他の要因の一つとしては、 $P_n-mDBqPTzn$ が $mP_n-mDMePyPTzn$ に比べて縮合環の数が多いたことが挙げられる。また、また他の要因の一つとして、縮合環の分子量が増えたことが挙げられる。また、他の要因の一つとして、縮合環に含まれる窒素の数が増えたことが挙げられる。

[符号の説明]

[0560]

GD：回路、IR：副画素、M11：トランジスタ、M12：トランジスタ、M13：トランジスタ、M14：トランジスタ、M15：トランジスタ、M16：トランジスタ、M17：トランジスタ、MS：配線、PS：副画素、REG：レジストマスク、RES：配線、SE1：配線、SE：距離、Si：単結晶、TX：配線、VG：配線、VS：配線、101：第1の電極、102：第2の電極、103：EL層、103a：EL層、103b：EL層、103B：EL層、103G：EL層、103R：EL層、103PS：受光層、104B：ホール注入・輸送層、104G：ホール注入・輸送層、104R：ホール注入・輸送層、104PS：第1の輸送層、105B：発光層、105G：発光層、105R：発光層、105PS：活性層、106：電荷発生層、106a：電荷発生層、106b：電荷発生層、107：絶縁層、108B：電子輸送層、108G：電子輸送層、108R：電子輸送層、108PS：第2の輸送層、109：電子注入層、110B：犠牲層、110G：犠牲層、110R：犠牲層、110PS：犠牲層、111：正孔注入層、111a：正孔注入層、111b：正孔注入層、112：正孔輸送層、112a：正孔輸送層、112b：正孔輸送層、113：発光層、113a：発光層、113b：発光層、113c：発光層、114：電子輸送層、114a：電子輸送層、114b：電子輸送層、115：電子注入層、115a：電子注入層、115b：電子注入層、130：接続部、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、501C：絶縁膜、501D：絶縁膜、504：導電膜、506：絶縁膜、508：半導体膜、508A：領域、508B：領域、508C：領域、510：第1の基板、512A：導電膜、512B：導電膜、516：絶縁膜、516A：絶縁膜、516B：絶縁膜、518：絶縁膜、520：機能層、524：導電膜、528：隔壁、530：画素回路、531：画素回路、550：発光デバイス、550B：発光デバイス、550G：発光デバイス、550R：発光デバイス、550PS：受光デバイス、550X：発光デバイス、550S：受光デバイス、551B：電極、551C：接続電極、551G：電極、551R：電極、551PS：電極、552：電極、580：間隙、591X：配線、591S：配線、700：受発光装置、701：表示領域、702B：副画素、702G：副画素、702PS：副画素、702R：副画素、702IR：副画素、703：画素、704：回路、705：絶縁層、706：配線、710：基板、711：基板、712：IC、713：FPC、720：装置、770：基板、800：基板、801a：電極、801b：電極、802：電極、803a：EL層、803b：受光層、805a：発光デバイス、805b：受光デバイス、810：受発光装置、810A：受発

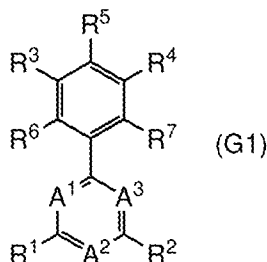
光装置、８１０Ｂ：受発光装置、５２００Ｂ：電子機器、５２１０：演算装置、５２２０：入出力装置、５２３０：表示部、５２４０：入力部、５２５０：検知部、５２９０：通信部、８００１：シーリングライト、８００２：足元灯、８００３：シート状照明、８００４：照明装置、８００５：電気スタンド、８００６：光源

請求の範囲

[請求項 1]

一般式 (G 1) で表される有機化合物。

[化 1]

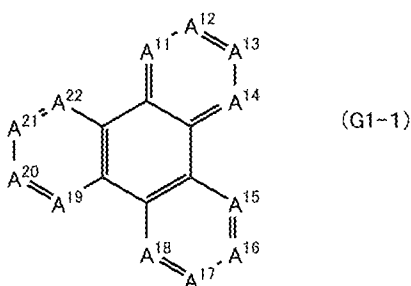


(一般式 (G 1) 中、 R^1 、 R^2 、および R^5 乃至 R^7 は、それぞれ独立に、水素 (重水素を含む)、炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表す。 R^3 は環を形成する元素に窒素を含む 4 環以上 10 環以下の縮合環を表し、 R^4 は置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 の縮合環、置換又は無置換の分子量が 78 以上のアリール基、および置換又は無置換の分子量が 80 以上のヘテロアリール基のいずれかを表す。 A^1 乃至 A^3 のいずれかーは窒素を表し、他は窒素または炭素を表し、炭素の場合、それぞれ独立に、水素 (重水素を含む)、炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかーと結合する。)

[請求項 2]

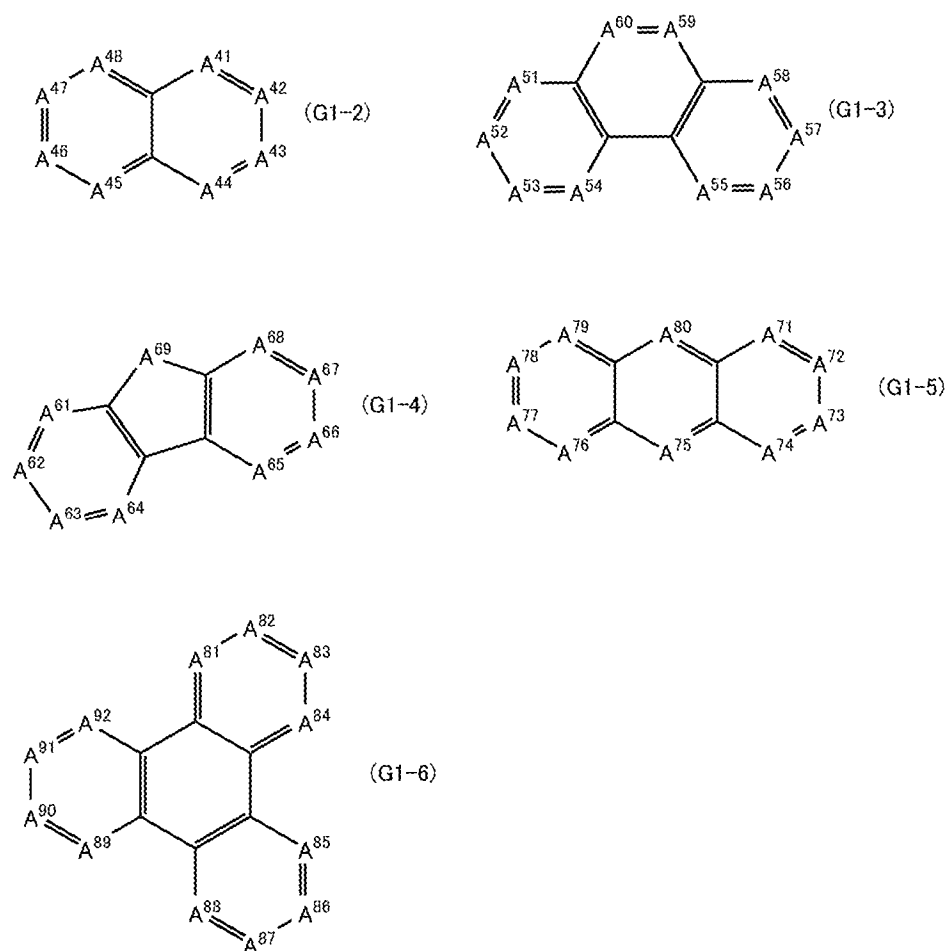
一般式 (G 1) 中、前記 R^3 は一般式 (G 1-1) を表し、前記 R^4 は一般式 (G 1-2) 乃至一般式 (G 1-6) のいずれかーを表す請求項 1 の有機化合物。

[化 2]



(一般式 (G 1-1) 中、 A^{11} 乃至 A^{22} のいずれかーは窒素を表し、別のーは炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。 A^{11} 乃至 A^{22} の炭素のうち、いずれかーは一般式 (G 1) と結合し、他は水素 (重水素を含む)、炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかと結合する。または、 A^{11} 乃至 A^{22} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。)

[化 3]



(一般式 (G 1 - 2) 中、A⁴¹乃至A⁴⁸のいずれかーは炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。A⁴¹乃至A⁴⁸の炭素のうち、いずれかーは一般式 (G 1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかと結合する。または、A⁴¹乃至A⁴⁸に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。一般式 (G 1 - 3) 中、A⁵¹乃至A⁶⁰のいずれかーは炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。A⁵¹乃至A⁶⁰の炭素のうち、いずれかーは一般式 (G 1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかと結合する。または、A⁵¹乃至A⁶⁰に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。一般式 (G 1 - 4) 中、A⁶¹乃至A⁶⁸のいずれかーは炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。A⁶⁹は窒素、炭素、硫黄または酸素を表す。A⁶¹乃至A⁶⁸の炭素またはA⁶⁹の窒素のうち、いずれかーは一般式 (G 1) と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表す。または、A⁶¹乃至A⁶⁸に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。一般式 (G 1 - 5) 中、A⁷¹乃至A⁸⁰のいずれかーは炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。A⁷¹乃至A⁸⁰の炭素のうち、いずれかーは一般式 (G 1) と結合

し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表す。または、 A^{71} 乃至 A^{80} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。一般式（G 1－6）中、 A^{81} 乃至 A^{92} のいずれか一は炭素を表し、他はそれぞれ独立に窒素または炭素を表す。 A^{81} 乃至 A^{92} の炭素のうち、いずれか一は一般式（G 1）と結合し、他はそれぞれ独立に、水素（重水素を含む）、炭素数 1 乃至 10 のアルキル基、置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のアリール基、および置換または無置換の炭素数 1 乃至 60 のヘテロアリール基のいずれかを表す。または、 A^{81} 乃至 A^{92} に結合する置換基のうち、隣り合う基が互いに結合して環を形成していてもよい。）

〔請求項 3〕

一般式（G 1）中、前記 R^1 および前記 R^2 は、置換又は無置換のフェニル基である請求項 1 乃至請求項 2 のいずれか一の有機化合物。

〔請求項 4〕

一般式（G 1）で表され、ガラス転移温度が 150℃以上である、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一の有機化合物。

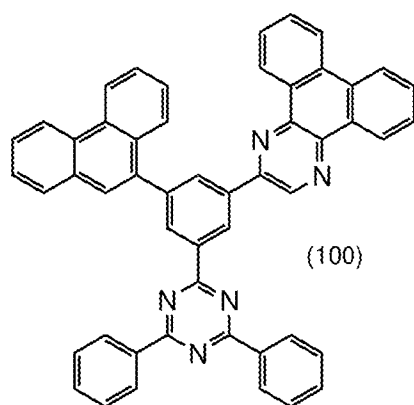
〔請求項 5〕

一般式（G 1）中、前記 R^3 および前記 R^4 は、分子量が 150 以上である請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一の有機化合物。

