(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
2020年11月19日(19.11.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/229918 A1

(51) 国際特許分類:
C09K 11/06 (2006.01) *H01L 51/50* (2006.01)
H05B 33/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/IB2020/053960

(22) 国際出願日： 2020年4月28日(28.04.2020)

(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 2019-089478 2019年5月10日(10.05.2019) 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: 石曽根崇浩 (**ISHISONE, Takahiro**); 〒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). 大澤信晴 (**OHSAWA, Nobuharu**); 〒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). 瀬尾哲史 (**SEO, Satoshi**); 〒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).

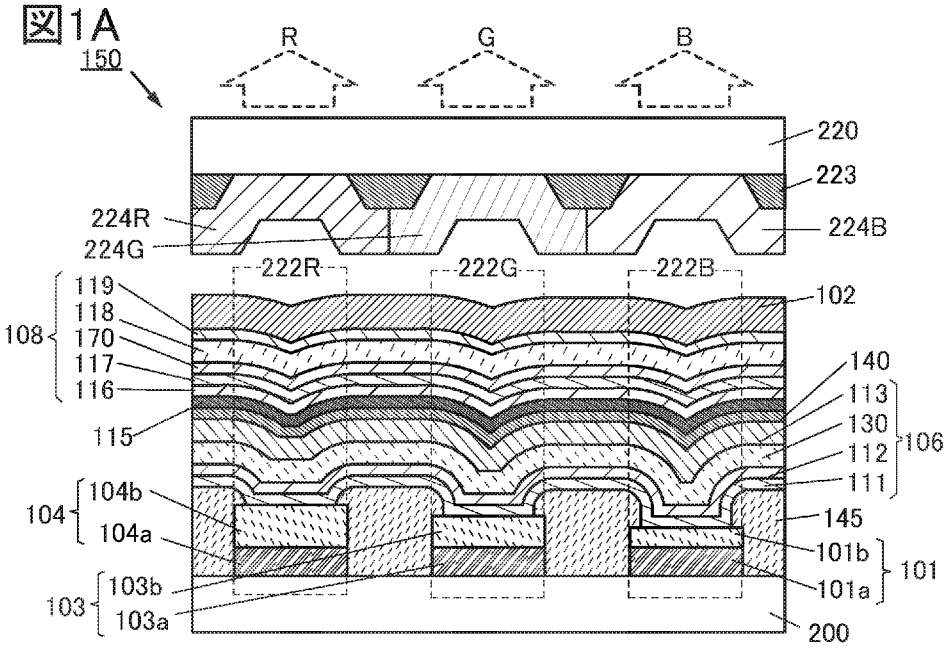
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,

WO 2020/229918 A1

(54) **Title:** LIGHT-EMITTING DEVICE, LIGHT-EMITTING APPARATUS, DISPLAY DEVICE, ELECTRONIC APPARATUS, AND LIGHTING DEVICE

(54) 発明の名称： 発光デバイス、発光機器、表示装置、電子機器及び照明装置

図1A



(57) **Abstract:** Provided is a light-emitting device that is highly efficient at emitting light and highly reliable. This light-emitting device has a first light-emitting unit and a second light-emitting unit. The first light-emitting unit has a first light-emitting layer; the first light-emitting layer has a first material and a second material; the first material has a function of converting triplet excitation energy to light emission; the second material has a function of converting singlet excitation energy to light emission, and has a luminophore and five

[続葉有]

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, 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))

---

or more protective groups; the luminophore is a fused aromatic ring or a fused heteroaromatic ring; the five or more protective groups each independently have a C_{1-10} alkyl group, a substituted or unsubstituted C_{3-10} cycloalkyl group, or a C_{3-12} trialkyl silyl group; and light emission is obtained from the second material.

(57) 要約:発光効率及び信頼性が高い発光デバイスを提供する。 第１及び第２の発光ユニットを有する発光デバイスである。前記第１の発光ユニットは第１の発光 層を有し、第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、第１の材料は、三重項励起エネル ギーを発光に変換する機能を有し、第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を 有し、かつ発光団および５個以上の保護基を有し、発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であ り、５個以上の保護基は、それぞれ独立に炭素数１以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置 換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基の いずれか一を有し、第２の材料から発光が得られる、発光デバイスである。

明細書

発明の名称

発光デバイス、発光機器、表示装置、電子機器及び照明装置

技術分野

［０００１］

本発明の一態様は、発光デバイス、または該発光デバイスを有する表示装置、電子機器及び照明装置に関する。

［０００２］

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。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。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、発光デバイス、照明装置、蓄電装置、記憶装置、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

［０００３］

近年、エレクトロルミネッセンス（Ｅｌｅｃｔｒｏｌｕｍｉｎｅｓｃｅｎｃｅ：ＥＬ）を利用した発光デバイスの研究開発が盛んに行われている。これら発光デバイスの基本的な構成は、一対の電極間に発光性の物質を含む層（ＥＬ層）を挟んだ構成である。このデバイスの電極間に電圧を印加することにより、発光性の物質からの発光が得られる。

［０００４］

上述の発光デバイスは自発光型であるため、これを用いた表示装置は、視認性に優れ、バックライトが不要であり、消費電力が少ない等の利点を有する。さらに、薄型軽量に作製でき、応答速度が高いなどの利点も有する。

［０００５］

発光性の物質に有機化合物を用い、一対の電極間に当該発光性の有機化合物を含むＥＬ層を設けた発光デバイスの場合、一対の電極間に電圧を印加することにより、陰極から電子が、陽極から正孔（ホール）がそれぞれ発光性のＥＬ層に注入され、電流が流れる。そして、注入された電子及び正孔が再結合することによって発光性の有機化合物が励起状態となり、励起された発光性の有機化合物から発光を得ることができる。

［０００６］

有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態（Ｓ*）と三重項励起状態（Ｔ*）があり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。また、発光デバイスにおけるそれらの統計的な生成比率は、Ｓ*：Ｔ*＝１：３である。そのため、蛍光を発する化合物（蛍光性材料）を用いた発光デバイスより、燐光を発する化合物（燐光性材料）を用いた発光デバイスの方が、高い発光効率を得ることが可能となる。したがって、三重項励起状態のエネルギーを発光に変換することが可能な燐光性材料を用いた発光デバイスの開発が近年盛んに行われている。

［０００７］

燐光性材料を用いた発光デバイスのうち、特に青色の発光を呈する発光デバイスにおいては、高

い三重項励起エネルギー準位を有する安定な化合物の開発が困難であるため、青色燐光発光デバイスは未だ実用化に至っていない。そのため、より安定な蛍光性材料を用いた発光デバイスの開発が行われており、蛍光性材料を用いた発光デバイス（蛍光発光デバイス）の発光効率を高める手法が探索されている。

［０００８］

三重項励起状態のエネルギーの一部または全てを発光に変換することが可能な材料として、燐光性材料の他に、熱活性化遅延蛍光（Ｔｈｅｒｍａｌｌｙ　Ａｃｔｉｖａｔｅｄ　Ｄｅｌａｙｅｄ　Ｆｌｕｏｒｅｓｃｅｎｃｅ：ＴＡＤＦ）性材料が知られている。熱活性化遅延蛍光性材料では、三重項励起状態から逆項間交差により一重項励起状態が生成され、一重項励起状態から発光に変換される。

［０００９］

熱活性化遅延蛍光性材料を用いた発光デバイスにおいて、発光効率を高めるためには、熱活性化遅延蛍光性材料において、三重項励起状態から一重項励起状態が効率よく生成するだけでなく、一重項励起状態から効率よく発光が得られること、すなわち蛍光量子収率が高いことが重要となる。しかしながら、この２つを同時に満たす発光材料を設計することは困難である。

［００１０］

また、熱活性化遅延蛍光性材料と、蛍光性材料と、を有する発光デバイスにおいて、熱活性化遅延蛍光性材料の一重項励起エネルギーを、蛍光性材料へと移動させ、蛍光性材料から発光を得る方法が提案されている（特許文献１）。すなわち、熱活性化遅延蛍光性材料をホスト材料として、蛍光性材料をゲスト材料として用いる発光デバイスが提案されている。

［先行技術文献］

［特許文献］

［００１１］

［特許文献１］特開２０１４－４５１７９号公報

［特許文献２］特開２０１５－１０９４０７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

［００１２］

白色発光デバイスに代表される多色発光デバイスはディスプレイ等に応用が期待される発光デバイスである。多色発光デバイスの構造としては一対の電極間にそれぞれが異なる発光色を呈する複数の発光層を含むデバイスが好ましい。この場合、信頼性や色純度の観点から複数の蛍光発光層を組み合わせた多色発光デバイスまたは、燐光発光層と蛍光発光層とを組み合わせた多色発光デバイスの開発が求められている。

［００１３］

発光デバイスにおける蛍光発光層の発光効率向上の手法としては例えば、ホスト材料とゲスト材料として蛍光性材料を有する蛍光発光層において、ホスト材料が有する三重項励起エネルギーを一重項励起エネルギーに変換後に、蛍光性材料へ一重項励起エネルギーを移動させる方法が挙げられる。しかし、上述のホスト材料が有する三重項励起エネルギーが一重項励起エネルギーに変換される過程は、三重項励起エネルギーが失活する過程と競合する。そのため、ホスト材料の三重項励起エネルギーが十分に一重項励起エネルギーに変換されない場合がある。三重項励起エネルギーが失活す

る経路としては例えば、蛍光発光層中において、蛍光性材料が有する最低三重項励起エネルギー準位（T_1準位）にホスト材料が有する三重項励起エネルギーが移動する失活経路が考えられる。この失活経路によるエネルギー移動は発光に寄与しないため、蛍光発光層の発光効率低下につながる。この失活経路は、ゲスト材料である蛍光性材料の濃度を薄くすることで抑制可能であるが、その場合同時に、ホスト材料から蛍光性材料への一重項励起状態へのエネルギー移動速度も低下するため、劣化物や不純物による消光が起こりやすくなる。そのため、発光デバイスの輝度が低下しやすくなり、信頼性の低下を招く。また、二種の蛍光発光層が近接する場合、各蛍光発光層が有する材料間のＴ１準位の関係が重要になる。

［００１４］

そこで、本発明の一態様では、蛍光発光層において、ホスト材料の三重項励起エネルギーが蛍光性材料のT_1準位へ移動することを抑制し、ホスト材料の三重項励起エネルギーを効率良く蛍光性材料の一重項励起エネルギーへ変換し、発光デバイスの蛍光発光効率を高めること、さらに信頼性を向上させることを目的とする。また、複数の蛍光発光層を有する発光デバイスにおいて、該複数の蛍光発光層それぞれの発光効率を高めることを目的とする。

［００１５］

また、本発明の一態様では、発光効率が高い発光デバイスを提供することを課題とする。また、本発明の一態様では、信頼性が高い発光デバイスを提供することを課題とする。また、本発明の一態様では、消費電力が低減された発光デバイスを提供することを課題とする。また、本発明の一態様では、新規な発光デバイスを提供することを課題とする。また、本発明の一態様では、新規な発光機器を提供することを課題とする。また、本発明の一態様では、新規な表示装置を提供することを課題とする。

［００１６］

なお、上記の課題の記載は、他の課題の存在を妨げない。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。上記以外の課題は、明細書等の記載から自ずと明らかであり、明細書等の記載から上記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

［００１７］

本発明の一態様は、一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団および５個以上の保護基を有し、発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、５個以上の保護基は、それぞれ独立に炭素数１以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、第２の材料から発光が得られる、発光デバイスである。

［００１８］

上記構成において、５個以上の保護基の内、少なくとも４個がそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換または無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一であると好ましい。

［００１９］

また、本発明の別の一態様は、一対の電極間に第１の発光層及び第２の発光層を有し、第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団および少なくとも４つの保護基を有し、発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、４つの保護基は縮合芳香環または縮合複素芳香環とは直接結合せず、４つの保護基はそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、第２の材料から発光が得られる、発光デバイスである。

［００２０］

また、本発明の別の一態様は、一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、第２の材料は、発光団及び２以上のジアリールアミノ基を有し、発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、縮合芳香環または縮合複素芳香環は２以上のジアリールアミノ基と結合し、２以上のジアリールアミノ基中のアリール基は、それぞれ独立に、少なくとも１つの保護基を有し、保護基は、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、第２の材料から発光が得られる、発光デバイスである。

［００２１］

また、本発明の別の一態様は、一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団及び２以上のジアリールアミノ基を有し、発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、縮合芳香環または縮合複素芳香環は前記２以上のジアリールアミノ基と結合し、２以上のジアリールアミノ基中のアリール基は、それぞれ独立に、少なくとも２つの保護基を有し、保護基は、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、第２の材料から発光が得られる、発光デバイスである。

［００２２］

上記構成において、ジアリールアミノ基がジフェニルアミノ基であると好ましい。

［００２３］

また、本発明の別の一態様は、一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団及び複数の保護基を有し、発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、複数の保護基はそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、複数の保護基を構成する原子の少なくとも一つが、縮合芳香環または縮合複素芳香環の一方の面の直上に位置し、かつ、複数の保護基を構成する原子の少なくとも一つが、縮合芳香環または縮合複素芳香環の他方の面の直上に位置し、

第２の材料から発光が得られる、発光デバイスである。

［００２４］

また、本発明の別の一態様は、一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団及び２以上のジフェニルアミノ基を有し、発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、縮合芳香環または縮合複素芳香環は２以上のジフェニルアミノ基と結合し、２以上のジフェニルアミノ基中のフェニル基は、それぞれ独立に、３位および５位に保護基を有し、保護基は、それぞれ独立に、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、第２の材料から発光が得られる、発光デバイスである。

［００２５］

また、上記構成において、アルキル基が分岐鎖アルキル基であると好ましい。

［００２６］

また、上記構成において、分岐鎖アルキル基が４級炭素を有すると好ましい。

［００２７］

また、上記構成において、縮合芳香環または縮合複素芳香環が、ナフタレン、アントラセン、フルオレン、クリセン、トリフェニレン、ピレン、テトラセン、ペリレン、クマリン、キナクリドン、ナフトビスベンゾフランのいずれか一を含むと好ましい。

［００２８］

また、上記構成において、第２の発光ユニットは第２の発光層を有し、第２の発光層は第２の燐光性材料を有し、第２の燐光性材料に由来する発光が得られると好ましく、第２の燐光性材料の発光スペクトルにおけるピーク波長は、第２の材料の発光スペクトルにおけるピーク波長よりも長波長であるとより好ましい。

［００２９］

また、上記構成において、第１の材料が第１の燐光性材料であると好ましい。

［００３０］

また、上記構成において、第１の材料が熱活性化遅延蛍光を呈する化合物であると好ましい。

［００３１］

また、本発明の他の一態様は、上記各構成の発光デバイスと、カラーフィルタまたはトランジスタの少なくとも一方と、を有する表示装置である。また、本発明の他の一態様は、当該表示装置と、筐体または表示部の少なくとも一方と、を有する電子機器である。また、本発明の他の一態様は、上記各構成の発光デバイスと、筐体またはタッチセンサの少なくとも一方と、を有する照明装置である。また、本発明の一態様は、発光デバイスを有する発光装置だけでなく、発光デバイスを有する電子機器も範疇に含める。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、または光源（照明装置含む）を指す。また、発光デバイスにコネクター、例えばＦＰＣ（Ｆｌｅｘｉｂｌｅ Ｐｒｉｎｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ）、ＴＣＰ（Ｔａｐｅ Ｃａｒｒｉｅｒ Ｐａｃｋａｇｅ）が取り付けられた表示モジュール、ＴＣＰの先にプリント配線板が設けられた表示モジュール、または発光デバイスにＣＯＧ（Ｃｈｉｐ Ｏｎ Ｇｌａｓｓ）方式によりＩＣ（集積回路）が直接実

装された表示モジュールも発光装置に含む場合がある。

発明の効果

［００３２］

本発明の一態様により、発光効率が高い発光デバイスを提供することができる。または、本発明の一態様では、信頼性が高い発光デバイスを提供することができる。または、本発明の一態様では、消費電力が低減された発光デバイスを提供することができる。または、本発明の一態様では、新規な発光デバイスを提供することができる。または、本発明の一態様では、新規な発光機器を提供することができる。または、本発明の一態様では、新規な表示装置を提供することができる。

［００３３］

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げない。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、自ずと明らかであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

図面の簡単な説明

［００３４］

図１Ａ及び図１Ｂは、本発明の一態様の発光デバイスの断面模式図である。

図２Ａは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層の断面模式図であり、図２Ｂはエネルギー準位の相関を説明する図である。

図３Ａは、従来のゲスト材料の概念図である。図３Ｂは、本発明の一態様の発光デバイスに用いるゲスト材料の概念図である。

図４Ａは、本発明の一態様の発光デバイスに用いるゲスト材料の構造式である。図４Ｂは、本発明の一態様の発光デバイスに用いるゲスト材料の球棒図である。

図５Ａは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層の断面模式図である。図５Ｂ乃至図５Ｄは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層のエネルギー準位の相関を説明する図である。

図６Ａは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層の断面模式図である。図６Ｂ及び図６Ｃは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層のエネルギー準位の相関を説明する図である。

図７Ａは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層の断面模式図である。図７Ｂ及び図７Ｃは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層のエネルギー準位の相関を説明する図である。

図８Ａは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層の断面模式図である。図８Ｂは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層のエネルギー準位の相関を説明する図である。

図９Ａは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層の断面模式図である。図９Ｂ及び図９Ｃは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層のエネルギー準位の相関を説明する図である。

図１０Ａは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層の断面模式図である。図１０Ｂ及び図１０Ｃは、本発明の一態様の発光デバイスの発光層のエネルギー準位の相関を説明する図である。

図１１Ａは、本発明の一態様の表示機器を説明する上面図である。図１１Ｂは、本発明の一態様の表示機器を説明する断面模式図である。

図１２Ａ及び図１２Ｂは、本発明の一態様の表示機器を説明する断面模式図である。

図１３Ａ及び図１３Ｂは、本発明の一態様の表示機器を説明する断面模式図である。

図１４Ａ乃至図１４Ｄは、本発明の一態様の表示モジュールを説明する斜視図である。

図１５Ａ乃至図１５Ｃは、本発明の一態様の電子機器について説明する図である。

図１６Ａ及び図１６Ｂは、本発明の一態様の表示装置を説明する斜視図である。

図１７は、本発明の一態様の照明装置について説明する図である。

発明を実施するための形態

［００３５］

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

［００３６］

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

［００３７］

また、本明細書等において、第１、第２等として付される序数詞は便宜上用いており、工程順又は積層順を示さない場合がある。そのため、例えば、「第１の」を「第２の」又は「第３の」などと適宜置き換えて説明することができる。また、本明細書等に記載されている序数詞と、本発明の一態様を特定するために用いられる序数詞は一致しない場合がある。

［００３８］

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

［００３９］

また、本明細書等において、「膜」という用語と、「層」という用語とは、互いに入れ替えることが可能である。例えば、「導電層」という用語を、「導電膜」という用語に変更することが可能な場合がある。または、例えば、「絶縁膜」という用語を、「絶縁層」という用語に変更することが可能な場合がある。

［００４０］

また、本明細書等において、一重項励起状態（Ｓ*）は、励起エネルギーを有する一重項状態のことである。また、Ｓ１準位は一重項励起エネルギー準位の最も低い準位であり、最も低い一重項励起状態（Ｓ１状態）の励起エネルギー準位のことである。また、三重項励起状態（Ｔ*）は、励起エネルギーを有する三重項状態のことである。また、Ｔ１準位は、三重項励起エネルギー準位の最も低い準位であり、最も低い三重項励起状態（Ｔ１状態）の励起エネルギー準位のことである。なお、本明細書等において、単に一重項励起状態および一重項励起エネルギー準位と表記した場合であっても、Ｓ１状態およびＳ１準位を表す場合がある。また、三重項励起状態および三重項励起エネルギー準位と表記した場合であっても、Ｔ１状態およびＴ１準位を表す場合がある。

［００４１］

また、本明細書等において蛍光性材料とは、一重項励起状態から基底状態へ緩和する際に可視光領域に発光を与える化合物である。燐光性材料とは、三重項励起状態から基底状態へ緩和する際に、室温において可視光領域に発光を与える化合物である。換言すると燐光性材料とは、三重項励起エネルギーを可視光へ変換可能な化合物の一つである。

［００４２］

また、本明細書等において、青色の波長領域は、４００ｎｍ以上４９０ｎｍ未満であり、青色の

発光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有する。また、緑色の波長領域は、４９０ｎｍ以上５８０ｎｍ未満であり、緑色の発光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有する。また、赤色の波長領域は、５８０ｎｍ以上６８０ｎｍ以下であり、赤色の発光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有する。

［００４３］

また、本明細書等において、発光層は１種以上の蛍光性材料または燐光性材料を含む層である。蛍光発光層とは蛍光発光を有する発光が得られる層であり、燐光発光層とは燐光発光を有する発光が得られる層である。発光デバイスに電流を流した際に、発光デバイスからは発光層に含まれる蛍光性材料または燐光性材料に由来する発光が得られる。

［００４４］

（実施の形態１）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光デバイスについて、図１Ａ及び図１Ｂを用いて以下説明する。

［００４５］

＜発光デバイスの構成例１＞

図１Ａ及び図１Ｂは、発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２の断面模式図である。

［００４６］

発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２は、基板２００上に電極１０１と、電極１０２と、電極１０３と、電極１０４とを有する。また、電極１０１と電極１０２との間、及び電極１０２と電極１０３との間、及び電極１０２と電極１０４との間に、少なくとも発光ユニット１０６及び発光ユニット１０８と電子注入層１４０と、を有する。また、発光ユニット１０６と発光ユニット１０８との間には電荷発生層１１５が設けられる。なお、発光ユニット１０６と発光ユニット１０８は、同じ構成でも異なる構成でもよい。

［００４７］

発光ユニット１０６と発光ユニット１０８とに挟まれる電荷発生層１１５は、例えば電極１０１と電極１０２とに電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入するものであれば良い。例えば、図１Ａ及び図１Ｂにおいて、電極１０２の電位の方が電極１０１の電位よりも高くなるように電圧を印加した場合、電荷発生層１１５は、発光ユニット１０６に電子を注入し、発光ユニット１０８に正孔を注入する。

［００４８］

また、発光ユニット１０６は、例えば正孔注入層１１１と、正孔輸送層１１２と、発光層１３０と、電子輸送層１１３と、を有する。また発光ユニット１０８は、例えば正孔注入層１１６と、正孔輸送層１１７と、発光層１７０と、電子輸送層１１８と、電子注入層１１９と、を有する。

［００４９］

ここで、図１Ａ及び図１Ｂに示すように、電子注入層１４０は電子輸送層１１３と隣接し且つ、発光ユニット１０８と電子輸送層１１３との間に設けられると好ましい。また、図１Ａ及び図１Ｂに示すように、電荷発生層１１５が電子注入層１４０に隣接しかつ、電子注入層１４０と発光ユニット１０８との間に設けられると好ましい。このような構成にすることで、発光ユニット１０６へ効率良く電子を輸送することができる。

［００５０］

なお、本実施の形態においては、電極１０１、電極１０３、及び電極１０４を陽極として、電極１０２を陰極として説明するが、発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２の構成としては、その限りではない。つまり、電極１０１、電極１０３、及び電極１０４を陰極とし、電極１０２を陽極とし、当該電極間の各層の積層を、逆の順番にしてもよい。すなわち、発光ユニット１０６は、陽極側から、正孔注入層１１１と、正孔輸送層１１２と、発光層１３０と、電子輸送層１１３と、電子注入層１４０と、が積層する順番とすればよく、発光ユニット１０８は、陽極側から、正孔注入層１１６と、正孔輸送層１１７と、発光層１７０と、電子輸送層１１８と、電子注入層１１９と、が積層する順番とすればよい。

［００５１］

また、発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２の構成としては、図１Ａ及び図１Ｂに示す構成に限定されず、少なくとも発光層１３０、発光層１７０、電荷発生層１１５、及び電子注入層１４０を有し、正孔注入層１１１、正孔注入層１１６、正孔輸送層１１２、正孔輸送層１１７、電子輸送層１１３、電子輸送層１１８、電子注入層１１９はそれぞれ有していても、有していなくても良い。

［００５２］

また、一対の電極間には、その機能に応じた層が形成されれば良く、これに限らない。すなわち、一対の電極間には、正孔または電子の注入障壁を低減する、正孔または電子の輸送性を向上する、正孔または電子の輸送性を阻害する、または電極による消光現象を抑制する、ことができる等の機能を有する層を有する構成としても良い。

［００５３］

なお、発光ユニット１０８のように、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層１１５に接している場合は、電荷発生層１１５が発光ユニット１０８の正孔注入層の役割も担うことができる場合があるため、該発光ユニットには正孔注入層を設けなくとも良い場合がある。

［００５４］

また、図１Ａ及び図１Ｂにおいては、２つの発光ユニットを有する発光デバイスについて説明したが、３つ以上の発光ユニットを積層した発光デバイスについても、同様に適用することが可能である。発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２に示すように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な発光デバイスを実現できる。また、消費電力が低い発光デバイスを実現することができる。

［００５５］

発光デバイス１５０において、電極１０１、電極１０３、及び電極１０４は、可視光を反射する機能を有し、電極１０２は、可視光を透過する機能を有する。また、発光デバイス１５２において、電極１０１、電極１０３、及び電極１０４は、可視光を透過する機能を有し、電極１０２は、可視光を反射する機能を有する。

［００５６］

そのため、発光デバイス１５０が呈する光は、電極１０２を通して外部へ射出され、発光デバイス１５２が呈する光は、電極１０１、電極１０３、及び電極１０４を通して外部へ射出される。ただし、本発明の一態様はこれに限定されず、発光デバイスが形成される基板２００の上方及び下方の双方に光を取り出す発光デバイスであってもよい。

［００５７］

また、電極１０１は、導電層１０１ａと、導電層１０１ａ上に接する導電層１０１ｂと、を有する。また、電極１０３は、導電層１０３ａと、導電層１０３ａ上に接する導電層１０３ｂと、を有する。電極１０４は、導電層１０４ａと、導電層１０４ａ上に接する導電層１０４ｂと、を有する。

［００５８］

導電層１０１ｂ、導電層１０３ｂ、及び導電層１０４ｂは、可視光を透過する機能を有する。また、発光デバイス１５０において導電層１０１ａ、導電層１０３ａ、及び導電層１０４ａは、可視光を反射する機能を有する。また、発光デバイス１５２において、導電層１０１ａ、導電層１０３ａ、及び導電層１０４ａは、可視光を透過する機能を有する。

［００５９］

図１Ａに示す発光デバイス１５０、及び図１Ｂに示す発光デバイス１５２は、電極１０１と電極１０２とで挟持された領域２２２Ｂ、電極１０２と電極１０３とで挟持された領域２２２Ｇ、及び電極１０２と電極１０４とで挟持された領域２２２Ｒ、の間に、隔壁１４５を有する。隔壁１４５は、絶縁性を有する。隔壁１４５は、電極１０１、電極１０３、及び電極１０４の端部を覆い、該電極と重畳する開口部を有する。隔壁１４５を設けることによって、各領域の基板２００上の該電極を、それぞれ島状に分離することが可能となる。

［００６０］

なお、図１Ａ及び図１Ｂにおいては、正孔注入層１１１、正孔注入層１１６、正孔輸送層１１２、正孔輸送層１１７、発光層１３０、発光層１７０、電子輸送層１１３、電子輸送層１１８、電子注入層１１９、電荷発生層１１５、及び電極１０２は、各領域でそれぞれ分離せずに共通して設けた状態で例示されているが、各領域でそれぞれ分離して設けても良い。

［００６１］

本発明の一態様の発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２においては、領域２２２Ｂの一対の電極（電極１０１及び電極１０２）間、領域２２２Ｇの一対の電極（電極１０２及び電極１０３）間、及び領域２２２Ｒの一対の電極（電極１０２及び電極１０４）間に電圧を印加することにより、それぞれ陰極から電子が電子注入層１１９に注入され、陽極から正孔（ホール）が正孔注入層１１１に注入されることで電流が流れる。また、電荷発生層１１５から電子が電子注入層１４０に注入され、電荷発生層１１５から正孔（ホール）が正孔注入層１１６に注入される。そして、注入されたキャリア（電子及び正孔）が再結合することによって、励起子が形成される。発光材料を有する発光層１３０及び発光層１７０において、キャリア（電子及び正孔）が再結合し、励起子が形成されると、発光層１３０及び発光層１７０が有する発光材料が励起状態となり、発光材料から発光が得られる。

［００６２］

発光層１３０及び発光層１７０は、紫色、青色、青緑色、緑色、黄緑色、黄色、黄橙色、橙色、または赤色の光を呈する発光材料の中から選ばれるいずれか一つまたは複数を有すると好ましい。

［００６３］

また、発光層１３０及び発光層１７０は、２層が積層された構成としてもよい。２層の発光層に、第１の化合物及び第２の化合物という、異なる色を呈する機能を有する２種類の発光材料をそれぞれ用いることで、複数の発光を同時に得ることができる。特に発光層１３０及び発光層１７０が呈する発光によって白色またはそれに近い色となるよう、各発光層に用いる発光材料を選択すると好

ましい。

［００６４］

また、発光層１３０及び発光層１７０は、３層以上が積層された構成としても良く、発光材料を有さない層が含まれていても良い。

［００６５］

また、発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２は、領域２２２Ｂ、領域２２２Ｇ、及び領域２２２Ｒから呈される光が取り出される方向に、それぞれ光学素子２２４Ｂ、光学素子２２４Ｇ、及び光学素子２２４Ｒを有する基板２２０を有する。各領域から呈される光は、各光学素子を介して発光デバイス外部に射出される。すなわち、領域２２２Ｂから呈される光は、光学素子２２４Ｂを介して射出され、領域２２２Ｇから呈される光は、光学素子２２４Ｇを介して射出され、領域２２２Ｒから呈される光は、光学素子２２４Ｒを介して射出される。

［００６６］

また、光学素子２２４Ｂ、光学素子２２４Ｇ、及び光学素子２２４Ｒは、入射される光から特定の色を呈する光を選択的に透過する機能を有する。例えば、光学素子２２４Ｂを介して射出される領域２２２Ｂから呈される光は、青色を呈する光となり、光学素子２２４Ｇを介して射出される領域２２２Ｇから呈される光は、緑色を呈する光となり、光学素子２２４Ｒを介して射出される領域２２２Ｒから呈される光は、赤色を呈する光となる。

［００６７］

なお、図１Ａ及び図１Ｂにおいて、各光学素子を介して各領域から射出される光を、青色（Ｂ）を呈する光、緑色（Ｇ）を呈する光、赤色（Ｒ）を呈する光、として、それぞれ破線の矢印で模式的に図示している。図１Ａに示す発光デバイス１５０はトップエミッション型の発光デバイスであり、図１Ｂに示す発光デバイス１５２はボトムエミッション型の発光デバイスである。

［００６８］

また、各光学素子の間には、遮光層２２３を有する。遮光層２２３は、隣接する領域から発せられる光を遮光する機能を有する。なお、遮光層２２３を設けない構成としても良い。また、光学素子２２４Ｂ、光学素子２２４Ｇ、または光学素子２２４Ｒのいずれか一つまたは２以上を設けない構成としてもよい。光学素子２２４Ｂ、光学素子２２４Ｇ、または光学素子２２４Ｒを設けない構成とすることで、発光デバイスから呈される光の取出し効率を高めることができる。

［００６９］

また、電荷発生層１１５としては、正孔輸送性材料に電子受容体（アクセプター）が添加された材料、または電子輸送性材料に電子供与体（ドナー）が添加された材料により、形成することができる。

［００７０］

ここで、図１Ａ及び図１Ｂに示すような複数の発光ユニットを有する発光デバイスを多色発光デバイスに応用する場合、蛍光発光ユニットと燐光発光ユニットの組み合わせが考えられる。本発明の一態様の発光デバイスでは、蛍光発光ユニットに後述する保護基を有する蛍光性材料を含む蛍光発光層を用いた蛍光発光ユニットとして説明する。以下では、発光層１３０に保護基を有する蛍光性材料を適用した場合について説明するが、発光層１７０に保護基を有する蛍光性材料を適用しても構わない。本発明の一態様の発光デバイスは発光層１３０及び発光層１７０の少なくとも一方が、保護基を有する蛍光性材料が含まれる蛍光発光層である発光デバイスである。よって、以後説明す

る発光層１３０の構成を発光層１７０に用い、発光層１７０の構成を発光層１３０に用いても構わない。

［００７１］

＜発光層１３０の発光機構＞

次に、蛍光発光層である発光層１３０の発光機構について、以下説明を行う。

［００７２］

本発明の一態様の発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２においては、一対の電極（電極１０１及び電極１０２）間に電圧を印加することにより、陰極から電子が、陽極から正孔（ホール）が、それぞれ発光ユニット１０６及び発光ユニット１０８に注入され、電流が流れる。キャリア（電子および正孔）の再結合によって生じる励起子のうち、一重項励起子と三重項励起子の比（以下、励起子生成確率）は、統計的確率により、１：３となる。すなわち、一重項励起子が生成する割合は２５％であり、三重項励起子が生成する割合は７５％であるため、三重項励起子を発光に寄与させることが、発光デバイスの発光効率を向上させるためには重要である。したがって、発光層１３０には、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を用いると好ましい。

［００７３］

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燐光性材料が挙げられる。本明細書等において、燐光性材料とは、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。該燐光性材料としては、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、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が好ましい。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。

［００７４］

また、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、ＴＡＤＦ材料が挙げられる。なお、ＴＡＤＦ材料とは、Ｓ１準位とＴ１準位との差が小さく、逆項間交差によって三重項励起エネルギーから一重項励起エネルギーへエネルギーを変換することができる材料である。そのため、三重項励起エネルギーをわずかな熱エネルギーによって一重項励起エネルギーにアップコンバート（逆項間交差）が可能で、一重項励起状態を効率よく生成することができる。また、２種類の物質で励起状態を形成する励起錯体（エキサイプレックス、エキシプレックスまたはＥｘｃｉｐｌｅｘともいう）は、Ｓ１準位とＴ１準位との差が極めて小さく、三重項励起エネルギーを一重項励起エネルギーに変換することが可能なＴＡＤＦ材料としての機能を有する。

［００７５］

なお、Ｔ１準位の指標としては、低温（例えば１０Ｋ）で観測される燐光スペクトルを用いればよい。ＴＡＤＦ材料としては、室温または低温における蛍光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをＳ１準位とし、燐光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをＴ１準位とした際に、そのＳ１とＴ１の差が０．２ｅＶ以下であることが好ましい。

［００７６］

また、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。特に金属ハロゲン化物ペロブスカイト類のナノ構造体が好ましい。該ナノ構造体としては、ナノ粒子、ナノロッドが好ましい。

［００７７］

図２Ａは本発明の一態様である発光デバイスの発光層１３０を表す断面模式図である。本発明の一態様では、発光層１３０は化合物１３１及び化合物１３２を有する。化合物１３１は三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、化合物１３２は一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する。蛍光性材料は安定性が高いため、信頼性の高い発光デバイスを得るためには、化合物１３２として蛍光性材料を用いることが好ましい。また、化合物１３１は三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有するため、発光効率の高い発光デバイスを得るためには、化合物１３１でキャリアの再結合が生じると好ましい。したがって、化合物１３１でキャリアが再結合し生成した励起子の一重項励起エネルギー及び三重項励起エネルギーの双方が、最終的に化合物１３２の一重項励起状態にエネルギー移動し、化合物１３２が発光すると好ましい。ここで、発光層１３０において、化合物１３１はエネルギードナー、化合物１３２はエネルギーアクセプターである。図２Ａ及び図２Ｂにおいては、発光層１３０は化合物１３１をホスト材料、化合物１３２をゲスト材料とする蛍光発光層である。すなわち図２Ａ及び図２Ｂにおいては、ホスト材料はエネルギードナー、ゲスト材料はエネルギーアクセプターとしての機能を有する。また、発光層１３０はゲスト材料である化合物１３２に由来する発光を得ることができる。

［００７８］

＜発光層１３０の構成例１＞

図２Ｂは、本発明の一態様の発光デバイス中の発光層におけるエネルギー準位の相関の一例である。本構成例では化合物１３１にＴＡＤＦ材料を用いた場合について示している。

［００７９］

また、発光層１３０における化合物１３１と、化合物１３２と、のエネルギー準位の相関を図２Ｂに示す。なお、図２Ｂにおける表記及び符号は、以下の通りである。

・Ｈｏｓｔ（１３１）：化合物１３１

・Ｇｕｅｓｔ（１３２）：化合物１３２

・T_{C1}：化合物１３１のＴ１準位

・S_{C1}：化合物１３１のＳ１準位

・S_G：化合物１３２のＳ１準位

・T_G：化合物１３２のＴ１準位

［００８０］

ここで、電流励起によって生じた化合物１３１の三重項励起エネルギーに着目する。化合物１３１はＴＡＤＦ性を有する。そのため、化合物１３１は三重項励起エネルギーをアップコンバージョンによって一重項励起エネルギーに変換する機能を有する（図２Ｂ　ルートA_1）。化合物１３１が有する一重項励起エネルギーは、速やかに化合物１３２へ移動することができる。（図２Ｂ　ルートA_2）。このとき、$S_{C1} \geqq S_G$であると好ましい。具体的には、化合物１３１の蛍光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをS_{C1}とし、化合物１３２の吸収スペクトルの吸収端の波長のエネルギーをS_Gとした際に、$S_{C1} \geqq S_G$であることが好ましい。なお、化合物１３１はＴＡＤＦ性を有する材料であるため、S_{C1}とT_{C1}が非常に小さい。そのため$S_{C1} \geqq T_{C1} \geqq S_G$となり得る。

［００８１］

化合物１３１で生じた三重項励起エネルギーが、上記ルートA_1及びルートA_2を経てゲスト材料である化合物１３２のＳ１準位へエネルギー移動し化合物１３２が発光することによって、蛍光発光デバイスの発光効率を高めることができる。ルートA_2において、化合物１３１がエネルギードナー、化合物１３２がエネルギーアクセプターとして機能する。

［００８２］

ここで、発光層１３０において、化合物１３１と化合物１３２は混合されている。そのため、上記ルートA_1及びルートA_2と競合して化合物１３１の三重項励起エネルギーが化合物１３２の三重項励起エネルギーへ変換される過程（図２ＢルートA_3）が起こり得る。化合物１３２は蛍光性材料であるため、化合物１３２の三重項励起エネルギーは発光に寄与しない。すなわち、ルートA_3のエネルギー移動が生じると発光デバイスの発光効率が低下してしまう。なお実際は、T_{C1}からT_Gへのエネルギー移動（ルートA_3）は、直接ではなく、化合物１３２のT_Gよりも高位の三重項励起状態に一度エネルギー移動し、その後内部変換によりT_Gになる経路があり得るが、図中ではその過程を省略している。以降の本明細書中における望ましくない熱失活過程、すなわちT_Gへの失活過程は、全て同様である。

［００８３］

ここで、分子間のエネルギー移動機構として、フェルスター機構（双極子－双極子相互作用）と、デクスター機構（電子交換相互作用）が知られている。エネルギーアクセプターである化合物１３２が蛍光性材料であるため、ルートA_3のエネルギー移動はデクスター機構が支配的である。一般的に、デクスター機構はエネルギードナーである化合物１３１とエネルギーアクセプターである化合物１３２の距離が１ｎｍ以下で有意に生じる。そのため、ルートA_3を抑制するためには、ホスト材料とゲスト材料の距離、すなわちエネルギードナーとエネルギーアクセプターの距離を遠ざけることが重要である。

［００８４］

また、化合物１３１の一重項励起エネルギー準位（S_{C1}）から、化合物１３２の三重項励起エネルギー準位（T_G）へのエネルギー移動は、化合物１３２における一重項基底状態から三重項励起状態への直接遷移が禁制であることから、主たるエネルギー移動過程になりにくいため、図示していない。

［００８５］

図２Ｂ中のT_Gはエネルギーアクセプター中の発光団に由来するエネルギー準位であることが多い。そのため、より詳細にはルートA_3を抑制するためには、エネルギードナーとエネルギーアクセプターが有する発光団の距離を遠ざけることが重要である。エネルギードナーとエネルギーアクセプターが有する発光団の距離を遠ざけるための手法として一般には、これら化合物の混合膜中のエネルギーアクセプターの濃度を低くすることが挙げられる。しかし、混合膜中のエネルギーアクセプターの濃度を低くすると、エネルギードナーからエネルギーアクセプターへのデクスター機構に基づくエネルギー移動だけでなく、フェルスター機構に基づくエネルギー移動も抑制されてしまう。その場合、ルートA_2がフェルスター機構に基づくため、発光デバイスの発光効率の低下や信頼性の低下といった問題が生じる。

［００８６］

そこで、本発明者らはエネルギーアクセプターとして、エネルギードナーとの距離を遠ざけるため

の保護基を有する蛍光性材料を用いることで、上記発光効率の低下及び信頼性の低下を抑制可能であることを見出した。また、燐光発光層と蛍光発光層を組み合わせた際に生じる燐光発光層の発光効率の低下も抑制できることを見出した。

［００８７］

＜保護基を有する蛍光性材料の概念＞

図３Ａに一般的な蛍光性材料である、保護基を有さない蛍光性材料をゲスト材料としてホスト材料に分散させた場合の概念図を示し、図３Ｂに本発明の一態様の発光デバイスに用いる、保護基を有する蛍光性材料をゲスト材料としてホスト材料に分散させた場合の概念図を示す。ホスト材料はエネルギードナー、ゲスト材料はエネルギーアクセプターと読み替えても構わない。ここで、保護基は、発光団とホスト材料との距離を遠ざける機能を有する。図３Ａにおいて、ゲスト材料３０１は発光団３１０を有する。ゲスト材料３０１はエネルギーアクセプターとしての機能を有する。一方、図３Ｂにおいて、ゲスト材料３０２は発光団３１０と保護基３２０を有する。また、図３Ａ及び図３Ｂにおいてゲスト材料３０１及びゲスト材料３０２はホスト材料３３０に囲まれている。図３Ａでは発光団とホスト材料の距離が近いため、ホスト材料３３０からゲスト材料３０１へのエネルギー移動として、フェルスター機構によるエネルギー移動（図３Ａ及び図３Ｂ中、ルート$Ａ_4$）とデクスター機構によるエネルギー移動（図３Ａ及び図３Ｂ中、ルート$Ａ_5$）の両方が生じうる。デクスター機構によるホスト材料からゲスト材料への三重項励起エネルギーのエネルギー移動が生じゲスト材料の三重項励起状態が生成すると、ゲスト材料が蛍光性材料である場合、三重項励起エネルギーが無放射失活するため、発光効率低下の一因となる。

［００８８］

一方、図３Ｂでは、ゲスト材料３０２は保護基３２０を有している。そのため、発光団３１０とホスト材料３３０の距離を遠ざけることができる。よって、デクスター機構によるエネルギー移動（ルート$Ａ_5$）を抑制することができる。

［００８９］

ここで、ゲスト材料３０２が発光するためには、デクスター機構を抑制しているため、ゲスト材料３０２はフェルスター機構によりホスト材料３３０からエネルギーを受け取る必要がある。すなわち、デクスター機構によるエネルギー移動は抑制しつつ、フェルスター機構によるエネルギー移動を効率良く利用することが好ましい。フェルスター機構によるエネルギー移動もホスト材料とゲスト材料の距離に影響を受けることが知られている。一般に、ホスト材料３３０とゲスト材料３０２の距離が１ｎｍ以下ではデクスター機構が優勢となり、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下ではフェルスター機構が優勢となる。一般にホスト材料３３０とゲスト材料３０２の距離が１０ｎｍ以上ではエネルギー移動は生じにくい。ここで、ホスト材料３３０とゲスト材料３０２の距離はホスト材料３３０と発光団３１０との距離と読み替えて構わない。

［００９０］

よって、保護基３２０は発光団３１０から１ｎｍ以上１０ｎｍ以下の範囲に広がると好ましい。より好ましくは１ｎｍ以上５ｎｍ以下である。該構成とすることで、ホスト材料３３０からゲスト材料３０２へのデクスター機構によるエネルギー移動を抑制しつつ、効率良くフェルスター機構によるエネルギー移動を利用することができる。そのため、高い発光効率を有する発光デバイスを作製することができる。

［００９１］

また、フェルスター機構によるエネルギー移動効率を高める（エネルギー移動速度を向上させる）ためには、ホスト材料３３０に対するゲスト材料３０１またはゲスト材料３０２の濃度を高めることが好ましい。しかし通常は、ゲスト材料の濃度が高まると、デクスター機構のエネルギー移動速度も向上してしまい、発光効率の低下してしまう。そのため、ゲスト材料の濃度を高めることは困難であった。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をホスト材料として用いた場合の蛍光発光デバイスでは、ゲスト材料の濃度は１ｗｔ％以下とゲスト材料濃度が薄い発光デバイスが報告されている。

［００９２］

一方、本発明の一態様の発光デバイスには、発光層に発光団に保護基を有するゲスト材料を用いる。そのため、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制しながら、フェルスター機構によるエネルギー移動を効率良く利用することができるため、エネルギーアクセプターであるゲスト材料の濃度を高めることができる。その結果、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制しつつ、フェルスター機構によるエネルギー移動速度を高めるという、本来相矛盾する現象を可能とすることができる。フェルスター機構によるエネルギー移動速度を高めることによって、発光層中のエネルギーアクセプターの励起寿命が短くなるため、発光デバイスの信頼性を向上させることができる。ゲスト材料の濃度はホスト材料に対して、２ｗｔ％以上３０ｗｔ％以下が好ましく、より好ましくは５ｗｔ％以上２０ｗｔ％以下、さらに好ましくは５ｗｔ％以上１５ｗｔ％以下である。該構成とすることによって、フェルスター機構によるエネルギー移動速度を高めることができるため、発光効率が高い発光デバイスを得ることができる。さらに、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をホスト材料に利用することによって、燐光発光デバイスと同等の高い発光効率を有する蛍光発光デバイスを作製できる。また、安定性が高い蛍光性材料を用いて発光効率を向上させることができるので、信頼性の良好な発光デバイスを作製できる。なお、上記濃度は発光層において、主として発光を呈する材料をゲスト材料とし、ゲスト材料以外の材料をホスト材料とした場合の濃度である。

［００９３］

また特に、本発明の一態様の発光デバイスの効果は、単に安定性の高い蛍光性材料を用いることによる信頼性向上効果だけではない。上述したようなエネルギー移動は、常に劣化物や不純物の影響による消光過程と競合する。該消光過程の消光速度定数が経時的に大きくなると、発光デバイスが発光する割合が減少する。すなわち、発光デバイスの輝度が劣化してしまう。しかし上述の通り、本発明の一態様は、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制しつつも、フェルスター機構によるエネルギー移動速度を従来の発光デバイスよりも高めることができるため、消光過程との競合の影響を小さくし、デバイスを長寿命化させることができる。

［００９４］

ここで、発光団とは、蛍光性材料において、発光の原因となる原子団（骨格）を指す。発光団は一般的にπ結合を有しており、芳香環を含むことが好ましく、縮合芳香環または縮合複素芳香環を有すると好ましい。また、他の態様として、発光団とは、環平面上に遷移双極子ベクトルが存在する芳香環を含む原子団（骨格）と見なすことができる。また、一つの蛍光性材料が複数の縮合芳香環または縮合複素芳香環を有する場合、該複数の縮合芳香環または縮合複素芳香環のうち、最も低いＳ１準位を有する骨格を該蛍光性材料の発光団と考える場合がある。また、該複数の縮合芳香環または縮合複素芳香環のうち、最も長波長に吸収端を有する骨格を該蛍光性材料の発光団と考える場

合がある。また、該複数の縮合芳香環または縮合複素芳香環それぞれの発光スペクトルの形状から該蛍光性材料の発光団を予想できる場合がある。

［００９５］

縮合芳香環または縮合複素芳香環としては、フェナントレン骨格、スチルベン骨格、アクリドン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチアジン骨格等が挙げられる。特にナフタレン骨格、アントラセン骨格、フルオレン骨格、クリセン骨格、トリフェニレン骨格、テトラセン骨格、ピレン骨格、ペリレン骨格、クマリン骨格、キナクリドン骨格、ナフトビスベンゾフラン骨格を有する蛍光性材料は蛍光量子収率が高いため好ましい。

［００９６］

また保護基として用いられる置換基は発光団及びホスト材料が有するＴ１準位よりも高い三重項励起エネルギー準位を有する必要がある。そのため飽和炭化水素基を用いることが好ましい。π 結合を有さない置換基は三重項励起エネルギー準位が高いためである。また、π 結合を有さない置換基は、キャリア（電子またはホール）を輸送する機能が低い。そのため、飽和炭化水素基はホスト材料の励起状態またはキャリア輸送性にほとんど影響を与えずに、発光団とホスト材料の距離を遠ざけることができる。また、π 結合を有さない置換基と π 共役系を有する置換基を同時に有する有機化合物においては、π 共役系を有する置換基側にフロンティア軌道｛ＨＯＭＯ（Ｈｉｇｈｅｓｔ Ｏｃｃｕｐｉｅｄ Ｍｏｌｅｃｕｌａｒ Ｏｒｂｉｔａｌ、最高被占軌道ともいう）及びＬＵＭＯ（Ｌｏｗｅｓｔ Ｕｎｏｃｃｕｐｉｅｄ Ｍｏｌｅｃｕｌａｒ Ｏｒｂｉｔａｌ、最低空軌道ともいう）｝が存在する場合が多く、特に発光団がフロンティア軌道を有する場合が多い。後述するように、デクスター機構によるエネルギー移動には、エネルギードナー及びエネルギーアクセプターのＨＯＭＯの重なりと、ＬＵＭＯの重なりが重要になる。そのため、飽和炭化水素基を保護基に用いることによって、エネルギードナーであるホスト材料のフロンティア軌道と、エネルギーアクセプターであるゲスト材料のフロンティア軌道との距離を遠ざけることができ、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができる。

［００９７］

保護基の具体例としては、炭素数１以上１０以下のアルキル基が挙げられる。また、保護基は発光団とホスト材料との距離を遠ざける必要があるため、嵩高い置換基が好ましい。そのため、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基を好適に用いることができる。特にアルキル基としては、嵩高い分岐鎖アルキル基が好ましい。また、該置換基は４級炭素を有すると嵩高い置換基となるため特に好ましい。

［００９８］

また、保護基は１つの発光団に対して５個以上有すると好ましい。該構成とすることで、発光団全体を保護基で覆うことができるため、ホスト材料と発光団との距離を適当に調整することができる。また、図３Ｂでは発光団と保護基が直接結合している様子を表しているが、保護基は発光団と直接結合していない方がより好ましい。例えば、保護基はアリーレン基やアミノ基等の２価以上の置換基を介して発光団と結合していても良い。該置換基を介して保護基が発光団と結合することによって、効果的に発光団とホスト材料の距離を遠ざけることができる。そのため、発光団と保護基が直接結合しない場合、保護基は１つの発光団に対して４個以上有すると、効果的にデクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができる。

［００９９］

また、発光団と保護基を結ぶ２価以上の置換基はπ共役系を有する置換基であると好ましい。該構成とすることで、ゲスト材料の発光色やＨＯＭＯ準位、ガラス転移点等の物性を調整することができる。なお、保護基は発光団を中心に分子構造を見た際に、最も外側に配置されると好ましい。

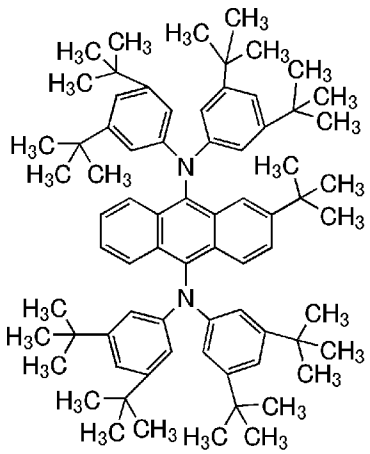
［０１００］

＜保護基を有する蛍光性材料と分子構造例＞

ここで下記構造式（１０２）で示される、本発明の一態様の発光デバイスに用いることができる蛍光性材料である、Ｎ，Ｎ’－［（２－ｔｅｒｔ－ブチルアントラセン）－９，１０－ジイル］－Ｎ，Ｎ’－ビス（３，５－ジ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）アミン（略称：２ｔＢｕ－ｍｍｔＢｕＤＰｈＡ２Ａｎｔｈ）の構造を示す。２ｔＢｕ－ｍｍｔＢｕＤＰｈＡ２Ａｎｔｈにおいて、アントラセン環が発光団であり、ターシャリーブチル（ｔＢｕ）基が保護基として作用する。

［０１０１］

［化１］



(102)

［０１０２］

上記２ｔＢｕ－ｍｍｔＢｕＤＰｈＡ２Ａｎｔｈの球棒モデルによる表示を図４Ｂに示す。なお図４Ｂは２ｔＢｕ－ｍｍｔＢｕＤＰｈＡ２Ａｎｔｈを図４Ａの矢印の方向（アントラセン環面に対して水平方向）から見た時の様子を表している。図４Ｂの網掛け部分は発光団であるアントラセン環面の直上部分を表しており、該直上部分に保護基であるｔＢｕ基が重なる領域を有することが分かる。例えば、図４Ｂ中、矢印（ａ）で示す原子は、該網掛け部分と重なるｔＢｕ基の炭素原子であり、矢印（ｂ）で示す原子は、該網掛け部分と重なるｔＢｕ基の水素原子である。すなわち、２ｔＢｕ－ｍｍｔＢｕＤＰｈＡ２Ａｎｔｈは発光団面の一方の直上に保護基を構成する原子が位置し、他方の面直上にも、保護基を構成する原子が位置している。該構成とすることによって、ゲスト材料がホスト材料に分散した状態であっても、発光団であるアントラセン環の平面方向および垂直方向の双方において、アントラセン環とホスト材料の距離を遠ざけることができ、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができる。

［０１０３］

また、デクスター機構によるエネルギー移動は、例えばエネルギー移動に係わる遷移がＨＯＭＯとＬＵＭＯとの間の遷移である場合、ホスト材料とゲスト材料のＨＯＭＯの重なり及びホスト材料と

ゲスト材料のＬＵＭＯの重なりが重要である。両材料のＨＯＭＯ及びＬＵＭＯが重なるとデクスター機構は有意に生じる。そのため、デクスター機構を抑制するためには、両材料のＨＯＭＯ及びＬＵＭＯの重なりを抑制することが重要である。すなわち、励起状態に関わる骨格とホスト材料との距離を遠ざけることが重要である。ここで、蛍光性材料においては、ＨＯＭＯ及びＬＵＭＯ共に発光団が有することが多い。例えば、ゲスト材料のＨＯＭＯ及びＬＵＭＯは発光団の面の上方と下方（２ｔＢｕ－ｍｍｔＢｕＤＰｈＡ２Ａｎｔｈにおいては、アントラセン環の上方と下方）に広がっている場合、発光団の面の上方及び下方を保護基で覆うことが分子構造において重要である。なお、アントラセン環の上方と下方とは、図４Ａの矢印からみてアントラセン環面を基準面として上、下を表現している。

［０１０４］

また、ピレン環やアントラセン環のような発光団として機能する縮合芳香環や縮合複素芳香環は、該環平面上に遷移双極子ベクトルが存在する。よって図４Ｂにおいては２ｔＢｕ－ｍｍｔＢｕＤＰｈＡ２Ａｎｔｈは遷移双極子ベクトルが存在する面、すなわちアントラセン環の面直上に、保護基であるｔＢｕ基が重なる領域を有すると好ましい。具体的には、複数の保護基（図４においてはｔＢｕ基）を構成する原子の少なくとも一つが、縮合芳香環または縮合複素芳香環（図４においてはアントラセン環）の一方の面の直上に位置し、かつ、該複数の保護基を構成する原子の少なくとも一つが、該縮合芳香環または縮合複素芳香環の他方の面の直上に位置する。該構成とすることによって、ゲスト材料がホスト材料に分散した状態であっても、発光団とホスト材料の距離を遠ざけることができ、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができる。また、アントラセン環のような発光団を覆うようにｔＢｕ基のような保護基が配置されていることが好ましい。

［０１０５］

＜発光層１３０の構成例２＞

図５Ｃは、本発明の一態様の発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２の発光層１３０におけるエネルギー準位の相関の一例である。図５Ａに示す発光層１３０は、化合物１３１と、化合物１３２と、さらに化合物１３３と、を有する。本発明の一態様において、化合物１３２は、蛍光性材料であると好ましい。また、本構成例では、化合物１３１と化合物１３３は励起錯体を形成する組合せである。

［０１０６］

化合物１３１と化合物１３３との組み合わせは、励起錯体を形成することが可能な組み合わせであればよいが、一方が正孔を輸送する機能（正孔輸送性）を有する化合物であり、他方が電子を輸送する機能（電子輸送性）を有する化合物であることが、より好ましい。この場合、ドナーーアクセプター型の励起錯体を形成しやすくなり、効率よく励起錯体を形成することができる。また、化合物１３１と化合物１３３との組み合わせが、正孔輸送性を有する化合物と電子輸送性を有する化合物との組み合わせである場合、その混合比によってキャリアバランスを容易に制御することが可能となる。具体的には、正孔輸送性を有する化合物：電子輸送性を有する化合物＝１：９から９：１（重量比）の範囲が好ましい。また、該構成を有することで、容易にキャリアバランスを制御することができることから、キャリア再結合領域の制御も簡便に行うことができる。

［０１０７］

また、効率よく励起錯体を形成するホスト材料の組み合わせとしては、化合物１３１及び化合物１３３のうち一方のＨＯＭＯ準位が他方のＨＯＭＯ準位より高く、一方のＬＵＭＯ準位が他方のＬ

ＵＭＯ準位より高いことが好ましい。なお、化合物１３１のＨＯＭＯ準位が化合物１３３のＨＯＭＯ準位と同等、または化合物１３１のＬＵＭＯ準位が化合物１３３のＬＵＭＯ準位と同等であってもよい。

［０１０８］

なお、化合物のＬＵＭＯ準位およびＨＯＭＯ準位は、サイクリックボルタンメトリ（ＣＶ）測定によって測定される化合物の電気化学特性（還元電位および酸化電位）から導出することができる。

［０１０９］

例えば、化合物１３３が正孔輸送性を有し、化合物１３１が電子輸送性を有する場合、図５Ｂに示すエネルギーバンド図のように、化合物１３３のＨＯＭＯ準位が化合物１３１のＨＯＭＯ準位より高いことが好ましく、化合物１３３のＬＵＭＯ準位が化合物１３１のＬＵＭＯ準位より高いことが好ましい。このようなエネルギー準位の相関とすることで、一対の電極（電極１０１および電極１０２）から注入されたキャリアである正孔及び電子が、化合物１３１および化合物１３３に、それぞれ注入されやすくなり好適である。

［０１１０］

なお、図５Ｂにおいて、Ｃｏｍｐ（１３１）は化合物１３１を表し、Ｃｏｍｐ（１３３）は化合物１３３を表し、ΔE_{C1}は化合物１３１のＬＵＭＯ準位とＨＯＭＯ準位とのエネルギー差を表し、ΔE_{C3}は化合物１３３のＬＵＭＯ準位とＨＯＭＯ準位とのエネルギー差を表し、ΔE_{E}は化合物１３１のＬＵＭＯ準位と化合物１３３のＨＯＭＯ準位とのエネルギー差を表す、表記及び符号である。

［０１１１］

また、化合物１３１と化合物１３３とが励起錯体（Ｅｘｃｉｐｌｅｘ）を形成する場合、化合物１３１のＨＯＭＯに正孔が注入され、化合物１３３のＬＵＭＯに電子が注入される。また、該励起錯体の励起エネルギーは、化合物１３１のＬＵＭＯ準位と化合物１３３のＨＯＭＯ準位とのエネルギー差（ΔE_{E}）に概ね相当し、化合物１３１のＬＵＭＯ準位とＨＯＭＯ準位とのエネルギー差（ΔE_{C1}）及び化合物１３３のＬＵＭＯ準位とＨＯＭＯ準位とのエネルギー差（ΔE_{C3}）より小さくなる。したがって、化合物１３１と化合物１３３とで励起錯体を形成することで、より低い励起エネルギーで励起状態を形成することが可能となる。また、より低い励起エネルギーを有するため、該励起錯体は、安定な励起状態を形成することができる。

［０１１２］

また、発光層１３０における化合物１３１と、化合物１３２と、化合物１３３と、のエネルギー準位の相関を図５Ｃに示す。なお、図５Ｃにおける表記及び符号は、以下の通りである。

・Ｃｏｍｐ（１３１）：化合物１３１
・Ｃｏｍｐ（１３３）：化合物１３３
・Ｇｕｅｓｔ（１３２）：化合物１３２
・S_{C1}：化合物１３１のＳ１準位
・T_{C1}：化合物１３１のＴ１準位
・S_{C3}：化合物１３３のＳ１準位
・T_{C3}：化合物１３３のＴ１準位
・T_{G}：化合物１３２のＴ１準位
・S_{E}：励起錯体のＳ１準位
・T_{E}：励起錯体のＴ１準位

［０１１３］

本発明の一態様の発光デバイスにおいては、発光層１３０が有する化合物１３１と化合物１３３とで励起錯体を形成する。励起錯体のＳ１準位（S_E）と励起錯体のＴ１準位（T_E）とは、互いに隣接したエネルギー準位となる（図５Ｃ　ルートA_6参照）。

［０１１４］

励起錯体の励起エネルギー準位（S_EおよびT_E）は、励起錯体を形成する各物質（化合物１３１および化合物１３３）のＳ１準位（S_{C1}およびS_{C3}）より低くなるため、より低い励起エネルギーで励起状態を形成することが可能となる。これによって、本発明の一態様の発光デバイスの駆動電圧を低減することができる。

［０１１５］

励起錯体のＳ１準位（S_E）とＴ１準位（T_E）は、互いに隣接したエネルギー準位であるため、逆項間交差しやすく、ＴＡＤＦ性を有する。そのため、励起錯体は三重項励起エネルギーをアップコンバージョンによって一重項励起エネルギーに変換する機能を有する（図５Ｃ　ルートA_7）。励起錯体が有する一重項励起エネルギーは、速やかに化合物１３２へ移動することができる。（図５Ｃ　ルートA_8）。このとき、$S_E \geqq S_G$であると好ましい。ルートA_8において、励起錯体がエネルギードナーであり、化合物１３２がエネルギーアクセプターとして機能する。具体的には、励起錯体の蛍光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをS_Eとし、化合物１３２の吸収スペクトルの吸収端の波長のエネルギーをS_Gとした際に、$S_E \geqq S_G$であることが好ましい。

［０１１６］

なお、ＴＡＤＦ性を高めるには、化合物１３１および化合物１３３の双方のＴ１準位、すなわちT_{C1}およびT_{C3}が、T_E以上であることが好ましい。その指標としては、化合物１３１および化合物１３３の燐光スペクトルの最も短波長の発光ピーク波長が、いずれも励起錯体の最大発光ピーク波長以下であることが好ましい。あるいは、励起錯体の蛍光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをS_Eとし、化合物１３１および化合物１３３の燐光スペクトルの短波長側の裾において各々接線を引き、それらの外挿線の波長のエネルギーを各化合物のT_{C1}およびT_{C3}とした際に、$T_{C1} - S_E \leqq 0.2$ｅＶ、かつ、$T_{C3} - S_E \leqq 0.2$ｅＶであることが好ましい。

［０１１７］

発光層１３０で生じた三重項励起エネルギーが、上記ルートA_6及び励起錯体のＳ１準位からゲスト材料へのＳ１準位へのエネルギー移動（ルートA_8）を経ることで、ゲスト材料が発光することができる。よって、発光層１３０に励起錯体を形成する組合せの材料を用いることで、蛍光発光デバイスデバイスの発光効率を高めることができる。

［０１１８］

ここで、本発明の一態様である発光デバイスでは、化合物１３２に発光団に保護基を有するゲスト材料を用いる。該構成とすることで、上述のように、ルートA_9で表されるデクスター機構によるエネルギー移動を抑制し、三重項励起エネルギーの失活を抑制することができる。そのため、発光効率の高い蛍光発光デバイスデバイスを得ることができる。

［０１１９］

上記に示すルートA_6乃至A_8の過程を、本明細書等において、ＥｘＳＥＴ（Ｅｘｃｉｐｌｅｘ－

Ｓｉｎｇｌｅｔ Ｅｎｅｒｇｙ Ｔｒａｎｓｆｅｒ）またはＥｘＥＦ（Ｅｘｃｉｐｌｅｘ－Ｅｎｈａｎｃｅｄ Ｆｌｕｏｒｅｓｃｅｎｃｅ）と呼称する場合がある。別言すると、発光層１３０は、励起錯体から蛍光性材料への励起エネルギーの供与がある。

［０１２０］

＜発光層１３０の構成例３＞

本構成例では、上述のＥｘＥＦを利用した発光デバイスの化合物１３３として、燐光性材料を用いた場合について説明する。すなわち、励起錯体を形成する化合物の一方に燐光性材料を用いた場合について説明する。

［０１２１］

本構成例では励起錯体を形成する一方の化合物に重原子を有する化合物を用いる。そのため、一重項状態と三重項状態との間の項間交差が促進される。よって、三重項励起状態から一重項基底状態への遷移が可能な（すなわち燐光を呈することが可能な）励起錯体を形成することができる。この場合、通常の励起錯体とは異なり、励起錯体の三重項励起エネルギー準位（T_E）がエネルギードナーの準位となるため、T_Eが発光材料である化合物１３２の一重項励起エネルギー準位（S_G）以上であることが好ましい。具体的には、一方の化合物に重原子を有する化合物を用いた励起錯体の発光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをT_Eとし、化合物１３２の吸収スペクトルの吸収端の波長のエネルギーをS_Gとした際に、$T_E \geqq S_G$であることが好ましい。

［０１２２］

このようなエネルギー準位の相関とすることで、生成した励起錯体の三重項励起エネルギーは、励起錯体の三重項励起エネルギー準位（T_E）から化合物１３２の一重項励起エネルギー準位（S_G）へエネルギー移動することができる。なお、励起錯体のＳ１準位（S_E）とＴ１準位（T_E）は、互いに隣接したエネルギー準位であるため、発光スペクトルにおいて、蛍光と燐光とを明確に区別することが困難な場合がある。その場合、発光寿命によって、蛍光または燐光を区別することが可能な場合がある。

［０１２３］

なお、上記構成で用いる燐光性材料はＩｒ、Ｐｔ、Ｏｓ、Ｒｕ、Ｐｄ等の重原子を含んでいることが好ましい。一方、本構成例では燐光性材料はエネルギードナーとして作用するため、量子収率は高くても低くても構わない。すなわち、励起錯体が有する三重項励起エネルギー準位からゲスト材料の一重項励起エネルギー準位へのエネルギー移動が許容遷移となれば良い。上述のような燐光性材料から構成される励起錯体や燐光性材料からゲスト材料へのエネルギー移動は、エネルギードナーの三重項励起エネルギー準位からゲスト材料（エネルギーアクセプター）の一重項励起エネルギー準位へのエネルギー移動が許容遷移となるため好ましい。よって、図５Ｃ中のルートA_7の過程を経ることなく、励起錯体の三重項励起エネルギーをルートA_8の過程によってゲスト材料のＳ１準位（S_G）へ移動させることができる。すなわち、ルートA_6及びルートA_8の過程のみでゲスト材料のＳ１準位へ三重項及び一重項励起エネルギーを移動させることができる。ルートA_8において、励起錯体がエネルギードナーであり、化合物１３２がエネルギーアクセプターとして機能する。

［０１２４］

ここで、本発明の一態様である発光デバイスでは、化合物１３２に発光団に保護基を有するゲスト材料を用いる。該構成とすることで、上述のように、ルートA_9で表されるデクスター機構による

エネルギー移動を抑制し、三重項励起エネルギーの失活を抑制することができる。そのため、発光効率の高い蛍光発光デバイスを得ることができる。

［０１２５］

＜発光層１３０の構成例４＞

本構成例では上述のＥｘＥＦを利用した発光デバイスの化合物１３３として、ＴＡＤＦ性を有する材料を用いた場合について図５Ｄを用いて説明する。

［０１２６］

化合物１３３はＴＡＤＦ材料であるため、励起錯体を形成していない化合物１３３は、三重項励起エネルギーをアップコンバージョンによって一重項励起エネルギーに変換する機能を有する（図５Ｄ　ルートA_{10}）。化合物１３３が有する一重項励起エネルギーは、速やかに化合物１３２へ移動することができる。（図５Ｄ　ルートA_{11}）。このとき、$S_{C3} \geqq S_G$であると好ましい。

［０１２７］

先の発光層の構成例と同様に、本発明の一態様の発光デバイスでは、図５Ｄ中のルートA_6乃至ルートA_8を経て、三重項励起エネルギーがゲスト材料である化合物１３２へ移動する経路と、図５Ｄ中のルートA_{10}及びルートA_{11}を経て化合物１３２へ移動する経路が存在する。三重項励起エネルギーが蛍光性材料へ移動する経路が複数存在することで、さらに発光効率を高めることができる。ルートA_8において、励起錯体がエネルギードナーであり、化合物１３２がエネルギーアクセプターとして機能する。ルートA_{11}において、化合物１３３がエネルギードナーであり、化合物１３２がエネルギーアクセプターとして機能する。

［０１２８］

本構成例において、励起錯体及び化合物１３３がエネルギードナーであり、化合物１３２がエネルギーアクセプターとして機能する。

［０１２９］

＜発光層１３０の構成例５＞

図６Ａは発光層１３０に４種の材料を用いた場合について示している。図６Ａにおいて発光層１３０は化合物１３１、化合物１３２、化合物１３３、化合物１３４と、を有する。本発明の一態様において、化合物１３３は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する。本構成例では化合物１３３が燐光性化合物である場合について説明する。化合物１３２は、蛍光発光を呈するゲスト材料である。また、化合物１３１は化合物１３４と励起錯体を形成する有機化合物である。

［０１３０］

また、発光層１３０における化合物１３１と、化合物１３２と、化合物１３３と、化合物１３４のエネルギー準位の相関を図６Ｂに示す。なお、図６Ｂにおける表記及び符号は、以下の通りであり、その他の表記及び符号は図５Ｃに示す表記及び符号と同様である。

・S_{C4}：化合物１３４のＳ１準位

・T_{C4}：化合物１３４のＴ１準位

［０１３１］

本構成例に示す、本発明の一態様の発光デバイスにおいては、発光層１３０が有する化合物１３１と化合物１３４とで励起錯体を形成する。励起錯体のＳ１準位（S_E）と励起錯体のＴ１準位（T_E）とは、互いに隣接したエネルギー準位となる（図６Ｂ　ルートA_{12}参照）。

［０１３２］

上記の過程によって生成した励起錯体は、上述の通り、励起エネルギーを失うことによって励起錯体を形成していた２種類の物質は、また元の別々の物質として振る舞う。

［０１３３］

励起錯体の励起エネルギー準位（S_EおよびT_E）は、励起錯体を形成する各物質（化合物１３１および化合物１３４）のＳ１準位（S_{C1}およびS_{C4}）より低くなるため、より低い励起エネルギーで励起状態を形成することが可能となる。これによって、発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２の駆動電圧を低減することができる。

［０１３４］

ここで、化合物１３３は燐光性材料であると、一重項状態と三重項状態との間の項間交差が許容される。そのため、励起錯体が有する一重項励起エネルギー及び三重項励起エネルギーの双方が速やかに化合物１３３へと移動する（ルートA_{13}）。このとき、$T_E \geqq T_{C3}$であると好ましい。また、化合物１３３が有する三重項励起エネルギーを効率良く化合物１３２の一重項励起エネルギーへと変換することができる（ルートA_{14}）。ここで、図６Ｂに示すように、$T_E \geqq T_{C3} \geqq S_G$であると、化合物１３３の励起エネルギーが一重項励起エネルギーとして効率良くゲスト材料である化合物１３２へ移動するため好ましい。具体的には、化合物１３３の燐光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをT_{C3}とし、化合物１３２の吸収スペクトルの吸収端の波長のエネルギーをS_Gとした際に、$T_{C3} \geqq S_G$であることが好ましい。ルートA_{14}において、化合物１３３はエネルギードナー、化合物１３２はエネルギーアクセプターとして機能する。

［０１３５］

このとき、化合物１３１と化合物１３４との組み合わせは、励起錯体を形成することが可能な組み合わせであればよいが、一方が正孔輸送性を有する化合物であり、他方が電子輸送性を有する化合物であることが、より好ましい。

［０１３６］

また、効率よく励起錯体を形成する材料の組み合わせとしては、化合物１３１及び化合物１３４のうち一方のＨＯＭＯ準位が他方のＨＯＭＯ準位より高く、一方のＬＵＭＯ準位が他方のＬＵＭＯ準位より高いことが好ましい。

［０１３７］

また、化合物１３１と化合物１３４とのエネルギー準位の相関は、図６Ｂに限定されない。すなわち、化合物１３１の一重項励起エネルギー準位（S_{C1}）は、化合物１３４の一重項励起エネルギー準位（S_{C4}）より高くても低くてもよい。また、化合物１３１の三重項励起エネルギー準位（T_{C1}）は、化合物１３４の三重項励起エネルギー準位（T_{C4}）より高くても低くてもよい。

［０１３８］

また、本発明の一態様における発光デバイスにおいて、化合物１３１はπ電子不足骨格を有すると好ましい。該構成とすることで、化合物１３１のＬＵＭＯ準位が低くなり、励起錯体の形成に好適となる。

［０１３９］

また、本発明の一態様における発光デバイスにおいて、化合物１３１はπ電子過剰骨格を有すると好ましい。該構成とすることで、化合物１３１のＨＯＭＯ準位が高くなり、励起錯体の形成に好適となる。

［０１４０］

ここで、本発明の一態様である発光デバイスでは、化合物１３２に発光団に保護基を有するゲスト材料を用いる。該構成とすることで、上述のように、ルートA_{15}で表されるデクスター機構によるエネルギー移動を抑制し、三重項励起エネルギーの失活を抑制することができる。そのため、発光効率の高い蛍光発光デバイスを得ることができる。また、エネルギードナーである化合物１３３の濃度を高めることができる。その結果、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制しつつ、フェルスター機構によるエネルギー移動速度を高めるという、本来相矛盾する現象を可能とすることができる。フェルスター機構によるエネルギー移動速度を高めることによって、発光層中のエネルギーアクセプターの励起寿命が短くなるため、発光デバイスの信頼性を向上させることができる。エネルギードナーである化合物１３３が発光層に添加されるとき、その濃度はホスト材料に対して、２ｗｔ％以上５０ｗｔ％以下が好ましく、より好ましくは５ｗｔ％以上３０ｗｔ％以下、さらに好ましくは５ｗｔ％以上２０ｗｔ％以下である。該構成とすることによって、フェルスター機構によるエネルギー移動速度を高めることができるため、発光効率が高い発光デバイスを得ることができる。

［０１４１］

なお、上記に示すルートA_{12}及びA_{13}の過程を、本明細書等においてＥｘＴＥＴ（Ｅｘｃｉｐｌｅｘ－Ｔｒｉｐｌｅｔ　Ｅｎｅｒｇｙ　Ｔｒａｎｓｆｅｒ）と呼称する場合がある。別言すると、発光層１３０は、励起錯体から化合物１３３への励起エネルギーの供与がある。よって、本構成例は、ＥｘＴＥＴを利用可能な発光層に保護基を有する蛍光性材料を混合した構成と言うことができる。

［０１４２］

＜発光層１３０の構成例６＞

本構成例では、上述の発光層の構成例５で説明した化合物１３４にＴＡＤＦ性を有する材料を用いた場合について説明する。

［０１４３］

図６Ｃは発光層１３０に４種の材料を用いた場合について示している。図６Ｃにおいて発光層１３０は化合物１３１、化合物１３２、化合物１３３、化合物１３４と、を有する。本発明の一態様において、化合物１３３は三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する。化合物１３２は、蛍光発光を呈するゲスト材料である。また、化合物１３１は化合物１３４と励起錯体を形成する有機化合物である。

［０１４４］

ここで、化合物１３４はＴＡＤＦ材料であるため、励起錯体を形成していない化合物１３４は、三重項励起エネルギーをアップコンバージョンによって一重項励起エネルギーに変換する機能を有する（図６Ｃ　ルートA_{16}）。化合物１３４が有する一重項励起エネルギーは、速やかに化合物１３２へ移動することができる。（図６Ｃ　ルートA_{17}）。このとき、$S_{C4} \geqq S_G$であると好ましい。具体的には、化合物１３４の蛍光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをS_{C4}とし、化合物１３２の吸収スペクトルの吸収端の波長のエネルギーをS_Gとした際に、$S_{C4} \geqq S_G$であることが好ましい。

［０１４５］

先の発光層の構成例と同様に、本発明の一態様の発光デバイスでは、図６Ｂ中のルートA_{12}乃至ルートA_{14}を経て、三重項励起エネルギーがゲスト材料である化合物１３２へ移動する経路と、図６Ｃ中のルートA_{16}及びルートA_{17}を経て化合物１３２へ移動する経路が存在する。三重項励起エネ

ルギーが蛍光性材料へ移動する経路が複数存在することで、さらに発光効率を高めることができる。ルートA_{14}において、化合物１３３はエネルギードナー、化合物１３２はエネルギーアクセプターとして機能する。また、ルートA_{17}において、化合物１３４はエネルギードナー、化合物１３２はエネルギーアクセプターとして機能する。

［０１４６］

＜発光層１３０の構成例７＞

図７Ｂは、本発明の一態様の発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２の発光層１３０におけるエネルギー準位の相関の一例である。図７Ａに示す発光層１３０は、化合物１３１と、化合物１３２と、さらに化合物１３３と、を有する。本発明の一態様において、化合物１３２は、保護基を有する蛍光性材料である。また、化合物１３３は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する。本構成例では化合物１３３が燐光性材料である場合について説明する。

［０１４７］

なお、図７Ｂ及び後述する図７Ｃにおける表記及び符号は、以下の通りである。

・Ｃｏｍｐ（１３１）：化合物１３１

・Ｃｏｍｐ（１３３）：化合物１３３

・Ｇｕｅｓｔ（１３２）：化合物１３２

・S_{C1}：化合物１３１のＳ１準位

・T_{C1}：化合物１３１のＴ１準位

・T_{C3}：化合物１３３のＴ１準位

・T_{G}：化合物１３２のＴ１準位

・S_{G}：化合物１３２のＳ１準位

［０１４８］

本発明の一態様の発光デバイスにおいては、発光層１３０が有する化合物１３１において主としてキャリアの再結合が生じることにより、一重項励起子及び三重項励起子が生じる。ここで化合物１３３は燐光性材料であるため、$T_{C3} \leqq T_{C1}$という関係の材料を選択することで、化合物１３１で生じた一重項及び三重項励起エネルギー双方を化合物１３３のT_{C3}準位へ移動することができる（図７Ｂ　ルートA_{18}）。なお、一部のキャリアは、化合物１３３で再結合し得る。

［０１４９］

なお、上記構成で用いる燐光性材料はＩｒ、Ｐｔ、Ｏｓ、Ｒｕ、Ｐｄ等の重原子を含んでいることが好ましい。一方、上述のように本構成例においても、燐光性材料はエネルギードナーとして作用するため、量子収率は高くても低くても構わない。燐光性材料を化合物１３３として用いた場合、エネルギードナーの三重項励起エネルギー準位からゲスト材料（エネルギーアクセプター）の一重項励起エネルギー準位へのエネルギー移動が許容遷移となるため好ましい。よって、化合物１３３の三重項励起エネルギーをルートA_{19}の過程によってゲスト材料のＳ１準位（S_{G}）へ移動させることができる。ルートA_{19}において、化合物１３３はエネルギードナー、化合物１３２はエネルギーアクセプターとして機能する。この場合、$T_{C3} \geqq S_{G}$であると、化合物１３３の励起エネルギーが効率良くゲスト材料である化合物１３２の一重項励起状態へ移動するため好ましい。具体的には、化合物１３３の燐光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをT_{C3}とし、化合物１３２の吸収スペクトルの吸収端の波長のエネルギーをS_{G}とした際に、$T_{C3} \geqq S_{G}$であることが好ましい。

［０１５０］

ここで、本発明の一態様である発光デバイスでは、化合物１３２に発光団に保護基を有するゲスト材料を用いる。該構成とすることで、上述のように、ルートＡ$_{20}$で表されるデクスター機構によるエネルギー移動を抑制し、三重項励起エネルギーの失活を抑制することができる。そのため、発光効率の高い蛍光発光デバイスを得ることができる。

［０１５１］

＜発光層１３０の構成例８＞

図７Ｃは、本発明の一態様の発光デバイス１５０及び発光デバイスの発光層１３０におけるエネルギー準位の相関の一例である。図７Ａに示す発光層１３０は、化合物１３１と、化合物１３２と、さらに化合物１３３と、を有する。本発明の一態様において、化合物１３２は、保護基を有する蛍光性材料である。また、化合物１３３は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する。本構成例では化合物１３３がＴＡＤＦ性を有する化合物である場合について説明する。

［０１５２］

図７Ｃにおける表記及び符号は、以下の通りであり、その他の表記及び符号は図７Ｂに示す表記及び符号と同様である。

・S_{C3}：化合物１３３のＳ１準位

［０１５３］

本発明の一態様の発光デバイスにおいては、発光層１３０が有する化合物１３１において主としてキャリアの再結合が生じることにより、一重項励起子及び三重項励起子が生じる。ここで$S_{C3} \leqq S_{C1}$かつ$T_{C3} \leqq T_{C1}$という関係の材料を選択することで、化合物１３１で生じた一重項励起エネルギー及び三重項励起エネルギー双方を化合物１３３のS_{C3}及びT_{C3}準位へ移動することができる（図７Ｃ　ルートＡ$_{21}$）。なお、一部のキャリアは、化合物１３３で再結合し得る。

［０１５４］

ここで、化合物１３３はＴＡＤＦ材料であるため、三重項励起エネルギーをアップコンバージョンによって一重項励起エネルギーに変換する機能を有する（図７Ｃ　ルートＡ$_{22}$）。また、化合物１３３が有する一重項励起エネルギーは、速やかに化合物１３２へ移動することができる。（図７Ｃ　ルートＡ$_{23}$）。このとき、$S_{C3} \geqq S_G$であると好ましい。具体的には、化合物１３３の蛍光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをS_{C3}とし、化合物１３２の吸収スペクトルの吸収端の波長のエネルギーをS_Gとした際に、$S_{C3} \geqq S_G$であることが好ましい。ルートＡ$_{21}$乃至ルートＡ$_{23}$の過程を経ることで、発光層１３０中の三重項励起エネルギーを化合物１３２の蛍光発光へ変換することができる。ルートＡ$_{23}$において、化合物１３３はエネルギードナー、化合物１３２はエネルギーアクセプターとして機能する。

［０１５５］

ここで、本発明の一態様である発光デバイスでは、化合物１３２に発光団に保護基を有するゲスト材料を用いる。該構成とすることで、上述のように、ルートＡ$_{24}$で表されるデクスター機構によるエネルギー移動を抑制し、三重項励起エネルギーの失活を抑制することができる。そのため、発光効率の高い蛍光発光デバイスを得ることができる。

［０１５６］

次に発光層１７０の構成例について説明する。

［０１５７］

＜発光層１７０の構成例１＞

本構成例では発光層１７０が蛍光発光層である場合について説明する。

［０１５８］

図８Ｂは、本発明の一態様の発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２の発光層１７０におけるエネルギー準位の相関の一例である。図８Ａに示す発光層１７０は、化合物１３５と及び化合物１３６を少なくとも有する。化合物１３６は一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する。

［０１５９］

なお、図８Ｂにおける表記及び符号は、以下の通りである。

・Ｈｏｓｔ（１３５）：化合物１３５

・Ｇｕｅｓｔ（１３６）：化合物１３６（蛍光性材料）

・S_{FH}：化合物１３５のＳ１準位

・T_{FH}：化合物１３５のＴ１準位

・S_{FG}：化合物１３６（蛍光性材料）のＳ１準位

・T_{FG}：化合物１３６（蛍光性材料）のＴ１準位

［０１６０］

発光層１７０においては化合物１３５において主としてキャリアの再結合が生じることにより、一重項励起子及び三重項励起子が生じる。化合物１３５は三重項励起エネルギーをＴＴＡによって一重項励起エネルギーに変換する機能を有すると好ましい。該構成とすることで、本来蛍光発光に寄与しない三重項励起エネルギーの一部を、化合物１３５における一重項励起エネルギーに変換し、化合物１３６に移動することで（図８ＢルートE_1参照）、蛍光発光として取り出すことが可能となる。そのため、蛍光デバイスの発光効率を向上させることができる。なお、ＴＴＡによる蛍光発光は、寿命の長い三重項励起状態を経ての発光であるため、遅延蛍光が観測される。

［０１６１］

発光層１７０において、効率良く化合物１３６へ一重項励起エネルギーを移動させるためには、図８Ｂに示すように、化合物１３５のＳ１準位は、化合物１３６のＳ１準位より高いことが好ましい。また、化合物１３５のＴ１準位は、化合物１３６のＴ１準位より低いことが好ましい。該構成にすることによって、化合物１３５で生じた三重項励起エネルギーを化合物１３５に閉じ込めることができ、化合物１３６が有する三重項励起エネルギーも化合物１３５へエネルギー移動させることができるため（図８Ｂ　ルートE_2参照）、発光層１７０において、効率良くＴＴＡを生じさせることができる。

［０１６２］

効率良くＴＴＡを利用するために化合物１３５はアントラセン骨格を有する有機化合物を用いると好ましい。該骨格を有する有機化合物はＴ１準位が低い傾向にあり、ＴＴＡを利用した発光デバイスに好適である。

［０１６３］

さらに化合物１３５のＴ１準位は発光層１７０と接する正孔輸送層１１７または電子輸送層１１８に使用される材料のＴ１準位より低いことが好ましい。すなわち、正孔輸送層１１７または電子輸送層１１８が励起子拡散を抑制する機能を有することが好ましい。該構成にすることで、発光層１７０で生成した三重項励起子の正孔輸送層１１７または電子輸送層１１８への拡散を抑制することができるため、発光効率が良い発光デバイスを提供することができる。

［０１６４］

＜発光層１７０の構成例２＞

本構成例では発光層１７０が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を含む場合について説明する。

［０１６５］

図９Ａに示す発光層１７０は、化合物１３５と及び化合物１３６を少なくとも有する。化合物１３６は三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する。本発明の一態様において、化合物１３６は、燐光性材料であると好ましい。なお、図９Ａ、図９Ｂ及び図９Ｃにおいて、本構成例では化合物１３６が燐光性材料の場合について示している。

［０１６６］

なお、図９Ｂ及び図９Ｃにおける表記及び符号は、以下の通りである。

・Ｈｏｓｔ（１３５）：化合物１３５

・Ｇｕｅｓｔ（１３６）：化合物１３６

・S_{PH1}：化合物１３５のＳ１準位

・T_{PH1}：化合物１３５のＴ１準位

・T_{PG}：化合物１３６のＴ１準位

・S_{PG}：化合物１３６のＳ１準位

［０１６７］

本発明の一態様の発光デバイスにおいては、発光層１７０が有する化合物１３５において主としてキャリアの再結合が生じることにより、一重項励起子及び三重項励起子が生じる。ここで化合物１３６は燐光性材料であるため、$T_{PG} \leqq T_{PH1}$という関係の材料を選択することで、化合物１３５で生じた一重項及び三重項励起エネルギー双方を化合物１３６のT_{PG}１準位へ移動することができる（図９Ｂ及び図９Ｃ　ルートＥ$_3$）。なお、一部のキャリアは、化合物１３６で再結合し得る。

［０１６８］

化合物１３６が効率良く発光するために、化合物１３６の吸収スペクトルにおける最も長波長の吸収帯と化合物１３５の発光スペクトルが重なりを有すると好ましい。燐光性材料の最も長波長の吸収帯は、吸収スペクトル全体に含まれる吸収帯の中で最も強く発光に寄与する吸収帯である。また、化合物１３５が呈する発光スペクトルとしては化合物の一重項励起状態に由来する発光である蛍光スペクトルと三重項励起状態に由来する燐光スペクトルが挙げられる。よって、化合物１３６が効率良く発光するために、化合物１３５が示す蛍光スペクトルと燐光スペクトルの双方が化合物１３６の最も長波長の吸収帯と十分に重なりを有すると好ましい。該重なりを有することで、化合物１３５の励起エネルギーが化合物１３６の励起エネルギーに変換される。該構成とすることによって、発光層１７０で生じる一重項励起エネルギーと三重項励起エネルギーの双方を効率良く化合物１３６の発光に変換することができる。

［０１６９］

化合物１３５の蛍光スペクトル及び燐光スペクトルを化合物１３６の最も長波長の吸収帯と重なるために、化合物１３５の蛍光スペクトルピークのエネルギー値と吸収スペクトルの最も長波長（低エネルギー側）の吸収帯のピーク値との差が０．２ｅＶ以下であると好ましい。より好ましくは０．１ｅＶ以下である。該構成とすることによって、発光効率が高い発光層とすることができる。なお、蛍光スペクトルのピークのエネルギー値と吸収スペクトルの最も長波長（低エネルギー側）の吸収

帯のピーク値の大小関係は問わない。すなわち、蛍光スペクトルのピークのエネルギー値は吸収スペクトルの最も長波長（低エネルギー側）の吸収帯のピーク値よりも大きくても小さくても構わない。

［０１７０］

また、図９Ｃに示すように化合物１３５としてはＳ１準位とＴ１準位とのエネルギー差が小さい材料を用いるとより好ましい。該構成とすることで、高い発光効率を有しつつ、発光デバイスの駆動電圧を低減することができる。Ｓ１準位とＴ１準位とのエネルギー差が小さい材料としては例えば、ＴＡＤＦ材料や励起錯体が挙げられる。

［０１７１］

＜発光層１７０の構成例３＞

図１０Ｂ及び図１０Ｃは、本発明の一態様の発光デバイス１５０及び発光デバイス１５２の発光層１７０におけるエネルギー準位の相関の一例である。図１０Ａに示す発光層１７０は、化合物１３５＿１、化合物１３５＿２及び化合物１３６を少なくとも有する。化合物１３６は三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する。本発明の一態様において、化合物１３６は、燐光性材料であると好ましい。なお、図１０Ａ、図１０Ｂ及び図１０Ｃにおいて、本構成例では化合物１３６が燐光性材料の場合について示している。また、化合物１３５＿１、化合物１３５＿２は励起錯体を形成する組合せである。

［０１７２］

図５Ａ及び図５Ｂにおける化合物１３１及び化合物１３３と同様に、化合物１３５＿１と化合物１３５＿２との組み合わせは、励起錯体を形成することが可能な組み合わせであればよいが、一方が正孔を輸送する機能（正孔輸送性）を有する化合物であり、他方が電子を輸送する機能（電子輸送性）を有する化合物であることが、より好ましい。図１０Ｂは図５Ｂと比べ、化合物の符号が異なり、他の構成は同様であり、化合物１３５＿１と化合物１３５＿２の構成は図５Ｂにおける化合物１３１及び化合物１３３の構成と同様である。そのため、図１０Ｂの詳細な説明は省略する。

［０１７３］

なお、図１０Ｂにおいて、Ｃｏｍｐ（１３５＿１）は化合物１３５＿１を表し、Ｃｏｍｐ（１３５＿２）は化合物１３５＿２を表し、ΔE_{PH2}は化合物１３５＿１のＬＵＭＯ準位とＨＯＭＯ準位とのエネルギー差を表し、ΔE_{PH3}は化合物１３５＿２のＬＵＭＯ準位とＨＯＭＯ準位とのエネルギー差を表し、ΔE_{PH1}は化合物１３５＿１のＬＵＭＯ準位と化合物１３５＿２のＨＯＭＯ準位とのエネルギー差を表す、表記及び符号である。

［０１７４］

また、図１０Ｃにおける表記及び符号は、以下の通りである。

・Ｈｏｓｔ（１３５＿１）：化合物１３５＿１
・Ｈｏｓｔ（１３５＿２）：化合物１３５＿２
・Ｇｕｅｓｔ（１３６）：化合物１３６
・S_{PH2}：化合物１３５＿１のＳ１準位
・T_{PH2}：化合物１３５＿１のＴ１準位
・S_{PH3}：化合物１３５＿２のＳ１準位
・T_{PH3}：化合物１３５＿２のＴ１準位
・T_{PG}：化合物１３６のＴ１準位

・S_{PG}：化合物１３６のＳ１準位
・S_{PE}：励起錯体のＳ１準位
・T_{PE}：励起錯体のＴ１準位

［０１７５］

化合物１３５＿１及び化合物１３５＿２は、一方がホールを、他方が電子を受け取ることで速やかに励起錯体を形成する（図１０Ｃ　ルートE_4参照）。あるいは、一方が励起状態となると、速やかに他方と相互作用することで励起錯体を形成する。励起錯体の励起エネルギー準位（S_{PE}またはT_{PE}）は、励起錯体を形成するホスト材料（化合物１３５＿１及び化合物１３５＿２）のＳ１準位（S_{PH2}及びS_{PH3}）より低くなるため、より低い励起エネルギーで化合物１３５の励起状態を形成することが可能となる。これによって、発光デバイスの駆動電圧を下げることができる。

［０１７６］

そして、励起錯体の（S_{PE}）と（T_{PE}）の双方のエネルギーを、化合物１３６（燐光性化合物）のＴ１準位へ移動させて発光が得られる（図１０Ｃ　ルートE_5及びE_6参照）。

［０１７７］

なお、上記に示すルートE_4乃至E_6の過程を、本明細書等においてＥｘＴＥＴと呼称する場合がある。別言すると、発光層１７０は、励起錯体から化合物１３６への励起エネルギーの供与がある。よって、本構成例では、発光層１７０にＥｘＴＥＴを適用した構成である。

［０１７８］

化合物１３６が効率良く発光するために、化合物１３６の吸収スペクトルにおける最も長波長の吸収帯と励起錯体の発光スペクトルが重なりを有すると好ましい。励起錯体のＳ１準位とＴ１準位は近接することが知られている。そのため、励起錯体の蛍光スペクトルまたは燐光スペクトルの少なくともどちらか一方が化合物１３６の最も長波長の吸収帯と重なることで、発光層１７０で生じる一重項励起エネルギーと三重項励起エネルギーの双方を効率良く化合物１３６の発光に変換することができる。

［０１７９］

励起錯体の蛍光スペクトルまたは燐光スペクトルを化合物１３６の最も長波長の吸収帯と十分重なるために、励起錯体の蛍光スペクトルのピークのエネルギー値と吸収スペクトルの最も長波長（低エネルギー側）の吸収帯のピーク値との差が０．２ｅＶ以下であると好ましい。より好ましくは０．１ｅＶ以下である。該構成とすることによって、発光効率が高い燐光発光層とすることができる。なお、蛍光スペクトルのピークのエネルギー値と吸収スペクトルの最も長波長（低エネルギー側）の吸収帯のピーク値の大小関係は問わない。すなわち、蛍光スペクトルのピークのエネルギー値は吸収スペクトルの最も長波長（低エネルギー側）の吸収帯のピーク値よりも大きくても小さくても構わない。

［０１８０］

＜発光層１３０及び発光層１７０の構成例１＞

発光層１３０に上述の＜発光層１３０の構成例１＞乃至＜発光層１３０の構成例８＞に示した構成のいずれか一を用い、発光層１７０に＜発光層１７０の構成例１＞に示した構成を用いた発光デバイスを考える。発光層１７０は上述のＴＴＡを利用した発光層である。該発光層は青色等、可視光領域における短波長側の発光を呈する発光色であっても効率及び信頼性が良好な発光デバイスを作製することが可能である。発光層１３０に用いる蛍光発光層はエネルギーアクセプターとして三重

項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する材料を用いる。そのため発光層１３０から青色等、可視光領域における短波長側の発光を得るためには高いＴ１準位を有する材料を用いる必要があり、青色領域のような高いＴ１準位を有する材料は選択肢が限られる場合がある。よって、発光層１３０に用いるゲスト材料（エネルギーアクセプター）の発光スペクトルの最大ピーク波長は、発光層１７０に用いるゲスト材料の発光スペクトルの最大ピーク波長よりも長波長側であると好ましい。換言すると、発光層１３０に用いるゲスト材料のＳ１準位は発光層１７０に用いるゲスト材料のＳ１準位よりも低いと好ましい。該構成とすることで、高い発光効率及び高い信頼性を有する発光デバイスを得ることができる。また、材料の選択肢が広いため、簡便に特性が良好な発光デバイスを作製することができる。

［０１８１］

＜発光層１３０及び発光層１７０の構成例２＞

発光層１３０が蛍光発光層であり、発光層１７０が＜発光層１７０の構成例２＞または＜発光層１７０の構成例３＞に示した構成のどちらか一方を用いた発光デバイスを考える。この場合、発光層１３０が通常の蛍光発光層である場合、発光層１３０は発光層１７０よりも発光効率が低い場合がある。発光層１３０と発光層１７０の発光効率が大きく異なる場合、例えば発光層１３０の発光効率が発光層１７０の発光効率よりも極端に低い場合、発光デバイス１５０または発光デバイス１５２から得られる光は発光層１７０に由来する光が強く、発光層１３０に由来する光が弱い。そのため、発光デバイス１５０または発光デバイス１５２を多色発光デバイスとする場合、調色に問題が生じる場合がある。調色には蛍光発光ユニットを２つ用いる等の方法があるが、発光デバイスの作製工程が煩雑になる。ここで、発光層１３０に＜発光層１３０の構成例１＞乃至＜発光層１３０の構成例８＞に示した構成のいずれか一を用いる本発明の一態様の発光デバイスでは、蛍光発光層である発光層１３０は、燐光発光層と同等の発光効率を実現できる。そのため、発光層１３０からの発光と発光層１７０からの発光のバランスの取れた発光デバイスを簡便に作製することができる。

［０１８２］

＜発光層１３０及び発光層１７０の構成例３＞

本発明の一態様の発光デバイスに、発光層１３０及び発光層１７０にそれぞれ独立に、上述の＜発光層１３０の構成例１＞乃至＜発光層１３０の構成例８＞に示した構成のいずれか一を適用しても構わない。この場合、発光層１３０及び発光層１７０は蛍光発光層であるにも関わらず燐光発光層と同等の発光効率を実現できる。蛍光発光は発光スペクトルの半値幅が小さい発光が得られやすい。そのため、本発明の一態様の発光デバイスによって発光効率が高く、かつ色純度が高い発光デバイスを得ることができる。また後述するマイクロキャビティ構造を用いることによって、より色純度を高めることができる。また、発光層１３０と発光層１７０にそれぞれ異なる発光色を呈するゲスト材料を用いることで、高効率かつ色純度が高い発光を組み合わせた多色蛍光発光デバイスを作製することができる。

［０１８３］

＜エネルギー移動機構＞

ここで、フェルスター機構と、デクスター機構について説明する。ここでは、励起状態である第１の材料から基底状態である第２の材料への励起エネルギーの供与に関し、第１の材料と第２の材料との分子間のエネルギー移動過程について説明するが、どちらか一方が励起錯体の場合も同様である。

［０１８４］

≪フェルスター機構≫

フェルスター機構では、エネルギー移動に、分子間の直接的接触を必要とせず、第１の材料及び第２の材料の双極子振動の共鳴現象を通じてエネルギー移動が起こる。双極子振動の共鳴現象によって第１の材料が第２の材料にエネルギーを受け渡し、励起状態の第１の材料が基底状態になり、基底状態の第２の材料が励起状態になる。なお、フェルスター機構の速度定数$k_{h*\rightarrow g}$を数式（１）に示す。

［０１８５］

［数１］

$$k_{h^*\rightarrow g}=\frac{9000c^4K^2\phi\ln 10}{128\pi^5n^4N\tau R^6}\int\frac{f'_h(\nu)\varepsilon_g(\nu)}{\nu^4}d\nu \quad \cdots(1)$$

［０１８６］

数式（１）において、ν は、振動数を表し、$f'_h(\nu)$は、第１の材料の規格化された発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル）を表し、$\varepsilon_g(\nu)$は、第２の材料のモル吸光係数を表し、Ｎは、アボガドロ数を表し、ｎは、媒体の屈折率を表し、Ｒは、第１の材料と第２の材料の分子間距離を表し、τ は、実測される励起状態の寿命（蛍光寿命や燐光寿命）を表し、ｃは、光速を表し、ϕ は、発光量子収率（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光量子収率、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光量子収率）を表し、K^2は、第１の材料と第２の材料の遷移双極子モーメントの配向を表す係数（０から４）である。なお、ランダム配向の場合は$K^2=2/3$である。

［０１８７］

≪デクスター機構≫

デクスター機構では、第１の材料と第２の材料が軌道の重なりを生じる接触有効距離に近づき、励起状態の第１の材料の電子と、基底状態の第２の材料との電子の交換を通じてエネルギー移動が起こる。なお、デクスター機構の速度定数$k_{h*\rightarrow g}$を数式（２）に示す。

［０１８８］

［数２］

$$k_{h^*\rightarrow g}=\left(\frac{2\pi}{h}\right)K^2\exp\left(-\frac{2R}{L}\right)\int f'_h(\nu)\varepsilon'_g(\nu)d\nu \quad \cdots(2)$$

［０１８９］

数式（２）において、ｈは、プランク定数であり、Ｋは、エネルギーの次元を持つ定数であり、ν は、振動数を表し、$f'_h(\nu)$は、第１の材料の規格化された発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル）を表し、$\varepsilon'_g(\nu)$は、第２の材料の規格化された吸収スペクトルを表し、Ｌは、実効分子半径を表し、Ｒは、第１の材料と第２の材料の分子間距離を表す。

［０１９０］

ここで、第１の材料から第２の材料へのエネルギー移動効率 ϕ_{ET}は、数式（３）で表される。k_rは、第１の材料の発光過程（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光、三重項