〔請求項 6〕

式（100）で表される有機化合物。

〔化 4〕



〔請求項 7〕

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一の化合物を含む有機デバイス。

〔請求項 8〕

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一の化合物を含む電子機器。

〔請求項 9〕

請求項 7 に記載の有機デバイスと、トランジスタ、または、基板と、を有する発光装置。

〔請求項 10〕

請求項 9 に記載の発光装置と、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。

図1A

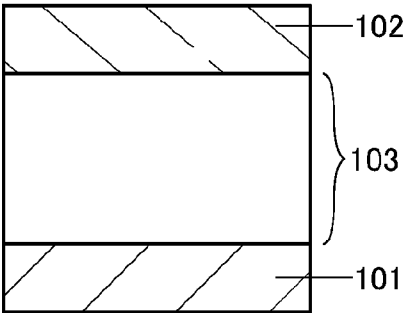


図1B

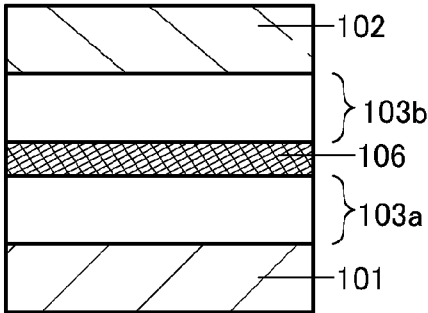


図1C

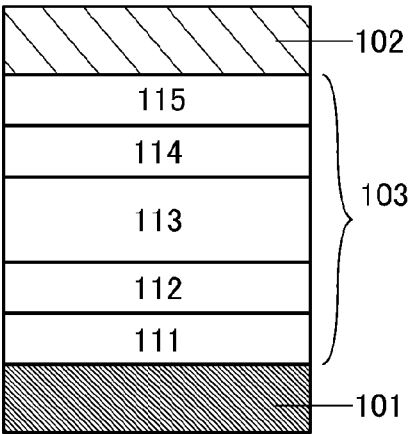


図1D

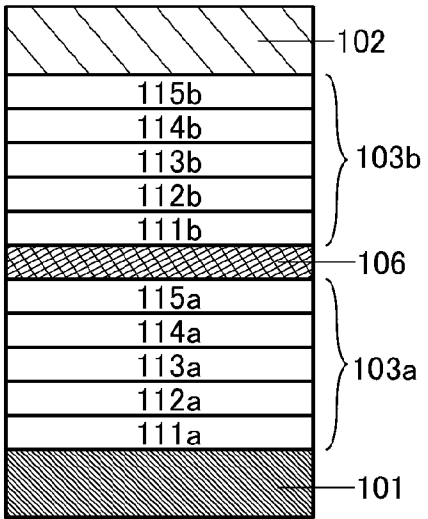


図1E

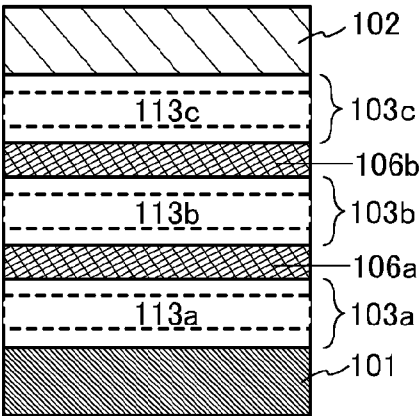


図 2A

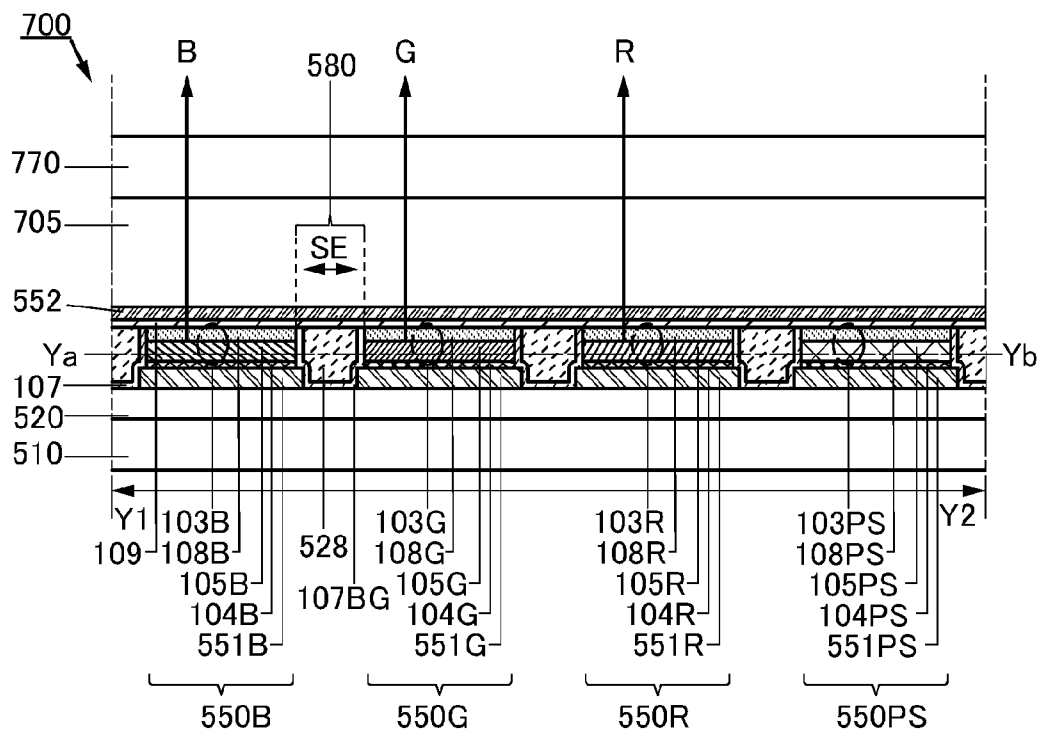


図 2B

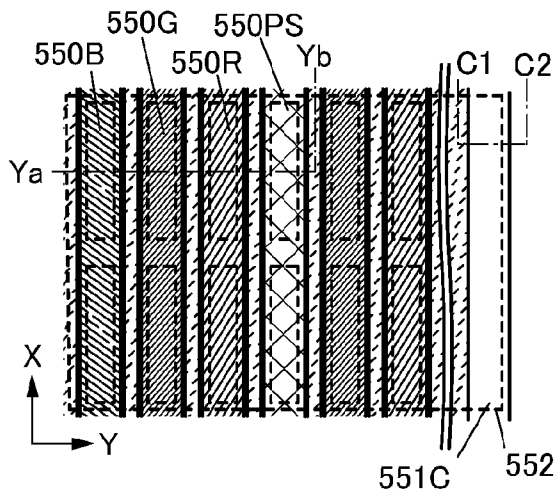


図2C

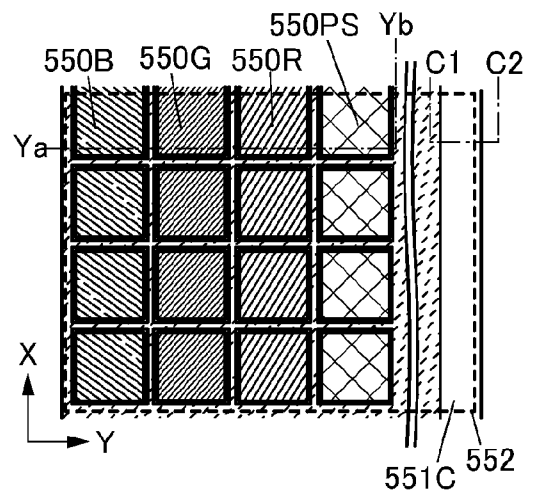


図 2D

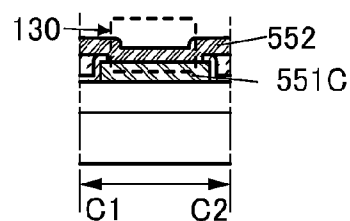


図3A

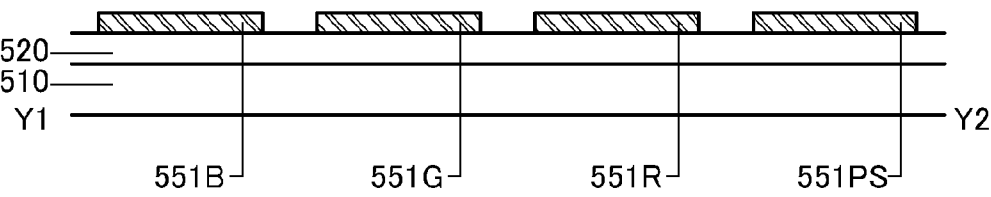


図3B

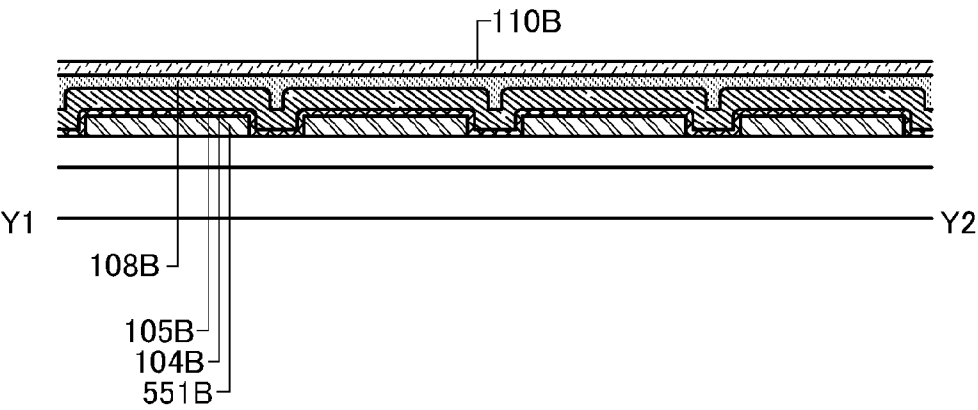


図3C

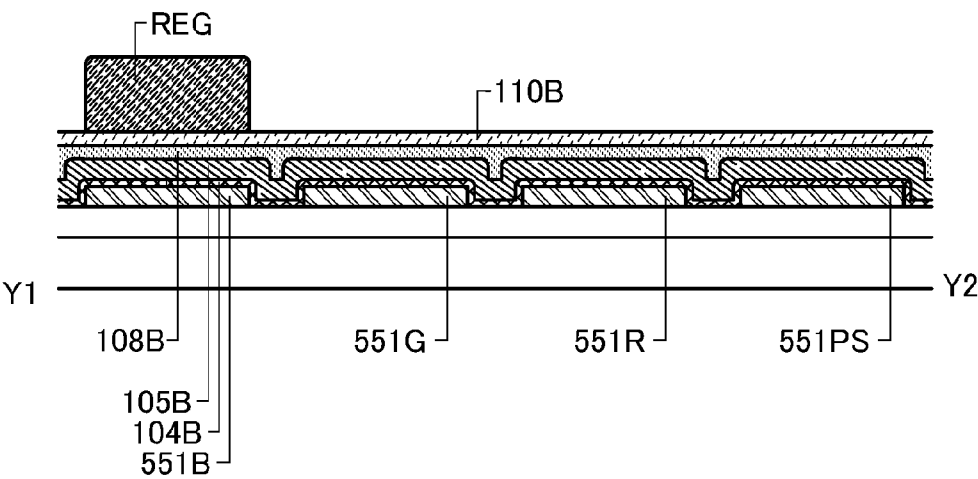


図4A

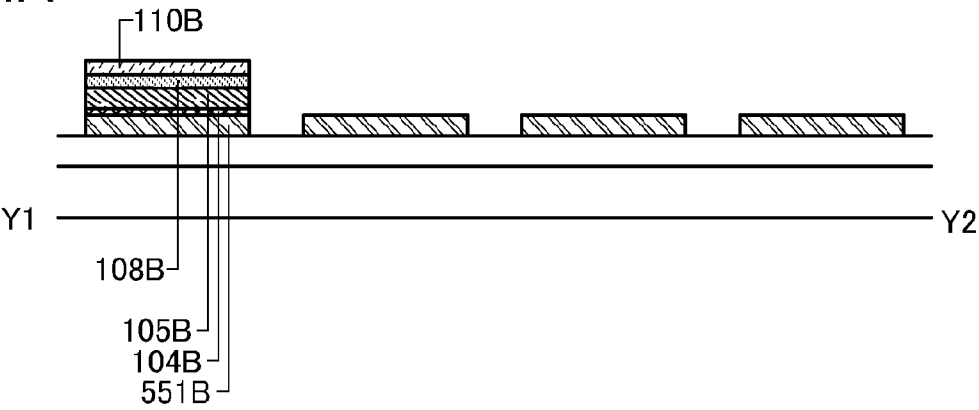


図4B

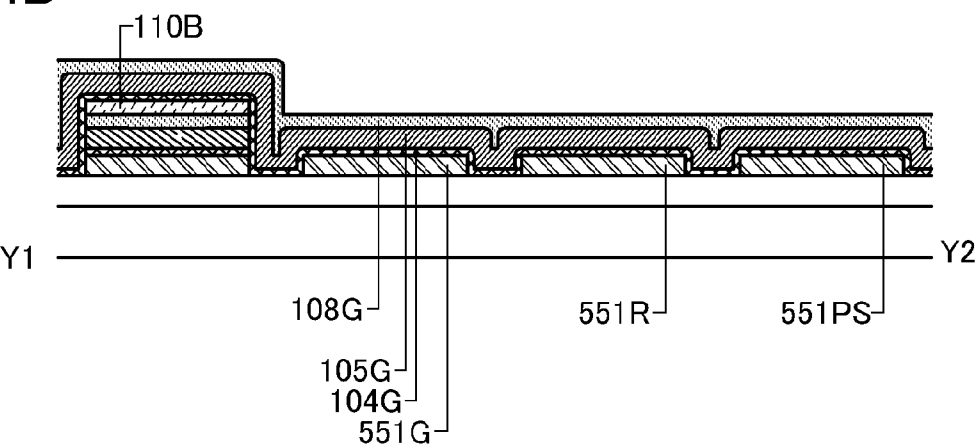


図4C

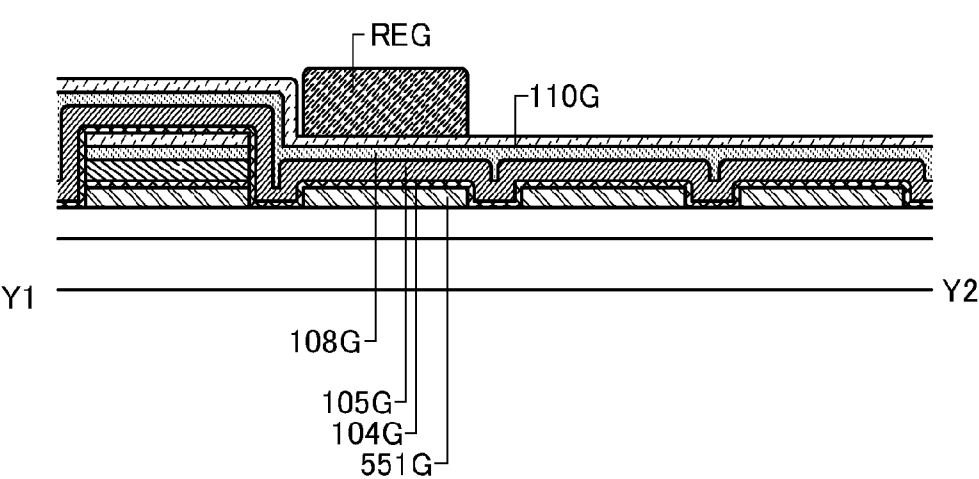


図5A

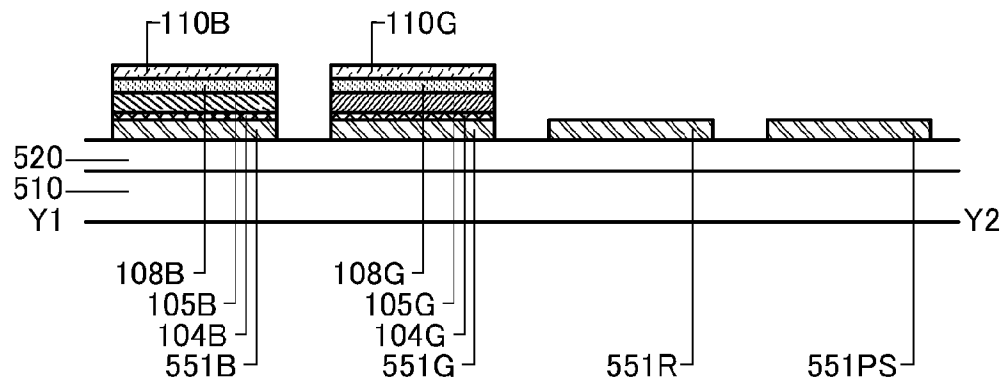


図5B

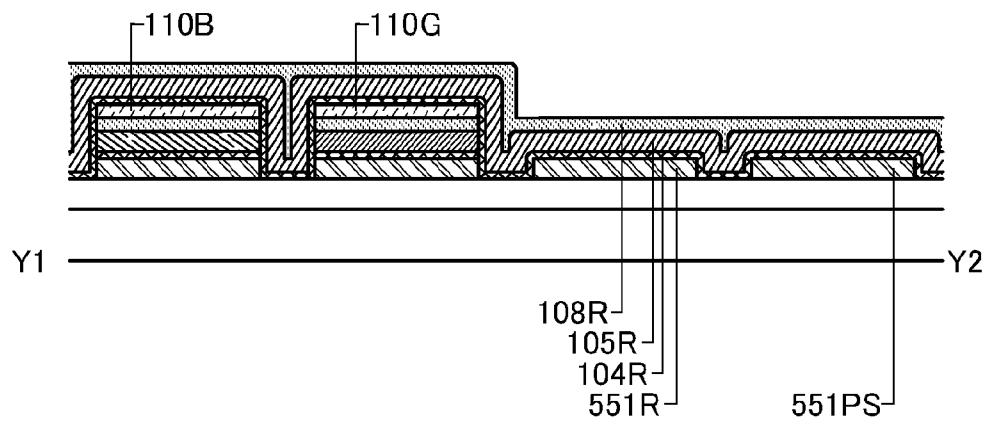


図5C

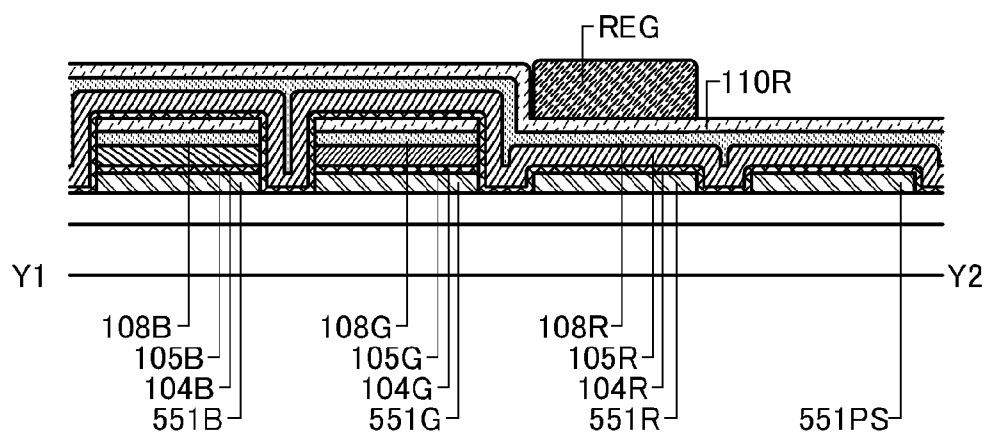


図6A

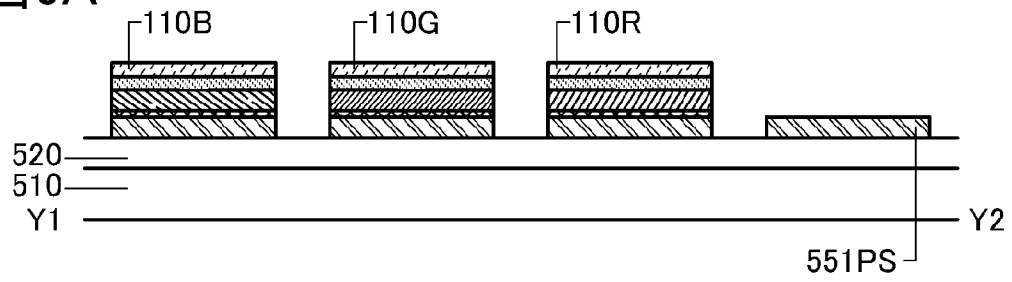


図6B

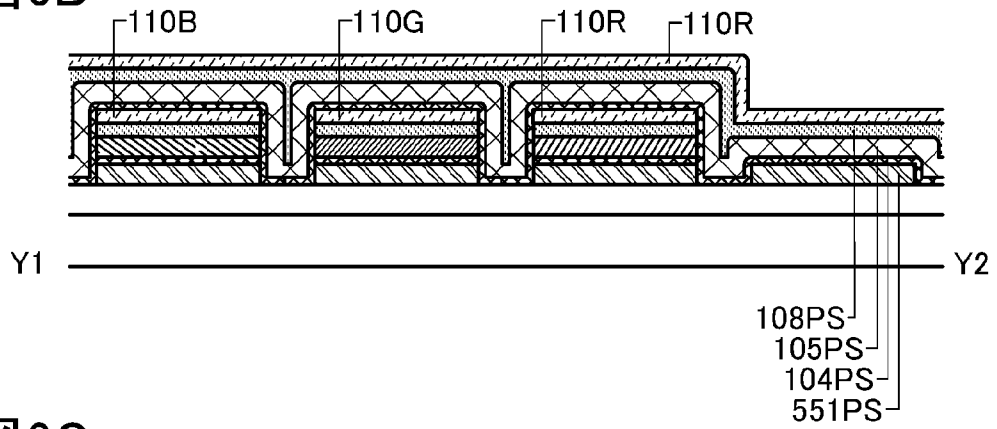