励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光）の速度定数を表し、k_nは、第２の材料の非発光過程（熱失活や項間交差）の速度定数を表し、τ は、実測される第１の材料の励起状態の寿命を表す。

［０１９１］

［数３］

$$\phi_{ET}=\frac{k_{h^*\rightarrow g}}{k_r+k_n+k_{h^*\rightarrow g}}=\frac{k_{h^*\rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right)+k_{h^*\rightarrow g}} \quad \cdots(3)$$

［０１９２］

数式（３）より、エネルギー移動効率 ϕ_{ET}を高くするためには、エネルギー移動の速度定数$k_{h^*\rightarrow g}$を大きくし、他の競合する速度定数k_r+k_n（＝１／τ）が相対的に小さくなれば良いことがわかる。

［０１９３］

≪エネルギー移動を高めるための概念≫

まず、フェルスター機構によるエネルギー移動を考える。数式（３）に数式（１）を代入することで τ を消去することができる。したがって、フェルスター機構の場合、エネルギー移動効率 ϕ_{ET}は、第１の材料の励起状態の寿命 τ に依存しない。また、エネルギー移動効率 ϕ_{ET}は、発光量子収率 ϕ が高い方が良いと言える。

［０１９４］

また、第１の材料の発光スペクトルと第２の材料の吸収スペクトル（一重項基底状態から一重項励起状態への遷移に相当する吸収）との重なりが大きいことが好ましい。さらに、第２の材料のモル吸光係数も高い方が好ましい。このことは、第１の材料の発光スペクトルと、第２の材料の最も長波長に現れる吸収帯とが重なることを意味する。なお、第２の材料における一重項基底状態から三重項励起状態への直接遷移が禁制であることから、第２の材料において三重項励起状態が係わるモル吸光係数は無視できる量である。このことから、フェルスター機構による第１の材料の励起状態から第２の材料への三重項励起状態へのエネルギー移動過程は無視でき、第２の材料の一重項励起状態へのエネルギー移動過程のみ考慮すればよい。

［０１９５］

また、フェルスター機構によるエネルギー移動速度は数式（１）より第１の材料と第２の材料の分子間距離Ｒの６乗に反比例する。また上述のように、Ｒが１ｎｍ以下ではデクスター機構によるエネルギー移動が優勢となる。そのため、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制しつつ、フェルスター機構によるエネルギー移動速度を高めるためには、分子間距離は１ｎｍ以上１０ｎｍ以下が好ましい。よって、上述の保護基は嵩高くなりすぎないことが求められるため、保護基を構成する炭素数は３以上１０以下が好ましい。

［０１９６］

次に、デクスター機構によるエネルギー移動を考える。数式（２）によれば、速度定数$k_{h^*\rightarrow g}$を大きくするには第１の材料の発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル）と第２の材料の吸収スペクトル（一重項基底状態から一重項励起状態への遷移に相当する吸収）との重な

りが大きい方が良いことがわかる。したがって、エネルギー移動効率の最適化は、第１の材料の発光スペクトルと、第２の材料の最も長波長に現れる吸収帯とが重なることによって実現される。

［０１９７］

また、数式（３）に数式（２）を代入すると、デクスター機構におけるエネルギー移動効率 ϕ_{ET} は、τ に依存することが分かる。デクスター機構は、電子交換に基づくエネルギー移動過程であるため、第１の材料の一重項励起状態から第２の材料の一重項励起状態へのエネルギー移動と同様に、第１の材料の三重項励起状態から第２の材料の三重項励起状態へのエネルギー移動も生じる。

［０１９８］

本発明の一態様の発光デバイスにおいては、第２の材料は蛍光性材料であるため、第２の材料の三重項励起状態へのエネルギー移動効率は低いことが好ましい。すなわち、第１の材料から第２の材料へのデクスター機構に基づくエネルギー移動効率は低いことが好ましく、第１の材料から第２の材料へのフェルスター機構に基づくエネルギー移動効率は高いことが好ましい。

［０１９９］

また、既に述べたように、フェルスター機構におけるエネルギー移動効率は、第１の材料の励起状態の寿命 τ に依存しない。一方、デクスター機構におけるエネルギー移動効率は、第１の材料の励起寿命 τ に依存し、デクスター機構におけるエネルギー移動効率を低下させるためには、第１の材料の励起寿命 τ は短いことが好ましい。

［０２００］

そこで、本発明の一態様は、第１の材料として励起錯体や燐光性材料、ＴＡＤＦ材料を用いる。これらの材料は三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する。フェルスター機構のエネルギー移動効率は、エネルギードナーの発光量子収率に依存するため、燐光性化合物、励起錯体、あるいはＴＡＤＦ材料のように三重項励起状態のエネルギーを発光に変換できる第１の材料は、その励起エネルギーをフェルスター機構により第２の材料に移動させることができる。一方、本発明の一態様の構成により、第１の材料（励起錯体またはＴＡＤＦ材料）の三重項励起状態から一重項励起状態への逆項間交差を促進させ、第１の材料の三重項励起状態の励起寿命 τ を短くすることができる。また、第１の材料（燐光性材料または燐光性材料を用いた励起錯体）の三重項励起状態から一重項基底状態への遷移を促進させ、第１の材料の三重項励起状態の励起寿命 τ を短くすることができる。その結果、第１の材料の三重項励起状態から蛍光性材料（第２の材料）への三重項励起状態へのデクスター機構におけるエネルギー移動効率を低下させることができる。

［０２０１］

また、本発明の一態様の発光デバイスでは、上述の通り、第２の材料として保護基を有する蛍光性材料を用いる。そのため、第１の材料と第２の材料の分子間距離を大きくすることができる。よって、本発明の一態様の発光デバイスでは、第１の材料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を、第２の材料に保護基を有する蛍光性材料を用いることによって、デクスター機構によるエネルギー移動効率を低下させることができる。その結果、発光層１３０における三重項励起エネルギーの無放射失活を抑制することができ、発光効率の高い発光デバイスを提供することができる。

［０２０２］

＜材料＞

次に、本発明の一態様に係わる発光デバイスの構成要素の詳細について、以下説明を行う。

［０２０３］

≪発光層１３０≫

発光層１３０に用いることができる材料について、それぞれ以下に説明する。本発明の一態様の発光デバイスの発光層１３０には、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有するエネルギーアクセプターと、発光団及び保護基を有するエネルギードナーを用いる。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、ＴＡＤＦ性材料、励起錯体及び燐光性材料等が挙げられる。

［０２０４］

エネルギーアクセプターとして機能する化合物１３２が有する発光団としては、例えばフェナントレン骨格、スチルベン骨格、アクリドン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチアジン骨格等が挙げられる。特にナフタレン骨格、アントラセン骨格、フルオレン骨格、クリセン骨格、トリフェニレン骨格、テトラセン骨格、ピレン骨格、ペリレン骨格、クマリン骨格、キナクリドン骨格、ナフトビスベンゾフラン骨格を有する蛍光性化合物は蛍光量子収率が高いため好ましい。

［０２０５］

また、保護基としては炭素数１以上１０以下のアルキル基、炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１０以下の分岐鎖アルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基が好ましい。

［０２０６］

炭素数１以上１０以下のアルキル基としては、メチル基、エチル基、プロピル基、ペンチル基、ヘキシル基が挙げられるが、後述する炭素数３以上１０以下の分岐鎖アルキル基が特に好ましい。なお、該アルキル基はこれらに限定されない。

［０２０７］

炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基としては、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロヘキシル基、ノルボルニル基、アダマンチル基等が挙げられる。該シクロアルキル基はこれらに限定されない。また該シクロアルキル基が置換基を有する場合、該置換基としてはメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、ｓｅｃ－ブチル基、ｔｅｒｔ－ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基のような炭素数１以上７以下のアルキル基や、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基、８，９，１０－トリノルボルナニル基、のような炭素数５以上７以下のシクロアルキル基や、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基のような炭素数６以上１２以下のアリール基等が挙げられる。

［０２０８］

炭素数３以上１０以下の分岐鎖アルキル基としては、イソプロピル基、ｓｅｃ－ブチル基、イソブチル基、ｔｅｒｔ－ブチル基、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、イソヘキシル基、３－メチルペンチル基、２－メチルペンチル基、２－エチルブチル基、１，２－ジメチルブチル基、２，３－ジメチルブチル基等が挙げられる。該分岐鎖アルキル基はこれらに限定されない。

［０２０９］

炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基としては、トリメチルシリル基、トリエチルシリル基、ｔｅｒｔ－ブチルジメチルシリル基等が挙げられる。該トリアルキルシリル基はこれらに限定されない。

［０２１０］

また、該エネルギーアクセプターの分子構造としては、発光団と２つ以上のジアリールアミノ基が結合し、ジアリールアミノ基が有するアリール基のそれぞれが少なくとも一つの保護基を有する構造であると好ましい。該アリール基のそれぞれに少なくとも２つの保護基が結合するとさらに好ましい。保護基の数が多い方が、発光層に該ゲスト材料を用いた場合、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制する効果が大きいためである。なお、分子量の増大を抑制し、昇華性を保つため、ジアリールアミノ基はジフェニルアミノ基であることが好ましい。なお、発光団とジアリールアミノ基はジアリールアミノ基が有する窒素原子で結合を有する構造が好ましい。

［０２１１］

また、発光団に２つ以上のジアリールアミノ基を結合させることによって、発光色を調整しつつ、量子収率が高い蛍光性材料を得ることができる。また、該ジアリールアミノ基は発光団に対して対称の位置に結合すると好ましい。該構成とすることによって、高い量子収率を有する蛍光性材料とすることができる。

［０２１２］

また、発光団に直接保護基を導入するのではなく、ジアリールアミノ基が有するアリール基を介して保護基を導入しても構わない。該構成とすることで、発光団を覆うように保護基を配置することができるため、どの方向からでもホスト材料と発光団との距離を遠ざけることができるため好ましい。また、発光団に直接保護基を結合させない場合、保護基は発光団１つに対して４つ以上導入することが好ましい。

［０２１３］

また、図３で示したように、複数の保護基を構成する原子の少なくとも一つが、発光団すなわち縮合芳香環または縮合複素芳香環の一方の面の直上に位置し、かつ、複数の保護基を構成する原子の少なくとも一つが、該縮合芳香環または該縮合複素芳香環の他方の面の直上に位置する構成が好ましい。その具体的な手法としては、以下のような構成が挙げられる。すなわち、発光団である縮合芳香環または縮合複素芳香環が、２以上のジフェニルアミノ基と結合し、該２以上のジフェニルアミノ基中のフェニル基は、それぞれ独立に、３位および５位に保護基を有する。

［０２１４］

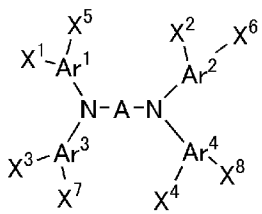
このような構成とすることで、図４にて示したように、フェニル基上の３位または５位の保護基が、発光団である縮合芳香環または縮合複素芳香環の直上に来るような立体配置を取ることができる。その結果、該縮合芳香環または該縮合複素芳香環の面の上方及び下方を効率良く覆うことができ、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができる。

［０２１５］

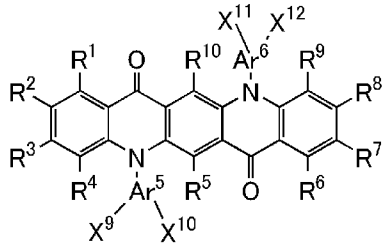
以上で述べたようなエネルギーアクセプター材料としては、下記一般式（Ｇ１）または（Ｇ２）で表される有機化合物を好適に用いることができる。

［０２１６］

［化２］



(G1)



(G2)

［０２１７］

一般式（Ｇ１）及び（Ｇ２）中、Ａは炭素数１０乃至３０の置換若しくは無置換の縮合芳香環または炭素数１０乃至３０の置換若しくは無置換の縮合複素芳香環を表し、Ａｒ[1]乃至Ａｒ[6]はそれぞれ独立に置換または無置換の炭素数６乃至１３の芳香族炭化水素基を表し、Ｘ[1]乃至Ｘ[12]はそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下の分岐鎖アルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を表し、Ｒ[1]乃至Ｒ[10]はそれぞれ独立に、水素、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を表す。

［０２１８］

炭素数６乃至１３の芳香族炭化水素基としては、フェニル基、ビフェニル基、ナフチル基、フルオレニル基等が挙げられる。なお、該芳香族炭化水素基はこれらに限定されない。また、該芳香族炭化水素基が置換基を有する場合、該置換基としてはメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、ｓｅｃ－ブチル基、ｔｅｒｔ－ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基のような炭素数１乃至７のアルキル基や、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基、８，９，１０－トリノルボルナニル基、のような炭素数５乃至７のシクロアルキル基や、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基のような炭素数６乃至１２のアリール基等が挙げられる。

［０２１９］

一般式（Ｇ１）中、炭素数１０乃至３０の置換若しくは無置換の縮合芳香環または炭素数１０乃至３０の置換若しくは無置換の縮合複素芳香環は上述の発光団を表し、上述の骨格を用いることができる。また、一般式（Ｇ１）及び（Ｇ２）中、Ｘ[1]乃至Ｘ[12]は保護基を表す。

［０２２０］

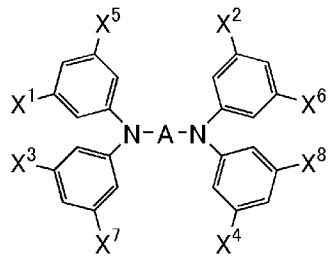
また、一般式（Ｇ２）では、保護基が芳香族炭化水素基を介して発光団であるキナクリドン骨格と結合されている。該構成とすることによって、発光団を覆うように保護基を配置することができるため、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができる。なお、発光団に直接結合する保護基を有していても構わない。

［０２２１］

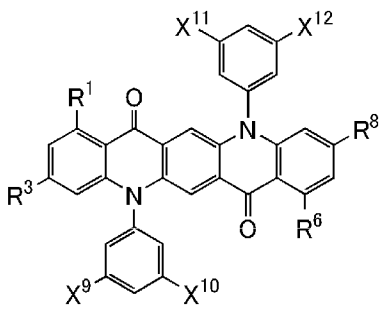
また、該エネルギーアクセプター材料としては、下記一般式（Ｇ３）または（Ｇ４）で表される有機化合物を好適に用いることができる。

［０２２２］

［化３］



(G3)



(G4)

［０２２３］

一般式（Ｇ３）及び（Ｇ４）中、Ａは炭素数１０乃至３０の置換若しくは無置換の縮合芳香環または炭素数１０乃至３０の置換若しくは無置換の縮合複素芳香環を表しＸ^{1}乃至Ｘ^{12}はそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下の分岐鎖アルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を表す。Ｒ^{1}、Ｒ^{3}、Ｒ^{6}及びＲ^{8}はそれぞれ独立に、水素、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を表す。

［０２２４］

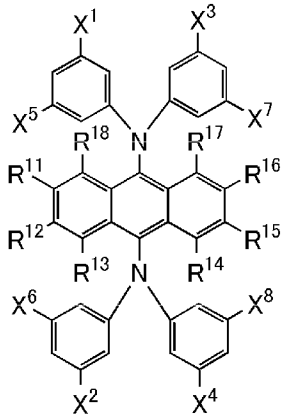
また、保護基がフェニレン基を介して発光団と結合されていると好ましい。該構成とすることによって、発光団を覆うように保護基を配置することができるため、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができる。また、発光団と保護基がフェニレン基を介して結合し、該フェニレン基に２つの保護基が結合される場合、一般式（Ｇ３）及び（Ｇ４）に示すように、該２つの保護基はフェニレン基に対してメタ位で結合されると好ましい。該構成とすることによって、発光団を効率良く覆うことができるため、デクスター機構によるエネルギー移動を抑制することができる。一般式（Ｇ３）で表される有機化合物の一例としては、上述の２ｔＢｕ－ｍｍｔＢｕＤＰｈＡ２Ａｎｔｈが挙げられる。すなわち、本発明の一態様において、一般式（Ｇ３）は特に好ましい例である。

［０２２５］

また、該エネルギーアクセプター材料としては、下記一般式（Ｇ５）で表される有機化合物を好適に用いることができる。

［０２２６］

［化４］



(G5)

［０２２７］

一般式（Ｇ５）中、Ｘ[1]乃至Ｘ[8]はそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下の分岐鎖アルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を表し、Ｒ[11]乃至Ｒ[18]はそれぞれ独立に、水素、炭素数３以上１０以下の分岐鎖アルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基、置換若しくは無置換の炭素数６以上２５以下のアリール基のいずれか一を表す。

［０２２８］

炭素数６以上２５以下のアリール基としては、例えば、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基、フルオレニル基、スピロフルオレニル基等が挙げられる。なお、炭素数６以上２５以下のアリール基はこれらに限定されない。なお、該アリール基が置換基を有する場合、該置換基としては、上述の炭素数１以上１０以下のアルキル基、炭素数３以上１０以下の分岐鎖アルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基が挙げられる。

［０２２９］

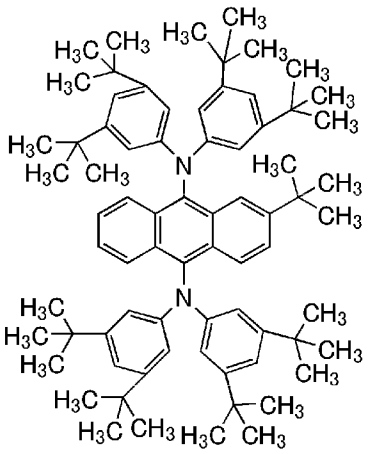
アントラセン化合物は発光量子収率が高く、発光団の面積が小さいため、保護基によってアントラセンの面の上方及び下方を効率良く覆うことができる。一般式（Ｇ５）で表される有機化合物の一例としては、上述の２ｔＢｕ－ｍｍｔＢｕＤＰｈＡ２Ａｎｔｈが挙げられる。

［０２３０］

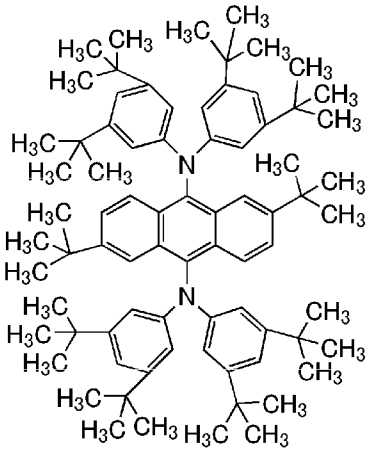
また、一般式（Ｇ１）乃至（Ｇ５）で挙げられる化合物の一例を以下に構造式（１０２）乃至（１０５）及び（２００）乃至（２８４）に示す。なお、一般式（Ｇ１）乃至（Ｇ５）で挙げられる化合物はこれらに限定されない。また、構造式（１０２）乃至（１０５）及び（２００）乃至（２８４）に示す化合物は本発明の一態様の発光デバイスの蛍光性材料として好適に用いることができる。なお、該蛍光性材料はこれらに限定されない。

［０２３１］

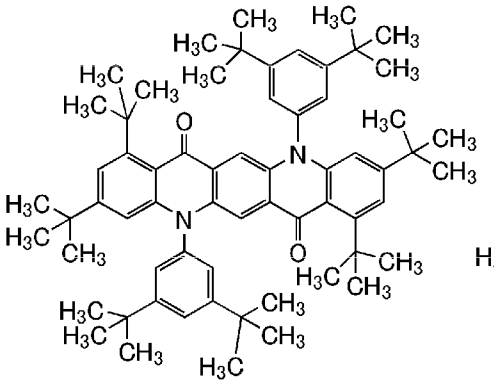
［化５］



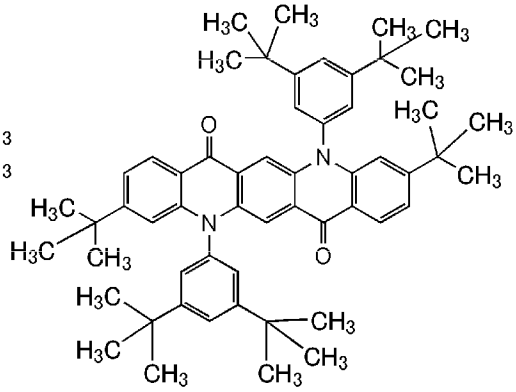
(102)



(103)



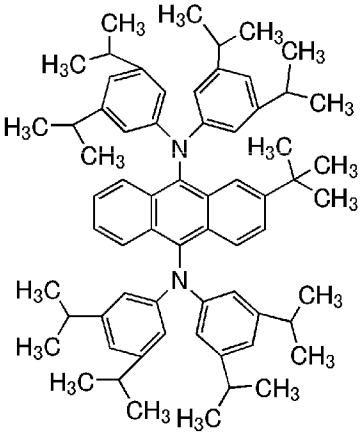
(104)



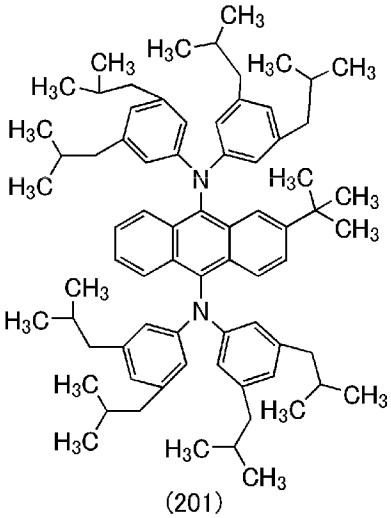
(105)

[０２３２]

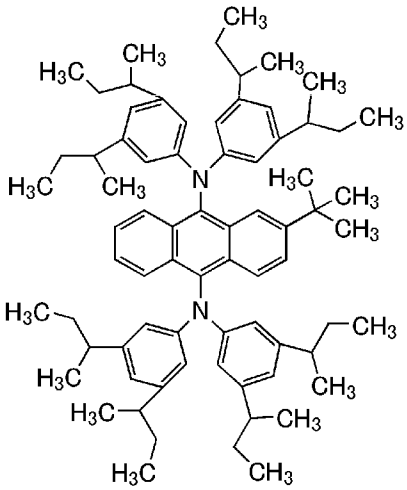
[化６]



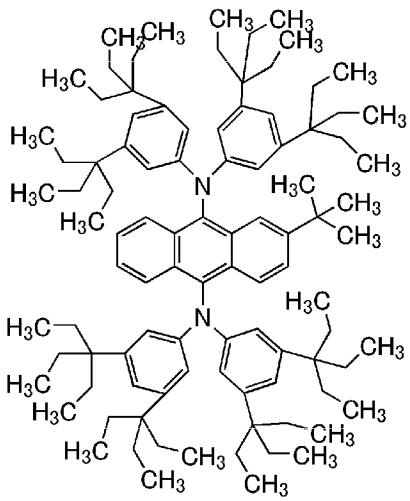
(200)



(201)



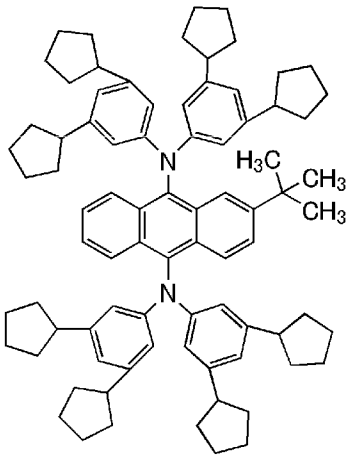
(202)



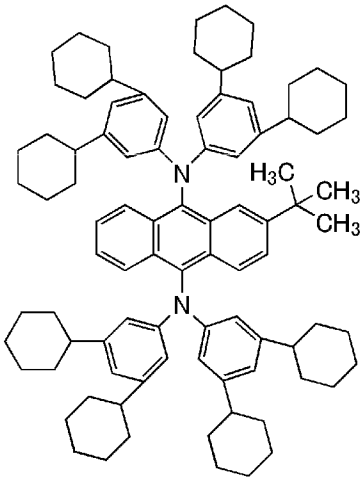
(203)

[０２３３]

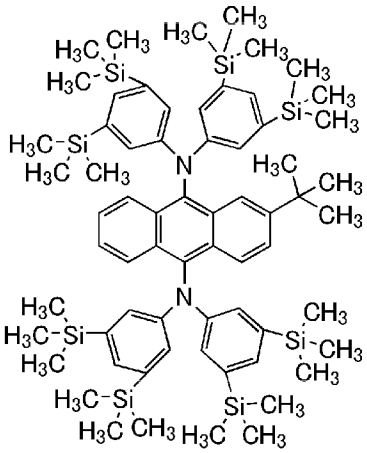
[化７]



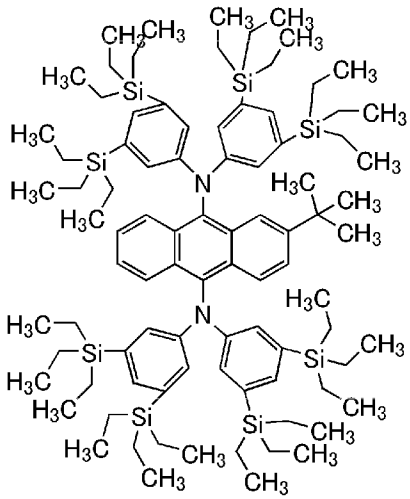
(204)



(205)



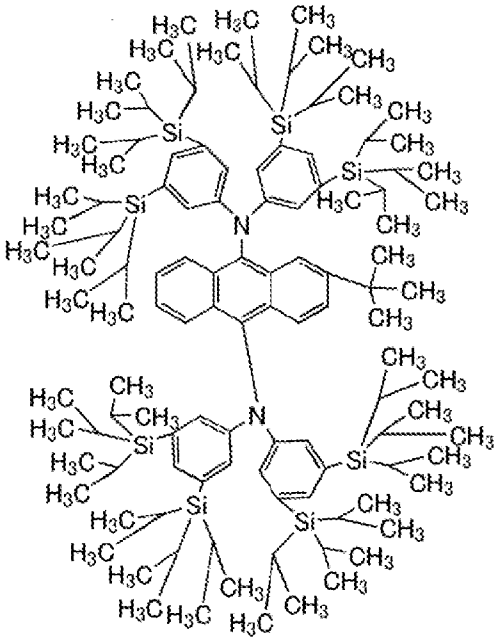
(206)



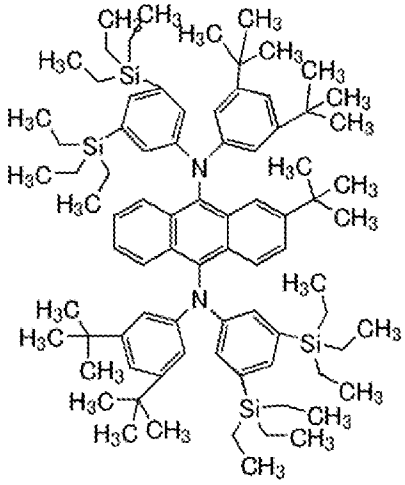
(207)

[0234]

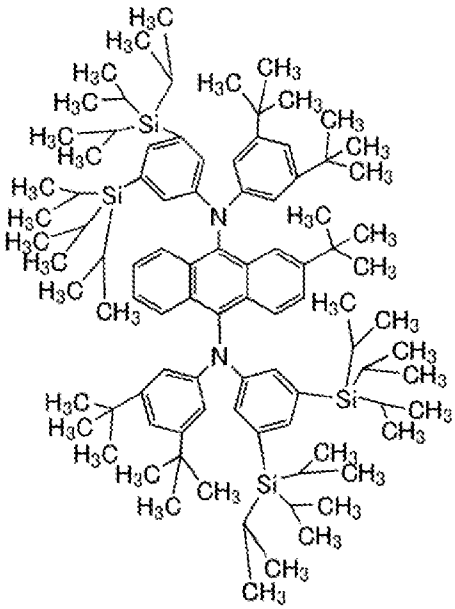
[化8]



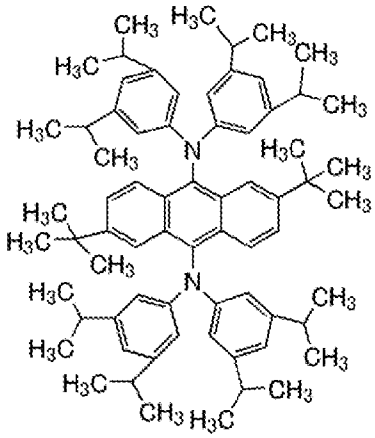
(208)



(209)



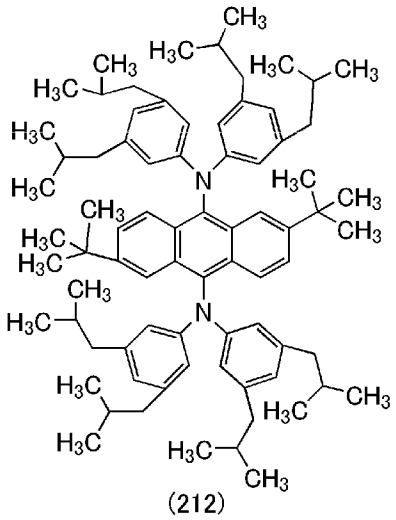
(210)



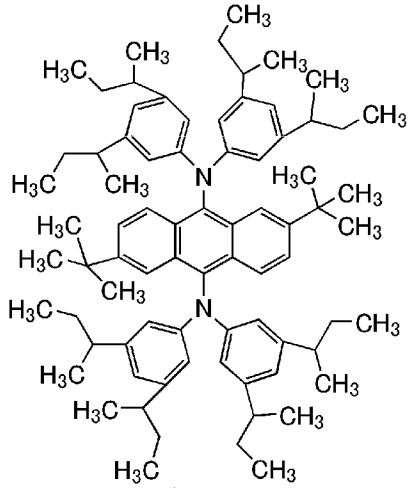
(211)

[0235]

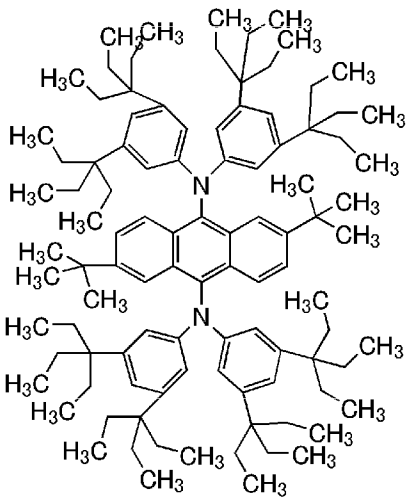
[化9]



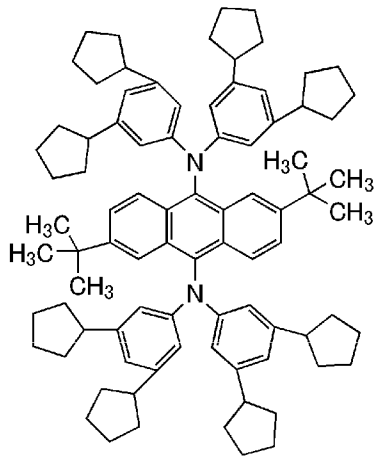
(212)



(213)



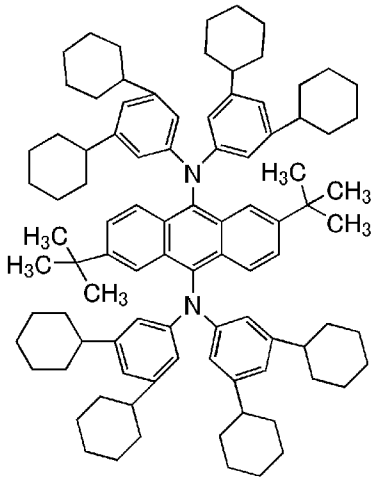
(214)



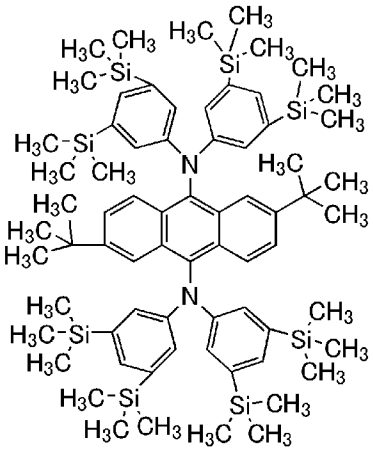
(215)

[０２３６]

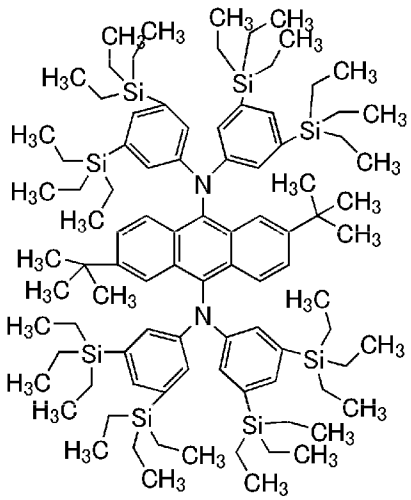
[化１０]



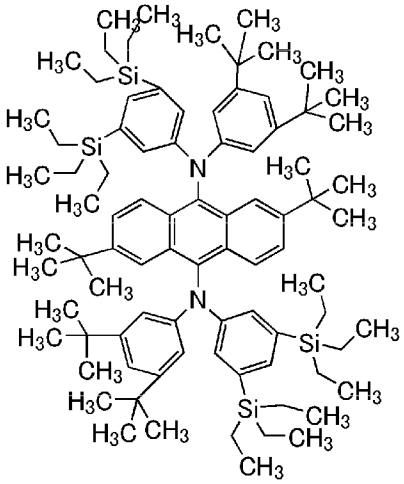
(216)



(217)



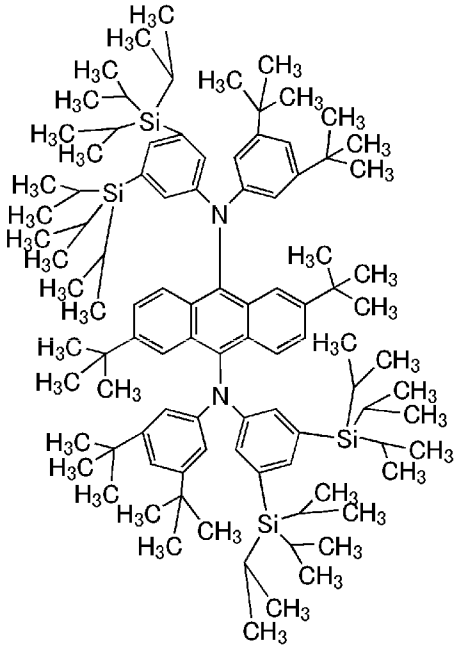
(218)



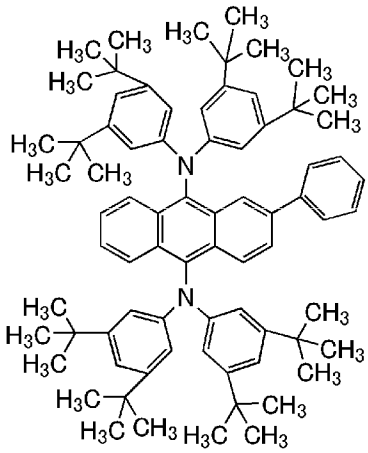
(219)

[0237]

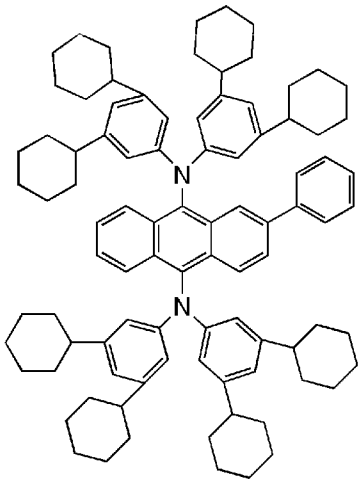
[化11]



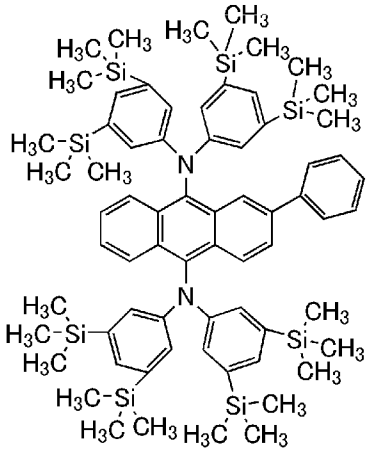
(220)



(221)



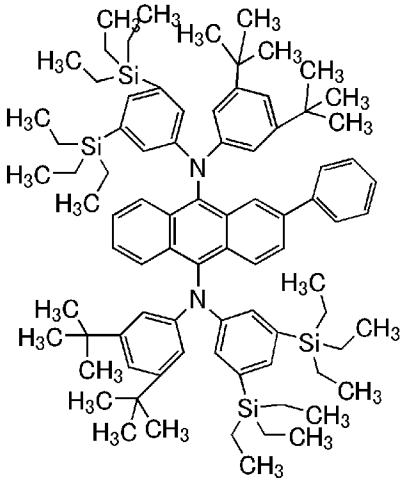
(222)



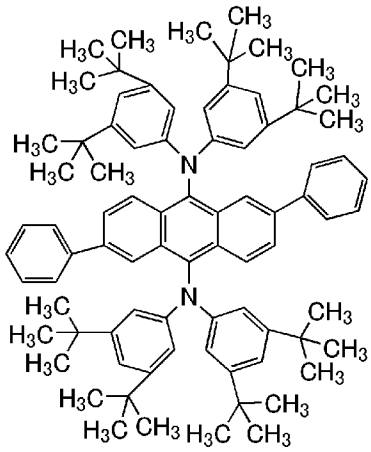
(223)

[0238]

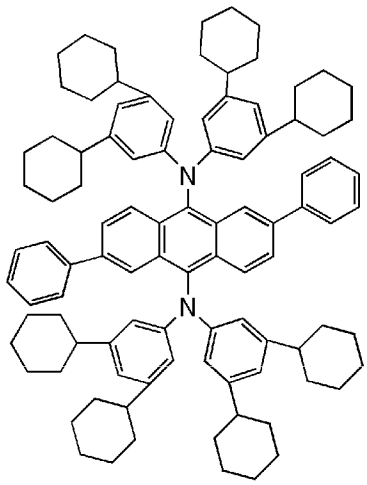
[化12]



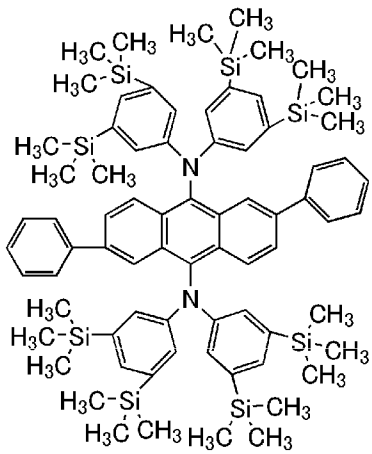
(224)



(225)



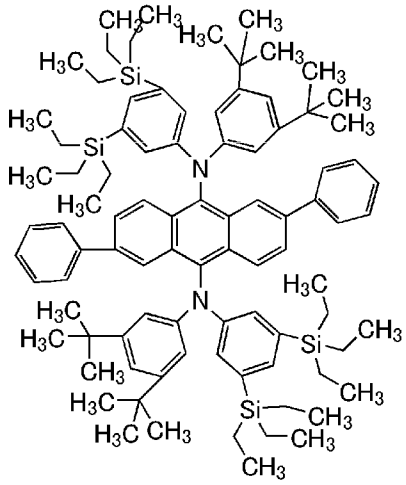
(226)



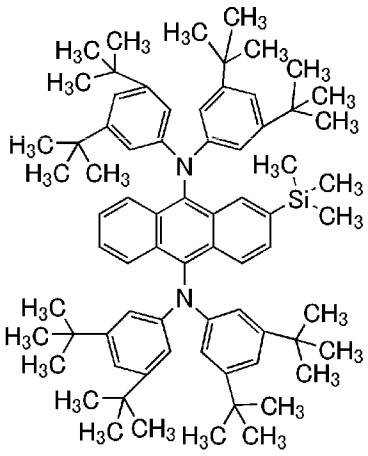
(227)

[０２３９]

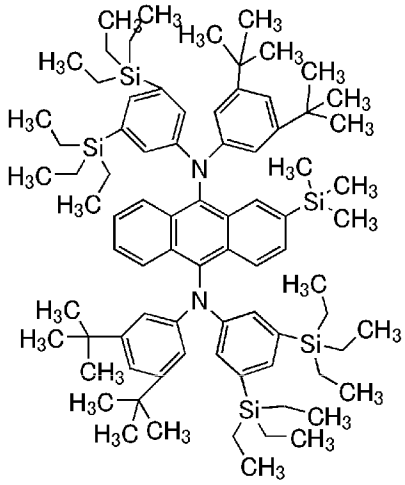
[化１３]



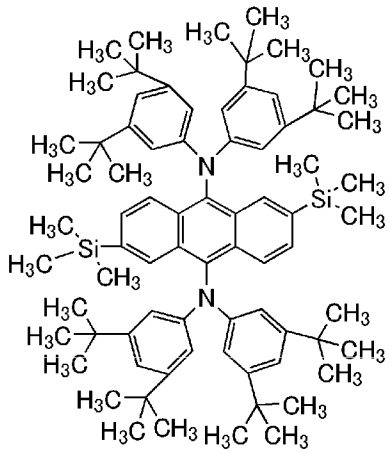
(228)



(229)



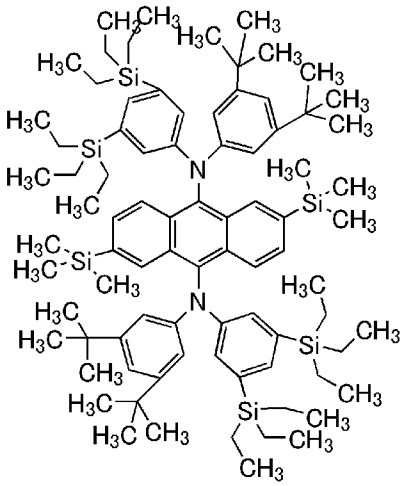
(230)



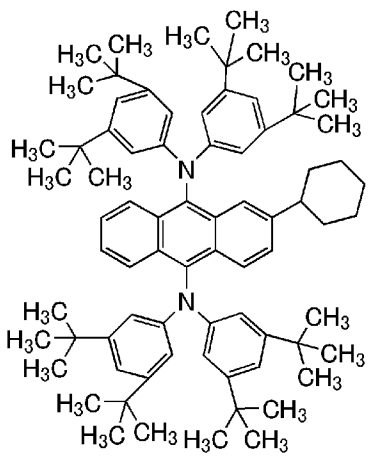
(231)

[０２４０]

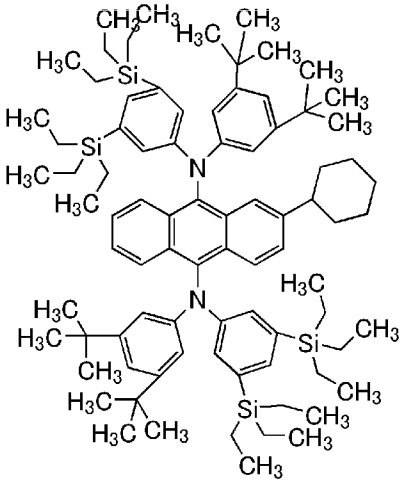
[化１４]



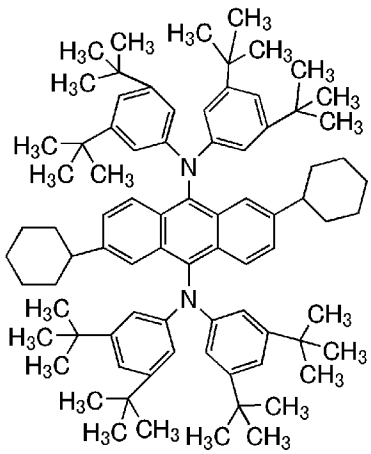
(232)



(233)



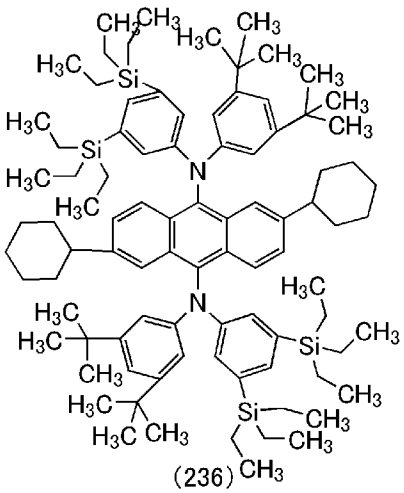
(234)



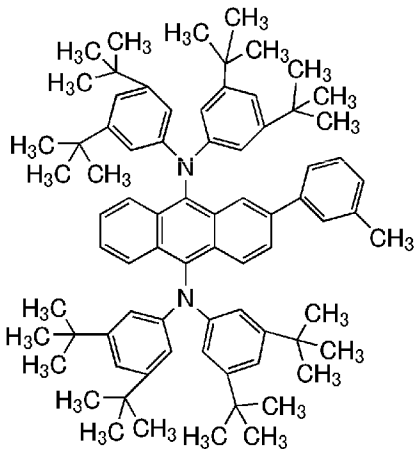
(235)

[0241]

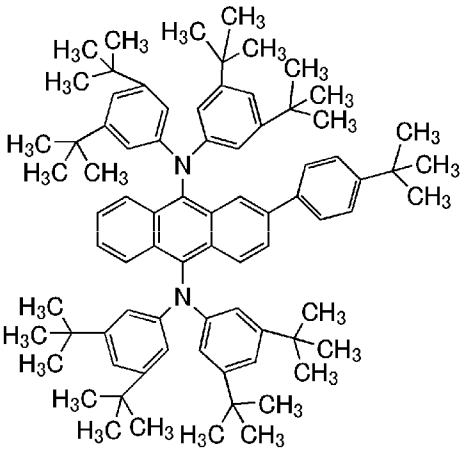
[化15]



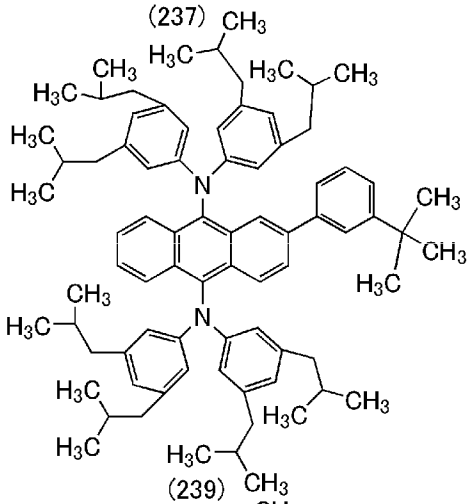
(236)



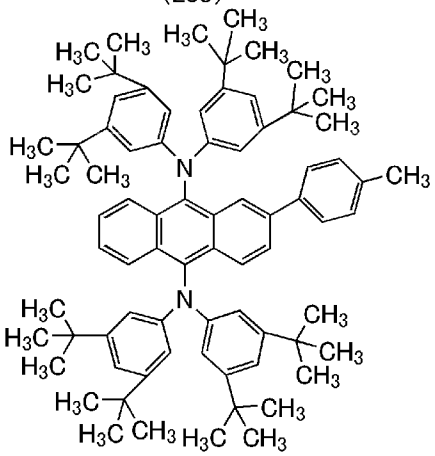
(237)



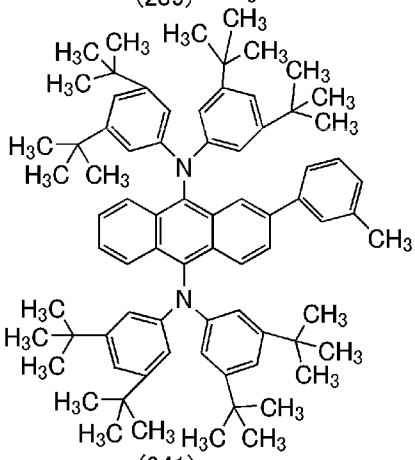
(238)



(239)



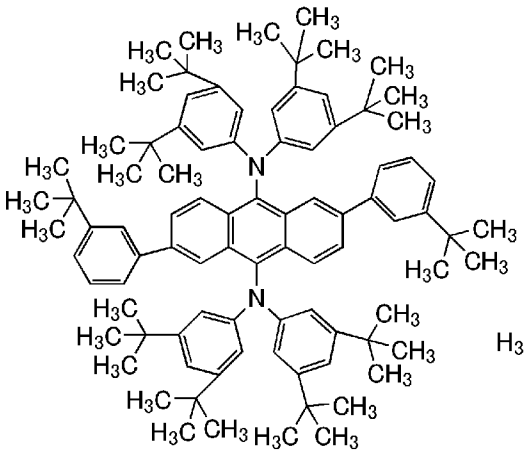
(240)



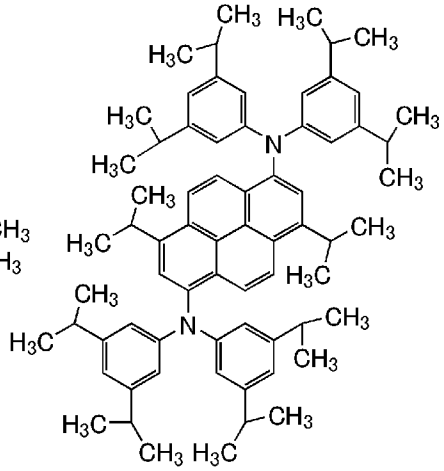
(241)

[０２４２]

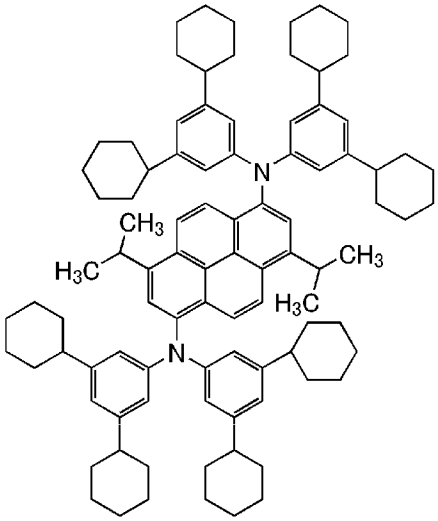
[化１６]



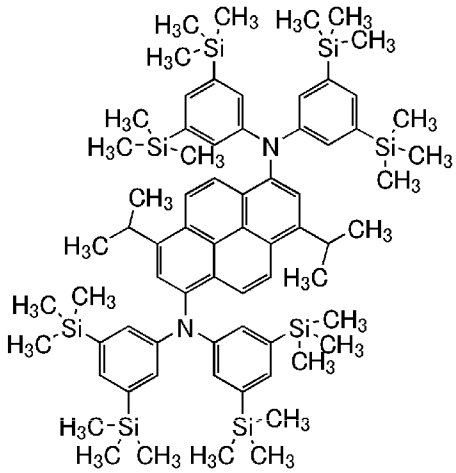
(242)



(243)



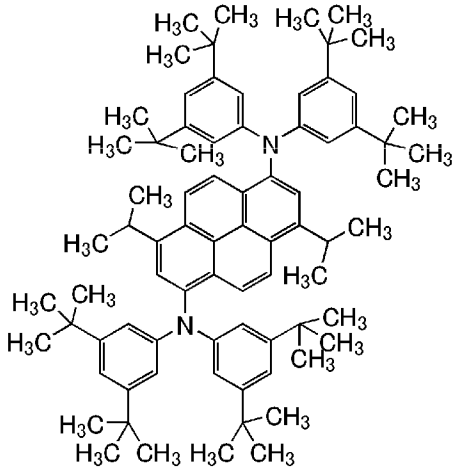
(244)



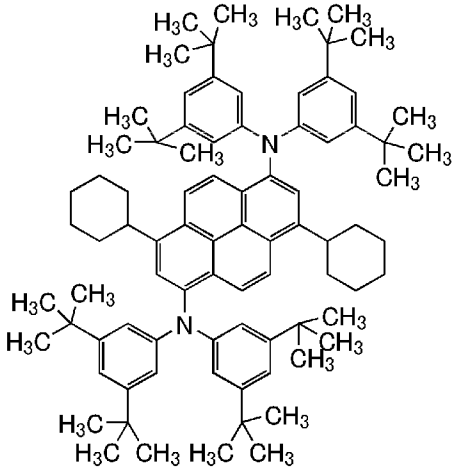
(245)

[0243]

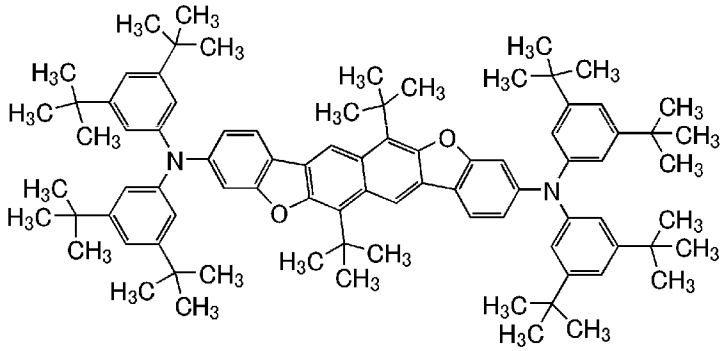
[化17]



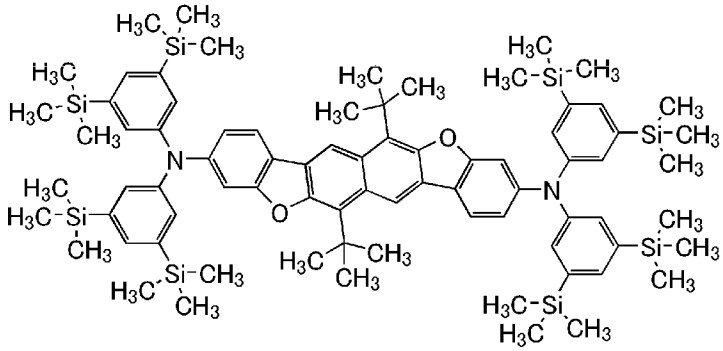
(246)



(247)



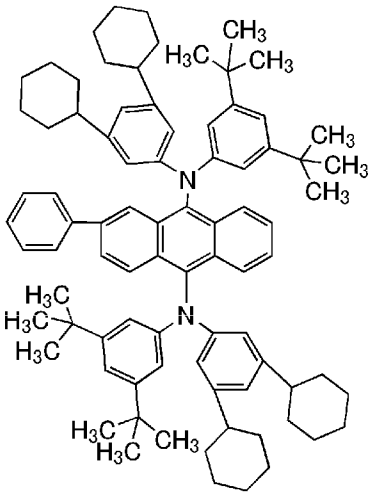
(248)



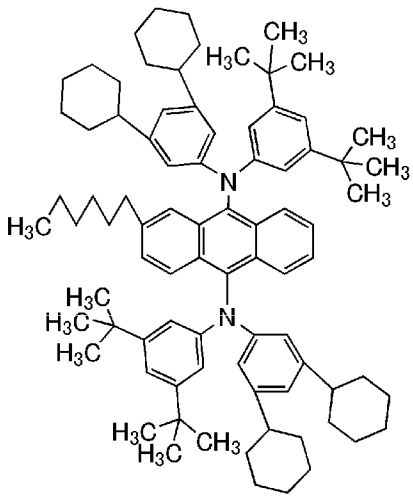
(249)

[0244]

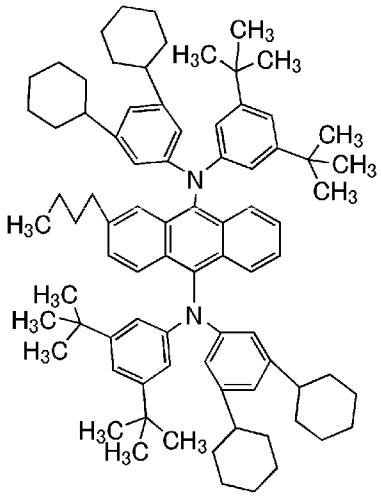
[化18]



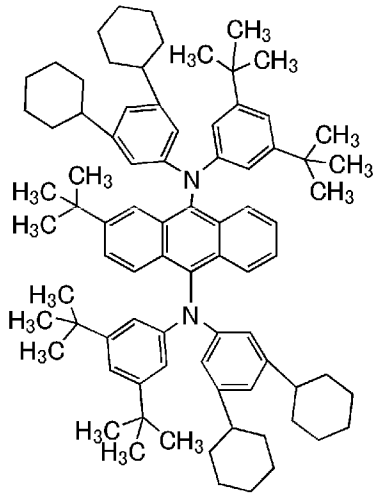
(250)



(251)



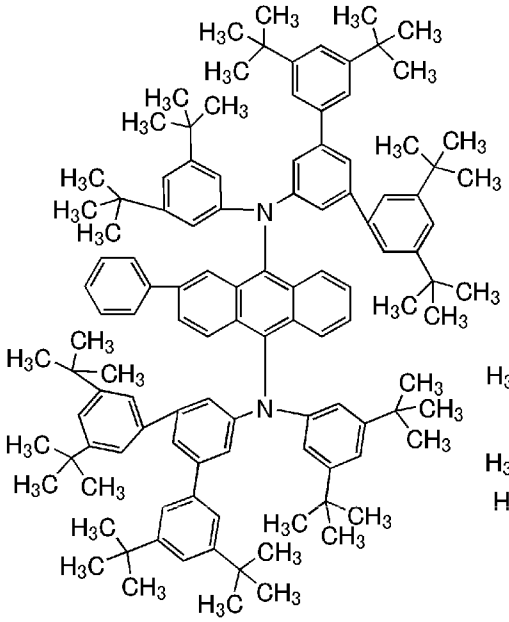
(252)



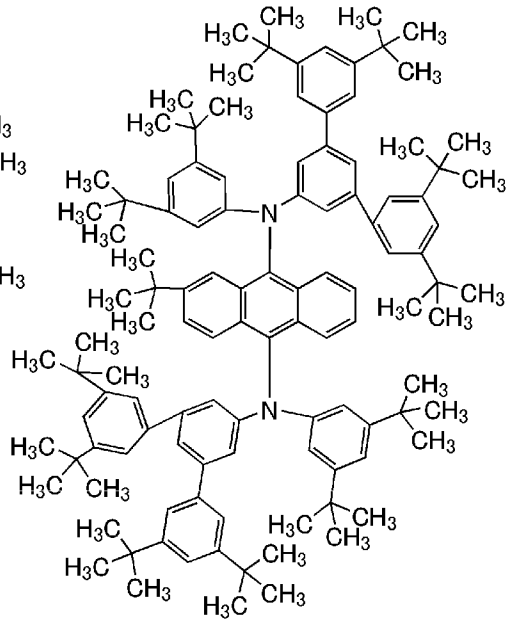
(253)

[０２４５]

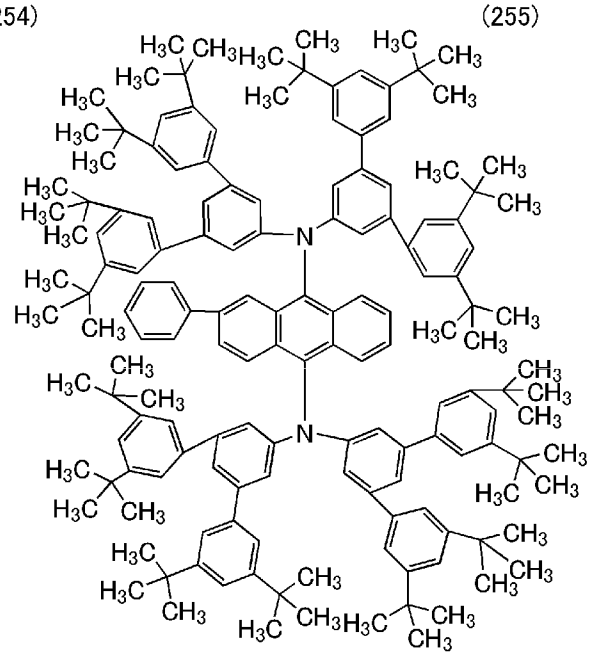
[化１９]



(254)



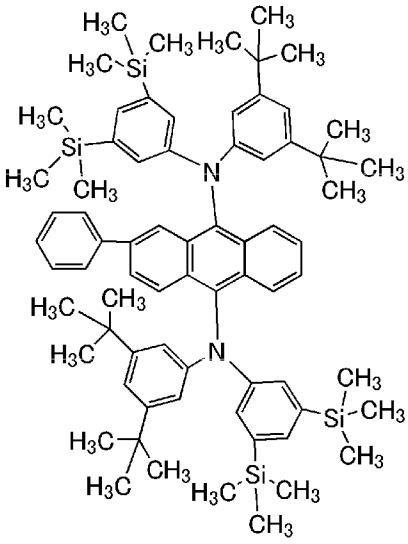
(255)



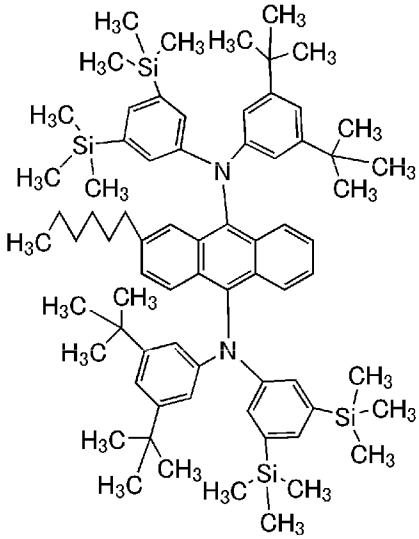
(256)

[０２４６]

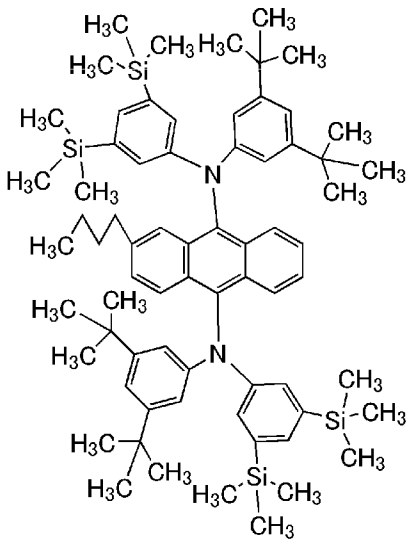
[化２０]



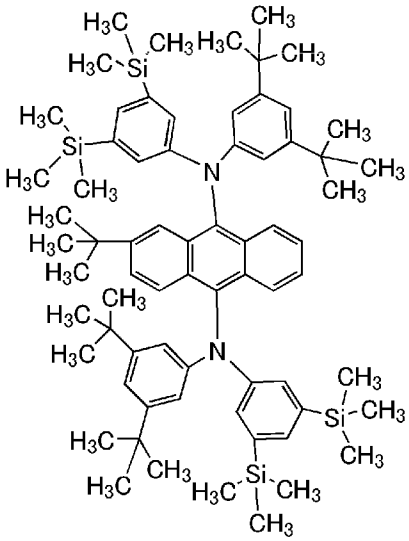
(257)



(258)



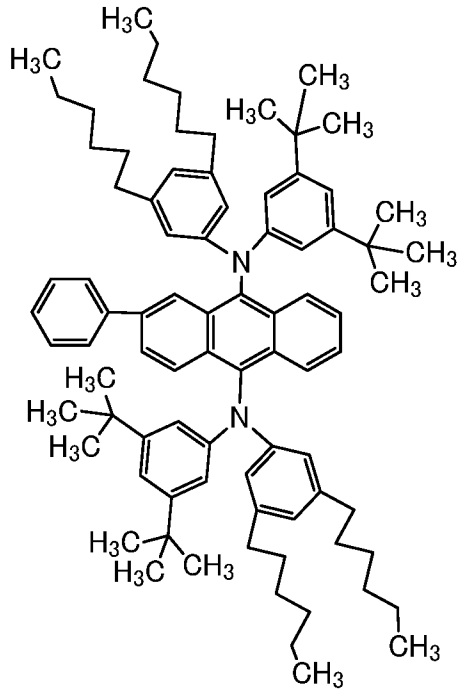
(259)



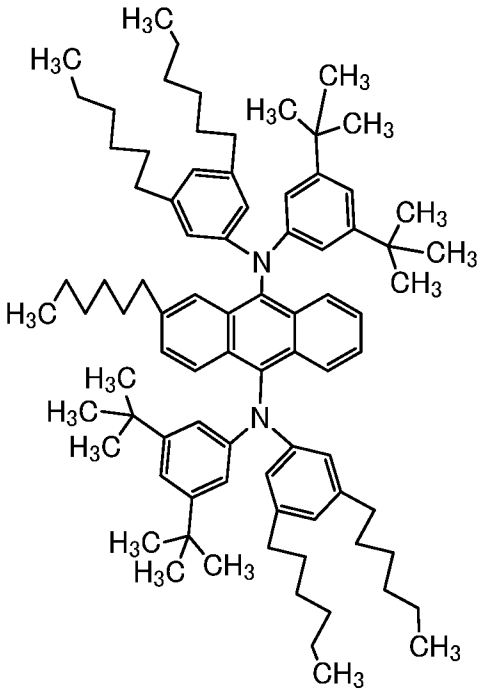
(260)

[0247]

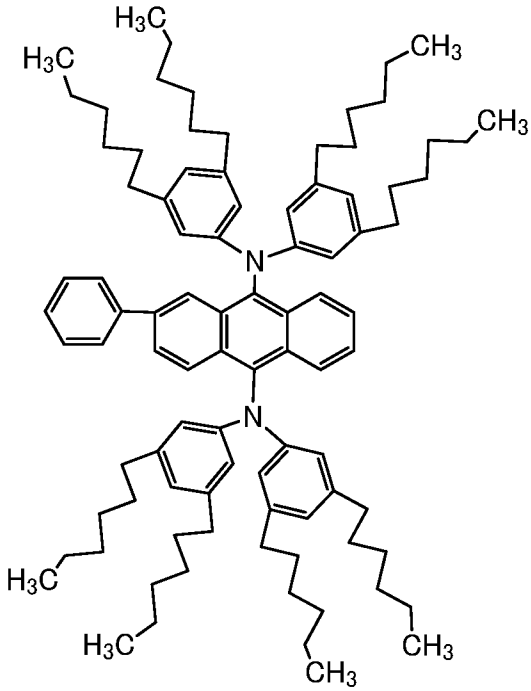
[化21]



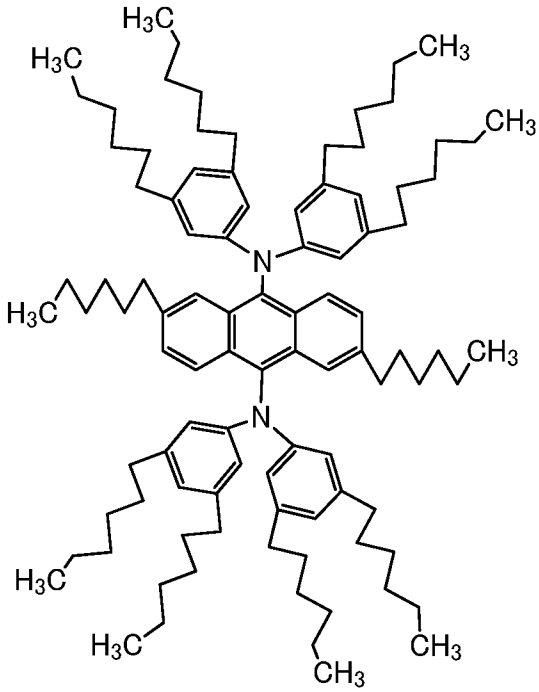
(261)



(262)



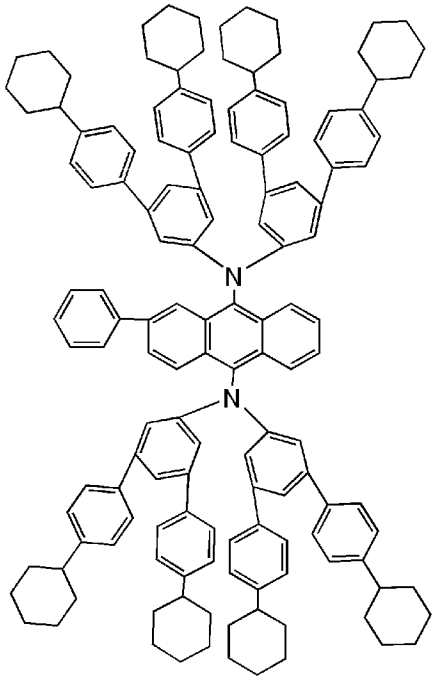
(266)



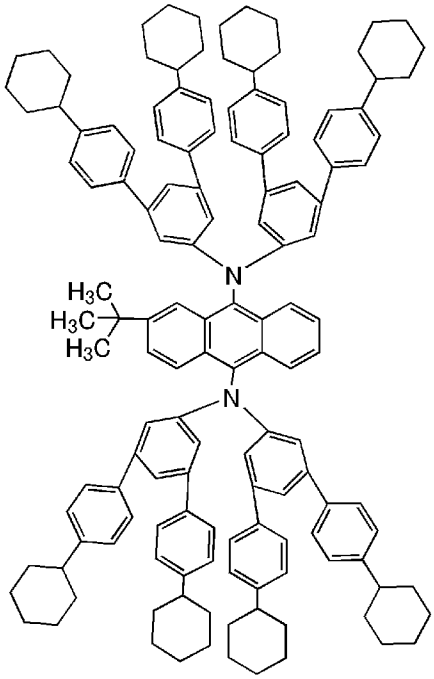
(263)

[0248]

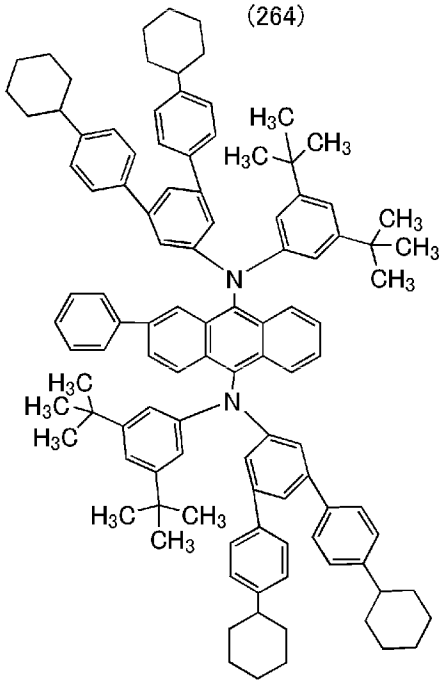
[化22]



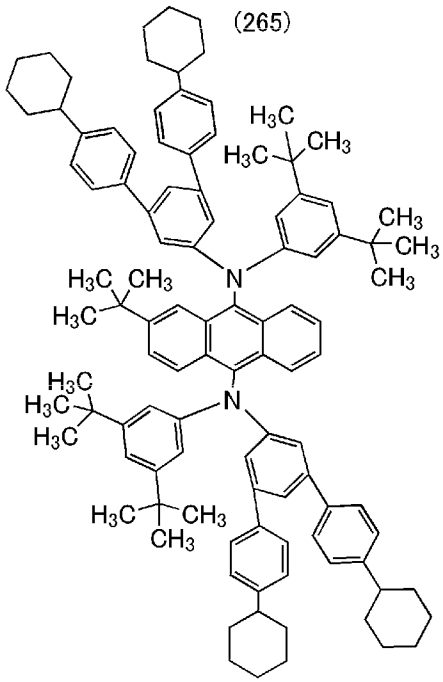
(264)



(265)



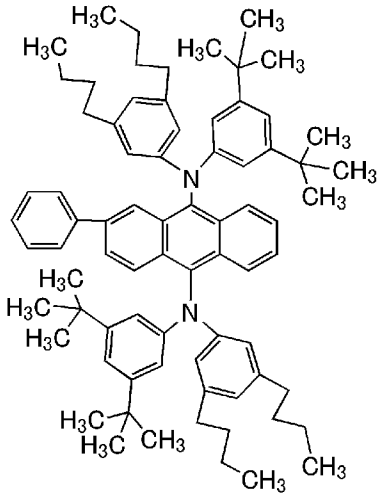
(267)



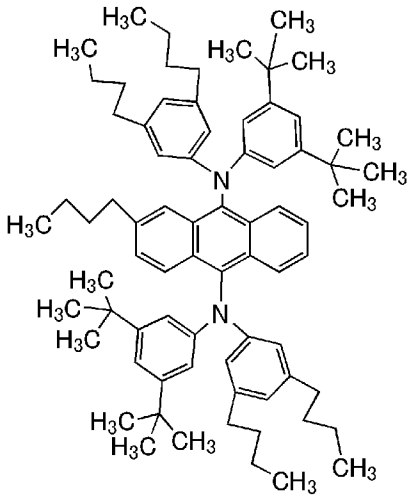
(268)

[０２４９]

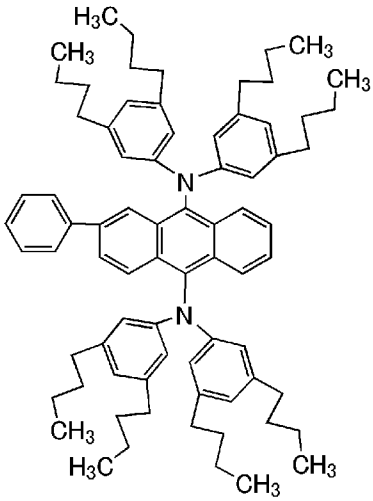
[化２３]



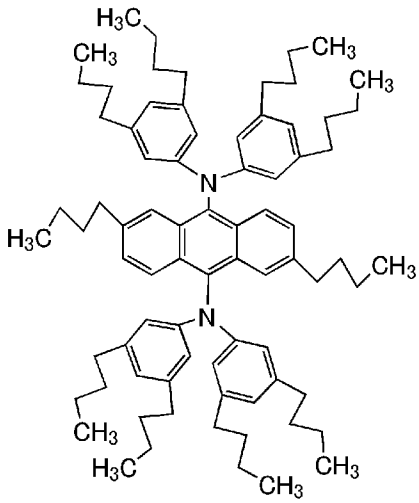
(269)



(270)



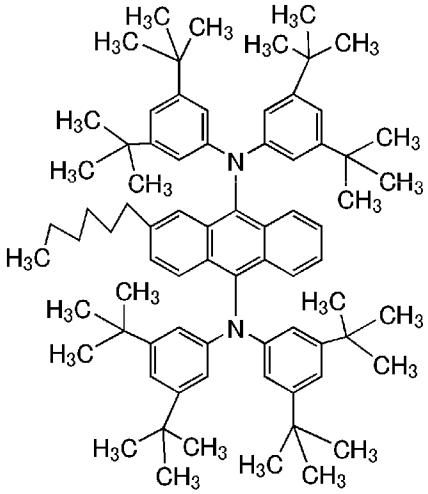
(271)



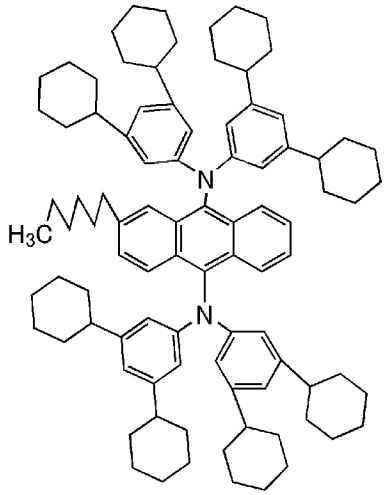
(272)

[0250]

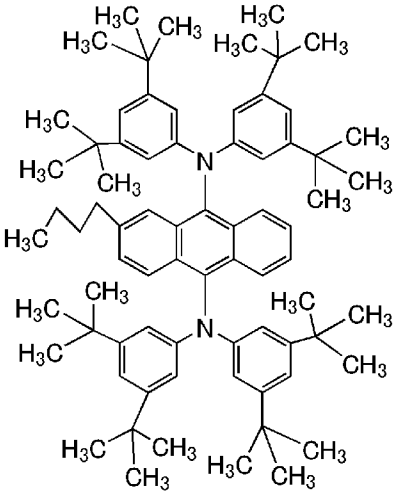
[化24]



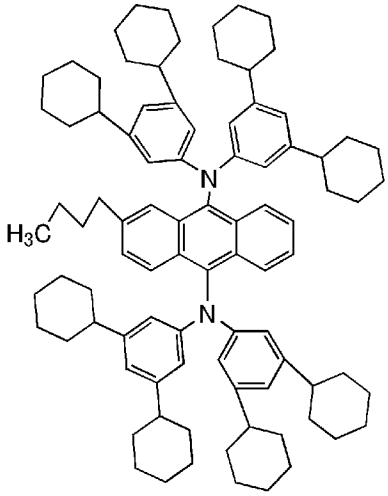
(273)



(274)



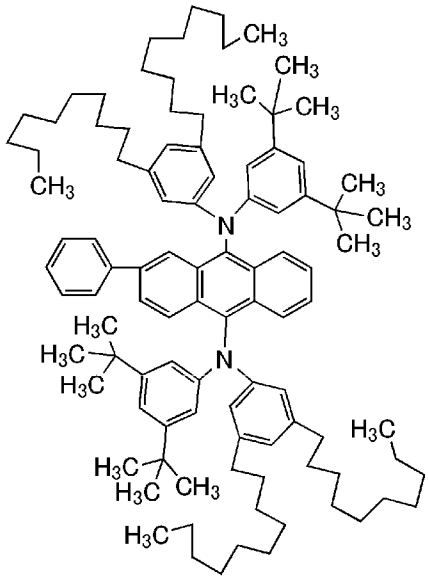
(275)



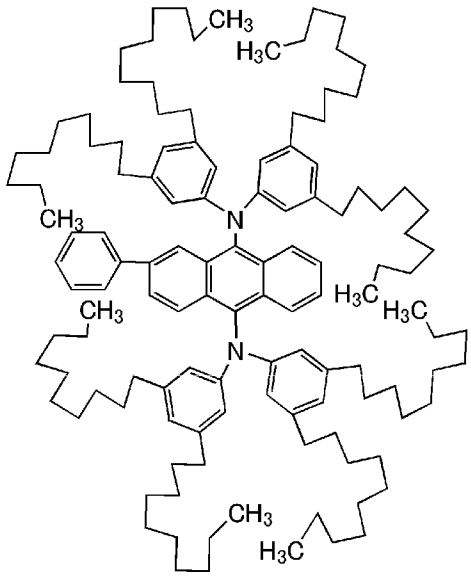
(276)

[０２５１]

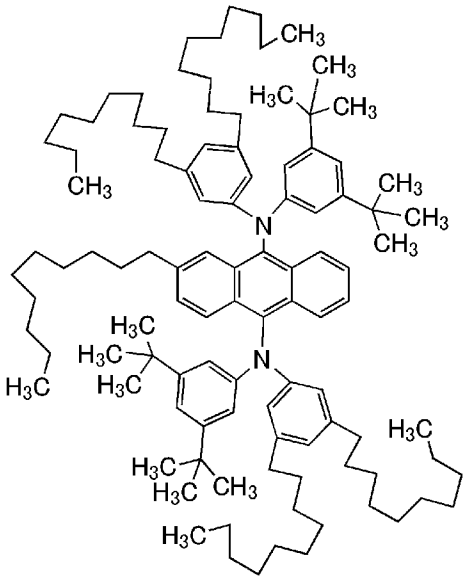
[化２５]



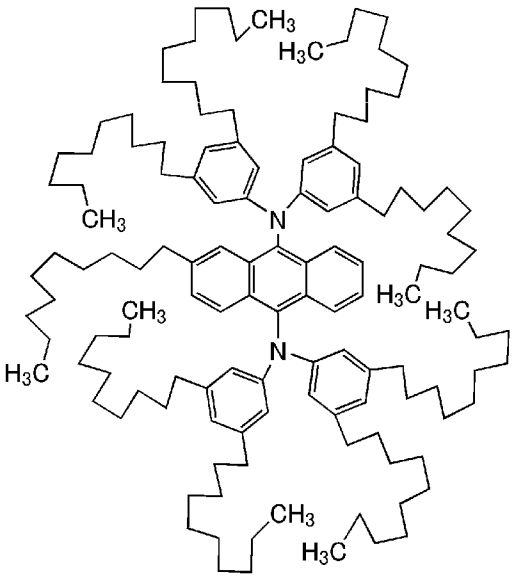
(277)



(278)



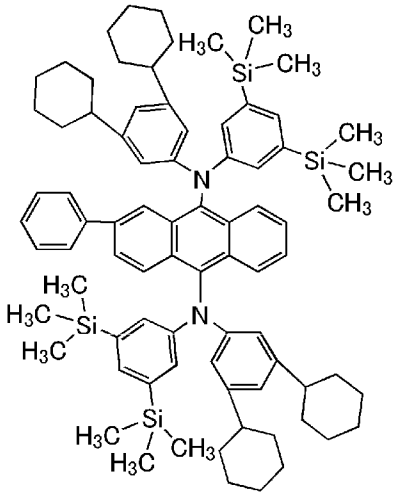
(279)



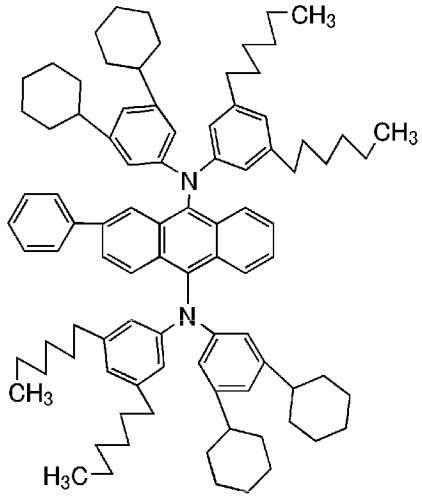
(280)

[0252]

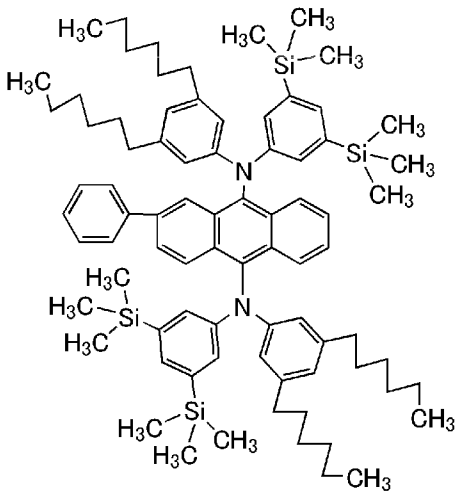
[化26]



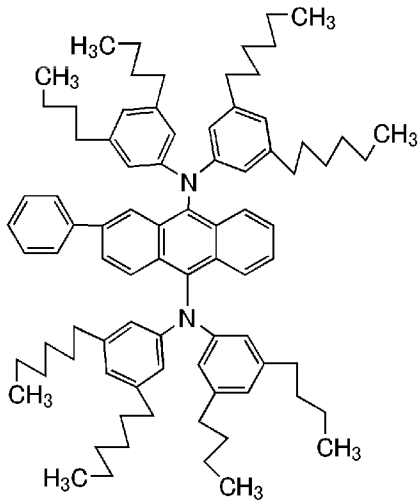
(281)



(282)



(283)



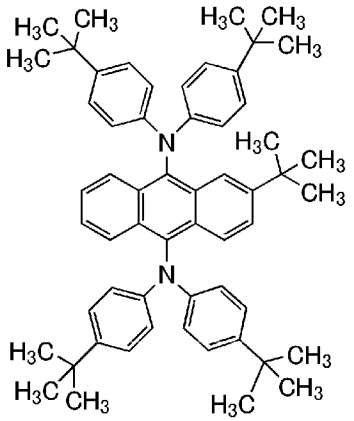
(284)

［０２５３］

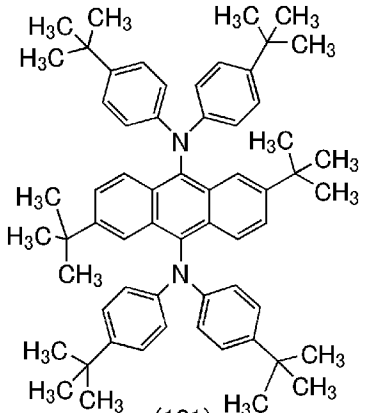
また、本発明の一態様の発光デバイスの蛍光性材料に好適に用いることができる材料の一例を構造式（１００）及び（１０１）に示す。なお、蛍光性材料はこれらに限定されない。

［０２５４］

［化２７］



(100)



(101)

［０２５５］

化合物１３３がエネルギードナーとして機能する場合、例えばＴＡＤＦ材料を用いることができる。化合物１３３のＳ１準位とＴ１準位とのエネルギー差は小さいことが好ましく、具体的には０ｅＶより大きく０．２ｅＶ以下である。

［０２５６］

化合物１３３がＴＡＤＦ材料の場合、正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格と、を有することが好ましい。あるいは、化合物１３３は、π 電子過剰骨格または芳香族アミン骨格と、π 電子不足骨格と、を有することが好ましい。そうすることで、分子内でドナーアクセプター型の励起状態を形成しやすくなる。さらに、化合物１３３の分子内でドナー性とアクセプター性が共に強くなるよう、電子輸送性を有する骨格と、正孔輸送性を有する骨格と、が直接結合する構造を有することが好ましい。あるいは、π 電子過剰骨格または芳香族アミン骨格と、π 電子不足骨格と、が直接結合する構造を有すると好ましい。分子内でのドナー性とアクセプター性を共に強くすることで、化合物１３３のＨＯＭＯにおける分子軌道が分布する領域と、ＬＵＭＯにおける分子軌道が分布する領域との重なりを小さくすることができ、化合物１３３の一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位とのエネルギー差を小さくすることが可能となる。また、化合物１３３の三重項励起エネルギー準位を高いエネルギーに保つことが可能となる。

［０２５７］

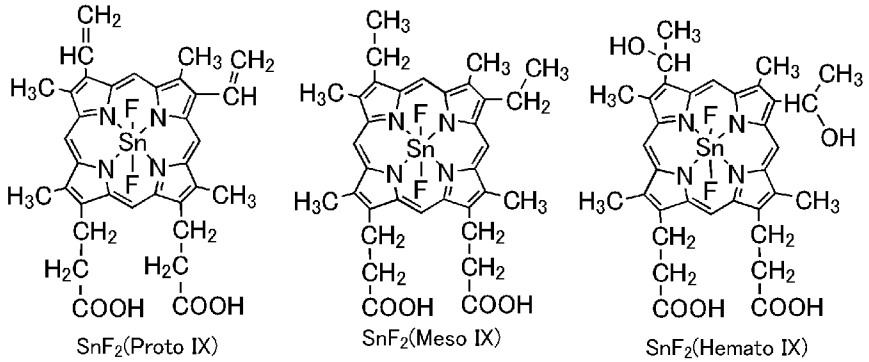
ＴＡＤＦ材料が、一種類の材料から構成される場合、例えば以下の材料を用いることができる。

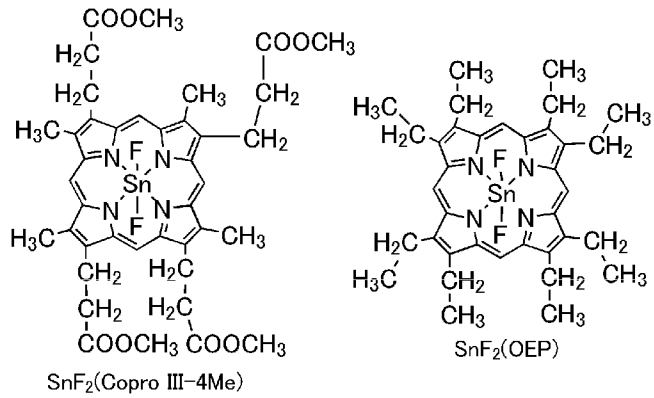
［０２５８］

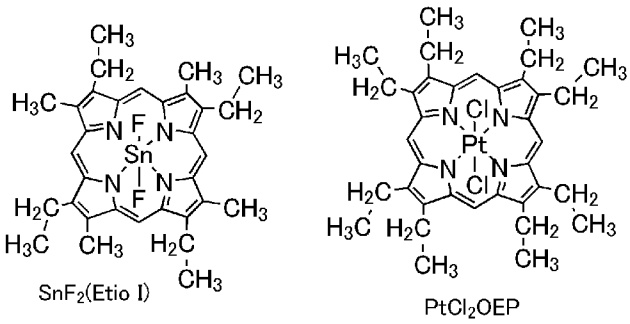
まず、フラーレンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム（Ｍｇ）、亜鉛（Ｚｎ）、カドミウム（Ｃｄ）、スズ（Ｓｎ）、白金（Ｐｔ）、インジウム（Ｉｎ）、もしくはパラジウム（Ｐｄ）等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、プロトポルフィリンフッ化スズ錯体（SnF_2（Ｐｒｏｔｏ　ＩＸ））、メソポルフィリンフッ化スズ錯体（SnF_2（Ｍｅｓｏ　ＩＸ））、ヘマトポルフィリンフッ化スズ錯体（SnF_2（Ｈｅｍａｔｏ　ＩＸ））、コプロポルフィリンテトラメチルエステルフッ化スズ錯体（SnF_2（Ｃｏｐｒｏ　ＩＩＩ－４Ｍｅ））、オクタエチルポルフィリンフッ化スズ錯体（SnF_2（ＯＥＰ））、エチオポルフィリンフッ化スズ錯体（SnF_2（Ｅｔｉｏ　Ｉ））、オクタエチルポルフィリン塩化白金錯体（$PtCl_2$ＯＥＰ）等が挙げられる。

［０２５９］

［化２８］







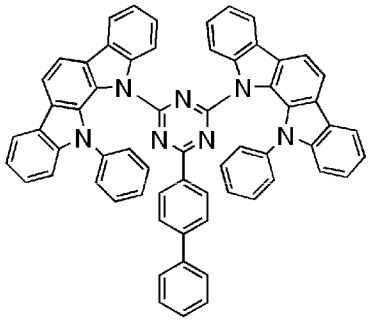
［０２６０］

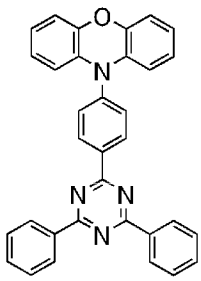
また、一種の材料から構成される熱活性化遅延蛍光性材料としては、π電子過剰骨格及びπ電子不足骨格の一方または双方を有する複素環化合物も用いることができる。具体的には、２－（ビフェニル－４－イル）－４，６－ビス（１２－フェニルインドロ［２，３－ａ］カルバゾール－１１－イル）－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＩＣ－ＴＲＺ）、２－｛４－［３－（Ｎ－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）－９Ｈ－カルバゾール－９－イル］フェニル｝－４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＣＣｚＰＴｚｎ）、２－［４－（１０Ｈ－フェノキサジン－１０－イル）フェニル］－４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＸＺ－ＴＲＺ）、３－［４－（５－フェニル－５，１０－ジヒドロフェナジン－１０－イル）フェニル］－４，５－ジフェニル－１，２，４－トリアゾール（略称：ＰＰＺ－３ＴＰＴ）、３－（９，９－ジメチル－９Ｈ－アクリジン－１０－イル）－９Ｈ－キサンテン－９－オン（略称：ＡＣＲＸＴＮ）、ビス［４－（９，９－ジメチル－９，１０－ジヒドロアクリジン）フェニル］スルホン（略

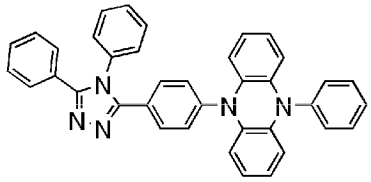
称：ＤＭＡＣ－ＤＰＳ）、１０－フェニル－１０Ｈ，１０’Ｈ－スピロ［アクリジン－９，９’－アントラセン］－１０’－オン（略称：ＡＣＲＳＡ）、４－（９’－フェニル－３，３’－ビ－９Ｈ－カルバゾール－９－イル）ベンゾフロ［３，２－ｄ］ピリミジン（略称：４ＰＣＣｚＢｆｐｍ）、４－［４－（９’－フェニル－３，３’－ビ－９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］ベンゾフロ［３，２－ｄ］ピリミジン（略称：４ＰＣＣｚＰＢｆｐｍ）、９－［３－（４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン－２－イル）フェニル］－９’－フェニル－２，３’－ビ－９Ｈ－カルバゾール（略称：ｍＰＣＣｚＰＴｚｎ－０２）等が挙げられる。該複素環化合物は、π 電子過剰型複素芳香環及び π 電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が高く、好ましい。中でも、π 電子不足型複素芳香環を有する骨格のうち、ピリジン骨格、ジアジン骨格（ピリミジン骨格、ピラジン骨格、ピリダジン骨格）、およびトリアジン骨格は、安定で信頼性が良好なため好ましい。特に、ベンゾフロピリミジン骨格、ベンゾチエノピリミジン骨格、ベンゾフロピラジン骨格、ベンゾチエノピラジン骨格はアクセプター性が高く、信頼性が良好なため好ましい。また、π 電子過剰型複素芳香環を有する骨格の中でも、アクリジン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチアジン骨格、フラン骨格、チオフェン骨格、及びピロール骨格は、安定で信頼性が良好なため、当該骨格の少なくとも一を有することが好ましい。なお、フラン骨格としてはジベンゾフラン骨格が、チオフェン骨格としてはジベンゾチオフェン骨格が、それぞれ好ましい。また、ピロール骨格としては、インドール骨格、カルバゾール骨格、ビカルバゾール骨格、３－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）－９Ｈ－カルバゾール骨格が特に好ましい。なお、π 電子過剰型複素芳香環と π 電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、π 電子過剰型複素芳香環のドナー性と π 電子不足型複素芳香環のアクセプター性が共に強く、一重項励起状態の準位と三重項励起状態の準位の差が小さくなるため、特に好ましい。なお、π 電子不足型複素芳香環の代わりに、シアノ基のような電子吸引基が結合した芳香環を用いても良い。また、π 電子過剰型骨格として、芳香族アミン骨格、フェナジン骨格等を用いることができる。また、π 電子不足型骨格として、キサンテン骨格、チオキサンテンジオキサイド骨格、オキサジアゾール骨格、トリアゾール骨格、イミダゾール骨格、アントラキノン骨格、フェニルボランやボラントレン等の含ホウ素骨格、ベンゾニトリルまたはシアノベンゼン等のニトリル基またはシアノ基を有する芳香環や複素芳香環、ベンゾフェノン等のカルボニル骨格、ホスフィンオキシド骨格、スルホン骨格等を用いることができる。このように、π 電子不足型複素芳香環および π 電子過剰型複素芳香環の少なくとも一方の代わりに π 電子不足型骨格および π 電子過剰型骨格を用いることができる。

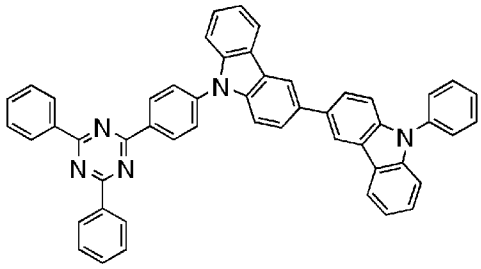
［０２６１］

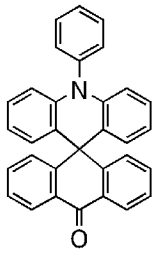
［化２９］

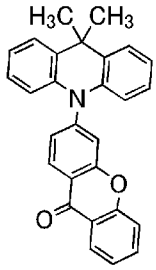

PIC-TRZ

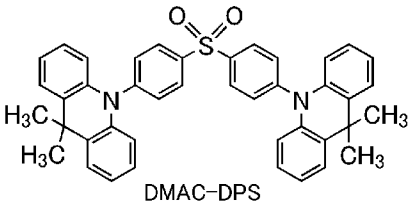

PXZ-TRZ

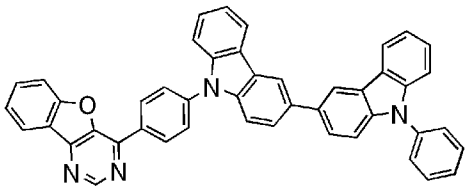

PPZ-3TPT

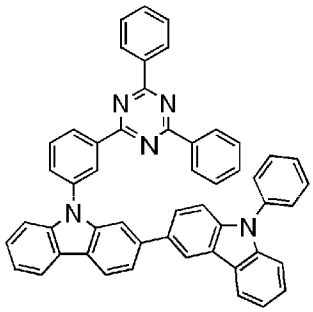

PCCzPTzn

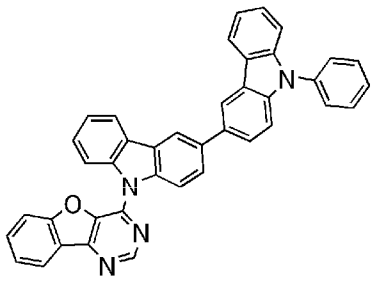

ACRSA


ACRXTN


DMAC-DPS


4PCCzPBfpm


mPCCzPTzn-02


4PCCzBfpm

［０２６２］

化合物１３３が三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有さない場合、化合物１３１と化合物１３３または化合物１３１と化合物１３４の組合せとしては、互いに励起錯体を形成する組み合わせが好ましいが、特に限定はない。一方が電子を輸送する機能を有し、他方が正孔を輸送する機能を有すると好ましい。また、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。

［０２６３］

化合物１３１としては、亜鉛やアルミニウム系金属錯体の他、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、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、フェナントロリン誘導体などが挙げられる。他の例としては、芳香族アミンやカルバゾール誘導体などが挙げられる。

［０２６４］

また、以下の正孔輸送性材料および電子輸送性材料を用いることができる。

［０２６５］

正孔輸送性材料としては、電子よりも正孔の輸送性の高い材料を用いることができ、１×１０$^{-6}$ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する材料であることが好ましい。具体的には、芳香族アミン、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、スチルベン誘導体などを用いることができる。また、該正孔輸送性材料は高分子化合物であっても良い。

［０２６６］

これら正孔輸送性の高い材料として、例えば、芳香族アミン化合物としては、Ｎ，Ｎ’－ジ（ｐ－トリル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－ｐ－フェニレンジアミン（略称：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）、Ｎ，Ｎ’－ビス｛４－［ビス（３－メチルフェニル）アミノ］フェニル｝－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－（１，１’－ビフェニル）－４，４’－ジアミン（略称：ＤＮＴＰＤ）、１，３，５－トリス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］ベンゼン（略称：ＤＰＡ３Ｂ）等を挙げることができる。

［０２６７］

また、カルバゾール誘導体としては、具体的には、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）、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）等を挙げることができる。

［０２６８］

また、カルバゾール誘導体としては、他に、４，４’－ジ（Ｎ－カルバゾリル）ビフェニル（略称：ＣＢＰ）、１，３，５－トリス［４－（Ｎ－カルバゾリル）フェニル］ベンゼン（略称：ＴＣＰＢ）、９－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣｚＰＡ）、１，４－ビス［４－（Ｎ－カルバゾリル）フェニル］－２，３，５，６－テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。

［０２６９］

また、芳香族炭化水素としては、例えば、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン、９，１０－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：ＤＰＰＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ビス（４－フェニルフェニル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＢＡ）、９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＮＡ）、９，１０－ジフェニルアントラセン（略称：ＤＰＡｎｔｈ）、２－ｔｅｒｔ－ブチルアントラセン（略称：ｔ－ＢｕＡｎｔｈ）、９，１０－ビス（４－メチル－１－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＭＮＡ）、２－ｔ

ｅｒｔ－ブチル－９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］アントラセン、９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］アントラセン、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン、９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ジフェニル－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス（２－フェニルフェニル）－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス［（２，３，４，５，６－ペンタフェニル）フェニル］－９，９’－ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、２，５，８，１１－テトラ（ｔｅｒｔ－ブチル）ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、１×１０$^{-6}$ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の正孔移動度を有し、炭素数１４乃至炭素数４２である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

［０２７０］

なお、芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、４，４’－ビス（２，２－ジフェニルビニル）ビフェニル（略称：ＤＰＶＢｉ）、９，１０－ビス［４－（２，２－ジフェニルビニル）フェニル］アントラセン（略称：ＤＰＶＰＡ）等が挙げられる。

［０２７１］

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

［０２７２］

また、正孔輸送性の高い材料としては、例えば、４，４’－ビス［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＮＰＢまたはα－ＮＰＤ）やＮ，Ｎ’－ビス（３－メチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－［１，１’－ビフェニル］－４，４’－ジアミン（略称：ＴＰＤ）、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）、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：ＭＴＤＡＴＡ）、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：ＢＰＡＦＬＰ）、４－フェニル－３’－（９－フェニルフルオレン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ｍＢＰＡＦＬＰ）、Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－Ｎ－｛９，９－ジメチル－２－［Ｎ’－フェニル－Ｎ’－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）アミノ］－９Ｈ－フルオレン－７－イル｝フェニルアミン（略称：ＤＦＬＡＤＦＬ）、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）、４－フェニル－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡ１ＢＰ）、４，４’－ジフェニ

ル－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＢｉ１ＢＰ）、４－（１－ナフチル）－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡＮＢ）、４，４’－ジ（１－ナフチル）－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＮＢＢ）、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）、Ｎ－（４－ビフェニル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：ＰＣＢｉＦ）、Ｎ－（１，１’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］－９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＢｉＦ）、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）、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）、２，７－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］－スピロ－９，９’－ビフルオレン（略称：ＤＰＡ２ＳＦ）、Ｎ－［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）などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。また、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）、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）、３，３’－ビス（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール）（略称：ＰＣＣＰ）、１，３－ビス（Ｎ－カルバゾリル）ベンゼン（略称：ｍＣＰ）、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）、４－｛３－［３－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］フェニル｝ジベンゾフラン（略称：ｍｍＤＢＦＦＬＢｉ－ＩＩ）、４，４’，４’’－（ベンゼン－１，３，５－トリイル）トリ（ジベンゾフラン）（略称：ＤＢＦ３Ｐ－ＩＩ）、１，３，５－トリ（ジベンゾチオフェン－４－イル）－ベンゼン（略称：ＤＢＴ３Ｐ－ＩＩ）、２，８－ジフェニル－４－［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ジベンゾチオフェン（略称：ＤＢＴＦＬＰ－ＩＩＩ）、４－［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］－６－フェニルジベンゾチオフェン（略称：ＤＢＴＦＬＰ－ＩＶ）、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－ＩＩ）等のアミン化合物、カルバゾール化合物、チオフェン化合物、フラン化合物、フルオレン化合物、トリフェニレン化合物、フェナントレン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に1×10^{-6}ｃｍ^2／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外の物質を用いてもよい。