図6C

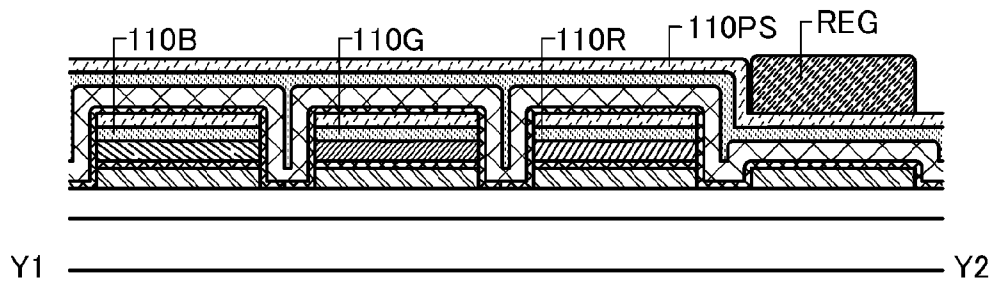


図6D

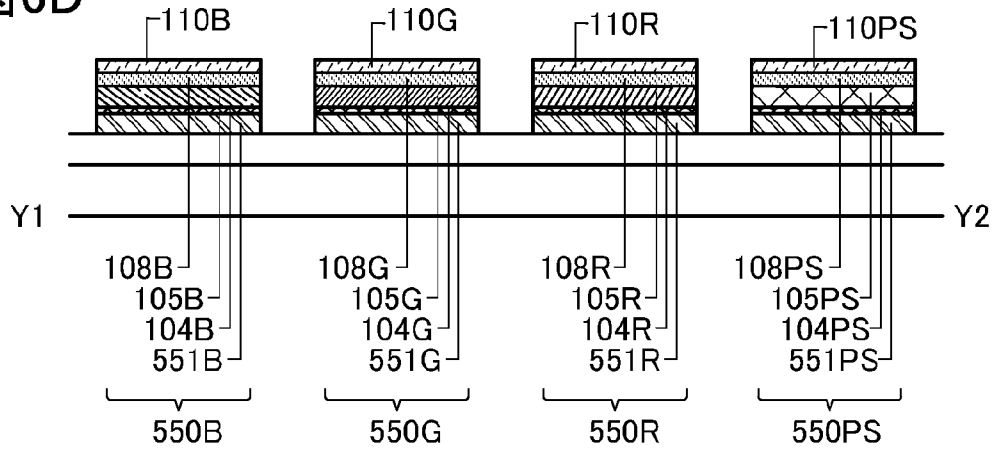


図7A

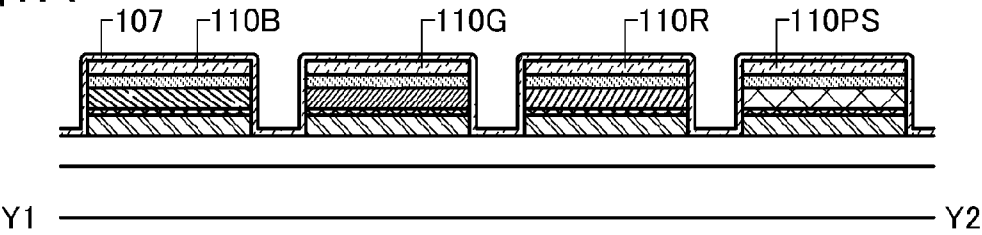


図7B

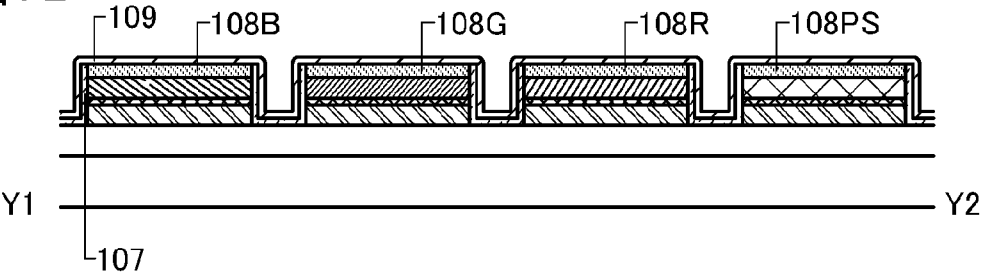


図7C

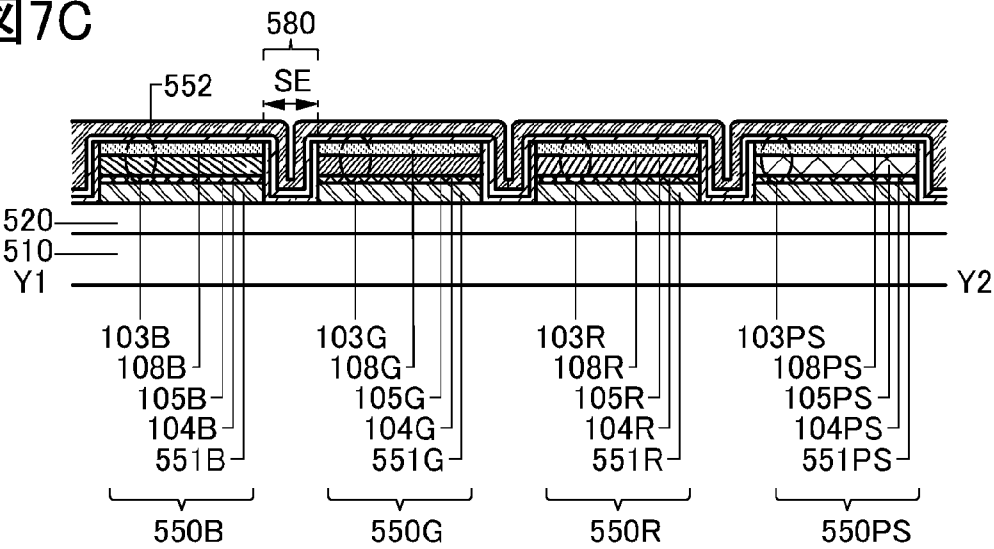


図7D

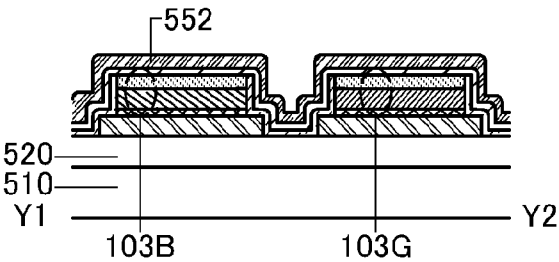


図7E

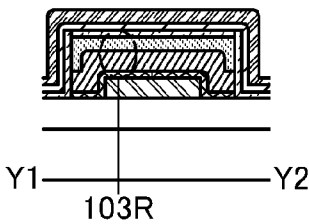


図8A

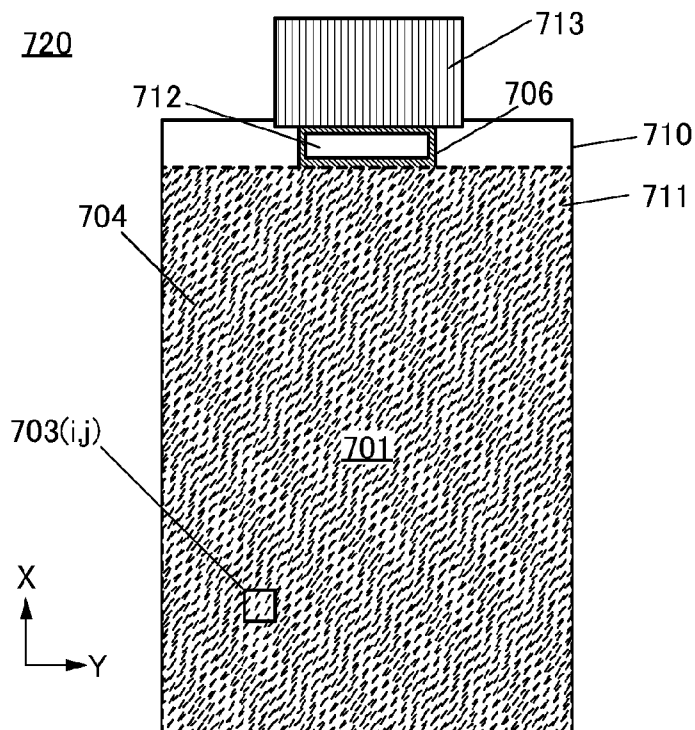


図8B

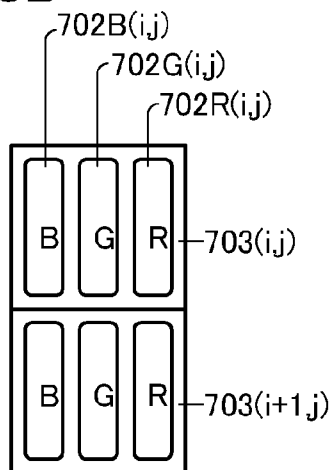


図8C

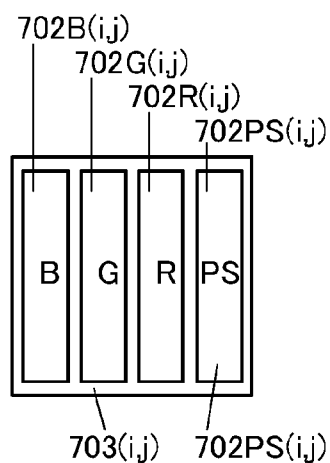


図8D

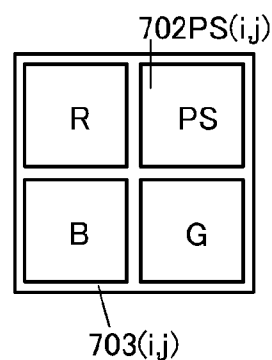


図8E

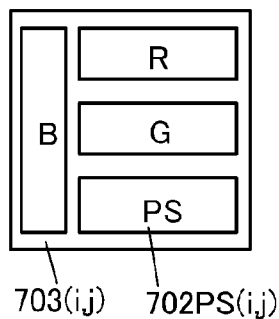


図8F

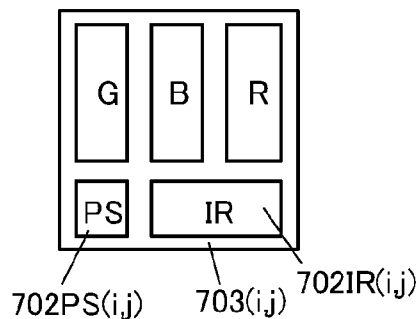


図9A

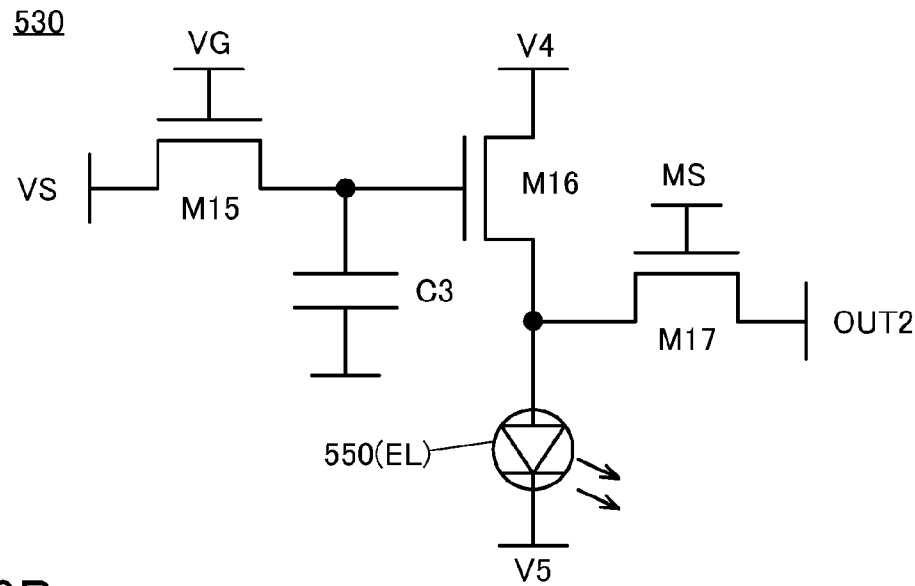


図9B

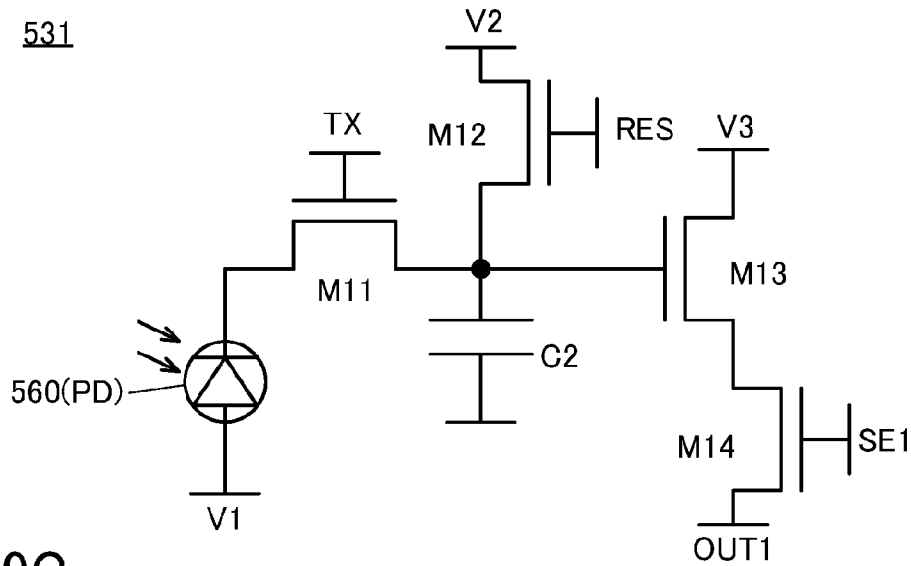


図9C

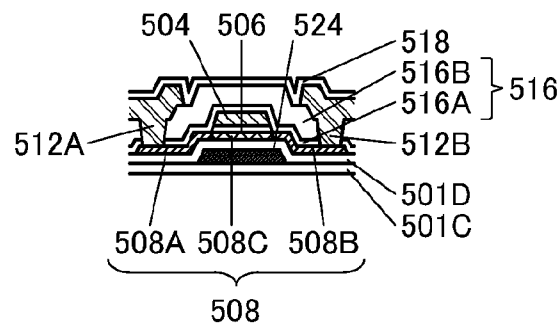


図10

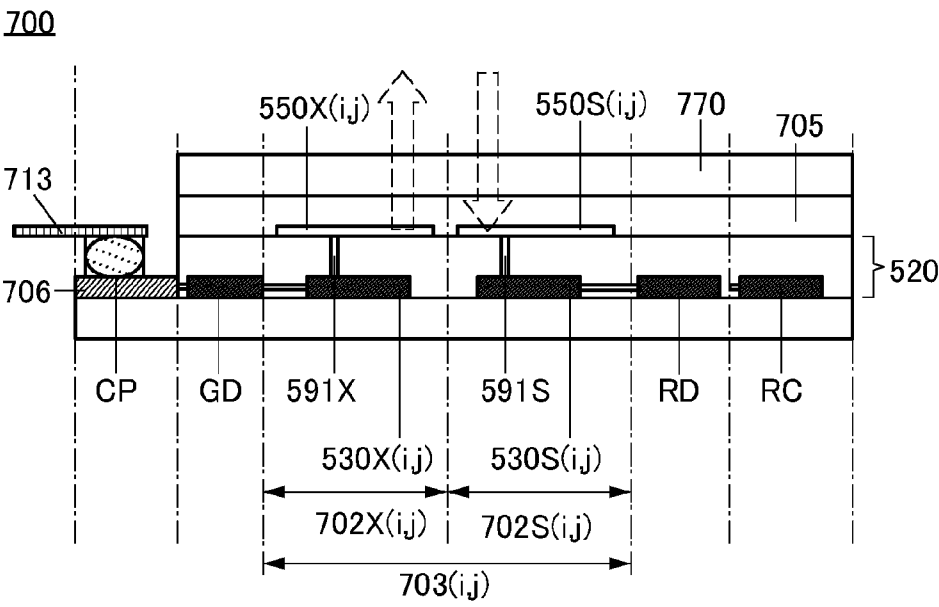


図11A

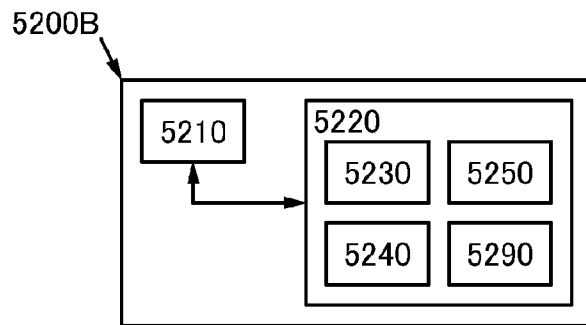


図11B

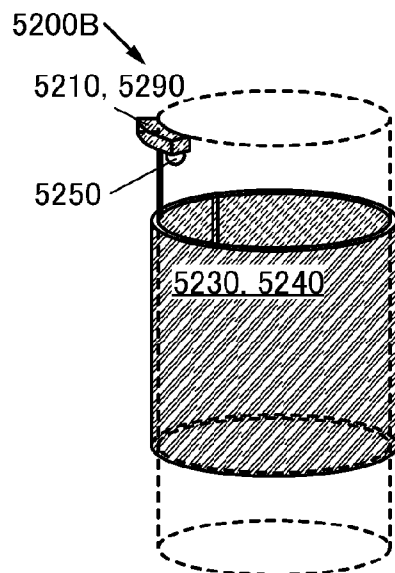


図11C

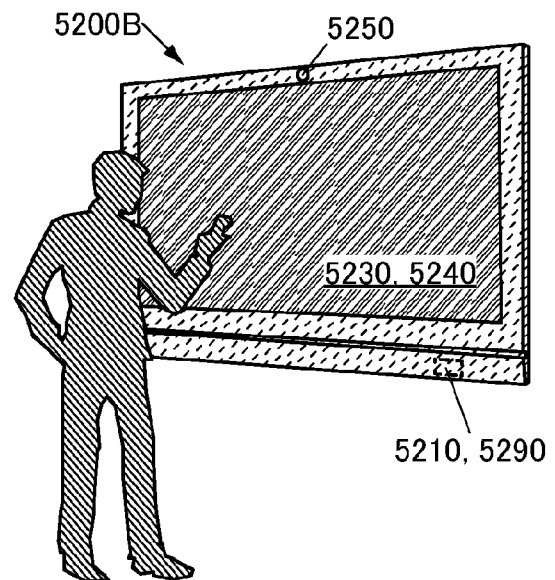


図11D

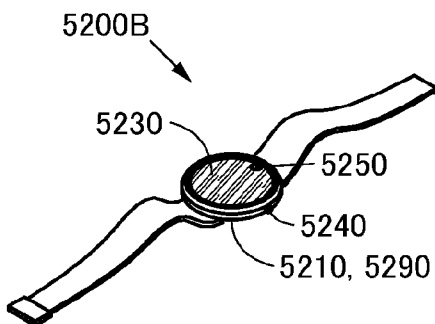


図11E

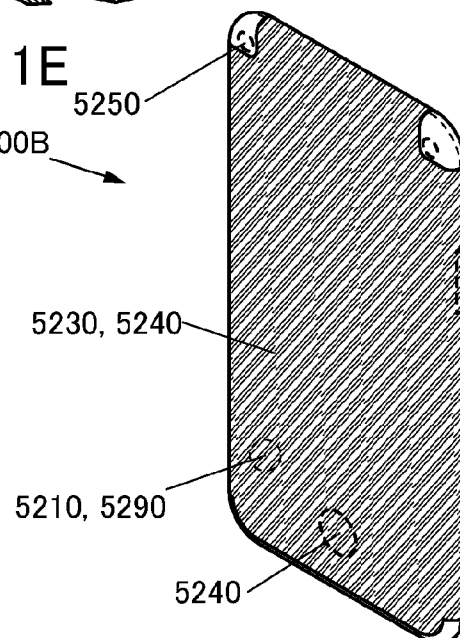


図12A

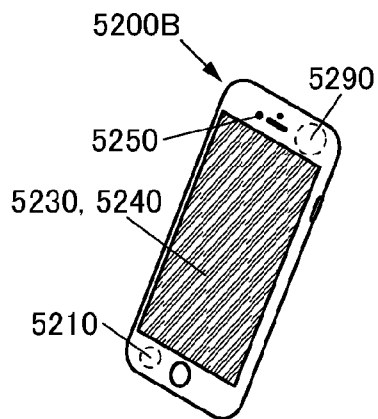


図12B

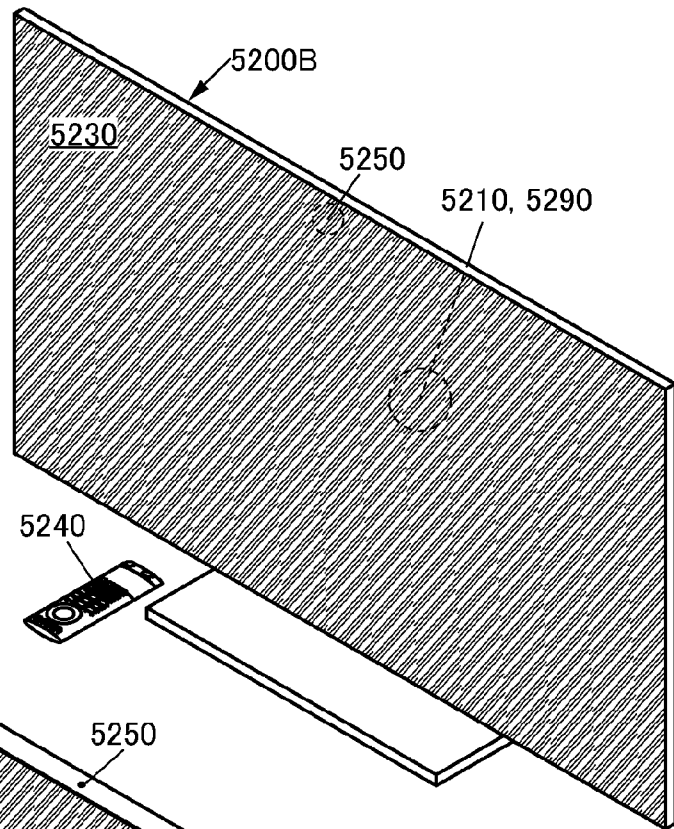


図12C

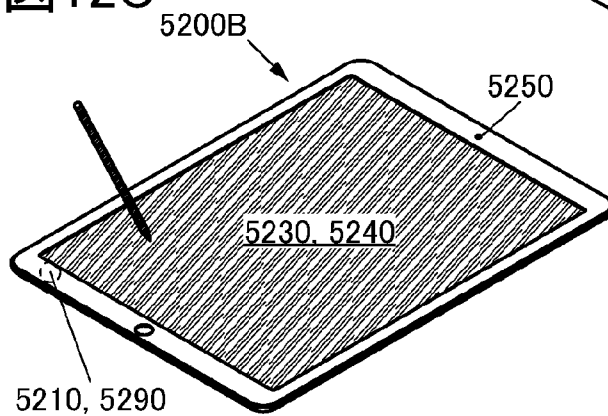


図12D

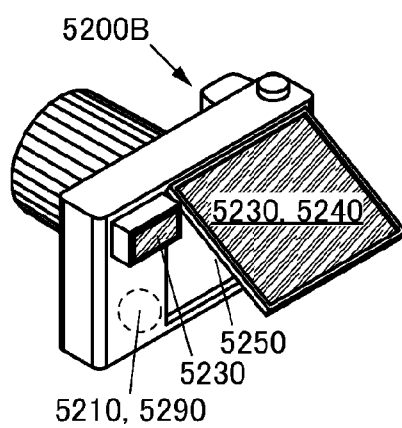


図12E