［０２７３］

電子輸送性材料としては、正孔よりも電子の輸送性の高い材料を用いることができ、1×10^{-6}

ｃｍ^2／Ｖｓ以上の電子移動度を有する材料であることが好ましい。電子を受け取りやすい材料（電子輸送性を有する材料）としては、含窒素複素芳香族化合物のようなπ電子不足型複素芳香族化合物や金属錯体などを用いることができる。具体的には、キノリン配位子、ベンゾキノリン配位子、オキサゾール配位子、あるいはチアゾール配位子を有する金属錯体、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体などが挙げられる。

［０２７４］

例えば、トリス（８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：Ａｌｑ）、トリス（４－メチル－８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：Ａｌｍｑ$_3$）、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ［ｈ］キノリナト）ベリリウム（ＩＩ）（略称：ＢｅＢｑ$_2$）、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）など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等が挙げられる。また、この他ビス［２－（２－ベンゾオキサゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＰＢＯ）、ビス［２－（２－ベンゾチアゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＢＴＺ）などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、２－（４－ビフェニリル）－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（略称：ＰＢＤ）や、１，３－ビス［５－（ｐ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル］ベンゼン（略称：ＯＸＤ－７）、９－［４－（５－フェニル－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣＯ１１）、３－（４－ビフェニリル）－４－フェニル－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ＴＡＺ）、２，２’，２’’－（１，３，５－ベンゼントリイル）トリス（１－フェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾール）（略称：ＴＰＢＩ）、２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］－１－フェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾール（略称：ｍＤＢＴＢＩｍ－ＩＩ）、バソフェナントロリン（略称：ＢＰｈｅｎ）、２，９－ビス（ナフタレン－２－イル）－４，７－ジフェニル－１，１０－フェナントロリン（略称：ＮＢＰｈｅｎ）、バソキュプロイン（略称：ＢＣＰ）などの複素環化合物や、２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ）、２－［３’－（ジベンゾチオフェン－４－イル）ビフェニル－３－イル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－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）、４，６－ビス［３－（フェナントレン－９－イル）フェニル］ピリミジン（略称：４，６ｍＰｎＰ２Ｐｍ）、４，６－ビス［３－（４－ジベンゾチエニル）フェニル］ピリミジン（略称：４，６ｍＤＢＴＰ２Ｐｍ－ＩＩ）、４，６－ビス［３－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］ピリミジン（略称：４，６ｍＣｚＰ２Ｐｍ）などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、２－｛４－［３－（Ｎ－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）－９Ｈ－カルバゾール－９－イル］フェニル｝－４，６－ジフェニル－

１，３，５－トリアジン（略称：ＰＣＣｚＰＴｚｎ）などのトリアジン骨格を有する複素環化合物や、３，５－ビス［３－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］ピリジン（略称：３５ＤＣｚＰＰｙ）、１，３，５－トリ［３－（３－ピリジル）フェニル］ベンゼン（略称：ＴｍＰｙＰＢ）などのピリジン骨格を有する複素環化合物、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）などの複素芳香族化合物も用いることができる。また、ポリ（２，５－ピリジンジイル）（略称：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用いることもできる。ここに述べた物質は、主に１×１０$^{-6}$ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

［０２７５］

化合物１３３または化合物１３４としては、化合物１３１と励起錯体を形成できる材料が好ましい。具体的には、上記で示した正孔輸送性材料および電子輸送性材料を用いることができる。この場合、化合物１３１と化合物１３３または化合物１３１と化合物１３４とで形成される励起錯体の発光ピークが、化合物１３２（蛍光性材料）の最も長波長（低エネルギー側）の吸収帯と重なるように化合物１３１と化合物１３３または化合物１３１と化合物１３４、および化合物１３２（蛍光性材料）を選択することが好ましい。これにより、発光効率が飛躍的に向上した発光デバイスとすることができる。

［０２７６］

また、化合物１３３としては、燐光性材料を用いることができる。燐光性材料としては、イリジウム、ロジウム、または白金系の有機金属錯体、あるいは金属錯体が挙げられる。また、ポルフィリン配位子を有する白金錯体や有機イリジウム錯体が挙げられ、中でも例えば、イリジウム系オルトメタル錯体等の有機イリジウム錯体が好ましい。オルトメタル化する配位子としては４Ｈ－トリアゾール配位子、１Ｈ－トリアゾール配位子、イミダゾール配位子、ピリジン配位子、ピリミジン配位子、ピラジン配位子、あるいはイソキノリン配位子などが挙げられる。この場合、化合物１３３（燐光性材料）は三重項ＭＬＣＴ（Ｍｅｔａｌ　ｔｏ　Ｌｉｇａｎｄ　Ｃｈａｒｇｅ　Ｔｒａｎｓｆｅｒ）遷移の吸収帯を有する。また化合物１３３の発光ピークが、化合物１３２（蛍光性材料）の最も長波長（低エネルギー側）の吸収帯と重なるよう化合物１３３、および化合物１３２（蛍光性材料）を選択することが好ましい。これにより、発光効率が飛躍的に向上した発光デバイスとすることができる。また、化合物１３３が燐光性材料の場合であっても、化合物１３１と励起錯体を形成して構わない。励起錯体を形成する場合、燐光性化合物は常温で発光する必要はなく、励起錯体を形成した際に常温で発光できればよい。この場合、例えば、Ｉｒ（ｐｐｚ）$_{3}$などを燐光性化合物として用いることができる。

［０２７７］

青色または緑色に発光ピークを有する物質としては、例えば、トリス｛２－［５－（２－メチルフェニル）－４－（２，６－ジメチルフェニル）－４Ｈ－１，２，４－トリアゾール－３－イル－κＮ^{2}］フェニル－κＣ｝イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｔｚ－ｄｍｐ）$_{3}$）、トリス（５－メチル－３，４－ジフェニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾラト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｍｐｔｚ）$_{3}$）、トリス［４－（３－ビフェニル）－５－イソプロピル－３－フェ

ニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾラト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｉＰｒｐｔｚ－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（ｉＰｒ５ｂｔｚ）$_3$）、のような４Ｈ－トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス［３－メチル－１－（２－メチルフェニル）－５－フェニル－１Ｈ－１，２，４－トリアゾラト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｍｐｔｚ１－ｍｐ）$_3$）、トリス（１－メチル－５－フェニル－３－プロピル－１Ｈ－１，２，４－トリアゾラト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｐｒｐｔｚ１－Ｍｅ）$_3$）のような１Ｈ－トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ｆａｃ－トリス［１－（２，６－ジイソプロピルフェニル）－２－フェニル－１Ｈ－イミダゾール］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｉＰｒｐｍｉ）$_3$）、トリス［３－（２，６－ジメチルフェニル）－７－メチルイミダゾ［１，２－ｆ］フェナントリジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｍｐｉｍｐｔ－Ｍｅ）$_3$）のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$］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，Ｃ$^{2'}$］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，Ｃ$^{2'}$｝イリジウム（ＩＩＩ）ピコリナート（略称：Ｉｒ（ＣＦ$_3$ｐｐｙ）$_2$（ｐｉｃ））、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：ＦＩｒ（ａｃａｃ））のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。上述した中でも、４Ｈ－トリアゾール骨格、１Ｈ－トリアゾール骨格およびイミダゾール骨格のような含窒素五員複素環骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、高い三重項励起エネルギーを有し、信頼性や発光効率にも優れるため、特に好ましい。

［０２７８］

また、緑色または黄色に発光ピークを有する物質としては、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（ｍｐｐｍ）$_3$）、トリス（４－ｔ－ブチル－６－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_3$）、（アセチルアセトナト）ビス（６－メチル－４－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（６－ｔｅｒｔ－ブチル－４－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス［４－（２－ノルボルニル）－６－フェニルピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｎｂｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス［５－メチル－６－（２－メチルフェニル）－４－フェニルピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｍｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス｛４，６－ジメチル－２－［６－（２，６－ジメチルフェニル）－４－ピリミジニル－κＮ^3］フェニル－κＣ｝イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｍｐｐｍ－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（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、（アセチルアセトナト）ビス（３，５－ジメチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｒ－Ｍｅ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（５－イソプロピル－３－メチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｒ－ｉＰｒ）$_2$（ａｃａ

ｃ））のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス（２－フェニルピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｐｙ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｂｚｑ）$_2$（ａｃａｃ））、トリス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｂｚｑ）$_3$）、トリス（２－フェニルキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｑ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｂｔ）$_2$（ａｃａｃ））など有機金属イリジウム錯体の他、トリス（アセチルアセトナト）（モノフェナントロリン）テルビウム（ＩＩＩ）（略称：Ｔｂ（ａｃａｃ）$_3$（Ｐｈｅｎ））のような希土類金属錯体が挙げられる。上述した中でも、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

［０２７９］

また、黄色または赤色に発光ピークを有する物質としては、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（５ｍｄｐｐｍ）$_2$（ｄｉｂｍ））、ビス［４，６－ビス（３－メチルフェニル）ピリミジナト］（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（５ｍｄｐｐｍ）$_2$（ｄｐｍ））、ビス［４，６－ジ（ナフタレン－１－イル）ピリミジナト］（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄ１ｎｐｍ）$_2$（ｄｐｍ））のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、（アセチルアセトナト）ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ｄｐｍ））、（アセチルアセトナト）ビス［２，３－ビス（４－フルオロフェニル）キノキサリナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｆｄｐｑ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス（１－フェニルイソキノリナト－Ｎ，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）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｉｑ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、２，３，７，８，１２，１３，１７，１８－オクタエチル－２１Ｈ，２３Ｈ－ポルフィリン白金（ＩＩ）（略称：ＰｔＯＥＰ）のような白金錯体や、トリス（１，３－ジフェニル－１，３－プロパンジオナト）（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：Ｅｕ（ＤＢＭ）$_3$（Ｐｈｅｎ））、トリス［１－（２－テノイル）－３，３，３－トリフルオロアセトナト］（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：Ｅｕ（ＴＴＡ）$_3$（Ｐｈｅｎ））のような希土類金属錯体が挙げられる。上述した中でも、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られる。

［０２８０］

また、上述のエネルギードナーとして用いることができる材料としては、金属ハロゲン化物ペロブスカイト類を挙げることができる。該金属ペロブスカイト類は下記一般式（ｇ１）乃至（ｇ３）のいずれかで表すことができる。

［０２８１］

（ＳＡ）MX_3：（ｇ１）

（ＬＡ）$_2$（ＳＡ）$_{n-1}M_nX_{3n+1}$：（ｇ２）

（ＰＡ）（ＳＡ）$_{n-1}M_nX3_{n+1}$：（ｇ３）

［０２８２］

上記一般式においてＭは２価の金属イオンを表し、Ｘはハロゲンイオンを表す。

［０２８３］

２価の金属イオンとしては具体的には、鉛、スズなどの２価の陽イオンが用いられている

［０２８４］

ハロゲンイオンとしては、具体的には、塩素、臭素、ヨウ素、フッ素などのアニオンが用いられる。

［０２８５］

また、ｎは１乃至１０の整数を表しているが、一般式（ｇ２）または一般式（ｇ３）において、ｎが１０よりも大きい場合、その性質は一般式（ｇ１）で表される金属ハロゲン化物ペロブスカイト類に近いものとなる。

［０２８６］

また、ＬＡは$R^{30}-NH_3^+$で表されるアンモニウムイオンを表す。

［０２８７］

一般式$R^{30}-NH_3^+$で表されるアンモニウムイオンにおいて、R^{30}は炭素数２乃至２０のアルキル基、アリール基及びヘテロアリール基のいずれか１又は炭素数２乃至２０のアルキル基、アリール基またはヘテロアリール基と、炭素数１乃至１２のアルキレン基、ビニレン基、炭素数６乃至１３のアリーレン基及びヘテロアリーレン基の組み合わせからなる基であり、後者の場合はアルキレン基、アリーレン基及びヘテロアリーレン基は複数連なっていても良く、同じ種類の基が複数個用いられても良い。なお、上記アルキレン基、ビニレン基、アリーレン基及びヘテロアリーレン基が複数連なっている場合、アルキレン基、ビニレン基、アリーレン基及びヘテロアリーレン基の総数は３５以下であることが好ましい。

［０２８８］

また、ＳＡは一価の金属イオンまたは$R^{31}-NH_3^+$で表され、R^{31}が炭素数１乃至６のアルキル基であるアンモニウムイオンを表す。

［０２８９］

また、ＰＡは、$NH_3^+-R^{32}-NH_3^+$若しくは$NH_3^+-R^{33}-R^{34}-R^{35}-NH_3^+$、またはアンモニウムカチオンを有する分岐ポリエチレンイミンの一部または全部を表し、当該部分の価数は＋２である。なお、一般式中の電荷はほぼつりあっている。

［０２９０］

ここで、金属ハロゲン化物ペロブスカイト類の電荷は、上記式により材料中すべての部分において厳密に釣り合っているものではなく、材料全体の中性が概ね保たれていれば良い。材料中には局所的に遊離のアンモニウムイオンや遊離のハロゲンイオン、不純物イオンなどその他のイオンなどが

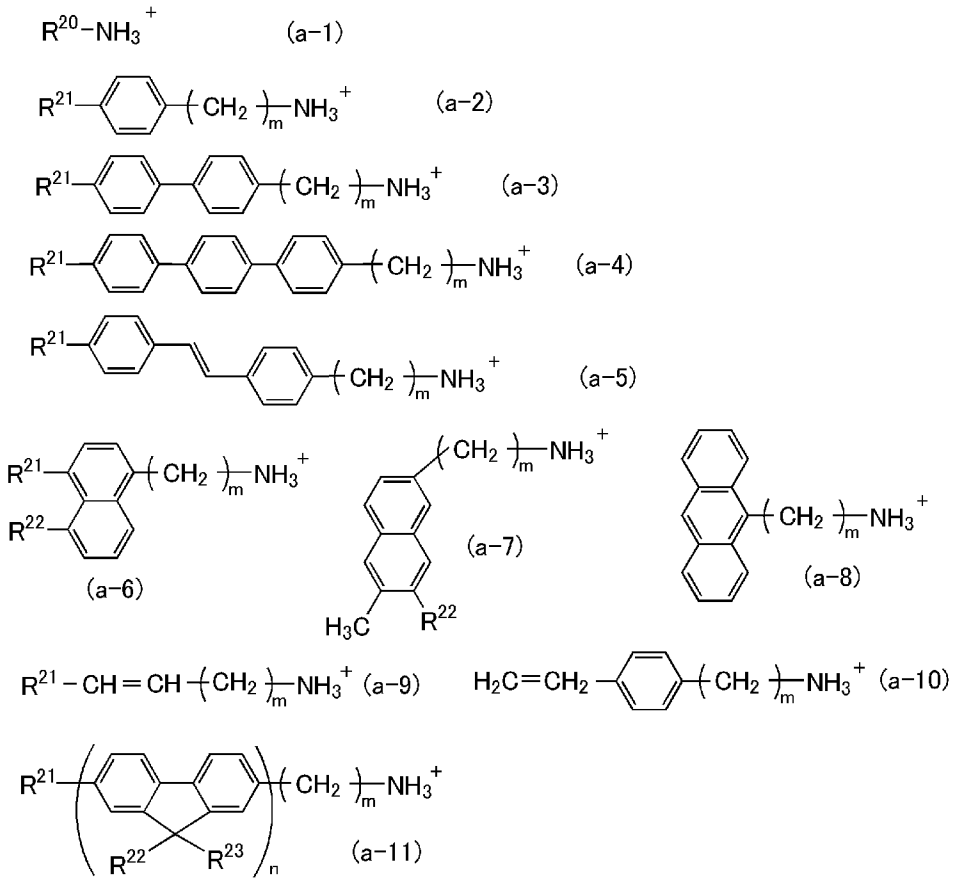
存在する場合があり、それらが電荷を中和している場合がある。また、粒子や膜の表面、結晶のグレイン境界などでも局所的に中性が保たれていない場合があり、必ずしもすべての場所において、中性が保たれていなくとも良い。

［０２９１］

なお、上記式（ｇ２）における（ＬＡ）には例えば、下記一般式（ａ－１）乃至（ａ－１１）、一般式（ｂ－１）乃至（ｂ－６）で表される物質などを用いることができる。

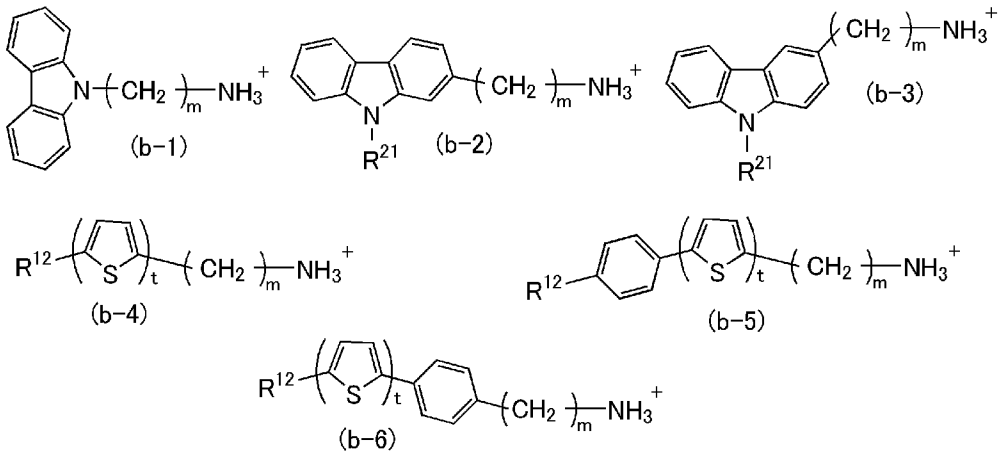
［０２９２］

［化３０］



［０２９３］

［化３１］

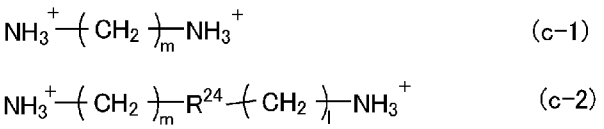


［０２９４］

また、上記一般式（ｇ３）における（ＰＡ）は、代表的には下記一般式（ｃ－１）、（ｃ－２）及び（ｄ）のいずれかで表される物質およびアンモニウムカチオンを有する分岐ポリエチレンイミンなどの一部分、または全部を表しており、＋２価の電荷を有している。これらポリマーは、複数の単位格子にわたって電荷を中和している場合があり、また、異なる二つのポリマー分子が有する電荷一つずつによって一つの単位格子の電荷が中和されている場合もある。

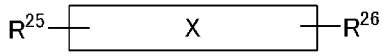
［０２９５］

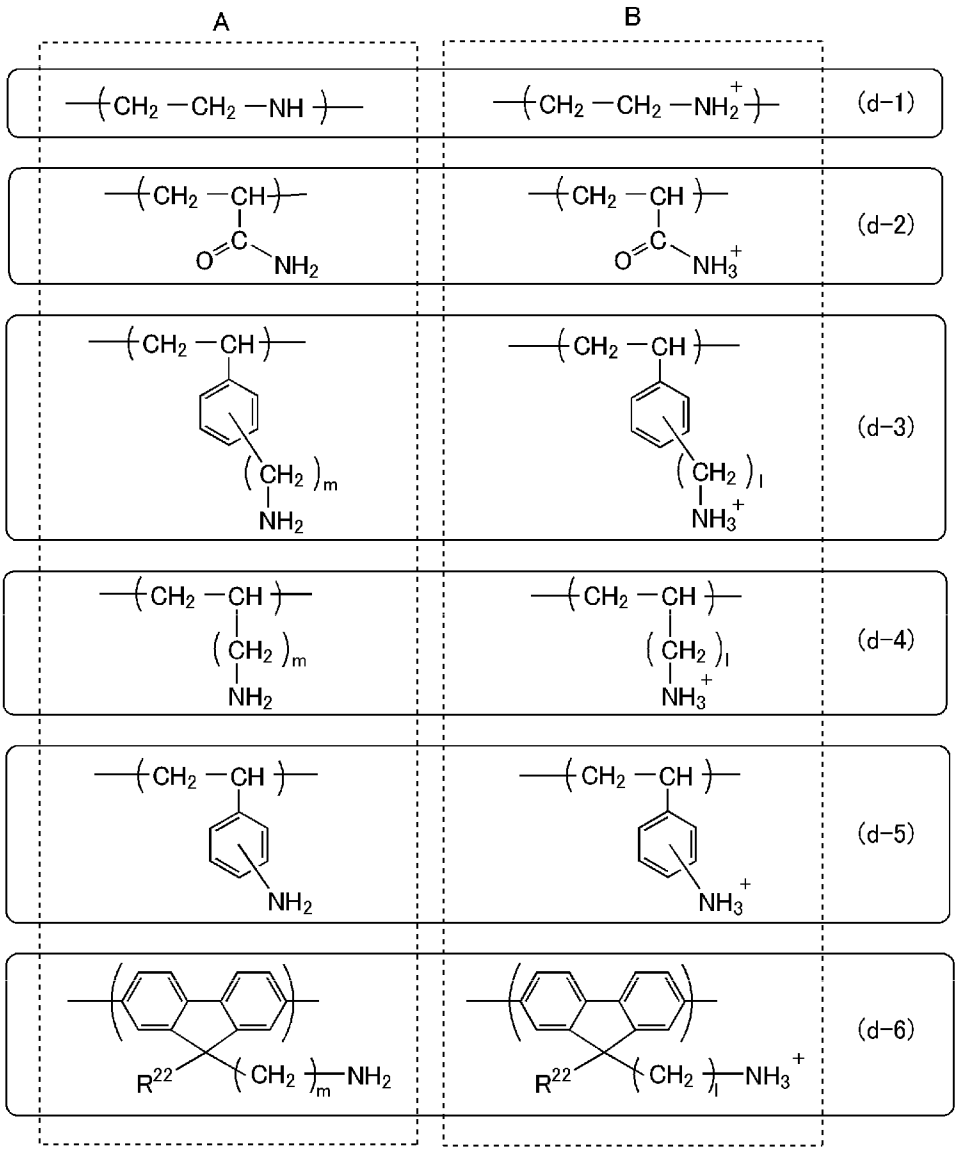
［化３２］



［０２９６］

［化３３］



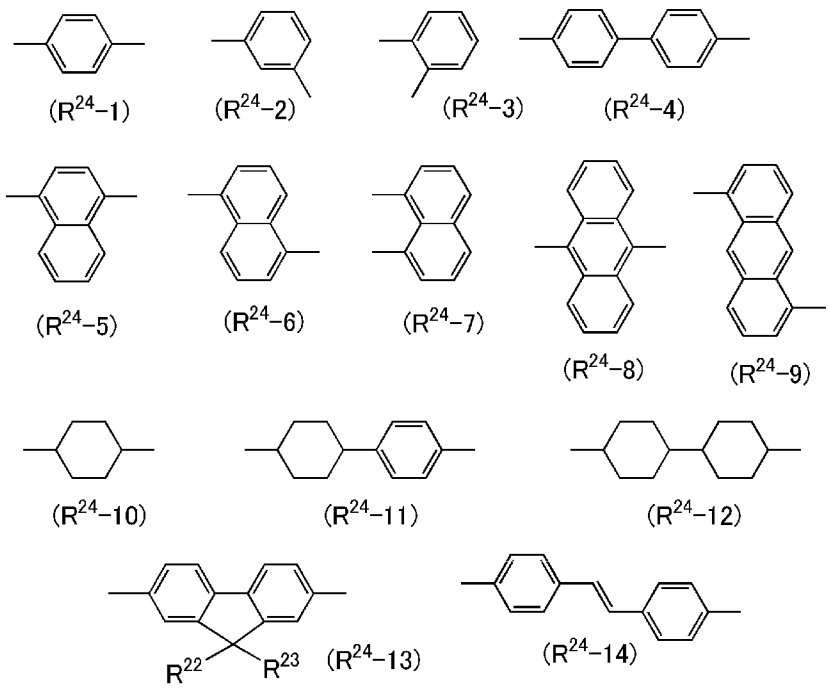


［０２９７］

但し、上記一般式においてＲ２０は炭素数２乃至１８のアルキル基を表し、Ｒ２１、Ｒ２２およびＲ２３は水素または炭素数１乃至１８のアルキル基を表し、Ｒ２４は下記構造式および一般式（Ｒ２４－１）乃至（Ｒ２４－１４）を表す。また、Ｒ２５およびＲ２６はそれぞれ独立に水素または炭素数１乃至６のアルキル基を表す。また、Ｘは上記（ｄ－１）乃至（ｄ－６）のいずれかの組で表されるモノマーユニットＡおよびＢの組み合わせを有し、Ａがｕ個、Ｂがｖ個含まれている構造を表している。なお、ＡおよびＢの並び順は限定されない。また、ｍおよびｌはそれぞれ独立に０乃至１２の整数であり、ｔは１乃至１８の整数である。また、ｕは０乃至１７の整数、ｖは１乃至１８の整数であり、ｕ＋ｖは１乃至１８の整数である。

［０２９８］

［化３４］



［０２９９］

なお、これらは例示であり、（ＬＡ）、（ＰＡ）として用いることができる物質はこれらに限られることはない。

［０３００］

一般式（ｇ１）で表される（ＳＡ）MX_3の組成を有する３次元構造の金属ハロゲン化物ペロブスカイト類では、中心に金属原子Ｍを置き６個の頂点にハロゲン原子を配置した正八面体構造が各頂点のハロゲン原子を共有して３次元に配列することで骨格を形成している。この各頂点にハロゲン原子を有する正八面体の構造ユニットをペロブスカイトユニットと呼ぶことにする。このペロブスカイトユニットが孤立して存在するゼロ次元構造体、頂点のハロゲン原子を介して１次元的に連結した線状構造体、２次元的に連結したシート状構造体、３次元的に連結した構造体があり、更にペロブスカイトユニットが２次元的に連結したシート状構造体が複数層積層して形成される複雑な２次元構造体もある。更により複雑な構造体もある。これらのペロブスカイトユニットを有するすべての構造体の総称として、金属ハロゲン化物ペロブスカイト類と定義して用いる。

［０３０１］

なお、発光層１３０は２層以上の複数層でもって構成することもできる。例えば、第１の発光層と第２の発光層を正孔輸送層側から順に積層して発光層１３０とする場合、第１の発光層のホスト材料として正孔輸送性を有する物質を用い、第２の発光層のホスト材料として電子輸送性を有する物質を用いる構成などがある。

［０３０２］

また、発光層１３０において、化合物１３１、化合物１３２、化合物１３３及び化合物１３４以外の材料（化合物１３７）を有していても良い。その場合、化合物１３１及び化合物１３３（または化合物１３４）が効率よく励起錯体を形成するためには、化合物１３１及び化合物１３３（または化合物１３４）のうち一方のＨＯＭＯ準位が発光層１３０中の材料のうち最も高いＨＯＭＯ準位

を有し、他方のＬＵＭＯ準位が発光層１３０中の材料うち最も低いＬＵＭＯ準位を有すると好ましい。そのようなエネルギー準位の相関とすることで、化合物１３１と化合物１３７とで励起錯体を形成する反応を抑制することができる。

［０３０３］

例えば、化合物１３１が正孔輸送性を有し、化合物１３３（または化合物１３４）が電子輸送性を有する場合、化合物１３１のＨＯＭＯ準位が化合物１３３のＨＯＭＯ準位および化合物１３７のＨＯＭＯ準位より高いことが好ましく、化合物１３３のＬＵＭＯ準位が化合物１３１のＬＵＭＯ準位および化合物１３７のＬＵＭＯ準位より低いことが好ましい。この場合、化合物１３７のＬＵＭＯ準位は、化合物１３１のＬＵＭＯ準位より高くても低くてもよい。また、化合物１３７のＨＯＭＯ準位は、化合物１３３のＨＯＭＯ準位より高くても低くてもよい。

［０３０４］

発光層１３０に用いることが可能な材料（化合物１３７）としては、特に限定はないが、例えば、トリス（８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：Ａｌｑ）、トリス（４－メチル－８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：$Ａｌｍｑ_{3}$）、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ［ｈ］キノリナト）ベリリウム（ＩＩ）（略称：$ＢｅＢｑ_{2}$）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）（４－フェニルフェノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：ＢＡｌｑ）、ビス（８－キノリノラト）亜鉛（ＩＩ）（略称：Ｚｎｑ）、ビス［２－（２－ベンゾオキサゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＰＢＯ）、ビス［２－（２－ベンゾチアゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＢＴＺ）などの金属錯体、２－（４－ビフェニリル）－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（略称：ＰＢＤ）、１，３－ビス［５－（ｐ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル］ベンゼン（略称：ＯＸＤ－７）、３－（４－ビフェニリル）－４－フェニル－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ＴＡＺ）、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）、バソフェナントロリン（略称：ＢＰｈｅｎ）、バソキュプロイン（略称：ＢＣＰ）、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）などの複素環化合物、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－［１，１’－ビフェニル］－４，４’－ジアミン（略称：ＴＰＤ）、４，４’－ビス［Ｎ－（スピロ－９，９’－ビフルオレン－２－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＢＳＰＢ）などの芳香族アミン化合物が挙げられる。また、アントラセン誘導体、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、具体的には、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：ＤＰｈＰＡ）、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）、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）、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－ジフェニル－Ｎ－

（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）－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－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣｚＰＡ）、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）、９，１０－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：ＤＰＰＡ）、９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＮＡ）、９，９’－ビアントリル（略称：ＢＡＮＴ）、９，９’－（スチルベン－３，３’－ジイル）ジフェナントレン（略称：ＤＰＮＳ）、９，９’－（スチルベン－４，４’－ジイル）ジフェナントレン（略称：ＤＰＮＳ２）、１，３，５－トリ（１－ピレニル）ベンゼン（略称：ＴＰＢ３）などを挙げることができる。また、これら及び公知の物質の中から、上記化合物１３１及び化合物１３２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。

［０３０５］

≪発光層１７０≫

発光層１７０は、紫色、青色、青緑色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、または赤色の少なくとも一つの発光を呈する機能を有する発光材料を有する。また、発光層１７０は、発光材料に加えて、ホスト材料として電子輸送性材料または正孔輸送性材料の一方または双方を含んで構成される。

［０３０６］

また、発光材料としては、一重項励起エネルギーを発光に変換できる発光性物質や三重項励起エネルギーを発光に変換できる発光性物質を用いることができる。なお、上記発光性物質としては、以下のようなものが挙げられる。

［０３０７］

一重項励起エネルギーを発光に変換できる発光性物質としては、蛍光を発する物質（蛍光性化合物）が挙げられる。蛍光性化合物としては、特に限定はないが、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体、クリセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体、スチルベン誘導体、アクリドン誘導体、クマリン誘導体、フェノキサジン誘導体、フェノチアジン誘導体などが好ましく、例えば以下の物質を用いることができる。

［０３０８］

具体的には、５，６－ビス［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－２，２’－ビピリジン（略称：ＰＡＰ２ＢＰｙ）、５，６－ビス［４’－（１０－フェニル－９－アントリル）ビフェニル－４－イル］－２，２’－ビピリジン（略称：ＰＡＰＰ２ＢＰｙ）、Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－Ｎ，Ｎ’－ビス［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ＦＬＰＡＰｒｎ）、Ｎ，Ｎ’－ビス（３－メチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ビス［３－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ｍＭｅｍＦＬＰＡＰｒｎ）、Ｎ，Ｎ’－ビス［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］－Ｎ，Ｎ’－ビス（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）ピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ｔＢｕ－ＦＬＰＡＰｒｎ）、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］－３，８－ジシクロヘキシ

ルピレン－１，６－ジアミン（略称：ｃｈ－１，６ＦＬＰＡＰｒｎ）、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）、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）、ペリレン、２，５，８，１１－テトラ（ｔｅｒｔ－ブチル）ペリレン（略称：ＴＢＰ）、４－（１０－フェニル－９－アントリル）－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡＰＡ）、Ｎ，Ｎ’’－（２－ｔｅｒｔ－ブチルアントラセン－９，１０－ジイルジ－４，１－フェニレン）ビス［Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－トリフェニル－１，４－フェニレンジアミン］（略称：ＤＰＡＢＰＡ）、Ｎ，９－ジフェニル－Ｎ－［４－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：２ＰＣＡＰＰＡ）、Ｎ－［４－（９，１０－ジフェニル－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）、Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’，Ｎ’’，Ｎ’’，Ｎ’’’，Ｎ’’’－オクタフェニルジベンゾ［ｇ，ｐ］クリセン－２，７，１０，１５－テトラアミン（略称：ＤＢＣ１）、クマリン３０、Ｎ－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）－Ｎ，９－ジフェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：２ＰＣＡＰＡ）、Ｎ－［９，１０－ビス（１，１’－ビフェニル－２－イル）－２－アントリル］－Ｎ，９－ジフェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：２ＰＣＡＢＰｈＡ）、Ｎ－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）－Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－トリフェニル－１，４－フェニレンジアミン（略称：２ＤＰＡＰＡ）、Ｎ－［９，１０－ビス（１，１’－ビフェニル－２－イル）－２－アントリル］－Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－トリフェニル－１，４－フェニレンジアミン（略称：２ＤＰＡＢＰｈＡ）、９，１０－ビス（１，１’－ビフェニル－２－イル）－Ｎ－［４－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］－Ｎ－フェニルアントラセン－２－アミン（略称：２ＹＧＡＢＰｈＡ）、Ｎ，Ｎ，９－トリフェニルアントラセン－９－アミン（略称：ＤＰｈＡＰｈＡ）、クマリン６、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、２，８－ジ－ｔｅｒｔ－ブチル－５，１１－ビス（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－６，１２－ジフェニルテトラセン（略称：ＴＢＲｂ）、ナイルレッド、５，１２－ビス（１，１’－ビフェニル－４－イル）－６，１１－ジフェニルテトラセン（略称：ＢＰＴ）、２－（２－｛２－［４－（ジメチルアミノ）フェニル］エテニル｝－６－メチル－４Ｈ－ピラン－４－イリデン）プロパンジニトリル（略称：ＤＣＭ１）、２－｛２－メチル－６－［２－（２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プロパンジニトリル（略称：ＤＣＭ２）、Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－テトラキス（４－メチルフェニル）テトラセン－５，１１－ジアミン（略称：ｐ－ｍＰｈＴＤ）、７，１４－ジフェニル－Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－テトラキス（４－メチルフェニル）アセナフト［１，２－ａ］フルオランテン－３，１０－ジアミン（略称：ｐ－ｍＰｈＡＦＤ）、２－｛２－イソプロピル－６－［２－（１，１，７，７－テトラメチル－２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プロパンジニトリル（略称：ＤＣＪＴＩ）、２－｛２－ｔｅｒｔ

ーブチル－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）、５，１０，１５，２０－テトラフェニルビスベンゾ［５，６］インデノ［１，２，３－ｃｄ：１’，２’，３’－ｌｍ］ペリレン（略称：ＤＢＰ）、などが挙げられる。

［０３０９］

また、三重項励起エネルギーを発光に変換できる発光性物質としては、例えば燐光性化合物が挙げられる。

［０３１０］

青色または緑色に発光ピークを有する物質としては、例えば、トリス｛２－［５－（２－メチルフェニル）－４－（２，６－ジメチルフェニル）－４Ｈ－１，２，４－トリアゾール－３－イル－κＮ^{2}］フェニル－κＣ｝イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｔｚ－ｄｍｐ）$_{3}$）、トリス（５－メチル－３，４－ジフェニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾラト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｍｐｔｚ）$_{3}$）、トリス［４－（３－ビフェニル）－５－イソプロピル－３－フェニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾラト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｉＰｒｐｔｚ－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（ｉＰｒ５ｂｔｚ）$_{3}$）、のような４Ｈ－トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス［３－メチル－１－（２－メチルフェニル）－５－フェニル－１Ｈ－１，２，４－トリアゾラト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｍｐｔｚ１－ｍｐ）$_{3}$）、トリス（１－メチル－５－フェニル－３－プロピル－１Ｈ－１，２，４－トリアゾラト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｐｒｐｔｚ１－Ｍｅ）$_{3}$）のような１Ｈ－トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ｆａｃ－トリス［１－（２，６－ジイソプロピルフェニル）－２－フェニル－１Ｈ－イミダゾール］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｉＰｒｐｍｉ）$_{3}$）、トリス［３－（２，６－ジメチルフェニル）－７－メチルイミダゾ［１，２－ｆ］フェナントリジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｍｐｉｍｐｔ－Ｍｅ）$_{3}$）のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2’}$］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，Ｃ$^{2’}$］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，Ｃ$^{2’}$｝イリジウム（ＩＩＩ）ピコリナート（略称：Ｉｒ（ＣＦ$_{3}$ｐｐｙ）$_{2}$（ｐｉｃ））、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2’}$］イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：ＦＩｒ（ａｃａｃ））のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。上述した中でも、４Ｈ－トリアゾール骨格、１Ｈ－トリアゾール骨格およびイミダゾール骨格のような含窒素五員複素環骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、高い三重項励起エネルギーを有し、信頼性や発光効率にも優れるため、特に好ましい。

［０３１１］

また、緑色または黄色に発光ピークを有する物質としては、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（ｍｐｐｍ）$_3$）、トリス（４－ｔ－ブチル－６－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_3$）、（アセチルアセトナト）ビス（６－メチル－４－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（６－ｔｅｒｔ－ブチル－４－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス［４－（２－ノルボルニル）－６－フェニルピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｎｂｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス［５－メチル－６－（２－メチルフェニル）－４－フェニルピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｍｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス｛４，６－ジメチル－２－［６－（２，６－ジメチルフェニル）－４－ピリミジニル－κＮ３］フェニル－κＣ｝イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｍｐｐｍ－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（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、（アセチルアセトナト）ビス（３，５－ジメチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｒ－Ｍｅ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（５－イソプロピル－３－メチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｒ－ｉＰｒ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス（２－フェニルピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｐｙ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｂｚｑ）$_2$（ａｃａｃ））、トリス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｂｚｑ）$_3$）、トリス（２－フェニルキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｑ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（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（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｂｔ）$_2$（ａｃａｃ））など有機金属イリジウム錯体の他、トリス（アセチルアセトナト）（モノフェナントロリン）テルビウム（ＩＩＩ）（略称：Ｔｂ（ａｃａｃ）$_3$（Ｐｈｅｎ））のような希土類金属錯体が挙げられる。上述した中でも、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

［０３１２］

また、黄色または赤色に発光ピークを有する物質としては、（ジイソブチリルメタナト）ビス［４，６－ビス（３－メチルフェニル）ピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（５ｍｄｐｐｍ）$_2$（ｄｉｂｍ））、ビス［４，６－ビス（３－メチルフェニル）ピリミジナト］（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（５ｍｄｐｐｍ）$_2$（ｄｐｍ））、

ビス［４，６－ジ（ナフタレン－１－イル）ピリミジナト］（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄ１ｎｐｍ）$_2$（ｄｐｍ））のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、（アセチルアセトナト）ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ｄｐｍ））、（アセチルアセトナト）ビス［２，３－ビス（４－フルオロフェニル）キノキサリナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｆｄｐｑ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス（１－フェニルイソキノリナト－Ｎ，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）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｉｑ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、２，３，７，８，１２，１３，１７，１８－オクタエチル－２１Ｈ，２３Ｈ－ポルフィリン白金（ＩＩ）（略称：ＰｔＯＥＰ）のような白金錯体や、トリス（１，３－ジフェニル－１，３－プロパンジオナト）（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：Ｅｕ（ＤＢＭ）$_3$（Ｐｈｅｎ））、トリス［１－（２－テノイル）－３，３，３－トリフルオロアセトナト］（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：Ｅｕ（ＴＴＡ）$_3$（Ｐｈｅｎ））のような希土類金属錯体が挙げられる。上述した中でも、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られる。

［０３１３］

なお、三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料としては、燐光性化合物の他に、ＴＡＤＦ材料が挙げられる。

［０３１４］

また、一種の材料から構成される熱活性化遅延蛍光性化合物としては、π 電子過剰型複素芳香族骨格及び π 電子不足型複素芳香族骨格を有する複素環化合物も用いることができる。具体的には、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）等が挙げられる。該複素環化合物は、π 電子過剰型複素芳香族骨格及び π 電子不足型複素芳香族骨格を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が高く、好ましい。中でも、π 電子不足型複素芳香族骨格のうち、ジアジン骨格（ピリミジン骨格、ピラジン骨格、ピリダジン骨格）、またはトリアジン骨格は、安定で信頼性が良好なため、好ましい。また、π 電子過剰型複素芳香族骨格の中でも、アクリジン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチアジン骨格、フラン骨格、チオフェン骨格、及びピロール骨格は、安定で信頼性が良好な

ため、当該骨格の中から選ばれるいずれか一つまたは複数を有することが、好ましい。なお、ピロール骨格としては、インドール骨格、カルバゾール骨格、及び９－フェニル－３，３’－ビ－９Ｈ－カルバゾール骨格、が特に好ましい。なお、π電子過剰型複素芳香族骨格とπ電子不足型複素芳香族骨格とが直接結合した物質は、π電子過剰型複素芳香族骨格のドナー性とπ電子不足型複素芳香族骨格のアクセプター性が共に強く、一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位の差が小さくなるため、特に好ましい。

［０３１５］

また、熱活性化遅延蛍光を示す材料は、単独で逆項間交差により三重項励起状態から一重項励起状態を生成できる材料であっても良いし、励起錯体（エキサイプレックス、またはＥｘｃｉｐｌｅｘともいう）を形成する複数の材料から構成されても良い。

［０３１６］

また、発光層１７０に用いるホスト材料としては、正孔輸送性材料および電子輸送性材料を用いることができる。

［０３１７］

また、発光層のホスト材料として用いることが可能な材料としては、特に限定はないが、例えば、トリス（８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：Alq_3）、トリス（４－メチル－８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：$Almq_3$）、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ［ｈ］キノリナト）ベリリウム（ＩＩ）（略称：$BeBq_2$）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）（４－フェニルフェノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：ＢＡｌｑ）、ビス（８－キノリノラト）亜鉛（ＩＩ）（略称：Ｚｎｑ）、ビス［２－（２－ベンゾオキサゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＰＢＯ）、ビス［２－（２－ベンゾチアゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＢＴＺ）などの金属錯体、２－（４－ビフェニリル）－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（略称：ＰＢＤ）、１，３－ビス［５－（ｐ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル］ベンゼン（略称：ＯＸＤ－７）、３－（４－ビフェニリル）－４－フェニル－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ＴＡＺ）、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）、バソキュプロイン（略称：ＢＣＰ）、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）などの複素環化合物、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－［１，１’－ビフェニル］－４，４’－ジアミン（略称：ＴＰＤ）、４，４’－ビス［Ｎ－（スピロ－９，９’－ビフルオレン－２－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＢＳＰＢ）などの芳香族アミン化合物が挙げられる。また、アントラセン誘導体、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、具体的には、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：ＤＰｈＰＡ）、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）、２ＰＣＡＰＡ、６，１２－ジメトキシ

－５，１１－ジフェニルクリセン、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）、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）、９，１０－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：ＤＰＰＡ）、９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＮＡ）、９，９’－ビアントリル（略称：ＢＡＮＴ）、９，９’－（スチルベン－３，３’－ジイル）ジフェナントレン（略称：ＤＰＮＳ）、９，９’－（スチルベン－４，４’－ジイル）ジフェナントレン（略称：ＤＰＮＳ２）、１，３，５－トリ（１－ピレニル）ベンゼン（略称：ＴＰＢ３）などを挙げることができる。これら及び様々な物質の中から、上記発光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。また、発光材料が燐光性化合物である場合、ホスト材料としては、発光材料の三重項励起エネルギーよりも三重項励起エネルギーの大きい物質を選択すれば良い。

［０３１８］

また、発光層のホスト材料として、複数の材料を用いる場合、励起錯体を形成する２種類の化合物を組み合わせて用いることが好ましい。この場合、様々なキャリア輸送材料を適宜用いることができるが、効率よく励起錯体を形成するために、電子輸送性材料と、正孔輸送性材料とを組み合わせることが特に好ましい。

［０３１９］

電子輸送性材料としては、亜鉛やアルミニウムを有する金属錯体や、含窒素複素芳香族化合物のようなπ電子不足型複素芳香族化合物などを用いることができる。具体的には、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ［ｈ］キノリナト）ベリリウム（ＩＩ）（略称：ＢｅＢｑ$_2$）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）（４－フェニルフェノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：ＢＡｌｑ）、ビス（８－キノリノラト）亜鉛（ＩＩ）（略称：Ｚｎｑ）、ビス［２－（２－ベンゾオキサゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＰＢＯ）、ビス［２－（２－ベンゾチアゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＢＴＺ）などの金属錯体や、２－（４－ビフェニリル）－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（略称：ＰＢＤ）、３－（４－ビフェニリル）－４－フェニル－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ＴＡＺ）、１，３－ビス［５－（ｐ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル］ベンゼン（略称：ＯＸＤ－７）、９－［４－（５－フェニル－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣＯ１１）、２，２’，２’’－（１，３，５－ベンゼントリイル）トリス（１－フェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾール）（略称：ＴＰＢＩ）、２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］－１－フェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾール（略称：ｍＤＢＴＢＩｍ－ＩＩ）などのアゾール骨格を有する複素環化合物や、２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ）、２－［３’－（ジベンゾチオフェン－４－イル）ビフェニル－３－イル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－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）、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）、４－｛３－［３’－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）］ビフェニル－３－イル｝ベンゾフロ［３，２－ｄ］ピリミジン（略称：４ｍＣｚＢＰＢｆｐｍ）などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、２－｛４－［３－（Ｎ－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）－９Ｈ－カルバゾール－９－イル］フェニル｝－４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＣＣｚＰＴｚｎ）、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）などのトリアジン骨格を有する複素環化合物や、３，５－ビス［３－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］ピリジン（略称：３５ＤＣｚＰＰｙ）、１，３，５－トリ［３－（３－ピリジル）フェニル］ベンゼン（略称：ＴｍＰｙＰＢ）などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格及びトリアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン（ピリミジンやピラジン）骨格及びトリアジン骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

［０３２０］

正孔輸送性材料としては、π 電子過剰型複素芳香族（例えばカルバゾール誘導体やインドール誘導体）又は芳香族アミンなどを好適に用いることができる。具体的には、２－［Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］スピロ－９，９’－ビフルオレン（略称：ＰＣＡＳＦ）、４，４’，４’’－トリス［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－フェニルアミノ］トリフェニルアミン（略称：１－ＴＮＡＴＡ）、２，７－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］スピロ－９，９’－ビフルオレン（略称：ＤＰＡ２ＳＦ）、Ｎ，Ｎ’－ビス（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニルベンゼン－１，３－ジアミン（略称：ＰＣＡ２Ｂ）、Ｎ－（９，９－ジメチル－２－ジフェニルアミノ－９Ｈ－フルオレン－７－イル）ジフェニルアミン（略称：ＤＰＮＦ）、Ｎ，Ｎ’，Ｎ’’－トリフェニル－Ｎ，Ｎ’，Ｎ’’－トリス（９－フェニルカルバゾール－３－イル）ベンゼン－１，３，５－トリアミン（略称：ＰＣＡ３Ｂ）、２－［Ｎ－（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）、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）、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’－ビス［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＮＰＢ）、Ｎ，Ｎ’－ビス（３－メチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－［１，１’－ビフェニル］－４，４’－ジアミン（略称：ＴＰＤ）、４，４’－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＤＰＡＢ）、４，４’－ビス［Ｎ－（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：ＢＰＡＦＬＰ）、４－フェニル－３’－（９－フェニルフルオレ

ン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ｍＢＰＡＦＬＰ）、Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－Ｎ－｛９，９－ジメチル－２－［Ｎ’－フェニル－Ｎ’－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）アミノ］－９Ｈ－フルオレン－７－イル｝フェニルアミン（略称：ＤＦＬＡＤＦＬ）、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－［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）、Ｎ，Ｎ’－ビス｛４－［ビス（３－メチルフェニル）アミノ］フェニル｝－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－（１，１’－ビフェニル）－４，４’－ジアミン（略称：ＤＮＴＰＤ）、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）、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）、４－フェニル－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡ１ＢＰ）、４，４’－ジフェニル－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＢｉ１ＢＰ）、４－（１－ナフチル）－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡＮＢ）、４，４’－ジ（１－ナフチル）－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＮＢＢ）、３－［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）アミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＮ１）、９，９－ジメチル－Ｎ－フェニル－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］フルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＡＦ）、Ｎ－フェニル－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］スピロ－９，９’－ビフルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＡＳＦ）、Ｎ－（４－ビフェニル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：ＰＣＢｉＦ）、Ｎ－（１，１’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］－９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＢｉＦ）などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、１，３－ビス（Ｎ－カルバゾリル）ベンゼン（略称：ｍＣＰ）、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）、９－フェニル－９Ｈ－３－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）カルバゾール（略称：ＰＣＣＰ）などのカルバゾール骨格を有する化合物や、４，４’，４’’－（ベンゼン－１，３，５－トリイル）トリ（ジベンゾチオフェン）（略称：ＤＢＴ３Ｐ－ＩＩ）、２，８－ジフェニル－４－［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ジベンゾチオフェン（略称：ＤＢＴＦＬＰ－ＩＩＩ）、４－［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］－６－フェニルジベンゾチオフェン（略称：ＤＢＴＦＬＰ－ＩＶ）などのチオフェン骨格を有する化合物や、４，４’，４’’－（ベンゼン－１，３，５－トリイル）トリ（ジベンゾフラン）（略称：ＤＢＦ３Ｐ－ＩＩ）、４－｛３－［３－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］フェニル｝ジベンゾフラン（略称：ｍｍＤＢＦＦＬＢｉ－ＩＩ）などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。

［０３２１］

なお、励起錯体を形成するホスト材料の組み合わせとしては、上述した化合物に限定されることなく、キャリアを輸送でき、且つ励起錯体を形成できる組み合わせであり、当該励起錯体の発光が、発光材料の吸収スペクトルにおける最も長波長の吸収帯（発光材料の一重項基底状態から一重項励起状態への遷移に相当する吸収）と重なっていればよく、他の材料を用いても良い。