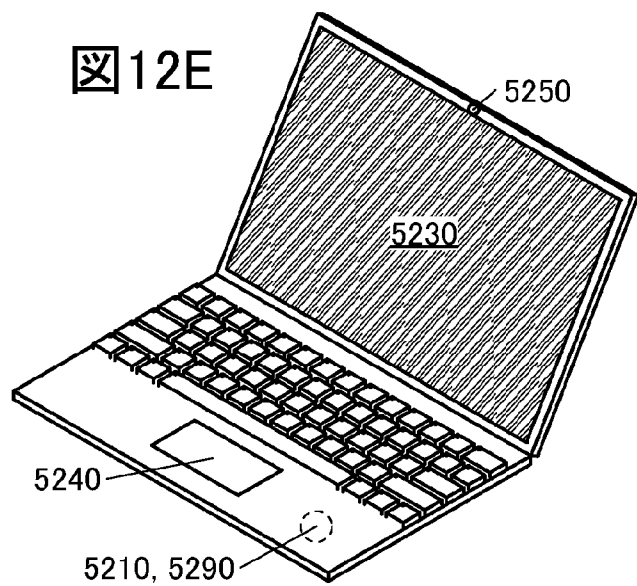


図13A

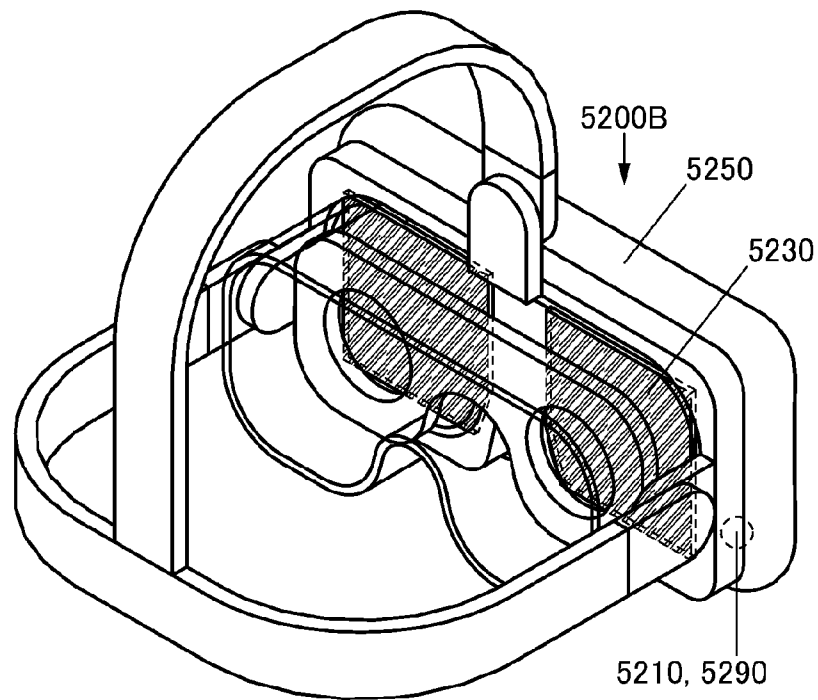


図13B

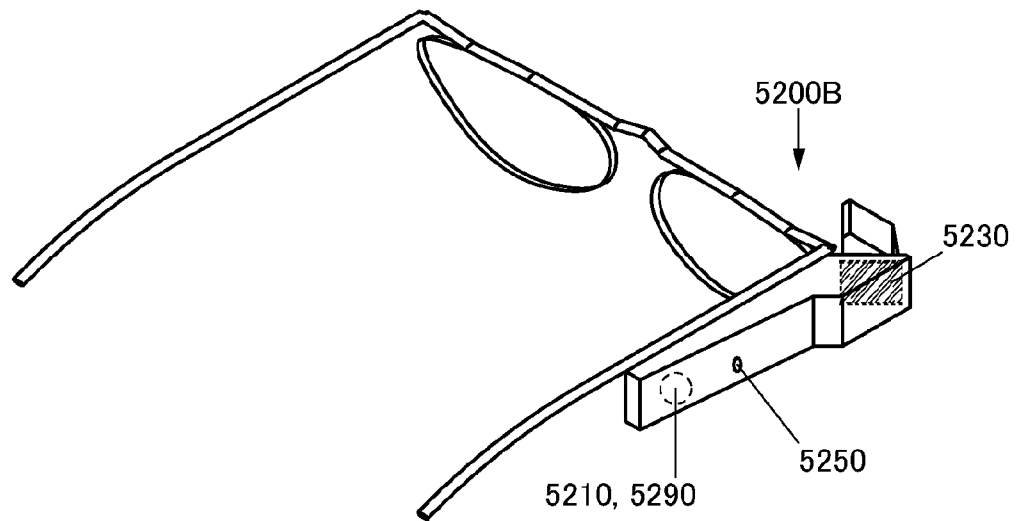


図14A

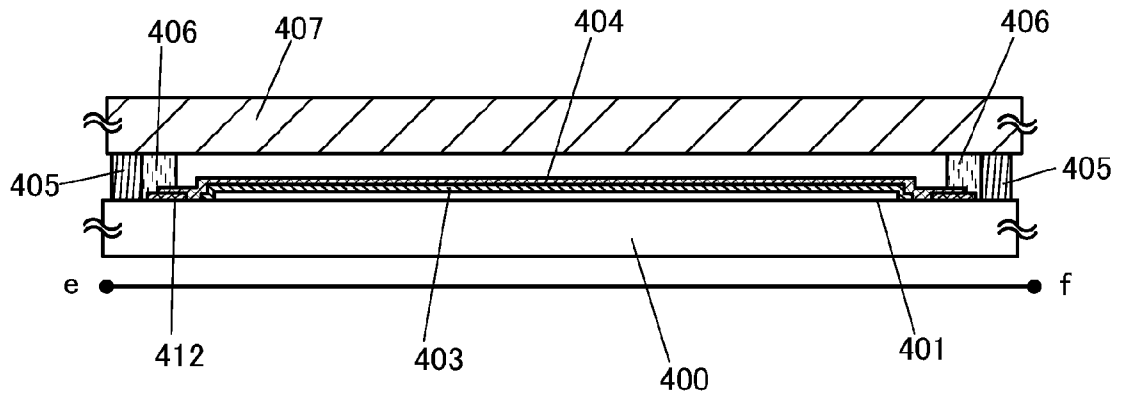


図14B

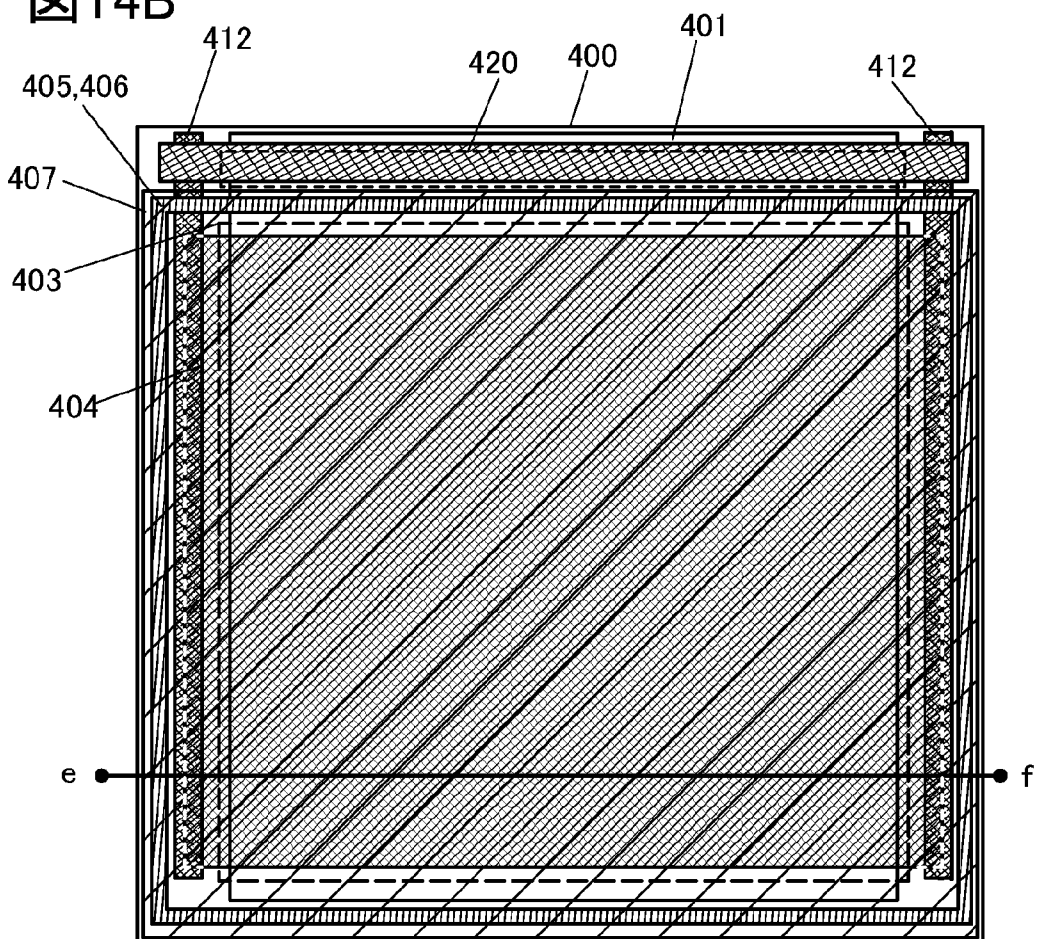


图15

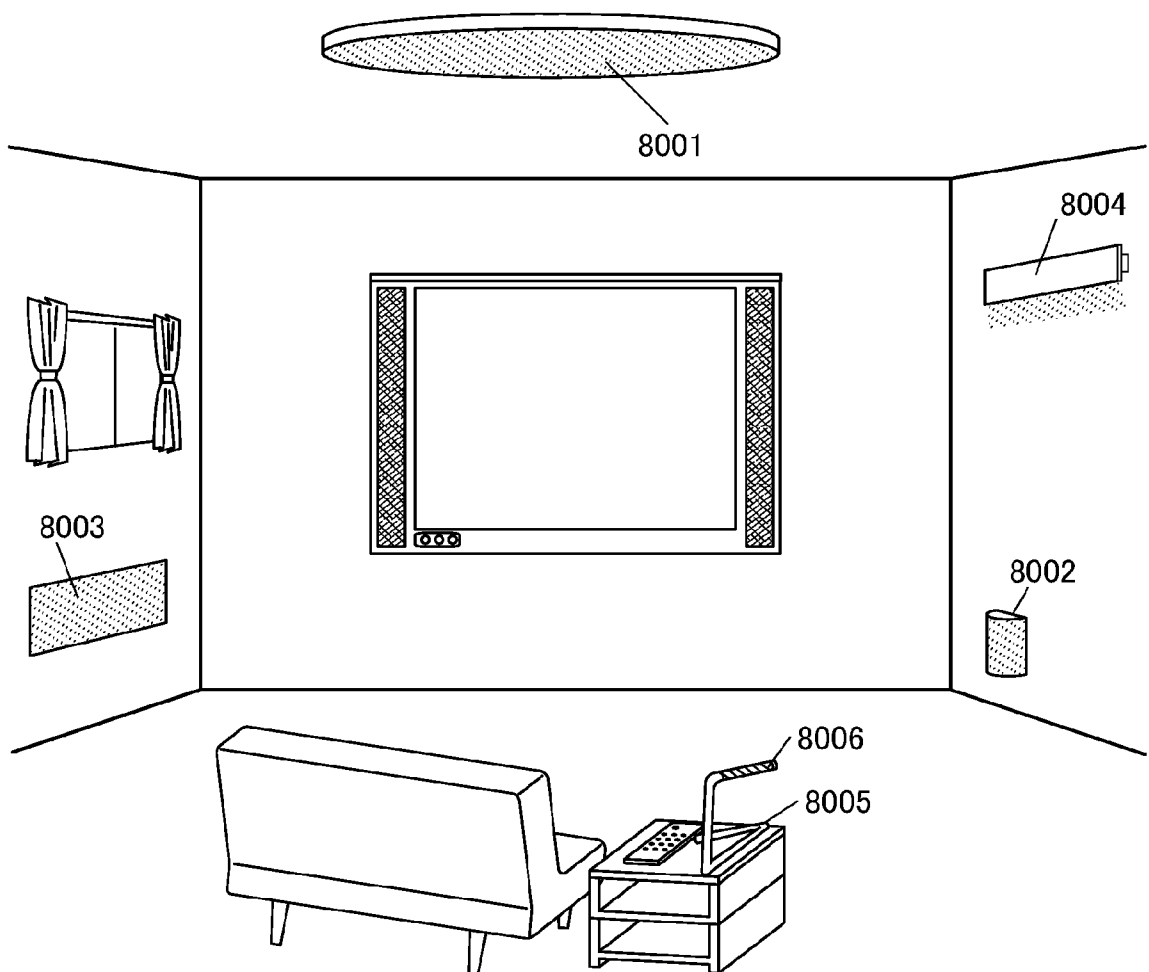


図16A

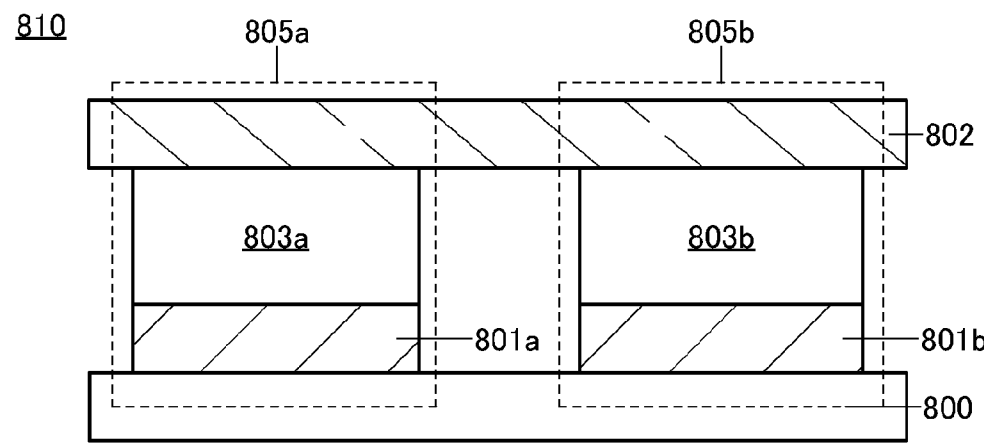


図16B

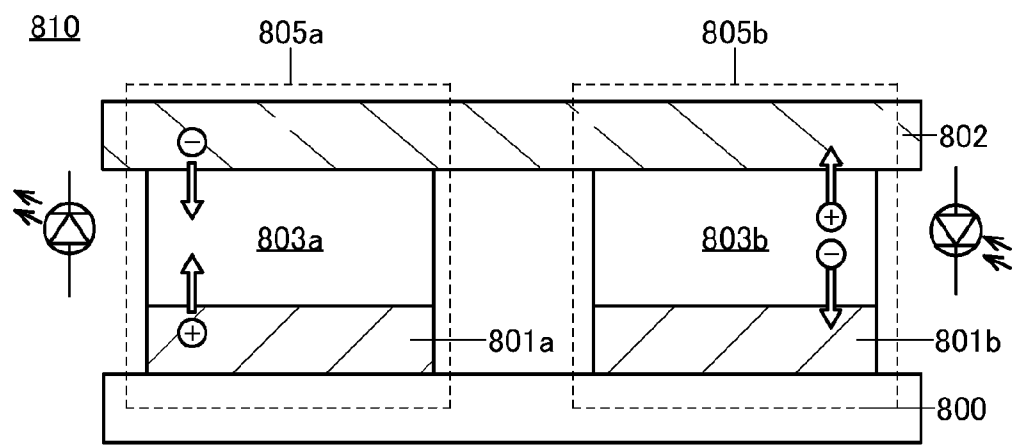


図16C

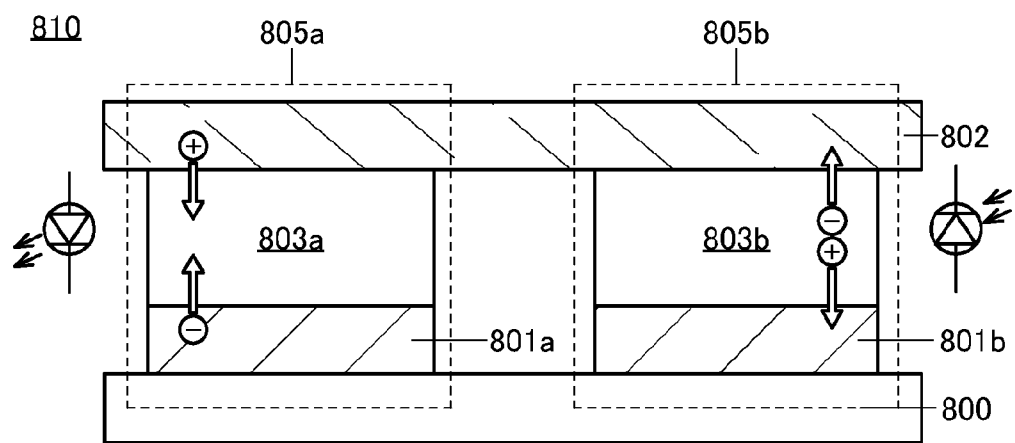


図17A

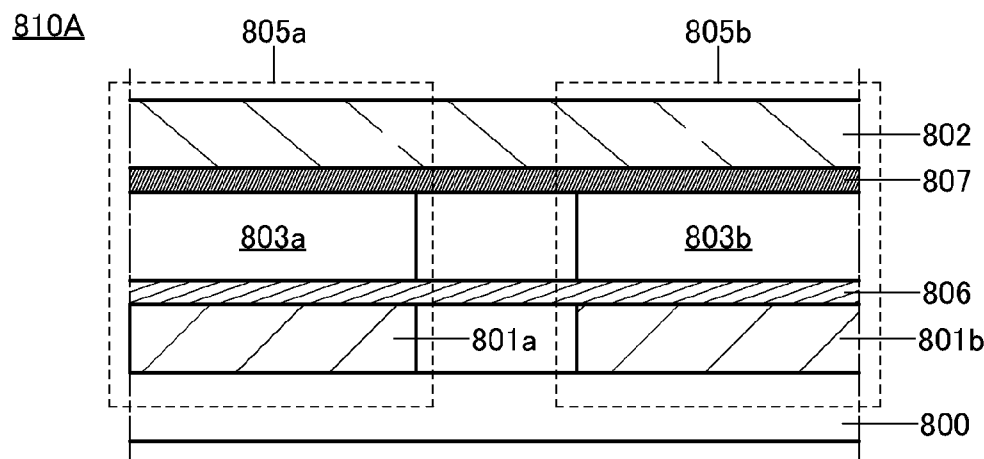


図17B

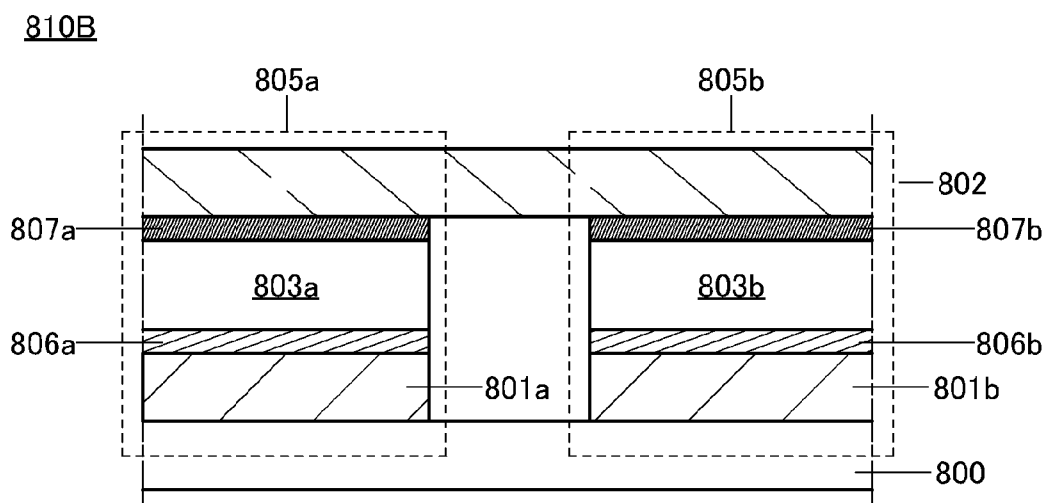


図18A

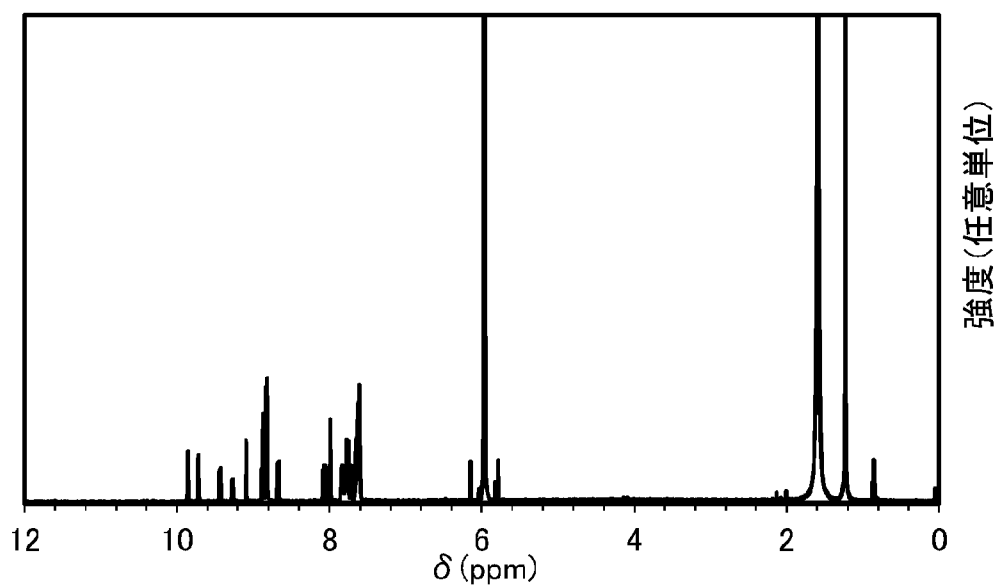


図18B

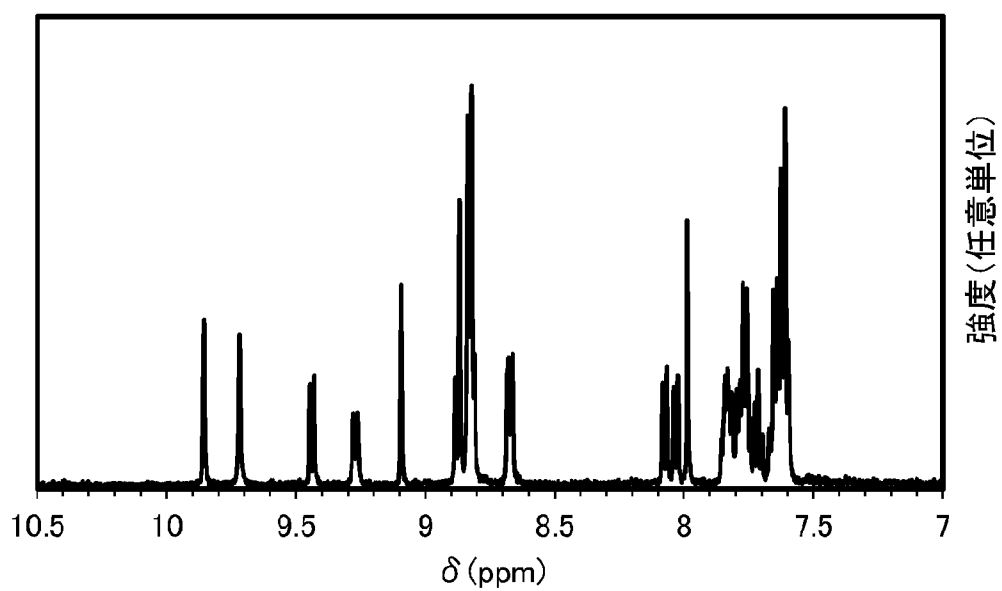


図19

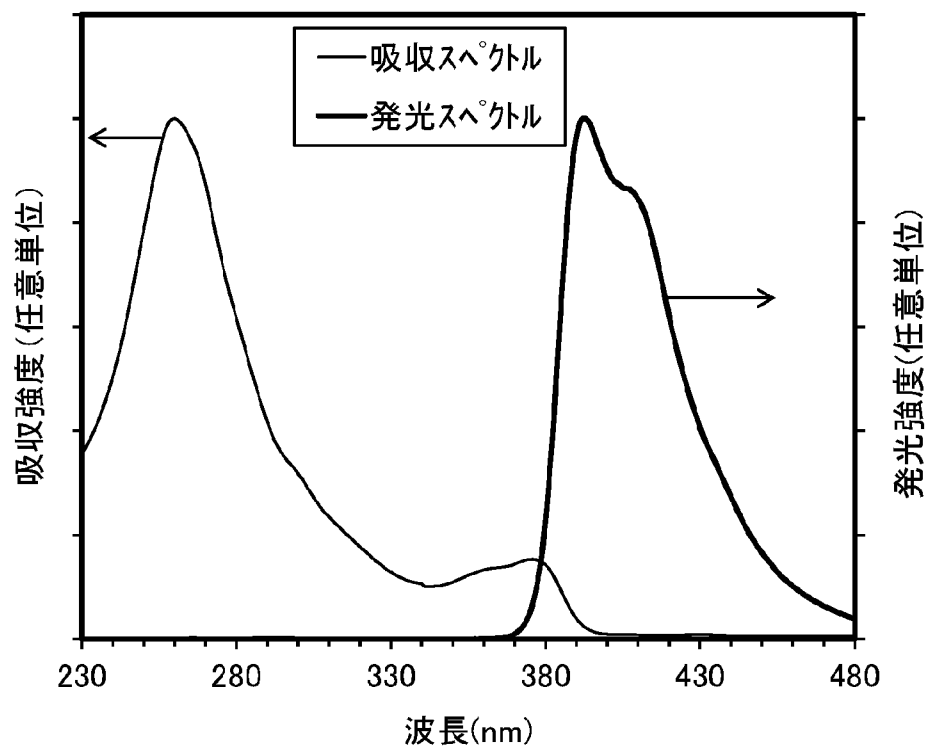


図20

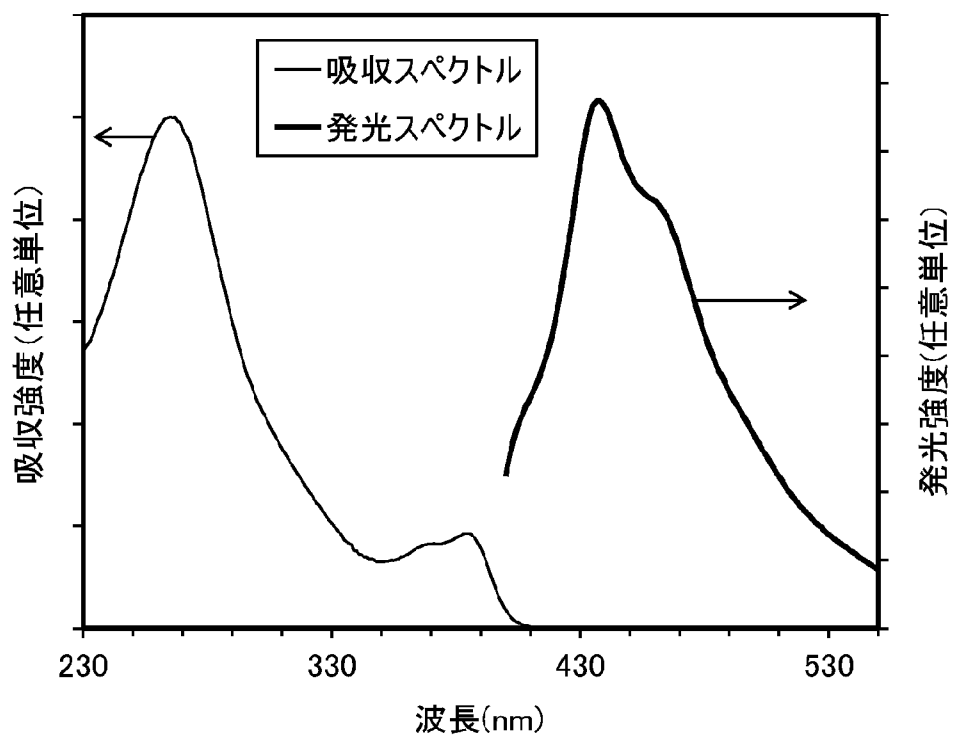


図21

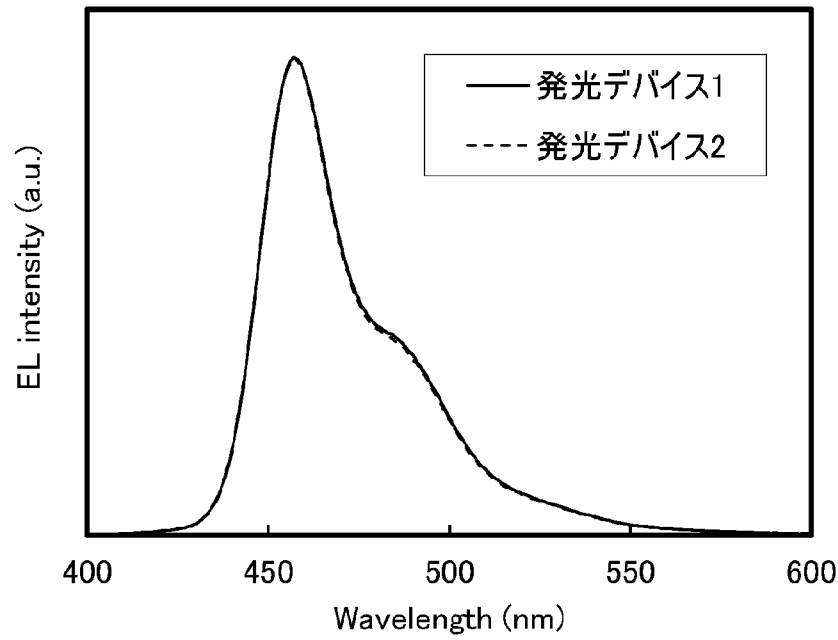


図22

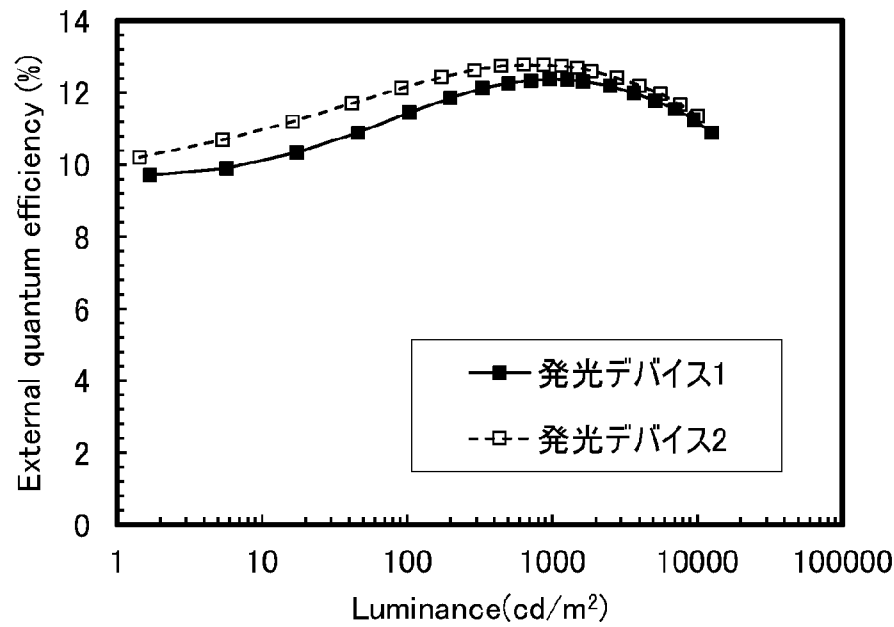


図23

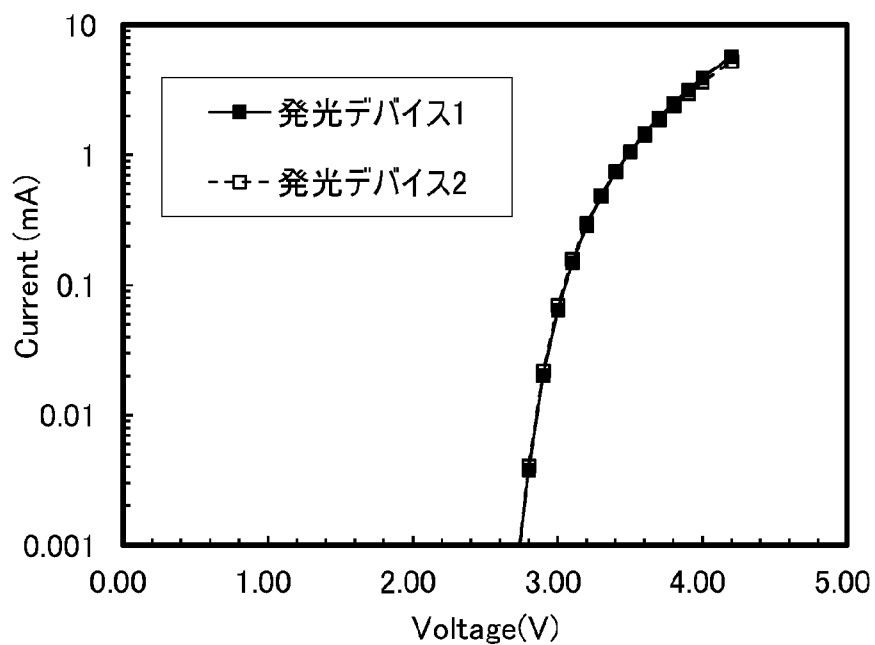


図24

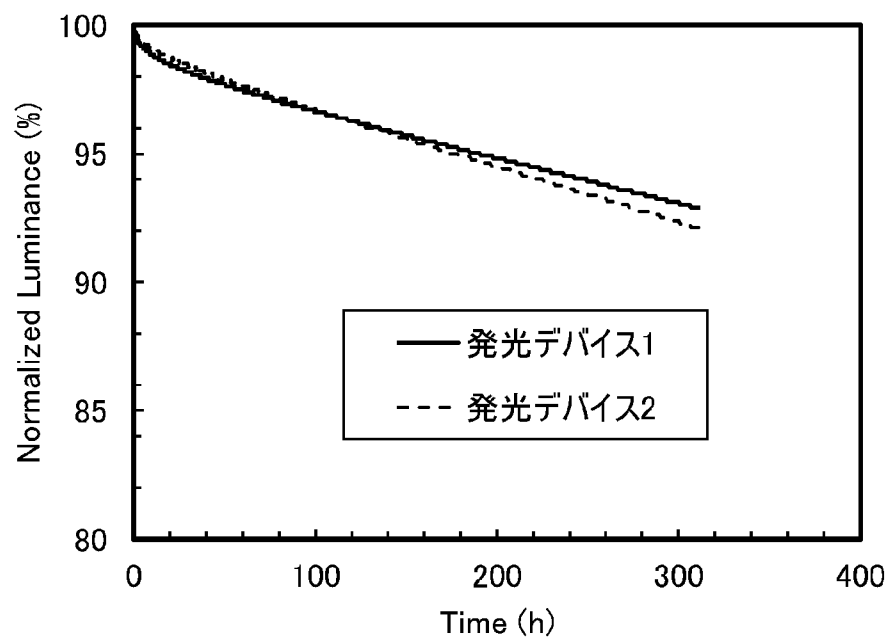
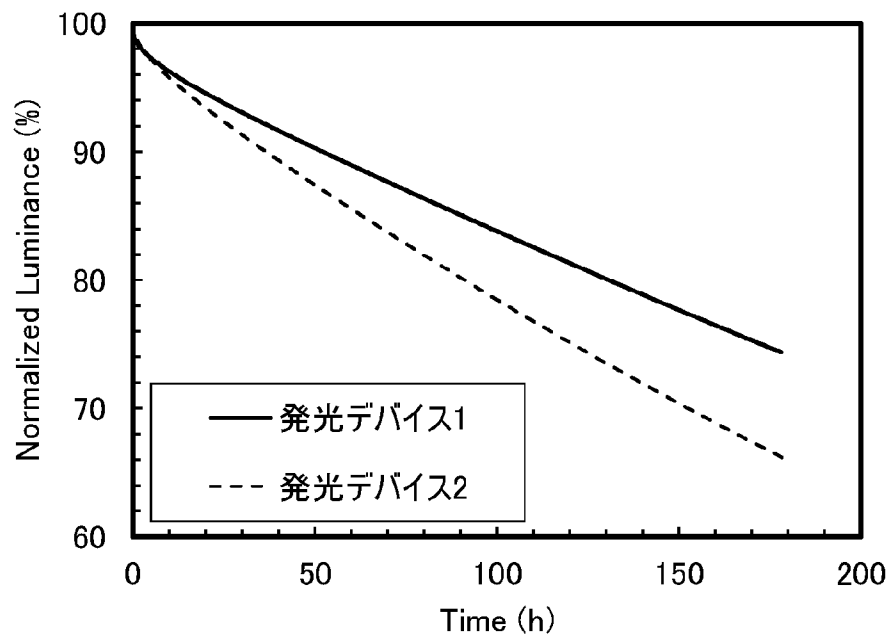


図25



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2022/061119

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**C07D 403/10**(2006.01)i; **H10K 50/00**(2023.01)i; **H10K 59/00**(2023.01)i

FI: C07D403/10 CSP; H05B33/14 A; H10K59/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C07D403/10; H10K50/00; H10K59/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CAplus/REGISTRY (STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2021/0320259 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 14 October 2021 (2021-10-14) claims	1-5, 7-10 6
X A	KR 10-2015-0122343 A (DUK SAN NEOLUX CO., LTD.) 02 November 2015 (2015-11-02) claims	1-5, 7-10 6
X A	CN 109705148 A (WUHAN TIANMA MICRO-ELECTRONICS CO., LTD.) 03 May 2019 (2019-05-03) claims, paragraph [0049]	1, 2, 4, 5, 7-10 3, 6
X A	CN 112830900 A (JILIN OPTICAL AND ELECTRONIC MATERIALS CO., LTD.) 25 May 2021 (2021-05-25) claims, paragraph [0022]	1, 2, 4, 5, 7-10 3, 6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 January 2023

Date of mailing of the international search report

17 January 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2022/061119**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2021-0105559 A (DUK SAN NEOLUX CO., LTD.) 27 August 2021 (2021-08-27)	1, 2, 4, 5, 7-10
A	claims, paragraph [0141]	3, 6

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claim 1 is an “organic compound represented by general formula (G1)”, and as described below, at least documents A-F disclose an “organic compound represented by general formula (G1)”.