［０３２２］

また、発光層に用いるホスト材料として、熱活性化遅延蛍光材料を用いても良い。

［０３２３］

また、発光層に用いる電子輸送性材料に、電子注入層に用いる電子輸送性材料と同じ材料を用いることができる。そうすることで、発光デバイスの作製を簡便に行うことができ、発光デバイスの製造コストを低減することができる。

［０３２４］

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

［０３２５］

≪一対の電極≫

電極１０１及び電極１０２は、発光層１３０及び発光層１７０へ正孔と電子を注入する機能を有する。電極１０１及び電極１０２は、金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物や積層体などを用いて形成することができる。金属としてはアルミニウム（Ａｌ）が典型例であり、その他、銀（Ａｇ）、タングステン、クロム、モリブデン、銅、チタンなどの遷移金属、リチウム（Ｌｉ）やセシウムなどのアルカリ金属、カルシウム、マグネシウム（Ｍｇ）などの第２族金属を用いることができる。遷移金属としてイッテルビウム（Ｙｂ）などの希土類金属を用いても良い。合金としては、上記金属を含む合金を使用することができ、例えばＭｇＡｇ、ＡｌＬｉなどが挙げられる。導電性化合物としては、例えば、インジウム錫酸化物（Ｉｎｄｉｕｍ　Ｔｉｎ　Ｏｘｉｄｅ、以下ＩＴＯ）、珪素または酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（略称：ＩＴＳＯ）、インジウム亜鉛酸化物（Ｉｎｄｉｕｍ　Ｚｉｎｃ　Ｏｘｉｄｅ）、タングステン及び亜鉛を含有したインジウム酸化物などの金属酸化物が挙げられる。導電性化合物としてグラフェンなどの無機炭素系材料を用いても良い。上述したように、これらの材料の複数を積層することによって電極１０１及び電極１０２の一方または双方を形成しても良い。

［０３２６］

また、発光層１３０及び発光層１７０から得られる発光は、電極１０１及び電極１０２の一方または双方を通して取り出される。したがって、電極１０１及び電極１０２の少なくとも一つは可視光を透過する機能を有する。光を透過する機能を有する導電性材料としては、可視光の透過率が４０％以上１００％以下、好ましくは６０％以上１００％以下であり、かつその抵抗率が1×10^{-2}Ω・ｃｍ以下の導電性材料が挙げられる。また、光を取り出す方の電極は、光を透過する機能と、光を反射する機能と、を有する導電性材料により形成されても良い。該導電性材料としては、可視光の反射率が２０％以上８０％以下、好ましくは４０％以上７０％以下であり、かつその抵抗率が1×10^{-2}Ω・ｃｍ以下の導電性材料が挙げられる。光を取り出す方の電極に金属や合金などの光透過性の低い材料を用いる場合には、可視光を透過できる程度の厚さ（例えば、１ｎｍから１０ｎｍの厚さ）で電極１０１及び電極１０２の一方または双方を形成すればよい。

［０３２７］

なお、本明細書等において、光を透過する機能を有する電極には、可視光を透過する機能を有し、且つ導電性を有する材料を用いればよく、例えば上記のようなＩＴＯに代表される酸化物導電体層に加えて、酸化物半導体層、または有機物を含む有機導電体層を含む。有機物を含む有機導電体層としては、例えば、有機化合物と電子供与体（ドナー）とを混合してなる複合材料を含む層、有機化合物と電子受容体（アクセプター）とを混合してなる複合材料を含む層等が挙げられる。また、透明導電層の抵抗率としては、好ましくは１×１０^{5}Ω・ｃｍ以下、さらに好ましくは１×１０^{4}Ω・ｃｍ以下である。

［０３２８］

また、電極１０１及び電極１０２の成膜方法は、スパッタリング法、蒸着法、印刷法、塗布法、ＭＢＥ（Ｍｏｌｅｃｕｌａｒ　Ｂｅａｍ　Ｅｐｉｔａｘｙ）法、ＣＶＤ法、パルスレーザ堆積法、ＡＬＤ（Ａｔｏｍｉｃ　Ｌａｙｅｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法等を適宜用いることができる。

［０３２９］

≪正孔注入層≫

正孔注入層１１１は、一対の電極の一方（電極１０１または電極１０２）からのホール注入障壁を低減することでホール注入を促進する機能を有し、例えば遷移金属酸化物、フタロシアニン誘導体、あるいは芳香族アミンなどによって形成される。遷移金属酸化物としては、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物などが挙げられる。フタロシアニン誘導体としては、フタロシアニンや金属フタロシアニンなどが挙げられる。芳香族アミンとしてはベンジジン誘導体やフェニレンジアミン誘導体などが挙げられる。ポリチオフェンやポリアニリンなどの高分子化合物を用いることもでき、例えば自己ドープされたポリチオフェンであるポリ（エチレンジオキシチオフェン）／ポリ（スチレンスルホン酸）などがその代表例である。

［０３３０］

正孔注入層１１１として、正孔輸送性材料と、これに対して電子受容性を示す材料の複合材料を有する層を用いることもできる。あるいは、電子受容性を示す材料を含む層と正孔輸送性材料を含む層の積層を用いても良い。これらの材料間では定常状態、あるいは電界存在下において電荷の授受が可能である。電子受容性を示す材料としては、キノジメタン誘導体やクロラニル誘導体、ヘキサアザトリフェニレン誘導体などの有機アクセプターを挙げることができる。具体的には、７，７，８，８－テトラシアノ－２，３，５，６－テトラフルオロキノジメタン（略称：Ｆ$_{4}$－ＴＣＮＱ）、クロラニル、２，３，６，７，１０，１１－ヘキサシアノ－１，４，５，８，９，１２－ヘキサアザトリフェニレン（略称：ＨＡＴ－ＣＮ）、１，３，４，５，７，８－ヘキサフルオロテトラシアノ－ナフトキノジメタン（略称：Ｆ６－ＴＣＮＮＱ）等の電子吸引基（特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基）を有する化合物を挙げることができる。特に、ＨＡＴ－ＣＮのように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。また、電子吸引基（特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基）を有する［３］ラジアレン誘導体は、電子受容性が非常に高いため好ましく、具体的には α，α’，α’’－１，２，３－シクロプロパントリイリデントリス［４－シアノ－２，３，５，６－テトラフルオロベンゼンアセトニトリル］、α，α’，α’’－１，２，３－シクロプロパントリイリデントリス［２，６－ジクロロ－３，５－ジフルオロ－４－（トリフルオロメチル）ベンゼンアセトニトリル］、α，α’，α’’－１，２，３－シクロプロパントリイリデントリス［２，３，４，５，６－ペンタフルオロベンゼ

ンアセトニトリル］などが挙げられる。また、遷移金属酸化物、例えば第４族から第８族金属の酸化物を用いることができる。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、酸化レニウムなどである。中でも酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

［０３３１］

正孔輸送性材料としては、電子よりも正孔の輸送性の高い材料を用いることができ、１×１０$^{-6}$ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する材料であることが好ましい。具体的には、発光層１３０に用いることができる正孔輸送性材料として挙げた芳香族アミンおよびカルバゾール誘導体を用いることができる。また、芳香族炭化水素およびスチルベン誘導体などを用いることができる。また、該正孔輸送性材料は高分子化合物であっても良い。

［０３３２］

芳香族炭化水素としては、例えば、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン、９，１０－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：ＤＰＰＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ビス（４－フェニルフェニル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＢＡ）、９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＮＡ）、９，１０－ジフェニルアントラセン（略称：ＤＰＡｎｔｈ）、２－ｔｅｒｔ－ブチルアントラセン（略称：ｔ－ＢｕＡｎｔｈ）、９，１０－ビス（４－メチル－１－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＭＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］アントラセン、９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］アントラセン、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン、９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ジフェニル－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス（２－フェニルフェニル）－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス［（２，３，４，５，６－ペンタフェニル）フェニル］－９，９’－ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、２，５，８，１１－テトラ（ｔｅｒｔ－ブチル）ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、１×１０$^{-6}$ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の正孔移動度を有し、炭素数１４以上炭素数４２以下である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

［０３３３］

なお、芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、４，４’－ビス（２，２－ジフェニルビニル）ビフェニル（略称：ＤＰＶＢｉ）、９，１０－ビス［４－（２，２－ジフェニルビニル）フェニル］アントラセン（略称：ＤＰＶＰＡ）等が挙げられる。

［０３３４］

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

［０３３５］

≪正孔輸送層≫

正孔輸送層１１２は正孔輸送性材料を含む層であり、正孔注入層１１１の材料として例示した材料を使用することができる。正孔輸送層１１２は正孔注入層１１１に注入された正孔を発光層１３０または発光層１７０へ輸送する機能を有するため、正孔注入層１１１のＨＯＭＯ準位と同じ、あるいは近いＨＯＭＯ準位を有することが好ましい。

［０３３６］

上記正孔輸送性材料として、正孔注入層１１１の材料として例示した材料を用いることができる。また、１×１０^{-6}ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外の物質を用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層だけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層してもよい。

［０３３７］

≪電子輸送層≫

電子輸送層１１８は、電子注入層１１９を経て一対の電極の他方（電極１０１または電極１０２）から注入された電子を発光層１３０または発光層１７０へ輸送する機能を有する。電子輸送性材料としては、正孔よりも電子の輸送性の高い材料を用いることができ、１×１０^{-6}ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の電子移動度を有する材料であることが好ましい。電子を受け取りやすい化合物（電子輸送性を有する材料）としては、含窒素複素芳香族化合物のようなπ電子不足型複素芳香族や金属錯体などを用いることができる。具体的には、発光層１３０に用いることができる電子輸送性材料として挙げたキノリン配位子、ベンゾキノリン配位子、オキサゾール配位子、あるいはチアゾール配位子を有する金属錯体が挙げられる。また、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体などが挙げられる。また、１×１０^{-6}ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の電子移動度を有する物質であることが好ましい。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層として用いても構わない。また、電子輸送層１１８は、単層だけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層してもよい。

［０３３８］

また、電子輸送層１１８と発光層１３０または発光層１７０との間に電子キャリアの移動を制御する層を設けても良い。電子キャリアの移動を制御する層は、上述したような電子輸送性の高い材料に、電子トラップ性の高い物質を少量添加した層であり、電子キャリアの移動を抑制することによって、キャリアバランスを調節することが可能となる。このような構成は、発光層を電子が突き抜けてしまうことにより発生する問題（例えばデバイス寿命の低下）の抑制に大きな効果を発揮する。

［０３３９］

≪電子注入層≫

電子注入層１１９は電極１０２からの電子注入障壁を低減することで電子注入を促進する機能を有し、例えば第１族金属、第２族金属、あるいはこれらの酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩などを用いることができる。また、先に示す電子輸送性材料と、これに対して電子供与性を示す材料の複合材料を用いることもできる。電子供与性を示す材料としては、第１族金属、第２族金属、あるいはこれらの酸化物などを挙げることができる。具体的には、フッ化リチウム（ＬｉＦ）、フッ化ナトリウム（ＮａＦ）、フッ化セシウム（ＣｓＦ）、フッ化カルシウム（$ＣａＦ_{2}$）、リチウム酸化物（$ＬｉＯ_{x}$）等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることが

できる。また、フッ化エルビウム（ErF_3）のような希土類金属化合物を用いることができる。また、電子注入層１１９にエレクトライドを用いてもよい。該エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。また、電子注入層１１９に、電子輸送層１１８で用いることが出来る物質を用いても良い。

［０３４０］

また、電子注入層１１９に、有機化合物と電子供与体（ドナー）とを混合してなる複合材料を用いてもよい。このような複合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層１１８を構成する物質（金属錯体や複素芳香族化合物等）を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラチアフルバレン（略称：ＴＴＦ）等の有機化合物を用いることもできる。

［０３４１］

なお、上述した、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法、ノズルプリント法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。また、上述した、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層には、上述した材料の他、量子ドットなどの無機化合物または高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）を用いてもよい。

［０３４２］

なお、量子ドットとしては、コロイド状量子ドット、合金型量子ドット、コア・シェル型量子ドット、コア型量子ドット、などを用いてもよい。また、２族と１６族、１３族と１５族、１３族と１７族、１１族と１７族、または１４族と１５族の元素グループを含む量子ドットを用いてもよい。または、カドミウム（Ｃｄ）、セレン（Ｓｅ）、亜鉛（Ｚｎ）、硫黄（Ｓ）、リン（Ｐ）、インジウム（Ｉｎ）、テルル（Ｔｅ）、鉛（Ｐｂ）、ガリウム（Ｇａ）、ヒ素（Ａｓ）、アルミニウム（Ａｌ）、等の元素を有する量子ドットを用いてもよい。

［０３４３］

ウェットプロセスに用いる液媒体としては、たとえば、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン等のケトン類、酢酸エチル等の脂肪酸エステル類、ジクロロベンゼン等のハロゲン化炭化水素類、トルエン、キシレン、メシチレン、シクロヘキシルベンゼン等の芳香族炭化水素類、シクロヘキサン、デカリン、ドデカン等の脂肪族炭化水素類、ジメチルホルムアミド（ＤＭＦ）、ジメチルスルホキシド（ＤＭＳＯ）等の有機溶媒を用いることができる。

［０３４４］

また、発光層に用いることができる高分子化合物としては、例えば、ポリ［２－メトキシ－５－（２－エチルヘキシルオキシ）－１，４－フェニレンビニレン］（略称：ＭＥＨ－ＰＰＶ）、ポリ（２，５－ジオクチルー１，４－フェニレンビニレン）等のポリフェニレンビニレン（ＰＰＶ）誘導体、ポリ（９，９－ジ－ｎ－オクチルフルオレニルー２，７－ジイル）（略称：ＰＦ８）、ポリ

［（９，９－ジ－ｎ－オクチルフルオレニル－２，７－ジイル）－ａｌｔ－（ベンゾ［２，１，３］チアジアゾール－４，８－ジイル）］（略称：Ｆ８ＢＴ）、ポリ［（９，９－ジ－ｎ－オクチルフルオレニル－２，７－ジイル）－ａｌｔ－（２，２’－ビチオフェン－５，５’－ジイル）］（略称Ｆ８Ｔ２）、ポリ［（９，９－ジオクチル－２，７－ジビニレンフルオレニレン）－ａｌｔ－（９，１０－アントラセン）］、ポリ［（９，９－ジヘキシルフルオレン－２，７－ジイル）－ａｌｔ－（２，５－ジメチル－１，４－フェニレン）］等のポリフルオレン誘導体、ポリ（３－ヘキシルチオフェン－２，５－ジイル）（略称：Ｐ３ＨＴ）等のポリアルキルチオフェン（ＰＡＴ）誘導体、ポリフェニレン誘導体等が挙げられる。また、これらの高分子化合物や、ポリ（Ｎ－ビニルカルバゾール）（略称：ＰＶＫ）、ポリ（２－ビニルナフタレン）、ポリ［ビス（４－フェニル）（２，４，６－トリメチルフェニル）アミン］（略称：ＰＴＡＡ）等の高分子化合物に、発光性の化合物をドープして発光層に用いてもよい。発光性の化合物としては、先に挙げた発光性の化合物を用いることができる。

［０３４５］

≪基板≫

また、本発明の一態様に係る発光デバイスは、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に作製すればよい。基板上に作製する順番としては、電極１０１側から順に積層しても、電極１０２側から順に積層しても良い。

［０３４６］

なお、本発明の一態様に係る発光デバイスを形成できる基板としては、例えばガラス、石英、又はプラスチックなどを用いることができる。また可撓性基板を用いてもよい。可撓性基板とは、曲げることができる（フレキシブル）基板のことであり、例えば、ポリカーボネート、ポリアリレートからなるプラスチック基板等が挙げられる。また、フィルム、無機蒸着フィルムなどを用いることもできる。なお、発光デバイス、及び光学素子の作製工程において支持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。あるいは、発光デバイス、及び光学素子を保護する機能を有するものであればよい。

［０３４７］

例えば、本発明の一態様においては、様々な基板を用いて発光デバイスを形成することが出来る。基板の種類は、特に限定されない。その基板の一例としては、半導体基板（例えば単結晶基板又はシリコン基板）、ＳＯＩ基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、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セルロースナノファイバ（ＣＮＦ）や紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下が挙げられる。例えば、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）、ポリエーテルスルホン（ＰＥＳ）、ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）に代表されるプラスチックがある。または、一例としては、アクリル樹脂等の樹脂などがある。または、一例としては、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニルなどがある。または、一例としては、ポリアミド、ポリイミド、アラミド樹脂、エポキシ樹脂、無機蒸着フィルム、又は紙類などがある。

［０３４８］

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、発光デバイスを形成してもよい。または、基板と発光デバイスとの間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に発光デバイスを一部あるいは全部完成させた後、基板より分離し、他の基板に転載するために用いることができる。その際、耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも発光デバイスを転載できる。なお、上述の剥離層には、例えば、タングステン膜と酸化シリコン膜との無機膜の積層構造の構成や、基板上にポリイミド等の樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

［０３４９］

つまり、ある基板を用いて発光デバイスを形成し、その後、別の基板に発光デバイスを転置し、別の基板上に発光デバイスを配置してもよい。発光デバイスが転置される基板の一例としては、上述した基板に加え、セロファン基板、石材基板、木材基板、布基板（天然繊維（絹、綿、麻）、合成繊維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生繊維（アセテート、キュプラ、レーヨン、再生ポリエステル）などを含む）、皮革基板、又はゴム基板などがある。これらの基板を用いることにより、壊れにくい発光デバイス、耐熱性の高い発光デバイス、軽量化された発光デバイス、または薄型化された発光デバイスとすることができる。

［０３５０］

また、上述した基板上に、例えば電界効果トランジスタ（ＦＥＴ）を形成し、ＦＥＴと電気的に接続された電極上に発光デバイス１５０を作製してもよい。これにより、ＦＥＴによって発光デバイスの駆動を制御するアクティブマトリクス型の表示装置を作製できる。

［０３５１］

≪マイクロキャビティ構造≫

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１Ａ及び図１Ｂに示す電極１０１を光を反射する機能を有する導電性材料により形成し、電極１０２を光を透過する機能と反射する機能とを有する導電性材料により形成し、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、発光層１３０または発光層１７０から得られる発光を両電極間で共振させ、電極１０２から射出される発光のうち所望の波長の光の強度を強めることができる。

［０３５２］

なお、ここでは、電極１０２側（陰極側）に光を取り出す場合について説明するが、電極１０１側（陽極側）に光を取り出す構成としても構わない。その場合、電極１０１を光を反射する機能と透過する機能とを有する導電性材料で形成とし、電極１０２を光を反射する機能を有する導電性材料で形成すれば良い。

［０３５３］

発光層１３０、及び発光層１７０から射出される光は、一対の電極（例えば、電極１０１と電極１０２）の間で共振される。また、発光層１３０及び発光層１７０は、射出される光のうち所望の波長の光の強度が強まる位置に形成される。例えば、電極１０１の反射領域から発光層１７０の発光領域までの光学距離と、電極１０２の反射領域から発光層１７０の発光領域までの光学距離と、を調整することにより、発光層１７０から射出される光のうち所望の波長の光の強度を強めることができる。また、電極１０１の反射領域から発光層１３０の発光領域までの光学距離と、電極１０２の反射領域から発光層１３０の発光領域までの光学距離と、を調整することにより、発光層１３０から射出される光のうち所望の波長の光の強度を強めることができる。すなわち、複数の発光層（ここでは、発光層１３０及び発光層１７０）を積層する発光デバイスの場合、発光層１３０及び

発光層１７０のそれぞれの光学距離を最適化することが好ましい。

［０３５４］

例えば、発光層１３０から得られる所望の波長の光（波長：λ）を増幅させるために、電極１０１の反射領域から発光層１３０の所望の波長の光が得られる領域（発光領域）までの光学距離と、電極１０２の反射領域から発光層１３０の所望の波長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）λ／４（ただし、ｍ’は自然数）近傍となるように調節するのが好ましい。なお、ここでいう発光領域とは、発光層１３０における正孔（ホール）と電子との再結合領域を示す。

［０３５５］

このような光学調整を行うことにより、発光層１３０から得られる発光スペクトルを狭線化させることができ、色純度の良い発光を得ることができる。

［０３５６］

電極１０１、電極１０２、電極１０３及び電極１０４の成膜方法は、スパッタリング法、蒸着法、印刷法、塗布法、ＭＢＥ（Ｍｏｌｅｃｕｌａｒ　Ｂｅａｍ　Ｅｐｉｔａｘｙ）法、ＣＶＤ法、パルスレーザ堆積法、ＡＬＤ（Ａｔｏｍｉｃ　Ｌａｙｅｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法等を適宜用いることができる。

［０３５７］

≪遮光層≫

遮光層２２３としては、外光の反射を抑制する機能を有する。または、遮光層２２３としては、隣接する発光デバイスから発せられる光の混色を防ぐ機能を有する。遮光層２２３としては、金属、黒色顔料を含んだ樹脂、カーボンブラック、金属酸化物、複数の金属酸化物の固溶体を含む複合酸化物等を用いることができる。

［０３５８］

≪光学素子≫

光学素子２２４Ｂ、光学素子２２４Ｇ、及び光学素子２２４Ｒは、入射される光から特定の色を呈する光を選択的に透過する機能を有する。例えば、光学素子２２４Ｂを介して射出される領域２２２Ｂから呈される光は、青色を呈する光となり、光学素子２２４Ｇを介して射出される領域２２２Ｇから呈される光は、緑色を呈する光となり、光学素子２２４Ｒを介して射出される領域２２２Ｒから呈される光は、赤色を呈する光となる。

［０３５９］

光学素子２２４Ｒ、光学素子２２４Ｇ、及び光学素子２２４Ｂには、例えば、着色層（カラーフィルタともいう）、バンドパスフィルタ、多層膜フィルタなどを適用できる。また、光学素子に色変換素子を適用することができる。色変換素子は、入射される光を、当該光の波長より長い波長の光に変換する光学素子である。色変換素子として、量子ドットを用いる素子であると好適である。量子ドットを用いることにより、表示装置の色再現性を高めることができる。

［０３６０］

なお、光学素子２２４Ｒ、光学素子２２４Ｇ、及び光学素子２２４Ｂ上に他の光学素子を一または複数、重ねて設けてもよい。他の光学素子としては、例えば円偏光板や反射防止膜などを設けることができる。円偏光板を、表示装置の発光デバイスが発する光が取り出される側に設けると、表示装置の外部から入射した光が、表示装置の内部で反射されて、外部に射出される現象を防ぐこと

ができる。また、反射防止膜を設けると、表示装置の表面で反射される外光を弱めることができる。これにより、表示装置が発する発光を、鮮明に観察できる。

［０３６１］

≪隔壁≫

隔壁１４５としては、絶縁性であればよく、無機材料または有機材料を用いて形成される。該無機材料としては、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム等が挙げられる。該有機材料としては、例えば、アクリル樹脂、またはポリイミド樹脂等の感光性の樹脂材料が挙げられる。

［０３６２］

なお、酸化窒化シリコン膜とは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多い膜を指し、好ましくは酸素が５５原子％以上６５原子％以下、窒素が１原子％以上２０原子％以下、シリコンが２５原子％以上３５原子％以下、水素が０．１原子％以上１０原子％以下の範囲で含まれる膜をいう。窒化酸化シリコン膜とは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い膜を指し、好ましくは窒素が５５原子％以上６５原子％以下、酸素が１原子％以上２０原子％以下、シリコンが２５原子％以上３５原子％以下、水素が０．１原子％以上１０原子％以下の濃度範囲で含まれる膜をいう。

［０３６３］

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

［０３６４］

（実施の形態２）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光デバイスに好適に用いることができる有機化合物の合成方法の一例について、一般式（Ｇ１）及び（Ｇ２）で表される有機化合物を例に説明する。

［０３６５］

＜一般式（Ｇ１）で表される有機化合物の合成方法＞

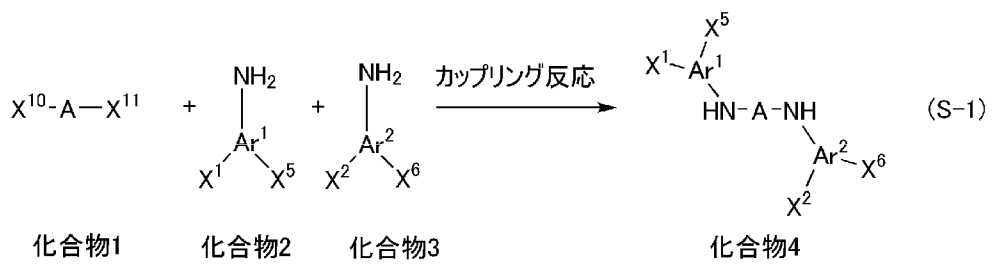
上記一般式（Ｇ１）で表される有機化合物は、種々の反応を適用した合成方法により合成することができる。例えば、下記に示す合成スキーム（Ｓ－１）および（Ｓ－２）により合成することができる。化合物１と、アリールアミン（化合物２）と、アリールアミン（化合物３）とをカップリングすることにより、ジアミン化合物（化合物４）を得る。

［０３６６］

続いて、ジアミン化合物（化合物４）と、ハロゲン化アリール（化合物５）と、ハロゲン化アリール（化合物６）とをカップリングすることにより、上記一般式（Ｇ１）で表される有機化合物を得ることができる。

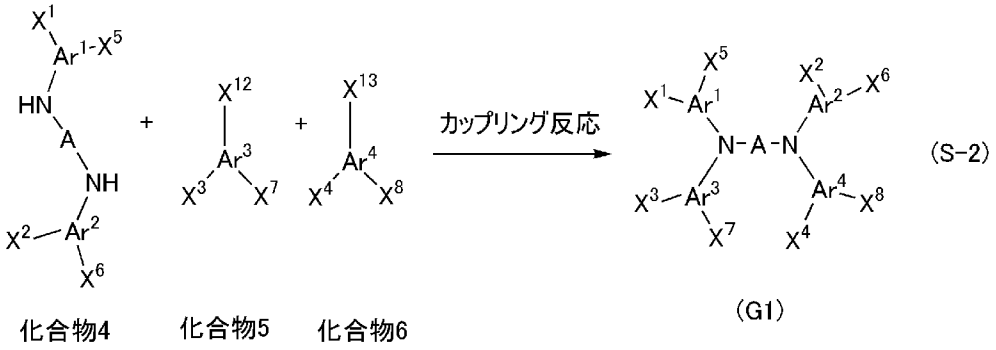
［０３６７］

［化３５］



［０３６８］

［化３６］



化合物4　化合物5　化合物6

［０３６９］

なお、上記合成スキーム（Ｓ－１）および（Ｓ－２）において、Ａは炭素数１０乃至３０の置換若しくは無置換の縮合芳香環または炭素数１０乃至３０の置換若しくは無置換の縮合複素芳香環を表し、Ａｒ^{1}乃至Ａｒ^{4}はそれぞれ独立に置換または無置換の炭素数６乃至１３の芳香族炭化水素基を表し、Ｘ^{1}乃至Ｘ^{8}はそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を表す。該縮合芳香環または縮合複素芳香環としては、クリセン、フェナントレン、スチルベン、アクリドン、フェノキサジン、フェノチアジン等が挙げられる。特にアントラセン、ピレン、クマリン、キナクリドン、ペリレン、テトラセン、ナフトビスベンゾフランであると好ましい。

［０３７０］

なお、上記合成スキーム（Ｓ－１）及び（Ｓ－２）において、パラジウム触媒を用いたブッフバルト・ハートウィッグ反応を行う場合、Ｘ^{10}乃至Ｘ^{13}はハロゲン基又はトリフラート基を表し、ハロゲンとしては、ヨウ素又は臭素又は塩素が好ましい。当該反応では、ビス（ジベンジリデンアセトン）パラジウム（０）、酢酸パラジウム（ＩＩ）等のパラジウム化合物と、トリ（ｔｅｒｔ－ブチル）ホスフィン、トリ（ｎ－ヘキシル）ホスフィン、トリシクロヘキシルホスフィン、ジ（１－アダマンチル）－ｎ－ブチルホスフィン、２－ジシクロヘキシルホスフィノ－２’，６’－ジメトキシ－１，１’－ビフェニル等の配位子を用いることができる。また、ナトリウム　ｔｅｒｔ－ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸セシウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等を用いることができる。また、溶媒として、トルエン、キシレン、メシチレン、ベンゼン、テトラヒドロフラン、ジオキサン等を用いることができる。なお、当該反応で用いることができる試薬類は、これらの試薬類に限られるものではない。

［０３７１］

また、上記合成スキーム（Ｓ－１）及び（Ｓ－２）において行う反応は、ブッフバルト・ハートウィッグ反応に限られるものではなく、有機錫化合物を用いた右田・小杉・スティルカップリング反応、グリニヤール試薬を用いたカップリング反応、銅、又は銅化合物を用いたウルマン反応等を用いることができる。

［０３７２］

上記合成スキーム（Ｓ－１）において、化合物２と化合物３とが異なる構造である場合、化合物１と化合物２とを先に反応させてカップリング体とし、得られたカップリング体と、化合物３とを反応させることが好ましい。なお、化合物１に対して、化合物２及び化合物３を段階的に反応させる

場合は、化合物１は、ジハロゲン体であることが好ましく、X^{10}及びX^{11}は異なるハロゲンを用いて選択的に１つずつアミノ化反応を行うことが好ましい。

［０３７３］

さらに合成スキーム（Ｓ－２）において、化合物５と化合物６とが異なる構造である場合、化合物４と化合物５とをまず反応させてカップリング体を得てから、さらに得られたカップリング体と化合物６とを反応させることが好ましい。

［０３７４］

＜一般式（Ｇ２）で表される有機化合物の合成方法＞

一般式（Ｇ２）で表される本発明の一態様の有機化合物は、あらゆる有機反応を利用することで合成することができる。例として、二種の方法を下記に示す。

［０３７５］

一つ目の手法は、以下の合成スキーム（Ｓ－３）乃至（Ｓ－８）から成り立つ。最初の工程では、アニリン化合物（化合物７）と１，４－シクロヘキサジエン－１，４－ジカルボン酸化合物（化合物８）の縮合反応により、アミン化合物（化合物９）を得る。該工程をスキーム（Ｓ－３）に示す。ただし、一段階で同一の置換基を有するアニリン化合物（化合物７）を２つ縮合し、同一の置換基を有するアミノ基を導入する場合は、２当量のアニリン化合物（化合物７）を加えて同反応を行うことが好ましい。その場合、化合物８のカルボニル基に反応選択性が無くても目的物を得ることができる。

［０３７６］

次いで、アミン化合物（化合物９）とアニリン誘導体（化合物１０）を縮合反応させることで１，４－シクロヘキサジエン化合物（化合物１１）を得ることができる。化合物１１を得る工程をスキーム（Ｓ－４）に示す。

［０３７７］

次いで、１，４－シクロヘキサジエン化合物（化合物１１）を空気中において酸化することによりテレフタル酸化合物（化合物１２）を得ることができる。化合物１２を得る工程をスキーム（Ｓ－５）に示す。

［０３７８］

次いで、テレフタル酸化合物（化合物１２）を、酸を用いて縮環させることにより、キナクリドン化合物（化合物１３）を得ることができる。化合物１３を得る工程をスキーム（Ｓ－６）に示す。

［０３７９］

次いで、キナクリドン化合物（化合物１３）とハロゲン化アリール（化合物１４）をカップリングすることにより、キナクリドン化合物（化合物１５）を得ることができる。化合物１５を得る工程をスキーム（Ｓ－７）に示す。ただし、一段階で同一の置換基を有するハロゲン化アリール（化合物８）を２つカップリングすることができ、同一の置換基を有するアミノ基を導入する場合は、２当量のハロゲン化アリール（化合物１４）を加えて同反応を行うことが好ましい。その場合、化合物１４のアミノ基に反応選択性が無くても目的物が得られる。

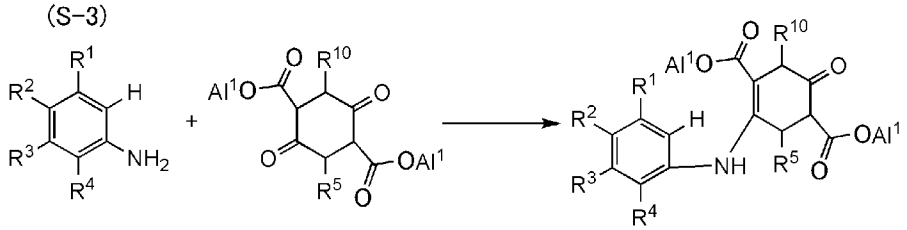
［０３８０］

次いで、キナクリドン化合物（化合物１５）とハロゲン化アリール（化合物１６）をカップリングすることにより、上記一般式（Ｇ２）で表される有機化合物を得ることができる。該工程をスキーム（Ｓ－８）に示す。

[０３８１]

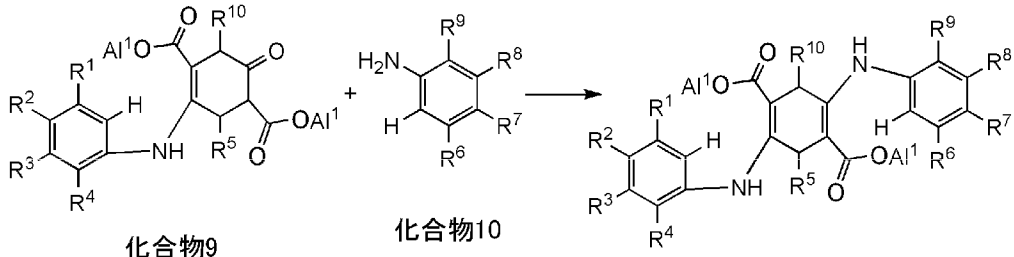
[化３７]

(S-3)



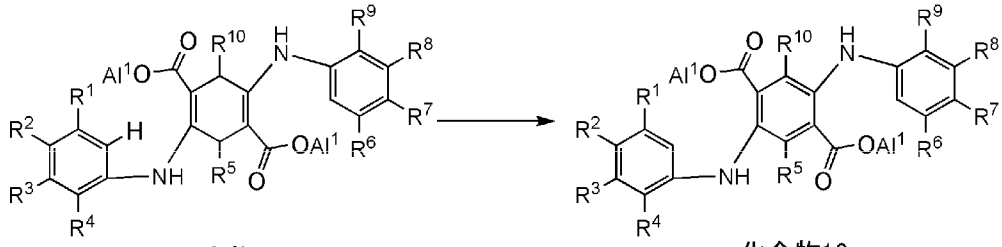
化合物7 化合物8 化合物9

(S-4)



化合物9 化合物10 化合物11

(S-5)

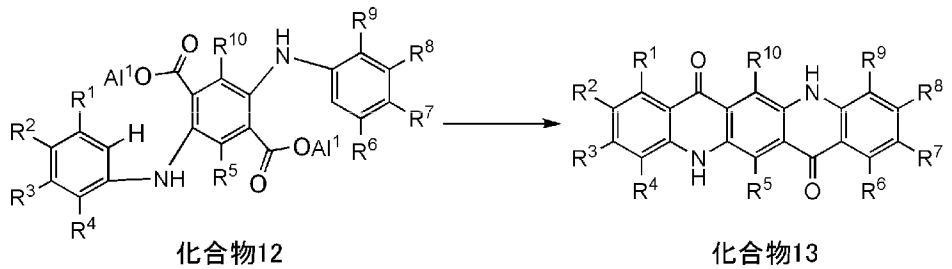


化合物11 化合物12

[０３８２]

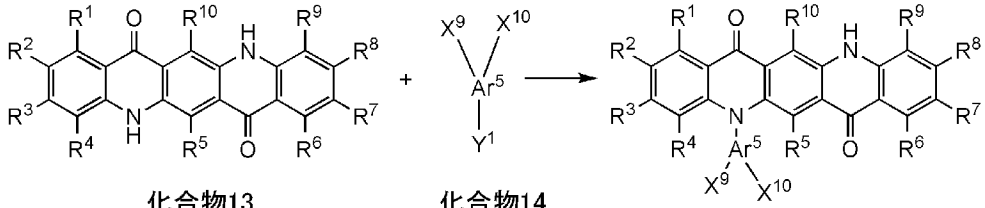
[化３８]

(S-6)



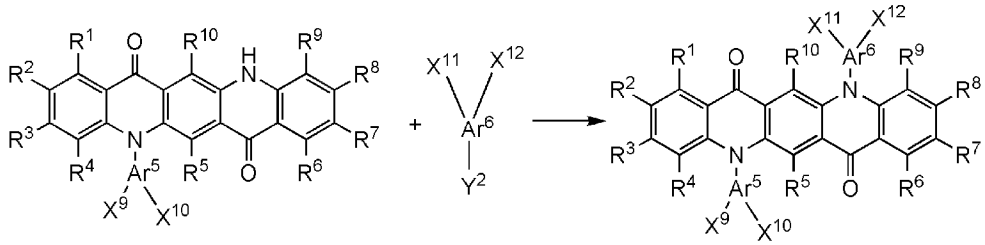
化合物12 化合物13

(S-7)



化合物13 化合物14 化合物15

(S-8)



化合物15 化合物16 (G2)

［０３８３］

二つ目の手法は、以下の合成スキーム（Ｓ－３）乃至（Ｓ－５）、以下の（Ｓ－９）、（Ｓ－１０）、及び（Ｓ－１１）から成り立つ。（Ｓ－３）乃至（Ｓ－５）の説明は上記の通りである。テレフタル酸化合物（化合物１２）とハロゲン化アリール（化合物１４）をカップリングすることにより、ジアミン化合物（化合物１７）を得ることができる。化合物１７を得る工程をスキーム（Ｓ－９）に示す。ただし、一段階で同一の置換基を有するハロゲン化アリール２分子をカップリングすることができ、同一の置換基を有するアミノ基を導入する場合は、２当量のハロゲン化アリール（化合物１４）を加えて同反応を行うことが好ましい。その場合、化合物１２のアミノ基に反応選択性が無くても目的物が得られる。

［０３８４］

次いで、ジアミン化合物（化合物１７）とハロゲン化アリール（化合物１６）をカップリングすることにより、ジアミン化合物（化合物１８）を得ることができる。化合物１８を得る工程をスキーム（Ｓ－１０）に示す。

［０３８５］

最後に、ジアミン化合物（化合物１８）を、酸を用いて縮環させることで、上記一般式（Ｇ２）で表される有機化合物を得ることができる。該工程をスキーム（Ｓ－１１）に示す。ただし、縮環反応の際にAr^5またはAr^6のオルト位の水素が反応し、上記一般式（Ｇ２）で表される有機化合物

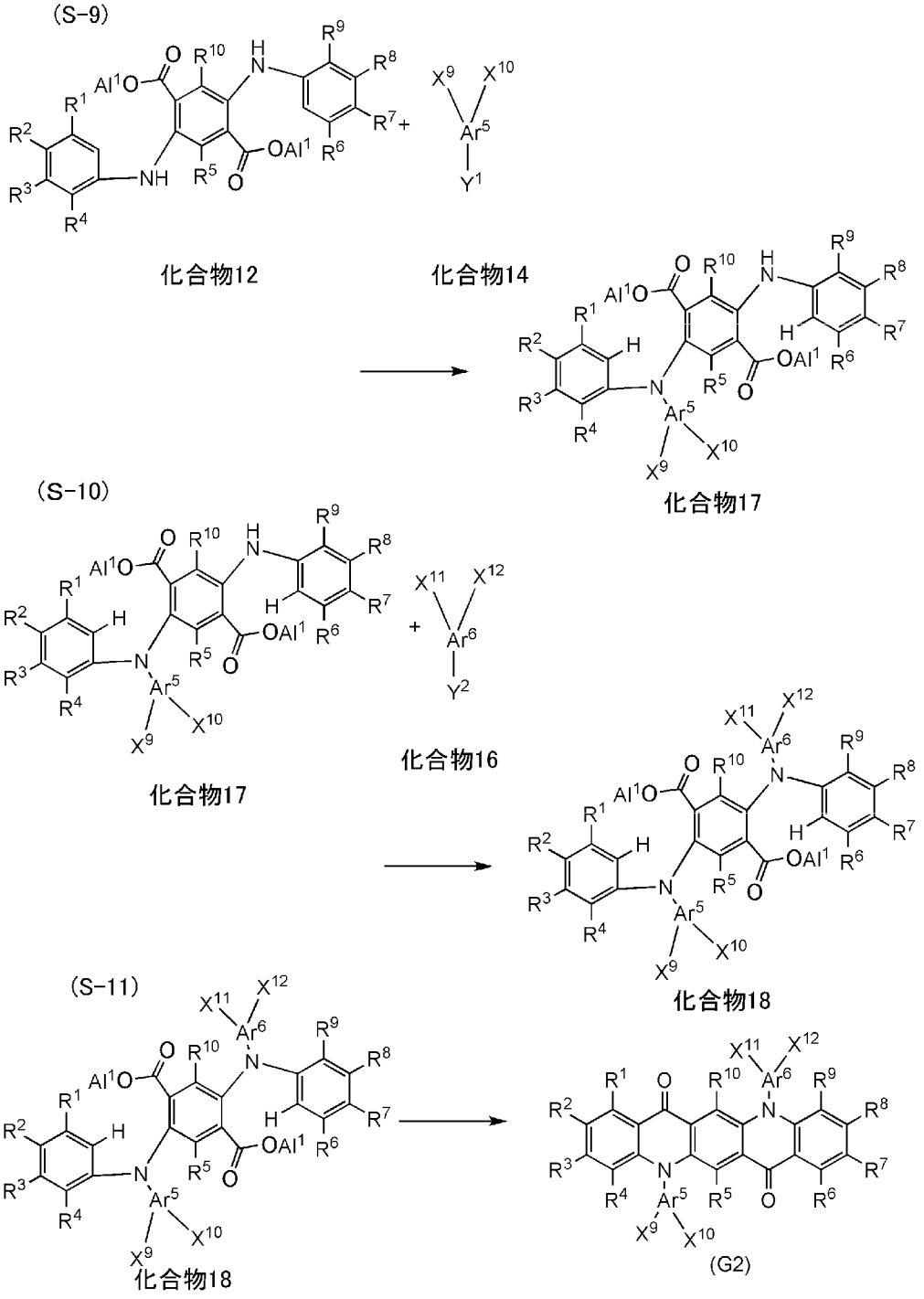
の異性体が生じる可能性がある。

［０３８６］

スキーム（Ｓ－１１）において、対称的な構造を有するジアミン化合物（化合物１８）を用いることで、上記一般式（Ｇ２）で表される有機化合物を合成することが可能である。

［０３８７］

［化３９］



［０３８８］

合成スキーム（Ｓ－３）乃至（Ｓ－６）及び（Ｓ－９）乃至（Ｓ－１１）において、Ａｌ^{1}はメチル基等のアルキル基を表す。

［０３８９］

合成スキーム（Ｓ－７）乃至（Ｓ－１０）において、Y^1とY^2は塩素、臭素、ヨウ素、トリフラート基を表す。

［０３９０］

合成スキーム（Ｓ－７）乃至（Ｓ－１０）においては、高温下で反応を進めることが出来、比較的高収率で目的化合物を得られることから、ウルマン反応を行うことが好ましい。当該反応で用いることができる試薬は、銅もしくは銅化合物、塩基としては、炭酸カリウム、水素化ナトリウム等の無機塩基が挙げられる。当該反応において、用いることができる溶媒は、２，２，６，６－テトラメチル－３，５－ヘプタンジオン、１，３－ジメチル－３，４，５，６－テトラヒドロ－２（１Ｈ）ピリミジノン（ＤＭＰＵ）、トルエン、キシレン、ベンゼン等が挙げられる。ウルマン反応では、反応温度が１００℃以上の方がより短時間かつ高収率で目的物が得られるため、沸点の高い２，２，６，６－テトラメチル－３，５－ヘプタンジオン、ＤＭＰＵ、キシレンを用いることが好ましい。また、反応温度は１５０℃以上より高温が更に好ましいため、より好ましくはＤＭＰＵを用いることとする。当該反応において、用いることができる試薬類は、上記試薬類に限られるものではない。

［０３９１］

合成スキーム（Ｓ－７）乃至（Ｓ－１０）において、パラジウム触媒を用いたブッフバルト・ハートウィッグ反応を行うことが出来、当該反応では、ビス（ジベンジリデンアセトン）パラジウム（０）、酢酸パラジウム（ＩＩ）、［１，１－ビス（ジフェニルホスフィノ）フェロセン］パラジウム（ＩＩ）ジクロリド、テトラキス（トリフェニルホスフィン）パラジウム（０）、アリルパラジウム（ＩＩ）クロリド（ダイマー）等のパラジウム化合物と、トリ（ｔｅｒｔ－ブチル）ホスフィン、トリ（ｎ－ヘキシル）ホスフィン、トリシクロヘキシルホスフィン、ジ（１－アダマンチル）－ｎ－ブチルホスフィン、２－ジシクロヘキシルホスフィノ－２’，６’－ジメトキシビフェニル、トリ（オルト－トリル）ホスフィン、（Ｓ）－（６，６’－ジメトキシビフェニル－２，２’－ジイル）ビス（ジイソプロピルホスフィン）（略称：ｃＢＲＩＤＰ（登録商標））等の配位子を用いる事ができる。当該反応では、ナトリウム　ｔｅｒｔ－ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸セシウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等を用いることができる。当該反応では、溶媒として、トルエン、キシレン、ベンゼン、テトラヒドロフラン、ジオキサン等を用いることができる。当該反応で用いることができる試薬類は、上記試薬類に限られるものではない。

［０３９２］

また、本発明の一般式（Ｇ２）で表される有機化合物を合成するための方法は合成スキーム（Ｓ－１）乃至（Ｓ－１１）に限られるものではない。

［０３９３］

キナクリドン骨格に置換しているR^1乃至R^{10}の具体例としては、ｎ－プロピル基、イソプロピル基、ｎ－ブチル基、イソブチル基、ｔｅｒｔ－ブチル基、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、トリメチルシリル基、トリエチルシリル基、トリブチルシリル基などが挙げられる。

［０３９４］

X^9及びX^{10}が置換したAr^5と、X^{11}及びX^{12}が置換したAr^6の具体例としては、２－イソプロピルフェニル基、２－ブチルフェニル基、２－イソブチルフェニル基、２－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル基、２－イソプロピルフェニル基、２－ブチルフェニル基、３－プロピルフェニル基、３－イソブチルフェニル基、３－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル基、４－プロピルフェニル基、４－イソプ

ロピルフェニル基、４－ブチルフェニル基、４－イソブチルフェニル基、４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル基、３，５－ジプロピルフェニル基、３，５－ジ－イソプロピルフェニル基、３，５－ジブチルフェニル基、３，５－ジ－イソブチルフェニル基、（３，５－ジ－ｔｅｒｔ－ブチル）フェニル基、１，３－ジプロピルフェニル基、１，３－ジ－イソプロピルフェニル基、１，３－ジブチルフェニル基、１，３－ジ－イソブチルフェニル基、（１，３－ジ－ｔｅｒｔ－ブチル）フェニル基、１，３，５－トリイソプロピルフェニル基、（１，３，５－トリ－ｔｅｒｔ－ブチル）フェニル基、４－シクロヘキシルフェニル基などが挙げられる。

［０３９５］

以上、本発明の一態様であり、一般式（Ｇ１）および一般式（Ｇ２）で表される有機化合物の合成方法について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、他の合成方法によって合成してもよい。

［０３９６］

（実施の形態３）

本実施の形態では実施の形態１で説明した発光デバイスを用いた発光装置について、図１１Ａ及び図１１Ｂを用いて説明する。

［０３９７］

図１１Ａは、発光装置を示す上面図、図１１Ｂは図１１ＡをＡ－ＢおよびＣ－Ｄで切断した断面図である。この発光装置は、発光デバイスの発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部（ソース側駆動回路）６０１、画素部６０２、駆動回路部（ゲート側駆動回路）６０３を含んでいる。また、６０４は封止基板、６２５は乾燥材、６０５はシール材であり、シール材６０５で囲まれた内側は、空間６０７になっている。

［０３９８］

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

［０３９９］

次に、上記発光装置の断面構造について図１１Ｂを用いて説明する。素子基板６１０上に駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路６０１と画素部６０２中の一つの画素が示されている。

［０４００］

なお、ソース側駆動回路６０１はｎチャネル型ＴＦＴ６２３とｐチャネル型ＴＦＴ６２４とを組み合わせたＣＭＯＳ回路が形成される。また、駆動回路は、ＴＦＴで形成される種々のＣＭＯＳ回路、ＰＭＯＳ回路もしくはＮＭＯＳ回路で形成しても良い。また本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく、外部に形成することもできる。

［０４０１］

また、画素部６０２はスイッチング用ＴＦＴ６１１と電流制御用ＴＦＴ６１２とそのドレインに電

気的に接続された第１の電極６１３とを含む画素により形成される。なお、第１の電極６１３の端部を覆うように絶縁物６１４が形成されている。絶縁物６１４は、ポジ型の感光性樹脂膜を用いることにより形成することができる。

［０４０２］

また、絶縁物６１４上に形成される膜の被覆性を良好なものとするため、絶縁物６１４の上端部または下端部に曲率を有する面が形成されるようにする。例えば、絶縁物６１４の材料として感光性アクリルを用いた場合、絶縁物６１４の上端部のみに曲面をもたせることが好ましい。該曲面の曲率半径は０．２μｍ以上０．３μｍ以下が好ましい。また、絶縁物６１４として、ネガ型、ポジ型、いずれの感光材料も使用することができる。

［０４０３］

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

［０４０４］

また、ＥＬ層６１６は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンコート法等の種々の方法によって形成される。ＥＬ層６１６を構成する材料としては、低分子化合物、または高分子化合物（オリゴマー、デンドリマーを含む）であっても良い。

［０４０５］

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

［０４０６］

なお、第１の電極６１３、ＥＬ層６１６、第２の電極６１７により、発光デバイス６１８が形成されている。発光デバイス６１８は実施の形態１及び実施の形態２の構成を有する発光デバイスであると好ましい。なお、画素部は複数の発光デバイスが形成されてなっているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態１及び実施の形態２で説明した構成を有する発光デバイスと、それ以外の構成を有する発光デバイスの両方が含まれていても良い。

［０４０７］

さらにシール材６０５で封止基板６０４を素子基板６１０と貼り合わせることにより、素子基板６１０、封止基板６０４、およびシール材６０５で囲まれた空間６０７に発光デバイス６１８が備えられた構造になっている。なお、空間６０７には、充填材が充填されており、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、樹脂若しくは乾燥材又はその両方で充填される場合もある。