Document A: US 2015/0243908 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 27 August 2015 (2015-08-27) 7, pp. 120, 147, 148, 160, 161, 162, 170, 171

Document B: CN 113004295 A (JILIN OPTICAL AND ELECTRONIC MATERIALS CO., LTD.) 22 June 2021 (2021-06-22) p. 5

Document C: JP 2021-511377 A (MERCK PATENT GMBH) 06 May 2021 (2021-06-22) p. 59

Document D: JP 2019-501513 A (LG CHEMICAL LTD.) 17 January 2019 (2019-01-17) p.85

Document E: JP 2018-526358 A (MERCK PATENT GMBH) 13 September 2018 (2018-09-13) pp. 98, 99

Document F: JP 2018-510495 A (ROHM AND HAAS ELECTRONIC MATERIALS KOREA LTD.) 12 April 2018 (2018-04-12), claim 5

That is, claim 1 lacks novelty in light of an extremely large number of documents as well as the aforementioned documents, and thus it is clear that claim 1 does not have a special technical feature.

Accordingly, the claims are classified into at least the following two inventions.

(i) Compound represented by general formula (G1) where R^3 is general formula (G-1) set forth in claim 2, and R^4 is one of general formula (G1-2) to general formula (G1-6) set forth in claim 2

(ii) Compounds other than (i) above

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2022/061119

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2021/0320259	A1	14 October 2021	KR 10-2021-0127291	A
KR	10-2015-0122343	A	02 November 2015	(Family: none)	
CN	109705148	A	03 May 2019	(Family: none)	
CN	112830900	A	25 May 2021	(Family: none)	
KR	10-2021-0105559	A	27 August 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C07D 403/10(2006.01)i; H10K 50/00(2023.01)i; H10K 59/00(2023.01)i FI: C07D403/10 CSP; H05B33/14 A; H10K59/00		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） C07D403/10; H10K50/00; H10K59/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） CAplus/REGISTRY (STN)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	US 2021/0320259 A1 (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 14.10.2021 (2021-10-14) claims	1-5, 7-10 6
X A	KR 10-2015-0122343 A (DUK SAN NEOLUX CO., LTD.) 02.11.2015 (2015-11-02) claims	1-5, 7-10 6
X A	CN 109705148 A (WUHAN TIANMA MICRO-ELECTRONICS CO., LTD.) 03.05.2019 (2019-05-03) claims, [0049]	1, 2, 4, 5, 7-10 3, 6
X A	CN 112830900 A (JILIN OPTICAL AND ELECTRONIC MATERIALS CO., LTD.) 25.05.2021 (2021-05-25) claims, [0022]	1, 2, 4, 5, 7-10 3, 6
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 06.01.2023		国際調査報告の発送日 17.01.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 松澤 優子 4P 3036 電話番号 03-3581-1101 内線 3492

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	KR 10-2021-0105559 A (DUK SAN NEOLUX CO., LTD.) 27.08.2021 (2021 - 08 - 27) claims, [0141]	1, 2, 4, 5, 7-10