［０４０８］
なお、シール材６０５にはエポキシ系樹脂やガラスフリットを用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板６０４に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、ＦＲＰ（Ｆｉｂｅｒ　Ｒｅｉｎｆｏｒｃｅｄ　Ｐｌａｓｔｉｃｓ）、ＰＶＦ（ポリビニルフロライド）、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。
［０４０９］
以上のようにして、実施の形態１で説明した発光デバイスを用いた発光装置を得ることができる。
［０４１０］
＜発光装置の構成例１＞
図１２には表示装置の一例として、白色発光を呈する発光デバイスを形成し、着色層（カラーフィルタ）を形成した発光装置の例を示す。
［０４１１］
図１２Ａには基板１００１、下地絶縁膜１００２、ゲート絶縁膜１００３、ゲート電極１００６、１００７、１００８、第１の層間絶縁膜１０２０、第２の層間絶縁膜１０２１、周辺部１０４２、画素部１０４０、駆動回路部１０４１、発光デバイスの第１の電極１０２４Ｗ、１０２４Ｒ、１０２４Ｇ、１０２４Ｂ、隔壁１０２６、ＥＬ層１０２８、発光デバイスの第２の電極１０２９、封止基板１０３１、シール材１０３２、赤色画素１０４４Ｒ、緑色画素１０４４Ｇ、青色画素１０４４Ｂ、白色画素１０４４Ｗなどが図示されている。
［０４１２］
また、図１２Ａ、図１２Ｂには着色層（赤色の着色層１０３４Ｒ、緑色の着色層１０３４Ｇ、青色の着色層１０３４Ｂ）を透明な基材１０３３に設けている。また、黒色層（ブラックマトリックス）１０３５をさらに設けても良い。着色層及び黒色層が設けられた透明な基材１０３３は、位置合わせし、基板１００１に固定する。なお、着色層、及び黒色層は、オーバーコート層１０３６で覆われている。また、図１２Ａにおいては、光が着色層を透過せずに外部へと出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、青、緑となることから、４色の画素で映像を表現することができる。
［０４１３］
図１２Ｂでは赤色の着色層１０３４Ｒ、緑色の着色層１０３４Ｇ、青色の着色層１０３４Ｂをゲート絶縁膜１００３と第１の層間絶縁膜１０２０との間に形成する例を示した。図１２Ｂに示すように着色層は基板１００１と封止基板１０３１の間に設けられても良い。
［０４１４］
また、以上に説明した発光装置では、ＴＦＴが形成されている基板１００１側に光を取り出す構造（ボトムエミッション型）の発光装置としたが、封止基板１０３１側に発光を取り出す構造（トップエミッション型）の発光装置としても良い。
［０４１５］
＜発光装置の構成例２＞
トップエミッション型の発光装置の断面図を図１３Ａ及び図１３Ｂに示す。この場合、基板１００１は光を通さない基板を用いることができる。ＴＦＴと発光デバイスの陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第３の層間絶縁

膜１０３７を電極１０２２を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第３の層間絶縁膜１０３７は第２の層間絶縁膜１０２１と同様の材料の他、他の様々な材料を用いて形成することができる。

［０４１６］

発光デバイスの下部電極１０２５Ｗ、下部電極１０２５Ｒ、下部電極１０２５Ｇ、下部電極１０２５Ｂはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図１３Ａ及び図１３Ｂのようなトップエミッション型の発光装置である場合、下部電極１０２５Ｗ、下部電極１０２５Ｒ、下部電極１０２５Ｇ、下部電極１０２５Ｂは反射電極とすることが好ましい。なお、第２の電極１０２９は光を反射する機能と、光を透過する機能を有すると好ましい。また、第２の電極１０２９と下部電極１０２５Ｗ、下部電極１０２５Ｒ、下部電極１０２５Ｇ、下部電極１０２５Ｂとの間でマイクロキャビティ構造を適用し特定波長の光を増幅する機能を有すると好ましい。ＥＬ層１０２８の構成は、実施の形態１及び実施の形態３で説明したような構成とし、白色の発光が得られるようなデバイス構造とする。

［０４１７］

図１２Ａ、図１２Ｂ、図１３Ａ及び図１３Ｂにおいて、白色の発光が得られるＥＬ層の構成としては、発光層を複数層用いること、複数の発光ユニットを用いることなどにより実現すればよい。なお、白色発光を得る構成はこれらに限られない。

［０４１８］

図１３Ａ及び図１３Ｂのようなトップエミッション構造では着色層（赤色の着色層１０３４Ｒ、緑色の着色層１０３４Ｇ、青色の着色層１０３４Ｂ）を設けた封止基板１０３１で封止を行うことができる。封止基板１０３１には画素と画素との間に位置するように黒色層（ブラックマトリックス）１０３０を設けても良い。着色層（赤色の着色層１０３４Ｒ、緑色の着色層１０３４Ｇ、青色の着色層１０３４Ｂ）や黒色層（ブラックマトリックス）はオーバーコート層によって覆われていても良い。なお封止基板１０３１は透光性を有する基板を用いる。

［０４１９］

また、図１３Ａでは赤、緑、青の３色でフルカラー表示を行う構成を示したが、図１３Ｂに示すように、赤、緑、青、白の４色でフルカラー表示を行っても構わない。また、フルカラー表示を行う構成はこれらに限定されない。例えば、また、赤、緑、青、黄の４色でフルカラー表示を行ってもよい。

［０４２０］

本発明の一態様に係る発光デバイスは、ゲスト材料として蛍光性材料を用いる。蛍光性材料は燐光性材料と比較し、スペクトルがシャープであるため、色純度が高い発光を得ることができる。そのため、本実施の形態に示す発光装置に該発光デバイスを用いることによって、色再現性が高い発光装置を得ることができる。

［０４２１］

以上のようにして、実施の形態１及び実施の形態３で説明した発光デバイスを用いた発光装置を得ることができる。

［０４２２］

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

［０４２３］

（実施の形態４）

本実施の形態では、本発明の一態様の電子機器及び表示装置について説明する。

［０４２４］

本発明の一態様によって、平面を有し、発光効率が良好な、信頼性の高い電子機器及び表示装置を作製できる。また、本発明の一態様により、曲面を有し、発光効率が良好な、信頼性の高い電子機器及び表示装置を作製できる。また、上述のように色再現性が高い発光デバイスを得ることができる。

［０４２５］

電子機器としては、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、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。

［０４２６］

図１４Ａ、図１４Ｂに示す携帯情報端末９００は、筐体９０１、筐体９０２、表示部９０３、及びヒンジ部９０５等を有する。

［０４２７］

筐体９０１と筐体９０２は、ヒンジ部９０５で連結されている。携帯情報端末９００は、折り畳んだ状態（図１４Ａ）から、図１４Ｂに示すように展開させることができる。これにより、持ち運ぶ際には可搬性に優れ、使用するときには大きな表示領域により、視認性に優れる。

［０４２８］

携帯情報端末９００には、ヒンジ部９０５により連結された筐体９０１と筐体９０２に亘って、フレキシブルな表示部９０３が設けられている。

［０４２９］

本発明の一態様を用いて作製された発光装置を、表示部９０３に用いることができる。これにより、高信頼性を有する携帯情報端末を作製することができる。

［０４３０］

表示部９０３は、文書情報、静止画像、及び動画像等のうち少なくとも一つを表示することができる。表示部に文書情報を表示させる場合、携帯情報端末９００を電子書籍端末として用いることができる。

［０４３１］

携帯情報端末９００を展開すると、表示部９０３は曲率半径が大きい状態で保持される。例えば、曲率半径１ｍｍ以上５０ｍｍ以下、好ましくは５ｍｍ以上３０ｍｍ以下に湾曲した部分を含んで、表示部９０３が保持される。表示部９０３の一部は、筐体９０１から筐体９０２にかけて、連続的に画素が配置され、曲面状の表示を行うことができる。

［０４３２］

表示部９０３は、タッチパネルとして機能し、指やスタイラスなどにより操作することができる。

［０４３３］

表示部９０３は、一つのフレキシブルディスプレイで構成されていることが好ましい。これにより、筐体９０１と筐体９０２の間で途切れることのない連続した表示を行うことができる。なお、筐体９０１と筐体９０２のそれぞれに、ディスプレイが設けられる構成としてもよい。

［０４３４］

ヒンジ部９０５は、携帯情報端末９００を展開したときに、筐体９０１と筐体９０２との角度が所定の角度よりも大きい角度にならないように、ロック機構を有することが好ましい。例えば、ロックがかかる（それ以上に開かない）角度は、９０度以上１８０度未満であることが好ましく、代表的には、９０度、１２０度、１３５度、１５０度、または１７５度などとすることができる。これにより、携帯情報端末９００の利便性、安全性、及び信頼性を高めることができる。

［０４３５］

ヒンジ部９０５がロック機構を有すると、表示部９０３に無理な力がかかることなく、表示部９０３が破損することを防ぐことができる。そのため、信頼性の高い携帯情報端末を実現できる。

［０４３６］

筐体９０１及び筐体９０２は、電源ボタン、操作ボタン、外部接続ポート、スピーカ、マイク等を有していてもよい。

［０４３７］

筐体９０１または筐体９０２のいずれか一方には、無線通信モジュールが設けられ、インターネットやＬＡＮ（Ｌｏｃａｌ　Ａｒｅａ　Ｎｅｔｗｏｒｋ）、Ｗｉ－Ｆｉ（登録商標）などのコンピュータネットワークを介して、データを送受信することが可能である。

［０４３８］

図１４Ｃに示す携帯情報端末９１０は、筐体９１１、表示部９１２、操作ボタン９１３、外部接続ポート９１４、スピーカ９１５、マイク９１６、カメラ９１７等を有する。

［０４３９］

本発明の一態様を用いて作製された発光装置を、表示部９１２に用いることができる。これにより、高い歩留まりで携帯情報端末を作製することができる。

［０４４０］

携帯情報端末９１０は、表示部９１２にタッチセンサを備える。電話を掛ける、或いは文字を入力するなどのあらゆる操作は、指やスタイラスなどで表示部９１２に触れることで行うことができる。

［０４４１］

また、操作ボタン９１３の操作により、電源のＯＮ、ＯＦＦ動作や、表示部９１２に表示される画像の種類の切り替えを行うことができる。例えば、メール作成画面から、メインメニュー画面に切り替えることができる。

［０４４２］

また、携帯情報端末９１０の内部に、ジャイロセンサまたは加速度センサ等の検出装置を設けることで、携帯情報端末９１０の向き（縦か横か）を判断して、表示部９１２の画面表示の向きを自動的に切り替えることができる。また、画面表示の向きの切り替えは、表示部９１２に触れること、操作ボタン９１３の操作、またはマイク９１６を用いた音声入力等により行うこともできる。

［０４４３］

携帯情報端末９１０は、例えば、電話機、手帳または情報閲覧装置等から選ばれた一つまたは複数の機能を有する。具体的には、スマートフォンとして用いることができる。携帯情報端末９１０は、例えば、移動電話、電子メール、文章閲覧及び作成、音楽再生、動画再生、インターネット通信、ゲームなどの種々のアプリケーションを実行することができる。

［０４４４］

図１４Ｄに示すカメラ９２０は、筐体９２１、表示部９２２、操作ボタン９２３、シャッターボタン９２４等を有する。またカメラ９２０には、着脱可能なレンズ９２６が取り付けられている。

［０４４５］

本発明の一態様を用いて作製された発光装置を、表示部９２２に用いることができる。これにより、高信頼性を有するカメラを作製することができる。

［０４４６］

ここではカメラ９２０を、レンズ９２６を筐体９２１から取り外して交換することが可能な構成としたが、レンズ９２６と筐体９２１とが一体となっていてもよい。

［０４４７］

カメラ９２０は、シャッターボタン９２４を押すことにより、静止画または動画を撮像することができる。また、表示部９２２はタッチパネルとしての機能を有し、表示部９２２をタッチすることにより撮像することも可能である。

［０４４８］

なお、カメラ９２０は、ストロボ装置や、ビューファインダーなどを別途装着することができる。または、これらが筐体９２１に組み込まれていてもよい。

［０４４９］

図１５Ａは、掃除ロボットの一例を示す模式図である。

［０４５０］

掃除ロボット５１００は、上面に配置されたディスプレイ５１０１、側面に配置された複数のカメラ５１０２、ブラシ５１０３、操作ボタン５１０４を有する。また図示されていないが、掃除ロボット５１００の下面には、タイヤ、吸い込み口等が備えられている。掃除ロボット５１００は、その他に赤外線センサ、超音波センサ、加速度センサ、ピエゾセンサ、光センサ、ジャイロセンサなどの各種センサを備えている。また、掃除ロボット５１００は、無線による通信手段を備えている。

［０４５１］

掃除ロボット５１００は自走し、ゴミ５１２０を検知し、下面に設けられた吸い込み口からゴミを吸引することができる。

［０４５２］

また、掃除ロボット５１００はカメラ５１０２が撮影した画像を解析し、壁、家具または段差などの障害物の有無を判断することができる。また、画像解析により、配線などブラシ５１０３に絡まりそうな物体を検知した場合は、ブラシ５１０３の回転を止めることができる。

［０４５３］

ディスプレイ５１０１には、バッテリーの残量や、吸引したゴミの量などを表示することができる。掃除ロボット５１００が走行した経路をディスプレイ５１０１に表示させてもよい。また、ディスプレイ５１０１をタッチパネルとし、操作ボタン５１０４をディスプレイ５１０１に設けてもよい。

［０４５４］

掃除ロボット５１００は、スマートフォンなどの携帯電子機器５１４０と通信することができる。カメラ５１０２が撮影した画像は、携帯電子機器５１４０に表示させることができる。そのため、掃除ロボット５１００の持ち主は、外出先からでも、部屋の様子を知ることができる。また、ディスプレイ５１０１の表示をスマートフォンなどの携帯電子機器５１４０で確認することもできる。

［０４５５］

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ５１０１に用いることができる。

［０４５６］

図１５Ｂに示すロボット２１００は、演算装置２１１０、照度センサ２１０１、マイクロフォン２１０２、上部カメラ２１０３、スピーカ２１０４、ディスプレイ２１０５、下部カメラ２１０６、障害物センサ２１０７、及び移動機構２１０８を備える。

［０４５７］

マイクロフォン２１０２は、使用者の話し声及び環境音等を検知する機能を有する。また、スピーカ２１０４は、音声を発する機能を有する。ロボット２１００は、マイクロフォン２１０２およびスピーカ２１０４を用いて、使用者とコミュニケーションをとることが可能である。

［０４５８］

ディスプレイ２１０５は、種々の情報の表示を行う機能を有する。ロボット２１００は、使用者の望みの情報をディスプレイ２１０５に表示することが可能である。ディスプレイ２１０５は、タッチパネルを搭載していてもよい。また、ディスプレイ２１０５は取り外しのできる情報端末であっても良く、ロボット２１００の定位置に設置することで、充電およびデータの受け渡しを可能とする。

［０４５９］

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

［０４６０］

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ２１０５に用いることができる。

［０４６１］

図１５Ｃはゴーグル型ディスプレイの一例を表す図である。ゴーグル型ディスプレイは、例えば、筐体５０００、表示部５００１、スピーカ５００３、ＬＥＤランプ５００４、操作キー（電源スイッチ、又は操作スイッチを含む）、接続端子５００６、センサ５００７（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン５００８、第２の表示部５００２、支持部５０１２、イヤホン５０１３等を有する。

［０４６２］

本発明の一態様の発光装置は表示部５００１および第２の表示部５００２に用いることができる。

［０４６３］

また、図１６Ａ、図１６Ｂに、折りたたみ可能な携帯情報端末５１５０を示す。折りたたみ可能な携帯情報端末５１５０は筐体５１５１、表示領域５１５２および屈曲部５１５３を有している。図１６Ａに展開した状態の携帯情報端末５１５０を示す。図１６Ｂに折りたたんだ状態の携帯情報端末５１５０を示す。携帯情報端末５１５０は、大きな表示領域５１５２を有するにも関わらず、折りたためばコンパクトで可搬性に優れる。

［０４６４］

表示領域５１５２は屈曲部５１５３により半分に折りたたむことができる。屈曲部５１５３は伸縮

可能な部材と複数の支持部材とで構成されており、折りたたむ場合は、伸縮可能な部材が伸びて、屈曲部５１５３は２ｍｍ以上、好ましくは５ｍｍ以上の曲率半径を有して折りたたまれる。

［０４６５］

なお、表示領域５１５２は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。本発明の一態様の発光装置を表示領域５１５２に用いることができる。

［０４６６］

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

［０４６７］

（実施の形態５）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光デバイスを様々な照明装置に適用する一例について、図１７を用いて説明する。本発明の一態様である発光デバイスを用いることで、発光効率が良好な、信頼性の高い照明装置を作製できる。

［０４６８］

本発明の一態様の発光デバイスを、可撓性を有する基板上に作製することで、曲面を有する発光領域を有する電子機器、照明装置を実現することができる。

［０４６９］

また、本発明の一態様の発光デバイスを適用した発光装置は、自動車の照明にも適用することができ、例えば、フロントガラス、天井等に照明を設置することもできる。

［０４７０］

図１７は、発光デバイスを室内の照明装置８５０１として用いた例である。なお、発光デバイスは大面積化も可能であるため、大面積の照明装置を形成することもできる。その他、曲面を有する筐体を用いることで、発光領域が曲面を有する照明装置８５０２を形成することもできる。本実施の形態で示す発光デバイスは薄膜状であり、筐体のデザインの自由度が高い。したがって、様々な意匠を凝らした照明装置を形成することができる。さらに、室内の壁面に大型の照明装置８５０３を備えても良い。また、照明装置８５０１、８５０２、８５０３に、タッチセンサを設けて、電源のオンまたはオフを行ってもよい。

［０４７１］

また、発光デバイスをテーブルの表面側に用いることによりテーブルとしての機能を備えた照明装置８５０４とすることができる。なお、その他の家具の一部に発光デバイスを用いることにより、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。

［０４７２］

以上のようにして、本発明の一態様の発光デバイスを適用して照明装置及び電子機器を得ることができる。なお、適用できる照明装置及び電子機器は、本実施の形態に示したものに限らず、あらゆる分野の照明装置及び電子機器に適用することが可能である。

［０４７３］

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。

［符号の説明］

［０４７４］

１０１：電極、１０１ａ：導電層、１０１ｂ：導電層、１０２：電極、１０３：電極、１０３ａ：

導電層、１０３ｂ：導電層、１０４：電極、１０４ａ：導電層、１０４ｂ：導電層、１０６：発光ユニット、１０８：発光ユニット、１１１：正孔注入層、１１２：正孔輸送層、１１３：電子輸送層、１１５：電荷発生層、１１６：正孔注入層、１１７：正孔輸送層、１１８：電子輸送層、１１９：電子注入層、１３０：発光層、１３１：化合物、１３２：化合物、１３３：化合物、１３４：化合物、１３５：化合物、１３５＿１：化合物、１３５＿２：化合物、１３６：化合物、１３７：化合物、１４０：電子注入層、１４５：隔壁、１５０：発光デバイス、１５２：発光デバイス、１７０：発光層、２００：基板、２２０：基板、２２２Ｂ：領域、２２２Ｇ：領域、２２２Ｒ：領域、２２３：遮光層、２２４Ｂ：光学素子、２２４Ｇ：光学素子、２２４Ｒ：光学素子、３０１：ゲスト材料、３０２：ゲスト材料、３１０：発光団、３２０：保護基、３３０：ホスト材料、６０１：ソース側駆動回路、６０２：画素部、６０３：ゲート側駆動回路、６０４：封止基板、６０５：シール材、６０７：空間、６０８：配線、６０９：ＦＰＣ、６１０：素子基板、６１１：スイッチング用ＴＦＴ、６１２：電流制御用ＴＦＴ、６１３：電極、６１４：絶縁物、６１６：ＥＬ層、６１７：電極、６１８：発光デバイス、６２３：ｎチャネル型ＴＦＴ、６２４：ｐチャネル型ＴＦＴ、６２５：乾燥材、９００：携帯情報端末、９０１：筐体、９０２：筐体、９０３：表示部、９０５：ヒンジ部、９１０：携帯情報端末、９１１：筐体、９１２：表示部、９１３：操作ボタン、９１４：外部接続ポート、９１５：スピーカ、９１６：マイク、９１７：カメラ、９２０：カメラ、９２１：筐体、９２２：表示部、９２３：操作ボタン、９２４：シャッターボタン、９２６：レンズ、１００１：基板、１００２：下地絶縁膜、１００３：ゲート絶縁膜、１００６：ゲート電極、１００７：ゲート電極、１００８：ゲート電極、１０２０：層間絶縁膜、１０２１：層間絶縁膜、１０２２：電極、１０２４Ｂ：電極、１０２４Ｇ：電極、１０２４Ｒ：電極、１０２４Ｗ：電極、１０２５Ｂ：下部電極、１０２５Ｇ：下部電極、１０２５Ｒ：下部電極、１０２５Ｗ：下部電極、１０２６：隔壁、１０２８：ＥＬ層、１０２９：電極、１０３１：封止基板、１０３２：シール材、１０３３：基材、１０３４Ｂ：着色層、１０３４Ｇ：着色層、１０３４Ｒ：着色層、１０３６：オーバーコート層、１０３７：層間絶縁膜、１０４０：画素部、１０４１：駆動回路部、１０４２：周辺部、１０４４Ｒ：赤色画素、１０４４Ｇ：緑色画素、１０４４Ｂ：青色画素、１０４４Ｗ：白色画素、２１００：ロボット、２１０１：照度センサ、２１０２：マイクロフォン、２１０３：上部カメラ、２１０４：スピーカ、２１０５：ディスプレイ、２１０６：下部カメラ、２１０７：障害物センサ、２１０８：移動機構、２１１０：演算装置、５０００：筐体、５００１：表示部、５００２：表示部、５００３：スピーカ、５００４：ＬＥＤランプ、５００６：接続端子、５００７：センサ、５００８：マイクロフォン、５０１２：支持部、５０１３：イヤホン、５１００：掃除ロボット、５１０１：ディスプレイ、５１０２：カメラ、５１０３：ブラシ、５１０４：操作ボタン、５１２０：ゴミ、５１４０：携帯電子機器、５１５０：携帯情報端末、５１５１：筐体、５１５２：表示領域、５１５３：屈曲部、８５０１：照明装置、８５０２：照明装置、８５０３：照明装置、８５０４：照明装置

請求の範囲

［請求項１］

一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、

前記第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、

前記第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、

前記第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、

前記第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団および５個以上の保護基を有し、

前記発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、

前記５個以上の保護基は、それぞれ独立に炭素数１以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、

前記第２の材料から発光が得られる、発光デバイス。

［請求項２］

請求項１において、

前記５個以上の保護基のうち、少なくとも４個がそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換または無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一である、発光デバイス。

［請求項３］

一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、

前記第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、

前記第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、

前記第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、

前記第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団および少なくとも４つの保護基を有し、

前記発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、

前記４つの保護基は前記縮合芳香環または前記縮合複素芳香環とは直接結合せず、

前記４つの保護基はそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、

前記第２の材料から発光が得られる、発光デバイス。

［請求項４］

一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、

前記第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、

前記第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、

前記第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、

前記第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、

前記第２の材料は、発光団及び２以上のジアリールアミノ基を有し、

前記発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、

前記縮合芳香環または前記縮合複素芳香環は前記２以上のジアリールアミノ基と結合し、

前記２以上のジアリールアミノ基中のアリール基は、それぞれ独立に、少なくとも１つの保護基を有し、

前記保護基は、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、

前記第２の材料から発光が得られる、発光デバイス。

［請求項５］

一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、

前記第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、

前記第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、

前記第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、

前記第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団及び２以上のジアリールアミノ基を有し、

前記発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、

前記縮合芳香環または前記縮合複素芳香環は前記２以上のジアリールアミノ基と結合し、

前記２以上のジアリールアミノ基中のアリール基は、それぞれ独立に、少なくとも２つの保護基を有し、

前記保護基は、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、

前記第２の材料から発光が得られる、発光デバイス。

［請求項６］

請求項４または請求項５において、

前記ジアリールアミノ基がジフェニルアミノ基である、発光デバイス。

［請求項７］

一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、

前記第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、

前記第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、

前記第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、

前記第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団及び複数の保護基を有し、

前記発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、

前記複数の保護基はそれぞれ独立に、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、

前記複数の保護基を構成する原子の少なくとも一つが、前記縮合芳香環または前記縮合複素芳香環の一方の面の直上に位置し、かつ、前記複数の保護基を構成する原子の少なくとも一つが、前記縮合芳香環または前記縮合複素芳香環の他方の面の直上に位置し、

前記第２の材料から発光が得られる、発光デバイス。

［請求項８］

一対の電極間に第１の発光ユニット、第２の発光ユニット及び電荷発生層を有し、

前記第１の発光ユニットは第１の発光層を有し、

前記第１の発光層は、第１の材料と第２の材料とを有し、

前記第１の材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、

前記第２の材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有し、かつ発光団及び２以上のジフェニルアミノ基を有し、

前記発光団は縮合芳香環または縮合複素芳香環であり、

前記縮合芳香環または前記縮合複素芳香環は前記２以上のジフェニルアミノ基と結合し、

前記２以上のジフェニルアミノ基中のフェニル基は、それぞれ独立に、３位および５位に保護基を有し、

前記保護基は、それぞれ独立に、炭素数３以上１０以下のアルキル基、置換若しくは無置換の炭素数３以上１０以下のシクロアルキル基、または炭素数３以上１２以下のトリアルキルシリル基のいずれか一を有し、

前記第２の材料から発光が得られる、発光デバイス。

［請求項９］

請求項１乃至請求項８のいずれか１項において、

前記アルキル基が、分岐鎖アルキル基である発光デバイス。

［請求項１０］

請求項９において、

前記分岐鎖アルキル基は４級炭素を有する、発光デバイス。

［請求項１１］

請求項１乃至請求項１０のいずれか１項において、

前記縮合芳香環または前記縮合複素芳香環が、ナフタレン、アントラセン、フルオレン、クリセン、トリフェニレン、テトラセン、ピレン、ペリレン、クマリン、キナクリドン、ナフトビスベンゾフランのいずれか一を含む、発光デバイス。

［請求項１２］

請求項１乃至請求項１１のいずれか１項において、

前記第２の発光ユニットは第２の発光層を有し、

前記第２の発光層は第２の燐光性材料を有し、

前記第２の燐光性材料に由来する発光が得られる、発光デバイス。

［請求項１３］

請求項１２において、

前記第２の燐光性材料の発光スペクトルにおけるピーク波長は、前記第２の材料の発光スペクトルにおけるピーク波長よりも長波長である、発光デバイス。

［請求項１４］

請求項１乃至請求項１３のいずれか１項において、

前記第１の材料は第１の燐光性材料である、発光デバイス。

［請求項１５］

請求項１乃至請求項１３のいずれか１項において、

前記第１の材料は熱活性化遅延蛍光を呈する化合物である、発光デバイス。

［請求項１６］

請求項１乃至請求項１５に記載の発光デバイスと、

筐体または表示部の少なくとも一方と、

を有する電子機器。

［請求項１７］

請求項１乃至請求項１６のいずれか一項に記載の発光デバイスと、

筐体を有する照明装置。

図1A

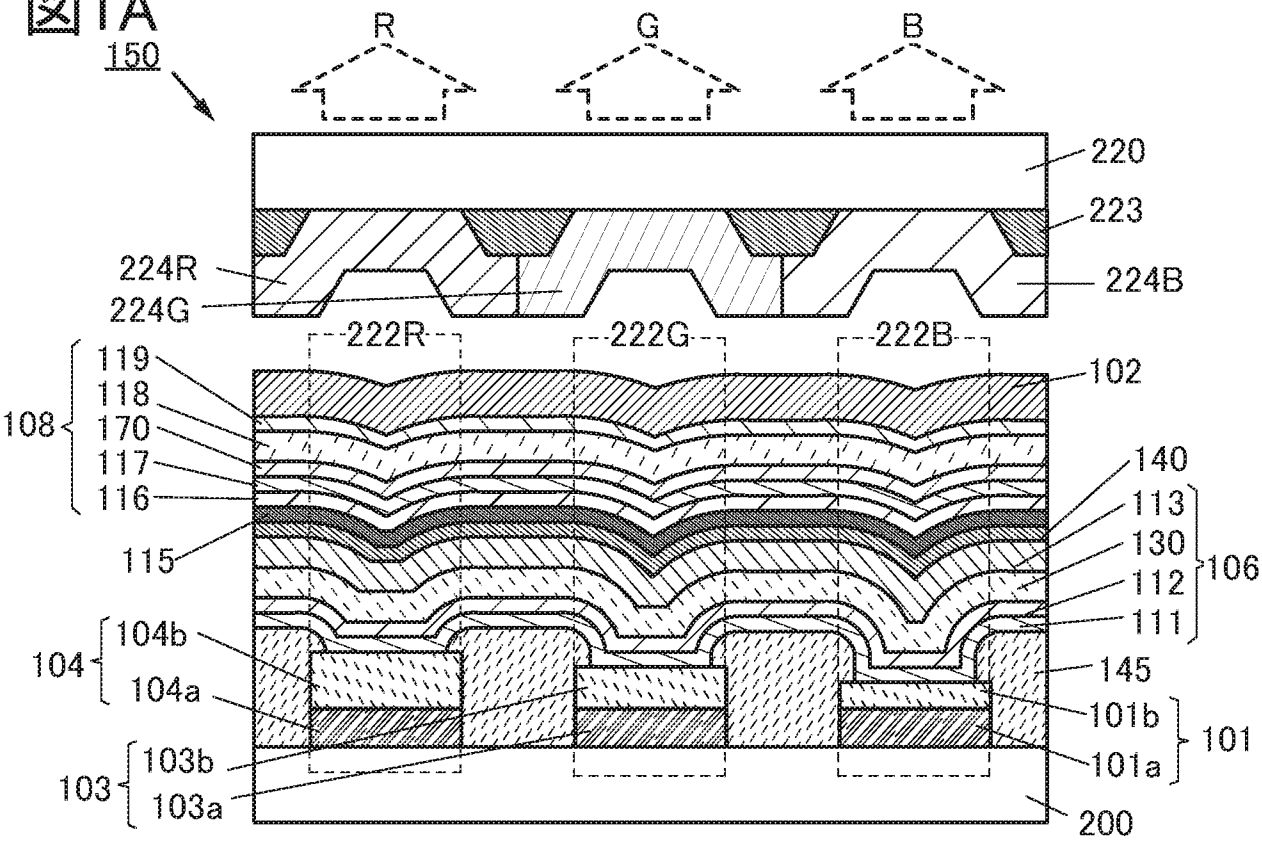

150
R
G
B
220
223
224R
224G
224B
222R
222G
222B
102
108
119
118
170
117
116
115
140
113
130
112
111
106
104
104b
104a
145
101b
101a
101
103
103b
103a
200

図1B

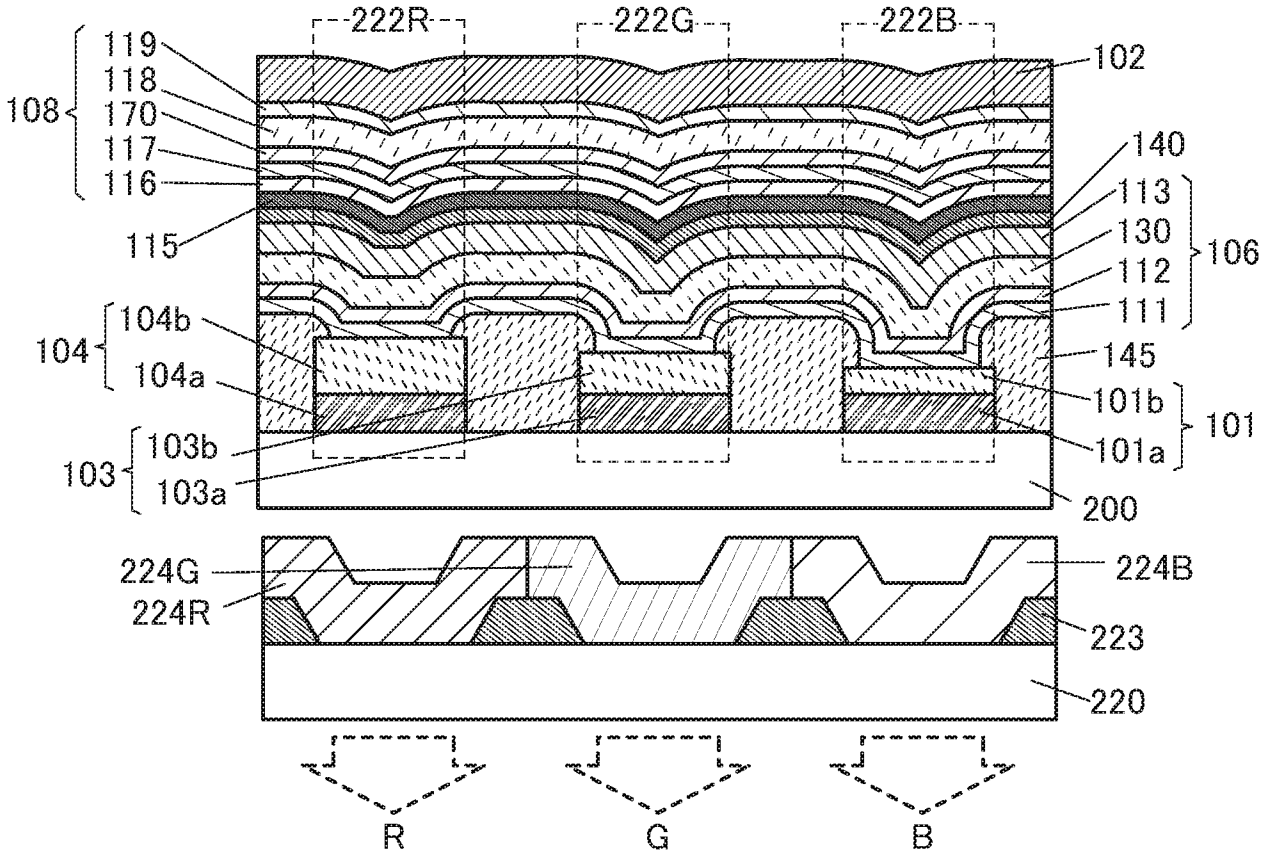

152
222R
222G
222B
102
108
119
118
170
117
116
115
140
113
130
112
111
106
104
104b
104a
145
101b
101a
101
103
103b
103a
200
224G
224R
224B
223
220
R
G
B

図2A

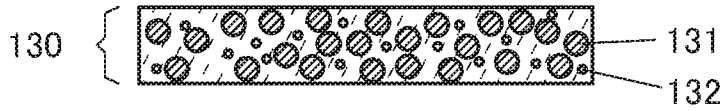


図2B

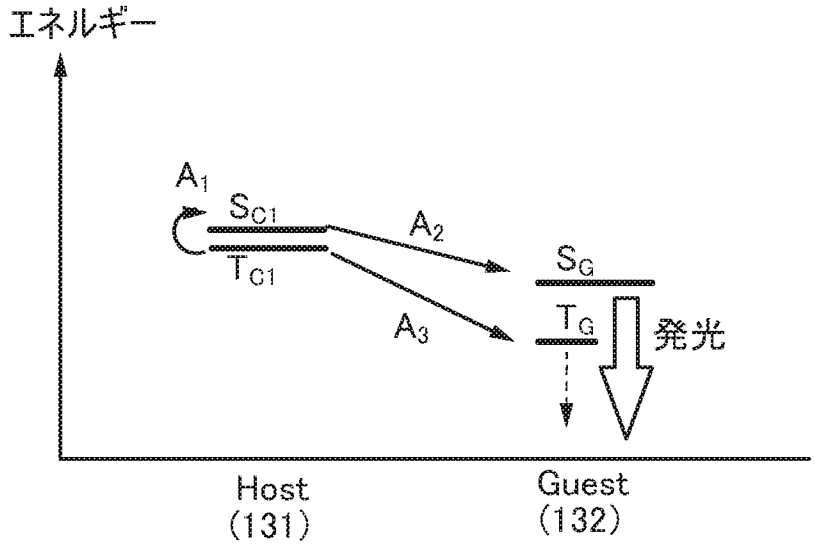


図3A

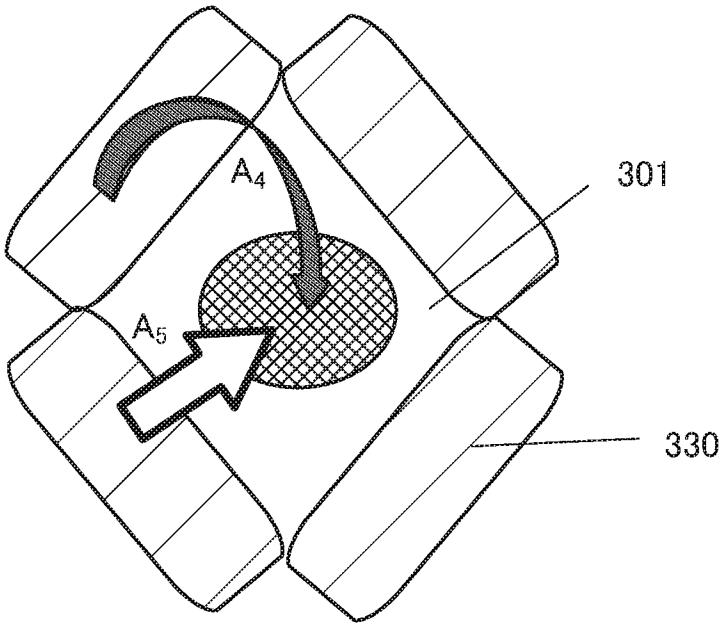


図3B

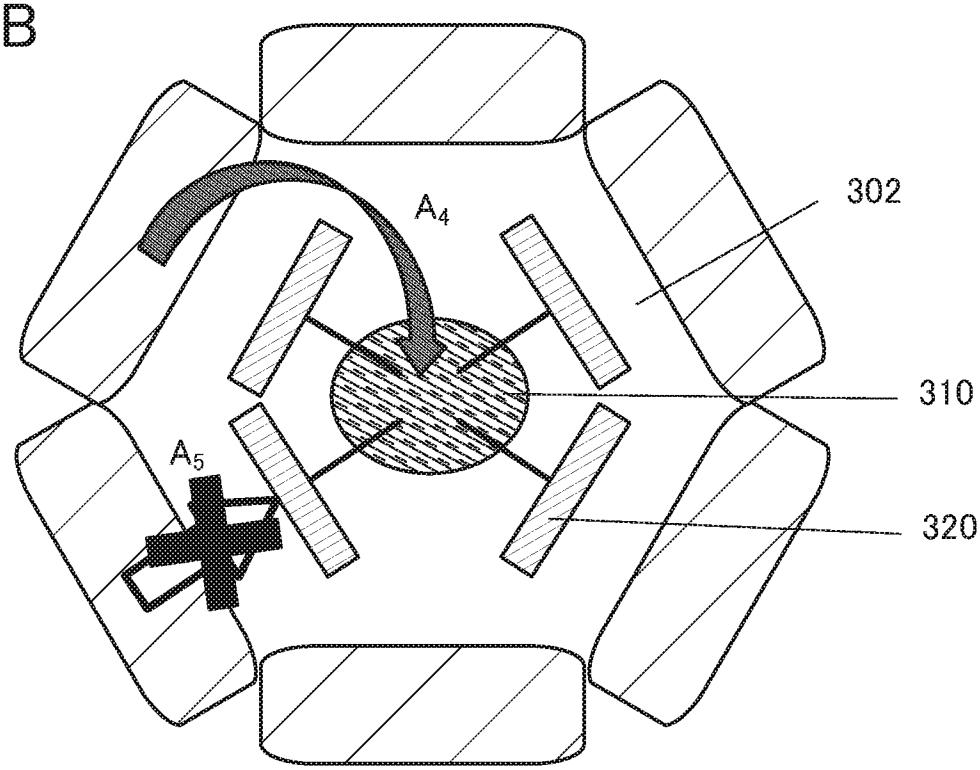


図4A

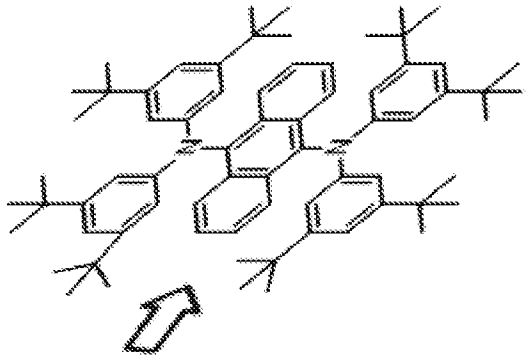


図4B

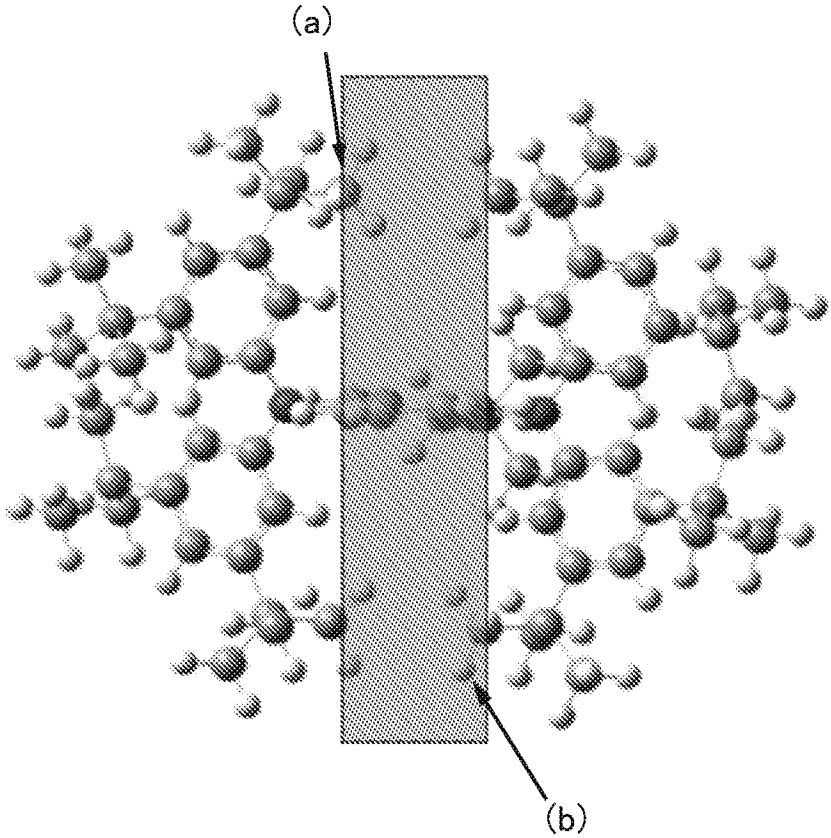


図5A

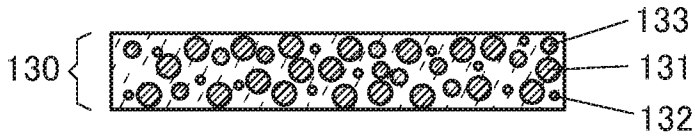


図5B

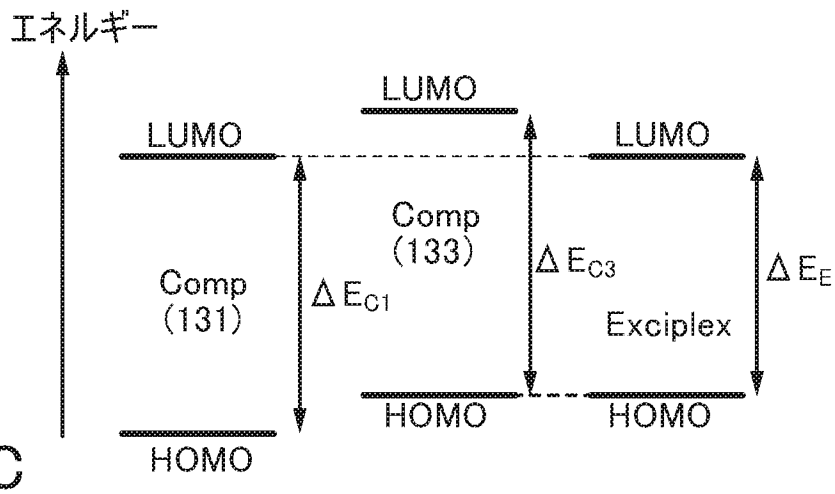


図5C

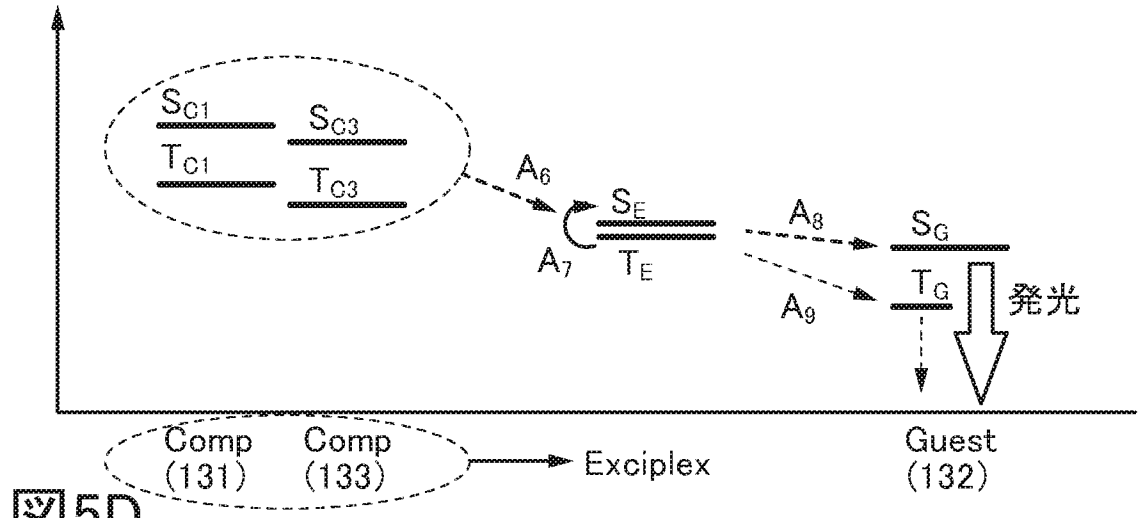


図5D

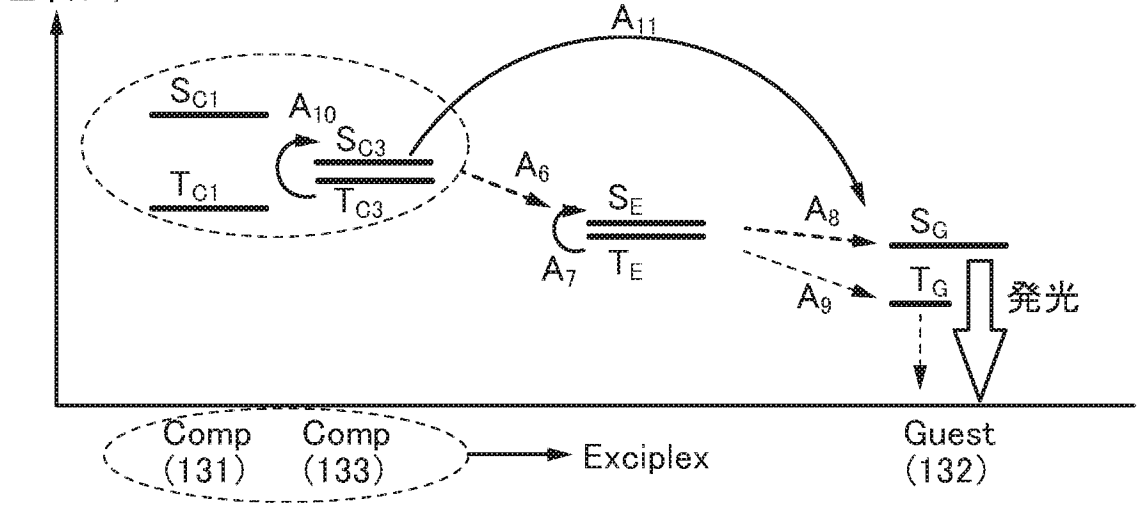


図6A

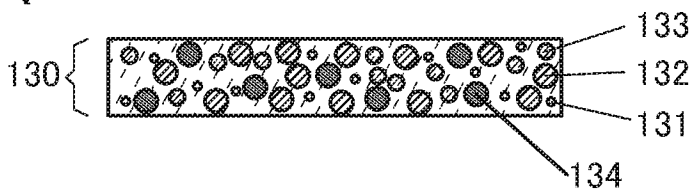

130
133
132
131
134

図6B

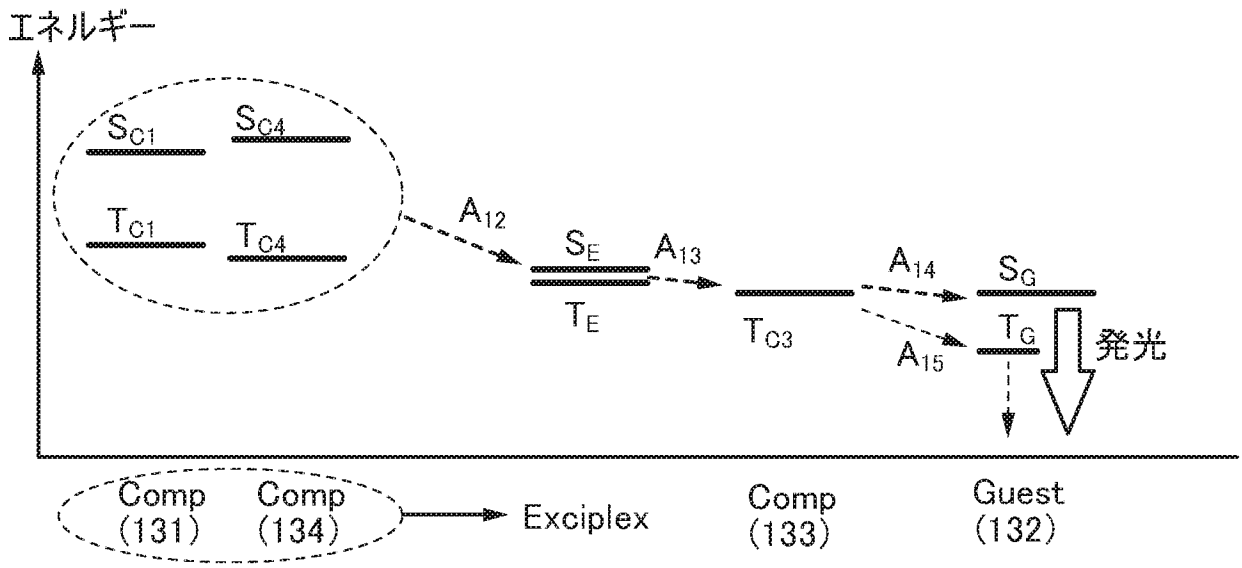

エネルギー
S_{C1}
S_{C4}
T_{C1}
T_{C4}
A_{12}
S_E
T_E
A_{13}
T_{C3}
A_{14}
A_{15}
S_G
T_G
発光
Comp (131)
Comp (134)
Exciplex
Comp (133)
Guest (132)

図6C

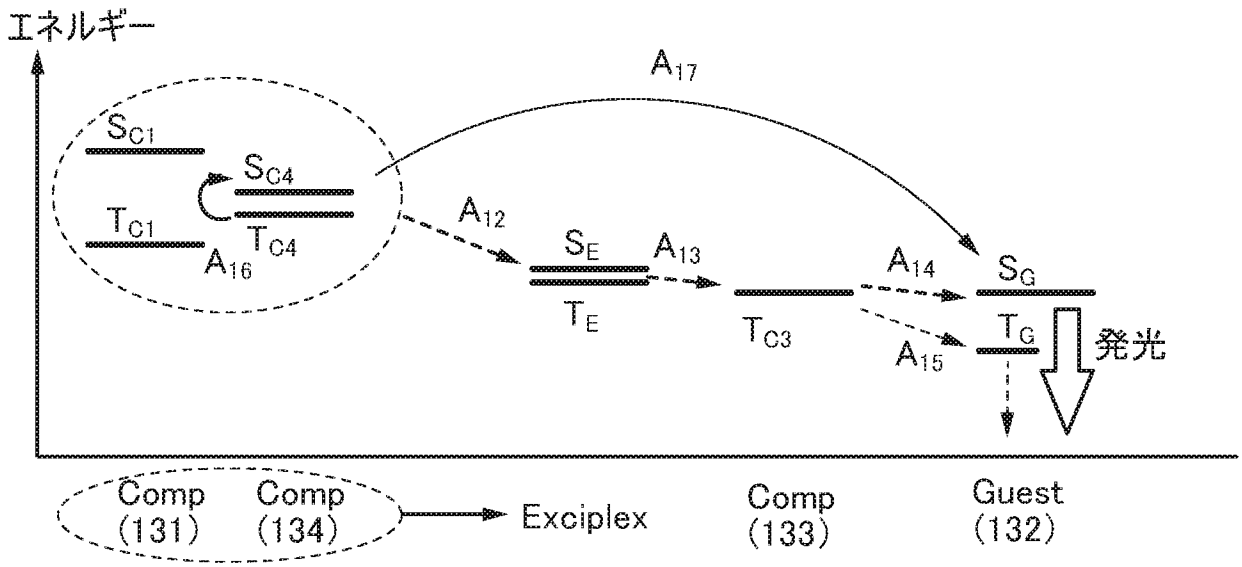

エネルギー
A_{17}
S_{C1}
S_{C4}
T_{C1}
T_{C4}
A_{16}
A_{12}
S_E
T_E
A_{13}
T_{C3}
A_{14}
A_{15}
S_G
T_G
発光
Comp (131)
Comp (134)
Exciplex
Comp (133)
Guest (132)

図7A

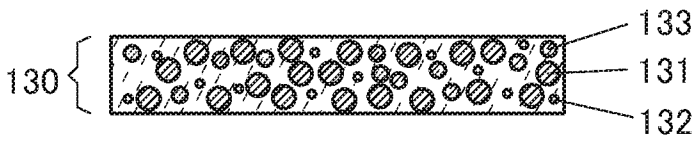

130
133
131
132

図7B

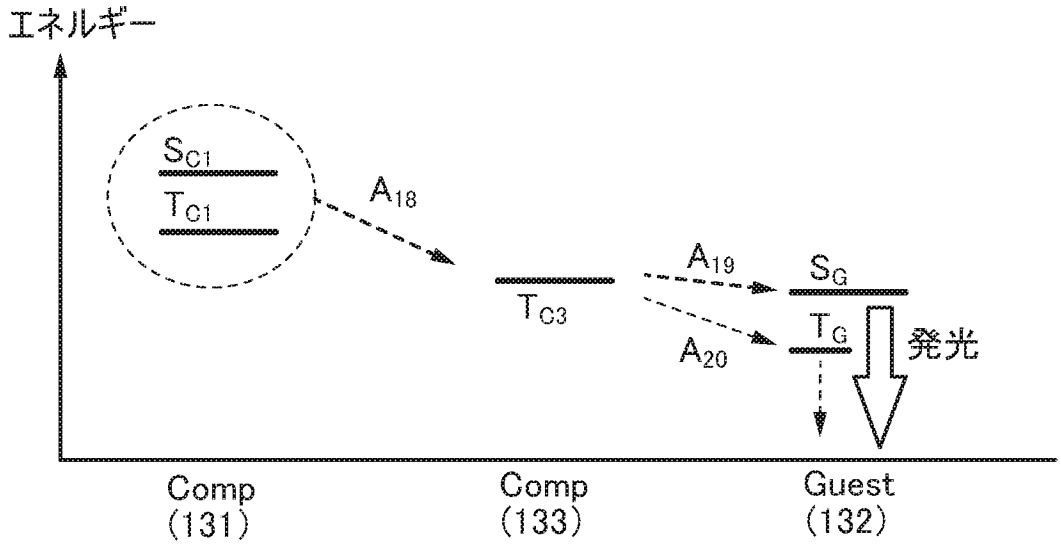

エネルギー
S_{C1}
T_{C1}
A_{18}
T_{C3}
A_{19}
A_{20}
S_G
T_G
発光
Comp
(131)
Comp
(133)
Guest
(132)

図7C

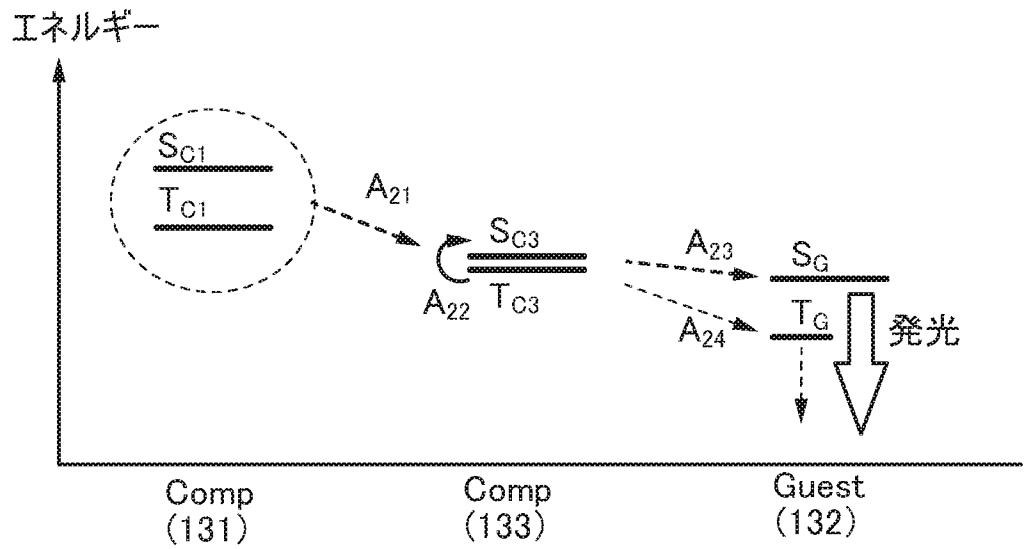

エネルギー
S_{C1}
T_{C1}
A_{21}
S_{C3}
A_{22}
T_{C3}
A_{23}
A_{24}
S_G
T_G
発光
Comp
(131)
Comp
(133)
Guest
(132)

図8A

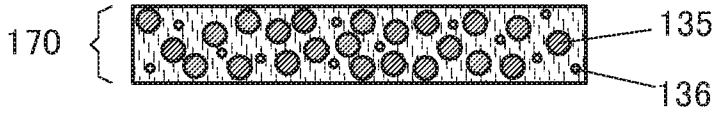

170
135
136

図8B

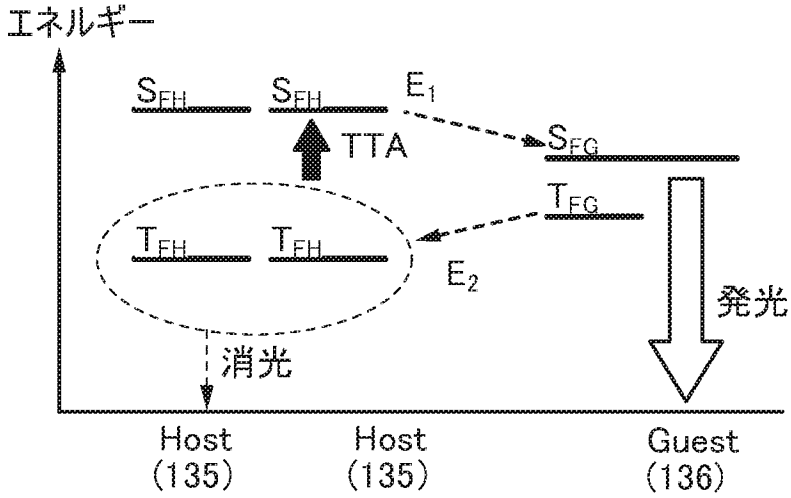

エネルギー
S_{FH}
S_{FH}
E_1
TTA
S_{FG}
T_{FG}
T_{FH}
T_{FH}
E_2
発光
消光
Host
(135)
Host
(135)
Guest
(136)

図9A

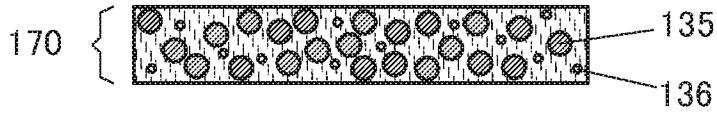

170
135
136

図9B

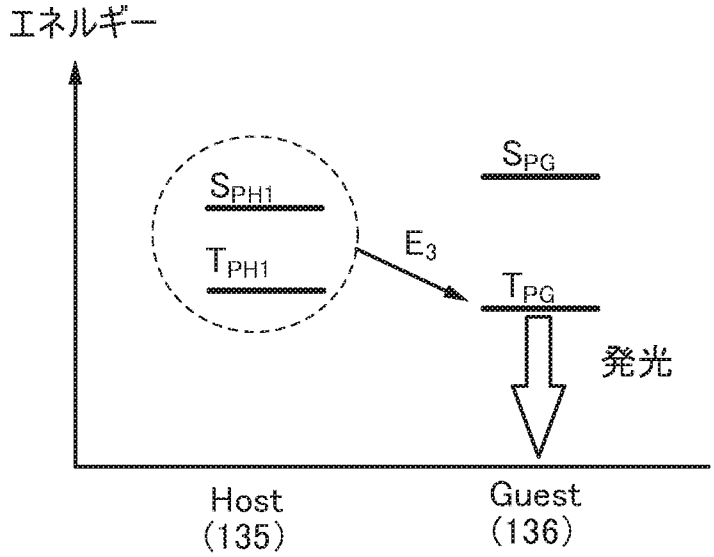

エネルギー
S_{PG}
S_{PH1}
E_3
T_{PH1}
T_{PG}
発光
Host
(135)
Guest
(136)

図9C

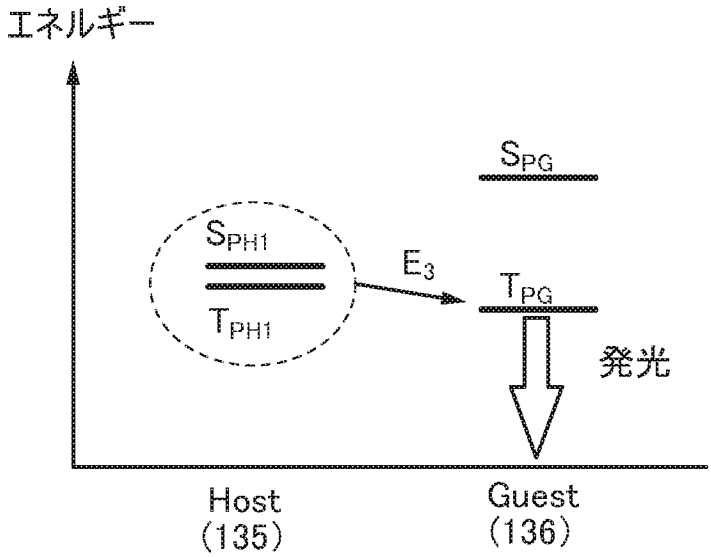

エネルギー
S_{PG}
S_{PH1}
E_3
T_{PG}
T_{PH1}
発光
Host
(135)
Guest
(136)

図10A

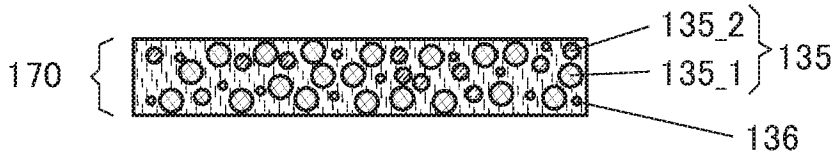


図10B

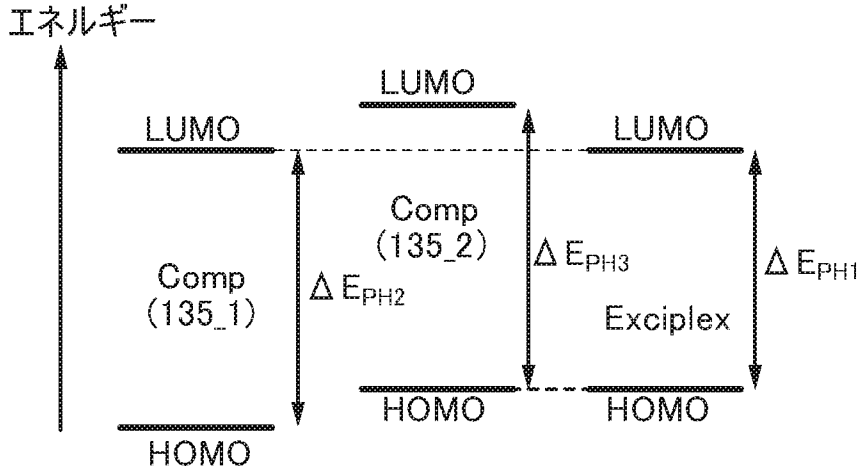
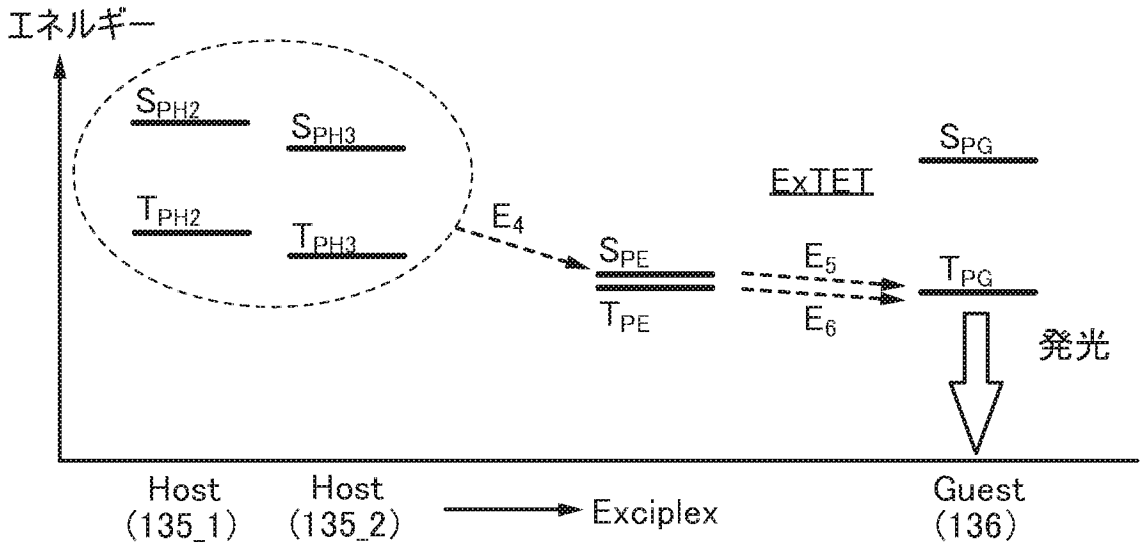


図10C



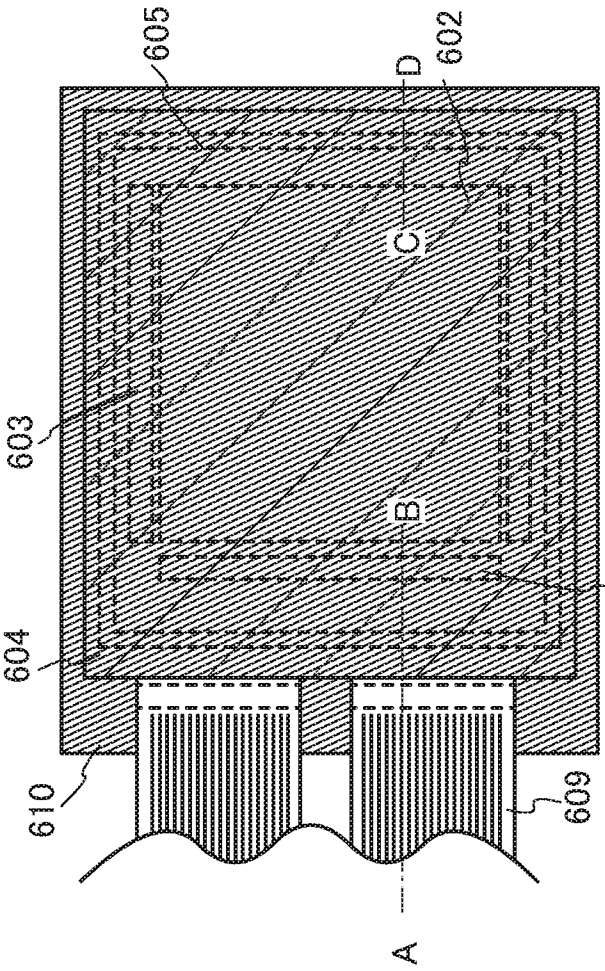

605
D
602
C
603
B
601
604
610
609
A

図11A

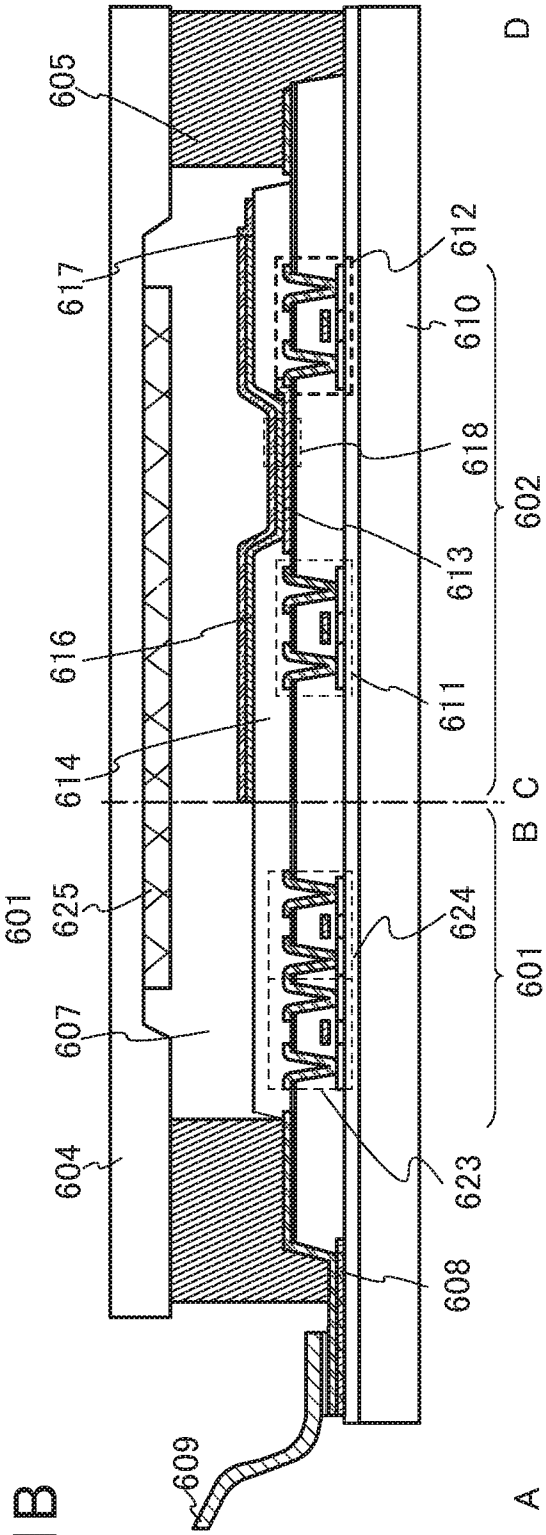

605
D
617
612
610
618
602
613
616
611
614
B C
625
624
601
607
604
623
608
609
A

図11B

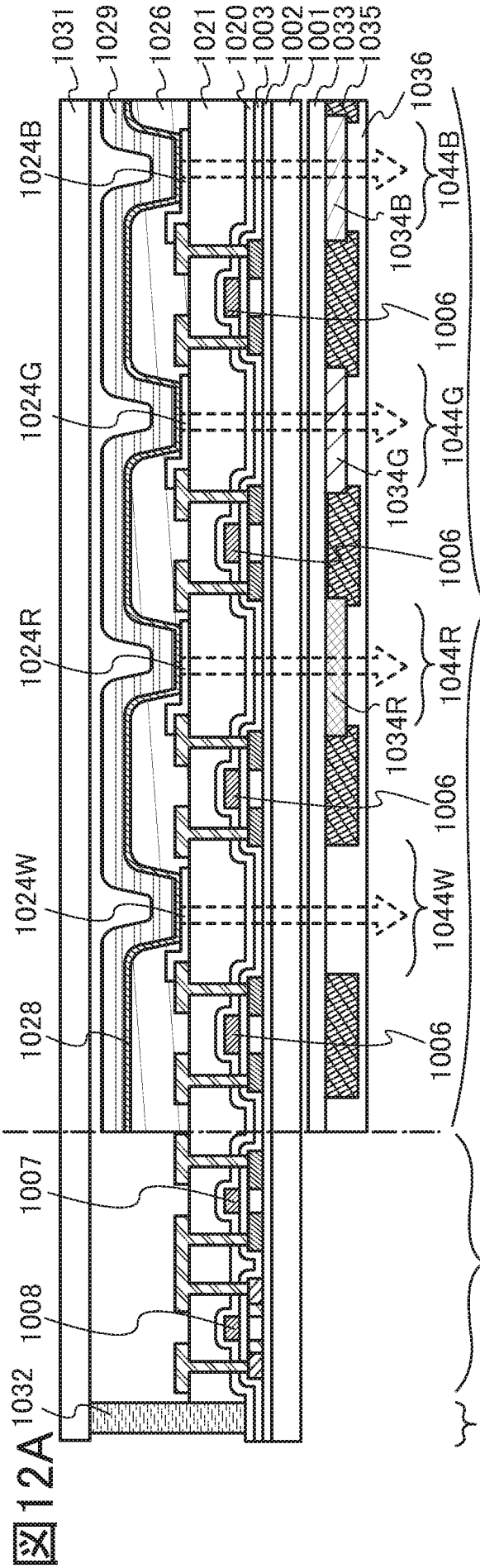

1031
1029
1026
1021
1020
1003
1002
1001
1033
1035
1036
1024B
1034B
1044B
1006
1024G
1034G
1044G
1024R
1034R
1044R
1040
1024W
1044W
1028
1007
1041
1008
1032
1042

図12A

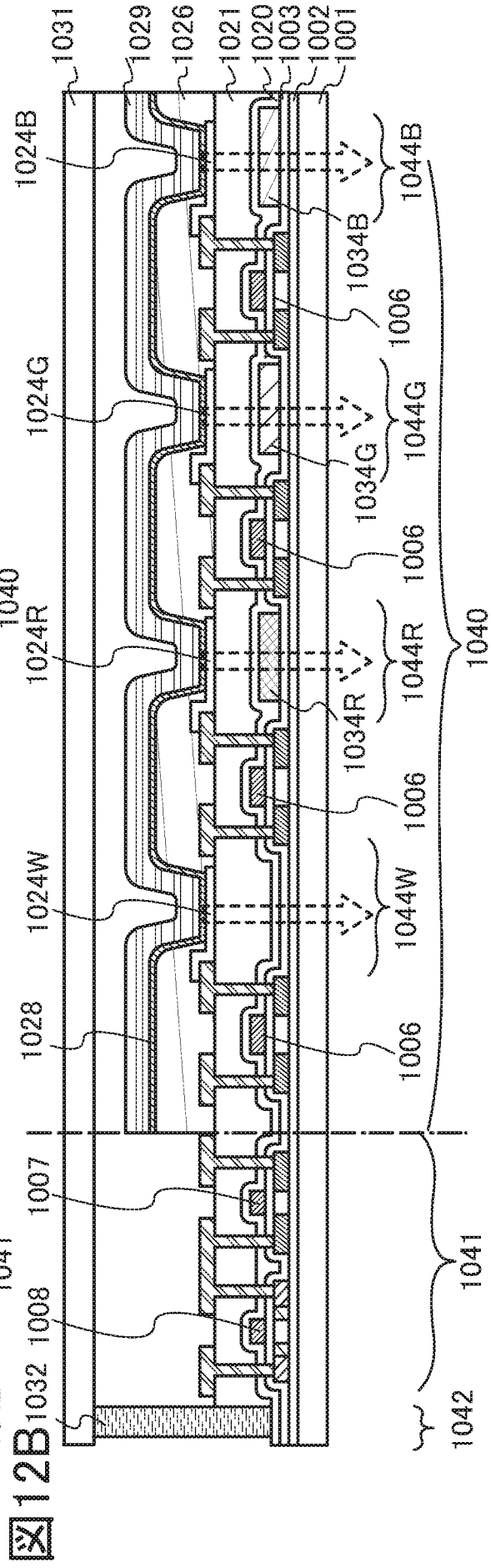

1031
1029
1026
1021
1020
1003
1002
1001
1024B
1034B
1044B
1006
1024G
1034G
1044G
1024R
1034R
1044R
1040
1024W
1044W
1028
1007
1041
1008
1032
1042

図12B

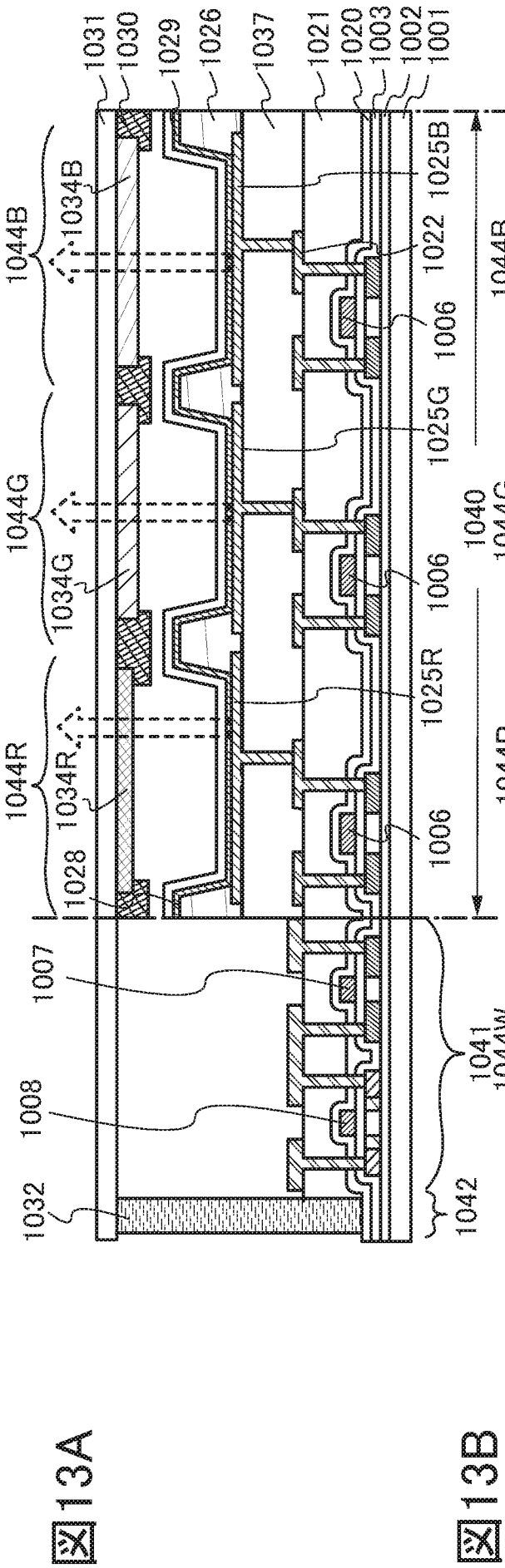

1031
1030
1029
1026
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1044B
1034B
1025B
1022
1006
1025G
1044G
1034G
1040
1025R
1044R
1034R
1028
1007
1008
1032
1041
1044W
1042

図13A

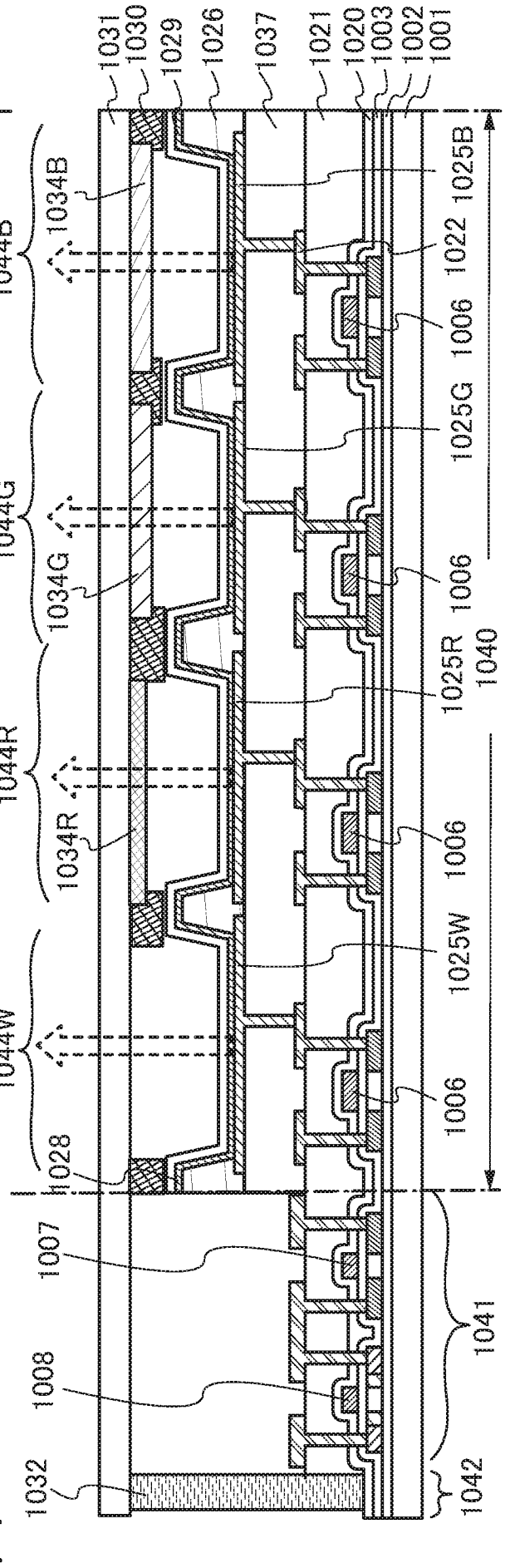

1031
1030
1029
1026
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1044B
1034B
1025B
1022
1006
1025G
1044G
1034G
1040
1025R
1044R
1034R
1028
1025W
1007
1008
1032
1041
1042

図13B

図14A

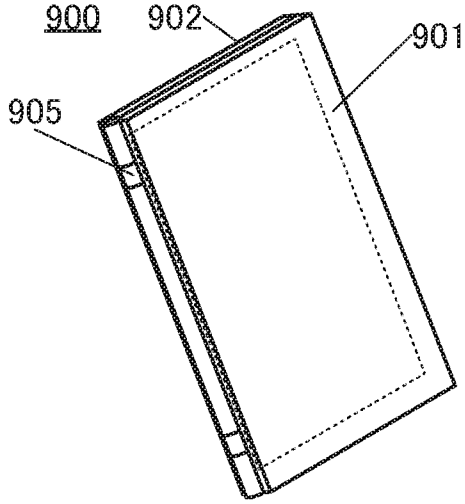


図14B

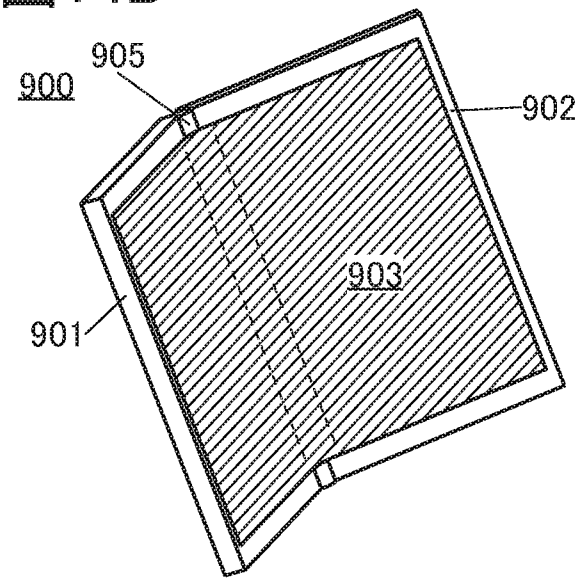


図14C

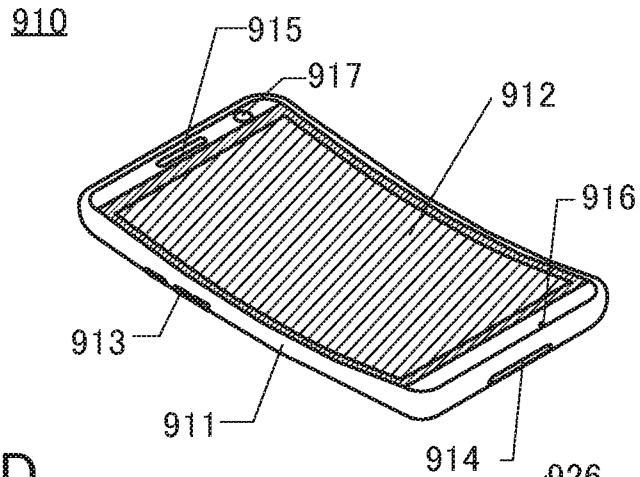


図14D

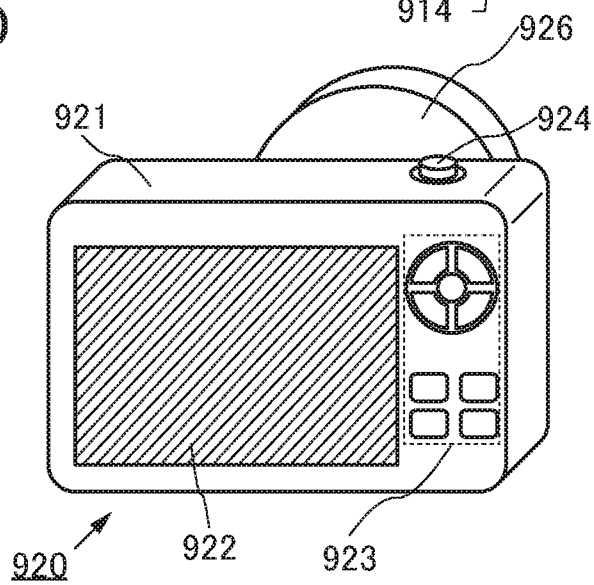


図15A

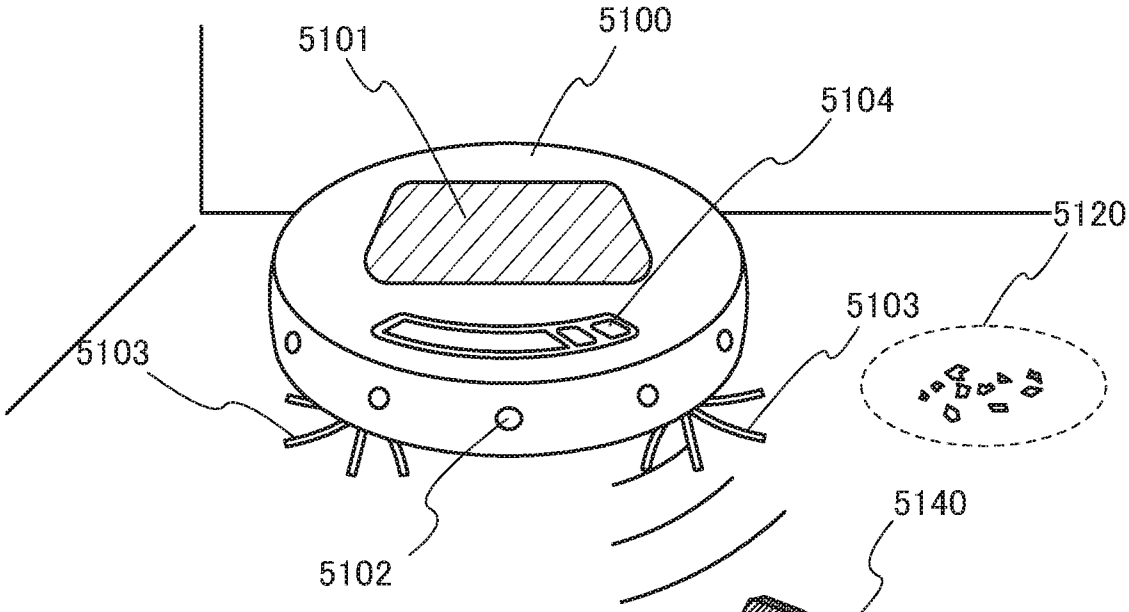


図15B

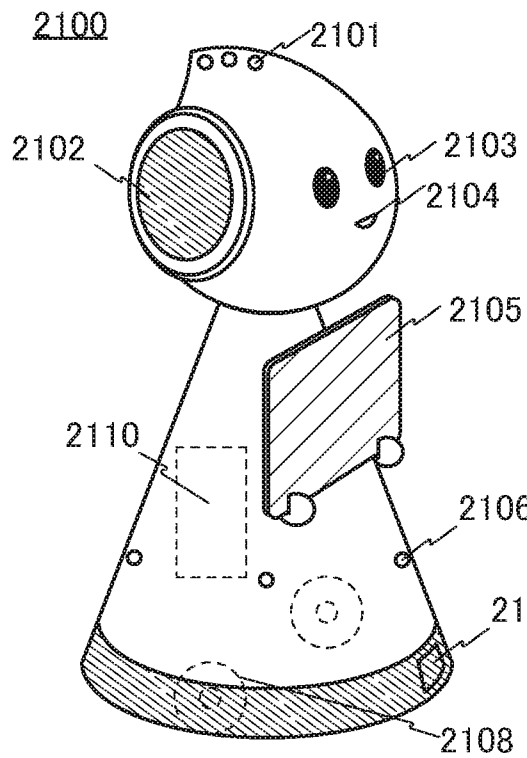


図15C

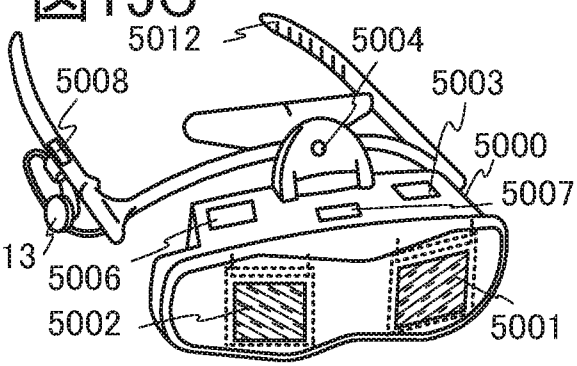


図16A

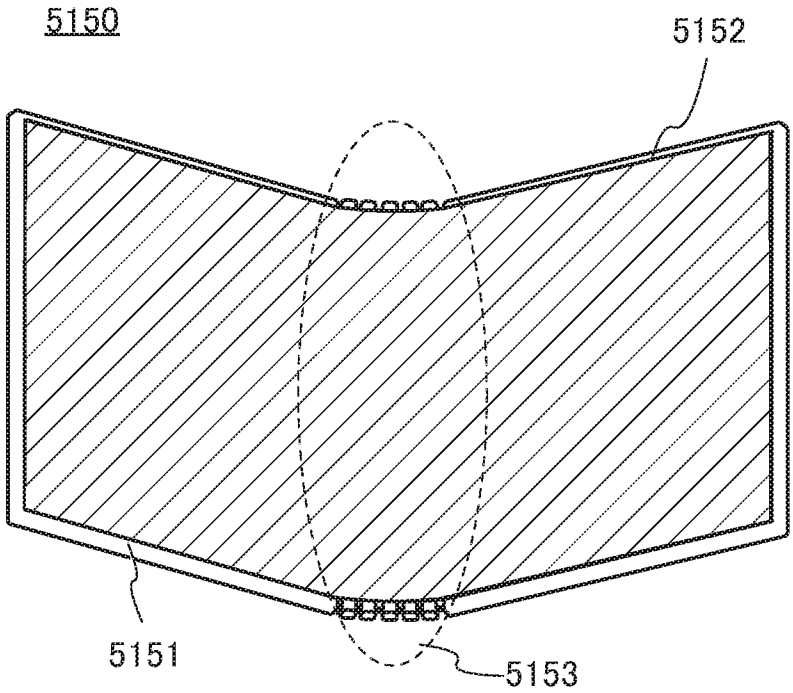


図16B

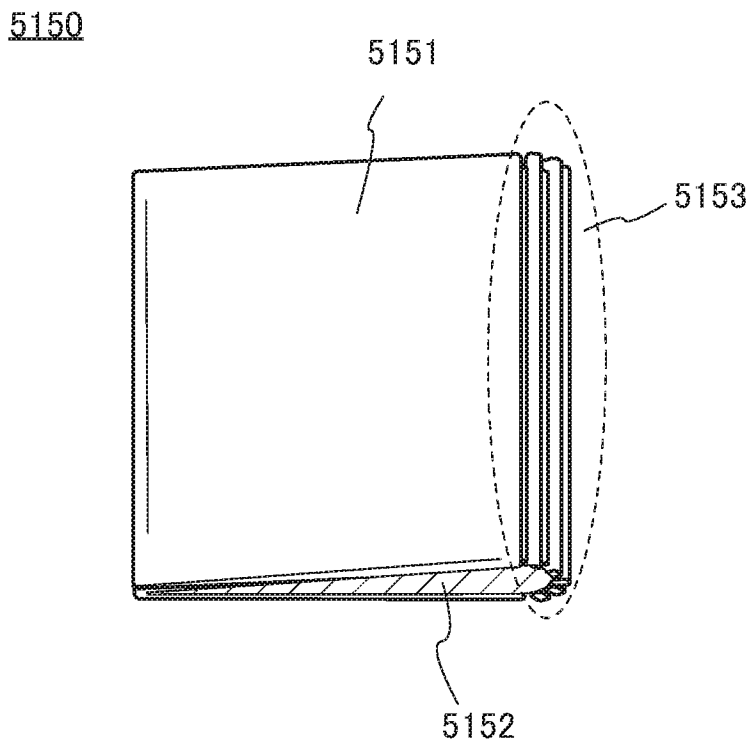
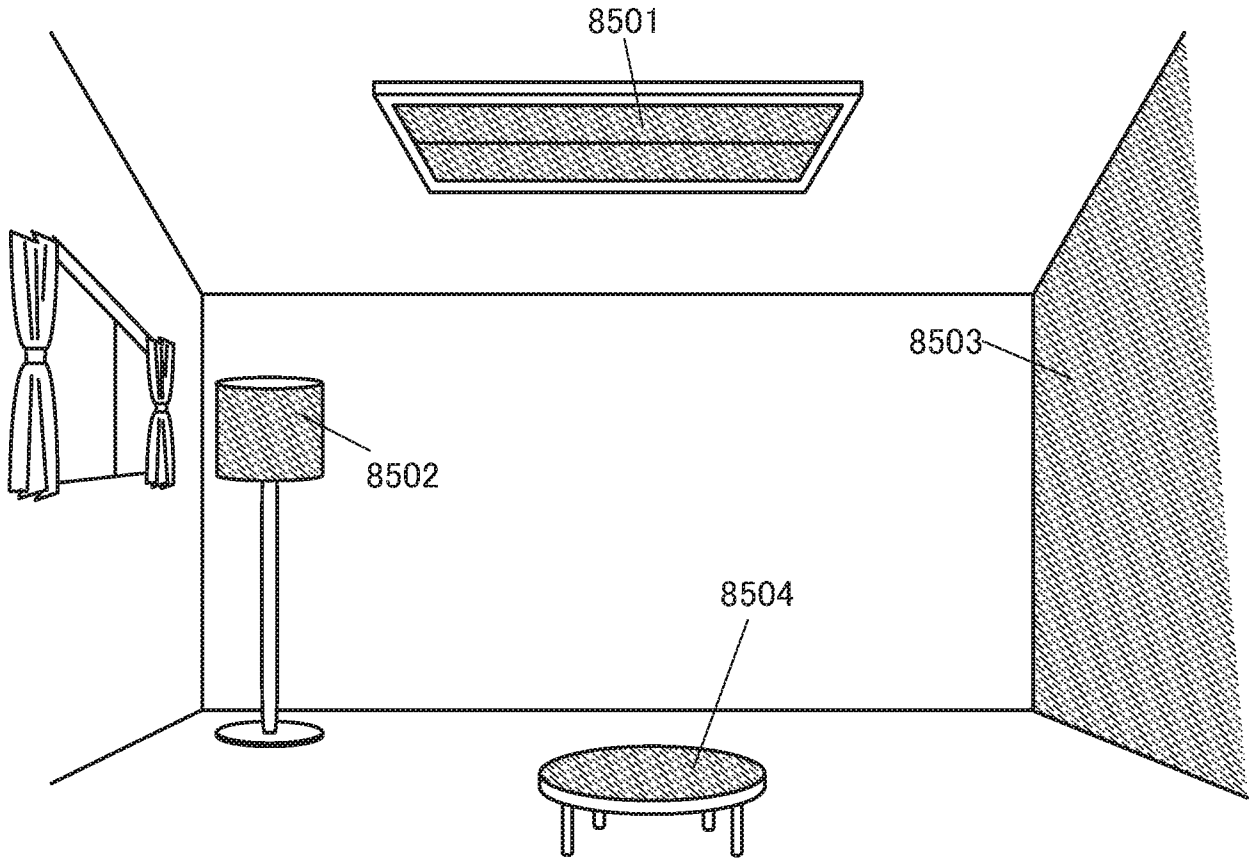


図17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2020/053960

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C09K 11/06(2006.01)i; H05B 33/12(2006.01)i; H01L 51/50(2006.01)i
FI: H05B33/14 B; H05B33/12 C; C09K11/06 620
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)
C09K11/06; H05B33/12; H01L51/50

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2018/097153 A1 (KONICA MINOLTA, INC.) 31.05.2018 (2018-05-31) paragraphs [0190]-[0194], [0332]-[0347], examples	1-3, 7, 9-14, 16-17
Y	paragraphs [0190]-[0194]	1-4, 6-7, 9-13, 15-17
A		5, 8
X	WO 2018/186462 A1 (KONICA MINOLTA, INC.) 11.10.2018 (2018-10-11) paragraphs [0236]-[0241], [0372]-[0386], examples	1-3, 7, 9-17
Y	paragraphs [0236]-[0241]	1-4, 6-7, 9-11, 15-17
A		5, 8
Y	WO 2015/198988 A1 (IDEMITSU KOSAN CO., LTD.) 30.12.2015 (2015-12-30) paragraphs [0192], [0270],	1-4, 6-7, 9-13, 15-17
A	[0288], examples	5, 8, 14

☒ 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	Date of mailing of the international search report
13 July 2020 (13.07.2020)	28 July 2020 (28.07.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2020/053960

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	WO 2019/171197 A1 (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 12.09.2019 (2019-09-12) entire text	1-17
P, X	WO 2019/215535 A1 (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 14.11.2019 (2019-11-14) entire text	1-17
P, X	WO 2020/012304 A1 (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 16.01.2020 (2020-01-16) entire text	1-17
P, X	WO 2020/095141 A1 (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 14.05.2020 (2020-05-14) entire text	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/IB2020/053960

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/097153 A1	31 May 2018	US 2019/0280236 A1 paragraphs [0260]-[0267], [0430]-[0448], examples	
WO 2018/186462 A1	11 Oct. 2018	(Family: none)	
WO 2015/198988 A1	30 Dec. 2015	US 2016/0172602 A1 formula 73, paragraphs [0333], [0356], examples JP 2016-27606 A	
WO 2019/171197 A1	12 Sep. 2019	TW 201938526 A	
WO 2019/215535 A1	14 Nov. 2019	(Family: none)	
WO 2020/012304 A1	16 Jan. 2020	(Family: none)	
WO 2020/095141 A1	14 May 2020	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/IB2020/053960

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C09K 11/06(2006.01)i; H05B 33/12(2006.01)i; H01L 51/50(2006.01)i
FI: H05B33/14 B; H05B33/12 C; C09K11/06 620

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））

C09K11/06; H05B33/12; H01L51/50

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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）

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	WO 2018/097153 A1 (コニカミノルタ株式会社) 31.05.2018 (2018-05-31) 段落［０１９０］－［０１９４］、［０３３２］－［０３４７］、実施例	1-3, 7, 9-14, 16-17
Y	段落［０１９０］－［０１９４］	1-4, 6-7, 9-13, 15-17
A		5, 8
X	WO 2018/186462 A1 (コニカミノルタ株式会社) 11.10.2018 (2018-10-11) 段落［０２３６］－［０２４１］、［０３７２］－［０３８６］、実施例	1-3, 7, 9-17
Y	段落［０２３６］－［０２４１］	1-4, 6-7, 9-11, 15-17
A		5, 8
Y	WO 2015/198988 A1 (出光興産株式会社) 30.12.2015 (2015-12-30) 段落［０１９２］、［０２７０］、［０２８８］、実施例	1-4, 6-7, 9-13, 15-17
A		5, 8, 14
P, X	WO 2019/171197 A1 (株式会社半導体エネルギー研究所) 12.09.2019 (2019-09-12) 全文	1-17

☑ 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	国際調査報告の発送日
13.07.2020	28.07.2020

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）

井亀　諭 20 3613

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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
P, X	WO 2019/215535 A1 (株式会社半導体エネルギー研究所) 14.11.2019 (2019-11-14) 全文	1-17
P, X	WO 2020/012304 A1 (株式会社半導体エネルギー研究所) 16.01.2020 (2020-01-16) 全文	1-17
E, X	WO 2020/095141 A1 (株式会社半導体エネルギー研究所) 14.05.2020 (2020-05-14) 全文	1-17

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/IB2020/053960

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2018/097153 A1	31.05.2018	US 2019/0280236 A1 paragraphs [0260]-[0267], [0430]-[0448], EXAMPLES	
WO 2018/186462 A1	11.10.2018	（ファミリーなし）	
WO 2015/198988 A1	30.12.2015	US 2016/0172602 A1 [Formula 73], paragraphs [0333], [0356], EXAMPLES JP 2016-27606 A	
WO 2019/171197 A1	12.09.2019	TW 201938526 A	
WO 2019/215535 A1	14.11.2019	（ファミリーなし）	
WO 2020/012304 A1	16.01.2020	（ファミリーなし）	
WO 2020/095141 A1	14.05.2020	（ファミリーなし）	