A		3, 6

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求項1は、「一般式（G1）で表される有機化合物」であるところ、以下で述べるとおり、少なくとも文献A～Fには、「一般式（G1）で表される有機化合物」が記載されている。

文献A：US 2015/0243908 A1(SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 27.08.2015(2015-08-27)
7, pp.120,147,148,160,161,162,170,171

文献B：CN 113004295 A (JILIN OPTICAL AND ELECTRONIC MATERIALS CO.,LTD.)
22.06.2021(2021-06-22), pp.5

文献C：JP 2021-511377A (メルク パテント ゲーエムベーハー)06.05.2021(2021-05-06), pp.59

文献D：JP 2019-501513A (エルジー・ケム・リミテッド)17.01.2019(2019-01-17) pp.85

文献E：JP 2018-526358A (メルク パテント ゲーエムベーハー)13.09.2018(2018-09-13), pp.98,99

文献F：JP 2018-510495A (ローム・アンド・ハース・エレクトロニクス・マテリアルズ・コリア・リミテッド) 12.04.2018(2018-04-12), claim5

すなわち、請求項1は、上記文献のみならず、極めて多くの文献より新規性が欠如しているから、特別な技術的特徴を有さないことは明らかである。

したがって、請求の範囲は、少なくとも以下2つの発明に区分される。

(i) 一般式（G1）中、 R^3 が請求項2に記載された一般式（G-1）、 R^4 が請求項2に記載された一般式（G1-2）～一般式（G1-6）である化合物

(ii) 上記(i)以外の化合物

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/IB2022/061119

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
US	2021/0320259	A1	14.10.2021	KR 10-2021-0127291	A
KR	10-2015-0122343	A	02.11.2015	(ファミリーなし)	
CN	109705148	A	03.05.2019	(ファミリーなし)	
CN	112830900	A	25.05.2021	(ファミリーなし)	
KR	10-2021-0105559	A	27.08.2021	(ファミリーなし)	